

水利泵站电气自动化设计

朱振昊 卓南 孙森 鲍睿 王浩男
江苏省骆运水利工程管理处 江苏 宿迁 223800

摘要: 水利泵站作为城市供水、排水及防洪体系的关键,其电气自动化设计对于提升运行效率、降低能耗、增强供水安全性具有重要意义。本文详细阐述了泵站电气自动化设计的主要内容,包括电气设计要点、自动化控制系统设计和监控系统设计,并介绍了信息设计、典型设计和模块化典型设计三大设计思路。通过科学的硬件选型、软件设计和系统集成,实现了泵站的高效、安全和智能化运行。泵站电气自动化设计的优化与升级,不仅提升了城市基础设施的整体水平,还为水利行业的可持续发展提供了有力支持。

关键词: 水利泵站; 电气自动化; 设计

引言:随着城镇化与工业化的快速推进,水利泵站作为城市供水、排水及防洪体系的重要组成部分,其电气自动化设计的重要性日益凸显。传统的泵站管理方式已难以满足现代水利系统的需求,因此,泵站电气自动化设计的优化与升级成为了行业关注的重点。本文将从泵站电气自动化设计的重要性、主要内容、设计思路及实现方法等方面进行探讨,旨在为水利泵站的智能化、自动化运行提供理论支持和实践指导。

1 水利泵站电气自动化设计的重要性

水利泵站不仅承担着保障居民用水、工业生产用水的重任,还在防洪排涝、保护城市免受水患侵袭方面发挥着不可替代的作用。因此,泵站电气自动化设计的优化与升级,对于提升城市基础设施的整体水平、确保供水安全、降低运营成本及提高能源利用效率具有深远的意义。首先,电气自动化设计显著提升了泵站的运行效率。传统的手动或半自动控制系统往往依赖人工操作,不仅反应速度慢,而且难以精确控制泵站的工作状态。而电气自动化系统通过集成先进的传感器、执行器、控制器及通信网络,能够实时监测泵站各项运行参数,如水位、流量、压力等,并根据预设算法自动调节泵机转速、阀门开度等,使泵站始终保持在最优工作状态。这种智能化的调节机制不仅提高了泵站的水资源处理能力,还有效避免了因人为操作失误导致的效率损失。其次,电气自动化设计有助于降低泵站的能耗。在能源日益紧张的今天,节能减排已成为社会发展的共识。泵站作为能耗大户,其运行过程中的能耗管理尤为重要。电气自动化系统能够精确计算泵站的实际需水量,通过变频调速、优化运行策略等手段,实现泵机的按需运行,避免不必要的能耗浪费。系统还能对泵站的能耗数据进行统计分析,为泵站运行管理提供科学的决策依据,进一步促进

节能降耗目标的实现。再者,电气自动化设计增强了泵站供水的安全性和可靠性。城市供水系统的稳定性直接关系到居民的正常生活和工业生产的顺利进行^[1]。电气自动化系统通过实时监控和故障预警功能,能够及时发现并处理泵站运行中的异常情况,如设备故障、水源污染等,从而有效防止供水中断或水质恶化等事故的发生。此外,系统还能在紧急情况下自动启动备用设备,确保供水服务的连续性,为城市供水安全提供坚实保障。

2 泵站电气自动化设计的主要内容

2.1 电气设计要点

电气设计直接关系到泵站能否安全、稳定、高效地运行,在电气设计过程中,需充分考虑泵站的装机台数和单机容量,以此为基础来确定站内电机母线电压等级。接下来,根据电源点的远近以及可提供的电压等级,设计师需要决定泵站是采用变压器—电动机组方式供电,还是采用直配线供电。变压器—电动机组方式适用于电源点距离较远或电压等级不匹配的情况,它能够通过变压器调整电压,满足泵站电机的供电需求。而直配线供电则更适用于电源点近且电压等级匹配的情况,它能够简化供电系统,降低建设成本。此外,根据电源点的数量以及泵站的装机台数,合理确定泵站的电气主接线型式也是电气设计的重要环节。一般情况下,如果电源点提供双电源或双回路供电,或者泵站装机台数大于6台时,为了提高供电的可靠性和灵活性,大部分泵站会采用单母线分段接线。这种接线方式能够在一条母线故障时,迅速将负荷转移到另一条母线上,确保泵站的不间断运行。而在其他情况下,如电源点单一或泵站装机台数较少时,则可采用单母线接线,以简化电气系统结构。在泵站电气设计中,还应特别注意电动机启动时对母线产生的电压降问题。如果电压降过大,可能会影

