

大直径硬岩环状取芯钻具的试验研究

吴银柱^{1,2}, 杨国春², 王文臣²

(1. 吉林大学建设工程学院, 长春 130026; 2. 长春工程学院, 长春 130021)

[摘要]在分析了国内外大直径基岩孔钻进取芯方法的基础上, 提出了一套低能耗、高效率、低造价的大直径硬岩环状取芯钻具, 设计制作了样机, 并进行了样机试验。试验结果表明: 该设计方案、工艺可行, 达到了预期设计目标, 为大直径硬岩取芯施工提供了一种新的机具。

[关键词]大直径 硬岩 环状取芯 钻具

[中图分类号]P634.4 **[文献标识码]**A **[文章编号]**0495-5331(2006)06-0090-04

1 前言

大直径钢筋混凝土桩已广泛应用于城市建筑房屋的桩基础、桥墩基础、边坡稳定的抗滑和大型水利水电工程中, 其中有相当数量的桩需要嵌入基岩, 抗滑桩则主要在基岩中成孔构成。由于基岩多为硬岩, 桩直径较大, 因此大直径硬岩钻进取芯成为大直径桩孔施工中的主要难题之一。

2 国内外目前大直径基岩孔钻进取芯研究现状与分析

2.1 大直径基岩孔全面碎岩钻进方法分析

国内外目前普遍采用的大直径基岩孔钻进方法主要有: (1) 滚刀、牙轮回转钻进; (2) 冲击钻进; (3) 潜孔锤冲击反循环钻进; (4) 常规硬岩钻进方法配合聚能爆破的工艺方法; (5) 钢粒回转取芯钻进等。

钢粒回转取芯钻进效率较低, 功耗大, 其纯钻效率仅在 0.05m/h 左右。冲击钻和冲抓斗主要用于第四系地层和风化层, 能量损失大, 纯钻时间少, 在硬度较大的基岩中钻效不高。滚刀、牙轮回转钻进要求很大的钻压, 例如采用组合滚刀牙轮钻头钻进 1m 的孔, 需钻压 300~500kN。由于只能采用配重加压, 因此孔内钻具重量高达几十吨, 而在浅孔中很难实现这么高的钻压。潜孔锤冲击钻进时的单次冲击功大, 能量利用率高, 所以潜孔锤在硬岩钻进中能达到很高的钻效。根据资料表明, 在各种不同条件下潜孔锤钻进效率应是滚刀、牙轮的 3~15 倍。国内具有代表性的是吉林大学“八·五”期间研制的

FGC—15 型单头大直径潜孔锤, 在嵌岩桩基础施工中钻效较高。在钻孔直径 0.8~1.2m, 钻进坚硬致密的微风化花岗岩、石英砂岩的时效达 0.3~0.6m/h, 比牙轮钻进提高 10 倍, 比钢粒钻进提高 20 倍。此外还研制了工作风压低、耗风量小的 FC—312 型大直径捆绑式潜孔锤。但由于目前大都是采用全面钻进, 当孔径较大时, 潜孔锤钻进需要很大的单次冲击功, 即需要大型设备提供足够的风压、风量。

2.2 大直径基岩孔环状钻进法优点和取芯方式及分析

为了有效提高钻进效率, 通过减少碎岩面积, 变全面破碎钻进为环状取芯钻进。该技术在国内岩土工程界已有应用。环状钻进的特点主要表现在:

(1) 环状钻进的破岩面积比相同孔径下全面钻进的破岩面积减少了几倍。例如一个直径 $\phi 1500\text{mm}$ 的钻孔, 全面钻进的破岩面积为 1.767m^2 , 而采用径向 100mm 宽破岩的环状牙轮钻头的破岩面积仅为 0.43m^2 , 前者是后者的 4.11 倍, 所以环状钻进从破岩面积方面使其钻进效率相对提高了几倍;

(2) 环状钻进的钻头上的牙轮数量比同条件下全面钻进的牙轮钻头上的牙轮数量要少的多, 这样在相同钻压下, 可使作用在环状牙轮钻头上牙轮轮齿上的压力增大, 使轮齿破岩效率大幅度提高, 从而提高钻进效率;

(3) 如果利用环状布置的数个小直径潜孔锤进行环状取芯碎岩, 再利用反循环排渣, 钻头所需的单次冲击功、风压、风量将大幅度下降。例如

[收稿日期] 2006-04-28; [修订日期] 2006-10-12; [责任编辑] 陈仁俊。

[第一作者简介] 吴银柱, (1965—), 男, 吉林大学建设工程学院博士生, 1993年毕业于吉林工业大学, 长春工程学院副教授, 主要从事岩土工程、地质工程方面的教学与研究工作。

