



iC7 系列功能安全

风冷式和液冷式系统模块



目录

1 简介

1.1 本操作指南的目的	7
1.2 其他资料来源	7
1.3 缩略语	7
1.4 商标	7
1.5 版本历史	8

2 安全性

2.1 安全符号	9
2.2 由具备资质的人员处理功能安全	9
2.3 一般安全注意事项	10

3 iC7 功能 安全

3.1 功能安全选件	11
3.2 功能安全系统说明	11
3.3 具有不同安全功能的系统模块	12
3.3.1 概述	12
3.3.2 Safe Torque Off (STO)	12
3.3.3 STO 激活	13
3.3.4 配置重启和确认行为	13
3.3.5 安全输入属性	14
3.3.6 STO 反馈	15

4 安全功能的参数

4.1 概述	17
4.2 一般功能安全参数	17
4.3 故障配置	18
4.4 安全现场总线	18
4.5 将控制单元和功率单元配对	18
4.6 Safe Torque Off (STO)	19
4.7 时间受控型安全停止 1 (SS1-t)	19
4.8 保存到设备	20
4.9 验证和生成调试报告	21

5 安全现场总线

5.1 PROFIsafe	22
5.2 PROFIsafe 系统	22
5.3 PROFIsafe 帧	22
5.4 PROFIsafe 的参数化	23
5.5 PROFIsafe 看门狗时间	24
5.6 PROFIsafe 安全功能响应时间 (SFRT)	25
5.7 PROFIsafe 与 PROFIdrive 的集成	25
5.8 PROFIsafe 控制字	26
5.9 PROFIsafe 状态字	26
5.10 PROFInergy 支持	27

6 安装

6.1 安装带 +BEF2 的系统模块	28
---------------------	----

7 配置工具

7.1 概述	32
7.2 系统配置安全	32
7.3 准备 PC 连接	32
7.4 MyDrive Insight	32
7.4.1 安装 MyDrive® Insight	32
7.4.2 参数备份和恢复	33
7.4.3 执行出厂重置	33
7.4.4 更新软件	33

8 调试

8.1 调试安全	35
8.2 调试测试	35
8.3 调试检查表	35
8.4 安全功能 STO 的调试测试	36
8.5 时间受控型安全停止 1 (SS1-t) 安全功能的调试测试	37
8.6 验证和生成调试报告	37

9 操作和维护

9.1 功能测试概述	39
------------	----

9.2 诊断	39
9.3 高海拔地区的安装和维护	39
9.4 变频器更换	40
10 故障排查	
10.1 状态 LED	41
10.2 STO 功能和 STO 反馈输出的实例	41
10.3 安全功能故障恢复	42
10.4 事件列表	42
11 规格	
11.1 功能安全标准和性能	45
11.2 技术数据	46
11.2.1 数字输入、输出和辅助电压	46
11.2.2 风冷式系统模块和变频柜机的 PFH 和 PFD 数据	47
11.2.3 液冷式系统模块的 PFH 和 PFD 数据	47
11.3 工作条件	48
11.4 电缆规格	49

1 简介

1.1 本操作指南的目的

本操作指南提供有关 iC7 系统模块和变频柜机的功能安全部件的信息，面向已经熟悉 丹佛斯 iC7 系列的用户。它是变频器专用指南的补充。

本指南包括有关验证内置的功能安全部件是否已激活以及配置安全功能的操作说明。

1.2 其他资料来源

此外，还可利用其他资源帮助了解这些功能，以及安全安装和操作 iC7 产品：

- 安全指南，提供与安装 iC7 变频器相关的重要安全信息。
- 安装指南，涵盖变频器的机械和电气安装或功能扩展选项。
- 操作指南，其中包括有关控制选项和其他变频器组件的说明。
- 应用指南，提供针对特定最终用途设置变频器的说明。应用软件包的应用指南还概述了用于操作变频器的参数和值范围、带有推荐参数设置的配置示例以及故障排查步骤。
- 值得了解的变频器事实，可在 www.danfoss.com 下载。
- 其他补充出版物、图纸和指南，可从 www.danfoss.com 获取。

最新版本的丹佛斯产品指南可从 www.danfoss.com/en/service-and-support/documentation/ 下载。

1.3 缩略语

表 1: 与安全功能有关的缩略语

缩写	参考值	说明
FIT	-	失效时间。 1 FIT 对应于每运行 1E9 小时发生一次故障。
HFT	EN IEC 61508-4	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。
PFH	EN IEC 61508-4	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 61508-4	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	EN ISO 13849-1	要求的性能等级（特定安全功能的要求性能等级）。
SIL	EN IEC 61508-4	安全完整性级别
STO	EN IEC 61800-5-2	Safe Torque Off
SS1	EN IEC 61800-5-2	安全停止 1

1.4 商标

PROFIBUS® and PROFINET® are registered trademarks of PROFIBUS and PROFINET International (PI).

PROFIdrive® 是 PROFIBUS 和 PROFINET International (PI) 授权的注册商标。

PROFIsafe® 是 PROFIBUS 和 PROFINET International (PI) 授权的注册商标。

1.5 版本历史

我们将定期对本指南进行审核和更新。欢迎任何改进建议。

本指南的原语言为英语。

表 2: 版本历史

版本	备注	硬件和软件版本
AQ477043679710 ，版本 0203	有关功能测试的更新。	<ul style="list-style-type: none"> • 136B4311 (功能安全单元)：板版本 0.4.2 (修订版 B) 或更高，固件版本 4.8.0 或更高。 • 139Z9478 (安全接口板)：板版本 0.03.01 (修订版 C) 或更高，固件版本 4.8.0 或更高 • 139Z9493 (驱动板)：版本 H 或更高版本。 • 139Z9617 (驱动板)：版本 B 或更高版本。 • 70CVB02084 (驱动板)：版本 F.1 或更高版本。 • 139Z9562 (测量板)：版本 E 或更高版本。 • 70CVB02078 (测量板)：版本 F 或更高版本。
AQ477043679710 ，版本 0202	关于 Safe Torque Off 的小更新。	
AQ477043679710 ，版本 0201	增加了有关并联功率单元和 PROFIsafe 的信息。 3.2 功能安全系统说明 、 3.3.6 STO 反馈 、 6.1 安装带 +BEF2 的系统模块 、 9.1 功能测试概述 、 11.1 功能安全标准和性能 和 11.2.1 数字输入、输出和辅助电压 中的小更新。	
AQ477043679710 ，版本 0102	首次发布。 本版本中的信息适用于 iC7-Automation 风冷式系统模块、iC7-Hybrid 水冷式系统模块和 iC7-Marine 水冷式系统模块。	<ul style="list-style-type: none"> • 136B4311 (功能安全单元)：板版本 0.4.2 (修订版 B) 或更高版本，固件版本 3.1.0 或更高版本。 • 139Z9478 (安全接口板)：板版本 0.03.01 (修订版 C) 或更高版本，固件版本 3.1.0 或更高版本 • 139Z9493 (驱动板)：版本 H 或更高版本。 • 139Z9617 (驱动板)：版本 B 或更高版本。 • 70CVB02084 (驱动板)：版本 F.1 或更高版本。 • 139Z9562 (测量板)：版本 E 或更高版本。 • 70CVB02078 (测量板)：版本 F 或更高版本。

2 安全性

2.1 安全符号

丹佛斯文档中使用了下述符号。

 危险
表明某种危险情况，如果不避免该情况，将可能导致死亡或严重伤害。
 警告
表明某种危险情况，如果不避免该情况，将可能导致死亡或严重伤害。
 小心
表明某种危险情况，如果不避免该情况，将可能导致轻度或中度伤害。
注意
表明重要信息，但不涉及危险情况（例如，与财物损失相关的信息）。

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

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

2.2 由具备资质的人员处理功能安全

只有具备资质的人员才能安装、配置、调试、维护和停用功能安全部件和功能。功能安全部件方面具备资质的人员是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、设备和机械部件。

此外，他们还必须：

- 熟悉有关健康和/或事故预防的基本法规。
- 已阅读并理解本指南中提供的安全指导原则。
- 熟悉与特定应用有关的一般标准和专门标准。

集成了功率驱动系统的系统安装人员和系统集成商（安全相关）负责：

- 对应用进行危险和风险分析。
- 应用的总体安全。
- 确定所需的安全功能并为每个功能分配 SIL 或 PL，并确定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，比如硬件、软件和参数化等。

2.3 一般安全注意事项

安装或操作变频器时，请注意说明书中提供的安全信息。有关安装的安全指南的更多信息，请参阅变频器交付时随附的产品专用安全指南。有关操作变频器时的安全指导原则的更多信息，请参考产品专用指南。

注意

调试测试

安装安全功能后，执行调试测试。

初次安装以及每次对安装的系统或涉及 STO 的应用进行更改后，都必须对 STO 功能执行成功的调试测试。

如果调试测试失败，则无法保证安全运行。

警告



电击危险

STO 安全功能不提供电气安全。STO 功能自身不足以实现 IEC 60204-1:2018 规定的紧急停止功能。使用 STO 功能执行紧急停止可能会导致死亡或人身伤害。

- 紧急停止要求采取电气隔离措施，例如，通过另外的接触器切断主电源。

3 iC7 功能安全

3.1 功能安全选项

功能安全选项 +BEF2 包括 Safe Torque Off (STO) 和时间受控型安全停止 1 (SS1-t) 安全功能。带 +BEF2 的变频器还包括一个功能安全单元，可使用 MyDrive® Insight 配置功能安全参数。

