

迎接八十年代钻探技术的挑战

谈耀麟

(中国有色金属工业总公司矿产地质研究院)



作者简介 探矿工程师。1959年毕业于北京地质学院, 1961~1962年在该校进修“钻探设备设计”、“勘探流体机械”专业。1978~1979年在昆明工学院出国研修英语培训班学习。

1975~1982年任《地质与勘探》责任编辑。曾赴美国和澳大利亚考察。

本文论述了钻探磨料、钻头和钻进工艺三个方面的技术现状和技术水平。目前,许多国家都在大力发展人造金刚石,它在钻探上的应用有三种形式,即单晶体、复合体和聚晶体,后者较有发展前途。在钻头方面,总的发展趋势是研制高效、长寿、低成本的人造金刚石钻头。本文从钻进工艺发展的角度论述了对钻头性能的一系列要求。在钻进工艺方面,探讨了当前广泛应用的几种钻探方法的应用范围、经济效果、关键问题和今后发展。这些钻探方法包括跟管钻进、绳索取心钻进、反循环取心钻进、空气吹井金刚石取心钻进、无岩心钻进、取岩屑钻进、真空取样钻进、定向钻进及分支孔钻进等。本文在综合分析了钻探磨料、钻头和钻进工艺主要发展趋势的基础上,结合我国的具体情况谈了个人的一些看法。

八十年代以来的很多事实表明,钻探技术已经从金刚石岩心钻探的全盛时期,过渡到多样化钻探技术的时代。纵观最近若干年国外钻探技术领域内的发展动向,可以说在钻进工艺方面正向综合钻探方法的方向发展,同时在努力探索其他碎岩技术进入实用的途径;在钻探设备方面则向多功能与高级液压化的方向发展,并开始应用电子计算机技术。其结果使地质勘探的速度显著加快,成本大幅度降低。

我国在金属矿产的地质勘探方面,每年投入的钻探工作量之多、钻探设备开动量之大,都是世界上少有的。因此,如何迎接国际钻探新技术的挑战,提高我国钻探技术水平,具有战略意义。本文着重讨论钻探磨料、钻头和钻进工艺问题。

钻探磨料

钻探技术水平的提高在很大程度上取决于钻探磨料。由于天然金刚石稀缺而且昂贵,当前国际上的钻探磨料有大力发展人造金刚石的趋势。世界上最大的金刚石生产厂家戴比尔斯,1984年销售的金刚石总量为1.5亿克拉,其中人造金刚石占85%。澳大利亚艾尔德菲尔斯公司生产的金刚石钻头中,70%为人造金刚石孕镶钻头,瑞典克芮留斯公司人造金刚石孕镶钻头占生产总量的80%。目前人造金刚石作为钻探磨料

的应用形式有三种:

1.人造金刚石单晶 在硬岩钻进中,苏、美、英等国正致力于研制高强度大颗粒人造金刚石单晶,以取代天然金刚石。

苏联生产的AC系列人造金刚石单晶有ACO、ACP、ACB、ACK、ACC、ACM和ACH。用于钻探的是前五个品种,其中ACC的强度最高,脆性最小,晶面最光滑,强度比天然金刚石高50~100%,可用于钻进IX至XI级岩石。卡伊拉克库姆地质勘探队曾试用五个镶有ACC人造金刚石的孕镶绳索取心钻头,平均机械钻速为2.6米/时;钻头平均寿命达27.1米。

苏联用于钻探的人造金刚石单晶,粒度多为0.2~0.4毫米,相当于70~46目。ACK与ACC的最大粒度可达0.6~1.2毫米。

美国通用电气公司生产的供钻探用的人造金刚石单晶主要有MBS系列,包括MSD、MBS750、MBS70、MBS和MBS710五个品种,晶体较完整,晶面光亮平滑,呈透明的淡黄色或黄绿色。MSD强度最大,其他依次递减,但各牌号之间的冲击强度相差不大。一般钻进硬岩用MSD、MBS750和MBS70;MSD最大粒度可达25~30目。孕镶钻头多采用MBS750,粒度为30~40目。瑞典克芮留斯公司用

MB S750 镶制的DIABORIT型孕镶钻头,用于钻进玄武岩、片麻岩、斑岩和花岗岩等坚硬岩层,经济效果比用天然金刚石表镶钻头好。

英国戴比尔斯公司于1966年生产SDA系列人造金刚石单晶,当时只有SDA100和SDA两个品种,最大粒度30~40目,主要用作锯割石材和耐火材料。七十年代初,有人用SDA制做孕镶钻头在室内试钻花岗岩,取得了肯定效果。目前SDA系列人造金刚石已发展有SDA100S, SDA100, SDA85, SDA和SDAT五个品种,晶形均为立方八面体,晶面光滑,最大粒度可达20目。SDA100S的强度最大。英国兰德丽尔公司用30~40目的SDA100制造孕镶钻头钻进含大漂砾覆盖层和难钻的破碎地层,日进尺可达9米,钻头寿命达到30~60米。瑞典克芮留斯公司以SDA100制做DIABORIT型孕镶钻头,用于钻进流纹岩、粗面岩、辉长岩等坚硬岩层亦取得很好效果。

