



MOTORTRONICS™

Solid State AC Motor Control

摩托托尼

MD 系列高压变频器

产品选型手册



致力于电力电子事业

服务于全球客户



作为国际超大容量高压变频器行业技术研发及应用的领先者，摩托托尼近年来不断加大研发力度并持续刷新世界变频容量极限，公司主打 7000kVA~30000kVA 容量等级的超大容量高压变频，在国内外占据重要的市场份额。

公司成功实施的 300MW 机组给水泵、600MW 机组联合引风机（6500kW/6kV 等级）变频改造项目，是在国内高压变频在此工况下的首次应用；在冶金行业烧结主抽风机变频改造方面，公司成功投产了 430m² 烧结主抽同步电动机变频器设备，并在冶金行业高炉鼓风机等重要工况的改造方面获得应用。目前公司高压变频产品与技术已覆盖通用变频器、四象限变频器、同步电机变频器以及特大容量电机变频软起等领域，为电机系统提供超过 20% 的平均节电率，在该产品技术领域公司拥有数十项发明专利。

目录 Contents

| | |
|----------------------|----|
| ➤ 安全须知..... | 03 |
| ➤ MD 高压变频调速系统简介..... | 04 |
| ➤ 选型指南..... | 07 |
| ➤ 可选部件..... | 12 |
| ➤ 储藏运输..... | 12 |
| ➤ 调试运行与维护..... | 13 |
| ➤ 经典方案..... | 14 |
| ➤ 典型应用..... | 15 |



1、安全须知



MD 高压变频调速系统是一种高压电力设备，未经专业培训禁止对设备进行任何操作和接触，否则可能触电或损毁设备。



MD 高压变频调速系统由大量电力电子器件组成，正常运行过程中会产生大量的热量，直接触摸可能灼伤人体。



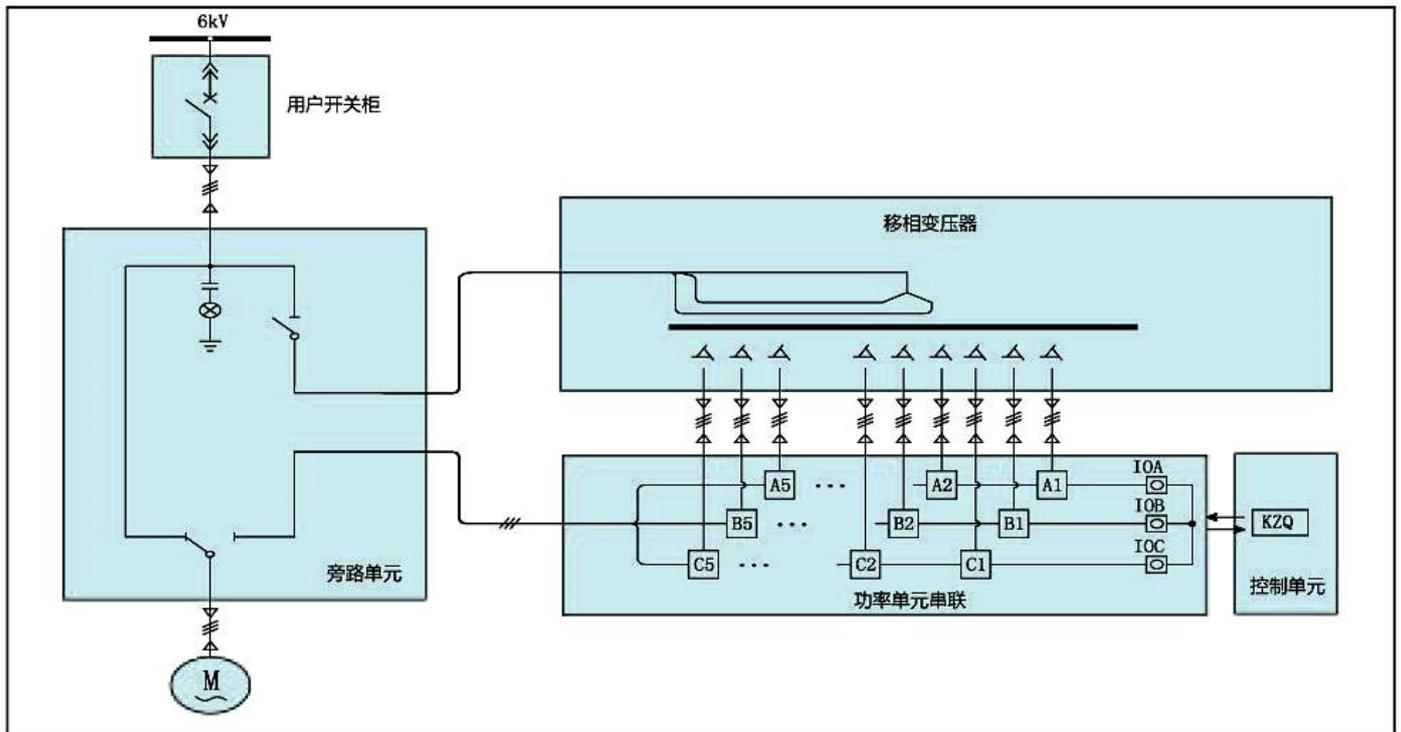
MD 高压变频调速系统属于精密电力电子设备，所有就位、安装、调试、维护工作必须由经过专业培训的工程师小心进行。

2、 MD 高压变频调速系统简介

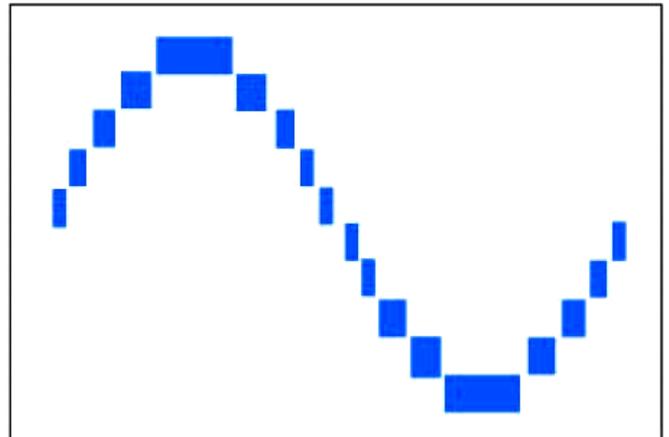
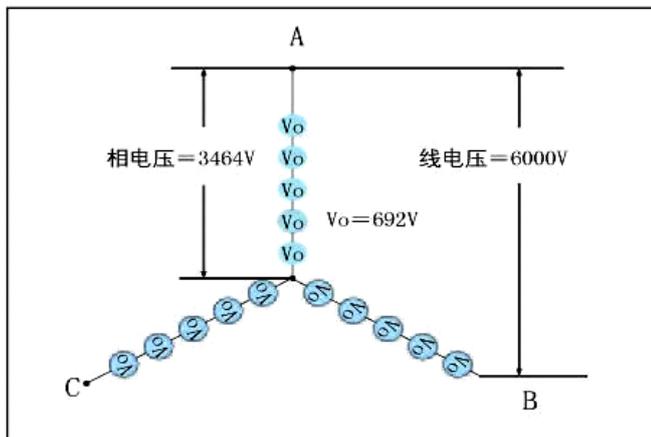
MD 高压变频调速系统是美国摩托罗拉公司自主研发的集电力电子、高电压技术、微电子技术、光电通信技术、计算机技术、自动控制技术等为一体的高科技产品。经过近几十年的现场应用、再开发和优化设计，MD 高压变频调速系统已经形成全系列、高稳定性和技术领先的工业控制节能设备。

2.1 原理介绍

MD 高压变频调速系统通过移相变压器对输入的 10kV 或 6kV 电压进行移相降压后，由功率单元整流逆变并每相叠加后输出，实现真正高-高变频调速控制（如图）。



MD 系列高压变频调速系统是由多个功率单元经过移相串联而成。电压叠加原理类同于“电池组叠加”技术，以如图所示 6kV 每相五个单元串联为例，每个功率单元输出交流有效值 V_o 为 692V，相电压即达到 3464V，线电压则为 6000V，输出相电压波形如下图所示，斜坡含量很小，已很接近标准正弦波形。



