

设计指南

# VLT<sup>®</sup> AutomationDrive FC 360

90-315 kW, 机箱规格 J8-J9



VLT<sup>®</sup>  
AutomationDrive





# 目录

## 1 简介

1.1 其他资料来源	11
1.2 文档版本	11
1.3 批准和认证	11
1.3.1 CE 标志	11
1.3.2 低电压指令	11
1.3.3 EMC 指令	11

## 2 安全性

2.1 安全符号	12
2.2 具备资质的人员	12
2.3 安全事项	12

## 3 产品概述和功能

3.1 额定功率、重量和尺寸	15
3.2 自动运行功能	15
3.2.1 简介	15
3.2.2 短路保护	15
3.2.3 过电压保护	15
3.2.4 电机缺相检测	16
3.2.5 电源电压不平衡检测	16
3.2.6 打开输出	16
3.2.7 过载保护	16
3.2.8 转子堵转保护	17
3.2.9 自动降容	17
3.2.10 自动能量优化	17
3.2.11 自动开关频率调制	17
3.2.12 使用较高开关频率时自动降低额定值	18
3.2.13 功率波动性能	18
3.2.14 共振衰减	18
3.2.15 温控风扇	18
3.2.16 符合 EMC 标准	18
3.2.17 控制端子的电隔离	18
3.3 定制应用功能	18

3.3.1 简介	18
3.3.2 电机自动整定	18
3.3.3 过程 PID 控制器	19
3.3.4 电机热保护	19
3.3.5 主电源跌落	20
3.3.6 自动重启	20
3.3.7 降低速度时的满转矩	20
3.3.8 频率旁路	20
3.3.9 电机预热	20
3.3.10 可编程菜单	20
3.3.11 智能逻辑控制 (SLC)	21
3.4 动态制动	22
3.5 背部风道冷却	22
3.5.1 概述	22
3.5.2 J8 和 J9 机箱的冷却空气流量	23
<b>4 选件和附件概述</b>	
4.1 现场总线设备	24
4.1.1 概述	24
4.1.2 VLT® PROFIBUS DP-V1 MCA 101	24
4.1.3 VLT® PROFINET MCA 120	24
4.2 功能扩展	24
4.2.1 概述	24
4.2.2 VLT® Encoder Input MCB 102	24
4.2.3 VLT® Resolver Option MCB 103	24
4.2.4 VLT® 24 V DC Supply MCB 107	24
4.2.5 VLT® Sensor Input Option MCB 114	25
<b>5 规格</b>	
5.1 电气数据	26
5.2 主电源 (L1, L2, L3)	27
5.3 电机输出 (U, V, W)	28
5.4 转矩特性	28
5.5 环境条件	28
5.6 电缆的长度和横截面积	29
5.7 数字输入	29

5.8 模拟输入	29
5.9 脉冲输入	30
5.10 数字输出	31
5.11 模拟输出	31
5.12 继电器输出	31
5.13 控制卡, RS485 串行通讯	32
5.14 控制卡, 24 V 直流输出	32
5.15 控制卡, +10 V 直流输出	33
5.16 控制特性	33
5.17 控制卡性能	33
5.18 外部和端子尺寸	34
5.18.1 J8 外部尺寸	34
5.18.2 J8 端子尺寸	37
5.18.3 J9 外部尺寸	39
5.18.4 J9 端子尺寸	42
<b>6 机械安装注意事项</b>	
6.1 存放	44
6.2 起吊设备	44
6.3 工作环境	44
6.3.1 工作环境概述	44
6.3.2 气体	45
6.3.3 防尘	45
6.4 安装配置	45
6.5 冷却	46
6.6 降容	46
6.6.1 降容概述	46
6.6.2 低速运行时降容	47
6.6.3 根据海拔降容	47
6.6.4 根据环境温度和开关频率进行降容	47
<b>7 电气安装注意事项</b>	
7.1 安全说明	49
7.2 接线图	50
7.3 电源连接	50

7.4 控制接线和端子	52
7.4.1 控制电缆的正确接地	52
7.4.2 控制电缆的布线	54
7.4.3 控制端子	54
7.5 熔断器和断路器	56
7.6 电机	57
7.6.1 电机转动	57
7.6.2 电机热保护	58
7.6.3 电机并联	58
7.6.4 电机绝缘	59
7.6.5 电机轴承电流	60
7.7 漏电断路器 (RCD) 和绝缘电阻监测器 (IRM)	60
7.8 泄漏电流	60
7.9 IT 主电源	63
7.10 效率	63
7.11 声源性噪音	64
7.12 dU/dt 条件	64
7.13 电磁兼容性 (EMC)	65
7.13.1 概述	65
7.13.2 EMC 测试结果	66
7.13.3 辐射要求	66
7.13.4 抗扰性要求	67
7.13.5 EMC 兼容性	68
7.13.6 符合 EMC 规范的安装	69
7.14 谐波	72
7.14.1 谐波概述	72
7.14.2 谐波分析	72
7.14.3 谐波在配电系统中的影响	73
7.14.4 IEC 谐波标准	73
7.14.5 谐波合规	75
<b>8 变频器的基本操作原理</b>	
8.1 简介	76
8.2 操作说明	76
8.3 变频器控制	76

8.3.1	变频器控制概述	76
8.3.2	参考值处理	77
8.3.2.1	本地和远程参考值	77
8.3.2.2	参考值极限	79
8.3.2.3	预置参考值和总线反馈值的标定	80
8.3.2.4	模拟量和脉冲参考值和反馈值的标定	80
8.3.2.5	零值周围的死区	81
8.3.3	控制结构	83
8.3.3.1	控制原理	83
8.3.3.2	控制模式	83
8.3.4	控制处理	84
8.3.4.1	VVC+ 中的控制结构	84
8.3.4.2	无传感器磁通矢量中的控制结构	84
8.3.4.3	磁通矢量带电机反馈下的控制结构	85
<b>9</b>	<b>RS485 安装和设置</b>	
9.1	简介	87
9.1.1	概述	87
9.1.2	网络连接	88
9.1.3	硬件设置	88
9.1.4	Modbus 通信的参数设置	88
9.1.5	EMC 防范措施	89
9.2	FC 协议	89
9.2.1	概述	89
9.2.2	带 Modbus RTU 的 FC	89
9.3	FC 协议网络配置	90
9.4	FC 协议消息帧结构	90
9.4.1	字符 (字节) 的内容	90
9.4.2	报文结构	90
9.4.3	报文长度 (LGE)	90
9.4.4	变频器地址 (ADR)	91
9.4.5	数据控制字节 (BCC)	91
9.4.6	数据字段	91
9.4.7	PKE 字段	92
9.4.8	参数编号 (PNU)	94
9.4.9	索引 (IND)	94

9.4.10	参数值 (PWE)	94
9.4.11	变频器支持的数据类型	94
9.4.12	转换	94
9.4.13	过程字 (PCD)	95
9.5	示例	95
9.5.1	写入参数值	95
9.5.2	读取参数值	96
9.6	Modbus RTU	96
9.6.1	预备知识	96
9.6.2	概述	96
9.6.3	带 Modbus RTU 的变频器	97
9.7	Modbus RTU 网络配置	97
9.8	Modbus RTU 消息帧结构	98
9.8.1	简介	98
9.8.2	Modbus RTU 报文结构	98
9.8.3	启动/停止字段	99
9.8.4	地址字段	99
9.8.5	功能字段	99
9.8.6	数据字段	99
9.8.7	CRC 校验字段	99
9.8.8	线圈寄存器地址	99
9.8.9	如何控制变频器	102
9.8.10	Modbus RTU 支持的功能代码	102
9.8.11	Modbus 异常代码	103
9.9	如何访问参数	103
9.9.1	参数处理	103
9.9.2	数据存储	104
9.9.3	IND (索引)	104
9.9.4	文本块	104
9.9.5	转换因数	104
9.9.6	参数值	104
9.10	示例	104
9.10.1	示例概述	104
9.10.2	读取线圈状态 (01 [十六进制])	104
9.10.3	强制/写入单个线圈 (05 [十六进制])	105
9.10.4	强制/写入多个线圈 (0F [十六进制])	106

9.10.5 读取保持寄存器 (03 [十六进制])	107
9.10.6 预置单个寄存器 (06 [十六进制])	108
9.10.7 预置多个寄存器 (10 [十六进制])	109
9.11 Danfoss FC 控制协议	110
9.11.1 符合 FC 协议的控制字 (参数 8-10 协议 = FC 协议)	110
9.11.2 符合 FC 协议的状态字 (STW)	113
9.11.3 总线速度参考值	115
<b>10 应用示例</b>	
10.1 简介	117
10.2 AMA	117
10.3 速度	118
10.4 启动/停止	120
10.5 外部报警复位	121
10.6 电机热敏电阻	121
10.7 编码器连接	122
10.8 编码器方向	123
10.9 闭环变频器系统	124
<b>11 如何订购变频器</b>	
11.1 产品定制软件	125
11.2 订购 VLT® AutomationDrive FC 360 机箱类型 J8-J9	125
11.3 订购附件和备件	126
11.4 订购滤波器和制动电阻器	126
<b>12 附录</b>	
12.1 缩略语和符号	127
12.2 定义	130
12.2.1 变频器	130
12.2.2 输入	130
12.2.3 电机	130
12.2.4 参考值	132
12.2.5 其他	132
12.3 约定	135



# 1 简介

## 1.1 其他资料来源

此外还可以利用其他资源来了解高级变频器功能和编程。

- 操作指南中提供了变频器的安装和启动的详细信息。
- 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。
- 与选配设备一起操作的说明。

还可从Danfoss网站 [www.danfoss.com](http://www.danfoss.com) 获得补充资料和手册。

## 1.2 文档版本

我们将定期对本指南进行审核和更新。欢迎任何改进建议。

本手册的原语言为英语。

表 1: 文档版本

版本	备注
Aj435824192086, 版本 0101	第一版。

## 1.3 批准和认证

### 1.3.1 CE 标志

CE 标志 (Conformité Européenne) 表示该产品制造商遵守所有适用的 EU 指令。

适用于变频器设计和制造的 EU 指令如下：

- 低电压指令。
- EMC 指令。
- 机械指令（适用于带有集成的安全功能的设备）。

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。

### 1.3.2 低电压指令

变频器被归类为电子元件，必须根据低电压指令通过 CE 认证。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。丹佛斯 CE 标志表示符合低电压指令，丹佛斯还可根据要求提供符合声明。

### 1.3.3 EMC 指令

电磁兼容性 (EMC) 表示设备部件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系统的组成部分。无论哪种情况，设备上都必须带有 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。

## 2 安全性

### 2.1 安全符号

丹佛斯文档中使用了下述符号。



**危险**

表明某种危险情况，如果不避免该情况，将可能导致死亡或严重伤害。



**警告**

表明某种危险情况，如果不避免该情况，将可能导致死亡或严重伤害。



**小心**

表明某种危险情况，如果不避免该情况，将可能导致轻度或中度伤害。

**注意**

表明重要信息，但不涉及危险情况（例如，与财物损失相关的信息）。

本指南还包括与高温表面和灼伤危险、高压和电击以及参考说明相关的 ISO 警告符号。

	指示高温表面和灼伤危险的 ISO 警告符号
	指示高电压和电击的 ISO 警告符号
	指示参考说明的 ISO 操作符号

### 2.2 具备资质的人员

要实现变频器的无故障和安全运行，必须保证正确可靠的运输、存放、安装、操作和维护。仅允许具备资质的人员安装和操作本设备。

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、调试和维护设备、系统和电路的人员。同时，具备资质的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

变频器与交流主电源输入线路、直流电源、负载共享或永磁电机相连时带有高电压。如果执行变频器的安装、启动和维护的人员缺乏资质，则可能导致死亡或严重伤害。

- 只能由具备资质的人员安装、启动和维护变频器。
- 在执行任何维护或修理作业之前，使用适当的电压测量设备，以确保变频器上无剩余电压。



警告

### 意外启动

当变频器连接到交流主电源、直流电源或负载共享时，电机随时可能启动。在编程、维护或维修过程中意外启动可能会导致死亡、严重人身伤害或财产损失。可利用外部开关、现场总线命令、从本地控制面板 (LCP) 提供输入参考值信号、通过使用 MCT 10 软件的远程操作或消除故障状态后启动电机。

- 断开变频器与主电源的连接。
- 按 LCP 上的 [Off/Reset] (关闭/复位) 键，然后再设置参数。
- 当变频器连接到交流主电源、直流电源或负载共享时，变频器必须已完全连接并组装完毕。



警告



### 放电时间 (20 分钟)

变频器包含直流回路电容器，即使变频器未通电，该电容器仍可能带电。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。

- 停止电机。
- 断开交流主电源、远程直流回路电源（包括备用电池）、UPS 以及与其它变频器的直流回路连接。
- 断开或锁定永磁电机。
- 请等待电容器完全放电。最短等待时间为 20 分钟。
- 在执行任何维护或修理作业之前，使用适当的电压测量设备，以确保电容器已完全放电。



警告



### 触电危险 - 泄漏电流危险 >3.5 mA

漏电流超过 3.5 mA。未将变频器正确连接至保护接地 (PE) 导体，将可能导致死亡或严重伤害。

- 确保增强型保护接地导体符合 IEC 60364-5-54 条款 543.7 或当地有关大接触电流设备的安全法规。变频器的增强型保护接地可通过下述方式来实现：
  - PE 导体的横截面积必须至少为  $\text{mm}^2$  (8 AWG) (铜线) 或  $16 \text{ mm}^2$  (6 AWG) (铝线)。
  - 另外使用横截面积与 IEC 60364-5-54 指定的原始 PE 导体相同的 PE 导体，最小横截面积为  $2.5 \text{ mm}^2$  (14 AWG) (机械保护) 或  $4 \text{ mm}^2$  (12 AWG) (无机械保护)。
  - PE 导体完全封闭在护套中，或以其他方式在整个长度范围内提供保护，防止机械损坏。
  - 多芯电源电缆的 PE 导体部分的最小横截面积为  $2.5 \text{ mm}^2$  (14 AWG) (固定连接或者可通过工业连接器可插拔。多芯电源电缆应安装适当的应力消除装置。
- 注意：在 IEC/EN 60364-5-54 条款 543.7 和一些应用标准（比如 IEC/EN 60204-1）中，要求使用增强型保护接地导体的漏电流限值是 10 mA。

 警告**设备危险**

接触旋转主轴和电气设备可能导致死亡或严重伤害。

- 确保只有经过培训且具备资质的人员才能执行安装、启动和维护工作。
- 确保所有电气作业均符合国家和地方电气法规。
- 按照本指南中的过程执行。

 小心**内部故障危险**

如果变频器关闭不当，其内部故障可能导致严重伤害。

- 接通电源前，确保所有安全盖板安装到位且牢靠固定。

## 注意

**高海拔**

- 当安装地点的海拔超过 2000 米（6562 英尺）时，请联系丹佛斯咨询 PELV 事宜。

## 3 产品概述和功能

### 3.1 额定功率、重量和尺寸

有关变频器的机箱规格和额定功率，请参考下表。有关更多尺寸，请参阅外部尺寸和端子尺寸一章。

表 2: 额定功率、重量和尺寸，机箱规格 J8–J9，380–480 V

机箱规格		J8	J9
IP		20	20
NEMA		机架	机架
运输尺寸 [mm (in)]	高度	587 (23)	587 (23)
	宽度	997 (39)	1170 (46)
	深度	460 (18)	535 (21)
变频器尺寸 [mm (in)]	高度	909 (36)	1122 (44)
	宽度	250 (10)	350 (14)
	深度	375 (15)	375 (15)
最大重量 [kg (lb)]		98 (216)	164 (362)

### 3.2 自动运行功能

#### 3.2.1 简介

变频器运行时即可激活自动运行功能。其中大多数无需编程或设置。变频器具有各种内置的保护功能，可对自身和其所运行的电机进行保护。

有关特定电机参数任何所需设置的详情，请参阅编程指南。

#### 3.2.2 短路保护

##### 电机（线电压）

通过测量电机三个相位中各个相位的电流，可以实现对电机中变频器的短路保护。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，逆变器将被关闭（报警 16，跳闸锁定）。

##### 主电源侧

正常工作的变频器会限制它可以从电源获得的电流。建议在输入侧使用熔断器和/或断路器，因为这可在变频器内部组件发生故障（先导故障）时提供保护。

#### 注意

为确保符合针对 CE 的 IEC 60364，必须使用熔断器和/或断路器。

#### 3.2.3 过电压保护

##### 电机产生的过电压

当电机处于发电机模式时，直流回路中的电压会升高。以下情况下会出现此现象：

- 负载以变频器的恒定输出频率驱动电机，即负载发电。
- 在减速时，如果惯性力矩较大，摩擦较小，则减速时间会过短，从而导致无法在变频器系统中消耗掉能量。

- 如果滑移补偿设置不当，可能导致直流回路的电压升高。
- PM 电机工作时产生的反电动势。如果在高于额定速度的某个速度下惯性停车，永磁电机的反电动势有可能超过变频器的最大电压容差，从而造成损害。为帮助避免这种情况，**参数 4-19 最大输出频率**的值会根据**参数 1000 RPM 时的反电动势**、**参数 1-25 电机额定转速**和**参数 1-39 电机极数**的值进行内部计算而自动限制。
- 可通过使用制动功能（**参数 2-10 制动功能**）和/或过电压控制（**参数 2-17 过电压控制**）来处理过电压问题。

## 制动功能

交流制动是无需安装制动电阻器即可改进制动功能的另一种方法。此功能可控制作为发电机运行的电机的过磁化现象。通过增加电机中的电力损耗，OVC 功能将可以在不超出过电压极限的情况下增加制动转矩。

### 注意

交流制动的效果不如使用电阻器情况下的动态制动。

## 过电压控制 (OVC)

通过自动延长减速时间，OVC 可降低因直流回路过电压而使变频器跳闸的风险。

### 注意

在起重应用中不得启用 OVC。

## 接地故障

由于输出相上电流传感器的配置，该变频器可提供低阻抗接地故障保护和高阻抗接地故障保护。根据 LCP **参数 0-06 电网类型**是否设置为 IT 电网，将执行不同的保护算法。

在启动阶段和飞车阶段检测到接地故障。收到保护信号后，变频器将惯性停车。

### 3.2.4 电机缺相检测

电机缺相功能（**参数 4-58 电机缺相功能**）在默认情况下启用，以避免电机在相位缺失情况下受损。默认设置为 1000 ms，但可进行调整以实现更快检测。

### 3.2.5 电源电压不平衡检测

在电源电压严重不平衡的情况下运行会缩短电机和变频器的使用寿命。如果电机持续在接近额定负载的情况下工作，则说明问题很严重。如果电源电压不平衡，默认设置会使变频器跳闸。

应对主电源不平衡作出快速响应时，可以使用 LCP 参数（**参数 14-17 快速主电源缺相水平**和**参数 14-18 快速主电源缺相最小功率**）来提供快速跳闸/警告选项。

### 3.2.6 打开输出

允许在电机和变频器之间的输出端添加开关，但可能出现故障消息。

### 3.2.7 过载保护

#### 功率极限

功率极限功能用于限制分配给电机的功率（功率极限电机模式）。此外，功率极限功能还可以限制将发出的电反馈到主电源 (AFE) 或馈送到制动电阻（功率极限发电机模式）。功率极限功能适用于磁通矢量开环控制/闭环控制，可用于所有带有磁通矢量控制内核 (ASMPM) 的电机类型。

#### 转矩极限

转矩极限功能可防止电机在任何速度下过载。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 转矩极限跳闸延时**中控制。

## 电流极限

电流极限在**参数 4-18 电流极限**中控制，而变频器跳闸前的时间在**参数 14-24 转矩极限跳闸延时**中控制。

## 速度极限

- 速度下限：**参数 4-12 电机速度下限 [Hz]** 限制了变频器的最小运行速度范围。
- 速度上限：**参数 4-19 最大输出频率**限制了变频器可提供的最大输出速度。

## 电子热敏继电器 (ETR)

ERT 是一种根据内部测量值来模拟双金属继电器的电子功能。[3.3.4 电机热保护](#)的图中展示了其特性。

## 过电压

当达到特定的硬编码电压水平时，变频器会关闭，以保护晶体管和直流回路电容器。

## 过温

变频器配有内置温度传感器，可通过硬编码限值立即对临界值作出反应。

### 3.2.8 转子堵转保护

有时会出现由于过载或其他因素导致转子堵转的情况。堵转的转子无法充分冷却，继而会使电机绕组过热。变频器可通过 PM VVC +/磁通矢量控制 (**参数 30-22 转子堵转保护**) 检测转子是否堵转。

### 3.2.9 自动降容

变频器会持续检查是否存在以下临界情况：

- 控制卡或散热片温度过高。
- 高电机负载。
- 高直流回路电压。
- 低电机转速。

作为对临界情况的反应，变频器会调整开关频率。对于内部高温和低电机转速，变频器还可能将 PWM 模式强制更改为 SFAVM。

#### 注意

当**参数 14-55 输出滤波器**设置为 **[1] 正弦波滤波器**时，自动降容操作将会不同。

### 3.2.10 自动能量优化

自动能量优化 (AEO) 指导变频器持续监测电机上的负载，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，电机电流减至最小。电机可受益于：

- 提高变压器效率。
- 减少电机热量。
- 运行更加安静。

由于变频器可自动调节电机电压，因此，无需选择 V/Hz 曲线。

### 3.2.11 自动开关频率调制

变频器生成较短的电脉冲，以形成交流波形。开关频率为这些脉冲的速率。低开关频率（较慢脉冲速率）会使电机发出噪音，因此最好选择较高的开关频率。但是较高的开关频率使变频器变热，从而限制向电机供应的电流。

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

### 3.2.12 使用较高开关频率时自动降低额定值

频率范围取决于功率规格和电压额定值。高于最大许可范围的开关频率可使变频器温度升高，要求输出电流降容。

变频器的自动功能为负载相关的开关频率控制。该功能使电机从负载所允许的高开关频率中获益。

### 3.2.13 功率波动性能

变频器可承受的主电源波动，例如：

- 瞬态。
- 短暂失电。
- 短时间压降。
- 电涌。

变频器可自动补偿  $\pm 10\%$  的额定输入电压，从而提供全额定电机电压和转矩。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机转动同步。

### 3.2.14 共振衰减

共振衰减可消除高频率电机共振噪音。可进行自动或手动选择频率衰减。

### 3.2.15 温控风扇

变频器中的传感器可调节内部冷却风扇的运行。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。这些传感器可降低噪音、提高效率并延长风扇的使用寿命。

### 3.2.16 符合 EMC 标准

电磁干扰 (EMI) 和射频干扰 (RFI) 是因电磁感应或外部源辐射而影响电路的干扰。变频器的设计符合变频器 IEC/EN 61800-3 的 EMC 产品标准。为了遵守 EN 61800-3 中规定的辐射水平，必须对电机电缆进行屏蔽和正确端接。有关 EMC 性能的详细信息，请参阅 EMC 测试结果一章。

### 3.2.17 控制端子的电隔离

所有控制端子和输出继电器端子均与主电源进行电隔离，这可完全防止输入电流进入控制器电路。输出继电器端子自身需要进行接地。该绝缘符合严苛的保护性超低压 (PELV) 对绝缘的要求。

构成电隔离装置的组件有：

- 电源，包括信号绝缘。
- IGBT 的门驱动器、触发器、变压器以及光耦合器。
- 输出电流霍尔效应传感器。

## 3.3 定制应用功能

### 3.3.1 简介

自定义应用功能是变频器中编程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。有关激活这些功能的说明，请参阅编程指南。

### 3.3.2 电机自动整定

自动电机调整 (AMA) 是测量电机电气特性的一个自动测试程序。AMA 提供准确的电机电子模型，使变频器能够计算最佳性能和效率。运行 AMA 程序还可最大限度提高变频器的自动能量优化功能。AMA 在电机不旋转且负载不与电机分离的情况下执行。

### 3.3.3 过程 PID 控制器

通过内置比例-积分-微分 (PID) 控制器，将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。

### 3.3.4 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

转矩极限可防止电机在任何速度下过载。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。**参数 14-25 转矩极限跳闸延时**用于控制转矩极限警告跳闸前的时间。

#### 电流极限

**参数 4-18 电流极限**用于控制电流极限，**参数 14-24 电流极限时的跳闸延时**用于控制电流极限警告跳闸前的时间。

#### 速度下限

**参数 4-12 电机速度下限 [Hz]** 用于设置变频器可提供的最小输出速度。

#### 速度上限

**参数 4-14 电机速度上限 [Hz]** 或**参数 4-19 最大输出频率**用于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 ETR 功能可测量实际电流、速度和时间来计算电机温度。该功能还可保护电机，防止过热（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值来模拟双金属继电器的电子功能。其特性如 [图 1](#) 所示。

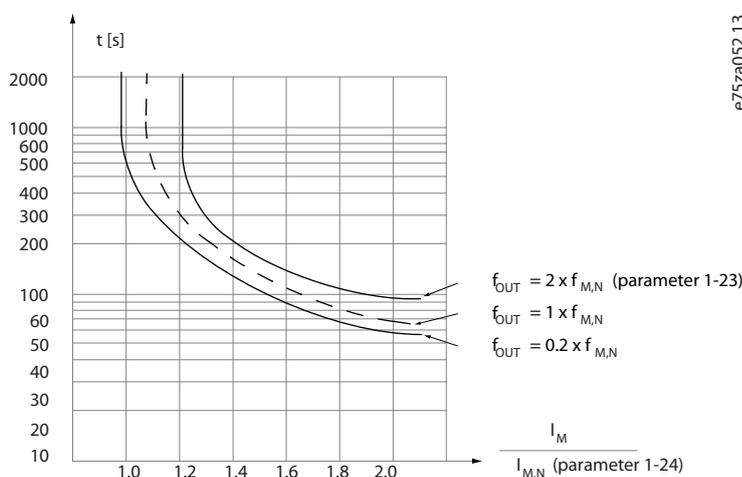


图 1: ETR

X 轴所示为  $I_{\text{motor}}$  与  $I_{\text{motor nominal}}$  的比值。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机在低速下过热。ETR 功能根据实际电流和速度计算电机温度。计算出的温度以**参数 16-18 电机热**中的读出参数形式提供。

电机 ETR 功能基于 NEMA 10 类热敏继电器功能。

## 注意

变频器包含一个软件 ETR 功能，这意味着变频器没有关于电机在不同环境温度和/或海拔 1000 米时发生什么情况的信息。软件 ETR 功能无法完全替代热敏电阻继电器，因为热敏电阻继电器包括电机上安装的一个用来控制该继电器的 PTC 传感器。然而，软件 ETR 功能非常灵活，可考虑不同的参数以获得所需的结果。除了软件 ETR 功能外，变频器还具有其他保护功能，例如电流极限和逆变器热保护。在许多情况下，这些功能可防止变频器和电机过载。

### 3.3.5 主电源跌落

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最低额定电源电压低 15%。断电前的主电源电压和电机负载决定了变频器惯性停车所花费的时间。

可以配置变频器（参数 14-10 主电源故障）以在主电源断开期间区别各类行为：

- 一旦直流回路的能量耗尽就发生跳闸锁定。
- 每当主电源恢复（参数 1-73 飞车启动）时就会利用飞车启动进行惯性停车。
- 借能运行。
- 受控减速。

#### 飞车启动

使用该选项可以“捕获”因主电源断开而自由旋转的电机。

#### 借能运行

这一选择确保只要系统中存在能量，变频器就会保持运行。对于短时的主电源断开，当主电源恢复时，操作也将恢复，不会停止应用或在任何时间丢失控制。可以选择借能运行的几种变形。

在参数 14-10 主电源故障和参数 1-73 飞车启动中配置主电源断电时的变频器行为。

### 3.3.6 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。

### 3.3.7 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机的最大设计工作速度相一致。该变频器分为可变转矩和恒定转矩两种不同型号。可变转矩变频器可在低速时降低电机转矩。在以低于额定速度的速度运行时，恒定转矩变频器可提供过大的电压、热量和电机噪音。

### 3.3.8 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。电机可以利用这些带宽跳过产生系统谐振的速度。

### 3.3.9 电机预热

为了在寒冷或潮湿环境中预热电机，可以不间断地为电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。

### 3.3.10 可编程菜单

变频器有 2 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、用于设置昼/夜或夏/冬运行，或控制多台电机。LCP 显示有效菜单。通过从可拆卸 LCP 下载信息，可以在变频器之间复制菜单数据。

### 3.3.11 智能逻辑控制 (SLC)

智能逻辑控制 (SLC) 是一个用户定义的操作序列 (请参阅参数 13-52 SL 控制器操作 [x])，当关联的用户定义事件 (请参阅参数 13-51 SL 控制器事件 [x]) 的结果为“真”时，将由 SLC 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。该条件将导致相关操作，如下图所示。

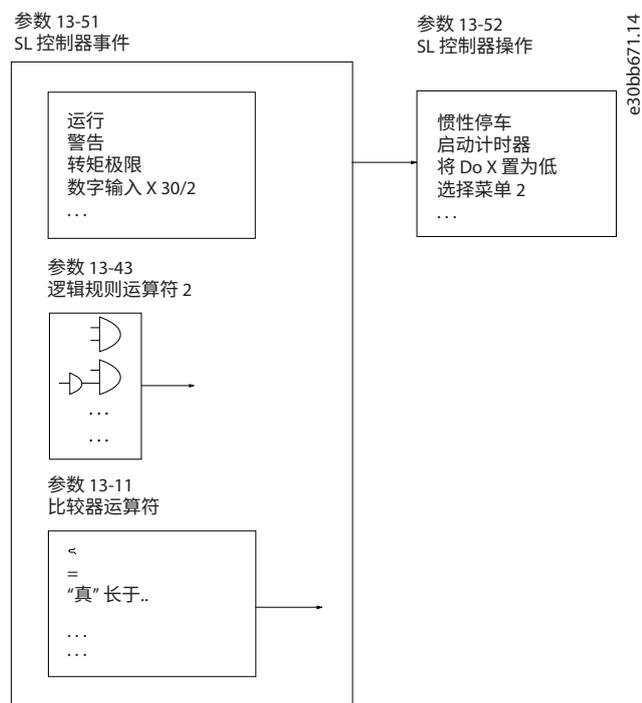


图 2: SLC 事件和操作

每个事件和操作都有编号，并成对关联在一起形成状态，这意味着满足事件 [0] (值为“真”) 时，将执行操作 [0]。执行第一个操作后，将对下一事件进行条件判断。如果该事件被判断为“真”，则执行相应操作。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，将只判断事件 [0] 的真假。仅当对事件 [0] 的条件判断为“真”时，SLC 才会执行操作 [0]，并且开始判断下一事件的真假。可以设置 1 到 20 个事件和操作。执行最后一个事件/操作后，又会从事件 [0]/操作 [0] 开始执行该序列。下图中显示的示例带有 4 个事件/操作：

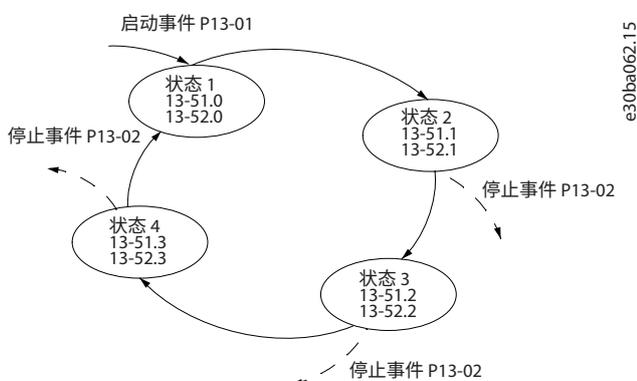


图 3: 对 4 个事件/操作编程时的执行顺序

## 比较器

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

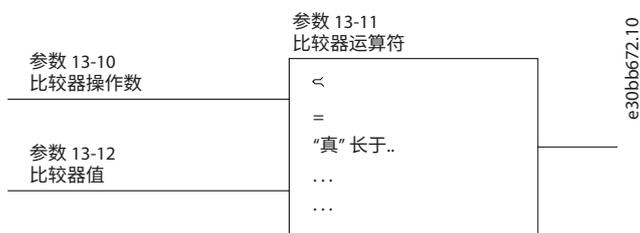


图 4: 比较器

## 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”输入）进行组合，最多组合三个输入。

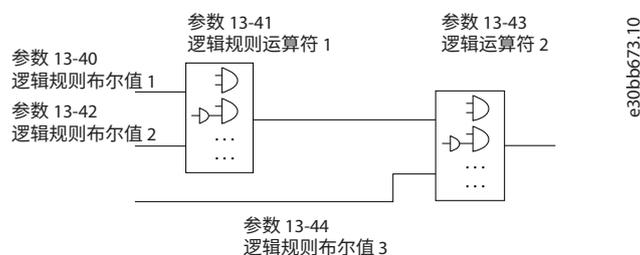


图 5: 逻辑规则

## 3.4 动态制动

动态制动使用以下方法之一来降低电机速度：

- **交流制动**

通过更改电机中的损耗条件可在电机中分配制动能量（参数 2-10 制动功能 = [2]）。交流制动功能不能在循环频率较高的应用中使用，因为此情况会导致电机过热。

- **直流制动**

添加到交流电流中的过调制直流电流可用作涡流制动（参数 2-02 直流制动时间 ≠ 0 s）。

## 3.5 背部风道冷却

### 3.5.1 概述

独特的背部风道将冷却空气传过散热片，最大限度减少流经电子元件区域的空气。背部风道冷却风道和变频器的电子元件区域之间达到 IP54/类型 12 密封等级。这种背部风道冷却方式，可让 90% 的热损耗直接排到机箱外部。这种设计可显著降低内部温度和电子组件的污染，从而提高可靠性并延长组件使用寿命。可根据需求使用不同的背部风道冷却套件来改变冷却空气流向。

### 3.5.2 J8 和 J9 机箱的冷却空气流量

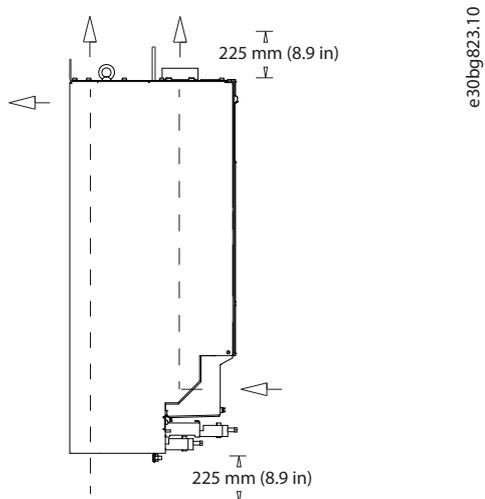


图 6: J8 和 J9 机箱的标准冷却空气流量配置

## 4 选件和附件概述

### 4.1 现场总线设备

#### 4.1.1 概述

本章介绍该变频器可使用的现场总线设备。使用现场总线设备可降低系统成本，提高通信速度和效率，并提供更易用的用户界面。

#### 4.1.2 VLT® PROFIBUS DP-V1 MCA 101

VLT® PROFIBUS DP-V1 MCA 101 提供：

- 广泛的兼容性、高度可用性、支持所有主要 PLC 供应商并且与未来版本兼容。
- 快速、高效的通信、便捷的安装、高级诊断和参数化，并且通过 GSD 文件自动配置过程数据。
- 使用 PROFIBUS DP-V1、PROFIdrive 或 Danfoss FC 协议状态机的非循环式参数化。