Φ1500mm 的钻孔,采用取芯钻进时,其单次冲击功可由全面钻进的 7000J 降至约 2200J,风量由 60m³/min 降至 20m³/min,风压降至 0.5MPa 左右。

(4) 由于环状钻进碎岩面积减小,因而钻头上的扭矩也将相应减少。同时,由于岩芯的存在,钻头在易打滑地层中也可保持相当的垂直度。

虽然大直径基岩环状取芯钻进具有上述优点,能大幅度提高钻进效率,但仍存在一些问题如:大直径基岩环状钻进中孔内形成的大直径坚硬的岩芯如何切断?如何将岩芯取出孔外?对于这个问题,目前国内外还没有较好的解决方法,国内对大直径岩芯的处理主要采取以下几种方法:

(1) 冲击挤断、钢绳套取法;(2) 钢筋缠绕扭断法;(3) 用钢丝绳切割套或金刚石绳锯割断岩芯;(4) 在环状钻头内设置几把硬质合金偏芯切刀切断岩芯,取芯时,反转钻头伸出偏芯切刀切细岩芯,再用径向卡瓦卡紧后扭断岩芯。(6) “环状岩芯”钻头及截断岩芯装置,钻到预定深度后,从中芯钻具内下入冲击杆冲击收拢的冲头,使其冲击环状岩芯,从而截断并托住岩芯。

上述取芯方法有各自的优缺点。切断法和钢筋缠绕扭断法虽然简单,但其截断岩芯的推力和扭矩都随岩芯直径增大而急剧增加,因此当岩芯直径较大时取芯困难。钢丝绳切割法和金刚石绳锯法以及偏芯切刀法的钻具机构复杂、易损件多,切割岩芯速度慢,功耗大、效率低,只适用于断取直径较小(通常 <800mm)的岩芯。“环状岩芯”取芯法在岩芯直径较大和脆性较差时,断取岩芯很困难。

为了快速有效断取直径较大而且相当坚硬的岩芯,提出了采用爆破法切断岩芯,即在环状钻具底部安装射孔弹,用卡瓦夹持住岩芯后引爆射孔弹,射孔弹产生的冲击波横向截断岩芯,随后将岩芯提出孔外。

为此,针对该课题进行了研究,设计加工了样机并进行了试验,试验结果表明,达到了预先设计的要求。

3 大直径硬岩环状取芯钻具的结构与工作原理

3.1 钻具的结构

钻具结构如图 1 所示,钻具的钻头外直径为 1.2m,内径为 1.0m,壁厚 100mm。

(1) 钻头:与该钻具配套的钻头有两套:

1) 气动潜孔锤钻头:潜孔锤数为 6 个,宣化英格索兰产品,锤头是经过改制的特殊形式,适合钻进

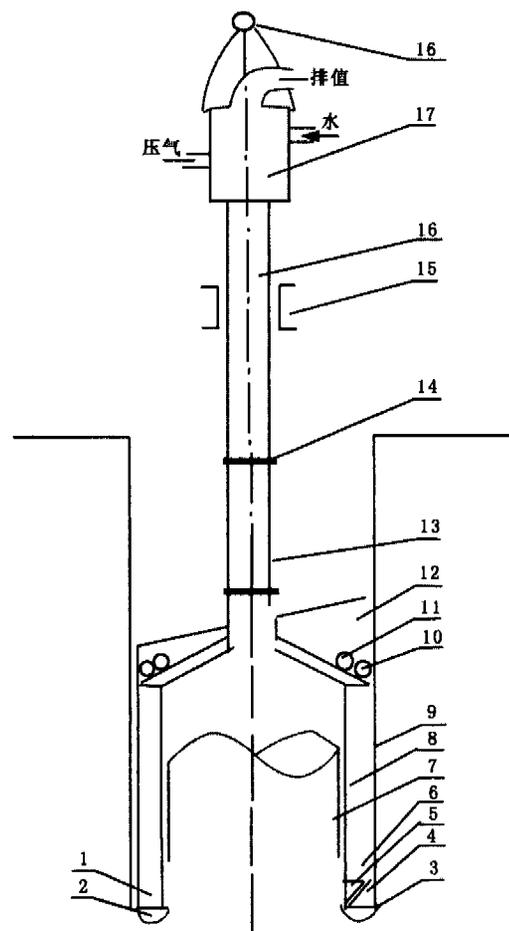


图 1 钻具结构示意图

1—风动潜孔锤;2—锤头;3—弹舱;4—卡瓦座;6—液压力缸;7—岩芯;8—钻具内套;9—钻具外套;10—气管;11—水管;12—沉渣筒;13—三通钻杆;14—法兰盘;15—卡盘;16—主动钻杆;17—三通水接头;18—提引器