2.2 主要性能指标

MD 高压变频调速系统主要性能指标如下：

| | | |
|------|--|---|
| 电压等级 | 2.3kV, 3kV, 3.3kV, 6kV, 6.6kV, 10kV | |
| 输出 | 过载能力 | 100% In 连续；130% In 1 分钟/10 分钟；180% In 立即保护 |
| | 电压 | SPWM 移相叠加波形, 0~Un (标称额定输出电压值) 连续可调 |
| | 频率 | 0~50Hz 或 0~60Hz 可调 |
| | 频率分辨率 | 0.01Hz |
| | 电流谐波 THD | 小于 2% (满载时) |
| 输入 | 相数、频率 | 三相: 50 / 60Hz |
| | 允许频率波动 | 频率: -5 ~ +5% |
| | 波动电压 | 电压: -15 ~ +15%以内正常运行; -15% ~ -35%降额连续运行 |
| | 功率因数 | >0.96 (20%负荷以上) |
| | 电流 | 符合国家标准 GB 14549-93 及 IEEE 519-1992 电能质量标准的要求 |
| 控制 | 系统控制器 | TI 公司电机控制专用高速 DSP 芯片 |
| | 控制电源 | AC380V, 交流电源为三相电源, 功率 10kVA |
| | 启动频率 | 0.1~10Hz (可设定) |
| | 输入/输出接口 | 16 数字量输入/ 16 数字量输出 2 模拟量输入/ 2 模拟量输出 (4 ~ 20mA 或 0 ~ 10V 信号) 以上为基本配置, 可选更多路, 以订货技术协议为准 |
| | 通讯接口 | RS232, RS485, CAN 网络, Modbus, Profibus |
| | 信号隔离方式 | 光电隔离 |
| | 控制信号传输 | 光纤传输, 编码转换 |
| | 精度 | 频率稳定精度 0.1%; 电压精度 ±2% |
| | 效率 | 额定输出时 >97%, 额定输出 20%以上 >95%, |
| | 转矩提升 | 0~10%额定电压 (可设定) |
| | 加减速时间 | 0~3000sec 可设定 |
| | 瞬时掉电再启动 | 再启动方式可选, 等待时间 0.1~30 秒 (可设定)。 |
| | 内置 PLC 的 PID | 手动设定参数值: P: 2~850%; I: 0.5~350sec; D: 1~200sec |
| | 自整定 | 内置 PLC 采用自适应模糊控制, 智能调节, 系统响应速度快, 精度高, 稳定性好, PID 参数自动调节, 大大简化了现场调试工作量 |
| | 最小分辨率 | 传感器量程 1% |
| 稳态精度 | 由设定精度误差及传感器精度决定 | |
| 运行 | 运行操作 | 面板按键、远端开关指令控制 |
| | 频率设定 | 面板设定、远端电流模拟控制 |
| | 运行状态输出 | 故障、报警接点输出 |
| 显示 | LED 显示 | 运行状态、信号指示 |
| | 数码管显示 | 输出频率、电压、电流、功率 (可选其一) |
| | LCD 显示 | 输入/输出: 频率、电压、电流、功率、功率因数; 故障/报警及其记录; 参数设定; |
| 保护功能 | 过流、短路、接地、过压、欠压、过载、过热、电动机过载、缺相、IGBT 击穿或短路、单元故障等 | |
| 故障切换 | 系统旁路切换功能, 单元旁路功能 | |
| 安全防护 | 防护措施 | 电磁五防、闭锁 |

2.2 全系列产品

经过几十年的不断研发和积累创新，MD 高压变频已形成通用系列、同步电机系列、高温风机专用系列、四象限能量回馈系列、同期软启动系列、户外安装系列、超大容量系列等全系列产品。

2.3 技术领先

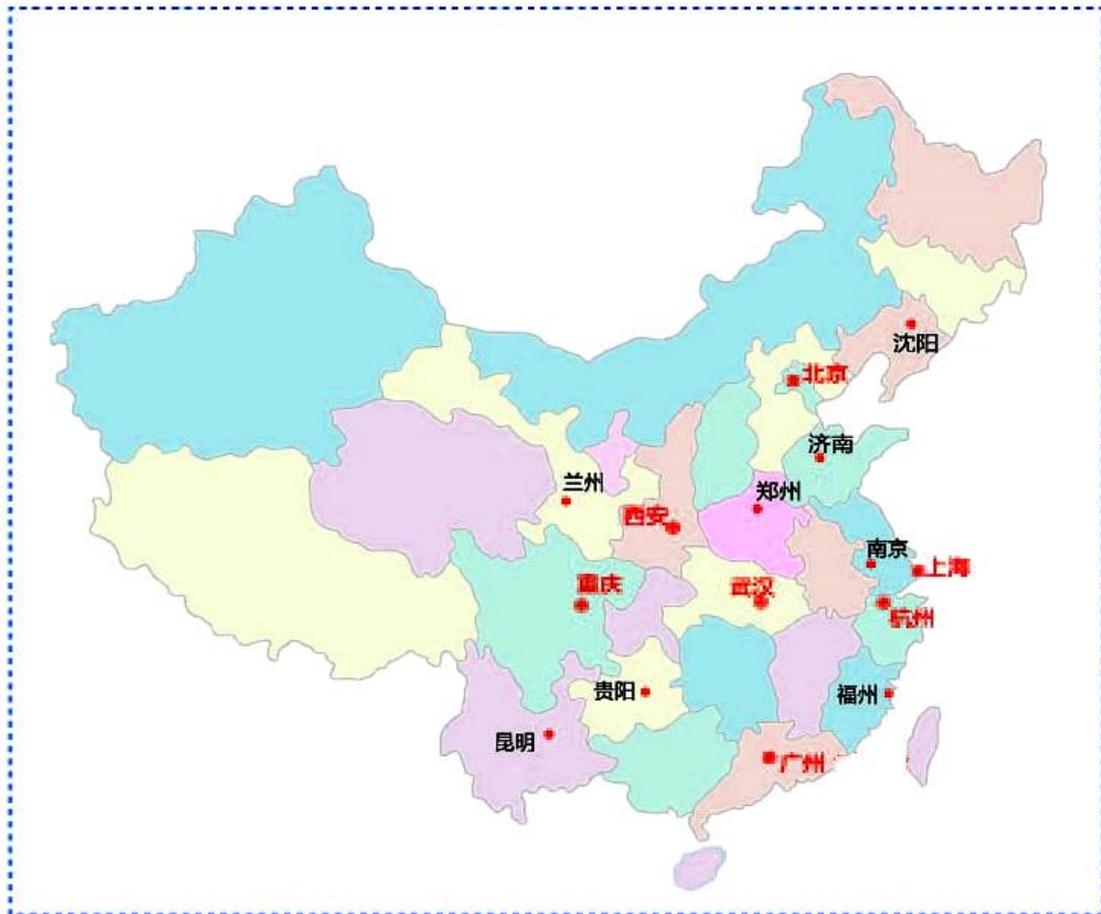
业界首创“飞车起动”（转速追踪）的“STT”专利技术，最快最准追踪电机转速；3000A 电力电子并联均流控制技术和水冷散热技术，实现 50MVA 超大容量高压变频调速；V/F 控制和矢量控制等多种方案以适应不同工况的各种需求。

2.4 高效无污染

高达 97% 的能量转换效率，系统发热总损耗低于 3%；无需外加滤波器，对电机和电网均不造成任何影响。

2.5 完善的售后服务

遍布全国的售后服务网点，24 小时客户服务热线，8 小时响应，24 小时上门服务，VIP 客户专属 2 小时贵宾服务。



3、选型指南

3.1 应用领域

火力发电：

引风机、送风机、吸尘风机、增压风机、压缩机、凝结水泵、给水泵、补水泵、灰浆泵等。



冶金采矿：

主抽风机、高炉鼓风机、除尘风机、泥浆泵、除垢泵、离心进料泵、提升机等。



石油化工：

引风机、气体压缩机、注水泵、潜油泵、主管道加压泵、锅炉给水泵、卤水泵、混合器、挤压器等。



水泥制造：

窑头排风机、窑尾排风机、高温风机、主吸尘风机、冷却器吸尘风机、冷却器排风机、预热塔风机、分选器风机等。



市政：

污水泵、清水泵、净化泵、生物粗处理塔泵、送氧鼓风机等。



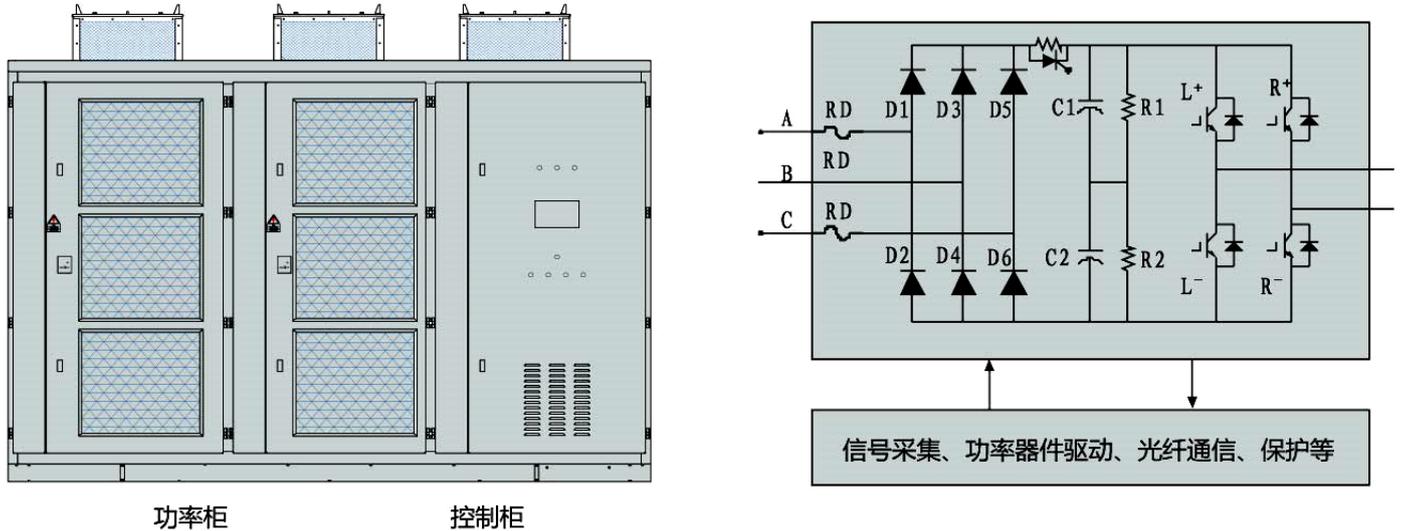
其它：

同步皮带传动机械装置、矿井提升机、风力涡轮机、能量回馈实验室、拖动控制、风洞等。



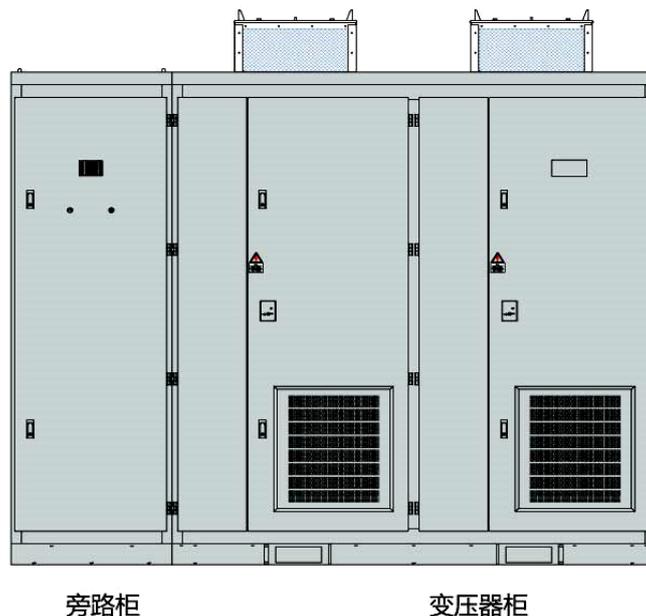
3.2 系统构成

- 1) 控制柜：包含控制器和 PLC 等主要的低压控制单元，与高压部分通过光纤进行隔离联络；
- 2) 功率柜：用来安装功率单元，是主要的能量转换和存储环节；



- 3) 功率单元：变频主要的环节，实现整流、储能和逆变；
- 4) 变压器柜：移相变压器的安装空间，实现电能高压到低压的变化，并有效滤除输入谐波；
- 5) 旁路柜（选）：通过刀闸、接触器或断路器等相互配合组成标准的“手动一拖一”、“手动一拖二”、“手动二拖三”、“自动一拖一”、“自动一拖二”或其它非标回路；
- 6) 电阻柜（选）：超大容量系统选配，用于充电限流或能量消耗等；
- 7) 同期柜（选）：非标合同选配，实现并网切换或能量回馈。

