บทที่ 8
การประเมินปริมาณแร่สำรองและความสมบูรณ์
(Reserve Estimation)

8.1 การประเมินปริมาณแร่สำรอง

หลังจากที่ได้ทำการดำเนินการสำรวจตาม Exploration Procedures ข้อมูลต่าง ๆ จะถูกนำมาประมวลเพื่อการวิเคราะห์หาประเมินปริมาณแร่สำรองและความสมบูรณ์โดยเฉพาะอย่างข้อมูลทาง Physical Explorations ซึ่งมีความสำคัญมากในขั้นตอนการวางแผนเปิดทำเหมือง (Miner Planning) ในการคำนวณทางศักยภาพของคุณภาพแร่ภายในเหมืองและที่สำคัญเพื่อเป็นการคาดการล่วงหน้าว่าลงทุนแล้วคุ้มทุนหรือไม่ จะได้กำไรมากน้อยเท่าใด หรือว่าไม่ควรลงทุน จากการที่เราเปิดทำการผลิตแร่จากภายในเหมือง ดังนั้นการคาดการณ์ว่ามีปริมาณแร่มากน้อยเท่าใด มีคุณภาพเป็นเช่นไร มีขอบเขตของคุณภาพแร่อย่างไร จะช่วยทำให้การวางแผนการทำเหมืองมีประสิทธิภาพสูง ได้ผลในการลงทุนเป็นอันน่าพอใจ

ในการประเมินปริมาณแร่สำรองและความสมบูรณ์สามารถแบ่งได้เป็นดังนี้

1. ประเภทของแร่สำรอง (Classes of Ore Reserves) แบ่งออกได้ ดังนี้ (รูปที่ 4.1)

ก. แร่สำรองที่พิสูจน์แล้ว (Proved Reserves) หมายถึง คูหาแร่ (blocks) ที่ปรากฏให้เห็นทั้ง 4 ด้าน (มีอุโมงค์เปิดให้เห็นทั้ง 4 ด้าน) และมีการเก็บตัวอย่างทั้ง 4 ด้านไปทำการหาปริมาณความสมบูรณ์แล้ว ได้แก่ A ในรูปที่ 1

ข. แร่สำรองที่มีอยู่ค่อนข้างแน่ (Probable Reserves) หมายถึง คูหาแร่ที่ปรากฏให้เห็นเพียง 3 ด้านหรือ 2 ด้าน และได้เก็บตัวอย่างจากด้านเหล่านั้นไปวิเคราะห์หาปริมาณความสมบูรณ์แล้ว

ประเภทของแร่สำรองแบบ ก และ ข นี้ การเหมืองแร่แห่งสหรัฐอเมริกา (U.S. Bureau of Mine) เรียกว่า แร่สำรองที่วัดแล้ว (Measured Ore Reserves)

ค. แร่สำรองที่มีหลักฐานแสดงว่ามีอยู่ (Indicated Reserves) หมายถึง คูหาแร่ที่ปรากฏให้เป็นเพียงด้านเดียว และได้เก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์หาปริมาณความสมบูรณ์แล้ว ได้แก่ B ในรูปที่ 1

ง. แร่สำรองที่คาดว่าจะมี (Inferred Reserves) หมายถึง คูหาแร่ที่มิได้ปรากฏให้เห็น แต่ประมาณได้จากความคาดหมายว่าน่าจะมีอยู่ได้แก่ C ในรูปที่ 4.1

2. การคำนวณปริมาณแร่สำรอง

อาศัยข้อมูลจากตัวอย่างมีเก็บจากการเซาะร่อง (Channel Sampling) หรือตัวอย่างในอุโมงค์ตามแร่และอุโมงค์ไต่ระดับ (Drives and Raises) ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณคือ ความยาวที่เก็บตัวอย่าง (ความกว้างของสายแร่) และค่าปริมาณความสมบูรณ์ (Grade) โดยทำเป็นขั้นตอน ดังนี้

