

钻探技术在金属矿床勘探中的发展

谈 耀 麟

(中国有色金属工业总公司矿产地质研究院)

金刚石钻进作为一种先进的钻探方法,经过不断的完善,至今已沿用了百余年。1930年以前,金刚石钻头是用稀缺的粗粒黑金刚石(CARBONADO)靠手工镶嵌的,价格昂贵。1930年初出现了粉末冶金技术,才开始采用较便宜的小颗粒金刚石以机械方法成批生产金刚石钻头。由于金刚石钻头在许多方面优于钻粒钻头和硬质合金钻头,有较高的钻进速度,即使在很坚硬的岩石中钻进也可取得较高的岩心采取率,而且可钻进任何方向的钻孔,偏斜又较小,因而使金刚石钻进法得到了广泛应用。五十年代,一些发达资本主义国家的地质岩心钻探有80%以上是用金刚石钻头钻进的。但是到了七十年代,有些国家的金刚石钻探工作量却出现了下降的趋势。例如美国的金刚石钻探工作量自五十年代末以来一直在减少,到1978年,金刚石钻探仅占钻探总工作量的5%左右。在1977年加拿大找矿和开发人员协会第45届年会上,有人指出,在过去10~15年中,加拿大的金刚石钻探工作量逐年减少。六十年代末,加拿大固体矿藏钻探工

作量90%是用金刚石钻探完成的,而到了七十年代末,用金刚石钻探完成的工作量只占40~50%。

据文献资料分析,产生以上趋势主要为了降低勘探成本。

美国摩根博士曾指出,一个公司勘探一个大型矿床,需要6~10年时间,每年要耗资150~300万美元。而在一个地质勘探项目的投资分配比例中,地质和钻探约占75%。所以,降低钻探施工的成本就成为地质勘探中的一个很关键的问题。

近年来,美国、加拿大、澳大利亚、苏联等国家在降低钻探施工费用方面所采取的措施之一,就是合理选用不同的钻进方法。

据美国矿务局1974年的资料,美国在金属矿床勘探中,主要采用回转钻进法,其工作量占62.7%,其次是冲击回转钻进,占23.2%,金刚石钻进只占9.4%。不过,对不同的矿种来说,所采用的主要钻探方法是不同的。表1为1974年美国在金属矿床勘探中采用不同钻进方法的工作量比例。

表 1

矿 种	总钻进工作量 (英尺)	金刚石钻进 (%)	回转钻进 (%)	冲击回转钻进 (%)	钢绳冲击钻进 (%)	其他钻进法 (%)
金	4,120,000	3.3	1.9	93.0	—	—
银	49,500	49.5	7.5	36.4	0.7	0.4
铜	1,090,000	77.8	15.3	5.7	8.4	0.3
铁	159,000	83.6	4.1	11.2	0.7	0.2
锌	364,000	62.8	1.6	33.7	—	1.1
铅	296,000	47.3	3.7	5.1	17.6	26.1
汞	4,160	—	77.5	—	—	—
钨	44,900	38.5	—	50.2	—	—
钼	13,000,000	0.7	90.7	3.7	—	4.9

从表1看出,不同的矿种都有其主要的钻探方法。这是根据矿床的形态、对采样的要求,以及地层条件和孔深等因素综合考虑最终经济效益而选定的。不同钻进方法的单位进尺成本也不同。据美国勘探科罗拉多钼矿的资料,不同钻进方法的单位进尺成本列于表2。

从表2看出,不取心回转钻进比金刚石取心钻进

的单位进尺成本要降低50%左右。所以,美国在勘探钼矿时主要是采用回转钻进。

七十年代末,美国在勘探砂金矿、磁铁矿、铝土矿、红土镍矿、铜、锂等金属矿床时,使用了双层钻管反循环连续取样钻进法,取得了很好的效果,生产率高达30米/小时,机械钻速比取心钻机提高5倍,在某些实例中,钻进和取样成本降低了70%。

表 2

钻进深度 (米)	钻 进 成 本 (美元/米)					
	不取心钻进 (孔径76~165毫米)				岩 心 钻 进 (孔径50~114毫米)	
	回 转		风 动 冲击器	冲击器	一般钻具	绳索取心 钻 具
	牙轮钻头	金刚石钻头				
至150	2.3~7.6	4.5~6.5	1.3~5.6	5.7~13	5.9~13	5.6~16
150~300	5.7~16.5	5.5~11	——	11.5~20	13~29	10~18
300~600	8.2~19.5	——	——	——	23~40	16~23

