

คู่มือสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ ด้วยเครื่องมือ Geomative



เอกสารคู่มือฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานให้กับเจ้าหน้าที่กรมทรัพยากรน้ำ สำหรับงานสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติ ทางกายภาพของชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดิน ปัจจุบันกรมทรัพยากรน้ำมีเครื่องมือ Geomative รุ่น GD-10 ที่สามารถตรวจวัดค่าความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพของชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดินได้ โดยการสำรวจจะติดตั้งเครื่องมือไว้บริเวณผิวดิน และอาศัยคุณสมบัติทางไฟฟ้าจากการปล่อย กระแสไฟฟ้าลงไปใต้ผิวดิน และตรวจวัดความผิดปกติ (Anomaly) ที่เกิดขึ้น ซึ่งการสำรวจใม่กระทบ ต่อโครงสร้างใต้ผิวดินและโครงสร้างทางวิศวกรรมที่มีอยู่เดิม โดยแสดงผลการสำรวจในรูปแบบ ภาพตัดขวาง สามารถนำไปแปลความหมายหาสภาพชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดินได้

ส่วนวิศวกรรมธรณี หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อเจ้าหน้าที่ กรมทรัพยากรน้ำและผู้ที่เกี่ยวข้องที่นำเอกสารฉบับนี้ไปใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติงาน และเป็นเอกสารอ้างอิง อย่างไรก็ตาม หากมีรายละเอียดที่ต้องเพิ่มเติมประการใด ยินดีน้อมรับ ไว้พิจารณา เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขให้คู่มือฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นต่อไป สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
สารบัญ	ข
สารบัญรูป	গ
บทที่ ๑ บทนำ	໑-໑
๑.๑ ความเป็นมา	ଡ଼୕୕ଡ଼
๑.๒ วัตถุประสงค์	ଭ⁻ଭ
๑.๓ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	ම-ම
บทที่ ๒ ทฤษฎี และหลักการที่เกี่ยวข้อง	ଜ-ଭ
๒.๑ การสำรวจธรณีฟิสิกส์	୭-୭
๒.๒ การสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ	୭-୭
๒.๓ การจัดวางขั้วไฟฟ้า	୭-୯
๒.๓.๑ การจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบเวนเนอร์ (Wenner configuration)	୭-๔
๒.๓.๒ การจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบชลัมเบอร์เจ (Schlumberger configuration)	୭-ଝ
๒.๓.๓ การจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบไดโพล-ไดโพล (Dipole-dipole configuration)	ල-ම
๒.๔ วิธีการสำรวจ และผลการสำรวจ	୭-୩
๒.๔.๑ การสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ	୭-୩
รูปแบบ ๑ มิติ	
๒.๔.๒ การสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ	ವ-ಡ
รูปแบบ ๒ มิติ	
๒.๔.๓ การสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ	୭-ଝ
รูปแบบ ๓ มิติ	
๒.๕ การใช้เครื่องมือสำรวจ	୭-୦୦
๒.๕.๑ เครื่องมือ Geomative	୭-୦୦
๒.๕.๒ การติดตั้งเครื่องมือสำรวจ	ලං-ම
๒.๖ การใช้ซอฟต์แวร์ Geomative Studio	ම-මම
๒.๖.๑ การออกแบบการสำรวจ	ම-මම
๒.๖.๒ การวัดค่าและส่งออกข้อมูล	୭-୩୭
บทที่ ๓ วิธีการดำเนินงาน	ଗ−୭
๓.๑ รวบรวมและศึกษาข้อมูล	ଗ⁻୭
๓.๒ วางแผนการสำรวจ	ଗ⁻ଭ
๓.๓ จัดเตรียมเครื่องมือสำรวจ	ണ-ഉ
๓.๔ ดำเนินการสำรวจ	ണ-ണ

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
๓.๕ วิเคราะห์ข้อมูล	ଳ -ଝ
๓.๖ ประมวลผล และแปลความหมาย	ଳ -ଝ
๓.๗ สรุปผล และจัดทำรายงานการสำรวจ	ຓ-๖
๓.๘ การประยุกต์	ണ-ബ
บทที่ ๔ ข้อจำกัด และข้อเสนอแนะ	ଝ -୭
บรรณานุกรม	ช

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
รูปที่ ๒-๑	ความสัมพันธ์ของความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (ก) กรณีตัวกลางมีลักษณะ เป็นเนื้อเดียว (ข) กรณีตัวกลางมีลักษณะเนื้อผสม	ම-ම
รูปที่ ๒-๒	หลักการสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ	່ຍ−ຓ
รูปที่ ๒-๓	ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของหินอัคนี	២-ണ
รูปที่ ๒-๔	ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของหินแปร และหินตะกอน	୭-๔
รูปที่ ๒-๕	การจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบเวนเนอร์ (Wenner configuration)	୭-ଝ
รูปที่ ๒-๖	การจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบชลัมเบอร์เจ (Schlumberger configuration)	ල-ම
รูปที่ ๒-๗	การจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบไดโพล-ไดโพล (Dipole-dipole configuration)	ල-ම
รูปที่ ๒-๘	การวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๑ มิติ	୭-୩
รูปที่ ๒-๙	ผลการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๑ มิติ	ವ-ಡ
รูปที่ ๒-๑୦	การวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๒ มิติ	୭-ଝ
รูปที่ ๒-๑๑	ผลการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๒ มิติ	୭-ଝ
รูปที่ ๒-๑๒	(ก) การจัดวางขั้วไฟฟ้า รูปแบบ ๓ มิติ (ข) การวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ รูปแบบ ๓ มิติ	୭-୦୦
รูปที่ ๒-๑๓	ผลการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๓ มิติ	୭-୦୦
รูปที่ ๒-๑๔	เครื่องมือ Geomative และอุปกรณ์สำรวจ	୭-୦୦
รูปที่ ๒-๑๕	หน้าจอเครื่อง GD-10 mainframe	ම-මම
รูปที่ ๒-๑๖	เครื่อง GD-10 mainframe ด้านขวา	୭-ଭ୩
รูปที่ ๒-๑๗	เครื่อง GD-10 mainframe ด้านซ้าย	୭-ଭ୩
รูปที่ ๒-๑๘	Multi-electrode cable และการเชื่อมต่อกับขั้วไฟฟ้าเหล็ก	୭-୭୯
รูปที่ ๒-๑๙	SR-10 switch relay	୭-୭୯
รูปที่ ๒-๒๐	L Type cable	୭-୭୯
รูปที่ ๒-๒๑	วิธีการเชื่อมต่อ L Type cable	୭-୦୯
รูปที่ ๒-๒๒	ขั้วไฟฟ้าเหล็ก และคลิปหนีบ	୭-୦୯
รูปที่ ๒-๒๓	อุปกรณ์จ่ายไฟ BP-๑๔๕	ල්ම-ම

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
รูปที่ ๒-๒๔	วิธีการเชื่อมต่อการปรับเทียบเครื่อง GD-10 mainframe กับกล่องความต้านทาน	୭-୭୩
รูปที่ ๒-๒๕	วิธีการปรับเทียบเครื่อง GD-10 mainframe	୭-୦୩
รูปที่ ๒-๒๖	การติดตั้งเครื่องมือสำรวจรูปแบบ ๑ มิติ	ଇ-୦
รูปที่ ๒-๒๗	การเชื่อมต่อเครื่อง GD-10 mainframe, อุปกรณ์จ่ายไฟ, L type cable และ SR-10 switch relay	ଇଚ-ଡା
รูปที่ ๒-๒๘	การติดตั้งเครื่องมือสำรวจรูปแบบ ๒ มิติ โดยวางเครื่อง GD-10 mainframe ไว้กึ่งกลางแนวสำรวจ	୭-୭ଟ
รูปที่ ๒-๒๙	การติดตั้งเครื่องมือสำรวจรูปแบบ ๒ มิติ โดยวางเครื่อง GD-10 mainframe ไว้ด้านใดด้านหนึ่งของแนวสำรวจ	୭-୭ଟ
รูปที่ ๒-๓๐	วิธีการตั้งค่าก่อนสำรวจด้วยวิธี Rolling along	ංම-ම
รูปที่ ๒-๓๑	การติดตั้งเครื่องมือสำรวจรูปแบบ ๒ มิติ ด้วยวิธี Rolling Along และวางเครื่อง GD-10 mainframe ไว้จุดสิ้นสุดของแนวสำรวจ	୦ଡ-ଡ
รูปที่ ๒-๓๒	การติดตั้งเครื่องมือสำรวจรูปแบบ ๒ มิติ ด้วยวิธี Rolling Along และวางเครื่อง GD-10 mainframe ไว้จุดเริ่มต้นของแนวสำรวจ	୭-୭୭
รูปที่ ๒-๓๓	การติดตั้งอุปกรณ์สำรวจรูปแบบ ๓ มิติ	ම-ම
รูปที่ ๒-๓๔	หน้าต่างซอฟต์แวร์ Geomative Studio	මෙ-මම
รูปที่ ๒-๓๕	วิธีสร้างโครงการ (Project)	ම-මബ
รูปที่ ๒-๓๖	วิธีสร้างสคริปต์ (Script)	୭-୭୯
รูปที่ ๒-๓๗	วิธีสร้างสคริปต์ รูปแบบ ๑ มิติ	୭-୭୯
รูปที่ ๒-๓๘	วิธีสร้างสคริปต์ รูปแบบ ๒ มิติ	දුම-ම
รูปที่ ๒-๓๙	ตัวอย่างสคริปต์ รูปแบบ ๒ มิติ วัดค่าแบบ By layer	දුම-ම
รูปที่ ๒-๔๐	ตัวอย่างสคริปต์ รูปแบบ ๒ มิติ วัดค่าแบบ By rolling section	୭-୭୬
รูปที่ ๒-๔๑	ตัวอย่างสคริปต์ รูปแบบ ๒ มิติ กรณีเลือกหมายเลขชั้นที่ต้องการวัดค่า	୭-୭୬
รูปที่ ๒-๔๒	การสร้างสคริปต์ รูปแบบ ๓ มิติ	ನಾಠ-ಠ
รูปที่ ๒-๔๓	การยืนยันการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับเครื่อง GD-10 mainframe	<u></u> ଅଭ-ଭ
รูปที่ ๒-๔๔	การเลือกโครงการเพื่อส่งข้อมูลไปยังเครื่อง GD-10 mainframe	තම-ම

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
รูปที่ ๒-๔๕	การเลือกสคริปต์เพื่อส่งข้อมูลไปยังเครื่อง GD-10 mainframe	୭-୩୦
รูปที่ ๒-๔๖	การส่งข้อมูลสคริปต์ไปยังเครื่อง GD-10 mainframe	ම-୩୦
รูปที่ ๒-๔๗	การลบสคริปต์	ම-୩୦
รูปที่ ๒-๔๘	หน้าจอหลักของเครื่อง GD-10 mainframe	୭-୩୭
รูปที่ ๒-๔๙	หน้าจอแสดงคุณสมบัติของเครื่องมือ และตั้งค่าพารามิเตอร์สภาพแวดล้อม	୭-୩୭
รูปที่ ๒-๕๐	การสร้างงาน รูปแบบ ๒ มิติ	`ຍ− ຓ ຓ
รูปที่ ๒-๕๑	การวัดค่า Grounding R	_່ ຍ-ຓຓ
รูปที่ ๒-๕๒	การวัดค่าข้อมูล รูปแบบ ๒ มิติ	୭-୩୯
รูปที่ ๒-๕๓	(ก) ภาพตัดขวางเทียมของสภาพใต้ผิวดิน (Pseudosection) (ข) ภาพตัดขวางแสดงตำแหน่งวัดค่า (Profile Graph)	୭-୩୯
รูปที่ ๒-๕๔	การเชื่อมต่อเพื่อส่งออกข้อมูล	୭-୩ଝଁ
รูปที่ ๒-๕๕	การเลือกไฟล์เพื่อส่งออกข้อมูล	ම-෨ඳ
รูปที่ ๒-๕๖	การดูข้อมูลและแก้ไขข้อมูล	ල- ම
รูปที่ ๒-๕๗	การส่งออกข้อมูล	୭-୩୬
รูปที่ ๒-๕๘	เลือกโฟลเดอร์จัดเก็บข้อมูล และรูปแบบการส่งออกไฟล์ข้อมูล	୭-୩୬
รูปที่ ๓-๑	ผลการแปลความหมายภาพตัดขวางสภาพใต้ผิวดิน แนวสำรวจ BTM004	ଗ−ଝଁ
รูปที่ ๓-๒	แนวสำรวจ BTM004 และจุดเจาะสำรวจ BH-6, BH-7 และ BH-8	ຓ−່ວ
รูปที่ ๓-๓	ผลการแปลความหมายภาพตัดขวางสภาพใต้ผิวดินร่วมกับข้อมูลหลุมเจาะ แนวสำรวจ BTM004	ຓ-່ວ

บรรณานุกรม

- ทวีศักดิ์ ระมิงค์วงศ์. (๒๕๔๖). *น้ำบาดาล*. เชียงใหม่: ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- เพียงตา สาตรักษ์. (๒๕๕๐). ธรณีฟิสิกส์เพื่อการสำรวจใต้ผิวดิน (Exploration geophysics). ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- อัฆพรรค์ วรรณโกมล. (๒๕๕๑). การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ (Geophysics Exploration). นครราชสีมา: สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีสุรนารี.
- Arctic Geophysics Inc. (2016). *1D Resistivity.* สืบค้นเมื่อวันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2566, จาก <u>http://www.arctic-geophysics.com/methods_resistivity_1D.html</u>
- Loke, M.H. (1998). *RES2DINV ver. 3.4 for Windows 3.1 and 95 Rapid 2D resistivity* & *IP inversion using the least-squares method*. Shenzhen, China: ST Geomative Co., Ltd.
- Loke, M.H.. (1999). Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies A practical guide to 2-D and 3-D surveys. Shenzhen, China: ST Geomative Co., Ltd.
- Markus. (2017). A Closer Look At 3D Resistivity Surveys. สืบค้นเมื่อวันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2566, จาก <u>https://www.agiusa.com/3d-resistivity-survey</u>
- Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E.. (1990). *Applied Geophysics Second Edition*. Cambridge: Cambridge University Press
- ST Geomative Co., Ltd. (2019). *GD-10 Series Connection Description (Starter Edition)*. Shenzhen, China: ST Geomative Co., Ltd
- ST Geomative Co., Ltd. (n.d. a). *BP-145 D.C. Rechargeable Power Source.* Shenzhen, China: ST Geomative Co., Ltd

บรรณานุกรม (ต่อ)

- ST Geomative Co., Ltd. (n.d. b). *GD-10 Series D.C. Geo-electrical System GD-10 Supreme 2D/3D User's Manual*. Shenzhen, China:ST Geomative Co., Ltd
- ST Geomative Co., Ltd. (n.d. c). *Geomative Studio Operation Manual.* Shenzhen, China: ST Geomative Co., Ltd

Todd, D.K.. (1980). Groundwater Hydrology. Toronto: John Wiley (535 PP)

ບทที่ ๑ ບກนำ

๑.๑ ความเป็นมา

กรมทรัพยากรน้ำเป็นหน่วยงานที่มีภารกิจเกี่ยวกับการพัฒนา การบริหารจัดการ การบำรุงรักษา การฟื้นฟู และการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำสาธารณะ รวมถึงการจัดสรรน้ำ เพื่อเพิ่ม ประมาณน้ำต้นทุนในแหล่งน้ำเดิม ตอบสนองความต้องการใช้น้ำในพื้นที่เกษตรน้ำฝน ซึ่งเป็นภารกิจ ของกรมทรัพยากรน้ำ ตามพระราชบัญญัติทรัพยากรน้ำ พ.ศ.๒๕๖๑ โดยกรมทรัพยากรน้ำได้รับการ ถ่ายโอนอ่างเก็บน้ำ ฝ่ายน้ำล้น และระบบส่งน้ำจากกรมการเร่งรัดพัฒนาชนบท ตามพระราชบัญญัติ การปฏิรูประบบราชการ ประกอบกับโครงการพัฒนาแหล่งน้ำที่ก่อสร้างตามภารกิจของกรมทรัพยากรน้ำ ตั้งแต่ปี พ.ศ.๒๕๔๕ ปัจจุบันกรมทรัพยากรน้ำมีอ่างเก็บน้ำและฝายน้ำล้นที่อยู่ในความรับผิดชอบ ประมาณ ๑,๑๕๓ โครงการ กระจายอยู่ทั่วประเทศ โดยมีหน่วยงานส่วนภูมิภาค คือ สำนักงาน ทรัพยากรน้ำที่ ๑-๑๑ ดูแลโครงการในระดับพื้นที่ โครงการบางแห่งถูกใช้งานมาเป็นระยะเวลานาน ขาดการบำรุงรักษาและปรับปรุงซ่อมแซม เกิดความทรุดโทรมและเสื่อมสภาพตามกาลเวลา ทำให้ ้ประชาชนไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ มีความเสี่ยงต่อการรั่วซึมและชำรุดเสียหาย จึงจำเป็นต้องตรวจสภาพและสำรวจธรณีวิทยาฐานราก โดยอาศัยการสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่า ้ความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ เพื่อประเมินความมั่นคงปลอดภัย และวางแผนการปรับปรุงซ่อมแซม ้อ่างเก็บน้ำและฝายน้ำล้น ให้กลับมาใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ป้องกันความเสียหายที่อาจจะ เกิดขึ้นต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน รวมถึงแหล่งน้ำขนาดเล็กที่มีความจุเก็บกักน้อยกว่า ๒ ล้านลูกบาศก์เมตร ที่ยังอยู่ในความรับผิดชอบของกรมทรัพยากรน้ำ ต้องปรับปรุงเพิ่มประสิทธิภาพ ้เพื่อเตรียมความพร้อมก่อนการถ่ายโอนภารกิจด้านการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็กให้กับองค์กรปกครอง ้ส่วนท้องถิ่น และรวบรวมผลการสำรวจเพื่อเป็นฐานข้อมูลธรณีวิทยาฐานราก สำหรับใช้ในการเพิ่ม ประสิทธิภาพการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำต่อไป

เพื่อให้การสำรวจและตรวจสอบความมั่นคงอ่างเก็บน้ำและฝายน้ำล้นสามารถดำเนินการได้ อย่างมีประสิทธิภาพ กรมทรัพยากรน้ำได้จัดหาเครื่องมือที่มีเทคโนโลยี ในการตรวจสอบลักษณะชั้นดิน ชั้นหินใต้ผิวดิน โดยไม่กระทบต่อโครงสร้างใต้ผิวดินหรือโครงสร้างทางวิศวกรรมที่มีอยู่เดิม คือ เครื่องมือ Geomative รุ่น GD-10 ที่สามารถสำรวจและตรวจสอบสภาพใต้ผิวดินได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และสามารถแสดงผลการสำรวจในรูปแบบ ๑ มิติ, ๒ มิติ และ ๓ มิติ ซึ่งช่วยให้การแปล ความหมายสภาพใต้ผิวดินมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น หากนำไปแปลความหมายร่วมกับข้อมูลเบื้องต้นใน พื้นที่โครงการ

๑.๒ วัตถุประสงค์

๑.๒.๑ เพื่อให้เจ้าหน้าที่กรมทรัพยากรน้ำมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการสำรวจธรณี ฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ และการใช้เครื่องมือสำรวจ

๑.๒.๒ เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติงาน สามารถนำเครื่องมือ Geomative ไปตรวจสอบ ลักษณะชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ และลดข้อผิดพลาดจากการปฏิบัติงาน

ບทที่ ๑ ບກนຳ

๑.๓ ประโยชที่คาดว่าจะได้รับ

เจ้าหน้าที่กรมทรัพยากรน้ำมีแนวทางในการตรวจสอบลักษณะชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดิน โดยวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ และเป็นเครื่องมือในการพัฒนา องค์ความรู้ให้กับเจ้าหน้าที่กรมทรัพยากรน้ำ ให้มีความรู้ ความเข้าใจ ในการตรวจสอบสภาพชั้นดิน ชั้นหินใต้ผิวดิน ด้วยเครื่องมือสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ Geomative

บทที่ ๒ ทฤษฎี และหลักการที่เกี่ยวข้อง

๒.๑ การสำรวจธรณีฟิสิกส์

การสำรวจธรณีฟิสิกส์ (Geophysical Exploration) เป็นการสำรวจที่อาศัยความแตกต่าง ของคุณสมบัติทางกายภาพของชั้นดินชั้นหินที่อยู่ใต้ผิวดิน ด้วยเครื่องมือที่ออกแบบให้สามารถ ตรวจวัดความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพได้ โดยการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์จะตรวจวัด ที่บริเวณผิวดิน และนำข้อมูลที่ได้มาแปลความหมายที่ระดับความลึกต่าง ๆ ใต้ผิวดิน โดยคุณสมบัติ ทางกายภาพที่เป็นพื้นฐานของการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ ได้แก่ ความหนาแน่น (Density), คุณสมบัติ ทางแม่เหล็ก (Magnetic), ความยืดหยุ่น (Elasticity), ค่ากัมมันตรังสี (Radioactive) และคุณสมบัติ ทางไฟฟ้า (Electrical) ประกอบด้วย ความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (Resistivity) และการนำไฟฟ้า จำเพาะ (Conductivity)

