

大河口水电站枢纽布置

罗观育

(大河口水电站工程指挥部, 酉阳, 648818)

摘要 大河口水电站坝址位于峡谷河段, 枢纽建筑物的布置对工程造价、施工工期有现实意义。峡谷地区消能防冲的布置, 影响枢纽建筑物的布置。本文结合工程特点, 合理地解决消能工的类型。

关键词 大河口水电站 枢纽布置 消能防冲 试验研究

1 工程概况

大河口水电站, 位于酉阳县苍岭区境内, 为乌江右岸的一级支流阿蓬江上。阿蓬江共规划9个梯级, 大河口水电站为第8级。

枢纽区为峡谷的进口段, 河宽约60m, 两岸相对高差380~900m, 河流横穿岩层, 裂隙发育, 河谷呈“V”形, 坡角 50° ~ 70° , 局部直立或成反坡。

坝址区出露地层, 为奥陶系下统, 红花园组, 分乡组, 南津关组, 岩性以灰岩为主。次为薄层灰岩夹页岩。坝址区无大断裂通过, 但规模较小的断层, 裂隙仍较发育, 其中以走向 $N60^{\circ}$ ~ $80^{\circ}W$ 倾向NE的 f_{305} f_{306} f_{301} 为主。断层的特征与天馆背斜直交的横张结构面, 断层面均有起伏, 断层破碎带以角砾岩为主, 并有大量方解石填充。坝址区的裂隙, 左岸以 f_{306} 上盘, 走向NW为主, 倾角大于 50° , 裂隙面有泥质填充。

红花园组及分乡组在坝址区岩溶发育, 溶洞直径为0.2~0.4m, 个别达1m左右, 可见深度一般小于3m。河床岩溶仅发现浅部岩溶, 溶率仅为0.7%, 溶洞充填为红色粘土。两岸溶洞在正常蓄水位以下, 左右岸均有分布, 除靠近河床溶洞有地下水露头外, 其余均

无长年水流。溶蚀带是沿 f_{306} 发育, 填充物质为块碎石及粘土。

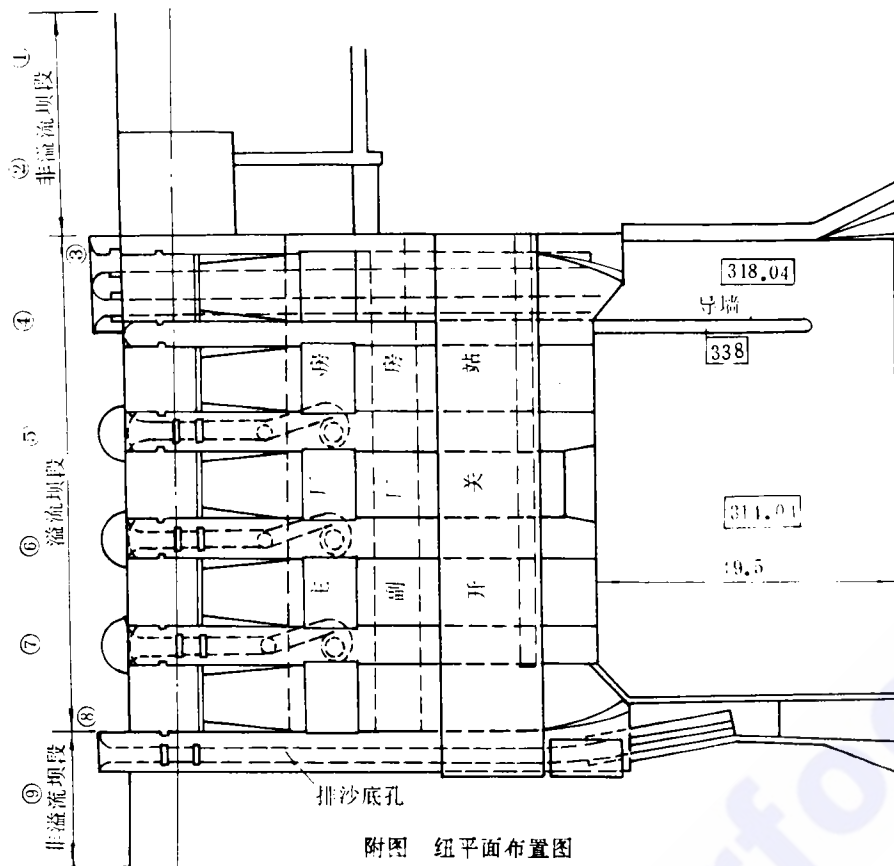
从坝址区的岩石结构分析, 页岩累计厚度占整个坝区宽度的3%, 除分乡组灰岩为中厚层状结构, 红花园组为厚~巨厚层状, 坝基岩体质量属Ⅱ类岩体。

