

森兰SB70 690V 1100kW大功率变频器 在胶带输送机上的节能运用

希望森兰科技股份有限公司 杜俊明



作者简介:

杜俊明(19-)男,教授级高工,本科,中国资深变频器应用技术专家,西南自动化学会理事,现任希望森兰科技股份有限公司副总工程师,主管变频器和自动化产品的研发、应用和技术支持。

摘要:从矿山运送矿石到生产厂房,只要存在一定的高差,具有一定的位能,就可用变频器为再生能量传动系统,可将再生能量反馈回电网。一般情况是每天24小时连续不断运送,运送的矿石量很大,电机发电量也大,电能回馈也多。从目前国内矿山的情况看,运送矿石基本上都是用大吨位的矿用汽车从山上往山下一趟一趟运送,既浪费了油料,又污染了环境,而且还占用大量耕地,很可惜。用变频器驱动下运胶带输送机带发电机运送矿石,可回收大量的电能,降低生产成本,提升企业的竞争力意义重大,这种方法值得推广。

关键词:森兰;大功率;变频器;胶带输送机;节能运用

Abstract: When moving the mineral from the mine to factory, if there is certain height difference, and certain potential energy, then inverter can be used to generate electricity for motor excitation. The inverter is regenerated energy drive system and it can feedback the regenerated energy to power grid. Using inverter to drive the belt conveyor and transport the mine can regenerate plenty of electric energy, reduce production cost and improve enterprises competitiveness. Therefore, this method is worthy to be popularized.

Key words: Senlan; High Power; Inverter Belt Conveyor; Energy Saving Application

1 概述

在新型干法水泥生产线中,石灰石原料矿山位于直线距离数公里外的山上。传统的运输方式使用大吨位的矿用汽车从山上往山下一趟一趟运送矿石,为保证生产的正常进行,必须先修一条能够供矿用汽车行驶的道路,只要水泥生产线不停工,矿车就要不间断地将石灰石从山上运到山下。这条道路需能承受大吨位的矿用汽车的碾压,其长度在数公里以上,占地面积大,投资自然也大,而且运输过程中要消耗不少油料,再考虑到设备和道路的维护,运行费用高,水泥生产成本增高,不利于市场竞争。为降低生产成本,考虑到石灰石从山上运送到山下的过程中,位能在

不断减少。利用石灰石本身具有的位能,不用消耗其他的能量或消耗很少的电能就可安全地将石灰石从山上运送到山下,现在采用较多的就是胶带输送机。本文叙述的胶带输送机,不仅可作为运输石灰石的工具,而且还利用位能来发电,节能效率非同小可,对于降低水泥生产电耗意义重大。

2 胶带运输机

胶带输送机主要由钢丝绳芯胶带、托辊、滚筒、中间架和支推等组成,它广泛地应用在矿山、冶金、煤炭、港口、电站、建材、化工、轻工、石油等各个行业,用来输送松散物料或成件物品,根据输送工艺要求,可以单台输送,也可多台组成或与其他输送设备组成水平或倾斜的输送系统,以满足不同布置形式的作业线需要。胶带输送机具有结构简单、部件标准化、维修方便、输送量大、操作维修简单、运转费用低、适用范围广等特点。长距离胶带输送机是一种大运输量输送设备,具有输送连续、可靠、自动化程度高、设备维护工作量小、可与工厂总控制系统联网统一管理、输送线路按地形布置占有耕地少等特点。同时物料在运输过程中相对稳定,扬尘点少、对环境污染小。

某水泥有限公司有两条500t/d干法水泥生产线,石灰石原料输送采用长距离曲线胶带输送机输送,运量为1800t/h,破碎站至厂区料仓的水平距离约为5451m;矿山破碎站翻卸平台地坪高程约680m,破碎站带式给料机出口高程约662m,胶带机输送终点水泥厂地坪标高290m,输送机头部卸料点高程310m,输送机下运高度约-352m。

以上的数据表明1800t的石灰石用1个小时的时间下运了352m,由此可计算出物料向下运动位能变化产生的动能为(忽略摩擦阻力):

$$W=mgh=1800 \times 1000 \times 9.8 \times 352=6209280 \quad (\text{kJ})$$

假设该动能经过发电机全部转换为电能,则适配的电机功率为:

$$P=W/t=1800 \times 1000 \times 9.8 \times 352/3600=1724.8 \quad (\text{kW})$$

3 胶带输送机控制方案

3.1 胶带输送机技术参数

胶带输送机运量：1800t/h；
 胶带输送机水平投影长度：5451m；
 胶带输送机最大提升高度：-352m；
 电动机额定功率：2880kW；
 电机电压：交流三相690V（6000V）；
 胶带宽度：1400mm；
 胶带型号：ST3150；
 胶带运行速度：3.3m/s；
 最大下运角度：20度；
 发电功率：1200kW；
 物料粒度：80mm。