应指出的是,上述人造金刚石的强度都有随着粒度的增大而下降的趋势。所以,无论是从强度还是粒度来说,目前人造金刚石还不能完全取代天然金刚石。前面提到苏联的ACC人造金刚石的强度比天然金刚石高,这是指小粒度而言的。据测定,只是当粒度小于0.315~0.250毫米时,ACC的强度才相当于或超过天然金刚石。另一个值得注意的问题是,美、苏、澳等国在使用人造金刚石孕镶钻头的实践中,普遍存在钻头打滑的问题,这与人造金刚石的强度和粒度不无关系。在我国金属矿床的地质钻探中,坚硬岩层占相当数量;钻头打滑问题也没有完全解决。因此,研制高强度大颗粒人造金刚石单晶仍然是今后的方向。

2.人造金刚石复合体 所谓复合体就是在碳化钨硬质合金衬片上烧结一层人造金刚石,它充分利用了金刚石的耐磨性和硬质合金的抗冲击强度。1973年,美国通用电气公司研制出称为COMPAX的复合体,用以钻进赤铁矿和坚硬硅质灰岩,取得了初步效果。1976年,该公司研制成STRATAPAX复合体,用以制做取心或不取心钻头,都取得显著的技术经济效益。英国EDECO公司用这种复合体镶制取心钻头,钻进含卵石的砂岩层,寿命可达500米,而且钻速比硬质合金钻头快得多;用它制成不取心钻头钻进页岩和研

磨性砂岩等,寿命比牙轮或刮刀钻头提高5~10倍。从戴比尔斯公司继1979年研制成功SYNDITE复合体之后,又于1983年生产出SYNDRILL复合体,用于制造不取心钻头,钻进砂岩等中等硬度的岩层,效率比硬质合金钻头高得多。

3.人造金刚石聚晶体 七十年代初,苏联研制的CB型人造金刚石聚晶体具有较高的耐热性和耐磨性。用它镶制的钻头可钻进Ⅶ~Ⅸ级岩石,在某些情况下,主要技术经济指标可超过同类型天然金刚石钻头。

1981年,通用电气公司研制成GEOSSET人造金刚石聚晶体,可烧结成各种形状,既可作钻头的主切削刃,又可作保径刃,由于有足够大的出刃,钻进时对岩石产生剪切与压碎作用,所以具有很好的切削性能。试验证明,用这种聚晶体代替天然金刚石,钻进砂岩、灰岩和软质花岗岩等效果很好。在室内钻进BARRE花岗岩,机械钻速可达0.7米/分,比普通表镶金刚石钻头的钻速快3倍。

1984年,克里斯坦森公司研制的BALLASET人造金刚石聚晶呈三角片状,特点是热稳定性好,可钻进抗压强度为2100公斤/厘米²的岩石,如灰岩、白云岩、砂岩和硬脆岩层等。应指出的是,为了提高热稳定性,这种聚晶体的晶间金属触媒在粘结剂中已被溶解出来,因此残留一些孔隙,使强度有所降低。

戴比尔斯金刚石研究实验室针对对现有有人造金刚石聚晶体存在的问题,采用特殊的粘结相研制出SYNDAX3型人造金刚石聚晶体。所用的粘结材料本身具有很好的热稳定性,在烧结过程中对金刚石不发生催化作用,烧结之后保留在聚晶体中作为一个组成部分,从而使这种聚晶体致密无孔隙,有较高的抗冲击能力。用这种聚晶体镶制的取心钻头能够钻进各种坚硬岩石。

我国人造金刚石与硬质合金都有相当大的生产能力,发展人造金刚石复合体和聚晶体是具备条件的。用复合体钻头取代硬质合金和牙轮钻头钻进中硬岩石;用聚晶体钻头钻进极坚硬岩石都有广阔前景。

钻 头

目前,虽然有的钻头制造厂家仍在生产与供应天然金刚石钻头,但是,由于人造金刚石产量逐年增加,

价格降低,而且质量在逐步提高,因此近五年来研究与制造的重点已转移到人造金刚石钻头方面,其总的发展趋势是:高效、长寿、低成本。

1. 高效 即要求钻头胎体针对一种特定的岩层能有效地磨耗,使金刚石不断出露,具有自锐性,保持自由切削状态,不出现“打滑”现象。1984年,《采矿年评》提到孕镶金刚石钻头在各种岩层中钻进的机械钻速可预期达到1.8~2.4米/时,甚至可达12~15米/时。