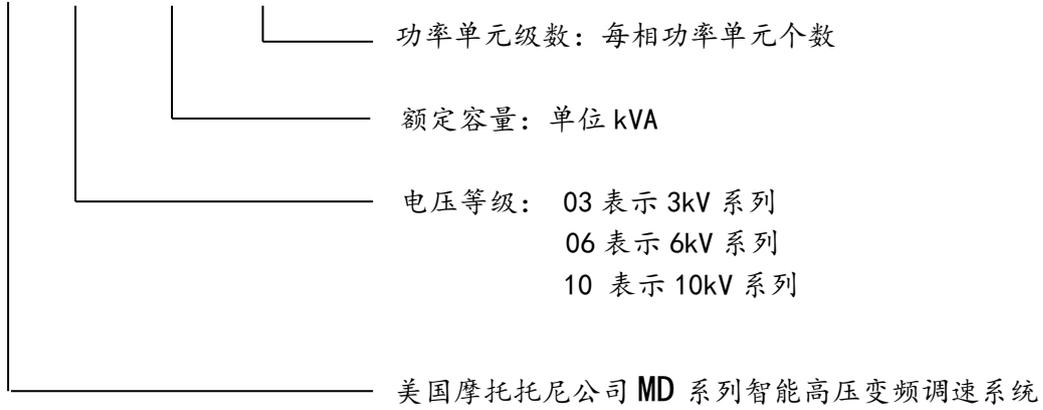
注：以上所有柜体并非全部为独立柜体。



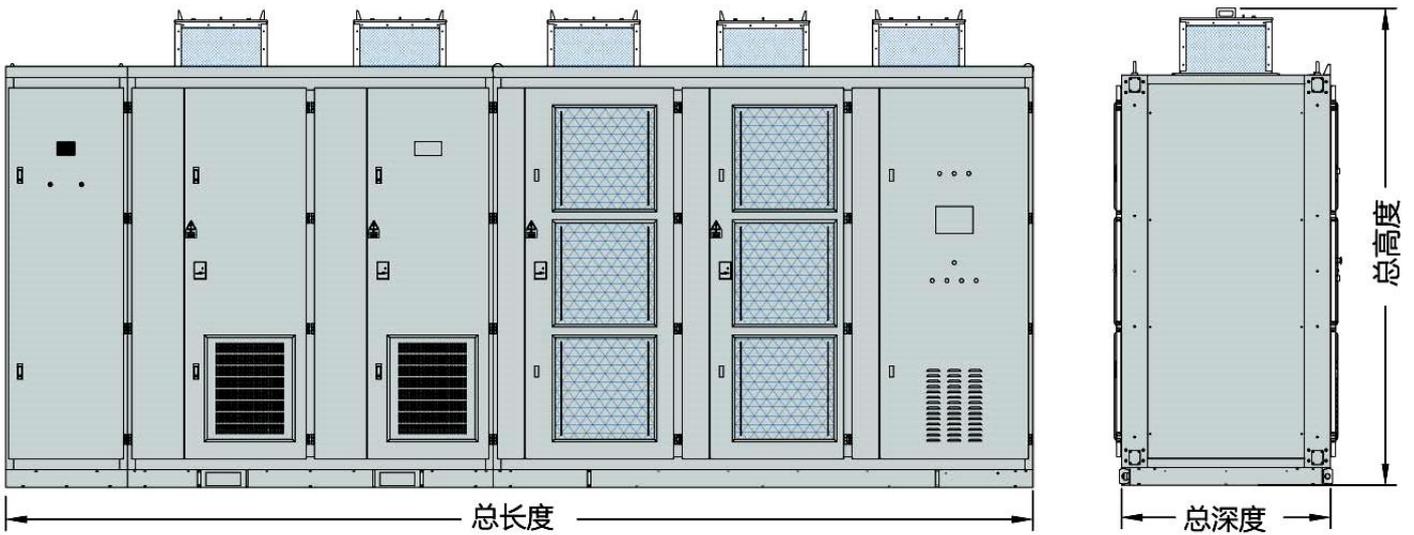
3.3 选型表

1) 型号说明

MD-XX-XXXXX-X



2) 外形图



3) 选型表

| 10kV MD 高压变频系统选型表 | | | | | | | | | |
|-------------------|-------|---------------|-------|-------|------|------|---------|-------|------|
| 序号 | 电机容量 | 变频器型号 | 总长度 | | 高度 | 总深度 | 总重 (kg) | | 备注 |
| | (kW) | | 手动 | 自动 | (mm) | (mm) | 手动 | 自动 | |
| 1 | 315 | MD-10400-8 | 3400 | 4000 | 2675 | 1586 | 3040 | 3340 | |
| 2 | 355 | MD-10450-8 | 3400 | 4000 | 2675 | 1586 | 3140 | 3440 | |
| 3 | 400 | MD-10500-8 | 3400 | 4000 | 2675 | 1586 | 3330 | 3630 | |
| 4 | 450 | MD-10560-8 | 3400 | 4000 | 2675 | 1586 | 3434 | 3734 | |
| 5 | 500 | MD-10630-8 | 3400 | 4000 | 2675 | 1586 | 3574 | 3874 | |
| 6 | 560 | MD-10700-8 | 3400 | 4000 | 2675 | 1586 | 3784 | 4084 | |
| 7 | 630 | MD-10800-8 | 3400 | 4000 | 2675 | 1586 | 3884 | 4184 | |
| 8 | 710 | MD-10900-8 | 3400 | 4000 | 2675 | 1586 | 3971 | 4271 | |
| 9 | 800 | MD-101000-8 | 3400 | 4000 | 2675 | 1586 | 4101 | 4401 | |
| 10 | 900 | MD-101150-8 | 3400 | 4000 | 2675 | 1586 | 4198 | 4498 | |
| 11 | 1000 | MD-101250-8 | 3400 | 4000 | 2675 | 1586 | 4448 | 4748 | |
| 12 | 1120 | MD-101400-8 | 3400 | 4000 | 2675 | 1586 | 4555 | 4855 | |
| 13 | 1250 | MD-101500-8 | 3400 | 4000 | 2675 | 1586 | 4645 | 4945 | |
| 14 | 1400 | MD-101750-8 | 3400 | 4000 | 2675 | 1586 | 4845 | 5145 | |
| 15 | 1500 | MD-101800-8 | 3400 | 4000 | 2675 | 1586 | 5150 | 5450 | |
| 16 | 1600 | MD-102000-8 | 5500 | 6100 | 2675 | 1386 | 6776 | 7076 | |
| 17 | 1800 | MD-102250-8 | 5500 | 6100 | 2675 | 1386 | 7258 | 7556 | |
| 18 | 2000 | MD-102500-8 | 5500 | 6100 | 2675 | 1386 | 7438 | 7736 | |
| 19 | 2250 | MD-102800-8 | 5700 | 6300 | 2675 | 1386 | 8404 | 8704 | |
| 20 | 2500 | MD-103100-8 | 5700 | 6300 | 2675 | 1386 | 8754 | 9054 | |
| 21 | 2800 | MD-103500-8 | 5700 | 6300 | 2675 | 1386 | 9528 | 9828 | |
| 22 | 3000 | MD-103750-8 | 5700 | 6300 | 2675 | 1386 | 10028 | 10328 | |
| 23 | 3150 | MD-104000-8 | 5700 | 6300 | 2675 | 1386 | 10244 | 10544 | |
| 24 | 3550 | MD-104500-8 | 5900 | 6500 | 2675 | 1386 | 10914 | 11214 | |
| 25 | 4000 | MD-105000-8 | 7780 | 8380 | 2675 | 1386 | 12258 | 12558 | |
| 26 | 4500 | MD-105600-8 | 7780 | 8380 | 2675 | 1386 | 13059 | 13359 | |
| 27 | 5000 | MD-106300-8 | 9380 | 10900 | 2910 | 1386 | 14920 | 15220 | |
| | | MD-106300-9 | 10300 | | | | 15900 | 16200 | |
| 28 | 5400 | MD-106750-8 | 9380 | 10900 | 2910 | 1586 | 15344 | 15644 | |
| | | MD-106750-9 | 10300 | | | | 16027 | 16327 | |
| 29 | 6300 | MD-107800-9 | 12210 | 12810 | 2910 | 1586 | 18546 | 18846 | |
| | | MD-107800-10 | | | | | 18990 | 19290 | |
| 30 | 7200 | MD-108900-9 | 12210 | 13810 | 2910 | 1586 | 19989 | 21489 | |
| | | MD-108900-10 | | | | | 20360 | 21860 | |
| 31 | 8000 | MD-108100-9 | 14210 | 15810 | 2910 | 1586 | 23932 | 25432 | |
| | | MD-1010000-10 | | | | | 24330 | 25830 | |
| 32 | 9000 | MD-1011200-10 | 14210 | 15810 | 2910 | 1586 | 25530 | 27030 | |
| 33 | 10000 | MD-1012500-10 | 14610 | 16210 | 2910 | 1586 | 27230 | 28730 | |
| 34 | 11200 | MD-1014000-10 | 20900 | 21700 | 2910 | 1586 | 37400 | 38900 | 双排布置 |
| 35 | 12500 | MD-1015500-10 | 21500 | 22300 | 2910 | 1586 | 38200 | 39700 | 双排布置 |
| 36 | 14000 | MD-1017500-10 | 21500 | 22300 | 2910 | 1586 | 41800 | 43300 | 双排布置 |

