

目录

1 简介	2
1.1 本手册的目的	2
1.2 其他资源	2
1.3 功能概述	2
1.4 批准和认证	2
1.5 符号、缩写与约定	3
2 安全性	4
2.1 安全符号	4
2.2 具备资质的人员	4
2.3 安全事项	4
3 安装	6
3.1 安全说明	6
3.2 ST0 安装	6
3.3 与 VLT® PTC PTC Thermistor Card MCB 112 组合安装	6
4 调试	8
4.1 安全说明	8
4.2 ST0 的激活	8
4.3 ST0 与 VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 组合使用时的参数设置	8
4.4 自动/手动重启行为	8
4.5 ST0 启用测试	8
4.6 系统配置安全	9
4.7 维修和维护	9
5 应用示例	10
5.1 SISTEMA 数据	10
5.2 带 Safe Torque Off 的变频器的紧急停止功能 - 类别 1、PL c、SIL 1	10
5.3 使用安全继电器的带 Safe Torque Off 的变频器的紧急停止功能 - 类别 3、PL d、SIL 2	11
5.4 带有 Safe Torque Off、安全继电器和输出接触器的变频器的紧急停止功能 - 类别 4、PL e、SIL 3	12
5.5 多个变频器的紧急停止功能 - 类别 3、PL d、SIL 2	13
6 ST0 技术数据	15
索引	16

1 简介

1.1 本手册的目的

本手册提供了在功能安全应用中使用 Danfoss VLT® 变频器的信息。本手册包括有关功能安全标准、Danfoss VLT® 变频器 Safe Torque Off (STO) 功能、相关安装和调试以及 STO 的维修和维护的信息。

VLT® 为注册商标。

1.2 其他资源

本手册的目标用户是已熟悉 VLT® 变频器的人员。它可用于能够从以下网址下载的手册和操作说明的补充：
drives.danfoss.com/knowledge-center/technical-documentation/。安装设备之前，请阅读变频器和/或变频器选件附带的手册并遵守安全安装说明。

1.3 功能概述

1.3.1 简介

Safe Torque Off (STO) 功能是安全控制系统的一个组件。STO 可防止设备产生电机旋转所需的动力。



在安全控制系统中选择和应用适当的组件以达到所需的运行安全级别。在装置中集成并使用 STO 功能之前，应先对其进行全面的风险分析，以确定 STO 功能和安全级别是否适当且足够。

VLT® 变频器配有：

- 符合 EN IEC 61800-5-2 定义的 Safe Torque Off (STO)。
- 符合 EN 60204-1 定义的停车类别 0。

变频器可通过控制端子 37 集成 STO 功能。

具有 STO 功能的 VLT® 变频器按照以下要求进行设计和验收：

- EN ISO 13849-1 中的类别 3。
- EN ISO 13849-1 中的性能等级 “d”。
- IEC 61508 和 EN 61800-5-2 中的 SIL 2。
- EN 62061 中的 SILCL 2。

1.3.2 涵盖的产品和标识

以下类型的变频器具有 STO 功能：

- VLT® HVAC Drive FC 102
- VLT® Refrigeration Drive FC 103
- VLT® AQUA Drive FC 202
- VLT® AutomationDriveFC 301 机箱规格 A1

- VLT® AutomationDrive FC 302
- VLT® Decentral Drive FCD 302
- VLT® Parallel Drive Modules

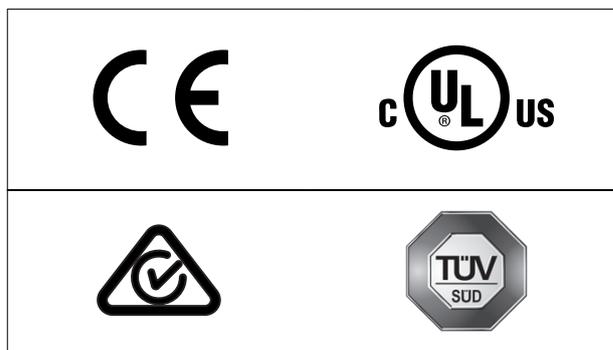
标识

- 通过检查铭牌上的设备类型代码，可确认该变频器是否配有 STO 功能（如表 1.1 所示）。

产品	类型代码
VLT® HVAC Drive FC 102	类型代码的第 18 位为 T 或 U
VLT® Refrigeration Drive FC 103	类型代码的第 18 位为 T
VLT® AQUA Drive FC 202	类型代码的第 18 位为 T 或 U
VLT® AutomationDriveFC 301 机箱规格 A1	类型代码的第 18 位为 T
VLT® AutomationDrive FC 302	类型代码的第 18 位为 X、B 或 R
VLT® Decentral Drive FCD 302	类型代码的第 18 位为 X、B 或 R
VLT® Parallel Drive Modules	类型代码的第 18 位为 T 或 U