สิ่งสำคัญของการสำรวจธรณีฟิสิกส์ คือ การตรวจวัดความผิดปกติ (Anomaly) ที่เกิดขึ้นจาก ความแตกต่างทางกายภาพ โดยนำเอาค่าความผิดปกติมาแปลความหมายหาสภาพธรณีวิทยาใต้ผิวดิน

ษ.๒ การสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

การสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (Resistivity Survey) เป็นการสำรวจโดยอาศัยคุณสมบัติทางไฟฟ้าของความต้านทานไฟฟ้า ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่จำกัดปริมาณ ของกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านวัตถุ โดยตามกฎของโอห์ม (Ohm's law) กล่าวว่า กระแสไฟฟ้าที่ไหล ผ่านตัวนำหนึ่งมีค่าแปรผันตรงกับความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างปลายทั้งสองของตัวนำนั้น เขียนได้ว่า $I \propto V$ และกระแสไฟฟ้ามีค่าแปรผกผันกับความต้านทานไฟฟ้าระหว่างปลายทั้งสองของตัวนำนั้น เขียนได้ว่า $I = \frac{1}{R}$ สรุปได้ว่า

$$I = \frac{V}{R}$$

โดย

1

V คือ แรงดันไฟฟ้า หน่วย โวลต์ (V)

คือ กระแสไฟฟ้า หน่วย แอมแปร์ (A)

R คือ ความต้านทานไฟฟ้า หน่วย โอห์ม (ohm หรือ Ω)

จากกฎของโอห์ม สามารถวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าของวัตถุ ได้โดยปล่อยกระแสไฟฟ้าลงไป ที่วัตถุ และวัดปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ปล่อยลงไปด้วยเครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้าหรือแอมมิเตอร์ แล้ววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า ด้วยเครื่องมือวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าหรือโวลต์มิเตอร์ จะเห็นได้ว่าความ ต้านทานไฟฟ้าขึ้นอยู่กับ ผลคูณของค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าหรือความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของ ตัวกลางกับค่าความยาวของตัวกลางที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน หารด้วยพื้นที่หน้าตัดของตัวกลาง ดังสมการ

- A คือ พื้นที่หน้าตัด หน่วย ตารางเมตร
- L คือ ความยาว หน่วย เมตร

ความสัมพันธ์ของการหาค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (Resistivity, **ρ**) ของวัตถุใต้ผิวดิน กรณีตัวกลางมีลักษณะเป็นเนื้อเดียว (Homogeneous) ค่าที่วัดได้ เป็นค่าความต้านทานไฟฟ้า จำเพาะจริง (True resistivity, **ρ**) และกรณีตัวกลางมีเนื้อผสม (Heterogeneous) ค่าความต้านทาน ไฟฟ้าที่วัดได้ เป็นค่าเฉลี่ยของค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของหินหรือวัตถุที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ทั้งหมด ค่าเฉลี่ยนี้เรียกว่า ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏ (Apparent resistivity, **ρ**) ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๑** โดยธรรมชาติของสภาพทางธรณีวิทยาใต้ผิวดิน ชั้นดินชั้นหินจะมีลักษณะ เป็นเนื้อผสม ดังนั้นค่าความต้านทานไฟฟ้าที่วัดได้เป็นค่าต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏ

 $R = \rho \frac{L}{\Delta}$

 $\rho = \frac{RA}{I}$



ร**ูปที่ ๒-๑** ความสัมพันธ์ของความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (ก) กรณีตัวกลางมีลักษณะเป็นเนื้อเดียว (ข) กรณีตัวกลางมีลักษณะเนื้อผสม (ที่มา: เพียงตา สาตรักษ์, ๒๕๕๐)

การสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ อาศัยขั้วไฟฟ้า (Electrodes) ๒ ประเภท คือ ขั้วปล่อยกระแสไฟฟ้า (Current electrodes) จำนวน ๒ ขั้ว ได้แก่ ขั้ว A และ B และขั้ววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า (Potential electrodes) จำนวน ๒ ขั้ว ได้แก่ ขั้ว M และ N โดยวิธีการสำรวจให้ปักขั้วไฟฟ้าทั้ง ๔ ขั้ว ลงไปในดิน เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าลงไปในดินผ่านขั้วไฟฟ้า A และ B จะทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าขึ้น และวัดความต่างศักย์ที่ขั้วไฟฟ้า M และ N จากนั้น นำไปคำนวณหาค่าความต้านทานไฟฟ้า (Resistance, R) และค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (Resistivity, ρ) ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๒** ในปัจจุบันเครื่องมือสำรวจธรณีฟิสิกส์สามารถวัดค่าความ ต้านทานไฟฟ้าได้โดยตรง



รูปที่ ๒-๒ หลักการสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (ดัดแปลงจาก Todd, 1980)

โดยทั่วไปแร่ประกอบหินมักจะไม่นำไฟฟ้า หรือเป็นฉนวน ทำให้มีความต้านทานไฟฟ้า จำเพาะสูง แต่เนื่องจากการผุพังทำให้เกิดช่องว่าง และมีน้ำหรือสารละลายเข้าไปแทรกอยู่ตามรูพรุน รอยแยก หรือรอยแตก ทำให้กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านชั้นดินชั้นหินได้ ด้วยปัจจัยของชนิดหิน ความหนาแน่น ความพรุน ขนาดและรูปร่างของช่องว่าง ปริมาณและคุณภาพน้ำ รวมถึงอุณหภูมิ ทำให้ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของชั้นดินชั้นหิน และน้ำ ไม่สามารถกำหนดค่าที่แน่นอนได้ แต่จะกำหนดเป็นช่วง ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๓ – ๒-๔**

<u>หินอักนี</u> ้	ค่าของสภาพด้านทานไฟฟ้า (โอห์ม-เมดร)
แกรนิด (granite)	$3 \times 10^2 - 10^6$
แกรนิตเนื้อดอก (granite porphyry)	4.5 x 10 ³ (เปียก) – 1.3 x 10 ⁶ (แห้ง)
อัลไบด์ (albite)	3 x 10 ² (เปียก) – 3.3 x 10 ³ (แห้ง)
ไชยี่ในต์ (syenite)	$10^2 - 10^6$
ใด โอ ไรต์ (diorite)	$10^4 - 10^5$
ไดโอไรต์เนื้อดอก (diorite porphyry)	1.9 x 10 ³ (เปียก) – 2.8 x 10 ⁴ (แห้ง)
ควอตซ์ไคโอไรต์ (quartz diorite)	2 x 10 ⁴ (เป็ยก) – 10.8 x 10 ⁵ (แห้ง)
แอนดีไซต์ (andesite)	$4.5 \ge 10^4 (เป็ยก) - 1.7 \ge 10^2 (แห้ง)$
แกบโบร (gabbro)	$10^3 - 10^6$
บะชอลด์ (basalt)	10 – 1.3 x 10 ⁷ (แท้ง)
เพอริ โค ใทต์ (peridotite)	3 x 10 ³ (เปียก) – 6.5 x 10 ³ (แท้ง)

รูปที่ ๒-๓ ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของหินอัคนี (ที่มา: Telford et al, 1990 และเพียงตา, ๒๕๕๐)

ทินแปร	ค่าของสภาพด้านทานไฟฟ้า (โอห์ม-เมตร)
ฮอร์นเฟลส์ (hornfels)	8 x 10 ³ (เปียก) – 6 x 10 ⁷ (แห้ง)
ชีทส์ (schists)	$20 \ge 10^4$
ชนวน (slate)	$6 \ge 10^2 - 4 \ge 10^7$
ในส์ (gneiss)	6.8 x 10 ⁴ (เปียก) – 3 x 10 ⁶ (แท้ง)
หินอ่อน (marble)	$10^2 - 2.5 \ge 10^8 (43\%)$
ควอซ์ตไซต์ (quartzite)	$10 - 2 \ge 10^8$
<u>ทินตะกอน</u>	ค่าของสภาพด้านทานไฟฟ้า (โอห์ม-เมตร)
หินดินดาน (shale)	$20 - 2 \ge 10^3$
ทินกรวดมน (conglomerate)	$10 - 8 \ge 10^2$
ทินทราย (sandstone)	$1-6.4 \ge 10^8$
หินปูน (limestone)	50 - 16 ⁷
หินโคโลไมต์ (dolomite)	$3.5 \ge 10^2 - 5 \ge 10^3$
ตะกอนที่ยังไม่แข็งตัว	20-20000
ดินเหนียว (clays)	1- 100
ทรายแม่น้ำ (alluvium sands)	10 - 800
ดินทรายปนดินเหนียวมีน้ำเค็มแทรกแอ่งสกลนคร	1.3-7.8

รูปที่ ๒-๔ ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของหินแปร และหินตะกอน (ที่มา: Telford et al, 1990 และเพียงตา, ๒๕๕๐)

๒.๓ การจัดวางขั้วไฟฟ้า

การจัดวางขั้วไฟฟ้า (Electrodes configuration) สำหรับการสำรวจวัดค่าความต้านทาน ไฟฟ้าจำเพาะ สามารถจัดวางได้หลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับเป้าหมายการสำรวจ แต่ที่นิยมในปัจจุบัน ได้แก่ การจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบเวนเนอร์ (Wenner configuration), การจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบชลัม เบอร์เจ (Schlumberger configuration) และการจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบไดโพล-ไดโพล (Dipole-dipole configuration) ซึ่งแต่ละรูปแบบมีความเหมาะสมกับลักษณะของพื้นที่แตกต่างกัน ดังนี้

 ๒.๓.๑ การจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบเวนเนอร์ (Wenner configuration) สามารถตรวจวัด สภาพการเปลี่ยนแปลงใต้ผิวดินในแนวดิ่งได้ดี เหมาะสำหรับการตรวจหาโครงสร้างที่วางตัว ในแนวราบ การจัดวางขั้วไฟฟ้ากำหนดให้ระยะห่างของขั้วไฟฟ้าทุกขั้วมีค่าเท่ากัน ดังแสดงในรูปที่
 ๒-๕ โดยสามารถหาค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏ (ρ_a) ได้จากสมการ

$$\rho_a = 2\pi a \frac{\Delta V}{I}$$

หรือ

โดย **ρ**_a คือ ความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏ หน่วย โอห์ม-เมตร (ohm.m) ΔV คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้า หน่วย มิลลิโวลต์

- คือ กระแสไฟฟ้า หน่วย มิลลิแอมแปร์
- a คือ ระยะห่างของขั้วไฟฟ้า หน่วย เมตร
- K คือ สัมประสิทธิ์ความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ



ร**ูปที่ ๒-๕** การจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบเวนเนอร์ (Wenner configuration) (ที่มา: เพียงตา สาตรักษ์, ๒๕๕๐)

๒.๓.๒ การจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบชลัมเบอร์เจ (Schlumberger configuration) สามารถตรวจวัดสภาพการเปลี่ยนแปลงใต้ผิวดินในแนวดิ่งและแนวนอนได้ปานกลาง เหมาะสำหรับ ตรวจหาโครงสร้างที่มีการเปลี่ยนแปลงทั้งในแนวดิ่งและแนวนอน การจัดวางกำหนดให้ระยะห่าง ของขั้วปล่อยกระแสไฟฟ้า (AB) มีค่ามากๆ เมื่อเทียบกับระยะห่างของขั้ววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า (MN) โดย AB ต้องมากกว่า ๕ เท่าของระยะ MN หรือ AB ≥ 5MN ดังแสดงในรูปที่ ๒-๖ โดยสามารถหาค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏ (ρ_a) ได้จากสมการ

$$\rho_{a} = \frac{\pi (AB^{2} - MN^{2})}{4MN} \frac{\Delta V}{I}$$
$$K = \frac{\pi (AB^{2} - MN^{2})}{4MN}$$

หรือ

- โดย $ho_{ extsf{a}}$ คือ ความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏ หน่วย โอห์ม-เมตร (ohm.m)
 - ΔV คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้า หน่วย มิลลิโวลต์
 - คือ กระแสไฟฟ้า หน่วย มิลลิแอมแปร์
 - AB คือ ระยะห่างของขั้วปล่อยกระแสไฟฟ้า หน่วย เมตร
 - MN คือ ระยะห่างของขั้ววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า หน่วย เมตร
 - K คือ สัมประสิทธิ์ความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ



ร**ูปที่ ๒-๖** การจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบชลัมเบอร์เจ (Schlumberger configuration) (ที่มา: เพียงตา สาตรักษ์, ๒๕๕๐)

๒.๓.๓ การจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบไดโพล-ไดโพล (Dipole-dipole configuration) สามารถตรวจวัดสภาพการเปลี่ยนแปลงใต้ผิวดินในแนวราบได้ดี เหมาะสำหรับการตรวจหาโครงสร้าง ที่วางตัวในแนวดิ่ง เช่น โพรง และรอยเลื่อน การจัดวางกำหนดให้ระยะห่างของขั้วปล่อยกระแสไฟฟ้า (AB) และขั้ววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า (MN) มีระยะเท่ากับ a เมตร และระยะห่างของชุดขั้วปล่อย กระแสไฟฟ้าและขั้ววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า มีระยะเท่ากับ na เมตร ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๗** โดยสามารถหาค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏ (**p**_a) ได้จากสมการ

$$\rho_{a} = \pi an(n+1)(n+2)\frac{\Delta V}{I}$$
$$K = \pi an(n+1)(n+2)$$

หรือ

โดย ho_{a} คือ ความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏ หน่วย โอห์ม-เมตร (ohm.m)

- ΔV คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้า หน่วย มิลลิโวลต์
- I คือ กระแสไฟฟ้า หน่วย มิลลิแอมแปร์
- ล คือ ระยะห่างของขั้วไฟฟ้า หน่วย เมตร
- n คือ จำนวนครั้งที่วัด เช่น ๑, ๒, ๓,...
- K คือ สัมประสิทธิ์ความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ



ร**ูปที่ ๒-๗** การจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบไดโพล-ไดโพล (Dipole-dipole configuration) (ที่มา: เพียงตา สาตรักษ์, ๒๕๕๐)

ษ.๔ วิธีการสำรวจ และผลการสำรวจ

เครื่องมือสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ ปัจจุบันถูกพัฒนาและ ออกแบบให้สามารถทำการสำรวจและแสดงผลการสำรวจได้ในรูปแบบ ๑ มิติ, ๒ มิติ และ ๓ มิติ ดังนี้

๒.๔.๑ การสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๑ มิติ เป็นการสำรวจในแนวดิ่ง (Vertical Electrical Sounding : VES) หรือแบบหยั่งลึก (Sounding) ผลการสำรวจที่ได้เป็นค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะที่ระดับความลึกต่าง ๆ จากผิวดินลงไป ณ ตำแหน่งเดียวกัน ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๘** โดยผลการสำรวจแสดงด้วยกราฟของฟังก์ชันลอการิทึม ในรูปแบบกราฟล็อก-ล็อก (Log-log graph) ของค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏ หน่วย โอห์ม-เมตร กับความลึก หน่วย เมตร ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๙**



ร**ูปที่ ๒-๘** การวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๑ มิติ (ที่มา: http://www.arctic-geophysics.com/methods_resistivity_๑D.html)



ร**ูปที่ ๒-๙** ผลการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๑ มิติ

๒.๔.๒ การสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๒ มิติ

เป็นการสำรวจสร้างภาพตัดขวางสภาพความต้านทานไฟฟ้าใต้ผิวดิน (Electrical Resistivity Imaging : ERI) ในรูปแนวดิ่งและแนวนอน การสำรวจกำหนดให้ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าเท่ากัน และคงที่ คือ ระยะ a เมตร ยกตัวอย่างเช่น การสำรวจแบบจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบเวนเนอร์ กำหนดให้ ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าเท่ากับ a เมตร โดยการวัดค่าครั้งแรกที่ระดับ n=๑ ให้วางขั้วปล่อย กระแสไฟฟ้า (AB) ที่ตำแหน่ง ๑ และ ๔ ขั้ววัดความต่างศักย์ (MN) ที่ตำแหน่ง ๒ และ ๓ โดยตำแหน่ง ที่วัดค่า คือ จุดกึ่งกลางระหว่างขั้วไฟฟ้า M และ N เมื่อวัดค่าแล้ว ให้ย้ายขั้วไฟฟ้าทั้งสี่ขั้วไปยัง ตำแหน่งถัดไปทางด้านขวา จากนั้นทำการวัดค่า และย้ายขั้วไฟฟ้าไปจนกระทั่งขั้วไฟฟ้าตัวแรก อยู่ที่ ตำแหน่งสุดท้ายของแนวสำรวจ แสดงว่าแนวสำรวจ n=๑ เสร็จสมบูรณ์ จากนั้นขยายระยะห่าง ระหว่างขั้วไฟฟ้าให้กว้างขึ้น (n=๒, n=๓, ...) เพื่อให้ได้ข้อมูลในระดับความลึกมากขึ้น โดยเพิ่ม n จนถึงความลึกที่ต้องการสำรวจ โดยทั่วไปค่า n ไม่เกิน ๑๕ ดังแสดงในรู**ปที่ ๒-๑๐** โดยผลการ สำรวจแสดงในรูปแบบภาพตัดขวาง (Profile) หรือภาพตัดขวางเทียมของสภาพใต้ผิวดิน (Pseudosection) แสดงด้วยสีของช่วงค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏ แกน X คือ ระยะ แนวสำรวจ หน่วย เมตร แกน Y คือ ความลึก หน่วย เมตร ดังแสดงในรู**ปที่ ๒-๑๑**



รูปที่ ๒-๑๐ การวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๒ มิติ (ดัดแปลงจาก เพียงตา สาตรักษ์, ๒๕๕๐)



รูปที่ ๒-๑๑ ผลการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๒ มิติ

๒.๔.๓ การสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๓ มิติ เป็นการสำรวจแบบสร้างสภาพใต้ผิวดินเสมือนเป็นแท่งสี่เหลี่ยมที่มีขนาดความกว้าง ความยาว และ ความลึก จึงสามารถสร้างภาพตัดขวางได้ทุกแนว เช่น แนวตรง แนวคดโค้ง แนวหักมุม เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ ๒-๑๒ โดยผลการสำรวจแสดงเป็นสภาพใต้ผิวดินเสมือนแท่งสี่เหลี่ยมที่มีขนาด ความกว้าง ความยาว และความลึก ดังแสดงในรูปที่ ๒-๑๓



รูปที่ ๒-๑๒ (ก) การจัดวางขั้วไฟฟ้ารูปแบบ ๓ มิติ (ข) การวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๓ มิติ (ที่มา: M.H.Loke, 1999)



รูปที่ ๒-๑๓ ผลการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๓ มิติ (ที่มา: https://www.agiusa.com/3d-resistivity-survey, 2017)

๒.๕ การใช้เครื่องมือสำรวจ

กรมทรัพยากรน้ำมีเครื่องมือสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ Geomative รุ่น GD-10 สำหรับตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดิน พร้อมซอฟต์แวร์ Geomative Studio สำหรับตั้งค่าและประมวลผลการสำรวจ

๒.๕.๑ เครื่องมือ Geomative

เครื่องมือ Geomative รุ่น GD-10 ประกอบด้วยอุปกรณ์ ดังนี้ ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๑๔**

- ၈) GD-10 mainframe
- ๒) Multi-electrode cable
- ๓) SR-10 switch relay
- द्ध) L Type cable
- ๕) ขั้วไฟฟ้าเหล็กไร้สนิม และคลิปหนีบ
- ๖) อุปกรณ์จ่ายไฟ
- ๗) อุปกรณ์ชาร์จ
- ๘) สายเชื่อมต่อ USB
- ๙) สายบานาน่าปลั๊ก กับคลิปหนีบขั้วแบตเตอร์รี่ (Banana plug to alligator clip)
- ໑୦) ฟิวส์



ร**ูปที่ ๒-๑๙** เครื่องมือ Geomative และอุปกรณ์สำรวจ

โดยแต่ละอุปกรณ์มีรายละเอียด ดังนี้

๑) GD-10 mainframe เป็นอุปกรณ์สำหรับตั้งค่าและประมวลผลการสำรวจ พร้อม ช่องเชื่อมต่อ ดังแสดงในรูปที่ ๒-๑๕ ถึงรูปที่ ๒-๑๗ โดยภายในเครื่องประกอบด้วยอุปกรณ์ ดังนี้

๑.๑) อุปกรณ์ส่งสัญญาณ (Transmitter) สามารถส่งกำลังไฟฟ้าได้สูงสุด ๗,๒๐๐ วัตต์ แรงดันไฟฟ้าสูงสุด ๑,๒๐๐ โวลต์ และกระแสไฟฟ้าสูงสุด ๖ แอมแปร์

๑.๒) อุปกรณ์รับสัญญาณ (Receiver) สามารถรับสัญญาณได้ ๑ ช่องทาง (Channel) ช่วงแรงดันไฟฟ้าอยู่ระหว่าง ๒๔ โวลต์ มีระบบป้องกันความถี่รบกวนไม่น้อยกว่า ๑๒๐ เดซิเบล สามารถวัดค่าซ้ำ (Stacking) ได้ ๑-๒๕๕ ครั้ง และสามารถทำงานภายใต้อุณหภูมิ ๐-๖๐ องศาเซลเซียส

๑.๓) หน้าจอแสดงผล แบบสี Liquid Crystal Display (LCD) ขนาด ๕.๗ นิ้ว
 ๑.๔) อุปกรณ์ระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS)
 ๑.๕) แบตเตอรี่ลิเธียมขนาด ๑๖ โวลต์



