库马克 BPJV 系列隔爆兼本质安全型高压变频器在煤矿井下刮板输送机上的应用

深圳市库马克新技术股份有限公司 刘俊强 罗自永
山西阳泉煤业(集团)有限责任公司 刘亚斌 刘玮
山西煤矿机械制造有限责任公司 李建华 席庆祥

摘要：该文介绍防爆变频器 BPJV-1600/3.3 的性能和特点，以及矿用刮板运输机采用变频技术的意义和好处，着重对库马克防爆变频器在山西阳泉煤业阳煤一矿井下刮板运输机的应用进行介绍。

关键词：防爆变频器 BPJV-1600/3.3 刮板输送机 IGCT DTC 功率平衡 主从控制 冗余控制

一、引言

随着煤炭工业的发展，刮板输送机向大功率、大运量方向发展，而刮板输送机，总是频繁起动或者重载起动，运行时负载变化很大，甚至超载，因此对传动系统要求很高，而防爆变频器 BPJV-1600 的成功应用比原来的液力耦合器传动系统在运行，维护，节能和控制方面具备更大的优势。

二、项目介绍

阳煤一矿(包括选煤厂)是阳泉煤业（集团）有限责任公司下属的生产矿井，始建于 1957 年 7 月。原设计能力为 120 万吨/年，2005 年山西省煤炭工业局批复核定生产能力为 560 万吨/年，2008 年山西煤炭工业局核定生产能力为 750 万吨/年。

库马克 BPJV-1600 防爆变频器应用在 S8310 智能工作面的刮板运输机上，该项目是阳煤集团首个“大采高、一次采全高”工作面，项目总投资约 2.7 亿元。

三、库马克 BPJV-1600 的性能和特点

作为 ABB 战略合作伙伴和技术服务中心，库马克 BPJV 型防爆高压变频器是深圳库马克新技术股份有限公司同 ABB 合作开发的新一代隔爆兼本质安全型高压变频器，结构拓扑图见下图：

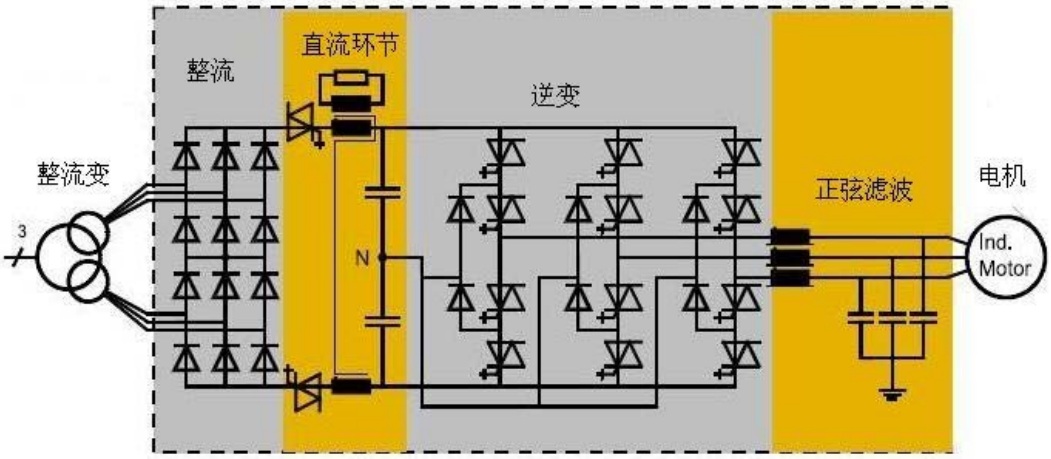


图 1、变频器芯体拓扑结构图

整流部分：

库马克 BPJV 系列矿用隔爆兼本质安全型高压变频器采用多达 12 脉冲整流技术，电网侧谐波污染小，功率因数高，符合 GB 14549 - 93 标准和 IEEE std 519-1992 电能质量标准对电压、电流谐波失真度的要求，无需功率因数补偿及谐波抑制装置，对同一电网上用电的其它电气设备不产生谐波干扰。