表 1.1 类型代码标识

1.4 批准和认证



还通过更多批准和认证。请与当地 Danfoss 合作伙伴联系。

1.4.1 适用标准和合规性

在端子 37 上使用 STO 功能时，用户需符合所有安全规定，包括相关法律、法规和准则的要求。

集成的 STO 功能符合下述标准：

- IEC/EN 60204-1： 2016 停止类别 0 - 不受控停止
- IEC/EN 61508： 2010 SIL2

- IEC/EC 61800-5-2: 2016
- EN ISO 13849-1: 2015 类别 3 PL d
- IEC/EN 62601: 2015 SIL CL2

1.5 符号、缩写与约定

缩略语	参考值	说明
B _{10d}		当组件的 10% 存在危险故障时的循环数（适合气动组件和机电组件）。
Cat.	EN ISO 13849-1	类别，级别“B, 1-4”
CCF		常见原因故障
DC		诊断覆盖范围，分为低、中和高三个级别。
FIT		故障率： 1E-9/小时
HFT	EN IEC 61508	硬件故障承受力： HFT = n, 即, n+1 次故障可能造成安全功能丧失。
MTTF _d	EN ISO 13849-1	平均无危险故障时间。单位： 年，分为低、中和高三个级别。
PFH	EN IEC 61508	单位小时的危险故障几率： 这个值应在下述情况中测得：安全设备在高需求或持续工作模式下工作，与安全有关的系统的使用需求频率每年超过一次。
PFD	EN IEC 61508	要求平均故障概率，值用于低需求操作。
PL	EN ISO 13849-1	用于规定控制系统的安全部件在可预见情况下执行安全功能的能力的离散等级。这些等级为 a 至 e。
PLr		要求的性能等级（特定安全功能的要求性能等级）。
SIL	EN IEC 61508 EN IEC 62061	安全保持水平
STO	EN IEC 61800-5-2	Safe Torque Off
SS1	EN IEC 61800-5-2	安全停止 1
SRECS	EN IEC 62061	与安全相关的电气控制系统
SRP/CS	EN ISO 13849-1	控制系统的安全相关部件
PDS/SR	EN IEC 61800-5-2	动力驱动系统（与安全相关）

表 1.2 与安全功能有关的缩略语

约定

数字列表用于表示过程。 符号列表用于表示其他信息和插图说明。

斜体文本用于表示：

- 交叉引用。
- 链路。
- 参数名称。
- 脚注。
- 参数组。
- 参数选项。
- 报警/警告。

图纸中的所有尺寸均以公制单位和英制单位（括号中）给出，例如： mm (in)。 星号 (*) 表示参数的默认设置。

2 安全性

2.1 安全符号

本指南使用了下述符号：



表明某种潜在危险情况，将可能导致死亡或严重伤害。



表明某种潜在危险情况，将可能导致轻度或中度伤害。这还用于防范不安全的行为。



表示重要信息，包括可能导致设备或财产损失的情况。

2.2 具备资质的人员

只有具备相关资质和技能的人员才能装配、安装、设置、调试、维护和停用产品。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，能够按照安全技术的一般标准和规范来操作装置、系统、设备和机械装置。
- 熟悉有关健康和/或事故预防的基本法规。
- 已阅读并理解本手册中提供的安全规范以及变频器的操作手册中提供的操作说明。
- 熟悉与特定应用有关的一般标准和专门标准。

动力驱动系统（安全相关）（PDS(SR)）的用户负责：

- 对应用进行危险和风险分析。
- 确定所需的安全功能并为每个功能分配 SIL 或 PLr。
- 其他子系统以及来自这些子系统的信号和命令的有效性。
- 设计适合的安全相关控制系统（硬件、软件、参数化等）。

保护措施

- 安全工程系统的安装与调试只能由具备资质和技能的人员完成。
- 按照 IEC 60529 在 IP54 机柜中或在等价环境中安装变频器。在特殊应用中，可能要求更高的 IP 防护等级。
- 确保根据 ISO 13849-2 表 D.4 在安全选件与外部安全设备之间设立电缆短路保护。如果电机轴受到外力的影响（比如悬挂负载），则须采取额外措施（比如安全夹持制动）来避免危险。

2.3 安全事项

请参阅相关操作手册/指南中的安全章节了解一般安全事项。



完成 STO 功能的安装后，请按照章 4.5 STO 启用测试中的说明执行启用测试。若要符合安全标准，则在最初安装和每次做出改动后，系统都必须通过启用测试。



存在死亡和严重伤害的危险

如果电机受外力作用（比如纵轴方向的悬挂载荷）以及某种意外移动（比如重力导致的移动）而可能造成危险时，必须对电机采取额外措施来实现防坠保护。例如，安装额外的机械制动。



存在死亡和严重伤害的危险

STO（即移除端子 37 的 24 V 直流电压电源）无法提供电气安全。STO 功能自身不足以实现 EN 60204-1 规定的紧急停止功能。紧急停止要求采取电气隔离措施，比如通过另外的接触器切断主电源。



电击危险

STO 功能不会切断变频器或辅助电路的主电源电压。对变频器的带电部件或电机执行作业之前，务必切断主电源供电，并等待相关操作手册/指南的安全章节中规定的放电时间。如果不切断设备的主电源供电，并等待规定的时间，将可能导致死亡或严重伤害。

- 请勿借助 STO 功能来停止变频器。如果使用该功能来停止运行中的变频器，设备将跳闸并以惯性方式停止。如果该限制不可接受（比如会带来危险），则在使用 STO 功能之前，必须采用适当的停止方式来停止变频器和设备。根据应用的不同，有时可能必须采取机械制动。
- STO 功能适用于对变频器系统或仅限机器的受影响部位执行机械作业。它无法提供电气安全。不能将 STO 功能用作启动和/或停止变频器的控制方法。



小心

自动重启

只有在两种情况下才允许自动重启行为：

- “防止意外重启”功能由 STO 系统的其它部件来实现。
- 当 STO 未激活时，可以排除亲临危险区域的需要。尤其是，必须遵守 ISO 12100: 2010 的第 6.3.3.2.5 条。



警告

STO 功能可用于异步、同步和永磁式电机。在变频器的功率半导体内可能会发生两种故障。在使用同步或永磁电机时，故障情况可能引起残余旋转。旋转度可以按下述方式计算： $\text{角度} = 360 / (\text{极数})$ 。在使用同步或永磁电机的应用中必须考虑这种残余旋转问题，并确保这不会导致安全风险。异步电机不存在此问题。



