

锅浪跷水电站压力钢管竖井升降式钻灌台车施工

韩小利

(大唐雅安电力开发有限公司, 四川 雅安 625500)

摘要: 竖井的钻孔灌浆通常是在井内搭设脚手架施工平台, 竖井越深搭设脚手架难度越大, 安全隐患越多, 施工成本越高。在水电站压力钢管竖井的钻孔灌浆施工中, 利用可移动的升降式钻灌施工平台, 解决了竖井井壁钻孔灌浆施工需在竖井内搭设高脚手架的难题, 满足了施工需要。该升降式钻灌施工平台升降方便快捷, 锚固锁紧机构简单、安全、可靠, 可为类似工程施工提供参考。

关键词: 水电站; 压力钢管; 钻灌台车; 系统验算

中图分类号: [TM622]; TV732.4+1; P634.3+5

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2023)04-0100-06

Construction of Vertical Shaft Lifting Type Drilling and Grouting Trolley for the Penstock of Guolangqiao Hydropower Station

HAN Xiaoli

(Datang Ya'an Electric Power Development Co., Ltd., Ya'an Sichuan 625500)

Abstract: The drilling and grouting of the shafts is usually done by setting up scaffolding construction platform, the deeper the shaft is, the more difficult it is to set up scaffolding. The more potential safety hazards, the higher the construction cost. The application of movable lifting drilling and grouting platform in the construction of penstock shaft in Guolangqiao hydropower station solves the difficult problem of erecting high scaffolding in shaft wall during the construction of drilling and grouting, which meets the construction needs. The lifting drilling platform is convenient and fast, and the anchoring and locking mechanism is simple, safe and reliable, which can provide a reference for the construction of similar projects.

Keywords: Hydropower Station; Penstock; Drilling and grouting trolley; System checking

1 工程概况

四川省某水电站系梯级开发中的龙头电站, 为单一发电工程。电站为混合式开发, 电站大坝为混凝土面板堆石坝, 坝址位于两河汇口下游, 厂址位于下游约 10 km 处, 与二级电站大坝衔接, 电站装机 220 MW。

该水电站厂房压力钢管采用埋藏式三平两竖结构, 分上平段、上竖井、中平段、下竖井、下平段和支管组成, 全断面需进行无盖重固结灌浆, 固结灌浆孔设计孔深入岩层 4 m, 排距 3 m, 每排设置 8 孔, 梅花形布置, 每孔分两段钻孔灌浆施工。上竖井、下竖井固结灌浆施工采用一台可垂直升降的钻灌台车依次施工, 下竖井施工完成后进行上竖井施工。上、下竖井钻灌台车施工垂直高度分别为 87.82 m 和 194.96 m, 竖井井径为 $\Phi 6.1$ m。

2 升降式钻灌台车设计及提升系统布置

2.1 升降式钻灌台车设计

电站压力钢管竖井直井段固结灌浆施工主要由加工制作的移动式钻灌台车进行, 该钻灌台车设计 $\Phi 6.1$ m (自重 3.0 t), 可承载一定的施工活荷载 (1.1 t)。钻灌台车分三大主要部件, 即一个钻灌台车中部和两个钻灌台车端部, 两个钻灌台车端部为等尺寸和同材质部件。钻灌台车中部与端部部件以 28 a 槽钢为骨架、10 mm 厚钢板制作外圆弧、等边角钢 L50 \times 5 作加强筋焊接而成。钻灌台车中部部件与钻灌台车两端的端部部件通过 8.8 级螺栓 (M16 \times 70) 连接, 台车上满铺 3 mm 厚的花纹钢板作为踏板, 自重 3.1 t, 移动式钻灌台车主体结构见图 1。

