

# SIEMENS



## SINAMICS

变频器 SINAMICS G110M、G120C、G120、G120D、SIMATIC ET 200pro FC-2  
驱动集成的安全功能 - Safety Integrated

功能手册

版本

04/2014

Answers for industry.



# SIEMENS

## SINAMICS

### SINAMICS G120 Safety Integrated - SINAMICS G110M、G120、G120C、G120D 和 SIMATIC ET 200pro FC-2

功能手册

#### 更新记录

---

基本安全说明

1

引言

2

描述

3

安装

4

调试

5

运行

6

检修

7

系统属性

8

附录

A

版本 2014/04 , 固件 V4.7



04/2014, FW V4.7

A5E34261271C AA

## 法律资讯

### 警告提示系统

为了您的人身安全以及避免财产损失，必须注意本手册中的提示。人身安全的提示用一个警告三角表示，仅与财产损失有关的提示不带警告三角。警告提示根据危险等级由高到低如下表示。

 <b>危险</b>
表示如果不采取相应的小心措施， <b>将会</b> 导致死亡或者严重的人身伤害。
 <b>警告</b>
表示如果不采取相应的小心措施， <b>可能</b> 导致死亡或者严重的人身伤害。
 <b>小心</b>
表示如果不采取相应的小心措施，可能导致轻微的人身伤害。
<b>注意</b>
表示如果不采取相应的小心措施，可能导致财产损失。

当出现多个危险等级的情况下，每次总是使用最高等级的警告提示。如果在某个警告提示中带有警告可能导致人身伤害的警告三角，则可能在该警告提示中另外还附带有可能导致财产损失的警告。


### 合格的专业人员

本文件所属的产品/系统只允许由符合各项工作要求的**合格人员**进行操作。其操作必须遵照各自附带的文件说明，特别是其中的安全及警告提示。

由于具备相关培训及经验，合格人员可以察觉本产品/系统的风险，并避免可能的危险。

### 按规定使用Siemens 产品

请注意下列说明：

 <b>警告</b>
<b>Siemens</b> 产品只允许用于目录和相关技术文件中规定的使用情况。如果要使用其他公司的产品和组件，必须得到 <b>Siemens</b> 推荐和允许。正确的运输、储存、组装、装配、安装、调试、操作和维护是产品安全、正常运行的前提。必须保证允许的环境条件。必须注意相关文件中的提示。

### 商标

所有带有标记符号®的都是西门子股份有限公司的注册商标。本印刷品中的其他符号可能是一些其他商标。若第三方出于自身目的使用这些商标，将侵害其所有者的权利。

### 责任免除

我们已对印刷品中所述内容与硬件和软件的一致性作过检查。然而不排除存在偏差的可能性，因此我们不保证印刷品中所述内容与硬件和软件完全一致。印刷品中的数据都按规定经过检测，必要的修正值包含在下一版本中。

# 更新记录

## 新版本手册和 2013/01 版本的重要区别

固件版本 V4.7 中增加的新功能	章节
---	---
错误更正	章节
选中 STO 后，强制潜在故障检查 (Teststop) 启动；但重新上电后，强制潜在故障检查 (Teststop) 不会启动。	测试基本功能 (页 162)
更正了控制字 1，位 0（基本功能）中的信号状态分配。	控制字 1 和状态字 1（基本功能）(页 46)
不带反馈信号的执行器与配备了 CU250S-2 的 SINAMICS G120 安全输出的接线不符合 SIL 2。该接线示例已被删除。	连接 SINAMICS G120 上的安全输出 (页 74)
更正了出现变频器故障时扩展安全功能 STO 的最差响应时间： 通过 PROFIBUS 控制时：56 ms，而不是 58 ms。 通过 PROFINET 控制时：56 ms，而不是 58 ms（+ 总线循环时间）。	响应时间 (页 269)
更正了通过安全输入控制时基本安全功能 STO 的最差响应时间：6 ms + t <sub>E</sub> ，而不是 14 ms + t <sub>E</sub> 。 更正了通过安全输入控制时扩展安全功能 STO 的最差响应时间：52 ms + t <sub>E</sub> ，而不是 54 ms + t <sub>E</sub> 。 去抖时间 > 0 时：t <sub>E</sub> = 去抖时间 + 3 ms，而不是去抖时间 + 1 ms 去抖时间 = 0 时：t <sub>E</sub> = 4 ms，而不是 2 ms	

手册内容的补充和修改	章节
新变频器 SINAMICS G110M	描述 (页 19) 安装 (页 39)
新变频器 SIMATIC ET 200pro FC-2	描述 (页 19) 安装 (页 39)
修改了安全功能的使用概述、条件和限制。	描述 (页 19)
按功能对生效的安全功能的工作时序描述进行了分类。	运行 (页 159)
补充了安全输入测试。	定期测试安全功能 (页 161)
提到了调试工具“Startdrive”。	调试工具 (页 85)
补充了故障概率 PFD。	安全功能的故障概率 (PFH 值) (页 267)
补充了 SBC 功能的故障响应。	变频器对制动控制故障的响应 (页 176)

# 目录

更新记录 .....	5
<b>1 基本安全说明 .....</b>	<b>13</b>
1.1 一般安全说明 .....	13
1.2 工业安全 .....	14
<b>2 引言 .....</b>	<b>15</b>
2.1 手册介绍 .....	15
2.2 手册编排结构 .....	18
<b>3 描述 .....</b>	<b>19</b>
3.1 关于本章 .....	19
3.2 安全功能一览 .....	19
3.3 安全变频器接口一览 .....	21
3.4 使用安全功能的前提条件 .....	23
3.5 安全功能的使用限制 .....	24
3.6 针对稳定运行的建议 .....	26
3.7 Safe Torque Off (STO) .....	27
3.8 Safe Brake Control (SBC) .....	29
3.9 Safe Stop 1 (SS1) .....	31
3.10 Safely Limited Speed (SLS) .....	33
3.11 Safe Direction (SDI) .....	36
3.12 Safe Speed Monitoring (SSM) .....	38
<b>4 安装 .....</b>	<b>39</b>
4.1 安装变频器 .....	39
4.2 通过 PROFIsafe 连接 .....	40
4.2.1 PROFIsafe 连接一览 .....	40
4.2.2 PROFIsafe 报文 .....	45
4.2.3 控制字 1 和状态字 1 (基本功能) .....	46
4.2.4 控制字 1 和状态字 1 (扩展功能) .....	47
4.2.5 控制字 5 和状态字 5 .....	49
4.3 由 F-DI 控制 .....	50
4.3.1 安全输入 .....	50

4.3.2	接线示例.....	54
4.3.2.1	连接传感器.....	54
4.3.2.2	连接安全开关设备.....	62
4.4	F-DO 一览.....	71
4.4.1	安全输出.....	71
4.4.2	连接 SINAMICS G120D 上的安全输出.....	73
4.4.3	连接 SINAMICS G120 上的安全输出.....	74
4.5	将电机抱闸连接到安全制动继电器上.....	75
<b>5</b>	<b>调试.....</b>	<b>77</b>
5.1	调试指南.....	77
5.2	在上级控制器中对 PROFIsafe 进行配置.....	78
5.2.1	通过带 GSD 的报文 30 配置 PROFIBUS 通讯.....	78
5.2.2	举例：和 S7 安全程序之间的接口.....	81
5.2.3	通过带 GSDML 的报文 900 配置 PROFIBUS 通讯.....	83
5.2.4	配置 PROFINET 的共享设备式通讯.....	83
5.3	调试工具.....	85
5.4	将安全功能参数复位为出厂设置.....	86
5.5	修改设置.....	88
5.6	设置基本功能.....	93
5.6.1	互联信号“STO 生效”.....	94
5.6.2	配置 PROFIsafe.....	95
5.6.3	设置安全输入的滤波器.....	96
5.6.4	设置强制潜在故障检查 (Teststopp).....	100
5.6.5	设置 SS1 的延迟时间.....	102
5.6.6	使能 SBC.....	103
5.6.7	结束步骤.....	104
5.7	设置扩展安全功能.....	106
5.7.1	缺省设置.....	107
5.7.1.1	使能安全功能.....	107
5.7.1.2	设置强制潜在故障检查 (Teststop).....	107
5.7.1.3	设置传动比和实际值公差.....	110
5.7.1.4	设置无编码器的实际值计算.....	111
5.7.2	设置安全输入.....	113
5.7.2.1	设置安全输入的滤波器.....	115
5.7.2.2	将信号与安全应答互联在一起.....	120
5.7.3	设置安全输出.....	121
5.7.3.1	设置输出信号和检查模式.....	121
5.7.3.2	设置强制潜在故障检查 (Teststop).....	126
5.7.4	配置变频器中的 PROFIsafe.....	128
5.7.5	设置 SS1.....	131



5.7.5.1	设置带制动斜坡监控的 SS1 .....	132
5.7.5.2	设置带加速监控的 SS1 .....	135
5.7.6	设置 SLS .....	138
5.7.6.1	设置监控功能 .....	138
5.7.6.2	验收测试的设置 .....	141
5.7.7	设置 SSM .....	142
5.7.8	设置 SDI .....	146
5.7.8.1	设置监控功能 .....	146
5.7.8.2	验收测试的设置 .....	149
5.7.9	结束步骤 .....	150
5.8	离线调试 .....	153
5.9	批量调试 .....	155
5.10	安全功能的验收 .....	156
5.10.1	验收 .....	156
5.10.2	功能扩展后的简化验收 .....	158
<b>6</b>	<b>运行 .....</b>	<b>159</b>
6.1	概述及相关变频器信号 .....	159
6.2	定期测试安全功能 .....	161
6.2.1	概述 .....	161
6.2.2	测试安全输入 .....	161
6.2.3	测试基本功能 .....	162
6.2.4	测试扩展安全功能 .....	163
6.2.5	测试安全输出 .....	164
6.3	Safe Torque Off (STO) .....	167
6.3.1	概述 .....	167
6.3.2	在电机接通时选择和撤销 STO .....	168
6.3.3	STO 生效时变频器对信号不一致的响应 .....	168
6.4	Safe Brake Control (SBC) .....	173
6.4.1	在电机接通时选择和撤销 SBC .....	173
6.4.2	变频器对制动控制故障的响应 .....	176
6.5	Safe Stop 1 (SS1) .....	177
6.5.1	概述 .....	177
6.5.2	在电机接通时选择和撤销 SS1 .....	178
6.5.2.1	不带监控的 SS1 .....	178
6.5.2.2	带制动斜坡监控的 SS1 .....	179
6.5.2.3	带加速监控的 SS1 .....	180
6.5.3	在 SS1 生效期间关闭电机 .....	181
6.5.4	SS1 生效时变频器对信号不一致的响应 .....	182
6.5.5	SS1 生效时超限 .....	186
6.6	Safely Limited Speed (SLS) .....	187


6.6.1	概述 .....	187
6.6.2	在电机接通时选择和撤销 SLS .....	188
6.6.2.1	带制动斜坡监控的 SLS .....	190
6.6.2.2	不带制动斜坡监控的 SLS .....	192
6.6.3	切换 SLS 档位.....	194
6.6.3.1	带制动斜坡监控的 SLS .....	194
6.6.3.2	不带制动斜坡监控的 SLS .....	196
6.6.4	在 SLS 生效期间关闭电机 .....	197
6.6.5	在 SLS 生效期间接通电机 .....	199
6.6.6	SLS 生效时变频器对信号不一致的响应.....	200
6.6.7	SLS 生效时超限 .....	202
6.7	Safe Speed Monitor (SSM).....	204
6.7.1	概述 .....	204
6.7.2	电机接通时 SSM 生效.....	205
6.7.3	在 SSM 生效期间关闭电机 .....	206
6.7.4	在 SSM 生效期间接通电机 .....	211
6.8	Safe Direction (SDI).....	213
6.8.1	概述 .....	213
6.8.2	在电机接通时选择和撤销 SDI.....	214
6.8.3	在 SDI 生效期间关闭电机 .....	215
6.8.4	在 SDI 生效期间接通电机 .....	217
6.8.5	Safe Direction (SDI) 生效时变频器对信号不一致的响应 .....	219
6.8.6	Safe Direction (SDI)生效期间出现超限错误 .....	221
6.9	对通过 PROFIsafe 传送的信号的不一致故障的响应 .....	223
6.10	停止响应.....	225
6.10.1	示例 1: STO 生效期间出现内部事件 .....	227
6.10.2	示例 2: SSM 生效期间出现内部事件.....	228
6.11	安全应答信号 .....	230
6.11.1	通过安全信号应答 .....	230
6.11.2	对安全应答信号不一致的响应.....	232
6.12	在一项安全功能生效时选择另一项安全功能.....	233
6.13	报警和故障列表.....	240
<b>7</b>	<b>检修.....</b>	<b>251</b>
7.1	维护操作安全 .....	251
7.2	更换模块化变频器 SINAMICS G120/G120D/G110M 的组件 .....	253
7.2.1	变频器部件的更换 .....	253
7.2.2	更换安全功能已使能的控制单元 .....	255
7.2.3	更换控制单元, 没有备份数据.....	258
7.2.4	在安全功能已使能时更换功率模块 .....	259
7.3	更换变频器 SINAMICS G120C 或 SIMATIC ET 200pro FC-2 .....	260


7.3.1	变频器更换简介.....	260
7.3.2	更换安全功能已使能的变频器.....	261
7.3.3	更换变频器，没有备份数据.....	265
7.4	更换组件后的简化验收.....	266
<b>8</b>	<b>系统属性.....</b>	<b>267</b>
8.1	安全功能的故障概率（PFH 值）.....	267
8.2	响应时间.....	269
8.3	认证.....	273
8.4	Safe Brake Relay.....	275
<b>A</b>	<b>附录.....</b>	<b>277</b>
A.1	验收测试示例.....	277
A.1.1	基本功能 STO 的验收测试.....	278
A.1.2	STO 的验收测试（扩展安全功能）.....	280
A.1.3	基本安全功能 SS1 的验收测试.....	282
A.1.4	扩展安全功能 SS1 的验收测试.....	284
A.1.5	功能 SBC 的验收测试.....	288
A.1.6	SLS 的验收测试.....	290
A.1.7	SSM 的验收测试.....	295
A.1.8	SDI 的验收测试.....	299
A.1.9	PROFIsafe 报文 900 中 F-DI 状态的验收测试.....	308
A.2	验收记录.....	309
A.2.1	生成带安全功能设置的记录.....	309
A.2.2	机器文档示例.....	310
A.2.3	基本安全功能固件版本 V4.4 到 V4.7 验收报告中记录的参数设置.....	312
A.2.4	扩展安全功能验收记录中包含的设置（固件版本 V4.4 ...V4.7）.....	314
A.3	标准和指令.....	318
A.3.1	概述.....	318
A.3.1.1	目标.....	318
A.3.1.2	功能安全.....	318
A.3.2	欧洲的机械安全.....	319
A.3.2.1	机械指令.....	319
A.3.2.2	欧洲协调标准.....	319
A.3.2.3	控制系统安全设计相关标准.....	321
A.3.2.4	DIN EN ISO 13849-1（原 EN 954-1）.....	323
A.3.2.5	EN 62061.....	324
A.3.2.6	系列标准 IEC 61508（VDE 0803）.....	326
A.3.2.7	风险分析/评估.....	326
A.3.2.8	风险降低.....	328
A.3.2.9	遗留风险.....	328
A.3.3	美国的机械安全.....	329

A.3.3.1	OSHA 的最低要求.....	329
A.3.3.2	NRTL 清单.....	329
A.3.3.3	NFPA 79.....	330
A.3.3.4	ANSI B11.....	330
A.3.4	日本的机械安全.....	332
A.3.5	企业设备规定.....	332
A.3.6	其他和安全相关的事项.....	333
A.3.6.1	其它文献.....	333
A.3.6.2	同业工伤事故保险联合会的信息页.....	333
A.4	手册和技术支持.....	334
A.4.1	变频器手册.....	334
A.4.2	配置选型工具.....	336
A.4.3	产品支持.....	337
A.5	错误和改进.....	338
	索引.....	339

# 基本安全说明

## 1.1 一般安全说明

 <b>警告</b>
<p><b>未遵循安全说明和遗留风险可引发生命危险</b></p> <p>忽视随附硬件文档中的安全说明和遗留风险会导致重伤或死亡。</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• 遵守硬件文档中的安全说明。</li><li>• 进行风险评估时应考虑到遗留风险。</li></ul>

 <b>警告</b>
<p><b>因参数设置错误或修改参数设置引起机器误操作可引发生命危险</b></p> <p>参数设置错误可导致机器出现误操作，从而导致人员重伤或死亡。</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• 防止恶意访问参数设置。</li><li>• 采取适当措施（如驻停或急停）应答可能的误操作。</li></ul>

## 1.2 工业安全

### 说明

#### 工业安全

西门子为其产品及解决方案提供工业安全功能，以支持工厂、解决方案、机器、设备和/或网络的安全运行。这些功能是整个工业安全机制的重要组成部分。有鉴于此，西门子不断对产品和解决方案进行开发和完善。西门子强烈建议您定期了解产品更新和升级信息。

此外，要确保西门子产品和解决方案的安全操作，还须采取适当的预防措施（例如：设备单元保护机制），并将每个组件纳入先进且全面的工业安全保护机制中。可能使用的所有第三方产品须一并考虑。更多有关工业安全的信息，请访问网址 (<http://www.siemens.com/industrialsecurity>)。

要及时了解有关产品的更新和升级信息，请订阅相关产品的时事通讯。更多相关信息请访问网址 (<http://support.automation.siemens.com>)。



#### 警告

#### 篡改软件会引起不安全的驱动状态从而导致危险

篡改软件（如：病毒、木马、蠕虫、恶意软件）可使设备处于不安全的运行状态，从而可能导致死亡、重伤和财产损失。

- 请使用最新版软件。  
相关信息和新闻请访问网址 (<http://support.automation.siemens.com>)。
- 根据当前技术版本，将自动化组件和驱动组件整合至设备或机器的整体工业安全机制中。  
更多相关信息请访问网址 (<http://www.siemens.com/industrialsecurity>)。
- 在整体工业安全机制中要注意所有使用的产品。

# 引言

## 2.1 手册介绍

### 本手册面向哪些用户？为什么需要阅读本手册？

本手册描述的是可变转速应用型变频器中的集成安全功能。

本手册主要面向机器/设备制造商、调试人员和维修人员。

### 什么是集成安全功能？

相比于“标准”驱动功能，“安全”功能的故障率极低。性能等级 (PL) 和安全完整性等级 (SIL) 是衡量故障率的重要标准。

因此，安全功能适用于与安全相关的应用以及降低应用中的风险。如果对机器或设备进行风险分析时发现应用中存在极高的危险隐患，则表明该应用与安全相关。

“驱动集成”一词表示安全功能集成在变频器中，无需附加外部组件便可运行。

描述了哪些变频器？

	带固定转速的应用		带可变转速的应用					运动控制应用					
	SIMATIC ET 200S   ET 200pro 电机启动器		SIMATIC ET 200pro FC-2	G110M	G120C	G120	G120D	SINAMICS G110D   G130   G150			SINAMICS S110   S120   S150		
集成的安全功能, 符合 IEC 61800-5-2													
STO Safe Torque Off	支持		支持					支持	支持			支持	
SS1 Safe Stop 1	-	-	-	-	-	支持	-	支持 <sup>1)</sup>			支持		
SBC Safe Brake Control	-	-	-	-	-	支持 <sup>2)</sup>	-	支持 <sup>3)</sup>			支持 <sup>4)</sup>	支持 <sup>3)</sup>	支持 <sup>3)</sup>
SBT Safe Brake Test	-	-	-	-	-	-	-	支持 <sup>5)</sup>			-	支持 <sup>6)</sup>	支持 <sup>6)</sup>
SLS Safely-Limited Speed	-	-	-	-	-	支持	-	支持			支持		
SSM Safe Speed Monitor	-	-	-	-	-	支持	-	支持			支持		
SDI Safe Direction	-	-	-	-	-	支持	-	支持			支持		
SOS Safe Operating Stop	-	-	-	-	-	-	-	支持			支持		
SS2 Safe Stop 2	-	-	-	-	-	-	-	支持			支持		
SLP Safely-Limited Position	-	-	-	-	-	-	-	支持			-	支持	支持
故障安全接口													
PROFIBUS / PROFIsafe	支持	支持 <sup>5)</sup>	支持 <sup>5)</sup>	支持			-	支持			支持		
PROFINET / PROFIsafe	支持	支持 <sup>5)</sup>	支持 <sup>5)</sup>	支持			-	支持			支持		
安全输入	支持 <sup>5)</sup>		支持 <sup>5)</sup>	支持			支持 <sup>5)</sup>	支持			支持, 部分需要外部组件		
安全输出	-	-	-	-	-	支持	-	支持, 带 TM54F			支持	支持, 带 TM54F	
认证													
EN ISO 13849-1:2006	第 4 类/ PLe		第 3 类/ PLd					-	第 3 类/ PLd			第 3 类/ PLd	
EN 61508	SIL 3		SIL 2					-	SIL 2			SIL 2	
NFPA 79	支持		-	-	-	-	-	-			支持		
NRTL 清单	支持		-	-	-	-	-	-			-	支持 <sup>1)</sup>	-

手册内容

<sup>1)</sup> 仅针对 SINAMICS S120 书本型  
<sup>2)</sup> 仅针对带安全制动继电器的 CU250S-2  
<sup>3)</sup> 带安全制动继电器的装机装柜型模块  
<sup>4)</sup> 带安全制动继电器  
<sup>5)</sup> 带外部组件  
<sup>6)</sup> EN ISO 13894-1, PL d/Kat. 2  
 EN 61508 SIL 1

图 2-1 集成了安全功能的产品



### 描述了哪些应用情况？

本手册介绍了和下述操作相关的信息和步骤：


- 变频器的安全功能简介
- 通过安全输入或 PROFIsafe 控制安全功能
- 安全功能的调试和验收
- 安全功能生效时变频器的响应方式
- 更换已使能了安全功能的变频器。
- 安全功能的诊断


在本手册的附录中列出了安全功能符合的标准和指令。

### 除了本手册外，还需要关注哪些信息？

本手册没有详细介绍变频器的安装和标准功能的调试方式。西门子提供的产品文档一览和文档涉及内容参见章节变频器手册 (页 334)。

### 本手册中的符号有什么含义？

 操作说明从这里开始。

 操作说明到这里结束。

## 2.2 手册编排结构

章节	为您解答以下问题
描述 (页 19)	<ul style="list-style-type: none"> <li>变频器有哪些安全功能？</li> <li>安全功能的工作原理是怎样的？</li> <li>变频器安全功能的典型应用有哪些？</li> <li>在哪些应用中不允许使用安全功能？</li> </ul>
安装 (页 39)	<ul style="list-style-type: none"> <li>变频器有多少个安全输入和输出？</li> <li>如何完成变频器上安全输入和输出的接线？</li> <li>在线缆穿到控制柜外布线时必须注意哪些事项？</li> <li><b>PROFIsafe</b> 控制字和状态字的各个位有哪些含义？</li> </ul>
调试 (页 77)	<ul style="list-style-type: none"> <li>如何设置变频器的 <b>PROFIsafe</b> 通讯？</li> <li>如何启动安全功能的调试？</li> <li>调试变频器需要哪些工具？</li> <li>如何将一台变频器的安全功能参数传送给另一台变频器？</li> <li>如何恢复变频器的出厂设置？</li> </ul>
运行 (页 159)	<ul style="list-style-type: none"> <li>如何选中和撤销选中安全功能？</li> <li>安全功能激活时变频器和电机如何响应？</li> <li>安全功能之间如何相互影响？</li> <li>安全功能超限时会发生哪些情况？</li> <li>安全输入断线时会发生哪些情况？</li> <li>如何应答安全功能的故障？</li> </ul>
检修 (页 251)	<ul style="list-style-type: none"> <li>如何独立更换变频器失效的部件或整个变频器？</li> <li>如何确保在更换失效部件后安全功能仍可运行？</li> <li>在更换失效部件后要检查哪些项目？</li> <li>和安全功能相关的报警和故障有哪些？</li> </ul>
系统属性 (页 267)	<ul style="list-style-type: none"> <li>在选中一项安全功能后，变频器在多长时间响应？</li> <li>在选中一项安全功能、电机出现故障后，变频器在多长时间响应？</li> <li>变频器的安全功能的故障率有多高？</li> <li>变频器的安全功能通过了哪些认证？</li> </ul>
附录 (页 277)	<ul style="list-style-type: none"> <li>在完成调试后如何验证安全功能？</li> <li>如何记录安全功能的设置？</li> <li>机器制造商或使用方需要注意哪些标准和指令？</li> <li>变频器的其他相关信息在哪儿？</li> </ul>

## 描述

### 3.1 关于本章

本章节可使您快速了解集成安全功能的基本工作原理。

#### 本章节涉及哪些内容？

- 安全功能的使用条件和限制
- 集成安全功能的基本工作原理
- 应用示例
- 变频器与安全功能的配套使用

### 3.2 安全功能一览

#### 基本安全功能和扩展安全功能

集成的安全功能分为基本安全功能和扩展安全功能。

集成的安全功能	
基本安全功能	扩展安全功能
<p>基本安全功能通过以下其中一种或多种方法确保设备安全运行：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 安全关断电机</li> <li>• 安全断开电机抱闸</li> </ul> <p>基本安全功能有：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Safe Torque Off (STO)</li> <li>• Safe Brake Control (SBC)</li> <li>• 无转速监控的 Safe Stop 1 (SS1)</li> </ul> <p>本手册中描述的每台变频器都具备一个或多个安全功能。</p>	<p>扩展安全功能包含一些基本安全功能及其他用于安全监控电机转速的功能：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 基本安全功能 STO 和 SBC</li> <li>• 带转速监控的 Safe Stop 1 (SS1)</li> <li>• Safely-Limited Speed (SLS)</li> <li>• Safe Direction (SDI)</li> <li>• Safe Speed Monitor (SSM)</li> </ul> <p>一台变频器是否具备扩展安全功能通常取决于控制单元的硬件。相关变频器的产品名称后面带有一个字母“F”，例如：控制单元 CU240E-2 F。配备了控制单元 CU250S-2 的变频器 SINAMICS G120 还需要扩展安全功能的授权。</p>

3.2 安全功能一览

表格 3-1 集成了安全功能的变频器




变频器	基本安全功能		扩展安全功能	
	STO	SS1、SBC	SS1、SDI、SSM、SLS	SLS 档位
 SINAMICS G110M	与所用产品型号 配套使用	--- 1)	---	
 SINAMICS G120C	与所用产品型号 配套使用	---	---	
 SINAMICS G120	与所有控制单元 CU240E-2 和 CU250S-2 配套使用	与所有控制单元 CU250S-2 配套使用	与以下控制单元配套使用： CU240E-2 F CU240E-2 DP-F CU240E-2 PN-F CU250S-2 2) CU250S-2 DP 2) CU250S-2 PN 2) CU250S-2 CAN 2)	与以下控制单元配 套使用： CU240E-2 DP-F CU240E-2 PN-F CU250S-2 DP 2) CU250S-2 PN 2)
 SINAMICS G120D	与所有控制单元 配套使用	---	与以下控制单元配套使用： CU240D-2 DP-F CU240D-2 PN-F CU240D-2 PN-F PP CU240D-2 PN-F FO CU250D-2 DP-F CU250D-2 PN-F CU250D-2 PN-F PP CU250D-2 PN-F FO	
 SIMATIC ET 200pro FC-2	可用	---	---	

1) ---: 不可用




2) 安全功能须购买授权

### 3.3 安全变频器接口一览

根据变频器型号，安全功能接口为安全输入和输出 (F-DI、F-DO)、安全现场总线通讯 PROFIsafe 和一个用于制动控制的安全输出。

变频器	F-DI	F-DO	PROFIsafe	用于制动的安全输出	
	SINAMICS G110M, 配备控制单元				
	CU240M USS	1	--- <sup>1)</sup>	---	---
	CU240M DP CU240M PN	1	---	报文 30 <sup>3)</sup>	---
	SINAMICS G120C USS SINAMICS G120C CAN				
	SINAMICS G120C DP SINAMICS G120C PN	1	---	报文 30 <sup>3)</sup>	---
	SINAMICS G120, 配备控制单元				
	CU240E-2	1	---	---	---
	CU240E-2 DP CU240E-2 PN	1	---	报文 30 <sup>3)</sup>	---
	CU240E-2 F	3	---	---	---
	CU240E-2 DP-F CU240E-2 PN-F	3	---	报文 30 <sup>3)</sup> 、 报文 900 <sup>4)</sup>	---
	CU250S-2 CU250S-2 CAN	3	1	---	与安全制动继电器配 套使用
	CU250S-2 DP CU250S-2 PN	3	1	报文 30 <sup>3)</sup> 、 报文 900 <sup>4)</sup>	与安全制动继电器配 套使用

3.3 安全变频器接口一览

变频器	F-DI	F-DO	PROFIsafe	用于制动的安全输出		
	SINAMICS G120D, 配备控制单元					
	CU240D-2 DP CU240D-2 PN	1	---	报文 30 <sup>3)</sup>	---	
	CU240D-2 DP-F CU240D-2 PN-F CU240D-2 PN-F PP CU240D-2 PN-F FO CU250D-2 DP-F CU250D-2 PN-F CU250D-2 PN-F PP CU250D-2 PN-F FO	3	1	报文 30 <sup>3)</sup> 、 报文 900 <sup>4)</sup>	---	
		SIMATIC ET 200pro FC-2	ET 200pro 2)	---	ET 200pro <sup>2)</sup>	---

1) --- 不可用

2) 变频器通过一个内部安全输入检测 ET 200pro 系统的底板母线中的 F0 母排。ET-200pro 模块 F-RSM 和 F-Switch 用于控制 F0 母排。

3) 报文 30 用于控制安全功能并进行状态反馈

4) 报文 900: 功能等同于报文 30, 另外还可进行 F-DI 状态反馈

## 3.4 使用安全功能的前提条件

### 风险评估

使用驱动集成安全功能的前提条件是对机器或设备进行风险分析和风险评估。

风险分析和风险评估的结果必须是驱动集成安全功能适合用作降低机器风险的保护措施。保护措施故障概率不可以高于 SIL 2 或 PL d。

### 电机及控制方式

基本安全功能的使用不受限：

- 适用于所有控制方式：V/f 控制、带和不带编码器的转速控制
- 与同步电机和异步电机配套使用
- 适用于驱动组，即在一个变频器上同时运行多台电机

使用扩展安全功能时须遵循以下条件：

- 与适用于所有控制方式的异步电机配套使用
- 与只采用 V/f 控制的 SIEMOSYN 系列同步电机配套使用
- 适用于驱动组

### 无编码器的安全功能

集成安全功能采用“无编码器”式设计。

“无编码器”表示：

- 集成安全功能的使用无需任何编码器。
- 如果变频器配备一个编码器接口，变频器会分析用于控制电机的编码器信号。安全功能会忽略该编码器信号。

### 考虑异步电机的转差

与机器功能安全性相关的是电机轴的转速。

扩展安全功能会监控电机转速是否超出设置的限值。

如果无编码器的安全功能与异步电机配套使用，在设置转速监控时必须考虑异步电机中的转差。

### 3.5 安全功能的使用限制

不允许：带牵引负载的运行



#### 警告

##### 电机转速不受监控可导致死亡或人员重伤

无编码器实际值计算无法检测出电机控制中的所有故障。  
因此，无编码器的安全功能无法检测出牵引负载是否会因电机控制中的故障意外加速。

- 不要在带牵引负载的电机中使用扩展无编码器安全功能。

在带牵引负载（例如：起升机构、起重机、卷出机）的应用中不可以使用无编码器的安全功能。

#### 牵引负载时的转速监控方法

- 可通过以下其中一种方法对带牵引负载的电机进行转速监控：
  - 使用一个带编码器安全功能的变频器，例如：SINAMICS S120。
  - 通过使用一个用于速度检测的测量系统在上级控制器中进行转速监控。
- 耦合电气驱动（例如：试验台或卷取机/卷出机）是由一个主动驱动和一个被动驱动组成的。请在耦合驱动的主动驱动中使用扩展安全功能。  
出现故障时，主动驱动会检测出超限。

不允许：带不同极对数的电机

#### 警告

##### 转速过高可导致死亡或人员重伤

如果通过“驱动数据组”功能在带有不同极对数的电机之间进行切换，计算出的安全转速与电机轴的机械转速会不一致。  
为此，电机轴可能会以超出配置的安全功能监控限值的速度加速，进而导致死亡或人员重伤。

- 通过“驱动数据组”功能只能在带有相同极对数的电机之间进行切换。

#### 带不同极对数的电机上的转速监控

通过使用一个用于速度或转速检测的测量系统在上级控制器中进行转速监控。



## 关键应用

安全功能未使能时，可以使用以下应用且不受限。

安全功能生效时，一些应用可导致安全实际值计算出错。安全功能生效或已使能时，安全实际值计算出错会触发停止响应：信息 C01711、C30711（故障值 1040 ff）。

停止响应不会导致驱动处于非安全状态，但会导致驱动的可用性降低。

关键应用	解决办法
调试期间进行电机数据检测	请在电机数据检测结束后再调试安全功能。
设定值骤变	设置的斜坡函数发生器时间应大于 0.5 秒。
反转	如果使用带位置控制的变频器，则须对位置控制器和处理方法进行设置，确保速度变化不会出现过冲。 1 秒内只允许一个加速斜坡和一个制动斜坡。循环 0 → 转速 <sub>设定</sub> → - 转速 <sub>设定</sub> → 0 至少持续 2 秒。
负载骤变	不要使用安全功能。
持续以低于额定转速 5 % 的转速运行	
在电机运转时接通变频器（“捕捉重启”功能）	安全功能生效时，不要使用“捕捉重启”功能。 暂时取消安全功能，直到“捕捉重启”功能成功结束。 如果使用 SSM 功能，则不可以使用“捕捉重启”功能。 SSM 功能无法通过控制信号取消。
用极限电流运行变频器	设计驱动时，应确保变频器在达到电流极限时不会作出响应。 完成调试后检查变频器是否在满载状态下也没有达到其电流限值或转矩限值。
通过“直流制动”或“复合制动”功能使电机减速制动	安全功能生效时，不要使用“直流制动”或“复合制动”功能。 如需使用其中一个制动功能，则须在风险评估中检查是否允许在减速制动期间取消安全功能。 如果允许，则应取消安全功能，直到制动功能结束。 如果使用 SSM 功能，则不可以使用这两个制动功能。 SSM 功能无法通过控制信号取消。

### 3.6 针对稳定运行的建议

#### 不允许使用的 SINAMICS G120 功率模块

使用下列功率模块时不允许或不可以使用安全功能：

功率模块	限制
PM230	SINAMICS G120 变频器的功率模块 PM230 不支持任何安全功能。
PM240 FSGX	使用 GX 型功率模块 PM240 时，只允许使用安全功能 STO、SBC 及不带转速监控的 SS1。

### 3.6 针对稳定运行的建议

扩展安全功能已使能的变频器的正常运行须满足以下条件：

- 电机和变频器的选型要足够满足该应用：
  - 变频器以低于其电流限值的电流运行。
  - 电机和变频器的额定电流必须小于系数 5。  
变频器额定电流 / 电机额定电流 < 5 (r0207[0] / p0305 < 5)。
- 调试安全功能前先对控制器进行优化：
  - 在静止状态下进行电机数据检测。
  - 进行旋转测量。
  - 设定值发生变化后应避免多次出现转速过冲过程。
  - 避免电机在 2 秒内反转。

### 3.7 Safe Torque Off (STO)

#### STO 安全功能的工作原理是怎样的？

激活了 STO

功能的变频器可防止电机部件意外启动。



表格 3-2 STO 的工作原理

	Safe Torque Off (STO)	绑定了 STO 的变频器标准功能
1.	变频器通过安全输入或安全通讯 PROFIsafe 识别 STO 的选择。	---
2.	变频器中断电机的供电。STO 激活时，电机不会生成转矩。	如果使用电机抱闸，变频器会闭合抱闸。
3.	变频器通过安全输出或安全通讯 PROFIsafe 报告“STO 生效”。	---

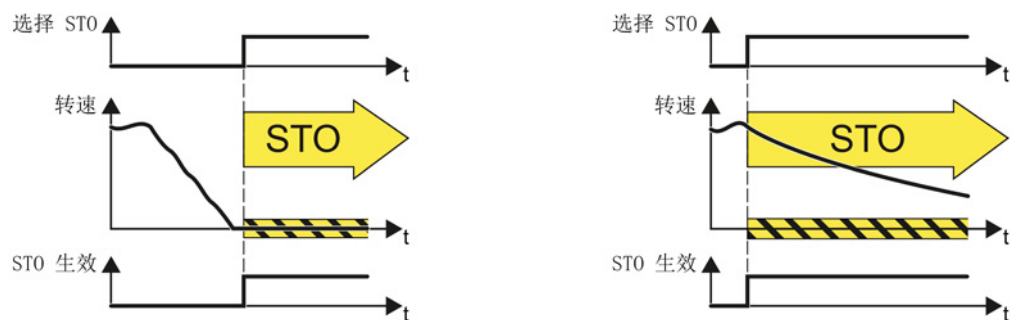


图 3-1 静态电机和旋转电机上的 STO 功能的工作原理

如果选中 STO 时电机还在旋转，电机会继续旋转直到静止状态。

#### 安全功能 STO 具有统一的标准

STO 功能是在 IEC/EN 61800-5-2 中定义的：

“[...]

[变频器]不向旋转电机提供可产生转矩的电能，或不向线性电机提供产生推力的电能。”

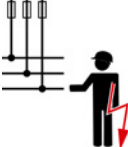
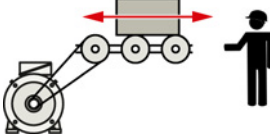
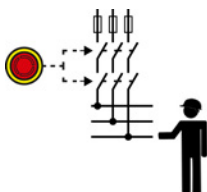
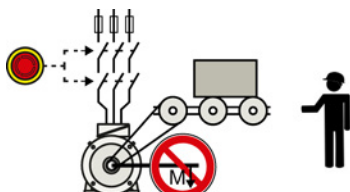
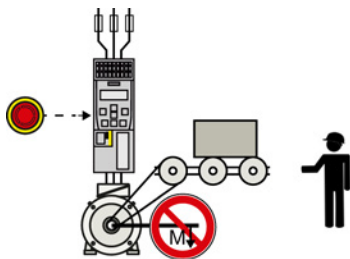
变频器功能 STO 符合标准定义。

### 3.7 Safe Torque Off (STO)

#### 紧急停机和紧急中断的区别

“紧急停机”和“紧急中断”都是指令，可降低机器或设备中的各类风险。

STO 功能适用于实现紧急中断，但不适用于实现紧急停机。

<p>风险:</p>	<p>电击危险:</p> 	<p>意外运动:</p> 
<p>降低风险的措施:</p>	<p><b>安全关断</b> 进行安装作业时关闭整个或部分电源。</p>	<p><b>安全停止并避免重启</b> 停止或避免意外运动。</p>
<p>指令:</p>	<p><b>紧急停机</b></p>	<p><b>紧急中断</b></p>
<p>常规解决方案:</p>	<p>关闭电源:</p> 	<p>关闭电机的电源:</p> 
<p>带集成安全功能 STO 的解决方案:</p>	<p><b>STO</b> 功能不适用于安全关闭电源。</p>	<p><b>选中 STO:</b></p>  <p>您还可以关闭变频器的电源。 但不对该措施作强制性要求。</p>

### STO 功能的应用示例

STO 适用于电机已经停止或因摩擦在短时间内安全达到静止状态的应用。STO 无法阻止带有大回转质量的机器部件空转。

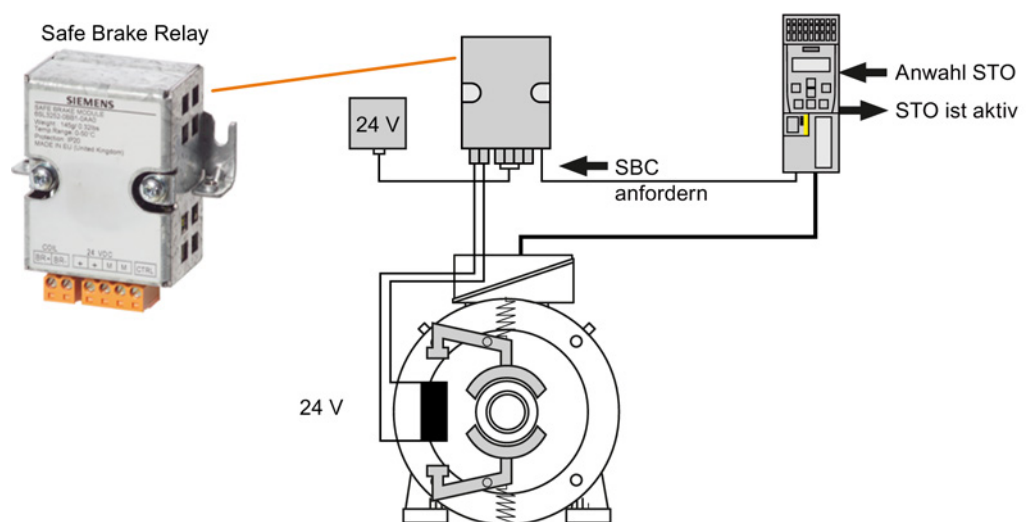
示例	解决办法
操作急停按钮来防止处于静止状态的一台电机意外加速。	<ul style="list-style-type: none"> <li>急停按钮连接一个变频器安全输入。</li> <li>通过安全输入选择 STO。</li> </ul>
一个中央急停按钮可以防止多台处于静止状态的电机意外加速。	<ul style="list-style-type: none"> <li>在中央控制系统中检测急停按钮的状态。</li> <li>通过 PROFIsafe 选择 STO。</li> </ul>

## 3.8 Safe Brake Control (SBC)

### 安全功能 SBC 的工作原理是怎样的？

变频器通过 SBC 功能监控连接电磁制动器的电缆，必要时安全关闭制动器的 24 V 电源。

为实现 SBC 功能，必须为变频器装配一个 Safe Brake Relay。



制动器既可以集成在电机内部，也可以安装在电机外部。

### 3.8 Safe Brake Control (SBC)

表格 3-3 SBC 的工作原理

Safe Brake Control (SBC)		制动器的标准功能
1.	<p><b>STO</b> 功能生效时，变频器通过连接至 <b>Safe Brake Relay</b> 的连接电缆请求 SBC 功能。</p> <p><b>Safe Brake Relay</b> 安全关闭相连制动器的电源。</p>	<p>制动器闭合。 制动器使电机轴停留在位置上。</p>
2.	<p>变频器通过一个安全输出或安全通讯 PROFIsafe 报告“STO 生效”。</p>	

制动器的安全控制不表示制动器使负载停留在位置上。SBC 功能无法检测出制动器是否机械闭合或损坏。

#### 安全功能 SBC 具有统一的标准

安全功能 SBC 是在 IEC/EN 61800-5-2 中定义的：

“SBC 功能提供了一个用于控制外部抱闸的安全输出信号。”

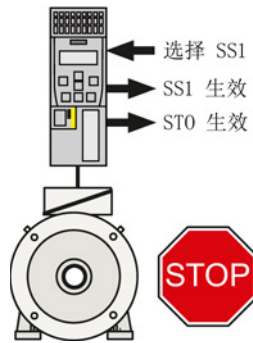
变频器功能 SBC 符合标准定义。

#### SBC 功能的应用示例

示例	解决办法
<p>起升机构停机后，变频器必须闭合制动器，以降低负载坠落的风险。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>通过 <b>Safe Brake Relay</b> 将电机抱闸连接到变频器上。</li> <li>在驱动停机时选择 <b>STO</b>。</li> </ul>

### 3.9 Safe Stop 1 (SS1)

SS1 的工作原理是怎样的？



变频器通过生效的 SS1 功能尽可能降低机器部件的动能。

SS1 的工作原理取决于 SS1 是与基本安全功能还是与扩展安全功能组合使用。

#### 基本安全功能的 SS1

表格 3-4 SS1 的工作原理，在电机运转时选择

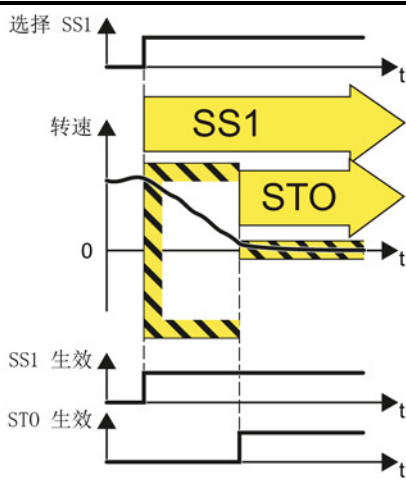
Safe Stop 1 (SS1)		包含 SS1 的变频器标准功能
1. 变频器通过故障安全输入或安全通讯 PROFIsafe 识别 SS1 的选择。		---
2. SS1 启动一个安全计时器 T。变频器报告“SS1 生效”。		变频器使电机在 OFF3 斜坡上减速制动。
3. 计时器时间届满后，变频器通过 STO 功能安全封锁电机转矩。变频器通过一个安全输出或安全通讯 PROFIsafe 报告“STO 生效”。		---

### 3.9 Safe Stop 1 (SS1)

#### 扩展安全功能的 SS1

表格 3-5 SS1 的工作原理，在电机运转时选择

Safe Stop 1 (SS1)		包含 SS1 的变频器标准功能
1.	变频器通过故障安全输入或安全通讯 PROFIsafe 识别 SS1 的选择。	---
2.	变频器监控电机转速是否减小。 变频器报告“SS1 生效”。	变频器使电机在 OFF3 斜坡上减速制动。
3.	如果电机的转速足够低，变频器会通过 STO 安全封锁电机转矩。 变频器通过一个安全输出或安全通讯 PROFIsafe 报告“STO 生效”。	---



#### 安全功能 SS1 具有统一的标准

安全功能 SS1 是在 IEC/EN 61800-5-2 中定义的：

“[...] [1]

触发电机减速，并监测电机减速度是否在定义的限值范围内。当电机转速低于定义的限值后触发 STO

或者

[2] 触发电机减速，并在一定延时（取决于具体应用）后触发 STO 功能。”

扩展安全功能的变频器功能 SS1 符合第一个标准定义。

基本安全功能的变频器功能 SS1 符合第二个标准定义。

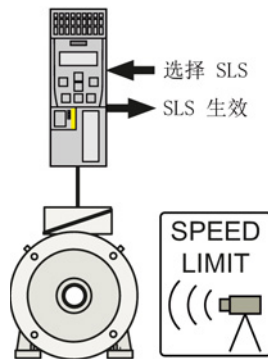
#### 应用示例

示例	解决办法
按下急停键后驱动会尽可能快地制动。 静止的电机不允许意外加速。	<ul style="list-style-type: none"> <li>通过安全输入或 PROFIsafe 选择变频器中 SS1。</li> </ul>



### 3.10 Safely Limited Speed (SLS)

SLS 的工作原理是怎样的？

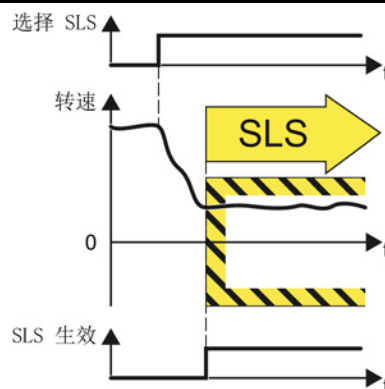


变频器通过生效的 SLS

功能在不中断机器运行的情况下降低和监控机器部件的速度或转速。

表格 3-6 SLS 的工作原理，在电机运转时选择

Safely Limited Speed (SLS)		包含 SLS 的变频器标准功能
1.	变频器通过故障安全输入或安全通讯 PROFIsafe 识别 SLS 的选择。	---
2.	电机转速有可能过高时，SLS 可在指定时间内或在指定制动斜坡上降低转速。	变频器将转速设定值限制在 SLS 监控值以下。 如果电机以大于 SLS 监控值的速度运转，变频器会使电机在 OFF3 斜坡上减速制动。
3.	变频器监控当前转速值是否超出设置的 SLS 监控值。 变频器通过一个安全输出或安全通讯 PROFIsafe 报告“SLS 生效”。 如果电机转速超出 SLS 监控值，变频器会发出“安全停止”响应，使电机减速制动。	变频器将转速设定值限制在 SLS 监控值以下。



#### 安全功能 SLS 具有统一的标准

安全功能 SLS 是在 IEC/EN 61800-5-2 中定义的：

“安全功能 SLS 可阻止电机超过规定的速度限值。”

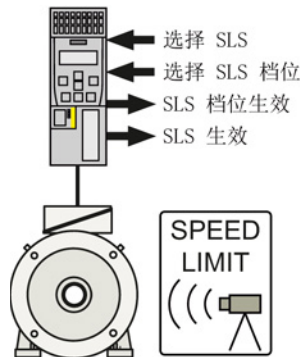
变频器功能 SLS 符合标准定义。

3.10 Safely Limited Speed (SLS)

SLS 功能的应用示例

示例	解决办法
手动模式：机器操作员必须进入机器的危险区域并将物料手动装入机器部件中。	<ul style="list-style-type: none"><li>• 通过安全输入或 PROFIsafe 选择变频器中的 SLS。</li></ul>
车床不能超过规定的最大转速，以免损坏卡盘。	<ul style="list-style-type: none"><li>• 变频器会限制并监测机器部件的移动速度。</li></ul>

## 功能扩展：选择 SLS 档位



示例中展示的是从 2 档切换至 1 档。

为 SLS 功能扩展多个 SLS 档位：

- SLS 功能的速度监控最多可以扩展至 4 个 SLS 档位。
- 变频器需要额外的安全信号选择 SLS 档位和进行反馈。

表格 3-7 从 2 档切换至 1 档

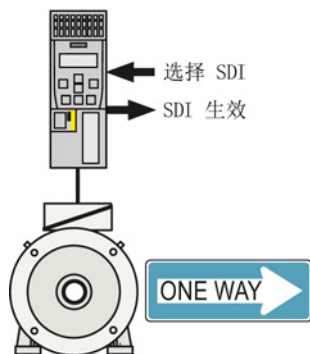
Safely Limited Speed (SLS)		包含 SLS 的变频器标准功能
1. 变频器通过安全通讯 PROFIsafe 报告“2 档生效”。		变频器将转速设定值限制在 2 档值以下。
2. 变频器通过安全通讯 PROFIsafe 识别 1 档的选择。		变频器将转速设定值限制在 1 档值以下。
3. 电机转速有可能过高时，SLS 可在指定时间内或在指定制动斜坡上降低转速。		如果电机以大于 SLS 监控值的速度运转，变频器会使电机在 OFF3 斜坡上减速制动。
4. 变频器监控当前转速值是否超出 1 档值。 变频器通过安全通讯 PROFIsafe 报告“1 档生效”。		变频器将转速设定值限制在 1 档值以下。

## SLS 档位选择的应用示例

示例	解决办法
圆锯不能超过规定的最大转速，最大转速取决于圆锯直径。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 通过 PROFIsafe 选择变频器中的 SLS 及相应的 SLS 档位。</li> </ul>

### 3.11 Safe Direction (SDI)

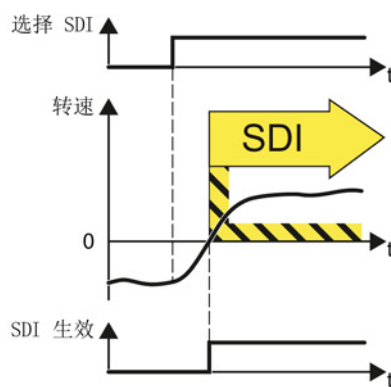
SDI 的工作原理是怎样的？



变频器通过生效的 SDI 功能防止机器部件反转。

表格 3-8 SDI 的工作原理，在电机运转时选择

	Safe Direction (SDI)	包含 SDI 的变频器标准功能
1.	变频器通过故障安全输入或安全通讯 PROFIsafe 识别 SDI 的选择。	---
2.	电机旋转方向错误时，SDI 可在指定时间内或在指定制动斜坡上使电机减速停机。	变频器将转速设定值限制为所选旋转方向上的值。 如果电机反转，变频器会使电机在 OFF3 斜坡上减速制动。
3.	变频器监控当前转速的方向。 变频器通过一个安全输出或安全通讯 PROFIsafe 报告“SDI 生效”。 如果电机反转，变频器会发出“安全停止”响应，使电机减速制动。	变频器将转速设定值限制为所选旋转方向上的值。



#### 安全功能 SDI 具有统一的标准

安全功能 SDI 是在 IEC/EN 61800-5-2 中定义的：

“安全功能 SDI 可阻止电机轴反转。”

变频器功能 SDI 符合标准定义。

## 应用实例

示例	解决办法
确保只有驱动处于安全的旋转方向时，才可以更换压力气缸的托盘。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 通过安全输入或 PROFIsafe 选择变频器中的 SDI。</li> </ul>
确保在激活防夹保护之后，卷帘门只能朝打开的方向滚动。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 禁止变频器中不允许的旋转方向。</li> </ul>
确保处于限位开关上的起重机小车只在反方向启动，不会越过限位开关。	
手动清洁印刷机中的滚轮时，滚轮只能按照规定的方向旋转。	

### 3.12 Safe Speed Monitoring (SSM)

#### SSM 的工作原理是怎样的？

变频器通过生效的 SSM 功能报告机器部件的速度或转速是否超出或低于限值。



表格 3-9 SSM 的工作原理

Safe Speed Monitoring (SSM)		包含 SSM 的变频器标准功能
1. SSM 功能无法通过外部控制信号选择或撤销，而是在进行相应的设置时设为始终生效。		---
2. 变频器对电机转速与设置的限值进行对比。		
3. 如果转速低于限值，变频器会通过一个安全输出或安全通讯 PROFIsafe 报告“转速低于限值”。		

#### 安全功能 SSM 具有统一的标准

安全功能 SSM 是在 IEC/EN 61800-5-2 中定义的：  
 “安全功能 SSM 可提供一个安全输出信号，显示电机转速是否在规定的极限值以下。”  
 变频器功能 SSM 符合标准定义。

#### 应用示例

示例	解决办法
确保只有在低于规定转速时才加注离心机。	变频器会对离心机的转速进行安全监控并通过 PROFIsafe 使用状态位“转速低于限值”来使能过程链中的后续动作。

## 4

## 安装

## 4.1 安装变频器

## 步骤

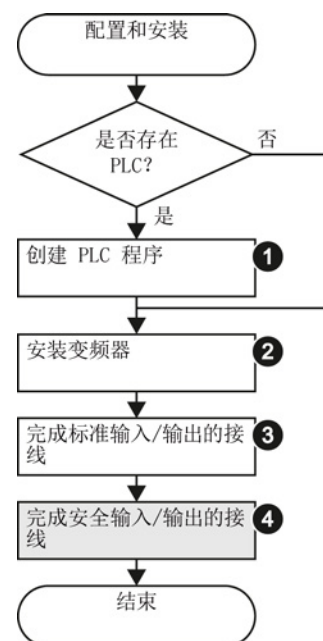


下图显示的是集成了安全功能的变频器的安装步骤。

本手册会对其中灰显步骤进行说明。其他步骤的相关说明可参见其他手册。

进行下列操作：

1. 如果使用上级控制器 (PLC)，请先创建控制程序。
2. 安装变频器。  
→ 参见变频器的操作说明。
3. 将变频器连接到电源上并对变频器的标准输入和输出进行接线。  
→ 参见变频器的操作说明。
4. 对安全输入和输出进行接线  
→ 参见本手册：由 F-DI 控制 (页 50)。  
→ 参见本手册：F-DO 一览 (页 71)。



您已完成变频器的安装并准备进行调试。

## 4.2 通过 PROFIsafe 连接

### 4.2.1 PROFIsafe 连接一览

#### PROFIsafe 通讯

必须通过 PROFIBUS 或 PROFINET 将变频器与中央安全控制器 (F-CPU) 连接在一起，以进行 PROFIsafe 通讯。

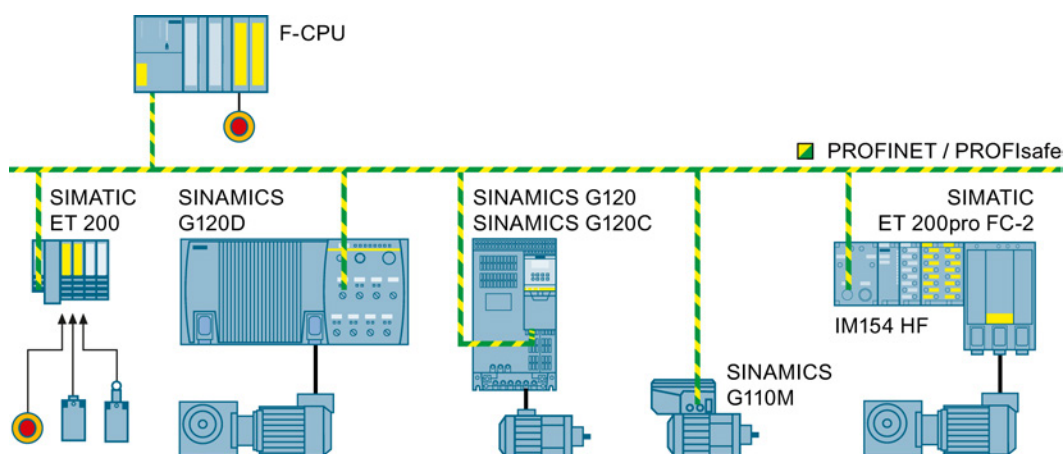


图 4-1 F-CPU 和变频器之间的 PROFIsafe 通讯，例如：通过 PROFINET

变频器 SIMATIC ET 200pro FC-2 不自带 PROFIsafe 接口。中央 F-CPU 通过一个“High Feature”接口模块和 PROFIsafe 模块“F-Switch”控制 ET 200pro FC-2 的安全功能。

模块 F-Switch 用于控制 ET-200pro 系统底板母线中的 F0 母排和 F1 母排。变频器通过一个内部安全输入分析 F0 母排。



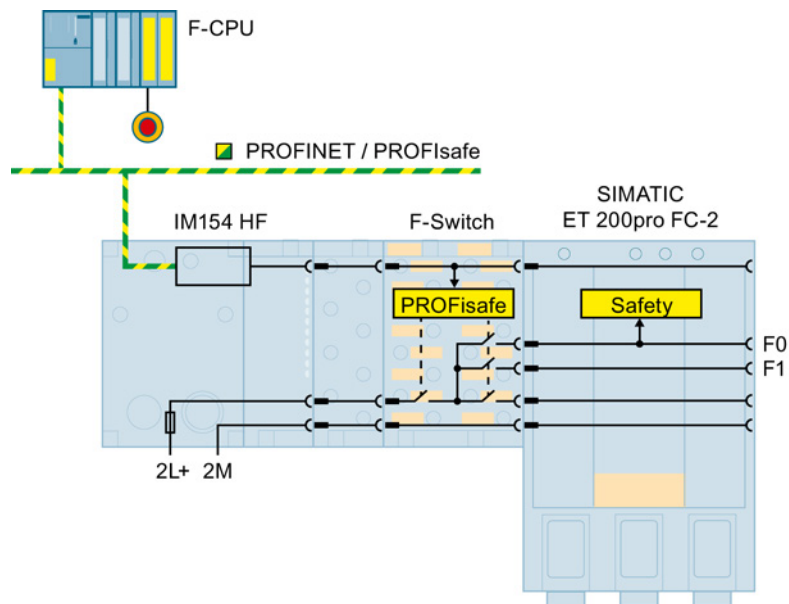


图 4-2 用于与变频器 ET 200pro FC-2 进行 PROFIsafe 连接的 F-Switch，例如：通过 PROFINET

有关 ET 200pro 系统和 F-Switch 模块的更多信息参见操作说明“SIMATIC 分布式 I/O 系统 ET 200pro”。另见章节：变频器手册 (页 334)。

有关 F-Switch 模块的其他结构形式请访问网址：FAQ

(<http://support.automation.siemens.com/WW/view/zh/26694409>)。

### Shared Device

PROFINET 功能“共享设备”可使两个控制器访问同一个 PROFINET IO 设备，例如：一个 SIMATIC ET 200 I/O 系统或一台变频器。“共享设备”的典型应用是设备中的标准 CPU 和 F-CPU 分别作为独立控制器使用：

- 故障安全控制器 (F-CPU) 用于控制变频器或 SIMATIC ET 200 I/O 系统中的安全功能。
- 标准控制器用于传送所有其他信号。

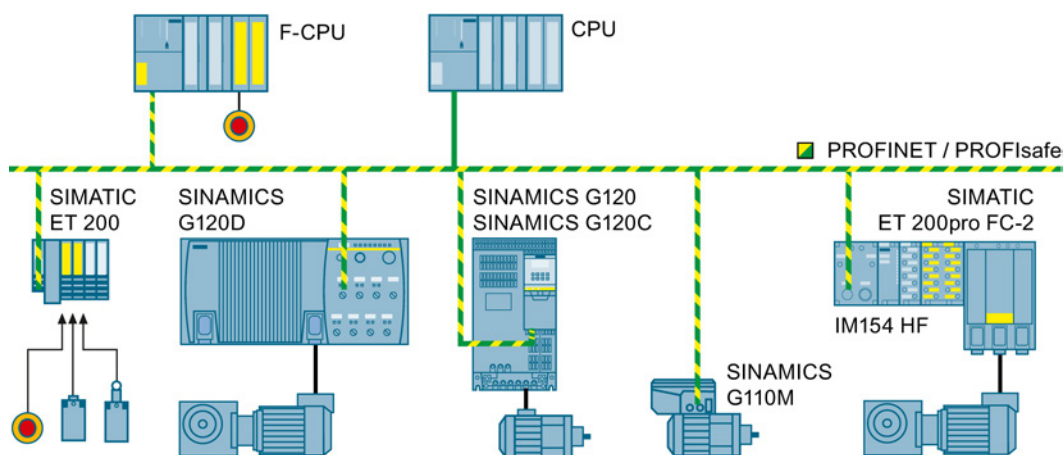


图 4-3 共享设备可与所有变频器配套使用

### 智能从站和从站之间的通讯

只有通过 PROFIBUS，F-CPU 才可用作智能从站。

变频器 SIMATIC ET 200pro FC-2 可实现智能从站和从站之间的通讯。F-CPU 是 PROFIBUS 上的从站，通过 PROFIsafe 控制变频器的安全功能。

SINAMICS 变频器和智能从站之间无法进行 PROFIsafe 通讯。

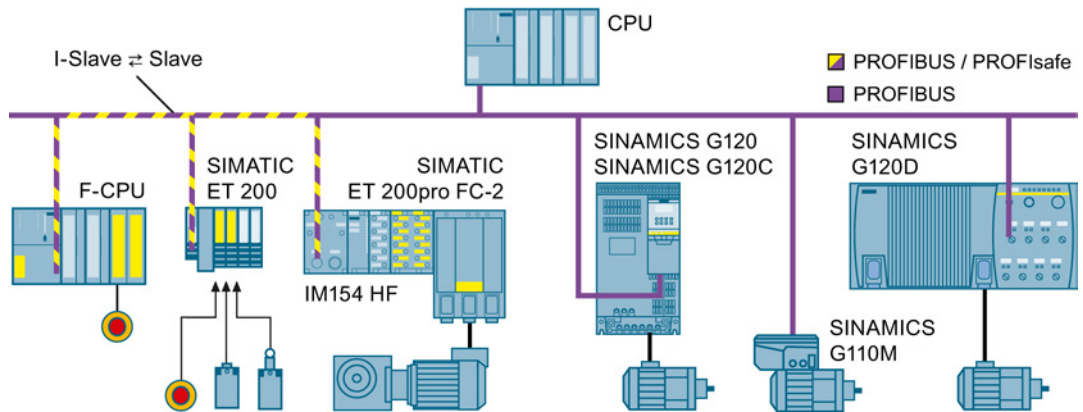


图 4-4 智能从站和从站之间的通讯只可在 ET 200pro FC-2 上实现

### SIMATIC ET 200pro 系统内部的 PROFIsafe 通讯

ET 200pro 系统内部可实现安全通讯：

- ET 200pro 系统是 PROFIBUS 或 PROFINET 上的节点。
- 在 SIMATIC ET 200pro 系统内部，带集成安全控制器 (IM F-CPU) 的接口模块通过 PROFIsafe 控制变频器的安全功能。

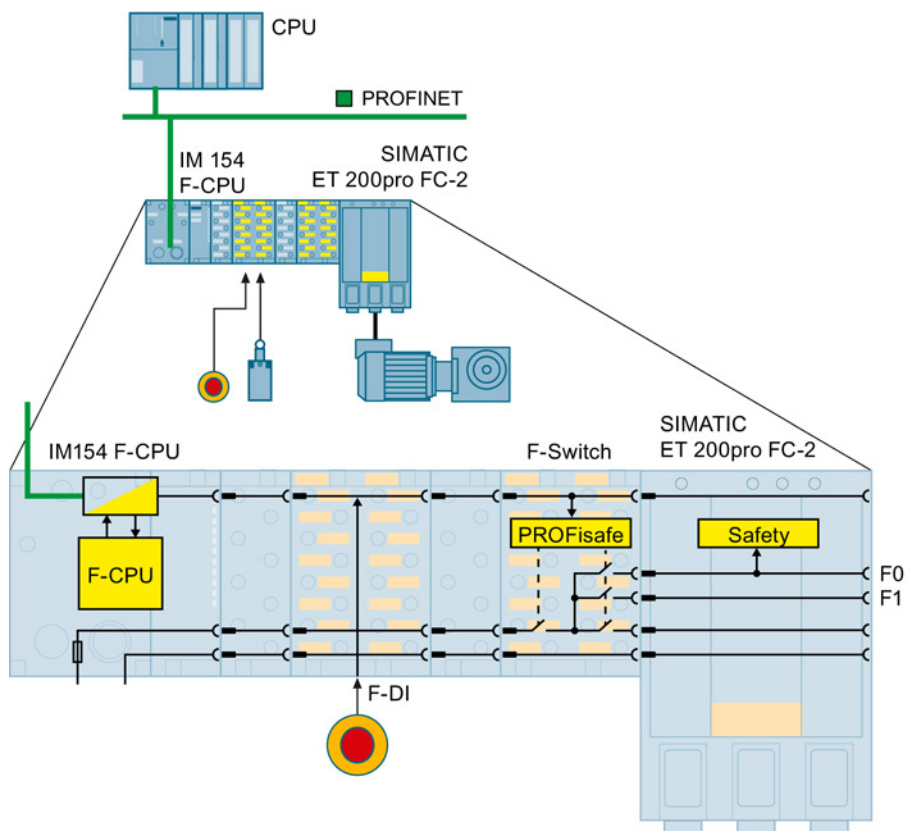


图 4-5 ET 200pro 内部 IM F-CPU 和变频器之间的安全通讯，例如：在 PROFINET 上

### 4.2.2 PROFIsafe 报文

变频器和上级控制器之间的 PROFIsafe 数据交换有两种报文可使用。

表格 4-1 PROFIsafe 报文

PROFINET / PROFIsafe 示例一览	报文	过程数据 (PZD)	
		PZD1	PZD2
	报文 30 PZD 1/1	S_STW1 S_ZSW1	--- ---
	报文 900 PZD 2/2	S_STW1 S_ZSW1	S_STW5 S_ZSW5
	上级控制器通过控制字 S_STW1 选择变频器中的安全功能。变频器通过状态字 S_ZSW1 向控制器报告安全功能的执行状态。 PROFIsafe 协议的报文 900 包含了额外的控制字和状态字 5。在状态字 S_ZSW5 中，变频器向控制器反馈安全输入的状态。		
	Safety STO, SS1, SLS, ...		

S\_STW: 控制字安全; S\_ZSW: 状态字安全

### 4.2.3 控制字 1 和状态字 1 (基本功能)

表格 4-2 控制字 1 (位 0 ... 15)

字节	位	功能	注释	
0	0	STO	0	选择 STO
			1	撤销 STO
	1	SS1	0	选择 SS1
			1	撤销 SS1
	2 ... 6	不相关		
	7	Internal Event ack	0	不应答故障
1 → 0			信号从 1 切换至 0 时应答“内部事件”	
1	8 ... 15	不相关		

表格 4-3 状态字 1(位 0 ... 15)

字节	位	功能	注释	
0	0	电源已断开	0	STO 未生效
			1	STO 生效
	1	SS1 生效	0	SS1 未生效
			1	SS1 生效
	2 ... 6	不相关		
	7	Internal Event	0	正常运行
1			变频器报告一个“内部事件”。	
1	8 ... 15	不相关		

### 4.2.4 控制字 1 和状态字 1 (扩展功能)

表格 4-4 控制字 1 (位 0 ... 15)

字节	位	功能	注释			
0	0	STO	0	选择 STO		
			1	撤销 STO		
	1	SS1	0	选择 SS1		
			1	撤销 SS1		
	2, 3	不相关				
	4	SLS	0	选择 SLS		
			1	撤销 SLS		
	5, 6	不相关				
	7	Internal event ack	0	不应答故障		
			1 → 0	信号从 1 切换至 0 时应答“内部事件”		
1	0	不相关				
	1	SLS 档位 位 0	选择 SLS 档位		位 10	位 9
			1 档	0	0	
			2 档	0	1	
			3 档	1	0	
	2	SLS 档位 位 1	4 档	1	1	
			不相关			
	4	SDI +	0	选择 SDI +		
			1	撤销 SDI +		
	5	SDI -	0	选择 SDI -		
1			撤销 SDI -			
6, 7	不相关					

表格 4-5 状态字 1(位 0 ... 15)

字节	位	功能	注释			
0	0	电源已断开	0	STO 未生效		
			1	STO 生效		
	1	SS1 生效	0	SS1 未生效		
			1	SS1 生效		
	2, 3	不相关				
	4	SLS 生效	0	SLS 未生效		
			1	SLS 生效		
	5, 6	不相关				
7	Internal Event	0	正常运行			
		1	变频器报告一个“内部事件”。			
1	0	不相关				
	1	SLS 档位 位 0	SLS 档位生效		位 10	位 9
				1 档	0	0
				2 档	0	1
				3 档	1	0
	2	SLS 档位 位 1		4 档	1	1
	3	不相关				
	4	SDI + 生效	0	SDI + 未生效		
			1	SDI + 生效		
5	SDI - 生效	0	SDI - 未生效			
		1	SDI - 生效			
6	不相关					
7	SSM 状态	0	转速值超过 SSM 限值			
		1	转速值低于 SSM 限值			



### 4.2.5 控制字 5 和状态字 5

表格 4-6 控制字 5 (位 0 ... 15)

字节	位	功能	注释
0 ... 1	0 ... 15	预留	为所有预留位赋值 0。

表格 4-7 状态字 5(位 0 ... 15)

字节	位	功能	注释	SINAMICS G120	SINAMICS G120D	
0	0 ... 7	预留	-			
1	8	安全输入的状态	0	低位信号 (0 V)	端子 5 和 6	引脚 X7.2 和 X7.4
			1	高位信号 (24 V)		
	9		0	低位信号 (0 V)	端子 7 和 8	引脚 X8.2 和 X8.4
			1	高位信号 (24 V)		
	10		0	低位信号 (0 V)	端子 16 和 17	引脚 X9.2 和 X9.4
			1	高位信号 (24 V)		
	11 ... 15	预留	-			

安全输入一览请参见章节“安全输入 (页 50)”。

如果满足以下其中一个条件，无论当前电平是多少，变频器都会将状态字 5 中的位 8 ... 10 置零：

- 该安全输入未投入使用。
- 变频器检测出信号差异，禁止了该安全输入。

### 4.3 由 F-DI 控制

#### 4.3.1 安全输入

变频器出厂时没有为集成的安全功能指定安全输入。  
只有在调试变频器时您才可以确定是将数字量输入 DI 4 和 DI 5  
用于标准功能还是将这两个输入组成一个安全输入。



变频器 SIMATIC ET 200pro FC-2  
没有可直接访问的安全输入。如果想通过 ET-200pro  
站内的一个安全输入控制该变频器的安全功能，则需使用模块  
F-RSM 或 F-Switch。

接线示例参见下一章，另见：接线示例 (页 54)。

#### 安全输入的指定



表格 4-8 只能设置一个安全输入的变频器（内装设备，防护等级 IP20）

SINAMICS G120C	SINAMICS G120 配备控制单元 CU240E-2 CU240E-2 DP CU240E-2 PN	端子排	数字量输入	安全输入
		16	DI 4	F-DI 0
		17	DI 5	

表格 4-9 可设置多个安全输入的变频器（内装设备，防护等级 IP20）


SINAMICS G120 配备控制单元 CU240E-2 F CU240E-2 DP-F CU240E-2 PN-F CU250S-2 CU250S-2 CAN CU250S-2 DP CU250S-2 PN	端子排	数字量输入	安全输入	
			基本安全功能	扩展安全功能
	5	DI 0	-	F-DI 0
	6	DI 1		F-DI 1
	7	DI 2		
	8	DI 3	F-DI 0	F-DI 2
	16	DI 4		
	17	DI 5		

表格 4-10 只能设置一个安全输入的变频器（非柜装设备，防护等级 IP65）

	连接器号+引脚号	数字量输入	安全输入
SINAMICS G120D 配备控制单元 CU240D-2 DP CU240D-2 PN 	X9.4	DI 4	F-DI 0
	X9.2	DI 5	
SINAMICS G110M 	X8.4	DI 2	F-DI 0
	X8.2	DI 3	

4.3 由 F-DI 控制

表格 4-11 可设置多个安全输入的变频器（非柜装设备，防护等级 IP65）

SINAMICS G120D 配备控制单元 CU240D-2 DP-F CU240D-2 PN-F CU240D-2 PN-F PP CU240D-2 PN-F FO CU250D-2 DP-F CU250D-2 PN-F CU250D-2 PN-F PP CU250D-2 PN-F FO	连接器号+引脚号	数字量输入	安全输入	
			基本安全功能	扩展安全功能
	X7.4	DI 0	-	F-DI 0
	X7.2	DI 1		F-DI 1
	X8.4	DI 2		
	X8.2	DI 3	F-DI 0	F-DI 2
	X9.4	DI 4		
	X9.2	DI 5		

诸如传感器开关状态之类的安全信号必须双路连到一个安全输入上。  
变频器分析这两条信号分路上的信号。

可连接哪些设备？

安全输入上可以连接下列设备：

- 连接安全传感器，例如：急停指令装置或光帘。
- 连接预处理的设备，如：故障安全控制系统或安全开关设备。

信号状态

变频器的安全输入会等待带有相同状态的信号：

- 高位信号：安全功能已撤销。
- 低位信号：安全功能已选中。

## 故障检测

变频器会检查安全输入的两个信号是否一致。变频器因此可检测出以下故障，例如：

- 断线
- 传感器失效

变频器无法检测出以下故障：

- 两个电缆短接
- 信号电缆和24V电源之间短路

## 接线时的特殊措施

进行长距离布线时，例如：在相隔较远的控制柜之间布线，您可以通过以下方式降低正在运行的机器或设备出现电缆故障的风险：

- 使用带有接地屏蔽层的电缆。
- 在钢管内敷设信号电缆。

### 4.3.2 接线示例

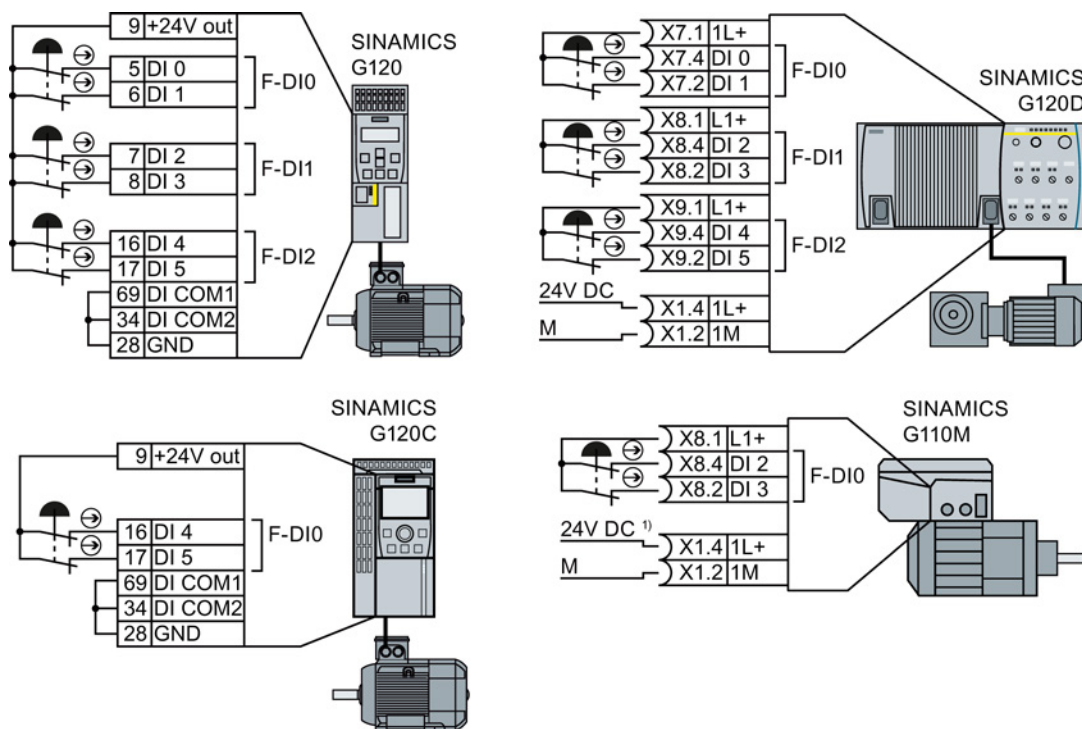
下面将为您举例说明安全输入的接线方式，它符合 EN 13849-1 的 PL d 级和 IEC61508 的 SIL2 级。

#### 4.3.2.1 连接传感器

##### 机电传感器

存在短路或跨接风险时，您必须对传感器和变频器之间的连接电缆加以保护，比如：将电缆布置在钢管中。

##### 传感器采用内部电源（变频器供电）



1) 使用 G110M 选件“24 V 功率模块”时，24 V 供电失效。

图 4-6 机电传感器和变频器的接线图，传感器电源由变频器提供

传感器采用外部电源

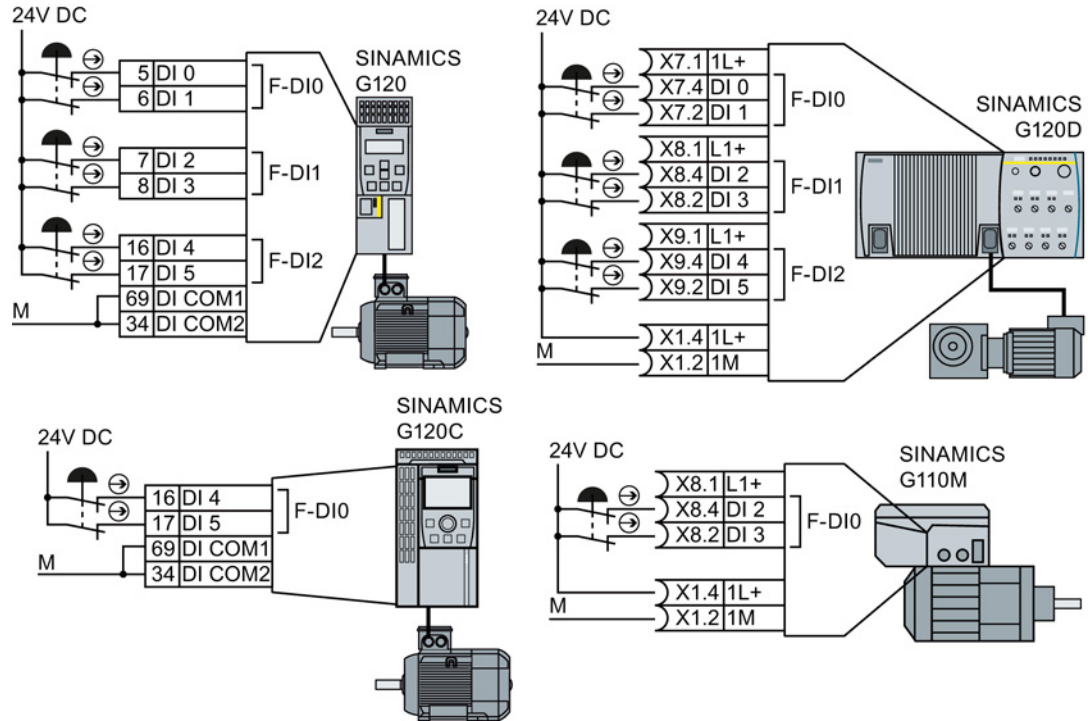


图 4-7 机电传感器和变频器的接线图，传感器电源由外部提供

### SIMATIC ET 200pro

变频器 SIMATIC ET 200pro FC 不自带安全输入。如果想直接通过一个传感器控制 ET 200pro FC-2 的安全功能，则需使用模块 F-RSM 或 F-Switch。