2. 长寿 1982年,在澳大利亚钻探协会第六届学术年会上,R. H. Wolch 预言,使用一个钻头打一个钻孔的时代不久就会到来。从当前发展趋势看,用高强度人造金刚石与低温镀制技术相结合,研制出新一代高效长寿的孕镶取心钻头的可能性是存在的。1984年,《采矿年评》指出,人造金刚石孕镶钻头的寿命将超过300~400米,即使在最坏的情况下也能钻30~40米;用人造金刚石复合体钻头钻进沉积岩,机械钻速通常超过2.4~3.6米/时,钻头寿命可望超过4000米。

3. 低成本 钻头成本在很大程度上取决于所选用的金刚石。越来越引起制造厂家和用户关注的是如何降低钻头的使用成本。从钻头使用的角度来说,除了要求高效长寿之外,还提出了如下几点要求:

①耐用,即操作上不要求太仔细;遇到恶劣的钻进条件也不易损坏;

②缩短新钻头下井后的磨合期,迅速进入正常钻进状态;

③一次性使用,即使用到磨损就报废,不考虑金刚石的回收问题。这就排除了一系列繁琐的后勤工作。据瑞典的经验,一个磨钝的钻头从现场送到钻头厂回收金刚石和重镶,再送回现场,往返约需3个月。为此钻探承包商就得储备数以百计的钻头才能正常周转。

为了满足上述要求,所采取的技术措施是:

1. 钻头冠部工作层应按无折余值原则设计,即一个钻头用到报废的程度,其含有的金刚石也基本上消耗完。

2. 研究钻头低温镀制技术,使金刚石强度免受高温影响。

3. 采用汞剂烧结工艺,使胎体质地均匀,并使

金刚石在胎体中的分布均匀。试验证明,改善金刚石的分布均匀性可使钻头寿命提高30%。

4. 研究钻头水力学,目的在于:

①提高冲洗介质清除岩粉和冷却钻头的效能,从而提高钻头寿命和钻进效率;

②解决切削具的合理排列方式,提高刻取岩石的能力;

③为了设计专用钻头,例如目前在勘探和评价冲积矿床方面已采用了射流反循环连续取岩屑样的钻进方法,为了不造成混样,钻头内部不允许形成负压把岩屑吸进去,而只允许有足够冲洗介质流经唇面携带岩屑进入双壁钻管的内层管中然后上返到地表。

根据我国钻探施工的实践,人造金刚石孕镶钻头今后的研制方向除了研究高强度大颗粒人造金刚石单晶之外,重点应放在钻头唇面结构的设计,以克服钻头“打滑”问题。在复合体和聚晶体钻头方面,除了提高复合体和聚晶体的耐磨性和抗冲击强度外,重点应放在复合体与聚晶体几何形状及其在钻头上排列方式的研究。建国以来,我们在硬质合金块的几何形状和硬质合金钻头的镶焊排列方式方面积累了丰富的经验。如果能把这些经验应用到复合体钻头和聚晶体钻头的设计上,就一定能研制出新一代的人造金刚石钻头。我国应当在理论和实践上,把常规人造金刚石钻头的性能提高到一个新水平。同时,为了适应综合钻探方法,还必须着眼于专用钻头的研究。

钻进工艺

钻进工艺的发展一向是围绕着以较低的成本和较快的速度提供有代表性的岩样(含岩心或岩屑)。国外从五十年代起,金刚石取心钻进一直是地质找矿的主要手段。但七十年代以后,金刚石钻探工作量逐年下降,主要原因是发展了综合钻探方法。所谓综合钻探方法就是在钻探施工中多种方法并用,“因层施钻”。对整个地质勘探项目来说,就是根据矿床类型、采样要求、地层条件等因素综合考虑最终技术经济效果,选用合理的钻探方法。现就当前国外广泛应用的几种钻探方法的实施过程、应用范围、技术经济效果、发展趋势等进行分析于下。

1. 跟管钻进 在欧美一些国家,通常钻进覆盖层是不取心的,而用刮刀钻头或牙轮钻头进行取岩屑或

不取样钻进,而且往往需要下套管固井。大约在七十年代末,为了提高卵、砾石层的钻进效率,并免除单独下套管的工序,瑞典发展了ODEX钻进法,即采用偏心伸缩式钻头,借助地表或孔底冲击器边钻进、边下套管。穿过覆盖层后接着进行金刚石取心钻进,这样可以加快竣孔速度并降低成本。1986年,英国也研制成功SIM-CAS跟管钻进法,特点是偏心伸缩钻头用一个销子连到冲击器接头上,更换钻头很方便;与钻杆柱同时下入孔内的套管具有双重稳定装置,套管与钻头之间留有高速冲洗区,使岩屑得以及时排除,避免二次破碎,从而提高了钻速,延长了钻头寿命。

