

矿用隔爆型永磁同步变频电动机的基本原理及应用分析

刘 琪*

(山西煤炭运销集团阳泉二景和谐煤业有限公司,山西 阳泉 045100)

摘 要:随着工业自动化的快速发展,带式输送机作为一种重要的物流运输设备,在各个领域中的应用越来越广泛。在带式输送机的驱动系统中,电动机的能耗问题一直是一个重要的研究课题。近年来,随着电力电子技术和变频控制技术的发展,一种新型的驱动方式——隔爆型永磁同步变频电动机,开始在带式输送机的应用中崭露头角。将对此进行深入分析,研究该类型永磁电动机在带式输送机中的实际应用。

关键词:矿用隔爆型永磁同步变频电动机;带式输送机;防爆形式

中图分类号:TD614 **文献标识码:**B **文章编号:**1004-5716(2025)08-0180-03

永磁同步电机是一种基于永磁体励磁产生电动势的电机。其结构主要包括定子、转子和永磁体。定子中通入三相交流电,产生的旋转磁场与永磁体的磁场相互作用,使电机转子转动。矿用隔爆型永磁同步变频电动机在煤矿行业中的应用,主要是针对井下环境的恶劣条件,提供更加稳定、可靠的动力输出。

1 矿用隔爆型永磁同步变频电动机基本原理

目前,市面上的矿用隔爆型永磁同步变频电动机主要为TBVF系列,该系统电机额定容量在55~1000kW之间,采用变频器控制同步启动,同步运行。

1.1 基本参数

本系列电动机具备卓越的外壳防护等级,达到IP5的等级,适用于多种恶劣环境。其冷却方式为水冷,具有高效散热性能。安装方式为IMB3,简单便捷。此外,还可根据用户需求,提供相应的防护类型、冷却方式和安装方式。电动机的设计以连续工作制(S1)为基准的连续定额,确保其高效率与稳定性。电动机的额定电压范围广泛,包括660V、1140V、3300V、6000V,用户可根据实际需求选择合适的电压。电动机的接法为Y接,使得电机性能更优^[1]。

1.2 BVF系列矿用隔爆型永磁同步变频电动机构成

该类型电动机具有独特的结构和稳定的性能,其构成部分主要包括以下几个部分:

(1)电动机壳体:为电动机的主要外部结构,它不仅保护内部的电气组件,还起到防爆和防尘的作用。

在设计上,它充分考虑到了在矿井等尘土飞扬、空气潮湿的环境下,如何有效防止尘土和水的侵入。

(2)定子绕组线圈:定子绕组线圈嵌在定子硅钢片中。当电流通过这些线圈时,会产生一个旋转的磁场,这个磁场将与转子永磁体相互作用,驱动电动机旋转。

(3)定子硅钢片:作为一种具有高磁导率的铁硅合金,定子硅钢片用于制造定子,帮助建立和维持旋转磁场。

(4)转子永磁体:转子永磁体嵌入在转子轴中,并且在旋转过程中,产生固定的磁场,与定子绕组线圈中的电流产生的磁场相互作用,从而驱动电动机旋转。

(5)转子轴:这是电动机的一部分,它支撑转子永磁体并传递动力。

(6)转子轴承及附属设施:轴承减少了转子与电动机壳体之间的摩擦,附属设施可能包括轴编码器、制动器、加热器等,用于监测和控制电动机的运行状态。

1.3 防爆形式

电动机采用ExdIMb防爆形式,符合国家防爆标准,适用于存在甲烷或煤尘等爆炸性混合物的煤矿井下环境。这种电动机在防爆性能上具有更高的安全性和可靠性,能够有效地防止爆炸事故的发生,确保煤矿生产安全^[2]。

1.4 绝缘等级与测量

在使用前,为了确保电动机的性能和安全性,需要对其进行冷态绝缘电阻值的测量。冷态绝缘电阻值是

* 收稿日期:2023-10-17 修回日期:2023-10-19

作者简介:刘琪(1983-),男(汉族),山西孟县人,工程师,现从事煤矿机电工作。

指电动机在正常室温下测量的绝缘电阻值,这个电阻值越大说明电动机的绝缘性能越好。同时,绕组温度也会影响绝缘电阻值,绕组温度越高,绝缘电阻值越小。因此,在选择电动机时,需要综合考虑绝缘等级和冷态绝缘电阻值两个因素,见表1。

