



กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

รายงานฉบับสมบูรณ์ เล่มที่ 2/10

โครงการจัดทำมาตรฐานการเจาะ สํารวจ และพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

**ชุดมาตรฐานการปฏิบัติงาน
ด้านการสำรวจอุทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาล**

มาตรฐาน ทบ ส 1000-2550 ถึง 4000-2550



จัดทำโดย มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ธันวาคม 2551



กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

รายงานฉบับสมบูรณ์ (เล่มที่ 2/10)

โครงการจัดทำมาตรฐานการเจาะ สํารวจ
และพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

ชุดมาตรฐาน

การปฏิบัติงานด้านการสำรวจ
อุทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาล

มาตรฐาน ทบ ส 1000-2550 ถึง 4000-2550

จัดทำโดย



มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ธันวาคม 2551

ข้อมูลบรรณานุกรม

เจ้าของ : กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ชื่อเรื่อง : รายงานฉบับสมบูรณ์ (เล่มที่ 2/10)

ชุดมาตรฐานการปฏิบัติงานด้านการสำรวจทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาล
มาตรฐาน ทบ ส 1000-2550 ถึง 4000-2550

โครงการจัดทำมาตรฐานการเจาะ สํารวจ และพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

พิมพ์ครั้งที่ 1 : เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2551 จำนวน 500 เล่ม

โรงพิมพ์ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา 232/199 ม. 6

ถ. ศรีจันทร์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000

ISBN 978-974-286-582-5

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2539



ชุดมาตรฐาน
การปฏิบัติงานด้านการสำรวจอุทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาล
มาตรฐาน ทบ ส 1000-2550 ถึง 4000-2550

เจ้าของโครงการ

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

จัดทำโดย

มหาวิทยาลัยขอนแก่น
กระทรวงศึกษาธิการ

คณะที่ปรึกษาโครงการ

นางสาวสมคิด	บัวเพ็ง	อธิบดีกรมทรัพยากรน้ำบาดาล
นายอนันต์	เกตุเอม	รองอธิบดีกรมทรัพยากรน้ำบาดาล
นายโชติ	ตราชู	รองอธิบดีกรมทรัพยากรน้ำบาดาล

คณะกรรมการพิจารณาดำเนินการจ้างโดยวิธีตกลง

1. นายปรานีต	ร้อยบาง	ประธานกรรมการ
2. นายบรรจง	พรมจันทร์	กรรมการ
3. นายอำนาจ	เยาวสุด	กรรมการ
4. นายสุทธิพล	เอี่ยมประเสริฐกุล	กรรมการ
5. นางสาวอุไร	บางยี่ขัน	กรรมการ

คณะกรรมการตรวจสอบงาน

1. นายสุพจน์	เจิมสวัสดิ์พงษ์	ประธานกรรมการ
2. ดร.อรนุช	หล่อเพ็ญศรี	กรรมการ
3. นายสุนทร	ปัญจาสุธารส	กรรมการ
4. นายประกอบ	อยู่คง	กรรมการ
5. นางศจีรัตน์	อุ้นประเสริฐสุข	กรรมการ



คณะกรรมการตรวจสอบมาตรฐานและคู่มือการปฏิบัติงานด้านการสำรวจอุทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาล

1. นายกมลศักดิ์	บัวอ่อน	ประธานคณะกรรมการ
2. นางสาววิลาวัณย์	ไทยสงคราม	คณะกรรมการ
3. นายประกอบ	อยู่คง	คณะกรรมการ
4. นายวสันต์	จันทร์แสง	คณะกรรมการและเลขานุการ

คณะกรรมการตรวจสอบมาตรฐานและคู่มือการปฏิบัติงานด้านการประเมินศักยภาพแหล่งน้ำบาดาล

1. นายสัมฤทธิ์	ชูชนะทัศน์	ประธานคณะกรรมการ
2. นายสุนทร	ปัญจาสุธารส	คณะกรรมการ
3. นายเทิดศักดิ์	ทรัพย์ทวีวัง	คณะกรรมการและเลขานุการ

คณะกรรมการตรวจสอบมาตรฐานและคู่มือการปฏิบัติงานด้านการเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

1. นายสุพจน์	เจิมสวัสดิ์พงษ์	ประธานคณะกรรมการ
2. นายสำเริง	สโมทัย	คณะกรรมการ
3. นายพันธ์ศักดิ์	ธีรปัญญาภรณ์	คณะกรรมการ
4. นายสุวัฒน์	เปี่ยมปัจจัย	คณะกรรมการ
5. นายอุไรม	แก้วจันทร์	คณะกรรมการและเลขานุการ

คณะกรรมการตรวจสอบมาตรฐานและคู่มือการปฏิบัติงานด้านการอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรน้ำบาดาล

1. นายชัยพร	ศิริพรไพบุลย์	ประธานคณะกรรมการ
2. นายอดิสรย์	จารุรัตน์	คณะกรรมการ
3. ดร.อรัญญา	เฟื่องสวัสดิ์	คณะกรรมการ
4. นางไศภิสฐ์	ภิรมย์เลิศ	คณะกรรมการ
5. ดร.อรนุช	หล่อเพ็ญศรี	คณะกรรมการและเลขานุการ

คณะกรรมการตรวจสอบคู่มือการปฏิบัติงานด้านระบบฐานข้อมูลและสารสนเทศน้ำบาดาล

1. นายไพศาล	ลักขณานุรักษ์	ประธานคณะกรรมการ
2. นายเทิดศักดิ์	ทรัพย์ทวีวัง	คณะกรรมการ
3. นายบุญเลิศ	เลิศพฤษก์สุกิจ	คณะกรรมการ
4. นายธนจักร	ริจิรวิช	คณะกรรมการและเลขานุการ



คณะทำงาน

1. รศ.ดร.เกรียงศักดิ์	ศรีสุข	หัวหน้าโครงการและผู้เชี่ยวชาญด้านอุทกธรณีวิทยา
2. นายสมชัย	วงศ์สวัสดิ์	รองหัวหน้าโครงการและผู้เชี่ยวชาญด้านอุทกธรณีวิทยา
3. นายเจริญ	เชื่อมไธสง	ผู้เชี่ยวชาญด้านการเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล
4. นายวิฑิต	ศิริโคภากิจ	ผู้เชี่ยวชาญด้านการสำรวจอุทกธรณีวิทยา
5. นายธีรวัชร	อินทรสุต	ผู้เชี่ยวชาญด้านอุทกธรณีวิทยา
6. นายเจตต์	จุลวงษ์	ผู้เชี่ยวชาญด้านอุทกธรณีวิทยา
7. นายธีรศักดิ์	ตั้งสุทธินนท์	ผู้เชี่ยวชาญด้านธรณีวิทยา
8. รศ.ดร.วิชัย	ศรีบุญลือ	ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมแหล่งน้ำ
9. รศ.ฉลอง	บัวผัน	ผู้เชี่ยวชาญด้านอุทกธรณีวิทยา
10. ผศ.หล้า	อาจวิชัย	ผู้เชี่ยวชาญด้านธรณีวิทยา
11. ผศ.ดร.ศรัณญา	พรหมโคตร	ผู้เชี่ยวชาญด้านธรณีเคมี
12. รศ.ดร.อลิศรา	เรืองแสง	ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
13. ดร.พิพัทธ์	เรืองแสง	ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบฐานข้อมูลและสารสนเทศน้ำบาดาล
14. นายพรศักดิ์	อรุณกิจกำจร	ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมเครื่องกล
15. ผศ.ดร.อุมา	สิบุญเรือง	ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
16. นายไพยม	สราภิรมย์	ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมโยธา
17. นางกฤษณี	คชสาร	ผู้ประสานงานโครงการ
18. น.ส.ศิริรัตน์	อุปสิทธิ์	นักอุทกธรณีวิทยาและผู้ประสานงานโครงการ
19. น.ส.ธิดารัตน์	โคตนนท์	นักอุทกธรณีวิทยา
20. นายสุวันชัย	นาดี	วิศวกรเกษตร
21. นายสหราช	ทวีพงษ์	นักอุทกธรณีวิทยา
22. นายประยุทธ์	เสนชัย	นักธรณีวิทยา
23. น.ส.เกวรี	พลเกิน	วิศวกรเกษตร
24. นางนันทนา	ศรีบุญลือ	เจ้าหน้าที่การเงิน
25. น.ส.ปิยะมาศ	ลีทองดี	เจ้าหน้าที่ธุรการ



คำนำ

น้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำที่จำเป็นอย่างยิ่งต่อการดำรงชีพโดยเฉพาะชุมชนที่แหล่งน้ำอื่นมีไม่เพียงพอับความต้องการ รวมทั้งเป็นแหล่งน้ำทางเลือกสำหรับการพัฒนาอุตสาหกรรมและการเกษตร ดังนั้นหากกระบวนการปฏิบัติงานด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาล เช่น การพัฒนาน้ำบาดาล การสำรวจและประเมินศักยภาพแหล่งน้ำบาดาล และการอนุรักษ์และฟื้นฟูแหล่งน้ำบาดาลไม่ดำเนินการให้เป็นไปตามมาตรฐานทางวิชาการ อาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพยากรน้ำบาดาลทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพยากที่จะแก้ไขได้ ในอดีตที่ผ่านมาการปฏิบัติงานด้านทรัพยากรน้ำบาดาลยังขาดแนวทางปฏิบัติที่ได้มาตรฐานตามหลักวิชาการ ดังนั้นในปีงบประมาณ 2550 กรมทรัพยากรน้ำบาดาลซึ่งเป็นหน่วยงานหลักที่รับผิดชอบด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลของประเทศได้ว่าจ้างมหาวิทยาลัยขอนแก่น ให้เป็นผู้ดำเนินงานโครงการจัดทำมาตรฐานการเจาะ สํารวจ และพัฒนาบ่อน้ำบาดาล เพื่อจัดทำมาตรฐานและคู่มือการปฏิบัติงานครอบคลุมการปฏิบัติงานด้านต่างๆ ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล 5 ด้าน คือ (1) มาตรฐานและหรือคู่มือการปฏิบัติงานด้านการสำรวจอุทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาล (2) มาตรฐานและหรือคู่มือการปฏิบัติงานด้านการประเมินศักยภาพแหล่งน้ำบาดาล (3) มาตรฐานและหรือคู่มือการปฏิบัติงานด้านการเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล (4) มาตรฐานและหรือคู่มือการปฏิบัติงานด้านการอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรน้ำบาดาล และ (5) คู่มือการปฏิบัติงานด้านระบบฐานข้อมูลและสารสนเทศน้ำบาดาล โดยกระบวนการยกร่างโดยผู้เชี่ยวชาญด้านต่างๆ และการนำร่างมาตรฐานและคู่มือเข้าสู่กระบวนการระดมสมองเพื่อรับฟังความคิดเห็นต่อร่างมาตรฐานและคู่มือต่างๆ ก่อนปรับปรุงแก้ไขเป็นรายงานฉบับสมบูรณ์ ซึ่งประกอบด้วยรายงานทั้งหมด 10 เล่ม ได้แก่ รายงานสำหรับผู้บริหาร จำนวน 1 เล่ม ชุดมาตรฐานการปฏิบัติงาน 4 เล่ม (รวม 25 มาตรฐาน) และชุดคู่มือการปฏิบัติงาน 5 เล่ม (รวม 34 เรื่อง) การตีพิมพ์ชุดมาตรฐานและคู่มือการปฏิบัติงานครั้งนี้เป็นการจัดทำขึ้นเป็นครั้งแรก หากผู้ใช้พบว่ามีส่วนใดยังไม่ครบสมบูรณ์ มีข้อผิดพลาดที่ควรแก้ไขหรือประสงค์จะเสนอแนะความคิดเห็นประการใด โปรดแจ้งให้กรมทรัพยากรน้ำบาดาลทราบ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการพิจารณาแก้ไขปรับปรุงต่อไป



กิตติกรรมประกาศ

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ขอขอบคุณคณะผู้เชี่ยวชาญจากมหาวิทยาลัยขอนแก่น และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกภาคส่วน ซึ่งประกอบด้วย เจ้าหน้าที่กรมทรัพยากรน้ำบาดาลจากฝ่ายต่างๆ ตัวแทนองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น สมาชิกสมาคมน้ำบาดาลไทย การประปาส่วนภูมิภาค การประปานครหลวง กรมทรัพยากรน้ำ สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัด สมาชิกชมรมช่างเจาะน้ำบาดาลแห่งประเทศไทย ตัวแทนบริษัทที่ปรึกษาด้านน้ำบาดาล ตัวแทนผู้ใช้น้ำบาดาลภาคเอกชน และนักวิชาการจากสถาบันการศึกษาต่างๆ ที่มีส่วนร่วมในกระบวนการจัดทำมาตรฐานและคู่มือการปฏิบัติงาน ซึ่งจัดทำขึ้นเป็นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2550 นี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี โดยได้ให้ความอนุเคราะห์ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์และอำนวยความสะดวกต่อการดำเนินงานในขั้นตอนต่างๆ จึงใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้



โครงการจัดทำมาตรฐานการเจาะสำรวจ และพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

เล่มที่ 1/10 รายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร

เล่มที่ 2/10 ชุดมาตรฐานการปฏิบัติงานด้านการสำรวจ อุทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาล (มาตรฐาน ทบ ส 1000-2550 ถึง 4000-2550)

- (1) มาตรฐาน ทบ ส 1000-2550 การสำรวจอุทกธรณีวิทยานบนผิวดิน
- (2) มาตรฐาน ทบ ส 2001-2550 การคัดเลือกวิธีการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน
- (3) มาตรฐาน ทบ ส 2002-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ
- (4) มาตรฐาน ทบ ส 2003-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห
- (5) มาตรฐาน ทบ ส 2004-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า
- (6) มาตรฐาน ทบ ส 2005-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาค
- (7) มาตรฐาน ทบ ส 3000-2550 การสำรวจอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดิน
- (8) มาตรฐาน ทบ ส 4000-2550 การจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยา

เล่มที่ 3/10 ชุดคู่มือการปฏิบัติงานด้านการสำรวจอุทก ธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาล (คู่มือ ทบ ส 1000-2550 ถึง 4000-2550)

- (1) คู่มือ ทบ ส 1000-2550 การสำรวจอุทกธรณีวิทยานบนผิวดิน
- (2) คู่มือ ทบ ส 2001-2550 การคัดเลือกวิธีการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน
- (3) คู่มือ ทบ ส 2002-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ
- (4) คู่มือ ทบ ส 2003-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห
- (5) คู่มือ ทบ ส 2004-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า
- (6) คู่มือ ทบ ส 2005-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาค

- (7) คู่มือ ทบ ส 3000-2550 การสำรวจอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดิน

- (8) คู่มือ ทบ ส 4000-2550 การจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยา
- #### เล่มที่ 4/10 ชุดมาตรฐานการปฏิบัติงานด้านการประเมิน ศักยภาพแหล่งน้ำบาดาล (มาตรฐาน ทบ ป 3001-2550 ถึง 3008-2550)

- (1) มาตรฐาน ทบ ป 3001-2550 การสร้างแบบจำลองเชิงมโนทัศน์
- (2) มาตรฐาน ทบ ป 3002-2550 การเลือกใช้แบบจำลองน้ำบาดาลเชิงคณิตศาสตร์
- (3) มาตรฐาน ทบ ป 3003-2550 การกำหนดเงื่อนไขขอบเขตของแบบจำลองการไหลของน้ำบาดาล
- (4) มาตรฐาน ทบ ป 3004-2550 การจำลองการไหลของน้ำบาดาลและการเคลื่อนที่ของมวลสาร
- (5) มาตรฐาน ทบ ป 3005-2550 การประยุกต์ใช้แบบจำลองการไหลของน้ำบาดาลตามสภาพปัญหาของพื้นที่
- (6) มาตรฐาน ทบ ป 3006-2550 การเปรียบเทียบผลการประยุกต์ใช้แบบจำลองการไหลของน้ำบาดาล
- (7) มาตรฐาน ทบ ป 3007-2550 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลองการไหลของน้ำบาดาล
- (8) มาตรฐาน ทบ ป 3008-2550 การจัดทำรายงานผลการประยุกต์ใช้แบบจำลองการไหลของน้ำบาดาล

เล่มที่ 5/10 ชุดคู่มือการปฏิบัติงานด้านการประเมิน ศักยภาพแหล่งน้ำบาดาล (คู่มือ ทบ ป 1000-2550 ถึง 3000-2550)

- (1) คู่มือ ทบ ป 1000-2550 การประเมินแหล่งน้ำต้นทุนของแอ่งน้ำบาดาล
- (2) คู่มือ ทบ ป 2000-2550 การประเมินศักยภาพน้ำบาดาลของแอ่งน้ำบาดาลและการจัดทำแผนการใช้น้ำบาดาล
- (3) คู่มือ ทบ ป 3000-2550 การจัดทำแบบจำลองน้ำบาดาลเชิงคณิตศาสตร์และการประยุกต์ใช้

เล่มที่ 6/10 ชุดมาตรฐานการปฏิบัติงานด้านการเจาะและ พัฒนาบ่อน้ำบาดาล (มาตรฐาน ทบ พ 1000-2550 ถึง 7000-2550)

- (1) มาตรฐาน ทบ พ 1000-2550 การเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล



โครงการจัดทำมาตรฐานการเจาะสำรวจ และพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

เล่มที่ 6/10 ชุดมาตรฐานการปฏิบัติงานด้านการเจาะและ พัฒนาบ่อน้ำบาดาล (มาตรฐาน ทบ พ 1000-2550 ถึง 7000-2550) (ต่อ)

- (2) มาตรฐาน ทบ พ 2000-2550 การใช้และการแปลค่าข้อมูลหัตถ์ธรณีวิทยาหลุมเจาะ
- (3) มาตรฐาน ทบ พ 3000-2550 การออกแบบและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล
- (4) มาตรฐาน ทบ พ 4000-2550 การพัฒนาบ่อน้ำบาดาล
- (5) มาตรฐาน ทบ พ 5000-2550 การสุบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล
- (6) มาตรฐาน ทบ พ 6000-2550 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอนและหินจากหลุมเจาะ
- (7) มาตรฐาน ทบ พ 7000-2550 การเก็บตัวอย่างน้ำและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาล

เล่มที่ 7/10 ชุดคู่มือการปฏิบัติงานด้านการเจาะและพัฒนา บ่อน้ำบาดาล (คู่มือ ทบ พ 1000-2550 ถึง 12000-2550)

- (1) คู่มือ ทบ พ 1000-2550 การเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล
- (2) คู่มือ ทบ พ 2000-2550 การใช้และการแปลค่าข้อมูลหัตถ์ธรณีวิทยาหลุมเจาะ
- (3) คู่มือ ทบ พ 3000-2550 การออกแบบและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล
- (4) คู่มือ ทบ พ 4000-2550 การพัฒนาบ่อน้ำบาดาล
- (5) คู่มือ ทบ พ 5000-2550 การสุบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล
- (6) คู่มือ ทบ พ 6000-2550 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอนและหินจากหลุมเจาะ
- (7) คู่มือ ทบ พ 7000-2550 การเก็บตัวอย่างน้ำและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาล
- (8) คู่มือ ทบ พ 8000-2550 การคัดเลือกและติดตั้งเครื่องสูบน้ำ
- (9) คู่มือ ทบ พ 9000-2550 การบำรุงรักษาบ่อน้ำบาดาล
- (10) คู่มือ ทบ พ 10000-2550 การออกแบบก่อสร้างและบริหารจัดการระบบประปาบาดาล
- (11) คู่มือ ทบ พ 11000-2550 การพิจารณาตัดสินใจสำหรับผู้ว่าจ้างเจาะบ่อน้ำบาดาล

- (12) คู่มือ ทบ พ 12000-2550 การประเมินราคากลางการเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

เล่มที่ 8/10 ชุดมาตรฐานการปฏิบัติงานด้านการอนุรักษ์ และฟื้นฟูทรัพยากรน้ำบาดาล (มาตรฐาน ทบ อ 1000- 2550 และ 6000-2550)

- (1) มาตรฐาน ทบ อ 1000-2550 การวางแผนการขุดบ่อสังเกตการณ์ การติดตามระดับ และคุณภาพน้ำบาดาล
- (2) มาตรฐาน ทบ อ 6000-2550 การอุดกลบบ่อน้ำบาดาล

เล่มที่ 9/10 ชุดคู่มือการปฏิบัติงานด้านการอนุรักษ์และ ฟื้นฟูทรัพยากรน้ำบาดาล (คู่มือ ทบ อ 1000-2550 ถึง 7000-2550)

- (1) คู่มือ ทบ อ 1000-2550 การวางแผนการขุดบ่อสังเกตการณ์ การติดตามระดับและคุณภาพน้ำบาดาล
- (2) คู่มือ ทบ อ 2000-2550 การประเมินความเสี่ยงการปนเปื้อนของแหล่งน้ำบาดาล
- (3) คู่มือ ทบ อ 3000-2550 การประเมินผลกระทบจากการใช้น้ำบาดาลเกินสมดุล
- (4) คู่มือ ทบ อ 4001-2550 การเติมน้ำลงแหล่งน้ำบาดาล
- (5) คู่มือ ทบ อ 4002-2550 การสร้างระบบกักเก็บน้ำใต้ดินด้วยเขื่อนใต้ดิน
- (6) คู่มือ ทบ อ 4003-2550 การควบคุมการแพร่กระจายของสารปนเปื้อน
- (7) คู่มือ ทบ อ 4004-2550 การฟื้นฟูเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำบาดาลโดยวิธีการทางเคมีและชีวภาพ
- (8) คู่มือ ทบ อ 5000-2550 การอนุรักษ์แหล่งน้ำบาดาล
- (9) คู่มือ ทบ อ 6000-2550 การอุดกลบบ่อน้ำบาดาล
- (10) คู่มือ ทบ อ 7000-2550 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาลเพื่อการอนุรักษ์แหล่งน้ำบาดาล

เล่มที่ 10/10 ชุดคู่มือการปฏิบัติงานด้านระบบฐานข้อมูล และสารสนเทศน้ำบาดาล (คู่มือ ทบ รฐ 1000-2550)

- (1) คู่มือ ทบ รฐ 1000-2550 การปฏิบัติงานด้านระบบฐานข้อมูลและสารสนเทศน้ำบาดาล



สารบัญ

	หน้า
มาตรฐาน ทบ ส 1000-2550 การสำรวจอุทกธรณีวิทยานผิวดิน	1
1. บทนำ	1
2. ขอบเขต	1
3. เอกสารที่เกี่ยวข้อง	2
4. ศัพท์บัญญัติ	2
5. ความสำคัญและการใช้งาน	3
6. มาตรฐานการวางแผนการสำรวจอุทกธรณีวิทยานผิวดิน	4
6.1 การกำหนดวัตถุประสงค์และการคัดกรองงาน	4
6.2 การกำหนดขอบเขตพื้นที่สำรวจ	4
6.3 งานสร้างแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ของพื้นที่สำรวจ	5
7. มาตรฐานการรวบรวมข้อมูลและการเตรียมการสำรวจอุทกธรณีวิทยานผิวดิน	5
7.1 แผนที่ภูมิประเทศ	5
7.2 ภาพถ่ายทางอากาศ ภาพถ่ายการรับรู้ระยะไกล	6
7.3 แผนที่ธรณีวิทยาและแผนที่อุทกธรณีวิทยา	6
7.4 ข้อมูลการเจาะบ่อน้ำบาดาล	7
7.5 รายงานการสำรวจอุทกธรณีวิทยา	7
7.6 มาตรฐานการจัดเตรียมแผนที่พื้นฐาน	7
8. มาตรฐานการจัดทำแผนการสำรวจอุทกธรณีวิทยานผิวดินและแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ของพื้นที่สำรวจ	7
9. มาตรฐานการสำรวจอุทกธรณีวิทยานผิวดิน	8
9.1 การสำรวจอุทกธรณีวิทยาภาคสนาม	8
9.2 การรังวัดระดับบ่อน้ำบาดาลและระดับตำแหน่งจุดสำรวจ	9
9.3 การจัดทำต้นร่างแผนที่และรายงาน	9
10. เอกสารอ้างอิง	10
มาตรฐาน ทบ ส 2001-2550 การคัดเลือกวิธีการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน	11
1. บทนำ	11
2. ขอบเขต	12
3. เอกสารที่เกี่ยวข้อง	12
4. ศัพท์บัญญัติ	13
5. ความสำคัญและการใช้งาน	14
6. เครื่องมือและอุปกรณ์	14



สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
7. มาตรฐานการคัดเลือกวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน	15
7.1 มาตรฐานการวางแผนการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน	15
7.2 วิธีการสำรวจตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ	16
7.3 วิธีการสำรวจตรวจวัดความเร็วคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห	16
7.4 วิธีการสำรวจตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า	17
7.5 วิธีการสำรวจตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาค	17
7.6 การเลือกวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินตามมาตรฐานสากล	18
8. เอกสารอ้างอิง	18
มาตรฐาน ทบ ส 2002-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัด	
 ความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ	22
1. บทนำ	22
2. ขอบเขต	23
3. เอกสารที่เกี่ยวข้อง	24
4. ศัพท์บัญญัติ	24
5. ความสำคัญและการใช้งาน	25
6. เครื่องมือและอุปกรณ์	25
6.1 ส่วนประกอบเครื่องมือ	25
6.2 การเลือกเครื่องมือและการใช้เครื่องมือ	26
7. ขั้นตอนการดำเนินงาน	27
7.1 การจัดวางหลักขั้วไฟฟ้า	27
7.2 การใช้เทคนิคการสำรวจ	27
7.3 การวางแผนการสำรวจ	28
7.4 แบบฟอร์มมาตรฐานการสำรวจแบบหยั่งลึก	28
7.5 การสำรวจแบบการตรวจวัดความต่างศักย์ทางไฟฟ้าตามธรรมชาติ	28
7.6 การสำรวจตรวจวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำประจุ	30
7.7 การแปลความหมายข้อมูลการสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ	30
7.8 การส่งมอบงานสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ	30
8. ความปลอดภัย	31
9. บุคลากร	31
10. เอกสารอ้างอิง	32



สารบัญ (ต่อ)

หน้า

มาตรฐาน ทบ ส 2003-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัด	
ความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห	33
1. บทนำ	33
2. ขอบเขต	34
3. เอกสารที่เกี่ยวข้อง	34
4. ศัพท์บัญญัติ	35
5. ความสำคัญและการใช้งาน	35
6. เครื่องมือและอุปกรณ์	36
6.1 แหล่งกำเนิดคลื่นไหวสะเทือน	36
6.2 เครื่องรับสัญญาณคลื่นไหวสะเทือนหักเห	37
6.3 เครื่องไซสโมกราฟ	37
7. ขั้นตอนการดำเนินงาน	38
7.1 ทฤษฎีคลื่นเสียงและกฎของสเนลล์	38
7.2 การวางแผนการสำรวจภาคสนาม	39
7.3 การจัดเก็บข้อมูลภาคสนาม	40
7.4 การแปลความหมายข้อมูล	40
7.5 ข้อกำหนดของการสำรวจตรวจวัดความเร็วคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห	41
7.6 การส่งมอบงานสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีการตรวจวัดความเร็วคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห	41
8. ความปลอดภัย	42
9. บุคลากร	43
10. เอกสารอ้างอิง	43
มาตรฐาน ทบ ส 2004-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการ	
ตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า	44
1. บทนำ	44
2. ขอบเขต	45
3. เอกสารที่เกี่ยวข้อง	45
4. ศัพท์บัญญัติ	46
5. ความสำคัญและการใช้งาน	46
6. เครื่องมือและอุปกรณ์	47



สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
6.1 เครื่องมือและอุปกรณ์การสำรวจแบบ FDEM	47
6.2 เครื่องมือและอุปกรณ์การสำรวจแบบ TDEM	48
6.3 เครื่องมือและอุปกรณ์การสำรวจแบบ VLF-EM	48
7. การสำรวจตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในสนาม	48
7.1 หลักการของการสำรวจตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า	48
7.2 การประยุกต์ใช้ EM methods สำหรับการสำรวจอุทกธรณีวิทยา	49
7.3 การส่งมอบงาน	51
7.4 เอกสารสำหรับการศึกษาค้นคว้าต่อไป	52
8. ความปลอดภัย	53
9. บุคลากร	53
10. เอกสารอ้างอิง	54
มาตรฐาน ทบ ส 2005-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการ	
ตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาค	55
1. บทนำ	55
2. ขอบเขต	56
3. รายชื่อเอกสารที่เกี่ยวข้อง	56
4. ศัพท์บัญญัติ	57
5. ความสำคัญและการใช้	57
6. เครื่องมือและอุปกรณ์	58
6.1 เครื่อง micro-gravimeters	58
6.2 ชุดเครื่องมือในการรังวัด	59
7. การสำรวจธรณีฟิสิกส์แบบตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาค	59
7.1 ขั้นตอนการสำรวจ	60
7.2 การปรับแก้ค่าผิดปกติของบูเกอร์	61
7.3 การส่งมอบงาน	61
7.4 ข้อจำกัดในการสำรวจ	62
8. ความปลอดภัย	62
9. บุคลากร	62
10. เอกสารอ้างอิง	63



สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
มาตรฐาน ทบ ส 3000-2550 การสำรวจอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดิน	64
1. บทนำ	64
2. ขอบเขต	64
3. เอกสารที่เกี่ยวข้อง	65
4. ศัพท์บัญญัติ	67
5. ความสำคัญและการใช้งาน	67
6. เครื่องมือและอุปกรณ์	68
6.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวัดระดับน้ำบาดาล	68
6.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวัดระดับความลึกบ่อน้ำบาดาล	68
6.3 เครื่องมือที่ใช้ในการจัดเก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อน้ำบาดาล	68
6.4 ขวดที่ใช้สำหรับเป็นภาชนะใส่ตัวอย่างน้ำ	69
6.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นของตัวอย่างน้ำบาดาลในภาคสนาม	69
6.6 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเจาะเก็บตัวอย่างดินและหินระดับตื้น	69
7. การวัดระดับน้ำบาดาล	69
7.1 การวางแผนและการคัดเลือกตำแหน่งจุดวัดระดับน้ำบาดาล	69
7.2 ขั้นตอนการปฏิบัติงานภาคสนามในการตรวจวัดระดับน้ำบาดาล	70
7.3 การนำเสนอและการประยุกต์ใช้ข้อมูลระดับน้ำ	70
8. การวัดความลึกบ่อ	71
9. การจัดเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลและการวิเคราะห์น้ำบาดาลในสนาม	71
9.1 การวางแผนจัดเก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อน้ำบาดาล	72
9.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำบาดาลในสนาม	72
10. การจัดเก็บตัวอย่างดินหิน	72
10.1 การเจาะด้วยชุดเจาะแบบมือหมุน	73
10.2 การเจาะด้วยชุดเจาะแบบดูดตัวอย่าง	73
10.3 การเจาะแบบกระแทกหมุน	73
10.4 การเจาะแท่งหินตัวอย่างแบบกระแทก	74
11. ความปลอดภัย	74
12. บุคลากร	75
13. เอกสารอ้างอิง	75



สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
มาตรฐาน ทบ ส 4000-2550 การจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยา	76
1. บทนำ	76
2. ขอบเขต	76
3. เอกสารที่เกี่ยวข้อง	78
4. ศัพท์บัญญัติ	78
5. ความสำคัญและการใช้งาน	79
6. รูปแบบและองค์ประกอบของแผนที่อุทกธรณีวิทยาตามมาตรฐานสากล	79
6.1 รูปแบบสากลของแผนที่อุทกธรณีวิทยา	79
6.2 องค์ประกอบที่สำคัญของแผนที่อุทกธรณีวิทยา	80
7. สัญลักษณ์สำหรับการแสดงในแผนที่อุทกธรณีวิทยาสากล	81
8. หลักปฏิบัติสากลในสำรวจจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยา	81
9. การจำแนกแผนที่อุทกธรณีวิทยา	81
9.1 การจำแนกแผนที่ตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน	81
9.2 การจำแนกแผนที่ตามระดับความน่าเชื่อถือและระดับความซับซ้อนของการแสดงข้อมูลในแผนที่	81
9.3 การจำแนกแผนที่ตามมาตราส่วน	82
9.4 การจำแนกแผนที่ตามระดับของข้อมูล	82
10. ข้อมูลที่แสดงในแผนที่อุทกธรณีวิทยา	82
11. เอกสารอ้างอิง	83



มาตรฐาน ทบ ส 1000-2550

การสำรวจอุทกธรณีวิทยายานพื้นดิน

มาตรฐาน ทบ ส 1000-2550 เป็นมาตรฐานการปฏิบัติงานด้านการสำรวจอุทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาล (ส) ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (ทบ) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตัวเลขชุดแรกมี 4 ตำแหน่ง หมายถึง ลำดับของมาตรฐาน ตัวเลขชุดที่สอง “2550” หมายถึง ปี พ.ศ. ที่จัดทำเอกสารต้นฉบับของมาตรฐาน กรณีที่มีการแก้ไขและปรับปรุงมาตรฐานให้สอดคล้องต่อท้ายและระบุ ปี พ.ศ. ที่แก้ไขปรับปรุง เช่น (แก้ไขปรับปรุง 2555) เป็นต้น โดยมีเครื่องหมาย ⁽¹⁾ เป็นตัวยกกำกับหน้าข้อความที่แก้ไข และมีเครื่องหมาย ⁽¹⁾ เป็นตัวยกกำกับหน้าข้อความที่ปรับปรุงขึ้นใหม่

1. บทนำ

มาตรฐานการสำรวจอุทกธรณีวิทยายานพื้นดิน (มาตรฐาน ทบ ส 1000-2550) ฉบับนี้อยู่ในชุดมาตรฐานการสำรวจอุทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาล ซึ่งจัดทำขึ้นภายใต้โครงการจัดทำมาตรฐานการเจาะ สํารวจ และพัฒนาบ่อน้ำบาดาล พ.ศ. 2550 โดยกรมทรัพยากรน้ำบาดาลได้มอบหมายให้คณะผู้เชี่ยวชาญด้านอุทกธรณีวิทยา ธรณีวิทยา วิศวกรรมเครื่องกล และวิศวกรรมโยธา เป็นผู้ดำเนินการร่างมาตรฐานการสำรวจอุทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาล โดยมีคณะกรรมการพิจารณาทั้งจากภาคส่วนของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล หน่วยงานของรัฐ นักวิชาการ และผู้ที่เกี่ยวข้องทำการตรวจสอบ แก้ไข และจะปรับใช้เป็นมาตรฐานเมื่อผ่านการเห็นชอบและยอมรับจากทุกฝ่าย ทั้งนี้ขั้นตอน วิธีการดำเนินงานได้ยึดถือการจัดทำมาตรฐานของสมาคมการทดสอบและวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา (American Society for Testing and Materials, ASTM) และมาตรฐานสินค้าอุตสาหกรรม (มอก.) เป็นต้นแบบในการดำเนินงาน

การสำรวจอุทกธรณีวิทยาไม่ว่าจะเป็นการสำรวจเพื่อกำหนดตำแหน่งเจาะบ่อน้ำบาดาล การสำรวจเพื่อจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาลหรือ

การสำรวจอุทกธรณีวิทยาเพื่อวัตถุประสงค์อื่นๆ เช่น การศึกษาวิจัยเพื่อการประเมินศักยภาพแหล่งน้ำบาดาล การศึกษาวิจัยการอนุรักษ์และการปนเปื้อนแหล่งน้ำบาดาล จำเป็นต้องเริ่มต้นจากการสำรวจอุทกธรณีวิทยายานพื้นดินเพื่อให้เข้าใจข้อมูลพื้นฐานของระบบน้ำบาดาล (groundwater system) ในพื้นที่สำรวจ ดังนั้นมาตรฐานฉบับนี้จะเป็นมาตรฐานสำหรับการปฏิบัติงานสำรวจอุทกธรณีวิทยายานพื้นดินโดยมีรายละเอียดขั้นตอนการปฏิบัติงานอยู่ในคู่มือการสำรวจอุทกธรณีวิทยายานพื้นดิน (คู่มือ ทบ ส 1000-2550)

2. ขอบเขต

งานสำรวจอุทกธรณีวิทยายานพื้นดินเป็นงานพื้นฐานซึ่งนำไปประยุกต์ใช้สำหรับวิชาการน้ำบาดาลด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการสำรวจเพื่อกำหนดตำแหน่งจุดเจาะบ่อน้ำบาดาล การสำรวจเพื่อจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาลหรือการสำรวจอุทกธรณีวิทยาเพื่อวัตถุประสงค์อื่นๆ เช่น การศึกษาวิจัยการประเมินศักยภาพแหล่งน้ำบาดาล การศึกษาวิจัยการอนุรักษ์แหล่งน้ำบาดาล การศึกษาวิจัยการปนเปื้อนแหล่งน้ำบาดาล งานเหล่านี้มีความจำเป็นต้องเริ่มต้นจากการสำรวจอุทกธรณีวิทยายานพื้นดิน ทั้งนี้เพื่อให้เข้าใจข้อมูลพื้นฐานของระบบ



น้ำบาดาลของพื้นที่ ดังนั้นมาตรฐานฉบับนี้จะกำหนดมาตรฐานสำหรับใช้ในงานสำรวจอุทกธรณีวิทยาบนผิวดินในงานด้านต่างๆ โดยมีขอบเขตงาน ดังนี้

2.1 มาตรฐานงานสำรวจอุทกธรณีวิทยาบนผิวดินครอบคลุมมาตรฐานงานด้านต่างๆ รวม 5 ขั้นตอนได้แก่

2.1.1 การวางแผนการสำรวจ

2.1.2 การรวบรวมข้อมูลและการเตรียมการสำรวจ

2.1.3 การสำรวจอุทกธรณีวิทยาบนผิวดิน

2.1.4 การรังวัดระดับบ่อน้ำบาดาลและระดับตำแหน่งจุดสำรวจ

2.1.5 การจัดทำแผนที่และรายงาน

2.2 หน่วยวัด

หน่วยวัดที่ใช้ในเอกสารมาตรฐานนี้เป็นหน่วยวัดระบบหน่วยวัดมาตรฐานสากล (Système Internationale d'Unités, SI Units)

2.3 ข้อจำกัด

เอกสารมาตรฐานฉบับนี้สามารถใช้หรือประยุกต์ใช้เป็นแนวทางหรือการกำหนดแนวทางในการปฏิบัติงานด้านการสำรวจอุทกธรณีวิทยาต่างๆ ไปสำหรับงานสำรวจอุทกธรณีวิทยาชั้นรายละเอียดเฉพาะพื้นที่ขึ้นอยู่กับความตั้งใจของผู้เชี่ยวชาญเฉพาะเรื่องซึ่งอาจเพิ่มเติมรายละเอียดการสำรวจนอกเหนือจากที่ได้กำหนดในเอกสารนี้ได้ตามความเหมาะสม

3. เอกสารที่เกี่ยวข้อง

3.1 กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

- มาตรฐาน ทบ พ 1000-2550 การเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

- มาตรฐาน ทบ ส 2001-2550 ถึง 2005-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน

- มาตรฐาน ทบ ส 4000-2550 การจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยา

- คู่มือ ทบ ส 1000-2550 การสำรวจอุทกธรณีวิทยาบนผิวดิน

- คู่มือ ทบ ส 2001-2550 ถึง 2005-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน

- คู่มือ ทบ ส 4000-2550 การจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยา

- คู่มือ ทบ พ 1000-2550 การเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

3.2 American Society for Testing and Materials (ASTM):

- D5879-93 (Re 2002) Standard Guide for Geotechnical Mapping of Large Underground Openings in Rocks.

- D5730-04 Standard Guide for Site Characterization for Environmental Purposes with Emphasis on Soil, Rock, the Vadose and Groundwater.

4. ศัพท์บัญญัติ

4.1 คำนิยาม

การสำรวจน้ำบาดาลเฉพาะแห่ง (ground-water investigation for pin-point well drilling) หมายถึง การสำรวจธรณีฟิสิกส์และการสำรวจอุทกธรณีวิทยาที่มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดตำแหน่งจุดเจาะบ่อน้ำบาดาลที่เหมาะสม

การสำรวจอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดิน (sub-surface hydrogeological investigation) หมายถึง การสำรวจเพื่อจะจัดเก็บข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดินโดยใช้เครื่องมือเจาะหรือหยั่งลึกลงไปจากผิวดิน

การสำรวจอุทกธรณีวิทยาบนผิวดิน (surface hydrogeological investigation) หมายถึง



การสำรวจเพื่อเก็บข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยาโดยปฏิบัติการสำรวจเฉพาะบนผิวดินที่มีได้ใช้เครื่องมือใดๆ หยั่งลึกลงไปจากผิวดินหรือการรวบรวมข้อมูลเก่าทั้งที่เป็นข้อมูลที่ปรากฏบนผิวดินและข้อมูลที่อยู่ที่ผิวดิน

ชั้นน้ำ (aquifer) หมายถึง ชั้นหินหรือชั้นตะกอนที่มีสมบัติยอมให้น้ำซึมผ่านได้ง่ายเนื่องจากมีช่องว่างระหว่างตะกอนกว้างหรือมีโพรงหรือรอยแตกต่อเนื่องกันจึงทำให้เก็บน้ำไว้ได้เป็นปริมาณมากจนกลายเป็นน้ำใต้ดิน ตัวอย่างได้แก่ หินทราย หินปูน ชั้นตะกอนทราย ชั้นกรวด เป็นต้น

แบบจำลองเชิงมโนทัศน์ของพื้นที่สำรวจ (conceptual site models) หมายถึง การสร้างรูปแบบจำลองของพื้นที่สำรวจจากข้อมูลเบื้องต้นของพื้นที่สำรวจเท่าที่มีอยู่เพื่อใช้ในการกำหนดแนวทางและวิธีการสำรวจภาคสนาม

แบบจำลองอุทกธรณีวิทยาเชิงมโนทัศน์ (conceptual hydrogeological models) หมายถึง การสร้างรูปแบบจำลองของพื้นที่สำรวจจากข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยาที่ได้จากการสำรวจอุทกธรณีวิทยายบนผิวดิน เพื่อใช้ประกอบกับแผนที่อุทกธรณีวิทยาสำหรับการกำหนดแนวทางการสำรวจขั้นต่อไป

4.2 คำย่อ

กรมฯ หมายถึง กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

การสำรวจฯ หมายถึง การสำรวจอุทกธรณีวิทยายบนผิวดิน

แบบจำลองฯ หมายถึง แบบจำลองเชิงมโนทัศน์ของพื้นที่สำรวจ

5. ความสำคัญและการใช้งาน

5.1 เอกสารมาตรฐานฉบับนี้ได้กำหนดแนวทางการสำรวจอุทกธรณีวิทยายบนผิวดินไว้เป็น

มาตรฐานกว้างๆ สำหรับการปรับใช้เป็นมาตรฐานในการสำรวจแหล่งน้ำบาดาลเพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ ดังนี้

5.1.1 เป็นมาตรฐานการวางแผนและการคัดกรองงานสำรวจจัดเก็บข้อมูลภาคสนาม ในงานสำรวจน้ำบาดาลเฉพาะแห่ง (groundwater investigation for pin-point well drilling) ซึ่งอาจจำเป็นต้องดำเนินการสำรวจต่อเนื่องโดยการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินตามมาตรฐาน ทบ ส 2001-2550 ถึง 2005-2550

5.1.2 เป็นมาตรฐานการรวบรวมศึกษาและการสำรวจจัดเก็บข้อมูลภาคสนามในงานสำรวจจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยา (hydrogeological maps) และแผนที่น้ำบาดาล (groundwater maps) โดยมีกระบวนการดำเนินงานต่อเนื่อง ตามมาตรฐานการจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยา (ทบ ส 4000-2550)

5.1.3 เป็นมาตรฐานการรวบรวม ศึกษาและการสำรวจจัดเก็บข้อมูลภาคสนาม ซึ่งเป็นงานพื้นฐานเบื้องต้นสำหรับงานศึกษาวิจัยแหล่งน้ำบาดาลด้านต่างๆ เช่น การศึกษาวิจัยเพื่อประเมินแหล่งน้ำต้นทุนของแอ่งน้ำบาดาล การศึกษาวิจัยเพื่อประเมินพื้นที่เติมน้ำ การศึกษาวิจัยเพื่อจัดทำแบบจำลองอุทกธรณีวิทยาทางคณิตศาสตร์ และการศึกษาวิจัยทางอุทกธรณีวิทยาด้านอื่นๆ

5.2 เอกสารมาตรฐานฉบับนี้ควรใช้ร่วมกับคู่มือการสำรวจอุทกธรณีวิทยายบนผิวดิน (คู่มือ ทบ ส 1000-2550) เพื่อเป็นแนวทางและขั้นตอนการปฏิบัติงานเพื่อให้ได้ผลงานบรรลุตามที่มาตรฐานกำหนด

5.3 การกำหนดมาตรฐานงานสำรวจอุทกธรณีวิทยายบนผิวดินฉบับนี้ได้กำหนดเป็นมาตรฐานทั่วไป ปริมาณข้อมูลขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่สำรวจเวลาและงบประมาณของงานสำรวจแต่ละงานสำหรับการศึกษาวิจัยแหล่งน้ำบาดาลตามวัตถุประสงค์ต่างๆ



ขึ้นอยู่กับรายละเอียดของข้อมูลในเชิงลึก อาจมีความจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนรายละเอียดของเนื้อหาตามที่มีผู้เชี่ยวชาญแต่ละโครงการจะเห็นสมควร

6. มาตรฐานการวางแผนการสำรวจอุทกธรณีวิทยาบนผิวดิน

มาตรฐานของสมาคมการทดสอบและวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา (ASTM, 2004) ได้กำหนดงานด้านต่างๆ ในขั้นต้น ซึ่งอาจจะเรียงลำดับของงาน ดังนี้ การกำหนดวัตถุประสงค์และการคัดกรองงาน การกำหนดขอบเขตพื้นที่สำรวจ การศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับพื้นที่สำรวจ การกำหนดแบบจำลองเชิงโมทัศน์ของพื้นที่สำรวจ ซึ่งจำเป็นสำหรับการวางแผนงานอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถพิจารณาได้ดังนี้

6.1 การกำหนดวัตถุประสงค์และการคัดกรองงาน

การสำรวจอุทกธรณีวิทยาบนผิวดิน เป็นงานพื้นฐานของงานศึกษาวิจัยทางอุทกธรณีวิทยาด้านต่างๆ รวมทั้งเป็นงานสำรวจหาข้อมูลเบื้องต้นของการสำรวจน้ำบาดาลเฉพาะแห่ง ซึ่งมีวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน จำเป็นต้องทบทวนวัตถุประสงค์(กรณีหน่วยงานกรมฯได้รับคำร้องขอสำรวจ) หรือกำหนดวัตถุประสงค์(กรณีที่กำหนดโครงการใหม่)ของการสำรวจให้ชัดเจน สำหรับงานสำรวจน้ำบาดาลเฉพาะแห่งในพื้นที่ต่างๆทั่วประเทศ ทั้งเป็นคำขอสำรวจจากหน่วยราชการต่างๆ หน่วยเจาะภายในกรมฯ รวมทั้งประชาชนในพื้นที่ ผู้ขอให้สำรวจส่วนใหญ่มีความรู้ด้านอุทกธรณีวิทยาจำกัด และมีคำขอสำรวจจำนวนมากแต่บุคลากรที่ดำเนินงานมีจำนวนจำกัด ดังนั้นฝ่ายวางแผนงานสำรวจของกรมฯจึงต้องมีการคัดกรองงานเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการวางแผนงาน โดยการจัดลำดับความเหมาะสมในการปฏิบัติงานงานสำรวจออกเป็นระดับต่างๆ เช่น ระดับการศึกษาข้อมูล