รูปที่ ๒-๑๕ หน้าจอเครื่อง GD-10 mainframe



รูปที่ ๒-๑๖ เครื่อง GD-10 mainframe ด้านขวา



รูปที่ ๒-๑๗ เครื่อง GD-10 mainframe ด้านซ้าย

๒) Multi-electrode cable เป็นสายเคเบิลชนิดขั้วเดี่ยว (Single-take-out ERT cable) ที่ออกแบบให้สามารถอ่านค่าแบบหลายขั้ว โดยสายเคเบิล จำนวน ๑ เส้น ประกอบด้วย ขั้ว CB10 จำนวน ๑๐ ขั้ว มีระยะห่างระหว่างขั้วเท่ากัน คือ ๕ เมตร สามารถปล่อยกระแสไฟฟ้า ได้สูงสุด ๒ แอมแปร์ และส่งแรงดันไฟฟ้าได้สูงสุด ๑,๒๐๐ โวลต์ ในการสำรวจให้เชื่อมต่อปลายสาย เคเบิลกับ SR-10 switch relay และ L Type cable และใช้คลิปหนีบที่ขั้ว CB10 กับขั้วไฟฟ้าเหล็ก เพื่อปล่อยกระแสไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ ๒-๑๘



รูปที่ ๒-๑๘ Multi-electrode cable และการเชื่อมต่อกับขั้วไฟฟ้าเหล็ก

๓) SR-10 switch relay ในการสำรวจให้เชื่อมต่อด้านที่เขียนว่า "Host" กับ L Type cable ซึ่งจะหันไปทางด้านเครื่อง GD-10 mainframe สำหรับด้านที่เขียนว่า "End" ให้เชื่อมต่อกับ Multi-electrode cable ซึ่งจะหันไปทางด้านปลายสายของเคเบิลหรือแนวสำรวจ ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๑๙** และ**รูปที่ ๒๑**



รูปที่ ๒-๑๙ SR-10 switch relay

๔) L Type cable ใช้สำหรับเชื่อมต่อกับ GD-10 mainframe, Multi-electrode cable และ SR 10 switch relay ดังแสดงในรูปที่ ๒-๒๐ ถึงรูปที่ ๒-๒๑



รูปที่ ๒-๒๐ L Type cable



รูปที่ ๒-๒๑ วิธีการเชื่อมต่อ SR 10 switch relay, L Type cable, GD-10 mainframe และ Multi-electrode cable

 ๕) ขั้วไฟฟ้าเหล็กไร้สนิม (Stainless steel Electrode) และคลิปหนีบ ใช้สำหรับ เป็นขั้วปล่อยกระแสไฟฟ้าและขั้ววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า ในการสำรวจให้ปักขั้วไฟฟ้าเหล็กลงไปในดิน และใช้คลิปหนีบที่ขั้วไฟฟ้าเหล็กกับขั้ว CB10 ที่อยู่บน Multi-electrode cable ดังแสดงในรูปที่ ๒-๒๒



รูปที่ ๒-๒๒ ขั้วไฟฟ้าเหล็ก และคลิปหนีบ

 ๖) อุปกรณ์จ่ายไฟ Geomative รุ่น BP-145 ประกอบด้วย แบตเตอรี่ชนิดลิเธียม สำหรับจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง สามารถปล่อยกระแสไฟฟ้าสูงสูด ๓ แอมแปร์ ความต่างศักย์ไฟฟ้าขนาด ๕๐ โวลต์ และ ๑๕๐ โวลต์ ดังแสดงในรูปที่ ๒-๒๓



รูปที่ ๒-๒๓ อุปกรณ์จ่ายไฟ BP-145

๒.๕.๒ การติดตั้งเครื่องมือสำรวจ

ก่อนติดตั้งเครื่องมือ Geomative ควรปรับเทียบ (Calibrate) เครื่อง GD-10 mainframe กับกล่องความต้านทาน (Resistance box) เพื่อความแม่นยำของเครื่องมือ โดยเชื่อมต่อ เครื่อง GD-10 mainframe กับอุปกรณ์ ดังนี้

- เชื่อมต่อกับอุปกรณ์จ่ายไฟ โดยสายสีแดงสำหรับ ขั้ว +, สายสีดำสำหรับ ขั้ว -

- เชื่อมต่อกับกล่องความต้านทาน โดยสายสีแดงสำหรับ ขั้ว A และ M สายสีดำ

สำหรับ ขั้ว B และ N ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๒๔**



ร**ูปที่ ๒-๒๙** วิธีการเชื่อมต่อการปรับเทียบเครื่อง GD-10 mainframe กับกล่องความต้านทาน

หลังจากเชื่อมต่ออุปกรณ์เรียบร้อย ให้กดที่เครื่อง GD-10 mainframe และดำเนินการ ต่อไปนี้ ๑) เลือก "Data details" ๒) กรอกระยะห่าง a และ b โดยวัดระยะห่าง จากกล่องความต้านทานกับเครื่อง GD-10 mainframe ๓) คลิก "Measure" เพื่อดูค่ากระแสไฟฟ้า ๔) คำนวณย้อนกลับเพื่อตรวจสอบค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (R0) หน่วย โอห์ม-เมตร (Ohm.m) จากสมการการจัดวางแบบชลัมเบอร์เจ ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๒๕**



รูปที่ ๒-๒๕ วิธีการปรับเทียบเครื่อง GD-10 mainframe

จากนั้นติดตั้งเครื่องมือเพื่อทำการสำรวจ ทั้งนี้ เครื่องมือ Geomative รุ่น GD-10 สามารถสำรวจและแสดงผลการสำรวจได้ ๓ รูปแบบ คือ ๑ มิติ, ๒ มิติ และ ๓ มิติ ดังนั้น ควรเลือกวิธีการติดตั้งเครื่องมือให้เหมาะสมกับลักษณะของพื้นที่และข้อมูลที่ต้องการสำรวจ โดยมีวิธีการติดตั้งเครื่องมือสำรวจ ดังนี้

๑) สำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๑ มิติ วิธีการ ติดตั้ง ให้เชื่อมต่อเครื่อง GD-10 mainframe, อุปกรณ์จ่ายไฟ, ขั้วปล่อยกระแสไฟฟ้า (AB) และ ขั้ววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า (MN) โดยเลือกรูปแบบการจัดวางขั้วไฟฟ้าให้เหมาะสมกับลักษณะ ของพื้นที่และข้อมูลที่ต้องการและสำรวจ ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๒๖**



รูปที่ ๒-๒๖ การติดตั้งเครื่องมือสำรวจรูปแบบ ๑ มิติ

๒) สำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๒ มิติ วิธีการ ติดตั้ง ให้เชื่อมต่อเครื่อง GD-10 mainframe กับ L type cable และ SR-10 switch relay เพื่อเชื่อมต่อไปยัง Multi-electrode cable ดังแสดงในรูปที่ ๒-๒๗ โดยวิธีการสำรวจวัดค่าความ ต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๒ มิติ สามารถติดตั้งเครื่องมือได้หลายรูปแบบ ดังนี้



รูปที่ ๒-๒๗ การเชื่อมต่อเครื่อง GD-10 mainframe, อุปกรณ์จ่ายไฟ, L type cable และ SR-10 switch relay

๒.๑) สำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๒ มิติ โดยวางเครื่อง GD-10 mainframe ไว้กึ่งกลางแนวสำรวจ วิธีการติดตั้ง ให้เชื่อมต่อเครื่อง GD-10 mainframe, อุปกรณ์จ่ายไฟ, L type cable และ SR-10 switch relay จากนั้นใช้คลิปหนีบ ขั้ว CB10 ที่ Multi-electrode cable กับขั้วไฟฟ้าเหล็ก ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๒๘**



ร**ูปที่ ๒-๒๘** การติดตั้งเครื่องมือสำรวจรูปแบบ ๒ มิติ โดยวางเครื่อง GD-10 mainframe ไว้กึ่งกลางแนวสำรวจ

๒.๒) สำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๒ มิติ โดยวางเครื่อง GD-10 mainframe ไว้ด้านใดด้านหนึ่งของแนวสำรวจ วิธีการติดตั้ง ให้เชื่อมต่อเครื่อง GD-10 mainframe, อุปกรณ์จ่ายไฟ, L type cable และ SR-10 switch relay จากนั้นใช้คลิปหนีบ ขั้ว CB10 ที่ Multi-electrode cable กับขั้วไฟฟ้าเหล็ก ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๒๙**



ร**ูปที่ ๒-๒๙** การติดตั้งเครื่องมือสำรวจรูปแบบ ๒ มิติ โดยวางเครื่อง GD-10 mainframe ไว้ด้านใดด้านหนึ่งของแนวสำรวจ

๒.๓) สำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๒ มิติ ด้วยวิธี Rolling Along วิธีการติดตั้ง ให้เชื่อมต่อเครื่อง GD-10 mainframe, อุปกรณ์จ่ายไฟ, L type cable และ SR-10 switch relay จากนั้นใช้คลิปหนีบขั้ว CB10 ที่ Multi-electrode cable กับขั้วไฟฟ้าเหล็ก เมื่อทำการสำรวจแล้วเสร็จ ให้ปิดเครื่อง GD-10 mainframe และย้ายเครื่องไปยัง ตำแหน่งถัดจากแนวก่อนหน้า เพื่อทำการสำรวจแนวต่อไป จากนั้นเปิดเครื่อง GD-10 mainframe และตั้งค่าการสำรวจด้วยวิธี Rolling Along ให้กดเลือก "Property" เลื่อนเพื่อเลือก "Rolling Along" จากนั้นเลือก "Yes,by 1 cable" กรณีใช้สายเคเบิล จำนวน ๑ เส้น และเลือก "Yes,by 2 cables" กรณีใช้สายเคเบิล จำนวน ๒ เส้น ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๓๐** จากนั้นทำการตรวจสอบ Grounding R และวัดค่าการสำรวจ ทำเช่นเดียวกันจนได้ระยะตามที่ต้องการ โดยวิธี Rolling Along survey สามารถติดตั้งเครื่อง GD-10 mainframe ได้ ๒ วิธี ดังนี้

New Test			Battery:12.22V
Task Name:	TS	K160302140617	
Project Name:	Th	e SECOND project	
Zone Name:	B	DFDFEF	T
GPS Position:			
Method:	R	ES_2D	▼
Cable Deploymer	nt: Ca	nventional Res Mode	▼
Array Type:	w	enner p	•
Script:	DI	POLE 24	¥
Start Electrode :			
End Electrode:		E Please select	
Start Layer:		Yes, by 1 cable	
End Layer:		Yes,by 2 cables	
Rolling Along:	No		•
Electrode Spacing	g: 1.(10 m	S
Tx Waveform:	0+	-	
Sampling Interva	al: 50	Hz	
Property 0	Grounding R	Data Details Save	

ร**ูปที่ ๒-๓๐** วิธีการตั้งค่าก่อนสำรวจด้วยวิธี Rolling along

๒.๓.๑) สำรวจรูปแบบ ๒ มิติ ด้วยวิธี Rolling Along โดยติดตั้งเครื่อง GD-10 mainframe ไว้จุดสิ้นสุดของแนวสำรวจ ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๓๑**



รูปที่ ๒-๓๑ การติดตั้งเครื่องมือสำรวจรูปแบบ ๒ มิติ ด้วยวิธี Rolling Along และวางเครื่อง GD-10 mainframe ไว้จุดสิ้นสุดของแนวสำรวจ ๒.๓.๒) สำรวจรูปแบบ ๒ มิติ ด้วยวิธี Rolling Along โดยติดตั้งเครื่อง GD-10 mainframe ไว้จุดเริ่มต้นของแนวสำรวจ ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๓๒**



รูปที่ ๒-๓๒ การติดตั้งเครื่องมือสำรวจรูปแบบ ๒ มิติ ด้วยวิธี Rolling Along และวางเครื่อง GD-10 mainframe ไว้จุดเริ่มต้นของแนวสำรวจ

๓) สำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๓ มิติ วิธีการ ติดตั้งให้ปักขั้วไฟฟ้าครอบคลุมพื้นที่ที่ต้องการสำรวจ โดยวางแนวสำรวจขนานกัน จากนั้นเชื่อมต่อ Multi-electrode cable กับขั้วไฟฟ้าเหล็ก ในรูปแบบตัวเอส (S) ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๓๓**



รูปที่ ๒-๓๓ การติดตั้งอุปกรณ์สำรวจรูปแบบ ๓ มิติ

ษ.๖ การใช้ซอฟต์แวร์ Geomative Studio

เครื่องมือสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ Geomative มีซอฟต์แวร์ Geomative Studio ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๓๙** สำหรับออกแบบการสำรวจ จัดการข้อมูล และแสดงผลการสำรวจ ๓ รูปแบบ ได้แก่ ๑ มิติ, ๒ มิติ และ ๓ มิติ ทั้งนี้ ก่อนการสำรวจสามารถ ออกแบบการสำรวจได้โดยไม่ต้องเชื่อมต่อกับเครื่อง GD-10 mainframe โดยเริ่มจากสร้างโครงการ (Project) และสคริปต์ (Script) เพื่อกำหนดวิธีการสำรวจ จำนวนขั้วไฟฟ้า และระยะห่างระหว่าง ขั้วไฟฟ้า จากนั้นส่งข้อมูลไปยังเครื่อง GD-10 mainframe เพื่อทำการวัดค่า และเมื่อวัดค่าแล้วเสร็จ สามารถส่งข้อมูลกลับไปยังซอฟต์แวร์ Geomative Studio เพื่อจัดการข้อมูลในรูปแบบไฟล์ DAT, Excel และ TXT ซึ่งการสำรวจรูปแบบ ๑ มิติ จะได้ข้อมูลในรูปแบบไฟล์ Excel และ TXT เก่านั้น โดยมีวิธีดำเนินการ ดังนี้



รูปที่ ๒-๓๔ หน้าต่างซอฟต์แวร์ Geomative Studio

๒.๖.๑ การออกแบบการสำรวจ

เริ่มจากเปิดซอฟต์แวร์ Geomative Studio จากนั้นดำเนินการ ดังนี้

๑) สร้างโครงการ (Project) ให้คลิก "Project(P)" เลือก "Main view" จะขึ้น หน้าต่าง "Project manage" จากนั้นคลิก "Project(P)" เลือก "Operate" และ "Create local project" เพื่อสร้างโครงการใหม่ จากนั้นจะขึ้นหน้าต่าง "Project" สำหรับตั้งค่า ต่อไปนี้

- ไอดีโครงการ (Project ID)
- ชื่อโครงการ (Project Name)
- ที่ตั้ง (Location)

- วันที่ (Date)
- ระยะเวลาทำงาน (Duration Days)
- หัวหน้างานโครงการ (Project supervisor)
- ผู้จัดการหน้างาน (On site manager)
- ผู้จัดการโครงการ (Project manager)
- คำถาม-คำตอบ (QA)
- มาตรฐาน (Standard)
- หมายเหตุ (Remark)

จากนั้นคลิก "OK" ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๓๕**



รูปที่ ๒-๓๕ วิธีสร้างโครงการ (Project)

 ๒) สร้างสคริปต์ (Script) ให้คลิก "Script(S)" เลือก "Main view" จากนั้นจะขึ้น หน้าต่าง "Script manage" โดยมุมล่างซ้ายจะปรากฏสคริปต์ จำนวน ๓ เมนู ได้แก่ "1D VES", "2D ERI" และ "3D ERI" ดังแสดงในรูปที่ ๒-๓๖ ซึ่งสามารถเลือกวิธีการสร้างสคริปต์ ได้ดังนี้
 ๒.๑) สร้างสคริปต์ รูปแบบ ๑ มิติ เลือกเมนู "1D VES" บริเวณมุมล่างซ้าย จากนั้นคลิก "Script(S)" เลือก "Operate" และ "New script" จะขึ้นหน้าต่าง "VES script" เลือกรูปแบบการสำรวจที่ต้องการ จากนั้นตั้งค่าสคริปต์ ดังนี้

- ชื่อสคริปต์ (Script Name)
- ชื่อผู้ทดสอบ (Operator)
- วันที่ (Date)
- หมายเหตุ (Remark)
- เลือกวิธีการวางขั้วไฟฟ้า ดังนี้ 4 Pole-VES (4PVES), Dipole VES

(DIPOLE), 3 Pole-VES (3PVES), Mid-gradient, Composite Profiling และ Custom

- ระยะ a หน่วย เมตร
- ระยะ b หน่วย เมตร
- จำนวนครั้งที่วัดค่า (Stacking)

คลิก "Add" เพื่อตั้งค่า จากนั้นคลิก "Save" เพื่อบันทึก หากต้องการลบให้คลิก "Delete" หรือ "Cancel" หากต้องการแก้ไขตัวเลขให้คลิก "Modify" ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๓๗**



รูปที่ ๒-๓๖ วิธีสร้างสคริปต์ (Script)

C Geomative Studio -	[Script manage]		الا الالة script الالة المالية ا
	Main view	nction(F) Language(L) Wil	*Seript Kane: Operator:
Array name	Operate >	New script	4PVES DTFOLE 39VES MEd-gradient Composite Profiling ChSTON
			x = 1/2 * AB = 0 b = 1/2 * AB = 0 Stacking: [1
			Add Modify Dalete
			LE STORY
1D VES 2D ERI 3D ER	IJ		

รูปที่ ๒-๓๗ วิธีสร้างสคริปต์ รูปแบบ ๑ มิติ

๒.๒) สร้างสคริปต์ รูปแบบ ๒ มิติ เป็นการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า

จำเพาะแบบภาพตัดขวาง ด้วยวิธี ERI (Electrical Resistivity Imaging) โดยวิธีนี้เมื่อตั้งค่าเริ่มต้น โปรแกรมจะคำนวณชั้น (Layer) ทั้งหมดที่ได้ตามจำนวนขั้วไฟฟ้าที่กำหนด โดยเลือกเมนู "2D ERI" บริเวณมุมล่างซ้าย จากนั้นคลิก "Script(S)" เลือก "Operate" และ "New script" จะขึ้นหน้าต่าง "2D script" ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๓๘** จากนั้นตั้งค่าสคริปต์ ดังนี้

- ชื่อสคริปต์ (Script Name)
- ชื่อผู้ทดสอบ (Operator)
- วันที่ (Date)
- หมายเหตุ (Remark)
- วิธีการวางขั้วไฟฟ้า (Array): รองรับรูปแบบ wenner a, wenner b,

wenner r, schlumberger, polepole AM, pole-dipole AMN, dipole-pole MNB, dipoledipole, cross-hole dipole, wenner-schlumberger และ custom

- จำนวนขั้วไฟฟ้า (Electrode number)
- วิธีการวัดค่า (Moving-point)
 - ๑. Disorder คือ วัดค่าแบบไม่เรียงลำดับ
 - ๒. By layer คือ วัดค่าเป็นชั้น จากชั้นที่ ๑, ๒, ๓,... ดังแสดงในรู**ปที่ ๒-๓๙**
 - ๓. By rolling section คือ วัดค่าแบบเรียงลำดับเป็นชั้นจ[้]ากซ้ายมือ

ไปขวามือ ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๔๐**

- Channel Index: ใช้ได้ ๑ ช่องทาง

- เลือกหมายเลขชั้นที่วัดค่า (Choose layer): เมื่อคลิก "Create"

จะสามารถเลือก "Layer" สำหรับการวัดค่าได้ โดยชั้นที่เลือกวัดค่าจะแสดงสีเขียว จากนั้นคลิก "Ok" เพื่อบันทึก ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๔๑**

เมื่อตั้งค[้]าเสร็จเรียบร้อย จะขึ้นหน้าต่างตัวอย่างสคริปต์ โดยด้านซ้ายเป็น รายการข้อมูล และด้านขวาเป็นรูปแบบการวัดค่า

C Geomative Studio - [S	cript manage]		2D script			
G File(F) Project(P)	Scrint(S) Device(D) Fu	nction(F) Language(L) Wit (G)	Basic Information		Channel Channel Index	Choose layer
	Script(S) Device(D) I'd	including) canguage(c) ini	*Script Name	Date	Array Single Channel	Layer: 0 0
S 3	Main view		Operator	1/1//2023 •		Save
Array name	Operate >	New script	Operator	Demark .	Liectrode number	OK Cancel
		Create non-standard scripts	1			
					Disorder	
					Disorder	
			ID A B M N	K Stack L	By layer	
					By rolling section	
			<	>		
1D VES 2D FRT 3D ERI	1					
LAR. ANA.	5	1		22		
				11		

