

RC 钻探技术在黑龙江争光岩金矿区的应用

贾庆军¹, 马秀春¹, 江宁成¹, 张永勤², 孙建华²

(1. 齐齐哈尔矿产勘查开发总院, 黑龙江 齐齐哈尔 161006; 2. 中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000)

摘要:介绍了空气反循环连续取样钻探技术及设备在黑龙江嫩江县争光矿区应用的情况、优点及经济技术效果等,并将国产反循环钻探技术同国外同种钻探技术及设备的综合效益进行了比较。

关键词:空气反循环连续取样钻探;台月效率;时效;纯钻进时效;潜孔锤

中图分类号:P634.5 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2007)08-0009-04

早在 20 世纪 80 年代中期,空气反循环连续取样钻探技术(国外通常称为 RC 钻探法)已在美国、加拿大、澳大利亚等国家广泛地应用。我国在 20 世纪 80 年代后期引进该项钻探技术,并在 10 多个省局进行了推广应用。由于我国地质人员对于以岩屑代替传统的柱状岩心不能够完全接受,这一技术并未得到大范围推广应用。

2006 年,齐齐哈尔矿产勘查开发总院同澳大利亚瑞翔矿业公司合作进行金矿勘探。在进行到取样钻探施工阶段,澳方提出必须采用 RC 钻探方法。因此,齐齐哈尔矿产勘查开发总院同中国地质科学院勘探技术研究所合作,首次将该所开发的 RC 钻探技术应用于争光岩金矿区勘探施工,同时,矿区还租用了一台国外 RC 钻探设备,累计完成钻探工作量 10584 m,取得了良好的经济技术效果。2007 年,澳方确定在该矿区布置 25000 m 的 RC 钻探工作量,并全部由国产化 RC 钻探设备施工。

本文就 RC 钻探技术及设备在争光矿区应用的情况、经济技术效果及技术措施等进行分析,并将国产反循环钻探装备同国外同种钻探设备的综合效益进行对比。

1 工程概况

1.1 施工位置与设计、目的

争光岩金矿区地处小兴安岭山脉北麓,位于黑龙江省嫩江县境内。矿区勘探区面积 8.2 km²。

设计钻探工作量 10000 m,设计孔深 30~50 m,孔距 10~40 m。

钻探取样的主要目的是为了查明是否存在矿体异常及地表氧化矿品位。

1.2 工程地形地貌

矿区地处小兴安岭山脉北麓低山丘陵地带,地形中间和北西高,其他处低。最高点标高 528 m,最低点标高 468 m,相对高差 60 m,局部见有较陡地形,地形坡度一般为 2°~12°。矿区东侧为裸河漫滩区,平坦开阔;西侧为一近南北向分布的支谷,地势北高南低,坡陡 2%~3%,地表生长小叶樟和羊草植物等。

1.3 矿区地层情况

矿区岩性主要为粘土松散岩,奥陶系中统多宝山的安山岩、安山质凝灰岩、绢云绿泥板岩和闪长岩岩组的细粒长岩、闪长玢岩。在地表浅层主要由松散堆积物矿石粘土组成,厚 0.80~3.80 m,季节冻土融化后松散,受大气降水的影响,在排水不畅的条件下,易产生融陷现象,属不稳定区,因该层为矿体顶板,对浅层的矿体开采有一定的影响。强风化岩组与弱风化岩组界面埋深为 4.00~9.15 m,根据工程地质编录资料,强风化岩心多为碎块状、块状,少部分呈短柱状,具弱高岭土化,风化裂隙发育,隙面铁染强烈,透水,不含水,岩石呈疏松状~稍坚硬。而破碎带(片理化)底限埋深 8.58~160.80 m,厚度 0.20~6.11 m,主要由断层泥、断层角砾组成,导水性差,呈散体结构。片理化带多受断层结构面切割,呈鱼鳞或薄片状,疏松,呈碎裂状结构。在强风化岩组之下有弱风化带及新鲜岩石,硅化较强。属稳定岩组。

