

水电厂防水淹厂房保护系统的设计与实现

李冬阳¹, 胡智宇², 毛琦²

(1. 北京华电水电有限公司, 北京 101512;
2. 中国水利水电科学研究院, 北京 100038)

摘要 水淹厂房事故是指在水电厂中因引水、蜗壳、蝶阀和尾水等部位大量漏水, 造成机组停机或设备、人员财产损失的事故。因此, 防止此类事故发生尤为重要。文章从硬件和软件两个方面提出了水电厂防水淹厂房保护系统改造方法, 结合密云白河水电厂不同机组高程的实际情况, 对防水淹厂房保护系统进行增加浮子、浸水传感器、声光报警装置和一键紧急停机控制系统等完善工作, 保证防水淹厂房保护系统关键回路为独立设计, 以满足水电厂安全运行需求, 并为今后类似水电厂的防水淹厂房保护系统改造工作提供借鉴。

关键词 水淹厂房事故; 水电厂; 信号器装置; 报警装置

中图分类号: TV7

文献标识码: A

文章编号: 2097-3365(2023)11-0106-03

密云白河水电厂位于北京市东北部的密云水库白河大坝下, 距北京市约100km, 是一座以防洪、供水、发电和灌溉为目的的综合性水利枢纽工程, 厂房为典型的坝后式厂房, 白河水电站装有4台15MW常规水轮发电机组和2台11MW抽水蓄能机组, 1960年11月17日首台机组正式投入运行, 1975年2月6日六台机组全部投产运行, 为全国第一座国产抽水蓄能电站。

1 水源分析

密云白河水电厂发电用水取自密云水库, 上游侧厂房后山处设一口调压井, 由调压井引出2条钢管, 到厂房前每条钢管各分3路, 1号、2号和3号机组对应一个钢管, 4号、5号和6号机组对应一个钢管。为了对发电机组进行防飞逸保护及引水隧洞发生事故和机组检修时进行挡水处理, 从调压井引出的两条钢管进水口处各设有一道闸门, 并且每台机组蜗壳前钢管处设有蝴蝶阀, 对机组的蜗壳前的进水进行启闭操作, 平时正常发电状态下机组的蝴蝶阀一直处于开启状态^[1]。

密云白河水电厂机组投运时间较长, 机组的导水叶漏水量偏大, 这些因素给厂房机组设备的安全稳定运行带来了一定的安全风险及隐患。另外, 调压井进口闸门虽然能够通过直流电源进行急降操作, 但对于出现水淹厂房事故时, 需要运行值班人员能够在很短的时间内进行相关事故处理, 同时在没有水淹厂房事故报警的情况下, 这些事故操作对于运行值班人员有着很高的要求, 因此, 为应对上游侧来水导致水淹厂房事故的突发情况, 本文针对防止水淹厂房保护的设计显得尤为重要。

2 设计依据及配置策略

密云白河水电厂在建设初期, 未配置防水淹厂房保护系统, 这为水电厂的安全生产带来了严重的安全风险和隐患^[2]。防水淹厂房系统的功能是在机组蜗壳取水管路破裂、顶盖破裂、蜗壳进出口、尾水进出口大量漏水等情况造成水淹厂房事故时, 自动或手动启动进水闸门紧急落门及全厂机组事故停机流程。此次系统改造以浮子、浸水传感器为水淹厂房信号感知单元, 由于电厂内安装2种机型即常规机组和蓄能机组, 不同机组的高程存在差异, 因此, 浮子、浸水传感器分别安装于蓄能机、常规机的最底层-排水泵层, 每处安装2套水位信号器装置, 并在公用系统及机组现地控制单元的PLC中设置报警和事故停机及关闭蝶阀逻辑, 在中控室公用系统盘柜内设置了紧急停机按钮, 并在厂房内不同层级区域搭配安装了3套声光报警装置, 以满足水电厂日常安全运行要求。

根据《水力发电厂自动化设计技术规范》(NB/T 35004-2013)中“厂房最底层(含操作廊道)设置不少于3套水位信号器, 每套水位信号器至少包括2对触头输出。当水位达到水位信号器第一上限时报警, 当同时有2套水位信号器的第二上限信号动作时, 作用于紧急事故停机并发水淹厂房报警信号, 启动厂房事故广播系统。”^[3]

