

瀑布沟水电站建设过程中的设计优化管理

严 军¹, 孙继林², 李 鹏²

(1. 中国国电集团公司, 北京 100034;

2. 国电大渡河流域水电开发有限公司, 四川 成都 610041)

摘要: 瀑布沟水电站从强化图纸审查、实行动态设计、引入专家咨询以及合理确定设计标准等多方面开展了设计优化管理工作, 深入推进全面、高效的设计优化, 取得了巨大的经济效益和社会效益, 可为同类工程的设计优化管理工作提供借鉴和参考。

关键词: 设计优化; 管理; 瀑布沟水电站

Design Optimization and Management in the Construction of Pubugou Hydropower Station

Yan Jun¹, Sun Jilin², Li Peng²

(1. China Guodian Corporation, Beijing 100034;

2. Dadu River Hydropower Development Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610041)

Abstract: The design optimization and management of Pubugou Hydropower Station was conducted from reviewing drawings, implementing dynamic design, introducing expert advice and adopting rational design criteria. The optimization has made tremendous economic and social benefits. The experiences can be as reference for similar projects.

Key Words: design optimization; management; Pubugou Hydropower Station

中图分类号: TV641.4; TV222(271)

文献标识码: A

文章编号: 0559-9342(2010)06-0015-02

1 工程概述

瀑布沟水电站枢纽工程建基在狭窄河谷的深厚覆盖层上, 地质条件复杂、建筑物规模巨大、地下洞室开挖量大、水头高和泄洪流量大等是本工程的显著特点。

(1) 地质条件复杂。工程地处地震烈度较高区域, 岩性为中粗粒花岗岩, 山高坡陡, 稳定性较差。左岸构造破坏轻微, 山体宽厚, 岩体质量较好, 以块状结构为主。右岸为单薄山脊, 岩体受 F_1 、 F_2 、 F_7 断层交汇切割, 加之次级小断层发育, 强风化深度较大, 岩体质量较差。

(2) 建设难度大。大坝覆盖层厚度 40~60 m, 最深达 75.36 m, 覆盖层颗粒粗大, 分选差, 架空明显, 结构复杂, 坝基防渗墙为目前我国混凝土强度等级最高的防渗墙; 宽级配砾石土心墙堆石坝最大坝高 186 m, 总填筑方量逾 2 300 万 m^3 ; 泄洪消能工程具有“高水头、大泄量、窄河床”的特点, 最大泄洪落差约 170 m, 最大泄洪量为 11 751 m^3/s , 采用挑流消能, 雾化严重, 防护措施要求高; 地下厂房洞室规模大, 地应力较高, 地质条件较复杂。

2 设计优化管理

瀑布沟水电站工程设计优化以减少干扰因素、消除危险源、创造安全条件为前提, 以确保工程质量、加快工程进度、改善施工环境、创造文明氛围为基础, 以实现建设优质、高效工程为目标。截至 2009 年底, 工程已开展设计优化近 40 项, 节约工程投资近 4 亿元。

2.1 强化图纸审查, 规避潜在风险

(1) 坝轴线调整。根据大坝两岸地形地质条件, 将坝轴线方位角由 $N24^\circ E$ 调整为 $N29^\circ E$ 。这样, 右坝肩心墙基础面可避开冲沟, 全部建于基岩上; 避免了坝肩开挖与右岸高线交通隧洞的施工干扰, 为基坑开挖、大坝基础防渗墙施工和大坝填筑顺利实施创造了条件; 坝轴线长度缩短 25.3 m, 共减少坝肩开挖 91.39 万 m^3 、坝体填筑 187 万 m^3 , 工程直接建设费节省近 1.54 亿元; 心墙料可减少约 20 万 m^3 ,

收稿日期: 2010-03-16

作者简介: 严军 (1962—), 男, 贵州黄平人, 高级工程师, 工程建设部水电处处长, 从事水电工程设计和工程建设技术管理工作。

降低了心墙料供料不足的风险,工程的经济效益和环保效益十分显著。

(2) 溢洪道混凝土结构优化。由于溢洪道引渠底板大多置于漂卵石层上,承载力基本可满足要求,只需将古河道覆盖层挖除即可,从而减少了回填混凝土量约 5 万 m^3 ;根据引渠边墙受力情况,将引渠左边墙底宽从原设计的 5 m 减少为 3 m,减少结构混凝土量约 8 342 m^3 ;由于泄槽边坡风化严重,自稳能力差,为保证斜槽左边墙稳定,将原设计的衡重式挡墙改为直立式贴坡挡墙,并增加锚固措施,减少了土石方开挖和混凝土浇筑量。

