

水利工程电气自动化系统防雷技术应用探究

殷鑫

山东省菏泽市曹县青菏街道办事处便民服务中心

DOI: 10.12238/jpm.v5i11.7408

[摘要] 文章对雷击对水利工程电气自动化系统的影响及防雷技术的应用要点展开集中讨论。研究指出,随着水利工程在现代社会的重要性日益增加,电气自动化系统的普遍应用使其面临雷击带来的潜在威胁,包括设备损坏、系统可靠性降低、人身安全风险以及二次灾害。接着,继续分析了防雷设计原则、技术分类、系统构成及实施要点,强调了定期检查与新技术应用的重要性。结论指出,完善的防雷技术对于提高水利工程电气系统的安全性具有重要意义,未来应关注防雷技术的创新发展。

[关键词] 水利工程;电气自动化系统;防雷技术

Research on the application of lightning protection technology in electrical automation system of water conservancy engineering

Yin Xin

Convenience Service Center, Qinghe Street Office, Cao County, Heze City, Shandong Province

[Abstract] This paper focuses on the impact of lightning strikes on the electrical automation system of water conservancy projects and the application points of lightning protection technology. The study points out that with the increasing importance of hydraulic engineering in modern society, the widespread application of electrical automation systems exposes them to potential threats caused by lightning strikes, including equipment damage, reduced system reliability, personal safety risks, and secondary disasters. Then, the design principles, technical classification, system composition and implementation points of lightning protection were analyzed, and the importance of regular inspection and application of new technologies was emphasized. It is concluded that perfect lightning protection technology is of great significance to improve the safety of the electrical system of water conservancy projects, and the innovation and development of lightning protection technology should be paid attention to in the future.

[Key words] water conservancy engineering; electrical automation systems; Lightning protection technology

全球气候变化,极端天气事件频繁发生,雷击事件对基础设施的影响越来越大。水利工程在现代社会中不可或缺,承担着水资源调配、灌溉、发电和防洪等多重功能,其电气自动化系统则主要作用于提高工程效率、保障安全运行。然而,雷击所带来的强电流和过电压会对电气设备造成直接损坏,还可能导致系统故障、降低稳定性和可靠性,甚至危及操作人员的安全。对此,本次将从设备损坏、系统可靠性下降及二次灾害风险等方面重点讨论雷击对水利工程电气自动化系统的影响,通过对雷击危害的全面了解,为防雷技术的应用提供理论依据。然后,继续从技术应用角度出发,阐述水利工程中防雷技术的应用要点,包括防雷设计原则、防雷技术分类和实施要点等,强调在防雷设计中遵循预防为主的理念,以及对防雷系统进行定期检查与维护的重要性。希望文中提出的观点和最终结论可以指导水利工程电气自动化系统的防雷技术应用,确保水利工程的长期稳定运行。

1 雷击对电气自动化系统的影响

1.1 设备损坏与故障

雷电产生的强电流和过电压对电气设备具有直接破坏作用。当雷击发生时,电流会沿着电缆和导体传播,导致电气设

备内部的绝缘材料熔化、短路或发生其他形式的物理损坏,既会影响单个设备,还可能导致整个电气自动化系统的停机,进而造成生产延误和经济损失。例如,水利工程的自动化系统中雷击可能损坏控制柜、传感器、执行器等关键设备,导致水泵无法正常运行,影响水资源的调配和管理。

1.2 系统稳定性与可靠性降低

雷击会引发电气自动化系统中的瞬时过电压,可能导致控制系统和通信系统的失效或干扰,进而影响设备的正常运行,还可能导致错误的信息传递和控制指令失效。例如,控制系统可能在接收到错误信号后误操作,导致不必要的设备启动或停机,降低了系统的稳定性和可靠性。同时,雷电对信号传输线路的干扰也可能导致数据丢失或延迟,从而影响自动化系统的实时监控和调度能力。

1.3 人身安全威胁

当雷击事件发生时,电气自动化系统的操作人员面临人身安全的潜在威胁,尤其是在室外作业或进行设备维护时,雷电可能直接影响到人员的安全,增加事故发生风险,比如,工作人员在进行设备检查或维护时,如果未能及时避开雷电,可能会遭受电击或其他严重伤害。因此,保障操作人员的安全是

