

煤矿主通风机监控系统双 PLC 热备和故障倒机功能 可实施性分析

吴文福

天地（常州）自动化股份有限公司 江苏 常州 213000

【摘要】：煤矿主通风机的稳定运行对矿井安全至关重要。为了提高系统的可靠性，采用双 PLC 控制系统实现双机热备和故障倒机功能，能够在风机故障时迅速切换，保障通风系统的连续运行。该系统通过冗余配置和实时监控，有效减少停机时间，提升设备的自诊断与故障恢复能力。研究表明，双 PLC 控制系统能够提高煤矿通风系统的安全性和可靠性，推动煤矿自动化水平的提升。

【关键词】：双 PLC 控制的双机热备；故障倒机；煤矿通风；监控系统

DOI:10.12417/2705-0998.26.04.082

引言

在煤矿生产过程中，主通风机的稳定运行是确保矿井通风系统正常工作的基础。随着自动化技术的不断发展，传统的单机控制方式已经无法满足对高可靠性的需求。双 PLC 热备和故障倒机系统作为一种新的控制模式，可以在主通风机发生故障时，通过自动倒机功能实现无缝切换，极大地提高了系统的可靠性。通过对双 PLC 控制系统的实施可行性分析，探索了该技术在煤矿通风系统中的应用，不仅为矿井的安全运行提供了保障，还推动了煤矿智能化、自动化水平的提升。

1 双 PLC 控制系统的基本构架

1.1 PLC 控制系统简介

PLC（可编程逻辑控制器）是一种用于自动化控制的设备，广泛应用于工业控制领域。在煤矿通风系统中，PLC 用于监控和控制风机设备的运行状态，保证其在正常运行条件下的高效运作。PLC 的核心优势在于其可靠性、灵活性和强大的输入输出控制能力，能够实时采集各种传感器数据，及时反馈风机的运行状态。一旦风机出现异常，PLC 能够迅速响应，通过控制指令调整系统运行，确保风机设备的安全性和稳定性。PLC 控制系统还具有远程监控、数据存储与报警功能，可以大大提高煤矿通风系统的智能化水平和安全性。

1.2 双 PLC 控制系统的构成与原理

双 PLC 控制系统通过两台 PLC 设备协同工作，实现冗余控制，保障系统的高可用性。系统由主 PLC 和备用 PLC 组成，主 PLC 负责日常控制工作，而备用 PLC 在主 PLC 发生故障时自动接管控制任务，确保系统无缝切换。该系统采用双机热备技术，在 PLC 的输入输出模块之间进行实时数据交换，确保两台 PLC 之间信息同步^[1]。当主 PLC 出现故障时，备用 PLC 会立即识别并接管控制任务，避免了系统停机现象，极大提高了通风设备的可靠性和连续性。

1.3 双 PLC 在煤矿通风系统中的应用

在煤矿通风系统中，双 PLC 控制系统的应用能够显著提高风机的可靠性和稳定性。主通风机作为煤矿通风系统中的核心设备，其运行状态直接影响矿井的安全与作业环境。双 PLC 系统能够通过实时对风机的实时监控，确保任何操作失误或设备故障都能在最短时间内得到处理。风机出现故障时，双 PLC 系统能自动启动备用 PLC 进行故障倒机操作，保证通风机组的正常运行。若风机的电机发生故障或控制线路出现异常，双 PLC 系统会通过预设的逻辑条件，判断风机运行状态，并在发生设备故障时迅速切换至备用机组运行，从而避免通风系统因单一设备故障而导致整体停机。

2 双机热备的实现与关键技术

2.1 双机热备的概念与优势

双机热备技术是通过配置两台设备协同工作，在其中一台设备出现故障时，另一台能够自动接管其功能，确保系统不间断运行。双机热备的关键在于实时数据同步和故障检测机制。当主设备发生故障，备份设备通过预设的控制策略自动启用，避免了因单一设备故障导致的系统停机现象。对于煤矿通风系统而言，主通风机作为核心设备，其运行稳定性直接关系到矿井的安全。通过实施双机热备系统，不仅提高了设备的可用性和系统的整体可靠性，还能在出现故障时最大程度降低故障响应时间，避免了长时间的停机对矿井安全生产造成影响。