模块 F-RSM 用于分析传感器及控制 ET-200pro 系统底板母线中的 F0 母排。变频器通过一个内部安全输入分析 F0 母排。

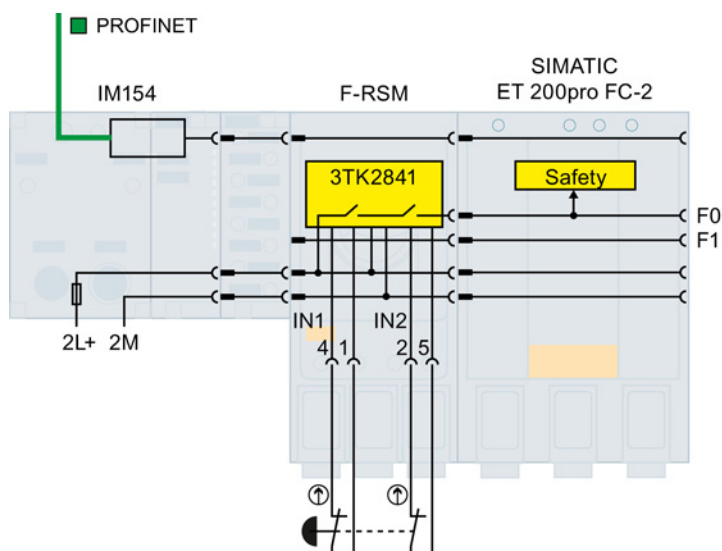


图 4-8 通过 F-RSM 模块直接控制变频器 ET 200pro FC-2 中的安全功能

模块 F-Switch 用于分析传感器及控制 ET-200pro 系统底板母线中的 F0 母排。变频器通过一个内部安全输入分析 F0 母排。

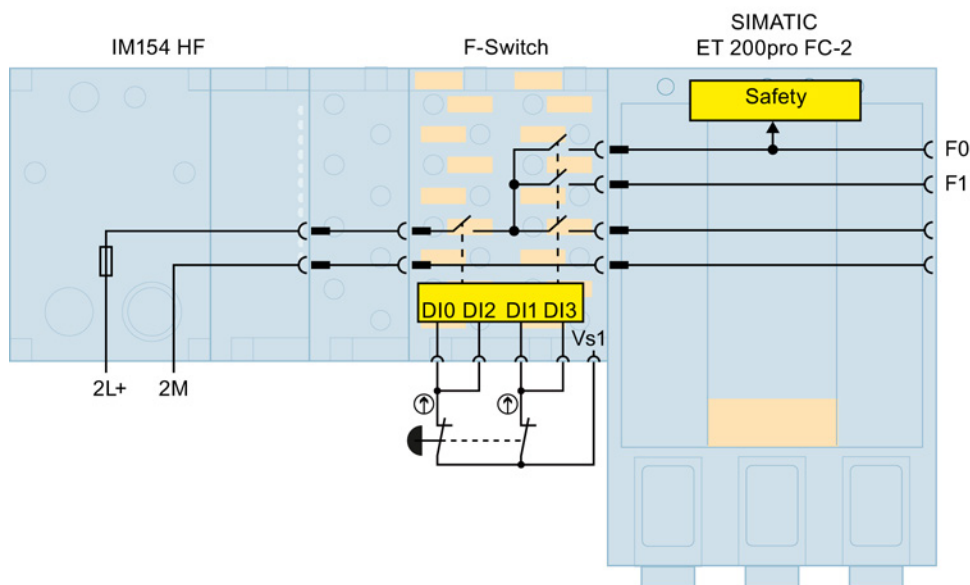


图 4-9 通过 F-Switch 模块直接控制变频器 ET 200pro FC-2 中的安全功能



有关 F-RSM 和 F-Switch 模块的其他结构形式请参考以下 FAQ: FAQ (<http://support.automation.siemens.com/WW/view/zh/26694409>)。

### 多个机电传感器的串联

如果可以排除多个急停指令装置同时动作的可能性，您便可以将急停指令装置串联在一起。通常来说，串联在一起的多个急停指令装置同时失灵的几率极低。

根据 IEC 62061 (SIL) 和 EN ISO 13849-1 (PL)，防护门上的位置开关原则上也可以串联在一起。

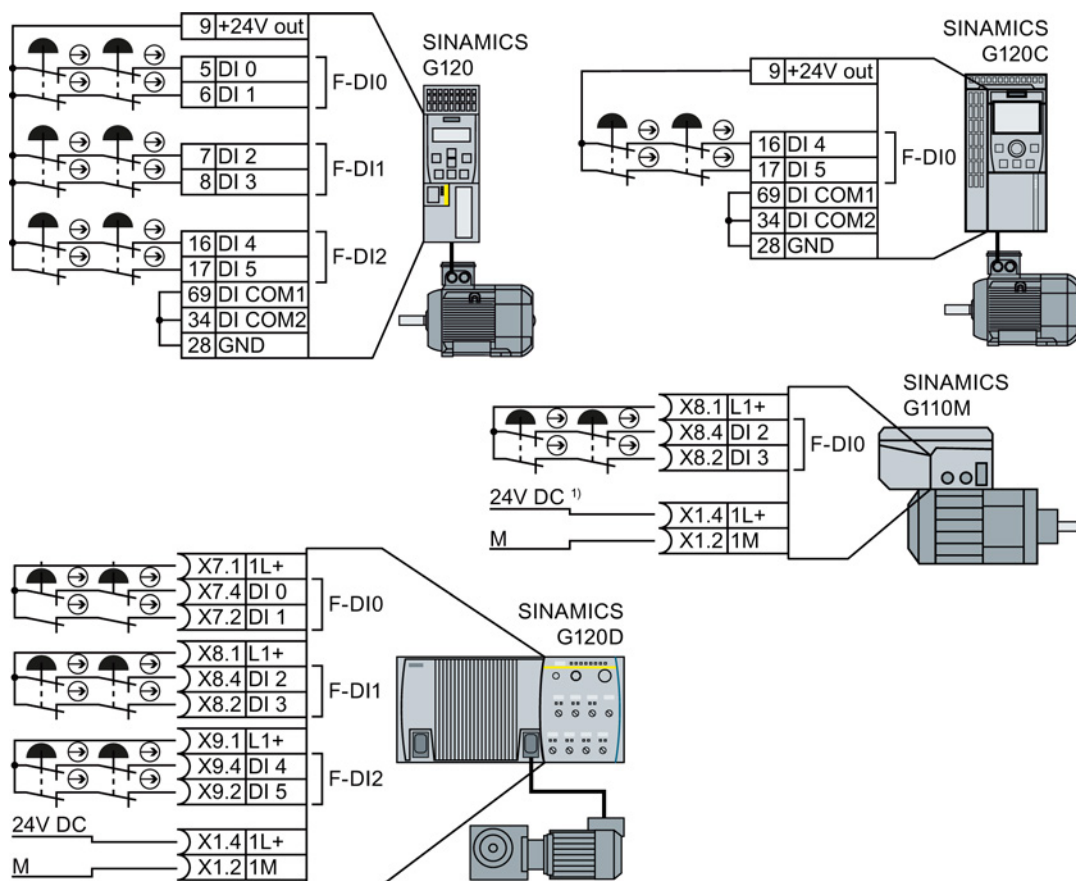
例外：

但是如果多个防护门总是同时定期打开，则无法发现故障，因此此时不允许串联位置开关。

存在短路或跨接风险时，您必须对传感器和变频器之间的连接电缆加以保护，比如：将电缆布置在钢管中。

传感器采用内部电源（变频器供电）

将变频器提供的 24 V 电压连接到传感器上，将使用的输入的基准电位连接到 GND 接地位上。



<sup>1)</sup> 使用 G110M 选件“24 V 功率模块”时，24 V 供电失效。  
)

图 4-10 多个机电传感器串联到变频器的接线图，传感器电源由变频器提供

传感器采用外部电源

将外部电源连接到传感器上，将使用的输入的基准电位连接到外部电源的基准电位上。

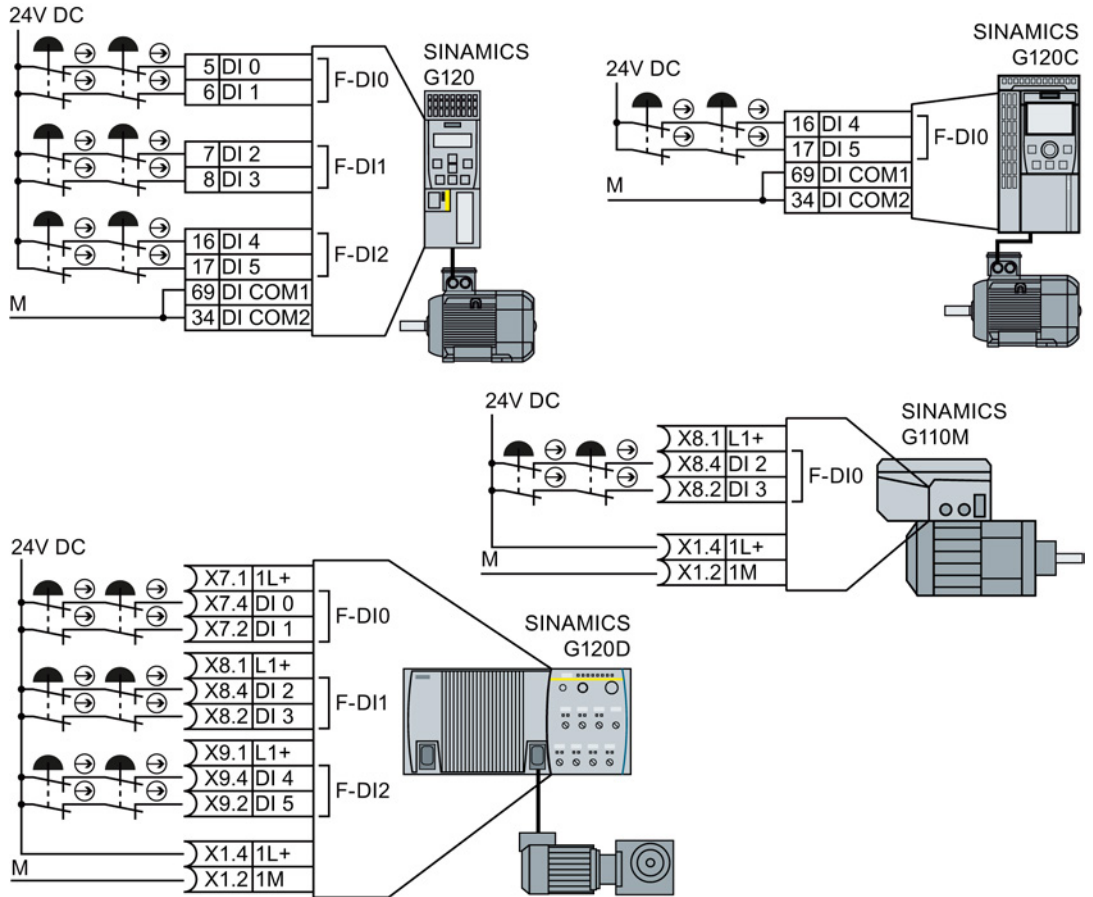


图 4-11 多个机电传感器串联到变频器的接线图，传感器电源由外部提供

### 并行控制多台变频器

您可以利用一个或多个串联的安全传感器来并行控制多台变频器上的安全功能。

存在短路或跨接风险时，您必须对传感器和变频器之间的连接电缆加以保护，比如：将电缆布置在钢管中。

#### 传感器采用内部电源（变频器供电）

将变频器提供的 24 V 电压连接到传感器上，将使用的输入的基准电位连接到 GND 接地位上。

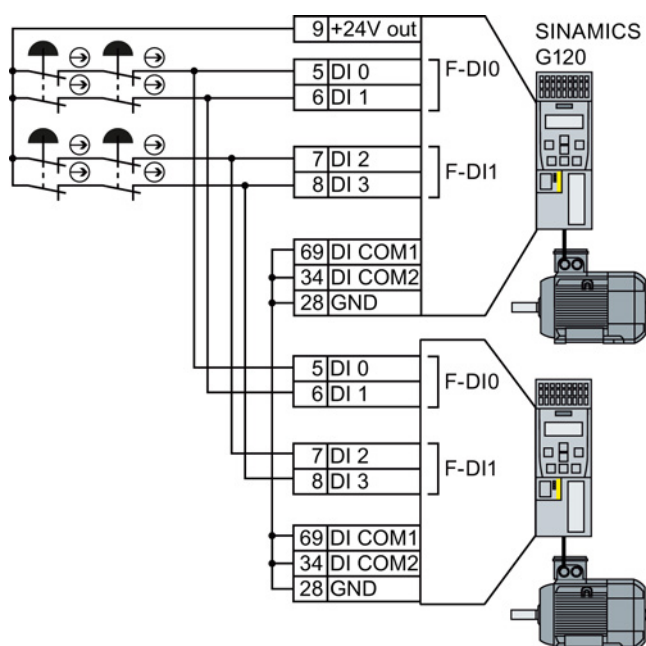


图 4-12 机电传感器并行控制多台变频器的接线图，传感器电源由变频器提供

传感器采用外部电源

将外部电源连接到传感器上，将使用的输入的基准电位连接到外部电源的基准电位上。

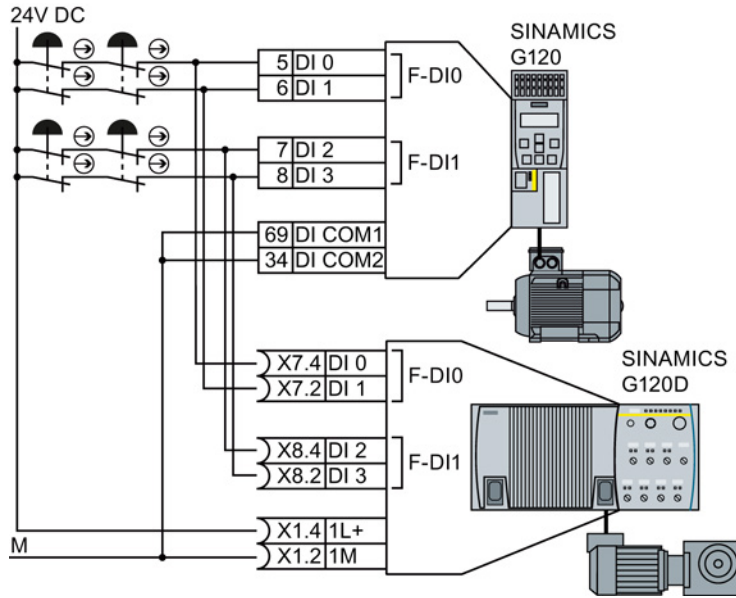


图 4-13 机电传感器并行控制多台变频器的接线图，传感器电源由外部提供

#### 4.3.2.2 连接安全开关设备

如果要使用带电子使能回路的安全开关设备，该设备的输出必须是电流源式输出。此类安全开关设备只负责通断变频器的 24 V 电源，但不通断接地线。

如果要使用带有继电器使能回路的安全开关设备，设备内部必须至少是双路接线。

下文为您举例说明各种安全开关设备的接线方式。

取决于安全开关设备和变频器是安装在同一个控制柜中还是不同的控制柜中，接线方式各不相同。

#### 安全开关设备 3TK28

下文说明的接线示例采用的是带继电器使能回路的安全开关设备。这种接线方式也适用于带半导体使能回路的安全开关设备。

示意图中仅仅展示了安全开关设备和变频器之间的接线。

关于安全开关设备的完整接线请参见产品资料：安全开关设备 SIRIUS 3TK28 (<http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/26414637/133300>)。

组件安装在同一个控制柜内

在一个经过专业设计和正确布线的控制柜内可以基本上排除电缆受损或短接的风险。

在该前提下，预处理的设备会重复连接所用的输出，在一个控制柜内，安全开关设备和变频器可以采用“单路式”接线。变频器上安全输入的两个端子必须连接在一起。

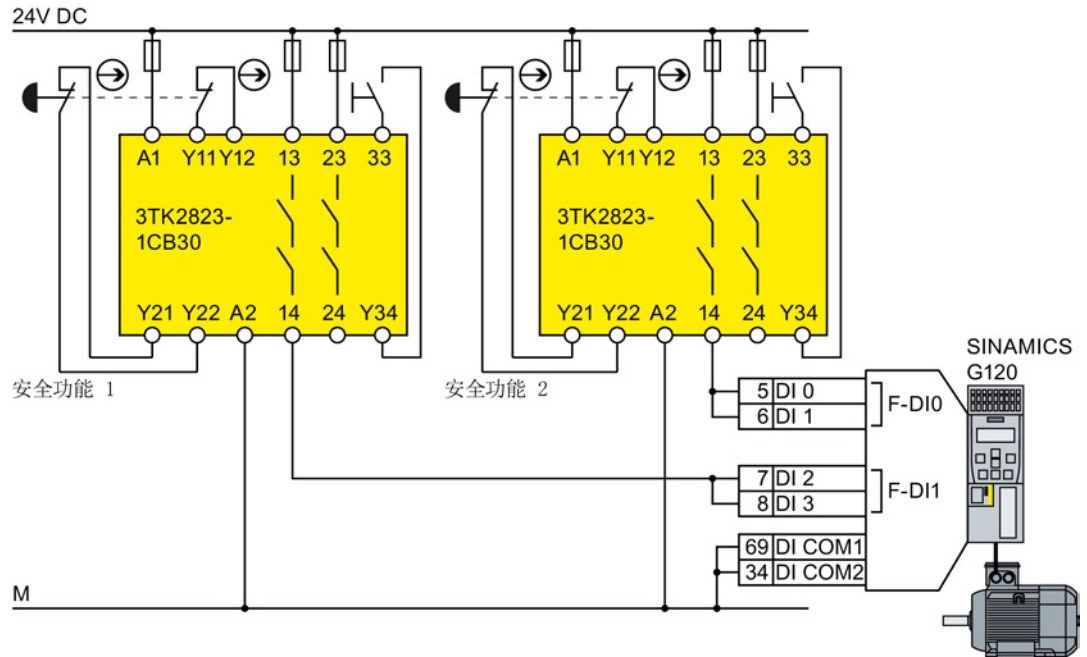


图 4-14 安装在一个控制柜内时安全开关设备和变频器的接线图

组件安装在不同的控制柜内

安全开关设备和变频器安装在不同的控制柜内时，安全开关设备和变频器安全输入之间的接线要防止跨接和短接。

因此用于控制安全功能的两个信号要用两条单独的电缆“双路式”传送。

在本例中，控制端子 5 和 7 的信号是由第一条电缆传送的。而控制端子 6 和 8 的信号是由第二条电缆传送的。

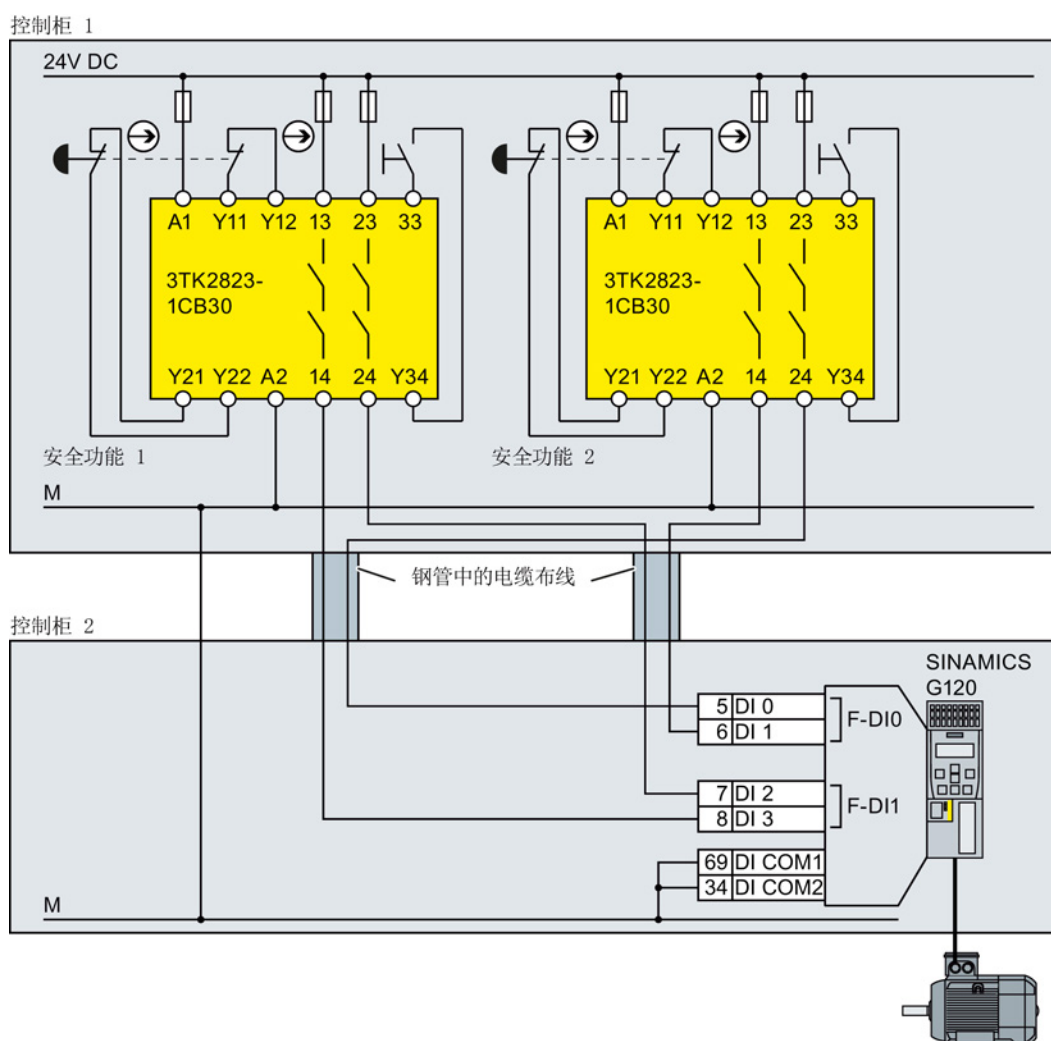


图 4-15 安装在不同的控制柜内时安全开关设备和变频器的接线图



### 模块化的安全系统 3RK3

您不仅可以使⤵用模块化的安全系统 3RK3 的中心模块“MSS Basic”中的安全输出来控制变频器的安全输入，也可以使⤵用扩展模块“EM 2/4F-DI 2F-DO”。

扩展模块“EM 2/4F-DI 1/2F-RO”

的继电器安全输出在内部采用单路设计，因此不允许使⤵用这些安全输出。

下面的示意图只展示了模块化的安全系统 3RK3 和变频器之间的接线。

关于模块化的安全系统 3RK3 的完整接线请参见产品资料：模块化的安全系统 SIRIUS 3RK3 (<http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/26412499/133300>)。

### 组件安装在同一个控制柜内

在一个经过专业设计和正确布线的控制柜内可以基本上排除电缆受损或短接的风险。

在该前提下，预处理的设备会重复连接所用的输出，在一个控制柜内，安全开关设备和变频器可以采用“单路式”接线。变频器上安全输入的两个端子必须连接在一起。

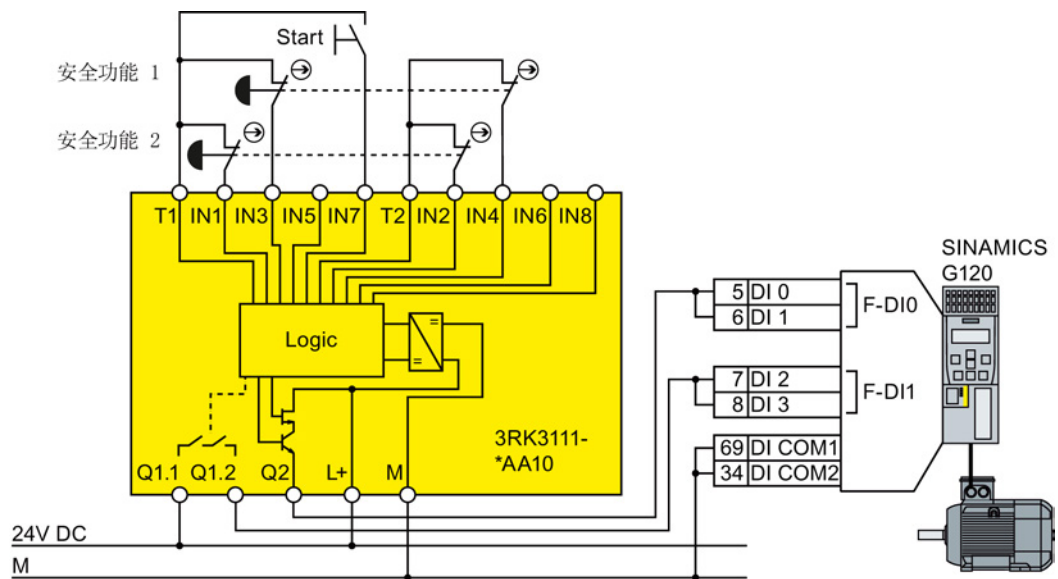


图 4-16 安装在一个控制柜内时模块化的安全系统和变频器的接线图

组件安装在不同的控制柜内

模块化的安全系统和变频器安装在不同的控制柜内时，安全系统和变频器 F-DI 之间的接线要防止跨接和短接。

因此用于控制安全功能的两个信号要用两条单独的电缆“双路式”传送。

在本例中，控制端子 5 和 7 的信号是由第一条电缆传送的。而控制端子 6 和 8 的信号是由第二条电缆传送的。

需要使用 3RK3

中心模块的安全输入来“双路式”传送信号时，您必须根据电子输出端和继电器触点的开关时间来调整变频器的信号不一致性监控时间。

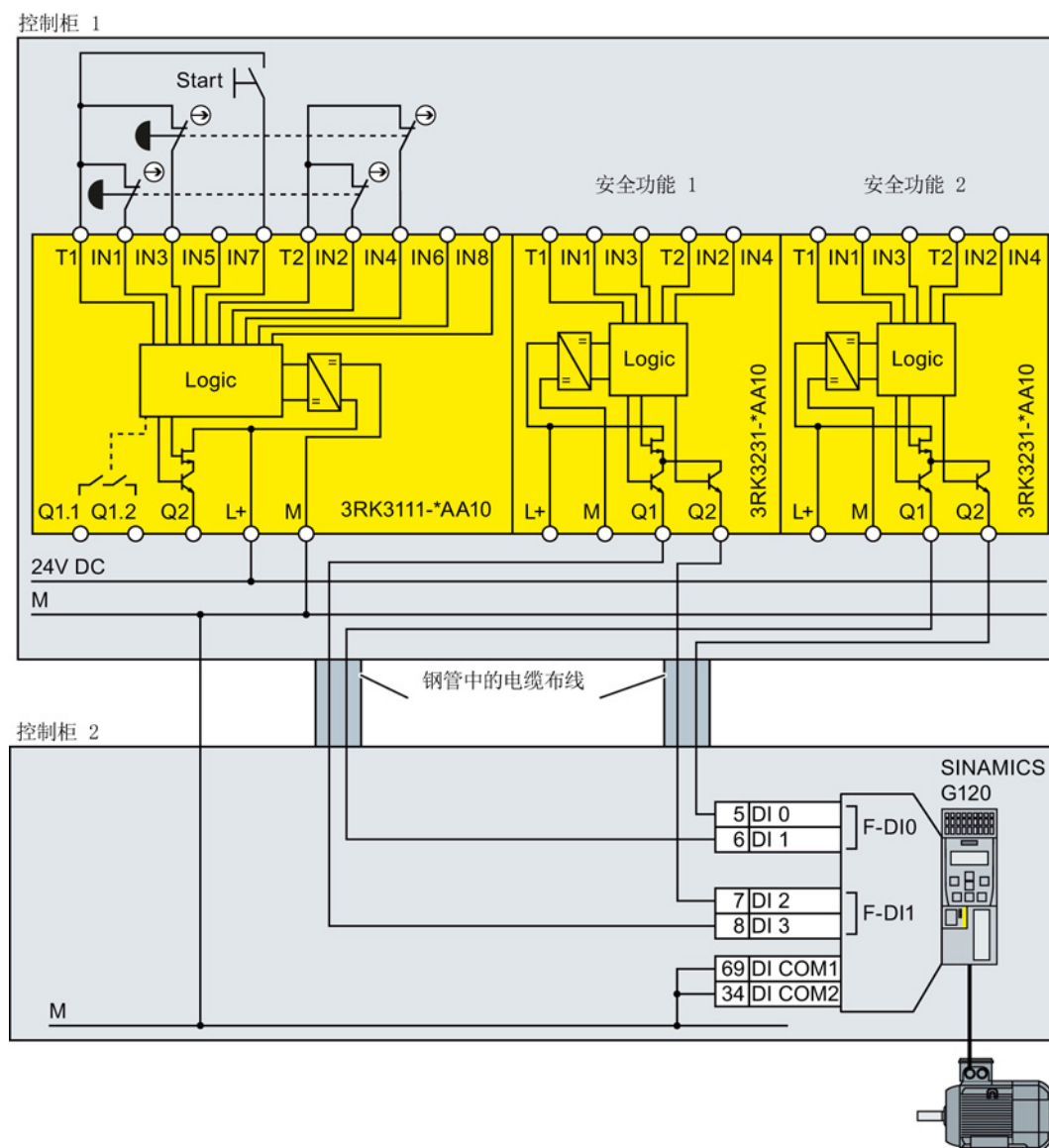


图 4-17 安装在不同的控制柜内时模块化的安全系统和变频器的接线图

### S7-300 I/O 模块

SINAMICS G120 安全数字量输入必须由电流源式安全输出控制。S7-300 系列中满足此要求的有 I/O 模块 SM326 DO 10 x 24 V / 2 A PP。

示意图中仅仅展示了 I/O 模块和变频器之间的接线。关于 I/O 模块的完整接线请参见产品资料：S7-300

(<http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/10805159/133300>)。

### 组件安装在同一个控制柜内

在一个经过专业设计和正确布线的控制柜内可以基本上排除电缆受损或短接的风险。

在该前提下，预处理的设备会重复连接所用的输出。在一个控制柜内，I/O 模块 SM326 和变频器可以采用“单路式”接线。变频器上安全输入的两个端子必须连接在一起。

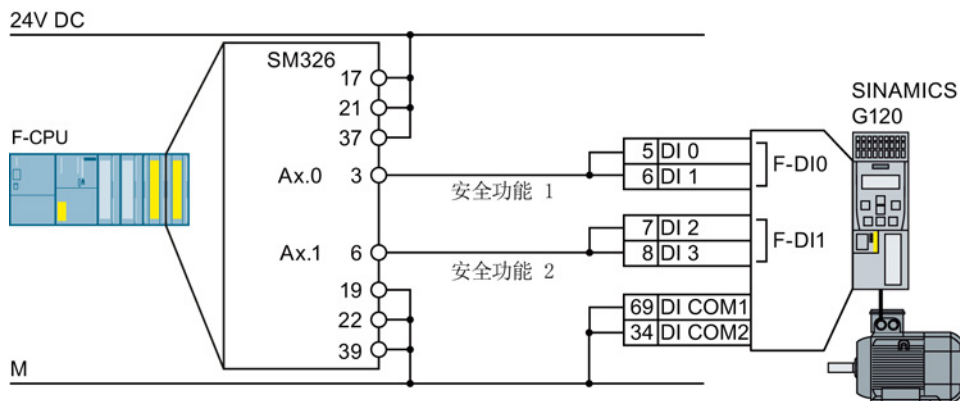


图 4-18 安装在一个控制柜内时 I/O 模块 SM326 和变频器的接线图

组件安装在不同的控制柜内

I/O 模块 SM326 和变频器安装在不同的控制柜内时，模块和变频器 F-DI 之间的接线要防止跨接和短接。

因此用于控制安全功能的两个信号要用两条单独的电缆“双路式”传送。在本例中，控制端子 5 和 7 的信号是由第一条电缆传送的。而控制端子 6 和 8 的信号是由第二条电缆传送的。

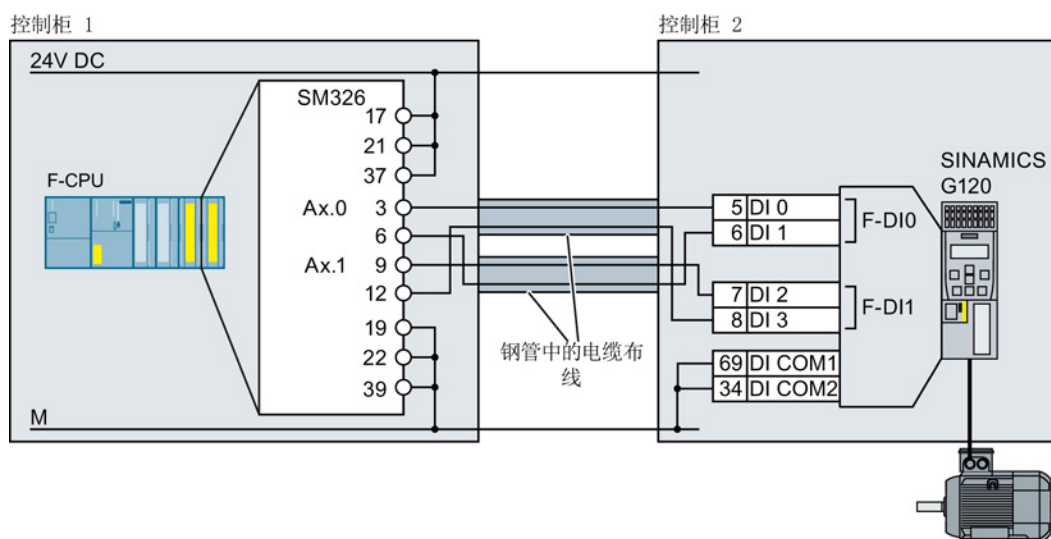


图 4-19 安装在不同的控制柜内时 I/O 模块 SM326 和变频器的接线图

### ET 200 I/O 模块

SINAMICS G120 安全数字量输入必须由电流源式安全输出控制。ET 200 系列中符合此要求的只有安全继电器模块 ET 200S EM 1 F-RO DC 24 V / AC 24...230 V / 5 A。

继电器模块是由一个安全 ET 200S 输出模块控制的。

示意图中仅仅展示了 I/O 模块和变频器之间的接线。关于 I/O 模块的完整接线请参见产品资料：ET 200S

(<http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/10805258/133300>)。

### 组件安装在同一个控制柜内

在一个经过专业设计和正确布线的控制柜内可以基本上排除电缆受损或短接的风险。

因此在一个控制柜内，I/O 模块和变频器可以采用“单路式”接线。

变频器上安全输入的两个端子必须连接在一起。

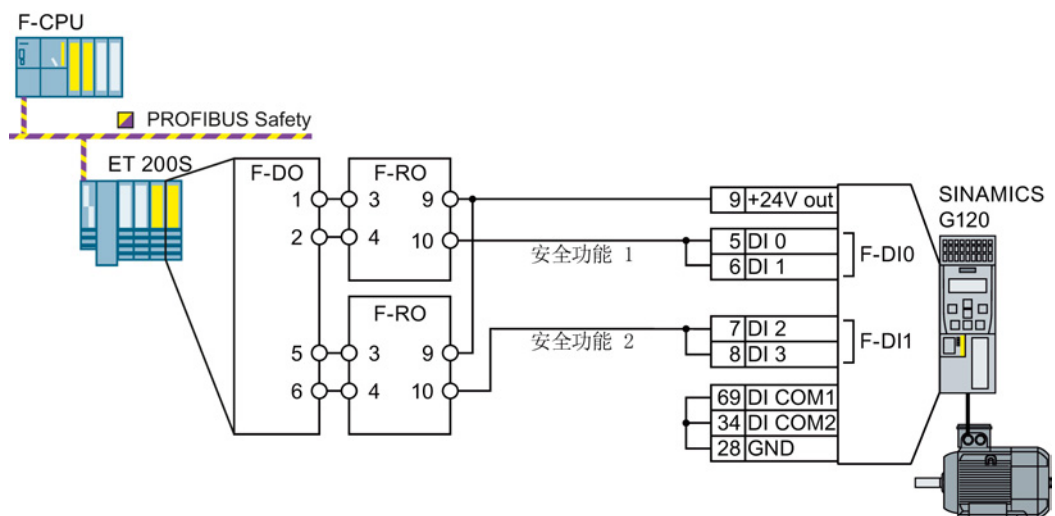


图 4-20 安装在一个控制柜内时 I/O 模块和变频器的接线图

组件安装在不同的控制柜内

I/O 模块和变频器安装在不同的控制柜内时，模块和变频器 F-DI 之间的接线要防止跨接和短接。

因此用于控制安全功能的两个信号要用两条单独的电缆“双路式”传送。在本例中，控制端子 5 和 7 的信号是由第一条电缆传送的。而控制端子 6 和 8 的信号是由第二条电缆传送的。

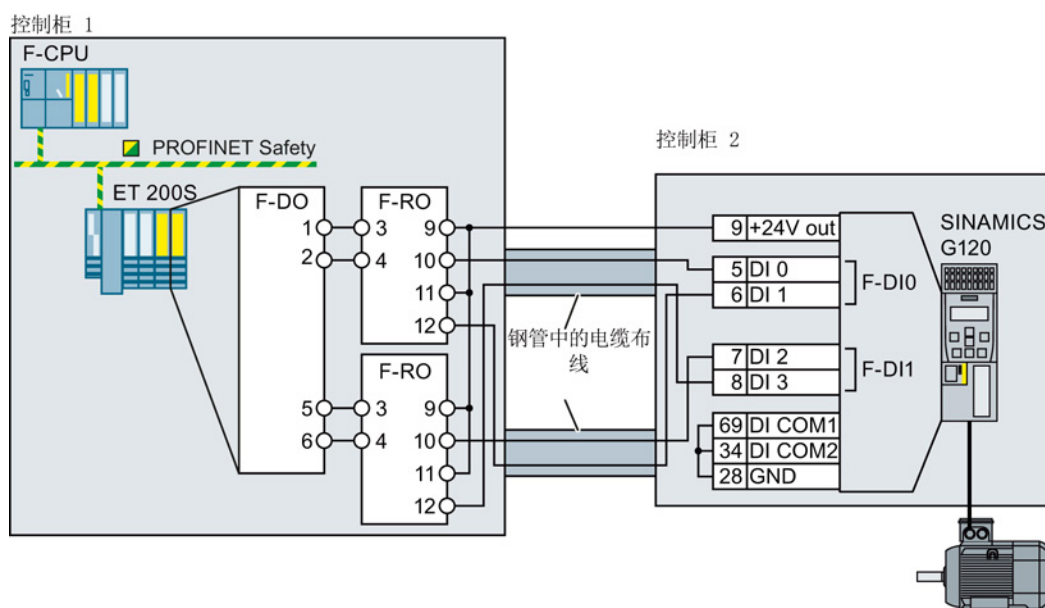


图 4-21 安装在不同的控制柜内时 I/O 模块和变频器的接线图

## 4.4 F-DO 一览

### 4.4.1 安全输出

变频器出厂时没有为集成的安全功能指定安全输出。

只有在调试变频器时您才可以确定是将这两个数字量输出用于标准功能还是组成一个安全输出。

表格 4- 12 免柜式安装的变频器(IP65)

SINAMICS G120D, 配备控制单元		连接器+ 引脚	数字量输出	安全输出	反馈输入	
	CU240D-2 DP-F	X5.4	DO 0	F-DO 0	X9.2	DI 5
	CU240D-2 PN-F	X5.2	DO 1			
	CU240D-2 PN-F PP	X5.3	2M			
	CU250D-2 DP-F					
	CU250D-2 PN-F					
	CU250D-2 PN-F PP					

表格 4- 13 变频器安装在控制柜中 (IP20)

SINAMICS G120, 配备控制单元		端子排	数字量输出	安全输出	反馈输入	
	CU250S-2	18: NC	DO 0	F-DO 0	67	DI 6
	CU250S-2 DP	19: NO				
	CU250S-2 PN	20: COM				
	CU250S-2 CAN	23: NC	DO 2			
		24: NO				
	25: COM					

大多数应用需要用到安全输出的 NO 触点。

必要时, 可用变频器的两个 NC 触点代替 NO 触点。

输出的安全状态始终是两个继电器的静止状态。

### 可连接哪些设备？

安全输出上可以连接下列设备：

- 一个安全输入。
- 两个继电器。

安全输出的两个信号具有相同的状态：

- 高位信号或 NO 触点闭合：安全输出生效。
- 低位信号或 NO 触点打开：安全输出未生效。



### 4.4.2 连接 SINAMICS G120D 上的安全输出

#### 连接继电器

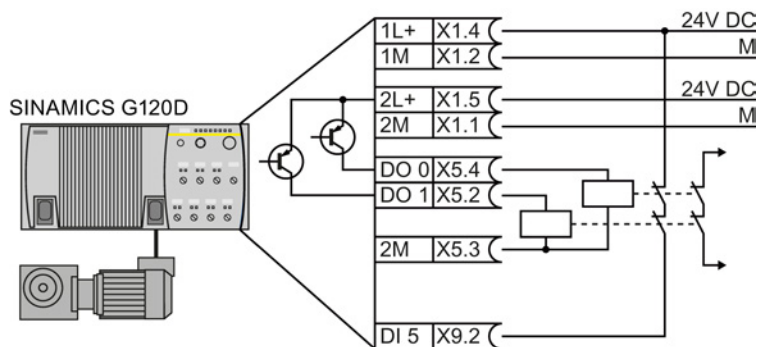


图 4-22 将继电器连接到 F-DO 上

#### 将执行器和反馈信号连接在一起

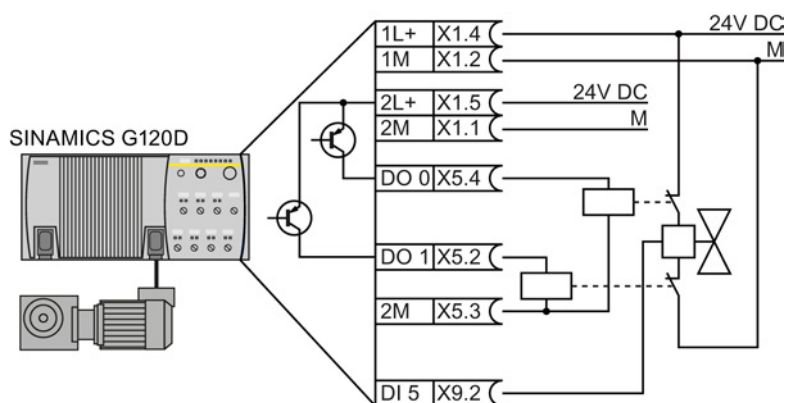


图 4-23 将 F-DO 连接到执行器上

#### 连接安全输入

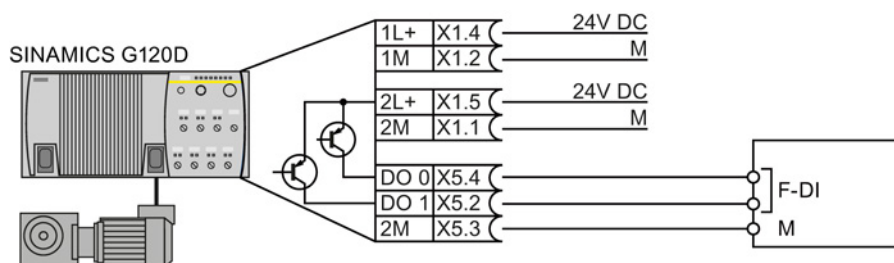


图 4-24 将 F-DO 和 F-DI 连接在一起

### 4.4.3 连接 SINAMICS G120 上的安全输出

#### 连接继电器

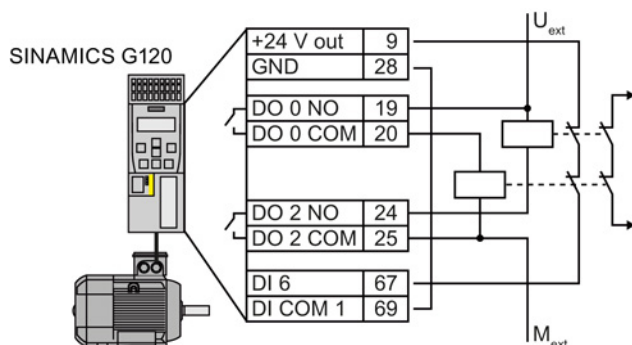


图 4-25 将继电器连接到 F-DO 上

#### 将执行器和反馈信号连接在一起

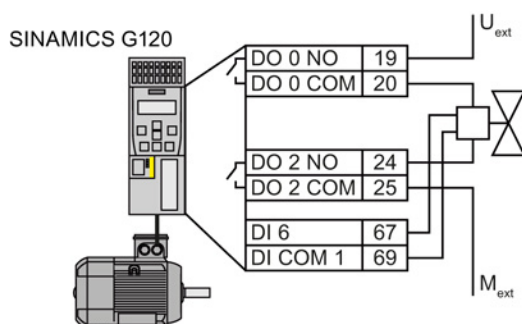


图 4-26 将 F-DO 连接到执行器上

#### 连接安全输入

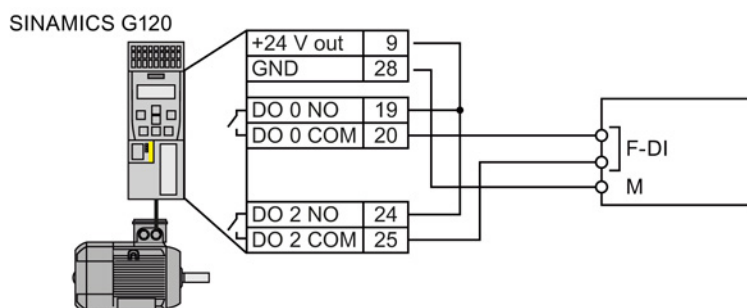


图 4-27 将 F-DO 和 F-DI 连接在一起

安全输入 F-DI 必须监控两个安全输出信号的一致性。

## 4.5 将电机抱闸连接到安全制动继电器上

### 将安全制动继电器和电机抱闸连接在一起

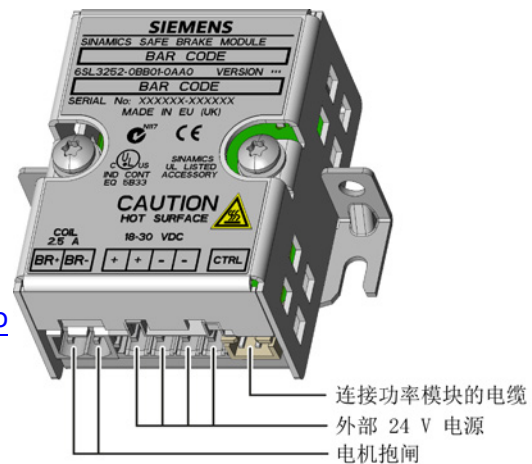
安全制动继电器是功率模块和电机抱闸线圈之间的接口。

安全制动继电器可安装在：

- 安装板上
- 控制柜柜壁上
- 变频器的屏蔽连接板上

详细信息参见继电器的安装说明：制动继电器的安装说明

(<http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/23623179>)。



安全制动继电器上的接口

4.5 将电机抱闸连接到安全制动继电器上

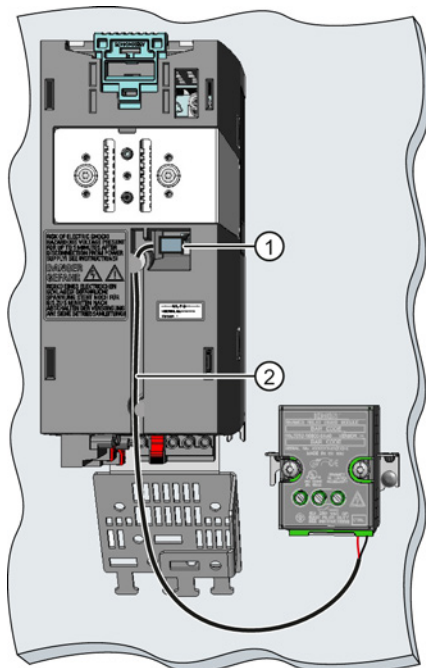
步骤



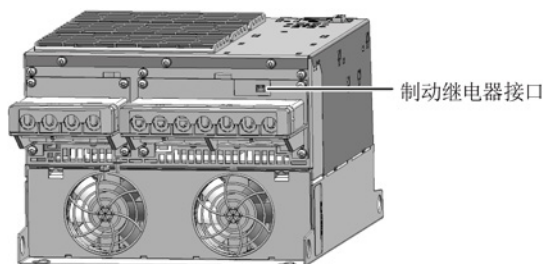
按如下步骤通过 **Safe Brake Relay** 将变频器和电机抱闸连接在一起：

1. 通过产品自带的预制电缆将安全制动继电器和功率模块连在一起。

功率模块 FSA ... FSC:



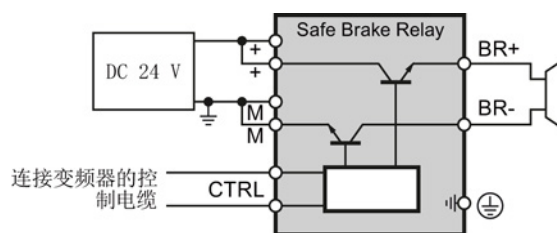
功率模块 FSD ... FSF



- 功率模块上连接安全制动继电器的接口位于正面。
- 将控制电缆敷设在功率模块上的线槽中。

- 功率模块上连接安全制动继电器的接口位于底部。

2. 将电机抱闸连到安全制动继电器的接线端子上：



现在，您已通过安全制动继电器将电机抱闸连接到变频器上。

## 调试

### 5.1 调试指南

下图显示的是集成了安全功能的变频器的调试步骤。

安全功能的调试是驱动调试的一部分。

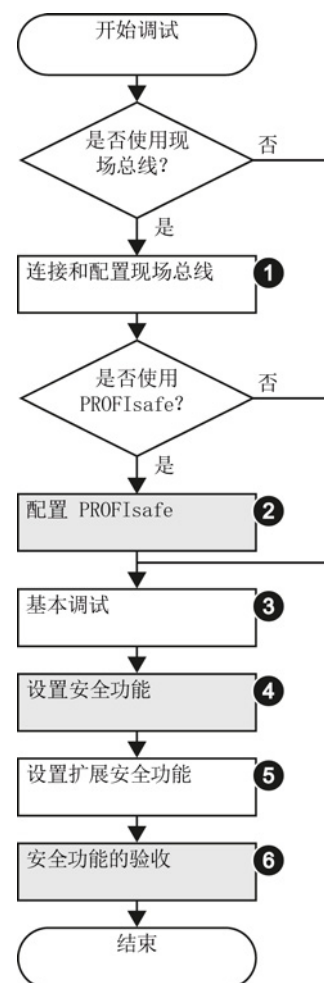
- 本手册只对灰显步骤进行说明。
- 其他步骤的相关说明可参见其他手册。

#### 步骤



按如下步骤调试集成了安全功能的变频器：

1. 将现场总线连接到变频器上并在上级控制器中对通讯进行配置。  
→ 参见控制器手册  
→ 参见变频器的操作说明
2. 在上级控制器中对 PROFIsafe 通讯进行配置。  
→ 参见本手册：在上级控制器中对 PROFIsafe 进行配置 (页 78)。
3. 接着便可以开始驱动的基本调试了。  
→ 参见变频器的操作说明
4. 设置变频器的安全功能。  
→ 参见本手册下文
5. 对变频器所有其他必需的功能进行调试，例如：电机控制功能或保护功能。  
→ 参见变频器的操作说明
6. 执行安全功能的验收测试：  
→ 参见本手册：安全功能的验收 (页 156)



您已完成集成了安全功能的变频器的调试。

## 5.2 在上级控制器中对 PROFIsafe 进行配置

本章节描述了以下示例：

- 配置上级控制器与带 GSD 的变频器之间的 PROFIsafe 通讯。
- 确定用于 SIMATIC 控制器程序的接口。
- 配置共享设备式通讯

有关应用说明或 FAQ（常见问题）的更多信息请访问网址：

- 通过 Drive ES Basic 配置 PROFIsafe 报文  
(<http://support.automation.siemens.com/WW/view/zh/64326460>)
- 通过 PROFIsafe 控制 SINAMICS G120，通过 HMI 显示变频器信息  
(<http://support.automation.siemens.com/CN/view/zh/61450312>)

### 5.2.1 通过带 GSD 的报文 30 配置 PROFIBUS 通讯

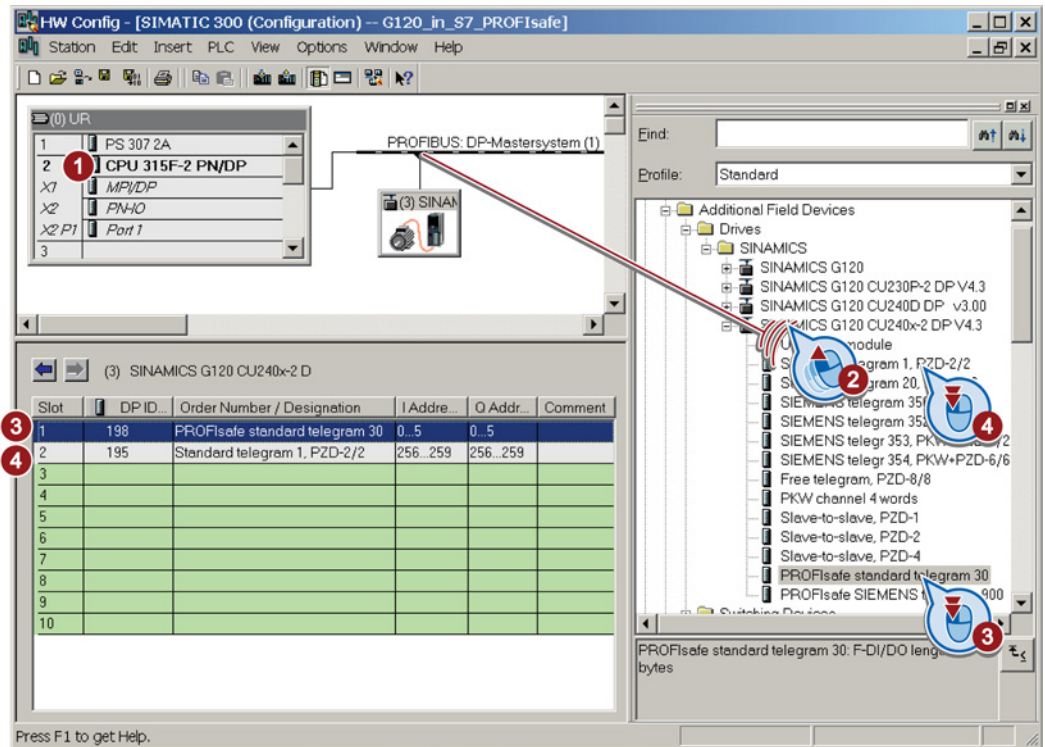
#### 步骤



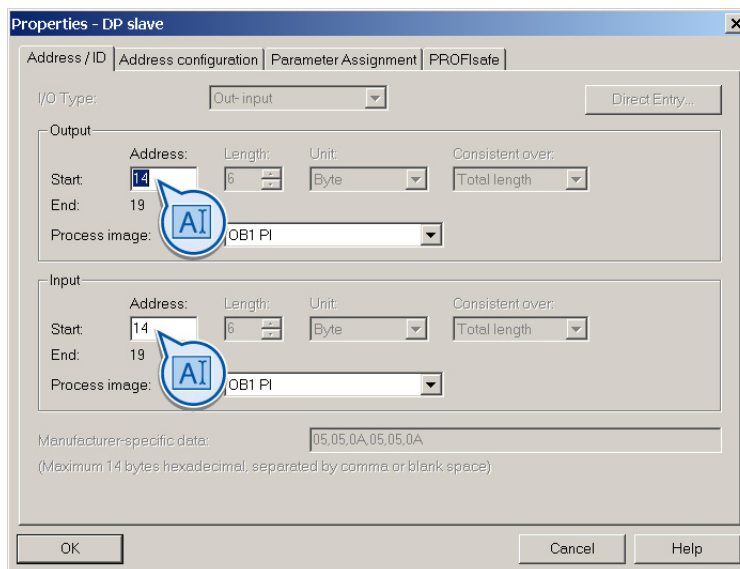
按如下步骤在上级控制器中通过 PROFIBUS 对 PROFIsafe 通讯进行配置：

1. 为 SIMATIC CPU（本例中为 CPU315F-2 PN/DP）配置一个 PROFIBUS 网络。
2. 将变频器通过其 GSD 文件插入到该 PROFIBUS 网络中。
3. 将变频器的第一个插槽设为 PROFIsafe 报文。
4. 将变频器的第二个插槽设为标准报文，本例中为标准报文 1。  
关于报文和插槽顺序的说明请参见操作说明。

5.2 在上级控制器中对 PROFI-safe 进行配置



5. 双击 PROFIsafe 报文打开属性窗口。
6. 设置输入/输出的地址范围，本例中地址开头为 14:



## 5.2 在上级控制器中对 PROFIsafe 进行配置

7. 点击对话框中的选项卡“PROFIsafe”。

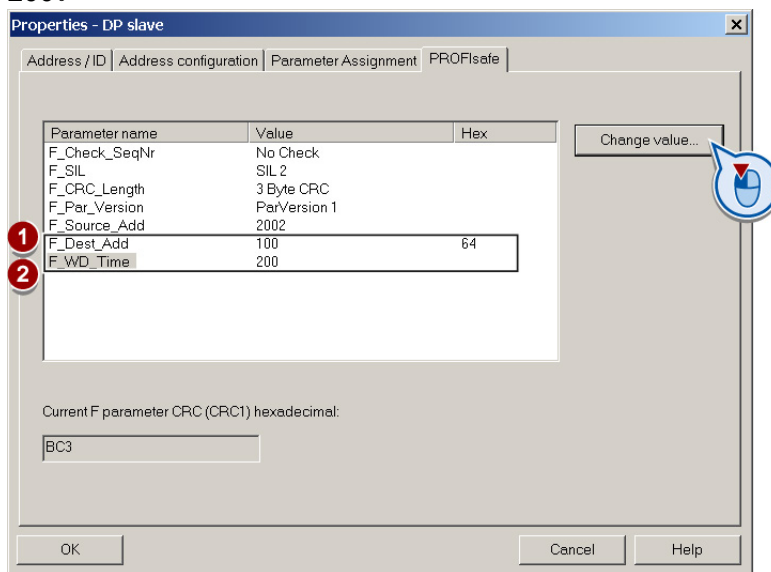
– ① F\_Dest\_Add

记住该地址的值。调试安全功能时还需要用到该地址值。

– ② F\_WD\_Time

设置一个大于安全程序执行周期的时间。

比如：如果 OB35 中的安全程序需要每 150 ms 执行一次，则 F\_WD\_Time 应设为 200。



8. 保存并编译项目，将数据载入 SIMATIC CPU。

9. 关闭HW Config。

您已在上级控制器中配置了 PROFIsafe 通讯。



## 5.2.2 举例：和 S7 安全程序之间的接口

在 STEP 7 中完成硬件配置后，PROFIsafe 协议中变频器的控制字和状态字会占用 SIMATIC 控制器的一些 I/O 地址。比如：在通过带 GSD 的报文 30 配置 PROFIBUS 通讯 (页 78) 一节中指定了起始地址 14。因此产生了以下 I/O 地址和对应的变频器信号：

表格 5-1 控制字 1

I/O 地址	含义	注释	
A14.0	选择 STO	0	选择 STO
		1	撤销 STO
A14.1	选择 SS1	0	选择 SS1
		1	撤销 SS1
A14.4	选择 SLS	0	选择 SLS
		1	撤销 SLS
A14.7	内部事件应答	-	信号 1 → 0 时应答事件
A15.1	选择 SLS 转速档位 0	-	选择 SLS 转速档
A15.2	选择 SLS 转速档位 1	-	
A15.4	选择 SDI +	0	选择 SDI +
		1	撤销 SDI +
A15.5	选择 SDI -	0	选择 SDI -
		1	撤销 SDI -

表格 5-2 状态字 1

I/O 地址	含义	注释	
E14.0	电源已断开	0	电机转矩当前没有被安全封锁
		1	电机转矩当前被安全封锁
E14.1	SS1 生效	0	SS1 未生效
		1	SS1 生效
E14.4	SLS 生效	0	SLS 未生效
		1	SLS 生效
E14.7	内部事件	0	正常运行
		1	变频器发现一处内部错误，并作出对应响应，比如：STOP A
E15.1	生效的 SLS 档位位 0	-	当前生效的 SLS 档位
E15.2	生效的 SLS 档位位 1	-	
E15.4	SDI + 生效	0	SDI + 未生效
		1	SDI + 生效
E15.5	SDI - 生效	0	SDI - 未生效
		1	SDI - 生效
E15.7	SSM 状态	0	转速值超过 SSM 限值
		1	转速值低于 SSM 限值

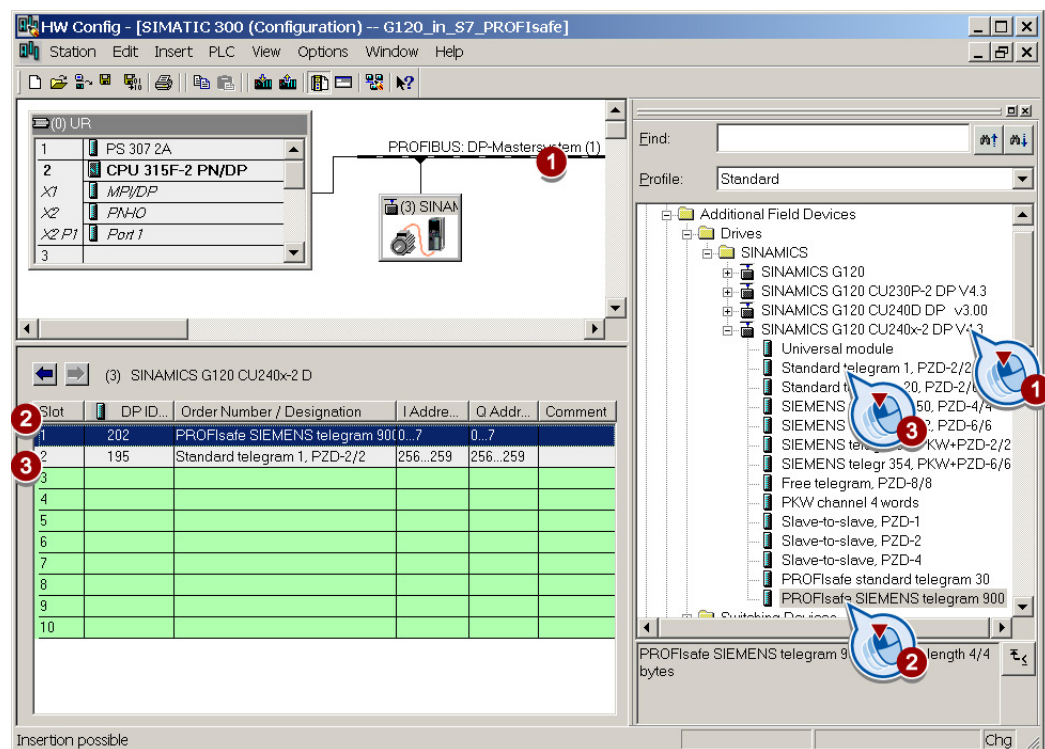
有关 PROFIsafe 接口的更多信息参见章节 控制字 1 和状态字 1（扩展功能）（页 47）。

### 5.2.3 通过带 GSDML 的报文 900 配置 PROFIBUS 通讯

需要直接在上级控制器中分析安全输入的状态时，请选择 PROFIsafe 报文 900。变频器将其安全输入的信号写入状态字 5 中。

#### 硬件配置

基本操作步骤请参见通过带 GSD 的报文 30 配置 PROFIBUS 通讯 (页 78) 一节。选择报文 900，而不是报文 30。



### 5.2.4 配置 PROFINET 的共享设备式通讯

在本例中，普通 CPU 和安全 CPU (F-CPU) 包含在一个项目中。但即使这两个控制器包含在不同项目中，也可以访问同一台变频器 (Shared Device)。

固件的前提条件：另见 支持 IO 控制器

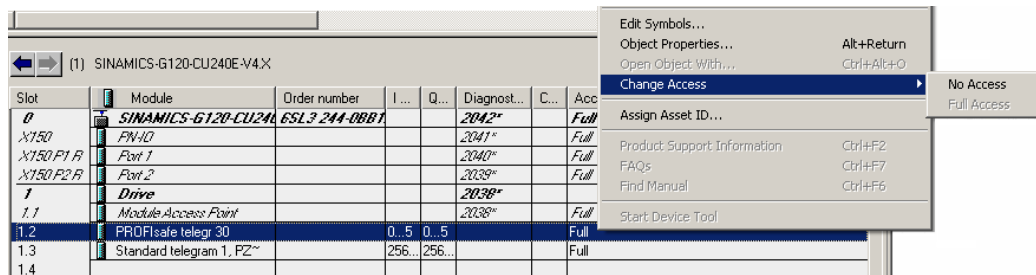
(<http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/44383955>)。

## 步骤

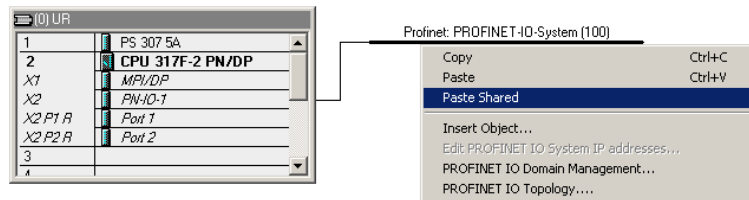
1  
2



按如下步骤在上级控制器中配置“Shared Device”通讯：

1. 为系统配置一个普通控制器。
2. 除了用于普通功能的协议外（比如：报文 1），在 HW-Config 中另外插入用于安全功能的通讯协议（比如：PROFIsafe 报文 30）。
3. 在右键菜单中禁止对 PROFIsafe 报文的访问。



4. 在 HW-Config 中配置 F-CPU，此时尚不插入变频器。
5. 复制普通控制器中的变频器。
6. 将变频器作为“Shared”（共享设备）粘贴到 F-CPU 中。  
该操作会反转访问权限。



7. 在 HW-Config 中选中 F-CPU
8. 打开对话框“Object properties”。
9. 点击对话框中的选项卡“Protection”：
10. 激活 F-CPU 的访问保护并输入访问密码。
11. 勾选“CPU contains safety program”，点击 OK 关闭对话框。
12. 点击 ，保存并编译项目。
13. 点击 ，将项目载入 F-CPU 中。

您已在上级控制器中配置了“Shared Device”通讯。

## 5.3 调试工具

我们建议您使用 PC 工具来调试安全功能。

当您使用 PC 工具进行调试时，您可以通过图形化界面设置功能，而无需通过参数设置。在这种情况下，您可以忽略掉以下章节中的参数列表。

表格 5-3 用于调试的 PC 工具

工具	免费下载	订货号
STARTER	STARTER ( <a href="http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/26233208">http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/26233208</a> )	6SL3072-0AA00-0AG0
Startdrive	Startdrive ( <a href="http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/68034568">http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/68034568</a> )	6SL3072-4CA02-1XG0

下面描述的是使用 STARTER 进行安全功能的调试。

Startdrive 向导：Startdrive 向导

(<http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/73598459>)。

### 调试：在线还是离线

您既可以在 STARTER

的在线模式中调试变频器（即和变频器相连），也可以在离线模式中调试（即和变频器不相连）。我们建议您在线调试安全功能。

本手册中介绍的是安全功能的在线调试步骤。离线调试的注意事项在离线调试 (页 153)一节中说明。

关于 STARTER 的详细说明见变频器的操作说明。

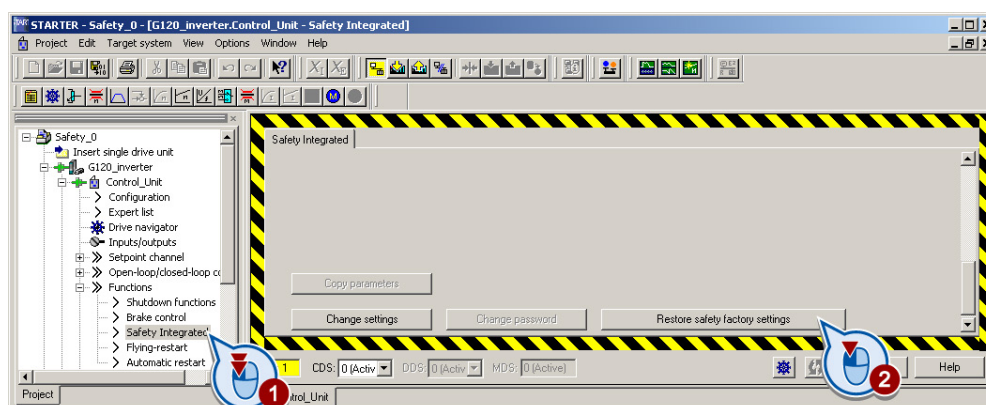
## 5.4 将安全功能参数复位为出厂设置

### 步骤



需要将安全功能参数复位为出厂设置，而又不对标准参数产生影响时，执行以下步骤：

1. 进入 STARTER 在线模式。
2. 打开“Safety Integrated”对话框 ①。



3. 选择用于恢复出厂设置的按钮 ②。
4. 输入安全功能口令。
5. 确认参数保存（Copy RAM to ROM）。
6. 进入 STARTER 离线模式。
7. 切断变频器的电源。
8. 等待片刻，直到变频器上所有的 LED 都熄灭。重新接通变频器的电源（上电复位）。



您已将变频器中的安全功能恢复为出厂设置。

## 5.4 将安全功能参数复位为出厂设置

参数	描述	
p0010	驱动调试参数筛选	
	0	就绪
	30	参数复位
p9761	输入密码（出厂设置：0000 hex） 允许的密码范围为 1 ... FFFF FFFF。	
p9762	新密码	
p9763	密码确认 确认新的 Safety Integrated 密码。	
p0970	复位传动参数	
	5	启动安全参数的复位。 复位后变频器设置p0970 = 0。

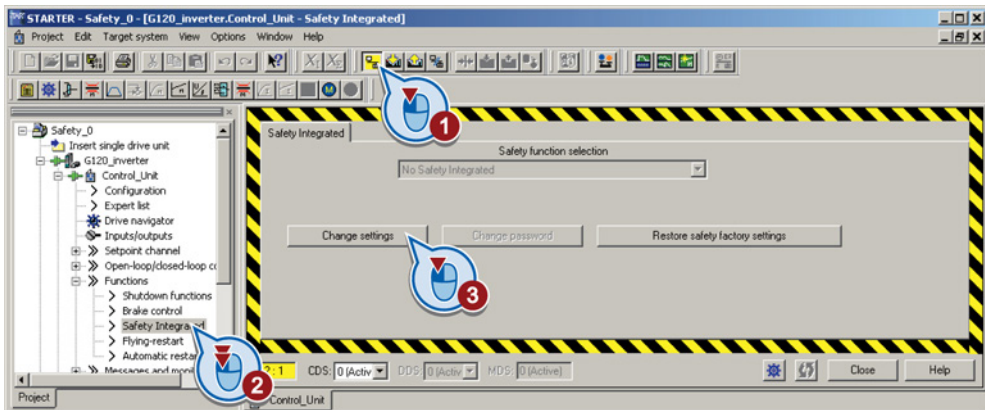
## 5.5 修改设置

### 步骤



按如下步骤开始安全功能的调试：

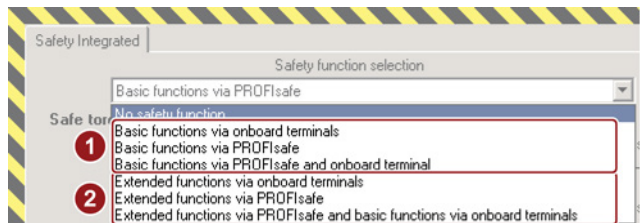
1. 进入 STARTER 在线模式。
2. 选中 STARTER 中的故障安全功能。
3. 点击“Change settings”。



参数	描述
p0010 = 95	驱动调试参数筛选 Safety Integrated 调试
p9761	输入密码（出厂设置：0000 hex） 允许的密码范围为 1 ... FFFF FFFF。
p9762	新密码
p9763	密码确认

4. 确定您希望获得的调试结果：

- 只使用变频器安全功能 STO 时，请选择基本安全功能 ① 以及应用所需的控制接口。
- 除了 STO 外还使用其他安全功能时，请选择扩展安全功能 ② 以及应用所需的控制接口。



有关基本安全功能和扩展安全功能的更多信息请参见下文。



您已结束了调试的下列步骤：

- 您已开始了安全功能的调试。
- 您已决定是否使用基本安全功能或扩展安全功能。

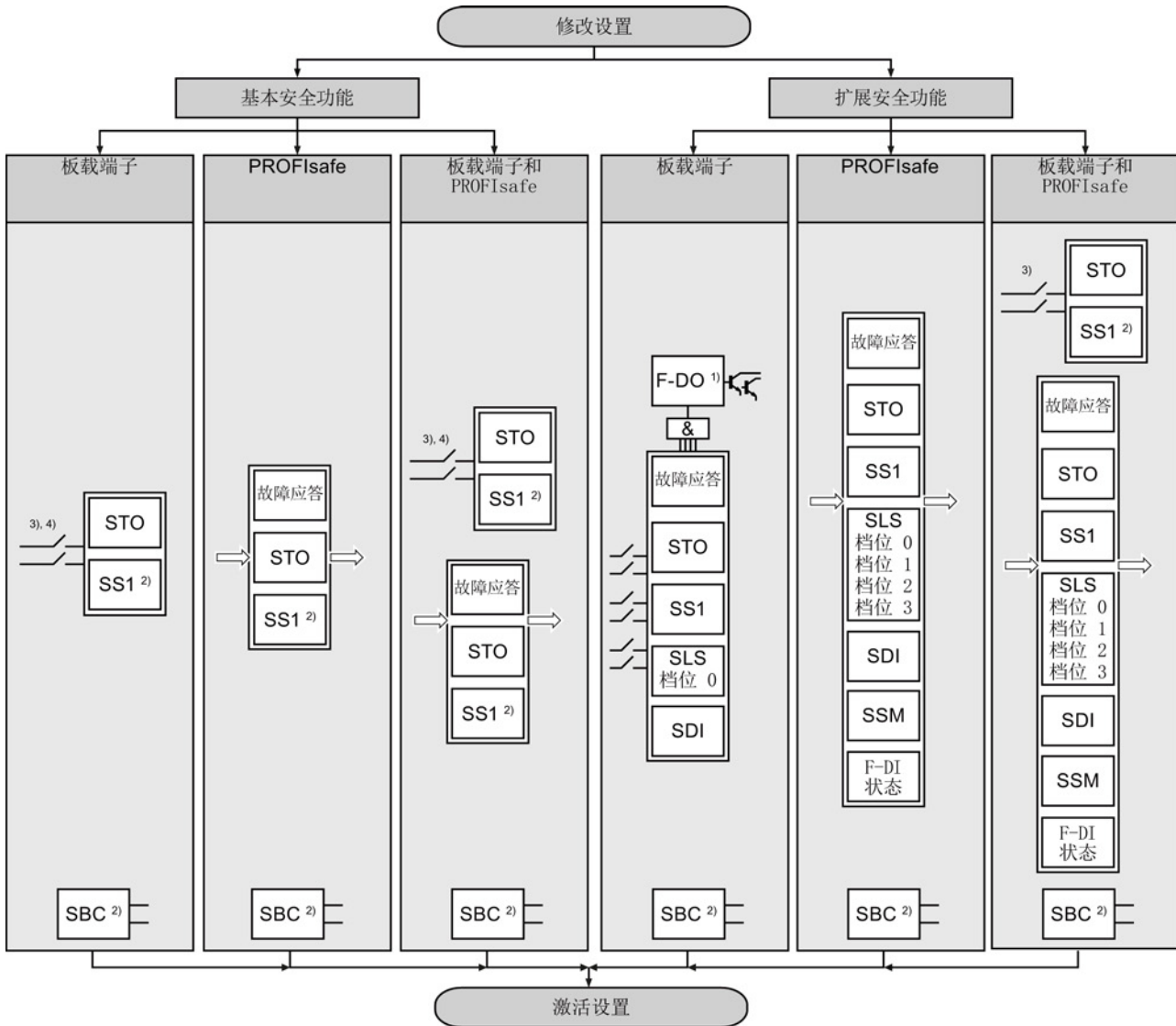


参数	描述	
p9601	使能集成的安全功能（出厂设置：0000 bin）	
	0 hex	禁用驱动器集成的安全功能
	1 hex	使能了“基本安全功能 STO，由板载端子控制”
	4 hex	使能了“扩展安全功能，由板载端子控制”
	8 hex	使能了“基本安全功能 STO，由 PROFIsafe 控制”
	9 hex	使能了“基本安全功能 STO，由 PROFIsafe 和板载端子控制”
	C hex	使能了“扩展安全功能，由 PROFIsafe 控制”
	D hex	使能了“扩展安全功能，由 PROFIsafe 控制；基本安全功能 STO，由板载端子控制”

安全功能一览

进入调试前应弄清楚以下两个问题：

- 有哪些安全功能可用？
- 安全功能是通过哪些接口控制的？



1 不是所有的控制单元都有一个安全输出，另见章节：安全变频器接口一览 (页 21)。

2 基本安全功能 SS1 和功能 SBC 必须和控制单元 CU250S-2 组合使用，另见章节：安全功能一览 (页 19)

3) 通过 F-DI 0 控制 SINAMICS G 变频器上的基本安全功能，另见章节：安全输入 (页 50)。

4) 通过 F0 母排控制 SIMATIC ET 200pro FC-2 上的基本安全功能。

选择	调试结果	涉及章节
基本安全功能，由板载端子控制	<ul style="list-style-type: none"> <li>通过 F-DI 选择 STO。</li> <li>在选择和撤销 STO 后应答安全功能的故障信息。</li> </ul> 另配有 CU250S-2 时： <ul style="list-style-type: none"> <li>通过 F-DI 选择 SS1。</li> <li>通过 SBC 控制电机抱闸。</li> </ul>	设置基本功能 (页 93).
基本安全功能，由 PROFIsafe 控制	<ul style="list-style-type: none"> <li>通过 PROFIsafe 选择 STO。</li> <li>通过 PROFIsafe 分析 STO 的状态。</li> <li>通过 PROFIsafe 应答安全功能的故障信息。</li> </ul> 另配有 CU250S-2 时： <ul style="list-style-type: none"> <li>通过 PROFIsafe 选择 SS1。</li> <li>通过 SBC 控制电机抱闸。</li> </ul>	
基本安全功能，由 PROFIsafe 和板载端子控制	<ul style="list-style-type: none"> <li>通过 F-DI 或 PROFIsafe 选择 STO。</li> <li>通过 PROFIsafe 分析 STO 的状态。</li> <li>应答安全功能的故障信息：               <ul style="list-style-type: none"> <li>通过 PROFIsafe</li> <li>在选择和撤销 STO 后</li> </ul> </li> </ul> 另配有 CU250S-2 时： <ul style="list-style-type: none"> <li>通过 F-DI 或 PROFIsafe 选择 SS1。</li> <li>通过 SBC 控制电机抱闸。</li> </ul>	

## 5.5 修改设置

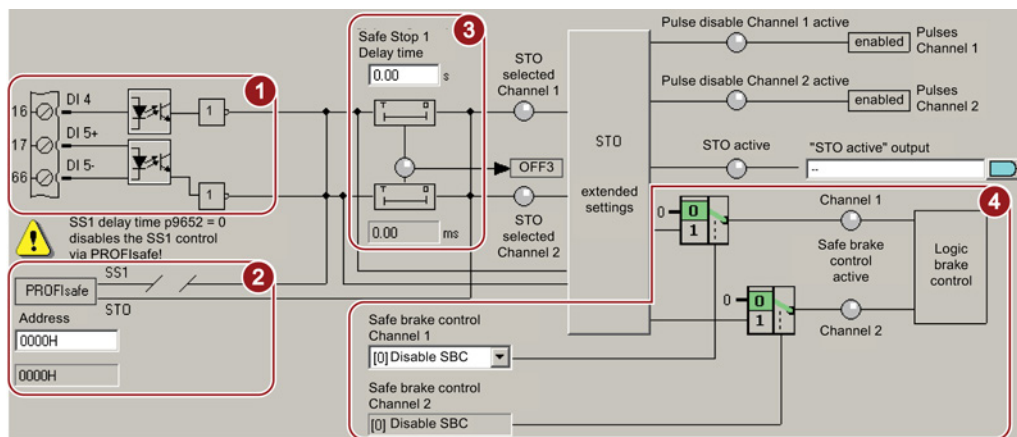
选择	调试结果	涉及章节
扩展安全功能，由板载端子控制	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 通过 F-DI 选择安全功能。</li> <li>• 只有一个 SLS 档位可用（0 档）。</li> <li>• 应答安全功能的故障信息： <ul style="list-style-type: none"> <li>- 通过 F-DI</li> <li>- 在选择和撤销 STO 后</li> </ul> </li> </ul>	设置扩展安全功能 (页 106).
扩展安全功能，由 PROFIsafe 控制	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 通过 PROFIsafe 选择安全功能。</li> <li>• 通过 PROFIsafe 分析安全功能的状态。</li> <li>• 所有四个 SLS 档位都可用（0 档到 3 档）</li> <li>• 通过 PROFIsafe 应答安全功能的故障信息。</li> <li>• 通过 PROFIsafe 分析安全输入的状态。</li> </ul>	
扩展安全功能，由 PROFIsafe 控制；基本安全功能，由板载端子控制	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 通过 PROFIsafe 选择安全功能。</li> <li>• 通过 F-DI 选择 STO。</li> <li>• 通过 PROFIsafe 分析安全功能的状态。</li> <li>• 所有四个 SLS 档位都可用（0 档到 3 档）</li> <li>• 应答安全功能的故障信息： <ul style="list-style-type: none"> <li>- 通过 F-DI</li> <li>- 在选择和撤销 STO 后</li> </ul> </li> <li>• 通过 PROFIsafe 分析安全输入的状态。</li> </ul> <p>另配有 CU250S-2 时：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 通过 F-DI 选择 SS1。</li> <li>• 通过 SBC 控制电机抱闸。</li> </ul>	

## 5.6 设置基本功能

### STARTER 基本安全功能对话框

根据所选接口的不同，STARTER 对话框可显示为以下其中一种方式：

- ① SINAMICS 变频器上的板载端子或 SIMATIC ET 200pro FC 上的 F0 母排。
- ② PROFIsafe 接口
- ① + ② 板载端子和 PROFIsafe 接口
- ③ + ④ 如果是配备 CU250S-2 型控制单元的变频器，系统会显示 SS1 的延迟时间和 SBC 功能的使能。



### 5.6.1 互联信号“STO 生效”

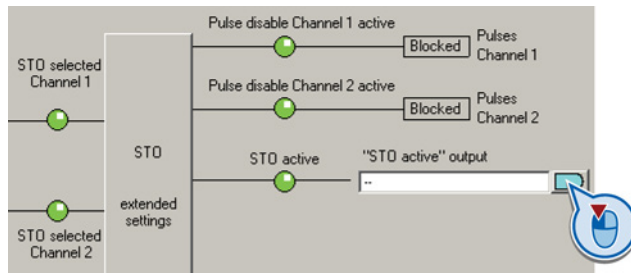
如果上级控制器中需要变频器的反馈信号“STO 生效”，则必须连接该信号。

#### 步骤



按如下步骤连接反馈信号“STO 生效”：

1. 点击反馈信号按钮。



2. 在随后弹出的下拉菜单中选择符合您应用的设置。

现在，您已连接了反馈信号“STO 生效”。选中 STO 后，变频器向上级控制器报告“STO 生效”。

参数	描述
r9773.01	1 信号：变频器中的 STO 生效

## 5.6.2 配置 PROFIsafe

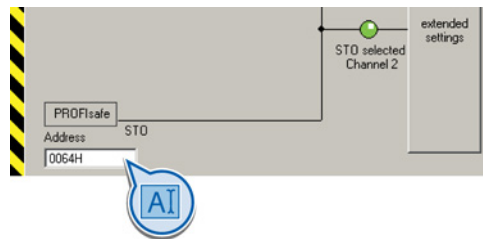
### 设置地址

#### 步骤



按如下步骤设置 PROFIsafe 地址：

1. 在 STARTER 中选择 PROFIsafe 地址的输入栏



2. 在此处输入您在 HW-Config 中在“F\_Dest\_Add”中确定的地址（十六进制值）。  
另见章节：通过带 GSD 的报文 30 配置 PROFIBUS 通讯 (页 78)。



