

天车电气系统变频改造研究

杨 恒 代文强

宝钛集团有限公司 陕西 宝鸡 721013

摘 要：随着工业生产的快速发展，天车（起重机）作为重要的物料搬运设备，其电气系统的性能直接影响到生产效率和安全生产。传统天车电气系统多采用绕线式电动机转子串电阻调速方式，存在启动冲击电流大、设备磨损严重、能耗高及定位精度差等问题。本文旨在探讨天车电气系统的变频改造技术，通过分析变频调速技术的原理、优势以及在传统天车电气系统中的应用，提出一种高效、可靠的电气系统改造方案，以期提高天车的工作效率、降低能耗并延长设备使用寿命。

关键词：天车；电气系统；变频改造；变频调速；节能降耗

引言

天车作为工矿企业中广泛应用的起重设备，其电气系统的性能直接关系到生产作业的安全与效率。传统天车电气系统多采用绕线式电动机转子串电阻调速方式，该方式存在诸多不足，如启动冲击电流大、设备磨损严重、能耗高、定位精度差等。随着变频调速技术的不断发展，其在天车电气系统中的应用逐渐受到重视。本文将对天车电气系统的变频改造进行深入研究，以期对相关领域的工程实践提供参考。

1 天车电气系统现状与分析

1.1 传统天车电气系统构成

传统天车电气系统是一个复杂而精细的系统，它主要由大车运行系统、小车运行系统、主起升系统、副起升系统、照明系统以及警报系统等多个部分组成。这些系统相互协作，共同确保天车的正常运行。在调速方面，传统天车多采用绕线式电动机转子串电阻的方式进行调速。具体来说，就是通过切除或接入不同段数的电阻，来改变电动机的转差率，从而实现调速的目的。这种调速方式虽然结构简单、操作方便，但在实际应用中却暴露出了一系列问题。

1.2 传统天车电气系统存在的问题

传统天车电气系统存在的问题不容忽视。首先，启动冲击电流大是一个显著的问题。由于电阻调速方式的特性，天车在启动时会产生高达额定电流数倍的冲击电流。这种冲击电流不仅对电网造成了巨大的冲击，还可能对天车本身的电气设备造成损害，影响设备的稳定性和使用寿命。其次，调速范围有限也是传统天车电气系统的一个弊端。电阻调速方式由于其本身的限制，使得天车的调速范围相对较窄。在复杂工况下，这种有限的调速范围可能无法满足实际需求，影响了天车的灵活性

和适应性。此外，能耗高也是传统天车电气系统的一个不容忽视的问题。电阻调速过程中会消耗大量电能，这不仅增加了天车的运行成本，也对能源利用效率和环境保护提出了挑战^[1]。同时，设备磨损严重也是传统天车电气系统面临的一个问题。启动和调速过程中的机械冲击加剧了设备的磨损，缩短了设备的使用寿命，增加了维修和更换的成本。最后，控制精度低也是传统天车电气系统的一个显著缺陷。由于电阻调速方式难以实现精确调速，这直接影响了天车的定位精度和工作效率，降低了天车的整体性能。

2 变频调速技术原理及优势

2.1 变频调速技术原理

变频调速技术的核心在于通过改变交流电源的频率，从而实现电动机转速和输出功率的精准控制。这一技术的实现，依赖于变频器这一关键设备。变频器首先将工频交流电源转换为直流电源，这一过程通常通过整流电路完成。随后，变频器中的逆变电路将直流电源转换为频率可调的交流电源，供给电动机使用。通过调整变频器的输出频率，可以灵活地控制电动机的转速，满足不同的工作需求。值得一提的是，变频器的频率调整范围非常宽，可以实现从极低频率到工频的连续调节，这为电动机的精确控制提供了可能。

2.2 变频调速技术优势

变频调速技术的优势显而易见，首先体现在节能降耗方面。传统的调速方式往往存在能耗高的问题，而变频调速技术能够根据负载的实际需求，实时调整电动机的输出功率，避免了不必要的能耗浪费。这不仅降低了天车的运行成本，也符合当前节能减排的环保理念。其次，变频调速技术实现了电动机的软启动。在启动过程中，变频器能够逐渐增加输出频率，使电动机平稳加

速,从而减少了启动冲击电流对电网和设备的冲击。这种启动方式不仅延长了设备的使用寿命,也提高了天车电气系统的稳定性。此外,变频调速技术还具有调速范围广的优势。传统的调速方式往往调速范围有限,难以满足复杂工况下的调速需求。而变频调速技术能够实现电动机的无级调速,无论是在低速还是高速运行状态下,都能保持稳定的性能。同时,变频调速技术的控制精度也非常高。通过精确控制变频器的输出频率,可以实现对电动机转速的精确控制,从而提高天车的定位精度和工作效率。最后,变频器还具备完善的保护功能,如过流、过压、欠压、过热等保护,确保天车电气系统的安全可靠运行。

