

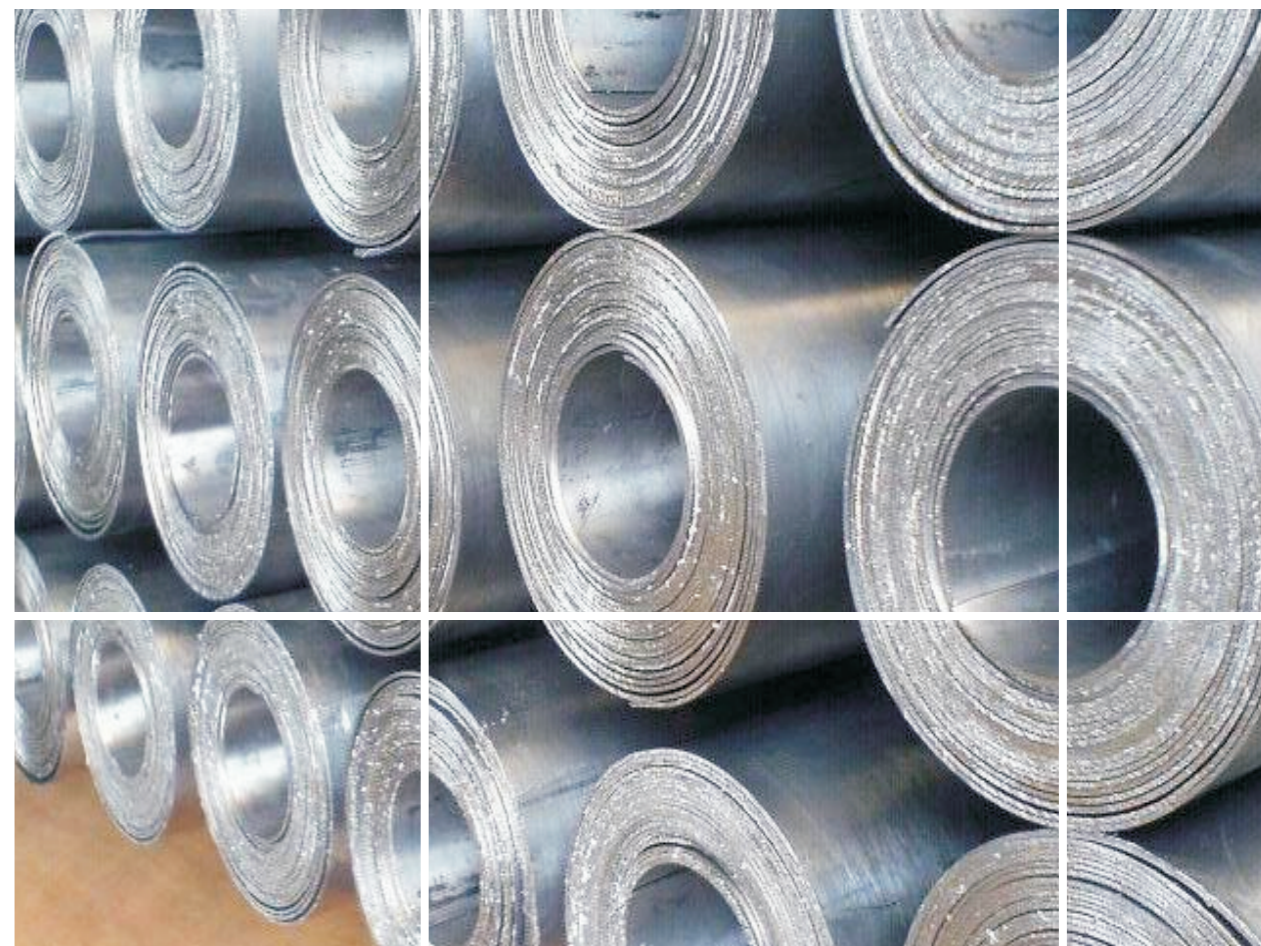
SLANVERT



希望森兰科技股份有限公司
Hope Senlan Science and Technology Holding Corp., Ltd.
www.chinavvf.com www.slanvert.com

总部地址：成都市西航港经济开发区空港二路二段1599号
服务热线：400-619-6968 公司传真：028-85962488
销售热线：028-85964751 市场热线：028-85960127
E-mail: markd@chinavvf.com
策划设计：希望森兰科技股份有限公司市场部 版本号：13.04

森兰变频器行业专刊
有色金属行业





C 公司简介

COMPANY INFO



希望森兰科技股份有限公司是一家致力于高中低压变频技术的研发及相关产品的设计、开发、生产、销售和服务的国家重点高新技术企业，是国内最早从事变频技术研发和应用的企业之一，是中国最大的变频器研发制造基地之一，也是变频器行业首批获得“中国名牌”产品称号的企业。

公司从成立伊始就坚持“科技立业”的理念，实施品牌战略，走出了一条“科技创品牌、质量铸品牌、服务扬品牌”的品牌之路。公司通过了ISO9001:2008国际质量体系认证和ISO14001环境管理体系认证，全面实行ERP信息化管理，拥有数十项专利、专有技术构成的自主知识产权体系，并在此基础上开发了SBH系列高压变频器，SB70、SB60/61、SB60+/61+、SB50、SB40、SB12、SB61Z、SB61Z+、SB100、SB150、SB200、SE62等系列低压变频器，推出了国内首台专业级工程型变频器SB80。森兰变频器先后获得了第四届中国科技博览会金奖、中国专利技术博览会金奖；被列入国家火炬计划项目、

国家创新基金项目、国家重点新产品项目；通过了欧盟CE认证，被广泛应用到冶金、机械、建材、化工、石油、生化、制药等领域，取得了显著的经济效益和社会效益。

经过十余年的高速发展，公司现已拥有遍布全国和亚洲、欧洲及美洲的强力营销、服务网络，为客户提供优质的产品和服务。公司的销售额、市场占有率、技术水准在国产变频器行业名列前茅，被机械工业信息研究院评为“2006中国用户最满意国产低压变频器十大品牌”（含港澳台地区）第一名，2007年荣获国家质量监督检验检疫总局授予的“中国名牌”产品称号，2008、2009年荣获中国电器工业协会颁发的“中国电器工业最具影响力品牌”，2005~2012年被中国自动化学会连续七次评为年度“中国国产变频器第一品牌”。