ที่ไม่จำเป็นต้องสำรวจภาคสนาม ระดับที่สามารถมอบหมายให้ช่างสำรวจหรือนักอุทกธรณีวิทยาเป็นผู้กระทำการสำรวจ หรือจำเป็นต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านในการสำรวจภาคสนาม

การคัดกรองงาน ไม่อาจกำหนดเป็นมาตรฐานในที่นี้ได้ แต่งานสำรวจน้ำบาดาลเฉพาะแห่งเป็นงานหนึ่งของกองน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี ที่ได้รับมาตรฐาน ISO 9000 และมีการคัดกรองคำขอสำรวจตามขั้นตอนการปฏิบัติงาน ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก. การคัดกรองงานที่นำเสนอในคู่มือการสำรวจอุทกธรณีวิทยาบนผิวดิน (คู่มือ ทบ ส 1000-2550) ได้แก้ไขตัดแปลงจากขั้นตอนการปฏิบัติงานดังกล่าว ประกอบด้วยขั้นตอนการปฏิบัติงาน 9 ขั้นตอน เพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการคัดกรองคำขอสำรวจของงานสำรวจน้ำบาดาลเฉพาะแห่ง

6.2 การกำหนดขอบเขตพื้นที่สำรวจ

ตามมาตรฐานของสมาคมการทดสอบและวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา (ASTM, 2004) ได้เสนอแนะและกำหนดขอบเขตพื้นที่สำรวจไว้ดังนี้

(1) ขอบเขตการปกครอง เช่น หมู่บ้าน ตำบล อำเภอ จังหวัด เป็นต้น

(2) ขอบเขตตามลักษณะการใช้พื้นที่

(3) ขอบเขตตามธรรมชาติ เช่น ขอบเขตตามลักษณะภูมิประเทศ ขอบเขตตามสภาพธรณีวิทยาหรืออุทกธรณีวิทยา และขอบเขตตามประเภทของดิน เป็นต้น

มาตรฐานการกำหนดขอบเขตพื้นที่สำรวจสำหรับงานสำรวจ เป็นงานพื้นฐานเบื้องต้นของงานศึกษาวิจัยทางอุทกธรณีวิทยาด้านต่างๆ อย่างน้อยควรครอบคลุมพื้นที่สำรวจตามที่ระบุในโครงการศึกษาวิจัยนั้นๆ และหากจำเป็นต้องขยายขอบเขตพื้นที่สำรวจออกไป ให้ยึดถือหลักเกณฑ์การกำหนดพื้นที่ดังกล่าวข้างต้น หรือขยายขอบเขตพื้นที่ตาม



คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญด้านธรณีวิทยาหรืออุทกธรณีวิทยาของโครงการ สำหรับงานสำรวจ เพื่อการสำรวน้ำบาดาลเฉพาะแห่ง อย่างน้อยต้องครอบคลุมหมู่บ้าน หรือพื้นที่โครงการตามคำขอสำรวจ รวมทั้งต้องครอบคลุมพื้นที่ข้างเคียงดังนี้ คือ พื้นที่แหล่งน้ำผิวดิน หรือพื้นที่ที่เคยเจาะบ่อมาแล้ว หรือพื้นที่ที่มีสภาพอุทกธรณีวิทยาที่เหมาะสมสำหรับการเจาะบ่อน้ำบาดาลได้เหมาะสมกว่าพื้นที่ตามคำขอสำรวจ

6.3 งานสร้างแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ของพื้นที่สำรวจ

เป็นการสร้างแบบจำลองของพื้นที่สำรวจจากข้อมูลที่มีอยู่ รูปแบบและความซับซ้อนของแบบจำลอง ขึ้นอยู่กับปริมาณของข้อมูลและแนวคิดในการแก้ไขปัญหาของพื้นที่นั้น อาจสร้างแบบจำลองได้หลายรูปแบบตามแนวคิดที่อาจมีหลายแนวคิดเพื่อทดสอบความเหมาะสมแต่ละรูปแบบ และนำรูปแบบที่เหมาะสมมากำหนดวัตถุประสงค์และวิธีการสำรวจต่อไป

7. มาตรฐานการรวบรวมข้อมูลและการเตรียมการสำรวจอุทกธรณีวิทยานผิวดิน

การรวบรวมข้อมูลการสำรวจฯ ตามมาตรฐานของสมาคมการทดสอบและวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา (ASTM, 2000) อย่างน้อยต้องประกอบด้วยงานด้านต่างๆ ดังนี้

- (1) การรวบรวมทบทวนและศึกษาข้อมูลด้านเทคนิคของพื้นที่สำรวจ
- (2) การศึกษาข้อมูลด้านธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่สำรวจและพื้นที่ข้างเคียง
- (3) การจัดเตรียมแผนที่พื้นฐานสำหรับการสำรวจภาคสนาม (base maps)
- (4) การสำรวจตำแหน่งจุดตรวจสอบเบื้องต้นในสนาม

สำหรับการรวบรวมข้อมูลและการเตรียมการสำรวจฯ (Brassington, 1988) ประกอบด้วย การรวบรวม การทบทวนและศึกษาข้อมูลของพื้นที่สำรวจด้านต่างๆ ดังนี้

- (1) ภูมิประเทศ
- (2) อุทกวิทยา
- (3) ธรณีวิทยา
- (4) อุทกธรณีวิทยา
- (5) ข้อมูลการเจาะบ่อน้ำบาดาล
- (6) รายงานการสำรวจฯ พื้นที่ข้างเคียง

มาตรฐานการรวบรวมข้อมูลและการเตรียมการสำรวจฯ นอกจากการศึกษาเอกสารอ้างอิงระดับนานาชาติแล้ว ยังได้ศึกษาเอกสารการสำรวน้ำบาดาลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (วิจิต ศิริโกคา กิจ, 2542) จึงได้กำหนดเป็นมาตรฐานในการรวบรวมข้อมูลของพื้นที่สำรวจ ซึ่งอย่างน้อยต้องทำการรวบรวมข้อมูลจากเอกสารต่างๆ ดังต่อไปนี้

7.1 แผนที่ภูมิประเทศ

แผนที่ภูมิประเทศที่ใช้ในประเทศไทย มี 2 มาตราส่วน คือ 1: 250,000 และ 1:50,000 ซึ่งจัดทำโดยกรมแผนที่ทหาร สำหรับแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 กำหนดให้ใช้แผนที่ฉบับปรับปรุงใหม่ระบบสากล (world global system, WGS 84) แทนฉบับเก่าในระบบ Thai-Indian 75 เนื่องจากการกำหนดตำแหน่งจุดพิกัดในแผนที่ (UTM) เป็นระบบสากลสามารถใช้เป็นระบบเดียวกันทั่วโลก ซึ่งทำให้การกำหนดตำแหน่งจุดพิกัดด้วยเครื่องกำหนดจุดพิกัด (global positioning system, GPS) ได้ถูกต้องแม่นยำมากขึ้น ข้อมูลที่สืบหาได้จากแผนที่ภูมิประเทศประกอบด้วยข้อมูลหมวดต่างๆ คือ หมวดการปกครอง หมวดการคมนาคม หมวดภูมิประเทศ หมวดการใช้ประโยชน์ที่ดิน และหมวดธรณีสัณฐานวิทยา



การเลือกใช้มาตราส่วนแผนที่ภูมิประเทศที่เหมาะสมสำหรับงานสำรวจ ย่อมขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่สำรวจและปริมาณข้อมูลการสำรวจที่จะลงในแผนที่ โดยทั่วไปพื้นที่สำรวจตั้งแต่ระดับจังหวัดลงไป มักใช้แผนที่มาตราส่วน 1:50,000 ในการจัดทำแผนที่พื้นฐาน เช่นการสำรวจจัดทำแผนที่น้ำบาดาลรายจังหวัด เป็นต้น งานสำรวจน้ำบาดาลเฉพาะแห่ง ส่วนใหญ่ครอบคลุมพื้นที่การสำรวจในระดับหมู่บ้าน และมีข้อมูลที่จำต้องลงในแผนที่พื้นฐานจำนวนมาก เช่น ตำแหน่งจุดสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ต่างๆ มาตราส่วนแผนที่ที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 1: 25,000 ถึง 1:5,000 โดยขยายจากแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 และเพิ่มเติมรายละเอียดข้อมูลหมวดต่างๆ จากการสำรวจภาคสนาม สำหรับแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:250,000 เหมาะสมสำหรับใช้เฉพาะงานสำรวจในระดับภาคเท่านั้น เช่น การสำรวจจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยาภาคต่างๆ เป็นต้น

7.2 ภาพถ่ายทางอากาศ ภาพถ่ายการรับรู้ระยะไกล

ในขั้นตอนการรวบรวมข้อมูล อย่างน้อยต้องแปลความหมายจากภาพถ่ายอากาศและภาพถ่ายการรับรู้ระยะไกล อย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งสองอย่างแล้วแต่ความจำเป็น ข้อมูลหมวดต่างๆ ได้จากการแปลความหมายดังนี้ คือ

(1) ธรณีสัณฐานวิทยา เช่น ขอบเขตแอ่งน้ำบาดาล พื้นที่รับน้ำ รูปแบบทางน้ำ ความหนาแน่นทางน้ำ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน

(2) ธรณีวิทยา เช่น ประเภทชั้นหิน ขอบเขตของชั้นหิน ในบริเวณพื้นที่สำรวจและพื้นที่ข้างเคียง

(3) ธรณีวิทยาโครงสร้าง เช่น แนวรอยเลื่อน ระบบแนวรอยแตก รอยแตกในชั้นหิน โพร่งถ้ำ

รูปแบบและประเภทของโพรงถ้ำในแหล่งหินปูน เป็นต้น

ภาพถ่ายการรับรู้ระยะไกลจาก Google Earth ให้ข้อมูลปัจจุบันเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน และเส้นทางคมนาคม และแหล่งน้ำผิวดินได้อย่างชัดเจน ภาพถ่ายการรับรู้ระยะไกลแบบ LANDSAT และ SLAR (side looking airborne radar imagery) อาจสื่อให้แปลความหมายเกี่ยวกับข้อมูลธรณีวิทยา และโครงสร้างทางธรณีวิทยาได้ผิวดินได้กว้างๆ ภาพถ่ายการรับรู้ระยะไกลแบบรังสีใต้แดง (infrared) อาจสื่อให้แปลความหมายเกี่ยวกับข้อมูลระดับความชื้นของผิวดินในพื้นที่ต่างๆ ได้

7.3 แผนที่ธรณีวิทยาและแผนที่อุทกธรณีวิทยา

การรวบรวมข้อมูลงานสำรวจอุทกธรณีวิทยาน้ำผิวดิน ควรตรวจสอบข้อมูลทางธรณีวิทยา และอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่สำรวจจากแผนที่ธรณีวิทยาและแผนที่อุทกธรณีวิทยา และบันทึกข้อมูลดังกล่าวในแผนที่พื้นฐานให้ครบถ้วน ก่อนที่จะดำเนินการสำรวจภาคสนาม

กรมทรัพยากรธรณีได้จัดพิมพ์แผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1:250,000 ทั่วประเทศ และแผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1:50,000 ครอบคลุมพื้นที่เกือบทั่วประเทศ ส่วนกรมทรัพยากรน้ำบาดาลได้จัดพิมพ์แผนที่อุทกธรณีวิทยาประจำภาคต่างๆ คือ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ มาตราส่วน 1:500,000 และชุดแผนที่น้ำบาดาลรายจังหวัด มาตราส่วน 1:100,000 ครบทุกจังหวัดทั่วประเทศ โดยจัดตั้งระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์น้ำบาดาล(hydrogeological geographic information system, HYGIS) ซึ่งจะเป็นศูนย์กลางในการเผยแพร่ข้อมูล แผนที่อุทกธรณีวิทยา แผนที่น้ำบาดาล และข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยาอื่นๆ ทาง



อินเทอร์เน็ต แผนที่ธรณีวิทยาและแผนที่อุทกธรณีวิทยาต่างๆ ดังกล่าวเป็นแหล่งข้อมูลด้านธรณีวิทยาของพื้นที่สำรวจและพื้นที่ข้างเคียง

7.4 ข้อมูลการเจาะบ่อน้ำบาดาล

ในขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลงานสำรวจอุทกธรณีวิทยายบนผิวดิน ต้องมีการจัดทำแผนการจัดเก็บข้อมูลการเจาะบ่อน้ำบาดาลภาคสนาม ทั้งบ่อที่อยู่ในและนอกบัญชีบ่อน้ำบาดาลของกรมฯ และกำหนดตำแหน่งจุดพิกัดบ่อเหล่านั้นลงในแผนที่พื้นฐาน

ข้อมูลการเจาะบ่อน้ำบาดาล การพัฒนาบ่อน้ำบาดาลจนถึงปัจจุบันได้เจาะบ่อน้ำบาดาลของภาครัฐตามหมู่บ้านต่างๆ ทั่วประเทศแล้วประมาณ 200,000 บ่อ ข้อมูลการเจาะบ่อน้ำบาดาลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลได้รวบรวมไว้ในเอกสาร 2 เล่ม ได้แก่ “Drilling Logs of Wells” เป็นเอกสารรวบรวมข้อมูลรายละเอียดของชั้นดินชั้นหินที่เจาะพบที่ระดับความลึกต่างๆ ของบ่อเจาะในแต่ละบ่อประมาณ และ “Records of Wells” ซึ่งรวบรวมรายละเอียดของบ่อน้ำบาดาลทุกบ่อ เช่น ตำแหน่งและหมายเลขบ่อ ความลึกของบ่อเจาะ ความลึกของชั้นน้ำ ชนิดของชั้นน้ำบาดาล ระดับความลึกของน้ำในบ่อ ปริมาณน้ำระดับน้ำลดขณะสูบ ชนิดเครื่องสูบน้ำที่ติดตั้งประจำบ่อ ข้อมูลคุณภาพน้ำบาดาล และข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยาอื่นๆ ปัจจุบันกรมทรัพยากรน้ำบาดาลได้จัดทำเป็นระบบฐานข้อมูล “พสุธารา” โดยมีข้อมูลบ่อน้ำบาดาลทั่วประเทศประมาณ 70,000 บ่อ

7.5 รายงานการสำรวจอุทกธรณีวิทยา

ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลงานสำรวจอุทกธรณีวิทยายบนผิวดิน ควรจะศึกษารายงานการสำรวจอุทกธรณีวิทยาที่กรมฯ ได้จัดทำไว้แล้วในบริเวณพื้นที่ข้างเคียงของพื้นที่สำรวจ หรือพื้นที่ที่มีสภาพทางอุทกธรณีวิทยาใกล้เคียงกับพื้นที่สำรวจ โดยจัดทำเป็น

บัญชี “รายงานการสำรวจน้ำบาดาล”

รายงานการสำรวจอุทกธรณีวิทยาในพื้นที่ต่างๆ ทั่วประเทศ (groundwater open-file report) มีประมาณ 300 เรื่อง นอกจากนี้กรมฯยังได้จัดทำเอกสารรายงานการสำรวจน้ำบาดาลเฉพาะแห่งโดยรวบรวมรายงานการสำรวจอุทกธรณีวิทยาในพื้นที่ต่างๆ เป็น “บันทึกรายงานการสำรวจ” (notes of groundwater investigation) จำนวนไม่น้อยกว่า 2,500 ฉบับ รายงานการสำรวจอุทกธรณีวิทยาต่างๆ ดังกล่าวสามารถใช้เป็นกรณีตัวอย่างสำหรับการสำรวจในพื้นที่ต่างๆ ที่มีสภาพอุทกธรณีคล้ายคลึงกัน

7.6 มาตรฐานการจัดเตรียมแผนที่พื้นฐาน

แผนที่พื้นฐานอย่างน้อยต้องประกอบด้วยข้อมูลต่างๆ ดังนี้

7.6.1 ข้อมูลตามหมวดข้อมูลต่างๆ ในแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000

7.6.2 การเปลี่ยนแปลงข้อมูลจากผลการตรวจสอบด้วยภาพถ่ายการรับรู้ระยะไกล

7.6.3 ข้อมูลธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยา ทั้งจากการแปลความหมายจากภาพถ่ายทางอากาศและจากการศึกษาข้อมูลจากแผนที่ธรณีวิทยา แผนที่อุทกธรณีวิทยา และแผนที่น้ำบาดาล

7.6.4 ขอบเขตพื้นที่สำรวจและการเข้าถึงพื้นที่

7.6.5 ข้อมูลการเจาะบ่อน้ำบาดาลและตำแหน่งบ่อในพื้นที่สำรวจและพื้นที่ข้างเคียง จากรายงานการสำรวจอุทกธรณีวิทยาของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล

8. มาตรฐานการจัดทำแผนการสำรวจอุทกธรณีวิทยายบนผิวดินและแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ของพื้นที่สำรวจ

ผลจากการรวบรวมและศึกษาข้อมูลเทคนิคด้านต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น ทำให้มีข้อมูลมากเพียงพอที่จะ



จัดทำแผนการสำรวจ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่สุดและเป็นเป้าหมายสุดท้ายของการรวบรวมข้อมูลและการเตรียมการสำรวจ (Brassington, 1988) สำหรับจัดทำปรับปรุงตกแต่งแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ของพื้นที่สำรวจ อย่างน้อยแบบจำลองต้องประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ 3 ขั้นตอน คือ

(1) แนวคิดการจัดทำแบบจำลองฯ

(2) ส่วนประกอบของแบบจำลองฯ ซึ่งประกอบด้วยแผนการสำรวจ แผนการใช้บุคลากรและเครื่องมือ และแผนงบประมาณและเวลา รวมไปถึงการคัดเลือกวิธีการสำรวจ

(3) การทวนสอบแบบจำลองฯ (conceptual model verification)

9. มาตรฐานการสำรวจอุทกธรณีวิทยา

บนผิวดิน

9.1 การสำรวจอุทกธรณีวิทยาภาคสนาม

การสำรวจอุทกธรณีวิทยาในสนามประกอบด้วย งานตามมาตรฐานของสมาคมการทดสอบและวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา (ASTM, 2002) ซึ่งกำหนดมาตรฐานการสำรวจอุทกธรณีวิทยาภาคสนามสำหรับงานสำรวจด้านธรณีเทคนิค โดยแบ่งออกเป็นขั้นตอนการเสนอแผนการสำรวจ ขั้นตอนและวิธีการสำรวจ ดังรายละเอียดต่อไปนี้คือ

9.1.1 การนำเสนอแผนงานการสำรวจฯ

(1) ผู้ดำเนินการสำรวจภาคสนามควรเป็นผู้ได้รับการฝึกอบรมด้านอุทกธรณีวิทยาเป็นอย่างดี หรือเป็นนักธรณีวิทยา รวมทั้งต้องมีความสามารถในการสำรวจจัดทำแผนที่ธรณีวิทยา โดยผู้สำรวจจะต้องจัดทำบทสรุปเบื้องต้นของลักษณะอุทกธรณีวิทยาเชิงภูมิภาค อุทกธรณีวิทยาเชิงพื้นที่ และจัดทำต้นร่างแผนที่อุทกธรณีวิทยาภายใต้การให้คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญด้านธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยา

(2) นำเสนอแผนการเตรียมการและแผนการสำรวจจัดทำแผนที่ต้นร่างอุทกธรณีวิทยา พร้อมทั้งแนะนำคณะบุคลากรที่ร่วมสำรวจอย่างชัดเจน

(3) กำหนดการปฏิบัติงานสำรวจภาคสนามในแผนการสำรวจ และการจัดทำแผนที่ต้นร่างอุทกธรณีวิทยา โดยต้องมีเวลามากเพียงพอเหมาะสมกับปริมาณงาน

(4) จัดการประชุมก่อนการสำรวจภาคสนาม โดยมีบุคลากรจากงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในโครงการเข้าร่วมประชุมด้วย เพื่อแจ้งรายละเอียดแผนการปฏิบัติงาน หรือในกรณีที่มีการปรับเปลี่ยนแผนงาน เพื่อความร่วมมือและความเข้าใจอันดีของทีมงาน เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการตามแผนที่กำหนดไว้

9.1.2 ขั้นตอนการสำรวจฯ

ขั้นตอนการสำรวจอุทกธรณีวิทยาในสนามสำหรับงานธรณีเทคนิคตามมาตรฐานของสมาคมการทดสอบและวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา (ASTM, 2002) ได้แบ่งงานออกเป็นหมวดงานต่างๆ ดังนี้

(1) การสำรวจด้านภูมิประเทศและธรณีสัณฐานวิทยาเป็นงานตรวจสอบข้อมูลด้านภูมิประเทศและธรณีสัณฐานวิทยาของพื้นที่สำรวจที่ได้จากขั้นตอนการรวบรวมข้อมูล และการเตรียมการสำรวจ รวมไปถึงข้อมูลรายละเอียดเพิ่มเติม เช่น การสำรวจค้นหาแหล่งน้ำซึมน้ำซับตามพื้นที่ที่ลาดเอียงเชิงเขา การสำรวจคันหาร่องรอยของธารน้ำใต้ผิวดินระดับต้น การตรวจสอบระดับความสูงของพื้นที่หรือของจุดสำรวจต่างๆ อาจใช้ระดับความสูงเปรียบเทียบ เป็นต้น

(2) การสำรวจอุทกธรณีวิทยาเชิงภูมิภาคเป็นงานตรวจสอบรายละเอียดชนิดและคุณ-



สมบัติการกักเก็บน้ำบาดาลของชั้นหินต่างๆ รวมทั้งลักษณะการเรียงลำดับของชั้นหินในพื้นที่สำรวจ ตามมาตรฐานของสมาคมการทดสอบและวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา (ASTM, 2002) ได้กำหนดมาตรฐานการตรวจสอบกลุ่มหินอุ้มน้ำต่างๆไว้ดังต่อไปนี้ ชนิดของหิน คำนียามของหิน สี ขนาดของเนื้อหิน แร่ประกอบหิน ระดับความแข็งของเนื้อหิน ระดับความผุกร่อนของเนื้อหินตาม Terzaghi's Guide ชนิดของวัสดุที่ได้จากการผุพัง และการประมาณการความหนาของชั้นหินผุ

(3) การสำรวจด้านโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เอื้ออำนวยต่อการกักเก็บน้ำบาดาลในชั้นหินแข็ง โดยส่วนใหญ่มักกักเก็บในช่องว่างทุติยภูมิ (secondary opening) ที่เกิดจากโครงสร้างทางธรณีวิทยา การสำรวจภาคสนามตรวจสอบข้อมูลด้านโครงสร้างธรณีวิทยา อย่างน้อยให้ดำเนินการตามมาตรฐานของสมาคมการทดสอบและวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา (ASTM, 2002) ซึ่งได้กำหนดมาตรฐานการสำรวจตรวจสอบข้อมูลโครงสร้างธรณีวิทยาในสนามสำหรับงานสำรวจด้านธรณีเทคนิคโดยแบ่งออกเป็น 2 ด้านคือ ด้านที่ 1 โครงสร้างธรณีวิทยาที่มีผลทำให้เกิดความไม่ต่อเนื่องในเนื้อหินหรือชั้นหินผิวดิน (rock defects) เช่น ระบบแนวรอยแยกในชั้นหิน แนวรอยเลื่อน การผุกร่อนของเนื้อหิน และด้านที่ 2 โครงสร้างในเนื้อหินชนิดต่างๆ ได้แก่ หินตะกอน (sedimentary rocks) หินแปร (metamorphic rocks) และหินอัคนี (igneous rocks) สำหรับรายละเอียดในการตรวจสอบข้อมูลดังกล่าวมีในเอกสารคู่มือ ทบ ส 1000-2550

9.2 การรังวัดระดับบ่อน้ำบาดาลและระดับตำแหน่งจุดสำรวจ

ข้อมูลระดับความสูงของตำแหน่งจุดสำรวจในงานสำรวจที่ไม่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ระบบ

การไหลและการเคลื่อนที่ของน้ำบาดาล สามารถใช้ข้อมูลความสูงของผิวดินจากแผนที่ภูมิประเทศที่มีความละเอียดของมาตราส่วน 1 : 50,000 เป็นอย่างน้อย

สำหรับงานสำรวจในพื้นที่สำรวจเป็นพื้นที่ราบที่ต้องวิเคราะห์ระบบการไหลและการเคลื่อนที่ของน้ำบาดาลในชั้นน้ำจำเป็นต้องมีข้อมูลระดับความสูงของบ่อน้ำบาดาลและจุดสำรวจต่างๆ ต้องเป็นงานรังวัดชั้น 3 โดยอย่างน้อยจะต้องรังวัดระดับความสูงด้วยกล้องระดับ (leveling telescope) หรือการรังวัดด้วยระบบดาวเทียมจีพีเอสแบบสถิต (static global positioning system survey)

งานสำรวจสำหรับงานพื้นฐานการศึกษาวิจัยแผ่นดินไหวหรืองานก่อสร้างด้านธรณีเทคนิคอื่นๆ ที่จำเป็นต้องมีข้อมูลระดับความสูงของผิวดินชั้นรายละเอียด การรังวัดระดับความสูงในพื้นที่สำรวจดังกล่าวจะต้องเป็นงานรังวัดชั้น 1 เท่านั้น

9.3 การจัดทำต้นร่างแผนที่และรายงาน

9.3.1 การจัดทำต้นร่างแผนที่อุทกธรณีวิทยา

แผนที่ต้นร่างอุทกธรณีวิทยาประกอบด้วยแผนที่หลัก (main map) และแผนที่ประกอบอื่นๆ (accessories maps) หรือมีเพียงแผนที่หลักก็ได้ โดยแผนที่หลักจะต้องแสดงข้อมูลที่ได้รับการปฏิบัติตามขั้นตอนต่างๆของการสำรวจอุทกธรณีวิทยาบนผิวดินอย่างครบถ้วน โดยใช้สัญลักษณ์และคำอธิบายแผนที่ซึ่งกำหนดตามมาตรฐานการจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยาของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (มาตรฐาน ทบ ส 4000-2550) และแผนที่ทุกฉบับต้องมีองค์ประกอบสำคัญตามที่กำหนดไว้ตามมาตรฐานของสมาคมการทดสอบและวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา (ASTM, 2002) ซึ่งได้กำหนดมาตรฐานการสำรวจจัดทำต้นร่างแผนที่อุทกธรณีวิทยาสำหรับงานสำรวจด้านธรณีเทคนิคดังต่อไปนี้คือ



(1) มาตรฐานของแผนที่ เป็นมาตราส่วนเชิงระยะทาง (graphic scale) พร้อมคำอธิบายเกี่ยวกับมาตราส่วนของแผนที่

(2) ลูกศรกำกับทิศ

(3) ตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง (น้ำและหิน) พร้อมหมายเลขตัวอย่าง

(4) ตำแหน่งการถ่ายรูปสำหรับเป็นภาพประกอบรายงาน

(5) ในแผนที่หลักต้องแสดงตำแหน่งที่มีการสำรวจศึกษาข้อมูลชั้นรายละเอียด

(6) ในแผนที่หลักต้องแสดงตำแหน่งของแนวตัดขวาง

(7) ในแผนที่ประกอบต้องแสดงวันที่และช่วงระยะเวลาในการสำรวจ

นอกจากการจัดทำต้นร่างแผนที่อุทกธรณีวิทยาแล้วอาจต้องคาดการณ์ถึงสภาพอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดินโดยการจัดทำแบบจำลองอุทกธรณีวิทยาเชิงโมเดลของพื้นที่สำรวจจากข้อมูลที่ได้จากการสำรวจอุทกธรณีวิทยาภาคสนามเพื่อให้สามารถคาดคะเนลักษณะสำคัญของชั้นน้ำหลัก เช่น ความลึก การแผ่ขยายตัว และการวางตัวของชั้นน้ำแบบจำลองอุทกธรณีวิทยาเชิงโมเดลสามารถแสดงได้หลายรูปแบบ ทั้งในรูปแบบภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยา 2 มิติ และ 3 มิติ โดยมีเป้าหมายสำคัญเพื่อการวางแผนการสำรวจชั้นรายละเอียดเป็นเครื่องมือในการตัดสินใจถึงข้อมูลที่ต้องการสำรวจเพิ่มเติม การเลือกวิธีการสำรวจฯ การวางแผนการดำเนินงาน และแผนการเสนองานขั้นต่อไป

9.3.2 การจัดทำรายงานการสำรวจอุทกธรณีวิทยาน้ำบาดาล

รายงานการสำรวจอุทกธรณีวิทยาน้ำบาดาลทุกฉบับ ต้องมีองค์ประกอบสำคัญตามที่กำหนดไว้ตามมาตรฐานของสมาคมการทดสอบและวัสดุแห่ง

สหรัฐอเมริกา (ASTM, 2002) ซึ่งได้กำหนดมาตรฐานการสำรวจจัดทำรายงานการสำรวจอุทกธรณีวิทยาสำหรับงานสำรวจด้านธรณีเทคนิค มีองค์ประกอบดังต่อไปนี้

(1) บทนำประกอบด้วยวัตถุประสงค์ของการสำรวจอุทกธรณีวิทยาและรายละเอียดของโครงการ

(2) การรวบรวมและการศึกษาข้อมูล

(3) การสำรวจภาคสนามประกอบด้วยวิธีการสำรวจและข้อจำกัดต่างๆ

(4) สภาพอุทกธรณีวิทยา

(5) สภาพปัญหาในพื้นที่สำรวจ เช่น พื้นที่เจาะบ่อสำรวจหรือพื้นที่สำหรับการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน เป็นต้น

(6) เอกสารอ้างอิง

10. เอกสารอ้างอิง

วิจิตต์ ศิริโคคากิจ, 2542. การสำรวจน้ำบาดาล, กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, กรุงเทพฯ.

American Society for Testing and Materials (ASTM), 2000. Standard Guide for Selection of Data Elements for Ground-Water Investigations, D 5474-93.

American Society for Testing and Materials (ASTM), 2002. Standard Guide for Geotechnical Mapping of Large Underground Openings in Rocks, D 5879 – 93.

American Society for Testing and Materials (ASTM), 2004. Standard Guide for Site Characterization for Environmental Purposes with Emphasis on Soil, Rock, the Vadose and Groundwater, D 5730-04.

Brassington, R., 1988. Field Hydrogeology, Halsted Press, New York.



มาตรฐาน ทบ ส 2001-2550

การคัดเลือกวิธีการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน

มาตรฐาน ทบ ส 2001-2550 เป็นมาตรฐานการปฏิบัติงานด้านการสำรวจอุทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาล (ส) ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (ทบ) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตัวเลขชุดแรกมี 4 ตำแหน่ง หมายถึง ลำดับของมาตรฐาน ตัวเลขชุดที่สอง “2550” หมายถึง ปี พ.ศ. ที่จัดทำเอกสารต้นฉบับของมาตรฐาน กรณีที่มีการแก้ไขและปรับปรุงมาตรฐานให้สอดคล้องต่อท้ายและระบุ ปี พ.ศ. ที่แก้ไขปรับปรุง เช่น (แก้ไขปรับปรุง 2555) เป็นต้น โดยมีเครื่องหมาย ⁽ⁿ⁾ เป็นตัวยกกำกับหน้าข้อความที่แก้ไข และมีเครื่องหมาย ^(l) เป็นตัวยกกำกับหน้าข้อความที่ปรับปรุงขึ้นใหม่

1. บทนำ

มาตรฐานการคัดเลือกวิธีการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน (มาตรฐาน ทบ ส 2001-2550) ฉบับนี้อยู่ในชุดมาตรฐานการสำรวจอุทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาลซึ่งจัดทำขึ้นภายใต้โครงการจัดทำมาตรฐานการเจาะสำรวจ และพัฒนาบ่อน้ำบาดาล พ.ศ. 2550 โดยกรมทรัพยากรน้ำบาดาลได้มอบหมายให้คณะผู้เชี่ยวชาญด้านอุทกธรณีวิทยา ธรณีวิทยา วิศวกรรมเครื่องกล และวิศวกรรมโยธา เป็นผู้ดำเนินการร่างมาตรฐานการสำรวจอุทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาล โดยมีคณะกรรมการพิจารณาทั้งจากภาคส่วนของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล หน่วยงานของรัฐ นักวิชาการ และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทำการตรวจสอบ แก้ไข และจะปรับใช้เป็นมาตรฐานเมื่อผ่านการเห็นชอบและยอมรับจากทุกฝ่าย ทั้งนี้ขั้นตอนวิธีการดำเนินงานได้ยึดถือการจัดทำมาตรฐานของสมาคมการทดสอบและวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา (American Society for Testing and Materials, ASTM) และมาตรฐานสินค้าอุตสาหกรรม (มอก.) เป็นต้นแบบในการดำเนินงาน

การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินเป็นการสำรวจหาข้อมูลในเชิงลึกโดยใช้เครื่องมือทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดินตรวจวัดคุณสมบัติทางกายภาพต่างๆ ของชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดินที่ระดับความลึกต่างๆ และด้วย

วิธีการแปลความหมายจากข้อมูลการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน ทำให้สามารถประมาณการความลึกความหนาของชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดินในพื้นที่สำรวจภายใต้การประมาณการทางวิทยาศาสตร์

การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินมีวิธีการสำรวจหลายวิธีขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางกายภาพของชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดินที่ต้องการตรวจวัด เช่น ต้องการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ ความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนที่วิ่งผ่านชั้นหิน ความเป็นตัวนำแม่เหล็กไฟฟ้า หรือความหนาแน่นของชั้นหิน เป็นต้น

การคัดเลือกวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆ อย่าง หากเลือกวิธีการสำรวจที่ถูกต้องเหมาะสมกับวัตถุประสงค์การศึกษาและสภาพอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ก็จะทำให้สามารถแปลความหมายข้อมูลการสำรวจได้ง่าย ได้ผลการสำรวจที่ถูกต้องแม่นยำ รวมทั้งประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลาในการสำรวจภาคสนาม ซึ่งบางกรณีอาจจำเป็นต้องใช้การสำรวจธรณีฟิสิกส์หลายวิธีควบคู่กันไปเพื่อให้ได้ข้อมูลการสำรวจที่ครบถ้วน อย่างไรก็ตาม ผลการสำรวจย่อมขึ้นกับปัจจัยต่างๆ โดยสรุปคือ

1.1 ความชำนาญของผู้ดำเนินการสำรวจ ผู้ดำเนินการสำรวจต้องเป็นผู้วางแผนการสำรวจ จัดเก็บข้อมูลการสำรวจภาคสนามและแปลความหมายข้อมูลการสำรวจ นอกจากต้องเข้าใจอย่างถ่อง



แต่เกี่ยวกับรายละเอียดด้านทฤษฎี วิธีการสำรวจ และวิธีการแปลความหมายข้อมูลแล้ว จำเป็นต้องรู้สภาพอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่สำรวจด้วย การเลือกวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินจะต้องวิเคราะห์แบบจำลองทางอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่สำรวจอย่างละเอียด ดังนั้นผู้ดำเนินการสำรวจจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญเป็นอย่างมาก

1.2 สภาพอุทกธรณีวิทยาซึ่งมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ลักษณะอุทกธรณีวิทยาเบื้องต้นแต่ละแห่งได้จากการวิเคราะห์แบบจำลองทางอุทกธรณีวิทยาเชิงโมโนทัศน์จากขั้นตอนการสำรวจอุทกธรณีวิทยานบนผิวดิน ซึ่งส่วนใหญ่ได้ข้อมูลด้านความลึกจากการประมาณการเท่านั้น ข้อมูลดังกล่าวอาจจะไม่เพียงพอสำหรับโครงการสำรวจศึกษาวิจัยด้านอุทกธรณีวิทยา ซึ่งหากจำเป็นต้องสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินหรือมีการเจาะสำรวจเพิ่มเติม จะต้องพิจารณาคัดเลือกวิธีการที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความลึกความหนาของชั้นน้ำที่ระดับความลึกต่างๆ พร้อมการลำดับชั้นหินทางธรณีฟิสิกส์ (geophysical layers) การแผ่กระจายตัวของชั้นน้ำ รวมทั้งคุณภาพความกร่อยความเค็มของน้ำในชั้นน้ำ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะได้จากแบบจำลองทางธรณีฟิสิกส์ของพื้นที่สำรวจ (geophysical models)

2. ขอบเขต

2.1 มาตรฐานฉบับนี้จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อใช้ในการคัดเลือกวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน ที่เหมาะสมสำหรับประยุกต์ใช้ในการสำรวจน้ำบาดาลภายใต้สภาพอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่สำรวจแบบต่างๆ เท่านั้น

2.2 วิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินที่กล่าวถึงในเอกสารมาตรฐานฉบับนี้ ยึดตามมาตรฐานของสมาคมการทดสอบและวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา (ASTM, 2006) ซึ่งเป็นวิธีการสำรวจที่ใช้กันทั่วไป

ไป โดยผ่านการตรวจสอบและยอมรับในระดับสากล มีประสิทธิภาพน่าเชื่อถือสำหรับการประยุกต์ใช้ในการสำรวจด้านอุทกธรณีวิทยา ธรณีเทคนิค และการสำรวจสิ่งฝังกลบมลพิษ

2.3 วิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินที่กล่าวถึงในมาตรฐานนี้ จะครอบคลุมเฉพาะวิธีการสำรวจที่นำมาประยุกต์ใช้ในการสำรวจด้านอุทกธรณีวิทยาเท่านั้น ซึ่งประกอบด้วยวิธีการสำรวจ 4 วิธีคือการสำรวจด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (resistivity methods) การสำรวจด้วยการตรวจวัดความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห (shallow seismic refraction method) การสำรวจด้วยวิธีการตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic, EM, methods) และการสำรวจด้วยวิธีการตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาค (micro-gravity method)

2.4 มาตรฐานฉบับนี้ได้สรุปวิธีการประยุกต์ใช้ในการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินแบบต่างๆ แต่ไม่ครอบคลุมถึงรายละเอียดด้านทฤษฎี วิธีการสำรวจ และวิธีการแปลความหมายข้อมูลการสำรวจ ซึ่งรายละเอียดเหล่านี้ได้กล่าวไว้ในเอกสารมาตรฐานและคู่มือการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินแต่ละวิธี (เอกสารมาตรฐาน ทบ ส 2002-2550 ถึง 2005-2550 และเอกสารคู่มือ ทบ ส 2002-2550 ถึง 2005-2550)

2.5 หน่วยวัดใช้ในคู่มือฉบับนี้เป็นระบบหน่วยวัดมาตรฐานสากล (Système Internationale d'Unités, SI Units)

3. เอกสารที่เกี่ยวข้อง

3.1 กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

- มาตรฐาน ทบ ส 1000-2550 การสำรวจอุทกธรณีวิทยานบนผิวดิน
- มาตรฐาน ทบ ส 2002-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ



- มาตรฐาน ทบ ส 2003-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห

- มาตรฐาน ทบ ส 2004-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

- มาตรฐาน ทบ ส 2005-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาค

- คู่มือ ทบ ส 1000-2550 การสำรวจอุทกธรณีวิทยานบนผิวดิน

- คู่มือ ทบ ส 2001-2550 การคัดเลือกวิธีการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน

- คู่มือ ทบ ส 2002-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

- คู่มือ ทบ ส 2003-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห

- คู่มือ ทบ ส 2004-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

- คู่มือ ทบ ส 2005-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาค

3.2 American Society for Testing and Materials (ASTM):

- D6429-99 (Re 2006) Standard Guide for Selecting Surface Geophysical Methods.

4. ศัพท์บัญญัติ

4.1 คำนิยาม

การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน (surface geophysical investigation) หมายถึง การสำรวจธรณี

ฟิสิกส์และการสำรวจโดยใช้เครื่องมือทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน เพื่อจัดเก็บข้อมูลด้านธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยา โดยมีได้ใช้เครื่องมือใดๆ หยั่งลึกลงไปจากผิวดิน

การสำรวจน้ำบาดาลเฉพาะแห่ง (ground-water investigation for pin-point well drilling) หมายถึง การสำรวจอุทกธรณีวิทยาที่มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดตำแหน่งจุดเจาะบ่อน้ำบาดาลที่เหมาะสม

การสำรวจอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดิน (sub-surface hydrogeological investigation) หมายถึง การสำรวจเพื่อเก็บข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดิน โดยใช้เครื่องมือเจาะหรือหยั่งลึกลงไปจากผิวดิน

แบบจำลองทางธรณีฟิสิกส์ (geophysical models) หมายถึง การสร้างรูปแบบจำลองลักษณะธรณีวิทยาหรือกายภาพอื่นๆ ของพื้นที่จากข้อมูลการสำรวจธรณีฟิสิกส์ เพื่อให้ข้อมูลด้านความลึกของแบบจำลองอุทกธรณีวิทยาเชิงโมเดลมีความถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น

แบบจำลองทางธรณีฟิสิกส์สองมิติ (2D geophysical profiles) หมายถึง ภาพเป็นแนวยาวแสดงข้อมูลชั้นดินหินในเชิงลึกที่ได้จากการแปลความหมายข้อมูลจากการสำรวจธรณีฟิสิกส์

แบบจำลองทางธรณีฟิสิกส์สามมิติ (3D resistivity models) หมายถึง ภาพสามมิติแสดงข้อมูลชั้นดินหินทั้งในเชิงกว้าง ยาว และลึกที่ได้จากการแปลความหมายข้อมูลจากการสำรวจธรณีฟิสิกส์

แบบจำลองอุทกธรณีวิทยาเชิงโมเดล (conceptual hydrogeological models) หมายถึง การสร้างรูปแบบจำลองของพื้นที่สำรวจจากข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยาที่ได้จากการสำรวจอุทกธรณีวิทยานบนผิวดิน เพื่อใช้ประกอบกับแผนที่อุทกธรณีวิทยาสำหรับการกำหนดแนวทางการสำรวจขั้นต่อไป



4.2 คำย่อ

กรมฯ หมายถึง กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

การสำรวจฯ หมายถึง การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน

แบบจำลองฯ หมายถึง แบบจำลองทางธรณีฟิสิกส์

5. ความสำคัญและการใช้งาน

5.1 มาตรฐานฉบับนี้ได้กำหนดวิธีการคัดเลือกการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน สำหรับสภาพอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่สำรวจแบบต่างๆ สำหรับการปรับใช้เพื่อให้ได้ผลงานการสำรวจตรงตามมาตรฐานสากล และที่กรมทรัพยากรน้ำบาดาลกำหนด โดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการสำรวจอุทกธรณีวิทยาต่างๆ ดังนี้

5.1.1 ใช้เป็นมาตรฐานในการคัดเลือกวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินสำหรับงานสำรวจน้ำบาดาลเฉพาะแห่ง ซึ่งอาจต้องดำเนินการสำรวจต่อเนื่องด้วยการสำรวจอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดินตามมาตรฐาน ทบ ส 3000-2550

5.1.2 ใช้เป็นมาตรฐานในการคัดเลือกวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินสำหรับงานสำรวจจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยา โดยมีกระบวนการสำรวจจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยาต่อเนื่องตามมาตรฐาน ทบ ส 4000-2550

5.1.3 ใช้เป็นมาตรฐานในการคัดเลือกวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินสำหรับงานศึกษา วิจัย แหล่งน้ำบาดาลต่างๆ เช่น การศึกษาวิจัยเพื่อประเมินปริมาณน้ำสำรองในแอ่งน้ำบาดาล การศึกษาวิจัยเพื่อประเมินพื้นที่เติมน้ำ การศึกษาวิจัยเพื่อจัดทำแบบจำลองอุทกธรณีวิทยาทางคณิตศาสตร์ หรือการศึกษาวิจัยทางอุทกธรณีวิทยาด้านอื่นๆ

5.2 มาตรฐานการคัดเลือกวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินฉบับนี้ ได้กำหนดขั้นตอนและแนว

ทางการปฏิบัติงานไว้กว้างๆ สำหรับการปรับใช้กับงานสำรวจอุทกธรณีวิทยาหรือการศึกษาวิจัยอุทกธรณีวิทยาตามวัตถุประสงค์ต่างๆ ซึ่งมีความต้องการรายละเอียดของข้อมูลต่างกัน โดยเฉพาะปริมาณของข้อมูลย่อมขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่สำรวจ เวลาและงบประมาณของงานสำรวจศึกษาวิจัยแหล่งน้ำบาดาลแต่ละงาน ดังนั้นขั้นตอนและแนวทางการปฏิบัติงานที่ได้กำหนดไว้ในเอกสารฉบับนี้ อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามที่ผู้เชี่ยวชาญด้านธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยาของโครงการศึกษาวิจัยแต่ละโครงการจะเห็นสมควร

6. เครื่องมือและอุปกรณ์

รายการเครื่องมือและอุปกรณ์การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินที่เกี่ยวข้องกับเอกสารมาตรฐานฉบับนี้ ประกอบด้วยชุดเครื่องมือการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินจำนวน 4 ชุดด้วยกันคือ

(1) ชุดเครื่องมือการสำรวจตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะพร้อมอุปกรณ์

(2) ชุดเครื่องมือการสำรวจตรวจวัดความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห พร้อมอุปกรณ์

(3) ชุดเครื่องมือการสำรวจตรวจวัดสนามคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า พร้อมอุปกรณ์

(4) ชุดเครื่องมือการสำรวจตรวจวัดแรงโน้มถ่วงอย่างละเอียดพร้อมอุปกรณ์

รายละเอียดของชุดเครื่องมือแสดงในเอกสารชุดมาตรฐานและคู่มือการปฏิบัติงานด้านการสำรวจอุทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล แยกเป็นเรื่องๆ ได้แก่ การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (ทบ ส 2002-2550) การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความเร็วคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห (ทบ ส 2003-2550) การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (ทบ ส 2004-2550) และการสำรวจ



ธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดแรงโน้มถ่วง
จุลภาค (ทบ ส 2005-2551)

7. มาตรฐานการคัดเลือกวิธีการสำรวจ

ธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน

ตามเอกสารมาตรฐานของสมาคมการทดสอบ
และวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา (ASTM, 2006) ได้กำหนด
ขั้นตอนการเลือกวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน
สำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในงานสำรวจด้านธรณีเทคนิค
และงานสำรวจอื่นๆ โดยกำหนดให้ใช้วิธีการสำรวจ
ธรณีฟิสิกส์ที่เหมาะสมสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในด้าน
การสำรวจอุทกธรณีวิทยาเพียง 3 วิธี คือ วิธีการ
สำรวจด้วยการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ
วิธีการสำรวจด้วยการตรวจวัดความเร็วคลื่นไหว
สะเทือนแบบหักเห และวิธีการสำรวจด้วยการตรวจวัด
สนามแม่เหล็กไฟฟ้า