响到机组堵转转矩的要求，甚至造成电动机无法启动。因此，在设计时，需要通过合理的电机选型、启动方式选择以及母线容量设计等措施，确保电动机启动时的电压降满足机组运行要求。

2.2 自动化控制系统设计

自动化控制系统是泵站电气自动化运行的核心，它负责实现对泵站设备的自动控制、监视和管理。（1）传感器。感知泵站内部和外部的各种信息，如液位、流量、压力、温度等。这些信息的准确获取是自动化控制系统进行正确决策的基础。因此，在选择传感器时，需要充分考虑其精度、稳定性、响应速度以及适应恶劣环境的能力等因素。（2）执行器。负责执行控制命令，如打开或关闭阀门、调节泵的运行速度等。执行器的性能直接影响到自动化控制系统的控制效果。因此，在选择执行器时，需要关注其可靠性、耐用性、控制精度以及与控制器的兼容性等方面。（3）控制器。控制器的设计需要充分考虑泵站的实际运行需求，采用合适的控制策略和控制算法，以确保泵站设备能够按照预期的目标运行。控制器还需要具备故障自诊断、报警和应急处理等功能，以提高泵站的运行安全性。（4）通信网络。通信网络的设计需要充分考虑泵站的地理分布、设备数量以及数据传输的实时性和可靠性等因素。在选择通信方式时，可以根据泵站的具体情况选择有线或无线通信方式。有线通信方式具有传输速度快、稳定性高的优点，但需要铺设电缆，施工成本较高；而无线通信方式则具有施工方便、灵活性高的优点，但可能受到环境因素的干扰。

2.3 监控系统设计

泵站监控系统设计应采用分层分布式结构，按对象进行监控设备配置，以充分体现系统设计的安全性、灵活性和开放性。网络设计是监控系统设计的重要组成部分，为了提高数据传输的可靠性和稳定性，网络设计应尽可能采用环型网络结构，并使用以太网模式进行通讯。环型网络结构能够在网络中的某个节点发生故障时，通过其他节点进行数据传输，确保监控系统的正常运行。泵站集群应设置监控中心，并配置自动控制终端、显示装置、电源系统等设备。监控中心是监控系统的核心，它负责接收和处理各个监控节点上传的数据，并向监控人员展示泵站的运行状态^[2]。自动控制终端则负责根据监控中心的指令对泵站设备进行控制。显示装置则用于直观展示泵站的运行状态和数据。电源系统则需要确保监控系统在停电等紧急情况下仍能正常工作。监控系统应能够自动采集和处理泵站设备的运行参数，实现安全运行监视、故障报警和事件记录等功能。这些功

能的实现需要依靠先进的传感器技术、数据处理技术和通信技术。通过监控系统，泵站管理人员可以实时了解泵站的运行状态，及时发现并处理异常情况，确保泵站的安全、稳定运行。

3 泵站电气自动化设计思路与实现方法

3.1 信息设计

信息设计是以信息为导向的设计活动，旨在确保泵站监控系统能够实时、准确地采集和处理泵站设备的运行参数和状态信息。在泵站运行过程中，会产生大量的数据，包括水位、流量、压力、温度、振动等物理参数，以及电机的工作状态、阀门的开闭状态等逻辑信息。这些数据是水利系统实现信息化管理的基点，对于泵站的安全运行、效率优化、故障预警等方面都具有重要意义。（1）确定需要采集的信息类型和采集频率。这需要根据泵站的实际运行需求和水利系统的管理要求来确定。例如，对于需要精确控制水位的泵站，就需要高频采集水位数据，以便及时调整泵机的运行状态；而对于主要关注能耗管理的泵站，则需要对电机的电流、电压等参数进行实时监测。（2）考虑数据的传输和处理方式。在泵站电气自动化系统中，数据传输通常采用有线或无线通信方式，具体选择取决于泵站的地理位置、设备分布以及通信成本等因素。数据处理则包括数据的滤波、转换、存储和分析等环节，这些环节的设计需要借助先进的算法和技术，以确保数据的准确性和实时性。

（3）需要关注数据的安全性和可靠性。泵站电气自动化系统采集的数据往往涉及水利系统的运行机密和敏感信息，因此必须采取有效的安全措施，防止数据的泄露和篡改。系统还需要具备高度的可靠性，能够在各种恶劣环境下稳定运行，确保数据的连续性和完整性。

