

# 浅谈变频控制柜设计安装规范

深圳市蓝海华腾技术有限公司 刘佳畅

Liu Jiachang

**摘要：**在变频调速技术日新月异的今天，为了设计出安全合格，符合用户要求的变频控制柜，做为一个自动化行业设计者必须了解变频器控制柜设计与安装规范。本文将详细介绍变频控制（系统）柜的设计要求、器件选用配置的注意事项、一次和二次回路布线、日常维护与检修等。

**关键词：**变频控制柜 设计 安装 布线

## 0 引言

进入 21 世纪来，国内变频调速技术得到了飞速发展，已广泛应用于国民经济的各个行业，促进了节能降耗，极大的提高了我国工业电气传动水平。但随着变频器的推广与应用，需要注意和解决的问题就慢慢浮出水面。例如变频控制柜如何设计、安装、测试等，面对的一系列问题与要求，是许多变频器制造商、代理商、电气工程师、直接用户想急需了解或做得不够完善的问题。本文我们将重点浅谈、分析、处理这些问题。

## 1 变频控制柜设计前的要求

变频控制柜设计安装前，设计者不仅要考虑变频控制柜的正常工作条件，还要考虑可能发生的故障条件以及随之引起的故障、可预见的误用以及诸如温度、海拔、污染、湿度、电网电源的过电压和通信线路的过电压等外界影响。一定要了解控制柜的配制、工作方式、工作环境、控制方式、以及客户要求等。具体要求如下：

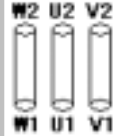
三相异步电动机				
型号：Y180L-4			出厂编号 0533	
22kw	1440r/min		42.5A	接法 
380V	50HZ	防护等级 IP44	200kg	
<b>B 级绝缘</b>		噪声 LW82 db(A)	工作制 S1	
标准编号 JB/T9616-1999			2005/12/01	
南京电机控制配套厂				

表 1-1 电机基本参数

- (1) 电机具体参数：如电机参数表 1-1 所示：出厂日期、厂商（国产，进口）、电机的额定电压、额定电流、额定转数、相数、接法等。
- (2) 电机的负载特性类型：如 a. 恒转矩负载、b. 平方转矩负载、c. 恒功率负载等。
- (3) 电机启动方式：如 a. 三角形启动、b. 星形启动、c. 降压启动、d. 软启动
- (4) 工作环境。如现场的温度、防护等级、电磁辐射等级、防爆等级、配电具体参数。
- (5) 控制柜安装位置：如壁挂式和落地式，要合理的考虑变频控制柜到电机的距离。
- (6) 控制柜拖动电机的数量：如一拖二，一拖三，一拖四等
- (7) 工频与变频切换方式：一般为  $-Y$  启动与变频工作互为备用切换保护。
- (8) 控制柜的外围器件的选用：如传感变送器的选用参数及采样地点，具体选用要求请详见第 3 章“器件的配置”。
- (9) 控制柜的控制方式：如手动/自动、本地/远程、控制信号的量程、是否通讯组网。
- (10) 控制柜的隔离：如强电回路与弱电回路的隔离；采集信号与控制信号的隔离。
- (11) 工作场合的供电质量：如防雷，浪涌，电磁辐射。

## 2 变频控制柜布局 and 器件配置

下图 1-1 便是变频控制柜的基本布局：

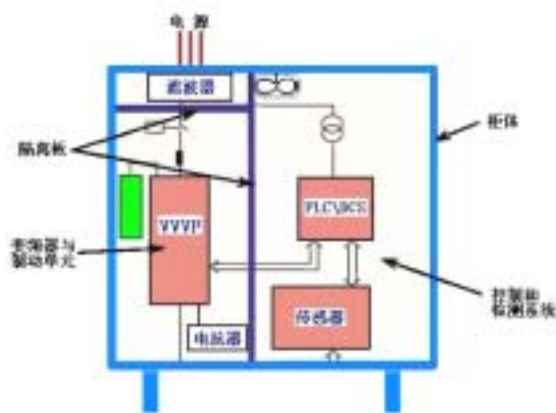


图 1-1 变频控制柜的基本布局

变频控制柜分为壁挂式和落地式两种，变频控制柜主要器件的配置与选用介

绍如下：

(1) TR-变压器: 这个为可选项，根据电压等级标准配置和选用。

(2) FU-熔断丝: 一般都需要添加，不要为了节省成本而省去。选择为 2.5 ~ 4 倍额定变频器电流。注意熔断丝的选择要选快熔类。

(3) QA-断路器: 断路器主要用于电源回路的开闭，且在出现过流或短路事故时自动断开电源。断路器的容量为变频器额定电流的 1.5 ~ 2 倍，断路器的时间特性要充分考虑到变频器过载保护的时间特性。

