

文章编号:0559-9342(2004)10-0024-03

小湾水电站泄洪建筑物布置优化研究

杨家卫,薛芝龙,马麟

(昆明勘测设计研究院,云南 昆明 650051)

关键词:表孔;中孔;泄洪洞;泄洪建筑物;布置优化;小湾水电站**摘要:**小湾水电站最大泄流量为 20 700 m³/s,最大水头约 225 m,泄洪功率高达 46 000 MW。小湾工程河谷窄、坝高、泄量大,经各设计阶段的多方案比选研究,泄洪消能布置采用 5 个坝顶溢流表孔、6 个坝身中孔和左岸一条泄洪洞,坝后设水垫塘和二道坝,坝身设 2 个放空底孔的泄洪建筑物布置方案。各泄洪消能建筑物在联合泄洪或单独泄洪情况下,既能达到良好的消能效果,又能保证运行安全稳定。

Study on the layout optimization of flood-discharging structure for Xiaowan Hydropower Station

Yang Jia-wei, Xue Zhi-long, Ma Lin

(Kunming Hydroelectric Investigation and Design Institute, Kunming Yunnan 650051)

Key words: surface hole; middle hole; spillway tunnel; flood discharging structure; layout optimization; Xiaowan Hydropower Station**Abstract:** The maximum flood discharge at Xiaowan Hydropower Station is 20 700 m³/s with the maximum head of about 225 m and the flood power of 46 000 MW. Due to its narrow valley, high dam and big discharge, on the basis of many alternatives comparison and selection at different design stages, we decide to use 5 crest overflow surface holes for energy dissipation, 6 middle holes in the dam body, one spillway tunnel at left bank, plunge pool and plunge pool dam behind the dam, 2 escape bottom holes in the dam body. All flood discharging and energy dissipation structures not only can reach good energy dissipation effectiveness but also can ensure the safe and stable operation either combination operation or unique operation.

中图分类号:TV65(274)

文献标识码:A

1 工程概述

小湾水电站枢纽区河段长 2 330 m,枯水期河面高程 988 m,宽 80~100 m;河谷呈 V 字形,两岸山坡陡峻,冲沟发育,坝址下游 400 m 内,河床冲积层厚度一般为 17~28 m,最厚为 30.8 m,河床基岩面顶高程为 952~967 m,总体高程在 960 m 以上;枢纽区内基岩主要为角闪斜长片麻岩和黑云花岗岩片麻岩,夹有少量片岩,河床基岩抗冲流速为 12 m/s。

枢纽建筑物由混凝土双曲拱坝、坝后水垫塘和二道坝、左岸泄洪洞及右岸引水发电系统组成。电站正常蓄水位 1 240 m,最大坝高 292 m,坝顶弧长 901.8 m,总库容 149.14 亿 m³,总装机容量 4 200 MW,多年平均发电量 189.9 亿 kW·h。

工程最大下泄流量 20 683 m³/s,最大水头 225 m,相应下泄功率 46 000 MW,属同类坝型当今世界之最。泄洪消能问题突出。鉴于小湾工程河谷窄、坝高、泄量大,经各设计阶段的多方案比选研究,泄洪消能采用 5 个坝顶溢流表孔、6 个坝身中孔、左岸一条泄洪洞,坝后设水垫塘和二道坝的联合泄洪方案。电站枢纽泄洪建筑物平面布置见图 1。

2 泄洪建筑物布置

2.1 坝顶溢流表孔

坝顶 5 个开敞式溢流表孔从右岸至左岸按 1~5 号顺序布置,3 号孔溢流中心线与拱坝中心线重合,其余孔口对称于中心线径向布置。进口堰顶高程 1 225.0 m,顶点上游侧采用椭圆曲线,堰面采用 WES 曲线,曲线原点距坝轴线水平距离:1、3、5 号孔为 20 m,2、4 号孔为 17 m,流道水平长度为 27.71~34.1 m;工作弧门孔口尺寸为 11 m×15 m(宽×高,下同)。表孔闸墩前缘距坝轴线 39.1 m,闸墩中设表孔操作室和中孔事故检修门槽,墩头为半椭圆形。表孔边墙平面扩散角为 5°43'46"~

收稿日期:2004-09-23

作者简介:杨家卫(1965—),男,云南通海人,高级工程师,主要从事水电工程水工设计及咨询工作;薛芝龙(1977—),男,云南会泽人,工程师,从事水电工程水工设计及咨询工作;马麟(1979—),男,回族,甘肃临夏人,助理工程师,主要从事水电工程水工设计及咨询工作。