直流部分：

库马克 BPJV 系列防爆变频器整流出来的直流电压通过保护 IGCT,给直流电容充电。2 个保护 IGCT 代替了 12 个传统的熔断器，保护速度比普通熔断器快 100 倍，从而减少维护量，提高可靠性，直流电容采用自愈式电容，寿命长，环保，自恢复性能。

逆变部分

3 相逆变器桥的每相都由 4 个 IGCT 加上 2 个中性二极管组合而成，用于产生三电平，IGCT 延续了 IGBT 开关频率高的优点,结合了晶闸管的导通特性，本身驱动回路具备很强的自诊断能力，能快速关断（25μs），保护设备。

IGCT板

输出滤波

库马克 BPJV 系列防爆变频器带有输出正弦波滤波器，可以降低所有逆变器开关时对电机的谐波，是电机和轴承始终处于无共模电压状态，所有输出电压波形近似正弦波，可以接普通电机，电缆长度可达 5000m。

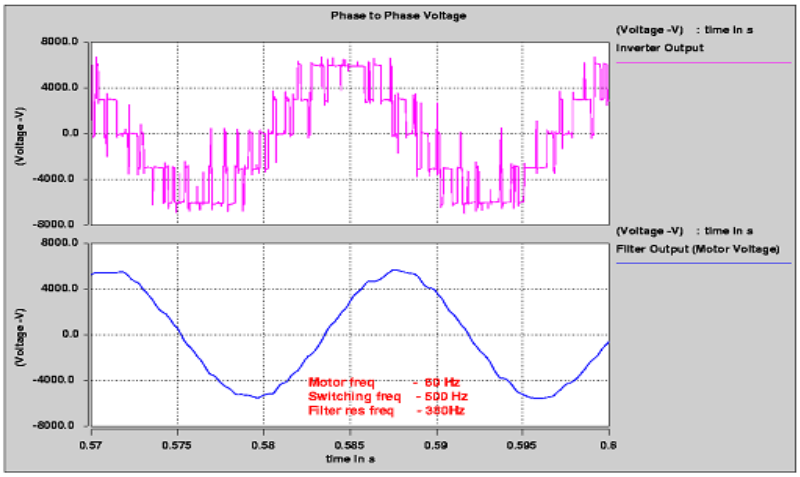


图 2、输出波形

控制系统

库马克 BPJV 系列矿用隔爆兼本质安全型高压变频器以西门子 S7 系列 PLC 为主控制器，接收外部的控制系统，控制变频本体运行，同时通过液晶（LCD）显示器，显示变频器运行状态及运行参数，同时与管理系统联接，上传变频器信息，控制系统以功能块划分与相关设备联接，具有较好的开发与维护性。

保护功能

库马克 BPJV 系列矿用隔爆兼本质安全型高压变频器具有完善的保护功能，包括电机发热模型热保护、电机堵转、电机超速、输出回路短路、输出回路缺相保护、输出回路不平衡保护、输出回路过载保护、直流过压保护、直流欠压保护、输入缺相、整流桥短路保护、MCB 控制失败保护、接地故障保护、主通信保护、漏电闭锁保护、在线漏电保护、瞬时断电保护。

冷却系统

库马克 BPJV 系列矿用隔爆兼本质安全型高压变频器采用采目前国际上最先进的内外循环分开的水-水冷却系统，内循环采用去离子纯水恒温恒湿冷却，安全高效，外循环直接使用煤矿井下工业水，并配套减压阀和压力、流量监控系统，保护完善，可靠性极高。

四、应用介绍

刮板运输机的工作原理是，将敞开的溜槽，作为煤炭、矸石或物料等的承受

件，将刮板固定在链条上（组成刮板链），作为牵引构件。当传动部启动后，带动链轮旋转，使刮板链循环运行带动物料沿着溜槽移动，直至到机头部卸载。刮板链绕过链轮作无级闭合循环运行，完成物料的输送。

