

洛古水电站厂区后边坡滑坡体的治理及监测分析

王 荣, 赵启强, 李旺盛

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 成都 610072)

摘要:介绍了洛古水电站后边坡滑坡体治理的施工和监测情况。通过对埋设仪器采集的数据进行分析,对边坡采取抗滑桩、预应力锚索、混凝土框格梁和锚喷等方式进行综合治理后,滑坡体趋于安全稳定,其位移及变形均在允许范围之内,锚索预应力损失较小,加固作用明显。

关键词:滑坡体治理;施工;监测;分析;洛古水电站

中图分类号:TV52;TV7;TV522;TV547.5

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2015)02-0014-04

1 工程概述

洛古水电站为西溪河流域两库五级电站中的第二级,装机容量为110 MW,多年平均发电量为4.662亿kW·h。坝址位于四川省昭觉县洛古乡,距昭觉县城约18 km,厂址位于布拖县联补乡,距坝址25 km。洛古水电站厂区后边坡位于压力明管~蝶阀室左侧约200 m处。该区被第四系堆积物覆盖,下伏基岩为雷口坡组灰岩、泥灰岩、泥岩和须家河组砂岩、泥岩。土层厚度一般为20~50 m,最厚处达70 m以上,总体上覆盖层厚度在边坡上部较薄,往下逐渐增厚,边坡北部较厚,南部较薄;基岩岩性为深灰色泥灰岩、灰岩、白云质灰岩、白云岩夹灰绿、灰黄及紫红色泥岩、泥质砂岩,中厚层状。电站建成后,厂区后侧边坡多次出现小型滑坡现象。为保证压力钢管及电站厂房的运行安全,经业主单位决定,我部于2010年

12月~2011年12月对该部位滑坡体进行了全面治理。

2 滑坡体治理方案

在对洛古水电站厂区后边坡长期监测资料进行分析后确定了滑坡体治理方案。首先对该区域滑坡体削坡减载,对坡体的松散覆盖层进行清理并按一定坡度进行削坡处理。削坡完成后,对边坡高程1936 m以下的区域采用预应力锚索+抗滑桩进行治理,预应力锚索布置在抗滑桩悬臂连系梁上,与抗滑桩形成整体起挡护作用;对高程1936 m以上的土质边坡采用预应力锚索+框格梁进行防护,预应力锚索布置在网状框格梁节点上;对坡面松散、破碎岩层部位采用挂网+喷混凝土方式进行防护,并在开挖开口线处设置锁口锚筋桩。边坡滑坡体治理的主要工程量见表1。

表1 滑坡体治理主要工程量表

项目	土石方开挖 /m ³	预应力锚索 /根	排水孔 /m	锚杆 /根	锚筋桩 /根	喷混凝土 /m ³	井挖 m ³	混凝土 /m ³	钢筋/t
工程量	13 378.9	27	1 848	567	59	546.7	1 638	2 834.8	343.2

3 主要施工方法

3.1 抗滑桩施工

抗滑桩布置于边坡高程1920 m的马道上,设计为单排,桩中心间距为7 m,共7根,桩为断面尺寸2 m×3 m的矩形截面桩,抗滑桩开挖深度均为25 m,桩顶采用连系梁连接,连系梁断面尺寸为0.8 m×1.5 m。桩孔开挖断面为2.6 m×3.6 m,护壁C20混凝土厚30 cm。

抗滑桩开挖采用人工挖孔,分两序进行施工,先开挖1#、3#、5#、7#桩孔,再施工2#、4#、6#桩孔。开挖时,桩内弃土使用简易的人字扒杆配卷扬机提升。桩孔开挖时采用钢筋混凝土护壁,护壁高度根据土(岩)层类别确定,一般为1~2 m,不宜超过2 m,护壁厚度为30 cm。桩孔开挖至设计深度并经验收合格后即可进行孔内钢筋骨架的制作与安装,混凝土按要求使用串筒和泵送,导管入仓,人工振捣,每桩连续浇筑至顶部。

收稿日期:2015-02-15

3.2 框格梁施工

框格梁主要布置于边坡高程 1 936 m 以上,间距 400 cm × 400 cm,断面尺寸为 40 cm × 50 cm,嵌入坡面土(岩)体 20 cm。框格梁采取分片施工,在两相邻框架接触处设置 2 cm 宽伸缩缝并用沥青木板填塞。框格梁基础凹槽采用人工开挖,对岩石边坡部位使用风镐开凿。横梁、竖肋基础开挖成型后,先采用 5 cm 厚水泥砂浆调平,再进行钢筋制作、安装。混凝土浇筑采用人工组立钢(木)模板,混凝土料由溜槽或混凝土输送泵结合溜槽入仓,人工平仓振捣密实,混凝土浇筑后及时按要求进行养护。在框格梁节点处布置有预应力锚索的部位待混凝土强度达到规定值后方可进行锚索张拉。

