

车邦亨上游水电站厂房设计

谭文华

(中国水利水电第十工程局有限公司,四川成都 610072)

摘要:根据坝后式电站厂房的特点,对厂区布置进行了各种方案的比较和结构设计,以便更加充分地利用厂坝空间,使其在满足工程安全运行的条件下能够节省工程投资。

关键词:坝后式厂房;厂区布置;结构设计;车邦亨上游;水电站

中图分类号:TV222;TV731;TV7

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2015)02-0011-03

1 工程概述

车邦亨上游水电站位于老挝沙湾拿吉省车邦县境内,为坝后式地面厂房,正常蓄水位高程 258 m,总库容 2 445 万 m^3 ,发电引用流量 55.2 m^3/s ,设计水头 38.5 m,总装机容量为 3×6 MW,工程等别为Ⅲ等,规模为中型,由混凝土挡水坝、溢流坝、引水发电系统、发电厂房及开关站组成。厂房主要建筑物有主厂房、副厂房及尾水渠等。工程区地震设防烈度采用Ⅵ度。

坝后式地面厂房位于主河床偏左岸的缓坡地带,地形坡度总体约为 $10^\circ \sim 15^\circ$,地面高程 225 ~ 235 m。厂房基础置于弱风化层中上部,岩体较完整。厂房地基允许承载力为 2.5 ~ 3.5 MPa,基础开挖深度为 10 ~ 23 m,无影响边坡整体稳定的不利结构面。

2 厂区布置情况

2.1 厂区布置方案比较

厂区建筑物包括主厂房、副厂房、尾水渠、开关站等。根据地形、地质条件及设备布置情况,对厂区布置形式做了两种比较:方案一:副厂房布置于主厂房上游侧厂坝空间;安装间布置于主机间左侧;开关站布置于副厂房左侧、安装间上游侧,主变压器布置在开关站内;进厂道路沿左岸尾水渠岸边进入厂区。方案二:安装间及进厂道路布置方式不变,将开关站、主变及副厂房均布置在主厂房上游厂坝空间。

从地形、地质方面分析,在方案一中,开关站及主变布置于左侧。由于左岸山体较高(开挖高度达 30 m),土石方开挖工程量较大且边坡处理

量也较大;从电气设备布置方面进行分析,方案一和方案二中的出线设备布置均较方便;从投资方面进行分析,两方案相比,方案一比方案二设备投资节约 60 万元,土建投资增加 80 万元。经综合分析,最终推荐方案二(即副厂房、开关站、主变均布置在上游侧厂坝空间),厂房布置情况见图 1。

2.2 开关站布置

开关站布置考虑了户外开敞式及户内 GIS 设备布置两种型式。户内 GIS 设备布置不受恶劣天气影响,占地面积和空间小,GIS 设备的安全性和可靠性较高,且设备安装周期短、检修周期长、维护工作量小、维护费用较低、巡视也方便。由于工程区地形较狭窄,两种布置方式总投资相差不大。经综合考虑以上因素,遵循技术先进、安全可靠、经济合理的原则,最终决定采用户内 GIS 设备布置型式。

3 厂房内部布置

3.1 主机间布置

主机间内共布置了 3 台单机容量为 6 MW 的混流式水轮发电机组,总装机容量为 18 MW,单机流量 18.5 m^3/s 。主机间尺寸为 42.1 m \times 16.5 m \times 36.05 m(长 \times 宽 \times 高),上游侧宽度为 9 m,下游侧宽度为 7.5 m,机组间距为 12 m。主厂房设 1 台 50/10 t 双钩桥式起重机,跨度 $L_k = 13.5$ m。水轮机安装高程为 221 m,发电机层高程为 229 m。主机间以发电机层高程为界分为水上、水下两部分。水上各部位高程为:柱顶高程 249 m,主机间桥机轨顶高程 243 m,尾水平台高程 234 m。主厂房水下各部位高程为:水轮机层高程 223

