ENGINEERING
TOMORROW

设计指南

VLT® Flow Drive FC 111

vlt-drives.danfoss.com | VLT®

目录

1 简介 9
1.1 本设计指南的目的 9
1.2 其他资源 9
1.2.1 其他资源 9
1.2.2 MCT 10 设置软件支持 9
1.3 文档和软件版本 9
1.4 法规遵从性 9
1.4.1 简介 9
1.4.2 CE 标志 9

2 安全性 11
2.1 安全符号 11
2.2 具备资质的人员 11
2.3 安全事项 11

3 产品概述 13
3.1 优势 13
3.1.1 为何要使用变频器来控制风扇和泵？ 13
3.1.1.1 突出优点 - 节能 13
3.1.1.2 节能示例 14
3.1.1.3 节能比较 14
3.1.1.4 在一年当中流量有变化的示例 15
3.1.1.5 更好的控制 17
3.1.1.6 不需要星/三角启动器或软启动器 17
3.1.1.7 使用变频器节省成本 17
3.1.1.8 无变频器的传统风扇系统 18
3.1.1.9 由变频器控制的鼓风系统 19
3.1.2 应用示例 19
3.1.2.1 变风量 19
3.1.2.2 定风量 20
3.1.2.3 冷却塔风扇 21
3.1.2.4 冷凝器泵 22
3.1.2.5 主泵 23
3.1.2.6 辅助泵 24
3.1.3 止回阀监控 25
3.1.4 空泵检测 25
3.1.5 曲线末端检测 25

3.1.6 基于时间的功能 25
3.2 控制结构 25
3.2.1 简介 25
3.2.2 开环控制结构 26
3.2.3 PM/EC+ 电动机控制 26
3.2.4 本地（手动启动）和远程（自动启动）控制 26
3.2.5 闭环控制结构 27
3.2.6 反馈转换 27
3.2.7 参考值处理 27
3.2.8 优化变频器的闭环 28
3.2.9 手动调整 PI 28
3.3 工作环境条件 29
3.3.1 空气湿度 29
3.3.2 声源性噪音或振动 29
3.3.2.1 声源性噪音 29
3.3.2.2 振动与冲击 29
3.3.3 腐蚀性环境 30
3.4 关于 EMC 的一般问题 30
3.4.1 EMC 辐射概述 30
3.4.2 辐射要求 31
3.4.3 EMC 辐射测试结果 31
3.4.4 谐波辐射 32
3.4.5 谐波辐射要求 32
3.4.6 谐波测试结果（辐射） 33
3.4.7 抗扰性要求 37
3.5 保护性超低电压 (PELV) 37
3.6 接地漏电电流 38
3.6.1 使用漏电保护器 (RCD) 40
3.7 极端运行条件 41
3.7.1 简介 41
3.7.2 电机热保护 (ETR) 42
3.7.3 热敏电阻输入 42
3.7.3.1 使用数字输入和 10 V 电源的示例 43
3.7.3.2 使用模拟输入和 10 V 电源的示例 43
4 选择和订购 45
4.1 类型代码 45
4.2 选件和附件 46

5 机械安装注意事项 47
5.1 额定功率、重量和尺寸 47
5.2 存储和工作环境 50
5.3 并排安装 51
5.4 所需工具 52
5.5 安装和冷却要求 52
5.6 提升变频器 54
5.7 在墙上安装变频器 54
5.8 制作电缆开孔 56
5.9 降容 56
5.9.1 手动降容和自动降容 56
5.9.2 低速运行时降容 56
5.9.3 在低气压和高海拔处降容 57
5.9.4 根据环境温度和开关频率进行降容 57

6 电气安装注意事项 59
6.1 安全说明 59
6.2 电气连线 59
6.3 符合 EMC 规范的电气安装 60
6.4 继电器和端子 62
6.4.1 H1 – H5 机箱上的继电器和端子 62
6.4.2 机箱规格为 H11 的变频器上的继电器和端子 63
6.4.3 规格为 H12 的机箱上的继电器和端子 63
6.4.4 H13 – H14 机箱上的继电器和端子 64
6.5 控制面板支架视图 64
6.6 紧固件紧固转矩 66
6.7 IT 主电源 67
6.8 主电源和电机接线 68
6.8.1 简介 68
6.8.2 接地 68
6.8.3 连接电机 69
6.8.4 连接交流主电源 70
6.9 熔断器和断路器 70
6.9.1 支路保护 70
6.9.2 短路保护 70
6.9.3 过电流保护 71
6.9.4 符合 CE 标准 71
6.9.5 推荐熔断器 71

6.10 控制端子 72
6.11 效率 73
6.11.1 变频器的效率 73
6.11.2 电机效率 74
6.11.3 系统效率 74
6.12 dU/dt 条件 74
6.12.1 dU/dt 概述 74
6.12.2 H1-H5 和 H11-H12 的 dU/dt 测试结果 74
6.12.3 大功率系列 76
6.12.4 H13 - H14 的 dU/dt 测试结果 76
6.12.5 dU/dt 滤波器 77
6.13 PHF 滤波器 77

7 RS485 安装和设置 78
7.1 RS485 78
7.1.1 概述 78
7.1.2 将变频器连接到 RS485 网络 79
7.1.3 硬件设置 79
7.1.4 Modbus 通讯的参数设置 80
7.1.5 EMC 防范措施 80
7.2 FC 协议 81
7.2.1 概述 81
7.2.2 带 Modbus RTU 的 FC 81
7.3 网络配置 82
7.4 FC 协议消息帧结构 82
7.4.1 字符（字节）的内容 82
7.4.2 报文结构 82
7.4.3 报文长度 (LGE) 82
7.4.4 变频器地址 (ADR) 83
7.4.5 数据控制字节 (BCC) 83
7.4.6 数据字段 83
7.4.7 PKE 字段 84
7.4.8 参数编号 (PNU) 85
7.4.9 索引 (IND) 85
7.4.10 参数值 (PWE) 85
7.4.11 变频器支持的数据类型 86
7.4.12 转换 86
7.4.13 过程字 (PCD) 86

7.5 示例 87
7.5.1 写入参数值 87
7.5.2 读取参数值 87
7.6 Modbus RTU 88
7.6.1 预备知识 88
7.6.2 Modbus RTU 概述 88
7.6.3 带 Modbus RTU 的变频器 88
7.7 网络配置 89
7.8 Modbus RTU 消息帧结构 89
7.8.1 Modbus RTU 消息字节格式 89
7.8.2 Modbus RTU 报文结构 89
7.8.3 启动/停止字段 89
7.8.4 地址字段 90
7.8.5 功能字段 90
7.8.6 数据字段 90
7.8.7 CRC 校验字段 90
7.8.8 线圈寄存器地址 90
7.8.8.1 简介 90
7.8.8.2 线圈寄存器 90
7.8.8.3 变频器控制字（FC 协议） 91
7.8.8.4 变频器状态字（FC 协议） 91
7.8.8.5 地址/寄存器 92
7.8.9 通过 PCD 读/写访问 93
7.8.10 如何控制变频器 93
7.8.10.1 简介 93
7.8.10.2 Modbus RTU 支持的功能代码 93
7.8.10.3 Modbus 异常代码 94
7.9 如何访问参数 95
7.9.1 参数处理 95
7.9.2 数据存储 95
7.9.3 IND（索引） 95
7.9.4 文本块 95
7.9.5 转换因数 95
7.9.6 参数值 95
7.10 示例 95
7.10.1 简介 95
7.10.2 读取线圈状态（01 [十六进制]） 95
7.10.3 强制/写入单个线圈（05 [十六进制]） 96

7.10.4 强制/写入多个线圈（0F [十六进制]） 97
7.10.5 读取保持寄存器（03 [十六进制]） 98
7.10.6 预置单个寄存器（06 [十六进制]） 99
7.10.7 预置多个寄存器（10 [十六进制]） 99
7.10.8 读/写多个寄存器（17 十六进制） 100
7.11 Danfoss FC 控制协议 101
7.11.1 符合 FC 协议的控制字（参数 8-10 协议 = FC 协议） 101
7.11.2 每个控制位的说明 102
7.11.3 符合 FC 协议的状态字 (STW) 104
7.11.4 每个状态位的说明 105
7.11.5 总线速度参考值 106

8 一般规范 108
8.1 主电源 108
8.1.1 3x380 – 480 V AC 108
8.2 常规技术数据 110
8.2.1 保护与功能 110
8.2.2 主电源 110
8.2.3 电机输出 (U, V, W) 110
8.2.4 电缆长度和横截面积 111
8.2.5 数字输入 111
8.2.6 模拟输入 111
8.2.7 模拟输出 112
8.2.8 数字输出 112
8.2.9 RS485 串行通讯 112
8.2.10 24 V DC 输出 112
8.2.11 继电器输出 113
8.2.12 10 V DC 输出 113
8.2.13 环境条件 113

9 附录 115
9.1 缩略语 115
9.2 定义 116
9.2.1 变频器 116
9.2.2 输入 116
9.2.3 电机 116
9.2.4 参考值 117
9.2.5 其他 118

1 简介

1.1 本设计指南的目的

本设计指南的阅读对象是具备相应资质的人员，比如：

- 项目和系统工程师。
- 设计顾问。
- 应用程序和产品专家。

本设计指南提供的技术信息，旨在帮助用户了解 VLT® Flow Drive FC 111 的功能，以便集成到电机控制和监测系统中。其目的是提供设计注意事项和规划数据，以便将变频器集成到系统中。其中提供的信息适用于为各种应用和系统选择变频器和选件。在设计阶段，查阅详细的产品信息能开发出拥有最佳功能和效率且设计良好的系统。

本手册面向全球受众。因此，无论在何处出现，都会显示国际单位和英制单位。

VLTÆ 是 Danfoss A/S 的注册商标。

1.2 其他资源

1.2.1 其他资源

此外还可以利用其他资源来了解高级变频器功能和编程。

- VLT® Flow Drive FC 111 操作指南提供了有关机械尺寸、安装及基本调试的基本信息。
- VLT® Flow Drive FC 111 编程指南提供了有关如何进行变频器设置的信息，并且包括完整的参数说明。
- Danfoss VLT® Energy Box 软件。在 www.danfoss.com 上选择“PC 软件下载”。

利用 VLT® Energy Box 软件，可将 Danfoss 变频器驱动的 HVAC 风扇和泵的能耗与其他流量控制方式的能耗进行对比。使用此工具可准确预测在 HVAC 风扇、泵和冷却塔上使用 Danfoss 变频器的成本、节约和回报。

还可从 Danfoss 网站 www.danfoss.com 获得补充资料和手册。

1.2.2 MCT 10 设置软件支持

从 www.danfoss.com 的维护与支持区下载软件。

在软件安装过程中，输入授权码 81462700 即可激活 VLT® Flow Drive FC 111 功能。使用 VLT® Flow Drive FC 111 功能无需许可密钥。

最新版本的软件不一定包含最新的变频器更新。如需最新的变频器更新（*.OSS 文件格式），请与当地的销售办事处联系。

1.3 文档和软件版本

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：文档和软件版本

版本	备注	软件版本
AJ363928382091，版本 0201	针对 30-90 kW（40-125 hp）变频器对手册进行了更新。	• V76.xx：0.37 – 22 kW（0.5 – 125 hp）。 • V65.xx：110 – 315 kW（150 – 450 hp）。

1.4 法规遵从性

1.4.1 简介

变频器按照本部分所述的指令要求进行设计。

1.4.2 CE 标志

CE 标志（Communauté européenne）表示该产品制造商遵守所有适用的 EU 指令。下表中中列出了适用于变频器设计和制造的欧盟指令。

注 意
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。

注 意

具有集成安全功能的变频器必须符合机械指令。

表 2: 适用于变频器的 EU 指令

EU 指令	版本
低电压指令	2014/35/EU
EMC 指令	2014/30/EU
ErP 指令	

可根据请求提供合规性声明。

1.4.2.1 低电压指令

低电压指令的目的是，在电气设备的预期应用中操作正确安装和维护的设备时，保护人员、家畜和财产，避免电气设备造成的危险。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。

1.4.2.2 EMC 指令

EMC（电磁兼容性）指令的目的是降低电磁干扰，增加电气设备和装置的抗干扰性。EMC 指令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的情况下具有适合的 EMI 抗扰度。独立使用或作为系统组成部分的电气设备必须带有 CE 标志。无需 CE 标志的设备必须符合 EMC 指令的基本保护要求。

1.4.2.3 ErP 指令

ErP 指令为相关能量产品的欧盟生态化设计指令。该指令规定了变频器等能量相关产品的生态设计要求，旨在通过制定最低能效标准来降低产品的能耗和环境影响。

2 安全性

2.1 安全符号

本指南使用了下述符号：

⚠ 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。

⚠ 注 意 ⚠

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）。

2.2 具备资质的人员

要顺利、安全地操作本设备，只有具备相关资质和技能的人员才能运输、存储、装配、安装、设置、调试、维护和停用本设备。

具有经证明的技能的人员：

- 指有资质的电气工程师，或者是经有资质的电气工程师培训过的人员，具有相应经验，能够按照相关法律和法规来操作装置、系统、设备和机械装置。
- 熟悉有关健康和安全/事故预防的基本法规。
- 已阅读并理解设备附带的所有手册中提供的安全规范，尤其是操作指南中提供的操作说明。
- 熟悉与特定应用有关的一般标准和专门标准。

2.3 安全事项

⚠ 警 告 ⚠

危险电压

变频器与交流主电源相连或连接到直流端子时带有危险电压。如果执行安装、启动和维护工作的人员毫无经验，可能导致死亡或严重伤害。

– 仅限有经验的技术人员执行安装、启动和维护工作。

⚠ 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]（停止/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
变频器包含直流回路电容器，即使变频器未通电，该电容器仍带电。即使警告指示灯熄灭，也可能存在高压。
如果切断电源后在规定的时间结束之前就执行维护或修理作业，可能导致死亡或严重伤害。

- 停止电机。
- 断开交流主电源、永磁电机、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。
- 请等待电容器完全放电。最短等待时间在放电时间表中指定，也可在变频器顶部的铭牌上看到。
- 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。

表 3：放电时间

电压 [V]	功率范围 [kW (hp)]	最短等待时间（分钟）
3x400	0.37 – 7.5 (0.5 – 10)	4
3x400	11 – 90 (15 – 125)	15
3x400	110 – 315 (150 – 450)	20

⚠ 警 告 ⚠

泄漏电流危险
泄漏电流超过 3.5 mA。如果不将变频器正确接地，将可能导致死亡或严重伤害。

- 确保接地导线的最小尺寸符合当地有关大接触电流设备的安全法规要求。

⚠ 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。
- 按照本手册中的过程执行。

⚠ 注 意 ⚠

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。

3 产品概述

3.1 优势

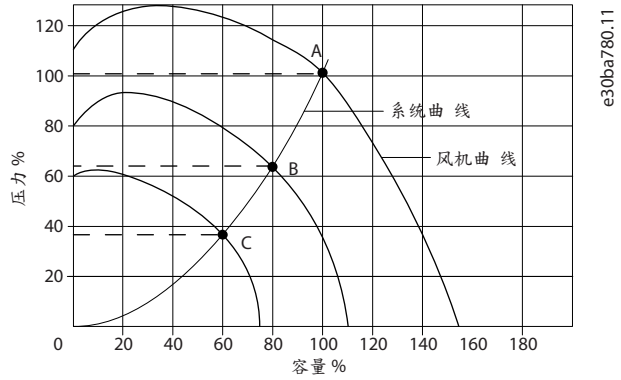
3.1.1 为何要使用变频器来控制风扇和泵？

离心式风机和泵都遵守这些设备所特有的比例法则，变频器利用的正是这一优势。有关详细信息，请参阅 3.1.1.2 节能示例。

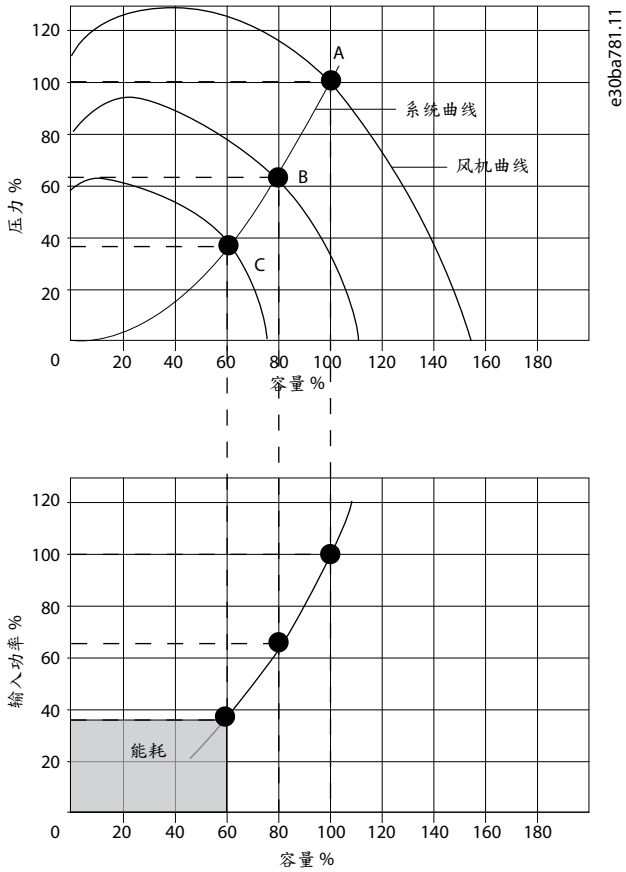
3.1.1.1 突出优点 – 节能

使用变频器控制风扇或泵的速度时，最突出的优点就是节电。

与用于控制风扇和泵系统的其他控制系统和技术相比，变频器是一种最理想的能量控制系统。



图解 1: 降低风扇流量时的风扇曲线（A、B 和 C）



图解 2: 使用变频器解决方案实现节能

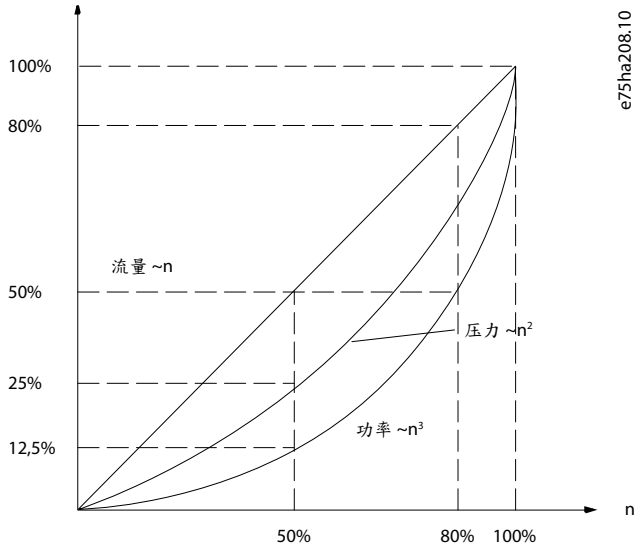
使用变频器将风扇容量降低到 60% 时，在典型应用中可以达到超过 50% 的能量节省。

3.1.1.2 节能示例

如下图所示，通过改变 RPM 值，可以调节流量。只需将速度从额定速度降低 20%，流量也会跟着降低 20%。这是由于流量与转速成正比。而电力消耗将降低 50%。

如果目标系统仅需要在一年之中的若干天内提供 100% 的流量，并且在其它时间的平均流量将低于额定流量的 80%，总节能量甚至会超过 50%。

下图描述了流量、压力和功率消耗与转速之间的关系。



图解 3: 比例法则

$$流量: \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$压力: \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2$$

$$功率: \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$$

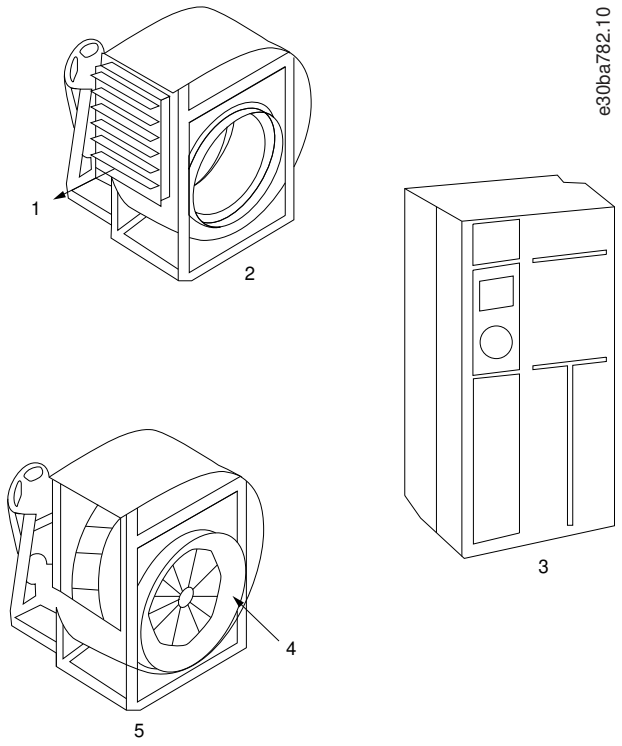
表 4: 比例法则

Q = 流量	P = 功率
Q_1 = 额定流量	P_1 = 额定功率
Q_2 = 降低后的流量	P_2 = 降低后的功率
H = 压力	n = 速度控制
H_1 = 额定压力	n_1 = 额定速度
H_2 = 降低后的压力	n_2 = 降低后的速度

3.1.1.3 节能比较

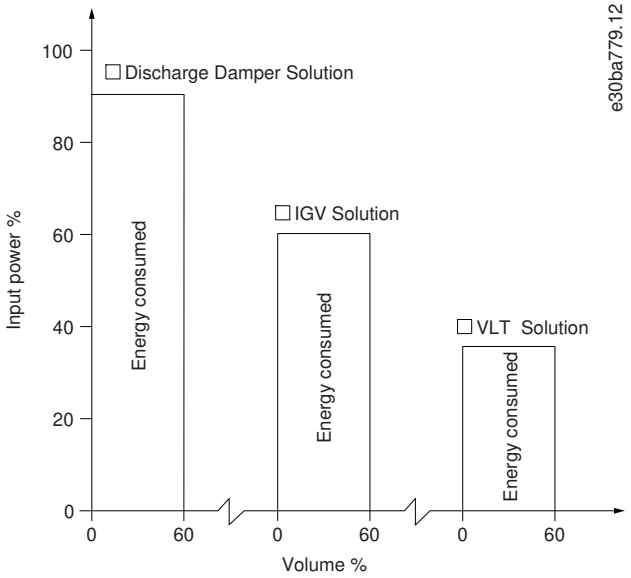
与传统节能解决方案（比如排气调节门解决方案和进气导叶（IGV）解决方案）相比，Danfoss 变频器解决方案提供了更强的节能能力。这是因为变频器能够根据系统的热负荷控制风扇速度，而且变频器具有一项内置功能，该功能使得变频器可以 y 用于建筑管理系统（BMS）。

3.1.1.2 节能示例 中的图显示当风扇容量降低，比如降低到 60% 时，3 个常见解决方案通常可实现的节能。正如图中所示，在典型应用中节能可超过 50% 。



图解 4: 三种常见节能系统

1	排气调节门	4	IGV
2	节能较少	5	安装费用更高
3	节能最多		



图解 5: 节能

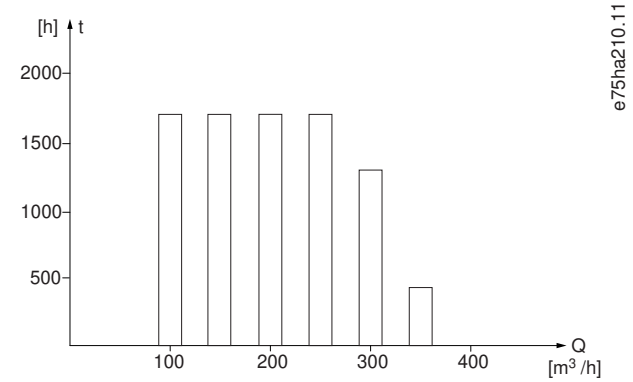
排气调节门可降低能耗。进气导向叶片可降低 40% 能耗，但安装费用昂贵。Danfoss 变频器解决方案可将能耗降低 50% 以上并且安装简便。此外，还可降低噪音、机械应力并减少磨损，延长整个应用的使用寿命。

3.1.1.4 在一年当中流量有变化的示例

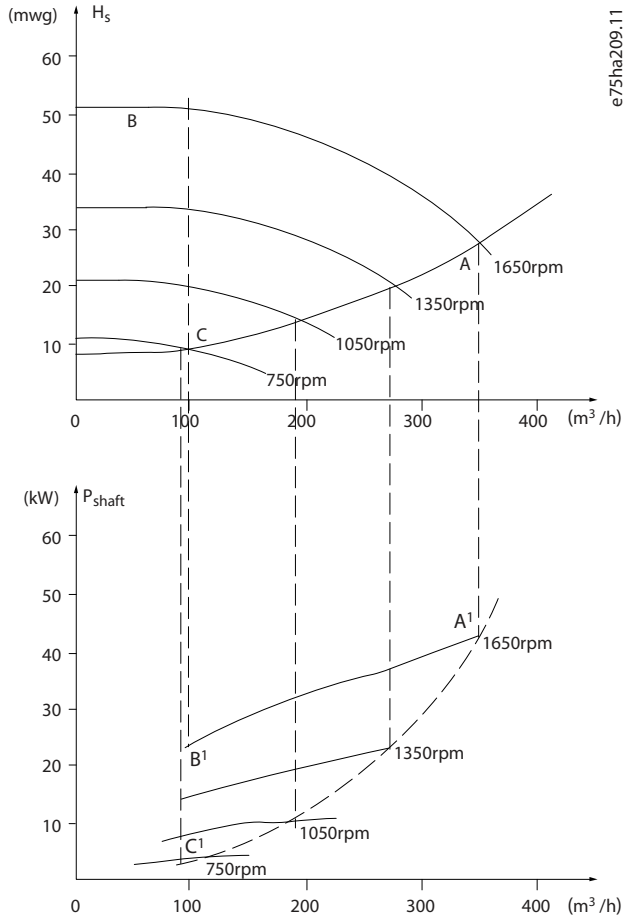
本示例的计算基于从泵数据表获得的泵特性。获得的结果表明，在给定流量分布情况下，一年内的能量节省超过 50%。投资回报期取决于每 kWh 的价格和变频器的价格。在本示例中，与各种阀门和恒速方案相比较可以看出，其投资回报期短于一年。

节能

$P_{shaft} = P_{shaft\ output}$



图解 6: 一年的流量分布



图解 7: 能量

表 5: 结果

m^3/h	分布		阀门调节		变频器控制	
	%	小时	功率	消耗	功率	消耗
			A_1 - B_1	kWh	A_1 - C_1	kWh
350	5	438	42.5	18.615	42.5	18.615
300	15	1314	38.5	50.589	29.0	38.106

250	20	1752	35.0	61.320	18.5	32.412
200	20	1752	31.5	55.188	11.5	20.148
150	20	1752	28.0	49.056	6.5	11.388
100	20	1752	23.0	40.296	3.5	6.132
Σ	100	8760	-	275.064	-	26.801

3.1.1.5 更好的控制

如果使用变频器控制系统流量或压力，可以实现更好的控制。

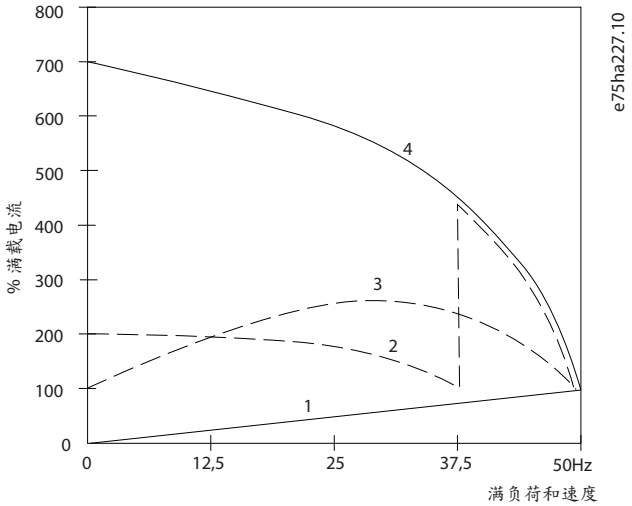
变频器可以对风机或泵进行调速，实现对流量和压力的可变控制。另外，变频器还可以快速调整风扇或泵的速度，以便适应系统中新的流量或压力条件。

利用内置的 PI 控制简化过程（流量、水平或压力）控制。

3.1.1.6 不需要星/三角启动器或软启动器

当启动大型电动机时，在许多国家都需要使用限制其启动电流的设备。传统的系统普遍使用星形/三角形启动器或软启动器。如果使用变频器，则不需要使用此类电机启动器。

如下图所示，变频器消耗的电流未超过额定电流。



图解 8: 启动电流

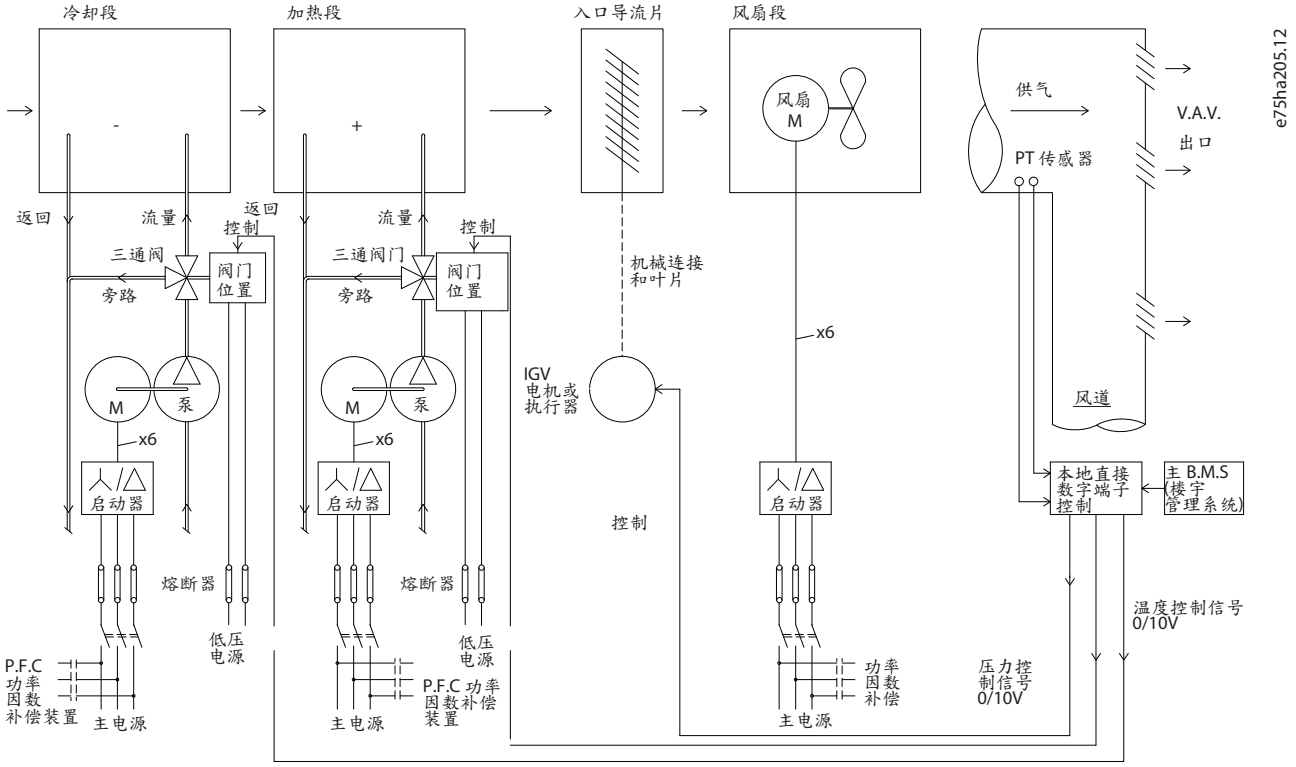
1	VLT® Flow Drive FC 111	3	软启动器
2	星形/三角形启动器	4	连接主电源后直接启动

3.1.1.7 使用变频器节省成本

3.1.1.8 无变频器的传统风扇系统 和 3.1.1.9 由变频器控制的鼓风系统 中的示例展现了使用变频器替代其他设备的情况。可以算一算安装这两种不同系统的成本。示例中的两个系统可以用几近相同的价格搭建。