#### 4.1.3 VLT® PROFINET MCA 120

VLT® PROFINET MCA 120 融合了最佳性能和最大程度的开放性。选件的目的是使 VLT® PROFIBUS MCA 101 的许多功能能够重复使用，从而最大限度减少用户移植 PROFINET 的工作量，保障 PLC 程序方面的投资

- 与 VLT® PROFIBUS DP-V1 MCA 101 的 PPO 类型相同，易于迁移到 PROFINET。
- 内置 Web 服务器用于远程诊断和读取变频器基本参数。
- 支持 MRP。
- 根据符合级别 B 部署。

### 4.2 功能扩展

#### 4.2.1 概述

本章介绍变频器可使用的功能扩展选件。

#### 4.2.2 VLT® Encoder Input MCB 102

使用 VLT® Encoder Input MCB 102 选件，可连接各种类型的增量型和绝对值型编码器。连接的编码器可用于闭环速度控制。

#### 4.2.3 VLT® Resolver Option MCB 103

使用 VLT® Resolver Option MCB 103 选件，可连接旋变器以提供电机的速度反馈。

- 初级电压：2–8  $V_{rms}$ 。
- 初级频率：2.0–15 kHz。
- 最大初级电流：50 mA rms。
- 次级输入电压：4  $V_{rms}$ 。
- 弹簧式安装的连接件。

#### 4.2.4 VLT® 24 V DC Supply MCB 107

VLT® 24 V DC Supply MCB 107 可连接外部直流电源以保持控制室和任何已安装选件在出现电源故障时正常运行。VLT® 24 V DC Supply MCB 107 还能使得 LCP（包括参数设置）和安装的所有选件在不连接主电源的情况下正常操作。

- 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
- 最大电缆长度：75 m (246 ft)
- 输入电容载荷：< 10 uF
- 上电延时：< 0.6 s

#### 4.2.5 VLT® Sensor Input Option MCB 114

VLT® Sensor Input Option MCB 114 通过监测电机中的轴承和绕组温度来防止电机过热。

- 三个自检测传感器输入，适用于 2 线或 3 线 PT100/PT1000 传感器。

## 5 规格

### 5.1 电气数据

表 3: 正常过载、主电源为 3x380-480 V AC 时的电气数据

变频器	Q110	Q132	Q160	Q200	Q250	Q315
机箱规格	J8	J8	J8	J9	J9	J9
<b>正常过载=110% 电流，持续 60 秒</b>						
400 V 时的典型主轴输出 [kW]	110	132	160	200	250	315
460 V 时的典型主轴输出 [hp]	150	200	250	300	350	450
<b>输出电流 (3 相)</b>						
持续 (400 V 时) [A]	212	260	315	395	480	588
间歇 (60 秒过载) (400 V 时) [A]	233	286	347	435	528	647
持续 (460 V 时) [A]	190	240	302	361	443	535
间歇 (60 秒过载) (460 V 时) [A]	209	264	332	397	487	589
持续 kVA 值 (400 V 时) [kVA]	147	180	218	274	333	407
持续 kVA 值 (460 V 时) [kVA]	151	191	241	288	353	426
<b>最大输入电流</b>						
持续 (400 V 时) [A]	204	251	304	381	463	567
持续 (460 V 时) [A]	183	231	291	348	427	516
<b>每相的电缆最大数量和尺寸</b>						
主电源和电机 [mm <sup>2</sup> (AWG)]	2x95 (2x3/0)			2x185 (2x350 mcm)		
最大外置主电源侧熔断器 [A]	315	350	400	550	630	800
预计功率损耗 (400 V 时) [W]	2559	2954	3770	4116	5137	6674
预计功率损耗 (460 V 时) [W]	2261	2724	3628	3569	4566	5714
效率 [%]	98					
输出频率 [Hz]	0-590					
散热片过热跳闸 [°C (°F)]	110 (230)					
控制卡过热跳闸 [°C (°F)]	75 (167)			80 (176)		

表 4: 高过载、主电源为 3x380-480 V AC 时的电气数据

变频器	H90K	H110	H132	H160	H200	H250
机箱规格	J8	J8	J8	J9	J9	J9
<b>高过载 = 150% 电流，持续 60 秒</b>						
400 V 时的典型主轴输出 [kW]	90	110	132	160	200	250
460 V 时的典型主轴输出 [hp]	125	150	200	250	300	350

表 4: 高过载、主电源为 3x380-480 V AC 时的电气数据 (继续)

变频器	H90K	H110	H132	H160	H200	H250
<b>输出电流 (3 相)</b>						
持续 (400 V 时) [A]	177	212	260	315	395	480
间歇 (60 秒过载) (400 V 时) [A]	266	318	390	473	593	720
持续 (460 V 时) [A]	160	190	240	302	361	443
间歇 (60 秒过载) (460 V 时) [A]	240	285	360	453	542	665
持续 kVA 值 (400 V 时) [kVA]	123	147	180	218	274	333
持续 kVA 值 (460 V 时) [kVA]	127	151	191	241	288	353
<b>最大输入电流</b>						
持续 (400 V 时) [A]	171	204	251	304	381	463
持续 (460 V 时) [A]	154	183	231	291	348	427
<b>每相的电缆最大数量和尺寸</b>						
主电源和电机 [mm <sup>2</sup> (AWG)]	2x95 (2x3/0)			2x185 (2x350 mcm)		
最大外置主电源侧熔断器 [A]	315	350	400	550	630	800
预计功率损耗 (400 V 时) [W]	2031	2289	2923	3093	4039	5004
预计功率损耗 (460 V 时) [W]	1828	2051	2089	2872	3575	4458
效率 [%]	98					
输出频率 [Hz]	0-590					
散热片过热跳闸 [°C (°F)]	110 (230)					
控制卡过热跳闸 [°C (°F)]	75 (167)			80 (176)		

## 5.2 主电源 (L1, L2, L3)

供电电压	380-480 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	额定电源电压的 3.0%
真实功率因数 (λ)	≥0.9 标称值 (额定负载时)
位移功率因数 (cos Φ) 接近 1	>0.98
打开输入电源 L1, L2, L3 (上电)	最多 1 次/2 分钟
环境符合 EN60664-1 标准要求	过电压类别 III/污染度 2

1) 根据 IEC61800-3 计算得出。

主电源电压低/主电源断电:

如果主电源电压低或主电源断电, 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。当主电源电压比变频器的最低额定电源电压低 10% 时, 将无法实现启动和满转矩。

本变频器适用于 480/600 V 下最高可提供 100kA 额定短路电流 (SCCR) 的电路。

### 5.3 电机输出 (U, V, W)

输出电压	电源电压的 0 - 100%
U/f 模式下的输出频率 (对于 AM 电机)	0-500 Hz
VVC+ 模式下的输出频率 (对于 AM 电机)	0-200 Hz
VVC+ 模式下的输出频率 (对于 PM 电机)	0-400 Hz
切换输出	无限制
斜坡时间	0.01-3600 s

### 5.4 转矩特性

启动转矩 (恒定转矩)	最大 150%, 持续 60 秒 <sup>(1)(2)</sup>
过载转矩 (恒定转矩)	最大 150%, 持续 60 秒 <sup>(1)(2)</sup>

1) 百分比与变频器额定转矩相关。

2) 10 分钟一次。

### 5.5 环境条件

J8/J9 机箱规格	IP20/机架
振动测试 (标准/加固)	0.7 g
相对湿度	5%-95% (IEC 721-3-3; 工作过程中为 3K3 类 (无冷凝))
腐蚀性环境(IEC 60068-2-43) H <sub>2</sub> S 测试	Kd 类
腐蚀性气体 (IEC 60721-3-3)	3C3 类
符合 IEC 60068-2-43 标准的测试方法	H <sub>2</sub> S (10 天)
环境温度 (在 SFAVM 开关模式下)	
- 降容	最高 55 °C (131 °F) <sup>(1)</sup>
- 典型 EFF2 电机的额定输出功率 (高达 90% 输出电流)	最高 50 °C (122 °F) <sup>(1)</sup>
- 在 FC 额定连续输出电流时	最高 45 °C (113 °F) <sup>(1)</sup>
满负载运行时的最低环境温度	-15 °C (5 °F)
降低性能运行时的最低环境温度	-20 °C (-4 °F)
存放/运输时的温度	-25 至 +65/70 °C (13 至 149/158 °F)
不降容情况下的最高海拔高度	1000 米 (3281 英尺)
降容情况下的最大海拔高度	3000 m (9842 ft)
EMC 标准	EN 61800-3
能效等级 <sup>(2)</sup>	IE2

1) 有关降容的详细信息, 请参阅降容一章。

2) 根据 EN 50598-2 在以下条件下确定:

- 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。

## 5.6 电缆的长度和横截面积

最大机电缆长度, 屏蔽	150 m (492 ft)
最大机电缆长度, 非屏蔽	300 m (984 ft)
电机、主电源的最大电缆横截面积	请参阅电气数据一章
连接至控制端子 (刚性线缆) 的最大横截面积	1.5 mm <sup>2</sup> /16 AWG (2x0.75 mm <sup>2</sup> )
控制端子电缆 (柔性电缆) 的最大横截面积	1 mm <sup>2</sup> /18 AWG
连接至控制端子 (带封闭芯线的线缆) 的最大横截面积	0.5 mm <sup>2</sup> /20 AWG
控制端子电缆的最小横截面积	0.25 mm <sup>2</sup> /23 AWG

## 5.7 数字输入

可编程数字输入	7
端子号	18、19、27、29、31、32、33 <sup>(1)</sup>
逻辑	PNP 或 NPN
电压水平	0–24 V 直流
电压水平, 逻辑 0 PNP	< 直流 5 V
电压水平, 逻辑 1 PNP	> 直流 10 V
电压水平, 逻辑 0 NPN	> 直流 19 V
电压水平, 逻辑 1 NPN	< 直流 14 V
最高输入电压	28 V 直流
脉冲频率范围	4 Hz–32 kHz
(工作周期) 最小脉冲宽度	4.5 ms
输入电阻, Ri	大约 4 kΩ

1) 端子 27 和 29 也可以设为输出。

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。

## 5.8 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	软件
电压水平	0–10 V
输入电阻, Ri	大约 10 kΩ
最大电压	-15 V 至 +20 V
电流水平	0/4 到 20 mA (可调节)
输入电阻, Ri	大约 200 Ω
最大电流	30 mA
模拟输入的分辨率	11 位
模拟输入的精度	最大误差为满量程的 0.5%
带宽	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。

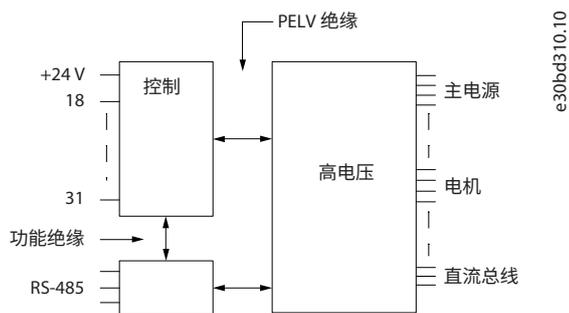


图 7: 模拟输入

### 注意

#### 高海拔

- 当安装地点的海拔超过 2000 米 (6562 英尺) 时, 请联系丹佛斯咨询 PELV 事宜。

## 5.9 脉冲输入

可编程脉冲输入	2
脉冲端子号	29, 33
端子 29、33 处的最大频率 (推挽驱动)	32 kHz
端子 29、33 处的最大频率 (开集)	5 kHz
端子 29 和 33 的最小频率	4 Hz
电压水平	请参阅“数字输入”一节
最高输入电压	28 V 直流
输入电阻, Ri	大约 4 kΩ
脉冲输入精度	最大误差: 满量程的 0.1%

## 5.10 数字输出

可编程数字/脉冲输出	2
端子号	27, 29
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	4 Hz
频率输出的最大输出频率	32 kHz
频率输出精度	最大误差: 满量程的 0.1 %
频率输出的分辨率	10 位

1) 端子 27 和 29 也可设为输入。

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。

## 5.11 模拟输出

可编程模拟输出的数量	2
端子号	45, 42
模拟输出的电流范围	0/4–20 mA
模拟输出端和公共端间最大电阻器负载	500 Ω
模拟输出精度	最大误差: 满量程的 0.8%
模拟输出分辨率	10 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。

## 5.12 继电器输出

可编程继电器输出	2
继电器端子的最大横截面积	2.5 mm <sup>2</sup> (12 AWG)
继电器端子的最小横截面积	0.2 mm <sup>2</sup> (30 AWG)
剥皮线缆的长度	8 mm (0.3 in)
继电器 01 端子号	1-3 (常闭), 1-2 (常开)
1–2 (常开) 上的最大端子负载 (AC-1) <sup>(1)</sup> (电阻性负载) <sup>(2)</sup>	400 V AC, 2 A
1–2 (常开) 上的最大端子负载 (AC-15) <sup>(1)</sup> (cos φ 为 0.4 时的电感性负载)	交流 240 V, 0.2 A
1–2 (常开) 上的最大端子负载 (DC-1) <sup>(1)</sup> (电阻性负载)	80 V DC, 2 A

1-2 (常开) 上的最大端子负载 (DC-13) <sup>(1)</sup> (电感性负载)	24 V DC, 0.1 A
1-3 (常闭) 上的最大端子负载 (AC-1) <sup>(1)</sup> (电阻性负载)	交流 240 V, 2 A
1-3 (常闭) 上的最大端子负载 (AC-15) <sup>(1)</sup> ( $\cos\phi$ 为 0.4 时的电感性负载)	交流 240 V, 0.2 A
1-3 (常闭) 上的最大端子负载 (DC-1) <sup>(1)</sup> (电阻性负载)	50 V DC, 2 A
1-3 (常闭) 上的最大端子负载 (DC-13) <sup>(1)</sup> (电感性负载)	24 V DC, 0.1 A
1-3 (常闭)、1-2 (常开) 时的最小端子负载	24 V DC 10 mA, 24 V AC 2 mA
符合 EN 60664-1 的环境	过电压类别 III/污染度 2
<b>继电器 02 端子号</b>	4-6 (常闭), 4-5 (常开)
4-5 (常开) 上的最大端子负载能力 (AC-1) <sup>(1)</sup> (电阻性负载) <sup>(2)</sup>	400 V AC, 2 A
4-5 (常开) 上的最大端子负载 (AC-15) <sup>(1)</sup> ( $\cos\phi$ 为 0.4 时的电感性负载)	交流 240 V, 0.2 A
4-5 (常开) 上的最大端子负载 (DC-1) <sup>(1)</sup> (电阻性负载)	80 V DC, 2 A
4-5 (常开) 上的最大端子负载 (DC-13) <sup>(1)</sup> (电感性负载)	24 V DC, 0.1 A
4-6 (常闭) 上的最大端子负载 (AC-1) <sup>(1)</sup> (电阻性负载)	交流 240 V, 2 A
4-6 (常闭) 上的最大端子负载 (AC-15) <sup>(1)</sup> ( $\cos\phi$ 为 0.4 时的电感性负载)	交流 240 V, 0.2 A
4-6 (常闭) 上的最大端子负载 (DC-1) <sup>(1)</sup> (电阻性负载)	50 V DC, 2 A
4-6 (常闭) 上的最大端子负载 (DC-13) <sup>(1)</sup> (电感性负载)	24 V DC, 0.1 A
4-6 (常闭)、4-5 (常开) 时的最小端子负载	24 V DC 10 mA, 24 V AC 2 mA
符合 EN 60664-1 的环境	过电压类别 III/污染度 2

1) IEC 60947 第 4 部分和第 5 部分。

2) 过电压类别 II。

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)。

### 5.13 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

RS485 串行通讯电路与供电电压 (PELV) 是电绝缘的。

### 5.14 控制卡, 24 V 直流输出

端子号	12
最大负载	100 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。

## 5.15 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	15 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。

## 5.16 控制特性

输出频率为 0-500 Hz 时的分辨率	±0.003 Hz
系统响应时间 (端子 18、19、27、29、32、33)	≤2 ms
速度控制范围 (开环)	1:100 同步速度
速度精度 (开环)	额定速度的 ±0.5%
速度精确度 (闭环)	额定速度的 ±0.1%

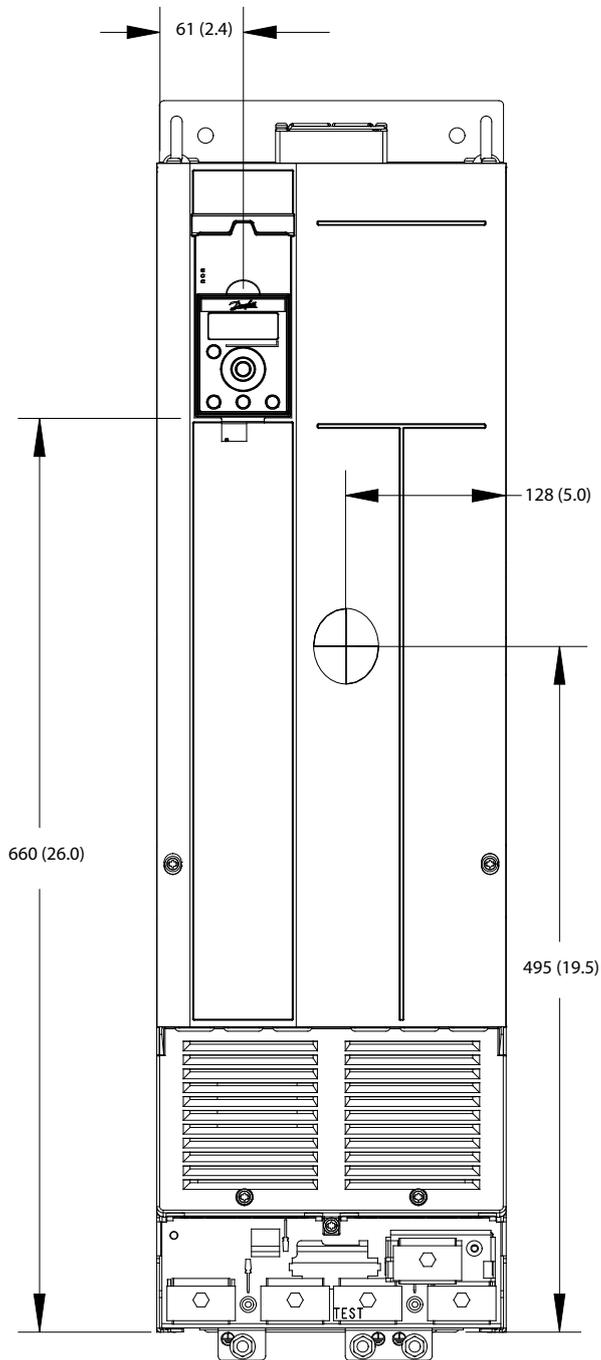
所有控制特性都基于 4 极异步电机。

## 5.17 控制卡性能

扫描间隔	1 ms
------	------

## 5.18 外部和端子尺寸

### 5.18.1 J8 外部尺寸



e30bv156.10

图 8: J8 的前视图

e30bf601.10

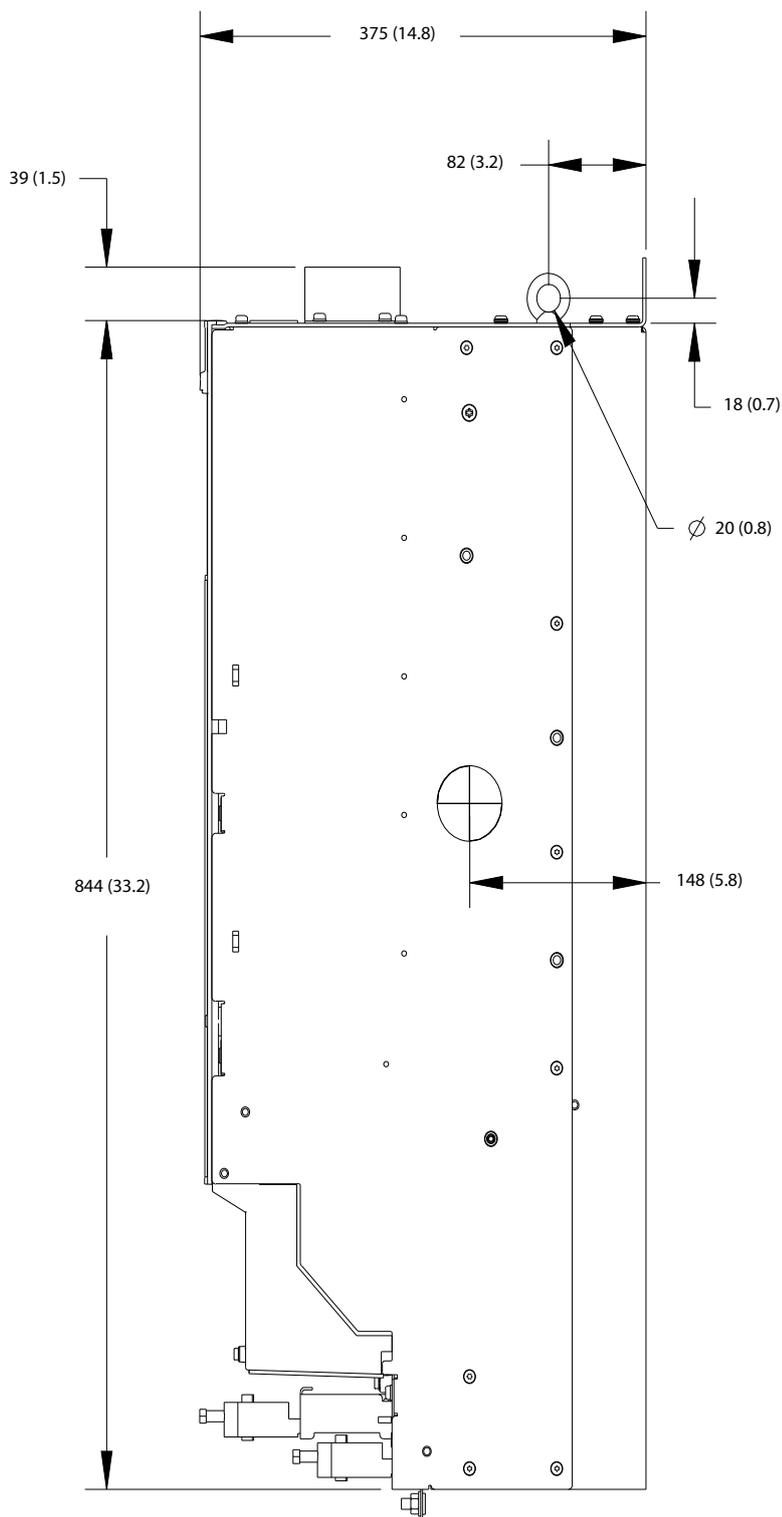


图 9: J8 的侧视图

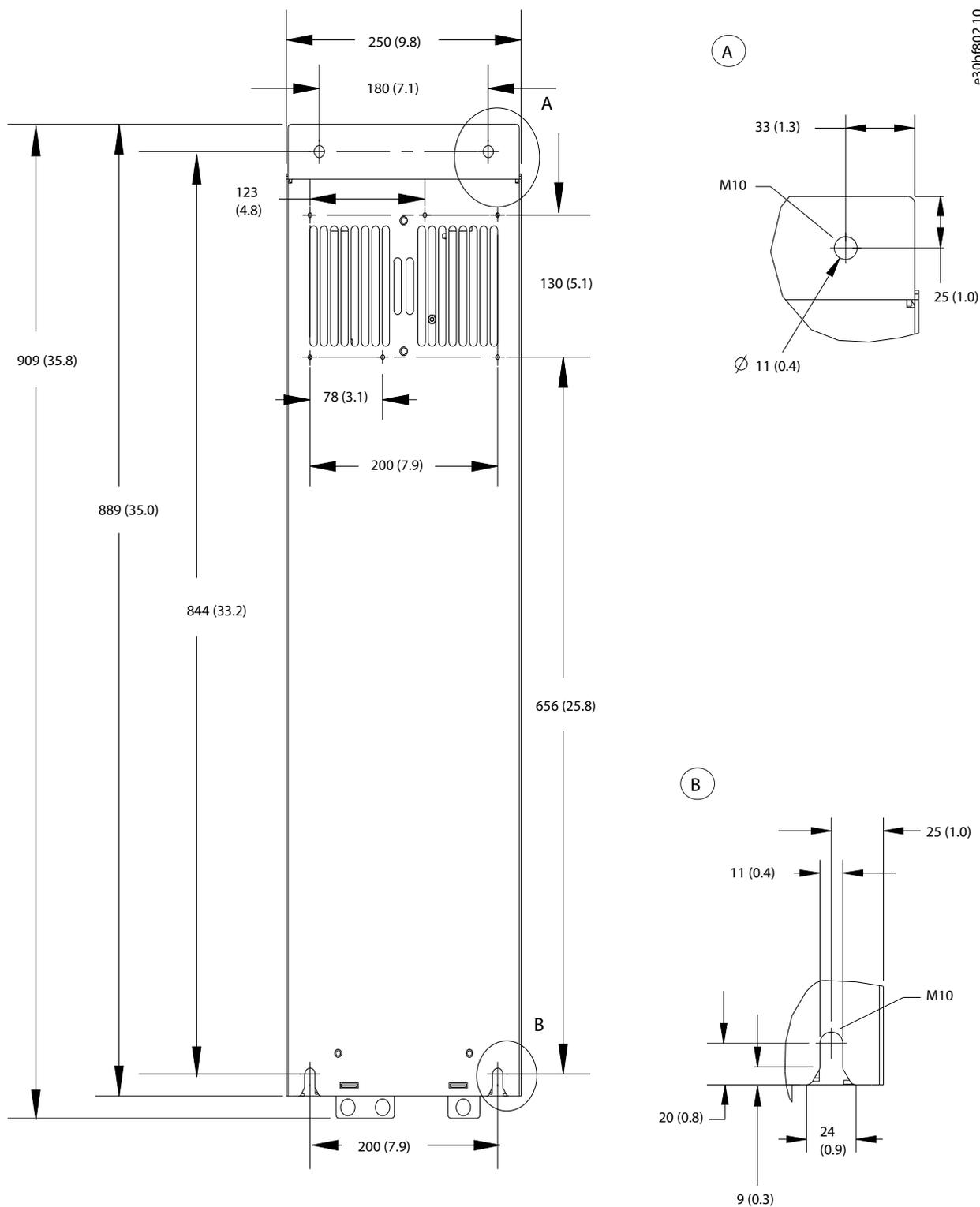
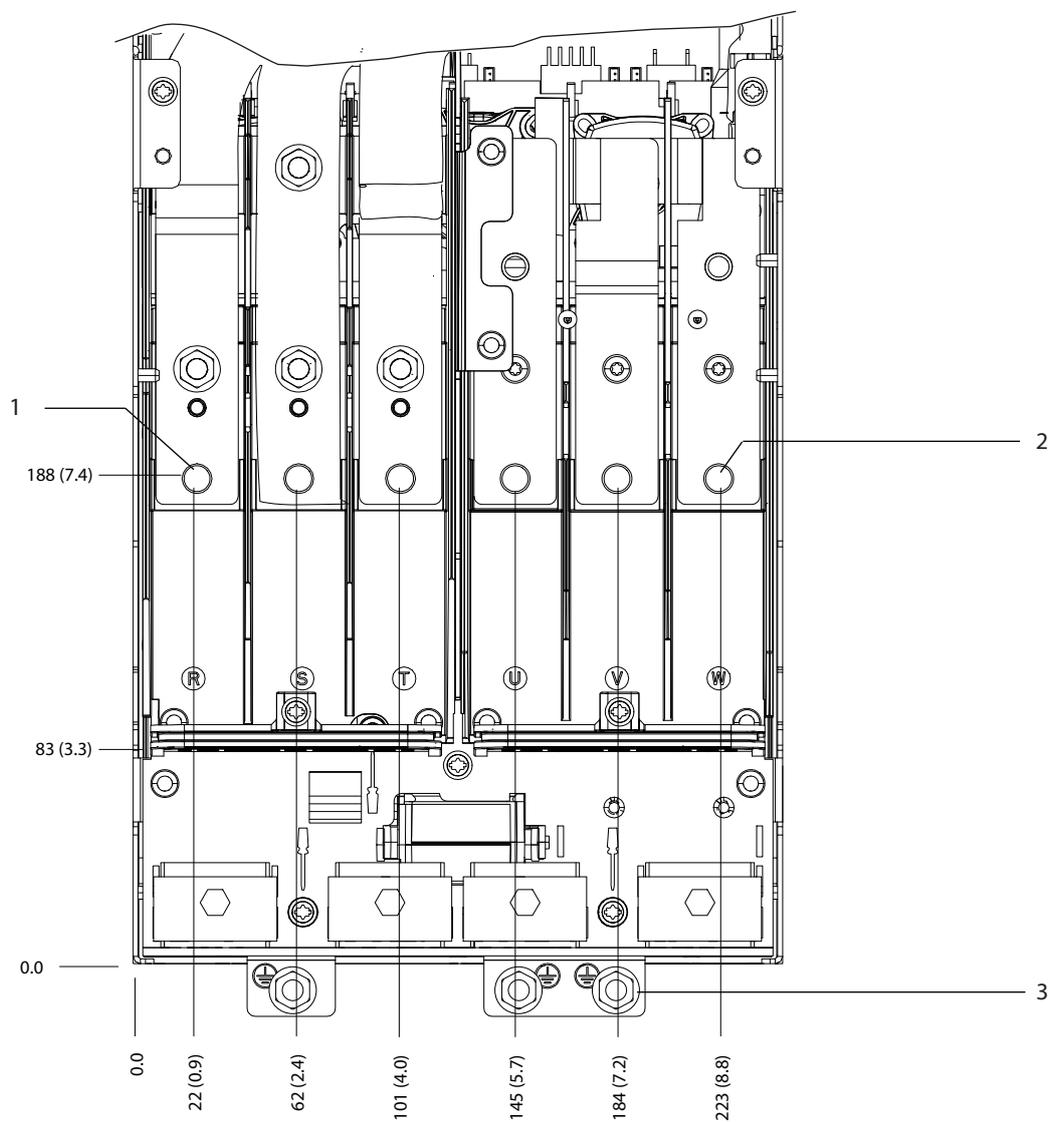


图 10: J8 的后视图

5.18.2 J8 端子尺寸



e30b9615.10

图 11: J8 端子尺寸 (前视图)

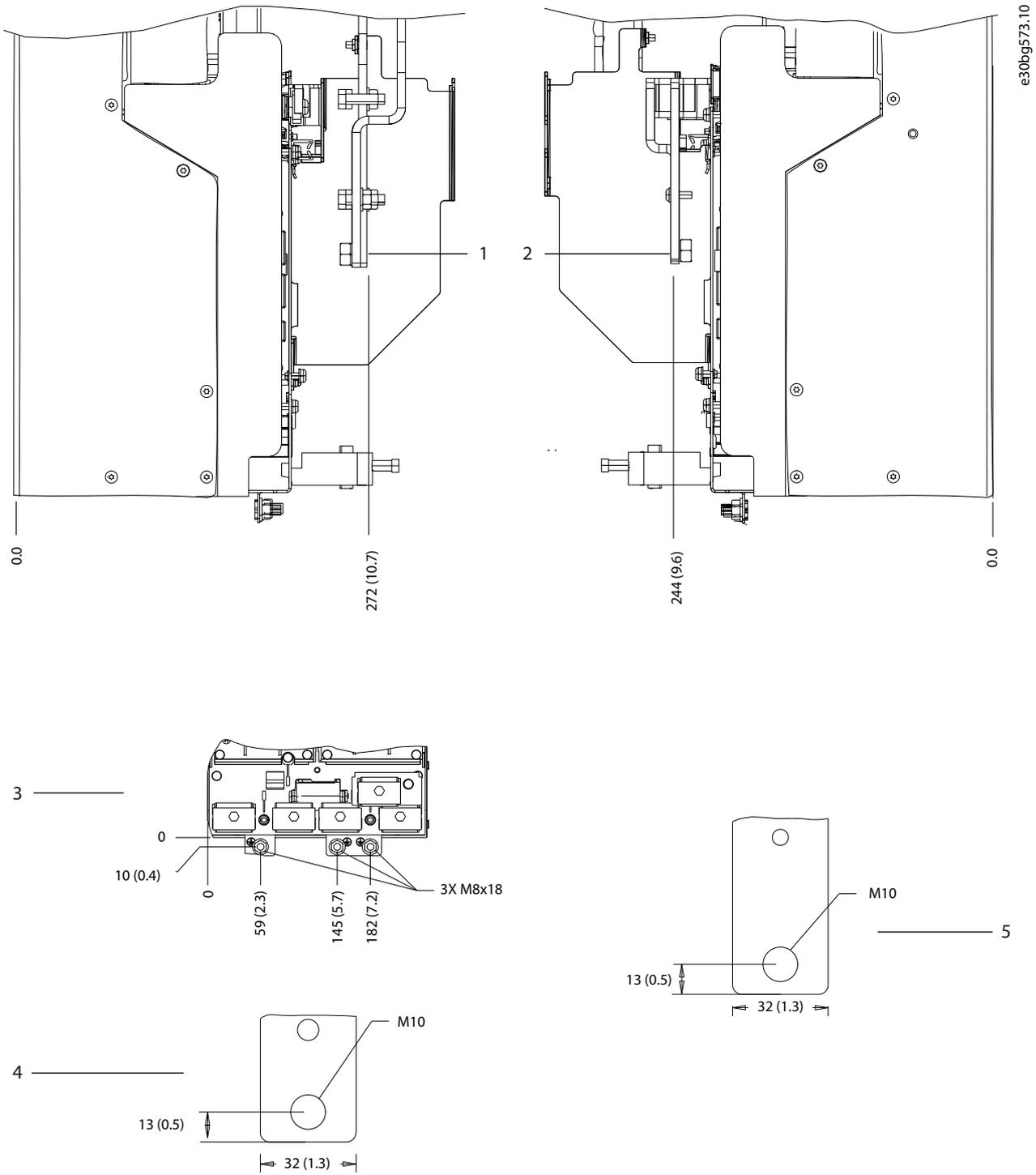


图 12: J8 端子尺寸 (侧视图)

