

水布垭水利枢纽滑坡体综合治理施工技术

李吉林¹, 乔 真²

(1. 中国水利水电基础工程局, 天津 301700; 2. 山东大学经济学院, 山东 济南 250100)

摘要 针对水布垭工程较突出的环境地质问题, 结合工程施工实际情况, 介绍了水布垭坝址下游 5 个主要滑坡体的综合治理方案: 抗滑桩施工、锚索施工、削坡减载、覆盖层明挖和排水施工等。重点阐述了拉锚抗滑桩和锚索施工的施工方法及工艺。从后期安全监测资料分析, 治理后的滑坡体处于稳定状态, 说明所采用的施工技术是有效的。

关键词 滑坡治理; 抗滑桩; 锚索; 水布垭水利枢纽

中图分类号 TV61 TV698.2⁺32

文献标识码 B

文章编号 1006-7647(2005)06-0056-04

Construction technique for comprehensively harnessing of landslide in Shuibuya Hydro Project/LI Ji-lin¹, QIAO Zhen²
(1. Sinohydro Foundation Engineering Corporation, Tianjin 301700, China; 2. School of Economics, Shandong University, Jinan 250100, China)

Abstract: Based on the special environmental and geological characteristics at the dam site of the Shuibuya Hydro Project and the reality of project construction, an introduction was given to the construction schemes for comprehensively harnessing of the five landslides below the Shuibuya Dam, including anti-slide pile construction, anchor cable construction, slope cutting and load reduction, open-cut overlying stratum, and drainage construction, with emphasis placed on the former two techniques. The analysis of safety monitoring data shows that the landslides after harnessing are in stability, verifying the effectiveness of the construction technology adopted in the project.

Key words: landslide harnessing; anti-slide pile; anchorage cable; Shuibuya Hydro Project

1 工程概况

水布垭水利枢纽位于湖北省巴东县境内, 属清江中游河段, 是清江中下游梯级开发的最上一级工程, 也是清江流域综合利用开发的龙头工程, 具有发电、防洪以及其他综合效益。工程主要建筑物为混凝土面板堆石坝、左岸溢洪道、右岸地下式电站和放空洞等。面板坝最大坝高 233 m, 水库正常蓄水位 400 m, 总库容 45.80 亿 m³, 电站装机容量 1 600 MW, 多年平均年发电量 39.20 亿 kW·h。

水布垭坝址下游东西向河段两岸共分布有 8 个滑坡体, 它们是大岩淌滑坡、台子上滑坡、古树包滑坡、庙王沟滑坡、瓦屋场滑坡、水井坪滑坡、马岩湾滑坡和沈家坡变坡。由于地质情况不同, 形成滑坡体的原因多种多样, 5 个主要滑坡的成因简述如下: ①沈家坡变形体由堆积在斜顺向坡上的第四系松散堆积体发展而成, 诱发变形的主要原因是 2 号公路路基开挖, 在坡体前缘切脚, 堆积体顺向临空, 加之暴雨

影响, 致使变形体中部发生多起裂缝^①; ②大岩淌滑坡体在天然状态下是稳定的, 溢洪道水垫池开挖和泄洪雾化以及水流冲刷对其稳定造成了影响; ③瓦屋场滑坡为一堆积层牵引式滑坡^①, 从平面上看大体呈“靴状”, 从原始地貌上可以看出, 瓦屋场滑坡具陡—缓—陡的地形特征; ④溢洪道泄洪形成的雾化雨、泄洪水流对马岩湾滑坡体前缘形成冲刷, 可能导致滑坡体前缘失稳; ⑤影响台子上滑坡稳定的主要因素是溢洪道泄洪雾雨。

2 滑坡体治理方案

由于各滑坡成因不同、影响各异, 采用不同的工程处理措施对滑坡进行整治。沈家坡变坡整治工程主要包括抗滑桩施工、钢绞线桩锚索施工和变形体削坡; 大岩淌滑坡整治主要包括削坡减载、覆盖层明挖、地表排水、地表防渗、地下排水、拉锚抗滑桩施工等工程措施; 瓦屋场滑坡治理措施主要有抗滑桩施工、地表排水、覆盖层明挖、公路路面修复等; 马岩湾

作者简介: 李吉林(1977—), 男, 天津人, 助理工程师, 从事水文地质与工程地质研究。

①水利部长江水利委员会清江地质大队. 水布垭水利枢纽可行性研究第三篇: 工程地质, 1998.