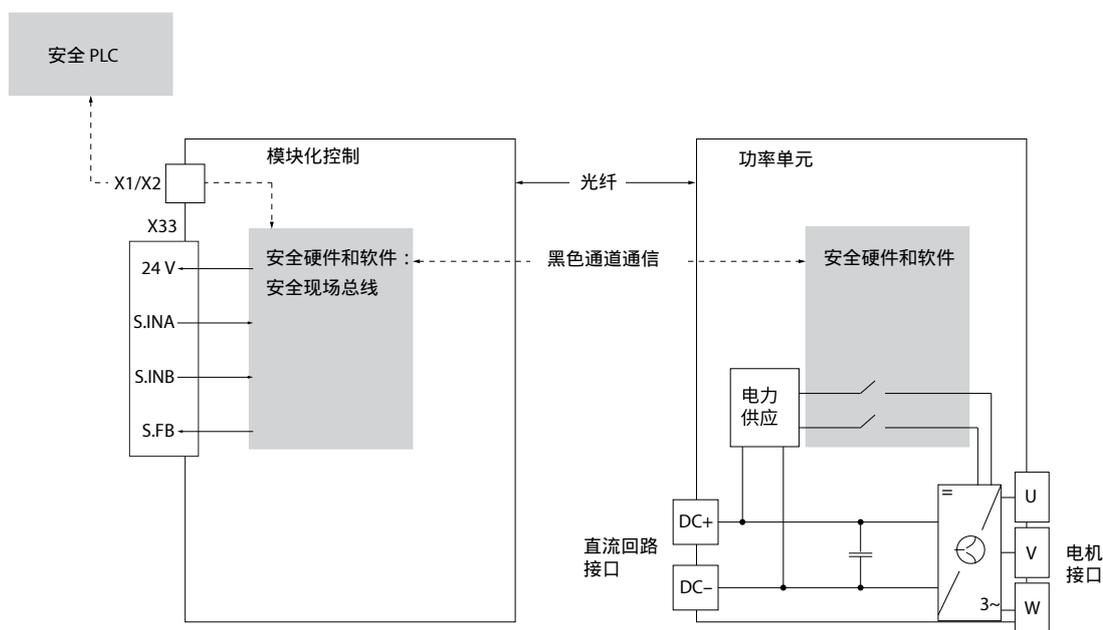
3.2 功能安全系统说明

根据标准 EN IEC 61800-5-2，在带 +BEF2 的 iC7 系统模块中，使用一个附加功能安全单元来实现安全功能。

功能安全单元处理安全 I/O 并监控主动安全功能。功能安全单元不处理变频器的控制。变频器可以通过变频器应用或外部过程控制系统等方式进行控制。

功能安全单元可通过数字 I/O 和安全现场总线（如适用）进行控制。

图 1 和 图 2 描述了带功能安全单元的变频器的系统架构。插图中的灰色区域表示部件与功能安全相关。虚线表示黑色通道通信，实线表示光缆连接。



e30b1329.11

图 1: iC7 功能安全系统架构，带有单功率单元和安全现场总线

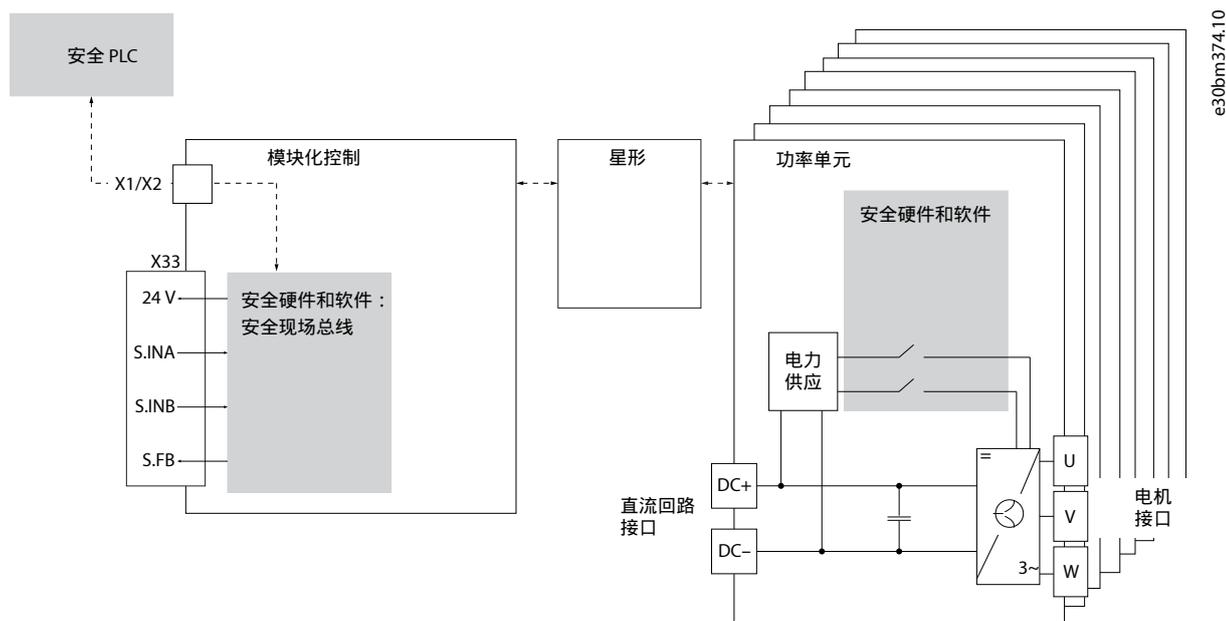


图 2: iC7 功能安全系统架构，带并联功率单元和安全现场总线

3.3 具有不同安全功能的系统模块

3.3.1 概述

带 STO 和 SS1-t (+BEF2) 的系统模块提供以下安全功能：

- Safe Torque Off (STO)。
- 时间受控型安全停止 1 (SS1-t)：电机在指定的减速时间内减速。在减速时间结束时激活 STO。

两种安全功能均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 "e"
- IEC 61508 和 EN 61800-5-2 中的 SIL 3

系统模块配有用于诊断目的的双通道电气绝缘输入和 STO 反馈信号。

如果一个或两个安全输入端未连接到 +24 V 信号，则安全功能将被激活。变频器无法进入 RUN 状态。有关详细信息，请参阅 [表 23](#)。

除非另有说明，否则，所有控制输入和输出与电源电压 (PELV) 和其他高压端子之间都采用电气隔离。

3.3.2 Safe Torque Off (STO)

注意

- 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。

Safe Torque Off (STO) 功能是安全控制系统的组件。STO 可防止设备生成电机旋转所需要的功率。除非另有说明或进行了配置，否则，STO 被定义为安全状态。

iC7 变频器具有以下特点：

- EN IEC 61800-5-2:2017 中定义的 Safe Torque Off (STO)
- 符合 EN IEC 60204-1:2018 中定义的停车类别 0。

带功能安全 + 代码 + BEF2 的 iC7 变频器具有 STO 功能。功能安全证书的附录中列出了特定的硬件修订版本。

3.3.3 STO 激活

STO 功能由以下原因之一激活：

- 一个外部请求。
- 违反其他安全功能的事件。
- 内部诊断检测到的故障。

安全停止 1 (SS1-t) 功能会在特定于应用的时间延迟（时间监控）过后激活 STO 功能。

在需要安全功能的情况下，使用 STO 功能停止变频器。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。

3.3.4 配置重启和确认行为

安全功能可以设置为要求对安全相关事件进行确认。这些事件包括设备上电或安全功能停用。

配置选项包括：

- **直接重启：**切换到运行状态不需要任何操作。
- **需要进行非安全确认：**需要通过选定的非安全输入进行确认。
- **需要安全确认：**需要通过选定的安全输入或安全现场总线进行确认。

! 重要: 如果问题仍然存在, 且设备仍处于错误模式, 请联系 丹佛斯。

注意

默认情况下, 禁用 STO 后防止意外重启不符合 SIL 2 或 SIL 3 要求。这适用于使用参数 **7.3.1 Safe Torque Off 响应** 配置手动重启时。

- 如果意外重启对安装至关重要, 则必须在激活 STO 后以及在正常启动情况下 (例如, 正常重启后) 通过使用 STO 来控制。
- 如果 STO 确认是安全功能的一部分, 则必须通过一般功能安全参数设置手动启动确认。有关参数 **手动启动确认** 的详细信息, 请参阅 [4.2 一般功能安全参数](#)。

小心

默认的重启行为设置为手动 (参数 **7.3.1 Safe Torque Off 响应=故障**)。

由于变频器始终在安全状态下启动, 因此, 在设备上电后也需要确认 STO 是否已释放。

- 可以通过选择自动重新启动来防止此情况发生, 启动完成后将清除安全状态 (参数 **7.3.1 Safe Torque Off 响应 = 警告**)。切换到“自动”模式之前, 确保满足 EN ISO 12100:2011 第 6.3.3.2.5 节的要求。或者, 可以通过一般功能安全参数设置手动启动确认。*有关详细信息, 请参阅 [4.2 一般功能安全参数](#)

1. 删除 STO 请求。

根据配置的不同, 这可以通过重新向安全输入端施加 24 V 直流电源或通过安全现场总线删除 STO 请求来实现。

2. 通过现场总线、数字 I/O 或控制面板发送复位信号。

通过将参数 **7.3.1 Safe Torque Off 响应** 的值从默认值 **故障** (手动复位) 设置为 **警告** (自动复位), 将 STO 功能设置为警告。警告意味着, 在安全输入端施加了 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。

3.3.5 安全输入属性

为了灵活适应安全系统，安全输入端包含以下属性：

- **端子的电隔离：**控制板上的功能安全 I/O 端子块具有单独的电气绝缘输入，支持交换安全输入端子的极性等操作，如 [图 11](#) 和 [图 13](#) 所示。
- **测试脉冲滤波：**多个控制模块使用测试脉冲模式（开/关测试）测试其安全输出，以识别短路或交叉电路引起的故障。当变频器的安全输入与控制模块的安全输出互连时，变频器将对测试信号做出响应。通过参数**稳定信号时间**（范围 1-5000 ms）配置测试脉冲模式期间的信号变化。在安全输入线路上忽略长度为参数**稳定信号时间**中配置的值的测试脉冲。还可以对短脉冲进行滤波，这可能导致错误激活安全功能。

有关参数**稳定信号时间**的详细信息，请参阅 [4.2 一般功能安全参数](#)。

注意

- 稳定的信号时间延长了安全功能的响应时间。响应时间过后，安全功能将被激活。
- 如果安全输入的信号不稳定，变频器将报告故障来做出响应。

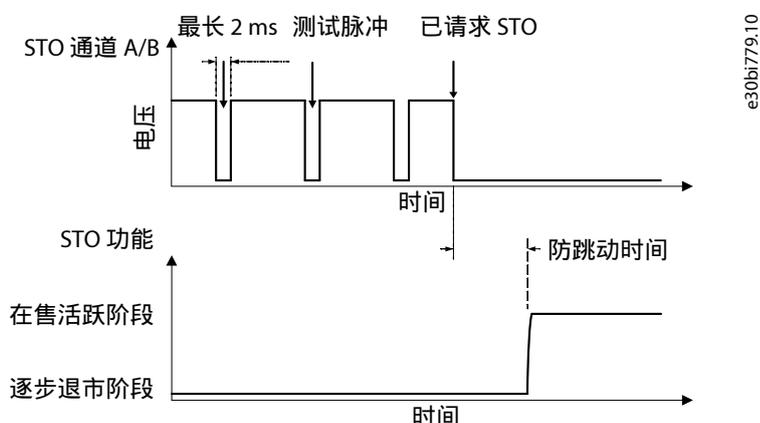


图 3: 测试脉冲滤波

- **异步输入容差：**安全输入端子上的输入信号并非始终同步。如果 2 个信号之间的差异超过 500 ms，变频器将报告 [表 23](#) 中所述的 IO 故障。此功能不会延迟安全功能的激活。