2. 绳索取心钻进 目前取岩屑钻进和不取岩屑钻进发展很快,但为了确定一个矿区的地质情况(包括地质构造、地层产状等),岩心钻探还是不可少的。就取心钻进而论,金刚石绳索取心钻进仍然是当前最有效的方法,它的发展前途在很大程度上取决于本身的进一步完善:

①扩大钻进深度:地质勘探的深度越来越大,任何一种取心钻进方法是否有发展前途,就决定于它的钻深能力。目前绳索取心钻进能达到的最大深度为4570米。

②提高钻杆强度:绳索取心钻进的深度决定于钻杆强度。长年公司绳索取心钻杆已从Q系列和CQ系列发展到第三代的CHD系列,接头用4130合金钢制造,焊接于1035合金钢的钻杆体上,共有CHD76, CHD101, CHD134三种规格,额定钻进深度相应为2750, 3050, 3050米。

加拿大研制的SUPER系列绳索取心钻杆,是用铝合金钻杆体和合金钢接头焊接而成的,有SUPER-N和SUPER-H两种规格,额定钻进深度可达4750米。

③提高深孔坚硬岩层中的机械钻速:采取的措施是:

1) 发展薄壁金刚石钻头钻进技术,瑞典、美国、加拿大已生产出成套薄壁钻头钻进钻具,用以钻进坚硬岩层。苏联近年来也在研制钻进坚硬岩层的KIT和KAT型薄壁金刚石钻头。

2) 研制错位接力式唇面钻头,苏、日、加等国研制这种钻头用于绳索取心钻进,机械钻速和钻头寿

命都有不同程度的提高。

3) 研制液动冲击器,与绳索取心钻具配套使用。1983年,苏联研制出CCΓ-76型绳索取心液动冲击器,与76毫米金刚石钻头配套,在Ⅶ~Ⅹ级岩石中进行回转冲击钻进,机械钻速比普通绳索取心钻进提高1.3倍。这种绳索取心液动冲击器已于1985年成批生产。

④绳索取心钻进法的另一个发展动向就是一次下钻竣孔,这对1500米以上的深孔有很大经济意义。八十年代初,美国开始研究整体收缩式孔底绳索换钻头装置,经过长期现场试验已取得实质性进展,目前正向工业应用迈进。与此同时,苏联把研制能和绳索取心内管一起升降的钻头作为改进绳索取心技术的远景课题之一。目前已研制出装有CPK-76型钻头的绳索取心内管总成,并已进行了初步试验,实现了不提钻取心和不提钻换钻头钻进。

3. 水力输送岩心钻进 苏联从七十年代初开始研究这种钻进方法。1974年,研制成功钻深100米的УРБ-2А-2ГK型水力输送岩心钻探成套设备(含KГK-100钻机),用于普查测量、地质填图和固体矿床勘探。后来由于很多重点普查地区基岩上部的沉积层厚达200~300米,为此,在1983年又研制成功钻深300米的KГK-300型水力取心钻机。

水力输送岩心钻进法当前存在的问题是:

①在坚硬岩层钻进中缺乏高效长寿钻头。KГK-100和KГK-300型钻机主要用于钻进Ⅱ~Ⅳ级岩层和部分Ⅶ~Ⅷ级夹层。由于双壁钻杆结构上的原因,钻头要保持较大的壁厚。例如直径为84.93毫米的钻头取出的岩心直径只有38毫米,壁厚达23毫米。所以在硬岩中钻进,效率低,钻头寿命不长,这样就失去了水力输送岩心的优越性。

②双壁钻杆结构较复杂,重量较大,卸接麻烦,内层钻杆往往密封失效而泄漏。

③岩心提断器的耐磨性和可靠性较差。

至1983年,苏联水力输送岩心钻探工作量总计为240万米,平均台效为4230米。尽管这种钻进方法效率很高,但由于上述原因,所以没能像绳索取心钻进法那样在中深以上钻孔和中硬以上岩层中得到广泛应用。今后工作的重点应放在高效长寿钻头的研制,以及双壁钻杆和岩心提断器的结构设计上。

4.坑内单管反循环取心钻进 近年来在比利时等国家的坑内钻探施工中,使用了单管反循环取心钻进技术。一般坑内岩层比较完整与均质,所以能够采用现有的绳索取心钻杆进行单管反循环取心钻进。用这种反循环取心钻进法,在钾盐矿山坑道内已成功钻进了许多650米深的垂直向下孔。为防止矿心溶蚀,用过饱和盐水作循环液。钻头和钻杆只在钻孔竣工后一次提升,技术经济效果显著。迪阿芒波尔特公司研制的ROTPACK型孔口密封装置,可有效地用于垂直向下孔、水平孔或向上仰孔钻进。单管反循环取心钻进与普通绳索取心钻进相比,由于取消了打捞与投放内管工序,可采用现有绳索取心钻杆和薄壁金刚石钻头,从而提高了钻进效率、降低了成本。