使用“其他资源”一章 中介绍的 VLT® Energy Box 软件，计算通过使用变频器可以实现的成本节省额。

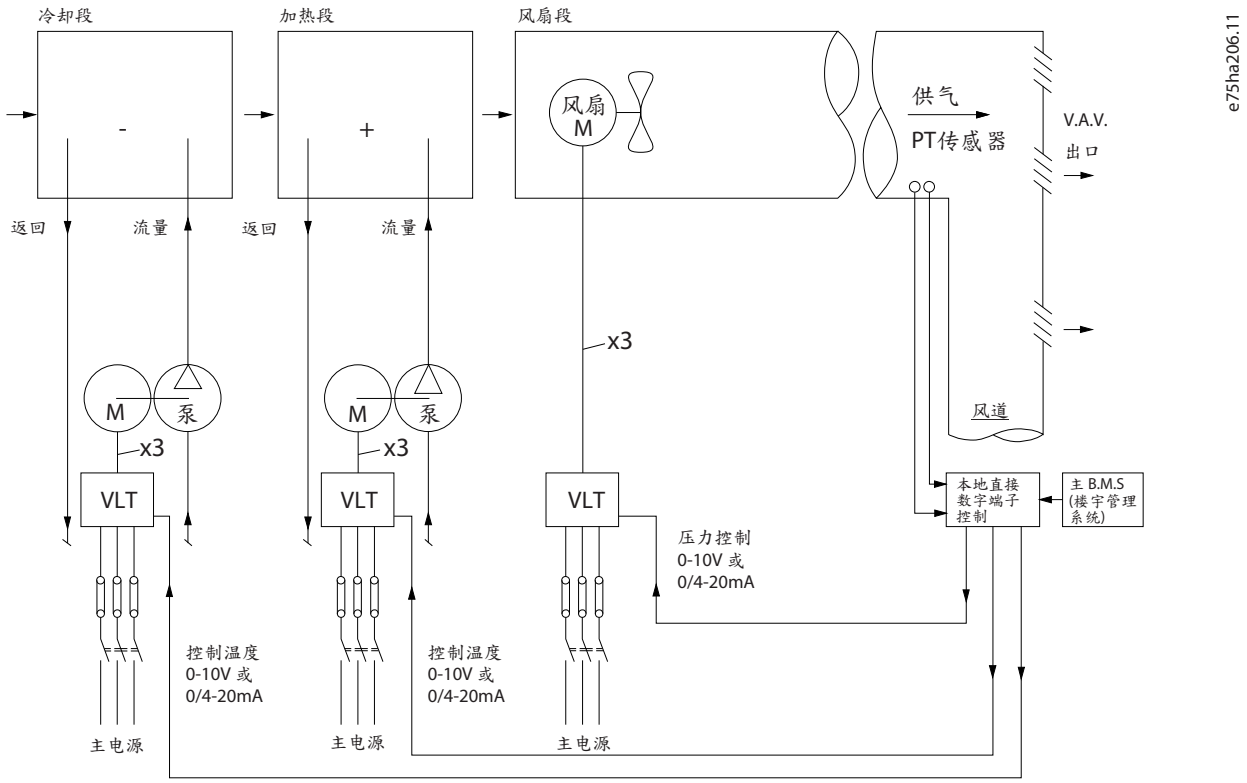
3.1.1.8 无变频器的传统风扇系统



图解 9: 无变频器的传统风扇系统

D.D.C. 直接数字控制 E.M.S. 能量管理系统 V.A.V. 变风量	传感器 压力 P 传感器 温度 T

3.1.1.9 由变频器控制的鼓风系统



图解 10: 由变频器控制的鼓风系统

D.D.C. 直接数字控制 E.M.S. 能量管理系统 V.A.V. 变风量	传感器 压力 P 传感器 温度 T

3.1.2 应用示例

以下章节提供了典型应用示例。

3.1.2.1 变风量

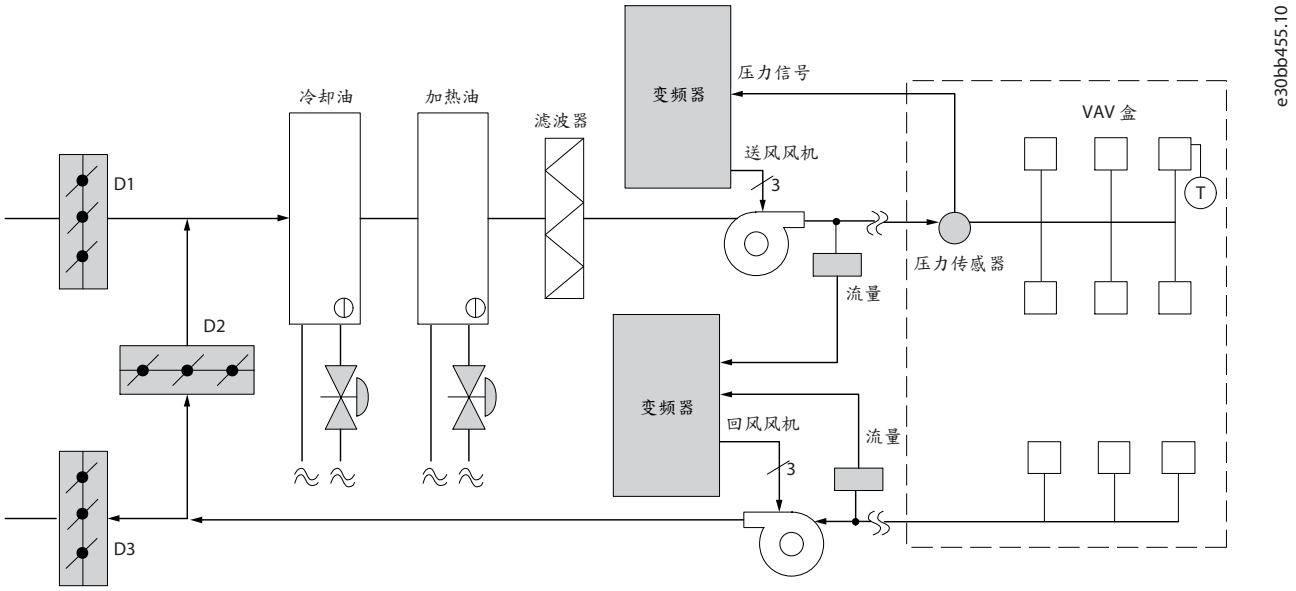
变风量 (VAV) 系统用于同时控制通风和温度，以满足建筑物的需求。在对建筑物进行空气调节方面，使用中央 VAV 系统被认为是最节能的方法。设计中央系统而不是分布式系统，可以获得更高的效率。

这要归功于使用了比小型电动机和分布式风冷冷却器更具效力的大型鼓风机和大型冷却器。更少的维护要求，也有助于实现节省。

VLT 解决方案

与联合使用调节门和 IGV 来保持管道系统的恒定压力相比，变频器解决方案可以大幅减少能耗，并且降低安装的复杂程度。变频器通过降低风扇系统的速度来提供系统所要求的流量和压力，不会造成人为的压力下降或者导致风扇系统的效率降低。

离心式设备（如鼓风机）的特性遵从离心法则。这意味着鼓风机在速度降低时可以减小它们产生的压力和流量。它们的能耗也因此被大幅度降低。使用变频器的 PI 控制器时，不再需要其他控制器。



图解 11: 变风量

3.1.2.2 定风量

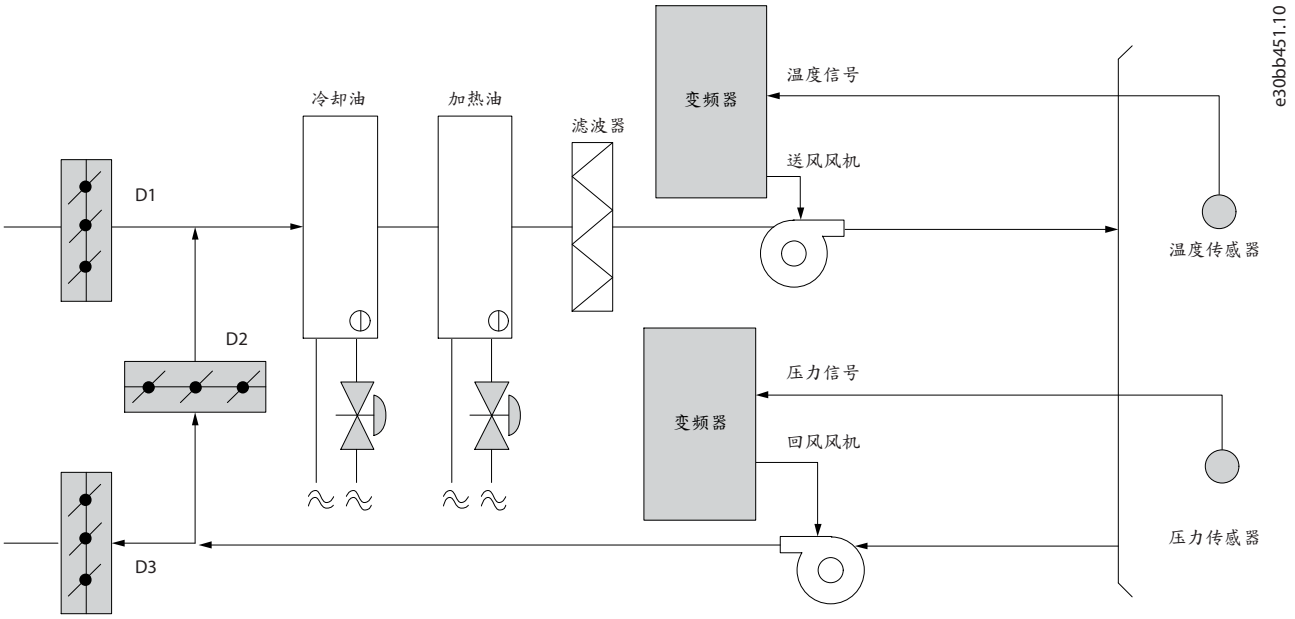
定风量 (CAV) 系统是一种中央通风系统，通常用于向大型的公共区域提供最少需求量的新鲜空气。它们的出现时间早于 VAV 系统，因此可以在较早的多区域商业建筑中看到它们。这些系统利用配备有加热线圈的空气处理设备 (AHU) 对一定量的新鲜空气进行预热，其中许多系统还用于对建筑物进行空气调节并且带有制冷线圈。为了帮助实现各个区域的加热和制冷要求，通常都会使用通风线圈设备。

VLT 解决方案

使用变频器，不仅能实现明显的节能效果，而且还可以保持对建筑物的完美控制。可以使用温度传感器或二氧化碳传感器作为变频器的反馈信号。不论是控制温度、空气质量还是同时控制这二者，都可以按照建筑物的实际情况来控制 CAV 系统的运转。在受控区域内，如果人数减少，则对新鲜空气的需求也会降低。二氧化碳传感器检测到二氧化碳含量降低后，可减缓送风设备的速度。而回风设备将作出调整，以保持静态压力设置点或保持送风量和回风量之间的恒定差值。

对于温度控制，尤其是在空调系统中，随着外部温度的变化以及受控区域内人数的变化，会带来不同的制冷要求。当温度降到设置点以下时，送风设备可以放慢其速度。回风设备做出调整以保持静态压力设置点。减少了空气流量，也就减少了用于加热或制冷新鲜空气的能量，从而进一步提高了节能水平。

可利用 Danfoss 专用变频器的一些功能，来提高 CAV 系统的性能。在通风系统的控制中，人们比较关心较差的空气质量。可以设置变频器的最低可编程频率，因此不论反馈或参考信号如何，都能保持一个最低水平的送风量。变频器还包括一个 PI 控制器，通过它可以同时监测温度和空气质量。即使已达到温度要求，变频器也会根据空气质量传感器的信号保持足够的送风量。该控制器可通过监测和比较两个反馈信号来控制回风设备，从而在送风和回风管道之间保持恒定的空气流量差。



图解 12: 定风量

3.1.2.3 冷却塔风扇

冷却塔风扇用于对水冷冷却器系统中的冷凝水进行冷却。水冷冷却器是获得冷却水的最有效方式。同风冷冷却器相比，其效率高出 20%。根据气候的不同，在降低冷却器的冷凝水温度的所有方法中，冷却塔通常具有最出色的节能效果。

它们通过蒸发来降低冷凝水的温度。冷凝水被喷洒在冷却塔内，以此增大冷却表面积。冷却塔风扇将空气吹到填料和喷洒的水上，以加快水的蒸发。蒸发带走了水的热量，从而使水温降低。冷却水汇聚在冷却塔的水槽中，它们在此又被泵送回冷却器，这个过程周而复始。

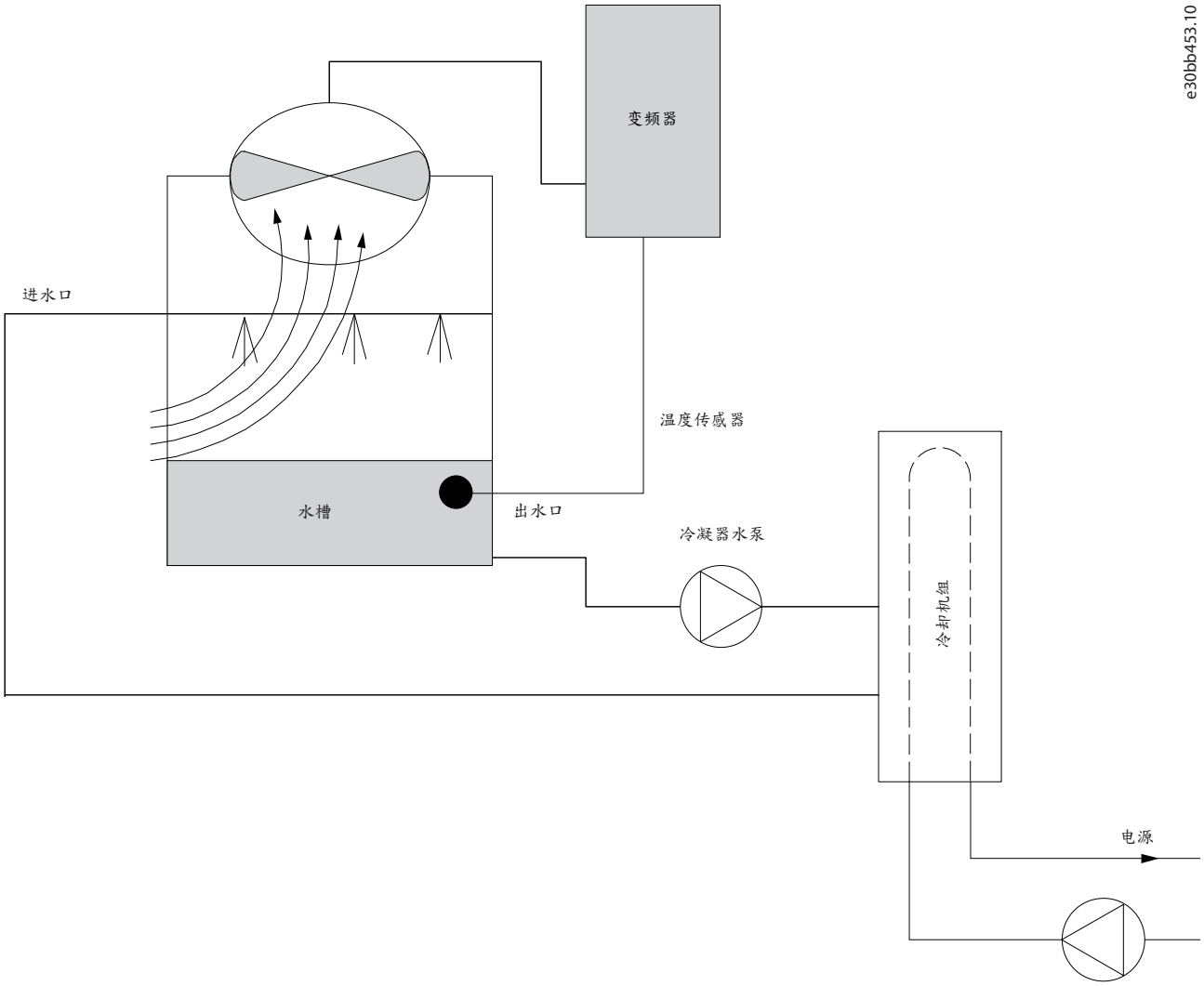
VLT 解决方案

使用变频器，可以控制冷却塔风扇的速度，保持需要的冷凝水温度。变频器还可以根据需要启动和停止鼓风机。

Danfoss 专用变频器的多个功能可用于提高冷却塔风扇应用的性能。随着冷却塔风扇的速度下降到某个水平，风扇对水冷却的作用将变得微乎其微。另外，在使用变速箱来控制冷却塔风扇的频率时，至少需要达到 40-50% 的速度。

即使反馈或速度参照值需求更低的速度，由用户编程的最小频率也可以保持该最低频率。

作为一项标准功能，可以对变频器进行设置，使其进入“休眠”模式并且停止风扇，直到需要更高的速度。再者，某些冷却塔风扇在某些频率点可能产生震动。通过在变频器中设置旁路频率范围，您可以很容易地避开这些频率。



图解 13: 冷却塔风扇

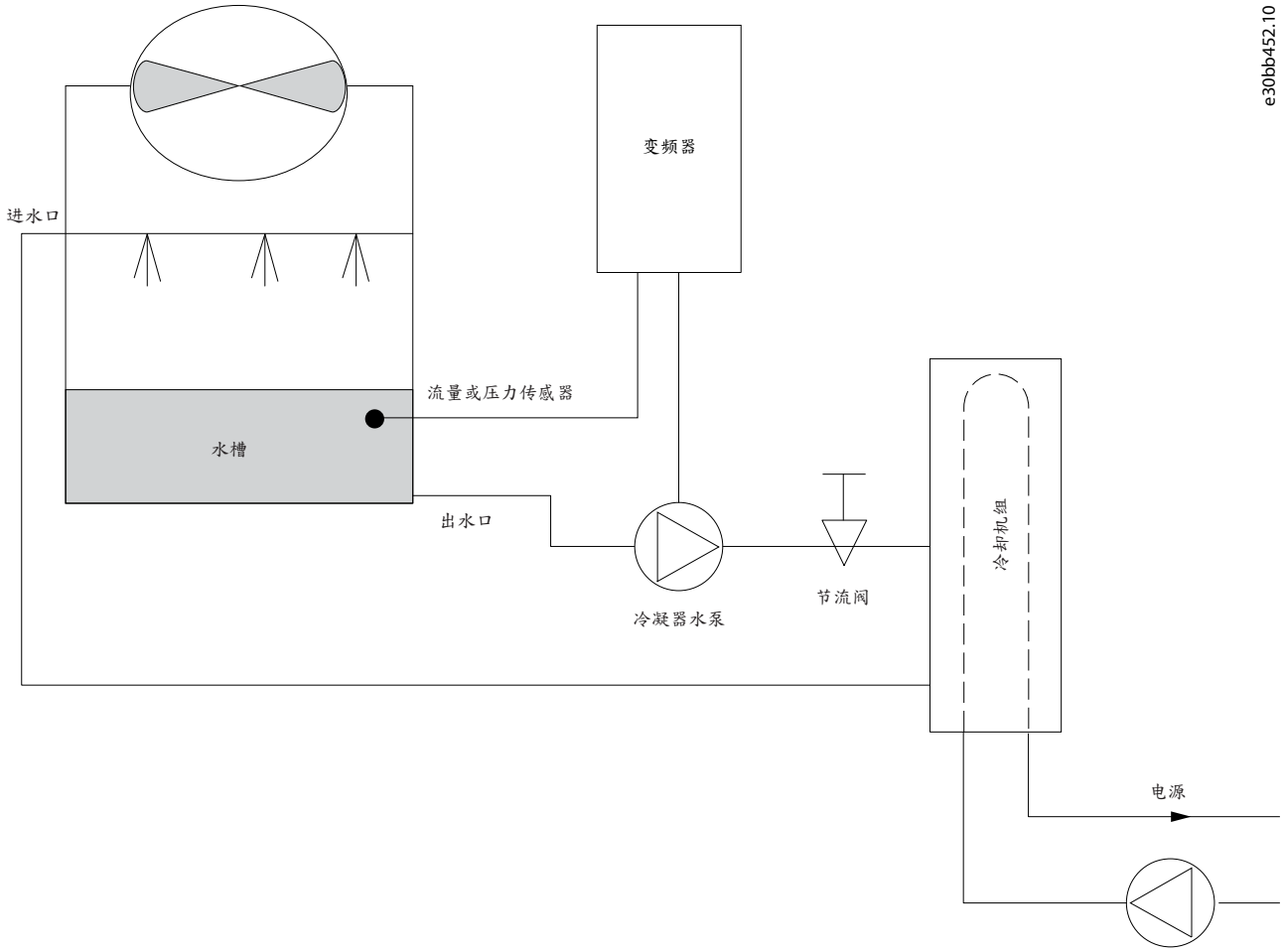
3.1.2.4 冷凝器泵

冷却水泵主要用于控制水冷冷却器的冷却部分及其对应冷却塔中的水循环。冷凝水会吸收冷却器冷却部分的热量，并且将热量释放到冷却塔内的空气中。在获得冷却水方面，这些系统可以提供最为有效的方式。同风冷冷却器相比，其效率高出 20%。

VLT 解决方案

可以在冷凝器的水泵上使用变频器，而不必用节流阀平衡水泵或调整泵轮。

与使用节流阀相比，使用变频器可以节省原本会被节流阀吸收的能量。合计起来看，这可以实现 15-20% 或更高的节省水平。泵轮在修整后无法复原，因此，一旦由于情况发生变化而需要更高流量时，就必须更换泵轮。



图解 14: 冷凝器泵

3.1.2.5 主泵

在主/辅助泵系统中，可以使用主泵来为那些在遇到不稳定的流量时难以操作或控制的设备提供恒定的流量。主/辅助泵技术使得主要的生产循环同辅助的配送循环分离开来。借此，冷却器等设备可以获得恒定的设计流量并且实现正常运行，同时允许系统的其余部分存在流量变化。

当冷却器中的蒸发器流速降低时，冷却水将开始变得过冷。发生该现象时，冷却器会减弱其冷却能力。如果流速下降过大，或者过快，以致于冷却器无法充分地将其负载降低，冷却器的安全装置将使冷却器跳闸，此时需要进行人工复位。在大型系统中，尤其是并行安装了两个或多个冷却器时，如果不使用主/辅助泵技术，会经常发生这种情况。

VLT 解决方案

系统的规模以及主循环的规模不同，主循环的能耗也可能大相径庭。

在主系统中添加变频器，可以替代节流阀和/或避免进行泵轮调整，从而降低运行开销。有两种常用的控制方法：

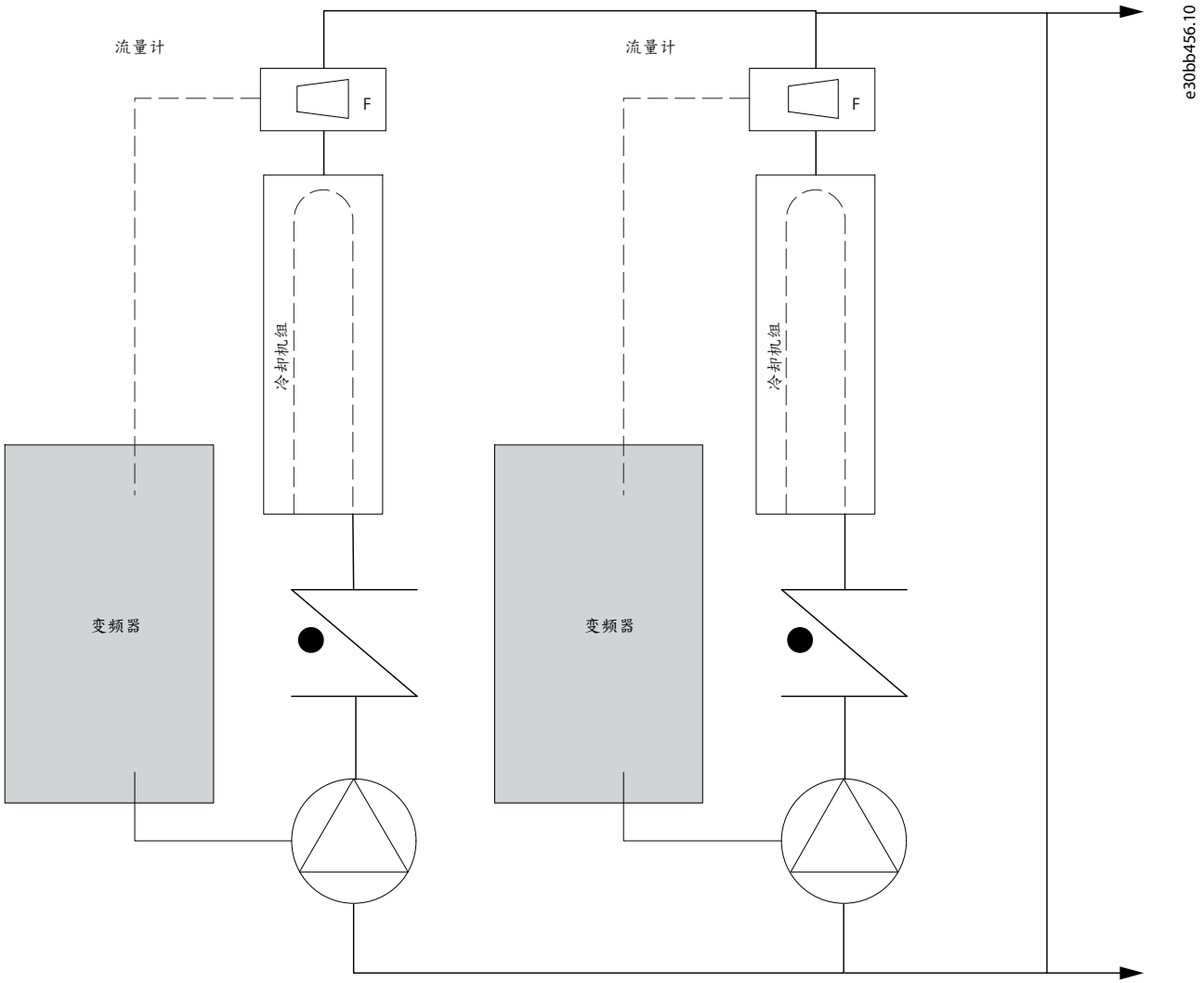
流量计

由于要实现的流速是已知的并且恒定，因此，只要在每个冷却器的出口安装一个流量计，就可以对泵设备进行直接控制。借助内置的 PI 控制器，变频器可以始终保持适宜的流速，并且能在冷却器及其泵系统打开和关闭的过程中可以为主管道循环中变化的阻力提供补偿。

本地速度确定

操作员只需降低输出频率，直到获得设计的流速。

使用变频器降低泵速同调整泵轮极其相似，只不过它不需要任何人力，并且泵设备可以保持更高效率。平衡管理器会降低泵速，直到获得所希望的流速并且可保持该速度的恒定。当冷却器切入后，泵将在这个速度下工作。由于主循环中没有控制阀或其它可能导致系统曲线发生变化的设备，并且由于切入/停止泵设备和冷却器而导致的变化通常很小，因此该固定速度会始终保持在适宜水平。如果在系统使用期间需要增加流速，变频器可以直接增加泵速，而不需要使用新泵轮。



图解 15: 主泵

3.1.2.6 辅助泵

在主/辅助水冷泵系统中，辅助泵负责将主要生产循环的冷却水配送到负载处。主/辅助泵系统用于用于将一个管道循环同另一个管道循环分离开来。在这种情况下，主泵用于保持冷却器的恒定流量，同时允许辅助泵有流量变化，这不仅增强了控制能力，而且还节省了能量。

如果在流量可变的系统设计中未使用主/辅助式概念，则当流速下降过大或过快时，冷却器将无法正确分流其负载。此时，冷却器的蒸发器低温保护装置会使冷却器跳闸，从而需要人工复位。在大型系统中，尤其是并行安装了两个或多个冷却器时，会经常发生这种情况。

VLT 解决方案

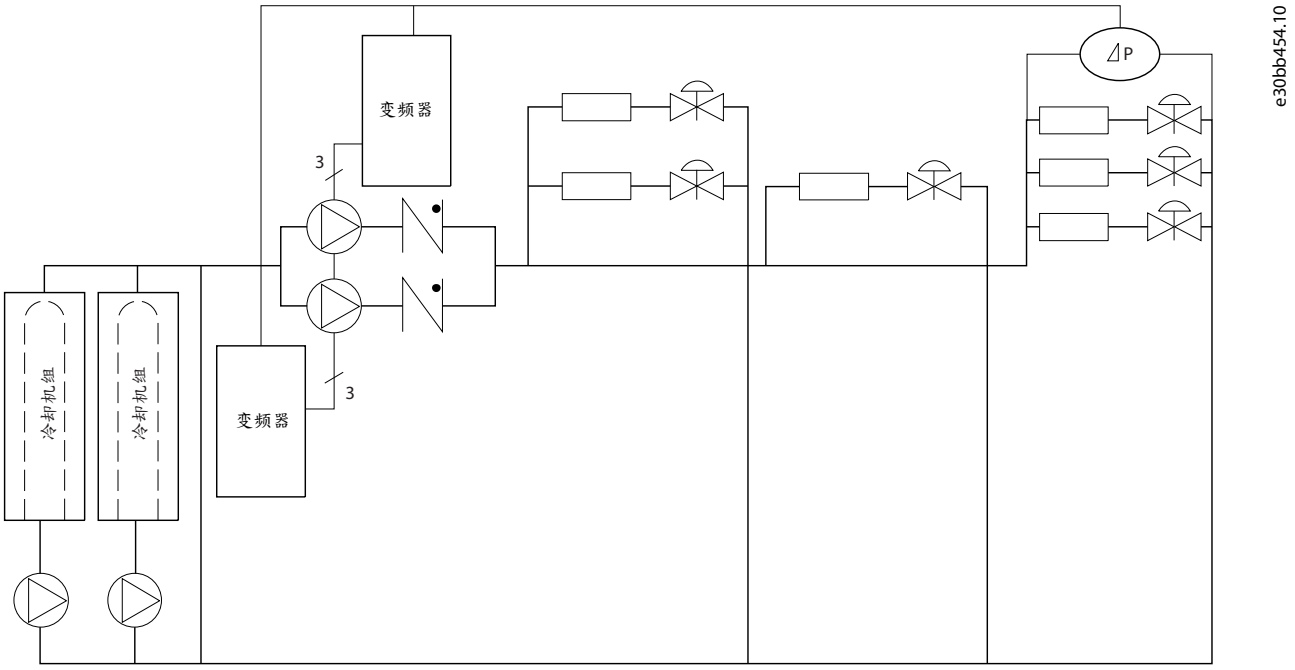
这种使用了双向阀的主/辅助式系统实现了更高的节能水平，并且简化了系统控制问题，但只有添加了变频器，才能真正实现节能和便利控制。

在正确安装了传感器的情况下，添加变频器可以让泵按照系统曲线而不是泵曲线来改变速度。这样既避免了能量浪费，又避免了双向阀可能遭遇的大多数过压现象。

当达到监控的负载时，双向阀会关闭。这增大了在负载和双向阀间的压力差。当这个压力差开始增大时，泵将减速以保持控制目标，也叫给定值。该给定值是在设计条件下通过综合负载和双向阀的压降来计算的。

注 意

利用几个单独的专用变频器或者同时控制多个泵的一个变频器来并行运行多个泵时，这些泵必须以相同的速度运行，才能最大限度地提高节能水平。



图解 16: 辅助泵

3.1.3 止回阀监控

在泵应用系统中，损坏的止回阀很难检测，从而导致整个系统的效率低下。VLT® Flow Drive FC 111 能够监控系统中止回阀的状态。通过将参数 22-04 Check Valve Monitor（止回阀监控） 设为 [1] Enabled（启用） 来启用止回阀监控功能后，一旦检测到损坏的止回阀，变频器便会触发 警告 159，Check Valve Failure（止回阀故障）。

3.1.4 空泵检测

在泵应用系统中，变频器监控系统的运行状态，以检测泵的吸入侧是否有水。如果泵以最大速度运行且消耗的功率很少，则可以认为泵的吸入侧没有水。通过将参数 22-26 Dry Pump Function（空泵功能） 设置为警告或报警，一旦检测到空泵状况，变频器便会触发 warning/alarm 93, dry pump（警告/报警 93，空泵）。

3.1.5 曲线末端检测

在泵应用系统中，变频器监控系统的运行状态，以检测泵的压力侧是否会发生重大泄漏。如果泵以最大速度运行指定时间，但压力低于给定值，则可以认为反映了曲线结束的情况。通过将参数 22-50 End of Curve Function（曲线结束功能） 设置为警告或报警，一旦检测到曲线结束状况，变频器便会触发 warning/alarm 94, end of curve（警告/报警 94，曲线结束）。

3.1.6 基于时间的功能

在某些应用场景中，需要在指定时间间隔内控制电机按指定方向运行指定时间。例如，检查火灾模式下的电机状态或操作泵、风扇和压缩机。

有关详细的参数设置，请参阅变频器编程指南中的参数组 23-** Time-based Functions（基于时间的功能）。

3.2 控制结构

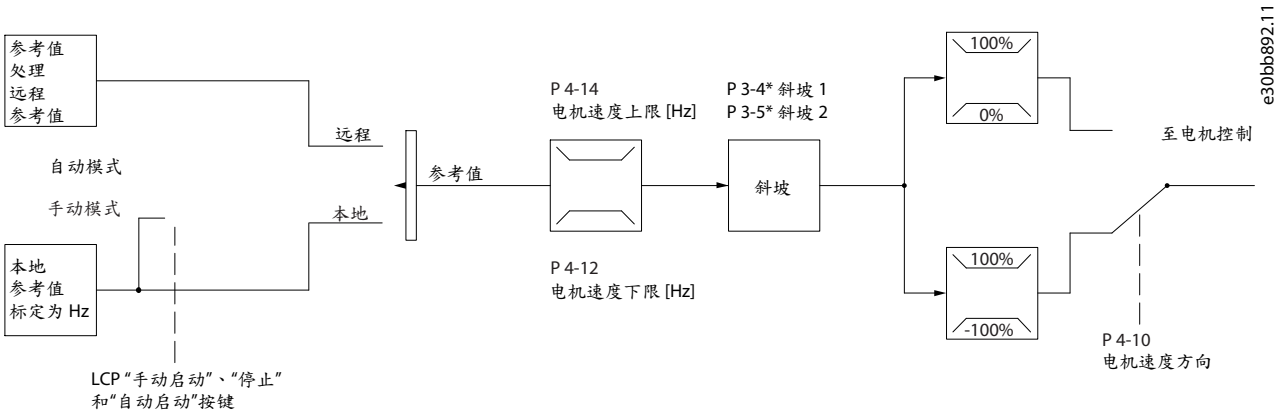
3.2.1 简介

变频器有两种控制模式：

- 开环。
- 闭环。

在参数 1-00 配置模式 中，选择 [0] 开环 或 [1] 闭环。

3.2.2 开环控制结构



图解 17: 开环结构

在上图中所示的配置中，参数 1-00 配置模式 设置为 [0] 开环。在收到了参考值处理系统的最终参考值或本地参考值后，首先会对最终参考值进行加减速限制和速度限制，然后才将它发送给电机控制。因此，电机控制的输出便会受到频率上限的限制。

