

水利闸站枢纽设计优化与智能化控制

黄海斌 沈寿亮 徐乐意 李茂兵 刘广顺
华设计集团股份有限公司 江苏南京 210000

摘要: 水利闸站枢纽作为水资源调控和防洪工程的关键组成部分,在水利工程中起着重要的作用。随着科技的不断进步,枢纽设计优化与智能化控制成为水利工程领域的研究热点。本论文旨在探讨水利闸站枢纽设计的优化方法和智能化控制技术,并分析其在提高水利工程效能、减少运行成本和优化资源利用方面的潜力。通过文献综述和实例分析,本论文总结了目前的研究成果和存在的问题,并提出未来的发展方向和挑战。

关键词: 水利闸站枢纽;设计优化;智能化控制;水资源调控;效能提升;资源利用优化

引言:

水利闸站枢纽作为水资源调控和防洪工程的关键组成部分,在水利工程中起着重要的作用。随着全球气候变化和人口增长的影响,对水资源的管理和利用提出了更高的要求。同时,科技的不断进步也为水利工程带来了新的发展机遇。在这样的背景下,对水利闸站枢纽的设计优化和智能化控制进行深入研究具有重要意义。本论文旨在探讨水利闸站枢纽设计的优化方法和智能化控制技术,并分析其在提高水利工程效能、减少运行成本和优化资源利用方面的潜力。通过研究,可以为水利闸站枢纽的设计和运行提供科学依据和技术支持。

一、水利闸站枢纽设计优化方法

1. 枢纽规模确定

枢纽规模确定是水利闸站设计中至关重要的一环,其涉及多个方面的考虑和决策。合理确定枢纽的规模对于确保工程的水量调度需求、保障正常运行和实现灵活控制至关重要。在确定水利闸站枢纽规模时,需要综合考虑多种因素。先需要对流域的水文特征进行全面的分析和评估。这包括对流域的水资源量、水流变化、径流特性等方面的调查研究,以了解水量的季节性变化、洪水和旱情等情况。

其次水资源供需关系也是决定枢纽规模的重要因素之一。通过对水资源的需求和供给进行详细分析,可以确定枢纽所需的最佳规模,以满足不同水资源利用的要求。气候条件对水资源的分布和变化具有重要影响,例如降雨量、蒸发量等因素需要在规模确定中予以考虑,以确保枢纽能够适应不同气候条件下的水文变化。最后,需要评估和分析水工结构的设计和施工技术,以确定可行的规模范围,并确保枢纽在工程实施过程中的可操作性和经济性。

2. 闸门布置优化

闸门布置的合理性对于水利闸站的运行效率和安全性至关重要。通过优化闸门布置,可以改善水力性能,减少能耗,并确保水流的平稳流动和均匀分配,从而实现高效运行和可持续发展。在进行闸门布置优化时,需要考虑水位调节,合理的闸门布置应能够满足不同水位调节需求,确保灵活控制水位变化,并满足不同水文条件下的需求。通过合理的闸门位置和数量,可以实现对水位的精确控制,以适应不同工况的要求。^[1]其次,洪水控制是闸门布置优化的另一个重要方面。闸门的布置应能够有效地控制洪水的流量,减少洪峰流量的冲击,保护下游区域的安全。通过合理配置闸门的开度和数量,可以实现对洪水的精确调节,减少洪灾对人民生命财产的损失。

3. 闸门选型优化

流量是决定闸门选型的重要因素之一。工程师们需要准确测算和评估流量数据,以确定所需的最大和最小流量范围。这将有助于确定闸门的尺寸和开启方式,以确保闸门能够在不同流量条件下有效运行。水位变化也是一个重要考虑因素。工程师们需要了解并分析水位的变化范围和速度,以选择适当的闸门类型。对于水位变化幅度较大和速度较快的情况,可选择快速反应的闸门类型,如液压闸门或电动闸门,以确保水位控制的准确性和响应性。闸门的材料和结构也需要考虑。

不同的水利工程项目对闸门的材料有不同的要求,包括抗腐蚀性能、强度和耐用性。工程师们需要评估水体的化学成分、温度和压力等因素,并选择适当的材料,如钢、铸铁或复合材料,以满足工程项目的要求。闸门的操作和控制系统也是选型优化的关键考虑因素。工程师们需要选择适当的操作机制和控制系统,以确保闸门