滑坡治理措施包括地表排水、地下排水、一期抗滑桩施工、二期抗滑桩施工和护岸工程 ;台子上滑坡治理措施包括地表排水、地下排水、护岸工程 .

归纳起来 ,结合水布垭滑坡体形成原因及相关地质条件特点 ,滑坡整治主要包括拉锚抗滑桩施工、锚索施工、削坡减载、覆盖层明挖、地表排水、地表防渗、地下排水等治理措施^[2] .

3 施工方法及工艺

3.1 拉锚抗滑桩施工

按设计结构要求不同 ,水布垭抗滑桩断面有圆形和矩形两种 ,圆形断面一般直径为 3 m ,矩形断面尺寸从 1 m×2 m 到 2 m×3 m 不等 .从现场施工情况看 ,直径为 3 m 的圆形断面和断面尺寸为 2 m×3 m 的矩形断面这两种抗滑桩在施工进度、施工安全、工程效益等方面相对有利 .

抗滑桩施工一般分序进行 ,I 序桩施工完毕才能开始 II 序桩的施工 .

3.1.1 施工工艺流程

抗滑桩施工一般采用人工挖孔、机械出渣的施工 ,其工艺流程见图 1 .

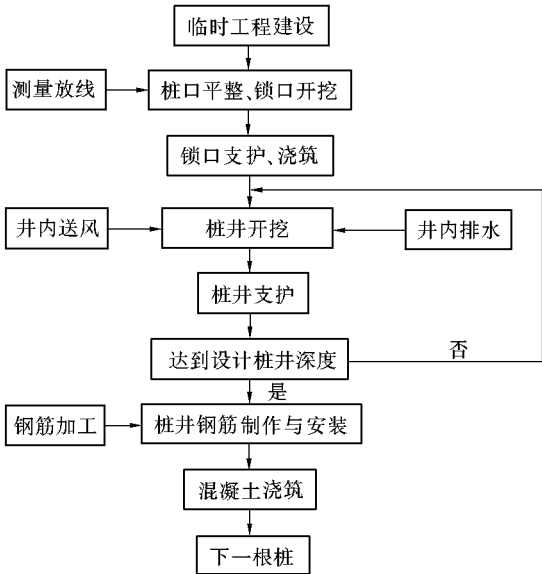


图 1 抗滑桩施工工艺流程

3.1.2 桩井开挖

抗滑桩桩井开挖自上而下分段进行 .先进行桩口平整和锁口的开挖 ,及时立模浇筑锁口和桩口平台 ,桩井按循环单元开挖 ,开挖到设计循环单元桩深后 ,即进行桩井支护 ,以确保井壁的稳定 .在开挖过程中采取排水、照明和必要的通风措施 ,随时监视井壁稳定 ,保证施工人员、设备的安全 .

桩井开挖施工包括测量放线、土方井挖、石方井挖、井壁支护、井内排水、照明、通风等工作内容 .

a. 施工测量 .根据设计图纸进行现场放样定位 ,桩井中心位置纵横坐标允许偏差为 200 mm .在桩口开挖之前进行测量放线确定桩位中心点 ,准确测量挖桩位置 ,定出开挖边界线 ,确定锁口位置 ,在锁口内壁上设置桩轴线点和高程点 .在每级模板支立稳固之前进行测量 ,以保证井壁垂直度满足设计要求 .通过锁口内壁设置的桩轴线点 ,利用细线和重锤根据垂直十字交叉原理进行桩位复核 ,达到控制中心偏差满足设计要求的目 的 ;及时检测支立好的模板有效长度 ,使之满足设计要求 .

b. 桩井开挖 .桩井开挖施工顺序为 :土(石)方井挖→出渣桶装渣→卷扬提吊→人工现场转运→自卸汽车运到弃渣场 .为防止井壁倒塌和保证井口安全 ,桩井开挖以每 1.0 m 左右深度作为开挖循环单元 ,即每开挖 1.0 m 左右进行一次支护 .另外在桩井口设置排水沟 ,保证地表水排泄畅通 ,以防流入桩井内 .对采用镐、钎不易破碎的基岩地段 ,采取风钻钻眼、小药量爆破、毫秒雷管起爆的方法进行破碎开挖 .为保证井壁的稳定 ,单眼装药药量不宜超过 0.75 kg ,炮眼呈梅花形布置 ,且边排炮眼距开挖边界不少于 80 cm .爆破后及时往井内送风 ,以保证井内灰尘尽快散去 .桩井开挖弃渣采用 0.5 m³ 吊斗和桩口卷扬提吊 ,临时堆放在桩井附近场地 ,定期进行渣土外运 .同时 ,在井内设置安全防护板和桩口焊制防护栏 ,见图 2 .

