ENGINEERING TOMORROW

# 设计指南
# VLT® Parallel Drive Modules
## 250–1200 kW


vlt-drives.danfoss.com

# 目录

# 1 简介

## 1.1 本设计指南的目的

本设计指南仅供项目和系统工程师、设计顾问以及应用和产品专家使用。提供的技术信息旨在了解变频器的功能，以便集成到电机控制和监测系统中。详细描述了系统集成的操作、要求和建议。提供了输入功率特性、电动机控制输出以及变频器周围工作环境的信息。

此外，还包括安全特征、故障状态监控、运行状态报告、串行通讯功能以及可编程选件。还提供了设计详情，例如现场要求、电缆、熔断器、控制线路、设备尺寸和重量以及系统集成需要规划的其他关键信息。

在设计阶段，查阅详细的产品信息能开发出拥有最佳功能和效率且设计良好的系统。

VLT® 为注册商标。

## 1.2 文档和软件版本

我们将对本手册定期进行审核和更新。欢迎所有改进建议。*表 1.1* 列出了文档版本和相应的软件版本。

| 版本 | 备注 | 软件版本 |
|---|---|---|
| MG37N2xx | 更新规格 | 7.5x |

**表 1.1 文档和软件版本**

## 1.3 其他资源

利用其他资源来了解高级的变频器功能和编程：

- VLT® Parallel Drive Modules *250–1200 kW 安装指南* 介绍这些变频器模块的机械和电气安装。
- *VLT® Parallel Drive Modules 250–1200 kW 用户指南* 介绍了启动、基本操作设置和功能测试方面的详细步骤。还介绍了用户界面、应用示例、故障排查和规格。
- 请参考适用于创建变频器系统中使用的特定 VLT® Parallel Drive Modules 系列的 VLT® HVAC Drive FC 102、VLT® AQUA Drive FC 202 和 VLT® AutomationDrive FC 302 编程指南。该编程指南更详细地介绍了如何使用参数，并且提供了许多应用示例。
- *VLT® FC 系列、D 机架维护手册* 详细介绍了维护信息，其中包括适用于 VLT® Parallel Drive Modules 的信息。
- *VLT® 变频器 – Safe Torque Off 操作指南* 包含安全规范并介绍 Safe Torque Off 功能的操作和规格。
- *VLT® 制动电阻器 MCE 101 设计指南* 介绍如何为任何应用选择正确的制动电阻器。
- *VLT® FC 系列输出滤波器设计指南* 介绍如何为任何应用选择正确的输出滤波器。
- VLT® Parallel Drive Modules *总线套件安装说明* 详细介绍了总线选件套件的安装。
- VLT® Parallel Drive Modules *风道套件安装说明* 详细介绍了风道选件套件的安装。

还可从 Danfoss 获得补充资料和手册。请参阅 *drives.danfoss.com/knowledge-center/technical-documentation/* 中的列表。

2

# 2 安全性

## 2.1 安全符号

本手册使用了下述符号：

**警告**

表明某种潜在危险情况，将可能导致死亡或严重伤害。

**小心**

表明某种潜在危险情况，将可能导致轻度或中度伤害。这还用于防范不安全的行为。

**注意**

表示重要信息，包括可能导致设备或财产损坏的情况。

## 2.2 具备资质的人员

要实现 VLT® Parallel Drive Modules 的无故障和安全安全运行，必须保证正确可靠的运输、存放和安装。仅允许具备资质的人员安装本设备。

具备资质的人员是指经过培训且经授权按照相关法律和法规安装设备、系统和电路的人员。此外，该人员还必须熟悉本文档中所述的说明和安全措施。

## 2.3 安全事项

**警告**

**高电压**

变频器系统与交流主电源输入线路相连时带有高电压。如果执行变频器系统安装的人员缺乏资质，将可能导致死亡或严重伤害。

- 只能由具备资质的人员安装变频器系统。

**警告**

**放电时间**

变频器模块包含直流回路电容器。当主电源输入变频器后，即使切断电源，这些电容器可能仍有电。即使警告指示灯熄灭，也可能存在高压。在切断电源后，如果没有等待 20 分钟过后就执行维护或修理作业，则可能导致死亡或严重伤害。

1. 停止电机。
2. 断开交流主电源、远程直流电源（包括备用电池）、UPS 以及与其它变频器的直流回路连接。
3. 断开或锁定永磁电机。
4. 请至少等待 20 分钟，当电容器完全放电后，再执行维护或修理作业。

**警告**

**漏电电流危险 (>3.5 mA)**

漏电电流超过 3.5 mA。如果不将变频器系统正确接地，将可能导致死亡或严重伤害。遵守对漏电电流超过 3.5 mA 的设备进行保护性接地的国家和地方法规。变频器技术在高功率下利用高频切换。这会在接地线路中产生漏电电流。变频器系统输出功率端子中的故障电流可能包含直流成分，这些直流成分可能对滤波电容器充电，从而导致瞬态地电流。接地漏电电流取决于不同的系统配置，包括射频干扰滤波、屏蔽型电动机电缆和变频器系统功率。EN/IEC 61800-5-1（功率变频器系统产品标准）要求，如果漏电电流超过 3.5 mA，则需要特别注意。

必须采用下述方式之一来增强接地措施：

- 由经认证的电气安装商确保设备正确接地。
- 地线的截面积至少为 10 mm² (6 AWG)。
- 采用两条单独的并且均符合尺寸规格的接地线。

有关详细信息，请参阅 EN 60364-5-54 § 543.7。

# 3 批准和认证

变频器按照本部分所述的指令要求进行设计。

表 3.1 认证

## 3.1 CE 标志

CE 标志 (Communauté européenne) 表示该产品制造商遵守所有适用的 EU 指令。变频器设计和生产所适用的 3 个 EU 指令分别为低电压指令、 EMC 指令和（针对具有集成安全功能的装置）机械指令。

CE 标志旨在消除 ECU 中 EC 和 EFTA 成员国之间自由贸易的技术壁垒。CE 标志并不监管产品的质量。从 CE 标志中无法获得技术规格信息。

## 3.2 低电压指令

变频器被归类为电子元件，根据 2014/35/EU 低电压指令必须贴有 CE 标志。该指令适用于电压范围为 50 – 1000 V 交流和 75 – 1500 V 直流的所有电气设备。

该指令规定，设备设计必须确保设备在正确安装、维护和按预期方式使用情况下不会危及人员和家畜的安全和健康并保护财产。DanfossCE 标志符合低电压指令，并根据要求提供符合标准声明。

## 3.3 EMC 指令

电磁兼容性 (EMC) 表示设备之间的电磁干扰不会影响它们的性能。EMC 指令 2014/30/EU 的基本保护要求规定，产生电磁干扰 (EMI) 或其运行可能受 EMI 影响的设备在设计时必须限制电磁干扰的产生，并且在正确安装、维护和按预期方式使用情况下应具备适度的抗电磁干扰等级。

变频器可用作独立设备或更复杂安装的组成部分。独立使用或作为系统组成部分的设备必须带有 CE 标志。系统不一定带有 CE 标志，但必须符合 EMC 指令的基本保护要求。

## 3.4 机械指令

变频器被归类为电子元件，受低电压指令管制，但具有集成安全功能的变频器必须遵守机械指令 2006/42/EC。无安全功能的变频器无需遵守机械指令。如果将变频器集成到机械系统， Danfoss 提供了与变频器相关的安全方面信息。

机械指令 2006/42/EC 涵盖由一组互相连接的部件或设备（其中至少一个部件或设备可进行机械运动）组成的机器。该指令规定，设备设计必须确保设备在正确安装、维护和按预期方式使用情况下不会危及人员和家畜的安全和健康并保护财产。

将变频器用于至少有一个活动部件的机器时，机器制造商必须提供声明，说明遵守所有相关法规和安全措施。DanfossCE 标志遵守具有集成安全功能的变频器的机械指令，并按要求提供符合标准声明。

## 3.5 符合 UL

为确保变频器符合 UL 安全要求，请参阅*章 8.3 批准和认证的电气要求*。

## 3.6 通过 RCM 认证

RCM 认证标志表示符合电磁兼容性 (EMC) 的适用技术标准。RCM 认证标志是澳大利亚和新西兰市场中电气和电子设备必须带有的标志。RCM 认证标志的监管规定仅处理传送和干扰辐射。对于变频器，使用 EN/IEC 61800-3 中指明的辐射极限。可根据要求提供合规性声明。

## 3.7 出口管制法规

变频器受地区和/或国家出口管制法规的约束。

ECCN 编号用于对受出口管制法规约束的所有变频器进行分类。

可在变频器随附的文件中找到 ECCN 编号。

如果要进行再出口，则出口商负责确保符合相关出口管制法规。

4

# 4 产品概述

## 4.1 变频器模块数据表

- 380 – 500 V 的额定功率
  - HO： 160 – 250 kW （250 – 350 hp）。
- 525 – 690 V 的额定功率
  - HO： 160 – 315 kW （200 – 450 hp）。
- 重量
  - 125 kg （275 lb）。
- 防护等级
  - IP 00。
  - NEMA 类型 00。

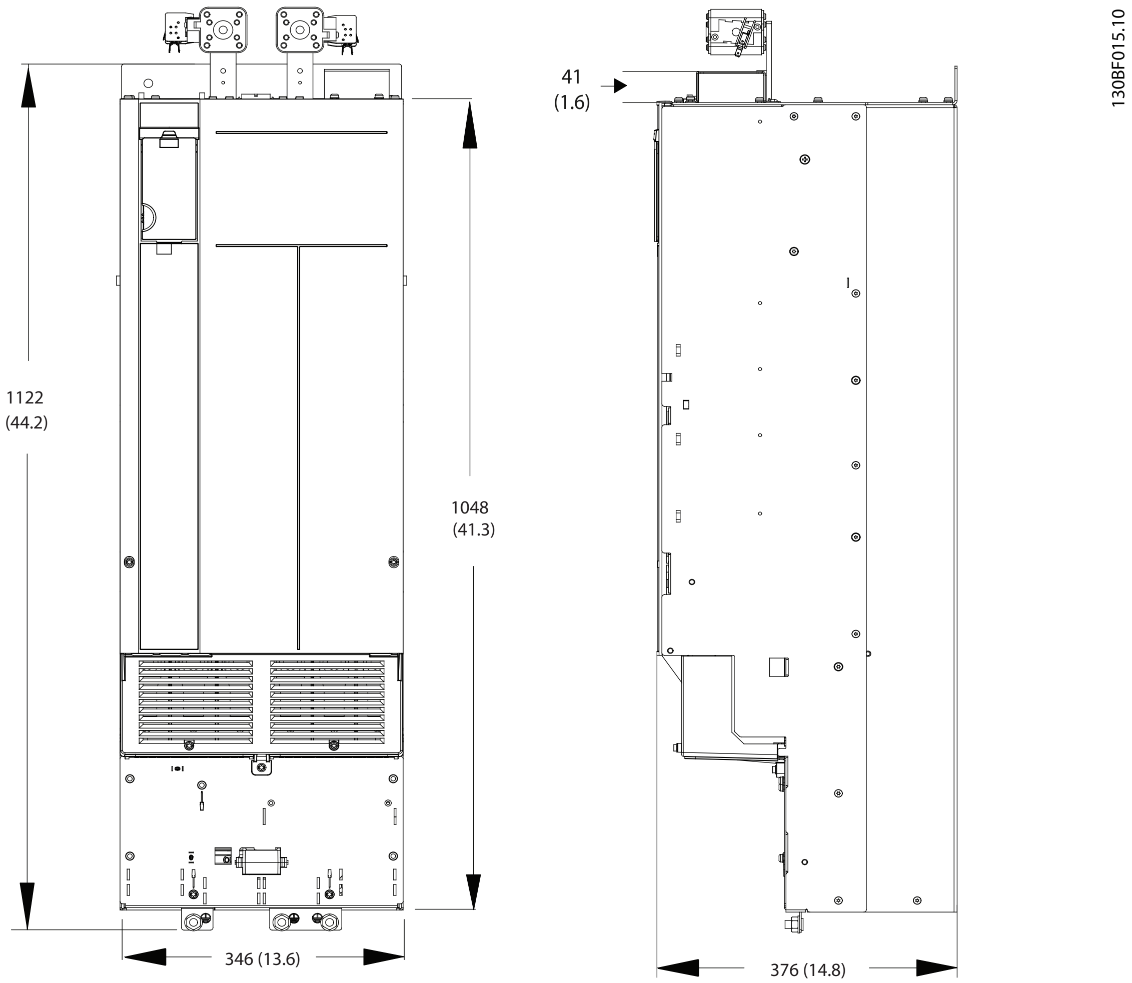



**图 4.1 变频器模块尺寸**

**可用 Danfoss 选件**

- 2 变频器模块系统
- 4 变频器模块系统

## 4.2 2 变频器系统的数据表

- 380 – 500 V 的额定功率
  - HO： 250 – 450 kW (350 – 600 hp)。
  - NO: 315 – 500 kW (450 – 600 hp)。
- 525 – 690 V 的额定功率
  - HO： 250 – 560 kW (300 – 600 hp)。
  - NO: 315 – 630 kW (350 – 650 hp)。
- 重量
  - 450 kg (992 lb)。
- 防护等级
  - IP54（图中所示）。IP 等级根据客户要求确定。
  - NEMA 类型 12（图中所示）。



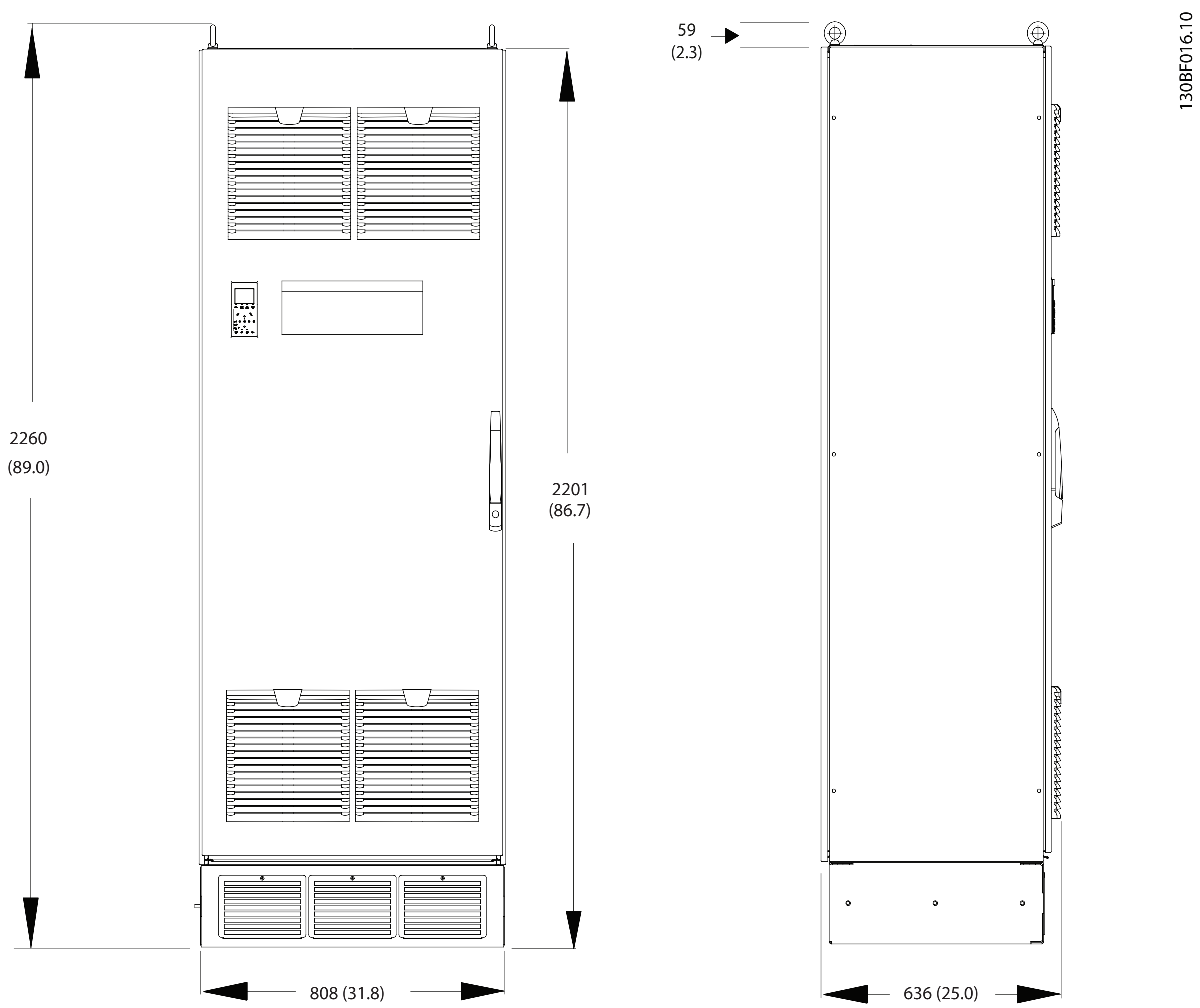



**图 4.2 配备尺寸最小的机柜的 2 变频器系统**

**可用 Danfoss 选件**

- 6 脉冲母线套件
- 12 脉冲母线套件
- 背部进入/背部排出冷却套件
- 背部进入/顶部排出冷却套件
- 底部进入/背部排出冷却套件
- 底部进入/顶部排出冷却套件

4

## 4.3 4 变频器系统的数据表

- 380–500 V 的额定功率
  - HO： 500–800 kW (650–1200 hp)。
  - NO: 560–1000 kW (750–1350 hp)。
- 525–690 V 的额定功率
  - HO： 630–1000 kW (650–1150 hp)。
  - NO: 710–1200 kW (750–1350 hp)。
- 重量
  - 910 kg (2000 lb)。
- 防护等级
  - IP54（图中所示）。IP 等级根据客户要求确定。
  - NEMA 类型 12（图中所示）。

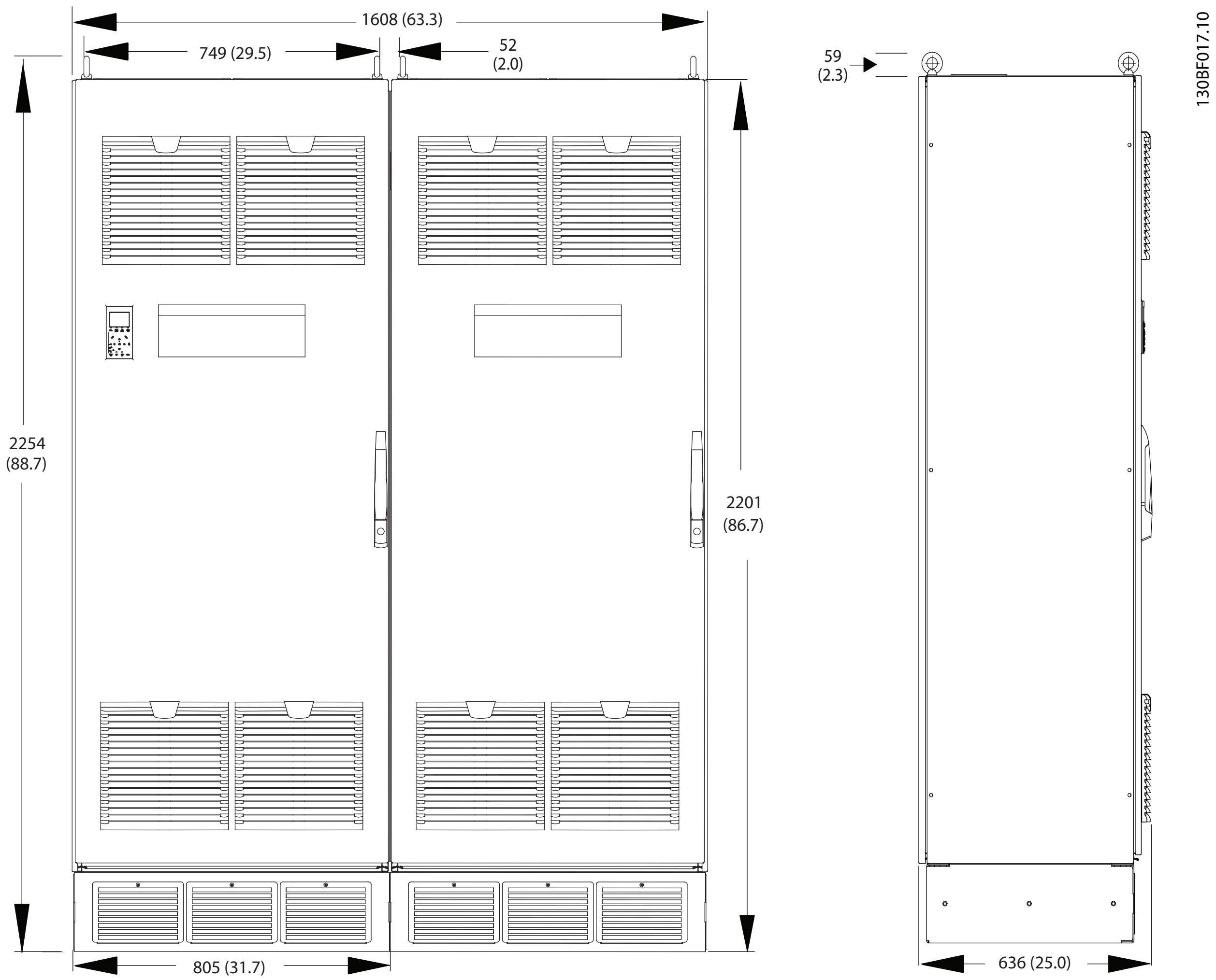


图 4.3 配备尺寸最小的机柜的 4 变频器系统

**可用 Danfoss 选件**

- 6 脉冲母线套件
- 12 脉冲母线套件
- 背部进入/背部排出冷却套件
- 背部进入/顶部排出冷却套件
- 底部进入/背部排出冷却套件
- 底部进入/顶部排出冷却套件

## 4.4 内部组件

该驱动器系统由安装商使用 VLT® Parallel Drive Modules 基本套件和任何所选的选件套件进行设计，以满足指定的电源要求。基本套件包含连接硬件和并行连接的 2 个或 4 个变频器模块。

基础套件包含以下组件：

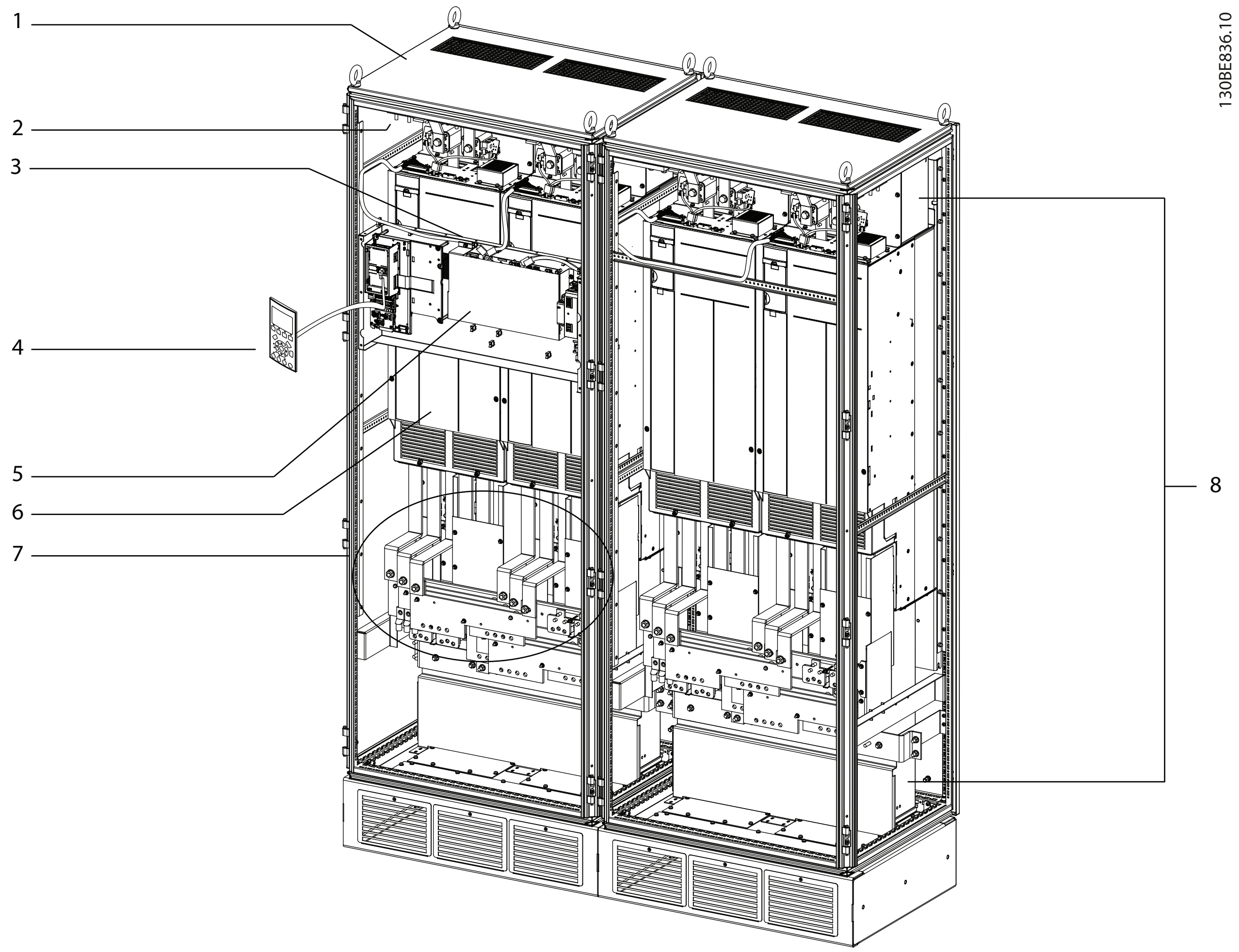
- 变频器模块
- 控制架
- 线束
  - 带有 44 针连接头（位于电缆的两端）的带状电缆。
  - 带有 16 针连接头（位于电缆的两端）的带状电缆。
  - 带有 2 针连接头（位于电缆的一端）的直流熔断器微型开关电缆。
- 直流熔断器
- 微型开关

其他组件，如母线套件和背部风道冷却套件，都是可用来自定义变频器系统的选件。

*图 4.4* 所示为使用 4 个变频器模块的系统。使用 2 个变频器模块的系统与此类似，连接硬件除外。图中的变频器系统展示出冷却套件和母线选件套件。不过，安装人员可使用其他连接方法，包括定制的母线或电缆。

**注意**

**安装人员负责决定变频器系统结构的细节，包括连接。此外，如果安装人员未使用 Danfoss 推荐的设计，则必须另外获得监管批准。**




| 面积 | 标题 | 功能 |
|---|---|---|
| 1 | 机柜（安装商提供） | 用于放置变频器模块和其他变频器系统组件。 |
| 2 | 直流母线（母线套件选件的一部分） | 用于并联变频器模块的直流端子。该套件可从 Danfoss 订购或由板厂制造。 |
| 3 | 线束 | 用于将各种组件连接到控制架。 |
| 4 | LCP | 本地控制模块，图中所示为安装在机柜门上。允许操作人员监视和控制系统及电机。 |
| 5 | 控制架 | 包含一个 MDCIC（多变频器控制接口卡）、一个控制卡、一个 LCP、一个安全继电器和一个 SMPS（开关模式电源）。MDCIC 与 LCP 连接，控制卡与每个变频器模块中的功率卡连接。 |
| 6 | 变频器模块 | 可并行安装 2 个或 4 个变频器模块以形成一个变频器系统。 |
| 7 | 母线套件（可选） | 用于并联变频器模块的电机、主电源和接地端子。该套件可作为可选套件从 Danfoss 订购，也可由板厂制造。 |
| 8 | 底部进入/背部排出冷却套件（可选） | 用于将空气从机箱底部导入，通过变频器模块的背部通道然后从机箱顶部排出。可将机箱内部的热量降低 85%。该套件可作为可选套件从 Danfoss 订购。请参考 *章 4.5.1 背部通道冷却示例*。 |

**图 4.4 无 EMI/EMC 屏蔽层的 4 变频器系统概述**

## 4.5 背部通道冷却示例

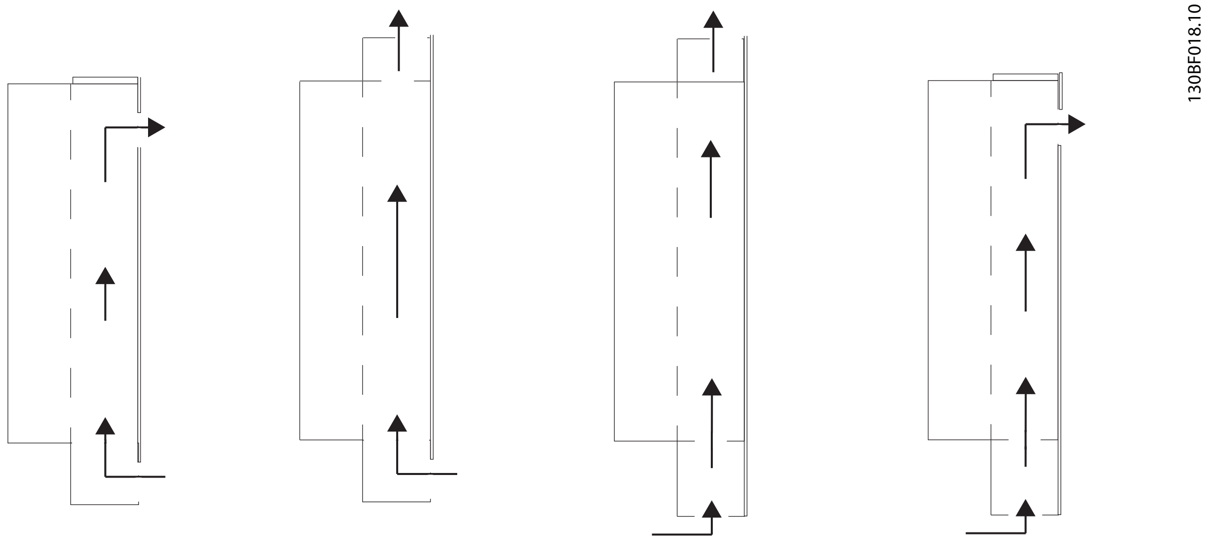



图 4.5 冷却套件气流（从左至右）、背部进入/背部排出、背部进入/顶部排出、底部进入/顶部排出、底部进入/背部排出

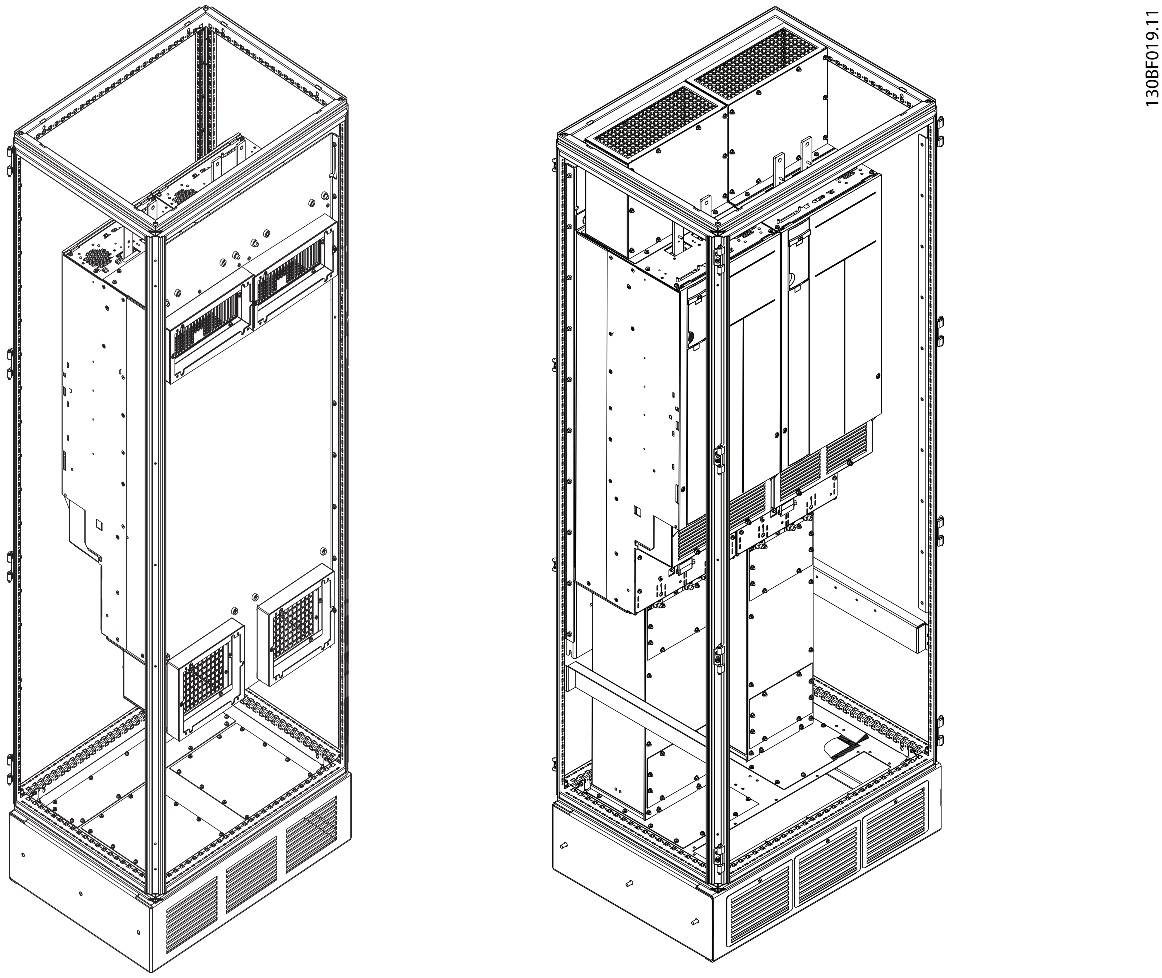



图 4.6 带有背部进入/背部排出冷却套件（左）和底部进入/顶部排出冷却套件（右）的 2 变频器机柜

# 5 产品功能

## 5.1 自动功能

这些自动功能分为 3 类:

- 默认打开，但可通过编程禁用。
- 默认关闭，但可通过编程启用。
- 总是启用。

5

### 5.1.1 自动能量优化

自动能量优化 (AEO) 用于 HVAC 应用。此功能指示变频器持续监测电动机上的负载，并调整输出电压以最大限度提高效率。在轻负载情况下，电压降低，电动机电流减至最小。电动机效率提高、热度下降，运行更安静。由于变频器自动调节电动机电压，因此无需选择 V/Hz 曲线。

### 5.1.2 自动切换频率调制

变频器生成较短的电脉冲，以形成交流波形。载波频率为这些脉冲的速率。低载波频率（较慢脉冲速率）会使电动机发出噪音，因此最好选择较高的载波频率。但是较高的载波频率使变频器变热，从而限制向电动机供应的电流量。使用绝缘栅双极晶体管 (IGBT) 意味着较非常高的速度切换。

自动切换频率调制可自动调节这些状况，从而提供最高的载波频率而不会使变频器过热。通过提供经调节的高载波频率，能够在可听噪音控制至关重要的情况下在慢速时消除电动机运行噪音，并在需要时为电动机提供全输出功率。

### 5.1.3 高载波频率自动降容。

变频器适用于在 *表 5.1* 中所示的最小频率至最大频率范围内的载波频率之间持续全负载运行。如果载波频率高于最大频率，则变频器的输出电流将自动降容。

| 功率<br>kW (hp) | 开关频率<br>Hz | 最小值<br>Hz | 最大值<br>Hz | 出厂设置<br>Hz |
|---|---|---|---|---|
| 250 (350) | 3000 | 2000 | 8000 | 3000 |
| 315 (450) | 2000 | 1500 | 6000 | 2000 |
| 355 (500) | 2000 | 1500 | 6000 | 2000 |
| 400 (550) | 2000 | 1500 | 6000 | 2000 |
| 450 (600) | 2000 | 1500 | 6000 | 2000 |
| 500 (650) | 2000 | 1500 | 6000 | 2000 |
| 560 (750) | 2000 | 1500 | 6000 | 2000 |
| 630 (900) | 2000 | 1500 | 6000 | 2000 |
| 710 (1000) | 2000 | 1500 | 6000 | 2000 |
| 800 (1200) | 2000 | 1500 | 6000 | 2000 |

**表 5.1 380 - 500 V 的载波频率运行范围**

| 功率<br>kW (hp) | 开关频率<br>Hz | 最小值<br>Hz | 最大值<br>Hz | 出厂设置<br>Hz |
|---|---|---|---|---|
| 250 (300) | 3000 | 2000 | 8000 | 3000 |
| 315 (350) | 2000 | 1500 | 6000 | 2000 |
| 355 (400) | 2000 | 1500 | 6000 | 2000 |
| 400 (400) | 2000 | 1500 | 6000 | 2000 |
| 500 (500) | 2000 | 1500 | 6000 | 2000 |
| 560 (600) | 2000 | 1500 | 6000 | 2000 |
| 630 (650) | 2000 | 1500 | 6000 | 2000 |
| 710 (750) | 2000 | 1500 | 6000 | 2000 |
| 800 (950) | 2000 | 1500 | 6000 | 2000 |
| 900 (1050) | 2000 | 1500 | 6000 | 2000 |
| 1000 (1150) | 2000 | 1500 | 6000 | 2000 |

**表 5.2 525 - 690 V 的载波频率运行范围**

### 5.1.4 温度过高自动降容

温度过高自动降容操作可防止变频器在高温时出现跳闸现象。内部温度传感器测量条件可防止功率组件出现过热现象。变频器可自动降低其载波频率以将其工作温度维持在安全极限范围内。降低载波频率后，变频器最多还可降低 30% 的输出频率和电流，避免出现过温跳闸现象。

### 5.1.5 自动加减速

相对可用电流而言，如果电动机尝试过快加速负载，则会导致变频器跳闸。同样适用于过快减速。自动加减速通过增大电动机加减速率（加速或减速）来匹配可用电流，来防止出现这些情况。

### 5.1.6 电流极限控制

当负载超出变频器正常运行的电流容量时（由于变频器或电动机过小），电流极限将降低输出频率，以降低电动机速度和负载。可调计时器可限制将此种情况的运行时间限制为 60 s 或以下。出厂默认极限为电动机额定电流的 110%，以便最大限度降低过流压力。

### 5.1.7 短路保护

变频器提供带有快速故障跳闸电路的内置短路保护装置。对 3 个输出相的每个相测量电流。5 – 10 毫秒后，如果电流超过允许值，则逆变器中的所有晶体管都将关闭。此电路提供最快电流检测速度以及防止误跳闸的最高保护等级。两个输出相位之间产生短路可导致过流跳闸。

### 5.1.8 接地故障保护

从电流传感器收到反馈后，控制电路将把每个变频器模块中的 3 相电流值相加。如果所有 3 个输出相电流之和不为 0，则表明存在泄漏电流。如果与 0 的偏差超过预定数值，变频器将发出接地故障警报。

### 5.1.9 功率波动性能

变频器可承受的主电源波动，例如：

- 瞬态。
- 瞬间压降。
- 短时间压降。
- 电涌。

变频器可自动补偿±10%的额定输入电压，从而提供全额定电动机电压和转矩。一旦选择了自动重启，变频器在电压跳闸后将自动启动。变频器可通过飞车启动功能在启动前与电动机转动同步。

### 5.1.10 电动机软启动

变频器向电动机提供适当电流，以克服负载惯量，并将电动机加速至所需速度。如此可避免向静止或低速运行的电动机提供全主电源电压，防止生成高电流和高温。此自带软启动功能可降低热负荷和机械压力，增加电动机寿命，并让系统更加安静的运行。

### 5.1.11 共振衰减

可通过共振衰减消除高频率电动机共振噪音。可进行自动或手动选择频率衰减。

### 5.1.12 温控风扇

内部冷却风扇由变频器的传感器进行温度控制。冷却风扇在低负载运行过程中或处于睡眠模式或待机模式时通常不运行。这可降低噪音、提高效率并延长风扇的使用寿命。

### 5.1.13 符合 EMC 标准

电磁干扰 (EMI) 或射频干扰 (RFI) 是因电磁感应或外部源辐射而影响电路的干扰。变频器的设计符合 IEC 61800-3 的 EMC 产品标准。有关 EMC 性能的详细信息，请参阅 *章 9.2 EMC 测试结果*。

## 5.2 可编程功能

以下功能是变频器中设置的用于增强系统性能的最常用功能。这些功能只需进行最小的编程或设置。了解这些功能的存在可优化系统设计并可以避免安装多余的部件或功能。有关激活这些功能的说明，请参阅产品特定的*《编程指南》*。

### 5.2.1 电动机自适应

电动机自动整定 (AMA) 为用于测量电动机电气特性的自动测试程序。AMA 提供电动机的准确电子型号。它使变频器能够利用电动机计算出最佳性能和效率。运行 AMA 程序还可以最大限度发挥变频器的自动能量优化功能。无需转动电动机和使负载与电动机解耦即可执行 AMA 程序。

### 5.2.2 电机热保护

电动机热保护有 2 种方式。

一种方法是使用电动机热敏电阻。变频器随速度和负载变化监视电动机温度以检测过热状态。

另一种方法是通过测量电流、频率和运行时间计算电动机的温度。变频器以百分比形式显示电动机上的热负载，并可以在可编程的过载设置点发出警告。过载时可编程选件使变频器能够停止电动机、减少输入或忽略状况。即使在低速，变频器也可以达到 $I^2t$ Class 20 电子电动机过载标准。

### 5.2.3 内置 PID 控制器

内置比例-积分-微分 (PID) 控制器可用，无需使用辅助控制设备， PID 控制器维持闭环系统的稳定控制，且必须在其中保持调节压力、流量、温度或其它系统要求。变频器可以响应远程传感器的反馈信号，提供自主控制的电机速度。

变频器可以接受来自 2 个不同设备的 2 个反馈信号。此功能允许根据不同的反馈要求调节系统。变频器通过对两个信号进行比较来做出旨在优化系统性能的控制决定。

### 5.2.4 自动重启

变频器可以通过编程在非关键跳闸（比如瞬时停电或波动）后自动重新启动电动机。此功能消除了手动复位，并增强了远程控制系统的自动化操作。可以限制重新启动尝试次数以及尝试间隔时间。

### 5.2.5 飞车启动

飞车启动允许变频器在任何一个方向与全速旋转的工作电动机同步。此功能可防止因过电流消耗而跳闸。它最大限度地减少了系统的机械应力，因为在变频器启动时电动机的速度没有骤变。

### 5.2.6 睡眠模式

当需求在指定时间内较低时，睡眠模式会自动停止电机。当系统需求增加后，变频器会重新启动电动机。睡眠模式可节约能源以及降低电动机磨损。与延时时钟不同，变频器在达到预设的唤醒需求水平时始终可以运行。

### 5.2.7 允许运行

变频器可在启动前，等待远程系统就绪信号。当激活此功能时，变频器将保持停止，直到收到启动许可。允许运行可确保允许变频器启动电动机前，系统或辅助设备处于正确状态。

### 5.2.8 降低速度时的满转矩

变频器遵循一个变化 V/ Hz 曲线，即使在降低速度时也可以提供电机满转矩。满输出扭矩可以与电动机的最大设计工作速度相一致。此可变转矩曲线不同于以低速提供降低的电动机转矩的变矩器，也不同于在低于全速时产生过量电压、热量和电动机噪音的恒转矩变矩器。

### 5.2.9 频率旁路

在一些应用中，系统的运行速度可能会造成机械谐振。此机械谐振会产生过量噪音，并可能损坏系统的机械部件。变频器有 4 个可编程旁路频率带宽。电动机可以利用这些带宽跳过产生系统谐振的速度。

### 5.2.10 电动机预热

为了在寒冷或潮湿环境中预热电动机，可以不间断地为电动机注入少量直流电流，以避免其出现冷凝和冷启动效应。使用此功能，不必再使用空间加热器。

### 5.2.11 4 种可编程菜单

变频器有 4 个菜单，可单独对它们进行编程。通过使用“多重菜单”，可以在通过数字输入或串行命令激活的独立编程功能之间切换。独立菜单有多种用途，比如更改参考值、用于昼/夜或夏/冬运行，或控制多台电动机。LCP 上显示出激活的菜单。

通过下载可拆卸 LCP 的信息，可以在变频器之间复制菜单数据。

### 5.2.12 直流制动

某些应用可能需要制动电动机以降速或停止。制动电动机时使用直流电流，无需再单独执行电动机制动。可将直流制动设置为在预定频率或在收到信号后激活。还可编程制动速率。

### 5.2.13 高起步转矩

对于高惯量负载或高摩擦负载，可另外增加转矩以启动。可通过设置允许在有限时间段内使用起步电流的 110% 或最大电流的 160%。

### 5.2.14 旁路

自动或手动旁路是一个可用选项。使用旁路，电动机可在变频器未运行时全速运行并可进行常规维护或紧急旁路。

### 5.2.15 功率损耗保持运行

在功率损耗期间，变频器继续转动电机，直到直流回路电压降至最小工作水平以下，即比最低额定变频器电压低 15%。变频器额定工作电压为 380 – 460 V、550 – 600 V，有些为 690 V。功率损耗保持运行时间取决于负载下的变频器和以及出现功率损耗时的主电源电压。

### 5.2.16 过载

当需要转矩来维持或加快到超过电流限值的指定频率时，变频器将试图继续运行。变频器将自动降低加速度或降低输出频率。如果过电流要求的降低程度不够，则变频器将关机并在 1.5 秒内显示出故障。电流限制水平是可设置的。过电流跳闸延迟用于指定变频器在关机前在电流限值内运行的时间。限制水平可设置为 0 – 60 秒，或者，对于无限运行，受变频器和电机热保护的制约。

## 5.3 Safe Torque Off (STO)

VLT® AutomationDrive FC 302 的标配是通过控制端子 37 提供 Safe Torque Off 功能。VLT® HVAC DriveFC 102 和 VLT® AQUA Drive FC 202 也具有 STO 功能。

STO 可以停止变频器输出级的功率半导体的控制电压，从而阻止生成使电机旋转所要求的电压。当安全转矩停止 (T37) 被激活后，变频器将发出报警、发生跳闸并使电动机惯性停车至停止。此后需要用手动方式重新启动。在急停情况下，可以使用安全力矩停止功能将变频器停止。在正常工作模式下，当无需安全转矩停止功能时，请使用常规停止功能。采用自动重新启动时，必须符合 ISO 12100-2 第 5.3.2.5 款的要求。

VLT® AutomationDriveFC 302 安全力矩扭矩停止功能可用于异步、同步和永磁式电动机。功率半导体内可能会出现 2 个故障。如果在使用同步或永磁电机时功率半导体内出现 2 个故障，则会导致电机出现残余旋转。旋转度可以按下述方式计算：角度 =360/(极数)。在使用同步或永磁电机的应用中，必须考虑这一问题，并确保此方案对安全的影响不大。异步电机不存在此问题。

### 5.3.1 责任条件

用户有责任通过以下方式确保人员了解如何安装和操作安全力矩停止功能：

- 阅读并理解与健康、安全和事故预防有关的安全规定。
- 理解本说明中的一般性和安全规范以及 *VLT® 变频器 – Safe Torque Off 操作指南* 中的补充说明。
- 熟悉与特定应用有关的一般标准和安全标准。

用户是指集成人员、操作人员、服务人员、维护人员。

### 5.3.2 其他信息

有关 Safe Torque Off 的更多信息，包括安装和调试，请参考 *VLT® 变频器 – Safe Torque Off 操作指南*。

### 5.3.3 随 VLT® PTC 热敏电阻卡 MCB 112 一起安装外部安全设备

热敏电阻模块 MCB 112 通过了 Ex 认证，它使用端子 37 作为其与安全有关的断开机制。如果已连接，则必须通过 MCB 112 的输出 X44/12 与相关安全传感器（紧急停止按钮或安全防护开关）之间的“与”运算结果来激活 Safe Torque Off。Safe Torque Off 端子 37 的输出仅在来自 MCB 112 输出 X44/12 和来自安全传感器的信号都为高时才为高 (24 V)。如果这两个信号中至少有一个为低，则端子 37 的输出也将为低。带有这个“与”逻辑的安全设备自身必须符合 IEC 61508 的 SIL 2 等级。从带有安全“与”逻辑的安全设备的输出到安全力矩停止端子 37 之间的连接必须带有短路保护。*图 5.1* 显示出外部安全设备的重启输入。例如，在该系统中，将 *参数 5-19 端子 37 安全停止* 设置为 *[7] PTC 1 和继电器 W* 或 *[8] PTC 1 和继电器 A/W*。有关详细信息，请参阅 *VLT® PTC 热敏电阻卡 MCB 112 操作手册*。

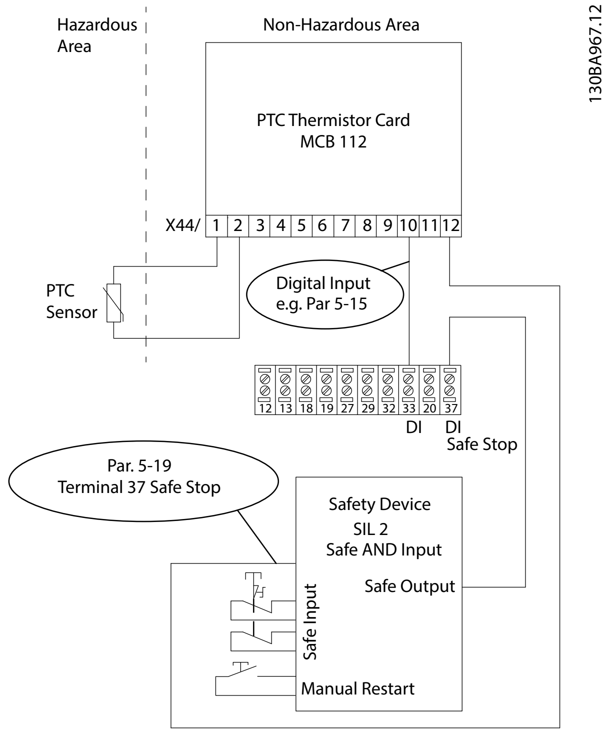



**图 5.1 安全力矩停止应用和 MCB 112 应用组合的安装要点示意图**

**随 MCB 112 一起使用外部安全设备时的参数设置**

如果连接了 MCB 112，则可对 *参数 5-19 端子 37 安全停止*（端子 37 Safe Torque Off）使用选项 *[4]* 至 *[9]*。

*参数 5-19 端子 37 安全停止*选项 *[1]* 安全停车报警* 和 *[3] 安全停车警告*仍可用，但适用于不带 MCB 112 或没有任何外部安全设备的系统。如果在*参数 5-19 端子 37 安全停止* 中错误选择了 *[1]* 安全停车报警* 或 *[3] 安全停车警告*，则一旦 MCB 112 被触发，变频器便会做出下述反应：发出*报警 72，危险故障* 并使电机安全地惯性停车而不会自动重启。

仅当 MCB 112 使用 Safe Torque Off 功能时，才可选择 *参数 5-19 端子 37 安全停止* 中的选项 *[4] PTC 1 报警* 和 *[5] PTC 1 警告*。如果错误选择了 *参数 5-19 端子 37 安全停止* 的选项 *[4]* 或 *[5]* 且外部安全设备触发了 Safe Torque Off，变频器将会做出下述反应：发出*报警 72，危险故障* 并使变频器安全地惯性停车而不会自动重启。

组合使用外部安全设备和 MCB 112 时，必须选择 *参数 5-19 端子 37 安全停止* 的选项 *[6]* 至 *[9]*。

**注意**

***[7] PTC 1 和继电器 W* 和 *[8] PTC 1 和继电器 A/W*（位于 *参数 5-19 端子 37 安全停止* 中）被启用以自动重启（当外部安全设备再次被禁用时）。**

自动重启仅在下述情况中才被允许：

- “防止意外重启”功能由安全转矩关断系统的其它部件来实现。
- 未激活安全转矩关断功能时，可以排除亲临危险区域的需要。尤其是，必须遵守 ISO 12100-2 2003 的第 5.3.2.5 条。

5

有关 MCB 112 的详细信息，请参阅 *章 7.3.11 VLT® PTC 热敏电阻卡 MCB 112* 和 *VLT® PTC 热敏电阻卡 MCB 112 操作指南*。

## 5.4 系统监测

变频器可以监测系统运行的许多方面，包括：

- 主电源条件。
- 电机负载和性能。
- 变频器状态。

报警或警告并不一定意味着变频器自身存在问题。这可能是监测变频器外部，了解性能极限的条件。变频器具有各种预编程故障、警告和报警响应。可选择其他报警和警告功能以增强或修改系统性能。

此部分介绍常见报警和警告功能。了解这些功能的存在可优化系统设计并可以避免安装多余的部件或功能。

### 5.4.1 高温运行

默认情况下，变频器将发出报警并在过热时跳闸。如果选择*自动降容* 和*警告*，则变频器将发出情况警告，但仍保持运行状态，并首先通过降低其载波频率来试图冷却自身。然后，在必要情况下，可降低输出频率。

### 5.4.2 参考值过高和过低警告

在开环模式中，参考值信号直接控制变频器的速度。当达到编程的最大值或最小值时，显示屏会显示闪烁参考值过高或过低警告。

### 5.4.3 反馈过高和过低警告

在闭环操作中，通过变频器监测选定的高反馈值和低反馈值。适当的情况下，显示屏会显示闪烁高或闪烁低警告。变频器还可监测开环模式运行的反馈信号。尽管信号不会影响变频器在开环模式下的操作，但其有助于通过本地或串行通信来指示系统状态。变频器可处理 39 种不同测量单位。

### 5.4.4 电源电压不平衡或缺相

直流母线脉动电流过大表示电源电压不平衡或缺相。当变频器缺少电源相位时，默认操作是发出报警，并让变频器发生跳闸，以保护直流总线电容器。其他选项为发出警告，并将输出电流降低至 30% 的全电流，或发出警告，并继续正常操作。运行连接至不平衡线路的变频器时，直到纠正不平衡情况后，才能达到满意状态。

### 5.4.5 频率过高警告

切入诸如泵或冷却风扇等额外设备时有用，变频器可在电动机速度较高时发出警告。可在变频器中输入特定高频设置。如果设备输出频率超出设置的警告频率，设备将显示频率过高警告。变频器发出的数字输出可向外部设备发送切入信号。

### 5.4.6 频率过低警告

关闭设备时，变频器会在电动机速度较低时变热。可发出警告的选择特定低频设置，并关闭外部设备。在达到工作频率前，变频器不会在停止时或启动时发出频率过低警告。

### 5.4.7 电流过高警告

此功能类似于频率过高警告（请参阅*章 5.4.5 频率过高警告*），用于发出警告和切入外部设备的高电流设置除外。在达到设置的工作电流前，在停止或启动时不会激活此功能。

### 5.4.8 电流过低警告

此功能类似于频率过低警告（请参阅*章 5.4.6 频率过低警告*），用于发出警告和关闭外部设备的低电流设置除外。在达到设置的工作电流前，在停止或启动时不会激活此功能。

### 5.4.9 无负载/皮带断裂警告

此功能可用于监测 V 形带。在变频器中存储低电流极限后，如果检测到缺失负载，可将变频器设置为发出报警并跳闸或继续运行并发出警告。

### 5.4.10 缺失串行接口

变频器可检测到串行接口缺失。最多可选择 18000 s 的延时时间，避免因串行通讯总线中断而做出响应。超出延迟时，可使用选项来：

- 维持最后速度。
- 转至最大速度。
- 转至预置速度。
- 停止并发出警告。

# 6 规格

## 6.1 变频器模块尺寸

### 6.1.1 外部尺寸

*图 6.1* 显示的变频器模块的尺寸与其安装有关。

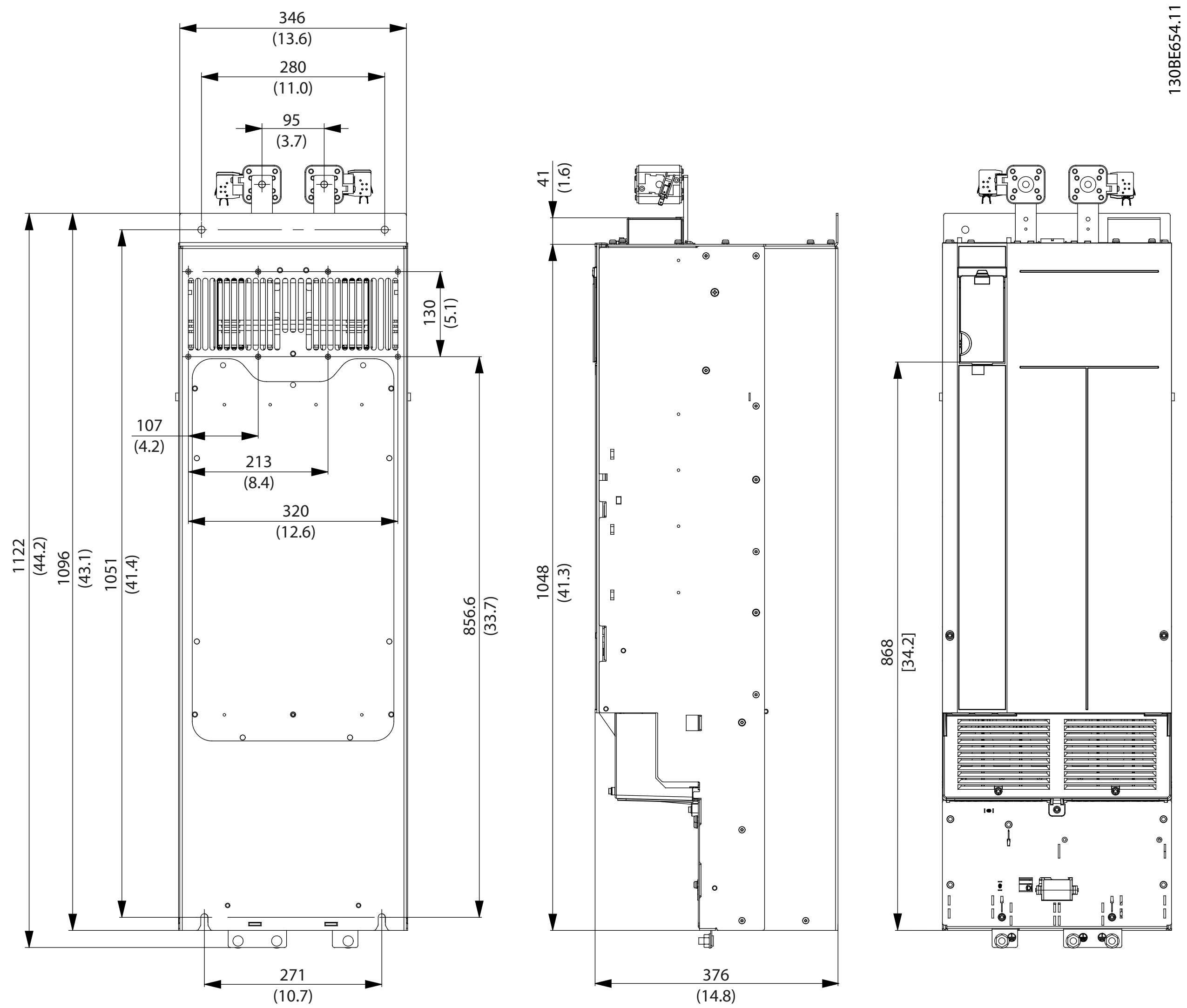



**图 6.1 VLT® Parallel Drive Modules 安装尺寸**

| 说明 | 变频器重量 [kg (lb)] | 长 x 宽 x 深 [mm (in)] |
|---|---|---|
| 变频器模块 | 125 (275) | 1121.7 x 346.2 x 375 (44.2 x 13.6 x 14.8) |