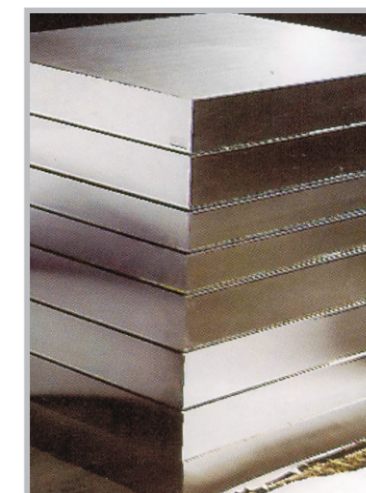
面对未来，公司秉承“实业报国，永创第一”的经营理念，为把公司建设成世界最前沿的变频器研发和制造基地，为把森兰发展成国际知名品牌而努力。

欢迎访问我们的网址：<http://www.chinavvfv.com> (中文)
<http://www.slanvert.com> (英文)

目录 Contents

| | |
|--------------------------|-------|
| ❖ 有色金属行业的现状 | 01/01 |
| ❖ 有色金属行业节能潜力分析 | 02/02 |
| ❖ 森兰有色金属行业应用典型解决方案 | 03/16 |
| ◆ 森兰690V850kW变频器在隔膜泵上的应用 | 03/05 |
| ◆ 森兰SB70变频器在氧化铝生产线中的应用 | 05/08 |
| ◆ 森兰SB70变频器在矿山离心式渣浆泵上的应用 | 09/11 |
| ◆ 森兰SB70变频器在铅锌矿提升机上的应用 | 12/16 |

有色金属行业节能潜力分析



行业概述



中国是全球最大的有色金属生产和消费国，十种有色金属总产量已连续多年位居世界第一。有色金属行业是我国七大工业耗能大户之一，节能减排工作既是有色金属行业的责任和义务，也是有色金属行业淘汰落后工艺，制止盲目投资和低水平重复建设，促进行业健康发展的必然要求。近年来，通过政策引导、技术改造、设备更新、结构调整，有色金属行业主要产品单位能耗大幅下降，一些主要的技术经济指标接近或达到世界先进水平，大大提高了我国有色金属工业的国际竞争力。

中国有色金属矿产资源的特点是小矿多、大矿少；贫矿多、富矿少；共生矿多、单一矿少；由此造成选冶流程长，工艺复杂，直接导致能耗高、水耗大、污染物排放量大，其中尤以电解铝、海绵钛能耗为最高。尽管最近我国主要有色金属单位产品综合能耗呈现总体下降趋势，但目前平均每吨有色金属综合能耗与国际先进水平相比，仍然存在较大差距。2010年，我国有色金属行业耗能量占全国能源消耗总量的2.8%左右。

2012年，工业和信息化部发布了《有色金属工业“十二五”发展规划》，强调“十二五”时期有色金属要控制总量，加大节能减排。10种有色金属产量控制在4600万吨左右，年均增长率为8%；铜、铅、镁、电锌冶炼综合能耗分别降到300千克标煤/吨、320千克标煤/吨、4吨标煤/吨和900千克标煤/吨及以下，电解铝直流电耗、全流程海绵钛电耗分别降到12500千瓦时/吨和25000千瓦时/吨及以下。

有色金属企业的门类繁多，使用的电机也很多，利用变频技术调速可减少能耗。据调查，在氧化铝、电解铝、冶炼锌、冶炼铜等有色金属企业的风机、泵类负载数量多，使用变频器也普遍。使用变频器后，节能率在30%左右，根据工况，一般情况下投资回收期最短不到一年，最长不到三年。

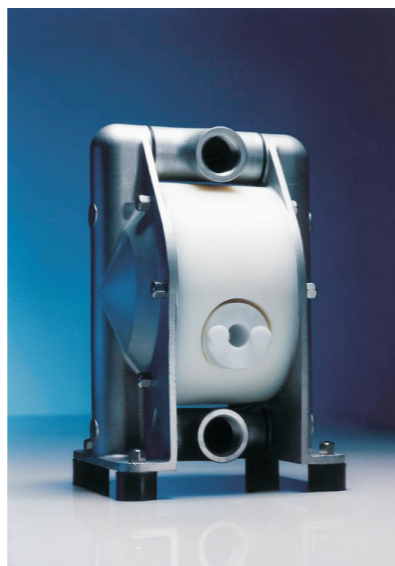
森兰有色金属行业应用典型解决方案

森兰690V850kW变频器在隔膜泵上的应用

概述

隔膜泵，也叫气动双隔膜泵或气动泵，是一种新型输送机械，是目前国内最新颖的一种泵类，采用压缩空气为动力源。对于各种腐蚀性液体，带颗粒的液体，高粘度、易挥发、易燃、剧毒的液体，均能予以抽光吸尽。隔膜泵其有四种材质：塑料、铝合金、铸铁、不锈钢。隔膜泵根据不同液体介质分别采用丁腈橡胶、氯丁橡胶、氟橡胶、聚四氟乙烯、聚四六乙烯，以满足不同生产工艺的需要。隔膜泵既能抽送流动的液体，又能输送一些不易流动的介质，具有自吸泵、潜水泵、屏蔽泵、泥浆泵和杂质泵等输送机械的许多优点。

隔膜泵已经在石油、化工、有色金属、食品、电子、陶瓷、纺织等行业应用，安装在各种特殊场合，用来抽取各种常规泵不能抽取的介质。隔膜泵发展的应用潜力，还不为很多人所知。隔膜泵正逐步侵入其他泵的市场，并占有其中的一部分。如：油漆、涂料等精细化工行业和陶瓷业中隔膜泵已占有绝对的主导地位，而在其他的一些行业中，像环保、废水处理、建筑、排污等行业中正在扩大它的市场份额，并具有其他泵不可替代的地位。