3 天车电气系统变频改造方案

3.1 改造目标

天车电气系统的变频改造旨在全面提升系统的性能。通过引入变频技术,期望实现电气系统的节能降耗,显著降低天车在运行过程中的能源消耗,提高能源利用效率。同时,变频改造将大幅提高调速精度,使天车能够更精准地响应操作指令,提升工作效率。此外,变频器的软启动特性将减少设备启动时的冲击,有效延长设备的使用寿命,降低维修成本,确保天车电气系统的长期稳定运行。

3.2 改造方案

3.2.1 变频器选型与配置

在天车电气系统的变频改造中,变频器的选型与配置是至关重要的一环。首先,需要根据天车的负载特性和工作需求,选择合适的变频器型号。天车作为重型起重设备,其负载变化大,对调速性能要求高,因此应选择具备良好调速性能的变频器。同时,变频器还应具备完善的保护功能,如过流保护、过压保护、欠压保护、过热保护等,以确保天车在运行过程中的安全可靠。对于大型天车而言,其负载更重,调速范围更广,对调速精度的要求也更高。因此,可以选用高性能矢量变频器。矢量变频器通过矢量控制技术,能够实现对电动机的精确控制,满足大型天车对调速精度的要求^[2]。此外,矢量变频器还具备良好的动态响应性能和稳定性,能够确保天车在负载变化时仍能保持平稳运行。在变频器的配置方面,需要根据天车的实际工况配置合适的制动电阻和滤波器等附件。制动电阻用于在天车制动时消耗电动机产生的再生电能,防止变频器过压。滤波器则用于减少变频器产生的谐波对电网的污染,提高电气系统的整体性能。同时,还需要考虑变频器的安装位置和散热问题,确保变频器在长时间运行过程中不会因过热而损坏。

3.2.2 电气系统优化设计

天车电气系统的优化设计也是变频改造中的重要一环。首先,需要对电动机进行选型优化。传统天车多采用普通电动机,其能效较低,无法满足节能降耗的要求。因此,可以选用高效节能的电动机替换传统电动机,降低天车的能耗。高效节能电动机通过采用先进的材料和设计工艺,提高了电动机的效率和功率因数,减少了电能损失。除了电动机的选型优化外,还需要对接触器、继电器等控制元件进行布局优化。传统天车的电气系统中,接触器、继电器等控制元件布局杂乱无章,线路长度长,接点数量多,容易导致故障发生。因此,可以对控制元件进行合理布局,减少线路长度和接点数量,降低故障率。同时,还可以采用模块化设计思想,将控制元件集成在一起,形成控制模块,提高电气系统的可维护性和可扩展性。在电气系统的优化设计中,还需要增加必要的保护措施。例如,可以在电动机回路中设置过流保护装置,当电动机电流超过额定值时自动切断电源,防止电动机因过流而损坏。同时,还可以在电气系统中设置短路保护装置和漏电保护装置等,确保电气系统的安全可靠运行。

3.2.3 控制系统升级

天车控制系统的升级是变频改造中的核心部分。传统天车多采用继电器-接触器控制系统,其控制逻辑简单、功能有限,无法满足现代天车对复杂控制需求的要求。因此,可以采用PLC(可编程逻辑控制器)作为天车的控制系统核心。PLC具有丰富的输入输出接口和强大的编程功能,能够满足天车复杂控制需求。通过编程,可以实现天车各运动机构的协调控制和精确调速。例如,可以编写程序实现大车、小车和起升机构的联动控制,确保天车在运行过程中能够保持平稳、准确。同时,还可以利用PLC的编程功能实现天车的自动化控制,减少人工干预,提高工作效率。除了基本的控制功能外,PLC控制系统还具备故障诊断和报警功能。当天车出现故障时,PLC能够自动检测并发出报警信号,提示操作人员及时处理故障。同时,PLC还可以记录故障信息,为后续的故障分析和维修提供依据^[3]。此外,PLC控制系统还具备良好的扩展性和兼容性,可以根据实际需求进行功能扩展和升级。在控制系统升级过程中,还需要考虑控制系统的可靠性和稳定性。因此,在选择PLC时,应选择性能稳定、可靠性高的产品,并采取必要的抗干扰措施,确保控制系统在恶劣工况下仍能保持稳定运行。

