

# 叶巴滩水电站地下厂房渗流分析影响研究

高红涛<sup>1</sup>, 代辉<sup>2</sup>

(1.西藏电建成都院工程有限公司,四川成都 610072;2.中国电力建设集团成都勘测设计研究院,四川成都 610072)

**摘要:**叶巴滩水电站是一座以发电为主要任务的巨型水利水电枢纽,地下洞室群规模较大,因地下厂房多位于天然水位线以下,渗流成主要问题。叶巴滩水电站地下厂房工程地质条件和防渗措施,建立地下厂房三维整体模型,采用三维有限元分析法对渗流场进行计算。先进的计算手段和工具在工程设计中的运用可靠性,必须结合工程实际条件,不能得出正确的计算成果,并在工程实践起到技术指导作用,采取合理的工程措施,既保证工程的安全、可靠和经济性,同时避免走弯路,加快工程进度,节约工程造价,使工程效益最大化。

**关键词:**叶巴滩水电站;叶巴滩水电站;地下厂房;渗流;防渗排水系统

**中图分类号:**[TM622];TV731+.6;O357.3

**文献标识码:** A

**文章编号:**1001-2184(2019)06-0122-04

## Study on the Influence of Seepage Analysis of the Underground Powerhouse of Yebatan Hydropower Station

GAO Hongtao<sup>1</sup>, DAI Hui<sup>2</sup>

(1.Power Tibet Chengdu Engineering Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 610072;

2. Chengdu Engineering Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 610072)

**Abstract:** Yebatan Hydropower Station is a huge water conservancy and hydropower project with the main task of power generation, where has a large scale of underground cavern group. Because the underground powerhouse is mostly below the natural water level, the seepage becomes the main problem. Based on the engineering geological conditions and anti-seepage measures of the underground powerhouse of Yebatan Hydropower Station, a 3D overall model of the underground powerhouse is established, and the seepage field is calculated by the 3D finite element analysis method. The application reliability of advanced calculation means and tools in engineering design must be combined with the actual conditions of the project, so as to get the correct calculation results, and play a role of technical guidance in engineering practice. Taking reasonable engineering measures can not only to ensure the safety, reliability and economy of the project, but also to avoid detours, speed up the project progress, save the project cost and maximize the project benefit.

**Key words:** Yebatan Hydropower Station; underground powerhouse; seepage; impervious drainage system

### 1 工程概况

叶巴滩水电站位于四川白玉县与西藏贡觉县境内的金沙江干流上,电站正常蓄水位 2 889 m,相应库容 10.80 亿 m<sup>3</sup>,调节库容 5.37 亿 m<sup>3</sup>。电站装机容量 224 万 kW。电站装机容量为 2 240 MW,年发电量(联合运行)102.22 亿 kWh。枢纽建筑物由挡水建筑物、泄洪消能建筑物及引水发电系统等组成。根据《防洪标准》<sup>[1]</sup>(GB50201-2014)及《水电枢纽工程等级划分及设计安全标准》<sup>[2]</sup>(DL5180-2003)的有关规定本工程为一等大(1)型工程,挡水、泄水和引水发电等主要建筑物按 1 级建筑物设计,次要建筑物按 3 级建筑物设计。厂房按 500 a 一遇洪水设计,2 000 a 一遇

洪水校核;消能防冲建筑物按 100 a 一遇洪水设计。

叶巴滩地下厂房均布置在拱坝右坝肩以里约 200 m 的库岸山体内,厂房最小水平埋深约 226 m,最小垂直埋深约 220 m。厂区地质条件复杂,断层结构面构造发育,地应力高,设计难度较大。厂区断层发育较多,厂房的设计非常关键,而厂区渗流分析是影响地下厂房安全稳定的主要因素,只有研究和掌握渗流的规律,才能选择合适的工程措施。

### 2 厂区渗流分析

裂隙岩体渗流比多孔介质渗流复杂得多,按照目前的研究水平,岩体流的数学惯刑基本上可

收稿日期:2019-09-04

分为非连续介质模型和连续介质模型两大类<sup>[3]</sup>,非连续介质模型,一般均忽略岩块的透水性,只考虑水在裂隙中的渗流<sup>[4]</sup>,连续介质模型,是把裂隙中的沙流转化到整个岩体中去,其实质是将裂隙岩体视为一种等效的各向异性均匀渗透的连续介质<sup>[5]</sup>,此外,也有一些学者提出了孔隙裂隙双重介质模型。本文只讨论符合达四定律的连续介质模型的计算分析和应用问题,

