

帷幕灌浆孔偏斜成因的分析及 KXZ-1A 型数字测斜仪的应用

吴玉良¹, 康路明²

(1. 中国水利水电第七工程局有限公司, 四川 成都 611730; 2. 中国水利水电第五工程局有限公司, 四川 成都 610225)

摘要:在大坝基岩坝基防渗帷幕灌浆施工中,其帷幕成孔质量直接关系到帷幕幕体的质量,需要对孔斜产生的各类原因进行分析后采取合理的措施进行控制。为了保证长河坝水电站深孔帷幕成孔质量,其前期质量控制措施之一为采用测斜仪监控孔斜,并结合生产实际需求对测斜仪进行选型。本文阐述了 KXZ-1A 型数字测斜仪在长河坝水电站深孔帷幕灌浆成孔质量控制中成功运用的情况,旨在为水电站深孔帷幕钻孔成孔质量控制提供一种切实有效的方法。

关键词:帷幕灌浆孔;偏斜;成因分析;数字测斜仪;长河坝水电站

中图分类号:TV7;TV52;TV543;TV53+8.4

文献标志码:B

文章编号:1001-2184(2023)06-0039-04

Analysis on the Causes of Curtain Grouting Hole Deflection and KXZ-1A Digital Inclinator Application

WU Yuliang¹, KANG Luming²

(1. Sinohydro Bureau 7 Co., LTD., Chengdu Sichuan 611730;

2. Sinohydro Bureau 5 Co., LTD., Chengdu Sichuan 610225)

Abstract: In the construction of anti-seepage curtain grouting for dam bedrock foundation, the hole forming quality of the curtain is directly related to the quality of curtain body, so it is necessary to take reasonable measures to control the hole deviation after analyzing various causes. In order to ensure the hole forming quality of the deep hole curtain of Changheba Hydropower Station, one of the early quality control measures is to use the inclinometer to monitor the hole inclination and select the inclinometer according to the actual production demand. This paper describes the successful application of KXZ-1A digital inclinometer in the quality control of deep hole curtain grouting in Changheba Hydropower Station, aiming at providing a practical and effective method for the quality control of deep hole curtain drilling in hydropower stations.

Key words: Curtain grouting hole; Deflection; Cause analysis; Digital inclinometer; Changheba Hydropower Station

1 概述

长河坝水电站系大渡河干流水电规划“三库 22 级”中的第 10 级电站,采用首部式地下引水发电系统开发,电站总装机容量为 2 600 MW。拦河大坝最大坝高 240 m,坝底高程 1 457 m,坝基覆盖层厚达 50 余 m,坝顶高程 1 697 m,正常蓄水位高程为 1 690 m。引水发电系统布置于大坝左岸,泄洪放空系统布置于大坝右岸。大坝主防渗帷幕通过布置在左、右岸各 5 层灌浆平洞、河床基础廊道内及在岸坡混凝土板上钻孔灌浆形成;坝基及厂区防渗帷幕采用 2 排,孔距 2 m、排距为 1.5 m 的布置方式,主帷幕深度一般为 40~66 m,

最大深度约为 170 m,设计顶角偏向上游 $0^{\circ}\sim 9^{\circ}$ 不等,与铅直孔相比孔斜控制难度大,工程总量达 230 949.42 m。

长河坝水电站工程建设存在工程运行水头高、防渗设计标准要求高、施工不均衡、高峰强度大等诸多不利条件。坝址基岩为晋宁期-澄江期侵入岩,其岩性以花岗岩($\gamma_2^{(4)}$)、石英闪长岩($\delta_{02}^{(3)}$)为主。坝址右岸大致以 1 660 m 高程为界,以下为浅灰色、灰白色块状中粒黑云母花岗岩,以上为灰色石英闪长岩;左岸以浅灰色、灰白色块状花岗岩为主,夹少量灰色石英闪长岩和深灰色辉长岩团块。此外,坝址区局部还发育辉长岩脉、石英脉、辉绿岩脉等。

收稿日期:2023-03-03

通过对左、右岸灌浆平洞开挖后揭示的地质情况进行分析得知:左岸以“Ⅱ、Ⅲ”类围岩为主,右岸以“Ⅲ、Ⅳ”类围岩为主并伴有“Ⅴ”类围岩。因此,破碎岩层往往呈现为软硬岩层共存,钻头在遇到软硬不同的岩层时极易导致钻孔偏斜。

