

岩心与坑道的工程地质研究

宋恕夏

(甘肃金川镍钴研究所)

以往的地质勘探工作,着重研究的是矿体形态、质量、成因等,而对与将来开采有关的工程地质资料则重视不够,因而在开采前需补做工程钻探。建议今后从地表填图、钻孔岩心编录、岩心定向、坑道编录等方面加强工程地质资料的收集。

关键词: 坑道编录; 工程地质; 岩心素描

固体矿产的开发程序,一般是先进行地质勘查,在矿床储量审批之后,即转入矿山开采阶段。矿山设计、生产部门再根据矿体的产出状态,确定采用坑内或是露天开采。一旦确定坑内开采,就要设计诸如竖井、盲井、坑内破碎站、卸矿站、水仓、变电峒室、主运输道、斜坡道等一系列工程。如果是露天开采,就要进行露采剥离工程等。这些开拓工程的位置选择正确与否,直接关系到工程的稳定性,同时也影响着矿山建设的速度与经济效益。

在以往的地质勘探工作中,常常只注意探查矿体产状、元素种类及品级,而忽视了工程地质和矿体顶底盘围岩的研究,致使后期开拓工程缺少必要的工程稳定性评价资料,因而不得不追加工程,不仅增加了建设投资,同时也延缓了矿山建设速度。笔者根据金川镍矿的建设经验与教训,认为在地质勘探阶段就应当将工程地质研究作为地质勘探的任务之一,予以重视。

地表地质填图

地表地质填图是一项基础地质工作。从工程地质角度出发,有必要查明矿区构造体系,尤其是各种断层的力学属性、次序及其规模。根据构造形迹来判断矿区的主应力方

向。以金川镍矿为例,北侧有区域性压性断层 F_1 ,走向北 60° 西,倾角约 60° 。另外还有北东东和南北向的扭性断层以及北东向张扭断层。据此判断矿区主应力方向为北东(图1)。地应力测量结果证实了这一判断的正确性。

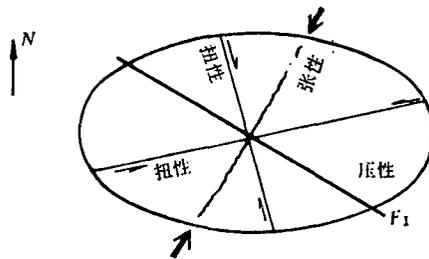


图1 矿区主应力分布图

主应力方向与巷道、采矿场工程的布置有密切关系。当巷道长轴垂直主应力方向时,两侧墙因受主应力影响而变形破坏;当采场长轴与主应力方向平行时,采场则保持稳定。

其次,要研究矿区出露的各种岩层的工程稳定性。根据岩体结构构造和岩性,按稳定性将其分类。再根据产状并结合钻探资料,推算其在地下的空间位置,使开拓工程尽量避开不稳定区段。

钻孔岩心编录

除正常的地质编录外，还应通过统计岩心，了解各种岩层（或矿层）的岩石质量。目前国外普遍采用半定量评价岩体质量的Q系统法^[1]和RMR分类法。Q系统法选取6个力学参数来描述岩体性质，其公式如下：

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \cdot \frac{J_r}{J_a} \cdot \frac{J_w}{SRF}$$

式中，RQD为描述岩石质量的参数（节理频率），统计岩心时，将回次中大于10cm长的岩心长度之和（m）除以该回次进尺，再乘以100而得，其值从0~100。例如：回次进尺为2.5m，大于10cm长的岩心块段之和为2m，则RQD为80。

J_n 为节理组数系数。将回次岩心按断碴对好后，可以判断出有规律的裂隙组数，按表1所列组数选取 J_n 值，范围从0.5~20。

J_r 表示节理的粗糙度，即看节理裂隙面是粗糙的、波状起伏的还是平直光滑的，有无擦痕，其系数从0.5~4。

J_a 为节理的蜕化系数。观察节理面间有无充填物、厚度及成分，有无膨胀粘土类矿物。节理壁直接接触未蜕化者系数小，有膨胀粘土矿物者系数大，充填物厚度大时尤其如此（表2）。

J_w 为节理的水折减系数。无地下水滴水时一般取值1；有滴水则小于1，视水流和水压大小选值。

SRF为应力折减系数，以岩石单轴抗压强度除以该处最大主应力值表示，即 σ_c / σ_1 。抗压强度是地质勘探中需测定的力学参数之一。主应力一般随埋深逐渐增大，在矿床勘探时期很少测得。两系数可留待矿床开采时期补测或参照附近矿山的值类比选取。