隔膜泵的工作原理

隔膜泵靠压缩空气驱动。定向空气分配阀和导向阀，称为“捌鲛”阀，都设置在泵的中心部位。介质流动通过两个汇流管和外隔膜室，称为“敖槽适”阀。通常止回阀(球型或片型)都设置在每个外隔膜室的顶部或底部或共用一个汇流管。这两个外隔膜室靠吸口和出口接头连接起来，泵是自吸的。

在操作中，空气分配阀交替控制隔膜的增压。在每次冲程后，阀将自动变换位置，使空气得以切换至另一隔膜室，使两边隔膜室形成交替的吸液和压送冲程，隔膜在平行路径里移动，空气阀无润滑油需求，这就是首选的运行方式，洁净、干燥的空气更能提高泵的性能。

介质通过隔膜泵时，止回阀一开一关，这使得每个外隔膜室交替地填充和排出，止回阀对压力差做出反应。球阀止回阀可处理含小颗粒的介质，而片阀止回阀可以处理含接近管径尺寸大小软颗粒的介质。

当空气分配阀让压缩空气进入左隔膜室，隔膜受压往外推出，而形成压送冲程，在压送部内的介质即受力离开左面外隔膜室、止回阀、汇流管，而后由泵的出口流出，排出口位置可以是顶部、底部、或侧面。当左隔膜室受压推出时，隔膜连接杆在内部拖动右隔膜向内缩回止回阀充满流体，在这一循环动作完成后，空气分配阀将自动地变换位置，使空气切换至另一隔膜室，反向重复上述循环动作，即两边隔膜室将因此呈现交替性的压送及吸收液动作。

氧化铝行业对隔膜泵传动系统的要求



生产氧化铝的前端工序是先将铝矾土粉碎制成原矿浆，将合格的原矿浆通过隔膜泵（喂料泵）送至高压溶出器，在高压溶出器中，在一定的外部条件作用下，溶出铝土矿中的氧化铝得到铝酸钠。当溶出时间一定时，溶出速度越快，氧化铝的溶出率就越高，产能越大。但溶出反应需在一定条件下进行，要保证氧化铝的高溶出率，就要保证各种物料的相对平衡，在其他条件相对变化的情况下，要求料浆泵的喂料量也发生相应的调整，这样才能优化生产工艺指标，进而优化氧化铝生产的技术经济指标。为实现生产工艺过程的优化进行，高压泥浆隔膜泵是采用拜尔法生产氧化铝，尤其是采用管道化溶出工艺的氧化铝厂的重要设备，被誉为拜尔法氧化铝厂的“心脏”部位，其运转率直接代表着氧化铝厂的投矿运转率。对电气传动系统提出以下要求：

- ◆ 电动机和泵组等机械设备在使用原设备的基础上，通过改变电气控制系统的控制方法，使电动机转速在10~583rpm之间连续可调，且能够带载启动隔膜泵；
- ◆ 设备启动平缓，运行稳定可靠。电气设备可运行率达95%以上；设置完善的保护装置，包括管道超压自动保护和常规电气故障保护；
- ◆ 对泵采用三地操作，分别设置在机旁、变频器控制室、仪表室。泵组的开、停在机旁和变频器控制室进行，仪表室只有在管道超压或其他紧急情况下进行设备紧急停车；当进料量给定值确定后，系统能够自动跟踪给定值。

喂料量的改变是通过隔膜泵（喂料泵）变频调速来实现的。因为对变频器的可靠性要求极高，以前一般都采用国外知名变频器。

森兰变频器隔膜泵上的应用

近几年，国产变频技术有了极大的进展，国内厂家也能生产高性能的矢量控制变频器，起动力矩可达2倍额定力矩，平均无故障时间2万小时以上，像氧化铝这样连续性生产工艺，也完全能够满足。森兰以矢量控制变频器SB70的平台为基础，开发出了690V 850kW矢量控制变频器，在性能上，完全可以和国外变频器相媲美。隔膜泵使用的是690V 780kW鼠笼异步电动机，电源频率为50Hz时转速为583rpm，转速为10rpm时变频器输出频率不到1Hz，调速比接近60，且能够1Hz频率下带额定负载运行。

矢量控制变频器的调速比可达1:100、调速精度可到0.1%、且是无级调速，选用森兰690V 850kW矢量控制变频器能满足调速性能要求。对于当进料量给定值确定后，系统能够自动跟踪给定值的自动控制方案，只需将矿浆电磁流量计输出的4~20mA反馈信号送到变频器的PI调节器的反馈端口上实现闭环控制，使矿浆的流量在给定范围内变化，保证氧化铝的溶出率为最高。

森兰690V 850kW矢量控制变频器在隔膜泵上已经连续无故障运行了三年有余，实践证明，国产变频器无论是在质量上还是在性能上都表现极佳，并且在调速过程中有节能效果，给用户带来了实实在在的效益，在用户中树立了很好的口碑。

❖ 结语

690V 850kW变频器投运以来，运行可靠平稳，控制灵活方便，控制准确，精度高，充分保证了隔膜泵准确送料，大大优化了生产指标，提高了矿浆中的氧化铝溶出率和设备产能，取得了巨大的经济效益。变频调速技术的应用，保证了调速平滑、连续，实现了节能；设备技术水平的提高和优化，使得设备维护工作量和维护费用都大大降低，降低了单位产品的成本，产生了较好的社会效益。实践证明，森兰690V850kW变频器其性能和可靠性完全满足氧化铝生产工艺的要求，国产化是必由之路。



森兰SB70变频器在氧化铝生产线中的应用

有色金属行业对变频器的要求较高，森兰SB70变频器在该行业的大面积的成功使用，在国产变频器中尚属首次，这标志国产变频器的技术水平有了极大的提高。在实际应用中，森兰SB70变频器与国外变频器相比毫不逊色，在氧化铝行业成功地替代了国外品牌变频器，而且价格要便宜。