阳煤一矿综采面刮板运输机采用双电机驱动，由2套防爆变频器BPJV-1600驱动。正常工作时，采用一拖一主从联动，两台变频器之间通过光纤实现主从控制，能实现机头电机和机尾电机的速度同步，负载电流均衡分配。

防爆变频器 BPJV-1600		机头电机参数		机尾电机参数	
输入电压	2x1903V	额定电压	3300V	额定电压	3300V
输入电流	2x275A	额定电流	196.7A	额定电流	196.7A
输出电压	3300V	额定转速	1491rpm	额定转速	1491rpm
输出电流	332A	额定功率	1000KW	额定功率	1000KW
输出频率	66HZ	功率因数	0.91	功率因数	0.91

表 1、设备参数

机尾电机传动收到综控室给出的启动命令后，先行运行，兜紧下部链条后，机头电机传动跟随启动，通过设定的加速时间运行到给定速度，输出显示运行状态，运行速度和电流，收到停止信号或者闭锁信号后同时停止运行。运行过程中，任意一台变频器出现故障，另外一台变频器也会停止运行。

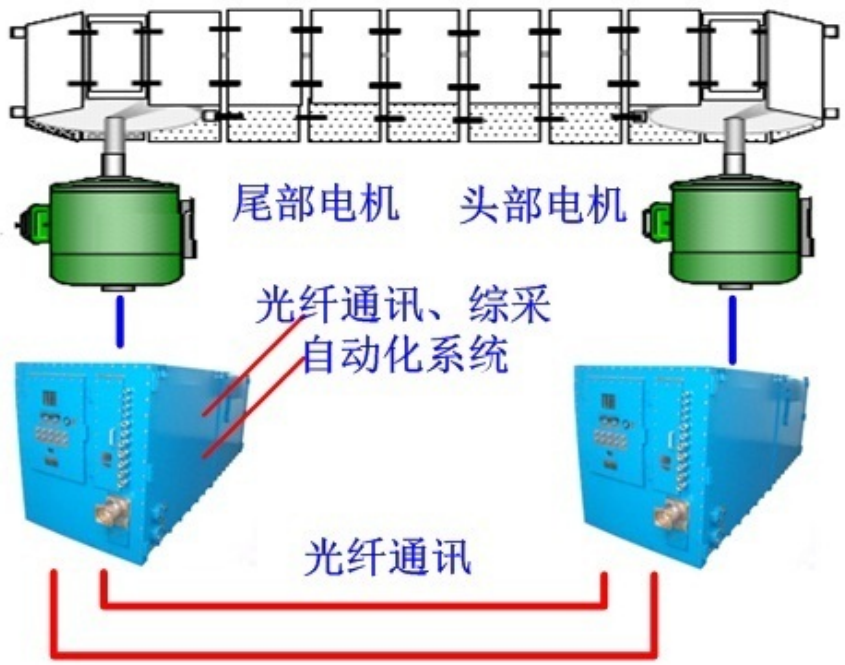


图 3、设备配置图

启动平稳，启动电流远小于额定电流，减小对电网冲击，同时具备“零速满转矩”功能，实现大转矩的启动，并且拖动1000KW电机时，可提供最大2.5倍的电机额定转矩。由图4可以看出，电机启动时速度上升平滑，但转矩比较大，

减小对机械设备的冲击，延长电机、减速机以及链条的使用寿命。并且直接转矩控制以及速降功能使得在出现卡链情况时，能都降低刮板机速度，避免链条受到大力矩的冲击，减小断链几率。速度同步和功率平衡通过变频器之间主从控制实现，响应速度快，而液力偶合系统需增加传感器，电磁阀和速度编码器，响应速度慢，维护量高。

