

V1.0

DI MC MTS APC

828 安全集成功能调试指南

SINUMERIK 828D

2020.03

内容

1	免责声明	Error! Bookmark not defined.
2	概述	2
3	要求	3
4	注意事项	4
5	调试方法	5
6	参考文献	36
7	作者/联系人	36
8	版本信息	36

1 免责声明

本使用手册及样例包目录内所包含文档、PLC 程序、机床可执行程序（MPF、SPF、...）、电气图，可能与用户实际使用不同，用户可能需要先对例子程序做修改和调整，才能将其用于测试。本例程的作者和拥有者对于该例程的功能性和兼容性不负任何责任，使用该例程的风险完全由用户自行承担。由于它是免费的，所以不提供任何担保，错误纠正和热线支持，用户不必为此联系西门子技术支持与服务部门。

对于在使用中发生的人员、财产损失本公司不承担任何责任，由使用者自行承担风险。

以上声明内容的最终解释权归西门子（中国）有限公司所有，后续内容更新不做另行通知。

2 概述

SINUMERIK 828D 安全集成功能是基于 S120 驱动系统和 NC 系统来实现的。

安全功能符合：

- IEC61508 安全完整性等级 (SIL) 2
- DIN EN ISO 13849-1 3 类
- DIN EN ISO 13849-1 性能等级 (PL) d

828D 安全集成主要用到以下几组安全功能：

- Safety Integrated 基本功能 (**标配功能，不需要额外授权**)
 - 1) Safe Torque Off (STO) 安全转矩切断
 - 2) Safe Stop 1 (SS1) 安全停止 1
 - 3) Safe Brake Control (SBC) 安全抱闸控制
- Safety Integrated 扩展功能 (**包含上面的基本功能，需要额外授权**)
 - 1) Safe Operating Stop (SOS) 安全操作禁止
 - 2) Safe Stop 2 (SS2) 安全停止 2
 - 3) Safely-Limited Speed (SLS) 安全速度限制 (最大速度)
 - 4) Safe Speed Monitor (SSM) 安全速度监控 (最小速度)
 - 5) Safe Direction (SDI) 安全方向
 - 6) Safely-Limited Acceleration (SLA) 安全加速度限制
 - 7) Safe Brake Test (SBT) 安全制动测试

如果一个安全功能被触发，就会发出停止信号。停止类型取决于触发的安全功能。在某些情况下，可以配置 STOP 类型。

停止类型	动作	结果	生效安全功能
STOP A	立即封锁脉冲	驱动器惯性停转	STO
STOP B	立即给出转速设定值 0 并开始延时 t_B ， t_B 届满后或者 $n_{\text{实际}} < n_{\text{关机}}$ 时触发 STOP A	电机沿着 OFF3 斜坡制动，接着过渡至 STOP A	STO
STOP C	立即给出转速设定值 0 并开始延时段 t_C ， t_C 届满后选择 SOS	电机沿着 OFF3 斜坡制动，之后选择 SOS	SOS
STOP D	开始延时段 t_D ，无驱动器自动响应， t_D 届满后激活 SOS	电机必须通过（驱动组中的）上级控制器制动，之后选择 SOS	SOS
STOP E	停止和回退并延时段 T_E ， T_E 届满后选择 SOS	电机沿程序回退和停止路径制动 (ESR)，之后选择 SOS	SOS

本文主要介绍 SINUMERIK 828D 常用的安全集成功能（扩展功能）调试方法，如需了解其他相关内容更详细的内容，请参阅如下手册。

S120 Safety Integrated 功能手册 12/2018

3 要求

3.1 系统硬件要求

工艺	硬件				
	PPU24x	PPU26x	PPU28x	PPU28x.Advance	TM54F
车床	•	•	•	•	•
铣床	•	•	•	•	•
磨床	•	•	•	•	•

3.2 系统软件要求

- V4.7 及以上

3.3 安全集成（扩展功能）选项要求

- 根据配置轴数选择安全集成选项轴个数：6FC5800-0AC50-0YB0，如标准铣床选择 4（X、Y、Z、SP）

201796 ↓ 轴MY1 SERVO_3.3.5 (5): SI P1 (CU): 等待通讯 2.

授权：全部选件

选件	已设置	已授权
附加的1根进给轴/主轴 6FC5800-0AC20-0YB0	0	0
额外的1根定位轴/辅助主轴 6FC5800-0AC30-0YB0	0	0
drive based安全集成进给轴/主轴，每份授权增加1根轴 6FC5800-0AC50-0YB0	4	4
32000 Ladder Steps存储器扩展 6FC5800-0AD40-0YB0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
运行到固定挡块（带力控制） 6FC5800-0AM01-0YB0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
轮廓手轮 6FC5800-0AM08-0YB0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TRANSMIT和柱面转换 6FC5800-0AM127-0YB0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2步测量 6FC5800-0AM132-0YB0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
双向螺距补偿 6FC5800-0AM154-0YB0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
多维悬垂度补偿 6FC5800-0AM155-0YB0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ESR（驱动自动控制的扩展停机和退回） 6FC5800-0AM160-0YB0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
通用耦合 'CP-STATIC' 6FC5800-0CP175-0YB0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

概览

全部选件

缺少的授权/选件

搜索

复位 (po)

导出授权需求

根据授权设置选件

返回

调试存档

授权

网络


安全

回转数据

>

4 注意事项

4.1 注意事项一：

- 使用安全集成 SS1 安全停止 1 控制后，调试包标准 PLC 程序中的急停控制部分需要修改，即 HMI 上不能再出现 “” 报警。

4.2 注意事项二：

- TM54F 上的公共端+24V 必须使用 X521 的 1 脚，不可用外围其他的 24V 电源。否则可能会出现如下报警。

235013 ↓

总线3, 从站3, TM54F-Master (9), 组件 TM54F_MA_3 (3):
TM54F: 强制故障检查出错. 0x40220.

报警

日期	删除	报警号	文本
11/13/19 16:13:02.561 PM		235014	总线3, 从站3, TM54F-Master (9), 组件 TM54F_MA_3 (3): TM54F: 故障安全数字量输入/输出的强制 故障检查.
11/13/19 16:12:08.499 PM		235013	总线3, 从站3, TM54F-Slave (10), 组件 TM54F_SL_4 (4): TM54F: 强制故障检查出错. 0x40215.
11/13/19 16:12:08.499 PM		235013	总线3, 从站3, TM54F-Master (9), 组件 TM54F_MA_3 (3): TM54F: 强制故障检查出错. 0x40220.

删除
HMI报警

报警
应答

删除Cancel
报警

排序

隐藏安全
集成报警

保存
诊断数据

报警
清除

信息

报警
日志

NC/PLC
变量

远程
诊断

版本

4.3 注意事项三：

- 828D 铣床标准调试包 PLC 中主轴手动用的是 DB3803.DBX5006.1 正转，在 SS1 激活后，如果不按 MCP 面板 RESET 键，解除 SS1 后主轴会继续正转，可通过下列方式解决：
 - 修改 PLC 程序，在 MCP 子程序下，当 SS1 激活时就激活 NCK 复位
 - 用 MCP 面板复位键来控制急停安全继电器的复位，需要电路及 PLC 设计

5 调试方法

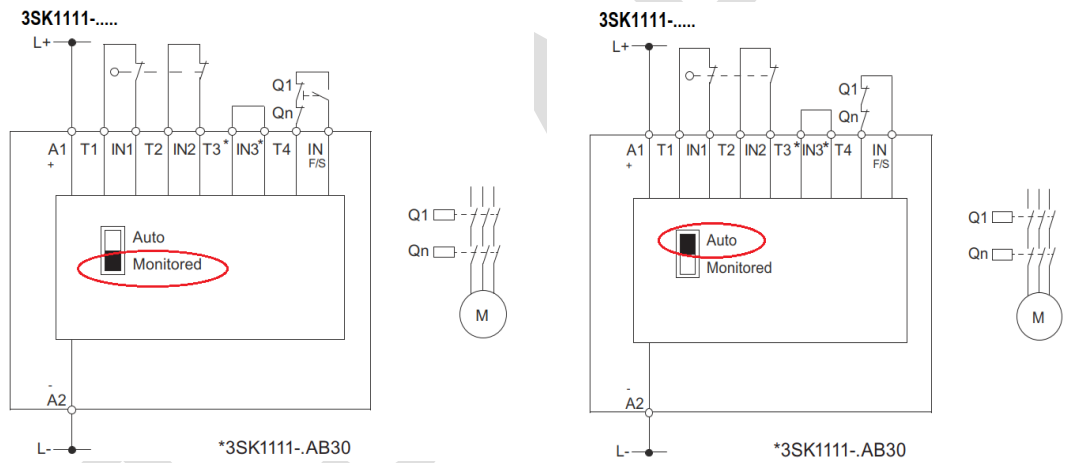
调试之前最好列出机床所有可能的危险动作，不仅仅局限于数控轴的运动，也包括外围辅助设备的动作，如换刀装置、机械手、刀盘、排屑器等。

安全集成扩展功能为进给轴/主轴监测提供 SOS 和 SLS。非数控控制的其他动作也可以通过安全继电器或接触器安全关闭，接触器可由 TM54F 的四个故障安全输出（F-DO 0-3）控制。这些输出可以配置为响应不同的安全状态。

5.1 安全继电器与 TM54F 接线（样例仅供参考）

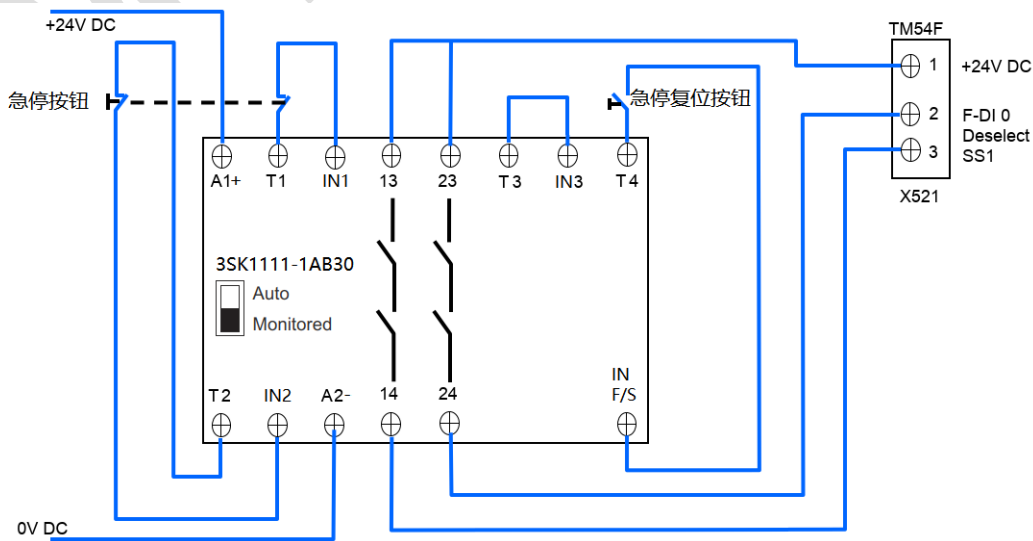
5.1.1 安全继电器本例选用西门子 3SK1111-1AB30 安全继电器，查阅安全继电器的说明书，此继电器有两种模式选择，如下图所示：