3.3 预应力锚索施工

预应力锚索布置于边坡高程 1 920 m 以上,在 1 920 ~ 1 936 m 间每根抗滑桩连系梁顶部各设置 1 根 1 000 kN 级无粘结预应力锚索,锚索长度 $L=20 \sim 40$ m,共布设 7 根;高程 1 936 m 以上在框格梁节点处设置 750 kN 级无粘结预应力锚索,间排距 4 m,锚索长度 $L=20 \sim 40$ m,共布设 20 根。

连系梁或框格梁混凝土达到设计强度要求后,确定锚索孔位,采用锚固钻机进行风动钻进成孔,设计要求锚索锚固段应深入弱风化岩层 3 m 以上。施工中的钻孔深度、终孔位置则根据钻出的岩石渣样进行判定。锚索自由端在滑坡体的土层内,为保证锚索体顺利下孔,采用高压风清除孔内的岩粉。1 000 kN 级预应力锚索采用 7 根($\phi 15.24$)低松弛高强度预应力钢绞线,750 kN 级预应力锚索采用 5 根($\phi 15.24$)低松弛高强度预应力钢绞线,按要求分成内锚段、张拉段和外锚头 3 部分。锚索制作完成后由人工将锚索体下入孔内,然后调整导向帽位置,使其距孔底 50 cm。锚索安装到位后进行全孔一次性灌浆,灌浆采用 P. O42.5 级普通硅酸盐水泥、水灰比为 0.4:1 的纯水泥浆进行灌注,其 28 d 的抗压强度等级应不低于 M35,灌浆压力采用 0.4 MPa,闭浆压力为 0.5 MPa,闭浆时间为 15 min,灌浆结束标准为孔内不再吸浆为止。灌浆过程中采用灌浆自动记录仪进行监测、计量。

注浆完成后待凝,在锚固段浆体达到设计强

度后进行锚索张拉、锁定,使预应力锚索与抗滑桩、框格梁共同形成边坡支护整体。

3.4 挂网、喷混凝土施工

厂房后边坡整个坡面均采用挂网、喷混凝土支护,钢筋网为 $\phi 8$,间距 20 cm × 20 cm,喷混凝土厚度为 10 cm。挂网、喷混凝土施工前,先将坡面的松散岩块、浮渣以及杂草等清除干净。挂网喷混凝土采用先喷 3 ~ 5 cm 厚素混凝土,再挂网,再喷面层混凝土的方法。施工时,钢筋网要与坡面的锚杆连接牢固。

4 边坡监测仪器的埋设及成果分析

4.1 监测仪器的布置与埋设

根据设计图纸要求,在 2#、6# 抗滑桩上安装了 8 支钢筋计,2# 抗滑桩内安装了 12 只土压力盒,在抗滑桩旁边钻了 2 个测斜孔,安装了测斜管,并在 1#、5# 锚索上安装了两支测力计进行锚索张拉力监测。钢筋计布置在短边和短边外侧中间的受力钢筋上。

(1) 测斜孔的安装与埋设:采用 XY-2 地质钻机进行钻孔,孔径为 $\phi 110$ 。为了保证测斜管准确安装到位,钻孔时按照每 10 m 多钻深 0.5 m,总深度超出设计要求 1 m 进行钻进。钻头钻到预定位置后不要立即提钻,而需将泵接到清水里向下灌清水,直至回水澄清为止,提钻后立即进行安装。安装时采用插入连接法,安装完成后进行方向调整,同时采用 M10 砂浆回填。

