

煤层气螺杆压缩机PLC控制系统的参数优化与调试

邵东海

宁夏煤层气技术开发有限责任公司 宁夏 石嘴山 753600

摘要：本文围绕煤层气螺杆压缩机的PLC控制系统展开，深入剖析了参数优化与调试的关键意义。首先介绍了煤层气螺杆压缩机及其PLC控制系统的基本情况，接着详细阐述了参数优化的方法，包括基于经验、模型和智能算法的优化策略。然后论述了调试的步骤、要点以及常见问题的处理。为煤层气行业相关技术人员提供实践参考。

关键词：煤层气螺杆压缩机；PLC控制系统；参数优化；调试

1 引言

煤层气作为一种清洁、高效的非常规天然气，在我国能源结构中的地位愈发重要。螺杆压缩机作为煤层气开采、压缩和输送的核心设备，其运行性能直接影响煤层气生产的经济性与安全性。PLC（可编程逻辑控制器）控制系统凭借高可靠性、灵活性和强大的控制能力，成为螺杆压缩机自动化控制的主流选择。然而，PLC控制系统中参数设置的合理性对压缩机运行效率、稳定性和能耗有着决定性影响。因此，对煤层气螺杆压缩机PLC控制系统进行参数优化与调试具有重要的现实意义。

2 煤层气螺杆压缩机及PLC控制系统概述

2.1 煤层气螺杆压缩机工作原理与特点

螺杆压缩机主要由阴阳转子、机壳、轴承、密封件等构成。其工作原理基于阴阳转子的相互啮合，使转子齿槽间的气体容积周期性变化，实现气体的吸入、压缩和排出。煤层气成分复杂、压力波动大，且开采现场环境恶劣，这就要求螺杆压缩机具备良好的适应性、稳定性和可靠性，能在不同工况下高效运行，同时维护方便。

2.2 PLC控制系统在螺杆压缩机中的应用

PLC控制系统在螺杆压缩机中承担着逻辑控制、顺序控制、定时控制以及数据处理等关键任务。它实时监测压缩机的各项运行参数，如排气压力、排气温度、润滑油压力等，并根据预设的控制策略对这些参数进行精准调节^[1]。例如，当排气压力超过设定值时，PLC控制系统会自动调节进气阀开度，降低压缩比，确保压缩机安全稳定运行。此外，PLC控制系统还具备故障诊断和报警功能，能及时发现并处理压缩机运行中的异常情况，保障设备安全。

3 参数优化方法

3.1 基于经验的参数优化

经验丰富的技术人员可根据以往类似项目的运行数据和实际经验，对PLC控制系统参数进行初步调整。例

如，根据不同型号螺杆压缩机的性能特点和常见工况，设定排气压力、转速等参数的初始值。这种方法简单易行，能在短时间内使压缩机达到基本运行要求，但优化效果受技术人员经验水平限制，可能无法达到最佳性能。

3.2 基于模型的参数优化

建立螺杆压缩机的数学模型是进行精确参数优化的基础。常见的模型包括热力学模型、动力学模型和流体力学模型等。热力学模型可描述压缩机的压缩过程，计算不同工况下的理论功耗和排气温度；动力学模型能分析转子的运动状态和受力情况；流体力学模型可模拟气体在压缩机内的流动过程^[2]。通过这些模型，可计算出在不同工况下压缩机的最佳运行参数，为PLC控制系统参数设定提供理论依据。

以热力学模型为例，根据理想气体状态方程和压缩过程的多变指数，可建立压缩机的压缩功率计算公式：

$$P = \frac{n}{n-1} p_1 V_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right]$$

其中，P为压缩功率，n为多变指数，p₁、p₂分别为进气压力和排气压力，V₁为进气体积。通过求解该方程，可得到不同进气压力和排气压力下压缩机的理论功耗，进而确定电机的最佳转速等参数。

3.3 基于智能算法的参数优化

随着人工智能技术的发展，智能算法在参数优化领域得到广泛应用。常见的智能算法包括遗传算法、粒子群优化算法、神经网络算法等。这些算法具有自学习、自适应和全局搜索能力强等特点，能在复杂的参数空间中快速找到最优解。

以遗传算法为例，其优化过程如下：

①参数编码：将PLC控制系统中的参数编码成染色体，生成初始种群。②适应度计算：根据压缩机的性能指标，如能耗、排气压力稳定性等，定义适应度函数，

计算每个个体的适应度值。③选择操作：选择适应度值较高的个体进入下一代种群，以提高种群的整体质量。④交叉操作：对选中的个体进行交叉重组，产生新的个体，增加种群的多样性。⑤变异操作：以一定概率对个体进行变异，避免陷入局部最优解。⑥迭代优化：重复上述步骤，直到满足终止条件，得到最优参数组合。