“Monitored” 模式，需要手动复位，适合急停 “Auto” 模式，自动复位，适合门开关

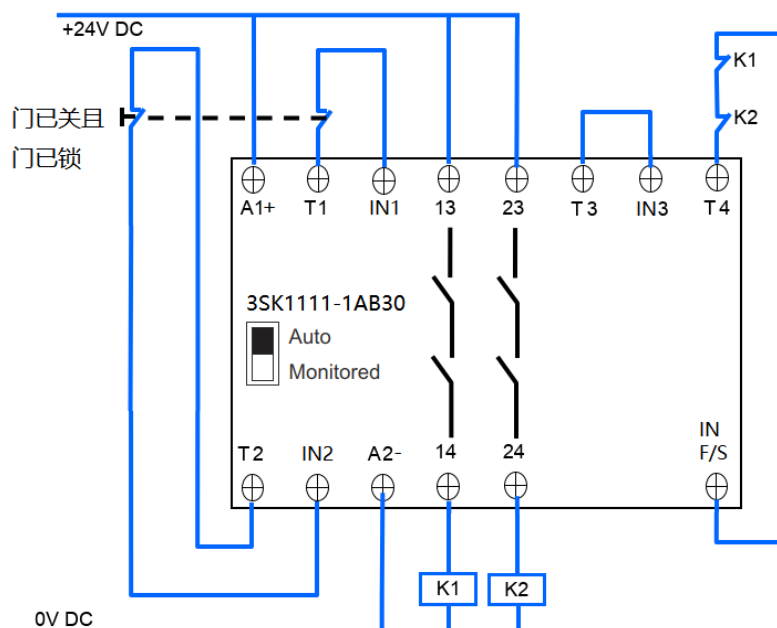


5.1.2 急停安全继电器接线方法，急停需要手动复位，根据上面的说明选用“Monitored”模式

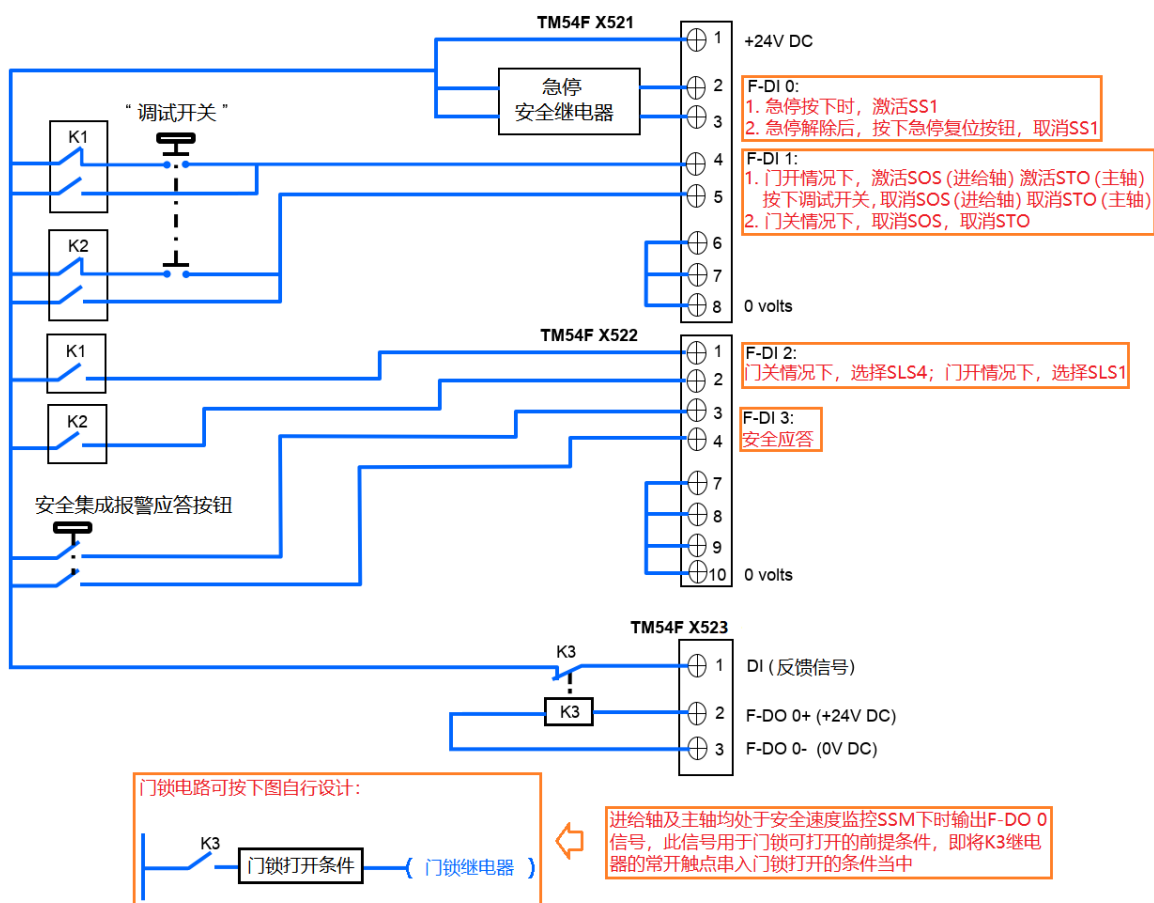
注：图中“急停复位按钮”推荐使用 MCP 复位键来控制（需要电路及 PLC 设计，可自行设计）。



5.1.3 门开关安全继电器接线方法，门开关可自动复位，根据上面的说明选用"Auto"模式



5.1.4 TM54F 接线方法



5.2 根据机床原理图，建立安全集成功能表（样例仅供参考）

按照上面的原理图得出 TM54F 输入输出信号定义，如下所示：

TM54F 输入信号：

- F-DI 0 用于安全停止 1 SS1 控制
- F-DI 1 用于安全操作禁止 SOS（进给轴）、安全转矩切断 STO（主轴）控制
- F-DI 2 用于安全速度限制 SLS 控制，SLS4 门关最高速度限制，SLS1 门开最高速度限制
- F-DI 3 用于安全报警应答

TM54F 输出信号：

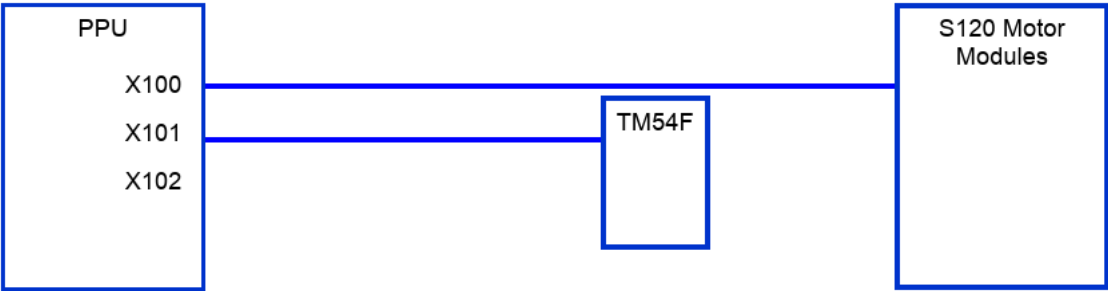
- F-DO 0 用于安全速度监控 SSM，作为门锁打开的条件

建立如下安全集成功能表：

操作模式	驱动	安全功能	
急停	X、Y、Z（驱动组 1）	激活 SS1	F-DI 0
	SP（驱动组 2）		
门关	X、Y、Z（驱动组 1）	激活 SLS4	F-DI 2
	SP（驱动组 2）		
门开	X、Y、Z（驱动组 1）	激活 SLS1	F-DI 2
	SP（驱动组 2）		
门开，调试开关处于“OFF”	X、Y、Z（驱动组 1）	激活 SOS	F-DI 1
	SP（驱动组 2）	激活 STO	
门开，调试开关处于“ON” (或门关状态)	X、Y、Z（驱动组 1）	取消 SOS	F-DI 1
	SP（驱动组 2）	取消 STO	
门锁	X、Y、Z（驱动组 1）	SSM	F-DO 0
	SP（驱动组 2）	SSM	
安全报警应答			F-DI 3

5.3 将 TM54F 加入系统拓扑中

按照下图连接 TM54F，添加组件“TM54F”至拓扑中，具体方法可参阅“828D 简明调试手册”

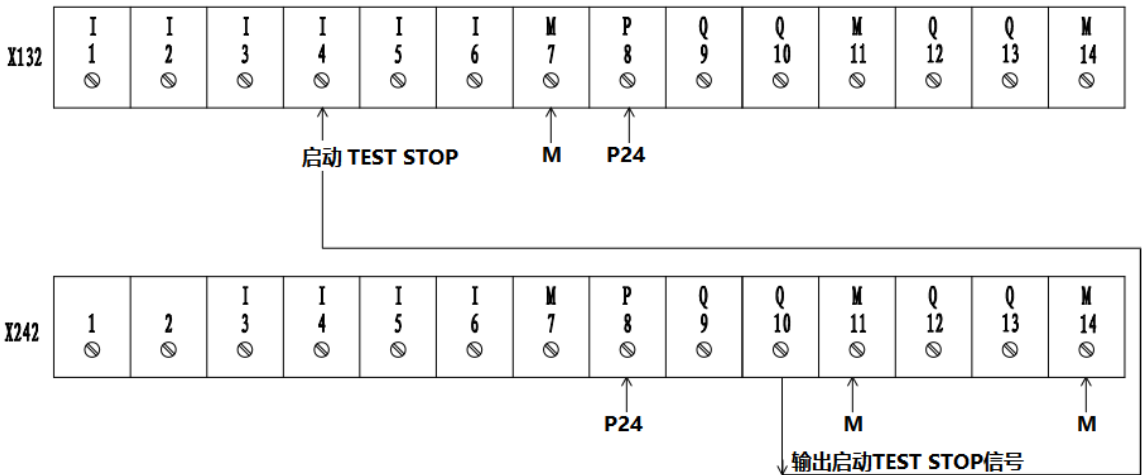


5.4 强制潜在故障检查 (TESTSTOP) 线路设计 (样例仅供参考)

为满足标准 EN ISO 13849-1 中关于及时发现故障的要求，每隔一段时间就要检查系统断路路径能否正常工作。

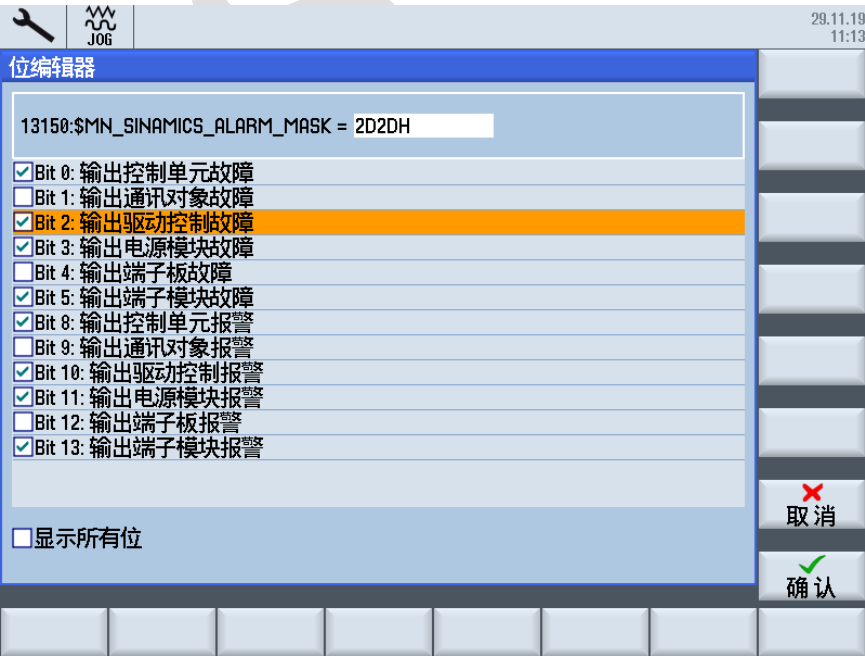
对于基本和扩展功能的强制潜在故障检查 (Teststop) 来说，该项检查的最大时间间隔为 8760 小时，即至少每年一次。