(4) KM-接触器: 接触器主要用于在工频电网和变频器之间的切换，保证变频器的输出端不会接到工频电网上去，以免损坏变频器。接触器频繁的闭合和断开将引起变频器故障，所以最高频率不要超过 10 次/分钟。

(5) F-风扇: 主要用于抽取变频控制柜里的热量，给变频控制柜散热；按供电方式分直流风扇和交流风扇，根据现场工作环境选用。

(6) LY-防雷浪涌器: 最好配置一个，特别雷暴多发区，以及交流电源尖峰浪涌多发场合，保护变频系统免遭意外破坏。一般配 40KVA 浪涌器。

(7) DK-电抗器: 选择合适的电抗器与变频柜配套使用，既可以抑制谐波电流，降低变频器系统所产生的谐波总量，提高变频器的功率因数，又可以抑制来自电网的浪涌电流对变频器的冲击，保护变频器、降低电动机噪声。保证变频器和电机的可靠运行。

(8) EMI-滤波器: 滤波器的作用是为了抑制从导线及金属管线上传导无线信号到设备中去，将来自变频器的高次谐波分量与电源系统的阻抗分离，或者抑制干扰信号从干扰源设备通过电源线传导到外边去。

(9) RB-制动电阻: 当电容电压超过设定置后，就经制动电阻消耗回馈的能量。一般小容量变频器带有制动电阻，大容量变频器的制动电阻通常由用户自己根据负载的性质和大小、负载周期等因素进行选配。

(10) 另外还包括变频器，PLC/DCS，触摸屏，传感器，电度表等器件的选用。

### 3. 变频控制柜布局的注意事项

(1) 确保控制柜中的所有设备接地良好，使用短和粗的接地线连接到公共接地点或接地母排上。连接到变频器的任何控制设备(比如一台 PLC)要与其共地，同

样也要使用短和粗的导线接地。最好采用扁平导体(例如金属网),因其在高频时阻抗较低。如下图 1-2 所示:



图 1-2 良好接地

(2) 控制柜低压单元,继电器,接触器使用熔断器加以保护;当变频器到电机的连线超过 100M 时,当变频器供电源容量大于 600KW/A 或供电电源容量大于变频器容量的 10 倍时,建议加进输入输出电抗器。

(3) 确保控制柜中的接触器有灭弧功能,交流接触器采用 R -C 抑制器,直流接触器采用“飞轮”二极管,装入绕组中。采用压敏电阻抑制器也是很有效的。

(4) 如果设备运行在一个对噪声敏感的环境中,可以采用 EMC 滤波器减小辐射干扰。同时为了达到最优的效果,确保滤波器与安装板之间应有良好的接触。

(5) 机电缆应与其它控制电缆分开走线,其最小距离为 500mm。同时应避免机电缆与控制电缆长距离平行走线。如果控制电缆和电源电缆交叉,应尽可能使它们按 90 度角交叉。同时必须用合适的夹子将机电缆和控制电缆的屏蔽层固定到安装板上。

(6) 为了有效的抑制电磁波的辐射和传导,变频器的机电缆必须采用屏蔽电缆,屏蔽层的电导必须至少为每相导线芯的电导的 1/10。

(7) 控制柜应分别设置零线排组及保护地线排组(PE)。接地排组和 PE 导电排必须接到横梁上(铜排到铜排联接)。它们必须在电缆压盖处正对的附近位置。接地排组额外还要通过另外的电缆与保护电路(接地电排)连接。屏蔽总线用于确保各个电缆的屏蔽连接可靠,它通过一个横梁实现大面积的金属到金属联接。如图 1-3 所示:



图 1-3 零线排组与保护接地排组

(8) 不能将装有显示器的操作面板安装在靠近电缆和带有线圈的设备旁边，例如电源电缆，接触器，继电器，螺线管阀，变压器等等，因为它们可以产生很强的磁场，影响仪器仪表的测量精度。