รูป 8.1 แปลนแสดงประเภทของแร่สำรอง (คัดลอกมาจาก U.S. Geological Survey)

ก. วิธีการคำนวณค่าความสมบูรณ์เฉลี่ย ความกว้างและปริมาณแร่ (Tonnage) ของคูหาแร่นั้น

	ความกว้างของสายแร่ (ความยาวของตัวอย่าง (ฟุต) 1	ค่าวิเคราะห์ (%)	ความสมบูรณ์ของแต่ละส่วนของสายแร่ lxa	ความสมบูรณ์เฉลี่ย (%) lxa/1
แยกเก็บตัวอย่างเนื่องจากความแตกต่างที่สังเกตเห็นได้ในแต่ละส่วนของสายแร่	1.0 (a) 0.5 (b) 2.5 ©	1.2 0.7 2.0	1.20 0.35 5.00	
รวม	4.0		6.55	1.64

ในการทำแร่ (เมื่อทำเหมือง) จนความกว้างที่จะขุดเอาแร่ออก อย่างน้อยต้องกว้าง 5 ฟุต ดังนั้น แม้ว่าสายแร่จะแคบกว่า 5 ฟุต การคำนวณปริมาณที่จะต้องขุดต้องใช้ตัวเลข 5 ฟุต ในการคำนวณหาความสมบูรณ์เฉลี่ยที่แท้จริง (เมื่อลงมือทำเหมือง) จากตัวอย่างข้างต้น ความสมบูรณ์เฉลี่ยสำหรับร่องนี้ คือ 6.55/5 = 1.31 %

ข. การคำนวณค่าความสมบูรณ์เฉลี่ยของแต่ละอุโมงค์ : ใช้ข้อมูลที่คำนวณได้สำหรับแต่ละร่องในแต่ละอุโมงค์ (รูป 4.2)

รูป 8.2 แผนภาพแสดงวิธีคำนวณค่าความสมบูรณ์เฉลี่ยของแต่ละอุโมงค์ ถ้า S1 ถึง S5 เป็นร่องที่เซาะในอุโมงค์ตามแร่และแต่ละร่องมีระยะห่างเท่ากัน

ค. การคำนวณค่าความสมบูรณ์เฉลี่ยของแต่ละคูหาแร่ (Tonnage and Grade of a Block) ใช้ข้อมูลจากที่คำนวณได้ของแต่ละอุโมงค์ (รูป 4.3)

ความกว้าง W	ของอุโมงค์ (ฟุต)	ความยาว L (ฟุต)	พื้นที่อุโมงค์ W x L = S	ความสมบูรณ์ของอุโมงค์ V (%)	S x V
DRIVE 1	8	200	1,600	1.9	3,040
DRIVE 2	7	200	1,400	1.8	2,520
RAISE 1	5	100	500	1.3	650
RAISE 2	8	100	800	1.1	880
รวม	28	600	4,300	6.1	7,090

ความกว้างเฉลี่ย = 4,300/600 = 7.17 ฟุต (ไม่ใช่ 28/4 = 7 ฟุต)

ความสมบูรณ์เฉลี่ย = 7}090/4,300 = 1.65% (ไม่ใช่ 6.1/4 = 1.52%)

ปริมาตรของคูหาแร่ = 7.17 x 100 x 200 = 143,400 ลบ.ฟุต

Tonnage = $\frac{\text{volume}}{N}$ หรือ = ปริมาตร x ถ.พ.