收稿日期:2015-02-15

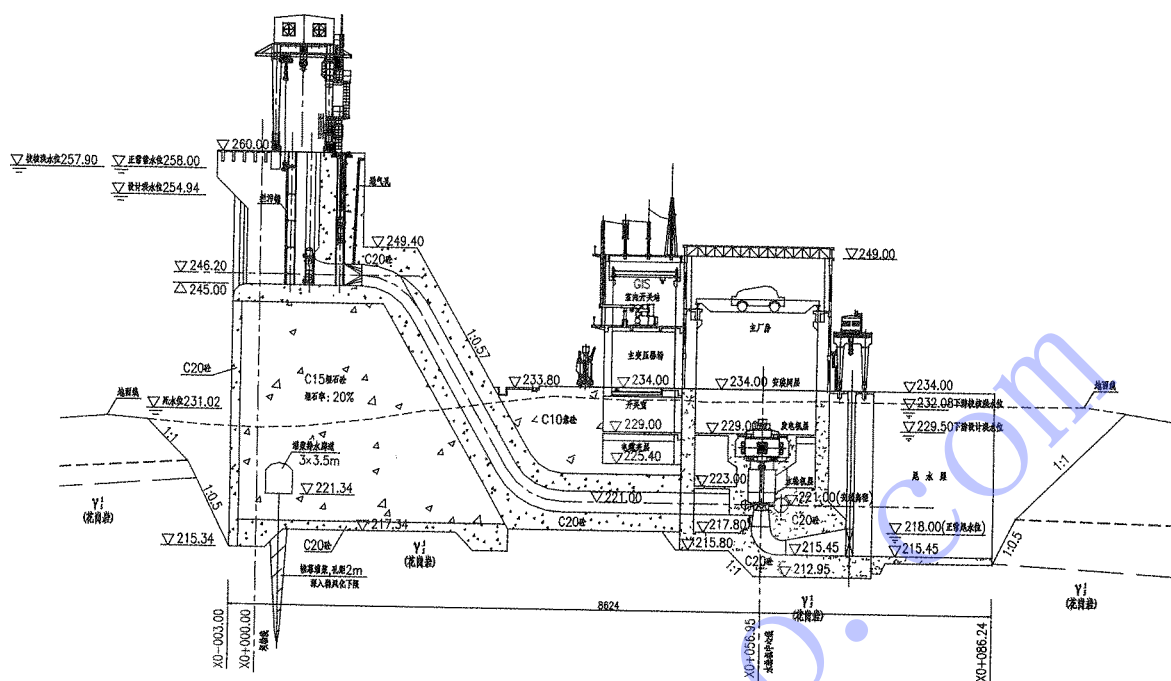


图1 厂房剖面示意图

m,蜗壳层高程221 m,尾水管底板顶高215.45 m,主机间建基面高程210.45 m。

3.2 安装间布置

安装间布置在主机间左侧,与主机间同宽,长12 m。因受下游洪水尾水位高于发电机层地面高程的影响,最终抬高了安装间高程。安装间底板高程同发电机层高程,为229 m。安装间分2层布置,下层底板高程为223 m,与水轮机层同高,主要布置绝缘油罐室、空压机房、转子检修墩;安装间地面高程为234 m。安装间可满足1台机组检修、安装和1台变压器检修的需要,其上布设有2.5 m×2.5 m吊物孔、转子墩检修孔、上吊车钢梯及消防设施,各类设备均采用公路运输至安装间左侧大门进厂,此门亦作为主机间、副厂房的交通大门。

3.3 副厂房及GIS布置

副厂房设在主厂房上游侧,与主厂房等长为54.12 m,宽度为10 m,共两层,均布置在地下。各层设备布置情况如下:下层主要用作电缆夹层,地面高程为225.4 m;上层主要布置高、低压开关柜、低压厂变和发电机配电装置以及励磁变装置、继保、通信室,地面高程为229 m,各层均有交通通道与地面相通。主变场及户内式GIS开关站布置在副厂房上部,共分三层。上层为屋顶出线层,

楼面高程为249 m;中间层为户内式GIS开关站,楼面高程为241 m,平面尺寸为36×10 m,占地面积为360 m²。下层为主变场,地面高程为234 m。

4 结构设计

4.1 整体稳定分析

采用材料力学的方法,按《水电站厂房设计规范》中的相应公式对厂房整体进行了抗滑稳定、抗浮稳定、地基面上的法向应力计算,以验证厂房在各种工况下是否满足设计要求。

4.1.1 计算原则

- (1)车邦亨上游水电站厂房为3级建筑物;
- (2)本工程区域地震设防烈度为Ⅵ度;
- (3)以整个厂房实体为计算对象,建立三维模型进行整体稳定应力分析计算。

