

Construction technology for long-core drilling of grade IV granite gabbro aggregate concrete

Qiang Deng

China Water Resources and Hydropower Seventh Engineering Bureau Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 611130, China

Abstract

On June 15, 2021, the Yangfanggou General Contracting Department of Huadong Institute, China Hydropower Engineering Bureau VII, successfully drilled a nearly 30-meter-long core sample of Grade IV granodiorite aggregate concrete from the crest of an arch dam. The core sample penetrated multiple pouring layers and dozens of casting blocks, vividly demonstrating the construction quality with a crack-free interior, uniform aggregate distribution, and excellent interlayer bonding. Based on actual field construction conditions, this study analyzes equipment, materials, and techniques involved in core drilling, hoisting, and preservation, and summarizes key technical points for construction practices.

Keywords

granodiorite; four-level concrete; long core drilling; construction technology

花岗闪长岩骨料四级配混凝土长芯钻取施工技术

邓强

中国水利水电第七工程局有限公司, 中国·四川成都 611130

摘要

水电七局·华东院杨房沟总承包部于2021年6月15日,在拱坝坝顶成功钻取出一根长度近30米的花岗闪长岩骨料四级配混凝土长芯。该芯样贯穿多个浇筑层与数十个浇筑坯层,直观展现出混凝土内部密实无裂缝、骨料分布均匀、层间结合良好的施工质量。结合现场实际施工情况,对钻取、吊运及保存过程中涉及的设备、材料与工艺进行分析,并据此总结一些施工技术要点。

关键词

花岗闪长岩;四级配混凝土;长芯钻取;施工技术

1 引言

混凝土质量检查有钻孔取芯、压水试验、声波检测、孔内电视、力学性能检测等方法。在大体积混凝土中,混凝土长芯能最直观地反映混凝土密实度、骨料均匀性、层间结合状况等混凝土的实体质量,进而体现出混凝土的施工质量及长芯钻取施工水平。

2 施工准备

施工前做好各项准备工作。首先应做好技术准备。施工前应收集混凝土结构、骨料岩性、级配、浇筑时间、浇筑分层深度、预埋件等资料,通过相关资料的搜集,查明工程环境和施工条件,以选择合适的施工方案和技术参数。施工人员进入现场施工前,均应对其进行技术交底、质量交底、经济政策交底以及安全交底等培训^[1]。

【作者简介】邓强(1984-),男,中国四川渠县人,高级工程师,从事水利水电基础处理工程施工及管理工作。

3 钻进关键技术

3.1 钻机选型要素

钻机选型应考虑混凝土长芯钻取特点。长芯钻取有以下特点:

孔径较大,一般为 $\phi 219\text{mm} \sim \phi 325\text{mm}$;

孔深较深,一般在 20m 以上;

垂直精度高,如果钻孔垂直偏差较大,钻具在钻进过程中容易产生振动,使芯样承受较大的侧向压力,造成混凝土芯样在浇筑层面或密实性欠佳等部位产生断裂,所以应确保钻孔有较高的垂直精度。

基于上述要求,应选取自重大,稳定性好,钻杆直径大,回转精度高,钻进稳定,钻进扭矩大的钻机。如 XY-4 型、YL-6A 型、GQ-60 型、GQ-80 型等工程地质钻机,杨房沟水电站采用的 GQ-80 型。

3.2 材料配置

3.2.1 钻头、扩孔器

根据所取部位骨料岩性、混凝土级配、混凝土强度及

可能切割的钢筋与冷却水管(钢管)预估数量,确定钻头及扩孔器的有关配方参数。杨房沟水电站长芯钻取部位混凝土设计指标以C₁₈₀25W₉₀10F₉₀200四级配为主,骨料主要为花岗闪长岩。钻头采用湖南飞洋,二阶梯,金刚石,23HRC,φ276mm;扩孔器采用湖南飞洋,金刚石,电镀,φ276mm。