(9) 功率部件（变压器，驱动部件，负载功率电源等等）与控制部件（继电器控制部分，可编程控制器）必须要分开安装。但是并不适用于功率部件与控制部件设计为一体的产品，变频器和滤波器的金属外壳，都应该用低电阻与电柜连接，以减少高频瞬间电流的冲击。理想的情况是将模块安装到一个导电良好，黑色的金属板上，并将金属板安装到一个大的金属台面上。

(10) 设计控制柜体时要注意 EMC 的区域原则，把不同的设备规划在不同的区域中。每个区域对噪声的发射和抗干扰度有不同的要求。区域在空间上最好用金属壳或在柜体内用接地隔离板隔离。并且考虑发热量，控制柜的风道要设计合理，排风通畅，避免在柜内形成涡流，在固定的位置形成灰尘堆积。风扇一般安装在靠近出风口处，进风风扇安装在下部，出风风扇安装在柜体的上部。

(11) 根据控制柜内设备的防护等级，需要考虑控制柜防尘以及防潮功能，一般使用的设备主要为：空调，风扇，热交换器，抗冷凝加热器。同时根据柜体的大小合适的选择不同功率的设备。关于风扇的选择，主要考虑柜内正常工作温度，柜外最高环境温度，求得一个温差，风扇的换气速率，估算出柜内空气容量。已知三个数据：温差，换气速率，空气容量后，求得柜内空气更换一次的时间，然后通过温差计算求得，实际需要的换气速率。从而选择实际需要的风扇。因为一般夜间，温度下降，故会产生冷凝水，依附在柜内电路板上，所以需要选择相应的抗冷凝加热器以保持柜内温度。

(12) 变频器安装的基本要求

变频器最好安装在控制柜内的中部，变频器要垂直安装，正上方和正下方要避免可能阻挡排风、进风的大器件。

变频器上、下部边缘距离，控制柜顶部、底部距离，或者隔板和必须安装的大器件的最小间距，都应该大于 150mm。

如果特殊用户在使用中需要取掉键盘，则变频器面板的键盘孔，一定要用胶带严格密封或者采用假面板替换，防止粉尘大量进入变频器内部。

#### 4 变频控制柜器件的安装

(1) 控制柜内所有器件应按照国家行业标准和用户要求进行安装。组装前首先看清楚图纸及技术要求，必须按照图纸安装。

(2) 认真整理安装图纸中发现的疑难问题，如平面图与系统图不符、管径与导线截面不符、管线途径不明等在参加图纸会审时及时向设计部门提出，力求将图中问题解决在安装以前。

(3) 检查变频器型号、元器件型号、规格、数量等与图纸是否相符；检查变频器、PLC、触摸屏等器件有无损坏。

(4) 元器件组装顺序应从板前视，由左至右，由上至下。

(5) 组装所用紧固件及金属零部件均应有防护层，对螺钉过孔、边缘及表面的毛刺、尖锋应打磨平整后再涂敷导电膏。

(6) 主回路上面的元器件，如滤波器、电抗器，变压器、PLC、变频器等需要接地，注意断路器不需要接地。

(7) 对于发热元件（例如管形电阻、散热片等）的安装应考虑其散热情况和安装距离应符合规定。额定功率为 75W 及以上的管形电阻器应横装，不得垂直地面竖向安装，正确地安装方法如图 1-4 所示。

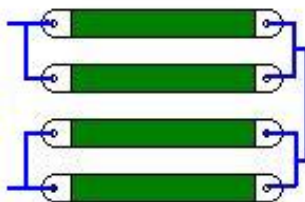


图 1-4 外接制动电阻的安装方式

(8) 所有电器元件及附件，均应固定安装在支架或底板上，不得悬吊在电器及连线上。

(9) 安装因振动易损坏的元件时，应在元件和安装板之间加装橡胶垫减震。

(10) 接线面每个元件的附近有标牌，标注应与图纸相符。除元件本身附有供填写的标识牌外，标识牌不得固定在元件本体上。

接线端子和进出的电缆、电线每回路应有标志，标号应完整、清晰、牢固，标号粘贴位置应明确、醒目。如图 1-5 所示：



图 1-5 标号完整、清晰、牢固

安装于面板、门板上的元件、其标号应粘贴于面板及门板背面元件下方，如下方无位置时可贴于左方，但粘贴位置尽可能一致。

(11) 器件保护接地连续性



图 1-6 器件保护接地连续性

保护接地连续性利用有效接线来保证，如图 1-6 所示。柜内任意两个金属部件通过螺钉连接时如有绝缘层均应采用相应规格的接地垫圈，而且要注意将垫圈齿面接触零部件表面，或者破坏绝缘层。门上的接地处要加“抓垫”或“菊花垫”，防止因为油漆的问题而接触不好，而且连接线要尽量短。