- |   |       |   |       |
|---|-------|---|-------|
| 1 | 主电源端子 | 2 | 电机端子  |
| 3 | 接地端子  | 4 | 主电源端子 |
| 5 | 电机端子  |   |       |

e30bv157.10

### 5.18.3 J9 外部尺寸

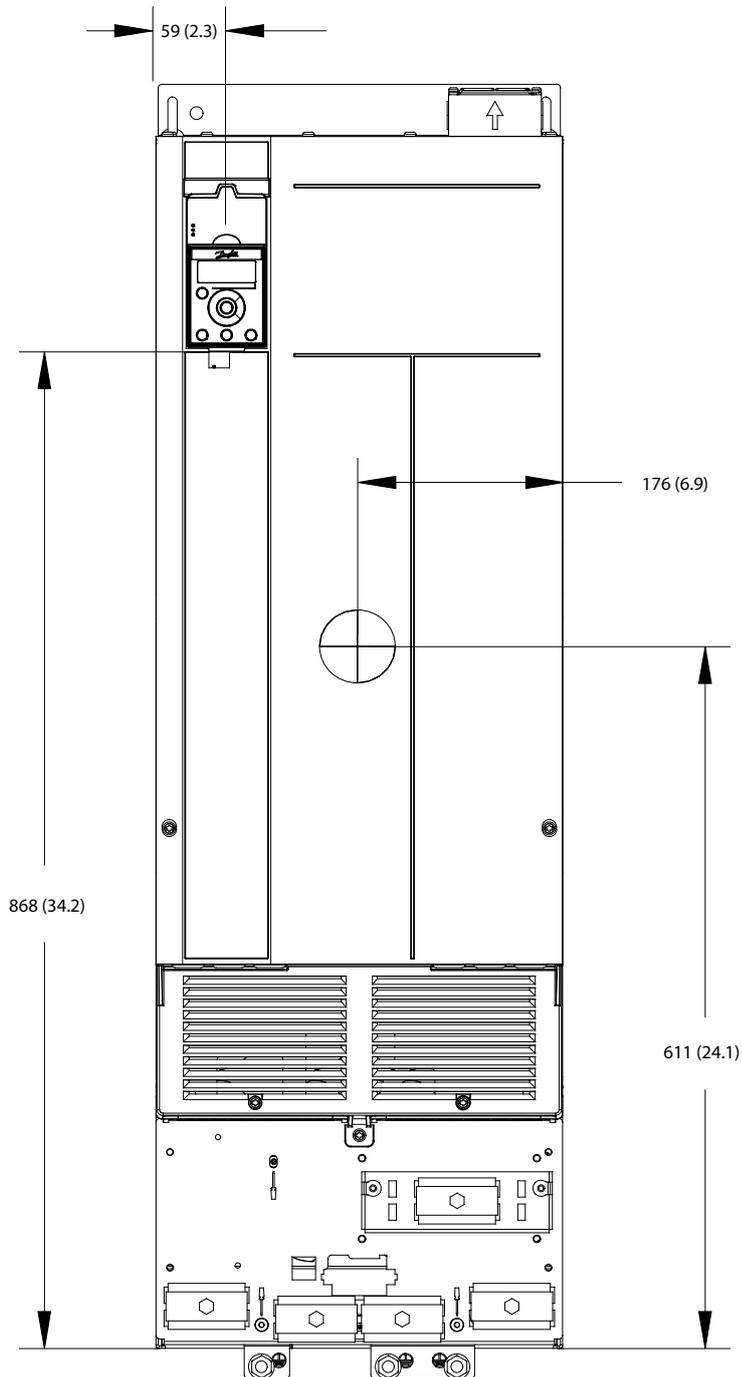
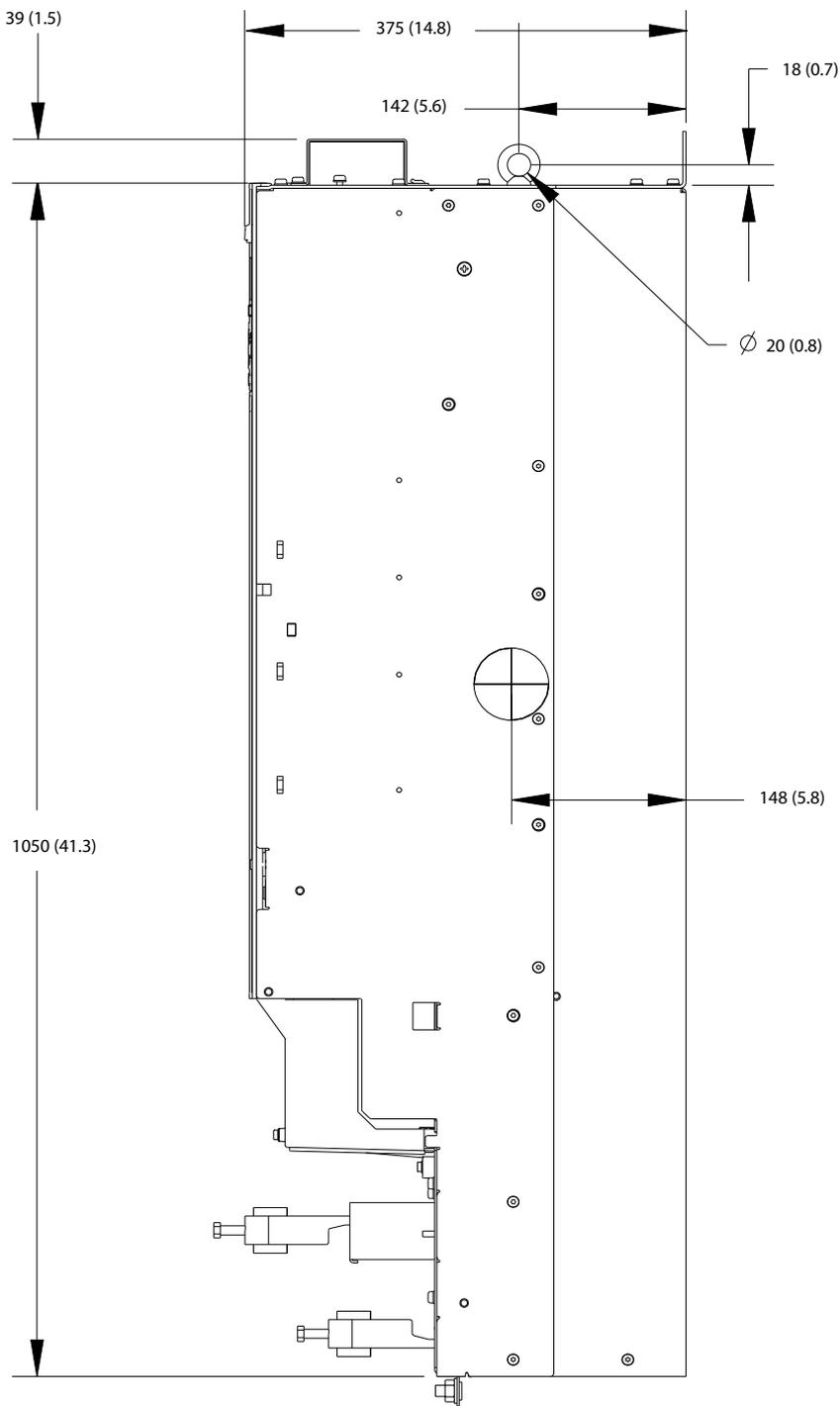


图 13: J9 的前视图



e30bf803.10

图 14: J9 的侧视图

e30bf804.10

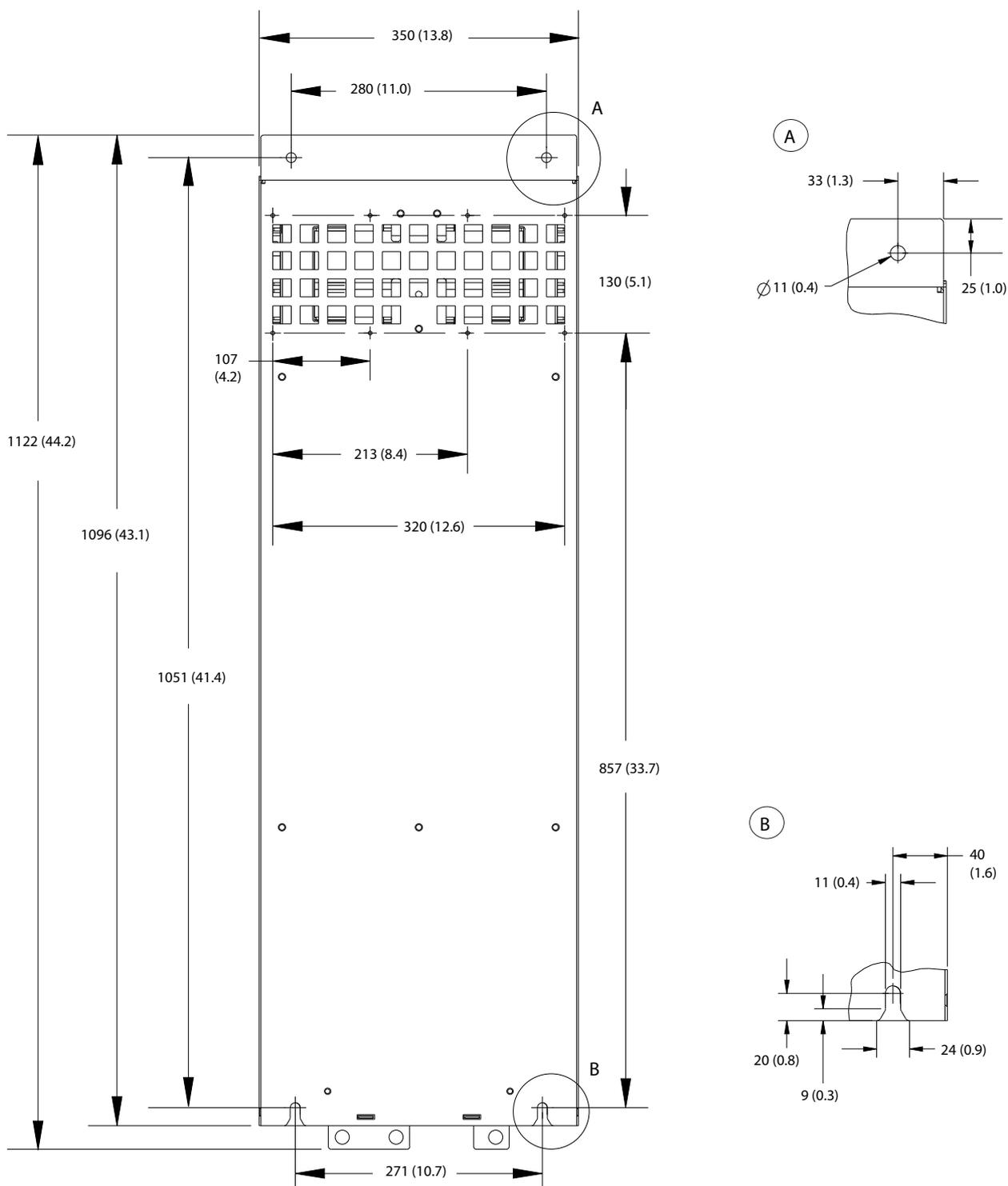
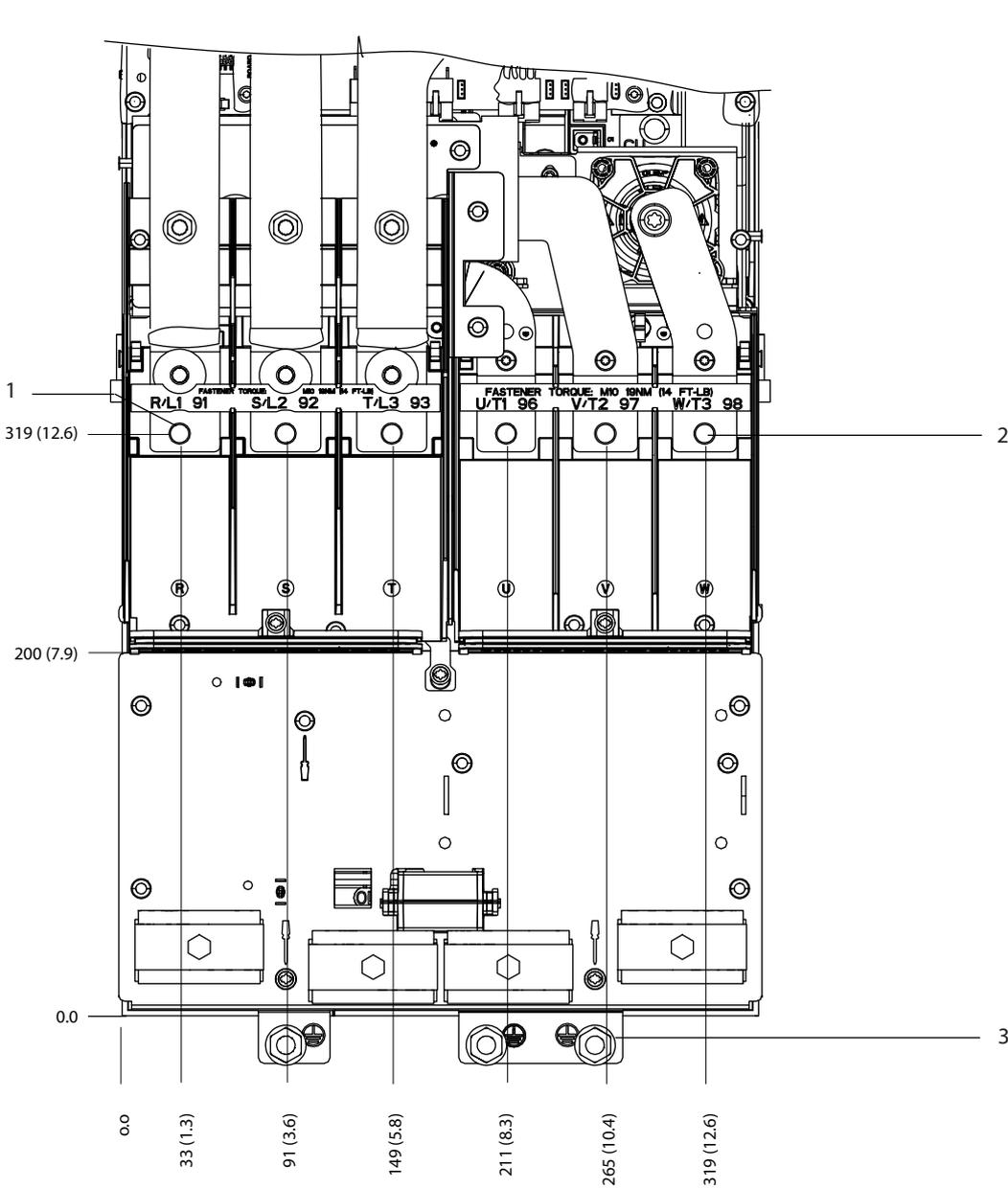


图 15: J9 的后视图

5.18.4 J9 端子尺寸



e30bg616.10

图 16: J9 端子尺寸 (前视图)

- |   |       |   |      |
|---|-------|---|------|
| 1 | 主电源端子 | 2 | 电机端子 |
| 3 | 接地端子  |   |      |

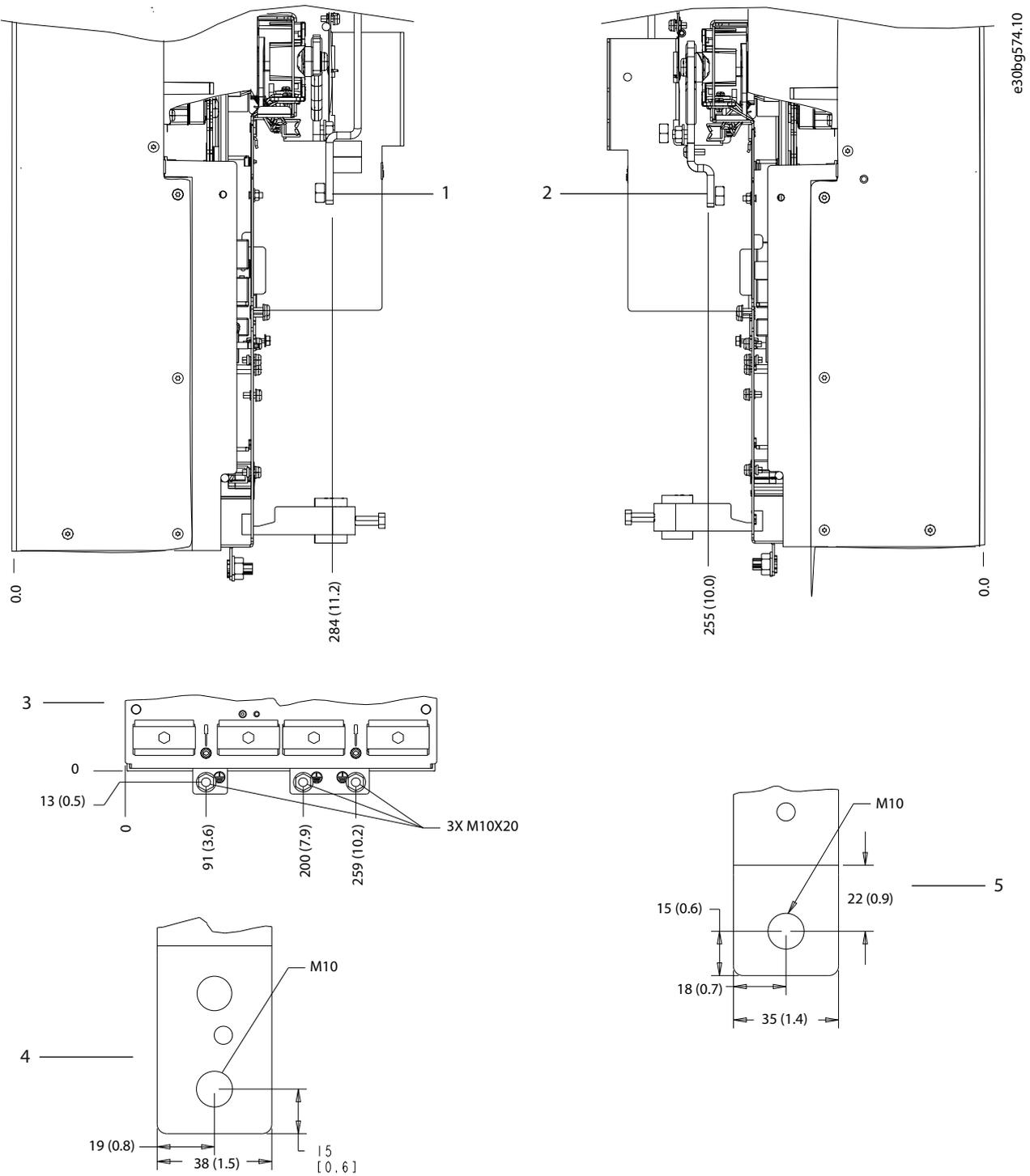


图 17: J9 端子尺寸 (侧视图)

- |   |       |   |       |
|---|-------|---|-------|
| 1 | 主电源端子 | 2 | 电机端子  |
| 3 | 接地端子  | 4 | 主电源端子 |
| 5 | 电机端子  |   |       |

## 6 机械安装注意事项

### 6.1 存放

将变频器存放在干燥位置。设备在安装之前应一直保持包装密封状态。请参考环境条件一章了解推荐的环境温度。

除非存放期超过 12 个月，否则，存放期间无需定期化成（电容器充电）。

### 6.2 起吊设备

始终用专用的吊环来起吊变频器。为避免吊环发生弯曲，请使用棍棒。



**警告**

#### 存在伤亡危险

请遵守有关起吊重物的地方安全法规。如果不遵守建议和地方安全法规，将可能导致死亡或严重伤害。

- 确保起重设备的工作状况正常。
- 有关不同机箱规格的重量，请参阅产品概述和功能一章。
- 吊杆的最大直径：20 mm (0.8 in)。
- 变频器顶端与提升索之间应成 60° 或更大角度。

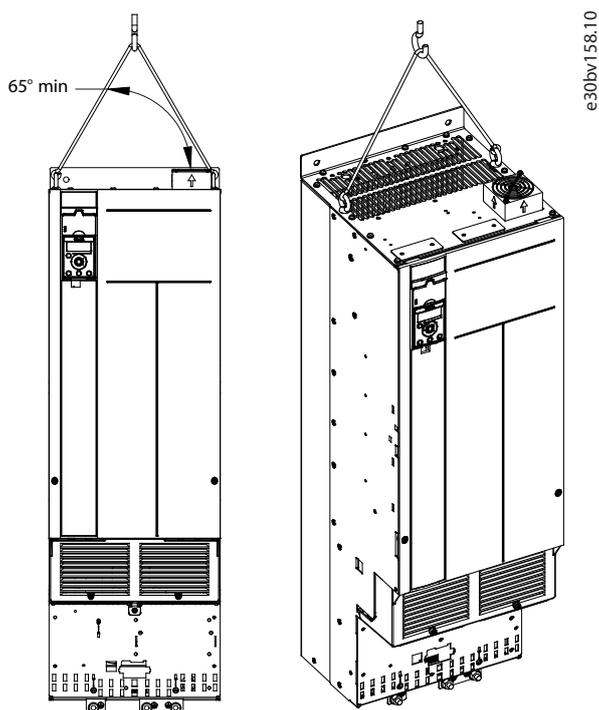


图 18: 建议的起吊方法

### 6.3 工作环境

#### 6.3.1 工作环境概述

在具有空气传播的液体、颗粒或腐蚀性气体的环境中，确保设备的 IP/类型等级符合安装环境。有关环境条件的规格，请参阅环境条件一章。

## 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。当变频器温度低于周围温度时，安装可选的空间加热器。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。

## 注意

## 极端环境条件

过高或过低的温度有损设备性能和使用寿命。

- 请勿在环境温度超过 55 °C (131 °F) 的条件下运行。
- 变频器可在温度低至 -10 °C (14 °F) 时运行。但是，只有在 0 °C (32 °F) 或更高温度下才能保证以额定负载正常运行。
- 如果温度超过环境温度限值，则必须在机箱或安装现场加装空调系统。

## 6.3.2 气体

腐蚀性气体，如硫化氢、氯气或氨气，可损害电气和机械部件。本设备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，请参阅环境条件一章。

## 6.3.3 防尘

将变频器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，这些灰尘将变为隔热层。此灰尘层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。

## 冷却风扇

风扇提供气流来冷却变频器。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。灰尘还会堆积在风扇叶片上，导致不平衡，阻碍风扇正常冷却设备。

## 6.4 安装配置

下表列出了每种变频器机箱规格的可用安装配置。

## 注意

安装不当可能导致过热和性能下降。

表 5: 安装配置

机箱规格	壁挂/机柜安装	底座安装（独立）
J8	X <sup>(1)</sup>	-
J9	X <sup>(1)</sup>	-

1) 可采用壁挂，但Danfoss建议变频器在机箱内使用面板安装方式，因为防护等级更高。

## 安装注意事项：

- 请将设备放在尽可能靠近电机的位置。有关最大电机电缆长度，请参阅电缆长度和横截面积一章。
- 通过将设备安装在稳定表面上来确保设备稳定性。
- 确保安装位置具有足以支撑设备重量的强度。

- 确保在设备周围留出足够空间以便正确冷却。请参阅背部风道冷却一章。
- 确保门能够方便地打开。
- 确保电缆线从底部进入。

## 6.5 冷却

- 确保在顶部和底部留出冷却空气间隙。间隙要求：225 毫米（9 英寸）。
- 提供足够的气流流速。请参阅下表。
- 当温度在45 °C (113 °F) 和 50 °C (122 °F) 之间，并且海拔超过 1000 米（3300 英尺）时，应考虑降容。请参阅降容一章了解详细信息。

变频器采用背部散热风道冷却方式来排出散热片冷却空气。散热片冷却空气带走的热量约占变频器背部散热风道散热量的 90%。如需让控制柜或房间的背部散热风道空气改向，请执行以下操作：

- **风道冷却**  
当将 IP20/机架式变频器安装在 Rittal 机箱中时，可以借助背部风道冷却套件将散热片冷却空气排出到控制柜之外。通过使用此套件，可以减少控制柜中的热量，并且可安装更小规格的门装风扇。
- **后壁冷却**  
安装设备顶盖和底盖以便背部风道冷却空气从室内排出。

保证散热片上有充足的气流。

表 6: J8-J9 气流流速

机箱规格	门装风扇/顶装风扇 [m <sup>3</sup> /hr (cfm)]	散热片风扇 [m <sup>3</sup> /hr (cfm)]
J8	102 (60)	420 (250)
J9	204 (120)	840 (500)

## 6.6 降容

### 6.6.1 降容概述

降容是一种用于降低输出电流来防止变频器在机箱内温度过高时发生跳闸的方法。如果预计会出现某些极端操作条件，可选择更高功率的变频器来避免降容。这称为手动降容。否则，变频器将自动降低输出电流以消除在极端条件下产生的过多热量。

#### 手动降容

出现以下情况时，Danfoss建议选择功率高一级的变频器（比如选择 H132 而不是 H110）：

- 低速 - 恒转矩应用中持续低速运行。
- 低气压 - 在海拔超过 1000 米（3281 英尺）的位置运行。
- 高环境温度。
- 开关频率过高。
- 电机电缆很长。
- 具有较大横截面积的电缆。

#### 自动降容

如果出现以下工作条件，变频器将自动更改载波频率或载波模式（PWM 至 SFAVM）以降低机箱内过多的热量：

- 控制卡或散热片温度过高。
- 电机负载高或电机速度低。

## 6.6.2 低速运行时降容

将电机连接到变频器时，需要检查电机是否有足够的冷却能力。所需的冷却能力取决于以下条件：

- 电机上的负载。
- 运行速度。
- 运行时间的长度。

### 恒定转矩应用

在恒定转矩应用中，如果转速较低，则会发生问题。在恒定转矩应用中，电机在低速时可能因为来自电机内风扇的冷却空气减少而发生过热。

如果电机在 RPM 不及额定值一半的速度下连续运行，则必须为电机提供额外的冷却气流。如果无法提供额外的冷却气流，则可使用专用于低 RPM/恒定转矩应用的电机来替代。

### 可变（平方）转矩应用

在转矩与速度的平方成正比以及功率与速度的立方成正比的可变转矩应用中，电机无需额外冷却或降容。离心泵和鼓风机是常见的可变转矩应用。

## 6.6.3 根据海拔降容

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 ( $I_{MAX}$ )。参见图 19，其中展示了 41.7 °C (107 °F) 的温度下，可获得 100% 的额定输出电流。当温度为 45 °C (113 °F) ( $T_{AMB, MAX-3K}$ ) 时，可以获得 91% 的额定输出电流。

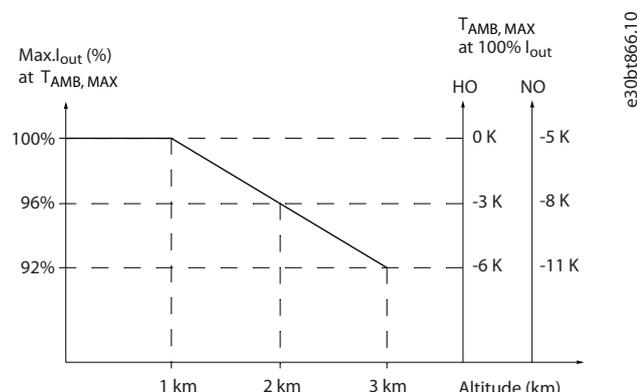


图 19:  $T_{AMB, MAX}$  下基于海拔的输出电流降容

## 6.6.4 根据环境温度和开关频率进行降容

### 注意

#### 出厂降容

Danfoss变频器已在工作温度 (55 °C (131 °F)  $T_{AMB, MAX}$  和 50 °C (122 °F)  $T_{AMB, AVG}$ ) 下降容。

参考下表中的图可确定是否必须根据开关频率和环境温度对输出电流降容。参考这些图时， $I_{out}$  表示额定输出电流的百分比， $f_{sw}$  表示开关频率。

表 7: 额定值为 380–480 V 的变频器的降容表

机箱规格	开关模式	高过载 (HO), 150%	正常过载 (NO), 110%
J8-J9	60 AVM	<p>Graph showing output current (I<sub>out</sub> [%]) vs switching frequency (fsw [kHz]) for 60 AVM in High Overload (HO) mode. The y-axis ranges from 60 to 110, and the x-axis from 0 to 9. Two curves are shown for 50 °C (122 °F) and 55 °C (131 °F). The output current is constant at 100% until 3 kHz, then decreases linearly. The 55 °C curve reaches approximately 65% at 9 kHz, while the 50 °C curve reaches approximately 70% at 9 kHz.</p>	<p>Graph showing output current (I<sub>out</sub> [%]) vs switching frequency (fsw [kHz]) for 60 AVM in Normal Overload (NO) mode. The y-axis ranges from 50 to 110, and the x-axis from 0 to 9. Three curves are shown for 45 °C (113 °F), 50 °C (122 °F), and 55 °C (131 °F). The output current is constant at 100% until 3 kHz, then decreases linearly. At 9 kHz, the output currents are approximately 70%, 75%, and 80% for the 45 °C, 50 °C, and 55 °C curves respectively.</p>
	SFAVM	<p>Graph showing output current (I<sub>out</sub> [%]) vs switching frequency (fsw [kHz]) for SFAVM in High Overload (HO) mode. The y-axis ranges from 60 to 110, and the x-axis from 0 to 6. Three curves are shown for 45 °C (113 °F), 50 °C (122 °F), and 55 °C (131 °F). The output current is constant at 100% until 3 kHz, then decreases linearly. At 5 kHz, the output currents are approximately 70%, 75%, and 80% for the 45 °C, 50 °C, and 55 °C curves respectively.</p>	<p>Graph showing output current (I<sub>out</sub> [%]) vs switching frequency (fsw [kHz]) for SFAVM in Normal Overload (NO) mode. The y-axis ranges from 50 to 110, and the x-axis from 0 to 6. Four curves are shown for 40 °C (104 °F), 45 °C (113 °F), 50 °C (122 °F), and 55 °C (131 °F). The output current is constant at 100% until 3 kHz, then decreases linearly. At 5 kHz, the output currents are approximately 65%, 70%, 75%, and 80% for the 40 °C, 45 °C, 50 °C, and 55 °C curves respectively.</p>

## 7 电气安装注意事项

### 7.1 安全说明

有关一般安全说明，请参阅安全性一章。



警告

#### 感生电压

来自不同变频器的输出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。

- 应单独布置输出机电缆或使用屏蔽电缆。
- 同时锁定所有变频器。



警告

#### 触电危险

变频器可能会在接地导体中产生直流电流，进而可能导致死亡或严重伤害。若不遵守建议，RCD 可能无法提供所需的保护。

- 当使用残余电流保护装置 (RCD) 来防止触电时，仅允许在电源端使用 B 型 RCD。

#### 过电流保护

- 对于具有多个电机的应用，需要在变频器和电机之间使用诸如短路保护或电机热保护等额外的保护设备。
- 需要使用输入侧熔断器来提供短路和过电流保护。如果出厂时没有配置熔断器，则应由安装方提供。请参阅熔断器和断路器一章中的熔断器最大额定值。

#### 线型和额定值

- 所有线缆都必须符合国家和地方法规中关于横截面积和环境温度的要求。
- 建议的电力线缆规格：最低额定温度为 75 °C (167 °F) 的铜线。

有关建议的线缆规格和类型，请参阅电缆长度和横截面积一章。



小心

#### 财产损害

在默认设置的参数中未包括对电机的过载保护。要添加此功能，将参数 1-90 电机热保护设置为 [ETR 跳闸] 或 [ETR 警告]。针对北美市场：ETR 功能可以提供符合 NEC 规定的第 20 类电机过载保护。如果未将参数 1-90 电机热保护设置为 [ETR 跳闸] 或 [ETR 警告]，则表示未提供电机过载保护，如果电机过热，则可能发生财产损失故障。

## 7.2 接线图

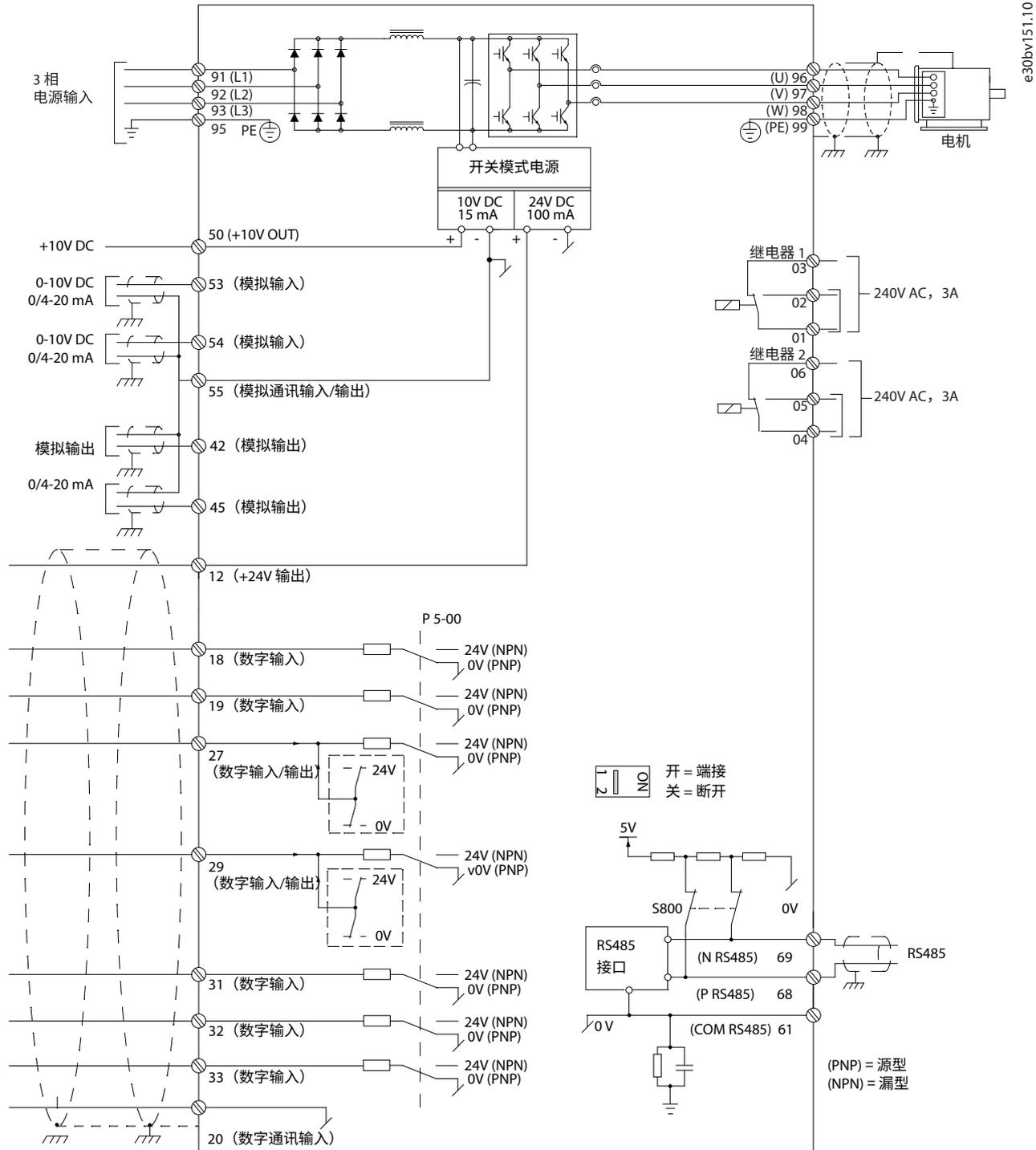


图 20: 接线图

## 7.3 电源连接

### 注意

所有接线都必须符合相关国家和地方关于电缆横截面积和环境温度的法规。不符合 UL 的应用可以使用 75 °C (167 °F) 和 90 °C (194 °F) 铜导线。

