白云铁矿东采场 2# 胶带运输机变频改造*

郭少军,赵永喜,门翠波

(包钢(集团)公司白云鄂博铁矿,内蒙古 包头 014080)

摘 要: 高压电机使用变频控制可以有效的防止电机在启动过程中对周围电网的影响,高压电机利用高压变频器可以实现无级调速,满足生产工艺过程对电机调速控制的要求,以提高产品的产量和质量,又可大幅度节约能源,降低生产成本。但是高压变频器可能对电网及电气设备产生不良影响。因此,关注变频技术在高压电机运用中是否能稳定的工作也显得至关重要。

关键词: 变频器; 矿山皮带机; 高压电机

中图分类号: TD679 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2017) SO-0073-03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2017.s1.019

Frequency Conversion Transformation for No.2 Belt Conveyor in East Stope of Baiyunebo Iron Mine

GUO Shao-jun, ZHAO Yong-xi, MEN Cui-bo

(*Baiyunebo Iron Mine of Baotou Steel (Group) Corp.*, *Baotou* 014080, *Nei Monggol*, *China*)

Abstract: The high voltage motor can effectively prevent its impact on surrounding power grid in the starting process by using frequency conversion control, realize the stepless speed regulation and meet the requirements of production process on motor speed control by using high voltage converter, so as to improve the yield and quality of products, as well as greatly save energy and reduce production cost. But the high voltage converter has bad effect on power grid and electrical equipment. Therefore, it is also important to pay close attention to whether the frequency conversion technology can work stably in the application of high voltage motor.

Key words: frequency converter; mine belt conveyor; high voltage electrical machinery

变频调速作为近年来兴起的一门新技术,它是通过改变电源频率来实现速度调节,因其具有调速平稳、瞬态稳定性高、节能特性越来越被人们所重视。矿山企业皮带机采用的是绕线式异步电动机,在启动、运行中需要消耗大量电能。为了降低矿山企业皮带机系统的生产成本,提高企业的竞争力,利用变频技术实现皮带机系统的节能有着重要的现实意义。

1 采用高压变频改造的优势

1.1 采用变频调速优势

(1) 真正实现 2# 带式输送机系统的软启动。运用变频器的软启动功能,将电机的软启动和皮带机的软启动合二为一,通过电机的慢速启动,带动皮带机缓慢启动,将皮带内部储存的能量缓慢释放,使皮带机在启动过程中形成的张力极小,几乎对皮带不

* 收稿日期: 2017-06-05

作者简介: 郭少军(1987-),男,内蒙古乌兰察布市人,工程师,现从事采矿设备管理工作。

中国知网 https://www.cnki.net

造成损害，从而减少对皮带的维护量。

(2) 实现皮带机多电机驱动时的功率平衡。应用变频器对皮带机进行驱动时，一般采用一拖一控制，当多电机驱动时，采用主从控制，实现功率平衡。

(3) 降低皮带强度。多电机主从控制，采用变频器驱动之后，由于变频器的启动时间在1~3 200 s可调，通常皮带机启动时间在60~200 s内根据现场设定，皮带机的启动时间延长，大大降低对皮带强度的要求，降低设备维护成本[1]。

(4) 降低设备的维护量。变频器是一种电子器件的集成，它将机械的寿命转化为电子的寿命，寿命很长，大大降低设备维护量。同时，利用变频器的软启动功能实现带式输送机的软启动，启动过程中对机械基本无冲击，也大大减少了皮带机系统机械部分的检修量。如河南某煤矿主井皮带采用变频器驱动后，仅皮带扣一项年节约费用就达1万多元。

