

井下排水系统水泵自动化控制系统设计要点及趋势

李向南

(陕西彬长胡家河矿业公司, 陕西 咸阳 713600)

【摘要】排水系统是保证井下生产安全的重要系统, 其中水泵的自动化运行可以有效提升生产效率, 减少人力资源的消耗, 并降低工作人员的劳动强度, 规避人身安全隐患事故。本文以逻辑接口控制器为基础, 进一步分析井下排水系统水泵自动化控制系统的原理和构成, 梳理设计思路与要点, 并思考其发展趋势。

【关键词】井下排水系统; 水泵自动化控制系统; 设计要点

引言: 在井下的掘进作业中, 受开采煤层的不定性影响, 涌水量会出现突然增加的情况, 如果不能及时排出控制, 就会导致井下突水事故。为了更好地通过自动化泵控装置提高排水系统的稳定运行效果, 保证排水泵控系统的机械综合水平不断提高, 应结合现有的生产经验, 进一步掌握以逻辑接口控制器系统为中心排水泵自动化控制系统设计要点。

一、井下排水系统水泵自动化控制系统原理及构成

(一) 系统原理

当前, 我国煤矿生产正处于集约化发展阶段, 对生产设备性能的可靠性和稳定性有更高的要求, 传统的排水泵控系统通常由技术人员控制, 不仅人工成本高, 而且整体控制的效率水平低, 应加快井下排水水泵自动化控制系统。其中, 该系统应同时具备远程监视检测和自动化控制功能, 整个操作系统的接口组件应选择可编程的逻辑接口控制器。再通过统计分析传感器充分收集泵水位、温度、压力、真空度以及电压电流等数据, 进而保持对整个井下排水泵站工作状态的实时远程监控。其中, 还需要逻辑接口控制器根据系统显示屏的数据信息向控制台及时发出自动开关信息, 以确保精准地控制水泵和系统传动设备及软件, 保证其正常启动、运行和停止^[1]。

(二) 系统构成

井下排水系统水泵自动化控制系统主要由水和浆体输送等相关机械设备构成, 就当前自动化控制系统的组成来看, 考虑到离心泵在结构和体系上的优势, 更适合煤矿井下的日常使用和维护。根据供水方式的不同, 井下排水泵控系统可进一步分为2个控制系统, 除了离心泵控系统, 还应包含潜水泵控系统。在一般情况下, 在井下排水系统的自动化控制中采用离心泵控制系统, 而针对于低埋深煤层则应采用潜水泵控制系统。在具体应用时, 还要结合不同煤矿的实

际情况, 结合矿井的生产环境选择合适的自动化控制系统。相应地, 还要结合喷射泵、真空泵等其他关联机械设备的运行需要, 最终形成井下排水系统水泵自动化控制系统。考虑到井下作业面用水对生产安全的影响, 还应借助逻辑接口控制器进一步完善矿井水仓水位监测系统, 以此来提高矿井排水作业的效率水平。矿井水仓水位监测系统由逻辑接口控制器、接口电路、感应及转换装置构成。其中, 通过感应装置可以第一时间将水仓的水压值转换为电讯号, 并借助转换装置使电讯号被转化为能够被单片机识别的数字讯号, 在内部计算程序分析后形成相应的控制决策, 在测定值超过系统预设阈值后, 系统就会立刻发出警报, 并开始井下排水作业。

二、井下排水系统水泵自动化控制系统设计思路

(一) 总体设计思路

井下排水自动泵控系统由逻辑接口控制器作为中央控制器为核心控制, 其载体为数据采集监测监控装置, 并采用性能更稳定的传感器和执行器, 在组态软件平台的作用下, 以矿井已有的工业以太网建立排水监控的自动化系统, 对地面实施远程监控, 对现场进行自动及手动的检测监控, 以此来保证准确测量水位水压和流量状态。同时, 根据相关策略, 以高低压启动装置有效的调度和调整水泵运行状态, 保证第一时间实现数据的上传、存储与共享, 使井下排水系统的水泵自动化控制系统能够达成无人化和自动化。

其中整个系统还应进一步分为三层结构, 首先, 是管理层。作为地面的综合监控中心, 应设置1台主服务器、1台备用服务器以及1台工控计算机。管理层控制系统作为整个自动化监控中心的中枢, 其主要任务是向井下的控制处理器发放指令, 并设置运行参数, 通过收集控制层所采集到的环境数据, 保证对整个控制系统的运行状态的动态实时掌控, 并充分分析

数据,生成相关显示报表,形成对相关设备的故障警报^[2]。同时,在协调井下泵房排水时段的过程中结合地面水处理系统运行状况形成科学的排水方案。其次,是传输层。这一层的系统由环网交换机和光纤构成,保证数据的稳定传输状态,确保编程控制箱与网络的有效对接。最后,是控制层。由变成控制箱、传感器、闸阀及球阀等组成。