(3) 泄洪洞补气洞结构布置优化。泄洪洞补气洞原设计方案为坡度 40° 、长 300 m 的斜洞,安全问题突出,施工难度大。将补气洞斜井改为平洞,调整出口至溢洪道下部,降低出口高程,再从泄洪洞外侧边墙向补气洞出口方向开挖。这样不仅能降低补气洞施工难度和安全风险,还可避免与导流洞施工干扰,同时,可将补气平洞作为溢洪道开挖出渣的前期交通通道,也解决了溢洪道挑流鼻坎开挖施工通道问题,取消了原 810 公路隧洞设置。

2.2 强化过程控制,实行动态设计

由于现有技术条件的限制,设计阶段的边界条件往往无法准确地反映实际情况。因此不能生搬硬套原设计方案,而是要在施工过程中实行动态设计。

(1) 大坝压重区优化。根据大坝弃渣压重区的实际作用,用卡尔沟弃渣料对该部位进行加高填筑,从而增加了压重区填筑量,提高了下游坝坡的安全系数;取消了压重区约 23 万 m^2 土工格删,充分利用卡尔沟料场的无用料用于压重区填筑,节约了工程投资约 3198 万元。“5·12”地震后,对大坝的抗震稳定性进行了复核,抗滑稳定计算表明,下游坝坡的最小安全系数为 1.201,安全裕度不大,适当增加下游压重提高坝体的抗震性能是必要的。因此,在保持压重区顶高程不变的前提下,将其宽度再向下游延伸 30 m,增加压重区填筑量约 38.58 万 m^3 ,进一步提升了下游坝坡的安全系数,确保了大坝的安全稳定。

(2) 导流洞进出口布置。2 条进口引渠缩短了 10 m,2 条出口引渠分别缩短了 16、24 m,以利于施工围堰的布置、基础防渗处理以及引渠施工;采用斜向出洞方式,降低了出口边坡开挖高度,减少了开挖和支护工程量。

2.3 引入专家咨询,促进设计优化

(1) 卡尔沟砂石系统布置优化。砂石加工系统主要车间布置在 735~860 m 高程,依山而建。专家咨询后,将原卡尔沟系统分散布置于卡尔沟(粗碎

系统)、尼日河右岸(大坝反滤料干系统)、毛头码(砂石湿系统),减缓了卡尔沟料场开采对砂石系统的安全威胁,避免了砂石系统与上坝公路的交通干扰,确保了砂石系统高效运行。

(2) 抗冲耐磨混凝土配合比优化。通过大量实验,研究水泥品种、硅粉、HF 外加剂、JM-PCA 外加剂以及纤维等材料对混凝土施工和易性、热学性能、抗渗性能、抗冻性能及抗冲耐磨性能的影响,在满足设计要求的前提下,提出可靠、简便、先进、经济的抗冲耐磨混凝土配合比(采用普通硅酸盐水泥取代中热水泥,采取 JM-PCA 外加剂替代硅粉),并成功运用于放空洞和溢洪道工程。优化后的配合比施工方便,技术优势明显。

2.4 因地制宜,合理布置

(1) 右岸供水系统优化。黑马沟和卡尔沟水量丰沛,水量无季节变化差异,且可相互调节,能满足工区供水需求。充分利用两处优质泉水资源,采用泉水自流式供水取代加压抽水,大大节约了运行投资成本。

(2) 尼日河 标泄水陡槽开挖优化。为降低施工难度,消除对心墙料运输上坝的干扰,对尼日河引水隧洞出口明挖和结构布置进行了优化调整,开口线高程降低至 858 m 处,底部开挖高程抬高至 806.1 m,开挖高差降低了 51.9 m,从而减少了施工干扰,降低了施工难度,加快了施工进度。

2.5 合理确定设计标准,科学论证设计优化

(1) 右岸高线改线公路隧道优化。改线隧洞为场内交通通道,是连接黑马营地和厂区的通道,由于日交通流量远远小于设计标准,可以适当优化。在充分考虑公路隧洞的功能性要求以及隧洞所处的地质地形条件的基础上,减少钢筋混凝土衬砌段 150 m,减少仰拱混凝土 230 m,取消了大部分的排水设施,优化了照明设施。

(2) 左岸低线公路优化。将招标设计的罗多沟桥、脚落沟桥均改为管涵,允许暴雨期部分路面过水,及早提供场内交通通道。

3 结 语

由于工程规模、结构形式、地质地形、水文气象和施工条件等诸多因素的影响和制约,水电工程具有独一性和不可复制性,无论是设计还是施工,都需要因地制宜,实时调整,以便更好地适应工程需要。因此,通过不断深入的设计优化,可达到规避安全风险,确保工程质量,降低施工难度,减少施工干扰,加快施工进度以及节约工程投资之目的。

目前,国内在设计管理工作上(下转第 100 页)