(2) 钢筋计的安装:钢筋计焊接在钢筋笼主筋上且当作主筋的一段,焊接面积不少于钢筋的有效面积。在焊接钢筋计时,为避免热传导使钢筋计零漂增加,需要采取冷却措施。

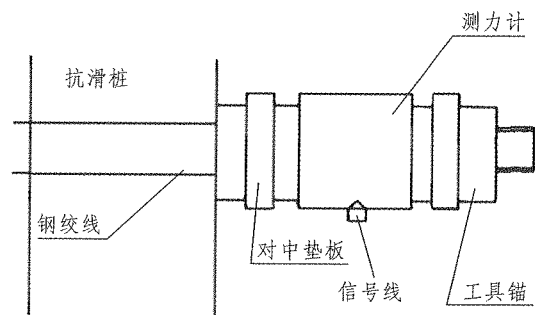


图1 锚索测力计安装示意图

(3) 锚索测力计的安装:锚索测力计与锚索安装同步进行。安装前,应检查锚垫板与锚束张

拉孔的中心轴线是否相互垂直,允许的垂直偏差范围为 $90^{\circ} \pm 1.5^{\circ}$ 。锚索测力计安装情况见图1。

4.2 成果分析

4.2.1 抗滑桩桩身位移监测及结果分析

在2#、6#抗滑桩中,每个桩均安装了1个测

斜管和4支钢筋计。采用数字式测斜仪对桩的深部位移进行了监测。2012年1~5月的抗滑桩位移监测成果见表2。

桩的内力-时间曲线分别见图2和图3。

表2 2012年1~5月抗滑桩(累计)位移统计表

桩号	时 间				
	2012年1月/mm	2012年2月/mm	2012年3月/mm	2012年4月/mm	2012年5月/mm
2#桩	3	9	2	2	3
6#桩	1	3	6	1	1

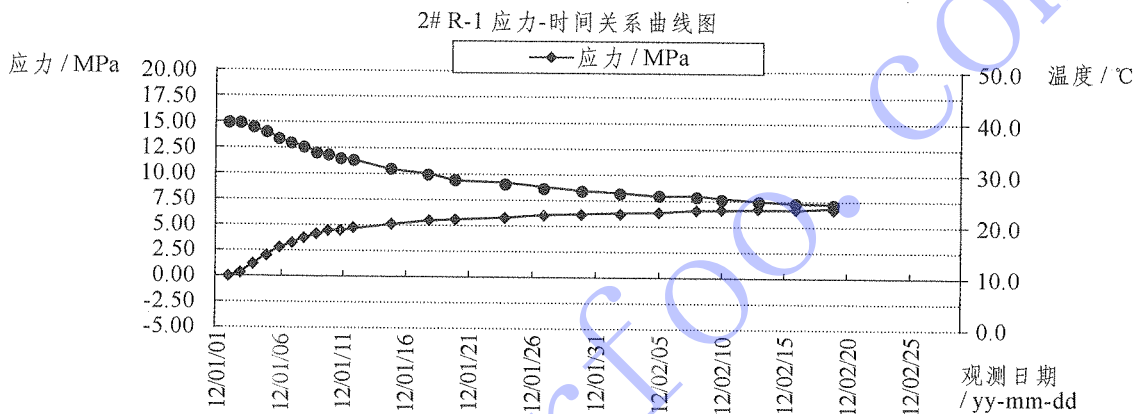


图2 2#抗滑桩内应力-时间关系曲线图

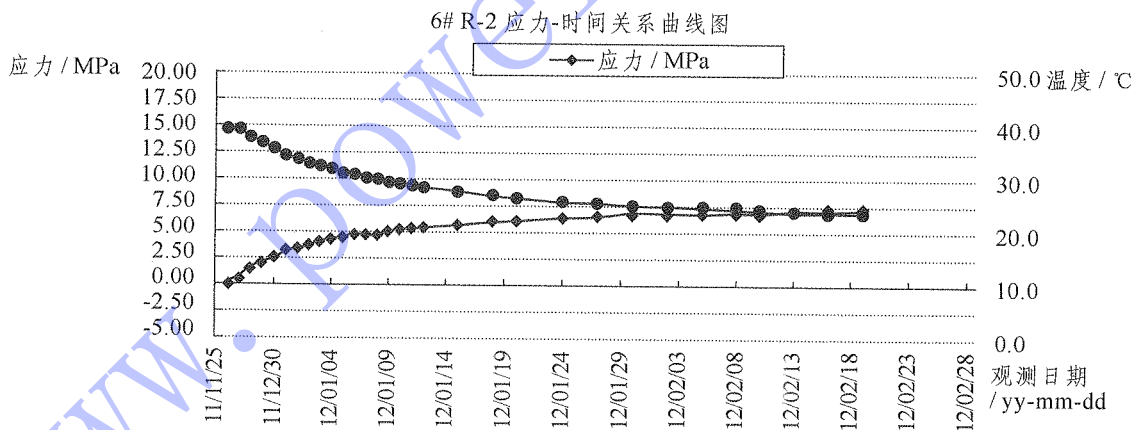


图3 6#抗滑桩内应力-时间关系曲线图

通过对监测成果进行分析得知:在桩后土体推力作用下,整个滑坡区2根受监测的抗滑桩没有太大的变形,基本处于稳定状态。监测显示:2#桩在2月份有突变,2月份以后趋于稳定;6#桩在3月份有突变,3月份以后基本趋于稳定状态。通过应力-时间关系曲线可以看出:随着时间的推移,其应力和温度在2月20日左右基本处于稳定状态。因此,抗滑桩的桩身位移和内部应力都在