❖ 氧化铝生产流程

从铝矾土矿石生产出合格的氧化铝需要经过原料、溶出、沉降、分解、焙烧等几个生产流程，按工艺流程的次序组织为原料、溶出、沉降、分解、焙烧等几大车间，为充分利用母液，再设置一个蒸发工序车间。原料车间用以制备粒度、成份比例等指标都符合要求的原矿浆；溶出车间通过多级预热套管及压煮器为原矿浆提供高温、高压环境，并保证足够的溶出时间，以使原矿浆中的氧化铝成份溶出至铝酸钠溶液中。沉降车间通过沉降和多次反向洗涤，将料浆中的粗液及附着碱与各种杂质构成的赤泥进行分离，分离出的粗液经叶滤机过滤后制得精液，再送至分解车间与晶种混合，逐级进入各分解槽进行降温、搅拌，以充分析出氢氧化铝，析出的氢氧化铝浆液经分级后，细料进种子过滤制备晶种，粗料送焙烧车间经过滤后进行高温焙烧，最终制得成品氧化铝。蒸发车间用于对循环母液进行浓缩处理，以除去在流程中进入母液中的多余水分，达到工艺要求的母液浓度。

❖ 氧化铝生产对变频器的要求

整个氧化铝生产过程对物料的运送由浆泵、进料泵、出料泵、母液泵、碱液泵、循环泵等各种各样的泵承担。生产过程中，物料及反应容器的温度、压力、配料流量等指标的控制非常严格；同时为保证分解槽搅拌等要求不间断运转设备的连续运行，以及隔膜泵、压煮器等高温、高压、高碱设备和焙烧系统易燃易爆设备的安全运行，要求对运送物料的各种泵能够在DCS的控制下变速运行。氧化铝生产工序比较复杂，生产环境差，温度高，粉尘多，对变频器的主要要求有：

- ◆ 浆泵、进料泵、出料泵等的工作介质是非常粘稠的矿浆，其负载特性接近恒转矩负载特性。由于某种原因使生产短时停顿，粘稠的矿浆会产生沉降，恢复生产再次启动时，这些泵的起动力矩非常大，因此要求变频器有足够的起动力矩和较高的过载能力。
- ◆ 氧化铝生产线占地的面积很大，其电气控制设备和变频器均安装在配电房内，大部分的电机与变频器的距离在100-300米，要求变频器的输出接上100-300米电缆能够正常工作。
- ◆ 变频器的输出含有高次谐波，现场使用的变频器的数量多，必须考虑谐波对DCS控制系统和现场控制仪表干扰，要求变频的输出谐波含量较低，低于国家标准GB12668-2.2002、GB12668-3.2003所要求的谐波含量。
- ◆ 氧化铝生产具有连续性，生产过程中因某台设备故障引起全线停产，将带来极大的损失，因此，对变频器的可靠性要求极高。

❖ SB70系列变频器在氧化铝生产线上的应用

由上可见，氧化铝生产对变频器提出了很高的要求，铝镁设计院在做设计时，都毫无例外地选用ABB、施耐德、西门子、AB等国外变频器。近几年来，国产变频器技术有了长足的进步，转子磁链定向无速度传感器矢量控制已研发成功，其技术性能接近国外变频器先进水平，再加上工艺和管理水平的提高，生产出满足氧化铝生产线要求的高性能、高可靠的矢量控制变频器也不是难事，且与国外变频器比较价格较低，在与国外变频器竞争中有一定优势。

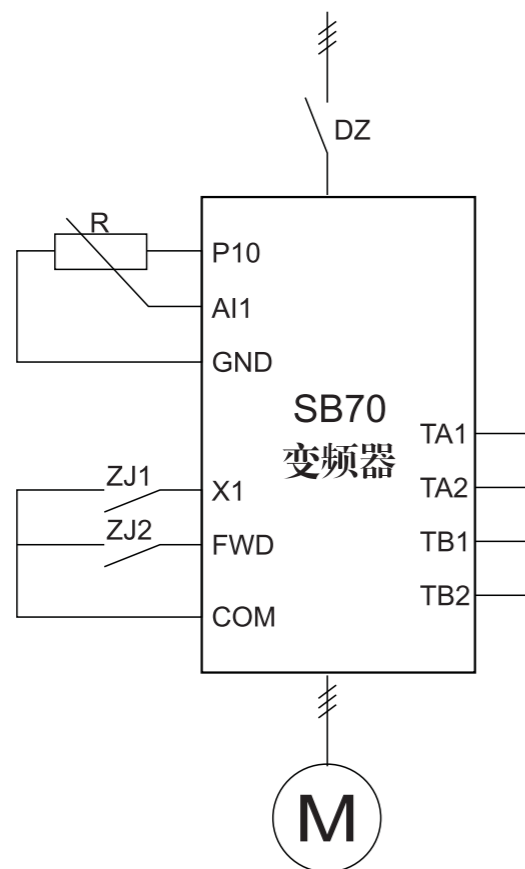
河南三门峡铝业有限公司，年生产氧化铝120万吨，根据生产工艺的要求，选用森兰SB70无速度传感器矢量控制变频器，对其生产过程的每一道工序提供变频调速（功率从22kW到450kW），共安装使用78台，具体使用工位如下表：

| 变频器功率 (kW) | 设备名称 |
|--------------|---|
| 450 | 晶种泵 |
| 250 | 稀释泵、出料泵、过料泵、蒸发器进料泵、蒸发器出料泵、外排泵、单极双吸离心泵、精液泵 |
| 220 | 泥浆泵、过料泵 |
| 200 | 矿浆泵、过料泵、蒸发原液泵、粗液泵 |
| 160 | 液体碱储槽/合格碱液泵、合格碱液泵/母液泵、卧式循环水泵 |
| 132 | 热水站洗水泵、料浆调速泵 |
| 110 | 溢流泵、过料泵、沉没式变速泵、中间降温泵 |
| 90 | 常压脱硅配电室循环泵、沉降送水泵、种分母液泵 |
| 55 | 强滤液泵、弱滤液泵、母液泵 |
| 45 | 热水泵 |
| 37 | 盐底流泵 |
| 22 | 盐底流泵 |

SB70系列变频器为希望森兰科技股份有限公司自主开发的新一代低噪音、高性能、可靠性高、功能强大的工程型变频器，采用转子磁场定向的矢量控制方式，实现了对电机大转矩高精度的控制。其操作面板具有编程、操作、参数复制、热拔插功能，大大方便了操作人员对参数的修改（仅对一台变频器设置参数，其它均可进行参数复制，减少调试过程中的工作量），速度给定可通过端子切换，减少了外部繁琐的连接线。瞬时掉电时，通过母线电压控制，实现不间断运行；还可根据负载特性和环境温度，自动调整载波频率。