นอกจากนี้เอกสารองค์การป้องกันด้านสิ่งแวดล้อม
แห่งสหรัฐอเมริกา (EPA, 1993) ได้เสนอแนะการ
เลือกวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินที่เหมาะสมกับ
งานสำรวจการปนเปื้อนใต้ผิวดิน คือ วิธีตรวจวัดแรง
โน้มถ่วงจุลภาค

ดังนั้น กรมทรัพยากรน้ำบาดาลจึงเห็นสมควร
กำหนดมาตรฐานวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน 4
วิธี ตามมาตรฐานสากลดังกล่าว โดยมีขั้นตอนการ
คัดเลือกวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์แบบต่างๆ ดัง
รายละเอียดต่อไปนี้

7.1 มาตรฐานการวางแผนการสำรวจ ธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน

การคัดเลือกวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน
ที่เหมาะสมสำหรับประยุกต์ใช้ในการสำรวจด้าน
อุทกธรณีวิทยา จำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยสำคัญ 3
ประการ ได้แก่ วัตถุประสงค์ของการสำรวจ สภาพ
อุทกธรณีวิทยาของพื้นที่สำรวจ และความแตกต่าง

ด้านคุณสมบัติทางกายภาพของชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดิน
(physical contrast)

นอกจากนี้ยังมีปัจจัยปลีกย่อยอื่นๆ เช่น
เวลาและค่าใช้จ่ายในการสำรวจ แผนการนำเสนอ
ข้อมูลการสำรวจ รวมไปถึงสภาพแวดล้อมของพื้นที่
สำรวจ ซึ่งอาจมีสิ่งรบกวนการสำรวจ (noises) ดังนั้น
การคัดเลือกวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินที่
เหมาะสมจะต้องมีขั้นตอนการพิจารณาดังนี้

7.1.1 พิจารณาความลึกที่ต้องสำรวจโดยต้อง
บรรลุเป้าหมายตามวัตถุประสงค์ของการสำรวจ
เนื่องจากการสำรวจธรณีฟิสิกส์หลายวิธีมีข้อจำกัดใน
ด้านความลึกของการสำรวจ ซึ่งอาจแก้ไขปัญหานี้ได้
โดยการกำหนดวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์มากกว่า 1
วิธี

7.1.2 กำหนดวิธีการสำรวจให้เหมาะสมกับ
สภาพอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดินของพื้นที่ ดังนั้น ใน
ขั้นตอนการวางแผนการสำรวจธรณีฟิสิกส์จะต้อง
สำรวจสภาพอุทกธรณีวิทยารวมทั้งต้องจัดทำแบบจำลอง
อุทกธรณีวิทยาเชิงโมเดลของพื้นที่สำรวจ

7.1.3 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วย
วิธีการต่างๆ ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามเป็น
ข้อมูลเชิงคุณภาพ ซึ่งโดยส่วนใหญ่มักบรรลุวัตถุประสงค์
ของการสำรวจ แต่บางกรณีอาจจำเป็นต้อง
แปลความหมายข้อมูลเชิงคุณภาพดังกล่าวให้เป็น
ข้อมูลเชิงปริมาณ ซึ่งอาจจำเป็นต้องสำรวจธรณีฟิสิกส์
มากกว่า 1 วิธี

7.1.4 การแปลความหมายข้อมูลการสำรวจธรณี
ฟิสิกส์บนผิวดิน จำเป็นต้องใช้ข้อมูลการเจาะเพื่อ
เปรียบเทียบ (key wells) ซึ่งกรมทรัพยากรน้ำบาดาล
มีข้อมูลการเจาะบ่อน้ำบาดาลจำนวนมาก กระจายอยู่
ตามพื้นที่ต่างๆทั่วประเทศ สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูล
ดังกล่าวได้เป็นอย่างดี



7.1.5 หลักการสำคัญประการหนึ่งของการคัดเลือกวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินที่เหมาะสมคือต้องคำนึงถึงคุณสมบัติทางกายภาพของชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดิน เช่น ความแตกต่างด้านความต้านทานไฟฟ้า (resistivity contrast) ความแตกต่างด้านความเร็วคลื่นไหวสะเทือนที่เคลื่อนที่ผ่านตัววัตถุนั้น (velocity contrast) ความแตกต่างด้านการนำไฟฟ้า (electrical conductivity contrast) หรือความแตกต่างด้านความหนาแน่น (density contrast) ของชั้นดินชั้นหินเหล่านั้น ซึ่งนอกจากจะผันแปรไปตามคุณสมบัติของชั้นหินใต้ผิวดินแล้วคุณสมบัติบางชนิดยังผันแปรไปตามชนิดและปริมาณของเหลวในชั้นหินอีกด้วย เช่น ความต้านทานหรือความนำไฟฟ้าย่อมขึ้นอยู่กับคุณภาพความกร่อยเค็มของน้ำบาดาลในชั้นน้ำเป็นต้น

7.1.6 สภาพแวดล้อมของพื้นที่สำรวจ เช่น ใกล้สายไฟฟ้าแรงสูง แนวรั้วโลหะ แนววางท่อประปาใต้ดินหรือสิ่งก่อสร้างใต้ผิวดินอื่นๆ เป็นต้น อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อการศึกษาธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน ดังนั้น ในการคัดเลือกวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินจำเป็นต้องกำหนดวิธีการสำรวจให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของพื้นที่สำรวจดังกล่าว

การวางแผนการสำรวจธรณีฟิสิกส์ที่ดีและการคัดเลือกวิธีการสำรวจที่เหมาะสม นอกจากจะได้ผลการสำรวจที่ถูกต้องแม่นยำแล้ว ยังสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลาของการสำรวจจัดเก็บข้อมูลภาคสนามอีกด้วย

7.2 วิธีการสำรวจตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะแบบกระแสตรง

7.2.1 การสำรวจตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะแบบกระแสตรง (direct current resistivity methods) มีวิธีการสำรวจให้เลือกใช้ได้หลายแบบ ทั้งการสำรวจแบบยังลึกลับแบบตัดแนว และแบบทั่วพื้นที่

วิธีการสำรวจแบบยังลึกลับสามารถแปลความหมายข้อมูลเชิงปริมาณได้

7.2.2 ระดับความลึกของการตรวจวัด โดยปกติสามารถวัดได้ถึงระดับความลึกมากกว่า 300 เมตร แต่พื้นที่สำรวจต้องมีขนาดใหญ่เพียงพอสำหรับการลากสายไฟฟ้าและตอกหลักขั้วไฟฟ้า รวมทั้งมีสภาพชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดินที่เหมาะสม และเครื่องมือสำรวจที่มีประสิทธิภาพในการปล่อยพลังงานไฟฟ้าได้สูงอาจตรวจวัดได้ถึง 500 เมตร หรือมากกว่า

7.2.3 ขีดความสามารถในการสำรวจแบบยังลึกลับ โดยปกติสามารถหาความลึกความหนาของชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดิน (resistivity layers) ได้ 3 - 4 ชั้น

7.2.4 ข้อจำกัดของการสำรวจค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสภาพแวดล้อมของพื้นที่สำรวจที่อาจรบกวนการสำรวจ เช่น สายไฟฟ้าพาดผ่าน ใกล้แนวสายไฟฟ้าแรงสูง หรือใกล้แนวท่อประปาฝังใต้ดิน หรือสิ่งก่อสร้างใต้ผิวดินมีผลต่อการสำรวจค่อนข้างน้อย

7.3 วิธีการสำรวจตรวจวัดความเร็วคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห

7.3.1 การสำรวจตรวจวัดความเร็วคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห (seismic refraction method) เหมาะสำหรับประยุกต์ใช้ในการสำรวจด้านอุทกธรณีวิทยาในการตรวจวัดความลึกของระดับน้ำบาดาล การตรวจสอบหรือค้นหาชั้นน้ำบาดาลตามแนวรอยแตกรอยเลื่อนในชั้นหินแข็ง และโครงสร้างอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดินอื่นๆ สามารถแปลความหมายข้อมูลเชิงปริมาณได้ละเอียดและถูกต้องแม่นยำกว่าวิธีการอื่นๆ

7.3.2 ระดับความลึกของการตรวจวัด ขึ้นอยู่กับความเข้มของพลังงานที่เป็นต้นกำเนิดบนผิวดิน และคุณสมบัติทางกายภาพของชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดิน โดยปกติความลึกในการตรวจวัดไม่เกิน 30 เมตร แต่อาจสำรวจได้ลึกกว่านี้มากหากใช้ต้นกำเนิดพลังงาน เช่น วัตถุระเบิด เป็นตัวกำเนิดคลื่นในพื้นที่ที่เหมาะสม



7.3.3 ข้อจำกัดที่สำคัญคือ ความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนระดับตื้นต้องน้อยกว่าความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนระดับลึกลงไปเสมอ หากคลื่นไหวสะเทือนวิ่งผ่านชั้นหินตื้นมากกว่าชั้นหินลึกจะไม่มีคลื่นไหวสะเทือนหักเหกลับสู่ผิวดินตรงบริเวณรอยต่อระหว่างชั้นหินทั้งสองดังกล่าว ข้อจำกัดอีกประการหนึ่งคือไม่สามารถตรวจวัดชั้นหินบางๆ ที่อยู่ลึกจากผิวดินมากๆ ได้

7.3.4 การคัดเลือกวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน ตามตารางที่ 1 ดังกล่าวข้างต้น เป็นเพียงข้อมูลเบื้องต้น ภายใตสภาพแวดล้อมของพื้นที่สำรวจปกติทั่วไป ซึ่งก่อนทำการสำรวจธรณีฟิสิกส์ทุกครั้ง ผู้ดำเนินการสำรวจต้องทำการตรวจสอบสภาพแวดล้อมของพื้นที่สำรวจโดยละเอียด เช่น ตรวจสอบแนวพาดผ่านของสายไฟและเสา ไฟฟ้าแรงสูง ตำแหน่งเสาสัญญาณสถานีวิทยุ กระจายเสียง แนวฝังท่อประปาใต้ดิน หรือสิ่งก่อสร้างใต้ดินอื่นๆ รวมทั้งควรหาข้อมูลว่าในช่วงเวลาที่จะทำการสำรวจมีการสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีเดียวกันในพื้นที่ใกล้เคียงหรือไม่ ซึ่งสิ่งต่างๆ เหล่านี้ล้วนแต่มีอิทธิพลต่อผลการสำรวจทั้งสิ้น

7.4 วิธีการสำรวจตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

7.4.1 วิธีการสำรวจตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic methods, EM) จำแนกออกเป็น 3 แบบ คือ การตรวจวัดด้วยวิธี frequency domain electromagnetic survey (FDEM) แบบ time domain electromagnetic survey (TDEM), และแบบ very-low frequency electromagnetic survey (VLF-EM)

7.4.2 การสำรวจแบบ FDEM และ VLF-EM เหมาะสำหรับการสำรวจหาแนวผิดปกติของชั้นหินใต้ผิวดินหรือการเปลี่ยนแปลงของชั้นหินในแนวระนาบ (lateral variation) ในขณะที่การสำรวจด้วยวิธีการ

ตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะเหมาะสำหรับการสำรวจหาการเปลี่ยนแปลงของชั้นหินในแนวดิ่ง (vertical variation)

7.4.3 ความลึกของการสำรวจแบบ FDEM ขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างขดลวดส่งสัญญาณและขดลวดรับสัญญาณซึ่งโดยส่วนใหญ่สามารถตรวจวัดได้ตั้งแต่ 0.75 ถึง 60 เมตร สำหรับการสำรวจแบบ VLF-EM ความลึกที่สามารถตรวจวัดได้ขึ้นอยู่กับค่าความเป็นสื่อไฟฟ้าของชั้นหินใต้ดิน ส่วนใหญ่ตรวจวัดได้ลึกไม่เกิน 30 เมตร

การสำรวจแบบ FDEM และแบบ VLF-EM สามารถจัดเก็บข้อมูลในภาคสนามได้รวดเร็ว โดยใช้ผู้ปฏิบัติงานเพียง 1 หรือ 2 คน จึงนิยมใช้เป็นวิธีการสำรวจแบบนาร่องเพื่อให้ได้ข้อมูลเบื้องต้นในการสำรวจน้ำบาดาลที่มีพื้นที่สำรวจขนาดใหญ่ และจะทำการสำรวจข้อมูลรายละเอียดอีกครั้งด้วยการสำรวจแบบตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

7.4.4 ข้อจำกัดของการตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า คือ มีความไวต่อสิ่งรบกวนจากสภาพแวดล้อมของพื้นที่สำรวจ ไม่ว่าจะเป็นสายไฟฟ้า รั้วลวดหรือเหล็กหรือสังกะสี หลัคาสังกะสี แนวฝังท่อประปา หรือสิ่งก่อสร้างอื่นๆ นอกจากนี้วิธีการสำรวจแบบ VLF-EM แนวผิดปกติของชั้นหินใต้ดินจะต้องวางตัวตั้งฉากหรือเกือบตั้งฉากของสถานีวิทยุกระจายเสียงที่ส่งสัญญาณคลื่นวิทยุความถี่ต่ำจึงจะสามารถตรวจพบได้

7.5 วิธีการสำรวจตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาค

7.5.1 การสำรวจตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาคเป็นการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของแรงดึงดูดโลกที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่น (density) ของชั้นหินใต้ผิวดิน ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจการเปลี่ยนแปลงผิดปกติในแนวระนาบซึ่งถึงการเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นของชั้นหินในแนว



ระนาบ การตรวจวัดด้วยวิธีนี้สามารถตรวจวัดความเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นที่น้อยมากๆ ของชั้นหินใต้ดินได้

7.5.2 การสำรวจด้วยวิธีตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาค โดยส่วนใหญ่ มักสำรวจแบบตัดแนว (profiling) หรือสำรวจแบบทั่วพื้นที่ (mapping) โดยแต่ละสถานีสำรวจจะห่างกันระหว่าง 2 ถึง 5 เมตร ในการสำรavnํ้าบาดาลสามารถประยุกต์ใช้ในการสำรวจนํ้าบาดาลในโพรงหินใต้ดินได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งใช้ในการจำแนกประเภทของโพรงถ้ำใต้ดินแบบ clay-filled แบบ water-filled หรือแบบ air-filled cavities ได้ดีกว่าการสำรวจด้วยวิธีการอื่นๆ

7.5.3 ความลึกในการสำรวจขึ้นอยู่กับขนาดของวัตถุหรือขนาดของโพรงถ้ำใต้ดิน ส่วนความละเอียดของการตรวจวัดในสภาวะปกติสามารถตรวจหาโพรงหินปูนใต้ดินได้ในระดับความลึกเกินกว่า 100 เมตรได้

7.5.4 การปฏิบัติงานสำรวจภาคสนามใช้เวลาในการสำรวจค่อนข้างสูง ต้องตรวจวัดทีละสถานีอย่างช้าๆ และละเอียด สามารถปฏิบัติงานได้คนเดียว แต่สถานีตรวจวัดทุกสถานีต้องรังวัดระดับความสูงด้วยงานรังวัดชั้นที่ 1 (ความละเอียดระดับ ± 1 ซม.) และจำเป็นต้องทำการปรับแก้ข้อมูล (corrections) ก่อนนำไปแปลความหมาย

7.6 การเลือกวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินตามมาตรฐานสากล

ผลจากการทบทวนวรรณกรรมระดับสากลที่เกี่ยวข้องกับการเลือกวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินพบว่า มีเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการเลือกวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินที่น่าสนใจจำนวน 2 เล่ม คือ มาตรฐานของสมาคมการทดสอบและวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา (ASTM, 2006) และเอกสารองค์การ

ป้องกันด้านสิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (U.S. EPA, 1993) ดังข้อสรุปต่อไปนี้ คือ

7.6.1 เอกสารมาตรฐานของสมาคมการทดสอบและวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา (ASTM, 2006) ครอบคลุมข้อเสนอแนะมาตรฐานการคัดเลือกวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินต่างๆ ไปในรูปแบบตารางโดยให้ระดับความสำคัญ “A” สำหรับวิธีการสำรวจที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการประยุกต์ใช้ตามลำพังวิธีเดียว (single method) และความสำคัญ “B” สำหรับวิธีการสำรวจระดับรองเพื่อประยุกต์ใช้ตามลำพังวิธีเดียว หรือใช้ควบคู่กับวิธีการอื่นในกรณีต้องสำรวจหลายวิธี (multiple methods) ดังตารางที่ 1

7.6.2 เอกสารองค์การป้องกันด้านสิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (U.S. EPA, 1993) ได้เสนอแนะการเลือกวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน สำหรับงานสำรวจการปนเปื้อนใต้ผิวดิน (subsurface contamination) ภายใต้สภาพอุทกธรณีวิทยาต่างๆ โดยสรุปดังตารางที่ 2

7.6.3 การประยุกต์ใช้การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินสำหรับการสำรวจทางอุทกธรณีวิทยา โดยส่วนใหญ่จะใช้วิธีการสำรวจด้วยการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดินเป็นหลัก แต่บางกรณีอาจจำเป็นต้องใช้วิธีการสำรวจแบบอื่นควบคู่กันไปด้วยขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่และความเหมาะสม เอกสารมาตรฐานฉบับนี้แสดงถึงวิธีการสำรวจที่เหมาะสมสำหรับสภาพอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่สำรวจแบบต่างๆ ดังสรุปในตารางที่ 3

8. เอกสารอ้างอิง

American Society for Testing and Materials (ASTM), 2006. Standard Guide for Selecting Surface Geophysical Methods, D6429-99 (Re 2006).



U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA), 1993. Use of Airborne, Surface, and Borehole Geophysical Techniques at Contaminated Sites, a Reference Guide, EPA/625/R-92/007.

ตารางที่ 1 การเลือกวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน

การประยุกต์ใช้งาน	การสำรวจตรวจวัด			
	ความเร็วคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห	ความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ	สนามคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบบ VLF	ตรวจวัดแรงโน้มถ่วง
การสำรวจอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดิน	A	A	B	
การสำรวจชั้นดินปกคลุมและชั้นดินตะกอนหินร่วน	A	A	B	
การสำรวจชั้นหินแข็งที่ระดับความลึกต่างๆ	B	B	B	B
การสำรวจระดับความลึกของระดับน้ำบาดาล	A	B	B	B
การสำรวจแนวรอยแตก แนวรอยเลื่อนใต้ผิวดิน	B	B	A	B
การสำรวจโพรงและหลุมยุบใต้ผิวดินโยหินปูน	B	B	B	A
การสำรวจในพื้นที่แหล่งฝังกลบขยะ		B	B	
การสำรวจการรุกรานของน้ำเค็มในชั้นหินอุ้มน้ำ		A	B	
การสำรวจชั้นดินเค็ม		A	B	
การสำรวจสิ่งก่อสร้างใต้ผิวดิน		A		

หมายเหตุ: A หมายถึง วิธีการที่ควรเลือกใช้เป็นอันดับแรก และสามารถตรวจวัดวิธีเดียวได้ B หมายถึง วิธีการที่ควรเลือกใช้เป็นอันดับรองหรือควรใช้ควบคู่กับวิธีอื่น (ดัดแปลงจาก ASTM, 2006)



ตารางที่ 2 การเลือกวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินสำหรับงานสำรวจการปนเปื้อนใต้ผิวดิน

วิธีการสำรวจ ธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน	สภาพอุทกธรณีวิทยา
การสำรวจตรวจวัด ความต้านทานไฟฟ้า จำเพาะ	ประยุกต์ใช้ในการสำรวจการปนเปื้อนใต้ผิวดินในสภาพอุทกธรณีวิทยาต่างๆ อย่างกว้างขวางเพื่อสำรวจลักษณะการแพร่ขยายของสารปนเปื้อน มีลักษณะคล้ายวิธีการสำรวจแบบ EM ยกเว้นการตรวจหาวัสดุโลหะ ใต้ผิวดิน วิธีนี้มีระดับความลึกของการสำรวจโดยส่วนใหญ่ไม่เกิน 200 เมตร แต่หากใช้ power booster อาจสำรวจได้ลึกเกินกว่า 500 เมตร
การสำรวจตรวจวัด ความเร็วคลื่นไหว สะเทือนแบบหักเห	ประยุกต์ใช้ในการสำรวจความหนาของชั้นตะกอนหินร่วน ความลึกของชั้นหินแข็ง และหาแนวรอยแตกรอยเลื่อนในชั้นหินแข็งใต้ผิวดิน วิธีนี้มีระดับความลึกของการสำรวจโดยส่วนใหญ่ไม่เกิน 50 เมตร ยกเว้นกรณีการใช้ระเบิดเป็นต้นกำเนิดเสียง ภายใต้สภาพอุทกธรณีใต้ผิวดินที่เหมาะสม อาจสำรวจได้ลึกเกินกว่า 100 เมตร
การสำรวจตรวจวัด สนามแม่เหล็กไฟฟ้า	ประยุกต์ใช้ในการสำรวจโครงสร้างอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดินเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้น สำหรับการสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีการอื่น อาจประยุกต์ใช้ในการสำรวจการแพร่ขยายและอัตราการเคลื่อนที่ของสารปนเปื้อน (contamination plumes) รวมถึงมลพิษที่ถูกกลบฝังและสิ่งก่อสร้างใต้ผิวดิน เช่น แนวท่อและวัสดุโลหะอื่นๆ วิธีนี้มีระดับความลึกของการสำรวจโดยส่วนใหญ่ไม่เกิน 30 เมตร
การสำรวจตรวจวัด แรงโน้มถ่วงจุลภาค	ประยุกต์ใช้ในการประมาณการความลึกของชั้นตะกอนหินร่วนที่วางตัวเหนือชั้นหินแข็งหรือประยุกต์ใช้ในการสำรวจขอบเขตของพื้นที่ฝังกลบขยะในกรณี que สิ้นฝั้กกลบมีความหนาแน่นแตกต่างจากชั้นดินธรรมชาติในพื้นที่นั้น การสำรวจด้วยวิธีนี้สามารถใช้ในการสำรวจหาโพรงหินปูนใต้ดินและช่องว่างอันเกิดจากแนวรอยแตก รอยเลื่อนในชั้นหินแข็งได้ดี

(ดัดแปลงจาก U.S. EPA, 1993)



ตารางที่ 3 การคัดเลือกวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินตามสภาพอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่สำรวจ

สภาพอุทกธรณีวิทยา	การสำรวจ ตรวจวัดความ ต้านทานไฟฟ้า จำเพาะ	การสำรวจตรวจวัด ความเร็วคลื่นไหว สะเทือนแบบหักเห	การสำรวจ ตรวจวัดสนาม คลื่น แม่เหล็กไฟฟ้า	วิธีการ สำรวจ ตรวจวัดแรง โน้มถ่วง จุลภาค
แนวรอยต่อระหว่างน้ำจืดและน้ำเค็ม	A, A*, or A**			
การสำรวจเพื่อตรวจสอบแหล่งน้ำบาดาลเค็ม	A, and A**		A	
น้ำบาดาลในตะกอนหินร่วน	A, and A*			
น้ำบาดาลในหินตะกอน (ระดับตื้น)	B		A (VLF-EM)	
น้ำบาดาลระดับลึกที่วางตัวอยู่บน ชั้นดินเหนียวเค็ม	N		A (FDEM)	
น้ำบาดาลระดับตื้นในร่องน้ำยุคเก่า	A	B (fan shooting)	C (VLF-EM)	
พื้นที่ที่ปกคลุมด้วยชั้นดินแข็งและแห้ง	B		A (FDEM)	
น้ำบาดาลในหินที่มีรอยแตกหรือรอยเลื่อน	A		B	
น้ำบาดาลระดับตื้นในหินที่มีรอยแตก หรือรอยเลื่อน	B	A (reverse section)		
น้ำบาดาลในถ้ำหินปูนใต้ดิน	B	N		A
น้ำบาดาลระดับตื้นในถ้ำหินปูนใต้ดิน	A	N	B (VLF-EM)	
น้ำบาดาลในหินภูเขาไฟ	B		A (FDEM)	
น้ำบาดาลระดับตื้นในหินภูเขาไฟ	B		A (VLF-EM)	
ตำแหน่งของมวลสารอินทรีย์ปนเปื้อน ในน้ำบาดาล			A	B
ตำแหน่งของมวลสารอินทรีย์ปนเปื้อน ในน้ำบาดาล			A (FDEM)	
ตำแหน่งของมวลสารโลหะปนเปื้อน ในน้ำบาดาล	B		A (FDEM)	

หมายเหตุ: A หมายถึง วิธีการที่ควรเลือกใช้เป็นอันดับแรก A* หมายถึง การสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะแบบตัดแนว A** หมายถึง การสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะแบบทั่วพื้นที่ B หมายถึง วิธีการที่ควรเลือกใช้เป็นอันดับสองหรือใช้ควบคู่กับวิธีการอื่น C หมายถึง วิธีการที่ควรเลือกใช้เป็นอันดับสามหรือใช้ควบคู่กับวิธีการอื่น N หมายถึง วิธีการที่ไม่แนะนำให้ใช้ในการสำรวจ



มาตรฐาน ทบ ส 2002-2550

การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการ

ตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

มาตรฐาน ทบ ส 2002-2550 เป็นมาตรฐานการปฏิบัติงานด้านการสำรวจอุทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาล (ส) ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (ทบ) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตัวเลขชุดแรกมี 4 ตำแหน่ง หมายถึง ลำดับของมาตรฐาน ตัวเลขชุดที่สอง "2550" หมายถึง ปี พ.ศ. ที่จัดทำเอกสารต้นฉบับของมาตรฐาน กรณีที่มีการแก้ไขและปรับปรุงมาตรฐานให้สอดคล้องต่อท้ายและระบุ ปี พ.ศ. ที่แก้ไขปรับปรุง เช่น (แก้ไขปรับปรุง 2555) เป็นต้น โดยมีเครื่องหมาย⁽ⁿ⁾ เป็นตัวยกกำกับหน้าข้อความที่แก้ไข และมีเครื่องหมาย^(u) เป็นตัวยกกำกับหน้าข้อความที่ปรับปรุงขึ้นใหม่

1. บทนำ

มาตรฐานการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (มาตรฐาน ทบ ส 2002-2550) ฉบับนี้อยู่ในชุดมาตรฐานการสำรวจอุทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาลซึ่งจัดทำขึ้นภายใต้โครงการจัดทำมาตรฐานการเจาะ สํารวจ และพัฒนาบ่อน้ำบาดาล พ.ศ. 2550 โดยกรมทรัพยากรน้ำบาดาลได้มอบหมายให้คณะผู้เชี่ยวชาญด้านอุทกธรณีวิทยา ธรณีวิทยา วิศวกรรมเครื่องกล และวิศวกรรมโยธา เป็นผู้ดำเนินการร่างมาตรฐานการสำรวจอุทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาล โดยมีคณะกรรมการพิจารณาทั้งจากภาคส่วนของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล หน่วยงานของรัฐ นักวิชาการ และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทำการตรวจสอบแก้ไข และจะปรับใช้เป็นมาตรฐานเมื่อผ่านการเห็นชอบและยอมรับจากทุกฝ่าย ทั้งนี้ขั้นตอน วิธีการดำเนินงานได้ยึดถือการจัดทำมาตรฐานของสมาคมการทดสอบและวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา (American Society for Testing and Materials, ASTM) และมาตรฐานสินค้าอุตสาหกรรม (มอก.) เป็นต้นแบบในการดำเนินงาน

การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ เป็นการสำรวจเพื่อตรวจวัดคุณสมบัติความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของชั้นดิน

ชั้นดินใต้ผิวดินที่ระดับความลึกต่างๆ ด้วยเครื่องวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (resistivity meter) บนผิวดิน ซึ่งเป็นการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินที่นำมาประยุกต์ใช้ในการสำรวจอุทกธรณีวิทยามากที่สุดวิธีหนึ่ง ทั้งนี้เนื่องจากมีความเหมาะสมหลายด้าน เช่น สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับสภาพอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดินของพื้นที่สำรวจเกือบทุกรูปแบบ มีสิ่งรบกวนการสำรวจจากสภาพแวดล้อมของพื้นที่สำรวจน้อยกว่าวิธีการสำรวจอื่นๆ มีวิธีการสำรวจหลายวิธีให้เลือกใช้ตามความเหมาะสม รวมทั้งสามารถสำรวจข้อมูลความเค็มทั้งของน้ำบาดาลในชั้นน้ำและชั้นดินเค็มใต้ผิวดิน อย่างไรก็ตามการสำรวจอุทกธรณีวิทยาโดยวิธีทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดินหลายกรณีจำเป็นต้องอาศัยการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์วิธีการอื่นควบคู่ไปด้วย

การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินเป็นขั้นตอนการสำรวจภาคสนามที่ต่อเนื่องจากการสำรวจอุทกธรณีวิทยابนผิวดินซึ่งได้รูปแบบอุทกธรณีวิทยาจากแบบจำลองอุทกธรณีวิทยาเชิงมโนทัศน์ที่จัดทำขึ้นในขั้นตอนสุดท้ายของการสำรวจอุทกธรณีวิทยابนผิวดิน

การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินเป็นการสำรวจโดยใช้เครื่องมือทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน ตรวจวัดคุณสมบัติทางกายภาพต่างๆ (physical properties)



ของชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดินที่ระดับความลึกต่างๆ และด้วยการแปลความหมายข้อมูลจากการสำรวจนี้ ทำให้สามารถประมาณการความลึกความหนาของชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดินในพื้นที่สำรวจภายใต้การประมาณการทางวิทยาศาสตร์

2. ขอบเขต

2.1 วัตถุประสงค์และการประยุกต์ใช้งาน

2.1.1 มาตรฐานฉบับนี้ครอบคลุมเนื้อหาทั่วไปในด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ วิธีการสำรวจ วิธีการแปลความหมายข้อมูล วิธีการนำเสนอผลการสำรวจ และข้อจำกัดของการสำรวจสำหรับการสำรวจตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดินและน้ำบาดาลในชั้นน้ำต่างๆ โดยใช้เครื่องวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะแบบไฟฟ้ากระแสตรง (DC resistivity meters)

2.1.2 มาตรฐานฉบับนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อใช้เป็นมาตรฐานสำหรับการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะสำหรับประยุกต์ใช้เฉพาะการสำรวจด้านอุทกธรณีวิทยาเท่านั้น บางส่วนของเนื้อหาอาจเกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้ในด้านการศึกษาธรณีเทคนิคหรือการสำรวจสิ่งแวดล้อมบ้าง

2.2 ข้อจำกัดของมาตรฐาน

2.2.1 มาตรฐานฉบับนี้ไม่ครอบคลุมถึงรายละเอียดด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ และภาคทฤษฎีต่างๆ แต่ได้นำเสนอรายชื่อเอกสารและตำราที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ผู้ที่สนใจศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมในรายละเอียดด้วยตนเอง

2.2.2 มาตรฐานฉบับนี้มีขอบเขตจำกัดเฉพาะการนำวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะมาประยุกต์ใช้ในด้านการศึกษาทางอุทกธรณีวิทยาเป็นหลัก เช่น การสำรวจแบบหยั่งลึก (sounding) แบบตัดแนว (profiling)

แบบทั่วพื้นที่ (mapping) โดยมีวิธีการจัดขั้วไฟฟ้า (electrode configurations) แบบ Schlumberger แบบ Wenner หรือแบบ Dipole-Dipole เท่านั้น

2.2.3 มาตรฐานฉบับนี้ไม่ครอบคลุมไปถึงวิธีการจัดขั้วไฟฟ้าแบบพิเศษอื่นๆ เช่น แบบ Half-Wenner Array แบบ Half-Schlumberger Array แบบ Gradient Configuration หรือแบบ Linear Electrode Array ซึ่งโดยส่วนใหญ่เป็นวิธีการสำรวจสำหรับประยุกต์ใช้ในด้านการศึกษาแหล่งแร่ สํารวจธรณีเทคนิคหรือการสำรวจสิ่งแวดล้อม

2.2.4 มาตรฐานฉบับนี้ได้สรุปวิธีการสำรวจแบบ spontaneous potential method (SP method) และแบบ induced polarization method (IP method) ที่เกี่ยวข้องกับการสำรวจการปนเปื้อนแหล่งน้ำบาดาลเท่านั้น แต่ไม่ครอบคลุมถึงรายละเอียดและวิธีการสำรวจแบบ 3D resistivity method และ complex resistivity methods โดยจะแนะนำรายชื่อเอกสารและตำราที่เกี่ยวข้อง

2.2.5 หน่วยวัดที่ใช้ในมาตรฐานฉบับนี้เป็นระบบหน่วยวัดมาตรฐานสากล (Système Internationale d'Unités, SI Units) สำหรับหน่วยวัดที่ใช้ในการสำรวจแบบ resistivity methods มีหน่วยวัดเป็น โอห์ม-เมตร (Ohm meters, $\Omega\cdot m$)

2.2.6 ข้อความที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานความปลอดภัยในเอกสารฉบับนี้ครอบคลุมเฉพาะความปลอดภัยในการใช้เครื่องมือที่มีมาตรฐานและอยู่ในสภาพสมบูรณ์พร้อมใช้งานเท่านั้นไม่ครอบคลุมถึงความปลอดภัยในการปฏิบัติงานหรืออุบัติเหตุใดๆ ที่อาจเกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานภาคสนามซึ่งจะเป็นความรับผิดชอบของผู้ใช้งาน ในการปฏิบัติงานด้านต่างๆ ตามขั้นตอนของเอกสารมาตรฐานฉบับนี้ ผู้ใช้งานจำเป็นต้องคำนึงถึงความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินทุกขั้นตอนของการปฏิบัติงาน



3. เอกสารที่เกี่ยวข้อง

3.1 กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

- มาตรฐาน ทบ ส 2001-2550 การคัดเลือกวิธีการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน

- มาตรฐาน ทบ ส 2003-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห

- มาตรฐาน ทบ ส 2004-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

- มาตรฐาน ทบ ส 2005-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาค

- คู่มือ ทบ ส 2001-2550 การคัดเลือกวิธีการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน

- คู่มือ ทบ ส 2002-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

- คู่มือ ทบ ส 2003-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห

- คู่มือ ทบ ส 2004-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

- คู่มือ ทบ ส 2005-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาค

3.2 American Society for Testing and Materials (ASTM):

- D6431-99 (Re 2006) Standard Guide for Using Direct Current Resistivity methods for Subsurface Investigation.

- D6429-99 (Re 2006) Standard Guide for Selecting Surface Geophysical Methods.

- G57-06 (Re 2006) Standard Test Method for Field Measurement of Soil Resistivity Using Wenner Four-Electrode Method.

4. ศัพท์บัญญัติ

4.1 คำนิยาม

การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน (surface geophysical investigation) หมายถึง การสำรวจโดยใช้เครื่องมือทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดินเพื่อที่จะจัดเก็บข้อมูลด้านธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยาโดยมิได้ใช้เครื่องมือใดๆ หยั่งลึกลงไปจากผิวดิน

การสำรวจน้ำบาดาลเฉพาะแห่ง (ground-water investigation for pin-point well drilling) หมายถึง การสำรวจอุทกธรณีวิทยา ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดตำแหน่งจุดเจาะบ่อน้ำบาดาลที่เหมาะสม

การสำรวจอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดิน (sub-surface hydrogeological investigation) หมายถึง การสำรวจเพื่อเก็บข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดินโดยใช้เครื่องมือเจาะหรือหยั่งลึกลงไปจากผิวดิน

แบบจำลองทางธรณีฟิสิกส์ (geophysical models) หมายถึง การสร้างรูปแบบจำลองลักษณะธรณีวิทยาหรือกายภาพอื่นๆของพื้นที่จากข้อมูลการสำรวจธรณีฟิสิกส์เพื่อให้ข้อมูลด้านความลึกของแบบจำลองอุทกธรณีวิทยาเชิงโมโนทัศน์มีความถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น

แบบจำลองทางธรณีฟิสิกส์สองมิติ (2D geophysical profiles) หมายถึง ภาพเป็นแนวยาวแสดงข้อมูลชั้นดินชั้นหินในเชิงลึกที่ได้จากการสำรวจธรณีฟิสิกส์

แบบจำลองทางธรณีฟิสิกส์สามมิติ (3D resistivity models) หมายถึง ภาพสามมิติแสดงข้อมูล



ชั้นดินชั้นหินทั้งในเชิงกว้าง ยาว และลึกที่ได้จากการสำรวจธรณีฟิสิกส์

แบบจำลองอุทกธรณีวิทยาเชิงมโนทัศน์ (conceptual hydrogeological models) หมายถึง การสร้างรูปแบบจำลองของพื้นที่สำรวจจากข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยาที่ได้จากการสำรวจอุทกธรณีวิทยابนผิวดินเพื่อใช้ประกอบกับแผนที่อุทกธรณีวิทยาสำหรับการกำหนดแนวทางการสำรวจขั้นต่อไป

4.2 คำย่อ

กรมฯ หมายถึง กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

การสำรวจฯ หมายถึง การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน

แบบจำลองฯ หมายถึง แบบจำลองทางธรณีฟิสิกส์

5. ความสำคัญและการใช้งาน

5.1 มาตรฐานฉบับนี้ได้กำหนดวิธีการสำรวจด้วยการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะเพื่อประยุกต์ใช้ในการสำรวจด้านอุทกธรณีวิทยา สำหรับการปรับใช้เพื่อให้ได้ผลงานการสำรวจฯ ตรงตามมาตรฐานที่กรมทรัพยากรน้ำบาดาลกำหนด ดังนี้

5.1.1 ใช้เป็นมาตรฐานในการคัดเลือกวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะสำหรับงานสำรวจน้ำบาดาลเฉพาะแห่งซึ่งอาจต้องดำเนินการสำรวจต่อเนื่องด้วยการสำรวจอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดินตามมาตรฐาน ทบ ส 3000-2550

5.1.2 ใช้เป็นมาตรฐานในการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะสำหรับงานสำรวจจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยา (groundwater mapping) โดยมีกระบวนการสำรวจจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยาต่อเนื่องตามมาตรฐาน ทบ ส 4000-2550

5.1.3 ใช้เป็นมาตรฐานในการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ สำหรับงานศึกษาวิจัยแหล่งน้ำบาดาลต่างๆ เช่น การศึกษาวิจัยเพื่อประเมินปริมาณน้ำสำรองแอ่งน้ำบาดาล ตามคู่มือ ทบ ป 1000-2550 การศึกษาวิจัยเพื่อประเมินพื้นที่เติมน้ำ ตามคู่มือ ทบ ป 2000-2550 การศึกษาวิจัยเพื่อจัดทำแบบจำลองอุทกธรณีวิทยาทางคณิตศาสตร์ ตามคู่มือ ทบ ป 3000-2550 หรือ การศึกษาวิจัยทางอุทกธรณีวิทยาด้านอื่นๆ

5.2 เอกสารมาตรฐานฉบับนี้ได้กำหนดขั้นตอนและแนวทางการปฏิบัติงานไว้อย่างกว้างๆ สำหรับการปรับใช้กับงานสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะเพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ ซึ่งอาจมีความต้องการรายละเอียดของข้อมูลต่างกัน โดยเฉพาะปริมาณของข้อมูลย่อมขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่สำรวจ เวลา และงบประมาณของงานสำรวจศึกษาวิจัยแหล่งน้ำบาดาลแต่ละงาน ดังนั้นขั้นตอนและแนวทางการปฏิบัติงานที่ได้กำหนดไว้ในเอกสารฉบับนี้ อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามที่ผู้เชี่ยวชาญของโครงการศึกษาวิจัยแต่ละโครงการจะเห็นสมควร

6. เครื่องมือและอุปกรณ์

6.1 ส่วนประกอบเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ เครื่องสำรวจใช้ไฟฟ้ากระแสตรง (DC resistivity meters) มีแหล่งกำเนิดไฟฟ้าเป็นแบตเตอรี่ เป็นเครื่องสำรวจขนาดเล็ก (portable) มีขีดความสามารถในการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าของชั้นดินชั้นหินจำกัดอยู่ที่ความลึกโดยปกติไม่เกิน 300 เมตร แต่ปัจจุบันมีเครื่องขยายแรงดันไฟฟ้า (current booster) อาจขยายแรงดันไฟฟ้าจนสามารถได้ถึงระดับความลึกมากกว่า 500 เมตร ในกรณีที่ชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดินมี



ความแตกต่างในด้านความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (resistivity contrast) ไม่มากนัก ปัจจุบันเครื่องมือที่ใช้ในกรรมทรัพยากรน้ำบาดาลทั้งหมดเป็นเครื่องประเภทนี้ทั้งสิ้น สำหรับเครื่องวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะแบบกระแสสลับ (AC resistivity meters) เป็นเครื่องมือขนาดใหญ่ใช้ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นแหล่งกำเนิดพลังงาน ชีตความสามารถในการตรวจวัดได้ถึงระดับความลึกมากกว่า 1,000 เมตร

มาตรฐานของสมาคมการทดสอบและวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา (ASTM, 2005) ได้กำหนดให้เครื่องวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะทั้ง 2 ประเภท ต้องประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก ดังนี้

6.1.1 แหล่งกำเนิดพลังงาน (batteries หรือ generators)

6.1.2 เครื่องปรับและปล่อยพลังงานกระแสไฟฟ้า (transmitters หรือ G-Box)

6.1.3 เครื่องตรวจวัดความต่างศักย์ทางไฟฟ้า (receivers หรือ V-Box)

6.1.4 หลักเหล็กสำหรับเป็นขั้วไฟฟ้า (steel electrodes) เป็นแท่งเหล็กไร้สนิมตันทรงกลม เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 นิ้ว ยาวประมาณ 1 เมตร ปลายด้านหนึ่งเหลาแหลม สำหรับปักหรือตอกลงไปในดิน ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งต่อกับสายไฟฟ้าและต่อเข้าเครื่อง V-Box หรือ G-Box จำนวน 4 หลัก คือ current electrodes 2 ขั้ว (เมื่อต่อเข้าสายไฟฟ้าเข้าเครื่อง G-Box) และ potential electrodes จำนวน 2 ขั้ว (เมื่อต่อเข้าสายไฟฟ้าเข้าเครื่อง V-Box ซึ่งบางครั้งอาจมีความจำเป็นต้องใช้ non-polarizing electrodes)

6.1.5 หลักกระเบื้องสำหรับเป็นขั้วไฟฟ้า (non-polarizing electrodes) เป็นหลักขั้วไฟฟ้าป้องกันการเกาะตัวของประจุไฟฟ้า (polarization) ทำด้วยกระเบื้องไม่เคลือบ (porous ceramic) ลักษณะเป็นรูป

ถ้วยมีฝาเกลียวปิดส่วนบน ภายในบรรจุสารละลายของ CuSO_4 มีแท่งทองแดงจุ่มในสารละลายและต่อเชื่อมขึ้นบนฝาปิดด้านบนสำหรับเป็นขั้วไฟฟ้าต่อกับสายไฟฟ้า

6.1.6 ม้วนสายไฟฟ้า (cable reels) จำนวน 4 ม้วน เป็นสายไฟฟ้าแบบสายเดี่ยวพร้อมที่ม้วนสายไฟฟ้าแบบมือหมุนสำหรับต่อเชื่อมระหว่าง current electrodes กับ G-Box จำนวน 2 ม้วน เป็นสายไฟฟ้าม้วนใหญ่ มีความยาวสายไฟระหว่าง 500-1,000 เมตร สำหรับต่อเชื่อมระหว่าง potential electrodes กับ V-Box จำนวน 2 ม้วน มีความยาวสายไฟประมาณ 200 เมตร

6.1.7 สายไฟฟ้าสำหรับการต่อเชื่อม connecting cables ต่างๆ เครื่องมือรุ่นใหม่ประเภท portable resistivity meter มักจะรวมเครื่องกำเนิดไฟฟ้า G-Box และ V-Box อยู่ในกล่องเดียวกันเพื่อความสะดวกในการขนย้ายสำหรับเครื่องขยายแรงดันไฟฟ้าส่วนใหญ่ มักเป็นอุปกรณ์พิเศษที่ต้องจัดซื้อเพิ่มเติม

6.2 การเลือกเครื่องมือและการใช้เครื่องมือ

ตามมาตรฐานของสมาคมการทดสอบและวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา (ASTM, 2005) กำหนดมาตรฐานเครื่องมือและการใช้เครื่องมือ ดังนี้

6.2.1 บริษัทผู้ผลิตเครื่องตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะส่วนใหญ่ ผ่านการตรวจสอบมาตรฐานแล้วซึ่งมีทั้งเครื่องปรับและปล่อยกระแสไฟฟ้า (transmitters) และเครื่องตรวจวัดความต่างศักย์ไฟฟ้า (receiver) รวมอยู่ในกล่องเดียวกันหรือแยกออกจากกัน กระแสไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่อง DC resistivity meters จะต้องปรับได้ในช่วงระหว่าง milliamps ถึงหลาย amps สำหรับการตรวจวัดตามระดับความลึกที่ต้องการ

6.2.2 เครื่องตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะต้องมีสัญญาณเตือน (signal enhancement) เพื่อเตือน



ให้ปรับเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในกรณีที่ปล่อยกระแสไฟฟ้าลงสู่ชั้นดินน้อยหรือมากเกินไป

6.2.3 เครื่องตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้า จำเพาะต้องมีหน่วยความจำสำหรับบันทึกข้อมูลการสำรวจ และสามารถสื่อสารกับระบบคอมพิวเตอร์เพื่อการถ่ายเทข้อมูล พิมพ์ข้อมูล และแปลความหมายข้อมูล

6.2.4 อุปกรณ์การเชื่อมต่อสายไฟระหว่างเครื่องมือสำรวจและหลักขั้วไฟฟ้าต่างๆ จะต้องแน่น ปราศจากการรั่วของกระแสไฟฟ้า มีระบบป้องกันฝุ่นและความชื้น หากปฏิบัติงานในพื้นที่ชื้นและควรพินส่วนเชื่อมต่อด้วยเทปกันน้ำ

6.2.5 การตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ อาจถูกรบกวนด้วยสิ่งก่อสร้างต่างๆ เช่น สายไฟฟ้าแรงสูง ท่อประปาใต้ดิน หรือเครื่องสำรวจตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะเครื่องอื่นที่ทำงานในพื้นที่ใกล้เคียงกัน

6.2.6 สิ่งที่ต้องระมัดระวัง คือ การรั่วของกระแสไฟฟ้าจากการต่อสายไฟฟ้าไม่แน่น ไม่สะอาด หรือเปียกชื้น หรือสายไฟฟ้าที่มีเปลือกหุ้มไม่สมบูรณ์

7. การสำรวจด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะในภาคสนาม สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนที่ 1 เป็นวิธีการจัดวางหลักขั้วไฟฟ้าทั้ง 4 หลัก (field procedures) ซึ่งมีรูปแบบการจัดหลักขั้วไฟฟ้าตามมาตรฐานสากลหลายวิธี แต่ละวิธีมีข้อดีข้อด้อยแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่สำรวจและวัตถุประสงค์ของการสำรวจ และส่วนที่ 2 เทคนิคของการสำรวจ (field techniques) เป็นวิธีการสำรวจในสนามเพื่อเก็บข้อมูลความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดิน ซึ่งประกอบด้วย

การสำรวจแบบหยั่งลึก (sounding) แบบตัดแนว (profiling) และแบบทั่วพื้นที่ (mapping) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

