

บทที่ 7

การเจาะสำรวจและการหยั่งธรณีหลุมเจาะ (Drilling and Bore-hole Logging)

7.1 บทนำ

7.1.1 ความหมายและส่วนประกอบ

สำหรับนักสำรวจการเจาะ หมายถึง การเจาะรูหรือหลุมในพื้นดินหรือในหิน โดยอาศัยพลังงานจากแรงงานของคน หรือ สัตว์ พลังงานกลจากเครื่องยนต์ ซึ่งอาจเป็นเครื่องอัดลม (compressed air) เครื่องยนต์เบนซิน (petrol engine) หรือเครื่องยนต์ดีเซล (diesel engine) พลังงานไฟฟ้า พลังงานน้ำ (ที่มีแรงดันสูง) พลังงานจากเปลวไฟอุณหภูมิสูง หรือพลังงานไอน้ำ ทั้งนี้ โดยอาศัยอุปกรณ์การเจาะซึ่งอาจเป็นแบบสว่านเจาะแบบง่าย ๆ ถ้าอาศัยแรงงานคนหรือสัตว์ หรือแบบที่ซับซ้อนขึ้นถ้าอาศัยพลังงานกลหรือพลังงานอื่น ๆ

ส่วนประกอบที่สำคัญของอุปกรณ์การเจาะโดยทั่วไปไม่ว่าจะเป็นการเจาะประเภทใด (ยกเว้นแบบอาศัยแรงงานคนหรือสัตว์) ย่อมประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 อย่างได้แก่

1. เครื่องเจาะ (drill) หมายถึง ต้นกำเนิดพลังงานที่ใช้ในการเจาะ ได้แก่ เครื่องยนต์ชนิดต่าง ๆ โดยมากมักวางบนแท่นเจาะ (rig) (ดูรูป 7.1 และ 7.2)
2. ก้านเจาะ (rod) คือ ส่วนที่ถ่ายทอดพลังงานจากเครื่องยนต์ไปสู่หัวเจาะ ดังนั้นจึงต้องมีความแข็งแรงเป็นพื้นและ
3. หัวเจาะ (bit) คือ ส่วนที่ทำหน้าที่กรูดินหรือทะลุทะลวงหินโดยตรง ดังนั้นจึงต้องมีความแข็งแรงและมีความคมเป็นพิเศษ

สำหรับรูป 7.3 ถึง 7.7 เป็นแท่นเจาะชนิดต่าง ๆ ที่นิยมใช้ในทะเล

7.1.2 วัตถุประสงค์ของการเจาะ

การเจาะมีจุดมุ่งหมายแตกต่างกันมากมาย ขึ้นอยู่กับประเภทของงาน ที่สำคัญ ๆ 4 ตัวอย่างด้วยกันได้แก่

1. เพื่อแสวงหาแร่ (prospecting) หมายถึง การทดสอบในระยะแรกของการสำรวจแหล่งแร่
2. เพื่อสำรวจ (exploration) หมายถึง การเจาะเพื่อรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ทางธรณีวิทยาทั่วไป ทางธรณีวิทยาโครงสร้าง ทางวิศวกรรมธรณี (เพื่อการก่อสร้างอาคาร ถนน ทางรถไฟ อุโมงค์ สะพาน เขื่อน อ่างเก็บน้ำ ฯลฯ) และเพื่อการสำรวจแหล่งแร่ แหล่งน้ำบาดาล แหล่งพลังงานต่าง ๆ รวมทั้งการสำรวจแหล่งน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ
3. เพื่อระเบิด (blasting) หมายถึง การเจาะเพื่อทำการระเบิดในงานประเภทต่าง ๆ

4. เพื่อพัฒนาแหล่งแร่ (exploitation for mine development) เช่น เพื่อการขุดปล่อง (shaft sinking) และการทำแร่ระยะต่าง ๆ

นอกจากนั้นยังมีการเจาะเพื่อกิจการพิเศษ เช่น การเจาะเพื่องานกู้ภัย (rescue work) หรือเพื่อกำจัดของเสีย (waste disposal)

รูป 7.1.1 เครื่องเจาะกระแทกแบบ down-the-hole ที่กำลังปฏิบัติการอยู่

รูป 7.1.2 เครื่องเจาะกระแทก (Percussion drill)

7.2 ชนิดของเครื่องเจาะ

โดยทั่วไปเราแบ่งเครื่องเจาะตามหลักของการทำงานได้เป็น 2 ชนิด อย่างง่ายได้แก่ เครื่องเจาะแบบกระแทก และ เครื่องเจาะแบบหมุน รูป 7.8 แสดงส่วนประกอบหลักของเครื่องเจาะ ถ้าเป็นเครื่องเจาะขนาดใหญ่มักมีระบบรอกด้วย (รูป 7.9 และ 7.10) ตลอดจนเครื่องคูโคลน (รูป 7.11)

7.2.1. เครื่องเจาะแบบกระแทก (Percussion Drills)

เครื่องเจาะแบบกระแทกเป็นเครื่องเจาะชนิดเก่าแก่ที่สุด อาศัยหลักที่สำคัญคือ ใช้แรงกระแทกเพื่อให้ส่วนที่เป็นหัวเจาะไปกระทบกับดินหรือหินให้แตกหักออก โดยทั่วไปใช้ในการเจาะเพื่อแสดงขอบเขตของสายแร่กับหินหรือส่วนที่ถือว่าไม่มีค่า(waste) ในการทำแร่ มักไม่ใช้ในการเจาะเพื่อเก็บตัวอย่าง เว้นแต่จะมีการดำเนินการอย่างรอบคอบ เพื่อเก็บชิ้นตัวอย่าง (cuttings) จากการเจาะแบบนี้ด้วย เครื่องเจาะแบบกระแทกแบ่งเป็นประเภทต่าง ๆ ได้แก่

ก. ชะแลงหรือเครื่องเจาะมือ (Jumper bar, jumper drill hand drill) เป็นแท่งโลหะขนาดเล็กผ่านศูนย์กลาง 2.5-3.75 ซม. ยาวระหว่าง 0.6-1.2 เมตร ปลายด้านหนึ่งเลี่ยมเป็นรูปสั้ว ทำด้วยเหล็กกล้าผสมแมงกานีสและคาร์บอน เวลาเจาะต้องใช้คนงานสองคน คนหนึ่งทำหน้าที่จัดชะแลงพร้อมทั้งคอยหมุนไปเรื่อย ๆ อีกคนหนึ่งทำหน้าที่ตอกด้วยค้อน อาจจะเจาะแห้งหรือใช้น้ำก็ได้ ปกติใช้เจาะรูระเบิดในเหมืองหิน หรือบ่อวัสดุสร้างทาง ใช้เจาะถึงระดับลึกไม่เกิน 180 ซม. ถ้าเจาะในหินแกรนิตจะเจาะได้ลึกประมาณ 90 ซม.ต่อวัน อาจใช้ในการทำแร่ สำหรับกรณีที่เป็นสายแร่แคบ ๆ โดยเฉพาะใน

เหมือนแร่ขนาดย่อม สายแร่มักเป็นสายแร่ที่มีความสมบูรณ์สูง (high-grade ore) แต่ปริมาณไม่มากพอที่จะใช้การเจาะด้วยเครื่องเจาะกล หรือในกรณีที่ค่าใช้จ่ายสำหรับเชื้อเพลิงหรือพลังงานสูง แต่ค่าแรงต่ำและไม่มีแรงงานระดับฝีมือ หรือสินแร่ค่อนข้างเปราะหรืออ่อน (soft ore) หรือในกรณีอื่น ๆ ที่ใช้เครื่องเจาะแบบอื่นไม่ได้ผลหรือไม่เหมาะสม

ข. เครื่องเจาะลม (Pneumatic drill) ได้แก่ เครื่องเจาะที่ทำงานโดยอาศัยแรงอัดของลมเป็นพลังงานกระแทกและหมุนก้านเจาะ แบ่งเป็นแบบต่าง ๆ ได้ 3 แบบคือ แบบลูกสูบ แบบค้อนและแบบปั่น

(1) เครื่องเจาะแบบลูกสูบ (Piston pneumatic drill) เป็นเครื่องเจาะแบบอัดลมที่ประดิษฐ์ขึ้นใช้รุ่นแรกสุด โดยมีลูกสูบซึ่งเคลื่อนที่ด้วยแรงอัดของลม ยึดติดกับเหล็กก้านเจาะโดยตรง เคลื่อนที่ไปข้างหน้า (กระแทกกับหินที่เจาะ) และเคลื่อนที่ถอยหลังด้วยแรงสะท้อนและแรงอัดในกระบอกสูบไปพร้อม ๆ กัน จึงหะการกระแทกและการทำงานค่อนข้างช้า เพราะส่วนที่เป็นหัวเจาะไม่ได้ชนหินที่เจาะตลอดเวลา ปัจจุบันเครื่องเจาะแบบนี้แทบไม่มีครุณิยมใช้แล้ว ยกเว้นในกรณีพิเศษ เช่น การเจาะได้น้ำ

(2) เครื่องเจาะแบบค้อน (Hammer drill) คล้ายกับเครื่องเจาะแบบลูกสูบ แต่ลูกสูบกับก้านเจาะไม่ยึดติดกัน ลูกสูบจะกระแทกก้านเจาะซึ่งถูกยึดไว้โดยเป็นจับก้านเจาะ (chuck) อย่างหลวม ๆ หัวเจาะจะชนกับหินก้นหลุมตลอดเวลา ยกเว้นตอนที่สะท้อนออกเล็กน้อย ในเครื่องเจาะแบบค้อนบางชนิดจะมีทั่ง (anvil) คั่นอยู่ระหว่างลูกสูบกับโคนก้านเจาะแท่งก้านเจาะ (drill steel) ทำด้วยเหล็กกล้า มักมีรูเล็ก ๆ ตรงกลางตามความยาวของแท่ง เพื่อเป็นช่องทางให้อากาศหรือน้ำผ่านไปพ่นให้เศษหินจากการเจาะขึ้นจากก้นหลุมระหว่างเจาะ ถ้าใช้อากาศเรียกว่า การเจาะแบบแห้ง ถ้าใช้น้ำเรียกว่า การเจาะแบบเปียก อัตราการกระแทกของเครื่องเจาะอยู่ระหว่าง 1600-2200 ครั้งต่อนาที

รูป 7.1.3 เครื่องเจาะแบบค้อน (Downhole hammer drill) ที่ติดบนรถบรรทุก (จากบริษัท Ingersoll Rand.)

รูป 7.1.4 เครื่องเจาะแบบพ็อน (Downhole hammer drill) โดยมีหัวเจาะทั้งสะเตนคาร์ไบด์ (tungsten carbide "button" bit.) (Courtesy Ingersoll Rand Company.)

ในการสำรวจแร่หรือน้ำบาดาลเครื่องเจาะแบบค้อนแบ่งเป็นชนิดย่อย ๆ ได้อีกดังนี้

(ก) แบบมือถือ (Hand-held drill) มีทั้งแบบแห้งและแบบเปียก น้ำหนักอยู่ระหว่าง 13-35 กิโลกรัม ถ้าเป็นแบบที่ใช้เจาะเพื่อขุดปล่อง (shaft) เรียกว่า Sinker drill มักมีน้ำหนักระหว่าง 30-60 กิโลกรัม เครื่องเจาะแบบมือถือชนิดพิเศษใช้สำหรับเจาะชั้นถ่านหินหรือเจาะในหินที่ไม่สู้แข็งนัก มี

น้ำหนักเบา(ประมาณ 17 กิโลกรัม) ใช้เหล็กก้านเจาะแบบสว่าน หมุนเร็วแต่แรงกระแทกน้อยกว่าแบบอื่น ๆ เครื่องเจาะแบบมือถือโดยทั่วไปใช้สำหรับเจาะหลุมลงในแนวตั้ง อาจใช้เจาะหลุมในแนวระดับได้ แต่ต้องใช้ฐานยึด บางครั้งก็ใช้เจาะทำแร่ (stoping) โดยใช้ควบกับขาเจาะลม (air-feed leg) เครื่องเจาะแบบมือถือที่นิยมใช้กันมากที่สุด ได้แก่ เครื่องเจาะแบบค้อนแม่แรง (Jack hammer) เป็นเครื่องเจาะประเภทอาศัยแรงอัดของลมแบบมือถือที่ใช้ในการเจาะระดับตื้น (ถึงระดับลึกประมาณ 4.5 เมตร) ใช้ในการทำเหมืองหิน เจาะรูระเบิดในเหมืองเปิดทั่ว ๆ ไป และเจาะอุโมงค์ติดต่อกันในการทำเหมืองใต้ดิน(ทิ้งไว้เป็น อุโมงค์ในแนวระดับ(drift)วางตัวขนานหรือเกือบขนานกับการวางตัวของสายแร่อาจเจาะอยู่ในภูมิแร่เลยหรือใกล้ ๆ กัน) และ crosscut (อุโมงค์ในแนวระดับ วางตัวทำมุมเกือบหรือตั้งฉากกับการวางตัวของสายแร่ผ่านหินข้างเคียงหรือในภูมิแร่ก็ได้) โดยที่ขนาดรูเจาะไม่เกิน 5 ซม. น้ำหนักเบา (ระหว่าง 15-35 กิโลกรัม) โดยทั่วไปประมาณ 17 กิโลกรัม อาจใช้ติดกับขาเจาะ (air leg หรือ jack leg) ก็ได้โอเสีย (ที่เกิดจากการเคลื่อนที่ถอยหลัง) จะเคลื่อนผ่านรูตรงกลางของลูกสูบทะลุเข้าไปในแกนกลางของก้านเจาะ ทำหน้าที่ระบายความร้อนของหัวเจาะ พร้อมทั้งเป่าเศษหินที่เกิดจากการเจาะให้ออกจากรูเจาะด้วย

(ข) แบบเจาะระดับ (Drifter drill) มีฐานยึด มักเป็นรูปกาทะบาดหรือเป็นแท่งยาว ใช้เจาะหลุมในแนวระดับ (หรือเกือบระดับ) มักหมุนได้ด้วยตัวเอง และเป็นแบบเปิก บางเครื่องอาจใช้เครื่องยนต์ช่วยหมุน มีน้ำหนักระหว่าง 50-100 กิโลกรัม เครื่องที่ใช้เจาะในเหมืองหินมักใช้ฐานยึดเป็นแท่งในแนวระดับ มีขาตั้ง (อาจเป็นแบบสามขา) อาจใช้เจาะทำแร่ได้โดยมีส่วนที่เป็นเกลียวสำหรับดันก้านเจาะให้เคลื่อนไปข้างหน้าหรืออาจใช้อุปกรณ์ช่วยดันอย่างอื่น ๆ เช่น เฟือง หรือใช้แรงลมอัด (air-feed)