根据天然渗流场反演分析成果,针对运行期工况开展厂区渗流分布特性,并在排水孔幕间距和帷幕渗透特性敏感性分析的基础上,对厂区三维渗流场进行分析,渗控措施进行研究,计算厂区整体渗漏流量,以及对防渗排水设计参数进行优化分析,评价厂区各部位的渗透稳定性。

### 2.1 计算工况

厂区三维渗流有限元计算分析只考虑水库正常运行工况,即上游取正常蓄水位 2 889 m,下游水位取 2 720 m,引水隧洞的钢衬部分取隔水边界。

### 2.2 计算模型

#### 2.2.1 三维建模

厂区三维有限元模型对主要的渗透分区进行了模拟,也对引水、输水系统、厂房、厂区帷幕、厂房的排水廊道及其排水孔幕等工程结构和防渗排水系统进行了模拟。模型采用六面体等参单元和部分退化的四面体单元剖分,共划分单元 173 742 8 个,节点 519 702 个,厂区整体三维模型见图 1,厂区防渗帷幕三维模型如图 2 所示,厂区排水帷幕布置见图 3:

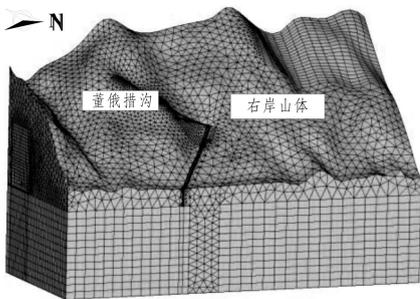


图 1 厂区整体三维有限元模型

#### 2.2.2 典型剖面选取

地下厂房的防渗排水系统十分复杂。根据三维模型图,选取厂区 5 个典型剖面及 1 个平切面进行分析,其中平切面为厂区 2 710 m 高程平切

面,厂区的典型剖面空间位置见图 4:

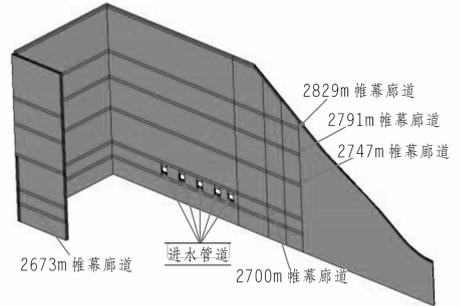


图 2 厂区防渗帷幕三维模型

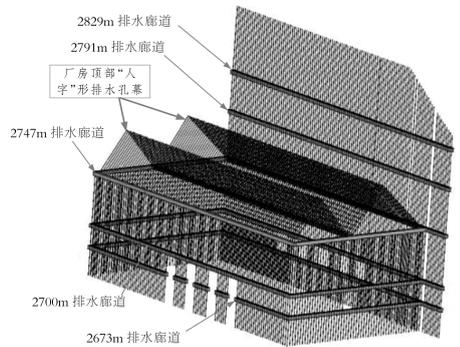


图 3 厂区排水帷幕三维模型

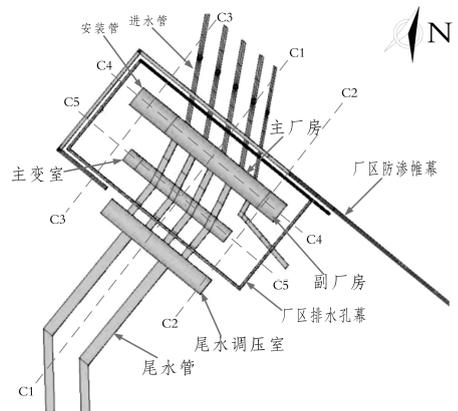


图 4 厂区典型剖面位置示意图

### 2.3 计算分析

#### 2.3.1 典型剖面的水头及平面水头分布图

典型剖面的水头线(及自由面)和渗透坡降分别见图 5、图 6。2 710 m 高程平切面水头分布图见图 7。

从图 5 可以看出,防渗帷幕前的地下水位较高,自由面穿过帷幕及帷幕后排水时出现下降趋势,防渗帷幕及帷幕后排水较好地阻止了地下水向厂房区域渗漏,自由面在主厂房底部上游侧边



流特性、帷幕及排水幕的渗流效果一级渗流量,计算结果表明,在目前设计的防渗排水体系的作用下,右岸地下水位流入厂区整个排水系统的流量较小,厂区整体防渗排水系统布置合理,计算结果合理,经工程实践证明工程措施合理。

通过工程实践证明,先进的计算手段和工具在工程设计中的运用可靠性,必须结合工程实际条件,才能得出正确的计算成果,并在工程实践起到技术指导作用,采取合理的工程措施,既保证工程的安全、可靠和经济性,同时避免走弯路,加快工程进度,节约工程造价,使工程效益最大化。

参考文献:

[1] GB50201—2014,防洪标准[S].