7.1 การจัดวางหลักขั้วไฟฟ้า

วิธีการจัดวางขั้วไฟฟ้า คือ วิธีการจัดหลักขั้วไฟฟ้า (electrodes หรือ electric poles) ทั้ง 4 หลัก ซึ่งโดยทั่วไปการสำรวจโดยวิธี resistivity methods จะมีหลักหรือขั้วไฟฟ้าซึ่งประกอบด้วยขั้วปล่อยกระแสไฟฟ้าหรือ current electrodes 2 ขั้ว (คือ C_1 และ C_2) และขั้ววัดความต่างศักย์ไฟฟ้าหรือ potential electrodes อีก 2 ขั้ว (คือ P_1 และ P_2) วิธีการจัดวางหลักขั้วไฟฟ้าทั้ง 4 หลัก มีหลายวิธีด้วยกัน (Vingoe, 1979) เช่น แบบ Wenner แบบ Schlumberger แบบ Half-Wenner แบบ Half-Schlumberger แบบ Dipole-Dipole แบบ Linear และแบบ Gradient Configurations เป็นต้น

สำหรับการสำรวจด้านอุทกธรณีวิทยาตามมาตรฐานของสมาคมการทดสอบและวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา (ASTM, 2005) กำหนดให้ใช้วิธีการจัดวางหลักขั้วไฟฟ้าที่ได้มาตรฐานเพียง 3 วิธี ได้แก่ แบบ Wenner แบบ Schlumberger และแบบ Dipole-Dipole เท่านั้น ดังนั้นกรมทรัพยากรน้ำบาดาลจึงกำหนดวิธีการจัดวางหลักขั้วไฟฟ้าสำหรับการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะในงานสำรวจด้านอุทกธรณีวิทยาไว้ 3 วิธี ตามที่กล่าวข้างต้นโดยมีรายละเอียดวิธีการสำรวจระบุในคู่มือการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (คู่มือ ทบ ส 2002-2550)

7.2 การใช้เทคนิคการสำรวจ

เทคนิคการสำรวจหรือวิธีการจัดเก็บข้อมูลด้านธรณีฟิสิกส์ในสนาม โดยทั่วไปสำหรับการสำรวจด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้า



จำเพาะมีเทคนิคการสำรวจให้เลือกใช้ตามความเหมาะสมกับสภาพอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่สำรวจรวม 4 วิธีคือ วิธีการสำรวจแบบหยั่งลึก (vertical electrical resistivity sounding, VES) วิธีการสำรวจแบบตัดแนว (resistivity profiling หรือ trenching) วิธีการสำรวจแบบทั่วพื้นที่ (resistivity mapping) และวิธีการสำรวจแบบ resistivity pseudo-sections ดังรายละเอียดระบุในคู่มือการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (คู่มือ ทบ ส 2002-2550)

เนื่องจากการสำรวจด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะจะต้องกำหนดเทคนิคการสำรวจให้เหมาะสมกับสภาพอุทกธรณีวิทยาดังนั้นกรมทรัพยากรน้ำบาดาลจึงกำหนดมาตรฐานการเลือกวิธีการสำรวจโดยผู้สำรวจต้องแสดงแบบจำลองอุทกธรณีวิทยาเชิงโมโนโทน์ของพื้นที่สำรวจควบคู่กับการกำหนดวิธีการสำรวจ พร้อมแสดงผลการเลือกหรือกำหนดวิธีการสำรวจนั้นๆ โดยละเอียด

7.3 การวางแผนการสำรวจ

เนื่องจากการสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะมีขั้นตอนวิธีการจัดวางหลักขั้วไฟฟ้าและเทคนิคการสำรวจหลายวิธีดังกล่าวข้างต้น ดังนั้นตามมาตรฐานของสมาคมการทดสอบและวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา (ASTM, 2005) ได้กำหนดมาตรฐาน ขั้นตอนการวางแผนการสำรวจโดยการตรวจวัดความต้านไฟฟ้าจำเพาะในภาคสนาม ซึ่งกรมทรัพยากรน้ำบาดาลเห็นสมควรยึดถือเป็นมาตรฐานในการปฏิบัติ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

7.3.1 วางแผนกำหนดตำแหน่งจุดสำรวจแนวสำรวจให้มีความสอดคล้องกับโครงสร้างอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดินของพื้นที่สำรวจ โดยพิจารณาจากแผนที่อุทกธรณีวิทยาและแบบจำลองทางอุทกธรณีวิทยาเชิงโมโนโทน์ของพื้นที่สำรวจ สำหรับการจัดแนว

การวางหลักขั้วไฟฟ้า (electrode orientation) ต้องมีความสอดคล้องกับโครงสร้างอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดินเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาความต้านทานไฟฟ้าแปร-เปลี่ยนตามแนวระนาบ (horizontal resistivity variation)

7.3.2 กำหนดความลึกในการสำรวจ (measuring depth) และปริมาณจุดสำรวจให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการสำรวจ

7.3.3 กำหนดวิธีการจัดวางหลักขั้วไฟฟ้าและเทคนิคการสำรวจ (sounding, profiling หรือ mapping) ให้มีความสอดคล้องกับค่าความแตกต่างของค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (resistivity contrast) ของชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดินในพื้นที่สำรวจโดยพิจารณาจากแผนที่อุทกธรณีวิทยาและแบบจำลองทางอุทกธรณีวิทยาเชิงโมโนโทน์ของพื้นที่สำรวจ ซึ่งในบางกรณีอาจมีความจำเป็นต้องกำหนดเทคนิคการสำรวจและวิธีการจัดวางหลักขั้วไฟฟ้ามากกว่าหนึ่งวิธีเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วนสมบูรณ์

7.4 แบบฟอร์มมาตรฐานการสำรวจแบบหยั่งลึก

กรมทรัพยากรน้ำบาดาลได้กำหนดแบบ-ฟอร์มมาตรฐาน สำหรับการสำรวจด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะแบบหยั่งลึก (ดังรูปที่ 1 ถึง 3) สำหรับรายละเอียดการคำนวณค่าต่างๆ อยู่ในคู่มือการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (คู่มือ ทบ ส 2002-2550)

7.5 การสำรวจแบบการตรวจวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าตามธรรมชาติ

การสำรวจหาการไหลของน้ำบาดาลในชั้นน้ำที่มีอัตราการไหลของน้ำบาดาลค่อนข้างเร็วหรือในกรณีที่น้ำบาดาลมีการแปรเปลี่ยนคุณภาพน้ำที่รวดเร็ว เช่น การไหลของน้ำบาดาลในโพรงหินปูนใต้ดิน หรือการตรวจสอบการเคลื่อนที่ของสารปนเปื้อนในน้ำบาดาล เป็นต้น อาจใช้วิธีการสำรวจแบบการ



		Department of Groundwater Resources		Form No.	
		VES. field data sheet (Wenner's Array)		2002-1	
Sounding number.....				Line bearing.....	
Project.....				Location.....	
Easting.....		Northing.....		Sheet.....	
Operator.....		Supervisor.....		Date.....	
a	K	R	ρ		

รูปที่ 1 แบบบันทึกข้อมูลการสำรวจโดยการจัดวางหลักขั้วไฟฟ้าแบบ Wenner
(ดัดแปลงจาก U.S. Army Corps of Engineers, 1995)

		Department of Groundwater Resources		Form No.	
		VES. Field data sheet (Schlumberger's Array)		2002-2	
Sounding number.....				Line bearing.....	
Project.....				Location.....	
Easting.....		Northing.....		Sheet.....	
Operator.....		Supervisor.....		Date.....	
OA	MN	K	R	ρ	

รูปที่ 2 แบบบันทึกข้อมูลการสำรวจโดยการจัดวางหลักขั้วไฟฟ้าแบบ Schlumberger
(ดัดแปลงจาก U.S. Army Corps of Engineers, 1995)

		Department of Groundwater Resources		Form No.	
		VES. Field data sheet (Dipole-Dipole Array)		2002-3	
Sounding number.....				Line bearing.....	
Project.....				Location.....	
Easting.....		Northing.....		Sheet.....	
Operator.....		Supervisor.....		Date.....	
a	n	V	I	R	ρ

รูปที่ 3 แบบบันทึกข้อมูลการสำรวจโดยการจัดวางหลักขั้วไฟฟ้าแบบ Dipole-Dipole
(ดัดแปลงจาก U.S. Army Corps of Engineers, 1995)



ตรวจวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าตามธรรมชาติ (spontaneous potential, SP) ซึ่งเป็นการตรวจวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติบนผิวดิน การสำรวจแบบ SP method สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้เฉพาะในพื้นที่สำรวจมีสภาพผิวดินค่อนข้างชื้น มีค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะค่อนข้างต่ำเท่านั้น มีรายละเอียดวิธีการสำรวจ การแปลความหมายข้อมูลการสำรวจ และการประยุกต์ใช้การสำรวจแบบ SP method ในการสำรวจทางอุทกธรณีวิทยา ได้ระบุในคู่มือการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (คู่มือ ทบ ส 2002-2550)

7.6 การสำรวจตรวจวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำประจุ

การสำรวจแบบการตรวจวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำประจุ (induced polarization, IP) ซึ่งเป็นการตรวจวัดความต่างศักย์ทางไฟฟ้าเคมีของชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดินที่ตอบสนอง (electrochemical response) การเหนี่ยวนำของกระแสไฟฟ้าที่ปล่อยลงไปจากบนผิวดิน ทั้งแบบ time domain IP method และแบบ frequency domain IP method สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการสำรวจการปนเปื้อนแหล่งน้ำบาดาลได้ในบางกรณี รายละเอียดระบุอยู่ในคู่มือการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (คู่มือ ทบ ส 2002-2550)

7.7 การแปลความหมายข้อมูลการสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

ตามมาตรฐานของสมาคมการทดสอบและวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา (ASTM, 2005) ได้กำหนดมาตรฐานการแปลความหมายข้อมูลการสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะซึ่งกรมทรัพยากรน้ำบาดาลเห็นสมควรยึดถือเป็นข้อปฏิบัติดังนี้คือ

7.7.1 การแปลความหมายข้อมูลการสำรวจแบบหยั่งลึก ให้ดำเนินการแปลความหมายข้อมูลการสำรวจในเชิงปริมาณ ซึ่งอาจดำเนินการโดยวิธี partial curve matching หรือการแปลข้อมูลการสำรวจด้วยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ ควรมีการนำข้อมูลหลายๆ จุดสำรวจมาจัดทำเป็น resistivity cross-sections ด้วยวิธีการเทียบเคียงข้อมูล (correlation) หรือเทียบเคียงข้อมูลการเจาะในพื้นที่สำรวจ (key well) มีอยู่แล้ว เพื่อเป็นการควบคุมคุณภาพข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ

7.7.2 การแปลความหมายข้อมูลการสำรวจแบบตัดแนวและแบบสำรวจทั่วพื้นที่ ซึ่งเป็นข้อมูลในเชิงคุณภาพ หรือข้อมูลเชิงเปรียบเทียบให้ดำเนินการจัดทำเป็น resistivity cross-sections หรือ resistivity pseudo-sections หรือ resistivity maps โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

7.8 การส่งมอบงานสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

การส่งมอบงานสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะอย่างน้อยต้องประกอบด้วยเอกสารต่างๆ ดังต่อไปนี้

7.8.1 เอกสารแผนที่ ภาพตัดขวางแบบจำลอง และข้อมูลการสำรวจต่างๆ

(1) แผนที่อุทกธรณีวิทยาและแบบจำลองทางอุทกธรณีวิทยาเชิงมโนทัศน์ของพื้นที่สำรวจ หรืออย่างน้อยจะต้องแสดงแผนที่อุทกธรณีวิทยาโดยสังเขป และแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ของพื้นที่สำรวจที่ได้จากการสำรวจอุทกธรณีวิทยาเบื้องต้นของพื้นที่สำรวจ

(2) ในกรณีที่สำรวจด้วยวิธีการสำรวจแบบหยั่งลึกจะต้องส่งมอบตารางแสดงข้อมูลการสำรวจภาคสนามตามแบบฟอร์มมาตรฐานที่กรมทรัพยากรน้ำบาดาลกำหนด (หัวข้อ 7.4) พร้อม resistivity field curves ทุกจุดสำรวจ



(3) ในกรณีที่สำรวจด้วยวิธีการสำรวจแบบยังลึก ต้องดำเนินการแปลความหมายเชิงปริมาณทุกจุดสำรวจ ซึ่งอาจแปลความหมายด้วยวิธี partial curve matching method หรือแปลความหมายข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ก็ได้

(4) ในกรณีที่สำรวจด้วยวิธีการสำรวจแบบยังลึก ต้องนำข้อมูลที่ได้แปลความหมายแล้ว มาจัดทำเป็นภาพตัดขวาง (resistivity cross-sections) อย่างน้อย 1 แนวสำรวจ โดยวิธีการเทียบเคียงข้อมูล (correlation) และหากมีข้อมูลการเจาะบ่อน้ำบาดาล (geological log) แนวภาพตัดขวางดังกล่าวต้องตัดผ่านตำแหน่งบ่อ และเทียบเคียงกับข้อมูลการเจาะบ่อ

(5) ในกรณีที่สำรวจด้วยวิธีการสำรวจแบบตัดแนว หรือแบบทั่วพื้นที่ ต้องส่งมอบข้อมูลดิบที่ได้จากการสำรวจตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะในภาคสนาม ในรูปแบบตารางที่เหมาะสม

(6) ในกรณีที่สำรวจด้วยวิธีการสำรวจแบบตัดแนว หรือแบบทั่วพื้นที่ ต้องแปลความหมายข้อมูลในเชิงคุณภาพโดยจัดทำเป็น resistivity cross-sections หรือ resistivity pseudo-sections หรือ resistivity maps โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

7.8.2 รายงานการสำรวจ

รายงานการสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ อย่างน้อยต้องมีเนื้อหาซึ่งประกอบด้วยหัวข้อต่างๆ ดังต่อไปนี้

(1) วัตถุประสงค์และขอบเขตของการสำรวจรวมทั้งการกำหนดความลึกในการสำรวจ

(2) ตำแหน่งของพื้นที่สำรวจและการเข้าถึงพื้นที่

(3) สภาพอุทกธรณีของพื้นที่สำรวจ

(4) ข้อจำกัดในการสำรวจ

(5) ข้อสมมติฐานที่ใช้ในการสำรวจ

(6) รายละเอียดการสำรวจภาคสนาม ได้แก่ ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม การเลือกและเหตุผลในการเลือกวิธีการสำรวจ รวมถึงรายละเอียดเครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจ

(7) วิธีการแปลความหมายและผลการแปลความหมายข้อมูลการสำรวจ

(8) รายชื่อผู้สำรวจและผู้ร่วมงาน

(9) ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ

(10) เอกสารอ้างอิง

8. มาตรฐานความปลอดภัย

8.1 ผู้ใช้เครื่องมือต้องศึกษาและปฏิบัติตามคู่มือการใช้งานตามที่ได้ผู้ผลิตเครื่องมือได้กำหนดไว้ในเอกสารคู่มือประจำเครื่องโดยเคร่งครัดรวมทั้งต้องพึงระมัดระวังเกี่ยวกับไฟฟ้าแรงดันสูงซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้เครื่องมือหรือผู้ร่วมงานในขณะที่ใช้งาน

8.2 เครื่องวัดความต้านทานไฟฟ้าและอุปกรณ์การสำรวจต่างๆ เป็นสื่อไฟฟ้าแรงดันสูงไม่สามารถนำมาใช้งานได้ในสภาพอากาศฝนฟ้าคะนอง

8.3 การตอกหลักขั้วไฟฟ้าในพื้นที่ดินแข็งผู้ตอกหลักพึงระมัดระวังอันตรายจากเศษเหล็กที่แตกกระเด็นออกจากหลักหรือค้อน และควรป้องกันเศษเหล็กกระเด็นเข้าตาด้วยการสวมแว่นป้องกัน

8.4 การปฏิบัติงานในพื้นที่เสี่ยงภัยหรือพื้นที่ที่มีวัตถุอันตราย เช่น ไกล่แนวสายไฟฟ้าแรงดันสูง โรงงานอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ โรงงานอุตสาหกรรมอื่น ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ และอื่นๆ เป็นความรับผิดชอบและอยู่ในวิสัยการอนุญาตของผู้สำรวจโดยตรง

9. บุคลากร

ความสำเร็จของงานสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินไม่ว่าด้วยวิธีการสำรวจใดๆ ย่อมขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง และปัจจัยที่สำคัญที่สุดย่อมเป็นปัจจัยด้านบุคลากร บุคลากรที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการสำรวจ



ธรณีฟิสิกส์บนผิวดินมีหลายระดับ ได้แก่ ระดับผู้เชี่ยวชาญ ผู้ชำนาญการ และระดับปฏิบัติการ เอกสารมาตรฐานฉบับนี้ได้กำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบของบุคลากร ดังต่อไปนี้

9.1 บุคลากรระดับผู้เชี่ยวชาญ ต้องเป็นนักธรณีวิทยา นักอุทกธรณีวิทยา หรือวิศวกรที่ผ่านการฝึกอบรมและมีประสบการณ์ด้านการสำรวจธรณีฟิสิกส์ไม่น้อยกว่า 15 ปี หรือมีผลงานด้านการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินไม่น้อยกว่า 100 แห่ง ทำหน้าที่ด้านการตรวจสอบการวางแผนการสำรวจ ตรวจสอบการแปลความหมายข้อมูลการสำรวจ และตรวจสอบรายงานการสำรวจ การตรวจสอบ ตามขั้นตอนต่างๆ ดังกล่าว ดำเนินการภายใต้รูปแบบการสนทนา (discussion) ของผู้ร่วมงานต่างๆ ในหัวข้อ 9.2 และ 9.3

9.2 บุคลากรระดับผู้ชำนาญการ ต้องเป็นนักธรณีวิทยา นักอุทกธรณีวิทยา หรือวิศวกรที่ผ่านการฝึกอบรมและมีประสบการณ์ด้านการสำรวจธรณีฟิสิกส์ไม่น้อยกว่า 10 ปี หรือมีผลงานด้านการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินไม่น้อยกว่า 50 แห่ง ทำหน้าที่ด้านการตรวจสอบสภาพอุทกธรณีภาคสนาม การวางแผนการสำรวจและควบคุมการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินภาคสนาม รวมทั้งทำหน้าที่ด้านการแปลความหมายข้อมูลและการจัดทำรายงานการสำรวจ

หรือให้คำปรึกษาด้านการแปลความหมายข้อมูลและการจัดทำรายงานการสำรวจ

9.3 บุคลากรระดับปฏิบัติการต้องเป็นนักธรณีวิทยาหรือวิศวกรที่ผ่านการฝึกอบรมด้านการสำรวจธรณีฟิสิกส์หรือบุคลากรอื่นๆ ที่ผ่านการฝึกอบรมและมีประสบการณ์ด้านการสำรวจธรณีฟิสิกส์ไม่น้อยกว่า 10 ปี หรือมีผลงานด้านการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินไม่น้อยกว่า 50 แห่ง ทำหน้าที่ด้านการสำรวจจัดเก็บข้อมูลภาคสนาม และฝึกหัดแปลความหมายข้อมูลการสำรวจและการจัดทำรายงานการสำรวจ ภายใต้การควบคุมของผู้ชำนาญการหรือผู้เชี่ยวชาญ

10. เอกสารอ้างอิง

- American Society for Testing and Materials (ASTM), 2005. Standard Guide for Using Direct Current Resistivity methods for Sub-surface Investigation, D6431-99 (Re 2005).
- U.S. Army Corps of Engineers, 1995. Geophysical Exploration for Engineering and Environmental Investigation, EM1110-1-1802, 1995.
- Vingoe, P., 1997. Electrical Resistivity Survey, Atlas Coppco, AB.



มาตรฐาน ทบ ส 2003-2550

การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัด

ความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห

มาตรฐาน ทบ ส 2003-2550 เป็นมาตรฐานการปฏิบัติงานด้านการสำรวจอุทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาล (ส) ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (ทบ) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตัวเลขชุดแรกมี 4 ตำแหน่ง หมายถึง ลำดับของมาตรฐาน ตัวเลขชุดที่สอง “2550” หมายถึง ปี พ.ศ. ที่จัดทำเอกสารต้นฉบับของมาตรฐาน กรณีที่มีการแก้ไขและปรับปรุงมาตรฐานให้สอดคล้องต่อท้ายและระบุ ปี พ.ศ. ที่แก้ไขปรับปรุง เช่น (แก้ไขปรับปรุง 2555) เป็นต้น โดยมีเครื่องหมาย ^(ก) เป็นตัวยกกำกับหน้าข้อความที่แก้ไข และมีเครื่องหมาย ^(ข) เป็นตัวยกกำกับหน้าข้อความที่ปรับปรุงขึ้นใหม่

1. บทนำ

มาตรฐานการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห (มาตรฐาน ทบ ส 2003-2550) ฉบับนี้อยู่ในชุดมาตรฐานการสำรวจอุทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาล ซึ่งจัดทำขึ้นภายใต้โครงการจัดทำมาตรฐานการเจาะสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล พ.ศ. 2550 โดยกรมทรัพยากรน้ำบาดาลได้มอบหมายให้คณะผู้เชี่ยวชาญด้านอุทกธรณีวิทยาธรณีวิทยา วิศวกรรมเครื่องกล และวิศวกรรมโยธา เป็นผู้ดำเนินการร่างมาตรฐานการสำรวจอุทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาล โดยมีคณะกรรมการพิจารณาทั้งจากภาคส่วนของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล หน่วยงานของรัฐบาล นักวิชาการ และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทำการตรวจสอบแก้ไข และจะปรับใช้เป็นมาตรฐานเมื่อผ่านการเห็นชอบและยอมรับจากทุกฝ่าย ทั้งนี้ขั้นตอน วิธีการดำเนินงานได้ยึดถือการจัดทำมาตรฐานของสมาคมการทดสอบและวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา (American Society for Testing and Materials, ASTM) และมาตรฐานสินค้าอุตสาหกรรม (มอก.) เป็นต้นแบบในการดำเนินงาน

การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห (seismic

refraction method) เป็นการสำรวจเพื่อตรวจวัดคุณสมบัติทางกายภาพของชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดินที่ระดับความลึกต่างๆ ที่ยินยอมให้คลื่นไหวสะเทือนวิ่งผ่านโดยสามารถตรวจวัดได้ด้วยเครื่องวัดความเร็วคลื่นไหวสะเทือน (seismographs) ซึ่งเป็นการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินที่นำมาประยุกต์ใช้ในการสำรวจอุทกธรณีวิทยาวิธีหนึ่งเนื่องจากสามารถประยุกต์ใช้ในการสำรวจอุทกธรณีวิทยาในชั้นหินแข็งได้ดี และผลการสำรวจโดยส่วนใหญ่สามารถแปลความหมายและวิเคราะห์ข้อมูลการสำรวจในเชิงปริมาณได้อย่างละเอียดและถูกต้องแม่นยำ อย่างไรก็ตามการสำรวจอุทกธรณีวิทยาโดยวิธีทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดินหลายกรณีมีความจำเป็นต้องอาศัยการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์วิธีการอื่นๆ ควบคู่ไปด้วย

การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินเป็นขั้นตอนการสำรวจภาคสนามที่ต่อเนื่องจากการสำรวจอุทกธรณีวิทยาบนผิวดิน ซึ่งได้รูปแบบอุทกธรณีวิทยาเชิงโมโนทัศน์จากแบบจำลองอุทกธรณีวิทยาเชิงโมโนทัศน์ที่จัดทำขึ้นในขั้นตอนสุดท้ายของการสำรวจอุทกธรณีวิทยาบนผิวดิน

การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินเป็นการสำรวจบนผิวดินโดยใช้เครื่องมือทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดินตรวจวัดคุณสมบัติทางกายภาพต่างๆ ของชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดินที่ระดับความลึกต่างๆ และด้วยการแปล



ความหมายจากข้อมูลการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน ทำให้สามารถประมาณการความลึกความหนาของชั้นดินชั้นหินต่างๆ ได้ผิวดินในพื้นที่สำรวจภายใต้การประมาณการทางวิทยาศาสตร์

2. ขอบเขต

2.1 วัตถุประสงค์และการประยุกต์ใช้งาน

2.1.1 มาตรฐานฉบับนี้ครอบคลุมเนื้อหาทั่วไปในด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ วิธีการสำรวจ วิธีการแปลความหมายข้อมูล วิธีการนำเสนอผลการสำรวจ และข้อจำกัดของการสำรวจ สำหรับการสำรวจตรวจวัดความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเหของชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดินและน้ำบาดาลในชั้นน้ำต่างๆ

2.1.2 มาตรฐานฉบับนี้มีวัตถุประสงค์หลักในการจัดทำ เพื่อใช้เป็นมาตรฐานการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีตรวจวัดความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห สำหรับประยุกต์ใช้เฉพาะการสำรวจด้านอุทกธรณีวิทยาเท่านั้น บางส่วนของเนื้อหาอาจเกี่ยวพันกับการประยุกต์ใช้ในการสำรวจธรณีเทคนิคหรือการสำรวจสิ่งแวดล้อมบ้าง

2.2 ข้อจำกัดของมาตรฐาน

2.2.1 มาตรฐานฉบับนี้ไม่ครอบคลุมถึงรายละเอียดด้านทฤษฎีต่างๆ แต่จะนำเสนอรายชื่อเอกสารและตำรา ที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ผู้ที่สนใจศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมในรายละเอียดด้วยตนเอง

2.2.2 หน่วยวัดที่ใช้ในมาตรฐานฉบับนี้เป็นระบบหน่วยวัดมาตรฐานสากล (Système Internationale d'Unités, SI Units) สำหรับหน่วยวัดที่ใช้ในการสำรวจแบบ seismic refraction method มีหน่วยวัดความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนเป็นเมตร/มิลลิวินาที (meter/ milliseconds, m/ms)

2.2.3 ข้อความที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานความปลอดภัยในเอกสารฉบับนี้ครอบคลุมเฉพาะความ

ปลอดภัยในการใช้เครื่องมือที่มีมาตรฐานและอยู่ในสภาพสมบูรณ์พร้อมใช้งานเท่านั้นไม่อาจครอบคลุมถึงความปลอดภัยในการปฏิบัติงานหรืออุบัติเหตุใดๆ ที่อาจเกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานภาคสนาม ซึ่งจะเป็นความรับผิดชอบของผู้ใช้งานในการปฏิบัติงานด้านต่างๆ ตามขั้นตอนของเอกสารมาตรฐานฉบับนี้ ผู้ใช้งานจำเป็นต้องคำนึงถึงความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินทุกขั้นตอนของการปฏิบัติงาน

3. เอกสารที่เกี่ยวข้อง

3.1 กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

- มาตรฐาน ทบ ส 2001-2550 การคัดเลือกวิธีการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน

- มาตรฐาน ทบ ส 2002-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

- มาตรฐาน ทบ ส 2004-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

- มาตรฐาน ทบ ส 2005-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาค

- คู่มือ ทบ ส 2001-2550 การคัดเลือกวิธีการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน

- คู่มือ ทบ ส 2002-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

- คู่มือ ทบ ส 2003-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห

- คู่มือ ทบ ส 2004-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า



- คู่มือ ทบ ส 2005-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาค

3.2 American Society for Testing and Materials (ASTM):

- D 7128-05 Standard Guide for Using the Seismic-Reflection Method for Shallow Sub-surface Investigation.

4. ศัพท์บัญญัติ

4.1 คำนิยาม

การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน (surface geophysical investigation) หมายถึง การสำรวจโดยใช้เครื่องมือทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดินเพื่อที่จะจัดเก็บข้อมูลด้านธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยาโดยมิได้ใช้เครื่องมือใดๆ หยั่งลึกลงไปจากผิวดิน

การสำรวจน้ำบาดาลเฉพาะแห่ง (ground-water investigation for pin-point well drilling) หมายถึง การสำรวจอุทกธรณีวิทยาที่มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดตำแหน่งจุดเจาะบ่อน้ำบาดาลที่เหมาะสม

การสำรวจอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดิน (sub-surface hydrogeological investigation) หมายถึง การสำรวจเพื่อเก็บข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดินโดยใช้เครื่องมือเจาะหรือหยั่งลึกลงไปจากผิวดิน

แบบจำลองทางธรณีฟิสิกส์ (geophysical models) หมายถึง การสร้างรูปแบบจำลองลักษณะธรณีวิทยาหรือกายภาพอื่นๆ ของพื้นที่จากข้อมูลการสำรวจธรณีฟิสิกส์เพื่อให้ข้อมูลด้านความลึกของแบบจำลองอุทกธรณีวิทยาเชิงมโนทัศน์มีความถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น

แบบจำลองทางธรณีฟิสิกส์สองมิติ (2D geophysical profiles) หมายถึง ภาพเป็นแนวยาวแสดงข้อมูลชั้นดินหินในเชิงลึกที่ได้จากการสำรวจธรณีฟิสิกส์

แบบจำลองทางธรณีฟิสิกส์สามมิติ (3D resistivity models) หมายถึง ภาพสามมิติแสดงข้อมูลชั้นดินหินทั้งในเชิงกว้าง ยาว และลึกที่ได้จากการสำรวจธรณีฟิสิกส์

แบบจำลองอุทกธรณีวิทยาเชิงมโนทัศน์ (conceptual hydrogeological models) หมายถึง การสร้างรูปแบบจำลองของพื้นที่สำรวจจากข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยาที่ได้จากการสำรวจอุทกธรณีวิทยابนผิวดิน เพื่อใช้ประกอบกับแผนที่อุทกธรณีวิทยาสำหรับการกำหนดแนวทางการสำรวจขั้นต่อไป

4.2 คำย่อ

กรมฯ หมายถึง กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

การสำรวจฯ หมายถึง การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน

แบบจำลองฯ หมายถึง แบบจำลองทางธรณีฟิสิกส์

5. ความสำคัญและการใช้งาน

5.1 มาตรฐานฉบับนี้ครอบคลุมวิธีการสำรวจด้วยการตรวจวัดความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห เพื่อประยุกต์ใช้ในงานสำรวจด้านอุทกธรณีวิทยา สำหรับปรับใช้เพื่อให้ได้ผลงานการสำรวจตรงตามมาตรฐานที่กรมทรัพยากรน้ำบาดาลกำหนดมีรายละเอียดดังนี้

5.1.1 ใช้เป็นมาตรฐานในการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยการตรวจวัดความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห สำหรับงานสำรวจน้ำบาดาลเฉพาะแห่ง ซึ่งอาจต้องดำเนินการสำรวจต่อเนื่องด้วยการสำรวจอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดินตามมาตรฐาน ทบ ส 3000-2550

5.1.2 ใช้เป็นมาตรฐานในการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห สำหรับงานสำรวจจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยา (hydrogeological mapping) โดยมี



กระบวนการสำรวจจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยา
ต่อเนื่องตามมาตรฐาน ทบ ส 4000-2550

5.1.3 ใช้เป็นมาตรฐานในการสำรวจธรณีฟิสิกส์
บนผิวดินด้วยการตรวจวัดความเร็วของคลื่นไหว
สะเทือนแบบหักเห สำหรับงานศึกษาวิจัยแหล่งน้ำ
บาดาลต่างๆ เช่น การศึกษาวิจัยเพื่อประเมินปริมาณ
น้ำสำรองในแอ่งน้ำบาดาลของกรมทรัพยากรน้ำ
บาดาล ตามคู่มือ ทบ ป 1000-2550 การศึกษาวิจัย
เพื่อประเมินพื้นที่เติมน้ำตามคู่มือ ทบ ป 2000-2550
การศึกษาวิจัยเพื่อจัดทำรูปแบบจำลองอุทกธรณีวิทยา
ทางคณิตศาสตร์ตามมาตรฐาน ทบ ป 3000-2550
และการศึกษาวิจัยทางอุทกธรณีวิทยาอื่นๆ

5.2 เอกสารมาตรฐานฉบับนี้ ได้กำหนดขั้นตอน
และแนวทางการปฏิบัติงานไว้อย่างกว้างๆ สำหรับการปรับ
ใช้กับงานสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยการตรวจวัด
ความเร็วคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเหเพื่อวัตถุประสงค์
ประสงค์ต่างๆซึ่งอาจมีความต้องการรายละเอียดของ
ข้อมูลต่างกัน โดยเฉพาะปริมาณของข้อมูลย่อมขึ้นอยู่กับ
ขนาดของพื้นที่สำรวจ เวลา และงบประมาณของ
งานสำรวจศึกษาวิจัยแหล่งน้ำบาดาลแต่ละงาน ดังนั้น
ขั้นตอนและแนวทางการปฏิบัติงานที่ได้กำหนดไว้ใน
เอกสารฉบับนี้อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามที่ผู้เชี่ยวชาญ
ของโครงการศึกษาวิจัยแต่ละโครงการจะเห็นสมควร

6. เครื่องมือและอุปกรณ์

ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องวัดความเร็วคลื่น
ไหวสะเทือน มีส่วนประกอบ 3 ส่วน คือ แหล่งกำเนิด
คลื่นไหวสะเทือน เครื่องรับคลื่นไหวสะเทือน และ
เครื่องบันทึกคลื่นไหวสะเทือน (recorders หรือ
seismographs) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

6.1 แหล่งกำเนิดคลื่นไหวสะเทือน

หลักการสำคัญของการสำรวจด้วยวิธีการ
ตรวจวัดความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห คือ
การตรวจวัดความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนที่วิ่งผ่าน

ชั้นหินใต้ผิวดินที่ระดับความลึกต่างๆ ดังนั้น
จำเป็นต้องมีแหล่งกำเนิดคลื่นไหวสะเทือนโดยต้องรู้
เวลาแน่นอนของการเกิดคลื่นไหวสะเทือนเวลาที่
กล่าวถึงนี้มีหน่วยเป็น 1/1000 วินาที หรือมิลลิวินาที
ดังนั้นการกำเนิดคลื่นไหวสะเทือนแต่ละครั้ง จะต้องส่ง
สัญญาณไปยังเครื่องบันทึกข้อมูล ลงบันทึกเวลาของ
การกำเนิดคลื่นไหวสะเทือน (time break) เพื่อหา
ระยะเวลาที่คลื่นไหวสะเทือนเดินทางจากต้นกำเนิด
และหักเหกลับขึ้นมาจากชั้นหิน (delayed time หรือ
travel time) สำหรับวิธีการทำให้เกิดคลื่นไหวสะเทือน
มีวิธีการหลายวิธี คือ

(1) การใช้ค้อนทุบ (hammer blow) เป็น
วิธีการง่ายๆ ใช้ค้อนทุบบนแผ่นเหล็กหนาที่วางบน
พื้นดิน

(2) การใช้เครื่องทิ้งน้ำหนัก (weight drop)
มีลักษณะการทำงานเหมือนค้อน แต่ใช้ตุ้มน้ำหนัก
10-50 กิโลกรัม ตัวเครื่องจะยกตุ้มน้ำหนักขึ้นสูงจาก
ผิวดิน 1.0 - 1.5 เมตร แล้วทิ้งตุ้มน้ำหนักลงบนแผ่น
เหล็กหนา

(3) การใช้วัตถุระเบิด (explosive sources)
เป็น วิธีการกำเนิดคลื่นไหวสะเทือนโดยใช้วัตถุระเบิด
ซึ่งฝังลึกลงไปใต้ผิวดินระหว่าง 2 - 20 เมตร

นอกจากการทำให้เกิดเสียงด้วยวิธีดังกล่าว
แล้ว ยังมีวิธีอื่นๆที่ทำให้เกิดคลื่นไหวสะเทือนได้ เช่น
air guns, oscillators และ vibrators เป็นต้น

การตรวจวัดความเร็วคลื่นไหวสะเทือนแบบ
หักเหค่าสำคัญที่ต้องตรวจวัด ได้แก่ ค่าระยะห่าง
ระหว่างจุดกำเนิดคลื่น (shot points) และจุดตรวจวัด
คลื่นที่วางบนผิวดิน และค่าระยะเวลาดังแต่เริ่มต้นการ
เกิดคลื่นไหวสะเทือนจนกระทั่งเวลาที่คลื่นไหว
สะเทือนสะท้อนกลับขึ้นมาจากผิวดิน ซึ่งสามารถรับ
สัญญาณได้ตามจุดตรวจวัดคลื่นต่างๆ ระยะเวลา
ดังกล่าวจะถูกบันทึกไว้ในเครื่องบันทึกเวลา เนื่องจาก



การทำให้เกิดคลื่นไหวสะเทือนไม่ว่าด้วยวิธีการใด จะมีสะพานไฟฟ้าส่งสัญญาณ (time-break switch) ส่งสัญญาณผ่านสายไฟฟ้าไปยังเครื่องบันทึกเวลาทุกครั้ง

หลักการสำคัญของการสำรวจด้วยวิธีการตรวจวัดความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห คือ การตรวจวัดความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนที่ไปกระทบชั้นดินชั้นหินแล้วสะท้อนกลับมาจากชั้นดินชั้นหินที่ระดับความลึกต่างๆ ซึ่งค่าสำคัญที่ต้องตรวจวัด ได้แก่ ระยะทางและเวลา จากตำแหน่งที่ทำให้เกิดคลื่นไหวสะเทือนถึงตำแหน่งจุดตรวจวัดที่วางไว้บนผิวดิน

6.2 หักรับคลื่น

หักรับคลื่น (geophones) เป็นตัวรับสัญญาณสำหรับใช้ในการทำ seismic survey บนผิวดินปลายด้านล่างเป็นเหล็กแหลมสำหรับปักบนพื้นดินที่ตำแหน่งจุดสำรวจต่างๆ หากเครื่องตรวจวัดความเร็วคลื่นไหวสะเทือนแบบ 1 ช่องสัญญาณ (single channel seismographs) จะใช้หักรับคลื่นเพียง 1 ตัวเท่านั้น แต่โดยส่วนใหญ่สำหรับการใช้งานทั่วไปจะใช้เครื่องตรวจวัดความเร็วคลื่นไหวสะเทือนแบบหลายช่องสัญญาณ (multi-channel seismographs) ซึ่งมักมีช่องรับสัญญาณ 12-96 ช่อง และมีหักรับคลื่น 12-96 ตัว แต่ละตัวจะปักตามจุดสำรวจต่างๆ โดยมีระยะห่างตามความลึกที่ต้องการสำรวจ ส่วนใหญ่จุดสำรวจจะอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกันในลักษณะเป็นการสำรวจ seismic sections (ดังรูปที่ 1) ยกเว้นกรณีการสำรวจแบบ fan shooting จะวางจุดสำรวจเป็นแนวโค้ง

ภายในตัวหักรับคลื่น ประกอบด้วย ขดลวดและแท่งแม่เหล็กมีช่องว่างระหว่างขดลวดกับแม่เหล็กเรียกว่า gap หักรับคลื่นจะทำหน้าที่ดักจับสัญญาณคลื่นไหวสะเทือนที่หักเหกลับขึ้นมาจากชั้นหินใต้ผิวดิน หักรับคลื่นที่ปักอยู่บนผิวดินจะรับเฉพาะคลื่นไหวสะเทือนในส่วนที่วิ่งอยู่ในแนวระนาบเท่านั้น และ

แปลงคลื่นไหวสะเทือนที่ได้รับให้เป็นพลังงานไฟฟ้าส่งไปยัง recorders ชีตความสามารถของหักรับคลื่นในการรับคลื่นไหวสะเทือนที่ระดับความถี่ต่างๆ ขึ้นอยู่กับความกว้างของ gap และขนาดของขดลวด สำหรับการสำรวจแบบคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเหซึ่งเป็นการสำรวจระดับตื้น จะมีคลื่นไหวสะเทือนที่ระดับความถี่ระหว่าง 10-30 เฮิรตซ์

6.3 เครื่องใช้สโมกราฟ

เครื่องใช้สโมกราฟ (seismographs)

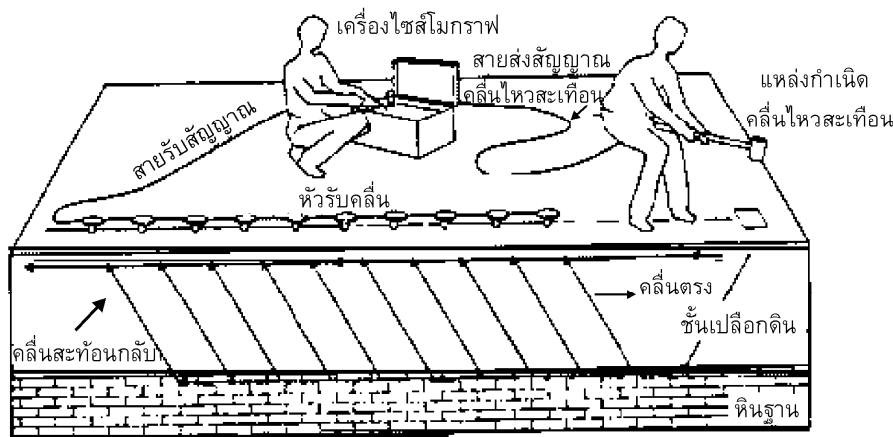
ประกอบด้วย

(1) เครื่องกรองคลื่นไหวสะเทือน (filters)

ทำหน้าที่เป็นตัวกรองตัดเสียงรบกวนเสียงสัญญาณ

(2) เครื่องขยายสัญญาณ (amplifiers)

ปัจจุบันอาจมีช่องรับสัญญาณถึง 96 ช่องแต่ละช่องจะรับและขยายสัญญาณที่ได้รับจากหักรับคลื่นแต่ละตัว และมีช่องรับสัญญาณจาก time break switch อีก 1 ตัว ทำหน้าที่ขยายสัญญาณให้มากขึ้น นอกจากนี้ยังมีส่วนประกอบอื่นๆ คือ เครื่องบันทึกสัญญาณ จอภาพ และเครื่องพิมพ์ผลสัญญาณที่ได้รับจากแต่ละช่องรับ เมื่อผ่านตัวกรองคลื่นไหวสะเทือนและขยายสัญญาณแล้ว จะแสดงผลเป็นเส้นกราฟบนจอภาพ ผู้ปฏิบัติงานสามารถตรวจสอบความคมชัดของเส้นกราฟต่างๆ และสามารถปรับแต่ง ทั้งเครื่องขยายและเครื่องกรองคลื่นของแต่ละช่องสัญญาณได้อีกครั้ง หากปรับแต่งแล้วยังไม่พอใจ สามารถสั่งการให้ทำซ้ำที่จุดเดิม เช่น ตกค้อน หรือ weight drop ใหม่อีกครั้งที่จุดเดิม โดยสัญญาณจากการทำซ้ำครั้งที่ 2-3-4 จะไปสะสมกับสัญญาณครั้งที่ 1 ทำให้สัญญาณมีความเข้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกว่าผู้ปฏิบัติงานจะพอใจผลการสำรวจที่เห็นบนจอภาพ ผู้ปฏิบัติงานสามารถสั่งให้ recorders บันทึกข้อมูลดังกล่าวไว้ พร้อมทั้งสามารถสั่งให้พิมพ์ข้อมูลจากเครื่องพิมพ์



รูปที่ 1 การวางตัวของจุดต้นกำเนิดไหวสะเทือนและการสะท้อนกลับของคลื่นไหวสะเทือน
(ดัดแปลงจาก U.S. EPA, 1993)

7. ขั้นตอนการดำเนินงาน

7.1 ทฤษฎีคลื่นเสียงและกฎของสเนลล์

มาตรฐานฉบับนี้จะไม่ครอบคลุมรายละเอียดภาคทฤษฎีการสำรวจตรวจวัดคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห โดยเริ่มต้นจากทฤษฎีของเสียง (wave theory) และ Snell's Law แต่จะขอสรุปในส่วนที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

ทันทีที่มีเสียงจากแหล่งกำเนิดคลื่นไหวสะเทือนบนผิวดินจะมีคลื่นไหวสะเทือนประเภทต่างๆ 3 ประเภทแผ่กระจายตัว (wave propagations) ออกจากจุดกำเนิดคลื่นเป็นรูปทรงกลมเรียกว่า body wave โดยมีจุดกำเนิดเป็นจุดศูนย์กลาง คลื่นไหวสะเทือน 3 ประเภทใน body wave คือ (1) primary wave (P-wave) (2) secondary wave (S-wave) และ (3) Rayleigh wave หรือ surface wave (R-wave) Primary wave (P-wave) ซึ่งมีลักษณะการเคลื่อนที่ในทิศทางที่ตั้งฉากกับ wave front เหมือนกับคลื่นไหวสะเทือนในอากาศ เป็นคลื่นไหวสะเทือนที่มีการ

เคลื่อนที่เร็วที่สุด และเป็นเสียงชนิดเดียวที่ใช้ตรวจวัดโดยวิธี seismic survey ซึ่งจะดักจับเสียงตัวแรกที่เคลื่อนที่มาถึง (first arrival) โดยความเร็วของคลื่นไหวสะเทือน P-wave (V_p) ขึ้นอยู่กับตัวกลาง (media) ที่คลื่นไหวสะเทือนวิ่งผ่าน ซึ่งถูกควบคุมด้วยคุณสมบัติของตัวกลาง 3 ประการ คือ bulk modulus (k), shear modulus (n) และ density (ρ) หรือ $V_p = [(k + 4n/3)] / \rho$ ความเร็วของ P-wave ที่วิ่งผ่านชั้นหินชนิดต่างๆ สรุปไว้ในตารางที่ 1

คลื่นไหวสะเทือน P-wave จากจุดกำเนิดคลื่นจะวิ่งกระจายตัวออกจากจุดกำเนิดเป็นรัศมีทรงกลม คลื่นส่วนหนึ่ง (direct wave) จะวิ่งเป็นแนวระนาบจากจุดกำเนิดผ่านตัวกลางคือชั้นหินผิวดินด้วยความเร็ว V_1 ไปยัง หวัรับคลื่น S และ P-wave อีกส่วนหนึ่งจะวิ่งลึกลงไปในชั้นหินชั้นที่หนึ่งทแยงเป็นมุมพอดิ (θ) ด้วยความเร็ว V_1 ไปจนถึงแนวรอยต่อตรงชั้นหินเปลี่ยนชนิด (first interface) จะถูกสะท้อนกลับขึ้นสู่ผิวดินด้วยความเร็วเดิม (reflected wave)



ตารางที่ 1 ความเร็วคลื่นไหวสะเทือนที่วิ่งผ่านชั้นดินชั้นหินและวัตถุตัวกลาง

ชนิดดิน-หิน	ความเร็วคลื่น (เมตร/มิลลิวินาที)	ชนิดของ วัตถุตัวกลาง	ความเร็วคลื่น (เมตร/มิลลิวินาที)
หินร่วน	0.2 - 0.4	อากาศ	0.34
ดินเหนียว ทรายแป้ง ทรายและกรวด (แห้ง)	1.5 - 2.0	น้ำ	1.47
ดินเหนียว ทรายแป้ง ทรายและกรวด (อิ่มด้วยน้ำ)	1.5 - 2.0	น้ำแข็ง	3.2
หินตะกอน	2.0 - 2.5	คอนกรีต	3.1
หินแปรและหินอัคนีมีรอยแตก	2.5 - 3.7	เหล็ก	5.9
หินแปรและหินอัคนีเนื้อแน่น	4.5 - 6.0		