上式等号右边6个参数还可以看作3个商参数，每个商的意思是： RQD/J_n 表示岩

体的完整性和岩块体积的相对大小； J_r/J_a 表示结构面的抗剪性，即岩块间的抗剪强度，它决定工程开挖后岩块是否容易片冒； J_w/SRF 为活动应力。

Q值的变化范围从0.001~1000，由低到高、从极坏至极好分成9个级别。在地质勘探时期，按上式计算出前4个系数，即可大致判断岩体质量。RQD≥15时，说明岩块较大； $J_r/J_a \geq 3$ 则表示抗剪强度较高。后者用打分的方法（表3）评价岩体质量^[2]。由表可见，编录的内容与Q系统大致相同。有人根据经验得RMR与Q作了对比，得出它们之间的以下关系式：

$$RMR = 13.5 \log Q + 43$$

表 1*

节理组数	J_n
A. 块状，无成很少节理	0.5~1.0
B. 一组节理	2
C. 一组节理加些任意节理	3
D. 二组节理	4
E. 二组节理加些任意节理	6
F. 三组节理	9
G. 三组节理加些任意节理	12
H. 四组以上节理，任意裂开呈糖块状	15
I. 破碎岩、土石状	20
节理粗糙度数	J_r
(a) 节理壁直接接触	
(b) 小于10cm剪切的节理壁直接接触	
A. 不连续节理	4
B. 粗糙或不规则，波状起伏	3
C. 平滑，波状起伏	2
D. 擦痕面波状起伏	1.5
E. 粗糙不规则，平面状	1.5
F. 平滑，平面状	1.0
G. 镜面，面状	0.5
(c) 剪切后节理面不直接接触	
H. 足够厚度的粘土矿物带阻挡节理面接触	1.0
I. 砂质卵石或压碎带有足够厚度阻挡节理面接触	1.0

* ①在提出或测量RQD≥10的地方，10是方程中估价Q时的微小值；

②RQD以5为间隔，如100、95、90……即够准确。

表 2

节理蜕化变质数	J_a	
(a) 节理壁直接接触		
A. 紧密闭合坚硬未软化		0.75
B. 未蜕化的节理壁, 面上仅有污染		1.0
C. 轻微蜕化的节理壁, 无软化矿物膜、砂粒、无分解的粘土等		2.0
D. 粉砂质或砂质粘土膜、少量粘土(未软化)		3.0
E. 有软化或低摩擦粘土矿物膜、即高岭土、云母, 也有绿泥石、滑石、石墨及石膏等以及少量膨胀粘土(不连续薄膜、厚1~2mm或更小)		4.0
(b) 小于10cm剪切的节理面直接接触		
F. 砂粒、无粘土的分解岩石等		4.0
G. 强烈固结、无软化粘土矿物充填(连续, 厚度<5mm)		6.0
H. 中等或低固结、软化、粘土矿物充填(连续厚度<5mm)		8.0
J. 膨胀粘土充填, 即蒙脱土(连续, 厚度<5mm)。 J_a 值取决于膨胀粘土颗粒的百分比及渗水等		8.0~12.0
(c) 剪切后无直接接触的节理		
K, L, M, 分解或压碎的岩石及粘土带或条带		6.0, 8.0或8.0~12.0
N. 粉砂质或砂质粘土带或条带, 少部分粘土成分(未软化)		5.0
O, P, R, 厚层连续的粘土条带		10, 8.0或13~20
节理水的折减因素	J_w	水压力(kgf/cm ²)
A. 干燥状态下开挖或者很小水流, 局部为5升/分	1.0	<1
B. 中等水流或水压间或能冲走节理充填物	0.66	1.0~2.5
C. 大水流或高压水, 无节理充填的中坚硬岩石	0.55	2.5~10.0
D. 大水流或高压水, 大量冲击节理充填物	0.33	2.5~10.0
E. 特大水流或爆发型水压随时间而衰退	0.2~0.1	>10.0
F. 特大水流或水压连续衰退不明显	0.1~0.05	>10.0

这样, 知道一个数值, 便可算出另一数值。

为减少岩心损坏, 获得高的取心率, 最好能用双岩心管金刚石钻进。岩心用油漆标明回次, 并在劈样送化验前照相留存。编录可参照图2的形式, 从中可一目了然地看出岩石的完整性及RQD值的高低。