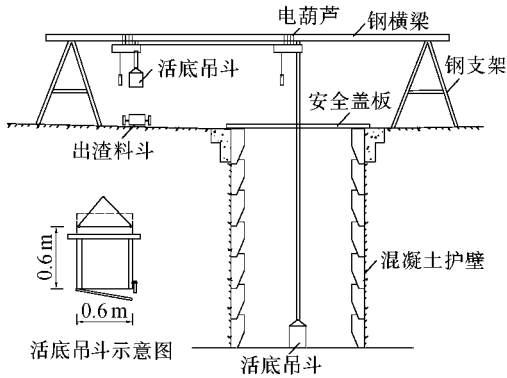


图 2 桩井开挖示意图

c. 施工排水 .桩井内排水有两种方案 :其一 ,桩深不超过 5 m 且渗水量不大 ,采取井内直接人工排水 ;其二 ,桩井较深或渗水量较大的桩井 ,采用潜水泵排水 .所有排水均通过专用管道输送至主排水沟 ,从而流出滑坡体外 .

d. 桩内供风 .在开挖过程中 ,当开挖深度超过 10 m 或根据地层实际情况 ,采用 6 m³ 通风机通过专用管道向桩井底部输送新鲜空气 ,以保证正常施工 .采用软管供风时 ,宜间隔一定长度固定在护壁上 ,同时需随深度调整其长度 ,保证供风顺利到达桩底 .

e. 桩井内照明. 桩井内照明采用 36 V 的电源. 自桩口配电箱内电源线直伸至桩井内. 电源线必须固定在桩口和桩壁上, 以保证不妨碍施工. 同时, 随着桩井的加深, 照明用的电源线也必须随时加长, 电线及灯泡必须做好防潮防漏电的措施. 灯泡用外罩, 以满足防护要求.

3.1.3 桩井支护

抗滑桩在桩口平台下 1.0 m 处进行锁口钢筋的制作与安装. 抗滑桩断面大小及桩深不同, 井壁支护钢筋型号也有所不同, 主筋一般为 $\varnothing 14 \sim 20 @ 300$, 箍筋一般为 $\varnothing 8 \sim 14 @ 200$. 模板采用钢模板, 支立模板时, 必须做到其垂直度、有效净距和桩位偏差符合设计要求. 锁口壁厚度一般为 30 ~ 50 cm, 井壁混凝土通常采用 C20 混凝土现浇而成, 浇筑锁口必须高出原地面 30 cm 左右, 以利于地表水的排放. 同时, 在高出原地面部分的水平锁口处视具体情况可配纵、横向钢筋, 箍筋一般为 $\varnothing 12 @ 200$. 成型后的桩锁口平台宽 1 m, 混凝土平台外侧为排水沟.

抗滑桩在覆盖层中进行桩井开挖时, 可能会遇到含水量较为丰富和结构比较松散的地层, 易发生井壁坍塌. 由于滑坡体大多处在失稳状态, 故在桩井开挖时, 必须进行完善的井壁支护. 通过水布垭抗滑桩施工情况的比较, 以钢筋混凝土现浇护壁方案为主, 进行井壁的支护. 井壁支护方案有直壁现浇式和内齿现浇式等, 对于含水量较为丰富、渗水量较大和结构比较松散的地层, 多采用内齿现浇式. 对于比较破碎的基岩段, 可根据揭露出的地质条件采用内齿式钢筋混凝土支护或喷锚支护方案. 桩井支护采用钢筋混凝土, 一般采用单层钢筋即可满足要求. 在特别松散的地层或覆盖层开挖过程出现井壁大面积坍塌时, 除在浇筑护壁混凝土前增加配筋率外, 还须在开挖断面延伸井壁处采取其他加固措施, 以提高其稳定性.