设计要求范围内,取得了挡护的预期效果。

4.2.2 锚索预应力监测及结果分析

为客观评价预应力锚索对滑坡体的挡护作用,在1#、5#锚索孔上各安置有1支锚索测力计进行监测。图4为锚索预应力-时间关系曲线图。

从图4中可以看出,1#(DPMZ1-1)和5#(DPMZ2-1)锚索孔分别在张拉后5d、10d内的应力损失较大,达到了1%~1.5%,但其后随着

时间的推移应力趋于稳定,说明山体滑坡体蠕变现象得到了控制,山体趋于稳定,达到了设计初期的预期效果。

4.2.3 抗滑桩土压力监测及结果分析

在所选择的2#抗滑桩中的不同深度埋设了

12只土压力盒,在滑动面以上监测桩后土压力,在滑动面以下监测桩前土压力。通过桩身土压力的监测,了解了地下滑坡体的活动规律,为滑坡区治理措施的制定提供了依据。表3为2#抗滑桩2012年1~7月土压力监测数据表。

表3 2#抗滑桩2012年1~7月土压力监测数据表

压力盒号	压力盒埋设深度/m	测读日期						
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月
桩后	1	4.5	4.7	-0.8	-2.4	-3.9	-4.4	-5.5
	3	467.3	489.5	473.2	470.5	490.6	495.7	502.3
	5	311.2	314.2	317.5	326.7	329.4	330.2	334.9
	7	252.4	253.1	253.6	263.4	253.4	253.9	256.1
	9	51	75.4	99	116.1	140	160.3	190.2
	11	23	0	-6.2	-9.3	-10	-13	-13.2
桩前	2	-4	-10.4	-4.3	-6.6	-8.6	-9.5	-10.9
	4	22	23.6	25.7	28.3	25.6	29.1	33.1
	6	12	14.5	16.3	19.7	22.1	22.9	23.6
	8	100.2	103.6	106.4	116.5	125.6	140.3	140
	10	351.2	381.7	394.5	420.9	451	466.5	481.3
	12	336.4	337.4	336.9	338.1	338.2	337.3	336.9

抗滑桩内的土压力盒监测数据说明桩前土压力急剧变化的位置出现在桩顶以下19m处,正好处于设计初期推测的滑动面位置。同时,监测数据表明:桩前土压力上小、下大,在滑动面处急剧变化,表明抗滑桩的支挡作用明显。

5 结 语

(1)通过抗滑桩+预应力锚索挡护、预应力锚索+框格梁加固以及挂网喷混凝土等综合措施,成功的治理了洛古水电站厂房后边坡滑坡体,尤其在采用抗滑桩+预应力锚索组合治理方式

后,对坡体的蠕动起到了抑制作用。

施工后几个月的监测结果表明:洛古水电站厂区后边坡经过治理后,滑坡体没有出现新的滑移量,达到了预期效果。

作者简介:

王 荣(1981-),男,四川中江人,项目经理,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作的;

赵启强(1975-),男,四川巴中人,分局副总工程师,高级工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作的;

李旺盛(1987-),男,青海民和人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作的。(责任编辑:李燕辉)

(上接第14页)

机间与大坝、主机间与安装间、主厂房与副厂房之间均设置有变形缝。对于机组段永久变形缝的间距,根据其地基特性、机组容量大小、结构形式、气候条件等情况并经分析计算后采取三机一缝的布置形式,满足规范要求。厂房下部结构的变形缝缝宽2cm,上部结构根据《建筑抗震设计规范》GB50011—2001的要求缝宽为5cm,以满足抗震缝要求,缝中设止水铜片。

5 结 语

根据坝后式电站厂房特点,充分利用了厂坝空间,对电站厂区布置进行了各种方案的比较,最终确定了厂区布置方案,使其在满足工程安全运行的条件下能够节省工程投资。在厂址处于狭窄

的地形条件下,采用屋顶开关站出线可达到节省投资的目的。对于水电站厂房设计,厂内布置是关键,其布置方案则需要考虑使用功能要求、运行管理方便、内外交通要求、结构受力及工程量的节省等诸多方面因素。

参考文献:

[1] 顾鹏飞,喻远光.水电站厂房设计[M].北京:水利电力出版社.1985.

[2] 顾鹏飞,赵人龙.水工设计手册(第七卷)水电站建筑物[M].北京:水利电力出版社.1982.

[3] 水电站厂房设计规范,SL266-2001[S].

作者简介:

谭文华(1982-),女,重庆市人,工程师,从事水电工程设计与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)