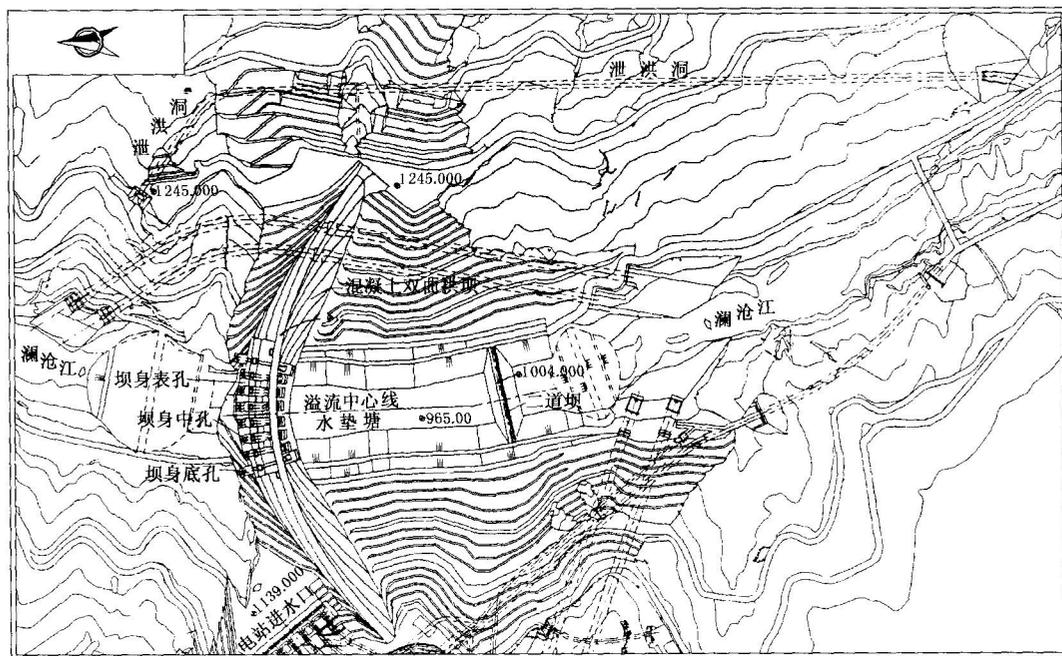


图1 电站枢纽泄洪建筑物枢纽平面布置

8°29'17", 出口挑角或俯角为10°~30°以达到水舌入水前横向扩散、纵向拉开,分散下泄、减少水流冲击能量的目的。

2.2 坝身泄水中孔

坝身6个中孔为有压深式泄水孔,布置在表孔闸墩下部,从右岸至左岸按1~6号顺序布置。进口底槛高程1,6号孔为1165.00 m,2,5号孔为1152.50 m,3,4号孔为1140.00 m。进口顶板和两侧曲线均为椭圆曲线,底槛前缘为圆弧形,半径为4 m。事故检修平板门孔口尺寸为5 m×12 m,采用上游止水,闸门槽与进口底面呈斜交,闸门槽贴近上游坝面布置,延伸至坝顶,斜坡比为1:6。孔身为有压短管式,断面尺寸5 m×9 m。出口段采用平面扩散压力上翘式,工作弧门布置在出口,孔口尺寸为6 m×6.5 m,采用全断面钢板衬护。为克服中孔泄流水舌径向集中的问题,在布置上采用1.0°~2.5°的平面偏转角。由于进出口高程分三层布置,出口翘角需搭配良好,以使泄流水舌横向扩散、纵向拉开充分,水舌分三层入水,从而达到分散冲击能量的目的。

2.3 左岸泄洪洞

泄洪洞进口位于F₇断层上游狗崖子沟下游侧,为有压变无压式泄洪隧洞,全洞由进水口、有压段及龙抬头段、直槽斜坡段与挑流鼻坎组成,洞长约1548 m。进口底槛高程1200.00 m,设置事故检修平板门一扇,孔口尺寸13 m×16.5 m;工作弧门布置于桩号0+440 m处,孔口尺寸为13 m×13.5 m;洞身断面为圆拱直墙式,断面尺寸为13 m×14.5 m。

2.4 水垫塘与二道坝

由于坝身泄洪流量大、落差大、河谷狭窄,泄洪水舌跌落区位于坝肩抗力体部位,因此,为防止泄洪消能区河床及两岸边坡的冲刷破坏,确保大坝安全,坝下设置了水垫塘和二道坝。水垫塘总长度460 m(包括二道坝及其后护坦长度),底板