3 结构配置

3.1 硬件配置情况

在厂房最底层-排水泵层设置2套的水位信号器装置, 常规机组和蓄能机组各一套, 常规机组安装在

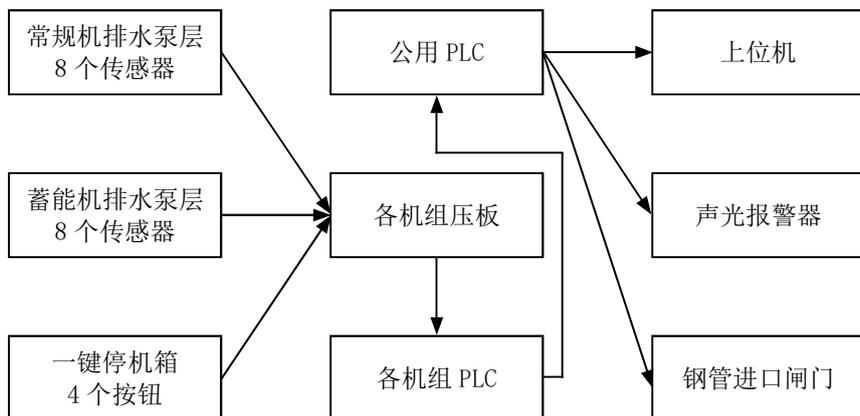


图 1 信息传输框图方案一

常规机排水泵层，蓄能机组安装在蓄能机排水泵层，每套装置含 4 个浮子传感器，按照一个低位（报警），三个高位（事故停机）的位置要求来安装，并用 2 套不同原理的传感器组合进行使用。

在厂房安装 3 台带语音播报功能的一体化声光报警装置，分别位于常规机组水轮机层、常规机组发电机层、蓄能机组水轮机层，当遇水淹厂房事故时，报警装置发出报警，可闪烁灯光并发出定置语音报警，用于提醒，通过不同方式告知厂内生产人员，便于事故逃生^[4]。

在中控室公用开关站 LCU 柜内安装机组一键停机按钮，方便紧急情况下用于各机组水淹厂房事故运行人员下手动停机，避免事故扩大化。

每台机组加装 1 个“水淹厂房事故停机”压板，由运行人员进行投退操作，当压板退出时，机组接收到水淹厂房停机信号时将不再启动事故停机流程及关蝶阀流程，但仍可作用于发出声光进行告警。

3.2 动作逻辑设计

方案一（如图 1）：2 套共 16 个浮子传感器信号发送至监控系统各机组 PLC 中并经该单元进行逻辑处理即启动告警。

各机组 LCU 经过“水淹厂房事故”压板接收到浮子信号后，在各自的机组 PLC 中进行信号逻辑分析，每套 3 个高位浮子传感器报警信号进行 3 选 2 处理，即有任意 2 个高位浮子传感器报警信号即认为该处有水淹厂房事故已经发生，并将立即启动机组事故停机流程、关闭蝶阀，以防止水淹厂房事故扩大，并将事故信号发送给公用系统。

当公用系统 PLC 接到机组发来的事故信号后，发送给上位机监控系统，上位机监控系统报警包括事件

记录、光字牌弹出和语音报警播报；同时公用系统 PLC 开出执行关闭钢管进口快速闸门命令，并同时启动声光报警器，运行人员可根据实际情况，使用公用系统盘柜内机组一键紧急停机按钮，手动启动机组事故停机流程。

方案二（如图 2）：2 套共 16 个浮子传感器信号发送至计算机监控公用系统 PLC 并经该单元进行逻辑处理即启动告警。

公用 PLC 接收到浮子信号后，在公用系统 PLC 中进行信号逻辑分析，每套 3 个高位浮子传感器报警信号进行 3 选 2 处理，即有任意 2 个高位浮子传感器报警信号即认为该处有水淹厂房事故已经发生，处理后发送至上位机监控系统报警，上位机监控系统报警包括事件记录、光字牌弹出和语音报警播报。当公用系统 PLC 判断水淹厂房事故发生后，其立即向各机组发送事故停机开入信号，关闭钢管进口快速闸门，同时启动声光报警器，运行人员可根据实际情况，使用机组一键紧急停机按钮，手动启动各机组紧急停机流程。

各机组收到公用系统 PLC 水淹厂房停机信号后且在机组 LCU 中“水淹厂房事故”压板投入情况下，将立即启动机组事故停机流程，同时启动关闭蝶阀流程，以防止水淹厂房事故扩大。

根据现场实际勘察，方案二更加便于施工、能够更加合理地利用现有电缆，节省了施工成本；从信号源和信号传递路径上分析，方案二的自动化元器件的工作电源更加统一，排除了因工作电源不同带来的信号干扰，信息传输集中在公用控制系统中，减少了信号传递过程中的分散及干扰。因此，选择方案二更为优化。

