

某大型水电站水库水位测量存在的问题分析及优化

陈伟 崔城波

雅砻江流域水电开发有限公司 四川 成都 610051

【摘要】：水电站库水位的准确测量，直接关系到水库水位的精确调节，关系到水电站安全、稳定运行。本文主要介绍了国内某大型水电站水库水位测量在实际运行中存在的问题，分析其原因，提出了优化改进措施。优化后的库水位测量运行稳定、可靠，满足了水电站安全、可靠运行的要求。

【关键词】：库水位测量；测点分布；雷达水位计；压力反算；曲线拟合修正

1 水电站库水位测量概述

国内某大型水电站由首部低闸、长引水隧洞引水系统、尾部地下厂房组成，该水电站用大河湾的 310m 天然落差，截弯取直，直接从山体中开挖隧洞引水发电，引水隧洞长度约 17km，在首部仅设置一个调节库容仅为 496 万立方米的水库，为低闸、长引水隧洞、大容量引水式电站。首部拦河闸坝最大坝高 34m，水库正常蓄水位 1646m、死水位 1640m，调节库容极小，属日调节水库。

1.1 库水位测量目的

该电站上游水库库容极为有限，首部低闸设计水位控制要求在 EL.1643.0m-EL.1644.0m 范围。水库库容量小，较小的流量不平衡就会在短时间内产生较大的水位变化，同时汛期需要消纳上游电站泄流流量，导致该电站需频繁、精确地调节水库水位。为精确控制调节水库水位，需可靠地测量该电站上游水库水位。

该电站通过约 17km 长引隧洞将上游水库水引入至尾部地下厂房，水流在进入发电机前，经过调压井进行平压处理后流经水轮机推动机组转动后排至尾水。水轮机出力 $N=9.81*Q*H*\eta$ (N：水轮机出力、Q：流量；H：水头； η ：水轮机效率)，为精确控制水轮机出力，需测量出水轮机工作水头，故需精确测量调压井、尾水库水位来计算水头。

1.2 上下游水库水位测量方式

该电站主要采用投入型压阻式水位传感器对上游、下游水库水位进行测量。设计的库水位测点分别为上游进水口布置一个水位测量点，上游低坝布置一个水位测点、调压井布置水位测量点，尾水平台处布置一个水位测量点。采用压阻式水位传感器，将水位信号换算成 4-20mA 模拟量型号。针对水轮机水头计算，该电站采用测量蜗壳进口压力、尾水出口压力，通过压力反算水头。

2 水位测量存在的问题

该电站自投运以来，库水位及水头计算出现以下几类问题。投产运行多年后，部分测压管路因建设期间水泥等渣滓堵塞，导致无法再通过测压管路敷设压力型变送器。尾水平台处安装一个尾水测点，通过测压钢管插入水底，将投入型压阻式水位传感器放置于测压钢管内测量水位。投入型压阻式水位传感器基于所测液体静压与该处液体高度成比例的原理，通过压敏元件将压力换算成水位高度信号。但因尾水处水流流场紊乱，导致水位测量并不准确，波动过大。每条引水隧洞前，在进水口拦污栅前各布置有一个上游水库水位测量点，该区域受水流影响较大，水位波动较大，传感器压敏元件受水位波动产生的压力干扰信号较大，导致测得的水位值也相应波动较大；因该测点所预留的测压管路在工程施工期间，采用布置钢管预埋在混凝土中，导致无法对测点安装位置进行改变。