**表 6.1 变频器重量和尺寸**

### 6.1.2 端子尺寸

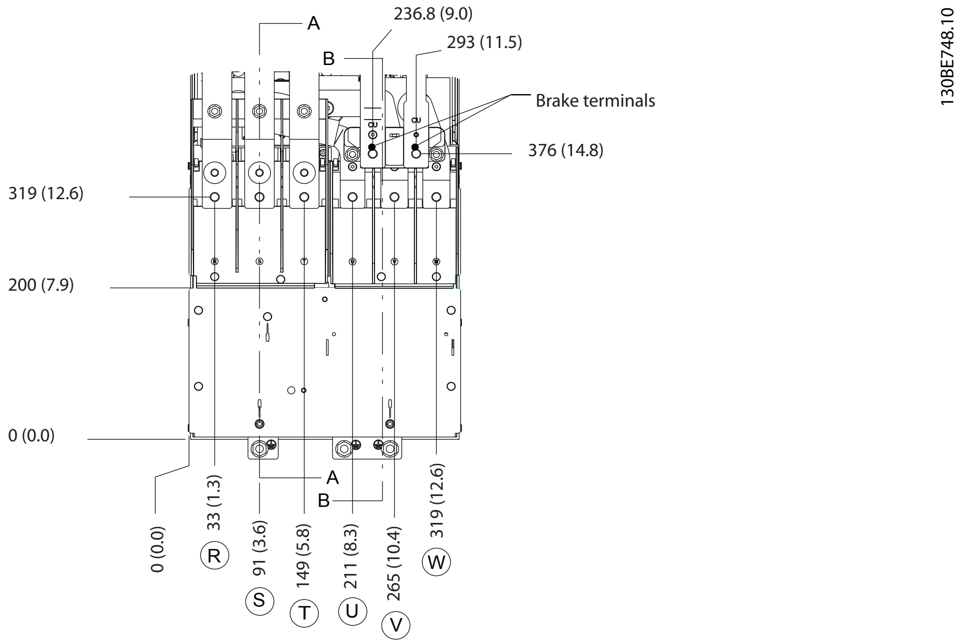



图 6.2 变频器模块端子尺寸（正视图）

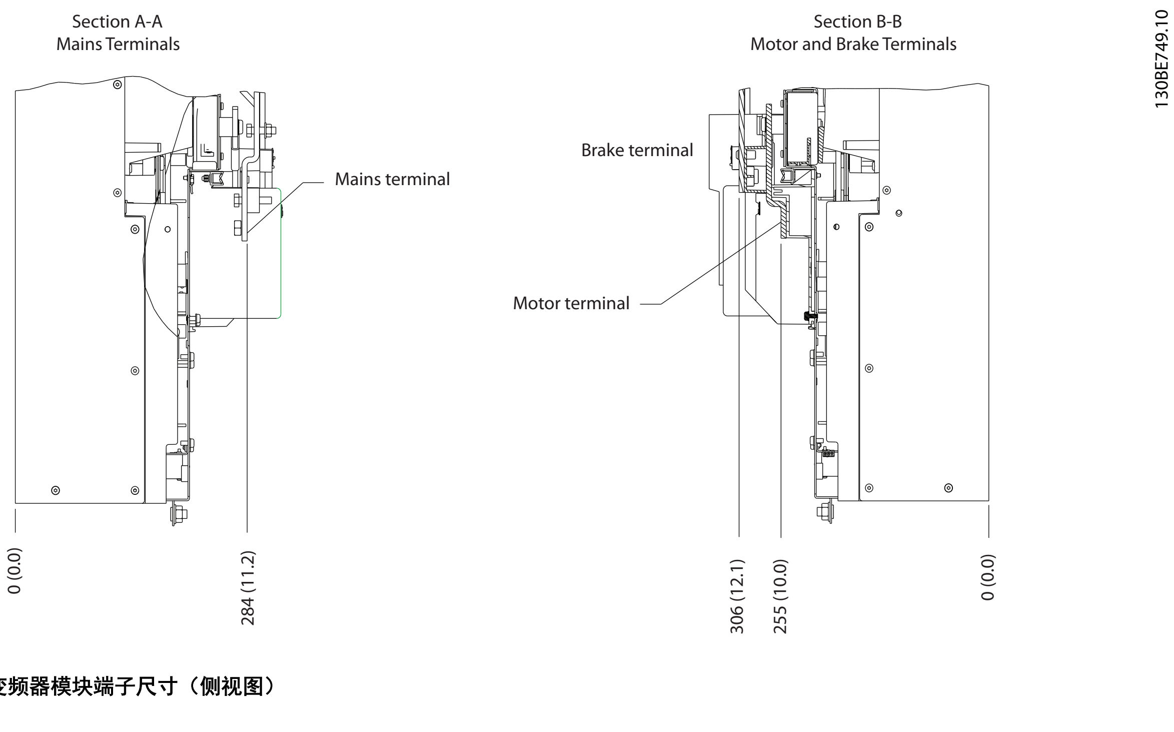



图 6.3 变频器模块端子尺寸（侧视图）

### 6.1.3 直流母线尺寸

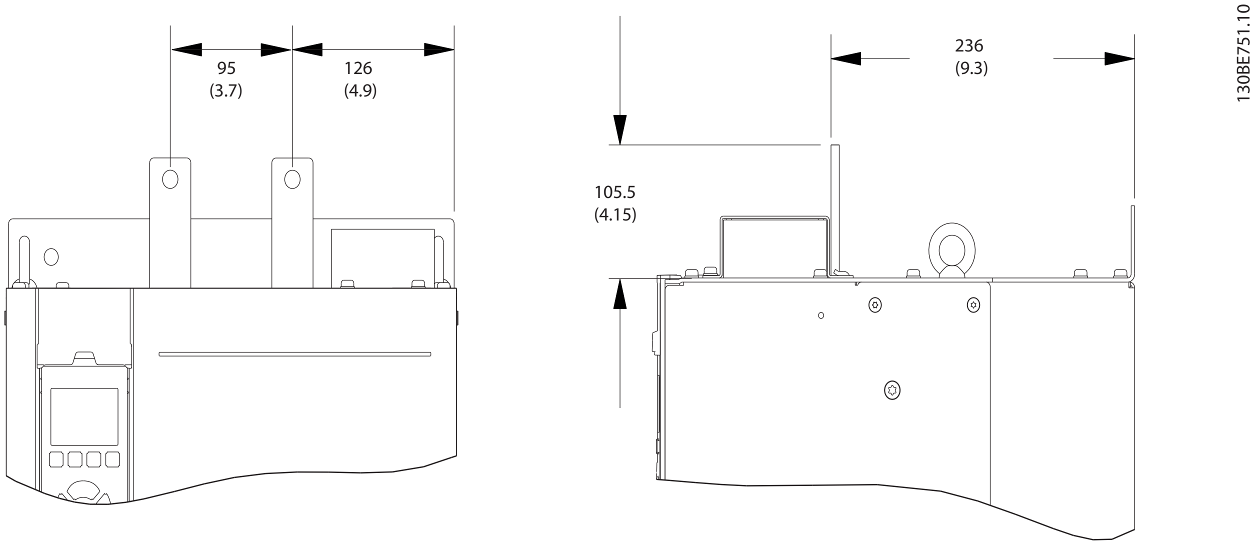



图 6.4 直流母线尺寸（正视图和侧视图）

## 6.2 控制架尺寸

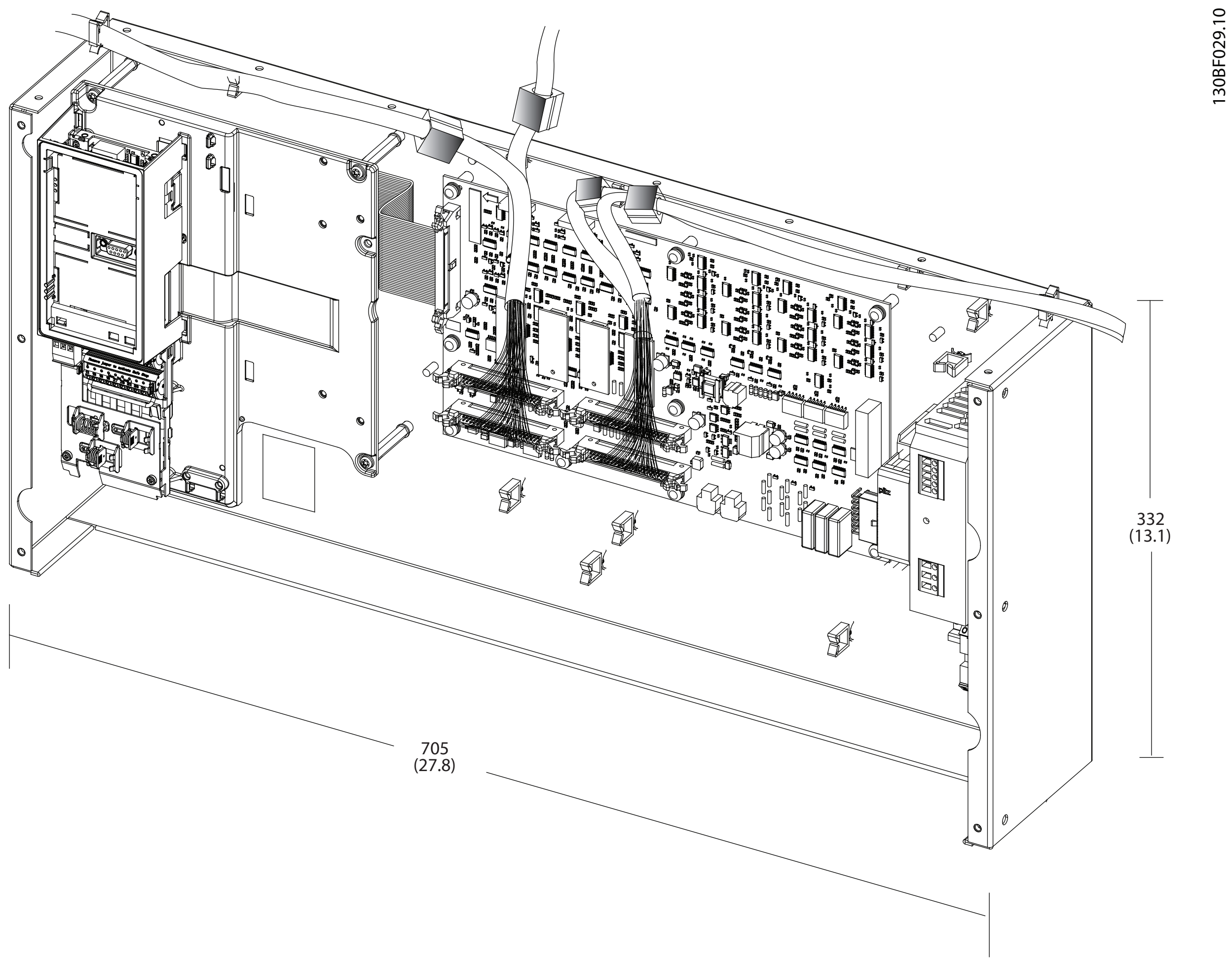



图 6.5 控制架尺寸

## 6.3 2 变频器系统尺寸

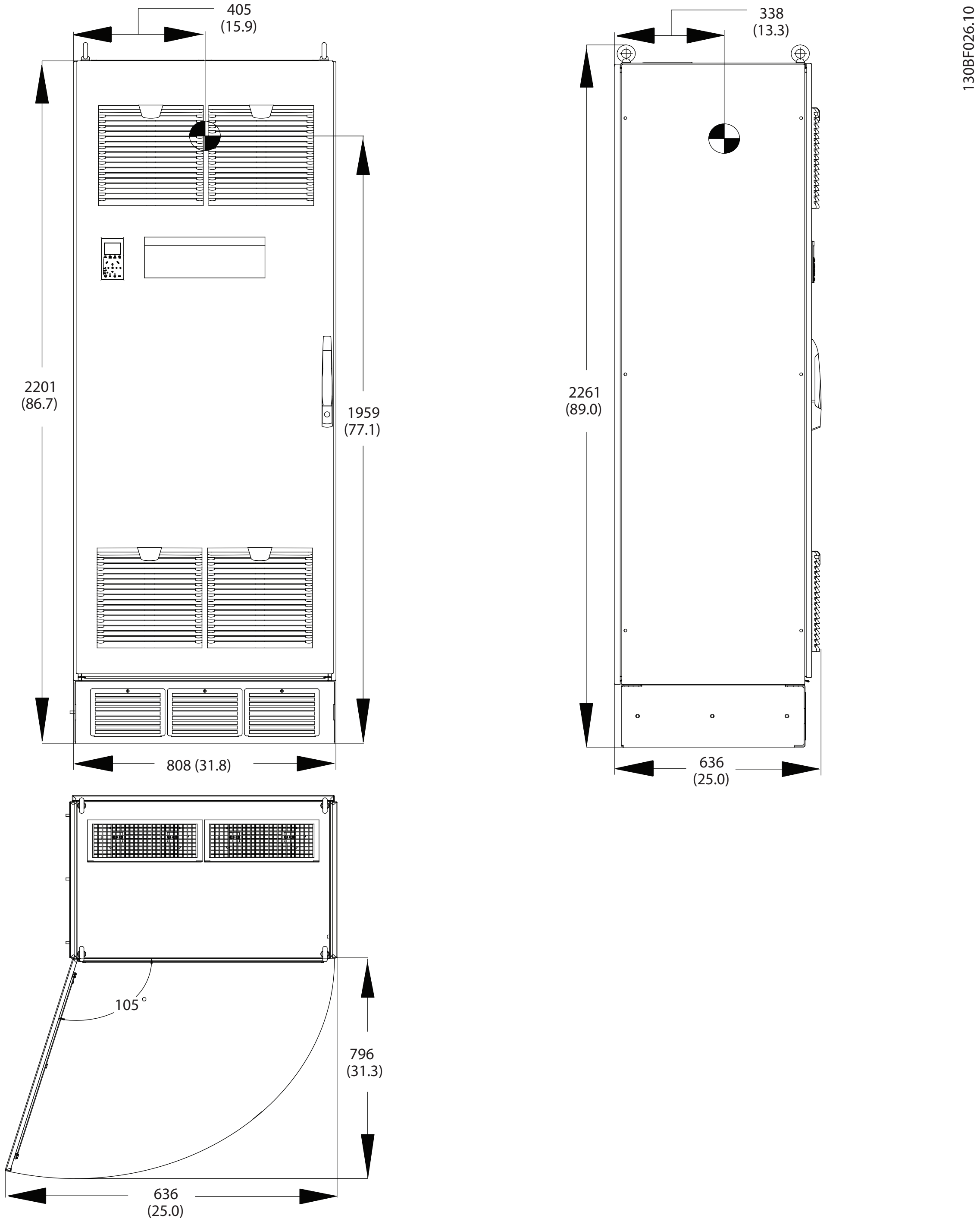
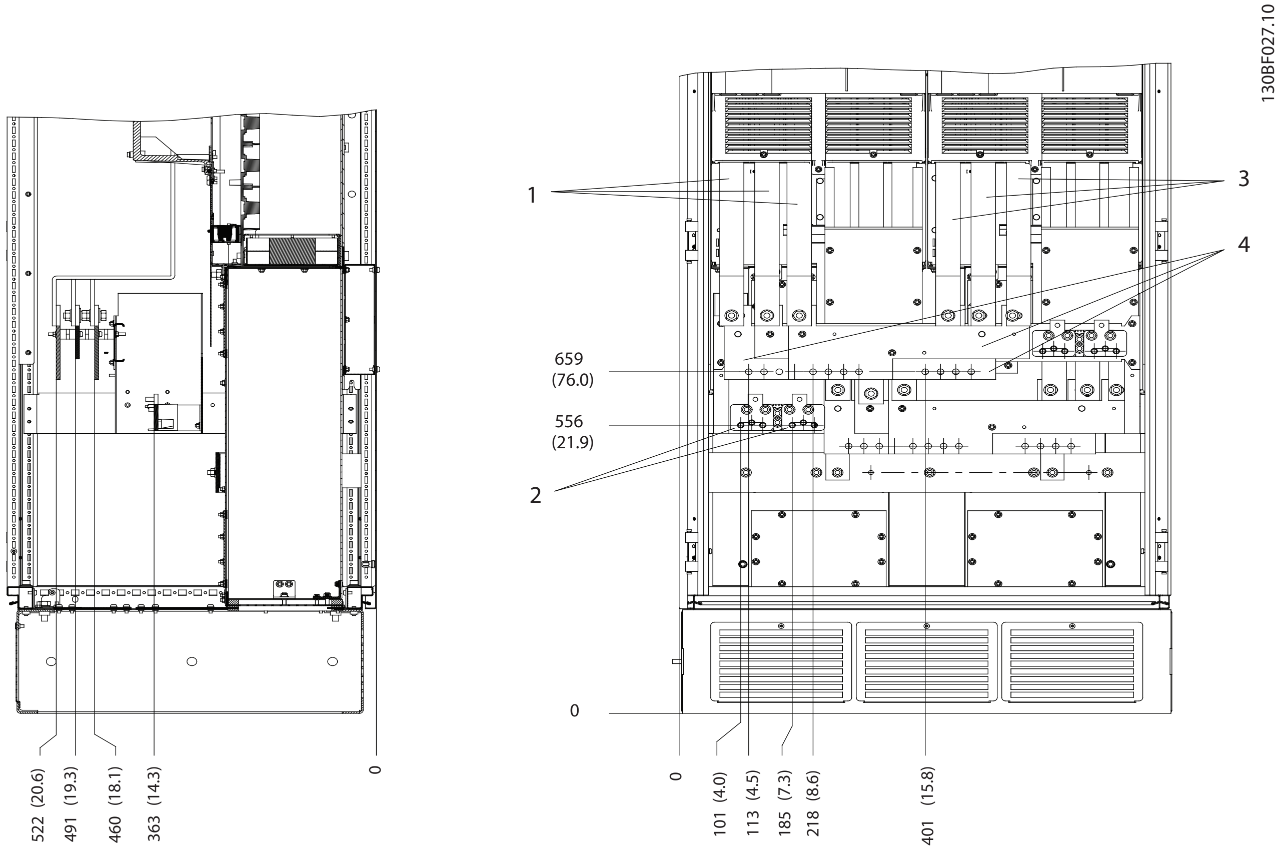
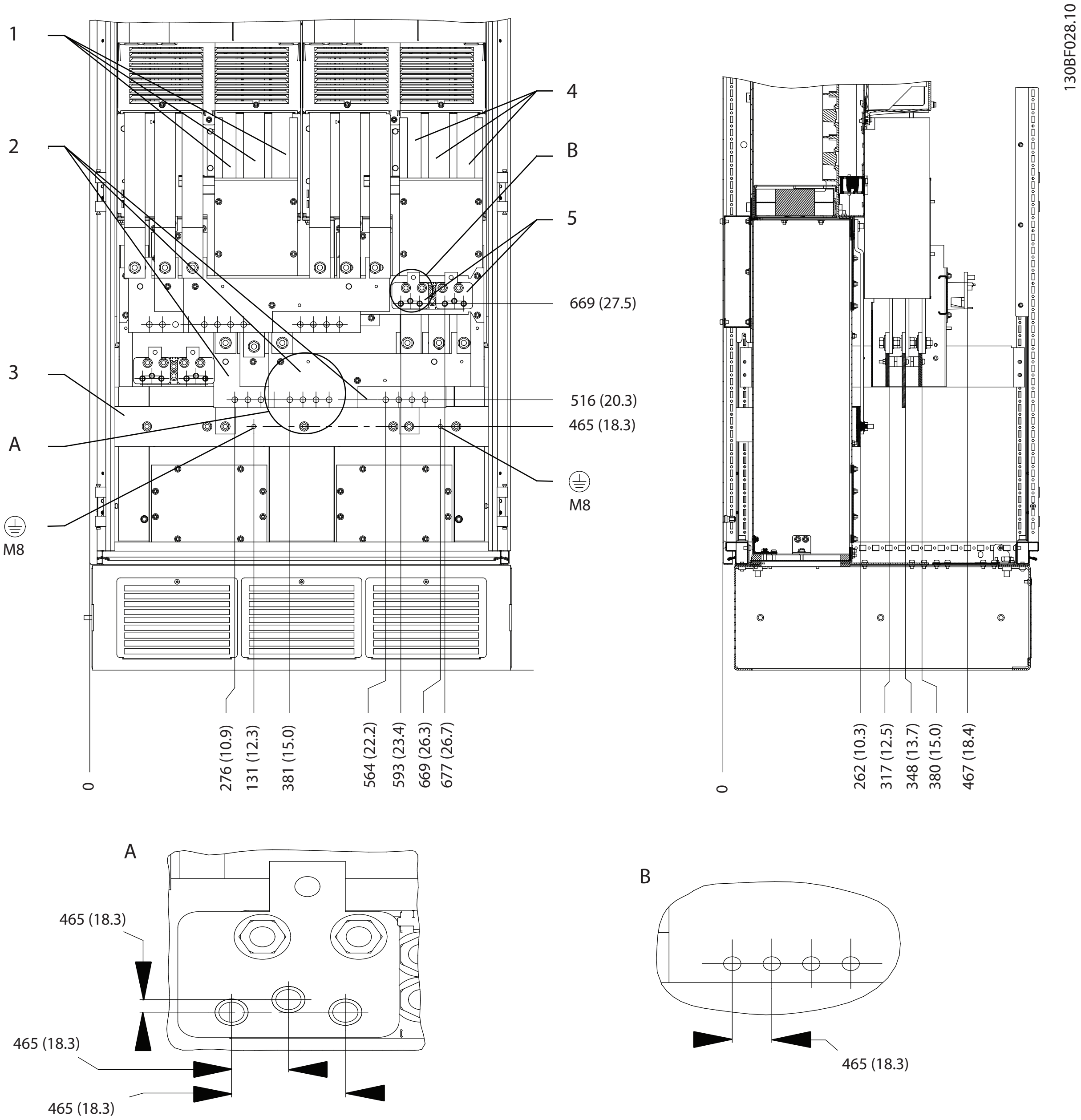



图 6.6 2 变频器系统外部尺寸（正视图、侧视图和门打开视图）




| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 主电源跳线母线（模块 1） | 3 | 主电源跳线母线（模块 2） |
| 2 | 制动端子 | 4 | 主电源端子 |

**图 6.7 2 变频器系统主电源端子（侧视图和正视图）**




| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 电机跳线母线（模块 1） | 4 | 电机跳线母线（模块 2） |
| 2 | 电机端子 | 5 | 制动端子 |
| 3 | 接地端子 | - | - |

**图 6.8 2 变频器系统电机和接地端子（正视图和侧视图）**

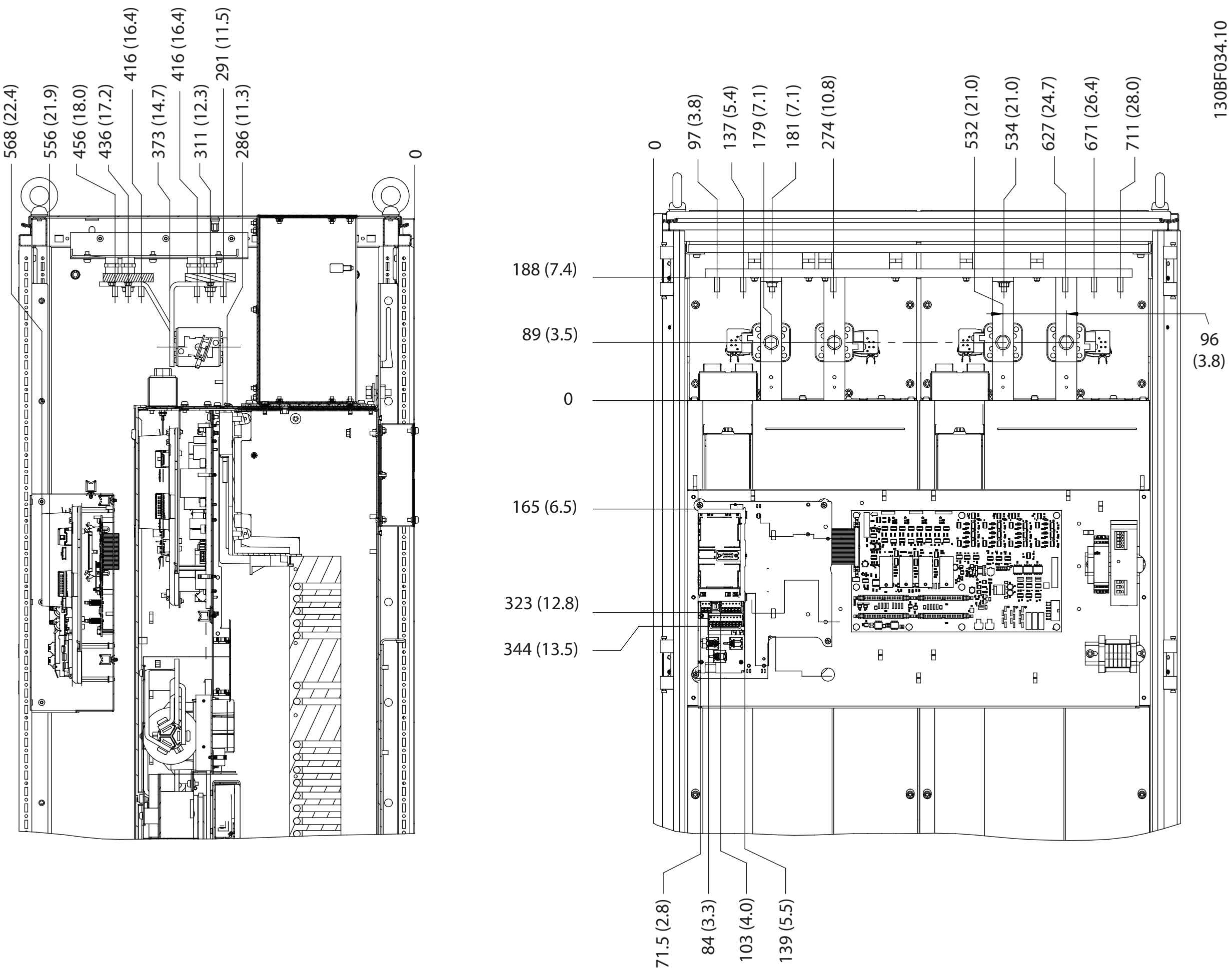



图 6.9 2 变频器系统直流母线和继电器（侧视图和正视图）

## 6.4 4 变频器系统尺寸

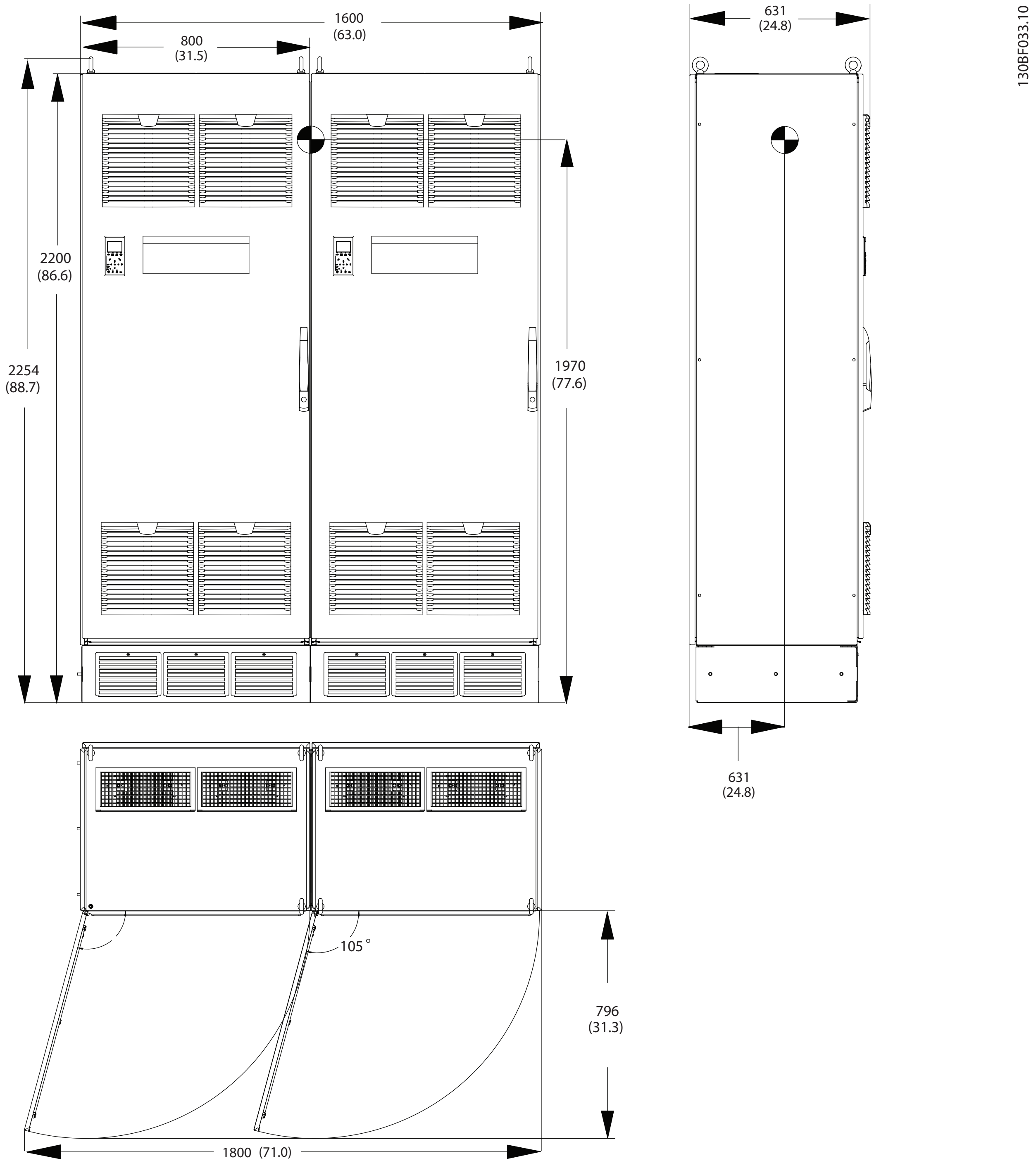



图 6.10 4 变频器系统外部尺寸（正视图、侧视图和门打开视图）

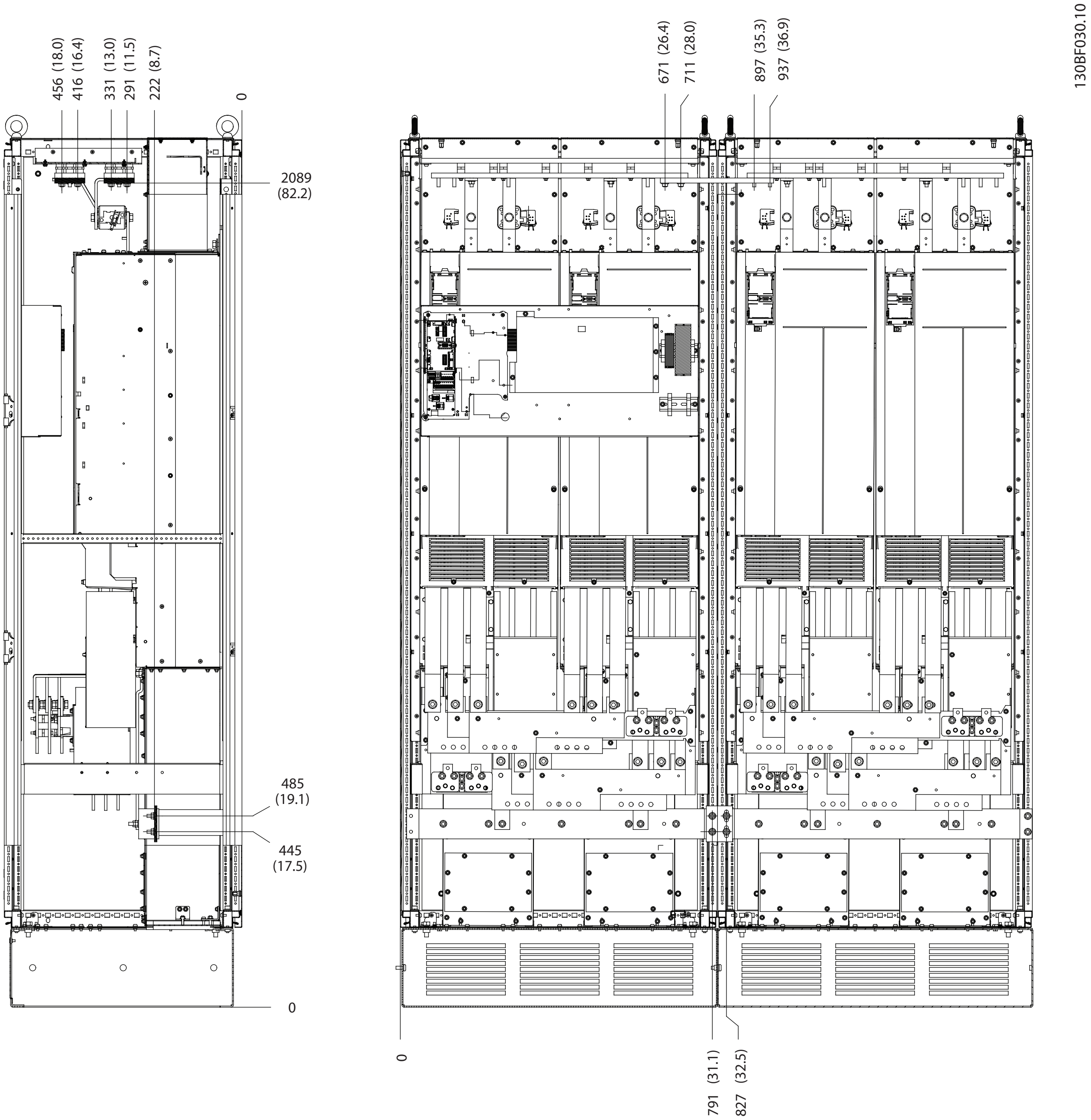
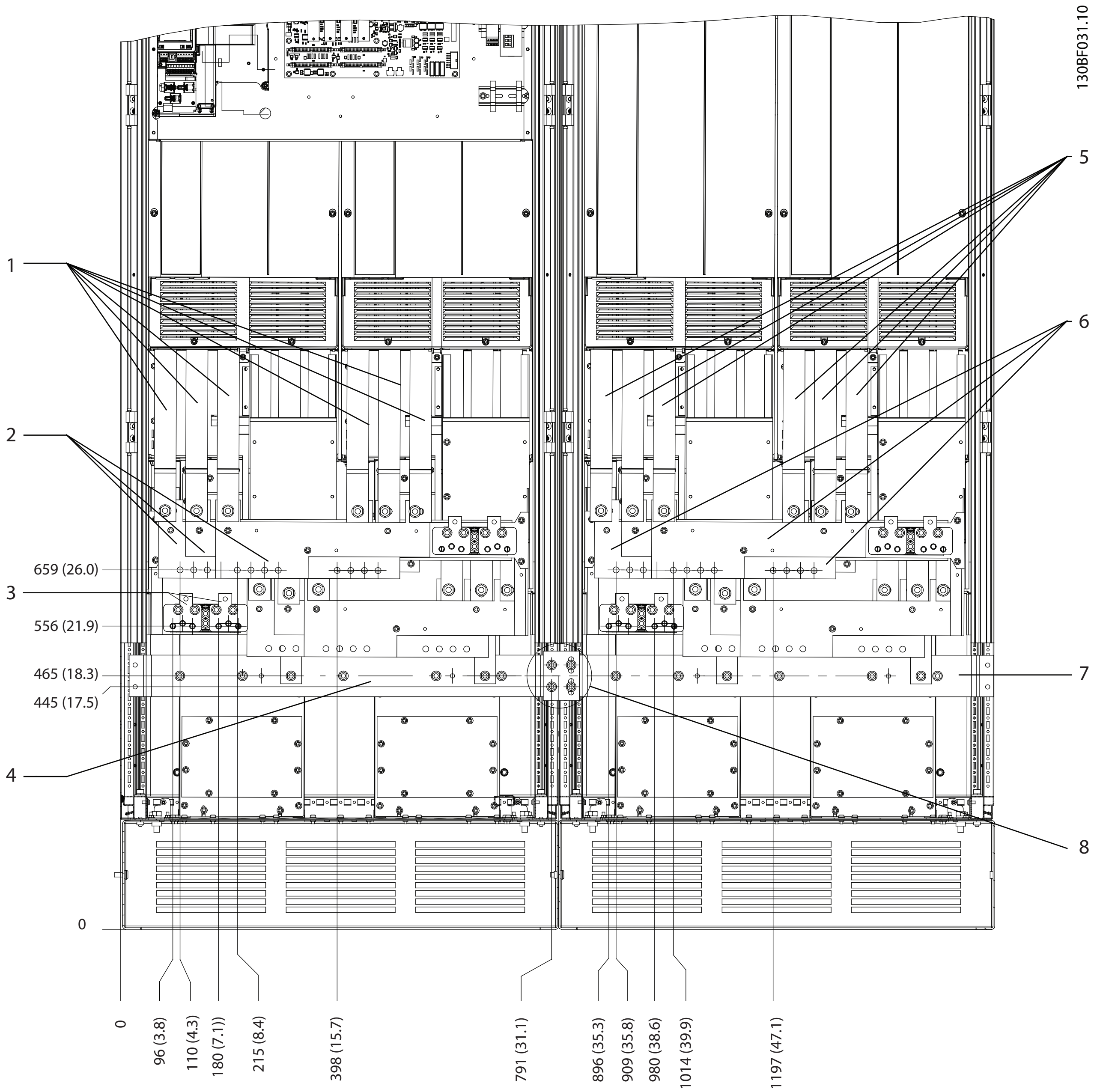



图 6.11 2 变频器跳线接头（侧视图和正视图）




| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 主电源跳线母线（模块 1 和 2） | 5 | 主电源跳线母线（模块 3 和 4） |
| 2 | 主电源端子（模块 1 和 2） | 6 | 主电源端子（模块 3 和 4） |
| 3 | 制动端子（模块 1 和 2） | 7 | 接地端子（模块 3 和 4） |
| 4 | 接地端子（模块 1 和 2） | 8 | 连接接地端子（请参阅 *图 6.13*） |

**图 6.12 4 变频器系统主电源和接地端子（正视图）**

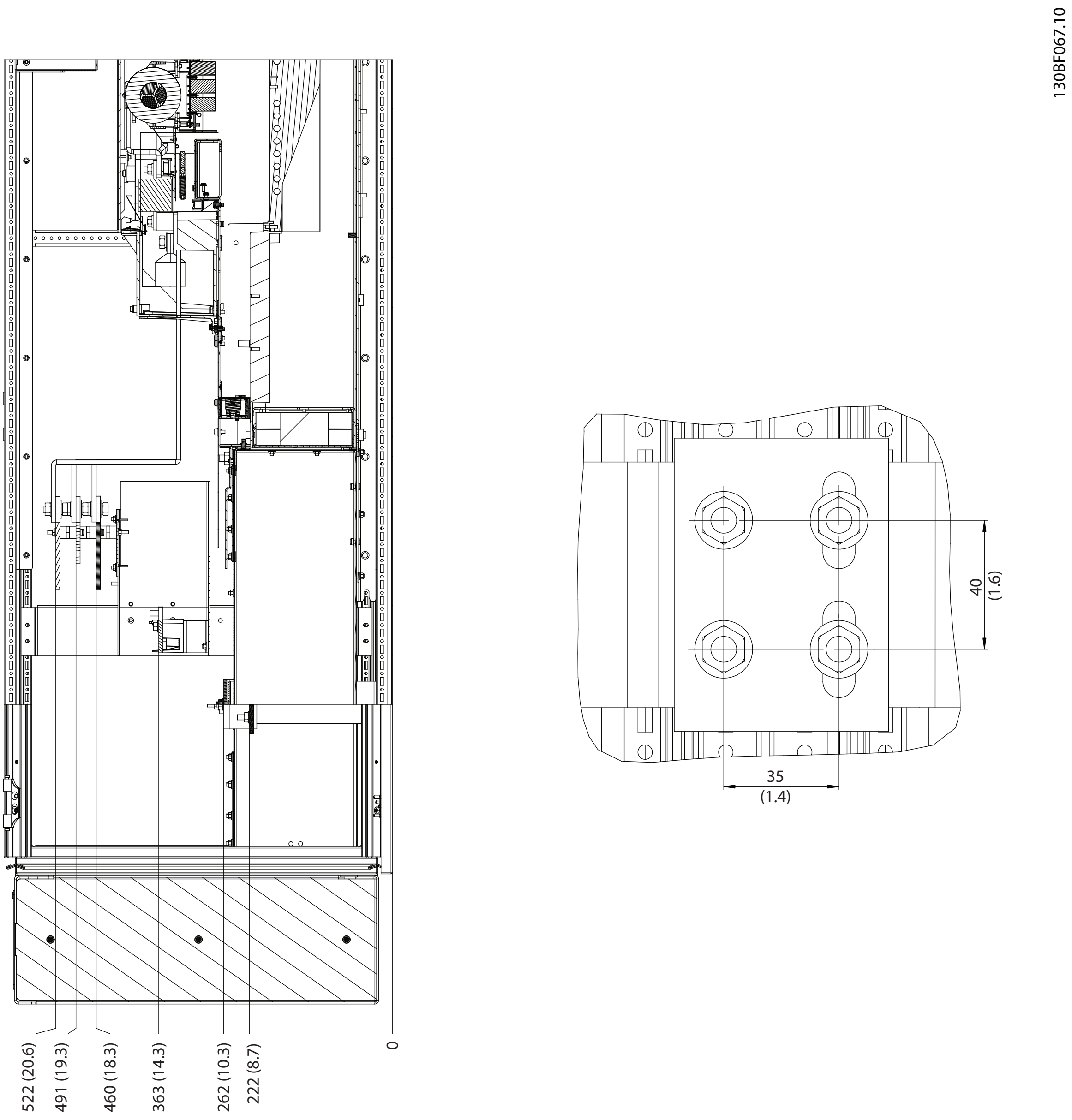
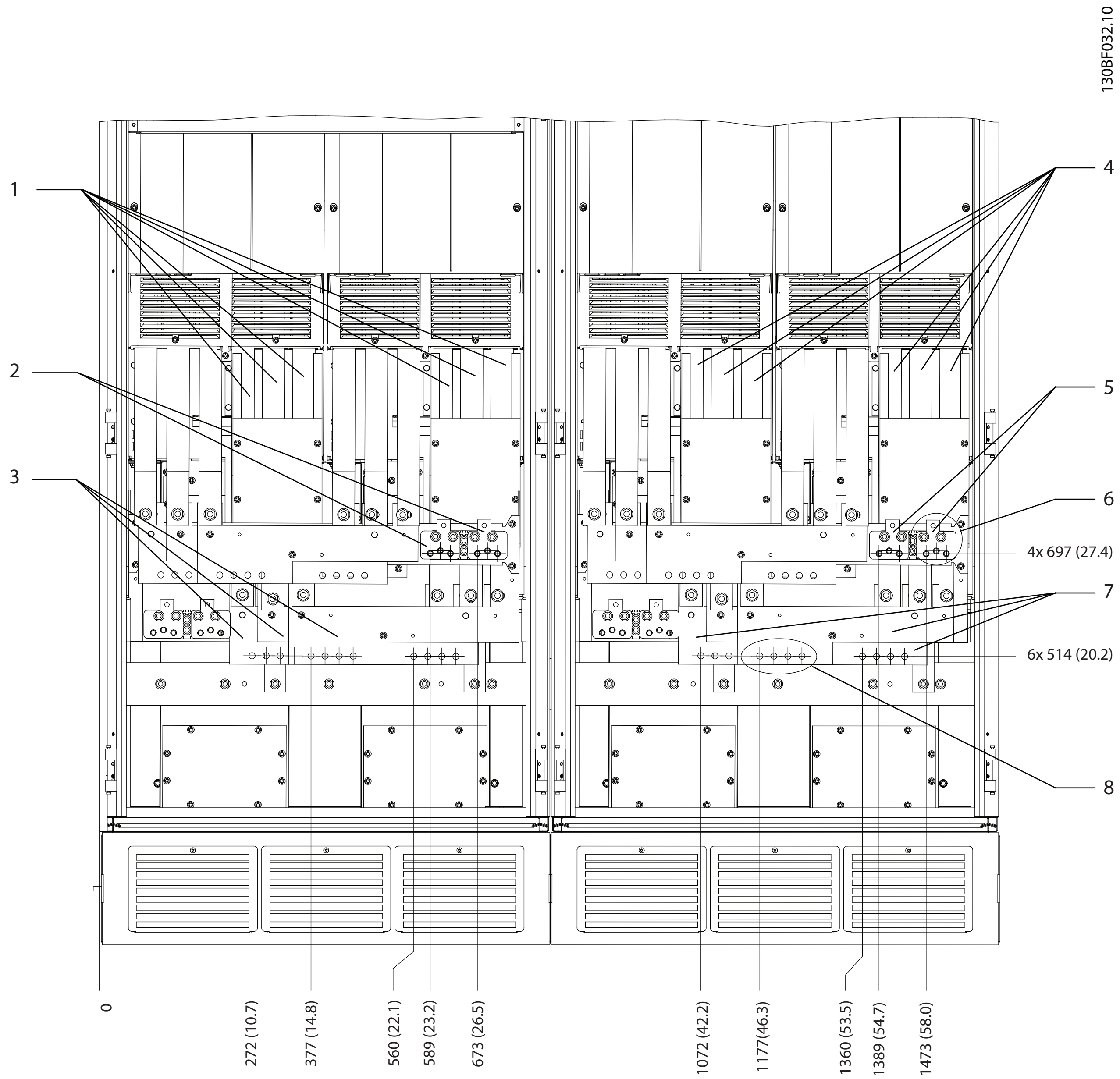



图 6.13 4 变频器系统主电源和接地端子（侧视图、左视图、连接接地端子视图、右视图）




| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 电机跳线母线（模块 1 和 2） | 5 | 制动端子（模块 3 和 4） |
| 2 | 制动端子（模块 1 和 2） | 6 | 制动端子详情（请参阅 *图 6.15*） |
| 3 | 电机端子（模块 1 和 2） | 7 | 电机端子（模块 3 和 4） |
| 4 | 电机跳线母线（模块 3 和 4） | 8 | 电机端子详情（请参阅 *图 6.15*） |

**图 6.14 4 变频器系统电机和制动端子（正视图）**

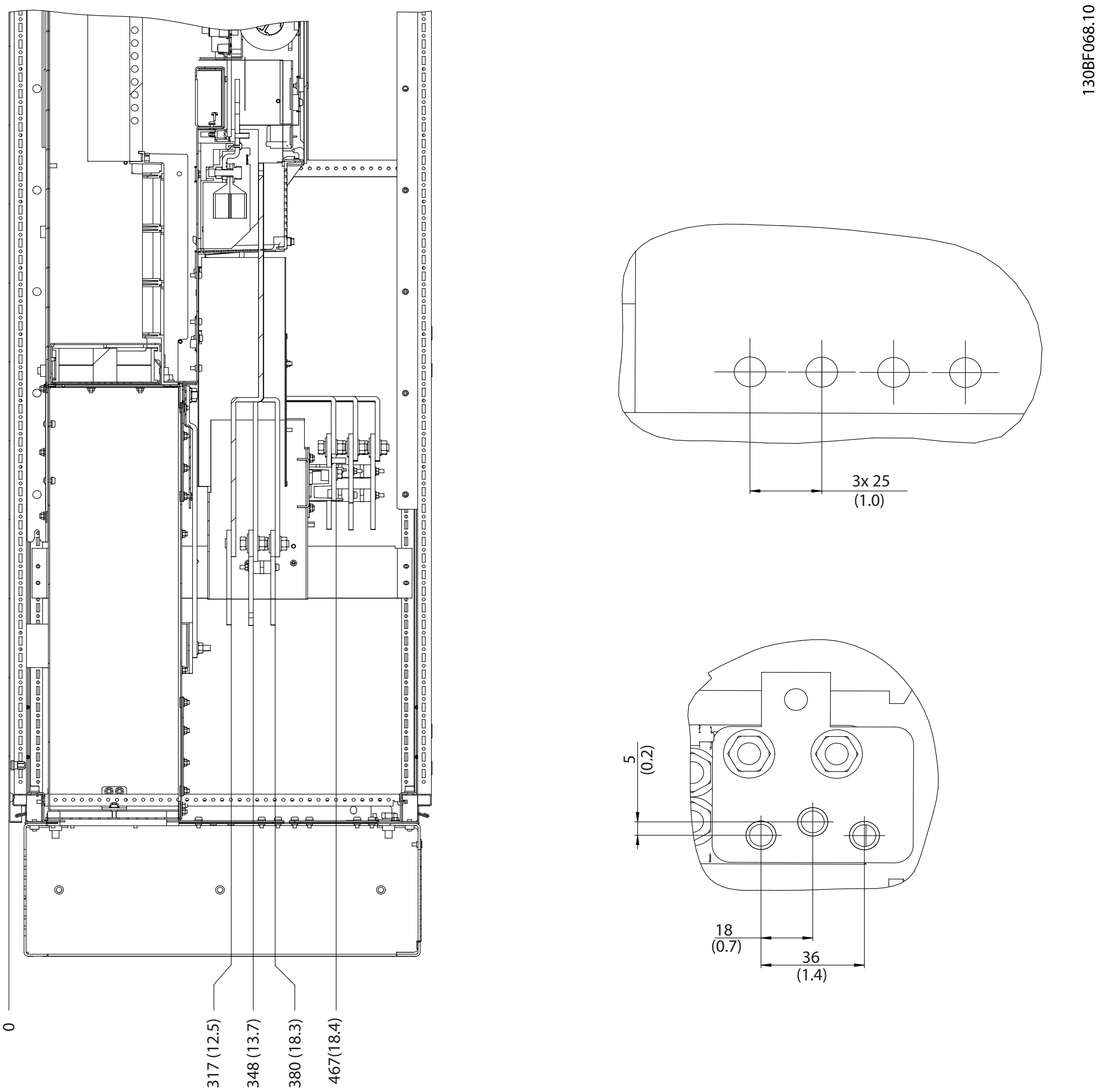
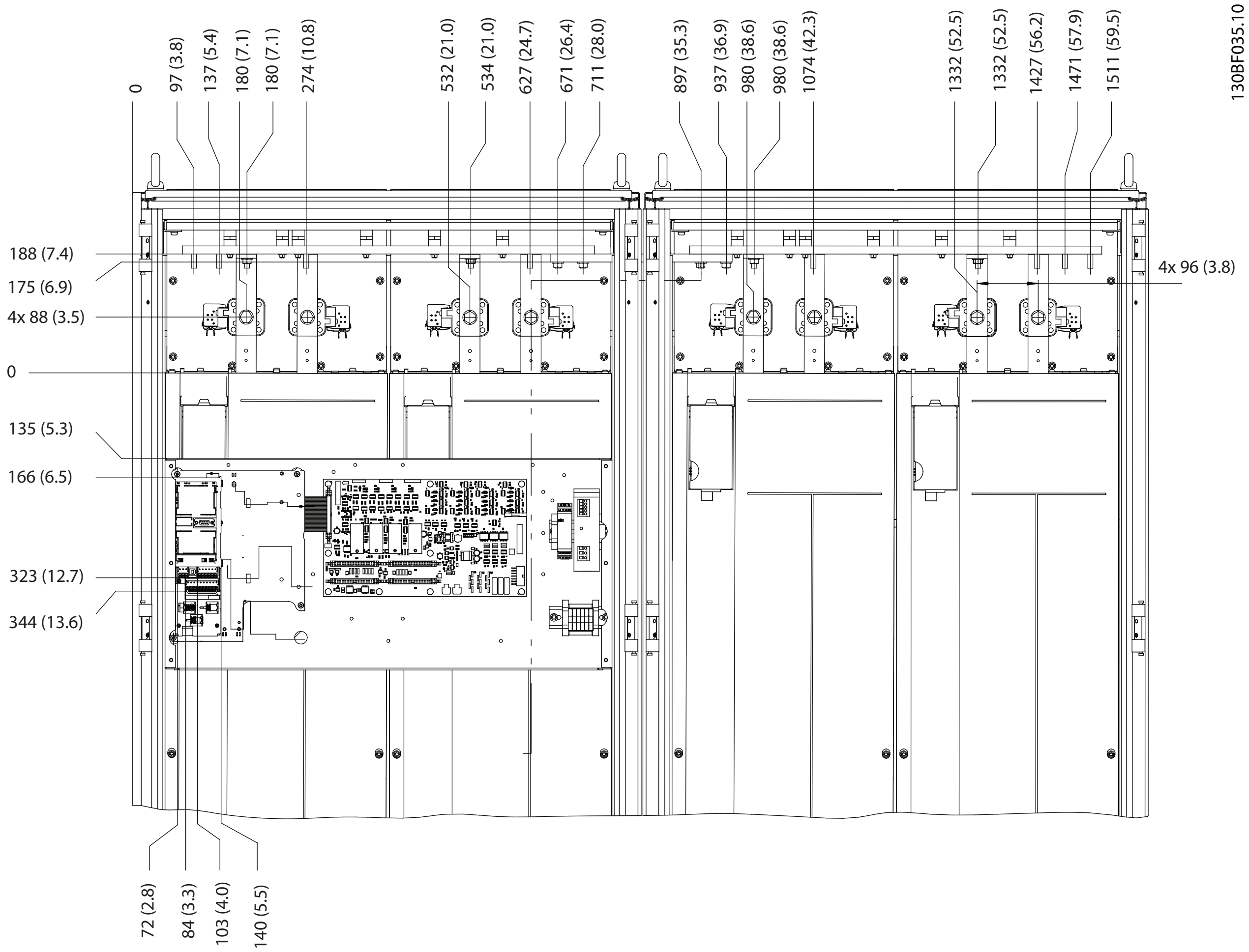
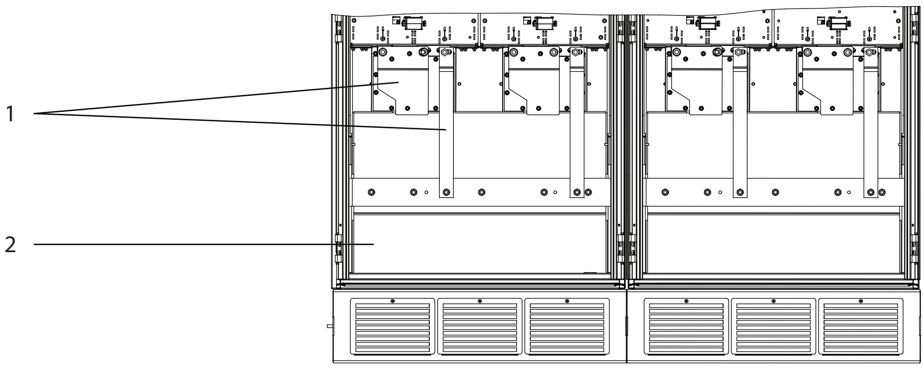



图 6.15 4 变频器系统电机和制动端子（侧视图、左视图、电机端子视图、右上视图、制动端子视图、右下视图）




| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 接地跳线母线（模块 1） | 2 | 接地屏蔽（模块 1） |

**图 6.16 4 变频器系统直流母线/继电器和接地屏蔽（正视图）**

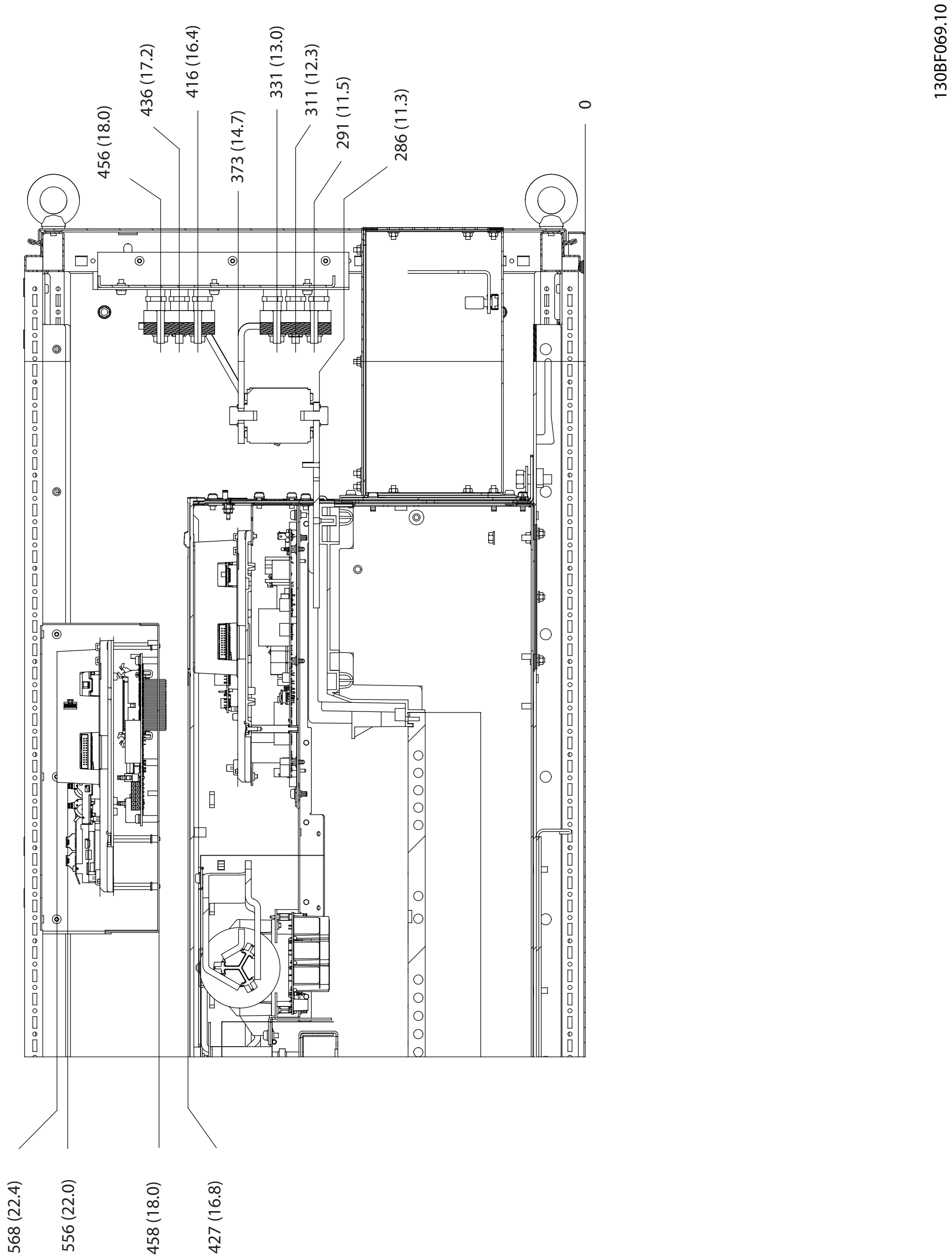



图 6.17 4 变频器系统直流母线和继电器（侧视图）

## 6.5 与功率相关的规格

### 6.5.1 VLT® HVAC Drive FC 102

| 功率范围 | N315 | N355 | N400 | N450 | N500 |
|---|---|---|---|---|---|
| 变频器模块 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 整流器配置 | 12 脉冲 | | | | 6 脉冲/12 脉冲 |
| 高/正常负载 | NO | NO | NO | NO | NO |
| 400 V 时的典型主轴输出 [kW] | 315 | 355 | 400 | 450 | 500 |
| 460 V 时的典型主轴输出 [hp] | 450 | 500 | 600 | 600 | 700/650 |
| 防护等级 | IP00 | | | | |
| 与使用主电源 | 0.98 | | | | |
| 输出频率 [Hz] | 0 – 590 | | | | |
| 散热片过热跳闸 [°C (°F)] | 110 (230) | | | | |
| 功率卡跳闸环境温度 [°C (°F)] | 80 (176) | | | | |
| **输出电流 [A]** | | | | | |
| 持续( 380 – 440 V 时) | 588 | 658 | 745 | 800 | 880 |
| 间歇(60 秒过载)(400 V 时) | 647 | 724 | 820 | 880 | 968 |
| 持续(460/500 V 时) | 535 | 590 | 678 | 730 | 780 |
| 间歇(60 秒过载)(460/500 V 时) | 588 | 649 | 746 | 803 | 858 |
| 持续(400 V 时)[kVA] | 407 | 456 | 516 | 554 | 610 |
| 持续(460 V 时)[kVA] | 426 | 470 | 540 | 582 | 621 |
| 持续(500 V 时)[kVA] | 463 | 511 | 587 | 632 | 675 |
| **输入电流 [A]** | | | | | |
| 持续(400 V 时) | 567 | 647 | 733 | 787 | 875 |
| 持续(460/500 V 时) | 516 | 580 | 667 | 718 | 759 |
| **功率损耗 [W]** | | | | | |
| 400 V 时的变频器模块 | 5825 | 6110 | 7069 | 7538 | 8468 |
| 460 V 时的变频器模块 | 4998 | 5964 | 6175 | 6609 | 7140 |
| 400 V 时的交流母线 | 550 | 555 | 561 | 565 | 575 |
| 460 V 时的交流母线 | 548 | 551 | 556 | 560 | 563 |
| 再生期间的直流母线 | 93 | 95 | 98 | 101 | 105 |
| **最大电缆规格 [mm² (mcm)]** | | | | | |
| 主电源 1) | 4x120 (250) | | | | 4x150 (300) |
| 电机 | 4x120 (250) | | | | 4x150 (300) |
| 制动 | 4x70 (2/0) | | | 4x95 (3/0) | |
| 再生端子 | 4x120 (250) | | 4x150 (300) | 6x120 (250) | |
| **最大外置主电源熔断器** | | | | | |
| 6 脉冲配置 | - | - | - | - | 600 V, 1600 A |
| 12 脉冲配置 | 700 A, 600 V | | | | - |

**表 6.2 FC 102, 380 – 480 V 交流主电源(2 个变频器系统)**

*1) 对于 12 脉冲装置,星形和三角形端子之间的电缆的数量和长度必须相等。*

| 功率范围 | N560 | N630 | N710 | N800 | N1M0 |
|---|---|---|---|---|---|
| 变频器模块 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 整流器配置 | 6 脉冲/12 脉冲 | | | | |
| 高/正常负载 | NO | NO | NO | NO | NO |
| 400 V 时的典型主轴输出 [kW] | 560 | 630 | 710 | 800 | 1000 |
| 460 V 时的典型主轴输出 [hp] | 750 | 900 | 1000 | 1200 | 1350 |
| 防护等级 | IP00 | | | | |
| 与使用主电源 | 0.98 | | | | |
| 输出频率 [Hz] | 0–590 | | | | |
| 散热片过热跳闸 [°C (°F)] | 110 (230) | | | | |
| 功率卡跳闸环境温度 [°C (°F)] | 80 (176) | | | | |
| **输出电流 [A]** | | | | | |
| 持续（ 380–440 V 时） | 990 | 1120 | 1260 | 1460 | 1720 |
| 间歇（60 秒过载）（400 V 时） | 1089 | 1232 | 1386 | 1606 | 1892 |
| 持续（460/500 V 时） | 890 | 1050 | 1160 | 1380 | 1530 |
| 间歇（60 秒过载）（460/500 V 时） | 979 | 1155 | 1276 | 1518 | 1683 |
| 持续（400 V 时）[kVA] | 686 | 776 | 873 | 1012 | 1192 |
| 持续（460 V 时）[kVA] | 709 | 837 | 924 | 1100 | 1219 |
| 持续（500 V 时）[kVA] | 771 | 909 | 1005 | 1195 | 1325 |
| **输入电流 [A]** | | | | | |
| 持续（400 V 时） | 964 | 1090 | 1227 | 1422 | 1675 |
| 持续（460/500 V 时） | 867 | 1022 | 1129 | 1344 | 1490 |
| **功率损耗 [W]** | | | | | |
| 400 V 时的变频器模块 | 8810 | 10199 | 11632 | 13253 | 16463 |
| 460 V 时的变频器模块 | 7628 | 9324 | 10375 | 12391 | 13958 |
| 400 V 时的交流母线 | 665 | 680 | 695 | 722 | 762 |
| 460 V 时的交流母线 | 656 | 671 | 683 | 710 | 732 |
| 再生期间的直流母线 | 218 | 232 | 250 | 276 | 318 |
| **最大电缆规格 [$mm^2$ (mcm)]** | | | | | |
| 主电源 1) | 4x185 (350) | 8x120 (250) | | | |
| 电机 | 4x185 (350) | 8x120 (250) | | | |
| 制动 | 8x70 (2/0) | | | 8x95 (3/0) | |
| 再生端子 | 6x120 (250) | 8x120 (250) | | 8x150 (300) | 10x150 (300) |
| **最大外置主电源熔断器** | | | | | |
| 6 脉冲配置 | 600 V, 1600 A | 600 V, 2000 A | | 600 V, 2500 A | |
| 12 脉冲配置 | 600 V, 700 A | 600 V, 900 A | | | 600 V, 1500 A |

**表 6.3 FC 102, 380–480 V 交流主电源（4 个变频器系统）**

*1) 对于 12 脉冲装置，星形和三角形端子之间的电缆的数量和长度必须相等。*

| 功率范围 | N315 | N400 | N450 | N500 | N560 | N630 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 变频器模块 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 整流器配置 | 12 脉冲 | | | | | |
| 高/正常负载 | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 525–550 V 时的典型主轴输出 [kW] | 250 | 315 | 355 | 400 | 450 | 500 |
| 575 V 时的典型主轴输出 [hp] | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 650 |
| 690 V 时的典型主轴输出 [kW] | 315 | 400 | 450 | 500 | 560 | 630 |
| 防护等级 | IP00 | | | | | |
| 与使用主电源 | 0.98 | | | | | |
| 输出频率 [Hz] | 0–590 | | | | | |
| 散热片过热跳闸 [°C (°F)] | 110 (230) | | | | | |
| 功率卡跳闸环境温度 [°C (°F)] | 80 (176) | | | | | |
| **输出电流 [A]** | | | | | | |
| 持续(550 V 时) | 360 | 418 | 470 | 523 | 596 | 630 |
| 间歇(60 秒过载)(550 V 时) | 396 | 360 | 517 | 575 | 656 | 693 |
| 持续(575/690 V 时) | 344 | 400 | 450 | 500 | 570 | 630 |
| 间歇(60 秒过载)(575/690 V 时) | 378 | 440 | 495 | 550 | 627 | 693 |
| 持续(500 V 时)kVA | 343 | 398 | 448 | 498 | 568 | 600 |
| 持续(575 V 时)kVA | 343 | 398 | 448 | 498 | 568 | 627 |
| 持续(690 V 时)kVA | 411 | 478 | 538 | 598 | 681 | 753 |
| **输入电流 [A]** | | | | | | |
| 持续(550 V 时) | 355 | 408 | 453 | 504 | 574 | 607 |
| 持续(575 V 时) | 339 | 490 | 434 | 482 | 549 | 607 |
| 持续(690 V 时) | 352 | 400 | 434 | 482 | 549 | 607 |
| **功率损耗 [W]** | | | | | | |
| 575 V 时的变频器模块 | 4401 | 4789 | 5457 | 6076 | 6995 | 7431 |
| 690 V 时的变频器模块 | 4352 | 4709 | 5354 | 5951 | 6831 | 7638 |
| 575 V 时的交流母线 | 540 | 541 | 544 | 546 | 550 | 553 |
| 再生期间的直流母线 | 88 | 88.5 | 90 | 91 | 186 | 191 |
| **最大电缆规格 [$mm^2$ (mcm)]** | | | | | | |
| 主电源 1) | 2x120 (250) | 4x120 (250) | | | | |
| 电机 | 2x120 (250) | 4x120 (250) | | | | |
| 制动 | 4x70 (2/0) | | | | 4x95 (3/0) | |
| 再生端子 | 4x120 (250) | | | | | |
| **最大外置主电源熔断器** | 700 V, 550 A | | 700 V, 630 A | | | |

**表 6.4 FC 102, 525–690 V 交流主电源(2 个变频器系统)**

*1) 对于 12 脉冲装置,星形和三角形端子之间的电缆的数量和长度必须相等。*

| 功率范围 | N710 | N800 | N900 | N1M0 | N1M2 |
|---|---|---|---|---|---|
| 变频器模块 | 4 | 4 | | 4 | 4 |
| 整流器配置 | 6 脉冲/12 脉冲 | | | | |
| 高/正常负载 | NO | NO | NO | NO | NO |
| 525 – 550 V 时的典型主轴输出 [kW] | 560 | 670 | 750 | 850 | 1000 |
| 575 V 时的典型主轴输出 [hp] | 750 | 950 | 1050 | 1150 | 1350 |
| 690 V 时的典型主轴输出 [kW] | 710 | 800 | 900 | 1000 | 1200 |
| 防护等级 | IP00 | | | | |
| 与使用主电源 | 0.98 | | | | |
| 输出频率 [Hz] | 0 – 590 | | | | |
| 散热片过热跳闸 [°C (°F)] | 110 (230) | | | | |
| 功率卡跳闸环境温度 [°C (°F)] | 80 (176) | | | | |
| **输出电流 [A]** | | | | | |
| 持续（550 V 时） | 763 | 889 | 988 | 1108 | 1317 |
| 间歇（60 秒过载）（550 V 时） | 839 | 978 | 1087 | 1219 | 1449 |
| 持续（575/690 V 时） | 730 | 850 | 945 | 1060 | 1260 |
| 间歇（60 秒过载）（575/690 V 时） | 803 | 935 | 1040 | 1166 | 1590 |
| 持续（550 V 时） | 727 | 847 | 941 | 1056 | 1056 |
| 持续（575 V 时） | 727 | 847 | 941 | 1056 | 1056 |
| 持续（690 V 时） | 872 | 1016 | 1129 | 1267 | 1506 |
| **输入电流 [A]** | | | | | |
| 持续（550 V 时） | 743 | 866 | 962 | 1079 | 1282 |
| 持续（575 V 时） | 711 | 828 | 920 | 1032 | 1227 |
| 持续（690 V 时） | 711 | 828 | 920 | 1032 | 1227 |
| **功率损耗 [W]** | | | | | |
| 575 V 时的变频器模块 | 8683 | 10166 | 11406 | 12852 | 15762 |
| 690 V 时的变频器模块 | 8559 | 9996 | 11188 | 12580 | 15358 |
| 575 V 时的交流母线 | 644 | 653 | 661 | 672 | 695 |
| 再生期间的直流母线 | 198 | 208 | 218 | 231 | 256 |
| **最大电缆规格 [$mm^2$ (mcm)]** | | | | | |
| 主电源 [1)] | 4x120 (250) | 6x120 (250) | | | 8x120 (250) |
| 电机 | 4x120 (250) | 6x120 (250) | | | 8x120 (250) |
| 制动 | 8x70 (2/0) | | | 8x95 (3/0) | |
| 再生端子 | 4x150 (300) | 6x120 (250) | | 6x150 (300) | 8x120 (250) |
| **最大外置主电源熔断器** | | | | | |
| 6 脉冲配置 | 700 V, 1600 A | | | | 700 V, 2000 A |
| 12 脉冲配置 | 700 V, 900 A | | | 700 V, 1500 A | |

**表 6.5 FC 102, 525 – 690 V 交流主电源（4 个变频器系统）**

*1) 对于 12 脉冲装置，星形和三角形端子之间的电缆的数量和长度必须相等。*

## 6.5.2 VLT® AQUA Drive FC 202

| 功率范围 | N315 | | N355 | | N400 | | N450 | | N500 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 变频器模块 | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | |
| 整流器配置 | 12 脉冲 | | | | | | | | 6 脉冲/12 脉冲 | |
| 高/正常负载 | HO（高过载） | NO | HO（高过载） | NO | HO（高过载） | NO | HO（高过载） | NO | HO（高过载） | NO |
| 400 V 时的典型主轴输出 [kW] | 250 | 315 | 315 | 355 | 355 | 400 | 400 | 450 | 450 | 500 |
| 460 V 时的典型主轴输出 [hp] | 350 | 450 | 450 | 500 | 500 | 600 | 550 | 600 | 600 | 650 |
| 防护等级 | IP00 | | | | | | | | | |
| 与使用主电源 | 0.98 | | | | | | | | | |
| 输出频率 [Hz] | 0 – 590 | | | | | | | | | |
| 散热片过热跳闸 [°C (°F)] | 110 (230) | | | | | | | | | |
| 功率卡跳闸环境温度 [°C (°F)] | 80 (176) | | | | | | | | | |
| **输出电流 [A]** | | | | | | | | | | |
| 持续（400 V 时） | 480 | 588 | 600 | 658 | 658 | 745 | 695 | 800 | 810 | 880 |
| 间歇（60 秒过载）（400 V 时） | 720 | 647 | 900 | 724 | 987 | 820 | 1043 | 880 | 1215 | 968 |
| 持续（460/500 V 时） | 443 | 535 | 540 | 590 | 590 | 678 | 678 | 730 | 730 | 780 |
| 间歇（60 秒过载）（460/500 V 时） | 665 | 588 | 810 | 649 | 885 | 746 | 1017 | 803 | 1095 | 858 |
| 持续（400 V 时）[kVA] | 333 | 407 | 416 | 456 | 456 | 516 | 482 | 554 | 554 | 610 |
| 持续（460 V 时）[kVA] | 353 | 426 | 430 | 470 | 470 | 540 | 540 | 582 | 582 | 621 |
| 持续（500 V 时）[kVA] | 384 | 463 | 468 | 511 | 511 | 587 | 587 | 632 | 632 | 675 |
| **输入电流 [A]** | | | | | | | | | | |
| 持续（400 V 时） | 463 | 567 | 590 | 647 | 647 | 733 | 684 | 787 | 779 | 857 |
| 持续（460/500 V 时） | 427 | 516 | 531 | 580 | 580 | 667 | 667 | 718 | 711 | 759 |
| **功率损耗 [W]** | | | | | | | | | | |
| 400 V 时的变频器模块 | 4505 | 5825 | 5502 | 6110 | 6110 | 7069 | 6375 | 7538 | 7526 | 8468 |
| 460 V 时的变频器模块 | 4063 | 4998 | 5384 | 5964 | 5271 | 6175 | 6070 | 6609 | 6604 | 7140 |
| 400 V 时的交流母线 | 545 | 550 | 551 | 555 | 555 | 561 | 557 | 565 | 566 | 575 |
| 460 V 时的交流母线 | 543 | 548 | 548 | 551 | 551 | 556 | 556 | 560 | 560 | 563 |
| 再生期间的直流母线 | 93 | 93 | 95 | 95 | 98 | 98 | 101 | 101 | 105 | 105 |
| **最大电缆规格 [mm² (mcm)]** | | | | | | | | | | |
| 主电源 1) | 4x120 (250) | | | | | | | | 4x150 (300) | |
| 电机 | 4x120 (250) | | | | | | | | 4x150 (300) | |
| 制动 | 4x70 (2/0) | | | | | | 4x95 (3/0) | | | |
| 再生端子 | 4x120 (250) | | | | 6x120 (250) | | 6x120 (250) | | | |
| **最大外置主电源熔断器** | | | | | | | | | | |
| 6 脉冲配置 | - | | - | | - | | - | | 600 V, 1600 A | |
| 12 脉冲配置 | 600 V, 700 A | | | | | | | | 600 V, 900 A | |