您已完成了变频器和上级控制器 (F-CPU) 之间 PROFIsafe 通讯报文 30 的配置。

参数	描述
p9610	PROFIsafe 地址（出厂设置：0000 hex）

### 激活“Shared Device”

在您选择通过 PROFINET 和“Shared Device”来控制变频器的安全功能时，您必须在变频器中激活该功能。

另见章节：配置 PROFINET 的共享设备式通讯 (页 83)。

#### 步骤



按如下步骤使能变频器中的“Shared Device”通讯：

1. 在 STARTER 中切换至专家列表。
2. 在 STARTER 设置 p8929 = 2。



您已在变频器中配置了“Shared Device”通讯。

### 启动 PROFIsafe 通讯

变频器第一次通过现场总线和中央上级控制器 (F-CPU) 建立连接时，中央控制器会向变频器发送 PROFIsafe 配置数据。接收完变频器中的配置数据后，启动 PROFIsafe 通讯。

只有从中央控制器接收到配置数据后，变频器才会监控与中央控制器的通讯。

### 5.6.3 设置安全输入的滤波器

所有 SINAMICS 变频器上都要设置安全输入的滤波器和一致性监控，安全输入 F-DI 会检测两个冗余信号。

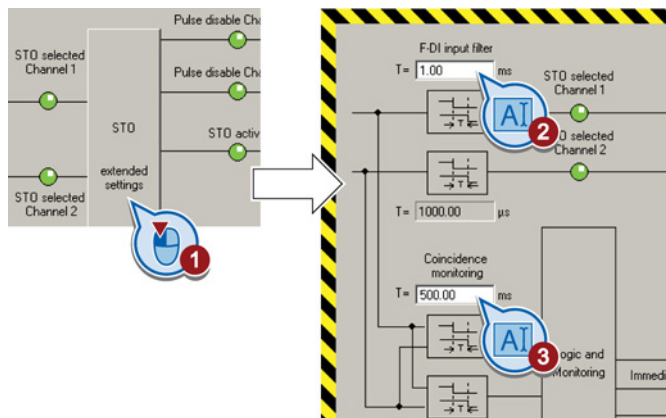
在 SIMATIC ET 200pro FC 上，F0 母排的 STO 输入信号会传送到 ET 200pro 系统的底板母线中。因此该变频器的一致性监控会取消。

#### 步骤



按如下步骤设置安全输入的输入滤波器和一致性监控：

1. 选择 STO 的扩展设置。



2. 设置 F-DI 输入滤波器的去抖时间。
3. 设置一致性监控允许的差异性。
4. 关闭对话框。



您已设置了安全输入的输入滤波器和一致性监控。



## 信号滤波器的描述

安全输入上信号的处理方式有：

- 对信号的一致性进行监控，并允许信号短时间内不一致（公差时间）
- 对短暂出现的信号进行滤波，此类信号比如有测试脉冲。

### 一致性监控允许的公差时间

变频器会检查两个输入端上的信号状态是否相同（高或低）。

在机电传感器上，例如：急停按钮或柜门开关，传感器的两个触点不会同时动作，因此会出现短时间的不一致（差异）。如果长时间出现这种差异，则表明 F-DI 的接线出现了异常，例如：断线。

在您完成适当设置后，变频器会允许短时间的信号差异。

公差时间不会延长变频器的响应时间。一旦其中某个 F-DI 信号从高位变为低位，变频器便选择它的安全功能。

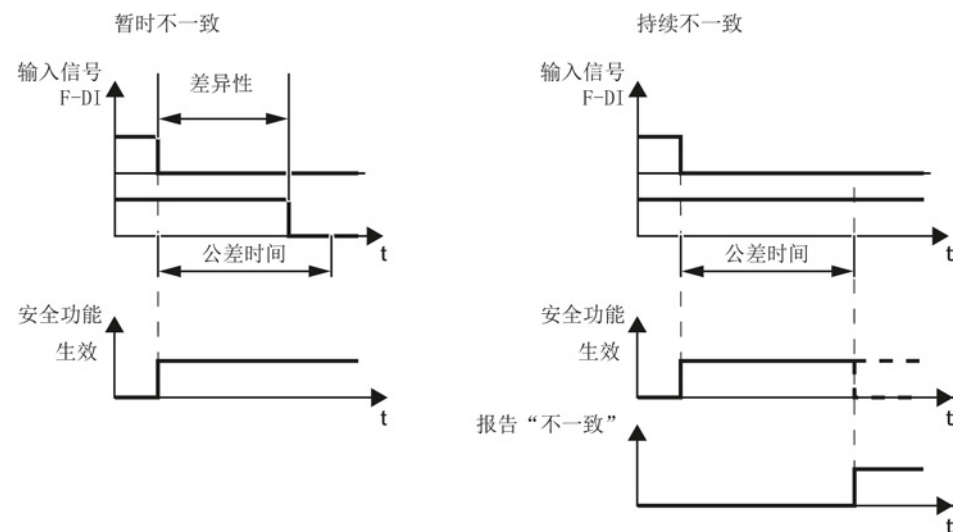


图 5-1 公差时间和差异持续时间的对比

## 对短暂出现的信号进行滤波

变频器通常会立即对 F-DI 的信号变化作出响应。

但是在以下情况下，不需要这种立即响应：

- 变频器的 F-DI  
和机电传感器连在一起时，触点抖动，可能会引起一些信号改变，变频器对此作出响应。
- 一个控制模块通过“位模测试”（明暗测试）来检查它的安全输出，检测是否有短路或短接现象。将控制模块的一个 F-DO 和变频器的一个 F-DI 连接在一起后，变频器便对该测试信号作出响应。  
一个位模测试内信号切换通常持续：

– 明测试：1 ms

– 暗测试：4 ms

当一段时间内 F-DI 的信号变化过于频繁时，变频器便会发出故障响应。

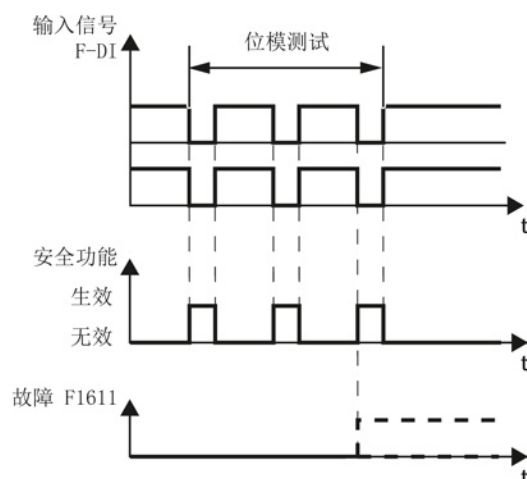


图 5-2 变频器对位模测试作出响应

在变频器内有一个可设置的信号滤波器，抑制由位模测试或信号抖动引起的短时信号改变。

该滤波器会延长变频器的响应时间。

只有当去抖时间届满后，变频器才选择它的安全功能。

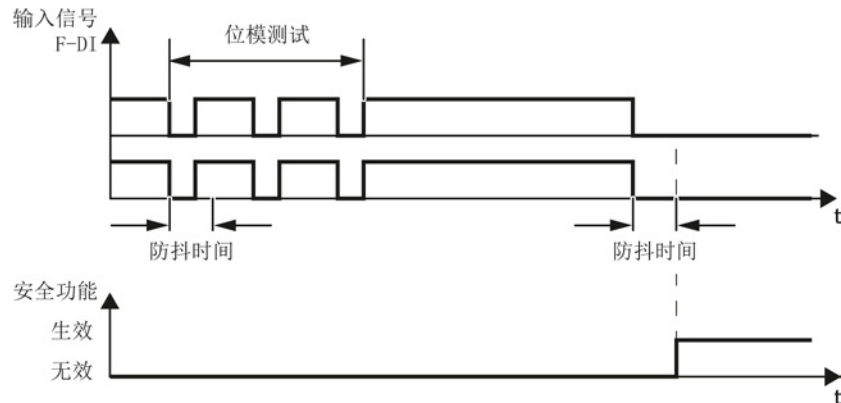


图 5-3 抑制短时信号改变的滤波器

参数	描述
p9650 <sup>1)</sup>	<b>F-DI 切换信号不一致时间</b> （出厂设置：500 ms） 切换基本安全功能安全输入的公差时间。
p9651	<b>STO 去抖时间</b> （出厂设置：1 ms） 基本安全功能安全输入的去抖时间。

<sup>1)</sup> SIMATIC ET 200pro FC 上的公差时间始终为 0 ms。

#### 标准功能和安全功能的去抖时间

“标准”数字量输入的去抖时间 p0724 不会影响安全输入的信号。反过来，也同样如此：F-DI 的去抖时间不会影响标准数字量输入。

一个输入用作标准输入时，应通过参数 p0724 设置去抖时间。

一个输入用作安全输入时，应通过上文指出的参数设置去抖时间。

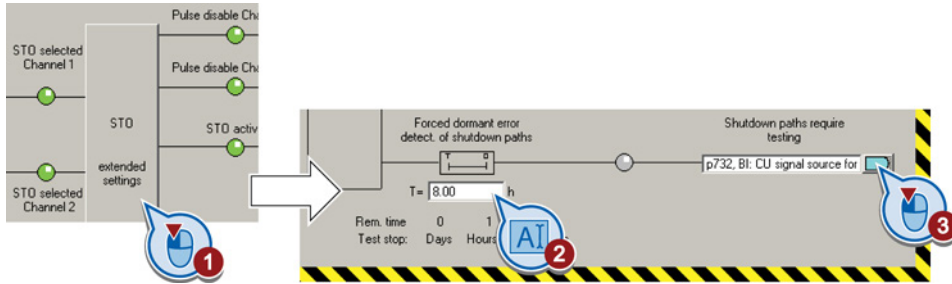
### 5.6.4 设置强制潜在故障检查 (Teststopp)

#### 步骤



按如下步骤设置基本安全功能的强制潜在故障检查 (Teststopp):

1. 选择 STO 的扩展设置。



2. 将监控时间设为符合您应用的值。
3. 变频器发出信号，提示需要进行强制潜在故障检查 (Teststopp)。

将该信息与选中的变频器信号互联。



您已设置了基本安全功能的强制潜在故障检查 (Teststopp)。

#### 描述

#### 基本安全功能的强制潜在故障检查 (Teststopp)

是变频器的自检，在自检中变频器会检查用于切断转矩的控制回路能否正常工作。

如果使用安全制动继电器，变频器也会在执行强制潜在故障检查时检查该组件的控制回路。

每次选择 STO 功能后进行强制潜在故障检查。

变频器通过一个时间块监控是否定期执行强制潜在故障检查。

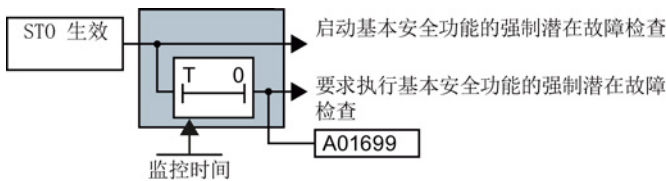


图 5-4 强制潜在故障检查的启动和监控 (Teststopp)

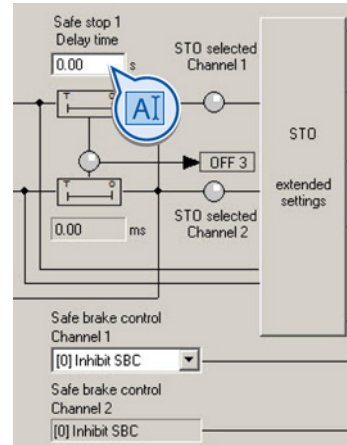
参数	描述
p9659	强制潜在故障检查定时器（出厂设置： 8h） 强制潜在故障检查的监控时间。
r9660	强制潜在故障检查剩余时间 显示强制潜在故障检查到期的时间。
r9773.31	1 信号： 需要进行强制潜在故障检查 发送给上级控制器的信号。

### 5.6.5 设置 SS1 的延迟时间



**步骤**

设置 SS1 的延迟时间。延迟时间必须大于 OFF3 斜降时间。



您已设置了安全功能 SS1。

参数	描述
p9652	<b>Safe Stop 1 延迟时间</b> 设置安全功能“Safe Stop 1”(SS1) 的脉冲封锁延迟时间，以 OFF3 斜降时间减速制动。
p1135	OFF3 斜降时间

**描述：无转速监控的 SS1**

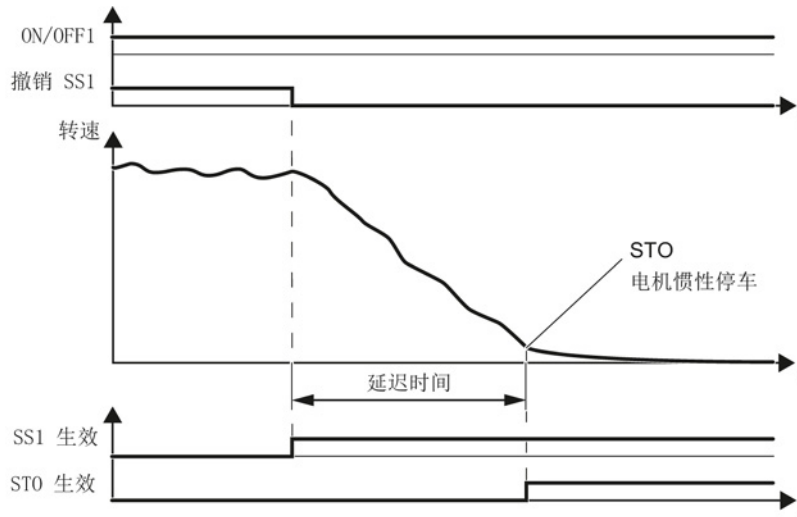


图 5-5 无转速监控的 SS1

选择 SS1 时，变频器会使电机以 OFF3 斜降时间减速制动。

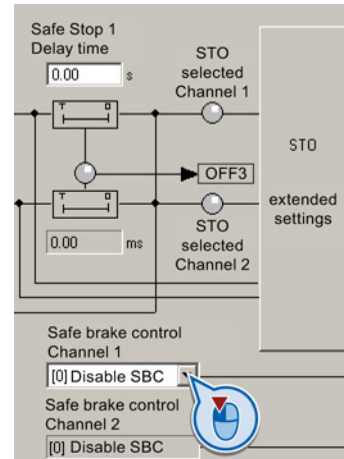
延迟时间届满后，变频器会通过 STO 功能安全封锁电机转矩，不管当前转速如何。

## 5.6.6 使能 SBC

### 步骤

➔ 1  
2

使能安全功能 SBC。



您已使能了安全功能 SBC。

参数	描述
p9602	使能 SBC 0: 禁用 SBC 1: 使能 SBC

## 5.6.7 结束步骤

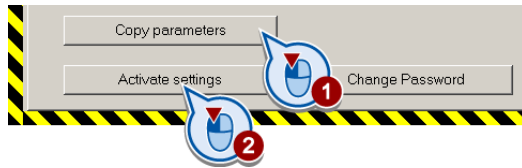
### 激活设置

#### 步骤



按如下步骤激活安全功能的设置：

1. 点击按钮“Copy parameters”，以备份设置。



2. 点击按钮“Activate settings”。
3. 如果口令为出厂设置口令，系统会弹出一条提示，要求更改口令。  
设置的新口令错误时，系统仍保留旧口令。
4. 保存设置（Copy RAM to ROM）。
5. 切断变频器的电源。
6. 等待片刻，直到变频器上所有的 LED 都熄灭。
7. 给变频器重新上电。

设置现在起生效。

参数	描述
p9700 = D0 hex	<b>SI 复制功能</b> （出厂设置：0） 启动 SI 参数复制功能。
p9701 = DC hex	<b>确认数据更改</b> （出厂设置：0） 确认 SI 基本参数更改。
p0010 = 0	<b>驱动调试参数筛选</b> 0：就绪
p0971 = 1	<b>保存参数</b> 1：保存驱动对象 (Copy RAM to ROM) 变频器对数据进行掉电保存并设置 p0971 = 0。

### 检查数字量输入的互联

一个 DI 同时与一个安全功能和一个“标准”功能互联可能会导致电机工作异常。



如果是通过数字量输入控制变频器中的安全功能，则必须检查这些数字量输入是否与“标准”功能互联。

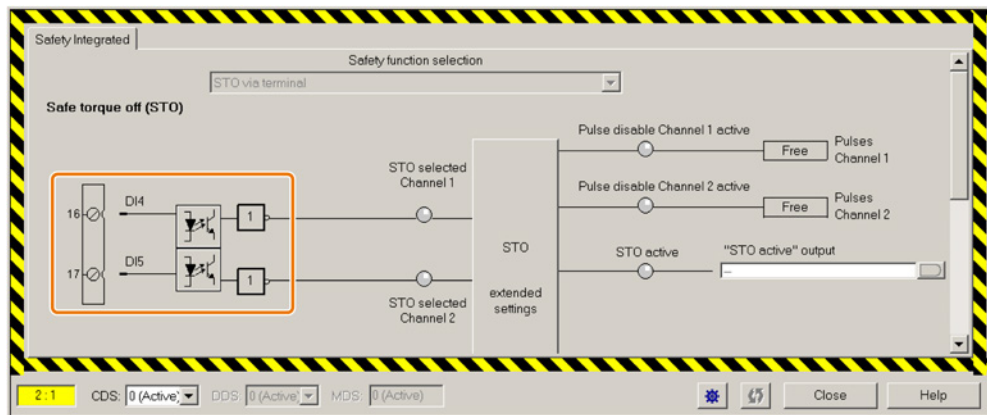


图 5-6 示例：DI 4 和 DI 5 与 STO 的接线

### 步骤



按如下步骤确保安全功能的安全输入不会控制变频器中的“标准”功能。

1. 在 STARTER 的项目导航器中选中“Inputs/outputs”。
2. 选中数字量输入的对话框。
3. 断开所有用作 F-DI 的数字量输入的互联：
4. 使用了数据组切换 CDS 时，必须删除所有 CDS 中数字量输入的互联。

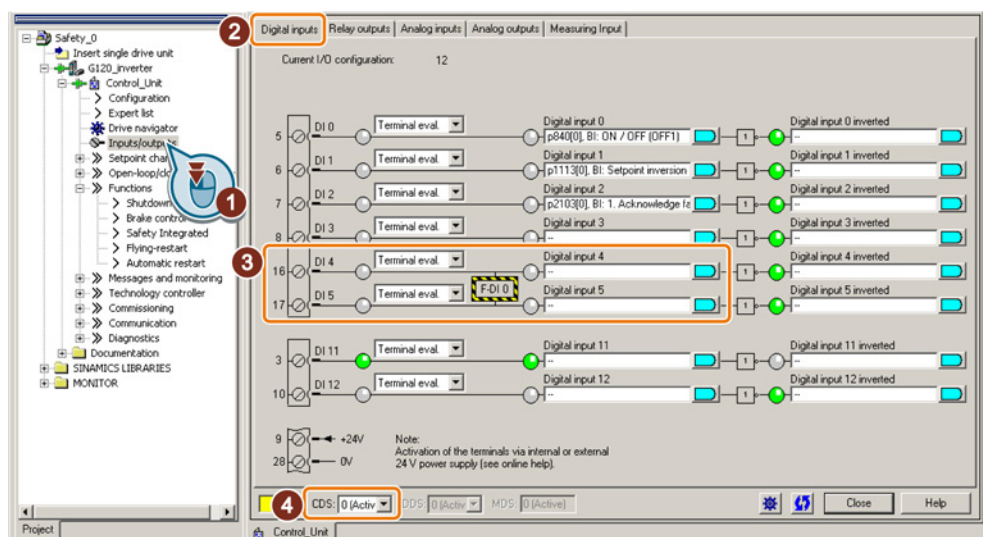


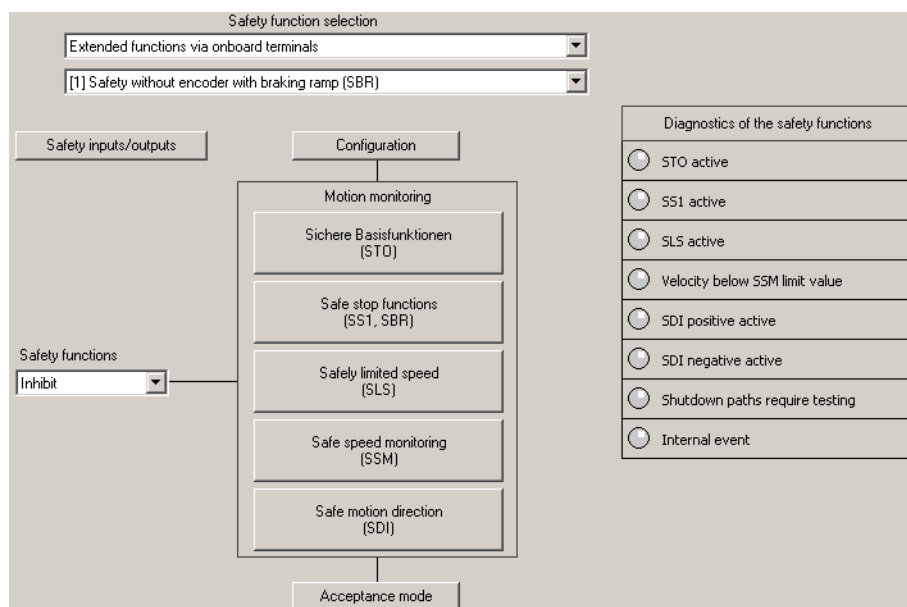
图 5-7 断开 DI 4 和 DI 5 的互联

您已确保安全功能的安全输入不会控制变频器中的“标准”功能。

## 5.7 设置扩展安全功能

### 设置扩展安全功能的 STARTER 对话框

STARTER 中所有其他设置的初始对话框如下所示：



#### 步骤一览



按如下步骤设置所有的扩展安全功能：

1. 确定所有安全功能的初始设置。参见缺省设置 (页 107)。
2. 如有必要，连接安全输入和安全输出。参见：
  - 设置安全输入 (页 113)
  - 设置安全输出 (页 121)。
3. 如有必要，配置 PROFIsafe 通讯。参见章节：配置变频器中的 PROFIsafe (页 128)。
4. 根据实际应用来调整所使用的安全功能。参见：
  - 设置 SS1 (页 131)
  - 设置 SLS (页 138)
  - 设置 SSM (页 142)
  - 设置 SDI (页 146)
5. 结束调试。另见章节：结束步骤 (页 150)。



您已设置了扩展安全功能。

## 5.7.1 缺省设置

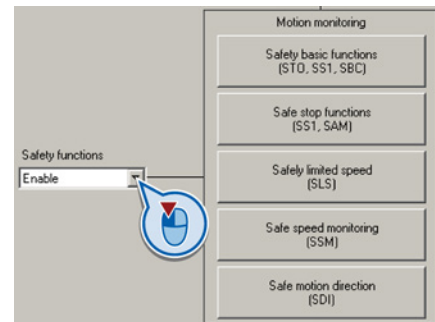
### 5.7.1.1 使能安全功能

#### 使能安全功能

##### 步骤

按如下步骤使能安全功能：

1. 选中 **STARTER** 中的扩展安全功能对话框。
2. 使能安全功能。



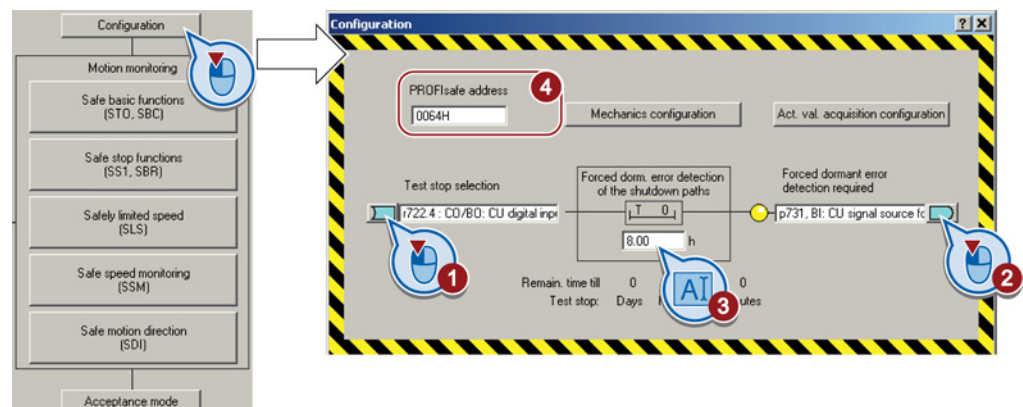
您已使能了变频器中的安全功能。

### 5.7.1.2 设置强制潜在故障检查 (Teststop)

##### 步骤

按如下步骤设置扩展安全功能的强制潜在故障检查 (Teststop)：

1. 点击按钮“Configuration”。
2. 设置以下项目：



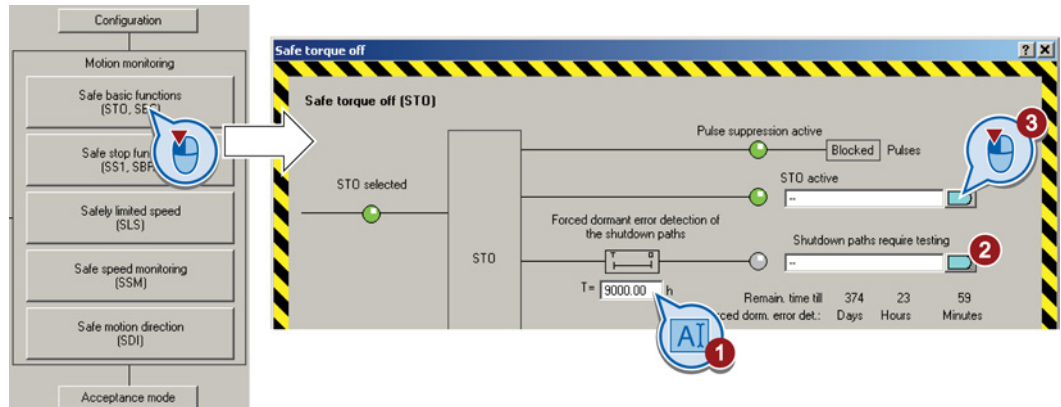
- ① 该信号用于启动强制潜在故障检查 (Teststop) 并将监控的剩余时间复位为值 ③。
- ② 将该信号和一个数字量输入或现场总线的控制位连在一起。
- ② 该信号用于发出强制潜在故障检查 (Teststop) 的请求。将该信号和您选中的一个数字量输出或现场总线的状态位连在一起。
- ③ 到下一次强制潜在故障检查 (Teststop) 的时间。

## 5.7 设置扩展安全功能

- ④ 只有将 PROFIsafe 选为接口时，系统才会显示该输入栏。暂且可以忽略该设置。另见章节：配置变频器中的 PROFIsafe (页 128)。

3. 关闭对话框。

4. 点击按钮“STO”。



5. 设置以下项目：

- ① 监控时间为最大值（9000 个小时）。因此可以关闭对基本安全功能强制潜在故障检查的监控。  
该监控在使用扩展安全功能时无需使用，因为扩展安全功能的检查项包含了基本安全功能的检查项。
- ② 无需进行任何设置。
- ③ 如有必要，将功能 STO 的状态和您选中的一个数字量输出连在一起。

6. 关闭对话框。

您已设置了扩展安全功能的强制潜在故障检查 (Teststop)。

## 描述

## 扩展安全功能的强制潜在故障检查 (Teststop)

是变频器的定期自检，在自检中变频器会检查用于监控转速和封锁转矩的控制回路能否正常工作。

变频器通过一个定时功能块监控是否定期执行强制潜在故障检查。

您必须选择一个信号用于启动强制潜在故障检查。

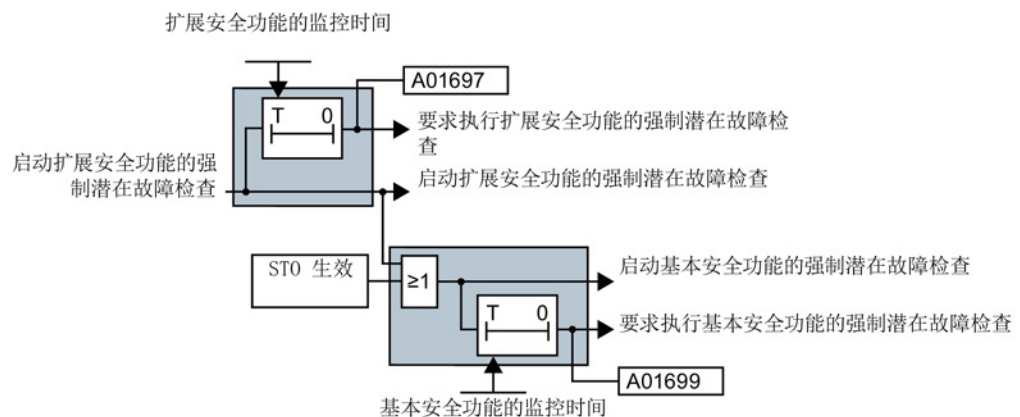
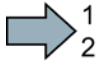


图 5-8 强制潜在故障检查 (Teststop) 的启动和监控

参数	描述
p9559	强制潜在故障检查定时器（出厂设置：8 h） 扩展安全功能强潜在故障检查的监控时间。
p9659	强制潜在故障检查定时器（出厂设置：8 h） 基本安全功能强制潜在故障检查的监控时间。
r9660	强制潜在故障检查的剩余时间 离基本安全功能强制潜在故障检查到期的剩余时间。
p9705	强制潜在故障检查的信号源（出厂设置：0） 启动基本安全功能和扩展安全功能的强制潜在故障检查。
r9723.0	1 信号：需要进行扩展安全功能的强制潜在故障检查 发送给上级控制器的信号。
r9765	强制潜在故障检查的剩余时间 离扩展安全功能强制潜在故障检查到期的剩余时间。
r9773.31	1 信号：要求执行基本安全功能的强制潜在故障检查

5.7.1.3 设置传动比和实际值公差

步骤



按如下步骤设置传动比和实际值公差：

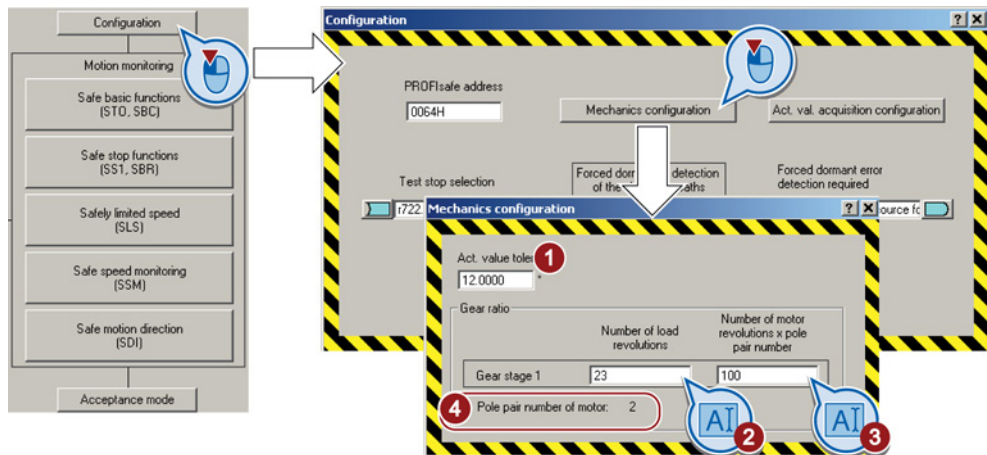
1. 点击按钮“Configuration”。
2. 点击按钮“Mechanics configuration”。
3. 设置以下项目：

- ① **Act.value tolerance:**  
大多数情况下您无需修改缺省值。如果变频器在运行时输出信息 C01711 或 C30711（故障值 3 或 44 ...57），则需要逐步提高该值，直到变频器不再输出这些信息。  
**注：**提高该值后，变频器对电机超速的监控灵敏度有所降低。
- ②, ③ **Gear stage:**  
读取电机的极对数 ④ 并根据下表设置机器数据。

	丝杠转动圈数	电机转动圈数
不带齿轮箱	值 ② = 1	值 ③ = 极对数 ④
“丝杠-电机”传动比 L/M:	值 ② = L	值 ③ = M × 极对数 ④

示例：“丝杠-电机”传动比为 23/50 ⇒

⇒ 值 ② = 23, 值 ③ = 50 × 极对数 ④



4. 关闭对话框。



您已设置了传动比和实际值公差。

参数	描述
p9521	丝杠转动圈数（出厂设置：1） “电机-丝杠”传动比分母。
p9522	电机转动圈数（出厂设置：2000 rpm） “电机-丝杠”传动比分子。
p9542	实际值公差（出厂设置：12°） 处理器 1 和 2 之间的实际位置交叉比较公差。

#### 5.7.1.4 设置无编码器的实际值计算

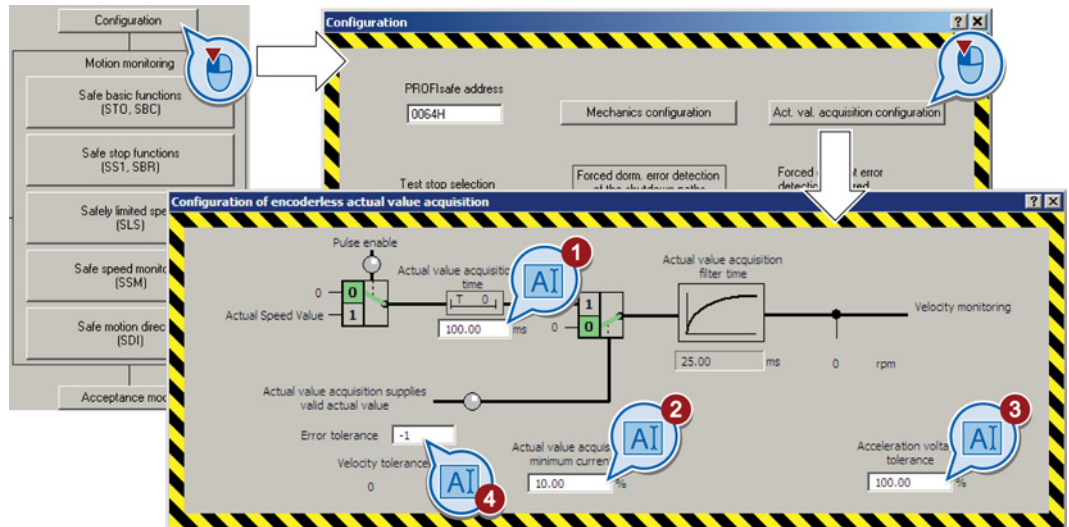
##### 步骤



按如下步骤设置无编码器的实际值计算：

1. 点击按钮“Configuration”。
2. 点击按钮“Act. val. acquisition configuration”。
3. 设置以下项目：
  - ① **Actual value acquisition time:**  
大多数情况下您无需修改缺省值。如果在安全功能生效（SLS、SDI 或 SSM）期间接通电机，变频器会输出一条安全故障，此时需要提高该值，提高幅度为电机励磁时间的 50 % ... 100 %（参数 p0346）。
  - ② **Actual value acquisition minimum current:**  
大多数情况下您无需修改设置。  
如果变频器在电机的电流需求较低时发出故障响应，则应以 1 % 为单位逐步降低该值，直到该故障不再出现。
  - ③ **Acceleration voltage tolerance:**  
大多数情况下您无需修改缺省值。  
如果变频器在加速过程中因为加速和减速时间过短而输出一条安全功能故障，则需要每次逐步将该值提高 10 %。
  - ④ **Error tolerance:**  
大多数情况下您无需修改缺省值。该参数用于封锁一些偶然出现的安全功能故障。它确定了变频器每秒内允许它内部的合理性检测功能响应多少次。

5.7 设置扩展安全功能



4. 关闭对话框。

您已设置了无编码器的实际值计算。

参数	描述
p9585	<b>错误公差</b> （出厂设置：-1） 电流和电压角度的合理性监控公差。
p9586	<b>实际值计算的延迟时间</b> （出厂设置：100 ms） 电机通电后无编码器实际值计算的延迟时间。
p9588	<b>实际值计算的最小电流</b> （出厂设置：10 %） 无编码器实际值计算的最小电流 (1 % $\pm$ 10 mA)。
p9589	<b>加速时的电压公差</b> （出厂设置：100 %） 用于过滤速度不稳定性的加速度限值。

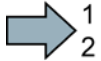


## 5.7.2 设置安全输入

### 前提条件

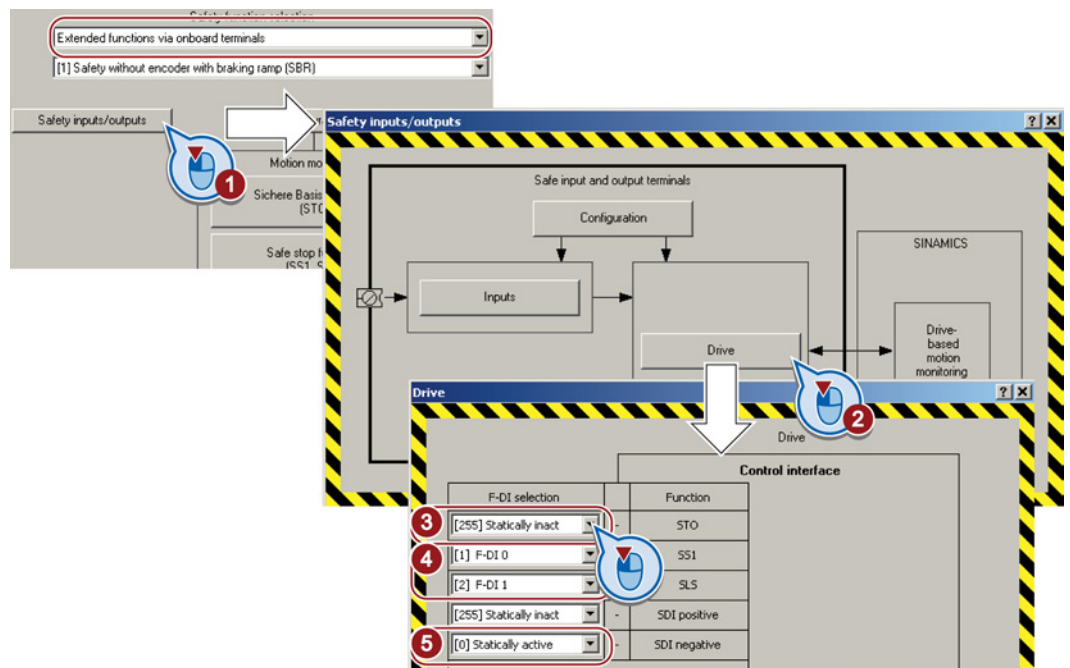
您选择了“扩展安全功能，由板载端子控制”。

### 步骤



按如下步骤将安全输入与安全功能互联在一起：

1. 点击按钮“Safety inputs/outputs”。
2. 点击按钮“Drive”。
3. 将安全输入与安全功能互联在一起：
  - ③ 不需要使用一项安全功能时，将对应的“F-DI selection”设为 “[255] Statically inact”。
  - ④ 将安全输入与对应的安全功能互联在一起：
  - ③ 如果一项安全功能应始终保持激活状态，则将对应的“F-DI selection”设为 “[0] Statically active”。



4. 关闭对话框。



您已为某安全功能指定了安全输入。

参数	描述
p10022	<b>STO</b> 输入端子（出厂设置： 0）
p10023	<b>SS1</b> 输入端子（出厂设置： 0）
p10026	<b>SLS</b> 输入端子（出厂设置： 0）
p10030	<b>SDI+</b> 输入端子（出厂设置： 0）
p10031	<b>SDI-</b> 输入端子（出厂设置： 0）
全部	0: 静态激活 1: F-DI 0 2: F-DI 1 3: F-DI 2 255: 静态未激活

### 5.7.2.1 设置安全输入的滤波器

#### 通过板载端子控制

##### 前提条件

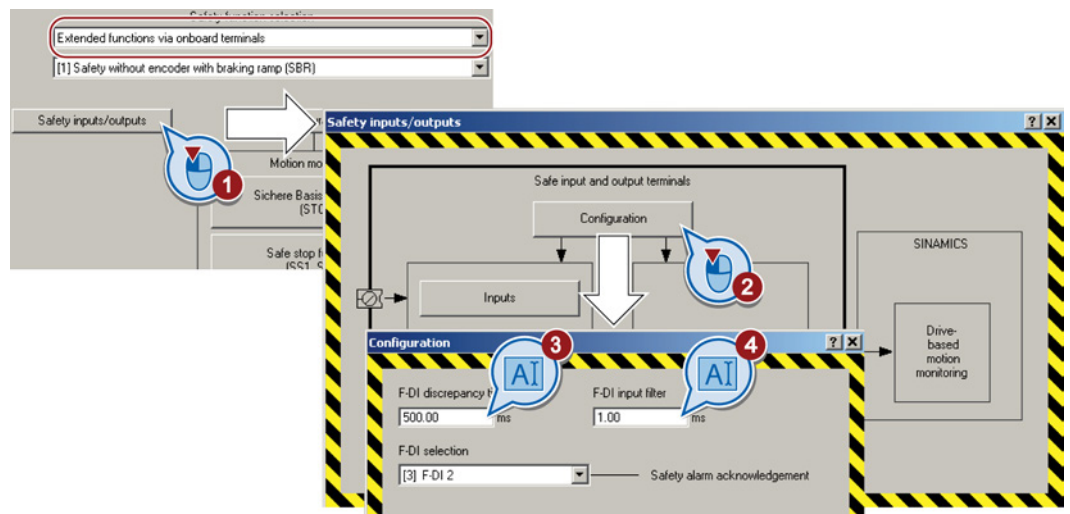
您选择了“扩展安全功能，由板载端子控制”。

##### 步骤



按如下步骤设置安全输入的滤波器：

1. 点击按钮“Safety inputs/outputs”。
2. 点击按钮“Configuration”。
3. 设置以下项目：
  - ③ 安全输入的信号不一致时间。
  - ④ 安全输入的输入滤波器。



4. 关闭对话框。



您已设置了安全输入的滤波器。

#### 通过 PROFIsafe 和板载端子控制

##### 前提条件

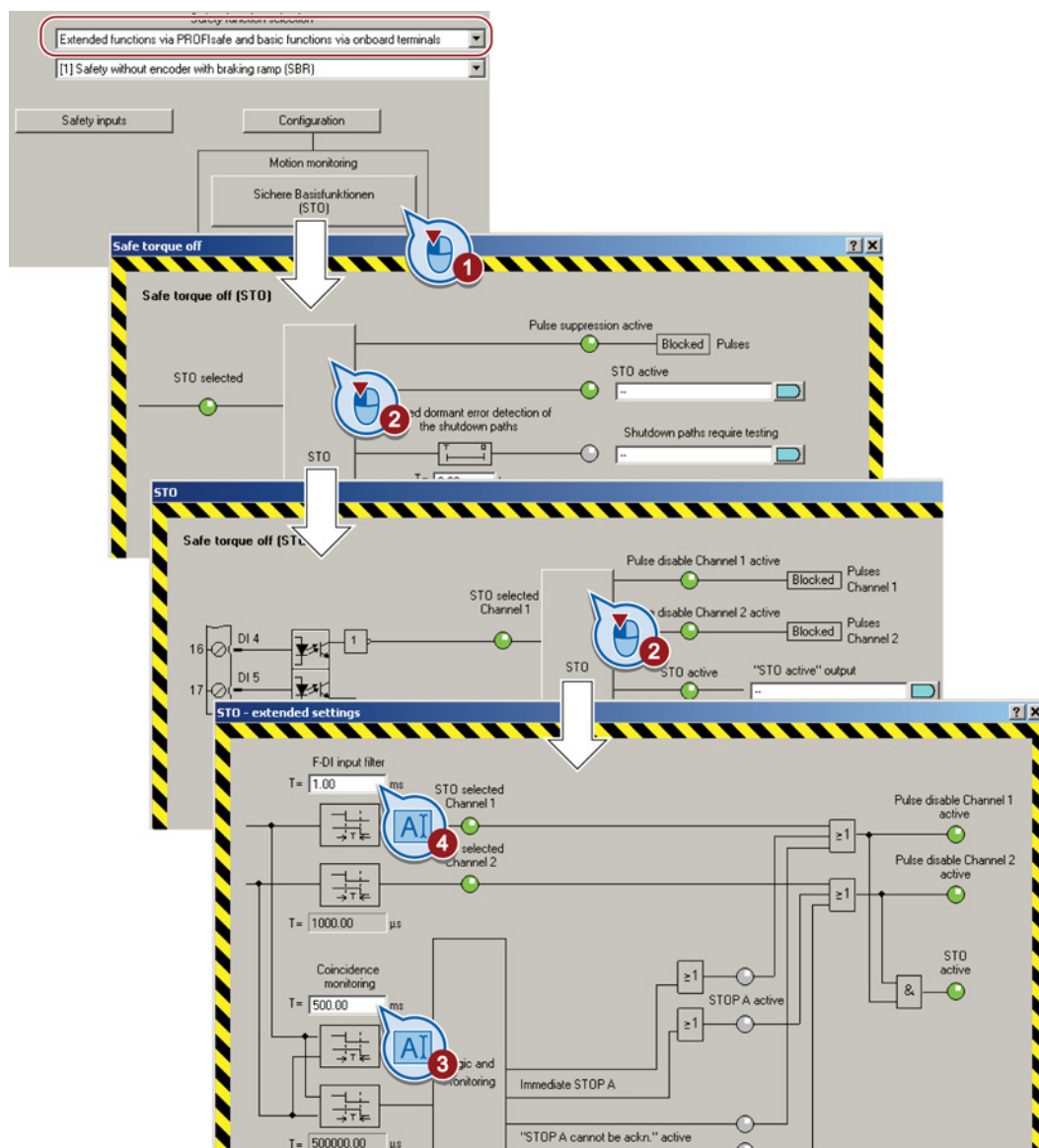
您选择了由 PROFIsafe 和板载端子来控制扩展安全功能。

步骤



按如下步骤设置安全输入的滤波器：

1. 点击按钮“Safe basic functions”。
2. 在接着弹出的两个对话框分别点击一次按钮“STO”。
3. 设置以下项目：
  - ③ 安全输入的信号不一致时间（一致性监控）。
  - ④ 安全输入的输入滤波器。



4. 关闭对话框。

您已设置了安全输入的滤波器。



## 信号滤波器的描述

安全输入上信号的处理方式有：

- 对信号的一致性进行监控，并允许信号短时间内不一致（公差时间）
- 对短暂出现的信号进行滤波，此类信号比如有测试脉冲。

### 一致性监控允许的公差时间

变频器会检查两个输入端上的信号状态是否相同（高或低）。

在机电传感器上，例如：急停按钮或柜门开关，传感器的两个触点不会同时动作，因此会出现短时间的不一致（差异）。如果长时间出现这种差异，则表明 F-DI 的接线出现了异常，例如：断线。

在您完成适当设置后，变频器会允许短时间的信号差异。

公差时间不会延长变频器的响应时间。一旦其中某个 F-DI 信号从高位变为低位，变频器便选择它的安全功能。

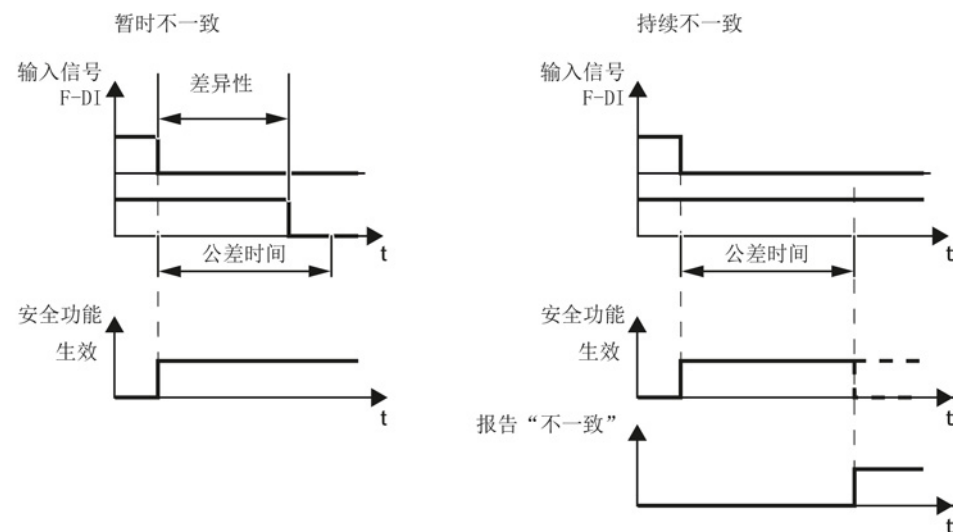


图 5-9 公差时间和差异持续时间的对比

### 对短暂出现的信号进行滤波

变频器通常会立即对 F-DI 的信号变化作出响应。

但是在以下情况下，不需要这种立即响应：

- 变频器的 F-DI  
和机电传感器连在一起时，触点抖动，可能会引起一些信号改变，变频器对此作出响应。
- 一个控制模块通过“位模测试”（明暗测试）来检查它的安全输出，检测是否有短路或短接现象。将控制模块的一个 F-DO 和变频器的一个 F-DI 连接在一起后，变频器便对该测试信号作出响应。  
一个位模测试内信号切换通常持续：

– 明测试：1 ms

– 暗测试：4 ms

当一段时间内 F-DI 的信号变化过于频繁时，变频器便会发出故障响应。

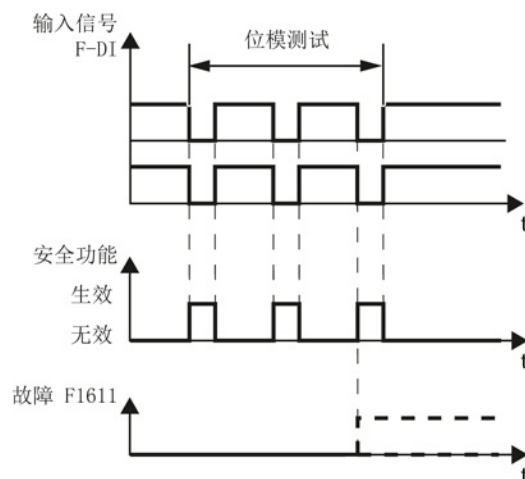


图 5-10 变频器对位模测试作出响应

在变频器内有一个可设置的信号滤波器，抑制由位模测试或信号抖动引起的短时信号改变。

该滤波器会延长变频器的响应时间。

只有当去抖时间届满后，变频器才选择它的安全功能。

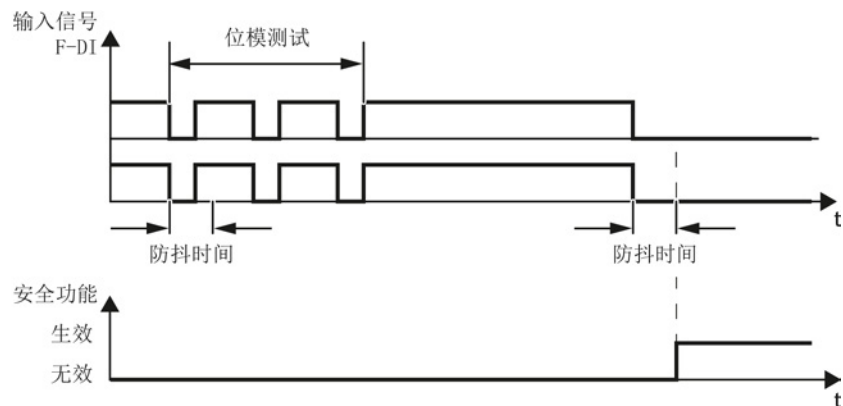


图 5-11 抑制短时信号改变的滤波器

参数	描述
p9650	<b>F-DI 切换信号不一致时间</b> （出厂设置：500 ms） 切换基本安全功能安全输入的公差时间。
p9651	<b>STO 去抖时间</b> （出厂设置：1 ms） 基本安全功能安全输入的去抖时间。
p10002	<b>F-DI 切换信号不一致时间</b> （出厂设置：500 ms） 切换扩展安全功能安全输入的公差时间。
p10017	<b>数字量输入去抖时间</b> （出厂设置：1 ms） 扩展安全功能安全输入的去抖时间。

#### 标准功能和安全功能的去抖时间

“标准”数字量输入的去抖时间 p0724 不会影响安全输入 F-DI 的信号。  
反过来，也同样如此：F-DI 的去抖时间不会影响标准数字量输入。

一个输入用作标准输入时，应通过 p0724 设置去抖时间。

一个输入用作安全输入时，应通过上文指出的参数设置去抖时间。

### 5.7.2.2 将信号与安全应答互联在一起

#### 前提条件

您选择了“扩展安全功能，由板载端子控制”。

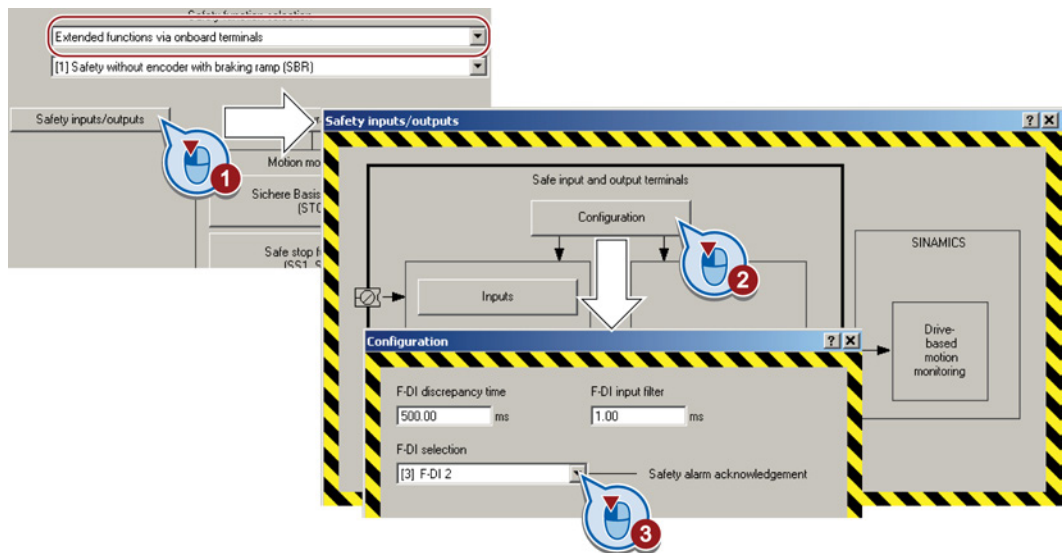
#### 步骤



按如下步骤为安全输入指定一个安全应答信号：

1. 点击按钮“Safety inputs/outputs”。
2. 点击按钮“Configuration”。
3. 为安全应答选择一个空余的安全输入。

如果没用空余的安全输入可用，必须通过另一条途径来应答安全功能的故障信息。  
另见章节：通过安全信号应答 (页 230)。



您已将安全应答信号与一个安全输入互联在一起。



## 5.7.3 设置安全输出

### 5.7.3.1 设置输出信号和检查模式

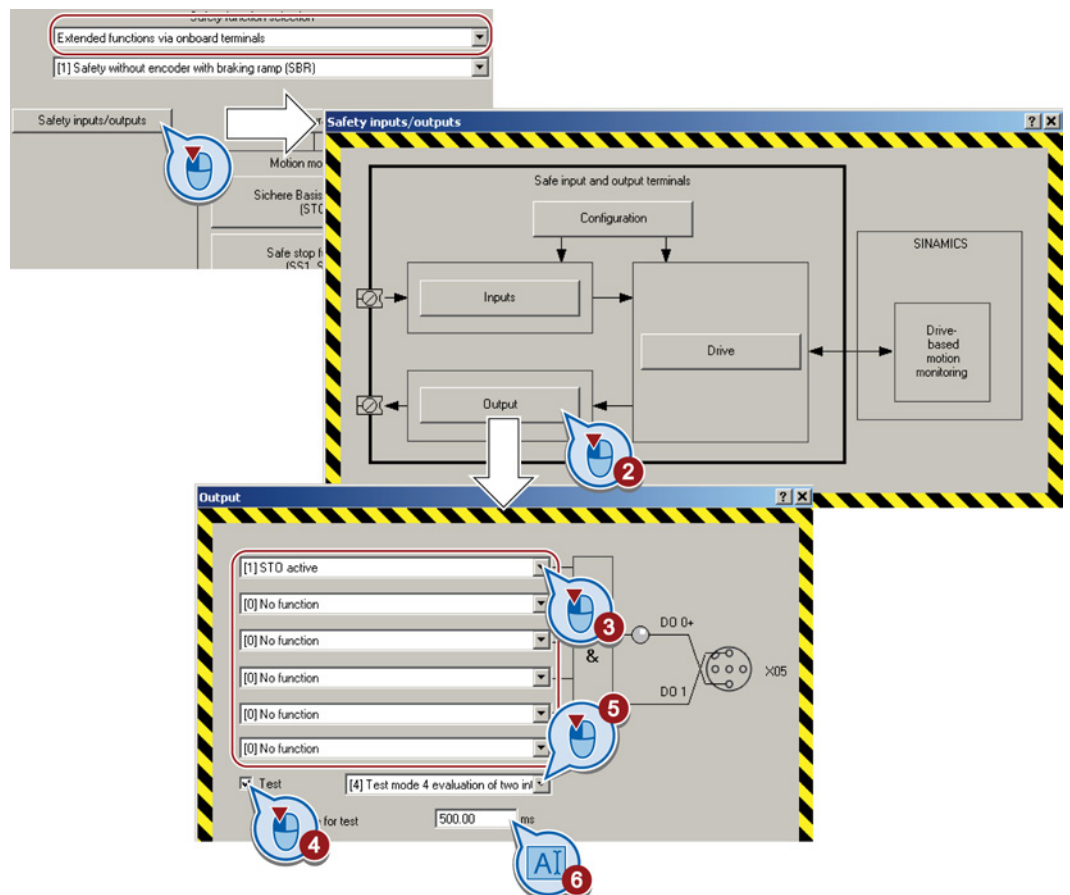
#### 前提条件

您选择了“扩展安全功能，由板载端子控制”。

#### 步骤

按如下步骤设置安全输出：

1. 点击按钮“Safety inputs/outputs”。
2. 点击按钮“Outputs”。



3. 将您选中的状态信号和安全输出互联在一起。

可采用以下信号：

- STO 生效
- SS1 生效
- SLS 生效
- SSM 反馈生效
- 内部事件
- SDI + 生效
- SDI - 生效
- 安全状态

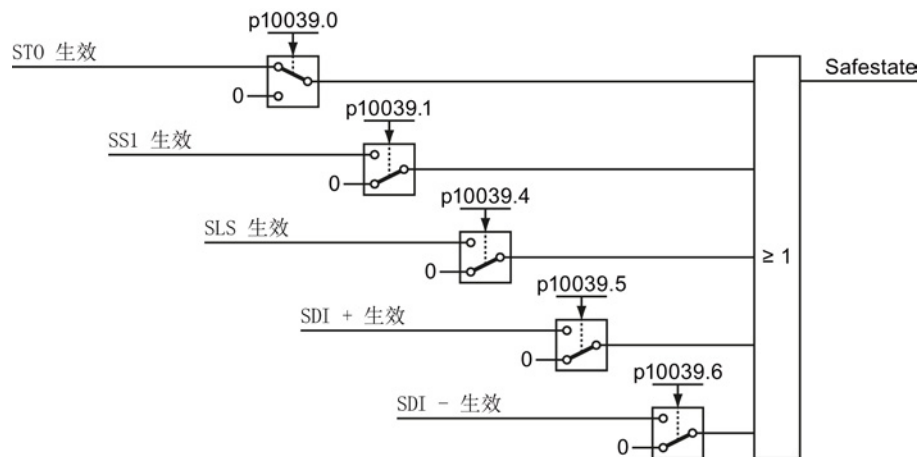


图 5-12 出厂设置中的信号“Safestate”

如果要修改信号“Safestate”，则必须通过 **STARTER** 专家列表设置参数。

变频器按照以下规定互联状态信号：

- 变频器跳过没有互联的输入。
- 输入上都没有互联时，输出信号为 0。

4. 激活安全输出的测试。

5. 选择和您的应用相适宜的检查模式。

6. 设置等待时间。针对该设置的下限有：

- 等待时间必须大于所连接执行器的响应时间  $t_R$ 。
- 等待时间必须大于或等于 24 ms。
- 等待时间必须大于反馈输入的输入滤波器时间 (p10017)。

另见 设置安全输入的滤波器 (页 115)。

7. 关闭对话框。

您已确定了变频器通过安全输出传送的信号以及变频器如何测试其安全输出。

### 描述：安全输出的测试模式

变频器通过设置的测试模式检查能否封锁安全输出。

测试模式的选择取决于安全输出的互联。选择了测试模式 2 和 3 时，必须设置与应用相匹配的等待时间。

#### 测试模式 2

选择了测试模式

2，变频器会依次封锁两个输出，然后通过一个数字量输入检测反馈信号。

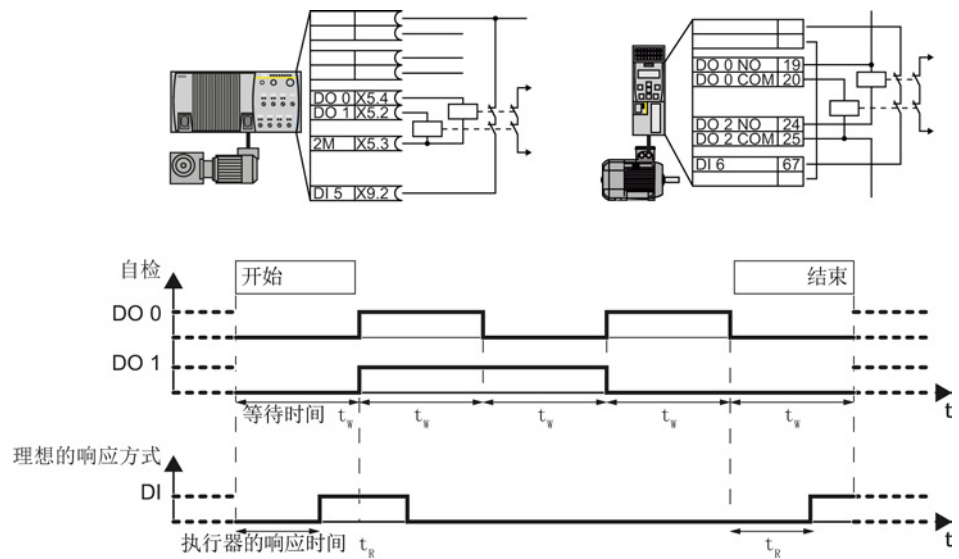


图 5-13 检查模式 2 中数字量输入上的理想响应方式

**测试模式 3**

在测试安全输出时，变频器会依次封锁两个输出，然后通过一个数字量输入检测反馈信号。

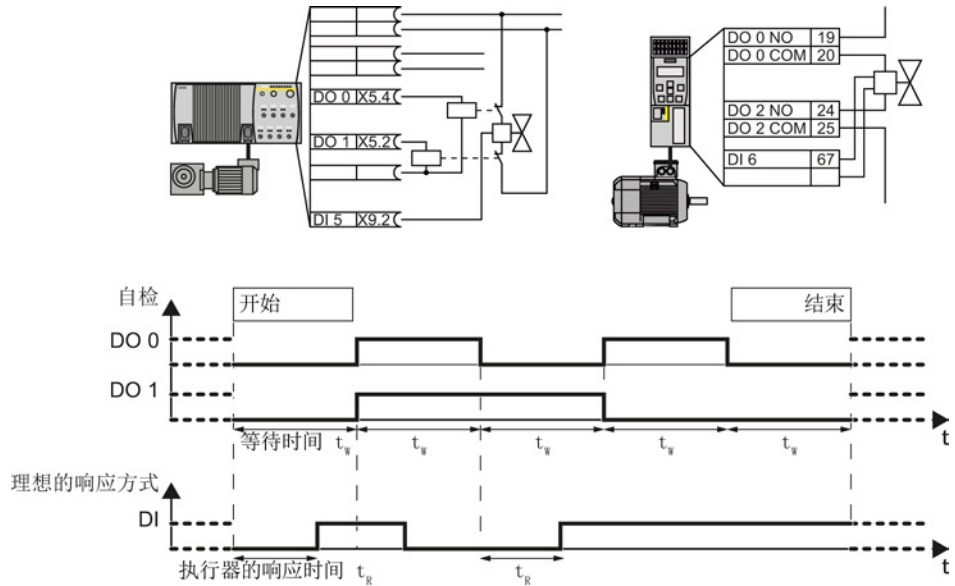


图 5-14 检查模式 3 中数字量输入上的理想响应方式

**测试模式 4**

在测试安全输出时，变频器会依次封锁两个输出。

变频器通过内部信号监控 SINAMIC G120D 的晶体管输出。

安全输入 F-DI 必须监控变频器的安全输出。

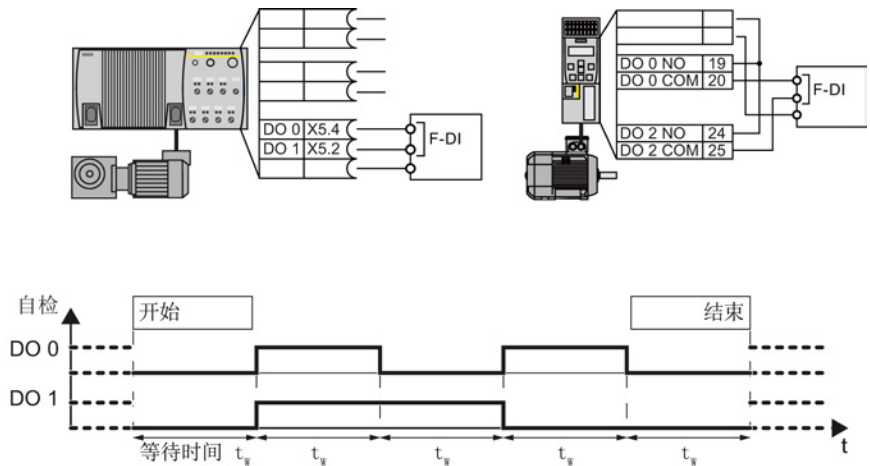


图 5-15 检查模式 4

参数	描述
p10039	<b>“Safe State” 信号选择</b> （出厂设置：0000 0001 bin） 设置生成“Safe State”信号的信号。
p10042[0...5]	<b>F-DO 的信号源</b> （出厂设置：0） 设置 F-DO 的 6 个信号源。
p10046	<b>F-DO 的反馈输入激活</b> （出厂设置：0000 bin） 激活安全输出的反馈输入。
p10047	<b>F-DO 测试模式</b> （出厂设置：0100 bin） 设置安全输出的测试模式
p10001	<b>DO 上进行强制潜在故障检查的等待时间</b> （出厂设置：500 ms）在对数字量输出进行强制潜在故障检查时，必须在该时间内从对应的反馈输入 (p10047) 收到信号。 变频器至少要等待 24 ms。

## 5.7.3.2 设置强制潜在故障检查 (Teststop)

## 前提条件

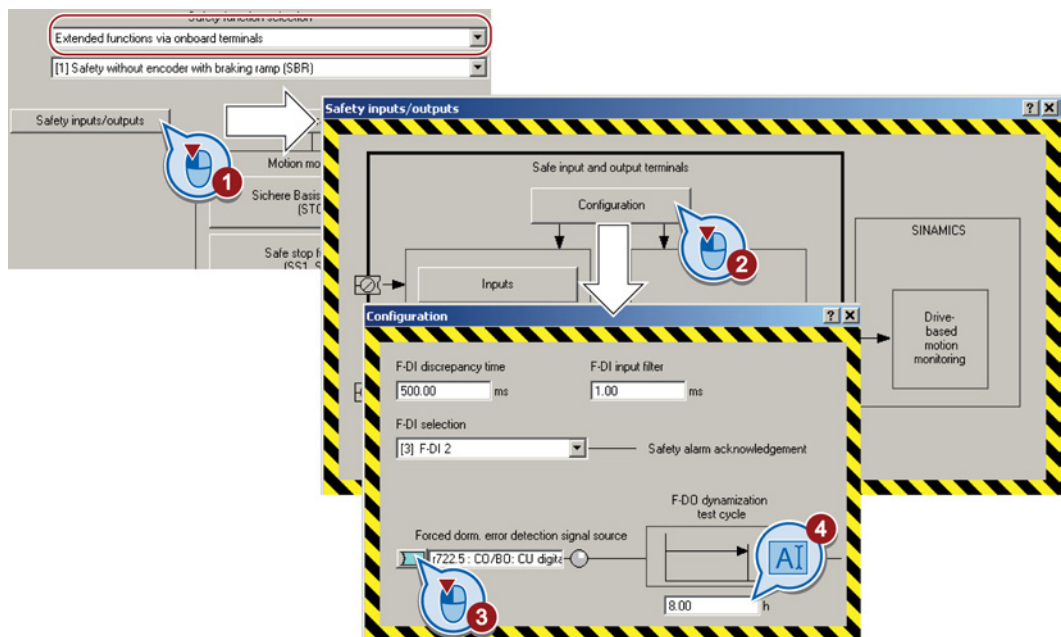
您选择了“扩展安全功能，由板载端子控制”。

## 步骤



按如下步骤设置安全输出的强制潜在故障检查 (Teststop):

1. 点击按钮“Safety inputs/outputs”。
2. 点击按钮“Configuration”。



3. 将该信号和一个数字量输入或现场总线的控制位互联在一起。  
该信号用于启动强制潜在故障检查 (Teststop) 并将监控的剩余时间复位为值 ④。

建议同步进行安全输出测试与安全功能的强制潜在故障检查。与安全功能的强制潜在故障检查一样，将信号源与同一信号互联在一起。另见章节：设置强制潜在故障检查 (Teststop) (页 107)。

4. 设置强制潜在故障检查的监控时间。

该时间要大于或等于扩展安全功能的强制潜在故障检查的监控时间。另见章节：设置强制潜在故障检查 (Teststop) (页 107)。

5. 关闭两个对话框。



您已确定了变频器通过哪个信号启动安全输出的强制潜在故障检查 (Teststop)。

**描述：安全输出的强制潜在故障检查**

安全输出的强制潜在故障检查是变频器的定期自检，在自检中变频器会检查能否封锁输出。

变频器通过一个定时功能块对安全输出的定期强制潜在故障检查进行监控。

您必须选择一个信号用于启动强制潜在故障检查。

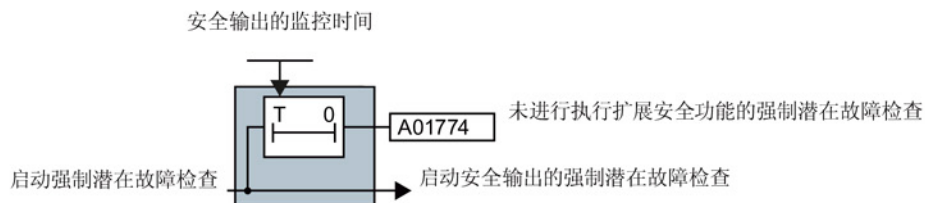


图 5-16 安全输出强制潜在故障检查的启动和监控

参数	描述
p10003	<b>强制潜在故障检查定时器</b> （出厂设置：8 h） 设置多长时间后执行强制潜在故障检查。
p10007	<b>F-DO 强制潜在故障检查的信号源</b> （出厂设置：0） 选择启动强制潜在故障检查的输入端子。

### 5.7.4 配置变频器中的 PROFIsafe

#### 前提条件

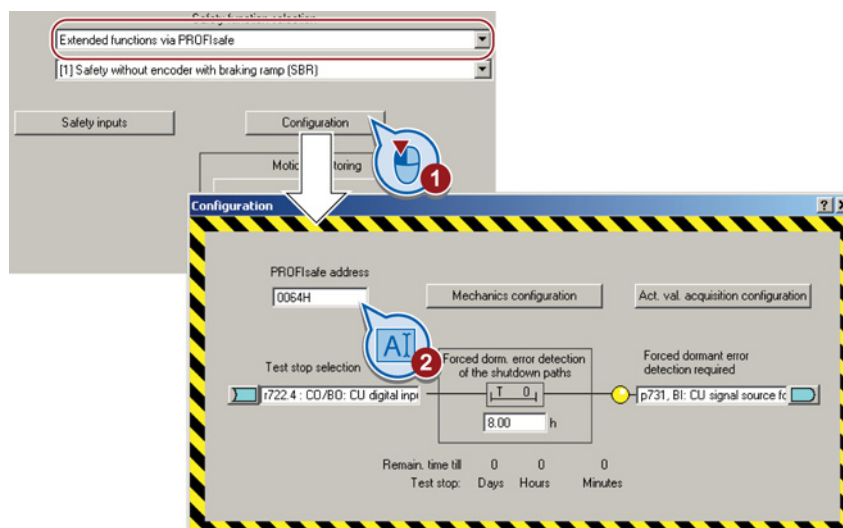
您已选中 PROFIsafe 接口。

#### 步骤



按如下步骤为变频器分配一个 PROFIsafe 地址：

1. 点击按钮“Configuration”。
2. 在此处输入您在配置硬件时确定的 PROFIsafe 地址（十六进制值）。  
另见章节：通过带 GSD 的报文 30 配置 PROFIBUS 通讯 (页 78)。



3. 关闭对话框。



您已为变频器分配了一个 PROFIsafe 地址。

参数	描述
p9610	PROFIsafe 地址（出厂设置：0000 hex）

#### PROFIsafe 报文 30：出厂设置

报文 30 为变频器的出厂设置。使能了由 PROFIsafe 控制安全功能时，变频器会等待上级控制器发出报文 30。



## 设置 PROFIsafe 报文 900

### 前提条件

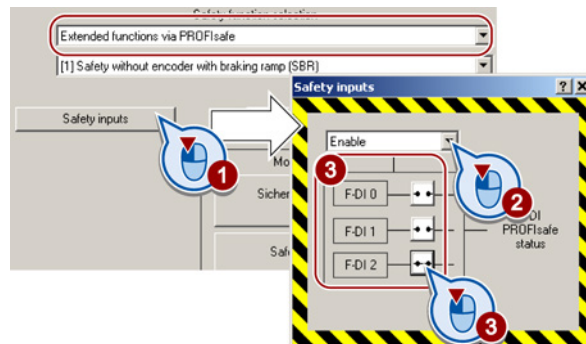
您选择了“由 PROFIsafe”或“由 PROFIsafe 和板载端子”来控制扩展安全功能。

### 步骤



按如下步骤设置 PROFIsafe 报文 900:

1. 点击按钮“Safety inputs”。



2. 使能报文 900。

如果封锁了该报文，则变频器用报文 30 工作。

3. 设置通过 PROFIsafe 状态字 5 传送哪个 F-DI 状态。

---

### 说明

不管安全输入是不是用于控制安全功能，它的状态都会传送。

---

4. 关闭对话框。



您已在变频器中设置了 PROFIsafe 报文 900。

另见章节：控制字 5 和状态字 5 (页 49)。

参数	描述	
p9501.30	使能 PROFIsafe 报文中的 F-DI (出厂设置: 0 bin) 0 信号: PROFIsafe 报文中的 F-DI 已禁用 1 信号: PROFIsafe 报文中的 F-DI 已使能	
p10050	传送 PROFIsafe F-DI (出厂设置: 0000 bin)	
	位 0	0 信号: 不传送 1 信号: PROFIsafe 状态字 5 传送 F-DI 0 的状态
	位 1	0 信号: 不传送 1 信号: PROFIsafe 状态字 5 传送 F-DI 1 的状态
	位 2	0 信号: 不传送 1 信号: PROFIsafe 状态字 5 传送 F-DI 2 的状态

### 激活“Shared Device”

在您选择通过 PROFINET 和“Shared Device”来控制变频器的安全功能时，您必须在变频器中激活该功能。

另见章节：配置 PROFINET 的共享设备式通讯 (页 83)。

#### 步骤



按如下步骤使能变频器中的“Shared Device”通讯：

1. 在 STARTER 中切换至专家列表。
2. 在 STARTER 设置 p8929 = 2。



您已在变频器中配置了“Shared Device”通讯。

### 启动 PROFIsafe 通讯

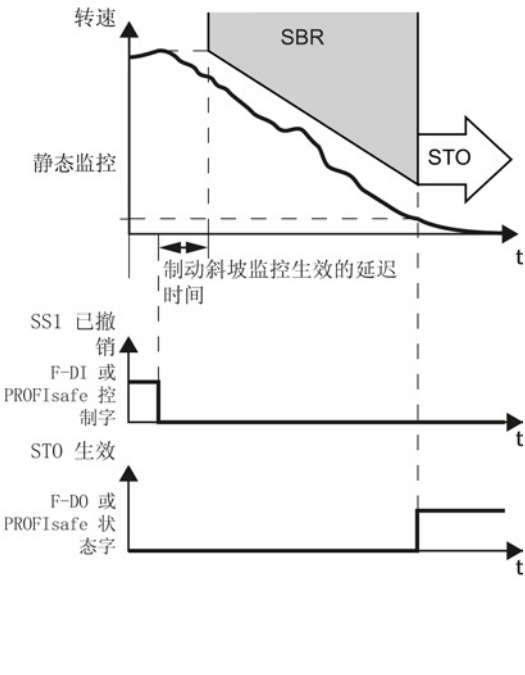
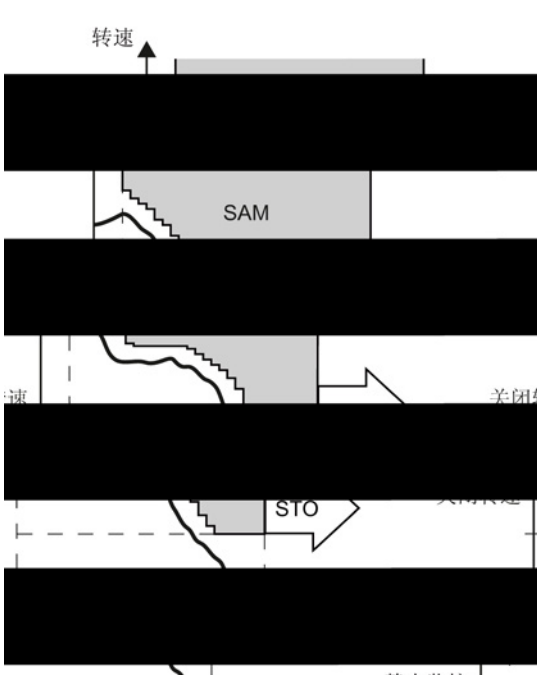
变频器第一次通过现场总线和中央上级控制器 (F-CPU) 建立连接时，中央控制器会向变频器发送 PROFIsafe 配置数据。接收完变频器中的配置数据后，启动 PROFIsafe 通讯。

只有从中央控制器接收到配置数据后，变频器才会监控与中央控制器的通讯。

## 5.7.5 设置 SS1

## 监控模式

SS1 功能有两种不同的监控模式供选择。

制动斜坡监控	加速度监控
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>变频器通过 <b>SBR (Safe Brake Ramp)</b> 功能监控电机转速是否减小了。</li> <li><b>SBR</b> 功能的斜率是可设置的。SBR 功能在“制动斜坡延时”后才开始。SBR 功能从选中 <b>SS1</b> 功能时生效的转速设定值开始监控。</li> <li>在电机转速低于静态监控阈值后，变频器会安全封锁电机转矩 (<b>STO</b>)。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>变频器通过功能 <b>SAM (Safe Acceleration Monitor)</b> 监控电机转速。</li> <li>变频器连续跟踪不断降低的转速，从而避免电机重新加速。</li> <li><b>SAM</b>在电机减速到“关闭转速”时结束。</li> <li>如满足以下条件之一，变频器会安全切断电机转矩 (<b>STO</b>): <ul style="list-style-type: none"> <li>变频器识别到电机静止。</li> <li>封锁转矩前的最长延时已届满。</li> </ul> </li> </ul>

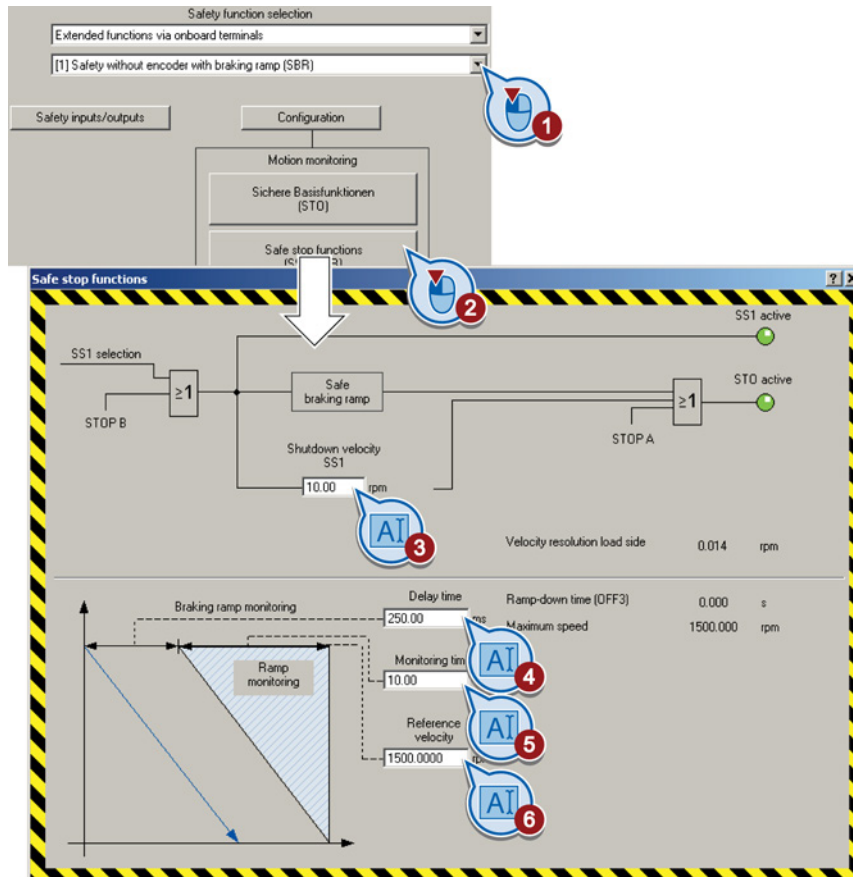
## 5.7.5.1 设置带制动斜坡监控的 SS1

## 步骤



按如下步骤设置带制动斜坡监控的功能 SS1:

1. 点击按钮 “[1] Safety without encoder with braking ramp (SBR)”。
2. 点击按钮 “Safe stop functions”。



3. 设置以下项目:

- ③ 关闭转速 SS1。
- ④ 延迟时间:  
如果您应用中的 OFF3 斜降时间短于 10 秒, 您可以保留出厂设置。  
如果在功能测试时 SS1 出现故障, 要逐步提高该值, 直到电机可以正常制动。  
如果 OFF3 斜降时间有几分钟长, 必须将该时间延长几秒, 以避免 SS1 出错。
- ⑤ 监控时间  
该时间决定了制动监控斜坡的斜率。  
如果监控斜坡要和减速斜坡平行, 必须进行如下设置: **监控时间 = OFF3 斜降时间除以传动比的商。**

传动比 = 丝杠转动圈数与电机转动圈数之比。

示例：传动比 = 1 / 3  $\Rightarrow$  监控时间 = OFF3 斜降时间  $\times$  3。

不建议将监控时间设得比上述乘积更短，否则在负载完成制动前监控就已结束。

监控时间设得越长，监控也就越宽松。

- ⑥ 基准转速：  
设置作为最大转速参考的基准转速。

#### 4. 关闭对话框。



您已设置了带制动斜坡监控的功能 SS1。

### 描述：带制动斜坡监控的 SS1

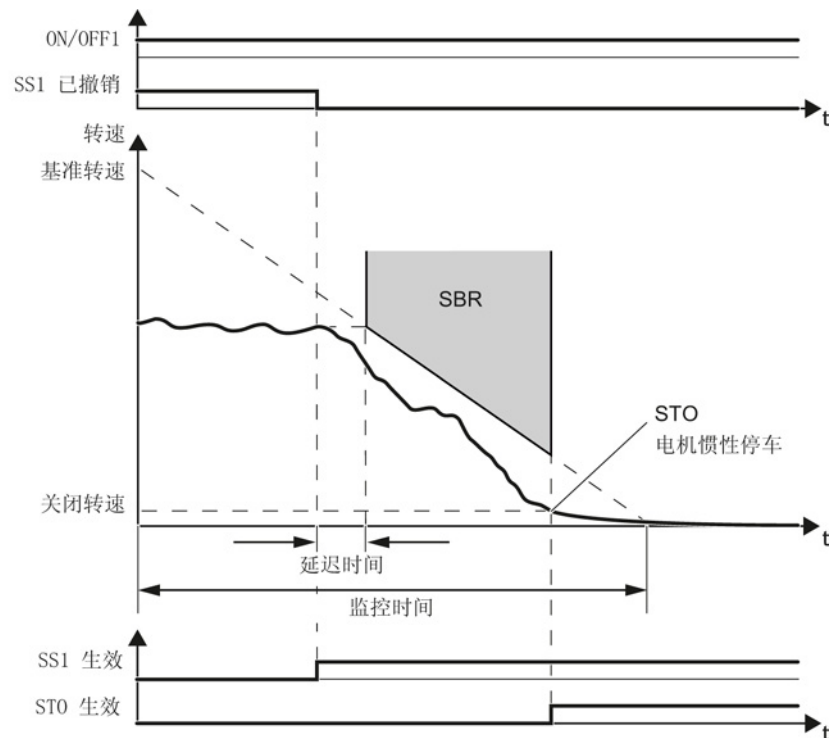


图 5-17 带制动斜坡监控的 SS1

#### 基准转速和监控时间

这两个值确定了 SBR 监控斜坡的斜率。

#### 延迟时间

在设置的延时结束后，SBR 才启动。监控从选中 SS1 功能时生效的转速设定值开始。

**制动**

变频器以 OFF3 减速时间使电机制动。

**关闭转速**

电机转速降至关闭转速后，变频器通过功能 STO 安全封锁电机转速。

参数	描述	
p9501.00	<b>1 信号：</b> 使能扩展安全功能。 <b>0 信号：</b> 禁止扩展安全功能。	
p9506	<b>功能特性：</b> （出厂设置： 1）	
	1:	带制动斜坡监控
	3:	带加速监控
p9546	<b>SSM 转速限值</b> （出厂设置： 20 rpm） 只有当 p9560 = 0 时才用于 SS1。	
p9560	关闭转速（出厂设置： 10 rpm）	
p9581	基准转速（出厂设置： 1500 rpm）	
p9582	延迟时间（出厂设置： 250 ms）	
p9583	监控时间（出厂设置： 10 s）	
r9722.1	1 信号： SS1 生效	
r9723.16	1 信号： SAM/SBR 生效	
p1135	<b>OFF3 斜降时间</b>	
p1226	静态检测转速阈值（出厂设置： 20 rpm）	一旦转速低至静态检测转速或关闭转速 p9569，变频器便封锁电机转矩。
p1227	静态检测时间（取决于功率单元）	

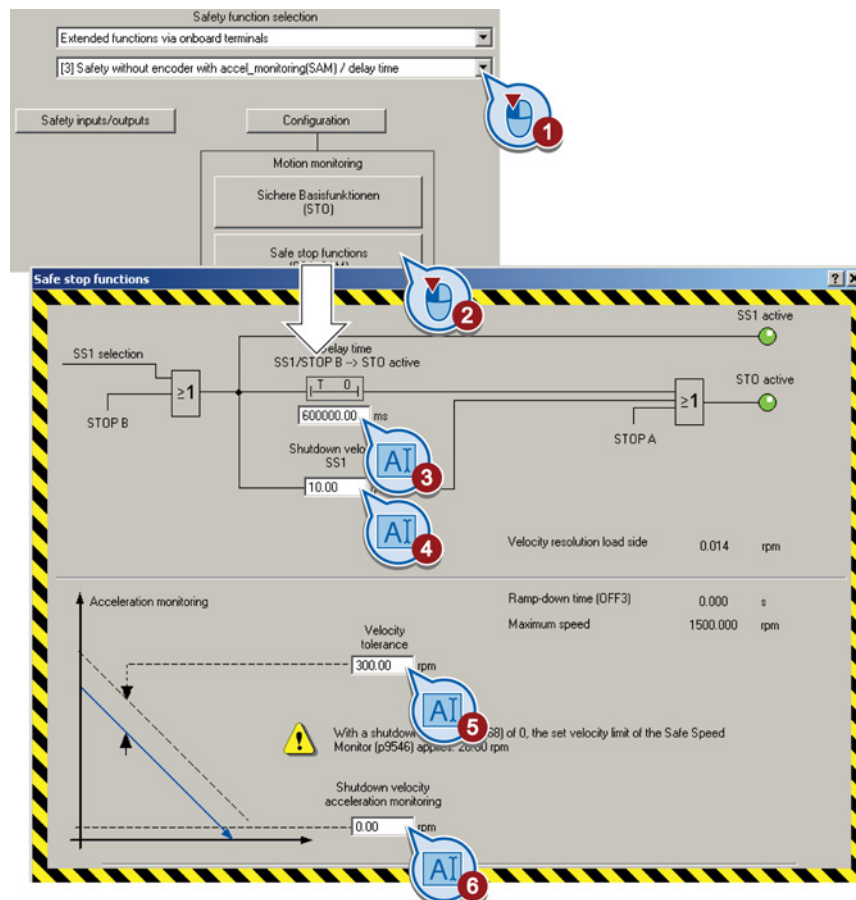
## 5.7.5.2 设置带加速监控的 SS1

## 步骤



按如下步骤设置带加速监控的功能 SS1:

1. 点击按钮 “[3] Safety without encoder with acceleration monitoring (SAM)/ delay time”。
2. 点击按钮 “Safe stop functions”。



3. 设置以下项目:

- ③ 延迟时间  
该时间经过后变频器便安全封锁电机转矩，不管当前转速如何。
- ④ 关闭转速 SS1
- ⑤ 转速公差
- ⑥ 加速监控中的关闭转速

4. 关闭对话框。



您已设置了带加速监控的功能 SS1。

## 描述：带加速监控的 SS1

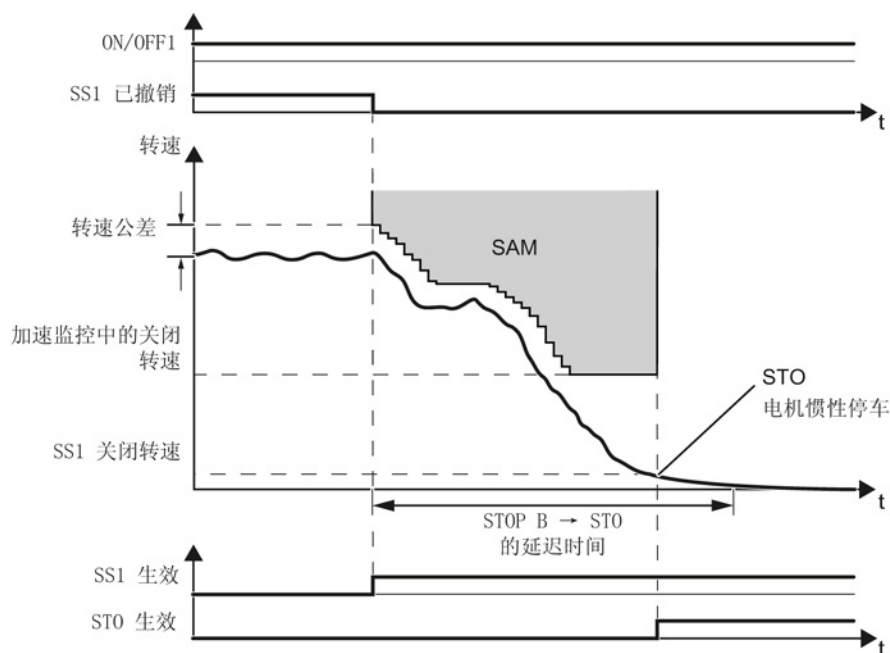


图 5-18 带加速监控的 SS1

## 转速公差

只要电机不断减速，变频器就一直在当前转速上设定一个公差，对当前转速+公差之和进行监控。

## 加速监控中的关闭转速

该监控在电机减速到“加速监控中的关闭转速”时结束。

## 关闭转速 SS1 和延迟时间

如满足以下条件之一，变频器会使用功能 STO 安全封锁电机转矩：

- 当前转速降至 SS1 关闭转速。
- 延迟时间已结束。



参数	描述	
p9501.00	<b>1 信号：</b> 使能扩展安全功能。 <b>0 信号：</b> 禁用扩展安全功能。	
p9506	功能特性：（出厂设置：1）	
	3:	带加速监控
p9548	转速公差（出厂设置：300 rpm）	
p9556	延迟时间 <b>STOP B → STO</b> （出厂设置：600000 ms）	
p9560	关闭转速 <b>SS1</b> （出厂设置：10 rpm）	
p9568	加速监控中的关闭转速（出厂设置：0 rpm）	
r9722.1	1 信号：SS1 生效	
r9723.16	1 信号：SAM/SBR 生效	
p1226	静态检测转速阈值（出厂设置：20 rpm）	一旦转速低至静态检测转速或关闭转速 p9569，变频器便封锁电机转矩。
p1227	静态检测时间（取决于功率单元）	

## 5.7.6 设置 SLS

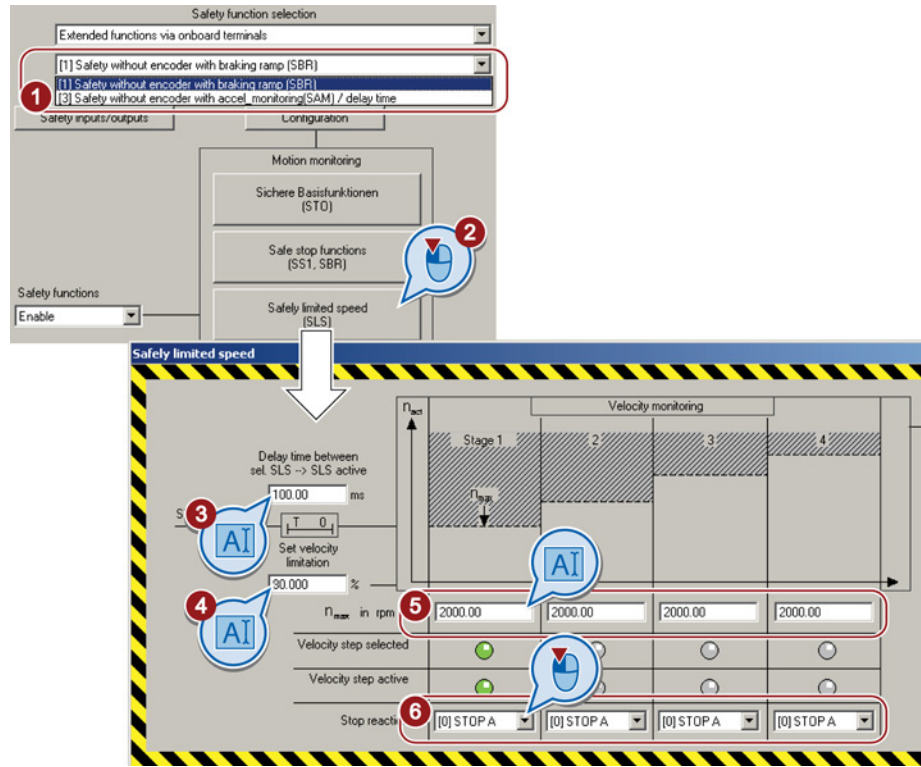
### 5.7.6.1 设置监控功能

#### 步骤



按如下步骤设置功能 SLS:

1. 在扩展安全功能的初始对话框中选择一种监控模式:
  - [1] Safety without encoder with braking ramp (SBR)
  - [3] Safety without encoder with acceleration monitoring (SAM)/ delay time
2. 选择安全功能 SLS。
3. 设置以下项目:
  - ③ 只有在选择了“加速监控 (SAM)”时，STARTER 才会显示延迟时间。  
该延迟时间要设置得足够长，使得在选中 SLS  
后拖动最大负载的电机可以在该时间内从最高转速下降到 SLS 最低档位。
  - ④ 设定转速限值占当前选中的 SLS 档位的比例，单位：%。  
SLS 激活时，变频器将转速控制在该值以下。
  - ⑤ 转速监控。  
设置待监控的负载转速。  
如果未将 PROFIsafe 设为接口，则只能设置 1 档。
  - ⑥ 设置监控的响应。  
另见章节：停止响应 (页 225)。



4. 关闭对话框。



您已设置了安全功能 SLS。

### SLS 功能描述

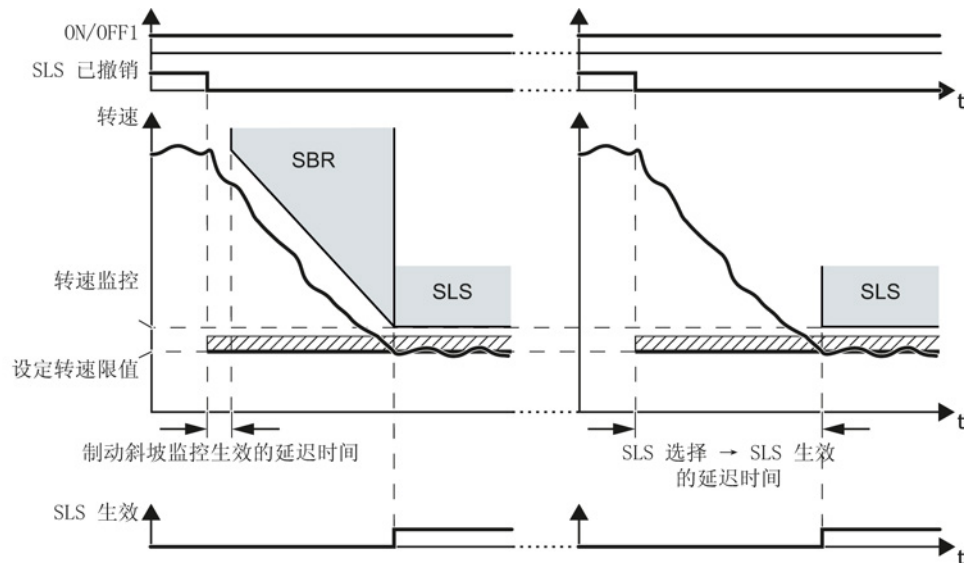


图 5-19 选择 SLS 后的特性。左图：带制动斜坡监控；右图：不带制动斜坡监控

选择 SLS 后，变频器会使电机在 OFF3 减速时间内制动。制动斜坡监控的设置设置在设置带制动斜坡监控的 SS1 (页 132) 一章中说明。

参数	描述
p1135	<b>OFF3 斜降时间</b>
p9501.00	<b>1 信号：</b> 使能 SLS 和扩展安全功能。 <b>0 信号：</b> 禁用 SLS 和扩展安全功能。
p9506	<b>功能特性：</b> （出厂设置：1）
	1: 带制动斜坡监控
	3: 不带制动斜坡监控
p9531[0...3] ]	<b>转速监控</b> （所有转速档的出厂设置：2000 rpm）
p9533	<b>设定转速限值</b> （出厂设置：80%） 变频器将设定转速控制在 r9733 值以下。 $r9733[0] = p9531[x] \times p9533$ 。
p9551	<b>选择 SLS 延时 → SLS 生效</b> （出厂设置：100 ms） 在带斜坡制动监控时失效。
p9563[0...3] ]	<b>SLS 的停止响应</b> （出厂设置：STOP A）
	0: STOP A
	1: STOP B
p9581	<b>基准转速</b> （出厂设置：1500 rpm）
p9582	<b>延迟时间</b> （出厂设置：250 ms）
p9583	<b>监控时间</b> （出厂设置：10 s） 制动斜坡的斜率取决于 p9581 和 p9583。
r9722.04	<b>1 信号</b> SLS 生效 <b>0 信号：</b> SLS 未生效
p1135	<b>OFF3 斜降时间</b>

### 5.7.6.2 验收测试的设置

在验收测试时要求电机超过安全功能限速工作，因此必须暂时关闭变频器内部的限速功能。

STARTER 中为此提供了暂时关闭限速的选项。

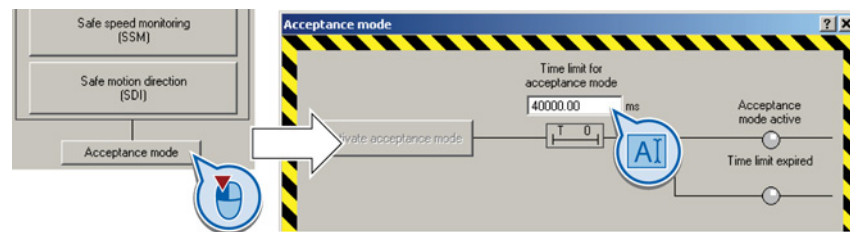
#### 步骤



按如下步骤准备验收测试：

1. 在扩展安全功能的初始对话框中点击按钮“Acceptance mode”。
2. 设置变频器关闭限速的时间。在该时间内进行验收测试时，电机可超过限速工作。

在该时间届满后，变频器结束验收模式并再次激活内部的限速功能。



3. 关闭对话框。

您已准备好进行功能验收。

参数	
p9558	验收测试期限（出厂设置：40000 ms） 最大期限：100 秒。

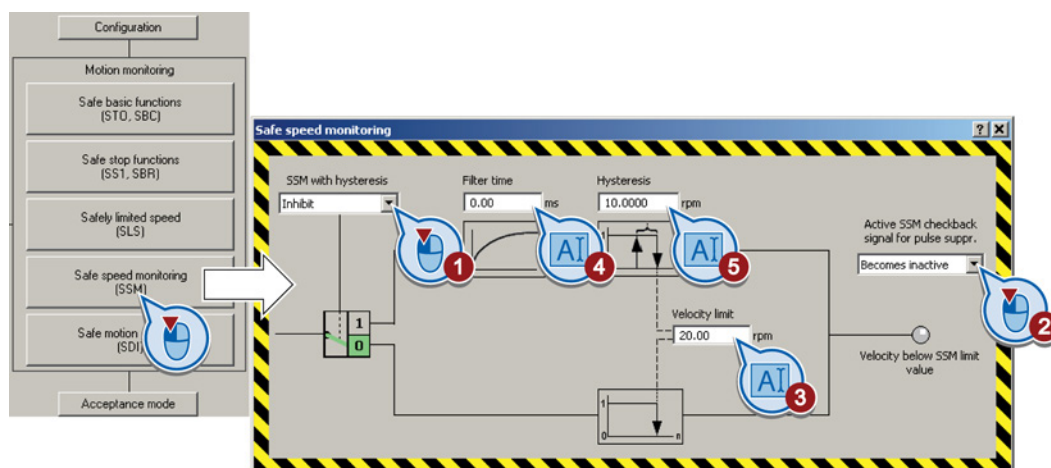
## 5.7.7 设置 SSM

## 步骤



按如下步骤设置功能 SSM:

1. 在扩展安全功能的初始对话框中选择功能“SSM”。
2. 设置以下选项：
  - ① 带或不带回差
  - ② 电机关闭后的工作方式。
  - ③ 需要监控的转速。
  - 只有在回差 ① 已使能时，才可以设置滤波时间 ④ 和回差 ⑤。



您已设置了安全功能 SSM。

SSM 功能在调试结束后立即生效。

如果在脉冲被封锁后已将 SSM 反馈设为“保持生效”

②，在接通电机时必须遵循规定的信号顺序。另见章节在 SSM 生效期间接通电机 (页 211)。

## 描述：不带回差的 SSM

## 转速监控

- 电机启动后，变频器会对负载转速与转速限值进行对比。

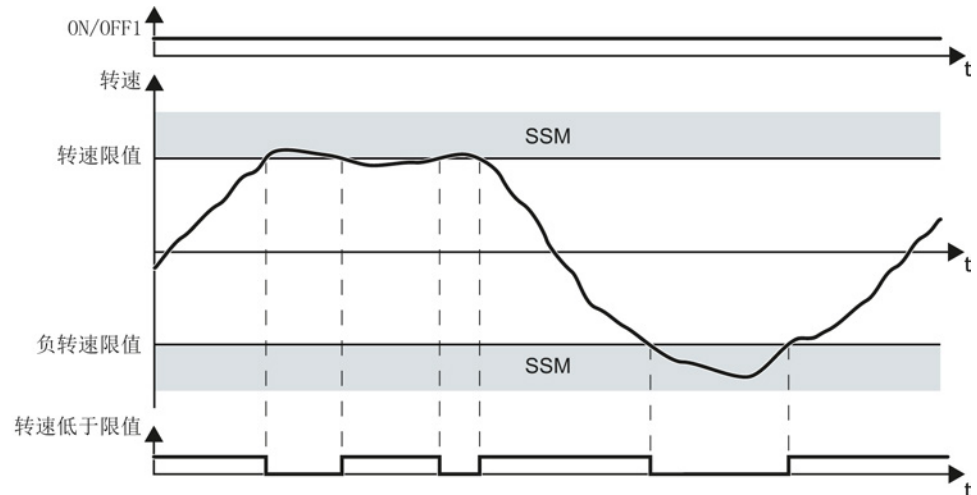


图 5-20 不带回差的 SSM 安全功能的工作时序

参数	描述
p9501.00	1 信号：使能扩展安全功能。 0 信号：禁用扩展安全功能。
p9501.16	1 信号：使能回差和滤波 0 信号：禁止回差和滤波
p9546	转速限值（出厂设置：20 rpm）
r9722.15	1 信号：转速绝对值低于转速限值

**描述：带回差的 SSM**

如果要监控转速是否接近转速限值，有效的方法是设置回差。

**转速监控**

- 电机启动后，变频器会在考虑回差的情况下对负载转速与转速限值进行对比。

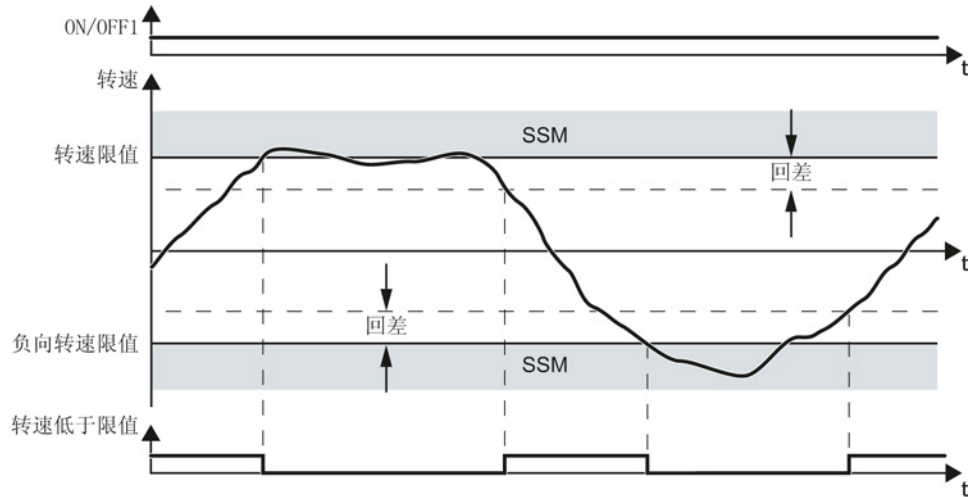


图 5-21 带回差的 SSM 安全功能的工作时序

**滤波器**

信号滤波器可以对变频器测出的转速进行平滑。  
当您想对接近转速限值的转速进行监控时，请使用滤波器。

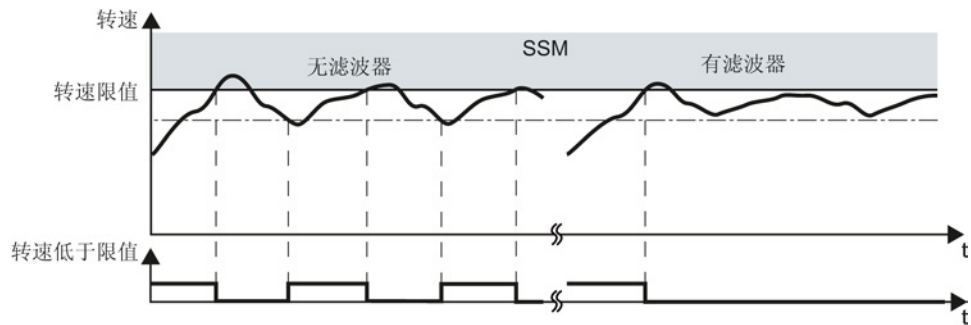


图 5-22 SSM 滤波器的工作方式



参数	描述
p9501.00	<b>1 信号：</b> 使能扩展安全功能。 <b>0 信号：</b> 禁用扩展安全功能。
p9501.16	<b>1 信号：</b> 使能回差和滤波 <b>0 信号：</b> 禁用回差和滤波
p9545	滤波时间（出厂设置：0 ms）
p9546	转速限值（出厂设置：20 rpm）
p9547	回差（出厂设置：10 rpm）
r9722.15	<b>1 信号：</b> 转速绝对值低于转速限值

### 电机关闭后的 SSM 反馈

您可选择 SSM 功能在电机关闭后是否保持生效。

如果 SSM 保持生效，变频器会作出如下响应：

- 变频器在电机关闭后冻结信号“转速低于限值”。
- 电机关闭后，STO 生效。

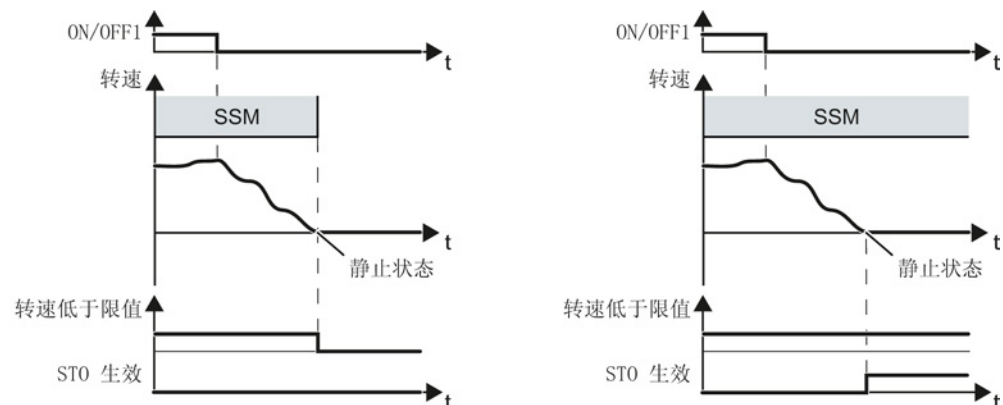


图 5-23 电机关闭后的 SSM 反馈。

左图：SSM 失效。右图：SSM 保持生效

另见章节：在 SSM 生效期间关闭电机 (页 206)。

参数	描述
p9509.00	<b>1 信号：</b> SSM 在电机关闭后失效 <b>0 信号：</b> SSM 在电机关闭后仍保持生效

## 5.7.8 设置 SDI

### 5.7.8.1 设置监控功能

#### 步骤



按如下步骤设置功能 SDI:

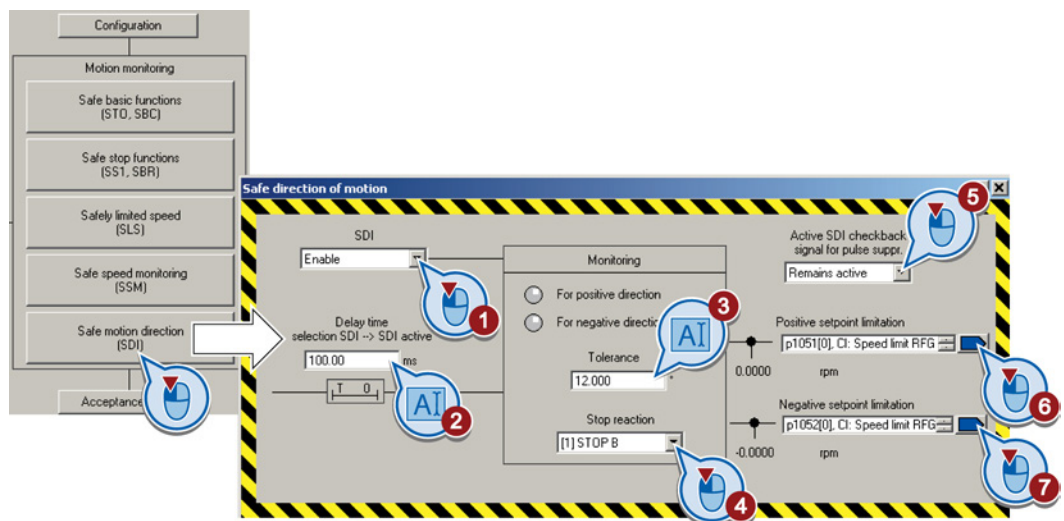
1. 选择安全功能 SDI。
2. 设置以下选项:
  - ① 使能该功能。
  - ② 选中该功能到该功能生效的延时时间。
  - ③ 错误方向上允许的电机转动角度。
  - ④ 监控功能动作导致的停止响应。

另见章节: 停止响应 (页 225)

  - ⑤ 电机关闭后的工作方式。

另见章节: 在 SDI 生效期间关闭电机 (页 215)

  - ⑥ ⑦ 这两项保留出厂设置时, 在选中 SDI 时变频器会对转速进行限制。



您已设置了安全功能 SDI。

## 功能 SDI 的描述

### 工作次序

如果选择 SDI，变频器会将不允许的旋转方向上的转速设定值或速度设定值限制为 0。

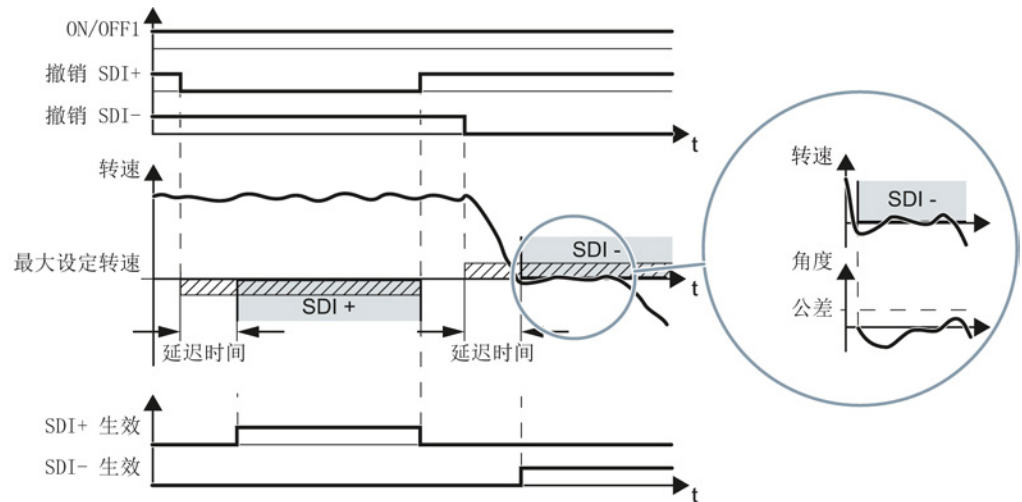


图 5-24 延迟时间和公差

### 延迟时间

在延迟时间届满后，变频器监控电机的旋转方向。

该延迟时间要设置得足够长，使得选中 SDI

后拖动最大负载的电机可以在该时间内从最高转速减速到静态。变频器以 OFF3 减速时间使电机制动。

### 公差

变频器允许电机在错误方向上短暂地运行一段时间，比如：变频器允许在电机减速到静态这一阶段内出现短暂的过冲。变频器因此会将电机转速换算为角度。

利用公差您可以设置变频器允许的最大角度。

### 电机关闭后的 SDI 反馈

您可选择 SDI 功能在电机关闭后是否保持生效。

- 变频器在电机关闭后冻结信号“SDI 生效”。
- 电机关闭后，STO 生效。

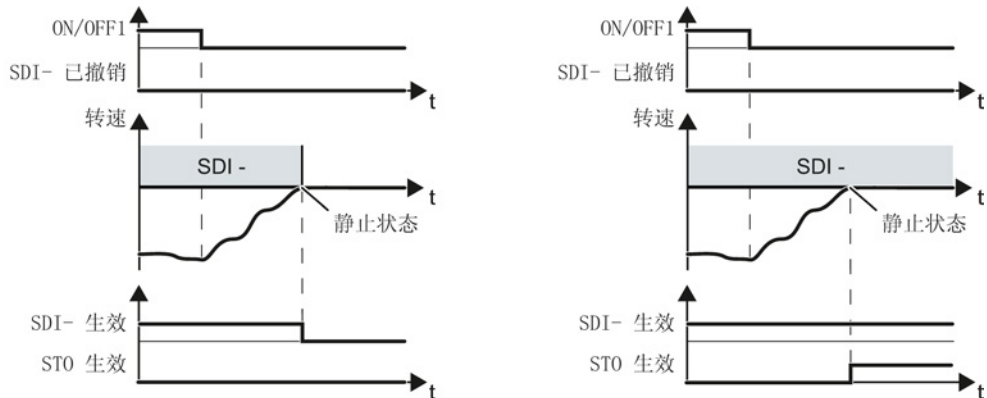


图 5-25 电机关闭后的 SDI 反馈。  
左图：SDI 失效。右图：SDI 保持生效

另见章节：在 SDI 生效期间关闭电机 (页 215)。

参数	描述
p9501.00	1 信号：使能扩展安全功能。 0 信号：禁用扩展安全功能。
p9501.17	1 信号：使能 SDI 0 信号：禁用 SDI
p9509.08	1 信号：SDI 在电机关闭后失效 0 信号：SDI 在电机关闭后仍保持生效
p9564	公差（出厂设置：12 度）
p9565	延迟时间（出厂设置：100 ms）
p9566	停止响应（出厂设置：1）
	0: STOP A 1: STOP B
r9722.12	1 信号：SDI + 生效
r9722.13	1 信号：SDI - 生效
p1135	OFF3 斜降时间

### 5.7.8.2 验收测试的设置

在验收测试时要求电机超过安全功能限速工作，因此必须暂时关闭变频器内部的限速功能。

STARTER 中为此提供了暂时关闭限速的选项。

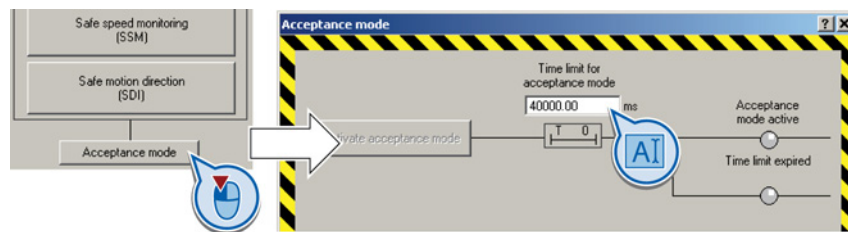
#### 步骤



按如下步骤准备验收测试：

1. 在扩展安全功能的初始对话框中点击按钮“Acceptance mode”。
2. 设置变频器关闭限速的时间。在该时间内进行验收测试时，电机可超过限速工作。

在该时间届满后，变频器结束验收模式并再次激活内部的限速功能。



3. 关闭对话框。

您已准备好进行功能验收。

参数	
p9558	验收测试期限（出厂设置：40000 ms） 最大期限：100 秒。

### 5.7.9 结束步骤

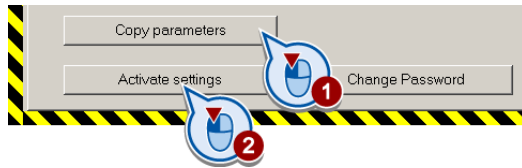
#### 激活设置

##### 步骤



按如下步骤激活安全功能的设置：

1. 点击按钮“Copy parameters”，以备份设置。



2. 点击按钮“Activate settings”。
3. 如果口令为出厂设置口令，系统会弹出一条提示，要求更改口令。  
设置的新口令错误时，系统仍保留旧口令。
4. 保存设置（Copy RAM to ROM）。
5. 切断变频器的电源。
6. 等待片刻，直到变频器上所有的 LED 都熄灭。
7. 重新接通变频器的电源。

设置现在起生效。

参数	描述
p9700 = 57 hex	<b>SI 复制功能</b> （出厂设置：0） 启动 SI 参数复制功能。
p9701 = AC hex	<b>确认数据更改</b> （出厂设置：0） 确认数据更改。
p0010 = 0	<b>驱动调试参数筛选</b> 0：就绪
p0971 = 1	<b>保存参数</b> 1：保存驱动对象 (Copy RAM to ROM) 变频器断电保存设置后，p0971 = 0。

#### 检查数字量输入的互联

一个 DI 同时与一个安全功能和一个“标准”功能互联可能会导致电机工作异常。

如果是通过数字量输入控制变频器中的安全功能，则必须检查这些数字量输入是否与“标准”功能互联。

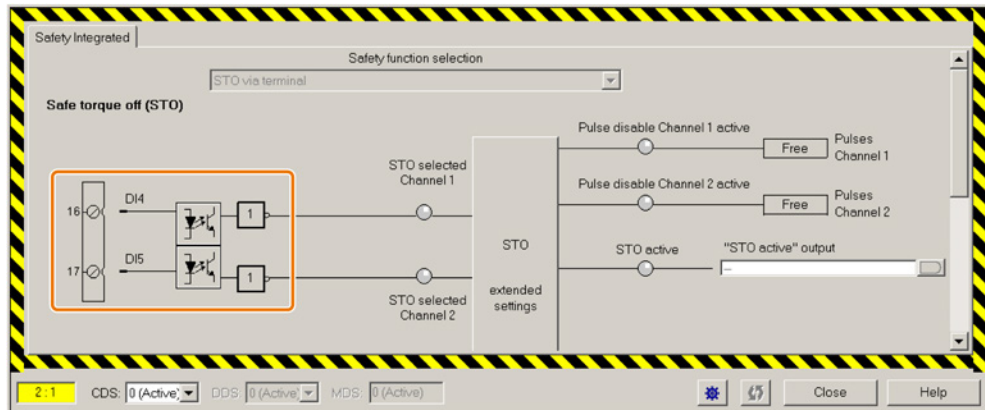


图 5-26 示例：DI 4 和 DI 5 与 STO 的接线

步骤



按如下步骤确保安全功能的安全输入不会控制变频器中的“标准”功能。

1. 在 STARTER 的项目导航器中选中“Inputs/outputs”。
2. 选中数字量输入的对话框。
3. 断开所有用作 F-DI 的数字量输入的互联：
4. 使用了数据组切换 CDS 时，必须删除所有 CDS 中数字量输入的互联。

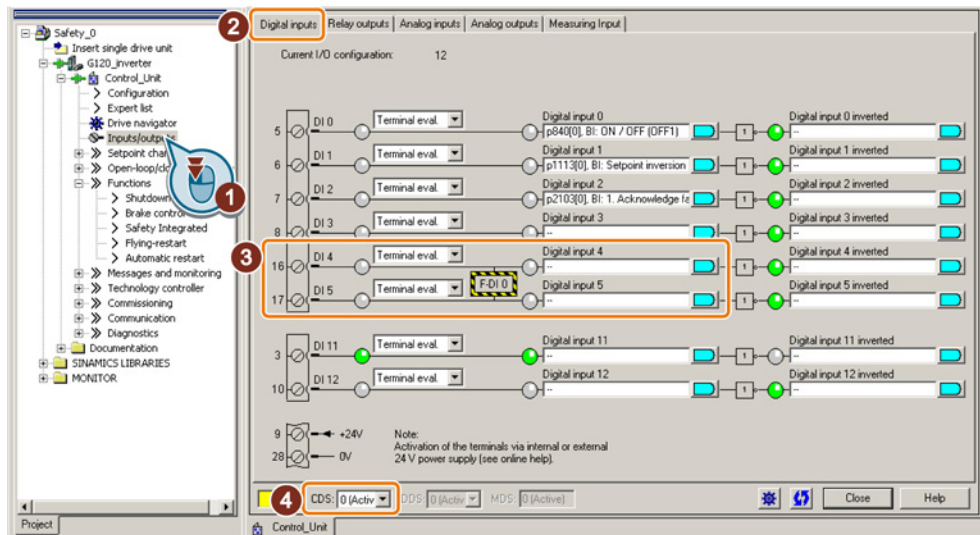


图 5-27 断开 DI 4 和 DI 5 的互联



您已确保安全功能的安全输入不会控制变频器中的“标准”功能。

## 检查 F-DO 反馈输入的互联

互联带“标准”功能的反馈输入可导致变频器工作异常。

### 前提条件

- 使用变频器的安全输出。
- 使用测试模式 2 或测试模式 3，此时变频器通过一个数字量输入检测所连接执行器的状态。

您必须检查该数字量输入是否连接了“标准”功能。

### 步骤



为避免安全输出的反馈输入控制变频器的“标准”功能，请进行如下操作：

1. 在 STARTER 的项目导航器中选择输入/输出端。
2. 选中数字量输入的对话框。
3. 断开用作 F-DO 反馈输入的数字量输入的互联：
  - SINAMICS G120，配备控制单元 CU250S-2：数字量输入 DI 6（见图）。
  - SINAMICS G120D：数字量输入 DI 5。
4. 如果使用数据组切换 CDS，则应断开所有 CDS 的反馈输入互联。

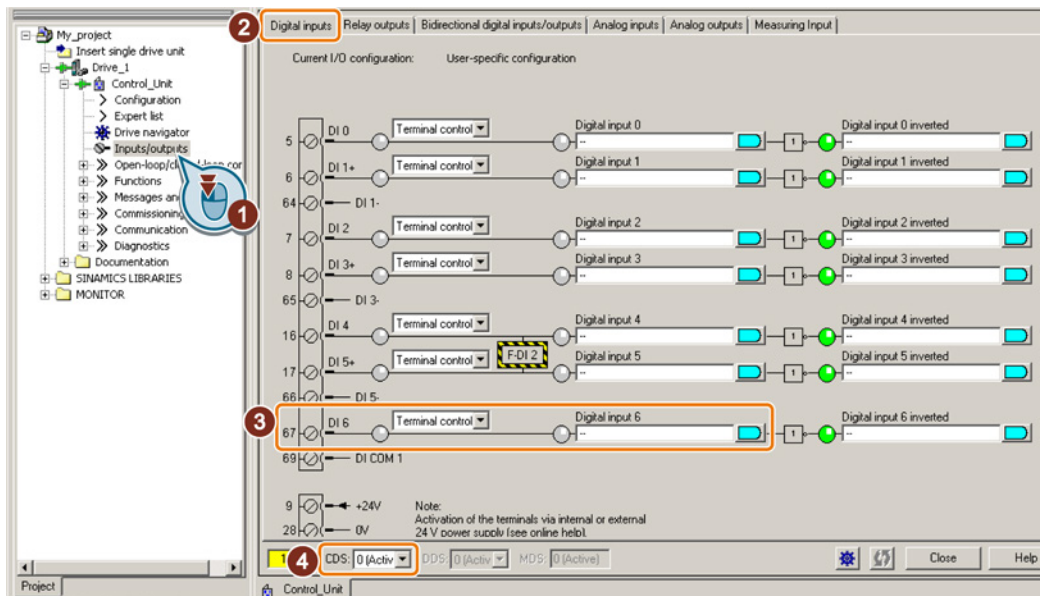


图 5-28 断开 CU250S-2 上反馈输入 DI 6 的互联



您已避免安全输出的反馈输入控制变频器的“标准”功能。



## 5.8 离线调试

在您完成安全功能的离线调试后，您必须接着将设置下载到变频器中。

下载后您还需要完成安全功能的在线调试。

STARTER 的离线模式和在线模式提供的安全功能对话框略有不同。

为了完整地设置参数，并使设置符合应用所需，在进行离线调试时最好也参阅本手册。

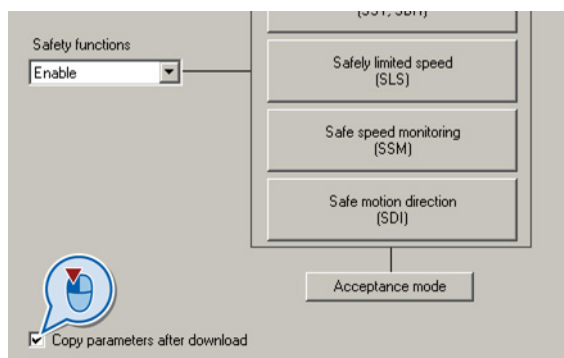
### 离线设置安全功能

#### 步骤




按如下步骤离线设置安全功能：

1. 在 STARTER 选中安全功能。
2. 勾选选项“Copy parameters after download”。



3. 离线设置安全功能的参数。

该步骤需参阅本手册中的在线调试一节，另见章节：修改设置 (页 88)。

4. 设置完所有参数后点击按钮，保存项目。



您已离线设置了变频器的安全功能并保存在 PC 或 PG 上。


下一步必须将这些设置从 PC 或 PG 上传送到变频器中。

### 通过 STARTER 将设置载入到变频器中

#### 步骤



按如下步骤将设置载入到变频器中：

1. 进入 STARTER 在线模式，点击按钮 ，将项目下载到变频器中。  
下载结束后，变频器会输出故障信息。  
忽略该信息，因为下列步骤会自动应答该信息。
2. 打开“Safety Integrated”对话框。
3. 点击相应按钮，修改设置。
4. 点击相应按钮，激活设置。
5. 点击“Copy RAM to ROM”，保存设置
6. 切断变频器的电源。
7. 等待片刻，直到变频器上所有的LED 都熄灭。
8. 重新接通变频器的电源。



变频器现已接收到设置。

## 5.9 批量调试

批量调试是指将一台变频器的设置传送给第二台变频器的过程。

### 步骤



按如下步骤将一台变频器的设置传送给第二台变频器：

1. 通过 **STARTER** 将项目保存在 PC 或 PG 上。
2. 将保存的设置载入到第二台变频器中：  
具体步骤请参见离线调试 (页 153)一章。 离线调试 (页 153).
3. 如果变频器是由 **PROFIsafe** 控制的，应设置 **PROFIsafe** 地址。

详细信息参见以下章节：

- 基本安全功能：配置 **PROFIsafe** (页 95)
- 扩展安全功能：配置变频器中的 **PROFIsafe** (页 128)

4. 执行安全功能的简化验收测试：

具体步骤请参见章节更换组件后的简化验收 (页 266)。 更换组件后的简化验收 (页 266).



您已将第一台变频器的设置传送给第二台变频器。

## 5.10 安全功能的验收

### 5.10.1 验收

#### 什么是验收？

机器制造商有责任确保其机器或设备的正常运行。

完成调试后，机器制造商必须自行或委托专业人员对具有较大财产损失或人员伤亡风险的功能进行检查。该验收或验证也是欧盟机械指令的要求，主要由以下两部分组成：

- 检查和安全相关的功能和机器部件。  
→ 验收测试。
- 填写包含测试结果的“验收报告”。  
→ 文档。

有关验证的详细信息请参考欧盟标准 EN ISO 13849-1 和 EN ISO 13849-2。

#### 机器或设备的验收测试

验收测试用于检查机器或设备中与安全相关的功能是否可以正常运行。

安全功能中所用组件的文档也可包含针对必要检查的说明。

和安全相关的功能检查包括以下几项：

- 所有安全装置（例如防护门监控、光帘或急停开关等）都已连接且就绪了吗？
- 上级控制器可以正确响应变频器中与安全相关的反馈信号吗？
- 变频器的设置与机器中配置的与安全相关的功能相符吗？

#### 变频器的验收测试

变频器的验收测试是整个机器或设备验收测试的一部分。

变频器的验收测试用于检查设置的集成安全功能与配置的机器安全功能是否匹配。

集成的安全功能的验收测试示例参见章节：验收测试示例 (页 277)。

## 变频器文档

变频器文档中须记录以下内容：

- 验收测试结果。
- 集成的安全功能的设置。

调试工具 **STARTER** 会根据需要记录集成的安全功能的设置。另见章节：验收记录 (页 309)。

必须会签记录。

## 谁可以执行变频器的验收测试？

此处，授权人员指由机器制造商指定的专业人员，该人员经过专业培训并具有安全方面的专业知识，能够正确地执行验收测试。

### 5.10.2 功能扩展后的简化验收

只有在首次调试后才需要进行完整的验收。  
如果只是增加了安全功能，简化的验收便已足够。

表格 5-4 功能扩展后的简化验收

措施	验收测试	记录
修改单个限值（例如 SLS 限值）。	检查修改的限值。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 补充功能表</li> <li>• 记录修改的设置</li> <li>• 记录新的校验和</li> <li>• 会签</li> </ul>
机器上的功能扩展（添加了驱动装置）	检查新变频器的安全功能。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 补充机器一览</li> <li>• 补充变频器的订货号和固件版本</li> <li>• 补充功能表</li> <li>• 记录新变频器的设置</li> <li>• 记录新的校验和</li> <li>• 会签</li> </ul>
变频器增加了功能（例如：增加了 SLS 转速档或固件升级后的新安全功能）。	检查新加的功能。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 补充功能表</li> <li>• 记录修改的设置</li> <li>• 记录新的校验和</li> <li>• 会签。</li> </ul>
变频器的设置通过批量调试传送到更多同型号机器上。	检查所有安全功能的控制方式和反馈信息。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 补充机器说明</li> <li>• 记录修改的设置</li> <li>• 检查校验和</li> <li>• 检查固件版本</li> </ul>

另见章节：更换组件后的简化验收 (页 266)。

## 运行

### 6.1 概述及相关变频器信号

#### 关于本章

本章涉及以下内容：

- 如何定期测试变频器，以遵循应有的安全功能故障概率？
- 在选择和撤销选择一项安全功能时，变频器如何响应？
- 在安全功能生效时关闭和启动电机需要注意哪些事项？
- 当选择了多项安全功能时，功能之间如何相互影响？
- 输入信号不一致时，变频器如何响应？
- 电机超过限值或内部监控功能响应时，变频器如何响应？

#### 变频器信号

PROFIsafe 报文包含本章节中的大部分变频器信号，这些信号可与一个 F-DI 或 F-DO 相连并分配给下列参数：

变频器信号	PROFIsafe	F-DI	F-DO	参数
内部事件	✓	---	✓	r9723
STO 生效（基本功能）	✓	---	✓	r9773.1
撤销 STO（基本功能）	✓	✓	---	r9773.0
STO 生效（扩展功能）	✓	---	✓	r9722.0
撤销 STO（扩展功能）	✓	✓	---	r9720.0
SBC 已请求（基本功能）	---	---	---	r9773.4
SS1 生效（基本功能）	✓	---	✓	r9773.6
撤销 SS1（基本功能）	✓	✓	---	r9773.5
SS1 生效（扩展功能）	✓	---	✓	r9722.1
撤销 SS1（扩展功能）	✓	✓	---	r9720.1
SLS 生效	✓	---	✓	r9722.4

变频器信号	PROFIsafe	F-DI	F-DO	参数
撤销 SLS	✓	✓	---	r9720.4
SLS 档位生效	✓	---	✓	r9722.9, r9722.10
选择 SLS 档位	✓	✓	---	r97209, r9720.10
SSM 反馈生效（转速低于限值）	✓	---	✓	r9722.15
SDI+ 生效	✓	---	✓	r9722.12
撤销 SDI+	✓	✓	---	r9720.12
SDI- 生效	✓	---	✓	r9722.13
撤销 SDI-	✓	✓	---	r9720.13
SAM/SBR 生效	---	---	---	r9723.16
要求执行基本安全功能的强制潜在故障检查	---	---	---	r9773.31
要求执行扩展安全功能的强制潜在故障检查	---	---	---	r9723.0
启动扩展安全功能的强制潜在故障检查	---	---	---	p9705
标准应答	---	---	---	p2103
安全应答	✓	✓	---	r9720.7
接通就绪	---	---	---	r0052.0
ON/OFF1	---	---	---	r0054.0
OFF2	---	---	---	r0054.1
OFF3	---	---	---	r0054.2



## 6.2 定期测试安全功能

### 6.2.1 概述

#### 概述

为遵循应有的安全功能故障概率，每年至少要进行一次以下功能测试：

- 如果使用安全输入，变频器必须测试其安全输入。
  - 测试安全输入 (页 161)
- 变频器必须测试其安全功能：
  - 测试基本功能 (页 162)
  - 测试扩展安全功能 (页 163)
- 如果使用安全输出，变频器必须测试其安全输出。
  - 测试安全输出 (页 164)

### 6.2.2 测试安全输入

#### 测试传感器和安全输入

安全输入上出现信号切换时，变频器会测试其安全输入及相连的传感器。建议同步进行安全输入测试与强制潜在故障检查 (Teststop)。

#### 步骤



按如下步骤测试安全输入：

1. 操作各个传感器。
2. 请检查以下项目：
  - 安全功能生效。
  - 变频器没发出故障信息。



您已完成安全输入的测试。

### 6.2.3 测试基本功能

#### 时间

变频器监控是否定期进行自检（强制潜在故障检查）。

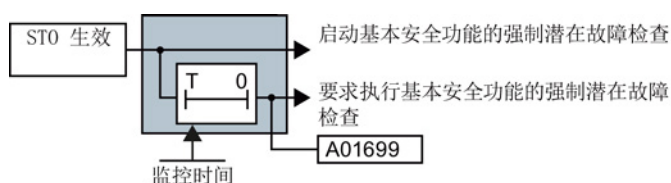


图 6-1 强制潜在故障检查 (Teststop) 的启动和监控

出现报警 A01699 时，必须在下一个合适的时机启动自检，例如：

- 设备上电后，电机处于静止状态时。
- 在防护门打开时。
- 在监控时间届满前，以规定间隔进行检查。

#### 执行强制潜在故障检查 (Teststop)

##### 前提条件

- STO 未生效。
- 电机接通 (ON/OFF1 = 1) 并保持静止（转速设定值 = 0）。

##### 步骤



按如下步骤启动强制潜在故障检查：

1. 选择安全功能 STO。
2. 变频器检查其安全功能回路。该检查持续几毫秒。
3. 撤销安全功能 STO。
4. 检查报警 A01699 是否仍然存在。
5. 如果使用变频器的安全输入，应对其安全输入进行测试。另见 测试安全输入 (页 161)。



您已执行了强制潜在故障检查。

## 6.2.4 测试扩展安全功能

### 时间

变频器监控是否定期进行自检（强制潜在故障检查）。

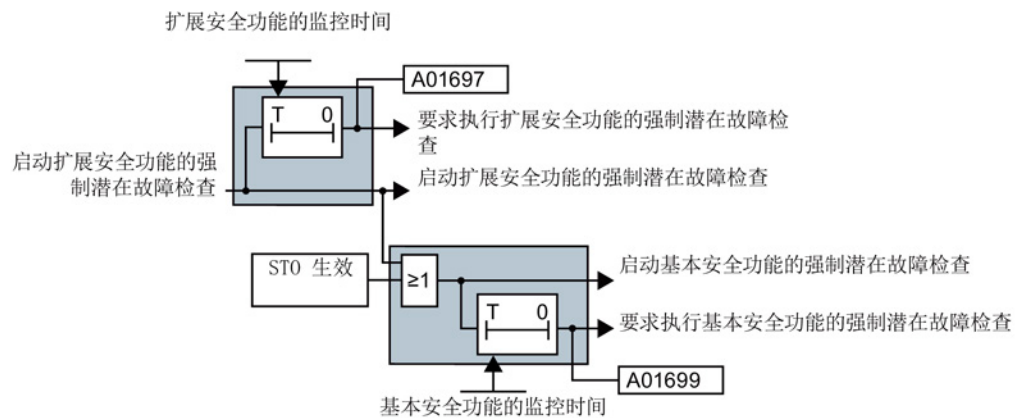


图 6-2 强制潜在故障检查 (Teststop) 的启动和监控

如果变频器发出报警 A01699 或 A01697，您必须在下一个合适的时机启动强制潜在故障检查。例如：

- 设备上电后。
- 在监控时间届满前，以规定间隔进行检查。

### 执行强制潜在故障检查 (Teststop)

执行扩展安全功能的强制潜在故障检查时，变频器会封锁电机转矩。

#### 前提条件

- STO 未生效。  
如果在 STO 激活时启动强制潜在故障检查，变频器会发出故障响应。
- 电机接通 (ON/OFF1 = 1) 并保持静止（转速设定值 = 0）。

## 步骤



按如下步骤启动扩展安全功能的强制潜在故障检查：

1. 通过您选中的一个信号，比如：数字量输入启动强制潜在故障检查。
2. 变频器检查其安全功能回路。检查期间，变频器发出报警 C01798 和 C30798。该检查持续几毫秒。
3. 请将用于启动强制潜在故障检查的信号设为零。
4. 检查报警 A01699 和 A01697 是否仍然存在。
5. 测试变频器的安全输入，另见：测试安全输入 (页 161)。
6. 测试变频器的安全输出，另见：测试安全输出 (页 164)。



您已执行了扩展安全功能的强制潜在故障检查。

## 6.2.5 测试安全输出

### 测试时间

变频器通过一个定时功能块对定期的强制潜在故障检查进行监控。

安全输出的监控时间



图 6-3 安全输出强制潜在故障检查 (Teststopp) 的启动和监控

如果变频器发出报警

A01774，您必须在下一个合适的时机启动强制潜在故障检查，例如：

- 设备上电后。
- 在监控时间届满前，以规定间隔进行检查。

## 测试安全输出及相连执行器

安全输出上出现信号切换时，变频器会测试其安全输出及相连的执行器。

### 步骤



按如下步骤测试安全输出：

1. 接通电机 (ON/OFF1 = 1)。

如果要在静止状态下执行强制潜在故障检查，转速设定值则必须为 0。

2. 通过您选中的一个信号（如：数字量输入）启动强制潜在故障检查。
3. 变频器暂时关闭安全输出。该检查持续几毫秒。
4. 将用于启动强制潜在故障检查的信号设为零。
5. 检查报警 A01774 是否仍然存在。



您已完成安全输出的测试。

安全输出的特性取决于设置的强制潜在故障检查模式。

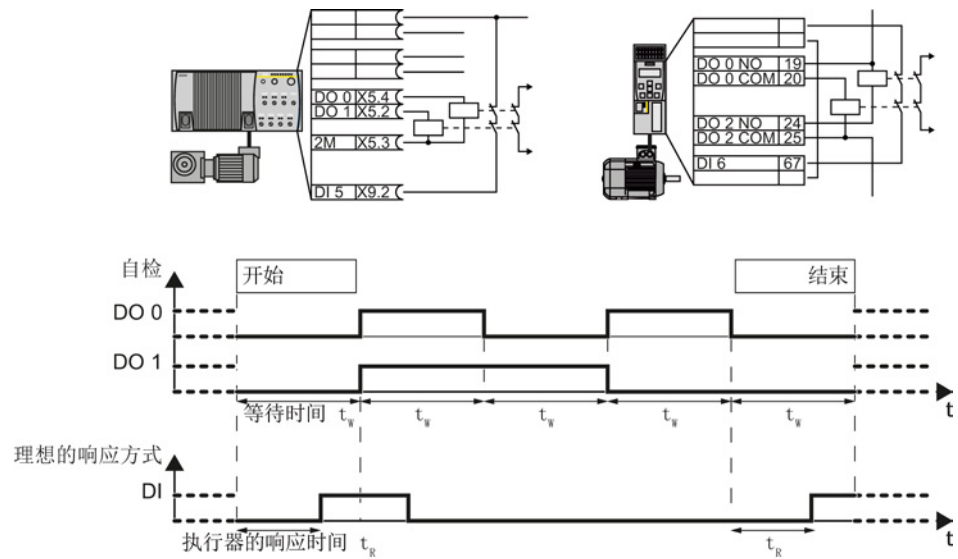


图 6-4 Teststop Mode 2

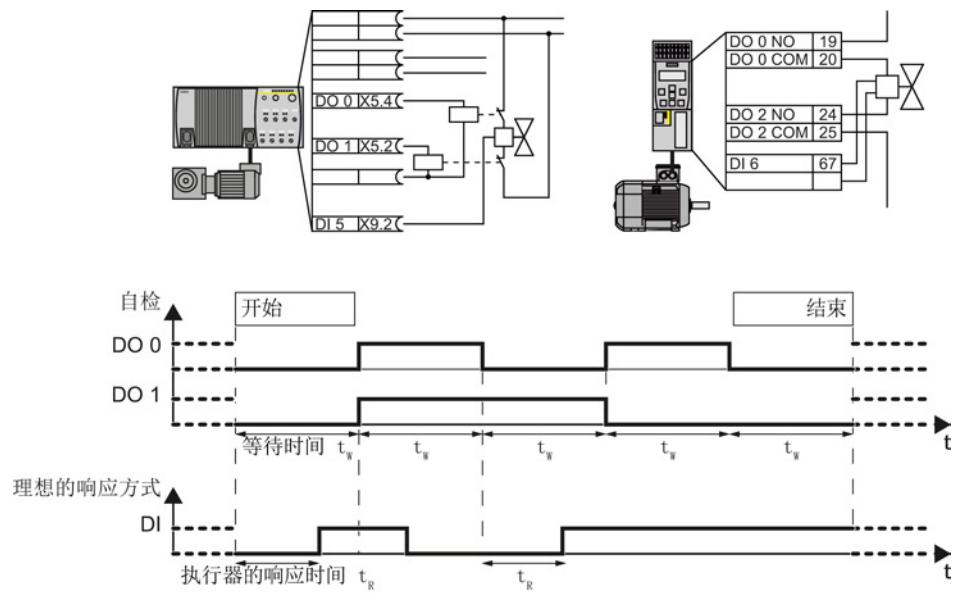


图 6-5 Teststop Mode 3

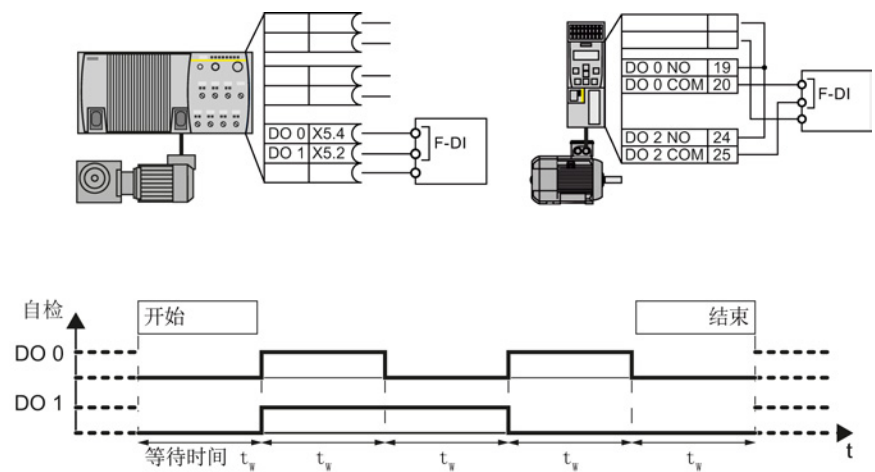


图 6-6 Teststop Mode 4

## 6.3 Safe Torque Off (STO)

### 6.3.1 概述

#### 本章节涉及哪些内容？

本章节描述的是 STO 功能的相关运行情况。

表格 6-1 电机接通时 STO 功能的运行情况 (ON/OFF1 = 1)

选择与撤销 STO	→ 在电机接通时选择和撤销 STO (页 168)
输入信号中的不一致	用于选择 STO 的安全输入检测出一个故障。 → STO 生效时变频器对信号不一致的响应 (页 168)

表格 6-2 在 STO 功能生效或未生效时接通和关闭电机

	接通电机 (ON/OFF1 = 0 → 1)	关闭电机 (ON/OFF1、OFF2 或 OFF3 = 1 → 0)
STO 未生效	如果 STO 未生效，电机的接通和关闭则不受限。	
STO 生效	STO 功能生效时会阻止接通电机。	如果 STO 功能生效，电机则始终保持关闭状态。信号 OFF1、OFF2 和 OFF3 无效。

### 6.3.2 在电机接通时选择和撤销 STO

#### 选择 STO

##### 功能

1. 设备控制系统通过一个故障安全输入或安全通讯 PROFIsafe 选择了 STO。
2. 变频器安全封锁电机转矩。

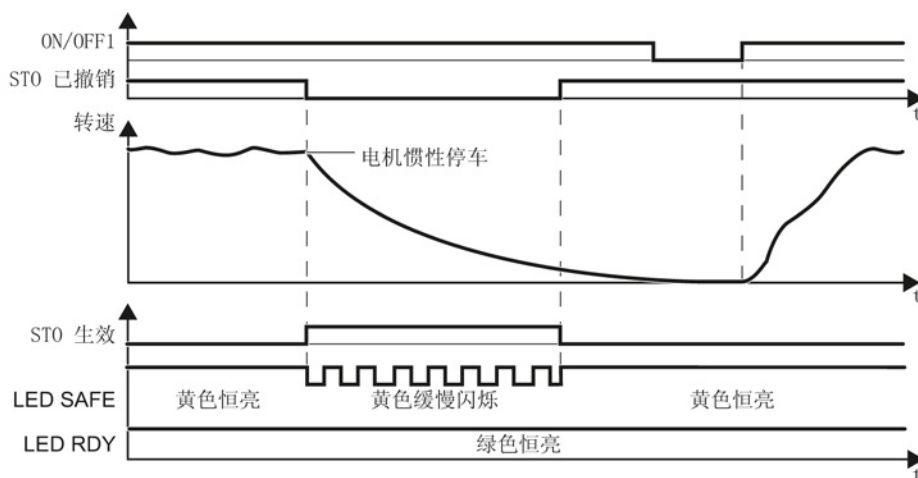


图 6-7 STO (Safe Torque Off) 的工作时序

#### 在 STO 生效后接通电机

##### 步骤



按如下步骤在 STO 生效后重新接通电机：

1. 撤销 STO。
2. 接通电机：ON/OFF1 = 1。



电机已接通。

### 6.3.3 STO 生效时变频器对信号不一致的响应

变频器会通过当前生效的安全功能 STO 对安全输入信号不一致进行响应。

变频器的响应方式取决于变频器的设置：

- 使用基本安全功能 → 情况 1。
- 使用扩展安全功能 → 情况 2。



## 情况 1: 执行基本安全功能 STO 时变频器的响应

您选择了以下某个设置:

- 基本安全功能, 由板载端子控制
- “端子+PROFIsafe”控制
- 扩展安全功能, 由 PROFIsafe 控制; 基本安全功能, 由板载端子控制

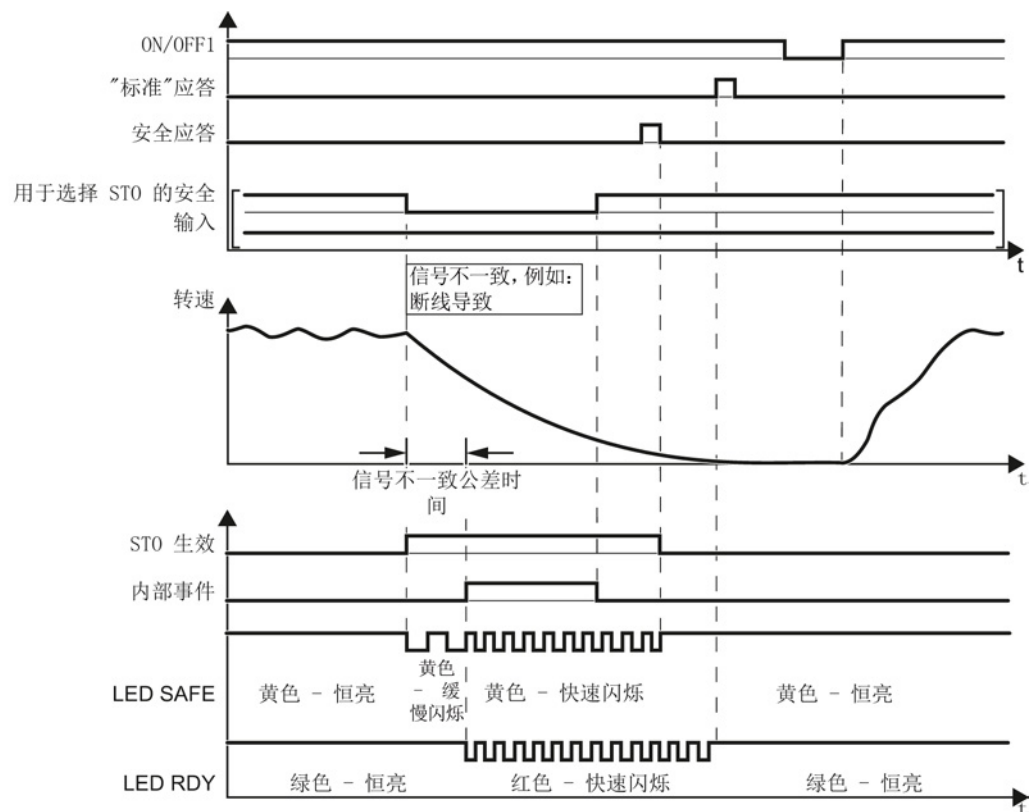


图 6-8 安全功能 STO 输入信号不一致时变频器的响应 (以处理器 P1 的通道内出现断线故障为例)

公差时间届满后变频器的响应:

- 信号不一致 (故障 F01611 或 F30611, 故障值 r0949 = 2000 或 2002)
- 变频器设置安全功能的故障位 (=内部事件)。

无论当前电平是多少, 变频器都会设置在安全状态 (= 零) 下检测信号不一致的 F-DI, 直到您通过故障安全信号或重新上电复位来应答变频器。

6.3 Safe Torque Off (STO)

情况 1: 在出现不一致后接通电机

步骤



进行如下操作重启电机:

1. 排除信号的不一致故障。
2. 应答内部事件。

所选设置	内部事件通过什么方式应答?		
	F-DI	PROFIsafe	可选方案
基本安全功能, 由板载端子控制	通过设置 F-DI = 1 → 0 → 1 选中和撤销 STO	---	“重新上电”复位
“端子+PROFIsafe”控制	通过设置 F-DI = 1 → 0 → 1 选中和撤销 STO	通过设置 PROFIsafe 控制字 1, 位 0 = 1 → 0 → 1 选择和撤销 STO 或者 通过设置 PROFIsafe 控制字 1, 位 1 = 1 → 0 → 1 选择和撤销 SS1 或者 通过设置 PROFIsafe 控制字 1, 位 7 = 0 → 1 → 0 进行安全应答	“重新上电”复位
扩展安全功能, 由 PROFIsafe 控制; 基本安全功能, 由板载端子控制	通过设置 F-DI = 1 → 0 → 1 选中和撤销 STO	通过设置 PROFIsafe 控制字 1, 位 0 = 1 → 0 → 1 选择和撤销 STO 或者 通过设置 PROFIsafe 控制字 1, 位 1 = 1 → 0 → 1 选择和撤销 SS1 或者 通过设置 PROFIsafe 控制字 1, 位 7 = 0 → 1 → 0 进行安全应答	“重新上电”复位

3. 用一个普通的应答信号来应答变频器故障。
4. 给出 OFF1 指令 ( $ON/OFF1 = 0$ )。
5. 接通电机 ( $ON/OFF1 = 1$ )。

您已应答信息“输入信号不一致”并再次接通了电机。

## 情况 2：执行扩展安全功能 STO 时变频器的响应

您选择了“扩展安全功能，由板载端子控制”。

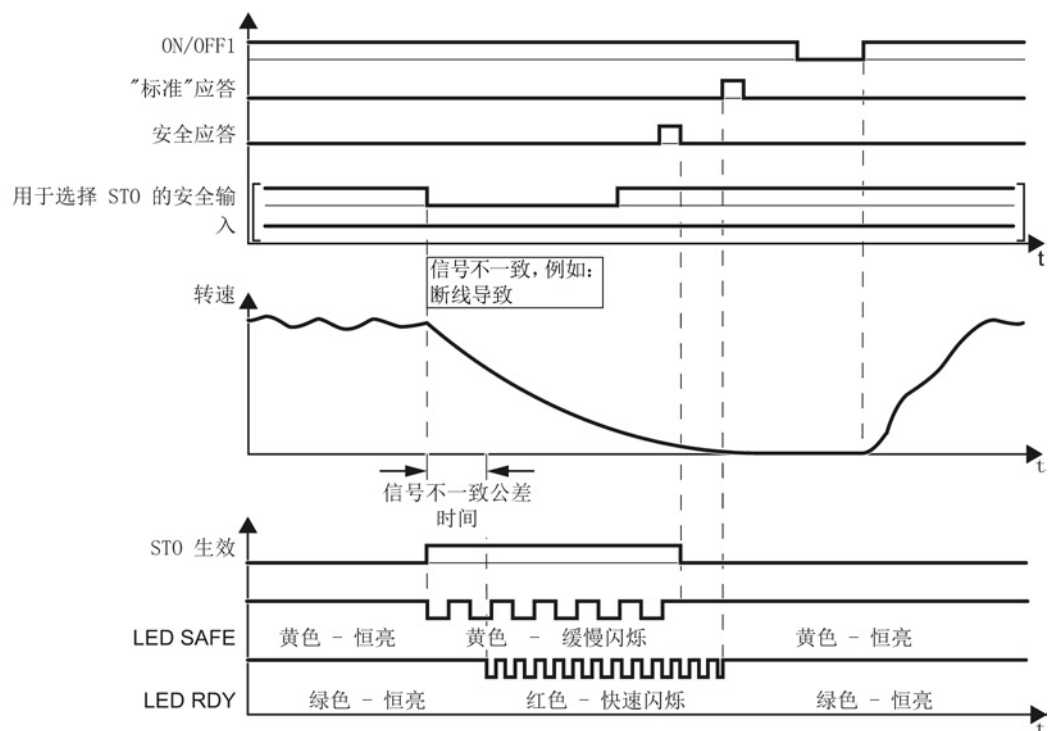


图 6-9 安全功能 STO 输入信号不一致时的时序图

变频器不设置安全功能的故障位 (=内部事件)。

变频器在公差时间届满后输出故障 C01770 或 C30770，报告信号不一致。

**情况 2: 在出现不一致后接通电机**

**步骤**



进行如下操作重启电机:

1. 排除信号的不一致故障。
2. 通过设置  $F-DI = 0 \rightarrow 1 \rightarrow 0$  发出安全应答信号，以应答信息“输入信号不一致”。  
可选方案：“重新上电”复位。
3. 用一个普通的应答信号来应答变频器故障。
4. 给出 OFF1 指令 ( $ON/OFF1 = 0$ )。
5. 接通电机 ( $ON/OFF1 = 1$ )。



您已应答信息“输入信号不一致”并再次接通了电机。

## 6.4 Safe Brake Control (SBC)

### 6.4.1 在电机接通时选择和撤销 SBC

如果已通过 **Safe Brake Relay** 将电机抱闸连接到变频器上，功能 SBC 会在以下条件时生效：

1. 激活了变频器中的“电机抱闸”功能。
2. 您已使能了安全功能 SBC。
3. 变频器中的功能 STO 生效。

#### 在电机静止时选中 STO

##### 功能

1. 上级控制器关闭电机：ON/OFF1 = 0 或 OFF3 = 0。
2. 在电机达到静止状态后，控制系统选中功能 STO。

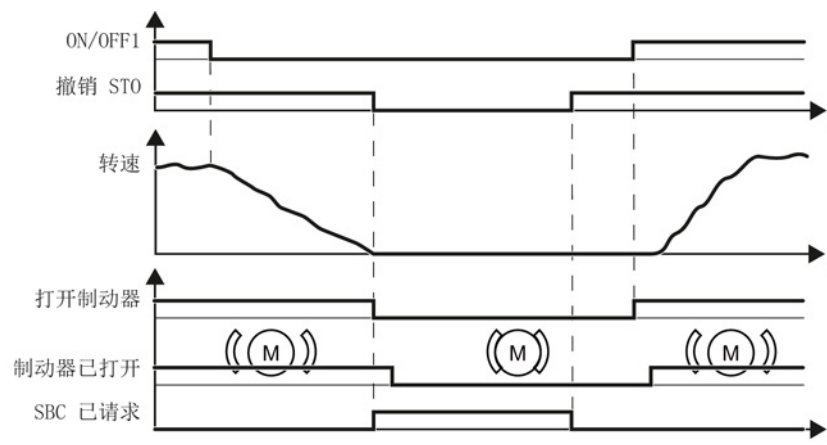


图 6-10 等待电机静止并通过 STO 激活 SBC

撤销功能 STO，然后再次接通电机。

在电机运转时选中 SS1

功能

1. 上级控制器选中功能 SS1。
2. 变频器以 OFF3 减速时间使电机制动。
3. 变频器在电机静止时闭合抱闸。
4. 在低于静态监控值或延迟时间届满后，变频器会激活功能 STO 并通过功能 SBC 控制抱闸。

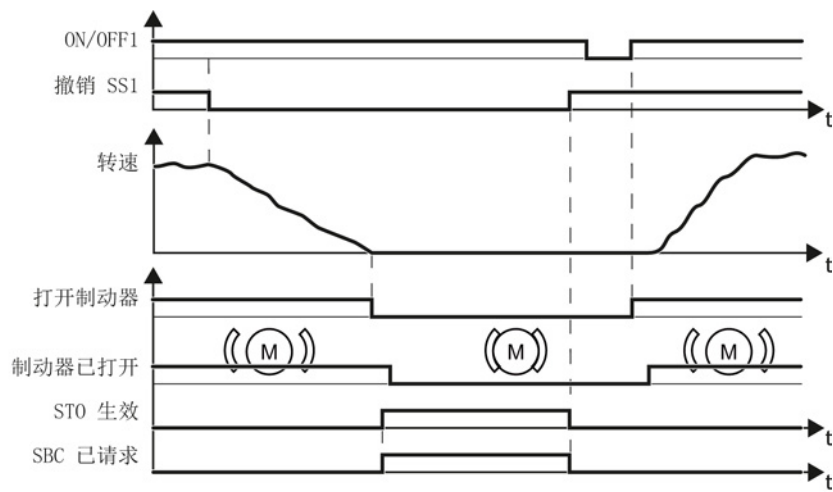


图 6-11 选中 SS1 后，电机静止，抱闸闭合

撤销功能 SS1，然后再次接通电机。

## 在电机运转时选中 STO

## 功能

1. 上级控制器选中功能 STO。
2. 变频器闭合抱闸，不管当前转速如何。

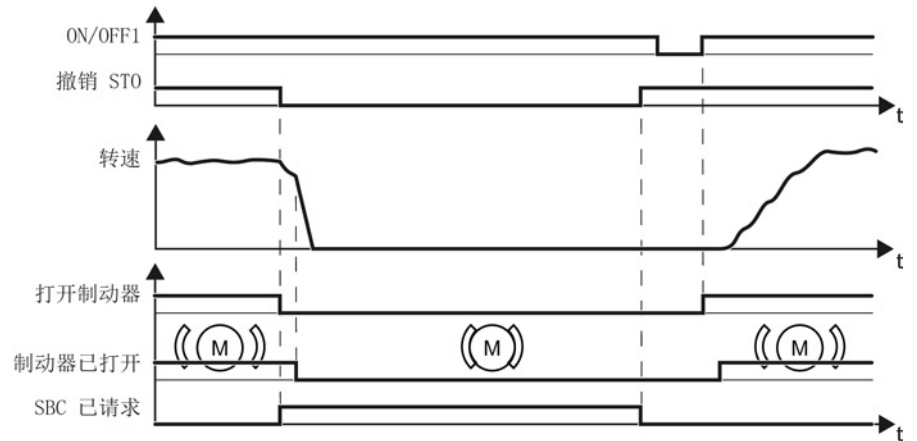


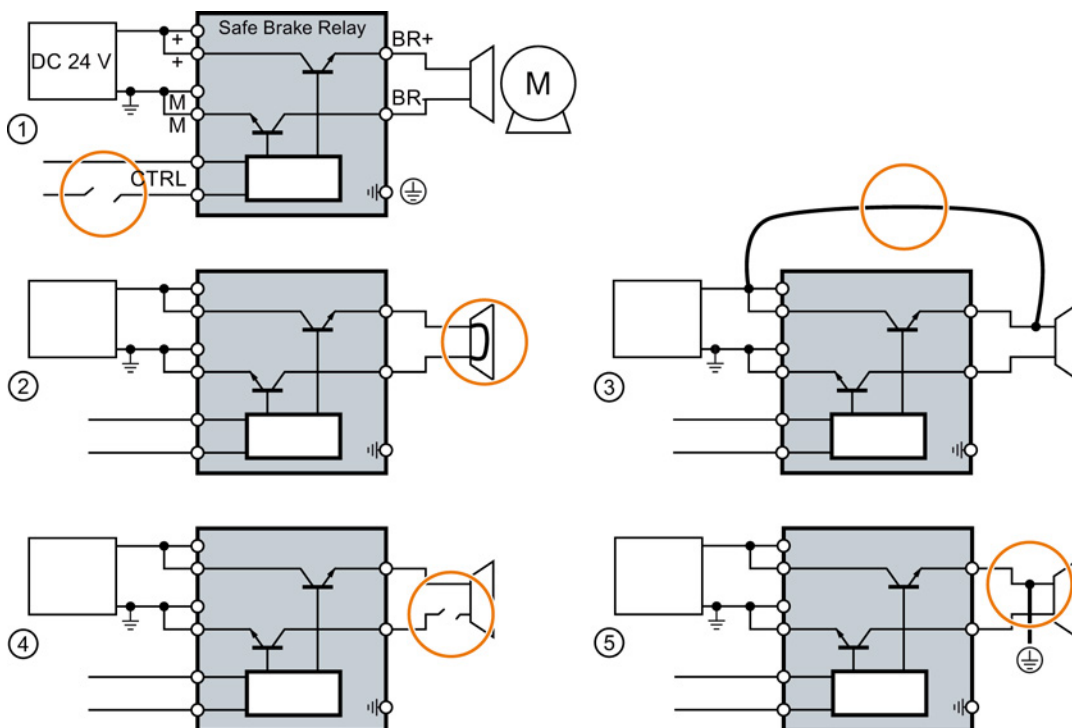
图 6-12 选中 STO 后，电机抱闸闭合

撤销功能 STO，然后再次接通电机。

### 6.4.2 变频器对制动控制故障的响应

#### 制动控制中的故障

打开或闭合制动器时，变频器会检测制动电缆和制动绕组中是否存在故障。



- ① 连接变频器和 Safe Brake Relay 的控制电缆断裂
- ② 制动绕组短接
- ③ 制动电缆和 24 V 电源跨接
- ④ 制动电缆断裂
- ⑤ 制动电缆接地