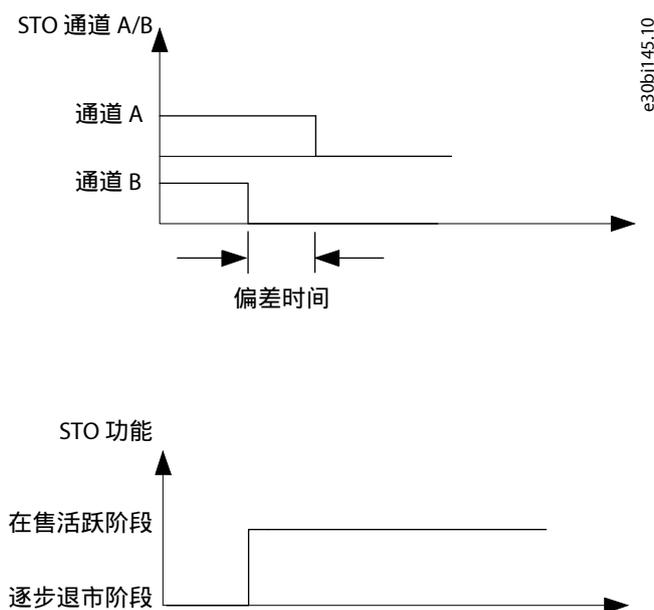


图 4: 偏差时间

3.3.6 STO 反馈

STO 反馈是一种单通道反馈信号，可用于提供状态信息。例如，在需要向安全系统提供诊断反馈的改装情况下，它可以帮助实现更好的系统级安全能力。



反馈信号不是安全功能的一部分，也没有安全完整性等级。

表 3: 带模块控制的系统的 STO 反馈实例

状态	反馈状态 ⁽¹⁾	其他信息
标准功能	断开	电机正在运行，并且没有安全功能被激活。STO 反馈断开。
达到 STO 状态	接通	已请求 STO，并达到安全状态。 达到 STO 状态，并与所有功率单元建立连接。STO 输出端已断开。
所需配置	断开	安全输入必须具有经过验证的配置，以确保所有功率单元都已达到安全输入状态。连接的功率单元是配置的一部分，如果没有经过验证的配置，安全输入不能假设与所有功率单元建立连接。
软件更新	断开	在软件更新期间，安全输出的状态不可靠。STO 输出端已断开。
引导加载程序和启动	断开	引导加载程序无法通信，也不知道功率单元上 STO 输出的状态。 启动时，尚未建立通信，安全输入卡不知道功率单元上安全输出的状态。
内部故障	断开	指示严重问题，例如，在 STO 电路中。不能假设安全 IO 知道所有 STO 输出端均已断开。
内部致命故障	断开	当发生致命的内部问题时触发，例如 CPU 或 RAM 故障。无法保证运行，也不能假设安全输出端可以断开。

1) 接通: STO_FB+ ⇒ STO_FB- 电路闭合 = 电流 = 逻辑 "0", 低侧驱动器配置。断开: STO_FB+ ⇒ STO_FB- 电路断开 = 无电流 = 逻辑 "1", 低侧驱动器配置。

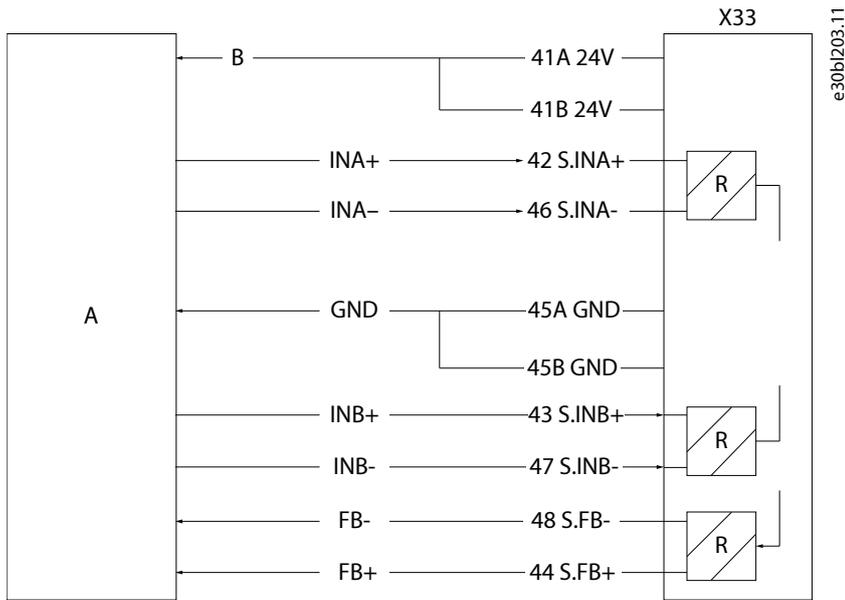


图 5: 带系统模块外部安全装置的 STO 反馈示例

A 外部安全设备	B 电源
-------------	---------

它还可用作提供状态信号的数字输出。在此情况下，负载可能是 PLC 的数字输入。

当一个或两个安全输入通道断开时，将激活 STO 和 STO 反馈。

对于 图 6 中的示例，STO 反馈的工作方式与接触器类似。

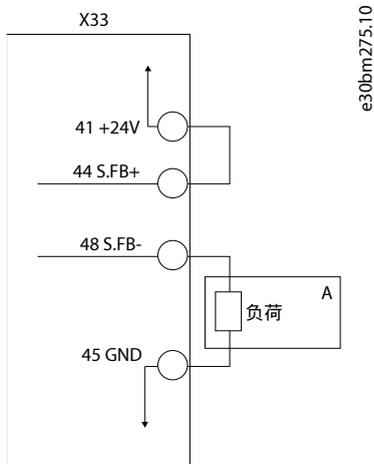


图 6: STO 反馈示例，STO 反馈用作接触器

A 外部安全设备

4 安全功能的参数

4.1 概述

功能安全配置在 MyDrive® Insight 中的设置和服务 > 功能安全 > 安全配置中完成。更改与功能安全相关的参数需要以管理员身份登录。

与应用软件相关的参数（例如，停用 STO 后的自动/手动重启行为）包含在参数组功能安全中。出厂默认设置值和其他预设值对于安全应用本身无效，必须检查所有参数值以确保配置适合应用。有关设置参数的更多信息，请参阅应用软件文档。

! 重要: 初次启动和修改配置或功能安全参数后，必须执行调试测试以验证各个安全功能能否正常使用。有关详细信息，请参阅 [8.4 安全功能 STO 的调试测试](#) 和 [8.5 时间受控型安全停止 1 \(SS1-t\) 安全功能的调试测试](#)。

功能安全部件的配置必须根据安全系统的安装和接线情况进行，包括以下步骤：

1. 一般参数配置
2. 故障配置
3. 系统模块配对
4. STO 配置
5. SS1-t 配置
6. 保存到设备
7. 验证参数
8. 确认配置
9. 生成调试报告

! 重要: 设备不支持功能安全相关参数的运行中参数化 (PiR)。为确保安全，只能在变频器停止时更改这些参数。无需停止变频器即可调整与功能安全无关的参数。

4.2 一般功能安全参数

表 4: 一般功能安全参数

参数名称 ⁽¹⁾	选项	默认值	说明
稳定信号时间 (A)	1-5000 ms	10	检测到信号变为低电平稳定之前的延迟。 此参数指定了除变频器中输入信号解释所指定的时间之外的延迟。
IO 故障确认输入 (B)	未选择	未选择	指定可与确认 IO 故障相关联的安全数字输入。
	安全输入 (X33)		
IO 故障确认的触发边沿 (C)	上升沿	上升沿	指定用于确认 IO 故障的边缘。
	下降沿		
释放 IO 故障时的重启行为 (D)	需要进行非安全确认	需要进行非安全确认	指定 IO 故障的重启行为。
	需要进行安全确认		
启动确认输入 (E)	未选择	未选择	指定可与启动确认关联的安全数字输入。
	安全输入 (X33)		

表 4: 一般功能安全参数 - ???

参数名称 ⁽¹⁾	选项	默认值	说明
启动确认的触发边缘 (F)	上升沿	上升沿	指定用于确认 IO 故障的边缘。
	下降沿		
手动启动确认 (G)	直接重启	直接重启	指定启动确认的重启行为。
	需要进行非安全确认		
	需要进行安全确认		

1) 参数在 MyDrive® Insight 的安全配置部分用字母标识。此表中每个参数的参数名称后面的字母在括号中给出。

4.3 故障配置

表 5: 故障配置参数

参数名称 ⁽¹⁾	选项	默认值	说明
IO 故障映射 (A)	STO	STO	将故障实例映射到 IO。
	SS1 的第一个实例		

1) 参数在 MyDrive® Insight 的安全配置部分用字母标识。此表中每个参数的参数名称后面的字母在括号中给出。

4.4 安全现场总线

表 6: 安全现场总线参数

参数名称 ⁽¹⁾	选项	默认值	说明
安全现场总线地址 (A)	1-65535	1	安全现场总线子系统及设备地址。
安全现场总线配置 (B)	假/真 (未勾选/勾选已启用复选框)。	假 (未勾选已启用复选框。)	指定是否启用安全现场总线。

1) 参数在 MyDrive® Insight 的安全配置部分用字母标识。此表中每个参数的参数名称后面的字母在括号中给出。

4.5 将控制单元和功率单元配对

先决条件:

为了保持系统完全正常工作，必须对控制单元和功率单元进行配对。设备配对可在设备之间建立安全的内部通信。可能需要在开始参数化前进行配对。默认情况下，新变频器的设备配对在出厂时已完成。

注意

出厂重置也会重置配对。

- 执行出厂重置后，必须对控制单元和功率单元进行重新配对，以便系统完全正常工作。

配对在 MyDrive® Insight 中完成。

1. 在 MyDrive® Insight 中，导航至设置和服务 > 功能安全 > 安全配置 > 系统模块配对。
2. 选择全部配对以配对单个设备或多个设备。

➡ 配对视图显示连接到系统模块的控制单元和功率单元。

4.6 Safe Torque Off (STO)

使用 Safe Torque Off (STO) 安全功能，可以禁用变频器的输出，以便变频器不会在电机轴中产生转矩。

STO 对应于 IEC 60204-1 中规定的 0 类停止（非受控停止）。可激活 STO 功能的事件包括：

- 一个外部请求。
- 违反其他安全功能的事件。
- 内部诊断检测到的故障。

注意

变频器始终在安全状态下启动，启动完成后自动清除。

- 当参数释放 STO 的重启行为被配置为需要确认时，设备上电时也需要确认，而不仅仅是安全功能脱离时。

表 7: STO 参数

参数名称 ⁽¹⁾	选项	默认值	说明
激活配置 (A)	断开（功能始终开启）	安全输入 (X33)	指定可与安全功能激活关联的安全数字输入。
	安全输入 (X33)		
	接通（功能始终关闭）		
释放 STO 时的重启行为 (B)	直接重启	直接重启	指定 STO 的重启行为。
	需要进行非安全确认		
	需要进行安全确认		
STO 重启确认的数字输入分配 (C)	未选择	未选择	指定可与 STO 重启确认关联的安全数字输入。
	安全输入 (X33)		
STO 重启确认的触发边沿 (D)	上升沿	上升沿	指定与 STO 重启确认关联的安全数字输入的更改。
	下降沿		

1) 参数在 MyDrive® Insight 的安全配置部分用字母标识。此表中每个参数的参数名称后面的字母在括号中给出。

4.7 时间受控型安全停止 1 (SS1-t)

时间受控型安全停止 1 (SS1-t) 安全功能以受控方式触发减速至 0，并在指定时间后激活 Safe Torque Off (STO) 安全功能。

安全功能的特点包括：

- 此安全功能安全停止 1 对应于 EN IEC 60204-1 中规定的 1 类停止（受控制动）。
- 电机变为无扭矩状态，消除了危险运动。

SS1-t 功能在时间监控模式下工作，并在特定于应用的时间延迟过后激活 STO 功能。

可以使用单独的参数集配置 2 个单独的 SS1 功能实例。

注意

- 请记住在参数组 7.4 SS1 SS2 中配置参数 7.4.1 安全停止 1 响应和 7.4.3 安全减速斜坡。
- 使用组 7.4 SS1 SS2 中参数的默认设置，当激活 SS1 功能时，在计时器最长时间到期后，将激活 STO，且不会对电机进行任何减速。