**表 6.6 FC 202, 380 – 480 V 交流主电源（2 个变频器系统）**

*1) 对于 12 脉冲装置，星形和三角形端子之间的电缆的数量和长度必须相等。*

| 功率范围 | N560 | | N630 | | N710 | | N800 | | N1M0 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 变频器模块 | 4 | | 4 | | 4 | | 4 | | 4 | |
| 整流器配置 | 6 脉冲/12 脉冲 | | | | | | | | | |
| 高/正常负载 | HO（高过载） | NO | HO（高过载） | NO | HO（高过载） | NO | HO（高过载） | NO | HO（高过载） | NO |
| 400 V 时的典型主轴输出 [kW] | 500 | 560 | 560 | 630 | 630 | 710 | 710 | 800 | 800 | 1000 |
| 460 V 时的典型主轴输出 [hp] | 650 | 750 | 750 | 900 | 900 | 1000 | 1000 | 1200 | 1200 | 1350 |
| 防护等级 | IP00 | | | | | | | | | |
| 与使用主电源 | 0.98 | | | | | | | | | |
| 输出频率 [Hz] | 0–590 | | | | | | | | | |
| 散热片过热跳闸 [°C (°F)] | 110 (230) | | | | | | | | | |
| 功率卡跳闸环境温度 [°C (°F)] | 80 (176) | | | | | | | | | |
| **输出电流 [A]** | | | | | | | | | | |
| 持续（400 V 时） | 880 | 990 | 990 | 1120 | 1120 | 1260 | 1260 | 1460 | 1460 | 1720 |
| 间歇（60 秒过载）（400 V 时） | 1320 | 1089 | 1485 | 1232 | 1680 | 1386 | 1890 | 1606 | 2190 | 1892 |
| 持续（460/500 V 时） | 780 | 890 | 890 | 1050 | 1050 | 1160 | 1160 | 1380 | 1380 | 1530 |
| 间歇（60 秒过载）（460/500 V 时） | 1170 | 979 | 1335 | 1155 | 1575 | 1276 | 1740 | 1518 | 2070 | 1683 |
| 持续（400 V 时）[kVA] | 610 | 686 | 686 | 776 | 776 | 873 | 873 | 1012 | 1012 | 1192 |
| 持续（460 V 时）[kVA] | 621 | 709 | 709 | 837 | 837 | 924 | 924 | 1100 | 1100 | 1219 |
| 持续（500 V 时）[kVA] | 675 | 771 | 771 | 909 | 909 | 1005 | 1005 | 1195 | 1195 | 1325 |
| **输入电流 [A]** | | | | | | | | | | |
| 持续（400 V 时） | 857 | 964 | 964 | 1090 | 1090 | 1227 | 1127 | 1422 | 1422 | 1675 |
| 持续（460 V 时） | 759 | 867 | 867 | 1022 | 1022 | 1129 | 1129 | 1344 | 1344 | 1490 |
| **功率损耗 [W]** | | | | | | | | | | |
| 400 V 时的变频器模块 | 7713 | 8810 | 8918 | 10199 | 10181 | 11632 | 11390 | 13253 | 13479 | 16463 |
| 460 V 时的变频器模块 | 6641 | 7628 | 7855 | 9324 | 9316 | 10375 | 12391 | 12391 | 12376 | 13958 |
| 400 V 时的交流母线 | 655 | 665 | 665 | 680 | 680 | 695 | 695 | 722 | 722 | 762 |
| 460 V 时的交流母线 | 647 | 656 | 656 | 671 | 671 | 683 | 683 | 710 | 710 | 732 |
| 再生期间的直流母线 | 218 | 218 | 232 | 232 | 250 | 250 | 276 | 276 | 318 | 318 |
| **最大电缆规格 [$mm^2$ (mcm)]** | | | | | | | | | | |
| 主电源 1) | 4x185 (350) | | 8x125 (250) | | | | | | | |
| 电机 | 4x185 (350) | | 8x125 (250) | | | | | | | |
| 制动 | 8x70 (2/0) | | | | | | 8x95 (3/0) | | | |
| 再生端子 | 6x125 (250) | | 8x125 (250) | | | | 8x150 (300) | | 10x150 (300) | |
| **最大外置主电源熔断器** | | | | | | | | | | |
| 6 脉冲配置 | 600 V, 1600 A | | 600 V, 2000 A | | | | 600 V, 2500 A | | | |
| 12 脉冲配置 | 600 V, 900 A | | | | 600 V, 1500 A | | | | | |

**表 6.7 FC 202, 380–480 V 交流主电源（4 个变频器系统）**

*1) 对于 12 脉冲装置，星形和三角形端子之间的电缆的数量和长度必须相等。*

| 功率范围 | N315 | | N400 | | N450 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 变频器模块 | 2 | | 2 | | 2 | |
| 整流器配置 | 12 脉冲 | | | | | |
| 高/正常负载 | HO（高过载） | NO | HO（高过载） | NO | HO（高过载） | NO |
| 525－550 V 时的典型主轴输出 [kW] | 200 | 250 | 250 | 315 | 315 | 355 |
| 575 V 时的典型主轴输出 [hp] | 300 | 350 | 350 | 400 | 400 | 450 |
| 690 V 时的典型主轴输出 [kW] | 250 | 315 | 315 | 400 | 355 | 450 |
| 防护等级 | IP00 | | | | | |
| 与使用主电源 | 0.98 | | | | | |
| 输出频率 [Hz] | 0－590 | | | | | |
| 散热片过热跳闸 [°C (°F)] | 110 (230) | | | | | |
| 功率卡跳闸环境温度 [°C (°F)] | 80 (176) | | | | | |
| **输出电流 [A]** | | | | | | |
| 持续（550 V 时） | 303 | 360 | 360 | 418 | 395 | 470 |
| 间歇（60 秒过载）（550 V 时） | 455 | 396 | 560 | 460 | 593 | 517 |
| 持续（575/690 V 时） | 290 | 344 | 344 | 400 | 380 | 450 |
| 间歇（60 秒过载）（575/690 V 时） | 435 | 378 | 516 | 440 | 570 | 495 |
| 持续（550 V 时） | 289 | 343 | 343 | 398 | 376 | 448 |
| 持续（575 V 时） | 289 | 343 | 343 | 398 | 378 | 448 |
| 持续（690 V 时） | 347 | 411 | 411 | 478 | 454 | 538 |
| **输入电流 [A]** | | | | | | |
| 持续（550 V 时） | 299 | 355 | 355 | 408 | 381 | 453 |
| 持续（575 V 时） | 286 | 339 | 339 | 490 | 366 | 434 |
| 持续（690 V 时） | 296 | 352 | 352 | 400 | 366 | 434 |
| **功率损耗 [W]** | | | | | | |
| 575 V 时的变频器模块 | 3688 | 4401 | 4081 | 4789 | 4502 | 5457 |
| 690 V 时的变频器模块 | 3669 | 4352 | 4020 | 4709 | 4447 | 5354 |
| 575 V 时的交流母线 | 538 | 540 | 540 | 541 | 540 | 544 |
| 再生期间的直流母线 | 88 | 88 | 89 | 89 | 90 | 90 |
| **最大电缆规格 [$mm^2$ (mcm)]** | | | | | | |
| 主电源 [1)] | 2x120 (250) | | 4x120 (250) | | | |
| 电机 | 2x120 (250) | | 4x120 (250) | | | |
| 制动 | 4x70 (2/0) | | | | | |
| 再生端子 | 4x120 (250) | | | | | |
| **最大外置主电源熔断器** | 700 V, 550 A | | | | | |

**表 6.8 FC 202, 525－690 V 交流主电源（2 个变频器系统）**

*1) 对于 12 脉冲装置，星形和三角形端子之间的电缆的数量和长度必须相等。*

6

| 功率范围 | N500 | | N560 | | N630 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 变频器模块 | 2 | | 2 | | 2 | |
| 整流器配置 | 12 脉冲 | | | | | |
| 高/正常负载 | HO（高过载） | NO | HO（高过载） | NO | HO（高过载） | NO |
| 525–550 V 时的典型主轴输出 [kW] | 315 | 400 | 400 | 450 | 450 | 500 |
| 575 V 时的典型主轴输出 [hp] | 400 | 500 | 500 | 600 | 600 | 650 |
| 690 V 时的典型主轴输出 [kW] | 400 | 500 | 500 | 560 | 560 | 630 |
| 防护等级 | IP00 | | | | | |
| 与使用主电源 | 0.98 | | | | | |
| 输出频率 [Hz] | 0–590 | | | | | |
| 散热片过热跳闸 [°C (° °F)] | 110 (230) | | | | | |
| 功率卡跳闸环境温度 [°C (°F)] | 80 (176) | | | | | |
| **输出电流 [A]** | | | | | | |
| 持续（550 V 时） | 429 | 523 | 523 | 596 | 596 | 630 |
| 间歇（60 秒过载）（550 V 时） | 644 | 575 | 785 | 656 | 894 | 693 |
| 持续（575/690 V 时） | 410 | 500 | 500 | 570 | 570 | 630 |
| 间歇（60 秒过载）（575/690 V 时） | 615 | 550 | 750 | 627 | 627 | 693 |
| 持续（550 V 时）[kVA] | 409 | 498 | 498 | 568 | 568 | 600 |
| 持续（575 V 时）[kVA] | 408 | 498 | 598 | 568 | 568 | 627 |
| 持续（690 V 时）[kVA] | 490 | 598 | 598 | 681 | 681 | 753 |
| **输入电流 [A]** | | | | | | |
| 持续（550 V 时） | 413 | 504 | 504 | 574 | 574 | 607 |
| 持续（575 V 时） | 395 | 482 | 482 | 549 | 549 | 607 |
| 持续（690 V 时） | 395 | 482 | 482 | 549 | 549 | 607 |
| **功率损耗 [W]** | | | | | | |
| 575 V 时的变频器模块 | 4892 | 6076 | 6016 | 6995 | 6941 | 7431 |
| 690 V 时的变频器模块 | 4797 | 5951 | 5886 | 6831 | 6766 | 7638 |
| 575 V 时的交流母线 | 542 | 546 | 546 | 550 | 550 | 553 |
| 再生期间的直流母线 | 91 | 91 | 186 | 186 | 191 | 191 |
| **最大电缆规格 [mm² (mcm)]** | | | | | | |
| 主电源 1) | 4x120 (250) | | | | | |
| 电机 | 4x120 (250) | | | | | |
| 制动 | 4x70 (2/0) | | 4x95 (3/0) | | | |
| 再生端子 | 4x120 (250) | | | | | |
| **最大外置主电源熔断器** | 700 V, 630 A | | | | | |

**表 6.9 FC 202, 525–690 V 交流主电源（2 个变频器系统）**

*1) 对于 12 脉冲装置，星形和三角形端子之间的电缆的数量和长度必须相等。*

| 功率范围 | N710 | | N800 | | N900 | | N1M0 | | N1M2 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 变频器模块 | 4 | | 4 | | 4 | | 4 | | 4 | |
| 整流器配置 | 6 脉冲/12 脉冲 | | | | | | | | | |
| 高/正常负载 | HO（高过载） | NO | HO（高过载） | NO | HO（高过载） | NO | HO（高过载） | NO | HO（高过载） | NO |
| 525－550 V 时的典型主轴输出 [kW] | 500 | 560 | 560 | 670 | 670 | 750 | 750 | 850 | 850 | 1000 |
| 575 V 时的典型主轴输出 [hp] | 650 | 750 | 750 | 950 | 950 | 1050 | 1050 | 1150 | 1150 | 1350 |
| 690 V 时的典型主轴输出 [kW] | 630 | 710 | 710 | 800 | 800 | 900 | 900 | 1000 | 1000 | 1200 |
| 防护等级 | IP00 | | | | | | | | | |
| 与使用主电源 | 0.98 | | | | | | | | | |
| 输出频率 [Hz] | 0－590 | | | | | | | | | |
| 散热片过热跳闸 [°C (°F)] | 110 (230) | | | | | | | | | |
| 功率卡跳闸环境温度 [°C (°F)] | 80 (176) | | | | | | | | | |
| **输出电流 [A]** | | | | | | | | | | |
| 持续（550 V 时） | 659 | 763 | 763 | 889 | 889 | 988 | 988 | 1108 | 1108 | 1317 |
| 间歇（60 秒过载）（550 V 时） | 989 | 839 | 1145 | 978 | 1334 | 1087 | 1482 | 1219 | 1662 | 1449 |
| 持续（575/690 V 时） | 630 | 730 | 730 | 850 | 850 | 945 | 945 | 1060 | 1060 | 1260 |
| 间歇（60 秒过载）（575/690 V 时） | 945 | 803 | 1095 | 935 | 1275 | 1040 | 1418 | 1166 | 1590 | 1590 |
| 持续（550 V 时）[kVA] | 628 | 727 | 727 | 847 | 847 | 941 | 941 | 1056 | 1056 | 1255 |
| 持续（575 V 时）[kVA] | 627 | 727 | 727 | 847 | 847 | 941 | 941 | 1056 | 1056 | 1255 |
| 持续（690 V 时）[kVA] | 753 | 872 | 872 | 1016 | 1016 | 1129 | 1129 | 1267 | 1267 | 1506 |
| **输入电流 [A]** | | | | | | | | | | |
| 持续（550 V 时） | 642 | 743 | 743 | 866 | 866 | 962 | 1079 | 1079 | 1079 | 1282 |
| 持续（575 V 时） | 613 | 711 | 711 | 828 | 828 | 920 | 1032 | 1032 | 1032 | 1227 |
| 持续（690 V 时） | 613 | 711 | 711 | 828 | 828 | 920 | 1032 | 1032 | 1032 | 1227 |
| **功率损耗 [W]** | | | | | | | | | | |
| 575 V 时的变频器模块 | 7469 | 8683 | 8668 | 10166 | 10163 | 11406 | 11292 | 12852 | 12835 | 15762 |
| 690 V 时的变频器模块 | 7381 | 8559 | 8555 | 9996 | 9987 | 11188 | 11077 | 12580 | 12551 | 15358 |
| 575 V 时的交流母线 | 637 | 644 | 644 | 653 | 653 | 661 | 661 | 672 | 672 | 695 |
| 再生期间的直流母线 | 198 | 198 | 208 | 208 | 218 | 218 | 231 | 231 | 256 | 256 |
| **最大电缆规格 [$mm^2$ (mcm)]** | | | | | | | | | | |
| 主电源 1) | 4x120 (250) | | 6x120 (250) | | | | | | 8x120 (250) | |
| 电机 | 4x120 (250) | | 6x120 (250) | | | | | | 8x120 (250) | |
| 制动 | 8x70 (2/0) | | | | | | 8x95 (3/0) | | | |
| 再生端子 | 4x150 (300) | | 6x120 (250) | | | | 6x150 (300) | | 8x120 (250) | |
| **最大外置主电源熔断器** | | | | | | | | | | |
| 6 脉冲配置 | 700 V, 1600 A | | | | | | | | 700 V, 2000 A | |
| 12 脉冲配置 | 700 V, 900 A | | | | | | 700 V, 1500 A | | | |

**表 6.10 FC 202, 525－690 V 交流主电源（4 个变频器系统）**

*1) 对于 12 脉冲装置，星形和三角形端子之间的电缆的数量和长度必须相等。*

## 6.5.3 VLT® AutomationDrive FC 302

| 功率范围 | N250 | | N315 | | N355 | | N400 | | N450 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 变频器模块 | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | |
| 整流器配置 | 12 脉冲 | | | | | | | | 6 脉冲/12 脉冲 | |
| 高/正常负载 | HO（高过载） | NO | HO（高过载） | NO | HO（高过载） | NO | HO（高过载） | NO | HO（高过载） | NO |
| 400 V 时的典型主轴输出 [kW] | 250 | 315 | 315 | 355 | 355 | 400 | 400 | 450 | 450 | 500 |
| 460 V 时的典型主轴输出 [hp] | 350 | 450 | 450 | 500 | 500 | 600 | 550 | 600 | 600 | 650 |
| 500 V 时的典型主轴输出 [kW] | 315 | 355 | 355 | 400 | 400 | 500 | 500 | 530 | 530 | 560 |
| 防护等级 | IP00 | | | | | | | | | |
| 与使用主电源 | 0.98 | | | | | | | | | |
| 输出频率 [Hz] | 0–590 | | | | | | | | | |
| 散热片过热跳闸 [°C（°F）] | 110（230） | | | | | | | | | |
| 功率卡跳闸环境温度 [°C（°F）] | 80（176） | | | | | | | | | |
| **输出电流 [A]** | | | | | | | | | | |
| 持续（ 380–440 V 时） | 480 | 588 | 600 | 658 | 658 | 745 | 695 | 800 | 810 | 880 |
| 间歇（60 秒过载）（400 V 时） | 720 | 647 | 900 | 724 | 987 | 820 | 1043 | 880 | 1215 | 968 |
| 持续（460/500 V 时） | 443 | 535 | 540 | 590 | 590 | 678 | 678 | 730 | 730 | 780 |
| 间歇（60 秒过载）（460/500 V 时） | 665 | 588 | 810 | 649 | 885 | 746 | 1017 | 803 | 1095 | 858 |
| 持续（400 V 时）[kVA] | 333 | 407 | 416 | 456 | 456 | 516 | 482 | 554 | 554 | 610 |
| 持续（460 V 时）[kVA] | 353 | 426 | 430 | 470 | 470 | 540 | 540 | 582 | 582 | 621 |
| 持续（500 V 时）[kVA] | 384 | 463 | 468 | 511 | 511 | 587 | 587 | 632 | 632 | 675 |
| **输入电流 [A]** | | | | | | | | | | |
| 持续（400 V 时） | 463 | 567 | 590 | 647 | 647 | 733 | 684 | 787 | 779 | 857 |
| 持续（460/500 V 时） | 427 | 516 | 531 | 580 | 580 | 667 | 667 | 718 | 711 | 759 |
| **功率损耗 [W]** | | | | | | | | | | |
| 400 V 时的变频器模块 | 4505 | 5825 | 5502 | 6110 | 6110 | 7069 | 6375 | 7538 | 7526 | 8468 |
| 460 V 时的变频器模块 | 4063 | 4998 | 5384 | 5964 | 5721 | 6175 | 6070 | 6609 | 6604 | 7140 |
| 400 V 时的交流母线 | 545 | 550 | 551 | 555 | 555 | 561 | 557 | 565 | 566 | 575 |
| 460 V 时的交流母线 | 543 | 548 | 548 | 551 | 556 | 556 | 556 | 560 | 560 | 563 |
| **最大电缆规格 [$mm^2$ (mcm)]** | | | | | | | | | | |
| 主电源 1) | 4x120（250） | | | | | | | | 4x150（300） | |
| 电机 | 4x120（250） | | | | | | | | 4x150（300） | |
| 制动 | 4x70（2/0） | | | | | | | | 4x95（3/0） | |
| 再生端子 | 4x120（250） | | | | 4x150（300） | | 6x120（250） | | | |
| **最大外置主电源熔断器** | | | | | | | | | | |
| 6 脉冲配置 | - | | - | | - | | - | | 600 V, 1600 A | |
| 12 脉冲配置 | 600 V, 700 A | | | | | | | | 600 V, 900 A | |

**表 6.11 FC 302, 380–500 V 交流主电源（2 个变频器系统）**

*1) 对于 12 脉冲装置，星形和三角形端子之间的电缆的数量和长度必须相等。*

| 功率范围 | N500 | | N560 | | N630 | | N710 | | N800 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 变频器模块 | 4 | | 4 | | 4 | | 4 | | 4 | |
| 整流器配置 | 6 脉冲/12 脉冲 | | | | | | | | | |
| 高/正常负载 | HO（高过载） | NO | HO（高过载） | NO | HO（高过载） | NO | HO（高过载） | NO | HO（高过载） | NO |
| 400 V 时的典型主轴输出 [kW] | 500 | 560 | 560 | 630 | 630 | 710 | 710 | 800 | 800 | 1000 |
| 460 V 时的典型主轴输出 [hp] | 650 | 750 | 750 | 900 | 900 | 1000 | 1000 | 1200 | 1200 | 1350 |
| 500 V 时的典型主轴输出 [kW] | 560 | 630 | 630 | 710 | 710 | 800 | 800 | 1000 | 1000 | 1100 |
| 防护等级 | IP00 | | | | | | | | | |
| 与使用主电源 | 0.98 | | | | | | | | | |
| 输出频率 [Hz] | 0–590 | | | | | | | | | |
| 散热片过热跳闸 [°C (°F)] | 110 (230) | | | | | | | | | |
| 功率卡跳闸环境温度 [°C (°F)] | 80 (176) | | | | | | | | | |
| **输出电流 [A]** | | | | | | | | | | |
| 持续（ 380–440 V 时） | 880 | 990 | 990 | 1120 | 1120 | 1260 | 1260 | 1460 | 1460 | 1720 |
| 间歇（60 秒过载）（400 V 时） | 1320 | 1089 | 1485 | 1232 | 1680 | 1386 | 1890 | 1606 | 2190 | 1892 |
| 持续（460/500 V 时） | 780 | 890 | 890 | 1050 | 1050 | 1160 | 1160 | 1380 | 1380 | 1530 |
| 间歇（60 秒过载）（460/500 V 时） | 1170 | 979 | 1335 | 1155 | 1575 | 1276 | 1740 | 1518 | 2070 | 1683 |
| 持续（400 V 时）[kVA] | 610 | 686 | 686 | 776 | 776 | 873 | 873 | 1012 | 1012 | 1192 |
| 持续（460 V 时）[kVA] | 621 | 709 | 709 | 837 | 837 | 924 | 924 | 1100 | 1100 | 1219 |
| 持续（500 V 时）[kVA] | 675 | 771 | 771 | 909 | 909 | 1005 | 1005 | 1195 | 1195 | 1325 |
| **输入电流 [A]** | | | | | | | | | | |
| 持续（400 V 时） | 857 | 964 | 964 | 1090 | 1090 | 1227 | 1227 | 1422 | 1422 | 1675 |
| 持续（460/500 V 时） | 759 | 867 | 867 | 1022 | 1022 | 1129 | 1129 | 1344 | 1344 | 1490 |
| **功率损耗 [W]** | | | | | | | | | | |
| 400 V 时的变频器模块 | 7713 | 8810 | 8918 | 10199 | 10181 | 11632 | 11390 | 13253 | 13479 | 16463 |
| 460 V 时的变频器模块 | 6641 | 7628 | 7855 | 9324 | 9316 | 10375 | 12391 | 12391 | 12376 | 13958 |
| 400 V 时的交流母线 | 655 | 665 | 665 | 680 | 680 | 695 | 695 | 722 | 722 | 762 |
| 460 V 时的交流母线 | 647 | 656 | 656 | 671 | 671 | 683 | 683 | 710 | 710 | 732 |
| 再生期间的直流母线 | 218 | 218 | 232 | 232 | 250 | 276 | 276 | 276 | 318 | 318 |
| **最大电缆规格 [$mm^2$ (mcm)]** | | | | | | | | | | |
| 主电源 1) | 4x185 (350) | | 8x120 (250) | | | | | | | |
| 电机 | 4x185 (350) | | 8x120 (250) | | | | | | | |
| 制动 | 8x70 (2/0) | | | | | | 8x95 (3/0) | | | |
| 再生端子 | 6x125 (250) | | 8x125 (250) | | | | 8x150 (300) | | 10x150 (300) | |
| **最大外置主电源熔断器** | | | | | | | | | | |
| 6 脉冲配置 | 600 V, 1600 A | | 600 V, 2000 A | | | | 600 V, 2500 A | | | |
| 12 脉冲配置 | 600 V, 900 A | | | | 600 V, 1500 A | | | | | |

**表 6.12 FC 302, 380–500 V 交流主电源（4 个变频器系统）**

*1) 对于 12 脉冲装置，星形和三角形端子之间的电缆的数量和长度必须相等。*

6

| 功率范围 | N250 | | N315 | | N355 | | N400 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 变频器模块 | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | |
| 整流器配置 | 12 脉冲 | | | | | | | |
| 高/正常负载 | HO（高过载） | NO | HO（高过载） | NO | HO（高过载） | NO | HO（高过载） | NO |
| 525 – 550 V 时的典型主轴输出 [kW] | 200 | 250 | 250 | 315 | 315 | 355 | 315 | 400 |
| 575 V 时的典型主轴输出 [hp] | 300 | 350 | 350 | 400 | 400 | 450 | 400 | 500 |
| 690 V 时的典型主轴输出 [kW] | 250 | 315 | 315 | 400 | 355 | 450 | 400 | 500 |
| 防护等级 | IP00 | | | | | | | |
| 与使用主电源 | 0.98 | | | | | | | |
| 输出频率 [Hz] | 0 – 590 | | | | | | | |
| 散热片过热跳闸 [°C (°F)] | 110 (230) | | | | | | | |
| 功率卡跳闸环境温度 [°C (°F)] | 80 (176) | | | | | | | |
| **输出电流 [A]** | | | | | | | | |
| 持续（550 V 时） | 303 | 360 | 360 | 418 | 395 | 470 | 429 | 523 |
| 间歇（60 秒过载）（550 V 时） | 455 | 396 | 560 | 360 | 593 | 517 | 644 | 575 |
| 持续（575/690 V 时） | 290 | 344 | 344 | 400 | 380 | 450 | 410 | 500 |
| 间歇（60 秒过载）（575/690 V 时） | 435 | 378 | 516 | 440 | 570 | 495 | 615 | 550 |
| 持续（550 V 时）[kVA] | 289 | 343 | 343 | 398 | 376 | 448 | 409 | 498 |
| 持续（575 V 时）[kVA] | 289 | 343 | 343 | 398 | 378 | 448 | 408 | 498 |
| 持续（690 V 时）[kVA] | 347 | 411 | 411 | 478 | 454 | 538 | 490 | 598 |
| **输入电流 [A]** | | | | | | | | |
| 持续（550 V 时） | 299 | 355 | 355 | 408 | 381 | 453 | 413 | 504 |
| 持续（575 V 时） | 286 | 339 | 339 | 490 | 366 | 434 | 395 | 482 |
| 持续（690 V 时） | 296 | 352 | 352 | 400 | 366 | 434 | 395 | 482 |
| **功率损耗 [W]** | | | | | | | | |
| 600 V 时的变频器模块 | 3688 | 4401 | 4081 | 4789 | 4502 | 5457 | 4892 | 6076 |
| 690 V 时的变频器模块 | 3669 | 4352 | 4020 | 4709 | 4447 | 5354 | 4797 | 5951 |
| 575 V 时的交流母线 | 538 | 540 | 540 | 541 | 540 | 544 | 542 | 546 |
| 再生期间的直流母线 | 88 | 88 | 89 | 89 | 90 | 90 | 91 | 91 |
| **最大电缆规格 [mm² (mcm)]** | | | | | | | | |
| 主电源 [1] | 2x120 (250) | | 4x120 (250) | | | | | |
| 电机 | 2x120 (250) | | 4x120 (250) | | | | | |
| 制动 | 4x70 (2/0) | | | | | | | |
| 再生端子 | 4x120 (250) | | | | | | | |
| **最大外置主电源熔断器** | 700 V, 550 A | | | | | | | |

**表 6.13 FC 302, 525 – 690 V 交流主电源（2 个变频器系统）**

*1) 对于 12 脉冲装置，星形和三角形端子之间的电缆的数量和长度必须相等。*

| 功率范围 | N500 | | N560 | |
|---|---|---|---|---|
| 变频器模块 | 2 | | 2 | |
| 整流器配置 | 12 脉冲 | | | |
| 高/正常负载 | HO（高过载） | NO | HO（高过载） | NO |
| 525–550 V 时的典型主轴输出 [kW] | 400 | 450 | 450 | 500 |
| 575 V 时的典型主轴输出 [hp] | 500 | 600 | 600 | 650 |
| 690 V 时的典型主轴输出 [kW] | 500 | 560 | 560 | 630 |
| 防护等级 | IP00 | | | |
| 与使用主电源 | 0.98 | | | |
| 输出频率 [Hz] | 0–590 | | | |
| 散热片过热跳闸 [°C (°F)] | 110 (230) | | | |
| 功率卡跳闸环境温度 [°C (°F)] | 80 (176) | | | |
| **输出电流 [A]** | | | | |
| 持续（550 V 时） | 523 | 596 | 596 | 630 |
| 间歇（60 秒过载）（550 V 时） | 785 | 656 | 894 | 693 |
| 持续（575/690 V 时） | 500 | 570 | 570 | 630 |
| 间歇（60 秒过载）（575/690 V 时） | 750 | 627 | 627 | 693 |
| 持续（550 V 时）[kVA] | 498 | 568 | 568 | 600 |
| 持续（575 V 时）[kVA] | 498 | 568 | 568 | 627 |
| 持续（690 V 时）[kVA] | 598 | 681 | 681 | 753 |
| **输入电流 [A]** | | | | |
| 持续（550 V 时） | 504 | 574 | 574 | 607 |
| 持续（575 V 时） | 482 | 549 | 549 | 607 |
| 持续（690 V 时） | 482 | 549 | 549 | 607 |
| **功率损耗 [W]** | | | | |
| 600 V 时的变频器模块 | 6016 | 6995 | 6941 | 7431 |
| 690 V 时的变频器模块 | 5886 | 6831 | 6766 | 7638 |
| 575 V 时的交流母线 | 546 | 550 | 550 | 553 |
| 再生期间的直流母线 | 186 | 186 | 191 | 191 |
| **最大电缆规格 [mm² (mcm)]** | | | | |
| 主电源 1) | 4x120 (250) | | | |
| 电机 | 4x120 (250) | | | |
| 制动 | 4x95 (3/0) | | | |
| 再生端子 | 4x120 (250) | | | |
| **最大外置主电源熔断器** | 700 V, 630 A | | | |

**表 6.14 FC 302, 525–690 V 交流主电源（2 个变频器系统）**

*1) 对于 12 脉冲装置，星形和三角形端子之间的电缆的数量和长度必须相等。*

| 功率范围 | N630 | | N710 | | N800 | | N900 | | N1M0 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 变频器模块 | 4 | | 4 | | 4 | | 4 | | 4 | |
| 整流器配置 | 6 脉冲/12 脉冲 | | | | | | | | | |
| 高/正常负载 | HO（高过载） | NO | HO（高过载） | NO | HO（高过载） | NO | HO（高过载） | NO | HO（高过载） | NO |
| 525－550 V 时的典型主轴输出 [kW] | 500 | 560 | 560 | 670 | 670 | 750 | 750 | 850 | 850 | 1000 |
| 575 V 时的典型主轴输出 [hp] | 650 | 750 | 750 | 950 | 950 | 1050 | 1050 | 1150 | 1150 | 1350 |
| 690 V 时的典型主轴输出 [kW] | 630 | 710 | 710 | 800 | 800 | 900 | 900 | 1000 | 1000 | 1200 |
| 防护等级 | IP00 | | | | | | | | | |
| 与使用主电源 | 0.98 | | | | | | | | | |
| 输出频率 [Hz] | 0－590 | | | | | | | | | |
| 散热片过热跳闸 [°C (°F)] | 110 (230) | | | | | | | | | |
| 功率卡跳闸环境温度 [°C (°F)] | 80 (176) | | | | | | | | | |
| **输出电流 [A]** | | | | | | | | | | |
| 持续（550 V 时） | 659 | 763 | 763 | 889 | 889 | 988 | 988 | 1108 | 1108 | 1317 |
| 间歇（60 秒过载）（550 V 时） | 989 | 839 | 1145 | 978 | 1334 | 1087 | 1482 | 1219 | 1662 | 1449 |
| 持续（575/690 V 时） | 630 | 730 | 730 | 850 | 850 | 945 | 945 | 1060 | 1060 | 1260 |
| 间歇（60 秒过载）（575/690 V 时） | 945 | 803 | 1095 | 935 | 1275 | 1040 | 1418 | 1166 | 1590 | 1590 |
| 持续（550 V 时）[kVA] | 628 | 727 | 727 | 847 | 847 | 941 | 941 | 1056 | 1056 | 1255 |
| 持续（575 V 时）[kVA] | 627 | 727 | 727 | 847 | 847 | 941 | 941 | 1056 | 1056 | 1255 |
| 持续（690 V 时）[kVA] | 753 | 872 | 872 | 1016 | 1016 | 1129 | 1129 | 1267 | 1267 | 1506 |
| **输入电流 [A]** | | | | | | | | | | |
| 持续（550 V 时） | 642 | 743 | 743 | 866 | 866 | 962 | 1079 | 1079 | 1079 | 1282 |
| 持续（575 V 时） | 613 | 711 | 711 | 828 | 828 | 920 | 1032 | 1032 | 1032 | 1227 |
| 持续（690 V 时） | 613 | 711 | 711 | 828 | 828 | 920 | 1032 | 1032 | 1032 | 1227 |
| **功率损耗 [W]** | | | | | | | | | | |
| 600 V 时的变频器模块 | 7469 | 8683 | 8668 | 10166 | 10163 | 11406 | 11292 | 12852 | 12835 | 15762 |
| 690 V 时的变频器模块 | 7381 | 8559 | 8555 | 9996 | 9987 | 11188 | 11077 | 12580 | 12551 | 15358 |
| 575 V 时的交流母线 | 637 | 644 | 644 | 653 | 653 | 661 | 661 | 672 | 672 | 695 |
| 再生期间的直流母线 | 198 | 198 | 208 | 208 | 218 | 218 | 231 | 231 | 256 | 256 |
| **最大电缆规格 [$mm^2$ (mcm)]** | | | | | | | | | | |
| 主电源 1) | 4x120 (250) | | 6x120 (250) | | | | | | 8x120 (250) | |
| 电机 | 4x120 (250) | | 6x120 (250) | | | | | | 8x120 (250) | |
| 制动 | 8x70 (2/0) | | | | | | 8x95 (3/0) | | | |
| 再生端子 | 4x150 (300) | | 6x120 (250) | | | | 6x150 (300) | | 8x120 (250) | |
| **最大外置主电源熔断器** | | | | | | | | | | |
| 6 脉冲配置 | 700 V, 1600 A | | | | | | | | 700 V, 2000 A | |
| 12 脉冲配置 | 700 V, 900 A | | | | | | 700 V, 1500 A | | | |

**表 6.15 FC 302, 525－690 V 交流主电源（4 个变频器系统）**

*1) 对于 12 脉冲装置，星形和三角形端子之间的电缆的数量和长度必须相等。*

6

## 6.6 变频器模块的主电源

| 主电源 [1] | |
|---|---|
| 供电端子 | R/91、S/92、T/93 |
| 供电电压 [2] | 380 – 480, 500 V 690 V, ±10%, 525 – 690 V ±10% |
| 供电频率 | 50/60 Hz ±5% |
| 主电源各相位之间的最大临时不平衡 | 额定供电电压的 3.0% |
| 真实功率因数 (λ) | ≥0.98 标称值（额定负载时） |
| 位移功率因数 (cos Φ) | （约为 1） |
| 打开输入电源 L1, L2, L3 | 最多 1 次/每 2 分钟。 |
| 符合 EN 60664-1 的环境 | 过压类别 III/污染度 2 |

*1) 该单元适用于能够提供不超过 85000 RMS 对称电流和 480/600 V 的电路。*
*2) 主电源电压低/主电源断电：*
*如果主电源电压低，变频器会继续工作，直到直流回路电压低于最低停止水平（一般比变频器的最低额定电源电压低 15%）为止。当主电源电压比最低额定电源电压低 10% 时，将无法实现启动和满转矩。检测到主电源断开，变频器模块跳闸。*

6

## 6.7 电机输出和电机数据

| 电机输出 | |
|---|---|
| 电机端子 | U/96、V/97、W/98 |
| 输出电压 | 电源电压的 0 - 100% |
| 输出频率 | 0 – 590 Hz |
| 输出切换 | 无限制 |
| 加减速时间 | 1 – 3600 s |

| 转矩特性 | |
|---|---|
| 过载转矩（恒定转矩） | 最大 150%，持续 60 秒 [1] |
| 启动转矩 | 最大 180%，不超过 0.5 秒 [1] |
| 过载转矩（可变转矩） | 最大 110%，持续 秒 [1] |
| 启动转矩（可变转矩 ） | 最大 135%，持续 秒 |

*1) 相对于额定转矩的百分比。*

| 与使用主电源 | |
|---|---|
| 与使用主电源 | 98% [1] |

*1) 在额定电流处测量的效率。有关能效等级的信息，请参阅章 6.9 变频器模块环境条件。有关部分负载损耗的信息，请参阅 www.danfoss.com/vltenergyefficiency.*

## 6.8 12 脉冲变压器规范

| | |
|---|---|
| 连接 | Dy11 d0 或 Dyn 11d0 |
| 次级绕组之间的相移 | 30° |
| 次级绕组之间的压差 | <0.5% |
| 次级绕组的短路阻抗 | >5% |
| 次级绕组之间的短路阻抗差值 | <短路阻抗的 5% |
| 其他 | 次级绕组不允许接地。建议使用静态屏蔽层 |

## 6.9 变频器模块环境条件

| 环境 | |
|---|---|
| IP 额定值 | IP00 |
| 声源性噪音 | 84 dB（全速运行） |
| 振动测试 | 1.0 g |
| 振动和冲击 (IEC 60721-33-3) | 3M3 类 |
| 最高相对湿度 | 工作环境中为 5 – 95%（IEC 721 – 3 – 3; 3K3 类（无冷凝）） |

| | |
|---|---|
| 腐蚀性环境(IEC 60068-2-43) $H_2S$ 测试 | Kd 类 |
| 腐蚀性气体 (IEC 60721-3-3) | 3C3 类 |
| 环境温度 [1] | 最高 45 °C (113 °F) (24 小时平均最高温度 40 °C (104 °F)) |
| 满负载运行时的最低环境温度 | 0 °C (32 °F) |
| 降低性能运行时的最低环境温度 | -10 °C (14 °F) |
| 存放/运输时的温度 | -25 至 +65 °C (-13 至 149 °F) |
| 不降容情况下的最高海拔高度 [1] | 1000 m (3281 ft) |
| EMC 标准，发射 | EN 61800-3 |
| EMC 标准，安全性 | EN 61800-4-2、EN 61800-4-3、EN 61800-4-4、EN 61800-4-5 和 EN 61800-4-6 |
| 能效等级 [2] | IE2 |

*1) 请参阅 章 6.12 降容规格 了解高环境温度下的降容和高海拔下的降容。*
*2) 根据 EN50598-2 在以下情况下确定:*

- *额定负载。*
- *90% 额定频率。*
- *开关频率出厂设置。*
- *开关模式出厂设置。*

6

## 6.10 电缆规格

| 控制电缆的长度和横截面积 [1] | |
|---|---|
| 最大电机电缆长度，屏蔽 | 150 m (492 ft) |
| 最大电机电缆长度，非屏蔽 | 300 m (984 ft) |
| 控制端子的最大横截面积(不带电缆端套的柔性/刚性电线) | 1.5 $mm^2$/16 AWG |
| 控制端子的最大横截面积(带电缆端套的柔性电线) | 1 $mm^2$/18 AWG |
| 控制端子的最大横截面积(带电缆端套和固定环的柔性电线) | 0.5 $mm^2$/20 AWG |
| 控制端子电缆的最小横截面积 | 0.25 $mm^2$/24 AWG |
| 230 V 端子的最大横截面积 | 2.5 $mm^2$/14 AWG |
| 230 V 端子的最小横截面积 | 0.25 $mm^2$/24 AWG |

*1) 关于电源电缆，请参阅章 6.5 与功率相关的规格中的电气数据表。*

## 6.11 控制输入/输出和控制数据

| 数字输入 | |
|---|---|
| 可编程数字输入 | 4 (6)[1] |
| 端子号 | 18, 19, 27[1], 29[1], 32, 33 |
| 逻辑 | PNP 或 NPN |
| 电压水平 | 0–24 V DC |
| 电压水平，逻辑 0 PNP | <5 V DC |
| 电压水平，逻辑 1 PNP | >10 V DC |
| 电压水平，逻辑 0 NPN[2] | >19 V DC |
| 电压水平，逻辑 1 NPN[2] | <14 V DC |
| 最高输入电压 | 28 V 直流 |
| 脉冲频率范围 | 0–110 kHz |
| (工作周期)最小脉冲宽度 | 4.5 ms |
| 输入电阻，$R_i$ | 大约 4 kΩ |

*所有数字输入与供电电压 (PELV) 及其它高电压端子之间均电气绝缘。*
*1) 也可以将端子 27 和 29 设为输出。*
*2) Safe Torque Off 输入端子 37 除外。*

| Safe Torque Off (STO) 端子 37[1, 2] (端子 37 的逻辑始终为 PNP) | |
|---|---|
| 电压水平 | 0–24 V DC |
| 电压水平，逻辑 0 PNP | <4 V 直流 |
| 电压水平，逻辑 1 PNP | >直流 20 V |

| | |
|---|---|
| 最高输入电压 | 28 V 直流 |
| 24 V 时的典型输入电流 | 50 $mA_{rms}$ |
| 20 V 时的典型输入电流 | 60 $mA_{rms}$ |
| 输入电容 | 400 nF |

*所有数字输入与供电电压 (PELV) 及其它高电压端子之间均电气绝缘。*
*1) 请参阅《VLT® 变频器 – Safe Torque Off 操作指南》了解有关端子 37 和 Safe Torque Off 的更多信息。*
*2) 当连同 STO 一起使用带有内置直流线圈的接触器时，在将其关闭时务必要让来自线圈的电流形成一个回路。这可以通过在线圈的一个续流二极管来形成回路。或者使用有着更快响应速度的 30 V 或 50 V MOV。随这种二极管一起可以购买典型的接触器。*

| 模拟输入 | |
|---|---|
| 模拟输入的数量 | 2 |
| 端子号 | 53, 54 |
| 模式 | 电压或电流 |
| 模式选择 | 开关 S201 和开关 S202 |
| 电压模式 | 开关 S201/开关 S202 = 关 (U) |
| 电压水平 | -10 V 至 +10 V（可调） |
| 输入电阻，$R_i$ | 大约 10 kΩ |
| 最大电压 | ±20 V |
| 电流模式 | 开关 S201/开关 S202 = 开 (I) |
| 电流水平 | 0/4－20 mA（可调） |
| 输入电阻，$R_i$ | 大约 200 Ω |
| 最大电流 | 30 mA |
| 模拟输入的分辨率 | 10 位（包括符号） |
| 模拟输入的精度 | 最大误差为满量程的 0.5% |
| 带宽 | 20 Hz/100 Hz |

*模拟输入与供电电压 (PELV) 以及其它高电压端子之间都是绝缘的。*

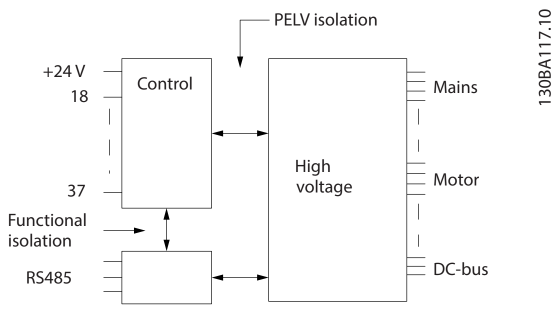



**图 6.18 PELV 绝缘**

| 脉冲输入 | |
|---|---|
| 可编程脉冲 | 2/1 |
| 脉冲端子号 | 29[1), 32/33 |
| 端子 29、33 的最大频率 | 110 kHz（推挽驱动） |
| 端子 29、33 的最大频率 | 5 kHz（开放式集电极） |
| 端子 29 和 33 的最小频率 | 4 Hz |
| 电压水平 | 0－24 V DC |
| 最高输入电压 | 28 V 直流 |
| 输入电阻，$R_i$ | 大约 4 kΩ |
| 脉冲输入精度 (0.1-1 kHz) | 最大误差： 全范围的 0.1 % |
| 编码器输入精度 (1-11 kHz) | 最大误差： 全范围的 0.05% |

*脉冲和编码器输入（端子 29、32、33）与供电电压 (PELV) 以及其它高压端子之间都是绝缘的。*
*1) 脉冲输入端子是 29 和 33。*

| 模拟输出 | |
|---|---|
| 可编程模拟输出的数量 | 1 |
| 端子号 | 42 |
| 模拟输出的电流范围 | 0/4 – 20 mA |
| 最大接地负载 GND - 模拟输出 | 500 Ω |
| 模拟输出精度 | 最大误差： 全范围的 0.5% |
| 模拟输出分辨率 | 12 位 |

*模拟输出与供电电压 (PELV) 以及其他高电压端子都是绝缘的。*

| 控制卡，RS485 串行通讯 | |
|---|---|
| 端子号 | 68 (P, TX+, RX+), 69 (N, TX-, RX-) |
| 端子号 61 | 端子 68 和 69 的公共端 |

*RS 485 串行通讯电路在功能上独立于其它中央电路，并且与供电电压 (PELV) 是电绝缘的。*

6

| 数字输出 | |
|---|---|
| 可编程数字/脉冲输出 | 2 |
| 端子号 | 27, 29[1)] |
| 数字/频率输出的电压水平 | 0 – 24 V |
| 最大输出电流（汲入电流或供应电流） | 40 mA |
| 频率输出的最大负载 | 1 kΩ |
| 频率输出的最大电容负载 | 10 nF |
| 频率输出的最小输出频率 | 0 Hz |
| 频率输出的最大输出频率 | 32 kHz |
| 频率输出精度 | 最大误差： 全范围的 0.1 % |
| 频率输出的分辨率 | 12 位 |

*1) 端子 27 和 29 也可以被设置为输入。*
*数字输出与供电电压 (PELV) 以及其他高电压端子之间都是电绝缘的。*

| 控制卡，24 V 直流输出 | |
|---|---|
| 端子号 | 12, 13 |
| 输出电压 | 24 V +1, -3 V |
| 最大负载 | 200 mA |

*24 V 直流电源与供电电压 (PELV) 是电绝缘的，但与模拟和数字的输入和输出有相同的电势。*

| 继电器输出 | |
|---|---|
| 可编程继电器输出 | 2 |
| 继电器 01 端子号 | 1-3（常闭），1-2（常开） |
| 1 – 3（常闭）、1 – 2（常开）时的最大端子负载 (AC-1)[1)]（电阻性负载） | 交流 240 V，2 A |
| 最大端子负载(AC-15)[1)]（cosφ 等于 0.4 时的电感性负载） | 交流 240 V，0.2 A |
| 1 – 2（常开）、1 – 3（常闭）时的最大端子负载 (DC-1)[1)]（电阻性负载） | 60 V 直流，1 A |
| 最大端子负载 (DC-13)[1)]（电感性负载） | 24 V 直流，0.1 A |
| 继电器 02（仅限 VLT® AutomationDriveFC 302 ）端子号 | 4-6（常闭），4-5（常开） |
| 4-5（常开）时的最大端子负载(AC-1)[1)]（电阻性负载）[2)3)] 过压类别 II | 交流 400 V，2 A |
| 4 – 5（常开）时的最大端子负载 (AC-15)[1)]（cosφ 等于 0.4 时的电感性负载） | 交流 240 V，0.2 A |
| 4 – 5（常开）时的最大端子负载 (DC-1)[1)]（电阻性负载） | 直流 80 V，2 A |
| 4 – 5（常开）时的最大端子负载 (DC-13)[1)]（电感性负载） | 24 V 直流，0.1 A |
| 4 – 6（常开）时的最大端子负载 (AC-1)[1)]（电阻性负载） | 交流 240 V，2 A |
| 4 – 6（常闭）时的最大端子负载 (AC-15)[1)]（cosφ 等于 0.4 时的电感性负载） | 交流 240 V，0.2 A |
| 4 – 6（常开）时的最大端子负载 (DC-1)[1)]（电阻性负载） | 直流 50 V，2 A |
| 4 – 6（常开）时的最大端子负载 (DC-13)[1)]（电感性负载） | 24 V 直流，0.1 A |
| 1 – 3 （常闭）、1 – 2（常开）、4 – 6（常闭）、4 – 5（常开）时的最大端子负载 | 直流 24 V 10 mA，交流 24 V 20 mA |
| 符合 EN 60664-1 的环境 | 过压类别 III/污染度 2 |

*1) IEC 60947 第 4 和第 5 部分。*
*继电器的触点通过增强的绝缘措施与电路的其余部分隔离开 (PELV)。*
*2) 过压类别 II。*

*3) UL 应用 300 V AC 2A。*

控制卡，10 V 直流输出

| | |
|---|---|
| 端子号 | 50 |
| 输出电压 | 10.5 V ±0.5 V |
| 最大负载 | 25 mA |

*10 V 直流电源与供电电压 (PELV) 以及其他高电压端子都是绝缘的。*

控制特性

| | |
|---|---|
| 输出频率为 0-590 Hz 时的分辨率 | ±0.003 Hz |
| 精确启动/停止的再现精度（端子 18 和 19） | ≤±0.1 ms |
| 系统响应时间（端子 18、19、27、29、32、33） | ≤10 ms |
| 速度控制范围（开环） | 1:100 同步速度 |
| 速度控制范围（闭环） | 1:1000 同步速度 |
| 速度精度（开环） | 30-4000 RPM： 误差为 ±8 RPM |
| 速度精确度（闭环），取决于反馈装置的分辨率 | 0 – 6000 RPM:： 误差为 ±0.15 RPM |

*所有控制特性都基于 4 极异步电机*

控制卡性能

| | |
|---|---|
| 扫描间隔 ( VLT® HVAC Drive FC 102, VLT® Refrigeration Drive FC 103, VLT® AQUA Drive FC 202) | 5 ms (VLT® AutomationDrive FC 302) |
| 扫描间隔 (FC 302) | 1 ms |

控制卡，USB 串行通讯

| | |
|---|---|
| USB 标准 | 1.1（全速） |
| USB 插头 | B 类 USB 设备插头 |

*通过标准的主机/设备 USB 电缆与 PC 连接。*
*USB 连接与供电电压 (PELV) 以及其它高电压端子之间都是电绝缘的。*
*USB 接地不与接地保护绝缘。请仅使用绝缘的便携式电脑与变频器上的 USB 连接器进行 PC 连接。*



## 6.12 降容规格

在出现下述任何一种情况时应考虑降容：

- 在 1000 米（3281 英尺）以上的低气压下运行。
- 高环境温度。
- 开关频率过高。
- 低速运行。
- 电动机电缆很长。
- 具有较大横截面积的电缆。

如果出现这些条件，则 Danfoss 建议将功率规格提高 1 级。



### 6.12.1 根据海拔和环境温度降容

空气的冷却能力在低气压下会降低。

在海拔不超过 1000 米（3281 英尺）的环境下运行时，不必降容。
海拔高于 1000 米（3281 英尺）时，应降低环境温度 （$T_{AMB}$） 或最高输出电流 （$I_{MAX}$）。请参考 *图 6.19*。

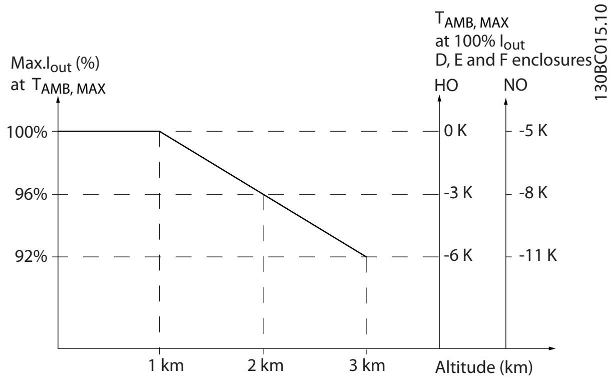



**图 6.19 $T_{AMB,MAX}$ 下基于海拔的输出电流降容**

*图 6.19* 展示出 41.7 °C （107 °F） 的温度下，可获得 100% 的的额定输出电流。在 45 °C （113 °F） （$T_{AMB}$, MAX-3 K） 下，可获得 91% 的额定输出电流。

### 6.12.2 开关频率和环境温度下的降容

**注意**

**出厂降容**

**VLT® Parallel Drive Modules 已经过降容，适合工作温度（55 °C （131 °F） $T_{AMB,MAX}$ 和 50 °C （122 °F） $T_{AMB,AVG}$）。**

下图指示出是否需要根据开关频率和环境温度对输出电流降容。在这些图中，$I_{out}$ 表示额定输出电流的百分比，*fsw* 表示开关频率。

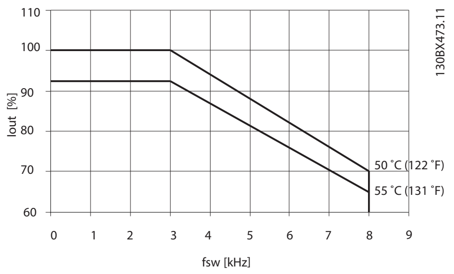
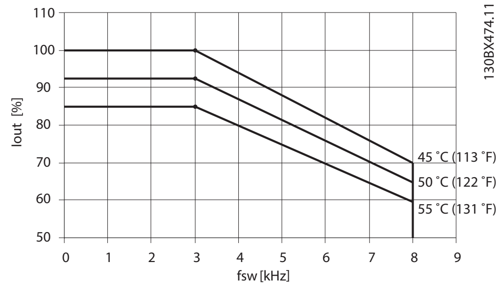
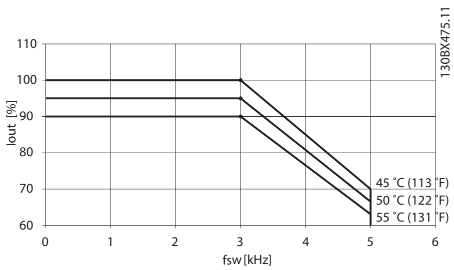
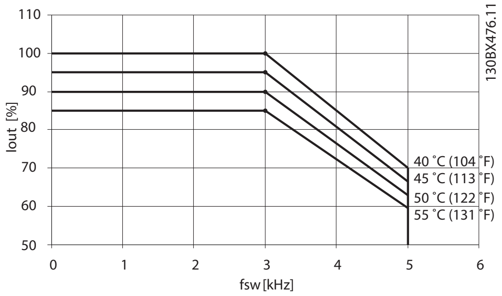
| 电压范围 | 开关模式 | 高过载 (HO)，150% | 正常过载 (NO)，110% |
|---|---|---|---|
| 380 - 500 V | 60 AVM |  |  |
| | SFAVM |  |  |

表 6.16 开关频率的降容，400 V AC 下为 250 kW（460 V AC 下为 350 hp）

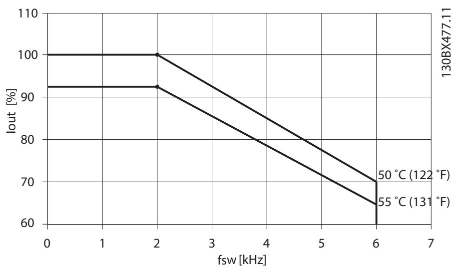
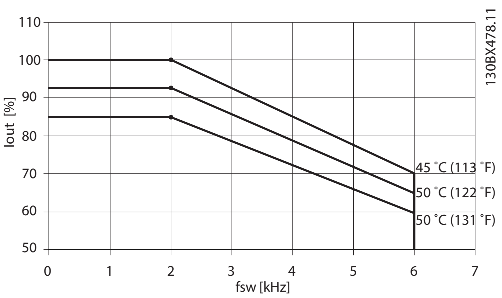
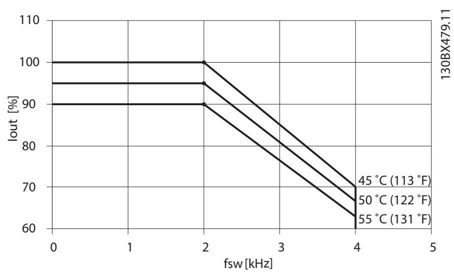
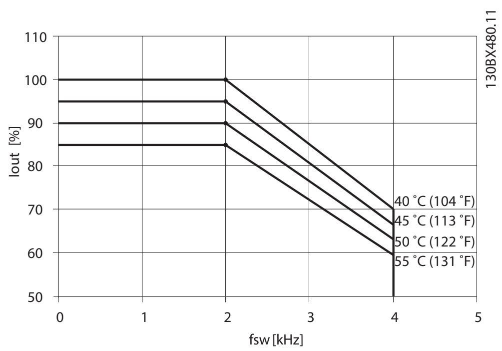
| 电压范围 | 开关模式 | 高过载 (HO)，150% | 正常过载 (NO)，110% |
|---|---|---|---|
| 525 - 690 V | 60 AVM |  |  |
| | SFAVM |  |  |

表 6.17 开关频率的降容，690 V AC 下为 250 kW（575 V AC 下为 300 hp）

6

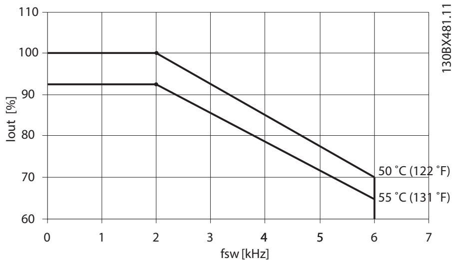
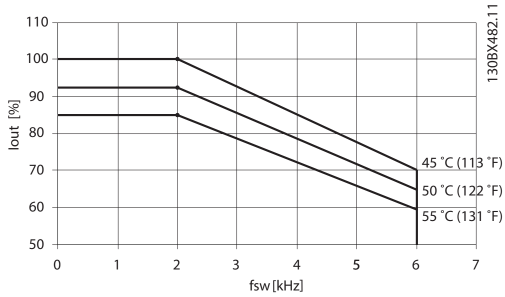
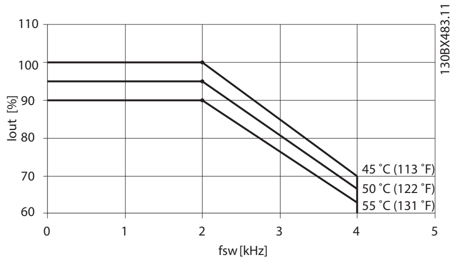
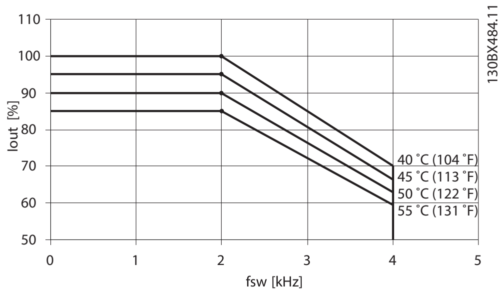
| 电压范围 | 开关模式 | 高过载 (HO)，150% | 正常过载 (NO)，110% |
|---|---|---|---|
| 380–500 V | 60 AVM |  |  |
| | SFAVM |  |  |

表 6.18 开关频率的降容，400 V AC 下为 315–800 kW（460 V AC 下为 450–1200 hp）

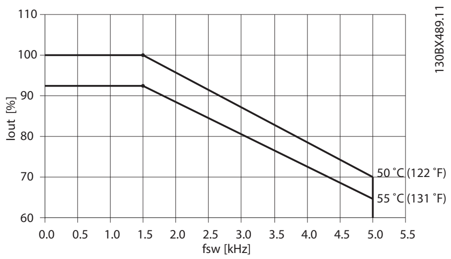
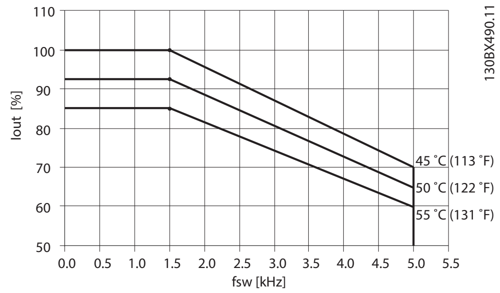
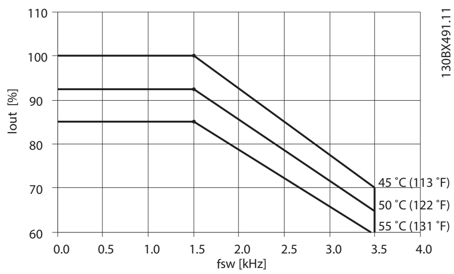
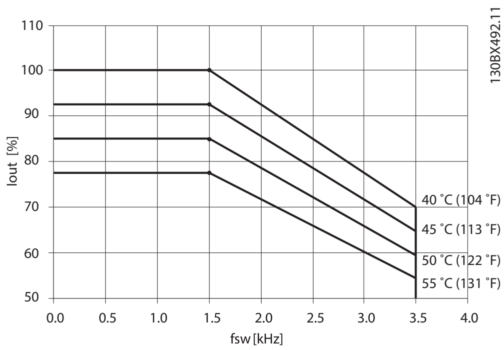
| 电压范围 | 开关模式 | 高过载 (HO)，150% | 正常过载 (NO)，110% |
|---|---|---|---|
| 525–690 V | 60 AVM |  |  |
| | SFAVM |  |  |

表 6.19 开关频率的降容，400 V AC 下为 315–1000 kW（575 V AC 下为 350–1150 hp）

# 7 订购信息

## 7.1 订购单

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| F | C | - | | | | | | | | T | | | | | | | | | | | X | X | S | X | X | X | X | A | | B | | C | | | | | D | |

130BC530.10

**表 7.1 类型代码字符串**

| | | |
|---|---|---|
| 产品组 | 1 - 3 | |
| 变频器系列 | 4 - 6 | |
| 产生代码 | 7 | |
| 额定功率 | 8 - 10 | |
| 相数 | 11 | |
| 主电源电压 | 12 | |
| 机箱<br>机箱规格<br>机箱类别<br>控制电源电压 | 13 - 15 | |
| **硬件配置** | 16 - 23 | |
| 射频干扰滤波器/低谐波变频器/12 脉冲 | 16 - 17 | |
| 制动 | 18 | |
| 显示屏 (LCP) | 19 | |
| 涂层 PCB | 20 | |
| 主电源选件 | 21 | |
| 调整 A | 22 | |
| 调整 B | 23 | |
| 软件版本 | 24 - 27 | |
| 软件语言 | 28 | |
| A 选件 | 29 - 30 | |
| B 选件 | 31 - 32 | |
| C0 选件，MCO | 33 - 34 | |
| C1 选件 | 35 | |
| C 选件软件 | 36 - 37 | |
| D 选件 | 38 - 39 | |

**表 7.2 订购变频器的类型代码示例**

并不是所有选项/选件都适用于每一种型号。要了解是否有相应的型号提供，请访问网上的产品定制软件。

## 7.2 产品定制软件

用户可以按照自己的应用要求，通过订购号系统定制 变频器，如 *表 7.1* 和 *表 7.2* 中所示。

通过向当地的 Danfoss 销售部门发送描述产品的类型代码字符串，即可订购标配变频器和带有集成选件的变频器，例如：

FC-302N800T5E00P2BGC7XXSXXXXAXBXCXXXXDX

该字符串中字符的含义在*表 7.3*和*表 7.4* 中定义。

使用产品定制软件可针对应用找到适合的变频器。产品定制软件将自动生成 8 位数的销售号，提交给当地销售部门。另外，您也可以制订一个含有多种产品的项目清单，然后将其提交给 Danfoss 销售代表。

要访问 Drive Configurator（产品定制软件），请使用以下网址： *www.danfoss.com/drives*.

