

·设计与研究·

大孤山水电站枢纽泄洪冲砂闸后消能防冲设计及优化

梁雪瑾

(甘肃省水利水电勘测设计研究院, 甘肃 兰州 730000)

摘要 大孤山水电站枢纽泄洪冲砂闸最大闸高 20 m, 枢纽基础座落在第四系(Q) 冲洪积含漂石的砂卵砾石层上, 消能以消力池为主。泄流建筑物消能效果的优劣直接关系到整个电站的运行, 并且消能建筑物的结构尺寸也直接影响了工程投资。通过对电站消力池的设计选型和水工模型试验, 合理地确定了消力池的结构尺寸, 达到了既满足消能防冲, 又节省工程投资的目的。

关键词 泄洪冲砂闸 消能防冲 消力池 防冲沉井 消力墩 大孤山水电站

中图分类号 TV653 **文献标识码** B

1 工程概况

大孤山水电站位于甘肃省肃南裕固族自治县境内的黑河上游, 为规划中的第 5 级电站。厂房距张掖市 112 km, 上接二龙山水电站尾水, 下与小孤山水电站水库衔接。工程主要任务是发电, 采用引水式开发。电站由首部枢纽、引水系统、发电厂房及升压站等建筑物组成, 电站装机容量 65 MW, 属 III 等中型工程。多年平均发电量 2.12 亿 kW·h, 不承担其他综合利用任务。

枢纽设计洪水标准采用 50 年一遇, 相应洪水流量 1 660 m³/s, 校核洪水标准采用 500 年一遇, 相应洪水流量 2 800 m³/s。消能、防冲标准采用 30 年一遇, 相应洪水流量 1 420 m³/s。枢纽正常高水位 2144.00 m, 校核洪水位 2145.10 m, 设计洪水位 2144.00 m。消力池下游校核洪水位 2136.30 m, 下游设计洪水位 2135.75 m。

闸址区地层岩性主要为志留系的变质砂岩、局部变质砾岩以及第四系(Q) 含漂石砂卵砾石。河床覆盖层厚度为 9.6~33.3 m, 岩性为第四系(Q) 冲洪积含漂石的砂卵砾石层。含漂石的砂卵砾石层, 以粗颗粒为主, 缺少中间粒径, 级配不良。透水性强, 易产生管涌型渗透破坏, 承载力较高, 抗变形能力强。

2 初步消能防冲设计

泄洪冲砂闸后消能防冲方式的选择必须考虑设计水头、流量、下游河床地质条件、泄水建筑物布置及运行调度方式等因素, 常用的消能方式有挑流、面流和底流消能。合理的选择一种消能方式, 是保证工程稳定安全运行的前提。

大孤山水电站最大水头 17.1 m, 泄流时不能形成挑流。不同运用工况泄流量有差别, 下游水位存在较大变幅, 也不具备形成面流的水位条件, 因此挑流、面流的消能方式均不适合本工程。本工程枢纽河床覆盖层为冲洪积含漂石的砂卵砾石层, 且消力池左边墙的外侧是公路的高边坡, 河床及岸坡抗冲能力较低, 因此只能考虑采用底流消能方式。

促使闸下产生底流式水跃, 主要是靠消力池。泄洪冲砂闸后消力池的水平长度一般取水跃长度的 0.7 倍~0.8 倍。根据 30 年一遇的防洪标准相对应的洪水流量 1 420 m³/s, 计算得出的消力池水平长度为 50.5 m。泄冲闸末端采用 1:6.67 的斜坡段与消力池直段连接, 斜坡段长度 10 m, 消力池总长 60.5 m。消力池底板采用向下游扩散式布置, 扩散角度为 5.0°。消力池宽度: 上游 38 m, 下游 46 m。为调整水闸断面流速分布, 减少池后淘刷, 加强平面扩散, 消减边侧回流, 在消力池末端布置了尾坎。软土地基抗冲能力差, 由于水流出消力池后紊动仍很激烈, 且底部流速仍很大, 流速分布也未恢复到天然河道流速分布, 故对河床仍有较强的冲刷能力。为了防止消力池后造成冲刷破坏, 进一步消杀出口能量, 在消力池尾坎后布置了钢筋砼防冲沉井, 防冲沉井顶低于消力池尾坎 0.5 m。根据计算消力池后的冲坑深度, 设计防冲沉井井深为 15 m, 宽度为 8 m。防冲沉井下游虽不致出现严重的冲刷, 但仍会有些冲刷, 为了保护沉井基础的稳定, 在防冲沉井后抛填大块石、铅丝笼块石加以保护, 以免引起下游的局部冲刷。初步设计的消力池结构如图 1 所示。