2.2 提升系统布置

移动升降式钻灌台车利用竖井顶部的 1 台 8

收稿日期: 2023-06-27

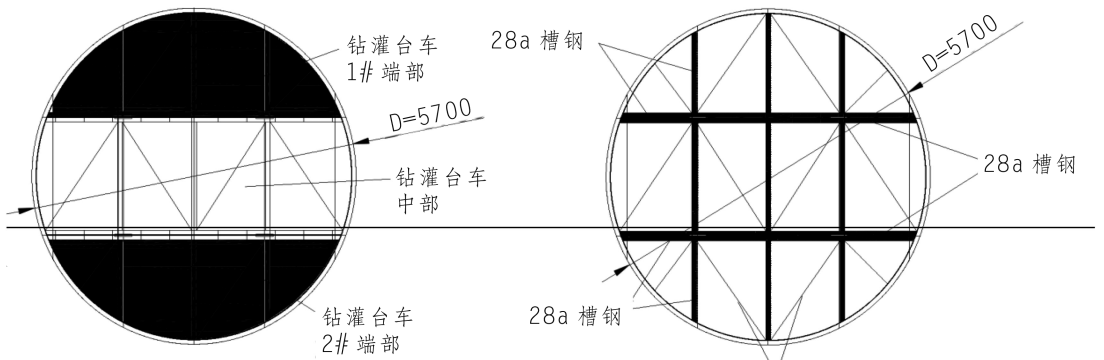


图1 移动式钻灌台车主体结构示意图

卷扬机,通过 10 t 的导向滑车和天锚处 16 t 的起吊滑车用钢绳牵引其上下移动,钻灌台车上距台车边沿 1 m 位置均匀布置四个拉杆吊点,拉杆与台车上的拉杆吊点采用 9.5 t 的卸扣连接,拉杆另一端每两个拉杆用一个 9.5 t 卸扣连接,最终通过一个卸扣与卷扬机钢丝绳连接。拉杆为刚性拉杆,规格 $\Phi 89 \text{ mm} \delta 2.5 \text{ mm}$ 。卷扬机牵引钢丝绳的主吊点为前期压力钢管安装时设置在穹顶的天锚吊点。钻灌台车上下移动时靠井壁边上安装的防摩阻轮(8个)起到水平限位作用,以免台车

被卡;台车移动至作业面后,利用安装的螺旋千斤顶进行水平定位,避免作业时其左右晃动,台车竖向稳定除依靠卷扬机牵引钢丝绳外,另通过均匀布置在上竖井直井段顶部的 4 根 $\Phi 16 \text{ mm}$ 的钢丝绳及手拉葫芦(5 t)进行二次稳固,卷扬机通过地锚的方式进行固定,地锚用 $\Phi 25 \text{ mm}$ 圆钢,14 根入岩 1.0 m 砂浆锚杆(倒楔锚杆)。竖井钻灌台车拉杆及拉杆吊点布置示意图 2,压力钢管竖井钻灌台车布置剖面示意图 3,压力钢管竖井钻灌台车二次稳固示意图 4。