电源电缆连接的位置如下图所示。有关正确选择电机电缆的横截面积和长度的信息，请参阅规格一章。

为了保护变频器，使用建议保险丝，除非设备带有内置的保险丝。[7.5 熔断器和断路器](#)中列出了建议的熔断器。确保根据本地法规来选用适当的熔断方式。

主电源接线安装在主电源开关上（如果包含该开关）。

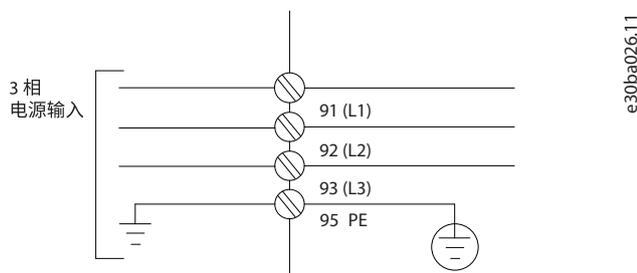


图 21: 电源电缆连接

### 注意

电机电缆必须为屏蔽/铠装电缆。如果使用非屏蔽/非铠装的电缆，则无法满足某些 EMC 要求。为符合 EMC 辐射规范，请使用屏蔽/铠装的电机电缆。有关详细信息，请参阅符合 EMC 规范的安装一章。

### 电缆屏蔽

请不要以扭结方式（辫子状）端接屏蔽丝网。否则会损害在高频下的屏蔽效果。如果必须断开屏蔽丝网以安装电机绝缘开关或电机接触器，则在尽可能低的高频阻抗处使屏蔽丝网连续。

请将电机电缆的屏蔽丝网连接到变频器的去耦板和电机的金属机壳上。

连接屏蔽丝网时，在变频器中使用的安装设备，确保表面积（电缆线夹）尽可能最大。

### 电缆长度和横截面积

变频器已在指定电缆长度的情况下进行了 EMC 测试。为了减小干扰水平和漏电流，请使用尽可能短的电机电缆。

### 开关频率

如果为了降低电机声源性噪音而为变频器配备了正弦波滤波器时，则必须根据[参数 14-01 开关频率](#)中的说明设置开关频率。

表 8: 电机电缆连接

端子	96	97	98	99	说明
	U	V	W	PE <sup>(1)</sup>	电机电压为主电源电压的 0-100%。电机引出 3 条电线。
	U1	V1	W1	PE <sup>(1)</sup>	三角形连接。
	W2	U2	V2	PE <sup>(1)</sup>	电机引出 6 条电线。
	U1	V1	W1	PE <sup>(1)</sup>	U2、V2、W2 星形连接。U2、V2 和 W2 分别互连。

1) 保护性接地连接。

### 注意

如果电机没有相绝缘纸或其它适合变频器供电的加强绝缘措施，可在变频器的输出端安装一个正弦波滤波器。

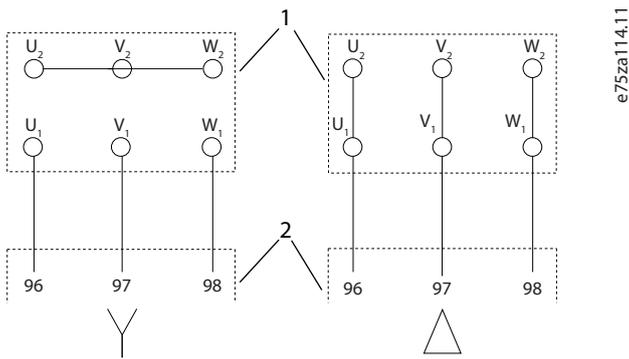


图 22: 电机电缆连接

## 7.4 控制接线和端子

### 7.4.1 控制电缆的正确接地

控制电缆必须带有屏蔽层，且必须在每端通过电缆夹将屏蔽层连接到变频器的金属机柜。

有关控制电缆的正确接地，如[图 23](#)所示。

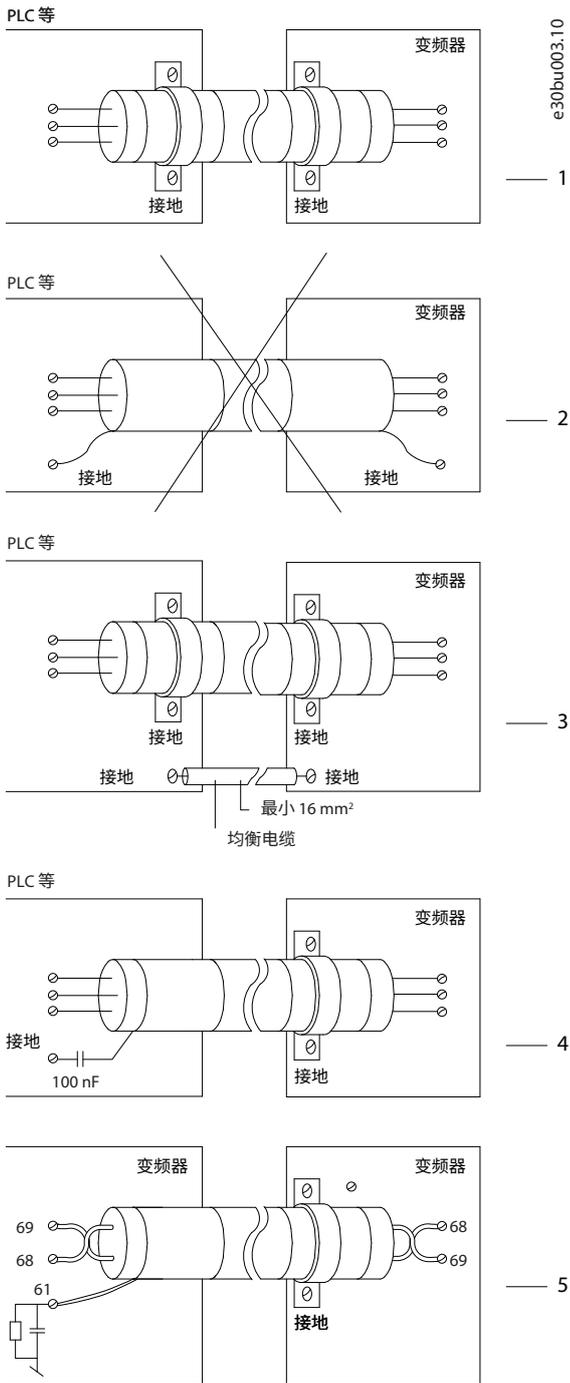


图 23: 接地示例

- 1 必须在控制电缆和串行通讯电缆两端安装电缆夹，以保证尽可能好的电气接触。
- 2 不要在电缆端部使用纽结（辫状）。这会增加屏蔽丝网在高频下的阻抗。
- 3 如果变频器和 PLC 之间的接地电势不同，可能会产生干扰整个系统的电噪声。在控制电缆旁边安装一条等势电缆。该电缆最小横截面积： $16 \text{ mm}^2$  (6 AWG)。
- 4 如果使用长控制电缆，则可形成 50/60 Hz 的接地回路。通过一个 100 nF 电容器将屏蔽层的一端接地（引线应尽可能短）。
- 5 使用电缆进行串行通讯时，将屏蔽层的一端连接到端子 61 可消除两个变频器之间的低频噪音电流。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差模干扰。

## 7.4.2 控制电缆的布线

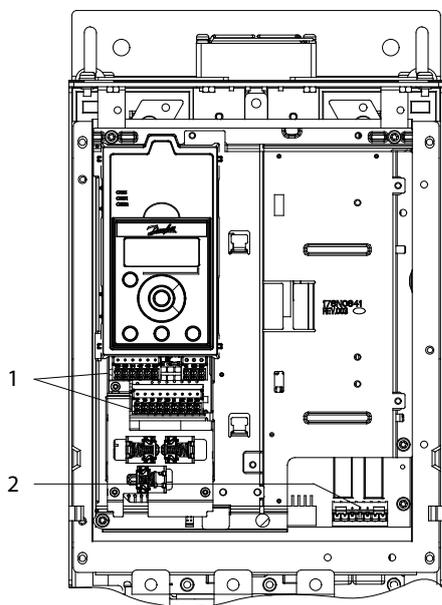
固定和铺设所有控制线缆。记住用正确方式连接屏蔽层，以确保最理想的抗电气干扰能力。

- 将控制线路与大功率电缆隔离开来。
- 当变频器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 直流供电电压。

### 现场总线连接

请根据控制卡上的相关选项来进行连接。请参阅相关的现场总线手册。必须固定电缆并与设备内的其他控制线缆一起布置。

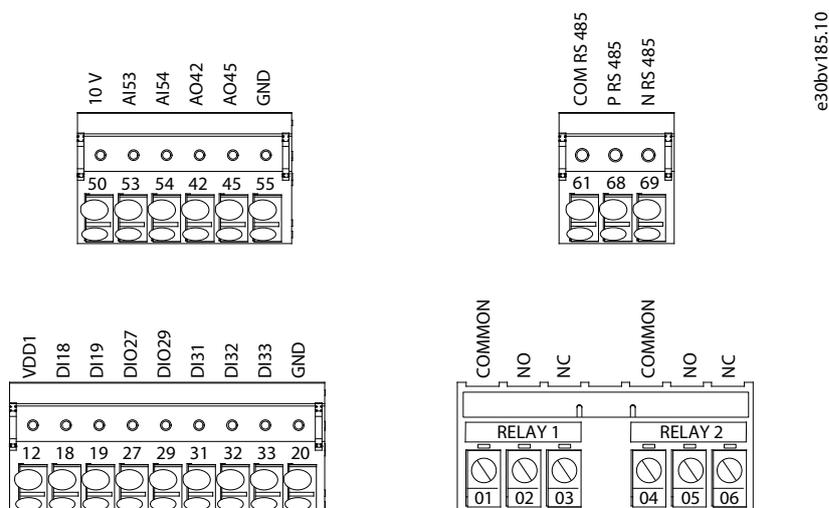
## 7.4.3 控制端子



e30bvr169.10

图 24: 控制端子位置

- |   |      |   |     |
|---|------|---|-----|
| 1 | 控制端子 | 2 | 继电器 |
|---|------|---|-----|



e30bv185.10

图 25: 连接器上的端子号

表 9: 端子说明

端子	参数	默认设置	说明
<b>数字 I/O、脉冲 I/O、编码器</b>			
12	-	+24 V 直流	24V 直流供电电压。所有 24 V 负载的最大输出电流为 100 mA。
18	参数 5-10 端子 18 数字输入	[8] 启动	数字输入。
19	参数 5-11 端子 19 数字输入	[10] 反向	
27	参数 5-12 端子 27 数字输入 参数 5-30 端子 27 数字输出	DI [2] 惯性停车反逻辑 DO [0] 无操作	可以选择用作数字输入、数字输出或脉冲输出。默认设置为数字输入。 端子 29 可用于脉冲输入。
29	参数 5-13 端子 29 数字输入 参数 5-31 端子 29 数字输出	DI [14] 点动 DO [0] 无操作	
31	参数 5-16 端子 31 数字输入	[0] 无操作	数字输入。
32	参数 5-14 端子 32 数字输入	[0] 无操作	数字输入，24 V 编码器。端子 33 可用作脉冲输入。
33	参数 5-15 端子 33 数字输入	[0] 无操作	
20	-	-	数字输入的公共端子，24 V 电源的 0 V 电势。
<b>模拟输入/输出</b>			
50	-	+10 V DC	10 V DC 模拟供电电压。最大电流为 15 mA，常用于电位计或热敏电阻。
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。
54	参数组 6-2* 模拟输入 2	反馈	

表 9: 端子说明 (继续)

端子	参数	默认设置	说明
42	参数 6-91 端子 42 模拟输出	[0] 无操作	可编程模拟输出。在最大阻抗为 500 Ω 的情况下, 模拟信号为 0-20 mA 或 4-20 mA, 也可配置为数字输出。
45	参数 6-71 端子 45 模拟输出	[0] 无操作	
55	-	-	模拟输入的公共端子。
<b>串行通讯</b>			
61	-	-	在遇到 EMC 问题时, 将集成 RC 滤波器连接到电缆屏蔽层。
68(+)	参数组 8-3* FC 端口设置	-	RS485 接口。控制卡上提供了一个用于总线端接阻抗的开关。
69(-)	参数组 8-3* FC 端口设置	-	
<b>继电器</b>			
01, 02, 03	参数 5-40 继电器功能 [0]	[0] 无操作	C 型继电器输出。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 功能继电器 [1]	[0] 无操作	

## 7.5 熔断器和断路器

熔断器可以确保将变频器可能遭受的损害限制在内部。为确保符合 EN 50178 标准, 请使用推荐的熔断器作为替换件。必须在供电侧使用熔断器才能达到 IEC 60364 (CE) 的安装要求。

建议对 J8-J9 机箱使用 aR 型熔断器。

表 10: J8-J9 电源/半导体熔断器规格

型号	380-480 V
H90K/Q110	ar-315
H110/Q132	ar-350
H132/Q160	ar-400
H160/Q200	ar-500
H200/Q250	ar-630
H250/Q315	ar-800

表 11: J8-J9 电源/半导体熔断器选件, 380-480 V

型号	熔断器选件						
	Bussman	Littelfuse	Littelfuse	Bussman	Siba	Ferraz-Shawmut	Ferraz-Shawmut (欧洲)
H90K/Q110	170M2619	LA50QS300-4	L50S-300	FWH-300A	20 189 20.315	A50QS300-4	6,9URD31D0 8A0315
H110/Q132	170M2620	LA50QS350-4	L50S-350	FWH-350A	20 189 20.350	A50QS350-4	6,9URD31D0 8A0350
H132/Q160	170M2621	LA50QS400-4	L50S-400	FWH-400A	20 189 20.400	A50QS400-4	6,9URD31D0 8A0400
H160/Q200	170M4015	LA50QS500-4	L50S-500	FWH-500A	20 189 20.550	A50QS500-4	6,9URD31D0 8A0550
H200/Q250	170M4016	LA50QS600-4	L50S-600	FWH-600A	20 189 20.630	A50QS600-4	6,9URD31D0 8A0630
H250/Q315	170M4017	LA50QS800-4	L50S-800	FWH-800A	20 189 20.800	A50QS800-4	6,9URD31D0 8A0800

表 12: 建议的 J8-J9 空间加热器熔断器

Bussmann	额定值
LPJ-21/2SP	2.5 A, 600 V

## 注意

## 隔离开关

订购时附带有出厂安装的隔离开关的所有设备都需要使用 L 类支路熔断器, 变频器才能满足 100 kA SCCR 的要求。如果使用断路器, 则 SCCR 额定值为 42 kA。变频器的输入电压和功率额定值确定了具体的 L 类熔断器。输入电压和额定功率可在产品铭牌上找到。

## 7.6 电机

## 7.6.1 电机转动

变频器可以与任何三相异步标准电机一起使用。

表 13: 提供顺时针旋转的电机电缆端子 (出厂默认设置)

端子	功能
96	U/T1
97	V/T2
98	W/T3
99	接地

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

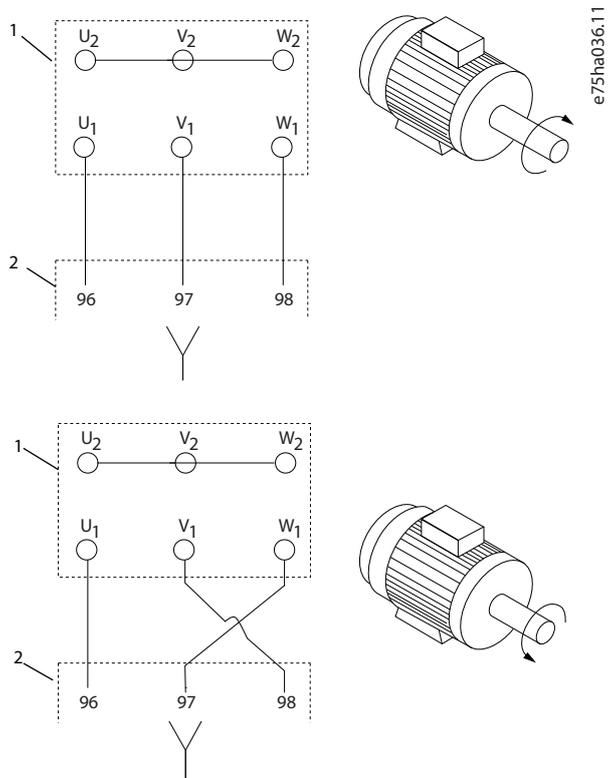


图 26: 更改电机旋转情况

## 7.6.2 电机热保护

当**参数 1-90 电机热保护**设置为 ETR 跳闸且**参数 1-24 电机电流**设置为额定电机电流（请参阅电机铭牌）时，变频器中的电子热保护继电器已获得单电机过载保护的批准。

## 7.6.3 电机并联

变频器可以控制多台并联电机。有关并联电机的不同配置，请参阅[图 27](#)。

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 IINV。
- 如果电机的规格相差较大，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) 用作电机过载保护装置。请为电机提供进一步的过载保护，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。
- 使用并联电机时，建议在 U/f 模式（**参数 1-01 电机控制原理**设置为 [0] 异步）下运行应用。在**参数 1-55 U/f 特性 - U**和**参数 1-56 1-56 U/f 特性 - F**中设置 U/f 图。

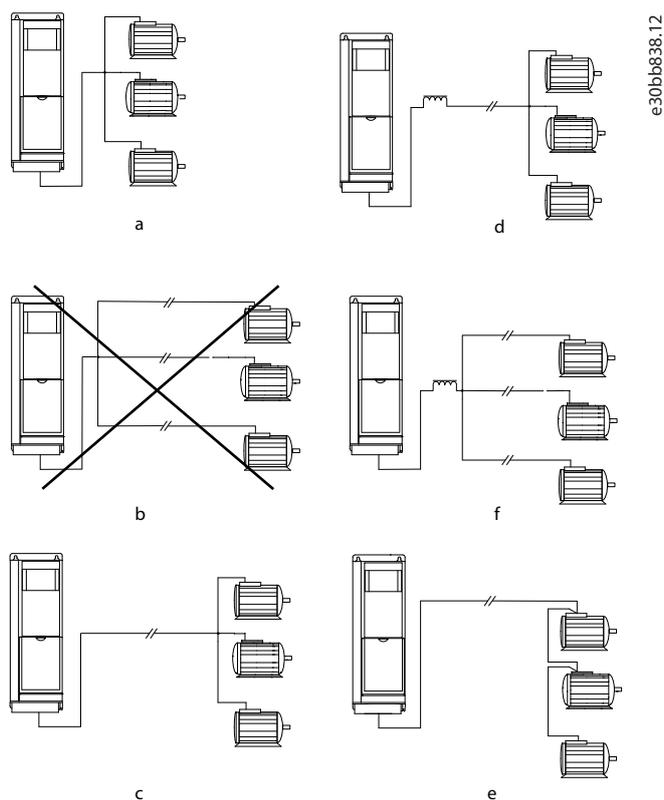


图 27: 电机的不同并联方式

- 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 注意电缆长度和横截面积一章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（32 英尺），电缆长度和横截面积一章中指定的电机电缆总长度即有效。
- D 考虑电机电缆两端的压降。
- E 考虑电机电缆两端的压降。
- F 只要并联的每根电缆的长度不超过 10 米（32 英尺），电缆长度和横截面积一章中指定的电机电缆总长度即有效。

### 7.6.4 电机绝缘

对于等于短于电缆长度和横截面积中列出的最大电缆长度的电机电缆长度，可使用下表中所示的电机绝缘额定值。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。

表 14: 电机额定绝缘等级

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

## 7.6.5 电机轴承电流

要去除与变频器安装在一起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）轴承和主轴的电流，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 IGBT 开关频率。
- 调节逆变器波形，60° AVM 与 SFAVM。
- 安装轴接地系统或采用绝缘管接头。
- 涂抹导电的润滑脂。
- 尽可能使用最低速度设置。
- 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。

## 7.7 漏电断路器 (RCD) 和绝缘电阻监测器 (IRM)

在符合地方安全法规的前提下，请使用 RCD 继电器、多重保护接地或接地来提供额外保护。

如果发生接地故障，故障电流中可能会产生直流成分。如果使用 RCD 继电器，则必须遵守地方法规的要求。继电器必须适用于对具有桥式整流电路以及具有上电瞬间对地泄漏电流的 3 相设备的保护。有关详细信息，请参阅泄漏电流一章。

## 7.8 泄漏电流

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进行高频开关控制。高频切换会在接地线路中产生漏电电流。

接地泄漏电流由多个成分组成，这取决于不同的系统配置，其中包括：

- RFI 滤波。
- 电机电缆长度。
- 电机电缆屏蔽。
- 变频器功率。

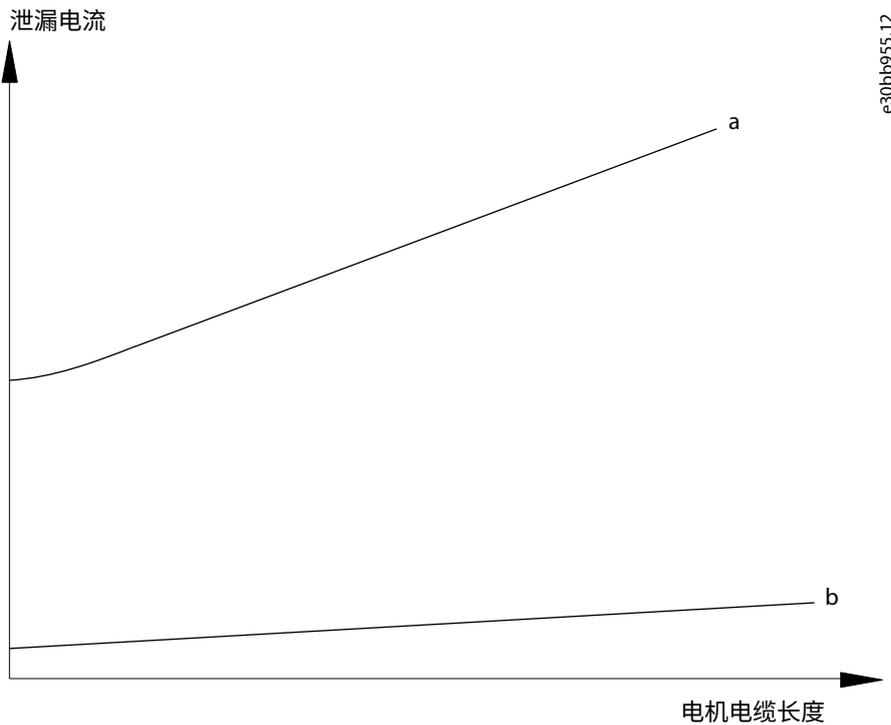


图 28: 电机电缆长度和功率规格会影响漏电电流。功率规格 a > 功率规格 b。

漏电电流还取决于线路失真情况。

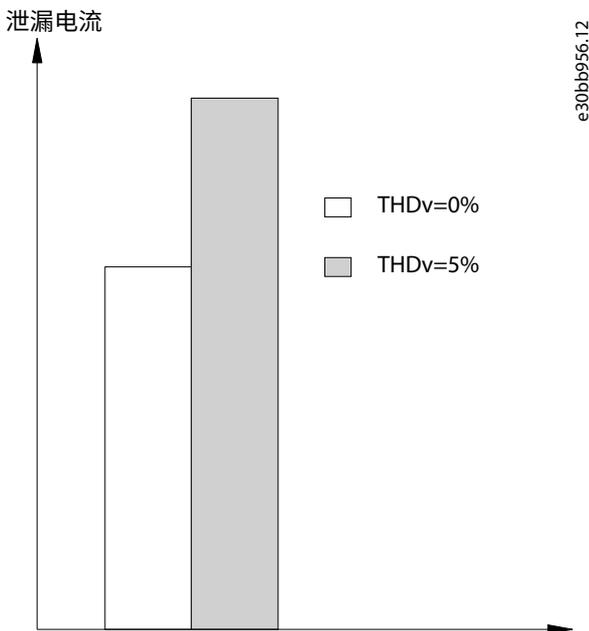


图 29: 线路失真会影响漏电电流

如果漏电电流超过 3.5 mA，EN/IEC61800-5-1 (动力驱动系统产品标准) 合规性须给予特别注意。

增强接地需满足以下防护性接地连接要求：

- 横截面积至少为  $10 \text{ mm}^2$  (8 AWG) 的地线（端子 95）。
- 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/IEC61800-5-1 和 EN 50178。

### 使用 RCD

在使用漏电断路器 (RCD) (也称为接地漏电断路器) 时，应符合下述要求：

- 仅使用可以检测交流和直流电流的 B 类 RCD。
- 使用带有延时功能的 RCD，以防瞬态接地电流造成故障。
- 根据系统配置和环境因素来选择 RCD 规格。

泄漏电流包括同时来源于主电源频率和开关频率的多个频率。是否检测到的开关频率取决于所使用的 RCD 类型。

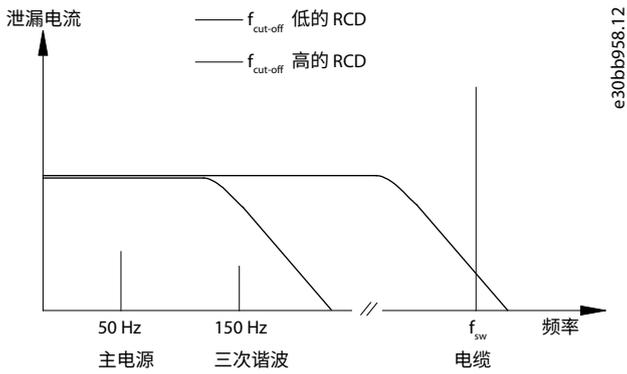


图 30: 泄漏电流的主要成因

由 RCD 检测到的泄漏电流值取决于 RCD 的截止频率。

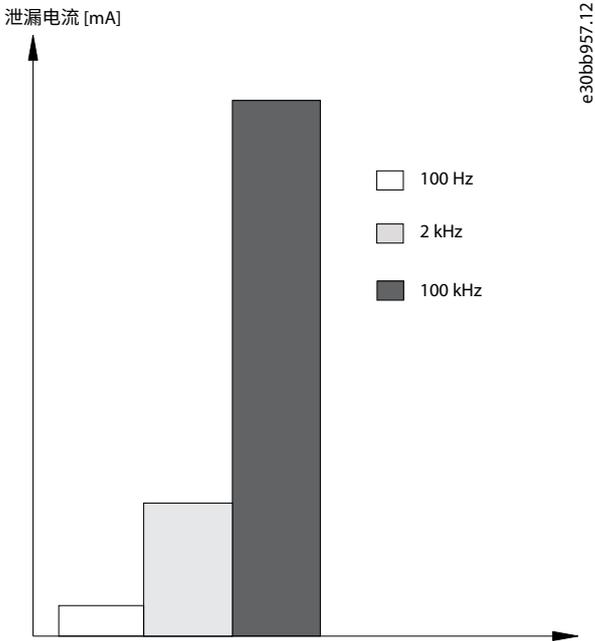


图 31: RCD 截止频率对漏电电流的影响

## 7.9 IT 主电源

### 主电源与地线绝缘

如果变频器由与其绝缘的主电源（IT 主电源，浮动三角形连接或接地三角形连接）或带有接地脚的 TT/TN-S 主电源供电，则建议通过变频器上的**参数 14-50 射频干扰滤波器**和滤波器上的**参数 14-50 射频干扰滤波器**来关闭射频干扰开关。有关更详细信息，请参阅 IEC 364-3。在关闭模式下，机架与直流回路之间的滤波电容被切断，以避免损坏直流回路并降低地容电流（符合 IEC 61800-3）。

如果需保持最佳 EMC 性能，或并联了电机或电机电缆长度超过 25 米（82 英尺），Danfoss 建议将**参数 14-50 射频干扰滤波器**设置为 **[1] 开**。另请参考应用说明“VLT 由 IT 主电源供电”。使用能够与功率电子装置 (IEC 61557-8) 一起使用的绝缘监测器很重要。

## 7.10 效率

### 变频器效率 ( $\eta_{VLT}$ )

变频器的负载对其效率基本没有影响。一般地说，无论电机提供额定主轴转矩的 100% 还是仅 75%（在部分负载的情况下），在电机额定频率  $f_{M,N}$  下的效率都是相同的。

即使选择了其它 U/f 特性，变频器的效率也不会更改。但 U/f 特性会影响电机效率。

如果设置的开关频率值高于 5 kHz，效率会稍微降低。如果主电源电压为 480 V，或电机电缆超过 30 米（98 英尺）长，效率也会稍微降低。

### 变频器效率计算

根据下图可以计算变频器在不同负载下的效率。该图中的因数必须乘以电气数据一章中的规格表中所列的特定效率因数。

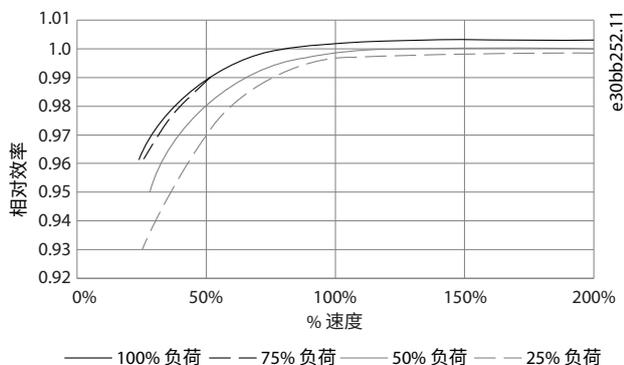


图 32: 典型效率曲线

示例：假定一台 160 kW、380-480/500 V 变频器以 25% 的负载和 50% 的速度运行。上图所示为 0.97 - 160 kW 变频器的额定效率是 0.98。因此，其实际效率是：0.97x0.98=0.95。

### 电机效率 ( $\eta_{MOTOR}$ )

连接到变频器的电机的效率取决于磁化级别。一般来说，效率的高低与电网的运行状况直接相关。电机的效率由电机的类型决定。

在额定转矩的 75-100% 的范围内，无论是由变频器控制还是直接由主电源供电，电机的效率一般都会保持不变。

在较小的电机中，U/f 特性对效率的影响可以忽略。但是，如果电机功率大于 11 kW (15 hp)，作用将比较明显。

一般情况下，开关频率并不影响小型电机的效率。功率大于 11 kW (15 hp) 的电机可以改进其效率（提高 1-2%），原因是，在高开关频率时，电机电流的正弦波形更为完美。

## 系统效率 ( $\eta_{\text{SYSTEM}}$ )

要计算系统效率，请用变频器的效率 ( $\eta_{\text{VLT}}$ ) 乘以电机的效率 ( $\eta_{\text{MOTOR}}$ ):

$$\eta_{\text{SYSTEM}} = \eta_{\text{VLT}} \times \eta_{\text{MOTOR}}$$

### 7.11 声源性噪音

变频器的声源性噪音有 3 个来源:

- 直流中间电路线圈。
- 内部风扇。
- 射频干扰滤波器电感。

下表列出了在距离设备 1 米 (3.3 英尺) 处测得的典型噪音值。

表 15: 声源性噪音

机箱规格	风扇全速运行时的 dBA
J8	73
J9	75

结果是根据 ISO 3744 在受控环境中对声源性噪音强度执行测试所得。已按照 ISO 1996-2 附录 D 针对硬件性能的工程数据记录对噪音进行量化。

### 7.12 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，请参阅输出滤波器设计指南。

当逆变器桥臂中的晶体管开关时，电机电压会以 du/dt 的比率升高，具体取决于电机电缆（类型、横截面积、屏蔽或未屏蔽电缆长度）和电感。

固有电感稳定在由直流回路电压决定的水平之前，它首先在电机电压中产生过冲  $U_{\text{PEAK}}$ 。上升时间和峰值电压  $U_{\text{PEAK}}$  影响电机的使用寿命。峰值电压过高时，尤其是没有相绕组绝缘措施的电机更容易受到影响。电机电缆长度会影响上升时间和峰值电压。电机电缆越短（几米长），上升时间越短，峰值电压越低。电机电缆越长（比如 100 米 (328 英尺)），上升时间越长，峰值电压越高。

电机端子上的峰值电压是由 IGBT 的开/关引起的。本变频器符合 IEC 60034-25:2007 第 2 版中有关为由变频器控制设计的电机的要求。本变频器还符合 IEC 60034-17:2006 第 4 版中有关由变频器控制的标准电机的规定。

### 大功率系列

在相应主电源电压下，下表中的功率规格符合 IEC 60034-17:2006 第 4 版中关于受变频器控制的标准电机的要求、IEC 60034-25:2007 第 2 版关于适用于由变频器控制的电机的要求以及 NEMA MG 1-1998 Part 31.4.4.2 中与逆变器控制的电机相关的要求。下表中的功率规格不符合 NEMA MG 1-1998 Part 30.2.2.8 关于通用电机的要求。

表 16: 非屏蔽电缆、无输出滤波器的 J8-J9 的 IEC dU/dt 测试结果, 380-480 V

功率范围 [kW (hp)]	电缆 [m (ft)]	主电源电压 [V]	上升时间 [ $\mu$ s]	峰值电压 [V]	dU/dt [V/ $\mu$ s]
90-160 (125-250)	30 (98)	500	0.71	1180	1339
	150 (492)	500	0.76	1423	1497
	300 (984)	500	0.91	1557	1370
200-315 (300-450)	30 (98)	500	1.10	1116	815
	150 (492)	500	2.53	1028	321
	300 (984)	500	1.29	835	517

表 17: 带有屏蔽电缆、无输出滤波器的 J8-J9 的 IEC dU/dt 测试结果, 380-480 V

功率范围 [kW (hp)]	电缆 [m (ft)]	主电源电压 [V]	上升时间 [ $\mu$ s]	峰值电压 [V]	dU/dt [V/ $\mu$ s]
90-160 (125-250)	30 (98)	500	-	-	-
	150 (492)	500	0.66	1418	1725
	300 (984)	500	0.96	1530	1277
200-315 (300-450)	30 (98)	500	-	-	-
	150 (492)	500	0.56	1261	1820
	300 (984)	500	0.78	1278	1295

