



# 操作手册

## VLT<sup>®</sup> Frequency Converters - Safe Torque Off





## 目录

<b>1 简介</b>	<b>2</b>
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	3
1.5 符号、缩写与约定	4
<b>2 安全性</b>	<b>5</b>
2.1 安全符号	5
2.2 具备资质的人员	5
2.3 安全事项	5
<b>3 安装</b>	<b>7</b>
3.1 安全说明	7
3.2 安装安全转矩关断功能	7
3.3 与热敏电阻模块 MCB 112 组合安装	8
<b>4 调试</b>	<b>9</b>
4.1 安全说明	9
4.2 安全转矩关断的激活和终止	9
4.3 ST0 与热敏电阻模块 MCB112 组合使用时的参数设置	9
4.4 自动/手动重启行为	9
4.5 安全转矩关断启用测试	9
4.5.1 针对 ST0 应用的防止重启	10
4.5.2 安全转矩关断应用的自动重启	10
4.6 系统配置安全	10
4.7 维修和维护	10
<b>5 安全转矩关断技术数据</b>	<b>11</b>
<b>索引</b>	<b>12</b>

## 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® 变频器安全转矩关断 (STO) 功能、相关安装和调试以及 STO 的维修和维护的信息。

### 1.2 其他资源

本手册面向已经熟悉 VLT® 变频器的用户，旨在作为可从以下地址下载的手册和说明的补充：[www.danfoss.com/BusinessAreas/DrivesSolutions/Documentations/VLT+Technical+Documentation.htm](http://www.danfoss.com/BusinessAreas/DrivesSolutions/Documentations/VLT+Technical+Documentation.htm)。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。

未经明确许可，严禁透露、复制、销售本文档或传播其内容。违反本规定会导致损害赔偿。保留有关专利、实用新型和注册设计的所有权利。VLT® 是注册商标。

### 1.3 功能概述

#### 1.3.1 简介

安全转矩关断 (STO) 功能是安全控制系统的一个组件。对于该系统中的组件，必须进行选择并适当应用才能达到所需的操作安全级别。STO 可以停止变频器输出级的功率半导体的控制电压，从而阻止生成为使电动机旋转而所要求的电压。

变频器可以集成安全转矩关断 (STO，由 IEC 61800-5-2 定义) 这一安全功能和停止类别 0 (由 EN 60204-1 定义)。变频器可以通过控制端子 37 提供 STO 功能。

在系统中集成并使用 STO 功能之前，必须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。具有 STO 功能的变频器按照以下要求进行设计和验收：

- EN ISO 13849-1 的类别 3
- EN ISO 13849-1 的性能水平 “d”
- IEC 61508 和 EN 61800-5-2 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® AutomationDrive FC 301, 机箱类型 A1
- VLT® AutomationDrive FC 302

#### 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 17 位为 T 或 U
VLT® Refrigeration Drive FC 103	类型代码的第 17 位为 T
VLT® AQUA Drive FC 202	类型代码的第 17 位为 T 或 U
VLT® AutomationDrive FC 301, 机箱类型 A1	类型代码的第 17 位为 T
VLT® AutomationDrive FC 302	类型代码的第 17 位为 X、B 或 R

表 1.1 类型代码标识

## 1.4 批准和认证



表 1.2 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。

### 适用标准和合规性

在端子 37 上使用安全转矩关断功能时，用户须符合所有安全规定，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 60204-1: 2005 停止类别 0 - 不受控停止
- EN 60204-1: 2006 停止类别 0 - 不受控停止
- IEC/EN 61508: 2010 SIL2
- IEC/EN 61800-5-2:2007
- IEC/EN 62061: 2005 SIL CL2
- ISO 13849-1: 2006 类别 3 PL d
- EN ISO 13849-1: 2008 类别 3 PL d

## 1.5 符号、缩写与约定

缩略语	参考值	说明
Cat.	EN ISO 13849-1	类别, “B, 1-4”
DC		诊断覆盖率
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
MTTFd	EN ISO 13849-1	平均无危险故障时间。单位: 年
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水平。 水平 a-e
SFF	EN IEC 61508	安全故障率 [%]; 安全功能或子系统所发生的安全故障和检测到的危险故障在所有故障中的占比
SIL	EN IEC 61508 EN IEC 62061	安全保持水平
ST0	EN IEC 61800-5-2	安全转矩关断
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 61508	动力驱动系统 (与安全相关)

表 1.3 与安全功能有关的缩略语

## 常规

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
- 链接
- 参数名称

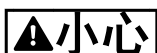
## 2 安全性

### 2.1 安全符号

本文档中使用了下述符号：



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

只能由具有经证明的技能的人员组装、安装、设置、调试、维护产品以及进行退役处置。  
具有经证明的技能的人员

- 是有资质的电气工程师，或者是由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、设备和机械部件。
- 熟悉有关健康和/或事故预防的基本法范。
- 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。