(ค) แบบทำแร่ (Stoper drill) ใช้สำหรับเจาะขึ้นด้านบนหรือเจาะระดับเหนือศีรษะ แบบปกติ (standard-feed) มีกระบอกสูบ (อัดลม) ติดอยู่กับโคนก้านเจาะ ส่วนลูกสูบตื้อยื่นออกมาทางปลาย อีกด้านหนึ่ง ส่วนแบบป้อนกลับ (reverse-feed) ลูกสูบอยู่ระหว่างก้านเจาะกับกระบอกสูบทำให้ยึดเครื่องเจาะกับฐานได้สะดวกและใช้เจาะได้ทั้งในแนวตั้งและแนวระดับ เครื่องเจาะแบบทำแร่ที่หมุนด้วยมือ ทั้งแบบแห้งและเปียก น้ำหนักระหว่าง 35-45 กิโลกรัม มักมีแป้นจับก้านเจาะ สำหรับก้านเจาะแบบหกเหลี่ยมหรือแปดเหลี่ยม ส่วนแบบที่หมุนโดยอัตโนมัติ น้ำหนักระหว่าง 40-55 กิโลกรัม มีทั้งแบบแห้งและเปียก

(ง) แบบรถเจาะ (Wagon drill) ใช้เครื่องเจาะแบบเจาะระดับหรือแบบมือถือ ติดไว้บนฐานหรือแท่นเจาะที่เคลื่อนที่ได้ โดยมีแกนนำซึ่งปรับให้เจาะในแนวใด ๆ ก็ได้

แรงอัดของลมสำหรับเครื่องเจาะลม โดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 30-45 กิโลกรัม ต่อตารางนิ้ว

(3) เครื่องเจาะแบบปั่น (Churn drill)

เป็นเครื่องเจาะที่ใช้วิธีการเจาะแบบดั้งเดิมคือ การเจาะโดยใช้เครื่องมือสายเคเบิล (cable-tool drilling) ใช้ในการเจาะสำรวจแหล่งน้ำมัน ก๊าซ กำมะถันและน้ำบาดาล แบ่งออกเป็นสองระบบคือ แบบแท่นเจาะมาตรฐาน (standard rig) กล่าวคือ มีเสาป็นจั่น (derrick) ตั้งอยู่กับที่ และแบบแท่นเจาะเคลื่อนที่ (portable rig)

การเจาะส่วนมากใช้วิธีชักอุปกรณ์เจาะขึ้นลง (spudding) โดยอาศัยลวดสลิงสำหรับแหล่งลานแร่ อัตราชักประมาณ 60 ครั้งต่อนาที การชัก (กระแทก) เร็ว ๆ ทำให้บรรดากรวดทราย ลอยแขวนอยู่ในน้ำได้ ไม่ถูกบดให้แตกละเอียด สำหรับแหล่งแร่แบบอื่น ๆ อัตราชักอยู่ในช่วง 35-50 ครั้งต่อนาที เพราะเครื่องมือเจาะมีน้ำหนักมากกว่า (เจาะลึกกว่า) การเจาะสำรวจบางกรณีอาจต้องลงท่อกรุ การเจาะหลุมระเบิดมักไม่จำเป็นต้องกรุ ถ้าจำเป็นจะกรุเฉพาะส่วนบนของหลุมเจาะ สำหรับหลุมเจาะที่ลึกกว่า 30-45 เมตร จำเป็นต้องใช้ก้านถ่วง (Jar)

การเจาะหลุมระเบิด (blast-hole drilling) มักเจาะหลุมตื้น ๆ ไม่ต้องใช้ท่อกรุ ถ้าเป็นหลุมห่าง ๆ กัน หลุมเจาะมักมีขนาด 20-23 ซม. การเจาะระเบิดในเหมืองหิน และเหมืองเปิดมักเจาะหลุมขนาด 15 ซม

การเจาะแบบป็นนับว่าเป็นวิธีแบบโบราณที่เรียกว่า “การเจาะแบบกระเดื่อง” (spring-pole drilling) อาศัยหลักแบบกระเดื่องดำข้าว โดยมากใช้ในบริเวณที่ขาดแคลนน้ำมันเชื้อเพลิงและน้ำหรือบริเวณที่การคมนาคมไม่สะดวกแต่มีแรงงานถูก ส่วนประกอบที่สำคัญ ประกอบด้วยคานสปริง (spring-pole) ขนาดยาว 6-9 เมตร วางพาดง่ามเสาไม้ให้อัตราส่วนความยาวของท่อนโคนต่อท่อนปลาย (ถึงตำแหน่งที่พาด) ประมาณ 1 ต่อ 3 หรือ 1 ต่อ 5 เครื่องถ่วงโคนคาน อาจเป็นกองหินหรือโครงไม้ (ดังรูป) การเจาะใช้แท่งก้านเจาะเหล็กกล้าเชื่อมปลายเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าผูกเชือกซึ่งยึดไว้กับห่วงเดือย (swivel) ติดกับคานสปริง แท่งก้านเจาะกระแทกขึ้นลงโดยแรงคน (1 หรือ 2 คน) กับแรงคืดตัวของคานสปริง หลุมที่เจาะอาจลึกถึง 22-60 เมตร

เครื่องเจาะแบบป็นอีกแบบหนึ่ง เรียกว่า เครื่องเจาะแบบป็นด้วยมือ (hand churn drill) ใช้เจาะหลุมตื้น ๆ ในกรณีที่ไม่เหมาะที่จะเจาะด้วยเครื่องเจาะกำลังเครื่องยนต์ (machine drill) เครื่องมือประกอบด้วยก้านเจาะทำด้วยแท่งเหล็กกล้ายาวประมาณ 240 ซม รูปหน้าตัดเป็นรูปหกเหลี่ยมขนาด 2.2 ซม ปลายเป็นรูปสี่เหลี่ยม เวลาเจาะใช้แรงคนกระแทกและหมุนแล้วคอยเทน้ำลงให้เต็มหลุมเจาะเสมอ การยกและกระแทกก้านเจาะในหลุมซึ่งมีน้ำเต็มทำให้เกิดลักษณะเหมือนการสูบ ถ้าใช้ก้านเจาะกลวง เศษดิน-หินที่เจาะจะถูกนำขึ้นมาบนปากหลุมได้ ในหินซึ่งยังไม่สู้แข็งนัก อาจเจาะได้ลึกประมาณ 180 ซม. ภายในครึ่งชั่วโมงต่อคนงานหนึ่งคน ในหินแข็งอาจใช้เวลามากกว่า 3-4 ชั่วโมง

รูป 7.1.5 เครื่องเจาะที่ทำเป็นตัวรถเคลื่อนที่ในตัว (typical wagon drill)

รูป 7.8 (ต่อ) ภาพวาดแสดงลักษณะสำคัญอย่างง่ายของเครื่องเจาะป่น

7.2.2. เครื่องเจาะแบบหมุน (Rotary drill)

เครื่องเจาะแบบนี้อาศัยหลักสำคัญคือ อุปกรณ์ส่วนที่ทำหน้าที่เจาะ (ก้านเจาะหัวเจาะ) ถูกหมุนไปรอบ ๆ ด้วยกำลังจากเครื่องยนต์หรือกำลังจากแหล่งอื่น ในขณะที่เดียวกันก็จะมีแรงกด (ส่วนมากอาศัยน้ำหนักของส่วนประกอบของเครื่องมือ) ทำให้หัวเจาะจมลงไปได้เอง แบ่งออกเป็นประเภทต่าง ๆ ดังนี้

ก. แบบสว่าน (Auger drill) เป็นเครื่องเจาะแบบง่าย ๆ ประกอบด้วยส่วนหัวเจาะ ซึ่งอาจเป็นรูปเกลียวสว่านหรือแบบอื่น แบบเกลียวสว่าน ใช้เจาะดินเหนียว แบบ ข. ใช้เจาะทราย และแบบ ง. ใช้เจาะบริเวณที่มีดินเหนียวปนกรวด หรือหินมนขนาดใหญ่ (boulder) การหมุนก้านเจาะอาจใช้แรงคน ในกรณีการเจาะสำรวจดิน ๆ และดินทรายอ่อน เช่น เจาะเก็บตัวอย่างดินในการสำรวจทางธรณีเคมี ซึ่งใช้เฉพาะหัวเจาะแบบเกลียวสว่าน หรืออาจตั้งเสาปั้นจั่นสำหรับเจาะบ่อน้ำ อาจใช้แรงงานสัตว์ เช่น ม้า หรือใช้เครื่องยนต์เป็นตัวหมุนก้านเจาะ

ข. แบบฝักบัว (Calyx drill) เป็นเครื่องเจาะแบบหมุน ซึ่งใช้ก้านเจาะกลวงต่อกับหัวเจาะ การหมุนหัวได้โดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ แต่ในสมัยก่อนใช้แรงงานคนหรือสัตว์ ถ้าเป็นเครื่องเจาะขนาดเล็ก เครื่องเจาะหมุนแบบฝักบัว ใช้เจาะหลุมตั้งแต่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5-7.5 ซม จนถึงขนาด 180 ซม หรือกว้างกว่านั้น มักใช้สำหรับเจาะอุโมงค์ระบายอากาศในเหมือง (mine ventilating shaft) และ อุโมงค์ส่งแร่และกากแร่ (chutes for ore and waste) การเจาะหลุมขนาดใหญ่ใช้ในการเจาะปล่องเหมือง (shaft sinking) ซึ่งใช้วิธีการเจาะที่เรียกว่า เจาะยิง (shot-boring) โดยใช้เครื่องเจาะลูกปราย (chilled shot drill) กล่าวคือ ใช้ลูกปืนเหล็กกล้า (chilled-steel shot, ขนาด 1/16 ถึง 1/8 นิ้ว หรือ 0.15 ถึง 0.3 ซม เป็นตัวกลางช่วยเจาะ โดยส่งผ่านเข้าภายในก้านเจาะพร้อมกับน้ำ ซึ่งจะผ่านเข้าภายในท่อเก็บแท่งตัวอย่าง (core barrel) และหัวเจาะแบบพิเศษ จนออกไปอยู่กันหลุมเจาะ (ใต้หัวเจาะ) ทำให้ลูกปืนให้แตกเข้าไปแทรกอยู่ในช่องของหัวเจาะ ทำหน้าที่เป็นตัวกลางกัดเนื้อหินระหว่างเจาะ ถ้าเจาะในบริเวณที่หินไม่แข็งพอที่จะบดลูกปืนเหล่านี้ ก็อาจใช้เศษเหล็กกล้าที่บดแล้วใส่แทนลูกปืนเพื่อทำหน้าที่ช่วยเจาะแทน เศษดินหินปนน้ำที่เกิดจากการเจาะจะถูกน้ำนำขึ้นไปตามท่อกลวง ("calyx") ที่ครอบท่อเก็บแท่งตัวอย่างอยู่ เนื่องจากก้านเจาะมีขนาดเล็กกว่าท่อกลวง ความเร็วของน้ำที่เคลื่อนขึ้นสู่ด้านบนจึงลดลง ทำให้เศษตัวอย่างขึ้นใหญ่กว่าตกตะกอนอยู่ในท่อกลวงนั่นเอง ความเร็วในการหมุนของเครื่องเจาะแบบนี้อยู่ระหว่าง 50-100 รอบต่อนาที การ

เจาะด้วยวิธีนี้เก็บแท่งตัวอย่างได้ แต่จะเจาะให้เป็นมุมเอียงจากแนวตั้งเกิน 35 องศาไม่ได้ เพราะลูกปืนจะถูกเทไปรวมกันอยู่ส่วนล่างของหัวเจาะหมด การเจาะอาจตั้งเครื่องควบคุมการเจาะอยู่บนพื้นดินหรือให้ห้องคุมเครื่องเจาะอยู่ในหลุมเจาะด้วยก็ได้ การเจาะแบบเครื่องเจาะฝักบัวมีข้อดีกว่าแบบเครื่องเจาะหัวเพชรคือ เจาะหลุมขนาดใหญ่กว่าได้ ประหยัดกว่าและไม่ต้องใช้ช่างเจาะที่มีความชำนาญมาก ๆ เหมือนแบบเครื่องเจาะหัวเพชร ข้อเสียคือ เจาะหลุมเอียงมากไม่ได้

7.12 หัวเจาะ(Bit heads) แบบต่างๆที่ใช้ในการเจาะสำรวจ

- a) drag bit – หัวเจาะรุ่นแรก ๆ b) และ c) หัวเจาะไครโคน

7.15 หัวเจาะเพชรที่นิยมใช้ในการเจาะหินแข็ง, a) ตามยาว b) ส่วนหัว

ค. แบบหมุน (Rotary drill) เป็นต้นฉบับของเครื่องเจาะแบบหมุนที่วิวัฒนาการไปเป็นแบบต่าง ๆ หลักการสำคัญคือ เจาะโดยการหมุนก้านเจาะและหัวเจาะ หัวเจาะมีแบบต่าง ๆ กัน (รูป 7.12, 7.13, 7.14, และ 7.15) ขึ้นอยู่กับหินที่จะเจาะ หัวเจาะแบบลูกกลิ้ง เหมาะสำหรับเจาะหินแข็งหรือหินที่แข็งปานกลาง ส่วนหัวเจาะแบบใบจักร หรือแบบหางปลา และแบบลูกกลิ้งคู่ เหมาะสำหรับหินที่ไม่แข็งนัก หัวเจาะเหล่านี้ขึ้นเกลียวต่อกับท่อเจาะ (drill pipe) ขนาดยาว 6 ถึง 9 เมตร ซึ่งน้ำหนักค่อนข้างมาก ปลายท่อเหล่านี้ต่อกับก้านเจาะรูปหน้าตัดแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัสยาว 9 ถึง 18 เมตร ซึ่งเรียกว่าก้านหนัก (“grief stem” หรือ “kelly”) ก้านนี้จะสอดไว้กับช่องรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสของแท่นหมุน (rotary table) ซึ่งวางตัวในแนวระดับ ใช้พลังเครื่องยนต์ในการหมุน ปลายก้านเจาะยึดติดอยู่กับเดือยหมุน (swivel) ซึ่งห้อยอยู่กับหัวและชุดควาน (hoisting block) อีกทีหนึ่ง ระหว่างหมุน ส่วนเจาะจะเคลื่อนที่ขึ้น-ลงได้สะดวก เครื่องอัดน้ำโคลน (slush pume) จะอัดน้ำโคลนผ่านช่องในเดือยหมุนลงไปตามท่อเจาะผ่านออกตามช่องในหัวเจาะแล้วออกมานอกท่อกลับขึ้นสู่ผิวดินพาเอาเศษดิน-หินที่ถูกเจาะขึ้นมากับมันด้วย น้ำโคลนเหล่านี้จะไหลลงบ่อพักผ่านตะแกรง กรองเอาตัวอย่างดิน-หินไว้ ปล่องให้ร้อนกันเพื่อสูบไปใช้อีก ในบางครั้งอาจต้องใช้เครื่องขยายหลุมและเครื่องทรงหลุมเข้าช่วยในการกระแทะ (รูป 7.16) และต้องมีตัวยึดก้านเจาะ (รูป 7.17) ระบบทดแทนเชือก (รูป 7.19) และระบบช่วยอื่นๆ (รูป 7.20 ถึง 7.26)