针对氧化铝生产对变频器的主要要求，高性能的SB70无速度传感器矢量控制变频器1Hz时的转矩可达200%，无需闭环运行；考虑到过载因素，在实际应用时电动机的容量会加大一档，变频器的容量也适当增大；SB70变频器采用了多种谐波抑制技术，总谐波含量已低于国家标准。考虑到整个生产线使用变频器较多，还需要在变频器的输入侧加装输入电抗器和输入滤波器，保证在任何情况下都不会对计算控制系统和数字仪表造成干扰；变频器输出电缆的限制距离一般在50米内，输出电缆的长度增加，分布电容和分布电感也相应增加，对某次谐波可能会引起震荡或形成驻波，这将严重影响电动机的运行。设计变频控制系统时在变频器的输出侧加装输出电抗器或再加输出滤波器，平抑变频器输出的du/dt尖脉冲。

变频器接线图及功能设置



◆ 变频器端子功能如下表：

| 序号 | 端子号 | 功能 | 注释 |
|----|-----|------------------|--------|
| 1 | P10 | 近地速度调节电源； | |
| 2 | AI1 | 近地速度给定； | |
| 3 | AI2 | 集中控制（DCS系统）速度给定； | |
| 4 | GND | 模拟信号共公地端； | |
| 5 | FWD | 变频器启动/停止； | |
| 6 | X1 | 模拟电流/电压切换； | |
| 7 | COM | 数字信号地端； | |
| 8 | TA1 | 继电器输出（变频运行） | 至DCS系统 |
| 9 | TB1 | | |
| 10 | TA2 | 继电器输出（变频故障） | 至DCS系统 |
| 11 | TB2 | | |

◆ 变频器功能设置表：

| 功能码 | 功能说明 | 备注 |
|----------|-------------|------------|
| F0-01=3 | 运行主通道速度给定方式 | 由DCS系统控制 |
| F0-02=1 | 运行命令通道选择 | 外部端子控制 |
| F1-00=30 | 加速时间 | |
| F1-01=30 | 减速时间 | |
| F4-00=42 | 多功能数字输入选择 | 给定频率通道切换 |
| F5-02=1 | T1继电器输出功能 | 变频器运行中 |
| F5-02=1 | T2继电器输出功能 | 变频器故障输出 |
| F6-00=2 | 模拟电流输入 | 由DCS给定速度 |
| F6-14=0 | 模拟电流输入 | 由DCS给定速度 |
| F6-15=1 | 模拟电流输出 | 提供给DCS显示转速 |

每个工序的变频器控制原理基本相同，因此只画一张图作为代表。另外，工段和工序不同，功能设置也有一些差别，表中仅列出泥浆泵SB70G220变频器功能设置参数，仅供参考。

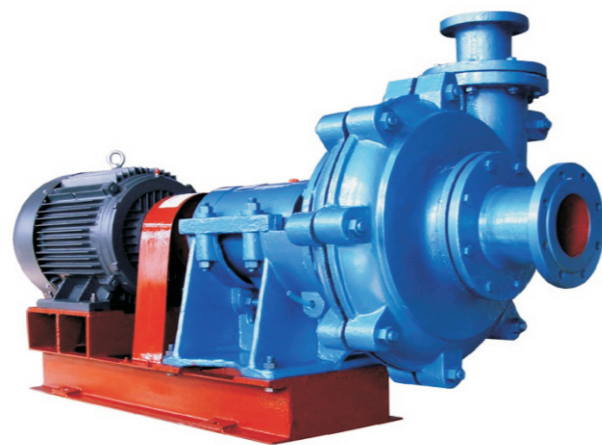
结语

SB70变频器在氧化铝生产线安装投入运行到现在已近一年，未出现过任何故障，可靠率达到100%，具有非常高的可靠性，与国外变频器相比毫不逊色。森兰SB70在氧化铝行业成功地替代了国外品牌变频器，而且价格要便宜的多，深得用户的满意。

森兰SB70变频器在矿山离心式渣浆泵上的应用

前言

某采矿单位是一家国营地质局下属的有色金属矿山采掘单位，从矿石的开采到选矿加工一条龙。开采的铅、锌矿石先由颚式破碎机进行初步破碎，在破碎至合理细度后经由提升机、给矿机均匀送入球磨机，由球磨机对矿石进行粉碎、研磨。经过球磨机研磨的矿石细料进入分级工序。螺旋分级机借助固体颗粒的比重不同而在液体中沉淀的速度不同的原理，对矿石混合物进行洗净和分级。经过洗净和分级的矿物混合物在经过磁选机时，由于各种矿物的比磁化系数不同，经由磁力和机械力将混合物中的磁性物质分离开来。经过磁选机初步分离后的矿物颗粒在被送入浮选机，根据不同的矿物特性加入不同的药物，使得所要的矿物质与其他物质分离开。考虑到环保因素，分选后含有矿渣的废液送到渣浆池中，再由渣浆泵将其送到尾矿库，待矿渣与液体分离后，再循环利用液体。



目前在各大矿区的选矿厂，使用的渣浆泵大多都是离心式渣浆泵，其结构和离心式水泵基本相同，但在管路上和普通水管有很大的区别。因为管网内流动的液体有矿石经过球磨机研磨后的废弃矿渣，对泵体和管壁的磨损大，这就要求泵体和管网有较高的抗磨损能力，所以渣浆泵的泵体内壁和管网壁必要经过特殊工艺加工处理。一般尾矿库的地势略高于渣浆泵的安装位置，因此，管网输出端有止回阀，避免在泵停止的时候矿浆回流。设计上，渣浆泵的流量要大于排到渣浆池中废液量，如果渣浆泵一直运转，可能导致渣浆池内的渣浆不够抽使泵空转；但又不可使渣浆泵间隙运转，这又会使矿渣沉淀。因此，在泵的输出端有一个调节出渣量大小的阀门，根据生产的需要调节出渣浆泵流量的大小。阀门的开度大小是需要操作人员根据生产过程中产生的渣浆多少进行调节的，同样，阀门开大时，可能导致渣浆池内的渣浆不够抽使泵空转；阀门开得小时，会使渣浆池装满溢出。不论渣浆泵的流量如何，电动机都以全速运转，用阀门进行节流调节虽然简单，但增加了管路的阻尼，浪费了电能。