PDS (SR) 的用户负责

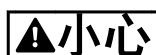
- 对应用进行危险和风险分析
- 确定需要的安全功能并为每个功能分配 SIL 或 PLr
- 其他子系统以及来自这些子系统的信号和命令的有效性
- 设计适合的与安全相关的控制系统（硬件、软件、参数化等）

### 保护措施

- 安全工程系统只能由具备资质和技能的人员来安装和调试
- 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 在端子 37 和外部安全设备之间设立短路保护装置
- 当电动机轴受到外力影响（比如悬挂负载）时，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中的安全章节了解一般安全事项。



安装 STO 后，必须根据章 4.5 安全转矩关断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。



如果电动机受外力作用（比如纵轴方向的悬挂载荷）以及某种意外运动（比如重力导致的运动）而可能造成危险时，必须对电动机采取额外措施来实现防坠保护。例如，必须额外安装机械制动器。存在导致严重伤亡的危险。



安全转矩关断（即移除端子 37 的 24 V 直流电压）无法提供电气安全。安全转矩关断功能自身不足以实现 EN 60204-1 规定的紧急停止功能。紧急停止功能要求采用电气隔离措施，比如用额外的接触器切断主电源。存在导致严重伤亡的危险。

**警告****安全转矩关断功能**

安全转矩关断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动机执行作业之前，务必切断主电源供电，并等待相关*操作手册*的安全章节下规定的时间。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。

- 不建议借助安全转矩关断功能来停止变频器。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。如果这是不可接受的（比如因为危险），则在使用该功能之前，必须采用适当停止方式来停止变频器和机械装置。根据应用的不同，有时可能必须采取机械制动。
- 安全转矩关断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。不应将安全转矩关断功能用作启动和/或停止变频器的控制方法。

**小心**

只有在两种情况下才允许自动重启行为：

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

**警告**

安全转矩关断功能可用于异步、同步和永磁式电动机。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动机时，故障情况可能引起残余旋转。旋转度可以按下述方式计算：角度=360/(极数)。在使用同步或永磁电动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。异步电动机不存在此问题。存在导致严重伤亡的危险。

**注意**

按照 EN 60204-1 为每个停止功能选择停止类别时，必须通过风险评估来确定：

- “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 的安全转矩关断 (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，将在供电的同时保持位置。

**注意**

设计机器应用时，应考虑定时和距离来实现惯性停车（“停止类别 0”或安全转矩关断）。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

请参阅 章 2 安全性 了解一般安全说明。

#### 3.2 安装安全转矩关断功能

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

与通过 Ex 认证的热敏电阻模块 MCB 112 一起安装时，请参阅章 3.3 与热敏电阻模块 MCB 112 组合安装。

按以下步骤启用集成的安全转矩关断功能：

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)

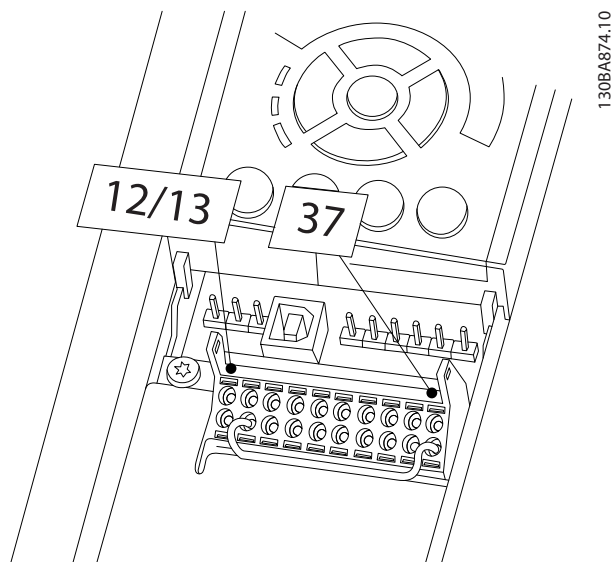
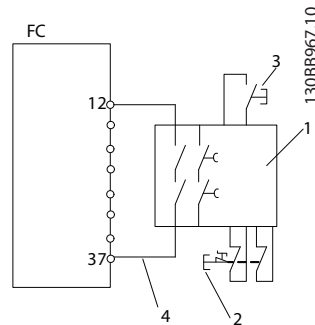


图 3.1 端子 12/13 (24 V) 与 37 之间的跳线

2. 通过 NO 安全功能将外部安全监视继电器连接至端子 37 (安全转矩关断) 和端子 12 或 13 (24 V DC)。按照安装说明安装安全监视继电器，确保安全监视继电器符合类别 3 /PL “d” (ISO 13849-1) 或 SIL 2 (EN 62061 和 IEC 61508)。