雷电防护中必须考虑的重要因素。

1.4 二次灾害风险

雷击引发的设备损坏不仅会导致短期停机，还可能引发二次灾害，如火灾或爆炸等，这些二次灾害通常是由于设备故障或短路引发的火花所致，尤其是在存在易燃易爆物质的环境中，后果可能非常严重。雷击导致的设备失效还可能会影响周边设施，造成连锁反应，增加损失的复杂性和处理难度，例如，水利工程中的电气自动化系统故障可能导致水闸失控，进而引发洪水等次生灾害。

2 水利工程电气自动化系统中防雷技术的应用要点

2.1 防雷设计原则

防雷设计应遵循相关的国家和行业标准，例如《建筑物防雷设计规范》(GB 50057-2010)以及《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》(GB 50150-2006)，这些标准提供了防雷设计的基本框架和具体要求，确保各项防雷措施的科学性与有效性。防雷设计的基本标准主要包括设计依据、雷击频率与强度、安全距离等重要方面，具体来说：要求根据工程所在地区的气候、地理位置、建筑物的高度和使用性质等因素，确定防雷设计的依据和标准；通过分析历史数据，评估工程地点的雷击频率与强度，从而选择适当的防雷措施；设计避雷设施时需考虑避雷设施与电气设备之间的安全距离，以防止雷电引发的电磁干扰。

“预防为主，防治结合”的设计理念也要在防雷设计中作为指导原则。实际设计中应该对雷电的发生频率、雷电强度以及设施的使用性质进行综合考虑，设计人员必须充分评估雷击风险，从源头上采取措施，减少设备受到雷击的可能性。

预防为主的设计理念强调在系统设计阶段，尽可能通过选用优质设备和材料、优化设备布局以及配置防雷设施等方式来降低雷击风险^[1]；同时，防治结合的设计理念则是在发生雷击后，系统能够迅速采取有效的应对措施，以减少损失。例如，在电气设备的选择与配置上，优先选用具备良好防雷性能的设备并在系统设计中合理配置避雷针和接地装置，形成全面的防雷体系。

2.2 防雷技术的分类

防雷技术可以根据其防护对象和作用机制进行分类，主要包括直击雷防护、感应雷防护和雷电过电压保护措施。

直击雷防护是指通过物理措施防止雷电直接击中电气设备，主要包括避雷针和接地装置。避雷针是防雷设计中的关键设施，其设置应根据建筑物的高度、周围环境以及雷电活动频率进行科学配置，通常避雷针安装在建筑物的最高点，以形成有效的保护范围，在雷电发生时能够提供一条低阻抗的通路，将雷电流引导至接地系统，从而避免设备遭受直接损害。接地装置则是通过将雷电流安全引入地下，减少对设备的损害。接地系统的设计应符合相关标准，确保接地电阻满足要求并定期进行测试与维护，以保证其有效性，还要采用耐腐蚀的材料并合理布置，以确保接地电流能够有效分散。

感应雷是指雷电在大气中产生的电磁场对电气设备的干扰，主要通过电磁感应作用引发过电压。为有效防护感应雷，可以采用浪涌保护器等设备。浪涌保护器通过限制过电压的幅度，将雷电引起的瞬时过电压控制在设备的耐受范围内，从而保护电气设备的安全。浪涌保护器在实际应用中需要合理布置

于电源输入端和设备之间，以最大限度降低雷电对电气系统的影响。

雷电过电压保护措施主要通过设置专门的电压限制设备来实现，如避雷器和过电压保护器等，这些设备能够在雷击发生时迅速降低电压，保护设备不受损坏。

设计时需根据电气设备的特性和工作环境，选择合适的过电压保护器，确保其能在雷电事件发生时快速响应，过电压保护器的选择则应该基于其额定电压、浪涌电流能力以及响应时间等参数，以确保其适用于特定的应用场合。