强制潜在故障检查 (Teststop) 必须通过定期的手动测试或自动测试实现。

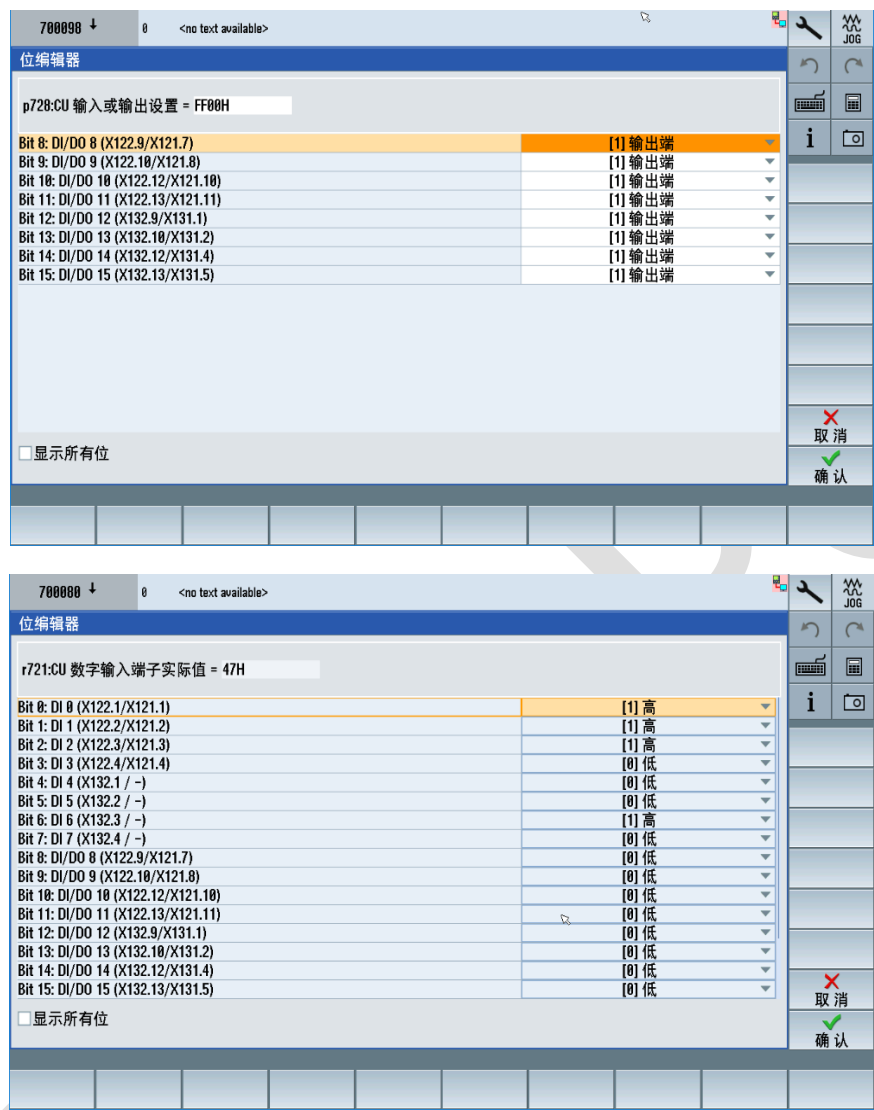


5.5 激活安全集成功能报警

设置 MD13150=2D2DH，输出驱动控制故障



5.6 通过 CU 参数 P728 设置端子 X122、X132 DI/DO 属性，可通过 R721 监控 CU 数字输入端子实际值

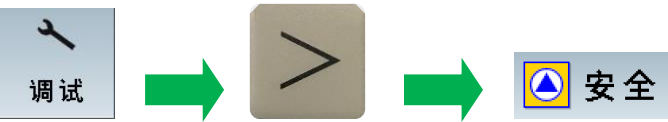


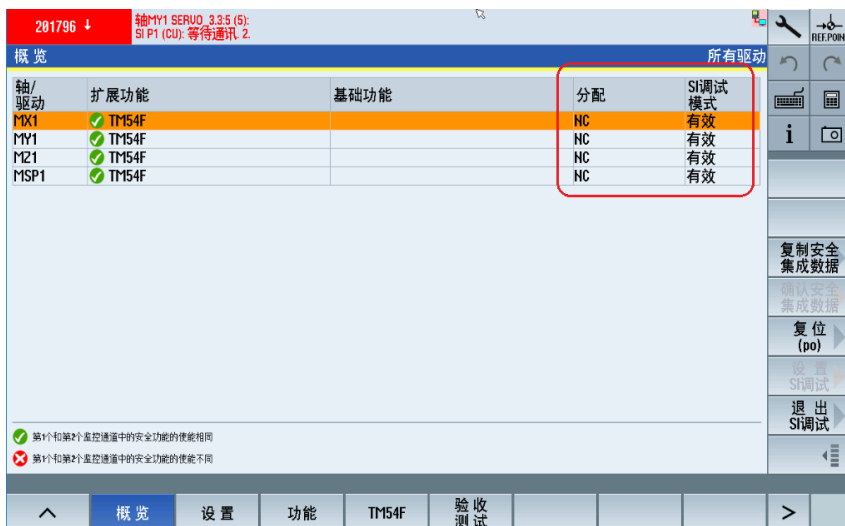
5.7 配置安全集成功能（以标准 4 轴铣床为例）

对于安全集成功能的启用和配置是通过 SINUMERIK Operate HMI 实现的。

5.7.1 设置选项功能，6FC5800-0AC50-0YB0=4（安全轴数为 4）

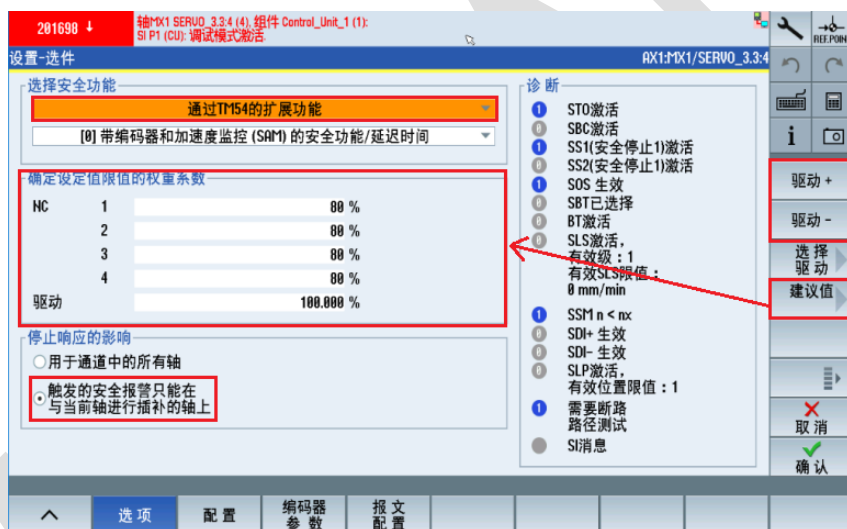
5.7.2 按如下步骤配置安全集成功能



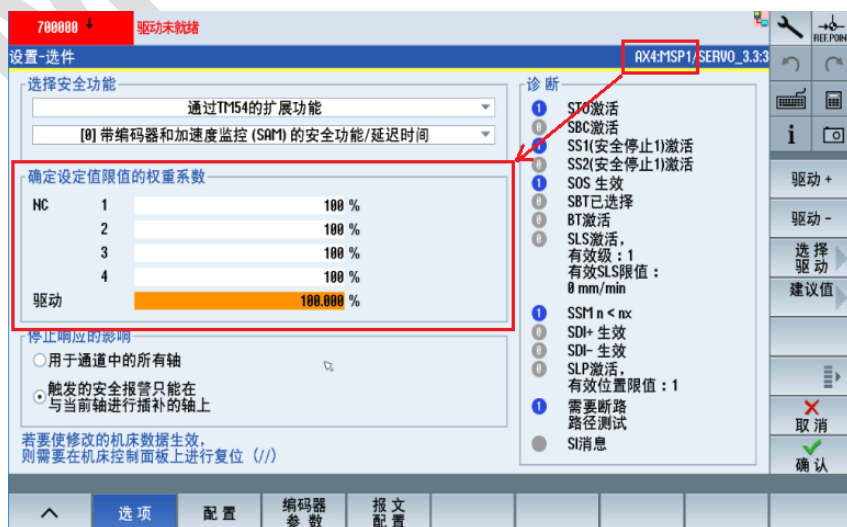


注：调试之前需要点击“设置 SI 调试”，并确认进入 SI 调试模式

点击上图中“设置”，进入“选项”，选择“通过 TM54 的扩展功能”，通过“驱动+”或“驱动-”配置所有轴，“停止响应的影响”按下图选择“触发的安全报警只能在与当前轴进行插补的轴上”，“确定设定值限值的权重系数”进给轴推荐使用“建议值”即可。



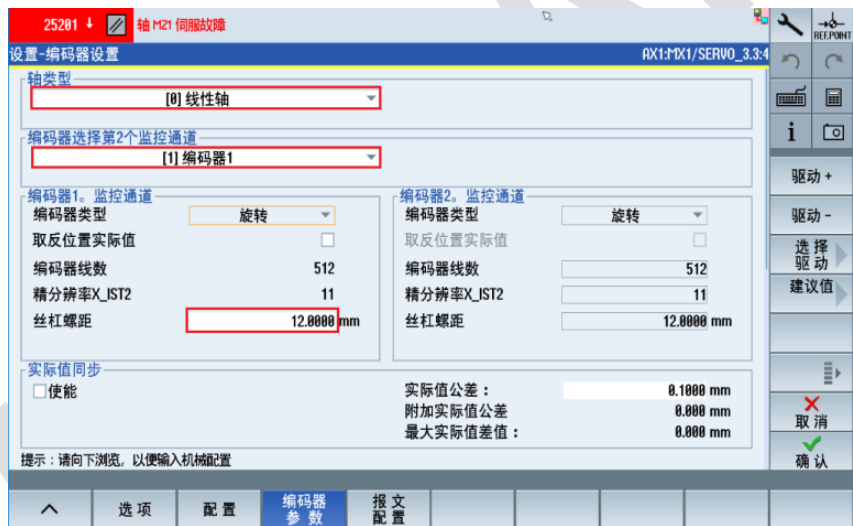
对于主轴，设定值限值的权重系数推荐都使用“100%”，如下图所示



所有轴“选项”设完之后，点击“配置”，按下图配置所有轴，强制动态计时器设为 720h（根据客户实际需求要求设置，如 2 个月，即 720h），其他值保持默认值即可



所有轴“配置”设完之后，点击“编码器参数”，进给轴类型选择“线性轴”，螺距根据实际大小设置，选择当前轴实际使用的编码器，如“编码器 1”，如果当前轴旋转方向改变了，即 32100 改成-1 了，则需要在“旋转方向换向”上打勾✓



主轴类型选择“回转轴/主轴”，模数值设为“360 度”，其他与进给轴设置相同

235016 ↓ 总线3, 从站3, TM54F, MA_3.3.7 (7), 组件 TM54F_MA_19 (19):
TM54F: 没有建立和驱动的有效数据通讯

设置-编码器设置 AX1+MSP1/SERV0_3.3.3

轴类型: [1] 回转轴/主轴 SP模数值: 360

编码器选择第2个监控通道: [1] 编码器1

编码器1. 监控通道
编码器类型: 旋转
取反位置实际值: ☐
编码器线数: 256
分辨率X_Ist2: 11
丝杠螺距: 10.0000 mm

编码器2. 监控通道
编码器类型: 旋转
取反位置实际值: ☐
编码器线数: 256
分辨率X_Ist2: 11
丝杠螺距: 10.0000 mm

实际值同步
☒ 使能
实际值公差: 0.1000 mm
附加实际值公差: 0.000 mm
最大实际值差值: 0.000 mm

提示: 请向下浏览, 以便输入机械配置

选项 配置 编码器参数 报文配置

所有轴“编码器参数”设完之后，点击“报文配置”，“SIC/SCC 使能”打勾√，对于西门子标准电机，报文默认选择“701”，“SIC/SCC 模块号”同 MD30110 驱动器号，一般即为默认值

201698 ↓ 轴MSP1 SERV0_3.3.3 (3), 组件 Control_Unit_1 (1):
SIP1 (CU): 调试模式激活

设置-报文配置 AX1+MX1/SERV0_3.3.4

SIC/SCC
☒ SIC/SCC使能
SIC/SCC模块号: 2
SIC/SCC报文: [701] 附加报文 701, P2D-2/5

选项 配置 编码器参数 报文配置

所有轴“报文配置”设完之后，返回上级菜单，点击“功能”，进入“STO Extended”设置，“断路路径的强制动态”设为 720h（根据客户实际要求设置，如 2 个月，即 720h），其他值保持默认值即可

235015 ↓ 总线3, 从站3, TM54F, SL_3.3.8 (8):
TM54F: 电机/液压模块被更换, 配置不一致, 故障原因: 0 bin.