4 调试步骤与要点

4.1 调试前准备

①设备检查：检查螺杆压缩机及其附属设备的安装是否符合设计要求，各部件连接是否牢固，电气线路是否正确无误。例如，检查压缩机的地脚螺栓是否拧紧，管道连接是否密封良好，电气接线是否符合电气原理图的要求。②传感器和执行器校准：对安装在压缩机上的压力传感器、温度传感器、流量传感器等以及进气阀、排气阀等执行器进行校准和测试，确保其测量准确、动作可靠。例如，使用标准压力源对压力传感器进行校准，检查其输出信号与实际压力是否一致；手动操作进气阀，检查其开度和关闭是否灵活，能否准确响应控制信号。③工具和资料准备：准备好调试所需的工具，如万用表、示波器等，以及相关的技术资料，如PLC程序、电气原理图、设备说明书等。万用表用于测量电压、电流、电阻等参数，示波器用于观察信号的波形。④调试方案制定：根据压缩机的实际运行工况和控制要求，制定详细的调试方案，明确调试步骤、调试参数和调试目标。例如，确定先进行硬件调试还是软件调试，调试过程中需要重点关注的参数有哪些，调试的目标是使压缩机达到稳定运行状态且各项性能指标满足设计要求。

4.2 硬件调试

①PLC主机检查：检查PLC主机的电源供应是否正常，各指示灯显示是否正确。例如，电源指示灯应亮起，运行指示灯应闪烁，故障指示灯应熄灭。②输入输出模块测试：对输入输出模块进行通道测试，检查输入信号能否正确采集，输出信号能否正常驱动执行器。可以使用信号发生器向输入通道输入模拟信号，观察PLC的采集值是否准确；通过PLC输出控制信号，检查执行器是否能够按照要求动作^[3]。③通信模块调试：测试通信模块的通信功能，确保PLC与其他设备之间的数据传输正常。例如，检查PLC与上位机之间的通信是否正常，能否实现数据的实时传输和监控。

4.3 软件调试

①程序下载与初始化：将编写好的PLC程序下载到PLC主机中，并进行程序初始化设置。例如，设置PLC的系统时间、通信参数等。②逻辑检查：对程序进行逻辑

检查，检查程序的逻辑关系是否正确，是否存在语法错误和逻辑错误。可以使用PLC编程软件的调试功能，逐段检查程序的执行情况，查看中间变量的值是否符合预期。③功能测试：模拟各种运行工况，检查PLC控制系统能否按照预设的控制策略对压缩机进行准确控制。例如，模拟不同的排气压力和流量工况，观察PLC是否能够正确调节进气阀开度和压缩机转速。

4.4 联机调试

①启动观察：启动螺杆压缩机，观察其启动过程是否平稳，有无异常振动和噪音。例如，启动时压缩机的转速应逐渐升高，不应出现突然加速或减速的情况；运行过程中应无明显振动和异常噪音。②参数调整与监测：逐步调整排气压力、排气温度等控制参数，同时实时监测压缩机的运行参数，确保PLC控制系统能根据设定值对压缩机进行自动调节。例如，将排气压力设定值逐渐提高，观察压缩机的进气阀开度和转速是否相应调整，排气压力是否能够稳定在设定值附近。③故障测试：模拟各种故障情况，如传感器故障、执行器故障等，检查PLC控制系统能否及时发出报警信号并采取相应的保护措施。例如，断开压力传感器的信号线，观察PLC是否能够检测到故障并发出报警信号，同时停止压缩机运行。

4.5 调试要点

安全第一：严格遵守安全操作规程，佩戴好个人防护用品，确保调试人员的人身安全。特别是在进行高压、高温等危险操作时，要采取必要的安全措施。例如，在进行电气调试时，必须穿戴绝缘手套和绝缘鞋；在检查压缩机内部时，必须先切断电源并悬挂警示牌。
②数据记录：详细记录各项调试数据，包括控制参数的设置值、压缩机的运行参数、故障报警信息等，为后续分析和优化提供依据。例如，记录每次调整参数后压缩机的运行状态和性能指标，以便对比分析不同参数设置的效果。
③逐步调整：在调整控制参数时，要遵循逐步调整的原则，避免一次性调整幅度过大导致压缩机运行不稳定。例如，调整排气压力设定值时，每次调整的幅度不宜超过0.1MPa，观察压缩机的响应情况后再进行下一步调整。
④沟通协作：调试人员要与压缩机的操作人员保持密切沟通，了解他们在实际操作过程中遇到的问题和需求，以便对PLC控制系统进行针对性优化。例如，操作人员可能反映压缩机在某个特定工况下运行不稳定，调试人员可以根据这一反馈对相关参数进行调整。