所钻进地层采用取心钻探方法钻进效率及岩心采取率非常低,难以满足地质要求,而且施工成本较高。

收稿日期:2007-04-10

作者简介:贾庆军(1968-),男(汉族),内蒙古奈曼旗人,齐齐哈尔矿产勘查开发总院,探矿工程专业,从事岩心钻探和桩基础工程、石油钻井工作,黑龙江省齐齐哈尔市建华区中华西路 185 号,13079608326,neimenggu-126.com@163.com。

2 RC 钻探施工技术方案

根据施工区域的地质地理环境、地层结构、RC 钻探的特点及地质要求,制定了初步的施工方案及钻孔结构,开孔采用 $\varnothing 130$ mm 牙轮钻头,钻进到一定深度后提钻下入 $\varnothing 108$ mm 孔口管,然后采用 $\varnothing 83$ mm 或 $\varnothing 90$ mm 潜孔锤一径钻进到预定深度。此施工方案不仅钻进效率高,而且钻孔结构简单。

由于国产贯通式潜孔锤冲击能及可靠性还不十分理想,所以采用的潜孔锤为常规低压及中高压型。孔底局部采取正循环,破碎的岩屑通过连接在潜孔锤上段的交叉接头进入双壁钻杆的中心通道上返至地表旋流器。

3 设备及人员配置

为满足地质要求,根据实际条件先行配置了 G-3 型钻机 1 台(旧),9/7 型空压机 1 台, LG-13/12 型螺杆压缩机 1 台,802 型拖拉机 1 台,发电及电焊机组 1 套,旋流器 1 个, $\varnothing 73$ mm/ $\varnothing 38$ mm 双壁钻杆 60 m, CIR80 型潜孔锤、DHD3.5 型中高压潜孔锤各 2 套, $\varnothing 108$ mm 孔口管等附属工具若干。

施工过程中配备钻探技术员 1 人,机长 1 人,班长 3 人,钻工 6 人,修理工 1 人,共计 11 人。

4 RC 钻探施工情况

争光矿区金矿普查勘探 RC 钻探施工于 2006 年 7 月 3 日开工,2006 年 11 月 6 日结束,共完成钻孔 384 个,总进尺 10584 m,平均台月效率为 2520 m。本次钻探施工可以分两个阶段,第一阶段属于准备、摸索和熟悉阶段,第二阶段为基本正常钻进施工阶段。

在准备钻探施工时,考虑到尽可能减少设备投资费用,购置了 1 台旧的 G-3 型钻机及 9/7 型空压机。施工过程中钻进参数为:钻压 5~10 kN,转速 18~80 r/min,风量 5~8 m³/min,风压 0.2~0.6 MPa。

施工过程发现空压机压力及风量都不能满足潜孔锤工作要求,一是空压机输出效率低,二是钻进过程中遇到地下水,使得循环系统背压较高,潜孔锤钻进效率低,锤头球齿磨损快。因此自 7 月 3 日开孔至 9 月 4 日,完成 89 个钻孔,工作量 2240 m,台月数 2.03 个,台月效率仅为 1101.64 m,平均时效 1.53 m,平均纯钻进时效(89 个孔平均值)3.5 m,最高 5 m,最低 2.3 m,岩心采取率超过 95%。由于空压机技术参数及性能不能满足潜孔锤工作要求,故此阶

段施工效率低、成本较高。

第一施工阶段钻进效率很低,台月效率与 S75 绳索取心钻进相差不大。原因是风量不足,风压不够,使得潜孔锤冲击功小、冲击频率低,故进尺速度慢;由于风量、风压不足,岩屑在钻杆外壁与孔壁间隙上返时悬浮卡阻钻杆,所以必须经常上下提动钻具、转换循环方式以防止卡钻事故;由于风量、风压不足,有时还必须用硬质合金钻头或牙轮钻头钻进,下 $\varnothing 108$ mm 套管后再用潜孔锤钻进,因此增加了辅助时间、降低了效率;由于风量和风压较小,所以粘土层较容易引起动力头弯管、钻杆内管、交叉接头堵塞,必须停钻处理,增加了辅助时间,降低了台效。