根据订购地区，变频器在交付时将自动附带与该地区相关的语言包。一共有 4 个地区语言包，它们涵盖了以下语言：

**语言包 1**
英语、德语、法语、丹麦语、荷兰语、西班牙语、瑞典语、意大利语和芬兰语。

**语言包 2**
英语、德语、中文、韩语、日语、泰语、繁体中文和印度尼西亚语。

**语言包 3**
英语、德语、斯洛文尼亚语、保加利亚语、塞尔维亚语、罗马尼亚语、匈牙利语、捷克语和俄语。

**语言包 4**
英语、德语、西班牙语、美国英语、希腊语、巴西葡萄牙语、土耳其语和波兰语。

若要订购附带不同语言包的变频器，请与当地 Danfoss 销售部门联系。

7

| 说明 | 位置 | 可能选项 |
|---|---|---|
| 产品组 | 1 – 6 | 102: FC 102<br>202: FC 202<br>302: FC 302 |
| 产生代码 | 7 | N |
| 额定功率 | 8 – 10 | 250 kW<br>315 kW<br>355 kW<br>400 kW<br>450 kW<br>500 kW<br>560 kW<br>630 kW<br>710 kW<br>800 kW<br>900 kW<br>1M0 kW<br>1M2 kW |
| 相数 | 11 | 3- 阶段 (T) |
| 主电源电压 | 11 – 12 | T 4: 380 – 480 V AC<br>T 5: 380 – 500 V AC<br>T 7: 525 – 690 V AC |
| 机箱 | 13 – 15 | E00: IP00<br>C00: IP00 + 不锈钢暗道 |
| RFI 滤波器，硬件 | 16 – 17 | P2: 并联变频器 + RFI 滤波器，A2 类（6 脉冲）<br>P4: 并联变频器 + RFI 滤波器，A1 类（6 脉冲）<br>P6: 并联变频器 + RFI 滤波器，A2 类（12 脉冲）<br>P8: 并联变频器 + RFI 滤波器，A1 类（12 脉冲） |
| 制动 | 18 | X: 无制动 IGBT<br>B: 安装了制动 IGBT<br>R: 再生端子<br>S: 制动 + 再生<br>T: Safe Torque Off (STO)<br>U: Safe Torque Off + 制动 |
| 显示 | 19 | G: 图形化本地控制面板 (LCP) |
| 涂层 PCB | 20 | C: 有涂层 PCB |
| 主电源选件 | 21 | J: 断路器 + 熔断器 |
| 调整 | 22 | X: 标准电缆入口 |
| 调整 | 23 | X: 无调整<br>Q: 散热片气流罩板 |
| 软件版本 | 24 – 27 | S067: 集成的运动控制 |
| 软件语言 | 28 | X: 标准语言包 |

**表 7.3 VLT® Parallel Drive Modules 的订购类型代码**

| 说明 | 位置 | 可能选项 |
|---|---|---|
| A 选件 | 29-30 | AX: 无 A 选件<br>A0: VLT® PROFIBUS DP MCA 101<br>A4: VLT® DeviceNet MCA 104<br>A6: VLT® CANopen MCA 105<br>A8: VLT® EtherCAT MCA 124<br>AG: VLT® LonWorks MCA 108<br>AJ: VLT® BACnet MCA 109<br>AT: VLT® PROFIBUS 变频器 MCA 113<br>AU: VLT® PROFIBUS 变频器 MCA 114<br>AL: VLT® PROFINET MCA 120<br>AN: VLT® EtherNet/IP MCA 121<br>AQ: VLT® Modbus TCP MCA 122<br>AY: VLT® EtherNet/IP MCA 121 |
| B 选件 | 31-32 | BX: 无选件<br>BK: VLT® General Purpose I/O MCB 101<br>BR: VLT® 编码器输入 MCB 102<br>BU: VLT® 旋变器输入 MCB 103<br>BP: VLT® Relay CardMCB 105<br>BY: VLT® 扩展型多泵控制器 MCO 101<br>BZ: VLT® 安全 PLC I/O MCB 108<br>B0: VLT® 模拟 I/O MCB 109<br>B2: VLT® PTC 热敏电阻卡 MCB 112<br>B4: VLT® 传感器输入 MCB-114<br>B6: VLT® 安全选件 MCB 150<br>B7: VLT® 安全选件 MCB 151 |
| C0/ E0 选件 | 33-34 | CX: 无选件<br>C4: VLT® 运动控制选件 MCO 305 |
| C1 选件/C 选件适配器中的 A/B | 35 | X: 无选件<br>R: VLT® Extended Relay Card MCB 113<br>S: VLT® 高级多泵控制器 MCO 102 |
| C 选件软件/<br>E1 选件 | 36-37 | XX: 标准控制器<br>10: VLT® 同步控制器 MCO 350<br>11: VLT® 位置控制器 MCO 351<br>12: VLT® 中心卷绕器 MCO 352 |
| D 选件 | 38-39 | DX: 无选件<br>D0: VLT® 24 V 直流电源 MCB 107 |

**表 7.4 订购选件**

## 7.2.1 输出滤波器

变频器的高速开关会产生某些副效应，从而对电动机和封闭环境造成影响。借助两种不同类型的滤波器（du/dt 滤波器和正弦波滤波器）可清除这些不利影响。有关详细信息，请参阅 *VLT® FC 系列输出滤波器设计指南*。

| 380 – 500 V | | | | | | | 公共 | | 单独 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 400 V, 50 Hz | | 460 V, 60 Hz | | 500 V, 50 Hz | | FsW | | | | |
| kW | A | Hp | A | kW | A | kHz | IP00 | IP23 | IP00 | IP23 |
| 250 | 480 | 350 | 443 | 315 | 443 | 3 | 130B2849 | 130B2850 | 130B2844 | 130B2845 |
| 315 | 600 | 450 | 540 | 355 | 540 | 2 | 130B2851 | 130B2852 | 130B2844 | 130B2845 |
| 355 | 658 | 500 | 590 | 400 | 590 | 2 | 130B2851 | 130B2852 | 130B2844 | 130B2845 |
| 400 | 745 | 600 | 678 | 500 | 678 | 2 | 130B2853 | 130B2854 | 130B2844 | 130B2845 |
| 450 | 800 | 600 | 730 | 530 | 730 | 2 | 130B2853 | 130B2854 | 130B2847 | 130B2848 |
| 500 | 880 | 650 | 780 | 560 | 780 | 2 | 130B2853 | 130B2854 | 130B2847 | 130B2848 |
| 560 | 990 | 750 | 890 | 630 | 890 | 2 | 2x130B2849 | 2x130B2850 | 130B2847 | 130B2848 |
| 630 | 1120 | 900 | 1050 | 710 | 1050 | 2 | 3x130B2849 | 2x130B2850 | 130B2847 | 130B2848 |
| 710 | 1260 | 1000 | 1160 | 800 | 1160 | 2 | 3x130B2849 | 2x130B2850 | 130B2847 | 130B2848 |
| 800 | 1460 | 1200 | 1380 | 1000 | 1380 | 2 | 3x130B2851 | 3x130B2852 | 130B2849 | 130B2850 |

**表 7.5 可用 dU/dt 滤波器，380 – 500 V**

| 525 – 690 V | | | | | | | 公共 | | 单独 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 525 V, 50 Hz | | 575 V, 60 Hz | | 690 V, 50 Hz | | FsW | | | | |
| kW | A | Hp | A | kW | A | kHz | IP00 | IP23 | IP00 | IP23 |
| 250 | 360 | 350 | 344 | 315 | 344 | 2 | 130B2851 | 130B2852 | 130B2841 | 130B2842 |
| 300 | 395 | 400 | 410 | 355 | 380 | 1.5 | 130B2851 | 130B2852 | 130B2841 | 130B2842 |
| 315 | 429 | 450 | 450 | 400 | 410 | 1.5 | 130B2851 | 130B2852 | 130B2841 | 130B2842 |
| 400 | 523 | 500 | 500 | 500 | 500 | 1.5 | 130B2853 | 130B2854 | 130B2844 | 130B2845 |
| 450 | 596 | 600 | 570 | 560 | 570 | 1.5 | 130B2853 | 130B2854 | 130B2844 | 130B2845 |
| 500 | 630 | 650 | 630 | 630 | 630 | 1.5 | 130B2853 | 130B2854 | 130B2844 | 130B2845 |
| 560 | 763 | 750 | 730 | 710 | 730 | 1.5 | 130B2853 | 130B2854 | 130B2847 | 130B2848 |
| 670 | 889 | 950 | 850 | 800 | 850 | 1.5 | 130B2853 | 130B2854 | 130B2847 | 130B2848 |
| 750 | 988 | 1050 | 945 | - | - | - | 3x130B2849 | 3x130B2850 | 130B2847 | 130B2848 |
| 850 | 1108 | 1150 | 1060 | 1000 | 1060 | 1.5 | 3x130B2849 | 3x130B2850 | 130B2847 | 130B2848 |
| 1000 | 1317 | 1350 | 1260 | 1200 | 1260 | 1.5 | 3x130B2851 | 3x130B2852 | 130B2849 | 130B2850 |

**表 7.6 可用 dU/dt 滤波器，525 – 690 V**

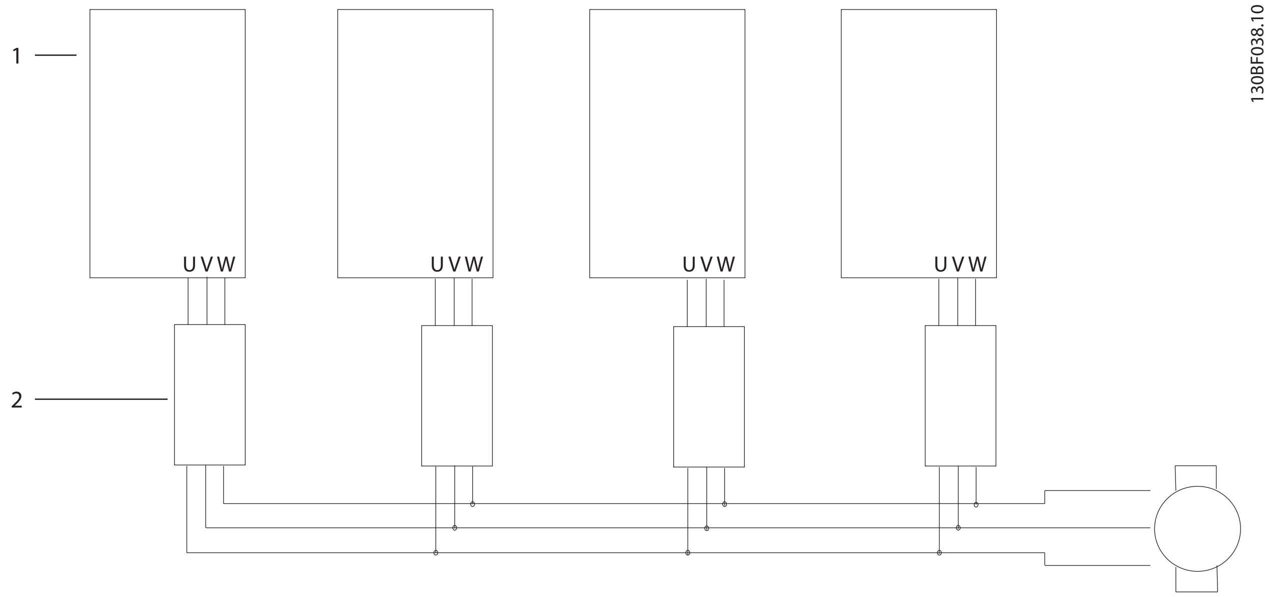
| 380 – 500 V | | | | | | | 公共 | | 单独 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 400 V, 50 Hz | | 460 V, 60 Hz | | 500 V, 50 Hz | | FsW | | | | |
| kW | A | Hp | A | kW | A | kHz | IP00 | IP23 | IP00 | IP23 |
| 250 | 480 | 350 | 443 | 315 | 443 | 3 | 130B3188 | 130B3189 | 130B3186 | 130B3187 |
| 315 | 600 | 450 | 540 | 355 | 540 | 2 | 130B3191 | 130B3192 | 130B3186 | 130B3187 |
| 355 | 658 | 500 | 590 | 400 | 590 | 2 | 130B3191 | 130B3192 | 130B3186 | 130B3187 |
| 400 | 745 | 600 | 678 | 500 | 678 | 2 | 130B3193 | 130B3194 | 130B3188 | 130B3189 |
| 450 | 800 | 600 | 730 | 530 | 730 | 2 | 2x130B3188 | 2x130B3189 | 130B3188 | 130B3189 |
| 500 | 880 | 650 | 780 | 560 | 780 | 2 | 2x130B3188 | 2x130B3189 | 130B3186 | 130B3187 |
| 560 | 990 | 750 | 890 | 630 | 890 | 2 | 2x130B3191 | 2x130B3192 | 130B3186 | 130B3187 |
| 630 | 1120 | 900 | 1050 | 710 | 1050 | 2 | 2x130B3191 | 2x130B3192 | 130B3186 | 130B3187 |
| 710 | 1260 | 1000 | 1160 | 800 | 1160 | 2 | 3x130B3188 | 2x130B3189 | 130B3188 | 130B3189 |
| 800 | 1460 | 1200 | 1380 | 1000 | 1380 | 2 | 3x130B3188 | 2x130B3189 | 130B3188 | 130B3189 |

**表 7.7 可用正弦波滤波器，380-500 V**

| 525–690 V | | | | | | | 公共 | | 单独 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| kW | A | Hp | A | kW | A | kHz | IP00 | IP23 | IP00 | IP23 |
| 525 V, 50 Hz | | 575 V, 60 Hz | | 690 V, 50 Hz | | FsW | | | | |
| 250 | 360 | 350 | 344 | 315 | 344 | 2 | 130B4129 | 130B4151 | 130B4125 | 130B4126 |
| 300 | 395 | 400 | 410 | 355 | 380 | 1.5 | 130B4129 | 130B4151 | 130B4125 | 130B4126 |
| 315 | 429 | 450 | 450 | 400 | 410 | 1.5 | 130B4152 | 130B4153 | 130B4125 | 130B4126 |
| 400 | 523 | 500 | 500 | 500 | 500 | 1.5 | 130B4154 | 130B4153 | 130B4129 | 130B4151 |
| 450 | 596 | 600 | 570 | 560 | 570 | 1.5 | 130B4156 | 130B4157 | - | - |
| 500 | 630 | 650 | 630 | 630 | 630 | 1.5 | 130B4156 | 130B4157 | 130B4129 | 130B4151 |
| 560 | 763 | 750 | 730 | 710 | 730 | 1.5 | 2x130B4142 | 2x130B4143 | 130B4129 | 130B4151 |
| 670 | 889 | 950 | 850 | 800 | 850 | 1.5 | 2x130B4142 | 2x130B4143 | 130B4125 | 130B4126 |
| 750 | 988 | 1050 | 945 | - | - | - | 2x130B4142 | 2x130B4143 | 130B4129 | 130B4151 |
| 850 | 1108 | 1150 | 1060 | 1000 | 1060 | 1.5 | 3x130B4154 | 3x130B4155 | 130B4129 | 130B4151 |
| 1000 | 1317 | 1350 | 1260 | 1200 | 1260 | 1.5 | 3x130B4154 | 3x130B4155 | 130B4129 | 130B4151 |

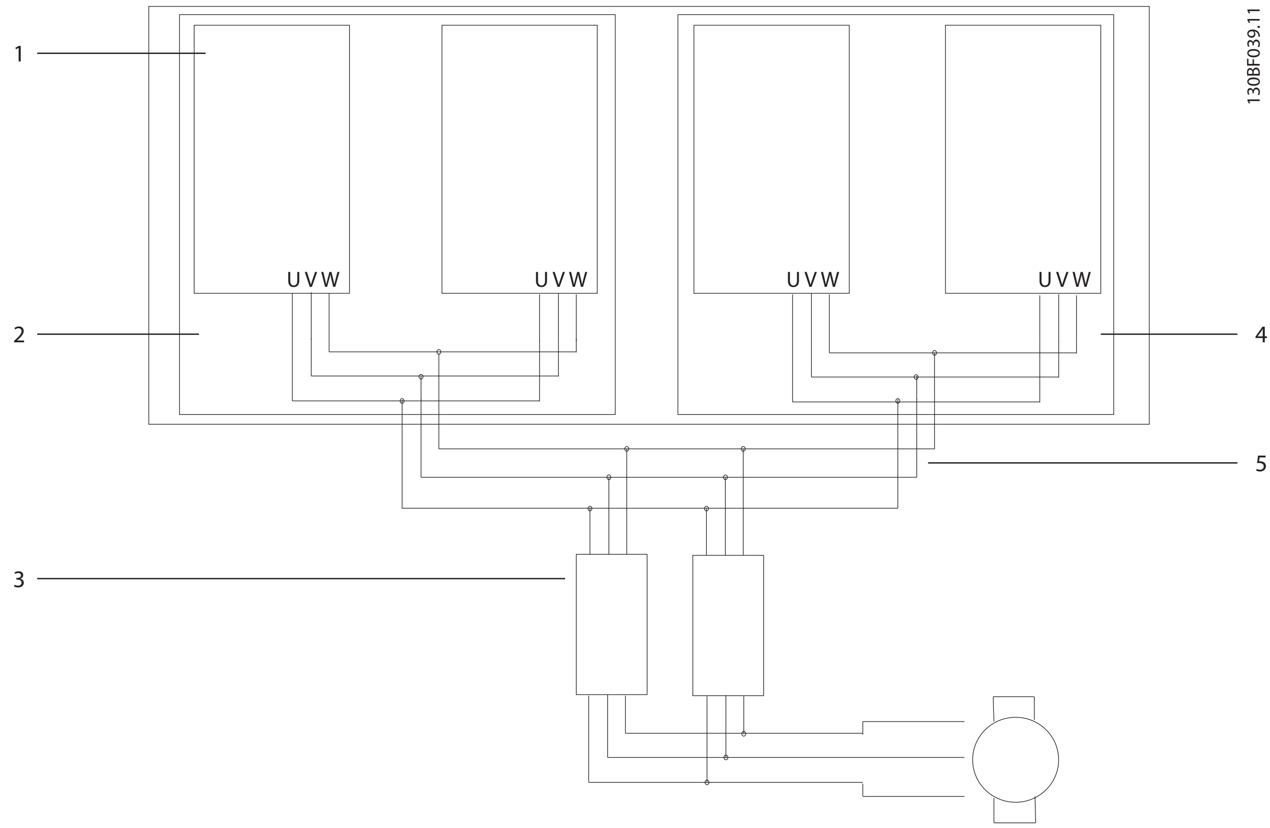
**表 7.8 可用正弦波滤波器，525–690 V**






| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 变频器模块 | 2 | 滤波器 |

**图 7.1 无公共母线的滤波器配置（单独）**



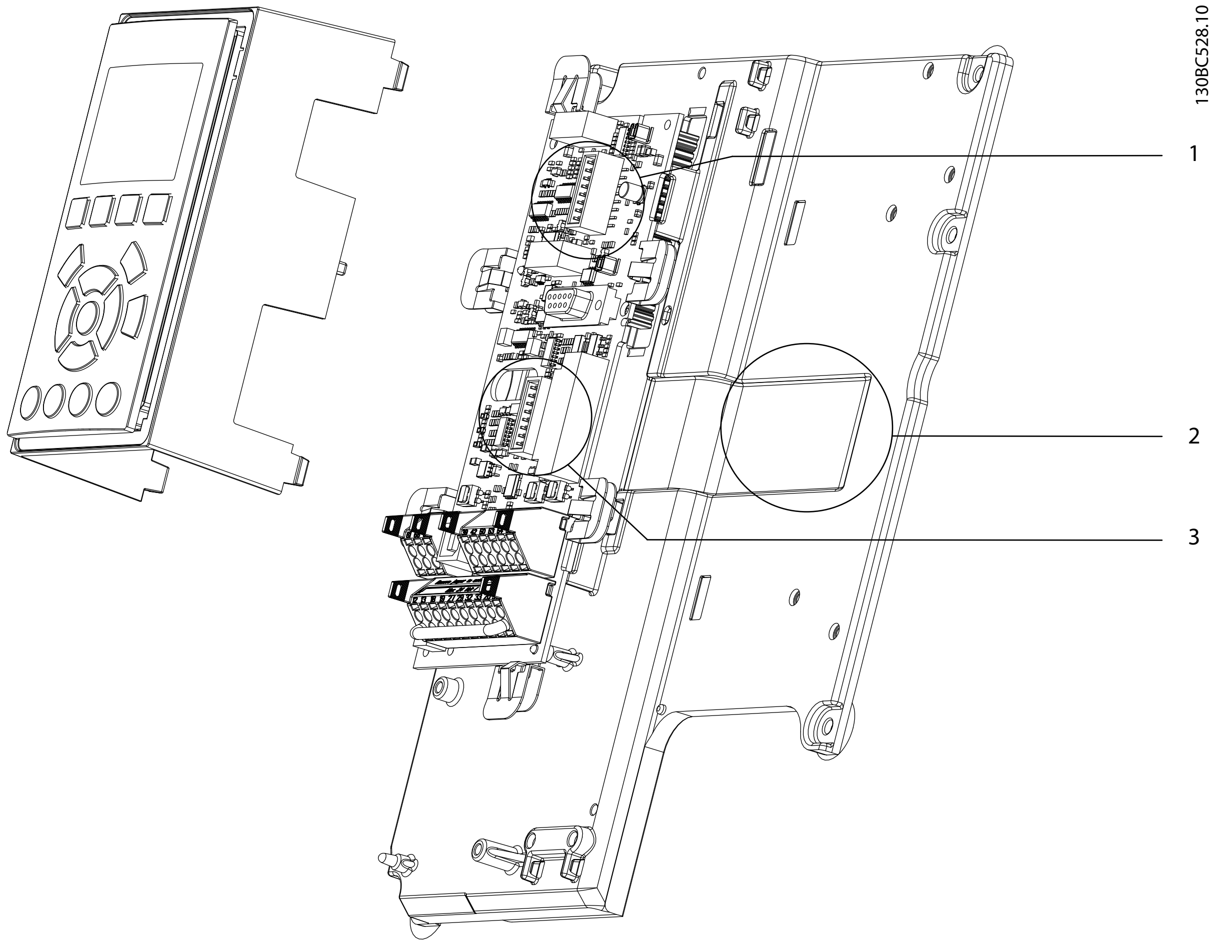

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 变频器模块 | 4 | 机柜 2 |
| 2 | 机柜 1 | 5 | 电缆 |
| 3 | 滤波器 | - | - |

**图 7.2 带公共母线的滤波器配置（单独）**

## 7.3 选件和附件

Danfoss 为 VLT® AutomationDrive FC 302、VLT® HVAC Basic Drive FC 102 和 VLT® AQUA Drive FC 202 提供了丰富的选件和附件。以下选件安装在插槽 A、插槽 B 或插槽 C 中的控制卡上。请参考 *图 7.3*。有关详细信息，请参阅选配设备附带的说明。




| | |
|---|---|
| 1 | 插槽 A 中的选件模块 |
| 2 | 插槽 B 中的选件模块 |
| 3 | 插槽 C |

**图 7.3 控制卡上的插槽选件**



### 7.3.1 通用输入输出模块 MCB 101

VLT® 通用 I/O MCB 101 用于扩展 FC 102、FC 103、FC 202、FC 301 和 FC 302 的数字和模拟输入和输出。必须将 MCB 101 安装在变频器的插槽 B 中。

内容：

- MCB 101 选件模块。
- LCP 扩展固定装置。
- 端子盖。

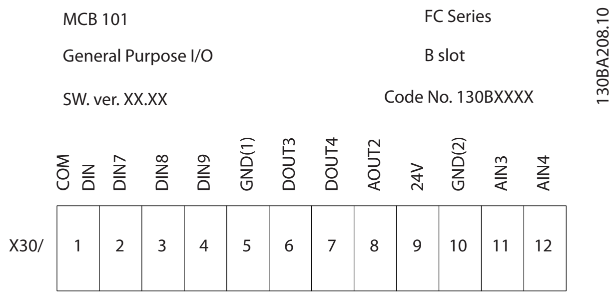



**图 7.4 MCB 101 选件模块**

## 7.3.2 VLT® 通用 I/O MCB 101 的高低压绝缘

数字/模拟输入同 MCB 101 和变频器控制卡中的其它输入/输出之间是高低压绝缘的。

MCB 101 中的数字/模拟输出同 MCB 101 的其它输入/输出之间是高低压绝缘的，但同变频器控制卡的其它输入/输出之间则不是这样。

如果使用内部 24 V 电源（端子 9）切换数字输入 7、8 或 9，则连接端子 1 和 5。请参阅 *图 7.5*。

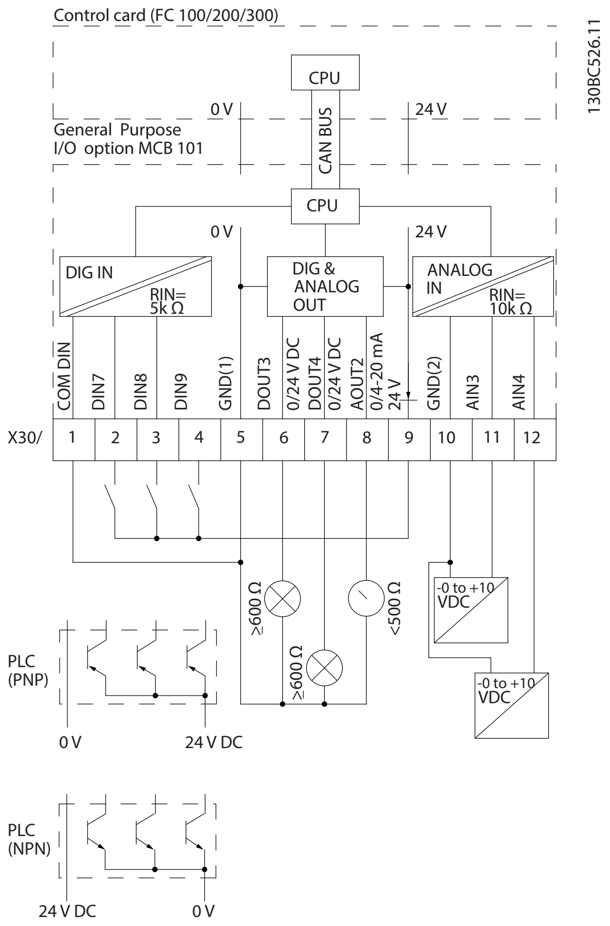



**图 7.5 原理图**

### 7.3.3 数字输入 - 端子 X30/1-4

| 数字输入 | |
|---|---|
| 数字输入的数量 | 4 (6) |
| 端子号 | 18, 19, 27, 29, 32, 33 |
| 逻辑 | PNP 或 NPN |
| 电压水平 | 0 - 24 V DC |
| 电压水平，逻辑“0” PNP（接地 = 0 V） | <5 V DC |
| 电压水平，逻辑“1” PNP（接地 = 0 V） | >10 V DC |
| 电压水平，逻辑“0” NPN（接地 = 24 V） | <14 V DC |
| 电压水平，逻辑“1” NPN（接地 = 24 V） | >19 V DC |
| 最高输入电压 | 28 V（持续） |
| 脉冲频率范围 | 0 - 110 kHz |
| （工作周期）最小脉冲宽度 | 4.5 ms |
| 输入阻抗 | >2 kΩ |

### 7.3.4 模拟输入 - 端子 X30/11, 12

| 模拟输出 | |
|---|---|
| 模拟输入的数量 | 2 |
| 端子号 | 53, 54, X30.11, X30.12 |
| 模式 | 电压 |
| 电压水平 | -10 V 至 +10 V |
| 输入阻抗 | >10 kΩ |
| 最大电压 | 20 V |
| 模拟输入的分辨率 | 10 位（包括符号） |
| 模拟输入的精度 | 最大误差为满量程的 0.5% |
| 带宽 | 100 Hz |

### 7.3.5 数字输出 - 端子 X30/6, 7

| 数字输出 | |
|---|---|
| 数字输出的数量 | 2 |
| 端子号 | X30.6、X30.7 |
| 数字/频率输出的电压水平 | 0 - 24 V |
| 最大输出电流 | 40 mA |
| 最大负载 | ≥600 Ω |
| 最大电容负载 | <10 nF |
| 最小输出频率 | 0 Hz |
| 最大输出频率 | ≤32 kHz |
| 频率输出精度 | 最大误差： 全范围的 0.1 % |

### 7.3.6 模拟输出 - 端子 X30/8

| 模拟输出 | |
|---|---|
| 模拟输出的数量 | 1 |
| 端子号 | 42 |
| 模拟输出的电流范围 | 0 - 20 mA |
| 最大接地负载 GND - 模拟输出 | 500 Ω |
| 模拟输出精度 | 最大误差： 全范围的 0.5% |
| 模拟输出分辨率 | 12 位 |

### 7.3.7 VLT® 编码器输入 MCB 102

VLT® 编码器输入 MCB 102 模块可用作闭环磁通矢量控制（*参数 1-02 磁通矢量电动机反馈源*）和闭环速度控制（*参数 7-00 速度 PID 反馈源*）的反馈源。请在*参数组 17-** 电机反馈选件*中配置编码器选件。

MCB 102 用于：

- VVC+ 闭环。
- 磁通矢量速度控制。
- 磁通矢量转矩控制。
- 永磁电机。

支持的编码器类型：

- 增量编码器： 5 V TTL 型，RS422，最大频率： 410 kHz.
- 增量编码器： 1Vpp，正弦-余弦.
- HIPERFACE® 编码器： “绝对”和“正弦-余弦”(Stegmann/SICK)。
- EnDat 编码器： “绝对”和“正弦-余弦”(Heidenhain)，支持版本 2.1。
- SSI 编码器： 绝对。

**注意**

**只有卸掉 LCP 才能看到这些指示灯。在 *参数 17-61 反馈信号监测* 中可以选择遇到编码器错误时的反应： *[0] 禁用*，*[1] 警告* 或 *[2] 跳闸*。**

单独订购编码器选件套件时，该套件包括：

- VLT® 编码器输入 MCB 102。
- 加大的 LCP 固定装置和加大的端子盖。

该编码器选件不支持在 2004 年第 50 周之前生产的 VLT® AutomationDriveFC 302 变频器。
最低软件版本： 2.03（*参数 15-43 SWversion*）

7

| 连接器名称 X31 | 增量编码器（请参考*图 7.6*） | SinCos 编码器 Hiperface®（请参考*图 7.7*） | EnDat 编码器 | SSI 编码器 | 说明 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | NC | | | 24 V1) | 24 V 输出 (21-25 V, $I_{max}$ 125 mA) |
| 2 | NC | 8 VCC | | | 8 V 输出（7-12 V，$I_{max}$： 200 mA） |
| 3 | 5 VCC | | 5 VCC | 5 V1) | 5 V 输出 (5 V ± 5%，$I_{max}$: 200 mA) |
| 4 | 接地 | | 接地 | 接地 | 接地 |
| 5 | A 输入 | COS 输入 | COS 输入 | | A 输入 |
| 6 | A 反向输入 | REFCOS | REFCOS | | A 反向输入 |
| 7 | B 输入 | SIN 输入 | SIN 输入 | | B 输入 |
| 8 | B 反向输入 | REFSIN | REFSIN | | B 反向输入 |
| 9 | Z 输入 | 数据输入 (RS485) | 时钟输出 | 时钟输出 | Z 输入或数据输入 (RS485) |
| 10 | Z 反向输入 | 数据输出 (RS485) | 时钟反向输出 | 时钟反向输出 | Z 输入或数据输出 (RS485) |
| 11 | NC | NC | 数据输入 | 数据输入 | 将来使用 |
| 12 | NC | NC | 数据反向输入 | 数据反向输入 | 将来使用 |
| 在 X31.5-12 上最高电压为 5V | | | | | |

**表 7.9 支持的编码器类型的编码器选件 MCB 102 端子说明**

*1) 编码器电源： 请参阅编码器数据。*

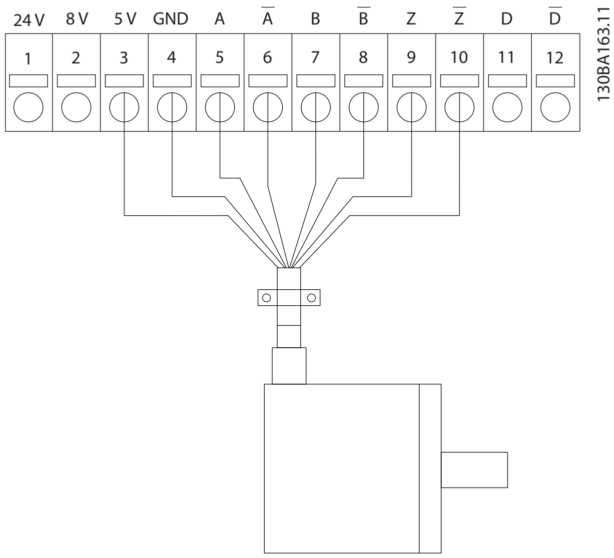



图 7.6 增量编码器

最大电缆长度 150 米（492 英尺）。

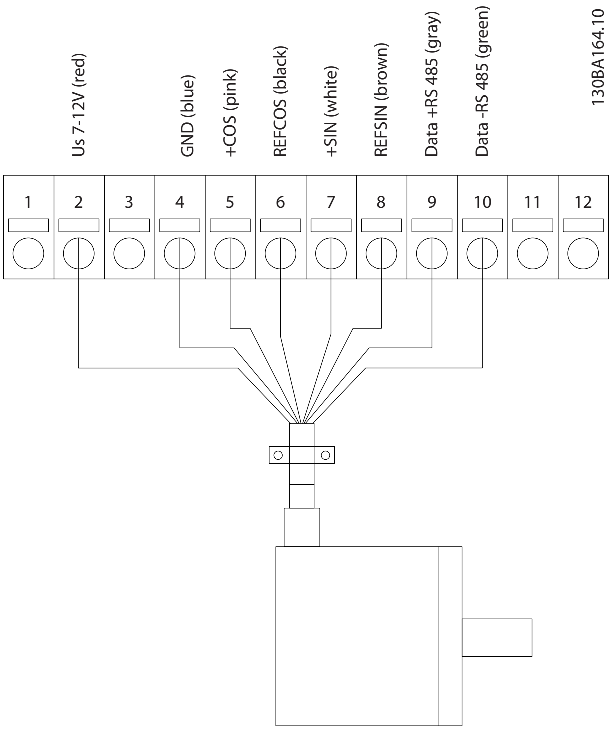



图 7.7 SinCos 编码器 Hiperface

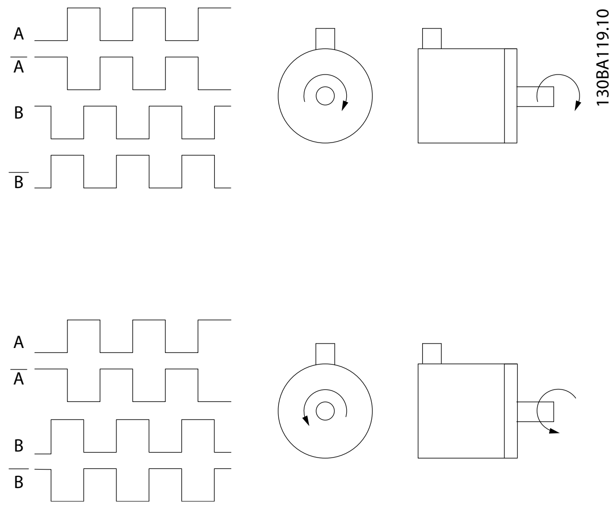



图 7.8 旋转方向

## 7.3.8 VLT® 旋变器输入 MCB 103

VLT® 旋变器选件 MCB 103 用于将旋变器电机反馈传送到 VLT® AutomationDrive FC 301/FC 302。解析器用作永磁无电刷同步电机的电机反馈设备。

单独订购解析器选件时，该套件包括：

- VLT® 旋变器选件 MCB 103。
- 加大的 LCP 固定装置和加大的端子盖。

参数选择： *17-5* 解析器接口*

MCB 103 支持多种类型的转子旋变器。

| | |
|---|---|
| 解析器极数 | *参数 17-50 极数*: 2 x 2 |
| 解析器输入电压 | *参数 17-51 输入电压*: 2.0 – 8.0 $V_{rms}$ x 7.0 $V_{rms}$ |
| 旋变器输入频率 | *参数 17-52 输入频率*: 2 – 15 kHz x 10.0 kHz |
| 变压比 | *参数 17-53 变压比*: 0.1 – 1.1 x 0.5 |
| 次级输入电压 | 最高 4 $V_{rms}$ |
| 次级负载 | 大约 10 kΩ |

表 7.10 解析器规格

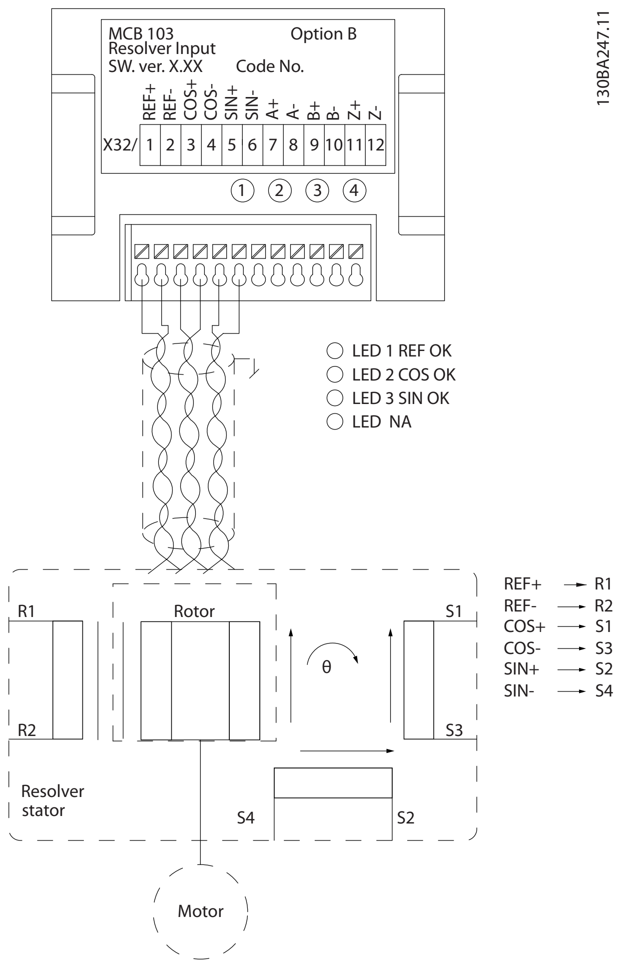



图 7.9 与永磁电机配套使用的旋变器输入 MCB 103

**注意**

**MCB 103 只能与配备转子的旋变器类型配套使用。无法使用配备定子的解析器。**

**LED 指示灯**

当 *参数 17-61 反馈信号监测* 设为 *[1] 警告*或 *[2] 跳闸*时，这些 LED 指示灯将亮起。

当到达解析器的参考信号正常时，LED 1 亮
当来自解析器的余弦信号正常时，LED 2 亮
当来自解析器的正弦信号正常时，LED 3 亮起。

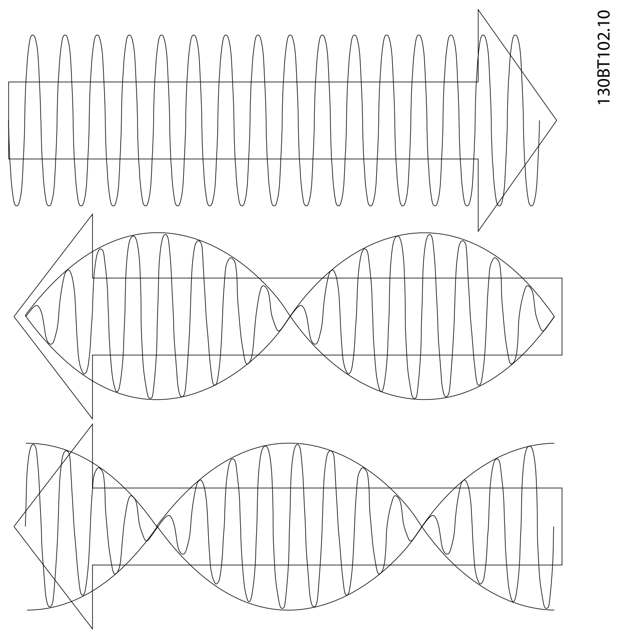



图 7.10 使用解析器作为速度反馈的永磁 (PM) 电机

**设置示例**

在*图 7.9* 中，永磁 (PM) 电机与用作速度反馈的解析器配套使用。PM 电机通常必须在磁通矢量模式下运行。

**接线**

当使用双绞线时，最大电缆长度为 150 米（492 英尺）。

**注意**

**务必使用屏蔽的电机电缆和制动斩波器电缆。旋变器电缆必须屏蔽并且同电机电缆分开。解析器电缆的屏蔽丝网必须正确连接到去耦板和电机侧机箱（接地）。**

| | |
|---|---|
| *参数 1-00 配置模式* | *[1] 闭环速度* |
| *参数 1-01 电动控制原理* | *[3] 磁通矢量带反馈* |
| *参数 1-10 电动机结构* | *[1] PM，非突出 SPM* |
| *参数 1-24 电动机电流* | 铭牌 |
| *参数 1-25 电动机额定转速* | 铭牌 |
| *参数 1-26 电动机持续额定转矩* | 铭牌 |
| PM 电机无法进行 AMA | |
| *参数 1-30 定子阻抗 (Rs)* | 电动机数据表 |
| *参数 30-80 d 轴电感 (Ld)* | 电机数据表 (mH) |
| *参数 1-39 电动机极数* | 电动机数据表 |
| *参数 1-40 1000 RPM 时的后 EMF* | 电动机数据表 |
| *参数 1-41 电动机角度偏置* | 电机数据表（通常为 0） |
| *参数 17-50 极数* | 旋变器数据表 |
| *参数 17-51 输入电压* | 旋变器数据表 |
| *参数 17-52 输入频率* | 旋变器数据表 |
| *参数 17-53 变压比* | 旋变器数据表 |
| *参数 17-59 解析器接口* | *[1] 启用* |

**表 7.11 要调整的参数**

## 7.3.9 VLT® Relay Card MCB 105

VLT® 继电器卡 MCB 105 包括 3 个 SPDT 触点，且必须安装在选件插槽 B 中。

| 电气数据 | |
|---|---|
| 最大端子负载 (AC-1) [1] (电阻性负载) | 交流 240 V，2 A |
| 最大端子负载 (AC-15)[1] (cosφ 等于 0.4 时的电感性负载) | 交流 240 V，0.2 A |
| 最大端子负载 (DC-1)[1] (电阻性负载) | 直流 24 V，1 A |
| 最大端子负载 (DC-13)[1] (电感性负载) | 直流 24 V，0.1 A |
| 端子最小负载（直流） | 5 V 10 mA |
| 额定负载/最小负载下的最大切换速率 | 6 分钟$^{-1}$/20$^{-1}$ |

*1) IEC 947 的第 4 和第 5 部分*

单独订购继电器选件套件时，该套件包括：

- VLT® Relay CardMCB 105 ：
- 加大的 LCP 固定装置和加大的端子盖。
- 用作 S201 (A53)、S202 (A54) 和 S801[1] 开关护盖的标牌
- 用于将电缆固定到继电器模块上的电缆束带。

1) **重要说明！** 必须将标签贴到 LCP 机架上以符合 UL 认证要求。

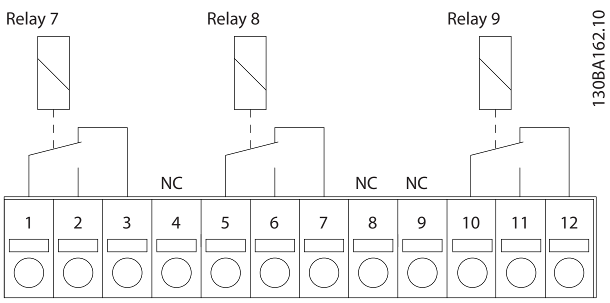



**图 7.11 断开继电器端子**

**⚠警告**

**警告：双路供电。请勿将 24/48 V 系统与高压系统混在一起。**

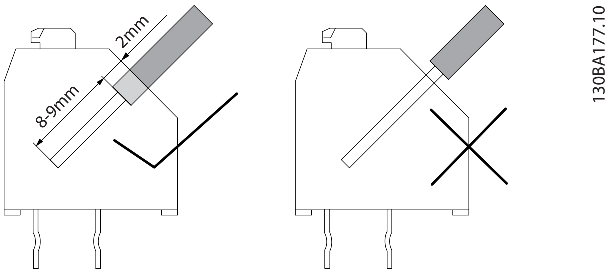



图 7.12 剥皮线缆的长度合适

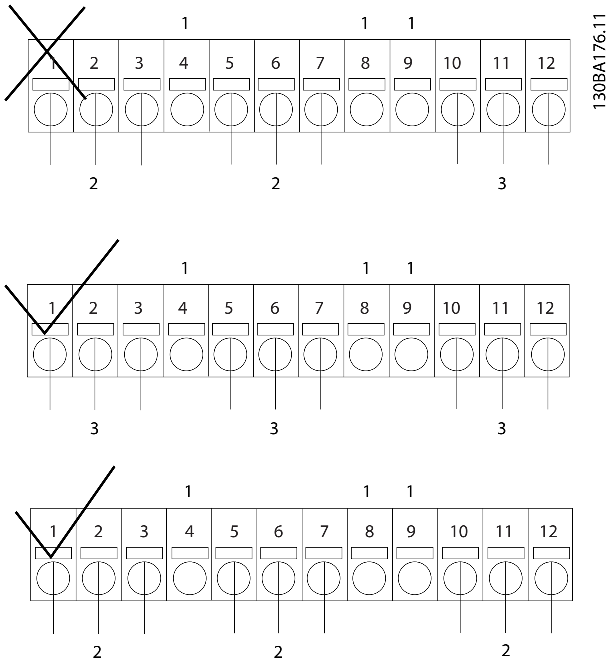



图 7.13 安装带电部件和控制信号的正确方法

## 7.3.10 VLT® 24 V 直流电源 MCB 107

24 V 外接直流电源可用作控制卡及安装的任意选件卡的低压电源，可在未连接到主电源时在 LCP 上执行全部操作。

| 外接 24 V 直流电源的规格 | |
|---|---|
| 输入电压范围 | 24 V DC ±15%（最大值 37 V，10 s）。 |
| 最大输入电流 | 2.2 A |
| 平均输入电流 | 0.9 A |
| 最大电缆长度 | 75 m (246 ft) |
| 输入电容载荷 | 10 uF |
| 加电延迟 | 0.6 s |

输入受到保护。

**端子号：**

- 端子 35： -24 V 直流外接电源.
- 端子 36： +24 V 直流外接电源.

当 VLT® 24 V 直流电源 MCB 107 为控制电路供电时，内部的 24 V 电源将自动断开。有关安装的详细信息，请参阅可选设备附带的单独手册。

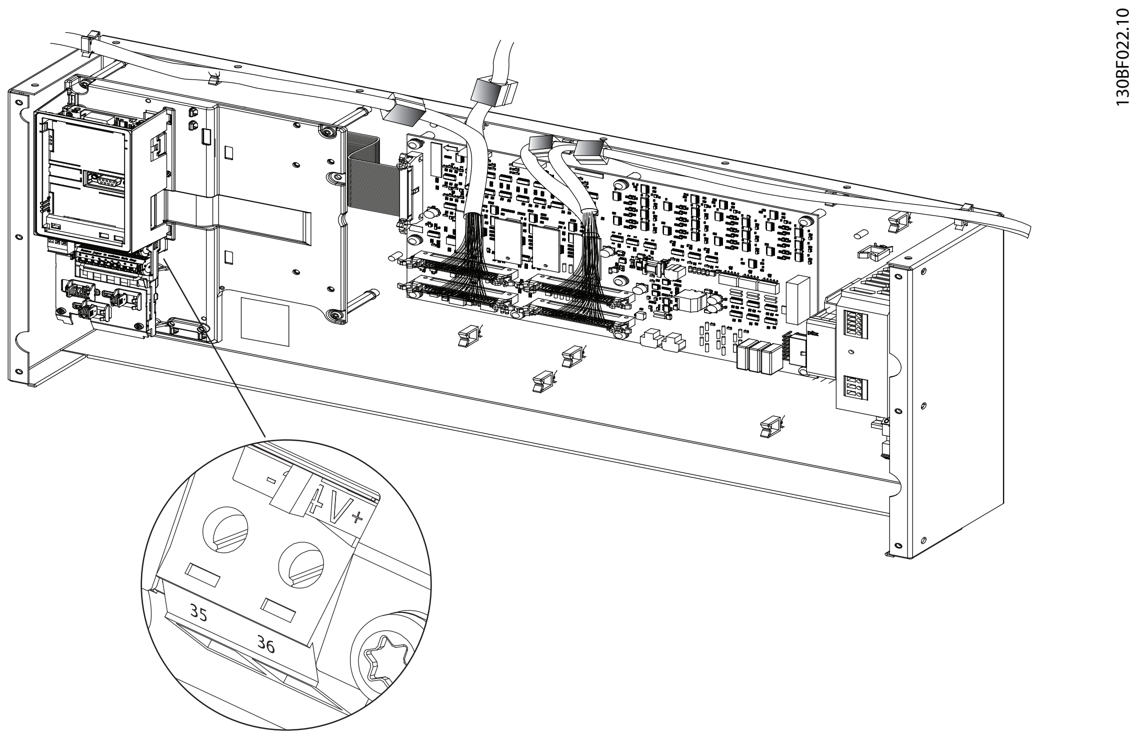



**图 7.14 24 V 直流电源连接**

## 7.3.11 VLT® PTC 热敏电阻卡 MCB 112

使用 VLT® PTC 热敏电阻卡 MCB 112 选件，可以用一个绝缘 PTC 热敏电阻输入来监视电机温度。它是用于带有 Safe Torque Off (STO) 功能的 VLT® HVAC Drive FC 102、VLT® AQUA Drive FC 202 和 VLT® AutomationDrive FC 302 的 B 选件。

有关安装该选件的信息，请参阅附带的手册。有关不同应用可能性，请参阅 *章 17 应用示例*。

X44/1 和 X44/2 是热敏电阻输入。X44/12 根据热敏电阻值来启用变频器的安全转矩关断功能（端子 37），而

X44/10 则负责将 MCB 112 的安全转矩关断请求通知给变频器，以确保适当的报警处理。要使用来自 X44/10 的信息，必须将变频器的一个数字输入（或已安装选件的 DI）设置为 PTC 卡 1 [80]。必须将 *参数 5-19 端子 37 安全停止* 配置为使用所需的 Safe Torque Off 功能。默认值为 *[1] 安全停车报警*。

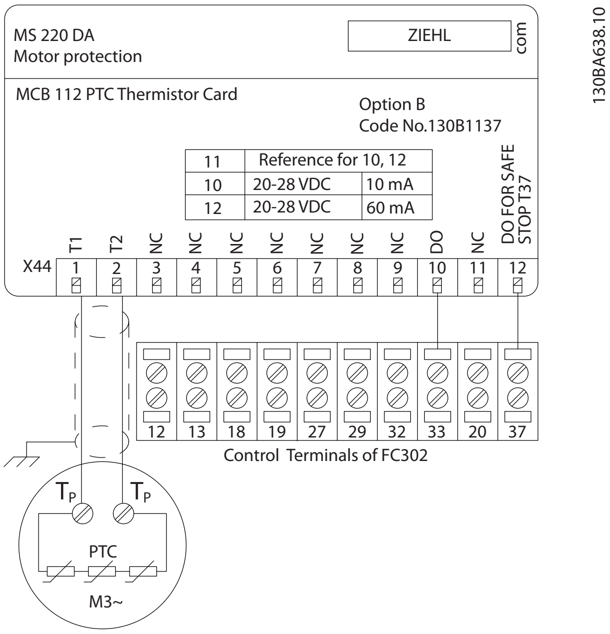



图 7.15 MCB 112 的安装：

**FC 102/202/302 系列通过 ATEX 认证**

VLT® PTC 热敏电阻卡 MCB 112 已通过 ATEX 认证，这意味着，FC 102/202/302 系列连同 MCB 112 现在可与电机一起用于可能存在爆炸危险的环境中。请参阅热敏电阻卡了解更多信息。

图 7.16 爆炸环境 (ATEX) 符号



## 电气数据

电阻连接

| | |
|---|---|
| 符合 DIN 44081 和 DIN 44082 的 PTC | |
| 数量 | 1 到 6 个电阻，串联 |
| 切断值 | 3.3 Ω ... 3.65 Ω ... 3.85 Ω |
| 复位值 | 1.7 Ω ... 1.8 Ω ... 1.95 Ω |
| 触发误差 | ± 6 °C (10.8 °F) |
| 传感器环路的总阻抗 | <1.65 Ω |
| 端子电压 | ≤ 2.5 V (R ≤3.65 Ω), ≤9 V (R=∞) |
| 传感器电流 | ≤ 1 mA |
| 短路 | 20 Ω≤R ≤40 Ω |
| 功率消耗 | 60 mA |

测试条件

| | |
|---|---|
| EN 60 947-8 | |
| 测得的抗电涌电压 | 6000 V |
| 过压类别 | III |
| 污染等级 | 2 |
| 测得的绝缘电压 Vbis | 690 V |
| 达到 Vi 之前的高低压绝缘 | 500 V |
| | -20 °C (-4 °F) ... +60 °C (140 °F) |
| 持续环境温度 | EN 60068-2-1 干热 |
| 湿度 | 5 - 95%，无凝结 |
| 抗 EMC 性 | EN 61000-6-2 |
| EMC 辐射 | EN 61000-6-4 |
| 抗振动性 | 10 ... 1000 Hz 1.14 g |

| | |
|---|---|
| 抗冲击性 | 50 g |

| 安全系统值 | |
|---|---|
| EN 61508，Tu=75 °C (167 °F) 持续 | |
| SIL | 2（如果维护周期为 2 年）<br>1（如果维护周期为 3 年） |
| HFT | 0 |
| PFD（如果每年执行一次功能测试） | 4.10 x $10^{-3}$ |
| SFF | 78% |
| $\lambda_s+\lambda_{DD}$ | 8494 FIT |
| $\lambda_{DU}$ | 934 FIT |
| 订购号 | 130B1137 |

## 7.3.12 VLT® Extended Relay Card MCB 113

VLT® 扩展继电器卡 MCB 113 在变频器标准 I/O 基础上添加了 7 个数字输入、2 个模拟输出和 4 个 SPDT 继电器，借此可以获得更高的灵活性，并且达到德国 NAMUR NE37 的建议标准。
MCB 113 是用于 DanfossVLT® HVAC DriveFC 102 的一款标准 C1 选件，在安装后 VLT® Refrigeration DriveFC 103，VLT® AQUA DriveFC 202，VLT® AutomationDriveFC 301，和 VLT® AutomationDriveFC 302 可以自动被检测到。

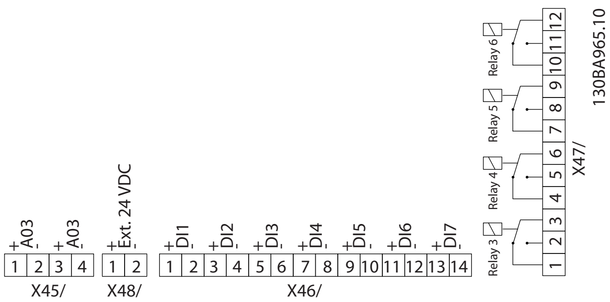



**图 7.17 MCB 113 的电气连接**

为确保变频器和选件卡 MCB 113 之间的高低压绝缘，将连接到 X58/ 上的外部 24 V 电源。如果不需要流电绝缘，则可以通过变频器的内置 24V 电源为该选件卡供电。

**注意**

**可以将 24 V 信号与高压信号组合到继电器中，前提是两者之间有一个未使用的继电器。**

要设置 MCB 113 ，请使用*参数组 5-1* 数字输入*、*6-7* 模拟输出 3*、 *6-8* 模拟输出 4*、*14-8* 选件*、*5-4* 继电器* 和 *16-6* 输入和输出*。

**注意**

**在*参数组 5-4* 继电器* 中，数组 *[2]* 代表继电器 3，数组 [3] 代表继电器 4，数组 [4] 代表继电器 5，而数组 [5] 代表继电器 6。**



### 电气数据

| 继电器 | |
|---|---|
| 数量 | 4 SPDT |
| 250V AC/30V DC 下的负载 | 8 A |
| 250 V AC/30 V DC 且 cosϕ = 0.4 下的负载 | 3.5 A |
| 过压类别（触点和大地之间） | III |
| 过压类别（触点和触点之间） | II |
| 250 V 和 24 V 信号组合 | 在中间有一个未使用的继电器时可以 |
| 最大吞吐延时 | 10 ms<br>与大地/机架绝缘，以用于 IT 主电源系统上 |

| 数字输入 | |
|---|---|
| 数量 | 7 |
| 范围 | 0/24 V |
| 模式 | PNP/NPN |
| 输入阻抗 | 4 kW |
| 低触发电平 | 6.4 V |

| | |
|---|---|
| 高触发电平 | 17 V |
| 最大吞吐延时 | 10 ms |

模拟输出

| | |
|---|---|
| 数量 | 2 |
| 范围 | 0/4-20 mA |
| 分辨率 | 11 比特 |
| 线性 | <0.2% |

EMC

| | |
|---|---|
| EMC | IEC 61000-6-2 和 IEC 61800-3 与进发、ESD、电涌和导电安全有关的规定 |

### 7.3.13 制动电阻器

此时可以使用制动电阻器来消耗再生制动所产生的过多能量。在选择该电阻器时需要考虑其欧姆值、功率消耗率以及其物理尺寸。Danfoss 提供了一系列专为其变频器设计的电阻器。有关详细信息，请参阅*章 13.2.1 制动电阻器的选择* 。另请参阅 *VLT® 制动电阻器 MCE 101 设计指南*。

7

### 7.3.14 正弦波滤波器

当电机由变频器控制时，电机将会发出共振噪声。该噪声源于电机的设计，每当激活变频器中的逆变器开关时都会出现此现象。共振噪声的频率与变频器的开关频率相对应。

对于变频器，Danfoss 可以提供用于消除声源性电机噪声的正弦波滤波器。该滤波器可以减小电机电压、峰值负载电压 $U_{PEAK}$ 以及脉动电流 ΔI 的加速时间。这将导致电流和电压变为几乎符合正弦曲线，继而减小电机噪声。

正弦波滤波器线圈中的脉动电流也将会导致一些噪声。将滤波器放到机柜或类似机箱中，可以解决该问题。

有关具体的正弦波滤波器部件号，请参阅*章 7.2.1 输出滤波器*。

### 7.3.15 dU/dt 滤波器

电压和电流同时快速增加会对电动机绝缘带来压力。这种快速的能量波动反过来又反映到逆变器的直流回路中，从而导致停机。du/dt 滤波器旨在减少电压上升时间和电动机中快速的能量变化。此干预可防止可防止电动机绝缘系统提前老化和发生闪络。

Du/dt 滤波器能有效防止变频器和电动机间连接电缆中的磁噪音辐射。此时的电压波形仍然呈脉冲状，但 du/dt 比率比不带滤波器时小。

### 7.3.16 LCP 远程安装套件

通过使用远程安装套件，可将 LCP 移到机柜的正面。此外还提供了不含 LCP 的 LCP 套件。对于 IP66 设备，订购号是 130B1117。对于 IP55 设备，订购号是 130B1129。

| | |
|---|---|
| 机箱 | IP54 前面板 |
| LCP 和设备之间的电缆最大长度 | 3 米（9 英尺 10 英寸） |
| 通讯标准 | RS485 |

**表 7.12 将 LCP 安装到 IP66 的技术数据机箱**

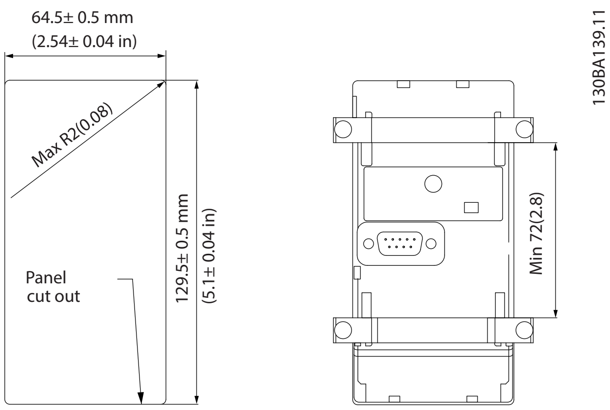



**图 7.18 尺寸**

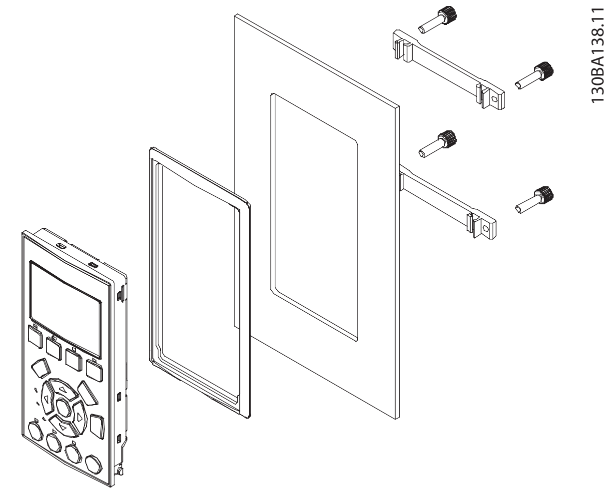



图 7.19 订购号 130B1113，LCP 套件，包括图形 LCP、固定件、电缆和衬垫

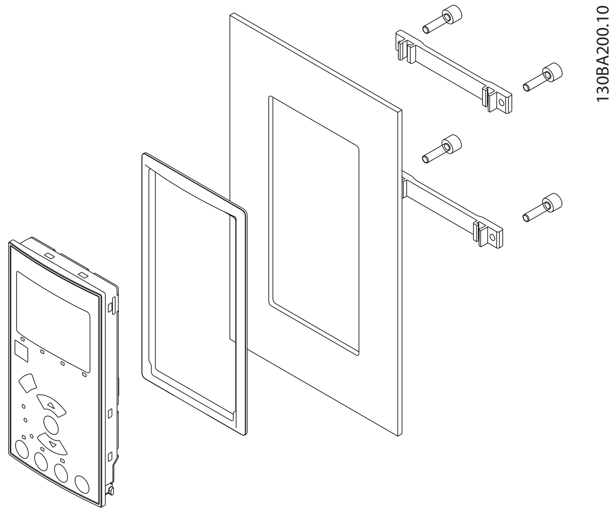



图 7.20 订购号 130B1114，LCP 套件，包括数字 LCP、固定件和衬垫

## 7.4 系统设计检查清单

*表 7.13* 提供了将变频器集成到电动机控制系统的检查清单。本清单旨在作为说明系统要求必需通用类别和选件的提示。

| 类别 | 详细信息 | 注释 | ☑ |
|---|---|---|---|
| FC 型号 | | | |
| 功率 | | | |
| | 伏特 | | |
| | 电流 | | |
| 物理 | | | |
| | 尺寸 | | |
| | 重量 | | |
| 环境工作条件 | | | |
| | 温度 | | |
| | 海拔 | | |
| | 湿度 | | |
| | 空气质量/灰尘 | | |
| | 降容要求 | | |
| 机箱规格 | | | |
| 输入 | | | |
| 电缆 | | | |
| | 类型 | | |
| | 长度 | | |
| 熔断器 | | | |
| | 类型 | | |
| | 规格 | | |
| | 额定值 | | |
| 选件 | | | |
| | 连接器 | | |
| | 触点 | | |
| | 过滤器 | | |
| 输出 | | | |
| 电缆 | | | |
| | 类型 | | |
| | 长度 | | |

| 类别 | 详细信息 | 注释 | ☑ |
|---|---|---|---|
| 熔断器 | | | |
| | 类型 | | |
| | 规格 | | |
| | 额定值 | | |
| 选件 | | | |
| | 过滤器 | | |
| 控制 | | | |
| 接线 | | | |
| | 类型 | | |
| | 长度 | | |
| | 端子连接 | | |
| 通讯 | | | |
| | 协议 | | |
| | 连接 | | |
| | 接线 | | |
| 选件 | | | |
| | 连接器 | | |
| | 触点 | | |
| | 过滤器 | | |
| 电机 | | | |
| | 类型 | | |
| | 额定值 | | |
| | 电压 | | |
| | 选件 | | |
| 专用工具和设备 | | | |
| | 移动和存放 | | |
| | 安装 | | |
| | 主电源连接 | | |

**表 7.13 系统设计检查清单**

# 8 安装期间的注意事项

## 8.1 工作环境

有关环境条件的规格，请参阅*章 6.9 变频器模块环境条件*。

**注意**

**冷凝**

**水分会在电子元件上凝结，造成短路。避免安装在易受霜冻影响的地方。当设备温度低于周围温度时，安装机柜加热器。只要功率耗散保持电路不受潮，在待机模式下工作可降低冷凝风险。**

腐蚀性气体，如硫化氢、氯气或氨气，可损害电气和机械部件。VLT® Parallel Drive Modules 使用带有保形涂层的电路板来降低腐蚀性气体的影响。有关保形涂层的类别规格和额定值，请参阅*章 6.9 变频器模块环境条件*。

将设备安装在尘土飞扬的环境中时，请注意以下事项：

**定期维护**
当电子组件上积累有灰尘时，这些灰尘将变为绝缘层。此层灰尘会降低组件的冷却能力，组件将会变得更热。环境温度更高，会缩短电子组件的使用寿命。

保持散热片和风扇上未堆积灰尘。有关更多保养和维护信息，请参考 *VLT® Parallel Drive Modules 维修手册*。

**冷却风扇**
风扇提供气流来冷却设备。当风扇暴露于满是灰尘的环境时，灰尘会损坏风扇轴承，导致风扇过早出现故障。

**警告**

**爆炸性环境**

**不要在潜在爆炸环境中安装变频器。不遵守此规定会增加严重伤亡风险。**

- **将设备安装在此区域外的机柜中。**

在潜在爆炸环境中工作的系统必须满足特定条件。欧盟指令 94/9/EC (ATEX 95) 规定了电子设备在潜在爆炸性环境中的操作。

- d 类表示出现火花时，该火花被控制在一个受保护的区域。
- e 类禁止出现任何火花。

**保护类别为 d 的电机**
无需审核。需要进行特殊接线和控制。

**保护类别为 e 的电机**
当与 VLT® PTC 热敏电阻卡 MCB 112 这类 ATEX 认证的 PTC 监测设备组合使用时，系统并不需要获得某个一致认可机构的单独认可。

**保护类别为 d/e 的电机**
电动机本身具有 e 点火防护等级，而电动机接线和连接环境符合 d 类标准。要减弱高峰电压，请在 VLT® Parallel Drive Modules 输出处使用正弦波滤波器。

**在可能发生爆炸的环境中使用 VLT® Parallel Drive Modules 时，使用以下组件：**

- 点火保护类别为 d 或 e 的电机。
- 用于监测电机温度的 PTC 温度传感器。
- 短电动机电缆。
- 正弦波输出滤波器（未使用屏蔽电机电缆时）。

**注意**

**电机热敏电阻传感器监测**

**带 MCB 112 选件的 VLT® AutomationDrive 设备通过针对可能爆炸环境的 PTB 认证。**

变频器中包含许多机械和电子部件，许多部件都容易受到环境影响。

**小心**

**不能将变频器安装在带有空气传播的液体、颗粒或气体的环境中，以免影响和损坏电子元件。若不采取必要的保护措施，则会增加停机的风险，从而降低变频器的使用寿命。**

**IEC 60529 要求的保护等级**
为了防止异物造成端子、连接器、引线和安全类电路之间的串扰故障和短路，必须在 IP54 或更高等级的控制机柜（或等同环境）中安装和操作安全力矩停止 (STO) 功能。

液体会通过空气传播并在变频器中冷凝，这可能导致元件和金属部件发生腐蚀。蒸汽、油和盐水也会腐蚀元件和金属部件。在这样的环境中，设备应采用 IP 54/55 级别的机箱。为了增强保护能力，您可以订购作为选件的带涂层印刷电路板。

空气传播的颗粒（如尘粒）会导致变频器出现机械、电子或热故障。如果变频器的风扇周围存在尘粒，通常可以说明空气传播的颗粒超标。在满是灰尘的环境中，设备应采用防护等级为 IP54/IP55 的机箱。

在温度和湿度较高的环境中，腐蚀性气体（如硫磺、氮和氯化物）会导致变频器元件发生化学反应。

这些化学反应会快速腐蚀和损坏电子元件。对于这种环境，请将设备安装在通风良好的机柜中，使变频器远离腐蚀性气体。
涂层 PCB 选件也可在此类环境下提供保护。

8

**注意**

**将变频器安装在腐蚀性环境中会增加停机风险，并且会极大缩短变频器的使用寿命。**

安装变频器之前，首先应通过观察这种环境中的现有设备，检查是否存在液体、颗粒和气体。金属部件上是否有水或油，或金属零件是否已腐蚀，通常可表明是否存在有害的空气传播液体。

通过查看现有的设备机柜和电气设备，可以了解尘粒是否超标。存在腐蚀性气体的一个表现是，铜导轨和电缆尾部将变暗。

## 8.2 最低系统要求

### 8.2.1 机柜

该套件包含 2 个或 4 个变频器模块，这取决于其额定功率。机柜必须至少满足下述要求：

| | |
|---|---|
| **宽度 [mm(in)]** | 2 个变频器： 800 (31.5)，4 个变频器： 1600 (63) |
| **深度 [mm(in)]** | 600 (23.6) |
| **高度 [mm (in)]** | 2000 (78.7)[1)] |
| **承载重量 [kg (lb)]** | 2 个变频器： 450 (992)，4 个变频器： 910 (2006) |
| **通风口** | 请参阅 *章 8.2.4 冷却和气流要求*。 |

