

水利工程

水电站水淹厂房事故预防与应急处置流程优化

刘伟松

国家能源集团海控新能源有限公司

DOI:10.12238/jpm.v6i8.8329

[摘要] 对于水电站来说，水淹厂房是一种非常典型的事故类型，不仅会造成设备的损坏，还有可能会引起大范围的人员伤亡，因此必须制定完善的预控措施和应急处置流程，尽量减少事故带来的损失。本文首先简单分析了水淹厂房事故出现的原因以及造成的危害，然后从预控措施、应急处理和演练评估等几个方面，探讨了水淹厂房事故的预控措施和发生后的处理措施，旨在为保证水电站安全稳定运行提供有力支持。

[关键词] 水电站；水淹厂房；应急处理

[中图分类号] TU271 [文献标识码] A

Optimization of accident prevention and emergency response process of flooded plants in hydropower stations

Liu Weisong

National Energy Group Haikong New Energy Co., Ltd.

[Abstract] For hydropower stations, flooded plants are a very typical type of accident, which will not only cause damage to equipment, but also may cause a wide range of casualties, so it is necessary to formulate perfect pre-control measures and emergency response procedures to minimize the losses caused by accidents. This paper first briefly analyzes the causes and hazards caused by flooded plant accidents, and then discusses the pre-control measures and post-occurrence treatment measures of flooded plant accidents from several aspects, such as pre-control measures, emergency treatment and drill evaluation, aiming to provide strong support for ensuring the safe and stable operation of hydropower stations.

[Key words] hydropower station; flooded plants; Emergency treatment

引言

水淹厂房事故是水电站运行过程中极具威胁的安全隐患，一旦发生，可能导致设备严重损坏、电力生产中断，甚至造成人员伤亡，给社会和经济带来巨大损失。有效的应急处置流程能够在事故发生时迅速响应，最大程度减少损失。通过分析各类水淹厂房事故发生的原因并进行举一反三，补足水淹厂房预控措施，优化应急处置流程并进行科学的演练评估，完善应急预案，提高水电站应对水淹厂房事故的能力，保障人员生命安全和电力系统的稳定运行。

1 水电站水淹厂房事故

1.1 事故原因

1.1.1 外部因素

第一，超标准洪水。水电站运行过程中，受到上游强降水

以及其他因素的影响，很有可能会导致洪水超过了原有设计的水位，进而出现建筑损害、厂房进水、漫坝等现象，导致整个水电站全面停电跳闸。另外，下游水位猛涨也有可能会导致水进入到厂房的交通门洞，出现水淹厂房的问题。第二，超标准降雨。在遇到连续强降雨天气后，很有可能会引发山洪灾害，这时位于山体周围的厂房，很有可能会面临大量的洪水涌入，再加上排水系统很难满足实际排水需求，就会出现水淹厂房事故。另外，雨水从顶棚、门窗、排水的等位置，有可能会倒灌进入厂房内部。第三，超标准地震。出现超标准地震，可能会导致水电站厂房的挡水结构出现裂缝或者部分建筑物出现坍塌、边坡失稳等问题。另外，出现电力设备损坏的问题也会导致积水无法顺利抽出，影响到泵站运行的可靠性。第五，电源故障。水电站运行过程中，如果厂区出现停电事故，应急电源

无法正常使用，再加上外部电力供应中断，就会导致排水设备无法正常运行。

1.1.2 误操作原因

工作人员进行水轮发电机组检修时，在打开尾水管人孔门的情况下，如果出现工作人员提起快速闸门或蝶阀，或者快速闸门或蝶阀漏水突然增大来不及排水，就会导致引水钢管来水通过人孔门涌入到厂房内部，进而引发水淹厂房的问题。在结束检修工作后，没有及时打开尾水检修门，就进行了开机操作，水流不能够正常排出，由于压力差过大，也有可能从密封位置泄漏，进而产生水淹厂房的问题。

1.1.3 过流部件原因

以某水电站为例，水淹厂房事故发生时，认定事故的直接原因是某台机组配水管进入人门螺栓断裂，进入门在水压作用下爆开，大量水流涌入厂房，导致水淹厂房。而间接原因一是该机组配水管进入人门双头螺栓材质与设计不符，金相组织异常，螺栓材料塑性低、脆性高，在压力钢管内水压的作用下发生脆性断裂。二是该机组配水管进入人门爆开后，球阀未按照运行规程、应急预案要求实现立即关闭、切断水源。经调查认定本起事故为一般非人身安全生产责任事故。为了应对此类问题，除了要满足水轮发电机组的科学检修还要增强对螺栓材料的检测。