表1 绝缘水平

额定电压(V)	额定短时工频耐压(V)
660	额定电压+1000(2倍)
1140	额定电压+1000(2倍)
3300	2倍额定电压(2倍)
6000	2倍额定电压(2倍)

在一般情况下,TBVF系列电动机在环境温度为20℃时,其冷态绝缘电阻值应该大于或等于80MΩ。这个电阻值已经可以满足电动机的安全使用要求。如果电阻值过低,说明电动机的绝缘性能不够好,可能会存在安全隐患。因此,在使用前一定要进行绝缘电阻值的测量,以确保电动机的安全使用。具体的测量方法是将直流电压施加在被测绕组与接地机壳之间,1min后读取电阻值。整个绕组测量的最低电阻值需要大于1.5MΩ,而逐相测量时的最低电阻值则需要大于3MΩ。在操作过程中,务必按照相关规定进行测量,以确保电动机的正常运行和安全使用^[3]。

1.5 工作运行条件

(1)控制方式:TBVF矿用隔爆型永磁同步变频电动机优点多,如高效、低噪、易控等,但需要用到专用驱动。该驱动装置有先进控制算法和强大保护功能,确保电机在复杂环境下的稳定运行。此外,电机不能用工频电源直驱,因其频率和电压波动大,可能影响电机运行并造成损坏。因此,需用专用驱动提供稳定合适电源。

(2)电压/频率变化情况:电压和频率在一定范围内的变化并不会对电动机的正常运行造成太大影响。当电网电压在额定值的±5%以内,频率在额定值的±2%以内时,电动机可以正常运行,并且实现其基本功能。

由于电压和频率的变化,其性能可能会与额定电压和频率时的性能存在差异,并且温升可能较额定电压和频率时高一些。当电网电压在额定值的±10%以内,频率在额定值的±3%~ -5%之间时,电动机仍可运行并实现其基本功能。但是,如果电动机的温升过高,达到影响电动机使用寿命的程度,不建议在这种工况下持续运行,用户需检查排除故障。电动机其他电气

运行条件可以参照GB 755-2008 旋转电机定额和性能。

2 胶带式运输机传动方式及控制方案类型

煤矿胶带输送机是一种广泛应用于煤炭运输的设备,其传动方式和驱动控制方案具有多样性和灵活性。在煤矿实际环境中,为了满足不同的负载情况和设备需求,胶带输送机的传动形式和控制方案需要有针对性地进行选择和设计。根据负载情况,传动形式可以选择单驱动或多驱动形式,同时根据设备需求可以选择不同的控制方案,如手动控制、自动控制或远程控制等。

一种常见的传动形式为电动机通过高速联轴器、减速器、低速联轴器等设备驱动滚筒运转。对于轻载、小功率设备,通常采用电磁启动器来直接控制电机的启停;对于中等负载、功率在40~250kW之间的设备,推荐使用电磁软启动控制器,它能够平滑启动和停止电机。而对于重载、功率大于250kW的设备,建议采用变频器来确保电机的平稳启动和停止。此外,耦合器的启动性能也会根据具体负载情况进行调节和控制^[4]。

另一种传动形式为电动机通过耦合器、减速器、低速联轴器等设备驱动滚筒运转,启动性能通过耦合器进行调节和控制。目前,煤矿所使用的电动机多为660/1140V低压电动机。在耦合器方面,倾向于使用液力耦合器,但有时也会考虑使用其他类型的电磁耦合器。

无论选择哪种传动和控制方案,都需要考虑到煤矿的具体环境和设备需求。近年来开始投入使用的新型高效节能产品——矿用隔爆型永磁同步电动机。这种电动机具有独特的转子结构,由铁芯和内嵌永磁体组成。电动机外壳内置蛇形散热水道,有助于在运行中对电机进行冷却降温。其定子与普通电机相同,由铁芯和绕组组成。该电动机在效率、可靠性、维护成本等方面具有显著优势,已成为煤矿等重工业领域的热门选择。

3 永磁电机在胶带运输机中的应用分析

3.1 空间布局

在驱动系统设计中,采用永磁同步电机和变频控制器,可大大简化胶带输送机的驱动系统,同时优化空间占用和布局结构。由于永磁同步电机的功率密度较高,使得驱动系统的体积得以减小,重量减轻,这对于设备的便携性和适应性都有很大的提高。采用平稳驱动,高速联轴器、减速器和低速联轴器的组合,以便平稳地连接使驱动滚动与胶带输送机能。这一设计不仅