参数在 MyDrive® Insight 的安全配置部分用字母标识。对于 [表 8](#) 中的每个参数，该字母在参数名称后面的括号中给出。

表 8: SS1 参数

参数名称	选项	默认值	说明
SS1 实例 1			
激活配置 (A)	断开 (功能始终开启)	接通 (功能始终开启)	指定可与安全功能激活关联的安全数字输入。
	安全输入 (X33)		
	接通 (功能始终关闭)		
最长时间 (B)	2-3600000 ms	2 ms	停止过程的最长时间。
无法为 SS1-t 配置监测前的延迟 (C) ⁽¹⁾	1-60000 ms	1 ms	激活 SS1 后忽略减速的时间。
检测受限状态的延迟 (D) ⁽¹⁾	1-60000 ms	1 ms	在激活最终状态 (提前激活) 之前, 速度必须在限值范围内的时间。
减速限值 (E) ⁽¹⁾	1/500 转/(s*s)	0	用于减速的限值。 a_SS1 = 0 表示“无减速监控”。
速度限值 (F) ⁽¹⁾	2 [^] -16 转/秒	1	速度内的限值作为 0 被接受。
SS1 实例 2			
激活配置 (A)	断开 (功能始终开启)	接通 (功能始终关闭)	指定可与安全功能激活关联的安全数字输入。
	安全输入 (X33)		
	接通 (功能始终关闭)		
最长时间 (B)	2-3600000 ms	2 ms	停止过程的最长时间。
监控前的延迟 (C) ⁽¹⁾	1-60000 ms	1 ms	激活 SS1 后忽略减速的时间。
检测受限状态的延迟 (D) ⁽¹⁾	1-60000 ms	1 ms	在激活最终状态 (提前激活) 之前, 速度必须在限值范围内的时间。
减速限值 (E) ⁽¹⁾	1/500 转/(s*s)	0	用于减速的限值。 a_SS1 = 0 表示“无减速监控”。
速度限值 (F) ⁽¹⁾	2 [^] -16 转/秒	1	速度内的限值作为 0 被接受。

1) 参数 C-F。

小心

SS1 延迟功能不监控变频器的停止。与安全相关的时间允许变频器在激活 Safe Torque Off 之前停止, 并确保系统在激活 Safe Torque Off 之前停止。

如果发生故障, 变频器不会停止。无论变频器的速度如何, 它都会在延迟时间过后惯性停车。

使用 SS1 延迟可能会导致电机在激活 Safe Torque Off 时仍旋转。

- 机器的风险分析必须指明可以容忍这种行为。
- 可能需要使用联锁。

4.8 保存到设备

为应用配置安全参数后, 将其保存到设备。

1. 在 MyDrive® Insight 中, 导航至设置和服务 > 功能安全 > 安全配置 > 保存到设备。

2. 单击接受。

 参数将被验证，状态从就绪更新为验证。

4.9 验证和生成调试报告

对于带功能安全选项 +BEF2 的变频器，可以使用 MyDrive® Insight 生成调试报告。调试报告描述了变频器中安全相关参数的设置值。

1. 在 MyDrive® Insight 中，转到设备 > 设置和服务 > 功能安全 > 验证报告。
2. 转到设备 > 设置和服务 > 功能安全 > 调试报告，查看调试报告。

 调试所有安全功能后，单击右上角的下载图标下载 PDF 文件格式的报告。建议将调试报告的副本保存到外部位置。

3. 将验收测试报告保存在机器日志中。

该报告必须包括：

- 安全应用的说明。
- 安全应用中使用的安全组件的说明和修订版。
- 安全应用中使用的安全功能的列表。
- 所有安全相关参数及其值的列表。还建议列出与安全无关的参数和值。
- 启动活动的文档记录，包括对故障报告和故障解决方法的引用。
- 每个安全功能的测试结果、所有安全参数值，包括安全配置 CRC 值、测试日期和测试人员的确认。

4. 验证调试报告。
 - a. 检查硬件和配置信息是否正确，以及安全相关组件和子系统的软件版本是否正确。
 - b. 检查调试模块的信息是否与调试计划和调试报告中的信息一致。

 **重要:** 每次对系统进行更改或维护后，必须将新的验收测试报告保存在机器日志中。

5 安全现场总线

5.1 PROFIsafe

PROFIsafe 是标准传输系统 (PROFINET/PROFIBUS) 的附加安全协议。PROFIsafe 使用多种技术来确保现场总线通信的有效性和状态，使其能够可靠地与安全装置配合使用。

这些措施包括：

- 连续编号。
- 带确认的看门狗时间监控。
- 每个通信关系的代码名称。
- 循环冗余检查确保数据完整性。

通过不安全传输系统的通信被称为“黑色通道”。

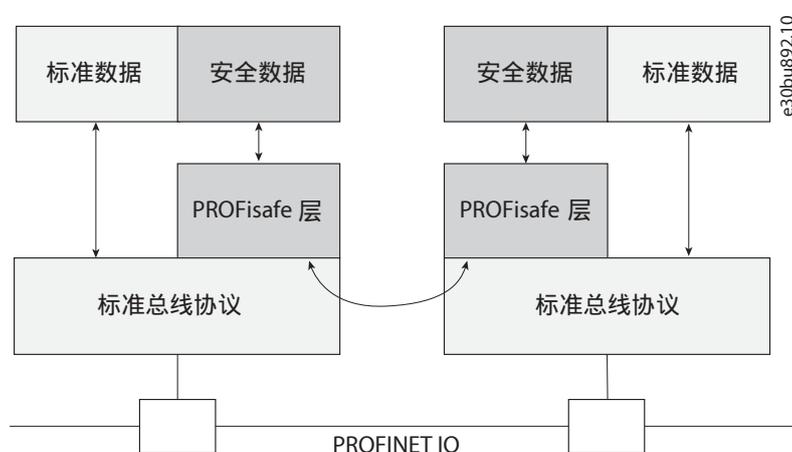


图 7: PROFIsafe 通信

5.2 PROFIsafe 系统

变频器可通过 PROFINET 与安全 PLC 通信。交换的数据包括与安全相关的数据和不安全的过程数据。对于安全相关数据，它通过 PROFIsafe 帧并匹配 PROFIdrive 格式。

变频器支持 PROFIsafe V2.4 和 V2.6。V2.6 向前兼容 V2.4。为了提供最大的灵活性和便利性，GSD 文件包含 2 个模块。根据要求选择以下模块之一，以设置 PLC 和变频器之间的通信：

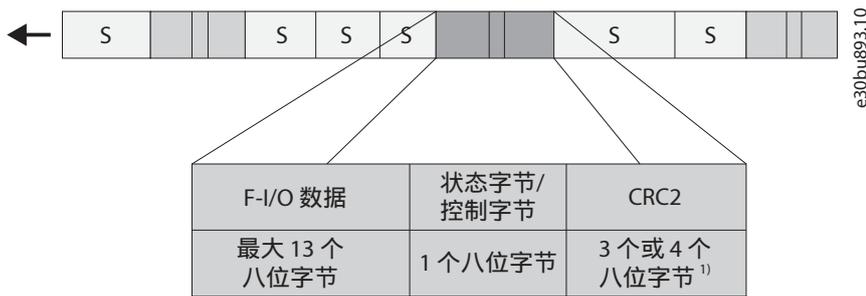
- 标准报文 30 (PROFIsafe 2.4)：3 个八位字节 CRC 校验和
- 标准报文 30 (PROFIsafe 2.6.1)：4 个八位字节 CRC 校验和

5.3 PROFIsafe 帧

PROFIsafe 帧在安全 PLC (F 主机) 和安全从属设备 (F 设备) 之间交换，其中包括：

- 安全 I/O 数据 (F-I/O)，用于控制变频器安全过程。
- 用于 PROFIsafe 通信的状态/控制字节。
- 确保帧有效性的 CRC 签名。

iC7 ?????? > ???? > ??????



1) PROFIsafe V2.4 对应 3 个八位字节，而 PROFIsafe V2.6 对应 4 个八位字节。

图 8: PROFIsafe 帧的结构 (S=标准帧)

要指示、监控和设置 F 设备的安全状态，请参阅 [表 9](#) 和 [表 10](#) 中的状态和控制字节说明。

有关详细信息，请参阅 PROFIsafe - PROFIBUS DP 和 PROFINET IO 技术规格的安全技术配置文件。

表 9: PROFIsafe 状态字节说明

位	信号	说明
0	iPar_OK	未使用。
1	Device_Fault	F 设备中的故障
2	CE_CRC	通信故障: CRC
3	WD_timeout	通信故障: 看门狗超时
4	FV_activated	故障安全值 (FV) 已激活。
5	Toggle_d	切换位 (F 设备)
6	Cons_nr_R	连续号码已被重置。
7	-	预留

表 10: PROFIsafe 控制字节说明

位	信号	说明
0	iPar_EN	未使用。
1	OA_Req	操作员确认
2	R_cons_nr	重置连续编号
3	-	预留
4	Activate_FV	要激活的故障安全值 (FV)。
5	Toggle_h	切换位 (F 主机)
6	-	预留
7	-	预留

5.4 PROFIsafe 的参数化

使用 PROFIsafe 时，协议要求将特定的安全参数 (F 参数) 从 F 主机发送到 F 设备。这些参数值必须通过 MyDrive® Insight 设置为变频器，并通过其配置工具设置为 F 主机。在启动过程中，F 主机上的值会传输到变频器，变频器会根据变频器上的值来检查这些值。为 F 主机和 F 设备配置的值必须相同才能启动安全通信。

每当通信通道 (PROFINET) 循环通信时，安全层就会启动。PROFIsafe 协议初始化失败不会影响 PROFINET 循环通信。PROFINET 循环通信可用于在 PROFIsafe 参数化失败时读取诊断信息。

表 11: 安全 PLC 中的设置

下限	说明
F 源地址	PLC 的 PROFIsafe 地址。
F 目标地址	该值必须与变频器上的 F 目标地址相同。
F_WD_Time	该值必须与变频器上的 F_WD_Time 相同。
安全报文和安全报文的 F-I/O 数据	该值必须与变频器中的安全报文相同。F-I/O 数据必须按照 5.8 PROFIsafe 控制字 和 5.9 PROFIsafe 状态字 中的表中所述进行映射。

以下与 PROFIsafe 相关的参数无法在变频器中编辑。在安全 PLC 与变频器中的网关芯片通过 PROFIsafe 通信时，它们必须具有相同的值。下表中的值在现场总线 GSD 描述文件中定义，该文件由丹佛斯为变频器中的网关芯片提供，不得修改。

! 重要: 变频器具有类型 1 的 F-Address-Check, 这意味着变频器仅检查 F_DestAdd。

! 重要: 执行调试测试以确保变频器的 iParameter 正确。

表 12: 不可编辑的 F 参数

参数	下限	单位	说明
F 校验 iPar	0 = NoCheck	-	特定于制造商的 iPar 检查。
F CRC 长度	0 = 3 字节或 4 字节 CRC ⁽¹⁾	-	CRC2 签名长度。
F 块 ID	1 = F 参数块内的 F iPar CRC	-	参数块类型标识。
F Par 版本	1 = V2 模式	-	F 参数的版本号。
F SIL	8 = SIL 3	-	使用的 F 设备 SIL 级别。