**表 8.1 机柜要求**

*1) 在使用 Danfoss 母线或冷却套件的条件下是必需的。*

### 8.2.2 母线

如果未使用 Danfoss 母线套件，在构建自定义母线时，请参阅 *表 8.2* 了解所需的横截面积测量值。有关端子尺寸，请参阅*章 6.1.2 端子尺寸*和*章 6.1.3 直流母线尺寸*。

| **说明** | **宽度 [mm(in)]** | **厚度 [mm (in)]** |
|---|---|---|
| 交流电机 | 143.6 (5.7) | 6.4 (0.25) |
| 交流主电源 | 143.6 (5.7) | 6.4 (0.25) |
| 直流母线 | 76.2 (3.0) | 12.7 (0.50) |

**表 8.2 自定义母线的横截面测量值**

**注意**

**将母线垂直对齐以提供最大气流。**

### 8.2.3 热注意事项

有关散热值，请参考*章 6.5 与功率相关的规格*。确定冷却要求时，还必须考虑以下热源：

- 机箱外的环境温度。
- 滤波器（例如，正弦波和 RF）
- 熔断器。
- 控制组件。

有关所需的冷却空气，请参阅 *章 8.2.4 冷却和气流要求*。

### 8.2.4 冷却和气流要求

本节中提供的建议对冷却面板机箱内的变频器模块是必要的。每个变频器模块都包含一个散热片风扇和混合风扇。典型机箱设计利用门装风扇以及变频器模块风扇来清除机箱中的余热。

Danfoss 提供多种背部风道冷却套件供选择。这些套件可去除机箱中 85% 的余热，减少对大的门装风扇的需求。

**注意**

**确保机柜风扇的总起流量满足建议的气流量。**

**变频器模块冷却风扇**

变频器模块配有散热片风扇，可提供整个散热片要求的额定流量 840 $m^3$/h (500 cfm)。设备顶部还安装了一个冷却风扇，输入板下方安装有一个小型的 24 V DC 混合风扇，可在变频器模块接通电源的任何时候工作。

在每个变频器模块内，功率卡为风扇提供直流供电电压。混合风扇由主开关模式电源的 24V DC 供电。散热片风扇和顶装风扇由功率卡上的专用开关模式电源的 48V DC 供电。每一个风扇都向控制卡提供转速计反馈，以确认自己是否在正常工作。风扇开/关和速度控制有助于降低不必要的噪音并延长风扇的寿命。

**机柜风扇**

如未使用背部风道选件，机柜内安装的风扇必须排出机箱内部产生的所有热量。

每个机箱装有 2 个变频器模块，机柜风扇流量建议如下：

- 使用背部风道冷却功能时，建议的流量为 680 $m^3$/h (400 cfm)。
- 未使用背部风道冷却功能时，建议的流量为 4080 $m^3$/h (2400 cfm)。

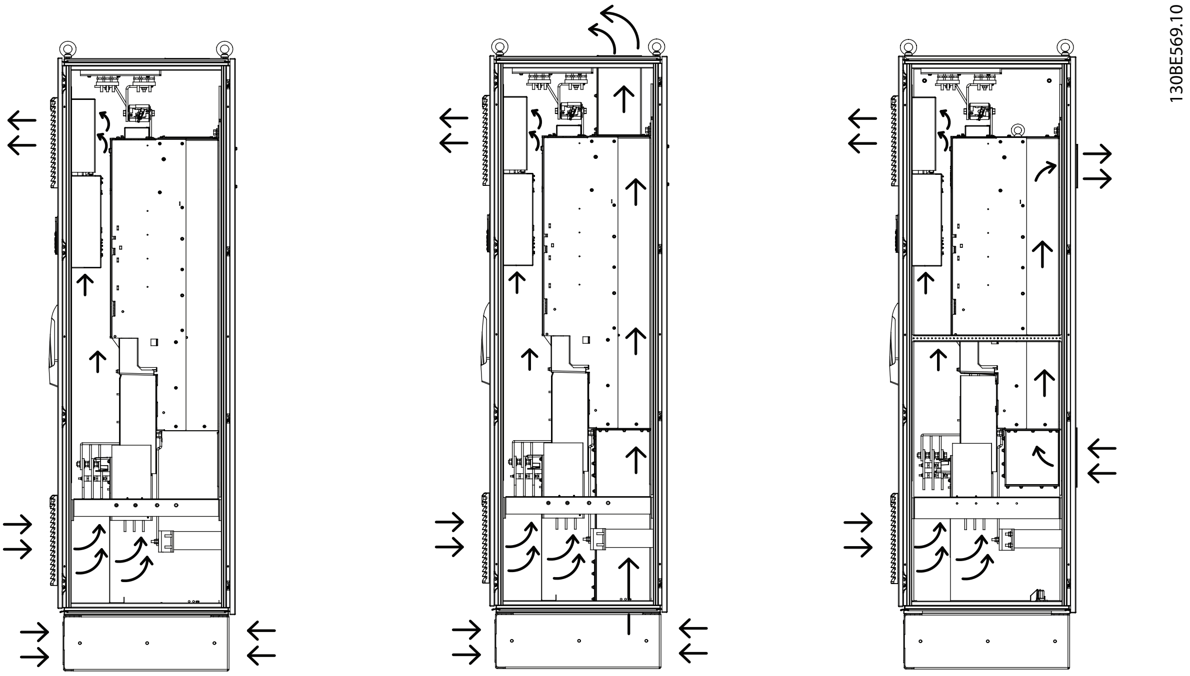



图 8.1 气流：标准单元（左）、底部/顶冷却套件（中）以及背部冷却套件（右）



## 8.3 批准和认证的电气要求

本指南中提供的标准配置（变频器模块、控制架、线束、熔断器和微型开关）通过 UL 和 CE 认证。除标准配置外，还必须满足以下条件，才能达到 UL 和 CE 监管批准要求。有关免责声明的列表，请参阅*章 18.1 免责声明*。

- 在加热、室内受控的环境中使用变频器。冷却空气必须干净，无腐蚀性材料和导电尘埃。有关特定限制，请参阅*章 6.9 变频器模块环境条件*。
- 额定电流下最高环境空气温度为 40 °C (104 °F)。
- 驱动器系统必须按照机箱分类在干净空气中装配。为获得 UL 或 CE 认证的监管批准，必须按照本指南中提供的标准配置安装变频器模块。
- 最高电压和电流不得超过*章 6.5 与功率相关的规格*中为指定变频器配置提供的值。
- 变频器模块适用于以下电路：能够在使用具有标准配置的熔断器进行保护时在变频器额定电压（对于 690 V 设备，最大电压为 600 V）下提供不超过 100 kA rms 对称电流。请参考*章 8.4.1 熔断器选择*。电流额定值基于按照 UL 508C 执行的测试。
- 位于电动机电路内部的电缆必须在符合 UL 标准的安装中在至少 75 °C (167 °F) 下降容。*章 6.5 与功率相关的规格*中提供了指定变频器配置的电缆尺寸。
- 输入电缆必须有熔断器保护。不得在未配置*章 8.4.1 熔断器选择*中列出的美国适用的 IEC（aR 等级）熔断器和 UL（L 或 T 等级）熔断器时使用断路器。此外，还必须遵守特定于国家的监管要求。
- 在美国进行安装时，必须根据国家电气法规 (NEC) 和所有适用的当地法规提供支路保护。为满足此要求，请使用符合 UL 标准的熔断器。
- 在加拿大进行安装时，必须根据加拿大电气法规和所有适用的各省法规提供支路保护。为满足此要求，请使用符合 UL 标准的熔断器。

## 8.4 熔断器和断路器

### 8.4.1 熔断器选择

为了在变频器模块内部的 1 个或多个组件发生故障时保护变频器系统，请在主电源侧使用熔断器和/或断路器。

#### 8.4.1.1 支路保护

为了防止整个系统发生电气和火灾危险，系统中的所有支路都必须根据国家和国际法规带有短路保护和过电流保护。

#### 8.4.1.2 短路保护

Danfoss 建议使用 *章 8.4.1.3 建议使用符合 CE 标准的熔断器* 和 *章 8.4.1.4 建议使用符合 UL 标准的熔断器*中列出的熔断器以满足 CE 或 UL 标准，以便在变频器模块发生内部组件故障时为维护人员和财产提供保护。

### 8.4.1.3 建议使用符合 CE 标准的熔断器

| 变频器模块数 | FC 302 | FC 102/ FC 202 | 推荐的熔断器（最大值） |
|---|---|---|---|
| 2 | N450 | N500 | aR-1600 |
| 4 | N500 | N560 | aR-2000 |
| 4 | N560 | N630 | aR-2000 |
| 4 | N630 | N710 | aR-2500 |
| 4 | N710 | N800 | aR-2500 |
| 4 | N800 | N1M0 | aR-2500 |

表 8.3 6 脉冲变频器系统 (380 - 500 V AC)

| 变频器模块数 | FC 302 | FC 102/ FC 202 | 推荐的熔断器（最大值） |
|---|---|---|---|
| 2 | N250 | N315 | aR-630 |
| 2 | N315 | N355 | aR-630 |
| 2 | N355 | N400 | aR-630 |
| 2 | N400 | N450 | aR-800 |
| 2 | N450 | N500 | aR-800 |
| 4 | N500 | N560 | aR-900 |
| 4 | N560 | N630 | aR-900 |
| 4 | N630 | N710 | aR-1600 |
| 4 | N710 | N800 | aR-1600 |
| 4 | N800 | N1M0 | aR-1600 |

表 8.4 12 脉冲变频器系统 (380 - 500 V AC)

| 变频器模块数 | FC 302 | FC 102/ FC 202 | 推荐的熔断器（最大值） |
|---|---|---|---|
| 4 | N630 | N710 | aR-1600 |
| 4 | N710 | N800 | aR-2000 |
| 4 | N800 | N900 | aR-2500 |
| 4 | N900 | N1M0 | aR-2500 |
| 4 | N1M0 | N1M2 | aR-2500 |

表 8.5 6 脉冲变频器系统 (525 - 690 V AC)

| 变频器模块数 | FC 302 | FC 102/ FC 202 | 推荐的熔断器（最大值） |
|---|---|---|---|
| 2 | N250 | N315 | aR-550 |
| 2 | N315 | N355 | aR-630 |
| 2 | N355 | N400 | aR-630 |
| 2 | N400 | N500 | aR-630 |
| 2 | N500 | N560 | aR-630 |
| 2 | N560 | N630 | aR-900 |
| 4 | N630 | N710 | aR-900 |
| 4 | N710 | N800 | aR-900 |
| 4 | N800 | N900 | aR-900 |
| 4 | N900 | N1M0 | aR-1600 |
| 4 | N1M0 | N1M2 | aR-1600 |

表 8.6 12 脉冲变频器系统 (525 - 690 V AC)

### 8.4.1.4 建议使用符合 UL 标准的熔断器

- 变频器模块附带内置的交流熔断器。模块限定 100 kA 短路电流额定值 (SCCR)，适用于所有电压 (380 - 690 V AC) 下的标准总线配置 。
- 如果外部未连接功率选件或额外的母线，变频器系统符合 100 kA SCCR 要求，且用 UL 认证的任何 L 类或 T 类熔断器连接变频器模块的输入端子。
- 使用 L 类和 T 类熔断器的电流额定值时，请勿超过 *表 8.8* 至 *表 8.9* 中所列的熔断器额定值。

| 变频器模块数 | FC 302 | FC 102/ FC 202 | 推荐的熔断器（最大值） |
|---|---|---|---|
| 2 | N450 | N500 | 1600 A |
| 4 | N500 | N560 | 2000 A |
| 4 | N560 | N630 | 2000 A |
| 4 | N630 | N710 | 2500 A |
| 4 | N710 | N800 | 2500 A |
| 4 | N800 | N1M0 | 2500 A |

表 8.7 6 脉冲变频器系统 (380 - 500 V AC)

| 变频器模块数 | FC 302 | FC 102/ FC 202 | 推荐的熔断器（最大值） |
|---|---|---|---|
| 2 | N250 | N315 | 630 A |
| 2 | N315 | N355 | 630 A |
| 2 | N355 | N400 | 630 A |
| 2 | N400 | N450 | 800 A |
| 2 | N450 | N500 | 800 A |
| 4 | N500 | N560 | 900 A |
| 4 | N560 | N630 | 900 A |
| 4 | N630 | N710 | 1600 A |
| 4 | N710 | N800 | 1600 A |
| 4 | N800 | N1M0 | 1600 A |

表 8.8 12 脉冲变频器系统 (380 - 500 V AC)

*UL 认可的任何最低电压为 500 V 的熔断器可用于 380 - 500 V 交流的变频器系统。*

| 变频器模块数 | FC 302 | FC 102/ FC 202 | 推荐的熔断器（最大值） |
|---|---|---|---|
| 4 | N630 | N710 | 1600 A |
| 4 | N710 | N800 | 2000 A |
| 4 | N800 | N900 | 2500 A |
| 4 | N900 | N1M0 | 2500 A |
| 4 | N1M0 | N1M2 | 2500 A |

表 8.9 6 脉冲变频器系统 (525 - 690 V AC)

| 变频器模块数 | FC 302 | FC 102/<br>FC 202 | 推荐的熔断器<br>（最大值） |
|---|---|---|---|
| 2 | N250 | N315 | 550 A |
| 2 | N315 | N355 | 630 A |
| 2 | N355 | N400 | 630 A |
| 2 | N400 | N500 | 630 A |
| 2 | N500 | N560 | 630 A |
| 2 | N560 | N630 | 900 A |
| 4 | N630 | N710 | 900 A |
| 4 | N710 | N800 | 900 A |
| 4 | N800 | N900 | 900 A |
| 4 | N900 | N1M0 | 1600 A |
| 4 | N1M0 | N1M2 | 1600 A |

**表 8.10 12 脉冲变频器系统 (525 – 690 V AC)**

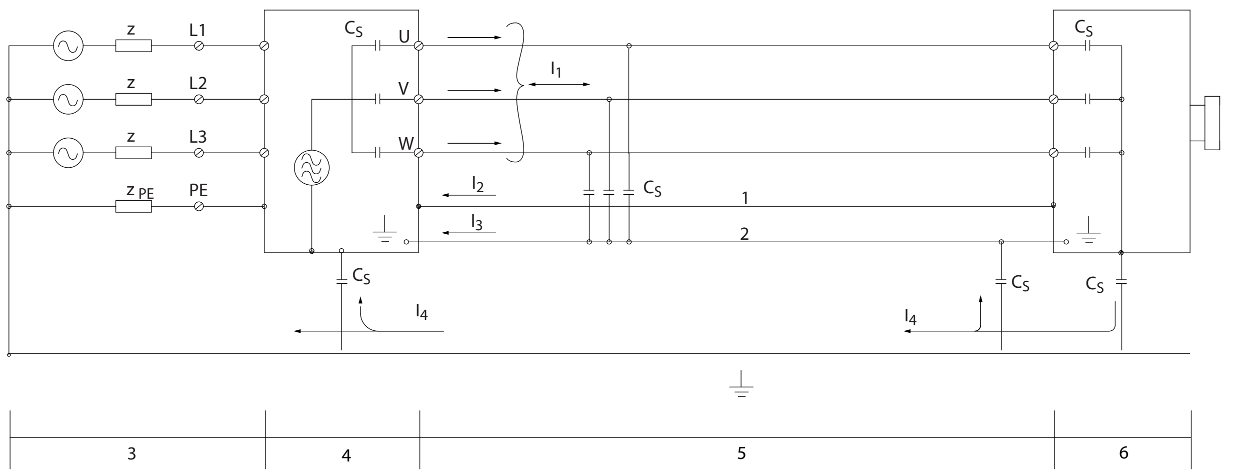
*UL 认可的任何最低电压为 700 V 的熔断器可用于 525 – 690 V 交流的变频器系统。*

# 9 EMC 和谐波

## 9.1 关于 EMC 辐射的一般问题

瞬态脉冲最常位于 150 kHz 到 30 MHz 频率范围内。在变频器系统中，逆变器、电动机电缆和电动机会产生 30 MHz 到 1 GHz 范围的空中干扰。
电动机电缆中的电容性电流与电动机的高 dU/dt 特性一起产生了泄漏电流。
屏蔽的电机电缆会增大泄漏电流（请参阅*图 9.1*），因为与非屏蔽电缆相比，屏蔽电缆的对地电容更高。如果不对泄漏电流进行滤波，它将在主电源上对 5 MHz 以下的无线电频率范围产生更大的干扰。由于泄漏电流 ($I_1$) 会通过屏蔽丝网电流 ($I_3$ 返回设备，屏蔽的电动机电缆仅产生一个微弱的电磁场 ($I_4$)。

屏蔽丝网降低了辐射性干扰，但增强了主电源的低频干扰。将电动机电缆的屏蔽丝网同时连接到变频器机箱和电动机的机箱。要连接屏蔽丝网，请使用一体化屏蔽丝网夹来避免屏蔽丝网端部扭结。屏蔽丝网端部扭结会增加屏蔽丝网在高频下的阻抗，从而降低屏蔽效果并增大泄漏电流 ($I_4$)。
如果将屏蔽电缆用于现场总线、继电器、控制电缆、信号接口或制动，则将屏蔽丝网同时连接到机箱的两端。但有时为了避免电流回路，也可能需要断开屏蔽丝网。




| | |
|---|---|
| 1 | 地线 |
| 2 | 防护罩 |
| 3 | 交流主电源 |
| 4 | 变频器 |
| 5 | 屏蔽电机电缆 |
| 6 | 电机 |

**图 9.1 漏电电流**

*图 9.1* 显示了 6 脉冲变频器示例，但必须还适用于 12 脉冲。

如果要将屏蔽丝网放在固定板上，则使用金属板，因为屏蔽丝网电流必须被带回变频器。还应确保从固定板到固定螺钉以及变频器机架都有良好的电气接触。在使用非屏蔽电缆时，尽管可能符合安全性要求，但却不符合某些辐射要求。

为了尽量降低整个系统（设备 + 安装）的干扰水平，请使用尽可能短的电机电缆和制动电缆。不要将传送敏感信号电平的电缆与电动机电缆和制动电缆放在一起。控制性电子元件尤其可能产生 50 MHz 以上的无线电干扰（空中干扰）。有关 EMC 的详细信息，请参阅 *章 9.5 EMC 建议*。

## 9.2 EMC 测试结果

下列测试结果是在使用变频器（带有相关选件）、屏蔽控制电缆、控制箱（带电位计）、电机和电机屏蔽电缆时获取的。

| 射频干扰滤波器类型 | | 传导性干扰 | | 辐射性干扰 | |
|---|---|---|---|---|---|
| 标准和要求 1) | EN/IEC 61800-3 | 类别 C2 | 类别 C3 | 类别 C2 | 类别 C3 |
| P2, P4 (FC 302) | | 不带 | 150 m | 不带 | 是 |
| P6, P8 (FC 302) | | 150 m (492 ft) | 150 m (492 ft) | 是 | 是 |

**表 9.1 EMC 测试结果（辐射和抗扰性）**

*1) 要符合 C2 类的要求，需要使用外部射频干扰滤波器。*

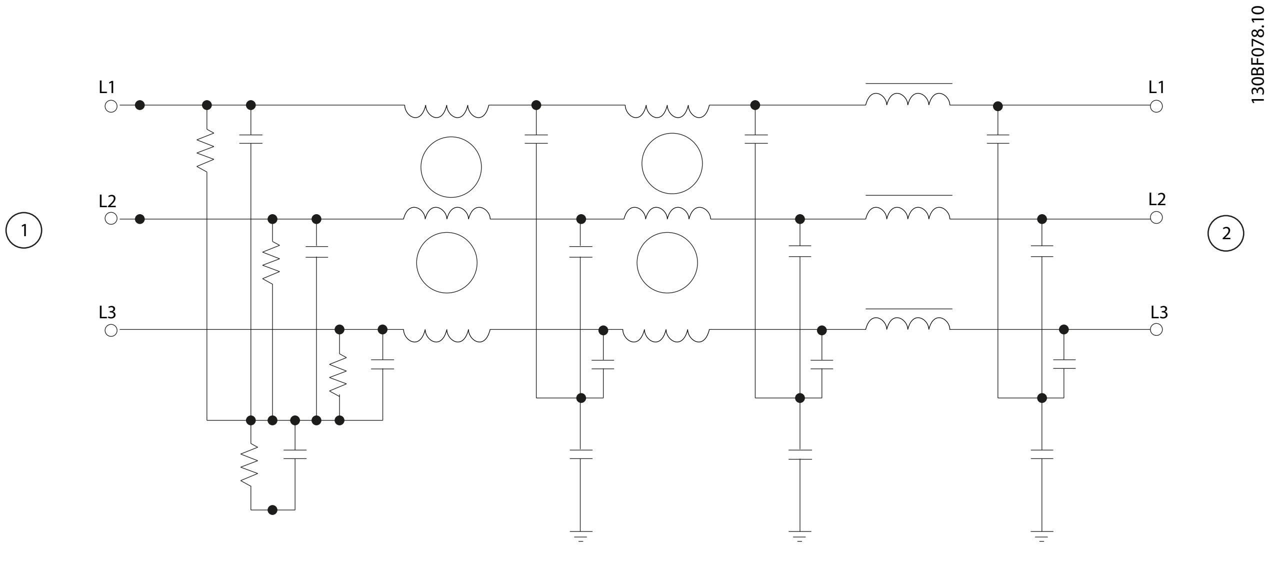
***注意***

**此类动力驱动系统不适用于为住宅处所供电的低电压公共网络。用于此类网络时，预期会出现无线电频率干扰，可能需要采取补充防护措施。**

变频器使用 150 米（492 英尺）屏蔽电缆，满足 C3 类别的辐射要求。要符合 C2 类的要求，需要使用外部射频干扰滤波器。

*图 9.2* 显示出用于使变频器符合要求的射频干扰滤波器的电气图。在此方案中，射频干扰滤波器与地面绝缘，同时使用*参数 14-50 射频干扰滤波器* 禁用射频干扰继电器。

*图 9.3* 中提供了射频干扰滤波器的衰减系数。




| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 线形 | 2 | 负荷 |

**图 9.2 射频干扰滤波器电气图**

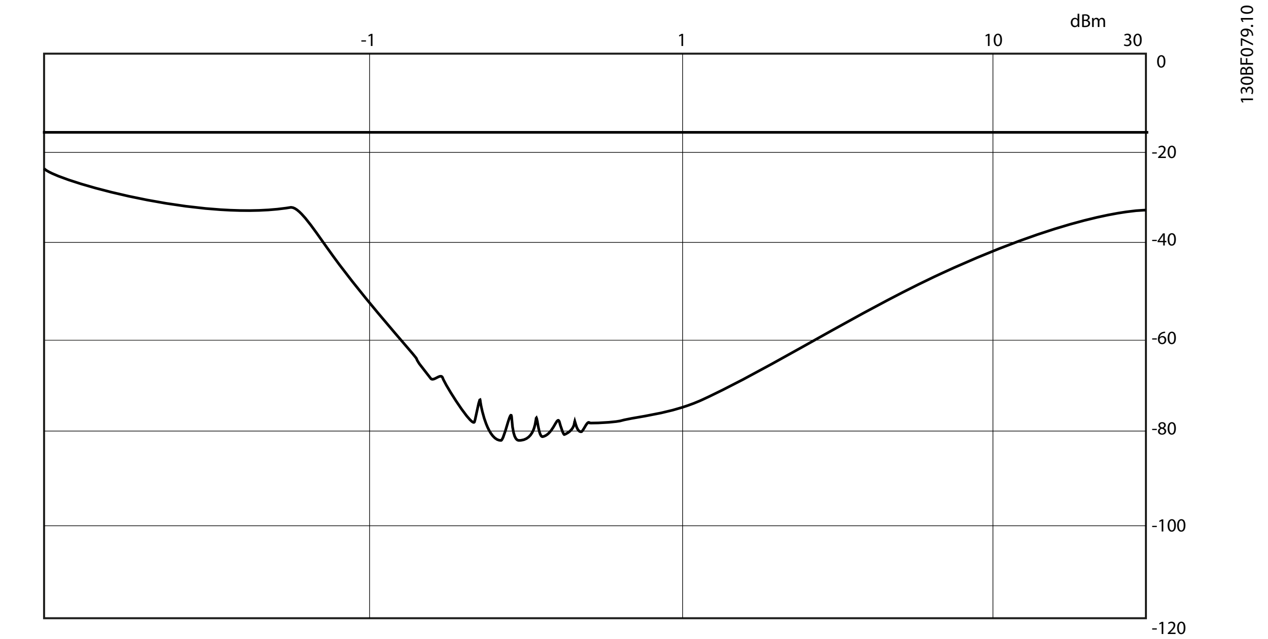



图 9.3 外部滤波器的衰减要求

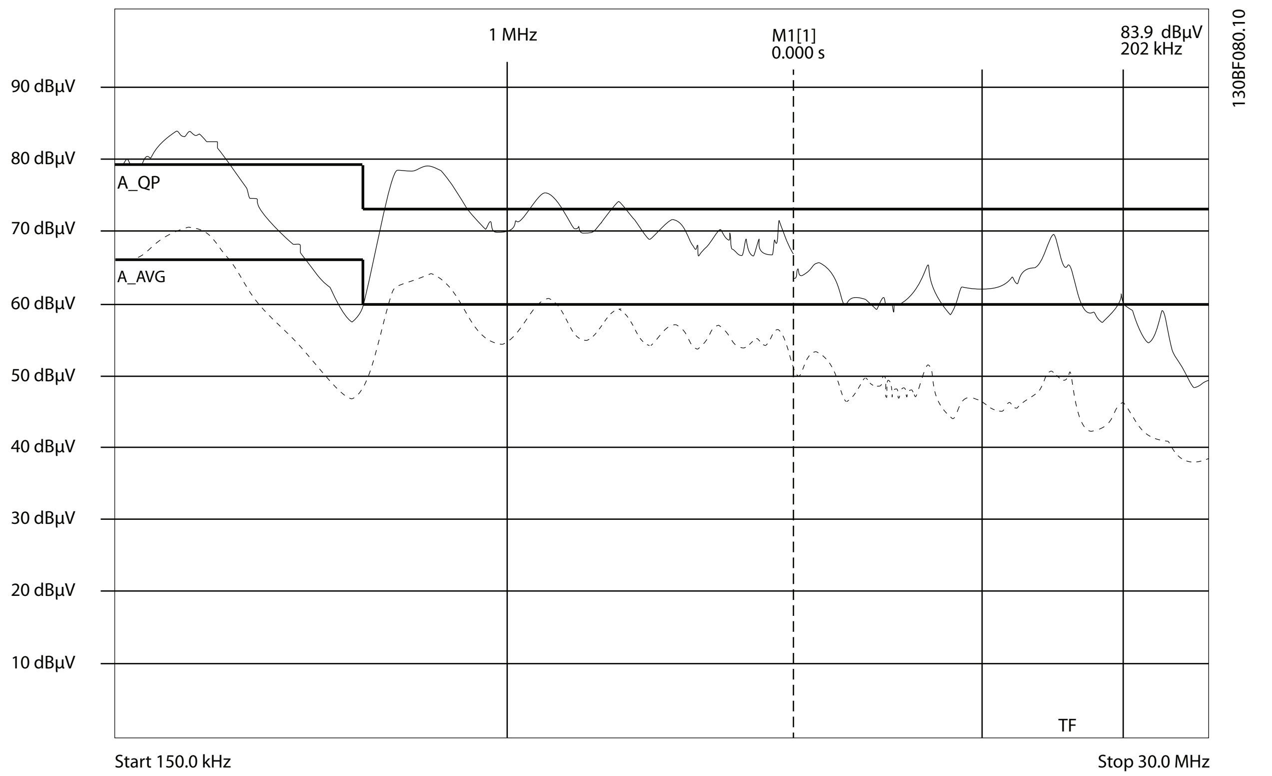



图 9.4 无外部射频干扰滤波器的 P4/P8 配置中的主电源上的传导性干扰

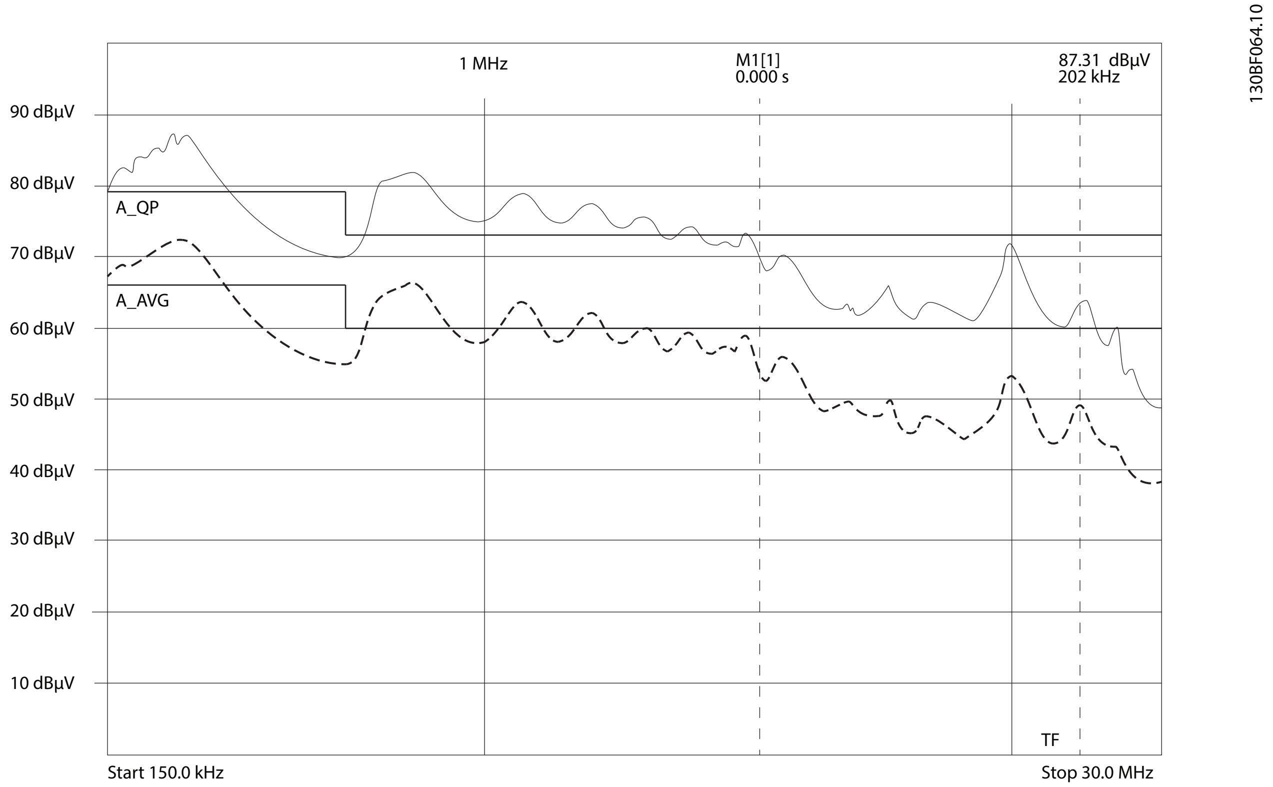



图 9.5 无外部射频干扰滤波器的 P4/P8 配置中的主电源上的传导性干扰

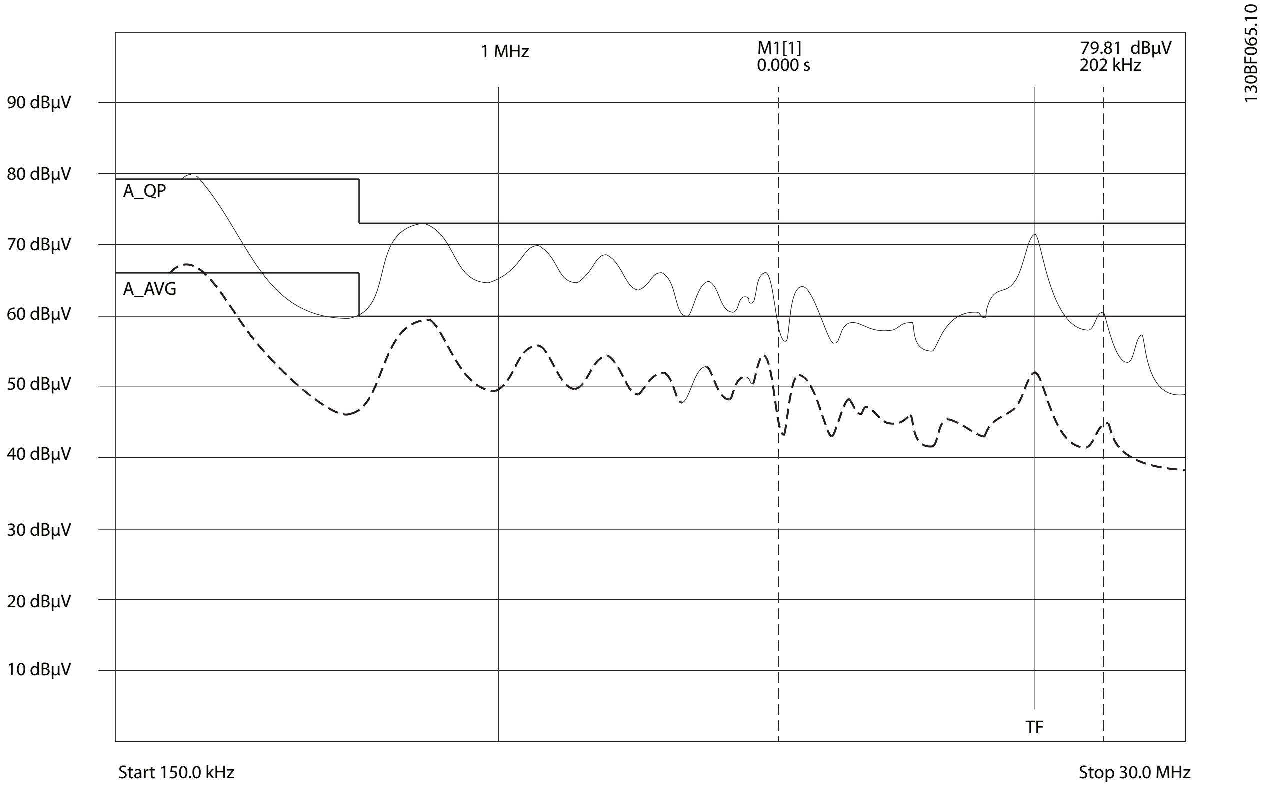



**图 9.6 无外部射频干扰滤波器的 P4/P8 配置中的主电源上的传导性干扰**

## 9.3 辐射要求

根据变频器的 EMC 产品标准 EN/IEC 61800-3 的规定，EMC 要求取决于变频器的安装环境。这些环境要求以及主电源电压要求在*表 9.2* 中定义。

| 类别 | 定义 | 传导辐射要求符合 EN 55011 中的极限 |
|---|---|---|
| C1 | 安装在家庭和办公室环境中的变频器，供电电压低于 1,000 V。 | B 类 |
| C2 | 安装在家庭和办公室环境中的变频器，供电电压低于 1,000 V。这些变频器不可插拔也不可移动，只应由专业人员进行安装和调试。 | A 类组 1 |
| C3 | 安装在工业环境中的变频器，供电电压低于 1,000 V。 | A 类组 2 |
| C4 | 安装在工业环境中（供电电压等于或高于 1,000 V，或额定电流等于或高于 400 A ）的变频器或要用于复杂系统的变频器。 | 无限制线缆<br>制订 EMC 计划 |

**表 9.2 辐射要求**

使用一般辐射标准时，变频器需要符合*表 9.3*。

| 环境 | 一般标准 | 传导辐射要求符合 EN 55011 中的极限 |
|---|---|---|
| 第一种环境<br>（家庭和办公室） | 针对居住、商业和轻工业环境的 EN/IEC 61000-6-3 辐射标准。 | B 类 |
| 第二种环境<br>（工业环境） | 针对工业环境的 EN/IEC 61000-6-4 辐射标准。 | A 类组 1 |

**表 9.3 一般辐射标准极限**

## 9.4 抗扰性要求

变频器的安全性要求取决于它们的安装环境。工业环境的要求要高于家庭和办公室环境的要求。所有 Danfoss 变频器均符合工业和家庭/办公室环境的要求。

为了证明抗瞬态脉冲的能力，进行了以下抗扰性测试，使用的系统由变频器（带相关选件）、屏蔽控制电缆和带电位计的控制箱、电机电缆及电机组成。

所有测试均按照以下基本标准执行。有关更详细信息，请参阅*表 9.4*。

- EN/IEC 61000-4-2：静电放电 (ESD)： 模拟人体的静电放电。
- EN/IEC 61000-4-3：外来的调幅电磁场辐射模拟了雷达和无线电通讯设备以及移动通讯的影响。
- EN/IEC 61000-4-4：瞬态脉冲： 模拟接触器、继电器或类似设备在开关时的干扰效应。
- EN/IEC 61000-4-5：瞬态电涌： 模拟安装环境附近的闪电现象的瞬态电涌。
- EN/IEC 61000-4-6：射频共用模式： 模拟与连接电缆相连的无线传输设备的效应。

| 基本标准 | 瞬态 IEC 61000-4-4 | 电涌 IEC 61000-4-5 | ESD IEC 61000-4-2 | 辐射性电磁场 IEC 61000-4-3 | RF 共模电压 IEC 61000-4-6 |
|---|---|---|---|---|---|
| **认可标准** | **B** | **B** | **B** | **A** | **A** |
| 线形 | 4 kV CM | 2 kV/2 Ω DM<br>4 kV/12 Ω CM | - | - | 10 $V_{RMS}$ |
| 电机 | 4 kV CM | 4 kV/2 Ω[1)] | - | - | 10 $V_{RMS}$ |
| 制动 | 4 kV CM | 4 kV/2 Ω[1)] | - | - | 10 $V_{RMS}$ |
| 负载共享 | 4 kV CM | 4 kV/2 Ω[1)] | - | - | 10 $V_{RMS}$ |
| 控制电线 | 2 kV CM | 2 kV/2 Ω[1)] | - | - | 10 $V_{RMS}$ |
| 标准总线 | 2 kV CM | 2 kV/2 Ω[1)] | - | - | 10 $V_{RMS}$ |
| 继电器电线 | 2 kV CM | 2 kV/2 Ω[1)] | - | - | 10 $V_{RMS}$ |
| 应用选件和现场总线选件 | 2 kV CM | 2 kV/2 Ω[1)] | - | - | 10 $V_{RMS}$ |
| LCP 电缆 | 2 kV CM | 2 kV/2 Ω[1)] | - | - | 10 $V_{RMS}$ |
| 外接 24 V 直流电源 | 2 V CM | 0.5 kV/2 Ω DM<br>1 kV/12 Ω CM | - | - | 10 $V_{RMS}$ |
| 机箱 | - | - | 8 kV AD<br>6 kV CD | 10 V/m | - |

**表 9.4 EMC 抗扰性表，电压范围： 380 - 500 V， 525 - 600 V， 525 - 690 V**

*1) 电缆屏蔽注射。*

*AD：空气放电； CD：接触放电； CM：通用模式； DM：差分模式。*

## 9.5 EMC 建议

下面是安装变频器时推荐使用的优良工程实践指导原则。要符合 EN/IEC 61800-3 关于*主要环境*的规定，请遵守这些指导原则。如果在 EN/IEC 61800-3 *次要环境*（即工业网络或带有专用变压器的安装环境）中安装，您可以不遵守这些指导规则（但不建议这样做）。

**可以确保电气安装符合 EMC 规范的优良工程实践：**

- 仅使用屏蔽/铠装电动机电缆和交织型屏蔽控制电缆。屏蔽丝网的最小覆盖面积为 80%。必须采用金属屏蔽丝网材料，通常为（但不限于）铜、铝、钢或铅。对主电源电缆没有特殊要求。
- 使用刚性金属线管进行安装时，不必使用带屏蔽的电缆，但电动机电缆必须安装在与控制电缆和主电源电缆不同的线管中。从变频器到电动机，必须全程使用线管。柔性线管的 EMC 性能存在很大差别，因此必须从制造商处获取有关信息。
- 将电动机电缆和控制电缆两端的屏蔽丝网线管接地。在某些情况下，无法将屏蔽丝网两端接地。此时可将屏蔽丝网连接在变频器上。另请参阅*章 9.5.2 将屏蔽控制电缆接地*。
- 请不要以纽结方式（辫子状）终接屏蔽丝网。否则会增加屏蔽丝网的高频阻抗，从而降低屏蔽丝

网在高频下的有效性。使用低阻抗的电缆夹或 EMC 电缆衬垫取而代之。

- 尽可能避免在安装有变频器的机柜中使用非屏蔽的电机电缆或控制电缆。

让屏蔽丝网尽量靠近接头。

*图 9.7* 显示了如何对 IP 20 变频器执行符合 EMC 规范的电气安装。变频器安装在带有输出接触器的安装机柜中，并与 PLC 相连（后者安装在单独的机柜中）。只要遵循工程实践指导原则，其他安装方式也可以获得良好的 EMC 性能。

如果不按照指导原则进行安装并且使用了非屏蔽的电缆和控制线路，尽管可能符合安全性要求，但却不符合某些辐射要求。

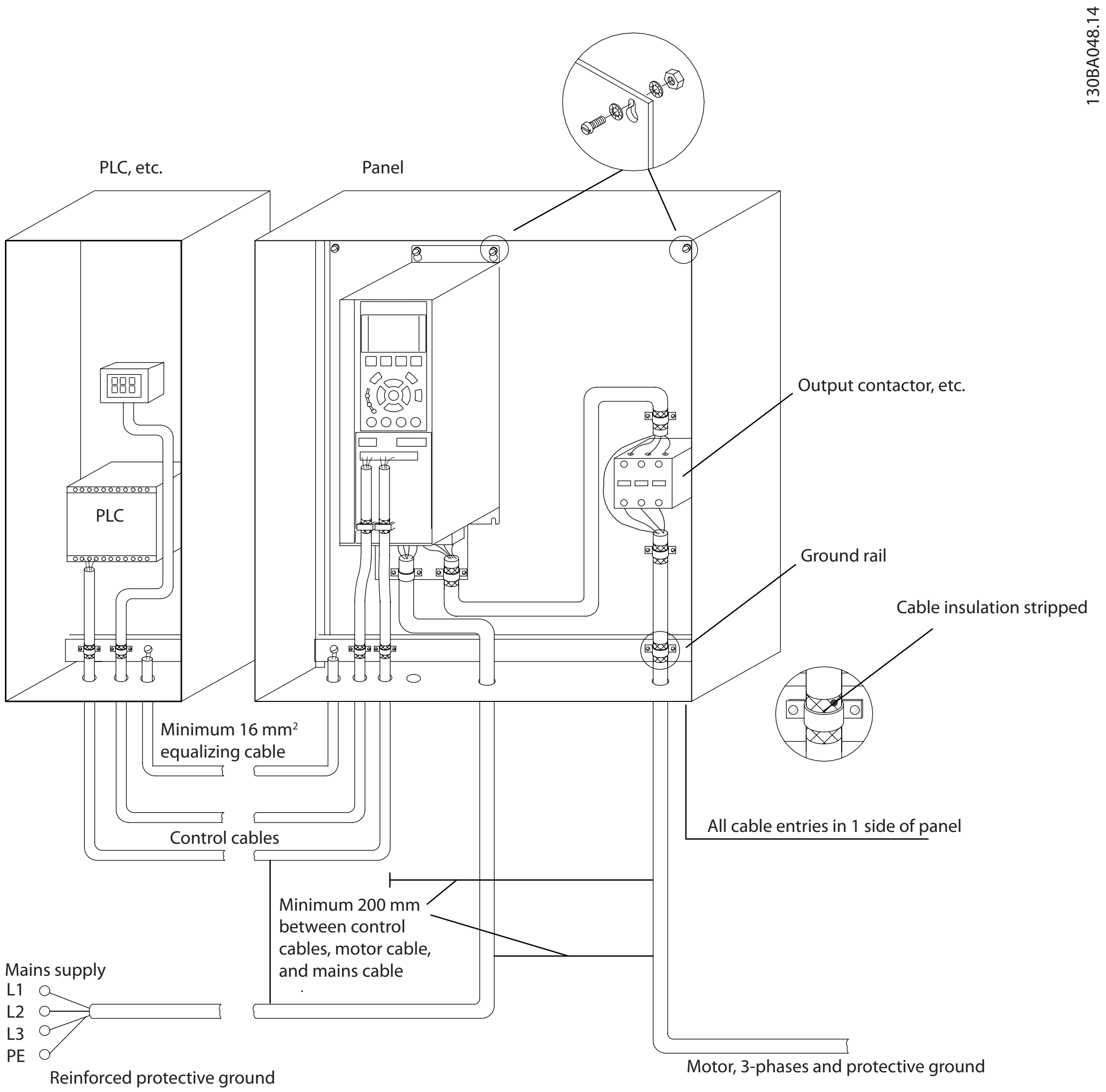



**图 9.7 在机柜中对变频器执行符合 EMC 规范的电气安装**

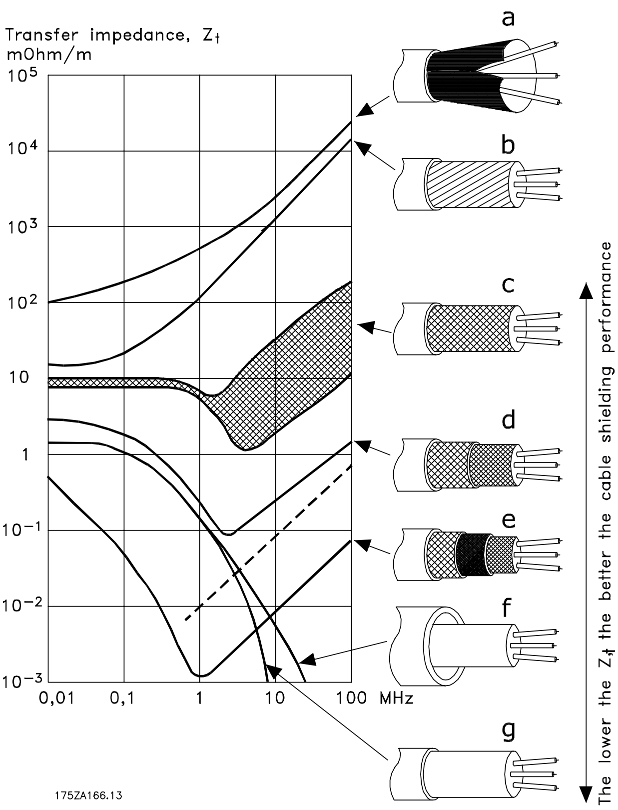
## 9.5.1 使用屏蔽控制电缆

Danfoss 建议使用交织型屏蔽/铠装电缆，以优化控制电缆的 EMC 安全性并减少电动机电缆的 EMC 辐射。

电缆减少输入和输出的电噪声辐射的能力取决于传输阻抗 ($Z_T$)。通常情况下，电缆的屏蔽丝网设计用于减少电噪声的传输。但传输阻抗 ($Z_T$) 值较低的屏蔽丝网比传输阻抗 ($Z_T$) 较高的屏蔽丝网效果更好。

电缆制造商很少提供传输电阻 ($Z_T$) 的详细说明，但可以通过评估电缆的物理设计对其传输阻抗 ($Z_T$) 进行估算。

- 屏蔽丝网材料的传导能力。
- 屏蔽丝网导体之间的接触电阻。
- 屏蔽丝网覆盖面积，即屏蔽丝网覆盖电缆的物理面积（通常以百分比值表示）。
- 屏蔽丝网类型，即是交织型还是纽结型。



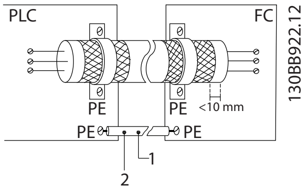

| | |
|---|---|
| a | 铝铠装铜线。 |
| b | 纽结铜线电缆或铠装钢丝电缆。 |
| c | 屏蔽丝网覆盖百分比不等的单层交织铜线（这是典型的 Danfoss 参比电缆）。 |
| d | 双层交织铜线。 |
| e | 带有磁性屏蔽/铠装中间层的双层交织铜线。 |
| f | 外罩铜管或钢管的电缆。 |
| g | 壁厚 1.1 mm (0.04 in) 的铅电缆。 |

**图 9.8 电缆屏蔽丝网的性能**

### 9.5.2 将屏蔽控制电缆接地

**正确的屏蔽**

为保证尽可能好的电气接触，大多数情况下的首选方法都是在控制电缆和串行通讯电缆两端用屏蔽夹加以固定。如果变频器和 PLC 之间的大地电势不同，可能产生干扰整个系统的电噪声。通过在控制电缆旁边安装一条等势电缆，可解决此问题。该电缆最小横截面积： 16 mm² (4 AWG)。




| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 最小 16 mm² (4 AWG) | 2 | 均衡电缆 |

**图 9.9 正确的屏蔽**

**50/60 Hz 接地回路**

使用长的控制电缆时，可能会形成接地回路。为了消除接地回路，请用一个 100 nF 电容器将屏蔽层的 1 端接地（引线应尽可能短）。

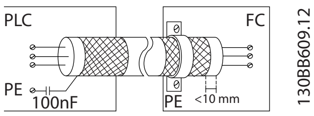
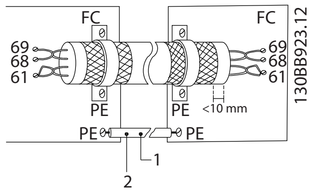



**图 9.10 避免接地回路**

**避免串行通讯的 EMC 噪声**

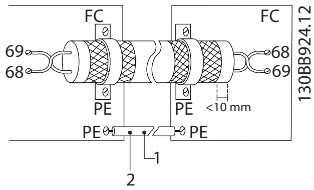
该端子通过一个内部 RC 回路接地。使用双绞电缆可降低导体之间的干扰。




| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 最小 16 mm² (4 AWG) | 2 | 均衡电缆 |

**图 9.11 避免 EMC 噪声的建议方法**

或者也可以省去与端子 61 的连接：




| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 最小 16 mm² (4 AWG) | 2 | 均衡电缆 |

**图 9.12 不使用端子 61 时的屏蔽**

## 9.6 关于谐波的一般问题

6 脉冲变频器中存在的非线性负载不会平分电源线上的电流。此非正弦电流中含有的一些频率是基础电流频率的几倍。这些频率被称为谐波。必须控制主电源上的总谐波失真。尽管谐波电流不会直接影响电气能耗，但其会在接线和传输过程中产生热量，并影响在同一电源线上的其他设备。

## 9.7 谐波分析

由于谐波会增加热损失，设计系统时考虑到谐波很重要，可防止变压器、感应器和接线过载。

必要时，可进行系统谐波分析，确定设备影响。

可利用傅里叶级数分析对非正弦电流进行转换，将其分为具有不同频率的正弦波电流，即基本频率为 50 Hz 或 60 Hz 的不同谐波电流 $I_N$ 。

| 缩略语 | 说明 |
|---|---|
| $f_1$ | 基本频率（50 Hz 或 60 Hz） |
| $I_1$ | 基本频率下的电流 |
| $U_1$ | 基本频率下的电压 |
| $I_n$ | $n^{th}$ 谐波频率下的电流 |
| $U_n$ | $n^{th}$ 谐波频率下的电压 |
| n | 谐波次数 |

表 9.5 谐波相关缩略语

| | 基本电流（$I_1$） | 谐波电流（$I_n$） | | |
|---|---|---|---|---|
| 电流 | $I_1$ | $I_5$ | $I_7$ | $I_{11}$ |
| 频率 [Hz] | 50 | 250 | 350 | 550 |

表 9.6 基本电流和谐波电流

| 电流 | 谐波电流 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | $I_{RMS}$ | $I_1$ | $I_5$ | $I_7$ | $I_{11-49}$ |
| 输入电流 | 1.0 | 0.9 | 0.5 | 0.2 | <0.1 |

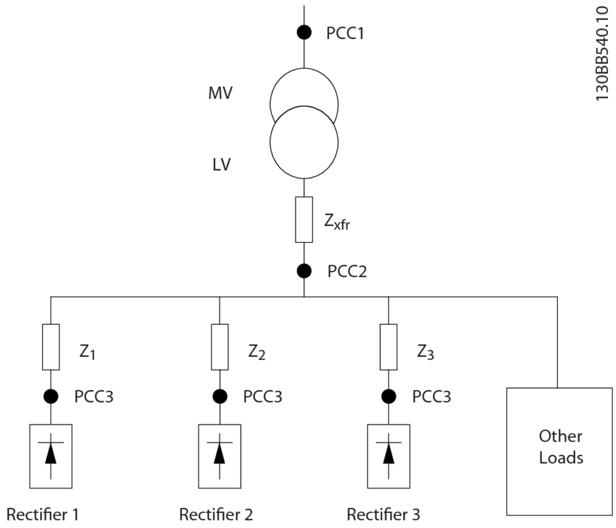
表 9.7 谐波电流比较 RMS 输入电流

主电源电压失真取决于谐波电流与所用频率下的主电源阻抗的乘积。可借助下列公式根据各个电压谐波计算总电压失真（THDi）：

$$THDi = \frac{\sqrt{U25 + U27 + \ldots + U2n}}{U}$$

## 9.8 谐波在配电系统中的影响

在 *图 9.13* 中，一个变压器连接在中压电源的公共耦合点 PCC1 的初级侧。变压器的阻抗为 $Z_{xfr}$，并且为多个负载提供能量。连接所有负载的公共耦合点是 PCC2。各个负载通过阻抗为 $Z_1$、$Z_2$、$Z_3$ 的电缆连接。




| PCC | 公共耦合点 |
|---|---|
| MV | 中压 |
| LV | 低电压 |
| $Z_{xfr}$ | 变压器阻抗 |
| $Z_\#$ | 接线的阻抗和电感值建模 |

图 9.13 小配电系统

由于配电系统的阻抗造成的压降，非线性负载产生的谐波电流会导致电压失真。阻抗越高，电压失真度越大。

电流失真与设备性能有关系，并与各个负载相关。电压失真与系统性能有关系。在仅知道负载的谐波性能的情况下，无法确定 PCC 中的电压失真度。为了预测 PCC 中的失真度，还必须知道配电系统的配置及相关阻抗。

一个用于描述电网阻抗的常用术语是短路率 $R_{sce}$。$R_{sce}$ 是 PCC 处的电源的短路视在功率（$S_{sc}$）与负载的额定视在功率（$S_{equ}$）的比值。$R_{sce} = \frac{S_{sc}}{S_{equ}}$

其中 $S_{sc} = \frac{U^2}{Z_{supply}}$ 和 $S_{equ} = U \times I_{equ}$

**谐波的负面影响**

- 谐波电流会造成系统损耗（在线路和变压器中）。
- 谐波电压失真会对其他负载造成干扰，并增加其他负载中的损耗。

## 9.9 谐波抑制标准和要求

谐波抑制要求包括

- 针对不同应用
- 必须遵守的标准

针对不同应用的要求与存在技术方面的谐波抑制理由的特定系统有关。

示例： 如果一台电动机直接连接在电网上，另一台由变频器供电，则连接 2 台 110 kW 电动机的一台 250 kVA 变压器足以满足需求。但如果 2 台电机都由变频器供电，则变压器将供不应求。在系统中采用传统谐波抑降措施，或选择低谐波变频器，可以让 2 台电机都靠变频器工作。

当前存在多种谐波抑制标准、法规和建议。以下是常见标准：

- IEC61000-3-2
- IEC61000-3-12
- IEC61000-3-4
- G5/4

有关各种标准的具体详情，请参阅 *VLT® Advanced Harmonic Filter AHF 005/AHF 010 设计指南*。

## 9.10 VLT® 并联变频器模块谐波合规性

VLT® Parallel Drive Modules 符合以下标准：

- IEC 61000-2-4
- IEC 61000-3-4
- G5/4

## 9.11 高低压绝缘

**注意**

**安装在高海拔下**

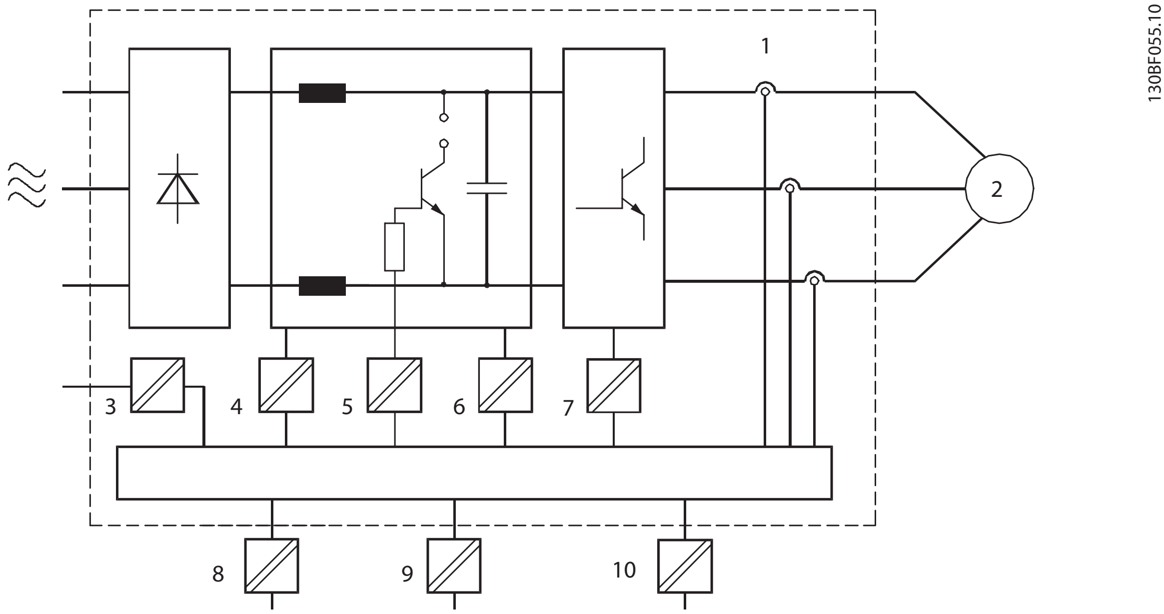
**在海拔超过 3000 米（9843 英尺）的位置安装 380 - 500 V 设备时，请联系 Danfoss 了解 PELV 的信息。在海拔超过 2000 米（6562 英尺）的位置安装 525 - 690 V 设备时，请联系 Danfoss 了解 PELV 的信息。**

保护如果电源为 PELV 类型，且安装符合地方/国家对 PELV 电源的规定，则可避免发生触电。

所有控制端子和继电器端子 01-03/04-06 都符合 PELV 标准。不适用于 400 V 以上的接地三角形支路。如果能满足较高绝缘要求并提供相应的漏电/间隙距离，则可以达到流电绝缘效果。EN 61800-5-1 标准对这些要求进行了专门介绍。

为了保持 PELV，所有与控制端子的连接都必须是 PELV。提供电气绝缘的部件也必须满足较高的绝缘标准并通过 EN 61800-5-1 规定的相关测试。

*图 9.14* 中示出了 PELV 高低压绝缘。




| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 电流传感器 | 6 | 包括 $U_{DC}$ 信号绝缘的电源 (SMPS)，表示中间电流电压 |
| 2 | 电机 | 7 | 驱动 IGBT 的门驱动器（触发变压器和光学耦合器）。 |
| 3 | 自定义继电器 | 8 | STO 电源 |
| 4 | 内部的充电、RFI 和温度测量电路。 | 9 | 24 V 备用电源 |
| 5 | 光学耦合器，制动模块 | 10 | RS485 标准总线接口 |

**图 9.14 高低压绝缘**

# 10 电机

## 10.1 电机电缆

请参阅 *章 6.10 电缆规格* 了解更多有关线缆类型和规格的信息。

**电压额定值**

电机电缆中出现的峰值电压是 VLT® Parallel Drive Modules 变频器系统主电源电压的 2.8 倍。高峰值电压会显著增加电机电缆应力。使用的电机电缆的额定电压规格至少为 0.6/1 kV。该范围内的电缆具备良好的抗绝缘击穿能力。

**尺寸**

请遵电缆和导体的电流容量数据的有关地方法规。广泛应用的法规包含： NFPA 70、EN 60204-1、VDE 0113-1 和 VDE 0298-4。谐波的尺寸无需过大。

**长度**

电缆应尽可能短。压降与热损耗取决于频率，并与电缆长度成正比。咨询制造商了解连接至变频器系统时，有关长度和预期电压降的规格。请参阅 *章 6.10 电缆规格*。

**注意**

**电缆长度**

**使用标准 VLT® Parallel Drive Modules 变频器系统时，连接长达 150 m (492 ft) 的屏蔽电缆或 300 m (984 ft) 的未屏蔽电缆都可为电机提供全电压。如果超过此电缆长度，则使用正弦波滤波器。有关正弦波滤波器选择的信息，请参阅 *VLT® FC 系列输出滤波器设计指南*。**

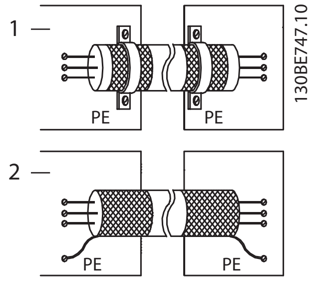
**屏蔽层**

请参阅 *章 9.5 EMC 建议* 以了解有关有效屏蔽的信息。

**注意**

**扭结的屏蔽端部（辫状）**

**屏蔽丝网端部扭结会增加屏蔽丝网在高频下的阻抗，从而降低屏蔽效果并增大泄漏电流。为避免屏蔽丝网端部扭结，请使用一体化屏蔽丝网夹。请参考 *图 10.1*。**




| | |
|---|---|
| 1 | 正确的屏蔽丝网端部接地 |
| 2 | 不正确的扭结屏蔽丝网端部接地（辫状） |

**图 10.1 屏蔽丝网端部示例**

## 10.2 电机线圈绝缘

对于等于短于*章 6.10 电缆规格* 中列出的最大电缆长度的电机电缆长度，可使用 *表 10.1* 中所示的电机额定绝缘等级。如果电机的额定绝缘等级较低，Danfoss 建议使用 dU/dt 或正弦波滤波器。

| 主电源额定电压 | 电机绝缘 |
|---|---|
| $U_N$≤420 V | 标准 $U_{LL}$ = 1300 V |
| 420 V < $U_N$≤ 500 V | 增强 $U_{LL}$ = 1600 V |
| 600 V < $U_N$≤ 500 V | 增强 $U_{LL}$ = 1800 V |
| 600 V < $U_N$≤ 690 V | 增强 $U_{LL}$ = 2000 V |

**表 10.1 电机额定绝缘等级**

## 10.3 电机轴承电流

要去除与 VLT® HVAC Drive FC 102、VLT® AQUA Drive FC 202 和 VLT® AutomationDrive FC 302 90 kW 或功率更高的变频器一起安装的所有电机中的轴承电流循环，请安装 NDE（非驱动端）绝缘轴承。为了尽量减小 DE（驱动端）轴承和轴的电流，需要将变频器、电机、从动机适当接地，并且将电机与从动机之间的连接也接地。

标准的抑制策略：

- 使用绝缘型轴承。
- 按照正确的安装过程操作。
  - 确保电机和负载电机已校准。
  - 遵循 EMC 安装准则。
  - 增强 PE，从而使 PE 的高频阻抗低于输入功率导线
  - 在电机和变频器之间提供良好的高频连接。在电机和变频器中使用具有 360° 旋转接头的屏蔽电缆。

- 确保变频器与建筑之间的接地阻抗低于机器的接地阻抗。对于泵来说，这可能有些困难。
- 在电机与负载电机之间直接接地。

- 降低 IIGBT 开关频率。
- 调节逆变器波形，60° AVM 和 SFAVM。
- 安装轴接地系统或采用绝缘管接头
- 涂抹导电的润滑脂。
- 如有可能，请使用最小速度设置。
- 尽量确保主电源电压与接地平衡。此过程对于 IT、TT、TN-CS 或接地脚系统来说可能有些困难。
- 使用 dU/dt 滤波器或正弦波滤波器。

## 10.4 电机热保护

变频器中的电子热敏继电器已通过 UL 认证，当 *参数 1-90 电动机热保护*设置为 [4] *ETR 跳闸* 1 且设置*参数 1-24 电动机电流*为电机额定电流（参见电机铭牌）时，可用于为单台电机提供保护。
对于电机热保护，还可以使用 VLT®PTC 热敏电阻卡 MCB 112 选件。该卡通过 ATEX 认证，可以保护那些位于存在爆炸危险的区域（区域 1/21 和区域 2/22）中的电机。当 *参数 1-90 电动机热保护* 被设为 *[20] ATEX ETR*，并且采用 MCB 112 时，可以控制位于存在爆炸危险的区域中的 Ex-e 电机。有关如何设置变频器以实现 Ex-e 电动机的安全工作的详细信息，请查阅*编程指南*。

### 10.4.1 热保护的类型

#### 10.4.1.1 PTC 热敏电阻

**使用数字输入和 10 V 电源**

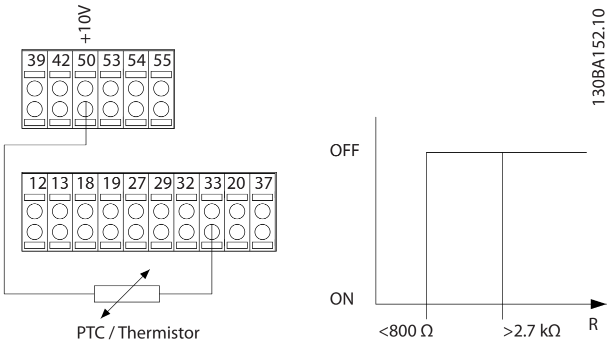



**图 10.2 PTC 热敏电阻连接 - 带有 10 V 电源的数字输入**

**使用模拟输入和 10 V 电源**

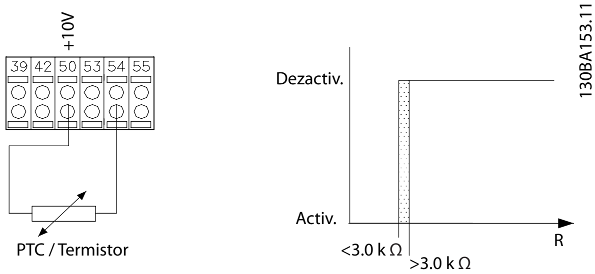



**图 10.3 PTC 热敏电阻连接 - 带有 10 V 电源的模拟输入**

**将数字输入和 24 V 用作电源：**

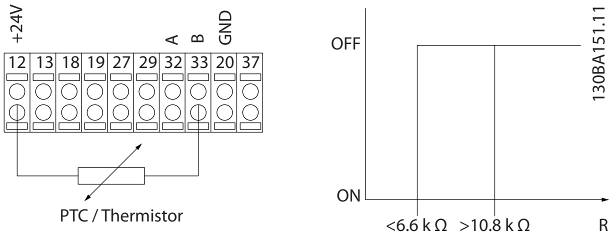



**图 10.4 PTC 热敏电阻连接 - 带有 24 V 电源的数字输入**

检查所选的供电电压是否符合所使用的热敏电阻元件的规格。

| 输入数字/模拟 | 供电电压 [V] | 跳闸阻抗 kΩ | 复位阻抗 |
|---|---|---|---|
| 数字 | 10 | >2.7 | <800 Ω |
| 模拟 | 10 | >3.0 | <3.0 kΩ |
| 数字 | 24 | >10.8 | <6.6 kΩ |