提高驱动系统的稳定性,也使得软启动过程中,液力耦合器的安装步骤得以省略,进一步简化操作流程。

在驱动结构的布局上,采用了三角架支撑的方式,这种布局方式可以有效地减少空间需求,使整体结构更加紧凑。三角支架的设计也使得多台永磁同步电机可以对称地装在支架上,这样不仅进一步优化了胶带输送机驱动滚筒的安装结构,同时也为维修保养提供了更大的空间。

通过这一系列设计,设备稳定性和耐用性得到显著提高,同时维护工作也得到了简化。与常规的鼠笼式电机相比,永磁同步电机结合变频控制器具有许多优势,例如驱动装置的体积和重量都得以减小,可维护性得到提高;液力耦合器和减速器等部件的省略也使得维护空间大幅增加,设备的使用变得更加方便。这些优势使得胶带输送机的性能得到了显著的提升,同时也提高其可靠性和经济性^[5]。

3.2 优化驱动系统

与传统异步电机驱动方式相比,采用永磁同步电机的驱动方式直接作用于皮带机的滚筒,完全省去减速机、齿轮箱等中间传动机构。这一创新举措极大地简化了驱动系统,缩短了传动链,同时也大幅提高了能量传输效率。

首先,隔爆型永磁同步变频电动机自身的构造更为紧凑,体型轻巧,易于安装和调试。其高效的能量转换效率和优秀的散热性能,使得整个驱动系统的能耗降低,同时也提高了系统的稳定性。

其次,由于省去了减速等中间环节,电机的振动和噪声得以显著降低,使得带式输送机在运行过程中更为安静和平稳。此外,由于驱动系统的简化,维护和检修工作也变得更加简单和高效,大大降低了运营成本。

最后,对于需要长时间、高强度运行的带式输送机来说,这种驱动系统的优化更能满足其高效率、高稳定性的需求。特别是在多尘、多湿等恶劣环境中,隔爆型永磁同步变频电动机的稳定性和耐用性优势得以充分体现。

3.3 优化启动性能

永磁变频电动机直驱带式输送机的变频器可以根据负载情况的变化,通过调整变频输出频率,胶带机可实现从0到额定速度之间无级调速,平滑加速,不会对输送带造成机械冲击,同时也大大延长了输送带的使用寿命。此外,使用永磁同步电机直驱方式还可以使输送机的加速和减速过程更加平缓,不会有传统驱动方式带来的冲击和噪声,从而大大改善了工作环境和降低了设备的维护成本。因此,永磁变频电动机直驱带式输送机具有启动过程平滑稳定、无机械冲击、可实现无级调速、延长输送带使用寿命等优势,具有很高的推广和应用价值。

3.4 过载能力较强

与传统电机相比,该电机的启动转矩仅为额定转矩的21%,这意味着在现场需要满载或过载启动时,电机能够直接启动,无需人工干预物料卸载。这种设计极大地降低了操作工人的劳动强度,提高了工作效率,同时也避免了由于电机堵转、过载等故障导致的损坏,有效保护了设备的正常运行。

4 结语

总之,将隔爆型永磁变频电动机应用在带式输送机有很高的实际价值。它的出现不仅可以提高煤矿井下运输的效率和安全性,还可以降低职工的劳动强度,为企业创造更高的经济效益和社会效益。

参考文献:

- [1] 李成.永磁变频节能技术要点及其在煤矿机电设备中的应用分析[J].内蒙古煤炭经济,2023(13):139-141.
- [2] 刘洋,王永恒.高压变频永磁同步直驱电动机关键技术研究[J].防爆电机,2022,57(4):66-70.
- [3] 李玉飞.矿用永磁同步变频调速电动机性能检验方法研究[J].煤炭工程,2021,53(8):178-183.
- [4] 李超颖,杨安,王斌.永磁同步电动机在竖井提升机上的应用[J].有色金属设计,2021,48(2):63-66.
- [5] 巩龙飞,胡冬,巩龙坤,等.永磁同步变频电动机在制药行业搅拌罐上的应用[J].化学工程与装备,2021(6):195-196.