

皮带运煤系统中变频技术的应用与优化研究

高洪涛¹ 韩 靖¹ 沈英杰¹ 刘 斌²

1. 山东能源新矿集团良庄矿业 山东 泰安 271219

2. 山东能源新矿集团电厂管理分公司 山东 泰安 271219

摘要: 在矿山作业施工中, 皮带运煤系统扮演物料输送的重要角色。然而, 尽管该系统具有运转效率高的特征, 但也面临着诸多问题。特别是在皮带电机过程中, 巨大的电流冲击给电机与整个系统, 势必会带来严峻考验, 严重的缩短设备使用寿命。为进一步显著提升皮带运煤系统的运行效率与安全性, 可以引入变频技术。该技术结合电力电子技术与控制技术, 可科学管控电机转速与输出功率, 使其自动调整频率到平滑改变的运行状态上。因此, 本文将对皮带运煤系统中变频技术的应用与优化策略进行研究, 以供参考。

关键词: 皮带运煤系统; 变频技术; 应用与优化

前言: 将变频技术在皮带运煤系统中的运用, 可以实现系统频率智能化调节, 进而有效解决启动冲击, 降低故障率, 显著提升运行效率, 降低成本, 为矿山生产可持续发展提供可靠的支持。因此, 相关生成企业必须, 应加强对这项技术的进行深入研究, 将其引入到实际的工程中, 有效满足生产需求, 进而提高生产效率, 促进我国煤矿事业取得更大的进步。

1 变频技术

变频技术作为一种先进的电力转换手段, 主要功能是将直流电能转换为多种频率的交流电能, 这一过程主要通过电能形态与频率的精准调控来完成, 并比更不会导致电能总量的增减。首先, 它通过整流等方法将交流电转化为直流电, 然后根据实际需求将直流电逆变为不同频率的交流电, 以可以实现电能频率的灵活调节。其次, 引入变频技术为三相异步电动机等电力驱动设备性能提升, 带来革命性变化, 它将变频技术深度融合在电动机控制系统中, 一方面, 可以实现对电机转速的精细调节, 使设备在更广泛的转速范围内灵活运行, 满足多样化的生产需求; 另一方面, 通过调整输出频率, 还可进一步优化电机的运行效率, 减少能耗^[1]。采用变频启动方式, 可以实现电机的软启动, 有效减少启动电流对电网的影响, 同时减轻电机启动阶段的机械压力, 延长电机使用寿命, 并降低维护成本。其次, 变频设备的广泛应用, 不仅限于传统工业领域, 还可以延伸到智能制造、新能源、交通运输等新兴领域中。在这些领域中, 变频技术凭借卓越的调速性能、显著的节能效果以及电机保护能力的显著提升, 成为推动产业升级、显著提升生产效率的重要推动力量。随着技术的不断进步与应用的深化, 变频技术将, 在更多领域展现其独特魅力与价值,

为建设绿色、高效、可持续的能源体系做出贡献。

2 变频技术类型

2.1 通用变频技术

矿山皮带输送系统, 作为煤矿生产中关键的组成部分, 其技术革新显著提升作业效率。系统采用交流-交流的直接转换模式, 可以很好的改善传统电力转换所可能带来的功率损失问题, 降低系统的功率因数, 进而节省电解电容的使用。此外, 系统具备四象限工作能力, 可以根据不同负载条件灵活调整运行状态, 显著提高功率密度与能源利用效率。核心技术方面, 系统引入矢量变频控制技术, 通过异步电动机的交换电流科学处理, 将其转换为两相正交坐标系下的交流电流^[2]。这一过程可以很好的降低电流控制复杂性, 使系统控制更加精准高效。通过准确调整转换后的电流参数, 系统可以实现对转子磁场定向旋转的精细控制, 在皮带机中模拟出直流励磁效果, 使整个系统的工作特性趋向于直流电动机, 同时保留交流系统的灵活性与便捷性。在此类技术延伸到控制领域后, 系统可以实时, 获取并处理各种运行参数, 如电流、电压、转速等, 计算出最佳的控制量, 以确保皮带输送机在不同工况下保持稳定运行状态。

2.2 爆破变频技术

防爆变频技术作为煤矿安全生产领域的一项重要创新, 核心在于将高性能变频设备巧妙集成于精心设计的防爆装置内, 以适应煤矿井下复杂且严苛的作业环境。然而, 该技术实际应用中面临着不可忽视的挑战, 尤其是散热问题, 直接关系到设备运行的稳定性与安全性。在变频设备中, 逆变模块作为能量转换的关键部件, 在工作过程中会产生大量热能, 这些热量占据整个变频设

