

# 改进水电站进水口事故快速门控制策略探讨

刘晓波

(中国水利水电科学研究院自动化所 北京 100038)

**摘要:** 本文通过透过 2009 年 8 月 17 日俄罗斯萨扬舒申斯克水电站机电事故, 分析了目前国内水电站机组进水口事故快速门控制系统的现状, 分析了存在的问题, 给出了提高水电站机组进水口事故快速门控制系统的策略建议。可供水电站机电设计、设备或系统研制单位、运行维护等相关技术人员参考。

**关键词:** 水电站; 进水口事故快速门; 可靠性; 策略; 探讨

## 1 问题的提出

水电是可再生的、环保的能源, 具有快速调峰调频的特点。由于中国经济快速发展, 对能源的需求越来越大。在这一过程中, 业界对水电站水工建筑物的安全极其重视, 从前期规划、可研到设计规范、施工标准、验收等各个环节形成一整套规章制度, 来保证水电站水工建筑的安全。水电业界普遍观点是: 水电站水工建筑物一旦出现将影响整个水电枢纽的安全, 而水电站的机械和电气设备不会给水电站带来灾难性的事故。但是, 发生在 2009 年 8 月 17 日俄罗斯萨扬舒申斯克水电站机电事故, 彻底改变了这个观念<sup>[1]</sup>。

萨扬舒申斯克水电站装机 10 台 600MW 机组, 总装机 6000MW。2009 年 8 月 17 日正在满载 2F#水轮机组发生了水轮机顶盖的螺栓断裂, 高压水通过 2#水轮机组空的竖道涌入水电站的厂房。1#至 10#水力发电机组全部被淹, 工作的 1#、3#-5#、7#-10#水力发电机组线圈发生短路, 发电机组遭到不同程度的损坏, 事故造成大量人员伤亡。事故发生 55 分钟后, 2F#进水口事故闸门由电站工作人员用人工方式关闭。

萨扬舒申斯克水电站事故需要引起的教训是多方面的, 国内外许多技术人员都在认真总结其经验教训。本文作者认为 2F#进水口事故闸门没有快速正确关闭是事故扩大的重要原因之一。因为 2F#水轮发电机组发生事故后, 高压水流从 2F#进水口事故闸门大量快速涌进, 引起二号机及其它机组严重损坏和人员伤亡。如果 2F#进水口事故闸门能在 2 分钟内自动快速落下, 切断了高压水源进入厂房, 2F 及其它九台水轮发电机组都不会损坏, 也不会发生人员伤亡, 教训深刻。

本文从总结俄罗斯萨扬舒申斯克水电站机电事故出发, 分析了我国目前水电站进水事故门控制的现状, 提出了改进建议, 供有关规划、设计、改造参考。

## 2 水电站机组进水口事故快速门控制系统现状

### (1) 控制系统结构不尽合理

国内许多水电站机组进水口事故快速门控制系统结构不尽合理, 没有采用单元式结构。

目前采用较多的方式是：事故落门信号直接作用于现场落门回路，一套液压装置控制多台机组进水口事故快速门，由单独一套进水口事故快速门控制系统控制控制多台机组进水口事故快速门正常启停和信息传送。目前这一控制系统较少采用冗余控制措施，可靠性不高，一旦这一控制系统出现故障或事故，在监控系统将不能了解所有进水门信息，作为多台水电机组进水口事故快速门液动力将受到影响。另外，由于多台机组公用一套控制装置，因此从结构上不能接入机组 LCU，而只能接入公用设备 LCU。但实际上机组 LCU 需要与进水口事故快速门控制装置交流信息。

## (2)控制系统电源可靠性不高

机组进水口事故快速门控制系统电源，一般是采用 AC220V 和 DC220V 直流电源。如果直流系统事故或严重发生水淹厂房事故时，DC220V 将会失去，这时机组进水口事故快速门将不能事故落门。还有一些电站坝上交流来自于厂内，如果该厂用电故障，机组进水口事故快速门控制系统电源也不能保证。

## (3)控制系统控制策略不完善

目前常用事故落门控制策略：

- 二级超速；
- 事故停机过程中剪断销剪断；
- 手动紧急落门按钮动作。

存在的问题 1：二级超速信号不够可靠

许多电站采用转速信号装置送到机组进水口事故快速门。如果发生较大事故，转速信号装置电源故障，机组超速信号就不能可靠动作。另外快速门控制系统布置在电站大坝上，坝上雷击危害严重，转速信号上落雷的概率较大，电站又较少采用防雷措施，这是一个较大问题。