โดยมีมุมตกเท่ากับมุมสะท้อนตาม Snell's Law คลื่นไหวสะเทือนอีกส่วนหนึ่งเมื่อเดินทางถึง first interface ด้วยความเร็ว V_1 และถูกหักเหให้วิ่งขนานไปบนแนวรอยต่อด้วยความเร็ว V_2 ไปพร้อมกับบางส่วนถูกหักเหขึ้นสู่ ผิวดินไปยังหัวรับคลื่น ด้วยความเร็ว V_1 ไปคลื่นไหวสะเทือนส่วนนี้คือคลื่นไหวสะเทือนหักเห (refracted wave หรือ head wave) โดยคลื่น P-wave ส่วนนี้จะเป็นส่วนที่นำมาใช้ประโยชน์ในการสำรวจด้วย seismic refraction method

7.2 การวางแผนการสำรวจภาคสนาม

สืบเนื่องจากการสำรวจธรณีฟิสิกส์ไม่ว่าด้วยวิธีการสำรวจใดๆ ก็ตาม จำเป็นต้องวางแผนการสำรวจจัดเก็บข้อมูลภาคสนามให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการสำรวจ สภาพอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดิน และคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดินในบริเวณพื้นที่สำรวจ ดังนั้นกรมทรัพยากรน้ำบาดาล กำหนดมาตรฐานขั้นตอนการวางแผนการสำรวจภาคสนามของการตรวจวัดความเร็วคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห โดยให้ยึดถือเป็นมาตรฐานในการปฏิบัติดังรายละเอียดต่อไปนี้

7.2.1 การวางแผนการสำรวจให้ตรงตามวัตถุประสงค์และสภาพอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่

สำรวจ ซึ่งมีปัจจัยต่างๆ ที่จำเป็นต้องนำมาวิเคราะห์ดังนี้

(1) กำหนดความลึกในการสำรวจและปริมาณงานสำรวจให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการสำรวจ

(2) สภาพอุทกธรณีใต้ผิวดินของพื้นที่สำรวจ โดยจะต้องแสดงแผนที่อุทกธรณีวิทยาพร้อมแบบจำลองทางอุทกธรณีวิทยาเชิงมโนทัศน์ของพื้นที่สำรวจหรืออย่างน้อยจะต้องแสดงแผนที่อุทกธรณีวิทยาโดยสังเขปพร้อมด้วยแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ของพื้นที่สำรวจที่ได้จากการสำรวจอุทกธรณีวิทยาเบื้องต้นของพื้นที่สำรวจ

(3) กำหนดแนวสำรวจและตำแหน่ง หัวรับคลื่นในแนวสำรวจให้สอดคล้องกับสภาพอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดิน โดยในบางพื้นที่อาจจำเป็นต้องสำรวจนำร่องด้วยวิธีการสำรวจแบบ fan shooting

(4) ความยาวของแนวสำรวจอย่างน้อยต้องมีความยาวมากกว่าสามเท่าของระดับความลึกของการสำรวจ โดยเลือกวิธีการกำเนิดคลื่นไหวสะเทือนให้เหมาะสมกับความลึกของการสำรวจ

(5) ทุกแนวสำรวจอย่างน้อยต้องมีจุดกำเนิดคลื่นไหวสะเทือนไม่น้อยกว่า 2 จุด (reverse seismic sections)



7.2.2 วางแผนการสำรวจให้สอดคล้องกับความแตกต่างของค่าความเร็วของคลื่นไหวสะเทือน (velocity contrast) ของชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดินในพื้นที่สำรวจ โดยตรวจสอบคุณสมบัติด้านความแตกต่างของค่าความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนของชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดินจากข้อมูลอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดิน ทั้งจากแผนที่อุทกธรณีวิทยาและแบบจำลองทางอุทกธรณีวิทยาเชิงมโนทัศน์ของพื้นที่สำรวจ

7.2.3 ในบางกรณีอาจมีความจำเป็นต้องสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีการอื่นๆเพิ่มเติมมากกว่าหนึ่งวิธีเพื่อให้ได้ข้อมูลการสำรวจที่มากเพียงพอตามวัตถุประสงค์ของการสำรวจ (ASTM, 2005)

7.3 การจัดเก็บข้อมูลภาคสนาม

7.3.1 วิธีการสำรวจ

(1) เลือกใช้เครื่องมือให้เหมาะสมกับงานสำรวจ ในการสำรวจด้วยวิธี seismic refraction method กำหนดให้ใช้เครื่องสำรวจแบบ multi-channel ซึ่งมีช่องรับสัญญาณและหัวรับคลื่น 12 - 96 ตัว

(2) ในบางกรณีอาจจำเป็นต้องสำรวจนำร่อง โดยวิธีการสำรวจแบบ fan shooting เป็นวิธีการสำรวจเพื่อจัดเก็บข้อมูลเบื้องต้น

(3) สำหรับการสำรวจแบบ seismic sections เป็นวิธีการสำรวจที่ใช้ทั่วไป โดยการวางหัวรับคลื่นทั้งหมดให้อยู่ในเส้นตรงเดียวกันในกรณีที่ชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดินมีเพียง 2 ชั้น และมีแนวต่อราบเรียบหรือเกือบราบเรียบ กำหนดให้มี shot points ไม่น้อยกว่า 2 จุด คือ ด้านหัวและด้านท้ายของแนววางหัวรับคลื่น ในแต่ละแนวสำรวจ หรือเป็นการทำ reversed seismic sections สำหรับสภาพอุทกธรณีใต้ผิวดินที่ซับซ้อน (complex seismic models) อาจจำเป็นต้องมีจุดกำเนิดคลื่น 3-7 จุด ในแต่ละแนวสำรวจขึ้นอยู่กับความเหมาะสมกับสภาพพื้นที่สำรวจนั้นๆ

7.3.2 ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม

(1) กราฟบันทึกเวลา (seismograms) ซึ่งเป็นกราฟแสดงการบันทึกเวลาต่างๆ ในแต่ละ seismic section จะต้องสามารถอ่านค่าเวลาในการทำให้เกิดคลื่นไหวสะเทือนและบันทึกเวลาที่ได้รับสัญญาณคลื่นของหัวรับคลื่นแต่ละตัวได้อย่างชัดเจน

(2) ผู้สำรวจจะต้องดำเนินการจัดทำ T-X graphs และ seismic models ของแนวสำรวจต่างๆ จากกราฟบันทึกเวลา โดยจัดทำเป็น reverse seismic sections และคำนวณหาความลึกความหนาของชั้นหินใต้ผิวดินตามรูปแบบ seismic models ต่างๆ โดยมีรายละเอียดอยู่ในคู่มือการสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีการตรวจวัดความเร็วคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห (คู่มือทบ ส 2003-2550)

7.4 การแปลความหมายข้อมูล

ข้อมูลจากการสำรวจด้วยวิธี seismic refraction method ในลักษณะการสำรวจแบบ seismic sections ต้องแปลความหมายเพื่อหาค่าความหนา (thickness, h) ของชั้นดินหินใต้ผิวดิน จากค่าความเร็วคลื่นไหวสะเทือน (velocity, v) ที่วิ่งผ่านชั้นดินหินนั้นตามเป้าหมายของการสำรวจ โดยแสดงข้อมูลที่ได้จากการแปลความหมายในลักษณะเป็น seismic layers รวมทั้งแสดงรูปแบบของแนวรอยต่อระหว่างชั้นหิน (interface models) แบบต่างๆ ได้โดยค่าที่ได้จากการแปลความหมายเป็นค่าที่แท้จริง ดังนั้นการแปลความหมายข้อมูล จำเป็นต้องวิเคราะห์ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามรวม 2 ประการ คือ

7.4.1 รูปแบบหรือ seismic models ของแนวสำรวจ (T-X graph)

7.4.2 วิธีการแปลความหมาย ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ (1) time-intercept method (T_1) ซึ่งสามารถแปลความหมายข้อมูลจาก seismic models ที่ง่าย ๆ โดยอาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์



กระดาศกราฟ ดินสอ และเครื่องคิดเลข (2) กลุ่ม reciprocal หรือ delay time methods สามารถแปลความหมายข้อมูลการสำรวจของ seismic models เกือบทุกรูปแบบยกเว้นรูปแบบที่ซับซ้อนมากแต่บางรูปแบบจำเป็นต้องพึ่งพาโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ และ (3) กลุ่ม ray-tracing method เป็นวิธีการแปลความหมายของกลุ่ม seismic models ที่ยุ่งยากมาก ดังรายละเอียดในคู่มือการสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีการตรวจวัดความเร็วคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห (คู่มือ ทบ ส 2003 -2550)

7.5 ข้อจำกัดของการสำรวจตรวจวัดความเร็วคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห

7.5.1 ข้อจำกัดด้าน blind zone problem ของการสำรวจ seismic refraction คือ ความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนที่วิ่งผ่านชั้นหินต่างๆ จะต้องเพิ่มขึ้นตามความลึกของชั้นหิน เป็นต้นว่า $v_1 < v_2 < v_3$ สำหรับ 3-layered models หากความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนที่วิ่งผ่านหินชั้นที่ 2 น้อยกว่าชั้นที่ 1 หรือ $v_2 < v_1$ ใน 3-layered models จะไม่เกิดการหักเหกลับของคลื่น (1^{st} head wave) สะท้อนขึ้นมาจาก 1^{st} interface (ดังรูปที่ 2) และทำให้แปลค่าเป็น 2-layered models ปัญหาดังกล่าวอาจพบได้พื้นที่ที่มีสภาพอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดิน เช่น ชั้นหิน basalt ไหลขึ้นมาปิดทับอยู่บนชั้นกรวดทราย หรือน้ำบาดาลในโพรงหินปูนใต้ดิน เป็นต้น

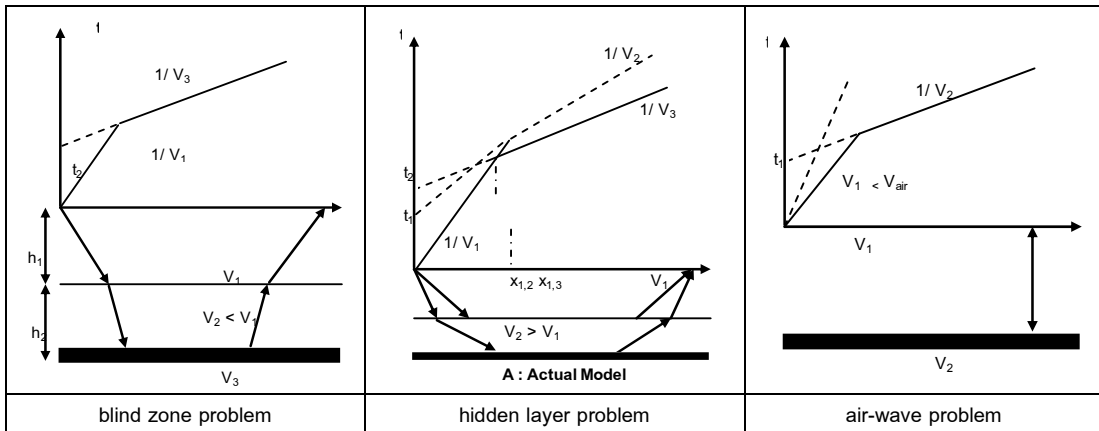
7.5.2 ข้อจำกัดด้าน hidden layer problem เป็นข้อจำกัดที่เกิดขึ้นได้ใน 3-layered models โดยความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนที่วิ่งผ่านชั้นหินชั้นที่ 1 ชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 เพิ่มขึ้นตามลำดับ แต่ความหนาของชั้นหินชั้นที่ 2 น้อยมาก และอยู่ลึกจากผิวดินมากๆ หรือ $v_1 < v_2 < v_3$ และ $h_1 \gg h_2$ ตัวอย่างเช่น การสำรวจหาน้ำบาดาลในชั้นกรวดทรายที่วางอยู่

เหนือชั้นหินแข็ง โดยให้ v_1 เป็นความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนในชั้นกรวดทรายแห้ง มีความเร็วประมาณ 0.3 m/ms v_2 เป็นความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนในชั้นกรวดทรายน้ำบาดาล มีความเร็ว 1.5 m/ms และ V_3 เป็นความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนของ bedrock มีความเร็ว 3.0 m/ms แต่เนื่องจากชั้นน้ำบาดาลเป็นชั้นบางๆ ลึกจากผิวดินมากๆ $h_1 \gg h_2$ ก็จะก่อให้เกิด hidden layer problem ขึ้นได้ เนื่องจาก 3^{rd} head wave วิ่งแซงหน้า 2^{nd} head wave ทำให้ T-X graph แสดงรูปแบบเป็น two-layer model (ดังรูปที่ 2)

7.5.3 ข้อจำกัดด้าน air wave problem เป็นปัญหาที่เกิดจากความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนที่วิ่งผ่านชั้นหินชั้นที่ 1 หรือ v_1 มีความเร็วต่ำกว่าคลื่นไหวสะเทือนที่วิ่งในอากาศ (v_{air}) หรือ $v_1 < v_{air}$ ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ในบริเวณพื้นที่กลบฝังขยะ เนื่องจากชั้นขยะที่ถูกกลบฝังอย่างหลวมๆ มีความยืดหยุ่นสูง คลื่นไหวสะเทือนสามารถวิ่งผ่านไปได้ช้ากว่าความเร็วที่คลื่นไหวสะเทือนวิ่งผ่านอากาศ (v_{air} ปกติมีค่าประมาณ 0.32 m/ms) ผลทำให้ไม่มี direct wave ของชั้นหินชั้นที่ 1 ใน actual model แต่ direct wave ที่ปรากฏให้เห็นเป็น air wave จาก v_{air} (ดังรูปที่ 2) ทำให้การแปลความหมายใน interpretation model ผิดไปเนื่องจากเข้าใจว่า v_{air} เป็น v_1 และทำให้การแปลความลึกของ bedrock ผิดไปจากความเป็นจริง

7.6 การส่งมอบงานสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีการตรวจวัดความเร็วคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล ได้กำหนดมาตรฐานการส่งมอบงานสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีการตรวจวัดความเร็วคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห สำหรับประยุกต์ใช้ในการสำรวจด้านอุทกธรณีวิทยา โดยอย่างน้อยต้องประกอบด้วยเอกสารต่างๆ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 2 Seismic models ที่เกิดจากข้อจำกัดต่างๆ ของการสำรวจแบบ seismic refraction

7.6.1 เอกสารแผนที่ ภาพตัดขวางหรือแบบจำลองต่างๆ และข้อมูลการสำรวจต่างๆ

แผนที่อุทกธรณีวิทยาพร้อมแบบจำลองทางอุทกธรณีวิทยาเชิงมโนทัศน์ของพื้นที่สำรวจ หรืออย่างน้อยจะต้องแสดงแผนที่อุทกธรณีวิทยาโดยสังเขปพร้อมด้วยแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ของพื้นที่สำรวจ ที่ได้จากการสำรวจอุทกธรณีวิทยาเบื้องต้นของพื้นที่สำรวจ

แผนที่แสดงตำแหน่งแนวสำรวจ seismic sections พร้อม seismographs ของแนวสำรวจต่างๆ ในขั้นตอนการแปลความหมายข้อมูลการสำรวจ

T-X graphs ของแนวสำรวจต่างๆ พร้อมระบุรูปแบบของ interface models วิธีการที่ใช้ในการแปลความหมายข้อมูล และผลการแปลความหมายข้อมูลในรูปแบบ seismic models

7.6.2 รายงานการสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีการตรวจวัดความเร็วคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห โดยอย่างน้อยจะต้องมีเนื้อหาประกอบด้วยหัวข้อต่างๆ ดังต่อไปนี้

(1) วัตถุประสงค์และขอบเขตของการสำรวจ รวมทั้งการกำหนดความลึกในการสำรวจ

(2) ตำแหน่งของพื้นที่สำรวจและการเข้าถึงพื้นที่

(3) สภาพอุทกธรณีของพื้นที่สำรวจ
(4) ข้อจำกัดต่างๆ ในการสำรวจ
(5) ข้อสมมติฐานต่างๆที่ใช้ในการสำรวจ
(6) วิธีการสำรวจภาคสนามรวมไปถึงรายละเอียดเครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจ และข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม การเลือกและเหตุผลในการเลือกวิธีการสำรวจ

(7) วิธีการแปลความหมายและผลการแปลความหมายข้อมูลการสำรวจ

(8) รายชื่อผู้สำรวจและผู้ร่วมงาน

(9) ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ

(10) เอกสารอ้างอิง

8. ความปลอดภัย

8.1 ผู้ใช้เครื่องมือต้องศึกษาและปฏิบัติตามคู่มือการใช้งานตามที่ผู้ผลิตเครื่องมือได้กำหนดไว้ในเอกสารคู่มือประจำเครื่องโดยเคร่งครัด ในกรณีต้องใช้วัตถุระเบิดเป็นต้นกำเนิดเสียง ผู้ใช้ต้องผ่านการฝึกอบรมวิธีการใช้การจัดเก็บและการขนย้ายโดยปฏิบัติตามขั้นตอนต่างๆ อย่างเคร่งครัดรวมทั้งต้อง



ปฏิบัติตามกฎหมายว่าด้วยการครอบครองขนย้ายใช้วัตถุระเบิด และความรับผิดชอบอยู่ในวิจรรย์ญาณของผู้สำรวจโดยตรง

8.2 เครื่องรับสัญญาณคลื่นไหวสะเทือนหักเหและอุปกรณ์การสำรวจต่างๆ เป็นเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ที่ค่อนข้างอ่อนไหวต่อสภาพการกระทบ กระเทือน ควรขนย้ายในยานพาหนะที่เหมาะสม

8.3 การปฏิบัติงานในพื้นที่เสี่ยงภัยหรือพื้นที่ที่มีวัตถุอันตราย เช่น โกล์แนวสายไฟฟ้าแรงดันสูง โรงงานเคมี ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ และอื่นๆ เป็นความรับผิดชอบและอยู่ในวิจรรย์ญาณของผู้สำรวจโดยตรง

9. บุคลากร

ความสำเร็จของงานสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินไม่ว่าด้วยวิธีการสำรวจใดๆ ย่อมขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง และปัจจัยที่สำคัญที่สุดย่อมเป็นปัจจัยด้านบุคลากร บุคลากรที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินมีหลายระดับ ได้แก่ ระดับผู้เชี่ยวชาญ ผู้ชำนาญการ และระดับปฏิบัติการ เอกสารมาตรฐานฉบับนี้ได้กำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบของบุคลากร ดังต่อไปนี้

9.1 บุคลากรระดับผู้เชี่ยวชาญต้องเป็นนักธรณีวิทยา นักอุทกธรณีวิทยา หรือวิศวกรที่ผ่านการฝึกอบรมและมีประสบการณ์ด้านการสำรวจธรณีฟิสิกส์ไม่น้อยกว่า 15 ปี หรือมีผลงานด้านการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินไม่น้อยกว่า 100 แห่ง ทำหน้าที่ด้านการตรวจสอบการวางแผนการสำรวจ ตรวจสอบการแปลความหมายข้อมูลการสำรวจ และตรวจสอบรายงานการสำรวจ การตรวจสอบ ตามขั้นตอนต่างๆ ดังกล่าวดำเนินการภายใต้รูปแบบการสนทนา (discussion) ของผู้ร่วมงานต่างๆ ในหัวข้อ 9.2 และ 9.3

9.2 บุคลากรระดับผู้ชำนาญการต้องเป็นนักธรณีวิทยา นักอุทกธรณีวิทยา หรือวิศวกรที่ผ่านการ

ฝึกอบรมและมีประสบการณ์ด้านการสำรวจธรณีฟิสิกส์ไม่น้อยกว่า 10 ปี หรือมีผลงานด้านการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินไม่น้อยกว่า 50 แห่ง ทำหน้าที่ด้านการตรวจสอบสภาพอุทกธรณีภาคสนามการวางแผนการสำรวจและควบคุมการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินภาคสนาม รวมทั้งทำหน้าที่ด้านการแปลความหมายข้อมูลและการจัดทำรายงานการสำรวจหรือให้คำปรึกษาด้านการแปลความหมายข้อมูลและการจัดทำรายงานการสำรวจ

9.3 บุคลากรระดับปฏิบัติการต้องเป็นนักธรณีวิทยาหรือวิศวกรที่ผ่านการฝึกอบรมด้านการสำรวจธรณีฟิสิกส์หรือบุคลากรอื่นๆ ที่ผ่านการฝึกอบรมและมีประสบการณ์ด้านการสำรวจธรณีฟิสิกส์ไม่น้อยกว่า 10 ปี หรือมีผลงานด้านการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินไม่น้อยกว่า 50 แห่ง ทำหน้าที่ด้านการสำรวจจัดเก็บข้อมูลภาคสนามและฝึกหัดแปลความหมายข้อมูลการสำรวจและการจัดทำรายงานการสำรวจ ภายใต้การควบคุมของผู้ชำนาญการหรือผู้เชี่ยวชาญ

10. เอกสารอ้างอิง

- American Society for Testing and Materials (ASTM), 2005. Standard Guide for Using the Seismic-Refraction Method for Shallow Subsurface Investigation, D 7128 – 05.
- Millsom, J., 1989. Field Geophysics, Geology Society of London, UK.
- U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA), 1993. Use of Airborne, Surface, and Borehole Geophysical Techniques at Contaminated Sites, a Reference Guide, EPA/625/R-92/007.



มาตรฐาน ทบ ส 2004-2550

การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

มาตรฐาน ทบ ส 2004-2550 เป็นมาตรฐานการปฏิบัติงานด้านการสำรวจอุทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาล (ส) ของ กรมทรัพยากรน้ำบาดาล (ทบ) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตัวเลขชุดแรกมี 4 ตำแหน่ง หมายถึง ลำดับของมาตรฐาน ตัวเลขชุดที่สอง “2550” หมายถึง ปี พ.ศ. ที่จัดทำเอกสารต้นฉบับของมาตรฐาน กรณีที่มีการแก้ไขและปรับปรุงมาตรฐานให้สอดคล้องต่อยุทธศาสตร์และแผน ปี พ.ศ. ที่แก้ไขปรับปรุง เช่น (แก้ไขปรับปรุง 2555) เป็นต้น โดยมีเครื่องหมาย ⁽ⁿ⁾ เป็นตัวยกกำกับหน้าข้อความที่แก้ไข และมีเครื่องหมาย ^(u) เป็นตัวยกกำกับหน้าข้อความที่ปรับปรุงขึ้นใหม่

1. บทนำ

มาตรฐานการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (มาตรฐาน ทบ ส 2004-2550) ฉบับนี้อยู่ในชุดมาตรฐานการสำรวจอุทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาล ซึ่งจัดทำขึ้นภายใต้โครงการจัดทำมาตรฐานการเจาะ สํารวจ และพัฒนาบ่อน้ำบาดาล พ.ศ. 2550 โดยกรมทรัพยากรน้ำบาดาลได้มอบหมายให้คณะผู้เชี่ยวชาญด้านอุทกธรณีวิทยา ธรณีวิทยา วิศวกรรมเครื่องกล และวิศวกรรมโยธา เป็นผู้ดำเนินการร่างมาตรฐานการสำรวจอุทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาล โดยมีคณะกรรมการพิจารณาทั้งจากภาคส่วนของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล หน่วยงานของรัฐ นักวิชาการ และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทำการตรวจสอบ แก้ไข และจะปรับใช้เป็นมาตรฐานเมื่อผ่านการเห็นชอบและยอมรับจากทุกฝ่าย ทั้งนี้ขั้นตอน วิธีการดำเนินงานได้ยึดถือการจัดทำมาตรฐานของสมาคมการทดสอบและวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา (American Society for Testing and Materials, ASTM) และมาตรฐานสินค้าอุตสาหกรรม (มอก.) เป็นต้นแบบในการดำเนินงาน

การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินเป็นขั้นตอนการสำรวจภาคสนามที่ต่อเนื่องจากการสำรวจอุทกธรณีวิทยานบนผิวดิน โดยจากรูปแบบอุทกธรณีวิทยา

เชิงมโนทัศน์ที่จัดทำขึ้นในขั้นตอนสุดท้ายของการสำรวจอุทกธรณีวิทยานบนผิวดิน ซึ่งจำลองสภาพอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดินได้คร่าวๆ การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินเป็นการสำรวจบนผิวดิน โดยใช้เครื่องมือทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดินตรวจวัดคุณสมบัติทางกายภาพต่างๆ ของชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดินที่ระดับความลึกต่างๆ และด้วยการแปลความหมายจากข้อมูลการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน ทำให้สามารถประมาณการความลึกความหนาของชั้นดินชั้นหินต่างๆ ได้ผิวดินในพื้นที่สำรวจภายใต้การประมาณการทางวิทยาศาสตร์

การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic EM, methods) เป็นการสำรวจเพื่อตรวจวัดคุณสมบัติทางกายภาพของชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดินที่ระดับความลึกต่างๆ ที่ตอบสนองต่อสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำด้วยการตรวจวัดด้วยเครื่องมือวัดสนามแม่เหล็กบนผิวดินซึ่งเป็นการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินที่นำมาประยุกต์ใช้ในการสำรวจอุทกธรณีวิทยาเนื่องจากสามารถตรวจหาลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาในชั้นหินแข็งได้ดี อย่างไรก็ตามการสำรวจอุทกธรณีวิทยาโดยวิธีทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดินหลายๆ กรณีมีความจำเป็นต้องอาศัยการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์วิธีอื่นๆ ควบคู่ไปด้วย



2. ขอบเขต

2.1 วัตถุประสงค์และการประยุกต์ใช้งาน

2.1.1 มาตรฐานฉบับนี้ครอบคลุมเนื้อหาทั่วไปในด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ วิธีการสำรวจ วิธีการแปลความหมายข้อมูล วิธีการนำเสนอผลการสำรวจ และข้อจำกัดของการสำรวจ สำหรับการสำรวจตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดินและน้ำบาดาลในชั้นน้ำต่าง ๆ

2.1.2 การสำรวจด้วยการตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า อาจจำแนกออกเป็น 3 แบบใหญ่ ๆ คือ การตรวจวัดด้วยวิธี frequency domain electromagnetic survey (FDEM) ซึ่งบางครั้งอาจเรียกว่า terrain conductivity การตรวจวัดแบบ time domain electromagnetic survey (TDEM) และการตรวจวัดแบบ very-low frequency electromagnetic survey (VLF-EM) สำหรับการประยุกต์ใช้ในการสำรวจด้านอุทกธรณีวิทยาโดยส่วนใหญ่ใช้วิธี FDEM และ VLF-EM เท่านั้น สำหรับ TDEM มักใช้ในการสำรวจวัตถุโลหะ (metallic bodies) ใต้ผิวดิน เช่น การสำรวจหาสิ่งก่อสร้างใต้ดินหรือการสำรวจแร่โลหะ เป็นต้น

2.1.3 มาตรฐานฉบับนี้มีวัตถุประสงค์หลักในการจัดทำเพื่อใช้เป็นคู่มือการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า สำหรับการประยุกต์ใช้เฉพาะการสำรวจด้านอุทกธรณีวิทยาเท่านั้น บางส่วนของเนื้อหาอาจเกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้ในด้านสำรวจธรณีเทคนิคหรือการสำรวจสิ่งแวดล้อมบ้าง

2.1.4 หน่วยวัดใช้ในมาตรฐานฉบับนี้เป็นระบบหน่วยวัดมาตรฐานสากล (Système Internationale d'Unités, -SI Units) สำหรับหน่วยวัดที่ใช้ในการสำรวจแบบ EM methods มีหน่วยเป็นมิลลิซีเมนต์ต่อเมตร (mS/m)

2.2 ข้อจำกัดของมาตรฐาน

มาตรฐานฉบับนี้ไม่ครอบคลุมถึงรายละเอียดด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ และภาคทฤษฎีต่างๆ แต่ได้นำรายชื่อกเอกสาร และตำราที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ผู้ที่สนใจศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมในรายละเอียดด้วยตนเอง

ข้อความที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานความปลอดภัยในเอกสารฉบับนี้ครอบคลุมเฉพาะความปลอดภัยในการใช้เครื่องมือที่มีมาตรฐานและอยู่ในสภาพสมบูรณ์พร้อมใช้งานเท่านั้น ไม่ครอบคลุมถึงความปลอดภัยในการปฏิบัติงานหรืออุบัติเหตุใดๆ ที่อาจเกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานภาคสนาม ซึ่งเป็นความรับผิดชอบของผู้ใช้งานในการปฏิบัติงานด้านต่างๆ ตามขั้นตอนของเอกสารมาตรฐานฉบับนี้ ผู้ใช้งานจำเป็นต้องคำนึงถึงความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินทุกขั้นตอนของการปฏิบัติงาน

3. เอกสารที่เกี่ยวข้อง

3.1 กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

- มาตรฐาน ทบ ส 1000-2550 การสำรวจอุทกธรณีวิทยานบนผิวดิน
- มาตรฐาน ทบ ส 2001-2550 การคัดเลือกวิธีการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน
- มาตรฐาน ทบ ส 2002-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ
- มาตรฐาน ทบ ส 2003-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความเร็วคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห
- มาตรฐาน ทบ ส 2005-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาค
- คู่มือ ทบ ส 1000-2550 การสำรวจอุทกธรณีวิทยานบนผิวดิน



- คู่มือ ทบ ส 2001-2550 การคัดเลือกวิธีการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน

- คู่มือ ทบ ส 2002-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

- คู่มือ ทบ ส 2003-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความเร็วคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห

- คู่มือ ทบ ส 2004-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

- คู่มือ ทบ ส 2005-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาค

3.2 American Society for Testing and Materials (ASTM):

- D6820-02 Standard Guide for Use of the Time Domain Electromagnetic Method for Subsurface Investigation.

4. ศัพท์บัญญัติ

4.1 คำนิยาม

การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน (surface geophysical investigation) หมายถึง การสำรวจโดยใช้เครื่องมือทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดินเพื่อที่จะจัดเก็บข้อมูลด้านธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยาโดยมิได้ใช้เครื่องมือใดๆ หยั่งลึกลงไปจากผิวดิน

การสำรวจน้ำบาดาลเฉพาะแห่ง (ground-water investigation for pin-point well drilling) หมายถึง การสำรวจอุทกธรณีวิทยาที่มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดตำแหน่งจุดเจาะบ่อน้ำบาดาลที่เหมาะสม

การสำรวจอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดิน (sub-surface hydrogeological investigation) หมายถึง

การสำรวจเพื่อเก็บข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดินโดยใช้เครื่องมือเจาะหรือหยั่งลึกลงไปจากผิวดิน

แบบจำลองทางธรณีฟิสิกส์ (geophysical models) หมายถึง การสร้างรูปแบบจำลองลักษณะธรณีวิทยาหรือกายภาพอื่นๆ ของพื้นที่จากข้อมูลการสำรวจธรณีฟิสิกส์ เพื่อให้ข้อมูลด้านความลึกของแบบจำลองอุทกธรณีวิทยาเชิงมโนทัศน์มีความถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น

แบบจำลองทางธรณีฟิสิกส์สองมิติ (2D geophysical profiles) หมายถึง ภาพเป็นแนวยาวแสดงข้อมูลชั้นดินหินในเชิงลึกที่ได้จากการสำรวจธรณีฟิสิกส์

แบบจำลองทางธรณีฟิสิกส์สามมิติ (3D resistivity models) หมายถึง ภาพสามมิติแสดงข้อมูลชั้นดินหินทั้งในเชิงกว้าง ยาว และลึกที่ได้จากการสำรวจธรณีฟิสิกส์

แบบจำลองอุทกธรณีวิทยาเชิงมโนทัศน์ (conceptual hydrogeological models) หมายถึง การสร้างรูปแบบจำลองของพื้นที่สำรวจจากข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยาที่ได้จากการสำรวจอุทกธรณีวิทยابนผิวดิน เพื่อใช้ประกอบกับแผนที่อุทกธรณีวิทยาสำหรับการกำหนดแนวทางการสำรวจขั้นต่อไป

4.2 คำย่อ

กรมฯ หมายถึง กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

การสำรวจฯ หมายถึง การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน

แบบจำลองฯ หมายถึง แบบจำลองทางธรณีฟิสิกส์

5. ความสำคัญและการใช้งาน

5.1 มาตรฐานนี้ได้กำหนดวิธีการสำรวจด้วยการตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อประยุกต์ใช้ในการสำรวจสภาพอุทกธรณีวิทยา สำหรับการปรับใช้ในงานด้านต่างๆ เพื่อให้ได้ผลงานการสำรวจตรงตาม



มาตรฐานที่กรมทรัพยากรน้ำบาดาลกำหนดโดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการสำรวจอุทกธรณีวิทยาต่างๆ ดังนี้

5.1.1 ใช้เป็นมาตรฐานในการคัดเลือกวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยการตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับงานสำรวจน้ำบาดาลเฉพาะแห่งซึ่งอาจต้องดำเนินการสำรวจต่อเนื่องด้วยการสำรวจอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดิน ตามมาตรฐาน ทบ ส 3000-2550

5.1.2 ใช้เป็นมาตรฐานในการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับงานสำรวจจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยา (hydro-geological mapping) โดยมีกระบวนการสำรวจจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยาต่อเนื่อง ตามมาตรฐาน ทบ ส 4000-2550

5.1.3 ใช้เป็นมาตรฐานในการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยการตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับงานศึกษาวิจัยแหล่งน้ำบาดาลต่างๆ เช่น การศึกษาวิจัยเพื่อประเมินปริมาณน้ำสำรองในแอ่งน้ำบาดาลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล การศึกษาวิจัยเพื่อประเมินพื้นที่เติมน้ำ การศึกษาวิจัยเพื่อจัดทำแบบจำลองอุทกธรณีวิทยาทางคณิตศาสตร์ และการศึกษาวิจัยทางอุทกธรณีวิทยาด้านอื่นๆ

5.2 มาตรฐานฉบับนี้ ได้กำหนดขั้นตอนและแนวทางการปฏิบัติงานไว้อย่างกว้างๆ สำหรับการปรับใช้กับงานสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยการตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าตามวัตถุประสงค์ต่างๆ ซึ่งอาจมีความต้องการรายละเอียดของข้อมูลต่างกัน โดยเฉพาะปริมาณของข้อมูลย่อมขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่สำรวจ เวลาและงบประมาณของงานสำรวจศึกษาวิจัยแหล่งน้ำบาดาลแต่ละงาน ดังนั้นขั้นตอนและแนวทางการปฏิบัติงานที่ได้กำหนดเอกสารฉบับนี้

อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามที่ผู้เชี่ยวชาญของโครงการศึกษาวิจัยแต่ละโครงการจะเห็นสมควร

6. เครื่องมือและอุปกรณ์

การสำรวจด้วยวิธีการตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic methods) โดยทั่วไปจำแนกวิธีการสำรวจออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

(1) กลุ่ม frequency domain electromagnetic methods (FDEM หรือ FEM) บางครั้งอาจเรียกว่า terrain conductivity methods ซึ่งมีวิธีการสำรวจหลายวิธีโดยใช้เครื่องมือที่แตกต่างกันไป

(2) กลุ่ม time domain electromagnetic methods (TDEM) หรือ pulse electromagnetic methods (PEM)

(3) กลุ่ม very-low frequency electromagnetic method (VLF-EM)

แต่ละกลุ่มมีหลักการสำรวจที่คล้ายคลึงกัน แตกต่างกันที่เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้สำรวจรายละเอียดเครื่องมือและอุปกรณ์ของแต่ละวิธีการสรุปได้ดังนี้

6.1 เครื่องมือและอุปกรณ์การสำรวจ FDEM

โดยทั่วไปเครื่องมือการสำรวจ FDEM มีรูปแบบที่แตกต่างกันแล้วแต่บริษัทผู้ผลิตมีตั้งแต่ขนาดเล็กไปจนถึงเครื่องสำรวจขนาดใหญ่ สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจด้านอุทกธรณีวิทยามักจะเป็นเครื่องสำรวจขนาดเล็ก ซึ่งออกแบบเพื่อใช้ในการสำรวจค่า apparent conductivity ในพื้นที่สำรวจที่มีการปนเปื้อนในแหล่งน้ำบาดาลโดยตรง (U.S. EPA, 1993)

เอกสารฉบับนี้กล่าวถึงเฉพาะเครื่องมือและอุปกรณ์การสำรวจแบบ horizontal loops (vertical dipole) และ vertical loop (horizontal dipole) ซึ่งมีส่วนประกอบเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ โดยสรุปดังนี้



6.1.1 ขดลวดกำเนิดคลื่น (transmitter coils) เป็นขดลวดวงกลมเดี่ยว (single transmitter coil) หรือขดลวดคู่ซึ่งเชื่อมต่อกันด้วยสายไฟฟ้าทำหน้าที่ให้กำเนิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (primary electromagnetic field, HP) โดยสามารถผลิตสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่ช่วงคลื่นต่างๆ หลายช่วงคลื่น พร้อมอุปกรณ์ประกอบต่างๆ เช่น แบตเตอรี่ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดพลังงาน รวมถึงอุปกรณ์เชื่อมต่ออื่นๆ

6.1.2 ขดลวดรับสัญญาณ (receiver coils) เป็นเครื่องตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถปรับให้รับสัญญาณที่ช่วงคลื่นต่างๆ ได้

6.1.3 อุปกรณ์ประกอบอื่นๆ

6.2 เครื่องมือและอุปกรณ์การสำรวจ TDEM

เครื่องมือการสำรวจแบบ TDEM มีลักษณะคล้ายคลึงกับชุดเครื่องมือแบบ FDEM ต่างกันที่ลักษณะขดลวดที่เป็นตัวกำเนิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้ามักเป็นขดลวดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสวางล้อมรอบบริเวณที่จะทำการสำรวจ มีน้ำหนักตั้งแต่ไม่กี่กิโลกรัมถึงหลายร้อยกิโลกรัม ขดลวดชนิดนี้จะให้กำเนิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเพียงช่วงคลื่นเดียวเท่านั้นเป็นการปล่อยกระแสไฟฟ้าที่ช่วงความถี่เดียวแล้ววัดการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กที่ลดลงตามระยะเวลา

6.3 เครื่องมือและอุปกรณ์การสำรวจแบบ VLF-EM

เครื่องมือการสำรวจแบบ VLF-EM เป็นเครื่องมือสำรวจขนาดเล็ก ออกแบบสำหรับใช้งานด้วยผู้สำรวจเพียงคนเดียว มีลักษณะของเครื่องมือแตกต่างกันไปตามบริษัทผู้ผลิต สำหรับบริษัทที่ผลิตเครื่องมือมีหลายแห่ง เช่น GEONICS ประเทศแคนาดา (เครื่อง Geonics EM 16) และ ABEM Atlas COPCO ประเทศสวีเดน (เครื่อง VLF-Wadi) เป็นต้น

เครื่องมือการสำรวจแบบ VLF-EM มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน ได้แก่

6.3.1 ชุดรับคลื่นวิทยุ (measuring units) หรือ receivers ประกอบด้วยเครื่องรับวิทยุความถี่ต่ำหลายชุดที่สามารถเลือกรับสถานีส่งสัญญาณที่เหมาะสมกับทิศทางการวางโครงสร้างทางธรณีวิทยา พร้อมเครื่องกรองคลื่น (filters) เพื่อตัดคลื่นรบกวนที่ไม่พึงประสงค์ (noises) ออกไป เครื่องขยายสัญญาณคลื่นที่สามารถปรับแต่งได้ (amplifiers) วงจรไฟฟ้าอื่นๆ รวมทั้งแบตเตอรี่ และอุปกรณ์สำหรับเชื่อมต่ออื่นๆ เครื่องมือบางรุ่นอาจมีเครื่องพิมพ์ผลการสำรวจให้ด้วย

6.3.2 ชุดควบคุมการทำงาน (controller units) ประกอบด้วย keyboard ซึ่งมีปุ่มกดคำสั่งต่างๆ จอภาพ (screen หรือ display window) หรือเครื่องฟังสัญญาณ (ขึ้นอยู่กับรุ่นและบริษัทผู้ผลิต) และ micro-computer สำหรับคำนวณค่าต่างๆ รวมทั้งเป็นหน่วยความจำในการบันทึกข้อมูลขณะทำการสำรวจ

6.3.3 ชุดเสาอากาศ (antenna units) ประกอบด้วยเสาอากาศสำหรับปรับทิศทางการรับคลื่นวิทยุความถี่ต่ำและ inclinometers สำหรับปรับให้เสาอากาศตั้งได้ฉากกับผิวดินเสมอหรือเกือบตั้งฉากกับผิวดิน หากทำมุมเอียงมากเกินไปจะมีสัญญาณเตือนขึ้นที่จอภาพ หรือส่งสัญญาณเตือนไปที่ชุดควบคุมการทำงานเพื่อให้ปรับเสาอากาศหรือปรับทำยืนให้ตรง

7. การสำรวจตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในสนาม

7.1 หลักการของการสำรวจตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยการตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้ามีหลายวิธี ซึ่งนอกจากจะแบ่งวิธีการสำรวจเป็น 3 แบบ ดังกล่าวข้างต้นแล้วยังสามารถแบ่งโดยถือเอาต้นกำเนิดสนามแม่เหล็ก



ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (H_p) เป็นหลัก โดยแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ ได้แก่ แบบเครื่องกำเนิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าไม่เคลื่อนที่ประกอบด้วยวิธีการสำรวจต่างๆ เช่น วิธีซันด์เบอร์เกอร์ (sundberg หรือ compensator method) วิธีทูรัม (turam method) เป็นต้น และแบบเครื่องกำเนิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเคลื่อนที่ ประกอบด้วยวิธีการสำรวจต่างๆ เช่น วิธี Slingram วิธี Max-Min วิธี EM-Gun และ วิธี Demigun เป็นต้น

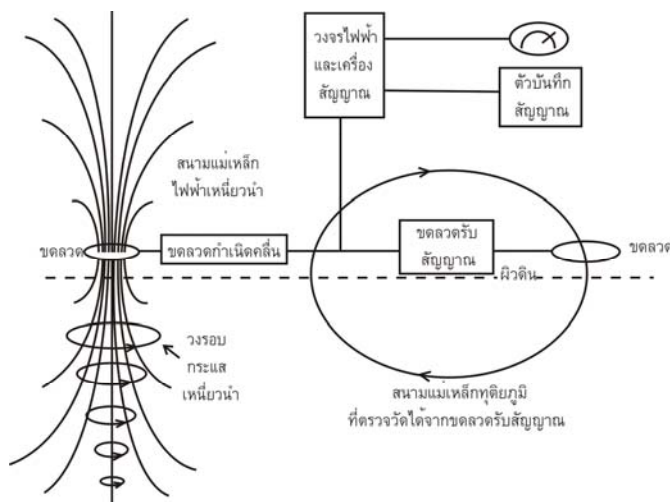
ทฤษฎีการสำรวจด้วย EM methods ทุกรูปแบบมีหลักการที่คล้ายคลึงกัน คือ การตรวจวัดค่าสนามแม่เหล็กผลลัพธ์ (resulted magnetic field, H_R) ซึ่งจะมีความเข้มกว่าสนามแม่เหล็ก H_p อันเป็นผลเนื่องจาก H_p ไปเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็กใหม่ที่เกิดขึ้นในวัตถุสื่อไฟฟ้า (conductive bodies) ที่อยู่ใต้ผิวดิน สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า สนามแม่เหล็กทุติยภูมิ (secondary magnetic field, H_s) ซึ่งมีทิศทางตั้งฉากกับ H_p ($\pi/2$) โดยที่ H_R มีค่าเท่ากับผลรวมทางเวกเตอร์ของ H_p กับ H_s โดย transmitter coil ที่เป็นต้นกำเนิดของ H_p บนผิวดิน

สนามแม่เหล็ก H_p จะเดินทางในแนวระนาบทั้งบนดินและใต้ผิวดินเมื่อกระแสแม่เหล็กไฟฟ้า H_p

ซึ่งเคลื่อนที่ในแนวระนาบไปกระทบวัตถุสื่อไฟฟ้าใต้ผิวดิน ก็จะเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็กทุติยภูมิ (H_s) ขึ้นในวัตถุสื่อไฟฟ้าใต้ผิวดินนั้น โดยจะเคลื่อนไปในทิศทางที่ตั้งฉากกับสนาม H_p (ดังรูปที่ 1) ค่าที่อ่านได้จากขดลวดรับสัญญาณ จะเป็นค่าสนามแม่เหล็ก H_R ที่มีความเข้มของสนามแม่เหล็กเพิ่มขึ้นและสามารถนำไปแปลความหมายหาค่าความลึกและขนาดของวัตถุสื่อไฟฟ้าใต้ผิวดินนั้นได้

7.2 การประยุกต์ใช้ EM methods สำหรับการสำรวจอุทกธรณีวิทยา

สืบเนื่องจากการสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธี EM โดยส่วนใหญ่ไม่ว่าจะด้วยวิธี FDEM หรือวิธี TDEM หรือวิธี VLF-EM มักจะได้ข้อมูลเชิงคุณภาพเท่านั้นหรืออาจนำมาแปลความหมายในเชิงปริมาณได้ไม่เกิน 2 ชั้น รวมทั้งมีข้อจำกัดในด้านระดับความลึกของการสำรวจ อย่างไรก็ตามการสำรวจแบบ EM มีข้อดีในด้านการใช้บุคลากรในการสำรวจน้อย โดยส่วนใหญ่ประมาณ 1-2 คนเท่านั้นและสามารถจัดเก็บข้อมูลการสำรวจในภาคสนามได้อย่างรวดเร็ว



รูปที่ 1 หลักการของสำรวจแบบตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (ดัดแปลงจาก U.S. EPA, 1993)



7.2.1 การประยุกต์ใช้การสำรวจแบบ FDEM

การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินโดยการตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในกลุ่ม FDEM methods เป็นการสำรวจโดยใช้เครื่องมือประเภทลวดส่งสัญญาณแบบกระนาบหรืออาจเรียกว่าวิธีการสำรวจแบบ HLEM การประยุกต์ใช้การสำรวจแบบ FDEM สรุปได้ดังนี้

(1) สามารถประยุกต์ใช้การสำรวจแบบ FDEM ในการสำรวจน้ำบาดาลเฉพาะแห่ง ในกรณีพื้นที่สำรวจมีชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดินมีค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะต่ำมากเท่านั้น เช่น พื้นที่ที่เกิดการรุกรานของน้ำเค็มเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาล

(2) สามารถประยุกต์ใช้การสำรวจแบบ FDEM เพื่อเป็นการสำรวจธรณีฟิสิกส์นําร่องเพื่อค้นหาแนวผิวดินหรือพื้นที่ผิวดินในพื้นที่สำรวจขนาดใหญ่ก่อนทำการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินแบบอื่นๆ เช่น resistivity methods หรือ seismic refraction method หรือ micro-gravity method แล้วแต่กรณีในบริเวณแนวผิวดินหรือพื้นที่ผิวดินดังกล่าว