通过前 2 个月的熟悉、摸索和总结,发现钻进效率比国内外其他 RC 钻探施工效率低。矿区技术组及公司领导认真分析,并咨询勘探技术研究所有关专家,认为钻探效率低的主要原因是空压机的能力明显不能满足潜孔锤正常工作要求,因此,决定购买一台中风压螺杆空压机(压力 1.3 MPa),并更换了中高压潜孔锤。基本钻进参数为:钻压 6~12 kN,转速 36~80 r/min,风量 13 m³/min,风压 1.0~1.2 MPa。 $\varnothing 73$ mm 双壁钻杆、高频潜孔锤(CIR90)、 $\varnothing 90$ mm 锤头一径到底。钻探施工效率大幅度提高。

5 提高 RC 钻探效率的技术措施

通过矿区两个阶段的应用实践,总结提出了提高钻进效率的技术措施如下。

(1) 自行加工的钻杆提拉器取代手搓提引器加接钻杆,省时、省力、安全,缩短了加接钻杆时间(原来需 6 min,后来仅需 3 min),提高了效率。

(2) 加强设备管理,班长严格遵守操作规程,平时发现设备小故障要及时检修,保证设备的完好率。

(3) 为避免或减少内管堵塞,在钻进破碎易坍塌地层时,要周期性的提动钻具,一般把钻具稍稍提高孔底即可,提动的频率取决于地层的破碎程度,地层越破碎,提动就越频繁,一般每钻进 3 m 提动 3~5 次。

(4) 潜孔锤在硬、脆、碎、易坍塌、第四系地层钻进时,岩样在上返途中相互挤卡易形成堵塞,使用反吹接头改反循环为正循环,用高压气流排堵。此时可见风压逐渐升高,风压突然急剧下降,则表明堵塞已经解除,卸下反吹接头后即可恢复正常钻进。

(5) 采取预防双管环隙堵塞措施。在含水而且比较破碎或砂层钻进时,下钻过程或加接钻杆易发生双管环隙堵塞(前者往往因下钻时忘记送风或下

钻速度过快,使钻具上的导气套刮削孔壁或钻具高速进入孔底沉淀层,大量碎屑进入分流接头排气小孔中而造成堵塞;后者则往往是停钻加接双壁管时,停止送风后,回风开关开启过速,使钻进时积聚在双管环隙中的高压气突然呈爆发状排空,而高速排空的气流对孔底形成一强烈的抽吸作用,导致孔底碎屑进入分流接头的排气小孔而造成堵塞)。要求操作者严格按操作规程操作,停钻时缓慢开启排气阀,使双管环隙中的高压气流缓缓排出,下钻时边送风、回转、边下钻,一般情况下是可以避免该事故发生的。

(6)卡钻处理。在终孔结束时,上提钻杆时,易出现卡钻事故。此时应立即停止钻进,强力提拉钻具并下放一点,装上反吹接头,使反循环改为正循环,并在送风的同时在内管倒入清水和孔口倒水,让水雾化气流沿孔壁高速上返,从泥环处通过时起到清洗和润滑的作用,同时可在回转钻具的同时来回慢速提钻具即可解决问题。

(7)钻进潮湿粘土易堵塞动力头弯管,可将弯管上面割开一个口,安上一个压板。当用 1.2 MPa

压缩空气吹不开时,打开压板清理比原来卸弯头清理省 10 min,可增加纯钻进时间。

6 施工技术指标、效益统计对比

在更换中风压空压机及潜孔锤后,采用国产 RC 钻探设备从 9 月 4 日~11 月 6 日完成钻孔 295 个,进尺 8344 m,台月数 2.066 个,台月效率 4039 m,平均时效 5.60 m,295 个孔平均纯钻时效 30 m,最高纯钻进时效达 40 m,最低纯钻时效 25 m,岩心采取率 100%。此施工阶段柴油消耗成本为 10.7 元/m,其他损耗比第一阶段也少。钻头平均寿命 500 m,最高 800 m,最低 100 m。