(5) 启动平滑，转矩大，没有冲击电流，可实现重载启动。

(6) 节能，在皮带机上采用变频驱动后的节能效果主要体现在系统功率因数和系统效率两个方面。

1.2 采用变频改造效率优势

1.2.1 提高系统功率因数

通常情况下，由于运矿车与电铲数量不匹配和电机在设计过程中放的裕量比较大，胶带运输机工作时绝大部分不能满载运行，电机经常工作于满电压、满速度而且负载很小，也有部分时间空载运行。由电机设计和运行特性知道，电机只有在接近满载时才是效率最高、功率因数最佳，轻载时降低，造成不必要的电能损失。这是因为当轻载时，定子电流有功分量很小，主要是励磁的无功分量，因此功率因数很低。采用变频器驱动后，在整个过程中功率因数达0.9以上，大大节省了无功功率[2]。

1.2.2 提高系统效率

采用变频器改造后，电机与减速器之间是直接硬连接，中间减少了液力耦合器这个环节，而液力耦合器本身的传递效率是不高的，且主要是通过液体来传动，液体的传动效率比直接硬连接的传动效率要低许多，因而采用变频器驱动后，系统总的传递效率要比液力耦合器驱动的效率要提高5%~10%。

另外，白云铁矿东矿车间离变电站距离较远，不同时段电压波动较大，利用变频器的自动稳压功能，也有部分节能作用。

1.3 高压变频改造实现的保护

1.3.1 跑偏保护

当皮带机跑偏时，皮带机两边的跑偏传感器会发出信号，高压变频器接收到跑偏信号时，会自动降低转速，把跑偏的皮带机重新拽到正常运行位置，跑偏信号解除后，变频器自动升速，回到高速运行状态。

1.3.2 囤矿保护

当料仓满的时候，变频器接收停机信号，自动停机，避免因屯矿划伤皮带，还可以根据皮带秤的载重大小动态调节电机转速。

1.3.3 速度保护

当皮带机由于皮带张紧度不够，导致皮带机打滑时，高压变频器自动检测阻力矩变小，延时1 min后自动调整停机。

1.3.4 纵撕保护

当皮带机皮带撕裂时，抱闸只能保住电机轴，在没有盘闸的情况下，抓捕器捕住向下运行的撕裂皮带，变频器自动停机。

综上所述，皮带运输机变频控制系统还可对运输皮带进行过程、逻辑控制；解决电机同轴出力不平衡的问题；在较低速度时可实现在最大的转矩输出；具有完善的监测及保护特性；机械、光电双重堆料检测；冗余的速度检测；压力突变检测；烟雾、干湿、温度检测；皮带打滑检测；皮带跑偏检测；纵向撕裂保护；输送带张力下降保护；电机综合故障保护。也可以通过端子排做皮带机和高压变频器的故障连锁，只需把所有的保护信号上传，高压变频器可以对皮带机做实时的监控。所以采用高压变频器来改造二号带式输送机驱动系统，不仅在技术的先进性还是带来的社会及经济效益方面都是巨大的，随着变频调速技术的不断成熟，在带式输送机的驱动上变频器将占主导地位。

2 变频改造后经济效益分析

2.1 高压变频器节能控制分析

变频节电控制柜输出频率可改变的交流电力以、拖动设备。变频器调速的主要工作原理是将供给电机定子的三相交流工频电经大功率整流元件整流，变成直流，再将直流电用正弦波脉宽调节技术逆变为频率可调、幅度也随之改变的三相交流电，以此为电源再供给电机使用。那么调节电动机电源频率就可调节电动机转速，调节电机转速也就是调节它

中国知网 https://www.cnki.net

的负载转速，根据皮带机特性可知，调节皮带机的转速可以达到调节运量的目的，同时，显著调节了轴功率。

通过在皮带机加装变频控制器，则可实现自动调节控制，可使系统工作平缓稳定。并通过变频节能收回投资。如图 1 所示的性能曲线可算出，C 点对应的皮带机运量的调节，但实测的全速有 3.5 m/s，如此时皮带机的负载只有 40%，这部分损失大多是由转速没有得到调整造成的。如果用电流来控制变频器的频率输出，那么在皮带机负载在 70%以上时，输送机用全速运行。在 45%时运行电流下降，这时变频器的输出频率也同时降低，这样不但节约了电能，而且减少了皮带机的不必要磨损。由此可见，如果皮带机采用变频器智能调速，是很重要的技术手段。特别适合上料不均的皮带机。在皮带机的负载小于 40%的情况下，造成大量的能源浪费。