存在的问题 2：事故落门策略不全面

当发生水淹厂房事故时，如果机组没有发生二级超速，一般也不会产生“事故停机过程中剪断销剪断”信号，人们来不及“手动紧急落门按钮”，则进水门不会在 2 分钟自动关闭。在这种情况下，将会再现俄罗斯萨杨-舒申斯克水电站水淹厂房的事故。

# 3 水电站机组进水口事故快速门控制系统改进策略建议

## (1)改善控制系统结构

对于大型及以上或重要水电站，建议每一台进水事故快速门的液压部分、控制部分独立配置。控制部分作为机组远程机箱配置，或独立控制系统与机组直接进行数据交流。这样结构符合单元结构，更合理，各进水门之间相互独立，可靠性得到大幅提高。

## (2)提高控制系统电源可靠性策略

为了保证进水口事故快速门电源的可靠性，建议采取如下措施：

在坝上建立厂内 DC220V 的小型、后备直流系统，当厂内直流 220V 系统发生事故时自动投入运行；

在水电站坝上采用独立于厂内厂用交流电源，如外部交流电源或柴油机作为备用交流动力电源，这样即使发生如果直流系统事故或严重发生水淹厂房事故时，可以保证机组进水口事故快速门控制系统可靠动作，这一点是很重要的。

### (3)增加事故落门的策略

在目前普遍采用的落门措施基础上，研究增加其他措施，如：在进水门打开的情况下，机组蜗壳压力小于某定值或水电站厂房内水位高于给定值，就可以自动在 2 分钟内将机组进水口事故门落下。加上这个条件，可以有效避免类似萨扬水电站水淹厂房事故发生。

### (4)提高超速信号的可靠性

在机组中，应采用不少于两种原理转速信号装置监测二级超速信号，提供给机组进水口事故快速门控制系统。其中至少有一路是纯机械超速信号，保证二级超速信号的可靠性。

### (5)对输入输出到机组进水口事故快速门控制系统的信号采取防雷措施

鉴于在水电站大坝上落雷的概率较大，对机组进水口事故快速门控制系统的 I/O 信号应采取防雷措施，保护机组进水口事故快速门控制系统免受雷电侵害。

### (6)采取适当冗余措施

鉴于水电站机组进水口事故快速门控制系统的重要性，对于大型水电站或重要的水电站，可以采取适当的冗余措施：

- 采用双机热备 PLC；
- 采用 PLC 机箱之间双回路连接；
- 控制系统电源采用冗余方式；
- PLC 机箱采用双电源模块；
- PLC 机箱之间尽量采用光纤方式连接，以提高抗干扰措施；
- PLC 网络尽量采用双网络拓扑结构，尽量采用星型结构等措施。

## 4 小结

水电站水工建筑物的安全关乎整个水电站安全，如果水电站机械设备和电气设备设计、安装及运行方式等策略不当，在特定事故情况下，水电站机械设备和电气设备不能正常发挥作用，水电站将会出现灾难后果。本文通过分析目前水电站机组进水口事故快速门控制系统的现状，找出了存在的问题，给出了改进水电站机组进水口事故快速门控制系统策略建议。

通过采用上述措施，可以显著提高水电站机组进水口事故快速门控制系统可靠性，可以有效避免类似俄罗斯萨扬舒申斯克水电站水淹厂房事故发生。

国内水电技术人员还应继续全面反思、认真吸取俄罗斯萨扬舒申斯克水电站及其它水电站教训，认真总结中国水电建设运行的经验，堵塞漏洞，就可以一步一步提高我国水电技术水平，为中国的发展提供更强大、清洁、环保电能。

**参考文献:**

[1] 《2009年发生在“俄罗斯水电”开放股份公司分部—萨扬·舒申斯克水电站事故原因技术报告书》

**作者简介:**

刘晓波，男，1965年出生，工学硕士学位。中国水利水电科学研究院中水科技公司(自动化所)监控事业部副总工师，教授级高级工程师，从事计算机监控系统研制、开发、设计等工作。

通讯地址：北京复兴路甲一号水科院自动化所

电话：010-68781208，13701325534 E-mail: liuxb@iwhr.com