3.2.4 制动系统改造

天车的制动系统是其安全性能的重要保障。传统天

车多采用电磁机械制动方式,其制动性能有限,无法满足现代天车对高制动性能的要求。因此,可以采用再生制动和电磁机械制动相结合的方式对天车的制动系统进行改造。再生制动是一种利用电动机在制动过程中产生的再生电能进行制动的方式。当天车需要制动时,电动机由电动机状态转变为发电机状态,将机械能转化为电能并反馈回电网。通过这种方式,可以实现能量的回收利用,降低天车的能耗。同时,再生制动还具有制动平稳、无机械磨损等优点,能够延长天车的使用寿命。然而,再生制动并不是在所有情况下都能完全满足天车的制动需求。例如,在天车紧急制动或电网无法吸收再生电能时,需要采用电磁机械制动方式作为补充。电磁机械制动通过电磁力作用实现制动器的快速、可靠制动,确保天车在紧急情况下能够安全停止。在制动系统的改造过程中,还需要优化制动系统的控制策略。通过编程实现制动过程的平稳过渡,减少机械冲击和磨损。同时,还可以设置制动力调节功能,根据天车的实际工况和负载情况调节制动力的大小,确保制动过程的稳定性和安全性。

4 预期效果与效益分析

预期效果方面,天车电气系统的变频改造将带来多方面的显著提升。首先,改造后的天车启动性能将得到显著改善。传统的启动方式往往会产生较大的启动电流冲击,对电网和设备造成不良影响。而变频调速技术能够实现电动机的软启动,逐渐增加输出频率,使天车平稳加速,从而有效减少启动电流冲击,延长设备使用寿命。同时,变频改造将拓宽天车的调速范围,提高其运行灵活性。传统的调速方式调速范围有限,难以满足复杂工况下的调速需求。而变频调速技术能够实现无级调速,无论是低速还是高速运行状态下,都能保持天车的稳定运行,提高其适应各种工况的能力。此外,变频改造还将增强天车的运行平稳性,减少机械磨损。变频调速技术能够精确控制电动机的转速,避免传统调速方式下的速度波动和机械冲击,从而减少天车运行过程中的振动和噪音,降低机械磨损,提高设备的可靠性。在能耗方面,变频改造将显著降低天车的能耗,提高能源利用效率。变频调速技术能够根据负载需求实时调整电动机的输出功率,避免不必要的能耗浪费。这将有助于降低天车的运行成本,提高企业的经济效益。

效益分析方面,从经济效益角度来看,变频改造的投资回收期较短,长期节能效益显著。虽然变频改造需要一定的初期投资,但通过降低能耗和提高设备运行效率,企业可以在较短的时间内收回投资,并获得长期的节能效益^[4]。从社会效益角度来看,变频改造对提升生产效率、减少环境污染等方面也具有重要贡献。变频调速技术能够提高天车的运行效率和准确性,从而提升整个生产线的生产效率。同时,降低能耗也意味着减少了对环境的污染,有助于实现可持续发展。

5 未来展望

随着变频调速技术的不断发展和完善,其在天车电气系统中的应用前景将更加广阔。未来,可以进一步探索变频调速技术与物联网、大数据等先进技术的融合应用。通过实时监测天车的运行状态和能耗情况,可以及时调整控制策略,优化天车的运行性能。例如,根据实时负载情况调整电动机的输出功率,以进一步提高能源利用效率。同时,还可以利用大数据技术对天车的运行数据进行挖掘和分析。通过对大量数据的处理和分析,可以发现设备运行的规律和趋势,为设备维护和故障预测提供有力支持。这将有助于提前发现潜在问题并采取措施进行预防,从而进一步提高天车的可靠性和安全性。

结语

天车电气系统的变频改造是提高天车工作效率、降低能耗和延长设备使用寿命的有效途径。通过选择合适的变频器、优化电气系统设计、升级控制系统和改造制动系统等措施,可以实现天车电气系统的全面升级和性能提升。未来,随着相关技术的不断发展和完善,天车电气系统的变频改造将具有更加广阔的发展前景和应用价值。

参考文献

- [1]赵海生.PLC及变频器调速在天车改造中的应用[J].电工技术,2022,(06):23-25+28.
- [2]贾艳波,张建树.天车电气系统变频改造研究[J].科技视界,2014,(11):98-99+92.
- [3]张志帅.天车自动化节能改造的分析研究[J].山东工业技术,2018,(21):22.
- [4]杨永刚.多功能天车SLC500控制系统和人机界面的升级改造[J].甘肃科技,2024,40(01):20-24.