变频调速方案

为节能，采用变频器推渣浆泵进行调速控制，只需将阀门开到最大，管网的阻尼最小。用渣浆池的液位信号进行自动控制，调节变频器的频率。目前，液位控制经常使用的传感器有两种，一种是用压力传感器经变送器将渣浆池液体深度信号转换成4~20mA模拟液位信号；另一种是用液位继电器，液位继电器有高、中、低三个接点，对应渣浆池中的高、中、低三点液位。前者的价格较高，可精确控制液面在某一高度；后者价格便宜，只能控制渣浆池中的液面在高、中、低之间变化。为节省成本，选液位继电器作为液位传感器，完全能满足生产工艺要求。

利用液位继电器检测选矿厂渣浆池内的液位。液位继电器的高、中、低三个节点接到变频器X1、X2、X3输入接点上，其控制过程如下：当液位在“低位”以下时，变频器以25Hz频率运转；若渣浆泵的流量小于废液的输入量，渣浆池液位逐渐上升，液位升到“低位”时，变频器以38Hz频率运转；若渣浆泵的流量仍小于废液的输入量，渣浆池液位继续上升，液位升到“中位”时，变频器以50Hz频率运转，一般渣浆池的液位不会超过“高位”。这时，若渣浆泵的流量大于废液的输入量，则渣浆池液位逐渐下降，液位降到“中位”时，变频器以38Hz频率运转；若渣浆泵的流量仍大于废液的输入量，渣浆池液位继续下降，液位降到“低位”时，变频器以25Hz频率运转。由上过程可见，液位上升和下降的过程中越过高、中、低三个液位时切换的频率不同，避免了在切换点上由于液面的波动发生短时反复切换，也就是震荡。

选用变频器时要考虑到渣浆泵的负载特性，即渣浆废液含有较多的比重大于水的杂质，变频器不能使用风机、水泵型专用变频器，应选用具有恒转矩机械特性的通用变频器，于是，变频调速器选森兰SB70通用变频器。

控制方框图如图1所示：

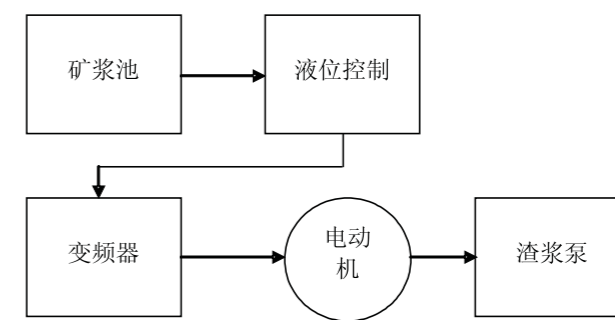


图1：控制流程方框图

系统的节能计算

在改造实施以前，用户希望能了解使用了变频调速后的节能效果。根据GB12497《三相异步电动机经济运行》强制性国家标准实施监督指南中的计算公式，即：风机、泵类，采用挡板调节流量对应电机输入功率 P_L 与流量 Q 的关系为：

$$P_L = \left[0.45 + 0.55 \left(\frac{Q}{Q_N} \right)^2 \right] P_e (kW) \quad (1)$$

式中： P_e - 额定流量时电机输入功率kW

Q_N - 额定流量

若流量的调节范围 $(0.5 \sim 1) Q_N$ ，则节电率为：

$$Ki = \frac{P_L}{P_L} = \frac{P_L - P_e \left(\frac{Q}{Q_N} \right)^3}{P_L} = 1 - \frac{\left(\frac{Q}{Q_N} \right)^3}{0.45 + 0.55 \left(\frac{Q}{Q_N} \right)^2} \quad (2)$$

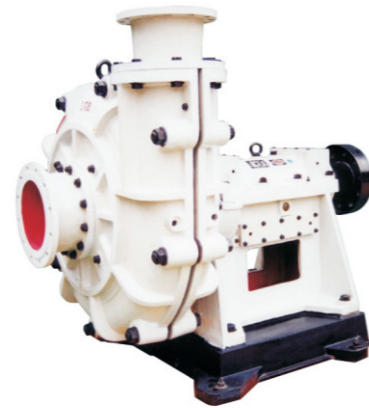
(2)式表明采用变频调速后，电机消耗的功率与实际流量和额定流量比值的三次方成正比，即 $P_e \left(\frac{Q}{Q_N} \right)^3$ ，再与采用挡板调节流量对应电机输入功率 P_L 相减后再除以 P_L ，得电机在节流调节消耗的功率基础上计算的节能率。用相似性原理 $P \propto n^3$ 计算节能时，也应先计算原系统节流调节时消耗的电能，再与系统变频调速后消耗的电能相减，这正好是(2)式分子的表示式。因此，要准确地计算节能，需要使用(1)式计算系统节流调节时消耗的电能。

在人工调节阀门时，根据废水输入量不同，阀门的开度有大有小，渣浆泵的流量也不相同。将各个时段的流量加起来求出平均值大约为 $0.74 Q_N$ ，由（1）式

$$P_L = [0.45 + 0.55(\frac{Q}{Q_N})^2]P_e = (0.45 + 0.55 \times 0.74^2)P_e = 0.75P_e (kW)$$

由（2）式

$$K_f = 1 - \frac{(\frac{Q}{Q_N})^3}{0.45 + 0.55(\frac{Q}{Q_N})^2} = 1 - \frac{0.74^3}{0.45 + 0.55 \times 0.74^2} = 0.46$$



在考虑到变频器的效率为95%，则渣浆泵用变频调速后节能率在41%上下。改造完成用有功电度表进行计量，节能率在40%，与计算相差不大。计算表明，改造后变频系统对比原来工频系统工作节能达40%，在1年运行周期内就可收回投资。