รูปที่ ๒-๓๘ วิธีสร้างสคริปต์ รูปแบบ ๒ มิติ

2D sc	ipt										-	σ	×
Basic	Info	rmat	ion							Channel Choose laver			
+50%	of N	ame				Date				Array Channel Index Create			
- String		anne		_	_	2/ 1/20	23 .			Wenner(alpha) + Signle-Channel Layer: 1 15 Save			
1.000						1 4/ 1/20							
Oper	ator	_				Remark				Electrode number OK Cancel			
										48			
										Moving-point			
										Dy layer -			
10	-				0	×.	Death	1.1000	-				
10	-	A	M	N	0	K	SEACK	Layer	12	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48			
No 1	4	1	2	5	4	6.283185		1	- 11				
		2	0	1	8	0.283185		1	1.00		1		
HE .	-	3	10	11	14	0.263185		1			2		
		13	14	15	10	6.285185		1			3		
	-	11	18	19	20	6.285185		1			4		
		21	22	25	24	0.283185	1	1			5		
		0	20	21	28	6.285185		1			6		
	8.—B	29	30	31	32	6.283185	1	1			7		
N a	2 3	33	34	35	36	6.283185	1	1			6		
1	0	37	38	39	40	6.283185	1	1			9		
1	1	41	42	43	44	6.283185	1	1			10		
1	2	45	-46	47	48	6.283185	1	1			11		
1	3	2	3	4	5	6.283185	1	1			12		
1	4	6	7	8	9	6.283185	1	1			13		
1	5	10	11	12	13	6.283185	1	1					
1	5	14	15	16	17	6.283185	1	1			15		
1	7	18	19	20	21	6.283185	1	1		L Surger L			
1	8	22	23	24	25	6.283185	1	1					
2 1	9	26	27	28	29	6.283185	1	1					
2 2	0	30	31	32	33	6.283185	1	1					
2	1	34	35	36	37	6.283185	1	1					
2	2	38	39	40	41	6.283185	1	1					
2	3	42	43	44	45	6.283185	1	1					
2	4	3	4	5	6	6.283185	1	1					
2	5	7	8	9	10	6.283185	1	1					
2	6	11	12	13	14	6,283185	1	1					
2	7	15	16	17	18	6,283185	1	1					
2 2	8	19	20	21	22	6.283185	1	1					
	0	22	24	25	26	6 383185	1	1	Ψ.				
121. 6	1	67.	-04	63	5.0	9-603103		- L					

รูปที่ ๒-๓๙ ตัวอย่างสคริปต์ รูปแบบ ๒ มิติ วัดค่าแบบ By layer



ร**ูปที่ ๒-๔๐** ตัวอย่างสคริปต์ รูปแบบ ๒ มิติ วัดค่าแบบ By rolling section



รูปที่ ๒-๔๑ ตัวอย่างสคริปต์ รูปแบบ ๒ มิติ กรณีเลือกหมายเลขชั้นที่ต้องการวัดค่า

๒.๓) สร้างสคริปต์ รูปแบบ ๓ มิติ โดยเลือกเมนู "3D ERI" บริเวณมุมล่าง
 ซ้าย จากนั้นคลิก "Script(S)" เลือก "Operate" และ "New script" จะขึ้นหน้าต่าง "3D script"
 ดังแสดงในรูปที่ ๒-๔๒ จากนั้นตั้งค่าสคริปต์ ดังนี้

- ชื่อสคริปต์ (Script name)
- วันที่สร้างสคริปต์ (Date)
- หมายเหตุ (Remark)
- ชื่อผู้ทดสอบ (Operator)

- วิธีการวางขั้วไฟฟ้า (Array): รองรับรูปแบบ Pole-Pole, Pole-Dipole,

Dipole-Dipole, Schlumberger, WennerAlfa, WennerBeta, Mid-Gradient-Scan, landfill1 และ landfill2

- วิธีการวัดค่า (Measurement method): Cross-Diagonal

Cross-Measurement

- ระยะขั้วไฟฟ้า (Pole Distance): แกน X และแกน Y
- ข้อมูลกริด (Grid Info): ขนาดกริด (Grid Size) แกน X และแกน Y ระยะซ้อนทับกริด (Grid Offset) แกน X และแกน Y
- จำนวนครั้งที่วัดค่า (Stacking)
- ทิศทางวางสายเคเบิล (Cable Direction): แกน X แกน Y



รูปที่ ๒-๔๒ การสร้างสคริปต์ รูปแบบ ๓ มิติ

เมื่อออกแบบการสำรวจแล้วเสร็จ ให้เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับเครื่อง GD-10 mainframe เพื่อส่งข้อมูลการออกแบบการสำรวจไปยังเครื่อง GD-10 mainframe เมื่อขึ้นหน้าต่าง แสดงการเชื่อมต่อ ให้คลิก "Ok" ดังแสดงในรูปที่ ๒-๔๓ จากนั้นจะขึ้นหน้าต่าง "Synchronization" ให้คลิก "New project" ที่มุมล่างซ้าย จะขึ้นหน้าต่าง "Project" ให้คลิก "√" ที่กล่องข้อความ หน้าตัวเลข แล้วคลิก "Download" เมื่อขึ้นหน้าต่างยืนยัน ให้คลิก "OK" จะปรากฏโครงการ ที่เลือกบนรายการ "Project in GD-10 mainframe" ดังแสดงในรูปที่ ๒-๔๔ จากนั้นเลือกเมนู "Script" เพื่อเปลี่ยนไปยังหน้าต่างสคริปต์ จะปรากฏสคริปต์บนรายการ "Script in Geomative Studio" ให้เลือกสคริปต์ที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ ๒-๔๕ จากนั้นคลิก "Download" หากดาวน์โหลด สำเร็จ จะแสดงในรายการ "Script in GD-10 mainframe" และถูกระบุใน "Is synchronized" ว่า "Yes" หากสคริปต์เคยดาวน์โหลดไว้แล้วจะแสดงว่า "No" ดังแสดงในรูปที่ ๒-๔๖ และหาก

ต้องการลบ ให้เลือกสคริปต์ที่ต้องการ จากนั้นคลิก "Delete script" เมื่อขึ้นหน้าต่างยืนยันให้คลิก "Yes" ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๔๗**



ร**ูปที่ ๒-๔๓** การยืนยันการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับเครื่อง GD-10 mainframe



ร**ูปที่ ๒-๔๔** การเลือกโครงการเพื่อส่งข้อมูลไปยังเครื่อง GD-10 mainframe



ร**ูปที่ ๒-๔๕** การเลือกสคริปต์เพื่อส่งข้อมูลไปยังเครื่อง GD-10 mainframe

								The second s							-
stal GD-10 as	107-10- 1381.6	2020016					(0)	Converted GD-10 a	sinfran SR16	222016					
Seriet								Tuck Seriet							
ipt in Second	ive Statuio							Swigt in Sema	tive Statio						
mişt sone 19	Scrigt type 20 BMI	Electrods number 24	Point confer 84	Operator	Create date 2016-09-13	Berark		Srcipt anne SPD	Scrigt type 20 BM	Electrods number 24	Print outlier N	Operator	Create date 2010-09-13	Seeark	
			for last					- Carlos la Parto	a la france	[Devaluad				
spekroni ted	Snigt ane	Script type	Script II					lis syckronized	Serigt same	Script type	Script II				
	terevery seciet.	VES	VESO18339581006	4183A/NEW/SERVERSE	167. scr			Ba	tesperary seript(VES	783018339580006	4183A296A268683	7967. sor		
	1714	34 137	107548043041044	425330200 a TERMIST	NA COF			50	1704	34 131	107544043042042044	4258382034758945	204. ccr		
	p d	38 252	101040308583000	44329104330030182	LBS. per			2b	pd	38 197	TRIONOPHERS CLO	44229/0A130C3C18	2.85. per		
	2 65,70	38 537	TETRAPEAPORALES	411439CCF71601790 4000001134003000840	DAX SOF			No.	1.000	38 597	THIS AREA PERAIPS	41145900071601708	DAX NOT		
	1.000	28 132	BTHE STORAGE	4/3000000177942182	NJ NOT			Sin .	146	26 127	187345303054343	4CECREROCCETERS/TR	267		
	480		101000743406303	410/2000/07/200291	777. scr			Sta	30dw	38 137	107070743406303	410/200021750009	777. sca		
	ater vill vill	28 131			1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1		Dullate a				THE PARTY OF THE PARTY OF THE	THE PROPERTY AND ADDRESS	1 / 1 / 1 / 1 / 1 / 1 / 1 / 1 / 1 / 1 /		[7] [2]
	shee shee splet	38 131	111464357071929	4054960310728.6099	LAN DOP		Taleca				and some start and start and start				1.43

ร**ูปที่ ๒-๔๖** การส่งข้อมูลสคริปต์ไปยังเครื่อง GD-10 mainframe

×
1

รูปที่ ๒-๔๗ การลบสคริปต์

๒.๖.๒ การวัดค่าและส่งออกข้อมูล

เครื่อง GD-10 mainframe ปัจจุบันใช้เวอร์ชั่น V1.3.0.1 I V1.1.0.0 เมื่อเปิดเครื่อง จะแสดงหน้าจอหลัก ซึ่งประกอบด้วยเมนู "Device", "Project", "Script" และ "Cable Leader" ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๙๘** เมื่อติดตั้งเครื่องมือและออกแบบการสำรวจแล้วเสร็จ สามารถวัดค่าและ ส่งออกข้อมูลได้ ดังนี้

๑) ตรวจสอบทิศทางและจำนวนของ SR-๑๐ switch relay โดยก่อนเริ่มการสำรวจ ให้เข้าหน้าจอหลักของการจัดการที่เครื่อง GD-10 mainframe จากนั้นเลือกเมนู "Cable Leader" และกด F2 เพื่อเข้าสู่หน้าจอหลักการจัดการโครงการ และกด F3 เพื่อเข้าสู่หน้าจอหลักการจัดการ สคริปต์ โดยสามารถกด F3 เพื่อเข้าสู่หน้าจอหลักสำหรับตรวจสอบการเชื่อมต่อของ Cable leader ได้



ร**ูปที่ ๒-๔๘** หน้าจอหลักของเครื่อง GD-10 mainframe

๒) คุณสมบัติของเครื่องมือ (Property) และตั้งค่าพารามิเตอร์สภาพแวดล้อม (Environmental parameters) โดยเข้าหน้าจอหลักของการจัดการเครื่องมือ จากนั้นกดลูกบิด บนเครื่อง GD-10 mainframe เพื่อเข้าสู่หน้าจอการจัดการ จะแสดงคุณสมบัติของเครื่องมือ (Property) จากนั้นกด F2 เพื่อเข้าสู่หน้าจอสภาพแวดล้อม (Environment) ซึ่งสามารถตั้งค่า ตำแหน่ง GPS (GPS position), ชนิดของสายเคเบิล (Cable type), ภูมิอากาศ (Weather), ลม (Wind), อุณหภูมิ (Temperature), ความชื้น (Humidity) เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ ๒-๔๙

jack's dev-Proper	ty			jack's dev-Env	ironment			E	attery:12.2
Device descript:	ja	ck's dev	9	Date/Time:	:	2016/06/14			୍
Device model:	G)-10		GPS position:	1	Update device for	GPS please		
Series No.:	SM	114191001		Cable type:	:	30 single take-out	3		N
Hardware version	: V1	.3.0.1		Weather:					₹
Software version:	V1	.1.0.0		Wind:					•
Digit format:	Br	itish system		Temperature:		9999.00			
Temperature:	Fa	hrenheit		Humidity:					
Industrial frequen	cy: 50	HZ		Rg threshold (ohm): I	0			
Mains voltage:	22	0V		Low power ala	irm: i	Open			•
Battery voltage:	12	.22V							
Metric:	M	etric							
Time zone:	EC	18							
Memory:									
						_			
Property E	invironment	Switch Box		Property	Environment	Switch Box			

รูปที่ ๒-๔๙ หน้าจอแสดงคุณสมบัติของเครื่องมือ และตั้งค่าพารามิเตอร์สภาพแวดล้อม

๓) สร้างงาน (Task) รูปแบบ ๒ มิติ ให้กดลูกบิดบนเครื่อง GD-10 mainframe เพื่อไปยังหน้าจอหลักของโครงการ เลือกเข้าสู่หน้าจอคุณสมบัติของโครงการ จากนั้นกด "Menu" เลือก "Project" และเลือก "New test" จะแสดงหน้าจอคุณสมบัติของโครงการใหม่ ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๕๐** จากนั้นตั้งค่างาน ดังนี้

- ชื่องาน (Task name)
- ชื่อโครงการ (Project name)
- ตำแหน่ง GPS (GPS position)
- วิธีการสำรวจ (Method)
- วิธีติดตั้งสายเคเบิล (Cable deployment)
- วิธีการอ่านค่าของการวางขั้วไฟฟ้า (Array type)
- เลือกสคริปต์ (Script)
- เลือกขั้วไฟฟ้าที่ไม่ต้องการอ่านค่า (Skip electrodes)
- เลือกขั้วไฟฟ้าตัวแรกที่อ่านค่า (Start electrode)
- เลือกขั้วไฟฟ้าตัวสุดท้ายที่อ่านค่า (End electrode)
- เลือกชั้นแรกที่อ่านค่า (Start layer)
- เลือกชั้นสุดท้ายที่อ่านค่า (End layer)
- วิธีการสำรวจแบบ Rolling along (Rolling along)
- จำนวนครั้งที่วัดค่า (Stacking)
- ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้า (Electrode spacing)

Project		Battery:1	New test		Battery:12.22V
Project name	Location Cre	ated date (G)	Task name:	T160906001	0
1 test project	Please select		Project name:	test project	
2 zhu22	New test		GPS position:		
3 ss	Sort by created date		Method:	RES_2D	▼
	Sort by name		Cable deployment:	Conventional Res Mode	
			Array type:	Wenner a	•
			Script:	w36	▼
			Skip electrodes:	0	▼
			Start electrode:	1	▼
			End electrode:	36	▼
			Start layer:	1	▼
Project name: test project	On-site manager:		End layer:	11	▼
Remark:	Project manager:		Rolling along:	Yes,by 1 cable	▼
Location: Date: 2016/05/17 (Quality supervisor: 00:00:00 Standard:		Stacking:	As Script	
Duration (Days): 10 days	otionoo otanaarar		Electrode spacing:	0.00 m	
Project supervisor:			T× Waveform:	0+0-	
Device Project	Script Last Test	New te	Property Ground	ing R To default Update	Save Cancel

รูปที่ ๒-๕๐ การสร้างงาน รูปแบบ ๒ มิติ

๔) วัดค่า Grounding R เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อระหว่าง Multi-electrode cable, ขั้วไฟฟ้าเหล็ก และชั้นดินบริเวณที่ปักขั้วไฟฟ้า มีวิธีการตรวจสอบ ดังนี้ ดังแสดงในรูปที่ ๒-๕๑
 ๔.๑) เลือกบันทึกการทดสอบใหม่ (New Test) จะปรากฏข้อความยืนยัน

ให้กดตำแหน่งใดก็ได้ ข้อความยืนยันจะหายไป จากนั้นกด F2 เพื่อเข้าสู่หน้าจอการทดสอบ "Grounding R" ให้กด "Menu" และเลือก "Re-measure all electrodes"

๔.๒) หากไม่สามารถตรวจสอบ Grounding R ได้ หรือมีการแจ้งเตือนว่า "open circuit" ให้ตรวจสอบการเชื่อมต่อระหว่าง Multi-electrode cable กับขั้วไฟฟ้าเหล็ก จากนั้นกด "Menu" เพื่อตรวจสอบอีกครั้ง

๔.๓) หาก Grounding R แจ้งเตือนว่า "too larger" ให้เทน้ำลงไปบริเวณ ขั้วไฟฟ้าเหล็ก หรือตอกขั้วไฟฟ้าเหล็กให้ลึกลงอีก เพื่อลด "Grounding resistance" จากนั้นกด "Menu" เพื่อตรวจสอบอีกครั้ง

New test				test p	roject-T16(927002				Batt	ery:12.22V	1
Task name:	T	60927001	(9)	ID	Connect s	status P1	Rg		I	Measured Time	Тар	6
Project name:	te	st project		1				😑 PI	ease select			
GPS position:	N	22.553672 E113.9372		2				Re-m	neasure all electr	odes		
Method:	D Sustan in	ES 2D		3				Re-m	ieasure current e	lectrode		
Cable deployn	ier system m	Iormation		4				Re-m	ieasure current c	able		
Array type:	Create su	ccessfully.		5				Previ	ious cable			
Script:				6				Next	cable			
skip electrode	s: 0			7				Ignor	red tap			
Start electrode	: 1			8				Sort	by P1 Rg			
End electrode:	60)		9				5010	by r z rtg			
Start layer:	1			10								
End layer:	43	3		11								
Rolling along:	N	D		12								
Stacking:	As	s Script		13								
Electrode spa	ing: O.	50 m		14								
Tx Waveform:	0+	+0-		15	_							
Property	Grounding R	Data details		Pro	perty	Grounding	j R 🛛 Data d	letails	All Elec	Current Elec		

ร**ูปที่ ๒-๕๑** การวัดค่า Grounding R

๕) วัดค่าข้อมูล (Data measurement) หลังจากตั้งค่างานใหม่และตรวจสอบ Grounding R ให้กดเมนูตั้งค่างาน/โครงการใหม่ () บริเวณด้านซ้ายของเครื่อง GD-10 mainframe และเลือก "Continue to measure" เพื่อเริ่มการวัดค่าข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ ๒-๕๒ โดยการวัดค่ารูปแบบ ๒ มิติ จะได้ภาพตัดขวางเทียมของสภาพใต้ผิวดิน (Pseudosection) แสดงด้วยสีของช่วงค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏ และภาพตัดขวางแสดงตำแหน่งวัดค่า ความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (Profile Graph) โดยแกน X คือ ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า และแกน Y คือ หมายเลขชั้น ดังแสดงในรูปที่ ๒-๕๓

test proj	ect-T16	09270	02					Bat	tery:12.22V
ID	в	Α	м	Ν	V/m\	/	l/mA	R0/ohm.m	SP/mV
1	1	2	3	4	😑 PI	ease seleo	ct		
2	1	2	4	5	Re-m	easure cu	rrent Po	pint	
3	1	2	5	6	Conti	nue to mea	asure		
4	1	2	6	7	Re-m	easure all	Points		
5	1	2	7	8	Deca	y curve			
6	1	2	8	9	Add a	rolling se	ction		
7	1	3	10	12	Be cu	irrent rollir	ng sect	ion	
8	1	3	11	13					
9	1	3	12	14					
10	1	3	13	15					
ID 1		V/mV			I/mA		R0/ohr	n.m	
Prope	erty	Grou	nding F	۹ (Data details	Section (graph	Profile graph	Measure current

รูปที่ ๒-๕๒ การวัดค่าข้อมูล รูปแบบ ๒ มิติ



ร**ูปที่ ๒-๕๓** (ก) ภาพตัดขวางเทียมของสภาพใต้ผิวดิน (Pseudosection) (ข) ภาพตัดขวางแสดงตำแหน่งวัดค่า (Profile Graph)

๖) ส่งออกข้อมูล จากเครื่อง GD-10 mainframe ไปยังซอฟต์แวร์ Geomative studio โดยเชื่อมต่อเครื่อง GD-10 mainframe กับคอมพิวเตอร์ และคลิก "Function-Synchronization" ที่ซอฟต์แวร์ Geomative studio จะปรากฏหน้าต่าง "Synchronization" ให้เลือกโครงการที่ต้องการจากช่องรายการ "Project in GD-10 mainframe" บริเวณด้านซ้าย จากนั้นจะปรากฏข้อมูลโครงการที่ช่องรายการ "Task in GD-10 mainframe" บริเวณด้านขวา ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๕๔** ให้เลือกไฟล์ข้อมูลที่ต้องการส่งออก และคลิก "Add" เพื่อส่งข้อมูลไปยัง ช่องรายการ "Task upload to Geomative studio" จากนั้นเลือกไฟล์ข้อมูล และคลิก "Upload" เพื่อส่งไฟล์ข้อมูลไปยัง Geomative Studio ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๕๕**

้<u>หมายเหตุ</u> ระหว่างการส่งข้อมูล หากคลิก "√" ที่ด้านหน้ากล่องไฟล์ข้อมูล ไฟล์จะถูกลบโดยอัตโนมัติ หลังเสร็จสิ้นการส่งข้อมูล

Synchronization	SNI 61 620023	୭	Connected 60-10 mainframe	38161520023		<u>.</u>]		- 0	૯
Tusk Seript			Taak Script							
Frejest in 60-10 maintrame.	Tash in GP-10 mainfrance: Ts synchronized Test Name 3 <	Text n	Project in 60-10 each rest.	Tak in GP-10 max <u>Is systemized</u> Bo Bo Bo Bo Bo Bo Bo Bo Bo C Tark mlosked to	Infrare: Test Name T16009000 T160001000 T160001000 T160001000 T160001000 T160001000 T160001000 T160001000 T160001000 Geometrive Studie:	Test method Resistivity Induced po. Induced po. Induced po. Induced po. Resistivity Induced po. Induced po.	Serigt type VES 20 ERI 20 ERI	Create date 2016-00-29 2016-09-07 2016-09-07 2016-09-07 2016-09-07 2016-09-07 2016-09-07 2016-09-07 2016-09-07 2018-09-07	Create ti 12:57:56 10:58:38 10:50:29 10:36:45 10:34:12 09:56:17 09:51:34 09:37:56 09:35:53 09:24:28 1 Dele	*** ^
	Test Fune Test nethed	1		Test Hume	Test method	Script	type Cre	nato dato [ireste tine	,
New project Delete project	J		New project Delete project	•				Upl o	ad Dele	te