3.2.3 PM/EC+ 电动机控制

Danfoss EC+ 概念使得 Danfoss 变频器控制 IEC 标准外壳尺寸的高效永磁同步电机成为可能。

其调试程序与现有的通过采用 Danfoss VVC+ PM 控制策略进行的异步（感应）电动机调试程序相当。

对客户的好处：

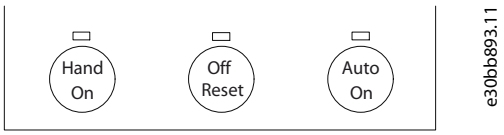
- 自由选择电机技术（永磁或感应电动机）。
- 安装和操作与感应电机相同。
- 在选择系统组件（比如电机）时不受厂商限制。
- 通过选择最佳组件，实现最高系统效率。
- 可以改造现有系统。
- 功率范围： 感应电机为 0.37 - 315 kW (0.5 - 450 hp) (400 V)，永磁电机为 0.37 - 90 kW (0.5 - 125 hp) (400 V)。

永磁电机的电流限制：

- 当前仅支持不超过 90 kW (125 hp) 的规格。
- 永磁电动机不支持 LC 滤波器。
- 对于永磁电动机不支持借能运行算法。
- 仅支持系统中定子电阻 Rs 的完整 AMA。
- 不支持堵转检测（自软件版本 62.80 开始支持）。

3.2.4 本地（手动启动）和远程（自动启动）控制

您可以通过本地控制面板 (LCP) 以手动方式运行变频器，也可以借助模拟/数字输入或串行总线远程运行变频器。如果参数 0-40 LCP 的手动启动键、参数 0-44 LCP 的停止/复位键 和参数 0-42 LCP 的自动启动键 允许，则可以通过按 LCP 上的 [Hand On]（手动启动） 和 [Off/Reset]（停止/复位） 来启动和停止变频器。通过 [Off/Reset]（停止/复位） 键可将报警复位。



图解 18: LCP 键

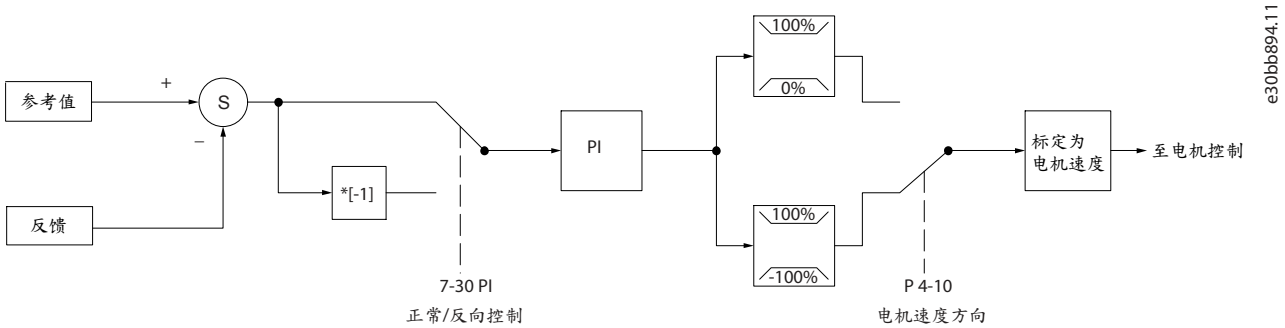
不论参数 1-00 配置模式 的设置为何，本地参考值都将强制使配置模式变为开环。

在关机时将恢复本地参考值。

3.2.5 闭环控制结构

借助内部控制器，变频器可作为受控系统的组成部分。变频器接收来自系统中某个传感器的反馈信号。它随后将此反馈与设置点参考值进行比较，以确定这两个信号之间的误差（如果存在）。然后，它会调整电机速度来修正该误差。

例如，在压缩机应用中，为了确保蒸发器中的吸入压力恒定，需要对压缩机的速度进行控制。吸入压力值以设置点参考值的方式提供给变频器。压力传感器测量蒸发器中的实际吸入压力，并以反馈信号的方式将数据提供给变频器。如果反馈信号大于设置点参考值，则变频器会通过提高压缩机速度来降低压力。同样，如果吸气压力低于设置点参考值，则变频器会自动降低压缩机速度来提高压力。

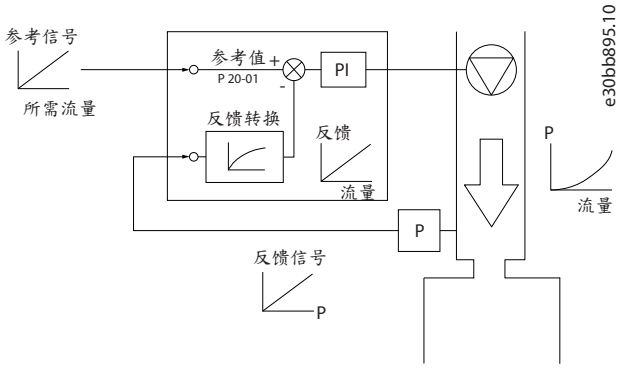


图解 19: 闭环控制结构

变频器闭环控制器的默认值通常可以提供令人满意的性能，但通过调整参数，通常可以优化系统控制。

3.2.6 反馈转换

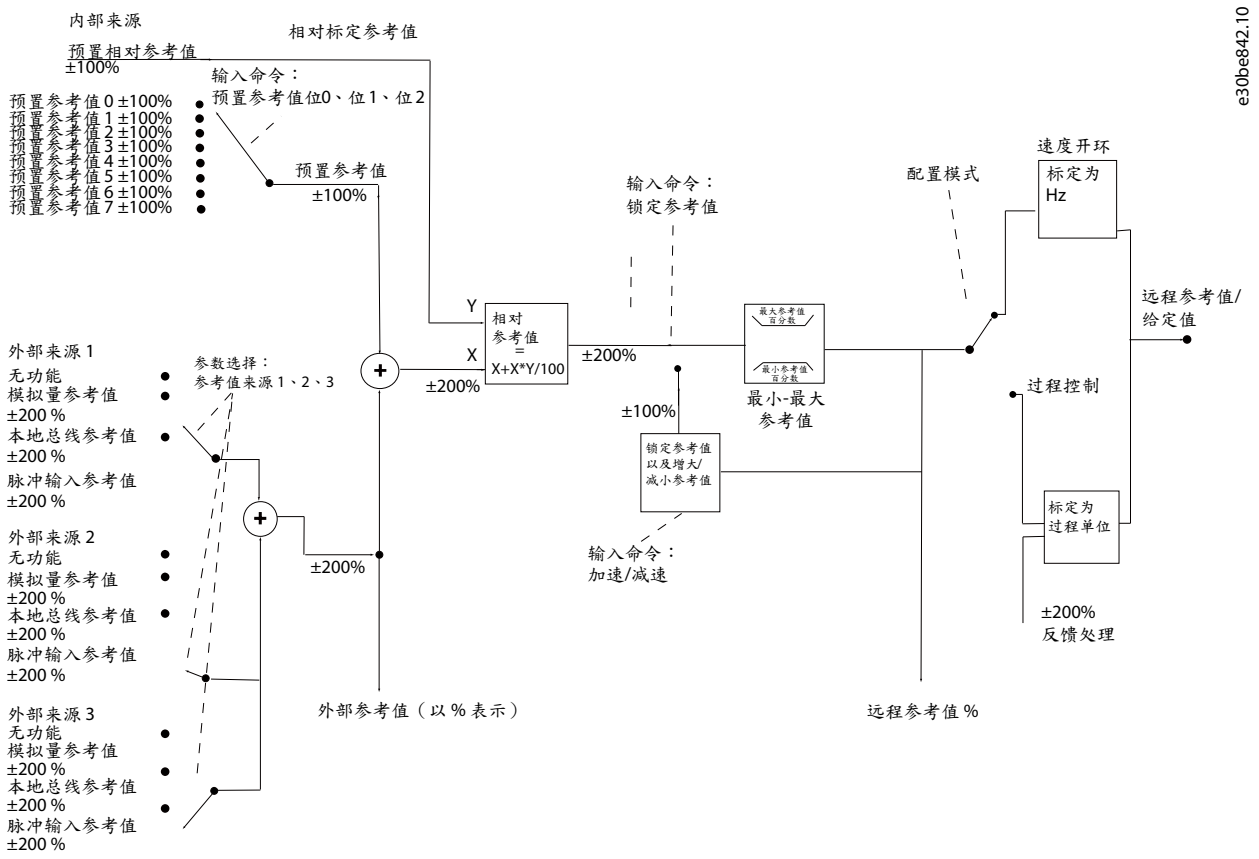
在某些应用中对反馈信号进行转换显得非常有用。使用压力信号来提供流量反馈是这方面的一个例子。由于压力的平方根同流量成正比，因此，通过压力信号的平方根会得到一个与流量成正比的值。请参阅下图。



图解 20: 反馈信号转换

3.2.7 参考值处理

开环和闭环操作的详细信息。



图解 21: 框图显示了远程参考值

远程参考值包括：

- 预置参考值。
- 外部参考值（模拟输入和串行通讯总线参考值）。
- 预置相对参考值。
- 受反馈控制的设定值。

在变频器中最多可以设置 8 个预置参考值。可以使用数字输入或串行通讯总线来选择有效的预置参考值。参考值也可以从外部提供（通常是借助某个模拟输入）。此外部来源通过 3 个参考值来源参数（参数 3-15 参考值 1 来源、参数 3-16 参考值 2 来源 2 和参数 3-17 参考值 3 来源）中的一个进行选择。所有参考值源和总线参考值相加，便得到总的外部参考值。可以选择外部参考值、预置参考值或这两者的和作为有效参考值。最后，可以使用参数 3-14 预置相对参考值 对该参考值进行标定。

标定后的参考值按如下方式计算：

$$参考 = X + X \times \left(\frac{Y}{100}\right)$$

其中，X 是外部参考值、预置参考值或这两个参考值的和，Y 是以 [%] 表示的参数 3-14 预置相对参考值。

如果将 Y（即参数 3-14 预置相对参考值）设置为 0%，则参考值将不受标定的影响。

3.2.8 优化变频器的闭环

一旦设置了变频器的闭环控制器，则应测试该控制器的性能。通常情况下，使用参数 20-93 PI 比例增益 和参数 20-94 PI 积分时间 的默认值时，其性能是可以接受的。但在某些时候可能需要对这些参数值进行优化，以实现更快的系统响应，同时仍能控制速度过冲。

3.2.9 手动调整 PI

步骤

1. 启动电动机。

2. 将参数 20-93 PI 比例增益 设置为 0.3，然后逐渐增大该值直到反馈信号开始发生振荡时为止。如果需要，可以启动和停止变频器或通过逐步更改设置点参考值来尝试引起振荡。
3. 接着降低 PI 比例增益，直到反馈信号变稳定。
4. 将比例增益降低 40-60%。
5. 将参数 20-94 PI 积分时间 设为 20 秒，然后逐渐减小该值直到反馈信号开始发生振荡时为止。如果需要，可以启动和停止变频器或通过逐步更改设置点参考值来尝试引起振荡。
6. 增大 PI 积分时间，直到反馈信号变稳定。
7. 将积分时间增加 15-50%。

3.3 工作环境条件

3.3.1 空气湿度

变频器的设计在 50 ° C（122 ° F）时符合 IEC/EN 60068-2-3、EN 50178 9.4.2.2 标准。

3.3.2 声源性噪音或振动

如果电机或电机驱动的设备（如风扇）在特定频率时发出噪音或出现振动，可以配置以下参数或参数组，以降低或消除噪音/振动：

- 参数组 4-6* 速度旁路。
- 将参数 14-03 过调制 设为 [0] 关。
- 在参数组 14-0* Inverter Switching（逆变器开关） 中更改开关模式和开关频率。
- 参数 1-64 Resonance Dampening（共振衰减）。

3.3.2.1 声源性噪音

变频器的声源性噪音有 3 个来源：

- 直流回路电抗。
- 内置风扇。
- 射频干扰滤波器电感。

表 6: 在距离设备 1 米（3.28 英尺）处测得的典型值

机箱规格	噪声水平[dBA][1]
H1	43.6
H2	50.2
H3	53.8
H4	64
H5	63.7
H11	71
H12	72
H13	73
H14	75

[1] 这些值是在 35 dBA 背景噪音且风扇全速运行条件下测得的值。

3.3.2.2 振动与冲击

已按照下列标准对变频器进行了测试：

- IEC/EN 60068-2-6： 振动（正弦） - 1970
- IEC/EN 60068-2-64： 宽带随机振动

变频器满足在厂房的墙壁或地面上以及在固定到墙壁或地面上的面板中进行安装的要求。

3.3.3 腐蚀性环境

变频器含有许多机械和电子元件。它们或多或少都会受到环境的影响。

⚠ 注 意 ⚠

安装环境

若不采取必要的保护措施，则会增加停机风险，并可能导致设备损坏和人身伤害。

- 不能将变频器安装在含有空气传播并可能影响或损坏电子元件的液体、颗粒或气体的环境中。

液体会通过空气传播并在变频器中冷凝，从而可能导致元件和金属部件发生腐蚀。蒸汽、油和盐水也会腐蚀元件和金属部件。为了增强防护能力，您可以订购作为选件的带涂层印刷电路板（在某些功率规格上为标配）。

空气传播的颗粒（如尘粒）可能导致变频器中出现机械、电气或过热故障。如果变频器风扇存在尘粒，通常说明空气传播的颗粒水平超标。在多尘环境中，使用适合 IP20/TYPE 1 设备的机柜。

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

这些化学反应会快速腐蚀和损坏电子元件。对于这种环境，请将设备安装在通风良好的机柜中，使变频器远离腐蚀性气体。为了增强在这些区域中的保护能力，您可以订购作为选件的带涂层印刷电路板。

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

通过查看现有的设备机柜和电气设备，可以了解尘粒是否超标。存在腐蚀性气体的一个表现是，现有设备上的铜排和电缆两端将变暗。

3.4 关于 EMC 的一般问题

3.4.1 EMC 辐射概述

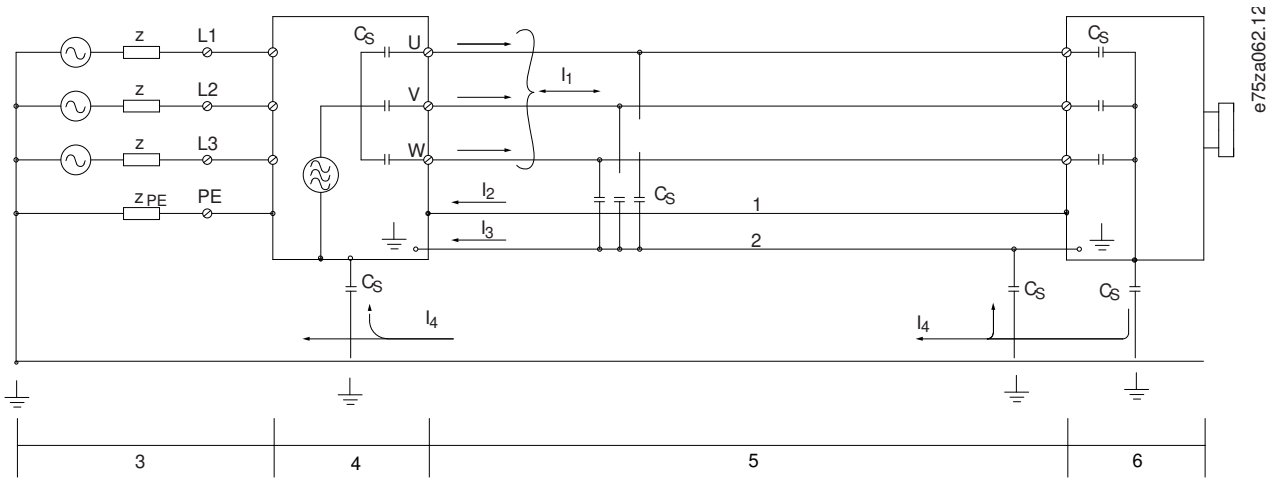
变频器（和其他电气设备）可生成干扰其环境的电场或磁场。电磁兼容性 (EMC) 的影响取决于设备的功率和谐波特性。

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。干扰可能导致主电源谐波失真、静电放电、电压快速波动或高频干扰。电气设备可生成干扰，同时受到其它干扰源的干扰。

电气干扰通常位于 150 kHz 到 30 MHz 频率范围内。在变频器系统中，逆变器、电动机电缆和电动机会产生 30 MHz 到 1 GHz 范围的空间干扰。

电机电缆中的容性电流与电机电压的高 dU/dt 特性一起产生了泄漏电流，如下图所示。

使用屏蔽电机电缆会增大泄漏电流（如下图所示），因为与非屏蔽电缆相比，屏蔽电缆的对地电容更高。如果不对泄漏电流进行滤波，它将在主电源上在 5 MHz 以下的无线电频率范围产生更大的干扰。由于泄漏电流 (I_1) 会通过屏蔽层 (I_3) 返回设备，屏蔽的电机电缆仅产生一个微弱的电磁场 (I_4)，如下图所示。



图解 22: 漏电流的产生

1	地线	4	变频器
2	屏蔽	5	屏蔽电机电缆
3	交流主电源	6	电机

屏蔽层降低了辐射性干扰，但增强了主电源的低频干扰。将电机电缆的屏蔽层同时连接到变频器机壳和电机外壳。此时最好使用附带的屏蔽层夹，以避免屏蔽层端部纽结（辫子状）。屏蔽层端部辫状纽结会增加屏蔽层的高频阻抗，从而降低屏蔽效果并增大泄漏电流（I_4）。

如果将屏蔽电缆用于继电器、控制电缆、信号接口和制动，则将屏蔽层同时在两端连接到外壳。但有时为了避免环路电流，也可能需要断开屏蔽层接地。

如果要将屏蔽层连接到变频器的安装板上，该安装板必须由金属制成，以将屏蔽层电流传输回设备。此外，还应确保安装板和固定螺钉以及变频器机壳间保持良好的电气接触。

在使用非屏蔽电缆时，尽管可能符合抗扰性要求，但却不符合某些辐射要求。

为了尽量降低整个系统（设备 + 安装）的干扰水平，请使用尽可能短的电动机电缆和制动电缆。不要将带有敏感信号的电缆与电动机电缆和制动电缆放在一起。控制电子元件尤其可能产生 50 MHz 以上的无线电干扰（空间干扰）。

3.4.2 辐射要求

变频器的 EMC 产品标准定义了 4 个类别（C1、C2、C3 和 C4），指定了辐射和抗扰度要求。下表列出了 4 个类别的定义以及 EN 55011 标准的同等分类。

表 7: IEC61800-3 和 EN 55011 的相关性

EN/IEC 61800-3 类别	定义	**EN 55011** 中的同等辐射类别
C1	安装在第一种环境（家庭和办公室，供电电压低于 1000 V）中的变频器。	B 类
C2	变频器安装在第一种环境（家庭和办公室）中，供电电压低于 1000 V 并且不可插拔也不可移动，只能由专业人员进行安装和调试。	A 类组 1
C3	安装在第二种环境（工业，供电电压低于 1000 V）中的变频器。	A 类组 2
C4	变频器安装在第二种环境中，供电电压等于或高于 1000 V，或额定电流等于或高于 400 A，或是要在复杂系统中使用。	无限制线路。制订 EMC 计划。

使用一般（传导）辐射标准时，变频器需要符合下表中的限制。

表 8: 一般辐射标准和 EN 55011 之间的关联

环境	一般辐射标准	**EN 55011** 中的同等辐射类别
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

3.4.3 EMC 辐射测试结果

下列测试结果是使用由变频器、屏蔽控制电缆、控制箱（带电位计）和屏蔽电机电缆组成的系统获得的。

表 9: H1-H5 和 H11-H12 的 EMC 辐射测试结果

射频干扰滤波器类型	传导性干扰。屏蔽电缆最大长度 **[m (ft)]**			辐射性干扰		
EN 55011 之间的相关性	B 类住宅、商业与轻工业	A 类组 1 工业环境	A 类组 2 工业环境	B 类住宅、商业与轻工业	A 类组 1 工业环境	A 类组 2 工业环境
EN/IEC 61800-3	类别 C1 第一类环境（家庭和办公室）	类别 C2 第一类环境（家庭和办公室）	类别 C3 第二类环境（工业）	类别 C1	类别 C2 第一类环境（家庭和办公室）	类别 C3 第一类环境（家庭和办公室）

射频干扰滤波器类型	传导性干扰。屏蔽电缆最大长度 [m (ft)]			辐射性干扰		
				第一类环境（家庭和办公室）		
H2 射频干扰滤波器（EN55011 A2, EN/IEC61800-3 C3）						
0.37 – 22 kW（0.5 – 30 hp）3x380 – 480 V IP20	–	–	25（82）	–	–	是
30 – 90 kW（40 – 125 hp）3x380 – 480 V IP20	–	–	25（82）	–	–	是
110 – 315 kW（150 – 450 hp）3x380 – 480 V IP20	–	–	150（492）	–	–	是

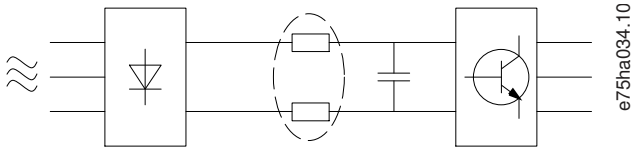
3.4.4 谐波辐射

变频器从主电源获得非正弦电流，这将使输入电流 I_{RMS} 升高。可利用傅里叶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 的不同次谐波电流 I_n：

表 10：谐波电流

	I_1	I_5	I_7
Hz	50	250	350

谐波电流并不直接影响功耗，但可增大设备（变压器、电缆）的热损耗。如果设备的整流器负载百分比较高，则应使谐波电流尽可能低，以避免变压器过载和电缆过热。



图解 23：直流回路电抗

注 意

某些谐波电流可能会干扰与同一个变压器相连的通讯设备，或导致与功率因校正电容器共振。

为了保证 j 较低的谐波电流，变频器标配有直流回路电抗。这通常可以使输入电流 I_{RMS} 降低 40%。

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 THD:

$$THD\% = \sqrt{U_5^2 + U_7^2 + \ldots + U_N^2}$$

（U 的 U_N%）

3.4.5 谐波辐射要求

设备连接到公共供电网络。

表 11: 连接的设备

选件	定义
1	针对三相平衡设备的 IEC/EN 61000-3-2 A 类标准（仅适用于总功率不超过 1 kW（1.3 hp）的专业设备）。
2	IEC/EN 61000-3-12 16-75 A 设备以及从 1 kW（1.3 hp）到相电流不超过 16 A 的专业设备。

3.4.6 谐波测试结果（辐射）

T4 中小于等于 PK75 的功率规格符合 IEC/EN 61000-3-2 A 类标准。T4 中从 P1K1 到 P90K 的功率规格符合 IEC/EN 61000-3-12 标准，见表 4。

表 12: 谐波电流 0.37 – 22 kW（0.5 – 30 hp），380 – 480 V

	各次谐波电流 I_n/I_1（%）			
	I_5	I_7	I_{11}	I_{13}
实际 0.37 – 22 kW（0.5 – 30 hp），IP20，380 – 480 V（典型）	36.7	20.8	7.6	6.4
R_{sce} 限制≥120	40	25	15	10
	谐波电流畸变率（%）			
	THDi		PWHD	
实际 0.37 – 22 kW（0.5 – 30 hp），380 – 480 V（典型）	44.4		40.8	
R_{sce} 限制≥120	48		46	

表 13: 谐波电流 30 kW（40 hp），380 – 480 V

	各次谐波电流 I_n/I_1（%）			
	I_5	I_7	I_{11}	I_{13}
实际 30 kW（40 hp），IP20，380 – 480 V（典型）	16.6	8.4	3.9	2.7
R_{sce} 限制≥120	40	25	15	10
	谐波电流畸变率（%）			
	THDi		PWHD	
实际 30 kW（40 hp），380 – 480 V（典型）	40.4		39.8	
R_{sce} 限制≥120	48		46	

表 14: 谐波电流 37 kW（50 hp），380 – 480 V

	各次谐波电流 I_n/I_1（%）			
	I_5	I_7	I_{11}	I_{13}
实际 37 kW（50 hp），IP20，380 – 480 V（典型）	19.1	9.6	4	2.7
R_{sce} 限制≥120	40	25	15	10
	谐波电流畸变率（%）			
	THDi		PWHD	
实际 37 kW（50 hp），380 – 480 V（典型）	44.1		37.9	
R_{sce} 限制≥120	48		46	

表 15: 谐波电流 45 kW (60 hp), 380 – 480 V

	各次谐波电流 I_n/I_1 (%)			
	I_5	I_7	I_{11}	I_{13}
实际 45 kW (60 hp), IP20, 380 – 480 V (典型)	25.5	12.8	5.1	3.3
R_{sce} 限制≥120	40	25	15	10
	谐波电流畸变率 (%)			
	THDi		PWHD	
实际 45 kW (60 hp), 380 – 480 V (典型)	45.5		36.1	
R_{sce} 限制≥120	48		46	

注 意

以下 55-315 kW (70 – 450 hp) 380 – 480 V 的谐波电流数据为模拟结果。对于相电流高于 75 A 的设备,谐波电流没有要求。

表 16: 谐波电流 55 kW (70 hp), 380 – 480 V

	各次谐波电流 I_n/I_1 (%)			
	I_5	I_7	I_{11}	I_{13}
实际 55 kW (70 hp), IP20, 380 – 480 V (典型)	39.5	21.8	8.1	5.8
R_{sce} 限制≥120	40	25	15	10
	谐波电流畸变率 (%)			
	THDi		PWHD	
实际 55 kW (70 hp), 380 – 480 V (典型)	46.8		37.6	
R_{sce} 限制≥120	48		46	

表 17: 谐波电流 75 kW (100 hp), 380 – 480 V

	各次谐波电流 I_n/I_1 (%)			
	I_5	I_7	I_{11}	I_{13}
实际 75 kW (100 hp), IP20, 380 – 480 V (典型)	40	22.2	8.1	5.8
R_{sce} 限制≥120	40	25	15	10
	谐波电流畸变率 (%)			
	THDi		PWHD	
实际 75 kW (100 hp), 380 – 480 V (典型)	47.5		37.4	
R_{sce} 限制≥120	48		46	

表 18: 谐波电流 90 kW (125 hp), 380 – 480 V

	各次谐波电流 I_n/I_1 (%)			
	I_5	I_7	I_{11}	I_{13}
实际 90 kW (125 hp), IP20, 380 – 480 V (典型)	37.7	18.9	8.6	3.8

R_{sce} 限制≥120	40	25	15	10
	谐波电流畸变率 (%)			
	THDi		PWHD	
实际 90 kW (125 hp), 380 - 480 V (典型)	43.7		30.6	
R_{sce} 限制≥120	48		46	

表 19: 谐波电流 110 kW (150 hp), 380 - 480 V

	各次谐波电流 I_n/I_1 (%)			
	I_5	I_7	I_{11}	I_{13}
实际 110 kW (150 hp), IP20, 380 - 480 V (典型)	32.3	7.6	6.2	3.2
R_{sce} 限制≥120	40	25	15	10
	谐波电流畸变率 (%)			
	THDi		PWHD	
实际 110 kW (150 hp), 380 - 480 V (典型)	34.2		15.9	
R_{sce} 限制≥120	48		46	

表 20: 谐波电流 132 kW (175 hp), 380 - 480 V

	各次谐波电流 I_n/I_1 (%)			
	I_5	I_7	I_{11}	I_{13}
实际 132 kW (175 hp), IP20, 380 - 480 V (典型)	31.6	6.8	6.2	2.6
R_{sce} 限制≥120	40	25	15	10
	谐波电流畸变率 (%)			
	THDi		PWHD	
实际 132 kW (175 hp), 380 - 480 V (典型)	33.2		14.7	
R_{sce} 限制≥120	48		46	

表 21: 谐波电流 160 kW (250 hp), 380 - 480 V

	各次谐波电流 I_n/I_1 (%)			
	I_5	I_7	I_{11}	I_{13}
实际 160 kW (250 hp), IP20, 380 - 480 V (典型)	31.6	7.1	6.2	3.1
R_{sce} 限制≥120	40	25	15	10
	谐波电流畸变率 (%)			
	THDi		PWHD	
实际 160 kW (250 hp), 380 - 480 V (典型)	33.3		15.8	
R_{sce} 限制≥120	48		46	

表 22: 谐波电流 200 kW (300 hp), 380 - 480 V

	各次谐波电流 I_n/I_1 (%)			
	I_5	I_7	I_{11}	I_{13}
实际 200 kW (300 hp), IP20, 380 - 480 V (典型)	31.3	6.7	6.1	2.7
R_{sce} 限制≥120	40	25	15	10
	谐波电流畸变率 (%)			
	THDi		PWHD	
实际 200 kW (300 hp), 380 - 480 V (典型)	32.9		14.6	
R_{sce} 限制≥120	48		46	

表 23: 谐波电流 250 kW (350 hp), 380 - 480 V

	各次谐波电流 I_n/I_1 (%)			
	I_5	I_7	I_{11}	I_{13}
实际 250 kW (350 hp), IP20, 380 - 480 V (典型)	31.9	6.7	6.7	2.7
R_{sce} 限制≥120	40	25	15	10
	谐波电流畸变率 (%)			
	THDi		PWHD	
实际 250 kW (350 hp), 380 - 480 V (典型)	33.5		15.6	
R_{sce} 限制≥120	48		46	

表 24: 谐波电流 315 kW (450 hp), 380 - 480 V

	各次谐波电流 I_n/I_1 (%)			
	I_5	I_7	I_{11}	I_{13}
实际 315 kW (450 hp), IP20, 380 - 480 V (典型)	31.2	7.1	6.1	3.1
R_{sce} 限制≥120	40	25	15	10
	谐波电流畸变率 (%)			
	THDi		PWHD	
实际 315 kW (450 hp), 380 - 480 V (典型)	32.9		15.7	
R_{sce} 限制≥120	48		46	

如果电源短路功率 S_{sc} 大于或等于:

$$S_{SC} = \sqrt{3} \times R_{SCE} \times U_{mains} \times I_{equ} = \sqrt{3} \times 120 \times 400 \times I_{equ}$$

(用户供电系统和公共供电系统之间的连接位置 (R_{sce}))

设备的安装者或用户应负责确保设备仅与短路功率 S_{sc} 大于或等于上述规定值的电源相连。为此请咨询配电网络运营商(如果必要的话)。在咨询了配电网络运营商后, 可以将其它功率的设备连接到公共供电网络。

符合多种系统级别的指导标准: 表中给出的谐波电流数据符合 IEC/EN 61000-3-12 中的动力驱动系统产品标准。可以基于它们来计算谐波电流对电源系统的影响, 也可以将它们视作符合相关地区性指导标准的证明: IEEE 519 -1992; G5/4.