改造后的其它效果

- ◆ 由于变频可实现电机软启动，消除或减少了电机启动时对电网和机械的冲击，使设备寿命延长。
- ◆ 用变频调速后，渣浆泵的转速大部分时间内变慢了，减少了废液介质对泵、阀门、管道的磨损。在没改变变频器之前每3-5个月就要更换一次管网出口阀门，改用变频控制后1年才换一次，维修费用大大降低。
- ◆ 之前专门有人负责看管、操作这台设备，改为变频控制后，实现了自动运行、无人值守，节省了人工成本。

结束语

以森兰SB70变频器、液位继电器和辅助电路组成矿用离心式渣浆泵控制系统，可以实现系统的自动运行和无人职守，具有操作简单、维护方便、系统对电网和机械系统的冲击小、运行安全可靠等优点，且节能效果明显，可以在各大矿山选矿厂的渣浆泵设备上应用，为渣浆泵的节能降耗提供了又一范例。

森兰SB70变频器在铅锌矿提升机上的应用

概述

矿井提升机广泛用于煤矿、有色金属、黑色金属、非金属等矿山的竖井、斜井的提升，提升机系统用作提升矿物料及设备。在整个生产过程中，提升机占有非常重要的地位。采矿生产是24小时连续作业的，即使故障停机维护也会给生产带来很大的损失。东塘子铅锌矿是西北有色金属地质勘探局下属的一个国营采矿单位，所用的矿井提升机系统采用传统的绕线式电机转子串电阻调速。电机是185kW绕线式6极电机，通过转子串电阻方式进行多档位切换调速。由于电器控制系统先天不足，经过多年的运行，经常出现故障停车，严重影响生产的正常进行。在采矿生产中，设备的安全可靠运行显得特别重要，为提高设备的可靠性，矿用提升机的技术改造非常必要。

变频调速是近年来发展起来的一门新兴的交流电机调速技术，利用改变被控制对象的电源频率，可实现了交流电动机大范围无极平滑调速，并在运行过程中能随时根据用户的需求调整速度，使提升机始终处于最佳运行状态，在整个调速范围内均有很高的效率，节能效果很明显。采用变频器对异步电动机进行调速控制，由于使用方便、可靠性高并且经济效益非常明显，所以在工业控制方面得到了广泛应用。

改造方案

通过调研与论证，结合本公司矿井提升的现场实际情况，最终我公司技术中心做出决定，对提升机实施变频调速改造，利用在机械行业中广泛使用的自整角机来作为控制变频器的速度给定。自整角机是通过角位移变送器输出模拟量信号，操作工人搬动提升机操纵杆的角度，角位移变送器输出相应大小的模拟量信号，由此控制变频器运行频率，进而控制提升的运行速度。这种操作方式还可用变频器多段速控制，提升机只能在这几种速度下运行。而角位移变送器输出的是连续的角位移变送器输出模拟量信号，理论上提升机可在任意速度下运行，操作起来会方便一些，且与原操作习惯相似，操作工人容易掌握。

自整角机选择北京飞博尔电子有限公司生产的FB900C系列角位变送器。其主要特点是：高精度，可在一圈内输出256-65536个绝对码；无温漂、时漂；可以测量高达3万圈；高可靠性：传感器的绝对位置和可靠的软件计圈技术，保证了其高度可靠性；且没有光电码盘的易损、易受干扰之缺点；自整角机使用方便：即插即用，无须调整传感器的零位，模块与传感器之间只需5根线，接线方便；功能强：该变送器即可以测量角度，也可以测量位置，具有角度与位置随意变换之功能。变送器具有的所有功能都由FB900C编程器设定。

变频器选用希望森兰科技股份有限公司生产的SB70G280高性能系列矢量控制变频器，变频器主要特点是：集成高精度转子磁场定向矢量控制算法，具有250%瞬时转矩控制能力，实现转矩的快速响应和准确控制，能以很高的精度进行宽范围的调速运行；独创的多模式PLC运行功能，特别适合工业制造设备等应用；实用的多段速功能：提供编码、直接、叠加和个数选择方式；强大的PID功能等；具备强大的编程功能，用户可自定义内部I/O模块；转差补偿，AVR自动稳压功能。模拟量输入可设置为±10V，当模拟量输入信号由正变到负时，电机运转方向也随之改变，反之亦然。在自整角机上设置相应的参数，使操纵杆从中心零位开始往前输出正信号，往后输出负信号，这会在使用上带来方便。

提升机变频调速方案方框图如图2所示：

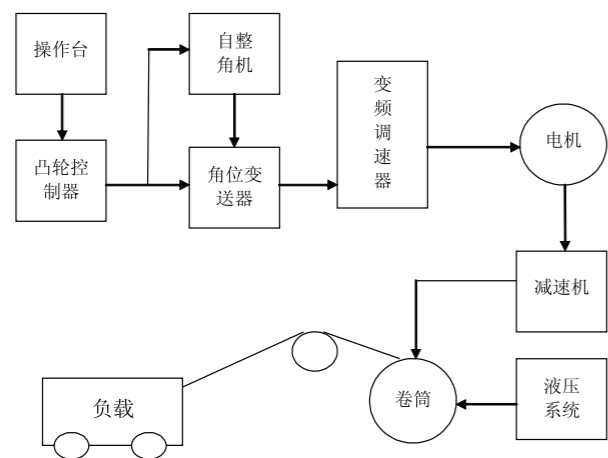


图2：矿井提升机变频调速方案

方案实施

斜井提升负载特性是摩擦性能负载，属恒转矩特性负载。提升机带五个斗，装满物料沿斜面起动车上行时，电机的转矩要克服负载阻力矩和摩擦力，逐渐加速到全速运行，快到井口时，要逐渐减速。为提高效率，上行加速段和减速段的时间要尽量短，上行加速的时间可适当加大矢量控制变频器的容量来保证，由于负载重惯性大，当要求减速时间短时，上行的减速过程中有再生能量产生，会使变频器直流侧电压升高而“过压”，为此，需要用能耗制动单元加制动电阻或回馈单元处理再生能量；在下放过程中，提升机带的已经是空斗了，但在快速下放的过程仍有再生能量产生，也需要处理再生能量。