3.2 控制方案

长距离的下运胶带输送机分为两段，两台交流电动机安装在胶带机的尾部，采用尾侧驱动形式。

（1）高压交流电机直接驱动方案

电动机不经减速器直接驱动下运胶带输送机。起动时，特别是在带载起动的情况下，会产生很大的机械冲击，使胶带可能拉断，带来严重的后果。为实现带载软起动，在起动过程中加入液压制动，由此将极大地增加制动器的运行负荷，缩短制动器的使用寿命，并增大制动器的维护工作量。液压制动器是作为下运胶带输送机唯一的应急安全保障设施，不宜在起动时经常使用。

当物料达到一定量时，其位能足以使胶带机运行起来，下运胶带输送机拖动电动机发电，同频同相且电压比电源电压高时，可将位能转换来的电能送到电网上。停车时，为实现软停车，需要加入制动。依据同样的原因，这种起动、停车时经常使用制动系统的方案有一定的局限性。

（2）高压变频器驱动方案

目前，国内生产的6000V或6000V以上的高压变频器，其主回路拓扑均采用单元串联式。由于变频器主回路结构上的原因，这类变频器主要用于风机、泵类负载上，不能用在有再生能量的场合。下运胶带输送机应使用三电平高压变频器，这类变频器目前需要进口、投资大，从经济上考虑此方案也不一定合适。

（3）690V变频器驱动方案

690V变频器属于低压范畴，变频器技术较成熟，无须进口，价值也不高，其功能完全能满足下运胶带输送机的工艺要求，而且维修方便，维护费用不高。唯一的缺点是电流较大，为减小线路的损耗，供电线路、变频器接到电机的电路的截面积应足够大，增大了初始投资。

该方案不用液压制动系统参与就可实现长距离胶带机的带载

软起动、软停车、位能发电回馈电网、以及空载低速验带等功能。从目前的现状看，这种方案既容易实现，又能满足使用要求，而且是最经济的方案。液压制动器仅作为下运胶带输送机的应急安全保障设施，是必需的。

变频器的主回路如图1所示。

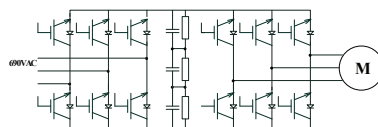


图1 690V变频器主回路电路图

由图可见，电路有两逆变单元，右面逆变单元用于驱动电机运转、有位能时为电机提供励磁，并将电机产生的再生能量由反馈二极管反馈到中间直流环节；左面逆变单元在电动时作整流器，在再生时作逆变将直流环节的再生电能回馈到电网。

4 方案实施

对上述三个方案进行对比，考虑到目前技术状况和能够实现的条件，最后确定采用690V变频驱动方案。

由胶带输送机的技术参数：物料下降-352米产生的动能为6209280千焦，采用尾侧驱动形式，在两段胶带输送机的尾部安装两台交流电动机，电动机额定功率为：2880kW。实际上，胶带输送机的胶带相当长，其重量大，磨擦力也大，有一部分位能用于克服摩擦力，余下的位能用于发电，发电功率1200kW左右。为保证安全运行，两台电动机留有适当的余量。变频器选用希望森兰690V SB70G1100Q6矢量控制变频器，在胶带输送机起动时，有时可能是满负荷重载软起动，起动力矩要求很大，为可靠性和安全性，变频器的容量适当增大。

胶带输送机系统由PLC控制，PLC位于主控室内，主控室远离变频器的安装地点，用通信线路连接，传输距离至少在2km以上，考虑到信号传输的速率和可靠性，采用Profibus协议。PLC同时还要兼顾到液压制动系统和其他安全系统的控制，实现连锁综合保护。为避免变频器对控制系统的干扰，回馈单元之前安装正弦波滤波器，使回馈到电网的波形经滤波后接近正弦波形；另外在电动时，增大了整流回路的内阻，降低了非线性元件二极管整流产生的畸变电流对电网的污染。为补偿长线分布电容的影响，并抑制变频器输出的谐波分量，抑制电压脉冲的尖峰，延长电机的绝缘寿命，变频器的输出安装输出电抗器。