1	安全继电器 (类别 3, PL d 或 SIL2)
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 3.2 符合具有安全类别 3/PL “d” (ISO 13849-1) 或 SIL 2 (EN 62061 和 IEC 61508) 的“停止类别 0” (EN 60204-1) 安装方式。

3. 按照变频器操作手册 中的说明完成接线。

### 3.3 与热敏电阻模块 MCB 112 组合安装

#### 注意

组合使用热敏电阻模块 MCB 112 和安全转矩关断功能仅在 VLT® HVAC Drive FC 102、VLT® AutomationDrive FC 302 和 VLT® AutomationDrive FC 301 机箱类型 A1 中可用。

热敏电阻模块 MCB 112 使用端子 37 作为安全的关闭通道。

- 确保将 MCB 112 的输出 X44/12 与安全传感器（如紧急停止按钮、安全防护开关等）进行“与”运算来激活安全转矩关断功能。这意味着安全转矩关断端子 37 的输出仅在来自 MCB 112 输出 X44/12 和来自安全传感器的信号都为高时（24 V）。如果这两个信号中至少有一个为低，则端子 37 的输出也将为低。
- 确保带有“与”逻辑的安全设备符合需要的安全级别。

- 从带有安全“与”逻辑的安全设备的输出到安全转矩关断端子 37 之间的连接必须带有短路保护，如图 3.3 所示。

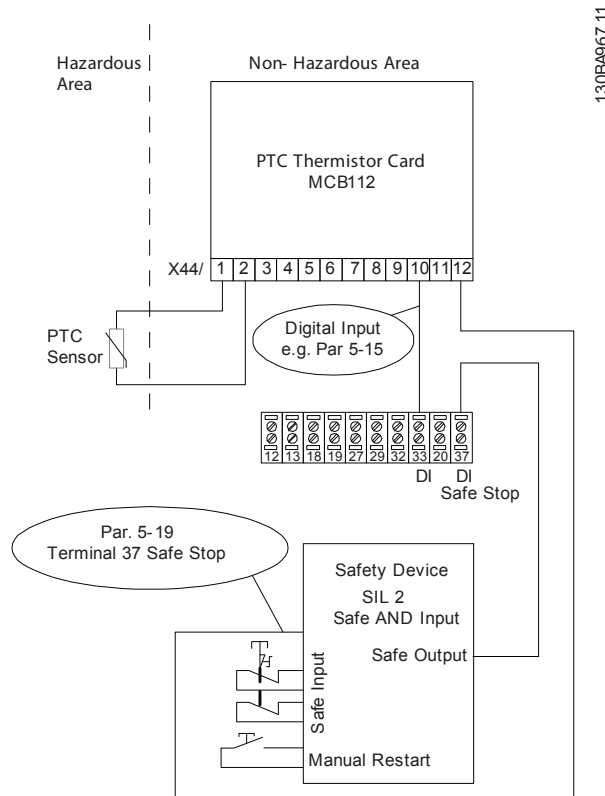


图 3.3 组合应用安全转矩关断与 MCB 112

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 5-19 端子 37 安全停止 设为值 [7] PTC 1 和继电器 W 或 [8] PTC 1 和继电器 A/W。有关进一步的详情，请参考 MCB 112 操作手册。

## 4 调试

### 4.1 安全说明

请参阅 章 2 安全性 了解一般安全说明。

### 4.2 安全转矩关断的激活和终止

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，外部安全设备需要符合 Cat./PL 或 SIL 的要求。STO 功能可用于异步、同步和永磁式电动机。

当 STO 功能 (T37) 被激活后，变频器将发出报警、发生跳闸并使电动机惯性停车。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 12100-2 第 5.3.2.5 款的要求。

### 4.3 STO 与热敏电阻模块 MCB112 组合使用时的参数设置

连接了 MCB 112 后，5-19 端子 37 安全停止 将提供额外的选项 ([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，那么一旦 MCB112 被触发，变频器便会做出下述反应：给出“危险故障 [A72]”的报警；使变频器安全地惯性停车；不自动重启。
- 当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。这些选项适用于只有 MCB 112 使用安全转矩关断功能的情况。如果选择了选项 [4] PTC 1 报警 或 [5] PTC 1 警告，那么一旦外部安全设备触发安全转矩关断，变频器便会做出下述反应：给出“危险故障 [A72]”的报警；使变频器安全地惯性停车；不自动重启。
- 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。



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

有关详细信息，请参阅热敏电阻模块 MCB 112 操作手册。

### 4.4 自动/手动重启行为

STO 功能的默认设置是“防止意外的重启”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 5-19 端子 37 安全停止 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，一旦在端子 37 上施加了 24 V 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 安全转矩关断启用测试