备散热总量的大部分。在矿用皮带运煤系统这一特定应用场景下,高温环境可能加速设备老化,引发安全隐患,对生产作业构成威胁。

为有效应对这一挑战,采用热管散热技术成为一种行之有效的解决方案。热管是基于相变传热原理的高效热传导元件,可以快速吸收并传递逆变模块产生的热量到散热系统,通过自冷方式高效排放热量。这一设计方式,一方面,可以显著提升变频设备的散热效率,另一方面,还有效降低设备温度,为皮带机的持续稳定运行提供有力支持。此外,结合相变理论的应用,使热管散热系统可以根据设备实际运行状态自动调节散热能力,确保在不同工况下保持最佳散热效果。这种智能化的散热解决方案显著提升系统的可靠性,降低维护成本,为煤矿企业的安全生产与高效运营提供强有力的支持。

3 皮带运煤系统现状

在煤矿作业场景中,矿井皮带运输机通常采用直接启动模式。尽管这种启动方式简便,但短暂的时间可能损害电动机转动齿轮,缩短设备寿命。此外,直接启动造成的高电流值,还可能影响矿井内电网稳定性,频繁的启停操作也会导致设备内部温度升高,加速线圈老化^[3]。矿井作业环境复杂,如狭小空间、存在粉尘,要求设备必须具备隔爆功能以确保安全。皮带运输机关键参数包括带宽、带速与运量,不同型号的设备参数有所不同。以A煤矿为例,皮带运输设备带宽1米,运转速度3.2米每秒,运量达到800吨每小时。为驱动这样的皮带运输机,通常需要配备一套或多套驱动设备,功率可能达到200千瓦或更高。驱动设备主要由电动机、液力耦合器、减速机与驱动滚筒组成。在实际应用中,常选用ZJT-250/660型号的隔爆变频设备,适用于交流50赫兹、660伏供电系统。

4 皮带运煤系统中变频技术的应用原理

在国内煤矿行业中,运输与显著提升设备的核心动力源广泛采用电气传动系统。这些系统大多数依赖于切换电机转子的方式,通过改变电阻来实现调速功能,属于有级调速范畴。尽管其操作原理相对清晰,可以实现起来也相对简便,但不容忽视的是,这种调速方式的性能与效率存在一定的局限性,特别是在调速的精准度与响应速度上表现不佳。此外,该过程中电机转子电阻会消耗相当一部分电能,增加运行成本。

相比之下,变频调速技术以其无级平稳调速的显著优势脱颖而出。一方面,可以确保运输与显著提升系统运行的绝对安全与稳定,另一方面,还通过高效利用电能,可以实现明显的节能效果,符合现代企业追求绿色、低碳发展的战略需求。特别重要的是,变频调速在

启动阶段可以保持较低的电流水平,有效避免冲击关键设备如电动机,延长设备的使用寿命,并降低维护成本。因此,随着技术的不断进步与应用实践的深入,变频调速正逐步成为机电传动系统调速领域的发展趋势,引领着行业向更加高效、节能、可靠的方向迈进。

5 皮带运煤系统中变频调速与液力耦合器对比

5.1 启动性能

在皮带运输机的初始启动阶段,由于负载较重,往往会伴随着显著的电流冲击现象。这种冲击一方面会对皮带运输机与供电系统造成直接影响,长期下来还可能加剧电动机的损耗,加快绝缘材料老化速度,对整个系统的稳定运行构成威胁。虽然传统方法采用液力耦合器可在一定程度上减缓启动速度,但无法从根本上解决高启动电流问题。启动电流常高达额定电流的4到8倍,这种高电流瞬间,一方面会导致电动机内部热应力急剧变化,另一方面,还可能加速机械磨损,缩短使用寿命^[4]。此外,启动电流突然增加还会给供电网络带来压力,导致供电电压暂时下降,可能影响同一供电系统内其他设备的正常运行,降低整体生产效率。

为有效克服上述问题,变频调速技术的应用显得至关重要。该技术可以实现电动机平稳软启动,即在启动过程中电流变化平缓可控,避免传统启动方式下的电流冲击,减轻电动机的机械应力,显著降低机械磨损风险。此外,变频调速技术具有高度可控的启动过程,能根据实际工况灵活调整启动曲线,确保电动机以最佳状态进入工作状态。最重要的是,通过变频调速技术,还可在一定程度上减少用电设备的配备容量,进一步提高能源利用效率,符合当前节能减排、绿色生产的需求。