เครื่องมือขนาดใหญ่และกำลังสูงอาจเจาะได้ลึกถึง 4,5000 เมตร แต่ต้องคอยควบคุมอุณหภูมิเมื่อเจาะลึกลงไปมาก ๆ และต้องเจาะเร็วขึ้นเพื่อลดค่าใช้จ่าย การเจาะจะได้ผลดีขึ้นถ้าใช้น้ำหนักมาก ๆ ถ่วงใกล้ ๆ กับหัวเจาะ อาจทำได้โดยใช้ปลอกท่อเจาะ (drill collar) ที่มีน้ำหนักมาก ๆ แล้วเพิ่มความเร็วของการหมุนจาก 125 เป็น 300 หรืออาจจะถึง 400 รอบต่อนาที ใช้หัวเจาะที่คุณภาพดี ใช้ตะแกรงสั่น (shaker screen) เพื่อกรองน้ำโคลนให้สะอาด พยายามคุมให้น้ำโคลนอยู่ในสภาพที่เหมาะสม ฯลฯ

น้ำโคลนที่ใช้ในการเจาะนั้นนอกจาก ทำหน้าที่นำเศษดินหินจากการเจาะขึ้นจากหลุมได้ง่าย และลดอุณหภูมิและหล่อลื่นหัวเจาะและท่อเจาะแล้วยังทำให้ตะกอน(ของแข็ง) แหวงลอยอยู่ระหว่างที่หยุดการเจาะและยังอุดไม่ให้ น้ำมัน แก๊ส หรือน้ำจากชั้นหินที่เจาะผ่านซึมเข้ามาในหลุมเจาะ

โดยทำหน้าที่เคลือบผนังหลุมเจาะนอกจากนั้นยังช่วยป้องกันไม่ให้ก๊าซ หรือน้ำมันจากชั้นหินที่เจาะผ่าน ระเบิดหรือคันทะลักเข้ามาในหลุมขณะที่เจาะผ่าน

การเจาะระดับลึก (ตั้งแต่ 400-500 เมตร ขึ้นไป) อุณหภูมิในหลุมเจาะอาจสูงถึง 260-300 องศาฟาเรนไฮต์ จำเป็นต้องควบคุมน้ำโคลนโดยใช้หลักทางเคมี (colloid chemistry) เนื่องจากดินเหนียวทั่วไปมีสาร colloid เพียงประมาณ 5% จึงจำเป็นต้องผสมเพิ่มเพื่อให้ได้น้ำโคลนที่คิดว่ไหลได้สะดวก เมื่อเคลื่อนที่และมีลักษณะแบบพลาสติกเมื่ออยู่กับที่ แร่ดินเบนโทไนต์ (Bentonite) หรือสารประกอบ จำพวก aquagel เป็นสารสร้างวุ้น (gel-forming substance) ที่เหมาะสม ถ้าใช้ผสมกับน้ำตามลำพังจะให้ โคลน 30 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรืออาจผสมกับน้ำโคลนธรรมดาโดยเติมสารดังกล่าว 2-5 % การ ควบคุมน้ำโคลนสำคัญมาก สำหรับการเจาะระดับลึก ๆ เพราะการเปลี่ยนหัวเจาะแต่ละครั้งอาจใช้เวลา ถึง 8-10 ชั่วโมง ถ้าน้ำโคลนเจือจางไป เศษดิน-หินจากการเจาะอาจตกตะกอนง่ายทำให้หัวเจาะและท่อ เจาะอาจติดคาหลุม แต่ถ้าเข้มข้นเกินไปจะมีปัญหาเมื่อเริ่มเจาะใหม่ กล่าวคือ การหมุนเวียนของน้ำโคลน อาจติดขัดมาก

การเจาะโดยใช้เครื่องเจาะแบบหมุน ส่วนใหญ่ใช้สำหรับเจาะสำรวจน้ำมันและแก๊ส ธรรมชาติ หากเป็นการเจาะระดับไม่ลึกมากนัก นิยมติดตั้งบนรถบรรทุก เพราะเคลื่อนย้ายสะดวก

เปรียบเทียบการเจาะสำรวจน้ำมันโดยเครื่องเจาะแบบกระแทกและแบบหมุน (Cable-tool drilling VS Rotary drilling)

แบบกระแทก ข้อดี: 1) ช่างเจาะสามารถหยุดเจาะเมื่อเจาะถึงชั้นน้ำมัน โดยไม่ต้องเกรงว่าจะพลาด

เพราะเกิดการอุดตันโดยน้ำโคลน

2) ถ้าเจาะผ่านชั้นน้ำมันสามารถคำนวณความลึกได้แน่นอนและดำเนินการอุด น้ำมันนั้นได้ง่าย

3) ราคาเครื่องมือและค่าใช้จ่ายในการเจาะต่ำกว่าใช้น้ำ (ในการเจาะ) น้อยกว่า และ 4) การขนส่ง เคลื่อนย้ายทำได้สะดวกกว่า

ข้อเสีย: 1) เจาะได้ช้า และ

2) อาจมีปัญหาถ้ามีชั้นน้ำมันหรือแก๊สที่มีความดันสูง อาจเจาะไม่สำเร็จเพราะ

อุปกรณ์เจาะอาจถูกดันขึ้นจากหลุมต้องใช้ท่อกรู (casing) จำนวนมากและ

ต้องเจาะคว้านเพิ่ม

แบบหมุน (rotary) ข้อดี: เจาะได้เร็ว (เร็วกว่าแบบกระแทกประมาณ 10 %) ใช้น้ำโคลนควบคุมชั้น

ที่มีความดันสูงได้ง่ายกว่าไม่จำเป็นต้องใช้ท่อกรูมากควบคุมหลุมเจาะให้

อยู่ในแนวตั้งได้ง่ายเจาะเบนจากแนวเดิมในทิศทางใด ๆ ก็ได้โดยง่ายเก็บ

แท่งตัวอย่างได้ โดยใช้หัวเจาะที่เหมาะสมมีหัวเจาะที่ใช้กับหินแข็งมาได้

ข้อเสีย: ค่าใช้จ่ายในการเจาะสูงดังนั้นจึงไม่คุ้มทุนถ้าเจาะหลุมตื้นกว่า 150-170

เมตรเหมาะสำหรับชั้นหินที่ไม่แข็งมากนัก

ง. แบบกังหัน (Turbo drill) เครื่องเจาะแบบนี้ อาศัยแรงเฉือนของน้ำหรือแรงลมอัดในการหมุนกังหัน (turbine) ซึ่งทำหน้าที่หมุนก้านเจาะอีกทีหนึ่ง เครื่องเจาะประเภทนี้ทั้งส่วนกังหันและอุปกรณ์เจาะประกอบไว้อย่างกระชับ ใช้หย่อนลงในหลุมเจาะได้ ทำให้ประหยัดพลังงานได้มาก เพราะเครื่องยนต์ไม่ต้องหมุนก้านเจาะหรือท่อเจาะที่ยาวมากนัก ส่วนมากใช้ในการเจาะสำรวจน้ำมัน

จ. แบบหัวเจาะเพชร (Diamond drill) เครื่องเจาะแบบหัวเจาะเพชร เป็นเครื่องเจาะที่นิยมใช้แพร่หลายที่สุดในการเจาะสำรวจแหล่งแร่ การเจาะอาศัยพลังงานจากเครื่องยนต์ในก้านหมุนก้านเจาะ เช่นเดียวกับเครื่องเจาะแบบหมุน แต่ใช้หัวเจาะแตกต่างกันและการเก็บตัวอย่างแตกต่างกัน เครื่องเจาะแบบหัวเพชรมีหัวที่มีขนาดกลาง และที่มีขนาดใหญ่

เครื่องเจาะขนาดกลาง ซึ่งใช้ติดตั้งกับฐานเจาะขนาดย่อม เช่นที่ใช้ในงานเจาะได้ดิน โดยอาศัยพลังงานไฟฟ้าหรือเครื่องอัดลม ถ้าใช้บนผิวดินอาจใช้เครื่องยนต์เบนซินหรือดีเซล เช่น เครื่องเจาะแบบ Skid mounted diamond drill หรือแบบรถเจาะ (wagon drill) หรือรถเจาะดินตะขาบ (crawler)

เครื่องเจาะขนาดใหญ่ ซึ่งเจาะได้ลึกหลาย ๆ พันฟุต ร้อยหลายพันเมตร มักเป็นเครื่องเจาะที่อาศัยพลังงานเครื่องยนต์ดีเซลต้องอาศัยแท่นเจาะขนาดใหญ่หรือตั้งฐานเจาะไว้บนรถบรรทุกขนาดใหญ่ สำหรับเครื่องเจาะที่เจาะได้ลึกถึง 1,000 ฟุต ใช้ก้านเจาะขนาด 33.5 มม ใช้เครื่องยนต์ขนาด 18.25 แรงม้า มีอัตราหมุน 1,800 รอบ/นาที น้ำหนัก (ไม่รวมเครื่องยนต์) ประมาณ 500 กก เครื่องเจาะที่เจาะได้ลึกถึง 1,500 ฟุต ใช้ก้านเจาะขนาด 33.5 มม เครื่องยนต์ขนาด 25 แรงม้า อัตราหมุน 1,800 รอบ/นาที น้ำหนัก 600 กก ส่วนเครื่องเจาะที่เจาะได้ลึกเกินกว่า 2,000 ฟุตขึ้นไป มักใช้ก้านเจาะขนาด 42 มม เครื่องยนต์ขนาด 30-35 แรงม้า อัตราหมุน 1,500 รอบ/นาที น้ำหนักประมาณ 1,200 กก เครื่องเจาะขนาดใหญ่หลายๆ มักใช้ในการเจาะสำรวจแหล่งน้ำมัน อาจเจาะได้ลึกเป็นหมื่นฟุต

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจาะ (drillability factors) ที่สำคัญมี 6 ประการคือ 1. เครื่องเจาะ (drill) 2. ก้านเจาะ (rod) 3. หัวเจาะ (bit) 4. น้ำหรือน้ำโคลน (circulating fluid) 5. ขนาดของหลุมเจาะ และ 6. หินที่เจาะผ่าน

7.3 การเจาะสำรวจ (Exploration drilling)

วิธีการเจาะสำรวจที่นิยมใช้กันมากที่สุด ไม่ว่าจะเป็นการสำรวจแร่ น้ำใต้ดินและปิโตรเลียม ในปัจจุบันมีอยู่ 3 วิธีได้แก่ การเจาะโดยใช้เครื่องเจาะหัวเพชรเพื่อเก็บแท่งตัวอย่าง การเจาะโดยใช้เครื่องเจาะแบบหมุน และ การเจาะโดยใช้เครื่องเจาะแบบกระแทก

7.3.1 การเจาะโดยใช้เครื่องเจาะหัวเพชรเพื่อเก็บแท่งตัวอย่าง (Diamond Core Drilling)

วิธีการเจาะแบบนี้เป็นวิธีที่คล่องตัวที่สุดในบรรดาวิธีเจาะทั้งหมดและเหมาะสมที่สุดสำหรับการสำรวจแร่ แต่ค่อนข้างแพง ใช้ในงานเจาะได้ในพื้นที่แทบทุกประเภทและในการเจาะได้ดินหลุมเจาะวางท่ามุมไม่จำกัด ซึ่งอาจนับเป็นวิธีเดียวเท่านั้นที่สามารถให้ข้อมูลและบันทึกทางธรณีโครงสร้าง และเนื้อหินได้อย่างสมบูรณ์ที่สุดและเป็นวิธีเดียวที่มักใช้ในการเก็บตัวอย่างมาเพื่อการทดสอบทางธรณีกลศาสตร์ (geomechanics testing)

ข้อจำกัดของการเจาะแบบนี้คือ ในบริเวณที่หินแตกมาก (highly fractured) หรือหินที่มีความคม (abrasive) สูง หรือหินแข็งมาก ๆ (very competent) อาจไม่คุ้มค่าใช้จ่ายเจาะและเก็บแท่งตัวอย่าง การเจาะในบริเวณที่หินค่อนข้างอ่อน (soft rock) มีวิธีการเก็บแท่งตัวอย่างโดยเฉพาะ กล่าวคือ มีท่อและแผ่นป้องกันไม่ให้แท่งตัวอย่างหลุดแตกออก แต่ก็มักไม่ค่อยได้ผลเต็มที่นัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเป็นแถบที่หินถูกบดมาก ๆ (sheared zone) การเลือกใช้น้ำโคลนช่วยการเจาะจึงอาจทำให้การเก็บแท่งตัวอย่างได้ผลดีขึ้น แต่ถ้ายังคงเก็บตัวอย่างได้น้อยเกินไป ก็จำเป็นต้องเก็บเป็นเศษชิ้นตัวอย่าง (sludges of bit cuttings) รวมกับแท่งตัวอย่างที่ยังพอเก็บได้ สำหรับเศษชิ้นตัวอย่างแม้ว่าไม่ดีนักเมื่อเทียบกับแท่งตัวอย่าง แต่ก็ยังพออาศัยเป็นสิ่งที่ประกันสำหรับช่วงของการเจาะในระดับนั้นๆ ได้ โดยทั่วไปนักธรณีวิทยาต้องการแท่งตัวอย่างขนาดใหญ่ที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพราะทำให้ศึกษารายละเอียดและข้อมูลทางแร่และหินได้ง่ายและได้มากกว่า แต่ในเชิงปฏิบัติต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายด้วย เนื่องจากการเจาะแบบใช้เครื่องเจาะหัวเพชรก็มีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นตามขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหลุมเจาะ (ขนาดแท่งตัวอย่าง) และความลึกของหลุม ดังนั้น ในการสำรวจในช่วงแรกแท่งตัวอย่างขนาดเล็กก็พอใช้การได้แล้ว

7.3.2 การเจาะโดยใช้เครื่องเจาะแบบหมุน (Rotary drilling)