安全转矩关闭-STO扩展 AX1+MX1/SERV0_3.3.4

STO 已选中

脉冲禁用激活: 禁用

STO激活: ---

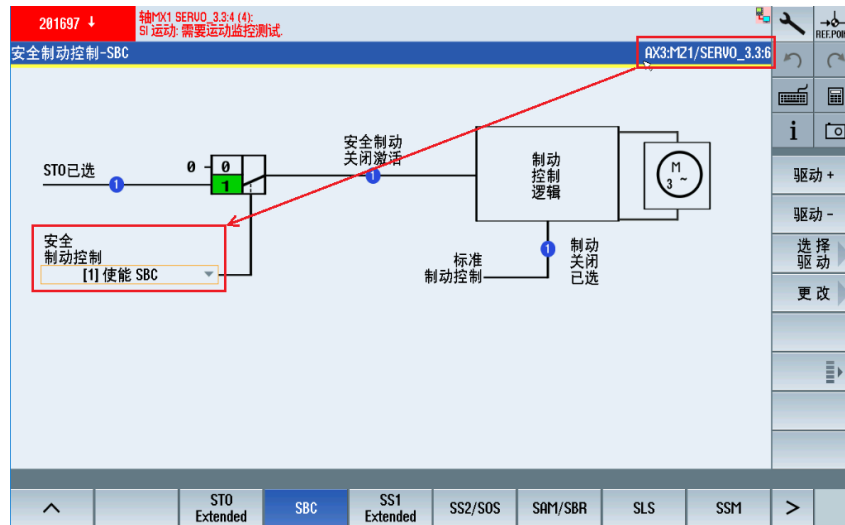
断路路径的强制动态: 720.00 h

需要断路路径测试: ---

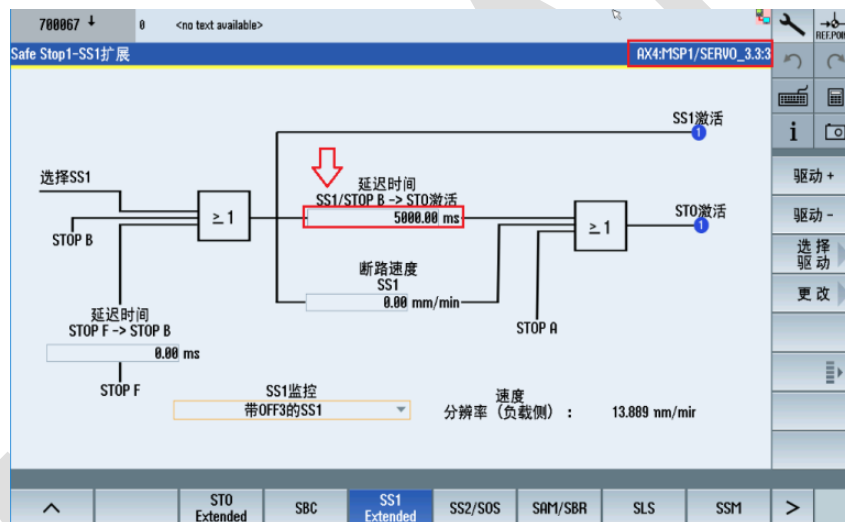
强制动态剩余时间: 29 天 23 小时 11 分钟

STO Extended SBC SS1 Extended SS2/SOS SAM/SBR SLS SSM

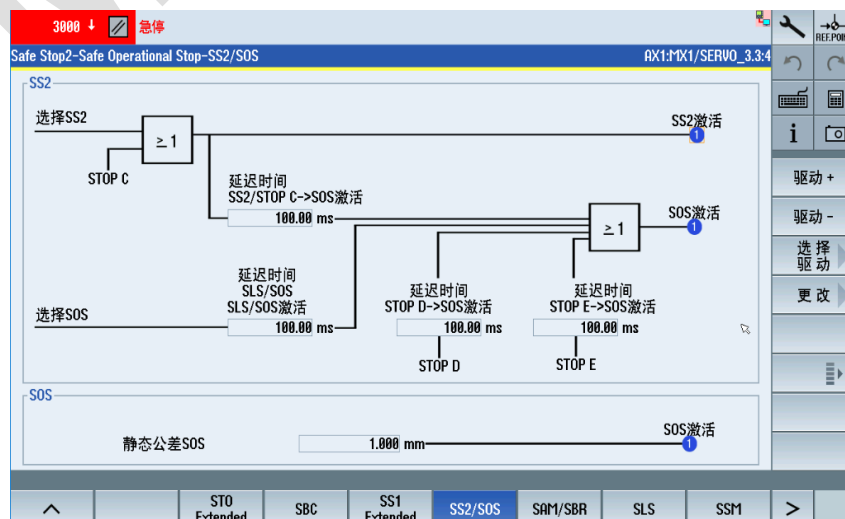
所有轴“STO Extended”设完之后，点击“SBC”，因为只有Z轴带抱闸，因此只需要设置Z轴即可，将安全制动控制“使能 SBC”选上，其他无抱闸轴保持默认“禁止 SBC”



所有轴“SBC”设完之后，点击“SS1 Extended”，主轴“SS1-STO 延迟时间”推荐设为 5000ms，防止 SS1 激活时主轴没有制动完就自由停车，其它进给轴保持默认值即可



所有轴“SS1 Extended”设完之后，点击“SS2/SOS”，SS2 所有轴未使用，SOS 进给轴 X、Y、Z 使用，主轴 SP1 未使用，“静态公差 SOS”默认值为 1mm，所有轴一般保持默认值即可。



所有轴“SS2/SOS”设完之后，点击“SAM/SBR”，根据各轴加速度 32300，点“计算 SAM 工具”自动计算（如更改 32300 需重新再计算）



所有轴“SAM/SBR”设完之后，点击“SLS”，只用到 SLS1 和 SLS4 两个级别，停止模式设为“STOP B”
例：轴 X 最大速度为 36000，因为我们前面的 NC 权重系数设的是 80%，因此 SLS4 设为 $36000/0.8=45000$ ，轴 X 在门开且调试开关“ON”的情况下最大速度为 2000，故 SLS1 设为 $2000/0.8=2500$



例：轴 SP 最大速度为 15000，因为我们前面的 NC 权重系数设的是 100%，因此 SLS4 也设为 15000，轴 SP 在门开且调试开关“ON”的情况下最大速度为 1000，故 SLS1 设为 1000

230693 轴MSP1 SERVO_3.3.3 (3): 组件 Motor_Module_3 (3): SI P2: 安全参数已修改, 需要热启动/上电. 9302

安全限制速度-SLS AX1+MSP1/SERVO_3.3.3

延迟时间选择SLS->SLS激活 100.00 ms

SLS	级1	级2	级3	级4
V max mm/min	1000.00	2000.00	2000.00	15000.00
速度级已选	1	1	1	1
速度级激活	1	1	1	1
停止响应	[1] STOP B	[2] STOP C	[2] STOP C	[1] STOP B

有效SLS限值 1000.00 mm/min

驱动 +
驱动 -
选择驱动
取消
确认

STO Extended SBC SS1 Extended SS2/SOS SAM/SBR SLS SSM >

所有轴“SLS”设完之后，点击“SSM”，所有轴均需激活“带回差的SSM”功能

230650 轴MSP1 SERVO_3.3.3 (3): 组件 Motor_Module_3 (3): SI P2: 安全参数已修改, 需要热启动/上电. 2003

安全速度监控-SSM1 AX1+MSP1/SERVO_3.3.4

☒ 带回差的SSM1

滤波时间 0.00 ms 回差 10.0000 mm/min

速度限值 20.00 mm/min

速度低于限值SSM1

驱动 +
驱动 -
选择驱动
取消
确认

STO Extended SBC SS1 Extended SS2/SOS SAM/SBR SLS SSM1 >

所有轴“SSM”设完之后，点击扩展键，出现的“SDI”、“SLP/SP”这两组功能在样例中均未使用，所有轴保持默认即可

201697 轴MSP1 SERVO_3.3.6 (6): SI 运动: 需要运动监控测试

安全运动方向-SDI AX1+MSP1/SERVO_3.3.4

☒ SDI

延迟时间选择SDI->SDI激活 100.00 ms

监控

- 正方向上
- 负方向上

公差 12.000 mm

正设定值限值 0.0000 rpm

负设定值限值 0.0000 rpm

停止响应 [1] STOP B

驱动 +
驱动 -
选择驱动
取消
确认

SDI SLP/SP SBT >

230650 ↓ 轴*ISPI SERV0_3.3.3 (3); 组件 Motor_Module_3 (3);
SI P2: 必须进行验收测试, 2003.

Safety-Limited Position-Safe Position-SLP/SP AX11+X1/SERV0_3.3.4

☒ SLP

位置监控

P min P max 运行行程

SLP 生效

	P min[mm]	实际位置 [mm]	P max[mm]	停止响应	位置范围 已选	位置范围 激活
位置 范围1	-100000.000	0.000	100000.000	[2] STOP C	1	0
位置 范围2	-100000.000		100000.000	[2] STOP C	0	0

位置实际值公差
(同参考点) 0.0100 mm

SI参考位置确认

驱动参考

安全回参考

取消 确认

^ SDI SLP/SP SBT >

我们点击最后一组功能“SBT”，因为只有Z轴带抱闸，因此只需要设置Z轴即可，激活“SBT使能”，SBT选择“SBT通过SCC控制”，“测试转矩系数”根据下面的公式计算：

P2003为参考扭矩，P1509为“当前保持扭矩”或从HMI直接读出（正常使能时）

“测试转矩”=（“当前保持扭矩”）* 1.3

“测试转矩系数”=（“测试转矩”）/（“保持扭矩”），“保持扭矩”参见下表。

201650 ↓ 轴*Y1 SERV0_3.3.5 (5); 组件 Control_Unit_1 (1);
SI P1 (CU): 必须进行验收测试, 2003.

安全制动测试-SBT AX3+M21/SERV0_3.3.6

☒ SBT使能

SBT电机类型
[0] 旋转

SBT选择
BT通过SCC控制(p11)

当前保持扭矩
-0.00 Nm

SBT状态：
[0] 制动测试无效，等待...