2 枢纽布置

大河口水电站为混凝土空腹重力坝, 坝内式厂房, 最大坝高85m, 坝顶长149m, 共分9个坝段, 1、2、3、9为非溢流坝, 4、5、6、7、8为空腹溢流坝, 8坝段布置冲砂底孔, 5、6、7为主机坝段, 共装机3台, 单机容量2.3万kW。溢流坝总长86m, 非溢流坝总长63m。

溢洪道共设5孔, 中部三孔为正向挑流, 左右两边孔为扭曲贴角鼻坎挑流。溢洪道为开敞式, 每孔宽11m, 采用弧形闸门, 挡水高度15m。

主厂房位于坝空腹处, 高21m, 宽22m, 空腹距上游坝面最小距离为21.75m, 距下游面21.96m。机组间距与坝段分缝一致为17m。机组进水口, 布置于溢流坝的闸墩中部, 墩厚6m。副厂房位于主厂房的下游侧, 溢流坝的尾部, 长86m, 共分五层, 主变压器布置于副厂房的上游。枢纽布置如附图。



附图 枢纽平面布置图

3 枢纽布置和型式选择的主要因素

1. 坝址区左岸自然边坡为 $50^{\circ}\sim 60^{\circ}$, 右岸为 $70^{\circ}\sim 80^{\circ}$, 高差为 $300\sim 400\text{m}$, 构成河谷为不对称的“V”字形。河床宽仅 60m , 为解决狭谷区的枢纽布置, 坝址的地貌特征, 对工程造价影响相当大, 且由于左岸地形陡峻, 坝基开挖的影响, 致使边坡稳定进一步恶化, 需要进行大量的处理, 因此, 枢纽布置应研究使开挖量减少到最低限度。

2. 坝址左岸有 f_{306} 断层, 及顺河向的裂隙, 对厂房纵轴线布置及进厂交通有较大的影响。因此, 减少左岸坝端开挖, 对左岸非溢流的侧向稳定和空腹结构受力均是有利的。

3. 消能防冲方案的选择: 为保证主要建筑物的安全, 冲刷坑距大坝必须有一定的安全距离, 由于狭谷河段, 可利用的宽度受到限

制, 厂房布置于坝趾附近才是经济的。

4. 溢洪道的布置: 溢洪道除泄洪的要求外, 应不危及坝基及边坡稳定的要求, 从冲刷坑下游冲刷的物质所形成的堆丘, 不致恶化电站的尾水流态及明显地抬高尾水位。

5. 在狭谷地区修建水力枢纽, 施工场地十分狭窄, 施工导流, 场内外交通, 辅助企业的布置, 施工机械的选用等, 均受到严重的制约。因此, 枢纽布置, 建筑物型式的选择, 应考虑施工条件。

4 枢纽布置及建筑物型式选择

4.1 厂房位置选择

枢纽布置时综合考虑了上述因素, 并进行了地下厂房与坝内式厂房的比较, 简述如下:

左岸地下厂房布置: 采用每台机一引水

隧洞,隧洞直径4.3m,洞轴线间距12.8m,所经地层为红花园组的巨厚层灰岩。主厂房硐室长109m,宽14m,高34m,位于南津关组的中厚层灰岩内。但是NE及SE向的裂隙倾向厂房,加之NE,EW向陡倾角裂隙和层面裂隙组合,形成倾向主厂房内的三角体,对厂房岩壁的稳定极为不利。尾水隧洞亦采用一机一洞的布置,为有压尾水隧洞,直径3.8m,洞线经过 f_{306} 断层及南津关组灰岩。上述引水隧洞及尾水隧洞围岩稳定性好。

右岸地下厂房布置,其建筑物的主要尺寸与左岸地下厂房基本相同。但其引水隧洞进口位于大湾组页岩与灰岩互层,稳定性较差,主厂房位于分乡组的灰岩夹页岩,同时有缓倾角裂隙倾向硐内与陡倾角裂隙的切割,构成稳定性较差的岩体。

地下厂房方案,其挡水建筑物为混凝土重力坝,最大坝高80.5m,坝项长180m,溢洪道为五孔,每孔尺寸为12m×15m。

坝内式厂房方案的枢纽布置于前所述。

经过综合分析研究后认为:

厂坝分离方案,从施工上考虑,可提前进行地下厂房、引水隧洞、尾水隧洞的开挖,亦可全年施工。坝内式厂房由于坝与厂房集中于河床部分,施工进度受坝体上升速度的影响,为解决安全渡汛,比重力坝方案要困难得多。从运行方面分析,两方案的设备均布置坝内或地下,其通风,防潮,排水,照明等条件均相同。从主要工程和造价分析,地下厂房方案的土石方开挖量为坝内式厂房的185%,混凝土总量为144%,造价为1.55:1,施工总工期较坝内式长6~8个月。

综合上述分析,坝内式厂房方案是经济合理的。

4.2 泄洪方案选择

本工程处于狭谷河段内,洪水流量大,500年一遇的洪峰流量为12800m³/s,50年一遇为8470m³/s,根据河谷宽度及溢流前缘的布置,最大泄洪宽度为55m,其相应的单

宽流量分别为232.7m³/s及154m³/s,跌差仅为40m。根据国内已建成的重力坝分析,其单宽流属较大的。如何解决消能防冲是一个较困难的问题,是整个枢纽设计中的主要矛盾。根据水工模型试验,采取了下面的措施。

1. 在泄洪方案的布置上,由于两岸地形陡峻,开敞式的陡槽溢洪道布置困难,而泄洪隧洞泄量少。采用岸边滑雪式溢洪道与坝体表孔、中孔和深孔共同泄洪方式。

2. 消能方式,主要研究了挑流水垫消能,利用表孔溢洪道的挑流建筑物,从底面及侧面对泄流建筑物末端,在挑距范围内导向下游的水垫塘,进行水下淹没消能。

3. 溢洪道为表孔开敞式,机组引水钢管布置于闸墩内,因此,闸墩厚度较大。若采用缩短闸长,则闸墩尾部设计不当,可能在尾部形成水冠;若将闸墩等宽布置,则工程量加大。故将闸墩延长至挑流鼻坎末端,闸墩厚度逐渐减少,使鼻坎处的单宽流量减少到206.7m³/s,及137.8m³/s。

4. 为使急流纵向扩散,以适应狭谷地形,增强消能效果。对挑坎的体形选择,考虑雾化不莫过于强烈的窄缝式挑坎。因此,两边孔(1、5孔)采用急流转弯,纵向收缩的扭曲鼻坎,加大鼻坎长度,最大挑角为31.9°,最小挑角为24.1°。2、4孔的鼻坎,比3孔增加5m,最大挑角为24.1°,3孔的挑角为16.05°。

5. 溢洪道的尺寸选择,比较了6孔溢洪道与5孔溢洪道两种方案,6孔溢洪道方案,孔口尺寸为6m×10m。但是,由于下游水位高,挑流落差小,泄槽纵向坡度小,佛氏数低等原因,致使挑流无法起挑,挑流直接冲刷尾水建筑物。若采用此布置方式,增加了左右岸的边坡开挖,加大工程量,尤其是对左岸高陡边坡的稳定,影响甚大,因此予以放弃,而选用5孔方案。