เครื่องเจาะแบบหมุน เจาะได้เร็วและประหยัดกว่าแบบเครื่องเจาะหัวเพชร (ซึ่งก็เป็นการเจาะแบบหมุนประเภทหนึ่ง) เครื่องเจาะแบบหมุนจึงเหมาะสำหรับหลุมเจาะเพื่อทำการหยังธรณีฟิสิกส์จากหลุมเจาะ (geophysical logging) ไม่สามารถเก็บตัวอย่างเป็นแท่งได้ ยกเว้น ในกรณีใช้หัวเจาะแบบพิเศษเพื่อเก็บแท่งตัวอย่าง แต่จะสิ้นค่าใช้จ่ายสูงมาก ตัวอย่างที่ได้จากการเจาะแบบหมุนตามปกติเป็นชิ้นตัวอย่าง (chip หรือ cutting) ขนาด 2-3 มม. ซึ่งถูกนำขึ้นมาจากบดผิวหินโดยแรงลมอัด น้ำโคลนหรือตัวกลางใน

ในที่นี้เราจำแนกการเจาะแบบหมุนออกเป็น 4 พวกใหญ่ ๆ คือ เจาะแบบลมเป่า เจาะแบบลัดอัด เจาะแบบหมุนกด และเจาะแบบโคลนดูดไหลกลับ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ก. เครื่องเจาะลมเป่า (Air Rotary)

เครื่องเจาะชนิดนี้ใช้วิธีหมุนด้วยลม ลักษณะคล้ายกับเจาะหมุนด้วยน้ำแต่ใช้ลมเป่าแทน เป็นที่นิยมกันมากในการเจาะหาแหล่งน้ำบาดาล โดยใช้ลมที่มีแรงดันสูง สามารถเจาะได้รวดเร็วในชั้นหินแข็ง และใช้หัวเจาะแบบเดียวกับที่เจาะด้วยน้ำได้ สามารถเจาะรูได้ 15 ถึง 20 ซม. ได้

ข. เครื่องเจาะลัดอัด (Down the Hole Drilling หรือ DHH)

เครื่องเจาะชนิดนี้ทำงานโดยอาศัยลมที่มีแรงดันสูงๆ อัดเข้าไปในก้านเจาะ และไปทะลุที่หัวเจาะ ในชุดหัวเจาะส่วนใหญ่ประกอบด้วยกลไกต่างๆ ที่ทำให้หัวเจาะทำงานในลักษณะกระแทก โดยทั่วไปหัวเจาะมักฝังด้วยเม็ดทั้งตะเควคาร์ไบด์จึงสามารถเจาะในชั้นหินแข็งมากๆ ได้ โดยอัดลมผ่านออกจากหัวเจาะ ลมที่อัดจะพาเอาเศษหินที่แตกละเอียดนำขึ้นสู่ผิวดิน ก้านเจาะจึงหมุนไปอย่างช้าๆ เครื่องเจาะชนิดนี้จึงเหมาะสำหรับเจาะเพื่อหาแหล่งน้ำบาดาล ถ้าเจาะพบชั้นน้ำก็สามารถรู้ได้ทันที

อย่างไรก็ตามเครื่องเจาะลัดอัดนี้มีข้อเสียอยู่บ้าง เพราะเมื่อเจาะในชั้นหินร่วนหรือหินแข็งปานกลาง มักทำให้ผนังหลุมพัง ในทางตรงกันข้ามการเจาะรูแบบใช้น้ำ (rotary direct) อาจเหมาะสมกว่าแต่เจาะในหินแข็งได้ช้า

ต่อมาจึงมีผู้คิดค้นนำวิธีการเจาะทั้ง 2 แบบผนวกใช้ร่วมกัน จึงทำให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น สามารถเจาะได้ทั้งใช้ลมอัดและน้ำอัด

ปกติใช้ลมอัด 7 พาร์หรือ 100 psi กระแทกได้ประมาณ 15 ครั้ง/วินาที การพาเศษหินแตกขึ้นทางปากหลุมด้วยความเร็วลม (เมตร/นาทีก) เช่น ลม 87 psi (6 BAR) สามารถพาเศษหินหรือกั๊ตติงขึ้นมาปากหลุมได้สูงถึง 1,220 เมตร/วินาที แต่ถ้าลมต่ำกว่า 850 เมตร/นาทีก จะพา กั๊ตติงหรือเศษหินขึ้นมาไม่ได้ ต้องปรับลมให้เพิ่มขึ้น

สูตรการคำนวณหาความเร็วของลมที่เป่าขึ้น

$$\text{ความเร็วของลม (เมตร/นาทีก)} = \frac{\text{ค่าลมที่อ่านได้จากหน้าปัทม์ (ม³/นาทีก)} \times 106}{\text{พื้นที่รอบบ่อ (มม²)}} \dots\dots\dots(7.1)$$

$$\text{โดยที่พื้นที่รอบบ่อ} = \text{พื้นที่ของบ่อทั้งหมด} - \text{พื้นที่ของก้านเจาะ}$$

ค. เครื่องเจาะหมุนคด (direct rotary)

เครื่องเจาะชนิดนี้ใช้น้ำเป็นตัวหมุนเวียน โดยใช้ปั้มน้ำดูดน้ำจากบ่อน้ำโคลนผ่านก้านเจาะด้านใน ตลอดความยาวของก้านเจาะ ทะลุที่หัวเจาะ เพื่อดันคัตติ้งขึ้นปากหลุม แล้วไหลลงบ่อพัก และบ่อเก็บน้ำโคลน แล้วดูดกลับไปใช้ใหม่เป็นวัฏจักร (cycle) เครื่องเจาะชนิดนี้มีก้านนำเจาะต่อเข้ากับก้านเจาะ (drill pipe) ก้านเจาะนี้จะใช้ก้านเจาะที่มีความหนาและความแข็งแรงสูง เรียกว่า “ก้านเจาะแบบ API Tool Joint” เพราะส่วนใหญ่นิยมใช้กับแท่นเจาะใหญ่ๆ เช่นแท่นเจอน้ำมัน เจาะได้ลึกตั้งแต่ 1,500 – 3,000 เมตร หรือมากกว่านั้น

ง. เครื่องเจาะโคลนดูดไหลกลับ (reverse circulation)

เครื่องเจาะแบบนี้ใช้การหมุนเจาะเหมือนกันกับแบบหมุนคด ต่างกันตรงที่น้ำโคลนจะถูกดูดไหลกลับทิศทาง ซึ่งเครื่องแบบไหลกลับนี้เครื่องสูบน้ำโคลนดูดน้ำโคลนจากก้นหลุมผ่านก้านเจาะด้านในขึ้นมาจนถึงบนสุดของระบบรอก (kelly) และปล่อยลงบ่อพักหรือบ่อเก็บน้ำโคลน ส่วนน้ำที่เหลือจะไหลกลับลงหลุมเจาะเอง เครื่องเจาะประเภทนี้ใช้ก้านเจาะที่มีขนาดใหญ่รูกลวงโต ใช้เครื่องสูบบแบบหอยโข่ง ใช้ใบพัดแบบเปิด (open compeller) เพื่อป้องกันไม่ให้เศษหินหรือกรวดเม็ดโตเข้าไปอุดในช่องของใบพัดได้

แท่นเจาะของเครื่องเจาะแบบนี้มักยึดติดกับรถบรรทุก เพราะน้ำหนักมาก (มากกว่าเครื่องเจาะแบบหัวเพชร) และต้องเลือกตำแหน่งตั้งแท่นเจาะที่เหมาะสม การเจาะหลุมเอียงกระทำได้ง่ายกว่าแบบอื่น ส่วนมากใช้ในการเจาะสำรวจหาแหล่งน้ำมัน แก๊สธรรมชาติเจาะได้ทั้งในดินและหินแข็ง

อนึ่งสำหรับผู้ที่มีความประสงค์จะหารายละเอียดเกี่ยวกับเรื่องเทคนิคและการเจาะด้วยเครื่องเจาะหัวเพชร มีอธิบายอย่างละเอียดในหนังสือเรื่อง Diamond Drill Handbook : Cumming, J.D. และ WICKLUND, A.P., (1975), ของสำนักพิมพ์ J.K. Smith and Sons, Diamond Products.

7.3.3 การเจาะโดยใช้เครื่องเจาะแบบกระแทก (Percussion drilling)

ใช้เครื่องเจาะกระแทกแบบที่ใช้ในการเจาะหลุมระเบิดหรือแบบค้อนทะลวงหลุม (downhole hammer drill) ทั่วไป อาจเจาะจากผิวดินหรือเจาะจากระดับใต้ดินก็ได้ เครื่องเจาะแบบเจาะหลุมระเบิดมักมีน้ำหนักเบา ยกเว้นเมื่อต้องใช้เครื่องปั้ลม ซึ่งจำเป็นในการเจาะบนผิวดิน มีข้อดีคือ เจาะทำมุมเท่าไรก็ได้ ใช้ประโยชน์ในการหาขอบเขตของภูมิแร่ที่อยู่ไม่ลึกนัก และใช้ในการเจาะสำรวจจากบริเวณที่ทำแร่อยู่ (ในเหมือง) ได้ตัวอย่างเป็นชิ้นเล็ก ๆ ทำได้เร็วและค่าใช้จ่ายต่ำ ขนาดหลุมค่อนข้างเล็ก และเจาะลึกได้ไม่เกิน 100 เมตร ส่วนเครื่องเจาะแบบค้อนทะลวงเจาะหลุมได้ขนาดโตกว่าและลึกกว่าเมื่อเทียบกับเครื่องเจาะแบบหัวเพชรและแบบหมุน แบบกระแทกได้เปรียบกว่าตรงที่สามารถเจาะในบริเวณที่หินแข็งมากหรือมีความคมมากได้ดีกว่า

เครื่องเจาะแบบปั่น(churn drill) เป็นเครื่องเจาะแบบกระแทกที่พัฒนาขึ้นในระยะต้น ๆ แม้ว่าปัจจุบันจะนิยมใช้เครื่องเจาะที่เจาะได้เร็วกว่าและถูกกว่า เครื่องเจาะแบบนี้ก็มีข้อดีเฉพาะตัว กล่าวคือ ถ้าไม่ป็นงานรีบด่วน เครื่องเจาะแบบปั่นสามารถใช้เจาะและเก็บตัวอย่างในพื้นที่ทุกแบบไม่ว่าจะเป็นบริเวณที่มีชั้นดินยังไม่แข็งตัว มีชั้นหินแตกต่างกันหลาย ๆ ชนิด หินแข็งมากหรือมีการแตกหักเพียงใดก็ตาม การเจาะแบบนี้ซึ่งบางทีเรียกว่า การเจาะแบบสายเคเบิล (cable-tool drilling) เป็นวิธีที่ใช้กันมานานในการเก็บตัวอย่างแหล่งแร่แบบลานแร่ และตัวอย่างกากแร่จากการทำเหมือง ปัจจุบันยังใช้กันมากในการเจาะบ่อน้ำ

เครื่องเจาะกระแทก (Percussion rig หรือ Cable tool) มักนิยมใช้ในการเจาะสำรวจหรือเจาะ น้ำบาดาลเป็นส่วนใหญ่ สามารถเจาะจนได้หลุมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางถึง 18 เมตร

หลักการทำงานของเครื่องเจาะกระแทกไม่ยุ่งยาก ใช้วัสดุสลิ้งค์ต่อเข้ากับหัวเจาะทั้งชุดซึ่งมีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักรวมกันประมาณ 450 กก สลิ้งค์ที่ยึดถูกยกขึ้นด้วยแรงเครื่องยนต์ แล้วปล่อยกระแทกลงเพื่อทำให้หินแตก และใช้การบิดตัวของสลิ้งค์หมุนหัวเจาะคว้านรูให้กลม ต่อจากนั้นเศษหินที่แตกออกแล้วถูกนำขึ้นสู่ผิวดินโดยกระบอบดัก หัวเจาะนี้จะถูกออกแบบให้แข็งเป็นพิเศษ มีหลายขนาดเจาะหินได้ทุกชนิด

ลักษณะการเจาะชนิดนี้ต้องอาศัยความชำนาญของช่างเจาะเป็นพิเศษ ถ้าเลือกหัวเจาะไม่ถูกต้องกับลักษณะของชั้นดินหรือหิน มักทำให้หัวเจาะลงช้าหรือเจาะไม่ลง เช่น ใช้หัวเจาะที่ป้านมาก ๆ ในการเจาะชั้นหินดินเหนียว ก็เปรียบเสมือนกับเอาหมอนไปทุบดินแทนการเจาะ และยังมีช่วงชักอีกต่างหากที่สำคัญ เช่น หินแข็งควรใช้ช่วงชักสั้น ๆ ส่วนชั้นหินไม่แข็งเรามักชักช่วงยาว ปกติช่างเจาะมักใช้มือจับสลิ้งค์ เพื่อทดสอบว่าสลิ้งค์ถึง-หย่อนพอดี ถ้าหย่อนไปหัวเจาะเอียงทำให้ครูด ถ้าตึงเกินไปก็เจาะไม่ลง

ตาราง 7.1 ข้อเปรียบเทียบในเรื่องการใช้เครื่องเจาะแบบกระแทก

ข้อดี	ข้อเสีย
- เจาะได้ในหินทุกประเภท - เก็บตัวอย่างหินได้ดีกว่าวิธีอื่น - ยกเว้นเครื่องเจาะหัวเพชร - ถ้าเจาะหาน้ำ จะรู้ทันทีเมื่อเจอชั้นน้ำ - ไม่ต้องใช้น้ำในการเจาะ	- เจาะได้ช้ากว่า ยิ่งเจาะในหินร่วนจะยิ่งช้า หลุมพัง - คิดตั้งยากกว่าเครื่องเจาะประเภทอื่น - ถ้าเจาะหินที่วางตัวในชั้นเอียง รูจะคด - ในหินแข็ง รูมักไม่กลม

7.3.4 การเจาะแบบอื่น ๆ

ก. การเจาะด้วยแรงน้ำฉีด(jet drilling)

การเจาะด้วยแรงน้ำฉีดมักนิยมใช้ในการเก็บตัวอย่างในแหล่งลานแร่ (placer deposit) โดยที่ท่อเจาะกับหัวเจาะรูปสี่เหลี่ยมที่โดยใช้แรงกระแทกการเจาะแบบนี้กำลังเข้ามาแทนที่การเจาะแบบปั่นในแหล่งลานแร่ต่าง ๆ ในขณะที่ใช้น้ำฉีดนำหน้าเพื่อให้เศษดิน และหินหลุดออกจากกันให้เจาะง่ายเข้า น้ำที่ฉีดจึงทำหน้าที่นำชิ้นตัวอย่างขึ้นจากหลุมเจาะด้วย