原系统电机是185kW的6极绕线式电机，在平时工作电流在280-380A，为保证安全，提升机上行或下行启动时，是要加制动的，启动完成后一瞬间再松开制动。在这种情况下运行电流有时候会超过电机额定电流，达到400多安培。变频调速后，提升机上行或下行启动时，仍是要加制动的，变频器输出频率到0.3Hz有足够大的力矩时再松开制动。尽管0.3Hz以下电机处于堵转状态，但由于输出频率低，输出电压也低，电机不会过流。在生产中，装载的物料有时可能会超载，考虑重载加速时间短，选型时变频器容量需要加大，本例变频器为280kW，这样有利于电机在过载时候变频器有足够的过载能力。

原有提升机系统的改造按以下几个步骤进行：

- ◆ 变频系统操作时和原来工频系统在设备状态上有所不同，在提升机控制台上有个凸轮控制器，（其作用是利用控制器的多接点当作提升机的档位控制接触器，调节转子电阻的阻值大小，对应低高速档。）除开油路部分的控制触点以外的所有接点弹簧全部已被去掉，这样有利于在使用角位控制时候减少操作阻力。
- ◆ 再将绕线式电机的转子绕组全部短接。

利用原来的凸轮控制器，在凸轮控制器的后方轴上安装自整角机，与凸轮控制器的中心轴同心，这样利用原来上升和下放的操作模式。对应凸轮控制器的正负角度，分别角度是108°和-108°，自整角机把这个角位信号以脉冲形式送给角位变送器，角位变送器再根据正负角度对应输出+108°与-108°时的+10V和-10V的模拟电压信号，变频器接收±10V作为正反转运行信号。

利用原凸轮控制器控制制动油路系统，在凸轮控制器上中心点到相对应两边第一个触头须使用。度过两边的触点后，随着操纵杆的推动平滑地过渡到±108°。在操纵杆未打到油路系统触点时，自整角机已经识别到角位的变化，对应角位变送器就会有正负电压的输出，因为在油路系统未打开之前变频器是有很低的频率输出（0~0.3Hz）。油路未打开刹车系统就处于制动状态，通过变频器内部的逻辑单元、算术单元和比较器等相关功能进行设置，过渡了两个接触点的清零位置，使得在操纵杆在过油路触点时候变频器在0.2Hz以下运行，得到非常好的控制效果。

变频器的参数设置：

针对变频器在本系统上的应用，我们对这台变频器设置了以下参数。

| | | | | |
|-------------|----------|----------|----------|-----------|
| F0-01=7 | F0-02=1 | F1-00=7 | F1-01=3 | F1-18=1.0 |
| F1-25=1 | F2-01=2 | F2-04=90 | F4-01=16 | F4-08=0 |
| F5-00=49 | F5-01=14 | F5-03=5 | F6-00=6 | F6-15=1 |
| F6-16=101.1 | FE-00=10 | FE-01=28 | FE-02=11 | FE-03=25 |
| FE-05=44 | FE-06=10 | FE-07=29 | FE-08=1 | FE-09=0 |
| FE-12=1 | FE-13=50 | FE-14=0 | FE-16=14 | FE-18=7 |
| FE-44=29 | FE-46=8 | FE-48=27 | FE-49=31 | FE-50=3 |
| FE-51=70 | FE-52=10 | FE-53=28 | FE-54=1 | FE-56=10 |
| FE-57=28 | FE-72=21 | FE-73=22 | FE-74=48 | |

以上为变频器设置的基本参数，其中电动机参数栏FA-01至FA-05必须按照电机铭牌上的标示进行输入，当输入完电机参数后，要把F0-01设置为0；F0-02设置为0；然后把FA-00设置为11，为电机静止自整定状态，然后对电机进行检测，变频器对电机检测完后将F0-01和F0-02的设置改为7和1，变频器就将控制转变为外部信号启动和控制。

工频系统的操作：

当变频系统出现故障时，可将该系统还原到原来的工频系统工作，切换到工频系统后要做的工作有以下几方面：断掉系统总电源后，将绕线式电机的转子接线还原，连接工频输出端。然后再将绞车控制台下方的凸轮控制器触点弹簧全部安装还原，这时工频系统就恢复到未改变频装置之前一样，提升机操作工可继续按照原来工频系统操作习惯进行控制。

节能计算

目前国内各类矿山等提升机大都采用交流绕线式异步电动机转子串电阻方式调速方案，使用交流接触器改变转子电阻来进行速度段的切换。对于绕线式电机，无论在起动、制动还是调速中，采用转子串电阻方式均会带来电能损耗。这种损耗随着转速的降低，转差率S的增大而增大。绕线式电机的功率关系为：

$$P_2 = P_T + P_h = T\omega_0$$

$$P_T = P_2(1-S)$$

$$P_h = SP_2 = 3I_2^2(R_2 + R_f)$$

T - 电动机的电磁转矩

ω_0 - 同步角转速

I_2, R_2 - 电动机每相的电流和电阻

R_f - 转子串接的附加电阻

P_2 - 输入转子的电磁功率

P_T - 机械输出功率

P_h - 消耗在转子电阻上的转差功率

上式中：若S=0.5时，电磁功率就有一半的功耗消耗在转子的电阻上，调速系统效率非常低，只有50%左右。本例中，据测算提升机有30%的时间运行在低速段，节能率在24.5%左右，经济效益十分显著。

并且，原系统经常故障，主要是交流接触器触头频繁闭合和断开，容易造成触点及线圈的烧毁，经常维护电气部分的接触器、电机的碳刷与机械部分的刹车装置等。变频调速改造后，基本上无故障，大大地减少停工损失，产生的效益也不可小视。

结语

传统绕线式电机采用转子串电阻调速方式，在矿井提升机上使用较多。转子串电阻上消耗了大量的转差功率，速度在越低时消耗的转差功率就越大，相对浪费的电能就越多。使用变频器调速后，没有转差率的消耗，功率因数也有提高，节能非常显著。变频调速控制方案，推动了提升机电气控制技术的进步，完全满足吊车的软启动、软停车、无冲击、平滑调速功能，有效降低系统的能耗及机械的维护成本，延长机械的使用寿命。