## 7.13 电磁兼容性 (EMC)

### 7.13.1 概述

电气设备既会产生干扰，也会受到其他生成源的干扰。电磁兼容性 (EMC) 的影响取决于设备的功率和谐波特性。

系统中电气设备之间的不受控交互作用可降低兼容性和影响可靠性操作。干扰具有以下形式：

- 静电放电。
- 电压快速波动。
- 高频率干扰。

在 150 kHz 到 30 MHz 频率范围内最常见到电气干扰。在变频器系统中，逆变器、机电缆和电机会产生 30 MHz 到 1 GHz 范围的空中干扰。

机电缆中的电容性电流与电机电压的高 dU/dt 特性相结合而产生泄漏电流。请参阅下图。屏蔽机电缆的相线和屏蔽层之间具有更高电容，屏蔽层和地面之间也具有高电容。增加的电缆电容以及其他寄生电容和电机电感，改变了设备产生的电磁辐射特征。电磁辐射特征发生改变的情况主要出现在小于 5 MHz 的辐射中。大多数泄漏电流 (I1) 会通过 PE (I3) 返回设备，屏蔽的机电缆仅产生一个微弱的电磁场 (I4)。屏蔽层降低了辐射性干扰，但增强了主电源的低频干扰。

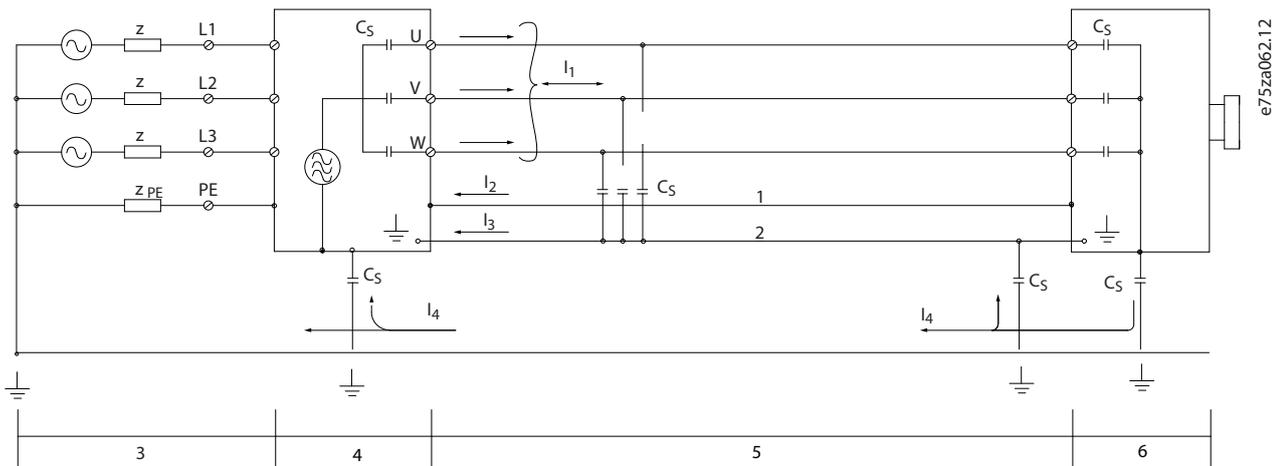


图 33: 示出可能的泄漏电流的电模型

1	地线	2	屏蔽	
3	交流主电源	4	变频器	
5	屏蔽电机电缆	6	电机	
Cs	可能的寄生电容分流通路（因安装的系统不同而异）		I <sub>1</sub>	共模泄漏电流
I <sub>2</sub>	屏蔽电机电缆	I <sub>3</sub>	安全接地（电机电缆中的第四个导体）	
I <sub>4</sub>	意外共模电流			

### 7.13.2 EMC 测试结果

下列测试结果是在使用一个变频器（带有相关选项）、一根屏蔽控制电缆、一个带有电位计的控制箱、一个电机和电机屏蔽电缆时获取的。

表 18: EMC 测试结果（辐射）

射频干扰滤波器类型	传导性干扰			辐射性干扰				
	标准和要求	EN 55011 之间的相关性	B 类 住宅、商业和轻工业	A 类组 1 工业环境	A 类组 2 工业环境	B 类 住宅、商业和轻工业	A 类组 1 工业环境	A 类组 2 工业环境
	EN/IEC 61800-3	类别 C1 居住、商业或轻工业	类别 C2 商业或轻工业	类别 C3 工业	类别 C1 居住、商业或轻工业	类别 C2 商业或轻工业	类别 C3 工业	
FC 360	90–315 kW 380–480 V	否	否	150 m (492 ft)	否	否	是	

### 7.13.3 辐射要求

根据可调速变频器的 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下表中定义。

本变频器符合 IEC/EN 61800-3 类别 C3 中针对安装在第二种环境中的每相实际电流超过 100 A 的设备规定的 EMC 要求。合规测试使用 150 米（492 英尺）长的屏蔽电机电缆进行。

表 19: 辐射要求

类别 (EN 61800-3)	定义	传导发射 (EN 55011)
C1	额定输入电压低于 1000 V 的 EUT，适用于住宅、商业或轻工业场所。	B 类
C2	额定输入电压低于 1000 V 的 EUT，该设备不是插入式设备或可移动设备，不适合在住宅场所中使用。	A 类组 1
C3	额定输入电压低于 1000 V 的 EUT，适用于工业场所，不适用于住宅、商业或轻工业场所。	A 类组 2
C4	EUT 的额定输入电压等于或高于 1000 V，或额定电流等于或高于 400 A，或用于工业场所的复杂系统。必须制订 EMC 计划。	-

变频器不符合一般辐射标准。应使用外部滤波器等额外方法来符合一般辐射标准。

表 20: 一般辐射标准极限

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（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（工业环境）	针对工业环境的 EN/IEC 61000-6-4 辐射标准。	A 类组 1

### 7.13.4 抗扰性要求

变频器的抗扰性要求取决于安装环境。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，使用的系统由一个变频器（带相关选件）、一根屏蔽控制电缆和一个带电位计的控制箱、电机电缆及电机组成。所有测试均按照以下基本标准执行。有关详细信息，请参阅下表。

- EN 61000-4-2 (IEC 61000-4-2)：静电放电 (ESD)：模拟人体的静电放电。
- EN 61000-4-3 (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设备的影响。
- EN 61000-4-4 (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 61000-4-5 (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 61000-4-6 (IEC 61000-4-6)：射频共用模式：模拟无线传输设备与连接电缆的干扰效应。

表 21: EMC 抗扰性表，电压范围：380-480

基本标准	电涌 IEC 61000-4-4	电涌 IEC 61000-4-5	ESD IEC 61000-4-2	辐射电磁场 IEC 61000-4-3	射频共模电压 IEC 61000-4-6
认可标准	B	B	B	A	A
线形	4 kV CM	2 kV/2 Ω DM 4 kV/12 Ω CM	-	-	10 V <sub>RMS</sub>

表 21: EMC 抗扰性表, 电压范围: 380-480 (继续)

基本标准	电涌 IEC 61000-4-4	电涌 IEC 61000-4-5	ESD IEC 61000-4-2	辐射电磁场 IEC 61000-4-3	射频共模电压 IEC 61000-4-6
电机	4 kV CM	4 kV/2 Ω <sup>(1)</sup>	-	-	10 V <sub>RMS</sub>
控制电线	2 kV CM	2 kV/2 Ω <sup>(1)</sup>	-	-	10 V <sub>RMS</sub>
标准总线	2 kV CM	2 kV/2 Ω <sup>(1)</sup>	-	-	10 V <sub>RMS</sub>
继电器电线	2 kV CM	2 kV/2 Ω <sup>(1)</sup>	-	-	10 V <sub>RMS</sub>
应用/现场总线选件	2 kV CM	2 kV/2 Ω <sup>(1)</sup>	-	-	10 V <sub>RMS</sub>
LCP 电缆	2 kV CM	2 kV/2 Ω <sup>(1)</sup>	-	-	10 V <sub>RMS</sub>
外接 24 V 直流电源	2 kV CM	0.5 kV/2 Ω DM 1 kV/12 Ω CM	-	-	10 V <sub>RMS</sub>
机箱	-	-	8 kV AD 4 kV CD	10 V/m	-

1) 电缆屏蔽层上的注入电流。

AD: 空气放电; CD: 接触放电; CM: 共模; DM: 差分模式。

### 7.13.5 EMC 兼容性

#### 注意

##### 操作员职责

根据针对可调速变频器系统的 EN 61800-3 标准, 操作人员负责确保符合 EMC 要求。制造商可提供符合标准的运行解决方案。操作人员负责应用这些解决方案并支付相关成本。

可通过两种选择确保电磁兼容性。

- 消除或最大限度地降低辐射干扰源产生的干扰。
- 增强受到接收的信号影响的设备的抗扰性。

##### RFI 滤波器

目的是获得能稳定运行的系统, 且组件之间无射频干扰。为达到较高的抗干扰等级, 建议使用带有优质 RFI 滤波器的变频器。

#### 注意

##### 无线电干扰

在居住环境中, 本产品可能会导致无线电干扰, 此时可能需要采取补充抑制措施。

##### PELV 和电隔离合规性

所有变频器控制和继电器端子均符合 PELV (400 V 以上的接地三角形线路除外)。

如果能满足较高绝缘要求并保证相应爬电距离/间隙, 则可以获得令人满意的电气隔离效果。EN 61800-5-1 标准对这些要求进行了介绍。

电气隔离如图所示 (参见下图)。描述的组件符合 PELV 和电隔离要求。

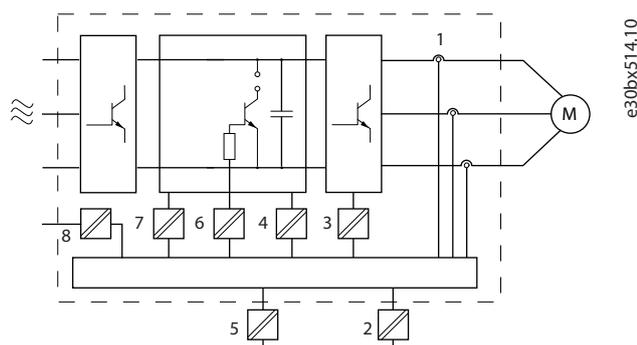


图 34: 电隔离

1	电流传感器	2	用于 RS485 标准总线接口的电气隔离
3	IGBT 的门驱动器	4	包括 V DC 信号绝缘的电源 (SMPS), 表示中间电流电压
5	用于 24 V 备用电源的电气隔离	6	光学耦合器, 制动模块 (可选)
7	内部浪涌、RFI 和温度测量电路	8	用户继电器

### 7.13.6 符合 EMC 规范的安装

要使安装符合 EMC 规范, 请按照操作指南中的说明操作。有关正确的 EMC 安装示例, 请参阅下图。

#### 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。

- 如果要与继电器、控制电缆、信号接口、现场总线或制动一起使用, 请将屏蔽丝网的两端都连接到机箱。如果接地通路的阻抗高、噪声高或带电, 则在一端断开屏蔽丝网的连接以避免形成接地电流回路。
- 使用金属安装板将电流传回设备。确保从安装板到固定螺钉以及变频器机架都保持良好的电气接触。
- 对电机输出电缆使用屏蔽电缆。或者在金属线管内使用非屏蔽电机电缆。

#### 注意

##### 屏蔽电缆

如果未使用屏蔽电缆或金属线管, 则设备和系统不符合有关射频 (RF) 辐射水平的法规限制。

- 确保电机和制动电缆尽可能短, 以降低整个系统的干扰水平。
- 不要将传送敏感信号电平的电缆与电机电缆和制动电缆放在一起。
- 对于通讯和命令/控制线路, 请遵循特定通讯协议标准。例如, USB 必须使用屏蔽电缆, 但 RS485/以太网可以使用屏蔽 UTP 或非屏蔽 UTP 电缆。
- 确保所有控制端子连接都是 PELV。

#### 注意

##### EMC 干扰

对电机和控制接线使用屏蔽电缆。确保将主电源输入电缆、电机电缆和控制电缆相互隔离。如果未隔离这些电缆, 可能导致意外操作或降低性能。主电源输入、电机和控制电缆之间的间隙应至少为 200 毫米 (7.9 英寸)。

**注意****安装在高海拔下**

存在过电压风险。组件和关键零件之间的绝缘不充分，可能不符合 PELV 要求。使用外部防护设备或高低压绝缘降低过电压风险。

- 在海拔超过 2000 米（6500 英尺）的位置安装时，请联系 Danfoss 了解 PELV 合规事宜。

**注意****PELV 合规性**

使用保护性超低压 (PELV) 电源防止电击，同时符合国家和地方的 PELV 规定。

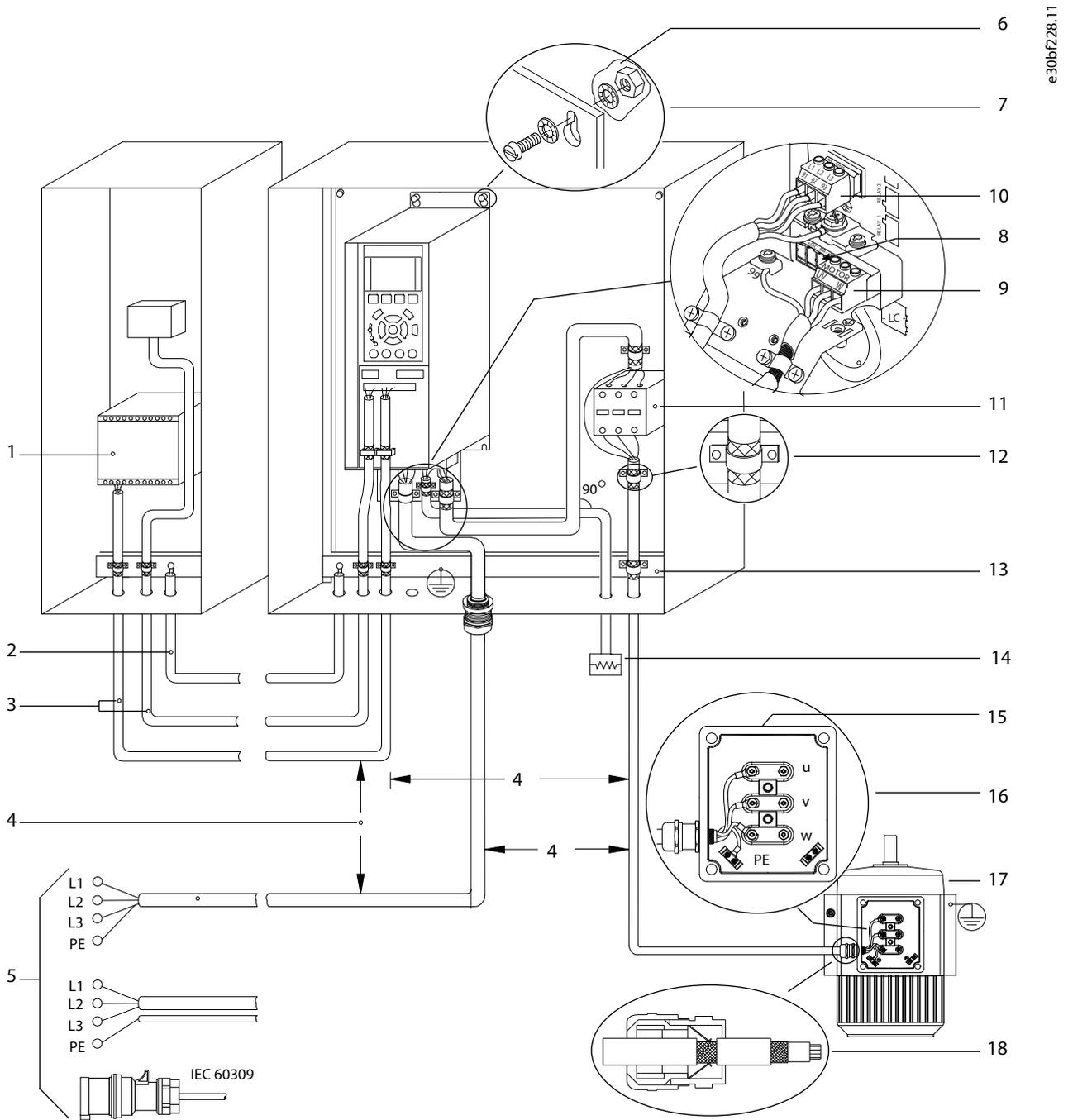


图 35: 正确的 EMC 合规安装示例

- |    |           |    |  |
|----|-----------|----|--|
| 1  | PLC       | 2  | 最小横截面积为 16 mm <sup>2</sup> (6 AWG) 的均衡电缆   |
| 3  | 控制电缆      | 4  | 控制电缆、电机电缆和主电源电缆之间至少保持 200 毫米 (7.9 英寸) 的距离。 |
| 5  | 主电源       | 6  | 裸 (未涂漆) 表面                                 |
| 7  | 星形垫圈      | 8  | 制动电缆 (屏蔽)                                  |
| 9  | 电机电缆 (屏蔽) | 10 | 主电源电缆 (屏蔽)                                 |
| 11 | 输出接触器     | 12 | 已剥开的电缆绝缘层                                  |

13	通用接地母线。请遵循国家和地方有关机柜接地的要求。	14	制动电阻器
15	金属箱	16	电机接头
17	电机	18	EMC 电缆夹

## 7.14 谐波

### 7.14.1 谐波概述

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。

### 7.14.2 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  $I_n$ 。

表 22: 谐波相关缩略语

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。
$I_n$	$n^{\text{th}}$ 谐波频率下的电流。
$U_n$	$n^{\text{th}}$ 谐波频率下的电压。
$n$	谐波阶数。

表 23: 基本电流和谐波电流

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

表 24: 谐波电流与 RMS 输入电流

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

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):

$$\text{THDi} = \frac{\sqrt{U_{25}^2 + U_{27}^2 + \dots + U_{2n}^2}}{U}$$

### 7.14.3 谐波在配电系统中的影响

在下图中，变压器连接在中压电源的公共耦合点 PCC1 的一级侧。变压器的阻抗为  $Z_{\text{xfr}}$ ，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。每个负载都通过阻抗为  $Z_1$ 、 $Z_2$ 、 $Z_3$  的电缆连接。

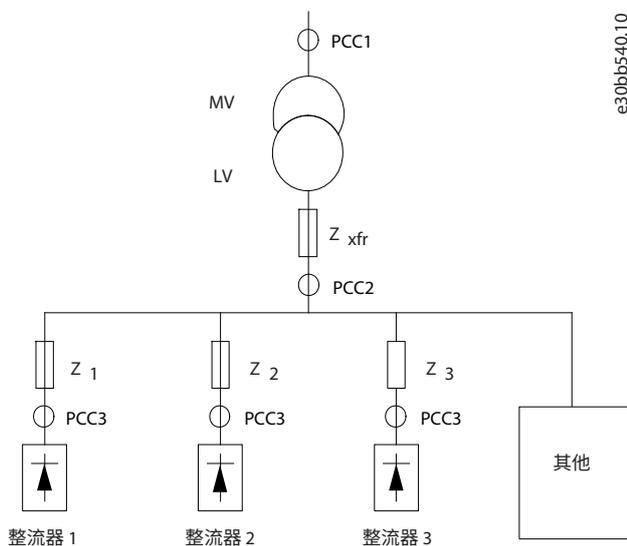


图 36: 小配电系统

<b>PCC</b>	公共耦合点	<b>MV</b>	中压
<b>LV</b>	低电压	<b><math>Z_{\text{xfr}}</math></b>	变压器阻抗
<b><math>Z_{\#}</math></b>	接线的阻抗和电感值建模		

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。

短路率  $R_{\text{sce}}$  是一个常用来描述电网阻抗的术语， $R_{\text{sce}}$  是 PCC ( $S_{\text{sc}}$ ) 处的供电电压的短路视在功率与负载的额定视在功率的比值。

$$(S_{\text{equ}})R_{\text{sce}} = \frac{S_{\text{sc}}}{S_{\text{equ}}}$$

其中， $S_{\text{sc}} = \frac{U^2}{Z_{\text{supply}}}$  且  $S_{\text{equ}} = U \times I_{\text{equ}}$ 。

#### 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。

### 7.14.4 IEC 谐波标准

在欧洲大部分地区，客观评价主电源质量的依据是设备电磁兼容性法令 (EMVG)。符合此法规可确保连接至配电系统的所有设备和网络满足其预期目的，且不会产生问题。

表 25: 主电源质量的 EN 设计标准

标准	定义
EN 61000-2-2, EN 61000-2-4, EN 50160	定义公共和工业供电网络所需的主电源电压极限。
EN 61000-3-2, EN 61000-3-12	控制具有更低电流的产品中所连接的设备造成的主电源干扰。
EN 50178	监测用于电源安全的电气设备。

有 2 个欧洲标准用于解决频率范围从 0 Hz 至 9 kHz 中的谐波问题：

#### EN 61000-2-2 (公用低压供电系统的低频传导干扰和信号传输的兼容性水平)

EN 61000-2-2 标准规定了对公共供电网络中的低压交流系统的 PCC (公共耦合点) 的兼容性水平的要求。仅针对谐波电压和电压的总谐波失真规定了限值。EN 61000-2-2 未定义谐波电流限值。当总谐波失真 THD(V)=8% 时, PCC 限值与 EN 61000-2-4 类别 2 中指定的那些限值完全相同。

#### EN 61000-2-4 (工业厂房的低频传导干扰和信号传输的兼容性水平)

EN 61000-2-4 标准规定了工业和专用网络中的兼容性水平的要求。该标准还进一步定义了以下 3 类电磁环境：

- 1 类对应于比公共供电网络等级低的兼容性水平, 该水平会影响对干扰敏感的设备 (实验室设备、一些自动化设备和某些保护装置)。
- 2 类对应于与公共供电网络同等的兼容性水平。该类别适用于公共供电网络上的 PCC 及工业或其他专用供电网络上的 IPC (内部耦合点)。此类别中, 允许使用专用于公共供电网络的任何设备。
- 3 类对应于比公共供电网络等级更高的兼容性等级。该类别仅适用于工业环境中的 IPC。可在存在以下设备的环境中使用该类别：
  - 大型变频器。
  - 焊机。
  - 频繁启动的大型电机。
  - 快速变化的负载。

一般情况下, 在未考虑环境中要使用的预期设备和流程时, 无法提前定义类别。变频器在典型供电系统条件下 ( $R_{SC} > 10$  或  $V_k$   
 $L_{line} < 10\%$ ) 符合 3 类极限。

表 26: 谐波的兼容性水平

谐波次数 (h)	1 类 ( $V_h\%$ )	2 类 ( $V_h\%$ )	3 类 ( $V_h\%$ )
5	3	6	8
7	3	5	7
11	3	3.5	5
13	3	3	4.5
17	2	2	4
$17 \times h \leq 49$	$2.27 \times (17/h) - 0.27$	$2.27 \times (17/h) - 0.27$	$4.5 \times (17/h) - 0.5$

表 27: 总体谐波电压失真 (THDv) 的兼容性水平

	1 类	2 类	3 类
THDv	5%	8%	10%

### 7.14.5 谐波合规

Danfoss变频器符合以下标准：

- IEC61000-2-4.
- IEC61000-3-4.
- G5/4.

## 8 变频器的基本操作原理

### 8.1 简介

本章概述了Danfoss变频器的主要单元和电路。其描述了内部电气和信号处理功能。此外还说明了内部控制结构。

### 8.2 操作说明

变频器是一种电子控制器，它向三相感应式电机提供经调节的交流电水平。通过向电机提供可变频率和电压，变频器可以控制电机速度或随电机负载的变化而保持恒定速度。变频器还可以停止和启动电机并且不会像线路启动那样造成机械应力。

基本形式的变频器由以下四大部分组成：

#### 整流器

整流器由将三相交流电压转换为脉动直流电压的 SCR 或二极管组成。

#### 直流回路（直流总线）

直流回路包括用于稳定脉动直流电压的电抗器和电容器组。

#### 逆变器

逆变器使用 IGBT 来将直流电压转换为电压和频率均可变的交流电压。

#### 控制

控制区域由软件组成，该软件运行硬件以产生用于控制和调节交流电机的可变电压。

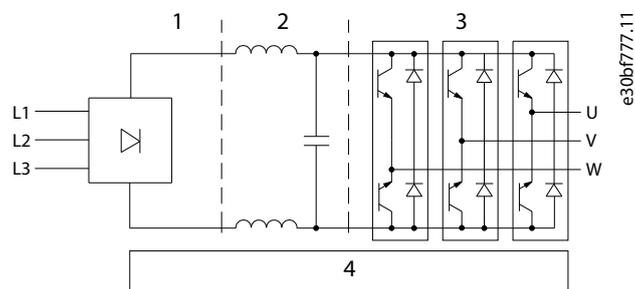


图 37: 内部处理

1	整流器 (SCR/二极管)	2	直流回路 (直流总线)
3	逆变器 (IGBT)	4	控制

### 8.3 变频器控制

#### 8.3.1 变频器控制概述

以下过程用于控制和调节电机：

- 参考值处理。
- 反馈处理。
- 用户定义的控制结构。
  - 开环/闭环模式。
  - 电机控制（速度、转矩或过程）。
- 控制算法（VVC+、无传感器磁通矢量和带电机反馈的磁通矢量）。

## 8.3.2 参考值处理

### 8.3.2.1 本地和远程参考值

#### 本地参考值

当变频器在 [Hand On] (手动启动) 按钮处于活动状态的情况下工作时, 本地参考值将有效。使用向上键、向下键、向右键和 [Back] (返回) 键调整参考值。

#### 远程参考值

[图 38](#) 显示了用于计算远程参考值的参考值处理系统。

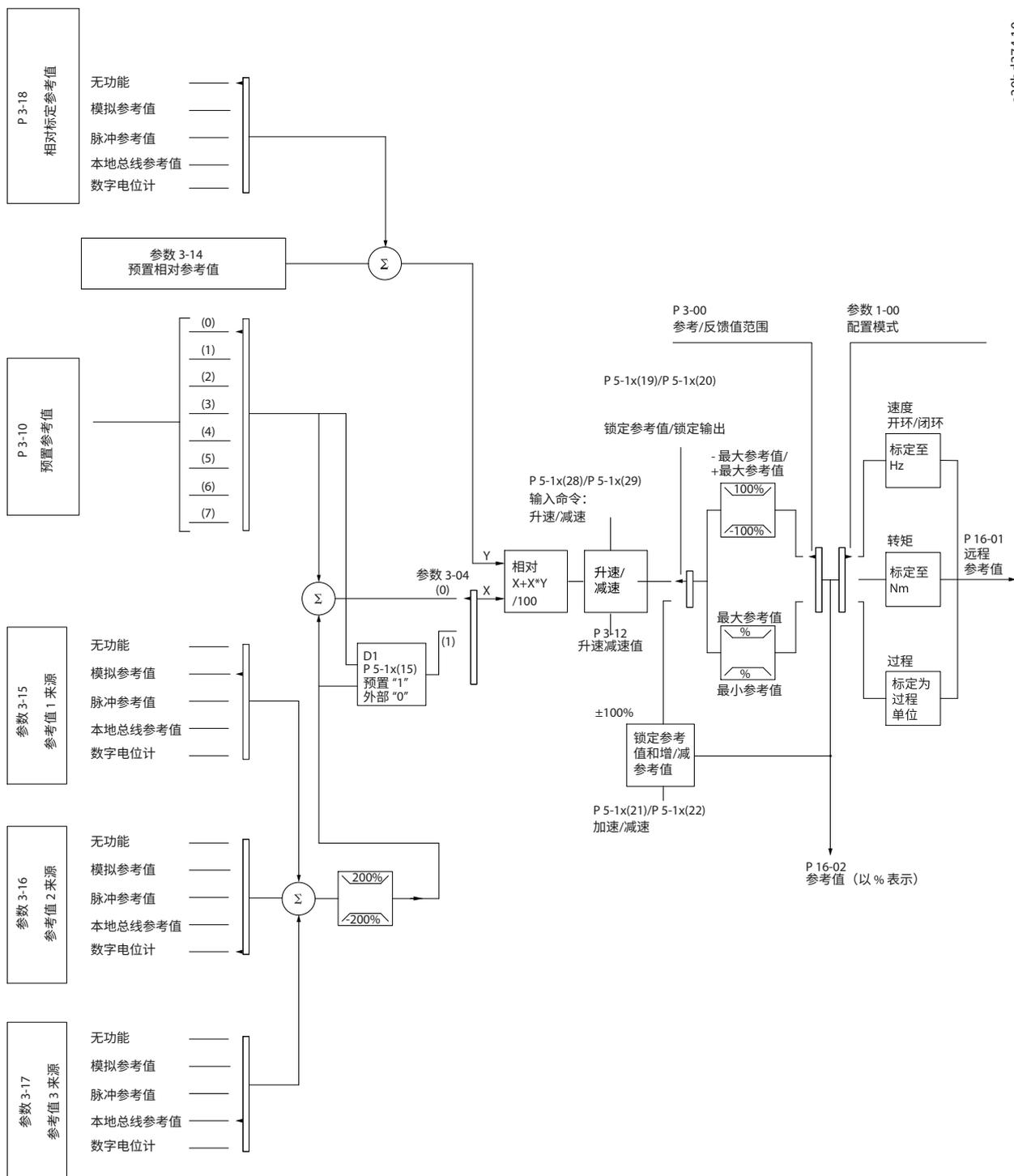


图 38: 远程参考值

远程参考值每一个扫描间隔计算一次，首先包含 2 类参考值输入：

1. X (外部参考值)：选定的外部参考值 (最多四个) 的总和 (请参阅**参数 3-04 参考值功能**)，这些参考值包括变频器监控的任何装置内的固定预置参考值 (**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和各种现场总线参考值的任意组合 (由**参数 3-15 参考值 1 源**、**参数 3-16 参考值 2 源**和**参数 3-17 参考值 3 源**设置决定)，单位可以是 [Hz]、[RPM]、[Nm] 等。
2. Y (相对参考值)：1 个固定预置参考值 (**参数 3-14 预置相对参考值**) 和 1 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：

$$\text{远程参考值} = X + X * Y / 100\%$$

如果未使用相对参考值，则将**参数 3-18 相对标定参考值源**设置为 [0] 无功能，将**参数 3-14 预置相对参考值**设置为 0%。变频器上的数字输入可激活升速/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 53**和**参数组 6-2\* 模拟输入 54**中说明，数字脉冲参考值的标定在**参数组 5-5\* 脉冲输入**中说明。

参考值的极限和范围在**参数组 3-0\* 参考值极限**中设置。

### 8.3.2.2 参考值极限

**参数 3-00 参考值范围**、**参数 3-02 最小参考值**以及**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，可将所有参考值的总和进行锁定。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下面的图所示。

参数 3-00 参考值范围 = [0] 最小值 - 最大值

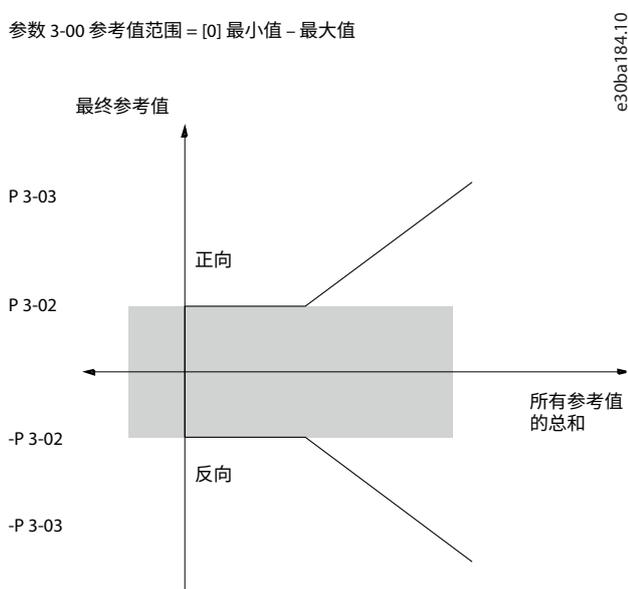


图 39: 参考值范围设置为 0 时的所有参考值总和

参数 3-03 参考值范围 = [1] 最大值 - 最大值

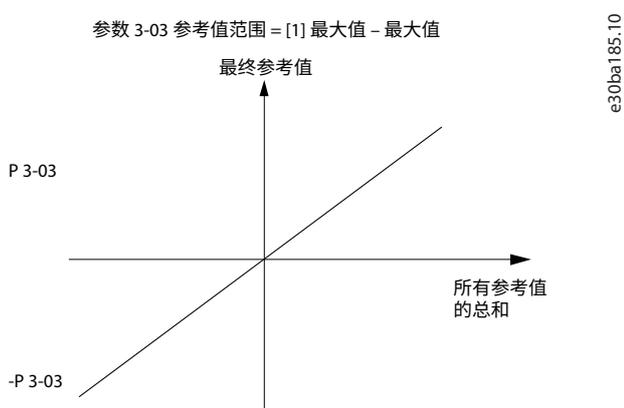


图 40: 参考值范围设置为 1 时的所有参考值总和

**参数 3-02 最小参考值**的值不能设置为小于 0，除非**参数 1-00 配置模式**设置为 [3] 过程。在该情况下，所得出的参考值（锁定之后）和所有参考值之和的关系如[图 41](#)所示。

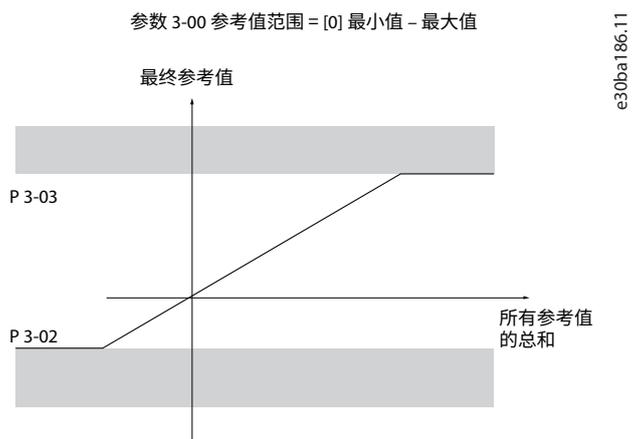


图 41: 最小值范围设置为负值时的所有参考值汇总

### 8.3.2.3 预置参考值和总线反馈值的标定

预置参考值根据下列规则标定：

- 当参数 3-00 参考值范围设置为 [0] 最小值 - 最大值 时，0% 参考值等于 0 [单位]，其中单位可以是任何单位，如 RPM、m/s 和 bar。100% 参考值等于最大值（参数 3-03 最大参考值的绝对值，参数 3-02 最小参考值的绝对值）。
- 当参数 3-00 参考值范围设置为 [1] -最小值 - +最大值 时，0% 参考值等于 0 [单位]，100% 参考值等于最大参考值。

总线参考值根据下列规则标定：

- 当参数 3-00 参考值范围设置为 [0] 最小值 - 最大值 时，0% 参考值等于最小参考值，100% 参考值等于最大参考值。
- 当参数 3-00 参考值范围设置为 [1] -最小值 - +最大值 时，-100% 参考值等于 -最大参考值，100% 参考值等于最大参考值。

### 8.3.2.4 模拟量和脉冲参考值和反馈值的标定

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”（下图中 P1 和 P2）之上或之下的参考值将锁定在一起，而反馈则不然。