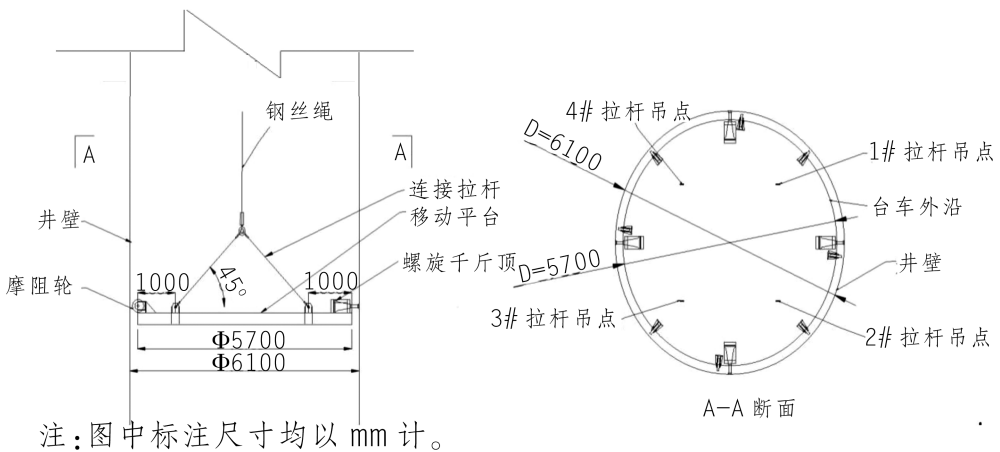


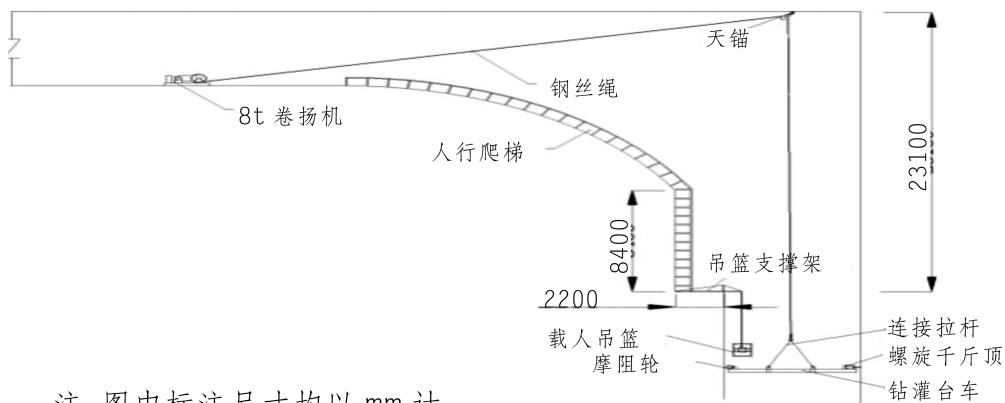
图2 竖井钻灌台车拉杆及拉杆吊点布置示意图

2.3 载人吊篮的设计与布置

施工人员上、下钻灌台车依靠载人吊篮来实现,该吊篮设置在竖井直井段井口位置的扩挖平台内,平台净宽 2.2 m。载人吊篮通过吊篮支撑架固定,支撑架由两根同规模、同尺寸的空心矩形截面水平梁、竖向支撑杆、斜拉绳等组成,水平梁通过砂浆锚杆与地面固定,竖向支撑杆与水平梁