图 6-13 制动控制中的故障示例

#### 变频器响应

如果变频器检测出制动控制中的故障，则会发出响应 STOP A（信息 F01630 或 F30630）并闭合制动器。



## 6.5 Safe Stop 1 (SS1)

### 6.5.1 概述

#### 本章节涉及哪些内容？

本章节描述的是 SS1 功能的相关运行情况。

表格 6-3 电机接通时功能 SS1 的工作时序 (ON/OFF1 = 1)

选择和撤销 SS1	→ 在电机接通时选择和撤销 SS1 (页 178)
输入信号中的不一致	用于选择 SS1 的安全输入检测出一个故障。 → SS1 生效时变频器对信号不一致的响应 (页 182)
超限	电机转速超出了设置的 SS1 监控转速。 → SS1 生效时超限 (页 186) 基本安全功能 SS1 不监控电机转速。 此时，超限无关紧要。

表格 6-4 在 SS1 功能生效或未生效时接通和关闭电机

	接通电机 (ON/OFF1 = 0 → 1)	关闭电机 (ON/OFF1、OFF2 或 OFF3 = 1 → 0)
SS1 未生效	如果 SS1 未生效，电机的接通和关闭则不受限。	
SS1 生效	SS1 功能生效时会阻止接通电机。	变频器的响应方式取决于您通过哪个信号关闭电机。 → 在 SS1 生效期间关闭电机 (页 181)

## 6.5.2 在电机接通时选择和撤销 SS1

### 6.5.2.1 不带监控的 SS1

#### 选择 SS1

##### 功能

1. 上级控制器通过一个安全输入或安全通讯 PROFIsafe 选择了 SS1 功能。
2. 如果电机在选择 SS1 时已经接通，变频器会通过 OFF3 斜降时间对电机进行制动。
3. 延迟时间届满后，变频器通过安全功能 STO 安全封锁电机转矩。

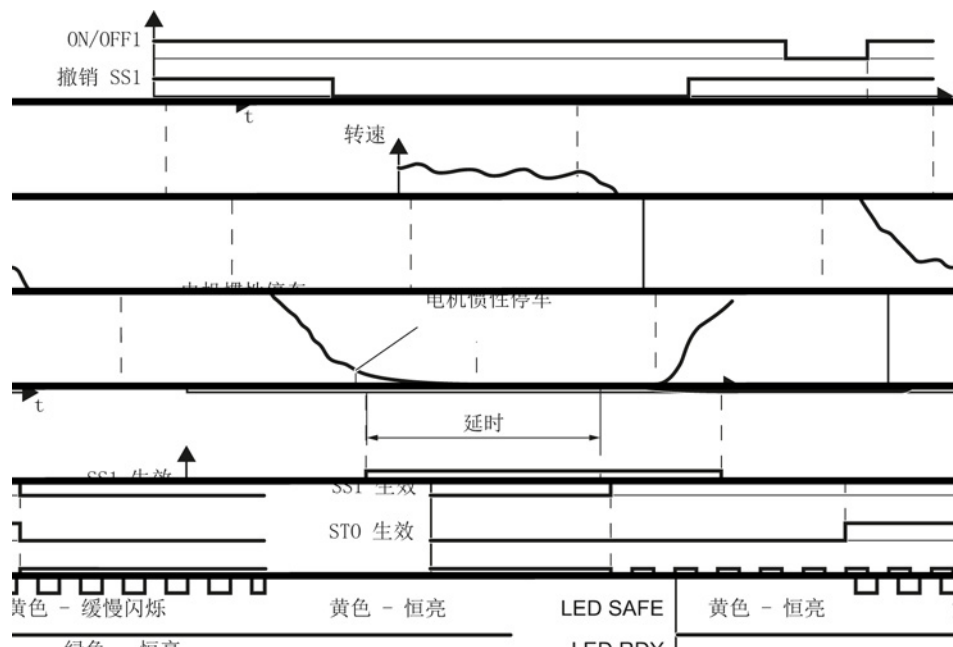


图 6-14 安全功能 SS1 (Safe Stop 1) 的制动时序图与诊断信号

#### 在 SS1 生效后接通电机

##### 步骤



按如下步骤在 SS1 生效后重新接通电机：

1. 撤销 SS1。
2. 接通电机：ON/OFF1 = 1。



电机已接通。

### 6.5.2.2 带制动斜坡监控的 SS1

#### 选择 SS1

##### 功能

1. 上级控制器通过一个安全输入或安全通讯 PROFIsafe 选择了 SS1 功能。
2. 如果电机在选择 SS1 时已经关闭，变频器会用安全功能 STO 安全封锁电机转矩。

如果电机在选择 SS1 时已经接通，变频器会通过 OFF3 斜降时间对电机进行制动。变频器通过功能 SBR 监控电机转速是否减小。

3. 负载转速降至静态监控转速后，变频器通过功能 STO 安全封锁电机转矩。

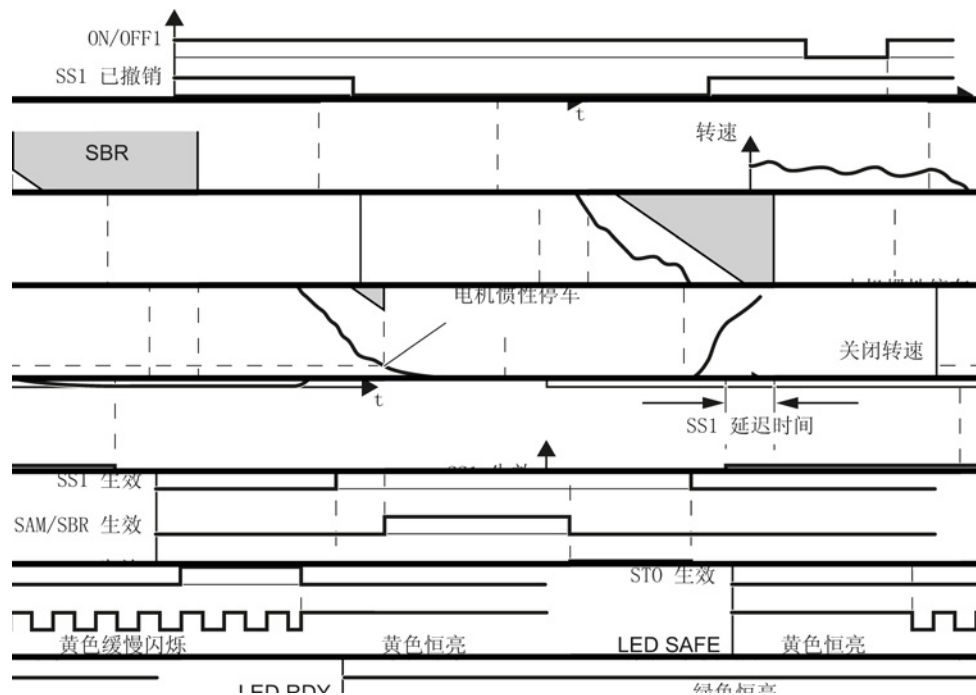


图 6-15 安全功能 SS1 (Safe Stop 1) 的制动时序图与诊断信号

#### 在 SS1 生效后接通电机

##### 步骤



按如下步骤在 SS1 生效后重新接通电机：

1. 撤销 SS1。
2. 接通电机：ON/OFF1 = 1。



电机已接通。

6.5.2.3 带加速监控的 SS1

选择 SS1

功能

1. 上级控制器通过一个安全输入或安全通讯 PROFIsafe 选择了 SS1 功能。
2. 如果电机在选择 SS1 时已经关闭，变频器会用安全功能 STO 安全封锁电机转矩。  
如果电机在选择 SS1 时已经接通，变频器会通过 OFF3 斜降时间对电机进行制动。  
变频器通过功能 SAM (Safe Acceleration Monitor) 监控电机制动情况。
3. 如满足以下条件之一，变频器会使用安全功能 STO 安全封锁电机转矩：
  - 当前转速降至“静态监控转速”。
  - 延迟时间已结束。

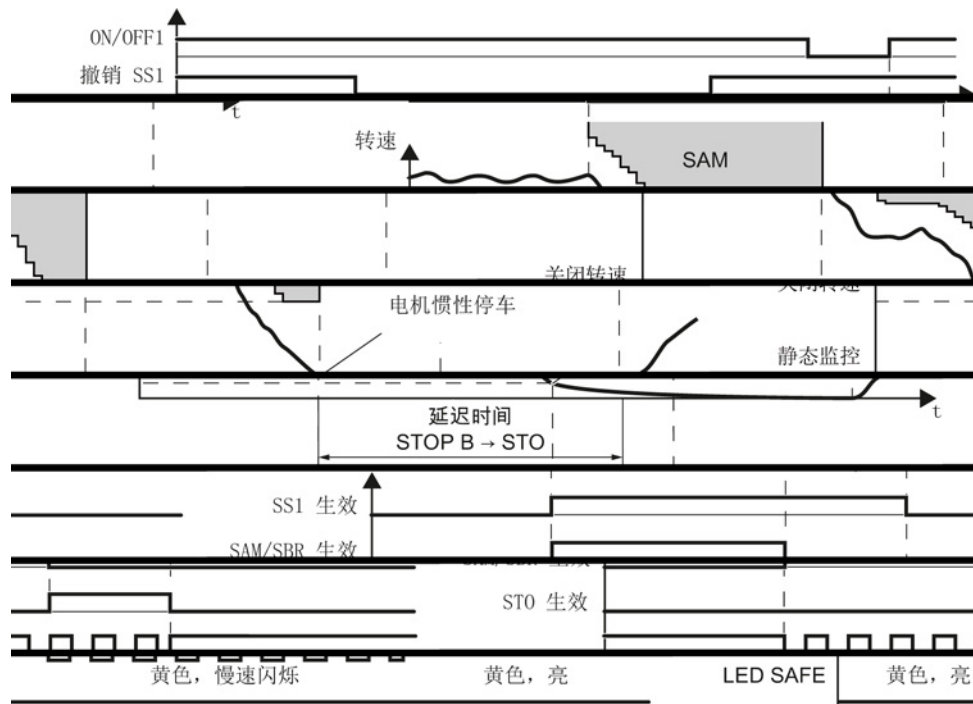


图 6-16 安全功能 SS1 (Safe Stop 1) 的制动时序图与诊断信号

在 SS1 生效后接通电机

步骤



按如下步骤在 SS1 生效后重新接通电机：

1. 撤销 SS1。
2. 接通电机：ON/OFF1 = 1。



电机已接通。

### 6.5.3 在 SS1 生效期间关闭电机

#### 描述

如果您在 SS1 生效期间用 OFF1 或 OFF3 指令来关闭电机，例如：希望在电机接近限位开关时关闭电机，这两个指令不会对电机的工作状态产生任何影响。SS1 继续保持生效，变频器制动电机，使电机达到静态。

如果在安全功能 SS1 生效期间用 OFF2 指令关闭电机，则变频器的响应方式取决于安全功能 SS1 的设置：

- 不带转速监控的 SS1：  
变频器安全封锁电机转矩。电机随后惯性停车。延迟时间届满后，STO 生效。
- 带转速监控的 SS1：  
变频器用安全功能 STO 封锁电机转矩。电机随后惯性停车。

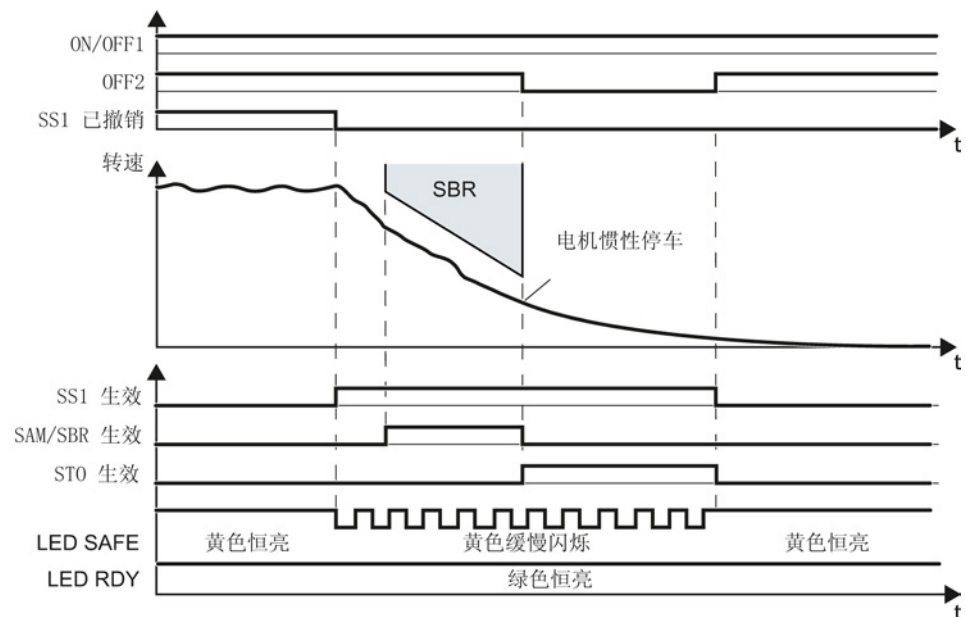


图 6-17 SS1 生效期间给出 OFF2 指令（以带制动斜坡监控的 SS1 为例）

### 6.5.4 SS1 生效时变频器对信号不一致的响应

变频器通过当前生效的安全功能 SS1 对安全输入信号不一致进行响应。

变频器的响应方式取决于变频器的设置。

#### 情况 1： 执行基本安全功能 SS1 时变频器的响应

您选择了以下某个设置：

- 基本安全功能，由板载端子控制
- “端子+PROFIsafe”控制
- 扩展安全功能，由 PROFIsafe 控制；基本安全功能，由板载端子控制

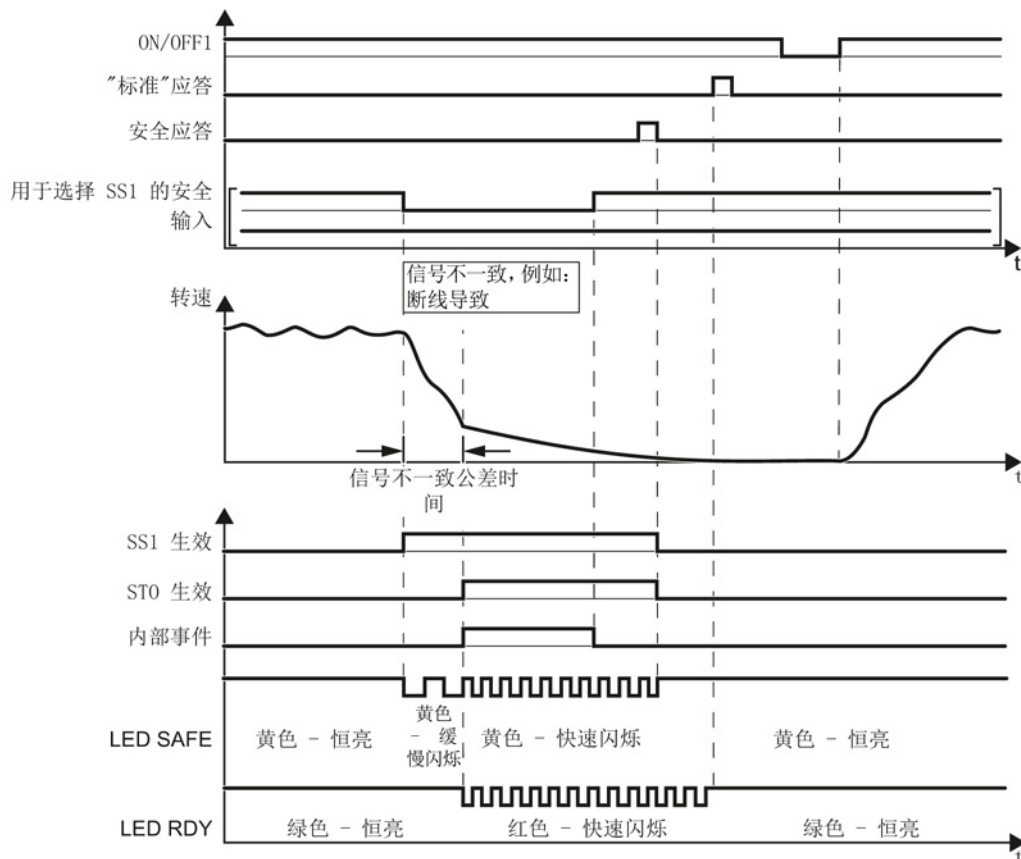


图 6-18 安全功能 SS1 输入信号不一致时变频器的响应（以处理器 P1 的通道内出现断线故障为例）

公差时间届满后变频器的响应：

- 信号不一致（故障 F01611 或 F30611，故障值 r0949 = 2002）
- 变频器设置安全功能的故障位（=内部事件）。

无论当前电平是多少，变频器都会设置在安全状态（= 零）下分析信号不一致的 F-DI，直到通过安全信号或重新上电应答变频器故障。

## 在出现不一致后接通电机

## 步骤



进行如下操作重启电机：

1. 排除信号的不一致故障。
2. 应答内部事件。

所选设置	内部事件通过什么方式应答？		
	F-DI	PROFIsafe	可选方案
基本安全功能，由板载端子控制	通过设置 F-DI = 1 → 0 → 1 选中和撤销 SS1	---	“重新上电”复位
“端子+PROFIsafe”控制	通过设置 F-DI = 1 → 0 → 1 选中和撤销 SS1	通过设置 PROFIsafe 控制字 1，位 0 = 1 → 0 → 1 选择和撤销 STO 或者 通过设置 PROFIsafe 控制字 1，位 1 = 1 → 0 → 1 选择和撤销 SS1 或者 通过设置 PROFIsafe 控制字 1，位 7 = 0 → 1 → 0 进行安全应答	“重新上电”复位
扩展安全功能，由 PROFIsafe 控制；基本安全功能，由板载端子控制	通过设置 F-DI = 1 → 0 → 1 选中和撤销 SS1	通过设置 PROFIsafe 控制字 1，位 0 = 1 → 0 → 1 选择和撤销 STO 或者 通过设置 PROFIsafe 控制字 1，位 1 = 1 → 0 → 1 选择和撤销 SS1 或者 通过设置 PROFIsafe 控制字 1，位 7 = 0 → 1 → 0 进行安全应答	“重新上电”复位

3. 用一个普通的应答信号来应答变频器故障。

6.5 Safe Stop 1 (SS1)

4. 给出 OFF1 指令 (ON/OFF1 = 0)。

5. 接通电机 (ON/OFF1 = 1)。

■ 您已应答信息“输入信号不一致”并再次接通了电机。

情况 2: 执行扩展安全功能 SS1 时变频器的响应

您选择了“扩展安全功能，由板载端子控制”。

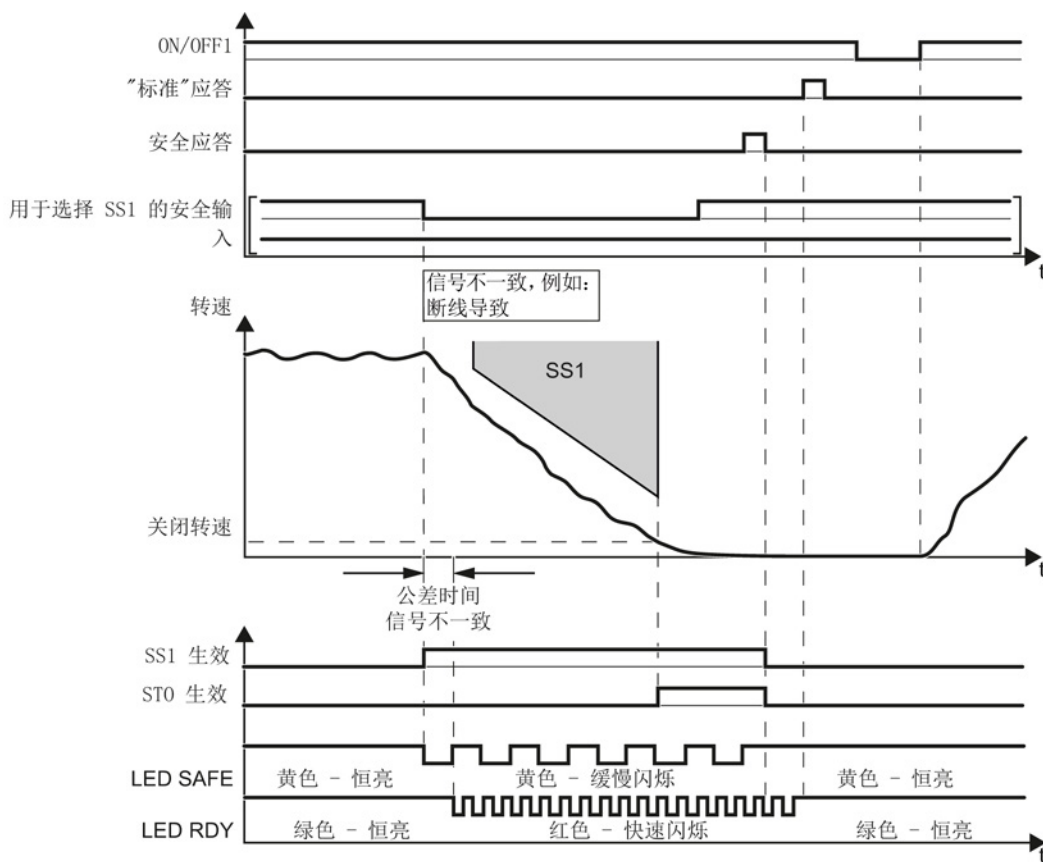


图 6-19 安全功能 SS1 输入信号不一致时变频器的响应（以带制动斜坡监控的 SS1 为例）

变频器不设置安全功能的故障位 (=内部事件)。

在公差时间届满后，变频器会输出报警 C01770 或 C30770，报告输入信号不一致故障，但不会中断电机当前的制动过程。



## 在出现不一致后接通电机

### 步骤



进行如下操作重启电机：

1. 排除信号的不一致故障。
2. 通过设置  $F\text{-DI} = 0 \rightarrow 1 \rightarrow 0$  发出安全应答信号，以应答信息“输入信号不一致”。

可选方案：“重新上电”复位。

3. 用一个普通的应答信号来应答变频器故障。
4. 给出 OFF1 指令 ( $ON/OFF1 = 0$ )。
5. 接通电机 ( $ON/OFF1 = 1$ )。



您已应答信息“输入信号不一致”并再次接通了电机。

### 6.5.5 SS1 生效时超限

#### 变频器响应

如果在 SS1 生效期间变频器发现一处超限错误，变频器会安全封锁电机转矩 (STOP A)。

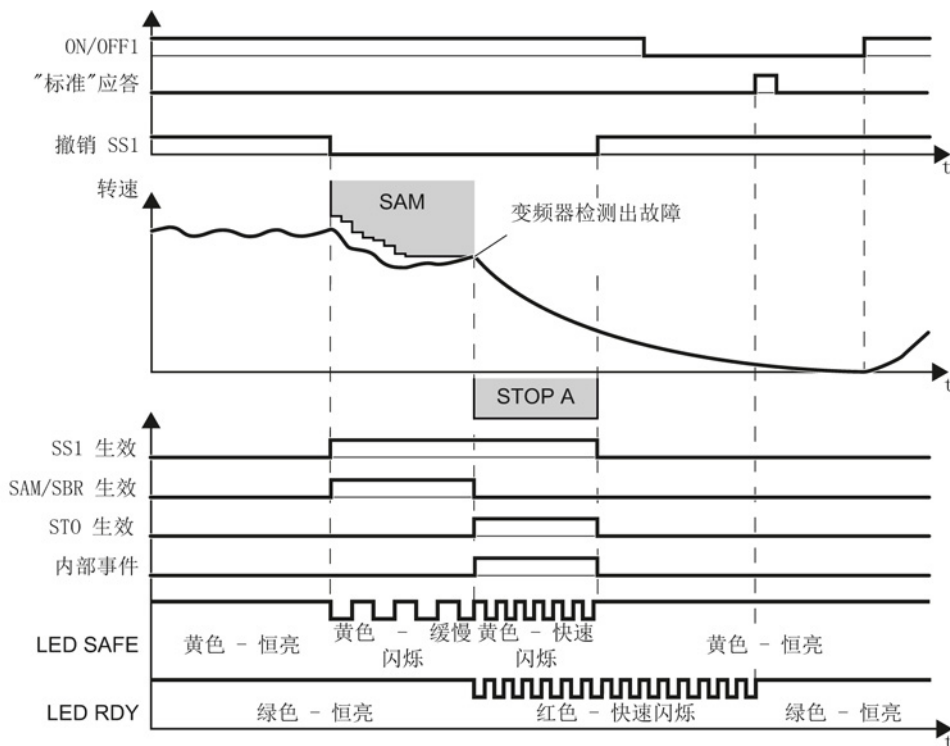


图 6-20 安全功能 SS1 在一般故障条件下的工作时序图（以带加速监控的 SS1 为例）

#### 在出现内部事件后接通电机

##### 步骤



按如下步骤在 SS1 生效期间以及出现内部事件后接通电机：

1. 撤销 SS1。
2. 给出 OFF1 指令 (ON/OFF1 = 0)。
3. 用一个普通的应答信号来应答变频器故障。
4. 再次接通电机 (ON/OFF1 = 1)。



您已应答内部事件并再次接通了电机。

## 6.6 Safely Limited Speed (SLS)

### 6.6.1 概述

#### 本章节涉及哪些内容？

本章节描述的是 SLS 功能的相关运行情况。

表格 6-5 电机接通时功能 SLS 的工作时序 (ON/OFF1 = 1)

选择与撤销 SLS	→ 在电机接通时选择和撤销 SLS (页 188)
SLS 生效时切换 SLS 档位	从高档位切换到低档位或从低档位切换到高档位。 → 切换 SLS 档位 (页 194)
输入信号中的不一致	用于选择 SLS 的安全输入检测出一个故障。 → SLS 生效时变频器对信号不一致的响应 (页 200)
超限	电机转速超出了设置的 SLS 限值。 → SLS 生效时超限 (页 202)

表格 6-6 在 SLS 功能生效或未生效时接通和关闭电机

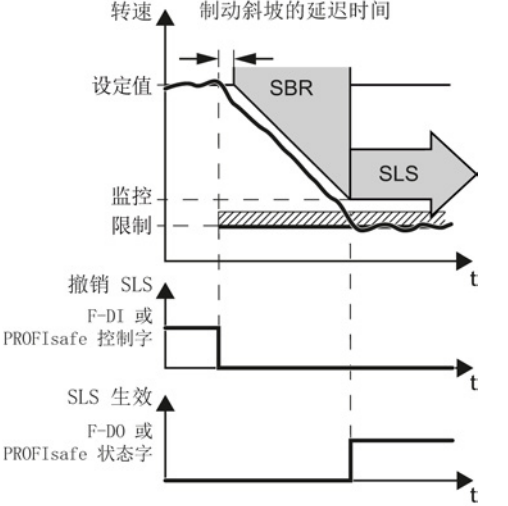
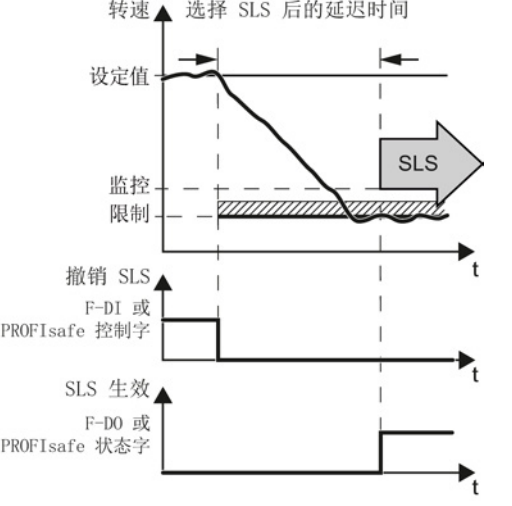
	接通电机 (ON/OFF1 = 0 → 1)	关闭电机 (ON/OFF1、OFF2 或 OFF3 = 1 → 0)
SLS 未生效	如果 SLS 未生效，电机的接通和关闭则不受限。	
SLS 生效	如果您的应用要求 SLS 功能始终保持生效，在接通电机时则须特别注意。 → 在 SLS 生效期间接通电机 (页 199).	变频器的响应方式取决于通过哪个信号关闭电机。 → 在 SLS 生效期间关闭电机 (页 197)

### 6.6.2 在电机接通时选择和撤销 SLS

#### 在已启动的电机上选择 SLS

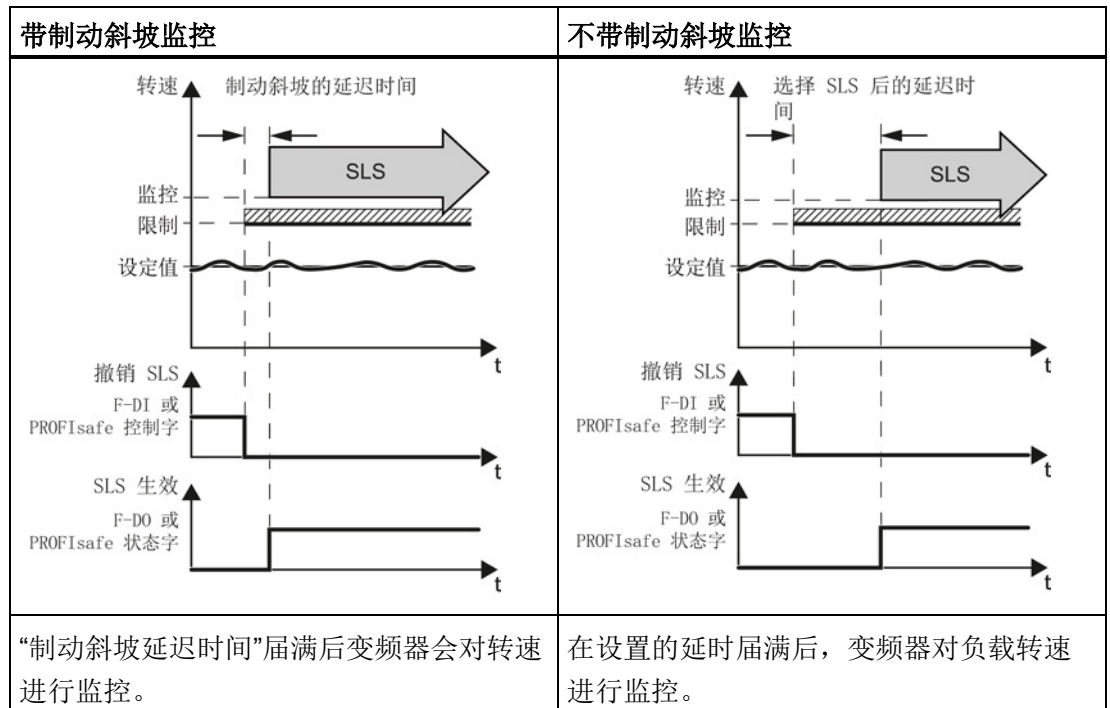
只要变频器通过故障安全输入或安全通讯 PROFIsafe 识别到选择了 SLS，就会产生以下作用：

- 变频器将转速限制在 SLS 监控值以下并用 OFF3 斜降时间对电机进行制动。
- 您可选择，变频器是否通过 SBR (Safe Brake Ramp) 功能对电机减速过程进行监控。

带制动斜坡监控	不带制动斜坡监控
	
<p>在设置的“制动斜坡延时”结束后，变频器通过 SBR (Safe Brake Ramp) 功能监控转速是否降低。</p> <p>只要满足以下条件之一，变频器就会从 SBR 切换为 SLS。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SBR 监控斜坡达到了转速监控限值。上图反映的就是这种情况。</li> <li>• 当前的负载转速达到了转速监控限值并且“制动斜坡的延迟时间”已届满。</li> </ul>	<p>在设置的延时届满后，变频器对负载转速进行监控。</p>
<p>优点：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 在制动期间变频器就可以发现负载减速是否过慢。</li> <li>• “SLS 生效”反馈通常比带有加速度监控（可选）时更早出现。</li> </ul>	<p>优点：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 调试更加简单，您只需设置延时，而不再设置可选的制动斜坡监控的子功能 SBR。</li> </ul>

### 在低电机转速时选择SLS

如果电机转速在选择 SLS 时比 SLS 的极限值低，变频器会有以下响应：



### 撤销 SLS

如果上级控制器撤销 SLS，变频器会取消限制及监控。

6.6.2.1 带制动斜坡监控的 SLS

选择与撤销 SLS

一旦机器控制器通过一个安全输入或安全通讯总线 PROFIsafe 选择了安全功能 SLS，电机的响应方式取决于负载转速的大小。下文对两种情况进行说明。

情况 1：负载转速（绝对值）低于设定转速限值

功能

1. 电机继续跟踪转速设定值。
2. 延迟时间届满后变频器会对转速进行监控。

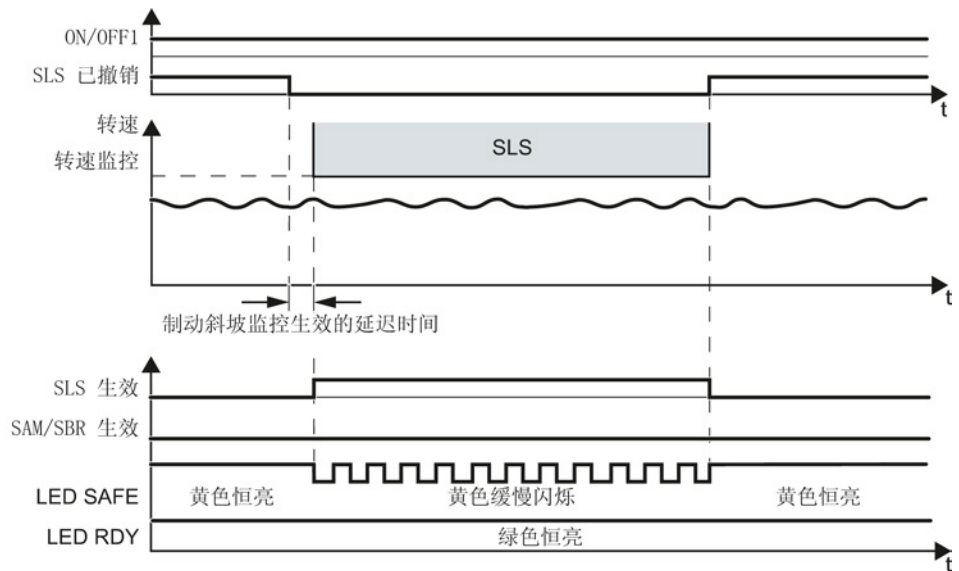


图 6-21 电机低速工作时选择和撤销安全功能 SLS

## 情况 2: 负载转速 (绝对值) 超过设定转速限值

## 功能

1. 变频器使电机制动。
2. 延迟时间届满后变频器会对转速进行监控。
3. 撤销 SLS 后, 电机再次加速到转速设定值。

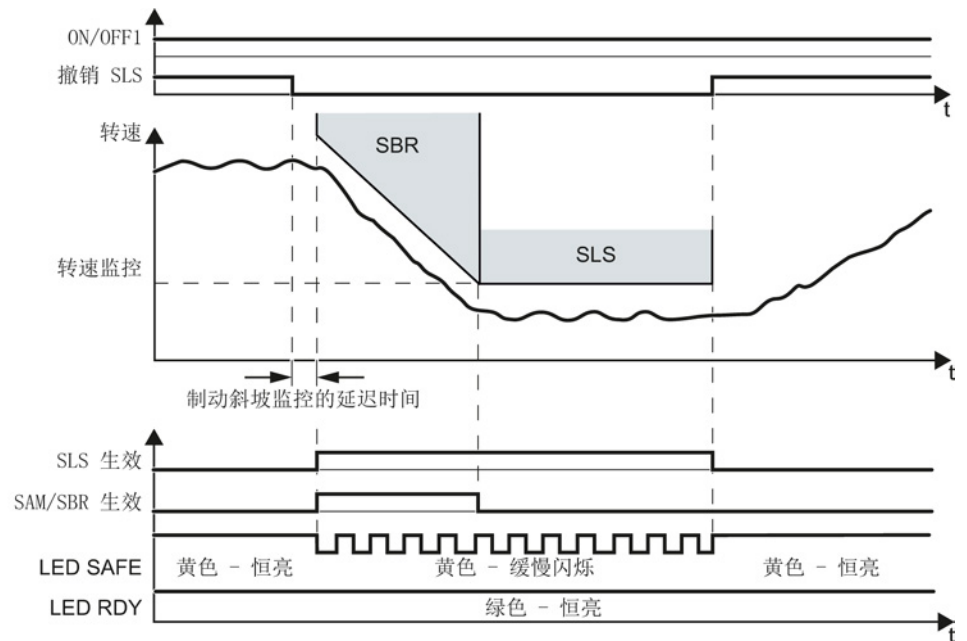


图 6-22 电机高速工作时选择和撤销安全功能 SLS

6.6.2.2 不带制动斜坡监控的 SLS

选择与撤销 SLS

一旦机器控制器通过一个安全输入或安全通讯总线 PROFIsafe 选择了安全功能 SLS，电机的响应方式取决于负载转速的大小。下文对两种情况进行说明。

情况 1：负载转速（绝对值）低于设定转速限值

功能

1. 电机继续跟踪转速设定值。
2. 延迟时间届满后变频器会对转速进行监控。

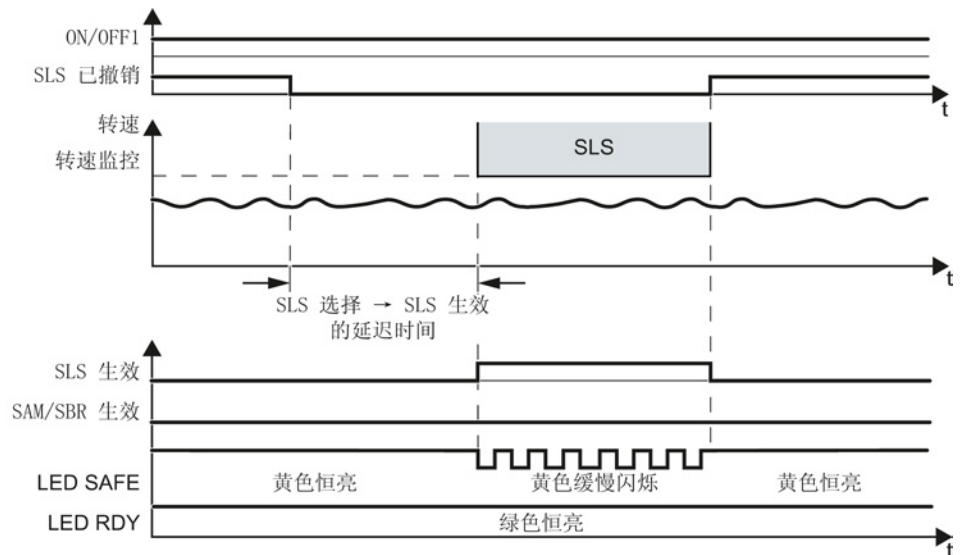


图 6-23 电机低速工作时选择和撤销安全功能 SLS



## 情况 2: 负载转速超过监控限值

## 功能

1. 变频器使电机制动。
2. 延迟时间届满后变频器会对转速进行监控。
3. 撤销 SLS 后, 电机再次加速到转速设定值。

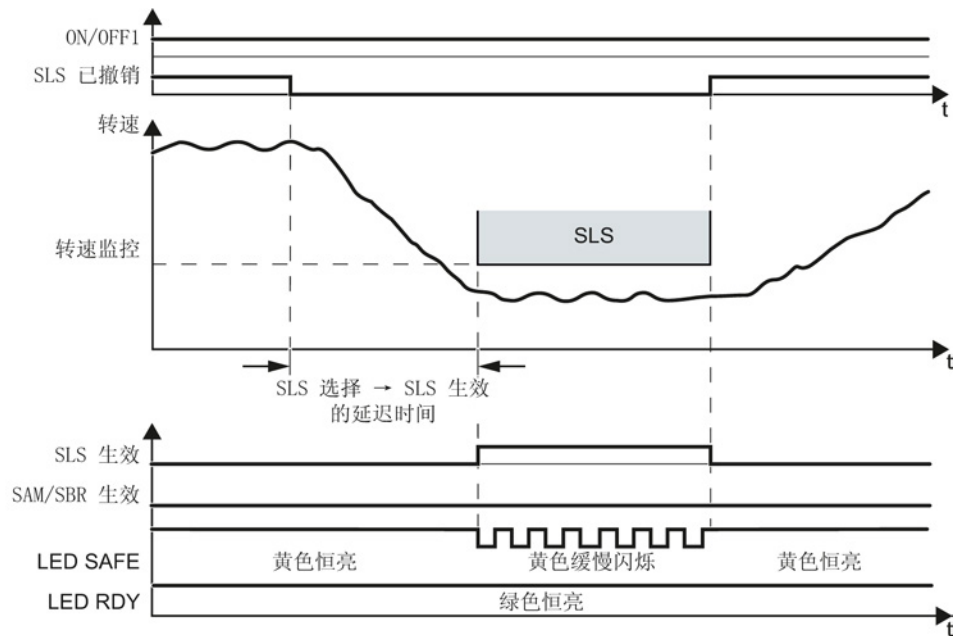


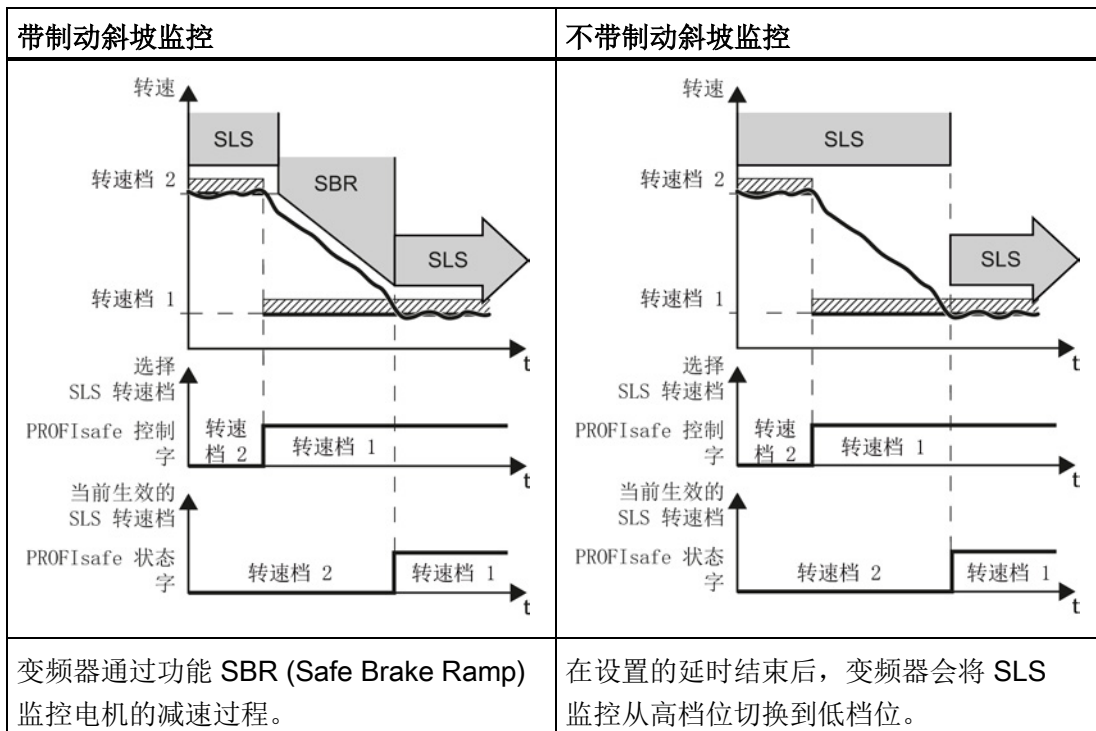
图 6-24 电机高速工作时选择和撤销安全功能 SLS

### 6.6.3 切换 SLS 档位

#### 概述

SLS 生效时，可通过 PROFIsafe 在四个速度档之间切换。

切换到低 SLS 档位时变频器的响应方式取决于所选 SLS 是否带制动斜坡监控。



#### 6.6.3.1 带制动斜坡监控的 SLS

##### 切换 SLS 转速档

SLS 生效时，可在四个不同的速度监控（SLS 档位）之间切换。

#### 说明

SLS 档位的切换只能通过 PROFIsafe 的控制字 1 执行。另见章节：控制字 1 和状态字 1（扩展功能）（页 47）。

## 功能

在从高 SLS 档位切换到低 SLS 档位时，变频器会作出如下响应：

1. 变频器使电机制动。
2. 延迟时间届满后，变频器通过功能 SBR (Safe Safe Brake Ramp) 监控电机转速。
3. 只要满足以下其中一个条件，变频器便会从 SBR 监控切换到 SLS 监控：
  - SBR 监控斜坡达到了 SLS 限值。
  - 负载转速降到了 SLS 限值并且“制动斜坡延迟时间”已届满。

上图反映的就是这种情况。

- 负载转速降到了 SLS 限值并且“制动斜坡延迟时间”已届满。

在从低速档切换到高速档时，变频器会立即用高档位来监控电机转速。

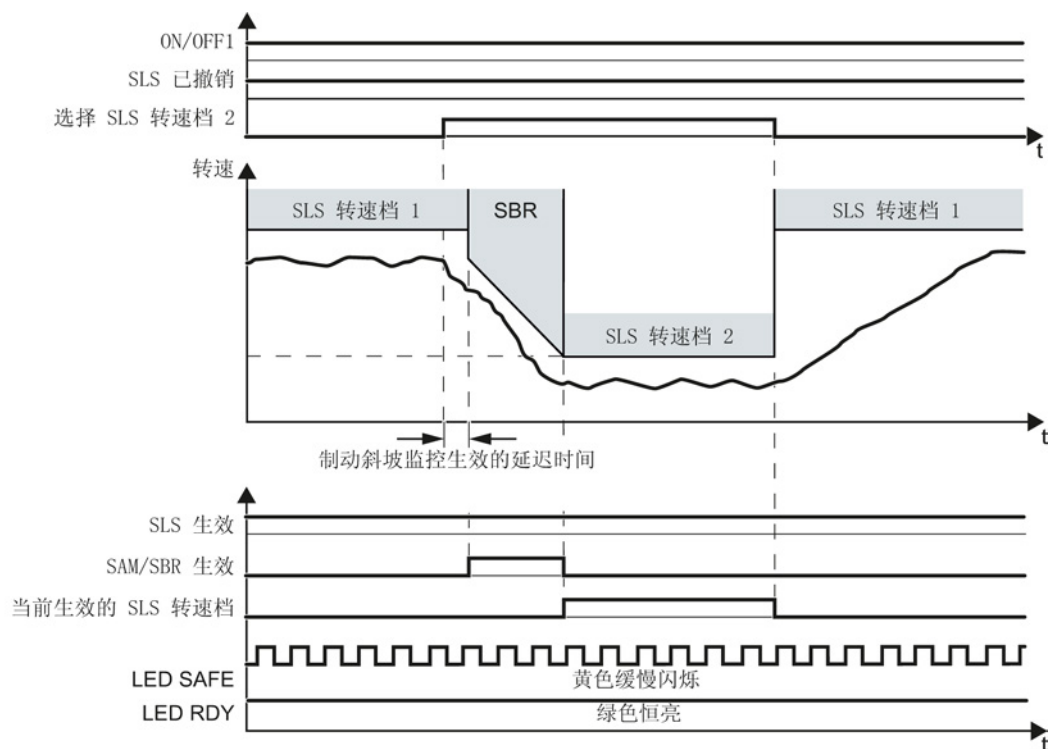


图 6-25 SLS 转速档的切换

变频器通过 PROFIsafe 向上级控制器报告 SLS 转速档生效。另见章节：控制字 1 和状态字 1（扩展功能）（页 47）。

### 6.6.3.2 不带制动斜坡监控的 SLS

#### 切换 SLS 转速档

SLS 生效时，可在四个不同的速度监控（SLS 档位）之间切换。

#### 说明

SLS 档位的切换只能通过 PROFIsafe 的控制字 1 执行。另见章节：控制字 1 和状态字 1（扩展功能）（页 47）。

#### 功能

在从高 SLS 档位切换到低 SLS 档位时，变频器会作出如下响应：

1. 变频器使电机制动。
2. 变频器经过一段延时后才用低 SLS 档位监控电机转速。

在从低速档切换到高速档时，变频器会立即用高档位来监控电机转速。

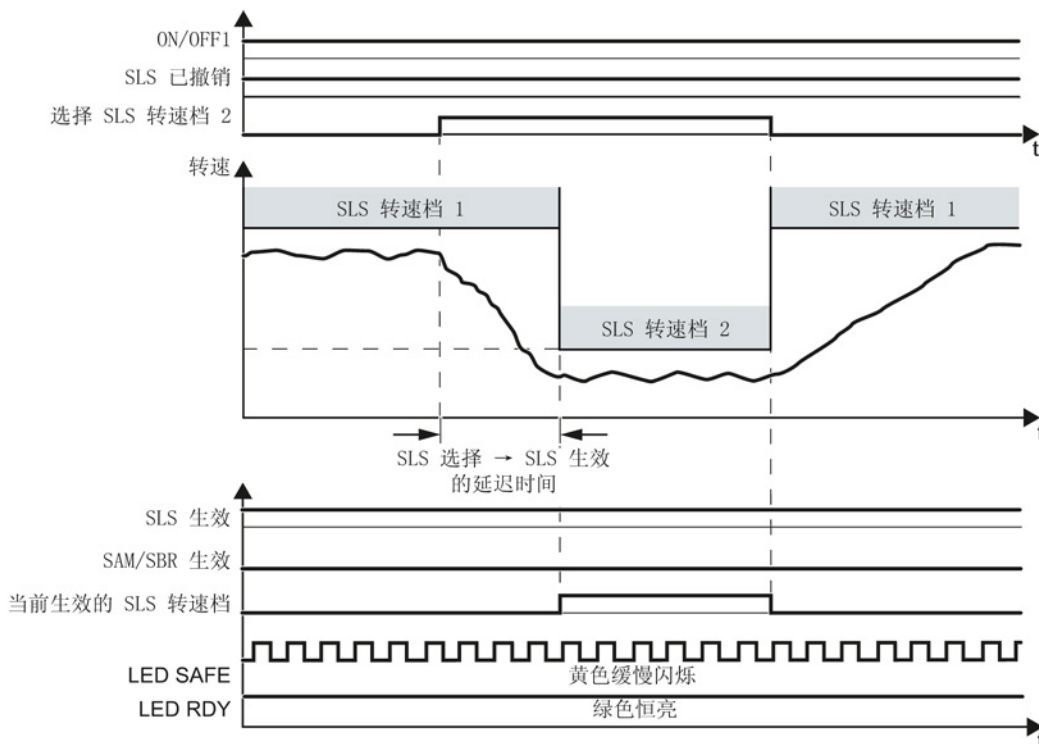


图 6-26 SLS 转速档的切换

变频器通过 PROFIsafe 向上级控制器报告 SLS 转速档生效。另见章节：控制字 1 和状态字 1（扩展功能）（页 47）。

## 6.6.4 在 SLS 生效期间关闭电机

### 描述

如果您在安全功能 SLS 生效期间用 OFF1 或 OFF3 指令来关闭电机，例如：希望在电机接近限位开关时关闭电机，变频器会作出如下响应：

1. 变频器以 OFF1 或 OFF3 斜降时间使电机制动。
2. 在制动期间，变频器也会监控电机转速。
3. 在电机转速降至静态监控转速后，变频器用 STO 安全封锁电机转矩。
4. 电机随后惯性停车。

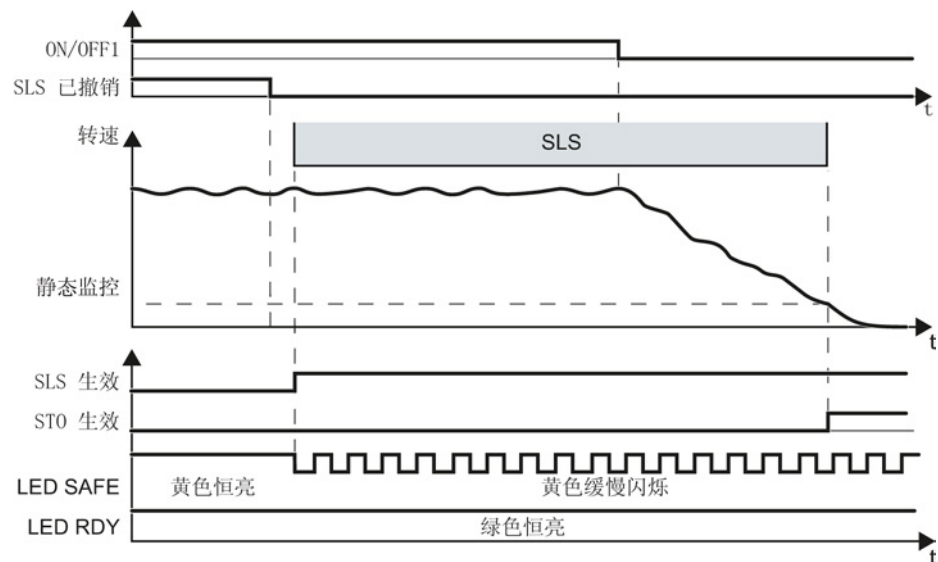


图 6-27 SLS 生效期间给出 OFF1 指令

6.6 Safely Limited Speed (SLS)

在此期间用 OFF2 关闭电机时，变频器会立即用 STO 安全封锁电机转矩。

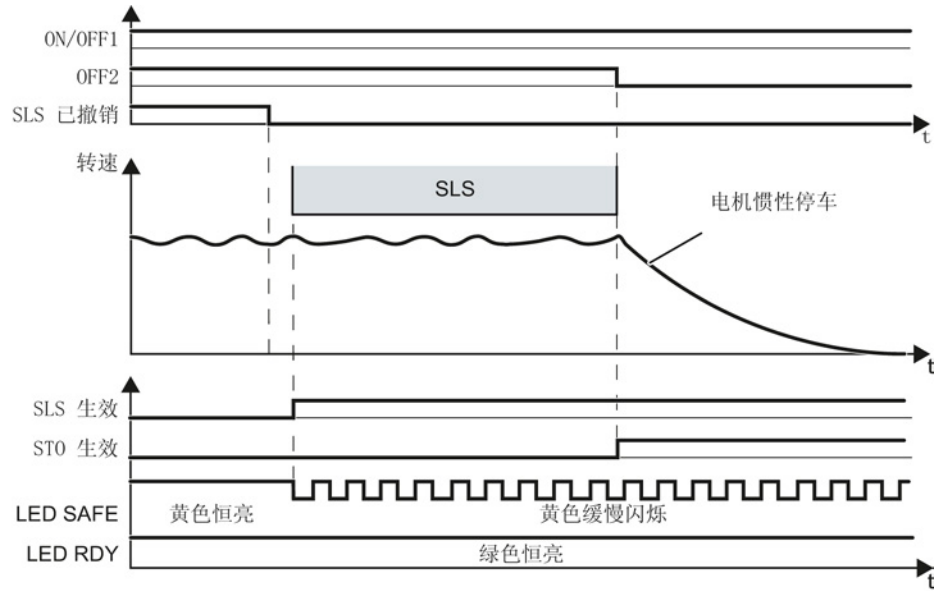


图 6-28 SLS 生效期间给出 OFF2 指令

## 6.6.5 在 SLS 生效期间接通电机

### 接通电机

#### 步骤



按如下步骤在 SLS 生效时接通电机：

1. 选择 STO（或 SS1）。
2. 撤销 STO（或 SS1）。
3. 撤销 STO 后，等待变频器回到“接通就绪”状态。

可选方案：撤销 STO 后请等待一段时间（建议 200 ms），直至再次接通。

4. 在撤销 STO 后 5 秒内给出 ON 指令，接通电机。

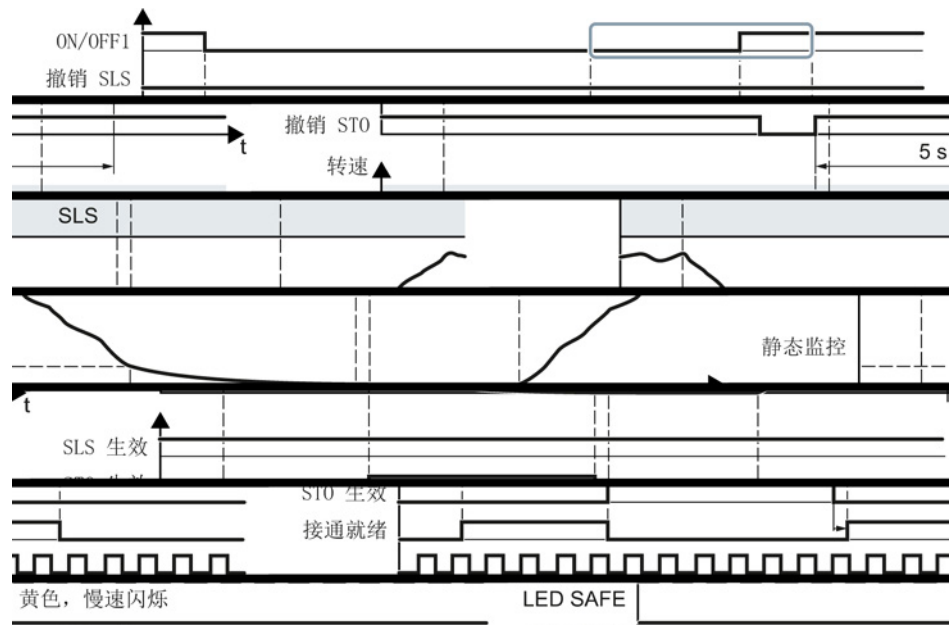


图 6-29 在 SLS 生效时重启电机 (ON/OFF1)



电机已接通。

您已在 5 秒内接通了电机

如果没有在撤销 STO 后的 5 秒内接通电机，变频器会作出如下响应：

- 变频器再次进入 STO 状态。
- 变频器不再对 ON 指令作出响应。
- 变频器发出报警 A01795。

重复上述步骤，接通电机。

6.6.6 SLS 生效时变频器对信号不一致的响应

变频器响应

变频器会通过当前生效的安全功能 SLS 对 F-DI 信号不一致进行响应。

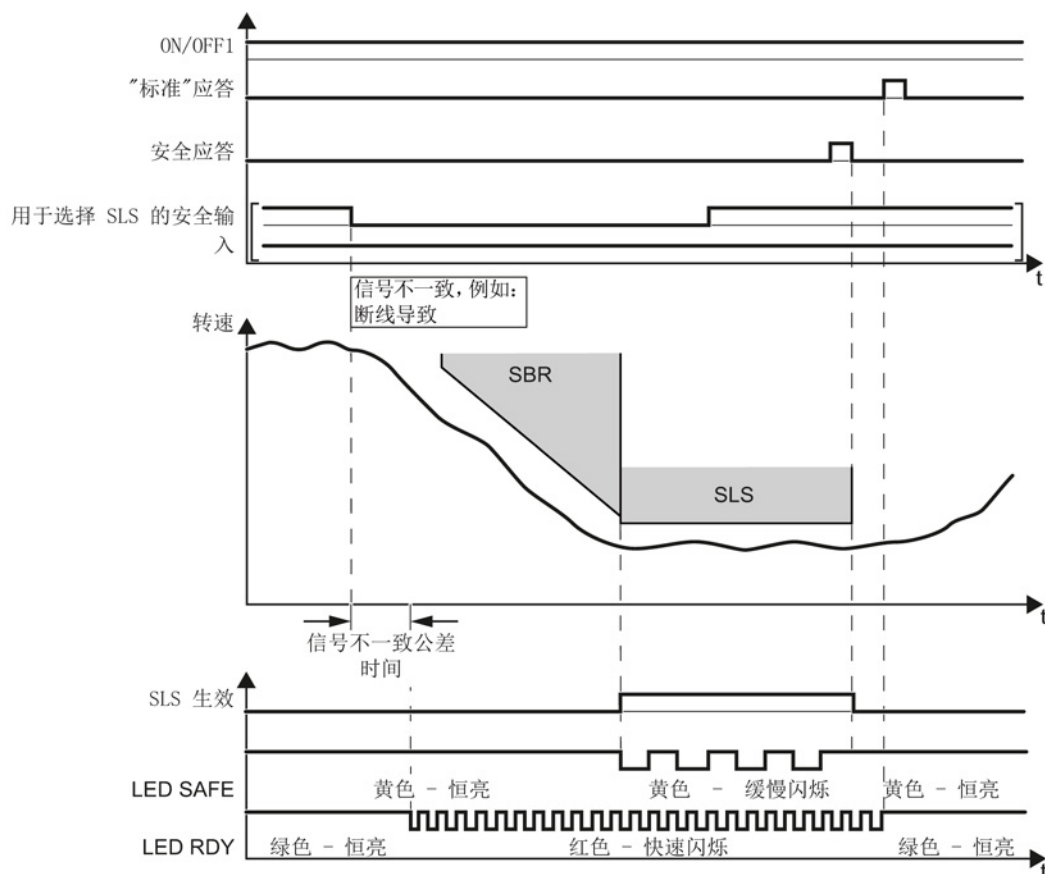


图 6-30 安全功能 SLS 输入信号不一致时变频器的响应



变频器不设置安全功能的故障位 (=内部事件)。

变频器在公差时间届满后输出报警 C01770 或 C30770，报告信号不一致。功能 SLS 仍保持生效且电机仍保持接通状态。

无论当前电平是多少，变频器都会设置在安全状态 (= 零) 下分析信号不一致的 F-DI，直到通过安全信号或重新上电应答变频器故障。

## 在出现不一致后撤销 SLS

### 步骤



按如下步骤撤销 SLS:

1. 排除信号的不一致故障。
2. 通过设置 F-DI = 0 → 1 → 0 发出安全应答信号，以应答信息“输入信号不一致”。

也可以通过以下其中一种方式来应答信息。但此时，电机处于静止状态:

- 通过设置 F-DI = 1 → 0 → 1 选择并再次撤销 STO 功能。
- 通过设置 F-DI = 1 → 0 → 1 选择并再次撤销 SS1 功能。
- 重新接通变频器的电源 (“重新上电”复位)。

3. 用一个普通的应答信号来应答变频器故障。



您已应答信息“输入信号不一致”并撤销了功能 SLS。

### 6.6.7 SLS 生效时超限

#### 变频器响应

如果在 SLS 生效期间变频器发现一处超限错误，变频器的响应方式可能是 STOP A，也可能是 STOP B。响应方式可在调试期间选择。各种 STOP 响应方式的说明详见章节 停止响应 (页 225)。

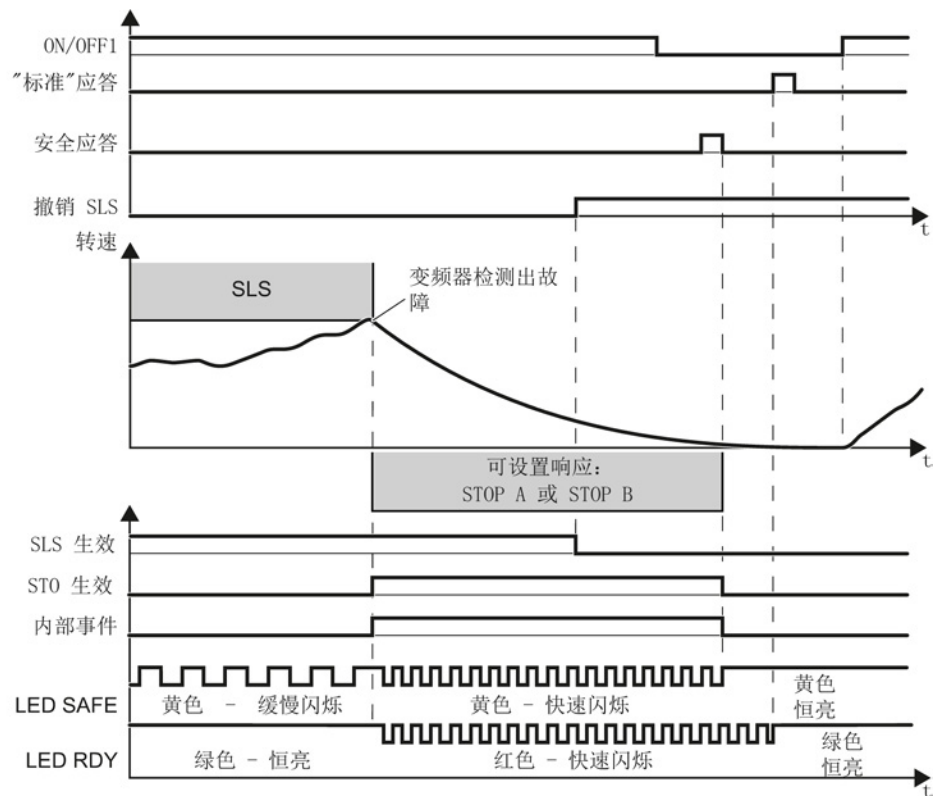


图 6-31 安全功能 SLS 超限。STOP A 故障响应示例

## 在出现内部事件后接通电机

### 步骤



按如下步骤在 SLS 生效期间以及出现内部事件后接通电机：

1. 撤销安全功能 SLS。
2. 给出 OFF1 指令 (ON/OFF1 = 0)。
3. 通过以下一种方法应答内部事件：
  - 通过 PROFIsafe 控制字 0，位 7 = 0 → 1 → 0 进行安全应答。
  - 通过安全输入：F-DI = 0 → 1 → 0 发出安全应答信号。
  - 通过 PROFIsafe 控制字 0，位 0 或 F-DI：1 → 0 → 1 选中并再次撤销 STO 功能。
  - 通过 PROFIsafe 控制字 0，位 1 或 F-DI：1 → 0 → 1 选择并再次撤销 SS1 功能。
  - 重新接通变频器的电源（“重新上电”复位）。
4. 用一个普通的应答信号来应答变频器故障。
5. 接通电机 (ON/OFF1 = 1)。



您已应答内部事件并再次接通了电机。

## 6.7 Safe Speed Monitor (SSM)

### 6.7.1 概述

#### 本章节涉及哪些内容？

本章节描述的是 SSM 功能的相关运行情况。

表格 6-7 电机接通时功能 SSM 的工作时序 (ON/OFF1 = 1)

反馈信息	功能 SSM 报告电机转速是否超出或低于设置的 SSM 限值。 → 电机接通时 SSM 生效 (页 205)
------	-----------------------------------------------------------

表格 6-8 在 SSM 功能生效或未生效时接通和关闭电机

	接通电机 (ON/OFF1 = 0 → 1)	关闭电机 (ON/OFF1、OFF2 或 OFF3 = 1 → 0)
SSM 未生效	如果 SSM 未生效，电机的接通和关闭则不受限。	
SSM 生效	如果 SSM 生效，接通电机时须特别注意。 → 在 SSM 生效期间接通电机 (页 211).	变频器的响应方式取决于通过哪个信号关闭电机。 → 在 SSM 生效期间关闭电机 (页 206)

## 6.7.2 电机接通时 SSM 生效

### 描述

安全功能 SSM 不能通过外部控制信号选中或撤销。满足以下全部条件时，SSM 才会生效：

- 您已使能了一项或多项扩展安全功能。
- 为 SSM 设置了一个大于 0 的监控转速。

重新上电复位后，在第一次接通电机前，功能 SSM 的反馈信号“转速低于限值”原则上为 0。

电机启动后，变频器会对负载转速与转速限值进行对比。

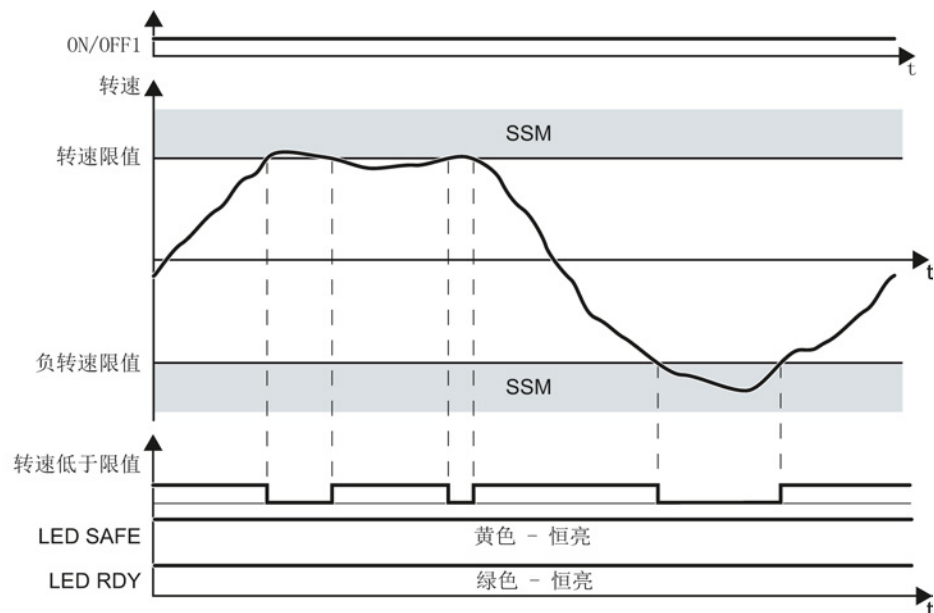


图 6-32 SSM (Safe Speed Monitor) 安全功能的工作时序

### 6.7.3 在 SSM 生效期间关闭电机

#### 描述

如果您在安全功能 SSM 生效期间用 OFF1 或 OFF3 指令来关闭电机，例如：希望在电机接近限位开关时关闭电机，变频器会作出如下响应：

1. 变频器以 OFF1 或 OFF3 斜降时间使电机制动。
2. 在制动期间，变频器也会监控电机转速。

变频器的响应取决于发出关闭指令时电机的转速。

#### 发出关闭指令时，电机转速低于 SSM 限值

您可以设置两种发出电机关闭指令后变频器的工作方式：

1. 脉冲被封锁后，反馈信号“SSM 生效”保持生效：

电机关闭后，变频器会启动 STO 防止电机意外加速。电机关闭后，“Status SSM”置 1。

2. 脉冲被封锁后，反馈信号“SSM 生效”失效：

电机关闭后，变频器将“Status SSM”置 0。

收到 OFF1 或 OFF3 指令，变频器会使电机制动直至静态监控，然后将其关闭。

如果脉冲被封锁后，反馈信号“SSM 生效”保持生效，变频器会通过安全功能 STO 安全封锁电机转矩。

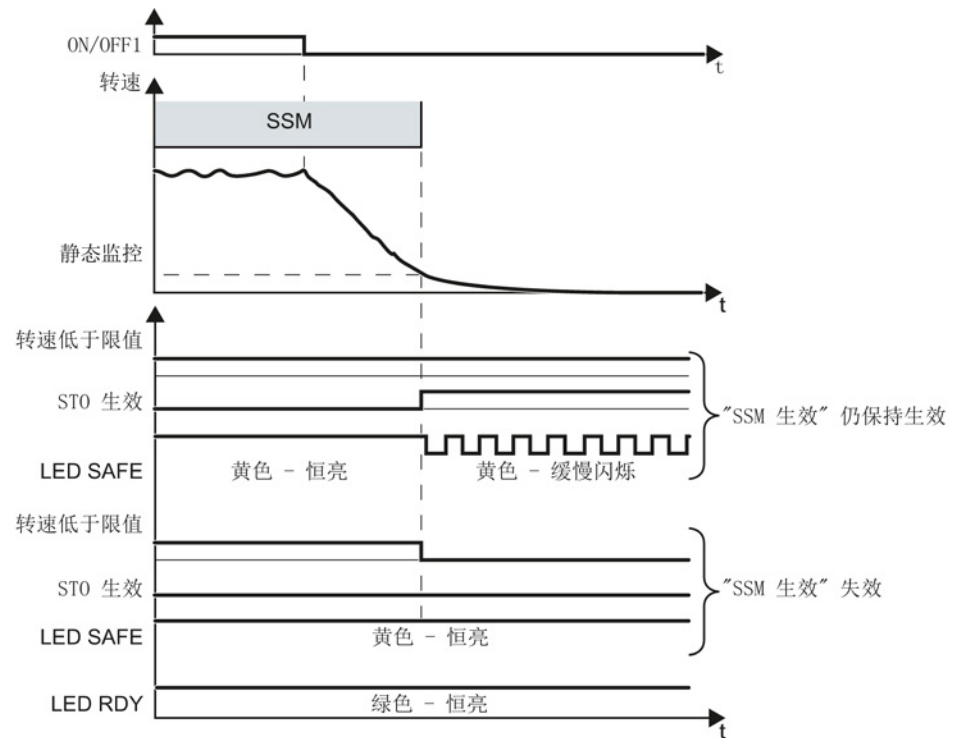


图 6-33 SSM 生效期间给出 OFF1 指令

收到 OFF2 指令，变频器会立即接通电机。

6.7 Safe Speed Monitor (SSM)

如果脉冲被封锁后，反馈信号“SSM 生效”保持生效，变频器会通过安全功能 STO 安全封锁电机转矩。

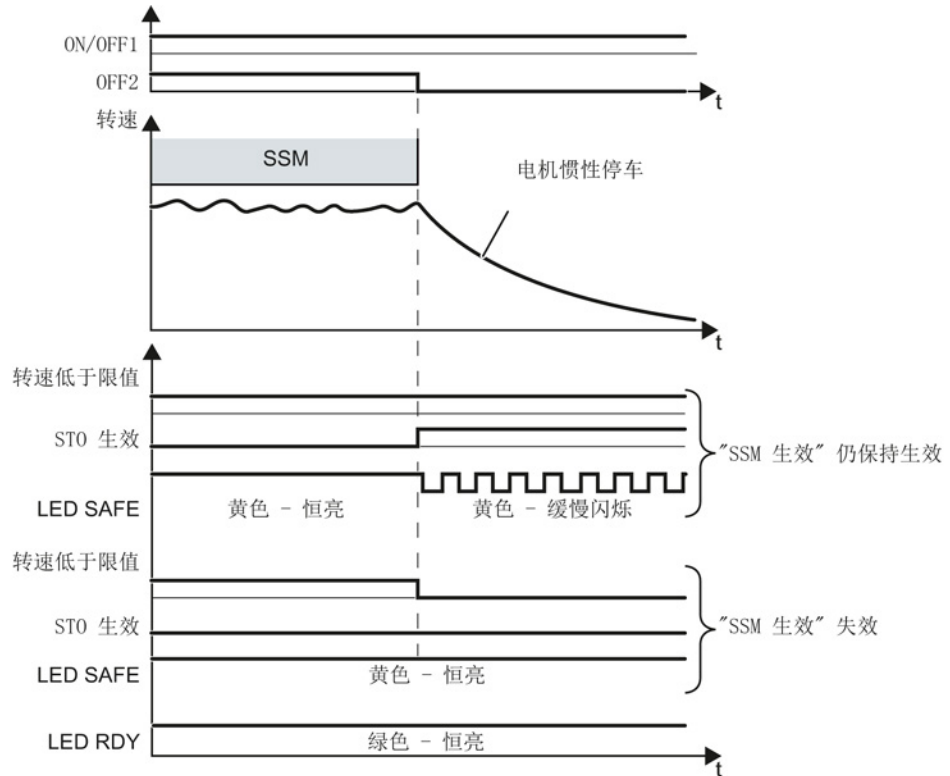


图 6-34 SSM 生效期间给出 OFF2 指令



### 发出关闭指令时，电机转速高于 SSM 限值

收到 OFF1 或 OFF3 指令，变频器会使电机制动直至静态监控，然后将其关闭。

如果脉冲被封锁后，反馈信号“SSM 生效”保持生效，变频器会通过安全功能 STO 安全封锁电机转矩。

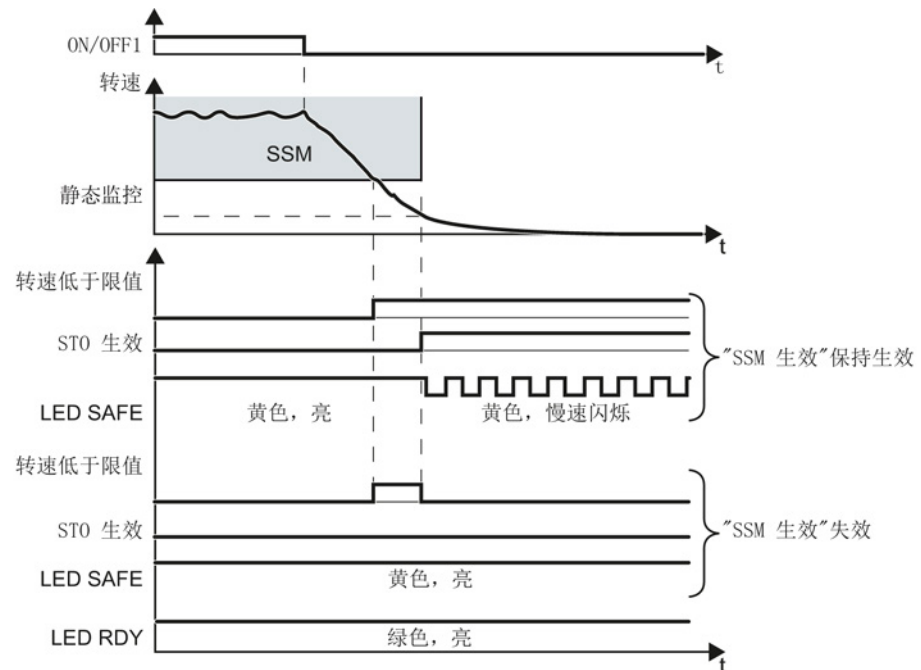


图 6-35 SSM 生效期间给出 OFF1 指令

收到 OFF2 指令，变频器会立即接通电机。

6.7 Safe Speed Monitor (SSM)

如果脉冲被封锁后，反馈信号“SSM 生效”保持生效，变频器会通过安全功能 STO 安全封锁电机转矩。

反馈信号“SSM 生效”保持为 0。

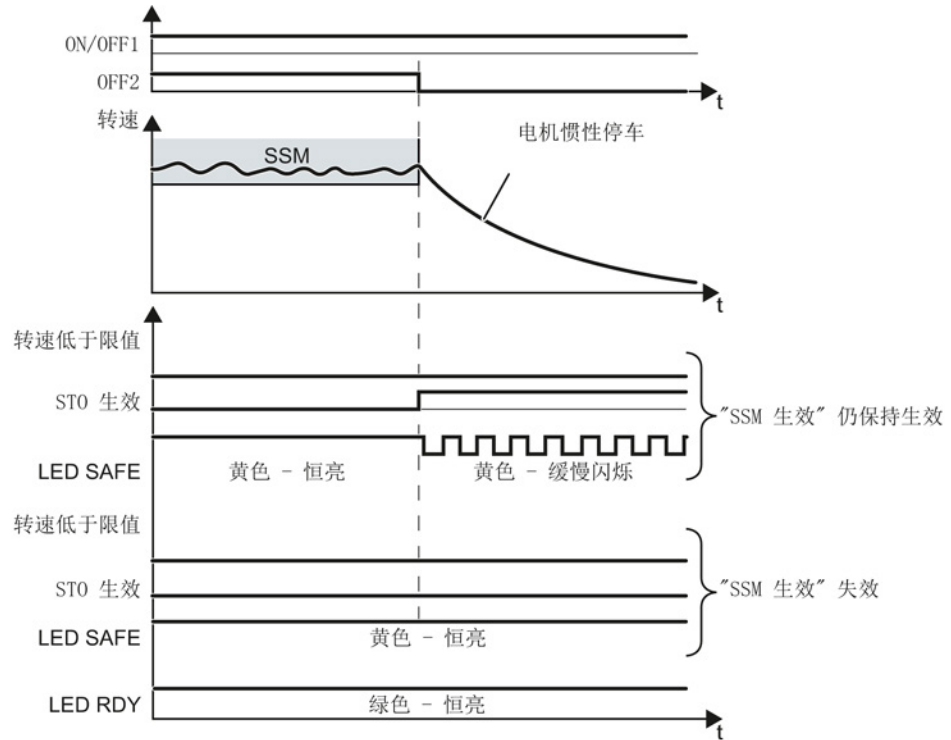


图 6-36 SSM 生效期间给出 OFF2 指令

### 6.7.4 在 SSM 生效期间接通电机

电机接通的步骤取决于 SSM 功能的设置。

#### 脉冲被封锁后，反馈信号“SSM 生效”失效

在该设置下，SSM 功能不会影响电机的接通。接通电机后，SSM 生效。

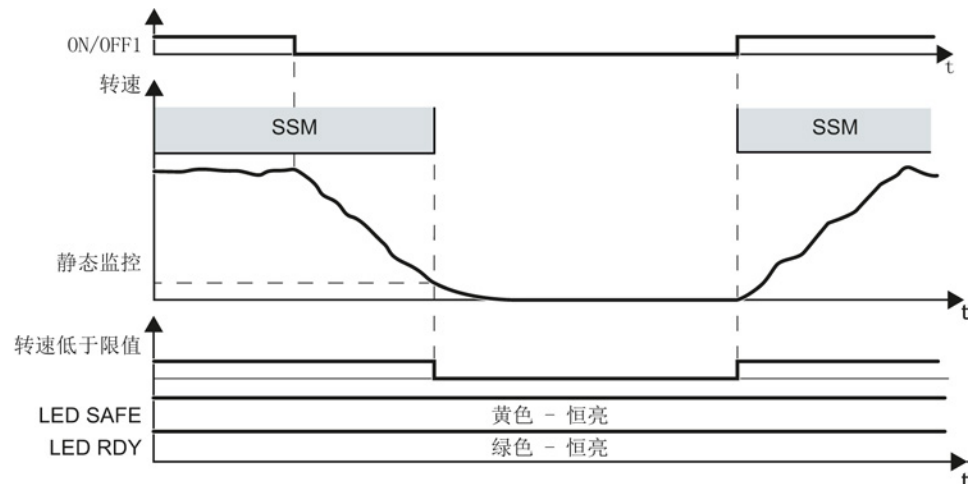


图 6-37 在 SSM 生效期间接通电机，SSM 暂时中断

#### 脉冲被封锁后，反馈信号“SSM 生效”保持生效

在该设置下，接通电机须遵循特定的步骤。

##### 步骤



进行如下操作重启电机：

1. 在电机关闭后选择 STO（或 SS1）。
2. 再次撤销 STO（或 SS1），然后接通电机。
3. 撤销 STO 后，等待变频器回到“接通就绪”状态。

可选方案：撤销 STO 后请等待一段时间（建议 200 ms），直至再次接通。

4. 在撤销 STO 后 5 秒内给出 ON 指令，接通电机。

6.7 Safe Speed Monitor (SSM)

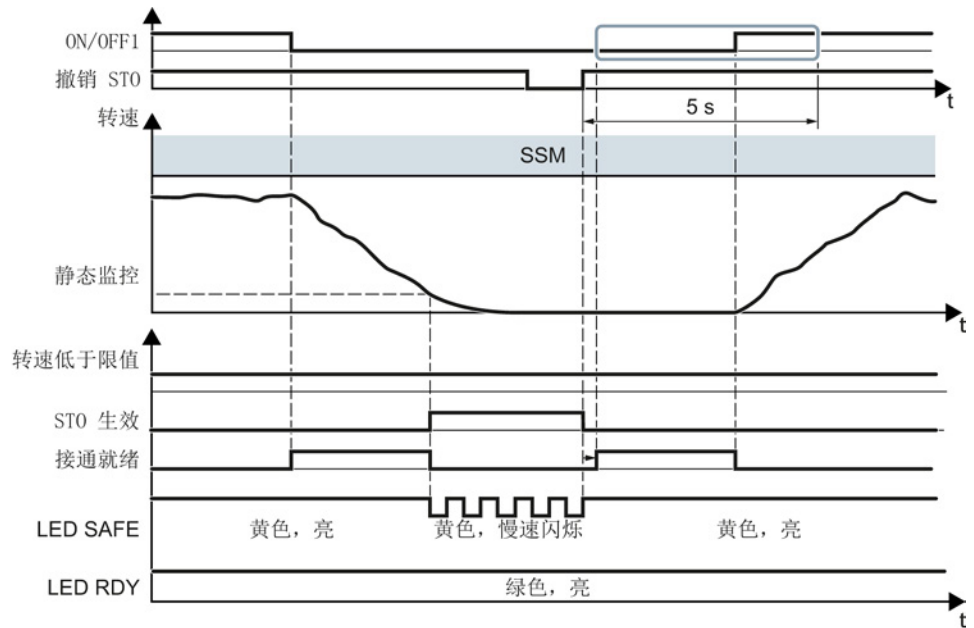


图 6-38 在 SSM 生效期间接通电机

电机已接通。

您已在 5 秒内接通了电机

如果没有在撤销 STO 后的 5 秒内接通电机，变频器会作出如下响应：

- 变频器再次进入 STO 状态。
- 变频器不再对 ON 指令作出响应。
- 变频器发出报警 A01795。

重复上述步骤，接通电机。

## 6.8 Safe Direction (SDI)

### 6.8.1 概述

#### 本章节涉及哪些内容？

本章节描述的是 SDI 功能的相关运行情况。

表格 6-9 电机接通时功能 SDI 的工作时序 (ON/OFF1 = 1)