## 5 变频控制柜一次回路布线





图 1-7 变频控制柜一次回路配线

(1) 变频控制柜一次回路配线大多采用绝缘导线，如图 1-7 所示；对于一些大功率大电流变频控制柜应尽量选用矩形铜母线。

(2) 汇流母线应按设计要求选取，主进线柜和联络柜母线按汇流选取，分支母线的选择应以自动空气开关的脱扣器额定工作电流为准，如自动空气开关不带脱扣器，则以其开关的额定电流值为准。对自动空气开关以下有数个分支回路的，如分支回路也装有自动空气开关，仍按上述原则选择分支母线截面。如没有自动空气开关，比如只有刀开关、熔断器、低压电流互感器等则以低压电流互感器的一侧额定电流值选取分支母线截面。如果这些都没有，还可按接触器额定电流选取，如接触器也没有，最后才是按熔断器熔芯额定电流值选取。

(3) 导线载流量选择需查询有关文档，聚氯乙烯绝缘导线在线槽中，或导线成束状走行时，或防护等级较高时应适当考虑裕量。

(4) 导线应避开飞弧区域。当交流主电路穿越形成闭合磁路的金属框架时，三相导线应在同一框孔中穿过；接线不规范，必须把进入线槽的大电缆外层都剥开，把所有导线压进线槽。

(5) 导线线槽弯处的半径不小于线槽内电缆最小允许弯曲半径，导线最小允许弯曲半径见下表 1-2。电缆最小允许弯曲半径（D：为电缆外径）

序号	电缆种类	半径 (D)
1	无铅包钢铠护套的橡皮绝缘电力电缆	10D
2	有钢铠护套的橡皮绝缘电力电缆	20D
3	聚氯乙烯绝缘电力电缆	10D
4	交联聚氯乙烯绝缘电力电缆	15D
5	多芯控制电缆	10D

表 1-2 电缆参数

(7) 导线连接在面板和门板上时，需要加塑料管和安装线槽；柜体出线部分为防止锋利的边缘割伤绝缘层，必须加塑料护套。电缆与柜体金属有摩擦时，需加橡胶垫圈以保护电缆，如图 1-8 所示：





图 1-8 变频控制柜外加塑料护套

(8) 柜体内任意两个金属零部件通过螺钉连接时如有绝缘层均应采用相应规格的接地垫圈，并注意将垫圈齿面接触零件表面，以保证保护电路的连续性。

(9) 导线搭接螺丝应外露 2~3 扣，螺孔比螺丝大 1mm 连接面涂电力复合脂，应采用镀锌螺栓并有防松装置，所有的螺栓受力程度应一致。

(10) 提高柜体屏蔽功能，如需要外部接线或出线时，需加电磁屏蔽衬垫，柜体孔缝要求为求缝长或孔径小于  $\lambda/10$  (10~100)。如果需要在电柜内开通风窗口，交错排列的孔或高频率分布的网格比狭缝好，因为狭缝会在电柜中传导高频信号。

## 6 变频控制柜二次回路布线

(1) 二次线的连接（包括螺栓连接、插接、焊接等）均应牢固可靠，线束应横平竖直、配置坚牢、层次分明、整齐美观。同一控制柜的相同器件走线方式应一致。如图 1-9 所示：



图 1-9 走线层次分明

(2) 二次线截面积要求：

单股导线 不小于 1.5mm<sup>2</sup>

多股导线 不小于 1.0mm<sup>2</sup>

弱电回路 不小于 0.5mm<sup>2</sup>

电流回路 不小于 2.5mm<sup>2</sup>

保护接地线 不小于 2.5mm<sup>2</sup>

(3) 所有连接导线中间不应有接头；每个电器元件的接点最多允许接 2 根线；每个端子的接线点一般不宜接二根导线，特殊情况时如果必须接 2 根导线，则连接必须可靠。如下图 1-10 所示：