采用穿销连接锁定,竖向支撑杆上安装有滑轮,斜拉绳一端穿过滑轮与水平梁外伸端连接,另一端与地锚连接锁定,斜拉绳采用紧线器拉紧。载人吊篮安装示意图 5。

支撑架安装前,先人工将平台上松散的孤石和开挖料等清理干净,然后采用水泥砂浆将平台表面整平,砂浆铺设厚度不少于 15 cm。砂浆锚



注：图中标注尺寸均以 mm 计。

图 3 压力钢管竖井钻灌台车布置剖面示意图

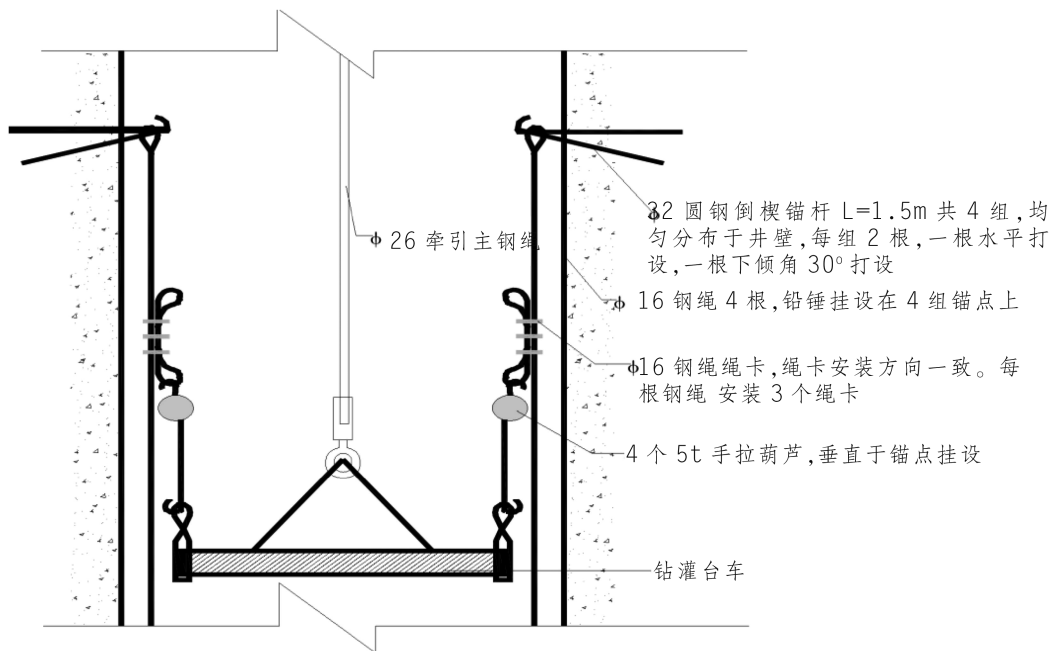


图 4 压力钢管竖井钻灌台车二次稳固示意图

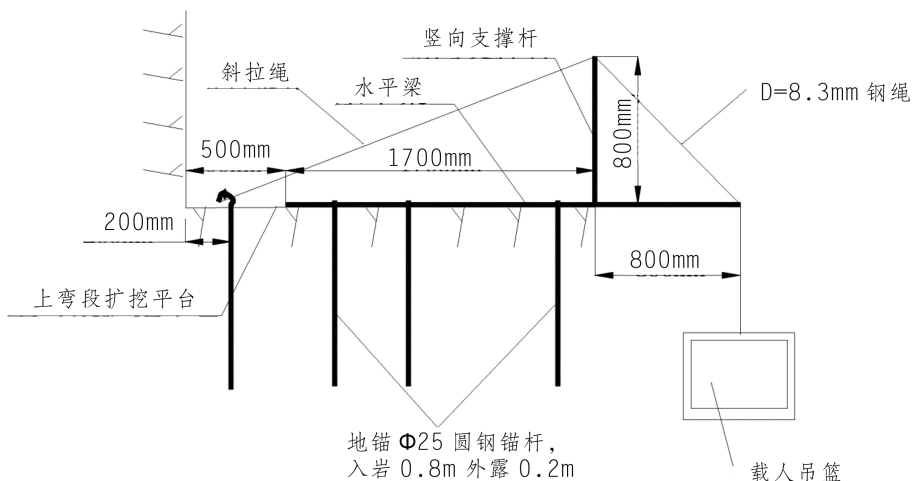


图 5 载人吊篮安装示意图

杆外露 10 cm 以上, 并加工 8 cm 长的丝牙, 通过 1 cm 厚钢板及螺帽锁紧水平梁。

2.4 天锚点的设计布置

天锚设置在竖井井筒顶部轴线中心位置处。同时设有主锚、副锚, 主锚采用 9 根 $\Phi 30$ mm 砂浆锚杆 ($L=4.5$ m) 并灌入倒楔。副锚采用 6 根直径 30 mm 的圆钢锚杆 ($L=4.5$ m), 并灌入倒楔, 压力钢管竖井天锚锚点布置示意图如图 6。

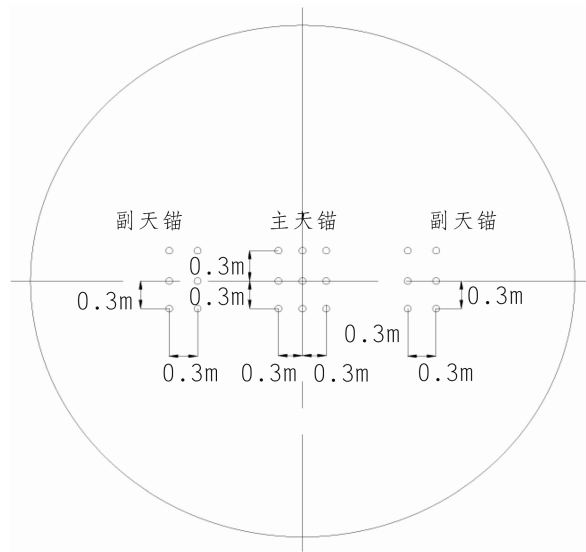


图 6 压力钢管竖井天锚锚点布置示意图

3 钻灌台车系统验算

3.1 钻灌台车牵引设备验算

钻灌台车重量 $P_1=3.0$ t, 施工期间活荷载 $P_2=1.1$ t (包括风钻、适量钎具、工作人员等), 总重量 $P=P_1+P_2=3.0$ t+1.1 t=4.1 t。