การเจาะแบบนี้ใช้น้ำพ่นฉีดชั้นดินให้กระจาย แล้วพาขึ้นมาตามแรงดันของน้ำ ขึ้นมายังปากหลุม เหมาะสำหรับเจาะในชั้นดินร่วนและชั้นกรวดทราย ปลายหัวเจาะทำเป็นรูปแฉกหรือแบบหางปลา จะช่วยให้เจาะได้เร็วขึ้น เดิมใช้แรงคนหมุนแต่ระยะหลังใช้เครื่องยนต์แทน เจาะรูได้ขนาด 1.5 ถึง 15 ซม. และปัจจุบันมีการพัฒนาไปมาก เจาะได้ลึกถึง 900 เมตร อัตราการเจาะมักช้าถ้ายังเจาะในชั้นดินเหนียวแข็ง (hard clay) หรือชั้นทรายอัดแน่น (compacted sand layers)

ข. เครื่องเจาะสว่าน (Auger Drill)

อาจเรียกว่าเครื่องเจาะสว่านเป็นเครื่องเจาะแบบหมุนประเภทหนึ่ง (rotary hydraulic top head drive) โดยใช้ก้านเจาะแบบสว่านที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 6 ถึง 35 ซม. เช่น ใช้ในการเก็บตัวอย่างดินหรือเศษหินแตก (cutting) โดยทั่วไปเจาะได้ลึกประมาณ 60 เมตร ใช้เจาะในงานสำรวจธรณีวิทยาที่ไม่ต้องการความละเอียดมากนัก หรือเศษหินร่วนที่ถูกกัดด้วยหัวเจาะจึงถูกนำขึ้นมายังปากหลุมได้ด้วยปีกของก้านเจาะ ในขณะที่ก้านหมุน เศษหินแตกนี้มักถูกหมุนเป็นเกลียวและไหลตามปีกของก้านเจาะขึ้นมา นอกจากตัวอย่างดินและเศษหินแตกแล้วยังใช้ในการเจาะตัวอย่างลานแร่ชายหิน แหล่งดินเหนียวและแหล่งทรายส่วนมากใช้เครื่องยนต์เป็นตัวหมุนสว่าน แต่อาจใช้หมุนด้วยมือก็ได้ เช่น การสำรวจธรณีเคมีที่ต้องการตัวอย่างที่ไม่ลึกนัก การเจาะด้วยแรงคนโดยใช้เครื่องเจาะแบบบังกาหรือแบบเอ็มไพร์ (Bangka หรือ empire drill) มักใช้ในการสำรวจแหล่งลานแร่

ตาราง 7.2 ข้อเปรียบเทียบบางประการเกี่ยวกับเครื่องเจาะสว่าน

ข้อดี	ข้อเสีย
- เจาะได้เร็วแต่เฉพาะในหินที่ไม่แข็ง - ประหยัดค่าใช้จ่าย - เจาะได้ทั้งลม, น้ำ และแห้ง - เจาะได้ในหินที่อ่อนได้ดี	- เจาะได้ไม่ลึกนัก - ตัวอย่างมักเกิดความเสียหาย - ตัวอย่างที่เก็บได้ ตำแหน่งเก็บไม่แน่นอน - เจาะในหินแข็งไม่ได้

ค. เครื่องเจาะแบบแท่งตัวอย่างหรือไวน์ไลน์ (Diamond Drill หรือ Wire-line Drill)

สามารถติดตั้งบนรถบรรทุก (truck และ skid) ได้เป็นเครื่องเจาะชนิดหมุนเหมือนกัน การหมุนก้านเจาะมี 2 ลักษณะคือ แบบ Hydraulic Top Head Drive และแบบ Machanic Spindle Drive

เครื่องเจาะแบบนี้ใช้ก้านเจาะแบบท่อกลวง ตัวของก้านเจาะ(body) ออกแบบให้บางและเบา เพื่อให้ท่อกับตัวอย่างผ่านขึ้น-ลงได้สะดวก ถ้าเครื่องเจาะขนาดใหญ่สามารถเจาะได้ลึก ตั้งแต่ 500-1,500 เมตร เครื่องขนาดกลางทั่วไปเจาะได้ 300-500 เมตร ขนาดเล็กเจาะได้ 150-300 เมตร ตามขนาดของก้านเจาะหรือตามกำหนดของบริษัทผู้ผลิต

ขนาดของก้านเจาะแบบไวน์ไลน์นี้ มีขนาดตั้งแต่เส้นผ่าศูนย์กลาง $2\frac{3}{4}$ " - 5" (หรือประมาณ 6.8 ถึง 12 ซม.) โดยที่การเจาะแบบนี้ใช้น้ำเป็นตัวหมุนเวียนและใช้สารเคมีช่วยในการเจาะด้วย เช่น โคลนผงและอื่น ๆ หัวเจาะที่ใช้เป็นแบบทั้งสะเตนและหัวเพชร เจาะได้ครั้งละ 3-6 เมตร ขึ้นอยู่กับขนาดของท่อกับตัวอย่าง (Inner Tube) เมื่อเจาะถึงระยะที่ท่อกับตัวอย่างที่สามารถเก็บได้ก็ใช้เครื่องมือตก (Over Shot) หย่อนด้วยสลิง (Wire Line) ลงไปตกเอาตัวอย่างขึ้นมาโดยไม่ต้องถอนก้านเจาะ

7.4 ขั้นตอนการดำเนินงานเจาะสำรวจ

7.4.1 การวางแผนงานเจาะและการเตรียมการ

สำหรับการวางแผนงานเจาะสำรวจนั้น

เมื่อได้รับแผนงานที่จะเข้าทำการเจาะ นักธรณีวิทยาหรือวิศวกรธรณี ผู้ควบคุมงานและช่างเจาะ จำเป็นที่จะต้องทราบและวางแผนงานเจาะ เพื่อทำให้งานเจาะสามารถบรรลุเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ สิ่งที่จะต้องคำนึงในการวางแผนงานเจาะประกอบด้วย ดังนี้

ก. ลักษณะทางธรณีวิทยาในพื้นที่เข้าไปเจาะสำรวจ สิ่งที่ต้องเตรียมมีดังนี้

- แผนที่ทางธรณีวิทยา (Geologic Map) และ
- ลักษณะชั้นหินหรือประเภทของหิน เช่น บริเวณที่เป็นชั้นหินมีการวางตัวของชั้นหินอย่างไร ทั้งนี้เพื่อการเตรียมอุปกรณ์การเจาะ และเครื่องมือช่วยต่าง ๆ ให้มีความพร้อมที่สุด นอกจากนี้ยังจะสามารถประมาณการว่าจะสามารถทำการเจาะให้แล้วเสร็จภายในระยะเวลาเท่าใด และ
- ลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยา เช่น รอยต่อชั้นหิน รอยต่อผิวดิน รอยเลื่อน รอยคดโค้ง

ข. ลักษณะงานที่ต้องการและเก็บตัวอย่าง

- เจาะเก็บแท่งตัวอย่างหิน (coring) จัดเตรียมอุปกรณ์ที่เหมาะสม เช่น หัวเจาะเก็บแท่งตัวอย่าง หัวเพชรหินแข็ง , หัวทั้งสะเตน ก้านเจาะ, อุปกรณ์เก็บแท่งตัวอย่าง
- เจาะเก็บเศษตัวอย่างหิน (cutting)
- ขนาดแท่งตัวอย่าง NQ, HQ
- ความลึกที่ต้องการทำการเจาะ และเตรียมการตั้งสามขา (set rig) จัดเครื่องเจาะ
- ประมาณการดำเนินการต่อหลุมที่เหมาะสม จัดงานเป็นกะหรือไม่

ค. ลักษณะพื้นที่ที่เข้าทำการเจาะสำรวจ

- พื้นที่ต้องมีการปรับแต่ง เพื่อการวางฐานเครื่องเจาะให้ดี
- ลักษณะดินสามารถขุดบ่อน้ำโคลนได้ง่ายหรือไม่ ต้องให้เครื่องจักรช่วยหรือไม่
- มีแหล่งน้ำที่จะใช้ในการเจาะสำรวจเพียงพอ หรือต้องมีการสูบน้ำจากแหล่งใกล้เคียงมาใช้
- พื้นที่ป่าสงวนหรืออื่น ๆ ที่ต้องการขออนุญาตทางการหรือไม่

7.4.2 การเตรียมการ

การเตรียมการเจาะอาจแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนใหญ่ ๆ คือ ขั้นตอนเตรียมพื้นที่ ขั้นตอนเตรียมอุปกรณ์ และขั้นตอนเตรียมความพร้อมของเครื่องเจาะ และเครื่องจักรช่วย

ขั้นตอนเตรียมพื้นที่

เมื่อทราบบริเวณที่เข้าเจาะจากแผนงานที่ได้รับแล้ว สิ่งที่ต้องดำเนินการสำคัญ 5 ข้อหลัก คือ

- 1) กำหนดจุดเจาะให้ถูกต้องตามแผนงาน เพื่อให้ได้ข้อมูลการเจาะสำรวจอย่างถูกต้องแม่นยำ โดยการวางหมุดหลุมเจาะจากทิมรังวัด ควรเก็บระดับปากหลุม เพื่อจะสามารถนำไปประกอบกับงานแปลความหมายทางธรณีวิทยา
- 2) ดำเนินการปรับพื้นที่ให้ได้ระดับ
- 3) ขุดบ่อน้ำโคลนให้เหมาะสมกับความลึกในการเจาะหรืออาจใช้ถังน้ำโคลนเคลื่อนที่ที่เหมาะสม (mud pit)
- 4) เตรียมพื้นที่จัดเก็บอุปกรณ์ที่จำเป็น เช่น
 - น้ำมันเชื้อเพลิง
 - เครื่องมือซ่อมบำรุง
 - น้ำมันเครื่อง
 - สารเคมีช่วยงานเจาะ
 - อุปกรณ์ช่วยงานเจาะต่าง ๆ และ
- 5) เตรียมจัดที่พักชั่วคราวให้ช่างเจาะ เพื่อใช้พักผ่อนได้

ขั้นตอนเตรียมอุปกรณ์

เมื่อทราบแผนงานเจาะและประเภทของงานเจาะแล้ว การเตรียมอุปกรณ์ที่เหมาะสมมักทำให้งานเจาะดำเนินการไปโดยไม่ติดขัด โดยเฉพาะกรณีที่ต้องเข้าทำการเจาะในพื้นที่ที่ห่างจากคลังเก็บอุปกรณ์ ดังนั้นช่างเจาะซึ่งรวมถึงนักธรณีวิทยาผู้ควบคุมจะต้องเตรียมการในจุดนี้อย่างดี มีความรอบคอบและประเมินสถานการณ์การเจาะล่วงหน้าจากแผนงานต่าง ๆ ที่ได้รับจากผู้ควบคุมการสำรวจ

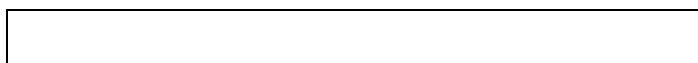
หรือหัวหน้านักธรณีวิทยา หรือผู้ควบคุมงานสิ่งต่าง ๆ ที่ต้องเตรียมประกอบด้วยอุปกรณ์หลักและอุปกรณ์ช่วย ดังนี้

1) อุปกรณ์หลัก ซึ่งมีข้อควรพิจารณา

- หัวเจาะประเภทและขนาดที่ต้องการใช้เจาะตามวัตถุประสงค์ของงาน (ของเก่าที่เคยใช้ยังใช้งานได้หรือไม่ ต้องเบิกซื้อใหม่หรือไม่)
- อายุการใช้งานเท่าใด ควรมีการกำหนดให้ได้ เพื่อการใช้งานที่ปลอดภัย
- ก้านเจาะที่เหมาะสมกับงาน เช่น ก้านเจาะเก็บเศษตัวอย่าง ขนาดที่เหมาะสมกับความสามารถของเครื่องเจาะ, ก้านเจาะเก็บแท่งตัวอย่าง, ตรวจสอบสภาพของก้านเจาะก่อนการใช้งานไม่ว่าจะเป็นตัวก้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกลียวของก้านเจาะควรทราบว่าก้านชุดที่นำไปใช้งาน มีอายุงานเท่าไร เช่น ก้าน HQ 10,000 เมตร ตรวจสอบสภาพเกลียว ดูด้วยสายตาว่าอยู่ในสภาพกี่เปอร์เซ็นต์
- อุปกรณ์เก็บแท่งตัวอย่าง สิ่งที่สามารถทำได้แก่ ตรวจสอบสภาพก่อนการใช้งาน, ตรวจสอบทุกส่วนที่สำคัญต่อการจัดเก็บแท่งตัวอย่างในหลุม เช่น stop ring, lifter case, system เครื่องดึง (winch) ลวด (wire rope) ตรวจสอบ wire line ที่จะใช้งาน, และตรวจสอบ overshoot ที่จะใช้งาน
- จัดเตรียมและตรวจสอบสภาพเครื่องสูบน้ำโคลน (Mud Pump) ให้พร้อม รวมถึงสายระบบส่ง และระบบดูดกลับของระบบน้ำโคลน บางครั้งอาจต้องจัดหาอุปกรณ์ และระบบกรองเศษตัวอย่าง (solid - hydro cyclone) เตรียมไว้ในกรณีที่จะหลุมลึก ๆ เพื่อยืดอายุการใช้งานของระบบน้ำโคลน (mud system) รวมถึงอุปกรณ์การเจาะอื่น ๆ และเป็นการประหยัดสารเคมีที่ใช้ในงานเจาะ
- ตรวจสอบระบบรอกหลัก (main hoist) และสภาพของ wire rope ที่ใช้งาน

2) อุปกรณ์ช่วยการเจาะ

- เครื่องมือการตัดก้าน เช่น ประแจขนาดต่าง ๆ ที่เหมาะสมกับงาน
- เครื่องมือ ตัด ต่อ อุปกรณ์เก็บแท่งตัวอย่าง
- จารบีหรือการหล่อลื่น ใช้กับเครื่องจักร, เกลียวก้านเจาะ
- ลวด (wire rope) ช่วยยึดฐานเจาะ
- อุปกรณ์เก็บเศษตัวอย่างและตักเก็บเศษตัวอย่าง
- ลังใส่ตัวอย่างขนาดมาตรฐาน