选择与撤销 SDI	→ 在电机接通时选择和撤销 SDI (页 214)
输入信号中的不一致	用于选择 SDI 的安全输入检测出一个故障。 → Safe Direction (SDI) 生效时变频器对信号不一致的响应 (页 219)
超限	电机按监控的方向旋转。 → Safe Direction (SDI) 生效期间出现超限错误 (页 221)

表格 6-10 在 SDI 功能生效或未生效时接通和关闭电机

	接通电机 (ON/OFF1 = 0 → 1)	关闭电机 (ON/OFF1、OFF2 或 OFF3 = 1 → 0)
SDI 未生效	如果 SDI 未生效，电机的接通和关闭则不受限。	
SDI 生效	如果您的应用要求 SDI 功能始终保持生效，在接通电机时则须特别注意。 → 在 SDI 生效期间接通电机 (页 217).	变频器的响应方式取决于通过哪个信号关闭电机。 → 在 SDI 生效期间关闭电机 (页 215)

### 6.8.2 在电机接通时选择和撤销 SDI

#### 选择 SDI

##### 功能

1. 上级控制器通过一个安全输入或安全通讯 PROFIsafe 选择了 SDI 功能。
2. 变频器将电机控制在选中的方向上旋转。选择 SDI 后如果电机在错误方向上旋转，变频器会停止电机，使电机达到静态。
3. 在延迟时间届满后，变频器监控选中的电机旋转方向。

变频器允许电机轴在错误方向上短暂地旋转一定角度，该角度可设定。

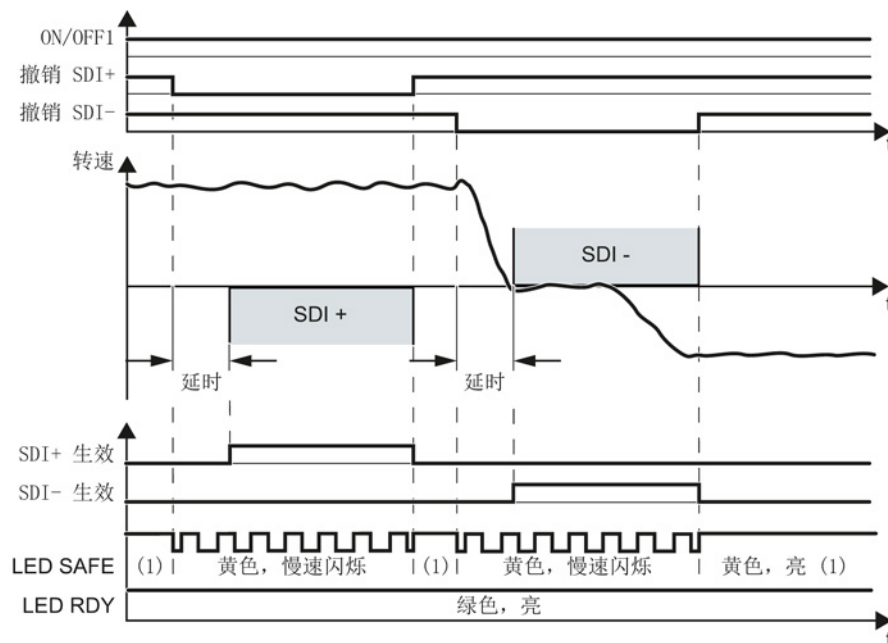


图 6-39 SDI (Safe Direction) 的工作时序

### 6.8.3 在 SDI 生效期间关闭电机

#### 描述

如果您在安全功能 SDI 生效期间用 OFF1 或 OFF3 指令来关闭电机，例如：希望在电机接近限位开关时关闭电机，变频器会作出如下响应：

1. 变频器以 OFF1 或 OFF3 斜降时间使电机减速制动，直到转速降至静态监控转速。
2. 在制动期间，变频器也会监控电机旋转方向。

您可以设置两种发出电机关闭指令后变频器的工作方式：

1. 脉冲被封锁后，反馈信号“SDI 生效”保持生效  
在该方式中，在电机转速降至静态监控转速后，变频器会通过安全功能 STO 安全封锁电机转矩。变频器会确保电机不再加速。因此，即使电机关闭，信号“SDI 生效”也一直保持 1。
2. 脉冲被封锁后，反馈信号“SDI 生效”失效  
在该方式中，变频器不会安全封锁电机转矩。变频器无法安全阻止电机意外加速。因此，在电机关闭后，变频器将信号“SDI 生效”置为 0。

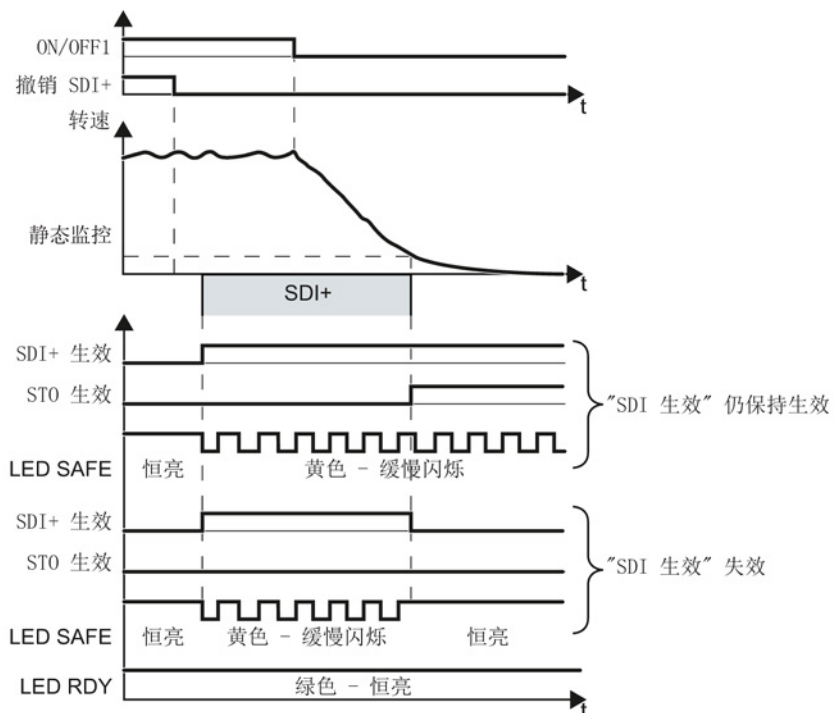


图 6-40 SDI 生效期间给出 OFF1 指令

如果您在 SDI 生效期间给出 OFF2 指令，变频器会立即关闭电机。取决于选中的设置，变频器立即用 STO 安全封锁电机转矩。

6.8 Safe Direction (SDI)

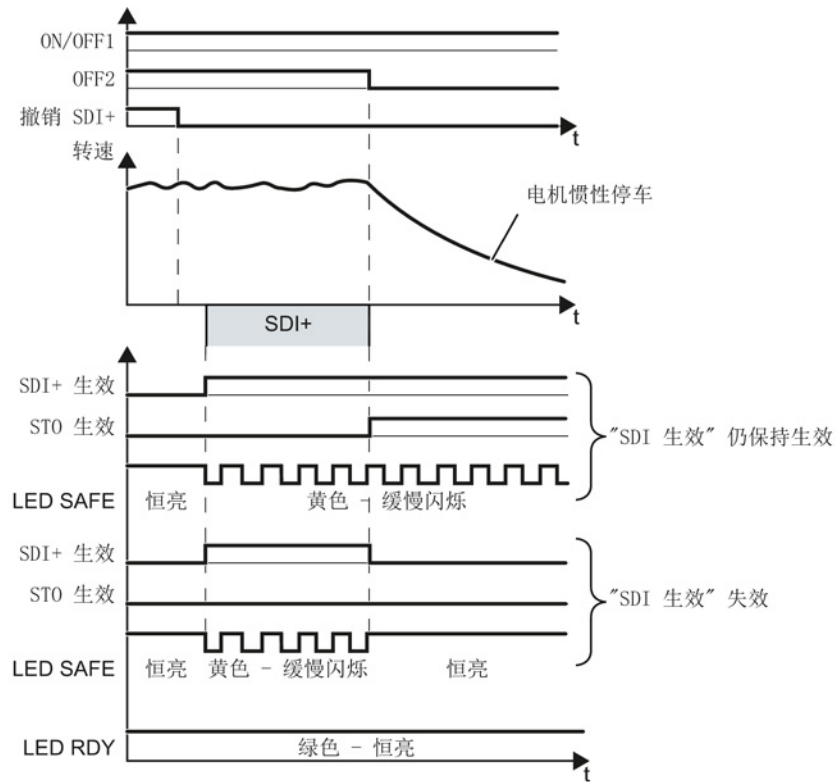


图 6-41 SDI 生效期间给出 OFF2 指令



#### 6.8.4 在 SDI 生效期间接通电机

电机接通的步骤取决于 SDI 功能的设置。

##### 脉冲被封锁后，反馈信号“SDI 生效”失效

在该设置下，SSM 功能不会影响电机的接通。接通电机后，SDI 生效。

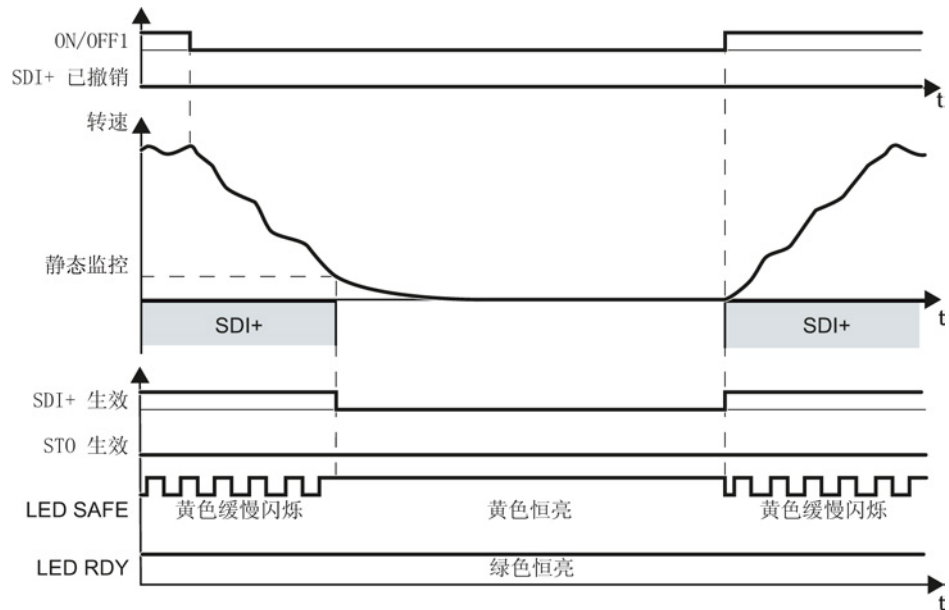


图 6-42 在 SDI 生效期间重启电机，SDI 反馈暂时中断

## 脉冲被封锁后，反馈信号“SDI 生效”保持生效

## 步骤



进行如下操作重启电机：

1. 选择 STO（或 SS1）。
2. 再次撤销 STO（或 SS1）。
3. 撤销 STO 后，等待变频器回到“接通就绪”状态。

可选方案：撤销 STO 后请等待一段时间（建议 200 ms），直至再次接通。

4. 在撤销 STO 后 5 秒内给出 ON 指令，接通电机。

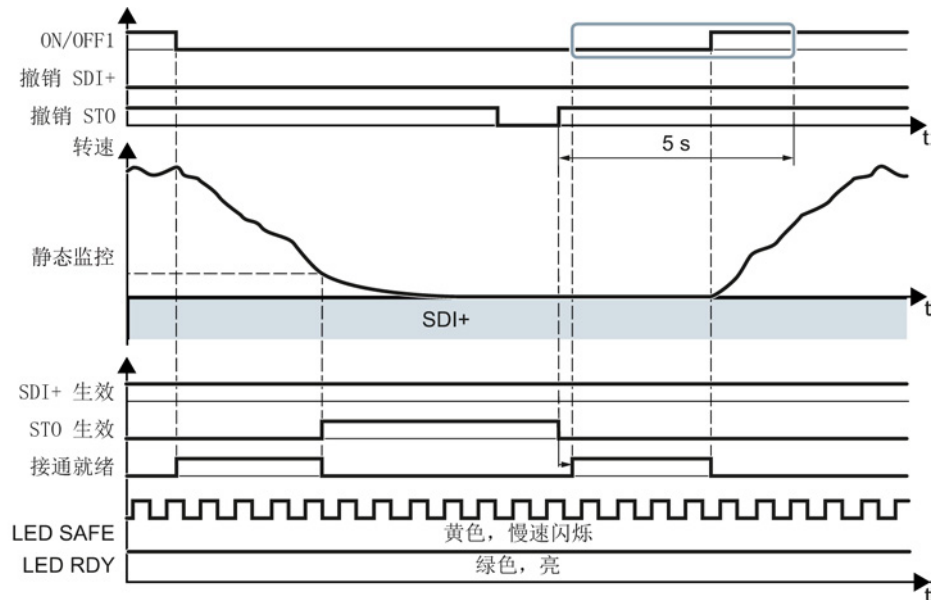


图 6-43 在 SDI 生效期间重启电机



电机已再次接通。

## 您已在 5 秒内接通了电机

如果没有在撤销 STO 后的 5 秒内接通电机，变频器会作出如下响应：

- 变频器再次进入 STO 状态。
- 变频器不再对 ON 指令作出响应。
- 变频器发出报警 A01795。

重复上述步骤，接通电机。

### 6.8.5 Safe Direction (SDI) 生效时变频器对信号不一致的响应

#### 变频器响应

变频器会通过当前生效的安全功能 SDI 对安全输入信号不一致进行响应。

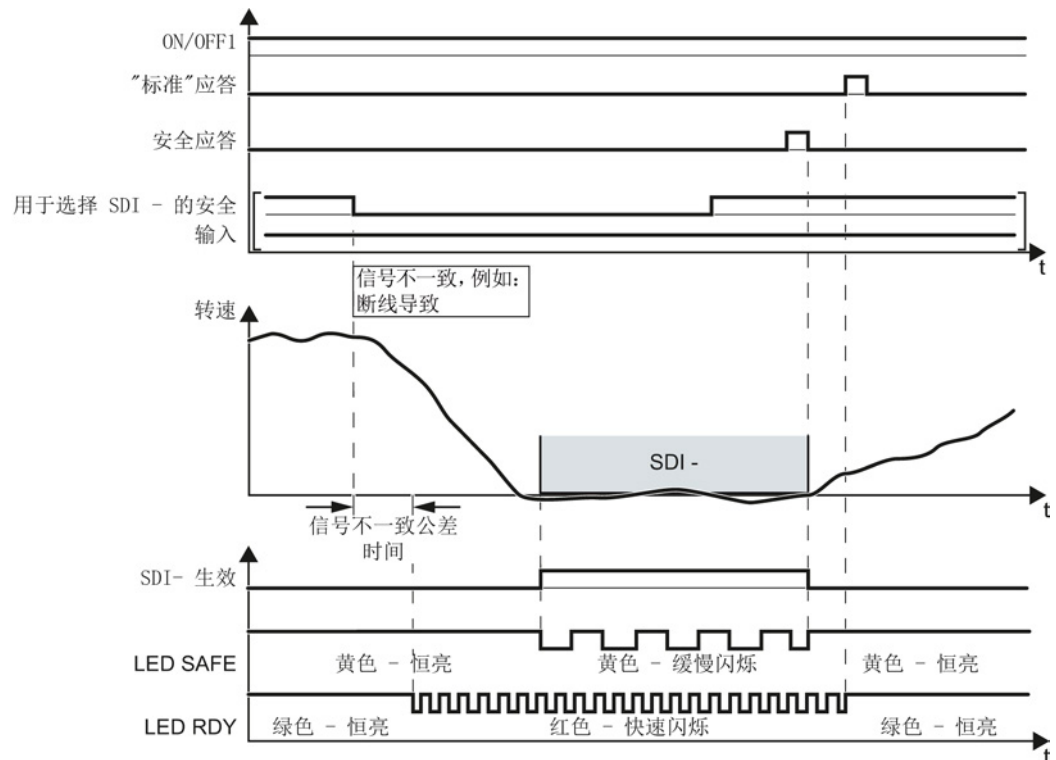


图 6-44 安全功能 SDI 输入信号不一致时的变频器的响应 (以 SDI - 为例)

变频器不设置安全功能的故障位 (= 内部事件)。

变频器在公差时间届满后输出报警 C01770 或 C30770, 报告信号不一致。功能 SDI 仍保持生效且电机仍保持接通状态。

无论当前电平是多少, 变频器都会设置在安全状态 (= 零) 下分析信号不一致的 F-DI, 直到通过安全信号或重新上电应答变频器故障。

### 在出现不一致后撤销 SDI

#### 步骤



按如下步骤撤销 SDI:

1. 排除信号的不一致故障。
2. 通过设置  $F-DI = 0 \rightarrow 1 \rightarrow 0$  发出安全应答信号，以应答信息“输入信号不一致”。

也可以通过以下其中一种方式来应答信息。但此时，电机处于静止状态:

- 通过设置  $F-DI = 1 \rightarrow 0 \rightarrow 1$  选择并再次撤销 STO 功能。
- 通过设置  $F-DI = 1 \rightarrow 0 \rightarrow 1$  选择并再次撤销 SS1 功能。
- 重新接通变频器的电源（“重新上电”复位）。

3. 用一个普通的应答信号来应答变频器故障。



您已应答信息“输入信号不一致”并撤销了功能 SDI。

## 6.8.6 Safe Direction (SDI)生效期间出现超限错误

### 变频器响应

如果在 SDI 生效期间变频器发现一处超限错误，变频器的响应方式可能是 STOP A，也可能是 STOP B。响应方式可在调试期间选择。各种 STOP 响应方式的说明详见章节 停止响应 (页 225)。

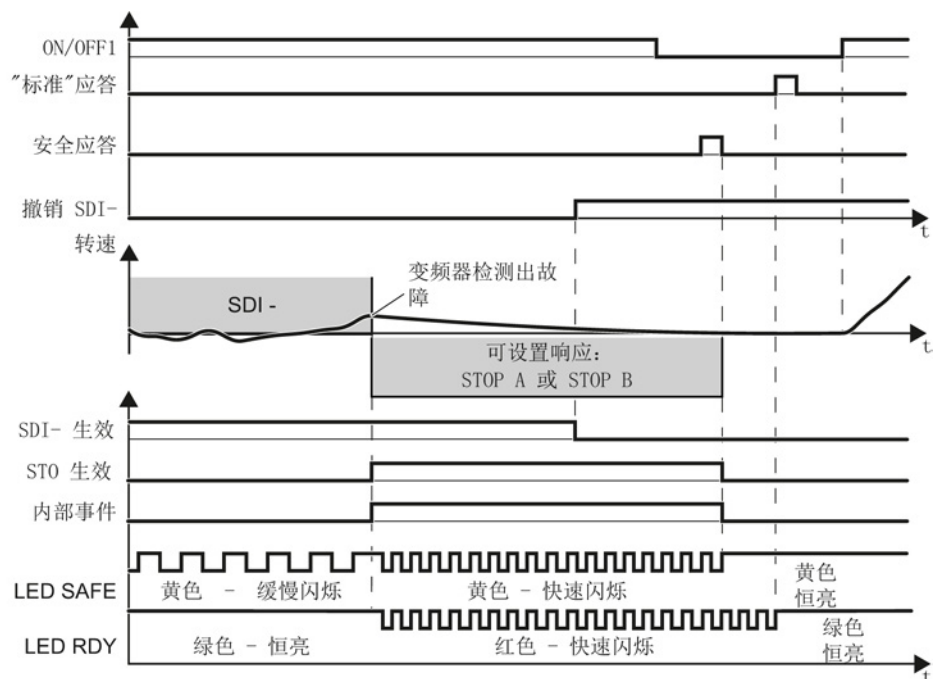


图 6-45 安全功能 SDI 超限。STOP A 故障响应示例

### 在出现内部事件后接通电机

#### 步骤



按如下步骤在 SDI 生效期间以及出现内部事件后接通电机：

1. 撤销 SDI。
2. 给出 OFF1 指令 (ON/OFF1 = 0)。
3. 通过以下一种方法应答内部事件：
  - 通过 PROFIsafe 控制字 0, 位 7 = 0 → 1 → 0 进行安全应答。
  - 通过安全输入: F-DI = 0 → 1 → 0 发出安全应答信号。
  - 通过 PROFIsafe 控制字 0, 位 0 或 F-DI: 1 → 0 → 1 选中并再次撤销 STO 功能。
  - 通过 PROFIsafe 控制字 0, 位 1 或 F-DI: 1 → 0 → 1 选择并再次撤销 SS1 功能。
  - 重新接通变频器的电源 (“重新上电”复位)。
4. 用一个普通的应答信号来应答变频器故障。
5. 接通电机 (ON/OFF1 = 1)。



您已应答内部事件并再次接通了电机。

## 6.9 对通过 PROFIsafe 传送的信号的不一致故障的响应

### 变频器响应

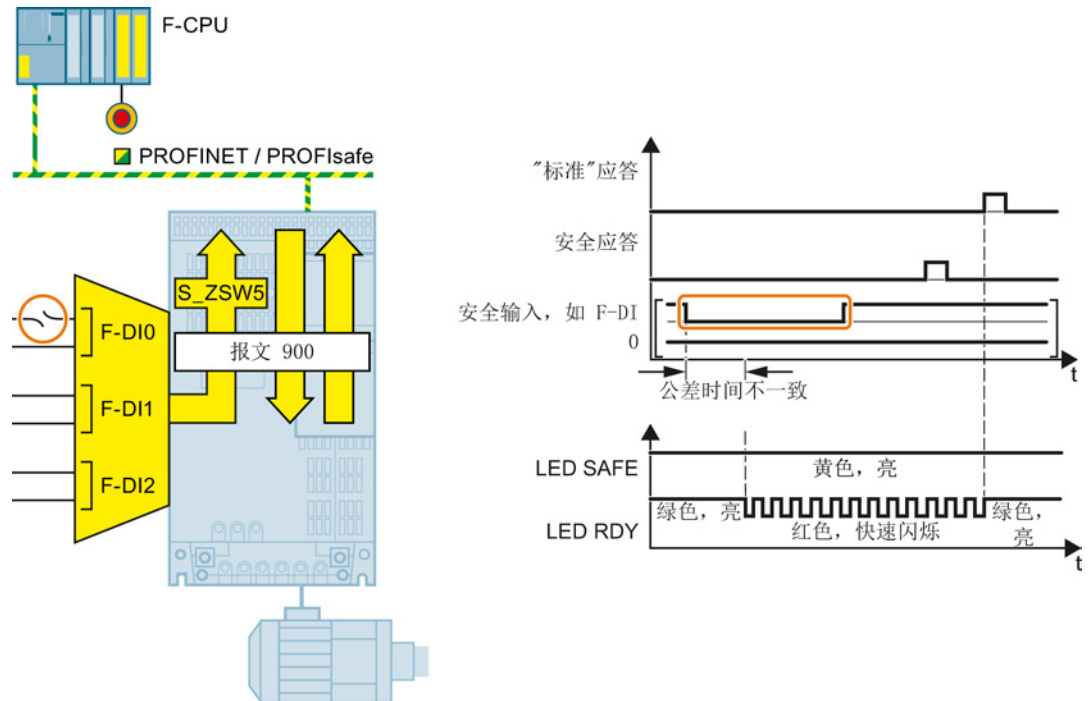


图 6-46 PROFIsafe 报文 900 中的安全输入信号不一致时变频器的响应

变频器不设置安全功能的故障位 (= 内部事件)。

变频器在公差时间届满后输出故障 C01770 或 C30770，报告信号不一致。

无论当前电平是多少，变频器都会设置在安全状态 (= 零) 下分析信号不一致的 F-DI，直到通过安全信号或重新上电应答变频器故障。

应答信息“输入信号不一致”

步骤



按如下步骤应答信息“输入信号不一致”:

1. 排除信号的不一致故障。
2. 通过以下一种方法应答信息“输入信号不一致”:

所选设置	内部事件通过什么方式应答?		
	F-DI	PROFIsafe	可选方案
扩展安全功能, 由 PROFIsafe 控制	---	通过设置 PROFIsafe 控制字 1, 位 0 = 1 → 0 → 1 选择和撤销 STO 或者 通过设置 PROFIsafe 控制字 1, 位 1 = 1 → 0 → 1 选择和撤销 SS1 或者 通过设置 PROFIsafe 控制字 1, 位 7 = 0 → 1 → 0 进行安全应答	“重新上电”复位
扩展安全功能, 由 PROFIsafe 控制; 基本安全功能, 由板载端子控制	通过设置 F-DI = 1 → 0 → 1 选中和撤销 STO	通过设置 PROFIsafe 控制字 1, 位 0 = 1 → 0 → 1 选择和撤销 STO 或者 通过设置 PROFIsafe 控制字 1, 位 1 = 1 → 0 → 1 选择和撤销 SS1 或者 通过设置 PROFIsafe 控制字 1, 位 7 = 0 → 1 → 0 进行安全应答	“重新上电”复位

3. 用一个普通的应答信号来应答变频器故障。



您已应答信息“输入信号不一致”。



## 6.10 停止响应

### 内部事件

“内部事件”指导致变频器尽快用 STOP

响应停止电机的严重故障。内部事件的引发原因比如有：

- 变频器通过交叉数据对比检测出硬件和固件中的内部故障 (F01611)。
- 变频器检测出电机转速超过限制 (C01714)。

“内部事件”必须通过一个安全信号应答。另见 安全应答信号 (页 230)。

### STOP A

在 STOP A 响应中，变频器会立即封锁相连电机的转矩。

### STOP B

在 STOP B 响应中，变频器以 OFF3 减速时间使电机减速至静止状态。之后执行 STOP A。

之前如果电机在转矩控制中运行，变频器会从转矩控制切换到转速控制。

变频器会监控电机的制动情况。监控方式和 SS1 的相同，另见章节：设置 SS1 (页 131)。

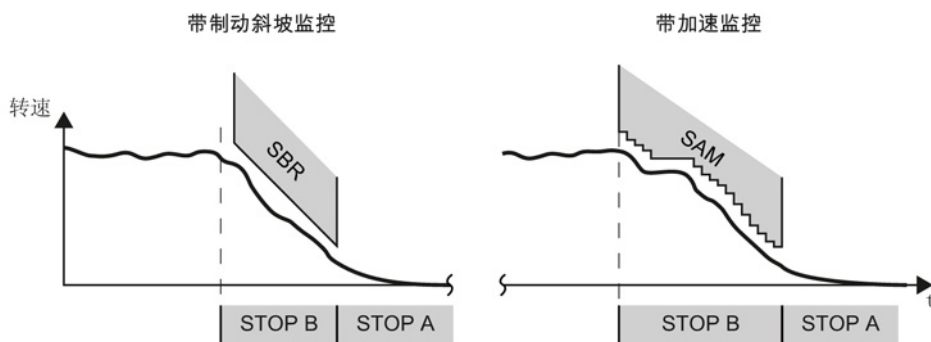


图 6-47 STOP B 中的转速监控方式

电机没有按照设定的斜坡制动时，变频器会中断电机的制动过程，执行 STOP A 响应。

## STOP F

如果安全功能生效<sup>1)</sup>，STOP F 会触发 STOP A 或 STOP B:

- 故障 F01611 会立即触发 STOP A。
- 出现故障信息 C01711 时，变频器响应取决于生效的安全功能：
  - 如果 STO 生效，变频器会触发 STOP A。
  - 在所有其他条件下，变频器会执行 STOP B。

如果没有安全功能生效，变频器的响应方式如下:

- 故障 F01611 会立即触发 STOP A。
- 出现故障信息 C01711 时不会直接导致停止响应。但该信息会一直保留。选择安全功能时，变频器会发出上述一种停止响应。

<sup>1)</sup> 如果 SSM 滤波器和 SSM 回差已使能，SSM 功能作为安全功能生效。

### 6.10.1 示例 1: STO 生效期间出现内部事件

#### 变频器响应

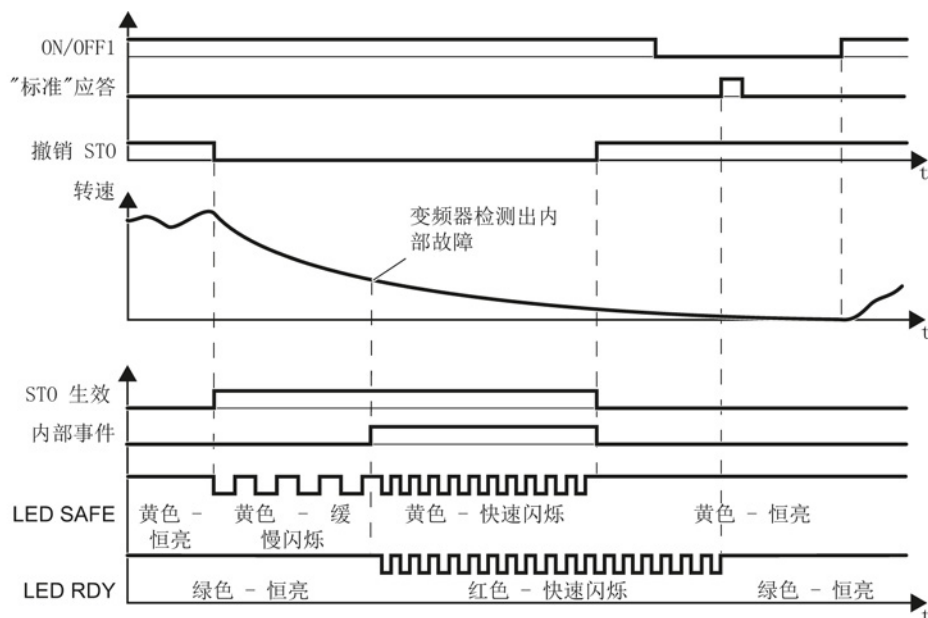


图 6-48 安全功能 STO 生效期间出现内部事件

变频器报告一个内部事件。

#### 在出现内部事件后接通电机

##### 步骤



按如下步骤在出现内部事件后接通电机：

1. 撤销安全功能 STO。
2. 给出 OFF1 指令 (ON/OFF1 = 0)。
3. 用一个普通的应答信号来应答变频器故障。
4. 接通电机 (ON/OFF1 = 1)。



您已应答内部事件并再次接通了电机。

### 6.10.2 示例 2: SSM 生效期间出现内部事件

#### 在运动监控功能生效期间出现内部事件

一项当前生效的安全功能 (SS1、SSL、SDI 或 SSM) 被某个内部事件中中断后, 变频器的响应方式为 STOP F。STOP F 不一定会导致电机停止。另见 停止响应 (页 225)。

#### 变频器响应

下面以带加速监控的 SSM、响应方式为 STOP B 的一个示例来说明电机此时的工作时序。

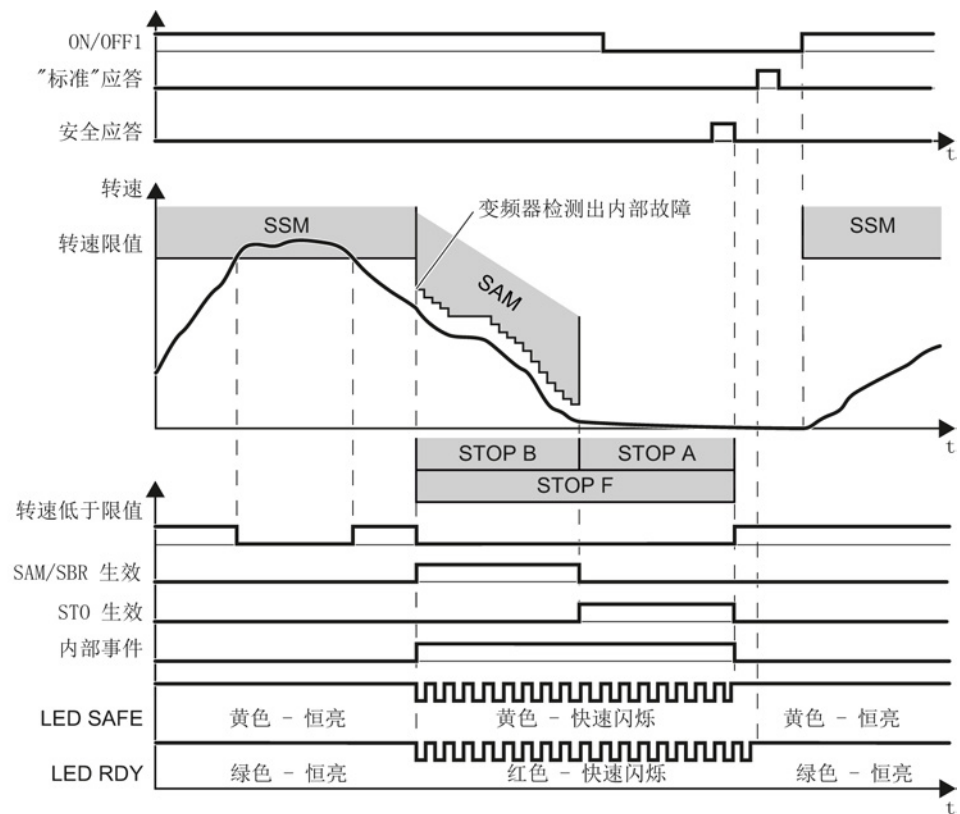


图 6-49 出现内部事件时 SSM 的响应

## 在出现内部事件后接通电机

### 步骤



按如下步骤再次接通上例中的电机：

1. 给出 OFF1 指令 ( $ON/OFF1 = 0$ )。
2. 通过以下一种方法应答内部事件：
  - 通过 PROFIsafe 控制字 0, 位 7 = 0 → 1 → 0 进行安全应答。
  - 通过安全输入: F-DI = 0 → 1 → 0 发出安全应答信号。
  - 通过 PROFIsafe 控制字 0, 位 0 或 F-DI: 1 → 0 → 1 选中并再次撤销 STO 功能。
  - 通过 PROFIsafe 控制字 0, 位 1 或 F-DI: 1 → 0 → 1 选择并再次撤销 SS1 功能。
  - 重新接通变频器的电源 (“重新上电”复位)。
3. 用一个普通的应答信号来应答变频器故障。
4. 接通电机 ( $ON/OFF1 = 1$ )。  
另见章节：在 SSM 生效期间接通电机 (页 211)。



您已应答内部事件并再次接通了电机。

## 6.11 安全应答信号

### 6.11.1 通过安全信号应答

大多数安全功能的故障必须用一个安全信号来应答。可采用下列方法。

- 通过安全输入 F-DI 应答
- 通过 PROFIsafe 应答
- 通过选择和撤销 STO 应答
- 通过重新上电进行安全应答

#### 通过安全输入 F-DI 应答

##### 步骤



按如下步骤通过安全输入 F-DI 应答变频器故障：

1. 通过设置 F-DI = 0 → 1 → 0 应答故障。
2. 接着用一个普通的应答信号来应答变频器故障。



您已安全应答变频器故障。

#### 通过 PROFIsafe 应答

##### 步骤



按如下步骤通过 PROFIsafe 应答变频器故障：

1. 通过设置控制字 0，位 7 = 0 → 1 → 0 应答故障。
2. 接着用一个普通的应答信号来应答变频器故障。



您已安全应答变频器故障。

## 通过选择和撤销 STO 应答

### 步骤



按如下步骤通过选择和撤销 STO 应答变频器故障：

1. 选择并再次撤销 STO 或 SS1:

– F-DI = 1 → 0 → 1

或

– PROFIsafe 控制字 1, 位 0 或 1 = 1 → 0 → 1

2. 接着用一个普通的应答信号来应答变频器故障。



您已安全应答变频器故障。

## 通过重新上电进行安全应答

您可以通过暂时关闭变频器电源，然后重新接通电源来应答故障（“重新上电”复位）。

## 6.11.2 对安全应答信号不一致的响应

## 变频器响应

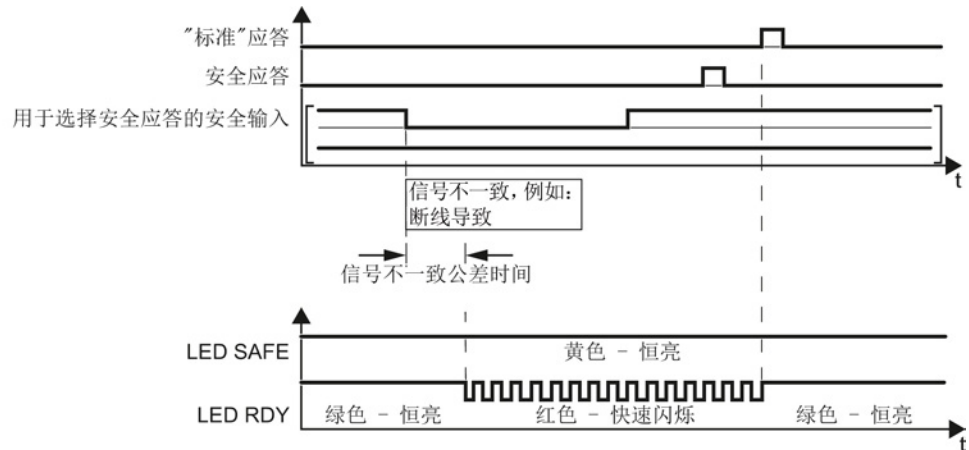


图 6-50 安全应答信号不一致时变频器的响应

变频器不设置安全功能的故障位（=内部事件）。

变频器在公差时间届满后输出故障 C01770 或 C30770，报告信号不一致。

无论当前电平是多少，变频器都会设置在安全状态（= 零）下分析信号不一致的 F-DI，直到通过安全信号或重新上电应答变频器故障。

## 应答信息“输入信号不一致”

## 步骤



按如下步骤应答信息“输入信号不一致”：

1. 排除信号的不一致故障。
2. 通过以下一种方法应答信息“输入信号不一致”：
  - 通过设置 F-DI = 1 → 0 → 1 选择并再次撤销 STO 功能。
  - 通过设置 F-DI = 1 → 0 → 1 选择并再次撤销 SS1 功能。
  - 重新接通变频器的电源（“重新上电”复位）。
3. 用一个普通的应答信号来应答变频器故障。



您已应答信息“输入信号不一致”。



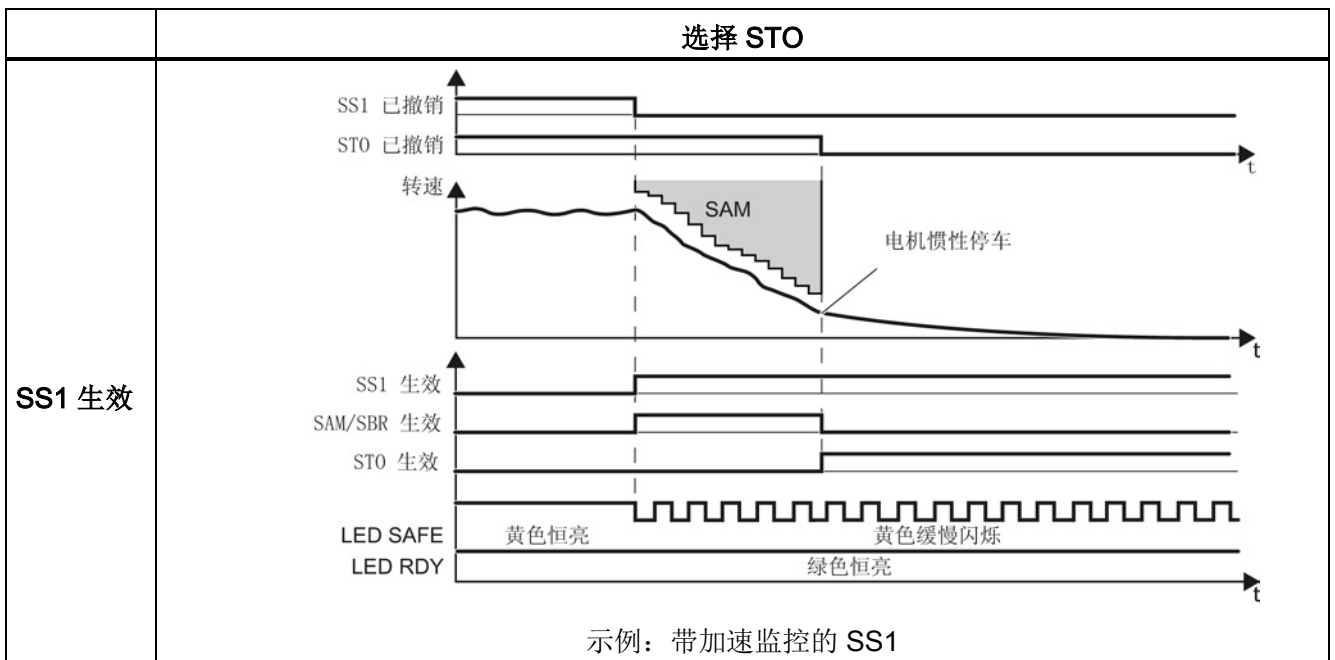
## 6.12 在 一项安全功能生效时选择另一项安全功能

下表列出了当您同时选择了多项安全功能时变频器的工作方式。

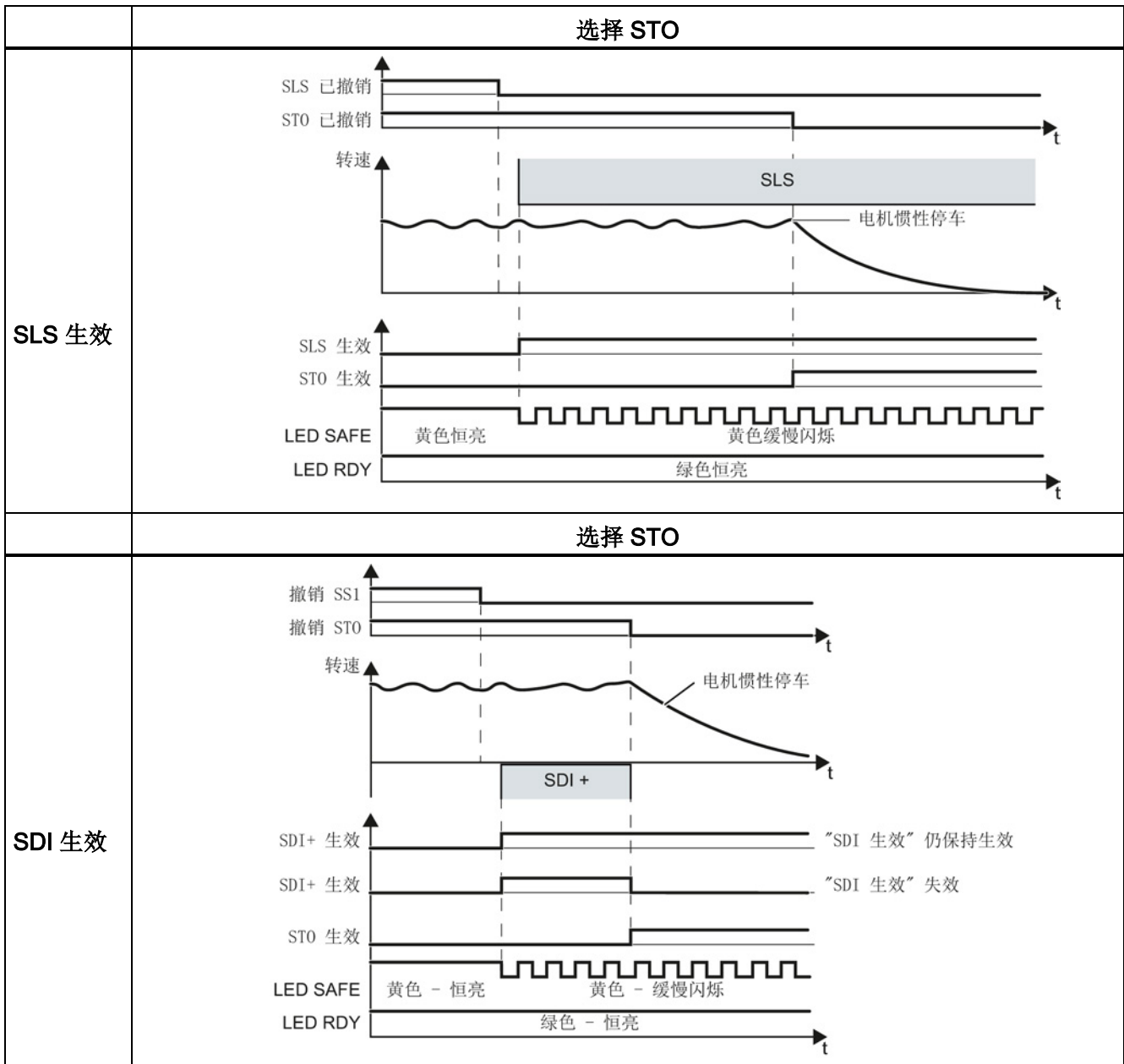
有些选择对于变频器的工作方式没有影响。比如：当安全功能 STO 生效时，电机转矩始终被安全封锁，不管您另外选择了哪项变频器功能。

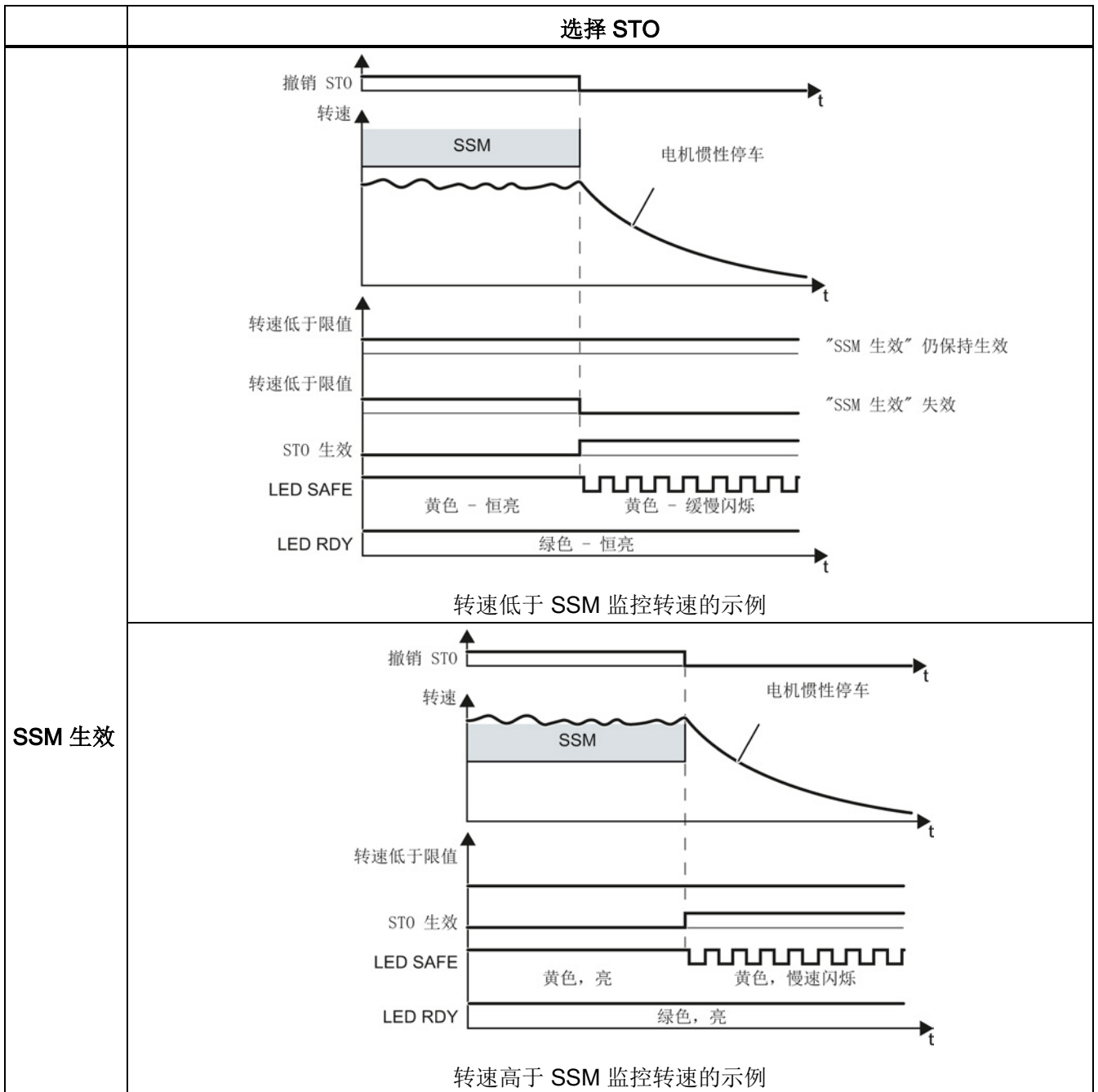
表格 6- 11 安全功能之间的相互影响

	选择 STO	选择 SS1	选择 SLS	选择 SDI
STO 生效	---	没有影响	没有影响	没有影响
SS1 生效	见下文	---	没有影响	没有影响
SLS 生效	见下文	见下文	---	见下文
SDI 生效	见下文	见下文	见下文	---
SSM 生效	见下文	见下文	见下文	见下文

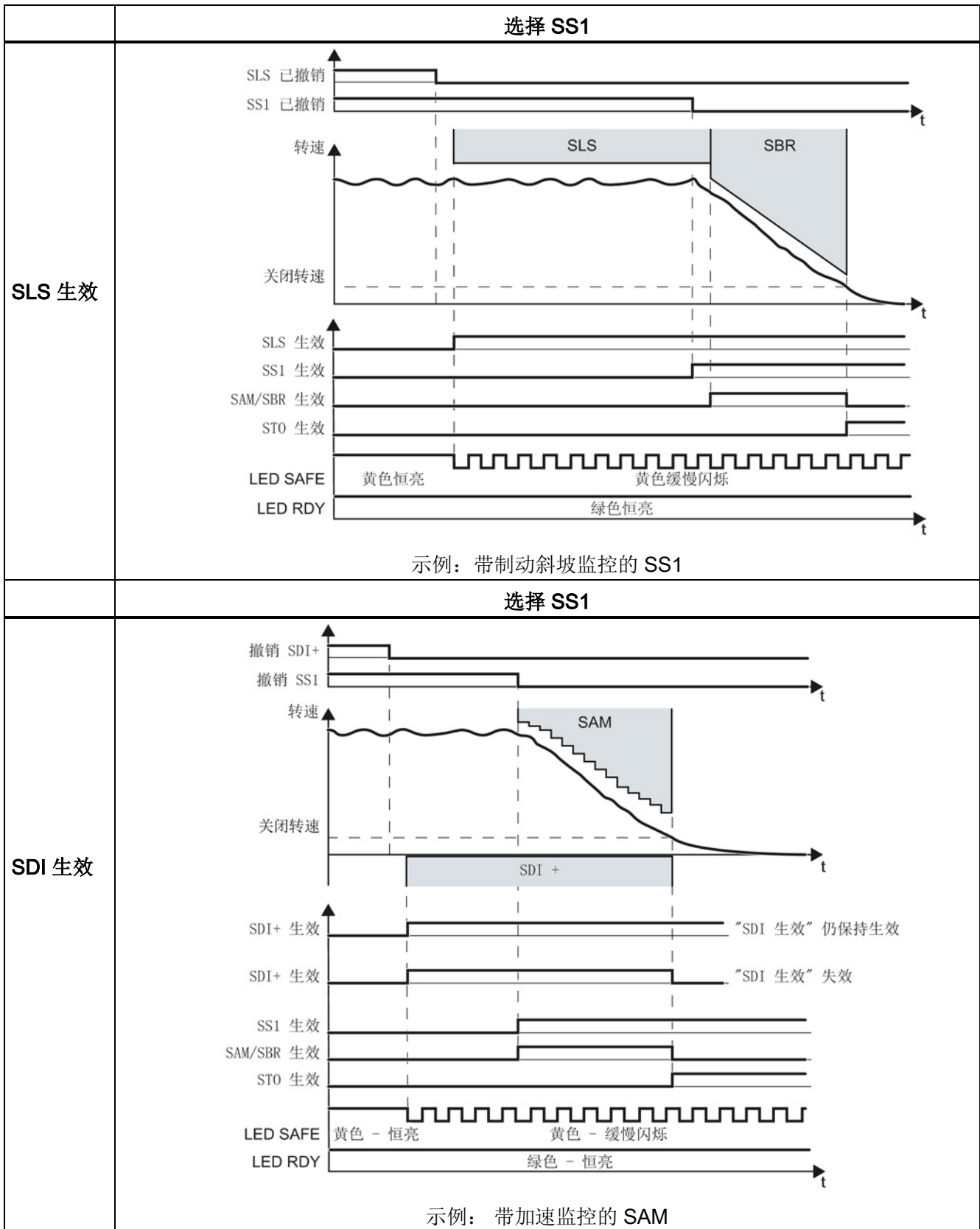


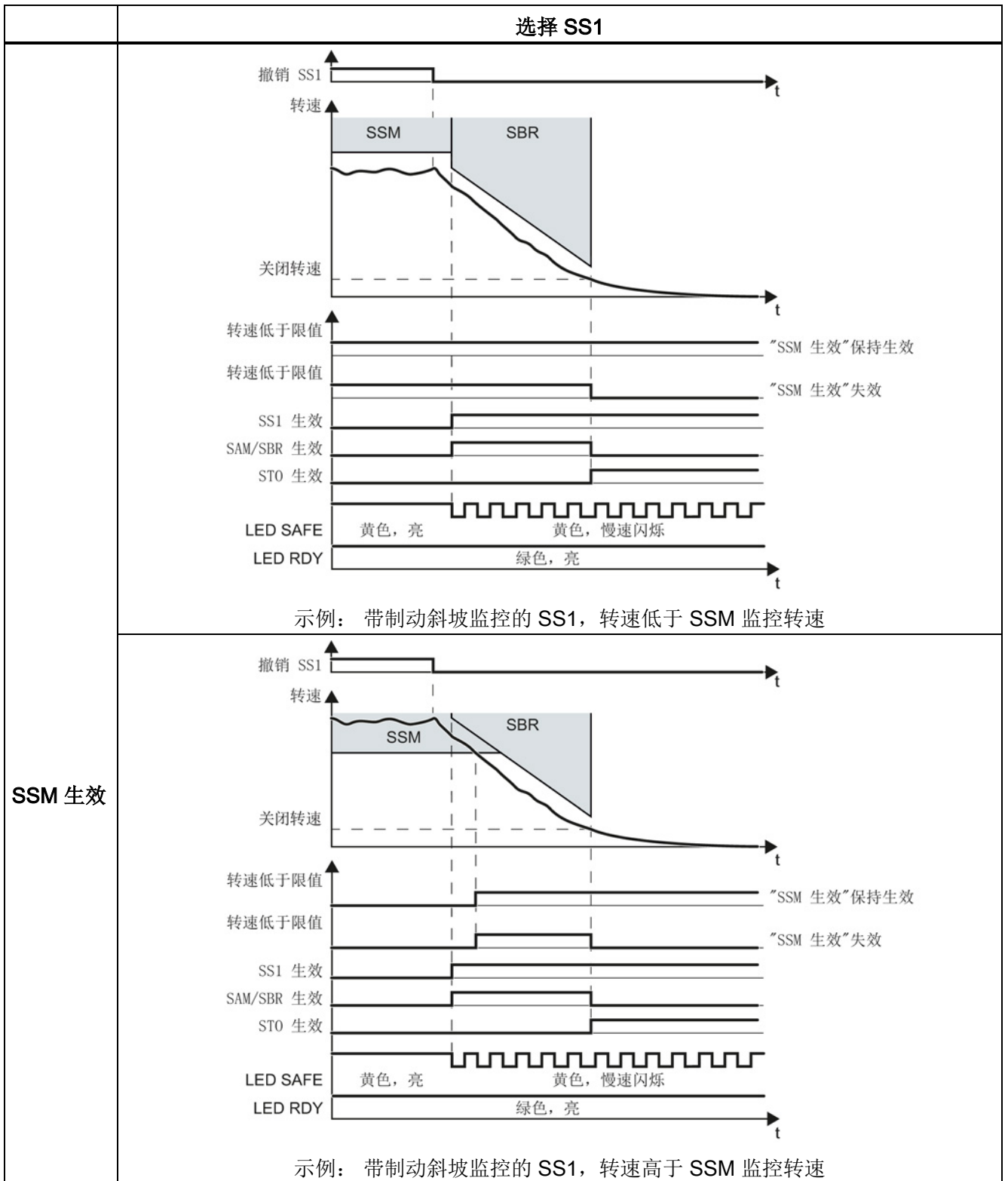
6.12 在—项安全功能生效时选择另—项安全功能



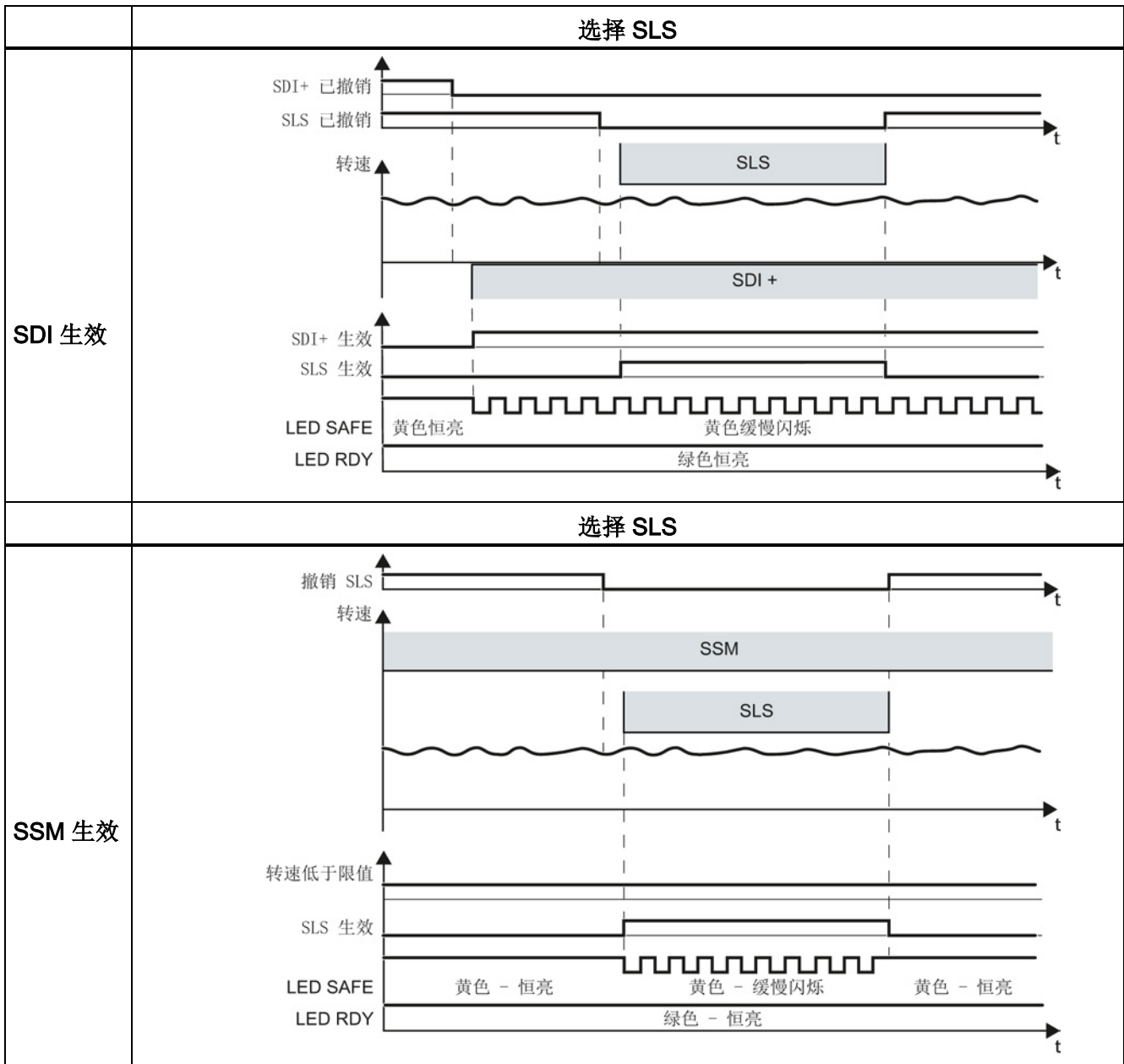


6.12 在—项安全功能生效时选择另—项安全功能

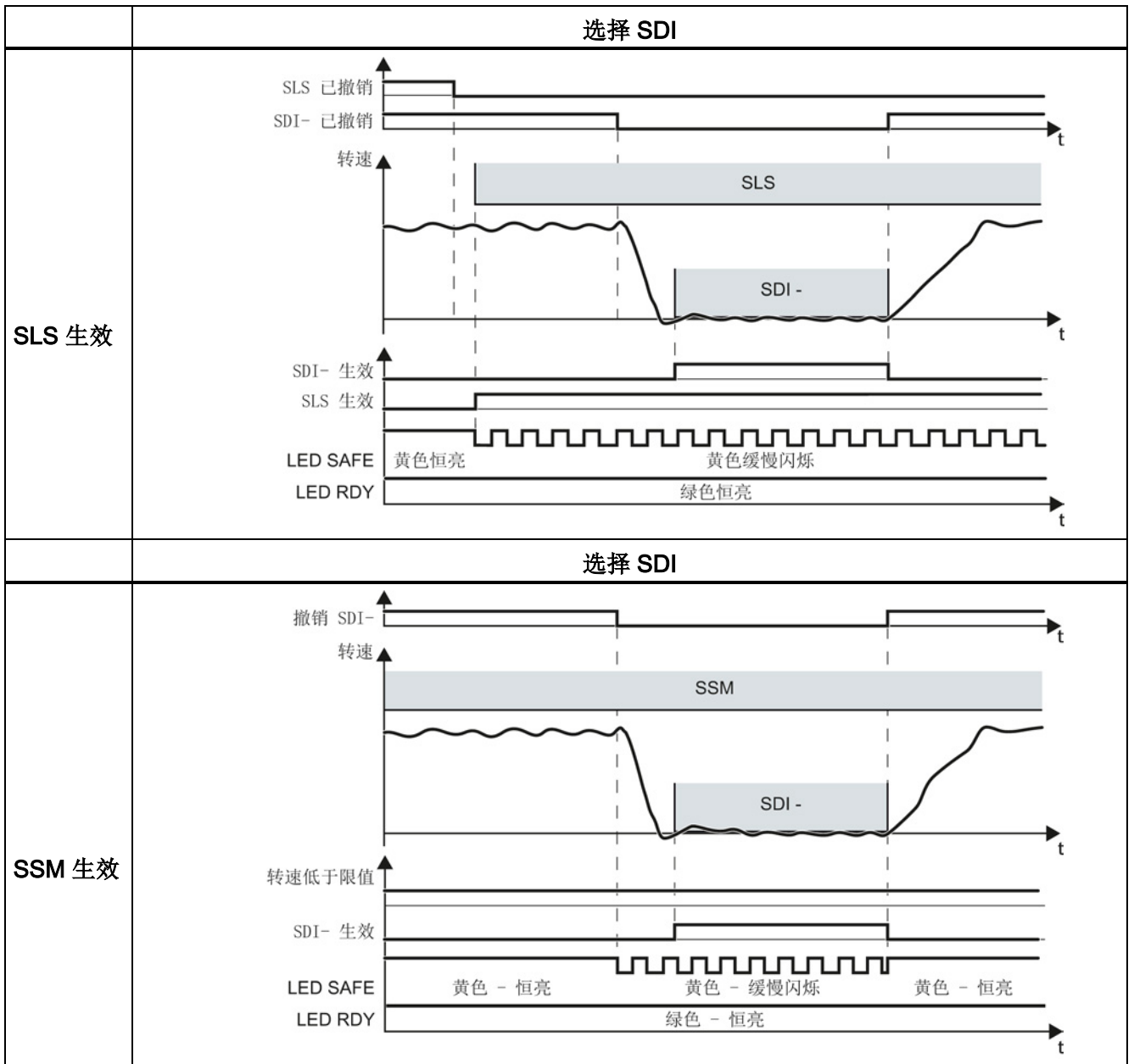




6.12 在—项安全功能生效时选择另—项安全功能



6.12 在—项安全功能生效时选择另—项安全功能



## 6.13 报警和故障列表

### 报警和故障的表示方法

F12345 故障 12345 (英语: Fault)

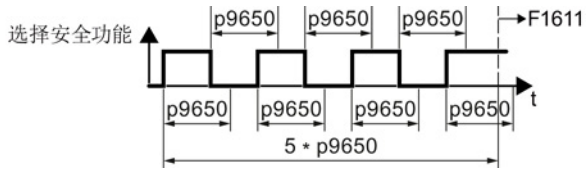
A67890 报警 67890 (英语: Alarm)

C01700 安全功能的信息 1700

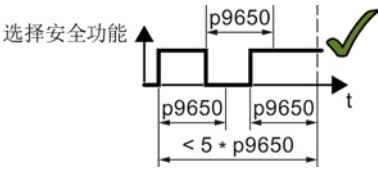
该信息可以是故障,也可以是报警,见下表。

下表只列出了和安全功能相关的报警和故障。

完整的变频器报警和故障列表、详细的引发原因和解决办法参见参数手册。

报告	原因	解决办法
	完整信息请参考参数手册。	
F01600	STOP A 已触发。	1. 选择并再次撤销 STO。 2. 如果还是不能应答该故障,请更换控制单元。
F01611	一个监控通道内出现错误。 详细说明见参数 r0949	完整的故障值列表可以查阅参数手册。 0: 处理器 2 的停机要求。 1 ... 999: 处理器 1 和处理器 2 之间进行数据交叉比较时出错。 详细信息和解决办法参见参数手册。 1000: 控制计时器运行完毕。 选择安全功能时信号切换过于频繁。 变频器监控用于在信号切换后选择安全功能的信号。 如果信号状态仍以 p9650 的时间间隔切换,变频器会在 5 倍的 p9650 时间届满后报告故障 F1611:  解决办法: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 检查 F-DI 的接线 (接触问题)。</li> <li>• 排除 PROFIBUS 主站/PROFINET 控制器上的接触问题或故障。</li> </ul> 如果信号状态在 5 倍的 p9650 时间届满前保持不变,变频器会结束监控且不发出任何故障



报告	原因	解决办法
完整信息请参考参数手册。		
		<p>信息。</p>  <p>1001, 1002: 改变计时器/控制计时器初始化错误。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 解决办法：“重新上电”复位</li> </ul> <p>2000: 两个监控通道中的 STO 选择的状态不同。 另见：STO 生效时变频器对信号不一致的响应 (页 168)。</p> <p>2001: 两个监控通道中的安全脉冲封锁的反馈信号不同。</p> <p>2002: 两个监控通道中的延时计时器 SS1 的状态不同。 另见：STO 生效时变频器对信号不一致的响应 (页 168)。 另见：SS1 生效时变频器对信号不一致的响应 (页 182)。</p> <p>2003: 处理器 1 和处理器 2 上的 STO 端子的状态不同。 针对 2000、2001 和 2003 的解决办法：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 检查 F-DI 信号切换的公差时间。提高该值 (p9650)。</li> <li>• 检查 F-DI 的接线（接触问题）。</li> <li>• 检查 r9772 中 STO 选择的原因。</li> </ul> <p>6000: 内部软件错误</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• “重新上电”复位</li> <li>• 将固件升级到新版本</li> <li>• 更换控制单元</li> </ul> <p>6064: 目标地址和 PROFIsafe 地址不同 (F_Dest_Add)。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 检查变频器中安全参数 F_Dest_Add 的值。</li> <li>• 检查处理器 1 (p9610) 和处理器 2 (p9810) 上的 PROFIsafe 地址。</li> </ul> <p>6065: 目标地址无效 (F_Dest_Add)。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 目标地址不可以为 0 或 FFFF。</li> </ul> <p>6066: 源地址无效 (F_Source_Add)。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 源地址不可以为 0 或 FFFF。</li> </ul> <p>6067: 电子狗的时间值无效 (F_WD_Time)。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 电子狗的时间值不可以为 0。</li> </ul>

## 6.13 报警和故障列表

报告	原因	解决办法
	完整信息请参考参数手册。	
		<p>6165: 接收 PROFIsafe 报文时出错。如果变频器在重新上电复位后或插入 PROFIBUS/PROFINET 电缆后接收到了一个不一致的或旧 PROFIsafe 报文，同样会出现该错误。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 检查变频器中的配置和通讯。</li> <li>• 检查变频器中安全参数 F_WD_Time 的值。提高该值。</li> </ul> <p>6166: 接收 PROFIsafe 报文时时间监控出错。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 检查变频器中的通讯配置。</li> <li>• 检查变频器中 F_WD_Time 值的设置。提高该值。</li> <li>• 分析安全主站中的诊断信息。</li> <li>• 检查 PROFIsafe 连接。</li> </ul>
A01620 或 F01620	Safe Torque Off 生效	无需采取任何措施。
A01621 或 F01621	Safe Stop 1 生效	无需采取任何措施。
F01625	在安全数据中生命符号出错	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 选择并再次撤销 STO。</li> <li>2. 如果还是不能应答该故障，请更换控制单元。</li> </ol>
F01630	制动控制出错 详细说明见故障值 r0949	<p>根据故障值检查以下内容：</p> <p>10, 11: p1278 ≠ 0, 未连接制动器、断线或接地</p> <p>20: 制动绕组短接</p> <p>30, 31, 40: 未连接制动器或制动绕组短接</p> <p>50: 安全制动继电器、控制单元或功率模块故障</p>
A01631	电机抱闸 / SBC 配置无效	<p>检查并修改电机抱闸的参数设置：</p> <p>下列设置可导致故障信息：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• p1215 = 0 且 p9602 = 1。</li> <li>• p1215 = 3 且 p9602 = 1。</li> </ul>
F01640, F01641	组件更换已识别且需应答/保存	参见 检修 (页 251)。
F01649	内部软件错误。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 重新给控制单元上电。</li> <li>2. 如果还是不能应答该故障，请更换控制单元。</li> </ol>

报告	原因	解决办法
	完整信息请参考参数手册。	
F01650	未进行验收测试。	参见安全功能的验收 (页 156)。
F01651	安全时间片同步失败。	1. 重新给控制单元上电。 2. 如果还是不能应答该故障, 请更换控制单元。
F01653	PROFIBUS 配置错误。	检查主站和控制单元上安全槽的 PROFIBUS 配置。
A01654	PROFIsafe 配置不一致	在上级控制器中检查 PROFIsafe 配置。 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 报警值 r2124 = 1: 在上级安全控制器中删除 PROFIsafe 配置或在变频器中使能 PROFIsafe。</li> <li>• 报警值 r2124 = 2: 在上级控制器中配置合适的 PROFIsafe 报文。</li> </ul>
F01655	监控功能的补偿	1. 检查控制柜设计以及电缆布线是否符合 EMC 规定。 2. 重新给控制单元上电。
F01656	参数电机模块出错	1. 重新调试安全功能。 2. 如果还是不能应答故障, 请更换控制单元。
F01658	PROFIsafe 报文号不适用	p60022 中的 PROFIsafe 报文号与已使能的安全功能不匹配。 请确认以下项目: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 如果 PROFIsafe 未使能 (p9601.3 = 0), 则不允许在 p60022 中选择 PROFIsafe 报文。</li> <li>• 如果 PROFIsafe 已使能 (p9601.3 = 1), 则必须在 p60022 中选择一个 PROFIsafe 报文。</li> <li>• 如果选择了通过 PROFIsafe 传送 F-DI (p9501.30 = 1), 则必须在 p60022 中选择报文 900。</li> </ul>
F01659	拒绝参数的写入任务	检查安全功能的设置。 该故障信息的可能原因请参见参数手册。
F01660	不支持安全功能	使用一个支持安全功能的功率模块。
F01661	安全输入的模拟生效	结束对控制单元安全输入 F-DI 的模拟 (p0795)。
F01662	内部通讯错误	1. 重新给控制单元上电。 2. 如果还是不能应答该故障, 请咨询技术支持。

## 6.13 报警和故障列表

报告	原因	解决办法
	完整信息请参考参数手册。	
F01663	拒绝复制安全参数	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 设置 p9700 = 0。</li> <li>2. 确认 p9501 ≠ 0 和/或 p9601 ≠ 0。 如果是，则修改这两个参数。</li> <li>3. 在 p9700 中输入相应的值重新启动复制功能。</li> </ol>
F01665	系统失灵	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 重新给控制单元上电。</li> <li>2. 如果还是不能应答该故障，请咨询技术支持。</li> </ol>
A01666, F01666	F-DI 在安全应答时出现稳态 1 信号	将 F-DI 设为逻辑 0 信号，以应答安全功能的故障。
F01680	安全监控功能的校验和错误	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 检查与安全相关的参数。</li> <li>2. “重新上电”复位</li> </ol>
F01681	参数值错误	修改参数值： 故障值 (r0949) yyyyxxxx 十进制，yyyy = 附加信息，xxxx = 参数
F01682	不支持监控功能	撤销相关的监控功能 (p9501、p9601、p9801)。
F01683	SLS 未使能	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 使能功能 SLS (p9501.0)。</li> <li>2. 点击“Copy RAM to ROM”，保存设置。</li> <li>3. “重新上电”复位</li> </ol>
F01690	NVRAM 中的数据备份问题	请咨询技术支持。
F01692	参数值“无编码器”错误	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 从 r0949 中读取错误的十进制参数号。</li> <li>2. 修改校验和的参数值。</li> </ol>
A01693, F01693	安全功能参数经过修改，但要在热启动/重启后才可生效	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 断电保存参数 (RAM → ROM)。</li> <li>2. 重新给控制单元上电。</li> </ol>
A01696	在启动时选择测试运动监控	撤销并再次选中扩展安全功能的强制潜在故障检查。
A01697, F01697	要求执行扩展安全功能的强制潜在故障检查	启动强制潜在故障检查。启动该检查的信号源在 p9705 中设置。
A01698	开机调试模式有效	无需采取任何措施。
A01699	要求执行基本安全功能的强制潜在故障检查	撤销并再次选中 STO。
C01700 (故障)	STOP A 已触发	通常该故障的顺序为 C01701、C01706、C01714 或 C01716。
C01701 (故障)	STOP B 已触发	通常该故障的顺序为 C01706、C01714 或 C01716。

报告	原因	解决办法
完整信息请参考参数手册。		
C01706 (报警或故障) 1)	超出了 SAM/SBR 限值	1. 检查电机的制动过程。 2. 调整“安全制动斜坡”的公差。
C01711 (报警) 1)	在一个监控通道中的故障 详细说明见故障值 r2124。	完整的故障值 r2124 列表可以查阅参数手册。 0 ... 2: 处理器 1 和处理器 2 之间进行数据交叉比较时出错。解决办法: 参见参数手册。 3: 两个监控通道之间的位置实际值差 (r9713) 大于 p9542 中的公差。另见章节: 设置传动比和实际值公差 (页 110)。 4 ... 43: 处理器 1 和处理器 2 之间进行数据交叉比较时出错。解决办法: 参见参数手册。 44 ... 57: 监控功能的公差值在两个监控通道之间是 不同的。另见章节: 设置传动比和实际值公差 (页 110)。 58 ... 999: 处理器 1 和处理器 2 之间进行数据交叉比较时出错。解决办法: 参见参数手册。 1000: 控制计时器运行完毕。 • F-DI 的信号切换过于频繁 解决办法: • 检查 F-DI 的接线 (接触问题)。 1001: 控制计时器初始化错误。 • 解决办法: “重新上电”复位 • 升级变频器的固件 1005: 选择强制潜在故障检查时脉冲已被封锁。 1011: 监控通道之间的验收测试状态不同。 • 诊断信息参见参数手册中的 r9571。 1020: 监控通道之间的循环通讯中断。 • 解决办法: “重新上电”复位 • 请更换控制单元或变频器。 1040: 脉冲在无编码器的监控功能生效时被封锁。 • 撤销当前生效的安全功能。 选中并再次撤销 STO。

报告	原因	解决办法
	完整信息请参考参数手册。	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 当监控功能 SLS 生效时，您必须在撤销 STO 后的 5 秒内接通电机。</li> </ul> <p>1041: 用于无编码器实际值计算的电流值过低。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 降低最小电流 (p9588)。</li> </ul> <p>1042: 电流或电压不合理。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 提高斜升时间和斜降时间 (p1120/p1121)。</li> <li>• 检查电流控制和转速控制的设置是否正确（转矩电流、励磁电流和转速实际值不允许有振荡）。</li> <li>• 降低设定值的动态响应。</li> <li>• 提高最小电流 (p9588)。</li> <li>• 接通电机前应等待足够长时间，另见： <ul style="list-style-type: none"> <li>– 在 SLS 生效期间接通电机 (页 199)</li> <li>– 在 SSM 生效期间接通电机 (页 211)</li> <li>– 在 SDI 生效期间接通电机 (页 217)</li> </ul> </li> </ul> <p>1043: 加速过程过于频繁。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 提高电压公差 (p9589)。</li> <li>• 提高斜升时间和斜降时间 (p1120/p1121)。</li> <li>• 检查电流控制和转速控制的设置是否正确（转矩电流、励磁电流和转速实际值不允许有振荡）。</li> <li>• 降低设定值的动态响应。</li> </ul> <p>1044: 电流实际值不合理。</p> <p>6000 ... 6166: 安全故障 F01611（故障值 r0949）中有对故障信息值含义的说明。</p>
C01712 (报警) 1)	F-IO 处理出错	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 检查 F-DI 的接线。</li> <li>2. 检查安全功能的设置。</li> <li>3. 执行验收测试。</li> </ol>
C01714 (报警) 1)	超出了 Safe Limited Speed。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 检查上级控制器给出的转速设定值。</li> <li>2. 检查 SLS 限值。</li> </ol>