高程965 m,断面形式为复式梯形断面,底宽70 m,采用全断面钢筋混凝土衬护。二道坝轴线垂直于水垫塘中心线布置,距拱坝坝轴线400 m,坝顶高程为1004.00 m,顶宽10 m;建基面高程960.00 m,最大坝高44 m,上游坝坡1:0.4,下游坝坡1:0.6。

3 模型试验研究成果

3.1 坝身泄洪主要水力参数及试验成果

坝身泄洪按照纵向分层拉开,横向单体扩散,总体入水归槽,表、中孔联合运行形成空中碰撞消能的原则。为优化坝身表、中孔孔形,通过整体水工模型试验,对坝身泄洪建筑物进行了优化试验研究。模型试验成果表明,表孔单独泄流和中孔单独泄流均分三层入水,泄流水舌纵向总体拉开最大长度约200 m,水舌横向扩散充分,且归槽良好。在特征库水位1236.0~1243.0 m下,5号表孔单独泄流时,水舌落点距坝址97 m~130 m,最大入水单宽流量为42 m³/s,水垫塘底板的最大时均动水冲击压力为(0.26~3.12)×9.8 kPa,最大动水冲击压力 ΔP_{\max} 为19.5~56.5 kPa;6号中孔单独运行时,水舌落点距坝址200~255 m,最大入水单宽流量为38.7 m³/s,水垫塘底板的最大时均动水冲击压力为(0.05~0.7)×9.8 kPa,最大动水冲击压力 ΔP_{\max} 为69.17~97.27 kPa;而表、中孔联合运行时,水垫塘底板的最大时均动水冲击压力为(2.28~8.34)×9.8 kPa,最大动水冲击压力 ΔP_{\max} 为66.6~209.2 kPa。

综上所述,模型实测泄流水舌对水垫塘底板的最大动水冲击压力,测压管值均小于15×9.8 kPa,压力传感器测量值小于320 kPa,满足预期消能目标。

3.2 泄洪洞出口消能工研究

泄洪洞进口开挖边坡高110 m(东侧);出口位于瓦斜路沟上游侧山坡,开挖后形成高60~130 m左右的边坡。经多方

案试验研究,泄洪洞出口采用单一扭曲斜鼻坎体形。

试验成果表明,出口水流分布较均匀,归槽良好;实测左岸最大回流流速为 4.85 m/s,右岸最大冲岸流速为 10 m/s,下游河床最大冲坑深度 7.48 m。

3.3 坝身开孔对坝体结构的影响

经多拱梁法、三维有限元法计算分析及拱坝脆性模型试验研究表明,坝身上开孔与不开孔应力分布规律是一致的,开孔对坝体整体应力影响甚微,最大主拉、压应力增加约 1 MPa,但在孔口周边有不同程度的应力集中现象。坝身开孔及闸墩的附加质量对坝体的变位影响较小,三向变位增加约 1 cm。

3.4 泄洪振动

根据坝身泄洪建筑物布置和孔口体形,结合拱坝体形,通过 1:150 的坝身整体水弹性模型试验和理论分析,对坝身泄洪激振进行了深入研究。研究成果如下:

(1)小湾拱坝的基频低、振型密集,空库时基频计算值为 1.28 Hz、试验值为 1.34 Hz;满库(正常蓄水位)时,基频计算值为 1.10 Hz、试验值为 1.14 Hz;其频率下移率的计算值和试验值都在 15%左右。

(2)坝体最大振动位移的均方根:在表孔单独运行时为

99.60 μm ,中孔单独运行时为 83.4 μm ,表、中孔联合运行时为 120.45 μm 。最大位移(表、中孔联合运行时位移)部位在坝顶中部,位移幅值随测点向两岸的移动而迅速衰减。

(3)泄洪振动引起的坝体最大动应力均方根值为 1.79×10^{-2} MPa,最大动应力振幅小于 0.1 MPa。从拱坝动应力水平来看,可以认为泄洪振动不会对拱坝本身的安全构成威胁。

3 结 论

小湾水电站为澜沧江中下游河段梯级开发的“龙头”水库和巨型电站,泄洪消能问题突出。为此,在历时 20 余年的整个设计过程中,始终把泄洪消能问题放在极其重要的地位。首先,结合坝址、坝线及枢纽布置方案比选,先后研究比较了若干泄洪消能布置方案;其次,对各泄洪消能建筑物的体形进行了优化,使其在联合泄洪或单独泄洪情况下,既能达到良好的泄洪消能效果,又能保证运行安全稳定。

综上所述,从坝体结构、坝身泄洪时水舌落点距坝址的距离,水垫塘底板所受到的动水冲击压力,以及坝身泄洪时诱发的坝体振动来看,小湾水电站泄洪消能布置方案是合理可行的。