3.4.7 抗扰性要求

变频器的抗扰性要求取决于它们的安装环境。工业环境的要求要高于家庭和办公室环境的要求。所有 Danfoss 变频器均符合工业环境要求，因此也符合较低的、具有较大安全裕度的家庭和办公室环境要求。

3.5 保护性超低电压 (PELV)

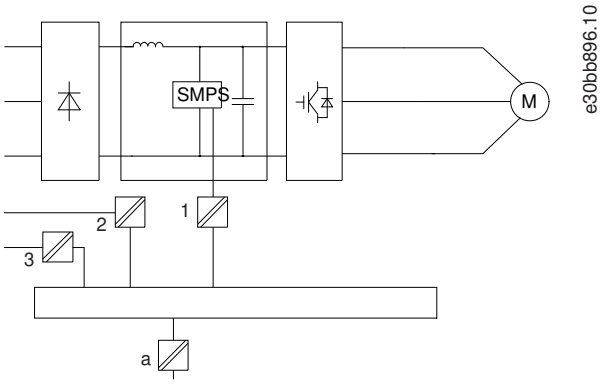
PELV 提供超低电压保护 。如果电源为 PELV 类型，且安装符合地方/国家对 PELV 电源的规定，则可避免发生触电。

所有控制端子和继电器端子 01-03/04-06 都符合 PELV（保护性超低压）标准（不适用于 440 V 以上的接地三角形电网）。

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专门介绍。

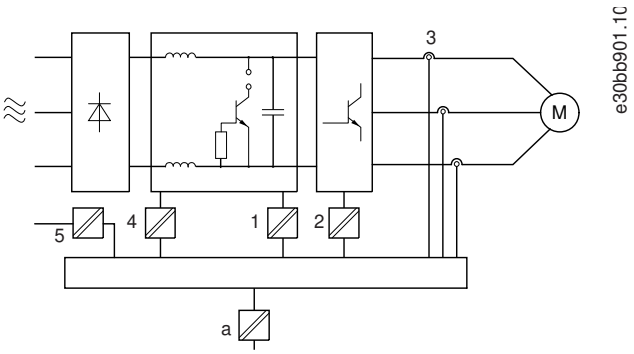
提供电气绝缘的部件（如下所述）也必须满足较高的绝缘标准并通过 EN 61800-5-1 规定的相关测试。下图中示出了 PELV 电气隔离。

为了保证 PELV，所有与控制端子连接的器件都必须是 PELV 的，比如，必须对热敏电阻实行加强绝缘/双重绝缘。



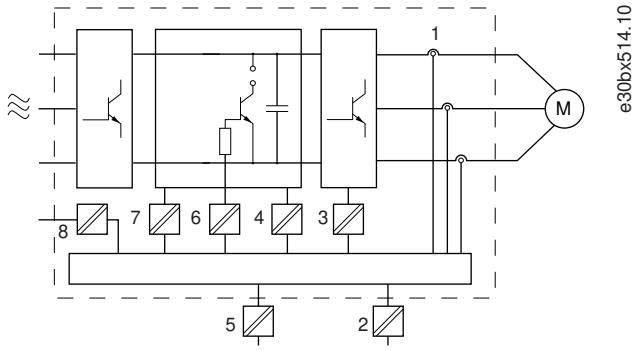
图解 24: 电气隔离 0.37 – 22 kW (0.5 – 30 hp)

1	开关电源 (SMPS)	3	自定义继电器
2	光耦，AOC 和 MOC 之间的通讯	a	控制卡端子



图解 25: 电气隔离 30 – 90 kW (40 – 120 hp)

1	与 UDC (直流母线电压)绝缘的开关电源 (SMPS)	4	内置预充电、RFI 和温度测量电路。
2	IGBT 驱动（触发变压器/光耦）。	5	自定义继电器
3	电流传感器	a	控制卡端子



图解 26: 电气隔离 110-315 kW (150-450 hp)

1	电流传感器	5	用于 24 V 备用电源的电气隔离
2	用于 RS485 标准总线接口的电气隔离	6	光耦，制动模块（可选）
3	IGBT 的门驱动	7	内部浪涌、RFI 和温度测量电路
4	与 U DC(直流母线电压) 绝缘的开关电源 (SMPS)	8	用户继电器

保护性超低压（请参阅 图解 24）适用于 RS-485 标准总线接口。

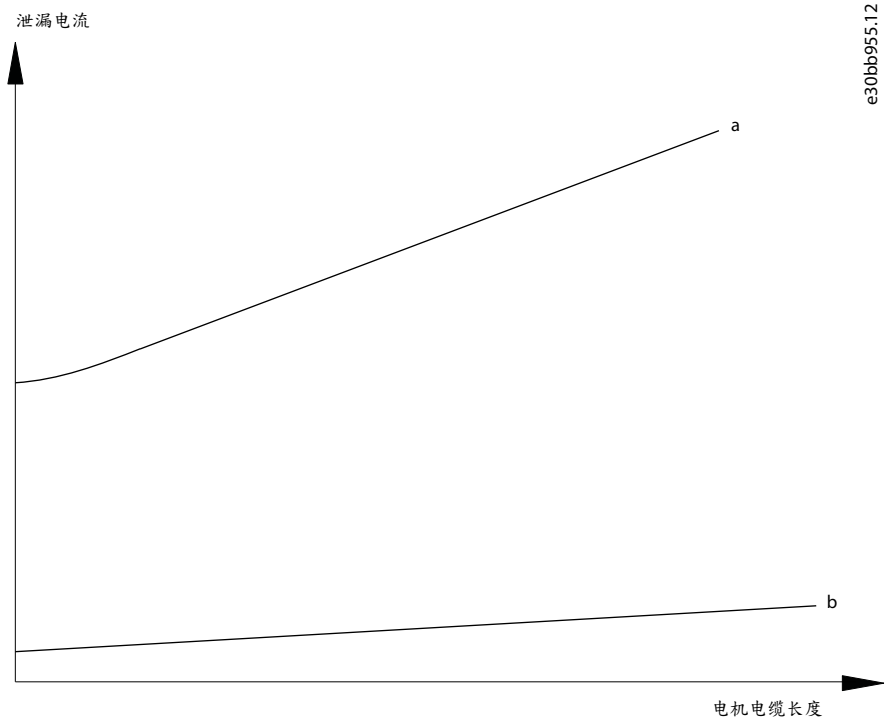
⚠ 注 意 ⚠

安装在高海拔下
当海拔超过 2000 米（6500 英尺）时，请向 Danfoss 咨询 PELV 事宜。

3.6 接地漏电电流

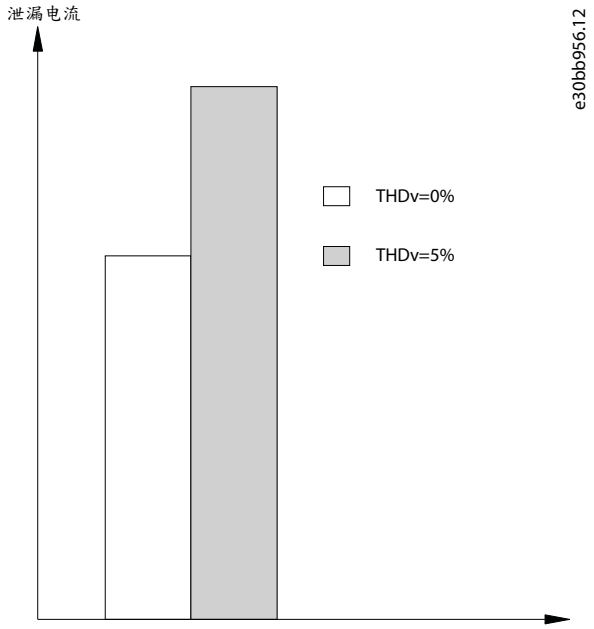
遵守对泄漏电流超过 3.5 mA 的设备进行保护性接地的国家和地方法规。
变频器技术在高功率下进行高频开关控制。这会在接地线路中产生泄漏电流。
接地泄漏电流由多个成分组成，这取决于不同的系统配置，其中包括：

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



图解 27: 电缆长度和功率规格对泄漏电流的影响，功率规格 a > 功率规格 B

泄漏电流还取决于电网失真情况。



图解 28: 电网失真对泄漏电流的影响。

如果泄漏电流超过 3.5 mA，则需要特别注意符合 EN/IEC61800-5-1（电气传动系统产品标准）的要求。
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 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/IEC 61800-5-1 和 IEC EN 62477-1。

⚠ 警 告 ⚠

放电时间

即使设备已与主电源断开连接，触碰电气部件也可能会导致生命危险。

- 确保所有其他电压输入都已断开，例如负载共享（直流回路的连接），以及用于借能运行的电机连接。
- 在触摸任何电气部件之前，至少等待在安全相关章节中指定的时间。仅当具体设备的铭牌上标明了更短的等待时间时，才允许缩短等待时间。

⚠ 警 告 ⚠

泄漏电流危险

漏电电流超过 3.5 mA。如果不将变频器正确接地，将可能导致死亡或严重伤害。

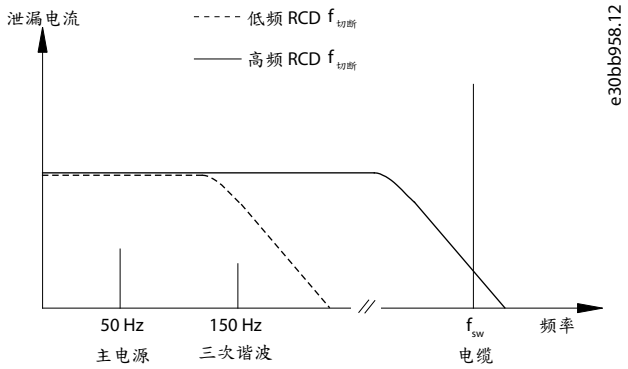
- 由经认证的电气安装商确保设备正确接地。

3.6.1 使用漏电保护器 (RCD)

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

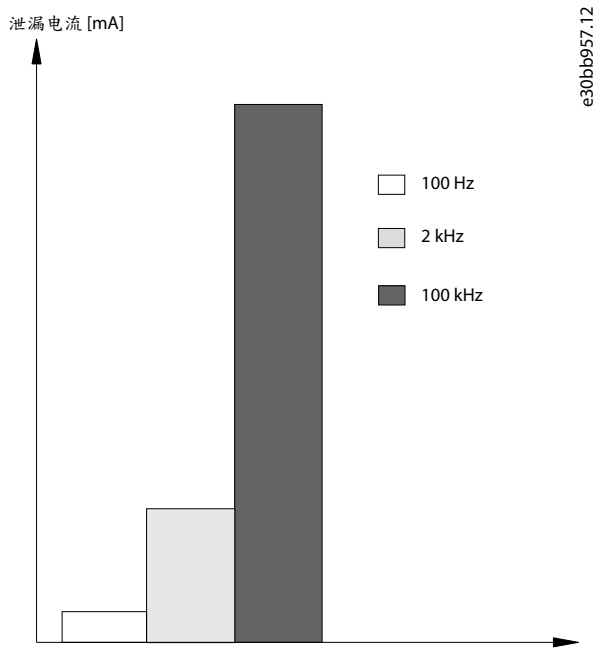
- 仅使用可以检测交流和直流的 B 类 RCD。
- 使用带有浪涌延迟功能的 RCD，可防止瞬态接地电流造成的故障。
- 根据系统配置和环境因素来选择 RCD 规格。

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。是否检测到开关频率取决于所使用的 RCD 类型。



图解 29: 主电源造成泄漏电流

由 RCD 检测到的泄漏电流值取决于 RCD 的截止频率。



图解 30: RCD 的截止频率对做出的响应/执行的测量的影响

有关详细信息，请参考 RCD 应用说明。

⚠ 警 告 ⚠

漏电断路器保护

该设备可在保护接地导体中产生直流电流。当使用漏电断路器 (RCD) 提供直接或间接接触情况下的保护时，在该设备的电源端只能使用 B 类 RCD。否则，应采取其它保护措施，比如用双重或增强绝缘与环境相分隔，或用变压器将其与供电系统隔开。另请参阅防范电气危险的应用说明。

— 变频器的保护性接地和 RCD 的使用必须始终遵从国家和地方法规。

3.7 极端运行条件

3.7.1 简介

短路（电机相间短路）

测量电机三相中每相电流或者直流回路的电流，可为变频器提供短路保护。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，逆变器将单独关闭（报警 16，跳闸锁定）。

有关在负载共享和制动输出端发生短路时保护变频器的信息，请参阅“熔断器和断路器”一章。

切换输出

允许在电机与变频器之间切换输出。切换输出不会对变频器造成任何损害。但可能会显示故障信息。

电机产生的过电压

当电动机处于发电机模式时，直流回路中的电压会升高。这包括以下情况：

- 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，则摩擦较小，减速时间会过短，从而导致变频器、电机和安装系统无法消耗掉能量。
- 如果滑移补偿设置（参数 1-62 滑移补偿）不当，可能导致直流回路的电压过高。

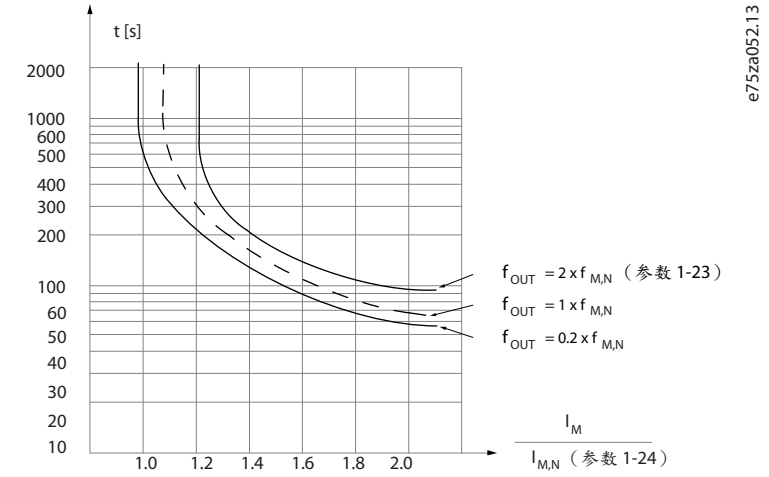
如果启用了参数 2-17 过压控制，则控制单元可能会试图调整加减速过程。当达到特定电压水平时，变频器会关闭，以保护晶体管和直流回路电容器。

主电源断电

如果发生主电源断电，变频器将继续工作，直到直流回路电压低于最低停止水平（一般比变频器的最低额定电源电压低 15%）。断电前的主电源电压和电机负载决定了变频器惯性停车的时间。

3.7.2 电机热保护 (ETR)

Danfoss 使用 ETR 来防止电机过热。它是一种根据内部测量来模拟双金属继电器的电子功能。下图展示了其特性。



图解 31: 电机热保护特性

X 轴显示了 I_{motor} 和额定 I_{motor} 的比。Y 轴显示了 ETR 断开并使变频器跳闸之前的时间（秒）。曲线显示了额定速度下、2 倍额定速度下以及 0.2 倍额定速度下的特性。

其中清楚表明，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动机在低速下过热。ETR 功能根据实际电流和速度计算电机温度。

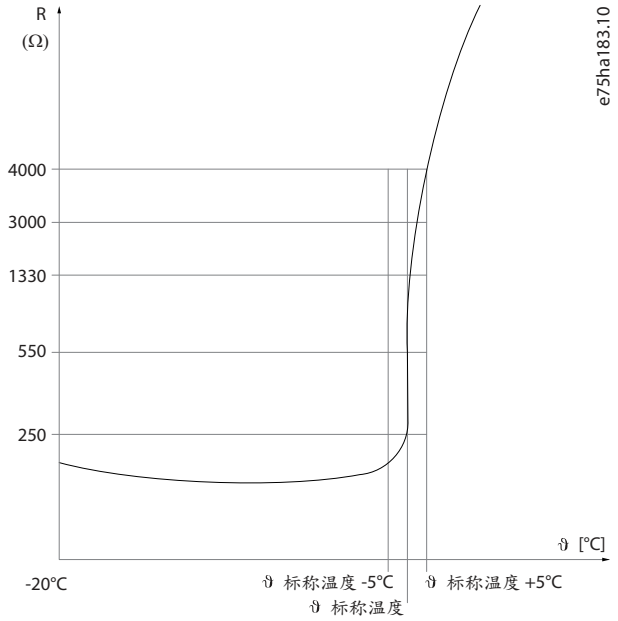
3.7.3 热敏电阻输入

热敏电阻断开阻值大于 3 kΩ 。

在电机内部放置一个热敏电阻（PTC 传感器）可以实现绕组保护。

电动机保护可以通过一系列的技术来实现：

- 电动机绕组中的 PTC 传感器。
- 机械热开关（Klixon 类型）。
- 电子热敏继电器 (ETR)。



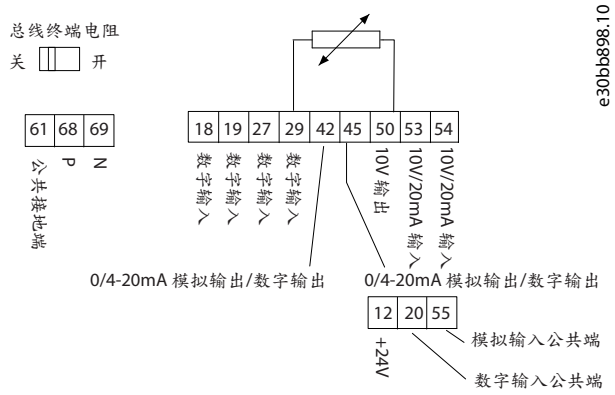
图解 32: 电机温度过高时，变频器将跳闸

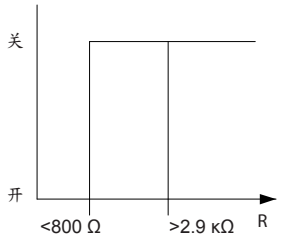
3.7.3.1 使用数字输入和 10 V 电源的示例

当电机温度过高时， 将跳闸。

参数设置：

- 将参数 1-90 电机热保护 设置为 [2] 热敏电阻跳闸。
- 将参数 1-93 热敏电阻源 设置为 [6] 数字输入 29。





图解 33: 数字输入/10 V 电源

3.7.3.2 使用模拟输入和 10 V 电源的示例

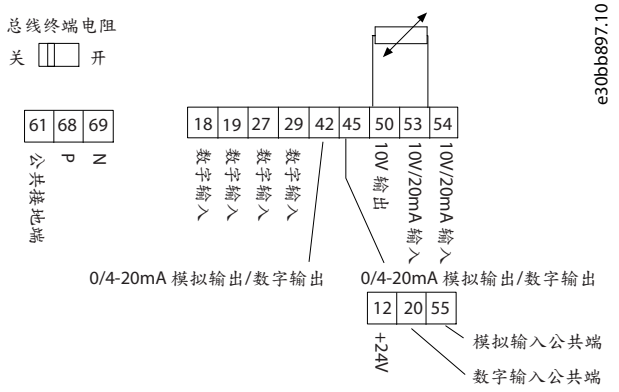
当电机温度过高时， 将跳闸。

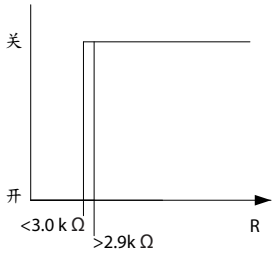
参数设置：

- 将参数 1-90 电机热保护 设置为 [2] 热敏电阻跳闸。
- 将参数 1-93 热敏电阻源 设置为 [1] 模拟输入 53。

注 意

请勿将模拟输入 54 设为参考值源。





图解 34: 模拟输入/10 V 电源

表 25: 电源电压

输入	供电电压 [V]	切断阈值 [Ω]
数字	10	<800⇒2.9 k
模拟	10	<800⇒2.9 k

注 意

确保所选的供电电压符合所使用的热敏电阻元件的规格。

在参数 1-90 电机热保护 中激活了 ETR。

4 选择和订购

4.1 类型代码

型号代码定义了变频器的特定配置。按下图所示创建所需配置的型号代码字符串。

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

e30bu797.10

图解 35: 型号代码

表 26: 型号代码说明

说明	位置	可能的选项
产品组 & FC 系列	1-6	FC 111
额定功率	7 – 10	0.37-315 kW (0.5-450 hp) (PK37-P315)
相数	11	3 相 (T)
电源电压	11 – 12	T4： 380 – 480 V AC
机箱	13 – 15	E20： IP20/机架 P20： IP20/机架（带背板）
射频干扰滤波器	16 – 17	H2： A2 类射频干扰滤波器
制动	18	X： 不包括制动斩波器
显示屏	19	X： 无本地控制面板
涂层 PCB	20	C： 带涂层 PCB
主电源选件	21	X： 无主电源选件
适配	22	X： 无适配
适配	23	X： 无调整
软件版本	24 – 27	SXXXX： 最新版本的标准软件
软件语言	28	X： 标准型
A 选件	29 – 30	AX： 无 A 选件
B 选件	31 – 32	BX： 无 B 选件
C0 选件，MCO	33 – 34	CX： 无 C 选件
C1 选件	35	X： 无 C1 选件
C 选件软件	36 – 37	XX： 无选件
D 选件	38-39	DX： 无 D0 选件

4.2 选件和附件

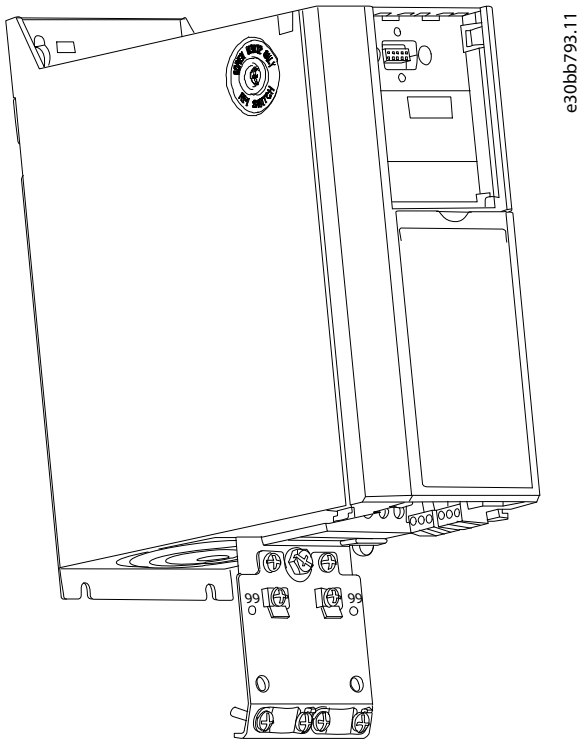
表 27: 选件和附件

机箱规格	3x380–480 V [kW (hp)]	LCP[1]	LCP 安装套件，含 3 米（9.8 英尺）长电缆	去耦板[2]	IP21/ 类型 1 转换套件[3]
H1	0.37 – 1.5 (0.5 – 2.0)	LCP 31： 132B0200 LCP 32： 132B9221	132B0201	132B0202	132B0212
H2	2.2 – 4.0 (3.0 – 5.4)				132B0213
H3	5.5 – 7.5 (7.5 – 10)			132B0204	132B0214
H4	11 – 15 (15 – 20)			132B0205	132B0215
H5	18.5 – 22 (25 – 30)				132B0216
H11	30 – 45 (40 – 60)			132B0284	132B0376
H12	55 – 90 (75 – 125)			132B0285	132B0377
H13	110 – 160 (150 – 250)			–	–
H14	200 – 315 (300 – 450)				

[1] 对于 IP20 设备，LCP 需单独订购。

[2] 使用去耦板实现 EMC 功能。

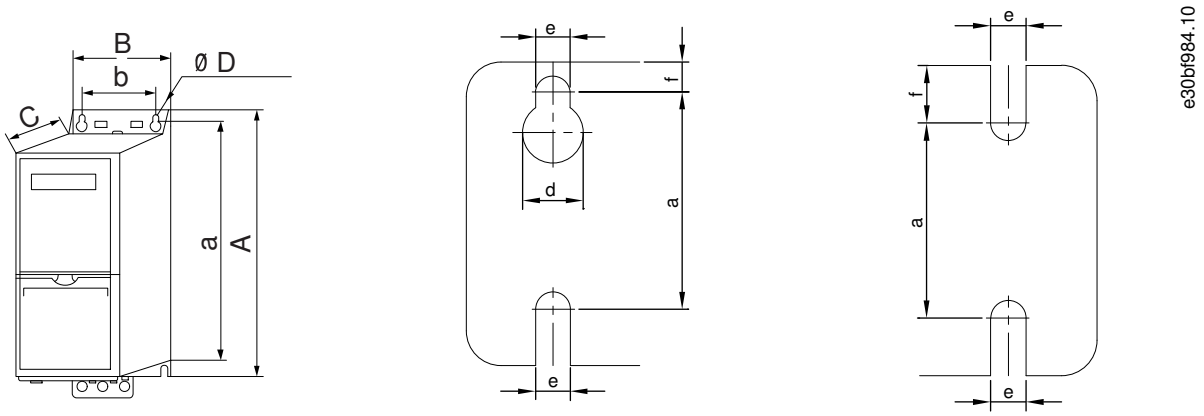
[3] IP21/ 类型 1 转换套件是适合 IP20 设备的选配机箱元件。使用 IP21/ 类型 1 转换套件时，可将 IP20 设备升级到 IP21 防护等级。



图解 36: 去耦板

5 机械安装注意事项

5.1 额定功率、重量和尺寸



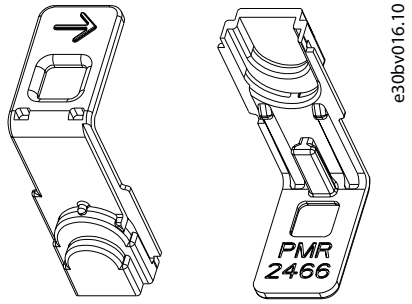
图解 37: 机箱规格为 H1-H5 和 H11-H12 的变频器的尺寸

表 28: 机箱规格为 H1-H5 & H11-H12 的变频器的额定功率、重量和尺寸

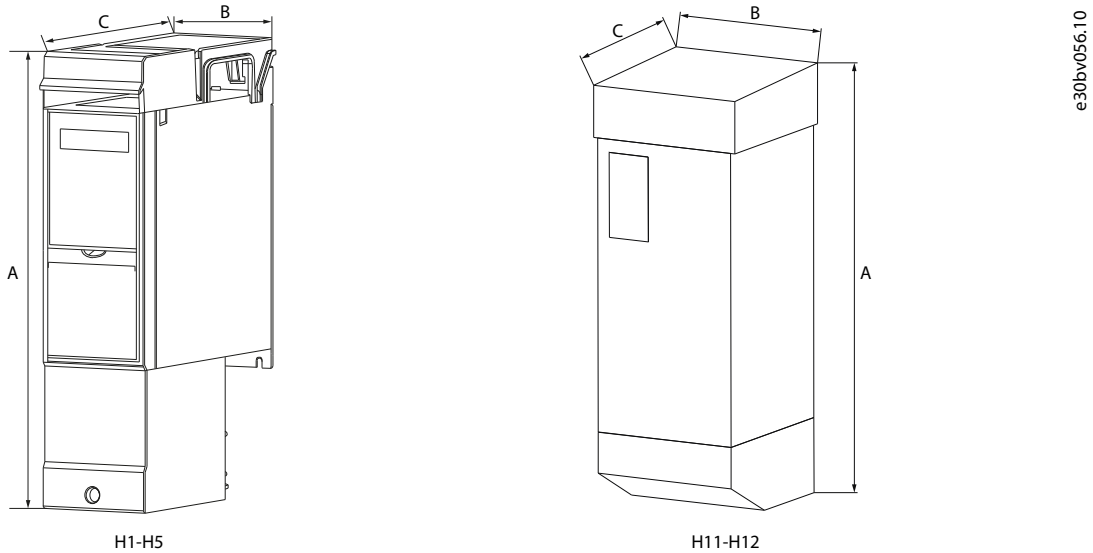
机箱规格		H1	H2	H3	H4	H5	H11	H12
防护等级		IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20[1]
3x380 - 480 V [kW (hp)]		0.37 - 1.5 (0.5 - 2.0)	2.2 - 4.0 (3.0 - 5.0)	5.5 - 7.5 (7.5 - 10)	11 - 15 (15 - 20)	18.5 - 22 (25 - 30)	30 - 45 (40 - 60)	55 - 90 (70 - 125)
高度 [mm (in)]	A	195 (7.7)	227 (8.9)	255 (10.0)	296 (11.7)	334 (13.1)	515 (20.3)	550 (21.7)
	A[2]	273 (10.7)	303 (11.9)	329 (13.0)	359 (14.1)	402 (15.8)	545 (21.5)	610.5 (24)
	a	183 (7.2)	212 (8.3)	240 (9.4)	275 (10.8)	314 (12.4)	495 (19.5)	521 (20.5)
宽度 [mm (in)]	B	75 (3.0)	90 (3.5)	100 (3.9)	135 (5.3)	150 (5.9)	233 (9.2)	308 (12.1)
	b	56 (2.2)	65 (2.6)	74 (2.9)	105 (4.1)	120 (4.7)	200 (7.9)	270 (10.6)
深度 [mm (in)]	C	168 (6.6)	190 (7.5)	206 (8.1)	241 (9.5)	255 (10)	241 (9.5)	323 (12.7)
安装孔 [mm (in)]	d	9 (0.35)	11 (0.43)	11 (0.43)	12.6 (0.50)	12.6 (0.50)	-	-
	e	4.5 (0.18)	5.5 (0.22)	5.5 (0.22)	7 (0.28)	7 (0.28)	8.5 (0.33)	8.5 (0.33)
	f	5.3 (0.21)	7.4 (0.29)	8.1 (0.32)	8.4 (0.33)	8.5 (0.33)	13 (0.5)	17 (0.67)
最大重量 [kg (lb)]		2.1 (4.6)	3.4 (7.5)	4.5 (9.9)	7.9 (17.4)	9.5 (20.9)	22.6 (49.8)	37.3 (82.2)

[1] 连接剥皮电线后，在主电源和电机端子上安装保护罩。请参阅图解 38。

[2] 包括去耦板。



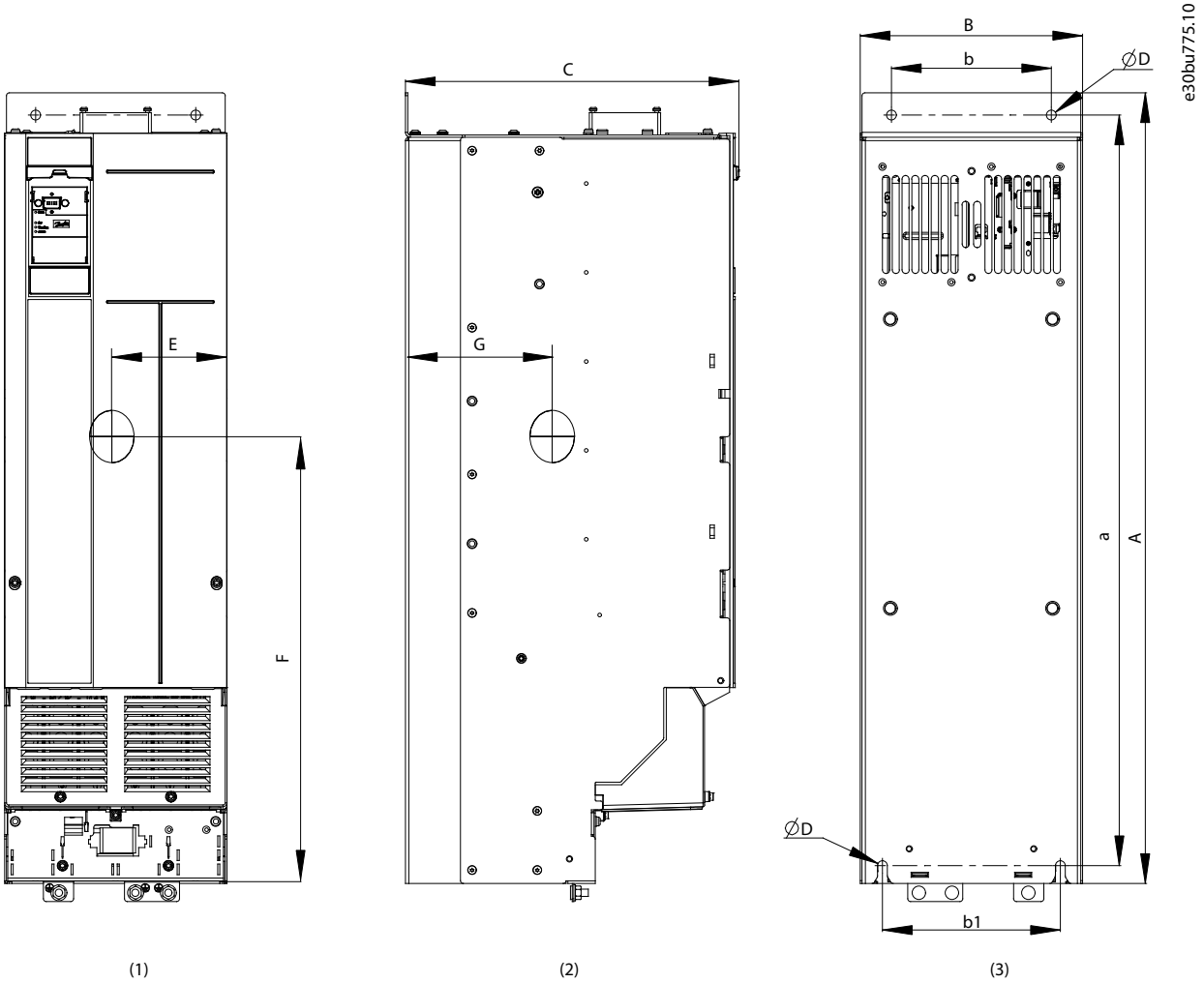
图解 38: 保护罩



图解 39: 机箱规格为 H1-H5 和 H11-H12 且带 IP21/ 类型 1 转换套件的变频器的尺寸

表 29: 机箱规格为 H1-H5 & H11-H12 且带 IP21/ 类型 1 转换套件的变频器的额定功率和尺寸

机箱规格		H1	H2	H3	H4	H5	H11	H12
防护等级		IP21	IP21	IP21	IP21	IP21	IP21	IP21
3x380 – 480 V [kW (hp)]		0.37 – 1.5 (0.5 – 2.0)	2.2 – 4.0 (3.0 – 5.0)	5.5 – 7.5 (7.5 – 10)	11 – 15 (15 – 20)	18.5 – 22 (25 – 30)	30 – 45 (40 – 60)	55 – 90 (70 – 125)
高度 [mm (in)]	A	293 (11.5)	322 (12.7)	346 (13.6)	374 (14.7)	418 (16.5)	770 (30.3)	807 (31.8)
宽度 [mm (in)]	B	81 (3.2)	96 (3.8)	106 (4.2)	141 (5.6)	161 (6.3)	254 (10)	329 (13.0)
深度 [mm (in)]	C	173 (6.8)	195 (7.7)	210 (8.3)	245 (9.6)	260 (10.2)	262 (10.3)	340 (13.4)