SBT负载扭矩：
0.00 Nm

SBT测试转矩：
0.00 Nm

制动1		制动2	
制动测试 [1] 测试电机抱闸		[0] 禁用	
保持扭矩	22.00 Nm	10.00 Nm	
安装测试转矩	1000 ms	1000 ms	
测试顺序1		测试顺序2	
测试转矩系数	1.00	1.00	
位置公差	1.000 mm	1.000 mm	
测试持续时间	1000 ms	1000 ms	
测试顺序生效	0	0	
测试顺序2		测试顺序3	
测试转矩系数	1.00	1.00	
位置公差	1.000 mm	1.000 mm	
测试持续时间	1000 ms	1000 ms	
测试顺序生效	0	0	

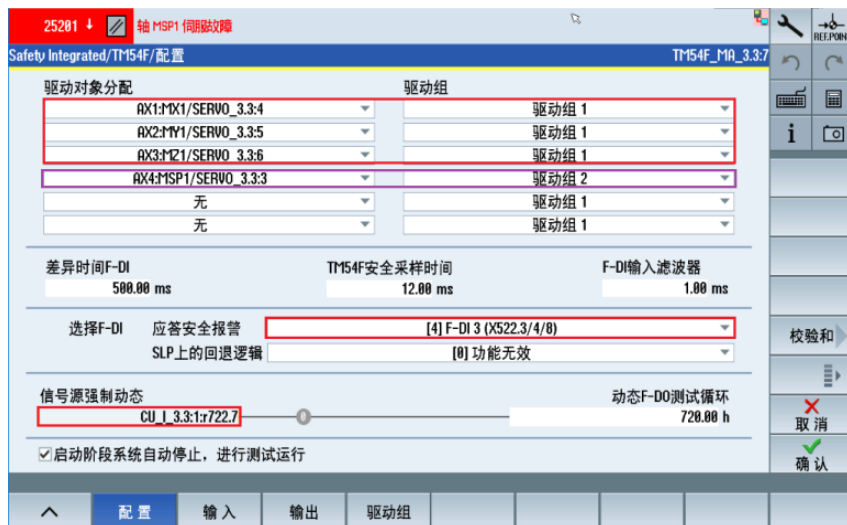
BT激活

取消 确认

^ SDI SLP/SP SBT >

Motor Type	Brake Holding Torque (Nm)
1FK701_	0.4
1FK702_	1
1FK703_	1.9
1FK704_	4
1FK706_	13
1FK708_	22
1FK7100	23
1FK7101	43
1FK7103	
1FK7105	

所有轴“SBT”设完之后，返回上级菜单，点击“TM54F”，进入“配置”，配置驱动组，X、Y、Z为驱动组 1，SP 为驱动组 2，信号源强制动态设为 r722.7，即 X132.4 脚，动态 F-DO 测试循环时间设为 720h（根据客户实际要求更改，如 2 个月，即 720h），应答安全报警选择“F-DI3(X522.3/4/8)”



配置完成后，点击“输入”，均为常闭触点，将 F-DI0\1\2\3 纳入强制测试程序中，在“测试”前打勾✓



点击“输出”，设置“SSM 反馈信息有效”，即各轴均处于安全速度下（按照上面的 SSM 设置，进给轴默认为 20mm/min 以下），才能输出 F-DO 0（门锁打开条件）



点击“驱动组”，设置驱动组 1 和驱动组 2 的功能，根据 4.2 章节建立的安全集成功能表设置即可



所有配置完成后记得 COPY 所有数据，退出 SI 调试模式，并保存所有数据。确保所有配置均已生效。



如配置未生效，可能出现下面的报警，235051 某一监控通道故障



5.7.3 PLC 调试

相关 PLC 地址说明，请参阅“参数手册 NC 变量和接口信号”

表格 4-89 DB6000 ... 6011, Safety Control Channel (SCC)

DB6000 ... DB6011 发送至进给轴的信号 [r/w] PLC → 驱动								
字节	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
DBB0								扩展功能的测试停止
DBB1								
DBB2								
DBB3			外部制动 闭合	测试序列 1 或 2	旋转方向	制动 1 或者 2 测试	开始制动 测试	选择安全 制动测试

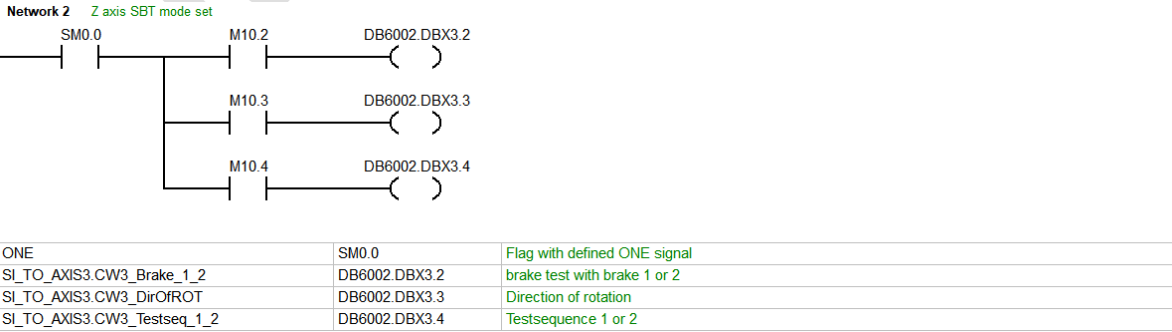
表格 4-90 DB6100 ... 6111, Safety Info Channe (SIC)

DB6100 DB6111 来自进给轴的信号 [r] 驱动 → PLC								
字节	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
DBB0	安全故障 激活	请求 ESR				位 1 SLS 限值	位 0 SLS 限值	
DBB1	带 Stop A 的安全 故障	SLS 已选	SOS 已选	SLS 激活	SOS 激活	SS2	SS1	STO
DBB2			请求测试 停止	测试停止 激活			SDI -	SDI +
DBB3	SLP 已选			位 0 用于 SLP 范围				
DBD4	速度限值							
DBB8	SLP 验收 测试激活	SLP 验收 测试已选						
DBB9	负载转矩 -	外部制动 闭合	制动测试					
			结束	正常	生效	带制动 2	驱动中进行 SBT 时的 设定值 设置	SBT
DBB10								
DBB11								

5.7.3.1 激活 X242.10 脚，作为控制 TESTSTOP 启动的输出信号



5.7.3.2 设置 Z 轴抱闸测试模式 “SBT”

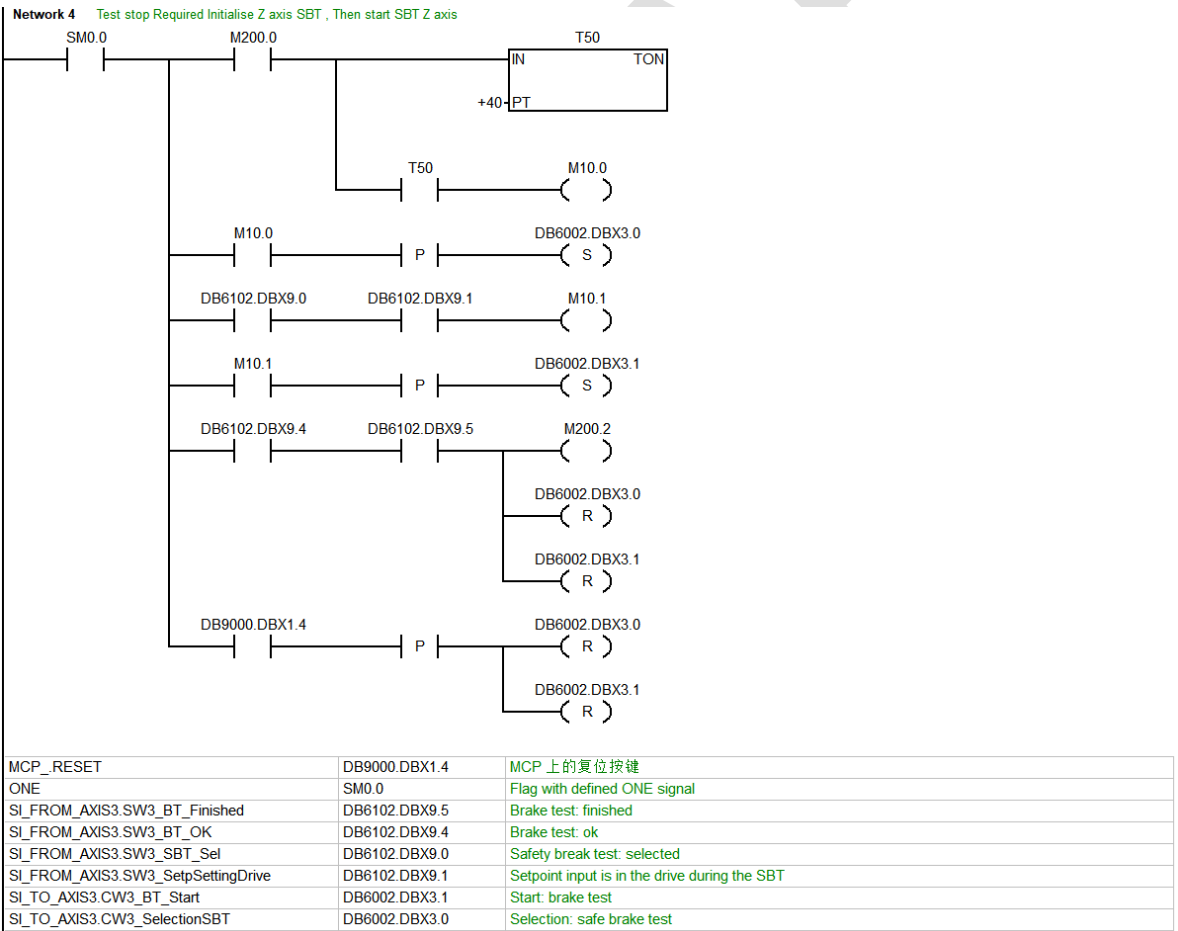


例：M10.2=0、M10.3=0、M10.4=0，即表示选择制动 1 测试，旋转方向为正向，测试序列为 1

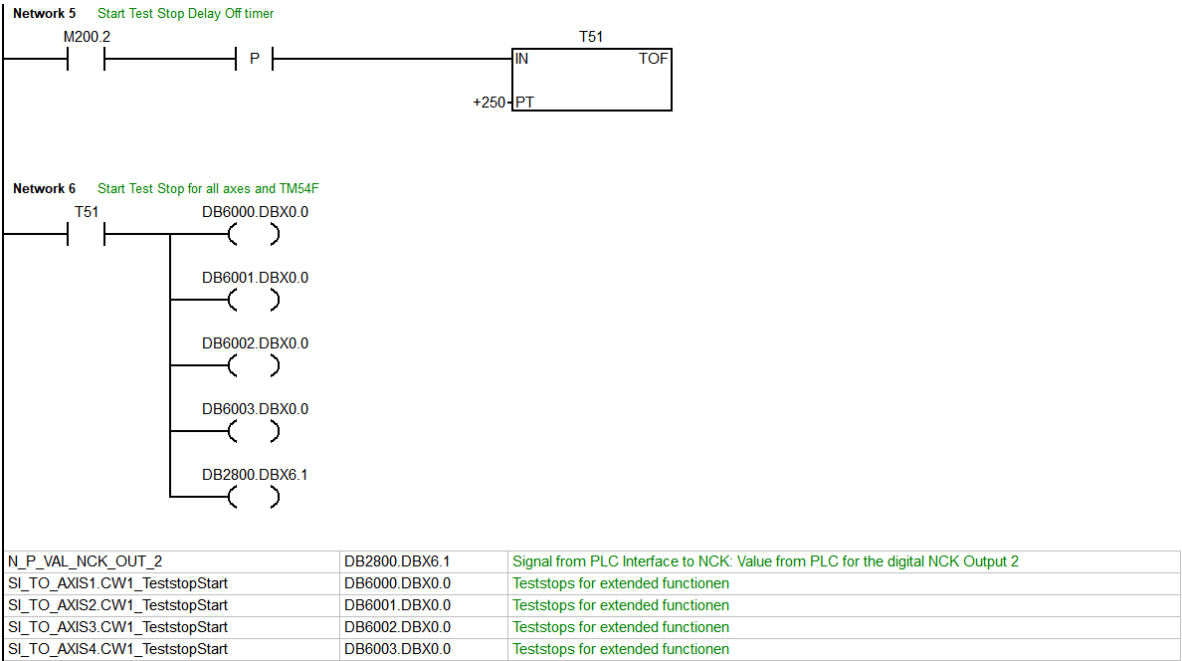
5.7.3.3 TESTSTOP 启动条件，手动测试条件推荐使用 Easyextend 自定义选项功能来做