1) 取决于 PROFIsafe 版本: V2.4, 3 字节 CRC ; V2.6, 4 字节 CRC。

5.5 PROFIsafe 看门狗时间

使用 F 参数看门狗时间 (F_WD_Time) 确定 F 主机和 F 设备之间的通信看门狗时间。

最短看门狗时间包括 4 部分:

- DAT = 设备确认时间。F 设备接收一个帧，对其进行处理，并准备要发送的新帧。
- 总线 = 从变频器到 F 主机的帧传输时间。
- HAT = 主机确认时间。F 主机接收一个帧，处理它并生成一个新帧。
- 总线 = 从 F 主机到变频器的帧传输时间。



图 9: PROFIsafe 看门狗时间

有时，很难确定用于计算看门狗时间的总线传输时间。有关周期的更多信息，请参阅特定现场总线的用户指南。F_WD_Time 可通过下述公式计算： $F_WD_Time = DAT + HAT + 2 \times BT$

表 13: 看门狗时间的组成部分

符号	名称	说明
DAT	设备确认时间	整个变频器系统为 60 ms。
HAT	主机确认时间	针对不同应用。
BT	总线周期	总线周期。

F 参数 F_WD_Time 的值必须略大于 DAT、HAT 和 2 倍总线传输时间之和。建议不要超过计算值 30%。设置较短的看门狗时间不会影响系统的安全性，但会导致故障并使变频器跳闸。

例如，如果 HAT 为 4 ms，而 PROFINET 周期时间为 4 ms，则 F_WD_Time 应设置为：

$$F_WD_Time = (DAT + HAT + 2 \times BT) \times 1.3 = (60ms + 4ms + 2 \times 4ms) \times 1.3 = 94ms$$



附注: 如果存在极端电磁干扰，通信系统将使用重试机制来提高系统稳健性。设置 F_WD_Time 之前，建议查找每个连接的重试次数，必要时调整最短看门狗时间。

5.6 PROFIsafe 安全功能响应时间 (SFRT)

PROFIsafe 指定了安全功能响应时间 (SFRT)，在此期间，安全系统必须对系统中的故障做出反应。SFRT 包括所有单个延迟，包括总线传输时间。所有这些元素都有最小和最大延迟，实际延迟可能位于这些值之间的某个位置。出于安全原因，每个通信周期都有自己的看门狗时间 WDTIME_i，如果在该通信周期中发生故障，则在该时间之后激活安全状态。

使用以下公式计算安全功能响应时间：
$$SFRT = \sum_{i=1}^n WCDT_i + \max_{i=1,2,\dots,n} (WDTIME_i - WCDT_i)$$

表 14: 安全功能响应时间计算公式的组成部分

缩写	定义
SFRT	安全功能响应时间
WCDT _i	实体 i 的最差情况延迟时间
WDTIME _i	实体 i 的看门狗时间。请参考 5.5 PROFIsafe 看门狗时间 。

将最差情况延迟时间与安全系统的各组成部分相加，得到最差情况下的总延迟时间，如 [表 15](#) 中所述。

表 15: 时间参数

设备	最差情况延迟时间	看门狗时间
完整的变频器系统	120 ms	建议为 250 ms 或更长时间

5.7 PROFIsafe 与 PROFIdrive 的集成

变频器支持 PROFIsafe 标准报文 30。以下章节介绍 PROFIsafe 与 PROFIdrive 相集成的 30 位标准报文。在 PLC 程序中，使用位而不是字节来对安全功能进行寻址。

字节 0 专用于 PROFIsafe 与 PROFIdrive 的集成，而字节 1 专用于供应商。

5.8 PROFIsafe 控制字

表 16: PROFIsafe 控制字

字节	位	名称	其他信息
字节 0	0	STO	-
	1	SS1_INSTANCE_1	-
	2-6	不支持	不支持的位设置为 0。
	7	INTERNAL_EVENT_ACK	-
字节 1	0	ACK_SAFETY	-
	1-7	不支持	不支持的位设置为 0。

- 字节 0 位 0, STO
 - 位 0.0=0, Safe Torque Off (零激活)。
 - 位 0.0=1, 无 Safe Torque Off。
- 字节 0 位 1, SS1_INSTANCE_1
 - 位 0.1=0, 安全停止 1 (0=激活)。
 - 位 0.1=1, 无安全停止 1。
- 字节 0 位 7, INTERNAL_EVENT_ACK
 - 当此位值从 1 变为 0 (1→0 边沿) 时, 将向安全故障缓冲区发出确认。安全故障缓冲区中的故障条目移至最后确认的故障情况。仍存在或无法确认的故障会在实际故障情况下再次出现。有关详细信息, 请参阅 www.profibus.com 上的 PROFIdrive 配置文件说明。
- 字节 1 位 0, ACK_SAFETY
 - 确认 STO 的安全功能 (1 → 0)

5.9 PROFIsafe 状态字

表 17: PROFIsafe 状态字

字节	位	名称	其他信息
字节 0	0	POWER_REMOVED	如果 STO 由安全 DI 或 SS1 计时器等触发, 此位还表示“已激活”。
	1	SS1_INSTANCE_1	例如, 如果 SS1 由安全 DI 等触发, 此位还表示“已激活”。
	2-6	不支持	不支持的位设置为 0。
	7	INTERNAL_EVENT	-
字节 1	0	SAFETY_EVENT	-
	1-2	不支持	不支持的位设置为 0。
	3	SAFE_INPUT	安全输入端子 X33 的状态
	4-7	不支持	不支持的位设置为 0。

- 字节 0 位 0, STO
 - 位 0.0=0, Safe Torque Off 未激活。
 - 位 0.0=1, Safe Torque Off 激活 (1=激活)。

- 字节 0 位 1, SS1_INSTANCE_1
 - 位 0.1=0, 安全停止 1 实例 1 未激活。
 - 位 0.1=1, 安全停止 1 实例 1 (1=激活)。
- 字节 0 位 7, INTERNAL_EVENT
 - 位 0.7=0, 无安全故障。
 - 位 0.7=1, 存在安全故障。
- 字节 1 位 0 SAFETY_EVENT
 - 1: 未确认的安全功能已激活 (STO)。变频器中的安全节点需要通过 ACK_SAFETY 或本地安全输入进行确认。
 - 0: 不需要进行确认。
- 字节 1 位 3 SAFE_INPUT
 - 1: 本地安全输入处于已请求状态。
 - 0: 本地安全输入未处于已请求状态。

5.10 PROFlenergy 支持

此设备支持 PROFlenergy 1.3 版, 可参与电机驱动器用例的能效管理。管理通常由全系统 PLC 协调。

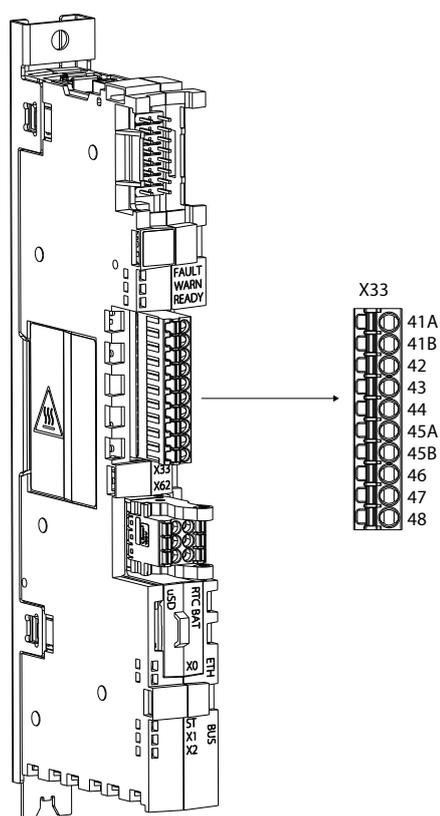
6 安装

6.1 安装带 +BEF2 的系统模块

先决条件:

对于电机连接、交流主电源连接和控制接线，请按照变频器附带的文档中的安全安装说明操作。

所有与功能安全相关的接线都必须在接线盒 X33 上完成。有关端子的位置，请参阅 [图 10](#)。



e30bj417.10

图 10: 模块控制装置中的功能安全端子

表 18: 系统模块中的功能安全 I/O 端子 (X33) 功能

编号	端子名称	功能
41A ⁽¹⁾	24 V	+ 24 V DC 输出
41B ⁽¹⁾	24 V	+ 24 V DC 输出
42	S.INA+	+ 安全输入通道 A
43	S.INB+	+ 安全输入通道 B
44	S.FB+	+ STO 反馈
45A ⁽¹⁾	GND	0 V/GND
45B ⁽¹⁾	GND	0 V/GND
46	S.INA-	- 安全输入通道 A

表 18: 系统模块中的功能安全 I/O 端子 (X33) 功能 - ????

编号	端子名称	功能
47	S.INB-	- 安全输入通道 B
48	S.FB-	- STO 反馈

1) 端子 41A、41B、45A 和 45B 具有双引脚，便于连接。

由于安全输入采用电气隔离，接线中可能存在各种连接和不同极性。

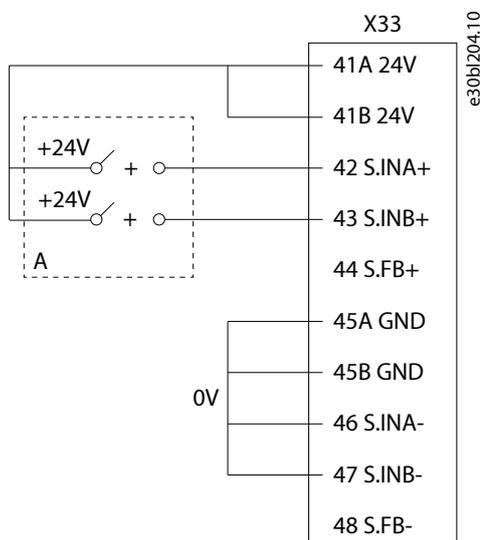
有关连接示例，请参阅 [图 11](#) 和 [图 13](#)。

支持两个通道上具有相同电压水平 (+24 V) 的设置，但也支持具有不同电压水平 (+24 V 和 GND) 的设置。

注意

危险电压等级

- 为避免电压堆叠和漂移到危险水平，请将变频器的 GND PELV 和外部安全装置相互连接。



A 安全驱动器

图 11: 使用相同极性的带 +BEF2 的系统模块的 STO 连接示例

注意

开关 S.INA- 或 S.INB- 信号

切换 S.INA- 或 S.INB- 信号时，必须进行周期性测试，以确保符合 EN IEC 61800-5-2。这种做法对于防止安全输入中潜在的休眠故障积聚至关重要。

- 为了保持安全系统的完整性，需要通过请求对安全输入进行周期性测试：
 - PL e 或 SIL3 要求每 3 个月执行一次功能测试，以检测安全输入有无故障或失灵。
 - PL d 或 SIL2 要求每 12 个月执行一次功能测试，以检测安全输入功能有无故障或失灵。
- 按照调试测试顺序执行测试。有关操作说明，请参阅 [8.4 安全功能 STO 的调试测试](#) 和 [8.5 时间受控型安全停止 1 \(SS1-t\) 安全功能的调试测试](#)。请参阅 [10.4 事件列表](#) 以清除测试期间出现的任何故障或警告。
- 如果 S.INA- 或 S.INB- 信号始终连接至 GND 电势且未切换，则变频器无需进行此周期性测试。