在钻探编录中, 有时会发现一种椭圆形的似饼状岩心, 其圆柱面上有许多次生新鲜断裂纹, 岩饼厚度与直径之比约0.27。这是高应力区的一种特有现象, 应引起重视^[6]。

岩心走向

有些工程需要了解深部岩矿体节理或结构面的产状。例如, 为调查能否采用矿块崩落法, 就要了解矿体中各节理的产状, 确定

是否存在有利崩落的节理组合; 对已确定露天开采的矿区, 需要了解是否存在引起滑坡的结构面, 通过对结构面的调查研究, 确定合理的边坡角; 在水电工程的坝基及其他大型地下建筑物施工前, 有时也要了解岩层及大的结构面产状, 以选择工程位置, 确定施工方案。这就要求对岩心定向。

岩心定向技术在国外研究较早, 许多国家已进入推广运用阶段。我国在这方面起步虽晚, 但发展较快, 有代表性的几种装置是: (1) 冶金部保定勘察技术研究所参考瑞典杆式打印器的基础上, 生产出单点杆式打印定向器, 并成功地运用于德兴和南芬矿的施工; (2) 有色(桂林)矿产地质研究院研制、1983年通过冶金部鉴定的YCO-I型多点随钻岩心定向钻具^[4], 先后在鞍山大

表 3

	参 数	数 值 范 围							
1	单轴抗压强度 (MPa) 分 数	>200 15	100~200 12	50~100 7	25~50 4	5~25 2	1~5 1	<1 0	
2	RQD 分 数	90~100 2	75~90 17	50~75 13	25~50 8	<25 3			
3	不连续面间距 (m) 分 数	>2 20	0.6~2 15	0.2~0.6 10	0.06~0.2 8	<0.06 5			
4	不连续面状态 分 数	粗糙, 不连续, 张开, 不风化	微粗糙, 张开, <1mm, 微风化	微粗糙, 张开, <1mm, 微风化	镜面或夹泥<5 mm厚, 张开1~ 5mm, 连续	夹泥厚>5mm或张开 75mm, 连续 0			
5	地下水 导洞段长10m (升/分) 裂隙水压与最大应力比 一般条件 分 数	无 0 完全干燥 15	<10 0~0.1 润 10	10~25 0.1~0.2 湿 7	25~12.5 0.2~0.5 4	>12.5 >0.5 流 0			
6	不连续面方向条件 分 数	很 好 0	好 -2	中等 -5	差 -10	很差 -12			
7	总台 (RMR) 岩体分级 岩体描述	100~81 I 很好	80~61 II 好	60~41 III 中等	40~21 IV 差	<20 V 很差			

孤山矿区、湖北铜录山矿区和黄河小浪底水坝基础勘察中均获得较好效果, 特别是其所配置的半合管定向机构^[5], 更有效地增加了破碎岩层岩心定向的实用性; (3) 冶金部东北冶金地质勘探公司生产的多点随钻岩心定向钻具, 在水厂铁矿的露采边坡工程 (由长沙矿冶研究院设计) 中使用, 其成功率高达89%, 达到国内外先进水平; (4) 地矿部成都探矿工艺研究所与上海地质仪器厂共同研制的 KDS-1型单点照相式岩心定向仪, 已于1982年通过地矿部鉴定, 并应用于生产。另外, 许多用户还根据自己的条件制造了一些简单的定向装置。

综上所述, 在现阶段我国矿山工程地质工作中, 不仅具备了开展岩心定向的条件, 而且也证明了在这个领域里开展岩心定向的重要技术意义与经济价值。

坑道编录

钻孔所反映的地质现象, 是有一定的局限性的。而坑道所揭露的地质现象更具有代表性, 能更有效地为工程地质研究所用。RQD值可在数米巷道内壁上选取2米长的数段距离, 在每段内估算被裂隙分割后大于10cm的岩块之和除以尺长, 然后取平均值。裂隙组数、粗糙度、充填物种类、厚度及脱化变质数比岩心更直观, 且可防止充填物被钻孔冲洗液冲坏。另外, 在巷道由可观测节理的水折减系数, 这是钻孔无法作到的。这样在不同地段、不同岩层中, 可求出Q值, 从而获得各岩组稳定性的评价。