(3) สามารถประยุกต์ใช้ FDEM ในการสำรวจการปนเปื้อนในแหล่งน้ำบาดาล กรณีการปนเปื้อนในแหล่งน้ำบาดาลจากสารอนินทรีย์เคมี (inorganic compounds หรือ ionics) จากอุตสาหกรรมเหมืองแร่ การปนเปื้อนสารอนินทรีย์เคมีในน้ำบาดาลจะทำให้ค่าสื่อความนำไฟฟ้าของน้ำบาดาลเพิ่มขึ้นเสมอจากการศึกษาพบว่า การเพิ่ม ionic ลงในชั้นน้ำประเภชชั้นทรายเพียงประมาณ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้น้ำบาดาลจัดในชั้นทรายมีค่าสื่อความนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นประมาณ 1 mS/m ซึ่งสูงเพียงพอที่จะตรวจวัดได้ด้วยวิธีการสำรวจแบบ FDEM method (U.S. Army Corps, 1995)

(4) ประยุกต์ใช้ FDEM method ในพื้นที่ปนเปื้อนของน้ำบาดาลในชั้นหินแข็ง ส่วนการ

ปนเปื้อนด้วยส่วนประกอบของสารอินทรีย์เคมีในน้ำบาดาลค่อนข้างเป็นปัญหาใหญ่เนื่องจากสารประกอบอินทรีย์เคมีโดยส่วนใหญ่ มักทำให้ค่าความนำไฟฟ้าของน้ำบาดาลลดลง

7.2.2 การประยุกต์ใช้การสำรวจแบบ TDEM

การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินโดยการตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในกลุ่ม TDEM methods มีหลักการโดยสรุปคือ ขดลวดปล่อยสัญญาณ (T_x) จะให้กำเนิดสนามแม่เหล็ก H_p ในช่วงเวลาที่จำกัด คือปล่อยแล้วหยุดในขณะที่ปล่อยสัญญาณ H_p จะเหนี่ยวนำให้เกิด H_s ในตัวนำไฟฟ้าใต้ผิวดิน แต่พื้นที่ที่หยุดปล่อยสัญญาณ H_s ไม่ได้สลายตัวทันที เหมือนหนึ่ง H_p ไปชาร์จแบตเตอรี่ให้เกิด H_s ในวัตถุตัวนำไฟฟ้าใต้ดิน และ H_s จะค่อยๆ สลายตัวอย่างมีรูปแบบหลังจากไม่มี H_p ไปเหนี่ยวนำ ดังนั้นในการสำรวจจัดเก็บข้อมูลภาคสนาม คือ การหารูปแบบการสลายตัวของ H_s โดยทันทีที่ T_x หยุดปล่อยสัญญาณ ขดลวดรับสัญญาณ (R_x) จะเริ่มตรวจวัดสนามแม่เหล็กอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบการสลายตัวของ H_s

การสำรวจแบบ TDEM methods เป็นวิธีที่ใช้ในการสำรวจหาแหล่งแร่ประเภท massive sulfides ได้อย่างมีประสิทธิภาพสามารถตรวจหาความลึก ลักษณะการวางตัวและความกว้างของวัตถุตัวนำไฟฟ้าใต้ดินได้ในการสำรวจอุทกธรณีวิทยาได้ พัฒนารูปแบบการสำรวจแบบ TDEM methods ในการสำรวจหารูปแบบการกระจายตัวของสารปนเปื้อน (contamination plumes) ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อน (ASTM, 2002)

7.2.3 การประยุกต์ใช้การสำรวจแบบ VLF-EM

(1) การสำรวจด้วยวิธี VLF-EM มีหลักแตกต่างจากการสำรวจ EM คือ การสำรวจด้วยวิธี VLF-EM ไม่มี transmitter coil แต่อาศัยส่วนที่เป็น



สนามแม่เหล็ก (magnetic components) ของคลื่นวิทยุที่ส่งมาจากสถานีวิทยุความถี่ต่ำ (ระหว่าง 15 - 30 kHz) โดยสถานีวิทยุตั้งอยู่ตามที่ตั้งต่างๆทั่วโลกจะส่งคลื่นความถี่ต่ำอย่างต่อเนื่องเพื่อใช้ในการทหาร ดังรายละเอียดในคู่มือการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (คู่มือ ทบ ส 2002-2550)

(2) เนื่องจากการสำรวจด้วยวิธี VLF-EM สามารถสำรวจจัดเก็บข้อมูลภาคสนามได้อย่างรวดเร็วด้วยผู้สำรวจเพียงคนเดียวจึงมักใช้ในการสำรวจนําร่องเพื่อค้นหาพื้นที่เป้าหมายในพื้นที่สำรวจที่มีพื้นที่สำรวจเป็นบริเวณกว้าง ก่อนใช้การสำรวจธรณีฟิสิกส์วิธีอื่นหาข้อมูลรายละเอียดตรงพื้นที่เป้าหมายต่อไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่สำรวจที่มีชั้นน้ำบาดาลวางตัวตามแนวยาว เช่น น้ำบาดาลในแนวหินแตก น้ำบาดาลตามแนวรอยเลื่อนหรือน้ำบาดาลตามแนวลำน้ำเก่าซึ่งสามารถประมาณการทิศทางการวางตัวตามแนวยาวของชั้นน้ำบาดาลดังกล่าวจากการสำรวจอุทกธรณีบนผิวดินด้วยวิธีการสำรวจ VLF-EM

(3) การสำรวจแบบ VLF-EM จะต้องสำรวจแบบทั่วพื้นที่โดยกำหนดแนวสำรวจ (VLF profiles) ที่ตั้งได้จากกับแนวโครงสร้างทางธรณีวิทยาของพื้นที่สำรวจและกำหนดจุดสำรวจ (VLF stations) ในแต่ละแนวสำรวจนั้น

(4) ข้อจำกัดของการสำรวจด้วยวิธี VLF-EM คือ โครงสร้างทางอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดินในพื้นที่สำรวจต้องวางตัวตั้งฉากหรือเกือบตั้งฉากกับทิศทางของสถานีวิทยุที่ส่งสัญญาณคลื่นที่ใช้ในการสำรวจเท่านั้น (Bernard and Valla, 1991)

7.3 การส่งมอบงาน

การส่งมอบงานสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีการตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าอย่างน้อยจะต้อง

ประกอบด้วยเอกสารต่างๆ ดังต่อไปนี้

7.3.1 เอกสารแผนที่ ภาพตัดขวางหรือแบบจำลอง และข้อมูลการสำรวจต่างๆ

(1) แผนที่อุทกธรณีวิทยาพร้อมแบบจำลองทางอุทกธรณีวิทยาเชิงมโนทัศน์ของพื้นที่สำรวจหรืออย่างน้อยจะต้องแสดงแผนที่อุทกธรณีวิทยาโดยสังเขปพร้อมด้วยแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ของพื้นที่สำรวจที่ได้จากการสำรวจอุทกธรณีวิทยาเบื้องต้นของพื้นที่สำรวจ

(2) แผนที่แสดงตำแหน่งจุดสำรวจแบบต่างๆ ของการสำรวจด้วยวิธี EM

(3) เนื่องจากการสำรวจโดยวิธี EM methods โดยส่วนใหญ่ได้กำหนดให้เป็นวิธีการสำรวจเพื่อค้นหาพื้นที่เป้าหมายในพื้นที่สำรวจขนาดใหญ่ ดังนั้นผู้สำรวจจะต้องส่งมอบผลการสำรวจในรูปแผนที่แสดงพื้นที่เป้าหมายต่างๆ ในพื้นที่สำรวจ พร้อมระบุวิธีการสำรวจชั้นรายละเอียดในพื้นที่เป้าหมายต่างๆ อย่างชัดเจนพร้อมเหตุผลประกอบการใช้วิธีการสำรวจชั้นรายละเอียดดังกล่าว

(4) ในกรณีที่สำรวจด้วยวิธี EM จะต้องแปลความหมายข้อมูลในเชิงคุณภาพโดยจัดทำเป็นแนวภาพตัดขวางพร้อมแผนที่ด้วยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

7.3.2 รายงานการสำรวจ

รายงานการสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีการตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าอย่างน้อยต้องมีเนื้อหาซึ่งประกอบด้วยหัวข้อต่างๆ ดังต่อไปนี้

(1) วัตถุประสงค์และขอบเขตของการสำรวจรวมทั้งการกำหนดความลึกในการสำรวจ

(2) ตำแหน่งของพื้นที่สำรวจและการเข้าถึงพื้นที่

(3) สภาพอุทกธรณีของพื้นที่สำรวจ

(4) ข้อจำกัดในการสำรวจ



(5) ข้อสมมติฐานที่ใช้ในการสำรวจ
(6) รายละเอียดการสำรวจภาคสนาม
ได้แก่ ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม การเลือก
และเหตุผลในการเลือกวิธีการสำรวจ รวมถึงราย
ละเอียดเครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจ

(7) วิธีการแปลความหมายและผลการ
แปลความหมายข้อมูลการสำรวจ

(8) รายชื่อผู้สำรวจและผู้ร่วมงาน

(9) ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ

(10) เอกสารอ้างอิง

7.4 เอกสารสำหรับการศึกษาค้นคว้าต่อไป

7.4.1 การสำรวจแบบ FDEM methods

Boutwell, G.P., and Lawrence, T.A.,
1988. "Electromagnetic Data Interpretation Using
Multivariate Least-Square Regression" In: Proc.
of the Focus Conf. on Eastern Regional Ground
Water Issues (Stanford, CT), National Water Well
Association, Dublin, OH, pp. 3-20. [EMI].

Benson, R.C., Turner, M., Turner, P.,
and Vogel song, W, 1988. "In Situ, Time Series
Measurements for Long-Term GroundWater
Monitoring In: Ground Water Contamination: Field
Methods", A.G. Collins and A.I. Johnson (eds.),
ASTM STP 963, American Society for Testing
and Materials, Philadelphia, PA, pp. 58-72. [EMI,
ER].

Barton, G.J., and Ivanhenko, T., 1991.
"Electromagnetic Terrain Conductivity and
Ground Penetrating Radar Investigations at and
near the CIBA-GEIGY Superfund Site", Ocean
County, New Jersey: Quality Control Assurance
Plan and Results. In: Proc. (4th) Symp. on the

Application of 4-14 Geophysics to Engineering
and Environmental Problems, Soc. Eng. and
Mineral Exploration Geophysicists, Golden, CO,
pp. 357-360.

Chapman, M.J., and Bair, E.S., 1992,
"Mapping a Brine Plume Using Surface Geo-
physical Methods in Conjunctions with Ground
Water Quality Data". Ground Water 12(3):203-
209. [ER and EM I].

Jansen, J., 1991. Synthetic Resistivity
Sounding for Groundwater Investigations. In:
Ground Water Management 5:877-888 (5th NOAC).
[vertical EMI sounding].

Valentine, R.M., and Kwader, T., 1985.
Terrain Conductivity as a Tool for Delineating
Hydrocarbon Plumes in a Shallow Aquifer-A Case
Study. In: NWWA Conference on Surface and
Borehole Geophysical Methods and Ground Water
Investigations (2nd, Fort Worth, TX), National Water
Well Association, Dublin, OH, pp. 52-63. [EMI].

7.4.2 การสำรวจแบบ TDEM methods

Cook, P. G., G.R. Walter, G. Buselli,
Potts, I., and. Dodds, A.R., 1992. The Application
of Electromagnetic Techniques to Groundwater
Recharge Investigations. J. Hydrology 130:201-
229. [ER, EMI, TDEM].

Drew, T.A., Thomas, A., and Wyatt,
R., 1985. Application of Surface Geophysics to
Ground Water Management Planning, In: Proc. of
the AGWSE Eastern Regional Ground Water
Conference (Portland, ME), National Water Well
Association, Dublin, OH, pp. 232-242. [EMI].



Duran, P.B., and Haeni, F.P., 1982. The Use of Electromagnetic-Conductivity Techniques in the Delineation of Groundwater Leachate Plumes. In: The Impact of Waste Storage and Disposal on Ground Water Resources, Proc. of the Northeast Conference, Novitski and Levine (eds.), Center for Environmental Research, Cornell University, Ithaca, NY, pp. 8.4.1-8.4.33.

Fitterman, D.V., and Stewart, M.T., 1986. Transient Electromagnetic Sounding for Groundwater, Geophysics 51:995-1005.

Kaufman, A.A., and Keller, G.V., 1983, Frequency and Transient Soundings. Elsevier, New York.

7.4.3 การสำรวจแบบ VLF-EM methods

Bernard, J., and Valla, P., 1991. Groundwater Exploration in Fissured Media with Electrical and VLF

Fitzgerald, L.J., Angers, A.K., and Radville, M.E., 1986. The Application of VLF Geophysical Equipment to Hazardous Waste Site Investigations in New England, In: Proc. of the Third Annual Regional Ground Water Conference (Springfield, MA), National Water Well Association, Dublin, OH, pp. 527-540. Methods, Geoexploration 27:81-91

Jansen, J., and Taylor, R., 1989. Geophysical Methods for Groundwater Exploration or Groundwater Contamination Studies in Fracture Controlled Aquifers. In: Proc. Third Nat. Outdoor Action Conf. on Aquifer Restoration, Ground Water Monitoring and Geophysical Methods, National Water Well Association, Dublin, OH, pp. 855-869, [EMI, ER, VLF, thermal].

Watson, J., Stedje, D., Barcelo, M., and Stewart, M., 1990. Hydrogeologic Investigation of Cypress Dome.

Wetlands in Well Field Areas North of Tampa Florida, In: Ground Water Management 3:163-176 (7th NWWA Eastern GW Conference), [TDEM, VLF, ER, GPR].

Wynn, J.C., 1979. An Experimental Ground-Magnetic and VLF-EM Traverse over a Buried Paleochannel near Salisbury, Maryland, U.S. Geological Survey Open-File Report 79-105, 8 pp.

8. ความปลอดภัย

8.1 ผู้ใช้เครื่องมือต้องศึกษาและปฏิบัติตามคู่มือการใช้งานตามที่ผู้ผลิตเครื่องมือได้กำหนดไว้ในเอกสารคู่มือประจำเครื่องโดยเคร่งครัดรวมทั้งต้องพึงระมัดระวังเกี่ยวกับไฟฟ้าแรงดันสูง ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้เครื่องมือ ผู้ร่วมงาน ในขณะที่ใช้งานได้

8.2 เครื่องมือสำรวจแบบ EM methods และอุปกรณ์การสำรวจต่างๆ เป็นสื่อไฟฟ้าแรงดันสูงไม่สามารถนำมาใช้งานได้สภาพอากาศฝนฟ้าคะนอง

8.3 การปฏิบัติงานในพื้นที่เสี่ยงภัยหรือพื้นที่ที่มีวัตถุอันตราย เช่น ไกล่แนวสายไฟฟ้าแรงดันสูง โรงงานอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ โรงงานอุตสาหกรรมอื่น ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ และอื่นๆ เป็นความรับผิดชอบ และอยู่ในวิจรรย์ณของผู้สำรวจโดยตรง

9. บุคลากร

ความสำเร็จของงานสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินไม่ว่าด้วยวิธีการสำรวจใดๆ ย่อมขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างและปัจจัยที่สำคัญที่สุดย่อมเป็นปัจจัยด้านบุคลากร บุคลากรที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินมีหลายระดับ ได้แก่ ระดับผู้เชี่ยวชาญ ผู้ชำนาญการ และระดับปฏิบัติการ



เอกสารมาตรฐานฉบับนี้ได้กำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบของบุคลากร ดังต่อไปนี้

9.1 บุคลากรระดับผู้เชี่ยวชาญต้องเป็นนักธรณีวิทยา นักอุทกธรณีวิทยา หรือวิศวกรที่ผ่านการฝึกอบรมและมีประสบการณ์ด้านการสำรวจธรณีฟิสิกส์ไม่น้อยกว่า 15 ปี หรือมีผลงานด้านการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินไม่น้อยกว่า 100 แห่ง ทำหน้าที่ด้านการตรวจสอบการวางแผนการสำรวจ ตรวจสอบการแปลความหมายข้อมูลการสำรวจและตรวจสอบรายงานการสำรวจ การตรวจสอบ ตามขั้นตอนต่างๆ ดังกล่าว ดำเนินการภายใต้รูปแบบการสนทนา (discussion) ของผู้ร่วมงานต่างๆ ในหัวข้อ 9.2 และ 9.3

9.2 บุคลากรระดับผู้ชำนาญการต้องเป็นนักธรณีวิทยา นักอุทกธรณีวิทยา หรือวิศวกรที่ผ่านการฝึกอบรมและมีประสบการณ์ด้านการสำรวจธรณีฟิสิกส์ไม่น้อยกว่า 10 ปี หรือมีผลงานด้านการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินไม่น้อยกว่า 50 แห่ง ทำหน้าที่ด้านการตรวจสอบสภาพอุทกธรณีภาคสนาม การวางแผนการสำรวจและควบคุมการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินภาคสนาม รวมทั้งทำหน้าที่ด้านการแปลความหมายข้อมูลและการจัดทำรายงานการสำรวจ หรือให้คำปรึกษาด้านการแปลความหมายข้อมูลและการจัดทำรายงานการสำรวจ

9.3 บุคลากรระดับปฏิบัติการต้องเป็นนักธรณีวิทยาหรือวิศวกรที่ผ่านการฝึกอบรมด้านการสำรวจธรณีฟิสิกส์หรือบุคลากรอื่นๆ ที่ผ่านการ

ฝึกอบรมและมีประสบการณ์ด้านการสำรวจธรณีฟิสิกส์ไม่น้อยกว่า 10 ปี หรือมีผลงานด้านการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินไม่น้อยกว่า 50 แห่ง ทำหน้าที่ด้านการสำรวจจัดเก็บข้อมูลภาคสนาม และฝึกหัดแปลความหมายข้อมูลการสำรวจและการจัดทำรายงานการสำรวจ ภายใต้การควบคุมของผู้ชำนาญการหรือผู้เชี่ยวชาญ

10. เอกสารอ้างอิง

- American Society for Testing and Materials (ASTM), 2002. Standard Guide for Use of the Time Domain Electro-magnetic Method for Subsurface Investigation, D 6820-02.
- Bernard, J., and Valla, P., 1991. Groundwater Exploration in Fissured Media with Electrical and VLF.
- U.S. Army Corps of Engineer and Engineering Designs, 1995. Geophysical Exploration for Engineering and Environmental Investigations, EM 1110-1-1802.
- U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA), 1993. Use of Airborne, Surface, and Borehole Geophysical Techniques at Contaminated Sites, a Reference Guide, EPA/625/R-92/007.



มาตรฐาน ทบ ส 2005-2550

การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาค

มาตรฐาน ทบ ส 2005-2550 เป็นมาตรฐานการปฏิบัติงานด้านการสำรวจอุทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาล (ส) ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (ทบ) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตัวเลขชุดแรกมี 4 ตำแหน่ง หมายถึง ลำดับของมาตรฐาน ตัวเลขชุดที่สอง “2550” หมายถึง ปี พ.ศ. ที่จัดทำเอกสารต้นฉบับของมาตรฐาน กรณีที่มีการแก้ไขและปรับปรุงมาตรฐานให้สอดคล้องต่อยุทธศาสตร์และระบุ ปี พ.ศ. ที่แก้ไขปรับปรุง เช่น (แก้ไขปรับปรุง 2555) เป็นต้น โดยมีเครื่องหมาย ⁽ⁿ⁾ เป็นตัวยกกำกับหน้าข้อความที่แก้ไข และมีเครื่องหมาย ^(l) เป็นตัวยกกำกับหน้าข้อความที่ปรับปรุงขึ้นใหม่

1. บทนำ

มาตรฐานการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาค (มาตรฐาน ทบ ส 2005-2550) ฉบับนี้อยู่ในชุดมาตรฐานการสำรวจอุทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาล ซึ่งจัดทำขึ้นภายใต้โครงการจัดทำมาตรฐานการเจาะ สํารวจ และพัฒนาบ่อน้ำบาดาล พ.ศ. 2550 โดยกรมทรัพยากรน้ำบาดาลได้มอบหมายให้คณะผู้เชี่ยวชาญด้านอุทกธรณีวิทยา ธรณีวิทยา วิศวกรรมเครื่องกล และวิศวกรรมโยธา เป็นผู้ดำเนินการร่างมาตรฐานการสำรวจอุทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาล โดยมีคณะกรรมการพิจารณาทั้งจากภาคส่วนของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล หน่วยงานของรัฐ นักวิชาการและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทำการตรวจสอบ แก้ไข และจะปรับใช้เป็นมาตรฐานเมื่อผ่านการเห็นชอบและยอมรับจากทุกฝ่าย ทั้งนี้ขั้นตอน วิธีการดำเนินงานได้ยึดถือการจัดทำมาตรฐานของสมาคมการทดสอบและวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา (American Society for Testing and Materials, ASTM) และมาตรฐานสินค้าอุตสาหกรรม (มอก.) เป็นต้นแบบในการดำเนินงาน

การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาคเป็นการสำรวจเพื่อตรวจวัดคุณสมบัติความหนาแน่นของชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดินที่

ระดับความลึกต่างๆ โดยการตรวจวัดหรือสำรวจด้วยเครื่อง micro-gravimeters ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการสำรวจอุทกธรณีวิทยาเนื่องจากวิธีการสำรวจวิธีนี้ ใช้สำรวจอุทกธรณีวิทยาในชั้นหินแข็งได้ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสำรวจอุทกธรณีวิทยาในโพรงหินปูนใต้ผิวดิน อย่างไรก็ตามการสำรวจอุทกธรณีวิทยาโดยวิธีทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดินหลายๆ กรณี มีความจำเป็นต้องอาศัยการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์วิธีการอื่นๆ ควบคู่ไปด้วย

การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินเป็นขั้นตอนการสำรวจภาคสนามที่ต่อเนื่องจากการสำรวจอุทกธรณีวิทยบบนผิวดินซึ่งได้รูปแบบอุทกธรณีวิทยาจากแบบจำลองอุทกธรณีวิทยาเชิงโมเดลที่จัดทำขึ้นในขั้นตอนสุดท้ายของการสำรวจอุทกธรณีวิทยบบนผิวดิน

การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินเป็นการสำรวจโดยใช้เครื่องมือทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน ตรวจวัดคุณสมบัติทางกายภาพต่างๆ (physical properties) ของชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดินที่ระดับความลึกต่างๆ และด้วยการแปลความหมายข้อมูลจากการสำรวจนี้ ทำให้สามารถประมาณการความลึกความหนาของชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดินในพื้นที่สำรวจภายใต้การประมาณการทางวิทยาศาสตร์



2. ขอบเขต

2.1 วัตถุประสงค์และการประยุกต์ใช้งาน

2.1.1 มาตรฐานฉบับนี้ครอบคลุมเนื้อหาทั่วๆ ไปในด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ วิธีการสำรวจ วิธีการแปลความหมายข้อมูล วิธีการนำเสนอผลการสำรวจ และข้อจำกัดของการสำรวจสำหรับการสำรวจตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาคของชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดินและน้ำบาดาลในชั้นน้ำต่างๆ โดยใช้เครื่องสำรวจ micro-gravimeters

2.1.2 มาตรฐานฉบับนี้มีวัตถุประสงค์หลักในการจัดทำเพื่อใช้เป็นมาตรฐานการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาค สำหรับประยุกต์ใช้เฉพาะการสำรวจด้านอุทกธรณีวิทยาเท่านั้น บางส่วนของสาระอาจเกี่ยวพันกับการประยุกต์ใช้ในด้านสำรวจธรณีเทคนิคหรือการสำรวจสิ่งแวดล้อมบ้าง

2.1.3 หน่วยวัด ที่ใช้ในมาตรฐานฉบับนี้เป็นระบบหน่วยวัดมาตรฐานสากล (Système Internationale d'Unités, SI Units)

2.1.4 หน่วยวัดที่ใช้ในการตรวจวัดแรงโน้มถ่วงโลกหรือแรงดึงดูดของโลกตามปกติมีหน่วยเป็น gal (cm/sec^2) เช่น แรงดึงดูดโลกในภาวะปกติจะมีค่าเท่ากับ 980 gal หน่วยวัดในการสำรวจแรงโน้มถ่วง (gravity survey) ทั่วไปมีหน่วยเป็น milligal (10^{-3} gal) และหน่วยวัดสำหรับการสำรวจแรงโน้มถ่วงจุลภาคที่ใช้ในมาตรฐานนี้มีหน่วยวัดเป็น microgal (μgal , 10^{-6} gal)

2.2 ข้อจำกัดของมาตรฐาน

2.2.1 มาตรฐานฉบับนี้ไม่ครอบคลุมถึงรายละเอียดด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ และภาคทฤษฎีต่างๆ แต่ได้แนะนำรายชื่อเอกสาร และตำราที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ผู้ที่สนใจศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมด้วยตนเอง

2.2.2 มาตรฐานฉบับนี้มีขอบเขตจำกัดเฉพาะการนำเสนอวิธีการสำรวจที่ประยุกต์ใช้ในการสำรวจทางอุทกธรณีวิทยาเท่านั้น

2.2.3 มาตรฐานฉบับนี้มีขอบเขตจำกัดการสำรวจบนผิวดินเท่านั้นไม่ครอบคลุมไปถึงการสำรวจตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาคทางอากาศหรือการสำรวจใต้น้ำหรือการสำรวจทางผิวน้ำ

2.2.4 ข้อความที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานความปลอดภัยในเอกสารฉบับนี้ ครอบคลุมเฉพาะความปลอดภัยในการใช้เครื่องมือที่มีมาตรฐานและอยู่ในสภาพสมบูรณ์พร้อมใช้งานเท่านั้นไม่ครอบคลุมถึงความปลอดภัยในการปฏิบัติงานหรืออุบัติเหตุใดๆ ที่อาจเกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานภาคสนาม ซึ่งเป็นความรับผิดชอบของผู้ใช้งานในการปฏิบัติงานด้านต่างๆ ตามขั้นตอนของเอกสารมาตรฐานฉบับนี้ ผู้ใช้งานจำเป็นต้องคำนึงถึงความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินทุกขั้นตอนของการปฏิบัติงาน

3. เอกสารที่เกี่ยวข้อง

3.1 กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

- มาตรฐาน ทบ ส 1000-2550 การสำรวจอุทกธรณีวิทยานบนผิวดิน
- มาตรฐาน ทบ ส 2001-2550 การคัดเลือกวิธีการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน
- มาตรฐาน ทบ ส 2002-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ
- มาตรฐาน ทบ ส 2003-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความเร็วคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห
- มาตรฐาน ทบ ส 2004-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า



- คู่มือ ทบ ส 1000-2550 การสำรวจอุทกธรณีวิทยาบนผิวดิน

- คู่มือ ทบ ส 2001-2550 การคัดเลือกวิธีการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน

- คู่มือ ทบ ส 2002-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

- คู่มือ ทบ ส 2003-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความเร็วคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห

- คู่มือ ทบ ส 2004-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

- คู่มือ ทบ ส 2005-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาค

3.2 American Society for Testing and Materials (ASTM):

- D6430-99 (Re 2005) Standard Guide for Using the Gravity Method for Subsurface Investigation.

4. ศัพท์บัญญัติ

4.1 คำนิยาม

การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน (surface geophysical investigation) หมายถึง การสำรวจโดยใช้เครื่องมือทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดินเพื่อจัดเก็บข้อมูลด้านธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยาโดยมิได้ใช้เครื่องมือใดๆ หยั่งลึกลงไปจากผิวดิน

การสำรวจน้ำบาดาลเฉพาะแห่ง (ground-water investigation for pin-point well drilling) หมายถึง การสำรวจอุทกธรณีวิทยาที่มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดตำแหน่งจุดเจาะบ่อน้ำบาดาลที่เหมาะสม

การสำรวจอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดิน (sub-surface hydrogeological investigation) หมายถึง

การสำรวจเพื่อเก็บข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดินโดยใช้เครื่องมือเจาะหรือหยั่งลึกลงไปจากผิวดิน

แบบจำลองทางธรณีฟิสิกส์ (geophysical models) เป็นการสร้างรูปแบบจำลองลักษณะธรณีวิทยาหรือกายภาพอื่นๆ ของพื้นที่จากข้อมูลการสำรวจธรณีฟิสิกส์เพื่อให้ข้อมูลด้านความลึกของแบบจำลองอุทกธรณีวิทยาเชิงมโนทัศน์มีความถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น

แบบจำลองสองมิติ (2D geophysical profiles) หมายถึง ภาพเป็นแนวยาวแสดงข้อมูลชั้นดินหินในเชิงลึกที่ได้จากการสำรวจธรณีฟิสิกส์

แบบจำลองสามมิติ (3D resistivity models) หมายถึง ภาพสามมิติแสดงข้อมูลชั้นดินหินทั้งในเชิงกว้าง ยาว และลึกที่ได้จากการสำรวจธรณีฟิสิกส์

แบบจำลองอุทกธรณีวิทยาเชิงมโนทัศน์ (conceptual hydrogeological models) หมายถึง การสร้างรูปแบบจำลองของพื้นที่สำรวจจากข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยาที่ได้จากการสำรวจอุทกธรณีวิทยาบนผิวดิน เพื่อใช้ประกอบกับแผนที่อุทกธรณีวิทยาสำหรับการกำหนดแนวทางการสำรวจขั้นต่อไป

4.2 คำย่อ

กรมฯ หมายถึง กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

การสำรวจฯ หมายถึง การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน

แบบจำลองฯ หมายถึง แบบจำลองทางธรณีฟิสิกส์

5. ความสำคัญและการใช้งาน

5.1 มาตรฐานนี้ได้กำหนดวิธีการสำรวจด้วยการตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาคเพื่อประยุกต์ใช้ในการสำรวจสภาพอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดินในพื้นที่ต่างๆ เพื่อให้ได้ผลงานการสำรวจตามมาตรฐานสากล โดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการสำรวจอุทกธรณีวิทยาต่างๆ ดังนี้



5.1.1 ใช้เป็นมาตรฐานในการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยการตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาคสำหรับงานสำรวจน้ำบาดาลเฉพาะแห่งโดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่แหล่งหินปูนและหินแข็งอื่นๆ ซึ่งอาจต้องดำเนินการสำรวจต่อเนื่องด้วยการสำรวจอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดิน ตามมาตรฐาน ทบ ส 3000-2550

5.1.2 ใช้เป็นมาตรฐานในการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยการตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาคสำหรับงานสำรวจจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยาโดยมีกระบวนการสำรวจจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยาต่อเนื่อง ตามมาตรฐาน ทบ ส 4000-2550

5.1.3 ใช้เป็นมาตรฐานในการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยการตรวจวัดแรงโน้มถ่วงแบบจุลภาค สำหรับงานศึกษาวิจัยแหล่งน้ำบาดาลต่างๆ เช่น การศึกษาวิจัยเพื่อประเมินปริมาณน้ำสำรองในแหล่งน้ำบาดาลในชั้นหิน การศึกษาวิจัยเพื่อประเมินพื้นที่เติมน้ำ การศึกษาวิจัยเพื่อจัดทำแบบจำลองอุทกธรณีวิทยาทางคณิตศาสตร์ และการศึกษาวิจัยทางอุทกธรณีวิทยาด้านอื่นๆ

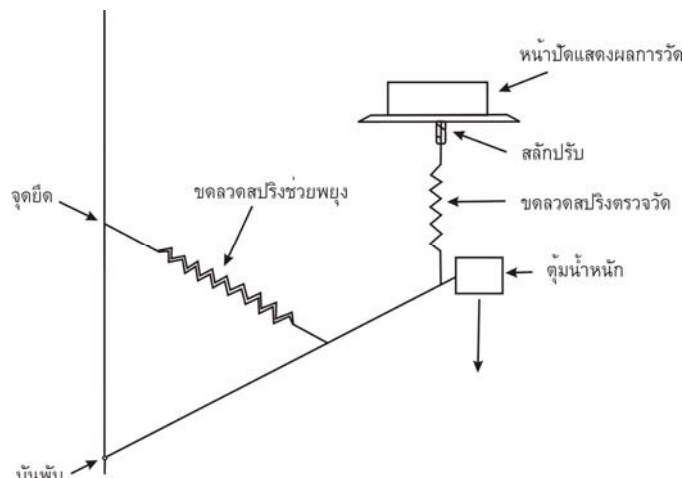
5.2 มาตรฐานฉบับนี้ได้กำหนดขั้นตอนและแนวทางการปฏิบัติงานไว้กว้างๆ สำหรับการปรับใช้กับงานสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยการตรวจวัดวัดแรงโน้มถ่วง ตามวัตถุประสงค์ต่างๆ ซึ่งอาจมีความต้องการรายละเอียดของข้อมูลต่างกัน โดยเฉพาะปริมาณของข้อมูลย่อมขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่สำรวจ เวลาและงบประมาณ ของงานสำรวจศึกษาวิจัยแหล่งน้ำบาดาลแต่ละงาน ดังนั้นขั้นตอนและแนวทางการปฏิบัติงานที่ได้กำหนดไว้ในเอกสารฉบับนี้ อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามที่ผู้เชี่ยวชาญของโครงการศึกษาวิจัยแต่ละโครงการจะเห็นสมควร

6. เครื่องมือและอุปกรณ์

6.1 micro-gravity meters

เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาค ได้แก่ micro-gravimeters ซึ่งมีหลักการและส่วนประกอบคล้ายเครื่อง seismographs ซึ่งใช้สำหรับการตรวจวัดแผ่นดินไหวในสมัยโบราณ ประกอบด้วยแขน (beam) ด้านหนึ่งยึดติดกับบานพับ (hinge) ปลายอีกด้านหนึ่งห้อยด้วยตุ้มน้ำหนักและติดอยู่กับขดลวดสปริง (measuring spring) ซึ่งเชื่อมต่อระหว่างปลายแขนไปยังหน้าปัดสำหรับอ่านค่าบนแขน มีขดลวดสปริงช่วยพยุง (supporting spring or zero length spring) ซึ่งจะช่วยรับให้ตุ้มน้ำหนักแขวนอยู่บน measuring spring โดยสามารถอ่านค่าบนหน้าปัดได้ ศูนย์หรือใกล้เคียงกับศูนย์ในภาวะปกติ (ดังรูปที่ 1)

แต่โดยข้อเท็จจริงแล้ว micro-gravimeters มีส่วนประกอบที่ซับซ้อนกว่ามาก เนื่องจากขดลวดสปริงต่างๆ จะไวต่อการตรวจวัดมากโดยสามารถตรวจวัดความผิดปกติของแรงโน้มถ่วงโลกในระดับ μgal หรือ 1 ในล้านส่วนของหน่วยวัด gal ดังนั้นขดลวดสปริงและส่วนประกอบอื่นๆ จะมีการยึดหดแม้เพียงเล็กน้อยตามสภาวะอุณหภูมิหรือระดับแรงดันบรรยากาศไม่ได้ ส่วนประกอบต่างๆ ดังกล่าวต้องบรรจุไว้ภายใต้กล่องควบคุมอุณหภูมิและแรงดัน โดยมีแบตเตอรี่ขนาดเล็กเป็นตัวให้พลังงาน สำหรับการเก็บรักษาเครื่องจะต้องประจุไฟแบตเตอรี่อย่างสม่ำเสมอ นอกจากนี้ micro-gravimeters ยังต้องตั้งอยู่บนตัวปรับระดับ (inclinometers) เพื่อปรับให้เครื่องมือตั้งอยู่ในแนวระนาบขณะใช้งาน



รูปที่ 1 ภาพแสดงส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่อง micro-gravimeters (ดัดแปลงจาก ASTM, 2005)

การเลือกใช้ micro-gravimeters จะต้องเลือกให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน โดยคำนึงถึงช่วงขีดความสามารถและความไวในการตรวจวัด ความสะดวกในการใช้งาน และต้องมีความเที่ยงตรงสูง

micro-gravimeters ยุคใหม่ ใช้ระบบ electronic sensors แทนระบบขดลวดสปริง แต่ยังคงต้องมีระบบควบคุมอุณหภูมิและความดันเหมือนเดิมและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยมีความคลาดเคลื่อนอยู่ในระดับ 1-2 μgal มีระบบการตัดสิ่งรบกวน (noises) มีระบบจัดเก็บข้อมูลการสำรวจเชิงตัวเลข มีจอภาพแสดงผลการสำรวจ มีระบบปรับแก้ความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ (minor tilt correction system) และสามารถต่อเชื่อมกับระบบคอมพิวเตอร์เพื่อการถ่ายข้อมูล

6.2 ชุดเครื่องมือในการรังวัด

เนื่องจากการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยการตรวจวัดแรงโน้มถ่วงแบบจุลภาคเป็นวิธีการสำรวจที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความสูงของพื้นที่สำรวจโดยการเปลี่ยนแปลงระดับความสูงเพียง 1-2

เซนติเมตรมีผลต่อการสำรวจ ดังนั้นเวลาส่วนใหญ่ที่ใช้ในการสำรวจด้วยการตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาคจะเป็นงานรังวัดระดับความสูงของสถานีตรวจวัดต่างๆ

งานรังวัดระดับความสูงของสถานีตรวจวัดดังกล่าว อาจดำเนินการได้ 2 วิธีคือ

- (1) รังวัดด้วยกล้องระดับ ซึ่งต้องเป็นงานรังวัดระดับงานชั้นที่ 1 เท่านั้น
- (2) รังวัดด้วยเครื่อง GPS ต้องมีความละเอียดของงานเทียบเคียงได้กับรังวัดระดับงานชั้นที่ 1

7. การสำรวจธรณีฟิสิกส์แบบตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาค

การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยการตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาคเป็นการสำรวจเพื่อตรวจวัดคุณสมบัติความหนาแน่นของชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดิน ที่ระดับความลึกต่างๆ มาตรฐานฉบับนี้จะกล่าวถึง มาตรฐานของขั้นตอนการสำรวจ มาตรฐานการปรับแก้ข้อมูลการสำรวจ มาตรฐานการส่งมอบผลงาน และข้อจำกัดของการสำรวจ ดังรายละเอียดในหัวข้อต่างๆ ต่อไปนี้



7.1 ขั้นตอนการสำรวจ

7.1.1 การวางแผนการสำรวจ

ในการวางแผนการสำรวจจำเป็นต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์ของการสำรวจ โดยนำผลที่ได้จากการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินอื่นๆ ที่ได้ดำเนินการแล้วในพื้นที่สำรวจ เพื่อประมาณการเป้าหมายของการสำรวจด้วยวิธีตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาคโดยสามารถประมาณการความลึก การวางตัว รูปร่าง ขนาดและความหนาแน่นของวัตถุเป้าหมาย เพื่อกำหนดตำแหน่งของสถานีสำรวจแรงโน้มถ่วง แนวสำรวจ หรือพื้นที่สำรวจต่อไป

7.1.2 รูปแบบการสำรวจ

การสำรวจด้วยวิธีตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาค สามารถดำเนินการได้ 2 รูปแบบคือ การสำรวจแบบตัดแนวและการสำรวจแบบทั่วพื้นที่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการสำรวจและรูปร่างของวัตถุเป้าหมายซึ่งในการสำรวจแรงโน้มถ่วง แบ่งรูปร่างของวัตถุเป้าหมายออกเป็น 3 รูปแบบ คือ

- (1) ทรงกลม เช่น โพร่งใต้ดิน
- (2) ทรงกระบอก เช่น ธารน้ำใต้ดิน
- (3) ลักษณะเป็นแผ่น (slabs)

ในการวางตำแหน่งสถานีสำรวจ แนวสำรวจ หรือพื้นที่สำรวจ จะพยายามหลีกเลี่ยงการวางตำแหน่งให้ใกล้ภูเขาหรือหุบเขาที่มีผลต่อการตรวจวัดค่าแรงโน้มถ่วงโลก และจำเป็นต้องแก้ไขค่าที่ผิดพลาดไปจากความเป็นจริงดังกล่าว โดยวิธีการปรับแก้ข้อมูลแบบ terrain correction (ดังรายละเอียดในคู่มือ ทบ ส 2005-2550 หัวข้อ 7.3.3)

7.1.3 การจัดตั้งและจัดเตรียมสถานีสำรวจ

ระยะห่างระหว่างสถานีสำรวจแรงโน้มถ่วงด้วยวิธีตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาค โดยปกติจะมีระยะห่างระหว่างสถานี ไม่เกิน 5-6 เมตร และอย่าง

น้อยต้องมีสถานีสำรวจไม่น้อยกว่า 3 สถานี ในพื้นที่เป้าหมาย เช่น การสำรวจโพรงหินปูนโพรงใต้โพรงหนึ่งจะต้องมีสถานีตรวจวัดไม่น้อยกว่า 3 สถานีในพื้นที่ของโพรงนั้นๆ ในการจัดเตรียมสถานีสำรวจ พื้นที่สำหรับการตั้งเครื่องมือจะต้องเป็นพื้นที่แข็งที่สามารถวางแผ่นฐานเครื่องมือ (base plate) มีขนาดไม่น้อยกว่า 15x15 เซนติเมตร และต้องทำการรั้งวัดระดับความสูงของสถานีทุกครั้ง ถึงแม้จะเป็นพื้นที่ราบก็ตาม โดยการรั้งวัดระดับความสูงดังกล่าวจะต้องเป็นงานรั้งวัดระดับชั้นที่ 1 หรือเทียบเท่าเท่านั้น

7.1.4 การจัดตั้ง base stations

ในการสำรวจด้วยวิธีตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาค ต้องจัดตั้ง base stations ภายในหรือใกล้พื้นที่สำรวจอย่างน้อย 1-3 แห่ง โดยการเตรียมพื้นที่เช่นเดียวกับสถานีสำรวจ แต่ต้องปรับพื้นและเท cement slab ให้สูงเท่าพื้นที่เดิม โดย base stations จะเป็นสถานีเพื่อตรวจสอบความผิดพลาดของเครื่องมือซึ่งเป็นความผิดพลาดของค่าที่ตรวจวัดได้นั้นเนื่องจากความสั่นสะเทือนของพื้นที่ หรือการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ โดยปกติก่อนเริ่มและก่อนหยุดงานสำรวจทุกวัน ต้องทำการวัดค่าที่ base stations และระหว่างวันจะวัดค่าอีก 1-2 ครั้ง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับแก้ข้อมูลที่วัดได้จากสถานีตรวจวัดต่างๆ ที่ดำเนินการในวันนั้นๆ โดยการปรับแก้แบบ drift correction (ดังรายละเอียดในคู่มือ ทบ ส 2005-2550 หัวข้อ 7.4) ในขณะเดียวกันมักใช้ base stations เป็นจุดสำหรับ calibrate เครื่องมือทุกวัน ก่อนการเริ่มต้นสำรวจวันใหม่

7.1.5 การอ่านค่า

การตรวจวัดค่าที่สถานีตรวจวัดต่างๆ ถึงแม้จะเป็นการอ่านค่าโดยตรงจากเครื่องสำรวจ แต่ก็ เป็นงานที่เชื่องช้าและละเอียด การตรวจวัดค่าอย่างเร่ง



รับมีผลให้เกิดค่าผิดเพี้ยน เนื่องจากส่วนที่เคลื่อนที่ด้วยระบบ elastic parts ของเครื่องมือยังไม่หยุดนิ่งควรอ่านค่าซ้ำแล้วซ้ำอีกจนกว่าจะได้ค่าที่ค่อนข้างคงที่

7.2 การปรับแก้ค่าผิดวิสัยของบูเกอร์

ตามมาตรฐานสากลในการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดแรงโน้มถ่วง ต้องดำเนินการปรับแก้ข้อมูลการสำรวจภาคสนามตามข้อกำหนดค่าผิดวิสัยของบูเกอร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ใกล้เคียงกับ theoretical gravity ให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ดังนี้

- (1) การปรับแก้ตามเส้นรุ้ง
(latitude correction)
- (2) การปรับแก้ระดับความสูง
(elevation correction)
- (3) การปรับแก้ terrain correction

นอกจากนี้จะต้องดำเนินการปรับแก้ข้อมูลด้านอื่นๆ ได้แก่ การปรับแก้ตาม meter factor ซึ่งระบุในเครื่องสำรวจแต่ละเครื่อง และการปรับแก้ instrumental drift จาก base stations วิธีการตรวจแก้ข้อมูลต่างๆ ดังกล่าว มีรายละเอียดในคู่มือการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาค (คู่มือ ทบ ส 2005-2550)

7.3 การส่งมอบงาน

กรมทรัพยากรน้ำบาดาลได้กำหนดมาตรฐานการส่งมอบงานสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีการตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาค สำหรับการประยุกต์ใช้ในการสำรวจด้านอุทกธรณีวิทยาอย่างน้อยจะต้องประกอบด้วยเอกสารต่างๆ ดังนี้

7.3.1 เอกสารแผนที่ ภาพตัดขวางหรือ

แบบจำลอง และข้อมูลการสำรวจอื่นๆ

- (1) แผนที่อุทกธรณีวิทยาพร้อมแบบจำลองทางอุทกธรณีวิทยาเชิงโมโนทัศน์ของพื้นที่สำรวจหรืออย่างน้อยจะต้องแสดงแผนที่อุทกธรณีวิทยา

โดยสังเขป พร้อมด้วยแบบจำลองเชิงโมโนทัศน์ของพื้นที่สำรวจ (conceptual site models) ที่ได้จากการสำรวจอุทกธรณีวิทยาเบื้องต้น

- (2) การแปลความหมายข้อมูลการสำรวจด้วยวิธีการตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาคในเชิงเปรียบเทียบ (qualitative interpretation) ซึ่งได้สำรวจบรรลุตามวัตถุประสงค์แล้ว ตัวอย่าง เช่น การสำรวจเพื่อจำแนกประเภทของโพรงหินใต้ดิน ได้ค่า gravities ของดินเหนียว น้ำ และอากาศ ที่อยู่ในโพรง และตำแหน่งของโพรงต่างๆ ดังกล่าว โดยการนำเสนอในลักษณะแผนที่ (Bouguer Anomaly Maps or iso-gravity maps) ส่วนข้อมูลเกี่ยวกับ ขนาด รูปร่าง และความลึกของโพรงต่างๆ ส่วนใหญ่ได้จากการสำรวจโดย resistivity methods ก่อนหน้านี้แล้ว

- (3) ในบางกรณีอาจจำเป็นต้องแปลความหมายข้อมูลเพื่อหาตำแหน่ง ความลึก รูปร่างและขนาดของวัตถุเป้าหมายใต้ผิวดิน ในลักษณะquantitative interpretation ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยจำแนกประเภทวัตถุเป้าหมายจากข้อมูลการสำรวจเบื้องต้น

7.3.2 รายงานการสำรวจ

รายงานสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีการตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาค อย่างน้อยจะต้องมีเนื้อหาซึ่งประกอบด้วยหัวข้อต่างๆ ดังนี้

- (1) วัตถุประสงค์และขอบเขตของการสำรวจ รวมทั้งการกำหนดความลึกในการสำรวจ
- (2) ตำแหน่งของพื้นที่สำรวจและการเข้าถึงพื้นที่
- (3) สภาพอุทกธรณีของพื้นที่สำรวจ
- (4) ข้อจำกัดต่างๆในการสำรวจ
- (5) ข้อสมมติฐานที่ใช้ในการสำรวจ



(6) รายละเอียดการสำรวจภาคสนาม ได้แก่ ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม การเลือก และเหตุผลในการเลือกวิธีการสำรวจ รวมถึงรายละเอียดเครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจ

(7) วิธีการแปลความหมายและผลการ แปลความหมายข้อมูลการสำรวจ

(8) รายชื่อผู้สำรวจและผู้ร่วมงาน

(9) ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ

(10) เอกสารอ้างอิง

7.4 ข้อจำกัดในการสำรวจ

7.4.1 ข้อสมมติฐานเบื้องต้นในการสำรวจด้วย วิธีการตรวจวัดแรงโน้มถ่วง (gravity method) ที่ว่า โลกนี้มีมวลที่สม่ำเสมอ (homogeneous mass) และการถือเอาจุดใจกลางโลกเป็นจุดศูนย์ถ่วง เป็นข้อ สมมติฐานที่ไม่เป็นจริงและไม่สามารถปรับแก้ข้อมูล การสำรวจได้โดยสภาพความเป็นจริงโลกประกอบด้วย ทะเล มหาสมุทร แผ่นดินและภูเขา ซึ่งมีความ แตกต่างของมวลมากมาย ศูนย์ถ่วงของโลกอาจ เคลื่อนไปที่ด้านใดด้านหนึ่ง ซึ่งไม่จำเป็นต้องเป็นตรง ใจกลางโลก

7.4.2 วัตถุใต้ดินขนาดเล็ก และอยู่ใต้ผิวดินใน ระดับตื้น สามารถแสดงลักษณะความผิดปกติ เหมือนกับวัตถุขนาดใหญ่ที่อยู่ระดับลึก หากไม่มี ข้อมูลการสำรวจอื่นๆ ช่วยในการแปลความหมาย ข้อมูลการตรวจวัดแรงโน้มถ่วง อาจผิดพลาดจากความ เป็นจริงได้ง่าย

7.4.3 การสำรวจด้วยวิธีการตรวจวัดแรงโน้ม ถ่วงจุลภาค ไวต่อการรับสิ่งรบกวนรอบข้าง ตั้งแต่ แผ่นดินไหว การเคลื่อนไหวของเปลือกโลก การขึ้นลง ของระดับน้ำ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่าง รวดเร็ว แม้กระทั่งฝนตกและกระแสลมแรง เป็นต้น สิ่งรบกวนต่างๆ เหล่านี้ ไม่สามารถปรับแก้ข้อมูลการ สำรวจได้

7.4.4 micro-gravity meter มีราคาแพง และ อ่อนไหวต่อการกระทบกระเทือน จึงต้องมีการดูแล รักษาเป็นพิเศษ

7.4.5 โดยสรุปวิธีการสำรวจแบบ micro- gravity methods สามารถนำมาประยุกต์ในการสำรวจทุก ธรณีวิทยาได้ดี หากมีข้อมูลเบื้องต้นด้านอุทกธรณี วิทยาใต้ผิวดินของพื้นที่สำรวจ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การสำรวจเพื่อจำแนกประเภทของโพรงหินปูนใต้ ผิวดินซึ่งไม่มีวิธีการสำรวจบนผิวดินวิธีใดที่จะเทียบ เท้าวิธีการสำรวจแบบ microgravity methods แต่ จำเป็นต้องใช้วิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินอื่นๆ สำรวจนำร่องก่อน

8. ความปลอดภัย

8.1 ผู้ใช้เครื่องมือต้องศึกษาและปฏิบัติตามคู่มือ การใช้งานตามที่ผู้ผลิตเครื่องมือได้กำหนดไว้ใน เอกสารคู่มือประจำเครื่องโดยเคร่งครัด รวมทั้งต้องพึง ระวังเกี่ยวกับไฟฟ้าแรงดันสูง ซึ่งอาจก่อให้เกิด อันตรายต่อผู้ใช้เครื่องมือ ผู้ร่วมงาน ในขณะที่ใช้งานได้

8.2 เครื่องมือสำรวจแบบ micro-gravity meters เป็นเครื่องมือที่มีราคาสูงมาก อ่อนไหวและดูแลรักษา ยาก ในขณะที่มีการใช้งานหรือไม่ได้ใช้งานก็ตามต้อง ระวังเป็นอย่างมากในการเคลื่อนย้ายเครื่องมือ ผู้ใช้ต้องดูแลรักษาตามคู่มือประจำเครื่องโดยเคร่งครัด

8.3 การปฏิบัติงานในพื้นที่เสี่ยงภัยหรือพื้นที่ที่มี วัตถุอันตราย เช่น ใกล้แนวสายไฟฟ้าแรงดันสูง โรงงานอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ โรงงานอุตสาหกรรม ฟาร์มเลี้ยงไก่ และอื่นๆ เป็นความรับผิดชอบและอยู่ ในวิสัยความรับผิดชอบของผู้สำรวจโดยตรง

9. บุคลากร

ความสำเร็จของงานสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน ไม่ว่าด้วยวิธีการสำรวจใด ๆ ย่อมขึ้นอยู่กับปัจจัย หลายอย่าง และปัจจัยที่สำคัญที่สุดย่อมเป็นปัจจัยด้าน



บุคลากร บุคลากรที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินมีหลายระดับ ได้แก่ ระดับผู้เชี่ยวชาญ ผู้ชำนาญการ และระดับปฏิบัติการ เอกสารมาตรฐานฉบับนี้ ได้กำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบของบุคลากร ดังต่อไปนี้

9.1 บุคลากรระดับผู้เชี่ยวชาญต้องเป็นนักธรณีวิทยา นักอุทกธรณีวิทยา หรือวิศวกรที่ผ่านการฝึกอบรมและมีประสบการณ์ด้านการสำรวจธรณีฟิสิกส์ไม่น้อยกว่า 15 ปี หรือมีผลงานด้านการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินไม่น้อยกว่า 100 แห่ง ทำหน้าที่ด้านการตรวจสอบการวางแผนการสำรวจ ตรวจสอบการแปลความหมายข้อมูลการสำรวจและตรวจสอบรายงานการสำรวจ การตรวจสอบ ตามขั้นตอนต่างๆ ดังกล่าว ดำเนินการภายใต้รูปแบบการสนทนา (discussion) ของผู้ร่วมงานต่างๆ ในหัวข้อ 9.2 และ 9.3

9.2 บุคลากรระดับผู้ชำนาญการ ต้องเป็นนักธรณีวิทยา นักอุทกธรณีวิทยา หรือวิศวกรที่ผ่านการฝึกอบรมและมีประสบการณ์ด้านการสำรวจธรณีฟิสิกส์ไม่น้อยกว่า 10 ปี หรือมีผลงานด้านการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินไม่น้อยกว่า 50 แห่ง ทำหน้าที่ด้านการตรวจสอบสภาพอุทกธรณีภาคสนาม การวางแผนการสำรวจและควบคุมการสำรวจธรณีฟิสิกส์

บนผิวดินภาคสนาม รวมทั้งทำหน้าที่ด้านการแปลความหมายข้อมูลและการจัดทำรายงานการสำรวจหรือให้คำปรึกษาด้านการแปลความหมายข้อมูลและการจัดทำรายงานการสำรวจ

9.3 บุคลากรระดับปฏิบัติการ ต้องเป็นนักธรณีวิทยาหรือวิศวกรที่ผ่านการฝึกอบรมด้านการสำรวจธรณีฟิสิกส์ หรือบุคลากรอื่นๆ ที่ผ่านการฝึกอบรมและมีประสบการณ์ด้านการสำรวจธรณีฟิสิกส์ไม่น้อยกว่า 10 ปี หรือมีผลงานด้านการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินไม่น้อยกว่า 50 แห่ง ทำหน้าที่ด้านการสำรวจจัดเก็บข้อมูลภาคสนาม และฝึกหัดแปลความหมายข้อมูลการสำรวจและการจัดทำรายงานการสำรวจภายใต้การควบคุมของผู้ชำนาญการหรือผู้เชี่ยวชาญ

10. เอกสารอ้างอิง

American Society for Testing and Materials (ASTM), 2005. Standard Guide for Using the Gravity Method for Subsurface Investigation, D 6430-99 (Re 2005).



มาตรฐาน ทบ ส 3000-2550

การสำรวจอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดิน

มาตรฐาน ทบ ส 3000-2550 เป็นมาตรฐานการปฏิบัติงานด้านการสำรวจอุทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาล (ส) ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (ทบ) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตัวเลขชุดแรกมี 4 ตำแหน่ง หมายถึง ลำดับของมาตรฐาน ตัวเลขชุดที่สอง “2550” หมายถึง ปี พ.ศ. ที่จัดทำเอกสารต้นฉบับของมาตรฐาน กรณีที่มีการแก้ไขและปรับปรุงมาตรฐานให้สอดคล้องต่อท้ายและระบุ ปี พ.ศ. ที่แก้ไขปรับปรุง เช่น (แก้ไขปรับปรุง 2555) เป็นต้น โดยมีเครื่องหมาย ⁽ⁿ⁾ เป็นตัวยกกับหน้าข้อความที่แก้ไข และมีเครื่องหมาย ^(j) เป็นตัวยกกับหน้าข้อความที่ปรับปรุงขึ้นใหม่

1. บทนำ

มาตรฐานการสำรวจอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดิน (มาตรฐาน ทบ ส 3000-2550) ฉบับนี้อยู่ในชุดมาตรฐานการสำรวจอุทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาล ซึ่งจัดทำขึ้นภายใต้โครงการจัดทำมาตรฐานการเจาะ สํารวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล พ.ศ. 2550 โดยกรมทรัพยากรน้ำบาดาลได้มอบหมายให้คณะผู้เชี่ยวชาญด้านอุทกธรณีวิทยา ธรณีวิทยา วิศวกรรมเครื่องกล และวิศวกรรมโยธา เป็นผู้ดำเนินการร่างมาตรฐานการสำรวจอุทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาล โดยมีคณะกรรมการพิจารณาทั้งจากภาคส่วนของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล หน่วยงานของรัฐ นักวิชาการ และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทำการตรวจสอบแก้ไข และจะปรับใช้เป็นมาตรฐานเมื่อผ่านการเห็นชอบและยอมรับจากทุกฝ่าย ทั้งนี้ขั้นตอน วิธีการดำเนินงานได้ยึดถือการจัดทำมาตรฐานของสมาคมการทดสอบและวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา (American Society for Testing and Materials, ASTM) และมาตรฐานสินค้าอุตสาหกรรม (มอก.) เป็นต้นแบบในการดำเนินงาน

การสำรวจอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดิน เป็นการสำรวจภาคสนามเพื่อสืบหาข้อมูลในเชิงลึก โดยใช้เครื่องมือการสำรวจยังลึกหรือเจาะลึกลงไปจากผิวดิน เพื่อจัดเก็บข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดินของพื้นที่

สำรวจ โดยมีวัตถุประสงค์หลักในการสำรวจจัดเก็บข้อมูลด้านระดับน้ำบาดาล ระดับความลึกของชั้นน้ำ คุณภาพน้ำบาดาลเบื้องต้น และลักษณะการวางตัวของชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดินในระดับต้น

การสำรวจอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดิน เป็นขั้นตอนการสำรวจภาคสนามที่ต่อเนื่องจากการสำรวจอุทกธรณีวิทยาบนผิวดินหรือต่อเนื่องจากขั้นตอนการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน โดยจากรูปแบบอุทกธรณีวิทยาเชิงมโนทัศน์ หรือแบบจำลองทางธรณีฟิสิกส์ ที่จัดทำขึ้นโดยจำลองสภาพอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดินได้คร่าวๆ การสำรวจอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดินเป็นการสำรวจเพื่อจัดเก็บข้อมูลของชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดิน และข้อมูลเกี่ยวกับน้ำบาดาลในชั้นดินชั้นหินดังกล่าว เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติเบื้องต้น รวมทั้งการจัดเก็บและจัดส่งตัวอย่างดินหินและน้ำบาดาลเพื่อการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

2. ขอบเขต

2.1 งานสำรวจอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดิน เป็นงานที่ประกอบด้วยหมวดงานต่างๆ เช่น การตรวจวัดระดับน้ำบาดาล การวัดระดับความลึกบ่อน้ำบาดาล และบ่อเจาะอื่นๆ การจัดเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาลเบื้องต้น (well-head analysis) และการเจาะเก็บตัวอย่างชั้นดินชั้นหินระดับต้นโดยมีขอบเขตการดำเนินงานดังต่อไปนี้



2.1.1 การตรวจวัดระดับน้ำบาดาลและระดับความลึกบ่อ รวมไปถึงการตรวจวัดระดับแรงดันน้ำในบ่อน้ำพุ สำหรับการตรวจวัดระดับความลึกบ่อ รวมไปถึงวิธีการตรวจวัดความลึกบ่อน้ำบาดาลที่มีการก่อสร้างบ่อเพื่อหลีกเลี่ยงการแจ้งขออนุญาตเจาะและใช้น้ำบาดาลตามพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520

2.1.2 การจัดเก็บตัวอย่างน้ำบาดาล รวมไปถึงการจัดเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลที่ระดับความลึกต่างๆ

2.1.3 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาลเบื้องต้น เป็นการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และตรวจวัดคุณสมบัติทางเคมีเบื้องต้นของตัวอย่างน้ำบาดาลในสนาม เฉพาะคุณสมบัติทางเคมีที่เปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็วเท่านั้น ไม่รวมถึงการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำบาดาลในห้องปฏิบัติการ

2.1.4 การเจาะเก็บตัวอย่างชั้นดินชั้นหินระดับตื้น เป็นการเจาะด้วยอุปกรณ์หรือเครื่องเจาะแบบง่ายๆ จำกัดความลึกไม่เกิน 20 เมตร โดยมีวัตถุประสงค์สำหรับเก็บตัวอย่างชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดินและน้ำบาดาลระดับตื้น เพื่อการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเท่านั้น

2.1.5 มาตรฐานฉบับนี้ครอบคลุมถึงเฉพาะวิธีการเก็บตัวอย่างน้ำบาดาล เพื่อการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำบาดาลทางอินทรีย์เคมีเท่านั้น ไม่รวมไปถึงการจัดเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลสำหรับการวิเคราะห์ทางอินทรีย์เคมี หรือการวิเคราะห์สารกัมมันตรังสี ซึ่งจำเป็นต้องควบคุมการจัดเก็บตัวอย่างเป็นพิเศษ

2.1.6 มาตรฐานฉบับนี้ไม่ครอบคลุมถึงวิธีการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างดินและหินใต้ผิวดิน (cutting analysis) และการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของน้ำบาดาลในห้องปฏิบัติการซึ่งมีรายละเอียดในมาตรฐานและคู่มือการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอนและหินจากหลุมเจาะ (มาตรฐานและคู่มือ ทบ พ 6000-2550)

2.1.7 มาตรฐานฉบับนี้ไม่ครอบคลุมถึงการเจาะบ่อสำรวจและการเจาะบ่อสังเกตการณ์ ซึ่งมีรายละเอียดในมาตรฐานและคู่มือการเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล (มาตรฐานและคู่มือ ทบ พ 1000-2550)

2.2 หน่วยวัดที่ใช้ในเอกสารมาตรฐานฉบับนี้ ใช้ระบบหน่วยวัดมาตรฐานสากล (Système Internationale d'Unités, SI Units)

2.3 ข้อความที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานความปลอดภัยในเอกสารฉบับนี้ ครอบคลุมเฉพาะความปลอดภัยในการใช้เครื่องมือที่มีมาตรฐานและอยู่ในสภาพสมบูรณ์พร้อมใช้งานเท่านั้น ไม่อาจครอบคลุมถึงความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน หรืออุบัติเหตุใดๆ ที่อาจเกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานภาคสนาม ซึ่งจะเป็นความรับผิดชอบของผู้ใช้งาน ในการปฏิบัติงานด้านต่างๆ ตามขั้นตอนของเอกสารมาตรฐานฉบับนี้ ผู้ใช้งานจึงจำเป็นต้องคำนึงถึงความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินทุกขั้นตอนของการปฏิบัติงาน

2.4 มาตรฐานฉบับนี้สามารถใช้หรือประยุกต์ใช้เป็นแนวทางหรือการกำหนดแนวทางในการปฏิบัติงานด้านการสำรวจอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดินทั่วไป งานสำรวจอุทกธรณีวิทยาชั้นรายละเอียดเฉพาะพื้นที่ขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของผู้เชี่ยวชาญ เฉพาะเรื่องซึ่งอาจเพิ่มเติมรายละเอียดการสำรวจนอกเหนือจากที่ได้กำหนดในเอกสารนี้ได้ตามความเหมาะสม

3. เอกสารที่เกี่ยวข้อง

3.1 กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

- มาตรฐาน ทบ ส 1000-2550 การสำรวจอุทกธรณีวิทยาบนผิวดิน
- มาตรฐาน ทบ ส 2001-2550 การคัดเลือกวิธีการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน



- มาตรฐาน ทบ ส 2002-2550 การสำรวจ
ธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความ
ต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

- มาตรฐาน ทบ ส 2003-2550 การสำรวจ
ธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความเร็ว
คลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห

- มาตรฐาน ทบ ส 2004-2550 การสำรวจ
ธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดสนาม
แม่เหล็กไฟฟ้า

- มาตรฐาน ทบ ส 2005-2550 การสำรวจ
ธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดแรงโน้มถ่วง
จุลภาค

- มาตรฐาน ทบ พ 1000-2550 การเจาะ
เพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

- มาตรฐาน ทบ พ 6000-2550 การเก็บ
และการวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอนและหินจากหลุมเจาะ

- คู่มือ ทบ ส 1000-2550 การสำรวจอุทก
ธรณีวิทยาบนผิวดิน

- คู่มือ ทบ ส 2001-2550 การคัดเลือก
วิธีการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน

- คู่มือ ทบ ส 2002-2550 การสำรวจธรณี
ฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทาน
ไฟฟ้าจำเพาะ

- คู่มือ ทบ ส 2003-2550 การสำรวจธรณี
ฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความเร็วของคลื่น
ไหวสะเทือนแบบหักเห

- คู่มือ ทบ ส 2004-2550 การสำรวจธรณี
ฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดสนามแม่เหล็ก
ไฟฟ้า

- คู่มือ ทบ ส 2005-2550 การสำรวจธรณี
ฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดแรงโน้มถ่วง
จุลภาค

- คู่มือ ทบ ส 3000-2550 การสำรวจอุทก
ธรณีวิทยาใต้ผิวดิน

- คู่มือ ทบ พ 1000-2550 การเจาะเพื่อ
สำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

- คู่มือ ทบ พ 6000-2550 การเก็บและ
การวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอนและหินจากหลุมเจาะ

3.2 American Society for Testing and Materials (ASTM):

- D5879-02 Standard Guide for Geo-
technical Mapping of Large Underground Openings
in Rocks.

- D5980-96 (Re 2004) Standard Guide
for Selection and Documentation of Existing
Wells for Use in Environmental Site Character-
ization and Monitoring.

- D6000-96 (Re 2002) Standard Guide
for Presentation of Water level information from
Groundwater sites.

- D5612-94 (Re 2003) Standard Guide
for Quality Planning and Field Implementation of
a Water Quality Measurement Program.

- D6151-97 (Re 2003) Standard Practice
for Using Hollow stem Augers for Geotechnical
Exploration and Soil Sampling.

- D5730-04 Standard Guide for Site
Characterization for Environmental Purposes with
Emphasis on Soil, Rock, the Vadose and Ground-
water.

- D2488-06 Standard Practice for Des-
cription and Identification of Soils.

- D6699-01 (Re 2006) Standard Practice
for Sampling Liquids Using Bailers.



4. ศัพท์บัญญัติ

4.1 คำนิยาม

การเก็บตัวอย่างชั้นดินและหินระดับตื้น เป็นการเจาะด้วยอุปกรณ์หรือเครื่องเจาะแบบง่าย ๆ จำกัดความลึกไม่เกิน 20 เมตร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเก็บตัวอย่างชั้นดินและหินใต้ผิวดินและน้ำบาดาลระดับตื้น

การสำรavnน้ำบาดาลเฉพาะแห่ง (ground-water investigation for pin-point well drilling) หมายถึง การสำรวจอุทกธรณีวิทยาที่มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดตำแหน่งจุดเจาะบ่อน้ำบาดาลที่เหมาะสม

การสำรวจอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดิน (sub-surface hydrogeological investigation) หมายถึง การสำรวจเพื่อเก็บข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดิน โดยใช้เครื่องมือเจาะหรือหยั่งลึกลงไปจากผิวดิน

คุณภาพน้ำบาดาลเบื้องต้น หมายถึง คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีเบื้องต้นของตัวอย่างน้ำบาดาลในสนาม เฉพาะคุณสมบัติทางเคมีที่เปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็วเท่านั้น เช่น ความเป็นกรด-ด่าง ความนำไฟฟ้า ปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายได้ อุณหภูมิ และความขุ่นของน้ำ

แบบจำลองอุทกธรณีวิทยาเชิงมโนทัศน์ (conceptual hydrogeological models) หมายถึง การสร้างรูปแบบจำลองของพื้นที่สำรวจจากข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยาที่ได้จากการสำรวจอุทกธรณีวิทยานผิวดิน เพื่อใช้ประกอบกับแผนที่อุทกธรณีวิทยาสำหรับการกำหนดแนวทางการสำรวจขั้นต่อไป

ระดับน้ำบาดาล (water table) หมายถึง แนวหรือพื้นผิวในชั้นให้น้ำแบบเปิดที่มีความดันของน้ำที่มีค่าเท่ากับความดันบรรยากาศ

4.2 คำย่อ

กรมฯ หมายถึง กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

การสำรวจฯ หมายถึง การสำรวจอุทกธรณีวิทยานผิวดิน

แบบจำลองฯ หมายถึง แบบจำลองเชิงมโนทัศน์ของพื้นที่สำรวจ

5. ความสำคัญและการใช้งาน

5.1 มาตรฐานฉบับนี้ได้กำหนดวิธีการสำรวจอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดิน เพื่อประยุกต์ใช้ในการสำรวจสภาพอุทกธรณีวิทยาในพื้นที่ต่างๆ สำหรับการปรับใช้เพื่อให้ได้ผลงานการสำรวจตรงตามมาตรฐานที่กรมทรัพยากรน้ำบาดาลกำหนดโดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการสำรวจอุทกธรณีวิทยาต่างๆ ดังนี้

5.1.1 ใช้เป็นมาตรฐานในการสำรวจอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดิน ในด้านข้อมูลการเจาะสำรวจภาคสนาม (well inventory) สำหรับงานสำรวจอุทกธรณีวิทยาทั่วๆ ไป

5.1.2 ใช้เป็นมาตรฐานในการสำรวจอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดิน สำหรับการจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยาโดยมีกระบวนการสำรวจจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยาต่อเนื่องตามมาตรฐานการจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยา (มาตรฐาน ทบ ส 4000-2550)

5.1.3 ใช้เป็นมาตรฐานในการวัดระดับน้ำบาดาล และการจัดเก็บตัวอย่างน้ำบาดาล ในการทดสอบปริมาณน้ำบาดาล ตามมาตรฐานการสุบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล (มาตรฐาน ทบ พ 5000-2550)

5.1.4 ใช้เป็นมาตรฐานในการสำรวจอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดิน สำหรับงานศึกษาวิจัยแหล่งน้ำบาดาลต่างๆ เช่น การศึกษาวิจัยเพื่อประเมินแหล่งน้ำสำรอง



ของแอ่งน้ำบาดาล ตามคู่มือการประเมินแหล่งน้ำต้นทุนของแอ่งน้ำบาดาล (คู่มือ ทบ ป 1000-2550) การศึกษาวิจัยเพื่อประเมินพื้นที่เติมน้ำ ตามคู่มือการประเมินศักยภาพน้ำบาดาลของแอ่งน้ำบาดาลและการจัดทำแผนการใช้น้ำบาดาล (คู่มือ ทบ ป 2000-2550) การศึกษาวิจัยเพื่อจัดทำแบบจำลองอุทกธรณีวิทยาทางคณิตศาสตร์ ตามคู่มือการจัดทำแบบจำลองน้ำบาดาลเชิงคณิตศาสตร์และการประยุกต์ใช้ (คู่มือ ทบ ป 3000-2550) และมาตรฐานการจัดทำแบบจำลองน้ำบาดาลเชิงคณิตศาสตร์ (มาตรฐาน ทบ ป 3001-2550 ถึง 3008-2550) และการศึกษาวิจัยทางอุทกธรณีวิทยาด้านอื่นๆ

5.2 มาตรฐานฉบับนี้ ได้กำหนดขั้นตอนและแนวทางการปฏิบัติงานไว้กว้างๆ สำหรับการปรับใช้กับงานสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยการตรวจวัดวัดแรงโน้มถ่วง ตามวัตถุประสงค์ต่างๆ ซึ่งอาจมีความต้องการรายละเอียดของข้อมูลต่างกัน โดยเฉพาะปริมาณของข้อมูลย่อมขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่สำรวจเวลาและงบประมาณของงานสำรวจศึกษาวิจัยแหล่งน้ำบาดาลแต่ละงาน ดังนั้นขั้นตอนและแนวทางการปฏิบัติงานที่ได้กำหนดไว้ในเอกสารฉบับนี้ อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามที่ผู้เชี่ยวชาญของโครงการศึกษาวิจัยแต่ละโครงการจะเห็นสมควร

6. เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดินเป็นเครื่องมือที่ยังลึกลงไปในบ่อน้ำบาดาล สัมผัสน้ำบาดาลในชั้นน้ำโดยตรง กรมทรัพยากรน้ำบาดาลได้กำหนดมาตรฐานเครื่องมือที่จำเป็นต้องหย่อนหรือหยั่งลึกลงไปในบ่อน้ำบาดาล ซึ่งนอกจากต้องมีความเที่ยงตรงในการตรวจวัดแล้ว จะต้องเป็นเครื่องมือที่มีรูปแบบสามารถทำความสะอาดได้ง่ายและมีส่วนประกอบที่ปราศจากโลหะหนักใดๆ

6.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวัดระดับน้ำบาดาล

เครื่องวัดระดับน้ำบาดาลมีหลายประเภท เช่น เทปเหล็ก (steel tapes) เป็นเทปเหล็กที่ผลิตสำหรับการวัดระดับน้ำบาดาลโดยเฉพาะผลิตตามมาตรฐานของ United State Geological Survey (USGS) ที่มีความยืดหดตามอุณหภูมิน้อย เครื่องวัดระดับน้ำ (water level dippers) ซึ่งปกติอาจเรียกว่า “electric tapes” การใช้เครื่องวัดระดับน้ำบาดาล มีรายละเอียดในเอกสารคู่มือการสำรวจอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดิน (คู่มือ ทบ ส 3000-2550)

เครื่องวัดระดับน้ำบาดาลที่ผู้สำรวจจัดทำขึ้นใช้เองซึ่งมักจะใช้แท่งตะกั่วเป็นน้ำหนักถ่วงหรือการต่อเชื่อมสายไฟฟ้าด้วยตะกั่วหรือใช้เทปเหล็กทาเคลือบด้วยสีฝุ่นหรือสีที่มีส่วนผสมของโลหะหนักหย่อนลงตรวจวัดระดับน้ำบาดาลในบ่อน้ำบาดาลเป็นการใช้เครื่องมือที่ไม่เหมาะสม

6.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวัดระดับความลึกบ่อน้ำบาดาล

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดระดับความลึกบ่อน้ำบาดาล ประกอบด้วย ม้วนขดลวดสลิงเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 5.0 มิลลิเมตร ซึ่งอยู่ในที่ม้วนสาย เช่นเดียวกับเครื่องวัดระดับน้ำขนาดใหญ่ ปลายลวดสลิงผูกติดด้วยตุ้มน้ำหนัก เพื่อให้สามารถหย่อนลงไปบ่อน้ำบาดาลเพื่อวัดระดับความลึกบ่อได้โดยสะดวก

6.3 เครื่องมือที่ใช้ในการจัดเก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อน้ำบาดาล

สำหรับบ่อเจาะที่ไม่ได้ติดตั้งเครื่องสูบน้ำ เครื่องมือที่ใช้ในการจัดเก็บตัวอย่างน้ำ คือ กระบอตก (bailers หรือ samplers) ตามมาตรฐานของ USGS มีส่วนประกอบเป็นกระบอตกขนาดต่างๆ อาจเป็นท่อเหล็กไร้สนิม ท่อเหล็กอาบสังกะสี ท่อ PVC ท่อ PTFE หรือท่อ polyethylene ส่วนบนของ



ท่อผูกติดกับลวดสลิงขนาดเล็กสำหรับหย่อนกระบอกรีด ดักลงไปใบบ่อ ปลายท่อด้านล่างอาจมีลิ้นเปิดปิดให้ น้ำเข้า โดยปกติมี 3 แบบ (ASTM, 2006) คือ (1) กระบอกรีดแบบลิ้นเดี่ยว (single valve bailers) (2) กระบอกรีดแบบลิ้นคู่ (double valve bailers) (3) กระบอกรีดแบบใช้ความดันต่างศักย์ (differential pres-sure bailers)

6.4 ขวดที่ใช้สำหรับเป็นภาชนะใส่ตัวอย่างน้ำ

โดยทั่วไปเป็นขวดขนาด 1 ลิตร อาจเป็น ขวดแก้วหรือขวดพลาสติกมีฝาปิดขวดให้แน่น มีสลาก ติดข้างขวดสำหรับเขียนหมายเลขบ่อน้ำบาดาล ตำแหน่งบ่อ ระดับความลึกบ่อ ระดับความลึกของน้ำ ตัวอย่าง วิธีการเก็บตัวอย่าง วันเดือนปี ของการเก็บ ตัวอย่าง รวมทั้ง สมบัติทางกายภาพของตัวอย่างน้ำ ในขณะที่เก็บน้ำตัวอย่าง เช่น ความขุ่น สี กลิ่น และรส สลากติดขวดน้ำตัวอย่างต้องผนึกกับขวดให้แน่นและ คงทนเพียงพอสำหรับการขนส่งจากสนามสู่ห้อง ปฏิบัติการวิเคราะห์น้ำ

6.5 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ คุณสมบัติเบื้องต้นของตัวอย่างน้ำบาดาลในภาคสนาม ส่วนใหญ่เป็นเครื่องวัดใช้ตรวจวัดค่าต่างๆ ในน้ำได้โดยง่าย มีลักษณะเป็นเครื่องวัดที่มีหัว probes แบบต่างๆ ภายใน probes จะประกอบด้วย เครื่องมือและอุปกรณ์ที่เป็นตัววัดค่าต่างๆ เช่น ค่า ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH meters) อุณหภูมิ ของน้ำ (thermometers) ค่าความนำไฟฟ้าของ น้ำ (electrical conductivity meters) ค่าปริมาณ ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ เป็นต้น

6.6 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเจาะเก็บ ตัวอย่างดินหินระดับต้น

มีหลายรูปแบบ เช่น ชุดเจาะแบบมือหมุน (hand augers) ชุดเจาะแบบดูด (suction corers) ชุด เครื่องเจาะแบบหมุนตรงขนาดเล็ก ชุดเครื่องเจาะแบบ

เก็บแท่งหินตัวอย่าง เป็นต้น

7. การวัดระดับน้ำบาดาล

ข้อมูลระดับน้ำนิ่งใบบ่อน้ำบาดาล (static water level, SWL) เป็นข้อมูลสำคัญในทางอุทกธรณีวิทยา สำหรับการศึกษาวิจัยในด้านต่างๆ ตามมาตรฐานของ สมาคมการทดสอบและวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา (ASTM, 2003) ซึ่งกรมทรัพยากรน้ำบาดาลเห็นสมควรยึดถือ ปฏิบัติ และนำมากำหนดใช้ในมาตรฐานฉบับนี้ ได้แก่ ขั้นตอนวางแผนและการคัดเลือกตำแหน่งจุดวัดระดับ น้ำบาดาล ขั้นตอนการปฏิบัติงานภาคสนาม และการ นำเสนอและประยุกต์ใช้ข้อมูลระดับน้ำ ดังรายละเอียด ต่อไปนี้

7.1 การวางแผนและการคัดเลือกตำแหน่งจุดวัด ระดับน้ำบาดาล

7.1.1 การวางแผนและการคัดเลือกตำแหน่งจุด ตรวจวัด ให้ตรงตามวัตถุประสงค์ของงานสำรวจ เนื่องจากข้อมูลระดับน้ำบาดาลสามารถนำไป ประยุกต์ใช้ตามวัตถุประสงค์ในการสำรวจ ศึกษาและ วิจัยทางอุทกธรณีวิทยาหลายด้าน ดังนั้นการสำรวจ ระดับน้ำบาดาลในภาคสนาม จำเป็นต้องวางแผนการ สำรวจจัดเก็บข้อมูลให้ตรงตามวัตถุประสงค์ของงาน ตัวอย่างวัตถุประสงค์เช่น

- (1) เพื่อสังเกตการณ์การเปลี่ยนแปลง ของน้ำบาดาลของชั้นน้ำโดยการจัดตั้งเป็นสถานี สังเกตการณ์
- (2) เพื่อการศึกษาทิศทางการไหลของ น้ำบาดาลในชั้นน้ำ
- (3) เพื่อการศึกษาปริมาณการกักเก็บ น้ำบาดาลในชั้นน้ำ

7.1.2 การจัดเตรียมเอกสารสำหรับการวางแผน การจัดเก็บระดับน้ำบาดาล ผู้สำรวจจะต้องเตรียมการ ดังต่อไปนี้



(1) แผนที่อุทกธรณีวิทยาพร้อมแบบจำลองทางอุทกธรณีวิทยาเชิงโมเดลของพื้นที่สำรวจ

(2) แผนที่แสดงตำแหน่งบ่อน้ำบาดาลทั้งหมดในพื้นที่สำรวจ พร้อมด้วยข้อมูลบ่อ

(3) ตำแหน่งบ่อที่คัดเลือกไว้สำหรับการตรวจวัดระดับน้ำ

(4) แผนการจัดเก็บข้อมูลระดับน้ำพร้อมระบุช่วงระยะเวลาในการจัดเก็บข้อมูลต่างๆ

(5) ในกรณีที่จำเป็นต้องรังวัดระดับบ่อให้จัดทำแผนการรังวัด พร้อมวิธีการรังวัด

7.2 ขั้นตอนการปฏิบัติงานภาคสนามในการตรวจวัดระดับน้ำบาดาล

กรมทรัพยากรน้ำบาดาลได้กำหนดมาตรฐานขั้นตอนการจัดเก็บข้อมูลระดับน้ำบาดาลโดยยึดถือตามมาตรฐานของสมาคมการทดสอบและวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา (ASTM, 2002) ดังนี้

7.2.1 เครื่องมือตรวจวัดระดับน้ำบาดาล ต้องมีมาตรฐานตามที่กรมทรัพยากรน้ำบาดาลกำหนด และมีการปรับเทียบ (calibrate) เครื่องมืออย่างสม่ำเสมอ

7.2.2 ก่อนหย่อนเครื่องมือตรวจวัดลงในบ่อน้ำบาดาลทุกครั้ง ต้องทำความสะอาดเครื่องมือและสายวัดจนปราศจากฝุ่น ไขมัน หรือสารเคมีใดๆ

7.2.3 เครื่องตรวจวัดระดับน้ำบาดาลอัตโนมัติจะต้องติดตั้งอย่างถูกต้องตามวิธีการในคู่มือประจำเครื่อง และมีการปรับเทียบการทำงานของเครื่องตรวจวัด รวมทั้งตรวจสอบระบบ data transfer อย่างสม่ำเสมอ

7.2.4 ในการจัดเก็บข้อมูลภาคสนามต้องระมัดระวังเกี่ยวกับสภาพแวดล้อม เช่น ระดับความดันบรรยากาศ การขึ้นลงของระดับน้ำทะเล แผ่นดินไหว

หรือน้ำหนักกดทับบนผิวดินที่ใกล้พื้นที่ เช่น ขบวนรถไฟ หรือรถบรรทุกวิ่งผ่านในพื้นที่ข้างเคียง

7.3 การนำเสนอและประยุกต์ใช้ข้อมูลระดับน้ำ

การนำเสนอข้อมูลระดับน้ำบาดาลขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการสำรวจ หรือการประยุกต์ใช้ข้อมูลระดับน้ำบาดาลสำหรับด้านอุทกธรณีวิทยา มาตรฐานฉบับนี้จะสรุปการนำเสนอข้อมูลระดับน้ำบาดาลด้วยวิธีการต่างๆ ดังนี้

7.3.1 การนำเสนอข้อมูลในรูปตาราง

การนำเสนอข้อมูลระดับน้ำบาดาลในรูปตาราง ให้บันทึกข้อมูลบ่อสังเกตการณ์ตามที่กรมทรัพยากรน้ำบาดาลกำหนด (ดังตารางที่ 1)

7.3.2 การนำเสนอข้อมูลในรูปของ Hydrographs

การนำเสนอข้อมูลในรูปแบบ hydrographs เพื่อแสดงความสัมพันธ์ของระดับน้ำร่วมกับสภาพอุทกธรณีวิทยาหรือสภาพสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ดังนี้

(1) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำบาดาลและปริมาณน้ำฝน

(2) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำบาดาลและปริมาณการเติมน้ำ (artificial recharge)

(3) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำบาดาลกับความดันบรรยากาศ

(4) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำบาดาลและระดับการขึ้นลงของน้ำทะเล

(5) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำบาดาลและปริมาณการสูบน้ำจากบ่อข้างเคียง

(6) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำบาดาลและอุณหภูมิ

(7) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำบาดาลและปริมาณน้ำท่า



ตารางที่ 1 การนำเสนอข้อมูลในรูปตาราง

	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล											ตาราง
	ตารางการจัดเก็บข้อมูลระดับน้ำบาดาล											3000-1
โครงการ: ตำแหน่งบ่อ: พิกัดออก-ตก.....เหนือ-ใต้.....ที่ตั้ง.....บ้าน.....ตำบล.....อำเภอ.....จังหวัด: ชั้นน้ำ: ระดับความสูงของภูมิประเทศ:ม. รทก. เครื่องมือที่ใช้ตรวจวัดในภาคสนาม: ข้อมูลบันทึกการเจาะบ่อของบ่อสังเกตการณ์: ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง:มม. ความลึก: ม. ขนาดท่อกันพัง:.....ม. ความลึกของการลงท่อกันพัง:..... ม. ช่วงความลึกของท่อกรอง:..... ม. ชนิดของการบันทึกระดับน้ำบาดาล: ผู้รับผิดชอบ:												
วันที่	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.

7.3.3 การนำเสนอข้อมูลในรูปแผนที่ระดับน้ำบาดาล

ข้อมูลระดับน้ำบาดาลอาจนำเสนอในรูปแบบแผนที่ซึ่งมักจะแสดงใน 3 รูปแบบ คือ

(1) แผนที่แสดงระดับน้ำบาดาลเหนือระดับทะเลปานกลางหรือเหนือระดับความสูงสมมติอื่นๆ (potentiometric maps)

(2) แผนที่แสดงระดับน้ำบาดาลใต้ผิวดิน

(3) แผนที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำบาดาลแสดงการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำบาดาลในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง เช่น ในช่วงระยะเวลา 10 ปี โดยนำข้อมูลความลึกของระดับน้ำที่ตรวจวัดได้จากบ่อน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา เช่นเมื่อ 10 ปีที่แล้ว มาลบด้วยระดับน้ำที่ตรวจวัดได้ในปัจจุบัน พล็อตค่าที่ได้ลงในแผนที่และแสดงความแตกต่างของระดับน้ำด้วยเส้น contour

8. การวัดความลึกบ่อ

สำหรับบ่อน้ำบาดาลที่ไม่มีข้อมูลการเจาะใดๆ ข้อมูลด้านความลึกบ่อน้ำบาดาลที่ตรวจวัดได้ในสนาม

ถือได้ว่าเป็นข้อมูลสำคัญที่จะระบุได้ว่าบ่อน้ำบาดาลนั้นสูบน้ำจากชั้นน้ำใดหากทราบสภาพอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดินของพื้นที่สำรวจ สำหรับวิธีการวัดระดับความลึกบ่อสามารถทำได้ง่ายๆ โดยใช้ดิ่งหรือดุ่มน้ำหนักผูกกับเชือกหรือลวดสลิงหรือใช้เครื่องวัดความลึกบ่อโดยหย่อนดุ่มน้ำหนักลงไปจนจนถึงก้นบ่อและวัดความยาวของเชือกหรือลวดสลิงจะได้ความลึกจากก้นบ่อถึงปากบ่อ ปัญหาสำหรับการวัดความลึกบ่อ คือ ก่อนทำการวัดต้องถอนเครื่องสูบน้ำออกจากบ่อก่อนโดยเฉพาะบ่อที่ติดตั้งเครื่องสูบน้ำแบบจุ่ม (submersible pump) และเป็นบ่อขนาด 4 นิ้ว อาจไม่มีช่องว่างระหว่างผนังบ่อกับตัวสูบให้ดิ่งหรือดุ่มน้ำหนักผ่านลงไปได้เลย

9. การจัดเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลและการวิเคราะห์น้ำบาดาลในสนาม

มาตรฐานการจัดเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำบาดาลในสนามตามมาตรฐานของสมาคมการทดสอบและวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา (ASTM, 2002) ดังนี้



9.1 การวางแผนจัดเก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อน้ำบาดาล

การเตรียมการจัดเก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อน้ำบาดาลในการจัดเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลด้วยวิธีการใช้กระบอกตัก จำเป็นต้องเตรียมการสำรวจดังนี้

9.1.1 ศึกษาวัตถุประสงค์ของการจัดเก็บตัวอย่างน้ำ รวมทั้งจัดทำแผนที่ตำแหน่งบ่อน้ำบาดาลที่จะต้องจัดเก็บตัวอย่างน้ำทั้งหมด

9.1.2 จัดเตรียมกระบอกตักที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของงาน

9.1.3 จัดเตรียมขวดตัวอย่างน้ำสลากข้างขวดกล่องใส่ขวดให้เหมาะสมกับการขนส่ง

9.1.4 จัดทำแผนการขนส่งตัวอย่างน้ำ รวมทั้งจัดเตรียมสถานที่เก็บขวดน้ำตัวอย่างระหว่างรอการขนส่งอย่างเหมาะสม

9.1.5 ต้องทำความสะอาดพื้นที่ปากบ่อ กระบอกตัก และสายลวดสลิง (suspension line) ทุกครั้งก่อนหย่อนกระบอกตักลงบ่อ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากผิวดินสู่บ่อน้ำบาดาล การปูลาดแผ่น polyethylene บนพื้นที่ปากบ่อสำหรับวางเครื่องมือ เป็นวิธีการป้องกันการปนเปื้อนที่ดี

9.1.6 วัดและทำเครื่องหมายบนสายลวดสลิงให้ตรงตามระดับความลึกที่ต้องการจัดเก็บตัวอย่าง

9.1.7 ปลายสายลวดสลิงอีกด้านหนึ่งให้ผูกติดกับวัตถุขนาดใหญ่บนผิวดินเพื่อป้องกันการเลื่อนไหลลงไปในบ่อน้ำบาดาลขณะเก็บตัวอย่างน้ำ

9.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำบาดาลในสนาม

วิธีการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำบาดาลในสนาม (well-head analysis) มีวิธีการหลักๆ 2 วิธี ได้แก่

9.2.1 ใช้เครื่องตรวจวัด pH, DO, EC, อุณหภูมิ เป็นต้น การตรวจวัดด้วยเครื่องวัดต่างๆ จะต้อง

ปรับแก้ (calibrate) เครื่องมือทุกครั้งด้วยสารละลายมาตรฐาน (standard solutions)

9.2.2 ใช้วิธีการไตเตรท (titrations) ซึ่งส่วนใหญ่จะมีชุดตรวจวัดสารละลายในน้ำชนิดต่างๆ สำหรับใช้ในภาคสนาม (chemical test kits)

10. การจัดเก็บตัวอย่างดินหินระดับดิน

ข้อมูลธรณีวิทยาใต้ผิวดินเป็นข้อมูลโดยตรงที่สำคัญในการสำรวจแหล่งน้ำบาดาล การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการต่างๆ หากไม่มีข้อมูลด้านธรณีวิทยาใต้ผิวดินที่ใช้ในการเทียบเคียง อาจทำให้การแปลความหมายข้อมูลการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ผิดเพี้ยนไปอย่างมาก ตัวอย่างเช่น การสำรวจอุทกธรณีวิทยาในพื้นที่แหล่งหินปูนตามขอบที่ราบสูงโคราช เช่น การสำรวจอุทกธรณีวิทยาด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะในเขตพื้นที่เชิงเขาใหญ่ บางแห่งที่มีหินปูนโผล่ให้เห็นบนผิวดินแต่ลึกลงไปรองรับด้วยชั้นหินแกรนิตระดับดิน การสำรวจอุทกธรณีวิทยาที่หมู่บ้านจุฬาภรณ์ในอำเภอลองน้ำใส จังหวัดสระแก้ว หินปูนที่โผล่ให้เห็นลึกลงไปจากผิวดินเพียง 2-3 เมตร รองรับด้วยชั้นหินภูเขาไฟ ในการแปลความหมายข้อมูลการสำรวจธรณีฟิสิกส์ยากที่จะจำแนกชั้นหินแกรนิตหรือหินภูเขาไฟออกจากชั้นหินปูนได้ นอกจากนี้ใช้วิธีการเทียบเคียงข้อมูลการเจาะบ่อน้ำบาดาลในพื้นที่ข้างเคียงเท่านั้น

ในพื้นที่ที่ไม่มีข้อมูลการเจาะจำเป็นต้องดำเนินการจัดเก็บตัวอย่างดินหินใต้ผิวดิน สำหรับมาตรฐานนี้จะครอบคลุมเฉพาะสำรวจระดับดิน (ความลึกไม่เกิน 30 เมตร) โดยรวมไปถึงการเจาะเพื่อการจัดเก็บชั้นดินตะกอนหรือทรายชั้นน้ำระดับดินเพื่อการวิเคราะห์ขนาดของเม็ดทรายสำหรับการออกแบบก่อสร้างบ่อแนวนอนและไม่ครอบคลุมไปถึงการเจาะระดับลึกซึ่งจำเป็นต้องใช้เครื่องเจาะขนาดใหญ่ สำหรับอุปกรณ์



และวิธีการเจาะหรือวิธีการใช้เครื่องเจาะขนาดเล็กที่ใช้ในการเจาะสำรวจระดับตื้น มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

10.1 การเจาะด้วยชุดเจาะแบบมือหมุน

ชุดเจาะแบบมือหมุนเป็นชุดอุปกรณ์การเจาะขนาดเล็กสำหรับการเจาะสำรวจระดับประกอบด้วย ก้านเจาะ มือหมุนก้านเจาะ และหัวเจาะรูปแบบต่างๆ ได้แก่