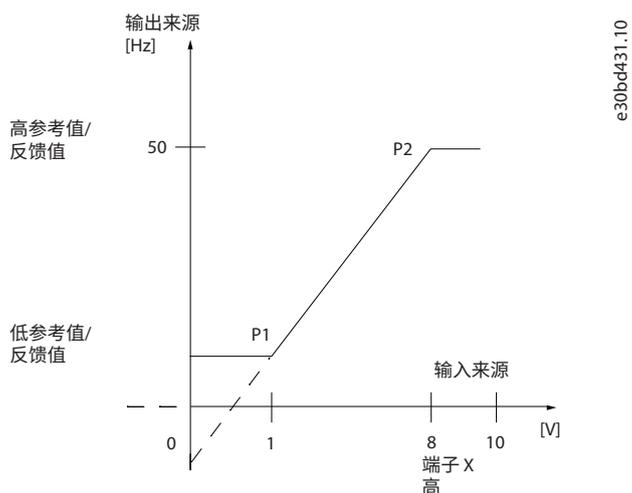


图 42: 最小和最大端点值

端点 P1 和 P2 在下表中定义，具体取决于输入选择。

表 28: P1 和 P2 端点值

输入	模拟 53 电压模式	模拟 53 电流模式	模拟 54 电压模式	模拟 54 电流模式	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 端子 53 参考/反馈值下限	参数 6-14 端子 53 参考/反馈值下限	参数 6-24 端子 54 参考/反馈值下限	参数 6-24 端子 54 参考/反馈值下限	参数 5-52 端子 29 参考/反馈值下限	参数 5-57 端子 33 参考/反馈值下限
最小输入值	参数 6-10 端子 53 电压下限 [V]	参数 6-12 端子 53 电流下限 [mA]	参数 6-20 端子 54 电压下限 [V]	参数 6-22 端子 54 电流下限 [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 端子 53 参考/反馈值上限	参数 6-15 端子 53 参考/反馈值上限	参数 6-25 端子 54 参考/反馈值上限	参数 6-25 端子 54 参考/反馈值上限	参数 5-53 端子 29 参考/反馈值上限	参数 5-58 端子 33 参考/反馈值上限
最大输入值	参数 6-11 端子 53 电压上限 [V]	参数 6-13 端子 53 电流上限 [mA]	参数 6-21 端子 54 电压上限 [V]	参数 6-23 端子 54 电流上限 [mA]	参数 5-51 端子 29 高频 [Hz]	参数 5-56 端子 33 高频 [Hz]

### 8.3.2.5 零值周围的死区

有时, 参考值 (少数情况下反馈值也是如此) 在零左右应该具有一个死区, 确保机器在参考值“接近零”时停止。

要激活死区并设置死区大小, 请执行下列操作:

- 设置 0 处的最小参考值或最大参考值。换言之, P1 或 P2 必须位于图 43 的 X 轴上。
- 确保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, 如图 43 所示。

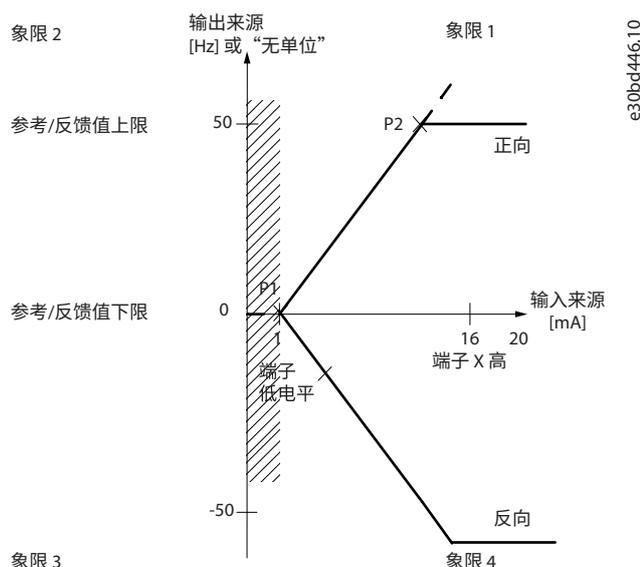
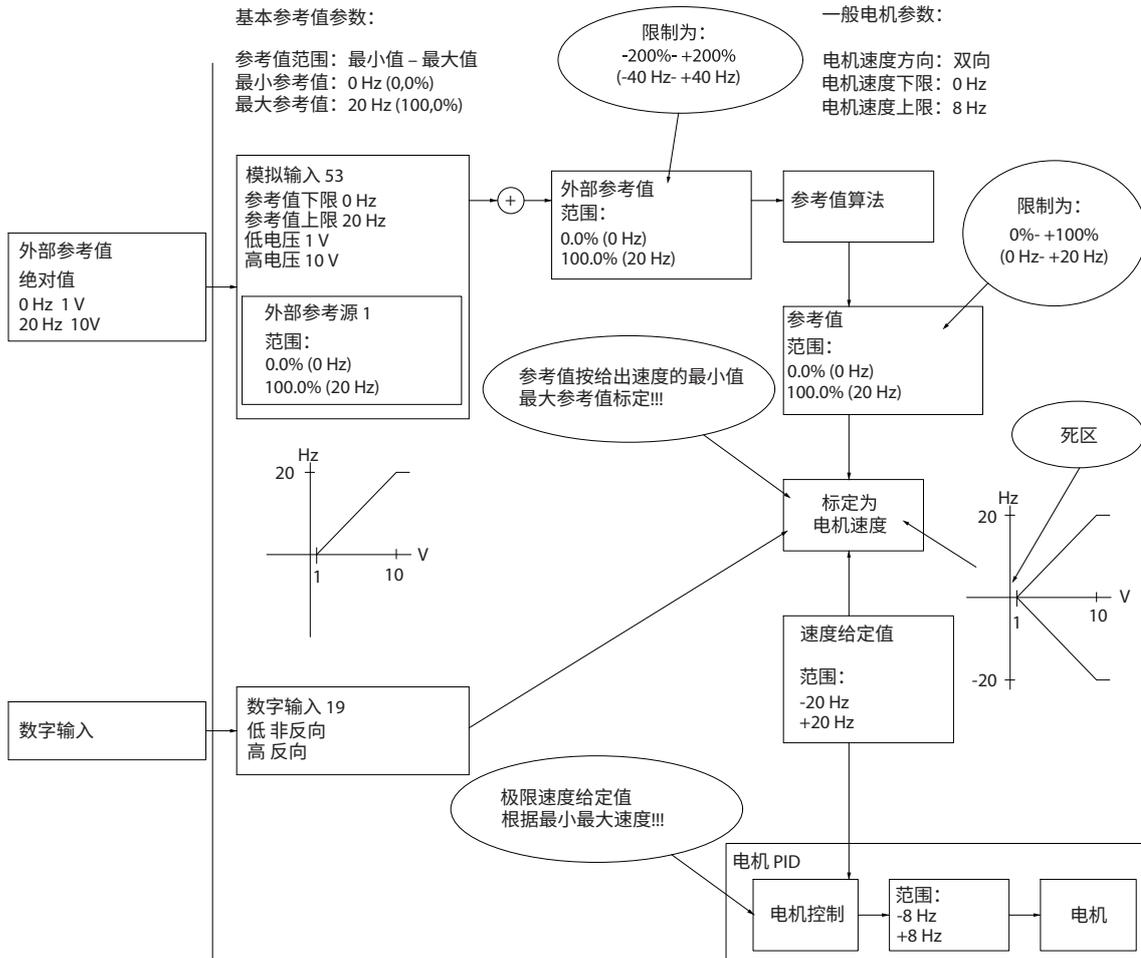


图 43: 死区大小

#### 用例 1: 带死区的正参考值, 数字输入激活反向, 第 I 部分

图 44 示出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。

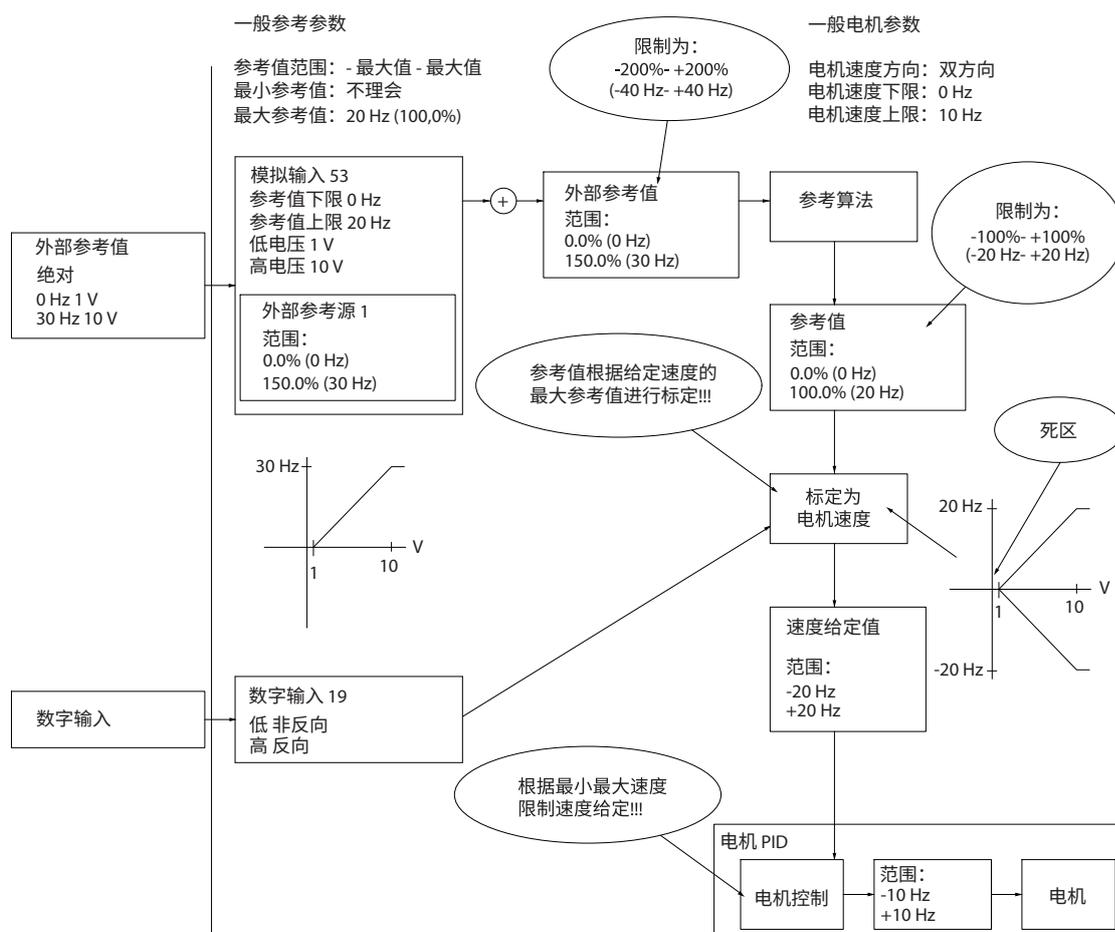


e30bcd454.10

图 44: 锁定极限在下限到上限范围之内的参考值输入

### 用例 2: 带死区的正参考值, 数字输入激活反向, 第 II 部分

图 45 例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。



e30bd433.11

图 45: 锁定极限在负最大到正最大范围之外的参考值输入

### 8.3.3 控制结构

#### 8.3.3.1 控制原理

变频器将主电源交流电压整流为直流电压。然后将该直流电压转换成幅值和频率均可变的交流电流。

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磁同步电机实现变速控制。

#### 8.3.3.2 控制模式

变频器可以控制电机主轴的速度或转矩。设置参数 **1-00 配置模式** 决定了控制类型。

#### 速度控制

速度控制有两种类型：

- 开环速度控制，此模式不需要来自电机的任何反馈（无传感器）。
- 速度闭环 PID 控制，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。

选择哪个输入用作参数 **7-00 速度 PID 反馈源** 中的速度 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。转矩控制的类型可以为无传感器磁通矢量中的VVV+ 转矩开环或磁通矢量控制闭环。磁通矢量闭环类型的性能最佳，尤其是接近零速时。转矩控制可在**参数 1-00 配置模式**中选择。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。在采用转矩控制时，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非常重要。

- VVC+ 模式下的闭环。此功能在轴呈中低程度动态变化的应用中使用，可在所有 4 个象限中以及所有电机速度下提供优异性能。必须提供速度反馈信号。建议使用 MCB102 选件卡。确保编码器分辨率至少为 1024 PPR，且编码器的屏蔽电缆接地良好，因为速度反馈信号的准确性很重要。调整**参数 7-06 速度 PID 低通滤波时间**，以获得最佳速度反馈信号。
- VVC+ 模式下的开环。该功能用于机械可靠性应用，但精度有限。开环转矩功能在两个方向有效。转矩是基于变频器的内部电流测量值来计算的。

### 速度/转矩参考值

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。参考值处理在参考值处理一章中有详细说明。

## 8.3.4 控制处理

### 8.3.4.1 VVC+ 中的控制结构

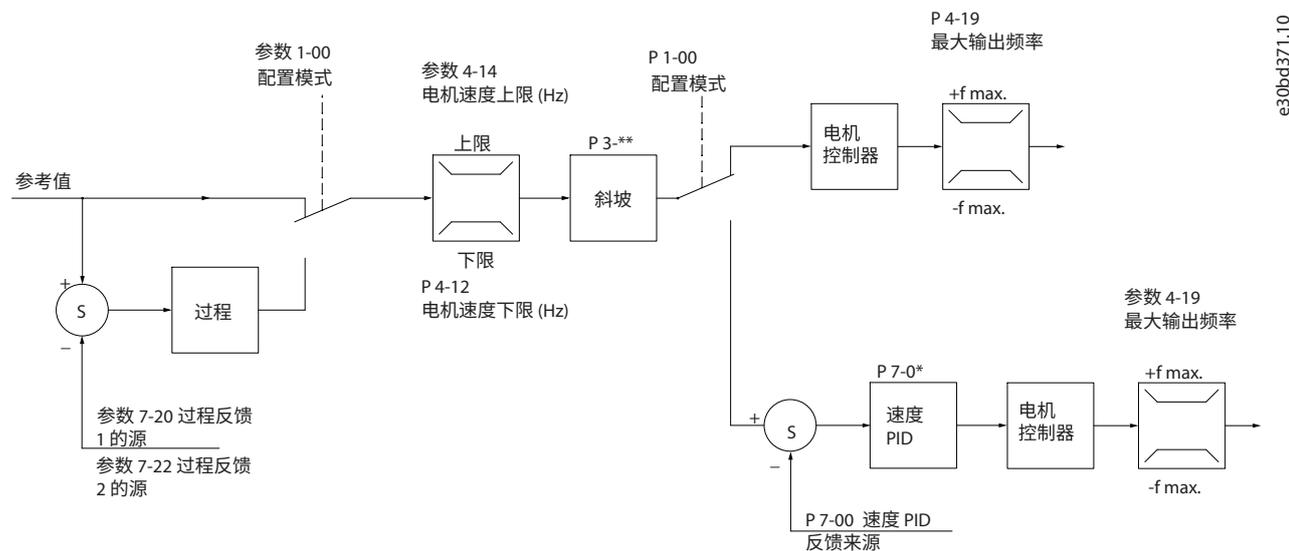


图 46: VVC+ 开环和闭环配置下的控制结构

在图 46 所示的配置中，**参数 1-01 电机控制原理**设置为 [1] VVC+，**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斜坡限制和速度限制，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**设置为 [1] 闭环速度，则结果参考值在经过斜坡限制和速度限制后，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**中。从“速度 PID 控制”产生的结果参考值将被发送给电机控制（受频率极限的限制）。

在**参数 1-00 配置模式**中选择 [3] 过程可使用过程 PID 控制在受控应用中对速度或压力进行闭环控制。过程 PID 参数位于以下参数组中：**参数组 7-2\* 过程控制反馈**和**参数组 7-3\* 过程 PID 控制**

### 8.3.4.2 无传感器磁通矢量中的控制结构

无传感器磁通矢量开环和闭环配置下的控制结构。

e30bv187.10

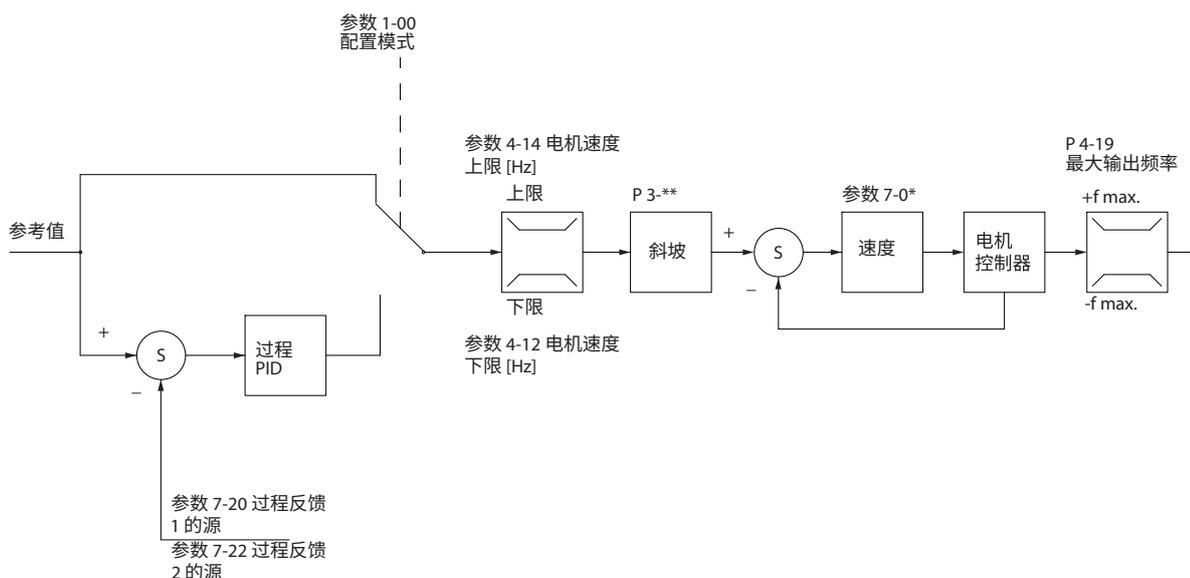


图 47: 无传感器磁通矢量中的控制结构

在上图所示的配置中，**参数 1-01 电机控制原理**设置为 [2] **无传感器磁通矢量**，**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斜坡限制和速度限制（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。

“速度 PID”必须通过其 P、I 和 D 参数（**参数组 7-0\* 控制器**）进行设置。

在**参数 1-00 配置模式**中选择 [3] **过程**可使用过程 PID 控制在受控应用中对速度或压力进行闭环控制。过程 PID 参数位于**参数组 7-2\* 过程控制器反馈**和**参数组 7-3\* 过程 PID 控制**中。

### 8.3.4.3 磁通矢量带电机反馈下的控制结构

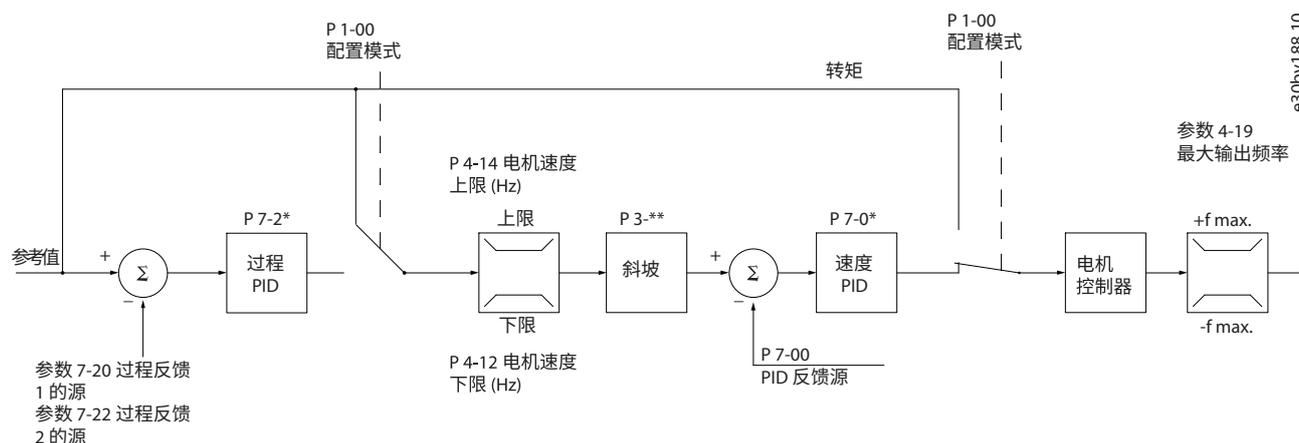


图 48: 磁通矢量带电机反馈下的控制结构

在所示的配置中，**参数 1-01 电机控制原理**设置为 [3] **磁通矢量带电机反馈**，**参数 1-00 配置模式**设置为 [1] **闭环速度**。

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

在**参数 1-00 配置模式**中选择 **[2] 转矩**以将最终参考值直接用作转矩参考值。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值来计算的，因此无需转矩反馈。

在**参数 1-00 配置模式**中选择 **[3] 过程**以使用过程 PID 控制在受控应用中对过程变量（比如速度）进行闭环控制。

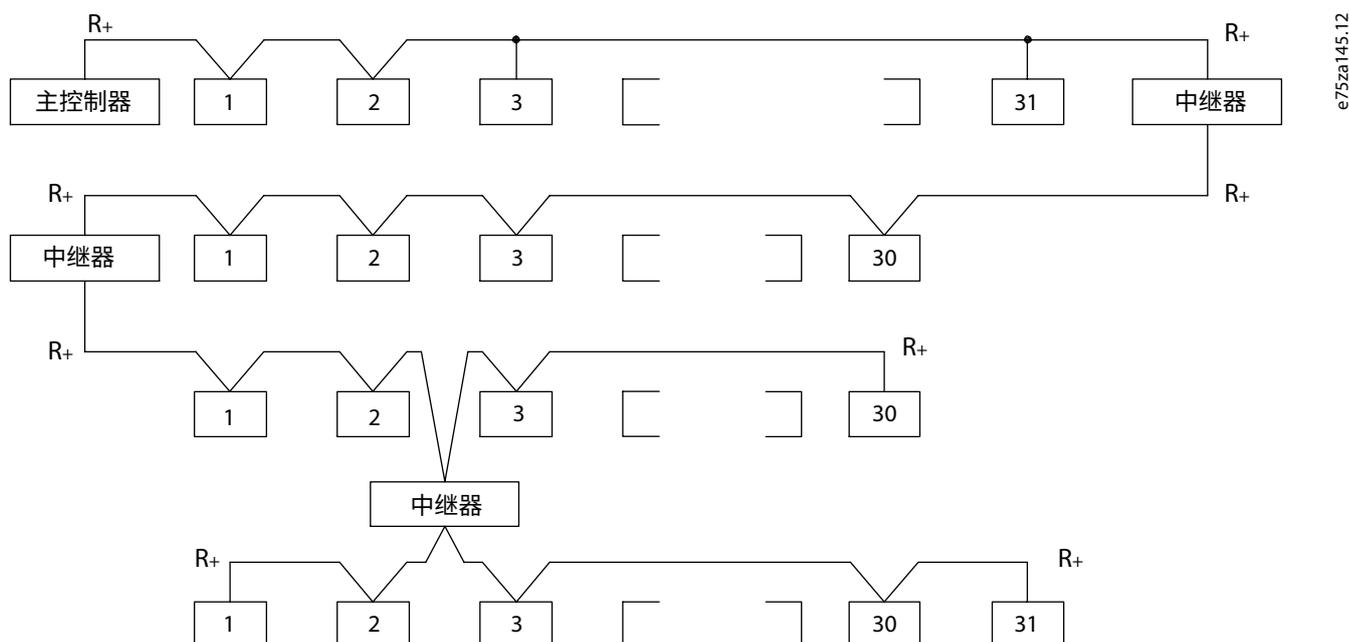
## 9 RS485 安装和设置

### 9.1 简介

#### 9.1.1 概述

RS485 是一种兼容多分支网络拓扑的 2 线总线接口。可以用总线方式或通过公共干线的分接电缆连接节点。1 个网络段总共可以连接 32 个节点。

网络段由中继器来划分，请参阅 [图 49](#)。



e75za145.12

图 49: RS 485 总线接口

#### 注意

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所有网络段中唯一的节点地址。

可以使用设备的端接开关 (S801) 或偏置端接电阻实现每个网络段两端的端接。总线电缆必须采用屏蔽的双绞线 (STP)，并且遵守通用的最佳安装实践。

非常重要的一点是，在每个节点处都要保持屏蔽接地的低阻抗性（包括在高频下）。因此，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。有时，为了使整个网络保持相同的地电位，必须应用电势均衡电缆，在长电缆的系统中尤其如此。

为避免阻抗不匹配，请在整个网络中使用同一类型的电缆。将电机连接至变频器时，务必要使用屏蔽的电机电缆。

表 29: 电缆规格

电缆	屏蔽双绞线 (STP)
阻抗 [ $\Omega$ ]	120
电缆长度[m (ft)]	最长长度为 1200 米 (3937 英尺，包括分支线路)。工作站之间的最大距离为 500 米 (1640 英尺)。

## 9.1.2 网络连接

按下述方式将变频器连接至 RS485 网络（另请参见图 50）：

1. 将信号线连接至变频器主控制板上的 68 (P+) 和 69 (N-) 号端子上。
2. 将电缆屏蔽层连接到电缆夹。

### 注意

使用屏蔽双绞电缆可降低导体之间的噪声。

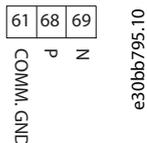


图 50: 网络连接

## 9.1.3 硬件设置

要端接 RS485 总线, 可使用变频器主控制板上的终端电阻拨码开关。

开关的出厂设置为关闭。

## 9.1.4 Modbus 通信的参数设置

表 30: Modbus 通讯的参数设置

参数	功能
参数 8-30 协议	选择 RS485 接口使用的应用协议。
参数 8-31 地址	设置节点地址。  <b>注意</b> 地址范围取决于在参数 8-30 协议中选择的协议。
参数 8-32 波特率	设置波特率。  <b>注意</b> 默认波特率取决于在参数 8-30 协议中选择的协议。
参数 8-33 奇偶校验/停止位	设置奇偶校验和停止位。  <b>注意</b> 默认选项取决于在参数 8-30 协议中选择的协议。
参数 8-35 最小响应延时	指定接收请求和传输响应之间的最小延时时间。该功能用于解决调制解调器工作延时问题。

表 30: Modbus 通讯的参数设置 (继续)

参数	功能
参数 8-36 最大响应延时	指定传输请求和接收回复之间的最大延时时间。
参数 8-37 最大字节间延时	如果传输中断, 可指定 2 个接收字节之间的最大延时, 以确保传输中断时能发生超时。
<div style="background-color: #0056b3; color: white; padding: 5px; margin: 5px auto; width: fit-content;">注意</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: fit-content;">默认选项取决于在参数 8-30 协议中选择的协议。</div>	

### 9.1.5 EMC 防范措施

为了使 RS485 网络实现无干扰工作, Danfoss 建议采取以下 EMC 防范措施。

#### 注意

请遵守相关的国家和地方法规, 比如有关保护性接地的规定。为避免电缆之间的高频噪声耦合, 请保持 RS485 通讯电缆远离电机电缆和制动电阻器电缆。通常而言, 保持 200 毫米 (8 英寸) 的距离就已足够。最好使电缆间距尽可能大, 特别是当电缆平行安装且距离较长时。如果 RS485 电缆必须跨越电机电缆和制动电阻电缆, 则它与后二者的角度应保持 90°。

## 9.2 FC 协议

### 9.2.1 概述

FC 协议 (也称为 FC 总线或标准总线) 是 Danfoss 标准现场总线。它定义了一种符合主/从原理的访问方法来通过现场总线进行通信。

最多可以将一个主站和 126 个从站连接至总线。主站通过报文中的地址字符来选择各个从站。如果没有被请求, 从站自身不会传输任何报文, 且各个从站之间无法直接传送报文。通信以半双工模式进行。

不能将主站的功能转移到另一节点上 (单主站系统)。

物理层是 RS485, 因此需要利用变频器内置的 RS485 端口。FC 协议支持不同的报文格式:

- 用于过程数据的 8 字节短格式。
- 16 字节长报文格式, 其中还包含参数通道。
- 用于文本的格式。

### 9.2.2 带 Modbus RTU 的 FC

FC 协议提供了访问变频器的控制字和总线参考值的通道。

Modbus 主站可以借助控制字来控制若干重要的功能:

- 起动。
- 通过多种方式停止变频器:
  - 惯性停止。
  - 快速停止。
  - 直流制动停止。
  - 正常 (斜坡) 停止。
- 故障跳闸后复位。
- 以多段预置速度运转。
- 反向运转。

- 更改有效菜单。
- 控制变频器内置的 2 个继电器

总线参考值通常用于速度控制。此外还可以访问参数，读取其值，也可以写入某些参数值。通过访问参数，可以使用一系列的控制选项，包括在使用变频器的内部 PID 控制器时，控制变频器的给定值。

## 9.3 FC 协议网络配置

要启用变频器的 FC 协议，请设置以下参数。

表 31: 启用协议的参数设置

参数	设置
参数 8-30 协议	FC
参数 8-31 地址	1-126
参数 8-32 波特率	2400-115200
参数 8-33 奇偶校验/停止位	偶校验, 1 个停止位 (默认)

## 9.4 FC 协议消息帧结构

### 9.4.1 字符 (字节) 的内容

每个字符的传输都是从该字符的起始位开始。随后传输 8 个数据位，对应一个字节。每个字符都通过奇偶校验位得到保护。当该位符合奇偶校验时，它被设为“1”。奇偶校验是指 8 个数据位和该奇偶校验位中的 1 的个数在总体上相等。字符以停止位作为结束，因此，1 个字符共包括 11 位。

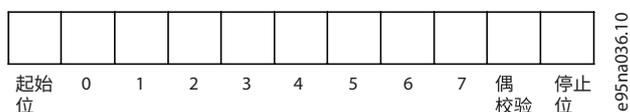


图 51: 字符内容

### 9.4.2 报文结构

每个报文都具有下列结构：

- 起始字符 (STX)=02 hex。
- 一个字节表示报文长度 (LGE)。
- 一个字节指明变频器地址 (ADR)。

接着是若干数据字节 (数量不定，具体取决于报文的类型)。

报文以一个数据控制字节 (BCC) 作为结束。



图 52: 报文结构

### 9.4.3 报文长度 (LGE)

报文长度是数据字节、地址字节 ADR 以及数据控制字节 BCC 三者之和。

表 32: 报文长度

4 个数据字节	LGE=4+1+1=6 个字节
12 个数据字节	LGE=12+1+1=14 个字节
含有文本的报文	10+n 个字节

1) 10 表示固定字符数，而 n 是可变的（取决于文本的长度）。

#### 9.4.4 变频器地址 (ADR)

地址格式 1-126

- 位 7=1（使用 1-126 的地址格式）。
- 位 0-6=变频器地址 1-126。
- 位 0-6 = 0 广播。

从站在对主系统的响应电报中会原封不动地将地址字节发回。

#### 9.4.5 数据控制字节 (BCC)

校验和是以 XOR 函数形式计算的。收到报文的第一个字节之前，所求出的校验和为 0。

#### 9.4.6 数据字段

数据块的结构取决于报文类型。有三种报文类型，每种类型都同时适用于控制报文（主=>从）和响应报文（从=>主）。

这 3 种报文类型是：

##### 过程块 (PCD)

PCD 由 4 个字节（2 个字）的数据块组成，其中包括：

- 控制字和参考值（由主站到从站）。
- 状态字和当前输出频率（由从站到主站）。

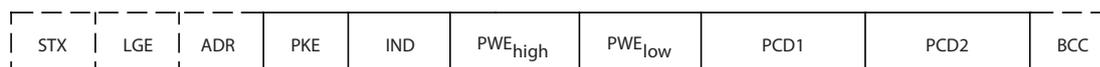


e30ba269.10

图 53: 过程块

##### 参数块

参数块用于在主站和从站之间传输参数。数据块由 12 个字节（6 个字）组成，并且还包含过程块。

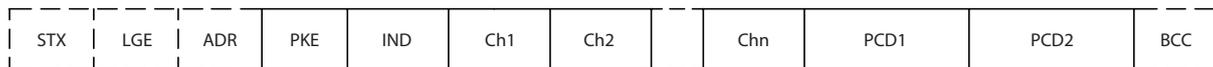


e30ba271.10

图 54: 参数块

##### 文本块

文本块用于通过数据块读取或写入文本。



e30ba270.10

图 55: 文本块

### 9.4.7 PKE 字段

PKE 字段包含 2 个子字段:

- 参数命令和响应 (AK)。
- 参数号 (PNU)。

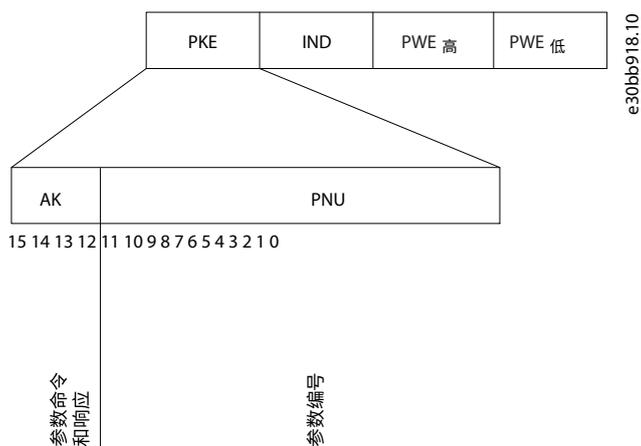


图 56: PKE 字段

位 12-15 用于传输参数命令 (由主到从) 并将从站处理过的响应传回主站。

表 33: 参数命令

参数命令, 主⇒从				
位编号				参数命令
15	14	13	12	
0	0	0	0	无命令。
0	0	0	1	读取参数值。
0	0	1	0	将参数值写入 RAM (字)。
0	0	1	1	将参数值写入 RAM (双字)。
1	1	0	1	将参数值写入 RAM 和 EEPROM (双字)。
1	1	1	0	将参数值写入 RAM 和 EEPROM (字)。
1	1	1	1	读取文本。

表 34: 响应

从⇒主的响应				
位编号				响应
15	14	13	12	
0	0	0	0	无命令。
0	0	0	1	传输的参数值（字）。
0	0	1	0	传输的参数值（双字）。
0	1	1	1	命令无法执行。
1	1	1	1	传输的文本。

如果无法执行命令，从站将发送响应消息“0111 命令无法执行”，并发出以下故障报告，如下表所示。

表 35: 从站报告

故障代码	FC+ 规范
0	非法参数编号。
1	参数无法被更改。
2	超出上限或下限。
3	子索引损坏。
4	无数组。
5	错误的数据类型。
6	未使用。
7	未使用。
9	描述元素不可用。
11	没有参数写访问权限。
15	没有可用文本。
17	不能在运行时进行。
18	其他错误。
100	-
>100	-
130	此参数不能通过总线访问。
131	无法写入出厂设置。
132	LCP 无访问权限。
252	未知查看器。
253	请求不受支持。

表 35: 从站报告 (继续)