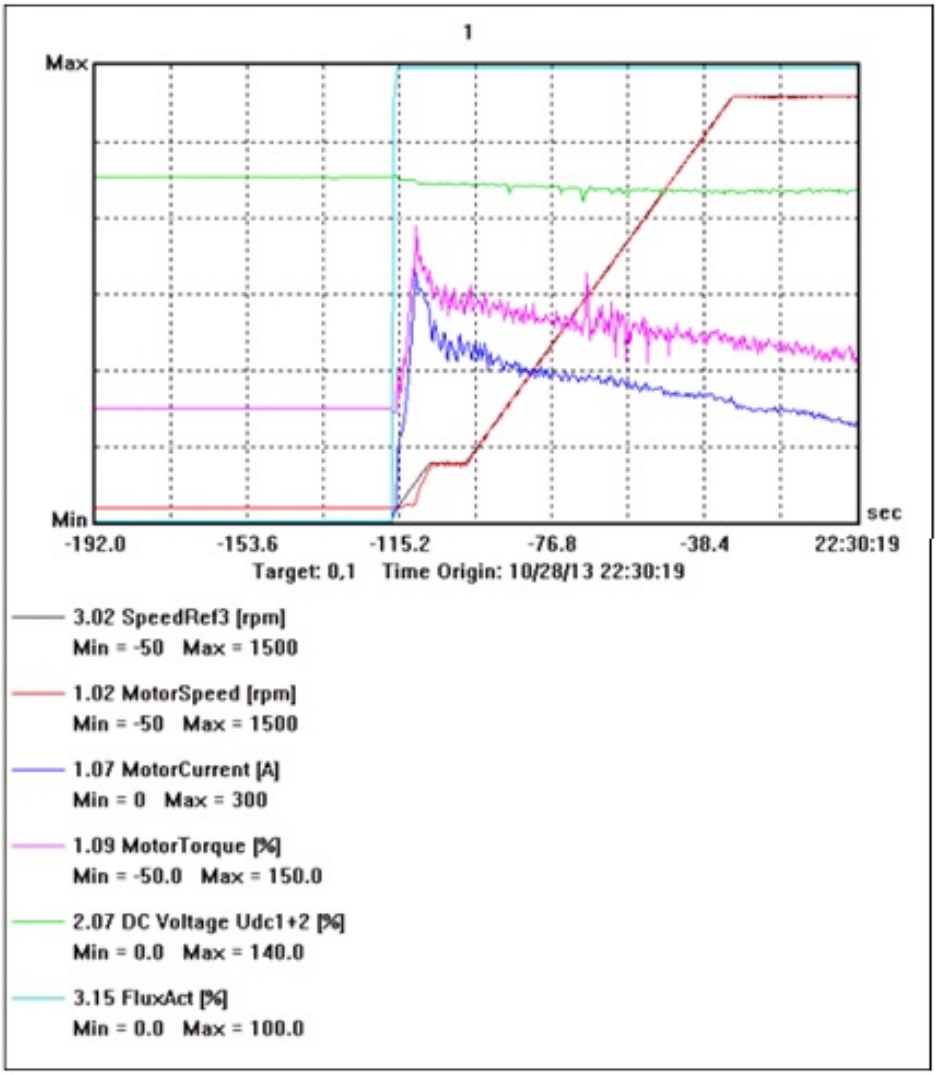
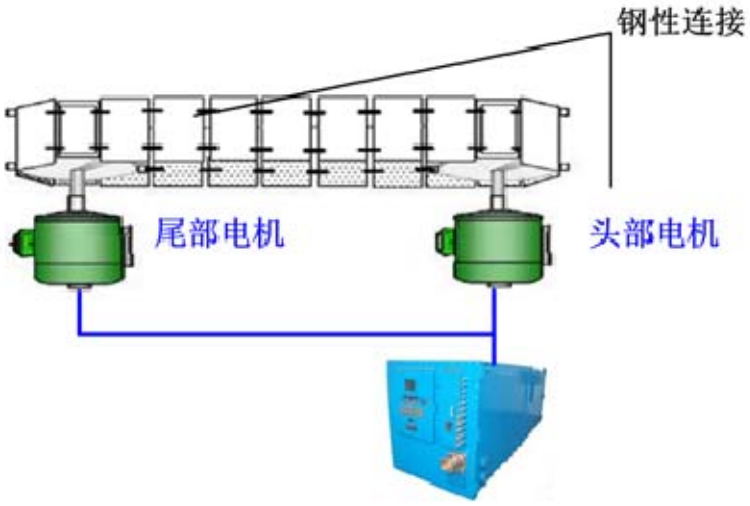