的可靠性和灵活性。这可能包括液压系统、电动机、传感器和自动控制系统等。合理的操作和控制系统将有助于实现对水位和流量的精确控制，提高闸门的性能和效率。

4. 水工建筑物设计

现代工程设计借助计算机辅助设计软件和三维模型技术，能够更准确地进行结构分析和优化设计。通过建立精确的数值模型，并应用结构分析软件进行计算，工程师可以模拟和评估水工建筑物在不同工况下的受力情况，从而优化结构设计。通过这些工具，工程师可以预测和评估结构的性能，确保其在各种工况下的稳定性和安全性。材料力学和结构优化理论也是水工建筑物设计的重要依据。通过深入了解和研究材料的力学性能，工程师可以选择合适的材料，以满足结构的稳定性和安全性要求。^[2]同时，结构优化理论的应用可以帮助工程师找到最佳的结构设计方案，以达到经济性的要求。通过优化设计，可以减少材料使用量、降低工程成本，并提高水工建筑物的性能和寿命。

二、智能化控制技术在水利闸站枢纽中的应用

1. 智能感知与数据采集

智能感知和数据采集技术在水利闸站枢纽中的应用可以实现对环境参数和系统状态的实时监测和获取。传感器网络和物联网技术可以部署在枢纽各个关键位置，通过感知和采集水位、流量、温度、压力等相关数据。这些数据不仅可以为枢纽运行提供准确的输入信息，还可以用于故障诊断、预警和维护管理。^[3]

2. 数据处理与分析

大数据处理和分析技术在智能化控制中发挥着重要作用。通过对采集的大量数据进行处理和分析，可以揭示水利闸站枢纽运行中的规律和趋势，帮助工程师做出合理的决策。机器学习、数据挖掘和统计分析等方法可以应用于数据处理与分析，实现对枢纽运行状态、水流特性和水资源利用的深入理解。

3. 智能监测与维护

智能监测和维护技术能够实时监测枢纽设备的状态和性能，并根据监测结果进行及时的维护和修复。通过远程监测、故障诊断和预警系统，可以提前发现设备故障和异常，减少停工时间和损失。智能化的维护管理还能够对设备运行数据进行长期分析，优化维护策略，延长设备寿命，并提高枢纽的可靠性和稳定性。

三、水利闸站枢纽设计优化与智能化控制实例分析

1. 实例一：某大型水利闸站枢纽设计优化

在某大型水利闸站枢纽的设计优化中，工程师们采

用了先进的技术和方法，以提高枢纽的性能和效率，他们先通过利用数值模拟方法，对水流在枢纽内的流动进行仿真和优化，确定了最佳的构筑物形状和流道结构，减小了水力损失。其次，利用优化算法和多目标优化模型，对闸门布置进行了优化，实现了更好的水流分配和调控能力。同时，结合水资源调度模型和智能决策技术，实现了对水位、流量等参数的自动调控和优化，提高了水资源的利用效率和调度灵活性。这些设计优化措施的综合应用，使得该大型水利闸站枢纽在水资源调控和防洪工作中取得了显著的效果。

2. 实例二：智能化控制系统在水闸枢纽的应用

在另一个案例中，智能化控制系统成功应用于水闸枢纽，实现了对枢纽运行的自动化和智能化。该系统采用了先进的传感器网络和物联网技术，对水位、流量、压力等关键参数进行实时监测和采集。数据采集系统将数据传输到中央控制中心，进行数据处理和分析。基于数据分析和智能算法，系统可以自动进行决策和控制，实现水闸的自主调节和优化控制。系统还配备了智能监测和维护功能，可以实时监测设备状态和性能，并及时进行故障诊断和维护工作。通过智能化控制系统的应用，水闸枢纽的运行稳定性和安全性得到了显著提高，减少了人为干预和人力资源的需求。

这些实例分析表明，水利闸站枢纽设计优化和智能化控制技术的应用对于提高水利工程的效能和资源利用具有重要意义。通过合理的设计优化和智能化控制系统的引入，可以提高枢纽的运行效率、减少能耗和人力成本，并实现对水资源的智能调控和管理。

四、问题与挑战

1. 设计优化问题

在水利闸站枢纽的设计优化中存在一些问题和挑战，枢纽规模的确定需要综合考虑多个因素，如水资源需求、水文特征和可行性等，但这些因素之间存在着复杂的相互关系和约束条件。因此，如何在不同的约束条件下找到最佳的枢纽规模仍然是一个具有挑战性的问题。^[4]其次，闸门布置的优化涉及到多个目标和约束，如水位调节、洪水控制和航运通行等，如何在这些目标之间进行权衡和平衡，寻找最佳的布置方案也是一个难题。