1.2 事故危害

1.2.1 人员伤亡

水淹厂房事故发生时，水流速度快、压力大，厂房内人员来不及逃生，极易被洪水淹没，造成溺水伤亡。如关州水电站事故就造成了9名现场作业人员遇难。

1.2.2 设备损坏

洪水的浸泡和冲击会对水电站的设备造成严重损坏，如发电机组、电气设备、控制系统等。设备损坏不仅会导致电力生产中断，修复设备还需要耗费大量的时间和资金。

1.2.3 电力供应中断

水淹厂房事故可能导致水电站长时间停电，影响电力的正常供应，对工业生产、居民生活等造成严重影响，甚至可能引发社会不稳定因素。

2 水淹厂房事故预防、应急处理和演练评估措施

2.1 应急逃生通道布置

针对水电站运行过程中，可能潜在的水淹厂房事故，可以通过设计多条逃生通道的方式进行应急处理，每一个水电站应至少设置两个独立的通道。一般来说，逃生通道设计需要遵循脱离、转移、等待救援的思路，也就是说，保证出现意外事故时，工作人员能够以最快的速度脱离灾情，转移到地势较高的区域，并且等待救援，一般不建议自行脱困。所以，应根据水电站所处地形条件进行科学设置，如果是岸边地面厂房，应

急通道应设置在压力管道检修便道或者连接电站的最高建筑物以及地势较高的索桥等；河床式厂房则应选择上游坝顶作为应急通道；地下厂房设置应急通道时应尽量将其放置在出口高程的通风洞或者出现平洞，在具备条件的情况下，还需要在水电站内设置直升机停机坪，也可以将其作为应急交通设施，便于人员逃生。

2.2 完善水情测报系统

水电站运行过程中，根据来水的日、月、季、年等预测资料完成水情预测，提前对可能潜在的极端天气进行预警，一旦出现极端天气，有可能会面临山洪、滑坡等二次灾害，提前预警可做好有效的防范措施，进而降低水淹厂房事故出现的概率。要求相关工作人员定期对厂区附近的建筑物、排水沟、山体等进行定期观测，每年进入汛期之前，还需要集中对冲水沟等区域进行清理和维护，保证降雨形成的积水能够及时排出到下游河道，避免由于排水不畅导致水流入厂房，引发次生灾害。另外，还应定期对挡水建筑物进行观测，一旦发现存在裂缝等异常状况，立即组织工作人员进行分析和处理，尽量减少由此产生的问题。

2.3 加强机组运行工况监测

首先，根据水电站运行的实际状况，适当增加在线监测系统数量，对机组的砧板状况进行实时监测，在水电站正式投入运行后，可能会出现振动过大或者水头低的问题，为了能够有效掌握机组运行公式，及时发现其潜在的异常状况，可以适当增加在线监测系统数量，对于水导、发导、灯泡头等重点位置进行实时监测，了解其实时振动和摆度，当发现存在超标时立即发出警告信号，这样也能够便于工作人员以最快的速度采取干预措施。其次，增加工业电视系统。对于水电站机组的关键部位进行实时监测，随着技术水平的不断提升，大部分水电站逐步实现了无人值班、少人值守，水电站内的值班人员数量相对较少，常规的检测手段无法满足安全需求。所以，还需要在厂房内部设置工业电视系统，工作人员只需要清除系统的按钮，就能够实现对厂房内部所有设备运行状况的全方位监测。以某水电站为例，在该厂房最底层低洼易积水区域、设备周边及排水沟关键节点，科学合理地安装高精度液位传感器、水位变送器及积水探测传感器，将传感器采集的积水数据无缝接入水电站综合监控系统，在监控界面上直观展示尾水层（蝶阀层）各监测点的水位实时数据、变化曲线及报警状态，及时发现潜在的漏水位置，并且还增加了漏水警报和自动送画面功能，这样就能够保证在积水出现漏水状况时，能够第一时间发出警告信息，便于工作人员及时赶往现场进行处理。

2.4 定期对重要过流金属部件进行检测

第一，制定科学检测周期：依据《水电站设备检修导则》以及设备运行工况、部件材质及使用年限，制定差异化检测周

期。通常日常巡检每月或每季度一次，通过目视检查过流部件表面磨损、裂纹、腐蚀等明显缺陷；定期检测每年1次，借助超声、磁粉、渗透等无损检测技术，深入排查过流部件拼接处焊缝内部损伤或隐蔽缺陷；特殊检测则应根据设备运行工况决定，运行满5-10年时，需增加检测频次。第二，选用多元检测技术：采用目视检查、红外热成像、超声波探伤、硬度测试等多种检测手段。红外热成像可快速定位异常发热点，超声波探伤能有效检测螺栓内部裂纹，硬度测试则评估金属材料的力学性能变化。第三，规范处理流程：对于检测中发现的轻微缺陷，及时进行修复或调整运行参数；对存在严重安全隐患的部件，立即安排停机更换，并深入分析缺陷产生原因，采取针对性的预防改进措施，避免同类问题再次发生。

