

尼泊尔 TNH 水电站调压室优化设计

祖 威

(中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司, 四川 成都 610072)

摘要: TNH 水电站是“一带一路”倡议下, 尼泊尔政府和中国政府合作的典型基础设施项目之一。在详细设计阶段, 通过对尼泊尔 TNH 水电站调压室设计图纸进行分析研究, 对调压室布置进行优化设计, 经水力学复核、稳定分析计算, 验证优化设计参数合理性。通过优化设计, 减小了调压室顶拱施工难度, 节省工程投资。在严苛的咨询工程师要求下, 经过图纸三版升级修改工作, 最终优化设计成果得到工程师认可, 调压室布置图得到批复意见, 为后续调压室开挖支护图、衬砌结构图打下了坚实基础。

关键词: 尼泊尔; 调压室; 设计优化; 支护

中图分类号: TV554

文献标志码: A

文章编号: 1001-2184(2024)01-0024-03

Optimization Design of Surge Chamber for TNH Hydropower Project in Nepal

ZU Wei

(PowerChina Chengdu Engineering Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610072)

Abstract: The TNH Hydropower Station is one of the typical infrastructure projects under the Belt and Road Initiative between the Nepalese government and the Chinese government. In detail design, through analysis on the drawings related to surge chamber, the layout of surge chamber was optimized. And the hydraulic review and stability analysis calculation results verified the rationality of the optimization design parameters. Because of the optimization design, the difficulty of roof arch construction was reduced and the project costs were saved. Under the strict requirements of consulting engineers, after the modification of the third version of the drawings, the final optimization design results were recognized by the engineers, and the layout drawings of surge chamber was approved, which laid a solid foundation for the subsequent drawings such as excavation support and lining structural drawings.

Keywords: Nepal; Surge chamber; Optimization design; Support

0 引言

2023 年是“一带一路”倡议提出十周年, 尼泊尔和中国政府于 2017 年签署了“一带一路”合作备忘录。如今, 在“一带一路”倡议框架下, 中尼两国合作共建的基础设施项目已初具规模, 尼泊尔 TNH 水电站是“一带一路”倡议的典型基础设施项目之一。

尼泊尔 TNH 水电站位于加德满都—博卡拉的国家公路南侧, 紧邻达茂里市; 距加德满都 150 km, 距博卡拉 50 km。项目位于 Seti 河下游, 开发任务为调峰发电。

尼泊尔 TNH 水电站枢纽建筑物主要由混凝土重力坝、引水隧洞、调压室、地下厂房等组成。电站采用引水式开发, 装机容量 146.4 MW, 安装

2 台立轴混流式水轮发电机组; 坝后生态电站装机容量 1.79 MW, 安装 1 台卧轴混流式水轮发电机组。电站正常蓄水位为 415.00 m, 死水位为 378.00 m, 机组安装高程为 277.00 m, 正常运行尾水位为 289.64 m。

调压室作为长引水系统的主要水工建筑物, 可以有效减小压力水管中的水击压力, 从而改善机组的运行条件^[1]。对招标文件调压室设计方案进行复核, 为降低施工难度和节约工程投资, 开展了调压室设计调整和优化研究工作。

1 调压室概况

根据招标文件, TNH 水电站调压室位于引水隧洞末端, 为埋藏阻抗式调压室, 顶拱埋深约 231 m, 围岩为微新的薄~中厚层板岩, 岩性中硬, 以 III 类岩体为主, IV 类岩体次之, 少量 V 类岩

收稿日期: 2023-10-08

体,总体具备成洞条件。

招标阶段,调压室穹顶高程 437.4 m,井筒底板基础高程 362.40 m,井筒高 75 m;井底板阻抗孔直径 5.0m,隧洞与井筒之间通过阻抗井相连,高度 23 m,招标阶段调压室剖面见图 1(图中高程单位和尺寸单位以 m 计)。调压井井筒过水断面为圆形,直径 28 m,C25 混凝土衬厚 1.0 m;阻抗井内径 7.4 m,衬厚 0.5 m。调压室穹顶开挖跨度 35 m,高度 12.5 m,系统锚杆 $\Phi 32$,长 6.0 m,间排距 2 m,挂网喷混凝土厚 15 cm;井筒开挖直径 30 m,锚杆 $\Phi 25$,长 3.0 m,间排距 1.5 m,挂网喷混凝土厚 10 cm;阻抗孔开挖直径 8.4 m,锚杆 $\Phi 25$,长 2.0 m,间排距 1.2 m,挂网喷混凝土厚 10 cm。