3.1.4 钢筋制作与安装

待桩井开挖验收合格后, 人工把主筋、箍筋运到桩井旁, 以人工和机械相配合的方式下放钢筋到桩井内, 然后在桩井内进行钢筋制作与安装.

桩井钢筋安装自桩底开始, 采用人工下设分层连接的方式. 主筋一般采用套筒机械连接方式. 箍筋间距误差不大于 20 mm. 箍筋和主筋一般通过绑扎方式连接.

3.1.5 混凝土拌和和浇筑

在混凝土浇筑之前, 将桩底清理干净, 清除松动岩石和渣物, 同时, 做好桩井内渗水量的控制. 随后即平铺一层 2 ~ 3 cm 的和桩体混凝土标号相同的水泥砂浆, 并使砂浆与混凝土强度相适应.

桩体混凝土浇筑时, 将搅拌机安装在桩孔旁进行混凝土搅拌, 搅拌好的混凝土直接倒入安装在桩口处的漏斗, 漏斗下方安装可拆卸的串桶直接通到距桩底 1.0 m 处. 串桶随混凝土浇筑面的上升, 随时从下部逐节拆卸, 但要保证串桶距离混凝土面高度不超过 1.5 m, 且不低于 1.0 m.

混凝土浇筑过程中, 应经常在搅拌机出料口检查混凝土的坍落度. 混凝土要分层浇筑, 每上升 50 cm 高度即进行振捣, 振捣时注意振捣圆形桩的四周和抗滑面钢筋布置比较密的部位. 桩身混凝土应连续浇筑不留施工缝. 桩顶混凝土可用麻袋、草帘加以铺盖并浇清水养护 7 d 以上.

3.2 锚索施工

a. 钻孔. ①钻孔孔深不超过设计深度值 0.5 m, 钻孔倾角、方位角用罗盘测量, 开孔偏差小于 10 cm. ②钻孔设备: MD-50 型钻机(MGJ-50 型钻机), DHD 中风压冲击器.

b. 静水试验及洗孔. ①钻孔完毕, 向孔内注水, 用万用表测量水位并计算孔内渗漏量, 符合标准后进行洗孔. ②将洗孔器伸入孔内, 通过大流量、压力水流, 反复冲洗孔壁, 直至回水清净, 以保证孔壁清洁.

c. 束体制作. 锚索束体在特制平台上组装, 其程序如下: ①钢绞线下料: 采用砂轮机切断钢绞线, 切口整齐无散头. 下料长度考虑到孔深、混凝土锚墩厚度、锚垫板厚度、千斤顶长度、工具锚和工作锚的厚度, 并适当留有余度. ②内锚段去皮洗油: 采用电工刀锯口、人工拉拔方法去皮, 洗油时采用专用工具将钢绞线松开, 用汽油逐根清洗, 用干净棉纱擦干, 使钢绞线表面无油膜. ③编制锚束体: 钢绞线和灌浆管之间用隔离支架分离, 支架间距内锚段为 1 m, 自由段为 2 m, 两对隔离支架间绑扎一道无锌铅丝, 使束体成枣核状, 绑扎时保证钢绞线没有交叉. ④灌浆管平顺、通畅, 没有破损. ⑤为便于灌浆后对外锚固段钢绞线 PE 护套进行去皮, 在距孔口 10 cm 的位置用电工刀环向切割钢绞线 PE 护套, 然后用胶带对分割口进行密封.

d. 束体安装. ①束体入孔采用人工推送方法, 束体曲率半径大于 3 m. ②束体入孔时, 匀速送入孔道, 并防止束体扭转.

e. 锚索注浆. 在束体安装完毕后, 即可进行锚索注浆: ①注浆浆体采用早强、高强、微膨胀锚固浆体, 浆液配比通过试验确定. ②注浆设备: UBJ2.0 型挤压泵, JW180 砂浆搅拌机. ③注浆采用水下注浆法, 灌浆过程中适时上拔灌浆管, 但不能拔出液面, 以保证灌浆效果. 当孔口返浓浆后再维持 5 ~ 10 min