2. 智能化控制问题

尽管智能化控制技术在水利闸站枢纽中的应用具有巨大潜力，但仍然存在一些问题和挑战，数据质量和数据获取是智能化控制的关键。可靠、准确的数据对于决策和控制的准确性至关重要。然而，在水利闸站枢纽中，

数据采集设备的故障和数据的不完整性可能会导致控制系统的不稳定和误判。智能化控制算法的选择和优化也是一个挑战。不同的枢纽具有不同的特点和要求,如何选择适合的算法并进行参数调节和优化,以实现最佳的控制效果,是一个需要进一步研究和探索的问题。

3. 技术和经济挑战

随着科技的不断进步和创新,新的技术和方法不断涌现,但如何将这些新技术有效地应用于实际工程中仍然是一个问题。需要将理论研究与工程实践相结合,制定适合的标准和规范,确保新技术的可行性和可靠性。智能化控制技术的应用需要投入大量的资金和资源,包括传感器、设备、数据处理系统等,因此经济性和可行性也是一个考虑因素。如何在经济可行的前提下实现智能化控制的应用,是一个需要仔细思考和综合考虑的问题。

五、未来发展方向

1. 水利闸站枢纽设计优化

未来的发展方向之一是进一步完善水利闸站枢纽的设计优化方法。随着科技的不断进步和水利工程需求的不断变化,需要不断改进和创新设计优化的技术和方法。在枢纽规模确定方面,可以进一步研究和应用多目标优化模型、智能算法和大数据分析等技术,以更准确地确定最佳规模。^[5]在闸门布置优化方面,可以结合水力特性模拟和优化算法,实现对水流分配和调控的最优方案。还可以加强对水工建筑物设计和水资源调度模型的研究,以提高枢纽的性能和效率。

2. 智能化控制技术发展

未来的发展方向之二是智能化控制技术的进一步发展。随着人工智能、物联网和大数据技术的快速发展,智能化控制技术在水利闸站枢纽中的应用将更加广泛和成熟。可以探索更高级的智能决策和优化控制算法,结合模型预测和自适应调节,实现对枢纽运行的智能调控和优化。还可以进一步研究和应用智能监测和维护技术,实现对设备状态的实时监测和预测,提前发现故障并进

行维护,提高枢纽的可靠性和安全性。

3. 融合应用与综合管理

未来的发展方向之三是在水利闸站枢纽中实现融合应用与综合管理。水利闸站枢纽涉及多个方面,如水资源调度、防洪工作、生态环境保护等,需要综合考虑和管理。可以研究和开发集成化的管理系统,将设计优化、智能化控制、数据管理和维护等多个方面进行融合,实现系统的协同工作和优化资源利用。同时,还可以加强与其他水利工程和相关领域的融合,如与水电站、排涝工程等的协同运行,实现水资源的综合利用和协调调度。

六、结论

综上所述,智能化控制技术在水利闸站枢纽中的应用可以实现对环境、数据和设备的智能感知、处理、决策和监测维护。通过智能化控制,可以实现枢纽系统的自动化和智能化,提高运行效率、减少能耗和人力成本,并为水资源调控和防洪工作提供更加可靠和灵活的支持。然而,实现这些发展方向需要跨学科的合作与创新,以及对技术、经济和管理等方面的综合考虑。通过不断努力和研发,可以推动水利闸站枢纽领域的发展,并为可持续水资源管理和防洪工作做出更大的贡献。

参考文献:

- [1]杨启尧,项国云,何中杰.钱江枢纽闸站控制系统的设计与实现[J].中国给水排水,2016,32(8):4.DOI:CNKI:SUN:GSPS.0.2016-08-031.
- [2]谢家国,张杰.九曲河水利枢纽闸站桩基选择及研究[J].水利建设与管理,2004,24(1):3.DOI:10.3969/j.issn.1005-4774.2004.01.005.
- [3]董素英,申群,张磊.水利枢纽闸站桩基选择的要点分析[J].科技研究,2014,000(021):436-436.
- [4]夏辉,徐波.西直湖港闸站枢纽的节制闸设计研究[J].中国水运:下半月,2018,18(2):2.DOI:CNKI:SUN:ZSUX.0.2018-02-044.
- [5]张强.基于智能控制技术的航电枢纽泄洪系统研究[D].哈尔滨工程大学[2023-07-08].