单管反循环取心钻进在英国的盐矿、钾盐矿、铅锌矿和煤矿的坑道中也得到了成功的应用。一般孔口管用水泥或橡胶圈密封后再装上孔口密封装置,绳索取心钻杆通过其中,循环介质从孔口密封装置的侧面入口泵入,沿钻杆外围流到孔底,携带岩心与岩屑从钻杆内返回。在盐矿或钾盐矿中,800~1200米深的钻孔通常只用10~12天即可竣工,而且一个钻头可以钻成好几个钻孔。

5.空气反循环取心钻进 七十年代初,为了满足砂矿勘探的需要,澳大利亚发展了空气反循环取心钻进。优点是取样准确无掺杂;从返上的岩心和岩屑可测知矿体或地层的精确深度;在砂土层中钻进快,成本低;不存在钻探供水问题;对环境污染小。其缺点是所用的硬合金钻头不能钻进硬岩。遇到坚硬岩层就得换用潜孔锤空气反循环钻进或金刚石取心钻进。采用这种方法勘探的矿床有:铁矿、金刚石矿、磷酸盐矿、煤田、锰矿、铀矿和油页岩等。最深孔可达到320米。十多年来,在澳大利亚用这种钻探方法完成的进尺量已达数百万米。

6.空气吹井金刚石取心钻进 这种钻进方法首先需解决的是金刚石钻头的冷却问题。六十年代中,美国为了解决月球上金刚石取心钻进技术问题,曾在室内研究过空气吹井金刚石取心钻进技术。用微型热电偶测试证明,钻头在孔底达到热平衡状态时,金刚石的温度远低于其石墨化的温度。此后,空气吹井金刚石取心钻进技术得到了一些钻探公司的关注。英国岩心钻探公司已研制出一整套用于空气吹井金刚石取

心钻进的机具和钻进参数。所用的金刚石钻头包括STRATAPAX复合体、表镶和孕镶式的。英国用这种钻进方法已钻进了数百万米。优越性表现在:①解决了干旱地区钻探施工的供水问题;②解决了某些矿种矿心遇水溶蚀的问题;③在沉积岩层中钻进,机械钻速成倍增加;④孔底岩屑排除及时,钻头寿命提高。

发展空气吹井钻进(含空气反循环取心钻进、空气吹井金刚石取心钻进、气动潜孔锤取岩屑钻进、真空取样钻进等),对开发我国大西北地区,无疑是具有战略意义的,从现在起就应着手研究有关空气吹井的技术方法和技术装备的问题。

7.无岩心钻进 所谓无岩心钻进即不取岩心钻进或孔底全面破碎钻进,可以取岩屑,也可不取岩屑。

苏联在六十年代就开始应用无岩心钻探技术。在找矿勘探阶段,无岩心钻探常辅以岩屑取样分析或孔壁补心技术;在矿床详勘阶段,一般岩层则可取岩心,但含矿层还是要取心的。特别是深部矿床,钻孔的深度越来越大,在深钻孔的上部孔段发展无岩心钻进法,优越性很显著。不取心孔段用物探方法获取有关资料。苏联每年有数以百计的勘探矿点应用钻孔物探方法。这种无岩心钻进与取心钻进配合使用的方法,被称为混合钻探法,已广泛应用于煤田和一些金属矿床的勘探。目前在煤田勘探中正试验全孔无岩心钻进和井中物探相结合的方法,一昼夜可钻成一个130米深的钻孔。在铁矿、贵金属矿以及铜、镍、铅、锌、锡等有色金属矿床的勘探钻孔中,应用井中物探方法一般可获得基岩深度、矿带厚度、矿物含量和剖面岩性划分等方面的资料。

苏联不取心钻孔是用回转钻头或孔底气动冲击器钻进的。孔底气动冲击器有МП-3等型。无岩心钻进用的牙轮钻头有M、C、T、K,与OK型共30多个品种。最小直径为45毫米,其中K和OK型钻头用钨钴合金圆头柱销作牙轮齿,可钻进最坚硬的Ⅷ~Ⅹ级岩石,回次进尺比普通取心钻头提高1~3倍。此外,有镶硬合金的矛式和刮刀钻头,用于钻进I~Ⅳ级软岩层;有A3系列和MUC系列表镶金刚石不取心钻头,用于钻进致密、中等研磨性、小裂隙的Ⅷ~Ⅹ级岩石,回次进尺比K型牙轮钻头提高40%;还有08ИЗ型孕镶金刚石不取心钻头,用以钻进裂隙性、中等研磨性的Ⅹ~Ⅺ级岩石,由于钻头型谱系列