报告	原因	解决办法
	完整信息请参考参数手册。	
C01716 (故障)	超出了安全方向监控允许的公差。	检查功能 SDI 的公差。
C01770 (故障)	F-DI 或 F-DO 的信号不一致	检查 F-DI 的接线。
A01772	正在进行 F-DI/F-DO 的强制潜在故障检查	在该检查正常结束或异常中止后, 该报警会自动消失。
F01773	强制潜在故障检查出错	1. 检查 F-DO 的接线。 2. 启动强制潜在故障检查。
A01774	需要进行强制检查	强制潜在故障检查到期(p10003), 但还没有执行检查。 对 F-DO 进行强制潜在故障检查。
A01795	退出安全脉冲封锁后等待时间结束	5 秒的等待时间结束, 电机未接通。另见章节: <ul style="list-style-type: none"> <li>在 SLS 生效期间接通电机 (页 199)</li> <li>在 SSM 生效期间接通电机 (页 211)</li> <li>在 SDI 生效期间接通电机 (页 217)</li> </ul>
A01796	等待通讯	<ul style="list-style-type: none"> <li>检查安全主站的运行状态。</li> <li>检查与安全主站的通讯连接。</li> </ul>
C01798 (报警)	强制潜在故障检查正在运行	无需采取任何措施。 变频器会在强制潜在故障检查结束后撤销故障信息。
C01799 (报警)	验收测试模式生效	无需采取任何措施。 变频器会在验收测试模式结束后撤销故障信息。
F30600	STOP A 已触发。 详细说明见参数 r0949	1. 选择 STO。 2. 撤销 STO。 3. 如果还是不能应答该故障, 请更换控制单元。
F30611	一个监控通道内出现错误。 详细说明见参数 r0949	安全故障 F01611 中有对故障值和解决办法的说明。
A30620, F30620	Safe Torque Off 生效	无需采取任何措施。
A30621 或 F30621	Safe Stop 1 生效	无需采取任何措施。

## 6.13 报警和故障列表

报告	原因	解决办法
	完整信息请参考参数手册。	
F30625	在安全数据中生命符号出错	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 选择 STO。</li> <li>2. 撤销 STO。</li> <li>3. 如果还是不能应答该故障，请更换控制单元。</li> </ol>
F30630	制动控制出错	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 请确认以下项目： <ul style="list-style-type: none"> <li>- p1278 = 0。</li> <li>- 电机抱闸的接线</li> <li>- 电机抱闸功能</li> <li>- 控制柜设计以及电缆布线符合 EMC 规定。</li> </ul> </li> <li>2. 选择并再次撤销 STO。</li> </ol>
F30631		
F30649	内部软件错误。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 重新给控制单元上电。</li> <li>2. 如果还是不能应答该故障，请咨询技术支持。</li> </ol>
F30650	未进行验收测试。	参见安全功能的验收 (页 156)。
F30651	和控制单元的同步失败	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 重新给控制单元上电。</li> <li>2. 如果还是不能应答该故障，请咨询技术支持。</li> </ol>
F30655	监控功能的补偿	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 检查控制柜设计以及电缆布线是否符合 EMC 规定。</li> <li>2. 重新给控制单元上电。</li> </ol>
F30656	参数电机模块出错	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 重新调试安全功能。</li> <li>2. 如果还是不能应答故障，请更换控制单元。</li> </ol>
F30659	拒绝参数的写入任务	<p>核实以下项目：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 口令</li> <li>• 只恢复被禁用的安全功能的出厂设置</li> </ul>
F30662	内部通讯错误	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 重新给控制单元上电。</li> <li>2. 如果还是不能应答该故障，请咨询技术支持。</li> </ol>
F30664	启动阶段的错误	<p>“重新上电”复位。</p> <p>如果还是不能应答该故障，请咨询技术支持。</p>
F30665	系统失灵	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 重新给控制单元上电。</li> <li>2. 如果还是不能应答该故障，请更换控制单元。</li> </ol>
A30666, F30666	F-DI 在安全应答时出现稳态 1 信号	将 F-DI 设为 0 信号，以应答安全功能的故障。
F30672	控制单元的软件不兼容	<p>现有的控制单元不支持安全功能。</p> <p>请使用配套的控制单元。</p>
F30680	安全监控功能的校验和错误	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 检查安全功能的设置</li> <li>2. 重新给控制单元上电。</li> </ol>



报告	原因	解决办法
	完整信息请参考参数手册。	
F30681	参数值错误	修改参数值： 故障值 (r0949) yyyyxxxx 十进制，yyyy = 附加信息，xxxx = 参数
F30682	不支持监控功能	撤销相关的监控功能 (p9501、p9601、p9801)。
F30683	SLS 未使能	1. 使能功能 SLS (p9501.0)。 2. 点击“Copy RAM to ROM”，保存设置。 3. 重新给控制单元上电。
F30692	参数值“无编码器”错误	修改参数值。
A30693, F30693	安全功能参数经过修改，但要在热启动/重启后才可生效	1. 断电保存设置 (RAM → ROM)。 2. 重新给控制单元上电。
C30700 (故障)	STOP A 已触发	通常该故障的顺序为 C30701、C30706、C30714 或 C30716。
C30701 (故障)	STOP B 已触发	通常该故障的顺序为 C30706、C30714 或 C30716。
C30706 (报警或故障) 1)	超出了 SAM/SBR 限值	1. 检查电机的制动过程。 2. 调整“安全制动斜坡”的公差。
C30711 (报警) 1)	在一条监控通道中出现故障。 详细说明见故障值 r2124。	故障信息 C01711 中有对故障值诊断和解决办法的说明。
C30712 (报警) 1)	F-IO 处理出错	1. 检查 F-DI 的接线。 2. 检查安全功能的设置。 3. 执行验收测试。
C30714 (报警) 1)	超出了 Safe Limited Speed。	1. 检查上级控制器给出的转速设定值。 2. 检查 SLS 限值。
C30716 (故障)	超出了安全方向监控允许的公差。	检查功能 SDI 的公差。
30730		
C30770 (故障)	F-DI 或 F-DO 的信号不一致	检查 F-DI 的接线。

## 6.13 报警和故障列表


报告	原因	解决办法
	完整信息请参考参数手册。	
C30798 (报警)	强制潜在故障检查正在运行	无需采取任何措施。变频器会在强制潜在故障检查结束后撤销故障信息。
C30799 (报警)	验收测试模式生效	无需采取任何措施。 变频器会在验收测试模式结束后撤销故障信息。
1) 变频器的安全功能使能后, 该报警会触发 <b>STOP</b> 响应, 变频器会接着输出另一条故障信息。		

## 检修

### 7.1 维护操作安全

#### 操作安全责任

设备或机器的操作人员或配件供应商有责任确保其设备或机器的操作安全。因此，他们有义务持续提供所用产品的状态信息。

 <b>警告</b>
<b>在安全设备中使用错误的组件可引发生命危险</b> 不注意当前的产品研发和产品特性可导致安全设备或机器中的故障率升高。 <ul style="list-style-type: none"><li>• 请订阅相关新闻。</li><li>• 必要时请更换您的机器或设备，确保始终满足安全功能的要求。</li></ul>

#### 订阅新闻

##### 步骤



按如下步骤订阅采用集成安全技术的变频器的相关新闻：

1. 在浏览器中打开网页：西门子自动化技术 ([www.automation.siemens.com](http://www.automation.siemens.com))。
2. 在该页面上打开文件夹“支持”。
3. 在文件夹“支持”中选中链接“新闻”。
4. 点击“登录”，输入您的登录信息。

如果还未注册，则应选中“注册”并输入您的注册信息。

5. 您可以在“内联网中的标题新闻和产品新闻的文献类型选择”中选择您希望订阅的文档的种类。
6. 在“产品支持”下打开文件夹“安全系统 - 安全集成型”。

7. 至少要选择新闻“驱动技术”。



8. 如有需要，还可选择其他新闻。

9. 点击相应的按钮，保存您的设置。







您已订阅了采用集成安全技术的变频器的相关新闻。

## 7.2 更换模块化变频器 SINAMICS G120/G120D/G110M 的组件

### 7.2.1 变频器部件的更换

#### 允许更换的组件

在出现持续的功能故障后，必须更换变频器的功率模块或控制单元。  
变频器的功率模块和控制单元可以单独更换。

更换功率模块		更换控制单元	
备件： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 型号相同</li> <li>• 功率相同</li> </ul>	备件： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 型号相同</li> <li>• 相同的外形尺寸</li> <li>• 功率更大</li> </ul>	备件： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 型号相同</li> <li>• 固件版本相同</li> </ul>	备件： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 型号相同</li> <li>• 固件版本 <i>更高</i> (例如通过固件版本 V4.3 更换 V4.2)</li> </ul>
			
	功率模块和电机必须配套，也就是说：电机和功率模块的额定功率之比必须大于 1/8。	更换控制单元后必须将变频器恢复为出厂设置。	

**警告**

**变频器工作异常可导致人员受伤**

更换不同类型的变频器可能会导致工作异常。

- 如果变频器更换不符合上表要求，必须在更换后重试新变频器。

### PROFINET 通讯的特点：设备更换无需媒介

变频器支持 PROFINET 功能：设备更换无需媒介。

#### 前提条件

上级控制器中配置了带有相关 IO 设备的 PROFINET IO 系统的拓扑结构。

#### 设备更换

更换控制单元时，不可以将存有设备名称的媒介（存储卡）插入变频器或重新分配设备名称。

有关设备更换无需媒介的更多信息请参考 PROFINET 系统说明 (<http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/19292127>)。

## 7.2.2 更换安全功能已使能的控制单元

### 更换控制单元，数据备份在存储卡上

#### 前提条件

有一张保存了待更换控制单元当前设置的存储卡。

如果使用了带固件的存储卡，在更换控制单元后，会获得一份该控制单元固件和设置的拷贝。

#### 步骤



按如下步骤更换控制单元：

1. 断开功率模块的主电源。CU 数字量输出使用外部 24 V 电源时，也要断开该电源。
2. 拔出 CU 的信号电缆。
3. 从功率模块上拔出失灵的 CU。
4. 从旧 CU 中拔出存储卡，将卡插入新的 CU。
5. 在功率模块上装入新的 CU。它的订货号必须和旧 CU 一样，固件版本需相同或更高。
6. 重新接上 CU 的信号电缆。
7. 重新接通主电源。
8. 变频器从存储卡上读入设置。
9. 检查变频器在读入设置后报告了哪些信息。

– 报警 A01028:

读入的设置与变频器不兼容。

此时请设置 p0971 = 1 删除报警，然后重新调试变频器。

– 故障 F01641:

应答该显示信息。

执行简化的验收测试，参见 更换组件后的简化验收 (页 266) 一章。



您已更换了控制单元并将安全功能的设置从存储卡上传送到了新的控制单元上。

## 更换控制单元，数据备份在 PC 中


### 前提条件

已经使用 STARTER 在 PC 上备份了待更换控制单元的当前设置。

### 步骤



按如下步骤更换控制单元：

1. 断开功率模块的主电源。CU 的数字量输出使用外部 24 V 电源时，也要断开该电源。
2. 拔出 CU 的信号电缆。
3. 从功率模块上拔出失灵的 CU。
4. 在功率模块上装入新的 CU。
5. 重新接上 CU 的信号电缆。
6. 重新接通主电源。
7. 在 STARTER 中打开变频器的程序。
8. 进入在线模式，点击按钮，将设置从 PC 中下载到变频器中。  
下载结束后，变频器会输出故障信息。  
忽略该信息，因为下列步骤会自动应答该信息。
9. 在 STARTER 中打开“Safety Integrated”对话框。
10. 点击按钮“Change settings”。
11. 点击按钮“Activate settings”。
12. 点击“Copy RAM to ROM”，保存设置。
13. 切断变频器的电源。
14. 等待片刻，直到变频器上所有的 LED 都熄灭。
15. 重新接通变频器的电源（“重新上电”复位）。
16. 执行简化的验收测试，参见 更换组件后的简化验收 (页 266) 一节。

■ 您已更换了控制单元并将安全功能的设置从 PC 中传递到了新的控制单元上。



## 更换控制单元，数据备份在操作面板中

### 前提条件

已经在操作面板上备份了待更换控制单元的当前设置。

### 步骤



按如下步骤更换控制单元：

1. 断开功率模块的主电源。CU 的数字量输出使用外部 24 V 电源时，也要断开该电源。
2. 拔出 CU 的信号电缆。
3. 从功率模块上拔出失灵的 CU。
4. 在功率模块上装入新的 CU。
5. 重新接上 CU 的信号电缆。
6. 重新接通主电源。
7. 将操作面板插到控制单元上或将操作面板的手持单元与变频器连接在一起。
8. 将设置从操作面板传送到变频器中。
9. 请等待直至传送结束。
10. 检查变频器在读入设置后是否发出报警 A01028。
  - 报警 A01028：  
读入的设置与变频器不兼容。  
此时请设置 p0971 = 1 删除报警，然后重新调试变频器。
  - 无报警 A01028：继续下一步。
11. 切断变频器的电源。
12. 等待片刻，直到变频器上所有的 LED 都熄灭。
13. 重新接通变频器的电源（“重新上电”复位）。  
变频器发出故障信息 F01641、F01650、F01680 和 F30680。  
忽略该信息，因为下列步骤会自动应答该信息。
14. 设置 p0010 = 95。
15. 设置 p9761 安全口令。
16. 设置 p9701 = AC hex。
17. 设置 p0010 = 0。

18. 断电保存设置。
  - BOP-2 上的菜单“EXTRAS” - “RAM-ROM”。
  - IOP 上的菜单“SPEICHERN RAM TO ROM”。
19. 切断变频器的电源。
20. 等待片刻，直到变频器上所有的 LED 都熄灭。
21. 重新接通变频器的电源（“重新上电”复位）。
22. 执行简化的验收测试，参见 更换组件后的简化验收 (页 266) 一节。



您已更换了控制单元并将安全功能的设置从操作面板传送到了新的控制单元上。

### 7.2.3 更换控制单元，没有备份数据

如果没有备份数据，您必须在更换控制单元后重新调试变频器。

#### 步骤



按如下步骤在没有备份设置的情况下更换控制单元：

1. 断开功率模块的主电源。CU 的数字量输出使用外部 24 V 电源时，也要断开该电源。
2. 拔出 CU 的信号电缆。
3. 从功率模块上拔出失灵的 CU。
4. 在功率模块上装入新的 CU。
5. 重新接上 CU 的信号电缆。
6. 重新接通主电源。
7. 重新调试变频器。



调试完成后，控制单元的更换结束。

## 7.2.4 在安全功能已使能时更换功率模块



## 危险

接触带电的功率模块接口可引发生命危险

断开电源后请至少等待 5

分钟，直到功率模块中的电容器放电到安全电压水平。接触带电部件会造成人员重伤，甚至死亡。

- 开展安装作业前应检查功率模块接口上是否有电压。

## 注意

## 调换电机的连接电缆可导致电机损坏

调换电机电缆的两个相位会使电机反向旋转。电机反向旋转可导致机器或设备损坏。

- 按正确的顺序连接电机电缆的三个相位。
- 在更换功率模块后检查电机的旋转方向。

## 步骤



按如下步骤更换功率模块：

1. 断开功率模块的主电源。  
如果控制单元采用外部 24 V 电源，可不关闭该电源。
2. 拔出功率模块上的连接电缆。
3. 从功率模块上取出 CU。
4. 更换功率模块。
5. 将 CU 插入新的功率模块。
6. 在新的功率模块上接好连接电缆。
7. 重新接通主电源，必要时还要接通控制单元的 24 V 电源。
8. 变频器报告故障信息 F01641。
9. 执行简化的验收测试，参见 更换组件后的简化验收 (页 266) 一节。



您已成功更换了功率模块。

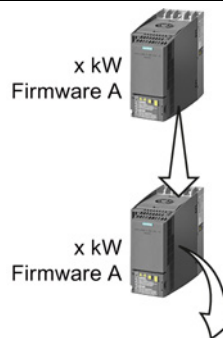
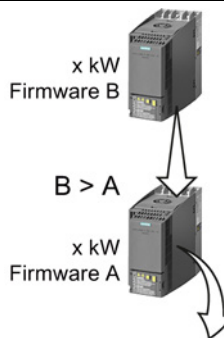
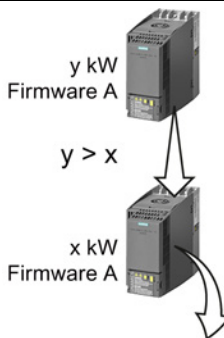
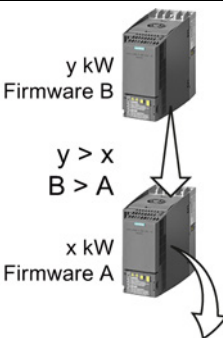
## 7.3 更换变频器 SINAMICS G120C 或 SIMATIC ET 200pro FC-2

### 7.3.1 变频器更换简介

在变频器出现长期的功能故障时，必须更换变频器。

#### 一览

可在下列情况中更换变频器：

<p>备件：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 现场总线接口相同</li> <li>• 功率相同</li> <li>• 固件版本相同</li> </ul>	<p>备件：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 现场总线接口相同</li> <li>• 功率相同</li> <li>• 固件版本 <i>更高</i> (例如通过固件版本 V4.3 更换 V4.2)</li> </ul>	<p>备件：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 现场总线接口相同</li> <li>• 外形尺寸相同</li> <li>• 功率 <i>更大</i></li> <li>• 固件版本相同</li> </ul>	<p>备件：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 现场总线接口相同</li> <li>• 外形尺寸相同</li> <li>• 功率 <i>更大</i></li> <li>• 固件版本 <i>更高</i> (例如通过固件版本 V4.3 更换 V4.2)</li> </ul>
 <p>x kW Firmware A</p> <p>x kW Firmware A</p>	 <p>x kW Firmware B</p> <p>B &gt; A</p> <p>x kW Firmware A</p>	 <p>y kW Firmware A</p> <p>y &gt; x</p> <p>x kW Firmware A</p>	 <p>y kW Firmware B</p> <p>y &gt; x B &gt; A</p> <p>x kW Firmware A</p>
		<p>变频器和电机必须相互匹配，也就是说：电机和变频器的额定功率之比必须大于 1/8。</p>	

更换变频器后必须将变频器恢复为出厂设置。



**警告**

#### 变频器工作异常可导致人员受伤

更换不同类型的变频器可能会导致工作异常。

- 如果变频器更换不符合上表要求，必须在更换后重试新变频器。

**PROFINET 通讯的特点：设备更换无需媒介**

变频器支持 PROFINET 功能：设备更换无需媒介。

**前提条件**

上级控制器中配置了带有相关 IO 设备的 PROFINET IO 系统的拓扑结构。

**设备更换**

更换控制单元时，不可以将存有设备名称的媒介（存储卡）插入变频器或重新分配设备名称。

有关设备更换无需媒介的更多信息请参考 PROFINET 系统说明 (<http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/19292127>)。

**7.3.2 更换安全功能已使能的变频器****危险**

接触功率模块带电端子可引发生命危险

断开电源后请至少等待 5

分钟，直到变频器中的电容器放电到安全电压水平。接触带电部件会造成人员重伤，甚至死亡。

- 开展安装作业前再次检查变频器的接口上是否有电压。

**注意**

调换电机的连接电缆可导致电机损坏

调换电机电缆的两个相位会使电机反向旋转。电机反向旋转可导致机器或设备损坏。

- 按正确的顺序连接电机电缆的三个相位。
- 在更换功率模块后检查电机的旋转方向。

## 更换变频器，数据备份在存储卡上

## 步骤



按如下步骤更换变频器：

1. 断开变频器的电源。变频器的数字量输出使用外部 24 V 电源时，也要断开该电源。
2. 拆下变频器的连接电缆。
3. 取出失效的变频器。
4. 装入新变频器。
5. 从旧变频器中取出存储卡然后将它插入新变频器中。
6. 将所有的电缆连接到变频器上。
7. 重新接通变频器的电源。变频器的数字量输出使用外部 24 V 电源时，也要重新接通该电源。
8. 变频器从存储卡上读入设置。
9. 检查变频器在读入设置后是否发出报警 A01028。

– 报警 A01028:

读入的设置与变频器不兼容。

此时请设置  $p0971 = 1$  删除报警，然后重新调试变频器。

– 无报警 A01028:

执行简化的验收测试，参见章节 更换组件后的简化验收 (页 266)。




您已更换了变频器并将安全功能的设置从存储卡上传送到了新变频器上。

## 更换变频器，数据备份在 PC 中

## 步骤



按如下步骤更换变频器：

1. 断开变频器的电源。变频器的数字量输出使用外部 24 V 电源时，也要断开该电源。
2. 拆下变频器的连接电缆。
3. 取出失效的变频器。
4. 装入新变频器。
5. 将所有的电缆连接到变频器上。
6. 重新接通变频器的电源。变频器的数字量输出使用外部 24 V 电源时，也要重新接通该电源。
7. 在 STARTER 中打开变频器的程序。
8. 进入在线模式，点击按钮，将设置从 PC 中下载到变频器中。  
下载结束后，变频器会输出故障信息。  
忽略该信息，因为下列步骤会自动应答该信息。
9. 在 STARTER 中打开“Safety Integrated”对话框。
10. 点击按钮“Change settings”。
11. 点击按钮“Activate settings”。
12. 点击“Copy RAM to ROM”，保存设置。
13. 切断变频器的电源。
14. 等待片刻，直到变频器上所有的 LED 都熄灭。
15. 重新接通变频器的电源（“重新上电”复位）。
16. 执行简化的验收测试，参见 更换组件后的简化验收 (页 266) 一节。

您已更换了变频器并将安全功能的设置从 PC 中传送到新变频器上。

## 更换变频器，数据备份在操作面板中 (BOP-2 或 IOP)

## 步骤



按如下步骤更换变频器：

1. 断开变频器的电源。变频器的数字量输出使用外部 24 V 电源时，也要断开该电源。
2. 拆下变频器的连接电缆。
3. 取出失效的变频器。
4. 装入新变频器。
5. 将所有的电缆连接到变频器上。
6. 重新接通变频器的电源。变频器的数字量输出使用外部 24 V 电源时，也要重新接通该电源。
7. 将操作面板插到变频器上。
8. 将设置从操作面板载入到变频器中，例如：使用 BOP-2 上的菜单键“EXTRAS” - “FROM BOP”。
9. 请等待直至传送结束。  
下载结束后，变频器会输出故障信息。  
忽略该信息，因为下列步骤会自动应答该信息。
10. 切断变频器的电源。
11. 等待片刻，直到变频器上所有的 LED 都熄灭。
12. 重新接通变频器的电源（“重新上电”复位）。
13. 执行简化的验收测试，参见 更换组件后的简化验收 (页 266) 一节。



您已更换了变频器并将安全功能的设置从操作面板传送到了新的变频器上。



### 7.3.3 更换变频器，没有备份数据

如果没有备份数据，您必须在更换变频器后重新调试变频器。

#### 步骤



按如下步骤更换变频器：

1. 断开变频器的电源。变频器的数字量输出使用外部 24 V 电源时，也要断开该电源。
2. 拆下变频器的连接电缆。
3. 取出失效的变频器。
4. 装入新变频器。
5. 将所有的电缆连接到变频器上。
6. 重新接通变频器的电源。变频器的数字量输出使用外部 24 V 电源时，也要重新接通该电源。
7. 重新调试变频器。



调试完成后，变频器的更换结束。

## 7.4 更换组件后的简化验收

更换组件或升级固件后，还需执行安全功能的简化验收。

表格 7-1 更换组件后的简化验收

措施	验收测试	记录
更换同类型控制单元或变频器	无需执行安全功能的验收测试。 只检查电机的旋转方向。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 增加变频器数据</li> <li>• 记录新的校验和</li> <li>• 会签</li> </ul>
更换同类型功率模块		在变频器数据中加入硬件型号。
更换带相同极对数的电机		没有改变。
更换带相同传动比的齿轮箱		
更换安全制动继电器	检查 SBC 功能。	在变频器数据中加入硬件型号。
更换安全 I/O（例如急停开关）。	检查受组件更换影响的安全功能的控制。	没有改变。
升级变频器的固件。	无需执行安全功能的验收测试。 检查固件升级是否成功及变频器功能是否正常。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 在变频器数据中加入固件版本</li> <li>• 记录新的校验和</li> <li>• 会签。</li> </ul>

另见章节：安全功能的验收 (页 156)。

## 系统属性

### 8.1 安全功能的故障概率（PFH 值）

给定的故障概率值遵循以下条件：

- 未达到变频器的使用寿命。
- 未达到检查间隔。

#### 使用寿命

集成了安全功能的变频器的使用寿命为 20 年，从交付之日算起。使用寿命不可延长，包括由服务站检查变频器的时间及期间变频器的停用时间。

#### 检查间隔

变频器的安全回路每年至少检查一次。该过程称为“强制潜在故障检查”或“Teststop”。强制潜在故障检查的说明见章节：定期测试安全功能 (页 161)。

#### 故障概率

表格 8-1 安全功能的故障概率

安全功能	PFH、PFH <sub>D</sub> <sup>1)</sup>	PFD <sup>2)</sup>
STO、SBC <sup>3)</sup> 、SS1、SLS、SDI、SSM	$5 \times 10^{-8}$ 1/h	$5 \times 10^{-3}$

1) PFH、PFH<sub>D</sub>：每小时故障率 (Probability of Failure per Hour)。

PFH 符合 IEC 61800-5-2，PFH<sub>D</sub> 符合 IEC 62061。

2) PFD：安全功能要求率较低时：安全功能的故障率处于中等水平，符合 IEC 61508。

3) 包括安全制动继电器

设备制造商必须用 PFH 值指出设备上每项安全功能的故障概率。

### 8.1 安全功能的故障概率 (PFH 值)

变频器集成的安全功能只是机器上安全系统的一部分。

比如：一个完整的安全系统可包括以下组件：

- 一个双路传感器，用于感测防护门的打开状态。
- 一个中央安全控制器，用于继续处理传感器信号。
- 一台变频器，用于根据防护门的打开状态使电机受控停车 (SS1)。

IEC 62061 说明了如何从单个组件安全功能的 PFH<sub>D</sub> 值计算出整套安全系统的 PFH<sub>D</sub> 值。

我们在网上为您提供了一个免费的计算工具，您可以利用它，轻松计算出整台机器安全系统的 PFH<sub>D</sub> 值：安全评估工具 ([www.siemens.com/safety-evaluation-tool](http://www.siemens.com/safety-evaluation-tool))。

有关故障概率 PFH 和 PFD 的应用示例请访问网页：应用示例 (<http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/76254308>)。

## 8.2 响应时间

### 选择后的响应时间

选择 **Safe Torque Off (STO)** 功能时，电机在响应时间届满后安全封锁转矩。

如果电机在选择 **STO** 时处于静止状态，其在响应时间届满后也会处于安全状态。

对于所有其他在选择后生效的功能，响应时间和电机安全状态之间的关系不始终是唯一的：

- **基本安全功能**  
**SS1**：只有在安全计时器届满后或处于静止状态时，电机才处于安全状态下。因此，实际上无需对选择后的响应时间和安全计时器进行比较。
- **扩展安全功能 SS1**：只有处于静止状态时，电机才处于安全状态下。选择 **SS1** 时，变频器会在响应时间届满后使电机减速制动。虽然变频器会对制动过程进行监控，但电机减速至静止状态的时间取决于应用及一个非安全参数。因此，选择后的响应时间实际上无关紧要。
- **SLS 和 SDI**：仅当出现反馈“SLS 生效”或“SDI 生效”时，电机才处于安全状态下。从选择功能到电机达到安全状态的时间取决于应用及一个非安全参数。因此，选择后的响应时间实际上无关紧要。

选择后的响应时间仅与 **STO** 功能有关且仅指定用于 **STO** 功能。

### 选择后 STO 功能的响应时间

响应时间由以下条件决定：

- 安全功能的设置
  - 基本安全功能
  - 扩展安全功能
- PROFIBUS 或 PROFINET
- 通过安全输入或 PROFIsafe 选择

下表列出了安全输入上的信号发生改变或收到 **PROFIsafe** 报文到安全功能生效之间的响应时间。

8.2 响应时间

表格中的“最差值”表示：

变频器无故障时的最差值： 响应时间小于或等于给定值。  
 响应时间针对的是变频器外部的故障原因，例如：

- 上级控制器给出的设定值错误
- 转速超限

出现变频器故障时的最差值： 响应时间小于或等于给定值。  
 响应时间针对的是变频器内部的故障原因，例如：

- 断路路径故障
- 微处理器故障

通过 PROFIsafe 选择时 STO 的响应时间

表格 8-2 基本安全功能 STO 的响应时间

	变频器无故障时的最差值	出现变频器故障时的最差值
PROFIBUS	14 ms	
PROFINET	14 ms + 总线循环时间	

表格 8-3 扩展安全功能 STO 的响应时间

	变频器无故障时的最差值	出现变频器故障时的最差值
PROFIBUS	54 ms	56 ms
PROFINET	54 ms + 总线循环时间	56 ms + 总线循环时间

总线循环时间：通过 PROFINET 进行循环数据交换的时间。

## 通过安全输入选择时 STO 的响应时间

表格 8-4 STO 的响应时间

	变频器无故障时的最差值	出现变频器故障时的最差值
基本安全功能 STO	4 ms + t <sub>E</sub> <sup>1)</sup>	6 ms + t <sub>E</sub> <sup>1)</sup>
扩展安全功能 STO	50 ms + t <sub>E</sub> <sup>1)</sup>	52 ms + t <sub>E</sub> <sup>1)</sup>
1) 去抖时间 > 0 时: t <sub>E</sub> = 去抖时间 + 3 ms 去抖时间 = 0 时: t <sub>E</sub> = 4 ms 取决于安全功能 STO 的设置, 去抖时间的说明参见下列其中一个章节: <ul style="list-style-type: none"> <li>• STO 作为基本安全功能: 设置安全输入的滤波器 (页 96)。</li> <li>• STO 作为扩展安全功能: 设置安全输入的滤波器 (页 115)。</li> </ul>		

## PROFIsafe 通讯中断后的响应时间

如果 PROFIsafe 报文的长度长于 PROFIsafe 监控时间 F\_WD\_Time, 变频器的响应步骤如下:

- 变频器报告下列其中一个故障:
  - 故障 F01611 (基本安全功能已使能)
  - 信息 C01711 (扩展安全功能已使能)

变频器从安全控制器 (F-CPU) 接收监控时间 F\_WD\_Time。另见章节 通过带 GSD 的报文 30 配置 PROFIBUS 通讯 (页 78)。

- 变频器选中功能 STO。

8.2 响应时间

发现超限后的响应时间

表格 8-5 到响应开始的时间

功能	响应	驱动系统无故障时的最差值	存在故障时的最差值
SS1	STOP A	67 ms <sup>2)</sup>	113 ms <sup>2)</sup>
SLS	STOP A 或 STOP B		
SDI	STOP A 或 STOP B		
<sup>2)</sup>	如果在安全功能生效期间给出 ON 指令接通电机，变频器最早在“Actual value acquisition time”结束后发现超限，另见章节：设置无编码器的实际值计算 (页 111)。		

信号“SSM 状态”变化

功能	响应	驱动系统无故障时的最差值	存在故障时的最差值
SSM	信号“SSM 状态”变化	67 ms <sup>3)</sup>	113 ms <sup>3)</sup>
<sup>3)</sup>	如果在安全功能生效期间给出 ON 指令接通电机，变频器最早在“Actual value acquisition time”结束后报告正确的状态，另见章节：设置无编码器的实际值计算 (页 111)。		



## 8.3 认证

### 认证

变频器集成的安全功能达到以下要求：

- 3 类，性能等级 (PL) d 符合 EN ISO 13849-1:2006
- IEC 61508 的安全集成等级 2 (SIL 2)。
- 欧盟一致性声明

### 样品检验证书和制造商声明

集成安全功能经过检验机构认证，适用于每个已使能的固件版本。

检验机构授予样品检验证书，证明安全功能符合 EN ISO 13849-1 和 IEC 61508 的要求。

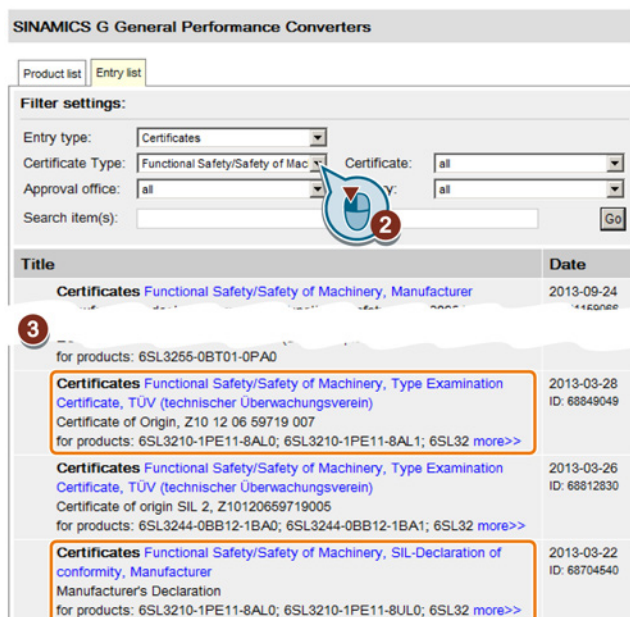
从使能固件版本到由检验机构授予样品检验证书的过渡阶段内，我们会提供一个制造商声明，证实安全功能符合相应的标准。

### 步骤



按如下步骤从网上下载与 Safety Integrated 相关的证书：

1. 在浏览器中载入网页：证书  
(<http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/36426537/134200>)
2. 根据 Certificate Type 筛选出 “Functional Safety/Safety of Machine”。
3. 根据变频器订货号选择证书。
  - 每个变频器系列都有一个样品检验证书和一个制造商声明。
  - 每个证书都包含配套的固件和硬件列表。



您已从网上下载了与 Safety Integrated 相关的证书。

### 欧盟一致性声明

根据机械指令的附录 IV，带 Safety Integrated 的变频器被定义为“用于安全功能的逻辑单元”及“安全部件”。机械指令规定了安全部件及机器的操作方式。为此，必须为安全部件加贴 CE 标志。作为设备制造商，必须为设备的 CE 标志创建文档，文档中附有所安装产品的欧盟一致性声明。有关当前生效的变频器欧盟一致性声明可访问网址：  
 欧盟一致性声明 (<http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/67385845>)

## 8.4 Safe Brake Relay

### 安全制动继电器的技术数据

技术数据	属性
电源	DC 20.4 到 28.8 V 建议采用额定电压大于等于 26 V 的电源，以对制动电缆的电压降进行补偿。
电流需求（在 DC 24 V 时）	0.05 A + 电机抱闸的电流需求
最大电流	2 A
最大连接横截面	2.5 mm <sup>2</sup>
尺寸（长 x 宽 x 高）	69 mm x 63 mm x 33 mm
重量	约 0.17 kg

*8.4 Safe Brake Relay*

## A.1 验收测试示例

通过验收测试可检查变频器中安全功能的设置是否正确。

下面展示的是一些验收测试示例及其基本操作步骤，没有覆盖所有可能的变频器设置。

### 验收测试的建议

- 请采用允许的最大转速和加速度开展验收测试，以测试电机是否可以达到预期的最大减速距离和减速时间。
- PC 工具 STARTER 中的 Trace（跟踪）功能可以简化某些应用中的验收测试，例如：在不容易接近机器中的驱动时。因此，我们建议在一些验收测试中使用该跟踪功能。
- 如果已经对一个验收测试做了跟踪记录，则须进行以下操作：
  - 如果要保存跟踪结果，应将保存位置输入到验收报告中
  - 如果要打印跟踪结果，应将打印的跟踪结果附在验收报告中
- 如果无需跟踪功能便可执行验收测试，则可以放弃该工具。
- 报警 A01697：

这些报警在每次系统启动后都会出现，不是关键报警：

在完成变频器中安全功能的验收测试后，还须检查机器或设备中的与安全相关的功能是否可以正常运行。另见 验收 (页 156)。

### 支持通过 STARTER 应用程序进行验收

应用程序“Safety Acceptance Test（安全验收测试）”

会引导（半自动）您执行安全功能的验收测试。该应用程序会记录您的设置并生成一份 Excel 文件。

应用程序的验收测试 (<http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/73102423>)。

A.1.1 基本功能 STO 的验收测试

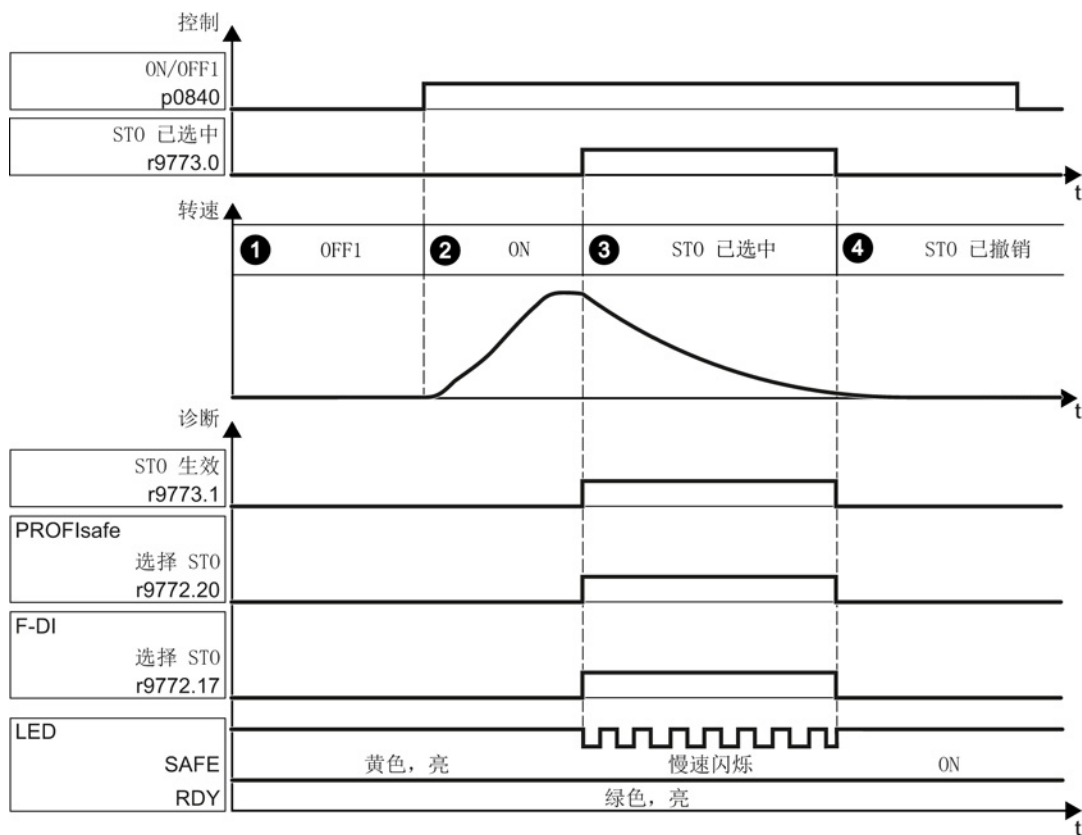


图 A-1 基本安全功能 STO 的验收测试

步骤



按如下步骤执行属于基本安全功能范畴中的 STO 功能的验收测试：

		状态
1.	<b>变频器运行就绪</b>	
	• 变频器既不报告安全功能故障，也不发出报警 (r0945[0...7]、r2122[0...7])。	
	• STO 未生效 (r9773.1 = 0)。	
2.	<b>接通电机</b>	
	2.1. 给出一个不为 0 的转速设定值。	
	2.2. 给出 ON 指令，接通电机。	
	2.3. 检查电机是否转动。	

		状态
3.	<b>选择 STO</b>	
3.1.	在电机旋转时，选择 STO <i>测试配置的每种控制方式，例如：数字量输入控制方式和 PROFIsafe 控制方式。</i>	
3.2.	请确认以下项目：	
	通过 PROFIsafe 控制时	端子控制法
	<ul style="list-style-type: none"> <li>变频器报告：“通过 PROFIsafe 选择 STO” (r9772.20 = 1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>变频器报告：“通过端子选择 STO” (r9772.17 = 1)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>如果没有机械制动，电机惯性滑行停车。如果有机械制动，电机静止后制动抱紧电机。</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>变频器既不报告安全功能故障，也不发出报警 (r0945[0...7]、r2122[0...7])。</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>变频器报告：“STO 已选中” (r9773.0 = 1)。</li> <li>“STO 生效” (r9773.1 = 1)。</li> </ul>	
4.	<b>撤销 STO</b>	
4.1.	撤销 STO。	
4.2.	请确认以下项目：	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>STO 未生效 (r9773.1 = 0)。</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>变频器既不报告安全功能故障，也不发出报警 (r0945[0...7]、r2122[0...7])。</li> </ul>	

■ 您已完成功能 STO 的验收测试。

### A.1.2 STO 的验收测试（扩展安全功能）

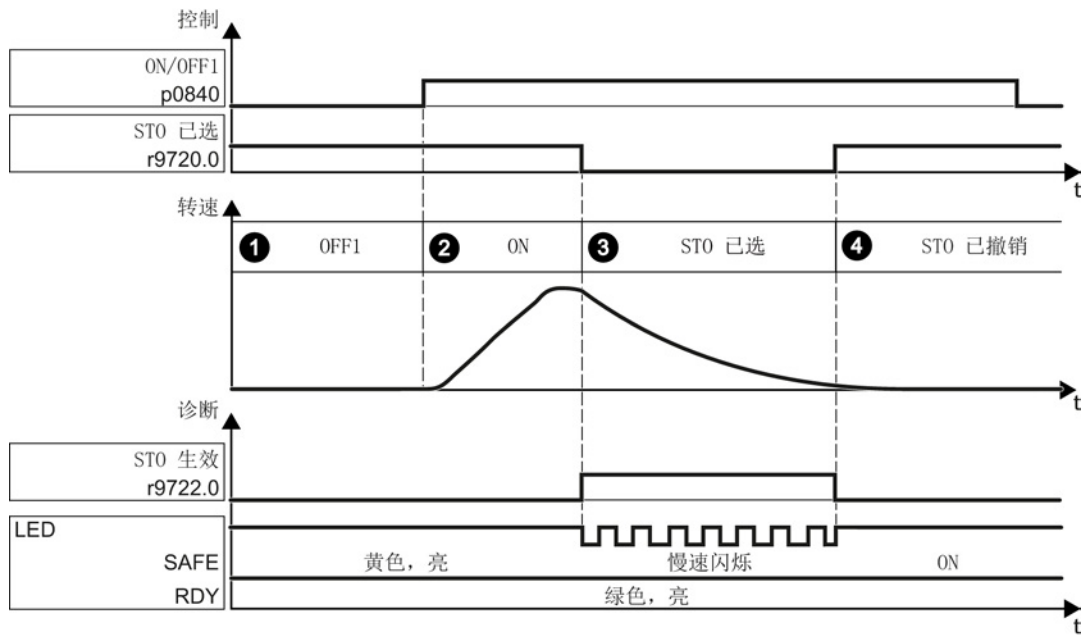


图 A-2 扩展安全功能 STO 的验收测试



## 步骤



按如下步骤执行属于扩展安全功能范畴中的 STO 功能的验收测试：

		状态
1.	<b>变频器运行就绪</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>变频器既不报告安全功能故障，也不发出报警 (r0945[0...7]、r2122[0...7])。</li> <li>STO 未生效 (r9722.0 = 0)。</li> </ul>	
2.	<b>接通电机</b>	
	2.1. 给出一个不为 0 的转速设定值。	
	2.2. 给出 ON 指令，接通电机。	
	2.3. 检查电机是否转动。	
3.	<b>选择 STO</b>	
	3.1. 在电机旋转时，选择 STO。	
	3.2. 请确认以下项目：	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>如果没有机械制动，电机惯性滑行停车。如果有机械制动，电机静止后制动抱紧电机。</li> <li>变频器既不报告安全功能故障，也不发出报警 (r0945[0...7]、r2122[0...7])。</li> <li>变频器报告：“STO 生效” (r9722.0 = 1)。</li> </ul>	
4.	<b>撤销 STO</b>	
	4.1. 撤销 STO 。	
	4.2. 请确认以下项目：	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>STO 未生效 (r9722.0 = 0)。</li> <li>变频器既不报告安全功能故障，也不发出报警 (r0945[0...7]、r2122[0...7])。</li> </ul>	

您已完成功能 STO 的验收测试。

### A.1.3 基本安全功能 SS1 的验收测试

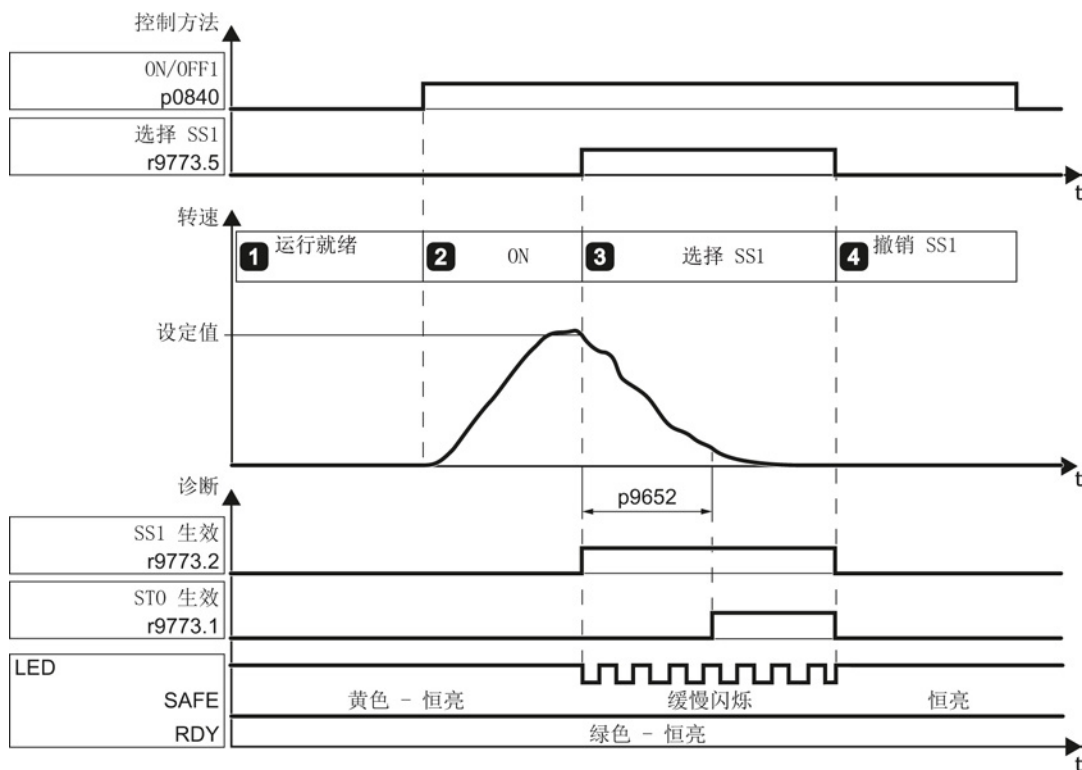


图 A-3 基本安全功能 SS1 的验收测试

#### 步骤



按如下步骤执行功能 SS1 的验收测试:

		状态
1	<b>变频器运行就绪</b>	
	· 请确认以下项目:	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>变频器既不报告安全功能故障, 也不发出报警 (r0945[0...7]、r2122[0...7])。</li> <li>SS1 未生效 (r9773.6 = 0)。</li> </ul>	
2	<b>接通电机</b>	
	· 2.1 给出一个不为 0 的转速设定值。	
	· 2.2 给出 ON 指令, 接通电机。	

		状态	
	2.3	检查电机是否转动。	
3	<b>选择 SS1</b>		
	3.1	在电机接通后，选择 SS1。 · 测试配置的每种控制方式，例如：数字量输入控制方式和 <i>PROFIsafe</i> 控制方式。	
	3.2	在机器上确认以下项目：	
		· 电机在 OFF3 斜坡上减速制动。	
		· SS1 生效 (r9773.6 = 1)。	
		· p9652 时间届满后，变频器报告：“STO 生效” (r9773.1 = 1)。	
4	<b>撤销 SS1</b>		
	4.1	撤销 SS1。	
	4.2	请确认以下项目：	
		· SS1 未生效 (r9773.6 = 0)。	
		· 变频器既不报告安全功能故障，也不发出报警 (r0945[0...7]、r2122[0...7])。	

■ 您已结束功能 SS1 的验收测试。

### A.1.4 扩展安全功能 SS1 的验收测试

下面两幅示意图展示了我们建议的验收测试步骤。变频器的响应各有不同，取决于 SS1 的设置：

- 图 1：选中 SS1 后，变频器通过制动斜坡监控功能监控转速。
- 图 2：选中 SS1 后，变频器通过加速监控功能监控转速。

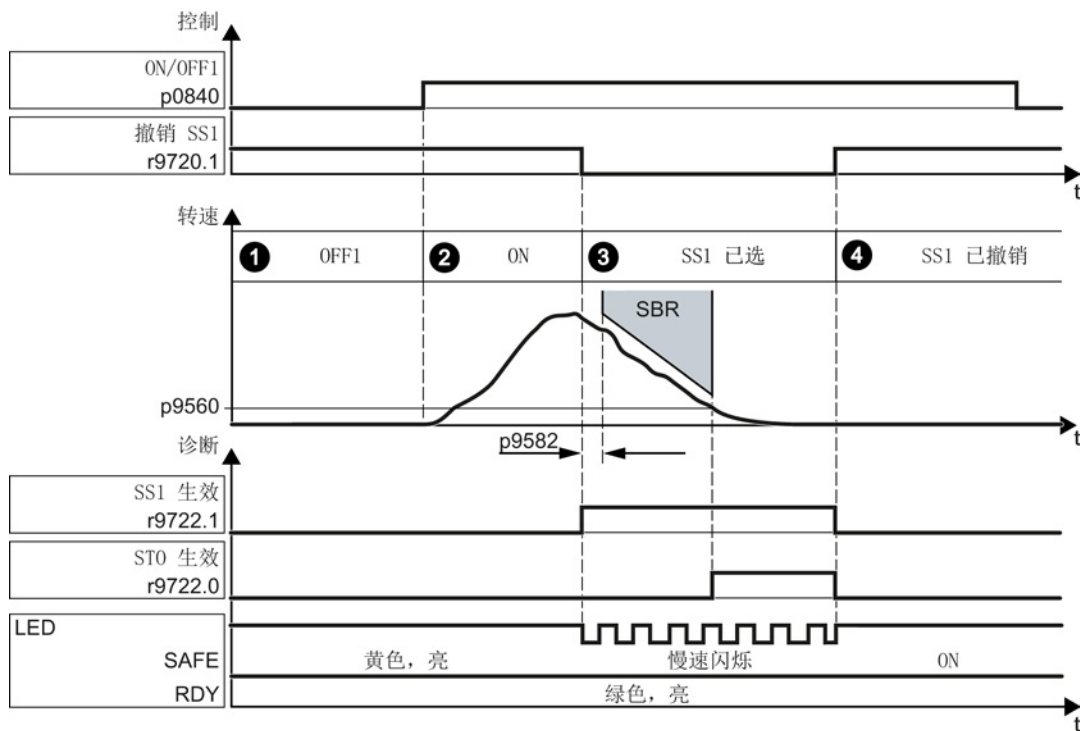


图 A-4 图 1 - 带制动斜坡监控的 SS1 的验收测试

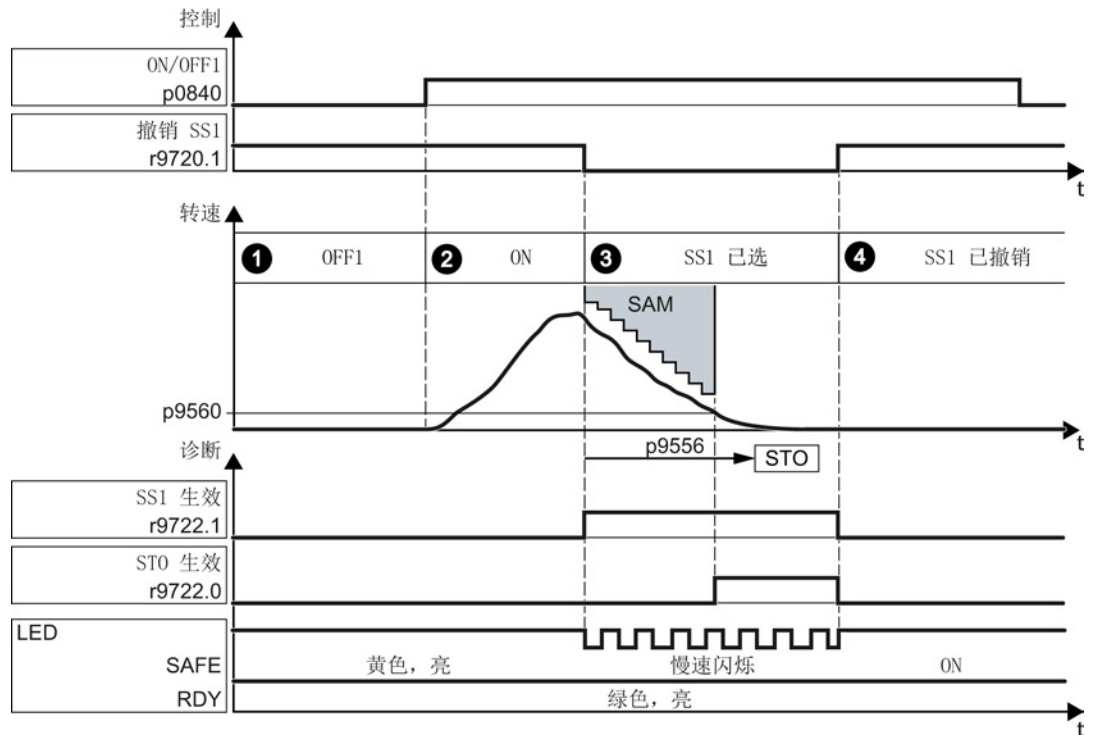


图 A-5 图 2 - 带加速监控的 SS1 的验收测试

步骤



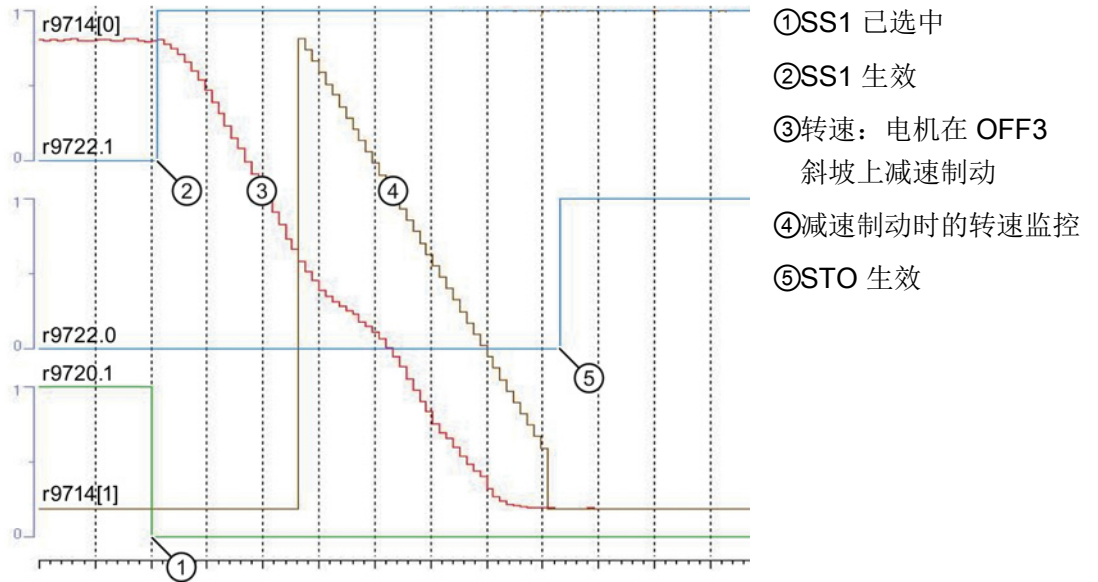
按如下步骤执行功能 SS1 的验收测试：

		状态
1.	<b>变频器运行就绪</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>变频器既不报告安全功能故障，也不发出报警 (r0945[0...7]、r2122[0...7])。</li> <li>SS1 未生效 (r9722.1 = 0)。</li> </ul>	
	进入 STARTER 在线模式并配置以下跟踪。 <ul style="list-style-type: none"> <li>变量-位模 (r9720.1 = 0)</li> <li>对以下值进行跟踪记录： r9714[0], r9714[1], r9722 显示位 r9722.0 / .1</li> <li>选择合适的时间间隔和预触发事件，以方便查看 SS1 被选中的状态和到 STO 的过渡状态。</li> <li>启动跟踪功能。</li> </ul>	
2.	<b>接通电机</b>	
	2.1. 给出一个不为 0 的转速设定值。	

		状态	
	2.2.	给出 ON 指令，接通电机。	
	2.3.	检查电机是否转动。	
3.	<b>选择 SS1</b>		
	3.1.	在电机接通后，选择 SS1。 <i>测试配置的每种控制方式，例如：数字量输入控制方式和 PROFIsafe 控制方式。</i>	
	3.2.	确认变频器既不报告安全功能故障，也不发出报警 (r0945[0...7]、r2122[0...7])。	
	3.3.	分析跟踪结果。	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>选中 SS1 后，SS1 生效 (r9722.1 = 1)。</li> <li>电机在 OFF3 斜坡上减速制动。</li> <li>电机低于关机转速 p9560 后，STO 生效 (r9722.0 = 1)。</li> <li>记录下的 r9714[0] 和 r9714[1] 的曲线大致平行。</li> </ul>	
4.	<b>撤销 SS1</b>		
	4.1.	撤销 SS1。	
	4.2.	请确认以下项目：	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>SS1 未生效 (r9722.1 = 0)。</li> <li>变频器既不报告安全功能故障，也不发出报警 (r0945[0...7]、r2122[0...7])。</li> </ul>	

■ 您已结束功能 SS1 的验收测试。

## 跟踪示例



A.1.5 功能 SBC 的验收测试

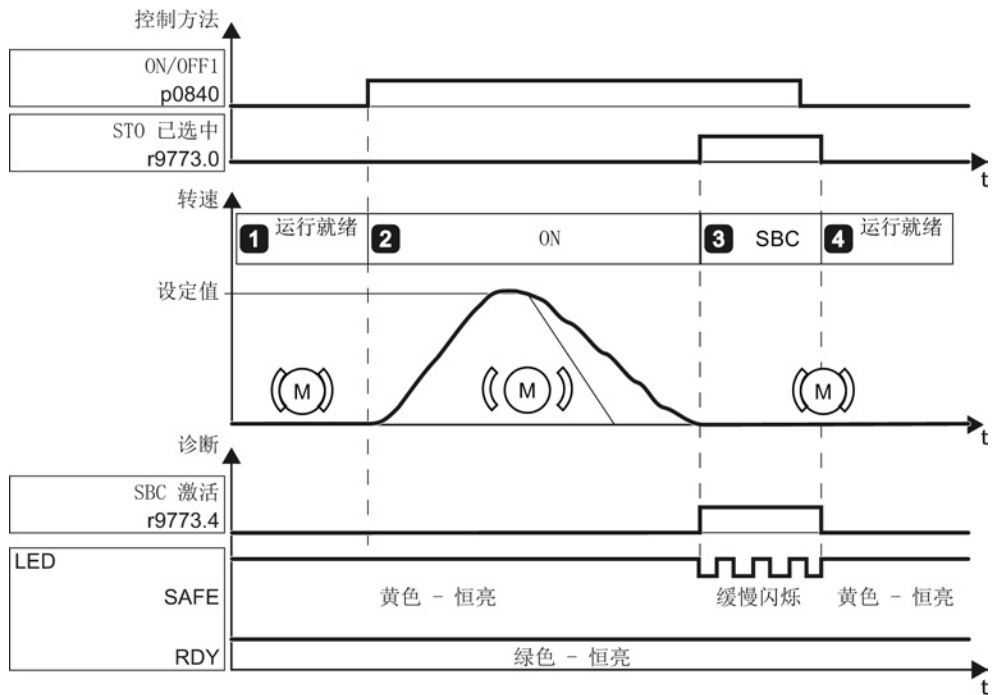


图 A-6 功能 SBC 的验收测试



## 步骤



按如下步骤执行功能 SBC 的验收测试：

		状态
1.	<b>变频器运行就绪</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>变频器既不报告安全功能故障，也不发出报警 (r0945[0...7]、r2122[0...7])。</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>SBC 未生效 (r9773.4 = 0)。</li> </ul>	
2.	<b>接通电机</b>	
	2.1. 给出一个不为 0 的转速设定值。	
	2.2. 给出 ON 指令，接通电机。	
	2.3. 检查电机是否转动。	
	2.4. 给出一个为 0 的转速设定值。	
3.	<b>选择 SBC</b>	
	3.1. 选择功能 STO 或 SS1。	
	3.2. 确认变频器报告“SBC 生效” (r9773.4 = 1)。	
4.	<b>变频器运行就绪</b>	
	4.1. 撤销 STO 。	
	4.2. 请确认以下项目：	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>变频器报告“SBC 未生效” (r9773.4 = 0)。</li> <li>变频器既不报告安全功能故障，也不发出报警 (r0945[0...7]、r2122[0...7])。</li> </ul>	



您已完成功能 SBC 的验收测试。

### A.1.6 SLS 的验收测试

下面两幅示意图展示了我们建议的验收测试步骤。变频器的响应各有不同，取决于 SLS 的设置：

- 图 1：在转速过高时，变频器的响应为 STOP A。
- 图 2：在转速过高时，变频器的响应为 STOP B。

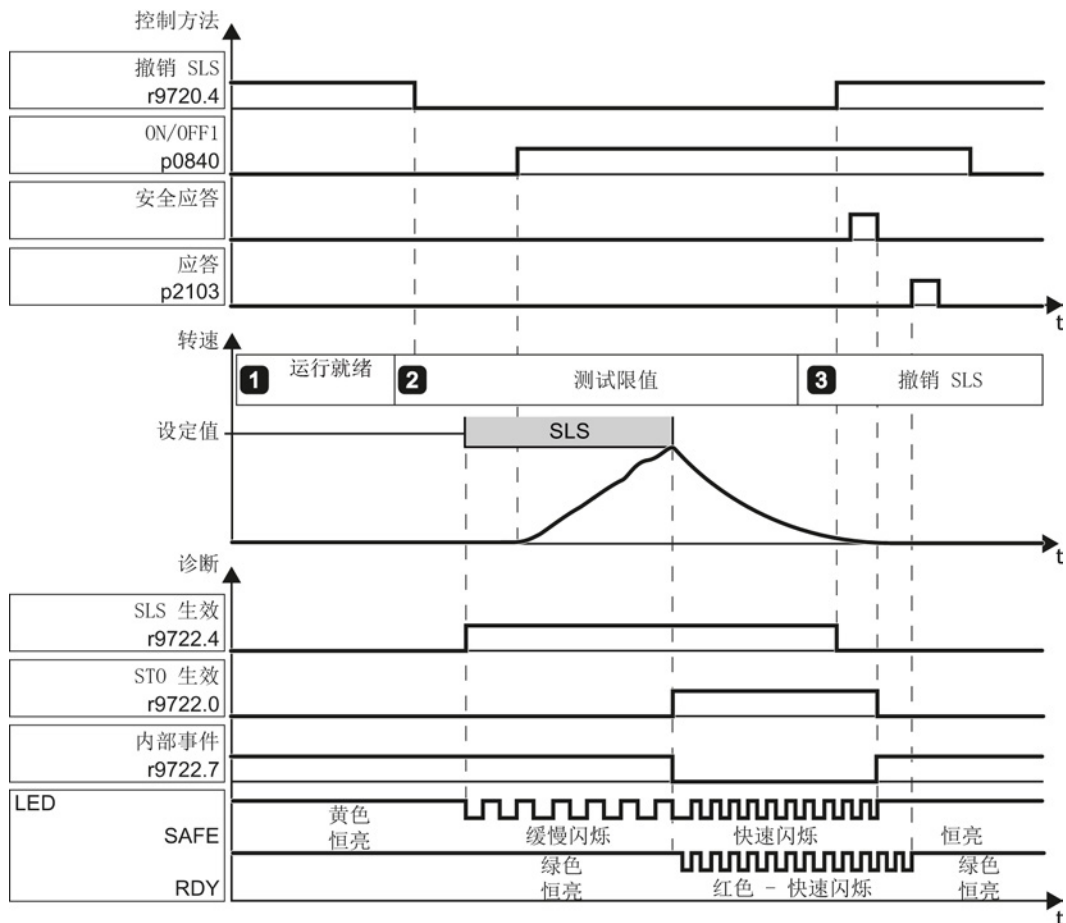


图 A-7 图 1 - 带 STOP A 响应的 SLS 的验收测试

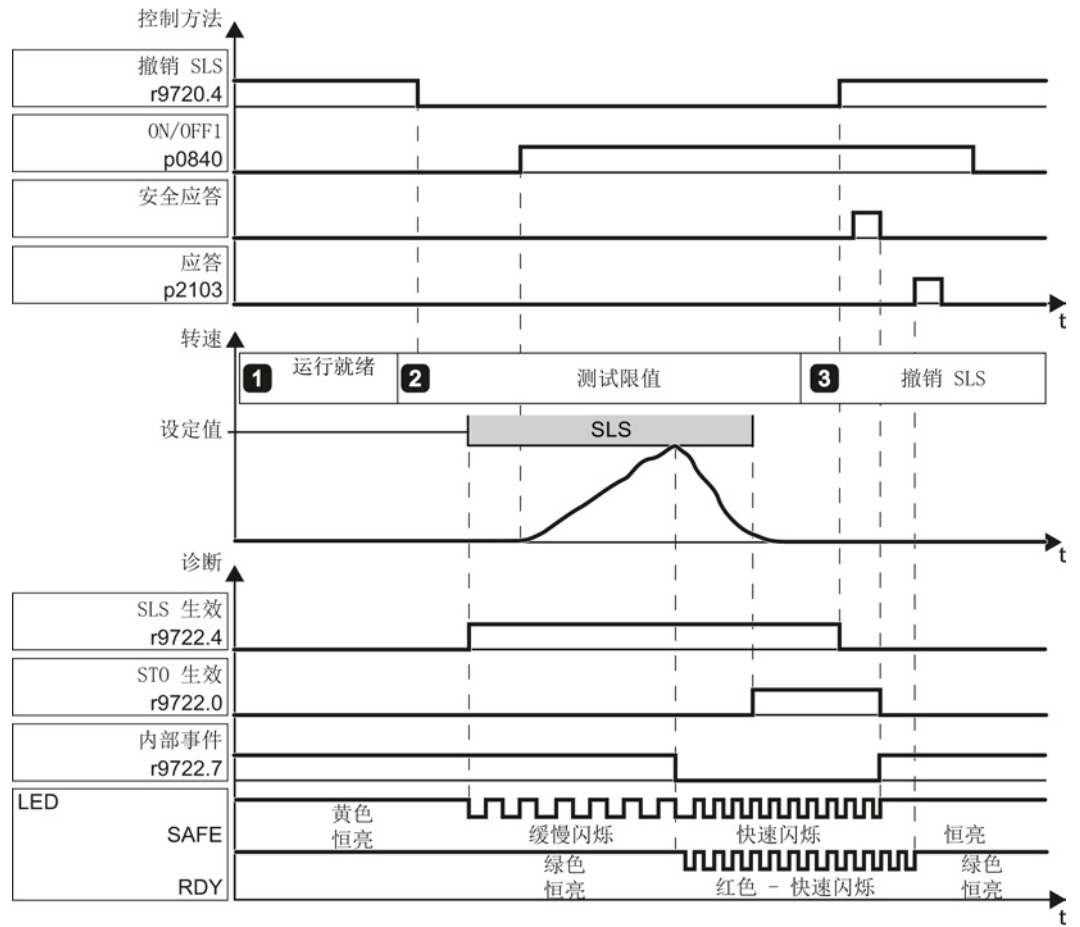
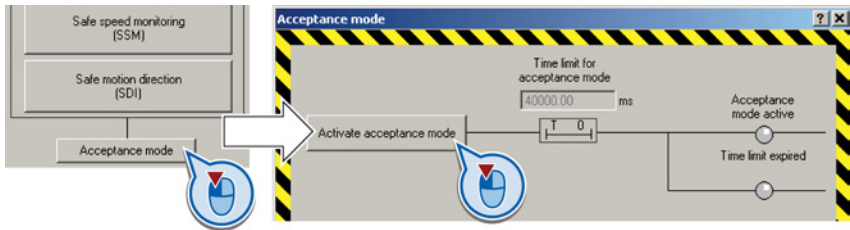


图 A-8 图 2 - 带 STOP B 响应的 SLS 的验收测试

步骤



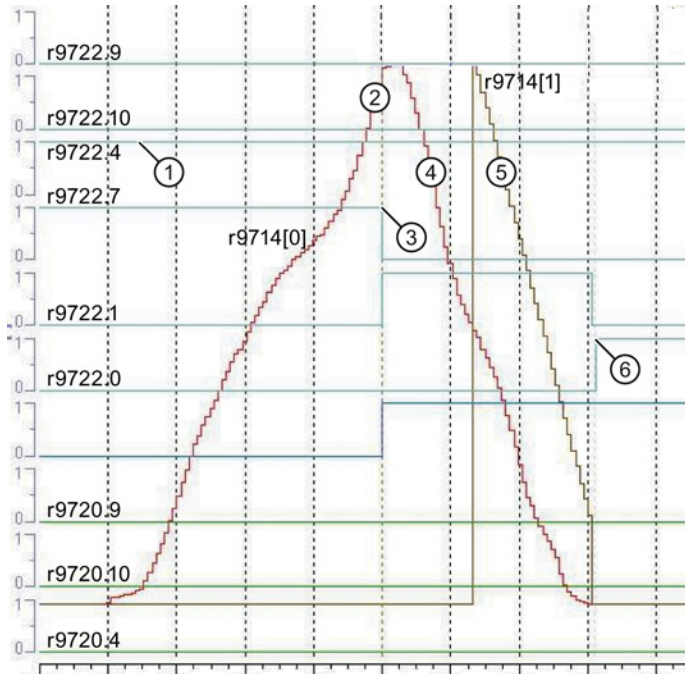
按如下步骤执行功能 SLS 的验收测试：

		状态	
<p>设置了多个 SLS 转速档时，必须为每个 SLS 转速档进行验收测试。</p>			
1.	<p><b>变频器运行就绪</b></p> <p>请确认以下项目：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>变频器既不报告安全功能故障，也不发出报警 (r0945[0...7]、r2122[0...7])。</li> <li>SLS 未生效 (r9722.4 = 0)。</li> </ul>		
	<p>进入 STARTER 在线模式并配置以下跟踪。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>变量 - 位模 (r9722.7 = 0)</li> <li>对以下值进行跟踪记录：r9714[0]、r9714[1]、r9722 显示位 r9722.0 / .4 / .7 / .9 / .10</li> <li>请选择合适的时间间隔和预触发事件，方便查看电机超出 SLS 转速档的运行状态和后续响应。</li> </ul>		
2.	<p><b>接通电机</b></p>		
	2.1.	给定一个高于该 SLS 转速档的转速设定值。	
	2.2.	选择需要测试的 SLS 转速档。	
	2.3.	<p>激活Acceptance mode:</p> 	
	<p><b>警告</b></p> <p><b>机器运行引起危险</b></p> <p>下面的测试中取消了功能 SLS 的限速。过高的电机转速可能会危害人身安全和财产安全。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>对危险的机器部件采取防护措施，比如：隔离这些部件。</li> </ul>		

2.4.	在撤销 SLS 后 5 秒内给出 ON 指令，接通电机。 如果在 5 秒内您还没有给出 ON 指令，STO 会自动生效。此时撤销 SLS，然后再次选择该功能。		
2.5.	检查电机是否转动。		
	后续步骤取决于在调试时 SLS 功能的设置：		
	第一幅图： 超出限值时，变频器的响应为 STOP A。	第二幅图： 超出限值时，变频器的响应为 STOP B。	
2.6.	变频器报告： <ul style="list-style-type: none"> <li>• C01714 和 C30714（超过 SLS）</li> <li>• C01700 和 C30700（触发了 STOP A）</li> </ul>	变频器报告： <ul style="list-style-type: none"> <li>• C01714 和 C30714（超过 SLS）</li> <li>• C01701 和 C30701（触发了 STOP B）</li> <li>• C01700 和 C30700（触发了 STOP A）</li> </ul>	
2.7.	分析跟踪结果。		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 选中 SLS 后，变频器报告“SLS 生效” (r9722.4 = 1)。</li> <li>• 变频器报告所选的 SLS 转速档 (r9722.9 和 r9722.10)。</li> <li>• 一旦 r9714[0] 超出当前的 SLS 转速档，变频器便报告一个内部事件 (r9722.7 = 0)。</li> </ul>		
	超出限值时，响应为 STOP A	超出限值时，响应为 STOP B	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 一旦 r9714[0] 超出当前的 SLS 转速档，电机便惯性停车 (r9722.0 = 1)。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 一旦 r9714[0] 超出当前的 SLS 转速档，电机便在 OFF3 斜坡上减速制动 (r9722.1 = 1)。</li> <li>• 减速制动后，STO 生效 (r9722.0 = 1)。</li> </ul>	
3.	<b>撤销 SLS</b>		
3.1.	撤销 SLS。		
3.2.	确认以下项目：SLS 未生效 (r9722.4 = 0)。		
3.3.	应答安全功能的信息。		

■ 您已完成功能 SLS 的验收测试。

跟踪示例（超出限值时，响应为 STOP B）



- ① SLS 生效
- ② 转速：电机加速至当前的 SLS 转速档
- ③ 转速超出当前的 SLS 转速档
- ④ 转速：STOP B 生效 - 电机在 OFF3 斜坡上减速制动
- ⑤ 减速制动时的转速监控
- ⑥ STOP B 触发了 STO 生效



A.1 验收测试示例

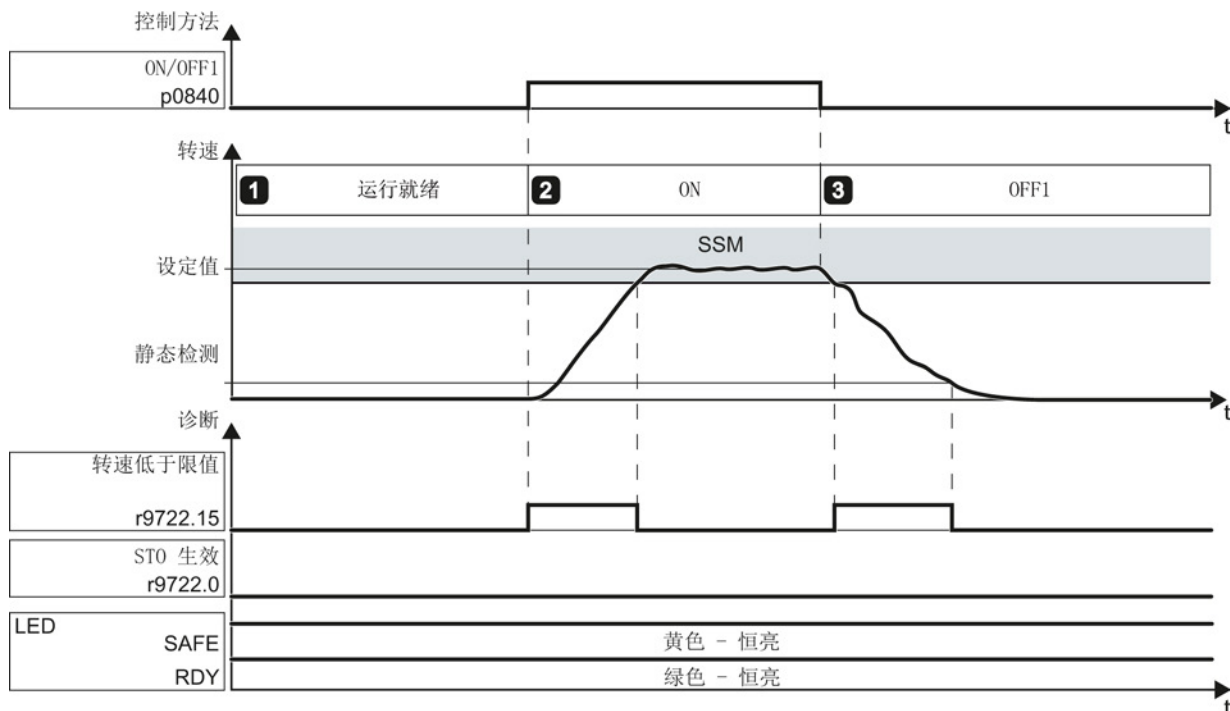


图 A-10 图 2 - SSM 的验收测试，电机关闭后反馈失效

步骤



按如下步骤执行功能 SSM 的验收测试：

		状态
1.	<b>变频器运行就绪</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>确认以下项目：变频器既不报告安全功能故障，也不发出报警 (r0945[0...7]、r2122[0...7])。</li> </ul>	
	进入 STARTER 在线模式并配置以下跟踪。 <ul style="list-style-type: none"> <li>变量 - 位模 (r9722.15 = 0)</li> <li>对以下值进行跟踪记录： r0899, r9714[0], r9722</li> </ul> 显示以下位： <ul style="list-style-type: none"> <li>- r0899.11</li> <li>- r9722.15</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>请选择合适的时间间隔和预触发事件，方便查电机超出 SSM 限值的运行状态和之后低出限值的运行状态。</li> </ul>	
2.	<b>接通电机</b>	
	2.1. 给定一个超过 SSM 限值的转速设定值。	



			状态	
2.2.	后续步骤取决于在调试时 <i>SSM</i> 功能的设置:			
	第一幅图: 在电机关闭后, 反馈信号“转速低于限值”仍保持生效。	第二幅图: 在电机关闭后, 反馈信号“转速低于限值”失效。		
	2.2.1.	选择 STO。		给出 ON 指令, 接通电机。
	2.2.2.	再次撤销 STO。		
	2.2.3.	在撤销 STO 后 5 秒内给出 ON 指令, 接通电机。		
2.3.	检查电机是否转动。			
2.4.	等待片刻, 直到电机转速达到设定值。			
3.	关闭电机			
3.1.	给出 OFF1 指令, 关闭电机。			
3.2.	分析跟踪结果:			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>r9714[0] 超过转速限值 p9346 时, r9722.15 = 0。</li> </ul>			
	不带回差的 <i>SSM</i> : <ul style="list-style-type: none"> <li>r9714[0] 低于转速限值 p9546 时, r9722.15 = 1。</li> </ul>	带回差的 <i>SSM</i> : <ul style="list-style-type: none"> <li>r9714[0] 低于转速限值 p9546 减去回差 p9547 的差时, r9722.15 = 1。</li> </ul>		
在电机关闭后, 反馈信号“转速低于限值”仍保持生效: <ul style="list-style-type: none"> <li>在电机关闭后 (r0899.11 = 0), r9722.15 = 1。</li> </ul>	在电机关闭后, 反馈信号“转速低于限值”失效。 <ul style="list-style-type: none"> <li>在电机关闭后 (r0899.11 = 0), r9722.15 = 0。</li> </ul>			

您已结束功能 *SSM* 的验收测试。

跟踪示例



### A.1.8 SDI 的验收测试

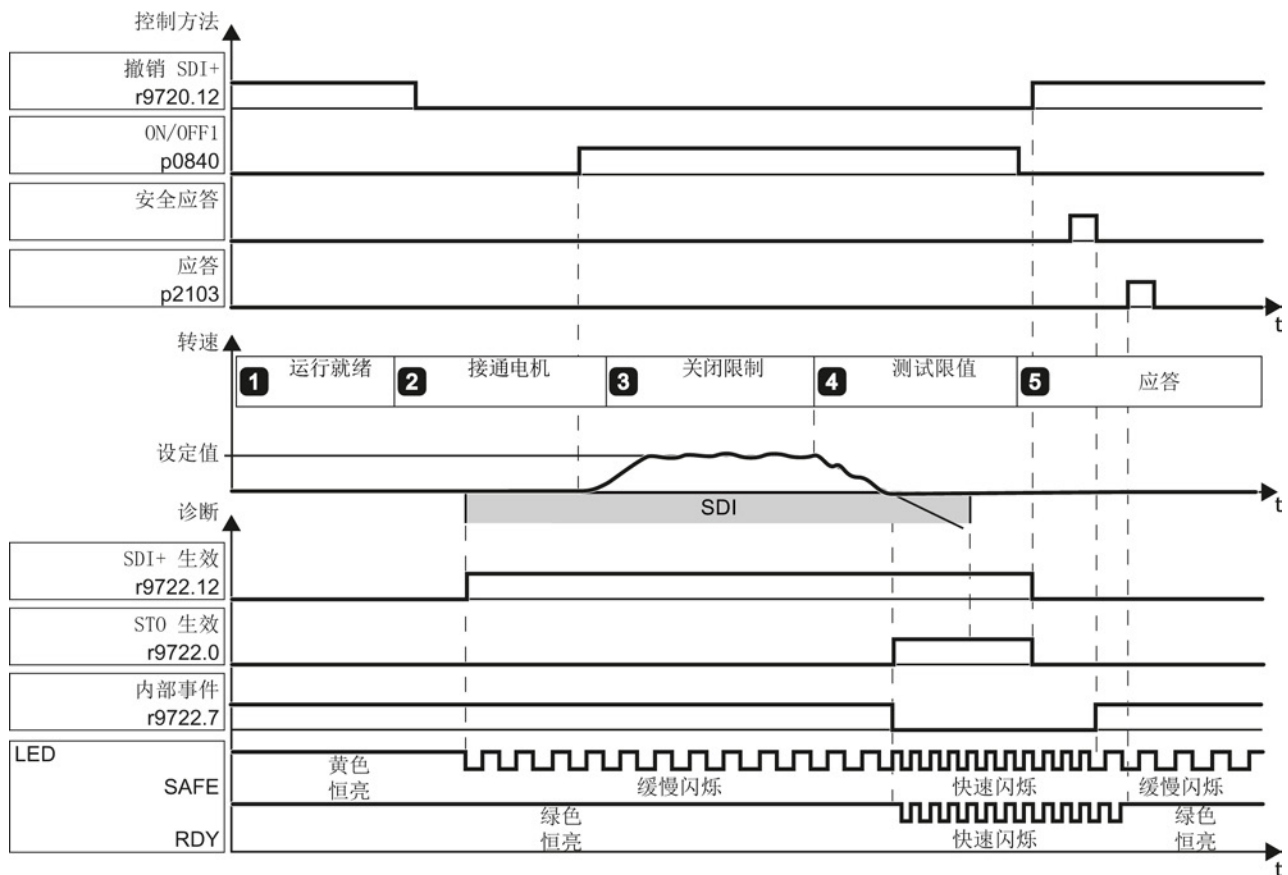
下文单独说明如何进行 SDI+ 和 SDI- 的验收测试。SDI+ 和 SDI- 这两个方向都投入使用时，必须分别进行验收测试。