4.1.2 计算假定

- (1)不考虑风浪压力的影响;
- (2)水的容重 $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$;钢筋混凝土容重 $\gamma = 24.5 \text{ kN/m}^3$,浮容重 $\gamma = 14.5 \text{ kN/m}^3$;素混凝土容重 $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$,浮容重 $\gamma = 14 \text{ kN/m}^3$;
- (3)厂房基础轮廓不规则,将建筑物基础的水平投影定为计算面。

4.1.3 荷载及荷载组合

荷载:结构重、设备重、水重、水压力、扬压力。
荷载组合情况见表1。

表 1 荷载组合表

荷载组合	计算工况	下游水位高程 /m	作用荷载	备注
基本组合	正常运行	218	结构重 + 设备重 + 水重 + 水压力 + 扬压力	
	机组检修	217.4	结构重 + 设备重 + 水重 + 水压力 + 扬压力	
特殊组合	机组未安装	218	结构重 + 水重 + 水压力 + 扬压力	无二期混凝土
	非常运行	229.5	结构重 + 设备重 + 水重 + 水压力 + 扬压力	

4.1.4 计算公式:

根据《水电站厂房设计规范》SL266-2001 中厂房整体稳定分析及地基应力计算要求,抗滑稳定分别按抗剪断强度公式计算,抗浮稳定由抗浮稳定安全系数确定,地基面上的法向应力用材料力学法计算。

(1) 抗滑稳定计算(抗剪断)。

$$K' = \frac{f' \sum W + c'A}{\sum P}$$

式中 K' 为按抗剪断强度计算的抗滑稳定安全系数,基本组合的 K' 值采用 3,特殊组合的 K' 值采用 2.5; f' 、 c' 为滑动面的抗剪断摩擦系数及粘结力; $\sum W$ 为全部荷载对滑动面的垂直力总和; $\sum P$ 为全部荷载对滑动面的水平力总和; A 为基础面的计算截面积。

(2) 抗浮稳定安全系数按下式计算。

$$k_f = \frac{\sum W}{U}$$

式中 k_f 为抗浮稳定安全系数,任何情况下不得

小于 1.1; $\sum W$ 为机组段的全部重量(力),kN; U 为作用于机组段的扬压力总和,kN。

(3) 厂房地基面上的法向应力计算。

$$\sigma_{\max}/\sigma_{\min} = \frac{\sum W_1}{A} \pm \frac{6 \sum M_x}{AL} \pm \frac{6 \sum M_y}{AB}$$

式中 $\sigma_{\max}/\sigma_{\min}$ 为厂房计算段基础面上的最大、最小垂直正应力; $\sum W_1$ 为作用于厂房计算段所有垂直力的代数和; $\sum M_x$ 、 $\sum M_y$ 分别为作用于厂房计算段上的所有荷载对计算截面形心 x 、 y 轴的力矩总和; B 为基础面的计算截面宽度(顺水流方向); L 为基础面的计算截面长度(垂直水流方向)。

4.1.5 计算简图及地质参数

厂房主机间地基为弱风化岩层,其岩性为灰岩(cPz2),坚硬,呈中厚层状结构。混凝土与基岩之间的地质参数见表 2。

4.1.6 计算成果

计算成果见表 3。

表 2 混凝土与基岩之间的物理力学指标表

项目	f'	c' /MPa	承载力特征值 /MPa
混凝土与基岩	0.9	0.7	3

表 3 计算成果汇总表

工况	基础稳定安全系数				基底应力 /kPa			
	抗浮 k_f	规范 [k_f]	抗滑 K	规范 [k]	σ_1	σ_2	σ_3	σ_4
正常运行	10.8	1.1	159	3	508	382	245	106
机组检修	11	1.1	162	2.5	512	402	289	110
机组未安装	10.2	1.1	156	2.5	504	395	197	76
非常运行	2.39	1.1	26	2.5	372	259	102	14

4.1.7 计算成果分析

按照《水电站厂房设计规范》SL266—2001 的要求进行抗滑稳定、抗浮稳定、地基应力计算,从表 3 中可见,厂房的抗滑稳定安全系数在各工况下大于规范要求的 [k];抗浮稳定安全系数在各工况下均大于规范要求的 [k_f];厂房基础面应力在各工况下均大于零,没有出现拉应

力,也小于基础的承载力,故厂房的稳定和应力满足设计要求。

4.2 分缝及止水设计

电站厂房底板基础高程为 210.45 m,坐落在弱风化岩层上,地基承载力 2.5~3.5 MPa。根据《水电站厂房设计规范》SL266—2001 要求,主

(下转第 17 页)

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
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
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
(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)