6. 在水库校核洪水位,总泄洪量达12500m³/s,要求下游的总消能量达607万kW,对60m宽的同峡谷来说,平均单宽消能

率达 10.5 万 kW/m。由于消能率大,在自由溢流,水舌对基岩的冲刷除考虑其泄洪和历时外,增加下游水垫厚度使水流在水垫塘内淹没扩散。为了减少冲刷坑的发展,不致危及岸坡的稳定和射流时产生的波动不影响机组的运行。因此,在冲刷坑的范围进行预挖,加大水垫厚度,使在下泄校核洪水及设计洪水时,水垫厚度分别为 38m 及 32m。

本工程大流量消能方式的选择,与枢纽总布置关系很大,为简化枢纽布置,采用坝体表孔泄洪。尤其是坝内式厂房,不影响厂房位置的布置,采用坝体泄洪和厂房相结合的工程布置方案,是经济合理的。

根据优化的水工结构布置,水工模型试验作了进一步的验证。

在设计洪水和校核洪水情况下,闸门全开时,水舌射程外缘分别为 84m 及 73.6m,入水宽度分别为 64m 及 42.40m,均不冲刷岸坡,冲刷坑最大深度为 16.4m,冲坑后坡为

1:8.5,最大冲刷深度距坝趾 93m。根据模型实测,冲坑形成后,尾水位无大的起伏,水面较平稳,加上尾水流速较小,厂房尾水不致抬高,因此,不存在尾水波动影响机组出力的稳定性。对冲刷坑下游的堆丘,根据实测,堆丘顶部高程较天然基岩顶板高程抬高 15.4m,为锥体形状,使正常尾水位抬高 1.78m。若对冲刷坑进行屏式护坦保护,混凝土方量过大,但尾水位抬高值减少 1m。

5 结束语

大河口水电站的枢纽布置,妥善地解决了狭谷地区枢纽布置的主要矛盾,采用坝内式厂房布置方案,适合于坝址的地形特点及地质条件。在文献中,狭窄河谷坝、厂集中布置的型式和位置选择,尚无明确的标准可循。

(收稿日期:19950123)

(上接第 9 页)

段成果上报审批中,均获得省内外专家及上级主管部门的好评。为将大河口水电站建设成优质工程打下了良好的基础。

经过调整梯级规划后的阿蓬江渔滩电站以下中下游河段,将原三级开发方案改为四级开发。确定大河口水电站坝址定在大滩。上游新滩梯级计划在大河口之后列为近期开发的后备项目。最下游一级梯子洞电站,由于受乌江干流彭水电站回水的制约,宜安排在彭水电站之后建设。最上级濯河坝梯级规模较小,经济指标稍差,可列到 2000 年后再建。

经过初步设计,2 个坝线,3 种坝型,12 个方案的比较论证,确定空腹重力坝为推荐坝型,地质条件及施工条件较好的上坝线为推荐坝线;枢纽布置为坝内式厂房,坝顶五孔 12m×15m 泄洪表孔。采取小差动挑流与下游预挖冲刷坑的方式消能。施工导流为断流

围堰隧洞导流。工程总工期 52 个月。

优化设计阶段,通过充分论证,改斜井进厂为垂直与水平进厂相结合。取消导流底孔,调整冲刷坑宽度,优化大坝形体等。并在建设单位主持下,完成各标招标文件编写和协助工程指挥部进行招标、评标工作。

施工详图设计阶段,我院在建设单位大力支持下已组织三次现场设计,设计人员克服各种困难、日夜加班,共完成图纸 170 张,满足了施工进度的要求,为工程建设顺利进行提供了有力的保证。

大河口水电站地质条件复杂,地形条件较差,空腹重力坝坝型的技术难度大。今后的设计任务还十分艰巨。对此,我们的态度是:同心协力,艰苦奋斗,精心设计,为黔江地区经济发展贡献我们最大的力量。

(收稿日期:19950124)