7 配置工具

7.1 概述

MyDrive® Insight 是一款用于调试、设计和监控变频器的与平台无关的软件工具。MyDrive® Insight 还用于配置变频器的参数。MyDrive® Insight 是设置 iC7 变频器的标准安全相关功能和特征的唯一工具。功能安全单元和安全现场总线需要 MyDrive® Insight。

有关 MyDrive® Insight 功能的详细信息，请查看 MyDrive® Insight 中的联机帮助。

7.2 系统配置安全

iC7 变频器配备有必需且可配置的安全功能，可防止未经授权访问变频器，确保与变频器的安全连接，并保护变频器免受未经授权的软件修改。

有关应用软件中包含的安全功能的详细信息，请参阅应用软件文档。

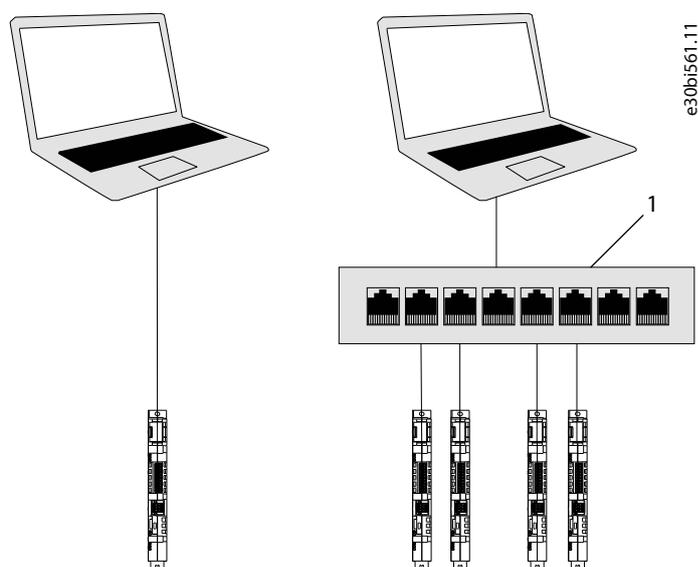
可配置的安全功能可根据应用要求进行调整。与安全相关的参数受密码保护。

7.3 准备 PC 连接

按照这些说明通过 RJ45 电缆将一个或多个变频器连接到 PC。

1. 将 RJ45 电缆连接到 PC。

要同时连接多个变频器，请在 PC 和控制单元之间使用以太网开关。



- 1 以太网开关

图 14: 将变频器连接到 PC

2. 将来自 PC 或以太网开关的电缆连接到变频器控制单元上的以太网端口 X0。
3. 有关后续步骤的信息，请参阅应用指南。

7.4 MyDrive Insight

7.4.1 安装 MyDrive® Insight

1. 要安装该工具，请转到 <https://suite.mydrive.danfoss.com/content/tools>。
2. 安装 MyDrive® Insight。

有关如何使用该工具的更多信息，请参阅 MyDrive® Insight 中的联机帮助。

3. 使用 MyDrive® Insight 将变频器连接到 PC。

7.4.2 参数备份和恢复

使用 MyDrive® Insight 中的参数备份和恢复功能，可备份和恢复全部或部分变频器参数。

1. 以管理员身份登录 MyDrive® Insight®。
2. 转到设备 > 设置和服务 > 参数 > 实时。
3. 单击菜单栏中的创建备份/恢复。

下一步做什么: 有关详细信息，请参阅 MyDrive® Insight 文档。

7.4.3 执行出厂重置

可以分别为每个参数组或所有设置执行出厂重置。

1. 在 MyDrive® Insight 中，转到设备 > 设置和服务 > 恢复 > 选择恢复内容。
 - 要重置所有设置，请选择所有设置。
 - 要仅重置功能安全设置，请选择功能安全配置变量。

⚠ 执行出厂重置后，所有参数都处于未调试状态，值将恢复为默认值。出厂重置还会将用户名和密码都重置为默认值。必须重新配置参数，或者从备份中恢复参数。

注意

执行出厂重置后，必须检查并重新设置所有参数。

- 还必须检查未使用的安全功能参数。例如，即使仅使用 STO 功能，也必须检查 SS1 功能的参数，反之亦然。

7.4.4 更新软件

先决条件:

注意

- 更新过程中，变频器不得运行。
- 更新与功能安全相关的软件需要使用变频器中的默认管理员帐户登录 MyDrive® Insight。

软件更新期间，请勿断开电源或重启设备。强烈建议在更新任何软件之前创建当前参数的备份，以防在软件更新完成后需要恢复参数。有关操作说明，请参阅 [7.4.2 参数备份和恢复](#)。

1. 以管理员身份登录 MyDrive® Insight。
2. 在 MyDrive® Insight 中，转到设备 > 设置和服务 > 软件更新。
3. 要更新软件，请选择要在变频器中更新的文件。
4. 如果相关，请选择允许设备重启，以允许设备在更新完成后重启。此选项是可选的。
5. 检查安装的版本、可用版本和状态。
6. 单击更新。
7. 检查警报消息，然后单击是/否。
8. 单击完成确认并完成更新。

9. 验证软件更新是否成功。
 - a. 转到设备信息 > 扩展设备信息然后验证固件版本。
 - b. 运行调试测试。

每次修改涉及安全功能的应用的安装后，都需要进行调试测试。有关详细信息，请参阅 [8.2 调试测试](#)。

下一步做什么: 有关详细信息，请参阅 MyDrive® Insight 文档。

软件更新故障排查

1. 重启设备。
2. 检查设备是否处于正常状态以及是否存在错误。
3. 检查软件包版本和兼容性，然后重试软件更新。

如果问题仍然存在，且设备仍处于错误模式，请联系丹佛斯。

8 调试

8.1 调试安全

调试或重新调试系统时，请注意以下事项：

- 按照规定保护现场，例如屏障或警告标志。只有具备资质的人员才能调试或重新调试系统。
- 检查机器控制系统的文档，了解详细信息和规格。
- 确保在调试或重新调试期间，即使设备或机器意外移动，也不会造成人身伤害或财产损失。
- 开始调试之前，请阅读变频器专用文档中的所有安全指南和预防措施。
- 在不安全或降低安全性的情况下运行系统时，请遵守适用的法律和法规。
- 请注意，调试报告侧重于 iC7 功能安全，不一定足以测试和记录系统或机器中的所有安全功能。

8.2 调试测试

具有安全功能的系统的调试测试侧重于检查变频器系统中配置的安全功能能否正常使用。测试目的是检验定义的安全功能的配置是否正确，并检查特定监控功能对超出容差限制的值的显式输入的响应。测试必须涵盖最终设置中运行的所有变频器专用安全功能。

需要进行调试测试：

- 配置每台机器后
- 对变频器安全配置进行任何更改后
- 更改机器后（根据适用的标准和法规）
- 更换整个变频器或任何与安全相关的硬件或软件后。

在调试期间和之后：

- 记录测试的各个步骤。
- 在记录中记录变频器安全配置的校验和。
- 除非系统已成功通过测试的所有步骤，否则，不要释放系统。
- 重新启动变频器并检查电机是否正常运行。

注意

调试测试

安装安全功能后，执行调试测试。

初次安装以及每次对安装的系统或涉及 STO 的应用进行更改后，都必须对 STO 功能执行成功的调试测试。

如果调试测试失败，则无法保证安全运行。

8.3 调试检查表

系统集成商/机器制造商必须对 iC7 安全功能进行调试测试，以验证和记录安全配置的正确性。系统集成商/机器制造商特此证明已测试所用安全功能的有效性和完整性。必须根据风险分析执行调试测试。必须遵守所有适用的标准和法规。

在调试测试之前：

- 检查机器是否正确连接。
- 所有安全设备（如防护门监控装置、光栅或紧急停止开关）都已连接并准备好操作。
- 变频器上的所有电机参数和命令参数均已正确设置。

表 19: 系统模块的调试检查单

检查类型	任务	已批准
机械安装	检查设备是否已按照交付时随附的文档进行安装。	<input type="checkbox"/>
	检查工作条件是否在允许范围内。	<input type="checkbox"/>
	检查是否已从安装区域移除包装材料和工具。	<input type="checkbox"/>
电气安装	检查是否安装了适当的电源（输入功率）保险丝。	<input type="checkbox"/>
	24 V 直流电源已正确连接，并通过应变消除装置固定，且供电电压连接极性正确。	<input type="checkbox"/>
	I/O 接线已适当夹紧、进行标记并紧固和配置保护装置。	<input type="checkbox"/>
功能安全调试	需要安全功能时，检查系统是否处于运行状态。	<input type="checkbox"/>
	确保确认方法已针对应用进行了适当配置（例如，手动或自动确认）。	<input type="checkbox"/>
	通过请求激活安全功能。	<input type="checkbox"/>
	验证系统是否按预期运行。	<input type="checkbox"/>

8.4 安全功能 STO 的调试测试

表 20: STO 的调试测试

测试过程	已批准
1 打开 INU 的电源。	<input type="checkbox"/>
2 确保正确配置其他 STO 功能参数。	<input type="checkbox"/>
3 确认不存在安全故障。	<input type="checkbox"/>
4 确保电机运行并以自由停车形式停止。	<input type="checkbox"/>
5 使用系统模块驱动电机的同时（即主电源未断开的情况下），使用安全装置断开 STO 输入端子的 24 V 直流电源。	<input type="checkbox"/>
6 确保在 STO 请求后立即激活变频器 STO。	<input type="checkbox"/>
7 如果使用 STO 反馈，请检查 STO 反馈的状态以验证 STO 已激活。请参考图 5。	<input type="checkbox"/>
8 确认电机是否惯性停车。 电机停止可能需要很长时间。	<input type="checkbox"/>
9 如果安装了控制面板，请检查控制面板上是否显示 STO 已激活。 如果未安装控制面板，请检查事件日志中是否记录了 STO 激活。	<input type="checkbox"/>
10 再次向 STO 输入施加 24 V 直流电压。	<input type="checkbox"/>
11 如果故障配置为直接重启：通过解除故障，电机将能够以原先速度范围内的速度工作和运行。 如果未使用自动确认：设置确认（例如，使用确认按键）。 确认在安全参数中进行配置。	<input type="checkbox"/>
12 检查变频器中是否有意外错误。	<input type="checkbox"/>
13 确保电机以原先速度范围工作和运行。	<input type="checkbox"/>

8.5 时间受控型安全停止 1 (SS1-t) 安全功能的调试测试

表 21: 使用时间受控型安全停止 1 (SS1-t) 功能对 STO 应用进行调试测试

测试过程	已批准
1	<input type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/>
3	<input type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/>
5	<input type="checkbox"/>
6	<input type="checkbox"/>
7	<input type="checkbox"/>
8	<input type="checkbox"/>
9	<input type="checkbox"/>
10	<input type="checkbox"/>
11	<input type="checkbox"/>

8.6 验证和生成调试报告

对于带功能安全选项 +BEF2 的变频器，可以使用 MyDrive® Insight 生成调试报告。调试报告描述了变频器中安全相关参数的设置值。

1. 在 MyDrive® Insight 中，转到设备 > 设置和服务 > 功能安全 > 验证报告。
2. 转到设备 > 设置和服务 > 功能安全 > 调试报告，查看调试报告。