众所周知,影响灌浆质量的因素很多,其中钻孔产生的偏斜对灌浆质量的影响较大。如果其偏斜率过大,不仅对钻孔质量有影响,而且对帷幕灌浆“阻水幕”的连续性影响更为巨大,使本来该充填的灌浆区域因孔斜偏大而未能充填形成漏灌区,进而严重影响灌浆质量。在钻孔施工过程中,如果钻孔偏斜率超过了相关规程、规范允许值,则会在灌浆之后不能形成连续有效的帷幕进而导致其无法达到帷幕防渗的目的。因此,在帷幕钻孔过程中,应通过测斜设备随时了解各帷幕孔段的实钻情况,以便于分析帷幕的施工质量,从而保证帷幕的连续性、完整性及密实性。本文阐述了对帷幕灌浆孔偏斜成因进行的分析及KXZ-1A型数字测斜仪的应用。

2 钻孔偏斜成因分析及产生的主要影响

(1)场地平整度和密实度差,钻机安装不平整或钻进过程中发生了不均匀沉降而导致钻孔偏斜。“当钻孔偏斜较大,会直接削弱浆液扩散效果,影响帷幕的合理搭接,难以保证主体工程质量”^[1]，“严重的偏斜会很容易产生孔壁坍塌、掉块、岩层错动而使原有地层的活动性增加,稳定性减弱,影响范围亦相应扩大,使孔内埋钻、卡钻、挤夹事故发生的频率增加”^[2]。

(2)由于钻杆弯曲、钻杆接头间隙太大而造成钻孔偏斜。“钻进时出现钻孔偏斜,将会使钻杆在钻孔内出现变形,若是立轴钻杆将回转动力传输到钻头时,会影响到钻头的回转、降低其稳定性而导致磨损钻头的现象发生,降低钻进效率”^[3]。

(3)钻头翼板磨损不均,钻头受力不均而造成钻杆偏离钻进方向。

(4)钻进中遇软硬土层交界面或倾斜岩面时,钻压过高使钻头受力不均而造成偏离钻进方向,“将会导致钻进时不能采用快速钻进的方法而导致钻具折断”^[4]。

(5)钻进过程中未根据实际地质情况采取合

理的措施控制孔斜的产生。

“为防止孔斜的发生,应对孔斜及时进行测量,准确地掌握钻孔的偏斜情况以便及时处理”^[5]。因此,必须选用合理的设备对孔斜进行监控测量,以保证将钻孔的偏斜率控制在设计要求的范围内。

3 测斜设备的选择及参数

项目部借鉴新安江、富春江等电站大坝帷幕钻孔施工中通过自上而下分段测斜、确保帷幕施工质量的成功案例,结合长河坝水电站帷幕工程量、需要测量的孔段多、工作面分散的具体情况,认为该工程需要选用一种便于野外现场操作及携带、精度高、整理资料便捷、防水性能好的测斜设备以确保帷幕灌浆的成孔质量。项目部结合以上需求,在测斜设备选型中主要对KXZ-1A数字测斜仪进行了综合分析与研究。

KXZ-1A数字测斜仪既可用于垂直或定向井(孔)的顶角和方位角的高精度测量,也能够准确地测量钻孔深度等参数。该仪器由笔记本电脑(自备)、地面控制单元、测斜探管三部分组成;采用数据编码长线传输技术与电缆传输,数据准确可靠;采用高性能传感器测量结合数字信号处理技术,其测量结果精度高、稳定性好;由RS-232串行口直接将数据上传至笔记本电脑,能够显示清晰、直观的测量数据及平面、剖面、侧面投影图并存储测量数据;其可连接彩色喷墨打印机,可以打印A4版面的测斜数据、平面、剖面、侧面投影图及空间轨迹图;测斜过程中可同时测量钻孔深度;该仪器操作简单,适合于野外作业使用,具体的测试参数见表1。

根据该设备的特点及现场生产实际精度需求(钻孔顶角为 $0^{\circ}\sim 9^{\circ}$,方位角为 $N8^{\circ}E$)进行分析后得知:KXZ-1A数字测斜仪整体性能能够满足实际生产需求。因此,长河坝工程最终选用KXZ-1A数字测斜仪对钻孔偏斜进行控制。

4 KXZ-1A型数字测斜仪的运行情况

首先,打开资料设置页面,输入孔号、工程名称等基本信息;其次,进入测量页面,先将“仪器检查”点开,待顶角方位角归零后再逐段进行测量。孔斜测量情况见图1;最后,测量完毕,进行“保存