3.2.2 钻杆、盖头、变径接手

钻杆的选型应确保其垂直度和适当的长度。盖头、变径接手等部件须与钻杆、岩芯管规格匹配。为保障钻进过程的稳定,减小钻杆摆动对钻机及立轴的不良影响,应优先采用粗径钻杆(一般直径不小于φ80mm,长度1.5m~3.0m)钻进,以提升钻具整体同轴度。同时,选用轻便水龙头与轻型高压胶管,可有效避免“头重脚轻”现象,确保设备运行平稳。

3.2.3 钻具

钻具外径须与钻头直径相匹配。岩芯管壁厚在满足丝扣加工要求的同时,应保证足够大的内径,以避免因内径过小导致管壁与岩芯间摩擦增大而损坏芯样;本次选取在φ273mm钻孔中采用壁厚为10mm的岩芯管。

钻具系统的同心度是影响取芯质量的关键因素,具体包括钻杆与钻具、岩芯管与接头、岩芯管与钻头等多方面的对中精度,可进一步归纳为钻杆与岩芯管的弯曲度以及丝扣连接的偏心度两方面。若同心度控制不当,将导致钻具弯曲,进而引发钻进过程中的摆动和振动。此外,更换钻具时若新旧钻具不同心,也会造成芯样磨损甚至断裂,这往往是取芯失败的主要原因。

因此,钻杆及钻具应具备高刚度、优良的抗弯曲性能和足够的扭矩承载力。其自身弯曲度应小于3‰,加工同轴度应优于φ0.1mm。所有钻具选型确定后应自下而上统一编号,并在施工过程中避免随意调整或更换,以确保系统整体稳定性与取芯成功率。

3.2.4 卡簧及卡簧座

卡簧座加工制作材料与规格要求与所使用的岩芯管一致,管壁厚度不宜小于8mm,卡簧是一个断面呈倒立的薄壁圆环,楔形坡角为4°~6°,薄壁圆环内面可车几道宽约2mm的槽口。卡簧嵌于卡簧座对应的槽口内,卡簧座底部内表面可倒成喇叭口,以便于岩芯管下放。当岩芯管下好之后,一般向上稍微提动岩芯管,则卡簧相对下滑可将芯样卡住。如果芯样直径过小,卡簧卡不住,则可加入少量石英砂至卡簧内表面2mm的槽口内,则立即可将芯样卡住^[21]。

3.2.5 冲洗液

钻孔冲洗液的主要功能是冷却钻头和携带钻渣。通常可采用清水作为冲洗液。若根据返水、返渣情况判定孔内阻力较大时,可适量添加洗衣粉或聚丙烯酰胺等润滑剂,以改善流动性。所选冲洗液须保持清澈,且不得对岩体表面质量产生不良影响。冲洗液的供给压力与流量应保持稳定,其大

小须严格满足钻孔施工的实际需求。

3.3 钻进施工

3.3.1 开孔钻进操作控制

开孔前需全面复核设备状态、钻机平整度与钻具垂直度,确保钻孔垂直度及孔向精度满足要求。开孔时应依据钻具及钻杆总重合理设定钻压,遵循“缓、慢、稳”原则进行初始钻进。建议采用钻机最低转速(一般为33~40r/min)配合低压钻进,以控制孔位平面误差在±5cm以内。为适应后续长钻具施工工艺,开孔至约0.5m深度后可取出孔内岩芯,便于工艺转换。

3.3.2 钻进过程参数控制

转速控制。转速过高易加剧振动,导致芯样损伤;转速过低则钻进效率下降,延长芯样磨损时间。宜采用中低转速作业,如杨房沟水电站工程中采用64r/min(线速度0.94m/s)的转速,兼顾钻进效率与取芯质量。

钻压控制。钻压以钻进速度为调控依据。钻压过大易造成钻具弯曲、振动增强,影响钻孔精度并损伤芯样;钻压不足则钻进缓慢,延长芯样在孔内磨损时间。推荐钻压为8~10kN,相应钻进速度宜控制在40~60cm/h。随孔深增加,钻具自重增大,应及时调整钻压,必要时采用反向减压钻进工艺。