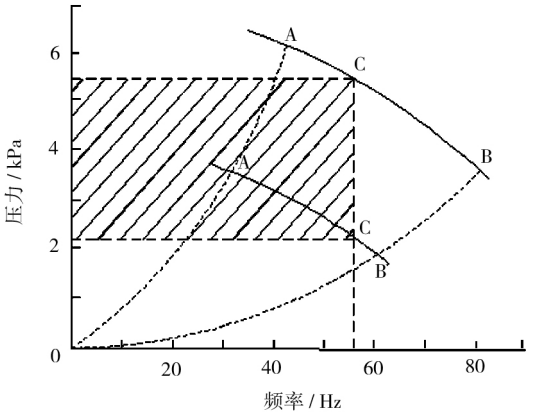


图 1　皮带机性能曲线图

调速节能技术就是改变原来以固定皮带机转速的作法，而是通过调节皮带机转速来调整皮带机流量。根据皮带机近似理论，当皮带机转速改变后，性能参数可按下列公式计算：

$$Q_1/Q_2 = n_1/n_2 \quad (1)$$

$$P_1/P_2 = (n_1/n_2)\,2(\rho_1/\rho_2) \quad (2)$$

其中：Q_1 为流量；Q_2 为改变转速后流量；P_1 为皮带机全速；P_2 为后皮带机全速；n_1 为转速；n_2 为改变后转速；ρ_1 为介质密度；ρ_2 为改变后介质密度。

例如，当皮带机转速由 991 r/min 降为 700 r/min时，皮带机性能曲线就由原来的 AB 下移至 A′B′（如图 1 所示）。由于这时皮带机运行速度降低，节流损耗很少，因皮带机转速降低而上料量增加，这就是提高了运输的效率。可以满足原运行工况的需要。图 1 中的阴影部分就是原先浪费在皮带机空载上的功率。通过皮带机调速，这部分功率就可以节省下来。皮带机设备效率得到相应的提高[3]。

2.2　皮带机理论节电率计算

由电动机机械力学的基本定律可知皮带机的转速 n 与物体流量 Q、轴功率 P 之间的关系：

$$Q_1/Q_2 = n_1/n_2 \quad (3)$$

$$P_1/P_2 = (n_1/n_2)^3 \quad (4)$$

显而易见，通过调整电机的转速，可以大幅降低电机的输出功率，表 1 中计算可得出转速调节后电动机理论上所节约的电能。

表 1　电动机的能耗　　%

所需运量	$Q_1/Q_2(n_1/n_2)$	$P_1/P_2(n_1/n_2)^3$	节能
40	40	6.4	73
50	50	12.5	67
60	60	21.6	58
70	70	34.3	45
80	80	51.1	38
90	90	72.9	21

2.3　皮带机理论节能分析及计算

以 2#皮带机 3×800 kW 计算：根据实际现场勘测，当皮带机启动后 1～3 min 后能减少一台800 kW 电机，用 2 台电机带动皮带机运行。

在两台电动机运行过程中由于使用了智能调速控制系统，如负载大时自动加速以提高运量，负载小于 40%时自动减速。则此一项可节约电能 10%以上。

减少一台 800 kW 电动机可节约电能 520 kW（0.65 时有效功减 25%负载）、两台可节约电能 1 040 kW，又因自动调频可节 10%：1 040－104＝936 kW 节电率公式（工频－变频）/工频：（800×3×0.65－936）/800×3×0.65＝0.4 即理论节电：40%，根据计算综合节电率可达 35%～45%得知，每小时节约 624 kW（800×3×0.65×0.4＝624 kW），一年可节约电费为（按 330 天，每天 20 h 运行计算）：330×20×624＝4 118 400 kW　4 118 400×0.5＝205.920 0（万元）一年半即可收回投资。