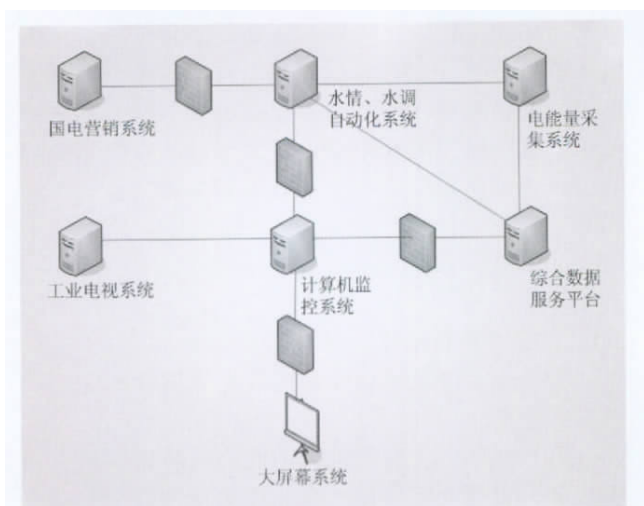


图1 综合自动化系统数据交换网络连接示意图

制大区分为控制区（安全区 I）和非控制区（安全区 II）。主服务器/工作站采用安全加固的操作系统，分别建立内网、外网公共数据区，内网公共数据分布于生产管理信息服务器，外网公共数据分布于生产管理数据服务平台。内网、外网均配置网络防病毒系统，在各安全区部署基于网络的入侵检测系统，可以实施对网络攻击及违规行为的监测与响应策略。在生产控制大区与广域网的纵向交接处设置有经过国家指定部门检测认证的电力专用纵向加密认证装置。通过上述划分和具体措施，有力保障集控专业系统的安全运行，同时也满足了电力二次安全防护要求。

3.3 深层次联合开发

综合自动化系统按照一期接入 9 个电站的模式进行设计，在系统投运后还将面临后续流域电站的陆续接入。在系统软件前期开发过程中，集控中心派技术人员到厂家参与培训和系统联合开发。培训和系统开发包括双方参与应用软件开发、正规的操

作训练、系统维护、硬件和设备维修等。联合开发融合了用户的需求，提高了系统开发的效率，保障了系统后续稳定、可持续运行。

4 系统初期运行

大渡河集控中心综合自动化系统 2008 年 12 月 26 日投入试运行，2009 年 3 月 26 日转入正式运行。系统运行稳定，可靠性高，各项指标达到或超过设计水平。初期运行情况如下：

（1）计算机监控系统实时性、安全可靠性好。遥测综合误差 $\leq \pm 1.0\%$ （额定值）；遥信量正确率 $\geq 99.99\%$ ；遥控正确率达 100%；遥调正确率达 100%。

（2）系统冗余性好。综合自动化系统基本采用网络冗余和各节点冗余的结构，不会因为某个节点故障而影响其它设备和整个系统的安全运行，这种布置非常适合电力生产的需要。

（3）系统缺陷处理。在系统运行初期，设备缺陷主要表现为计算机监控系统通信程序故障、工业电视系统硬盘录像机故障、大屏幕系统投影单元黑屏故障等。经过 3 个月试运行期的故障处理和对系统的逐渐完善，集控中心各系统逐渐趋于稳定。

5 结 语

大渡河流域梯级电站集控中心综合自动化系统从方案设计到现场投运，历时 3 年。目前，在大渡河集控中心可以直接控制和监视龚嘴、铜街子水电站主要发送电设备及溢流设施，瀑布沟水电站的主要发送电信息已成功接入。公司所属其余流域电站将随着开发进度，相继接入大渡河集控中心，最终实现所辖全流域电站的经济运行。

（责任编辑 高 瑜）

（上接第 16 页）还存在一些不足：一是未实行设计监理制，仅靠建设单位进行设计管理，而建设单位又没有足够的人员和时间来进行设计管理；二是未全面实行设计招标投标制度，各设计单位之间没有形成良性竞争；三是设计费用一般按工程投资的一定比例记取，未将设计质量和优化管理列入设计合同之中，设计单位缺乏设计优化的主动性和积极性；四是水电的高速发展使得设计单位没有精力和时间进行深入的设计优化工作。

要切实做好设计优化管理工作，国家和行业需要建立完善设计管理体系，从制度上对设计单位进

行约束和管理；建设单位完善设计优化管理制度，引导制定有针对性的、经济合理的设计方案。只有从根本上解决设计管理制度存在的问题，才能高效地推进设计优化管理工作。

参考文献：

- [1] 严军. 瀑布沟水电站工程优化综述[J]. 四川水利发电, 2006, 25 (3): 22-24.
- [2] 洪金山. 论水电工程优化设计与投资控制[J]. 西北水电, 2008 (5): 72-74.

（责任编辑 杨 健）