图解 40: 机箱规格为 H13-H14 的变频器的尺寸

1	正视图	3	后视图
2	侧视图		

表 30: 机箱规格为 H13-H14 的变频器的额定功率、重量和尺寸

机箱规格		H13	H14
防护等级		IP20	IP20
3x380 – 480 V [kW (hp)]		110 – 160 (150 – 250)	200 – 315 (300 – 450)
高度 [mm (in)]	A	889 (35.0)	1096 (43.1)
	A(1)	909 (35.8)	1122 (44.2)
	a	844 (33.2)	1051 (41.4)
宽度 [mm (in)]	B	250 (9.8)	350 (13.8)
	b	180 (7.1)	280 (11.0)
	b1	200 (7.9)	271 (10.7)
深度 [mm (in)]	C	375 (14.8)	375 (14.8)

机箱规格		H13	H14
安装孔 [mm (in)]	D	11 (0.4)	11 (0.4)
重心 [mm (in)]	E	128 (5.0)	176 (6.9)
	F	495 (19.5)	611 (24.1)
	G	148 (5.8)	148 (5.8)
最大重量 [kg (lb)]		98 (216)	164 (362)

[1] 包括去耦板。

上述尺寸仅为设备的物理尺寸。

5.2 存储和工作环境

存储

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。请参考环境条件一节了解推荐的环境温度。

除非存放期超过 12 个月，否则，存放期间无需定期充电（电容器充电）。

工作环境

注 意

工作环境

在含有空气传播的液体、颗粒或腐蚀性气体的环境中，未达到环境条件要求将会缩短变频器的使用寿命。

- 确保设备的 IP/类型等级符合安装环境的情况。
- 确保符合有关空气湿度、温度和海拔的要求。

表 31: 在高海拔下安装

电压 [V]	海拔限制
380-480	当海拔超过 3000 米（9842 英尺）时，请向 Danfoss 咨询 PELV 事宜。

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，安装可选的环境空气加热器。
- 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。
- 变频器可在温度低达 -15 ° C（5 ° 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确运行。
- 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。

⚠ 警 告 ⚠

爆炸性环境

不要在可能爆炸的环境中安装变频器。

- 将设备安装在此区域外的机柜中。
- 不遵守此规定会增加严重伤亡风险。

注 意

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。

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。

5.3 并排安装

变频器可以并排安装，但是，为了实现冷却目的，变频器的上方和下方都需要留出适当间隙。

表 32：冷却所需的间隙

规格	IP 等级	功率 [kW (hp)]	上方/下方间隙 [mm (in)]
		3x380-480 V	
H1	IP20	0.37-1.5 (0.5-2.0)	100 (4)
H2	IP20	2.2-4.0 (3.0-5.4)	100 (4)
H3	IP20	5.5-7.5 (7.5-10)	100 (4)
H4	IP20	11-15 (15-20)	100 (4)
H5	IP20	18.5-22 (25-30)	100 (4)
H11	IP20	30-45 (40-60)	200 (7.9)
H12	IP20	55-90 (70-125)	200 (7.9)
H13	IP20/机架	110-160 (150-250)	225 (9)
H14	IP20/机架	200-315 (300-450)	225 (9)

注 意

如果安装了 IP21 选件套件（对 H1 – H5 和 H11 – H12 可用），则设备之间应保持 50 毫米（2 英寸）的距离。

5.4 所需工具

表 33: 所需工具

所需工具	验收/卸货	安装
H1 – H5	–	• 用于端子的 3 mm 平头螺丝刀。 • 用于 M5 接地螺钉的 T20 梅花头螺丝刀。
H11 – H12	• I 形梁和吊钩的额定值适合吊起变频器的重量。请参考 5.1 额定功率、重量和尺寸。 • 通过吊车或其他起吊辅助设备将设备安放到位。	• 内六角扳手 6#（用于 M8）。 • 用于端子的 T30 梅花头螺丝刀。 • 用于 M6 接地螺钉的 T25 梅花头螺丝刀。
H13 – H14		• 带有 12 毫米（1/2 英寸）钻头的电钻。 • 卷尺。 • 十字形和平头螺丝刀。 • 带有 7-17 毫米公制套筒的扳手。 • 扳手加长柄。 • T25 和 T50 梅花头扳手。 • 用于电缆入口板的金属板冲头和/或钳子。

5.5 安装和冷却要求

注 意

过热
安装不当可能导致过热和性能下降。
— 按照安装和冷却要求安装变频器。

安装要求

- 通过将变频器垂直安装到牢固平滑表面，确保变频器的稳定性。
- 确保安装位置具有足以支撑变频器重量的强度。确保安装位置便于打开机箱门。请参考 5.1 额定功率、重量和尺寸。
- 确保变频器周围有足够的空间用于冷却气流 I 流通。
- 请将变频器放在尽可能靠近电机的位置。电机电缆应尽可能短。请参考 8.2.4 电缆长度和横截面积。
- 确保该位置便于在变频器底部穿插电缆。

冷却和气流要求

- 确保在顶部和底部留出进行空气冷却的间隙，请参阅 5.3 并排安装。
- 当温度在 40 ° C（104 ° F）和 55 ° C（131 ° 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。
- 可通过以下等式估算变频器的最大加热值：

  最大 加⊠⊠ ≈ 功率 × (1 – 效率)

  例如，110 kW（150 hp）变频器的加热值可能是 2.2 kW。有关变频器在额定负载下的效率，请参阅 8.1.1 3x380 – 480 V AC。
- 如果同时在 1 个机柜中安装多个变频器，则应累积热值和通风量。
- 如果有其他加热设备，则根据说明增加通风。
- 如果需要安装防尘筛，则需要根据防尘筛的风阻系数适当增加风量。有关防尘筛的风阻系数，请联系防尘筛供应商。

表 34：机柜的通风量参考值

功率 kW (hp)	机柜的通风量参考值	
	CFM	m^3/hr
0.37（0.5）	2	4
0.75（1.0）	4	7
1.5（2.0）	8	14
2.2（3.0）	9	15
3（4.0）	13	22
4（5.0）	19	32
5.5（7.5）	22	37
7.5（10）	40	68
11（15）	73	125
15（20）	100	170
18.5（25）	135	229
22（30）	160	272
30（40）	178	303
37（50）	220	374
45（60）	240	408
55（70）	257	436
75（100）	350	595
90（125）	370	629
110（150）	414	704
132（175）	499	849
160（250）	605	1029
200（300）	757	1286
250（350）	887	1507
315（450）	1118	1900

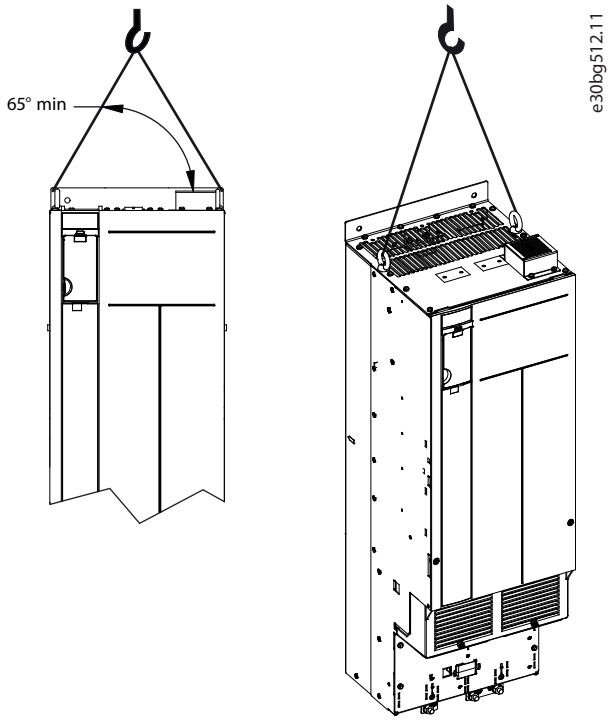
5.6 提升变频器

⚠ 警 告 ⚠

重载
负载不平衡可能会掉落或侧翻。如果没有采取恰当的起吊措施，则会增加死亡、重伤或设备损坏的风险。

- 使用起重量额定值适合的起重机、吊车、叉车或其他起吊装置来移动该设备。有关变频器的重量，请参阅 5.1 额定功率、重量和尺寸。
- 未找到重心并正确放置重物会导致起吊和移动过程中意外晃动。有关测量值和重心的信息，请参阅 5.1 额定功率、重量和尺寸。
- 变频器顶端与提升索之间的夹角会影响提升索的最大承重力。该夹角必须大于或等于 65° 。请参阅下图。选择合适尺寸的提升索并可靠连接。
- 不得在悬吊重物的下方穿行。
- 为防止受伤，需穿戴手套、护目镜和安全靴等个人防护装备。

始终使用变频器顶部的专用吊环来起吊变频器。请参阅下图。



图解 41: 提升变频器

5.7 在墙上安装变频器

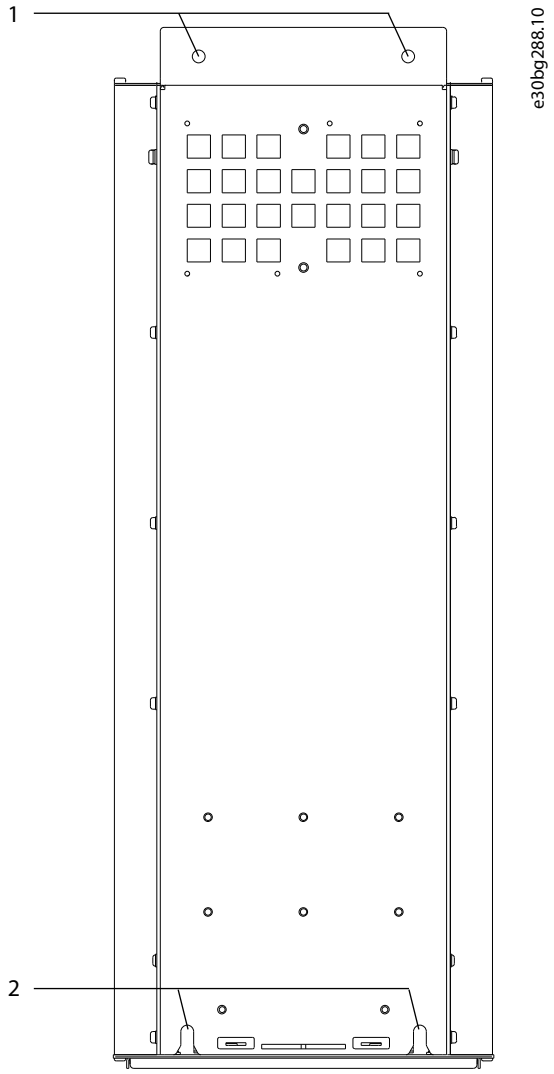
H13 和 H14 机箱规格带底板的变频器适用于安装在墙上或机箱内的安装面板上。要在墙上安装变频器，请按以下步骤操作。

步骤

1. 在墙上拧紧 2 个 M10 螺栓以与变频器底部的紧固件插槽对齐。
2. 将变频器中的下部紧固件插槽滑到 M10 螺栓上方。

3. 将变频器斜抵住墙壁，在安装孔中使用 2 个 M10 螺栓固定顶部。

示例



图解 42: 变频器壁装孔

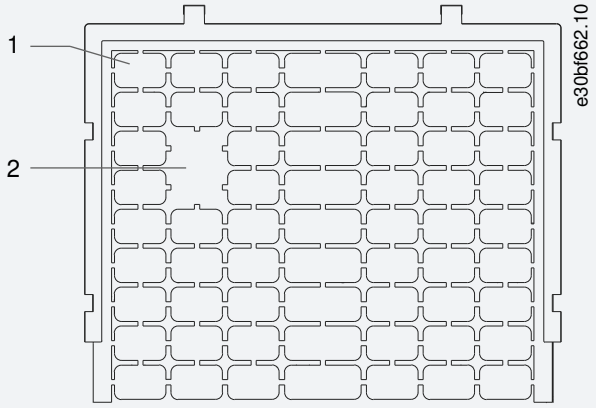
1	顶部安装孔
2	下部紧固件插槽

5.8 制作电缆开孔

安装 H13-H14 变频器后，在密封板上制作电缆开孔以穿过电源线和电机电缆。密封板是保持变频器防护等级所必需的。

步骤

1. 打掉塑料薄片以穿过电缆。



图解 43: 塑料密封板中的电缆开孔

1	塑料薄片
2	用作电缆开孔的可去除的薄片

5.9 降容

5.9.1 手动降容和自动降容

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 P132 而不是 P110）：

- 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。
- 室内温度高 – 在 10 ° C（50 ° F）的环境温度下运行。
- 开关频率过高。
- 电动机电缆很长。
- 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。
- 直流回路电压过高。

5.9.2 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。

恒转矩应用（CT 模式）

在恒转矩应用中，电机在低速时可能过热，因为电机内的风扇提供的冷却空气较少。

因此，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空气冷却，请使用专为低转速/恒转矩应用设计的电机，或选择较大的电机来降低负载水平。

可变（平方）转矩应用 (VT)

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。离心泵和风扇是常见的可变转矩应用。

5.9.3 在低气压和高海拔处降容

空气的冷却能力在低气压下会降低。当海拔超过 2000 米（6562 英尺）时，请向 Danfoss 咨询 PELV 事宜。如果变频器在海拔 1000 米（3281 英尺）以下工作，则不必降容。当海拔超过 1000 米（3281 英尺）时，请降低环境温度或最大输出电流。对于 1000 米（3281 英尺）以上的海拔，应该每 100 米（328 英尺）使输出降低 1%，或者每 200 米（656 英尺）使最高环境冷却空气温度降低 1 ° C（1.8 ° F）。

5.9.4 根据环境温度和开关频率进行降容

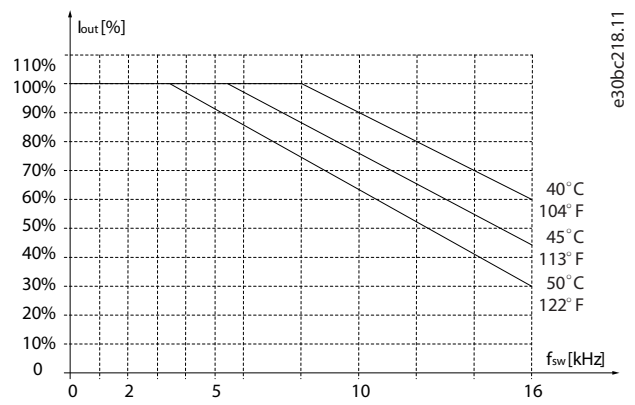
确保在 24 小时内测量的 p 平均环境温度至少要比变频器允许的最高环境温度低 5 ° C（9 ° F）。如果变频器在较高的环境温度下工作，请降低其持续输出电流。

注 意

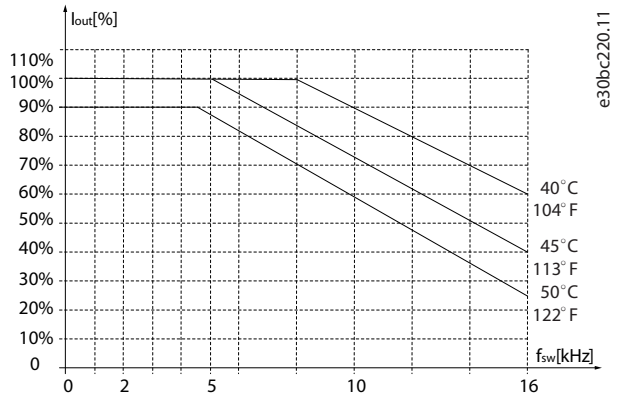
出厂降容

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。

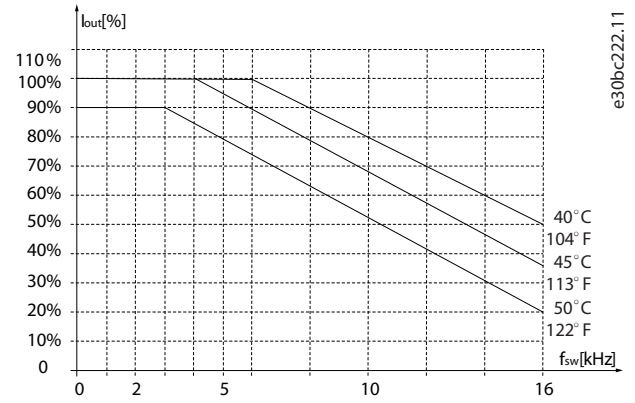
参考以下图表可确定是否必须根据开关频率和环境温度对输出电流降容。参考这些图时，I_{out} 表示额定输出电流的百分比，f_{sw} 表示开关频率。



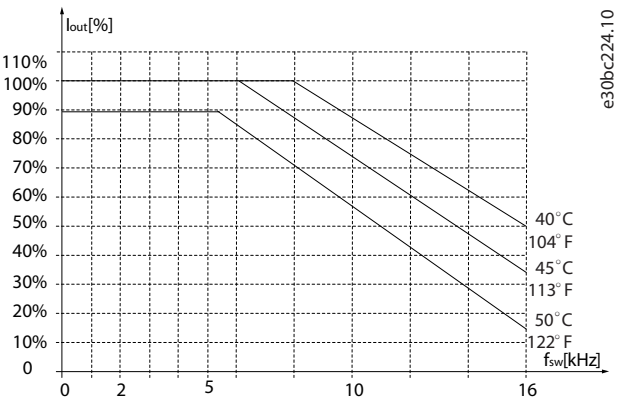
0.37 – 1.5 kW（0.5 – 2.0 hp），400 V，机箱规格 H1，IP20



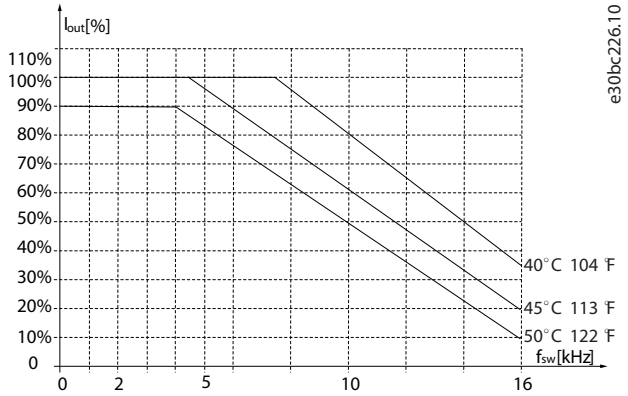
2.2 – 4.0 kW（3.0 – 5.4 hp），400 V，机箱规格 H2，IP20



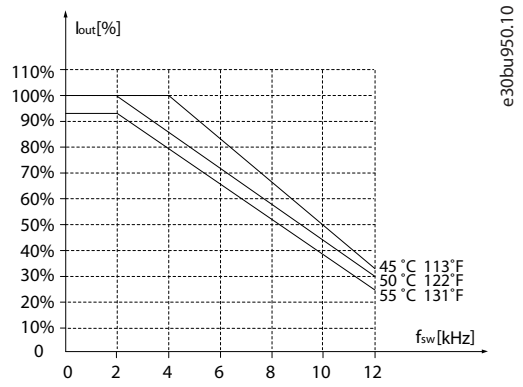
5.5 – 7.5 kW（7.4 – 10 hp），400 V，机箱规格 H3，IP20



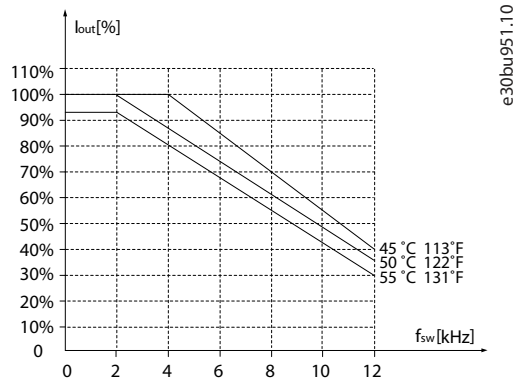
11 – 15 kW（15 – 20 hp），400 V，机箱规格 H4，IP20



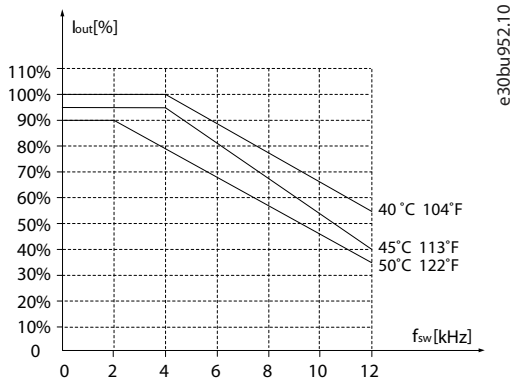
18.5 – 22 kW (25 – 30 hp)，400 V，机箱规格 H5，IP20



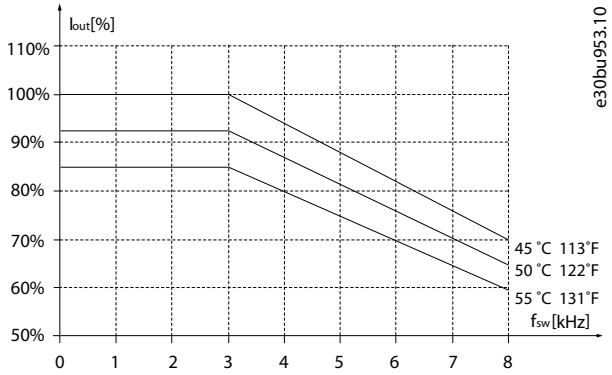
30 – 45 kW (40 – 60 hp)，400 V，机箱规格 H11，IP20



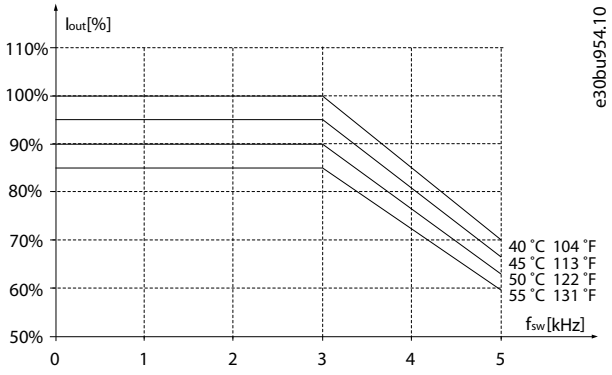
55 – 75 kW (70 – 100 hp)，400 V，机箱规格 H12，IP20



90 kW (125 hp)，400 V，机箱规格 H12，IP20



110 – 315 kW (150 – 450 hp)，400 V，机箱规格 H13 – H14，IP20，开关模式 60 AVM



110 – 315 kW (150 – 450 hp)，400 V，机箱规格 H13 – H14，IP20，开关模式 SFAVM

6 电气安装注意事项

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

- 应单独布置输出电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 j 接地电流，进而可能导致死亡或严重伤害。若不遵守建议，剩余电流保护装置 (RCD) 可能无法提供所需的保护。

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

过电流保护

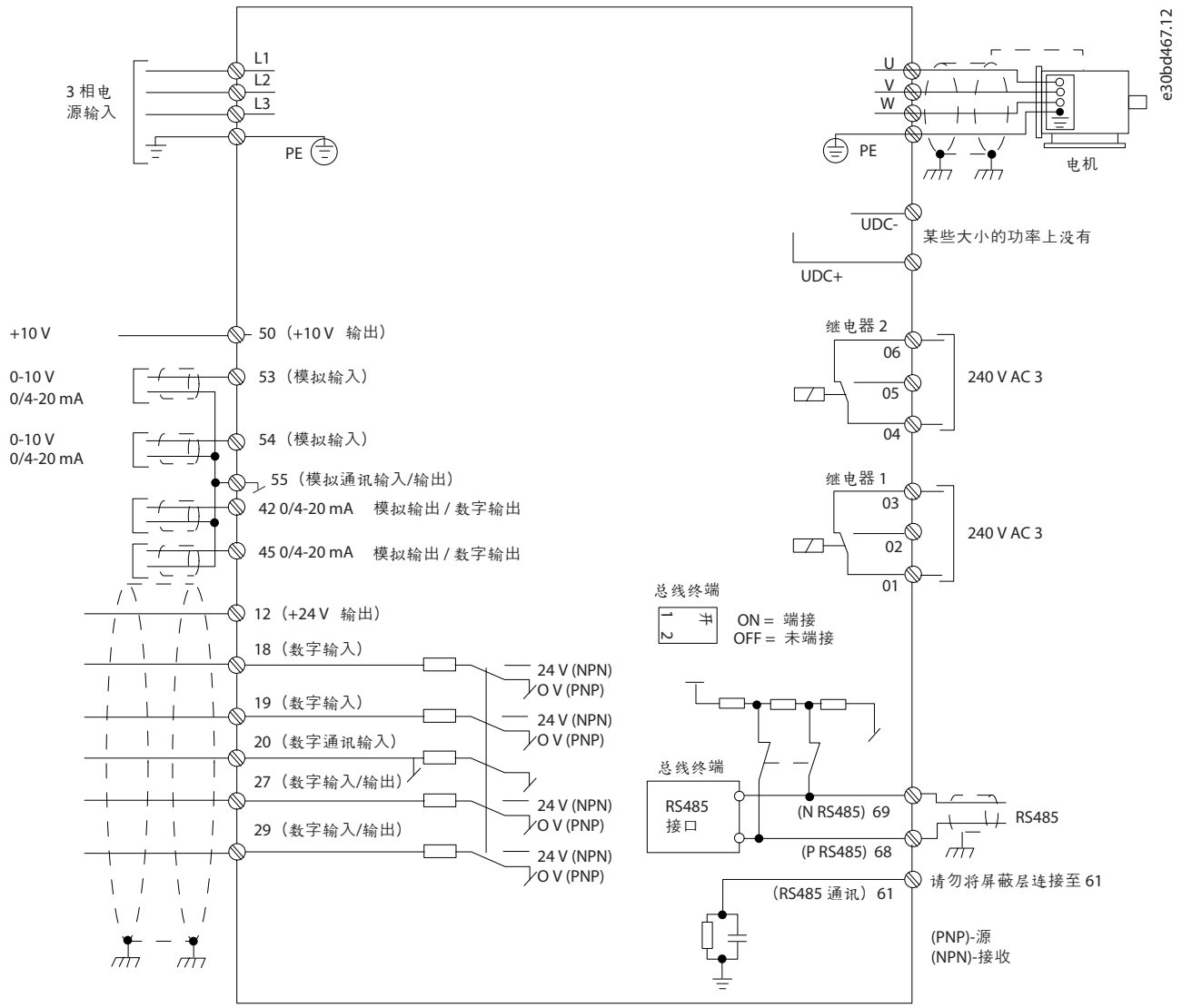
- 对于具有多个电机的应用，需要在变频器和 d 每个电机之间使用诸如短路保护或电机热保护等附加的保护设备。
- 需要使用输入熔断器来提供短路和过电流保护。如果出厂时没有配置熔断器，则应由安装方提供。请参阅“熔断器和断路器”一章 中的熔断器最大额定值。

线缆类型和额定值

- 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。

请参阅 8.2.4 电缆长度和横截面积 了解建议使用的线缆规格和类型。

6.2 电气连线



图解 44: 基本接线示意图

注 意

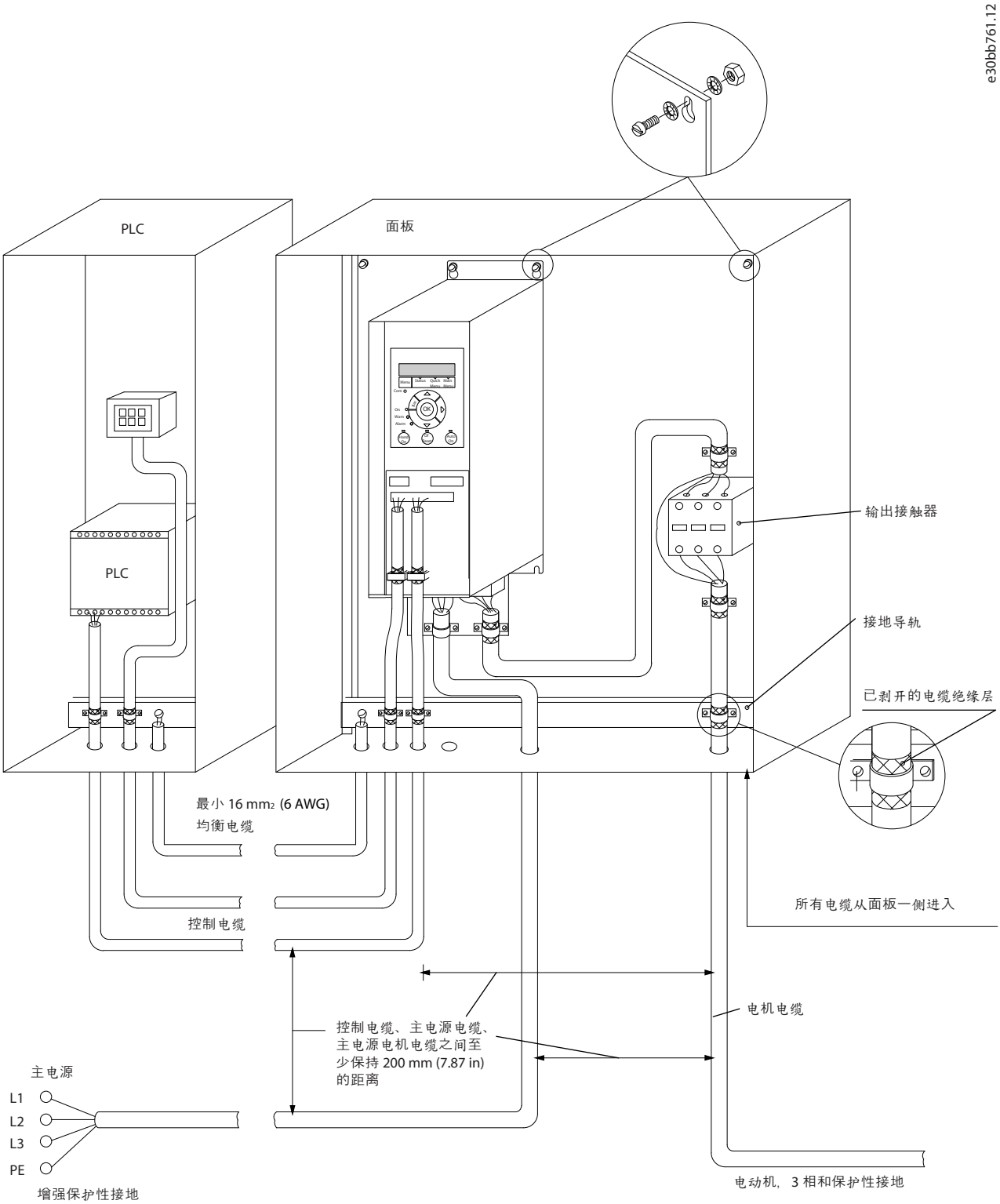
在下述设备上无 UDC- 和 UDC+：

— IP20, 380 – 480 V, 30 – 315 kW (40 – 450 hp)

6.3 符合 EMC 规范的电气安装

为确保电气安装符合 EMC 规范，请注意以下几点：

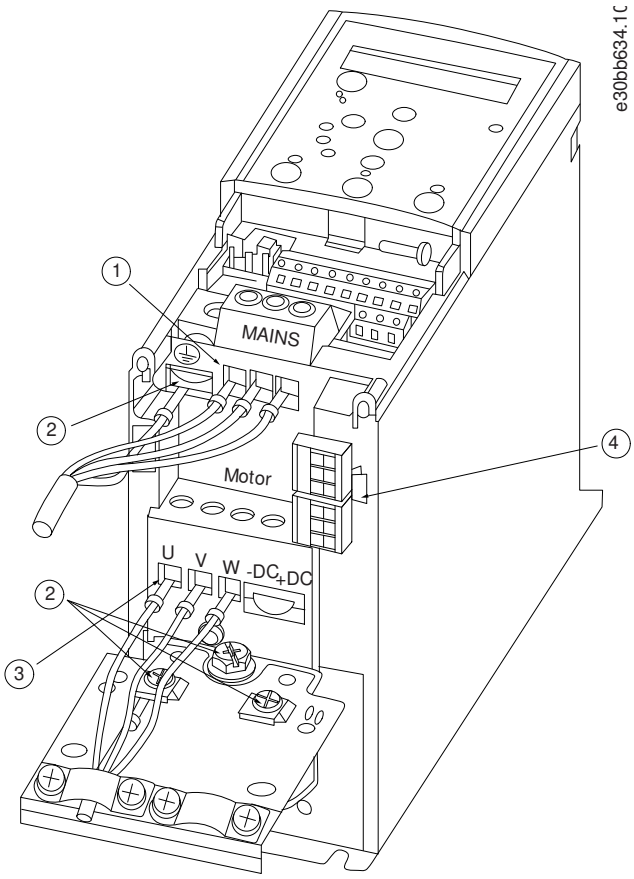
- 只能使用屏蔽/铠装电机电缆和屏蔽/铠装控制电缆。
- 将屏蔽层的两端都接地。
- 不要扭结屏蔽层两端（辫子状），否则会减弱高频下的屏蔽效果。使用随机的电缆夹。
- 确保变频器和 PLC 的接地电势相同。
- 使用星形垫圈和镀锌导电安装板。