3.2 模块化典型设计

模块化典型设计是在典型设计的基础上进一步发展和优化的结果，它将泵站电气自动化系统划分为若干个模块，每个模块具有独立的功能和接口。这些模块可以像积木一样进行叠加组合，根据不同泵站的建设要求和应用场景，灵活地构建出满足特定需求的电气自动化系统。模块化典型设计的核心在于模块的划分和设计，模块的划分需要遵循功能独立、接口清晰、易于组合和扩展等原则。每个模块应该具有明确的功能定位和输入输出接口，以便于模块的独立开发和测试。模块之间还需要通过标准的接口进行通信和数据交换，以确保系统的整体性和协调性。在模块化典型设计中，常用的模块包括数据采集模块、控制算法模块、执行器驱动模块、通信接口模块等。这些模块可以根据泵站的实际需求进行选择

和组合,形成满足特定应用场景的电气自动化系统^[3]。例如,对于需要精确控制水位的泵站,可以选择包含先进控制算法的控制算法模块;对于需要与其他系统进行数据交换的泵站,则可以选择包含标准通信协议的通信接口模块。

3.3 软件设计

软件设计是泵站电气自动化设计的核心,它决定了系统能否实现智能化、自动化运行。软件设计应包括控制算法、数据处理算法、用户界面设计等多个方面。

(1) 控制算法。根据泵站的实际运行需求和环境条件,设计合适的控制策略和控制逻辑。在设计控制算法时,应充分考虑泵站设备的特性、工艺流程的要求以及安全保护的需求。例如,对于需要精确控制水位的泵站,可以采用PID控制算法,通过实时调整泵机的运行状态,使水位保持在设定的范围内;对于需要保护电机不过载的泵站,则可以在控制算法中加入过载保护逻辑,当电机电流超过设定值时,自动切断电源或降低电机转速。

(2) 数据处理算法。负责处理传感器采集的数据,并将其转换为控制器可以理解的格式。在设计数据处理算法时,应考虑数据的滤波、转换、存储和分析等方面。例如,对于采集到的水位数据,可以进行滤波处理,以去除噪声和干扰;对于采集到的电机电流数据,可以进行转换和计算,以得到电机的实际功率和效率。(3) 用户界面设计。决定了用户能否方便、直观地操作和管理泵站电气自动化系统。在设计用户界面时,应遵循简洁、直观、易用的原则,提供清晰的操作提示和错误报警信息。用户界面还应支持远程监控和远程控制功能,以便于用户随时随地掌握泵站的运行状态并进行必要的调整。

3.4 系统集成

系统集成是将硬件设备和软件系统进行有机整合,实现泵站电气自动化运行的过程。系统集成应确保硬件

设备之间的通信畅通、数据传输准确、控制命令执行可靠。(1) 建立硬件设备之间的通信连接。这可以通过有线或无线方式实现,具体取决于泵站的地理位置、设备分布以及通信成本等因素。通信连接建立后,需要对通信参数进行配置和测试,以确保数据传输的准确性和实时性。(2) 需要将软件系统与硬件设备进行集成。这包括将控制算法和数据处理算法嵌入到控制器中,将用户界面与控制系统进行连接等。在集成过程中,需要对软件系统进行测试和调试,以确保其能够正确地控制硬件设备并处理传感器采集的数据。(3) 需要对整个泵站电气自动化系统进行综合测试和评估。这包括测试系统的稳定性、可靠性、响应速度等方面,并根据测试结果对系统进行必要的调整和优化。还需要建立系统的维护计划和维修流程,以确保系统能够长期稳定运行。

结语

综上所述,水利泵站电气自动化设计是提升泵站运行效率、降低能耗、增强供水安全性的重要途径。通过科学的硬件选型、软件设计和系统集成,我们能够实现泵站的高效、安全和智能化运行。未来,随着技术的不断进步和应用的深入,泵站电气自动化设计将进一步完善,为水利行业的可持续发展注入新的活力。也需要不断探索和创新,以应对新挑战,满足新需求,推动水利泵站电气自动化设计迈向更高的台阶。

参考文献

- [1]杨军.浅谈自动化系统在城市污水提升泵站中的设计与应用[J].中国设备工程,2021(23):215-216.
- [2]陈俊兴.泵站中电气自动化控制的应用探析[J].黑龙江水利科技,2021,49(11):164-166.
- [3]冯志杰.排水泵站电气自动化的必要性和设计思路[J].城市建设理论研究(电子版),2021,6(8):5032-5032.