卷扬机所需提升力 $T_1=(P_1+P_2)\times\alpha\approx 61.5$ kN (安全系数 α 取 1.5), 卷扬机采用定滑轮导向、卸扣提升, 其拉力为 $T_2=T_1=61.5$ kN, 钢绳承受拉力 $T_3=T_2=61.5$ kN。钢绳破断拉力系数取 5 倍, 则要求钢绳破断拉力 $T_4=61.5$ kN $\times 5=307.5$ kN。

卷扬机参数: 型号为 JM8, 牵引力 80 kN/台, 容绳量 $S=200$ m, 卷筒绳速 $V=7\sim 9$ m, 钢绳规格为 $6\times 37+FC-26$ mm (破断拉力 350 kN)。受力分析可知实际的单台卷扬机起重牵引力为 $T_2=80$ kN $>T_1=61.5$ kN, 直径 $\Phi 26$ mm 钢绳破断拉力 350 kN $>T_4=307.5$ kN, 卷扬机和钢绳满足施工安全需要。

3.2 载人吊篮验算

载人吊篮采用 ZPL-630 型成品吊篮, 该吊篮设有两台提升机, 提升机布置在吊篮内, 吊篮自重 400 kg。吊篮用钢丝绳 $4\times 31SW+NF-8.3$ 结构的钢丝绳, 直径为 8.3 mm, 单根钢丝绳按 100 m 计, 则两根钢丝绳自重为: $100\times 2\times 0.5$ kg=100 kg, 吊篮设计载重 630 kg, 则载人吊篮总重为: $400+100+630=1130$ kg。

钢丝绳最小破断拉力根据吊篮说明书为 53 kN, 钢丝绳安全系数 $\{n\}\geq 9$, 钢丝绳安全系数 n 按下公式计算, $n=S\times a/w$ 。S 为单根钢丝绳最小破断拉力 (kN), a 为钢丝绳根数, W 为额定载重量、吊篮自重和钢丝绳自重之和 (kN)。则 $n=53\times 2/(1130\times 0.0098)=9.57>\{n\}=9$, 钢绳满足施工安全需要。

3.3 天锚锚点验算

天锚系统的布置, 天锚设置在竖井井筒顶部轴线中心位置处。同时设有主锚、副锚, 主锚采用 9 根 $\Phi 30$ mm 砂浆锚杆 ($L=4.5$ m) 并灌入倒楔。副锚采用 6 根直径 30 mm 的圆钢锚杆 ($L=4.5$ m), 并灌入倒楔。

主锚锚杆为直径 30 mm 的圆钢, 插入深度 4 m, 外露 0.5 m, 间距 0.3 m, 每组 9 根, 设计吊装重物重量 26 t。查圆钢抗拉强度 $\sigma_b=370\sim 500$ MPa, 计算取 370 MPa, 折算为 $\sigma_b=37$ N/mm², 倾斜角为 30°。

每根锚杆抗拉拔力 $P_1=\cos 30^\circ\times\pi R^2\times\sigma_b=\cos 30^\circ\times 3.1416\times 15^2\times 370=226498.72$ N=226.4 kN。

每组锚杆抗拉拔力 $P_2=226.4\times 9=2037.6$ kN, 锚杆的安全吊装载荷系数为: $K_1=P_2/26$ 用 $t=2037.6/260=7.8$, 即锚杆在吊装 26 t 重物时, 安全系数为 7.8, 对于本工程承重 $P=4.1$ t (钻灌台车自重及施工活载总重量) 的负荷, 使天锚满足施工需求。

4 施工过程管控

4.1 卷扬机操作规程

(1) 卷扬机应安装在平整坚实、视野良好的地点。机身和地锚必须牢固。卷扬筒与导向滑轮中心线应对正垂直; 卷扬机距离滑轮一般应不小于 15 m。

(2) 卷扬机安装完毕, 必须经特种设备检验检测机构检验, 完成空载、动载、超载试验, 并上报地

方政府特种设备安全监督管理部门备案。

(3)空载试验:不加载荷按操作中各种动作进行反复试验,确保安全防护装置灵敏可靠;动载试验:按规定的最大荷载动作进行多次试验;超载试验:在第一次使用前、大修后按额定载荷的 110%~125%逐渐加载进行试验。