- น้ำมันหล่อลื่น, น้ำมันไฮดรอลิก (Hydraulic) และน้ำมันเชื้อเพลิง
- ถังน้ำสำรอง ในกรณีพื้นที่ที่หาแหล่งน้ำได้ลำบาก
- เครื่องสูบน้ำ สายดูดและสายส่ง ในกรณีที่มีแหล่งน้ำที่สามารถสูบน้ำใช้งานได้
- กล่องเก็บเอกสารการรายงานการเจาะ, สมุดบันทึกการเจาะ และการรายงานการบำรุงรักษา
- ถังเก็บเครื่องมือและอุปกรณ์สำรอง เช่น หัวเจาะสำรอง เก็บอุปกรณ์ความปลอดภัยส่วนบุคคล
- เครื่องทำไฟ และระบบแสงสว่างในกรณีที่ต้องทำการเจาะตลอด 24 ชั่วโมง
- เครื่องมือปฐมพยาบาลเบื้องต้น
- แผ่นพลาสติกคลุมตัวอย่าง, ฝากระสอบคลุมตัวอย่าง เพื่อป้องกันเรื่องความชื้น
- ฝาใบสำหรับทำที่ปักชั่วคราว
- สารเคมีที่เหมาะสมกับประเภทงาน และเครื่องวัดคุณภาพน้ำโคลน
- แผ่นโฟมพร้อมปากกาเขียนระยะ, เทปกระดาษ, เขียนหมายเลข, หลุมเจาะ, พิกัด, ระยะที่ข้างล้งตัวอย่าง

ขั้นการเตรียมความพร้อมเครื่องเจาะ

ที่สำคัญในขั้นนี้ ได้แก่

- ตรวจสอบระบบน้ำมันเครื่อง, น้ำมันเชื้อเพลิง, น้ำมันไฮดรอลิก, น้ำมันเกียร์, น้ำมันเฟือง และระดับน้ำในหม้อน้ำทุกครั้งก่อนเริ่มงาน
- ตรวจสอบการรั่วซึมของน้ำมันไฮดรอลิก
- ตรวจสอบระดับน้ำในหม้อแบตเตอรี่ รวมถึงระบบไฟทุกส่วน
- ตรวจสอบมาตรวัด (gauge) ค่าต่าง ๆ ทุกตัวว่าทำงานปกติทุก ๆ ตัว และ
- ตรวจสอบความพร้อมเช่นเดียวกันกับเครื่องยนต์ เครื่องดูดโคลน หรือน้ำ (mud pump) และเครื่องขับเคลื่อน (winch wire line)

7.5 การรายงานการเจาะประจำวัน และการดูแลเก็บรักษาแท่งตัวอย่าง

ส่วนนี้เป็นหน้าที่โดยตรงของช่างเจาะหรือพนักงานผู้ช่วยที่ต้องทำให้กับนักธรณีวิทยา(หรือ วิศวกรธรณี) ผู้ทำหน้าที่สำรวจแร่

7.5.1 การรายงานการเจาะประจำวัน (Daily Reporting)

ภารกิจที่ต้องทำประจำวันต้องบันทึกเป็นรายงาน ที่สำคัญมี 3 หัวข้อใหญ่ คือ

- ก. ช่างเจาะต้องเตรียมแบบฟอร์มรายงานการเจาะ ซึ่งควรมีสำเนา 2 ชุด ชุดแรก คือ ส่วนประจำวันให้นักธรณีวิทยาและชุดที่ 2 เป็นชุดสำรองเก็บรักษาไว้เพื่อเป็นหลักฐานหรือกันการสูญหาย
- ข. ช่างเจาะต้องลงบันทึกในสมุดบันทึกการเจาะทุกวัน และลงบันทึกการเริ่มงาน, การตรวจบำรุงรักษา
- ง. การกรอแบบฟอร์มรายงานประจำวัน ต้องลงรายละเอียดตามความเป็นจริงที่ทำงาน เช่น การเริ่มเวลาทำงาน, เลขชั่วโมงเครื่องเจาะ (meter hour) ระยะเวลาที่ใช้ในการเจาะแต่ละแท่งหินตัวอย่าง (core) ลักษณะชั้นดิน, หินที่พอจะรายงานได้ เช่น ลักษณะสี, ความแข็งเมื่อทำการเจาะและพบปัญหาการเจาะ เช่น เกิดน้ำหาย, ก้านขาด ก้านเจาะร่วน, ก้านเจาะติดหรือเครื่องย่นมีปัญหา ต้องรายงานตามความเป็นจริง และตามเวลาที่เกิดขึ้นจริง เพื่อทำให้ง่ายต่อการคาดการณ์ และแก้ไขในขั้นตอนต่อไป, ช่างเจาะต้องถือว่าการรายงานการเจาะประจำวัน คือหน้าที่ที่สำคัญยิ่ง และต้องรายงานตามความเป็นจริง, ช่างเจาะต้องคำนึงว่า รายงานการเจาะที่ถูกต้อง แม่นยำ จะนำมาซึ่งประโยชน์อันสูงสุดของช่างเจาะ และข้อมูลที่มีประโยชน์ต่อบริษัท, และข้อมูลทุกอย่างที่รายงานจะมีผลต่อการคิดค่าใช้จ่ายในการเจาะ และประเมินงบประมาณได้ต่อไปในอนาคต

7.5.2 การเก็บรักษาตัวอย่าง

การเก็บรักษาตัวอย่างในที่นี้แบ่งเป็น 2 แบบ ตามชนิดตัวอย่าง ได้แก่ เศษตัวอย่างหิน และตั้งอย่างหินแท่ง

- ก. ตัวอย่างที่เป็นเศษตัวอย่างหิน (cutting) มักต้องเก็บด้วยตะแกรงตักตัวอย่างทุก ๆ ระยะ 1 เมตร หรือน้อยกว่า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของนักธรณีวิทยา และ
- ข. ตัวอย่างหินแท่ง (core) ที่เก็บแต่ละระยะ ต้องประมาณการว่าเป็นตัวอย่างที่แทนชั้นดิน, หินที่เจาะลงไป โดยสามารถประมาณการจากอัตราการใช้ (up-hole velocity) ของน้ำโคลนที่ไหลกับสู่ปากหลุม

7.5.3 การเก็บตัวอย่างแบบแท่งตัวอย่าง

การเจาะเก็บแท่งตัวอย่างต้องอาศัยความชำนาญและประสบการณ์ รวมถึงการศึกษาเทคนิค ความรอบคอบ และความละเอียดที่ด้านของช่างเจาะเป็นอย่างสูง จึงทำให้ได้แท่งตัวอย่างในแต่ละช่วง (3 เมตร) มีตัวอย่างเต็มกระบอกเก็บแท่งตัวอย่าง หรือทำให้ความสามารถในการเก็บแท่งตัวอย่างได้มาก (%)

core recovery) ตลอดหลุมเจาะมี % สูง เพื่อให้ข้อมูลที่ได้จากการเจาะมีคุณภาพและประสิทธิภาพเต็มที่ ทั้งนี้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อการเจาะเก็บแท่งตัวอย่างต่อเมตรจะค่อนข้างสูง เมื่อเจาะได้แท่งตัวอย่างครบระยะ สิ่งที่ต้องทำ 7 งานด้วยกัน ได้แก่ 1.นำแท่งตัวอย่างออกจากกระบอกอย่างระมัดระวัง, 2.ตัดและนำไปเรียงในลังเก็บตัวอย่างอย่างถูกต้อง, 3.ต้องล้างตัวอย่างทุกครั้งด้วยน้ำสะอาดก่อนเก็บลงลังตัวอย่าง, 4.ควรปูพลาสติกในลังคอร์ก่อนวางแท่งตัวอย่าง, 5.ลังตัวอย่างควรจัดเรียงให้เป็นระเบียบและอยู่ในที่ร่ม เพื่อป้องกันเรื่องความชื้นและง่ายต่อการเคลื่อนย้าย, 6.ต้องเขียนหมายเลข หลุม, พิกัด, และ 7.ระยะที่ฟาลังทุกครั้งและทุกลัง และระยะของตัวอย่างต้องถูกต้อง หากตัวอย่างหายต้องรายงานตามความเป็นจริง และใช้แผ่นโฟมตัดหรือแท่งไม้ใส่ลงในลังเก็บตัวอย่างแทนแท่งตัวอย่างที่หาย

7.5.4 ข้อควรคำนึง

ผลงานเจาะจะมีคุณภาพก็ต่อเมื่อได้คนที่มีคุณภาพมาร่วมกันทำงาน ดังนั้นหากไม่พยายามเรียนรู้หรือปฏิบัติตามที่ได้รับการอบรมมา ผลก็คือผลงานและประสิทธิภาพในการทำงานย่อมลดลง สิ่งที่ช่างเจาะพึงปฏิบัติ

1. ความรับผิดชอบ

- 1.1 ต้องรับผิดชอบการเจาะ ให้เป็นไปตามเป้าหมายหรือความลึกที่ได้กำหนดไว้ในแต่ละหลุม แท่งตัวอย่างที่เจาะขึ้นมาต้องดูแลและทำให้ได้ปริมาณแท่งตัวอย่าง (recovery) มากที่สุด
- 1.2 ต้องดูแลอุปกรณ์ทุกอย่าง ไม่ว่าจะอยู่ที่หน้างานเจาะหรือที่เก็บอุปกรณ์
- 1.3 ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยต่อคนะทำงานความปลอดภัยในระหว่างควบคุมเครื่องและความปลอดภัยของหลุม คือต้องทำให้สภาพหลุมดีที่สุด
- 1.4 ต้องดูแลให้ผู้ช่วยหรือคนงานทำความสะอาดพื้นที่ทำงาน อุปกรณ์ทุกชิ้น ให้สะอาดพร้อมใช้งาน

2. หน้าที่หลัก

- 2.1 ต้องควบคุมงานเจาะอย่างมีประสิทธิภาพ และคำนึงถึงปริมาณแท่งตัวอย่าง (core recovery) ที่ได้มากที่สุด
- 2.2 เก็บรักษาตัวอย่างให้สะอาดและรักษาอย่างดี รวมถึงการลงระยะที่ถูกต้อง
- 2.3 บำรุงรักษาเครื่องเจาะและอุปกรณ์ mud pump ระหว่างการเปลี่ยนกะทุกครั้งตามวิธีการที่ถูกต้อง
- 2.4 ช่วยอบรมสั่งสอนให้คำแนะนำแก่คนะทำงาน ในวิธีที่ถูกต้องในการทำงาน รวมถึงความปลอดภัยในขณะทำงาน
- 2.5 วางแผนการทำงานล่วงหน้า และจัดลำดับความจำเป็นของงาน
- 2.6 รักษาความสะอาดพื้นที่ที่ทำงานให้สะอาดและเป็นระบบ รวมถึงบริเวณที่พัก
- 2.7 ต้องมีการบันทึกความก้าวหน้าในงานแต่ละกะที่ปฏิบัติ และเก็บรักษารายงานที่สำคัญในแต่ละวันไว้

3. หน้าที่ของผู้ช่วยเหลือ

- 3.1 ให้ความช่วยเหลือช่างเจาะตลอดเวลาระหว่างการทำการเจาะ
- 3.2 ตรวจสอบและเติมน้ำมันอุปกรณ์ต่าง ๆ
- 3.3 ตรวจสอบดูแลให้ Pump ทำงานได้ และมีน้ำเต็มถังเก็บเสมอ
- 3.4 ดูแลรักษาความสะอาดอุปกรณ์ทุกชิ้นรวมถึงที่พักอาศัยและหน่วยงานเจาะ
- 3.5 ดูแลก้านเจาะให้อยู่เป็นระเบียบ เพื่อง่ายต่อการตรวจสอบ
- 3.6 ดูแลก้านให้สะอาด พร้อมทั้งจะใช้งานในระหว่างการเจาะ
- 3.7 ดูแลเรื่องแสงสว่างที่ใช้ในการทำงานให้อยู่ในสภาพพร้อมอยู่เสมอ
- 3.8 ช่วยเหลือในการตรวจสอบเครื่องมือต่าง ๆ รวมถึงบำรุงรักษาให้อยู่ในสภาพดีพร้อมใช้งาน

7.6 การหยั่งข้อมูลธรณีหลุมเจาะ (Geophysical Logging หรือ Borehole Geologic Log)

7.6.1 ข้อมูลทั่วไป

การหยั่งข้อมูลธรณีฟิสิกส์ (หรืออาจเรียกสั้นๆว่า geologs - การหยั่งธรณี) หมายถึงการวัดค่าการเปลี่ยนแปลงสมบัติของหินรอบหลุมเจาะไปตามความลึก โดยมีหลักการง่ายๆ คือค่อยๆหย่อนเครื่องมือวัดหรือหัววัด(sondes)ลงไปถึงก้นหลุมแล้วค่อยๆดึงขึ้น และทำการหยั่งหรือจดบันทึกข้อมูล ซึ่งการดึงขึ้นมักเป็นแบบค่อยเป็นค่อยไปแต่ต่อเนื่องด้วยอัตราเท่าๆกัน มักให้ข้อมูลที่ดีกว่าค่อยๆการหย่อนเครื่องวัดลงไป

หัววัดนี้ติดอยู่กับตัวนำไฟฟ้าที่ต่อกับสายเคเบิลที่บันทึกและควบคุมการทำงานของเครื่องมือหลัก และติดตั้งบนผิวดินนั่นเองส่วนของเครื่องมือหลักที่สำคัญคือระบบหยั่ง (logging unit) ซึ่งก็คือบังคับการดึงขึ้นและดึงลงของหัววัด

การหยั่งข้อมูลธรณีฟิสิกส์หรือการหยั่งธรณีนี้นิยมใช้ในการสำรวจถ่านหินมากกว่าแหล่งแร่ โดยมีระบบหยั่งที่ทำหน้าที่หาและจัดเก็บข้อมูลหรือบันทึกข้อมูลลงไปในแผ่นกราฟ ในปัจจุบันนิยมบันทึกข้อมูลจากได้นี้ลงในคอมพิวเตอร์ วัตถุประสงค์หลักของการหยั่งธรณีก็คือเพื่อให้ทราบชนิดหินตลอดจนสมบัติต่างๆ เช่น ความพรุน ปริมาณของไหล หรือปริมาณเถ้า เป็นต้น เพื่อตรวจหาลักษณะเฉพาะของหินนั้นๆ และสามารถตรวจหาได้ว่าหินนั้นมีการแทรกดันหรือแทรกตัดด้วยหินอัคนีหรือไม่ (ซึ่งทำให้สมบัติของหินที่สนใจเปลี่ยนไป)

สำหรับนักสำรวจถ่านหิน การตรวจหาความหนาและความลึกของถ่านเป็นเรื่องสำคัญ เพราะนักสำรวจต้องการทราบว่าภายในชั้นถ่านหินที่สนใจนั้นมีชั้นบางๆของตะกอน (parting) หรือระนาบแตกย่อยของชั้นถ่านมากน้อยเพียงใด คุณภาพถ่านที่ตัวเองสนใจเป็นอย่างไร มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพไปตามความลึกหรือตามด้านข้างมากน้อยเพียงใด หนาแล้วดิบหรือไม่ มีโครงสร้าง เช่น รอยเลื่อน รอยแตกขนาน โพรงชะละลาย หรือหินชนิดอื่นปรากฏด้วยหรือไม่