(1) หัวเจาะแบบ spiral auger เหมาะสำหรับการเจาะเก็บตัวอย่างที่เป็นดินเหนียวปนทราย

(2) หัวเจาะ riverside auger เหมาะสำหรับการเจาะเก็บตัวอย่างในชั้นทรายหรือดินร่วน

(3) หัวเจาะ Edelman auger เหมาะสำหรับการเจาะเก็บตัวอย่างในชั้นทรายอิมัตด้วยน้ำ

อุปกรณ์ทั้งหมดบรรจุในกล่องขนาดประมาณ 0.75 ม. x 1.75 ม. x 0.30 ม. สามารถพกติดท้ายรถได้ ขีดความสามารถในการเจาะสามารถเจาะได้ลึกไม่เกิน 10 เมตร แต่หากเจาะพบชั้นกรวดหรือเศษหินมักเจาะไม่ลง บางครั้งเจาะในชั้นดินที่แข็งจะเจาะได้ลึกเพียงไม่เกิน 4-5 เมตร ตัวอย่างดินตะกอนที่ได้จากการเจาะเป็นตัวอย่างแบบไม่ถูกรบกวน (undisturbed samples) เท่านั้น

วิธีการเจาะให้ต่อหัวเจาะเข้ากับตัวมือนอกแรงกดมือหมุนพร้อมๆ กัน หมุนให้หัวเจาะกัดลึกลงไปจนตัวอย่างดินเต็มหัวเจาะให้หมุนกลับได้ ตัวอย่างดินที่ติดอยู่บนหัวเจาะขึ้นจากหลุมเจาะ เมื่อเทตัวอย่างดินออกก็สามารถเจาะต่อไปอีกจนหมดก้านให้ต่อก้านเจาะเข้าไปใหม่ (ความยาวก้านเจาะท่อนละ 1 ม.) หากเจาะหลุมลึก 5 ม. มักใช้เวลาในการเจาะ 2-4 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับความยากง่ายในการเจาะของแต่ละพื้นที่ ในการเจาะชั้นดินเหนียวอาจมีปัญหาบ่อฟุ้งเมื่อชักก้านเจาะเพื่อนำตัวอย่างออกจากรูเจาะและไม่สามารถเจาะให้ลึกลงไปได้

10.2 การเจาะด้วยชุดเจาะแบบดูดตัวอย่าง

ชุดเจาะแบบดูดตัวอย่างเป็นชุดอุปกรณ์การเจาะที่เหมาะสมยิ่งสำหรับการเจาะเก็บตัวอย่างทรายที่อมน้ำหรือชั้นทรายอมน้ำ โดยต้องเจาะนำด้วยชุดเจาะ hand auger ไปก่อนจนถึงระดับความลึกที่เป็นชั้นทรายที่อมน้ำจึงใช้ชุดเจาะแบบดูดตัวอย่าง

ชุดเจาะแบบดูดตัวอย่างมีส่วนประกอบง่ายๆ ที่อาจประกอบขึ้นใช้เองได้ในภาคสนามได้ คือ ใช้ท่อพีวีซีขนาด 1.5 - 2 นิ้ว ปลายท่อด้านล่าง เลื่อยให้เป็นหยักฟันปลาใช้ลูกสูบยางขนาดพอดีกับท่อ พีวีซีต่อกับก้านอลูมิเนียมกลางขนาด 0.5 - 0.75 นิ้ว ด้วยพุกเหล็กอัดแน่นกับปลายท่ออะลูมิเนียม แหย่ท่อ พีวีซีซึ่งมีลูกสูบและก้านอะลูมิเนียม (ก้านสูบ) ลงไปในรูที่เจาะไว้แล้วกดและหมุนท่อพีวีซีลงไปในขณะเดียวกันให้ค่อยๆ ชักก้านลูกสูบขึ้น ทรายในชั้นน้ำจะถูกดูดเข้าไปในท่อพีวีซี ขณะที่ท่อพีวีซีลึกลงไปเรื่อยๆ มีรายงานว่าสามารถ เจาะลึกลงไปได้ถึง 10 เมตร เมื่อได้ความลึกที่ต้องการแล้ว ให้ชักท่อพีวีซีพร้อมๆ กับก้านลูกสูบขึ้นต้องระวังไม่ให้น้ำหนักของทรายภายในท่อดึงก้านลูกสูบลงไปในบ่อเจาะ และจะต้องดึงก้านลูกสูบขึ้นตลอดเวลาเพื่อป้องกันไม่ให้ทรายในท่อพีวีซีหลุดกลับลงไปในรูเจาะ เมื่อดึงท่อ พีวีซีขึ้นจากปากหลุมเจาะแล้วให้วางท่อพีวีซีพร้อมก้านลูกสูบกับพื้นในแนวนอน ค่อยดึงท่อพีวีซีถอยหลัง พร้อมกับดันก้านลูกสูบไปข้างหน้า ทรายในท่อพีวีซีจะไหลออกทางปลายเป็นแท่งตัวอย่าง (core) ของชั้นทรายในชั้นน้ำ

10.3 การเจาะแบบกระแทกหมุน

เครื่องเจาะแบบกระแทกหมุนเป็นเครื่องเจาะแบบหมุน (rotary) มีส่วนประกอบและลักษณะการทำงานเหมือนเครื่องเจาะบ่อน้ำบาดาลแบบ direct rotary rigs ทุกประการ เพียงแต่ย่อส่วนลงให้เป็นเครื่องเจาะขนาดเล็ก สามารถถอดออกเพื่อการเคลื่อนย้ายและประกอบขึ้นใหม่ในสถานที่เจาะได้โดยสะดวก



และใช้เวลาน้อยกว่า 30 นาที ประกอบด้วย mast unit เป็นแผ่นเหล็กกลวงสามขาความสูง 2.90-3.00 เมตร ส่วนที่เป็น top head drive unit เป็นเครื่องยนต์เบนซินหรือดีเซล มีก้านมือจับสำหรับกดก้านเจาะและยกก้านเจาะขึ้นส่วนที่เป็น mud pump unit เป็นเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งขนาด 2 นิ้ว ขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ สูบน้ำโคลนผ่าน swivel ติดตั้งระหว่างเครื่องยนต์ต้นกำลังการเจาะ และก้านเจาะเพื่ออัดน้ำโคลนผ่านก้านเจาะลงสู่ก้นหลุมเจาะ สำหรับการล่อลื่นลดความร้อนที่หัวเจาะและฟุ้ง cutting ขึ้นจากก้นรูเจาะ หัวเจาะเป็นหัวเหล็กเคลือบแข็งรูปทางปลา 3 แฉก ขนาด 2.5 นิ้ว มีหัวขวานลักษณะเดียวกันขนาด 6.5 นิ้ว สำหรับการทำบ่อขนาด 2-4 นิ้ว ขีดความสามารถในการเจาะ 45 เมตร ในตะกอนหินร่วน ปัจจุบันมีการดัดแปลงใช้หัวเจาะแบบ augers มาใช้กับเครื่องเจาะแบบนี้ ตัวอย่างตะกอนที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะนี้ จะเป็นตัวอย่างแบบไม่ถูกรบกวน

10.4 การเจาะแท่งหินตัวอย่างแบบกระแทก

เครื่องเจาะแบบกระแทกเป็นเครื่องเจาะเก็บตัวอย่างดินและหินที่สมบูรณ์แบบมากที่สุดสามารถเจาะเก็บตัวอย่างดินและหินได้ทุกชนิดและได้ตัวอย่างแบบไม่ถูกรบกวน โดยจัดเก็บตัวอย่างดินตะกอนในหลอดพลาสติก (plastic lining) ซึ่งสามารถรักษาความชื้นของชั้นดินชั้นหินในขณะที่อยู่ใต้ผิวดินได้หรืออาจจัดเก็บตัวอย่างแท่งหินของชั้นหินแข็ง วิธีการเจาะอาศัยแรงกระแทกเช่นเดียวกัน เครื่องเจาะบ่อน้ำบาดาลแบบ percussion rigs แต่การกระแทกของ cobra percussion corer ใช้หลักการกระแทกขึ้นลงของเครื่องเจาะ ซึ่งส่วนประกอบคือ percussion unit เป็นเครื่องยนต์พร้อมก้านกระแทกขึ้นลงในแนวดิ่ง ก้านเจาะเป็นก้านเหล็กตันแข็งเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว ยาว 1 เมตร ต่อกันด้วยเกลียว หัวเจาะเป็นหัวแบบ pistol คล้ายส่วทรงกลมกลวงผ่าข้างเปิดสามารถใช้ท่อ

พลาสติกใส่ไว้ภายในหัวเจาะและมี stopper ตรงปลายหัวเจาะได้ ความยาวของหัวเจาะ 1 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2-4 นิ้ว มีหัว reamer ขยายให้เป็นรูเจาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6.5 นิ้ว เมื่อต่อหัวเจาะและก้านเจาะเข้ากับ cobra percussion corer เดินเครื่องเจาะ percussion unit จะกระแทกหัวเจาะให้จมลึกลงไปในดินเหมือนเอาค้อนตอกตะปู ดินและหินจะไหลเข้าไปในท่อพลาสติกใส่ผ่าน stopper เมื่อตัวอย่างดินและหินเข้าไปจนเต็มหัวเจาะจะต้องถอนก้านขึ้นเพื่อเอาตัวอย่างในท่อพลาสติกออกจากก้านเจาะก่อน

การถอนก้าน stopper จะทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ตัวอย่างในท่อพลาสติกกลับลงไปสู่อุปกรณ์ การถอนก้านโดยใช้เครื่อง hydraulic extractor ซึ่งในการดึงก้านเจาะด้วยระบบ hydraulic โดยมีแรงดึงสำหรับถอนก้านถึง 20 ตัน และสามารถดึงก้านเจาะขึ้นในอัตรา 4 นาทีต่อกัน ขีดความสามารถในการเจาะ 30 เมตร

11. ความปลอดภัย

11.1 การปฏิบัติงานในพื้นที่ปากบ่อซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ชื้นแฉะต้องระมัดระวังการลื่นล้ม

11.2 พื้นที่ปากบ่อเป็นพื้นที่เย็นและชื้นอาจมีหมอกมักเป็นท่อยุอาศัยของสัตว์มีพิษต่างๆ เช่น งู ตะขาบ แมงป่อง หรือสัตว์มีพิษอื่นๆ ควรสวมใส่รองเท้าที่มีความเหมาะสมไม่เข้าใกล้สัตว์เหล่านี้

11.2 การหย่อนเครื่องมือตรวจวัดลงในบ่อน้ำบาดาลโดยส่วนใหญ่จำเป็นต้องขยับหรือถอนเครื่องสูบน้ำจากบ่อน้ำบาดาลซึ่งมักจะเป็นเครื่องสูบน้ำไฟฟ้า ต้องปิดสะพานไฟทุกครั้งก่อนลงมือทำงาน

11.3 สำหรับเครื่องสูบน้ำแบบมือโยก ผู้สำรวจจะต้องจัดเตรียมนอตยึดฐานเครื่องสูบน้ำมือโยกไปด้วยเพราะโดยส่วนใหญ่ของนอตเก่ามักเป็นสนิมและขาดตอนคลายนอตขยับเครื่องสูบน้ำ



11.4 เพื่อป้องกันการปนเปื้อนชั้นน้ำบาดาล เครื่องมือหรืออุปกรณ์ต่างๆ รวมทั้งสายหย่อนที่จะหย่อนลงไปตรวจวัดข้อมูลในบ่อน้ำบาดาล จะต้องทำความสะอาดจนปราศจากฝุ่น ไขมัน สารเคมี หรือสิ่งปฏิกูลอื่นๆ ทุกครั้ง

11.5 การปฏิบัติงานภาคสนามต้องมีอุปกรณ์และบุคลากรการถอนเครื่องสูบน้ำครบถ้วน ความผิดพลาดที่เกิดจากความขาดแคลนอุปกรณ์เปิดบ่ออาจมีผลให้ผู้ใช้น้ำจากบ่อน้ำบาดาลเดือดร้อน

11.6 ในกรณีที่จำเป็นต้องเปิดปากบ่อต้องระมัดระวังสัตว์มีพิษต่างๆ ซึ่งอาจอาศัยตรงพื้นที่ชั้นเย้นบริเวณปากบ่อ

12. บุคลากร

การปฏิบัติงานด้านการสำรวจอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดินโดยส่วนใหญ่จำเป็นต้องขยับเครื่องสูบน้ำหรือถอนเครื่องสูบน้ำมีผู้ปฏิบัติงานในที่มงานสำรวจไม่น้อยกว่า 3 คน

12.1 ผู้ปฏิบัติงานสำรวจภาคสนามจำเป็นต้องได้รับการฝึกอบรมการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ รวมทั้งการใช้เครื่องเจาะเก็บตัวอย่างดินหินรูปแบบต่างๆ

12.2 ผู้ปฏิบัติงานสำรวจภาคสนามจำเป็นต้องได้รับการฝึกอบรมการด้านการถอนและการติดตั้งเครื่องสูบน้ำบ่อน้ำบาดาล จนมีความชำนาญสามารถแก้ไขปัญหาต่างๆ ในสนามได้

13. เอกสารอ้างอิง

American Society for Testing and Materials (ASTM), 2002. Standard Guide for Presentation of Water level information from Groundwater sites, D6000-96 (Re 2002).

American Society for Testing and Materials (ASTM), 2003. Standard Guide for Quality Planning and Field Implementation of a Water Quality Measurement Program, D5612-94 (Re 2003).

American Society for Testing and Materials (ASTM), 2006. Standard Practice for Sampling Liquids Using Bailers, D6699-01 (Re 2006).



มาตรฐาน ทบ ส 4000-2550

การสำรวจอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดิน

มาตรฐาน ทบ ส 4000-2550 เป็นมาตรฐานการปฏิบัติงานด้านการสำรวจอุทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาล (ส) ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (ทบ) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตัวเลขชุดแรกมี 4 ตำแหน่ง หมายถึง ลำดับของมาตรฐาน ตัวเลขชุดที่สอง “2550” หมายถึง ปี พ.ศ. ที่จัดทำเอกสารต้นฉบับของมาตรฐาน กรณีที่มีการแก้ไขและปรับปรุงมาตรฐานให้สอดคล้องต่อท้ายและระบุ ปี พ.ศ. ที่แก้ไขปรับปรุง เช่น (แก้ไขปรับปรุง 2555) เป็นต้น โดยมีเครื่องหมาย ⁽ⁿ⁾ เป็นตัวยกกำกับหน้าข้อความที่แก้ไข และมีเครื่องหมาย ^(l) เป็นตัวยกกำกับหน้าข้อความที่ปรับปรุงขึ้นใหม่

1. บทนำ

มาตรฐานการจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยา (มาตรฐาน ทบ ส 4000-2550) ฉบับนี้อยู่ในชุดมาตรฐานการสำรวจอุทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาล ซึ่งจัดทำขึ้นภายใต้โครงการจัดทำมาตรฐานการเจาะ สํารวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล พ.ศ. 2550 โดยกรมทรัพยากรน้ำบาดาลได้มอบหมายให้คณะผู้เชี่ยวชาญด้านอุทกธรณีวิทยา ธรณีวิทยา วิศวกรรมเครื่องกล และวิศวกรรมโยธา เป็นผู้ดำเนินการร่างมาตรฐานการสำรวจอุทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาล โดยมีคณะกรรมการพิจารณาทั้งจากภาคส่วนของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล หน่วยงานของรัฐ นักวิชาการ และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทำการตรวจสอบแก้ไข และจะปรับใช้เป็นมาตรฐานเมื่อผ่านการเห็นชอบและยอมรับจากทุกฝ่าย ทั้งนี้ขั้นตอน วิธีการดำเนินงานได้ยึดถือการจัดทำมาตรฐานของสมาคมการทดสอบและวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา (American Society for Testing and Materials, ASTM) และมาตรฐานสินค้าอุตสาหกรรม (มอก.) เป็นต้นแบบในการดำเนินงาน

แผนที่อุทกธรณีวิทยาเป็นเอกสารในรูปแบบของแผนที่ซึ่งแสดงข้อมูลจำนวนมากเกี่ยวกับแหล่งน้ำบาดาลโดยแสดงความสัมพันธ์ของแหล่งน้ำบาดาลกับพื้นผิวภูมิประเทศ แสดงความสัมพันธ์ของแหล่งน้ำบาดาลกับสภาพทางธรณีวิทยาและแสดงความ

สัมพันธ์ของแหล่งน้ำบาดาลกับแหล่งน้ำประเภทอื่นๆ โดยส่วนที่สำคัญที่สุดซึ่งแผนที่อุทกธรณีวิทยาจะขาดเสียมิได้ คือการแสดงข้อมูลด้านปริมาณและด้านคุณภาพของน้ำบาดาล ตามพื้นที่ส่วนต่างๆ ของแผนที่ การแสดงข้อมูลอุทกธรณีวิทยาซึ่งเป็นข้อมูลในรูปของแผ่นแผนที่จะแสดงด้วยสัญลักษณ์ สี และลายเส้นที่เป็นมาตรฐานสากล ส่วนการแสดงข้อมูลแหล่งน้ำบาดาลและความสัมพันธ์ต่างๆ ในเชิงลึกหรือแบบจำลองอุทกธรณีวิทยามโนทัศน์ มักแสดงด้วยภาพเงา ภาพสองมิติ หรือภาพสามมิติ

2. ขอบเขต

ข้อมูลที่ใช้ในการจัดทำเป็นแผนที่อุทกธรณีวิทยามักมีข้อมูลจำนวนมากทั้งที่เป็นข้อมูลรวบรวมจากแหล่งข้อมูลต่างๆ และข้อมูลที่ได้จากการสำรวจอุทกธรณีวิทยานผิวดิน (มาตรฐาน ทบ ส 1000-2550) ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน (มาตรฐาน ทบ ส 2001-2550 ถึง ทบ ส 2005-2550) และข้อมูลที่ได้จากการสำรวจอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดิน (มาตรฐาน ทบ ส 3000-2550) ข้อมูลดังกล่าวบางครั้งอาจพบข้อมูลที่ผิดพลาดหรือข้อมูลซึ่งไม่น่าเชื่อถือหรือข้อมูลเบี่ยงเบนจนไม่สามารถอธิบายได้ ผู้ดำเนินการสำรวจจัดทำแผนที่จำต้องวิเคราะห์ ตรวจสอบและหากพบว่าข้อมูลที่น่าสงสัยดังกล่าวมีความเป็นไปได้หรือเป็นไปได้ จะต้องให้เหตุผลทั้งความเป็นไปได้



และความเป็นไปไม่ได้ ภายใต้ข้อสมมติฐานที่น่าเชื่อถือ ดังนั้นเอกสารมาตรฐานฉบับนี้จึงมีขอบเขตการดำเนินงานโดยสรุป ดังนี้

2.1 มาตรฐานงานสำรวจจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยา ครอบคลุมมาตรฐานงานด้านต่างๆ รวม 5 ขั้นตอน ดังนี้

2.1.1 รูปแบบและองค์ประกอบของแผนที่อุทกธรณีวิทยาตามมาตรฐานสากล (international standard of hydrogeological map) เป็นการทบทวนความเป็นมาของการสำรวจจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยารวมทั้งการกำหนดรูปแบบและองค์ประกอบของแผนที่อุทกธรณีวิทยาให้มีมาตรฐานสอดคล้องกับแผนที่อุทกธรณีวิทยาสากล

2.1.2 มาตรฐานสัญลักษณ์ในแผนที่อุทกธรณีวิทยา (international legends for hydrogeological maps) เป็นการทบทวนสัญลักษณ์สีและลายเส้นต่างๆ สำหรับแสดงข้อมูลในแผนที่อุทกธรณีวิทยา รวมทั้งกำหนดการใช้สัญลักษณ์ให้สอดคล้องกับมาตรฐานแผนที่อุทกธรณีวิทยาสากล

2.1.3 มาตรฐานการจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยา (standard guide for hydrogeological mapping) เป็นการกำหนดมาตรฐานในการจัดทำแผนที่ตามแผนที่อุทกธรณีวิทยาสากล ซึ่งประกอบด้วยหัวข้อต่างๆ คือ (1) มาตรฐานการแสดงผลข้อมูลในแผนที่ (2) การจัดลำดับความสำคัญของข้อมูล (3) มาตรฐานการจัดทำคำอธิบายแผนที่ และ (4) มาตรฐานและขั้นตอนการตรวจสอบแผนที่

2.1.4 มาตรฐานการจำแนกประเภทแผนที่อุทกธรณีวิทยา (classification of hydrogeological maps) เป็นการกำหนดมาตรฐานในการจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยาประเภทต่างๆ ตามมาตรฐานสากลโดยมีหัวข้อ

ต่างๆ คือ (1) การจำแนกแผนที่ตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน (2) การจำแนกแผนที่ตามระดับความน่าเชื่อถือ (3) การจำแนกแผนที่ตามมาตราส่วน (4) การจำแนกแผนที่ตามระดับของข้อมูล

2.1.5 มาตรฐานข้อมูลที่แสดงในแผนที่ (hydrogeological data as a basis for mapping) เป็นการกำหนดมาตรฐานการใช้ข้อมูลต่างๆ สำหรับการจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยาตามมาตรฐานสากล ซึ่งประกอบด้วยหัวข้อต่างๆ คือ (1) ธรรมชาติของข้อมูลอุทกธรณีวิทยา (2) ความคลาดเคลื่อนของข้อมูล (inherent errors) (3) ลักษณะผันแปรของกลุ่มข้อมูล และ (4) มาตรฐานการประมาณการข้อมูล

2.2 หน่วยวัดที่ใช้ในเอกสารมาตรฐานนี้เป็นหน่วยวัดระบบหน่วยวัดมาตรฐานสากล (Système Internationale d'Unités, SI Units)

2.3 ข้อความที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานความปลอดภัยในเอกสารฉบับนี้ ครอบคลุมเฉพาะความปลอดภัยในการใช้เครื่องมือที่มีมาตรฐานและอยู่ในสภาพสมบูรณ์พร้อมใช้งานเท่านั้น ไม่อาจครอบคลุมถึงความปลอดภัยในการปฏิบัติงานหรืออุบัติเหตุใดๆ ที่อาจเกิดขึ้นจากการปฏิบัติงาน ซึ่งจะเป็นความรับผิดชอบของผู้ใช้งานในการปฏิบัติงานด้านต่างๆ ตามขั้นตอนของเอกสารมาตรฐานฉบับนี้ ผู้ใช้งานจึงจำเป็นต้องคำนึงถึงความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินทุกขั้นตอนของการปฏิบัติงาน

2.4 เอกสารมาตรฐานฉบับนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติงานด้านการสำรวจอุทกธรณีวิทยาทั่วไป สำหรับงานสำรวจอุทกธรณีวิทยาขั้นรายละเอียดเฉพาะพื้นที่ขึ้นอยู่กับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเฉพาะเรื่อง ซึ่งอาจเพิ่มเติมรายละเอียดการสำรวจนอกเหนือจากที่ได้กำหนดในเอกสารนี้ได้ตามความเหมาะสม



3. เอกสารที่เกี่ยวข้อง

3.1 กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

- มาตรฐาน ทบ ส 1000-2550 การสำรวจ
อุทกธรณีวิทยาบนผิวดิน

- มาตรฐาน ทบ ส 2001-2550 การคัดเลือก
วิธีการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน

- มาตรฐาน ทบ ส 2002-2550 การสำรวจ
ธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความ
ต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

- มาตรฐาน ทบ ส 2003-2550 การสำรวจ
ธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความเร็ว
คลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห

- มาตรฐาน ทบ ส 2004-2550 การสำรวจ
ธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดสนาม
แม่เหล็กไฟฟ้า

- มาตรฐาน ทบ ส 2005-2550 การสำรวจ
ธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดแรงโน้มถ่วง
จุลภาค

- มาตรฐาน ทบ ส 3000-2550 การสำรวจ
อุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดิน

- คู่มือ ทบ ส 1000-2550 การสำรวจอุทก
ธรณีวิทยานบนผิวดิน

- คู่มือ ทบ ส 2001-2550 การคัดเลือก
วิธีการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน

- คู่มือ ทบ ส 2002-2550 การสำรวจธรณี
ฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทาน
ไฟฟ้าจำเพาะ

- คู่มือ ทบ ส 2003-2550 การสำรวจธรณี
ฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความเร็วคลื่นไหว
สะเทือนแบบหักเห

- คู่มือ ทบ ส 2004-2550 การสำรวจธรณี
ฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดคลื่นแม่เหล็ก
ไฟฟ้าจุลภาค

- คู่มือ ทบ ส 2005-2550 การสำรวจธรณี
ฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดแรงโน้มถ่วง

- คู่มือ ทบ ส 3000-2550 การสำรวจอุทก
ธรณีวิทยาใต้ผิวดิน

- คู่มือ ทบ ส 4000-2550 การจัดทำแผนที่
อุทกธรณีวิทยา

3.2 American Society for Testing and Materials (ASTM):

- D5879-02 Standard Guide for Geo-
technical Mapping of Large Underground
Openings in Rocks

4. ศัพท์บัญญัติ

4.1. คำนิยาม

การเรียงลำดับชั้นหินทางอุทกธรณีวิทยา
(hydrogeological sequences) หมายถึง ลักษณะ
การวางตัวของหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยาต่างๆ
เพื่อแสดงอายุหรือลำดับการวางตัวของหน่วยหิน
ต่างๆ

แบบจำลองอุทกธรณีวิทยาเชิงโมโนทัศน์
(conceptual hydrogeological models) หมายถึง การ
สร้างรูปแบบจำลองของพื้นที่สำรวจจากข้อมูลด้าน
อุทกธรณีวิทยาที่ได้จากการสำรวจอุทกธรณีวิทยา
บนผิวดินเพื่อใช้ประกอบกับแผนที่อุทกธรณีวิทยา
สำหรับการกำหนดแนวทางการสำรวจขั้นต่อไป

ภาพจำลองสองมิติ (planar repre-
sentations) หมายถึง ภาพแสดงข้อมูลอุทกธรณีวิทยาใน
เชิงลึก เช่น ข้อมูลชั้นดินชั้นหินจากการเจาะ (geolo-
gical log หรือ bore hole logs) หรือข้อมูลการเรียง
ลำดับชั้นหินจากการเทียบเคียงข้อมูลการเจาะ (as-
semblage of logs) ภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยา
(hydrogeological cross-sections) เป็นต้น



ภาพจำลองสามมิติ (perspective views) ภาพแสดงข้อมูลอุทกธรณีวิทยาในลักษณะสามมิติ ทั้ง กว้าง ยาว และลึกหรือหนา เช่น ภาพจำลองรูปรั้วสามมิติ (fence diagrams) ภาพจำลองรูปกล่องสามมิติ (block diagrams) หรือภาพจำลองรูปนูนสามมิติ (isometric surface diagrams) เป็นต้น

ลายเส้น (ornaments) หมายถึง ลวดลายที่แสดงในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งของแผนที่เพื่อใช้เป็นสัญลักษณ์แทนคำอธิบายความหมายและขอบเขตในพื้นที่นั้นส่วนใหญ่จะใช้ลายเส้นแสดงขอบเขตและชนิดของหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา

สัญลักษณ์ (symbols) หมายถึง เครื่องหมายที่แสดงในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งหรือจุดใดจุดหนึ่งของแผนที่เพื่อใช้เป็นสัญลักษณ์แทนคำอธิบายความหมายของพื้นที่นั้นหรือจุดนั้น ส่วนใหญ่จะใช้แสดงความหมายด้านภูมิประเทศ เช่น แหล่งน้ำซับทางน้ำหรือสิ่งก่อสร้าง เช่น บ่อ เขื่อน อ่างเก็บน้ำ และอื่นๆ เป็นต้น

หน่วยหินทางธรณีวิทยา (geological units) หมายถึง ชั้นหินต่างๆ ที่ได้จัดแบ่งไว้ตามประเภทอายุ และลักษณะการวางตัวหรือตามข้อมูลอื่นๆ ทางธรณีวิทยา

หน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา (hydrogeological units) หมายถึง ชั้นหินต่างๆ ที่ได้จัดแบ่งไว้ตามประเภท อายุ และลักษณะการวางตัวหรือตามข้อมูลอื่นๆ ทางอุทกธรณีวิทยา

4.2 คำย่อ

กรมฯ หมายถึง กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

แบบจำลองฯ หมายถึง รูปแบบจำลองเชิงโมโนทัศน์ของพื้นที่สำรวจ

5. ความสำคัญและการใช้งาน

5.1 เอกสารมาตรฐานฉบับนี้ได้กำหนดแนวทางการสำรวจจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยาให้เป็นไปตามหลักการจัดทำแผนที่ตามมาตรฐานสากล

5.2 เอกสารมาตรฐานฉบับนี้มีคู่มือการสำรวจจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยา (คู่มือ ทบ ส 4000-2550) สำหรับเป็นแนวทางและขั้นตอนการปฏิบัติงาน เพื่อให้ได้ผลงานตามมาตรฐานที่กำหนด

5.3 การกำหนดมาตรฐานงานสำรวจจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยาตามเอกสารมาตรฐานฉบับนี้ได้กำหนดมาตรฐานกว้างๆ ตามมาตรฐานสากล ซึ่งอาจจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนรายละเอียดของเนื้อหาตามที่ผู้เชี่ยวชาญแต่ละโครงการจะเห็นสมควร

6. รูปแบบและองค์ประกอบของแผนที่อุทกธรณีวิทยาตามมาตรฐานสากล

6.1 รูปแบบสากลของแผนที่อุทกธรณีวิทยาตามมาตรฐานการจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยาสากล ได้กำหนดรูปแบบแผนที่ออกเป็น 4 รูปแบบคือรูปแบบที่ 1 ถึงรูปแบบที่ 4 (Model 1-4) แผนที่อุทกธรณีวิทยาสากลรูปแบบที่ 4 เป็นรูปแบบแผนที่ที่ยอมรับกันโดยส่วนใหญ่และในปัจจุบันแผนที่อุทกธรณีวิทยาของประเทศต่างๆ ในภาคพื้นยุโรปโดยส่วนใหญ่ใช้แผนที่รูปแบบที่ 4 เป็นแม่แบบสำหรับเนื้อหาสาระของแผนที่รูปแบบ 4 แบ่งชั้นหินอุ้มน้ำเป็น 3 ประเภท (Anon, 1977) คือ

(1) สีนํ้าเงินสำหรับน้ำบาดาลที่ไหลไปตามช่องว่างระหว่างเม็ดตะกอน (dominant intergranular flow)

(2) สีเขียวสำหรับน้ำบาดาลที่ไหลในช่องว่างตามแนวรอยแตกของชั้นหิน (dominant fissured flow) และ



(3) สีนํ้าตาลสำหรับพื้นที่ไม่มีชั้นนํ้าบาดาล นอกจากนั้นยังแสดงความแตกต่างการให้นํ้าของชั้นหินอุ้มนํ้าด้วยระดับความเข้มของสี

รายละเอียดอื่นๆ ดังระบุในคู่มือการสํารวจจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยา

แผนที่อุทกธรณีวิทยาของประเทศไทย ะวางต่างๆ และแผนที่นํ้าบาดาลรายจังหวัดทุกจังหวัดจัดทำโดยกรมทรัพยากรนํ้าบาดาลได้ยึดถือแผนที่อุทกธรณีวิทยาสากลรูปแบบที่ 4 เป็นต้นแบบ และกรมทรัพยากรนํ้าบาดาลได้กำหนดให้ใช้รูปแบบดังกล่าวเป็นรูปแบบมาตรฐานสำหรับการสํารวจจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยาสากลต่อไป

6.2 องค์ประกอบที่สำคัญของแผนที่อุทกธรณีวิทยา

องค์ประกอบของแผนที่อุทกธรณีวิทยาตามมาตรฐานสากลต้องประกอบส่วนประกอบ 3 ส่วน คือ (1) หน้ากากแผนที่ (map cover) (2) ตัวแผนที่ (map face) และ (3) องค์ประกอบอื่นๆ ของแผนที่ (Struckmeier and Maget, 1995) ซึ่งส่วนประกอบแต่ละส่วน อย่างน้อยต้องมีข้อมูลดังนี้

6.2.1 หน้ากากแผนที่

หน้ากากแผนที่เป็นเอกสารระบุข้อมูลต่างๆ เพื่อกำกับแผนที่อุทกธรณีวิทยาในกรณีที่มีแผนที่ขนาดใหญ่ให้หน้ากากแผนที่มีขนาดเท่ากับแผ่นกระดาษ A4 เมื่อพับแผ่นแผนที่แล้วให้หน้ากากแผนที่อยู่ด้านหน้าเปรียบเสมือนหนึ่งเป็นปกแผนที่สำหรับแผนที่ประกอบรายงานการสํารวจที่มีขนาดเล็กให้จัดทำหน้ากากแผนที่ตามความเหมาะสม ข้อมูลในหน้ากากแผนที่ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้ (1) ตราสัญลักษณ์กรมทรัพยากรนํ้าบาดาล (2) ชื่อแผนที่และชื่อคณะผู้จัดทำแผนที่ (3) มาตราส่วนของแผนที่เชิงระยะทาง (graphic scale) (4) ลูกศรกำกับทิศ (5)

ระยะเวลาในการสํารวจข้อมูลและปีที่จัดพิมพ์แผนที่ให้พิมพ์ตัวเลขปีที่จัดพิมพ์

6.2.2 รูปร่างแผนที่

รูปร่างแผนที่ ได้แก่ ส่วนที่แสดงข้อมูลภายในกรอบพื้นที่สํารวจจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยา ซึ่งเป็นพื้นที่แสดงข้อมูลทางอุทกธรณีวิทยาต่างๆ อย่างน้อยต้องมีรายละเอียดหมวดข้อมูลดังต่อไปนี้ (1) ข้อมูลผิวดินเป็นข้อมูลด้านภูมิประเทศ (2) ข้อมูลหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา (3) ข้อมูลปริมาณนํ้าบาดาล (4) ข้อมูลคุณภาพนํ้า และ (5) ข้อมูลอื่นๆ ตามวัตถุประสงค์ของการสํารวจจัดทำแผนที่ซึ่งอาจจะเพิ่มเติมตามวัตถุประสงค์ของการจัดทำแผนที่

สำหรับแผนที่อุทกธรณีวิทยาประกอบรายงานการสํารวจอุทกธรณีวิทยาอื่นๆ ตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานของสมาคมการทดสอบและวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา (ASTM, 2002) อย่างน้อยในตัวแผนที่ต้องแสดงข้อมูลเพิ่มเติม ดังนี้ (1) ตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง (นํ้าและหิน) พร้อมหมายเลขตัวอย่าง (2) ตำแหน่งการถ่ายรูปสำหรับเป็นภาพประกอบรายงาน และ (3) ตำแหน่งพื้นที่ที่มีการสํารวจข้อมูลชั้นรายละเอียด

6.2.3 องค์ประกอบอื่นๆ ของแผนที่

แผนที่อุทกธรณีวิทยาสากลรูปแบบที่ 4 มีองค์ประกอบอื่นๆ ที่ต้องแสดงบนแผนที่ ได้แก่ (1) แผนที่ดัชนี เป็นแผนที่ย่อส่วนเพื่อแสดงตำแหน่งและขอบเขตของพื้นที่สํารวจ (2) คำอธิบายแผนที่ (3) แบบจำลองอุทกธรณีวิทยาเชิงโมโนโทน (4) แหล่งข้อมูล และ (5) เอกสารอ้างอิงที่ใช้ในการทำแผนที่และอาจมี (6) แผนที่ประกอบ เป็นแผนที่ย่อส่วนขอบเขตพื้นที่สํารวจจัดทำแผนที่ มีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยาเฉพาะเรื่องซึ่งไม่สามารถแสดงทับซ้อนได้ในแผนที่หลักได้



7. สัญลักษณ์สำหรับการแสดงในแผนที่

แผนที่อุทกธรณีวิทยาสากลกำหนดให้ใช้สัญลักษณ์และลายเส้นสำหรับการแสดงข้อมูลอุทกธรณีวิทยาในแผนที่ตามมาตรฐานสากล (Anon, 1983) โดยแบ่งเป็นข้อมูลกลุ่มต่างๆ ดังนี้ (1) ภูมิประเทศ (2) ภูมิอากาศ (3) ธรณีวิทยา (4) ศิลาวิทยา (5) อุทกศาสตร์ (6) ธรณีวิทยาน้ำบาดาล (7) อุทกเคมี และ (8) บ่อน้ำบาดาลและสิ่งก่อสร้าง สำหรับหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยาต่างๆ ของประเทศไทยซึ่งกรมทรัพยากรน้ำบาดาลได้แบ่งแยกไว้แล้ว กำหนดให้ใช้ลายเส้นและสัญลักษณ์ตามที่กรมทรัพยากรน้ำบาดาลกำหนด ดังรายละเอียดในคู่มือการจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยา (คู่มือ ทบ ส 4000-2550) หน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยาที่อาจสำรวจพบใหม่ให้กำหนดลายเส้นและสัญลักษณ์ให้ใกล้เคียงกับสัญลักษณ์การจัดทำแผนที่สากลให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

8. หลักปฏิบัติสากลในการสำรวจจัดทำแผนที่

แผนที่อุทกธรณีวิทยาตามมาตรฐานการสำรวจจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยาสากล (Anon, 1983) ได้กำหนดหลักปฏิบัติสากลในการสำรวจจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยาซึ่งกรมทรัพยากรน้ำบาดาลเห็นสมควรให้ยึดถือเป็นหลักปฏิบัติ ดังหัวข้อต่อไปนี้ คือ (1) การแสดงข้อมูลในแผนที่ (2) การจัดลำดับความสำคัญของข้อมูล (3) มาตรฐานการจัดทำคำอธิบายแผนที่ (4) ขั้นตอนการตรวจสอบแผนที่ ดังรายละเอียดในเอกสารคู่มือการจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยา (คู่มือ ทบ ส 4000-2550)

9. การจำแนกแผนที่อุทกธรณีวิทยา

การจำแนกประเภทแผนที่อุทกธรณีวิทยาตามมาตรฐานสากลเพื่อใช้เป็นแนวทางในการสำรวจจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยาสามารถจำแนกได้ดังนี้ (1) จำแนกตามวัตถุประสงค์การใช้งาน (2) จำแนกตาม

ระดับความน่าเชื่อถือและระดับความซับซ้อนของข้อมูล (3) จำแนกตามมาตราส่วนของแผนที่ (จำแนกประเภทแผนที่) และ (4) จำแนกตามชนิดของข้อมูลที่ใช้ในการจัดทำแผนที่ (Vrba and Zaporozec, 1994) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

9.1 การจำแนกแผนที่ตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน

แผนที่อุทกธรณีวิทยามีวัตถุประสงค์การใช้งานที่หลากหลาย ดังนี้ (1) แผนที่อุทกธรณีวิทยาสำหรับการใช้งานทั่วไป (general purpose hydrogeological maps) (2) แผนที่อุทกธรณีวิทยาสำหรับการใช้งานด้านวิทยาศาสตร์เป็นแผนที่อุทกธรณีวิทยาแสดงข้อมูลทางด้านวิทยาศาสตร์เป็นหลักส่วนใหญ่เกี่ยวกับแหล่งน้ำโดยไม่คำนึงถึงวัตถุประสงค์อื่น โดยแสดงข้อมูลแหล่งน้ำบาดาลร่วมกับข้อมูลทางวิทยาศาสตร์อื่นๆ เช่น ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ข้อมูล soil moisture deficit หรือข้อมูลการคายระเหยหรือข้อมูลการแทรกซึมของน้ำผิวดินลงสู่ชั้นหินอุ้มน้ำ แสดงข้อมูลแหล่งน้ำบาดาล ในยุคก่อนๆ เป็นต้น ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดหรือการคำนวณหรือการคาดคะเนโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ (3) แผนที่อุทกธรณีวิทยาประยุกต์ (4) แผนที่อุทกธรณีวิทยาเพื่อการวางแผนการพัฒนา (5) แผนที่อุทกธรณีวิทยาเพื่อการศึกษา

9.2 การจำแนกแผนที่ตามระดับความน่าเชื่อถือและระดับความซับซ้อนของการแสดงข้อมูลในแผนที่

ตามมาตรฐานการสำรวจจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยาสากล (Vrba and Zaporozec, 1994) ได้จำแนกระดับความน่าเชื่อถือของแผนที่อุทกธรณีวิทยา (ranking by reliability) เป็น 7 ระดับ คือ

ระดับที่ 1 ข้อมูลที่ใช้ในการจัดทำแผนที่ทั้งหมดเป็นข้อมูลที่ได้จากการประมาณการและข้อมูลต่างๆ ไป



ระดับที่ 2 ข้อมูลที่ใช้ในการจัดทำแผนที่เป็นข้อมูลที่เชื่อถือได้ร้อยละ 10 และข้อมูลประมาณการร้อยละ 90

ระดับที่ 3 ข้อมูลที่ใช้ในการจัดทำแผนที่เป็นข้อมูลที่เชื่อถือได้ร้อยละ 25 และข้อมูลประมาณการร้อยละ 75

ระดับที่ 4 ข้อมูลที่ใช้ในการจัดทำแผนที่เป็นข้อมูลที่เชื่อถือได้ร้อยละ 50 และข้อมูลประมาณการร้อยละ 50

ระดับที่ 5 ข้อมูลที่ใช้ในการจัดทำแผนที่เป็นข้อมูลที่เชื่อถือได้ร้อยละ 75 และข้อมูลประมาณการร้อยละ 25

ระดับที่ 6 ข้อมูลที่ใช้ในการจัดทำแผนที่เป็นข้อมูลที่เชื่อถือได้ร้อยละ 90 และข้อมูลประมาณการร้อยละ 10 และ

ระดับที่ 7 ข้อมูลที่ใช้ในการจัดทำแผนที่ทั้งหมดเป็นข้อมูลที่เชื่อถือได้

นอกจากนี้ยังได้จำแนกระดับความซับซ้อน (ranking by complexity) ของแผนที่อุทกธรณีวิทยาโดยจำแนกด้วยการแสดงข้อมูลในแผนที่ออกเป็น 4 ระดับ คือ (1) ระดับ A ในแผนที่แสดงข้อมูลเพียง 1 ประเภท (2) ระดับ B ในแผนที่แสดงข้อมูล 2 ประเภท (3) ระดับ C ในแผนที่แสดงข้อมูล 3 ประเภท และ (4) ระดับ D ในแผนที่แสดงข้อมูลมากกว่า 3 ประเภท ดังรายละเอียดในคู่มือการจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยา (คู่มือ ทบ ส 4000-2550)

9.3 การจำแนกแผนที่ตามมาตราส่วน

มาตรฐานการสำรวจจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยาสากล (Anon, 1977) ได้จำแนกแผนที่อุทกธรณีวิทยาตามขนาดของมาตราส่วนออกเป็น 4 ระดับคือระดับที่ 1 มาตราส่วนขนาดใหญ่มากเป็นแผนที่มาตราส่วนน้อยกว่า 1:20,000 ระดับที่ 2 มาตราส่วนขนาดใหญ่เป็นมาตราส่วนระหว่าง 1:20,000 ถึง

1:100,000 ระดับที่ 3 มาตราส่วนขนาดเล็กเป็นแผนที่ที่มีมาตราส่วนระหว่าง 1:100,000-1:500,000 และระดับที่ 4 มาตราส่วนขนาดเล็กมาก

9.4 การจำแนกแผนที่ตามระดับข้อมูล

ข้อมูลอุทกธรณีวิทยาที่แสดงในแผนที่อาจแบ่งออกได้เป็น 3 ระดับคือ (1) ระดับข้อมูลที่ได้จากการจัดเก็บในภาคสนามโดยตรง (2) ระดับข้อมูลที่ได้จากการคำนวณหรือจากการลงความเห็น (derived data) และ (3) ระดับข้อมูลที่ได้จากการประมาณการ

10. ข้อมูลที่แสดงในแผนที่อุทกธรณีวิทยา

คุณภาพของแผนที่อุทกธรณีวิทยาขึ้นอยู่กับ การแสดงข้อมูลบนแผนที่อย่างรวบรัดและถูกต้องแน่นอน รวมไปถึงความเด่นชัดในการแสดงข้อมูลเป็นประการสำคัญ ดังนั้นการสำรวจจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยามีความจำเป็นต้องศึกษาถึงธรรมชาติของข้อมูลประเภทต่างๆ ให้ดีรวมทั้งเทคนิคในการวิเคราะห์ข้อมูลและการประมาณการต่างๆ ถึงแม้ว่ามาตรฐานสากลในการจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยาได้จัดตั้งมาตรการต่างๆ ในการตรวจสอบข้อมูล การจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยาควรวิเคราะห์ข้อมูลเพิ่มเติม ข้อมูลที่ผันแปรตามฤดูกาล ข้อมูลที่ผันแปรไปตามกาลเวลา ข้อมูลที่เกิดจากความผิดพลาดจากเครื่องมือจัดเก็บข้อมูล ข้อมูลที่เกิดจากความผิดพลาดจากวิธีการจัดเก็บข้อมูล รวมไปถึงความคลาดเคลื่อนของข้อมูลอันสืบเนื่องจากความสลับซับซ้อนของสภาพชั้นน้ำบาดาล เป็นต้น ดังนั้นเพื่อให้คุณภาพของแผนที่อุทกธรณีวิทยามีคุณภาพตรงตามมาตรฐานสากล การนำเสนอข้อมูลในแผนที่จะต้องนำเสนอ (1) ข้อมูลให้ตรงตามธรรมชาติของข้อมูลอุทกธรณีวิทยาโดยการจำแนกประเภทของข้อมูล คุณภาพของข้อมูล และรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล (2) ความคลาดเคลื่อนของข้อมูลโดยต้องลดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลทั้งในด้านความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากอุปัติเหตุและความคลาดเคลื่อนที่เกิด



จากระบบการจัดเก็บข้อมูล (3) ลักษณะผันแปรของ
กลุ่มข้อมูล การหาค่าข้อมูลที่เป็นตัวแทนของกลุ่ม
ข้อมูลด้วยวิธีการทางสถิติต้องคำนึงถึงลักษณะการ
กระจายตัวของข้อมูลทั้งที่เป็น spatial variability และ
variability in time (4) หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการประมาณ
การข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยา ได้แก่ การประมาณการ
ข้อมูลโดยอาศัยข้อมูลข้างเคียง การประมาณการ
ข้อมูลโดยใช้อัตราส่วน และการประมาณการข้อมูล
โดยใช้สมการความสมดุลของแหล่งน้ำ

11. เอกสารอ้างอิง

- Anon, 1977. Hydrogeological maps, A contribution
to the International Hydrogeological Decade,
Study and Report in Hydrology, UNESCO/
WMO, Lausanne.
- Anon, 1983. International Legend for Hydrogeo-
logical Maps, Revised Edition, UNESCO
Technical Document, SC-84/WS/7, Paris.
- American Society for Testing and Materials (ASTM),
2002. Standard Guide for Geotechnical
Mapping of Large Underground Openings in
Rocks, D 5879-02.
- Struckmeier, W.F., and Maget, J., 1995. Hydro-
geological Maps - A Guide and a Standard
Legend, Scientific Publications Co-Edited by
IAH/UNESCO, No. 17, Hannover.
- Vrba, J., and Zaporozec, A., 1994. Guidebook on
Mapping Groundwater Vulnerability, Scientific
Publications Co-Edited by IAH/UNESCO, No.
16, Hannover.



กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
49 ชั้น 8 อาคารกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ซอย 30
ถ.พระราม 6 แขวงพญาไท เขตพญาไท กรุงเทพฯ
Website : <http://www.dgr.go.th>