6kV MD 高压变频系统选型表

| 序号 | 电机容量 (kW) | 变频器型号 | 总长度 | | 高度 | 总深度 | 总重 (kg) | | 备注 |
|----|--------------|--------------|-------|-------|------|------|---------|-------|----|
| | | | 手动 | 自动 | (mm) | (mm) | 手动 | 自动 | |
| 1 | 220 | MD-06280-5 | 2950 | 3550 | 2675 | 1586 | 2640 | 2940 | |
| 2 | 250 | MD-06315-5 | 2950 | 3550 | 2675 | 1586 | 2640 | 2940 | |
| 3 | 280 | MD-06350-5 | 2950 | 3550 | 2675 | 1586 | 2704 | 3004 | |
| 4 | 315 | MD-06400-5 | 2950 | 3550 | 2675 | 1586 | 2794 | 3094 | |
| 5 | 355 | MD-06450-5 | 2950 | 3550 | 2675 | 1586 | 3034 | 3334 | |
| 6 | 400 | MD-06500-5 | 2950 | 3550 | 2675 | 1586 | 3101 | 3401 | |
| 7 | 450 | MD-06560-5 | 2950 | 3550 | 2675 | 1586 | 3181 | 3481 | |
| 8 | 500 | MD-06630-5 | 2950 | 3550 | 2675 | 1586 | 3251 | 3551 | |
| 9 | 560 | MD-06700-5 | 2950 | 3550 | 2675 | 1586 | 3448 | 3748 | |
| 10 | 630 | MD-06800-5 | 2950 | 3550 | 2675 | 1586 | 3545 | 3845 | |
| 11 | 710 | MD-06900-5 | 2950 | 3550 | 2675 | 1586 | 3645 | 3945 | |
| 12 | 800 | MD-061000-5 | 2950 | 3550 | 2675 | 1586 | 3865 | 4165 | |
| 13 | 900 | MD-061150-5 | 3800 | 3550 | 2675 | 1586 | 4385 | 4685 | |
| 14 | 1000 | MD-061250-5 | 3800 | 4400 | 2675 | 1586 | 4535 | 4835 | |
| 15 | 1120 | MD-061400-5 | 3800 | 4400 | 2675 | 1586 | 4704 | 5004 | |
| 16 | 1250 | MD-061550-5 | 3800 | 4400 | 2675 | 1586 | 4904 | 5204 | |
| 17 | 1400 | MD-061800-5 | 3800 | 4400 | 2675 | 1586 | 5359 | 5659 | |
| 18 | 1600 | MD-062000-5 | 3800 | 4400 | 2675 | 1586 | 6030 | 6330 | |
| 19 | 1800 | MD-062250-5 | 3800 | 4400 | 2675 | 1586 | 6530 | 6830 | |
| 20 | 2000 | MD-062500-5 | 3800 | 4400 | 2675 | 1586 | 6784 | 7084 | |
| 21 | 2250 | MD-062800-5 | 6360 | 6960 | 2675 | 1386 | 8205 | 8214 | |
| 22 | 2500 | MD-063150-5 | 6360 | 6960 | 2675 | 1386 | 8750 | 8804 | |
| 23 | 2800 | MD-063500-5 | 6360 | 7000 | 2675 | 1386 | 9423 | 9468 | |
| 24 | 3150 | MD-064000-5 | 7200 | 7800 | 2675 | 1386 | 9850 | 10150 | |
| 25 | 3550 | MD-064500-7 | 9200 | 9800 | 2675 | 1386 | 12114 | 12414 | |
| 26 | 4000 | MD-065000-6 | 9200 | 9800 | 2910 | 1586 | 12714 | 13014 | |
| 27 | 4500 | MD-065600-6 | 9200 | 10800 | 2910 | 1586 | 13776 | 15276 | |
| 28 | 5000 | MD-066300-6 | 9200 | 10800 | 2910 | 1586 | 14538 | 16038 | |
| 29 | 5600 | MD-067000-6 | 9400 | 11000 | 2910 | 1586 | 15438 | 16938 | |
| 30 | 6300 | MD-068000-6 | 11000 | 12300 | 2910 | 1586 | 19550 | 21050 | |
| 31 | 7100 | MD-069000-6 | 11000 | 12300 | 2910 | 1586 | 21250 | 22750 | |
| 32 | 7800 | MD-0610000-6 | 13000 | 12300 | 2910 | 1586 | 23950 | 25450 | |

注：

1. 以上选型均以普通异步电机作为常规配置，如有特殊要求请咨询摩托罗拉尼；
2. 6kV 超过 7800kW、10kV 超过 14000kW 的高压变频调速系统，需根据不同现场的不同要求进行专门定制；
3. 6kV 以下电机变频选型请联系摩托罗拉尼；
4. 以上选型基于电机功率因数为 0.8 时考虑，如与实际参数差异过大，请与摩托罗拉尼进行确认；
5. 以上选型的基础条件为海拔 1000m 以下，环境温度 -20~40℃，湿度为 95% 以下，如现场实际情况与上述不符，请与摩托罗拉尼联系并进行确认。

4、 可选部件

为适应不同现场不同工况的使用要求，MD 高压变频调速系统另有多种配件及功能可供选购：

风道：适用于自来水厂、发电厂高压室等环境相对较好的现场，风道尺寸及数量需根据现场进行定制；

水冷空调：适用于全密闭小空间的室内现场，需有合适的冷却水源；

水冷器：适用于有合适的冷却水水源的现场；

远程监控系统：适用于 DCS 控制或有特殊需求的现场，可对多台变频及辅控设备进行监控操作；

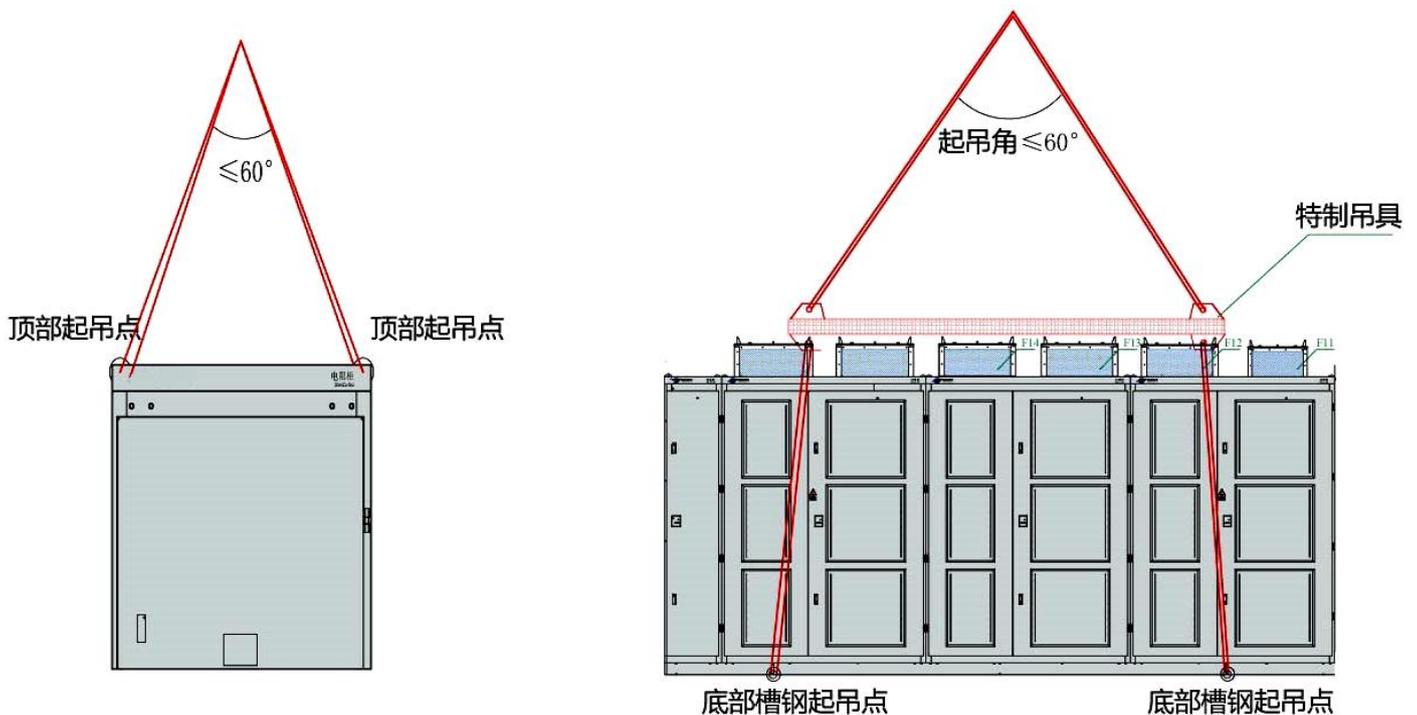
中控台：适用于无 DCS 控制且要求不高的现场，用于多台变频进行监控、操作的现场；