2.3 防雷系统的构成

完善的防雷系统应该涵盖接地系统的设计与实施以及避雷设施的配置与安装。

接地系统是防雷技术的核心部分，其设计与实施直接关系到防雷效果，设计接地系统时应考虑以下因素：接地电阻应低于规定值，以确保雷电流能顺利导入地下，通常接地电阻值应小于 4Ω ^[2]，某些特殊环境下可能需要更低的接地电阻；接地体的材料应选用耐腐蚀、导电性良好的材料，以延长使用寿命，接地体的连接方式应确保接地体与设备之间的电气连接良好，避免因接触不良导致的接地失效；接地装置的布置应合理，确保各个设备均有良好的接地，防止因接地不良导致的雷电损害，大型水利工程中接地系统的布置应考虑不同设备的接地需求以及不同地形、土壤条件对接地效果的影响；接地系统的设计还必须满足国家相关标准，同时结合实际情况进行优化设计。

避雷设施的配置与安装是防雷系统的另一重要组成部分，避雷设施的类型与数量应根据建筑物的高度、形状、位置及雷击频率等因素进行科学设计^[3]。在设置避雷针时需确保其高度足以覆盖所有需要保护的设备和区域，避雷针的安装应按照相关规范进行，确保其与接地系统有良好的连接，以避免雷电击中后流入设备。避雷设施的维护工作也不容忽视，建议定期检查设备的完整性，确保其在雷击时能正常工作，维护工作包括检查避雷针与接地装置的连接情况、清理接地体表面的腐蚀物以及定期测试接地电阻值等。

2.4 技术实施要点

为了确保防雷技术的有效应用，必须关注防雷系统的定期检查与维护、使用新材料与新技术、加强人员培训与防雷意识的提升。

防雷系统的定期检查与维护是确保其有效性的关键，要求制定详细的检查计划，对接地系统、避雷设施及防雷设备进行定期检查，确保其始终处于良好工作状态；对于发现的问题，应及时进行修复或更换，避免因设备故障导致的安全隐患。还应该根据水利工程的实际情况制定防雷系统的检查计划，包括检查的频率、检查内容及责任人员等；通常避雷设施应每年至少检查一次，而接地系统则需根据土壤条件、气候变化等因素，灵活调整检查频率^[4]。检查内容应包括避雷设施的外观检查、接地体的腐蚀情况、接地电阻的测试等，还要求全面记录检查结果并根据记录的结果采取相应的维护措施。

随着科技进步，许多新材料和新技术在防雷领域得到应用，如导电性更好的复合材料、智能化的防雷监测系统等，新材料和技术的使用可以使防雷效果大幅提升。防雷设备的制造和安装中建议优先选用新型导电材料，如铜铝复合材料，这些

材料具有更好的导电性和抗腐蚀性,能够有效提高防雷设施的性能^[5]。新技术的引入,特别是智能监测技术的应用,可以实时监测防雷系统的状态,并在出现故障时及时报警,帮助维护人员及时处理问题,提升系统的可靠性。

防雷技术的有效实施还离不开操作人员的专业知识与安全意识。因此,需要定期组织相关的培训与教育活动,以提升人员对防雷技术的认识与应用能力。其中,培训内容应包括防雷系统的基本知识、设备的操作与维护、常见故障的处理方法等,通过培训使员工了解防雷系统的工作原理、日常维护及故障处理,提高其应对雷电天气的能力。而增强工作人员的防雷意识的提升能够降低因人为因素导致的安全隐患,具体可以通过开展防雷知识宣传活动使全体员工了解雷电对设备和人身安全的威胁,增强他们在雷电天气下的应对能力^[6]。比如,组织为期一周的防雷知识宣传活动,通过讲座、研讨会和展览,向全体员工普及雷电的形成、危害及预防措施;或者安排模拟雷电天气的应急演练,让员工熟悉防雷设备的操作流程和紧急情况下的应对措施;以及定期举办防雷技术培训课程,邀请防雷专家对电气系统维护人员进行专业培训,提升他们的防雷技能和维护能力;还建议通过定期的安全知识考核,确保员工掌握防雷知识,并能正确应用到实际工作中。

结束语:

雷击对水利工程电气自动化系统的影响体现在多个方面,

包括设备损坏、系统稳定性降低、人员安全威胁及二次灾害风险等,因此,水利工程安全与稳定运行的保障工作中必须实施有效的防雷技术。本研究明确了防雷设计的基本原则与技术分类,强调了直击雷和感应雷防护措施的重要性,阐明了防雷系统主要构成以及防雷技术的实施要点。而防雷技术还将不断创新和进步,未来其将对水利工程电气自动化系统的防雷工作提供更有力的支持,对此,需加强对水利工程电气系统的防雷意识与培训,以适应不断变化的气候条件和技术环境,助力国家的水资源管理与可持续发展。