5 常见问题及处理方法

5.1 传感器故障

传感器故障可能导致PLC控制系统采集的数据不准确,影响控制效果。常见故障包括传感器损坏、信号线路故障等。

故障现象:例如,压力传感器显示值异常,与实际压力不符;温度传感器输出信号不稳定,时有时无。

处理方法:检查传感器外观是否正常,有无损坏、变形等情况;测量传感器输出信号是否在正常范围内,使用万用表测量传感器的输出电压或电流,与传感器的技术参数进行对比;检查信号线路是否接触良好,查看信号线是否有松动、断路或短路的情况,如有必要,重新连接或更换信号线。如发现传感器损坏,应及时更换;如信号线路故障,应修复或更换线路。

5.2 执行器故障

执行器故障可能导致PLC控制系统无法对压缩机进行有效控制。常见故障包括执行器卡死、动作不到位等。

故障现象:例如,进气阀无法正常开启或关闭,导致压缩机进气量不足或过多;排气阀动作迟缓,影响压缩机的排气压力和流量。

处理方法:检查执行器的电源供应是否正常,使用万用表测量执行器的电源电压是否符合要求;检查执行器的机械部分是否有卡阻现象,手动操作执行器,感受其动作是否灵活,如有卡阻,清理机械部分的杂质或更换损坏的零件;对执行器进行校准和调试,根据执行器的技术说明书,调整其开度和行程,确保其能够准确响应PLC的控制信号。如执行器损坏严重,应更换新的执行器。

5.3 通信故障

通信故障可能导致PLC与其他设备之间无法正常数据传输,影响系统的协调运行。常见故障包括通信线路故障、通信协议不匹配等。

故障现象:例如,PLC与上位机之间无法建立通信连接,上位机无法实时监控压缩机的运行参数;PLC与其他子系统之间的数据传输中断,导致系统无法协同工作。

处理方法:检查通信线路是否连接正确,查看通信线缆的插头是否插紧,有无松动、氧化等情况,确保线路连接牢固可靠;检查通信协议设置是否匹配,确认PLC与其他设备使用的通信协议一致,如Modbus、Profibus等,若协议不匹配,需在设备配置中进行修改;使用网络测试工具,如网络测试仪,检测通信线路的信号强度

和传输质量,若信号衰减过大或存在干扰,需更换通信线缆或采取屏蔽措施;检查设备的通信端口设置是否正确,包括端口号、波特率、数据位、停止位等参数,确保与设备的技术规格一致。

5.4 PLC程序错误

PLC程序错误可能导致控制系统逻辑混乱,无法实现对压缩机的正常控制。常见错误包括语法错误、逻辑错误、地址冲突等。

故障现象:例如,程序运行时出现报警提示,提示语法错误或地址越界;压缩机在运行过程中出现异常动作,如频繁启停、无法按照设定参数运行等。

处理方法:利用PLC编程软件的调试功能,对程序进行逐段检查和调试。首先查看程序的报警信息,根据报警提示定位错误位置;对于语法错误,仔细检查程序的语句结构、指令使用是否正确,按照PLC的编程规范进行修改;对于逻辑错误,通过在线监控功能,观察程序的执行流程和中间变量的值,分析逻辑关系是否正确,找出错误所在并进行修正;检查程序中的地址分配是否合理,是否存在地址冲突的情况,如有冲突,重新分配地址,确保每个变量都有唯一的地址标识。修改程序后,重新下载到PLC中进行测试,直至程序运行正常。

结语

煤层气螺杆压缩机PLC控制系统的参数优化与调试是提高压缩机性能、稳定性和节能效果的关键环节。通过合理选择参数优化方法,如基于经验、模型和智能算法的优化策略,并结合详细的调试步骤和要点,能够有效解决控制系统运行过程中出现的问题,使压缩机在不同工况下都能稳定、高效运行。因此,煤层气行业的相关技术人员应重视PLC控制系统的参数优化与调试工作,不断探索和应用先进的优化技术和方法,以提高煤层气开采和处理的自动化水平和生产效率。

参考文献

- [1]刘志伟,刘玉,杨新强.煤层气螺杆压缩机应用研究[J].设备管理与维修,2024,(05):101-103.
- [2]郭洋洋,韩要坤,高啸,等.高压大流量煤层气螺杆压缩机技术应用[J].中国煤层气,2022,19(02):33-35.
- [3]袁少锋.煤层气螺杆压缩机的监测系统优化与应用[J].石化技术,2018,25(06):212.