2.2 双 PLC 双机热备系统的实现

双 PLC 双机热备系统通过两个 PLC 控制器来实现设备的冗余控制。在该系统中，主 PLC 控制风机的正常运行，备用 PLC 则作为热备状态待命，一旦主 PLC 发生故障，备用 PLC 自动接管并控制风机运行。系统通过冗余控制与数据同步技术，确保两台 PLC 在运行过程中始终保持一致，并能够实时监控风机的状态。双 PLC 之间通过数据交换和同步机制，确保两者的工作状态保持一致，避免出现数据差异和控制冲突^[2]。风

机故障发生时，系统会根据设定的条件判断故障类型，并根据预定的倒机策略实现自动切换，保障煤矿通风系统的持续稳定运行。

2.3 双机热备系统的技术要求与实现难点

双机热备系统的技术实现过程中，面临的主要挑战包括数据同步、故障检测和切换速度等方面的要求。首先双 PLC 系统必须确保在故障发生时，两台 PLC 之间的数据保持一致，这就要求在网络延迟和数据传输过程中，必须保证信息的高效、无误传递。其次故障检测必须具有高度敏感性，能够准确识别风机及控制系统的异常状态，并触发自动倒机操作。再次自动倒机操作的切换时间要求极短，以确保系统不会因故障而停机过长。风机出现电气系统故障、风机叶片损坏、过载等故障时，需要通过 PLC 控制器判断并启动备用风机，切换操作需要通过实时反馈机制精准判断，从而确保设备平稳过渡。

3 故障倒机的实现与条件分析

3.1 煤矿主通风机常见故障类型

煤矿主通风机作为关键设备，其故障类型多样，可能会影响整个通风系统的正常运作。常见的故障类型包括电机故障、电气系统故障、风机叶片损坏、轴承磨损、过载保护触发等。电机故障通常表现为过热、短路或电机无法启动，导致风机无法正常运转。电气系统故障包括 PLC 控制信号中断或供电不稳定，可能使得风机无法接收正确的操作指令，造成停机。风机叶片损坏或磨损严重时会导致风量减少或风机振动过大，进而影响系统效率。过载保护装置触发后也会自动断开风机电源，避免设备损坏。所有这些故障都会严重影响煤矿通风系统的安全运行，因此必须具备有效的故障检测和自动倒机系统，以快速恢复通风功能。

3.2 故障倒机的条件与实现策略

故障倒机操作的成功实施依赖于多个条件的满足。首先系统需要实时监控风机的工作状态，及时检测出故障并判断故障类型。监控系统应能识别风机电机、控制系统或机械部分的故障。一旦出现故障，系统必须能够通过预设的倒机策略自动启动备用风机或系统设备。故障倒机的实现策略应包括系统冗余配置、数据同步、故障判断标准等。双 PLC 控制系统提供了可靠的基础，能够通过冗余控制保证在主 PLC 发生故障时，备用 PLC 及时接管风机控制。其次倒机操作的启动条件应设定在风机发生无法自行恢复的故障时，例如电机故障或机械损坏等。自动倒机的速度必须足够快，避免风机停机时间过长影响煤矿通风安全。

3.3 故障倒机的执行机制与控制条件

在煤矿通风系统中，故障倒机的执行机制需根据故障检测系统实时反馈的信息来触发。风机出现故障后，PLC 系统将通过传感器数据判断设备状态，确定是否需要倒机。控

制条件包括设备故障的严重性和故障类型，例如电气系统故障或设备过载等^[3]。在故障发生时，系统会根据设置的条件，自动启动备用风机，控制系统迅速切换至备用设备，并确保风机的运行不受影响。执行机制中的一个关键部分是自动故障诊断系统，它能精准分析风机的具体故障情况并根据预定的条件执行倒机操作。同时，执行机制的设计要求具备故障自我恢复能力，即在风机故障后能立即进行倒机操作，确保煤矿通风系统不受长时间停机的影响。