5.7.3.4 TESTSTOP 启动，第一步进行 Z 轴抱闸 “SBT” 测试



5.7.3.5 TESTSTOP 启动，第二步进行各轴运动监控测试及 TM54F 故障检查测试



TESTSTOP 测试完成，系统 HMI 所有与安全集成相关的报警消除，机床应处于正常运行状态。

5.7.4 验收测试

201796 ↓ 轴MY1 SERVO_3.3.5 (5)
SI P1 (CU): 等待通讯 2

概览 所有驱动

轴/驱动	扩展功能	基础功能	分配	SI调试模式
MX1	✓ TM54F		NC	有效
MY1	✓ TM54F		NC	有效
M21	✓ TM54F		NC	有效
MSP1	✓ TM54F		NC	有效

✓ 第1个和第2个监控通道中的安全功能的性能相同
✗ 第1个和第2个监控通道中的安全功能的性能不同

复制安全集成数据
确认安全集成数据
复位 (po)
设置 SI调试
退出 SI调试

概览 设置 功能 TM54F 验收测试

5.7.4.1 进入“概览”中填入机床信息

Safety acceptance Overview

Overview

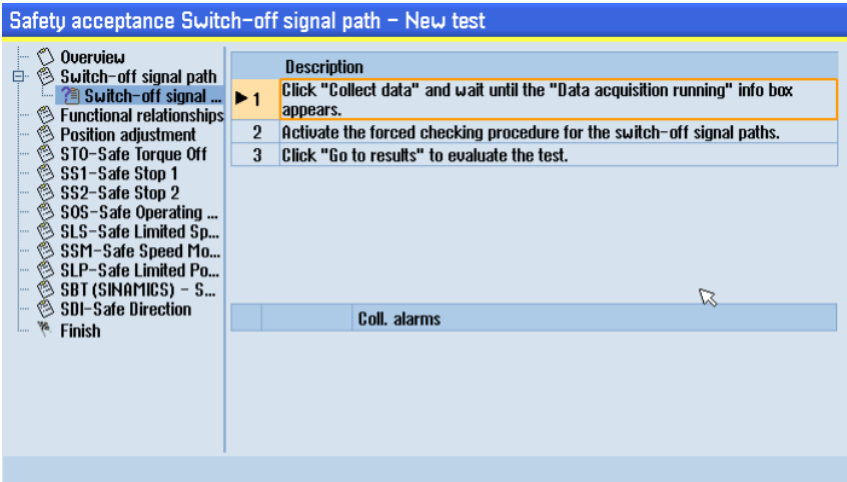
- Switch-off signal path
- Functional relationships
- Position adjustment
- STO-Safe Torque Off
- SS1-Safe Stop 1
- SS2-Safe Stop 2
- SOS-Safe Operating Stop
- SLS-Safe Limited Speed
- SSM-Safe Speed Monitoring
- SLP-Safe Limited Position
- SBT (SINAMICS) - Safe Brake Test
- SDI-Safe Direction
- Finish

Overview values

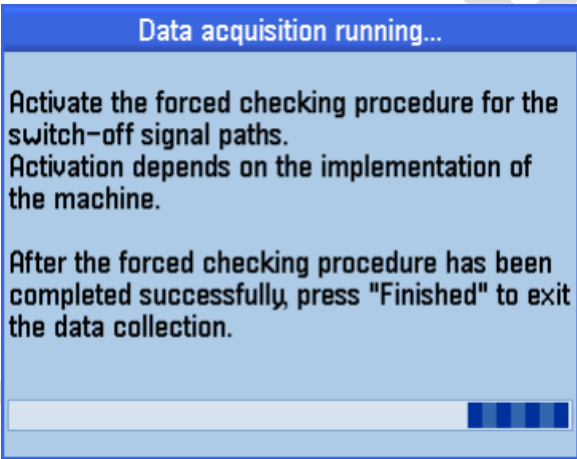
Machine designation	TTT 8280 Safety Integrated
Machine type	Milling
Serial number	123456789
Machine manufacturer	ABC Machine Tools
PLC manufacturer	A1 PLCs
End user	ACME Products
Name of tester	John Smith
Series start-up	
Test because of SI modification	

5.7.4.2 断路路径测试

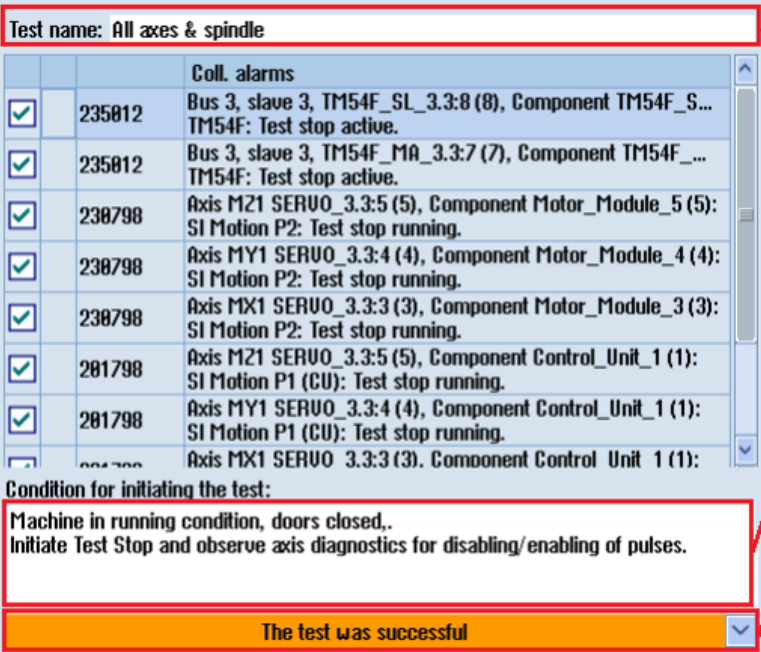
机床应处于可运行状态，即门关闭、无明显故障等，新建一个测试，点击 “启动测试 ”



点击 “数据采集”



点击手动 TESTSTOP 启动按键，需要 PLC 设计，测试完成后，点击 “完成” 并 “转至结果”



自己填写测试内容和结果

5.7.4.3 功能互动测试

功能互动里需要完成以下几个测试：

- 门关
- 门开，调试开关处于“ON” 状态
- 门开，调试开关处于“OFF” 状态

所有状态检测需在“诊断” → “安全” → “SI 驱动” 中，人为检测，并按照步骤填写测试内容与结果。

如门关测试，机床须处于关门状态，且无明显故障，新建一个测试，名称为“Door Closed”，通过“诊断” → “安全” → “SI 驱动” 查看各轴状态，是否符合所设安全集成功能要求

Status safe drives – extended functions		AX1:MX1/SERVO_3.3:3
Signal	Motor Module	Unit
Motion monitoring actual value sensing	1 Encoder	
Motion monitoring via	TM54F	
TM54F drive group	1	
Safe act. position (Motor Module)		0.018 mm
Safe act. position (Control Unit)		0.018 mm
Actual value difference		0.000 mm
STO active on CU		No
SS1 active on CU		No
SS2 active on CU		No
SOS active		No
SLP active		SLP2
Drive is safely referenced		Yes
SLS active		Yes
Active SLS stage		4
Actual velocity limit		12500.000 mm/min
Setpoint velocity limiting		10000.000 mm/min
SSM active		Yes
SDI active		No
Active STOP		No STOP active

符合要求则按步骤，“启动测试” → “数据采集” → “转至结果”，填写测试内容与结果。

Test name: doors closed

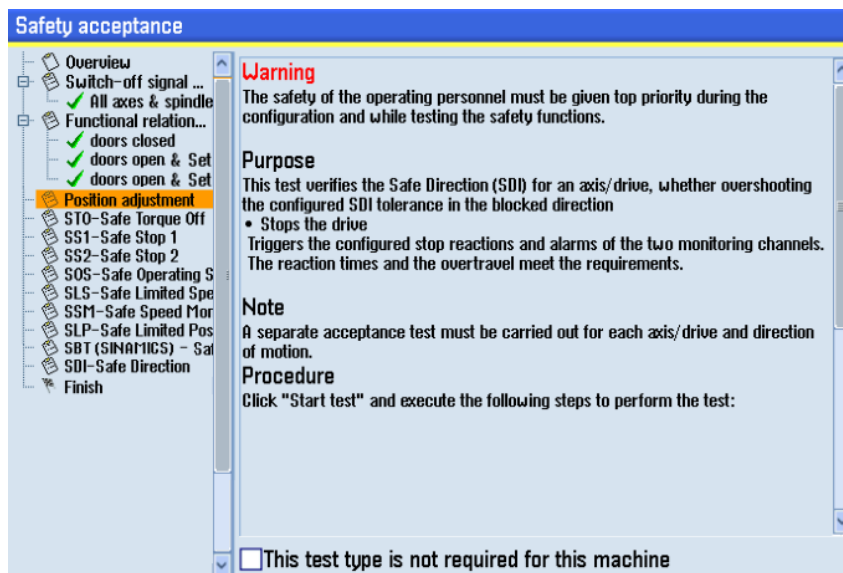
Condition for initiating the test:
doors closed

Test results:
Safety Integrated diagnostic screen indicates Safe Limited Speed level 4 for all axes & the spindle.