SDI 的停止响应可设为 STOP A 和 STOP B。下面两幅示意图只展示了停止响应为 STOP A 的 SDI 的情况。下表中列出了不同的停止响应设置下的变频器的响应情况。

#### SDI + 的验收测试

下面两幅示意图展示了我们建议的验收测试步骤。验收测试的步骤各有不同，取决于 SDI 的设置：

- 图 1：在电机关闭后，反馈信号“SDI 生效”仍保持生效。
- 图 2：在电机关闭后，反馈信号“SDI 生效”失效。



A.1 验收测试示例

图 A-11 图 1 - SDI+ 的验收测试，在电机关闭后，反馈信号“SDI 生效”仍保持生效

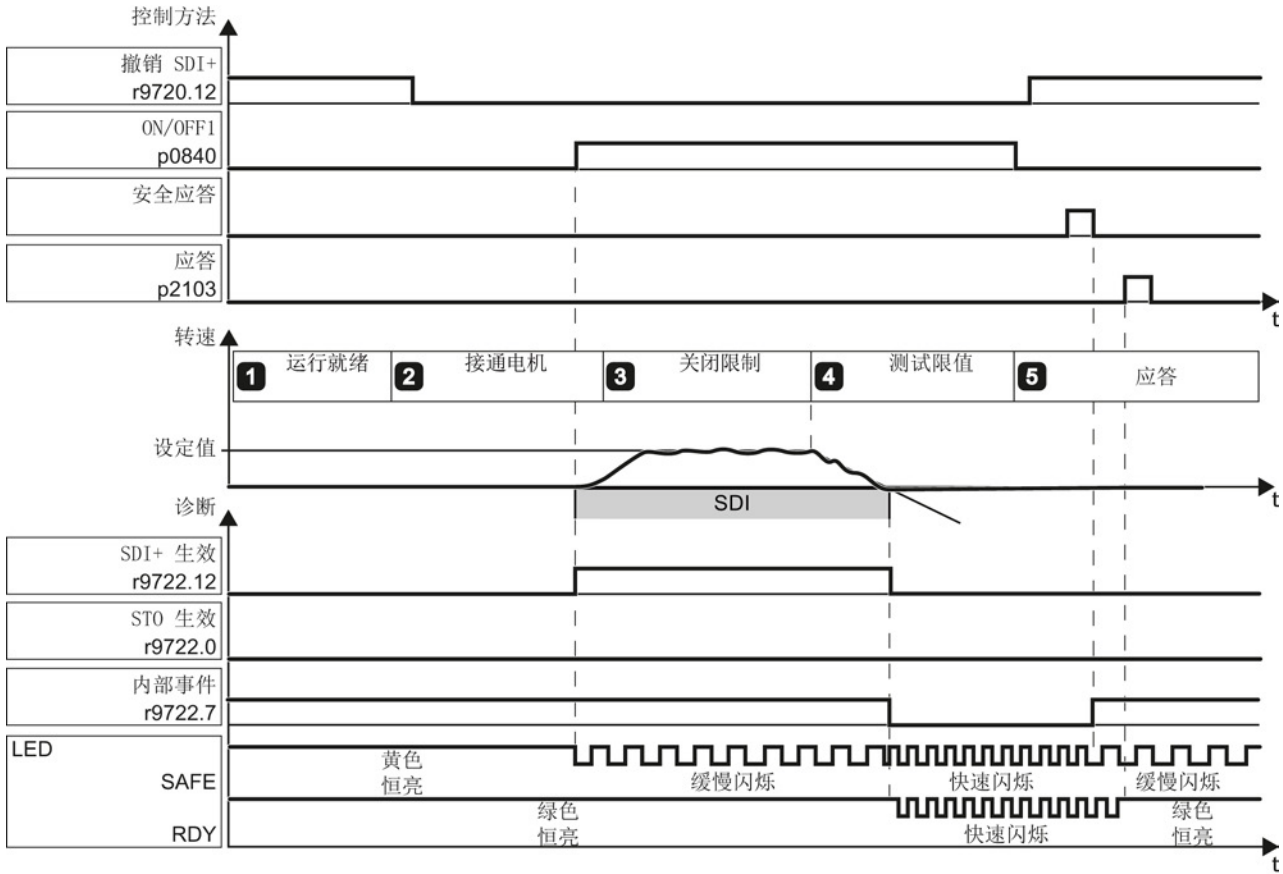



图 A-12 图 2 - SDI+ 的验收测试，在电机关闭后，反馈信号“SDI 生效”失效

## 步骤



按如下步骤执行功能 SDI+ 的验收测试：

		状态		
1.	<b>变频器运行就绪</b>			
	请确认以下项目：			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>变频器既不报告安全功能故障，也不发出报警 (r0945[0...7]、r2122[0...7])。</li> <li>SDI+ 未生效 (r9722.12 = 0)。</li> </ul>			
	进入 STARTER 在线模式并配置以下跟踪。 <ul style="list-style-type: none"> <li>变量 - 位模 (r9722.7 = 0)。</li> <li>对以下值进行跟踪记录： r9713[0], r9722 显示位 r9722.0 / .1 / .7 / .12</li> <li>请选择合适的时间间隔和预触发事件，以方便查看电机超出 SDI 公差这一状态和后续响应。</li> </ul>			
2.	<b>接通电机</b>			
	2.1.		给出一个正转速设定值。	
	2.2.		选中 SDI+，即只允许正转速。	
	2.3.		后续步骤取决于在调试时 SDI 功能的设置：	
			第一幅图： 在电机关闭后，反馈信号“SDI 生效”仍保持生效。	第二幅图： 在电机关闭后，反馈信号“SDI 生效”失效。
	在撤销 SDI 后 5 秒内给出 ON 指令，接通电机。 如果在 5 秒内您还没有给出 ON 指令，STO 会自动生效。 此时撤销 SDI，然后再次选择该功能。	给出 ON 指令，接通电机。		
2.4.	检查电机是否在允许的方向上转动。			
3.	<b>关闭设定值限制，以进行验收测试</b>			

<p>激活Acceptance mode:</p> 							
<p>4. 测试之前设置的限值</p>							
4.1.	给出一个负转速设定值。						
4.2.	<p>后续步骤取决于在调试时 SDI 功能的设置:</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>超出限值时, 响应为 STOP A</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 变频器报告:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- C01716 和 C30716 (超出安全方向监控允许的公差)</li> <li>- C01700 和 C30700 (触发了 STOP A)</li> </ul> </li> </ul> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>超出限值时, 响应为 STOP B</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 变频器报告:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- C01716 和 C30716 (超出安全方向监控允许的公差)</li> <li>- C01701 和 C30701 (触发了 STOP B)</li> <li>- C01700 和 C30700 (触发了 STOP A)</li> </ul> </li> </ul> </td> </tr> </table>	<p>超出限值时, 响应为 STOP A</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 变频器报告:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- C01716 和 C30716 (超出安全方向监控允许的公差)</li> <li>- C01700 和 C30700 (触发了 STOP A)</li> </ul> </li> </ul>	<p>超出限值时, 响应为 STOP B</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 变频器报告:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- C01716 和 C30716 (超出安全方向监控允许的公差)</li> <li>- C01701 和 C30701 (触发了 STOP B)</li> <li>- C01700 和 C30700 (触发了 STOP A)</li> </ul> </li> </ul>				
<p>超出限值时, 响应为 STOP A</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 变频器报告:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- C01716 和 C30716 (超出安全方向监控允许的公差)</li> <li>- C01700 和 C30700 (触发了 STOP A)</li> </ul> </li> </ul>	<p>超出限值时, 响应为 STOP B</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 变频器报告:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- C01716 和 C30716 (超出安全方向监控允许的公差)</li> <li>- C01701 和 C30701 (触发了 STOP B)</li> <li>- C01700 和 C30700 (触发了 STOP A)</li> </ul> </li> </ul>						
4.3.	<p>分析跟踪结果:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SDI+ 已选中时, 变频器报告: SDI+ 生效 (r9722.12 = 1)。</li> <li>• 一旦 r9713[0] 超出 SDI 公差, 变频器便报告一个内部事件 (r9722.7 = 0)。</li> </ul> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>超出限值时, 响应为 STOP A</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 电机随后惯性停车 (r9722.0 = 1)。</li> </ul> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>超出限值时, 响应为 STOP B</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 变频器在 OFF3 斜坡上减速制动 (r9722.1 = 1)。</li> <li>• 减速制动后, STO 生效 (r9722.0 = 1)。</li> </ul> </td> </tr> </table>	<p>超出限值时, 响应为 STOP A</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 电机随后惯性停车 (r9722.0 = 1)。</li> </ul>	<p>超出限值时, 响应为 STOP B</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 变频器在 OFF3 斜坡上减速制动 (r9722.1 = 1)。</li> <li>• 减速制动后, STO 生效 (r9722.0 = 1)。</li> </ul>				
<p>超出限值时, 响应为 STOP A</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 电机随后惯性停车 (r9722.0 = 1)。</li> </ul>	<p>超出限值时, 响应为 STOP B</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 变频器在 OFF3 斜坡上减速制动 (r9722.1 = 1)。</li> <li>• 减速制动后, STO 生效 (r9722.0 = 1)。</li> </ul>						
5.	<p>应答故障</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>5.1.</td> <td>撤销 SDI+。</td> </tr> <tr> <td>5.2.</td> <td>确认以下项目: SDI+ 未生效 (r9722.12 = 0)。</td> </tr> <tr> <td>5.3.</td> <td>应答安全功能的信息。</td> </tr> </table>	5.1.	撤销 SDI+。	5.2.	确认以下项目: SDI+ 未生效 (r9722.12 = 0)。	5.3.	应答安全功能的信息。
5.1.	撤销 SDI+。						
5.2.	确认以下项目: SDI+ 未生效 (r9722.12 = 0)。						
5.3.	应答安全功能的信息。						

您已结束了功能 SDI+ 的验收测试。

### SDI - 的验收测试

下面两幅示意图展示了我们建议的验收测试步骤。验收测试的步骤各有不同，取决于SDI 的设置：

- 图 1：在电机关闭后，反馈信号“SDI 生效”仍保持生效。
- 图 2：在电机关闭后，反馈信号“SDI 生效”失效。

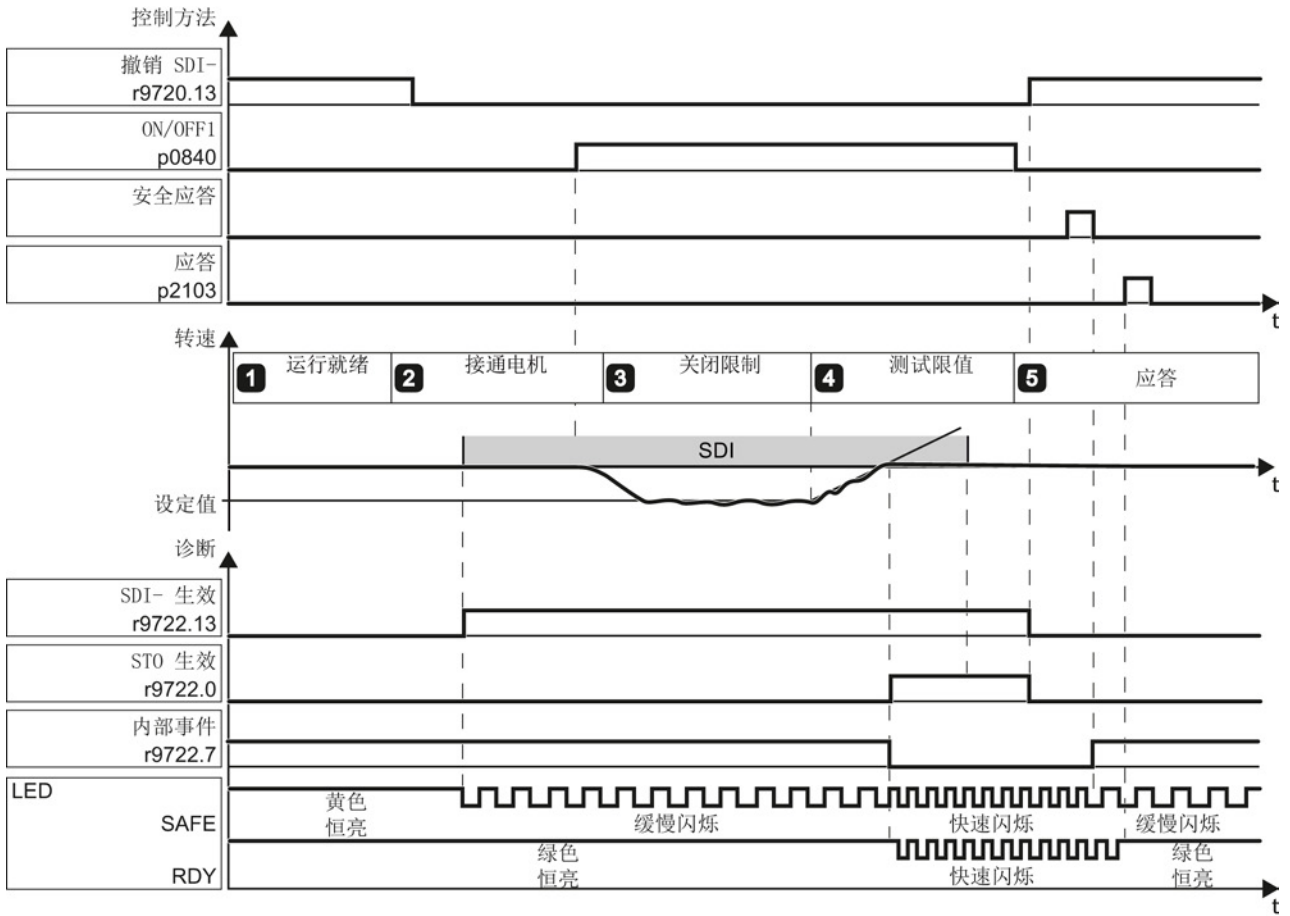


图 A-13 图 1 - SDI- 的验收测试，在电机关闭后，反馈信号“SDI 生效”仍保持生效

A.1 验收测试示例

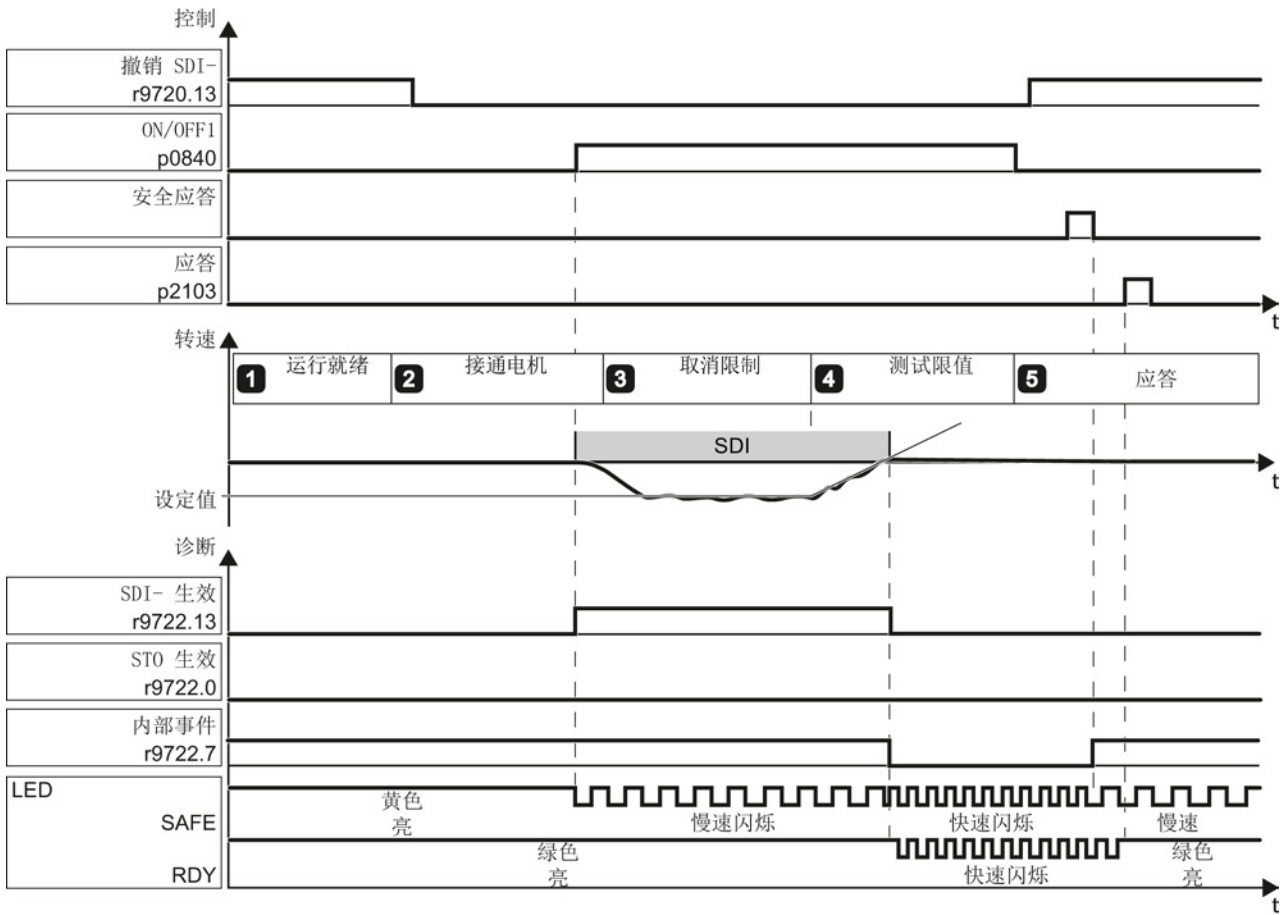


图 A-14 图 2 - SDI- 的验收测试，在电机关闭后，反馈信号“SDI 生效”失效



## 步骤



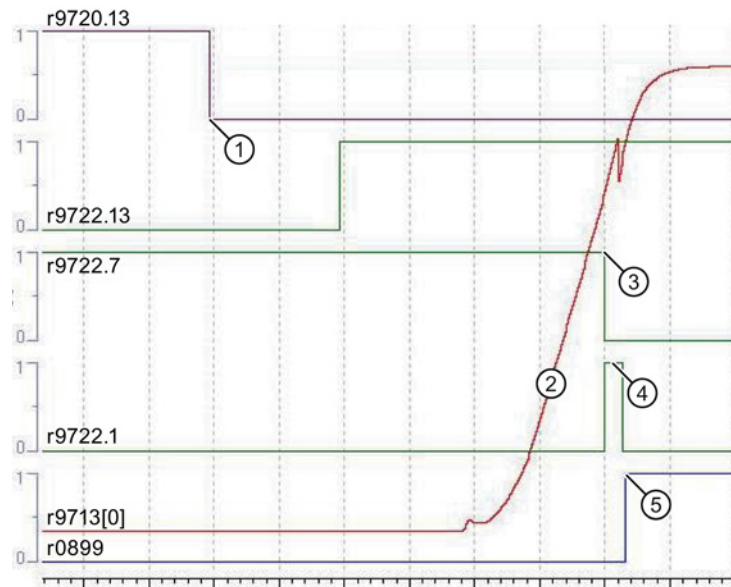
按如下步骤执行功能 SDI- 的验收测试:

		状态	
1.	变频器运行就绪		
	请确认以下项目:		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>SDI- 未生效 (r9722.13 = 0)。</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>变频器既不报告安全功能故障, 也不发出报警 (r0945[0...7]、r2122[0...7])。</li> </ul>		
	进入 STARTER 在线模式并配置以下跟踪。 <ul style="list-style-type: none"> <li>变量 - 位模 (r9722.7 = 0)。</li> <li>对以下值进行跟踪记录: r9713[0], r9722 显示位 r9722.0 / .1 / .7 / .13</li> <li>请选择合适的时间间隔和预触发事件, 以方便查看电机超出 SDI 公差这一状态和后续响应。</li> </ul>		
2.	接通电机		
	2.1.	给出一个负转速设定值。	
	2.2.	选中 SDI-, 即只允许负转速。	
	2.3.	后续步骤取决于在调试时 SDI 功能的设置:	
		第一幅图: 在电机关闭后, 反馈信号“SDI 生效”仍保持生效。	第二幅图: 在电机关闭后, 反馈信号“SDI 生效”失效。
	在撤销 SDI 后 5 秒内给出 ON 指令, 接通电机。 如果在 5 秒内您还没有给出 ON 指令, STO 会自动生效。 此时撤销 SDI, 然后再次选择该功能。	给出 ON 指令, 接通电机。	
2.4.	检查电机是否在允许的方向上转动。		
3.	关闭设定值限制, 以进行验收测试		

		状态
<p>激活Acceptance mode:</p> 		
4.	测试之前设置的限值	
4.1.	给出一个正转速设定值。	
4.2.	后续步骤取决于在调试时 SDI 功能的设置:	
	超出限值时, 响应为 STOP A	超出限值时, 响应为 STOP B
	变频器报告:	变频器报告:
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• C01716 和 C30716 (超出安全方向监控允许的公差)</li> <li>• C01700 和 C30700 (触发了 STOP A)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• C01716 和 C30716 (超出安全方向监控允许的公差)</li> <li>• C01701 和 C30701 (触发了 STOP B)</li> <li>• C01700 和 C30700 (触发了 STOP A)</li> </ul>
4.3.	分析跟踪结果	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SDI- 已选中时, 变频器报告: SDI- 生效 (r9722.13 = 1)。</li> <li>• 一旦 r9713[0] 超出 SDI 公差, 变频器便报告一个内部事件 (r9722.7 = 0)。</li> </ul>	
	超出限值时, 响应为 STOP A	超出限值时, 响应为 STOP B
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 电机随后惯性停车 (r9722.0 = 1)。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 变频器在 OFF3 斜坡上减速制动 (r9722.1 = 1)。</li> <li>• 减速制动后, STO 生效 (r9722.0 = 1)。</li> </ul>
5.	应答故障	
5.1.	撤销 SDI-。	
5.2.	确认以下项目: SDI- 未生效 (r9722.13 = 0)。	
5.3.	应答安全功能的信息。	

您已结束了功能 SDI- 的验收测试。

## 跟踪示例（超出限值时，响应为 STOP B）



- ① SDI 已选中
- ② 位置实际值：电机转动
- ③ 电机的位置实际值超出了允许的公差范围
- ④ STOP B 生效 - 电机在 OFF3 斜坡上减速制动
- ⑤ STOP B 触发了 STO 生效

### A.1.9 PROFIsafe 报文 900 中 F-DI 状态的验收测试

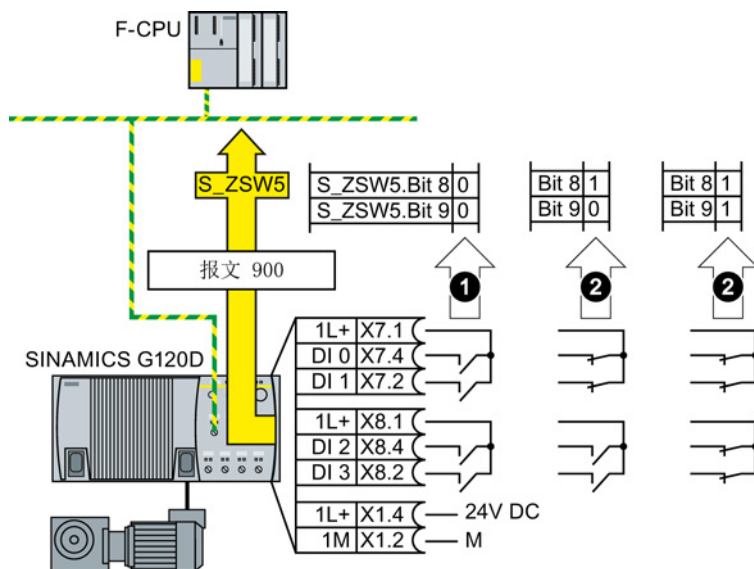


图 A-15 安全输入状态的验收测试，以 SINAMICS G120D 为例

#### 步骤



按如下步骤执行 F-DI 状态的验收测试：

		状态
-	变频器运行就绪	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>变频器既不报告安全功能故障，也不发出报警 (r0945[0...7]、r2122[0...7])。</li> </ul>	
1.	检查安全输入信号是否处于“低”位	
1.1.	将需要检查的安全输入信号切换为低位。	
1.2.	在 F-CPU 中检查状态字 S_ZSW5 的相应位是否为 0。	
2.	检查安全输入信号是否处于“高”位	
2.1.	将需要检查的安全输入信号切换为高位。	
2.2.	在 F-CPU 中检查状态字 S_ZSW5 的相应位是否为 1。	



您已结束 F-DI 状态的验收测试。

## A.2 验收记录

### A.2.1 生成带安全功能设置的记录

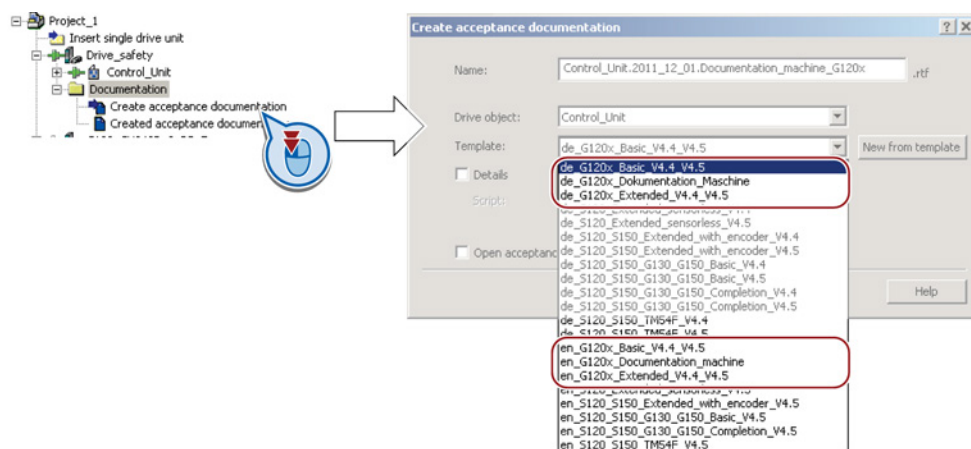
STARTER 可以将您完成的安全功能的设置生成成为一份记录，以便您用于创建机器文档。

#### 步骤



按如下步骤通过 STARTER 创建变频器的验收记录：

1. 点击 STARTER 中的按钮“Create acceptance documentation”。



STARTER 中包含德语和英语两种语言模板。

2. 选择所需模板，为机器或设备的每台驱动装置生成一份记录：

- 机器文档的模板：

de\_G120x\_Dokumentation\_Maschine: 德语模板。

en\_G120x\_Documentation\_machine: 英语模板。

- 从固件版本 V4.4 起，基本安全功能设置的记录：

de\_G120x\_Basic\_V4.4...: 德语记录。

en\_G120x\_Basic\_V4.4...: 英语记录。

- 从固件版本 V4.4 起，扩展安全功能设置的记录：

Protokoll\_de\_G120x\_Extended\_V4.4...: 德语记录。

Protocol\_en\_G120x\_Extended\_V4.4...: 英语记录。

3. 载入创建的报告和机器文档，以便进行后续编辑：



4. 保存记录和机器文档。



您已创建了安全功能的验收记录。

记录和机器文档的说明还可参考以下章节。

### A.2.2 机器文档示例

#### 机器说明或设备说明

标识	...
类型	...
序列号	...
制造商	...
最终用户	...
机器或设备简图： ... ... ... ... ... ... ...	

## 变频器数据

表格 A-1 具有安全功能的变频器的硬件型号

变频器标识	变频器的订货号和硬件型号
...	...
...	...

## 功能表

表格 A-2 不同运行方式下和采用不同安全装置时激活的安全功能

运行方式	安全装置	驱动	已选择的安全功能	经过检查
...	...	...	...	
...	...	...	...	
示例:				
生产	防护门已关闭	输送带	---	---
	防护门已打开	输送带	SS1 (2 秒内制动)	
	急停按钮被按下	输送带	STO	
调试	防护门已关闭	输送带	---	---
	防护门已打开	输送带	SLS 1 档 (300 rpm)	
	急停按钮被按下	输送带	STO	

## 记录下设置

记录的文件名:
...
...

## 数据备份

数据	存储器			保管地点
	保管方式	标识	日期	
设置记录	...	...	...	...
验收测试	...	...	...	...
STARTER 跟踪	...	...	...	...
PLC 程序	...	...	...	...
电气原理图	...	...	...	...

## 会签

## 调试人员

我方在此确认上述测试和检查的规范性。

日期	名称	公司/部门	签字
...	...	...	...

## 机器制造商

我方在此确认以上记录中所含设置的正确性。

日期	名称	公司/部门	签字
...	...	...	...

## A.2.3 基本安全功能固件版本 V4.4 到 V4.7 验收报告中记录的参数设置

变频器 = <pDO-NAME\_v>

表格 A-3 固件版本

名称	号	值
控制单元固件版本	r18	<r18_v>
变频器集成的安全功能的版本（处理器1）	r9770	<r9770_v>



表格 A-4 监控周期

名称	号	值
安全功能的监控周期（处理器 1）	r9780	<r9780_v>

表格 A-5 校验和

名称	号	值
控制单元 SI 模块标识	r9670	<r9670_v>
功率模块 SI 模块标识	r9672	<r9672_v>
SI 参数的设定校验和（处理器 1）	p9799	<p9799_v>
SI 参数的设定校验和（处理器 2）	p9899	<p9899_v>

表格 A-6 安全功能的设置

名称	号	值	
变频器集成的安全功能的使能	p9601	<p9601_v>	
只针对控制单元 CU250S-2	SI 安全制动控制使能	p9602	<p9602_v>
安全功能的 PROFIsafe 地址	p9610	<p9610_v>	
F-DI 切换的偏差时间	p9650	<p9650_v>	
STO 防抖时间	p9651	<p9651_v>	
只针对控制单元 CU250S-2	SI Safe Stop 1 延迟时间	p9652	<p9652_v>
安全功能的强制潜在故障检查定时器	p9659	<p9659_v>	

表格 A-7 安全日志

名称	号	值
安全功能的修改记录：校验和	r9781[0]	<r9781[0]_v>
安全功能的修改记录：校验和	r9781[1]	<r9781[1]_v>
安全功能的修改记录：时间戳	r9782[0]	<r9782[0]_v>
安全功能的修改记录：时间戳	r9782[1]	<r9782[1]_v>

## A.2.4 扩展安全功能验收记录中包含的设置（固件版本 V4.4 ...V4.7）

变频器 = &lt;pDO-NAME\_v&gt;

表格 A-8 固件版本

名称	号	值
控制单元固件版本	r18	<r18_v>
SI Motion 安全运动监控的版本	r9590	<r9590_v>
变频器集成的 SI 安全功能的版本	r9770	<r9770_v>

表格 A-9 监控周期

名称	号	值
SI 监控周期	r9780	<r9780_v>

表格 A-10 校验和

名称	号	值
SI Motion 参数的设定校验和（处理器 2）	p9399[0]	<p9399[0]_v>
	p9399[1]	<p9399[1]_v>
SI 模块识别（控制单元）	r9670	<r9670_v>
SI 模块识别（功率模块）	r9672	<r9672_v>
SI 参数的设定校验和（处理器 1）	p9799	<p9799_v>
SI Motion 参数的设定校验和（处理器 1）	p9729[0]	<p9729[0]_v>
	p9729[1]	<p9729[1]_v>
	p9729[2]	<p9729[2]_v>
SI 参数的设定校验和（处理器 2）	p9899	<p9899_v>

表格 A-11 安全功能

名称	号	值
SI Motion 安全功能使能	p9501	<p9501_v>
SI Motion 功能特性	p9506	<p9506_v>
SI Motion 功能配置	p9507	<p9507_v>

名称	号	值
SI Motion 脉冲封锁期间的工作方式	p9509	<p9509_v>
SI Motion “电机-丝杠”传动比中的丝杠转动圈数	p9521	<p9521_v>
SI Motion “电机-丝杠”传动比中的电机转动圈数	p9522	<p9522_v>
SI Motion SLS 限值, SLS1 限值	p9531[0]	<p9531[0]_v>
SI Motion SLS 限值, SLS2 限值	p9531[1]	<p9531[1]_v>
SI Motion SLS 限值, SLS3 限值	p9531[2]	<p9531[2]_v>
SI Motion SLS 限值, SLS4 限值	p9531[3]	<p9531[3]_v>
SI Motion SLS 设定转速限值	p9533	<p9533_v>
SI Motion 实际值交叉比较公差	p9542	<p9542_v>
SI Motion SSM 滤波时间	p9545	<p9545_v>
SI Motion SSM 转速限值	p9546	<p9546_v>
SI Motion SSM 转速回差	p9547	<p9547_v>
SI Motion SAM 实际转速公差	p9548	<p9548_v>
SI Motion SLS 换档延时	p9551	<p9551_v>
SI Motion 脉冲封锁延时	p9556	<p9556_v>
SI Motion 验收测试期限	p9558	<p9558_v>
SI Motion 强制潜在故障检查定时器	p9559	<p9559_v>
SI Motion 脉冲封锁关闭转速	p9560	<p9560_v>
SI Motion 超过 SLS1 限值的停止响应	p9563[0]	<p9563[0]_v>
SI Motion 超过 SLS2 限值的停止响应	p9563[1]	<p9563[1]_v>
SI Motion 超过 SLS3 限值的停止响应	p9563[2]	<p9563[2]_v>
SI Motion 超过 SLS4 限值的停止响应	p9563[3]	<p9563[3]_v>
SI Motion SDI 公差	p9564	<p9564_v>
SI Motion SDI 延时	p9565	<p9565_v>
SI Motion SDI 停止响应	p9566	<p9566_v>
SI Motion SAM 转速限值	p9568	<p9568_v>
SI Motion 验收测试模式	p9570	<p9570_v>
SI Motion 制动斜坡基准值	p9581	<p9581_v>
SI Motion 制动斜坡延时	p9582	<p9582_v>

## A.2 验收记录

名称	号	值	
SI Motion 制动斜坡监控时间	p9583	<p9583_v>	
从固件版本 V4.5 起	SI Motion 无编码器实际值计算的公差	p9585	<p9585_v>
SI Motion 无编码器实际值计算的延时	p9586	<p9586_v>	
SI Motion 无编码器实际值计算的滤波时间	p9587	<p9587_v>	
SI Motion 无编码器实际值计算的最小电流	p9588	<p9588_v>	
SI Motion 加速期间的电压公差	p9589	<p9589_v>	
变频器集成的安全功能的使能	p9601	<p9601_v>	
只针对控制单元 CU250S-2	SBR 的使能	p9602	<p9602_v>
安全功能的 PROFIsafe 地址	p9610	<p9610_v>	
F-DI 切换信号不一致时间	p9650	<p9650_v>	
STO 防抖时间	p9651	<p9651_v>	
只针对控制单元 CU250S-2	Safe Stop 1 延迟时间	p9652	<p9652_v>
安全功能的强制潜在故障检查定时器	p9659	<p9659_v>	
F-DI 切换信号不一致时间	p10002	<p10002_v>	
F-DI 应答安全功能的内部事件	p10006	<p10006_v>	
数字量输入的去抖时间	p10017	<p10017_v>	
STO 输入端子	p10022	<p10022_v>	
SS1 输入端子	p10023	<p10023_v>	
SLS 输入端子	p10026	<p10026_v>	
SDI+ 输入端子	p10030	<p10030_v>	
SDI- 输入端子	p10031	<p10031_v>	
F-DI 监控状态	r10049	<r10049_v>	
传送 PROFIsafe F-DI	p10050	<p10050_v>	

表格 A- 12 配备 CU240/250D-2 DP/PN F 的 SINAMICS G120D 以及配备 CU250S-2 的 SINAMICS G120 上的安全输出

名称	号	值
DO 上进行强制检查的等待时间	p10001	<p10001_v>
安全功能的强制潜在故障检查定时器	p10003	<p10003_v>
F-DO 强制潜在故障检查的信号源	p10007	<p10007_v>
“Safe State”信号选择	p10039	<p10039_v>
F-DO 0 信号源	p10042[0]	<p10042[0]_v>
	p10042[1]	<p10042[1]_v>
	p10042[2]	<p10042[2]_v>
	p10042[3]	<p10042[3]_v>
	p10042[4]	<p10042[4]_v>
	p10042[5]	<p10042[5]_v>
F-DO 反馈输入激活	p10046	<p10046_v>
F-DO 强制潜在故障检查模式	p10047	<p10047_v>

表格 A- 13 安全日志

名称	号	值
安全功能的修改记录：校验和	r9781[0]	<r9781[0]_v>
安全功能的修改记录：校验和	r9781[1]	<r9781[1]_v>
安全功能的修改记录：时间戳	r9782[0]	<r9782[0]_v>
安全功能的修改记录：时间戳	r9782[1]	<r9782[1]_v>

## A.3 标准和指令

### A.3.1 概述

#### A.3.1.1 目标

技术设备和产品的制造商和销售商有责任确保设备和产品的安全性，也就是说，他们应采用最先进的技术设计出尽可能安全的设备、机械及其它技术装置。

为此，有关经济合作组织在标准中说明了所有对安全非常重要的先进技术。

遵循这些相关标准可有依据地推定设备保达到了先进安全技术水平，进而确保设备安装人员和机械/设备制造商履行了相关义务。

安全技术应尽可能降低设备对人和环境造成的危害，同时尽可能少地限制工业生产和设备使用（除非是一些必要的限制）。

一些全球标准和规定旨在为所有国家的人员和环境提供相同程度的保护，并避免安全要求高低不同引起的恶性竞争。

在不同的国家和地区，设备安全保障有不同的方案和要求。

在法律规定和安全要求中，何时检查设备是否充分安全、采用什么方法检查以及责任分配等也各不相同。

机械制造商和设备安装人员必须确保机械和设备的安全性符合使用地的法律法规。

例如，在美国使用的机械的控制系统必须符合美国当地的要求，即使其制造商来自欧洲经济共同体（EEA）。

#### A.3.1.2 功能安全

从需要保护的对象的角度来看，安全是一个密不可分的整体。

但造成危险的原因和避免这些危险的技术措施可能存在很大的差异，因此人们将安全分为不同的类型，例如根据造成危险的原因进行分类。

当安全取决于功能正常工作时，该安全便是“功能安全”。

为了保证机械或设备的功能安全，保护装置/控制装置的安全部件必须正常工作，并且在故障状态下能够使设备保持在安全状态或将设备进入安全状态。

为此需要使用符合相关标准要求的专业技术。

对功能安全的要求基于以下几个基本目标：

- 避免系统故障
- 控制偶然发生的错误或故障

衡量达到的功能安全的尺度有：危险故障发生的几率、故障公差和避免系统故障后应达到的质量水平。这些尺度在各个标准中定义为特定的分级：在 IEC/EN 61508、IEC/EN

62061 中是“安全集成等级”（Safety Integrity Level, SIL）；在 EN ISO 13849-1 中是“类别”（Category）和“性能等级”（Performance Level, PL）。

## A.3.2 欧洲的机械安全

和产品生产相关的欧盟指令以调控自由商品贸易的欧盟条约第 95 条为基础。在这些指令的基础上形成了一个新的全球措施（“new approach”，“global approach”）：

- 欧盟指令只描述了通用安全目标和定义了基本安全要求。
- 技术详细信息只能由欧洲议会和欧盟理事会委任的标准委员会（CEN、CENELEC）在标准中定义。  
这些标准与特定指令保持协调，并且公布在欧洲议会和欧盟理事会公报中。  
立法者不会强制规定要求遵守某标准。  
但是如果遵守了这些协调标准，便可假定为满足了相关指令的所有安全要求。
- 欧盟指令要求成员国之间相互承认彼此的国家规定。

欧盟指令彼此之间具有等同的效力，即一个特定的设备涉及到多个指令时，所有相关指令的要求都生效（例如对于带电气装置的机械，机械指令和低压指令都适用）。

### A.3.2.1 机械指令

附件I中规定了机械类产品的基本健康和安全性要求，必须符合这些要求。

必须尽责地实施保护目标，以符合指令要求。

机械制造商必须出具证明，表明设备符合基本要求。使用协调标准可以简化证明过程。

### A.3.2.2 欧洲协调标准

欧洲协调标准由欧盟委员会授权的两个标准机构 CEN（Comité Européen de Normalisation）和 CENELEC（Comité Européen de Normalisation Électrotechnique）制订，用于对特定产品的欧盟指令要求进行详细描述。

这些标准（欧盟标准）随欧洲议会和欧盟理事会公报颁布，之后必须不加更改地纳入各成员国的国家标准中。

它们满足基本的安全和健康要求，以及机械指令的附件I中所述的保护目标。

在遵循了相关协调标准的情况下，会“自动假定”为遵循了机械指令；即相关的安全要求包含在特定标准中时，制造商在遵循了该标准的情况下可假定遵循了机械指令。

但并非所有欧洲标准都为协调标准。协调标准会公布在欧洲议会和欧盟理事会公报中。

欧洲的机械安全标准可划分为以下等级：

- A 类标准（基本标准）
- B 类标准（类别标准）
- C 类标准（产品标准）

#### A 类标准/基本标准

A 类标准中包含对所有机械的概念和定义。例如 EN ISO 12100（原 EN 292-1）“机械安全 - 基本概念，通用设计原则”。

A 类标准主要针对制定 B 类/C 类标准的机构。如果没有相应的 C 类标准，其中的风险最小化措施对制造商也非常有用。

#### B 类标准/类别标准

B 类标准为涉及了多种机械类别的安全技术标准。B 类标准主要针对制定 C 类标准的机构。如果没有相应的 C 类标准，其中对机械设计和结构的规定对制造商也非常有用。

B 类标准还可以进一步划分为：

- B1  
类标准，用于高级安全要素，例如人体工学原则、与危险来源的安全距离，防止身体部位受到撞击的最小距离。
- B2  
类标准，用于各种机械类别的安全设备，例如急停设备、双手控制设备、联锁设备、非接触生效防护设备、控制系统的安全部件。

#### C 类标准/产品标准

##### C

类标准为特定产品的专用标准，例如机床、木材加工机、升降机、包装机、印刷机等。产品标准为对特定机械的要求。这些要求有时可能会与基本标准和类别标准有所差别。

对于机械制造商，C 类标准/产品标准具有最高的优先级。

符合该标准时，便可以假定机械制造商符合了机械指令附录 I

的基本要求（自动符合性假定）。

如果某种机械无产品标准，则可在机械结构设计时采用 B 类标准。

标准的完整清单以及授权的标准草案都可从以下网址获取：

<http://www.newapproach.org/>

建议：

由于科技高速发展，机械标准中的改动也较为频繁，因此在使用这些标准（尤其是 C 类标准）时需要特别注意它的时效性。

此外还需注意，产品不一定要符合这些标准，但是一定要达到相关欧盟指令中的所有安全目标。



### A.3.2.3 控制系统安全设计相关标准

如果机械的功能安全性取决于控制系统功能，则在设计控制系统时必须将发生安全功能失灵的几率降到足够低。EN ISO 13849-1（原 EN 954-1）和 IEC61508 标准定义了机械控制系统安全设计相关的原则，这些原则符合欧盟机械指令中的所有安全目标。使用此标准即可满足机械指令中的相关安全目标。

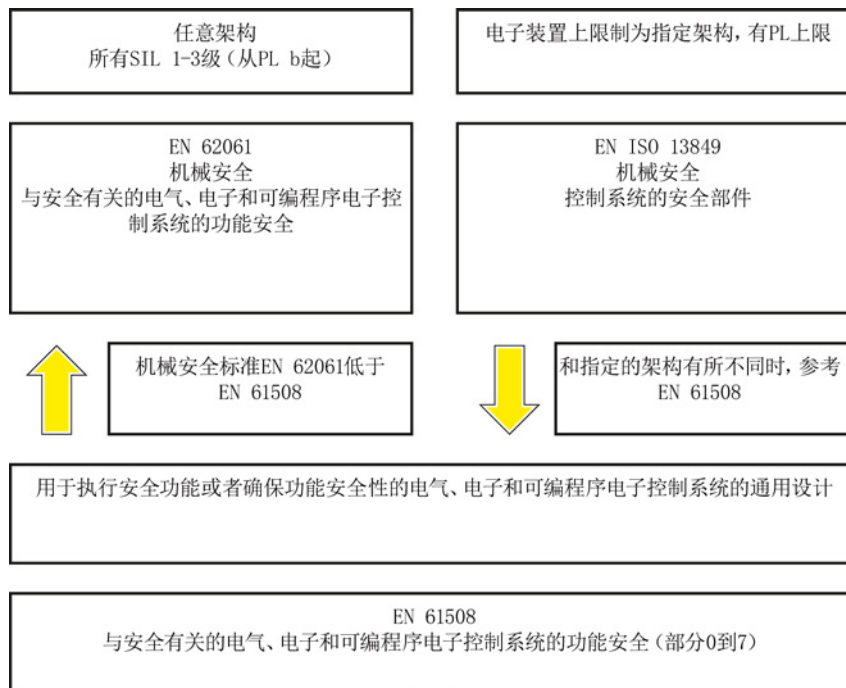


图 A-16 控制系统安全设计相关标准

EN ISO 13849-1、EN 62061 和 EN 61508 的应用范围相近。为了便于用户选择，IEC 协会和 ISO 协会都在其标准的引言中以同一张表格列出了两种标准的应用范围。根据工艺（机械、气动、液压、电气、电子、可编程电子）、风险分级、架构等要素选择使用 EN ISO 13849-1 或 EN 62061。

## A.3 标准和指令

	执行安全相关控制功能的工艺	EN ISO 13849-1	EN 62061
A	非电气（例如液压、气压）	X	未被涵盖
B	电子机械装置（例如继电器和/或简单电子装置）	限制为指定架构（参见注释 1），最大为 PL = e	所有架构，最大到 SIL 3
C	复杂电子装置（例如可编程电子装置）	限制为指定架构（参见注释 1），最大为 PL = d	所有架构，最大到 SIL 3
D	A+B	限制为指定架构（参见注释 1），最大为 PL = e	X 参见注释 3
E	C+B	限制为指定架构（参见注释 1），最大为 PL = d	所有架构，最大到 SIL 3
F	C + A 或者 C + A 或者 C+B	X  参见注释 2	X  参见注释 3

“X”表示标准涵盖了此项。

注释 1:

指定架构在 EN ISO 13849-1 的附录 B 中描述，是定量分析的简单基础。

注释 2:

对于复杂电子装置：使用符合 EN ISO 13849-1，最大为 PL = d 的架构，或者使用符合 EN 62061 的架构。

注释 3:

对于非电气工艺：使用符合 EN ISO 13849-1 的组件作为子系统。

#### A.3.2.4 DIN EN ISO 13849-1 (原 EN 954-1)

出于工艺原因，根据 DIN EN 13849-1 进行的定性分析对于现代控制系统不够充分，例如 DIN EN ISO 13849-1 中没有考虑时间特性（例如时间间隔、循环测试、寿命）。而时间特性是 DIN EN ISO 13849-1 中的可靠性测试基础（每个时间单位发生故障的几率）。

DIN EN ISO 13849-1 以已知的 EN 954-1 的类别为基础。

它同样涵盖了所有安全功能以及所有参与了安全功能执行的设备。使用 DIN EN ISO 13849-1 时，除了原先 EN 954-1 中的定性分析，还对安全功能进行定量分析。并基于类别使用性能等级（PL, Performance Level）这一参数。

以下安全技术参数是组件/设备必需的：

- 类别（结构要求）
- PL: 性能等级
- $MTTF_d$ : 平均无危险故障时间  
meantime to dangerous failure
- DC: 诊断覆盖率  
diagnostic coverage
- CCF: CCF: 共因故障  
common cause failure

该标准描述了如何在指定构架的基础上、计算控制系统中安全相关部件的性能等级 PL。与此有偏差时，DIN EN ISO 13849-1 参考 IEC 61508。

对于由多个安全相关部件组成的整体系统，此标准用于说明如何计算总 PL。

---

#### 说明

#### DIN EN ISO 13849-1 和机械指令

从 2007 年五月起，DIN EN ISO 13849-1 和机械指令统一。

---

### A.3.2.5 EN 62061

EN 62061（等同于 IEC 62061）是 IEC/EN 61508

用于特定行业的子标准。它对机械上和安全相关的电气控制系统的设计和制造进行描述，涉及从设计阶段到设备退役的整个生命周期。此标准基于安全功能的定量和定性分析。

对于复杂的控制系统，标准采用“Top-Down”的描述方式，即“功能分解（Functional Decomposition）”。

此时，它将通过风险分析得到的安全功能划分为子安全功能，并将它们分配给实际设备（子系统和子系统单元）。其中涵盖了硬件和软件。EN 62061也描述了对应用程序设计的要求。

和安全相关的控制系统由不同子系统组成。子系统通过安全技术参数（SIL 索赔期限和 PFH<sub>D</sub>）说明。

可编程电子设备（例如 PLC）或者调速驱动器必须符合 IEC 61508，它们可作为子系统集成到控制系统中。子系统的制造商必须给出以下安全技术参数。

子系统安全技术参数：

- SIL CL: SIL 索赔期限  
SIL claim limit
- PFH<sub>D</sub>: 每小时发生危险故障的几率  
probability of dangerous failures per hour
- T1: 寿命  
lifetime

简单子系统（例如由电子机械部件组成的传感器或执行器）由相连的不同子系统单元（设备）组成，子系统的 PFH<sub>D</sub>值可以由这些单元的参数值计算得出。

子系统单元（设备）的安全技术参数：

- $\lambda$ : 故障率  
failure rate
- B10 值: 用于易磨损的单元
- T1: 寿命  
lifetime

对于电子机械设备，设备制造商给出的是特定开关次数下的故障率。

和时间相关的故障率、寿命必须根据实际应用的开关频率确定。

在结构设计阶段需要为子系统（由子系统单元构成）定义的参数：

- T2: 诊断时间间隔  
diagnostic test interval
- $\beta$ : 对共因故障的灵敏性  
susceptibility to common cause failure
- DC: 诊断覆盖率  
diagnostic coverage

安全相关控制系统的 PFH<sub>D</sub> 值由单个子系统的 PFH<sub>D</sub> 值相加得出。

用户可通过以下方式实现和安全相关的控制系统：

- 使用已经满足了 EN ISO 13849-1、IEC/EN 61508 或 IEC/EN 62061 要求的设备和子系统。在标准中会说明在实现安全功能时如何集成符合要求的设备。
- 开发自己的子系统：
  - 可编程的电子系统或复杂系统：使用 IEC 61508 或 IEC 61800-5-2。
  - 简单设备和子系统：使用 EN 62061。

EN 62061 中未涵盖对非电气系统的描述。

此标准提供了用于设计制造电气、电子和可编程电子控制系统的详细信息。

非电气系统必须使用 DIN EN ISO 13849-1。

---

## 说明

### 功能示例

简单子系统的设计、集成信息已作为“功能示例”出版

---

## 说明

### EN 62061 和机械指令

在欧洲，IEC 62061 已经批准为 EN 62061，且与机械指令协调。

---

### A.3.2.6 系列标准 IEC 61508 (VDE 0803)

此系列标准对最先进的技术进行了描述。

IEC 61508 不是欧盟指令的协调标准，因此不会“自动假定”满足了指令中的保护目标，但是根据新的条款，安全相关产品的制造商也可以使用 IEC 61508 来满足欧洲指令中的基本要求，例如在以下情况下：

- 在相关应用领域没有适用的协调标准。在此情况下制造商可使用 IEC 61508，但是不存在符合性假定。
- 欧洲协调标准（例如：EN 62061、EN ISO 13849、EN 60204-1）中引用了 IEC 61508 时。这样可以确保满足指令中的相关要求（“一同生效的标准”）。从引用的角度来说，如果制造商负责地使用了 IEC 61508，则自动假定制造商符合了引用该标准的协调标准。

系列标准 IEC 61508 包含了使用 E/E/PES 系统（**electrical/electronic/programmable electronic System**）执行安全功能或者确保功能安全性时需要考虑的全部要素。其它危险例如电击危险则不在该标准中描述（与 DIN EN ISO 13849 相似）。

近来 IEC 61508 被定位为“国际基本安全出版物”，作为其它行业标准的框架，例如：EN 62061。

由于它的国际定位，此标准在世界范围内具有很高的接受度，尤其是在北美和汽车工业领域。现在很多机构要求此标准例如作为 NRTL 清单的基础。

此外，IEC 61508

的新发展还包括：从传感器到执行器的全套安全安装的系统设计技术要求；由意外硬件故障造成的危险故障几率的量化，以及为整个 E/E/PES 安全生命周期的每个阶段创建文档。

### A.3.2.7 风险分析/评估

由于自身的结构和功能，机械和设备存在风险。

因此机械指令要求对每台机械进行风险评估，并在必要时降低风险，使遗留风险小于允许的风险。执行风险评估时必须使用以下标准：

- EN ISO 12100 “机械安全 - 基本概念，通用设计原则”
- EN ISO 13849-1 (EN 954-1 升级版) “机械安全 - 控制系统安全部件”

EN ISO 12100-1 重点描述了需要分析的风险和风险降低的设计原则。

风险评估是指对机械造成的危险进行系统研究的一系列步骤。

完成风险评估后要采取相应的降低风险措施。

然后再次评估风险、降低风险，由此形成了一个不断重复的过程，这样可以尽可能地消除故障，确保采取了相应的保护措施。

风险评估包括

- 风险分析
  - 确定机械的限制 (EN ISO 12100)
  - 风险识别 (EN ISO 12100)
  - 风险预估 (EN 1050 第 7 段)
- 风险评估

根据实现安全性的重复过程，在风险预估后要进行评估。

此时要决定是否需要降低风险。

如果需要继续降低风险，必须选择和使用适当的保护措施。然后必须重复风险评估。

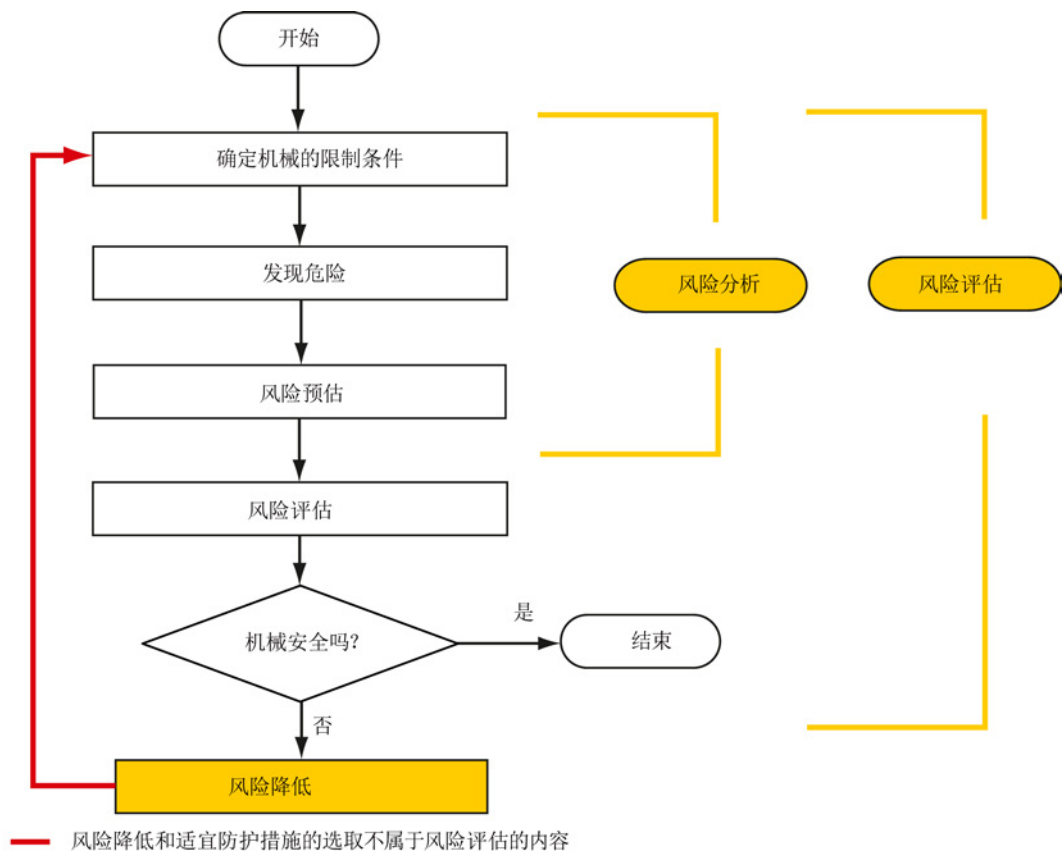


图 A-17 实现安全性的重复过程

风险降低必须通过适宜的机械设计/制造来实现，例如通过适用于安全功能的控制系统或保护措施。

如果保护措施中包含了联锁和控制功能，则保护措施必须根据 EN ISO 13849-1 设计。

除了 EN ISO 13849-1，电气和电子系统也可使用 EN 62061。

此时，电子控制系统和总线系统还必须符合 IEC 61508。

### A.3.2.8 风险降低

除了通过结构设计，机械的风险降低也可通过和安全相关的控制系统功能实现。为了实现这些控制系统功能，必须遵循标准中规定的根据风险程度分级的特殊要求。这些要求在 EN ISO 13849--1 中描述，电气系统，尤其是带可编程电子设备的电气系统在 EN 61508 或 EN 62061 中描述。

对和安全相关的控制系统部件的要求根据风险程度以及必要的风险降低措施分级。

**EN ISO 13849-1** 定义了风险矩阵，使用性能等级 (Performance Level, PL) 取代“类别”。

**IEC/EN 62061** 使用安全集成等级 (Safety Integrity Level, SIL) 分级。

它是控制系统安全性能的量化标度。必要的 SIL 也根据 ISO 12100 (EN 1050) 的风险评估原则得出。在标准的附录 A 中描述了确定必要的安全集成等级 SIL 的方法。

不论使用的是哪种标准，在各种情况下都必须确保机械控制系统上所有参与安全功能执行的组件都满足这些要求。

### A.3.2.9 遗留风险

在技术高度发展的当今世界，安全只是一个相对的概念。

在现实中是无法完全排除风险达到绝对安全的，即所谓的“零风险保障”。

遗留风险是指按照先进的经济和技术条件执行了相应的保护措施后仍无法避免的风险。

在机械/设备文档中必须提示遗留风险（用户信息，根据 EN ISO 12100）。



### A.3.3 美国的机械安全

美国和欧洲对工作环境安全的法律规定的区别在于，在美国没有统一的针对机械安全的国家法规来规定制造商/供应商的责任，更多是要求雇主提供安全的工作环境。

#### A.3.3.1 OSHA 的最低要求

在 1970 年的职业安全法（Occupational Safety and Health Act, OSHA）中规定了雇主必须提供安全的工作环境的要求。OSHA 的核心要求位于第 5 段“责任（Duties）”中。

职业安全法由职业安全与健康管理局（Occupational Safety and Health Administration, 通常称为 OSHA）负责管理。OSHA 会安排地区检察员来检查工作环境是否符合规定。

OSHA 中的工作安全相关规定在 OSHA 29 CFR 1910.xxx（“OSHA 法规 (29 CFR) 部分 1910 职业安全和健康”）中描述。（CFR: Code of Federal Regulations, 美国联邦法规）

<http://www.osha.gov>

在 29 CFR 1910.5 “标准适用性（Applicability of standards）”中确定了标准的适用范围。此条款与欧洲的相关规定相似。

当特定产品的标准涵盖了相关要素时，则具有比通用标准更高的优先级。满足了此标准时，雇主可以推定满足了标准中相关要素的 OSHA 核心要求。

对于某些特定应用，OSHA 要求所有用于保护雇员的电气设备必须获得 OSHA 授权的国家认可实验室（Nationally Recognized Testing Laboratory, NRTL）的许可。

除了 OSHA 的规定外，还须遵守其它组织如 NFPA 和 ANSI 制订的标准，以及在美国广泛适用的产品责任法。

产品责任法颁布后，制造商和销售商不得不为了自己的利益认真遵守法规并采用先进技术。

第三方保险企业通常要求其客户满足标准机构制定的适用的标准的要求。

自保企业不受此要求约束，但是在发生事故时必须能证明遵循了普遍公认的安全原则。

#### A.3.3.2 NRTL 清单

所有在美国使用的电气设备都必须获得 OSHA 授权的国家认可实验室（Nationally Recognized Testing Laboratory, NRTL）的许可，以保障雇员的安全。

国家认可实验室有权通过清单、标签或其它方式颁发设备和材料的许可。

检测的基础为国家标准例如 NFPA 79，以及国际标准例如 E/E/PES 系统的标准 IEC/EN 61508。

### A.3.3.3 NFPA 79

NFPA 79 标准（工业机械电子标准）适用于额定电压小于 600 V 的工业机械电子设备。由多台协同工作的机械所组成的整体也称之为机械。

#### NFPA 79

中涵盖了对可编程电子系统和通讯总线的基本要求。当这些设备被用于安全相关的功能时，必须列出在清单上。满足了这些要求时，电子控制系统和通讯总线也可用于停止类别 0 和 1 的急停功能（参见 NFPA 79 9.2.5.4.1.4）。同 EN 60204-1 一样，NFPA 79 也不再要求在执行急停功能时通过电子机械方式断开电源。

对可编程电子系统和通讯总线的核心要求为：  
系统要求（参见 NFPA 79 9.4.3）。

1. 包含了基于软件的控制器的控制系统必须
  - 在发生单个故障时
    - (a) 断开系统使其进入安全状态
    - (b) 防止重新启动直到故障被消除
    - (c) 防止意外的启动
  - 具有和硬件式控制系统相同的防护等级
  - 根据符合公认的、适用于该系统的标准设计。
2. 在附注中将 IEC 61508、IEC 62061、ISO 13849--1、ISO 13849-2 和 IEC 61800-5-2 列为适用的标准。

#### 保险商实验所（Underwriter Laboratories Inc.

UL）定义了一个特殊的类别“可编程安全控制器”（名称代码 NRGF）用于满足此要求。此类别涵盖了包含软件且设计用于安全功能的控制设备。

对此类别的详细描述以及满足此要求的设备列表可通过以下网址获取：

<http://www.ul.com> → Online certifications directory -> UL Category code/ Guide information -> search for category “NRGF”

TUV Rheinland of North America 也是此应用的 NRTL。

### A.3.3.4 ANSI B11

ANSI B11 标准是由多个协会，例如美国制造技术协会（Association for Manufacturing Technology, AMT）和机器人工业联合会（Robotic Industries Association, RIA）共同制定的标准。

通过风险分析/评估对机械潜在的危险进行评估。根据 NFPA 79、ANSI/RIA 15.06、ANSI B11.TR-3 和 SEMI S10（半导体），风险分析为一项重要要求。

借助风险分析后记录下的结果，并根据实际应用的安全等级可以选择合适的安全技术。

### A.3.4 日本的机械安全

日本的情况与欧洲和美国不同，它没有和欧洲类似的对功能安全性的法律要求，同样产品责任法的效力也不及美国。

在日本没有对标准应用的法律要求，但是有使用 JIS（日本工业标准）的管理建议：日本借鉴欧洲的方案，将基本标准作为国家标准（见下表）。

表格 A- 14 日本标准

ISO/IEC 编号	JIS 编号	注释
ISO12100	JIS B 9700	原 TR B 0008 和 TR B 0009
ISO14121- 1 / EN1050	JIS B 9702	
ISO13849-1	JIS B 9705-1	
ISO13849-2	JIS B 9705-1	
IEC 60204-1	JIS B 9960-1	无附录 F 或欧洲前言中的路线图
IEC 61508-0 至 -7	JIS C 0508	
IEC 62061		尚无 JIS 编号

### A.3.5 企业设备规定

除了指令和标准中的要求外，还须遵循企业特定的要求。

特别是大型企业，例如汽车制造商，对自动化部件有很高的要求，并常会将其作为自己的设备规范列出。

和安全相关的事项（例如运行方式、进入危险区域的操作，急停方案等）必须事先与客户说明，确保这些事项纳入到风险评估/降低过程中。

## A.3.6 其他和安全相关的事项

### A.3.6.1 其它文献

- Safety Integrated, 工业安全系统（第 5 版，带附录），订货号 6ZB5 000-0AA01-0BA1
- Safety Integrated - 术语和标准 - 机床安全术语（版本 04.2007），订货号 E86060-T1813-A101-A1

### A.3.6.2 同业工伤事故保险联合会的信息页

有时从指令、标准或者规范文本并不能得出需要执行的安全措施。  
此时还需要相应的提示和说明。

为此，同业工伤事故保险联合会的各专业委员会出版各种主题的出版物。

---

#### 说明

这些出版物以德语发行。其中一部分也提供英语和法语版本。

---

例如可参考以下主题的信息页：

- 生产时的流程监控
- 引力负载轴
- 滚压机械
- 车床和车削中心 - 购买/销售

专业委员会信息页可由所有团体使用，例如：在向车间提供建议、制定规范或者设计机械和设备上的安全措施时可以参考。

专业委员会的信息页中包含对相应专业领域的建议，机械制造、生产系统、钢铁制造等。

可通过以下网址下载信息页：

BG ([www.bghm.de](http://www.bghm.de))

首先选择“Arbeitsschützer”区域，之后选择菜单“Praxishilfen”，最后选择“DGUV-Informationen”。

## A.4 手册和技术支持

### A.4.1 变频器手册

表格 A- 15 变频器手册

难易度	手册	内容	语言版本	下载或订购
++	<b>入门指南</b> 涉及的变频器系列： <ul style="list-style-type: none"> <li>• SINAMICS G120, 配备控制单元 CU230P-2; CU240B-2; CU240E-2</li> <li>• SINAMICS G120, 配备控制单元 CU250S-2</li> <li>• SINAMICS G120C</li> <li>• SINAMICS G120D</li> <li>• SINAMICS G110M</li> </ul>	安装变频器并启动电机。	英语、德语、意大利语、法语、西班牙语和中文	下载手册 <a href="http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/22339653/133300">http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/22339653/133300</a> <b>SINAMICS 手册合集</b> DVD 文档光盘, 订货号 6SL3097-4CA00-0YGO
+++	<b>操作说明</b> 涉及的变频器系列： <ul style="list-style-type: none"> <li>• SINAMICS G120, 配备控制单元 CU240B-2; CU240E-2</li> <li>• SINAMICS G120, 配备控制单元 CU250S-2</li> <li>• SINAMICS G120C</li> <li>• SINAMICS G120D, 配备控制单元 CU240D-2</li> <li>• SINAMICS G120D, 配备控制单元 CU250D-2</li> <li>• SINAMICS G110M</li> <li>• SIMATIC ET 200pro FC-2</li> </ul>	安装、调试和维护变频器。		

难易度	手册	内容	语言版本	下载或订购
+++	<b>Safety Integrated 功能手册</b>	(本手册)	英语、德语 和中文	
+++	<b>现场总线功能手册</b> 适用于变频器 SINAMICS G120、G120C 和 G120D	配置现场总线。		
+++	<b>参数手册</b> 涉及的变频器系列： <ul style="list-style-type: none"> <li>• SINAMICS G120, 配备控制单元 CU240B-2; CU240E-2</li> <li>• SINAMICS G120, 配备控制单元 CU250S-2</li> <li>• SINAMICS G120C</li> <li>• SINAMICS G120D, 配备控制单元 CU240D-2, CU250D-2</li> <li>• SINAMICS G110M</li> <li>• SIMATIC ET 200pro FC-2</li> </ul>	提供完整的参数、警告表、故障表以及功能图。		
+	<b>入门指南</b> 适用于以下 SINAMICS G120 功率模块： <ul style="list-style-type: none"> <li>• PM240、PM250和PM260</li> <li>• PM240-2</li> </ul>	如何安装功率模块	英语	
+	<b>安装说明</b> 适用于电抗器、滤波器和制动电阻	如何安装组件		
+++	<b>安装手册</b> 适用于以下 SINAMICS G120 功率模块： <ul style="list-style-type: none"> <li>• PM240</li> <li>• PM240-2</li> <li>• PM250</li> <li>• PM260</li> </ul>	如何安装功率模块、电抗器和滤波器。 如何维护功率模块。	英语和德语	

难易度	手册	内容	语言版本	下载或订购
+++	<b>操作说明</b> 适用于以下操作面板: <ul style="list-style-type: none"> <li>• BOP-2</li> <li>• IOP</li> </ul>	如何操作控制面板, 如何安装IOP的防护门磁铁。		
+++	<b>操作说明</b> 分布式 I/O 系统 ET 200pro	安装、调试和诊断分布式 I/O 系统 ET 200pro 和 F-Switch。	英语、德语、意大利语、法语、西班牙语、中文和俄语	下载 SIMATIC ( <a href="http://support.automation.siemens.com/WW/view/zh/19737445/133300">http://support.automation.siemens.com/WW/view/zh/19737445/133300</a> )
+++	<b>手册</b> SIMATIC ET 200pro 电机启动器	安装、调试和诊断 ET 200pro 电机启动器和模块 F-RSM。	英语、法语、德语	

#### A.4.2 配置选型工具

表格 A- 16 为变频器配置选型提供支持的工具

手册或工具	内容	语言版本	下载或订购
产品样本 D 31	标准变频器 SINAMICS G 的订货数据和技术信息	英语、德语、意大利语、法语和西班牙语	关于 SINAMICS G120 ( <a href="http://www.siemens.com/sinamics-g120">www.siemens.com/sinamics-g120</a> )
在线产品样本 (网上商城)	所有西门子产品的订货数据和技术信息	英语和德语	
SIZER	通用的选型工具, 覆盖了 SINAMICS、MICROMASTER、DYNAVERT T 和 Motorstarter 传动系统以及 SINUMERIK、SIMOTION 和 SIMATIC-Technology 控制器	英语、德语、意大利语和法语	SIZER DVD 安装盘 (订货号: 6SL3070-0AA00-0AG0) 或从网上下载: 下载 SIZER ( <a href="http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/10804987/130000">http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/10804987/130000</a> )

安全评估工具获得 TÜV

认证, 可帮助您对机器上的安全功能进行评估, 使安全功能符合标准 IEC 62061 和



ISO 13849-1。

该在线工具会生成一份达标报告，您可以将它作为安全证书加入到文档中：

安全评估工具 ([www.siemens.com/safety-evaluation-tool](http://www.siemens.com/safety-evaluation-tool))。)

### A.4.3 产品支持

如需获得更多产品相关信息，请访问网址：产品支持

(<http://www.siemens.com/automation/service&support>)。)

除了印刷文档外，我们还在该网址下提供了丰富的在线产品信息。其中包括：

- 最新产品信息，FAQ（常见问题）、下载文档。
- 持续提供产品最新信息的新闻。
- 用于搜索所需文档的知识管理器（智能搜索）。
- 供世界各地的用户和专家交流经验的论坛。
- “联系和合作”一栏下提供自动化与驱动集团在各个区域/城市的联系方式。
- “服务”一栏下提供现场服务、维修、备件等信息。

## A.5 错误和改进

如果您在阅读本手册时发现错误，或者您有任何改进建议，您可以按照以下地址或通过电子邮件发送您的建议：

Siemens AG

Drive Technologies

Motion Control Systems

Postfach 3180

D-91050 Erlangen

电子邮件 (<mailto:docu.motioncontrol@siemens.com>)

# 索引

## 3

3RK3 (模块化安全系统), 65  
3TK28 (安全开关设备), 62

## C

Cat (类), 273  
CDS (Control Data Set), 105, 151, 152

## D

DI (Digital Input), 52, 105, 150, 151, 152  
DO (数字量输出), 71

## E

EN 61800-5-2, 27  
ET200S, 69

## F

F\_Dest\_Add, 80  
F\_WD\_Time, 80  
F0 母排, 40, 56  
F1 母排, 40, 56  
F-CPU, 42  
F-DI (Fail-safe Digital Input), 52, 77  
F-DI 的状态  
    验收测试, 308  
F-DO 的检查模式, 123  
F-DO (安全输出), 71  
F-RSM, 56  
F-Switch, 40, 56

## I

I/O 模块, 67, 68, 69, 70

## M

MLFB (订货号), 311

## O

OB35, 80  
OFF3, 225

## P

PC 工具 STARTER, 85  
PFHD (Probability of Failure per Hour), 267  
PL: Performance Level (性能等级), 273  
PLC 程序, 312  
PROFIsafe, 40, 77  
    报文 30, 45  
    报文 900, 45  
    状态字 1, 46, 48, 168, 227  
    状态字 5, 49  
    启动通讯, 96, 130  
    配置, 78  
    控制字 1, 46, 47  
    控制字 5, 49  
PROFIsafe F-DI 状态, 129  
PROFIsafe 地址, 128

## S

S\_STW (控制字安全), 45

- S\_ZSW (状态字安全), 45
- S7-300, 67
- Safe Brake Ramp, 188
- SAM (Safe Acceleration Monitor), 131, 136, 180
  - 生效, 160
- SBC (Safe Brake Control), 29
  - 已请求, 159
  - 验收测试, 289
- SBR (Safe Brake Ramp), 131, 179, 188, 194, 195
  - 生效, 160
- SDI (Safe Direction), 36
  - 公差, 147
  - 生效, 160
  - 延迟时间, 147
  - 关闭电机, 215
  - 故障响应, 221
  - 选择, 214
  - 信号不一致, 219
  - 验收测试, 301
  - 接通电机, 217
  - 撤销, 160
- Shared Device, 42, 83, 95, 130
- SIL (Safety Integrity Level), 273
- SIMATIC ET 200pro FC-2, 20, 21, 50
- SINAMICS G110M, 20, 21
- SINAMICS G120
  - CU230P-2, 20, 21
  - CU240B-2, 20, 21
  - CU240E-2, 20, 21
  - CU250S-2, 20, 21
- SINAMICS G120C, 20, 21
- SINAMICS G120D
  - CU240D-2, 20, 21
  - CU250D-2, 20, 21
- SIZER, 336
- SLS (Safely Limited Speed), 33, 188
  - SLS转速档的切换, 194
  - 切换 SLS 档位, 195
  - 生效, 159
  - 延迟时间, 140
  - 关闭电机, 197
  - 设定转速限值, 138
  - 级别, 194
  - 转速监控, 140
  - 制动斜坡监控, 140
  - 故障响应, 202
  - 响应, 138
  - 选择, 188, 190, 192
  - 选择档位, 160
  - 信号不一致, 200
  - 档位生效, 160
  - 监控限值, 195
  - 监控模式, 188
  - 验收测试, 292
  - 接通电机, 199
  - 静态监控, 197
  - 撤销, 160, 188
- SS1 (Safe Stop 1), 31
  - SBR 的延迟时间, 131
  - 公差, 131, 136
  - 生效, 159
  - 延迟时间, 131, 132, 133, 135
  - 关闭电机, 181
  - 关闭转速, 131, 132, 134, 135
  - 转速公差, 135
  - 故障响应, 186
  - 选择, 131, 178, 179
  - 信号不一致, 182, 184
  - 监控时间, 133, 133
  - 监控模式, 131
  - 验收测试, 282, 285
  - 基准转速, 133, 133

基准转速（基准速度），133  
 基准速度（基准转速），133  
 静态监控, 131, 132, 179, 180  
 静态检测, 134  
 撤销, 159  
**SSM (Safe Speed Monitoring), 38**  
 工作时序, 205  
 反馈生效, 160  
 回差, 144  
 关闭电机, 206  
 转速限值, 143  
 故障响应, 228  
 验收测试, 296  
 接通电机, 211  
 滤波器, 144

**STARTER, 85**

安全输出:

**STO (Safe Torque Off), 27**

生效, 159  
 故障响应, 227  
 选择, 27, 168  
 信号不一致, 169  
 验收测试, 278, 281  
 撤销, 159

**STOP A, 186****STOP B, 202, 221, 225****STOP F, 226****T**

**Test stop**（强制潜在故障检查），107

**Teststop**

执行, 163

**V**

V/f 控制, 23

**Y**

一览

手册, 334

调试, 90

章节, 18

一致的信号, 97, 117

一致性, 97, 117

**R**

入门指南, 334

**X**

下载, 153

小车, 37

**W**

无编码器, 23

无编码器的实际值计算, 111

**C H**

车床, 34

**Q**

切换

SLS 档位, 194

**N**

内部事件, 159, 225

## S H

水平输送机, 34

手册

Safety Integrated 功能手册, 334

一览, 334

下载, 334

变频器配件, 334

手册合集, 334

手册改进, 338

手册的改进建议, 338

手册错误, 338

## F

风险分析, 23

风险评估, 23

## R

认证, 273

## Y

允许使用的安全开关设备, 62

## G

功能扩展, 158

功能表, 311

## Q

去抖时间, 271

## D

电气原理图, 312

电机转动圈数, 110

电机数据检测, 25

## S H

矢量控制, 23

## Y

印刷机, 37

## Z H

主轴驱动器, 35

## J

记录, 309

## C H

出厂设置

恢复, 86

## J

加速时的电压公差, 111

## S

丝杠转动圈数, 110

## K

扩展安全功能, 19, 51, 52

## J

机电传感器, 54, 58, 60

机器厂商, 15

机器文档, 309  
 机器制造商, 15, 267  
 机器说明, 310

**Y**

压力气缸, 37

**Z**

在线调试, 85

**T**

同步电机, 23

**W**

网上商城 (Industry Mall) , 336

**C H**

传动比, 110, 138

**Y**

延迟时间, 111

**Z**

自检, 100  
 自检 (强制潜在故障检查) , 107

**H**

会签, 312

**D**

多重接线  
     数字量输入, 105, 150, 151, 152

**C H**

产品样本, 336

**W**

问题, 337

**A**

安全开关设备, 62, 64  
 安全功能  
     控制, 21  
 安全应答, 120, 160  
 安全制动继电器, 75, 100  
 安全集成等级, 273  
 安全输入, 52, 77, 113  
 安全输入的滤波器, 115, 116  
 安全输出, 71, 126  
     SINAMICS G120D, 123  
     反馈输入, 125  
     信号源, 125  
     测试模式, 121, 125  
 安装手册, 334

**S H**

设备说明, 310  
 设定转速限值, 192

**Y**

异步电机, 23

## F

防夹保护, 37

防护门, 57

## Y

运行方式, 311

## J

技术支持, 337

## P

批量调试, 155, 158

## B

报文 30, 45, 129

报文 900, 45, 129

报警, 240

## J

极对数, 110

## G

更换

功率模块, 266

电机, 266

齿轮箱, 266

控制单元, 266

硬件, 266

更新

固件, 266

## B

步骤, 17

## M

每小时故障概率, 267

## W

位置开关, 57

位模测试, 98, 118

## Z H

状态字 1, 46, 48

状态字 5, 49

## Y

应答

F-DI, 92, 230

PROFIsafe, 46, 47, 230

内部事件, 230

采用安全信号, 230

标准, 231

## X

序列号, 310

## C H

初始对话框（扩展安全功能）, 106

初始对话框（基本安全功能）, 93

## Q

驱动组, 23



**Z H**

直流制动, 25

**O**

欧盟一致性声明, 274

**Z H**

转速比, 110

转速监控, 225

**C H**

齿轮箱, 110

**M**

明暗测试, 98, 118

**G**

固件升级, 266

固件版本, 253, 311

**Z H**

制造商, 310

制造商声明, 273

**S H**

使用寿命, 267

**B**

版本

安全功能, 311

固件, 311

硬件, 311

**F**

服务人员, 15

**B**

备份参数, 153

变频器

更新, 266

变频器组件, 253

变频器信号, 159

**J**

卷取机, 24

卷帘门, 37

**X**

性能等级, 273

**S H**

实际值公差, 110

实际值计算的延迟时间, 272

试验台, 24

**C**

参数手册, 334

**G**

故障, 240

故障响应

SDI, 221

SLS, 202

SS1, 186  
SSM, 228  
STO, 227  
故障检测, 161  
故障概率, 267

## B

标准应答, 160

## X

响应时间, 269

## F

复合制动, 25  
复位  
    参数, 86  
复制  
    批量调试, 155, 158  
    参数, 153  
复制参数  
    批量调试, 155, 158  
    离线调试, 153

## X

信号, 159  
信号不一致, 66, 97, 117, 223, 232  
    SDI, 219  
    SLS, 200  
    SS1, 182, 184  
    STO, 169  
    公差时间, 97, 117  
    滤波器, 97, 117

## J

急停按钮, 29

## C

测试信号, 98, 118

## B

捕捉重启, 25, 110

## R

热线, 337

## Y

样品检验证书, 273

## P

配置选型工具, 336

## J

紧急停止指令装置, 57

## L

离心机, 38  
离线调试, 85, 153

## D

调试, 77  
    一览, 90  
    在线, 85  
    离线, 85

调试人员, 15  
调试工具 STARTER, 85

## Y

验收, 77, 156  
    完整的, 156  
    简化的, 158, 266  
验收报告, 156  
验收测试, 156, 312  
    F-DI 的状态, 308  
    SBC, 289  
    SDI, 301  
    SLS, 292  
    SS1 (扩展安全功能), 285  
    SS1 (基本安全功能), 282  
    SSM, 296  
    STO (扩展安全功能), 281  
    STO (基本功能), 278  
验收模式, 141, 149, 292, 302

## K

控制字 1, 46, 47  
控制字 5, 49  
控制单元  
    CU230P-2, 20, 21  
    CU240B-2, 20, 21  
    CU240D-2, 20, 21  
    CU240E-2, 20, 21  
    CU250D-2, 20, 21  
    CU250S-2, 20, 21  
控制模式, 23

## J

基本安全功能, 19, 51, 52

基准转速, 140  
检查间隔, 267

## F

符号, 17

## T

停止  
    1 类, 225

## D

断线, 97, 117, 169, 182, 184  
断路路径, 100  
断路路径 (强制潜在故障检查), 107

## C H

超限, 225

## Y

硬件配置, 95

## Z

最小电流, 111  
最终用户, 310

## Z H

智能从站, 43

## Q

强制潜在故障检查, 100, 107, 267  
    执行, 162

扩展安全功能, 107

安全输出, 126

设置, 100

## G

跟踪, 312

## C H

触点抖动, 98, 118

## S H

数字量输入

多重接线, 105

数组切换, 105, 151, 152

数据备份, 312

## L

滤波器

明暗测试, 98, 118

信号不一致, 97, 117

触点抖动, 98, 118

## M

模块化的安全系统, 65

## C

操作说明, 17, 334



## 其他信息

SINAMICS 变频器:

[www.siemens.com/sinamics](http://www.siemens.com/sinamics)

Safety Integrated:

[www.siemens.com/safety-integrated](http://www.siemens.com/safety-integrated)

Siemens AG  
Industry Sector  
Drive Technologies  
Motion Control Systems  
Postfach 3180  
91050 ERLANGEN  
德国

保留变更权利  
© Siemens AG 2010-2014

有关 Safety  
Integrated 的更多信  
息请扫描二维码。



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