图 4、电机启动曲线

当一台变频器出现故障退出工作时，另一台变频器可以同时驱动二台电机，维持生产。这时刮板机一台变频器控制二台电机，变频器按照二台电机的数学模型进行精确转矩和速度控制，可维持正常采煤需要，达到冗余控制的目的。。



此图中示意采用一拖二的情形

库马克 BPJV-1600 防爆变频器能实现单台驱动，正反转运行，调速范围宽，能提供合适的检修速度，有利于刮板输送机的检修和维护，这是液力偶合传动系统不够完善的。

刮板输送机属于恒转矩负载，随着转速的提高，所消耗的能量越大，库马克 BPJV-1600 防爆变频器在自动模式下，能根据本身输出电流来调节转速，达到节能效果。在智能化系统中，在前级输送带煤多情况下，可以降低速度运行，减少联锁停车，减少故障率。

库马克BPJV-1600防爆变频器驱动的刮板输送机传动方式比电机+减速器、比液力耦合驱动的电机+液力偶合器+减速器节约安装空间，减少采区维护量，提高效率。

防爆变频器通过光纤以太网接入综合控制系统，控制室可以远程监控刮板输送机实时运行状态，对输送机进行远程启停控制和速度调整。

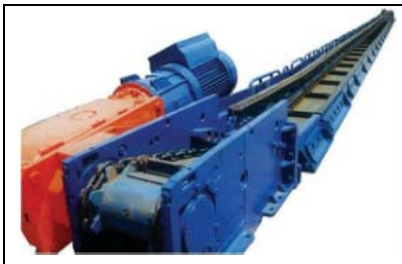
	刮板输送机驱动系统		
	可控硅软启动	双速电机	CST 等可控液力耦合器
缺点	启动转矩受限	机械冲击； 电气冲击； 启动失败、断链； 安全性差。	进口设备； 维修时间长； 费用高； 制约高效生产。

表 2、其他驱动系统缺点

五、经济效益

阳煤一矿 S8310 工作面采用深圳市库马克 BPJV 系列防爆变频器驱动刮板机后，刮板机的链条、减速机等故障显著降低。自 2013 年 11 月投运至今，S8310 工作面未出现一起刮板机链条断链故障，未出现一起 BPJV 系列防爆变频器引起的停机故障，大大增加了设备开机率。

由于阳煤集团煤层地质条件比较复杂，阳煤集团原有产量最高记当为 28 万吨/月。采用库马克 BPJV-1600/3.3 隔爆兼本质安全性高压变频其后，阳煤一矿生产效率有了明显提高。2014 年 2 月，阳煤一矿 S8310 工作面，产量达到 46.6 万吨。2014 年 3 月 1 日，阳煤集团举行了“S8310 工作面创高产祝捷大会”。

六、结论

库马克 BPJV 系列防爆变频器启动平稳、启动转矩大、抗负荷冲击能力强，并且高效的集成控制系统非常便于接入综合控制系统，以实现工作面的自动化、智能化操作。优异的启动以及运行特性有效的延长机械设备使用寿命，减小断链几率，在提高自动化程度和生产效率的同时，改善了生产工艺，延长了设备检修周期，取得良好的经济效益。超过 98%的高效率以及优良的节能特性，也为国家的节能减排作出贡献，产品已通过国家生产安全监督管理总局的产品鉴定和安全验收。