为每个停止功能进行风险评估，以按照 EN 60204-1 确定如何选择停止类别：

- “停止类别 0”的要求是立即断开执行器的电源，但会导致不受控的惯性停车。符合 EN 61800-5-2 规定的 STO 可实现“停止类别 0”级的停止。
- “停止类别 1”的要求是在为机器执行器供电的同时来进行停止。根据 EN 61800-5-2 安全停止 1 (SS1) 进行停止时，将断开执行器的电源。
- “停止类别 2”的要求是在为机器执行器供电的同时执行受控停止。停止后带电情况下的保持位置。



设计机器应用时，必须考虑采用定时和距离来实现惯性停车（“停止类别 0”或 STO）。有关停止类别的详细信息，请参考 EN 60204-1。

3 安装

3.1 安全说明



电气危险

操作人员或电气安装人员负责正确接地，符合所有适用的国家及地方安全法规要求。

请参阅 章 2 安全性 和相关变频器的 *操作手册/指南*。此外，还应遵守电机制造商提供的要求。

3.2 STO 安装

对于电机连接、交流主电源连接和控制接线，请按照变频器 *操作手册/指南* 中的安全安装说明操作。

与通过 Ex 认证的 VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 一起安装时，请参阅 章 3.3 与 VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 组合安装。

按以下步骤启用集成的 STO 功能：

1. 取下端子 37 与 12 或 13 之间的跳线。仅断开该跳线还不足以避免短路。（请参阅图 3.1 中的跳线）

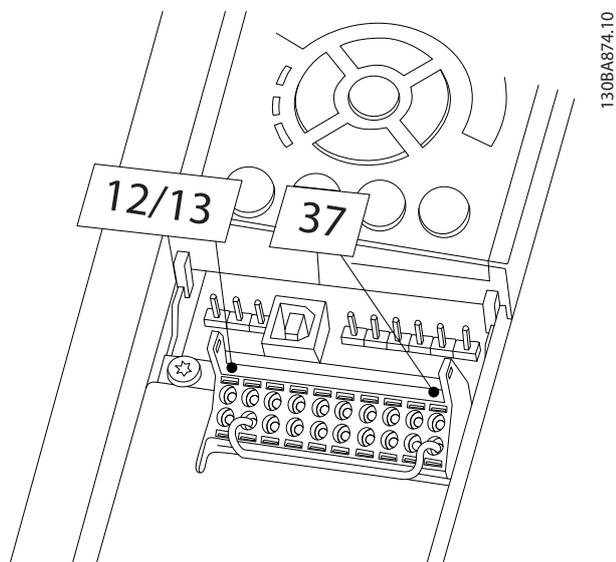


图 3.1 端子 12/13 (24 V) 与 37 (FCD 302 以外的所有变频器) 之间的跳线

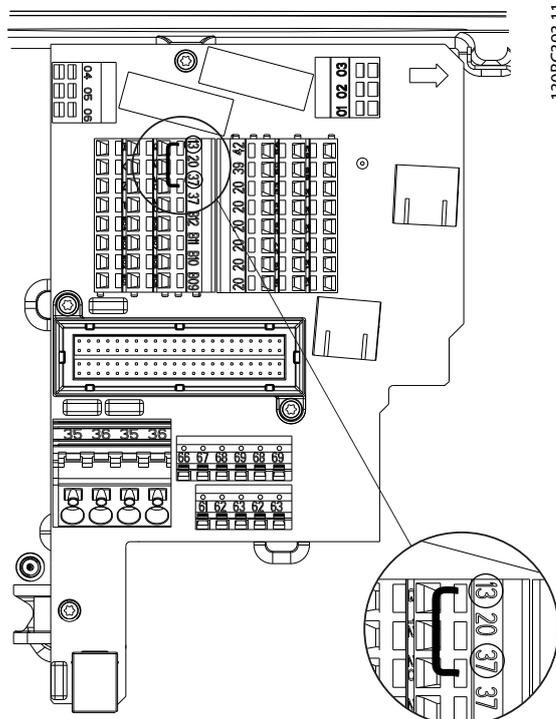


图 3.2 端子 13 (24 V) 与 37 之间的跳线 (FCD 302)

2. 例如，通过 NO 安全功能将一个外部安全监视继电器连接至端子 37 (STO) 和端子 12 或 13 (24 V 直流)。可在 章 5 应用示例 中找到连接和应用示例。
3. 按照变频器 *操作手册/指南* 中的说明完成接线。

3.3 与 VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 组合安装



VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 和 STO 功能的组合仅适用于 VLT® HVAC Drive FC 102、VLT® AQUA Drive FC 202、VLT® AutomationDrive FC 302 和 VLT® AutomationDrive FC 301 机箱类型 A1。

VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 使用端子 37 作为安全相关的关闭通道。

- 确保将 MCB 112 的输出 X44/12 与安全传感器（如紧急停止按钮、安全防护开关）进行“与”运算来激活 STO 功能。这意味着 STO 端子 37 的输出仅在来自 MCB 112 输出 X44/12 和来自安全传感器的信号均高时才为高 (24V)。如果这

两个信号中至少有一个为低，则端子 37 的输出也将为低。

- 确保带有“与”逻辑的安全设备符合需要的安全级别。
- 带有安全“与”逻辑的安全设备的输出与 STO 端子 37 之间的连接必须设有短路保护，如图 3.3 所示。