➔ 调试所有安全功能后，单击右上角的下载图标下载 PDF 文件格式的报告。建议将调试报告的副本保存到外部位置。

3. 将验收测试报告保存在机器日志中。

该报告必须包括：

- 安全应用的说明。
- 安全应用中使用的安全组件的说明和修订版。
- 安全应用中使用的功能列表。
- 所有安全相关参数及其值的列表。还建议列出与安全无关的参数和值。
- 启动活动的文档记录，包括对故障报告和故障解决方法的引用。
- 每个安全功能的测试结果、所有安全参数值，包括安全配置 CRC 值、测试日期和测试人员的确认。

4. 验证调试报告。
 - a. 检查硬件和配置信息是否正确，以及安全相关组件和子系统的软件版本是否正确。
 - b. 检查调试模块的信息是否与调试计划和调试报告中的信息一致。

! 重要: 每次对系统进行更改或维护后, 必须将新的验收测试报告保存在机器日志中。

9 操作和维护

9.1 功能测试概述

变频器中的安全功能不需要定期执行验证测试。根据安全输入的配置，可能需要周期性测试以确保变频器符合相关标准。



附注: 安全输入电路仅诊断冗余输入之间的差异。因此，必须考虑对输入安全的输入接线进行任何验证测试或诊断。请参阅特定于应用的标准和要求，了解计划的功能和验证测试。

注意

开关 S.INA- 或 S.INB- 信号

切换 S.INA- 或 S.INB- 信号时，必须进行周期性测试，以确保符合 EN IEC 61800-5-2。这种做法对于防止安全输入中潜在的休眠故障积聚至关重要。

- 为了保持安全系统的完整性，需要通过请求对安全输入进行周期性测试：
 - PL e 或 SIL3 要求每 3 个月执行一次功能测试，以检测安全输入有无故障或失灵。
 - PL d 或 SIL2 要求每 12 个月执行一次功能测试，以检测安全输入功能有无故障或失灵。
- 按照调试测试顺序执行测试。有关操作说明，请参阅 [8.4 安全功能 STO 的调试测试](#) 和 [8.5 时间受控型安全停止 1 \(SS1-t\) 安全功能的调试测试](#)。请参阅 [10.4 事件列表](#) 以清除测试期间出现的任何故障或警告。
- 如果 S.INA- 或 S.INB- 信号始终连接至 GND 电势且未切换，则变频器无需进行此周期性测试。

变频器安全系统的使用寿命为 20 年。20 年后，必须更换整个装置。



警告

与安全相关的功能中的部件故障

如果与安全相关的功能发生部件故障，则必须由授权人员更换变频器。

- 不允许以任何方式修改或维修安全电路。

9.2 诊断

iC7 变频器包括许多诊断功能，以确保安全功能的完整性。诊断包括温度监控、内部电压监控和安全功能监控等。变频器会发出与功能安全相关的故障代码（如果有）。有关与安全相关的故障代码，请参阅 [10.4 事件列表](#)。

诊断测试间隔 (DTI) 取决于安全功能和诊断功能。[11.1 功能安全标准和性能](#) 中列出了每个安全功能的最大 DTI 和故障反应时间 (FRT)。

如果功能安全相关诊断检测到故障，则相关安全功能始终设置为安全状态。

多个未检测到的硬件故障可能会导致进入外部 STO 请求不会促使电机断电的模式。[11.2.2 风冷式系统模块和变频柜机的 PFH 和 PFD 数据](#) 和 [11.2.3 液冷式系统模块的 PFH 和 PFD 数据](#) 中列出的 PFH/PFD 值反映了此故障的出现概率。任何其他与 STO 相关的内部故障都会直接导致在未请求的情况下激活 STO 功能，或仅影响 2 个冗余 STO 通道中的一个。

9.3 高海拔地区的安装和维护

如果在高海拔地区使用变频器，则必须采取额外措施以确保安全系统的完整性。由于安全系统包括受宇宙辐射影响的控制器，因此，必须考虑到高海拔地区的宇宙射线流量较高。宇宙射线的流量越高，影响控制器的软错误率 (SER) 的风险就越高。

为了减轻此问题，必须根据安装位置的海拔高度定期更新安全系统控制器软件。软件更新将重写安全系统的只读存储器 (ROM)。每次变频器启动时，随机访问存储器 (RAM) 都会重新初始化。这些操作会清除存储器中可能由宇宙射线引起的任何未检测到的故障。

由于 SER 会影响变频器的 PFD 和 PFH 值，因此，高海拔会影响安全系统的性能。PFD 和 PFH 值针对不同的海拔高度给定，给定值假设安全系统软件已根据 [11.2.2 风冷式系统模块和变频柜机的 PFH 和 PFD 数据](#) 和 [11.2.3 液冷式系统模块的 PFH 和 PFD 数据](#) 更新，并且相应地遵循所有维护程序。

9.4 变频器更换

如果内部故障导致永久缺陷，则必须更换变频器。安全系统模块不可维修。

更换存在故障的变频器后，必须进行调试。有关调试变频器的详细信息和说明，请参阅产品专用指南，并遵循调试一章中所述的过程。

10 故障排查

10.1 状态 LED

表 22: 状态 LED

LED	颜色	状态	含义
就绪	白色	关	检查并确定： <ul style="list-style-type: none"> 变频器的电源已关闭。 变频器尚未就绪。
		闪烁	变频器正在启动。
		稳定	当前没有故障，变频器已准备就绪，可以运行。
警告	橙色	关	没有警告。
		稳定	变频器未准备好运行。检查并确定： <ul style="list-style-type: none"> 需要进行安全配置。 需要 STO 激活或 STO 确认。 需要 IO 故障或 IO 故障确认。 STO 响应配置为故障（与应用相关）。
故障	红光	关	当前没有故障，变频器已准备就绪，可以运行。
		稳定	变频器处于故障状态。故障状态可能由于以下原因之一而触发： <ul style="list-style-type: none"> 功率单元和控制连接故障 变频器中的硬件或软件错误

10.2 STO 功能和 STO 反馈输出的实例

表 23: 带模块控制的系统的 STO 反馈实例

状态	反馈状态 ⁽¹⁾	其他信息
标准功能	断开	电机正在运行，并且没有安全功能被激活。STO 反馈断开。
达到 STO 状态	接通	已请求 STO，并达到安全状态。 达到 STO 状态，并与所有功率单元建立连接。STO 输出端已断开。
所需配置	断开	安全输入必须具有经过验证的配置，以确保所有功率单元都已达到安全输入状态。连接的功率单元是配置的一部分，如果没有经过验证的配置，安全输入不能假设与所有功率单元建立连接。
软件更新	断开	在软件更新期间，安全输出的状态不可靠。STO 输出端已断开。
引导加载程序和启动	断开	引导加载程序无法通信，也不知道功率单元上 STO 输出的状态。 启动时，尚未建立通信，安全输入卡不知道功率单元上安全输出的状态。

表 23: 带模块控制的系统的 STO 反馈实例 - ???

状态	反馈状态 ⁽¹⁾	其他信息
内部故障	断开	指示严重问题，例如，在 STO 电路中。不能假设安全 IO 知道所有 STO 输出端均已断开。
内部致命故障	断开	当发生致命的内部问题时触发，例如 CPU 或 RAM 故障。无法保证运行，也不能假设安全输出端可以断开。

1) 接通: STO_FB+ ⇒ STO_FB- 电路闭合 = 电流 = 逻辑 "0", 低侧驱动器配置。断开: STO_FB+ ⇒ STO_FB- 电路断开 = 无电流 = 逻辑 "1", 低侧驱动器配置。

10.3 安全功能故障恢复

安全电路中出现故障可能会激活安全状态或故障安全状态。STO 激活由 MyDrive® Insight 和控制面板上的事件列表确定。

在故障安全状态下，将激活 STO，并显示相关故障代码。执行正常操作之前，先对故障进行复位。

1. 在 MyDrive® Insight 事件日志中检查事件原因。
2. 有关如何修复故障原因的说明，请参阅[10.4 事件列表](#)。
3. 清除故障。
 - 如果故障配置为直接重启：停用急停按键后，电机将以原先速度范围内的速度工作和运行。
 - 如果清除故障后变频器仍处于无法运行状态，请检查 MyDrive® Insight 中的事件日志。
 - 如果需要安全或非安全确认，则通过现场总线、数字 I/O 或控制面板发送确认信号，通过配置的通道执行确认。
确认功能在安全参数中进行配置。

如果安全系统或安全功能中的故障导致无法从故障中恢复，请联系当地丹佛斯代表。提供安全参数配置的调试报告。有关详细信息，请参阅 MyDrive® Insight 文档。

10.4 事件列表

表 24: 组 0x54FE

编号	名称	原因	解决办法
4628	激活 STO 功能。	已激活 Safe Torque Off 功能。	如果意外激活 STO，请检查以下情况： <ul style="list-style-type: none"> • 输入接线 • 外部激活 • 外部测试脉冲定时 • 安全相关参数

表 25: 组 0x61FF

编号	名称	原因	解决办法
4608	内部故障	在安全系统中检测到内部故障。	重启系统。 如果问题仍然存在，请联系丹佛斯客户支持。
4609	检测到 IO 故障	在安全系统中检测到 IO 故障。有关详细信息，请参阅事件详情。	检查安全 IO 电路连接。如果使用外部测试脉冲，请确保定时设置位于规格范围内。 请参考 3.3.5 安全输入属性 。

表 25: 组 0x61FF - ???

编号	名称	原因	解决办法
4611	SS1	安全停止 1, 实例 1 已激活。	如果意外激活 SS1, 请检查以下情况: <ul style="list-style-type: none"> • 输入接线 • 外部激活 • 外部测试脉冲定时 • 安全相关参数
4612	SS1	安全停止 1, 实例 2 已激活。	如果意外激活 SS1, 请检查以下情况: <ul style="list-style-type: none"> • 输入接线 • 外部激活 • 外部测试脉冲定时 • 安全相关参数
4613	检测到警告	检测到一个非严重故障。操作可以继续进行。	查看用户界面中的事件日志和消息, 了解更多信息。
4614	需要进行启动确认	需要进行启动确认。	根据配置, 可通过以下方式进行确认: <ul style="list-style-type: none"> • 安全输入 • MyDrive® Insight • 现场总线接口 • 控制面板
4615	配置不匹配	检测到的安全系统与调试系统不同。	检测到的安全系统与调试系统不同。如果更换了功率单元, 请重新调试系统。
4616	无有效的安全参数可用	设备中的安全参数无效或不存在。	检查 MyDrive® Insight 中的安全配置。确保所有配置步骤均已成功验证和确认。需要重新调试安全模块。
4633	安全模块上的软件更新	功能安全单元处于软件更新状态。	设备保持安全状态, 直到软件更新成功完成。
4634	出厂重置	由用户触发的出厂重置操作。	执行出厂重置后, 必须重新创建安全配置。
4635	安全配置已更改	由用户触发了安全参数设置操作。	安全配置已更改。确保配置正确, 然后再继续。 对安全配置进行重大更改可能需要重启系统。
4636	需要 IO 故障确认	由于配置的原因, 需要进行 IO 确认。	如果启用, 安全功能可能需要确认才能在清除信号故障后继续运行。
4637	需要 STO 确认	由于配置的原因, 需要 STO 确认。	如果启用, 安全功能可能需要确认才能在 STO 条件清除后继续运行。
4650	参数依赖性检查失败	检查安全参数失败。	确保安全配置有效。可能的错误可能与以下方面有关: <ul style="list-style-type: none"> • 输入信号映射 • 输出信号映射 • 定时参数
4651	参数范围检查	参数值在允许范围外。变量 ID 作为详细信息提供。	确保给定变量的值设置在允许的范围内。

表 25: 组 0x61FF - ???