故障代码	FC+ 规范
254	未知属性。
255	无错误。

### 9.4.8 参数编号 (PNU)

第 0 - 11 位用于传输参数编号。相关参数的功能在变频器编程指南中的参数说明中定义。

### 9.4.9 索引 (IND)

同时使用索引和参数编号，可对带有索引的参数进行读/写访问，例如**参数 15-30 警报日志：错误代码**。索引包含 2 个字节：1 个低位字节和 1 个高位字节。

只有低位字节可作为索引使用。

### 9.4.10 参数值 (PWE)

参数值块由 2 个字（4 个字节）组成，其值取决于定义的命令 (AK)。当 PWE 块不包含任何值时，主站会提示您输入参数值。要更改某个参数值（写操作），请将新值写入 PWE 块中，然后从主站发送到从站。

如果从站对参数请求（读命令）作出了响应，PWE 块中的当前参数值将被传回至主站。如果一个参数包含多个数据选项（例如**参数 0-01 语言**），则可通过在 PWE 块中输入值来选择数据值。串行通信只能读取包含数据类型 9（文本字符串）的参数。

**参数 15-40 FC 类型至参数 15-53 功率卡序列号**包含数据类型 9。例如，可以读取**参数 15-40 FC 类型**中的设备规格和主电源电压范围。在传输（读）文本字符串时，报文的长度是可变的，因为文本具有不同的长度。报文长度在报文的第二个字节 (LGE) 中定义。使用文本传输时，可以用索引字符表明这是一个读命令还是一个写命令。

要通过 PWE 块读取文本，请将参数命令 (AK) 设为 F（十六进制）。索引字符的高位字节必须为 4。

### 9.4.11 变频器支持的数据类型

“无符号”数据类型，即在报文中没有运算符。

表 36: 数据类型

数据类型	说明
3	16 位整数
4	32 位整数
5	8 位无符号整数
6	16 位无符号整数
7	32 位无符号整数
9	文本字符串

### 9.4.12 转换

编程指南包含每个参数的属性的说明。参数值只能以整数形式传输。在传输小数时需要使用转换系数。

**参数 4-12 电机速度下限 [Hz]**的转换系数为 0.1。要将最小频率预设为 10 Hz，则传输的值应是 100。如果转换因数为 0.1，则表示被传输的值将被乘以 0.1。因此，如果传输的值为 100，将被认为是 10.0。

表 37: 转换

转换索引	转换系数
74	3600
2	100
1	10
0	1
-1	0.1
-2	0.01
-3	0.001
-4	0.0001
-5	0.00001

### 9.4.13 过程字 (PCD)

过程字的数据块分为两个部分，各有 16 位，它们总是按照所定义的顺序出现。

表 38: 过程字 (PCD)

PCD 1	PCD 2
控制报文 (主⇒从控制字)	参考值
控制报文 (从⇒主) 状态字	当前的输出频率

## 9.5 示例

### 9.5.1 写入参数值

将参数 4-14 电机速度上限 [Hz] 改为 100 Hz。

将数据写入 EEPROM。

PKE = E19E (十六进制) – 在参数 4-14 电机速度上限 [Hz] 中写入单字。

- IND = 0000 (十六进制)。
- PWEHIGH = 0000 (十六进制)。
- PWELOW = 03E8 (十六进制)。

数据值 1000，对应于 100 Hz，请参阅[9.4.12 转换](#)一章。

相应的报文如图 57 所示。

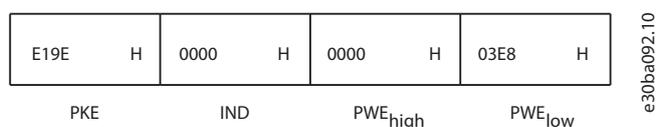


图 57: 报文

## 注意

参数 4-14 电机速度上限 [Hz] 是一个单字，用于在 EEPROM 中写入的参数命令为 E。参数 4-14 电机速度上限 [Hz] 为十六进制 19E。

从站对主站的响应如图 58 所示。

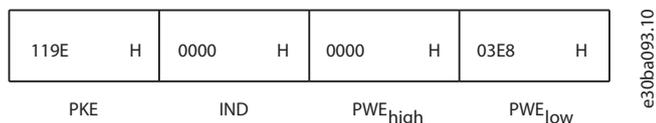


图 58: 主站响应

## 9.5.2 读取参数值

读取参数 3-41 斜坡 1 加速时间的值。

PKE = 1155 (十六进制) - 读取参数 3-41 斜坡 1 加速时间中的参数值:

- IND = 0000 (十六进制)。
- PWE<sub>HIGH</sub> = 0000 (十六进制)。
- PWE<sub>LOW</sub> = 0000 (十六进制)。

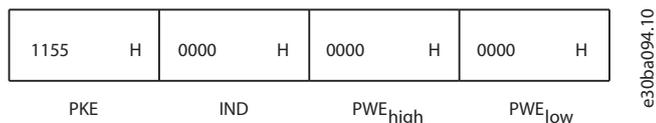


图 59: 报文

如果参数 3-41 斜坡 1 加速时间中的值为 10 秒，则从站对主站的响应如下图所示。

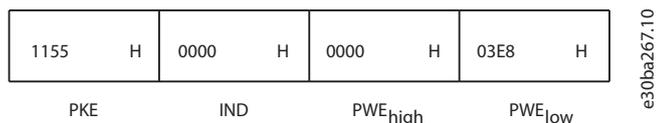


图 60: 响应

3E8 (十六进制) 对应于 1000 (十进制)。参数 3-41 斜坡 1 加速时间的转换索引为 -2，即 0.01。

参数 3-41 斜坡 1 加速时间的类型为无符号 32 位整数。

## 9.6 Modbus RTU

### 9.6.1 预备知识

Danfoss 假设所安装的控制器支持本手册中介绍的接口，并严格遵守在控制器和变频器中规定的所有要求和限制。

内置的 Modbus RTU (远程终端设备) 可以与任何支持本手册中定义的接口的控制器进行通讯。本说明假设用户完全了解控制器的功能和限制。

### 9.6.2 概述

无论物理通信网络为何种类型，本小节描述了控制器请求访问另一台设备时的过程。这个过程包括 Modbus RTU 如何响应来自另一台设备的请求，以及如何检测和报告错误。此外还建立了报文字段布局 and 内容的通用格式。

在通过 Modbus RTU 网络进行通信期间，协议将：

- 确定每个控制器将如何识别其设备地址。
- 如何识别发送给它的报文。
- 如何确定要采取的操作。
- 如何提取报文中所含的任何数据或其它信息。

如果要求回复，控制器将创建并发送回复报文。

控制器利用主从技术进行通信，该技术仅允许主站发起事件（称为查询）。从站可通过向主站提供所请求的数据，或按查询中的请求进行操作来进行响应。主站可以对单个从站进行寻址，或向所有从站发送广播报文。从站会向对它们单独寻址的查询返回一条响应。但对来自主站的广播查询则不予响应。

Modbus RTU 协议通过提供以下信息来确立主设备的查询格式：

- 设备（或广播）地址。
- 定义所需操作的功能代码。
- 将发送的任何数据。
- 错误校验字段。

从站的响应报文也使用 Modbus 协议创建。其中包含确认所采取操作的字段、要返回的所有数据及错误校验字段。如果在接收报文时发生错误，或者从站无法执行所请求的操作，则从站将创建并发送一条错误消息。或者出现超时。

### 9.6.3 带 Modbus RTU 的变频器

变频器通过内置的 RS485 接口以 Modbus RTU 格式进行通讯。Modbus RTU 提供了访问控制字和总线参考值的通道。

Modbus 主站可以借助控制字来控制若干重要的功能：

- 起动。
- 多种停止：
  - 惯性停止。
  - 快速停止。
  - 直流制动停止。
  - 正常（斜坡）停止。
- 故障跳闸后复位。
- 以多段预置速度运转。
- 反向运转。
- 更改有效设置。
- 控制变频器的内置继电器。

总线参考值通常用于速度控制。此外还可以访问参数，读取其值，如果可能还可以将值写入其中。通过访问参数，可以使用一系列的控制选项，包括在使用变频器的内部 PID 控制器时，控制变频器的给定值。

## 9.7 Modbus RTU 网络配置

要启用变频器上的 Modbus RTU，请设置下述参数：

表 39: 启用 Modbus RTU 的参数

参数	设置
参数 8-30 协议	Modbus RTU
参数 8-31 地址	1-247

表 39: 启用 Modbus RTU 的参数 (继续)

参数	设置
参数 8-32 波特率	2400-115200
参数 8-33 奇偶校验/停止位	偶校验, 1 个停止位 (默认)

## 9.8 Modbus RTU 消息帧结构

### 9.8.1 简介

连接在 Modbus 网络上控制器使用 RTU (远程终端设备) 模式进行通讯, 报文中的每个字节都包含两个 4 位十六进制字符。每个字节的格式如下表所示。

表 40: 各个字节的格式

起始位	数据字节	停止/奇偶校验	停止

表 41: 字节详情

编码系统	8 位二进制、十六进制 0-9, A-F。 在报文的每个 8 位字段中都包括 2 个十六进制字符。
每个字节的位数	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 个起始位。</li> <li>• 8 个数据位, 最小有效位先发送。</li> <li>• 1 个偶/奇校验位; 若无奇偶校验, 则没有该位。</li> <li>• 1 个停止位 (如果使用奇偶校验); 若无奇偶校验, 则为 2 个位。</li> </ul>
错误校验字段	循环冗余校验 (CRC)。

### 9.8.2 Modbus RTU 报文结构

传输设备将 Modbus RTU 报文放入一个开始和结束位置已知的帧中。这样, 即可在报文开始处指定接收设备, 读取地址部分, 确定该报文要发送到哪台设备 (或所有设备, 如果报文为广播型), 并了解报文的完成时间。检测到部分报文, 因而产生错误。在每个字段中传输的字符必须使用 00-FF 的十六进制格式。变频器会持续监视网络总线, 即便在“静默”期间也是如此。接收到第一个字段 (地址字段) 后, 每个变频器或设备都会将其解码, 以确定被寻址的设备。编址为零的 Modbus RTU 报文是广播报文。不允许响应广播报文。典型的报文帧如下表所示。

表 42: 典型 Modbus RTU 报文结构

启动	地址	功能	数据	CRC 检查	终止
T1-T2-T3-T4	8 位	8 位	N x 8 位	16 位	T1-T2-T3-T4

### 9.8.3 启动/停止字段

报文以一个静默周期开始。此周期至少为 3.5 个字符间隔。j 静默周期为多个字符间隔，这可用所选网络波特率下的字符间隔的倍数来选择（显示为启动 T1-T2-T3-T4）。所传输的第一个字段为设备地址。在传输完最后一个字符后，紧接着是一个类似的至少为 3.5 个字符的间隔周期，它标志着报文的结束。在此周期之后可以开始新的报文。

将整个报文帧作为连续的数据流传输。如果在帧结束之前出现了超过 1.5 个字符间隔的静默间隔，则接收设备会丢弃不完整的报文，并假设下一字节为新报文的地址字段。类似地，如果新报文在上一条报文之后的 3.5 个字符间隔内便开始，则接收设备会将其视为上一报文的延续。此行为会导致超时（从站无响应），因为对于该组合报文而言，最后的 CRC 字段中的值将无效。

### 9.8.4 地址字段

报文帧的地址字段包含 8 位。有效的从站设备地址应介于 0-247（十进制）范围内。为单台从设备分配的地址应介于 1-247 的范围（0 预留给广播模式，这是所有从站都认可的）。主站通过将地址放入报文的地址字段来对从站进行寻址。从站发送其响应时，会将自己的地址放在此地址字段中，以使主站了解哪个从站在进行响应。

### 9.8.5 功能字段

报文帧的功能字段包含 8 位。有效代码的范围为 1 - FF。功能字段用于在主站和从站之间发送报文。从主设备向从设备发送的报文，功能代码字段将通知从设备要执行的操作类型。从设备对主设备进行响应时，会使用功能代码字段指示正常（无错）响应或发生了某种错误（称为异常响应）。

对于正常响应，从设备只重复原先的功能代码。对于异常响应，从设备会返回一个代码。该代码相当于原始的功能代码，但是其最大有效位被设为逻辑 1。此外，从设备还将一个唯一的代码放入响应报文的数据字段中。该代码可通知主控制器发生了哪种错误，或异常的原因。另请参阅 Modbus RTU 支持的功能代码和 Modbus 异常代码章节。

### 9.8.6 数据字段

数据字段由几组两个十六进制数字（范围在 00 至 FF 之间）构建。这些数字都由一个 RTU 字符构成。从主站发送到从站的报文的数据字段包含其他信息，从站必须使用这些信息来执行相应功能。

该信息可包括以下项目：

- 线圈或寄存器地址。
- 要处理的项目数量。
- 字段内的实际数据字节数。

### 9.8.7 CRC 校验字段

报文中包括一个错误检查字段，此字段的工作机制基于循环冗余校验 (CRC) 方法。CRC 字段可检查整条报文的内容。它的应用与用于报文的单个字符的任何奇偶校验方法均无关。传输设备计算 CRC 值，然后将 CRC 作为最后一个字段附加在报文中。接收设备会在接收报文过程中重新计算 CRC，并将计算值与 CRC 字段中接收到的实际值相比较。2 个值不相等将会导致总线超时。错误检查字段包含一个 16 位二进制值，该值由两个 8 位字节组成。执行之后，首先附加字段的低位字节，然后是高位字节。CRC 高位字节为报文中发送的最后一个字节。

### 9.8.8 线圈寄存器地址

在 Modbus 中，所有数据都是用线圈和保持寄存器来组织的。线圈保持单个位，而保持寄存器则保持 2 字节字（即 16 位）。Modbus 报文中的所有数据地址均以零为参考。数据项的第一个项目编号被编址为零。例如：可编程控制器中的线圈 1 在 Modbus 报文的数据地址字段中被编址为线圈 0000。线圈 127（十进制）被编址为线圈 007EHEX（十进制的 126）。

保持寄存器 40001 在报文数据地址字段中被编址为寄存器 0000。功能代码字段已指定某个保持寄存器操作。因此，4XXXX 引用值是固有的。保持寄存器 40108 被编址为寄存器 006BHEX（十进制的 107）。

表 43: 线圈寄存器

线圈编号	说明	信号方向
1-16	变频器控制字。	由主到从
17-32	变频器速度或给定值参考范围 0x0-0xFFFF (-200% ... ~200%)。	由主到从
33-48	变频器状态字。	由从到主
49-64	开环模式: 变频器输出频率。 闭环模式: 变频器反馈信号。	由从到主
65	参数写入控制 (由主到从)。	由主到从
	0 = 将参数变化写入变频器的 RAM。	
	1 = 将参数变化写入变频器的 RAM 和 EEPROM。	
66-65536	预留。	-

表 44: 变频器控制字 (FC 协议)

线圈	0	1
01	预置参考值, 低位 (lsb)	
02	预置参考值, 高位 (msb)	
03	直流制动	无直流制动
04	惯性停止	无惯性停止
05	快速停止	无快速停止
06	锁定频率	无锁定频率
07	斜坡停止	启动
08	不复位	复位
09	无点动	点动
10	斜坡 1	斜坡 2
11	数据无效	数据有效
12	继电器 1 关	继电器 1 得电
13	继电器 2 关	继电器 2 开
14	设置 lsb	
15	-	
16	无反向	反向

表 45: 变频器状态字 (FC 协议)

线圈	0	1
33	控制未就绪	控制就绪
34	变频器未就绪	变频器就绪

表 45: 变频器状态字 (FC 协议) (继续)

线圈	0	1
35	惯性停止	安全功能关闭
36	无报警	报警
37	未使用	未使用
38	未使用	未使用
39	未使用	未使用
40	无警告	警告
41	不在参考值范围内	运行在参考值范围
42	手动启动模式	自动模式
43	超出频率范围	在频率范围内
44	已停止	运行
45	未使用	未使用
46	无电压警告	电压警告
47	无电流极限	电流极限
48	无热警告	热警告

表 46: 地址/寄存器

总线地址	写入 Modbus RTU 报文的寄存器值必须比寄存器 <sup>(1)</sup>	PLC 寄存器	目录	访问	说明
0	1	40001	预留	-	预留给上代 VLT® 5000 和 VLT® 2800 变频器。
1	2	40002	预留	-	预留给上代 VLT® 5000 和 VLT® 2800 变频器。
2	3	40003	预留	-	预留给上代 VLT® 5000 和 VLT® 2800 变频器。
3	4	40004	可用	-	-
4	5	40005	可用	-	-
5	6	40006	Modbus 配置	读/写 (R/W)	仅限 TCP。预留给 Modbus TCP (参数 12-28 存储数据值和参数 12-29 始终存储 - 如存储在 EEPROM)。
6	7	40007	最近的故障代码	只读	从参数数据库收到的故障代码, 有关详细信息, 请参考 WHAT 38295。

表 46: 地址/寄存器 (继续)

总线地址	写入 Modbus RTU 报文的寄存器值必须比寄存器 <sup>(1)</sup>	PLC 寄存器	目录	访问	说明
7	8	40008	最新的错误寄存器	只读	发生最新错误的寄存器的地址, 有关详细信息, 请参考 WHAT 38296。
8	9	40009	索引指针	读/写 (R/W)	要访问的参数的下标索引。有关详细信息, 请参考 WHAT 38297。
9	10	40010	<b>参数 0-01 语言</b>	取决于参数访问权限	<b>参数 0-01语言</b> (Modbus 寄存器 = 10 参数编号) 为 Modbus 映射中的参数预留的 20 个字节空间。
19	20	40020	<b>参数 0-02 电机速度单位</b>	取决于参数访问权限	<b>参数 0-02 电机速度单位</b> 为 Modbus 映射中的参数预留 20 个字节的的空间。
29	30	40030	<b>参数 0-03 区域设置</b>	取决于参数访问权限	<b>参数 0-03 区域设置</b> 为 Modbus 映射中的参数预留 20 个字节的的空间。

1) 编号小1。例如, 可通过在报文中写入值 0 来读取 Modbus 寄存器 1。

## 9.8.9 如何控制变频器

本节介绍了可以在 Modbus RTU 报文的功能字段和数据字段中使用的代码。

### 9.8.10 Modbus RTU 支持的功能代码

Modbus RTU 支持在报文的功能字段中使用下述功能代码:

表 47: 功能代码

功能	功能代码 (十六进制)
读取线圈	1
读取保持寄存器	3
写入单个线圈	5
写入单个寄存器	6
诊断	8
获取通讯事件计数器	B
写入多个线圈	F
写入多个寄存器	10
从属设备 ID	11

表 47: 功能代码 (继续)

功能	功能代码 (十六进制)
读/写多个寄存器	17
封装接口传输	2b

表 48: 功能代码 8 的子功能代码

功能	功能代码	子功能代码	子功能
诊断	8	1	重新启动通讯。
		2	返回诊断寄存器。
		10	清空计数器和诊断寄存器。
		11	返回总线消息计数。
		12	返回总线通讯错误计数。
		13	返回从站错误计数。
		14	返回从站消息计数。

### 9.8.11 Modbus 异常代码

有关异常代码响应消息的结构完整说明，请参考[9.8.5 功能字段](#)。

表 49: Modbus 异常代码

代码	名称	含义
1	非法功能	查询中收到的功能代码对于该服务器（或从设备）来说是不允许的操作。这可能是由于该功能代码仅适用于更新的设备，未在所选设备中实施。这还可能表明该服务器（或从设备）处于错误状态下，无法处理此类型的请求，原因可能是未进行配置，或未被要求返回寄存器值。
2	非法数据地址	查询中收到的数据地址对于该服务器（或从设备）来说是不允许的地址。更为具体来说，参照编号和传输长度的组合无效。对于具有 100 个寄存器的控制器来说，偏移为 96，长度为 4 的请求成功，偏移为 96 长度为 5 的请求则会产生异常 02。
3	非法数据值	查询数据中包含的值对于该服务器（或从设备）来说是不允许的值。这个值指示了组合请求剩余结构中的故障，例如：隐含长度是不正确的。并不意味着，因为 MODBUS 协议不知道任何特殊寄存器的任何特殊值的重要意义，寄存器中被提交存储的数据项有一个应用程序期望之外的值。
4	从设备发生故障	服务器（或从设备）尝试执行请求操作时产生不可重新获得的差错。

## 9.9 如何访问参数

### 9.9.1 参数处理

PNU（参数号）是从 Modbus 读/写消息中包含的寄存器地址转换而来的。参数编号以十进制形式转换为 Modbus 格式（10 x 参数编号）。示例：读取参数 3-12 加速/减速值（16 位）：保持寄存器 3120 用于存放参数值。值为 1352（十进制）表示该参数被设置为 12.52%。

读取参数 **3-14 预置相对参考值** (32 位)：保持寄存器 3410 和 3411 用于存放参数值。值为 11300 (十进制) 表示该参数被设置为 1113.00。

有关参数、尺寸和转换索引的信息，请查看编程指南。

## 9.9.2 数据存储

线圈 65 (十进制) 可决定是将写入变频器的数据存储到 EEPROM 和 RAM (线圈 65 = 1) 中，还是仅存储到 RAM (线圈 65 = 0) 中。

## 9.9.3 IND (索引)

变频器中的一些参数是数组参数，例如参数 **3-10 预置参考值**。由于 Modbus 不支持在保持寄存器中存放数组，变频器将保持寄存器 9 保留用作数组指针。读取或写入一个数组参数前，设置保持寄存器 9。将保持寄存器设置为值 2，将导致所有后续的读取/写入数组参数的操作都使用索引 2。

## 9.9.4 文本块

可以像访问其他参数那样访问以文本字符串形式存储的参数。文本块的最大长度为 20 个字符。在对某个参数的读请求中，如果请求的字符数超过该参数存储的字符数，则响应消息会被截断。在对某个参数的读请求中，如果请求的字符数少于该参数存储的字符数，则会用空格填充响应消息。

## 9.9.5 转换因数

参数值只能以整数的形式传输。若要传输小数，请使用转换因数。

## 9.9.6 参数值

### 标准数据类型

标准数据类型有 int 16、int 32、uint 8、uint 16 和 uint 32。它们以 4x 寄存器 (40001-4FFFF) 的形式存储。使用功能 03 (十六进制) 读取保持寄存器可读取这些参数。使用以下功能可写入参数：对于 1 个寄存器 (16 位)，使用功能 6 (十六进制) 预置单个寄存器；对于 2 个寄存器 (32 位)，使用功能 10 (十六进制) 预置多个寄存器。可读取的长度范围为 1 个寄存器 (16 位) 到 10 个寄存器 (20 个字符)。

### 非标准数据类型

非标准数据类型为文本字符串，以 4x 寄存器 (40001-4FFFF) 的形式存储。使用功能 03 (十六进制) 读取保持寄存器可读取这些参数，使用 10 (十六进制) 预置多个寄存器可写入这些参数。可读取的长度范围为 1 个寄存器 (2 个字符) 到 10 个寄存器 (20 个字符)。

## 9.10 示例

### 9.10.1 示例概述

下面章节中的示例显示了各种 Modbus RTU 命令。

### 9.10.2 读取线圈状态 (01 [十六进制])

#### 说明

该功能将读取变频器中离散输出 (线圈) 的开/关状态。读取操作不支持广播模式。

#### 查询

查询报文指定起始线圈和要读取的线圈数。线圈地址从 0 开始，如线圈 33 的地址应为 32。

从“从站设备 01”读取线圈 33-48 (状态字) 的请求示例。

表 50: 查询

字段名称	示例 (十六进制)
从站地址	01 (变频器地址)
功能	01 (读取线圈)
起始地址, 高位	00
起始地址, 低位	20 (十进制的 32) 线圈 33
寄存器数量, 高位	00
寄存器数量, 低位	10 (十进制的 16)
错误校验 (CRC)	-

## 响应

根据数据域的每个位将响应报文中的线圈分成为 1 个线圈。状态指示如下：1 = 开；0 = 关。第一个数据字节的 LSB 包含在查询中寻址的线圈。其他线圈跟在该字节的高位端之后，并按从“低位到高位”的顺序出现在后续字节中。

其它线圈依次类推，一直到这个字节的高位端为止，并在后续字节中从低位到高位顺序。字节数量域说明了数据的完整字节数。

表 51: 响应

字段名称	示例 (十六进制)
从站地址	01 (变频器地址)
功能	01 (读取线圈)
字节数	02 (2 字节数据)
数据 (线圈 40 - 33)	07
数据 (线圈 48 - 41)	06 (STW = 0607 [十六进制])
错误校验 (CRC)	-

## 注意

在 Modbus 中使用偏移 -1 对线圈和寄存器进行寻址。比如用“线圈地址 32”来访问线圈 33。

### 9.10.3 强制/写入单个线圈 (05 [十六进制])

#### 说明

该功能强制将线圈设为开或关。广播时，此功能强制所有连接的从站均具有相同的线圈参考值。

#### 查询

该查询报文指定对线圈 65 (参数写入控制) 执行强制。线圈地址从 0 开始，如线圈 65 的地址应为 64。强制写数据 = 00 00HEX (关) 或 FF 00HEX (开)。

表 52: 查询

字段名称	示例 (十六进制)
从站地址	01 (变频器地址)
功能	05 (写入单个线圈)
线圈地址, 高位	00
线圈地址, 低位	40 (十进制的 64) 线圈 65
强制数据, 高位	FF
强制数据, 低位	00 (FF 00 = 开)
错误校验 (CRC)	-

## 响应

正常响应是在强制线圈状态之后返回对查询的回复。

表 53: 响应

字段名称	示例 (十六进制)
从站地址	01
功能	05
强制数据, 高位	FF
强制数据, 低位	00
线圈数量, 高位	00
线圈数量, 低位	01
错误校验 (CRC)	-

### 9.10.4 强制/写入多个线圈 (0F [十六进制])

#### 说明

该功能强制一系列线圈中的每个线圈均为开或关。广播时, 该功能将强制所有连接的从站均具有相同的线圈参考值。

#### 查询

该查询报文指定对线圈 17 - 32 (速度给定值) 强制写入。

#### 注意

线圈地址从 0 开始, 如线圈 17 的地址应为 16。

表 54: 查询

字段名称	示例 (十六进制)
从站地址	01 (变频器地址)
功能	0F (写入多个线圈)

表 54: 查询 (继续)

字段名称	示例 (十六进制)
线圈地址, 高位	00
线圈地址, 低位	10 (线圈地址 17)
线圈数量, 高位	00
线圈数量, 低位	10 (16 个线圈)
字节数	02
强制数据, 高位 (线圈 8-1)	20
强制数据, 低位 (线圈 16-9)	00 (参考值 = 2000 十六进制)
错误校验 (CRC)	-

## 响应

正常响应返回从站设备地址、功能代码、起始地址和写入线圈的数量。

表 55: 响应

字段名称	示例 (十六进制)
从站地址	01 (变频器地址)
功能	0F (写入多个线圈)
线圈地址, 高位	00
线圈地址, 低位	10 (线圈地址 17)
线圈数量, 高位	00
线圈数量, 低位	10 (16 个线圈)
错误校验 (CRC)	-

### 9.10.5 读取保持寄存器 (03 [十六进制])

#### 说明

该功能读取从站中保持寄存器的内容。

#### 查询

该查询报文指定起始寄存器和要读取的寄存器数量。寄存器地址从 0 开始, 如寄存器 1 - 4 的地址应为 0 - 3。

示例: 读取参数 3-03 最大参考值, 寄存器 03030。

表 56: 查询

字段名称	示例 (十六进制)
从站地址	01
功能	03 (读取保持寄存器)
起始地址, 高位	0B (寄存器地址 3029)
起始地址, 低位	D5 (寄存器地址 3029)
寄存器数量, 高位	00
寄存器数量, 低位	02 - (参数 3-03 最大参考值为 32 位长, 即 2 个寄存器)
错误校验 (CRC)	-

## 响应

以每个寄存器两个字节的方式将响应报文中的寄存器数据打包, 每个字节内的二进制内容均右对齐。对于每个寄存器, 第一个字节都包含高位的位, 第二个字节都包含低位的位。

示例: 十六进制 000088B8=35.000=35 Hz。

表 57: 响应

字段名称	示例 (十六进制)
从站地址	01
功能	03
字节数	04
数据, 高位 (寄存器 3030)	00
数据, 低位 (寄存器 3030)	16
数据, 高位 (寄存器 3031)	E3
数据, 低位 (寄存器 3031)	60
错误校验 (CRC)	-

### 9.10.6 预置单个寄存器 (06 [十六进制])

#### 说明

该功能将一个值预置到单个保持寄存器中。

#### 查询

该查询报文指定要预设的寄存器。寄存器地址从 0 开始, 如寄存器 1 的地址应为 0。

示例: 写入参数 1-00 配置模式, 寄存器 1000。

表 58: 查询

字段名称	示例 (十六进制)
从站地址	01
功能	06
寄存器地址, 高位	03 (寄存器地址 999)
寄存器地址, 低位	E7 (寄存器地址 999)
预置数据, 高位	00
预置数据, 低位	01
错误校验 (CRC)	-

## 响应

正常响应是对查询的重复, 在寄存器内容发送完成之后会被返回。

表 59: 响应

字段名称	示例 (十六进制)
从站地址	01
功能	06
寄存器地址, 高位	03
寄存器地址, 低位	E7
预置数据, 高位	00
预置数据, 低位	01
错误校验 (CRC)	-

### 9.10.7 预置多个寄存器 (10 [十六进制])

#### 说明

该功能将值预置到多个连续的保持寄存器中。

#### 查询

该查询报文指定要预设的寄存器。寄存器地址从 0 开始, 如寄存器 1 的地址应为 0。对 2 个寄存器进行预置 (将参数 1-24 电机电流设置为 738 (7.38 A)) 的请求示例:

表 60: 查询

字段名称	示例 (十六进制)
从站地址	01
功能	10
起始地址, 高位	04
起始地址, 低位	07

表 60: 查询 (继续)

字段名称	示例 (十六进制)
寄存器数量, 高位	00
寄存器数量, 低位	02
字节数	04
写入数据, 高位 (寄存器 4: 1049)	00
写入数据, 低位 (寄存器 4: 1049)	00
写入数据, 高位 (寄存器 4: 1050)	02
写入数据, 低位 (寄存器 4: 1050)	E2
错误校验 (CRC)	-

## 响应

正常响应返回从设备地址、功能代码、起始地址和预置的寄存器数量。

表 61: 响应

字段名称	示例 (十六进制)
从站地址	01
功能	10
起始地址, 高位	04
起始地址, 低位	19
寄存器数量, 高位	00
寄存器数量, 低位	02
错误校验 (CRC)	-

## 9.11 Danfoss FC 控制协议

### 9.11.1 符合 FC 协议的控制字 (参数 8-10 协议 = FC 协议)



图 61: 与 FC 协议对应的控制字

表 62: 与 FC 协议对应的控制字

位	位值=0	位值=1
00	参考值	外部选择低位
01	参考值	外部选择高位

表 62: 与 FC 协议对应的控制字 (继续)

位	位值=0	位值=1
02	直流制动	斜坡
03	惯性停车	非惯性停车
04	快速停止	斜坡
05	保持输出频率	使用斜坡
06	斜坡停止	启动
07	无功能	复位
08	无功能	点动
09	斜坡 1	斜坡 2
10	数据无效	数据有效
11	打开继电器 01	激活继电器 01
12	打开继电器 02	激活继电器 02
13	参数设置	选择低位
15	无功能	反向

## 关于控制位的说明

### 位 00/01

位 00 和 01 用于在 4 个参考值之间进行选择，这些值根据下表在参数 3-10 预置参考值中预设。

表 63: 控制位

预设的参考值	参数	位 01	位 00
1	参数 3-10 预置参考值 [0]	0	0
2	参数 3-10 预置参考值 [1]	0	1
3	参数 3-10 预置参考值 [2]	1	0
4	参数 3-10 预置参考值 [3]	1	1

## 注意

在参数 8-56 预置参考值选择中，定义位 00/01 如何与数字输入上的对应功能进行门运算。

### 位 02, 直流制动

位 02 = 0: 激活直流制动和停止。在参数 2-01 直流制动电流和参数 2-02 直流制动时间中设置制动电流和持续时间。

位 02 = 1: 导致斜坡。

### 位 03, 惯性停车

位 03 = 0: 变频器会立即释放电机（关闭输出晶体管），从而使电机惯性停止。

位 03 = 1: 如果满足其他启动条件，变频器将启动电机。

在**参数 8-50 选择惯性停车**中，定义位 03 如何与数字输入上的对应功能进行门运算。

#### 位 04, 快速停止

位 04 = 0: 电机斜坡减速直至停止（减速时间在**参数 3-81 快停斜坡时间**中设置）。

#### 位 05, 保持输出频率

位 05 = 0: 锁定当前的输出频率（单位为 Hz）。只能通过将数字输入设置为 [21] 加速 和 [22] 减速（**参数 5-10 端子 18 数字输入** 至 **参数 5-13 端子 29 数字输入**）来更改锁定的输出频率。

### 注意

如果激活锁定输出功能，则只能用下述方式之一停止变频器：

- 位 03 惯性停止。
- 位 02, 直流制动
- 数字输入设置为 [5] 直流制动反逻辑、[2] 惯性停车反逻辑或 [3] 惯性/复位反逻辑（**参数 5-10 端子 18 数字输入** 至 **参数 5-13 端子 29 数字输入**）。

#### 位 06, 斜坡停止/启动:

位 06 = 0: 将导致停止，在此期间，电机会根据所选择的减速时间参数减速至停止。

位 06 = 1: 如果满足其他启动条件，则位 06 允许变频器启动电机。

在**参数 8-53 启动选择**中，定义“位 06 斜坡停止/启动”如何与数字输入上的对应功能进行门运算。

#### 位 07, 复位

位 07 = 0: 不复位。

位 07 = 1: 将跳闸复位。复位是在信号的上升沿被激活，即从逻辑 0 变为逻辑 1 时。

#### 位 08, 点动

位 08 = 1: **参数 3-11 点动速度 [Hz]** 确定输出频率。

#### 位 09, 选择斜坡 1/2

位 09 = 0: 启用斜坡 1（**参数 3-41 斜坡 1 加速时间**到**参数 3-42 斜坡 1 减速时间**）。

位 09 = 1: 启用斜坡 2（**参数 3-51 斜坡 2 加速时间**到**参数 3-52 斜坡 1 减速时间**）。

#### 位 10, 数据无效/数据有效

决定变频器使用还是忽略控制字。

位 10 = 0: 忽略控制字。

位 10 = 1: 使用控制字。由于不论何种电报类型，始终都包含控制字，因此该功能具有普遍意义。如果更新或读取参数时无需控制字，则将它关闭。

#### 位 11, 继电器 01

位 11 = 0: 不激活继电器。

位 11 = 1: 如果在**参数 5-40 功能继电器**中选择了 [36] 控制字位 11，则激活继电器 01。

#### 位 12, 继电器 02

位 12 = 0: 不激活继电器 02。

位 12 = 1: 如果在**参数 5-40 功能继电器**中选择了 [37] 控制字位 12，则激活继电器 02。

### 位 13, 设置选择

使用位 13, 可根据下表在 2 个菜单设置之间进行选择。

表 64: 菜单设置

设置	位 13
1	0
2	1

只有在**参数 0-10 有效菜单**中选择了 [9] **多菜单**时, 才能使用该功能。

使用**参数 8-55 菜单选择** 可以定义位 13 如何与数字输入端上的对应功能进行门运算。

### 位 15 反向

位 15 = 0: 不反转。

位 15 = 1: 反向。默认设置下, 反转功能在**参数 8-54 反向选择**中被设为数字方式。仅当选择串行通讯 [2] **逻辑或** [3] **逻辑和**时, 位 15 才会导致反向。