(二) 排水点监控系统硬件设计

通过对井下排水任务进行系统分析,初步确定采用逻辑接口控制器作为分站的主控制器,并将流量传感器、压力传感器、液位传感器、行程开关等相关电子元件,采集第一阶段的排水信息,以此来实现对整个排水控制层的和最底层的信息收集任务,再配合控制完成对信息处理工具的预处理,保证对底层控制的效度。在排水点监控系统的硬件设计中,控制层的主要实现方式可分为以下三部分:首先,要根据系统中所涉及的管路以及受控期间的布置,及时确定相关传感器的数量和位置,做好安装前的准备工作。其次,应通过传感器和形成开关,进一步采集不同安装位置的开关量和模拟量信号,保证借助通信电缆,有效地将通信数据上传到各个监控分站,再由监控分站的微处理单元系统进行自动化、数字化处理,保证其在显示屏中有限呈现,同时通过现有的工业环网,将相关讯号信息上传到地面的排水泵控监控中心。最后在结合监控分站的传感器信息,根据内部的程序逻辑,保证启动、停止、警报等响应的及时输出。

(三) 排水点监控系统软件设计

在本次设计中排水点的监控系统采用了模块化结构,其中包含1个主程序和若干个子程序,其主要运行模式可以分为三类:

第一,是就地控制。这一模式主要应用于水泵自动化系统的维修监护,其功能包含启动和停止点控制,需要相关技术操作人员在就地控制设备上完成对水泵的控制。当某一水泵处于就地控制的模式时,主程序在执行过程中会调用其他子程序,进而发出相应的动作输出指令

第二,是全自动控制模式。处于不同执行周期的主程序可以对子程序进行全自动调用,并结合水位信息保证实时控制水泵的启停。在本次设计中,在模块内部嵌入了一套优化控制方案,可以根据生产运行的实际情况以及水仓状态开展自动智能决策,能够显著降低运行成本。不仅如此,该模式还能进一步识别水位,并获得水位变化率,在水位发生快速变化时,可以预先启动水泵,保证对排水事故的有效预防,并对突发状况进行及时报警。另外,当达到水

泵的启动条件时,还可以根据水泵的历史工作数据,保证在主要水泵和备用水泵之间的合理选择,有效延长水泵的使用寿命,提高设备寿命管理的整体水平,保证其磨损处于相对匀称均衡的状态^[3]。

第三,是半自动控制模式。在这一模式下,井下泵控操作人员也可以单独地控制排水泵的启动和停止。虽然是人工控制的模式,但水泵控制系统也能自动地检测运行状况,并根据水泵水仓的水位变化率控制系统的启动和停止,保证井下排水工作的安全及时开展。

(四) 系统网络结构设计

分布式结构是水泵自动化排水系统的设计要点,通过在井下泵房中嵌入控制装置,可以进一步构成自动化控制结构网络。而泵房还需要建立可编程控制站及控制台,待排水泵的控制装置完成连接后,再通过网络传输系统,有效连接各个控制站及控制台,实现在地面控制中心的优化,加强集中控制。依托于地面控制中心,可以及时地通过监测系统反映井下情况,同时有效排查系统故障,并做好报警记录,保证专业技术人员故障接触的时效性,并形成监控系统的作业记录,为后续控制系统的调试设定提供历史依据。

(五) 系统核心设计

信息反馈控制系统是整个井下排水自动化系统的核心,为了保证地面的控制中心能够及时下达指令,实现自动化控制,应通过控制设计进一步提高检测数据的分析计算的精确性,及时地对固定进行命令下达,使井下水泵的控制站能够第一时间接受命令并反馈到排水泵的控制装置上,完成命令的执行。相应地,针对井下监测控制站还应将多余的数据信息反馈到地面控制中心。通过井下排水泵控制器和井下监测系统的紧密相连接,保证把排水泵与地面控制中心数据进行的双向实时传递。

(六) 控制功能设计

1. 系统控制方式

手动控制、远程控制和无人自动化控制是井下排水系统水泵自动化控制系统的主要控制功能。其中,手动控制功能可以由工作人员根据生产作业和设备运行情况,有目的地改变排水泵运行状态的操作。而远程控制操作则可以通过地面控制中心选择自动化控制和手动控制两;无人化自动控制是可以根据系统显示的反馈数据,通过智能化分析,根据设定的程序命令自动判断,对水泵下达自动启动和停止的指令。