(4)以动力正反转的卷扬机,卷筒部分方向应与操纵开关上指示的方向一致。

(5)卷扬机司机必须持证上岗,严禁无证操作、熟悉卷扬机的构造、技术性能和本安全操作规定,掌握保养和维修知识。

(6)每天使用卷扬机前,必须对卷扬机的钢丝绳、制动器、限位装置、断绳装置等进行检查,确认安全可靠后方可进行操作运行。

(7)卷扬机司机必须服从指挥员的指挥,在特殊情况下可以执行任何人发出的紧急停止信号。

(8)物件提升后,操作人员不得离开卷扬机,物件或吊笼下面严禁人员停留或通过。休息时应将物件或吊笼降至地面。

(9)在卷扬机制动操作杆的行程范围内,不得有障碍物或阻卡现象。

(10)钢丝绳在卷筒上必须排列整齐,作业中至少保留三圈;卷扬机作业时,不准有人跨越卷扬机的钢丝绳、严禁擅自离开岗位。

(11)每班必须对卷扬机各限位开关及遥控组件灵敏度进行检查,如发现灵敏度低或失灵及时修复。

(12)严禁酒后操作、操作时,操作人员严禁看书报杂志和闲谈、操作时任何人不准攀登机架、不准在无停靠装置的地方任意停靠装卸。

(13)作业完毕,应将提升吊笼或物件降至地面,并应切断电源,锁好开关箱。

4.2 灌浆平台的安全防护

(1)设置安全护栏。在灌浆升降台车周围设置 1.2 m 高的安全护栏,安全护栏使用架管或螺纹钢作为护栏主架进行焊接,在护栏上挂设安全网。

(2)设置安全标识。在台车安全护栏上分区域挂设安全标识,随时提醒施工人员注意安全。

(3)施工管路铺设。在铺设施工用风管路时,将所有管路用钢丝绳从上井口牵引向下铺设,并

将其固定在井壁上,防止因压力过大等原因摆动,威胁施工人员安全。送浆灌从井口向下安装,采用 $\Phi 25$ 钢编管也沿井壁垂直向下安装,随施工平台下降逐步向下拼接,并用电钻在井壁钻孔打入锚筋(或利用系统锚杆)并将送浆管与其固定在一起。

(4)钻灌交叉作业安全。因灌浆平台宽度限制,钻孔灌浆需交叉作业,在机械设备移动时,必须派专人进行指挥移动。

4.3 灌浆平台的拆除

(1)先拆除吊篮平台,其拆除顺序和安装顺序互为倒序,吊篮在钻灌台车移动到扩挖平台下方 1 m 处进行拆除,分片运至上平段。钻灌台车拆除时将整个平台下放至井底进行拆除,拆除的部件从井底运出,灌浆平台拆除作业时,施工人员需从井底进入,由井底专职人员指挥作业,同时,应对电气设备和管路、线路、机械设备等拆除加以保护。

(2)所有的构件尽量竖立调运,以防构件和垃圾物从高处坠落伤人。

(3)拆除钻灌台车较长、较重、有两端联结的部件时,必须两人以上一组进行;拆除水平构件时,需在拆除连接点后,保持水平托持取下,不得单人进行拆卸作业,避免因把持杆件不稳或失衡出现安全事故。

(4)拆除过程中如遇管线阻碍情况,不得随意割移管线,不得在立足点不稳的杆件上操作。

(5)在过程中涉及交接班时,拆除现场不得留下隐患部位。

(6)拆除作业人员必须系防坠落安全带,拆除过程中,应派专业人员进行现场指挥,安全监理人员进行旁站监督,共同负责拆除工作的全部安全作业。

5 结 语

该水电站压力钢管上竖井灌浆施工采用可垂直上下移动的钻灌台车作为施工平台和载人吊篮组成钻灌施工平台提升系统,成功解决了竖井灌浆人员、材料的安全运输问题。在压力钢管竖井固结灌浆施工中,安全稳定、保质按期完成了施工任务。同时也降低了施工成本,提高了施工效率,改善了作业环境,满足了职业健康安全方面的要求。升降式钻工平台提升系统的成功安装、运行,在经济、工期、安全生产管理方面,较满堂排架施

工平台优势明显,在类似工程中值得推广。

参考文献:

[1] 杨韩刚. 锅浪跷水电站引水隧洞取水口闸门竖井开挖和支护方案概述[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2018, (2): 3: 13-15.
 [2] 张兵, 杨茂. 竖井升降式钻灌施工平台的研制与应用[J]. 中国水电三局施工技术, 2020, (1): 12-17.
 [3] 卢立春, 叶仕国, 邱捷宁. 浅析竖井台车在混凝土浇筑施工中的应用[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2013, (33): 85-

88.
 [4] 罗宝湘. 深大竖井施工及设备配置探讨[J]. 城市建设理论研究, 2013, (04): 121-123.
 [5] 刘红旗. 龙潭隧道深大竖井衬砌混凝土滑模施工技术[J]. 铁道建筑, 2007, 12(47): 96-99.

作者简介:

韩小利(1985-), 男, 内蒙古赤峰人, 工程师, 学士, 从事水电站项目施工现场安全环保管理工作。

(责任编辑: 卓政昌)

(上接第 80 页)

表 7 高程精度、高程较差及稳定性检验结果

点名	精度 /mm		最小二乘检验			T 检验		
	2021 年	本次	较差 /mm	限差 /mm	结论	t 值	临界值	结论
BM04-1	±1.0	±0.44	0.0	2.19	稳定	0.00	1.96	稳定
G _{01x}	±0.9	±0.78	6.5	2.38	不稳定	5.46	1.96	不稳定
G _{02x}	±1.0	±0.60	-2.4	2.33	不稳定	2.06	1.96	不稳定
G _{03x}	±0.7	±0.72	0.1	2.01	稳定	0.10	1.96	稳定
G _{04x}	±1.0	±0.50	0.4	2.24	稳定	0.36	1.96	稳定
G _{05x}	±0.5	±0.41	0.6	1.29	稳定	0.93	1.96	稳定
G _{06x}	±0.9	±0.21	-0.2	1.85	稳定	0.22	1.96	稳定

表 8 水平位移监测网的稳定性检验结果

点名	点位精度 /mm		最小二乘检验			T 检验		
	2021 年	本次	较差 /mm	限差 /mm	结论	t 值	临界值	结论
G ₀₁	0.0	0.7	25.8	1.3	不稳定	39.63	1.96	不稳定
G ₀₂	0.5	0.3	1.3	1.2	不稳定	2.16	1.96	不稳定
G ₀₃	0.7	0.5	13.3	1.7	不稳定	15.94	1.96	不稳定
G ₀₄	0.4	0.4	0.7	1.1	稳定	1.30	1.96	稳定

点位精度为 ±0.7 mm, 测距中误差为 ±(0.33 mm+0.56 ppm×D), 精度最弱边的边长比例误差为 1/339 557; 复测精度达到了一等监测网的要求。

应用 T 检验法和最小二乘测量平差法分析了各监测网点的稳定性, 结论为 G₀₁、G₀₂、G₀₃ 等三点不稳定, 其余各点稳定。

本次大坝监测网复测方案合理、结果准确、结论正确。建议后续监测时使用本次复测成果, 并在日常工作中加强监测网点的保护和网点成果的检查, 确保监测成果的精度和可靠性。

参考文献:

[1] 国家能源局. DL/T 5259-2010, 土石坝安全监测技术规范[S]. 北京: 中国电力出版社, 2010.
 [2] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 中国国家标准化管理委员. GB/T 12897-2006, 国家一、二等水准测量规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.

[3] 中华人民共和国水利部. SL 197-2013, 水利水电工程测量规范[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2013.
 [4] Leica TS60/MS60/TM60 用户手册 4.0 版.
 [5] 国家能源局. DL/T 5178-2016, 混凝土坝安全监测技术规范[S]. 北京: 中国电力出版社, 2016.
 [6] 刘明波, 何为聪, 鹿恩锋. TM30 全站仪精密测距的相对湿度修正[J]. 西北水电, 2018, (2): 30-31+57.
 [7] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 中国国家标准化管理委员会. GB/T 16818-2008. 中、短程光电测距规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.

作者简介:

白雷雷(1985-), 男, 蒙古族, 四川成都人, 学士, 从事水电站工程建设工作。

(责任编辑: 卓政昌)