升降小车：用于现场较大的功率单元体安装及拆卸，方便现场日后维护。

5、 储藏运输

MD 系列高压变频调速系统可以用汽车、火车、轮船等任何交通工具运输。产品在运输过程中必须小心轻放、严禁雨淋、暴晒，不应有剧烈振动、撞击和倒放。

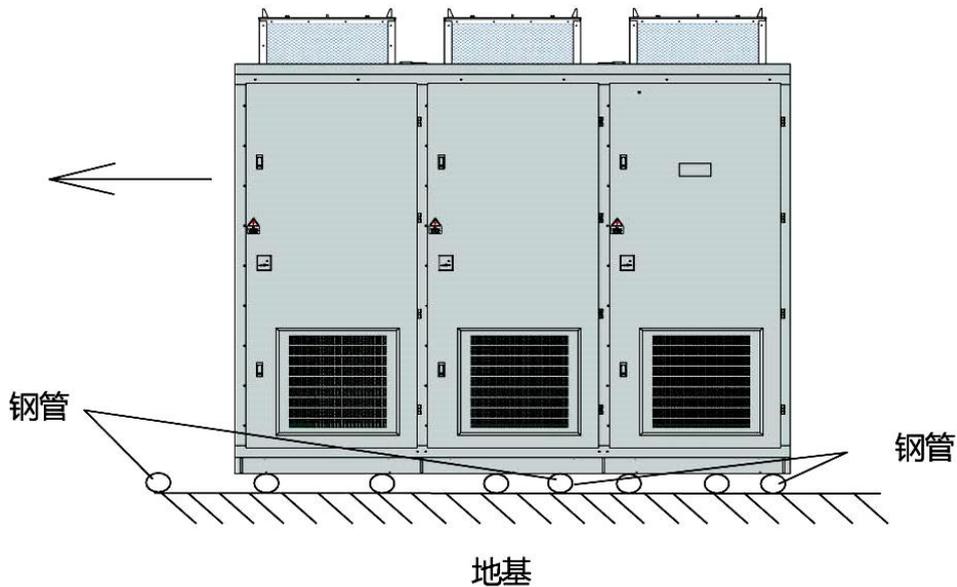
- 运输和存储温度（短期 4 周以内）：-40~+70℃，长期存储：-5~+55℃
- 相对湿度：低于 95%，勿凝露；
- 振动（存储）：最大 0.3mm（2~9Hz），最大 0.1g；
- 振动（地震）：最大 9mm（5~35Hz），最大 2g；
- 冲击（存储和运输）最大 10g；
- 吊装及就位需严格按照吊装指导文件小心进行。



注： 顶部起吊（上图左）仅限于独立的控制柜、旁路柜及有另外说明可进行顶部起吊的其它柜体；

底部起吊（上图右）适用于大多数底部配有吊环的柜体；

室内就位过程中需采用多根直径为 70~100mm 的钢管铺在柜体槽钢下，间隔小于 500mm，滚动钢管协助就位（如下图）：



6、 调试运行与维护

MD 高压变频调速系统具有调试简单、运行稳定、维护量少等优点。

6.1 调试运行

调试时间视客户订货技术的复杂性而定，常规条件下，一般单台高压变频调试工作只需 24~72 小时即可完成并顺利投运。

6.2 维护

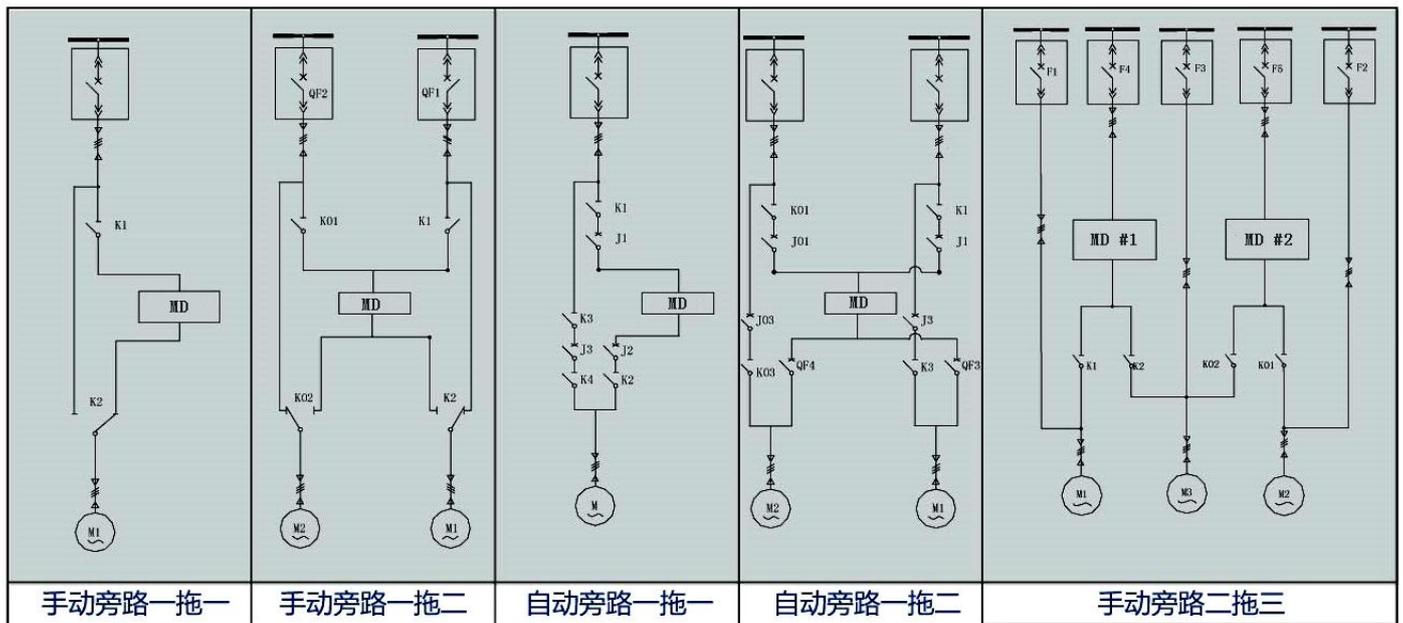
系统正常运行过程中只需周期性对设备防尘滤网进行更换清灰处理，投运后前三年每年进行一次常规检查。



7、经典方案

摩托罗拉经过多年现场实践和应用，积累了非常成熟的系统应用方案：

- 1) 手动一拖一：适合于对工变频切换速度要求不高的负载；
- 2) 手动一拖二：适合于具有两台电机一用一备的现场，如火力发电厂的凝结水泵等。正常运行是一台变频运行，一台工频备用；
- 3) 自动一拖一：适合于需要工变频快速切换的负载；
- 4) 自动一拖二：适合于具有两台电机一用一备的现场，如火力发电厂的凝结水泵等。正常运行是一台变频运行，一台工频备用，当需要对变频进行维护或倒泵运行时，可快速进行工变频切换；
- 5) 手动二拖三：适合于具有三台电机且两用一备或一用两备的现场，一般对可靠性要求较高，如钢铁厂高炉鼓风机或火力发电厂电动给水泵等。正常情况运行是两台电机变频运行，当一台变频突发异常时备用风机（泵）紧急启动可保证生产连续进行，变频维护完毕后可顺利切换。



8、典型应用

案例一、冶金行业烧结生产线主抽风机变频改造



1、项目简述

近年来经济形势和政府政策同时从两个方面迫使钢企实施节能减排以降低生产能耗，主抽风机作为烧结生产线最大单台能耗设备之一，对其进行变频节能改造将很大程度上降低烧结矿单产能耗。

烧结主抽风机是烧结生产线的核心设备，对其进行变频节能改造需要解决以下六个方面的问题：

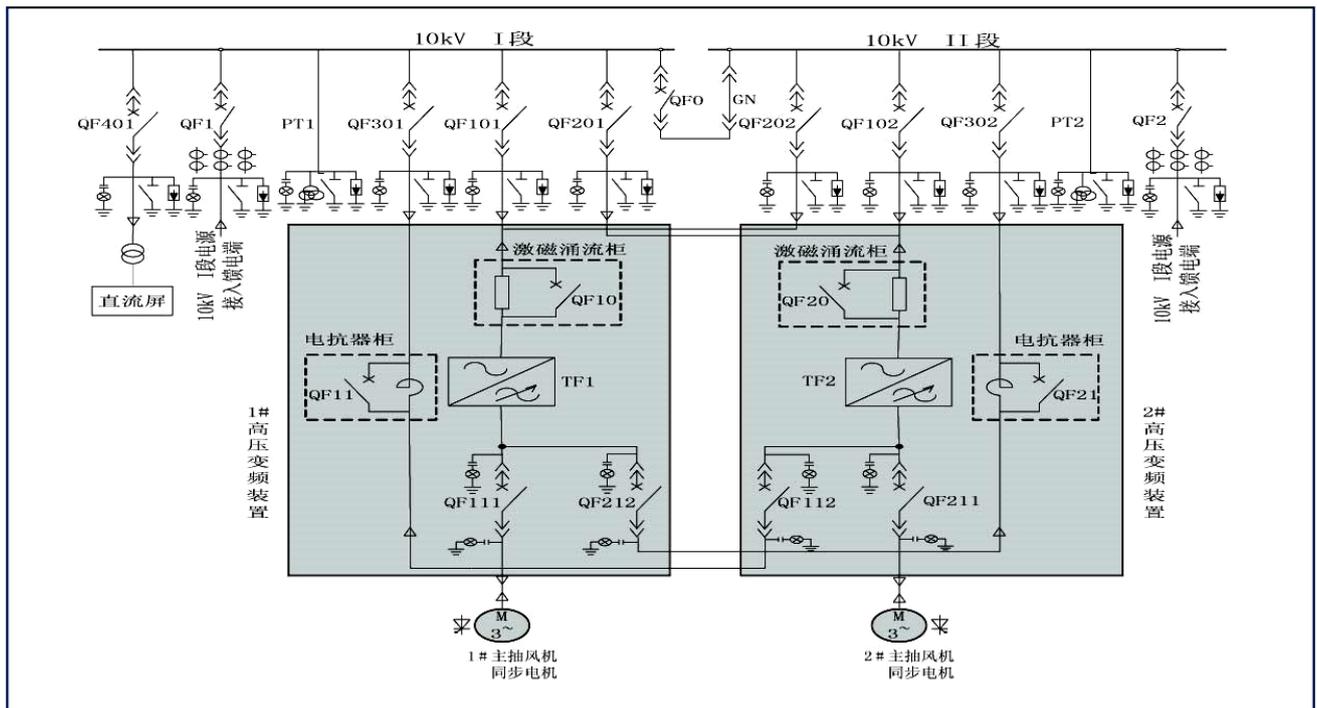
- 较大烧结生产线配备烧结主抽风机功率以 5000kW 以上居多，变频器功率较大；
- 作为核心设备，其运行可靠性要求高，不仅要求变频器工作稳定、故障率低，而且在变频器故障后要能快速恢复工频生产模式，避免对生产线运行造成影响，因此双主抽风机变频改造一般采用互为备用的方式，因此变频与工频电网的并网技术要求高；
- 超大功率变频器发热量大，对工作环境温度和清洁度要求均较高，而这与钢铁厂粉尘较多的情况相矛盾；
- 大量主抽风机采用超大功率同步电动机拖动，其同步电动机变频器控制较异步电机变频器更复杂，技术难度更高；
- 采用同步电动机拖动的主抽风机，不仅变频器与励磁装置在变频工作状态下相互配合，而且当电动机在工频驱动模式与变频驱动模式间切换时，要同时快速切换磁力装置的工作模式。励磁装置必须具备多种可选工作模式，且各工作模式之间切换灵活方便；
- 主抽风机系统设备众多，要求其监控系统对供电系统、风量、压力、振动以及油系统等进行可靠监控和保护，并具备快速可靠的通讯能力，将设备工作状态及时反馈至生产线及控制系统。