[参考文献]

- [1]雷一鸣,白泽永.水利工程电气自动化系统防雷技术研究[J].水电水利,2023,7(6):85-87.
- [2]姜昊,孙翊婷.水利水电工程电气自动化系统防雷对策探究[J].水电水利,2022,6(8):79-81.
- [3]谢飞久.水利工程电气自动化系统防雷技术探讨[J].长江技术经济,2022(1):6.
- [4]王鹏杰.智能化技术在建筑电气工程中的运用分析[J].信息记录材料,2022(5):23.
- [5]吴英智.刍议防雷技术在化工厂电气系统中的应用[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2021(4):140.
- [6]陈进锭.水利工程电气自动化系统防雷技术研究[J].机电产品开发与创新,2022,35(6):73-75.

上接第 156 页

用,又可以起到阻止水土流失的作用,有利于改善边坡的整体稳定。同时,为了保证大坝的长期安全性,必须对其进行周期性的监控与维修。

(5) 混凝土养护

在浇筑完成 12-18 小时后,立即进行浇水养护,使混凝土表面保持潮湿,然后铺上稻草进行保湿,一般情况下 7 天即可移除。拆模的时间要按照建筑图纸的要求进行,非承载式的侧模板要等到混凝土的强度足够大,才能拆掉它的外表和边角。

3.3.3 施工监测与质量控制

为保证本工程的质量符合要求,应加强对各主要环节的监控。其主要研究对象是混凝土浇筑温度、坝体沉降和开裂发展等问题。通过对各主要参数的监测,能够及时地发现和消除隐患,保证项目的正常运行。在此过程中,必须要有一套严密的质控制度。该系统在工程建设的各个环节都要经过认真的检验,并经过严格的检验,以保证每个环节都能满足设计及品质的要求。从选材、建造过程等各个方面都要重视,才能保证最后的建筑质量符合设计的需要,并能保证建筑的安全性和使用性能。

3.3.4 混凝土温度控制

经研究发现,该区域存在较多的冷空气活动。通过计算和分析,发现在低温环境下,对养护时间小于 28 天的混凝土,必须对其两侧和上部进行防护,并对其进行防护,使其等效放热系数 β 为 12.60 kJ/(m²) (h. C.)。由于混凝土在冬天的发展缓慢,容易受到冻害,所以对 28 天以下的混凝土应采取防护措施。通过对试验结果进行了数值模拟,得出了在采用防护措施后,在保持 30 天以上的条件下,等效放热系数 β

为 15.50 kJ/(m². h. C)。在上游的冬天:大坝内的气温更高,冬天的空气更热,气温偏冷,因内部和外部温度的差异而出现裂隙,所以在水库形成前的十月下旬,也就是冬天到来以前;在大坝的上游还需要做隔热处理。通过对其进行了计算和分析,得出了在进行隔热处理后,其当量放热系数 β 为 22.20 kJ/(米². h. C),并将其保存至次年三月末。

4 结束语

大坝除险加固是一个涉及到地质调查、设计、施工和监测的系统工程。采用科学、合理的建造工艺,能够有效地改善坝体的安全性,延长坝体的服役年限,保证坝体的正常供水,保证坝体的防洪安全。结合某水库大坝除险加固实例,介绍了该项目主体工程的施工工艺,以期对同类工程有一定的借鉴意义。

[参考文献]

- [1]谭会平.某水库除险加固中大坝帷幕灌浆施工技术分析[J].河南水利与南水北调,2023(4).
- [2]王焱.灌浆施工技术在 reservoir 大坝除险加固工程中的应用研究[J].黑龙江水利科技,2021(1).
- [3]赵辉.某水库大坝除险加固主体工程施工技术[J].河南水利与南水北调,2024,53(7):62-63.
- [4]夏江涛,徐潇,王荣鲁.跋山水库除险加固工程建设管理浅议[J].中国水能及电气化,2020,(3).
- [5]张玉.水利水库工程大坝的除险加固研究[J].中国战略新兴产业,2021(38):115-117.
- [6]孙发军.浅谈水库大坝除险加固施工建议[J].建筑工程技术与设计,2016(17):2046.