冲洗液控制。一般采用清水作为冲洗液,其流量应结合孔深、返水情况及返渣颜色动态调节,以20~40L/min为宜。流量过小易导致岩粉滞留,引发钻头磨损或烧钻事故;流量过大则扰动孔底稳定,加剧芯样与孔壁磨损。必要时可加入洗衣粉或专业润滑剂(如L-HP、丙烯酰胺等),以提高携渣能力、增强冷却效果并保护芯样完整性。冲洗液须经注浆机与排污泵实现循环净化使用,减少对施工环境的污染。

操作过程监控。钻进过程中需全程监控供水、返水情况及设备运行状态。发现芯样堵塞应立即提钻处理,避免自磨导致芯样折断或采取率下降。同时应防范烧钻事故,确保芯样不受高温影响。详细记录卡钻、掉钻、失水、回水异常及钻进速度突变等异常情况,为工艺优化与事故分析提供依据。

3.3.3 起下钻工艺控制

起钻条件。出现以下情况时应进行起下钻作业:单钻次结束需增删钻具;钻进中出现速度异常、返水不清等现象;钻孔达到设计终孔深度。

起钻前校验。起钻前须校验四脚架起吊器与钻孔中心是否同轴,如有偏斜应及时校正。

起钻操作。应缓慢、匀速提升钻具,避免因速度过快导致钻具晃动而损伤芯样。

下钻操作。下放钻具时应依赖其自重缓慢下落,通过卷扬机刹车调控速度,卷扬机不主动施力。

钻具更替。钻具应按编号顺序依次接入,具体步骤为:

提钻至孔口→夹持岩芯管并松卡盘→接入新管→连接卷扬机盖头并解除管夹→下放至孔底→换装盖头后继续钻进。若岩芯管过长,应按编号替换上一节管体。丝扣部位可适量涂抹黄油或缠绕麻绳,以便于拆卸并保护丝扣。

拆卸规范。拆卸作业严禁使用钻机反扭,应人工轻缓操作,防止损坏丝扣及芯样。

孔口防护。起下钻过程中应实施有效孔口防护,防止异物坠入孔内。

3.4 钻头的处理

在采用孕镶金刚石钻头钻进过程中,若出现进尺速率显著降低的情况,其原因常在于钻头胎体包镶过紧,导致金刚石磨粒未能有效出刃。为解决此问题,现场实践并比较了“敲击法”、“腐蚀法”与“研磨法”等助刃工艺,其中“研磨法”被证实效果最为显著。

3.4.1 敲击法

该方法采用管钳、宰子等工具对钻头唇面进行适度敲击,使其表面产生塑性变形形成凹凸面,从而在后续钻进中利用摩擦优先磨蚀凸起部位的胎体,使内部金刚石颗粒得以出露。此法为现场常用应急措施,优点是操作简便、响应迅速;缺点是对操作者经验与力度控制要求较高,且反复敲击可能损伤钻头基体,故不宜多次使用。

3.4.2 腐蚀法

这是一种化学处理方法,通过将钻头置于硝酸等强酸溶液中浸泡,利用酸液与钻头胎体材料(通常为钴、镍等金属)发生化学反应而选择性腐蚀,削弱胎体对金刚石的包镶力,促进金刚石出刃。该方法反应过程较为缓慢,且存在安全与环境风险,其适用性与效率有待进一步试验验证。

3.4.3 研磨法

此法为目前推荐的高效工艺。具体操作如下:于现场选取合适孔位,将钻头下入孔内一定深度后,投入特选研磨辅料,随后采用高转速、低钻压的方式进行短时干钻,通过胎体与辅料间的强力摩擦实现快速研磨。过程中需根据手感及时提动钻具,操作讲求“快速、准确”。为防研磨料飞溅伤人,孔口需采取防护措施,且钻头起始深度不宜过浅。研磨辅料可根据胎体硬度灵活选取,如碎石、玻璃碎屑、小节铅丝、水泥钉段或废钻头碎块等。该方法的优势在于适应性强、处理效率高,且出刃效果均匀可靠。