硬岩。

2) 牙轮钻头:9 个牙轮取自三牙轮钻头,适合钻进土层至中硬地层。

此外,钻具上的牙轮钻头和潜孔锤两种钻头可以根据不同地层进行更换使用。

(2) 切、取岩芯装置:

1) 切断岩芯装置

采用特种聚能切割技术,所需的切割装置安装在钻具的下部。

2) 卡取岩芯装置

该装置有 4 组卡瓦组成。卡瓦的卡紧与松开由弹簧和开关式自锁机构或由气或水驱动的活塞缸完成。

(3) 钻杆与气、水接头

钻杆、主动钻杆和水接头为三通路,即上返通

路、进风通路和进水通路。主动钻杆为 $178 \times 178\text{mm}$, 目的是为了与国内市场常用的设备配套。该设备的三通路水接头是自行设计和加工的, 具有体积小, 密封性能好, 转动灵活, 使用方便等特点。

3.2 工作原理

(1) 钻进碎岩的方法

大直径硬岩环状取芯钻具主要用于形成柱状岩芯的硬岩成孔。

对于坚硬和研磨性强的岩层可用潜孔锤钻进。按 6 个 CIR80 潜孔锤计算, 宜选用空压机总排量在 $18 \sim 33\text{m}^3/\text{min}$, 总钻压 $12 \sim 14\text{kN}$, 钻具转速 $5 \sim 7\text{r}/\text{min}$ 。

对于可钻性等级相对较低的硬岩, 可用由休斯公司生产 9 个牙轮钻头。总钻压宜在 $30 \sim 50\text{r}/\text{min}$ 。

(2) 冲孔介质与冲孔方式

冲孔介质为干空气、冲洗液; 冲孔方式分为 4 种:

1) 干空气反循环冲孔, 用于干孔地区的潜孔锤钻进和牙轮钻进。采用高压引风机, 风机全压 $7 \sim 9\text{kPa}$, 流量 $80 \sim 100\text{m}^3/\text{min}$ 。钻杆内上返流速达 $70 \sim 90\text{m}/\text{s}$ 可排出直径约 $3 \sim 4\text{mm}$ 的岩屑。

2) 泵吸液体反循环, 用于牙轮钻头钻进和潜孔锤钻进。

3) 泵吸—气举反循环, 用于孔深超过 10m 的潜孔锤钻头钻进地下水位以下的岩层。这种循环方式是: 在回次开钻前, 先开动砂石泵形成泵吸反循环, 之后送风, 潜孔锤工作, 气液混合物返到砂石泵时, 关闭砂石泵, 打开三通管路的另一路阀门, 形成气举反循环。这种气举反循环因气、水在孔底混合, 所以每当停风或再形成气举反循环时, 必须先开动砂石泵, 形成液体反循环才能恢复气举反循环。

4) 正循环, 用于孔径不大于 1.5m 的牙轮钻头钻进和潜孔锤钻进。

(3) 卡取岩芯

本设计采取自锁机构实现卡瓦的松开和卡紧, 将已经切断的岩芯卡紧提出孔外。针对不同的岩芯采用相应的切、取岩芯方法, 具体如下:

直接卡取自然断裂的岩芯

对于自然断裂的岩芯, 不需要专门的切断工具。但由于孔底深处的岩芯是否断开以及在何处断开情况不明, 所以采取钻具自孔底依次上升控制卡瓦试采, 直到卡瓦卡到断裂面以上的岩芯时, 便可提取岩芯。

2) 特种切割采芯

只有在岩芯柱完整而且达到一定长度必须进行采取时, 才能利用聚能切割将岩芯切断。对于直径不大于 1.8m 的岩芯柱, 采用单一的环周向芯切割法; 对于直径大于 1.8m 的岩芯, 如果向芯切割无效, 可采取环周向芯切割与中芯向外切割同时进行, 此法预计可切割直径 $4.5 \sim 5.0\text{m}$ 的岩芯。