胶带输送机变频驱动后可实现如下的功能：

- 可实现长距离胶带机带载情况下的软起动、软停车、位能发电、电能回馈、空载低速验带功能；（下转第60页）

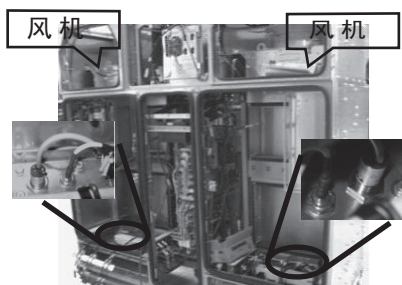


图 2 传感器安装示意图

在使用TURCK的气体型流量传感器之前，客户也使用过其它品牌的流量传感器，但是由于柜体内部温度时常变化，传感器内部缺乏有效地温度突变补偿反馈电路；灵敏度过低，响应时间较慢；模拟量输出曲线不理想等原因，严重影响了整个机车的正常运行，也给客户的调试工作带来了不少的麻烦，很大程度上降低了生产效能。在使用过程中，由于灵敏度过低，延迟严重，经常需要人工手持风速检测仪表进行柜体内部通风检测；同时，由于货运电力机车这类特殊产品经常需要长时间不间断地运行，这就使得柜体内部的温度变化明显，对于普通的热式流量开关来说，由于工作原理的特殊性，这种变化会直接造成输出曲线不理想，线性度差，从而导致检测的失败。同时，安装空间狭小，布线空间不足也是比较棘手的问题。客户之前使用的其它品牌的传感器均无法完全满足应用的需要。

4 TURCK传感器为电力机车的运行安全提供可靠保证

在此类大功率交流传动机车上，包括主要设备牵引电动机以及冷却塔风机、牵引通风机、水泵、油泵、空调等辅助设备在内，其长时间不间断运行的安全性和可靠性是第一位的，这体现在整个机车的每一个细节之处，尤其是给全部设备提供动力的主、辅变流柜，其可靠性尤为重要。TURCK气体型流量传感器在变流柜上的成功应用，充分提高了电力机车运行的可靠性，给客户带来了便利。

首先，TURCK气体型流量传感器拥有丰富的产品序列，可以满足客户不同形式的使用要求；另外，其针对于气体研发的高度可调的灵敏度特性，使得即使变流柜体内风量微小的流量变化也可以被传感器感知到，从而确保了行车安全。

其次，TURCK气体型流量传感器也属于TURCK热式流量传感器大家族的成员之一，同样具备优秀的抗温度突变的性能。在电力机车不间断的运行过程中，环境温度千变万化，难免会有温度突变的情况发生，尤其对于热式流量传感器来说是一个比较大的考验，TURCK的热式流量传感器藉由其特殊的探头结构和内部补偿电路，完全可以将温度突变的影响降到最低，从而保证了模拟量输出的稳定，进而实现对变流柜体内风量的成功监测，确保了电

力机车的长时间顺利运行。

最后，TURCK M18外形的气体型流量传感器外形小巧，结构紧凑，将检测元件和处理电路集于一体，其体积仅相当于一个流量传感探头，尤其对于安装空间有限或者不适于安装分体式流量开关的应用场合来说，能够有很大的应用自由度。

（上接第58页）

- 若不用变频器，长距离胶带机带载情况下的软启动、软停车只能通过制动器来实现，由此将极大地增加制动器的运行负荷，缩短制动器的寿命，并增加制动器的维护工作量。

5 结语

胶带输送机运行后，每天24小时连续不断以1200kW的功率发电，每年运行时间为11个月，年总发电量为964.8万千瓦时，节能量巨大，效率十分可观。从目前国内矿山的情况看，运送矿石基本上都是用大吨位的矿用汽车从山上往山下一趟一趟运送，既浪费了油料，又污染了环境，而且还占用大量耕地，很可惜。森兰科技公司在国内首先用变频回馈解决了下运胶带输送机的电能回收，其功率为国内最大，为用户提供了又一种可行的变频调速节能方案。

参考文献：

[1]森兰变频科技股份有限公司[Z]. 森兰SB70用户手册, 2006(2).

[2]彭海宇.矿井提升机的变频调速改造[J].变频器世界,2006(4).