รูปที่ ๒-๕๔ การเชื่อมต่อเพื่อส่งออกข้อมูล

3 Synchronization			0	Synchronization				- 0]e
Connected GD-10 mainframe	58161520023			Connected 60-10 mainframe	[SW161520023	<u>×</u>	l		
Taak Script Project in GD-10 mainframe:	Task in GD-10 main	frane.		Task Snript Project in 60-10 mainframe:	Task in 68-10 mainframe				
- test project	Tx ruchranized Tx 10 10 80 1 80 1 80 1 80 1 80 1 80 1 80 1 80 1 80 1 80 1 80 1 80 1 80 1 80 1 80 1 6 1 Task uploaded to 6	est Hune Text (concervation Party (concervation Party) (concervation Par	asthod Script typ- structure 122 Script	fest projert	Is spellermixed Test H B Fill Fill B TISSOO Fill S TISSOO Fill C Task uplaaded to Generat Fester	me Text sethod 2001 Desistivity 2009 Endered po 2008 Endered po 2006 Endered po 2006 Endered po 2007 Endered po 2007 Endered po 2007 Endered po 2008 Endered po 2008 Endered po 2008 Endered po 2008 Endered po 2009 Endered po 2000 Endered	Script type Create dat VES 2016-00-00 23 EEI 2016-00-00	Create ti 12:57:55 10:50:30 10:30:30 10:36:45	ine A J
	Text Has	Text nothed	Seript type Cre		C	tert nathad Soviet n Inisticity (1975)	os locatedate (2016-00-29	frasta vina 12.57:55	,

รูปที่ ๒-๕๕ การเลือกไฟล์เพื่อส่งออกข้อมูล

๗) การดูข้อมูลและแก้ไขข้อมูล ไฟล์ข้อมูลที่ถูกส่งมาจากเครื่อง GD-10 mainframe จะถูกจัดเก็บในฐานข้อมูลของซอฟต์แวร์ Geomative Studio ซึ่งสามารถดูข้อมูล และแก้ไขข้อมูลได้ที่หน้าจอการจัดการโครงการ โดยเลือก "Project-Main view" จะขึ้นหน้าต่าง "Project manage" ให้เลือกไฟล์ข้อมูลจากรายการบริเวณด้านซ้าย รายละเอียดข้อมูลจะปรากฏ ที่บริเวณด้านขวา ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๕๖**

Ref. Project(P) script(s) De	vice(D) Function(F) Windows(W) Help(H)											. 6
	^ Task name T160824003	A(C1)	B(C2)	M(P1)	N(P2)	Stacking	K	I(mA)	V(m)	V) R(Ω)	R0(Ω*m	0
T160824003	Device series No SN160520020	1	4	2	3	1	6.283200	4 985573	10028 2353	2 2011 450928	12638.31738	3
T160824001	Script name WA65	2	5	3	4	1	6 283200	4 980423	10028 09668	2013 503052	12651 20006	1
N	Script type 3D FRT	2	6	4	5		6 202200	4 005004	10027 04140	2011 262226	13627 12476	à
У	Test method Resistivity	12	0		10		6 203200	4.903094	10027.94140	2011.202325	12037-13470	2
T160824011	Array tupe WapperAlfa	12	9	10	10		6.283200	4.983033	10027.84175	2012.397093	12044.20307	2
T160824010	Electrode sumber 20	11	8	10	9	1	6.283200	4.981980	10027.70800	2012./95//0	12040./08553	2
T160824007	Electrode number 30	10	7	9	8	1	6.283200	4.979462	10027.69921	2013.811768	12653.15136	1
T160824005	Point number 54	13	16	14	15	1	6.283200	4.986649	10027.58789	2010.887085	12634.77539	1
T160824004	Channel number 1	14	17	15	16	1	6.283200	4.981385	10027.57421	2013.009155	12648.10937	5
PP54X	Stacking number 0	15	18	16	17	1	6.283200	4.983330	10027.42578	2012.193848	12642.98437	5
2P542	Tx waveform 0+0- Tx	24	21	23	22	1	6.283200	4.982232	10027.37109	2012.626221	12645.70410	2
DDOGA DDGEN	Tx frequency	23	20	22	21	1	6.283200	4.982827	10027.29980	05 2012.371582	12644.10351	6
SLEAX	Power frequency 50Hz	22	19	21	20	1	6.283200	4,984429	10027.35449	2 2011.735840	12640,10839	8
SLEEY	Cable deployment Conventional Res Mode	25	28	26	27	1	6,283200	4.983284	10027,16601	6 2012,160278	12642.77343	ļ
T160824012	Electrode spacing 1.00.3.00	26	20	27	28	1	6 283200	4 979783	10027 15030	2013 571777	12651 64453	į
T160824018	Weather	27	20	20	20		6 203200	4.0000016	1002715010	0 2012 107012	12642.04225	
	Wind	21	30	28	29	1	0.283200	4.983210	10027.16210	2012.16/012	12042.94333	į
1100829035	Wind Dame	1	24	12	13	1	18.849000	4.982506	10027.17085	/8 2012.475464	3/934.2/343	i
160829033	Temperature 34.75	<										
T160829031	Latitude 0				Le.			1.0.1	1.0			i
T160829030	Humidity	Electroc	te iD	/1 Kg(L)	Status		P2 Kg(L)	Status	11	est date	est time	l
T160829028	Create date 2016-08-24	1										
FanTestVell	Create time 10:48:41	2										
1160401020	Test date 2016-08-24	3										
160901017	Test time 10:48:41	4										
T160901016	Operator	5										
160901015	04	6										
T160901014		7										
1160901010		1										
160901009		- C										
T160901008		9										
160901007		10										
T160901006		11										
1160905007		12										
t project		13										
T160905002		14										
T160905004		15										
T160906004		16										
T160906005	1031											

รูปที่ ๒-๕๖ การดูข้อมูลและแก้ไขข้อมูล

๘) การส่งออกข้อมูล (Export data) สามารถส่งออกไฟล์ข้อมูลได้ ๓ รูปแบบ คือ DAT, Excel และ Txt สำหรับการสำรวจรูปแบบ ๒ มิติ ข้อมูลไฟล์ DAT สามารถถูกแปลงโดยใช้ ซอฟต์แวร์ Res2DInV ได้โดยตรง วิธีการส่งออกข้อมูลมี ๒ วิธี ดังนี้ ดังแสดงในรูปที่ ๒-๕๗

๘.๑) คลิกเลือกไฟล์ข้อมูลบริเวณด้านซ้าย จากนั้นคลิกขวา เลือก "Export Data"

ส.๒) คลิก "Project(P)" เลือก "Operate" และ "Export Data"

จากนั้นเลือกโฟลเดอร์เพื่อจัดเก็บข้อมูล (File Path) โดยคลิกที่ "Browse" และเลือกรูปแบบการส่งออกไฟล์ข้อมูล (File Type) โดยคลิก "√" ที่หน้ากล่องข้อความ "Dat", "Excel" หรือ "Txt" จากนั้นคลิก "Done" จะขึ้นหน้าต่างยืนยัน ให้คลิกยืนยันเพื่อส่งออกข้อมูล ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๕**๘