1976年,在加拿大金刚石钻探协会年会上有人指出,冲击钻进越来越普遍地代替了金刚石钻进方法。在加拿大的斑岩铜矿勘探中,冲击钻进法已显示出比金刚石钻进法具有更大的优越性,其成本只为金刚石钻进成本的1/4,所以使用越来越广泛。在加拿大育空地区的沙金地质与地球化学取样钻探,以及铀、银、铅、锌等金属矿床的勘探,也都在不同程度上采用了这种钻进方法。

1944至1976年间,加拿大在谢弗维尔地区勘探一个质地软脆的赤铁矿—褐铁矿矿床,先后试用了七种钻探方法,包括金刚石取心钻进、空气吹井大口径回转全面钻进、泥浆洗井牙轮钻头钻进、煤油冻结绳索取心钻进、冲击跟管钻进、三层岩心管绳索取心钻进和双管反循环钻进。最后由于双管反循环钻进钻速较快(8英尺/小时),冲洗液的循环不致造成对孔壁的冲刷而发生坍塌,而且取得的岩屑样质量较好,因此决定用这种钻探方法作为勘探这类型矿床的常规手段。

澳大利亚在根据不同地层特点选用不同钻进方法方面,也取得了积极的经济效果。有不少矿区在勘探过程中,先在较大范围内用螺旋钻具进行化探取样,然后在重点地段用潜孔冲击钻打到基岩,最后在可能有矿的位置布孔进行金刚石取心钻进。在钻进较深的钻孔时,先用硬质合金钻头开孔,接着用孔底气动冲击钻具穿过冲积层或砾石层,最后用金刚石取心钻进至终孔。这样不但加快了整个孔的钻进速度,也降低了钻进成本。冲击钻进法成本为13澳元/米,而金刚石钻进法为29.25澳元/米;冲击钻进法钻速可达45~60米/班,而金刚石钻进法却只有15~21米/班。

根据不同矿种或不同地层条件采用不同钻进方法,固然可以降低勘探成本,但不同钻进方法都各有具体的使用条件。有的受到岩层硬度的限制,有的受到钻进深度的限制,有的受到采样要求的限制,等等。例如澳大利亚的哈默斯利铁矿,由于含铁石英岩

很坚硬,用金刚石岩心钻成本很高,达200澳元/米,采用潜孔冲击钻,成本可降到16~20澳元/米。不过气动潜孔锤冲击钻进一般不超过200米,而该矿的矿体埋藏浅,钻孔深度多在80~150米范围内,所以采用气动潜孔锤冲击钻进可取得显著经济效果。

在苏联和一些东欧国家,采用液动冲击器钻进到较大的深度。例如保加利亚采用Γ—7型液动冲击器钻进安山岩、石英岩等,深度可达600~1200米。在Ⅷ级岩石中钻进所作的标定表明,冲击钻进法的机械钻速比金刚石钻进提高2.4~3倍,回次进尺增长40~50%。但应指出的是,在Ⅹ~Ⅺ级强裂隙岩层中钻进,取出的岩心较破碎,效率很低,冲击器和钻头的使用寿命还不很高。冲击器的性能如冲击功的提高、液流的稳压、冲击频率的可调性,以及使用泥浆问题等,有待进一步完善,还需要解决大排量钻井泵的问题。因此,目前使用液动冲击器的经济效益不很突出。

加拿大有人对固体矿床勘探所采用的一些现有钻进方法进行分析之后指出,采用反循环钻进、孔底冲击锤钻进等新的钻进方法,虽然生产率可提高,但设备投资比较大。因此,不少国家正在积极研究降低地质勘探成本的另一条途径——发展孔内探测技术,即测井技术。测井技术在油气钻井中应用较早。在六十年代,澳大利亚、加拿大等国家已有人主张将这种技术移植到固体矿床的勘探。但由于固体矿床产状变化大,而且矿种多,所以测井技术只在少数矿种如铀矿、煤矿的勘探中获得了成功的应用。随着科学技术的不断发展,近年来测井技术在金属矿床勘查中已取得了一定程度的进展。