[2] DL5180—2003,水电枢纽工程等级划分及设计安全标准[S].

[3] 周粉, 琚瑰华. 裂隙岩体各向异性渗透特性及野外测定方法[C]. 水利水电科学研究院, 科学研究论文集, 8, 1982.8.

[4] Changxi Mao et al, Numerical Comptnation of Groundwater Flow in Fiss—ured Rocrs, 1988.

[5] 张有天、张武功. 裂隙岩体渗透特性、渗流数学模型及系数测量水利水电科学研究院, 1979.5.

作者简介:

高红涛(1982-),男,陕西南郑人,高级工程师,本科,从事水工结构设计;

代辉(1982-),男,湖北宜昌人,高级工程师,本科,从事项目管理、工程监理/咨询工作. (责任编辑:卓政昌)

(上接第 113 页)

为了更直观的判断该方法的准确性和可行性;此时松开上导、水导处轴承瓦,确认机组转动

表 8 第四次弹性油箱压缩值调整记录表(Δh)

弹性油箱编号	1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#	9#	10#	11#	12#	13#	14#
百分表读数(δ <sub>b</sub> )	0.41	0.36	0.34	0.36	0.38	0.42	0.42	0.39	0.37	0.41	0.40	0.43	0.42	0.40
百分表读数(δ <sub>c</sub> )	0.47	0.45	0.50	0.52	0.59	0.59	0.53	0.55	0.56	0.57	0.50	0.51	0.50	0.47

记录测得镜板水平 0.15 mm/m;符合检修技术要求(B<0.02 mm/m)。观察第四次弹性油箱压缩值记录表可知;该状态下各弹性油箱压缩值与第三次记录数据相近,其偏差在 0.01~0.02 mm;此时水平也与之之前状态水平相近,其偏差只有 0.01 mm/m;说明上述新型工艺测量数据真实

部件自由度良好情况下,再次测量镜板水平和各弹性油箱压缩值见表 8。

性和可信性很高。

在机组开机过程后,分别观察机组在空转、空载和带满负荷时推力轴承瓦温变化清风,发现推力轴承瓦轴在两个小时左右基本达到稳定,且瓦温最高与最低相差 2~3 mm,机组各项指标运行情况良好。

表 9 宝珠寺电站 12F 机组修后正常运行不同工况下推力瓦温记录表 /℃

瓦号	1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#	9#	10#	11#	12#	13#	14#
空转	29.1	28.8	28.7	28.6	28.5	28.4	28.8	28.7	28.5	28.4	28.6	28.5	28.3	28.5
空载	30.8	30.5	30.4	30.2	30.0	29.9	30.4	30.3	30.5	30.2	30.4	30.3	29.9	30.1
满负荷	31.9	31.7	31.5	31.2	31.0	30.9	31.2	31.3	31.4	31.1	31.3	31.4	31.0	31.2

4 结 语

宝珠寺 12F 机组 A 修弹性油箱推力轴承水平和受力调整新工艺,是在先前工作工艺流程基础上加以改进的,也是近 20 多次系统调整尝试中总结的经验;其最终处理结果及机组开机后的运行参数均取得了比较理想的效果。该弹性油箱水平及受力调整方法可为同类型的机组推力轴承水平与受力调整提供有益的借鉴和参考。

参考文献:

[2] 刘大恺. 水轮机[M]. 北京:中国水利水电出版社,2003.

[3] GB/T8564—2003. 水轮发电机组安装技术规范[S].北京:中国标准出版社,2003.

[4] 杨富、李庚阳. 液压支柱式推力轴承受力调整尝试[D].水电站机电技术,1986.

[5] 赵新青. 水轮发电机推力轴承弹性油箱的制造工艺[D].科学技术创新,2017.

作者简介:

孙健波(1988-),男,湖北仙桃人,助理工程师,本科,从事机械检修工作.

(责任编辑:卓政昌)

[1] 于兰阶. 水轮发电机组的安装与检修[M].北京:水利电力出版社,1992.