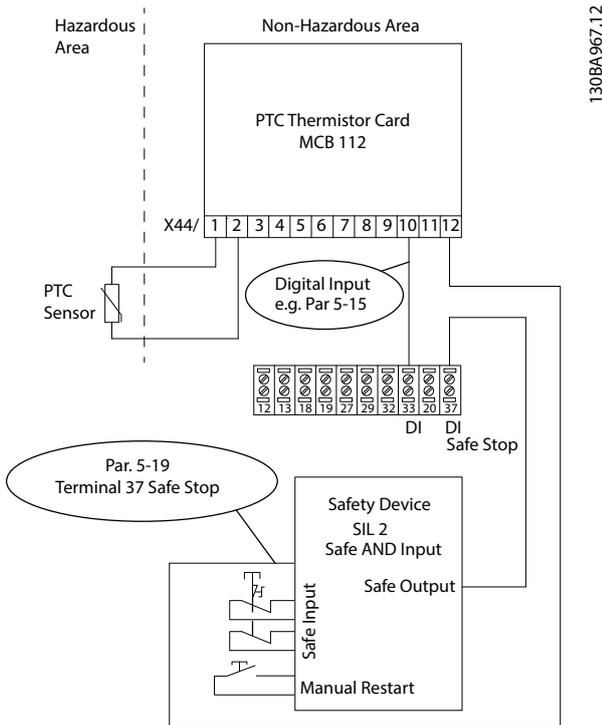


图 3.3 STO 与 MCB 112 的应用组合

图 3.3 显示了外部安全设备的重启输入。这意味着，在该系统中，可以将参数 5-19 Terminal 37 Safe Stop 设为值 [7] PTC 1 和继电器 W 或 [8] PTC 1 和继电器 A/W。有关详细信息，请参阅 VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 操作手册。

4 调试

4.1 安全说明



电气危险

操作人员或电气安装人员负责正确接地，符合所有适用的国家及地方安全法规要求。

请参阅 章 2 安全性和相关变频器的操作手册/指南。此外，还应遵守电机制造商提供的要求。

4.2 STO 的激活

通过断开变频器的端子 37 上的电压可激活 STO 功能。通过将变频器连接到提供了安全延时的外部安全设备，可以让系统符合“安全停止 1”的要求。连接到端子 37 时，外部安全设备必须符合 Cat./PL 或 SIL 的要求。STO 功能可用于异步、同步和永磁式电机。

当 STO 功能（端子 37）被激活后，变频器将发出报警、使装置发生跳闸和电机发送惯性停车。此后需要用手动方式重新启动。在急停情况下，可以使用 STO 功能来停止变频器。在正常工作模式下，当无需 STO 时，请采用变频器的常规停止功能。使用自动重启功能之前，应确保符合 ISO 12100 第 6.3.3.2.5 条的要求。

4.3 STO 与 VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 组合使用时的参数设置

连接了 MCB 112 后，将为 参数 5-19 Terminal 37 Safe Stop 提供更多选项（[4] PTC 1 报警至 [9] PTC 1 和继电器 W/A）。

- 选项 [1]* 安全停车报警和 [3] 安全停车警告仍可用，但适用于不带 MCB 112 或没有任何外部安全设备的系统。如果选择了 [1]* 安全停车报警或 [3] 安全停车警告，则一旦 MCB 112 被触发，变频器便会做出下述反应：发出报警 72，危险故障；使电机安全地惯性停车而不会自动重启。
- 使用外部安全设备时，不应选择选项 [4] PTC 1 报警和 [5] PTC 1 警告。这些选项在只有 MCB 112 使用 STO 功能的情况下才能使用。如果选择了选项 [4] PTC 1 报警或 [5] PTC 1 警告，则一旦外部安全设备触发 STO，变频器会发出报警 72，危险故障，并使电机安全地惯性停车而不会自动重启。
- 对于外部安全设备与 MCB 112 的组合，必须选择选项 [6] PTC 1 和继电器 A 至 [9] PTC 1 和继电器 W/A。



自动重启

当禁用外部安全设备时，这些选项允许自动重启。

选择 [7] PTC 1 和继电器 W 或 [8] PTC 1 和继电器 A/W 时，确保：

- “防止意外重启”功能由 STO 系统的其它部件来实现，或者
- 当 STO 未激活时，可以排除亲临危险区域的需要。尤其是，必须遵守 ISO 12100:2010 的第 6.3.3.2.5 条。

有关详细信息，请参阅 VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 操作手册。

4.4 自动/手动重启行为

STO 默认状态可防止意外重启（防止重启行为）。要终止 STO 并继续正常操作：

- 再次向端子 37 提供 24 V 直流电压。
- 给出一个复位信号（通过总线、数字 I/O 或 [Reset]（复位）键）。

通过将 参数 5-19 Terminal 37 Safe Stop 从默认值 [1]* 安全停车报警 设置为值 [3] 安全停车警告，可将 STO 功能设置为自动重启。

“自动重启”意味着，在端子 37 上施加了 24V 直流电压，便会终止 STO，并恢复正常运行。此时无需复位信号。

4.5 STO 启用测试

完成安装后，请首先对使用 STO 功能的系统执行启用测试，然后再正式使用。

每当修改了涉及 STO 的系统或应用后，都需要执行这样的测试。



初次安装以及随后每次对系统进行更改后，都必须对 STO 功能执行成功的启用测试。

执行启用测试：

- 对于经过一次安全停车后未自动重启的应用，请按照章 4.5.1 针对 STO 应用的防止重启 中的说明进行操作，或者
- 对于经过一次安全停车后自动重新启动的应用，请按照章 4.5.2 STO 应用的自动重启 中的说明操作。

4.5.1 针对 STO 应用的防止重启

对于 参数 5-19 Terminal 37 Safe Stop 设置为默认值 [1]* 安全停车报警, 或者组合使用 STO 和 VLT® PTC Thermistor MCB 112 (其中参数 5-19 Terminal 37 Safe Stop 设置为 [6] PTC 1 和继电器 A 或 [9] PTC 1 和继电器 W/A) 的应用:

1. 在变频器驱动电机的同时 (即主电源未断开的情况下), 借助中断设备断开端子 37 的 24 V 直流电源。
2. 检查:
 - 2a 电机惯性停车。
 - 2b 机械制动激活 (如果连接了此类系统)。
 - 2c 如果安装了本地控制面板 (LCP), 它将显示报警 68, 安全停车。
3. 再次向端子 37 施加 24 V 直流电压。
4. 确保电机保持惯性停车状态, 并且机械制动 (如果连接) 保持激活状态。
5. 发送复位信号 (通过总线、数字 I/O 或按 [Reset] (复位) 键)。
6. 确保电机能够再次正常工作。

当通过所有上述步骤后, 即说明成功完成启用测试。

4.5.2 STO 应用的自动重启

对于 参数 5-19 Terminal 37 Safe Stop 设置为 [3] 安全停车警告, 或者组合使用 Safe Torque Off 和 VLT® PTC Thermistor MCB 112 (其中参数 5-19 Terminal 37 Safe Stop 设置为 [7] PTC 1 和继电器 W 或 [8] PTC 1 和继电器 A/W) 的应用:

1. 在变频器驱动电机的同时 (即主电源未断开的情况下), 借助中断设备断开端子 37 的 24 V 直流电源。
2. 检查:
 - 2a 电机惯性停车。
 - 2b 机械制动激活 (如果连接了此类系统)。
 - 2c 如果安装了本地控制面板 (LCP), 它将显示警告 68, 安全停车。
3. 再次向端子 37 施加 24 V 直流电压。
4. 确保电机能够再次正常工作。

当通过所有上述步骤后, 即说明成功完成启用测试。



请参阅 章 2.3 安全事项中关于重启行为的警告。

4.6 系统配置安全

- 采取安全措施是用户的责任。
- 变频器参数可采用密码保护。

4.7 维修和维护

PL d 或 SIL2 要求每 12 个月执行一次功能测试以检测 STO 功能有无故障或失灵。对于更低等级的 PL 或 SIL, 这是一个建议。

要进行该功能测试, 请执行以下步骤 (或适合应用的类似方法):

1. 移除端子 37 的 24 V 直流电源。
2. 检查 LCP 是否显示报警 68, 安全停车。
3. 检验变频器是否发生跳闸。
4. 检验电机是否惯性停车并转为完全停车。
5. 检验电机是否无法启动。
6. 重新连接端子 37 的 24 V 直流电源。
7. 检验电机是否无法自动启动并且只能在发出一个复位信号 (通过总线、数字 I/O、或 [Reset] 键) 后才能重启。

5 应用示例

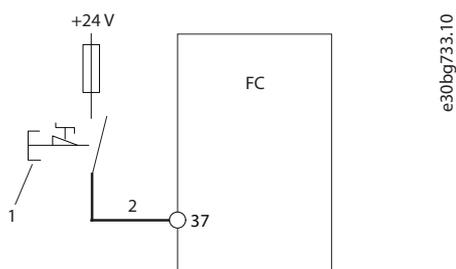
5.1 SISTEMA 数据

SISTEMA（评估机器应用的安全完整性软件工具）是一个软件实用程序，可在 ISO 13849-1 的安全评估条件下，为与安全相关的机械控制开发人员和测试人员提供全面支持。

一个数据库提供了功能安全数据，这些数据可用于 IFA（德国社会事故保险职业安全与健康研究所）提供的 SISTEMA 计算工具，或用于手动计算。SISTEMA 可从以下地址下载：www.danfoss.com/en/service-and-support/downloads/dds/sistema-safety-integrity-software-tool/#overview。

5.2 带 Safe Torque Off 的变频器的紧急停止功能 - 类别 1、PL c、SIL 1

图 5.1 所示为“带 Safe Torque Off 的变频器的紧急停止功能 - 类别 1、PL c、SIL 1”的应用示例。



1	紧急停止按钮
2	短路保护电缆（如果不在 IP54 安装机柜内的话）。有关详细信息，请参阅 ISO 13849-2 表 D.4。

图 5.1 带 Safe Torque Off 的紧急停止功能 - 类别 1、PL c、SIL 1

安全功能

如果出现紧急情况，则紧急停止设备将被激活。变频器的 Safe Torque Off (STO) 功能被激活。在执行停止或紧急停止命令后，变频器将停止。

设计功能

- 使用该电路，最高可达到类别 1、PL c（ISO 13849-1）或 SIL 1（EN 62061 和 IEC 61508）的要求。
- Safe Torque Off (STO) 功能通过 1 个 NC 正向操作的开关触点激活（遵循 IEC 60947-1、IEC 60947-5-1 和 IEC 60947-5-5）。
- 对于 PL c，必须计算完整的安全功能 (MTTFd)。
- 遵循基本安全原则。
- 用于激活 Safe Torque Off (STO) 的设备必须适合所选类别、PL 或 SIL。

执行紧急停止时，注意以下事项：

- 应符合应用及其组件的任何非安全相关的标准。
- 应用设计人员负责选择合适的组件。
- 图 5.1 中以粗体显示的电缆必须按照 ISO 13849-2 表 D.4 执行短路保护。
- 为了满足 PL c 的要求，必须计算整个安全功能的 MTTFd 和 DC。
- 现在应已知道紧急停止设备的 B_{10d} 值。 B_{10d} 值必须足够高，以满足与 PL c 相对应的 MTTFd。