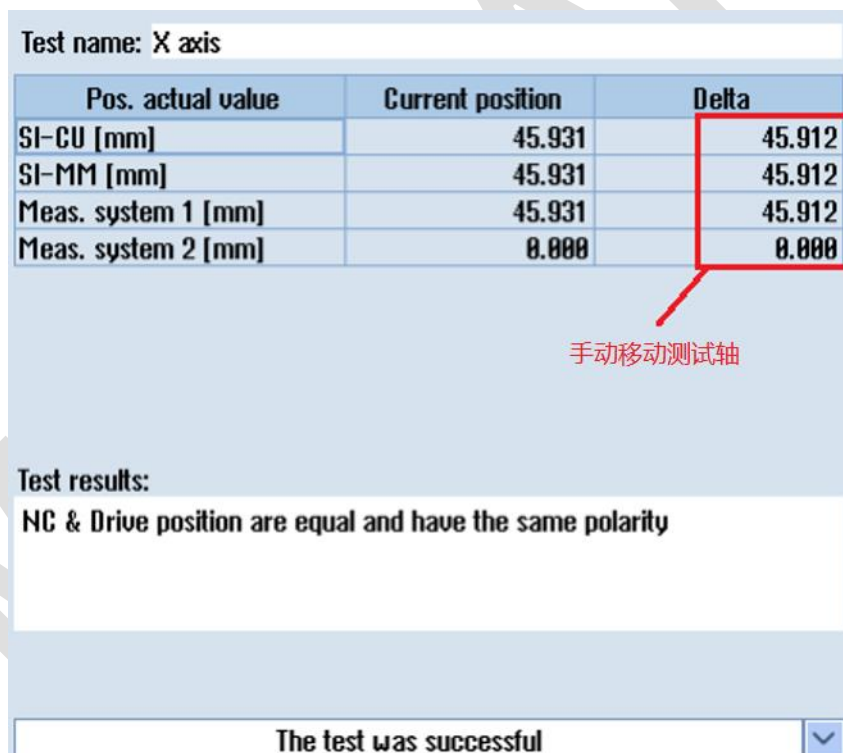
The test was successful

完成后再新建一个测试，以相同方法完成门开两种状态的测试。

5.7.4.4 位置校准测试

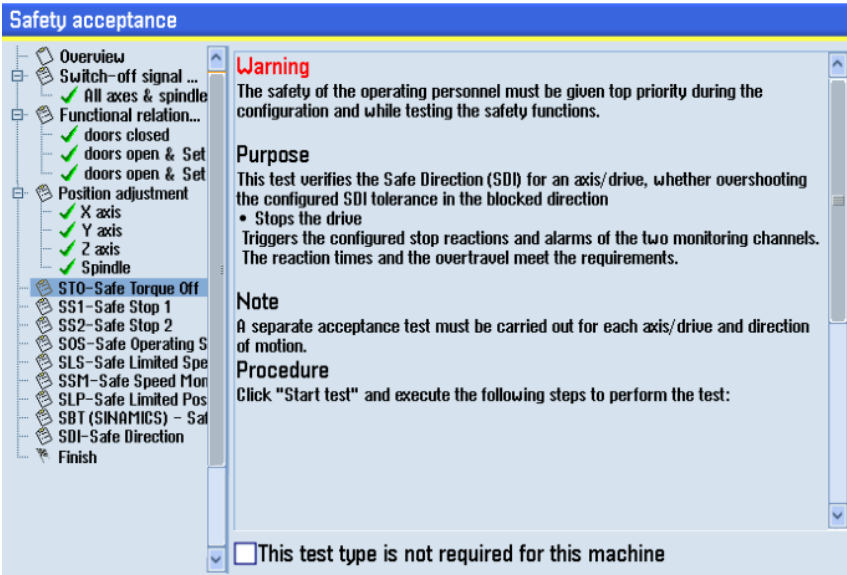


新建一个测试，选择需要测试的轴，机床须处于关门状态，且无明显故障，然后机床切换至手动状态，“启动测试” → “数据采集”，然后手动移动轴，点击“完成” → “转至结果”，填写测试内容与结果。



重复操作测试每一个轴，并按照步骤填写测试内容与结果。

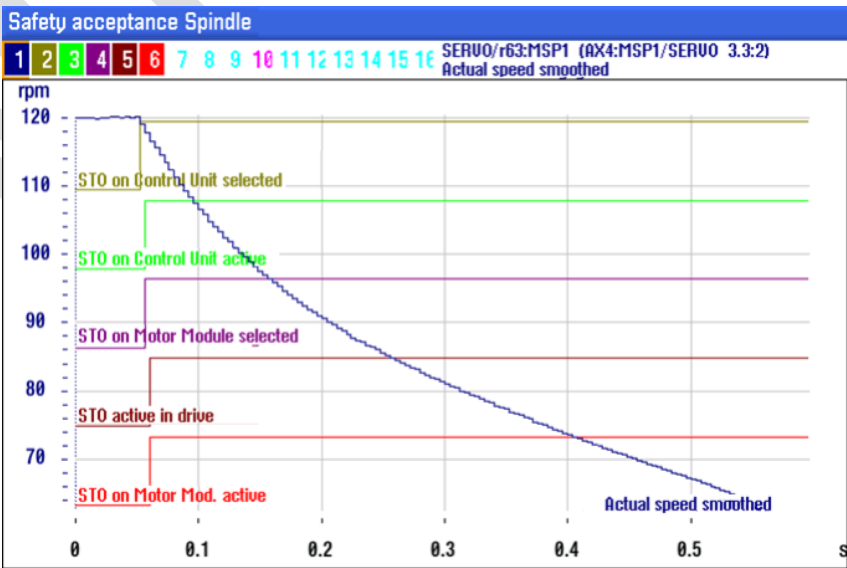
5.7.4.5 STO-SAFE TORQUE OFF 测试



新建一个测试，启动测试，选择主轴 SP 和 TM54F，机床须处于关门状态，且无明显故障，MDA 模式下编程“M3S100”，并运行程序。

Description	
✓ 1	AX4:MSP1/SERVO_3.3:2
✓ 2	TM54F (extended functions)
▶ 3	Click "Collect data", and wait until the "Data acquisition running" info box appears.
4	Select STO, and check whether the pulses are suppressed for the axis/drive, and whether, if necessary, the axis/drive is braked and held by the mechanical brake.
5	Select STO for the tested axis/drive, if necessary acknowledge the STO deselection, and then click "Go to results" to evaluate the test.

点击“数据采集”，然后打开安全门，触发“STO”，“转至结果”并查看 trace 图形



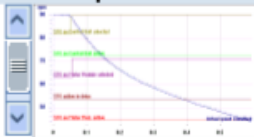
返回填写测试内容及结果

Test name: Spindle

		Coll. alarms
<input type="checkbox"/>	238714	Axis MSP1 SERVO_3.3:2 (2), Component Motor_Module_2 (2): SI Motion P2: Safely-Limited Speed exceeded. 100.
<input type="checkbox"/>	201714	Axis MSP1 SERVO_3.3:2 (2): SI Motion P1 (CU): Safely-Limited Speed exceeded. 100.
<input checked="" type="checkbox"/>	238700	Axis MSP1 SERVO_3.3:2 (2), Component Motor_Module_2 (2): SI Motion P2: STOP A initiated.
<input checked="" type="checkbox"/>	238701	Axis MSP1 SERVO_3.3:2 (2), Component Motor_Module_2 (2): SI Motion P2: STOP B initiated.
<input checked="" type="checkbox"/>	201701	Axis MSP1 SERVO_3.3:2 (2): SI Motion P1 (CU): STOP B initiated.
<input checked="" type="checkbox"/>	201700	Axis MSP1 SERVO_3.3:2 (2): SI Motion P1 (CU): STOP A initiated.
<input checked="" type="checkbox"/>	25201	Axis MSP1 drive fault
<input checked="" type="checkbox"/>	21612	Axis S1/MSP1: enable reset, cause 3

Condition for initiating the test:
 Machine in running condition.
 Production or Setup Mode selected.
 Run the spindle in MDA mode e.g. 100rpm.
 Press the select data soft-key and, when prompted, open the door to initiate STO

Trace preview



The test was successful

5.7.4.6 SS1-SAFE STOP 1 测试

Safety acceptance SS1-Safe Stop 1

Overview

- Switch-off signal ...
- Functional relation...
- Position adjustment
- STO-Safe Torque Off
- SS1-Safe Stop 1**
- SOS-Safe Operating
- SLS-Safe Limited Sp.
- SSM-Safe Speed Mo.
- SLP-Safe Limited Po.
- SBT (SINAMICS) - S.
- SDI-Safe Direction
- Finish

Warning

The safety of the operating personnel must be given top priority during the configuration and while testing the safety functions.

Purpose

This test verifies the SS1 Safe Stop 1 (SS1) for an axis/drive the

- Correct functioning of the hardware
- Correct wiring of the switch-off signal paths (only via terminal)
- Correct assignment of the terminals for SS1 on the control unit
- Correct SS1 group formation (if present)
- Correct parameterization of the function SS1
- and, if Safe Brake Control (SBC) is configured for the axis/drive, also
- Correct connection of the brake
- Correct functioning of the hardware
- Correct parameterization of the function SBC
- Forced checking procedure of the braking signal

Note

The SS1 test must be performed separately for each axis/drive and configured control (version).

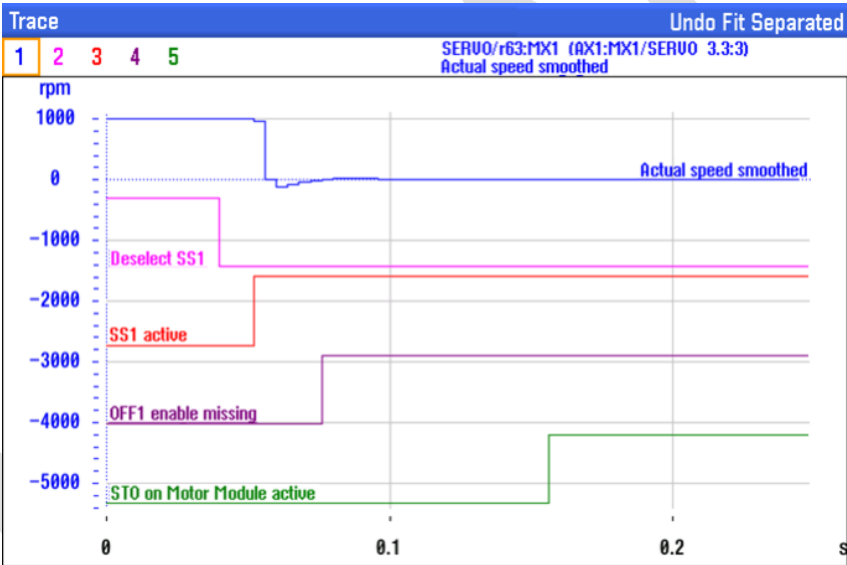
Procedure

☐ This test type is not required for this machine

新建一个测试，启动测试，选择一个轴和 TM54F，机床应处于可运行状态，即门关闭、无明显故障等

Beschreibung	
✓ 1	AX1:MX1/SERVO_3.3:3
✓ 2	TM54F (Erweiterte Funktionen)
▶ 3	Betätigen Sie "Daten erfassen" und warten Sie, bis die Hinweisbox "Datenerfassung läuft" angezeigt wird.
4	Wählen Sie, während Sie die Achse/Antrieb verfahren, SS1 an und überprüfen Sie, ob die Achse/Antrieb abgebremst wird und ob danach STO ausgelöst wird.
5	Wählen Sie SS1 für die getestete Achse/Antrieb ab, quittieren Sie ggf. die SS1-Abwahl und betätigen Sie dann "Zu den Ergebnissen", um den Test zu bewerten.
Status Übersicht	
Alle Testvoraussetzungen erfüllt	✓
SS1 inaktiv (Basic Functions)	✓
SS1 inaktiv (Safe Motion Monitoring)	✓
Aktive Überwachungsfunktion	-
Lageistwert [mm]	69.16198
-1e+08	1e+08

点击“数据采集”，然后手动状态下移动轴的同时拍下急停按钮，触发“SS1”，“转至结果”并查看 trace 图形



返回填写测试内容及结果

Test name: X axis

Coll. alarms

Condition for initiating the test:

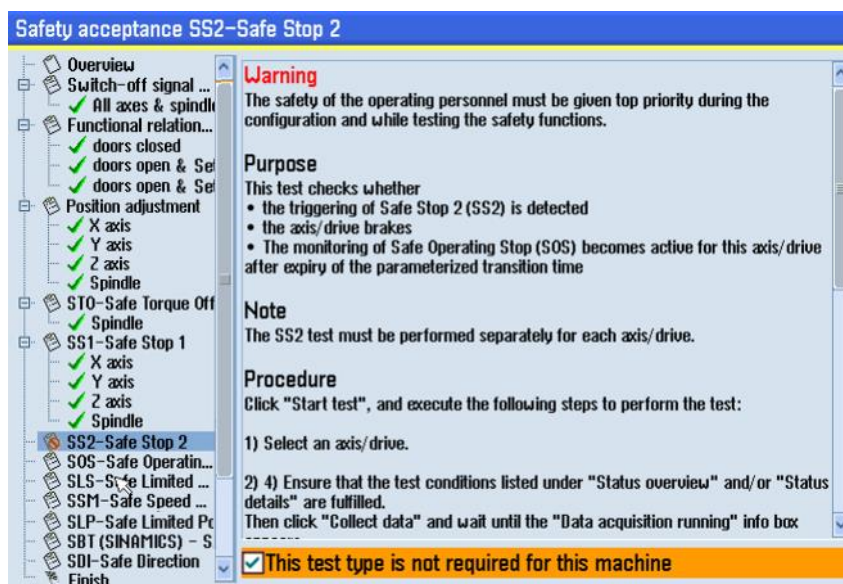
Press the Emergency Stop button while jogging the axis. Check for the correct stopping sequence via the trace feature.