即可结束注浆。

f. 锚墩施工.按设计要求进行钢筋网片、插筋、钢垫板安装,架立模板,垫座钢筋与插筋焊接牢固,孔口管轴线与钻孔轴线重合,钢垫板承压面与孔口管轴线垂直.经验收合格后,开仓浇筑混凝土。

g. 锚索张拉.浆体达到配比强度的 70% ~ 80%,即可进行张拉.张拉过程中,当达到每一级控制力后稳压 5 min 即可进行下一级张拉,同时量测伸长值.达最后一级张拉后,稳压 10 min 即可锁定。

3.3 其他措施

a. 削坡减载、覆盖层明挖.采用挖掘机进行清理开挖,土方开挖从上至下分层分段依次进行,施工中按设计边坡要求削坡并及时修挖排水沟和集水坑,确保集水及时排出.石方开挖在建基面以上留 20 cm 厚保护层,采用人工开挖,平整。

b. 地表排水、地表防渗.地表排水工程主要为沿滑坡边线外设置的周边排水沟和在滑坡体表面设置的纵、横向排水沟,拦截滑坡外围和坡面汇水.排水沟一般设置在表土层,采用人工开挖,岩石部位采用手风钻钻孔,火炮爆破开挖.排水沟砌筑材料由汽车运至滑坡施工区,人工搬运至现场.地表防渗混凝土喷护工艺为:清理松动块石→锚杆施工→钢筋网制作→喷护→混凝土养护.混凝土喷护由专门拌和及喷护设备进行,先喷 1 层(厚 5 cm),再逐层喷护至

(上接第 51 页)在设计时对用作坝体堆石料的库盆开挖料的特性既进行了常规试验,也进行了多项专门研究.其中专项研究除上述两个特殊问题外,还有泥岩的耐崩解性试验、堆石料现场碾压试验、模拟施工过程的堆石料新型现场大型直剪试验^[6],以及带探索性的堆石料流变特性的室内试验研究,等等.这些试验的成果表明,在采取了适当的结构和施工措施后,上库库盆开挖料的性能可以满足主坝坝体稳定和应力变形要求.主坝坝体堆石料可以不必另行开辟库外料场,从而可以节约大量工程投资。

由于选址等原因,抽水蓄能电站上水库(有时还有下水库)的堆石坝建在倾斜建基面上的情况并不罕见.本工程对坝体堆石料研究的成果,特别是其中揭示的某些带有规律性的认识,对今后同类工程的设计具有参考价值。

参考文献:

- [1] 肖贡元,傅方明.江苏宜兴抽水蓄能电站上水库工程的设计创新[A].上海勘测设计研究院.工程实践回顾与总结——院庆 50 周年论文集[C].北京:中国水利水电出版社,2004.27—33.

设计厚度。

c. 地下排水.地下排水主要根据现场情况布设纵向和横向排水洞.排水洞一般断面较小,采用全断面一次开挖,周边光面爆破.开挖过程中,根据地质情况,及时进行支护。

4 结 语

水布垭水电站坐落于山区狭谷型河谷地区,地质条件非常复杂,坝区滑坡分布集中,而且受场地狭窄影响,工程布置和施工往往会对滑坡体产生不同程度的扰动,加剧了滑坡体的变形和破坏.从目前的情况看,针对这些滑坡体所采取的处理措施起到了相应的作用,提高了滑坡体的安全系数.但由于滑坡成因复杂,不同的工况下滑坡体的稳定也会发生变化,因此在工程治理完成后还必须加强监测,以便对滑坡体的长期稳定性做出正确评价。

参考文献:

- [1] 荣海北.三河闸下游北岸滑坡原因分析及处理[J].水利水电科技进展,2003,23(5):54—55.
[2] 李爱荣,张劲松,郭中华.丰都楠竹滑坡体稳定性分析及治理[J].河海大学学报(自然科学版),2001,29(增1):228—230.

(收稿日期:2005-03-22 编辑:骆超)

- [2] 陈明致,金来卿.堆石坝设计[M].北京:水利出版社,1982.491—493.
[3] 史立山.堆石料与基岩之间抗剪强度研究[J].土石坝工程,1995(4):21—25.
[4] SL237-1999 土工试验规程[S].
[5] GBJ25-90 湿陷性黄土地区建筑规范[S].
[6] 刘斯宏,肖贡元,杨建州,等.宜兴抽水蓄能电站上库堆石料的新型现场直剪试验[J].岩土工程学报,2004,26(6):772—776.

(收稿日期:2005-03-11 编辑:马敏峰)