在巷道的掘进与切采过程中, 有时会观察到坚硬岩层的脆性破裂与片状剥落现象^[3], 或听到破裂声响, 甚至发生岩石突

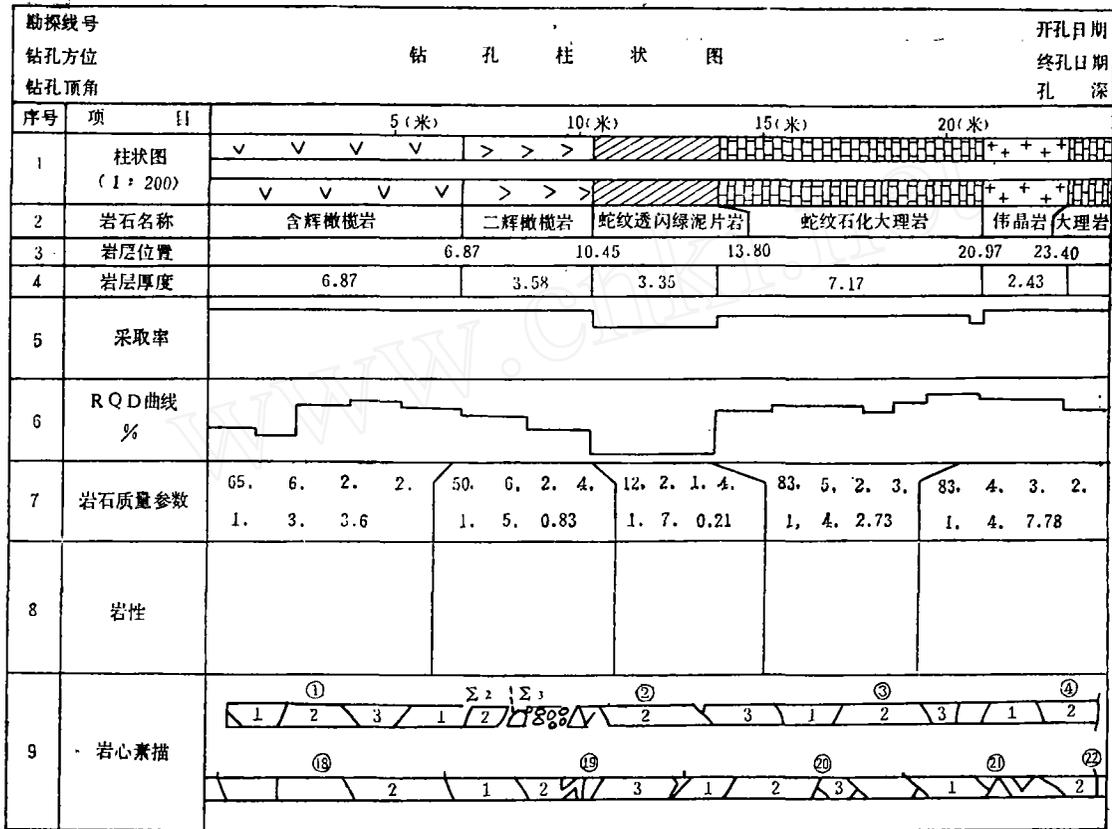


图 2 岩心素描图

然爆裂的喷射现象。这都与岩层高应力的存在有密切关系，在坑道编录中应详尽记载。

Q值与支护型式

巷道开挖后，通常需要支护。其支护形式以往多由采矿或井建工程师凭藉经验选择。由于缺乏科学依据，难免出现支护形式与岩体质量不相适应的问题，使巷道出现较

大的变形破坏，因而，被迫进行返修，甚至造成报废。金川镍矿巷道的多次返修即属这种事故类型。国外的巷道支护形式，是由岩石力工程师根据岩体Q值来确定的。他们重视岩心和井、巷的工程地质情况的研究，在科学调查的基础上选择支护形式，并在施工过程中根据变化情况进行调整。因而，能选址正确、支护合理，使施工既经济又快速。

参 考 文 献

[1] Barton等：国外地质，1976，第9期。
[2] 王思敬等：《地下工程岩体稳定分析》，科学出版社，1984年。

[3] 姚宝魁：地质科学，1986，第4期。
[4] 曲亚增等：地质与勘探，1984，第1期。
[5] 张智远等：地质与勘探，1986，第12期。
[6] 宋恕夏：有色矿山，1984，第5期。

Drill Core and Adit Engineering Geological Study

Song Shuxia

In our geological exploration work, focal point are put on the studies of the mode of occurrence of ore bodies, the quality of ores, the origion of deposits, etc., and play less attention on engineering geological information concerning mining, so that a complementary exploitation drilling should be done before mining. It is suggested that the collection of following information on drill core record compiling, core orientation, mine opening geological record compiling, etc., should be strengthened from now on.