## 9.11.2 符合 FC 协议的状态字 (STW)

将**参数 8-30 协议**设置为 [0] **FC**。

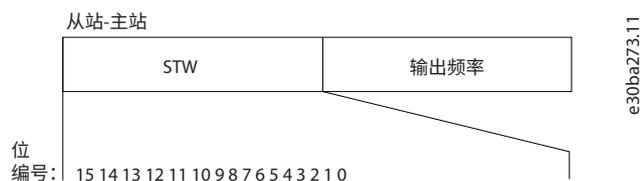


图 62: 状态字

表 65: 同 FC 协议对应的状态字

位	位值=0	位值=1
00	控制未就绪	控制就绪
01	变频器未就绪	变频器就绪
02	惯性停车	启用
03	无错误	跳闸
04	无错误	错误 (无跳闸)
05	预留	-
06	无错误	跳闸锁定
07	无警告	警告
08	速度 ≠ 参考值	速度=参考值
09	本地运行	总线控制
10	超出频率极限	频率极限正常
11	无操作	运行

表 65: 同 FC 协议对应的状态字 (继续)

位	位值=0	位值=1
12	变频器正常	停止, 自动启动
13	电压正常	过电压
14	转矩正常	过转矩
15	定时器正常	超时

### 关于状态位的说明

#### 位 00, 控制未就绪/就绪

位 00=0: 变频器跳闸。

位 00=1: 变频器控制已就绪, 但没有接通任何控制电源 (如果有外接 24V 控制电源的情形)。

#### 位 01, 变频器就绪

位 01=0: 变频器尚未就绪。

位 01=1: 变频器已做好运行准备, 但通过数字输入或串行通讯激活了惯性停车命令。

#### 位 02, 惯性停止

位 02=0: 变频器释放电机。

位 02=1: 变频器通过启动命令启动电机。

#### 位 03, 无错误/跳闸

位 03=0: 变频器无故障。

位 03=1: 变频器跳闸。要恢复运行, 请按 [Reset] (复位)。

#### 位 04, 无错误/错误 (无跳闸)

位 04=0: 变频器无故障。

位 04=1: 变频器出现一个错误, 但没有跳闸。

#### 位 05, 未使用

在状态字中不使用位 05。

#### 位 06, 无错误/锁定性跳闸

位 06=0: 变频器无故障。

位 06=1: 变频器发生锁定跳闸。

#### 位 07, 无警告/警告

位 07=0: 没有警告。

位 07=1: 出现警告。

#### 位 08, 速度参考值/速度=参考值

位 08=0: 电机在运行, 但其当前速度与预置的速度参考值不同。在启动/停止期间斜坡时, 可能出现这种情形。

位 08=1: 电机速度符合预置的速度参考值。

### 位 09, 本地运行/总线控制

位 09=0: 在控制面板上激活了 [Off/Reset] (关闭/复位), 或者在**参数 3-13 参考值位置**中选择了 [2] 本地。无法通过串行通信来控制变频器。

位 09=1: 可以通过现场总线/串行通信来控制变频器。

### 位 10, 超出频率极限

位 10=0: 输出频率达到**参数 4-12 电机速度下限 [Hz]** 或**参数 4-14 电机速度上限 [Hz]** 中的值。

位 10=1: 输出频率在定义的极限范围内。

### 位 11, 未运行/运行

位 11=0: 电机未运行。

位 11=1: 变频器有启动信号, 无惯性停车。

### 位 12, 变频器正常/已停止, 自动启动

位 12=0: 变频器当前无过热。

位 12=1: 变频器因过热而停止, 但设备并未跳闸, 因此, 一旦温度恢复正常, 则会恢复运行。

### 位 13, 电压正常/超过极限:

位 13=0: 没有电压警告。

位 13=1: 变频器直流回路中的直流电压过低或过高。

### 位 14, 转矩正常/超过极限:

位 14=0: 电机电流低于**参数 4-18 电流极限**中设置的电流极限。

位 14=1: 电机电流超过了**参数 4-18 电流极限**中的电流极限。

### 位 15, 定时器正常/超过限制

位 15=0: 电机热保护和变频器热保护的计时器尚未超过 100%。

位 15=1: 其中的一个计时器超过了 100%。

## 9.11.3 总线速度参考值

以一个相对百分比值的形式将速度参考值传输给变频器。以一个字 16 位的形式传输该值。如果值为 16384 (4000 [十六进制]), 则表示 100%。负数借助 2 的补码表示。实际输出频率 (MAV) 与总线参考值的标定方式相同。



图 63: 实际输出频率 (MAV)

参考值和 MAV 的标定方式如下:

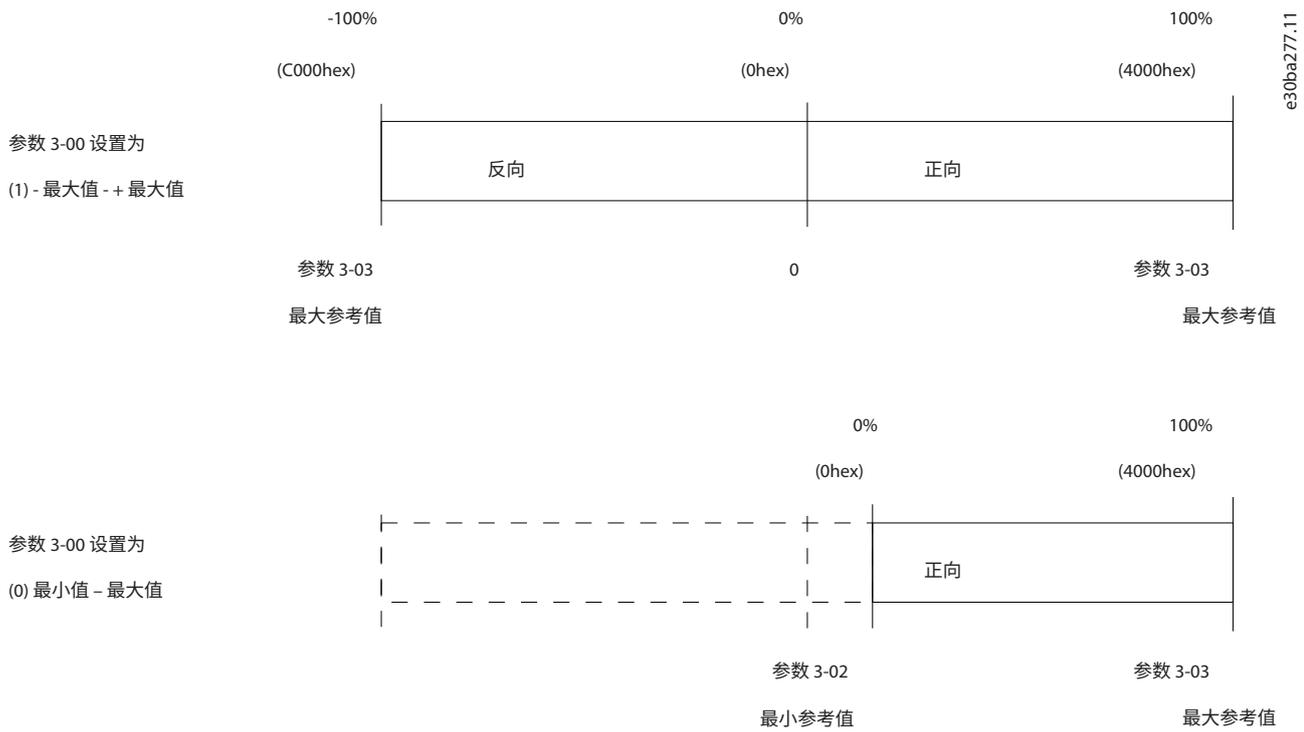


图 64: 参考值和 MAV

## 10 应用示例

### 10.1 简介

本节的示例旨在提供与常见应用有关的简单参考。

- 除非另有说明，否则参数设置都采用相关区域（在**参数 0-03 区域设置**）中选择的默认值。
- 与端子及其设置相关的参数显示在插图的旁侧
- 在需要对模拟端子 53 或 54 进行开关设置时还显示。

### 10.2 AMA

表 66: 在连接端子 27 的情况下执行 AMA

	参数功能	参数设置
	参数 1-29 自动电机调整 (AMA)	[1] 启用完整 MA
	参数 5-12 端子 27 数字输入	*[2] 惯性停车反逻辑
	*=默认值	
	备注/注释: 根据电机规格设置参数组 1-2* 电机数据。	
<div style="background-color: #004a87; color: white; padding: 5px; display: inline-block;"><b>注意</b></div>		
如果端子 12 和 27 未连接，请将 <b>参数 5-12 端子 27 数字输入</b> 设置为 [0] 无操作。		

## 10.3 速度

**表 67: 模拟速度参考值 (电压)**

	参数功能	参数设置
	参数 6-10 端子 53 电压下限	*0.07 V
	参数 6-11 端子 53 电压上限	*10 V
	参数 6-14 端子 53 参考/反馈值 下限	*0
	参数 6-15 端子 53 参考/反馈值 上限	50 Hz
	参数 6-19 端子 53 模式	*[1] 电压
	*=默认值	
说明/备注:		

**表 68: 模拟量速度参考值 (电流)**

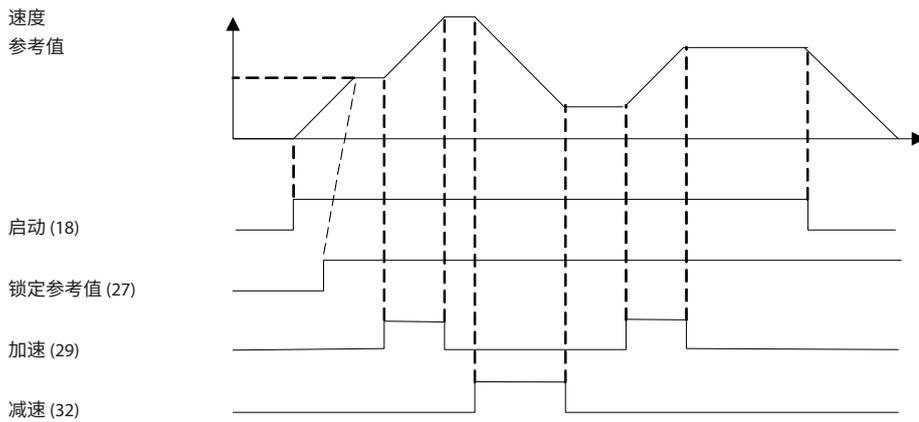
	参数功能	参数设置
	参数 6-22 端子 54 电流下限	*4 mA
	参数 6-23 端子 54 电流上限	*20 mA
	参数 6-24 端子 54 参考/反馈值 下限	*0
	参数 6-25 端子 54 参考/反馈值 上限	50 Hz
	参数 6-29 端子 54 模式	[0] 电流
	*=默认值	
说明/备注:		

表 69: 速度参考值 (使用手动电位计)

	参数功能	参数设置
	参数 6-10 端子 53 电压下限	*0.07 V
	参数 6-11 端子 53 电压上限	*10 V
	参数 6-14 端子 53 参考/反馈值 下限	*0
	参数 6-15 端子 53 参考值/反馈值 上限	50 Hz
	参数 6-19 端子 53 模式	*[1] 电压
	*=默认值	
说明/备注:		

表 70: 加速/减速

	参数功能	参数设置
	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	[21] 减速
*=默认值		
说明/备注:		



e30bb840.12

图 65: 加速/减速

## 10.4 启动/停止

表 71: 带反向功能和 4 个预设速度的启动/停止

	参数功能	参数设置
	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 预置参考值 1 预置参考值 2 预置参考值 3	25% 50% 75% 100%
*=默认值		
说明/备注:		

## 10.5 外部报警复位

表 72: 外部报警复位

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

## 10.6 电机热敏电阻

### 注意

为了符合 PELV 绝缘要求，必须在热敏电阻上使用加强绝缘或双重绝缘。

表 73: 电机热敏电阻

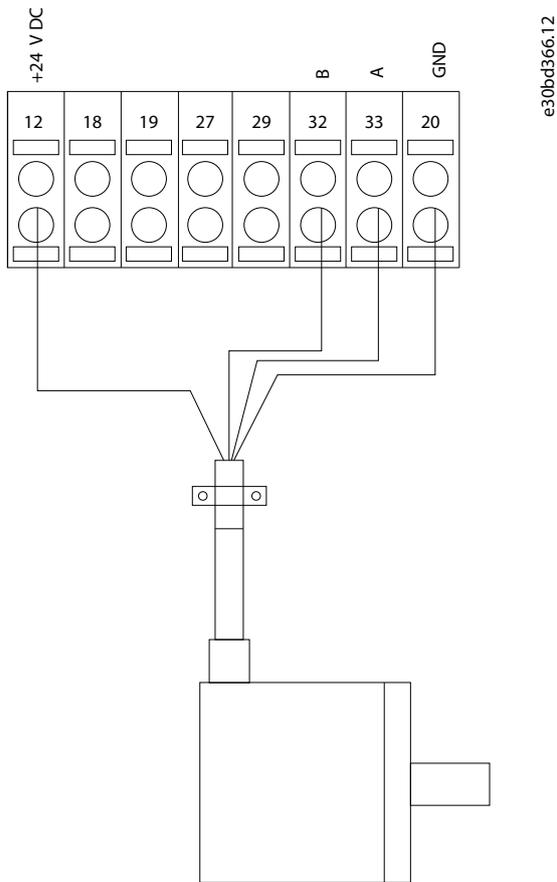
	参数功能	参数设置
	参数 1-90 电机热保护	[2] 热敏电阻跳闸
	参数 1-93 电机热来源	[1] 模拟输入 53
	参数 6-19 端子 53 模式	*[1] 电压
	*=默认值	
	说明/备注: 如果仅需发出警告, 则应将参数 1-90 电机热保护设置为 [1] 热敏电阻警告。	

表 74: 使用 SLC 设置继电器

	参数功能	参数设置
	参数 4-30 电机反馈损耗功能	[1] 警告
	参数 4-31 电机反馈速度错误	100
	参数 4-32 电机反馈损耗超时	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 SL 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 13-13 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] 控制卡数字输出 A
*=默认值		
<b>说明/备注:</b> 如果反馈监视器中的极限被超过, 则将会发出警告 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。但继电器 1 仍将跳闸, 直到按了 [Off/Reset] (关闭/复位)。		

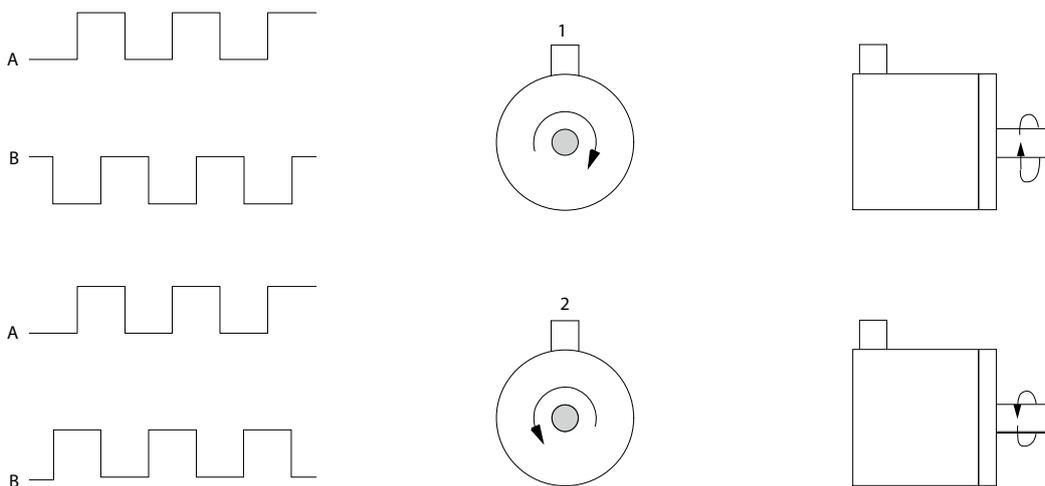
## 10.7 编码器连接

本指南旨在为设置编码器与变频器的连接提供方便。设置编码器之前, 将显示闭环速度控制系统的基本设置。



e30bd4366.12

图 66: 24 V 或 10 - 30 V 编码器



e30ba646.10

图 67: 24 V 增量型编码器，最大电缆长度 5 米（16.4 英尺）

## 10.8 编码器方向

脉冲进入变频器的顺序决定了编码器的方向。

- 顺时针方向表示通道 A 在通道 B 前 90 电度。
- 逆时针方向表示通道 B 在通道 A 前 90 电度。

通过观察轴端可确定此方向。

## 10.9 闭环变频器系统

变频器系统通常由多个部分组成，比如：

- 电机。
- 制动器（变速箱、机械制动）。
- 变频器。
- 作为反馈系统的编码器。
- 用于动态制动的制动电阻器。
- 传动装置。
- 负载。

要求机械制动控制的应用环境通常需要制动电阻器。

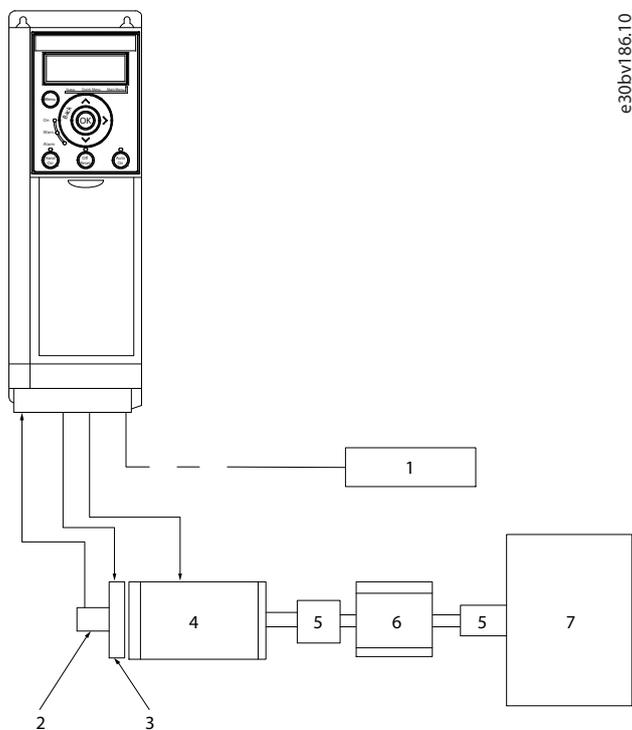


图 68: 闭环速度控制的基本设置

1	制动电阻器	2	编码器
3	机械制动	4	电机
5	传输	6	变速箱
7	负荷		

## 11 如何订购变频器

### 11.1 产品定制软件

使用网上的 Drive Configurator（产品定制软件）为独特应用配置正确的变频器。Drive Configurator（产品定制软件）可在以下网址找到：[低压变频器 | 丹佛斯全球产品商店](#)。定制软件将创建类型代码字符串以及可提交给当地销售部门的 8 位数的销售号。另外，您也可以编制一个含有多种产品的项目清单，然后将其提交给丹佛斯销售代表。

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
F	C	-	3	6	0					T	4	E	2	0	H	2	X	X	C	X	X	X	S	X	X	X	X	A		B	X

e30bv168.10

图 69: 类型代码字符串

类型代码字符串的一个示例为：

FC-360Q110T4E20H2XXCXXXSXXXXA0BX

该字符串中字符的含义在本章中定义。在上例中，为变频器配置了以下选项：

- A2 类射频干扰滤波器。
- 3C3。
- PROFIBUS DP-V1。

变频器自动提供英语、中文和葡萄牙语。

### 11.2 订购 VLT® AutomationDrive FC 360 机箱类型 J8–J9

表 75: J8–J9 机箱的订购类型代码

说明	位置	可能的选项
产品组	1-6	FC-360
型号	7-10	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Q110: 110 kW (150 hp)</li> <li>• Q132: 132 kW (200 hp)</li> <li>• Q160: 160 kW (250 hp)</li> <li>• Q200: 200 kW (300 hp)</li> <li>• Q250: 250 kW (350 hp)</li> <li>• Q315: 315 kW (450 hp)</li> <li>• H90K: 90 kW (125 hp)</li> <li>• H110: 110 kW (150 hp)</li> <li>• H132: 132 kW (200 hp)</li> <li>• H160: 160 kW (250 hp)</li> <li>• H200: 200 kW (300 hp)</li> <li>• H250: 250 kW (350 hp)</li> </ul>
电源电压	11-12	T4: 380–480 V AC
机箱	13-15	E20: IP20
射频干扰滤波器	16-17	H2: A2 类射频干扰滤波器
制动	18	X: 无制动 IGBT
显示	19	X: 无本地控制面板
PCB 涂层	20	C: 3C3

表 75: J8-J9 机箱的订购类型代码 (继续)

说明	位置	可能的选项
主电源选件	21	X: 无主电源选件
调整	22	X: 标准电缆入口
调整	23	X: 无调整
软件版本	24-27	SXXX: 标准软件
软件语言	28	X: 标准语言包
A 选件	29-30	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AX: 无 A 选件</li> <li>• A0: VLT® PROFIBUS DP MCA 101</li> <li>• AL: VLT® PROFINET MCA 120</li> </ul>
B 选件	31-32	BX: 无选件

### 11.3 订购附件和备件

表 76: 附件型号代码

说明	型号代码
VLT® PROFIBUS DP MCA 101	134B6778
VLT® PROFINET MCA 120	134B6779
VLT® encoder input MCB 102	132B0282
VLT® resolver input MCB 103	132B0283
VLT® 24 V DC supply MCB 107	130B1208
VLT® Sensor Input Option MCB 114	130B1272
VLT® graphical control panel LCP 23	132B0801
VLT® numeric control panel LCP 21	132B0254
LCP 的远程安装套件, 带 3 米长电缆	132B0102
LCP 远程安装电缆, 3 米	132B0132

表 77: 备件型号代码

说明	型号代码
FC 360 J8-J9 的控制卡	132G0279

有关更多备件的信息, 请与Danfoss联系。

### 11.4 订购滤波器和制动电阻器

请参考以下设计指南了解滤波器和制动电阻器的尺寸标注规格和订购号:

- VLT® Brake Resistor MCE 101 设计指南。
- VLT® Advanced Harmonic Filters AHF 005/AHF 010 设计指南。
- 输出滤波器设计指南。

## 12 附录

### 12.1 缩略语和符号

表 78: 缩略语和符号

60° AVM	60° 异步矢量调制
A	安培/AMP
AC	交流电
ACP	应用控制处理器
AD	空气放电
AEO	自动能量优化
AI	模拟输出
AIC	安培断开电流
AMA	电机自整定
AWG	美国线规
°C	摄氏度
CB	断路器
CD	恒定流量
CDM	完整变频器模块：变频器、馈送部分及辅助装置。
CE	欧洲合规（欧洲安全标准）
CM	共模
CT	恒转矩
DC	直流电
DI	数字输入
DM	差分模式
D-TYPE	取决于变频器
EEPROM	电可擦可编程只读存储器
EMC	电磁兼容性
EMF	电动势
EMI	电磁干扰
ESD	静电放电
ETR	电子热继电器
°F	华氏度
$f_{JOG}$	激活点动功能时的电机频率。
$f_M$	电机频率

表 78: 缩略语和符号 (继续)

$f_{MAX}$	变频器在其输出上施加的最大输出频率。
$f_{MIN}$	来自变频器的最低电机频率。
$f_{M,N}$	额定电机频率
FC	变频器
FSP	恒速泵
g	克
HO	高过载
Hp	马力
Hz	赫兹
$I_{INV}$	逆变器额定输出电流
$I_{LIM}$	电流极限
$I_{M,N}$	额定电机电流
$I_{VLT,MAX}$	最大输出电流
$I_{VLT,N}$	变频器输出的额定电流
IGBT	绝缘栅双极型晶体管
IP	防护等级
kHz	千赫兹
LCP	本地控制面板
LED	发光二极管
$L_d$	电机 d 轴电感
$L_q$	电机 q 轴电感
低位 (lsb)	最小有效位
m	米
mA	毫安
MCM	Mille Circular Mil
MCP	电机控制处理器
MCT	运动控制工具
mH	电感 (毫亨)
min	分钟
mm	毫米
ms	毫秒
高位 (msb)	最大有效位
$\eta_{VLT}$	变频器效率被定义为输出功率和输入功率的比值。

表 78: 缩略语和符号 (继续)

NEMA	美国电器制造商协会
nF	电容 (纳法)
NLCP	数字式本地控制面板
Nm	牛顿米
NO	正常过载
$n_s$	同步电机速度
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
$P_{br, cont.}$	制动电阻器的额定功率 (持续制动过程中的平均功率)
PCB	印刷电路板
PCD	过程数据
PDS	动力驱动系统: 一个 CDM 和一个电机
PE	保护性接地
PELV	保护性超低压
$P_m$	变频器高过载时的额定输出功率
$P_{M, N}$	额定电机功率
永磁电机	永磁电机
过程 PID	维持所需的速度、压力、温度等的比例积分微分调节器。
PWM	脉冲宽度调制
$R_{br, nom}$	确保电机轴上的制动功率达到 150/160%, 且持续 1 分钟的额定电阻器阻值。
RCD	漏电保护器
能量回馈	反馈端子
RFI	射频干扰
$R_{min}$	变频器所允许的最小制动电阻器值
RMS	平方根
RPM	每分钟转数
$R_{rec}$	丹佛斯制动电阻器的建议的制动电阻器电阻
$R_s$	定子电阻
s	第二类
SCR	可控硅整流器
SCCR	短路电流额定值
SFAVM	定子磁通定向的异步矢量调制
STW	状态字
开关电源	开关模式电源

表 78: 缩略语和符号 (继续)

THD	总谐波失真
$T_{LIM}$	转矩极限
TTL	TTL 编码器 (5 V) 脉冲 - 晶体管逻辑
$U_{M,N}$	额定电机电压
UL	Underwriters Laboratories (进行安全认证的美国组织)
V	伏特
VSP	变速泵
VT	可变转矩
VVC+	电压矢量控制加
$X_h$	电机主电抗

## 12.2 定义

### 12.2.1 变频器

#### 惯性停车

电机主轴处于自由模式。电机无转矩。

$I_{VLT,MAX}$

最大输出电流。

$I_{VLT,N}$

变频器的额定输出电流。

$U_{VLT,MAX}$

最大输出电压。

### 12.2.2 输入

#### 控制命令

可通过 LCP 和数字输入启动和停止所连接的电机。

功能分为两组。第 1 组中的功能比第 2 组中的功能具有更高优先级。

表 79: 功能组

第 1 组	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)。
第 2 组	启动、自锁启动、反向启动、点动、锁定输出和 [Hand On] (手动启动)。

### 12.2.3 电机

#### 电机正在运行

在输出轴上生成扭矩，电机上的速度从 0 RPM 增至最大速度。

$f_{JOG}$

激活点动功能（通过数字端子或总线）时的电机频率。

$f_M$

电机频率。

$f_{MAX}$

电机最大频率。

$f_{MIN}$

电机最小频率。

$f_{M, N}$

电机额定频率（铭牌数据）。

$I_M$

电机电流（实际值）。

$I_{M, N}$

额定电机电流（铭牌数据）。

$n_{M, N}$

电机额定速度（铭牌数据）。

$n_s$

同步电机速度。  $n_s = \frac{2 \times \text{Parameter1} - 23 \times 60s}{\text{Parameter1} - 39}$

$n_{slip}$

电机滑差。

$P_{M, N}$

电机额定功率（铭牌数据，单位为 kW 或 hp）。

$T_{M, N}$

额定转矩（电机）。

$U_M$

瞬时电机电压。

$U_{M, N}$

电机额定电压（铭牌数据）。

**起步转矩**

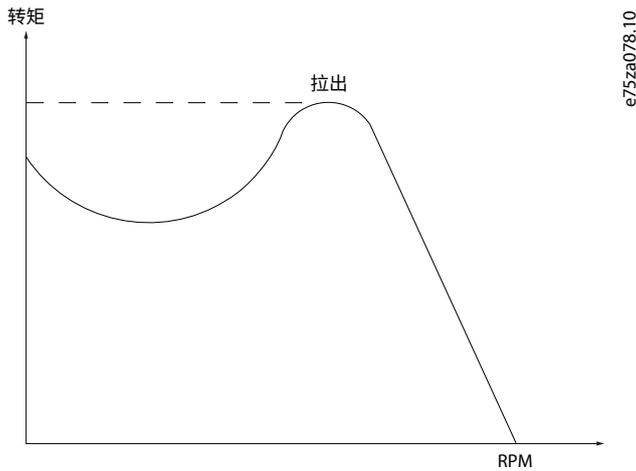


图 70: 起步转矩

 $\eta_{VLT}$ 

变频器效率是指输出功率和输入功率的比值。

**启动 - 禁用命令**

启动-禁用命令属于第 1 组的控制命令。有关详细信息，请参阅输入一章中的表格。

**停止命令**

停止命令属于第 1 组的控制命令。有关详细信息，请参阅输入一章中的表格。

**12.2.4 参考值****模拟参考值**

传输到模拟输入端 53 或 54 的信号可为电压或电流。

**二进制参考值**

通过串行通讯端口传输的信号。

**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。可以通过总线选择的 4 个预置参考值。

**脉冲参考值**

传输到数字输入（端子 29 或 33）的脉冲频率信号。

**Ref<sub>MAX</sub>**

确定 100% 满量程值（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。最大参考值在**参数 3-03 最大参考值**中设置。

**Ref<sub>MIN</sub>**

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。最小参考值在**参数 3-02 最小参考值**中设置。

**12.2.5 其他****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：0–10 V DC。

### 模拟输出

模拟输出可提供 0-20 mA 或 4-20 mA 的信号。

### 电机自整定，AMA

AMA 算法可确定相连电机处于静止状态时的电气参数。

### 制动电阻器

制动电阻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。

### CT 特性

恒转矩特性，用于所有应用中（如传送带、容积泵和起重机）。

### 数字输入

数字输入可用于控制变频器的多种功能。

### 数字输出

变频器具有 2 个可提供 24 V 直流（最大 40 mA）的稳态输出。

### 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。

### FC 标准总线

包括使用 FC 协议或 MC 协议的 RS485 总线。请参阅**参数 8-30 协议**。

### 正在初始化

如果执行初始化（**参数 14-22 工作模式**），变频器将恢复为默认设置。

### 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

本地控制面板是对变频器进行控制和编程的完整接口。LCP 可拆卸。使用安装套件选项，可将 LCP 安装到与变频器距离不超过 3 米（9.8 英尺）的前面板上。

### GLCP

图形本地控制面板是对变频器进行控制和编程的界面。显示屏是图形式，面板用于显示过程值。GLCP 具有存储和复制功能。

### NLCP

数字式本地控制面板是对变频器进行控制和编程的界面。显示屏是数字式的，因此该面板用于显示过程值。NLCP 具有存储和复制功能。

### lsb

最小有效位。

**msb**

最大有效位。

**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<sup>2</sup>。

**联机/脱机参数**

对联机参数而言，对其数值的更改将立即生效。按 [OK]（确定）键可激活对脱机参数所做的更改。

**过程 PID**

PID 控制可调节输出频率，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。

**PCD**

过程控制数据。

**电源循环**

关闭主电源，直到显示屏 (LCP) 熄灭，然后再次打开电源。

**功率因数**

功率因数表示  $I_1$  和  $I_{RMS}$  之间的关系。

$$\text{Powerfactor} = \frac{\sqrt{3} \times U \times I_1 \cos\phi_1}{\sqrt{3} \times U \times I_{RMS}}$$

对于此变频器， $\cos\phi_1 = 1$ ，因此： $\text{Powerfactor} = \frac{I_1 \times \cos\phi_1}{I_{RMS}} = \frac{I_1}{I_{RMS}}$

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。

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

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，从而将对主电源施加的负载降到最低程度。

**脉冲输入/增量编码器**

一种外接式数字脉冲传感器，用于反馈电机转速信息。这种编码器用于具有较高速度控制精度要求的应用。

**RCD**

漏电保护器。

**设置**

将参数设置保存在 2 个菜单中。可在这 2 个参数菜单之间切换，并可在 1 个菜单处于有效状态时编辑另一个菜单。

**SFAVM**

该缩写描述的是开关模式定子磁通定向的异步矢量调制。

**滑差补偿**

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

**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。（参数组 13-\*\* 智能逻辑）。

## STW

状态字。

## THD

总谐波失真表明了谐波失真的总计。

## 热敏电阻

安装在需要监测温度的位置（变频器或电机）的温控电阻器。

## 跳闸

当变频器遭遇过电压等故障或为了保护电机、过程或机械装置时所进入的状态。只有当故障原由消失后，才能重新启动，跳闸状态可通过激活复位来取消，有时候还可通过编程自动复位来取消。请勿将跳闸当做人身安全使用。

## 跳闸锁定

跳闸锁定是当变频器保护自身并需要人为干预时，所进入的故障状态。导致跳闸锁定的一个示例是，变频器在输出端出现短路。只有通过切断主电源、消除故障原因并重新连接，才可以消除锁定性跳闸。只有当故障原由消失，跳闸状态通过复位消除，或者在某些情况下还可通过编程自动复位功能消除后，才能重新启动。请勿将跳闸锁定当做人身安全使用。

## 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进而负载转矩变化时提高动态稳定性。

## 60° AVM

请参阅开关模式 60° 异步矢量调制。

## 12.3 约定

- 带编号的列表用于表示程序和插图说明。
- 符号列表用于表示其他信息。
- 斜体文本用于表示：
  - 交叉引用。
  - 链路。
  - 参数名称。
  - 参数组名。
  - 参数选项。
  - 脚注。
- 图中的所有尺寸都以 [mm] (in) 为单位。
- 星号 (\*) 表示参数的默认设置。





**Danfoss A/S**  
Ulsnaes 1  
DK-6300 Graasten  
[drives.danfoss.com](http://drives.danfoss.com)

任何信息，包括但不限于产品手册、目录、广告等中包含的产品选择、产品应用或使用、产品设计、重量、尺寸、功率或其他技术信息，无论以书面、口头、电子、在线或通过下载等形式，均仅作信息了解，仅在报价或订单确认书明示表达的情况下并仅在此范围内具备约束力。对于产品目录、手册、视频及其他印刷资料中出现的错误，Danfoss 不予负责。Danfoss 公司保留不另行通知更改产品的权利。此权利同样适用于已经订购但尚未交付的产品，前提是该等更改不应双方约定的产品规格或产品形式、适合度或功能产生重大影响。本资料中的所有商标均为 Danfoss A/S 或 Danfoss 集团公司的财产。Danfoss 和 Danfoss 徽标是 Danfoss A/S 的商标。保留所有权利。

M00404