4 岩样提取

4.1 芯样提取

当钻孔结束后,进行钻孔冲洗,提取出孔内钻具。起钻时不得有较大的震动,以防止钻具损伤芯样。

当钻具吊出孔外后,将向下一端置于平板四轮小车上,缓慢拖动移离孔口并将钻具依次按编号顺序摆放好。

钻具全部取出后,卸掉钻头更换相应规格的卡簧座和卡簧,按顺序依次下钻至孔底,利用卡簧座与卡簧将芯样底部卡住,然后在孔口利用管夹子将岩芯管夹住,采用两个 5t

的千斤顶同时均匀加压,将芯样从卡簧底部处强行拉断。

卡簧及卡簧座应提前试用,预防与芯样直径不匹配。在装有卡簧的岩芯管下入孔底过程中,严禁向上提动岩芯管,以免将芯样卡断。

根据芯样及钻具等重量和现场条件选择吊运设备,根据芯样长度选取吊点。杨房沟水电站采用 30T 缆机将岩芯管及岩芯整体吊出孔外,为保证缆机运行平稳,在无大风天气进行。使用 30T 缆机采用长度 12.0 m 直径 \varnothing 18.5 钢丝绳吊装,先将孔口钢丝绳挂住进行垂直吊装,待 4.25m 处第一个吊点吊出孔口,安装管夹,并将缆机吊点转换至此,然后缓慢起吊。待第二吊点 14.75m(均以岩芯管盖头起算)吊出孔口后,卡住管夹,控制管夹下端部位置在 14.75 m 处,并将第二吊点钢丝绳(长 25.0 m 直径 \varnothing 18.5)一端在管夹下方沿岩芯管缠绕一周进行固定;继续起拔至第三吊点 25.25 m 吊出孔口后,卡住管夹,控制管夹下端部位置在 25.25 m 处,并将第三吊点钢丝绳(与第二吊点共用)另一端在管夹下方沿岩芯管缠绕一周进行固定;同时,在钢丝绳上活接套一牵引麻绳,麻绳长度不小于 50.0m。缆机吊运时,缆机小车与钻孔基本在一条直线上,平稳匀速将岩芯管拔出钻孔^[3]。

4.2 芯样顶出

芯样的顶出与养护是保证长芯质量的关键环节。本项目采用新型液压顶出技术替代了传统的千斤顶-葫芦顶压法,其在顶出效率、运行平稳性及劳动强度方面均展现出显著优势。芯样取出后,须立即实施洒水养护,并进行系统标识与影像记录,以保持其原始状态并满足可追溯性要求。对于需长期保存的岩芯,建议在其表面均匀涂覆桐油或清漆等专用保护剂,该措施可在岩芯表面形成一层透明的防护膜,有效抑制因水分流失引发的收缩裂缝,确保芯样结构的长期完整。

5 结语

混凝土长芯钻取成功受很多因素影响,如混凝土骨料性能、混凝土强度、混凝土级配、混凝土浇筑施工质量、设备选型、金刚石钻头参数、钻具同心度、施工工艺、人员技能水平等。杨房沟水电站成立了专项工作组从设备机具改良、钻孔施工、芯样提取吊运及芯样顶出全过程攻关,经过不断试验先后解决花岗闪长岩四级配混凝土钻孔进尺缓慢、长芯吊运及岩芯顶出难题,历时 23 天完成了混凝土取芯工作,芯样长度刷新当前世界纪录。

参考文献

- [1] 李庆.混凝土质量检查超长取芯技术[J].科技与管理,2012(10).
- [2] 蔺权.混凝土长芯样钻取施工技术[J].西部探矿工程,2006,18(B06):2.
- [3] 林成华,蒋和平.混凝土长芯样钻取施工技术[C]//2013水利水电地基与基础工程技术——中国水利学会地基与基础工程专业委员会第12次全国学术会议.0.