3 水位测量方式的优化

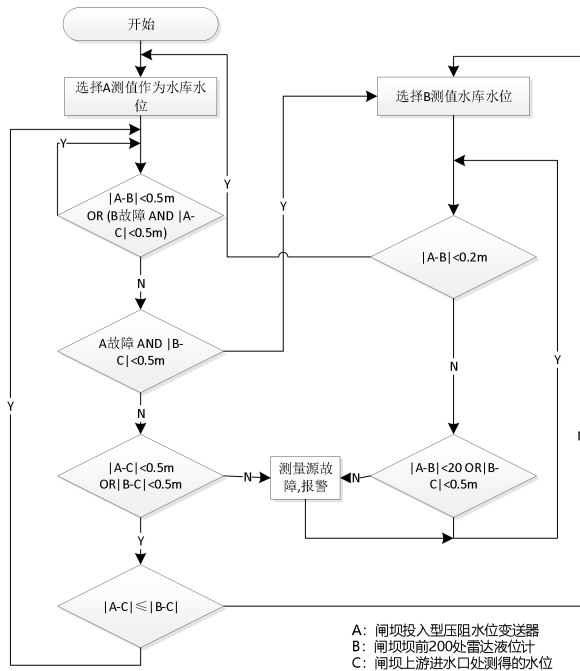
为提高该电站库水位测量的可靠性，电站通过以下几种措施对水位测量进行了优化。

3.1 对水库水位测点的优化

原设计中，仅仅在上游低坝前设置有一套水位传感器，用于监视及调节上游水库水位。存在如下几个问题：第一，单一的水位测量源存在故障的情况，当该单一水位传感器故障时，仅能通过人工观测方式监测水位。第二，该电站上游水库距离地下厂房距离较远，上游水库闸门现地监控 LCU 通过长光纤通信送至地下厂房；该电站地理位置位于的山势巍峨、地形复杂的山区，沿江敷设的光缆存在极大的被滚石砸断的风险，单独依靠上游水库低坝前的水位传感器测量水位可靠性不高。

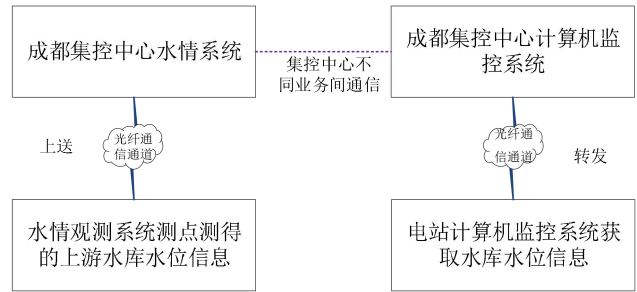
面对以上问题，电站通过在上游水库不同的位置布置水位测量点，在低坝往上游 200 左右的位置再布设一处水位测

量点，通过安装水位传感器，将水位测量送至上游水库监控 LCU，同时将电站进水口处测得的水位引入至上游水库监控 LCU，通过采用三选二的方式，综合判断上游水库的水位测量的准确性。三选二逻辑如下：



选择水库低坝原投入型压阻水位变送器 (A)、新增的低坝上游 200m 处的雷达液位计 (B) 作为测量来源，选择闸坝上游进水口水位计 (C) 作为参考比对测量源。当 A、B 差值小于 0.5m，正常采用 A 测得的水位作为水库水位。当出现 A、B 差值大于 0.5m，引入 C 作为参考，计算 A、B 两者与 C 差值；如果最小差值没有超过 0.5m，则选择 A、B 两者中与 C 差值小的那个水位作为水库水位测量值。当发生测量源切换至 B 后，则需要 A、B 之间的差值需要小于 0.2m 才恢复回切至 A，否则不再切换，在此期间，如果 B 与 A、C 的差值都大于 0.5m 则发出报警提示水库水位测值不正确。如果 A、B 差值大于 0.5m，A、B 两者与 C 差值都超过 0.5m，则发出报警提示水库水位测值不正确。

同时，针对上游水库监控 LCU 与地下厂房通过长距离光纤通信不可靠的问题；因该电站独立运行一套水情观测系统，水情观测系统独立于电站监控系统，将流域所有的水情信息测量并直接上送至该公司成都集控中心，水情系统通信所使用光纤通道路径与电站监控系统路劲不同。为了给电站提供不同来源的上游水库水位信号，电站通过从成都集控中心中转，获取水库水位信息，用于电站水位的备用源，获取水库水位信息的示意图如下。