▲										
Task name	T160908001	A(C1)	B(C2)	M(P1)	N(P2)	Stacking	К	I(mA)	V(mV)	
Device series No	SN160520027	3	12	6	9	1	188.495605	2.818604	1897.113770	126
Delete data	21	3	15	7	11	1	251.327393	2.823970	1897.235962	167
Export Data	2D ERI	2	11	5	8	1	188.495605	2.822749	1896.642090	125
Export Orginial Data	Induced polarization	3	9	5	7	1	125.663696	2.822647	1896.723267	83
en e	Wenner(alpha)	4	7	5	6	1	62.831799	2.820816	1896.726929	41
Electrode number	24	11	23	15	19	1	251.327393	2.821134	1896.820679	168
Point number	84	12	21	15	18	1	188.495605	2.821923	1896.842285	125
Channel number	1	13	19	15	17	1	125.663696	2.822088	1896.894897	83
Stacking number	0	14	17	15	16	1	62.831799	2.819113	1896.944702	42
Tx Wavelorm	+0-0 1x	13	16	14	15	1	62.831799	2.819596	1896.577026	42
1x frequency	0.125Hz	2	14	6	10	1	251.327393	2.821312	1897.059692	168
Power frequency	50Hz	12	18	14	16	1	125.663696	2.821211	1896.612061	83
Cable deployment	Conventional IP Mode	4	10	6	8	1	125.663696	2.821376	1897.143433	84
Electrode spacing	10.00	5	8	6	7	1	62.831799	2.824237	1897.140625	41
Weather		12	24	16	20	1	251.327393	2.822024	1897.170532	167
Wind		12	22	16	10	1	188 /05605	2 824478	1807 107021	125
Temperature	32.56				,					
Latitude	0	Electrod	le ID P	1 Rg(Ω)	Status		P2 Rg(Ω)	Status	Test da	nte
Humidity	r	1								
Create date	2016-09-08	2								
Create time	14:01:48	3								
Test date	2016-09-08	4								
Test time	14:01:48	5								
Operator		6								
QA		7								
Operate > Delet	te data	A(C1)	B(C2)	M(P1)	N(P2)	Stacking	К	I(mA)	V(mV)	
pr Operate > Delevit 20 203001 Expo	te data rt Data	A(C1) 3	B(C2)	6 M(P1)	N(P2) 9	Stacking 1	K 188.495605	I(mA) 2.818604	V(mV) 1897.113770	12
pr 60 00001 Device 50 00001 Expo Expo	te data rt Data rt Orginial Data	A(C1) 3 3	B(C2) 12 15	M(P1) 6 7	N(P2) 9 11	Stacking 1 1	K 188.495605 251.327393	I(mA) 2.818604 2.823970	V(mV) 1897.113770 1897.235962	12
pr Operate > Dele 20 200001 C Expo Expo	te data rt Data rt Orginial Data	A(C1) 3 2 2	B(C2) 12 15 11	M(P1) 6 7 5	N(P2) 9 11 8	Stacking 1 1 1	K 188.495605 251.327393 188.495605	I(mA) 2.818604 2.823970 2.822749	V(mV) 1897.113770 1897.235962 1896.642090	12 16 12
pr Operate Dele 00 (00001) Concernent Service Concernent Service	te data nt Data nt Orginial Data Induced polarization	A(C1) 3 3 2 3	B(C2) 12 15 11 9	M(P1) 6 7 5 5 5	N(P2) 9 11 8 7	Stacking 1 1 1 1 1	K 188.495605 251.327393 188.495605 125.663696	I(mA) 2.818604 2.823970 2.822749 2.822647 2.822647	V(mV) 1897.113770 1897.235962 1896.642090 1896.723267	12 16 12 8
pr 0 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000	te data nt Data nt Orginial Data Induced polarization Wenner(alpha)	A(C1) 3 2 3 4 11	B(C2) 12 15 11 9 7	M(P1) 6 7 5 5 5 5 5	N(P2) 9 11 8 7 6	Stacking	K 188.495605 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327202	I(mA) 2.818604 2.823970 2.822749 2.822647 2.820816 2.821124	V(mV) 1897.113770 1897.235962 1896.642090 1896.723267 1896.726929	12 16 12 8 4
pr 20 0001 Certe Expo	te data nt Data nt Orginial Data Induced polarization Wenner(alpha) 24 24	A(C1) 3 2 3 4 11 12	B(C2) 12 15 11 9 7 23 21	M(P1) 6 7 5 5 5 5 15 15	N(P2) 9 11 8 7 6 19	Stacking 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	K 188.495605 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393	I(mA) 2.818604 2.823970 2.822749 2.822647 2.820816 2.821134 2.8212134	V(mV) 1897.113770 1897.235962 1896.642090 1896.723267 1896.726929 1896.820679	12 16 12 8 4 16
pr 00 00001 C Expc C	te data vrt Data Induced polarization Wenner(alpha) 24 84	A(C1) 3 3 2 3 4 11 12 12	B(C2) 12 15 11 9 7 23 21 10	M(P1) 6 7 5 5 5 5 5 15 15 15	N(P2) 9 11 8 7 6 19 18	Stacking 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	K 188.495605 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 188.495605	I(mA) 2.818604 2.823970 2.822749 2.822647 2.820816 2.821134 2.821923 2.832089	V(mV) 1897.113770 1897.235962 1896.642090 1896.723267 1896.726929 1896.820679 1896.842285	12 16 12 8 4 16 12
pr 0 00001 Event Expo Expo Electrode number Channel number Channel number	te data vrt Data Induced polarization terner(alpha) 24 84 1 0	A(C1) 3 2 3 4 11 12 13 14	B(C2) 12 15 11 9 7 23 21 19 17	M(P1) 6 7 5 5 5 5 5 15 15 15 15 15	N(P2) 9 11 8 7 6 19 18 17 16	Stacking	K 188.495605 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 188.495605 125.663696 62.931790	I(mA) 2.818604 2.823970 2.822749 2.822647 2.820816 2.821134 2.821923 2.822088 2.811132	V(mV) 1897.113770 1897.235962 1896.642090 1896.723267 1896.723267 1896.726929 1896.820679 1896.842285 1896.894897	12 16 12 8 4 16 12 8
pr 60 0001 Delete Expo	te data rt Orginial Data Induced polarization Wenner(alpha) 24 84 1 0 400 Ty	A(C1) 3 2 3 4 11 12 13 14 12	B(C2) 12 15 11 9 7 23 21 19 17 16	M(P1) 6 7 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5	N(P2) 9 11 8 7 6 19 18 17 18 17 16	Stacking 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	K 188.495605 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 c3.032700	I(mA) 2.818604 2.823970 2.822749 2.822647 2.820816 2.821134 2.821923 2.822088 2.819113 2.819566	V(mV) 1897.113770 1897.235962 1896.642090 1896.723267 1896.723267 1896.820679 1896.820679 1896.842285 1896.894897 1896.944702 2006 572005	12 16 12 8 4 16 12 8 4 16 12 8 4
pr 20 20001 Certer 20 20001 Certer Canada Array type Electrode number Channel number Channel number Tx waveform Tx waveform Tx maveform	te data trt Data trt Orginial Data Induced polarization Wenner(alpha) 24 84 1 0 + 0-0 Tx 0 125Hz	A(C1) 3 2 3 4 11 12 13 14 13 2	B(C2) 12 15 11 9 7 23 21 19 17 16 14	M(P1) 6 7 5 5 5 5 15 15 15 15 15 15 15 15 15 4 4	N(P2) 9 11 8 7 6 19 18 17 16 15 10	Stacking	K 188.495605 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 62.831799 62.831799 54.372303	I(mA) 2.818604 2.823970 2.822749 2.822647 2.820816 2.821134 2.821923 2.822088 2.819113 2.819596 2.831343	V(mV) 1897.113770 1897.235962 1896.642090 1896.723267 1896.72629 1896.82679 1896.842285 1896.844897 1896.944702 1896.944702	12 16 12 8 4 16 12 8 4 4 4 4
pr 00 00001 Certer Expo Control Control Con	te data rt Orginial Data Induced polarization Wenner(alpha) 24 84 1 0 0 + 0-0 Tx 0.125Hz 50H+	A(C1) 3 2 3 4 11 12 13 14 13 2 12 13	B(C2) 12 15 11 9 7 23 21 19 17 16 14 18	M(P1) 6 7 5 5 5 15 15 15 15 15 15 14 6 14	N(P2) 9 11 8 7 6 19 18 17 16 15 10 16	Stacking 1	K 188.495605 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 62.831799 251.327393 126.65666	I(mA) 2.818604 2.823970 2.822749 2.822647 2.820816 2.82134 2.821923 2.822088 2.81913 2.819596 2.821312 2.821312 2.821312	V(mV) 1897.113770 1897.235962 1896.642090 1896.723267 1896.820679 1896.842085 1896.844702 1896.944702 1896.577026 1897.059692	12 16 12 8 4 16 12 8 4 4 4 4 4 16
pr 20 0001 Over Exp 20 0001 Over Exp Exp Exp Exp Exp Exp Exp Exp	te data ort Orginial Data Induced polarization Wenner(alpha) 24 54 1 0 40-0 Tx 0.125Hz 50Hz Conventional IP Mode	A(C1) 3 3 2 3 4 11 12 13 14 13 2 12 14 13 2 14 13 2 14 13 2 14 13 2 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 14 13 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14	B(C2) 12 15 11 9 7 23 21 19 17 16 14 12 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	M(P1) 6 7 5 5 5 15 15 15 15 15 15 14 6 14 6	N(P2) 9 11 8 7 6 19 18 17 16 15 10 16 15	Stacking	K 188.495605 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 125.663296 125.663296	I(mA) 2.818604 2.823970 2.822749 2.822647 2.820816 2.821134 2.821923 2.822088 2.81913 2.819596 2.821312 2.821312 2.821312	V(mV) 1897.113770 1897.235962 1896.62090 1896.72367 1896.726929 1896.820679 1896.842085 1896.842025 1896.844702 1896.577026 1897.059692 1896.612061	12 16 12 8 4 16 12 8 4 16 12 8 4 4 4 4 6 8
pr 20 2001 Determine 20 2001 Determine Expo Point number Trat method Array type Electrode number Tx waveform Tx frequency Power frequency Cable de ployment Electrode sacing	te data ort Data ort Orginial Data Induced polarization Wenner(a pha) 24 84 1 0 1 -00 1 -00 Tx 0.125Hz 50Hz 50Hz 1 -00 1 -00 Tx 0.125Hz 1 -00 1 -00 Tx 0.125Hz 1 -00 1 -00 Tx 0.125Hz 1 -00 1 -00 Tx 0.125Hz 1 -00 Tx 0.105Hz 1 -00 Tx	A(C1) 3 3 2 3 4 11 12 13 14 13 2 12 4 5	B(C2) 12 15 11 9 7 23 21 19 17 16 14 18 10	M(P1) 6 7 5 5 5 5 15 15 15 15 15 14 6 14 6 14 6	N(P2) 9 11 8 7 6 19 18 17 16 15 10 16 8 7	Stacking	K 188.495605 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 125.6	I(mA) 2.818604 2.823970 2.822749 2.820816 2.821134 2.821923 2.822088 2.819113 2.819595 2.821312 2.821312 2.821312 2.821312	V(mV) 1897.113770 1897.235952 1896.642090 1896.723267 1896.726929 1896.820679 1896.842285 1896.84285 1896.844897 1896.944702 1896.577026 1897.195492 1896.612061 1897.143433	12 16 12 8 4 16 12 8 4 4 16 8 8 4 4 4 4 8 8 8 8 8
pr 00 00001 Certer Control Control C	te data ort Orginal Data I Induced polarization Wenner(alpha) 24 84 1 0 0 40-0 Tx 0.125Hz 50Hz 50Hz Conventional IP Mode 10.00	A(C1) 3 2 3 4 11 12 13 14 13 2 12 4 5 12	B(C2) 12 15 11 9 7 23 21 19 17 16 14 18 10 8 24	M(P1) 6 7 5 5 5 15 15 15 15 15 14 6 14 6 14 6 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15	N(P2) 9 11 8 7 6 19 18 17 16 15 10 16 8 7 20	Stacking	K 188.495605 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 125.663696 62.831799 251.327393 25.663696 125.665	I(mA) 2.818604 2.823970 2.822749 2.822647 2.820816 2.821134 2.821034 2.821034 2.821034 2.821034 2.821034 2.819113 2.819596 2.821312 2.821376 2.824237 2.824237 2.824237 2.824237	V(mV) 1897.113770 1897.235962 1896.42090 1896.723267 1896.725267 1896.82679 1896.84285 1896.844807 1896.577026 1897.1528 1897.143433 1897.140625 1897.14052	12 16 12 8 4 16 12 8 4 4 16 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 16
pr 20 0001 Over Exp 20 0001 Over Exp Exp Exp Exp Exp Exp Exp Exp	te data ort Orginial Data I Induced polarization Venner(alpha) 24 54 1 0 4-0-0 Tx 0.125Hz 50Hz Conventional IP Mode 10.00	A(C1) 3 3 2 3 4 11 12 13 14 13 2 12 12 12 12 12 12 13 14 13 12 12 13 14 13 12 12 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 12 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 12 13 14 13 14 13 12 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 12 13 14 13 14 13 12 13 14 13 14 13 14 13 12 13 14 13 14 12 13 14 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15	B(C2) 12 15 11 9 7 23 21 19 17 16 14 18 10 8 24 22	M(P1) 6 7 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5	N(P2) 9 11 8 7 6 19 18 17 16 15 10 16 16 8 7 20 19	Stacking 1	K 188.495605 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 62.831799 251.327393 188.495605 189.495605 199.49560 199.495605 199.4956	I(mA) 2.818604 2.823970 2.822749 2.822647 2.822647 2.822647 2.822047 2.822047 2.822047 2.822047 2.821312 2.822347 2.82347 2.83477 2.83477 2.83477 2.83477 2.83477 2.83477 2.83477	V(mV) 1897.113770 1897.235962 1896.642090 1896.723267 1896.820679 1896.842285 1896.842285 1896.842285 1896.844702 1896.577026 1897.059692 1896.612061 1897.143433 1897.140625 1897.170532	12 16 12 8 4 16 12 8 4 4 16 8 8 4 4 16 8 8 8 4 4 16 12
pr 0 00001 Expected 0 00001 Expected For the second sec	te data ort Data ort Orginial Data I Induced polarization Wenner(alpha) · 24 · 84 · 1 · 0 · + 0-0 Tx · 0.152Hz · 50Hz · Conventional IP Mode 10.00 · 32.56	A(C1) 3 2 3 4 11 12 13 14 13 2 12 4 5 12 12 12 4 5	B(C2) 12 15 11 9 7 23 21 19 17 16 14 18 10 8 24 22	M(P1) 6 7 5 5 5 15 15 15 15 14 6 14 6 14 6 16 16 16	N(P2) 9 111 8 7 6 19 18 17 16 15 10 16 15 10 16 8 7 20 20 19	Stacking	K 188.495605 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 125.6	I(mA) 2.818604 2.823970 2.822749 2.822647 2.820816 2.821134 2.821923 2.822084 2.819113 2.819595 2.821312 2.821312 2.821211 2.821312 2.821211 2.821211 2.821211 2.821211 2.821211 2.821211 2.821211 2.821211 2.821211 2.82121 2.82121 2.82147 2.822024	V(mV) 1897.113770 1897.235962 1896.642090 1896.723267 1896.72629 1896.822679 1896.84208 1896.844702 1896.577026 1896.577026 1897.13433 1897.143433 1897.140625 1897.170532	12 16 12 8 4 4 16 12 8 4 4 16 8 8 4 4 16 8 8 8 4 4 16 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12
pr 00 00001 Content Content Content Content Content Content Content Content Content Content Content Channel number Channel number Channel number Channel number Channel number Channel number Tx frequency Cable deployment Electrode reparting Weather Wind Temperature Latitude	te data ort Orginial Data I Induced polarization Wenner(alpha) 24 644 1 0 4-0-0 Tx 0.125Hz 50Hz 50Hz 10.00 32.56 0	A(C1) 3 2 3 4 11 12 13 14 13 14 13 2 12 4 5 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12	B(C2) 12 15 17 9 7 23 21 19 17 16 14 18 10 8 24 22 4 22 4 22 4 22	M(P1) 6 7 5 5 5 15 15 15 15 15 14 6 14 6 16 16 16 16 16 16	N(P2) 9 11 8 7 6 19 18 17 16 15 10 16 8 7 20 10	Stacking 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	K 188.495605 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 62.831799 251.327393 188.495605 188.495	I(mA) 2.818604 2.823970 2.822749 2.822647 2.820816 2.821134 2.820816 2.821134 2.8220816 2.821131 2.819596 2.821312 2.822088 2.821312 2.821376 2.824237 2.8242478 2.824478 2.824478 2.824478	V(mV) 1897.113770 1896.235962 1896.642090 1896.723267 1896.723267 1896.842285 1896.84285 1896.84887 1896.944702 1897.059692 1897.059692 1897.140625 1897.140625 1897.140625 1897.14771 1997.14771 1997.147771 1997.147771 1997.1477777 1997.1477777 1997.147771 1997	12 16 12 8 4 16 12 8 4 4 16 8 8 4 4 16 8 8 4 4 16 12 12 8 12 12 12 12 12 16 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12
pr 20 2001 Over Exp 20 2001 Over Exp Exp Exp Exp Exp Exp Exp Exp	te data ort Orginial Data I Induced polarization Wenner(alpha) 24 54 1 0 1 + 0-0 Tx 0.125Hz 50Hz 1 Conventional IP Mode 10.00 32.56 0	A(C1) 3 3 2 3 4 111 12 13 14 13 2 14 13 2 12 4 5 12 12 14 13 2 14 5 12 14 5 12 14 5 12 14 5 12 14 15 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16	B(C2) 12 15 11 9 7 23 21 19 17 16 14 18 10 8 24 22 de ID P	M(P1) 6 7 5 5 5 5 15 15 15 14 6 14 6 16 16 14 16 16 16 17 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16	N(P2) 9 11 8 7 6 19 18 17 16 15 10 16 8 7 20 10 Status	Stacking 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	K 188.495605 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 125.663696 253.327393 125.663696 253.327393 125.663696 251.327393 125.663696 251.327393 128.405605 128.405605 P2 Rg(Ω)	I(mA) 2.818604 2.823970 2.822749 2.822647 2.820647 2.820647 2.820647 2.82047 2.82047 2.82047 2.821312 2.8221312 2.8221312 2.8221312 2.8221312 2.8221312 2.8221312 2.822137 2.822237 2.822237 2.822237 2.822237 2.822237 2.822237 2.822237 2.822437 2.832437 2.832437 2.832437 2.832437 2.832437 2.832437 2.832437 2.83447 2.8447	V(mV) 1897.11370 1896.64209 1896.62209 1896.723267 1896.842285 1896.842285 1896.844702 1896.844702 1896.642061 1897.143433 1897.143433 1897.143433 1897.170532 1807.107051	12 16 12 8 4 16 12 8 4 16 12 8 4 4 4 16 8 8 4 16 8 8 4 12 12 12 12 12 12 16 12 12 16 12 12 8 12 12 16 12 12 8 12 12 16 12 12 12 12 16 12 12 16 12 12 16 12 12 12 12 12 16 12 12 12 16 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12
pr Operate >> Dele Expc Expc Expc Expc Expc Point number Channel number Channel number Channel number Tx frequency Power frequency Cable deployment Electrode spacing Electrode spacing Cable deployment Electrode spacing Electrode statistics Power frequency Power frequency Po	te data ort Orginial Data I Induced polarization Wenner(alpha) 24 64 1 0 +0-0 Tx 0.125Hz 50Hz Conventional IP Mode 10.00 32.56 0 2016-09-08	A(C1) 3 3 2 3 4 11 12 13 14 13 12 4 5 12 4 5 12 2 2 2 12 2 2 12 12 12 12	B(C2) 12 15 11 9 7 23 21 19 17 16 14 18 24 22 de ID P	M(P1) 6 7 5 5 5 15 15 15 15 14 6 14 6 14 6 16 16 16 16 17 17 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15	N(P2) 9 11 8 7 6 19 18 17 16 8 7 20 19 Status	Stacking 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	K 188.495605 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 62.831799 251.327393 188.405605 P2 Rg(Ω)	I(mA) 2.818604 2.823970 2.822749 2.822647 2.8220816 2.821134 2.821028 2.821028 2.821028 2.821028 2.821028 2.821376 2.821376 2.821377 2.822024 2.821376 2.824237 2.822024 2.834478 2.824237 2.822024 2.834478	V(mV) 1897.11370 1897.23562 1896.642090 1896.723267 1896.820679 1896.842052 1896.844702 1896.844702 1896.577025 1897.059692 1897.104025 1897.140625 1897.140625 1897.140625 1897.140625 1897.140625 1897.140625 1897.140625	122 166 122 8 4 4 166 122 8 4 4 4 4 4 166 8 8 8 4 4 166 122 8 8 4 4 166 122 8 8 4 4 166 122 8 8 8 4 4 12 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
pr 00 00001 Over Exp Exp Exp Exp Exp Exp Exp Exp	te data ort Orginal Data I Induced polarization Wenner(alpha) 24 1 0 44 1 0 44 1 0 0 40-0 Tx 0.125Hz 50Hz 50Hz 50Hz 50Hz 22.56 0 2016-09-08 14:01/48	A(C1) 3 3 2 3 4 11 12 12 14 5 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12	B(C2) 12 15 17 7 23 21 17 16 14 10 8 24 22 de ID P	M(P1) 6 7 5 5 5 15 15 15 15 14 6 14 6 14 16 16 16 16 16 16	N(P2) 9 11 8 7 6 19 18 17 16 15 10 16 8 7 20 10 Status	Stacking 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	K 188.495605 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 1	I(mA) 2.818604 2.823970 2.822749 2.822647 2.822087 2.822087 2.822087 2.822087 2.821913 2.822088 2.81913 2.822088 2.81913 2.822088 2.821312 2.8221312 2.821312 2.821312 2.821312 2.821312 2.822024 2.8224237 2.822424 2.8224237 2.822424 2.8224237 2.822424 2.8224237 2.822424 2.8224237 2.822424 2.822442 2.822445 2.82245 2.82445 2.82445 2.82445 2.82245 2.82445 2.8445	V(mV) 1897.11370 1897.23562 1896.642090 1896.723267 1896.820679 1896.820679 1896.842285 1896.844202 1896.642061 1897.1897.1897.1897.1897.1897.1897.1897.	12 16 12 8 4 16 12 8 4 4 16 12 8 4 4 16 8 8 4 4 16 12 8 4 4 16 12 8 8 4 4 12 8 8 4 4 12 8 8 8 4 4 12 8 8 8 4 12 8 8 8 8 8 12 8 8 8 8 12 8 8 8 12 8 12 8 12 8 12 8 12 8 12 8 12 8 12 8 8 12 8 12 8 12 8 12 12 8 8 12 12 8 8 12 8 12 8 12 8 12 8 12 8 12 8 12 8 12 8 12 8 12 8 12 8 12 8 12 8 12 8 12 8 12 8 12 12 8 12 8 12 8 12 8 12 12 12 8 8 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12
pr 20 0001 0001 Exp Exp Exp Exp Exp Exp Exp Exp	te data prt Data prt Orginial Data I Induced polarization Wenner(a pha) 24 84 1 0 1 00 125Hz 50Hz Conventional IP Mode 10.0 22,56 0 2016-09-08 14:0148 2016-09-08	A(C1) 3 3 2 3 4 11 12 13 14 13 14 13 2 12 4 5 12 2 3 4 5 12 2 3 4 4 5 12 3 4 4 5 12 3 4 4 5 12 13 14 15 16 17 17 17 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18	B(C2) 12 15 11 9 7 23 21 19 17 16 14 10 8 24 22 de ID P	M(P1) 6 7 5 5 15 15 15 14 6 16 16 16 16 17	N(P2) 9 11 8 7 6 19 18 17 15 10 16 8 7 20 10 Status	Stacking	K 188.495605 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 125.663696 253.327393 125.663696 253.327393 128.405605 188.405605 P2 Rg(Ω)	I(mA) 2.818604 2.823970 2.822749 2.82047 2.82047 2.82047 2.82047 2.82047 2.82047 2.821312 2.8221312 2.8221312 2.8221312 2.8221312 2.8221312 2.8221312 2.8221312 2.822437 2.822024 3.831478 5.824237 5.824237 5.824437 5.824437 5.824437 5.824437 5.824437 5.824437 5.824437 5.824437 5.82445 5.824437 5.82447 5.82447 5.82447 5.82447 5.84447	V(mV) 1897.11370 1896.42009 1896.62209 1896.723267 1896.824285 1896.842285 1896.844702 1896.844702 1896.642061 1897.143433 1897.143433 1897.143433 1897.143433 1897.143433	12 16 12 8 4 16 12 8 4 4 16 12 8 4 4 16 8 8 4 16 12 8 4 4 16 12 8 8 4 4 16 12 12 8 12 12 16 12 12 12 8 12 12 16 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12
pr Operate >> Dele Expc Point number Channel number Tx frequency Power frequency Power frequency Cable deployment Electrode spacing Electrode spacing Cable deployment Electrode spacing Cable deployment Electrode spacing Cable deployment Electrode spacing Cable deployment Electrode spacing Create time Test date Test time	te data ort Orginial Data I Induced polarization Wenner(alpha) 24 1 Induced polarization Wenner(alpha) 24 64 1 0 0 + 0-0 Tx 0.125Hz 50Hz Conventional IP Mode 10.00 2216-09-08 14:01:48 2016-09-08	A(C1) 3 3 2 3 4 11 12 13 14 13 14 13 2 12 12 12 12 13 5 Electroc 1 2 3 4 5 5 5 6 7 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8	B(C2) 12 15 15 17 9 7 23 21 19 17 16 14 18 10 8 24 22 de ID P	M(P1) 6 7 5 5 5 15 15 15 15 15 14 6 14 6 14 6 16 16 16	N(P2) 9 11 8 7 6 19 18 17 16 15 10 16 8 7 20 10 Status	Stacking	K 188.495605 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 62.831799 251.327393 128.405605 P2 Rg(Ω)	I(mA) 2.818604 2.823970 2.822749 2.822647 2.8220816 2.821134 2.8220816 2.821134 2.8220816 2.821134 2.822088 2.819113 2.819596 2.821312 2.8221376 2.822137 2.822024 2.824237 2.844237 2.844477 2.844477 2.844477 2.8444777 2.84447777777777777777777777	V(mV) 1897.11370 1896.42090 1896.642090 1896.723267 1896.820679 1896.842285 1896.844702 1896.844702 1895.75762 1897.163433 1897.140625 1807.167021 Test do	12 16 12 8 4 16 12 8 4 4 16 8 8 4 4 16 8 8 4 4 16 8 8 4 4 16 12 8 8 4 4 16 12 12 8 12 12 8 8 4 12 12 8 8 12 12 8 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12
pr OB OB OB OB OB OB OB OB OB OB	te data ort Orginial Data i Induced polarization Wenner(alpha) 24 164 10 0 40-0 Tx 0.125Hz 50Hz 50Hz 50Hz 2016-09-08 14:01:48 2016-09-08 14:01:48	A(C1) 3 3 2 3 4 11 12 12 12 14 5 12 14 5 12 12 12 14 5 12 12 14 5 12 12 14 5 12 14 5 12 14 5 12 14 5 12 14 5 12 14 5 12 14 5 12 14 5 12 14 5 12 14 5 12 14 5 12 12 12 13 14 15 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16	B(C2) 12 15 11 9 7 23 21 17 16 14 18 10 8 24 22 de ID P	M(P1) 6 7 5 5 5 15 15 15 15 15 14 6 14 6 16 16 16 16 14 16	N(P2) 9 11 8 7 6 19 18 7 16 15 10 16 7 20 10 Status	Stacking	K 188.495605 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 62.831799 251.327393 188.495605 128.663696 62.831799 251.327393 188.495605 188.495	I(mA) 2.818604 2.823970 2.822749 2.822647 2.822047 2.822047 2.822047 2.822047 2.822047 2.821132 2.822028 2.819516 2.821312 2.821312 2.821312 2.821312 2.821312 2.821312 2.822024 2.824478 Status	V(mV) 1897.11370 1897.23562 1896.642090 1896.723267 1896.820679 1896.820679 1896.842285 1896.84285 1896.844702 1896.577026 1897.140625 1897.140625 1897.140625 1897.170532 1807.19701 Test d.	12 16 12 8 4 16 12 8 4 16 12 8 4 4 16 8 8 4 4 16 12 2 8 4 4 4 16 12 2 8 4 4 4 4 4 4 4 16 12 8 8 4 4 12 8 8 4 4 12 8 8 8 4 12 8 8 8 4 12 8 8 8 12 8 12
pr Operate >> Dele Exp Exp Exp Exp Exp Exp Exp Point number Point number Channel number Stacking number Tx waveform Tx frequency Cable deployment Electrode spacing Weather Widdh Temperature Latitude Humidity Create date Create date Test time Operator	te data prt Data prt Orginial Data I Induced polarization Wenner(a pha) * 24 84 1 0 + 0-0 Tx 0.125Hz 50Hz Conventional IP Mode 10.00 * 2256 0 2016-09-08 14:01:48 2016-09-08	A(C1) 3 3 2 3 4 11 12 13 14 13 2 14 13 2 12 4 5 12 12 12 12 13 4 5 5 6 7	B(C2) 12 15 15 11 9 7 23 21 19 17 16 14 18 10 8 24 27 de ID P	M(P1) 6 7 7 5 5 5 15 15 15 15 14 6 14 6 6 16 16 16 16 16 16	N(P2) 9 11 8 7 6 19 18 7 16 15 10 16 7 20 10 10 Status	Stacking	K 188.495605 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 253.327393 128.405605 P2 Rg(Ω)	I(mA) 2.818604 2.823970 2.822749 2.822647 2.820647 2.820647 2.820647 2.820647 2.820132 2.821312 2.821929 2.821312 2.821312 2.821312 2.821312 2.821312 2.821312 2.821312 2.821312 2.821312 2.821312 2.822024 2.825478 2.82748 2.827478 2.825478 2.827478 2.84778 2.84778 2.84778 2.8477878 2.8477878 2.84778 2.8477878 2.84778	V(mV) 1897.11370 1896.42090 1896.62209 1896.723267 1896.82267 1896.842285 1896.842285 1896.944702 1896.612061 1897.143433 1897.10532 1897.170532 1897.170532	12 16 12 8 4 16 12 8 4 4 16 8 8 4 4 16 12 2 8 8 4 12 8 8 4 4 16 8 8 8 4 12 8 8 8 4 4 12 8 8 8 4 4 12 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
pr OPerate > Dele Expc Point number Ta waveform Ta frequency Cable deployment Electrode rumber Ta frequency Cable deployment Electrode rumber Electrode rumber Ta waveform Ta frequency Cable deployment Electrode spacing Weather Wind Temperature Latitude Humidily Create date Create time Test date Test time Operator QA	te data ort Orginial Data I Induced polarization Wenner(alpha) 24 1 Induced polarization 844 1 0 0 44 1 0 0 50Hz Conventional IP Mode 10.00 2 2256 0 2016-09-08 14:01:48 2016-09-08	A(C1) 3 3 2 3 4 11 12 13 14 13 14 5 5 6 7 8 7 8 7 8 12 12 12 13 14 15 12 12 13 14 15 12 13 14 15 15 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16	B(C2) 12 15 15 17 7 23 21 19 17 16 14 18 10 8 24 22 de ID P	M(P1) 6 7 7 5 5 15 15 15 15 14 6 14 6 14 6 16 16 16 16 16	N(P2) 9 11 8 7 6 19 18 7 16 15 10 16 8 7 20 19 Status	Stacking	K 188.495605 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 62.831799 251.327393 188.405605 P2 Rg(Ω)	I(mA) 2.818604 2.823970 2.822749 2.822647 2.8220816 2.821134 2.821923 2.822081 2.821923 2.822088 2.81913 2.819596 2.821312 2.821376 2.821376 2.824237 2.822024 2.824237 2.822024 2.824478 Status	V(mV) 1897.11370 1897.23562 1896.642090 1896.723267 1896.820679 1896.842285 1896.844202 1895.87469 1895.844702 1895.757652 1897.159692 1897.140625 1897.170532 1887.140625 1897.170532	12 16 12 8 4 16 12 8 4 4 16 12 8 4 4 16 12 12 8 8 4 4 16 12 2 8
pr OD OD OD OD OD OD OD OD OD OD	te data ort Orginial Data i Induced polarization Wenner(alpha) 24 1 0 44 1 0 40-0 Tx 0.125Hz 50Hz 50Hz 10.00 22556 0 2016-09-08 14:01:48 2016-09-08 14:01:48	A(C1) 3 3 2 3 4 11 12 12 12 12 12 4 5 12 12 12 4 5 12 12 3 4 5 12 12 13 4 5 12 12 13 14 13 14 13 14 5 12 13 14 5 12 12 13 14 5 12 12 13 14 5 12 12 13 14 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12	B(C2) 12 15 15 17 9 7 23 21 19 17 16 14 18 8 24 22 de ID P	M(P1) 6 7 5 5 5 15 15 15 15 14 6 14 6 16 16 16 16 14 16	N(P2) 9 11 8 7 6 19 18 7 16 15 7 16 7 20 10 5 Status	Stacking 1	K 188.495605 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 62.831799 251.327393 188.495605 188.495605 188.495605 188.495605 188.495605 189.495	I(mA) 2.818604 2.823970 2.822749 2.822647 2.822647 2.822647 2.822047 2.822947 2.822947 2.821312 2.821312 2.821312 2.821312 2.8221312 2.8	V(mV) 1897.11370 1897.23562 1896.642090 1896.723267 1896.842285 1896.842285 1896.842285 1896.844702 1896.577026 1897.140625 1897.140625 1897.140625 1897.170532 1807.140625	12 16 12 8 4 16 12 8 4 4 16 12 8 8 4 4 16 12 2 8
pr Operate > Dele Expc Point number Tx frequency Power frequency Cable deployment Electrode number Tx frequency Power f	te data ort Orginal Data I Induced polarization Wenner(alpha) 7 24 6 4 1 0 0 0 + 0-0 Tx 0 0.125Hz 5 50Hz 1 Conventional IP Mode 1 0.00 1 22.56 0 7 2 2016-09-08 1 4:01:48 2 016-09-08 1 4:01:48	A(C1) 3 3 2 3 4 11 12 13 14 13 2 12 4 5 5 6 7 8 9 9 12 12 12 13 12 14 15 12 12 13 14 15 12 12 13 14 15 12 12 13 14 15 12 12 13 14 15 12 12 13 14 15 15 16 17 16 17 17 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18	B(C2) 12 15 15 17 7 23 21 19 17 16 14 18 24 22 de ID P	M(P1) 6 7 5 5 5 15 15 15 15 15 15 15 14 6 14 6 6 14 6 6 16 16 16	N(P2) 9 11 8 7 6 19 18 17 16 15 10 16 7 20 10 Status	Stacking 1	K 188.495605 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 62.831799 251.327393 188.405605 P2 Rg(Ω)	I(mA) 2.818604 2.822749 2.822749 2.822647 2.8220816 2.821134 2.821028 2.821134 2.821028 2.821134 2.819113 2.819596 2.821317 2.822028 2.821376 2.824237 2.822024 2.834478 2.824237 2.822024 2.834478	V(mV) 1897.11370 1897.23562 1896.642090 1896.723267 1896.820679 1896.842052 1896.842052 1896.844702 1896.577025 1897.059692 1897.104025 1897.104025 1897.104025 1897.104025 1897.104025 1897.104025	12 16 12 8 4 16 12 8 4 4 16 12 8 8 4 4 16 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12
pr O Operate > Dele Expc Point number Stacking number Tx frequency Cable deployment Electrode ruber Electrode rub	te data ort Orginial Data il Induced polarization wenner(alpha) 2 24 - 1 - 0 - 44 - 1 - 0 - 44 - 1 - 0 - 0 - 0 - 1 - 0 - 0 - 1 - 0 - 0 - 1 - 0 - 0 - 1 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0	A(C1) 3 3 2 3 4 11 12 13 14 13 14 13 2 12 14 5 5 6 7 8 9 10 11 12 12 12 12 12 12 12 12 13 14 15 16 17 17 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18	B(C2) 12 15 15 17 7 23 21 19 17 16 14 18 10 8 24 29 de ID P	M(P1) 6 7 5 5 5 15 15 15 15 15 15 15 15 15 14 6 6 16 16	N(P2) 9 11 8 7 6 19 18 7 16 17 16 17 16 8 7 20 Status	Stacking 1	K 188.495605 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 62.831799 251.327393 188.495605 128.495605 <td>I(mA) 2.818604 2.823749 2.822749 2.822647 2.822047 2.822047 2.822047 2.822047 2.822048 2.81913 2.819596 2.821312 2.822024 2.824237 2.822024 2.824478 Status</td> <td>V(mV) 1897.11370 1897.21362 1896.642090 1896.723267 1896.820679 1896.820679 1896.820679 1896.842285 1896.874022 1896.577052 1897.059692 1896.5770532 1897.110731 Test di</td> <td>12 16 12 8 4 16 12 8 4 4 16 8 8 4 4 16 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12</td>	I(mA) 2.818604 2.823749 2.822749 2.822647 2.822047 2.822047 2.822047 2.822047 2.822048 2.81913 2.819596 2.821312 2.822024 2.824237 2.822024 2.824478 Status	V(mV) 1897.11370 1897.21362 1896.642090 1896.723267 1896.820679 1896.820679 1896.820679 1896.842285 1896.874022 1896.577052 1897.059692 1896.5770532 1897.110731 Test di	12 16 12 8 4 16 12 8 4 4 16 8 8 4 4 16 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12
pr Operate > Dele Exp Exp Exp Exp Exp Electrode number Point number Channel number Channel number Stacking number Tx waveform Tx frequency Cable deployment Electrode spacing Weather Widd Temperature Latitude Humidity Create date Create date Test time Operator OA	te data prt Data prt Ord Table prt Orginial Data I Induced polarization Wenner(a pha) 7 24 84 1 0 1 0 1 0 1 0	A(C1) 3 3 2 3 4 11 12 13 14 13 2 14 13 2 12 4 5 5 12 12 12 13 4 5 5 6 7 8 9 10 11 12 13 12 14 13 12 14 14 15 5 12 12 13 12 12 13 14 14 15 5 12 12 13 12 12 13 14 15 5 5 6 7 8 9 10 10 11 12 12 13 12 13 14 15 12 12 13 12 12 13 12 12 13 12 12 13 12 12 13 12 12 13 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12	B(C2) 12 15 11 9 7 23 11 19 17 16 14 10 8 24 22 de ID P	M(P1) 6 7 7 5 5 5 15 15 15 15 14 6 14 6 16 16 16 16 16 16 16	N(P2) 9 11 8 7 6 19 18 77 16 15 77 16 7 20 10 5 Status	Stacking	К 188.495605 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 62.831799 251.327393 188.405605 Р25.432799 251.327393 188.405605 Р25.432799 251.327393 188.405605 Р25.432799 251.327393 188.405605 Р25.43279 251.327393 188.405605 Р25.43279 251.327393 188.405605 Р25.43279 251.327393 188.405605 Р25.43279 251.327393 188.405605 Р25.43279 251.327393 188.405605 Р25.43279 251.327393 188.405605 251.327393 188.405605 251.327393 188.405605 251.327393 188.405605 251.327393 251.327393 188.405605 251.327393 188.405605 251.327393 188.405605 251.327393 188.405605 251.327393 188.405605 251.327393 251.327393 188.405605 251.327393 251.327393 188.405605 251.327393 251.32739 251.327	I(mA) 2.818604 2.823970 2.822749 2.822647 2.822647 2.822647 2.822134 2.821923 2.82208 2.821913 2.821926 2.821312 2.821312 2.821312 2.821312 2.821312 2.821312 2.821312 2.82224 2.822437 2.822024 2.824478 2.844478 2.844478 2.844478 2.844788 2.844788 2.844788 2.	V(mV) 1897,11370 1897,23562 1896,642090 1896,723267 1896,820679 1896,842285 1896,842285 1896,844702 1896,654285 1897,143433 1897,143433 1897,143433 1897,143433 1897,143433 1897,147532 1807,167021	12 16 12 8 4 16 12 8 4 4 16 8 8 4 4 16 12 12 8 8 4 16 12 12 8 8 8 4 16 12 12 8 8 12 12 8 12 12 8 12 12 16 12 12 8 12 12 16 12 12 16 12 12 16 12 12 16 12 12 16 12 12 16 12 12 16 12 12 16 12 12 16 12 12 16 12 12 16 12 12 16 12 12 16 12 12 16 12 12 16 12 12 16 12 12 16 12 12 16 12 12 16 16 12 12 16 16 12 12 16 16 12 12 16 16 12 12 16 16 12 12 16 16 12 12 16 16 16 16 16 17 16 16 17 16 16 17 17 16 17 17 16 16 17 17 16 17 17 17 17 16 17 17 16 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17
pr Operate > Dele Expc Expc Expc Expc Expc Expc Expc Expc Expc Expc Expc Expc Expc Expc Expc Expc Expc Expc Point number Channel number Tx frequency Cable deployment Electrode number Tx frequency Cable deployment Electrode spacing Weather Wind Temperature Latitude Humidily Create date Test date Test date Test ime Operator QA	te data ort Orginial Data I Induced polarization • Wenner(alpha) • 24 • 64 • 1 • 0 • 0 • 0 • 0 • 0 • 0 • 0 • 0	A(C1) 3 3 2 3 4 11 12 13 14 13 14 13 2 12 13 12 4 5 12 12 12 13 5 6 7 8 9 10 11 12 12 13 12 12 13 12 13 12 13 12 13 12 13 12 13 12 13 12 13 12 13 12 13 12 13 12 13 12 12 13 12 12 13 12 12 13 12 12 13 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12	B(C2) 12 15 15 17 7 23 21 19 17 16 14 18 10 8 24 22 de ID P	M(P1) 6 7 5 5 5 15 15 15 15 14 6 14 6 6 14 6 14 6	N(P2) 9 11 8 7 6 19 18 17 16 15 10 16 8 7 20 10 Status	Stacking	K 188.495605 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 62.831799 251.327393 188.405605 P2 Rg(Ω)	I(mA) 2.818604 2.823970 2.822749 2.822647 2.8220816 2.821134 2.8220816 2.821134 2.8220816 2.821134 2.822088 2.819113 2.819596 2.821312 2.822024 2.821317 2.822024 2.822045 2.821124 2.822045 2.822045 2.821124 2.822045 2.822045 2.821124 2.822045 2.822045 2.821125 2.822045 2.82004 2.820	V(mV) 1897.11370 1897.23562 1896.642090 1896.723267 1896.820679 1896.820679 1896.842285 1896.844202 1896.844202 1897.059692 1896.612061 1897.14343 1897.140625 1897.170532 1807.170532	12 16 12 8 4 16 12 8 4 4 16 8 8 4 16 8 8 4 16 12 3 8 8 4 16 12 8 8 4 12 8 8 4 16 12 8 8 8 8 4 16 12 8 8 12 16 12 12 16 11 12 12 11 11 11 11 11 11 11 11 12 11 11
pr OPPrate OPPrate OP	te data ort Orginial Data il Induced polarization wenner(alpha) 2 24 6 44 1 1 0 0 4 0-0 Tx 0.125Hz 5 0Hz 1 0.00 1 32556 0 0 2 016-09-08 1 14:01:48 2 016-09-08 1 14:01:48	A(C1) 3 3 2 3 4 11 12 12 3 4 5 12 12 3 4 5 6 6 7 8 9 10 11 12 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 13 14 15 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16	B(C2) 12 15 15 11 9 7 23 21 19 17 16 14 18 24 22 de ID P	M(P1) 6 7 5 5 5 15 15 15 15 15 15 6 14 6 6 16 6 1	N(P2) 9 11 8 7 6 19 18 7 16 15 10 16 8 7 20 Status	Stacking 1	K 188.495605 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 62.831799 251.327393 188.405605 188.405	I(mA) 2.818604 2.823749 2.822647 2.822647 2.822047 2.822047 2.82208 2.821134 2.821938 2.821938 2.821913 2.821926 2.821312 2.822237 2.822024 2.824237 2.822024 2.824478 Status	V(mV) 1897.11370 1897.21362 1896.642090 1896.723267 1896.820679 1896.820679 1896.820679 1896.842285 1896.842082 1896.577026 1896.642061 1897.140625 1897.140625 1897.140625 1897.107031 Test d	12 16 12 8 4 16 12 8 4 4 16 12 12 ate
pr Operate > Dele Expc Expc Expc Expc Expc Expc Expc Expc Expc Expc Expc Expc Expc Expc Expc Point number Channel number Channel number Stacking number Tx waveform Tx frequency Power frequency Power frequency Cable deployment Electrode spacing Weather Weather Tatitude Humidity Create date Create date Create date Create time Operator QA	te data prt Data prt Orginial Data I Induced polarization Wenner(alpha) 7 24 8 4 1 1 0 0 + +0-0 Tx 0 0 + +0-0 Tx 0 0 5 0Hz 2 Conventional IP Mode 1 0.00 1 23256 0 0 7 2016-09-08 1 440148 2 016-09-08 1 440148	A(C1) 3 3 2 3 4 11 12 13 14 13 2 14 13 14 15 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 12 14 15 12 13 14 15 12 14 15 12 13 14 15 12 13 14 15 12 13 14 15 12 13 14 15 12 14 15 12 14 15 12 14 15 12 14 15 12 14 15 12 14 15 12 14 15 12 15 16 17 17 17 17 18 18 12 18 18 12 18 18 12 18 18 12 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18	B(C2) 12 15 15 17 7 23 21 19 17 16 14 10 8 24 22 de ID P	M(P1) 6 7 7 5 5 5 15 15 15 15 15 15 15 15 14 6 14 6	N(P2) 9 11 8 7 6 19 17 16 15 10 16 8 7 20 10 Status Status	Stacking 1	K 188.495605 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 188.495605 125.663696 62.831799 251.327393 125.663696 62.831799 251.327393 188.405605 P2 Rg(Ω)	I(mA) 2.818604 2.823647 2.822647 2.822647 2.8220816 2.821134 2.821923 2.82088 2.811913 2.819596 2.821312 2.821281 2.821376 2.821376 2.824237 2.822024 2.824237 2.844237 2.84447 2.84447 2.84447 2.84447 2.84478 2	V(mV) 1897.11370 1896.642090 1896.642090 1896.723267 1896.820679 1896.842082 1896.842082 1896.842082 1896.844702 1896.577025 1897.10432 1897.10432 1897.10432 1897.104025 1897.104025 1897.104025 1897.104025	12 16 12 8 4 4 16 8 8 4 16 12 12 8 8 4 16 12 12 12 8 8 4 4 16 12 12 12 16 12 12 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10