齐全,所以无岩心钻探工作发展很快,其比重目前已超过30%,台月效率已超过1000米。为了进一步扩大无岩心钻探的使用范围,目前正积极研究提高金属矿床钻孔物探方法的有效性,包括制定在某些矿床类型上有效的钻孔物探方法综合模式,加强理论研究和井中物探仪器的设计制造,发展数字记录和数据处理技术,广泛应用小型计算机作综合解译,与此同时还积极研究岩屑取样技术以解决含矿孔段的取样问题。

美国是应用综合钻探方法较早的国家。在七十年代,美国勘探科罗拉多铀矿时,曾采用过牙轮钻头钻进、金刚石不取心钻进、孔底气动冲击锤钻进和金刚石取心钻进等方法。对比结果是不取心回转钻进法单位进尺成本比金刚石取心钻进降低约50%。因此,铀矿的钻探工作量90%是采用不取心回转钻进与孔内探测技术相结合。目前美国UNC核工业公司研制成功的铀矿分析探测器的孔内探头直径只有32毫米,可直接而精确地测出矿体中铀的含量,并可避免铀的裂变产物所造成的矿体不稳定假象。

近年来,美国还大力研究把孔内探测技术扩大到其他有色金属矿床的勘探。已研制成功的银矿分析探测器,灵敏度可达15ppm。曾把银矿分析探测器的检测结果与金刚石钻进所取岩心的测试结果作了对比,两者测定的含银量很接近。还应指出的是,从岩心中分析银含量需经过一系列加工处理,三个星期后才能得到结果。而使用银矿分析探测器在现场花1.3小时即可取得测定数据。如今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,都可获得十分满意的结果。实验证明,使用金属分析探测器探测钼、锑、和锡矿的灵敏度已达到30ppm,对于铅和钨矿则达到50ppm。

随着孔内探测技术的发展,金属矿床勘探中无岩心钻探的工作量势必大幅度增长。而无岩心钻进所用的牙轮钻头也必将随着人造金刚石切削具的发展,被复合体钻头和聚晶体钻头所取代。因为牙轮钻头要求很大的钻压,而且牙轮钻头的寿命与机械钻速都不如人造金刚石复合体钻头。

8.取岩屑钻进 八十年代以来,由于经济萧条,很多钻探公司压缩了钻探工程预算费用,因此不得不考虑采用成本低而又不影响地质取样代表性的钻探方

法。在这种情况下,取岩屑钻进法也就应运而生。实践证明,取岩屑钻进的成本只相当于取心钻进成本的1/3~1/10,而取样代表性完全能满足地质要求。1983至1984年间,加拿大勘探魁北克西北部的Casa-berardi金矿时,共钻了185个孔,其中94个金刚石钻孔,累计进尺23109米,其余91个孔是在物探测井配合下采用反循环取岩屑钻进,共进尺1861米。

取岩屑钻进通常指双层钻管空气反循环取岩屑钻进,也可用水、泥浆或泡沫洗井介质。但用压缩空气作循环介质优点较多:①能更有效地排除钻头唇面上的岩屑,从而减少钻头磨损,延长钻头寿命并提高机械钻速;②空气不像水那样对孔壁有冲蚀作用,可少下或不下套管;③排除了用水作循环介质所带来的供水问题和废冲洗液的处理问题;④用压缩空气作循环介质时,上返速度高达1200~1800米/分,岩屑上返到地表对孔底钻头进尺的滞后时间很小,因而能精确测出岩层深度;另外,可产生5~15毫米的岩屑;而用水或泥浆作循环介质时,上返速度只有25~40米/分,测定岩层深度须作修正,而且获得的岩屑很少大于2~3毫米。鉴此,空气反循环取岩屑钻进法在加拿大、美国、澳大利亚已广泛用于煤田和多种矿床的勘探。

取岩屑钻进所用的钻头有硬质合金刮刀钻头、牙轮钻头和潜孔锤钻头。这里值得指出的是,在石油钻井中已有采用气动潜孔锤加速上部井段钻进的报道。原因是采用潜孔锤钻进,比用传统的三牙轮钻头钻进可节省2/3的施工时间,钻进效率高,钻头磨损少,成本低。另外,潜孔锤钻进所需钻压只相当于牙轮钻头的1/10,所以孔斜小得多。潜孔锤属于孔底动力碎岩工具,所产生的冲击功基本上全部传给钻头,几乎不存在能量损失问题,因而钻岩作用比牙轮钻头有效。这一实践为气动潜孔锤在金属矿床取岩屑钻进中的应用指出了方向。

这里还必须指出的是,用压缩空气作循环介质的主要困难,是深孔中的涌水问题。据目前施工的经验,解决的办法有三:一是下套管或灌注水泥浆止水;二是采用增压机提高空压机的压力;三是加发泡剂使孔内水柱充气以降低静水压力。澳大利亚在勘探Kambalda镍矿区时曾设计了一个深孔,用SCHRAMM T985型钻机进行气动潜孔锤取岩屑