N = tonnage factor คือจำนวน ลบ.ฟุตต่อตัน

ถ้าให้ n = 12 (ปริมาตร 12 ลบ.ฟุต มีน้ำหนัก = 1 ตัน)

ดังนั้นปริมาณแร่ในคูหา (tonnage) = $\frac{143,400}{12}$ ประมาณ 12,000 ตัน

ถ้าพื้นที่ไม่เป็นรูปทรงแน่นอนต้องวัดพื้นที่ก่อน อาจใช้โต๊ะระดับ (Planimeter) การหา Tonnage Factor หรือค่าความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างแร่ (โดยประมาณ) อาจทำได้หลายวิธี ดังนี้

1. ใช้การประเมินจากรถขนแร่

รถขนแร่มีปริมาตร (ความจุ) 20 ลบ.ฟุต

ก้อนแร่ (Broken Ore) จะมีปริมาตรประมาณ 65% (เป็นช่องว่าง 35%)

ถ้าน้ำหนักของก้อนแร่ในรถขน = 1 ตัน

ปริมาตรของแร่ = $\frac{20 \times 65}{100}$ = 1,300 ลบ.ฟุต

Tonnage Factor = 13

2. วัดปริมาตรและน้ำหนักจากร่องเซาะที่เก็บตัวอย่าง

การคำนวณค่าความสมบูรณ์และความกว้างเฉลี่ย ได้ดังนี้

ตัวอย่างหมายเลข	(ความกว้างของสายแร่) ความกว้างของร่อง W (ฟุต)	ค่าความสมบูรณ์ของร่อง V(%)	W x V	ความกว้างที่จะทำแร่ (ฟุต)
1	4	1.64	6.56	5
2	6	2.32	13.92	6
3	6	2.00	12.00	6
4	6	1.80	10.80	6
5	4	3.00	12.00	5
		รวม	55.28	28.0

ความสมบูรณ์เฉลี่ยคือ 55.28/28 = 1.97%
ความกว้างเฉลี่ย (ที่จะต้องขุดเมื่อทำแร่) คือ 28/5 = 5.6 ฟุต

รูป 8.3 แผนภาพแสดงวิธีคำนวณค่าความสมบูรณ์เฉลี่ยของคูหาแร่

วัดปริมาตรและชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่เก็บจากร่อง คำนวณหา Tonnage Factor ได้

3. วัดโดยการแทนที่น้ำ เช่นเดียวกับการวัดความถ่วงจำเพาะ

วัดปริมาตรน้ำที่ถูกแทนที่และชั่งน้ำหนักตัวอย่าง ถ้าตัวอย่างมีรูพรุนมากควรใส่ในถุงพลาสติกหรืออุดรูพรุนเสียก่อน เพราะปริมาตรเวลาคำนวณการทำแร่ต้องคิดรวมรูพรุนที่มีอยู่เดิมในหิน (แร่) ด้วย

4. ใช้การศึกษาจากกล้องจุบทัศน์หรือวิเคราะห์ทางเคมี ดังตัวอย่าง โดยใช้ Polished Section

แร่	Vol.%	For 1,000 dm^3	S.G.	Wt. In kg.
Cpy	10	100	4.2	420
Gn	20	200	7.5	1,500
Qtz	70	700	2.65	1,855
				3,775 kg.

Tonnage Factor = 3.775 T/m3

หมายเหตุ วิธีที่ 2 และ 3 เป็นวิธีที่ใช้กันทั่วไปและถูกต้องแม่นยำกว่าวิธีอื่น

การคำนวณปริมาณแร่สำรองสำหรับภูมิแร่ขนาดใหญ่ที่มีรูปร่างไม่แน่นอน (รูป 4.4 และ 4.5)

ในกรณีที่ภูมิแร่มีรูปร่างไม่แน่นอน ไม่อาจเจาะอุโมงค์เพื่อให้เห็นสายแร่ตลอดความกว้างของสายได้ การเก็บตัวอย่างจำเป็นต้องดัดแปลงให้เหมาะสมกับอุโมงค์ที่มีอยู่ (อุโมงค์ที่เจาะไว้สำหรับการผลิตแร่)