（下转第 78 页）

中国知网　https://www.cnki.net

作) 和对二次设备产生电磁干扰。另外,通过对 R 电流的检测可以判断出 K1,K2,K3 的动作是否正确: 如若通过 R 的电流大于系统电容电流,可判定 K1,K2,K3 的动作有误,令其分开后让控制器重新判定; 如若 R 的电流小于系统电容电流,可令 K4 闭合,让通过单相接地故障点的电流转移到软开关触点消弧装置的开关上,完成对故障点和弧光过电压的保护。复归软开关触点消弧装时,动作时序逆向: 首先打开 K4,检测 R 电流,确认单相接地故障点绝缘已经恢复后再打开 K1 或 K2 或 K3,系统恢复正常运行; 如故障没有消除即闭合打开的 K。保持系统继续供电两小时。

通过软开关的分级智能投入,可以对保护动作过程进行精准的状态反馈控制,从而大大提高了装置的保护性能和自身的安全性能。此装置能够迅速转移系统接地故障点的电流,保护故障点相间绝缘,防止事故扩大化; 可以有效防止在中压输配电系统出现间歇性,持续弧光过电压,保护运行设备的安全; 可以保证在保护动作过程中,不会对软开关触点消弧装置自身安全和系统安全运行产生不利因素。

白云铁矿 110 kV 变电站 6 kV 侧之前已安装 MXJD-X-7.2 kV 接地故障管理系统可以进行选线并报警,现建议安装 MXJD-C-7.2 kV 单相接地故障管理系统进行故障处理。

MXJD-X-7.2 kV 单相接地故障管理系统处理装置的应用与系统原有的脉冲电流选线装置配合使用,在单相接地故障选线、故障处理两方面的成熟技术达成优势互补。故障处理更有效、更安全、更灵活; 在保证高供电可靠性的前提下,解决了 6 kV 系统选线难、消弧难的两个主要问题,为系统运行的安全性提供了保障。

4 结束语

MXJD 单相接地故障管理系统整合了中性点非有效接地系统各自的优点,既保持了 6~35 kV 中性点非有效接地系统的供电可靠性,又解决了间歇性弧光过电压给系统绝缘带来的安全隐患。

参 考 文 献

[1] 要焕年,曹梅月.电力系统谐振接地 [M].北京: 中国电力出版社,2009.
[2] 许颖.对消弧线圈消除弧光接地过电压的异议 [J].电网技术.2002,26(10):75-77.
[3] 许颖.中性点不接地和消弧线圈接地电力系统中单相接地引发相间短路的探析 [J].上海电力,2004,(3):212-215.

(上接第 74 页)

总之,2#皮带通过变频改造后,节约电能非常明显,实际节电率达 42%,降低了生产成本,面对钢铁行业产能过剩,经济下行压力,有力地提升了企业的竞争力,同时减轻了员工劳动强度,由 2 年更换 1 次皮带改为了 3 年 1 次更换皮带,而且机械系统故障率明显下降。降低了设备维修费用,创造了更多的社会价值。

3 结束语

本文通过对皮带机控制系统的分析以及对高压变频技术的研究,充分证明了此次项目改造达到了预期的目的。为了现场安全和稳定生产,减少设备的维护量,能够使设备平稳连续运行,提高能源的利用率,制定了现场皮带机设备采用高压变频调速技术的改造方案,以及自动增减电动机达到节能的效果皮带机电气系统运用液阻柜、高压变频器一拖一旁路技术是一项节约能源,具有一定经济性的改造工程,对白云铁矿有着重要的现实意义,不但完善了用电系统,节能降耗明显,对降本增效事业也做出了贡献,对可持续发展也起到积极的作用,在节约资源和环境保护方面都有深远的意义。

参 考 文 献

[1] 徐甫荣.高压变频调速技术工程实践 [M].北京: 中国电力出版社,2012.
[2] 彭利钢.带式输送机设计中托辊的计算和选择 [J].煤矿开采,2008,(1):87-89.
[3] 袁雪莹.液态变阻软启动器在高压鼠笼式电机上的应用 [J].中国设备工程,2008,(1):30-31.

中国知网 https://www.cnki.net