使用 Danfoss VLT® 库在 SISTEMA 中进行实施

比如，使用子系统“VLT® AutomationDrive FC 302/FC302 Safe Torque Off（端子 37）”。无需编辑在库中设置的所有参数。

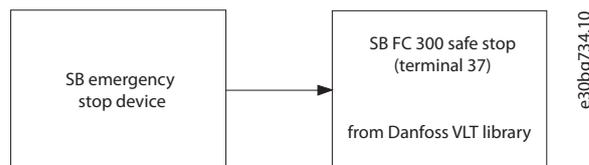
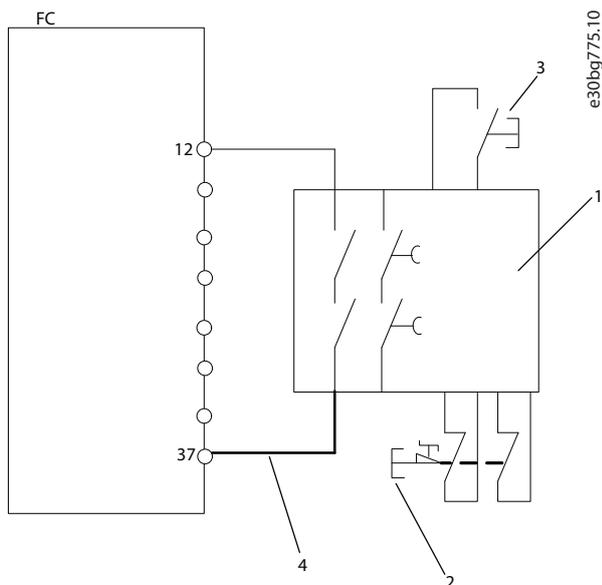


图 5.2 与安全相关的框图

5.3 使用安全继电器的带 Safe Torque Off 的变频器的紧急停止功能 - 类别 3、PL d、SIL 2

图 5.3 所示为“使用安全继电器的带 Safe Torque Off 的变频器的紧急停止功能 - 类别 3、PL d、SIL 2”的应用示例。



1	安全继电器（类别 3、PL d 或 SIL 2）
2	紧急停止按钮
3	复位按钮
4	短路保护电缆（如果不在 IP54 安装机柜内的话）。有关详细信息，请参阅 ISO 13849-2 表 D.4。

图 5.3 符合具有安全类别 3/PL “d”（ISO 13849-1）或 SIL 2（EN 62061 和 IEC 61508）的停车类别 0（EN 60204-1）的安装示例。

安全功能

如果出现紧急情况，则紧急停止设备将被激活。变频器的 Safe Torque Off (STO) 功能被激活。在执行停止或紧急停止命令后，变频器将停止。

设计功能

- 使用该电路，最高可达到类别 3、PL d（ISO 13849-1）或 SIL 2（EN 62061 和 IEC 61508）的要求。
- 对于 PL d，必须计算完整的安全功能（MTTFd）。
- 遵循基本安全原则。
- 用于激活 Safe Torque Off (STO) 的设备和安全继电器必须适合所选类别、PL 和 SIL。

执行紧急停止时，注意以下事项：

- 应符合应用及其组件的任何非安全相关的标准。
- 应用设计人员负责选择合适的组件。
- 图 5.3 中以粗体显示的电缆必须按照 ISO 13849-2 表 D.4 执行短路保护。
- 为了满足 PL d 的要求，必须计算整个安全功能的 MTTFd 和 DC。

如果使用双正向开关设备，则可使用此设置。根据安全继电器的不同，还可将多个激活设备连接到一个 Safe Torque Off (STO)。

使用 Danfoss VLT® 库在 SISTEMA 中进行实施

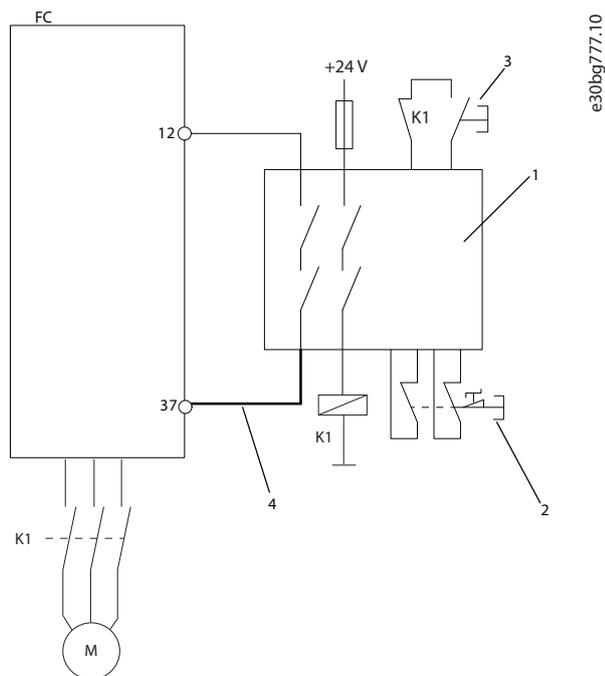
比如，使用子系统“VLT® AutomationDrive FC 302/FC 302 Safe Torque Off（端子 37）”。无需编辑在库中设置的所有参数。



图 5.4 与安全相关的框图

5.4 带有 Safe Torque Off、安全继电器和输出接触器的变频器的紧急停止功能 - 类别 4、PL e、SIL 3

图 5.5 所示为“带有 Safe Torque Off、安全继电器和输出接触器的变频器的紧急停止功能 - 类别 4、PL e、SIL 3”的应用示例。



1	安全继电器 (类别 4、PL e、SIL 3)
2	紧急停止按钮
3	复位按钮
4	短路保护电缆 (如果不在 IP54 安装机柜内的话)。有关详细信息, 请参阅 ISO 13849-2 表 D. 4。