**表 10.2 PTC 热敏电阻阻抗参数**

#### 10.4.1.2 KTY 传感器

变频器处理 3 类 KTY 传感器：

- KTY 传感器 1： 1 kΩ（100 °C (212 °F) 时）。如 Philips KTY 84-1。
- KTY 传感器 2： 1 kΩ（25 °C (77 °F)）。如 Philips KTY 83-1。
- KTY 传感器 3： 1 kΩ（25 °C (77 °F)）。如 Philips KTY -10。

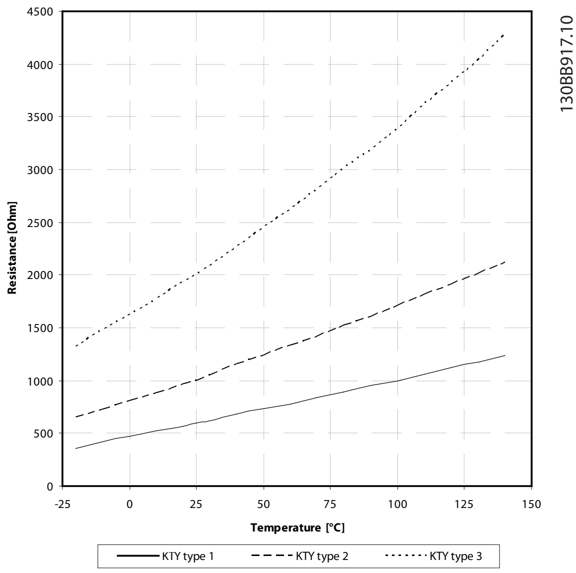



图 10.5 KTY 类型选择

**注意**

**PELV 合规性**

**如果电机绕组和传感器之间发生短路，则当通过热敏电阻或 KTY 传感器监测电机温度时，将无法达到 PELV 要求。确保对传感器进行良好隔离。**

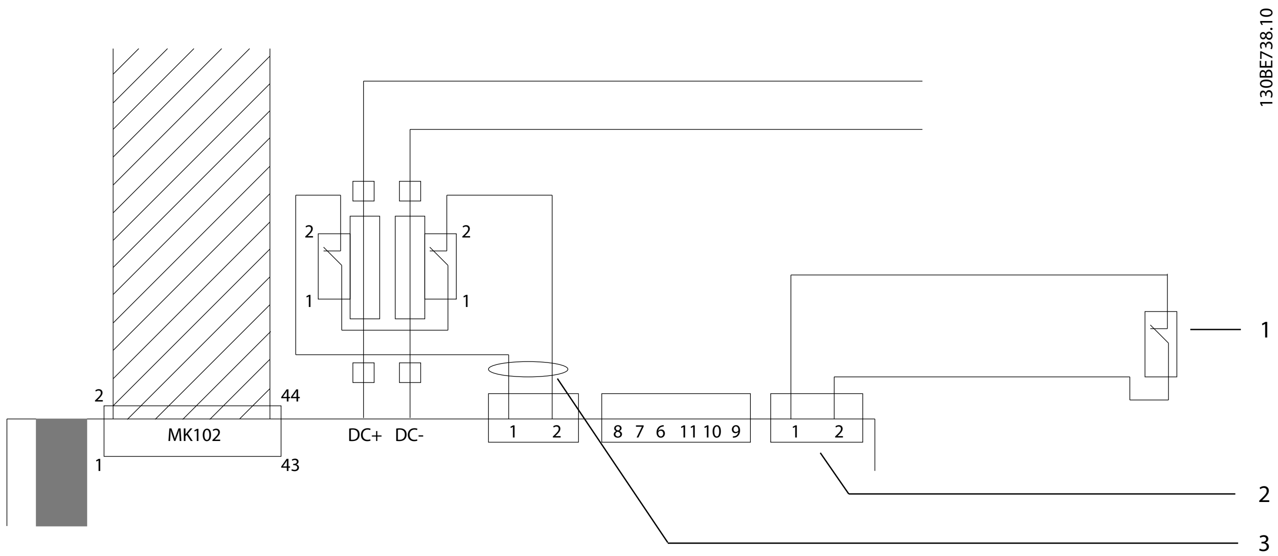
### 10.4.1.3 制动电阻器和热敏开关安装

每个变频器模块都在顶板上有一个制动器故障跳线连接器，用于连接制动电阻器上的 Klixon 热敏开关。请参阅*图 10.6*。该连接器有一个预装的跳线。制动故障跳线必须始终固定到位，以确保变频器模块的正确操作。如果未连接跳线，变频器模块将无法使得逆变器运行，并显示 IGBT 制动故障。

热敏开关是常闭型。如果制动电阻器的温度高于建议的数值，热敏开关打开。使用 1 mm² (18 AWG) 加强和双重绝缘导线建立连接。

**注意**

**Danfoss 对任何 Klixon 热敏开关的故障概不负责。**




| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | Klixon 开关 | 3 | 铁氧体磁芯 |
| 2 | BRF 连接器 | - | - |

图 10.6 Klixon 开关连接

## 10.5 电机端子连接器

**▲警告**

**感生电压**

**来自不同变频器的输出电机电缆集中布线而产生的感生电压可能会对设备电容器进行充电，即使设备处于关闭并被加锁的状态，也会如此。如果未单独布置电机输出电缆或使用屏蔽电缆，则可能导致死亡或严重伤害。**

- **单独布置输出电机电缆。**

**或者**

- **使用屏蔽电缆。**
- **同时锁定所有变频器。**

**连接电机端子时建议：**

- 请遵守与电缆规格有关的地方和国家电气法规。有关最大电缆规格，请参阅*章 6.5 与功率相关的规格*。
- 请遵守电机制造商的接线要求。
- 请勿在变频器系统和电机之间连接启动或变极设备（如 Dahlander 电机或滑环式异步电机）。

### 10.5.1.1 电机电缆配置

变频器系统可以与任何类型的三相异步标准电机一起使用。

出厂设置的旋转方向为顺时针方向，变频器的输出端连接如下：

| 端子号 | 功能 |
|---|---|
| 96 | 主电源 U/T1 |
| 97 | V/T2 |
| 98 | W/T3 |
| 99 | 接地 |

**表 10.3 电机电缆端子**

**更改电动机旋转情况**

- 端子 U/T1/96 连接到 U 相
- 端子 V/T2/97 连接到 V 相
- 端子 W/T3/98 连接到 W 相

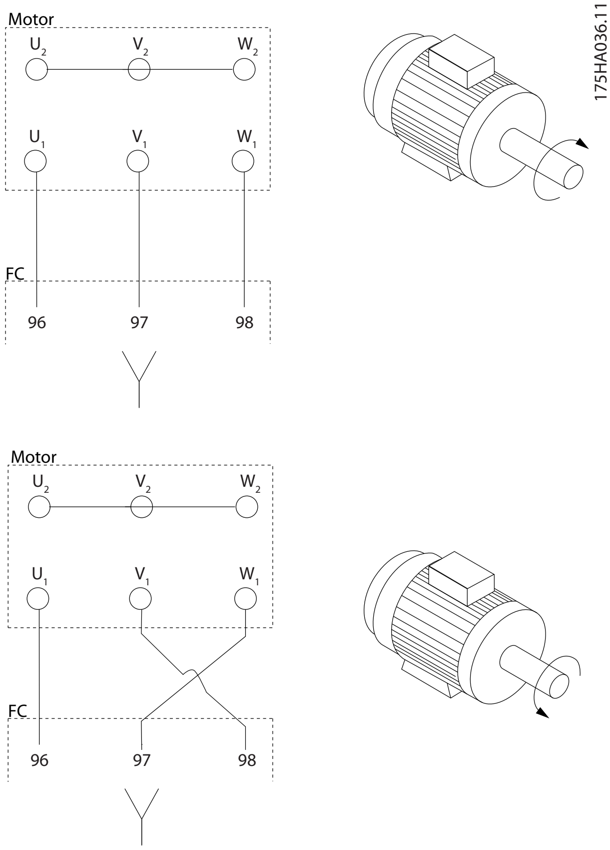



**图 10.7 更改电动机旋转情况**

更换电机电缆的两个相或更改 *参数 4-10 电动机速度方向* 的设置可改变其旋转方向。

可使用 *参数 1-28 电动机旋转检查* 并按照 *图 10.7* 中显示的步骤执行电机旋转检查。

### 10.5.1.2 变频器系统配置

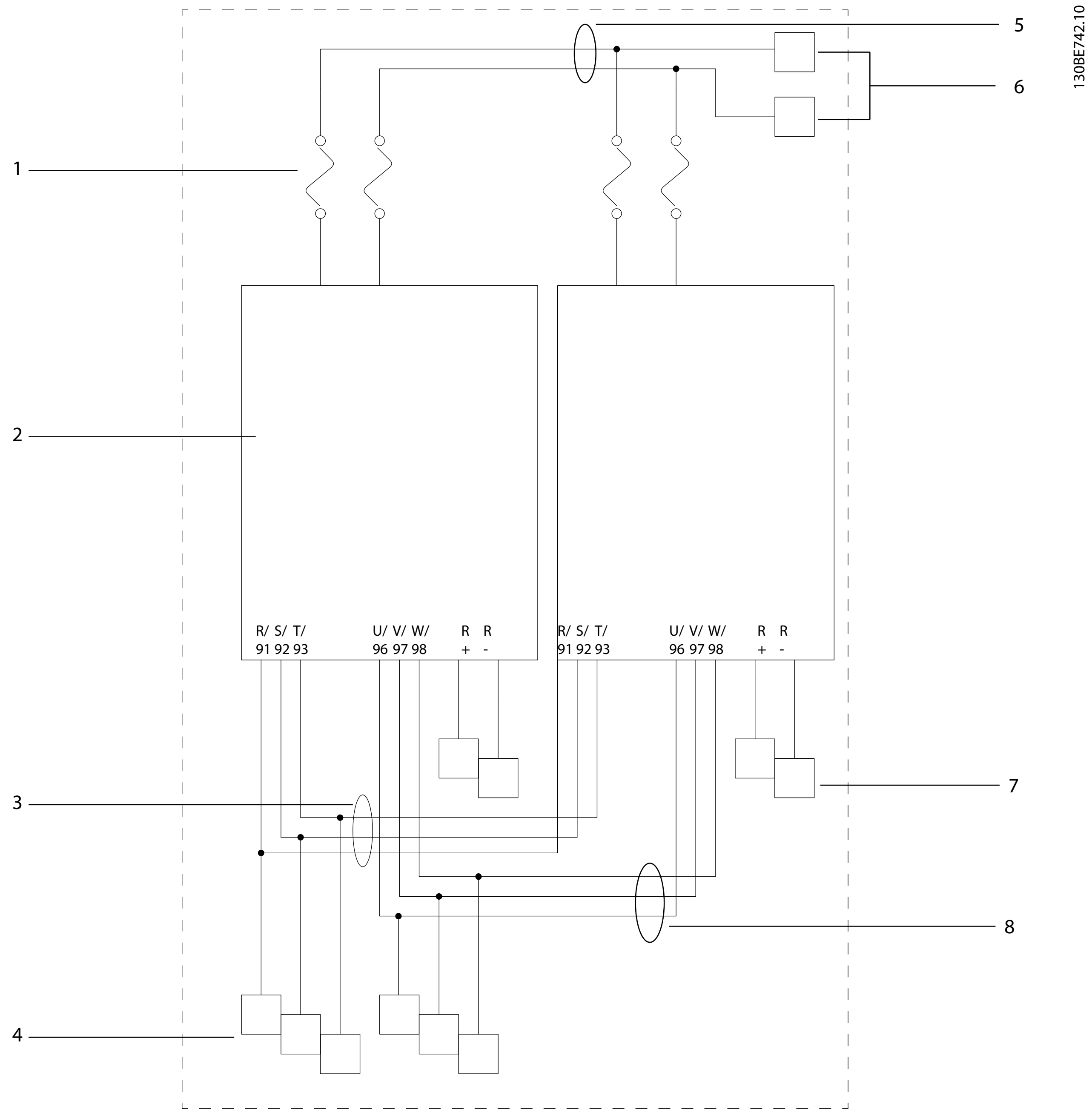
***注意***

**多条电动机电缆**

**如果连接多组电动机端子，则为每组端子使用相同数量、尺寸和长度的电缆。例如，请勿在一个电动机端子上使用一条电缆，而在另一电动机端子上使用两条电缆。**

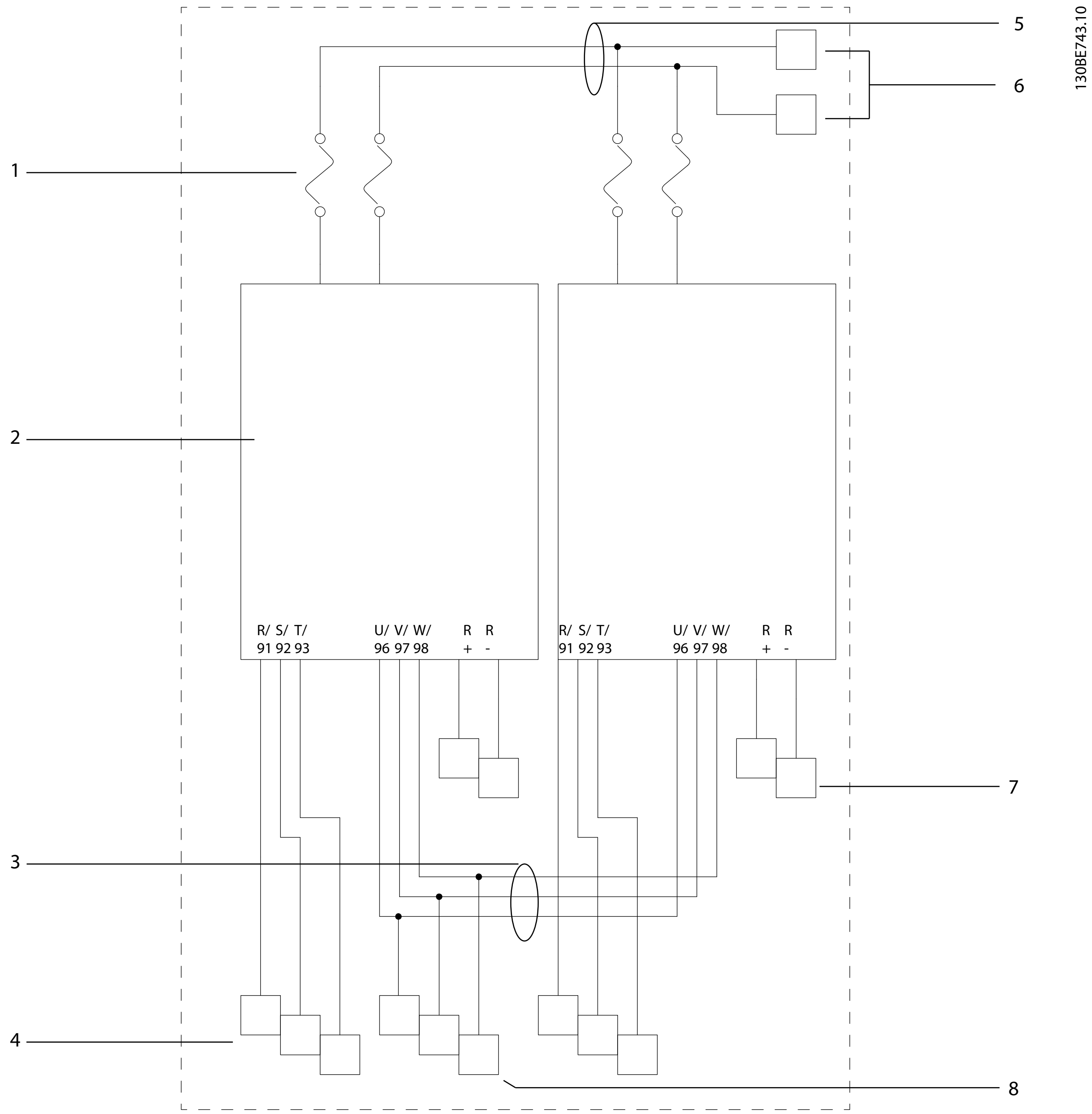
**2 变频器模块系统**

*图 10.8*和*图 10.9*分别显示 6 脉冲和 12 脉冲的 2 个变频器系统的母线连接。如果采用公共端子设计，则存在 1 组电动机端子。




| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 直流熔断器 | 5 | 直流回路母线 |
| 2 | 变频器模块 | 6 | 直流端子 |
| 3 | 主电源输入母线 | 7 | 制动端子 |
| 4 | 主电源输入端子 | 8 | 电机输出母线 |

**图 10.8 6 脉冲 2 个变频器模块系统内的连接**

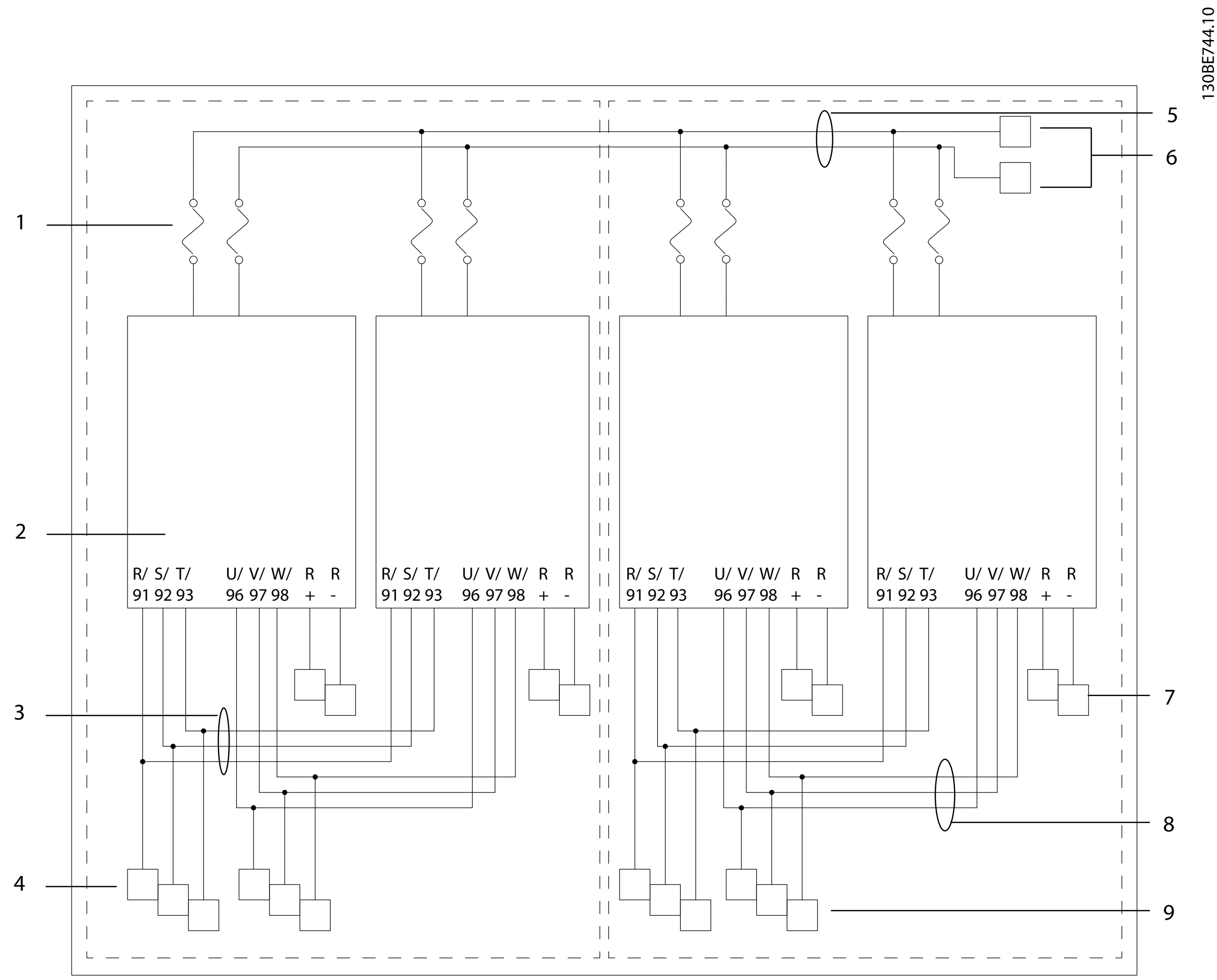



| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 直流熔断器 | 5 | 直流回路母线 |
| 2 | 变频器模块 | 6 | 直流端子 |
| 3 | 电机输出母线 | 7 | 制动端子 |
| 4 | 主电源输入端子 | 8 | 电动机输出端子 |

**图 10.9 12 脉冲 2 个变频器模块系统内的连接**

**4 变频器模块系统**

*图 10.10* 展示了 4 个变频器系统的母线连接。如果采用公共端子设计，则每个机柜中具有 1 组电动机端子。




| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 直流熔断器 | 6 | 直流端子 |
| 2 | 变频器模块 | 7 | 制动端子 |
| 3 | 主电源输入母线 | 8 | 电机输出母线 |
| 4 | 主电源输入端子 | 9 | 电动机输出端子 |
| 5 | 直流回路母线 | - | - |

**图 10.10 4 个变频器模块系统内的连接**

## 10.6 极端运行条件

**短路（电机相间短路）**

通过测量电动机三个相位中每一个相位的电流或者直流回路的电流，可以实现对变频器的短路保护。两个输出相位之间产生短路可导致逆变器过流。当短路电流超过允许的值后，逆变器将被单独关闭（*报警 16 跳闸锁定*）。

要保护变频器以避免在负载共享和制动输出端发生短路，请参阅 *FC 100、FC 200 和 FC 300 熔断器和断路器应用说明*。

请参阅 *章 3 批准和认证* 中的认证。

**进行输出切换**

在电机与变频器之间进行输出切换是完全允许的。打开输出不会损害变频器，但可能会显示故障信息。

**电动机产生过电压**

直流回路中的电压将在以下情况下升高：

- 当负载发电，负载以变频器的恒定输出频率驱动电机时。
- 在减速时，如果惯性力矩较大，则摩擦较小，减速时间会过短，从而导致变频器或电机无法消耗掉能量。
- 如果滑移补偿设置不当，可能导致直流回路的电压升高。
- PM 电动机工作时产生的反电动势。如果在高转速下惯性回车，PM 电动机的反电动势有可能超过变频器的最大电压容限，从而造成损害。为了

防止出现此问题，将根据*参数 1-40 1000 RPM 时的后 EMF* 、*参数 1-25 电动机额定转速* 和 *参数 1-39 电动机极数* 的值进行内部计算，并据此自动限定 *参数 4-19 最大输出频率* 的值。如果电机可能会过速，则 Danfoss 建议对变频器配备制动电阻器。

***注意***

**变频器必须配备制动斩波器。**

如果可能，控制单元会试图更正减速过程（*参数 2-17 过压控制*）。当达到特定电压水平时，变频器会关闭，以保护晶体管和直流回路电容器。要选择控制直流回路电压水平的方法，请参阅 *参数 2-10 制动功能* 和 *参数 2-17 过压控制*。

***注意***

**在运行 PM 电动机时无法激活 OVC（当*参数 1-10 电动机结构*设为 *[1] PM 非突出 SPM* 时）。**

**主电源断电**

如果发生主电源断电，变频器将继续工作，直到直流回路电压低于最低停止水平。最低停止水平一般比变频器的最低额定电源电压低 15%。断电前的主电源电压和电动机负载决定了逆变器惯性运动的时间。

**VVC+ 模式下的静态过载**

当达到 *参数 4-16 电动时转矩极限*/*参数 4-17 发电时转矩极限* 中的转矩极限时，将出现过载。
当变频器过载时，控制系统会降低输出频率来降低负载。
如果过载较为严重，则会产生电流，使变频器在大约 5 到 10 秒钟后关闭。在转矩极限下的运行时间可以在*参数 14-25 转矩极限跳闸延迟*中限定（0-60 秒）。

## 10.6.1 电机热保护

为避免对应用造成严重损害，变频器提供了若干专用功能。

**转矩极限**

可以在不考虑速度的情况下防止电动机过载。转矩极限在 *参数 4-16 电动时转矩极限* 和 *参数 4-17 发电时转矩极限* 中控制。转矩极限警告跳闸前的时间在 *参数 14-25 转矩极限跳闸延迟* 中控制。

**电流极限**

电流极限在 *参数 4-18 电流极限* 中控制，触发电流极限警告前的时间在 *参数 14-24 转矩极限跳闸延迟* 中控制。

**速度下限**

*参数 4-11 电机速度下限* 或 *参数 4-12 电动机速度下限 [Hz]* 将工作速度范围限制在 30 至 50/60 Hz 之间。*参数 4-13 电机速度上限*或 *参数 4-19 最大输出频率* 限制变频器可提供的最大输出速度。

**ETR（电子热敏继电器）**

变频器的 ETR 功能通过测量实际电流、速度和时间来计算电机温度并防止电机过热（警告或跳闸）。此外还提供了外部热敏电阻输入。ETR 是一种根据内部测量来模拟双金属继电器的电子功能。*图 10.11* 提供了以下示例，其中，X 轴显示出 $I_{motor}$ 与 $I_{motor}$ 的额定值之比。Y 轴显示了 ETR 断开并使变频器跳闸之前的时间（秒）。曲线显示了额定速度下、2 倍额定速度下以及 0.2 倍额定速度下的特性。

在较低速度下，因为电动机的冷却能力降低，ETR 会在较低热量水平下断开。它以这种方式防止电动机在低速下过热。ETR 功能根据实际电流和速度计算电动机温度。作为 *参数 16-18 电动机发热* 中的一个读出参数，可以在变频器中查看计算出的温度。

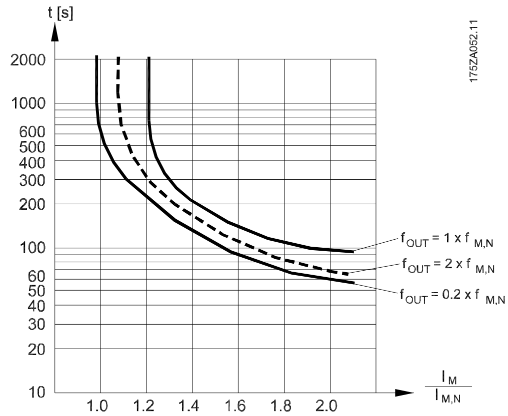



**图 10.11 ETR 示例**

## 10.7 dU/dt 条件

***注意***

**对于那些并不是专门为了与变频器一同工作而设计的电机（没有相绝缘纸或其它强化绝缘措施），为了避免它们提前老化，Danfoss 强烈建议在变频器的输出端安装一个 dU/dt 滤波器或正弦波滤波器。有关 dU/dt 和正弦波滤波器的更多信息，请参阅 *VLT® FC 系列输出滤波器设计指南*。**

当逆变器桥中的晶体管开/关时，电动机电压会以 du/dt 的比率升高，du/dt 取决于：

- 电动机电缆（类型、横截面积、屏蔽或非屏蔽的长度）。
- 电感。

固有电感稳定在由直流回路电压决定的水平之前，它首先在电动机电压中产生过冲 $U_{PEAK}$。升高时间和峰值电压 $U_{PEAK}$ 可影响电机的使用寿命。尤其是峰值电压过高时，没有相位线圈绝缘措施的电机更容易受到影响。电机电缆长度会影响升高时间和峰值电压。电机电缆越短（比如几米长），升高时间就越短，而峰值电压就越低。电机电缆为 100 米（328 英尺）或更长，升高时间就越长，峰值电压就越高。

IGBT 的开关操作可导致电机端子产生峰值电压。本变频器符合 IEC 60034-25 中有关适用于本变频器一起使用的电机的要求。还符合 IEC 60034-17 中有关通过变频器进行控制的标准电机的规定。

**大功率系列**

*表 10.4*和*表 10.5*内相应主电源电压下的功率规格符合 IEC 60034-17 关于变频器使用的普通电机、IEC 60034-25 关于旨在受变频器控制的电机以及 NEMA MG 1-1998 Part 31.4.4.2 与逆变器控制的电机有关的要求。*表 10.4*中的功率规格不符合 NEMA MG 1-1998 部分 30.2.2.8 关于通用电机的要求。

| 滤波器 | 电缆长度 (m (ft)) | 主电源电压 (V) | 上升时间 (µs) | Vpeak (kV) | dU/dt (kV/µs) |
|---|---|---|---|---|---|
| 无 | 150 (492) | 400 | 0.818 | 1.06 | 3.249 |
| 单独 | | | 1.692 | 1.22 | 0.579 |
| 公共 | | | 2.262 | 1.17 | 0.415 |

**表 10.4 380 - 500 V 设备的 dU/dt 规格**

| 滤波器 | 电缆长度 (m (ft)) | 主电源电压 (V) | 上升时间 (µs) | Vpeak (kV) | dU/dt (kV/µs) |
|---|---|---|---|---|---|
| 无 | 150 (492) | 690 | 0.65 | 1.79 | 2.184 |
| 单独 | | | 1.76 | 2.2 | 0.909 |
| 公共 | | | 2.02 | 2.1 | 0.831 |

**表 10.5 525 - 690 V 设备的 dU/dt 规格**

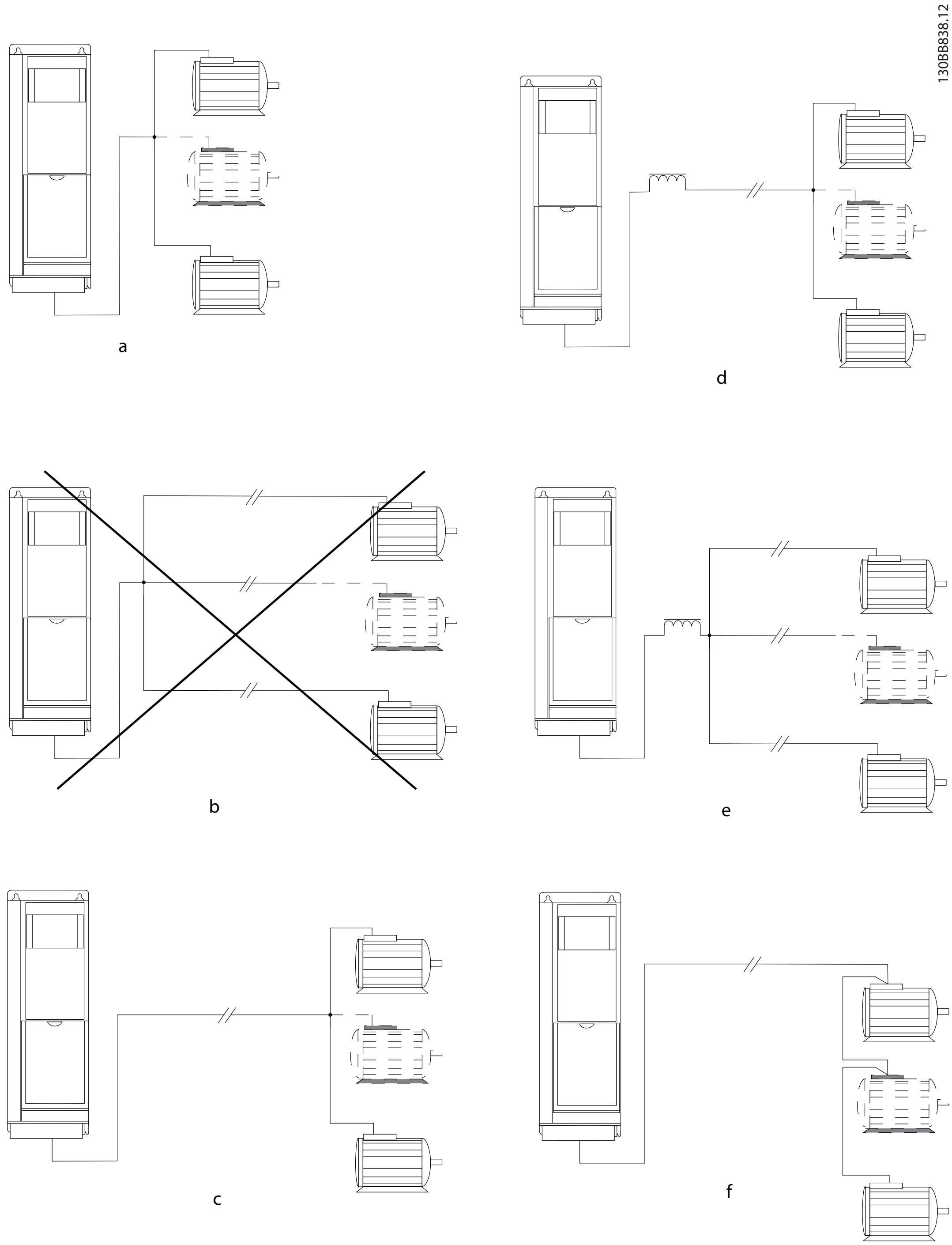
## 10.8 电机并联

变频器可控制多台并联的电机。采用电机并联时必须符合以下各点：

- 使用并联电机在 U/F 模式（伏特/ 赫兹）下运行应用。
- 在某些应用中可以采用 VVC+ 模式。
- 电机的总电流消耗不得超过变频器的额定输出电流 $I_{INV}$。
- 如果电动机的规格相差较大，在启动和 RPM 值低时会引发问题。原因是，小型电机的定子欧姆电阻相对较高，它在启动和 RPM 值低时会要求较高的电压。
- 不能将变频器的电子热敏继电器 (ETR) 用作电机保护装置。请为电机提供进一步的保护，包括在每个电机绕组中使用热敏电阻或使用单独的热继电器。
- 电动机并联时，不能使用 *参数 1-02 磁通矢量电动机反馈源*，并且必须将 *参数 1-01 电动控制原理* 设为 *[0] U/f*。






| | |
|---|---|
| A | 仅在电缆较短时，才建议将系统的电缆连接到一个公共接点，如 A 和 B 中所示。 |
| B | 注意 *章 6.10 电缆规格* 中指定的最大电机电缆长度。 |
| C | 只要并联的每根电缆的长度不超过 10 米，*章 6.10 电缆规格* 中指定的电机电缆总长度即有效。请参阅示例 1。 |
| D | 考虑电机电缆两端的压降。请参阅示例 1。 |
| E | 考虑电机电缆两端的压降。请参阅示例 2。 |
| F | 只要并联的每根电缆的长度不超过 10 米（32 英尺），*章 6.10 电缆规格* 中指定的电机电缆总长度即有效。请参阅示例 2。 |

**图 10.12 电机的不同并联方式**

# 11 主电源

## 11.1 主电源配置

有几种交流电源系统可为变频器供电。每个都会影响系统的 EMC 特性。5 线 TN-S 系统最适用于 EMC，而隔离的 IT 系统是最后的选择。

| 系统类型 | 说明 |
|---|---|
| TN 主电源系统 | 有 2 种 TN 主电源配电系统： TN-S 和 TN-C。 |
| TN-S | 一种带有独立中性线 (N) 和保护性接地 (PE) 导体的 5 线系统。其能提供最佳的 EMC 属性，还可避免传输干扰。 |
| TN-C | 一种在系统中带有公用中性线和保护性接地 (PE) 导体的 4 线系统。结合的中性线和保护性接地导体导致 EMC 特性较差。 |
| TT 主电源系统 | 一种带有接地中性线导体的 4 线系统，可单独接地变频器系统。适当接地时，其具有良好的 EMC 特性。 |
| IT 网格系统 | 一种带有通过阻抗接地或不接地的中性线的绝缘 4 线系统。 |

**表 11.1 交流主电源系统和 EMC 特性**

## 11.2 主电源端子连接

连接主电源时，请遵循以下条件：

- 根据变频器的输入电流来选择线缆规格。有关最大线缆规格，请参阅*章 6.5 与功率相关的规格*。
- 请遵守与电缆规格有关的地方和国家电气法规。

***注意***

**多条主电源电缆**

**如果连接多组主电源端子，则为每组端子使用相同数量、尺寸和长度的电缆。例如，请勿在一个主电源端子上使用一条电缆，而在另一主电源端子上使用两条电缆。**

**2 变频器模块系统**

*图 10.8* 和 *图 10.9* 分别展示了 6 脉冲和 12 脉冲的 2 个变频器系统的主电源端子连接。

- 如果将公共端子设计与 6 脉冲的 2 个变频器系统一起使用，则存在 1 组主电源端子。
- 在 2 变频器模块系统内，公共端子不能与 12 脉冲主电源接头一起使用。主电源电缆直接连接到变频器输入端子。
- 每个变频器模块均配有独立的制动端子。将相等数量的建议电缆连接至单独的制动端子。

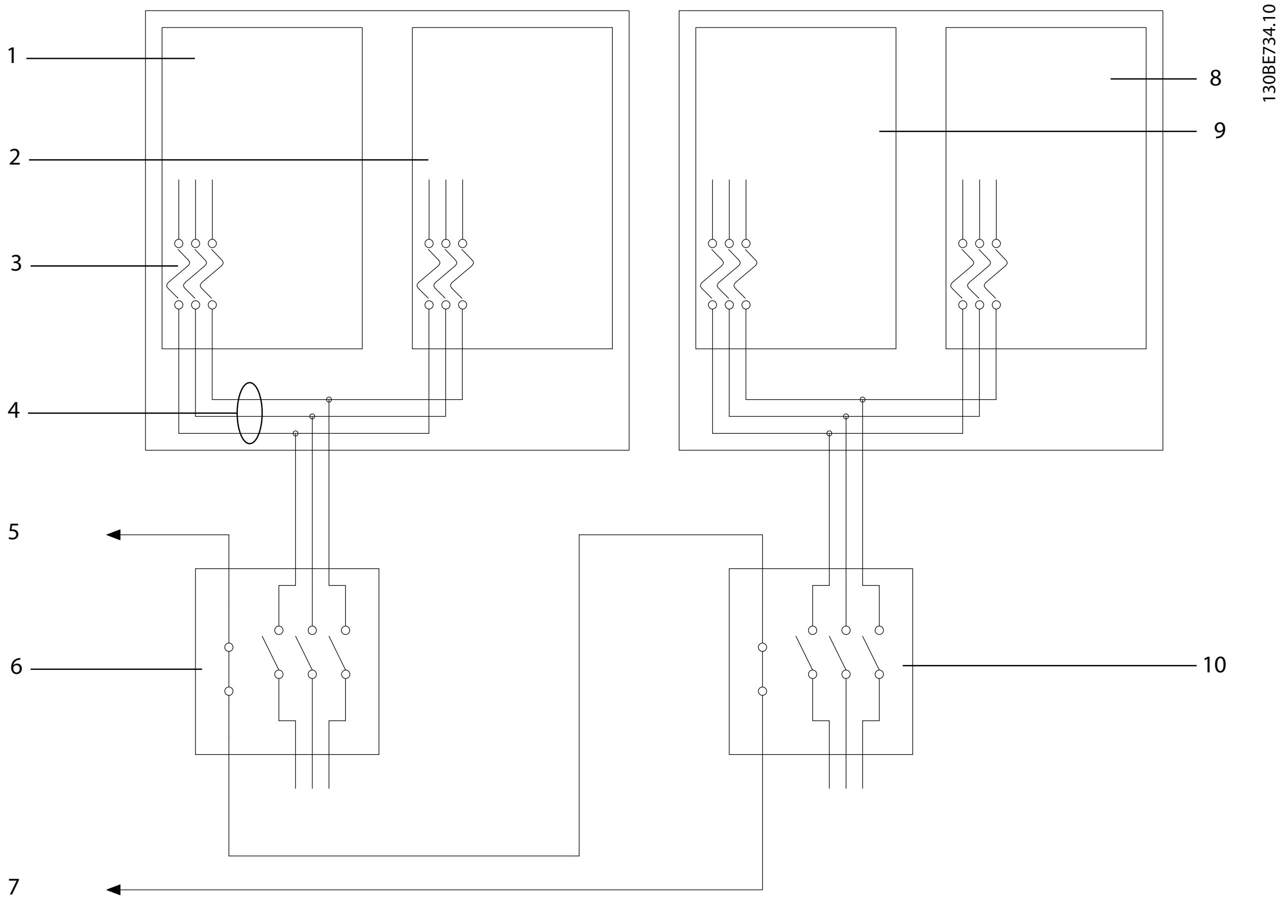
**4 变频器模块系统**

*图 10.10* 展示了 4 变频器系统的主电源端子连接。如果采用公共端子设计，则每个机柜中具有 1 组主电源端子。

## 11.3 12 脉冲断路器配置

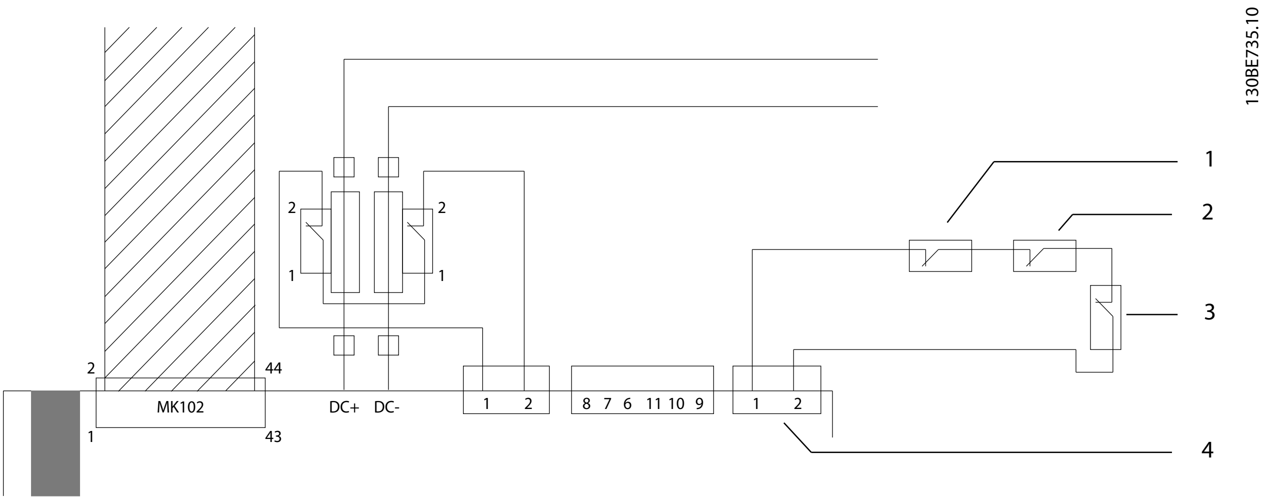
本节介绍如何在 12 脉冲变频器系统上使用断路器 在使用断路器或接触器时，确保安装一个内部互锁。请参阅*图 11.1*。安装后，接触器或断路器应关闭以避免一组整流器无法工作。

将 NC 辅助触点与接触器或主电源断路器一起使用。将互锁与制动的 Klixon 开关串联。如果仅有 1 个接触器/断路器关闭， 则 LCP 显示错误 *Brake IGBT Fault* （制动器 IGBT 故障）并阻止变频器系统为电动机供电。*图 11.2*展示了带有 12 脉冲断路器和互锁的 BRF 连接。




| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 变频器模块 1 | 6 | 断路器 1 |
| 2 | 变频器模块 2 | 7 | 制动故障 |
| 3 | 补充性熔断器 | 8 | 变频器模块 3 |
| 4 | 主电源输入母线 | 9 | 变频器模块 4 |
| 5 | 制动故障 | 10 | 断路器 2 |

**图 11.1 12 脉冲断路器/互锁的连接**




| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 辅助触点断路器 1 | 3 | Klixon 开关 |
| 2 | 辅助触点断路器 2 | 4 | BRF 连接器 |

图 11.2 带有 12 脉冲断路器/互锁的 BRF 连接件

**注意**

如果未选择制动选件，Klixon 开关可能形成旁路。

**注意**

Danfoss 对断路器/接触器开关的任何故障或失灵概不负责。

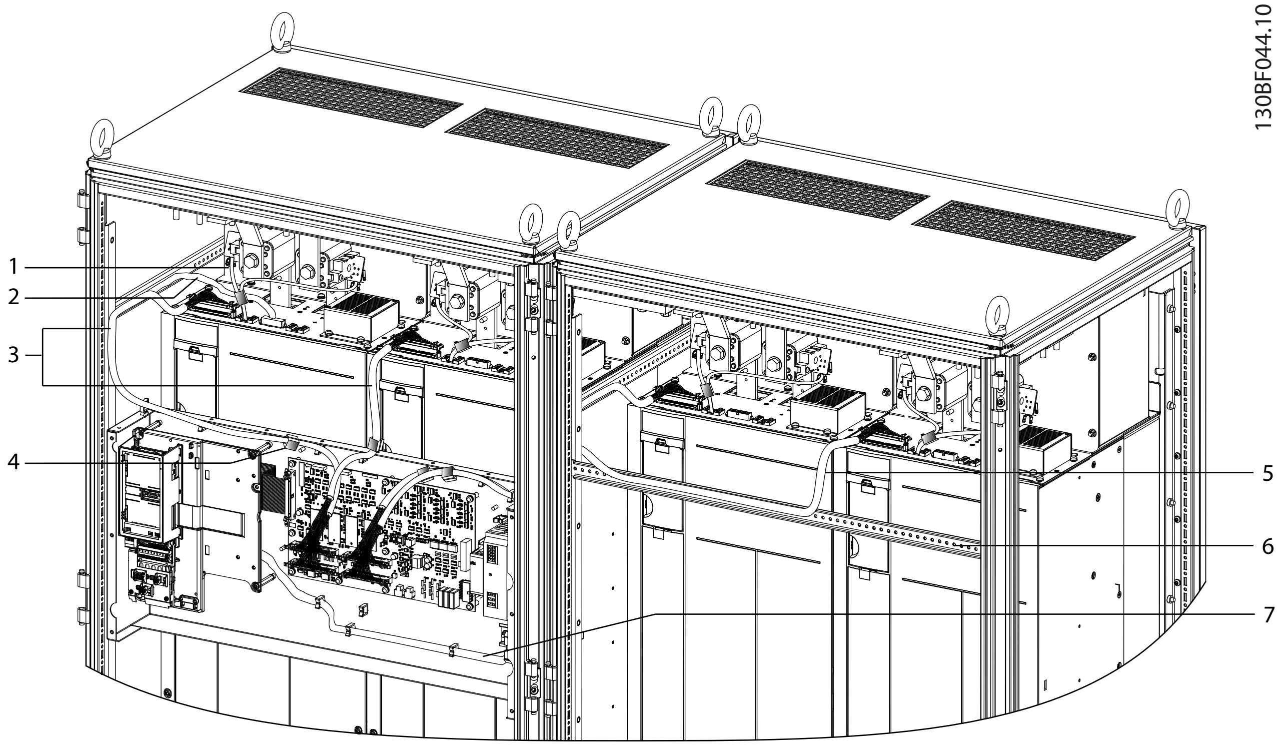
# 12 控制线路

## 12.1 控制电缆的布线

**电缆布线**

按 *图 12.1* 所示在变频器机柜内布线。除了变频器模块的使用数量不同，对 2 个变频器系统的配置布线相同。

- 将控制线路与变频器模块中的大功率组件隔离开来。
- 当变频器模块连接到一个热敏电阻时，确保该热敏电阻器控制线路受到屏蔽且采取加强绝缘/双重绝缘。建议使用 24 V DC 供电电压。请参阅 *图 12.2*。



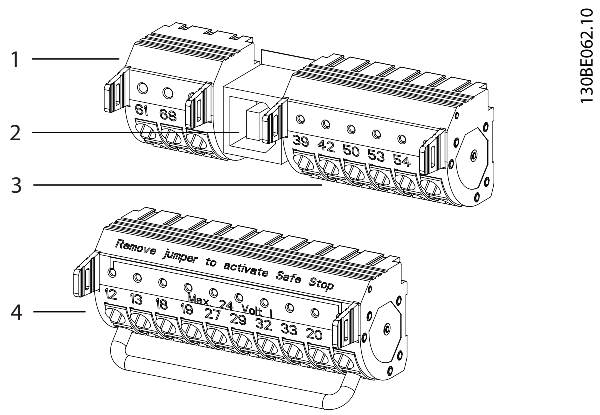

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 微型开关电缆 | 5 | 从 MDCIC 至变频器模块 4 的 44 针带状电缆 |
| 2 | 继电器电缆（图中该电缆连接到模块顶部的端子） | 6 | 支撑带状电缆的支架 |
| 3 | 从 MDCIC 至变频器模块 1 和 2 的 44 针带状电缆 | 7 | 继电器电缆（图中该电缆连接到控制架上的继电器端子） |
| 4 | 铁氧体磁芯 | - | - |

**图 12.1 4 个变频器系统的控制电缆布线**

## 12.2 控制端子

### 12.2.1 控制端子类型

*图 12.2* 显示了可拆卸的变频器连接器。在 *表 12.1* 中对端子功能及其默认设置进行了总结。有关设备内的控制端子的位置，请参阅 *图 12.2*。




| | |
|---|---|
| 1 | 端子 (+)68 和 (-)69 用于 RS485 串行通讯连接。 |
| 2 | 用于 MCT 10 设置软件 的 USB 端口。 |
| 3 | 2 个模拟输入、1 个模拟输出、10 V 直流供电电压以及用于输入和输出的公共端子。 |
| 4 | 4 个可编程数字输入端子、2 个附加的可设为输入或输出的数字端子、1 个 24V 直流电压供电电压端子和 1 个公共端子（用于可选的客户自备 24 V 直流电压）。 |

**图 12.2 控制端子位置**

| 端子 | 参数 | 默认设置 | 说明 |
|---|---|---|---|
| | | **数字输入/输出** | |
| 12, 13 | - | +24 V 直流 | 数字输入。24V 直流供电电压。最大输出电流为 200 mA（所有 24 V 负载的总电流）。可用于数字输入和外部变送器。 |
| 18 | *参数 5-10 端子 18 数字输入* | *[8] 启动* | |
| 19 | *参数 5-11 端子 19 数字输入* | *[10] 反向* | |
| 32 | *参数 5-14 端子 32 数字输入* | *[0] 无功能* | |
| 33 | *参数 5-15 端子 33 数字输入* | *[0] 无功能* | |
| 27 | *参数 5-12 端子 27 数字输入* | *[2] 惯性停车反逻辑* | 可以选择用作数字输入和输出。默认设置为“输入”。 |
| 29 | *参数 5-13 端子 29 数字输入* | *[14] 点动* | |
| 20 | - | - | 数字输入的公共端子，0 V 电压针对 24 V 电源 。 |
| 37 | - | Safe Torque Off (STO) | 安全输入（可选）。用于 STO。 |
| | | **模拟输入/输出** | |
| 39 | - | - | 模拟输出的公共端子。 |
| 42 | *参数 6-50 端子 42 输出* | 0 速度 - 速度上限 | 可编程模拟量输出。在最大值为 500 Ω 10 V 直流模拟供电电压时的模拟信号为 0–20 mA 或 4–20 mA，最大电流 15 mA 常用于电位计或热敏电阻。 |
| 50 | - | +10 V 直流 | |
| 53 | *参数组 6-1* 模拟输入 1* | 参考值 | 模拟输入。可选择电压或电流。利用开关 A53 和 A54 来选择 mA 或 V。 |
| 54 | *参数组 6-2* 模拟输入 2* | 反馈 | |
| 55 | - | - | 模拟输入的公共端子 |
| | | **串行通讯** | |
| 61 | - | - | 用于电缆屏蔽层的集成 RC 滤波器。仅应在遇到 EMC 问题时才将其连接到屏蔽层。 |

12

| 端子 | 参数 | 默认<br>设置 | 说明 |
|---|---|---|---|
| 数字输入/输出 | | | |
| 68 (+) | *参数组 8-3* FC 端口设置* | - | RS485 接口。控制卡终端电阻开关 |
| 69 (-) | *参数组 8-3* FC 端口设置* | - | |
| 继电器 | | | |
| 01, 02, 03 | *参数 5-40 继电器功能* [0] | *[9] 报警* | C 型继电器输出。可用于交流或直流电压及电阻性或电感性负载。 |
| 04, 05, 06 | *参数 5-40 继电器功能* [1] | *[5] 运行* | |

**表 12.1 端子说明**

**附加端子：**

- 2 个 C 型继电器输出。输出位置取决于变频器配置。
- 位于内置可选设备上的端子。请参阅随设备选件提供的手册。

## 12.2.2 控制端子的接线

为了便于操作，可以取下端子插头。

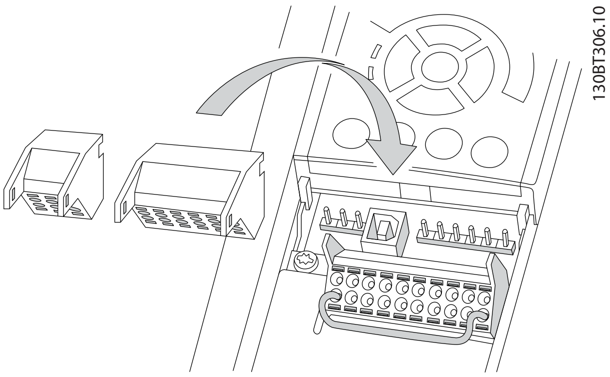



**图 12.3 取下控制端子**

12

## 12.2.3 启用电机操作

为了使变频器能够使用出厂默认的编程值工作，必须在端子 12（或 13）和端子 27 之间安装跳线。

- 数字输入端子 27 旨在接收 24 V 直流外部互锁命令。
- 当未使用任何互锁装置时，请在控制端子 12（建议的端子）或 13 和端子 27 之间连接一个跳线。跳线将在端子 27 上提供内部 24 V 信号。
- 当 LCP 底部的状态行显示*自动远程惯性停车*时，即表明设备已做好运行准备，只不过端子 27 上缺少输入信号。
- 当出厂安装的可选设备被连接到端子 27 时，请勿拆卸相关线缆。

## 12.2.4 电压/电流输入选择

使用模拟主电源端子 53 和 54，可将输入信号设置为电压（0 到 10 V）或电流（0/4 到 20 mA）。有关变频器系统内的控制端子的位置，请参阅 *图 12.2*。

**默认参数设置：**

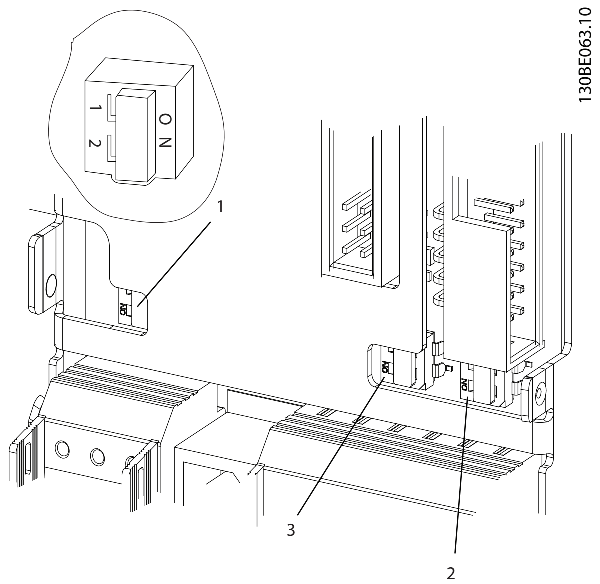
- 端子 53： 开环中的速度参考值信号（请参阅 *参数 16-61 53 端切换设置*）。
- 端子 54： 闭环中的反馈信号（请参阅 *参数 16-63 54 端切换设置*）。

***注意***

**切断电源**

**在转换开关位置之前应切断变频器的电源**

1. 拆下 LCP（如 *图 12.4* 所示）。
2. 拆下盖住开关的任何可选设备。
3. 通过设置开关 A53 和 A54，可以选择信号类型。U 选择电压，I 选择电流。




| | |
|---|---|
| 1 | 总线端接开关 |
| 2 | A54 开关 |
| 3 | A53 开关 |

**图 12.4 总线端接开关以及 A53 和 A54 开关位置**

### 12.2.5 RS485 串行通讯

RS485 串行通讯总线可用于变频器系统。最多可有 32 个节点用总线方式连接，或通过公共干线的下垂电缆连接到 1 个网络段。网络段可由中继器来划分。安装在一个网络段中的中继器将充当该网络段的一个节点。连接在给定网络中的每个节点必须拥有在所有网络段中都具有唯一性的节点地址。

- 连接 RS485 串行通讯线缆到端子 (+)68 和 (-)69。
- 可以使用变频器模块的端接开关（总线终端开/关，如 *图 12.4* 所示）或偏置端接电阻器网络实现每个网络段两端的端接。
- 增大屏蔽层的接地面积，例如借助电缆夹或导电的电缆密封管。
- 通过采用电势均衡电缆来使整个网络保持相同的地电位。
- 通过在整个网络中使用同一类型的电缆来避免阻抗不匹配。

| 电缆 | 屏蔽双绞线 (STP) |
|---|---|
| 阻抗 | 120 Ω |
| **最大电缆长度** | |
| 工作站之间的距离 [m (ft)] | 500 (1640) |
| 总长度（含分支线路）[m (ft)] | 1200 (3937) |

**表 12.2 电缆信息**

## 12.3 继电器输出

继电器端子位于变频器模块的顶板。使用延长的线束将变频器模块 1（最左边的变频器模块）的继电器端子连接至控制架上的接线盒。

**注意**

**为了方便参考，将变频器模块从左至右进行编号。**

**继电器 1**
- 端子 01： 公共
- 端子 02： 常开 400 V AC
- 端子 03： 常闭 240 V AC

**继电器 2**
- 端子 04： 公共
- 端子 05： 常开 400 V AC
- 端子 06： 常闭 240 V AC

继电器 1 和继电器 2 在 *参数 5-40 继电器功能*、*参数 5-41 继电器打开延时* 和 *参数 5-42 继电器关闭延时* 中设置。

为其他继电器输出使用 VLT® Relay Card MCB 105 选件模块。

12

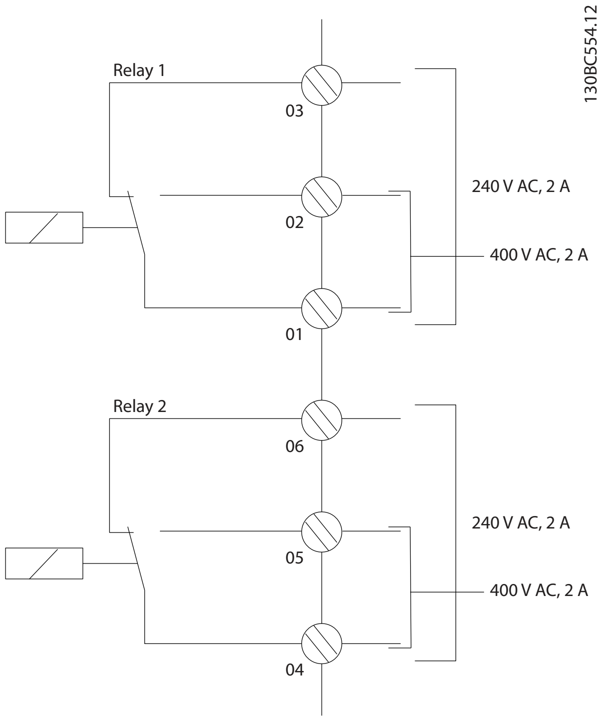



图 12.5 其他继电器输出

# 13 制动

## 13.1 制动类型

变频器利用 3 种制动类型：

- 机械夹持制动
- 动态制动
- 机械制动控制

**机械夹持制动**

机械夹持制动是直接安装在电机主轴上用于执行静态制动的外部设备。静态制动是指在负载停止后使用制动器钳制电机。夹持制动由 PLC 控制，或直接由变频器的数字输出提供指令。

**注意**

**变频器不能提供机械制动的安全控制。必须在总安装中包括用于制动控制的冗余电路。**

**动态制动**

动态制动是在变频器内部实现的制动，用于减缓电机直到最后停止。使用以下方法应用动态制动：

- 电阻器制动： 制动 IGBT 会将过压保持在某个特定的阈值之下，其方式是将制动能量从电机定向到连接的制动电阻器。
- 交流制动： 制动能量在电机中通过更改电机中的损耗情况进行分配。交流制动功能不能在循环频率较高的应用中使用，因为此功能会导致电动机过热。
- 直流制动： 添加到交流中的过调制直流电流作为用作旋转电流制动。

**机械制动控制**

对于起重应用，必须控制电动机械制动。为控制该制动，需要使用继电器输出（继电器 1 或 继电器 2）或经过设置的数字输出（端子 27 或 29）。正常而言，该输出在变频器不能控制电机时应该保持关闭。

如果变频器进入报警状态（如过压时），机械制动会立即切入。机械制动还在 Safe Torque Off 期间切入。

**注意**

**对于垂直提升或起重应用，请务必保证在发生紧急情况或者出现故障时可以停止负载。如果变频器处于报警模式或过压状态，会开始机械制动。**

## 13.2 制动电阻器

### 13.2.1 制动电阻器的选择

为满足发电式制动操作的更高要求，必须使用一个制动电阻器。通过使用制动电阻器，可以确保所产生的能量将被制动电阻器（而不是变频器）所吸收。有关详细信息，请参阅《*VLT®* 制动电阻器设计指南》。

如果在每次制动期间传输到该电阻器的动能数量是未知的，则可以根据周期和制动时间（间歇工作周期）来计算平均功率。电阻器间歇工作周期即为电阻器的工作周期。*图 13.1* 下图显示了一个典型的制动周期。

**注意**

**电机供应商通常使用 S5 来表示许可的负载，它是一个间歇工作周期的表达式。**

该电阻的间歇工作周期按下述方式计算：

*工作周期* $= t_b/T$

T = 周期（秒）

$t_b$ 为周期内的制动时间（秒）

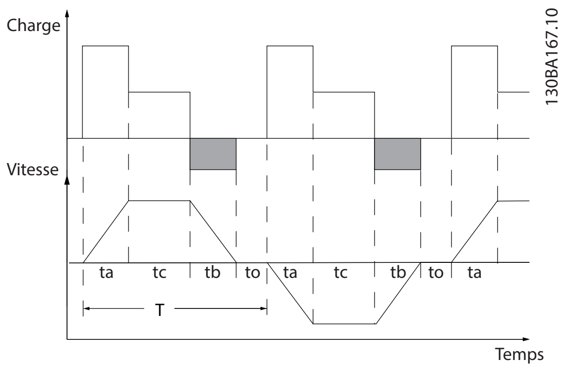



**图 13.1 典型的制动周期**

**制动功率水平**

以下制动功率水平适用于 VLT® Parallel Drive Modules。

13

| 功率大小 kW (hp) | 周期时间（秒） | 100% 转矩时的制动工作周期 | 过载转矩（150%）时的制动工作周期 |
|---|---|---|---|
| VLT® HVAC Drive FC 102 和 VLT® AQUA Drive FC 202 (380 – 480 V) | | | |
| 315 (450) | 600 | 持续 | 10% |
| 355 – 1000 (500 – 1350) | 600 | 40% | 10% |
| VLT® HVAC Drive FC 102 和 VLT® AQUA Drive FC 202 (525 – 690 V) | | | |
| 315 – 355 (450 – 500) | 600 | 持续 | 10% |
| 400 – 1200 (400 – 1350) | 600 | 40% | 10% |
| VLT® AutomationDrive FC 302 (380 – 480 V) | | | |
| 250 (350) | 600 | 持续 | 10% |
| 315 – 800 (450 – 1200) | 600 | 40% | 10% |
| VLT® AutomationDrive FC 302 (525 – 690 V) | | | |
| 250 – 315 (300 – 350) | 600 | 持续 | 10% |
| 355 – 1000 (450 – 1150) | 600 | 40% | 10% |

表 13.1 并联变频器模块的制动周期

Danfoss 提供了工作周期为 5%、10% 和 40% 的制动电阻器。如果使用工作周期为 10% 的制动电阻器，则它可以在一个周期的 10% 的时间内吸收制动功率。其余 90% 的周期时间将用于耗散过多的热量。

确保电阻器在设计上可以承受所要求的制动时间。制动电阻器的最大允许负载由给定的间歇工作周期的峰值功率表示。制动电阻的计算方式如下：

$$R_{br}\,[\Omega] = \frac{U_{dc}^2}{P_{peak}}$$

其中

$P_{peak}=P_{motor} x M_{br}\ [\%] x\ \eta_{motor} x\ \eta_{VLT} [W]$

制动电阻取决于直流回路电压 ($U_{dc}$)。

| 电压 | 正常制动 | 切断警告 | 切断（跳闸） |
|---|---|---|---|
| 380 – 480 V | 769 V | 810 V | 820 V |
| 525 – 690 V | 1084 V | 1109 V | 1130 V |

表 13.2 VLT® HVAC Drive FC 102 和 VLT® AQUA Drive FC 202 并联变频器模块的制动极限

| 电压 | 正常制动 | 切断警告 | 切断（跳闸） |
|---|---|---|---|
| 380 – 500 V | 795 V | 828 V | 855 V |
| 525 – 690 V | 1084 V | 1109 V | 1130 V |

表 13.3 VLT® AutomationDrive FC 302 并联变频器模块的制动极限

**注意**

**如果使用的不是 Danfoss 制动电阻器，请检查制动电阻器是否能承受 410 V、820 V、850 V、975 V 或 1130 V 的电压。**

Danfoss 推荐使用制动电阻 $R_{rec}$。使用 $R_{rec}$ 公式可确保变频器能够在 160% 的最高制动功率 ($M_{br(\%)}$) 下实现制动。相应的公式可表示为：

$$R_{rec}\,[\Omega] = \frac{U_{dc}^2\,x\,100}{P_{电机}\,x\,M_{br\,(\%)}\,x\eta_{VLT}\,x\,\eta_{电机}}$$

$\eta_{motor}$ 通常为 0.90

$\eta_{VLT}$ 通常为 0.98

对于 480 V、500 V 和 600 V 变频器，160% 制动功率下的 $R_{rec}$ 表示为：

$$500V : R_{rec} = \frac{464923}{P_{电机}}\,[\Omega]$$

$$600V : R_{rec} = \frac{630137}{P_{电机}}\,[\Omega]$$

$$690V : R_{rec} = \frac{832664}{P_{电机}}\,[\Omega]$$

**注意**

**请勿选择高于 Danfoss 推荐的电阻器制动电路的阻值。每个制动斩波器一个制动电阻器。**

**注意**

**如果制动电阻器发生短路，则必须使用电网开关或接触器断开变频器的主电源才能避免制动电阻器上的功率消耗。变频器可以控制接触器。**

**警告**

**火灾危险**
**制动电阻器在制动过程中或制动后会变得很烫，请务必将制动电阻器放在安全环境中以避免火灾风险。**

### 13.2.2 通过制动功能进行控制

制动功能可防止制动电阻器发生短路。为此，制动晶体管将受到监测，以确保能检测到晶体管的短路。可以使用继电器/数字输出防止制动电阻器发生过载，过载会在变频器中导致故障。