2.5 提高厂房排水能力

为了能够有效规避出现水淹厂房问题，应对水电站进行有效的整改和完善，为了能够切实提升排水系统运行的通畅性，应安排工作人员每天对水泵进行检查，确保控制回落和泵体始终处于正常运行状态，一旦发现异常状况，立即采取科学合理的处理对策。另外，如果工作人员检查过程中发现集水井水位存在异常状况，也需要立即采取切实有效的监测手段，通过在集水井内安装摄像头、传感器或增加第二套水位监测装置来对比校核水位，以便第一时间发现水位异常变化。最后所有排水系统的备件备品必须要准备充足，确保在出现紧急状态时，能够第一时间进行更换。

2.6 完善预警机制

第一，升级监测设备。采用先进的水位传感器、压力传感器、流量传感器等监测设备，提高监测的准确性和可靠性。同时，建立设备定期维护和检测制度，确保设备正常运行。第二，建立多渠道预警信息传递系统。除了传统的电话、对讲机、无线电台等方式外，利用短信、微信公众号、应急广播、卫星电话等多种渠道及时传递预警信息，确保相关人员能够第一时间收到。同时，建立预警信息反馈机制，确认信息接收情况。第三，明确各部门职责分工。制定详细的应急处置职责清单，明确各部门在事故预警、应急响应、现场处置、人员救援、后期恢复等各个环节的具体职责和任务。建立协调沟通机制，定期召开应急协调会议，加强各部门之间的信息交流和协作配合。

2.7 优化抢险救援流程

第一，制定科学合理的救援方案。根据水电站的实际情况，制定抢险救援方案，并进行预演和评估。针对不同类型的水淹厂房事故，明确相应的救援措施和流程，确保救援行动迅速、有效。第二，加强救援设备管理。定期对抽水泵、柴油（汽油）发电机、照明设备、救生器材等救援设备进行维护和保养，确保设备处于良好状态。同时，根据实际需要，合理配置救援设备，提高救援能力。第三，提高救援人员技能。加强对救援人

员的培训，定期组织技能培训和实战演练，提高救援人员的专业技能和应急处置能力。邀请专家进行授课，讲解最新的救援技术和方法。

2.8 构建完善的演练评估体系

遵循科学性、全面性、可操作性、独立性等原则选取评估指标。科学性要求指标能够客观准确地反映演练效果；全面性要求涵盖应急处置的各个环节；可操作性要求指标数据易于获取和计算；独立性要求各指标之间相互独立，避免重复。实际工作中，应从预警响应、指挥协调、现场处置、人员救援、后期恢复等方面选取评估指标，如预警及时性、信息准确性、指挥决策能力、部门协同配合程度、抢险救援效率、人员伤亡情况、设备损坏修复情况等。目前常用的评估方法包括：第一，层次分析法确定权重。运用层次分析法（AHP）确定各评估指标的权重。首先，建立层次结构模型，将评估目标分为目标层、准则层和指标层；然后，通过专家问卷调查等方式构建判断矩阵，计算各指标的相对权重，并进行一致性检验，确保权重的合理性。第二，模糊综合评价法进行评估。采用模糊综合评价法对演练效果进行量化评估。根据评估指标的实际表现，确定各指标的隶属度，构建模糊关系矩阵。结合各指标的权重，通过模糊合成运算得到演练效果的综合评价结果，将演练效果分为优秀、良好、合格、不合格四个等级。

3 结束语

总而言之，水电站的防汛工作与社会的安定和谐以及经济的发展有着直接关系，同时还会关系到电站上下游人民群众的生命安全，保证防汛工作质量也是履行社会责任的重要体现。通过对水淹厂房事故出现的原因及危害进行深入分析，能够进一步加强相关工作人员的重视程度，积极探索切实有效的应急处理和演练评估措施，能够有效提升工作人员的应急处理水平，充分发挥救援措施的应用价值。另外，相关方面还应该与其他领域进行深度沟通交流，积极引进先进的技术手段，切实提升管理系统的智能化水平，为水电站的安全稳定运行提供可靠保障。

[参考文献]

- [1]黄俊科.飞来峡水电站水淹厂房风险点及防范措施[J].广东水利水电,2013,(09): 72-74.
- [2]王群,崔光哲,刘建军.两江水电站水淹厂房事故分析与防范措施[J].吉林劳动保护,2019,(07): 24-26.
- [3]陈源,胡清娟,蒋明东,等.大型抽水蓄能电站防水淹厂房事故演算与风险分析[J].水力发电,2019,45(04): 84-87.
- [4]杜德进.水电站水淹厂房典型案例及风险识别[J].电力安全技术,2019,21(01): 16-21.
- [5]林海波.大型灯泡贯流式电厂防止水淹厂房事故措施研究与应用[J].红水河,2012,31(06): 47-52+58.