3) 脱落岩芯采取

完整岩芯脱落孔底时, 可采用两种采取方法。一是下钻具套取; 二是用单头潜孔锤在岩芯上钻孔, 再用水压捞管器下入岩芯上的孔内卡紧提出。

岩芯成碎块脱落孔底时, 用环状牙轮钻头钻进到有完整岩芯时, 一并提出。

4 现场试验

4.1 试验设备

钻机: GPF-2000 钻机, 更换电机皮带轮, 使转盘最低转速为 $6\text{r}/\text{min}$ 。

空压机: 风量 $9\text{m}^3/\text{min}$, 压力 0.7MPa 。

水泵: 吉林—I 型泵, 用最小泵量。

引风机: 机型 4.5, 全压 4697Pa , 流量 $65.2\text{m}^3/\text{min}$ 。

4.2 试验材料

试验用水泥混凝土的水泥为 525 号, 配比为水泥: 砂: 水 = $1:2.5:0.45$ 。试块 (7.01×7.01) 无侧限抗压强度为 32.0MPa 。水泥直径 1.8m , 埋深自地面以下 $1.9 \sim 5.5\text{m}$ 。

4.3 试验参数和结果

试验参数和结果见表 1

表 1 试验参数和结果

钻头	钻压 kN	转速 r/min	风量 m^3/min	射水	进尺 m	时间 min	钻速 m/h	备注
牙轮	10~15	6		√	0.10	30	0.2	转速低
潜孔锤	10~12	6	9	√	0.20	16	0.75	风量小
潜孔锤	10~12	6	9		0.15	20	0.45	风量小, 无反循环

5 试验总结

5.1 试验结果分析

(1) 钻速: 本次试验因借用设备的时间限制和空压机风量不足, 潜孔锤未达正常工作状态, 但其钻速已达 $0.75\text{m}/\text{h}$ 。如用两台空压机, 风量 $17 \sim 18\text{m}^3/\text{min}$, 钻速可能达到或超过 $1.0\text{m}/\text{h}$ 。而国内现有 PZ-1200 牙轮钻头在弱风化花岗岩中的最高钻速仅为 $0.1 \sim 0.4\text{m}/\text{h}$ 。

(2) 冲洗方式:本次试验对于空气反循环冲孔方式进行了试验,试验结果证明该方法是可行的,开辟了一种新的大直径钻孔干空气反循环冲孔方法。其特点是利用现有反循环设备,将砂石泵换成引风机;为无地下水硬岩底层进行大直径孔钻进提供了一种应用前景很好的冲孔方法。

(3) 该项切割大直径岩芯技术在国内外尚未见报导。切割速度快,直径大,切面整齐,一次切割费用较低,而且与岩芯卡取装置配套使用,使这一取芯技术具有较高的应用价值。

5.2 试验中发现问题

尽管大直径硬岩环状取芯技术有上述优点,但在试验过程中发现存在如下不足之处:

(1) 潜孔锤的锤头要求钻压低于一般单头锤钻进的压力,否则,会增大旋转的阻力。本次试验钻压为1.6T时,存在憋车现象。

(2) 试验用空压机风量不足,原计划用两台并联空压机供风,因一台空压机出现故障,未能试验在正常供风量条件下的钻速。

6 结 论

试验结果表明:大直径硬岩环状取芯总体设计方案和技术工艺是可行的,在断岩和取芯方面尤其成功,较好地解决了大直径硬岩钻进取芯技术难题。虽然该钻具还存在不足之处,需要进一步改进完善,但该钻具不仅结构简单,成本低,钻进效率高,取芯方便快捷,而且能够与我国目前大部分钻机配套,为大直径硬岩钻进和取芯提供了一套有较高应用价值的钻具。

[参考文献]

- [1] 王海,蒋荣庆. 聚能爆破在大直径硬岩钻进中的应用前景. 探矿工程,1999,6
- [2] 蒋荣庆,殷琨. 大直径潜孔锤钻进工艺方法试验与研究. 第八届全国探矿工程学术会议会刊,1994
- [3] 袁佰珍,李宁生等合译. 聚能现象的理论与实验研究. 国防工业出版社,1957
- [4] 李世忠. 钻探工艺学(上册). 北京:地质出版社,1994
- [5] 秦明武. 控制爆破. 北京:冶金工业出版社,1993

RESEARCH ON THE EXPERIMENT OF DRILLING TOOLS OF LARGE DIAMETER HARD ROCK ANNULAR CORING

WU Yin - zhu^{1,2} Yang Guo - chun² Wang Wen - chen²

(1. Jilin University Construction Engineering College, Changchun 130026;

2. Changchun Institute of Technology, Changchun 130021)

Abstract: The paper proposed a set of drilling tools of large diameter hard rock annular coring with low energy consumption, low cost and high efficiency based on analyzing on the methods of large diameter hard rock coring in domestic and foreign. The prototype of drilling tools has been designed and made. The result of the test of the prototype indicated that this plan and technology of design are feasible and reached the anticipated object of design. A set of drilling tools has been offered for the constructs of large diameter hard rock coring.

Key words: large diameter, hard rock, annular coring, drilling tool