รูปที่ ๒-๕๗ การส่งออกข้อมูล



รูปที่ ๒-๕๘ เลือกโฟลเดอร์จัดเก็บข้อมูล และรูปแบบการส่งออกไฟล์ข้อมูล

บทที่ ๓ วิธีการดำเนินงาน

๓.๑ รวบรวมและศึกษาข้อมูล

ประเทศไทยมีลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่แตกต่างกัน อาทิ พื้นที่ภูเขาสูงภาคเหนือ พื้นที่ราบลุ่ม ตอนกลาง พื้นที่ราบสูงภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภูเขาสูงภาคตะวันตก ภูเขาและที่ราบชายฝั่งทะเล และหมู่เกาะทางภาคใต้ ฉะนั้น จำเป็นต้องเก็บรวบรวมข้อมูลในพื้นที่ก่อนเริ่มทำการสำรวจ ดังนี้

๓.๑.๑ ลักษณะภูมิประเทศ อาศัยข้อมูลจากแผ[้]นที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน ๑:๕๐,๐๐๐ จัดทำโดยกรมแผนที่ทหาร แสดงรายละเอียดขอบเขตการปกครอง ระดับจังหวัด อำเภอ ตำบล ที่ตั้ง หมู่บ้าน เส้นชั้นความสูง เส้นทางคมนาคม ทางน้ำ แหล่งน้ำผิวดิน และภูเขา

๓.๑.๒ ข้อมูลธรณีวิทยา จากแผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่ว[ั]น ๑:๒๕๐,๐๐๐ จัดทำโดย กรมทรัพยากรธรณี แสดงข้อมูลหน่วยหินทางธรณีวิทยา โครงสร้างทางธรณีวิทยา และภาพตัดขวาง ทางธรณีวิทยา

๓.๑.๓ ข้อมูลอุทกธรณีวิทยา จากแผนที่น้ำบาดาล มาตราส่วน ๑:๑๐๐,๐๐๐ จัดทำโดย กรมทรัพยากรน้ำบาดาล แสดงข้อมูลหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา ภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยา ปริมาณน้ำบาดาล และคุณภาพน้ำบาดาล

๓.๑.๔ ข้อมูลทางวิศวกรรม จากแบบแปลนการก่อสร้าง แสดงข้อมูลลักษณะโครงการ ที่ตั้ง ประเภทโครงการ ลักษณะอุทกวิทยา รายละเอียดโครงการ ผลประโยชน์ที่ได้รับ แผนที่แสดงแหล่ง วัสดุ และผลการเจาะสำรวจธรณีวิทยาฐานราก

จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์และวางแผนการสำรวจในภาคสนาม เพื่อเก็บข้อมูลเพิ่มเติม เช่น ธรณีวิทยาโครงสร้าง การวางตัวของชั้นดินชั้นหิน สภาพเขื่อนและฝาย

๓.๒ วางแผนการสำรวจ

หลังจากรวบรวมและศึกษาข้อมูลโครงการเบื้องต้น จำเป็นต้องวางแผนการสำรวจ โดยกำหนดเป้าหมายของการสำรวจ เพื่อออกแบบการสำรวจ เลือกวิธีการสำรวจ กำหนดจุดสำรวจ แนวสำรวจ รวมถึงระยะห่างระหว่างจุดสำรวจ และระยะห่างระหว่างแนวสำรวจ ให้เหมาะสมกับ ข้อมูลที่ต้องการ ดังนี้

๓.๒.๑ การเลือกวิธีการสำรวจ

การเลือกวิธีการสำรวจ ขึ้นอยู่กับเป้าหมายของการสำรวจ สภาพธรณีวิทยาใต้ผิวดิน สภาพพื้นที่ ระยะเวลา รวมทั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ การสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทาน ไฟฟ้าจำเพาะ สามารถสำรวจได้ ๓ วิธี ดังนี้

๑) การสำรวจรูปแบบ ๑ มิติ เป็นการสำรวจแบบหยั่งลึก เพื่อให้ได้ข้อมูลสภาพ ใต้ผิวดินในแนวดิ่ง

 ๒) การสำรวจรูปแบบ ๒ มิติ เป็นการสำรวจที่ได้ข้อมูลสภาพใต้ผิวดินในแนวดิ่ง และแนวนอน ในรูปแบบภาพตัดขวางสภาพใต้ผิวดิน

m) การสำรวจรูปแบบ ๓ มิติ เป็นการสำรวจที่ได้ข้อมูลสภาพใต้ผิวดินทั้งแนวดิ่ง แนวนอน และแนวลึก ได้ข้อมูลสภาพใต้ผิวดินที่เป็นรูปทรง สำหรับงานพัฒนาแหล่งน้ำ การสำรวจได้ประยุกต์เพื่อตรวจสอบความผิดปกติของ ชั้นดินชั้นหินที่เกี่ยวข้องกับความซึมผ่านที่แตกต่างกัน ดังนั้น การสำรวจแบบ ๑ มิติ เป็นการสำรวจ ที่ได้ข้อมูลเพียงตำแหน่งเดียว ซึ่งอาจไม่พบความผิดปกติหรือความแตกต่างของข้อมูล ในขณะที่ การสำรวจแบบ ๒ มิติ และ ๓ มิติ สามารถให้ข้อมูลที่เห็นค่าความผิดปกติได้ชัดเจนและต่อเนื่อง มากกว่า แต่การสำรวจแบบ ๒ มิติ ใช้เวลาในการสำรวจน้อยกว่าการสำรวจแบบ ๓ มิติ การสำรวจ แบบ ๒ มิติ จึงเหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการสำรวจด้านพัฒนาแหล่งน้ำ

๓.๒.๒ การออกแบบการสำรวจ

การออกแบบการสำรวจ เพื่อกำหนดรูปแบบการเก็บข้อมูล ดังนี้

๑) กำหนดความลึกที่ต้องการสำรวจ เพื่อเลือกวิธีการจัดวางขั้วไฟฟ้า ระยะห่าง ระหว่างขั้วไฟฟ้า จำนวนขั้วไฟฟ้า และความยาวแนวสำรวจ

 ๒) กำหนดความละเอียดที่ต้องการสำรวจ เพื่อกำหนดระยะห่างระหว่างแนวสำรวจ จำนวนแนวสำรวจ และทิศทางของแนวสำรวจ

หากเลือกระยะห่างของขั้วไฟฟ้าไม่เหมาะสม อาจหาความผิดปกติของสิ่งที่ต้องการ สำรวจไม่ได้ ดังนั้น ควรวางแนวสำรวจให้มีระยะกว้าง ครอบคลุมพื้นที่สำรวจก่อน เพื่อให้ได้ข้อมูล เบื้องต้นโดยรวม จากนั้นนำข้อมูลมาวางแผนการสำรวจขั้นรายละเอียดต่อไป โดยการลดระยะ แนวสำรวจลง เพื่อเก็บข้อมูลให้มีความละเอียดมากขึ้น

เนื่องจากค[้]วามละเอียดของข้อมูลที่ได้จากการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ ขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้า ยิ่งระยะห่างมากความละเอียดของข้อมูลจะลดลง แต่ได้ความลึก ของการสำรวจเพิ่มขึ้น ในขณะที่ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าน้อย ความละเอียดของข้อมูลจะมากขึ้น สามารถใช้ในการแปลความหมายได้แม่นยำมากขึ้น และทำให้ความลึกของการสำรวจลดลงเช่นกัน การออกแบบการสำรวจจึงมีความสำคัญมาก หากเก็บข้อมูลไม่ครอบคลุม จะไม่สามารถ แปลความหมายสภาพใต้ผิวดินได้อย่างถูกต้อง โดยความยาวแนวสำรวจสามารถคำนวณได้ ดังนี้

ายสภาพเตผวดนเดอยางถูกตอง เดยความยาวแนวสารวจสามารถคานวณเด ดง

ความยาวแนวสำรวจ = (จำนวนขั้วไฟฟ้า - ๑) x ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้า

โดยความลึกของการสำรวจ ขึ้นอยู่กับวิธีการจัดวางขั้วไฟฟ้า ระยะห่างระหว่าง ขั้วไฟฟ้า และจำนวนขั้วไฟฟ้า ทั้งนี้ หากนำไปประมวลผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จะสามารถ คำนวณความลึกของการสำรวจได้ โดยความลึกที่ได้จากการคำนวณเป็นความลึกโดยประมาณ ยกตัวอย่างเช่น การประมวลผลด้วยโปรแกรม RES2DINV สามารถคำนวณความลึกของการสำรวจ ได้จากจำนวนเท่าของระยะแนวสำรวจ ดังนี้

- o.๕ เท่าของระยะแนวสำรวจ
 o.๓ เท่าของระยะแนวสำรวจ
 o.๙ เท่าของระยะแนวสำรวจ
 o.๖ เท่าของระยะแนวสำรวจ
- ๑) Wenner-Schlumberger
- ා Dipole-Dipole
- ണ) Pole-Pole
- द्र) Pole-Dipole
- (ที่มา: M.H.Loke, 1999)

๓.๓ จัดเตรียมเครื่องมือสำรวจ

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ มีดังนี้ ๓.๓.๑ เครื่องมือ Geomative รุ่น GD-๑๐ ประกอบด้วย

๑) GD-๑๐ mainframe จำนวน ๑ เครื่อง

๒) SR-๑୦ switch relay ຈຳนวน ๔ อัน

๓) L type cable จำนวน ๑ ชุด

๔) สายเชื่อมต่อ USB จำนวน ๑ ชุด

๕) สายบานาน่าปลั๊ก กับคลิปหนีบขั้วแบตเตอร์รี่ จำนวน ๑ ชุด

๖) อุปกรณ์ชาร์จ จำนวน ๑ ชุด

๓.๓.๒ อุปกรณ์จ่ายไฟ

๓.๓.๓ สายเคเบิลที่ออกแบบเพื่อใช้กับการอ่านค่าแบบหลายขั้ว (Multi-electrode cable) จำนวน ๓ เส้น แต่ละเส้น ประกอบด้วยขั้ว CB10 จำนวน ๑๐ ขั้ว มีระยะห่างระหว่ลางขั้ว ๕ เมตร

๓.๓.๔ ขั้วไฟฟ้าเหล็กไร้สนิม พร้อมคลิปหนีบ จำนวน ๓๐ อัน

๓.๓.๕ ค้อน จำนวน ๒ อัน

๓.๓.๖ เทปวัดระยะ จำนวน ๒ อัน

๓.๗.๗ เครื่องจีพีเอส (Global Positioning System: GPS) จำนวน ๑ เครื่อง ๓.๓.๘ ร่มสนาม จำนวน ๑ คัน