3.4 风机故障触发倒机操作的判断标准

风机故障触发倒机操作的判断标准主要依赖于对风机状态的实时监控和故障分析。标准包括风机电机过载、电气系统异常、机械部件损坏、以及风机运行异常等。如果监控系统检测到风机的电机温度超过安全值，或者电流超过额定值时，即可判断为电机故障，并触发倒机操作。电气系统出现信号丢失，也会触发倒机操作。风机叶片损坏、震动超过设定阈值，或由于轴承磨损导致风机无法正常转动时，系统会判定为机械故障，自动启用备用风机。运行风机变频器开关故障，表现为变频器无法正常输出频率、开关信号中断或变频器报故障码无法复位，导致风机无法正常调速或停机；运行风机突然停电状态和数据丢失，即风机供电回路突发断电，同时 PLC 无法采集到风机的运行数据（如转速、电流、电压等），判定为风机失去运行条件；运行风机上级开关故障跳闸导致运行风机突然停止运行，上级开关因过载、短路、漏电等故障发生跳闸，造成风机供电中断、设备骤停。主 PLC 无法正常工作时，仅需切换至备用 PLC 接管控制任务，无需执行倒机操作，确保风机持续稳定运行，避免因不必要的倒机操作影响通风系统连续性。

4 双 PLC 控制系统的故障诊断与预警功能

4.1 故障诊断系统的构建

在煤矿通风系统中，双 PLC 控制系统的故障诊断功能通过精准的实时数据监控和处理来实现。系统采用多种传感器设备对风机的运行状态进行全面检测，包括温度传感器、压力传感器、电流电压传感器等。这些传感器实时采集风机电机、传动系统、叶片等部件的状态数据，并传输至 PLC 进行数据处理。当检测到异常数据时，PLC 系统通过内置的故障诊断逻辑进行分析，判断故障类型及严重程度，进而采取相应措施。为了提高故障诊断的准确性，系统通过双 PLC 冗余设置，确保故障诊断信息在主 PLC 故障时不会丢失。系统的诊断模块不仅能够实时响应风机设备的故障，还能通过数据对比和历史数据分析预测潜在故障，提前识别可能导致停机的风险，并触发必要的维护操作。

4.2 故障预警功能的实现

故障预警系统在双 PLC 控制系统中发挥着重要作用，能够在风机运行出现异常时，提前发出警报，从而实现故障的早期

干预。该系统通过 PLC 与各类传感器之间的紧密配合,实时监控风机的各项运行指标。风机的电机电流、电压、转速等关键参数的实时监测可以有效识别潜在的故障迹象。一旦系统检测到设备运行参数偏离正常范围,或者某些关键部件发生异常,预警系统就会根据设定的报警阈值触发预警信号^[4]。通过显示屏、远程报警系统或短信、电话等方式,工作人员可以第一时间获得故障信息,从而及时进行检查和干预。为了保证预警的准确性,预警系统具备多层次、多维度的异常判断机制,能够有效减少误报警和漏报警现象,为风机设备的安全运行提供保障。

4.3 系统故障应急处理流程

在双 PLC 控制系统中,系统故障应急处理流程的设计至关重要,它能够确保在风机发生故障时,系统迅速响应并采取有效措施,减少故障对煤矿通风系统的影响。当 PLC 诊断系统检测到故障信号时,故障信息会立即传输给主控系统,系统会根据故障类型、故障部位以及影响范围判断是否需要启动备用 PLC 进行控制切换。如果故障为轻微故障,系统会自动启用自诊断与修复功能,避免设备停机。而对于较为严重的故障,系统会自动启动备用风机或切换到备用设备,确保通风系统不受影响。应急处理流程还包括故障定位和分析,工作人员可以根据系统显示的故障诊断报告迅速找到故障原因并进行修复。同时,系统会记录所有故障信息,作为日后维护与管理的依据。整个应急处理流程基于双 PLC 系统的冗余机制,确保了在主 PLC 发生故障时,备用 PLC 能接管操作,最大限度保障风机运行的稳定性与连续性。