图 1-10 二根线接一个端必须可靠

(4) 二次线应远离飞弧元件，并不得妨碍电器的操作；二次线不得从母线相间穿过。

(5) 电流表与分流器的连线之间不得经过端子，其线长不得超过 3 米；电流表与电流互感器之间的连线必须经过试验端子。

(6) 控制用屏蔽电缆线的连接

- 拧紧屏蔽线至约 15 mm 长为上；
- 用线鼻子把导线与屏蔽压在一起；
- 压过的线回折在绝缘导线外层上；
- 用热缩管固定导线连接的部分。

(7) 控制用电缆线连接的注意事项

- 控制用的电缆线最好使用屏蔽电缆；
- 模拟信号和数字信号的传输电缆应该分别屏蔽和走线；
- 模拟信号的传输线和低压数字信号线应使用双屏蔽的双绞线，也可以使用单屏蔽的双绞线。

信号线最好只从一侧进入电柜，信号电缆的屏蔽层双端接地，在不影响操作和安装条件下，信号电缆线应避免过长；

不要将 24VDC 和 115/230VAC 信号共用同一条电缆槽。

## 7 变频控制柜维护和检修

(1) 检查变频控制柜周围环境，利用温度计，湿度计，记录仪检查周围温度 -10 °C~+50 °C，周围湿度 90%以下，而且无灰尘、无金属粉尘及通风良好等。

- (2) 检查各部件各系统装置是否有异常振动和异常声音。
- (3) 观察元件是否有发热的迹象，是否有损伤，连接部件是否有松脱。
- (4) 检查端子排是否损伤，导体是否歪斜，导线外层是否破损。
- (5) 检查电源电压主回路电压是否正常。对于绝缘测试，可于使用前，拆下电源和电机接线，将端子 R、S、T、U、V、W、P+、N-、PB 一齐短路，用 DC500V 级兆欧表测量它们与接地端子间的绝缘电阻，其绝缘电阻 20M 欧为正常。（注：不可随意实施耐压测试实验，它将导致变频器寿命降低。）
- (6) 检查滤波电容器是否泄漏液体，是否膨涨，用容量测定器测量静电容应在定额容量的 85% 以上；检查继电器和接触器动作时是否有“吱、吱、吱”声音，触点是否粗糙、断裂；检查电阻器电阻器绝缘物是否有裂痕，确认是否有断线。
- (7) 检查变频器运行时，各相间输出电压是否平衡；进行顺序保护动作试验、显示、保护回路是否异常。
- (8) 如果超过一年仍未使用，则应进行充电试验，以使机内主回路滤波电容器特性得以恢复。充电时，可使用调压器慢慢升高变频器的输入电压，直到额定输入电压，通电时间要在 1~2 小时以上。上述实验至少每年一次为最佳。

## 8 结语

随着变频调速技术的不断推广，规范变频控制柜产品的结构设计和安装工艺，使其符合行业标准和设计、安装、控制要求。不仅可以提高生产质量、舒适性、生产效率，创造可观的经济效益；对节能、环保等社会效益同样有着重要的意义。希望上述工作对于从事控制与传动的同行们在以后的设计应用工作中能有所启发和借鉴。

**参考文献：**

1. 《电气装置安装工程盘/柜及二次回路结线施工及验收规范 G B 5 0 1 7 1 — 9 2 》、国家标准验收规范、主编单位：能源部电力建设研究所、施行日期：1993 年 7 月 1 日
2. 《V6-H 高性能矢量控制型/转矩控制型变频器技术手册》、主编单位：深圳市蓝海华腾技术有限公司、出版日期：2007 年 6 月 18 日

**作者简介：**

刘佳畅，男，工程师，主要从事自动化系统与变频调速器的应用与技术研究工作  
公司：深圳市蓝海华腾技术有限公司

地址：深圳市南山区西丽江源工业区 23 栋 5 楼

邮政编码：518055

网址：[www.v-t.net.cn](http://www.v-t.net.cn)

邮箱：[lttl2008@126.com](mailto:lttl2008@126.com)

联系电话：0755-26580801 13510640734