图解 45: 符合 EMC 规范的安装

6.4 继电器和端子

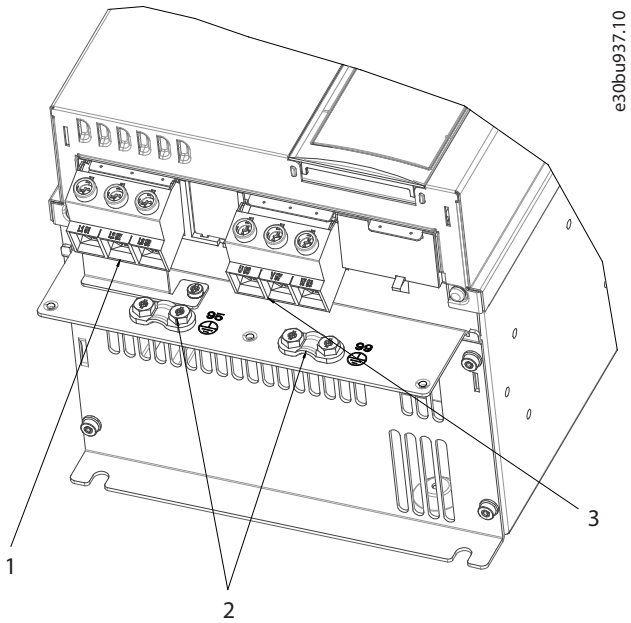
6.4.1 H1 – H5 机箱上的继电器和端子



图解 46: 机箱规格 H1 – H5 IP20, 380 – 480 V, 0.37-22 kW (0.5-30 hp)

1	主电源	3	电机
2	接地	4	继电器

6.4.2 机箱规格为 H11 的变频器上的继电器和端子

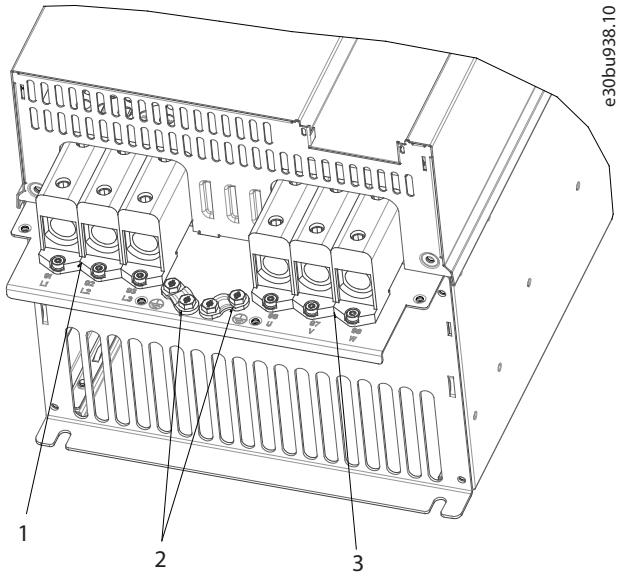


图解 47: 机箱规格 H11、IP20、380-480 V、30-45 kW (40-60 hp)

1	主电源	3	电机
2	接地		

有关 H11 变频器的继电器端子，请参阅 6.5 控制面板支架视图。

6.4.3 规格为 H12 的机箱上的继电器和端子

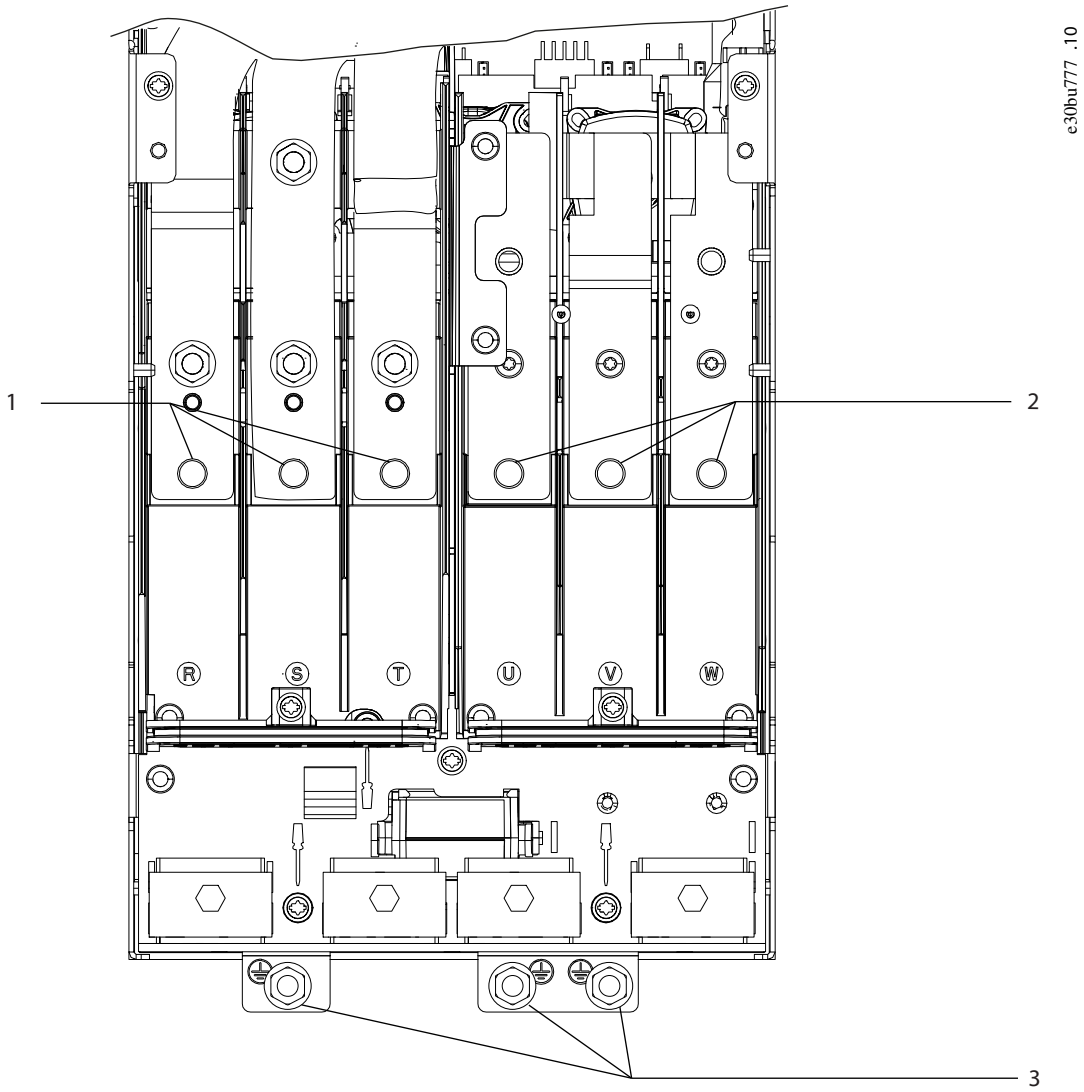


图解 48: 机箱规格 H12、IP20、380-480 V、55-90 kW (75-125 hp)

1	主电源	3	电机
2	接地		

有关 H12 变频器的继电器端子，请参阅 6.5 控制面板支架视图。

6.4.4 H13 – H14 机箱上的继电器和端子



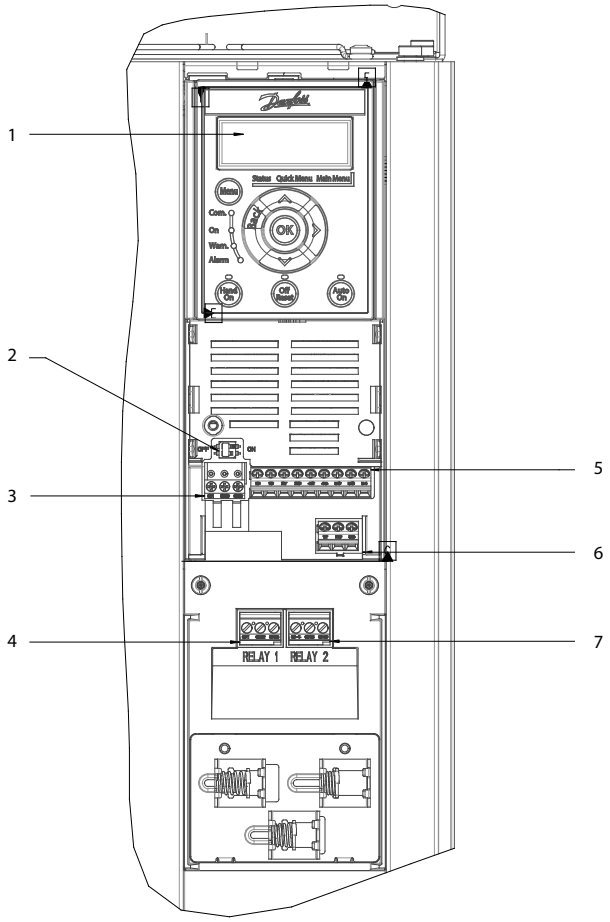
图解 49: 机箱规格 H13 – H14 IP20，380 – 480 V，110-315 kW (150-450 hp)

1	主电源	3	接地
2	电机		

有关 H13 – H14 变频器的继电器端子，请参阅 6.5 控制面板支架视图。

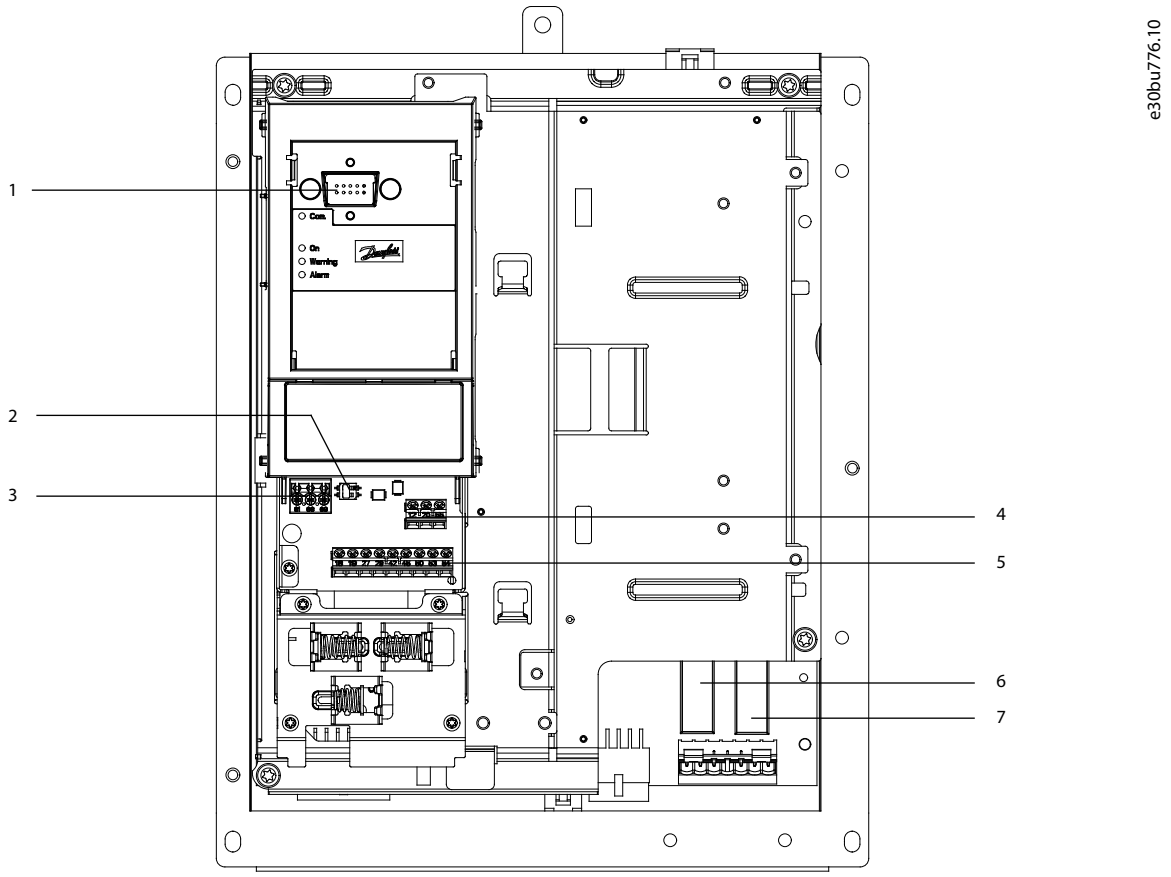
6.5 控制面板支架视图

H11-H14 变频器的控制面板支架用于存放 LCP。控制面板支架中还包括控制端子、继电器和各种连接器。



图解 50: H11-H12 中的控制面板支架视图

1	LCP	5	数字量 I/O 和 24 V 电源
2	RS485 终端电阻开关	6	模拟 I 量 I/O 接线端子
3	RS485 现场总线接线端子	7	功率卡上的继电器 2
4	功率卡上的继电器 1		



图解 51: H13-H14 中的支架视图

1	LCP 连接器	5	数字量 I/O 和 24 V 电源
2	RS485 终端电阻开关	6	功率卡上的继电器 1
3	RS485 现场总线接线端子	7	功率卡上的继电器 2
4	模拟 I 量 I/O 接线端子		

6.6 紧固件紧固转矩

拧紧下表列出的位置处的紧固件时，施加正确转矩。紧固电气 I 连接时转矩过低或过高都会导致电气连接不良。为确保转矩正确，请使用转矩扳手。

表 35: 机箱规格为 H1 – H5 和 H11 – H12、电源为 3x380 – 480 V 的变频器的紧固力矩

功率 [kW (hp)]			力矩 [Nm (in-lb)]					
机箱规格	IP 等级	3x380-480 V	主电源	电机	直流连接	控制端子	接地	继电器
H1	IP20	0.37-1.5 (0.5-2.0)	0.8 (7)	0.8 (7)	0.8 (7)	0.5 (4)	0.8 (7)	0.5 (4)
H2	IP20	2.2-4.0 (3.0-5.4)	0.8 (7)	0.8 (7)	0.8 (7)	0.5 (4)	0.8 (7)	0.5 (4)
H3	IP20	5.5-7.5 (7.5-10)	0.8 (7)	0.8 (7)	0.8 (7)	0.5 (4)	0.8 (7)	0.5 (4)
H4	IP20	11-15 (15-20)	1.2 (11)	1.2 (11)	1.2 (11)	0.5 (4)	0.8 (7)	0.5 (4)
H5	IP20	18.5-22 (25-30)	1.2 (11)	1.2 (11)	1.2 (11)	0.5 (4)	0.8 (7)	0.5 (4)
H11	IP20	30-45 (40-60)	4.5 (40)	4.5 (40)	-	0.5 (4)	3 (27)	0.5 (4)

功率 [kW (hp)]			力矩 [Nm (in-lb)]					
机箱规格	IP 等级	3x380-480 V	主电源	电机	直流连接	控制端子	接地	继电器
H12	IP20	55 (70)	10 (89)	10 (89)	-	0.5 (4)	3 (27)	0.5 (4)
H12	IP20	75 (100)	14 (124)	14 (124)	-	0.5 (4)	3 (27)	0.5 (4)
H12	IP20	90 (125)	24 (212) [1]	24 (212) [1]	-	0.5 (4)	3 (27)	0.5 (4)

[1] 电缆尺寸 >95 mm^2。

表 36: 机箱规格为 H13 - H14、电源为 3x380-480 V 的变频器的紧固 I 力矩

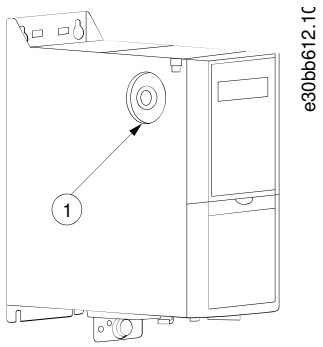
位置	螺栓尺寸	力矩 [Nm (in-lb)]
主电源端子	M10/M12	19 (168)/37 (335)
电机端子	M10/M12	19 (168)/37 (335)
接地端子	M8/M10	9.6 (84)/19.1 (169)
继电器端子	-	0.5 (4)
门/盖板	M5	2.3 (20)
密封板	M5	2.3 (20)

6.7 IT 主电源

⚠ 注 意 ⚠

IT 主电源
隔离型主电源（即 IT 主电源）上的安装。
– 确保连接主电源最大供电电压不得超过 440 V（3x380-480 V 设备）。

对于 380-480 V、IP20、0.37-22 kW (0.5-30 hp) 设备，如果使用 IT 电网供电，请拆卸变频器侧面的螺钉，以打开射频干扰开关。



图解 52: IP20, 0.37-22 kW (0.5-30 hp), 380-480 V

1	EMC 螺钉

注 意

在重新插入时，请仅使用 M3x12 螺钉。

对于 380-480 V、30-90 kW（40-125 hp）设备，如果使用 IT 主电源供电，则将参数 14-50 RFI Filter（射频干扰滤波器）设置为 [0] Off（关）。

对于 380-480 V、110-315 kW（150-450 hp）设备，如果变频器由与隔离主电源（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 RFI Filter（射频干扰滤波器） 和滤波器上的参数 14-50 RFI Filter（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 [Off]（关）位置时，机壳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 标准）。

如果需要保持最佳 EMC 性能，或并联电机或电机电缆长度超过 25 米（82 英尺），Danfoss 建议将参数 14-50 RFI Filter（射频干扰滤波器） 设置为 [On]（开）。使用能够与功率电子装置（IEC 61557-8）一起使用的绝缘监测器是很重要的。

6.8 主电源和电机接线

6.8.1 简介

该变频器旨在控制各种标准的三相异步电机。

- 为符合 EMC 辐射规范，请使用屏蔽/铠装的电机电缆，并将此电缆屏蔽层同时连接到去耦板和电机。
- 为了减小干扰水平和漏电流，请使用尽可能短的电机电缆。
- 有关安装去耦板的详细信息，请参阅相关的去耦板安装指南。
- 请参阅 6.3 符合 EMC 规范的电气安装中“符合 EMC 规范的安装”。

6.8.2 接地

⚠ 警 告 ⚠

泄漏电流危险

泄漏电流超过 3.5 mA。如果不将变频器正确接地，将可能导致死亡或严重伤害。

— 确保接地导线的最小尺寸符合当地有关大接触电流设备的安全法规要求。

确保电气安全：

- 按照相应标准和指令将变频器接地。
- 对输入电源、电机电源和控制接线使用专用接地线。
- 请勿以“菊花链”方式将一台变频器连接到另一个变频器。
- 连接地线应尽可能短
- 请遵守电机制造商的接线要求。
- 该电缆最小横截面积： 10 mm^2（8 AWG）铜线或 16 mm^2（6 AWG）铝线（或 2 根单独端接的额定接地线）。
- 按照 6.6 紧固件紧固转矩中提供的信息拧紧端子。

实现符合 EMC 规范的安装

- 使用金属电缆密封管或设备上提供的线夹在电缆屏蔽层和变频器机箱之间建立电气接触。
- 减少瞬变脉冲群，请使用高集束线。
- 请勿使用扭结的屏蔽端部（辫状）。

注 意

电位均衡

如果变频器和控制系统之间的大地电位不同，可能会出现瞬变脉冲群。

— 在系统组件之间安装等势电缆。建议的电缆横截面积： 16 mm^2（6 AWG）。

6.8.3 连接电机

⚠ 警 告 ⚠

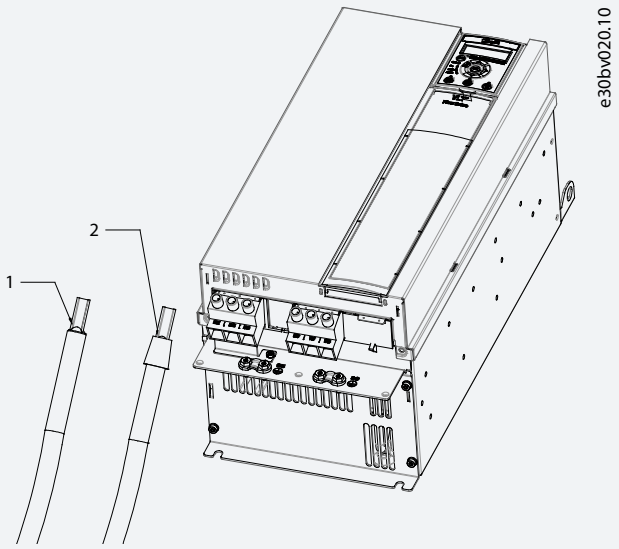
感生电压
如果将输出电机电缆布置在一起，感生电压可能会对设备电容器进行充电，即使设备处于断电并上锁挂牌状态，也会如此。如果未单独布置电机输出电缆或使用屏蔽电缆，则可能导致死亡或严重伤害。

- 应单独布置输出电机电缆或使用屏蔽电缆。
- 同时对所有变频器进行上锁挂牌。

- 请遵守与电缆规格有关的地方和国家电气法规。有关最大线缆规格，请参阅 8.2.4 电缆长度和横截面积。
- 请遵守电机制造商的接线要求。
- 在 IP21 和防护等级更高的设备底部提供有电机接线敲落孔或检视面板。
- 请勿在变频器和电机之间连接启动或变极设备（如 Dahlander 电机或滑环式异步电机）。

步骤

1. 对于 H12 变频器，在连接剥皮电线之前，应使用螺丝刀取下保护盖。
2. 对于 H1 – H5 和 H13 – H14 变频器，剥去电缆外部绝缘层的一部分。
3. 对于 H11-H12 变频器：
   - a. 如果使用不带塑料套管的套圈，则将电缆外部绝缘层剥去 16-17 mm（0.63-0.67 in）。
   - b. 如果使用带有塑料套管的套圈，则剥去电缆外部绝缘层的一部分。

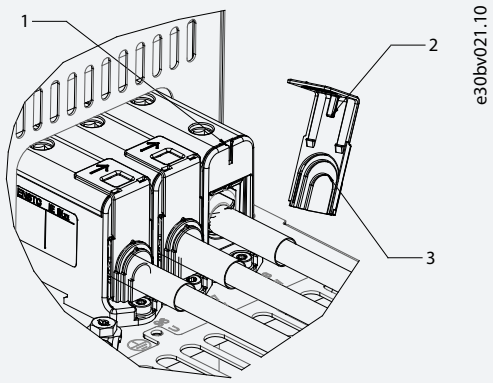


图解 53: 带有/不带塑料套管的套圈

1	不带塑料套管的套圈
2	带有塑料套管的套圈

4. 将剥开的线缆装在电缆夹下以在电缆屏蔽层和大地之间形成机械固定和电气接触。
5. 按照 6.8.2 接地中提供的接地说明将接地线连接到最近的接地端。
6. 将三相电机电缆连接到端子 U、V 和 W 上。
7. 按照 6.6 紧固件紧固转矩中提供的信息拧紧端子。
8. 对于 H12 变频器，在端子上安装保护罩。
   - a. 根据线径切割穿线板片。
   -

b. 将定位销插入端子定位槽中。



图解 54: 安装保护盖，H12

1	端子定位槽	3	穿线板片
2	盖板定位销		

6.8.4 连接交流主电源

- 根据变频器的输入电流来选择线缆规格。有关最大线缆规格，请参阅 8.1.1 3x380 – 480 V AC。
- 请遵守与电缆规格有关的地方和国家电气法规。

步骤

1. 对于 H12 变频器，在连接剥皮电线之前，应使用螺丝刀取下保护盖。
2. 对于 H1 – H5 和 H13 – H14 变频器，剥去电缆外部绝缘层的一部分。
3. 对于 H11-H12 变频器，请参阅 6.8.3 连接电机 中的带有/不带塑料套管的套圈示意图。
   - a. 如果使用不带塑料套管的套圈，则将电缆外部绝缘层剥去 16-17 mm（0.63-0.67 in）。
   - b. 如果使用带有塑料套管的套圈，则剥去电缆外部绝缘层的一部分。
4. 将剥开的线缆装在电缆夹下以在电缆屏蔽层和大地之间形成机械固定和电气接触。
5. 按照 6.8.2 接地中提供的接地说明将接地线连接到最近的接地端。
6. 对于 H1-H5 和 H11-H12 变频器，将三相交流输入电源连接至端子 L1、L2 和 L3。
7. 对于 H13-H14 变频器，将三相交流输入电源连接至端子 R、S 和 T。
8. 当使用隔离主电源（IT 主电源或浮动三角形连接电源）或带有接地脚的 TT/TN-S 主电源（接地三角形电源）供电时，确保将参数 14-50 射频干扰滤波器 设置为 [0] 关 以避免损坏直流回路并降低对地容性电流。
9. 按照 6.6 紧固件紧固转矩中提供的信息拧紧端子。
10. 对于 H12 变频器，在端子上安装保护罩，请参阅 6.8.3 连接电机 中的安装保护罩示意图，H12。
    - a. 根据线径切割穿线板片。
    - b. 将定位销插入端子定位槽中。

6.9 熔断器和断路器

6.9.1 支路保护

为了防止火灾危险，必须为装置、开关机构、设备等系统的分支电路提供短路保护和过电流保护。符合相关的国家和地方法规。

6.9.2 短路保护

Danfoss 建议使用本章所列的熔断器和断路器，以便在变频器发生内部故障或直流线路发生短路时为维修人员及其它设备提供保护。变频器针对电机短路现象提供了全面的短路保护。

6.9.3 过电流保护

通过提供过载保护，可以避免系统中的电缆过热。请始终根据当地和国家的相关法规执行过电流保护。设计的断路器和熔断器可为最高能够提供 100000 A_{rms}（对称）电流、480 V 电压的电路提供保护。

6.9.4 符合 CE 标准

为确保符合 IEC 61800-5-1 的规定，请使用本章所列的断路器或熔断器。断路器必须是专为保护以下规格的电路而设计的：最大可提供 10000 A_{rms}（对称）电流和 480 V 电压。

6.9.5 推荐熔断器

注 意

在出现故障时，不遵守保护建议可能会损坏变频器。

表 37: 推荐熔断器

3x380-480 V IP20 [kW (hp)]	熔断器最大规格
0.37 (0.5)	gG-10
0.75 (1.0)	gG-10
1.5 (2.0)	gG-10
2.2 (3.0)	gG-16
3.0 (4.0)	gG-16
4.0 (5.4)	gG-16
5.5 (7.5)	gG-25
7.5 (10)	gG-25
11 (15)	gG-50
15 (20)	gG-50
18.5 (25)	gG-63
22 (30)	gG-63
30 (40)	gG-125
37 (50)	gG-125
45 (60)	gG-125
55 (70)	aR-250
75 (100)	aR-250
90 (125)	aR-250
110 (150)	aR-315
132 (175)	aR-350
160 (250)	aR-400

200 (300)	aR-500
250 (350)	aR-630
315 (450)	aR-800

表 38: H13 - H14 功率/半导体熔断器选件，380-480 V

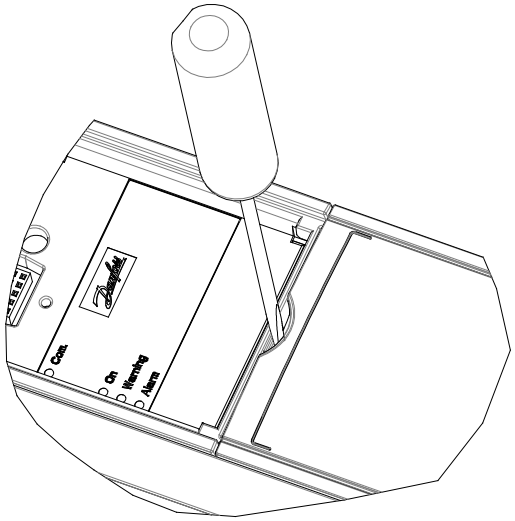
型号	熔断器选件						
	Bussman	LittelFuse	LittelFuse	Bussman	Siba	Ferraz-Shawmut	Ferraz-Shawmut（欧洲）
P110	170M2619	LA50QS300-4	L50S-300	FWH-300A	20 189 20.315	A50QS300-4	6,9URD31D08A0315
P132	170M2620	LA50QS350-4	L50S-350	FWH-350A	20 189 20.350	A50QS350-4	6,9URD31D08A0350
P160	170M2621	LA50QS400-4	L50S-400	FWH-400A	20 189 20.400	A50QS400-4	6,9URD31D08A0400
P200	170M4015	LA50QS500-4	L50S-500	FWH-500A	20 189 20.550	A50QS500-4	6,9URD31D08A0550
P250	170M4016	LA50QS600-4	L50S-600	FWH-600A	20 189 20.630	A50QS600-4	6,9URD31D08A0630
P315	170M4017	LA50QS800-4	L50S-800	FWH-800A	20 189 20.800	A50QS800-4	6,9URD32D08A0800

6.10 控制端子

拆除端子盖（H1-H5 和 H11-H12）或托架盖（H13-H14）以对控制端子进行操作。

H1-H5 和 H11-H12

使用平头螺丝刀按下 LCP 下方端子盖的锁定杆，然后拆下端子盖，如图解 55 所示。

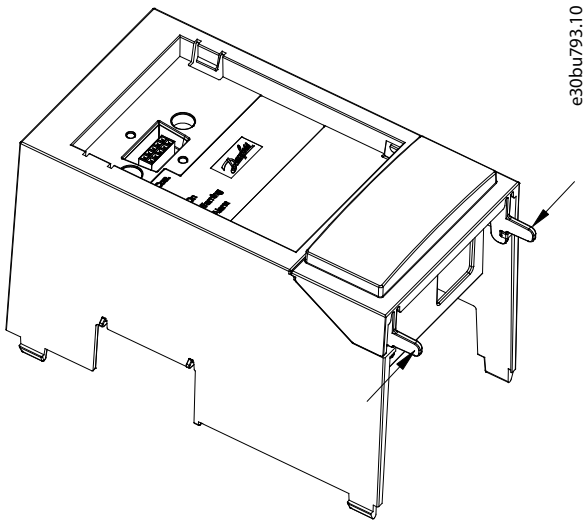


e30bd331.11

图解 55: 拆下端子盖

H13-H14

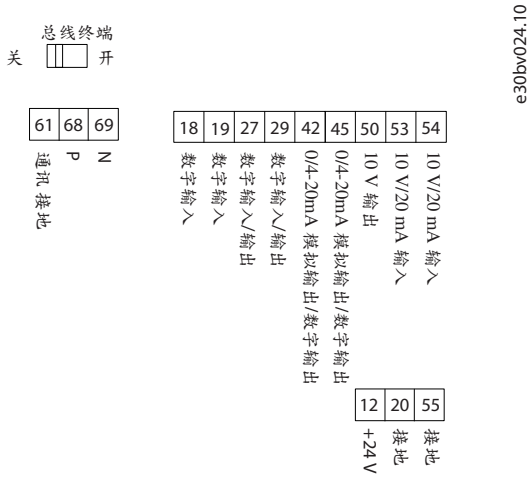
如图解 56 所示，向内按下托架盖的尖端，然后向上抬起托架盖。



图解 56: 拆除托架盖

变频器的所有控制端子如图解 57 所示。通过施加启动信号（端子 18），端子 12-27 与模拟参考值（端子 53 或 54 和 55）之间的连接让变频器运行。

端子 18、19 和 27 的数字输入模式在参数 5-00 Digital Input Mode（数字输入模式） 中设置（默认值为 PNP）。数字输入 29 模式在参数 5-03 Digital Input 29 Mode（数字输入 29 模式） 中设置（默认值为 PNP）。



图解 57: 控制端子

6.11 效率

6.11.1 变频器的效率

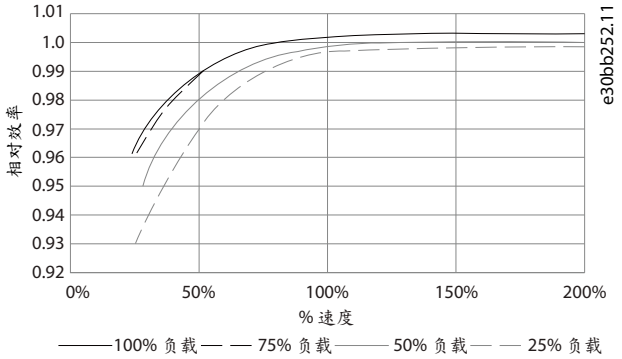
变频器的负载对其效率基本没有影响。一般来说，在电机额定频率 $f_{M,N}$ 下，效率相同。即使电机提供额定主轴转矩的 100% 或仅 75% （比如在部分负载时），此规则也适用。

这还意味着，即使选择了其他 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。

如果开关频率值设置为高于默认值，则效率会稍微降低。如果主电源电压为 480 V，或电机电缆超过 30 米（98.4 英尺），效率也会稍微降低。

根据下图可以计算变频器（η_{VLT}）在不同负载下的效率。将下图中的系数与规格表中所列的特定效率系数相乘。



图解 58: 典型效率曲线

6.11.2 电机效率

连接到变频器的电机的效率（η_{MOTOR}）取决于磁化水平。一般来说，效率的高低与电网运行状况直接相关。电动机的效率由电动机的类型决定。

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，电机效率几乎保持不变。

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。

一般地说，开关频率并不影响小型电机的效率。功率大于等于 11 kW（15 hp）的电机可将效率提高 1-2%，因为在高开关频率时，电机电流的正弦波形更完美。

6.11.3 系统效率

要计算系统效率（η_{SYSTEM}），请用变频器的效率（η_{VLT}）乘以电机效率（η_{MOTOR}）：

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

6.12 dU/dt 条件

6.12.1 dU/dt 概述

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。

固有电感首先在电动机电压中产生过冲电压 U_{PEAK}，这个过冲电压最终会稳定在一定水平，取决于变频器中间直流回路电压.