争光矿区除了采用国产 RC 钻探设备外,后期还应用了一台进口 T450WS ROTADRILL 型 RC 钻探设备。该设备是专用 RC 钻探设备,全套费用 1600 万元人民币。但在本矿区施工时效果并不理想,主要原因是设备可靠性差,机械故障较多。同时,配件供应周期太长。而且进口设备功率大,耗油量,不适于浅孔钻探。表 1 是国产设备及国外设备在争光矿区应用情况的对比。

表 1 国产设备及进口 RC 钻探设备施工效果对比

设 备	人员 /人	施工日期 /月.日	钻月数 /个	完成工 作量/m	平均时效 /m	纯钻时效 /m	台月效 率/m	每米柴油成本 /元
国产 G-3 型钻机, LG-13/12 型螺杆空压机, Ø73 mm 双壁钻杆, CIR90 型潜孔锤	11 (三班三倒)	09.04~11.06	2.066	8344	5.61	30	4039	10.7
进口 T450WS ROTADRILL 型钻机(空压机一体), Ø104 mm 双壁钻杆, Ø130 mm 钻头	12 (二班二倒)	09.20~11.08	1.6	6000	5.21	50	3750	25.5

在争光矿区除了 2 台 RC 取样钻探设备施工外,还有 4 台 XX-44 型岩心钻机采用 S75 绳索取心钻进技术进行 200~400 m 深度的钻孔钻探施工。经统计对比,RC 取样钻探台月效率大约是绳索取心钻探施工效率的 4 倍,施工成本可降低 50% 以上。

7 施工中存在的问题和建议

DHD90 型潜孔锤锤头存在质量问题,有 3 个刚使用,就从锤头上部六方槽部分折断,而造成钻孔报废。双壁钻具转换接头焊接质量亦有问题,未使用就发现漏风情况。此外,钻压过大时,Ø73 mm 双壁钻杆接头端部易出现“胀包”现象。

使用 LG-13/12 型空压机钻探效率很高,但性能参数仍显偏小,尤其在潮湿松软地层和含水地层效率很低,经常出现转换接头、动力头弯管堵塞,影响效率。建议加大空压机的功率,增加风量、风压,以提高效率。另外建议 RC 施工中配备一台排量

小、压力高于空气机压力的水泵,随空气注水,其作用有 3 个:

(1)解决在泥质成分很高的潮湿地层(如泥质粉砂岩、板岩、页岩、粘土等)施工时出现岩样象滚雪球一样越来越大,严重时堵塞岩样上返通道的现象(其原理是注少量水与空气混合呈雾状形态,以分散、润滑岩样颗粒,使它们不致相互粘连成团块);

(2)在地下水比较丰富的矿区施工,为降低内管上返液体的压力,往孔内注入少量泡沫剂;

(3)在干燥地层施工上返岩屑粉尘大,对工人身体造成危害和污染环境,注少量水雾化,减少粉尘。应加强设备管理,备足易损件,缩短维修时间,增加纯钻进时间,提高台月效率。还应加强钻探工人技术培训,提高班长操作水平,避免操作不当增加辅助时间而影响效率。

8 认识及体会

通过 RC 钻探实践,我们认为空气反循环钻探具有以下优势。

(1) 钻进效率高。RC 钻进过程中气动潜孔锤以冲击体积破碎的方式破碎岩石,同时破碎的岩屑立刻被高速气流带离钻头唇面而上返至地表,避免了岩屑的重复破碎。

(2) 有利于穿越复杂地层。孔壁间隙小,双壁钻杆对孔壁有一定的支护作用,破碎层坍塌空间小。同时钻具回转速度很低,对孔壁撞击破坏程度轻。钻进过程的连续性,亦避免了频繁提下钻具所形成的压力激动和抽吸作用给孔壁造成的破坏。