除此之外，您还可以借助制动功能获得最近 120 秒的瞬时功率和平均功率。制动系统还可以监测功率激励，以确保它不会超过在 LCP 中设置的可编程极限。

***注意***

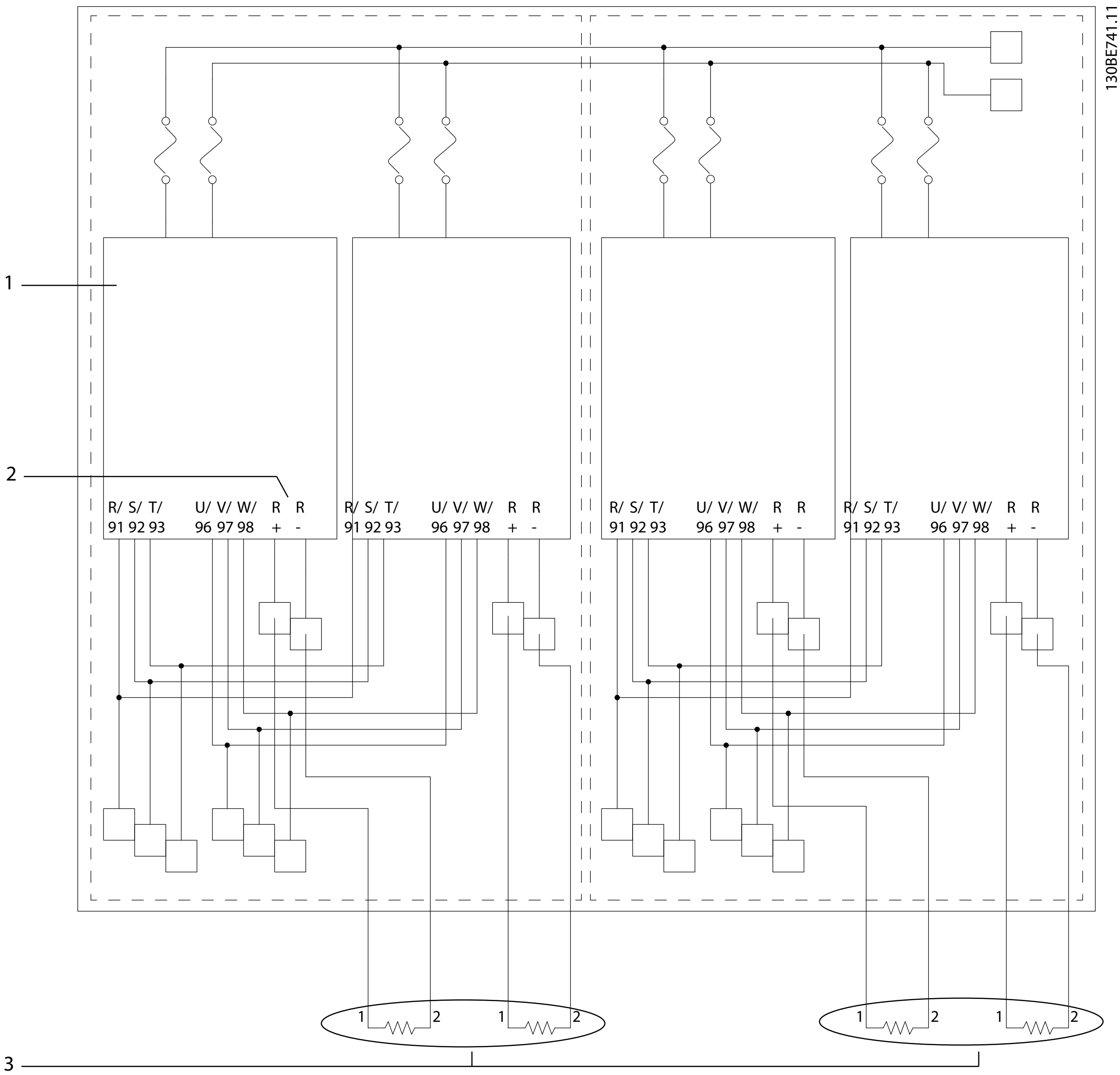
**制动功率监视并不是一项安全功能。出于安全目的，应配备一个热开关。制动电阻器电路没有接地泄漏保护。**

可以在 中选择过电压控制 (OVC) 作为替代的制动功能。此功能对所有设备均有效，可确保当直流回路电压升高时，通过提高输出频率限制直流回路的电压来避免跳闸。



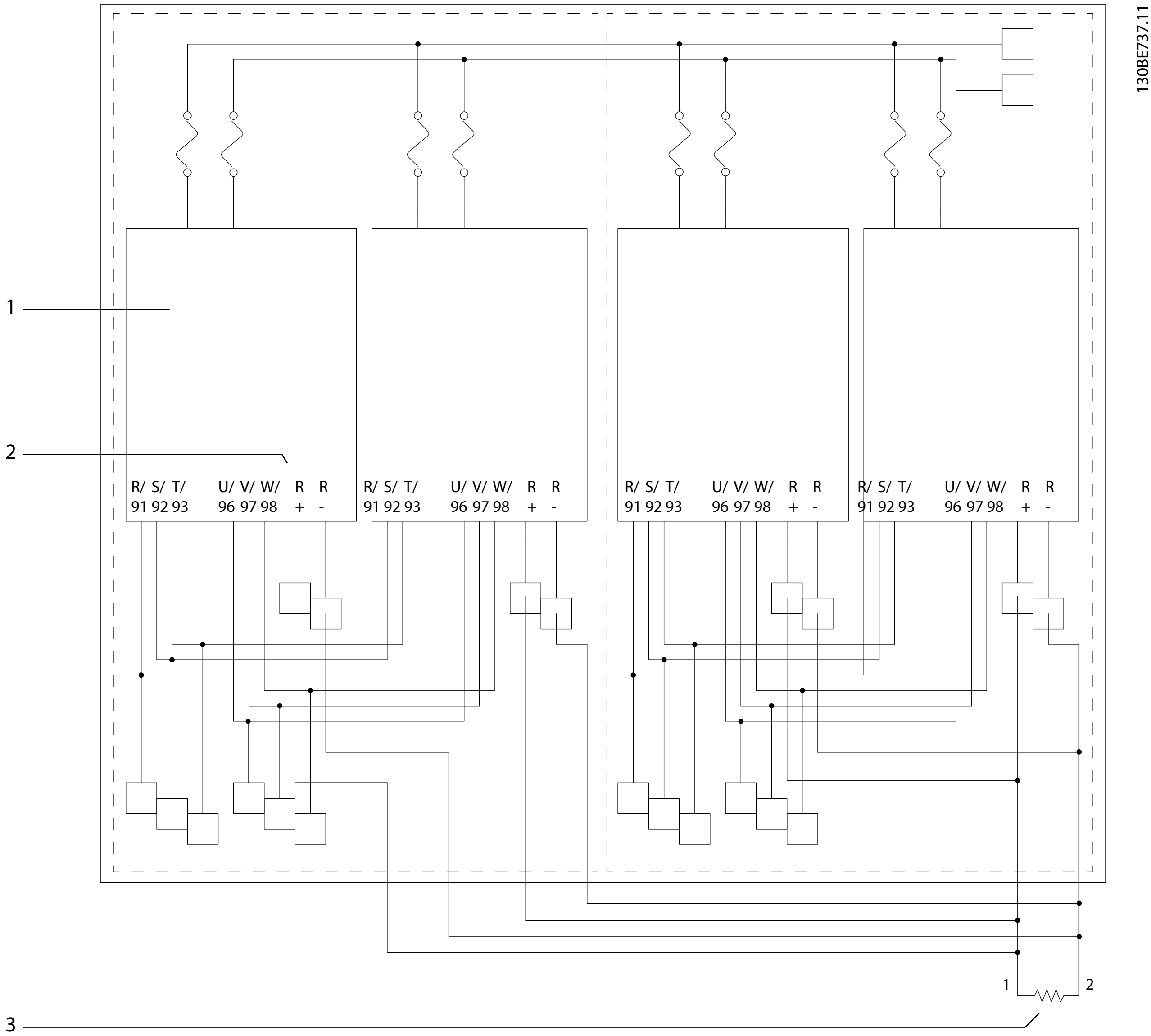
  

## 13.2.3 制动电阻器连接




| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 变频器模块 | 3 | 单独制动电阻器 |
| 2 | 制动端子 | - | - |

**图 13.2 连接单独制动电阻器到每个变频器模块**




| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 变频器模块 | 3 | 通用制动电阻器 |
| 2 | 制动端子 | - | - |

**图 13.3 公用制动电阻器与每个变频器模块的连接**

# 14 控制

## 14.1 速度和转矩控制概述

变频器可以控制电机主轴的速度或转矩。控制类型取决于对 *参数 1-00 配置模式* 的设置。

**速度控制**
速度控制有 2 种类型:

- 开环不需要来自电机的任何反馈（无传感器）。
- 闭环 PID 要求向某个输入提供速度反馈。同开环速度控制相比，经过适当优化的闭环速度控制将具有更高的精确性。速度控制用于选择在 *参数 7-00 速度 PID 反馈源* 中将哪个输入用作速度 PID 反馈。

**转矩控制**
转矩控制功能用于下述应用：电机输出轴上的转矩以张力控制形式来控制相关应用。可在 *参数 1-00 配置模式* 中通过 *[4] VVC+ 开环* 或 *[2] 带电动机速度反馈的闭环磁通矢量控制* 选择转矩控制。转矩设置是通过设置某个由模拟、数字或总线控制的参考值来实现的。速度上限因数在 *参数 4-21 Speed Limit Factor Source* 中设置。在采用转矩控制时，Danfoss 建议执行完整 AMA 过程，因为正确的电机数据对于获得最佳性能至关重要。

- 具有编码器反馈的磁通模式闭环在所有 4 个象限中以及所有电动机速度下提供优异性能。
- VVC+ 模式下的开环。该功能用于机械可靠性应用，但精度有限。开环转矩功能仅在一个速度方向有效。转矩是基于变频器内的电流测量值来计算的。请参阅 *章 17 应用示例* 。

**速度/转矩参考值**
对这些控制值的参考可以是单个参考值，也可以是不同参考值（包括百分比形式的参考值）的叠加。有关参考值处理的更多信息，请参阅 *章 15 处理参考值*。

## 14.2 控制原理

变频器首先把主电源的交流电压整流为直流电压，然后再将直流电压转换成幅值和频率均可变的交流电源。

电机输入的电压/电流和频率均可变，从而可使三相标准交流电机和永久磁化同步电机实现无级变速功能。

控制端子控制端子为以下组件或操作提供线路反馈、参考值和其他输入信号:

- 变频器
- 输出变频器状态和故障条件
- 操作辅助设备的继电器
- 串行通讯接口

可按主菜单或快捷菜单中所述通过选择参数选项针对各种功能对控制端子进行编程。大多数控制线路都是客户提供的，除非在出厂前订购。变频器控制输入和输出同样可为 24 V DC 电源供电。

*表 14.1* 介绍了控制端子的功能。其中许多端子都具有由参数设置来决定的多项功能。某些选件提供了更多端子。有关端子位置的信息，请参阅*章 10.5 电机端子连接器*。

| 端子号 | 功能 |
|---|---|
| 01、02、03 和 04、05、06 | 两个 Form C 输出继电器。最大 240 V AC，2 A。最小 24 V DC，10 mA 或 24 V AC，100 mA。可用于指示状态和警告。位于功率卡上。 |
| 12, 13 | 24 V DC 电源，用于数字输入和外部传感器。最大输出电流为 200 mA。 |
| 18, 19, 27, 29, 32, 33 | 用于控制变频器的数字输入。R=2 kΩ. 低于 5 V = 逻辑 0（开）。大于 10 V = 逻辑 1（关） 端子 27 和 29 可设置为数字/脉冲输出。 |
| 20 | 数字输入的公共端子。 |
| 37 | 0–24 V DC 输入，用于安全停止（部分设备）。 |
| 39 | 模拟和数字输出的公共端子。 |
| 42 | 模拟和数字输出，用于指示频率、参考值、电流和转矩等值。模拟信号为 0/4 到 20 mA，最小阻抗为 500 Ω。数字信号为 24 V DC，最小阻抗为 500 Ω。 |
| 50 | 10 V DC 15 mA 最大模拟供电电压，用于电位计或热敏电阻。 |
| 53, 54 | 可选择用作 0 到 10 V DC 电压输入，R = 10 kΩ，或用作 0/4 到 20 mA 模拟信号，最大阻抗为 200 Ω。用于参考值或反馈信号。此处可以连接热敏电阻。 |
| 55 | 端子 53 和 54 的公共端子。 |
| 61 | RS485 通讯 |
| 68, 69 | RS485 接口和串行通讯。 |

**表 14.1 端子控制功能（无选配设备）**

14

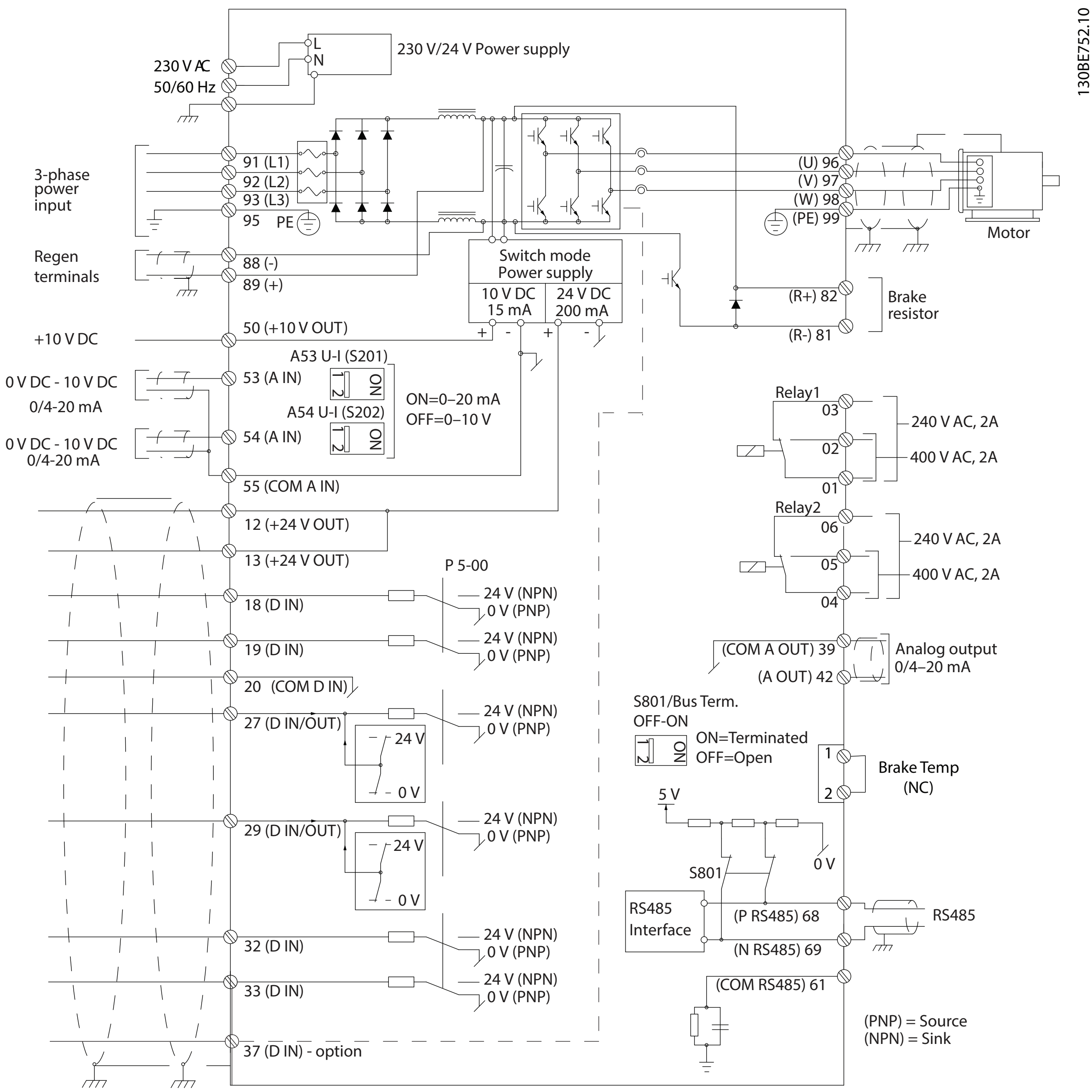

130BE752.10
230 V AC
50/60 Hz
L
N
230 V/24 V Power supply
3-phase
power
input
91 (L1)
92 (L2)
93 (L3)
95
PE
Regen
terminals
88 (-)
89 (+)
+10 V DC
50 (+10 V OUT)
Switch mode
Power supply
10 V DC
15 mA
24 V DC
200 mA
A53 U-I (S201)
0 V DC - 10 V DC
0/4-20 mA
53 (A IN)
ON
ON=0–20 mA
OFF=0–10 V
A54 U-I (S202)
54 (A IN)
55 (COM A IN)
12 (+24 V OUT)
13 (+24 V OUT)
P 5-00
18 (D IN)
24 V (NPN)
0 V (PNP)
19 (D IN)
20 (COM D IN)
27 (D IN/OUT)
24 V
0 V
29 (D IN/OUT)
32 (D IN)
33 (D IN)
37 (D IN) - option
(U) 96
(V) 97
(W) 98
(PE) 99
Motor
(R+) 82
(R-) 81
Brake
resistor
Relay1
03
02
01
240 V AC, 2A
400 V AC, 2A
Relay2
06
05
04
(COM A OUT) 39
(A OUT) 42
Analog output
0/4–20 mA
S801/Bus Term.
OFF-ON
ON=Terminated
OFF=Open
1
2
Brake Temp
(NC)
5 V
0 V
S801
RS485
Interface
(P RS485) 68
(N RS485) 69
(COM RS485) 61
RS485
(PNP) = Source
(NPN) = Sink

**图 14.1 接线图**

## 14.3 VVC+ 高级矢量控制下的控制结构

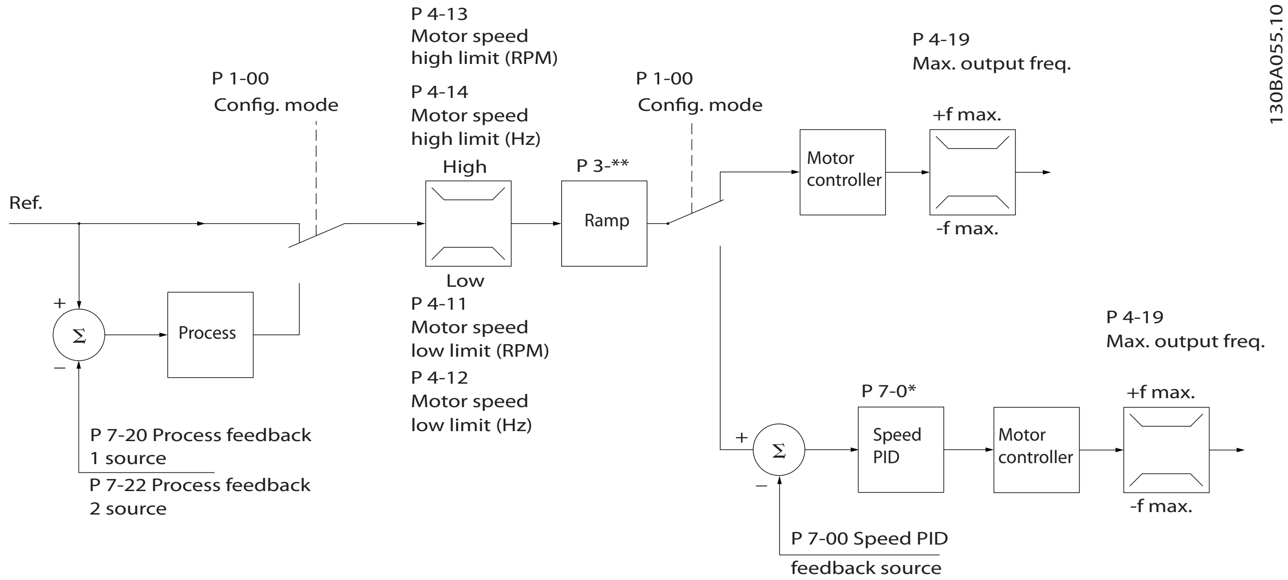



图 14.2 VVC+ 开环和闭环配置下的控制结构

在*图 14.2 参数 1-01 电动控制原理* 中， 设置为 [1] *VVC+* 且 *参数 1-00 配置模式* 设置为 *[0] 开环速度*。在收到了参考值处理系统的最终参考值后，首先会对最终参考值进行加减速限制和速度限制，然后才将它发送给电机控制。之后，电机控制的输出便会受到频率上限的限制。

如果 *参数 1-00 配置模式* 设为 *[1] 速度闭环*，则结果参考值在经过加减速限制和速度限制后，传递给速度 PID 控制。速度 PID 控制参数位于*参数组 7-0*速度 PID 控制*。从“速度 PID 控制”中产生的参考值将发送给电机控制（受频率极限的限制）。

若要使用过程 PID 控制进行闭环控制（比如在控制应用中控制速度或压力），请在 *参数 1-00 配置模式* 中选择 *[3] 过程*。过程 PID 参数位于*参数组 7-2* 过程控制 反馈*和*参数组 7-3* 过程 PID 控制* 中。

## 14.4 无传感器磁通矢量中的控制结构

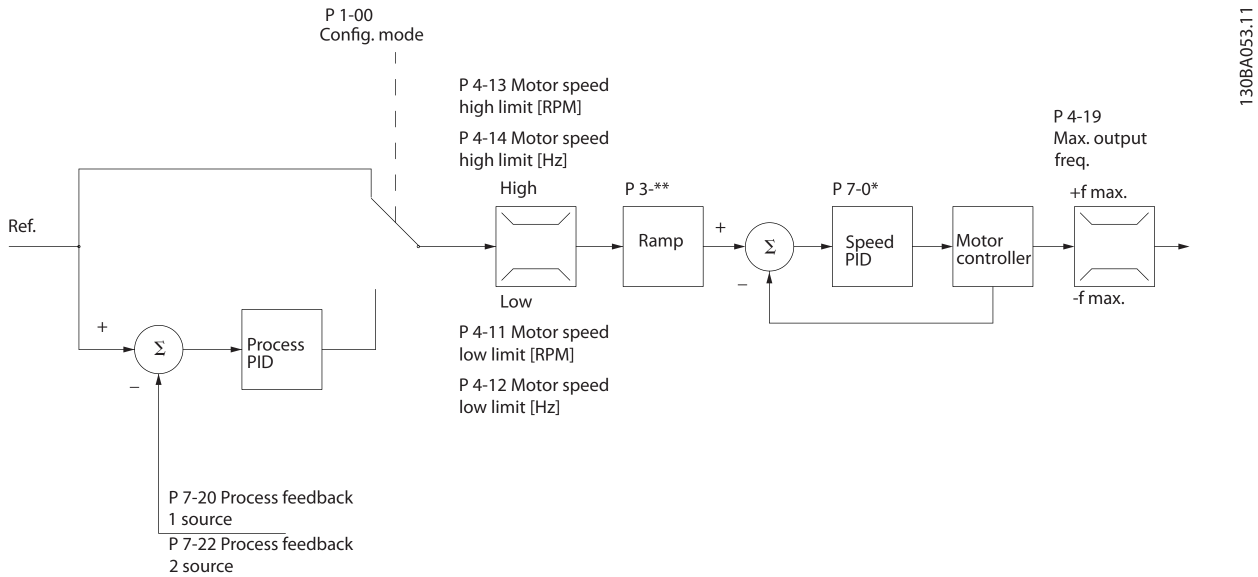



图 14.3 无传感器磁通矢量开环和闭环配置下的控制结构

14

在*图 14.3 参数 1-01 电动控制原理* 中， 设置为 *[2] 无传感器矢量*且*参数 1-00 配置模式* 设置为 *[0] 开环速度*。在收到了参考值处理系统的最终参考值后，首先会对最终参考值进行加减速限制和速度限制（由所指定的参数设置确定）。

此时会对速度 PID 生成一个估计的速度反馈，以便控制输出频率。必须使用速度 PID 的 P、I 和 D 参数（*参数组 7-0* 速度 PID 控制器*）对其进行设置。

例如，要使用过程 PID 控制在受控应用中控制速度或压力，请在 *参数 1-00 配置模式* 中选择 *[3] 过程*。过程 PID 参数位于以下*参数组中：7-2* 过程控制 反馈*和*参数组 7-3* 过程 PID 控制*。

## 14.5 磁通矢量带反馈下的控制结构

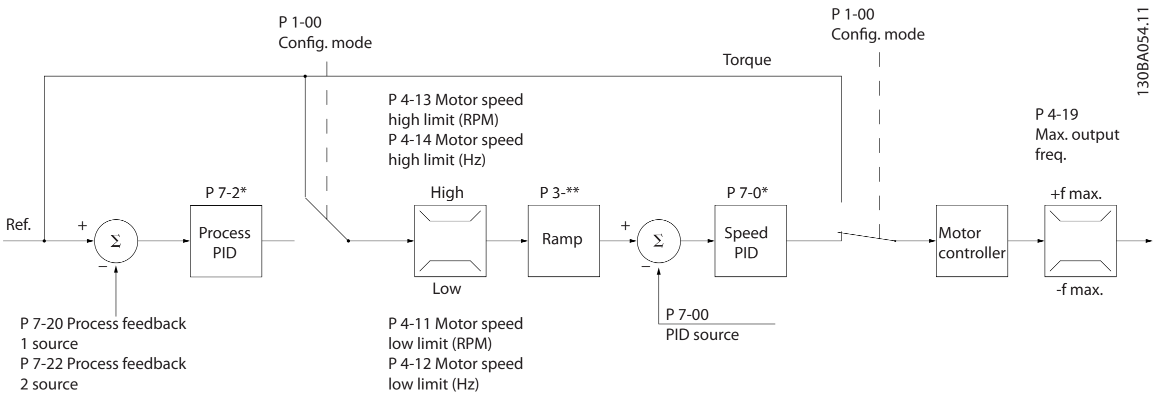



**图 14.4 磁通矢量带电机反馈的配置下的控制结构（仅限 VLT® AutomationDriveFC 302）**

在*图 14.4* 中，*参数 1-01 电动控制原理* 设置为 *[3] 磁通矢量带反馈* 且 *参数 1-00 配置模式* 设置为 *[1] 闭环速度*。

该配置下，电机控制依靠直接安装在电机上的编码器给出反馈信号（在 *参数 1-02 磁通矢量电动机反馈源* 中设置）。

若要使用结果参考值作为速度 PID 控制的输入，请在 *参数 1-00 配置模式* 中选择 *[1] 闭环速度*。速度 PID 控制参数位于*参数组 7-0* 速度 PID 控制器* 中。

若要将最终参考值直接用作转矩参考值，请在 *参数 1-00 配置模式* 中选择 *[2] 转矩*。转矩控制只能在*磁通矢量带电机反馈*（*参数 1-01 电动控制原理*）配置下选择。选择这种模式后，参考值将使用 Nm 为单位。由于实际转矩是基于变频器的电流测量来计算的，因此无需转矩反馈。

若要使用过程 PID 控制进行闭环控制（比如在控制应用中的速度或过程变量），请在 *参数 1-00 配置模式* 中选择 *[3] 过程*。

## 14.6 VVC+ 下的内部电流控制

变频器带有一个积分电流极限控制器，它在电机电流以及转矩高于 *参数 4-16 电动时转矩极限*、*参数 4-17 发电时转矩极限* 和 *参数 4-18 电流极限* 中设置的转矩极限时被启用。

当变频器在电机运行或发电运行中达到电流极限时，变频器会尝试尽快降低到预置转矩极限以下，同时不使电机失控。

## 14.7 本地和远程控制

### 14.7.1 本地（手动启动）和远程（自动启动）控制

可通过 LCP 以手动方式运行变频器，也可以借助模拟和数字输入和现场总线远程运行变频器。如果 *参数 0-40 LCP 的手动启动键*、*参数 0-41 LCP 的停止键*、*参数 0-42 LCP 的自动启动键* 和 *参数 0-43 LCP 的复位键* 允许，可以借助 LCP 上的 [Hand On]（手动启动）和 [Off]（停止）来启动和停止变频器。按 [Reset]（复位）可复位报警。按下 [Hand On]（手动启动）后，变频器随即进入手动模式。在默认情况下，它将使用本地参考值（可以用 LCP 上的箭头键来设置）。

按下 [Auto On]（自动启动）后，变频器随即进入自动模式。在默认情况下，它将使用远程参考值。在此模式下，可借助数字输入和各种串行接口（RS485、USB 或可选的现场总线）来控制变频器。有关启动、停止、更改加减速设置和参数菜单的信息，请参阅*参数组 5-1* 数字输入*或*参数组 8-5* 串行通讯*。

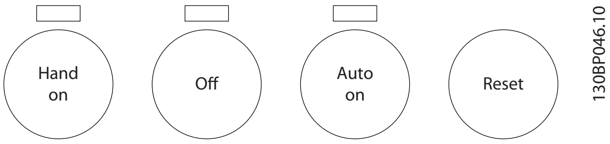



图 14.5 LCP 控制键

**有效参考值和配置模式**

有效参考值可以是本地参考值，也可以是远程参考值。

在 *参数 3-13 参考值位置* 中选择 *[2] 本地* 可以永久选择本地参考值。

要永久选择远程参考值，请选择 *[1] 远程*。通过选择 *[0] 联接到手动/自动*（默认值），参考值位置将取决于活动模式为手动还是自动。

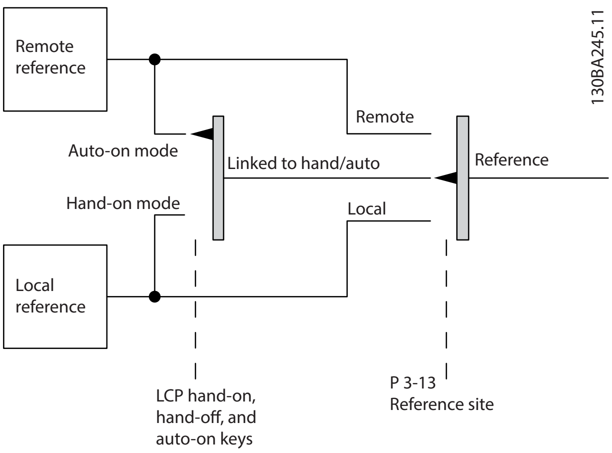



图 14.6 有效参考值

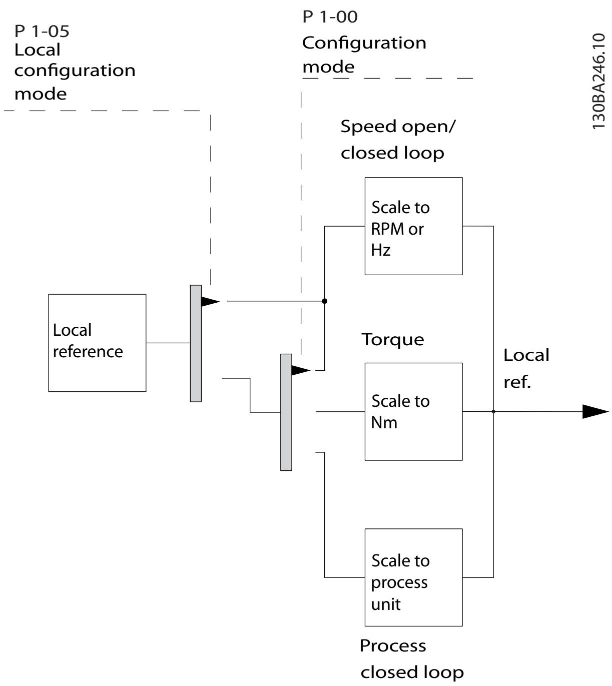



图 14.7 配置模式

| [Hand On] | *参数 3-13 参考值位置* | 有效参考值 |
|---|---|---|
| 手动 | 联接到手动/自动 | 本地 |
| 手动⇒停止 | 联接到手动/自动 | 本地 |
| 自动 | 联接到手动/自动 | 远程 |
| 自动⇒停止 | 联接到手动/自动 | 远程 |
| 所有键 | 本地 | 本地 |
| 所有键 | 远程 | 远程 |

表 14.2 本地/远程参考值激活条件

*参数 1-00 配置模式*决定了在远程参考值有效时要使用的应用控制原理（例如速度、转矩或过程控制）的类型。*参数 1-05 本地模式配置*决定了在激活了本地参考值时要使用的应用控制原理的类型。任何时候这两个参考值中都有一个是有效的，但不可能两个同时有效。

## 14.8 智能逻辑控制器

智能逻辑控制 (SLC) 是一系列用户定义的操作（请参阅 *参数 13-52 条件控制器动作* [x]），当关联的用户定义事件（请参阅 *参数 13-51 条件控制器事件* [x]）被 SLC 判断为“真” 时，将执行这些操作。

触发事件的条件可能是某个特定状态，也可能是在逻辑规则或比较器操作数的输出为“真”时。此条件将导致相关操作，如 *图 14.8* 所示。

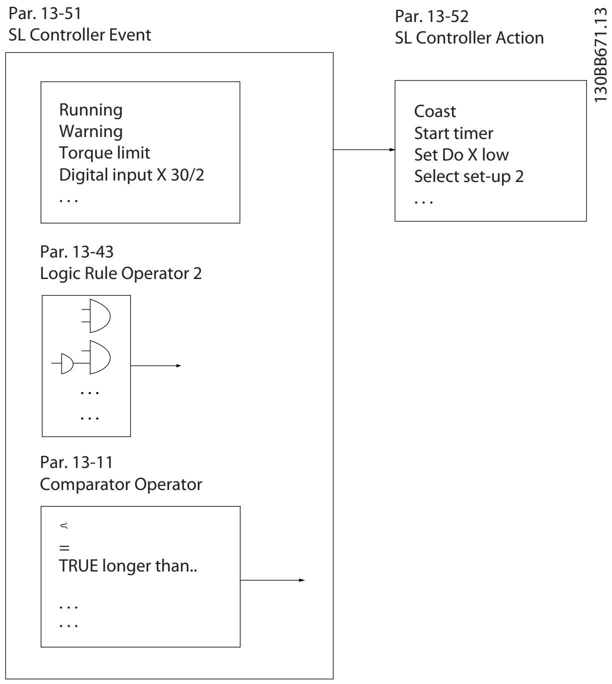



图 14.8 电流控制状态/事件和操作

事件和操作>都有自己的编号，两者成对地关联在一起（状态）。例如，当满足 *[0] 事件* 条件（值为“真”）时，将会执行 *[0] 操作*。此后会对 *[1] 事件* 进行条件判断，如果值为真，则执行 *[1] 操作*，依此类推。无论何时，只能对一个事件 进行判断。如果某个事件 的条件判断为“假”，在当前的扫描间隔中将不执行任何操作（在

SLC 中），并且不再对其他事件 进行条件判断。当 SLC 在每个扫描间隔中启动时，将只判断 *[0] 事件* 的真假。仅当对 *[0] 事件*的条件判断为“真”时，SLC 才会执行 *[0] 操作*，并且开始判断 *[1] 事件*的真假。可以设置 1 到 20 个*事件* 和*操作*。
当执行了最后一个*事件/操作* 后，又会从 *[0] 事件/[0] 操作* 开始执行该序列。*图 14.9*所示为具有 3 个事件/操作的例子：

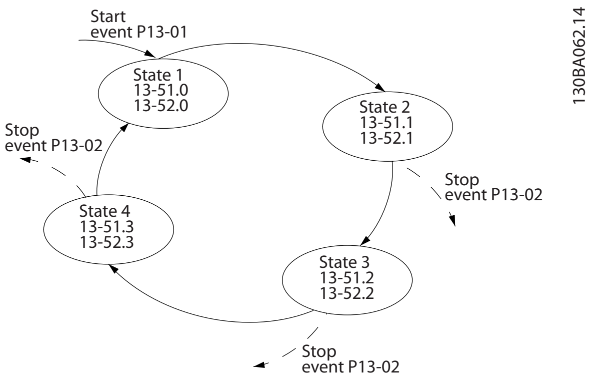



**图 14.9 内部电流控制举例**

## 比较器

这些比较器可将连续的变量（如输出频率、输出电流、模拟输入）与固定的预置值进行比较。

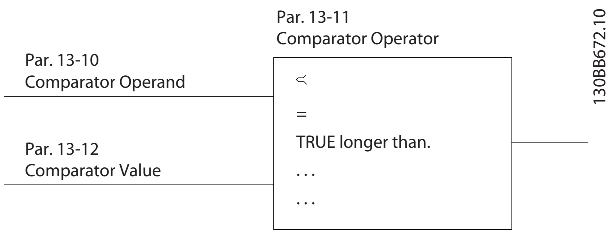



**图 14.10 比较器**

## 逻辑规则

使用逻辑运算符 AND、OR、NOT，将来自计时器、比较器、数字输入、状态位和事件的布尔输入（“真”/“假”）进行组合，最多组合三个输入。

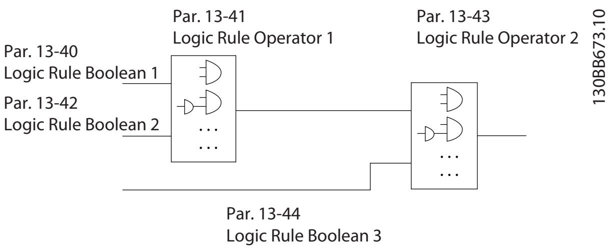
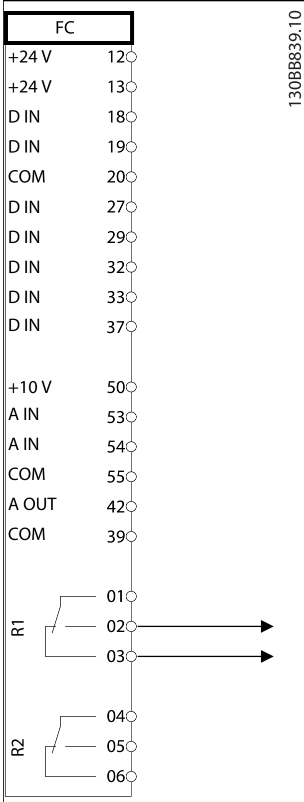



**图 14.11 逻辑规则**

## 应用示例




| 参数 | |
|---|---|
| 功能 | 设置 |
| | |
| *参数 4-30 电动机反馈损耗功能* | *[1] 警告* |
| *参数 4-31 电动机反馈速度错误* | 100 RPM |
| *参数 4-32 电动机反馈损耗超时* | 5 s |
| *参数 7-00 速度 PID 反馈源* | *[2] MCB 102* |
| *参数 17-11 分辨率 (PPR)* | 1024* |
| *参数 13-00 条件控制器模式* | *[1] 开* |
| *参数 13-01 启动事件* | *[19] 警告* |
| *参数 13-02 停止事件* | *[44] 复位键* |
| *参数 13-10 比较器操作数* | *[21] 警告编号* |
| *参数 13-11 比较器运算符* | [1] ≈* |
| *参数 13-12 比较值* | 90 |
| *参数 13-51 条件控制器事件* | *[22] 比较器 0* |
| *参数 13-52 条件控制器动作* | *[32] 数字输出 A 置为低* |
| *参数 5-40 继电器功能* | *[80] SL 数字输出 A* |
| *=默认值 | |

**说明/备注：**
如果超过反馈监视器中的极限，则将发出*警告 90 反馈监视*。SLC 监视器*警告 90 反馈监视*。如果*警告 90 反馈监视*变为“真”，则继电器 1 将跳闸。
外部设备随后可以指示是否需要维护。如果反馈错误在 5 秒钟内再次低于相关极限，则变频器会继续工作，而警告也将消失。按 LCP 上的 [Reset]（复位）可复位继电器 1。

**表 14.3 使用 SLC 设置继电器**

14

# 15 处理参考值

**本地参考值**

当变频器在 [Hand On]（手动）按钮处于活动状态的情况下工作时，本地参考值将有效。使用 [▲/▼] 和 [◄/►] 键调整参考值。

**远程参考值**

*图 15.1* 中展示了用于计算参考值的系统。

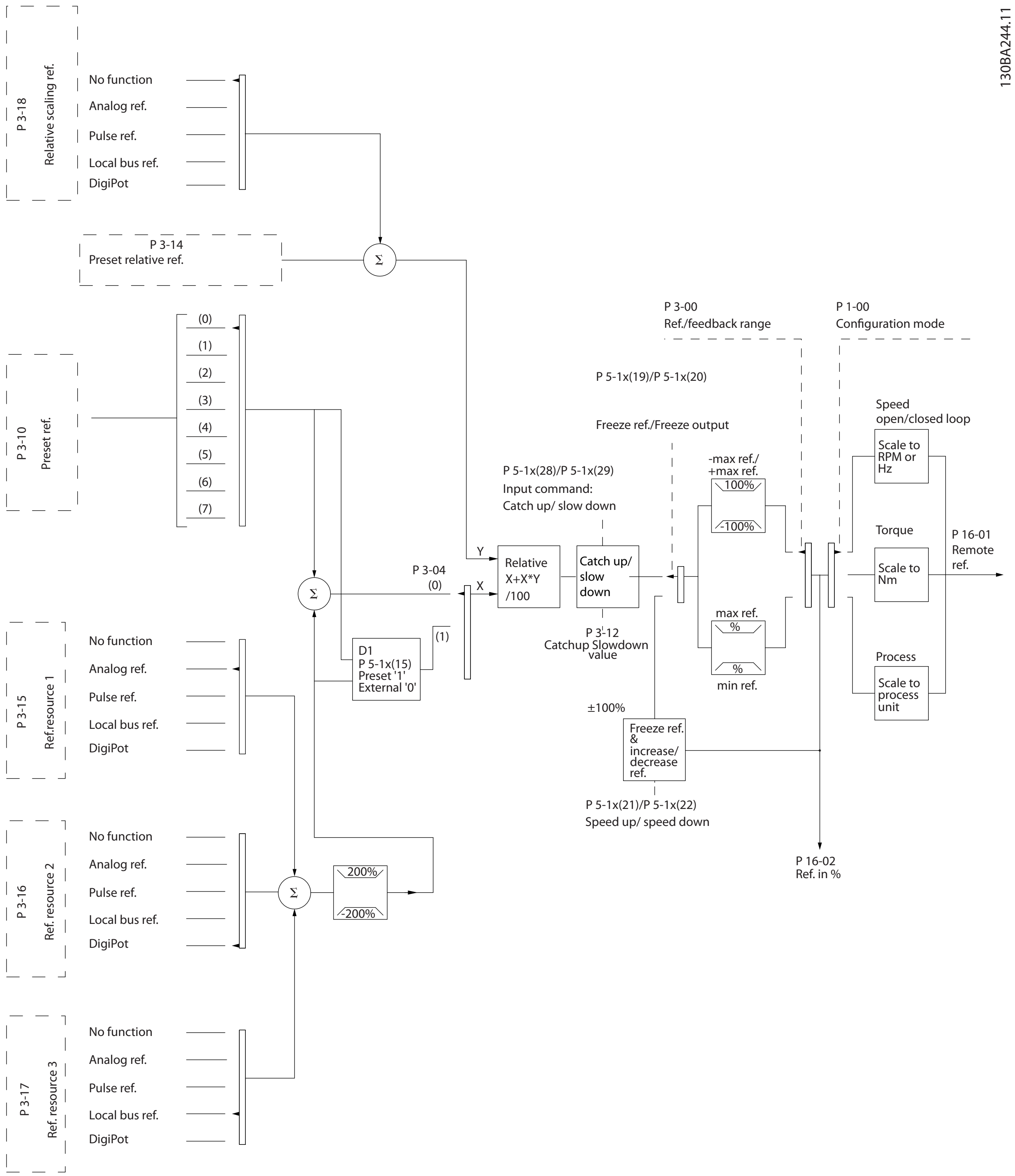



**图 15.1 远程参考值**



15

远程参考值每隔一个扫描间隔计算一次，最初由以下参考值输入组成：

- X（外部）： 外部选定参考值（最多四个）的总和（请参阅 *参数 3-04 参考功能*），包括固定预置参考值（*参数 3-10 预置参考值*）、可变模拟参考值、可变数字脉冲参考值、各种串行总线参考值的任意组合，其单位由变频器控制（[Hz]、[RPM]、[Nm] ）。组合由*参数 3-15 参考值来源 1* 、*参数 3-16 参考值来源 2* 和*参数 3-17 参考值来源 3* 的设置决定。
- Y（相对）： 一个固定预置参考值（*参数 3-14 预置相对参考值*）和一个可变模拟参考值（*参数 3-18 相对标定参考值源* ）的和，单位为 [%]。

这 2 类参考值输入按以下计算公式组合： 远程参考值 = X + X * Y/100%。如果未使用相对参考值，则必须将 *参数 3-18 相对标定参考值源* 设置为 *[0] 无功能*并将 *参数 3-14 预置相对参考值* 设置为 *0%*。变频器可激活*升速/降速* 功能和*锁定参考值* 功能。《*编程指南*》中介绍了相关功能和参数。
模拟参考值的标定在*参数组 6-1* 模拟输入 1* 和 *6-2* 模拟输入 2* 中介绍，数字脉冲参考值的标定在*参数组 5-5* 脉冲输入 2* 中介绍。
参考值的极限和范围在*参数组 3-0* 参考值极限* 中设置。

## 15.1 参考值极限

*参数 3-00 参考值范围*，*参数 3-02 最小参考值*和 *参数 3-03 最大参考值* 一起可定义所有参考值汇总的允许范围。必要时，可将所有参考值的汇总进行锁定。所得出的参考值（锁定之后）与所有参考值汇总之间的关系如*图 15.2*和*图 15.3*所示。

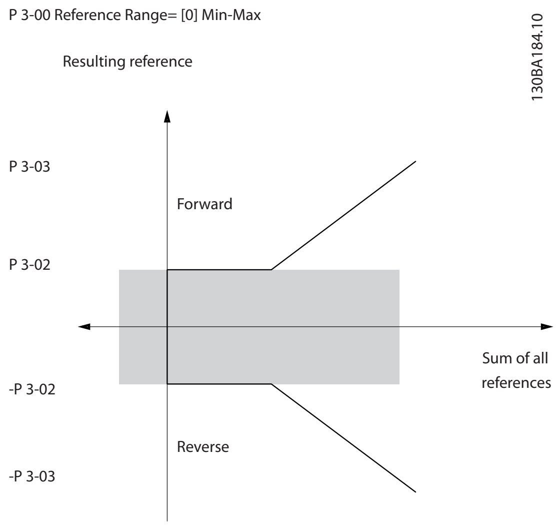



**图 15.2 结果参考值与所有参考值总和之间的关系**

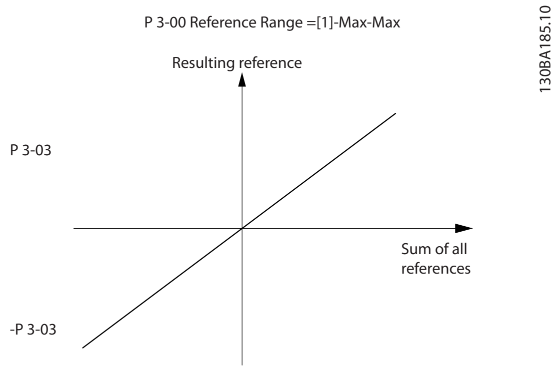



**图 15.3 结果参考值**

除非 *参数 1-00 配置模式* 设置为 *[3] 过程*，否则 *参数 3-02 最小参考值* 的设置值不能小于 0。在该情况下，所得出的参考值（锁定之后）和所有参考值汇总之间的关系如*图 15.4*所示。

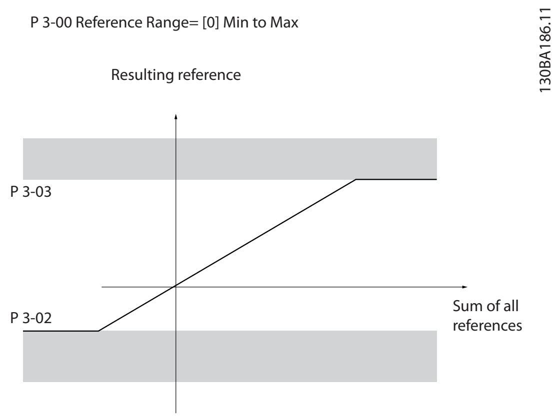



**图 15.4 所有参考值的总和**

## 15.2 预设参考值的标定

预设参考值可通过各种单位表示，可以是 RPM、m/s、bar 等。预置参照值根据下列规则标定：

- 当 *参数 3-00 参考值范围= [0] 最小值到最大值* 时，*参数 3-02 最小参考值* 为最小参考值 (0%)，*参数 3-03 最大参考值* 为最大参考值 (100%)。50% 的参考值都位于这两个值中间。
- 当 *参数 3-00 参考值范围= [1] -最大值到+最大值* 时，*参数 3-02 最小参考值* 将被忽略，*参数 3-03 最大参考值* 为最大参考值 (100%)，该值用于 +最大值 (+100%) 和 -最大值 (-100%)。50% 的参考值都位于这两个值中间。

## 15.3 模拟和脉冲参照值和反馈值标定

参考值和反馈在模拟输入和脉冲输入中的标定方式相同。唯一的区别是，在指定最小和最大“端点值”（*图 15.5* 中 P1 和 P2）之上或之下的参考值将锁定在一起，而反馈则不然。

15

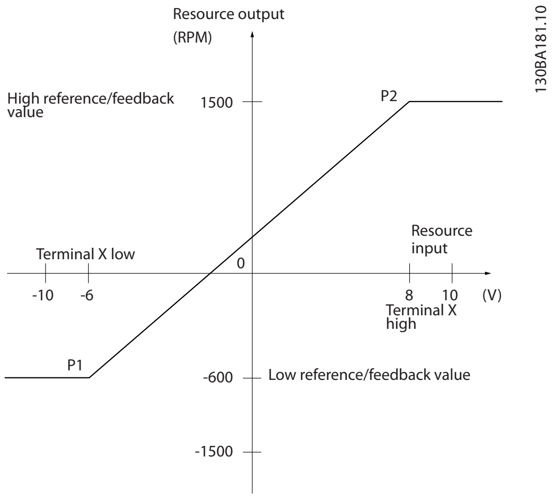



图 15.5 模拟和脉冲参考值的标定

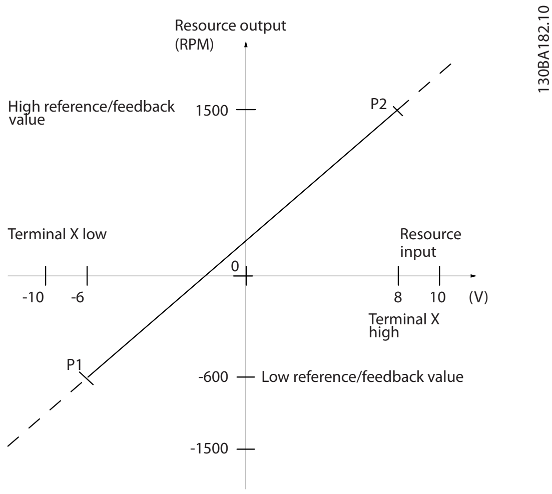



图 15.6 模拟和脉冲反馈值的标定

以下参数定义端点 P1 和 P2，具体取决于所使用的模拟或脉冲输入。

| | 模拟 53 S201=OFF | 模拟 53 S201=ON | 模拟 54 S202=OFF | 模拟 54 S202=ON | 脉冲输入 29 | 脉冲输入 33 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **P1 = （最小输入值，最小参考值）** | | | | | | |
| 最小参考值 | *参数 6-14 53 端参考/反馈低* | *参数 6-14 53 端参考/反馈低* | *参数 6-24 54 端参考/反馈低* | *参数 6-24 54 端参考/反馈低* | *参数 5-52 29 端参考/反馈低* | *参数 5-57 33端参考/反馈低* |
| 最小输入值 | *参数 6-10 端子 53 低电压 [V]* | *参数 6-12 端子 53 低电流 [mA]* | *参数 6-20 端子 54 低电压 [V]* | *参数 6-22 端子 54 低电流 [mA]* | *参数 5-50 端子 29 低频 [Hz]* | *参数 5-55 端子 33 低频 [Hz]* |
| **P2 = （最大输入值，最大参考值）** | | | | | | |
| 最大参考值 | *参数 6-15 53 端参考/反馈高* | *参数 6-15 53 端参考/反馈高* | *参数 6-25 54 端参考/反馈高* | *参数 6-25 54 端参考/反馈高* | *参数 5-53 29 端参考/反馈高* | *参数 5-58 33端参考/反馈高* |
| 最大输入值 | *参数 6-11 端子 53 高电压 [V]* | *参数 6-13 端子 53 高电流 [mA]* | *参数 6-21 端子 54 高电压 [V]* | *参数 6-23 端子 54 高电流 [mA]* | *参数 5-51 端子 29 高频 [Hz]* | *参数 5-56 端子 33 高频 [Hz]* |

表 15.1 P1 和 P2 参数

## 15.4 零周围的死区



有时参考值需要在零左右具有一个死区，少数情况下反馈值也是如此。死区用于确保在参考值接近 0 时机器停止。

**要激活死区并设置死区大小，应用下列设置：**

- 不是最小参考值（请参阅*表 15.1* 了解相关参数）就是最大参考值必须为零。换言之， P1 或 P2 必须在*图 15.7* 的 X 轴上。
- 定义标定图的两个点位于同一象限内。

死区的大小由 P1 或 P2 定义。请参阅 *图 15.7*。

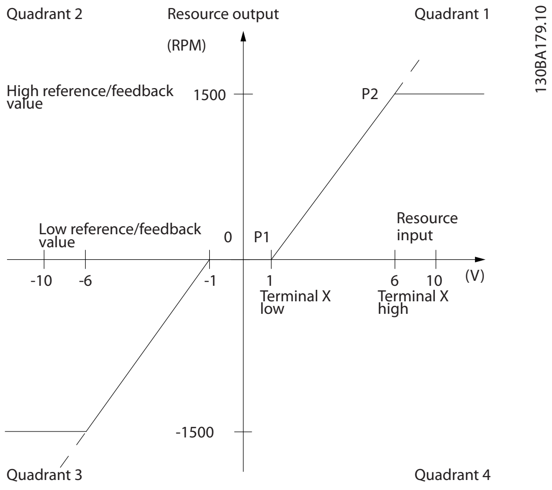



图 15.7 死区

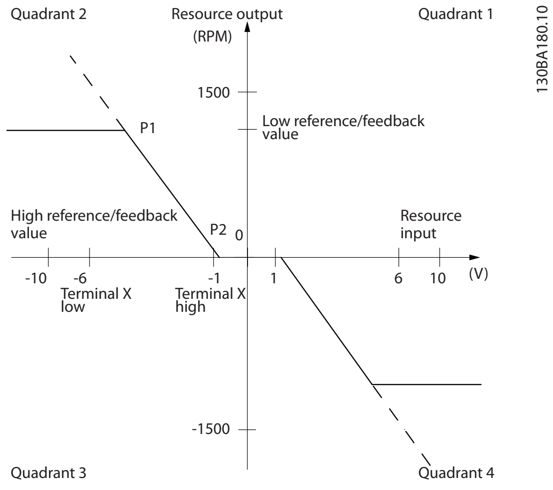



图 15.8 反向死区

因此，参考值端点 P1 = (0 V, 0 RPM) 不会形成任何死区，但参考值端点 P1 = (1V, 0 RPM) 则可以形成一个 -1 V 到 +1 V 的死区，只要端点 P2 位于象限 1 或象限 4 中。

**用例 1**。这个用例显示了极限在下限到上限范围之内的参考值输入是如何锁定的。

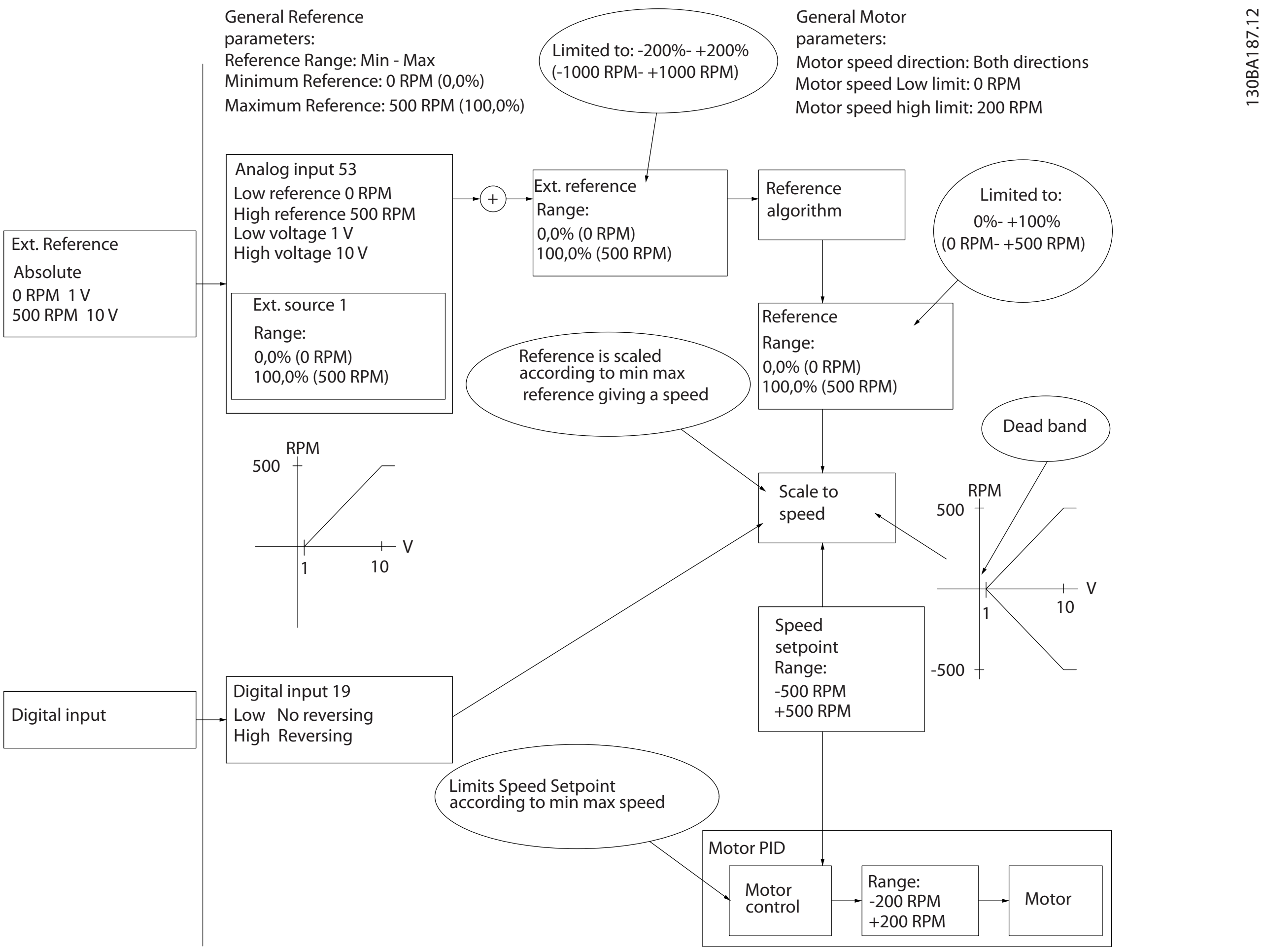



图 15.9 正参考值带死区，数字输入激活反向

**用例 2。**这个用例显示了极限在负最大至正最大范围之外的参考值输入如何在与外部参考值叠加之前锁定到输入上限和下限之间，以及如何使用参考值算法将外部参考值锁定到负最大至正最大范围内。

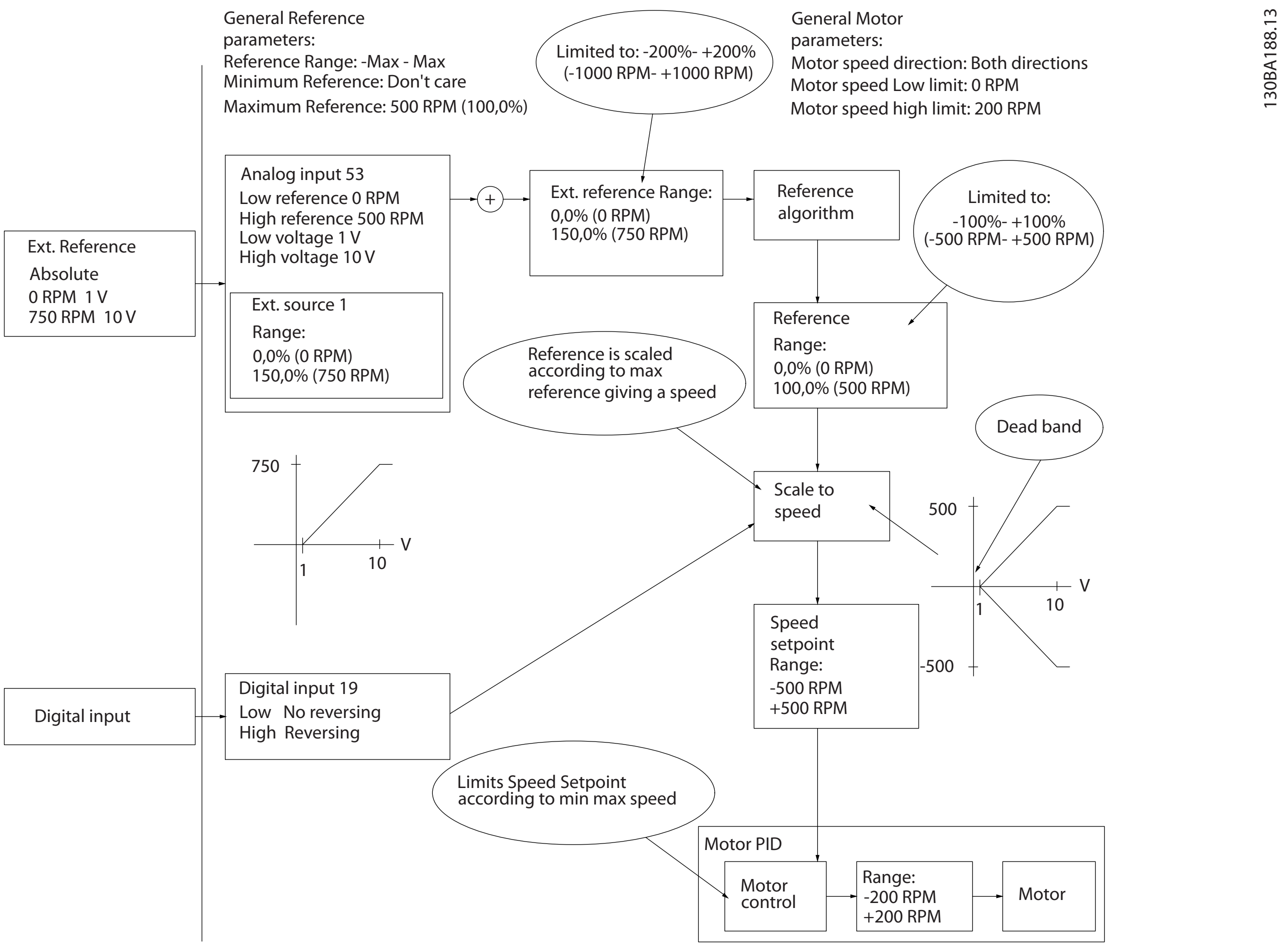



**图 15.10 正参考值带死区，数字输入激活反向。锁定规则**

用例 3。

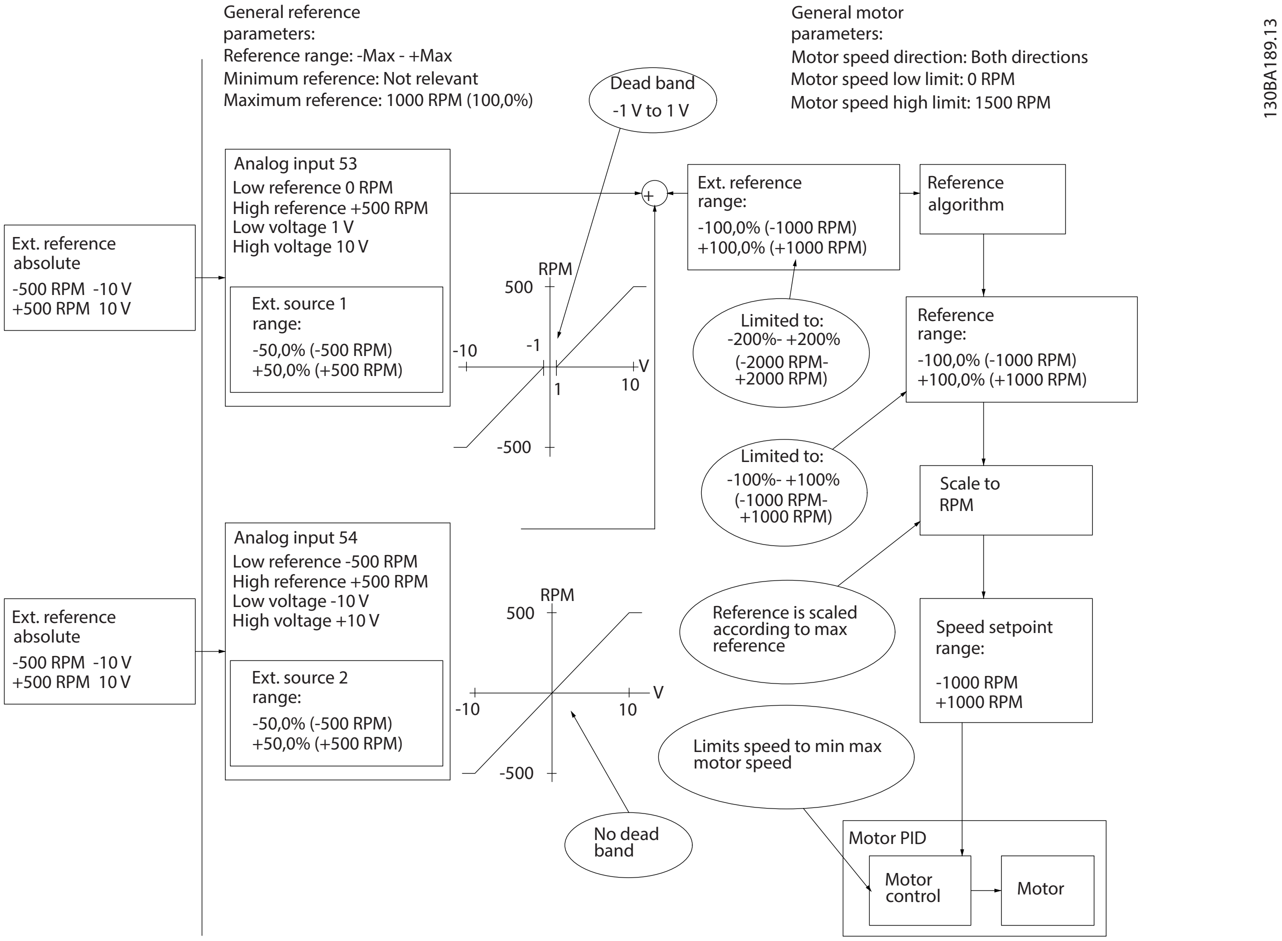



图 15.11 负到正的参考值，带死区，符号决定方向，“-最大 - +最大”