5.2 调节控制性能与运行状态

液力耦合器在调速过程中表现出相当长的响应时间,并且其调速精度相对受到限制,很难满足高精度控制的要求。与之相反,变频调速技术凭借其动态调节过程的快速性脱颖而出,一方面,可以根据实际需求灵活设定调节时间,另一方面,还能可以实现更精准与可控的调速效果,明显显著提升系统的操作灵活性与运行效率。

尽管液力耦合器在机械结构上相对简洁,但其管理复杂性与维护挑战却不可忽视。长时间运行后,液力耦合器容易面临液体温度升高、密封失效导致漏液等问题,这些问题一方面会增加后期维护维修的工作量,而且在问题发生时要求立即停车处理,无疑对生产连续性构成潜在威胁,影响整体生产效率。而变频调速系统以其运行的稳定性与低维护成本而闻名,系统对环境条件的要求相对宽松,不易受外界因素干扰,因此确保生产

过程的平稳进行。同时,其较低的维修需求也帮助企业节省珍贵的维护资源与成本,进一步显著提升生产的经济性与可持续性。

6 皮带运煤系统中变频技术的应用与优化策略

在X市的一处矿区,为进一步提高矿石运输效率,矿方采用最先进的主皮带变频改造技术。在电力分配方面,矿方选择西门子公司制造的高压变频器,这一设备以其卓越的性能而闻名。变频器的输出电压被设定为6.6千伏,其输出波形接近完美的正弦波形,这有助于减少电机运行时的电能损耗与热损耗。考虑到电动机与变频器之间的较长距离,达到700米,为确保电动机可以在额定的6千伏电压下稳定运行,矿方采取相应的技术措施。在矿井的主斜井皮带系统中,共安装三台功率为1600千瓦的防爆电动机^[5]。这些电动机的配置方式为:两台电动机通过同轴联结,另一台则安装在附近位置,以便维护与管理。

为可以实现电动机的高效驱动,矿方为每台电动机配置西门子公司的高压变频器,并整合一套PLC控制系统。这三台变频器均采用一对一的驱动方式,即每台变频器独立控制一台电动机。为确保三台变频器之间的功率分配均衡,以及电动机转速的同步,矿方采用变频器的速度闭环控制模式。这种控制模式可以准确调节电动机的转速,从而保证皮带的平稳运行下去。设置运行参数方面,皮带的最大设定速度为4.5米每秒,而正常工作状态下的运行速度为3.0米每秒。这样的速度设置既满足矿石运输的效率要求,又确保系统的安全稳定运行。此外,皮带系统的平均日运行时间为16小时。这一运行时间设定充分考虑矿区的生产需求与设备的维护保养周期,以确保矿区的高效生产与设备的长期稳定运行。

在实际应用中,变频调速技术展现出显著的优势:在未采用变频调速的情况下,电量消耗显著高于引入变频调速技术后的情况。这种技术的应用可以显著节省电

费,降低运营成本,可以实现节能经济效益。变频器以其稳定性与调速精度而备受推崇。它在输入与输出过程中产生的谐波较少,有助于降低对电网的干扰,确保电力系统的稳定运行。变频器的体积与重量相对较小,安装维护更加便捷。系统配置简化也有利于标准化管理。此外,低工作损耗与高传动效率进一步显著提升能源利用效率。另外,变频器对电网波动具有极强的适应性。即使在电压下降50%的极端情况下,变频器仍能保持正常工作,为电力供应的稳定性提供有力支持。

结语:变频调速技术作为一种具有广阔发展前景的先进调速方法,考虑到煤炭企业广泛采用大功率电动机的特点,引入与深化变频调速技术的应用,对现有设备实施智能化改造,无疑是一项战略举措。通过实施变频调速技术改造,一方面,可以显著进一步提高设备的控制精度,使设备运行更加稳定可靠,另一方面,还可在节能方面取得明显成效,有效减少不必要的电能消耗,为企业带来可观的经济效益。因此,煤炭企业应充分认识到变频调速技术的重要性与紧迫性,积极行动起来,共同开创煤炭工业智能化发展的新篇章。

参考文献

- [1]何明.输煤系统输煤皮带机常见故障诊断与检修探析[J].内蒙古煤炭经济,2024,(06):112-114.
- [2]窦如军.皮带机对输煤系统安全运行的影响及优化[J].家电维修,2024,(01):89-91.
- [3]周瑞,朱亮.皮带输煤系统煤流在线监测装置的研制及应用[J].企业管理,2023,(S2):150-151.
- [4]肖露露.选煤厂运煤系统监控安装及电控集中控制改造研究[J].机械管理开发,2022,37(01):166-167.
- [5]何兴霖,姜波,何永续.高产高效本质安全型现代化矿井皮带运煤系统配置的重要性[J].内蒙古煤炭经济,2017,(14):34-36.