(3) 钻孔质量好。双壁钻杆为满眼钻具,刚性好,一般很少发生孔斜;双壁钻杆定尺长度一致,所以不会发生孔深丈量误差;无论地层条件如何,样品采取率都能达到或接近 100%。

(4) 钻进工艺简单。钻孔结构简单,通常在下好孔口管后可一径终孔。钻压、转速等的控制比较简单,即使稍有不当,对钻进效率、孔内安全等影响均不大。

(5) 特别有利于干旱缺水地区施工,尤其是我国干旱缺水地区地质勘探工程。

(6) 地质信息准确、及时。在钻进过程中空气携带样品在内管中的上返速度超过 15 m/s,样品可在很短的时间内返至地表,实现了随钻实时取样,地质人员可以根据上返岩屑随时掌握地层的变

况。另外,RC 钻进不使用含有化学成分的泥浆,而且岩屑的上返速度较高,无化学污染,样品的代表性强。全面破碎的地质样品有利于地质人员进行现场快速分析,减少了实验室碎样工作量。由于全面破碎的样品在一个取样段内经过充分混合而比较均匀,故可以在一些含矿特征变化非常剧烈的矿种勘探中,减少对矿体品位产生贫化或富集的人为因素,而取柱状岩心方法却很难做到这一点。

9 结语

美国、加拿大、澳大利亚等国金刚石岩心钻探工作量占全部钻探工作量的比例已从 20 世纪 80 年代的 90% 以上下降到目前的不足 30%,其余工作量采用 RC 取样钻探方法来完成。有些矿区几乎完全采用 RC 连续取样钻探方法,或者是采用 RC 连续取样钻探与绳索取心钻探法比例为 20:1 的工作量布置。目前仅美国西部地区就有 150 多台 RC 钻探设备用于各种地质矿产的勘探钻进,其中包括砂金和岩金矿床勘探。

受地质勘探评价规范制约,我国近几年采用 RC 取样钻探工作量占总工作量的比例一直低于 2%。为大幅度降低钻探成本和加快勘探进度,减少钻探工程对农田、山川及植被的破坏,国内地质人员应该借鉴国外地质矿产资源评价分析方法,尽快接受 RC 钻探取样技术。

(上接第 5 页)

参考文献:

- [1] 刘广志. 潜孔锤的研制与发展[J]. 地质与勘探, 1994, (2): 20-23.
- [2] 殷琨, 蒋荣庆. 潜孔锤反循环钻进技术及应用[J]. 探矿工程, 1996, (5): 4-5.
- [3] 殷琨, 王茂森. 水文水井潜孔锤反循环钻进技术[J]. 探矿工程, 2003, (增刊): 81-82.
- [4] 殷琨, 蒋荣庆, 赖振宇. 气动潜孔锤钻进技术[J]. 世界地质, 1999, (2): 14-16.
- [5] 耿瑞伦, 陈星庆. 多工艺空气钻探[M]. 北京: 地质出版社, 1995.
- [6] 蒋荣庆, 殷琨, 王茂森. 潜孔锤钻进理论与实践的新进展[J]. 探矿工程, 2001, (增刊): 57-59.
- [7] 张祖培. 潜孔锤钻进技术的新发展——记国际潜孔锤钻进及钻探新技术研讨会[J]. 长春科技大学学报, 1994, (1): 19-21.
- [8] 耿瑞伦. 跟套管钻进技术及其应用[J]. 地质装备, 2000, (3): 1-2.
- [9] 汪彦枢. 潜孔锤跟管钻进方法的开发及应用[J]. 探矿工程, 2003, (增刊).
- [10] 蒋荣庆, 殷琨, 辜华良. 潜孔锤钻进在复杂地层中应用[J]. 地质与勘探, 1999, (6): 24-25.
- [11] 张志兵. 气动冲击锤的计算机模拟研究[D]. 长沙: 中南大学, 2001.
- [12] 陈六一. 偏心跟管潜孔锤钻进在河床卵石层中的应用[J]. 探矿工程, 1998, (4): 6-8.