上升时间和峰值电压 U_{PEAK} 影响电动机的使用寿命。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。电动机电缆越短（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动机的要求。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。

6.12.2 H1-H5 和 H11-H12 的 dU/dt 测试结果

表 39: H1-H5 和 H11-H12 的 dU/dt 测试结果

	电缆长度[m (ft)]	交流线路电压 [V]	升高时间 [μsec]	V_{peak} [kV]	dU/dt [kV/μsec]
400 V 0.37 kW (0.5 hp)	5 (16)	400	0.160	0.808	4.050
	25 (82)	400	0.240	1.026	3.420
	50 (164)	400	0.340	1.056	2.517
400 V 0.75 kW (1.0 hp)	5 (16)	400	0.160	0.808	4.050

	电缆长度[m (ft)]	交流线路电压 [V]	升高时间 [μsec]	V_{peak} [kV]	dU/dt [kV/μsec]
	25 (82)	400	0.240	1.026	3.420
	50 (164)	400	0.340	1.056	2.517
400 V 1.5 kW (2.0 hp)	5 (16)	400	0.160	0.808	4.050
	25 (82)	400	0.240	1.026	3.420
	50 (164)	400	0.340	1.056	2.517
400 V 2.2 kW (3.0 hp)	5 (16)	400	0.190	0.760	3.200
	25 (82)	400	0.293	1.026	2.801
	50 (164)	400	0.422	1.040	1.971
400 V 3.0 kW (4.0 hp)	5 (16)	400	0.190	0.760	3.200
	25 (82)	400	0.293	1.026	2.801
	50 (164)	400	0.422	1.040	1.971
400 V 4.0 kW (5.4 hp)	5 (16)	400	0.190	0.760	3.200
	25 (82)	400	0.293	1.026	2.801
	50 (164)	400	0.422	1.040	1.971
400 V 5.5 kW (7.4 hp)	5 (16)	400	0.168	0.81	3.857
	25 (82)	400	0.239	1.026	3.434
	50 (164)	400	0.328	1.05	2.560
400 V 7.5 kW (10 hp)	5 (16)	400	0.168	0.81	3.857
	25 (82)	400	0.239	1.026	3.434
	50 (164)	400	0.328	1.05	2.560
400 V 11 kW (15 hp)	5 (16)	400	0.116	0.69	4.871
	25 (82)	400	0.204	0.985	3.799
	50 (164)	400	0.316	1.01	2.563
400 V 15 kW (20 hp)	5 (16)	400	0.139	0.864	4.955
	50 (82)	400	0.338	1.008	2.365
400 V 18.5 kW (25 hp)	5 (16)	400	0.132	0.88	5.220
	25 (82)	400	0.172	1.026	4.772
	50 (164)	400	0.222	1.00	3.603
400 V 22 kW (30 hp)	5 (16)	400	0.132	0.88	5.220
	25 (82)	400	0.172	1.026	4.772
	50 (164)	400	0.222	1.00	3.603
400 V 30 kW (40 hp)	5 (16.4)	400	0.160	0.86	4.28

	电缆长度[m (ft)]	交流线路电压 [V]	升高时间 [μsec]	V_{peak} [kV]	dU/dt [kV/μsec]
	50 (164)	400	0.313	1.02	2.59
	5 (16.4)	480	0.170	1.00	4.66
	50 (164)	480	0.340	1.21	2.83
400 V 37 kW (50 hp)	5 (16.4)	400	0.212	0.81	3.08
	53 (174)	400	0.294	0.94	2.56
	5 (16.4)	480	0.228	0.95	3.37
	53 (174)	480	0.274	1.11	3.24
400 V 45 kW (60 hp)	5 (16.4)	400	0.14	0.64	3.60
	50 (164)	400	0.548	0.95	1.37
	5 (16.4)	480	0.146	0.70	3.86
	50 (164)	480	0.54	1.13	1.68
400 V 55 kW (75 hp)	5 (16.4)	400	0.206	0.91	3.52
	54 (177)	400	0.616	1.03	1.34
	5 (16.4)	480	0.212	1.06	3.99
	54 (177)	480	0.62	1.23	1.59
400 V 75 kW (100 hp)	5 (16.4)	400	0.232	0.81	2.82
	50 (164)	400	0.484	1.03	1.70
	5 (16.4)	480	0.176	1.06	4.77
	50 (164)	480	0.392	1.19	2.45
400 V 90 kW (125 hp)	5 (16.4)	400	0.176	0.91	4.11
	50 (164)	400	0.610	0.96	1.26
	5 (16.4)	480	0.184	1.06	4.60
	50 (164)	480	0.576	1.12	1.56

6.12.3 大功率系列

在相应主电源电压下，6.12.4 H13 – H14 的 dU/dt 测试结果 的表格中所列的功率规格符合 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。6.12.4 H13 – H14 的 dU/dt 测试结果 的表格中所列的功率规格不符合 NEMA MG 1-1998 Part 30.2.2.8 关于通用电机的要求。

6.12.4 H13 – H14 的 dU/dt 测试结果

表 40: 非屏蔽电缆、无输出滤波器的 H13 – H14 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 [μs]	峰值电压 [V]	dU/dt [V/μs]
90-160 (125-250)	30 (98)	500	0.71	1180	1339
	150 (492)	500	0.76	1423	1497

功率范围 [kW (hp)]	电缆 [m (ft)]	主电源电压 [V]	上升时间 [µs]	峰值电压 [V]	dU/dt [V/µs]
	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 41: 带有屏蔽电缆、无输出滤波器的 H13 – H14 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 [µs]	峰值电压 [V]	dU/dt [V/µs]
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

6.12.5 dU/dt 滤波器

dU/dt 滤波器可以抑制逆变器的电压输出峰值及快速变化，并能减小电机绝缘压力。VLT® Flow DriveFC 111 支持 dU/dt 滤波器，详情请与当地的 Danfoss 销售办事处联系。

6.13 PHF 滤波器

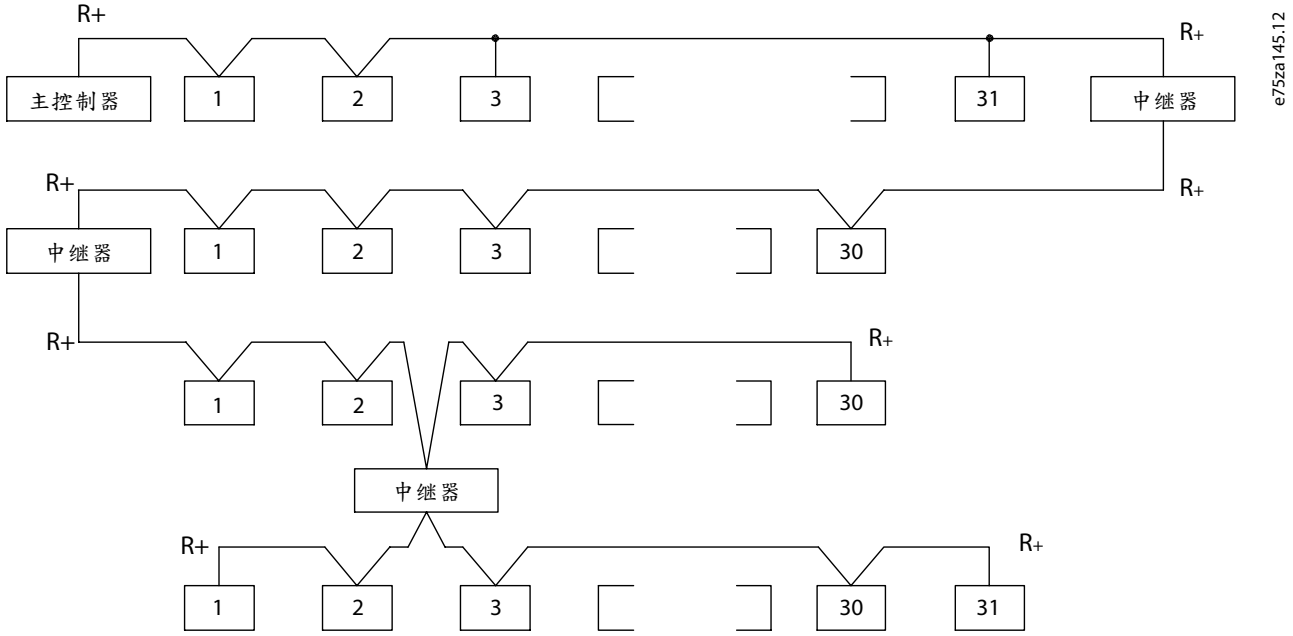
VLT® Flow DriveFC 111 配备相应的无源谐波滤波器 (PHF) 后，可将 THDI 降到 10% 以下。详情请与当地的 Danfoss 销售办事处联系。

7 RS485 安装和设置

7.1 RS485

7.1.1 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，如下图所示。



图解 59: 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。

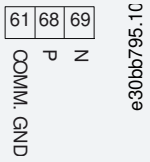
表 42: 电缆规格

电缆	屏蔽双绞线 (STP)
阻抗 [Ω]	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）。

7.1.2 将变频器连接到 RS485 网络

步骤

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。



图解 60: 网络连接

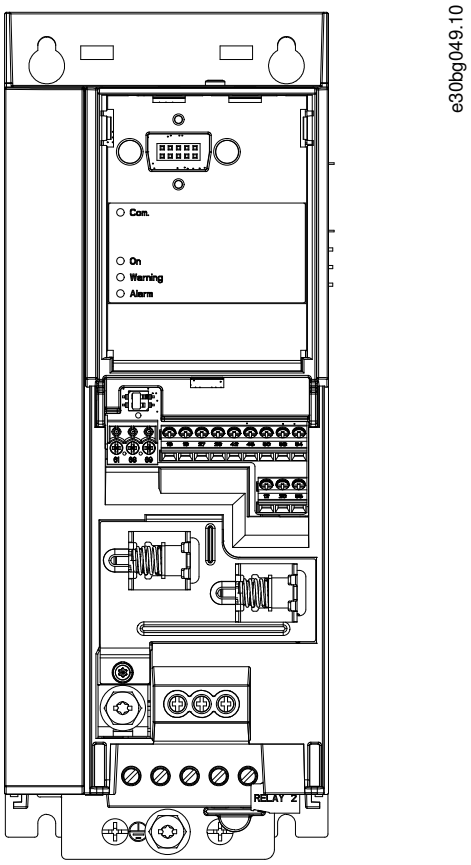
2. 将电缆屏蔽层连接到电缆夹。

注 意

使用屏蔽双绞电缆可降低导体之间的噪声。

7.1.3 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。



图解 61: 终端电阻拨码开关的出厂设置

开关的出厂设置为 OFF（关闭）。

7.1.4 Modbus 通讯的参数设置

表 43: Modbus 通讯的参数设置

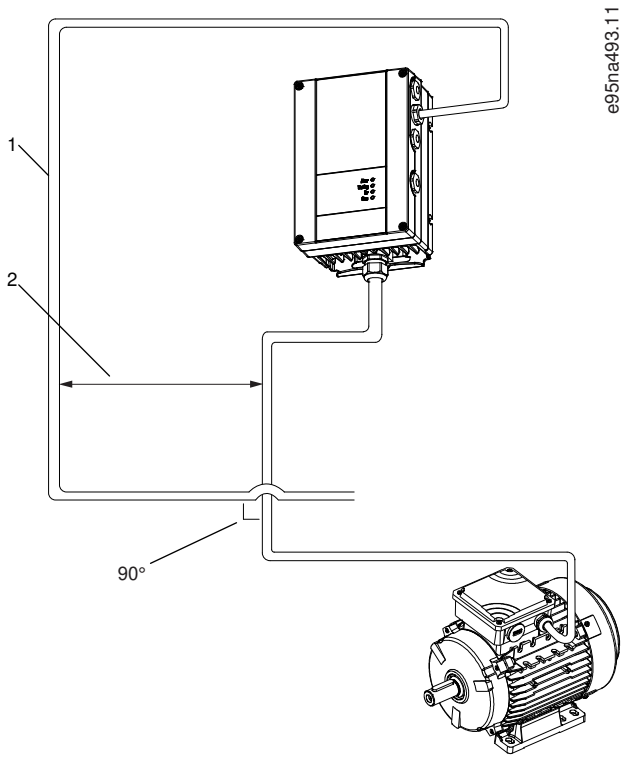
参数	功能
参数 8-30 协议	选择 RS485 接口使用的应用协议。
参数 8-31 地址	设置节点地址。 **注 意** 地址范围取决于在参数 8-30 协议 中选择的协议。
参数 8-32 波特率	设置波特率。 **注 意** 默认波特率取决于在参数 8-30 协议 中选择的协议。
参数 8-33 奇偶校验/停止位	设置奇偶校验和停止位。 **注 意** 默认选项取决于在参数 8-30 协议 中选择的协议。
参数 8-35 最小响应延迟	指定接收请求和传输响应之间的最小延迟时间。该功能用于解决调制解调器工作延时问题。
参数 8-36 最大响应延迟	指定传输请求和接收回复之间的最大延迟时间。
参数 8-37 最大字节间延迟	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。 **注 意** 默认选项取决于在参数 8-30 协议 中选择的协议。

7.1.5 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。未将电缆正确接地会导致通讯可靠性降低和设备损坏。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电缆。通常而言，保持 200 毫米（8 英寸）的距离就足够。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°。



图解 62: 通信电缆与电源电缆之间的最短距离

1	现场总线电缆
2	最短距离为 200 mm (8 in)

7.2 FC 协议

7.2.1 概述

FC 协议（也称为 FC 总线或标准总线）是丹佛斯标准现场总线。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讯。

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。通讯以半双工模式进行。

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。

7.2.2 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。

7.3 网络配置

要启用变频器的 FC 协议，请设置以下参数。

表 44: 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）

7.4 FC 协议消息帧结构

7.4.1 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。

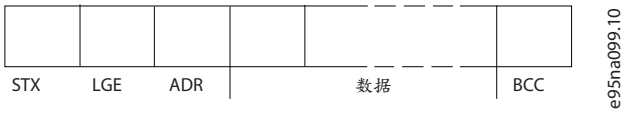
图解 63: 字符内容

7.4.2 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。



图解 64: 报文结构

7.4.3 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 45: 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[1]+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）。

7.4.4 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。

7.4.5 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。

7.4.6 数据字段

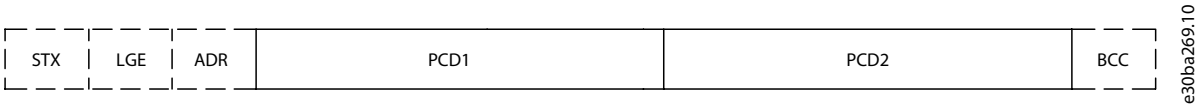
数据块的结构取决于报文类型。有三种报文类型，每种类型都同时适用于控制报文（主->从）和响应报文（从->主）。这 3 种报文类型是：

- 过程块 (PCD)。
- 参数块。
- 文本块。

过程块 (PCD)

PCD 由 4 个字节（2 个字）的数据块组成，其中包括：

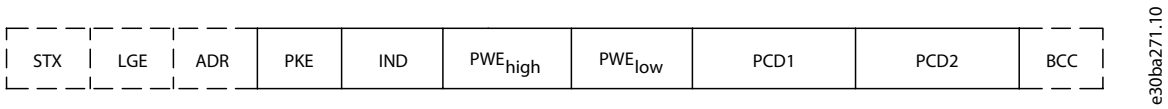
- 控制字和参考值（由主站到从站）。
- 状态字和当前输出频率（由从站到主站）。



图解 65: 过程块

参数块

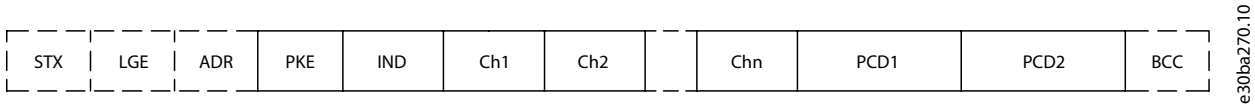
参数块用于在主站和从站之间传输参数。数据块由 12 个字节（6 个字）组成，并且还包含过程块。



图解 66: 参数块

文本块

文本块用于通过数据块读取或写入文本。

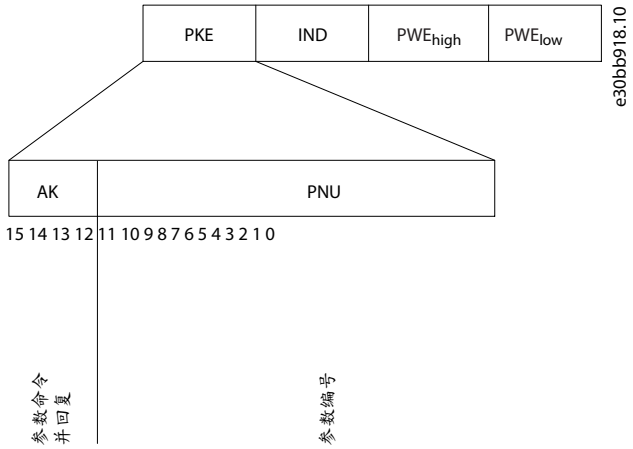


图解 67: 文本块

7.4.7 PKE 字段

PKE 字段包含 2 个子字段：

- 参数命令和响应 (AK)
- 参数编号 (PNU)



图解 68: 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 46: 参数命令

主->从的参数命令				
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 47: 响应

从->主的响应				
位编号				响应
15	14	13	12	
0	0	0	0	无响应。
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 48: 从站报告

故障代码	FC+ 规范
0	非法参数编号。
1	无法更改参数。
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	不能写入到出厂菜单。
132	LCP 无访问权限。
252	未知查看器。
253	请求不受支持。
254	未知属性。
255	无错误。

7.4.8 参数编号 (PNU)

第 0 - 11 位用于传输参数编号。在 VLT® Flow Drive FC 111 编程指南的参数说明中定义了相关参数的功能。

7.4.9 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 报警日志： 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。

7.4.10 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。串行通讯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 型号 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。

7.4.11 变频器支持的数据类型

表 49: 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[1]
6	16 位无符号整数[1]
7	32 位无符号整数[1]
9	文本字符串
10	字节字符串
13	时差
33	预留
35	位序列

[1] “无符号”表示报文中没有运算符。

7.4.12 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因数。

参数 4-12 电机速度下限 [Hz] 的转换因数为 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 50: 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

7.4.13 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 51: 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

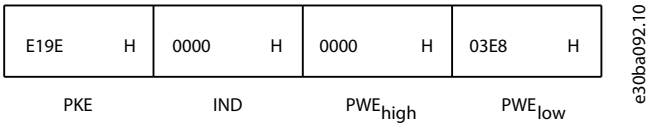
7.5 示例

7.5.1 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）。
- PWE_{HIGH} = 0000（十六进制）。
- PWE_{LOW} = 03E8（十六进制）。

数据值 1000，对应于 100 Hz，请参阅 7.4.12 转换。
报文如下图所示。

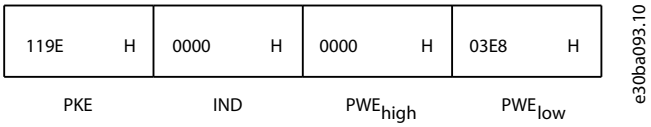


图解 69: 报文

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] 用十六进制表示为 19E。

从站对主站的响应如下图所示。

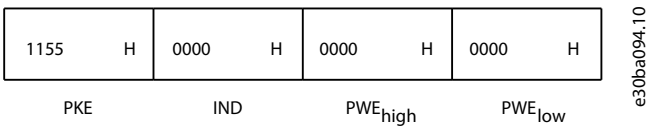


图解 70: 主站响应

7.5.2 读取参数值

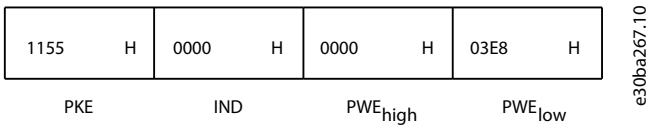
读取参数 3-41 斜坡 1 加速时间 的值。
PKE = 1155 （十六进制） - 读取参数 3-41 斜坡 1 加速时间 中的参数值：

- IND = 0000（十六进制）。
- PWE_{HIGH} = 0000（十六进制）。
- PWE_{LOW} = 0000（十六进制）。



图解 71: 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。



图解 72: 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。

7.6 Modbus RTU

7.6.1 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。

7.6.2 Modbus RTU 概述

无论物理通讯网络为何种类型，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和内容的通用格式。

在通过 ModBus RTU 网络进行通讯期间，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他信息。

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讯，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。

7.6.3 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。
- 更改有效菜单。
- 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。

7.7 网络配置

要启用变频器上的 Modbus RTU，请设置下述参数：

表 52: 网络配置

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

7.8 Modbus RTU 消息帧结构

7.8.1 Modbus RTU 消息字节格式

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 53: 各个字节的格式

起始位	数据字节								停止/奇偶校验	停止

表 54: 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	• 1 个起始位。 • 8 个数据位，最小有效位先发送。 • 1 个偶/奇校验位； 如果无奇偶校验，则没有该位。 • 1 个停止位（如果使用奇偶校验）； 如果无奇偶校验，则为 2 个 位。
错误校验字段	循环冗余校验 (CRC)。

7.8.2 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，以确定正在被寻址的设备。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 55: 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

7.8.3 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）。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。

7.8.4 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。为单台从站设备分配的地址位于 1 – 247 范围内。0 保留用于广播模式，所有从站均能识别。主站通过将从站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。

7.8.5 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 7.8.10.2 Modbus RTU 支持的功能代码 和 7.8.10.3 Modbus 异常代码。

7.8.6 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。

7.8.7 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。

7.8.8 线圈寄存器地址

7.8.8.1 简介

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 1 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）。

7.8.8.2 线圈寄存器

表 56: 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的参考值范围为 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（主站到从站）。	由主到从

线圈编号	说明	信号方向
	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。	-

7.8.8.3 变频器控制字（FC 协议）

表 57: 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	加减速 1	加减速 2
11	数据无效	数据有效
12	继电器 1 关	继电器 1 开
13	继电器 2 关	继电器 2 开
14	设置 LSB	
15	-	
16	无反向	反向

7.8.8.4 变频器状态字（FC 协议）

表 58: 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
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

线圈	0	1
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

7.8.8.5 地址/寄存器

表 59: 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[1]	PLC 寄存器	目录	访问	说明
0	1	40001	预留	-	预留给上代变频器 VLT® 5000 和 VLT® 2800。
1	2	40002	预留	-	预留给上代变频器 VLT® 5000 和 VLT® 2800。
2	3	40003	预留	-	预留给上代变频器 VLT® 5000 和 VLT® 2800。
3	4	40004	自由	-	-
4	5	40005	自由	-	-
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 - 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。
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	参数 0-01 语言	取决于参数访问权限	参数 0-01 语言（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	自由	-	-
29	30	40030	参数 0-03 区域设置	取决于参数访问权限	参数 0-03 区域设置 为 Modbus 映射中的参数预留 20 个字节的空间。

[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。

7.8.9 通过 PCD 读/写访问

使用 PCD 读/写配置的好处是控制器可在一个报文中写入或读取更多数据。通过功能代码最多可在一个报文中读取或写入 63 个寄存器。结构还很灵活，可以只写入 2 个寄存器，而从控制器读取 10 个寄存器。

PCD 写入列表是从控制器发送到变频器的数据，这些数据包括控制字、参考值和应用相关数据，比如最小参考值和加减速时间等。

注 意

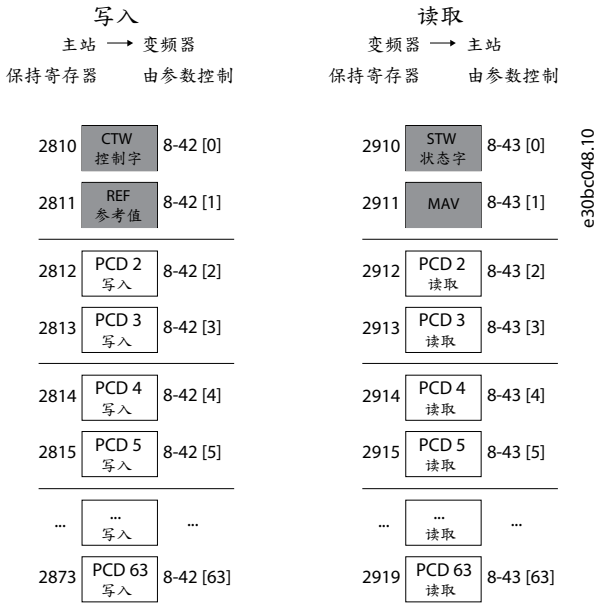
控制字和参考值始终在从控制器发送到变频器的列表中。

PCD 写入列表在参数 8-42 PCD 写入配置 中设置。

PCD 读取列表是从变频器发送到控制器的数据，比如状态字、s 实际输出频率以及应用相关数据，比如运行时间、电机电流和报警字。

注 意

状态字和实际输出频率始终在从变频器发送到控制器的列表中。



图解 73: 通过 PCD 读/写访问

注 意

标记为灰色的框不可更改，它们是默认值。

注 意

32 位参数必须在 32 位界限（PCD2 和 PCD3 或 PCD4 和 PCD5 等）内映射，参数编号被映射两次至参数 8-42 PCD 写入配置 或参数 8-43 PCD 读取配置。

7.8.10 如何控制变频器

7.8.10.1 简介

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。

7.8.10.2 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 60: 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
写入多个线圈	F
写入多个寄存器	10
获取通讯事件计数器	B
从属设备 ID	11
读写多个寄存器	17

表 61: 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。

7.8.10.3 Modbus 异常代码

有关异常代码响应消息的结构的完整说明，请参考 7.8.5 功能字段。

表 62: 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。这可能是因为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。

7.9 如何访问参数

7.9.1 参数处理

PNU（参数编号）是从 Modbus 读/写报文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 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 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，请查看变频器的编程指南。

7.9.2 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。

7.9.3 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。

7.9.4 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。

7.9.5 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。

7.9.6 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）。

7.10 示例

7.10.1 简介

下述示例显示了各种 Modbus RTU 命令。

7.10.2 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 63: 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

根据数据域的每个比特将响应报文中的线圈分成为一个线圈。状态指示如下： 1 = ON; 0 = OFF。第一个数据字节的 LSB（最低有效位）包括在询问中寻址的输出。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的顺序。字节数量域说明了数据的完整字节数。

表 64: 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。

7.10.3 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（OFF [关]）或 FF 00HEX（ON [开]）。

表 65: 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

字段名称	示例（十六进制）
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 66: 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)	-

7.10.4 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 ON（开）或 OFF（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 67: 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）
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 68: 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)	-

7.10.5 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 69: 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，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，第一个字节包含高 8 位，第二个字节都包含低 8 位。

示例： 十六进制 000088B8=35.000=35 Hz。

表 70: 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

字段名称	示例（十六进制）
数据，高位（寄存器 3031）	E3
数据，低位（寄存器 3031）	60
错误校验 (CRC)	-

7.10.6 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 71: 查询

字段名称	示例（十六进制）
从站地址	01
功能	06
起始地址，高位	03（寄存器地址 999）
起始地址，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 72: 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)	-

7.10.7 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 73: 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
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 74: 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)	-

7.10.8 读/写多个寄存器（17 十六进制）

说明

此功能代码将一个读取操作和一个写入操作组合到一个 MODBUS 报文中。写入操作在读取操作之前执行。

查询

该查询消息指定要读取的保持寄存器的起始地址和数量，以及要写入的保持寄存器的起始地址、数量和要写入的数据。保持寄存器的地址从 0 开始。例如，请求将参数 1-24 电机电流 设置为 738 (7.38 A) 并读取值为 50000 (50,000 Hz) 的参数 3-03 最大参考值：

表 75: 查询

字段名称	示例（十六进制）
从站地址	01
功能	17

字段名称	示例（十六进制）
读取起始地址，高位	0B（寄存器地址 3029）
读取起始地址，低位	D5（寄存器地址 3029）
读取数量，高位	00
读取数量，低位	02（参数 3-03 最大参考值 为 32 位长，即 2 个寄存器）
写入起始地址，高位	04（寄存器地址 1239）
写入起始地址，低位	D7（寄存器地址 1239）
写入数量，高位	00
写入数量，低位	02
写入字节数	04
写入寄存器值，高位	00
写入寄存器值，低位	00
写入寄存器值，高位	02
写入寄存器值，低位	0E
错误校验 (CRC)	-

响应

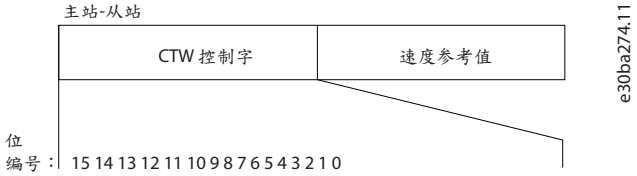
正常响应包含来自读取的寄存器组的数据。“字节数”字段指定在“读取数据”字段中读取的字节数。

表 76: 响应

字段名称	示例（十六进制）
从站地址	01
功能	17
字节数	04
读取寄存器值，高位	00
读取寄存器值，低位	00
读取寄存器值，高位	C3
读取寄存器值，低位	50
错误校验 (CRC)	-

7.11 Danfoss FC 控制协议

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



图解 74: 与 FC 协议对应的控制字

表 77: 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
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	加减速 1	加减速 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
14	参数设置	选择高位
15	无功能	反向

7.11.2 每个控制位的说明

7.11.2.1 位 00/01

位 00 和 01 用于在四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 78: 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。

7.11.2.2 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： 使用斜坡

7.11.2.3 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。

7.11.2.4 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 快停减速时间 中设置）。

7.11.2.5 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）。

7.11.2.6 位 06，斜坡停止/启动

位 06 = 0： 将导致停机。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，变频器将启动电机。
在参数 8-53 选择启动 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。

7.11.2.7 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。

7.11.2.8 位 08，点动

位 08 = 1： 参数 3-11 点动速度 [Hz] 确定输出频率。

7.11.2.9 位 09，选择斜坡 1/2

位 09 = 0： 启用斜坡 1（3-41 斜坡 1 加速时间 到 3-42 斜坡 1 减速时间）。
位 09 = 1： 启用斜坡 2（3-51 斜坡 2 加速时间 到 3-52 斜坡 2 减速时间）。

7.11.2.10 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。

7.11.2.11 位 11，继电器 01

位 11 = 0： 不激活继电器 01。
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。

7.11.2.12 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。

7.11.2.13 位 13，菜单选择

使用位 13，可根据下表在 2 个菜单之间进行选择。
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。

表 79: 菜单选择

设置	位 13
1	0
2	1

注 意

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。

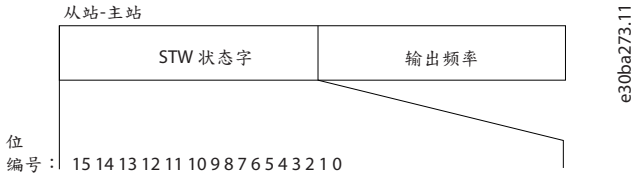
7.11.2.14 位 15，反向

位 15 = 0： 不反转。

位 15 = 1： 反向。默认设置下，反向功能在参数 8-54 反向选择 中设置为 [0] 数字输入。只有在选择了[1] 总线、[2] 逻辑和或 [3] 逻辑或时，位 15 才能导致反向。

7.11.3 符合 FC 协议的状态字 (STW)

将参数 8-30 协议 设置为 [0] FC。



图解 75: 状态字

表 80: 同 FC 协议对应的状态字

位	位 = 0	位 = 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	锁定性跳闸
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	输出频率在极限范围内
11	电机未运行	电机运行
12	变频器正常	停止，自动启动

位	位 = 0	位 = 1
13	电压正常	过压
14	转矩正常	过转矩
15	过热保护计时器正常	计时器超时

7.11.4 每个状态位的说明

7.11.4.1 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）。

7.11.4.2 位 01，变频器就绪

位 01=0： 变频器未就绪。
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。

7.11.4.3 位 02，惯性停止

位 02=0：变频器释放电动机。
位 02=1：变频器 j 将通过启动命令启动电动机。

7.11.4.4 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）。

7.11.4.5 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。

7.11.4.6 位 05，未用

在状态字中不使用位 05。

7.11.4.7 位 06，无错误/跳闸锁定

位 06=0：变频器无故障。
位 06=1：变频器发生锁定跳闸。

7.11.4.8 位 07，无警告/警告

位 07=0：没有警告。
位 07=1：出现警告。

7.11.4.9 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/停止期间加减速时，可能出现这种情形。
位 08=1：电动机速度符合预置的速度参考值。

7.11.4.10 位 09，本地运行/总线控制

位 09=0：在控制面板上激活了 [Off/Reset]（停止/复位），或者在参数 3-13 参考值位置 中选择了 [2] 本地。无法通过串行通讯来控制变频器。
位 09=1： 可以通过现场总线/串行通讯来控制变频器。