3.2 对部分受水位波动导致测量不准确的传感器进行换型

投入式压阻式传感器依据压敏元件所测的静压来换算水位高程，在水流较大、流程紊乱的地方，压敏元件受到的紊乱水流产生的压力干扰信号较大，测量存在波动、测值不准的情况。对此种受流场紊乱、压力干扰量较大的地方，换型使用雷达波测量液位的方式。

雷达液位计发射雷达波→液面反射→接收雷达波，雷达发射电磁波经遇液面反射后被接收天线接收，依据雷达液位波经过的时间计算出相应的距离。 $H=c \times T/2$ ；(H: 雷达天线安装位置至液面距离；c: 电磁波传播速度，即光速；T: 雷达波从发射到接收所经过的时间)。采用雷达液位计，可有效避免了压阻式传感器受到水流流场产生的干扰信号，能够比较可靠的测量水位。

3.3 对于管道堵塞导致无法放置投入式压阻式传感器的情况，通过采用测量压力的方式进行反算水位

该电站调压井每台机组的事故闸门前、后各设置有一个水位传感器用于测量水位，因安装管路堵塞，导致无法敷设投入式压阻式液位传感器。故只能通过测量调压井压力的方式，依据液体压强计算公式 $P=\rho gh$ (P: 压强、 ρ : 密度、h: 高度、g: 重力加速度)，电站采用机组蜗壳进口压力测值，反算来得出调压井水位。

实际应用中发现依据 $P=\rho gh$ 公式换算出的调压井水位并不能真实的反应调压井水位，存在一定程度的偏差。原因是蜗壳进口压力从机组蜗壳处引出一根测压管路，该测压管路在传导压力时，因管道形状不规则等原因导致有一定大压力衰减；同时水轮发电机组在不同的负荷工况下，随着导叶的动作，对蜗壳内该压力测量取水点的会产生一定的干扰。为保障蜗壳压力测得的水位能够真实的反应水库水位，依据该电站运行时的蜗壳压力与调压井水位历史数据，采用插值拟合的方式进行曲线拟合修正。

为准确的拟合机组不同负荷工况下的计算水位，现引入机组有功测量值来修订偏差。通过查询历史数据发现机组负荷变化与调压井水位变化呈正相关，因此采用曲线拟合的方式进行修正，最终该电站通过蜗壳压力反算调压井水位的供

水如下。

$$H=[(P \times 1000) \div 9.78] + 1312 - [4 - (P_G \div 600) \times 4]$$

H: 调压井水位; P: 蜗壳进口压力; P_G: 机组功率; 600 为该电站机组额定功率 600MW

最终通过缺陷拟合修正的方式, 对比运行数据, 能够比较精准的测量调压井水位。

4 结语

该电站通过对库水位测点优化、对水流场紊乱的地方换型其他原理的水位测量传感器、对部分压力测压管路堵塞的地方采用压力反算及修正的方式, 通过实际运行效果观察, 达到了较好的效果, 能够可靠的测水库水位。本文对该电站出现的水库水位测量出现的问题进行了分析, 提出了优化方法, 通过改造及实际运行验证了优化方法的正确性。可以为水电厂水库水位测量提供可行的指导和参考。

参考文献:

- [1] 智永明, 刘建华, 魏广. 一体化遥测水位计工业设计探讨[J]. 水利信息化, 2017.
- [2] 陈兴发. 激光水位计在岩滩水电站的应用[J]. 红水河, 2015.

作者简介:

陈伟 (1987-), 2009年7月本科毕业于四川大学电气工程及其自动化专业, 从事大型水电厂自动控制检修维护工作, 工程师。

崔城波 (1987-), 2012年7月本科毕业于四川大学电气工程及其自动化专业, 从事大型水电厂自动控制检修维护工作, 工程师。