3 下游消能防冲优化

泄流建筑物消能效果的优劣直接关系到整个电站的运行, 并且消能建筑物的结构尺寸也直接影响了工程投资。为了节约工程量、缩短工期、减小工程投资, 在满足规范及施工要求的情况下, 设计考虑对消力池长度及防冲沉井的深度进行优化设计。

消力墩等辅助消能工, 能达到使水流受阻, 分散水流, 造成涡流紊动, 稳定水跃, 缩短水跃长度的功能, 因此为了减小消力池尺寸, 设计考虑在消力池末端内加设一排 T 形消力墩将消力池长度进行优化, 优化后的消力池长度为 51.5 m。

优化消力池后为了保证在任何工况下水跃完整的发生在消力池内, 并使其达到最佳消能效果, 业主委托试验单位对枢纽进行整体水工模型试验, 测定优化后消力池内沿程流

收稿日期 2010-05-24

作者简介 梁雪瑾(1967-), 女, 河南卫辉人, 工程师, 主要从事水利水电工程设计。

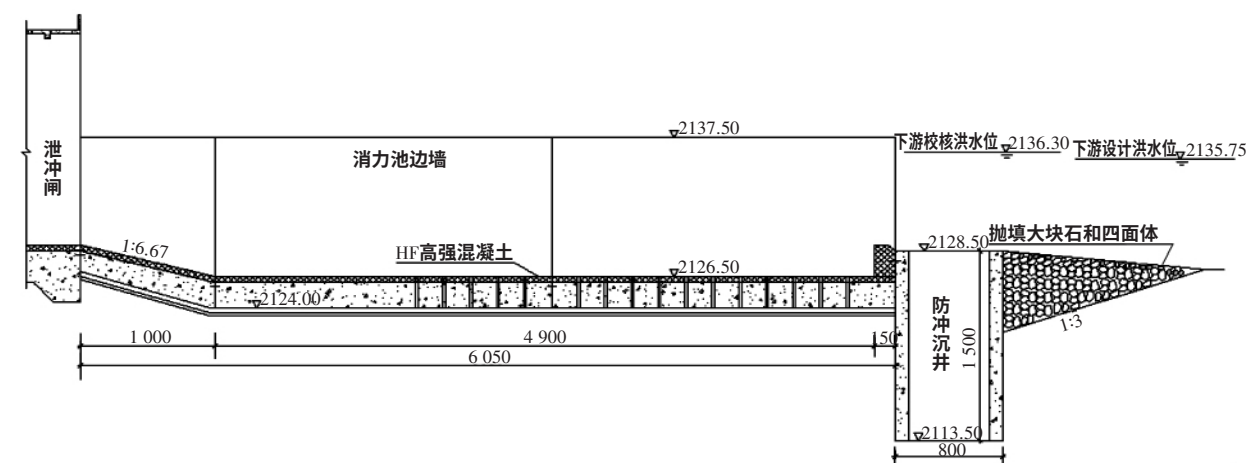


图 1 优化前的消力池断面/m、mm

速分布及消力池流态,并且通过测定在不同泄水工况下消力池后河床的冲刷深度、下游总体流态及冲淤形态来优化消力池后的防护方案。通过实验放水观察发现,所有工况消力池内均能形成稍许淹没的完整水跃流态,说明消力池长度缩短为 51.5 m 是可行的。

为了充分发挥消力池的消能作用,进一步减小工程造价,设计在消力池长度 51.5 m 的基础上,又缩短消力池长度 6.5 m,并将防冲沉井深度减小至 9 m。通过实验放水观察发现,仅在消力池末端增设与尾坎连接的 6 个 T 形墩,形成的新型消能工——T 形消力池,池中水流流态为远驱式水跃,说明缩短后的消力池长度不足。