最近,澳大利亚在金属矿床的勘探方面,应用钻探技术与孔内探测技术相结合,取得了令人满意的效果。不但降低了勘探成本,而且加快了勘探速度。具体做法是将万能型通用勘探钻机与金属分析探测器配合使用。这种钻机可进行冲击钻进、取心钻进或用同

一回转器进行反循环钻进；而金属分析探测器可直接用于钻孔内或地面岩样的表面扫描来测定金属元素的含量。这样，地质人员就可以使用钻速快而成本低的不取心钻进法，按一定孔段取岩屑分析，终孔时还可进行全孔探测以检验岩屑分析的结果。若发生孔内涌水或漏失而妨碍继续钻进，可立即下套管用原钻机进行取心钻进直至终孔。取得的岩心可以在现场用金属分析探测器进行表面扫描测定其含矿情况。岩心采取率不足的孔段，可以用探测器进行孔内补测。根据孔底的探测结果，地质师可以当场决定钻孔是否要加深。

在国外的矿山开发实践中，估算矿量几乎普遍靠金刚石岩心钻探。在坚硬破碎或软而脆的岩层中进行取心钻进，成本往往较高。在这种条件下，采用金属分析探测器与冲击钻相结合，经济效益就很显著。因为冲击钻进的成本只相当于取心钻进成本的 $1/10 \sim 1/3$ 。特别是勘探浅部矿体，可以用冲击钻快速钻出一些加密的浅孔，然后用金属分析探测器进行孔内探测，这样可以比较便宜、迅速，而且精确地估算出矿体的规模。若用常规钻探方法取得岩心，送交实验室化验，需要花费较长时间，而进行孔内探测可以直接取得结果。

前面已经提到，就目前技术水平来说，气动冲击钻进的合理深度为200米左右。若孔深超过300米，而且孔内水量过多，为了提供足够压力的压缩空气，其成本可能是很高的。在这种条件下，采用取心钻进是合理的。基于这种认识，澳大利亚沃曼国际公司研制成功的万能型通用勘探钻机，既可用刮刀钻头、牙轮钻头或者孔底冲击器进行无岩心钻进，也可以用金刚石钻头进行取心钻进，必要时还可以用双层钻管进行反循环钻进。初步实践证明，这种多功能钻机和金属分析探测器配合使用，可以降低勘探成本。

所谓金属分析探测器，其工作原理是利用放射性同位素源的X射线打在岩石上，元素中被激发的原子就发射出特有的光谱。因为每一种元素的特有光谱是已知的，根据所得光谱及其强度，就能定性定量测出某种元素的存在，从而达到找矿的目的。这种方法已成功应用于铀矿勘探。从目前发展趋势看，完全可以扩大应用到其他金属矿的勘探。据文献介绍，目前已研制成功用于银矿的分析探测器，其灵敏度达到15ppm，对钼、锑、锡矿，实验证明的灵敏度达30ppm，对于铅和钨矿，则达到50ppm。

美国爱达荷州到亚利桑那州的许多银矿区都成功地使用了银矿分析探测器。在各种地质条件下，从高

品位的黝铜矿脉型矿床到低品位的浸染状银矿床，都能获得十分满意的结果。在一个银矿坑道中的AX口径金刚石取心钻孔中，用银矿分析探测器测得的结果与对岩心的分析结果见表3。

表 3

进尺孔段 (英尺)	用金属分析探测器 测出的平均含银量 (盎司/吨)	岩心中的含银量 (盎司/吨)
85.3~91.0	2.21	1.30
91.0~97.0	3.81	没有取上岩心
97.0~98.1	6.20	7.27
98.1~99.0	20.70	28.27
99.0~100.0	27.97	36.99
100.0~101.3	1.32	1.15
101.3~102.1	0.833	0.892
102.1~106.0	0.744	0.540

表中岩心的含银量是用火法精炼得出的。将七个进尺孔段取得的岩心都切成1~6英寸长的一段，破碎后经火法精炼，取其含银量的平均值。整个过程要三个星期才得出结果。而采用金属分析探测器在1.3小时内即可取得63个测定数据。