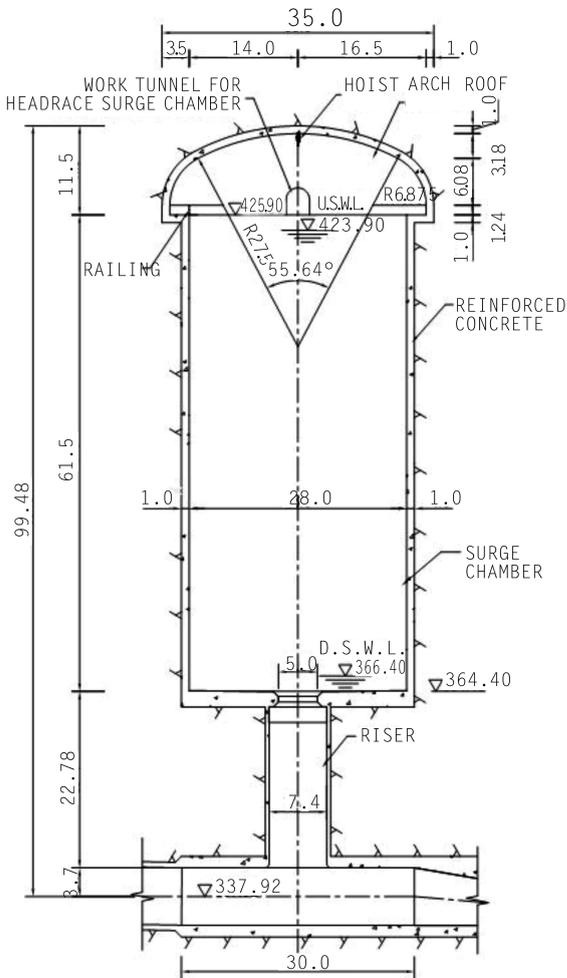


图 1 招标阶段调压室剖面图

2 设计优化思路

(1)减小调压室穹顶开挖跨度。招标阶段,TNH 水电站调压室穹顶开挖跨度达 35 m,规模较大,较一般地下厂房洞室跨度大,施工安全风险

较大。为降低穹顶施工难度,有必要对调压室穹顶开挖尺寸进行优化调整设计。

(2)穹顶钢筋混凝土衬砌调整为喷锚支护。鉴于调压室穹顶开挖尺寸较大,混凝土衬砌施工困难,建议将钢筋混凝土衬砌调整为喷锚支护衬砌,适当调整调压室穹顶支护参数,并采用有限元法对开挖支护参数进行计算验证工作。

(3)调压室井筒内径为 28 m,衬砌厚度为 1.0 m。建议根据调压室井筒承受内水压力大小,进一步优化调压室井筒衬砌厚度,以节省工程量。

3 优化调整设计方案

(1)优化设计方案。考虑到调压室穹顶最大开挖跨度 35 m,穹顶开挖和混凝土衬砌施工难度较大。施工详图设计阶段,对调压室穹顶进行重新设计,取消调压室穹顶混凝土衬砌,调整为喷锚支护作为永久支护。穹顶开挖跨度从 35.0 m 调整到 33.3 m,穹顶支护参数从“厚度 1.0 m 钢筋混凝土衬砌+喷锚支护”调整为喷锚支护作为永久支护措施。

优化调整后调压室布置为:调压室井筒穹顶高程 436.55 m,井筒底板基础高程在 362.40 m,井筒高 74.15 m;井底板阻抗孔直径 5.0 m,隧洞与井筒之间通过阻抗井相连,高度 21 m。调压井井筒过水断面为圆形,直径 28 m,高程在 403.90~425.90 m 之间,混凝土 C25 衬厚 0.6 m;高程在 383.90~403.90 m 之间,混凝土 C25 衬厚 0.8 m;高程在 362.40~383.90 m 之间,混凝土 C25 衬厚 1.0 m。阻抗孔内径 7.4 m,衬厚 0.5 m,施工详图阶段调压室剖面图见图 2(图中高程单位和尺寸单位以 m 计,桩号单位以 km+m 计)。

调压室支护参数为:调压室穹顶开挖跨度 33.3 m,高度 10.65 m,系统锚杆 $\Phi 32$,长 8.0 m,间排距 2 m,预应力锚索(DCP) $\Phi 47$,长 16.0 m,间排距 2.0 m,喷钢纤维混凝土厚 15 cm;井筒开挖直径 29.20~30.00 m,锚杆 $\Phi 32$,长 8.0 m,间排距 1.5 m,喷钢纤维混凝土厚 10 cm;阻抗孔开挖直径 8.4 m,锚杆 $\Phi 25$,长 5.0 m,间排距 1.5 m,喷钢纤维混凝土厚 10 cm。

(2)水力学复核。根据招标阶段合同要求,原报告中调压室最高涌浪控制工况为:水库正常蓄水位 415.00 m,考虑一次偶发事件或设备故障的工况,丢弃全部荷载,每台机组 $Q=126 \text{ m}^3/\text{s}$