钻进到900~1000米, 分隔含水层的措施是下套管和灌注水泥浆。AARWATER公司在南非勘探一个金矿时, 用气动潜孔锤取岩屑钻进钻成了859米的深孔, 其措施是采用增压机把压缩空气压力从23.8公斤/厘米²增加到68公斤/厘米²。

9. 真空取样钻进 是为了满足采矿业的要求而新近发展起来的。其特点是钻速高、采样精确无掺杂、成本低, 很适合干旱地区找矿勘探工作。

1985年在印度奥里萨邦的一个大型铝土矿的勘探中, 规定钻探取样网度为25米, 用普通钻探法成本高, 施工时间长, 而且取样不够精确。后来根据国际上其他铝土矿勘探的经验, 采用回转真空取样钻进法收到了很好的效果。钻孔直径50毫米, 用真空泵通过钻杆把岩屑抽吸上来, 去气后收集在塑料袋中。最高钻速可达20米/时, 台班进尺120米。普通金刚石钻进在相同条件下台班进尺只有5米。该矿区用真空取样钻进法已钻进了415个孔, 累计进尺达10000米, 钻孔最大深度为52米, 全部钻孔取样率都达到98~100%。

目前, 真空取样钻进在澳大利亚、印度和非洲国家都有应用, 除了勘探铝土矿, 还用于煤田和金矿勘探。澳大利亚已研制出真空取样钻进的专用设备。

10. 定向钻进与分支孔钻进 它的优越性与经济效益已被各国钻探行业所公认。随着孔底动力钻具、测斜仪器、偏斜钻具、定向钻具、钻孔方向控制仪等配套技术装备的日臻完善, 定向钻进与分支孔钻进方法在苏联、澳大利亚、美国、英国、加拿大等国家已得到越来越普遍的应用, 值得瞩目。

①目前以下楔方法进行定向钻进与分支孔钻进的最小孔径为46毫米。以往在美国和澳大利亚长期采用的定向钻进与分支孔钻进的孔径为60毫米。较小的孔径可以采用现有的钻机和较小直径的钻杆, 有利于增大造斜幅度并减少钻杆折断事故。据推算, 42毫米钻杆的最小允许弯曲半径为108米, 造斜率达0.52°/米。当然, 小孔径会带来另一方面的问题, 即设计制造小直径的架桥塞、造斜器、定向钻具等都有一定难度。

②五十年代发展起来的孔底液动螺杆钻具, 已逐渐应用于固体矿床钻探, 如美国的戴那钻、纳维钻, 苏联的Д系列螺杆钻。但适合定向钻进的纳维钻是MACH I和MACH II系列, 最小外径为95.2毫米; 而适合定向钻进的戴那钻有DELTA—500系

列, 最小外径为98.4毫米。纳维钻和戴那钻的最小外径可达44.4毫米, 但用于定向钻进, 性能欠佳。苏联用于地质勘探定向钻进的是Д1—54型螺杆钻, 其外径为54毫米, 配用59或76毫米钻头。Д1—54型螺杆钻和其他小口径螺杆钻一样, 都存在功率不足, 转速范围小的问题。为了满足金属矿床定向钻进的要求, 今后的发展方向是提高输出功率、扩大转速范围、提高效率、缩小外径, 使螺杆钻能与常规绳索取心钻具配合使用, 提高定向钻进与分支孔钻进的经济效益。

③苏联对定向钻进与分支孔钻进的理论研究, 处于世界领先地位, 在利用孔斜自然规律打定向孔方面做了大量工作。近年来, 在定向钻探工作的成本指标、定向钻探经济效果的计算方法、定向钻探极限深度的确定、最优造斜率的确定以及定向仪、测斜仪、造斜器等器具的研制方面, 都做了大量工作。不过有些问题还有商榷的余地, 比如关于定向钻探极限深度的问题, 苏联有人认为在相当深度条件下采用人工定向钻进在经济上才是合算的; 但在澳大利亚的钻探实践中, 即使在较浅的钻孔也应用了分支孔钻进。例如在本迪戈金矿区, 由于岩层倾角较陡, 在一个只有300米深的近于垂直的钻孔中却布置了三个分支孔, 目的是从不同的位置尽可能垂直地穿过含矿层。

④进行分支孔钻进的目的之一就是在不必重新开孔的条件下, 从一个现有钻孔中扩大钻探范围, 以取得尽可能多的地质资料。因此, 从一个孔中钻进的分支孔数越多, 其经济效益就越大; 同时, 也反映了钻进分支孔的技术水平。在澳大利亚布罗肯希尔矿区, 为了探明埋深1000多米、形状很不规则的矿体, 采用了分支孔钻探法, 从一个母孔中钻若干个分支孔, 再从分支孔中钻分支孔, 共钻了11个分支孔。在苏联, 从一个母孔中钻出的分支孔数最多已达到25个。