5 双 PLC 控制系统实施的可行性分析与应用前景

5.1 实施双 PLC 控制系统的可行性分析

在煤矿通风系统中,实施双 PLC 控制系统具有较高的可行性。双 PLC 控制系统通过冗余配置,确保了系统在主 PLC 发生故障时,备用 PLC 能够无缝接管,保障了风机的持续运行。随着自动化技术的发展,煤矿行业对生产设备的可靠性和安全性要求不断提高。双 PLC 系统可以实现实时监控、故障诊断、自动切换等功能,满足煤矿通风系统对高可用性和稳定性的需求。从技术角度来看,PLC 控制器具有高度的可编程性、可靠

性和抗干扰能力,能够应对矿井复杂的环境因素。现如今,PLC 设备的成本逐渐降低,且技术不断成熟,这使得双 PLC 控制系统的实施在经济上变得更加可行。系统在维护、升级方面具有较高的灵活性,能够适应未来煤矿自动化发展的需求。

5.2 双 PLC 控制系统在实际煤矿中的应用案例

多个煤矿企业已经开始采用双 PLC 控制系统来提高通风系统的可靠性和安全性。某煤矿通风系统采用双 PLC 控制后,实现了在主风机出现故障时自动倒机切换的功能,大大减少了停机时间,保障了矿井通风的连续性和稳定性。在具体应用过程中,当主风机因电机故障、过载等原因无法正常工作时,双 PLC 系统会迅速启动备用风机,自动接管通风任务^[5]。这一应用案例表明,双 PLC 控制系统在煤矿通风中不仅提升了设备的可靠性,还提高了煤矿的整体安全性。通过对故障类型的准确判断与实时切换,系统最大程度上减少了矿井内的停机风险,确保了煤矿安全生产。

5.3 系统的优化与未来发展方向

煤矿自动化需求的不断提高,双 PLC 控制系统的优化和发展方向日益重要。未来,系统可以通过集成更高效的智能算法,实现更加精准的故障预测与判断,减少人工干预的需要。结合人工智能与大数据技术,可以通过历史数据分析和机器学习模型预测设备可能发生的故障,并提前进行预警和调整。双 PLC 系统的网络通信技术也有进一步优化的空间,提升系统的数据传输速率和稳定性。为了适应更复杂的煤矿环境,未来的双 PLC 控制系统将更加智能化、网络化,具备更高的自适应能力和自动修复能力,从而进一步提高矿井通风系统的安全性与可靠性。

6 结语

双 PLC 控制系统在煤矿主通风机中的应用,极大地提升了风机的运行可靠性和故障切换效率。通过实施冗余控制和自动倒机功能,系统有效降低了因设备故障引起的停机时间,提高了煤矿的通风系统安全性。未来,随着技术的不断进步,双 PLC 控制系统将在煤矿领域的自动化、智能化发展中发挥更为重要的作用。

参考文献:

- [1] 刘瑞涛.基于 PLC 的煤矿主通风机冗余监控系统设计[J].煤矿机械,2021,42(3):187-189.
- [2] 王楠,李强,宋瑞瑶,张琦,陈恒梁.变频技术在煤矿主通风机中的应用研究[J].中国高新科技,2025(23):125-127.
- [3] 苗壮,徐彦兵,詹海涛.PLC 技术在煤矿主通风机监控系统中的应用研究[J].中国科技期刊数据库工业 A,2025(4):037-040.
- [4] 李富强.煤矿主通风机监控系统设计及其实现研究[J].能源与环保,2023,45(5):270-275.
- [5] 黄雯.煤矿主通风机监控系统升级改造[J].现代工业经济和信息化,2021,11(6):45-46.