ตัวอย่าง (รูป 4.4) อุโมงค์ที่มีอยู่ ได้แก่ ปล่อง (Shaft) และอุโมงค์ตามแร่ (Drive) ที่ระดับต่าง ๆ โดยมีระยะระหว่างระดับ (Level Interval) = 25 ฟุต การเก็บตัวอย่างกระทำโดยใช้เครื่องเจาะหัวเพชร เจาะหลุมในแนวระดับ (เช่น ระดับที่ 1 เจาะ20 หลุม) แต่ละหลุมห่างกัน 50 ฟุต

รูป 8.4 วิธีการคำนวณปริมาณแร่สำรองสำหรับภูมิแร่ที่มีรูปร่างไม่แน่นอน

ข. คำนวณค่าเฉลี่ยสำหรับแต่ละระดับ เช่น (ระดับที่ 1 มี 20 หลุม)

รูป 8.5 วิธีคำนวณปริมาณแร่สำรองเมื่อหลุมเจาะที่มีอยู่ไม่เป็นระบบ

หมายเลขหลุม	% Cu (V)	ความยาวของหลุม (L)	V x L
1	0.5	25'	12.5
2	0.7	75'	52.5
3	0.8	59'	42.7
4	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
20	0.20	5'	1.0
		960	576

ความยาวเฉลี่ย = 960/20 = 48' = L

ความสมบูรณ์เฉลี่ย = $\frac{576}{960}$ = 0.6% Cu

แต่ละหลุมมีพื้นที่รับผิดชอบ (Area of Influence) = 50 x 50 x L

ปริมาตรทั้งระดับ = 20 x 50 x 50 x L = 20 x 50 x 50 x 48 ลบ.ฟุต

ถ้า Tonnage Factor = 12

Tonnage ของระดับที่ 1 = $\frac{20 \times 50 \times 50 \times 48}{12}$ = 200,000 ตัน โดยมีความสมบูรณ์ 0.6%

ค. คำนวณปริมาตรแร่ทั้งหมด (Total Tonnage) คือ ผลรวมของแต่ละระดับรวมกัน

$= \sum T$

ความสมบูรณ์เฉลี่ย $V = \frac{\sum (T \times V)}{\sum T}$

ในกรณีที่หลุมเจาะไม่เป็นระบบ ใช้วิธีตามรูป 4.4

คำนวณปริมาตรที่แต่ละหลุมเจาะรับผิดชอบ (Zone of Influence = 2)

คำนวณความสมบูรณ์เฉลี่ย V ได้จากสูตร $V = \frac{\sum (T \times V)}{\sum T}$

ข้อมูลที่มีอยู่หรือที่รวบรวมได้ประกอบด้วยพื้นที่รับผิดชอบของแต่ละหลุมเจาะ (S)

คำนวณหรือใช้ Planimeter วัดได้

ความลึกของหลุม (1) และความสมบูรณ์ของหลุม (V) $Z = S \times 1$

$\therefore V = \frac{\sum (s \times 1 \times V)}{(s \times 1)}$

ปริมาณแร่ (Tonnage) $= T = \frac{\sum (s \times 1 \times V)}{\text{ลบ.ฟุต/ตัน}}$

ในกรณีที่หลุมเจาะมีทิศทางการวางตัวต่างกัน การคำนวณย่อมซับซ้อนมากขึ้นอีก

สรุป การคำนวณหาปริมาณสำรองแร่ที่แม่นยำย่อมเป็นการที่ดีสำหรับข้อมูลพื้นฐาน เพื่อจะได้ประเมินการลงทุนในขั้นต้นได้ถูกต้อง การหาปริมาณแร่ที่ถูกต้องนั้นขึ้นอยู่กับข้อมูลพื้นฐานที่ถูกต้องด้วย อาทิเช่น ข้อมูลหลุมเจาะการคาดการณ์โครงสร้างทางธรณีวิทยาใต้ดิน และรวมถึงข้อมูลการเรียงลำดับชั้นหินที่ถูกต้องแม่นยำ เป็นต้น สิ่งที่กล่าวมาทั้งหมดล้วนแล้วแต่เป็นสิ่งที่สำคัญยิ่งในการศึกษาของส่วนนี้