2、变频改造方案

以下对采用双同步电动机拖动烧结主抽风机系统的整体变频改造方案进行说明。对于采用异步电动机拖动的主抽风机和采用单台电动机拖动的主抽风机系统，其改造方案较为简单，此处不作说明。

双同步电动机拖动烧结主抽风机专用调速控制系统由主抽风机供电系统、超大容量同步机专用高压变频器、高压变频器室冷却系统、同步电动机变频调速励磁系统、主抽风机集中监控系统等五个子系统构成，以上几大子系统分别解决前述主抽风机变频器改造所面临的问题。

2.1 主抽风机供电系统



主抽风机供电系统图

以上供电系统中两台变频器不仅作为对应主抽风机的变频器驱动设备，而且还可作为另一台主抽风机电机的变频软起动设备。当任意一台变频器出现故障时，可由另外一台变频器快速将其所驱动的电机电流切换至工频工作模式，不影响生产连续性。

2.2 高压变频调速系统

MD 超大功率同步电机专用变频调速系统，采用同步电动机专用控制技术，实现同步电动机的精确控制和“飞车启动”，可将电机无扰动切换至工频运行，切换过程电机电流无突变冲击，设计冗余量大，在一级单元旁路状态下，仍可满载变频运行或将负载无扰动切换至工频运行模式。

2.3 高压变频器室冷却系统

两台高压变频器采用密闭环境外循环式强迫空水冷冷却系统。该系统根据变频器运行情况与环境温度，自动控制冷却装置运行，节约设备投资与运行成本、维护工作量小、散热效果好、设备温升低，为高压变频器稳定工作提供良好保障。

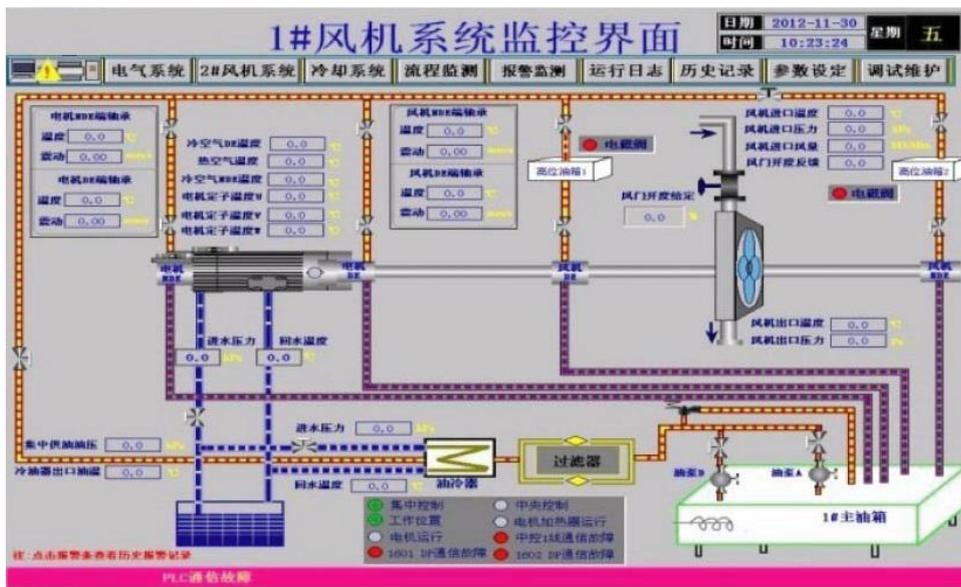


高压变频器室冷却系统

2.4 同步电动机变频调速励磁系统

同步电动机变频调速励磁系统，配置两台控制器互为备用（主机故障时自动切换到备机运行），保证励磁系统运行可靠性。同时系统具备恒触发角、恒电压、恒电流、恒功率因数等多种控制方式，可根据电机工作状态自动切换控制模式，操作简单、运行可靠。

2.5 主抽风机集中监控系统



主抽风机集中监控画面

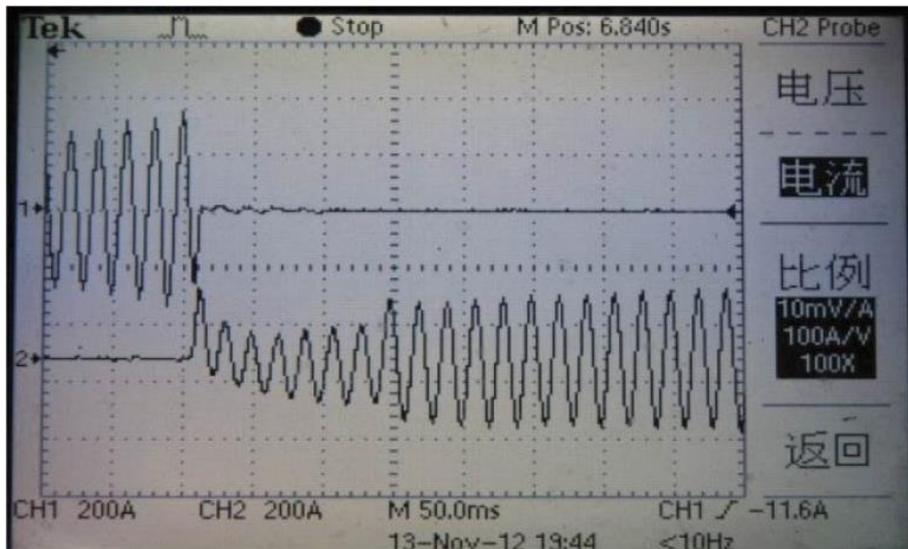
摩托罗拉烧结主抽风机专用集中监控系统实现了对烧结主抽（排）风机工段主要设备工艺参数、电机及其辅助设备、风机及其辅助设备、主抽（排）风机供电系统、变频器、励磁装置、风门、变频室冷却系统等主要设备的控制和运行状态实时检测，与烧结生产线中央控制站的数据交互通讯，同时监控系统兼具强大的保护功能，对风机、电机、变频器等进行全面保护，从而保证生产线工艺负载安全可靠运行。

3、经典案例

以上方案在宝钢集团某大型钢铁生产基地 430m² 烧结新技术生产线双无刷励磁同步电动机拖动烧结主抽风机系统整体实施，电机为两台 7800kW 西门子同步电动机，并于 2012 年一次性通过验收投入生产运行。该项目顺利投产和稳定运行有效验证了该方案的经济性、有效性和可靠性。

两套高压变频调速系统投入运行后，通过近两个月的节能测评，平均节能率高达 40%，按照年运行 7000h 计算，两台高压变频调速系统可实现年节电 9000 万度电能。

项目验收过程中，现场进行了主抽风机电机由变频运行状态无扰切换至工频运行的实验，以下实验录得波形证明：方案可确保变频器故障时，主抽风机能快速无扰工频软切换，不因变频器故障影响生产连续性。



变频运行切换至工频运行过程电流波形



案例二、300MW 火力发电厂给水泵变频改造



西北某火力发电厂，装机容量为 $2 \times 330\text{MW}$ 亚临界火力发电机组，于 2005 年投入运行。2011 年该厂为提高经营效益，降低企业本身运行损耗，决定对占厂用电 20~33% 的给水泵系统进行变频改造。

给水泵型号参数如下：

| | | | |
|-------|-------------|-----|---------|
| 型式 | 双壳体多级节段式离心泵 | 扬程 | 2353m |
| 型号 | CHTC5/6SA | 轴功率 | 4460kW |
| 数量（台） | 3 | 效率 | 83% |
| 运行方式 | 两用一备 | 转速 | 5830rpm |
| 生产厂家 | 沈阳水泵股份有限公司 | | |

给水泵电机型号参数如下：

| | | | |
|------|-----------|------|---------|
| 型号 | YKS5500-4 | 额定转速 | 1491rpm |
| 额定功率 | 5500Kw | 额定频率 | 50Hz |
| 额定电压 | 6000V | 定子接线 | Y |
| 额定电流 | 611A | | |
| 生产厂家 | 哈尔滨电机厂 | | |