เมื่อได้ข้อมูลเหล่านี้มา นักสำรวจถ่านจึงนำข้อมูลที่ได้จัดเป็นฐานข้อมูล เพื่อประเมินหาคุณภาพ/ปริมาณถ่าน ตลอดจนสมบัติทางวิศวกรรมธรณี(หรือธรณีเทคโนโลยี) เพื่อนำมาจัดทำแผนการทำเหมืองสืบไป

ส่วนสำคัญที่สุดส่วนหนึ่งในการหยั่งธรณีก็คือการตีความหมายการหยั่งธรณี (log interpreting) ซึ่งต้องใช้ความชำนาญ และความสามารถพิเศษของผู้แปล ซึ่งในที่นี้ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนใหญ่ๆด้วยกัน คือ **ขั้นตรวจวัด** (log calibration) ซึ่งเปลี่ยนหน่วยบันทึกที่วัดไปเป็นหน่วยมาตรฐานที่ทำให้เราตีความสมบัติทางกายภาพได้ ขั้นที่สองคือ **ขั้นแปลความ** (interpretation) ได้แก่ การหาความลึก และความหนาของถ่านและชั้นอื่นที่เกี่ยวข้องอย่างแม่นยำ และค่าเฉลี่ยของข้อมูล การหยั่งในแต่ละชุดหินหรือหมวดหิน และขั้นสุดท้ายเป็น **วิเคราะห์ผลการหยั่ง** เพื่อสรุปผลว่าหมวดถ่านที่สนใจมีคุณภาพและสมบัติเป็นอย่างไร

ส่วนใหญ่แล้ววิธีการหยั่งธรณีที่นิยมใช้กันและมักใช้ประกอบกันเพื่อประโยชน์ในการแปลและวิเคราะห์ผลข้อมูล ซึ่งวิธีที่สำคัญคือ รังสีแกมมา ความหนาแน่น นิวตรอน คาลิปเปอร์ โซนิค และความต้านทาน อาจเรียกได้ว่าสองวิธีแรกนั้นมีความจำเป็นในการสำรวจถ่านมาก ส่วนวิธีอื่นช่วยให้การศึกษา และสำรวจถ่านประสิทธิผลสมบูรณ์ขึ้น

7.6.2 วิธีหยั่งการแผ่รังสี (Method of Radiation Logs)

ทั้งรังสีแกมมา ความหนาแน่น และนิวตรอน ต่างก็ใช้การวัดค่าการแผ่รังสีปริมาณจากสารหรือแร่ที่อยู่ในหิน หรือจากสารที่ติดกับหัววัด สำหรับวิธีหยั่งการแผ่รังสี เรานิยมทำในตอนช่วงที่ปราศจากของไหลภายในหลุมเจาะ คือมีแต่อากาศในหลุมและไม่มีน้ำ โดยการกรูท่อ(casing) ดังนั้นจึงต่างจากวิธีทางไฟฟ้า ด้วยเหตุนี้จึงนิยมใช้ในกรณีหลุมเจาะตื้น(น้อยกว่า 350 เมตร) ซึ่งหลุมมักแคบและแห้ง ผนังหลุมไม่แน่นหนา ดังนั้นจึงนิยมใช้ในการตรวจหาชั้นถ่านหินว่ามีหรือไม่

ก. การหยั่งโดยรังสีแกมมา (Gamma-raylog)

การหยั่งโดยวิธีนี้ทำเพื่อจัดการแผ่รังสีธรรมชาติออกมาจากแร่ในหิน โดยการใช้ K-40 (ธาตุไอโซโทปของโปแตสเซียม) ซึ่งมักมีอยู่ในดิน(แร่ดิน) หรือหินโคลนหรือหินทรายแป้ง

ด้วยหลักการเช่นนี้ ถ่านหินคุณภาพดีและหินทรายสะอาด จึงมักนิยมให้ค่ารังสีแกมมาต่ำ ดังนั้น เมื่อปริมาณรังสีแกมมาเพิ่มขึ้น แสดงถึงปริมาณดินในถ่านเพิ่มขึ้น การแตกย่อยเป็นชั้นดินในถ่าน(clay partings)จึงมีมากขึ้น ทำให้เราได้ถ่านคุณภาพไม่ดี และถ้าเป็นชั้นดินทะเล (marine clays) มักมีปริมาณ K และสารกัมมันตรังสีอื่นเพิ่มด้วย (เช่น U และ Th) ทำให้เราได้ค่ารังสีเพิ่มมากกว่าชั้นดินบนบก (non-marine clay)

โดยปกติชั้นที่ให้รังสีแกมมาปริมาณมากๆ นับว่ามีประโยชน์สำคัญต่อการสำรวจและเทียบเคียงชั้นหิน เพราะเราสามารถใช้เป็นชั้นหินดัชนี(index bed)ได้ หรือถ้าเราได้ค่าต่ำมากๆ เช่นชั้น

ถ่านสะอาด ก็ช่วงในการเทียบเคียงได้เหมือนกัน ในรูป 7.27 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการหยั่งโดยรังสีแกมมาในชั้นตะกอนชนิดต่างๆ แต่การใช้ข้อมูลการแผ่รังสีธรรมชาติกับการหาปริมาณ (ถ้าในถ่านหินมักให้ข้อมูลได้ไม่ดัดนัก จากการศึกษาพบว่าถ่านหินที่มีปริมาณเถ้าที่เท่ากับมักปล่อย อันเนื่องมาจากแร่ที่จะเปลี่ยนเป็นเถ้ามีหลายแร่ ซึ่งบางแร่ไม่มีธาตุที่เป็นตัวให้ค่ากัมมันตรังสีเลย ค่าที่วัดได้จากรังสีแกมมา มักแสดงในหน่วย API (American Petroleum Institute) ซึ่งเป็นหน่วยมาตรฐานที่นิยมใช้กัน

เนื่องจากการแผ่รังสีแกมมามักให้ความละเอียดในด้านลึกไม่มากนัก จึงนิยมใช้ในการตรวจหาเพียงคร่าวๆ เพื่อดูว่ามีถ่านหรือไม่ (just only "see") ในพื้นที่กว้างๆ ที่ให้ค่าความผิดพลาดประมาณ 40 ซม. (ในแนวดิ่ง) ความสามารถในการซึมซับเพิ่มมากขึ้นเมื่อความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น

ดังนั้นในชั้นหินที่มีความหนาแน่นมาก เช่น บะซอลต์หรือแกรบโบร การหยั่งธรณีด้วยวิธีนี้จึงทำได้ไม่ดัดนัก โดยทั่วไปการกำหนดความหนาแน่นถ่านอาจทำได้โดยใช้จุดบนเส้นแสดงค่ารังสีแกมมาประมาณ 1/3 จากส่วนล่างหรือฐานของหินโคลน

รูป 7.27 ลำดับชั้นหินที่มีชั้นถ่าน(สีดำ) และแสดงลักษณะของค่ารังสีแกมมาที่วัดได้

วิธีตรวจหาค่ารังสีแกมมาไม่สามารถบ่งบอกถึงช่องว่างหรือโพรงในชั้นหินได้ ทั้งนี้เพราะอากาศ น้ำ หรือโคลนไม่ใช่ตัวดูดซึมรังสีแกมมาได้ดี แต่การวัดด้วยวิธีนี้สามารถทำได้ในหลุมเจาะที่มีท่อกรุได้ ทั้งนี้เพราะท่อกรุยยอมให้รังสีแกมมาผ่านได้ ดังนั้นรูปร่างหน้าตาของผลการหยั่งจึงไม่เปลี่ยนแปลง แต่อาจทำให้ค่าในช่วงที่มีการกรุด้วยท่อเปลี่ยนแปลงไปบ้าง

ดังที่แสดงในรูป 7.2.7 ค่าจากรังสีแกมมาสามารถแบ่งชั้นหินทางธรณีได้อย่างดี โดยใช้เส้นโค้งของความสูงในแนวดิ่ง บ่งบอกถึงความละเอียดในแนวดิ่งของตัววัดรังสี และความยาวในแนวราบ แสดงถึงความแตกต่างระหว่างค่ารังสีแกมมาที่วัดได้ของระหว่างสองชั้นหินนั้นๆ

ข. การหยั่งโดยความหนาแน่น (Density logs)

ในการสำรวจถ่านหิน การหยั่งธรณีด้วยวิธีนี้มักใช้ในการตรวจหาถ่านหิน โดยอาศัยหลักการที่ว่า ถ่านหินมีค่าความหนาแน่นน้อยกว่าหินตะกอนชนิดอื่น ด้วยเหตุนี้นักสำรวจแร่หรือถ่านหินจึงเชื่อว่าปริมาณเถ้าในถ่านจึงน่าจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความหนาแน่นของถ่านเสมอ สำหรับการหยั่งธรณีด้วยวิธีนี้ เราจึงใช้หัววัด 2 หัวในการตรวจหารังสีแกมมาที่ปล่อยเข้าไปในหินจากตัวให้รังสีและสะท้อนกลับมายังหัววัดโดยการสอดแทรก(scattering) ดังนั้นตัวบันทึก(logs)ซึ่งมีหัววัดที่มีระยะห่างที่ยาว(long-spacing)และสั้น(short-spacing)จากตัวให้รังสีจึงถูกกัน(shield)ออกจากการแผ่รังสีโดยตรงจากตัวให้รังสี(source) และตรวจวัดรังสีแกมมาที่สะท้อนออกหรือถูกกระตุ้นให้สะท้อนออกจากหินได้

รังสีแกมมาที่ถูกเหนี่ยวนำที่ใช้ในการหยังธรณีแบบนี้มักสะท้อนหรือสอดแทรกไปในทิศทางหน้าเรื่อยๆ ดังนั้นการหยังธรณีแบบนี้จึงทำการวัดเฉพาะชั้นหินหรือหินที่อยู่ระหว่างหัววัดกับตัวให้รังสีเท่านั้น ความละเอียดของเครื่องนี้(ในแนวดิ่ง)จึงเท่ากับระยะห่างระหว่างหัววัดกับตัวให้รังสี

การหยังธรณีแบบนี้จึงถูกปรับแต่งได้โดยการวัดเทียบกับค่ามาตรฐานจากหินที่รู้ค่าความหนาแน่นแล้ว ดังนั้นเมื่อได้ค่ากราฟแล้วเราจึงสามารถนำค่าตัวอย่างชั้นหินที่ต้องการได้ทันที การหยังธรณีแบบนี้นอกจากจะใช้กับชนิดหินต่างๆแล้ว ยังใช้ได้กับน้ำหรือของไหลที่อยู่ในหลุมเจาะได้ ดังนั้นเมื่อเส้นผ่านศูนย์กลางของหลุมเจาะเพิ่มขึ้นจึงเปรียบดั่งปริมาณของไหลในชั้นหินเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งผลนี้อาจจัดออกไปได้โดยการออกแบบให้ระบบวัดมีการบีบลำแสงให้เล็กลงเข้าไปในหินและบังคับด้วยตัวคาลิเปอร์(caliper)ที่มีแขนติดสปริง ซึ่งทำให้ติดอยู่กับผนังของหลุมเจาะตลอดเวลา ซึ่งก็ช่วยขจัดผลอันเกิดจากของไหลได้ เว้นแต่กรณีที่ผนังเกิดพังตอนเจาะหลุม การเกิดช่องว่าง(coving) เนื่องจากผนังหลุมเจาะพังลงมานี้มีผลต่อการสำรวจถ่านหินด้วยวิธีนี้มาก เพราะการหยังธรณีจากหัววัดระยะสั้นมักจะตอบสนองค่าที่ใกล้เคียงกันมากระหว่างหินโคลนที่ผนังพังกับชั้นถ่านหิน ด้วยเหตุนี้หลายครั้งจึงจำเป็นต้องใช้ผลจากปุมบันทิกด้วย คาลิเปอร์ชนิดสามแขน(three-arm caliper) เข้าช่วยวิเคราะห์ด้วย

บางครั้งค่ากราฟที่อ่านได้จากปุมบันทิกมักแสดงให้เห็นถึงรอยต่อระหว่างชั้นหินได้ดี โดยใช้เส้นโค้งที่แสดงระยะทางในแนวดิ่งระหว่างหัววัดกับตัวให้รังสี(ระยะ 3) และระยะในแนวนอน ซึ่งเท่ากับความแตกต่างของความหนาแน่นจากชั้นหินทั้งสองชั้นที่วัดนั้น รูป 7.28 แสดงผลจากการวัดด้วยเครื่องมือดังกล่าว

รูป 7.28 ปุมบันทิกจากหัววัดระยะห่างกับหัววัดระยะสั้นต่อชั้นถ่าน (Raymant, 1991)

ในกรณีของหัววัดระยะสั้นถ้าความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มรังสีกับความหนาแน่นของชั้นตะกอนเป็นเส้นตรง รอยต่อระหว่างชั้นตะกอนที่เราวัดอยู่ตรงจุดแบ่งครึ่งเส้นนั้น ส่วนกรณีหัววัดระยะยาวเนื่องจากความสัมพันธ์ไม่เป็นเส้นตรง (non-linear) ดังนั้นจุดแบ่งระหว่างชั้นตะกอนอาจอ่านได้โดยตรง จากการใช้มาตราส่วนลอค(ซึ่งมีหน่วย g/cm^3)หรือประมาณ 2/3 ตามความสูงของเส้น (ดูรูป 7.28) ในกรณีที่ชั้นถ่านมีความหนาแน่นน้อยกว่าระยะหัววัดกับตัวให้รังสี (ค่า S ในรูป 7.28) เราไม่สามารถตรวจสอบความหนาได้ โดยเรามักถือว่าถ่านบางเกินไปสำหรับวิธีนี้ ดังนั้นจึงเป็นจุดอ่อนสำหรับการหาความหนาของชั้นตะกอนอื่นๆที่แรกในถ่าน(partings)

ค. การหยังโดยนิวตรอน(Neutron log)

การหยังธรณีหลุมเจาะแบบนี้อาศัยการตอบสนองจากปริมาณไฮโดรเจนในหิน การหยังโดยนิวตรอนจึงประกอบด้วยตัวให้แถบพลังงานนิวตรอนสูงแลหัววัดที่ไวต่อนิวตรอนปริมาณน้อยๆ

โดยทั่วไปเราถือว่าไฮโดรเจนเป็นธาตุที่มีผลมากที่สุดในการลดปริมาณนิวตรอน ด้วยเหตุนี้เมื่อถูกปล่อยมาจากตัวกำเนิดนิวตรอนก็จะแพร่กระจายออก และถูกจับไปเรื่อยๆ เมื่อแพร่ไกลออกไปจากตัวกำเนิด ดังนั้นเมื่อมีการปล่อยรังสีออกในตอนแรก จำนวนนิวตรอนจึงมาก และต่อมาจึงลดลงเนื่องจากนิวตรอนถูกดูดกลืนไป