15

# 16 PID 控制

## 16.1 速度 PID 控制

| *参数 1-00 配置模式* | *参数 1-01 电动控制原理* | | | |
|---|---|---|---|---|
| | U/f | VVC+ | 无传感器矢量 | 带编码器反馈的磁通矢量 |
| *[0] 开环速度* | 未激活 | 未激活 | 有效 | - |
| *[1] 闭环速度* | - | 有效 | - | 有效 |
| *[2] 转矩* | - | - | - | 未激活 |
| *[3] 过程* | - | 未激活 | 有效 | 有效 |

**表 16.1 激活速度控制时的控制配置**

*“未激活”说明该特定模式可用，但该模式下，速度控制无效。*

**注意**

**速度控制 PID 将在默认参数设置下工作，但强烈建议调整参数以优化电机控制性能。必须正确调整这两个磁通矢量电机控制原理，才能使其得到充分利用。**

### 16.1.1 速度 PID 控制参数

| 参数 | 功能说明 | |
|---|---|---|
| *参数 7-00 速度 PID 反馈源* | 选择速度 PID 从哪个输入获得反馈。 | |
| *参数 30-83 速度 PID 比例增益* | 该值越高，控制越快。但值太高可能会导致振荡。 | |
| *参数 7-03 速度 PID 积分时间* | 排除稳态速度错误。值越低，反应速度越快。但值太低可能会导致振荡。 | |
| *参数 7-04 速度 PID 微分时间* | 提供与反馈变化率成比例的增益。设置为零将禁用微分器。 | |
| *参数 7-05 速度 PID 微分极限* | 如果给定应用中的参考值或反馈发生快速变化（这表示偏差变化迅速），则微分器将很快起主要作用。偏差变化越快，微分器增益就越强。这样可以限制微分器增益，以便设置适于慢速变化的合理微分时间和适于快速变化的适当快速增益。 | |
| *参数 7-06 速度 PID 低通滤波* | 低通滤波器可消除反馈信号的振荡，从而提高稳态性能。但是滤波时间过长会影响速度 PID 控制的动态性能。<br>*参数 7-06 速度 PID 低通滤波*的实际设置应采用来源编码器上的每转脉冲数 (PPR)： | |
| | **编码器 PPR** | ***参数 7-06 速度 PID 低通滤波*** |
| | 512 | 10 ms |
| | 1024 | 5 ms |
| | 2048 | 2 ms |
| | 4096 | 1 ms |

**表 16.2 速度 PID 控制的相关参数**

### 16.1.2 如何设置速度控制的示例

16

在这种情况下，速度 PID 控制用于维护恒定的电机速度，无论电机负载如何变化。所需电机速度通过与端子 53 相连的电位计设置。速度范围是 0-1500 RPM（对应电位计上的 0-10V）。连接到端子 18 的开关用于控制启动和停止。速度 PID 通过使用 24 V (HTL) 增量编码器作为反馈来监视电机的实际 RPM。反馈传感器是连接到端子 32 和端子 33 的编码器（1024 脉冲每转）。

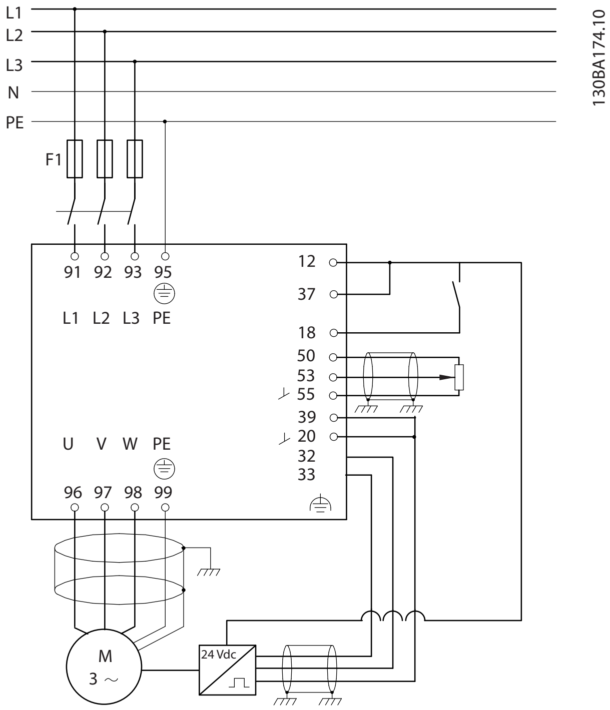



图 16.1 速度控制连接

## 16.1.3 速度 PID 控制的编程顺序

下列功能必须按照显示的顺序编程（请参阅*编程指南*中的设置说明）。在*表 16.3*中，假设其他所有参数和开关都保持默认设置。

| 功能 | 参数编号 | 设置 |
|---|---|---|
| **1） 为确保电机正常运行，执行以下操作：** | | |
| 根据铭牌数据设置电机参数。 | *参数组 1-2* 电动机数据* | 在电机铭牌上标识 |
| 执行电机自动整定 (AMA)。 | *参数 1-29 自动电动机调整 (AMA)* | *[1] 启用完整* AMA |
| **2） 检查电机是否正在运行，编码器连接是否正常。请执行下列操作：** | | |
| 按 [Hand On]（手动启动）。检查电机是否正在运行，并记下转动方向（正向）。 | | 设置一个正参考值。 |
| 转至 *参数 16-20 电动机角度*。按照正向慢慢转动电机。必须慢慢转动（非常低的 RPM 即可），以便于确定 *参数 16-20 电动机角度* 中的值是在增大还是减小。 | *参数 16-20 电动机角度* | N/A 只读参数。<br>注意： 如果值不断增大，到 65535 时会溢出，并重新从 0 开始。 |
| 如果 *参数 16-20 电动机角度* 在减少，则应更改*参数 5-71 29/33 码盘方向* 中的编码器方向。 | *参数 5-71 29/33 码盘方向* | *[1] 逆时针*（如果 *参数 16-20 电动机角度* 在减少） |
| **3） 确保变频器极限值设置为安全值。** | | |
| 为参考值设置可以接受的极限值。 | *参数 3-02 最小参考值* | 0 RPM（默认） |
| | *参数 3-03 最大参考值* | 1500 RPM（默认） |
| 检查加减速设置是否在变频器能力和允许的应用操作规定之内。 | *参数 3-41 斜坡 1 加速时间* | 默认设置 |
| | *参数 3-42 斜坡 1 减速时间* | |
| 为电机速度和频率设置可以接受的极限值。 | *参数 4-11 电机速度下限* | 0 RPM（默认） |
| | *参数 4-13 电机速度上限* | 1500 RPM（默认） |
| | *参数 4-19 最大输出频率* | 60 Hz（默认 132 Hz） |
| **4） 配置速度控制，并选择电动控制原理。** | | |

16

| 功能 | 参数编号 | 设置 |
|---|---|---|
| 激活速度控制。 | *参数 1-00 配置模式* | *[1] 闭环速度* |
| 选择电动控制原理。 | *参数 1-01 电动控制原理* | *[3] 磁通矢量带反馈* |
| **5) 配置并标定速度控制的参考值。** | | |
| 将模拟输入 53 设置为参考值源。 | *参数 3-15 参考值来源 1* | 非必需设置（默认） |
| 在 0 RPM (0 V) 与 1500 RPM (10 V) 之间标定模拟输入 53。 | *参数组 6-1* 模拟输入 1* | 非必需设置（默认） |
| **6) 将 24 V HTL 编码器信号配置为电机控制和速度控制。** | | |
| 将数字输入 32 和 33 设置为编码器输入。 | *参数 5-14 端子 32 数字输入* | *[0] 无功能*（默认值） |
| | *参数 5-15 端子 33 数字输入* | |
| 选择端子 32/33 作为电动机反馈。 | *参数 1-02 磁通矢量电动机反馈源* | 非必需设置（默认） |
| 选择端子 32/33 作为速度 PID 反馈。 | *参数 7-00 速度 PID 反馈源* | 非必需设置（默认） |
| **7) 调整速度控制 PID 参数。** | | |
| 在适当时候使用调整规则或手动调整。 | *参数组 7-3* 速度 PID 控制* | 请参阅 *章 16.1.4 调整速度 PID 控制* |
| **8) 完成。** | | |
| 将参数设置保存到 LCP 中。 | *参数 0-50 LCP 复制* | *[1] 所有参数到 LCP* |

**表 16.3 编程顺序**

## 16.1.4 调整速度 PID 控制

在负载主要为惯性负载（有少量摩擦）的应用中使用某个磁通矢量电动控制原理时，将使用下面的调整规则。

*参数 30-83 速度 PID 比例增益* 的值依赖于电机和负载的组合惯性。所选带宽可通过下述公式计算：

$$\text{参数}.7-02=\frac{\text{总惯量}\left[kgm^2\right]x\ \text{参数}.1-25}{\text{参数}.1-20\ x\ 9550}x\ \text{带宽}\left[rad/s\right]$$

**注意**

***参数 1-20 电动机功率 [kW]* 是电机功率 (Kw)。例如，在公式中输入“4” kW 而不是“4000” W。**

带宽的实际值是 20 rad/s。根据下面的公式检查 *参数 30-83 速度 PID 比例增益* 的计算结果。如果使用 SinCos 反馈等高分辨率反馈，则无需使用此功能。

$$\text{参数}.7-02_{MAX}=\frac{0.01\ x\ 4\ x\ \text{编码器 分辨率}\ x\ \text{参数}.7-06}{2\ x\ \pi}$$
$$x\ \text{最大 转矩 波动}\left[\%\right]$$

*参数 7-06 速度 PID 低通滤波*的起始值最好为 5 ms（编码器分辨率越低，需要的滤波值越高）。通常来说，3% 的最大转矩波动是可以接受的。对于增量编码器，可在 *参数 5-70 端子 32/33 每转脉冲*（标准变频器上为 24V HTL）或 *参数 17-11 分辨率 (PPR)*（VLT® 编码器输入 MCB 102 选件上为 5 V TTL）中找到编码器分辨率).

一般来说，*参数 30-83 速度 PID 比例增益* 的实际最大限值由编码器分辨率和反馈滤波时间确定，但应用中的其他因素可能会将 *参数 30-83 速度 PID 比例增益* 限制为一个更低的值。

要最大限度地降低过冲，可将 *参数 7-03 速度 PID 积分时间* 设置为大约 2.5 秒。时间随应用不同而异。

将 *参数 7-04 速度 PID 微分时间* 设置为 0 ，直到其他参数均调整好为止。如有必要，可通过稍微增加此设置来结束调整。

## 16.2 过程 PID 控制

过程 PID 控制可用于控制那些可以用不同传感器测量的应用参数（压力、温度和流量），以及那些通过泵或风扇会受到所连接电机影响的参数。

*表 16.4* 显示了可以进行过程控制的控制配置。使用磁通矢量电机控制原理时，调整速度控制 PID 参数。请参考 *章 14.3.1 VVC+ 高级矢量控制下的控制结构* 以查看“速度控制”的适用情况。

16

| 参数 1-00 配置模式 | 参数 1-01 电动控制原理 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | U/f | VVC+ | 无传感器矢量 | 磁通矢量带编码器反馈 |
| *[3] 过程* | - | 过程 | 过程和速度 | 过程和速度 |

**表 16.4 过程控制配置**

**注意**

**过程控制 PID 将在默认参数设置下工作，但强烈建议调整参数以优化应用控制性能。两个磁通矢量电机控制原理依赖正确的速度控制 PID 调整，这样才能有效运用它们的全部功能。速度控制 PID 调整在调整过程控制 PID 之前进行。**

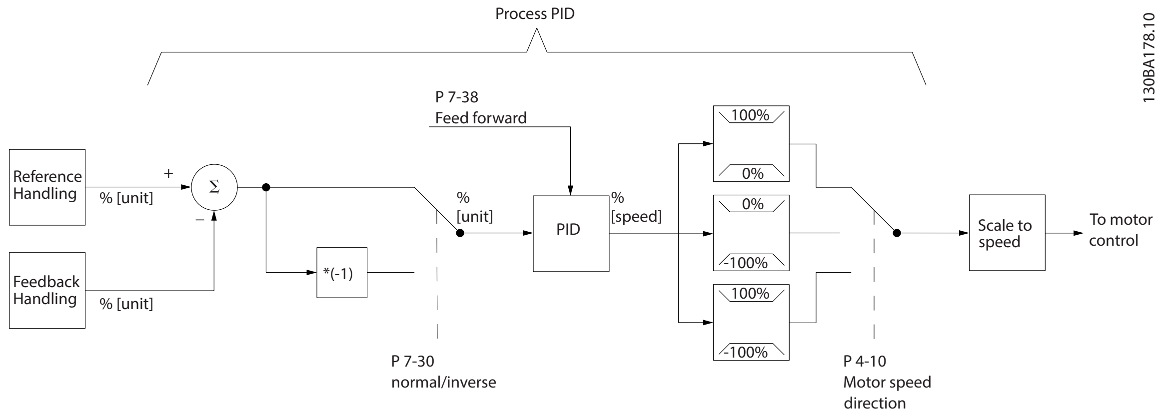



**图 16.2 过程 PID 控制图**

## 16.2.1 过程 PID 控制参数

下面的参数与过程控制相关

| **参数** | **功能说明** |
|---|---|
| *参数 7-20 过程 CL 反馈 1 的源* | 选择过程 PID 从哪个输入获得反馈。 |
| *参数 7-22 过程 CL 反馈 2 的源* | 可选： 确定过程 PID 是否以及从哪里获得其他反馈信号。如果选择了其他反馈源，则将叠加这两个反馈信号，然后再在过程 PID 控制中使用。 |
| *参数 7-30 过程 PID 正常/反向控制* | 在 *[0] 正常运行* 下，如果反馈低于参考值，过程控制将增加电机速度。在同样的情况下，但在 *[1] 反向运行* 时，过程控制将降低电机速度。 |
| *参数 7-31 过程 PID 防积分饱和* | 防积分饱和功能可保证当达到频率极限或转矩极限时，积分器将设置为对应于实际频率的增益。此功能可避免在出现无法通过速度更改来补偿的故障时进行积分。通过选择 *[0] 关* 可以禁用此功能。 |
| *参数 7-32 过程 PID 控制启动速度值* | 在某些应用中，要达到所需速度/设置点可能需要非常长时间。在此类情况下，最好在激活过程控制之前先通过变频器设置一个固定的电机速度。通过在 *参数 7-32 过程 PID 控制启动速度值* 中设置过程 PID 启动值（速度）来设置固定电机速度。 |
| *参数 7-33 过程 PID 比例增益* | 该值越高，控制越快。但值太高可能会导致振荡。 |
| *参数 7-34 过程 PID 积分时间* | 排除稳态速度错误。值越低，反应速度越快。但值太低可能会导致振荡。 |
| *参数 7-35 过程 PID 微分时间* | 提供与反馈变化率成比例的增益。设置为零将禁用微分器。 |
| *参数 7-36 过程 PID 微分增益极限* | 如果给定应用中的参考值或反馈值快速变化，则可限制微分器增益，以便设置适于慢速故障变化的合理微分时间。 |
| *参数 7-38 过程 PID 前馈因数* | 在过程参考值和获得该参考值所需的电机速度之间有良好相关性并接近于线性的应用中，可以使用前馈因数来获得更好的过程 PID 控制动态性能。 |

16

| 参数 | 功能说明 |
|---|---|
| *参数 5-54 端子 29 滤波时间*（脉冲端子 29）、*参数 5-59 端子 33 滤波时间*（脉冲端子 33）、*参数 6-16 53 端滤波器时间*（模拟端子 53）、*参数 6-26 54 端滤波器时间*（模拟端子 54） | 如果电流/电压反馈信号出现振荡，则可以使用低通滤波器来使其衰减。该时间常量代表反馈信号中所发生脉动的速度极限。<br>示例： 如果低通滤波器设置为 0.1 秒，则极限速度将为 10 RAD/秒（0.1 秒 的倒数），相当于 (10/(2 x π))= 1.6 Hz。该例展示出滤波器将减弱那些变化频率超过每秒 1.6 次振荡的所有电流/电压。只有对频率（速度）变化小于 1.6 Hz 的反馈信号才执行该控制。<br>低通滤波器可以提高稳态性能，但选择过大的滤波时间将会影响过程 PID 控制的动态性能。 |

**表 16.5 过程控制参数**

## 16.2.2 过程 PID 控制示例

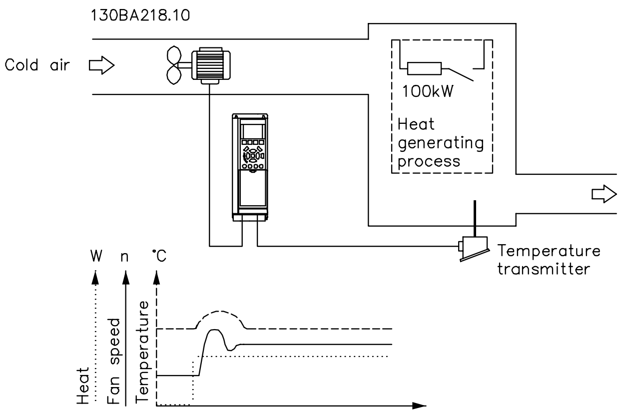



**图 16.3 通风系统中使用的过程 PID 控制示例**

此例中使用通风系统，必须使用 0-10 V 的电位计将温度设置在 - 5 °C(23 °F) 到 35 °C (95 °F)之间。过程控制用于保持设置的温度恒定。

当温度升高时，过程 PID 控制将提高通风速度，以便产生更多的气流。当温度降低时，速度随之减小。所使用的传感器是温度传感器，其工作范围为 -10 °C (14 °F) 至 40 °C (104 °F)，4 - 20 mA。最低/最高速度 300/1500 RPM。

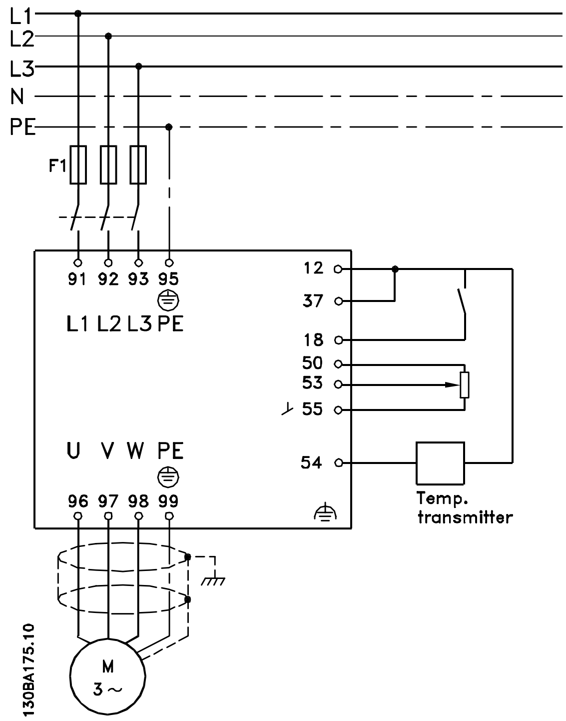



**图 16.4 两线传感器**

以下步骤演示了如何在 *图 16.4* 中设置过程 PID 控制。

1. 通过与端子 18 相连的开关来控制启动/停止。
2. 通过与端子 53 相连的电位计（-5 至 35 °C（23 至 95 °F），0 - 10 V DC）来测量温度参考值。
3. 通过与端子 54 相连的传感器（-10 至 40 °C（14 至 104 °F），4 - 20 mA）来获得温度反馈。开关 S202 设置为“打开”（电流输入）。

## 16.2.3 过程 PID 控制的编程顺序

| 功能 | 参数 | 设置 |
|---|---|---|
| 将变频器初始化。 | *参数 14-22 工作模式* | *[2] 初始化*<br>1. 执行电源循环。<br>2. 按 [Reset]（复位）键。 |
| **1) 设置电机参数：** | | |

| 功能 | 参数 | 设置 |
|---|---|---|
| 根据铭牌数据设置电机参数。 | *参数组 1-2* 电动机数据* | 按照电机铭牌上的指示。 |
| 执行电机自动整定 (AMA)。 | *参数 1-29 自动电动机调整 (AMA)* | [1] 启用完整 AMA |
| **2) 检查电机运行方向是否正确：**<br>如果简单地按照 U 对 U、 V 对 V、 W 对 W 的顺序将电机连接至变频器，电机轴通常会顺时针转动（从轴端方向看）。 | | |
| 按 LCP 上的“Hand On”（手动启动）键。通过施加一个手动参考值，检查电机轴的转动方向。 | | |
| 如果电机的旋转方向与所要求的相反：<br>1. 在*参数 4-10 电动机速度方向*下述参数中更改电机方向。<br>2. 切断主电源 - 等待直流回路放电 - 交换电机的任意两相。 | *参数 4-10 电动机速度方向* | 选择正确的电机轴转向。 |
| 设置配置模式。 | *参数 1-00 配置模式* | *[3] 过程* |
| 设置本地模式配置。 | *参数 1-05 本地模式配置* | *[0] 开环速度* |
| **3) 设置参考值配置，即，参考值处理范围。在*参数组 6-** 模拟输入/输出*中设置模拟输入标定：** | | |
| 设置参考值/反馈值的单位：<br>设置最小参考值 (10 °C (50 °F))：<br>设置最大参考值 (80 °C (176 °F))：<br>如果设定值由预置值（数组参数）确定，则请将其它参考值来源设为“无功能” | *参数 3-01 参考值/反馈单位*<br>*参数 3-02 最小参考值*<br>*参数 3-03 最大参考值*<br>*参数 3-10 预置参考值* | [60] ° C，此单位将显示在显示器上<br>-5 °C (23 °F)<br>35 °C (95 °F)<br>[0] 35%<br>$参考值 = \frac{Par.3-10_{(0)}}{100} \times ((Par.3-03) - (par.3-02)) = 24,5° C$<br>*参数 3-14 预置相对参考值* 到 *参数 3-18 相对标定参考值源*<br>*[0] = 无功能* |
| **4) 调整变频器的极限：** | | |
| 将加减速时间设成一个合适的值，如 20 秒。 | *参数 3-41 斜坡 1 加速时间*<br>*参数 3-42 斜坡 1 减速时间* | 20 s<br>20 s |
| 设置最小速度极限：<br>设置电机速度的最大极限：<br>设置最大输出频率： | *参数 4-11 电机速度下限*<br>*参数 4-13 电机速度上限*<br>*参数 4-19 最大输出频率* | 300 RPM<br>1500 RPM<br>60 Hz |
| 将 S201 或 S202 设为所需的模拟输入功能，即伏特 (V) 或毫安 (I)：<br>**注意**<br>**将开关从一个设置移至另一个设置前关闭变频器。使用手指轻移开关。** | | |
| **5) 标定用于参考值和反馈的模拟输入：** | | |
| 将端子 53 设为低电压：<br>将端子 53 设为高电压：<br>将端子 54 设为低反馈值：<br>将端子 54 设为高反馈值：<br>设置反馈来源： | *参数 6-10 端子 53 低电压*<br>*参数 6-11 端子 53 高电压*<br>*参数 6-24 54 端参考/反馈低*<br>*参数 6-25 54 端参考/反馈高*<br>*参数 7-20 过程 CL 反馈 1 的源* | 0 V<br>10 V<br>-5 °C (23 °F)<br>35 °C (95 °F)<br>*[2] 模拟输入 54* |
| **6) 基本 PID 设置：** | | |
| 过程 PID 正常/反向。 | *参数 7-30 过程 PID 正常/反向控制* | *[0] 正常* |

16

| 功能 | 参数 | 设置 |
|---|---|---|
| 过程 PID 防积分饱和。 | *参数 7-31 过程 PID 防积分饱和* | *[1] 开* |
| 过程 PID 启动速度。 | *参数 7-32 过程 PID 控制启动速度值* | 300 RPM |
| 将参数保存到 LCP 中。 | *参数 0-50 LCP 复制* | *[1] 所有参数到 LCP* |

**表 16.6 过程 PID 控制设置示例**

### 16.2.4 过程控制器优化

完成基本设置后，优化以下内容：

- 比例增益
- 积分时间
- 微分时间

在大多数过程中，可按照以下步骤完成基本设置：

1. 启动电动机。
2. 将*参数 7-33 过程 PID 比例增益* 设为 0.3，并增大该值直到反馈信号开始失稳为止。然后减小该值，直到反馈信号稳定为止。现在将比例增益降低 40-60%。
3. 将 *参数 7-34 过程 PID 积分时间* 设为 20 秒，并减小该值直到反馈信号开始失稳为止。然后延长积分时间，直到反馈信号稳定为止，最后将该值再增大 15-50%。
4. *参数 7-35 过程 PID 微分时间*（微分时间）仅用在反应速度非常快的系统中。一般取值是所设定积分时间的四倍。只有当比例增益和积分时间完全优化后才能使用微分器。确保低通滤波器可以充分减弱反馈信号的振荡。

***注意***

**如有必要，可多次启用“启动/停止”，以产生不稳定的反馈信号。**

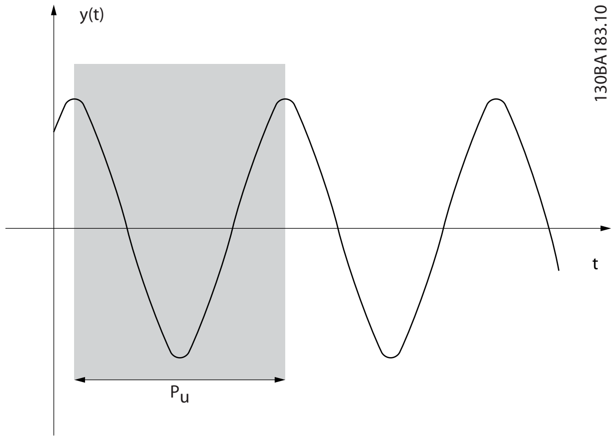



**图 16.5 临界稳定系统**

在振荡振幅较小时测量 $P_u$。然后再从此增益退回，如*表 16.7* 所示。

$K_u$ 是获得振荡时的增益。

| 控制类型 | 比例增益 | 积分时间 | 微分时间 |
|---|---|---|---|
| PI 控制 | 0.45 x $K_u$ | 0.833 x $P_u$ | - |
| PID 严格控制 | 0.6 x $K_u$ | 0.5 x $P_u$ | 0.125 x $P_u$ |
| PID 略微过冲 | 0.33 x $K_u$ | 0.5 x $P_u$ | 0.33 x $P_u$ |

**表 16.7 根据稳定边界对调节器进行 Ziegler Nichols 调整**

初始调整时，使用以下所述的控制设置。过程操作员可随即在需要时对控制进行微调。

**逐步操作说明**

1. 只选择比例控制（积分时间选择最大值，而微分时间选择零）。
2. 增大比例增益的值，直至达到不稳点（持续振荡）和临界增益值 $K_u$。
3. 要获得临界时间常量，请测量振荡期： $P_u$.
4. 利用 *表 16.7* 计算所需的 PID 控制参数。

## 16.3 优化 PID 控制

### 16.3.1 Ziegler Nichols 调整方法

可使用多种调整方法来调整变频器的 PID 控制。一种方案是使用 Ziegler Nichols 调整方法。

***注意***

**对于会受到因临界稳定控制设置而引起的振荡损坏的应用场合，切勿使用该方法。**

应根据对处于稳定性极限的系统的判断而不是逐步响应对参数进行调整。增大比例增益直至观察到持续振荡（通过对反馈的测量），即系统处于临界稳定状态为止。相应的增益（$K_u$）被称作最大增益。振荡周期 （$P_u$） （称作最大周期）按 *图 16.5* 所示的方式确定。

# 17 应用示例

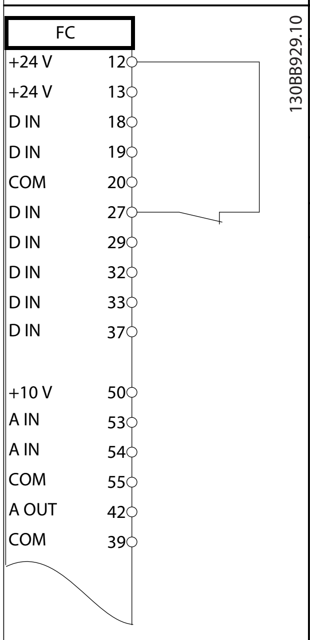
本节列出了各种应用示例，并在需要时为每个示例提供参数设置和特殊说明。

**注意**

**PELV 合规性**

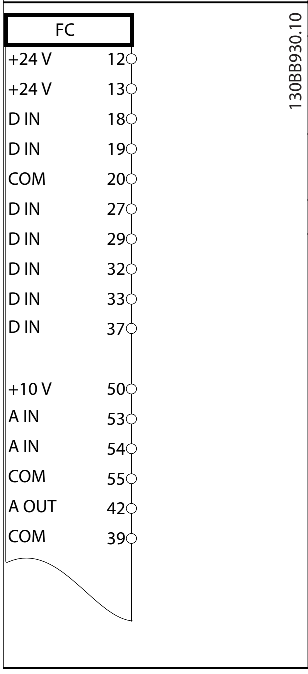
**如果电机绕组和传感器之间发生短路，则当通过热敏电阻或 KTY 传感器监测电机温度时，将无法达到 PELV 要求。使用加强绝缘或双重绝缘确保符合 PELV 要求。**

## 17.1 电机自适应 (AMA)




| 参数 | |
|---|---|
| **功能** | **设置** |
| *参数 1-29 自动电动机调整 (AMA)* | *[1] 启用完整 AMA* |
| *参数 5-12 端子 27 数字输入* | *[2]* 惯性停车反逻辑* |
| *=默认值 | |
| **说明/备注：** 根据电机数据铭牌设置*参数组 1-2* 电机数据*。 | |

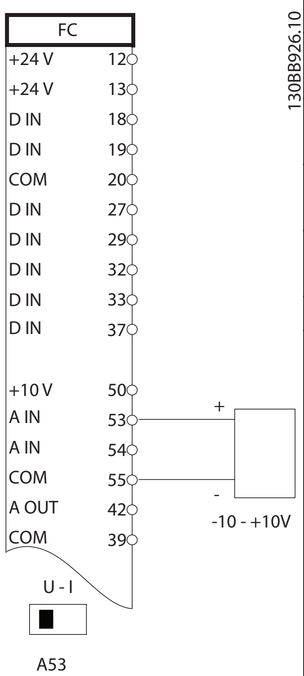
**表 17.1 在连接端子 27 的情况下执行 AMA**




| 参数 | |
|---|---|
| **功能** | **设置** |
| *参数 1-29 自动电动机调整 (AMA)* | *[1] 启用完整 AMA* |
| *参数 5-12 端子 27 数字输入* | *[0] 无功能* |
| *=默认值 | |
| **说明/备注：** 根据电机数据铭牌设置*参数组 1-2* 电机数据*。 | |

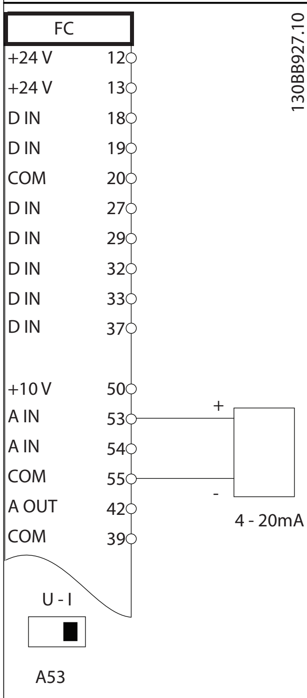
**表 17.2 在端子 27 未连接的情况下执行 AMA**

## 17.2 模拟速度参考值




| 参数 | |
|---|---|
| **功能** | **设置** |
| *参数 6-10 端子 53 低电压* | 0.07 V* |
| *参数 6-11 端子 53 高电压* | 10 V* |
| *参数 6-14 53 端参考/反馈低* | 0 RPM |
| *参数 6-15 53 端参考/反馈高* | 1500 RPM |
| *=默认值 | |
| **说明/备注：** | |

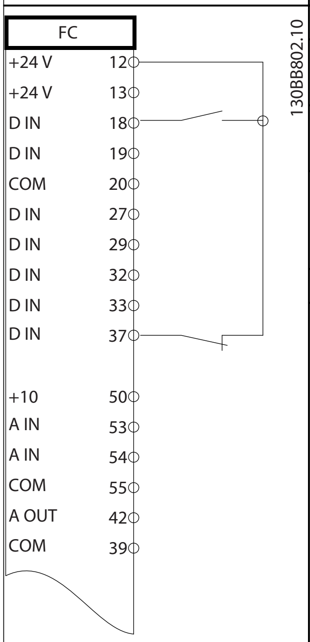
**表 17.3 模拟速度参考值（电压）**




| 参数 | |
|---|---|
| 功能 | 设置 |
| *参数 6-12 端子 53 低电流* | 4 mA* |
| *参数 6-13 端子 53 高电流* | 20 mA* |
| *参数 6-14 53 端参考/反馈低* | 0 RPM |
| *参数 6-15 53 端参考/反馈高* | 1500 RPM |
| *=默认值 | |
| 说明/备注： | |

**表 17.4 模拟量速度参考值（电流）**

## 17.3 启动/停止




| 参数 | |
|---|---|
| 功能 | 设置 |
| *参数 5-10 端子 18 数字输入* | *[8] 启动** |
| *参数 5-12 端子 27 数字输入* | *[0] 无功能* |
| *参数 5-19 端子 37 安全停止* | *[1] Safe Torque Off 报警* |
| *=默认值 | |
| 说明/备注：<br>当*参数 5-12 端子 27 数字输入* 设为 *[0] 无功能* 时，与端子 27 之间无需跳线。 | |

**表 17.5 带 Safe Torque Off 选项的启动/停止命令**

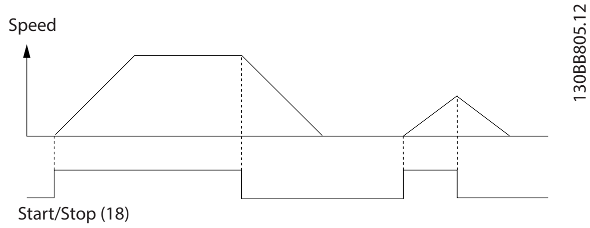
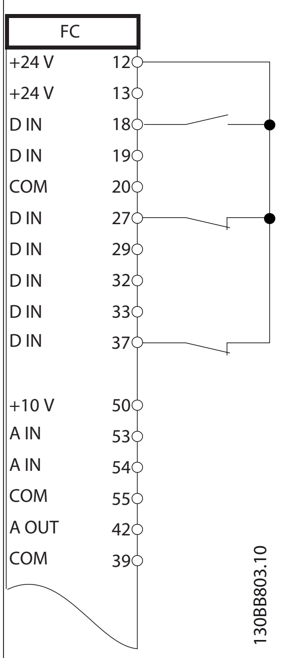



**图 17.1 带 Safe Torque Off 的启动/停止**




| 参数 | |
|---|---|
| 功能 | 设置 |
| *参数 5-10 端子 18 数字输入* | *[9] 自锁启动* |
| *参数 5-12 端子 27 数字输入* | *[6] 停止反逻辑* |
| *=默认值 | |
| 说明/备注：<br>当*参数 5-12 端子 27 数字输入* 设为 *[0] 无功能* 时，与端子 27 之间无需跳线。 | |

**表 17.6 脉冲启动/停止**

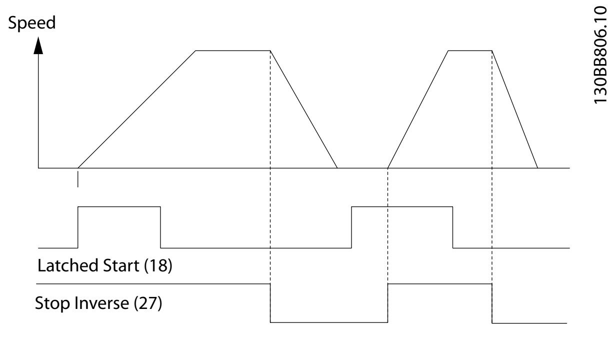
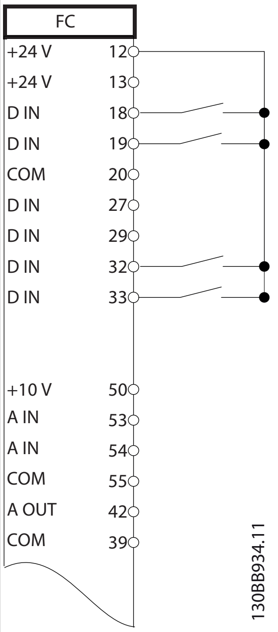



**图 17.2 自锁启动/停止反逻辑**

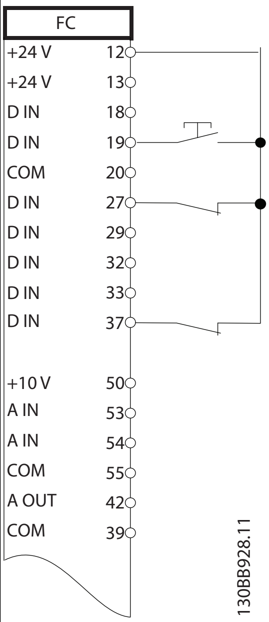
17




| 参数 | |
|---|---|
| 功能 | 设置 |
| *参数 5-10 端子 18 数字输入* | *[8] 启动* |
| *参数 5-11 端子 19 数字输入* | *[10] 反向 ** |
| *参数 5-12 端子 27 数字输入* | *[0] 无功能* |
| *参数 5-14 端子 32 数字输入* | *[16] 预置参考值位 0* |
| *参数 5-15 端子 33 数字输入* | *[17] 预置参考值位 1* |
| *参数 3-10 预置参考值* | |
| 预置参考值 0 | 25% |
| 预置参考值 1 | 50% |
| 预置参考值 2 | 75% |
| 预置参考值 3 | 100% |
| *=默认值 | |
| 说明/备注： | |

**表 17.7 带反向功能和 4 个预设速度的启动/停止**

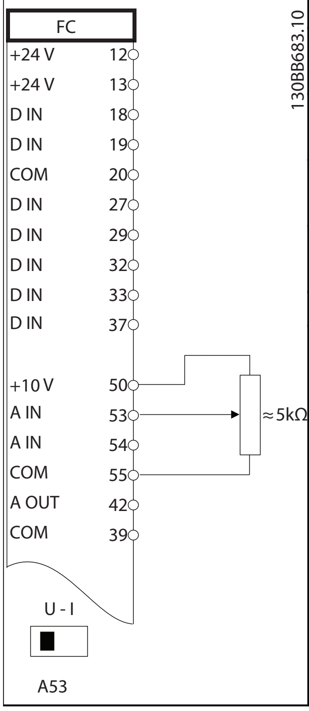
## 17.4 外部报警复位




| 参数 | |
|---|---|
| 功能 | 设置 |
| *参数 5-11 端子 19 数字输入* | *[1] 复位* |
| *=默认值 | |
| 说明/备注： | |

**表 17.8 外部报警复位**

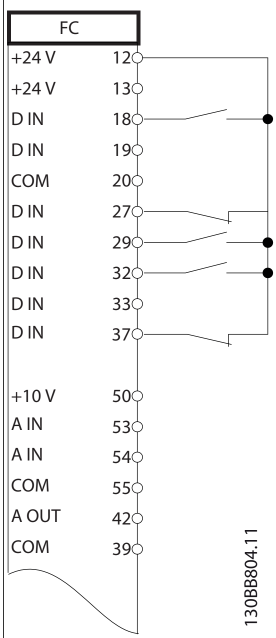
## 17.5 带有手动电位计的速度参考值




| 参数 | |
|---|---|
| 功能 | 设置 |
| *参数 6-10 端子 53 低电压* | 0.07 V* |
| *参数 6-11 端子 53 高电压* | 10 V* |
| *参数 6-14 53 端参考/反馈低* | 0 RPM |
| *参数 6-15 53 端参考/反馈高* | 1500 RPM |
| *=默认值 | |
| 说明/备注： | |

**表 17.9 速度参考值（使用手动电位计）**

## 17.6 加速/减速




| 参数 | |
|---|---|
| 功能 | 设置 |
| *参数 5-10 端子 18 数字输入* | *[8] 启动** |
| *参数 5-12 端子 27 数字输入* | *[19] 锁定参考值* |
| *参数 5-13 端子 29 数字输入* | *[21] 加速* |
| *参数 5-14 端子 32 数字输入* | *[22] 减速* |
| *=默认值 | |
| 说明/备注： | |

**表 17.10 加速/减速**

17

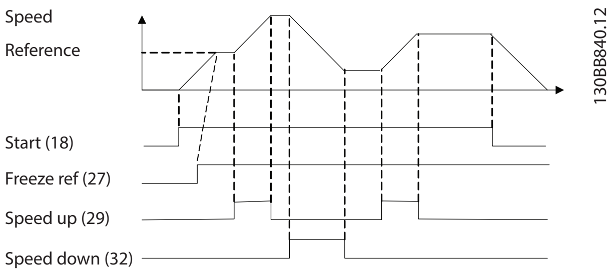
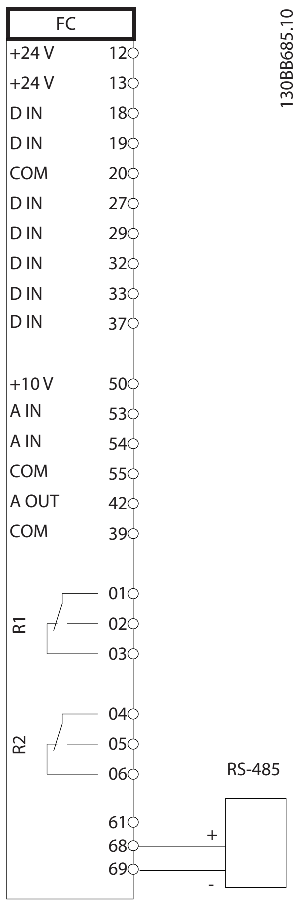



图 17.3 加速/减速

## 17.7 RS485 网络连接



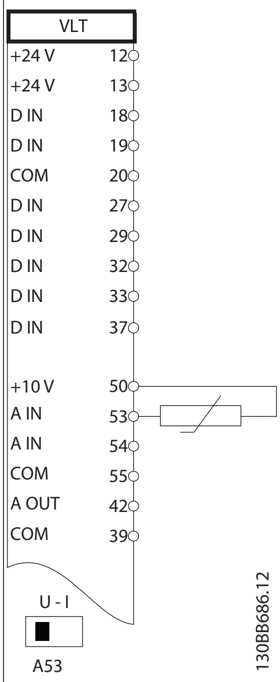

| 参数 | |
|---|---|
| 功能 | 设置 |
| *参数 8-30 协议* | FC* |
| *参数 8-31 地址* | 1* |
| *参数 8-32 波特率* | 9600* |
| *=默认值 | |
| **说明/备注：**<br>在参数中选择协议、地址和波特率。 | |

表 17.11 RS485 网络连接

## 17.8 电机热敏电阻

***注意***

**为了符合 PELV 绝缘要求，热敏电阻必须使用加强绝缘或双重绝缘。**



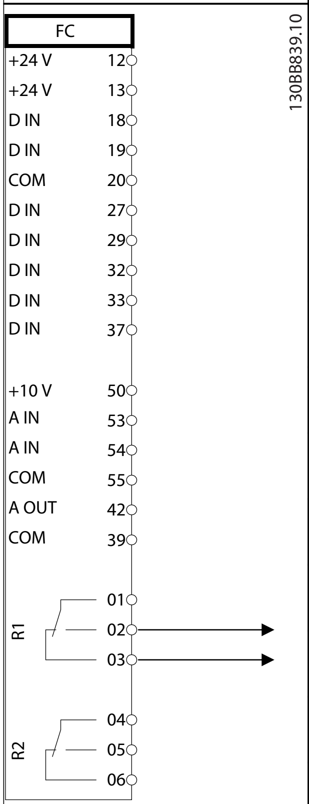

| 参数 | |
|---|---|
| 功能 | 设置 |
| *参数 1-90 电动机热保护* | *[2] 热敏电阻跳闸* |
| *参数 1-93 热敏电阻源* | *[1] 模拟输入 53* |
| *=默认值 | |
| **说明/备注：**<br>如果仅需要发出警告，则将 *参数 1-90 电动机热保护* 设为 *[1] 热敏电阻警告*。 | |

表 17.12 电机热敏电阻



17

## 17.9 带有智能逻辑控制的继电器设置




| 参数 | |
|---|---|
| 功能 | 设置 |
| *参数 4-30 电动机反馈损耗功能* | *[1] 警告* |
| *参数 4-31 电动机反馈速度错误* | 100 RPM |
| *参数 4-32 电动机反馈损耗超时* | 5 s |
| *参数 7-00 速度 PID 反馈源* | *[2] MCB 102* |
| *参数 17-11 分辨率 (PPR)* | 1024* |
| *参数 13-00 条件控制器模式* | *[1] 开* |
| *参数 13-01 启动事件* | *[19] 警告* |
| *参数 13-02 停止事件* | *[44] 复位键* |
| *参数 13-10 比较器操作数* | *[21] 警告编号* |
| *参数 13-11 比较器运算符* | *[1] ≈（约等于）** |
| *参数 13-12 比较值* | 90 |
| *参数 13-51 条件控制器事件* | *[22] 比较器 0* |
| *参数 13-52 条件控制器动作* | *[32] 数字输出 A 置为低* |
| *参数 5-40 继电器功能* | *[80] SL 数字输出 A* |
| *=默认值 | |

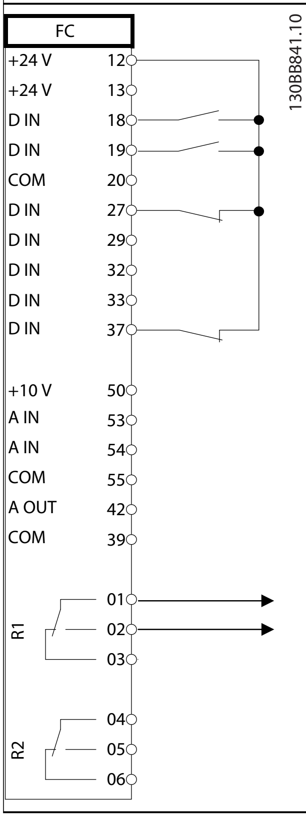
**说明/备注：**

如果超过反馈监视器中的极限，则将发出*警告 90 反馈监视*。SLC 监测*警告 90 反馈监视*，如果警告变为真，则继电器 1 跳闸。

外部设备可能需要维修。如果反馈错误在 5 秒钟内再次低于相关极限，则变频器会继续工作，而警告也将消失。通过在 LCP 上按 [Reset]（复位）复位继电器。

**表 17.13 使用 SLC 设置继电器**

## 17.10 机械制动控制




| 参数 | |
|---|---|
| 功能 | 设置 |
| *参数 5-40 继电器功能* | *[32] 机械制动控制* |
| *参数 5-10 端子 18 数字输入* | *[8] 启动** |
| *参数 5-11 端子 19 数字输入* | *[11] 启动反转* |
| *参数 1-71 启动延迟* | 0.2 |
| *参数 1-72 启动功能* | *[5] $VVC^+$/磁通顺时针* |
| *参数 1-76 启动电流* | $I_{m,n}$ |
| *参数 2-20 抱闸释放电流* | 取决于应用 |
| *参数 2-21 激活制动速度* | 电机额定滑差的一半 |
| *=默认值 | |
| **说明/备注：** | |

**表 17.14 机械制动控制**

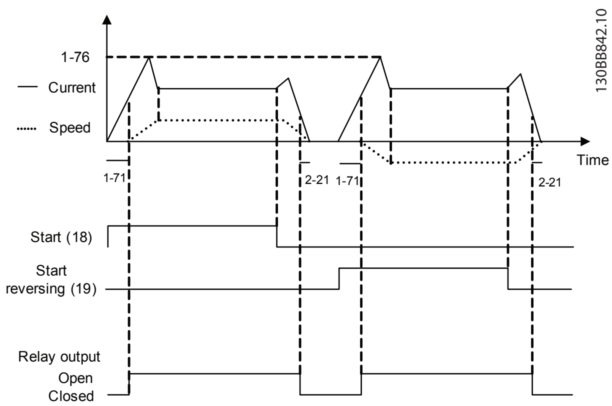



**图 17.4 机械制动控制**

## 17.11 编码器连接

设置编码器之前，将显示闭环速度控制系统的基本设置。另请参阅 *章 7.3.7 VLT® 编码器输入 MCB 102*。

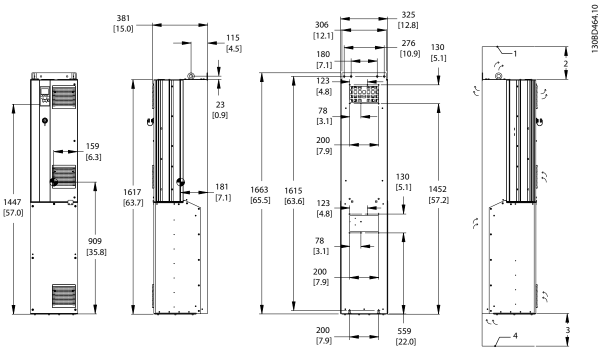


**图 17.5 变频器的编码器连接**

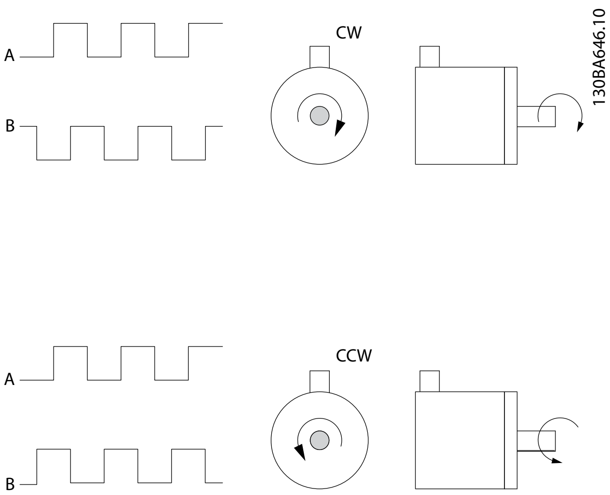



**图 17.6 24 V 增量编码器。最大电缆长度 5 米（16 英尺）**

## 17.12 编码器方向

编码器方向（从轴端看）由脉冲进入变频器的顺序确定。

- 顺时针方向（CW）表示通道 A 在通道 B 前 90 电度。
- 逆时针方向（CCW）表示通道 B 在通道 A 前 90 度（电气角度）。

## 17.13 闭环变频器系统

闭环变频器系统通常包含以下部分：

- 电机
- 变频器
- 作为反馈系统的编码器
- 机械制动
- 用于动态制动的制动电阻器
- 传动装置
- 齿轮箱
- 负荷

要求机械制动控制的应用环境通常需要制动电阻器。

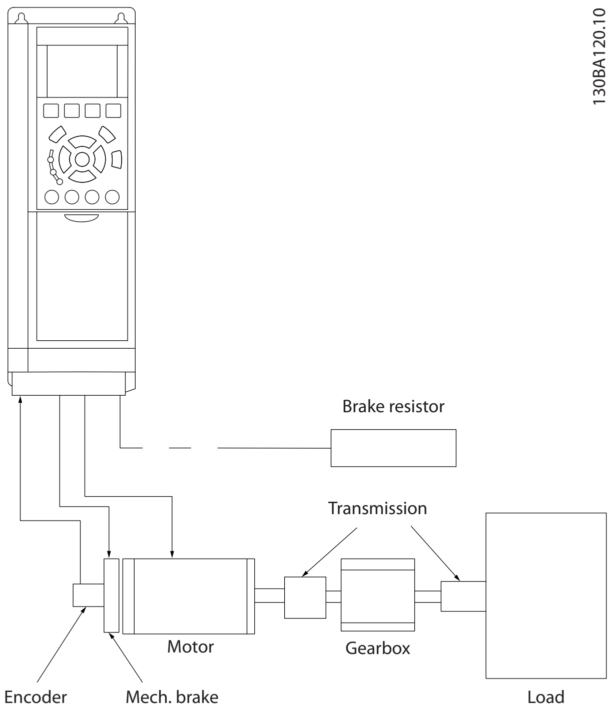



**图 17.7 FC 302 闭环速度控制的基本设置**

## 17.14 转矩极限和停止的编程

在带有外部机电制动的应用中（例如，起重应用），可通过“标准”的停止命令停止变频器，同时启用外部机电制动。
*图 17.8*展示了这些变频器连接的设置。

如果通过端子 18 启用了停止命令，并且变频器没有达到转矩极限，则电机将减速至 0 Hz。
如果变频器达到转矩极限，并且启用了停止命令，系统将激活端子 29 输出（设为 *[27] 转矩极限和停止*）。当传送至端子 27 的信号从“逻辑 1”变为“逻辑 0”时，电机将开始惯性停车，这样，即使变频器自身无法处理所要求的转矩（比如因为严重过载），也能确保起重停止作业。

要设置停止和转矩极限，连接到以下端子：

- 通过端子 18
  *参数 5-10 端子 18 数字输入* 启动/停止，*[8] 启动*
- 通过端子 27 快速停止，
  *参数 5-12 端子 27 数字输入[2] 惯性停止，反逻辑*
- 端子 29 输出，
  *参数 5-02 端子 29 的模式[1] 端子 29 模式输出* ，
  *参数 5-31 端子 29 数字输出*
- 继电器输出 [0]（继电器 1）
  *参数 5-40 继电器功能 [32] 机械制动控制*

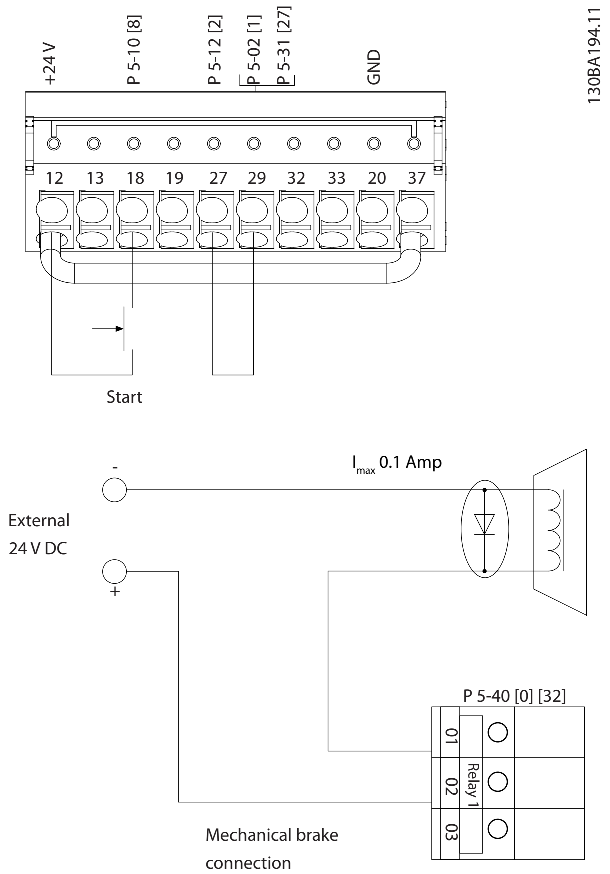



**图 17.8 停止和转矩极限端子连接**

# 18 附录

## 18.1 免责声明

Danfoss 对于符合以下情况的任何产品不承担任何责任
- 未按照安装指南中指定的标准配置安装。
- 经过不当维修或更改。
- 未遵循指南而出现滥用、疏忽和不当安装。
- 按照与提供的操作说明相反的方式使用。
- 正常磨损的结果。

## 18.2 约定

- 数字列表用于表示过程。
- 符号列表用于表示其他信息和插图说明。
- 斜体文本用于表示：
    - 交叉引用。
    - 链路。
    - 脚注。
    - 参数名称。
    - 参数组名。
    - 参数选项。
- 所有尺寸图都以 mm (inch) 为单位。

## 18.3 词汇表

**计算中使用的变量：**

$f_{JOG}$
激活点动功能（通过数字端子）时的电机频率。

$f_M$
电机频率。

$f_{MAX}$
电动机最大频率。

$f_{MIN}$
电动机最小频率。

$f_{M,N}$
电机额定频率（铭牌数据）。

$I_M$
电机电流。

$I_{M,N}$
电机额定电流（铭牌数据）。

$I_{VLT,MAX}$
最大输出电流。

$I_{VLT,N}$
变频器提供的额定输出电流。

$n_{M,N}$
额定电机速度（铭牌数据）。

$P_{M,N}$
电机额定功率（铭牌数据）。

$T_{M,N}$
额定转矩（电动机）。

$U_M$
瞬时电机电压。

$U_{M,N}$
电机额定电压（铭牌数据）。

$U_{VLT,\ MAX}$
最大输出电压。

$\eta_{VLT}$
变频器效率被定义为输出功率和输入功率的比值。

**起步转矩**

$$n_s = \frac{2 \times \textit{参数}.\ 1-23 \times 60\ s}{\textit{参数}.\ 1-39}$$

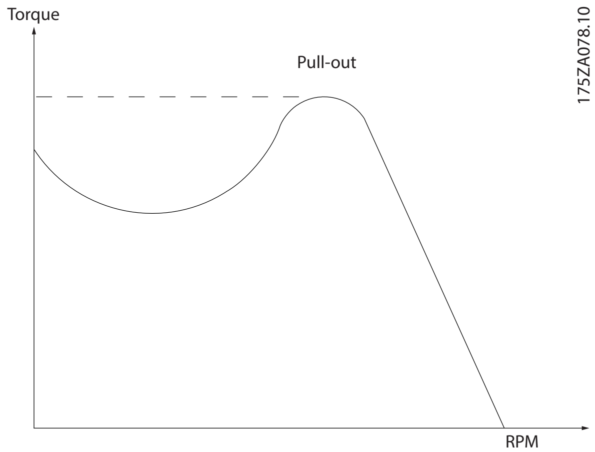



**图 18.1 启动转矩表**

**一般术语和缩写：**

**60° AVM**
60° 异步矢量调制 (请参阅*参数 14-00 开关模式*) 的开关模式。

**高级矢量控制**
与标准电压/频率比控制相比，高级矢量控制可在速度参考值改变并与负载转矩相关时，提高动力特性和稳定性。

**模拟输入**
模拟输入可用于控制变频器的各项功能。模拟输入有两种类型：

- 电流输入，0-20 mA 和 4-20 mA。
- 电压输入，直流 0 - 10 V。

**模拟输出**
模拟输出可提供 0-20 mA、4-20 mA 的信号，或者提供数字信号。

**自动电机识别 (AMA)**
AMA 算法可确定相连电机处于静止状态时的电气参数。

18

**模拟参考值**
传输到 53 或 54 的信号，该值可为电压或电流。

**二进制参考值**
信号施加在串行通讯端口（RS-485 端子 68 - 69）上。

**制动电阻器**
制动电阻器是一个能够吸收再生制动过程中所产生的制动功率的模块。该再生制动功率会使直流回路电压增高，制动斩波器可确保将该功率传输到制动电阻器。

**总线参考值**
传输到串行通讯端口（FC 端口）的信号。

**CT 特性**
用于螺杆式和涡旋式制冷压缩机的恒定转矩特性。

**数字输入**
数字输入可用于控制变频器的各项功能。

**数字输出**
变频器具有 2 个可提供 24 V 直流信号（最大 40 mA）的固态输出。

**DSP**
数字信号处理器。

**ETR**
电热继电器是基于当前负载及时间的热负载计算元件。其作用是估计电机温度。

**GLCP**
图形化本地控制面板 (LCP 102)

**HIPERFACE®**
Hiperface® 是 Stegmann 的注册商标。

**正在初始化**
如果执行了初始化（*参数 14-22 工作模式*），变频器的可编程参数将恢复为默认设置。

**输入功能**

| | | |
|---|---|---|
| **控制命令**<br>可通过 LCP 或数字输入启动和停止所连接的电机。<br>功能分为两组。<br>第 1 组中的功能比第 2 组中的功能具有更高优先级。 | 第 1 组 | 复位、惯性停止、复位和惯性停止、快速停止、直流制动、停止和 [Off]（关闭）键。 |
| | 第 2 组 | 启动、脉冲启动、反转、启动反转、点动和锁定输出。 |

**表 18.1 输入功能**

**间歇工作周期**
间歇工作额定值是指一系列工作周期。每个周期包括一个加载时段和卸载时段。操作可以是定期工作，也可以是非定期工作。

**LCP**
本地控制面板 (LCP) 是对变频器进行控制和编程的完整界面。该 LCP 可拆卸，另外也可以借助安装套件将其安装在距变频器最多 3 米远的地方，安装在前面板上。
LCP 有 2 种版本：

- 数字式 LCP101 (NLCP)
- 图形化 LCP102 (GLCP)

**低位 (lsb)**
最小有效位。

**MCM**
Mille Circular Mil 的缩写，是美国测量电缆横截面积的单位。1 MCM ≡ 0.5067 $mm^2$。

**高位 (msb)**
最大有效位。

**NLCP**
数字式本地控制面板 LCP101。

**联机/脱机参数**
对联机参数而言，在更改了其数据值后，改动将立即生效。按 LCP 上的 [OK]（确定）键以激活对脱机参数所做的更改。

**PID 控制器**
PID 控制器可调节输出频率，使之与变化的负载相匹配，从而维持所需的速度、压力和温度等。

**PCD**
过程数据。

**功率因数**
功率因数表示 $I_1$ 和 $I_{RMS}$ 之间的关系。

$$功率\ 因数 = \frac{\sqrt{3} \times U \times I_1 \times COS\phi}{\sqrt{3} \times U \times I_{RMS}}$$

三相控制的功率因数：

$$= \frac{I_1 \times cos\phi 1}{I_{RMS}} = \frac{I_1}{I_{RMS}}\ 因为\ cos\phi 1 = 1$$

功率因数表示变频器对 主电源 施加负载的程度。.
功率因数越小，相同功率性能的 $I_{RMS}$ 就越大。

$$I_{RMS} = \sqrt{I_1^2 + I_5^2 + I_7^2 + \ldots + I_n^2}$$

此外，功率因数越高，表明不同的谐波电流越小。
借助内置的直流线圈可获得较高的功率因数，从而可将对主电源施加的负载降低到最低程度。

**预置参考值**
定义的预置参考值，该值可在参考值的 -100% 到 +100% 范围内设置。可以通过数字端子选择的 8 个预置参考值。

**脉冲输入/增量编码器**
一种外接式数字传感器，用于反馈电动机转速和方向信息。编码器用于提供高精度的速度反馈，适用于高度动态的应用。编码器通过端子 32 或通过编码器选件进行连接。

**脉冲参考值**
传输到数字输入（端子 29 或 33）的脉冲频率信号。

**RCD**
漏电断路器。带电导体和地面之间不平衡时用于切断电路的设备。还可称为接地故障断路器 (GFCI)。

**$Ref_{MAX}$**
确定 100% 满额值（通常是 10 V、20 mA）时的参考值输入和产生的参考值之间的关系。在 *参数 3-03 最大参考值* 中设置最大参考值。

**$Ref_{MIN}$**
确定 0% 值（通常是 0 V、0 mA、4 mA）时的参考值输入和产生的参考值之间的关系。在 *参数 3-02 最小参考值* 中设置最小参考值。

**设置**
参数设置可以保存在 4 个菜单中。可在这 4 个参数菜单之间切换，并在保持 1 个菜单有效时编辑另一个菜单。

**SFAVM**
面向定子通量的异步矢量调制的开关模式 （*参数 14-00 开关模式*）。

**滑差补偿**
变频器通过提供频率补偿（根据测量的电动机负载）对电动机滑差进行补偿，以保持电动机速度的基本恒定。

**智能逻辑控制 (SLC)**
SLC 是一系列用户定义的操作，当这些操作所关联的用户定义事件被 SLC 判断为真时，将执行操作。

**STW**
状态字。

**启动 - 禁用命令**
启动命令属于第 1 组的控制命令。请参阅 *表 18.1*。

**停止命令**
请参阅控制命令参数组。

**热敏电阻**
温控电阻器被安装在监测温度的地方（变频器或电动机）。

**THD**
总谐波失真。一种全面的谐波失真状态。

**跳闸**
故障情况下进入的状态。例如，当变频器遭遇过热等故障或为了保护电动机、过程或机械装置时。只有当故障原由消失后，才能重新启动，跳闸状态可通过按 [Reset]（复位）来取消，在有些情况下还可通过设置为自动复位来取消。请勿因个人安全而使用跳闸。

**跳闸锁定**
当变频器在故障状态下进行自我保护并且需要人工干预时所进入的状态。例如，如果变频器在输出端发生短路，将会进入跳闸锁定状态。只有通过切断主电源、消除故障原因并重新连接变频器，才可以取消锁定性跳闸。

**VT 特性**
可变转矩特性用于泵和鼓风机。

**$VVC^+$**
与标准电压/频率比控制相比，电压矢量控制 ($VVC^+$) 可在速度参考值发生改变或与负载转矩相关时提高动力特性和稳定性。

18

# 索引



## 手



## 报



## 接



## 控



## 放



## 数



## 断



## 智



## 未



## 本



## 机



## 极



## 标



## 检



## 模



## 正



## 母



## 比



## 气



## 海



## 温



## 湿

## 滑



## 漏



## 点



## 热



## 熔



## 环



## 用



## 电



## 直



## 睡



## 短



## 降



## 限



## 零



## 静



## 预



## 额



## 风



## 飞



## 高

丹佛斯(上海)自动
控制有限公司
上海市宜山路900号
科技大楼C楼20层
电话:021-61513000
传真:021-61513100
邮编:200233

丹佛斯(上海)自动控制
有限公司北京办事处
北京市朝阳区工体北路
甲2号盈科中心A栋20层
电话:010-85352588
传真:010-85352599
邮编:100027

丹佛斯(上海)自动控制
有限公司广州办事处
广州市珠江新城花城大道87号
高德置地广场B塔704室
电话:020-28348000
传真:020-28348001
邮编:510623

丹佛斯(上海)自动控制
有限公司成都办事处
成都市下南大街2号宏达
国际广场11层1103-1104室
电话:028-87774346, 43
传真:028-87774347
邮编:610016

丹佛斯(上海)自动控制
有限公司青岛办事处
青岛市山东路40号
广发金融大厦1102A室
电话:0532-85018100
传真:0532-85018160
邮编:266071

丹佛斯(上海)自动控制
有限公司西安办事处
西安市二环南路88号
老三届世纪星大厦25层C座
电话:029-88360550
传真:029-88360551
邮编:710065



Danfoss A/S
Ulsnaes 1
DK-6300 Graasten
vlt-drives.danfoss.com

130R0676

MG37N241

*MG37N241*

11/2016