图 5.5 带有 Safe Torque Off、安全继电器和输出接触器的变频器 - 类别 4、PL e、SIL 3

安全功能

如果出现紧急情况, 则紧急停止设备将被激活。变频器的 Safe Torque Off (STO) 功能被激活。在执行停止或紧急停止命令后, 变频器将停止。

当安全控制系统必须符合 PL e ISO 13849-1 或 SIL 3 (EN 62061 和 IEC 61508) 的要求时, 需要对 STO 功能采用两通道停止方式。一个通道可通过变频器上的 STO 输入实施, 另一个通过接触器实施, 该接触器可连接到变频器输入或输出电源电路中。该接触器必须通过辅助引导触点进行监测, 如图 5.5 中的 K1 所示。

设计功能

- 使用该电路, 最高可达到类别 4 和 PL e 的要求。
- 对于 PL e, 必须计算完整的安全功能 (MTTFd)。
- 遵循基本安全原则。
- 用于激活 Safe Torque Off (STO) 的设备和安全继电器必须适合所选类别、PL 和 SIL。

执行紧急停止时, 注意以下事项:

- 应符合应用及其组件的任何非安全相关的标准。
- 应用设计人员负责选择合适的组件。
- 图 5.5 中以粗体显示的电缆必须按照 ISO 13849-2 表 D. 4 执行短路保护。
- 为了满足 PL e 的要求, 必须计算整个安全功能的 MTTFd 和 DC。

如果使用双正向开关设备, 则可使用此设置。

使用 Danfoss VLT® 库在 SISTEMA 中进行实施

例如, 使用块“VLT® AutomationDrive FC 302 (端子 37)”。无需编辑在库中设置的所有参数。

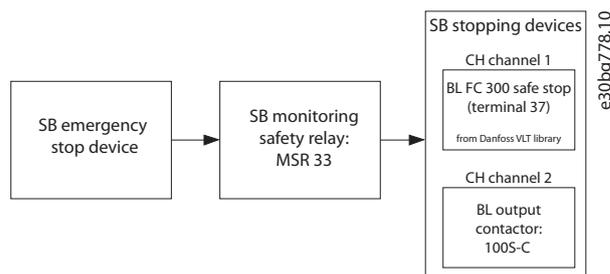
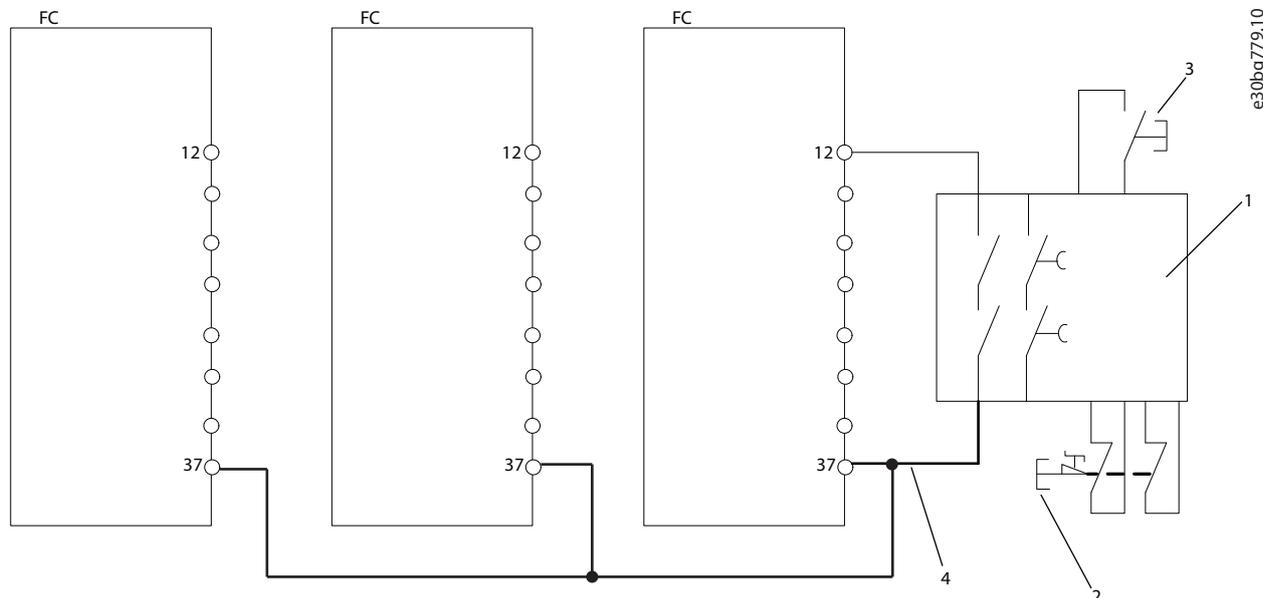


图 5.6 与安全相关的框图

5.5 多个变频器的紧急停止功能 - 类别 3、PL d、SIL 2

图 5.7 所示为“多个变频器的紧急停止功能 - 类别 3、PL d、SIL 2”应用示例。



1	安全继电器（类别 3、PL d 或 SIL 2）
2	紧急停止按钮
3	复位按钮
4	短路保护电缆（如果不在 IP54 安装机柜内的话）。有关详细信息，请参阅 ISO 13849-2 表 D.4。