๓.๔ ดำเนินการสำรวจ

ดำเนินการสำรวจตามที่วางแผนไว้ ดังนี้

๓.๔.๑ ออกแบบการสำรวจด้วยซอฟต์แวร์ Geomative Studio

ออกแบบการสำรวจตามความลึกและเป้าหมายที่กำหนดไว้ โดยใช้ซอฟต์แวร์ Geomative Studio ในการสร้างโครงการ (Project) และสร้างสคริปต์ (Script) เพื่อกำหนดวิธีการ วัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ จากนั้นเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับเครื่อง GD-10 mainframe ด้วยสายเชื่อมต่อ USB เพื่อส่งข้อมูลที่ออกแบบไปยังเครื่อง GD-10 mainframe

๓.๔.๒ จัดวางขั้วไฟฟ้าเหล็ก และติดตั้งอุปกรณ์

กำหนดตำแหน่งวางเครื่อง GD-10 mainframe และใช้เทปวัดระยะวางตามทิศทาง ของแนวสำรวจ จากนั้นจัดวางขั้วไฟฟ้าเหล็กตามระยะที่กำหนด และใช้ค้อนตอกขั้วไฟฟ้าเหล็ก ลงไปในดิน โรยสายเคเบิลให้ขั้วไฟฟ้าอยู่ตำแหน่งใกล้เคียงกับขั้วไฟฟ้าเหล็ก และใช้คลิปหนีบที่ขั้ว CB10 บนสายเคเบิล จากนั้นเชื่อมต่อปลายสายเคเบิลเข้ากับ SR-๑๐ switch relay หรือ L type cable เชื่อมต่อไปยังเครื่อง GD-10 mainframe

๓.๔.๓ ตั้งค่าเครื่องมือสำรวจ และวัดค่า

ก่อนการสำรวจให้ปรับเทียบเครื่อง GD-10 mainframe กับกล่องความต้านทาน จากนั้นตรวจสอบทิศทางและจำนวนของ SR-10 switch relay และวัดค่า Grounding R เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อระหว่าง Multi-electrode cable, ขั้วไฟฟ้าเหล็ก และชั้นดินบริเวณที่ปัก ขั้วไฟฟ้า เมื่อตรวจสอบเรียบร้อย จึงเริ่มวัดค่าได้ โดยผลการสำรวจจะแสดงบนหน้าจอเครื่อง GD-10 mainframe ในรูปแบบภาพตัดขวางเทียมของสภาพใต้ผิวดิน และภาพตัดขวางแสดง ตำแหน่งวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

๓.๔.๔ ส่งออกข้อมูล

เมื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูล พร้อมนำไปใช้งาน ให้เชื่อมต่อเครื่อง GD-10 mainframe กับคอมพิวเตอร์ ด้วยสายเชื่อมต่อ USB เพื่อส่งออกข้อมูลไปยังซอฟต์แวร์ Geomative studio จากนั้นนำข้อมูลไปวิเคราะห์และแปลความหมายสภาพใต้ผิวดิน

๓.๕ วิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากก[้]ารสำรวจ ควรวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นก่อนนำไปประมวลและแปลความหมาย เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล สามารถดำเนินการได้ ดังนี้

๓.๕.๑ คัดเลือกข้อมูลที่ผิดปกติออก

๓.๕.๒ ตรวจสอบความถูกต้องของตำแหน่งข้อมูล หากตำแหน่งผิด การแปลความหมาย ใต้ผิวดินจะผิดตำแหน่ง ส่งผลให้การนำไปใช้งานผิดพลาด

๓.๕.๓ ปรับแก้ค่าให้เหมาะสมและสอดคล้อง เช่น ข้อมูลที่จุดเดียวกันต้องมีค่าเท่ากันเสมอ เมื่อพบค่าที่ไม่เท่ากันจำเป็นต้องปรับค่า โดยเมื่อปรับค่าแล้วสามารถให้เหตุผลหรืออธิบายได้ถึง สาเหตุของข้อมูลที่จุดเดียวกันแต่ได้ค่าแตกต่างกัน

๓.๕.๔ จัดทำแผนที่แสดงตำแหน่งจุดสำรวจและแนวการสำรวจ ในมาตราส่วนที่เหมาะสม เพื่อให้สามารถเห็นภาพรวมของข้อมูลที่ทำการสำรวจ

๓.๖ ประมวลผลข้อมูล และแปลความหมาย

การประมวล[์]ผลข้อมูล ปัจจุบันอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ถูกพัฒนามาช่วยคำนวณ และสร้างแบบจำลองเทียมในรูปแบบภาพตัดขวางเทียมของสภาพใต้ผิวดิน (Pseudosection) ยกตัวอย่างเช่น โปรแกรม RES2DINV ใช้สำหรับประมวลผลการสำรวจรูปแบบ ๒ มิติ และโปรแกรม RES3DINV กรณีประมวลผลการสำรวจรูปแบบ ๓ มิติ สำหรับการประมวลผลการสำรวจรูปแบบ ๒ มิติ โปรแกรมจะคำนวณและสร้างภาพตัดขวางเทียมด้วยสีของช่วงค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ ปรากฏ จำนวน ๓ ภาพ คือ ภาพตัดขวางเทียมของค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏที่วัดได้ จากภาคสนาม ภาพตัดขวางเทียมของค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏที่ได้จากการคำนวณ และภาพตัดขวางเทียมของค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะแบบย้อนกลับ ที่จำลองสภาพใต้ผิวดิน ในการประมวลผลหากพบข้อมูลผิดปกติ เช่น ค่าสูงเกินไป หรือน้อยเกินไป สามารถปรับแก้ค่าหรือ คัดเลือกข้อมูลออกได้ และให้โปรแกรมประมวลผลใหม่ ซึ่งต้องตรวจสอบว่าค่าดังกล่าวไม่ได้เกิดจาก ความผิดปกติของชั้นดินชั้นหิน โดยโปรแกรมจะแสดงค่าความคลาดเคลื่อน (Error) ที่เป็นตัวบ่งบอก ความแม่นยำของการประมวลผล โดยทั่วไปหากค่าความคลาดเคลื่อนต่ำกว่า ๕% ถือว่า การประมวลผลมีความน่าเชื่อถือ จากนั้นนำผลการสำรวจในรูปแบบภาพตัดขวางไปแปลความหมาย สภาพใต้ผิวดินตามคุณสมบัติความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะเทียบเคียงกับข้อมูลในพื้นที่

การแปลความหมายจากผลการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ เป็นการแปล ความหมายเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ สามารถบ่งบอกได้เฉพาะสภาพธรณีวิทยาหรือโครงสร้าง ใต้ผิวดินที่ไม่ซับซ้อน โดยแสดงด้วยค่าความผิดปกติที่ตรวจวัดได้จากความแตกต่างของคุณสมบัติ ทางไฟฟ้าของชั้นดินชั้นหิน ที่มีแร่ประกอบ ขนาดของช่องว่าง และสารละลายที่แทรกอยู่ในช่องว่าง ของชั้นดินชั้นหินที่แตกต่างกัน โดยความลึกจากการสำรวจเป็นความลึกโดยประมาณ การแปล ความหมายจึงต้องอาศัยข้อมูลหลายด้านประกอบกัน เช่น ข้อมูลธรณีวิทยา ข้อมูลอุทกธรณีวิทยา ข้อมูลหลุมเจาะ รวมถึงแบบแปลนการก่อสร้าง ทั้งนี้ สามารถสำรวจร่วมกับวิธีอื่น เพื่อหาข้อมูล ทางกายภาพมาสนับสนุนและแปลความหมายร่วมกันแบบบูรณาการ เช่น การเจาะสำรวจดิน ด้วยสว่านมือหมุน (Hand Auger) การสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยคลื่นไหวสะเทือน (Seismic Exploration) การสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีเรดาร์หยั่งลึก (Ground Penetration Radar) เป็นต้น เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น

ยกตัวอย่างเช่น โครงการศึกษาความเหมาะสม สำรวจ ออกแบบ โครงการอนุรักษ์ พื้นฟู พัฒนาแหล่งน้ำชุมชนและระบบกระจายน้ำตำบลเขาต่อ ตำบลปลายพระยา อำเภอปลายพระยา จังหวัดกระบี่ ตำบลคลองชะอุ่น อำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี ได้ดำเนินการสำรวจธรณีฟิสิกส์ โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ ด้วยเครื่องมือ Geomative โดยบริเวณแนวสำรวจ BTM004 (บริเวณแนวเขื่อนโค้ง (ก่อสร้างใหม่)) เป็นพื้นที่เชิงเขาอยู่ด้านท้ายของฝายบางเท่าแม่ (เดิม) จากผลการสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ พบว่าสภาพธรณีวิทยา บริเวณใต้ท้องน้ำมีค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ำ คาดว่าชั้นตะกอนมีความซื้นถึงเปียกหรือมีน้ำ ตามรอยแตกของชั้นหิน และบริเวณใกล้ผิวดินมีค่าความต้านทานไฟฟ้าสูง คาดว่าสภาพธรณีวิทยา เป็นชั้นตะกอนแข็งหรือชั้นเศษหินเชิงเขา ดังแสดงใน**รูปที่ ๓-๑** ทั้งนี้ ต้องการตรวจสอบข้อมูล ในรายละเอียด จึงได้ดำเนินการเจาะสำรวจ จำนวน ๓ หลุม ได้แก่ BH-6, BH-7 และ BH-8 ดังแสดง ใน**รูปที่ ๓-๒** ทำให้ทราบความหนาและลักษณะของชั้นดินชั้นหิน สามารถนำข้อมูลมาเทียบเคียงกับ ผลการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ และข้อมูลธรณีวิทยาบริเวณพื้นที่โครงการ ทำให้ สามารถแปลความหมายสภาพใต้ผิวดิน ลักษณะชั้นดินชั้นหิน รวมถึงความหนาของชั้นดินชั้นหิน ได้อย่างถูกต้องมากยิ่งขึ้น ดังแสดงใน**รูปที่ ๓-๓**



รูปที่ ๓-๑ ผลการแปลความหมายภาพตัดขวางสภาพใต้ผิวดิน แนวสำรวจ BTM004



รูปที่ ๓-๒ แนวสำรวจ BTM004 และจุดเจาะสำรวจ BH-6, BH-7 และ BH-8





๓.๗ สรุปผล และจัดทำรายงานการสำรวจ

จากการสำรวจธรณีวิทยา อุทกธรณีวิทยา และธรณีฟิสิกส์ในภาคสนาม จึงนำไปสู่ข้อมูล การสำรวจ อาทิ ข้อมูลสภาพพื้นที่ ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ และลักษณะทางกายภาพ ของชั้นดินชั้นหิน เมื่อการสำรวจแล้วเสร็จจึงนำข้อมูลที่ได้ไปแปลความหมายสภาพใต้ผิวดิน สรุปผล การสำรวจ ข้อจำกัด และข้อเสนอแนะ พร้อมจัดทำรายงานการสำรวจ เพื่อวางแผนการเจาะสำรวจ สำหรับการออกแบบโครงการอนุรักษ์ ฟื้นฟู และพัฒนาแหล่งน้ำ รวมทั้งเป็นฐานข้อมูลธรณีวิทยา ฐานรากของกรมทรัพยากรน้ำต่อไป โดยรายงานการสำรวจควรประกอบด้วยข้อมูล ดังต่อไปนี้ ๓.๗.๑ ลักษณะพื้นที่ ประกอบด้วย

- ๑) ลักษณะภูมิประเทศ พร้อมแผนที่ภูมิประเทศหรือแผนที่ภาพถ่ายดาวเทียม
- ๒) ลักษณะธรณีวิทยา พร้อมแผนที่ธรณีวิทยา
- ๓) ลักษณะอุทกธรณีวิทยา พร้อมแผนที่อุทกธรณีวิทยา
- ๔) ลักษณะโครงการ พร้อมภาพตัดขวางพื้นที่โครงการ

๓.๗.๒ หลักการสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ ๓.๗.๓ เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจ พร้อมภาพถ่าย ๓.๗.๔ วิธีการสำรวจ พร้อมภาพถ่ายพื้นที่สำรวจและระหว่างดำเนินการสำรวจ

๓.๗.๔ วธการสารวจ พรอมภาพถายพนทสารวจและระหวางดาเนนการสารวจ ๓.๗.๕ ผลการสำรวจ พร้อมแปลความหมายลักษณะชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดิน และสรุปผล

การสำรวจ ประกอบด้วยข้อมูล ดังนี้

๑) สถานที่ตั้งของจุดสำรวจ โดยระบุระบบพิกัดภูมิศาสตร์ของจุดสำรวจในรูปแบบ ละติจูด (Latitude) และลองจิจูด (Longitude) หรือระบบพิกัดยูทีเอ็ม (UTM) ในรูปแบบ UTM Easting และ UTM Northing พร้อมโซนของกริด เช่น E 123456, N 1234567 โซน 47N และ ระดับความสูง (Elevation) ทั้งนี้ ให้แสดงจุดสำรวจบนแผนที่ พร้อมแนวการสำรวจ

๒) ทิศทางการวางแนวสำรวจ (Line bearing)

m) ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้า ระยะแนวสำรวจ และความลึกของการสำรวจ

๔) ผลการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ ในรูปแบบกราฟลอการิทึม กรณีสำรวจแบบ ๑ มิติ, ภาพตัดขวาง (Profile) และภาพตัดขวางเทียม (Pseudosection) กรณี สำรวจแบบ ๒ มิติ และสภาพใต้ผิวดินเสมือนแท่งสี่เหลี่ยม กรณีสำรวจแบบ ๓ มิติ

๕) ผลการแปลความหมายลักษณะชั้นดินชั้นหินและโครงสร้างใต้ผิวดิน

๖) ข้อมูลเพิ่มเติมของบริเวณจุดสำรวจ

๓.๗.๖ ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ

๓.๘ การบำรุงรักษาเครื่องมือ

๓.๘.๑ ไม่ควรบิด หัก หรือดึงสายเคเบิล เพราะจะทำให้สายไฟภายในชำรุดเสียหาย

๓.๘.๒ ควรปิดขั้วบริเวณ Multi-electrode cable, SR-๑๐ switch relay และ L Type cable ทุกครั้ง เพื่อป้องกันฝุ่นและสิ่งสกปรก

๓.๘.๓ การสำรวจในน้ำ ควรระวังอย่าให้ ขั้ว CB๑๐ บนสายเคเบิล, คลิปหนีบขั้วไฟฟ้า, SR-๑๐ switch relay และ L Type cable โดนน้ำ เพราะจะทำให้ชำรุดเสียหาย หรือหากโดนน้ำให้รีบเช็ด ทำความสะอาดให้แห้งโดยเร็ว

๓.๘.๔ ควรชาร์จอุปกรณ์จ่ายไฟ อย่างน้อยเดือนละ ๑ ครั้ง เพื่อรักษาสภาพของอุปกรณ์ หรือ หากความต่างศักย์ไฟฟ้าน้อยกว่า ๔๒ โวลต์ ควรนำอุปกรณ์ไปชาร์จ

๓.๘.๕ ควรเชื่อมต่ออุปกรณ์ให้เรียบร้อยก่อนเปิดเครื่อง และควรปิดเครื่องก่อนถอดอุปกรณ์ เชื่อมต่อ ป้องกันเครื่องมือเสียหาย

๓.๘.๖ เช็ดทำความสะอาดเครื่องมือและอุปกรณ์หลังใช้งานทุกครั้ง พร้อมตรวจสอบอุปกรณ์ ให้ครบ ก่อนจัดเก็บลงกล่องเครื่องมือ

๓.๙ การประยุกต์

การสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ เป็นการสำรวจบริเวณผิวดิน เพื่อตรวจสอบลักษณะชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดิน ซึ่งการสำรวจไม่กระทบต่อโครงสร้างใต้ผิวดินและ โครงสร้างทางวิศวกรรมที่มีอยู่เดิม จึงเหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับงานที่เกี่ยวข้องกับภารกิจ ของกรมทรัพยากรน้ำ ดังนี้

๓.๙.๑ สำรวจลักษณะชั้นดินชั้นหิน ความหนาใต้ผิวดิน และการลำดับชั้นดินชั้นหิน ๓.๙.๒ สำรวจโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่อยู่ใต้ผิวดิน เช่น รอยเลื่อน รอยแตก เป็นต้น

๓.๙.๓ กำหนดจุดเจาะสำรวจชั้นดินชั้นหิน

๓.๙.๔ สำรวจหาบริเวณหินฐานราก

๓.๙.๕ ตรวจสอบหาการรั่วซึมของฐานราก

๓.๙.๖ ตรวจสภาพเชื่อน อ่างเก็บน้้ำ และฝายน้ำล้นที่สร้างจากดินถม

๓.๙.๗ ตรวจสอบสภาพก่อนการปรับปรุงฐานรากและหลังปรับปรุงฐานราก

บทที่ ๔ ข้อจำกัด และข้อเสนอแนะ

เครื่องมือสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

๔.๑ ข้อจำกัด

๔.๑.๑ บริเวณสำรวจต้องมีความแตกต่างทางกายภาพมากพอ จึงตรวจวัดค่าความผิดปกติ ของสิ่งที่ต้องการสำรวจได้

๔.๑.๒ ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจไม่ใช่ลักษณะแท้จริงของสภาพธรณีวิทยาใต้ผิวดิน แต่เป็น แบบจำลองเทียมในรูปแบบภาพตัดขวางเทียมของสภาพใต้ผิวดิน (Pseudosection) จำเป็นต้อง นำไปแปลความหมายเพื่อหาลักษณะทางธรณีวิทยา

๔.๑.๓ การสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ เป็นการสำรวจโดยปล่อยกระแสไฟฟ้า ลงไปใต้ผิวดิน หากกระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลลงไปใต้ผิวดิน จะไม่สามารถทำการสำรวจได้

๔.๑.๔ กระแสไฟฟ้าจะไม่ไหลลงไปในระดับลึก หากพบชั้นดินเหนียว หรือชั้นน้ำที่เป็น กระเปราะ เนื่องจากกันไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหลลึกลงไป

 ๔.๑.๕ การเปลี่ยนแปลงของชั้นดินชั้นหินที่มีความหนาไม่เท่ากัน มีผลต่อการไหล ของกระแสไฟฟ้าแตกต่างกัน

 ๔.๑.๖ การแปลความหมายจากผลการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ มีความแม่นยำอยู่ในระดับปานกลาง เนื่องจากสามารถแปลความหมายสภาพธรณีวิทยาที่มีโครงสร้าง ไม่ซับซ้อน และความลึกที่ได้จากการแปลความหมายเป็นความลึกโดยประมาณ ซึ่งความลึกมากสุด ที่เหมาะสมสำหรับการสำรวจ ประมาณ ๑ กิโลเมตร

๔.๒ ข้อเสนอแนะ

๔.๒.๑ ควรตรวจสอบสภาพพื้นที่ที่ต้องการสำรวจก่อน เพื่อกำหนดเป้าหมาย และเลือก วิธีการสำรวจให้เหมาะสม หรือประยุกต์ใช้การสำรวจหลาย ๆ วิธีร่วมกัน

๔.๒.๒ หากกระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลลงใต้ผิวดิน หรือดินบริเวณที่ปักขั้วไฟฟ้าแห้ง สามารถเทน้ำเพื่อเป็นตัวนำให้กระแสไฟฟ้าไหลลงไปใต้ผิวดินได้ดีขึ้น

๔.๒.๓ หลีกเลี่ยงพื้นที่สำรวจที่อยู่ใกล้ตัวนำไฟฟ้า เช่น ท่อน้ำที่เป็นโลหะ เนื่องจาก กระแสไฟฟ้าจะไหลไปในตัวนำไฟฟ้ามากกว่าไหลไปยังตัวกลางที่มีสภาพความนำไฟฟ้าน้อยกว่า

๔.๒.๔ ควรวางสายไฟฟ้าหรือสายเคเบิลปล่อยกระแสไฟฟ้าและวัดความต่างศักย์ไฟฟ้า
 ห่างกันประมาณ ๑-๒ เมตร เพื่อป้องกันเกิดการเหนี่ยวนำ และทำให้ค่าที่อ่านได้สูงกว่าปกติ

 ๔.๒.๕ ควรปรับแก้ความสูง-ต่ำของภูมิประเทศก่อนการแปลความหมาย กรณีพื้นที่สำรวจ มีความแตกต่างของความลาดชันเกินกว่า ๕-๑๐ องศา เพราะอาจส่งผลให้ตำแหน่งของค่าผิดเพี้ยนไป
 ๔.๒.๖กรณีต้องการสำรวจที่ความลึกไม่มาก และความยาวของสายไฟฟ้าไม่เพียงพอ สามารถแบ่งช่วงการสำรวจ โดยให้มีจุดซ้อนทับกันเสมือนการสำรวจไม่ขาดช่วง

๔.๒.๗ ควรประยุกต์นำเอาหลักสถิติมาช่วยในการตรวจสอบข้อมูลที่ได้จากภาคสนาม หากพบค่าผิดปกติมากเกินไปหรือน้อยเกินไป ไม่ควรตัดออกทันที ควรพิจารณาเทียบกับข้อมูล ข้างเคียง ว่าค่าผิดปกติไม่ใช่ผลจากสภาพธรณีวิทยา ๔.๒.๘ การแปลความหมายสภาพใต้ผิวดิน ผู้แปลความหมายควรมีความรู้พื้นฐาน ทางธรณีวิทยา และธรณีฟิสิกส์ รวมถึงควรศึกษาข้อมูลสภาพธรณีวิทยาของพื้นที่สำรวจก่อน จะช่วย ให้การแปลความหมายสอดคล้องกับธรณีวิทยายิ่งขึ้น