编号	名称	原因	解决办法
4652	参数化步骤失败	尝试更改安全参数失败。	检查 MyDrive® Insight 中是否有任何详细信息。 确保请求的安全参数更改有效。 检查变频器系统当前是否存在任何不相干的特殊条件，例如软件更新或变频器调试。 尝试重新启动变频器系统。 如果问题仍然存在，请联系丹佛斯客户支持人员。
4730	信息	来自功能安全单元的附加信息。请参见详细信息。	安全模块发出了需要通知用户的指示。可通过 MyDrive® Insight 事件详细信息了解更多信息。

11 规格

11.1 功能安全标准和性能

iC7 系统模块中的所有安全功能均符合本章中列出的标准的要求。

表 26: 功能安全标准和性能

指令或标准	版本	
欧盟指令	机械指令 (2006/42/EC)	EN ISO 13849-1:2015 EN IEC 61800-5-2:2007
	EMC 指令 (2014/30/EU)	EN IEC 61800-3:2018 – 第二环境 EN IEC 61326-3-1:2017
	低电压指令 (2014/35/EU)	EN IEC 61800-5-1:2017
安全标准	机器安全性	EN ISO 13849-1:2023, IEC 60204-1:2018
	功能安全	IEC 61508-1:2010、IEC 61508-2:2010、 EN IEC 61800-5-2:2017
安全功能		EN IEC 61800-5-2:2017 Safe Torque Off (STO)
		IEC 60204-1:2018 停止类别 0
安全性能	IEC 61508:2010	
	安全完整性级别	SIL 3
	硬件故障承受力 (HFT)	1
	子系统类别	类型 B
	按需故障的平均概率 (PFDavg) ⁽¹⁾	请参阅 11.2.2 风冷式系统模块和变频柜机的 PFH 和 PFD 数据 和 11.2.3 液冷式系统模块的 PFH 和 PFD 数据 。
	每小时发生故障的平均频率 (1/h) (PFH) ⁽¹⁾	请参阅 11.2.2 风冷式系统模块和变频柜机的 PFH 和 PFD 数据 和 11.2.3 液冷式系统模块的 PFH 和 PFD 数据 。
	验证测试间隔 (T1)	20 年
	任务时间 (TM)	20 年
	ISO 13849-1:2023	
	类别	Cat 3
性能等级 (PL)	PLe	
反应时间	故障反应时间 (FRT)	< 200 ms
响应时间	响应时间 (从输入到安全状态)	< 100 ms
诊断	诊断测试间隔时间 (DTI)	60 s
工作模式		高需求, 低需求

1) 验证测试只能在变频器翻新后在丹佛斯工厂进行。

11.2 技术数据

11.2.1 数字输入、输出和辅助电压

表 27: 24 V 数字输入，用于系统模块的安全输入 (+BEF2)

功能	数据
输入类型	单端/浮动
逻辑	<ul style="list-style-type: none"> • 低电平有效：STO 功能因以下原因被激活： <ul style="list-style-type: none"> ◆ 外部请求 ◆ 违反其他安全功能的行为 ◆ 内部诊断检测到故障 • 高电平有效：STO 功能未被激活。
电压水平	0–24 V 直流
电压水平，逻辑 0 PNP	<5 V
电压水平，逻辑 1 PNP	>11 V
功能状态下输入端的最大电压	30 V
安全状态下输入端的最大电压	60 V
输入电流	24 V 下， $8 \text{ mA} > I_c > 2 \text{ mA}$
等效输入电阻	24 V 下， $3 \text{ k}\Omega < R_i < 12 \text{ k}\Omega$
隔离	功能
反接保护	是
断开状态下的最大输入电流	< 2 mA

表 28: 用于 STO 反馈的 24 V 数字输出

功能	数据
输出类型	源型/漏型
电压额定值	24 V DC 开集/最大 60 V
额定电流	50 mA
隔离	是
过载保护	是
反接保护	是
打开状态电压	>17.4 V
断开状态下的泄漏电流	0.1 mA

表 29: 辅助电压

功能	数据	
24 V 输出，功能安全 (X33)	输出电压	24 V \pm 15%
	最大负载	100 mA

11.2.2 风冷式系统模块和变频柜机的 PFH 和 PFD 数据

PFH 和 PFD 值因变频器类型、并联功率单元数量、安装海拔和软件更新间隔不同而异。计算假设变频器每年至少重启一次。如果提供的值不适合应用，请联系丹佛斯以获得有关特定于安装海拔和所需软件更新间隔的计算支持。

表 30: 风冷式系统模块和变频柜机的 PHF 和 PFD 值

数据	海拔	软件更新间隔/ ROM 复位 (年)	变频器 重启间 隔/RAM 复位 (月)	功率单元							
				1	2	3	4	5	6	7	8
PFD	海平面	20 ⁽¹⁾	12	5.52E-05	8.92E-05	1.23E-04	1.57E-04	1.91E-04	2.25E-04	2.59E-04	2.93E-04
	1000 m (3280 ft)	20 ⁽¹⁾	12	6.09E-05	9.80E-05	1.35E-04	1.72E-04	2.09E-04	2.46E-04	2.83E-04	3.21E-04
	2000 m (6560 ft)	20 ⁽¹⁾	12	7.51E-05	1.20E-04	1.64E-04	2.09E-04	2.53E-04	2.98E-04	3.42E-04	3.87E-04
	3000 m (9840 ft)	15	12	7.91E-05	1.26E-04	1.72E-04	2.19E-04	2.66E-04	3.12E-04	3.59E-04	4.06E-04
	4000 m (13120 ft)	10	12	7.41E-05	1.18E-04	1.62E-04	2.06E-04	2.50E-04	2.94E-04	3.38E-04	3.82E-04
PFH	海平面	20 ⁽¹⁾	12	1.49E-09	2.16E-09	2.83E-09	3.50E-09	4.17E-09	4.84E-09	5.51E-09	6.18E-09
	1000 m (3280 ft)	20 ⁽¹⁾	12	1.61E-09	2.34E-09	3.08E-09	3.81E-09	4.55E-09	5.28E-09	6.01E-09	6.75E-09
	2000 m (6560 ft)	20 ⁽¹⁾	12	1.91E-09	2.80E-09	3.69E-09	4.58E-09	5.47E-09	6.36E-09	7.26E-09	8.15E-09
	3000 m (9840 ft)	20 ⁽¹⁾	12	2.38E-09	3.52E-09	4.66E-09	5.79E-09	6.93E-09	8.07E-09	9.20E-09	1.03E-08
	4000 m (13120 ft)	20 ⁽¹⁾	12	3.02E-09	4.49E-09	5.97E-09	7.44E-09	8.91E-09	1.04E-08	1.19E-08	1.33E-08

1) 在变频器的任务时间内不需要更新。

11.2.3 液冷式系统模块的 PFH 和 PFD 数据

PFH 和 PFD 值因变频器类型、并联功率单元数量、安装海拔和软件更新间隔不同而异。计算假设变频器每年至少重启一次。如果提供的值不适合应用，请联系丹佛斯以获得有关特定于安装海拔和所需软件更新间隔的计算支持。

表 31: 液冷式系统模块的 PHF 和 PFD 值

数据	海拔	软件更新间隔/ ROM 复位 (年)	变频器 重启间 隔/RAM 复位 (月)	功率单元							
				1	2	3	4	5	6	7	8
PFD	海平面	20 ⁽¹⁾	12	5,71E-05	1.00E-04	1.43E-04	1.86E-04	2.29E-04	2.72E-04	3.15E-04	3.58E-04
	1000 m (3280 ft)	20 ⁽¹⁾	12	6.28E-05	1.09E-04	1.55E-04	2.01E-04	2.47E-04	2.93E-04	3.39E-04	3.85E-04
	2000 m (6560 ft)	20 ⁽¹⁾	12	7.69E-05	1.30E-04	1.84E-04	2.38E-04	2.91E-04	3.45E-04	3.98E-04	4.52E-04
	3000 m (9840 ft)	15	12	8.10E-05	1.37E-04	1.92E-04	2.48E-04	3.03E-04	3.59E-04	4.15E-04	4.70E-04
	4000 m (13120 ft)	10	12	7.60E-05	1.29E-04	1.82E-04	2.35E-04	2.88E-04	3.41E-04	3.94E-04	4.47E-04
PFH	海平面	20 ⁽¹⁾	12	1.57E-09	2.59E-09	3.61E-09	4.63E-09	5.65E-09	6.67E-09	7.69E-09	8.71E-09
	1000 m (3280 ft)	20 ⁽¹⁾	12	1.69E-09	2.77E-09	3.86E-09	4.94E-09	6.03E-09	7.11E-09	8.20E-09	9.28E-09
	2000 m (6560 ft)	20 ⁽¹⁾	12	1.99E-09	3.23E-09	4.47E-09	5.71E-09	6.96E-09	8.20E-09	9.44E-09	1.07E-08
	3000 m (9840 ft)	20 ⁽¹⁾	12	2.46E-09	3.95E-09	5.44E-09	6.92E-09	8.41E-09	9.90E-09	1.14E-08	1.29E-08
	4000 m (13120 ft)	20 ⁽¹⁾	12	3.10E-09	4.92E-09	6.75E-09	8.57E-09	1.04E-08	1.22E-08	1.40E-08	1.59E-08

1) 在变频器的任务时间内不需要更新。

11.3 工作条件

表 32: 功能安全的工作条件

功能	数据
工作温度	遵循变频器规格。
储存温度	-40 °C...+80 °C (-40 °F...+176 °F)
空气湿度	遵循变频器规格 (无冷凝)。
工作海拔	遵循变频器规格。
环境条件	本产品必须安装在符合 EN IEC 61800-5-1:2017 PD2 无冷凝条件的环境中。 对于 PD2 冷凝环境, 必须将产品安装在符合 EN IEC 60529 AMD 2:2013 或类似标准的 IP54/NEMA 12 机柜中。

11.4 电缆规格

表 33: 连接器 X31、X32 的线缆尺寸

线缆类型	横截面积 [mm ² (AWG)]	剥皮长度 [mm (in)]
实心	0.5–1.5 (24–16)	10 (0.4)
柔性	0.5–1.5 (24–16)	10 (0.4)
带套圈但不带塑料套管的柔性线缆	0.5–1.5 (24–16)	10 (0.4)
带套圈和塑料套管的柔性线缆	0.5 (24)	10 (0.4)



Danfoss Drives Oy
Runsorintie 7
FIN-65380 Vaasa
drives.danfoss.com

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

172K2965B
AQ477043679710zh-000203
Danfoss Drives Oy © 2025.05