液力耦合器型号参数如下：

| | | | |
|------|-----------|--------|-----------|
| 型号 | R15K551.1 | 最大输出转速 | 6100rpm |
| 勺管控制 | 液压伺服 | 转速滑差率 | 3.12% |
| 输出功率 | 4500Kw | 工作油泵 | KP144 |
| 电机转速 | 1490rpm | 润滑油泵 | MZP450 |
| 齿轮比 | 131/31 | 辅助润滑油泵 | ZP350 |
| 主轴转速 | 6296rpm | 辅助油泵电机 | M2QY1324A |

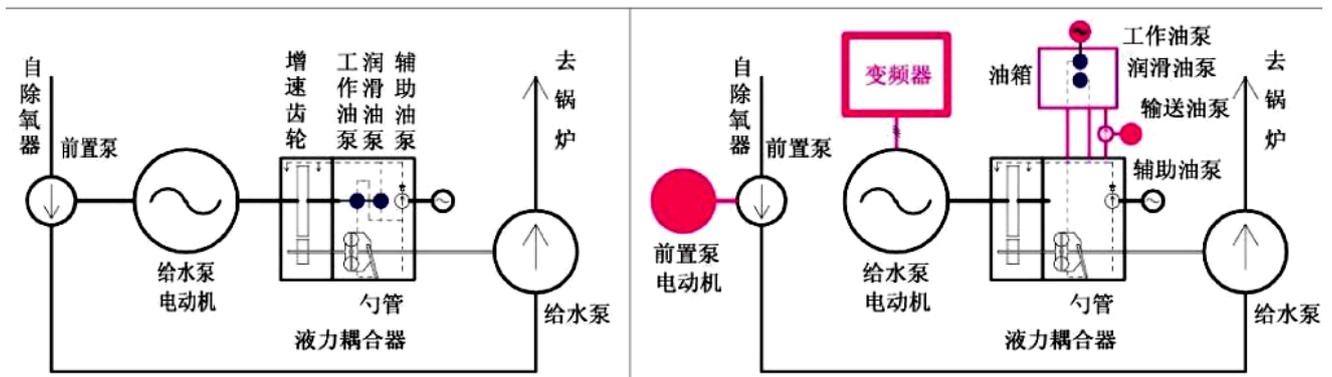
前置给水泵

| | | | |
|------|-------|----|-----|
| 额定功率 | 110kW | 效率 | 83% |
| 额定转速 | 1490 | 扬程 | 46m |

变频改造方案

R15K551.1 液力耦合器设计紧凑、制造精密、调节准确。工作油和润滑油采用不同类型的油泵，分别为齿轮泵和离心泵，同心叠放，用一根轴驱动，转速 3000rpm，安装在液力耦合器壳体内，动力来自给水泵电机，通过斜齿轮联接。VOITH (福伊特) R15K551.1 与其它 300MW 机组应用的国产 YOT51 系列液力耦合器在结构和工艺方面差异较大，为了防止 R15K551.1 改造后出现诸如振动增加、噪声变大、动量失衡等不良现象，并要保证改造后系统功能指标、性能特点与原设计完全一致，选择“原泵移出、体外循环”的技术路线务实、稳妥。也就是说改造后仍然使用原装原配的离心/齿轮油泵，匹配合适的电动机和变速齿轮，仍然保持工作转速在 3000rpm，创造与改造前相同的运行环境。相应需要新增外置油箱、输送泵、仪表测量以及安全保护装置。唯有如此，才能保证 VOITH(福伊特)R15K551.1 液力耦合器原有的各项技术指标和长期安全运行。

变频改造前后示意图：



变频改造后效果分析：

变频改造后仍保持给水泵两用一备的运行方式，液力耦合器开度到 99%，通过两台 MD 高压变频器对给水泵电机进行调频调速，一台给水泵工频备用，效果对比如下：

| 机组负荷率 % | 变频器效率 % | 调速型耦合器 % | 液耦器效率 % | 效率差 % |
|---------|---------|----------|---------|-------|
| 90 | 97 | 93 | 87 | 6 |
| 80 | 97 | 93 | 78 | 15 |
| 70 | 96 | 93 | 67 | 26 |
| 60 | 95 | 92 | 58 | 34 |
| 50 | 94 | 91 | 49 | 42 |

由于火力发电厂负荷水平不可能一直处于较高水平，所以在低于满负荷发电时，给水泵变频调速相比液力耦合器调速节能效果非常明显，节能效率高达 35~40%。从工艺上来讲，给水泵变频改造后，可实现对厂用电无冲击软起动，避免同段母线设备误保护动作；只需 20~30s 就可达到额定转速并稳定供水，且调速精度高，保证了机组的安全稳定运行。

案例三、火电厂 600MW 机组联合引风机变频改造



1、项目概况简介

在国家大力推进节能减排的背景下，国内众多火力发电企业纷纷行动起来进行脱硫、脱硝等技术改造，改造过程中机组原有引风、增压风机如采用分立设置方案，将给运行调节带来一定的困难，较好的方式是将增压风机与原引风机合并设置联合引风机的方式，改造后运行调节简便。联合引风机相对于原有的引风机功率更大，为了实现联合引风机在发电机组不同负荷段的高效经济运行并进一步降低厂用电率，对联合风机进行变频节能调速就显得尤为重要。

摩托罗拉承担的大唐发电集团某电厂国产最大容量 600MW 机组联合引风机变频改造项目（6500kW/6kV）已于 2012 年成功投产，并取得明显的节能效果。

2、600MW 机组引风机的变频改造情况介绍

大唐集团华中某火电厂建有 3×600MW 亚临界火力发电机组。按照电厂总体规划，首先对#1 机组进行节能减排改造，拆除原有的两台 6.3kV/6500kW 联合引风机，同时新增脱硫和脱硝相关设备及生产工艺。联合引风机相关工况参数如下：

| | | | | |
|--------|------|-------------------------|--------|--------|
| 电机铭牌参数 | 额定电压 | 6kV | 额定功率 | 6500kW |
| | 额定电流 | 748A | 功率因数 | >0.8 |
| | 额定转速 | 995rpm | 绝缘等级 | F |
| 风机铭牌参数 | 型号 | HA46236-8Z | | |
| | 轴功率 | 6221kW | 额定转速 | 995rpm |
| | 额定风量 | 560.36m ³ /s | 全压 | 9874Pa |
| | 效率 | 86% | 设计介质温度 | 140℃ |

通过公开招标的方式，该电厂最终确定选用摩托罗拉尼 MD 高压变频调速系统进行节能改造。项目改造的关键技术在于：其一是超大容量高压变频设备的技术与质量保证；其二是项目设备现场的散热系统设计。项目实施过程中摩托罗拉尼凭借行业领先的超大容量变频设备的研发制造技术及丰富的电力行业经验，克服了现场施工难度大、系统复杂等诸多困难，项目一次性投产成功。

高压变频调速系统改造方案

#1 机组的两台引风机配置两台一拖一的高压变频调速系统，分别控制 A、B 引风机，高压变频调速系统改造后一次图如下：



高压变频调速系统一次主接线图



高压变频调速系统现场运行图



高压变频调速系统控制的引风机图

3、600MW 机组引风机的变频改造效果分析

火电厂联合引风机实现变频调速后，可获得工艺和经济效益的双丰收。

3.1 变频调速对机组工艺改进

- 对厂用电的影响：联合引风机电机起动电流明显降低，避免了电机全压起动时大电流对厂用电的巨大冲击，避免了各种继电保护的误动作；
- 对电机的影响：电机平稳起动，避免了全压起动时对电机绝缘造成的损害；
- 对风机等机械设备的的影响：电机平稳起动，避免了风机等机械的瞬态强受理，延长了设备的使用寿命；
- 对风烟系统的影响：由于不在使用风门挡板调节风量，保证了风压的平稳变化，降低了管网噪音，避免频繁调节风门导致的机械磨损。

3.2 变频调速的经济效益

变频调速是一种高效的调速技术，在改善火电厂生产工艺的同时又实现了节能减排，降低发电企业的厂用电消耗，具有非常可观的经济效益。这种经济效益在火电机组低负荷运行时尤为明显，平均节能率高达 25~40% 左右，在机组进行调峰运行时节能效果将更加显著。

| 机组负荷 (MW) | 运行频率 (Hz) | | 输入电流 (A) | | 输出电流 (A) | | 除尘风压 (kPa) | | 备注 |
|--------------|-----------|--------|----------|--------|----------|--------|------------|--------|--------------------|
| | A 联合风机 | B 联合风机 | A 联合风机 | B 联合风机 | A 联合风机 | B 联合风机 | A 联合风机 | B 联合风机 | |
| 315.77 | 26.91 | 26.96 | 82 | 79 | 227.69 | 225.12 | -1.20 | -1.12 | 数据采集日期为2012年，未投运脱硝 |
| 404.39 | 30.56 | 30.39 | 110 | 105 | 256.20 | 254.07 | -1.51 | -1.35 | |
| 465.30 | 32.84 | 32.83 | 158 | 163 | 293.86 | 294.68 | -1.73 | -1.58 | |
| 491.31 | 33.69 | 33.66 | 167 | 163 | 299.50 | 298.00 | -1.62 | -1.66 | |
| 563.34 | 36.23 | 36.24 | 217 | 215 | 340.48 | 339.80 | -1.92 | -1.91 | |
| 614.55 | 40.47 | 40.41 | 293 | 294 | 398.76 | 403.72 | -2.28 | -2.24 | |
| 313.55 | 27.46 | 27.89 | 82 | 83 | 227.69 | 228.5 | -1.20 | -1.13 | |
| 406.49 | 30.06 | 30.29 | 105 | 113 | 251.38 | 255.95 | -1.39 | -1.32 | |
| 466.26 | 34.24 | 34.46 | 130 | 135 | 268.67 | 275.44 | -1.50 | -1.39 | |
| 506.66 | 36.23 | 35.78 | 198 | 205 | 326.95 | 334.47 | -1.81 | -1.82 | |
| 559.16 | 37.12 | 37.12 | 218 | 227 | 343.04 | 351.76 | -1.96 | -1.90 | |
| 601.33 | 40.66 | 40.29 | 343 | 353 | 432.52 | 447.64 | -2.63 | -2.48 | |