经过研究,设计认为通过在水跃内部设置梯形缓冲消力

墩来分担动水压力,以便减小水跃下游水深和缩短水跃长度。因此试验时,在消力池中增加了 1 排梯形消力墩。从消能防冲试验来看,增加梯形消力墩后池内水流流态明显改善,在各特征泄量工况下游河道左岸最大冲刷深度为 7 m,右岸最大冲刷深度为 8.5 m。与此同时模型试验中还对 30 年一遇洪水的下游河道的冲淤变化进行了观察,结果表明,该工况下游河道几乎不冲不淤,维持原状。

通过模型试验的验证说明消力池采用“T 形墩消力池+梯形消力墩+尾坎”这种联合消能方式,能够强化池内水流激烈碰撞掺混,能明显的提高消能效果,优化后的消力池体型及沉井深度完全可以满足规范要求。消力池的最终长度为 45 m,优化后的断面如图 2 所示。

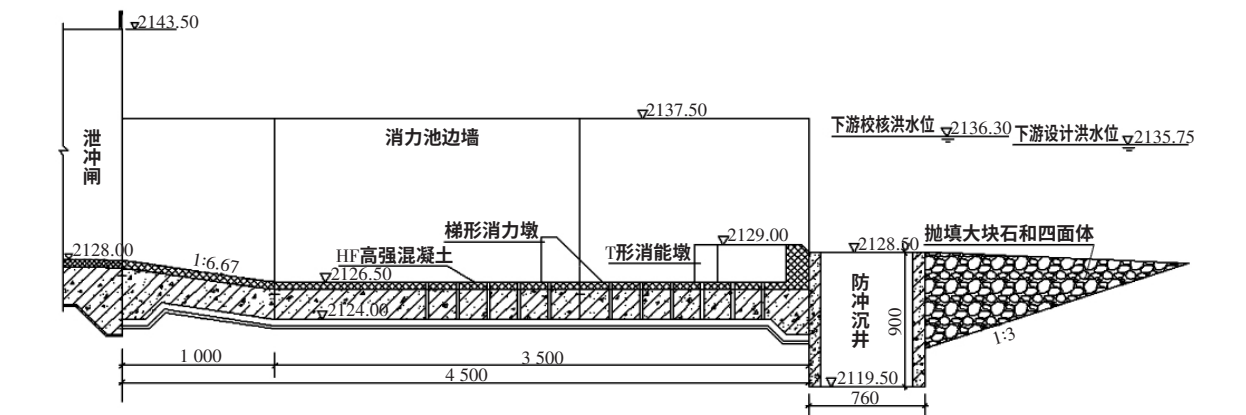


图 2 优化后的消力池断面/m、mm

4 结语

采用 T 形墩加梯形消力墩加尾坎型综合消力池,实验表明池中梯形消力墩起主要消能作用,T 形墩帮助稳定水跃,尾坎有助于控制下游河床的冲刷,这种池型的水跃长度,比一般自由水跃可缩短将近 1/2,其工程量很省,消能作用非常稳定,运行条件良好,是大孤山枢纽泄洪冲砂闸理想的推荐消能工设计方案。

水闸闸门的控制运用是保证工程安全运行的主要因素,根据已建水闸工程的调查资料,不少水闸建成后,由于闸门的控制运用不当、超标准行洪以及其他方面的一些原因,常

使水闸下游防护以外部分遭受不同程度的冲刷,危及工程安全。为此对于本工程 3 孔泄洪的消力池,根据模型实验对 3 孔泄洪冲砂闸进行了合理的调度,使运行时入池水流均匀,避免产生集中水流和池内折冲水流等不良流态,这样消力池才能充分发挥作用。因此泄洪冲砂闸合理的运行方式,也是枢纽安全运行的关键性因素之一。

大孤山水电站工程总工期 36 个月,于 2009 年 6 月全部完工,7 月首台机组发电,8 月 3 台机组全部投产发电并网运行,电站经过 1 a 运行一切正常。实践证明大孤山的消能工设计是可靠的。