表 1 测试参数表

项目	数据
测斜深度	$\leq 1\ 200\ \text{m}$
参数参量范围与精度	顶角测量范围: $0\sim 50^\circ$; 顶角为 $0^\circ\sim 20^\circ$ 时, 测量精度为 $\pm 0.1^\circ$; 顶角为 $20^\circ\sim 50^\circ$ 时, 测量精度为 $\pm 0.2^\circ$; 方位角测量范围: $0^\circ\sim 360^\circ$; 顶角为 $1\sim 3^\circ$ 时, 测量精度为 $\pm 3''$
测斜探管工作环境	温度: $0\sim 75\ ^\circ\text{C}$; 耐压: $\leq 15\ \text{MPa}$
测斜探管(井下仪器)	外型尺寸: $\Phi 40\ \text{mm}\times 1\ 600\ \text{mm}$; 重量: $7\ \text{kg}$
地面控制单元工作环境	温度: $-10\sim 50\ ^\circ\text{C}$; 相对湿度: $\leq 85\%$
工作电源	AC $220\ \text{V}\pm 10\%$; $50\ \text{Hz}$
地面控制单元	外型尺寸: $385\ \text{mm}\times 300\ \text{mm}\times 240\ \text{mm}$; 重量: $8\ \text{kg}$
测量方式	定点测量, 测点深度间隔及测点数任意确定

数据”, 点击“打印”进入打印预览页面, 可以根据测量资料以此生成平面、剖面、侧面及空间投影图。钻孔及测斜数据图形报告见图 2。

5 KXZ-1A 型数字测斜仪在钻孔过程中起到的纠偏作用

(1) 在帷幕灌浆孔口管理设阶段, 借助该仪器对孔口管理设的顶角和方位角进行高精度校准, 以确保钻机开孔时的初始孔斜精度满足要求。

(2) 结合钻进深度, 特别是对于不良地质段, 宜将帷幕钻孔测量频率控制为: $0\sim 20\ \text{m}$ 为每 $5\ \text{m}$ 测量一次, $20\ \text{m}$ 以下为每 $10\ \text{m}$ 测量一次, 同时准确地测量出钻孔深度等参数。

(3) 终孔后、尚未封孔前, 利用 KXZ-1A 型数字测斜仪对钻孔进行校正复核一次, 若孔斜偏差超出设计偏差范围, 则根据测量参数进行纠偏, 直至其符合灌浆设计要求。

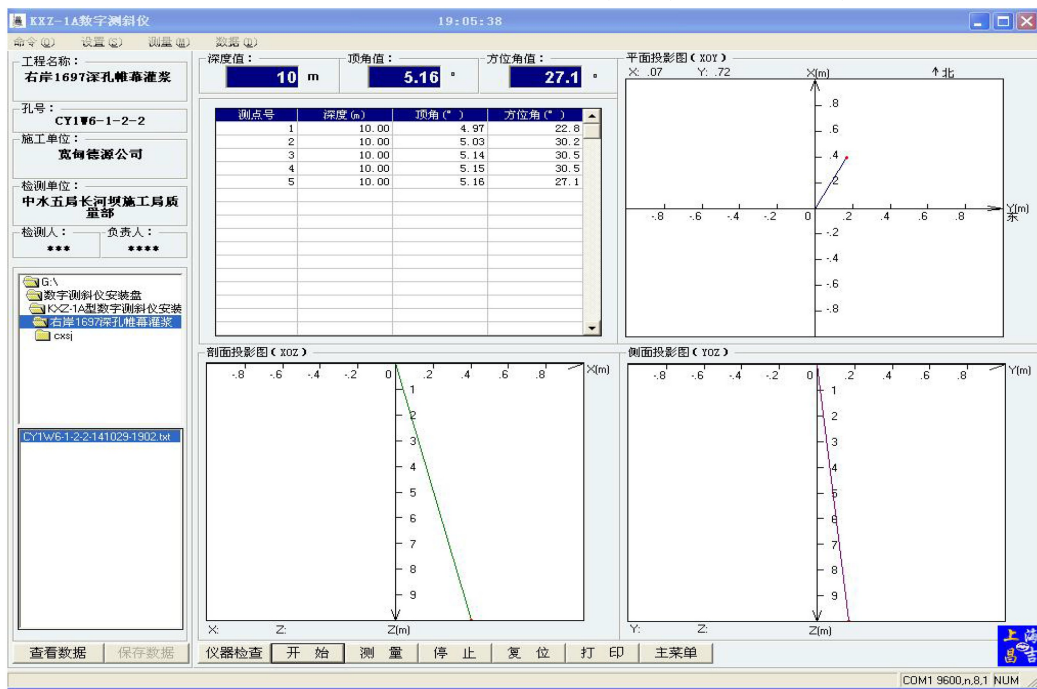


图 1 孔斜测量示意图

6 应用 KXZ-1A 型数字测斜仪取得的成果

鉴于长河坝水电站高标准的设计防渗要求及复杂的地质条件, 自使用 KXZ-1A 型数字测斜仪用于控制帷幕成孔质量以来, 现场成孔质量管控效果极为显著, 孔底偏差均在规范规定的范围以内, 现列举具有代表性区域的测斜成果供分析、研究。左岸高程 $1\ 640\ \text{m}$ 灌浆平洞(孔号:

CZ2WJS1-8-3)测斜成果见表 2、右岸高程 $1\ 520\ \text{m}$ 灌浆平洞(孔号: CY4W4-2-8-2)测斜成果见表 3。

KXZ-1A 型数字测斜仪在该工程帷幕钻孔施工中的应用, 既减轻了因成孔质量低下带来的返工风险, 节省了建设成本, 又保证了帷幕成孔质量, 提高了单元成孔一次性合格率, 从根本上保证了帷幕灌浆幕体的实体质量。

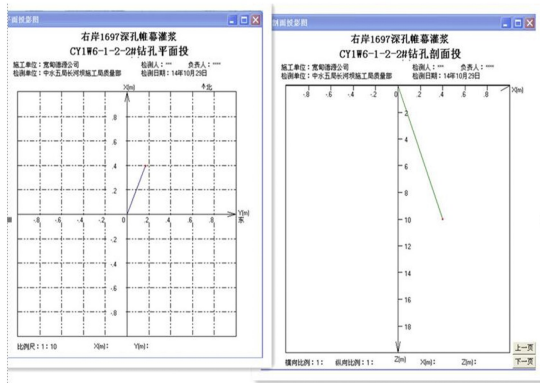


图2 钻孔及测斜数据图形报告图

表2 左岸高程1640 m 灌浆平洞 (孔号:CZ2WJS1-8-3)测斜成果表

深度 /m	顶角 /5°	方位角 /N8°E	地质情况简述
10	5.18	12.5	
20	5.21	14.3	岩体裂隙发育,以闭合缓倾角裂隙为主,部分孔段岩体破碎,裂隙密集,以发育张开性裂隙为主
30	5.36	13.7	
40	5.48	15.3	
50	5.45	11.8	

7 结 语

KXZ-1A型数字测斜仪在长河坝水电站帷幕灌浆成孔质量控制中取得了成功的应用。整个水库蓄水期间,长河坝水电站大坝沉降、位移等变

表3 右岸高程1520 m 灌浆平洞 (孔号:CY4W4-2-8-2)测斜成果表

深度 /m	顶角 /5°	方位角 /N8°E	地质情况简述
10	0.05	28.2	岩性为花岗岩,岩体裂隙发育,局部发育断层,以裂块结构为主,围岩为“IV”类岩体
20	0.13	29.3	
30	0.33	39.2	
40	0.64	33.5	
50	1.05	36.7	

化值均较小,坝体渗流量小于设计值。2017年11月17日,国家能源局对长河坝水电站进行了巡视检查,通过数据分析,坝后渗漏量仅为设计值的四分之一,对此,国家能源局给予“可以复制、难以超越”的高度评价。该仪器操作简便,精度较高,实用性较强,可直接打印测斜数据表、平面投影图、空间轨迹图、剖面投影图、侧面投影图等。该仪器的引进为长河坝水电站帷幕灌浆成孔质量控制提供了一种便捷、有效的手段,对于水利工程帷幕灌浆施工成孔质量控制具有借鉴意义。

参考文献:

- [1] 成卫军. 浅析岩溶地区深孔帷幕灌浆钻孔弯曲机理及预防措施[J]. 广西水利水电, 2019,19(5):63-66.
- [2] 孙建军. 深孔帷幕灌浆孔斜成因与处理[J]. 中国农村水利水电, 2009,20(3):111-113.
- [3] 马洪清. 帷幕灌浆孔孔斜的影响及其处理[J]. 长江工程职业技术学院学报, 2008, 25(3):53-54.
- [4] 魏欣桃. 孔雀河流域水利工程深孔帷幕灌浆孔斜若干问题研究[J]. 中华建设, 2020,18(16):113-114.
- [5] 毕丰成. 深孔帷幕灌浆中的孔斜控制技术探析[J]. 中国科技博览, 2011,30(5):275.

作者简介:

吴玉良(1987-),男,河北唐山人,工程师,学士,从事水电工程施工技术与试验检测工作;
康路明(1989-),男,河北秦皇岛人,工程师,从事水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

水电十局二分局乌鲁木齐绕城高速项目主线全幅贯通

10月21日,随着八钢工业园通道桥最后一榀预制箱梁顺利架设完成,由水电十局二分局承建的乌鲁木齐绕城高速(西线)工程施工标段实现了主线全幅贯通,为全线建成通车奠定了坚实的基础。

项目主线全长4.4公里,设计最高时速为100公里。在施工过程中,项目部注重科学施工、精细管理,按照“一工点一方案”原则牢牢把握关键线路,围绕工期、质量、安全、效益等要素,科学精细开展前期策划,确保工期自主、效益可控,顺利实现了各项建设目标。乌鲁木齐绕城(西线)高速通车后,将有效增强乌鲁木齐首府城市的辐射功能,对缓解城市交通压力、促进区域经济发展具有重要意义。

(水电十局 供稿)