⑤定向钻进的配套器具目前已有进一步的发展。西欧国家发展了多种结构的偏斜楔。苏联在七十年代初试制成功不用偏心楔而能连续造斜的T3—3型钻具, 一次造斜可偏10~15°; 目前已发展到T3—3—76型, 采用42毫米钻杆, 在40~60米孔段可达到35°的偏斜强度。

⑥由于技术上的原因, 分支孔的起始位置必须选在裸孔段的岩层较完整处。目前美国已解决了在下有套管的石油钻井中进行分支孔钻进的技术问题, 采用

的是套管侧面窗孔切割技术。该方法的关键在于套管内造斜器锚定装置和套管穿孔铣磨钻头的结构设计。这种技术很可能在不久的将来会移植到岩心钻探上来。

⑦应用洗井泥浆压力脉冲遥测技术的随钻测斜系统,进行不停钻测量钻孔的倾角和方位角,在石油钻井中已得到成功的应用,但应用到地质勘探上是否经济还有不同看法。当前定向钻进和分支孔钻进测斜问题的重点,是解决磁性地层的影响,解决的途径一是采用光学原理的测斜仪如FOTOBOR等;一是采用电子学原理的钻孔方向控制仪如DRILL-DIRECTOR型钻孔方向控制仪,可在钻进过程中给出钻孔倾角、方位角等,可用于任何定向钻进。

在澳大利亚的钻探施工中,一般现场钻工都能掌握与运用定向钻进和分支孔钻进法。就我国情况而论,发展这种钻进法是具备条件的。因为我国在钻孔防斜、治斜、纠斜以及利用孔斜自然规律方面已积累了丰富的实践经验,在偏斜楔、造斜器、定向钻具和孔底液动螺杆钻等的研究设计方面也已达到相当水平。当前应加强定向钻进与分支孔钻进有关理论的研究,特别是定向钻进钻孔轨迹的设计方法,合理的设计可以提高定向孔的成功率、减少井故。另外,还要制定有关技术政策。因为定向钻进与分支孔钻进有其本身的特殊性,从事分支孔钻进的机台,其台月效率可能提不高,相反,单位进尺的成本甚至有增加的

可能。但从整个勘探工程来看,可节省总的钻探工作量,缩短施工期,减少材料消耗,降低勘探工程总费用,等等。因此,普通钻探工作的定额指标与质量评价标准已不适用于分支孔钻探工作。这些技术政策不解决,势必妨碍定向钻进与分支孔钻进技术的应用。

主要参考文献

- [1] Indiaqua, No 41, 1985/11
- [2] Реф. Ж. Геология, Тех. Геол. Работ, 6, 1984—6 Л32
- [3] 刘广志: 国外地质勘探技术, 1984, 第4期
- [4] Min. Ann. Rev., 1983, 1984
- [5] 屠厚洋: 国外地质勘探技术, 1984, 第10期
- [6] 谈耀麟: 中国有色金属工业总公司矿产地质研究院学报, 1986, 第1期
- [7] Min. Engin., v. 34, No 2, Feb., 1982
- [8] Morris, R. O.; Ind. Diam. Rev., 1983, No 5
- [9] Wallis, G. D.; Proceedings Drill, 84
- [10] Foster, M. D.; Diamond Drill Bits for Air Flush Drilling
- [11] 何宜章等译: 国外探矿工程情报, 1984, 第2期
- [12] Онишин, В. П.: Разв. и охрана недр, 1981, No 4
- [13] Едигенов, Б. А.: Разв. и охрана недр, 1978, No 11
- [14] 谈耀麟: 探矿工程, 1984, 第3、第4期
- [15] Бугаков, Ю. Д.: Разв. и охрана недр, 1984, No 8

Rise to the Challenge of Drilling Technique in 1980s

Tan Yaolin

(Research Institute of Geology for Mineral Resources, China
National Nonferrous Metals Industry Corporation)

Abstract

This paper outlines the state-of-the-arts in drilling materials, drill bits, as well as drilling technology. Recently, many countries devote major efforts to developing synthetic diamond used in drilling industry with the forms of single crystal, polycrystalline mass and diamond composite, the latter has a good prospect. High efficiency, long life and low cost are the main trend in developing synthetic diamond drill bits. This paper discusses the bit performances required in drilling technology for further development. On the part of drilling technology, some applications, economic results, key problems and developing tendency of several drilling methods that widely used at present such as simultaneous drilling and casing, wireline core drilling, reverse circulation drilling, air core drilling, non-core drilling, chip drilling, vacuum drilling, controlled directional and branch hole drilling etc. are discussed. On the basis of comprehensive study on the main trend in drilling technology, drill bits and drilling materials, some viewpoints in the light of specific conditions in China are described in this paper.