3.3 公用系统 PLC 逻辑实现

公用系统 PLC 采用的通用公司 GE9030 PLC，工程

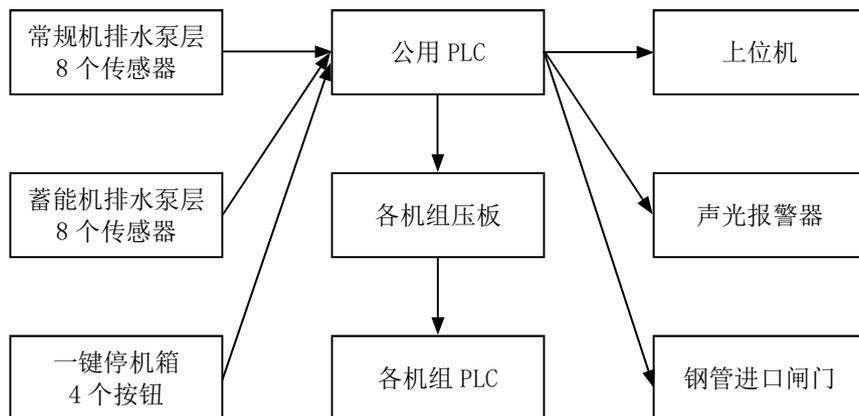


图2 信息传输框图方案二

中使用 GE 公司的 PME 软件进行梯形编程图逻辑编程，从而实现方案二中的逻辑设计，蓄能机侧“3选2”功能实现；为了第一时间提醒运行人员水淹厂房事故的发生，在厂房安装了3台带有语音播报功能的一体化声光报警装置，并由公用系统 PLC 自动控制；水位信号器装置安装在全厂最低的一层，排水泵层（常规机和蓄能机）。

3.4 机组 PLC 逻辑实现

机组 LCU 系统 PLC 采用的施耐德公司 M580 系列 PLC，工程中使用施耐德公司的 Unity 软件进行梯形编程图逻辑编程，在方案二中各机组收到公用系统 PLC 水淹厂房事故停机信号后且在“水淹厂房事故”压板投入情况下，将立即启动事故停机流程及关闭蝶阀流程的功能实现，为防止机组蝶阀在动水中关闭及各机组蝶阀同时关闭对于钢管产生冲击影响，对于机组蝶阀关闭时间设在导叶关闭之后，并且每台机组关闭蝶阀时间依次进行延时关闭^[5]。

4 设备安装

4.1 水位信号器安装高程确定

经过现场多次勘察，蓄能机排水泵层高程为 85m，常规机排水泵层高程为 90m，两个高程上方各安装 8 个两种不同原理的水位信号器，保证蓄能机排水泵层在水位达到 85.2m 发出水淹厂房报警信号，85.5m 启动事故停机流程及关闭蝶阀流程。保证常规机排水泵层在水位达到 90.2m 发出水淹厂房报警信号，90.5m 启动事故停机流程及关闭蝶阀流程。

4.2 水位信号器的接线

根据水淹厂房水位信号器工作时环境的特殊性，要求装置能够在浸水过程中稳定运行及电源可靠，因

此，水位信号器电源选择直流 24V 电源，并且实行双路供电，保证设备电源可靠，同时要求信号器设备密封性完整严密，安装过程中完全保证做好防水处理工作。

5 结语

水电厂水淹厂房事故的发生不仅会损害厂房内设备，迫使机组停机造成重大的经济损失，也会威胁厂房内部及下游人民群众的生命财产安全。本次防水淹厂房保护系统改造配置了水位信号器装置、声光报警装置等硬件设备，优化了公用系统 PLC 及机组 LCU 中 PLC 关于水淹厂房保护的逻辑判断条件，经过多次现场试验满足了设计标准要求，提升了水淹厂房事故发生时的应急处置能力。使用这种设计提高了电厂防水淹厂房事故的报警信息发布准确性和事故应急处理及时性，更加全面地反映水电厂的实际情况，从而保障了电厂的安全生产，同时也是避免经济损失、保证人身财产安全、提升水电厂经济效益的重要举措。

参考文献：

- [1] 梁国辉,李赫明.潘家口抽水蓄能电厂水淹厂房设计逻辑剖析[J].水电站机电技术,2017,40(s1):66-67.
- [2] 蒙渭文.浅谈水淹厂房事故的原因及防范措施[J].红水河,2021(01):125-127.
- [3] 於文汇.AETS水利枢纽工程防水淹厂房控制设计[J].水电站机电技术,2021(06):25-27.
- [4] 张旭,陈鑫,陈昕.基于水力机械设计的抽水蓄能电站防水淹厂房研究与探讨[J].水电与抽水蓄能,2019(06):75-77.
- [5] 朱传芳,林礼清.抽水蓄能电站防水淹厂房专项复核及防范[J].福建水力发电,2019(01):74-76.