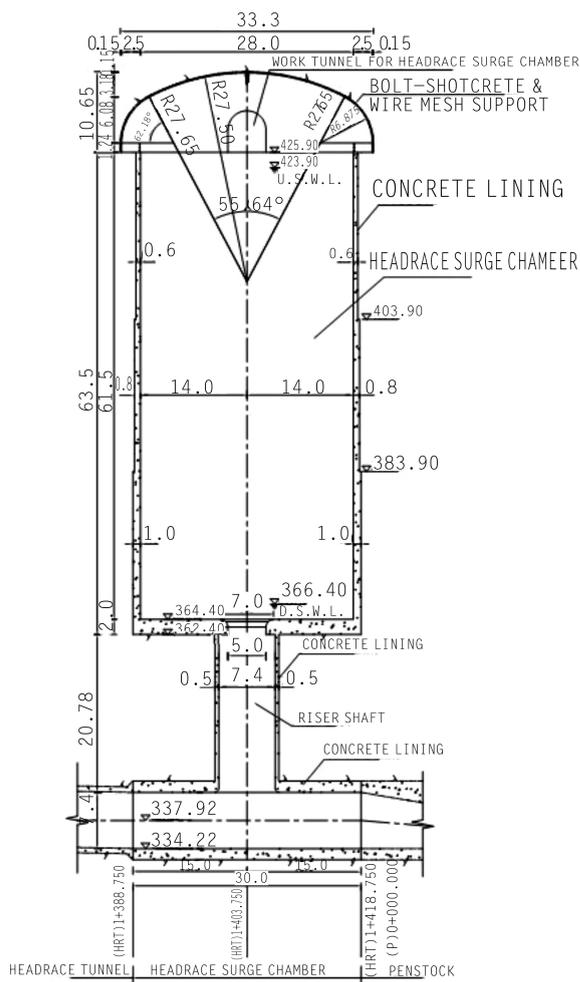


图 2 施工详图阶段调压室剖面图

减少为 0, 最高涌浪高程取值为 423.90 m, 最低涌浪高程取值为 366.40 m。

施工详图阶段, 根据最新优化调整设计方案进行机组过渡过程计算。根据东芝公司提供的《Turbine hydraulic transient calculation report》^[2] TNH 水电站机组过渡过程计算成果, 在水库正常蓄水位 415.00 m 时, 下游尾水水位为 289.64 m 时, 考虑一次偶发事件或设备故障的工况, 丢弃全部荷载, 每台机组 $Q = 130 \text{ m}^3/\text{s}$ 减少为 0, 计算最高涌浪高程取值为 422.95 m, 最低涌浪高程取值为 400.47 m。

根据招标合同要求, 水力学计算成果除非特殊情况, 不允许进行调整。因此, 施工详图阶段, 根据机组过渡过程计算成果及招标阶段设计成果, 最高涌浪和最低涌浪高程取值与招标文件一致, 即最高涌浪高程取值为 423.90 m, 最低涌浪高程取值为 366.40 m。

(3) 调压室开挖支护有限元计算成果。根据优化调整后调压室设计图纸, 利用 FLAC 3D 软件建立调压室开挖支护模型, 模拟开挖步骤并采用有限元数值计算^[3], 其计算成果用以验证调压室洞室开挖稳定性, 评价支护参数合理性^[4]。

1) 变形。调压室开挖后变形方向为向洞内。顶拱和竖井开挖变形增量均较小, 最大位移为 86.1 mm, 最大位移发生在井筒中下部。

2) 塑性区。根据洞室开挖后塑性区分布可知, 顶拱部位塑性区深度大部分小于 7 m, 在系统锚杆锚固范围内, 并且绝大部分塑性区深度未超过预应力锚索(DCP)锚固范围。竖井部位塑性区深度均小于 5 m, 未超过系统锚杆长度。

3) 锚杆应力。大部分岩体, 系统锚杆和预应力锚索(DCP)轴力均处于弹性状态; 部分受节理发育影响岩体, 系统锚杆和预应力锚索(DCP)轴力虽有所增加, 但仍未超过设计值, 处于弹性状态内。

经计算分析, 调压室支护设计参数满足美标规范^[5]和中国规范的相关要求^[6]。计算结果得到咨询工程师审批通过。

4 结 语

笔者以尼泊尔 TNH 水电站为例, 对调压室布置优化调整进行了研究分析, 并提出调整布置和优化设计方案。经进一步水力学复核、稳定分析成果验证分析, 优化设计的调压室布置满足设计要求。经优化设计后, 降低了调压室顶拱施工难度, 减少了工程投资, 技术可行、经济合理。

参考文献:

- [1] 沈长松, 刘晓青, 王润英, 等. 水工建筑物(第二版)[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2016.
- [2] DL/T 5195-2004 水工隧洞设计规范[S]. 中国电力出版社, 2004.
- [3] 潘家铮. 水工隧洞和调压室[M]. 北京: 水利电力出版社, 1990.
- [4] 陈育民, 徐鼎平. FLAC/FLAC3D 基础与工程实例[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2013.
- [5] EM 1110-2-2901 Engineering and Design Tunnels and Shafts in Rock[S]. U. S. Army Corps of Engineers, 1997.
- [6] NB T 35021-2014 水电站调压室设计规范[S]. 中国电力出版社, 2014.

作者简介:

祖 威(1984-), 男, 河北唐山人, 高级工程师, 硕士研究生, 从事水工结构设计工作。

(编辑: 吴永红)