7.11.4.11 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。

7.11.4.12 位 11，未运行/运行

位 11=0： 电动机未运行。

位 11=1： 变频器有启动信号，或者输出频率大于 0 Hz。

7.11.4.13 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。

7.11.4.14 位 13，电压正常/超过限制

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。

7.11.4.15 位 14，电流正常/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。

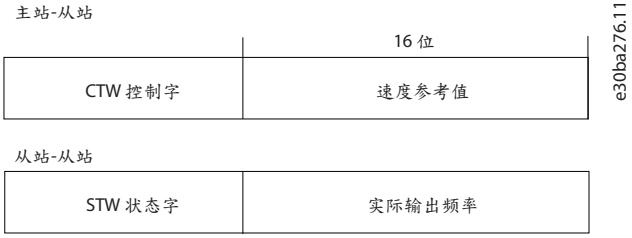
7.11.4.16 位 15，热保护正常/超过极限

位 15=0： 电动机热保护和变频器热保护的计时器尚未超过 100%。

位 15=1： 其中的一个定时器超过了 100%。

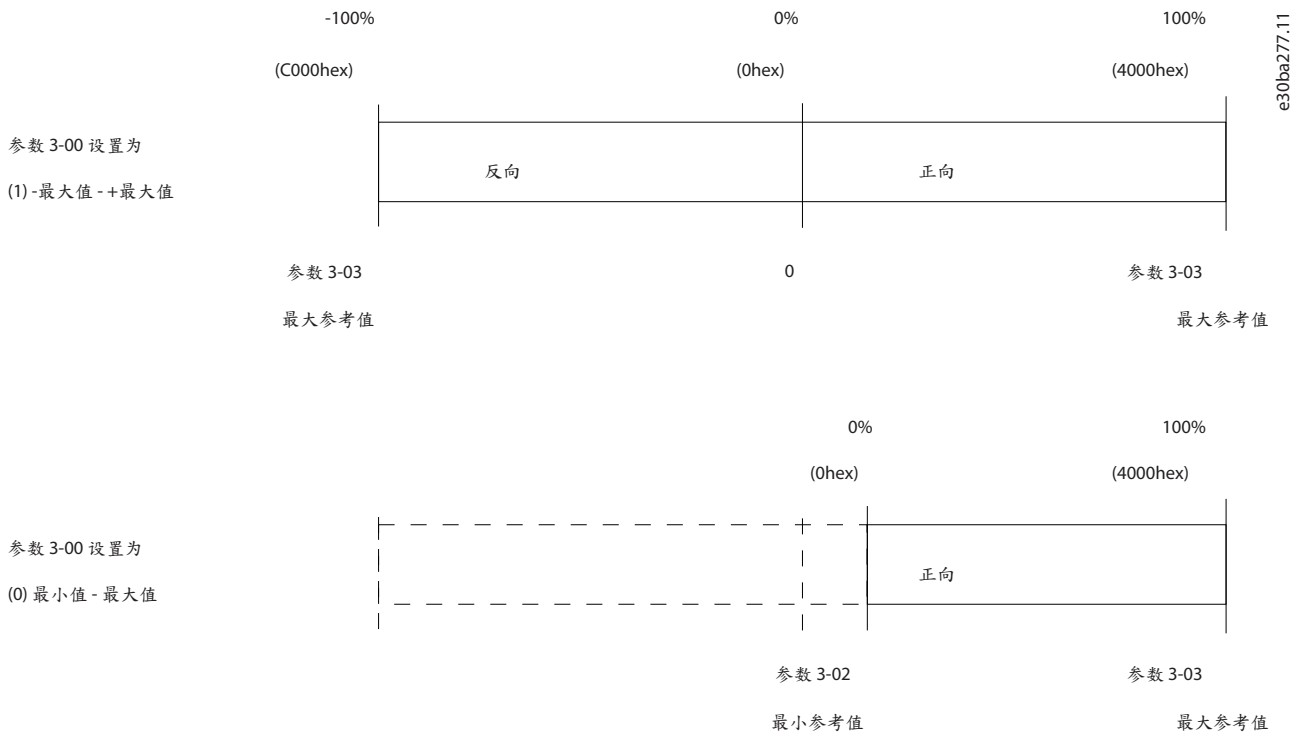
7.11.5 总线速度参考值

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。



图解 76: 实际输出频率 (MAV)

参考值和 MAV 的标定方式如下：



图解 77: 参考值 和 MAV

8 一般规范

8.1 主电源

8.1.1 3x380 – 480 V AC

表 81: 3x380 – 480 V AC, 0.37 – 15 kW (0.5 – 20 hp), 机箱类型 H1-H4

变频器	PK37	PK75	P1K5	P2K2	P3K0	P4K0	P5K5	P7K5	P11K	P15K
典型主轴输出 [kW]	0.37	0.75	1.5	2.2	3.0	4.0	5.5	7.5	11.0	15.0
典型主轴输出 [hp]	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	7.5	10.0	15.0	20.0
防护等级 IP20	H1	H1	H1	H2	H2	H2	H3	H3	H4	H4
端子中最大电缆截面积（主电源，电机）[mm^2 (AWG)]	4 (10)	4 (10)	4 (10)	4 (10)	4 (10)	4 (10)	4 (10)	4 (10)	16 (6)	16 (6)
40 ° C (104 ° F) 环境温度下的输出电流[1]。										
持续 [A]	1.2	2.2	3.7	5.3	7.2	9.0	12.0	15.5	23.0	31.0
间歇（110% 过载 60 秒）[A]	1.3	2.4	4.1	5.8	7.9	9.9	13.2	17.1	25.3	34.0
最大输入电流										
持续 [A]	1.2	2.1	3.5	4.7	6.3	8.3	11.2	15.1	22.1	29.9
间歇 [A]	1.3	2.3	3.9	5.2	6.9	9.1	12.3	16.6	24.3	32.9
最大外置主电源侧熔断器 [A]	请参考 6.9.5 推荐熔断器。									
估算功率损耗 [W][2]	15	21	57	58	83	118	131	198	274	379
防护等级为 IP20 [kg (lb)] 的机箱重量	2.0 (4.4)	2.0 (4.4)	2.1 (4.6)	3.3 (7.3)	3.3 (7.3)	3.4 (7.5)	4.3 (9.5)	4.5 (9.9)	7.9 (17.4)	7.9 (17.4)
效率 [%][3]	97.3	97.6	97.2	97.9	97.8	97.6	98.0	97.8	97.9	97.8

[1] 有关 50 ° C (122 ° F) 环境温度下的降容曲线，请参阅设计指南中的“降容”一章

[2] 适用于变频器冷却装置的尺寸确定过程。如果开关频率高于默认设置，功率损耗可能会上升。其中已包括 LCP 的功率消耗和控制卡的典型功率消耗。有关符合 EN 50598-2 的功率损耗数据，请访问 DanfossMyDrive® ecoSmart 网站。

[3] 在额定电流下测得的效率。有关能效等级的信息，请参阅 8.2.13 环境条件。有关部分负载时的功耗信息，请访问 DanfossMyDrive® ecoSmart 网站。

表 82: 3x380 – 480 V AC, 18.5 – 90 kW (25 – 125 hp), 机箱规格 H5、H11-H12

变频器	P18K	P22K	P30K	P37K	P45K	P55K	P75K	P90K
典型主轴输出 [kW]	18.5	22.0	30.0	37.0	45.0	55.0	75.0	90.0
典型主轴输出 [hp]	25.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	100.0	125.0
防护等级 IP20	H5	H5	H11	H11	H11	H12	H12	H12
端子中最大电缆截面积（主电源，电机）[mm^2 (AWG)]	16 (6)	16 (6)	50 (1)	50 (1)	50 (1)	50 (1)	95 (0)	120 (250 MCM)
环境温度为 40 ° C/45 ° C (104 ° F/113 ° F) 时的输出电流[1]								
持续 [A]	37.0	42.5	61.0	73.0	90.0	106.0	147.0	177.0

变频器	P18K	P22K	P30K	P37K	P45K	P55K	P75K	P90K
间歇（110% 过载 60 秒）[A][2]。	40.7	46.8	67.1	80.3	99.0	116.6	161.7	194.7
最大输入电流								
持续 [A]	35.2	41.5	57.0	70.3	84.2	102.9	140.3	165.6
间歇 [A]	38.7	45.7	62.7	77.3	92.6	113.2	154.3	182.2
最大外置主电源侧熔断器 [A]	请参考 6.9.5 推荐熔断器。							
估算功率损耗 [W][3]	403	468	630	848	1175	1250	1507	1781
防护等级为 IP20 [kg (lb)] 的机箱重量	9.5 (20.9)	9.5 (20.9)	22.4 (49.4)	22.5 (49.6)	22.6 (49.8)	37.3 (82.2)	38.7 (85.3)	40.7 (89.7)
效率 [%][4]	98.1	97.9	98.1	98	97.7	98	98.2	98.3

[1] P18K、P22K 和 P90K 在 40° C（104° F）下工作。P30K、P37K、P45K、P55K 和 P75K 在 45° C（113° F）下工作。请参考设计指南中的“降容”一章，了解 50° C（122° F）环境温度下的降容曲线。

[2] 选择高一个等级的功率规格时，30 – 90 kW（40 – 125 hp）变频器还支持 150% 过载并持续 60 秒

[3] 适用于变频器冷却装置的尺寸确定过程。如果开关频率高于默认设置，功率损耗可能会上升。其中已包括 LCP 的功率消耗和控制卡的典型功率消耗。有关符合 EN 50598-2 的功率损耗数据，请访问 DanfossMyDrive® ecoSmart 网站。

[4] 在额定电流下测得的效率。有关能效等级的信息，请参阅 8.2.13 环境条件。有关部分负载时的功耗信息，请访问 DanfossMyDrive® ecoSmart 网站。

表 83: 3x380 – 480 V AC, 110 – 315 kW（150 – 450 hp），机箱类型 H13-H14

变频器	P110	P132	P160	P200	P250	P315
典型主轴输出 [kW]	110	132	160	200	250	315
典型主轴输出 [hp]	150	175	250	300	350	450
防护等级 IP20	H13	H13	H13	H14	H14	H14
端子中最大电缆截面积(主电源，电机）[mm^2 (AWG)]	2x95 (2x3/0)			2x185 (2x350 mcm)		
40° C/45° C（104° F/113° F）环境温度下的输出电流[1]。						
持续 [A]	212	260	315	395	480	588
间歇（110% 过载 60 秒）[A][2]。	233	286	347	435	528	647
最大输入电流						
持续 [A]	204	251	304	381	463	567
间歇 [A]	224	276	334	419	509	623
最大外置主电源侧熔断器 [A]	请参考 6.9.5 推荐熔断器。					
估算功率损耗 [W][3][4]	2559	2954	3770	4116	5137	6674
效率[4]	0.98					
输出频率 [Hz]	0 – 500					

变频器	P110	P132	P160	P200	P250	P315
散热片过热跳闸 [° C (° F)]	110 (230)					
防护等级为 IP20 kg (lbs) 的机箱 z 重量	98 (216)			164 (362)		
控制卡过热跳闸 [° C (° F)]	75 (167)			80 (176)		

[1] 有关 50 ° C (122 ° F) 环境温度下的降容曲线，请参阅设计指南中的“降容”一章

[2] 选择高一个等级的功率规格时，110 - 315 kW (150 - 450 hp) 变频器还支持 150% 过载并持续 60 秒

[3] 正常条件下的典型功率损耗，预计偏差在 ±15% 内（容差与电压和电缆情况的差异相关）。这些值基于典型的电机效率（IE/IE3 的分界线）。效率较低的电机会增加变频器的功率损耗。适用于变频器冷却装置的尺寸确定。如果开关频率高于默认设置，功率损耗可能会上升。其中已包括 LCP 的功率消耗和控制卡的典型功率消耗。有关符合 EN 50598-2 的功率损耗数据，请访问 DanfossMyDrive® ecoSmart 网站。选件和用户负载可能使损耗增加最大达 30 W，尽管满载的控制卡和插槽 A 或插槽 B 选件每种只增加 4 W 损耗。

[4] 使用 5 米 (16.4 英尺) 长的屏蔽电机电缆在额定负载和额定频率下测量。在额定电流条件下测量的效率。有关能效等级的信息，请参阅 8.2.13 环境条件。有关部分负载时的功耗信息，请访问 DanfossMyDrive® ecoSmart 网站。

8.2 常规技术数据

8.2.1 保护与功能

- 电子式电机过载热保护。
- 通过监测散热片的温度，可以确保变频器在温度过高时跳闸。
- 当电机端子 U、V 和 W 之间发生短路时，变频器会受到保护。
- 如果电机缺相，变频器会跳闸并发出警报。
- 如果主电源发生缺相，变频器将跳闸或发出警告（取决于负载）。
- 对直流回路电压的监测确保变频器在直流回路电压过低或过高时会跳闸。
- 当电机端子 U、V 和 W 之间发生接地故障时，变频器会受到保护。

8.2.2 主电源

供电电压	380 - 480 V ±10%
供电频率	50/60 Hz
主电源各相之间的最大短时不平衡	额定供电电压的 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)
合上输入电源 L1、L2、L3（上电次数）（机箱规格 H1 - H5）	每 30 秒至多 1 次
合上输入电源 L1、L2、L3（上电次数）（机箱规格 H11 - H12）	最多 1 次/分钟
合上输入电源 R、S、T（上电次数）（机箱规格 H13 - H14）	最多 1 次/2 分钟
符合 EN 60664-1 的环境	过压类别 III/污染度 2

此装置适用于能够提供不超过 100000 A_{rms} 的对称电流有效值和最大电压为 240/480 V 的电路。

8.2.3 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
加减速时间	0.01 - 3600 s

8.2.4 电缆长度和横截面积

最大电机电缆长度，屏蔽/铠装（符合 EMC 规范的安装）	请参考 3.4.3 EMC 辐射测试结果。
机箱规格为 H1 – H5 的变频器的非屏蔽/非铠装电机电缆最大长度	50 米（164 英尺）
机箱规格为 H11 – H12 的变频器的屏蔽电机电缆最大长度	50 米（164 英尺）
机箱规格为 H11 – H12 的变频器的非屏蔽/非铠装电机电缆最大长度	100 米（328 英尺）
机箱规格为 H13 – H14 的变频器的屏蔽电机电缆最大长度	150 米（492 英尺）
机箱规格为 H13 – H14 的变频器的非屏蔽电机电缆最大长度	300 米（984 英尺）
电机、主电源的最大电缆横截面积	有关详细信息，请参阅 8.1.1 3x380 – 480 V AC。
H1 – H3 规格的机箱上用于滤波器反馈的直流端子的电缆横截面积	4 mm^2/12 AWG
H4 – H5 规格的机箱上用于滤波器反馈的直流端子的电缆横截面积	16 mm^2/6 AWG
机箱规格为 H1 – H5 和 H11 – H12 的变频器上连接至控制端子的刚性导线的最大横截面积	2.5 mm^2/14 AWG
机箱规格为 H13 – H14 的变频器上连接至控制端子的刚性导线的最大横截面积	1.5 mm^2/16 AWG（2x0.75 mm^2）
机箱规格为 H1 – H5 和 H11 – H12 的变频器上连接至控制端子的柔性电缆的最大横截面积	2.5 mm^2/14 AWG
机箱规格为 H13 – H14 的变频器上连接至控制端子的柔性电缆的最大横截面积	1 mm^2/18 AWG
机箱规格为 H13 – H14 的变频器上连接至控制端子的带封闭芯线的电缆的最大横截面积	0.05 mm^2/20 AWG
机箱规格为 H1 – H5 和 H11 – H12 的变频器上连接至控制端子的电缆的最小横截面积	0.05 mm^2/30 AWG
机箱规格为 H13 – H14 的变频器上控制端子电缆的最小横截面积	0.25 mm^2/23 AWG

8.2.5 数字输入

可编程数字输入	4
端子号	18，19，27，29
逻辑	PNP 或 NPN
电压水平	0-24 V 直流
电压水平，逻辑 0 PNP	<5 V DC
电压水平，逻辑 1 PNP	>10 V DC
电压水平，逻辑 0 NPN	>19 V DC
电压水平，逻辑 1 NPN	<14 V DC
最高输入电压	28 V 直流
输入电阻，R_i	大约 4 kΩ
数字输入 29 作为热敏电阻输入	故障： >2.9 kΩ 并且无故障： <800 Ω
数字输入 29 作为脉冲输入	最大频率 32 kHz，推挽驱动和 5 kHz（O.C.）

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。

8.2.6 模拟输入

模拟输入的数量	2
端子号	53，54
端子 53 的模式	参数 16-61 Terminal 53 Setting（端子 53 设置）： 1 = voltage（电压）、0 = current（电流）

端子 54 的模式	参数 16-63 Terminal 54 Setting（端子 54 设置）： 1 = voltage（电压）、0 = current（电流）
电压水平	0 – 10 V
输入电阻，R_i	大约 10 kΩ
最大电压	20 V
电流水平	0/4 – 20 mA（可调）
输入电阻，R_i	<500 Ω
最大电流	29 mA
模拟输入的分辨率	10 比特

8.2.7 模拟输出

可编程模拟输出的数量	2
端子号	42，45[1]
模拟输出的电流范围	0/4 – 20 mA
模拟输出端和公共端之间的负载电阻	≤ 500 Ω
模拟输出的最大电压	17 V
模拟输出精度	最大误差： 全范围的 0.4%
模拟输出分辨率	10 比特

[1] 端子 42 和 45 也可设为数字输出。

8.2.8 数字输出

数字输出的数量	4
端子 27 和 29	
端子号	27, 29[1]
数字输出的电压水平	0-24 V
最大输出电流（汲入电流及供应电流）	40 mA
端子 42 和 45	
端子号	42, 45[2]
数字输出的电压水平	17 V
数字输出的最大输出电流	20 mA
数字输出端的负载电阻	≥ 1 kΩ

[1] 端子 27 和 29 也可设为输入。

[2] 还可将端子 42 和 45 设为模拟输出。

数字输出与电源电压（PELV）及其他高压端子流电绝缘。

8.2.9 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 公共端子

RS485 串行通讯输出与电源电压（PELV）及其他高压端子流电绝缘。

8.2.10 24 V DC 输出

端子号	12
最大负载	80 mA

24 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。

8.2.11 继电器输出

可编程继电器输出	2
继电器 01 和 02	01-03（常闭）、01-02（常开）、04-06（常闭）、04-05（常开）
时的最大端子负载（AC-1）[1]01 - 02/04 - 05（常开）（电阻性负载）	250 V AC，3 A
01 - 02/04 - 05（常开）时的最大触点负载（AC-15）[1]（cos φ =0.4 时的电感性负载）	250 V AC，0.2 A
01 - 02/04 - 05（常开）时的最大触点负载（DC-1）[1]（电阻性负载）	30 V DC，2 A
01 - 02/04 - 05（常开）时的最大触点负载（DC-13）[1]（电感性负载）	24 V DC，0.1 A
01 - 03/04 - 06（常闭）时的最大触点负载（AC-1）[1]（电阻性负载）	250 V AC，3 A
01 - 03/04 - 06（常开）时的最大触点负载（AC-15）[1]（cos φ 0.4 时的电感性负载）	250 V AC，0.2 A
01 - 03/04 - 06（常闭）的最大触点负载（DC-1）[1]（电阻性负载）	30 V DC，2 A
01 - 03（常闭）、01 - 02（常开）时的最小触点负载	直流 24 V 10 mA，交流 24 V 20 mA
符合 EN 60664-1 的环境	过压类别 III/污染度 2

[1] IEC 60947 第 4 和第 5 部分。继电器的耐久性随负载类型、开断电流、环境温度、驱动配置、工作情况等的不同而异。建议在将电感性负载连接到继电器时安装缓冲电路。

8.2.12 10 V DC 输出

端子号	50
输出电压	10.5 V ±0.5 V
最大负载	25 mA

10 V 直流电源与供电电压（PELV）以及其他高电压端子都是绝缘的。

8.2.13 环境条件

机箱防护等级（H1-H5 和 H11-H14）	IP20/机架
振动测试（H1-H5 和 H11-H14）	1.0 g
最大相对湿度（H1-H5 和 H11-H14）	5-95%（无冷凝），运行期间
腐蚀性环境（IEC 60721-3-3），有涂层的机箱规格（H1-H5 和 H11-H14）	3C3 类
腐蚀性气体（IEC 60721-3-3），机箱规格（H13-H14）	3C3 类
腐蚀性环境（IEC 60068-2-43）H_2S 测试机箱规格 H13-H14	Kd 类
符合 IEC 60068-2-43 标准的测试方法	H_2S（10 天）
环境温度-全输出速度（H1-H5 和 H11-H14）[1]	45 ° C（113 ° F）下的最大输出电流请见 8.1.1 3x380 - 480 V AC[2]
降容时的环境温度（H1-H5 和 H11-H14）	最高 55 ° C（131 ° F）[1]
全速运行期间的最低环境温度（H1-H5 和 H11-H14）	-15 ° C（5 ° F）[3]
降低性能运行时的最低环境温度（H1-H5 和 H11-H14）	-20 ° C（-4 ° F）[4]
存储/运输时的温度（H1-H5 和 H11-H12）	-30 至 +65/70 ° C（-22 至 +149/158 ° F）
存储/运输时的温度（H13-H14）	-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 米（9843 英尺）[1]
高海拔时的降容	请参考 5.9.3 在低气压和高海拔处降容。
安全标准（H1-H5 和 H11-H12）	EN/IEC 61800-5-1

EMC 标准，辐射（H1-H5 和 H11-H14）	EN/IEC 61800-3, IEC 61000-6-2/3/12, EN55011
EMC 标准，抗扰性（H1-H5 和 H11-H14）	EN/IEC 61800-3, IEC 61000-6-2, IEC 61000-4-2/3/4/5/6, IEC 61000-4-11/13/27/28/34
能效等级	IE2[5]

[1] 有关降容的详细信息，请参阅设计指南中的“降容”一章。

[2] 适用于机箱规格 H1、H2、H4、H11、H12、H13 和 H14。对于机箱规格为 H3、H5，功率为 90 kW（125 hp）的变频器，最高环境温度为 40 ° C（104 ° F）。

[3] 适用于机箱规格 H13-H14。对于机箱规格为 H1-H5 和 H11-H12 的变频器，全速运行期间的最低环境温度为 -10 ° C（14 ° F）。

[4] 适用于机箱规格 H13-H14。对于机箱规格为 H1-H5 和 H11-H12 的变频器，性能降低时的最低环境温度为 -15 ° C（5 ° F）。

[5] 根据 EN 50598-2 在以下情况下确定：

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

9 附录

9.1 缩略语

° C	摄氏度
° F	华氏度
A	安培/AMP
AC	交流电
AWG	美国线规
AMA	电机自整定
DC	直流电
D-TYPE	取决于变频器
EMC	电磁兼容性
ETR	电子热继电器
$f_{M,N}$	额定电机频率
g	克
Hz	赫兹
hp	马力
I_{LIM}	电流极限
I_{INV}	逆变器额定输出电流
$I_{M,N}$	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
kg	千克
kHz	千赫兹
LCP	本地控制面板
m	米
mH	毫亨 电感
mA	毫安
ms	毫秒
min	分钟
MCT	运动控制工具
nF	纳法
Nm	牛顿米
n_s	同步电机速度

$P_{M,N}$	额定电机功率
PELV	保护性超低压
PCB	印刷电路板
永磁电机	永磁电机
能量回馈	能量回馈端子
RPM	每分钟转数
s	秒
T_{LIM}	转矩极限
$U_{M,N}$	额定电机电压
V	伏特

9.2 定义

9.2.1 变频器

惯性停车

电动机主轴处于自由模式。电动机无转矩。

$I_{VLT,MAX}$

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。

9.2.2 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 84: 功能组

第 1 组	复位、惯性停止、复位和惯性停止、快速停止、直流制动、停止和 [Off]（关闭）。
第 2 组	启动、脉冲启动、反转、启动反转、点动和锁定输出。

9.2.3 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。

$$n_s = \frac{2 \times 参数1\text{–}23 \times 60\,s}{参数1\text{–}39}$$

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）。

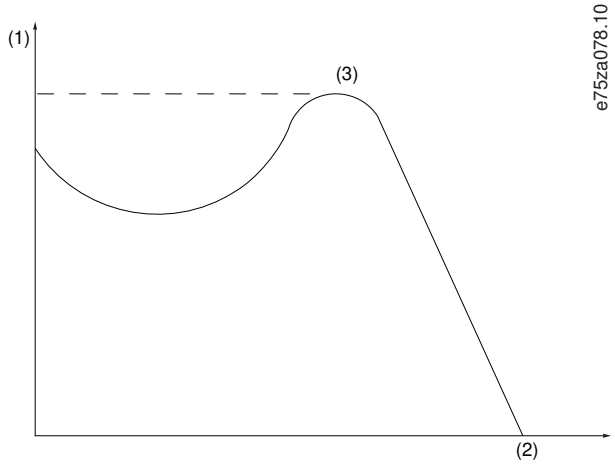
U_M

瞬时电机电压。

$U_{M,N}$

电机额定电压（铭牌数据）。

起步转矩



图解 78: 起步转矩

1	转矩	3	拉出
2	RPM		

η_{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。

9.2.4 参考值

模拟量参考值

传输到模拟输入端 53 或 54 的信号可为电压或电流。

- 电流输入： 0 – 20 mA 和 4 – 20 mA
- 电压输入： 0 – 10 V DC

总线参考值

传输到串行通讯端口（FC 端口）的信号。

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。

Ref_{MAX}

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 Maximum Reference（最大参考值）中设置。

Ref_{MIN}

确定 0% 值（通常是 0 V、0 mA、4 mA）时的参考值输入和产生的参考值之间的关系。最小参考值在参数 3-02 Minimum Reference（最小参考值）中设置。

9.2.5 其他

模拟输入

模拟输入可用于控制变频器的多种功能。

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、4 – 20 mA 的信号，或者提供数字信号。

电机自整定，AMA

AMA 算法可确定相连电动机处于静止状态时的电气参数，并基于电动机电缆的长度对电阻进行补偿。

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。

DSP

数字信号处理器。

继电器输出

变频器提供 2 个可编程继电器输出。

ETR

电子热继电器是基于当前负载及时间的热负载计算功能。其作用是估算电动机温度，防止电动机过热。

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。

参数 14-22 工作模式 不会初始化通讯参数、故障日志或火灾模式日志。

间歇工作周期

间歇工作额定值是指一系列工作周期。每个周期包括一个带载时段和不带载时段。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。使用安装套件选件，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。

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。

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。

lsb

最小有效位。
高位 (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^2。
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。
PI 控制器
PI 控制器可调节输出频率以匹配变化的负载，从而维持所需的速度、压力、温度等。
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。
PFC
功率因数补偿。
重新上电
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
功率因数是 I_1 与 I_{RMS} 之间的比率，其中，I_1 是基波电流，I_{RMS} 是总 RMS 电流，包括谐波电流。

$$\text{功率因数} = \frac{\sqrt{3} \times U \times I_1 \cos\phi 1}{\sqrt{3} \times U \times I_{RMS}}$$

对于 VLT® Flow DriveFC 111 变频器，cosϕ1 = 1，因此：

$$\text{功率因数} = \frac{I1 \times \cos\phi 1}{I_{RMS}} = \frac{I_1}{I_{RMS}}$$

功率因数表示主电源中变频器负载的程度。功率因数越小，相同功率性能的 I_{RMS} 就越大。

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

此外，功率因数越高，表明不同的谐波电流越小。
借助内置的直流电抗可获得较高的功率因数，从而将主电源的负荷降到最低程度。
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)
当智能逻辑控制器判断相关的用户定义的事件为“真”时，SLC 将执行一系列由用户定义的活动。
STW 状态字
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）的随温度而变化的电阻器。
跳闸

出现故障时进入的状态。故障情况示例：

- 变频器遭受过压。
- 变频器保护电机、过程或机械装置。

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。例如，输出短路会触发跳闸锁定。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或与负载转矩相关时提高动力特性和稳定性。

60° AVM

请参阅开关模式 60°异步矢量调制。

索引

A

ADR. 83
AK. 84, 85
AMA. 118

B

BCC. 83

C

CAV. 20
CE 标志. 9
CT 模式. 57

E

EMC
指令. 10
EMC 类别的定义. 31
EMC 计划. 31
ErP 指令. 10
ETR. 42, 118

G

GLCP. 118

I

IGV. 19
IND. 85

L

LCP. 26, 116, 118
LGE. 82

M

MCT 10 设置软件. 9
Modbus RTU. 81, 88, 89, 93
Modbus RTU 协议. 88
Modbus RTU 命令. 95
Modbus 异常代码. 94
Modbus 通讯. 80

N

NLCP. 118

P

PCD. 83, 86
PELV. 37
PKE 字段. 84
PNU. 84, 85, 95
PWE. 85

R

RCD. 119
RS485. . . . . 78, 81, 112

T

THD. 32

V

VAV. 19
VT 模式. 57

中

中央 VAV 系统. 19

串

串行通讯. 118

主

主泵. 23
主电源. 110
主电源断电. 41

交

交流主电源. 70

低

低气压. 57
低电压指令. 10
低蒸发器温度. 23

保

保护性超低电压. 37
保持输出频率. 103

公

公共供电网络. 32

其

其他资源. 9

具

具备资质的人员. 11

冲

冲击. 29

冷

冷凝器泵. 22
冷却. 52
冷却塔风扇. 21

功

功能代码. 93

压

压差. 24

参

参数值. 85
参数块. 83
参数编号. 85

参考值处理 27

反

反馈转换 27

变

变化的流量（1 年） 15
变频器地址 83
变频器的效率 73
变频器闭环控制器，优化 28
变风量 19

可

可变的流量和压力控制 17
可变转矩 57
可编程的最小频率设置 21

同

同步电机速度 117

型

型号代码 45

基

基于时间的功能 25

声

声源性噪音 29

多

多泵 24

存

存储 50

安

安装
具备资质的人员 11

定

定期充电 50
定风量 20

居

居住环境 31，31

工

工业环境 31，31
工作环境 50
工具 52

平

平衡管理器 23

并

并排安装 51

应

应用示例 19

开

开关频率
与 RCD 一起使用 40
开环控制结构 26

强

强制/写入单个线圈（05 [十六进制]） 96
强制/写入多个线圈（0F [十六进制]） 97

总

总计电压失真 32

恒

恒转矩 56

惯

惯性停车 103，116

所

所需工具 52

手

手册的目的 9
手动 PI 调整 28
手动降容 56

打

打开输出 41

投

投资回报周期 15

抗

抗扰性要求 31，37

报

报文结构 82
报文长度 82

振

振动 21，29

接

接地
漏电保护 30
泄漏电流 39
接地泄漏断路器 40
See 漏电保护器
接线示意图 59

控

控制字 102
控制泵 13

控制潜力 24
控制输入/输出 112, 113
控制面板支架 64
控制风机 13

提

提升 54

支

支路保护 70

数

数字输入 111
数字输出 112
数据字段 83
数据控制字节 83
数据类型 86

文

文本块 83
文档版本 9

断

断路器 70

旁

旁路频率范围 21

星

星形/三角形启动器 17

曲

曲线末端检测 25

更

更好的控制 17

本

本地速度确定 23
本地（手动启动）控制 26

极

极端运行条件 41

楼

楼宇管理系统 BMS 14

模

模拟输入 117, 118
模拟输出 111, 118

止

止回阀监控 25

比

比较，节能 14

气

气流调节门 19

泄

泄漏电流 12, 30, 38, 68, 68

泵

泵轮 22

流

流量计 23

滑

滑差补偿 119

漏

漏电保护器 40

点

点动 103, 116

熔

熔断器 70

状

状态字 104

环

环境
- 工业 31
- 民用 31

环境条件 113
环境温度 57

电

电位均衡 68
电压
- 安全警告 11

电压失真 32
电子热继电器 118
电容器存放 50
电机
- 电缆 30
- 泄漏电流 38
- 热保护 42, 106
- 低速运行 56
- 连接 69
- 输出 110

电机产生的过电压 41
电机效率 74
电机额定转速 117
电气安装 66
电气隔离 37
电流
- 泄漏电流 38
- 瞬态接地 40

电流回路 31
电缆

泄漏电流 38

直

直流制动 102
直流回路 41
直流电压输出，10 V 113
直流电压输出，24 V 112

瞬

瞬变脉冲群 68

短

短路保护 70
短路（电机相间短路） 41

硬

硬件设置 79

离

离心泵 57

空

空气湿度 29
空泵检测 25

符

符号 11
符合 CE 标准 71
符合 EMC 规范的安装 60

系

系统效率 74

索

索引 85

紧

紧固力矩 66

线

线缆规格 69

继

继电器输出 113

缩

缩略语 115

网

网络连接 79
网络配置 89

能

能效等级 114

腐

腐蚀性环境 30

自

自动降容 56

节

节流阀 22
节能 13, 14, 16

蒸

蒸发器流速 23

读

读/写多个寄存器（17 — 十六进制） 100
读取保持寄存器（03 [十六进制]） 98
读取线圈状态（01 [十六进制]） 95

谐

谐波失真 30
谐波测试结果（辐射） 33
谐波电流 32
谐波辐射 32
谐波辐射要求 32

起

起吊 52
起步转矩 117

跳

跳闸 119
跳闸锁定 120

转

转动惯量 41
转换 86
转换系数 86
转换索引 86

软

软件版本 9
软启动器 17

辅

辅助泵 24

辐

辐射 30
辐射要求 31, 31

过

过电流保护 71
过程块 83
过程字 86
过载保护 110

远
远程终端设备 88
远程（自动启动）控制 26

选
选项 46

重
重新上电 119

锁
锁定输出 116

闭
闭环控制结构 27

间
间歇工作周期 118

附
附件 46

降
降容
低速运行 56

隔
隔离的主电源 70

预
预置单个寄存器（06 [十六进制]） 99
预置多个寄存器（10 [十六进制]） 99

额
额定电机电流 117
额定电流 31

风
风机 57

高
高海拔 57

ENGINEERING
TOMORROW

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

Danfoss 对其目录、手册以及其它印刷资料可能出现的错误不负任何责任。Danfoss 保留未预先通知而更改产品的权利。该限制并适用于已订购但更改并不会过多改变已同意规格的货物。本材料所引用的商标均为相应公司之财产。Danfoss 及 Danfoss 的标记均为 Danfoss A/S 之注册商标。全权所有。

130R0983

Danfoss A/S © 2022.04

M00292 02

AJ363928382091zh-000201 / 130R0983