完成安装后，请首先对使用安全转矩关断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。

#### 4.5.1 针对 STO 应用的防止重启

对于 5-19 端子 37 安全停止 设置为默认值 [1]\* 安全停车报警, 或者组合使用安全转矩关断和 MCB 112 (其中, 5-19 端子 37 安全停止 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. 在变频器驱动电动机的同时 (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:
  - 电动机是否做出惯性停车反应;
  - 机械制动是否被激活 (如果连接了此类系统), 以及;
  - 在本地控制面板 (LCP) (如果安装了的话) 中显示报警 “安全停止 [A68]”。
3. 再次向端子 37 施加 24 V 直流电压。
4. 确保电动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. 确保电动机再次能够正常工作。

当通过所有上述步骤后, 即说明成功完成启用测试。

#### 4.5.2 安全转矩关断应用的自动重启

对于 5-19 端子 37 安全停止 设置为 [3] 安全停车警告, 或者组合使用安全转矩关断和 MCB 112 (5-19 端子 37 安全停止 设置为 [7] PTC 1 和继电器 W 或 [8] PTC 1 和继电器 A/W) 的应用:

1. 在变频器驱动电动机的同时 (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:
  - 电动机是否做出惯性停车反应;
  - 机械制动是否被激活 (如果连接了此类系统), 以及;
  - 在本地控制面板 (LCP) (如果安装了的话) 中显示报警 “安全停止 [A68]”。
3. 再次向端子 37 施加 24 V 直流电压。
4. 确保电动机再次能够正常工作。

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
- 可通过密码保护变频器参数

#### 4.7 维修和维护

安全转矩关断 (STO) 功能无需维护。

## 5 安全转矩关断技术数据

### 注意

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。

### 注意

STO 信号必须由 SELV 或 PELV 提供。

下列值与每个安全级别相关：

#### 端子 37 的反应时间

- 最长反应时间： 20 毫秒

反应时间 = 将 STO 输入断电和关闭变频器输出桥之间的延迟。

#### EN ISO 13849-1 数据

- 性能水平 “d”
- MTTFd: 14000 年
- 直流： 90%
- 类别 3
- 20 年寿命

#### EN IEC 62061、EN IEC 61508、EN IEC 61800-5-2 数据

- SIL 2、SILCL 2
- PFH < 1E-10/h
- 组件类型： 类型 A
- HFT（硬件故障承受力） = 1（1oo2 架构）
- 20 年寿命

#### EN IEC 61508 低需求数据

- 1 年验证测试的 PFD 均值： 1E-10
- 3 年验证测试的 PFD 均值： 1E-10
- 5 年验证测试的 PFD 均值： 1E-10

#### SISTEMA 数据

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/BusinessAreas/DrivesSolutions/SISTEMA/](http://www.danfoss.com/BusinessAreas/DrivesSolutions/SISTEMA/)。

## 索引

## E

EN 60204-1.....	2
EN 61800-5-2.....	2
EN 62061.....	2
EN ISO 13849-1.....	2

## I

IEC 61508.....	2
----------------	---

## S

SIL CL2.....	3
SIL2.....	3
SISTEMA 数据.....	11

## 不

不受控停止.....	3
------------	---

## 信

信号.....	5, 8
---------	------

## 停

停车类别 0.....	2
-------------	---

## 关

关闭通道.....	8
-----------	---

## 具

具备资质的人员.....	5
--------------	---

## 参

参数设置.....	9
-----------	---

## 反

反应时间.....	11
-----------	----

## 启

启用测试.....	9
-----------	---

## 命

命令.....	5
---------	---

## 外

外部安全设备.....	9
-------------	---

## 安

安全传感器.....	8
安全设备.....	8
安全转矩关断.....	2
安全防护开关.....	8
安装.....	8

## 常

常规.....	4
---------	---

## 性

性能水平 “d”.....	11
---------------	----

## 技

技术数据.....	11
-----------	----

## 报

报警.....	9
---------	---

## 控

控制系统.....	5
-----------	---

## 机

机械制动.....	10
-----------	----

## 标

标准和合规性.....	3
标识.....	2

## 涵

涵盖的产品.....	2
------------	---

## 激

激活.....	9
---------	---

## 热

热敏电阻模块.....	8
热敏电阻模块 MCB 112.....	8

## 硬

硬件故障承受力.....	11
--------------	----

## 端

端子 37.....	2
------------	---

## 符

符号..... 4

## 组

组件类型..... 11

## 终

终止..... 9

## 维

维护..... 10

## 缩

缩略语..... 4

## 自

自动重启..... 9, 10

## 认

认证..... 3

## 输

输出..... 8

## 选

选项..... 9

## 重

重启行为..... 9

## 防

防止意外重启..... 9

防止重启..... 9, 10



[www.danfoss.com/drives](http://www.danfoss.com/drives)

.....  
Danfoss 对其目录、手册以及其它印刷资料可能出现的错误不承担任何责任。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。版权所有。  
.....