ไฮโดรเจนมักพบเห็นเสมอในวัสดุทางธรณีวิทยาหลายชนิดไม่ว่าจะเป็นในชั้นหิน ในน้ำหรือในช่องว่าง(void)ระหว่างเม็ดตะกอน ซึ่งอย่างหลังนี้ก็คือความพรุน(porosity)ในหินนั่นเอง

ในหินทราย ค่านิวตรอนเป็นสัดส่วนเชิงลอกกับค่าความพรุนของหิน กล่าวคือถ้าความพรุนต่ำค่านิวตรอนมักสูง และตรงข้ามถ้าความพรุนสูงค่านิวตรอนจะต่ำ ถ่านหินให้ค่าความพรุนประมาณ60% เนื่องจากถ่านหินมีไฮโดรเจนอยู่ในตัวจึงดูดกลืนนิวตรอนได้ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงจำนวนนับได้ต่อวินาทีจึงทำให้ทราบว่าถ่านหินมีค่าความพรุนเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งเราสามารถนำมาเป็นตัวกำหนดอันดับถ่านหินได้ สำหรับกรณีถ่านปราศจากขี้เถ้า(ash-free basis) และทำนองเดียวกันถ้าให้ค่าความชื้นคงที่ ค่าตอบสนองนิวตรอนจึงบ่งบอกถึงปริมาณถ่านในถ่านได้

การตอบสนองนิวตรอนของหินหรือชั้นตะกอน อาจไม่ง่ายเท่าของการหาค่าความหนาแน่น ด้วยเหตุนี้เราจึงหาค่าความหนาโดยละเอียดไม่ได้ โดยทั่วไปการหาบริเวณรอยต่อระหว่างชั้นตะกอน(bed boundary)อาจทำได้โดยใช้ระยะห่างจากค่าความสูงมากที่สุดของเส้นกราฟลงมาประมาณหนึ่งในห้า(1/5) สำหรับหินตะกอนกับชั้นถ่าน (ดูรูป 7.29)

ในหลายกรณีที่เราใช้การหาค่าดัชนีคุณภาพหิน (rock quality index) ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับสภาพการทำเหมือง โดยเราสามารถวัดปริมาณไฮโดรเจนที่ปรากฏในรอยแตกตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่(micro-¯o fractures)ได้ ทำให้เราเข้าถึงบริเวณที่มีรอยแตกมากๆ ได้ ซึ่งเรามักเรียกวิธีวัดดัชนีไฮโดรเจน (hydrogen index) ที่เป็นที่นิยมกันมากในยุโรปและอเมริกา

รูป 7.29 การตอบสนองของค่านิวตรอน เมื่อผ่านชั้นถ่าน (Raymant, 1991)

7.6.3 การหาค่าคาลิเปอร์ (Caliper log)

การหาลักษณะนี้ใช้วัดขนาดของหลุมเจาะ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นตัวแก้ค่าการอ่านความหนาแน่นแบบหัววัดระยะใกล้และหัววัดระยะไกล ด้วยเหตุนี้บางแห่งจึงจัดให้เครื่องวัดค่าความหนาแน่น และค่าคาลิเปอร์อยู่ในตัวเดียวกัน โดยเครื่องนี้อาจมีแขนเดียวที่บังคับให้เครื่องบันทึกติดอยู่กับกำแพงเสมอ หรืออาจเป็นแบบมีสามแขนแต่ปรับให้มีระยะห่างเท่าๆกันได้ ทำเราแก้ปรับค่าได้ และให้ค่าเฉลี่ยจากจุดที่วัด 3 จุด สำหรับเครื่องที่มีแขนเดียวอาจยุ่งยากมากกว่า ถ้าหลุมกว้างออกเนื่องจากผนังหลุมยุบในด้านที่ต้องการวัดความหนาแน่น แต่ไม่ใช่ด้านที่คาลิเปอร์เคลื่อนที่ โดยทั่วไปเรา

มักหยังค่าคาลิเปอร์ใช้ร่วมกับการหยังค่าความถ่วงจำเพาะซึ่งทำให้เราสามารถหาความแกร่งของหินได้ รูป 7.30 แสดงถึงค่าที่ได้จากการหยังด้วยวิธีทั้งสองเมื่อผ่านชั้นถ่าน ซึ่งมักแสดงด้วยพื้นเรียบและผิวสัมผัสด้านบนที่อ่าน ลักษณะของชั้นถ่านนี้มีความสำคัญเนื่องจากวิศวกรเหมืองแร่มักใช้ในการประเมินสภาพเหมืองใต้ดินได้

7.6.4 การหยังค่าไฟฟ้า (Electric log)

ในการตรวจหาชั้นถ่าน หลายครั้งที่ต้องใช้การหยังค่าไฟฟ้า เพื่อเทียบกับค่ากัมมันตรังสี แต่โดยทั่วไปมักไม่ใช้การหยังค่าไฟฟ้าตามลำพัง ทั้งนี้เนื่องจากชั้นถ่านมักให้ค่าความต้านทานไฟฟ้าสูง ซึ่งก็เหมือนกับชั้นตะกอนอื่นๆทั่วไป ทำให้เราแยกชั้นถ่านจากชั้นตะกอนอื่นโดยใช้วิธีการหยังค่าไฟฟ้าวิธีเดียวไม่ได้

รูป 7.30 การหยังค่าคาลิเปอร์และความหนาแน่นในการตรวจหาชั้นถ่านและลักษณะเฉพาะ (BPB, 1981)

ดังนั้นวิธีการหยังหาความต้านทานไฟฟ้าแบบ single point และการหาค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าจึงถูกแทนที่ด้วยการหยังโดยรังสีแกมมา ทั้งนี้เพราะค่าจากรังสีแกมมาให้ความเชื่อถือมากกว่า ในหลุมเจาะ ส่วนการหยังแบบ FE (หรือ Focused electric) มักออกแบบมาเพื่อให้พลังงานส่วนใหญ่ผ่านผนังหลุมเจาะเข้าไปในชั้นตะกอนให้ได้ระยะไกลๆ ซึ่งทำให้ได้ผลดีกว่าการหาด้วยวิธีเดิมที่ใช้กันอยู่ และเมื่อรวมกับวิธีการหยังแบบอื่นก็ทำให้เราสามารถตรวจสอบสมบัติ ชนิด และความหนาชั้นหินในหลุมเจาะได้

อนึ่งการหยังแบบ FE ในการหาส่วนนี้ ทำให้เราสามารถตรวจสอบชั้นตะกอนขนาดเล็กที่แทรกตัวในชั้นถ่านได้ดีกว่าวิธีการหยังแบบหัววัดระยะสั้น ในรูป 7.31 เราสามารถหาจุดแบ่งระหว่างชั้นตะกอนหรือชั้นถ่านได้ ณ จุดแบ่งครึ่งเส้น แสดงค่าความต้านทานไฟฟ้า

นอกจากนั้นจากการศึกษาพบว่าถ่านหินจำพวกลิกไนต์และแอนทราไซต์ มักให้ค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ต่ำมาก แต่ขณะที่พวกบิทูมินัสและซับบิทูมินัสให้ค่าค่อนข้างต่ำจนถึงสูง ในรูป 7.32 แสดงค่าการตอบสนองความต้านทานไฟฟ้าในชั้นหินตะกอนชนิดต่างๆ รวมทั้งถ่านหินด้วย

รูป 7.31 ค่าการตอบสนองโดยวิธีหยังแบบ FE (focused electric) เมื่อผ่านชั้นถ่านหลายชั้น (Raymont, 1991)

รูป 7.32 ลักษณะเส้นกราฟแสดงค่าความต้านทานไฟฟ้าจากการหยังธรณีหลุมเจาะ (BPB, 1981)

นอกจากนั้นค่าความต้านทานไฟฟ้ายังสามารถบ่งบอกถึงถ่านหินที่ถูกเผาไหม้ขัดกับหินอัคนีและถ่านที่ถูกออกซิไดซ์ เนื่องจากการฟุ้งได้ความร้อนจากการถูกเผาของถ่านหิน ช่วยลดค่าความต้านทานไฟฟ้าลง (รูป 7.33)

รูป 7.33 เส้นกราฟแสดงค่าความหนาแน่น(เส้นซ้าย) และค่าความต้านทานไฟฟ้า(เส้นขวา) ของถ่านหินที่ถูกความร้อนจากหินอัคนี

7.6.5 การหยั่งโดยเสียง (Sonic log)

การหยั่งโดยใช้เสียงมักให้การตอบสนองค่าหรือข้อมูลคล้ายกับการหยั่งโดยความหนาแน่น ทั้งนี้เป็นผลมาจากความสัมพันธ์ระหว่างการอัดแน่นและ ถ.พ.ของชั้นตะกอน (ยิ่งอัดแน่นมากยิ่งมี ถ.พ.มาก) แต่ในการแปลผลชนิดหินกลับพบว่าให้ผลไม่ดีเท่ากับการหยั่งโดยความหนาแน่น รูป 7.34 แสดงเส้นกราฟจากการหยั่งโดยเสียงผ่านชั้นตะกอนชนิดต่างๆ

รูป 7.34 เส้นกราฟแสดงค่าการหยั่งธรณีโดยใช้เสียง เมื่อผ่านชั้นตะกอนที่มีถ่านแทรกตัวอยู่ด้วย (BPB, 1981)

จากการวิจัยพบว่าการหยั่งโดยวิธีนี้มีข้อจำกัดตรงที่ต้องการหลุมที่มีของไหลบรรจุด้วย(คือมีน้ำในหลumnั่นเอง) นอกจากนั้นค่าการอ่านอาจมีผลอย่างมากถ้าผนังหลุมพัง แต่โดยทั่วไปมักให้ประโยชน์ในเรื่องความแกร่งของชั้นตะกอน (rock strength) โดยอาศัยหลักการที่ว่าหินต่างชนิดกันให้ความเร็วของคลื่นเสียง(sound waves)ที่แตกต่างกัน และเนื่องจากความเร็วมีผลต่อสมบัติทางกลศาสตร์ของหิน ดังนั้นจึงมีประโยชน์มากในช่วงการวางแผนทำเหมือง

7.6.6 การหยั่งโดยอุณหภูมิ (Temperature log)

เนื่องจากอุณหภูมิก้นหลุมจะมีความสำคัญต่อการวางแผนการปฏิบัติงานในเหมืองใต้ดิน โดยเฉพาะในเรื่องระบบระบายอากาศ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงค่าการหยั่งโดยอุณหภูมิในหลุมเจาะจึงแสดงถึงระดับที่น้ำใต้ดินไหลเข้ามาได้

รูป 7.35 การตีความหมายชนิดถ่านหิน โดยอาศัยข้อมูลการหยั่งโดยเสียงและความหนาแน่น (BPB Coal, 1981)

7.6.7 การตีความหมายชั้นละอียด

ตามที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้นการผนวกข้อมูลการหยั่งธรณีหลุมเจาะหลายๆ วิธีเข้าด้วยกัน ทำให้เราสามารถแปลผลชนิดของหินได้ถูกต้อง แม่นยำมาก สร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้แปลผลได้มาก ในรูป 7.35 เป็นการตีความหมายชนิดหรือลำดับชั้นของถ่านหินโดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างการหยั่งโดยเสียงและโดยความหนาแน่น

หลายครั้งที่มีความพยายามหาค่าความชื้นในชั้นถ่านหิน แต่พบว่าระดับความชื้นมีค่าสูงเกินไป ทำให้เครื่องมือนิวตรอนไม่ตอบสนอง

ในรูป 7.36 แสดงการเปรียบเทียบและประมวลผลชั้นหินโดยใช้การหยั่งชนิดหิน และโดยความหนาแน่น ส่วนรูป 7.37 แสดงการวิเคราะห์ความหนาแน่น โดยมีตัวเปรียบเทียบคือ ค่าปริมาตรแก้ว ค่าความหนาแน่นโดยรวม และค่าคาลิเปอร์ ซึ่งการแปลผลแบบนี้ช่วยให้เรานำมาเทียบเคียงหาความสัมพันธ์ของชั้นหินตลอดทั่วไปพื้นที่หลุมเจาะได้ เช่น เราใช้ค่ารังสีแกมมาที่สูงเป็นดัชนี(index) ในการเทียบเคียงชั้นตะกอนบางชั้นโดยเฉพาะหรือเราอาจใช้ค่ารังสีแกมมาที่ต่ำมาก เช่นในชั้นถ่านหรือชั้นทรายสะอาด (clean sandstones) ช่วยในการเทียบเคียงได้

กล่าวโดยย่อในการสำรวจหาถ่านหินโดยอาศัยการหยั่งธรณีหลุมเจาะ ข้อมูลที่เราควรได้ คือ 1) วิธีการเทียบเคียงชั้นถ่านหิน 2) ลักษณะโครงสร้างชั้นถ่านหิน 3) ความหนาและความลึกของชั้นถ่านหิน 4) ตัวควบคุมการเก็บตัวอย่างแท่งหิน 5) การประเมินค่าแท่งหินที่เก็บได้ และไม่สูญหายไประหว่างเจาะ และตัวบ่งชี้คุณภาพและปริมาณของถ่านที่เราสนใจทั่วทั้งพื้นที่ และนอกเหนือจากนั้นเมื่อมีความชำนาญมากขึ้นเราควรทราบ 1) การแปลความหมายชนิดหินโดยละเอียด 2) การประเมินค่าสมบัติทางวิศวกรรมของชั้นตะกอน 3) ทิศทางการวางตัวของหลุมเจาะ และ 4) ลักษณะการวางตัวของชั้นตะกอน ตลอดจนโครงสร้างที่เกี่ยวข้องโดยละเอียด

รูป 7.35 การตีความหมายชนิดถ่านหิน

รูป 7.36 ปุ่มบันทึกผลการตีความหมายชุดชั้นตะกอนที่มีถ่านหิน โดยอาศัยข้อมูลการหยั่งธรณีโดยความหนาแน่น (BP Coal, 1984)

รูป 7.6. 11 การแปลความหมายจากการหยั่งธรณีโดยความหนาแน่น โดยอาศัยข้อมูลของปริมาณแก้วของ ถ่านหิน และความหนาแน่นโดยรวม (bulk density) ของชั้นถ่าน (BP Coal, 1984)หลายครั้งที่มีความพยายามหาค่าความชื้นในชั้นถ่าน แต่พบว่าระดับความชื้นมีค่าสูงเกินไป ทำให้เครื่องมือนิวตรอนไม่ตอบสนอง