图 5.7 多个变频器的紧急停止功能 - 类别 3、PL d、SIL 2

安全功能

如果出现紧急情况，则紧急停止设备将被激活。变频器的 Safe Torque Off (STO) 功能被激活。在执行停止或紧急停止命令后，变频器将停止。

如果需从同一控制线路控制多台变频器，则可以直接将 STO 输入连接到一起。

将这些输入连接到一起会增加不安全方向出现故障的可能性，因为一台变频器中的故障可能导致所有变频器的相关功能都被启用。由于发生故障的几率很低，为每小时 1×10^{-10} ，因此，对于变频器的实际数量，最终的故障几率仍然符合 SIL2 的要求。建议并联的输入数不要超过 20 个。

注意

使用内部 24 V 直流电源（端子 12）时，并联输入数（端子 37）限为 3，否则，将超过可用输出功率。

设计功能

- 使用该电路，最高可达到类别 3、PL d 或 SIL 2 的要求。
- 对于 PL d，必须计算完整的安全功能 (MTTFd)。
- 遵循基本安全原则。
- 用于激活 Safe Torque Off (STO) 的设备和安全继电器必须适合所选类别、PL 和 SIL。

执行紧急停止时，注意以下事项：

- 应符合应用及其组件的任何非安全相关的标准。
- 应用设计人员负责选择合适的组件。
- 图 5.7 中以粗体显示的电缆必须按照 ISO 13849-2 表 D.4 执行短路保护。
- 为了满足 PL d 的要求，必须计算整个安全功能的 MTTFd 和 DC。

如果使用双正向开关设备，则可使用此设置。根据安全继电器的不同，还可将多个激活设备连接到一个 Safe Torque Off。

使用 Danfoss VLT® 库在 SISTEMA 中进行实施

比如，使用子系统“VLT® AutomationDrive FC 302/FCD 302 Safe Torque Off（端子 37）”。无需编辑在库中设置的所有参数。需要将该子系统置于安全功能，次数为单个 STO 线路上的变频器的数量。



图 5.8 与安全相关的框图

6 STO 技术数据



有关变频器的技术规格和工作条件，请参考变频器的相关操作手册/指南。



STO 信号必须由 SELV 或 PELV 提供。

欧洲指令	机械指令 (2006/42/EC)	EN ISO 13849-1	
		EN IEC 62061	
		EN IEC 61800-5-2	
	EMC 指令 (2014/30/EU)	EN 50011	
		EN 61000-6-3	
		EN 61800-3	
低电压指令 (2014/35/EU)	EN 50178		
	EN 61800-5-1		
安全标准	机器安全性	EN ISO 13849-1, IEC 62061, IEC 60204-1	
	功能安全性	IEC 61508-1 至 -7, IEC 61800-5-2	
安全功能		IEC 61800-5-2	IEC 60204-1
		Safe Torque Off (STO)	停车类别 0
安全性能	ISO 13849-1		
	类别	Cat 3	
	诊断覆盖率	直流: 90% (中等)	
	平均无危险故障时间	MTTFd: 14000 年 (高)	
	性能水平	PL d	
	IEC 61508/IEC 62061		
	安全完整性级别	SIL 2, SIL CL2	
	危险故障可能性 / 小时	PFH: 1E-10/h; 1E-8/h -- 针对特定型号 ^{1), 2)} (高需求模式)	
	危险故障可能性 / 需求高时	PFD: 1E-10; 1E-4 -- 针对特定型号 ^{1), 2)} (低需求模式)	
	硬件故障承受力	HFT: 0 (1oo1)	
	验证测试间隔时间 T1	20 年	
任何时间 TM	20 年		
反应时间	输入到输出响应时间	最长 20 ms, 特定机型为 60 ms ^{1), 2)}	

表 6.1 技术数据

1) VLT® HVAC Drive FC 102, VLT® Refrigeration DriveFC 103, VLT® AQUA Drive FC 202 和 VLT® AutomationDrive FC 301/FC 302 机箱规格为 F 的大功率变频器:

- 400 V: 450/500 kW (600/650 hp) - 800/1000 kW (1075/1350 hp) (高过载/正常过载)。
- 690 V: 630/710 kW (850/950 hp) - 1800/2000 kW (2400/2700 hp) (高过载/正常过载)。

2) VLT® Parallel Drive Modules:

- 400 V: 250/315 kW (350/450 hp) - 800/1000 kW (1200/1350 hp) (高过载/正常过载)。
- 690 V: 315/400 kW (350/400 hp) - 1000/1200 kW (1150/1350 hp) (高过载/正常过载)。

索引

S

SIL CL2.....	3
SIL2.....	2
SISTEMA 数据.....	10

信

信号.....	4, 7
---------	------

关

关闭通道.....	7
-----------	---

具

具备资质的人员.....	4
--------------	---

参

参数设置.....	8
-----------	---

命

命令.....	4
---------	---

外

外部安全设备.....	8
-------------	---

安

安全传感器.....	7
安全设备.....	7
安全防护开关.....	7
安装.....	6

技

技术数据.....	15
-----------	----

报

报警.....	8
---------	---

控

控制系统.....	4
-----------	---

机

机械制动.....	9
-----------	---

标

标准和合规性.....	2
标识.....	2

涵

涵盖的产品.....	2
------------	---

激

激活.....	8
---------	---

热

热敏电阻卡.....	7
------------	---

符

符号.....	3
---------	---

约

约定.....	3
---------	---

终

终止.....	8
---------	---

维

维护.....	9
---------	---

缩

缩略语.....	3
----------	---

自

自动重启.....	8, 9
-----------	------

认

认证.....	2
---------	---

证

证书.....	2
---------	---

调

调试.....	8
---------	---

输

输出.....	7
---------	---

选

选项.....	8
---------	---

重

重启行为.....	8
-----------	---

防

防止意外重启.....	8
-------------	---

防止重启..... 8, 9