由于金属分析探测器具有使用方便，分析迅速，可降低勘探成本等一系列优点，所以目前有些国家很重视这方面的研究与发展。由澳大利亚矿物工业研究协会所资助的一项为期三年的研究计划，已研制出采用铅同位素丰度比来表示褐铁矿露头特征的方法，有可能揭示赋存于地下有价值的矿体。据报道，这种方法与传统的方法有所不同，可以使勘探公司对正在勘探的无希望的矿区不再进行没有必要的钻探施工，从而节约大量费用。又如西德PREUSSAG公司根据一种新型X射线荧光探测器原理，制成孔内探矿装置，用于GRUND矿山。该探测器是为了在40毫米小口径爆破孔中测定金属矿含量而设计的，其探头可以连续送进钻孔进行测量，从而得出沿钻孔金属矿含量的定量剖面图。这种探测器可同时探测铅、锌和铜矿。

根据我国的地质勘探技术力量，完全可以研制出各种金属矿用的探测器；金属探测器与钻探技术的配合使用必将加速有色金属矿山的勘探与建设。

参 考 文 献

- [1] Norling R. G.: Rock drilling with diamond, De Beers Industrial Diamond Division, Stockholm, Kenion Press Ltd. 1976

[2] Bruner T. E.: Mining Engineering, 1979, No. 4, p. 376~377

[3] 向源富等: 国外地质勘探技术, 1980, 第6期, 第21页

[4] 李颖: 地质与勘探, 1983, 第7期, 第41页

[5] 地质部情报所方法室探矿工程组编: 国外钻探工程水平及发展动向, 1979

[6] Wicklund A. P.: Canadian Mining J.,

1976, No. 6, p. 56~59

[7] Sagi R. S.: CIM Bulletin, 1977, No. 783, p. 133~141

[8] 中国赴澳地质考察团: 赴澳地质考察报告—钻探工程部分, 1979, 第6页

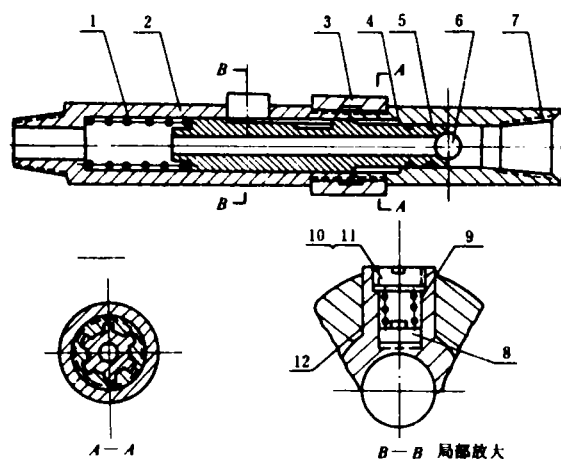
[9] 谈耀麟: 地质与勘探, 1979, 第3期, 第96页

[10] Kitching R., et al.: World Mining, 1983, No. 3, p. 36~40

大口径反钻杆事故接头

毛敬云

华北有色地质517队水井钻机配用 $\phi 114$ 钻杆。一旦发生井内严重坍塌和挤夹钻事故, 处理井内钻杆往往需花费许多时间。



$\phi 114$ 毫米反事故安全接手结构图

后来, 我队钻探技师孙殿友同志设计了反事故安全接头 (见图)。这种接头安在粗径钻具上头。它的传动顺序是: 钻杆接头 $\rightarrow$ 上接头7 $\rightarrow$ 花键轴4 $\rightarrow$ 联接箍3 $\rightarrow$ 下接头2 $\rightarrow$ 粗径钻具。其工作动作是: 上接头7的上头与钻杆接头相连接, 下部丝扣是反扣与联接箍3连接一起, 下端内孔是花键与花键轴4套在一起。平时钻进时, 由于弹簧1的作用力, 促使花键轴4和上接头7内的花键永结合一体, 以防钻进时上接头7和联接箍倒扣。当井内发生事故必须反出钻杆时, 先将球6从钻杆内投入, 然后, 开泵送水。由于水的压力使花键轴4压缩弹簧1, 这样件4就脱离了上接头7下部的内花键。同时, 止动销8借弹簧9的作用, 卡住了花键轴4的定位孔, 使花键轴4再也不能与上接头7的内花键结合。这时开动钻机正转钻杆, 把件7与3的联接的反扣倒开, 便可从井内提出钻杆。