2. 储水仓水位控制

在井下排水系统水泵系统的自动化控制中,为了保证井下排水系统的正常运行状态、为井下工作人员

提供坚实可靠的人身安全保障,在功能设计中还要有阿虎储水仓的水位控制,将水位信号作为重要参数。一方面,自动化排水系统应在各个水仓设置足够的水位传感器,并通过可编程控制器将接收到的水量信息数据划分层不同的水位区段,以此对不同时间水位进行有效监控。另一方面,还可以对上升速度进行全面计算,再通过预先设定好的程序井下的通水量进行判断,以真实、精准、可靠的计算结果为依托,相关工程技术和操控人员就能够借助自动控制系统了解一天内不同时间区段下各个排水泵的运行情况。通过水仓水位控制功能的设计优化,在进一步提高排水效率的基础上,有效地节约在排水过程中所消耗的能源^[4]。

三、井下排水自动化控制系统的设计应用趋势

(一) 数据采集与检测

以逻辑接口控制器为依托的井下排水水泵自动化控制系统,在未来的设计应用中应进一步完善数据采集与检测的相关功能。考虑到当前自动化控制系统在数据检测与采集中存在的时滞性问题,为了更好地开展水位和储水仓监测工作。在运行期间,还应在水仓水位中采取超声波水位计连续检测技术,并嵌入相关应用程序。相应地,还要结合煤矿工程的安全高效生产需要,加大对逻辑接口控制器的开发和改进力度,提高水位变化信号的处理效果,并依据水位数据的分析和自动化控制系统,提高控制水泵的启动与停止的灵敏度。相应地,还要依托于井下主排水传感系统的设置,充分利用传感装置在采集电机电流、电机温度和轴承温度等相关数据的基础上,提高和优化排水管流量数据采集的效率和性能,通过提升数据分析水平,确保及时、有效地掌握电机、水泵的实际运行状态。

(二) 自动控制功能的优化

逻辑接口控制器系统的构成一般包括数字量 I/O、通讯口、模拟量输入等模块,为了更好地优化水泵的排水性能,在具体运行期间,还应从控制系统的自动控制功能的优化出发,根据水仓水位所采集到数据,全面深入分析,以保证对水泵自动化的有效调度,同时从水泵的实际情况出发,就水泵启动、水泵关停等指令的传达通讯水平进行强化,以此达到提高水泵自动化控制水平的目的,全力避免因水位过高,而影响到井下开采作业的安全性和稳定性。相应地,考虑到井下水位信号对水泵启停的重要参考作用,为了更好地达到实时、精准的监测效果,保证及时地掌握井下水位情况,还应在排水系统水泵自动化系统的主副水仓嵌入超声波水位传感装置。同时,根据逻辑

接口控制器系统所接收的水位信号,以多个水位段的形式进行体现控制指令,并以此为依据计算各个水位段的具体水位上升速率,在全面分析和比对的过程中,保证相关技术人员明确地掌握矿井下具体的涌水量。除此之外,自控系统还应涉及到供电电流值的检测与控制,通过运行期间的历史记录作为控制依据,结合在水泵运行过程中所采集的数据,精准计算水泵系统及其他设备的用电负荷,根据矿井涌水量、时间,确保将水泵开启时间控制电价最低时段,进一步错开用电高峰时期,帮助煤矿工程降低在矿井开采过程中成本,达到精准控制水泵运行,以及降本增效的节能目的^[5]。

(三) 故障报警

在设计应用系统的优化中应进一步优化故障报警系统,一方面,针对井下控制站,应将其地面操作站紧密连接,通过操作站内设置电子显示屏,提高对井下水泵、阀门、电机运行状态的实时全面监控能力。另一方面,考虑到水泵自动化控制系统在运行期间主要依靠程序编程发出指令,为了保证及时对超出标准要求的异常现象进行预警,还应引入自动声光报警机制,保证操作人员及时掌握故障问题的成因与位置信息,及时解决自控系统运行存在的问题。

四、结语

综上所述,以逻辑接口控制器为基础对排水系统和水泵自动化控制系统进行设计优化,可以优化水泵系统的优化效果,保证系统的平稳运行。不仅如此,还能提高自动化系统的分析反馈能力,保证根据水仓水位变化自行开展启动、停止,有助于避免高峰期用电,实现煤矿工程的降本增效。

参考文献:

- [1] 周继昌. 煤矿井下排水自动化控制系统的设计与应用[J]. 现代矿业, 2021, 37(10): 159-161.
- [2] 李向东. 井下中央水泵房自动化排水系统的研究[J]. 机械管理开发, 2020, 35(7): 218-219.
- [3] 陈林. 煤矿中央水泵房自动化排水控制系统的研究[J]. 百科论坛电子杂志, 2021(23): 273-274.
- [4] 陈上华. 矿山多级排水自动化控制系统的研究运用[J]. 中国锰业, 2020, 38(6): 60-62.
- [5] 薛鑫刚. 矿井下主排水泵房的自动化控制探讨[J]. 中国化工贸易, 2020, 12(6): 196-197.

作者简介: 李向南(1984-), 男, 汉族, 陕西咸阳人, 本科, 助理工程师, 主要研究方向: 煤矿立井提升。