案例四、MD 运行于海拔 4000 米高度



某大型水泥企业西藏分公司位于西藏自治区山南地区，建有一条 1000T/D 新型干法熟料水泥生产线和一条 2500T/D 新型干法熟料水泥生产线，可年产优质高标号水泥 120 万吨。该公司跻身西藏自治区十大工业企业，建厂 10 年来为西藏地区的经济建设做出了巨大的贡献。

2010 年在集团公司统一部署下率先对该公司 1000T/D 生产线主要风机进行变频节能改造，由于该公司位于高原地区，海拔 4000 米，空气稀薄，年均气温只有 8℃，之前尚未有高压变频运行的先例，所以对高压变频厂家的整体实力提出了较高的要求。

本次改造主要对象为窑头 EP 风机、窑尾排风机和 ID 风机，电机及适配高压变频具体参数如下：

| | 负载名称 | ID 风机 | 窑尾风机 | 窑头 EP 风机 |
|------|------------|-------------|------------|------------|
| 负载电机 | 型号 | YRKK560-4 | YRKK560-6 | YRKK560-6 |
| | 额定功率 (kW) | 1200 | 500 | 220 |
| | 额定电压 (V) | 10000 | 10000 | 10000 |
| | 额定电流 (A) | 75.01 | 34.92 | 16.14 |
| | 额定转速 (rpm) | 1486 | 987 | 992 |
| | 额定功率因数 | 0.9 | 0.875 | 0.83 |
| | 转子开路电压 (V) | 885 | 723 | 无 |
| | 额定转子电流 (A) | 774 | 430 | 无 |
| | 生产商 | 兰州电机 | 兰州电机 | 兰州电机 |
| 适配变频 | 型号 | MD-101750-9 | MD-10750-8 | MD-10400-8 |
| | 额定电流 (A) | 100 | 50 | 25 |
| | 额定电压 (V) | 10.5 | 10.5 | 10.5 |
| | 备注 | 高原型 | 高原型 | 高原型 |

综合该现场实际运行情况，摩托托尼研发出高原型专用 MD 高压变频调速系统。系统采用成熟的手动一拖一方案：



变频改造完成后同等产能下各负载电机运行数据如下：

| 负载 | 工频功率 (kW) | 变频功率 (kW) | 平均节能率 |
|----------|-----------|-----------|-------|
| ID 风机 | 1006 | 750 | 25.4% |
| 尾排风机 | 461 | 362 | 21.5% |
| 窑头 EP 风机 | 176 | 54 | 69.3% |

MD 高压变频调速系统在海拔 4000 米的高原稳定运行，并为企业创造了实实在在的经济效益，为西藏自治区在节能降耗领域做出了应有的贡献。



案例五、特大容量电机高压变频启动

1、简述

对于众多的大型工业企业来讲，超大功率的高压电机能否顺利启动是一件大事，因为这些高压电机的负载往往是生产环节的核心设备，比如化工企业的压缩机、钢铁企业的制氧机、LNG（Liquefied Natural Gas 液化天然气）机组的发电机、造纸企业高浓磨浆机等，它直接关系到生产能否顺利进行。

这类电机功率一般较大，小则数千，大则数万千瓦，当电机直接全压启动瞬间可达数倍的额定功率，即使是轻载或空载启动，容量有限的厂用电电网系统也会显得势单力薄，常常会导致继电保护误动作及其它设备运行异常，严重时将导致厂用电电网瓦解。

国内外对于超大功率电机的软启动研究时日已久，从早期的星三角启动、转子串（水）电阻启动、到后来的晶闸管软启动装置。随着近些年来电力电子技术的发展成熟，高压变频调速系统的大面积推广应用，高压变频器软启动作为一种新的软启动设备逐渐得到越来越多的认可。

2、变频启动方案

以一台 6kV/10000kW 的绕线式异步电机带压缩机负载为例，电机转子串（水）电阻启动时压缩机气门全关，电机处于轻载状态，启动电流高达 3600A 左右，启动时间在 43s 左右。

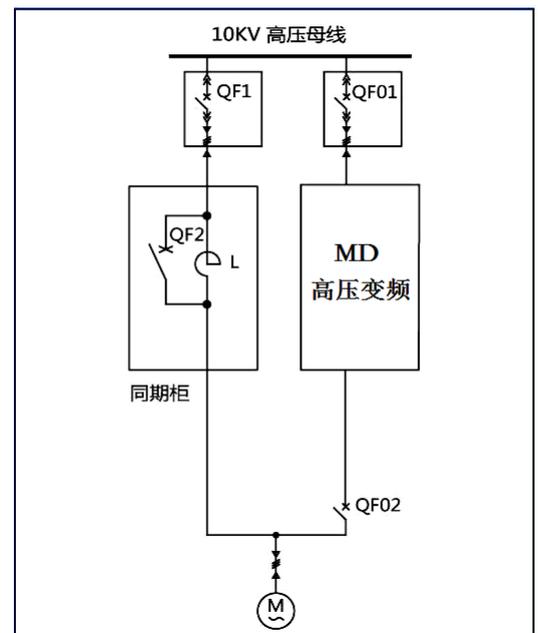
2.1 高压变频软起方案

高压变频器作为软启动装置，需要在电机启动的时候投入运行，并平滑抑制输出电流，此时 QF01、QF02 闭合，QF1、QF2 分断；在高压变频器输出达到 50Hz，电机达到额定转速后，进行同期切换，切换过程为首先 QF1 闭合，延时数秒后 QF02 分断，变频停止运行，QF01 分断，高压变频退出；再延时数秒后 QF2 闭合，短路同期电抗器，电机完成软启动。

2.2 高压变频软启动优势

通过高压变频器能真正实现电机的软启动，相对于传统的软启动装置具有以下明显的优点：

- 电机启动实现真正的无冲击电流：电机启动电流平稳变化，且最大值严格控制 在电机额定电流以下，保护了电机绝缘，延长了电机的使用寿命；
- 实现了对电网的无冲击：由于电机启动过程中高压变频器输出功率逐步增大且一般不会超过电机额定功率的 50%，电网不受任何影响，避免了同段母线上运行中设备可能受到的干扰，各种继电保护不会误动作；
- 实现了变频输出和工频电网无扰动切换：同期切换技术实现了完全无冲击切换，不会对高速运行的电机及负载等机械设备造成任何冲击。

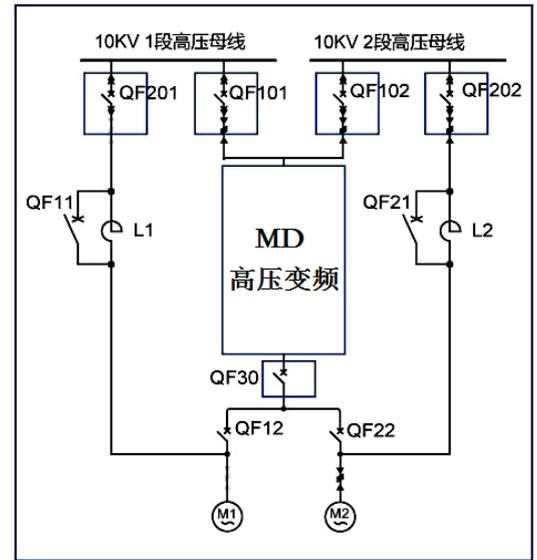


3、实施案例

广西某林、浆、纸一体化的大型造纸企业二期工程可实现年产 150 万吨原浆和 250 万吨纸，配有两台超大功率高浓磨浆机，电机均为上海电机厂制造的 10kV/20MW 无刷励磁同步电动机。为实现资源的高效利用，经过摩托罗拉众多技术专家勘察现场，提出采用摩托罗拉超大容量同步电机高压变频一拖二的方案来实现两台电机的软起动（如右图），起动过程中同时配合励磁系统的协调控制。

当需要#1 高浓磨浆机起动时，1 段母线带电，所有断路器均处于分断状态，做好起动前转杯工作后，合 QF101，高压变频充电并进入待机状态，合 QF30、QF12，投励磁柜并输出电流，起动变频器，经过一段时间后运行到 40Hz，MD 高压变频器自动锁定 1 段母线频率、相位和幅值，并调整输出和母线电压保持一致，然后合 QF201，延时数秒后分断 QF12 及 QF30，停止变频运行，再延时数秒后合 QF11，分断 QF101，起动过程完成。#2 高浓磨浆机的起动参考#1 高浓磨浆机的起动过程。

目前该现场高压变频器已顺利实现两台高浓磨浆机的软起动，起动过程电机电流变化平稳，电机运行正常，无异常发热、窜动等现象，同时厂用电系统也工作正常，未出现任何设备因干扰导致的运行异常和继电保护误动作等情况

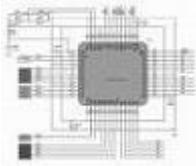




●●● 超过 30 年的电力电子设备设计、生产经验



●●● 已有 100 万台电机控制器在全球良好运行



●●● 选用无铅环保元件，电路设计精良可靠



●●● 严格控制谐波含量，减少电网污染



●●● 高压软起动器中，全球唯一通过 15KV UL 认证



●●● 高素质的工程师为您提供全天候服务

● 为了您能正确而安全的使用，使用前请务必阅读《使用维护手册》。



美国总部

MOTORTRONICS

1600 Sunshine Dr. Clearwater, FL 33765 USA

Tel.: 727-573-1819 Fax: 727-573-1803

<http://www.motortronics.com>

摩普(青岛)机电控制有限公司

摩托托尼中国办事处

地 址：青岛市大信工业园

邮 编：266200

电 话：0532-81725028

传 真：0532-81725038

网 址：www.mp-cn.com

E-mail: mp@mp-cn.com