Trace preview

The test was successful

重复操作测试每一个轴，并按照步骤填写测试内容与结果。

5.7.4.7 SS2-SAFE STOP 2 未使用无需测试

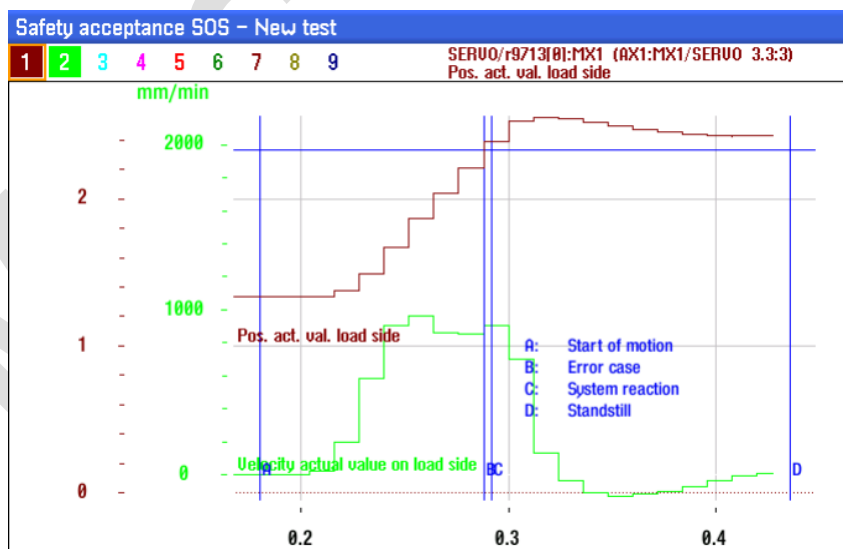


5.7.4.8 SOS-SAFE OPERATING STOP 测试

新建一个测试，启动测试，选择一个轴和运行方向



机床无报警且门处于打开状态，点击“数据采集”，然后按照设定方向手动移动轴，“转至结果”并查看 trace 图形



返回填写测试内容及结果

Test name: X axis

Description	Data
Speed overshoot	2428.888 mm/min
Reaction time	8.884 s
Overtravel from start	1.747 mm
Overtravel from overshoot	8.747 mm

Coll. alarms

☒

230700Axis MX1 SERVO_3.3:3 (3), Component Motor_Module_3 (3): SI Motion P2: STOP A initiated.

☒

281700Axis MX1 SERVO_3.3:3 (3): SI Motion P1 (CU): STOP A initiated.

☒

230701Axis MX1 SERVO_3.3:3 (3), Component Motor_Module_3 (3): SI Motion P2: STOP B initiated.☒Condition for initiating the test:
Axes enabled, mcp jog mode, Safety Auto mode, door open.
Jog the axis when prompted.

Trace preview

The test was successful

重复操作测试每一个轴，并按照步骤填写测试内容与结果。

5.7.4.9 SLS-SAFE LIMITED SPEED 测试

Safety acceptance SLS-Safe Limited Speed

Overview

Switch-off signal ...
✓ All axes & spindle

Functional relation...
✓ doors closed
✓ doors open & Sel
✓ doors open & Sel

Position adjustment
✓ X axis
✓ Y axis
✓ Z axis
✓ Spindle

STO-Safe Torque ...
✓ Spindle

SSI-Safe Stop 1
✓ X axis
✓ Y axis
✓ Z axis
✓ Spindle

SOS-Safe Operati...
✓ X axis
✓ Y axis
✓ Z axis

SLS-Safe Limited ...

SSM-Safe Speed ...

SLP-Safe Limited ...

Warning

The safety of the operating personnel must be given top priority during the configuration and while testing the safety functions.

Purpose

This test checks whether exceeding the Safely-Limited Speed (SLS) is detected. If a configured SLS limit value is exceeded the corresponding stop reactions and alarms of both monitoring channels should be triggered the response times and overtravel should meet the requirements

Note

The SLS test must be performed separately for each axis/drive, SLS level and SLS limit value transferred via PROFIsafe.

Procedure

Click "Start test" and execute the following steps to perform the test:

1) Select an axis/drive.

2) Select the traversing direction.

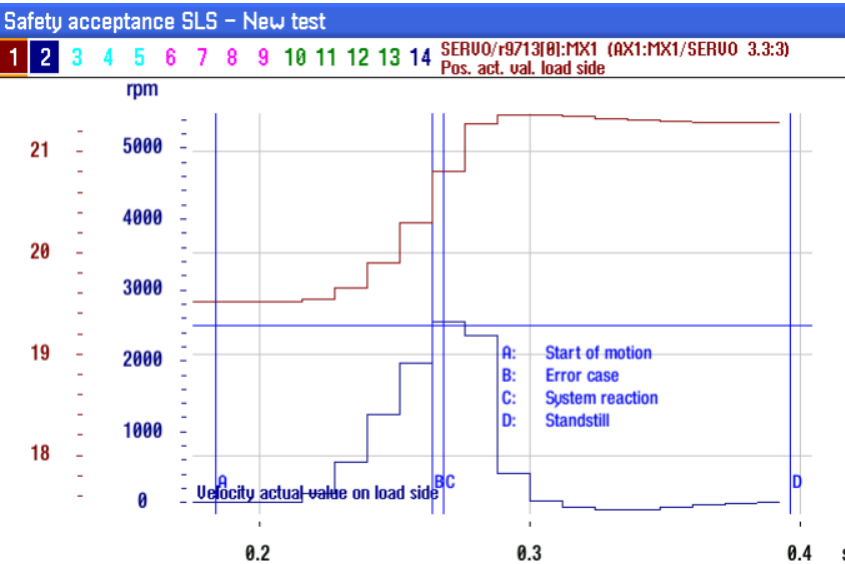
3) Select the SLS level.

☐ This test type is not required for this machine

新建一个测试，启动测试，选择一个轴、运行方向和 SLS1

Description
✓ 1 AX1:MX1/SERVO_3.3:3
✓ 2 Traversing direction positive
✓ 3 SLS1
▶ 4 Select the selected SLS level, click "Collect data", and wait until the "Data acquisition running" info box appears.
5 Traverse the axis/drive (in JOG for NC axes) in the selected direction until the SLS limit is exceeded.
6 Click "Go to results" to evaluate the test.

机床无报警且门处于打开状态，调试开关处于“ON”状态，点击“数据采集”，然后按照设定方向手动移动轴，“转至结果”并查看 trace 图形



返回填写测试内容及结果

Test name: X axis SLS1

Description	Data
SLS level	SLS1
Limit value	2500 mm/min
Speed overshoot	145.000 mm/min
Reaction time	0.004 s
Overtravel from start	1.936 mm
Overtravel from overshoot	0.507 mm

	Coll. alarms
<input checked="" type="checkbox"/>	230714 Axis MX1 SERVO_3.3:3 (3), Component Motor_Module_3 (3): SI Motion P2: Safely-Limited Speed exceeded. 100.
<input checked="" type="checkbox"/>	201714 Axis MX1 SERVO_3.3:3 (3): SI Motion P1 (CU): Safely-Limited Speed exceeded. 100.
<input checked="" type="checkbox"/>	230700 Axis MX1 SERVO_3.3:3 (3), Component Motor_Module_3 (3): SI Motion P2: STOP A initiated.

Condition for initiating the test:

Axes enabled, set-up mode selected, doors open & hold-to-run button pressed.
Jog the axis in the specified direction when prompted.

Trace preview

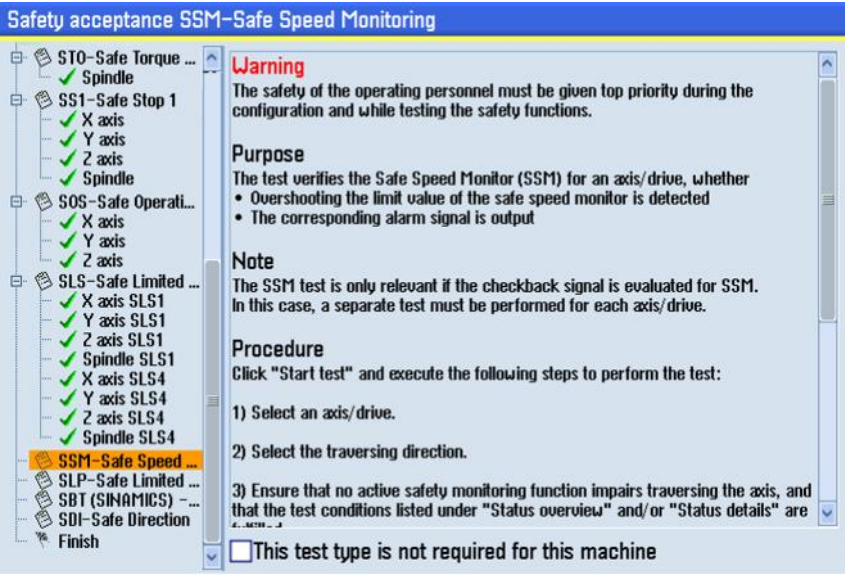
The test was successful

重复操作测试每一个轴“SLS1”，并按照步骤填写测试内容与结果。

同理测试每一个轴“SLS4”，并按照步骤填写测试内容与结果。

- 注意:
- 1) 在实际机床上，应小心测试 SLS4，因为它有可能突破机床/电机/驱动器的极限。
 - 2) 假定测试是满足要求的，则需要修改部分机床参数以使得轴能达到 SLS4 限制值。
MD32000、MD32010、MD36200 均需要临时设置不低于 SLS4 限制的最大速度。
测试完成后，再将参数恢复为原始数据。

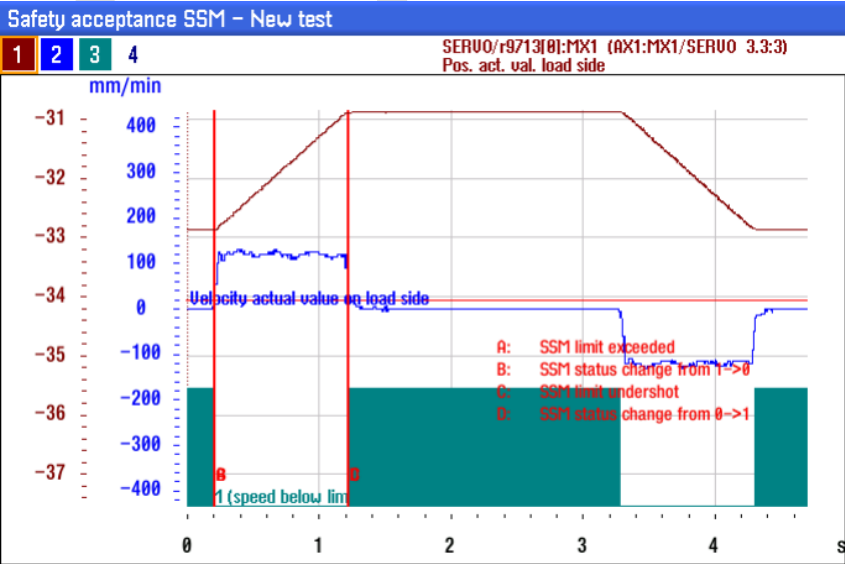
5.7.4.10 SSM-SAFE SPEED MONITORING 测试



建立一个简单的 MDA 程序用来移动轴，来检查 SSM 信号的切换

```
MDA
G91 F100 X2
G04 F02
G91 F100 X-2
M30
```

新建一个测试，启动测试，选择 X 轴和运行方向，点击“数据采集”，然后按下 CYCLE START 启动程序完成后，“转至结果”并查看 trace 图形



返回填写测试内容及结果

重复操作测试每一个轴，并按照步骤填写测试内容与结果。

The screenshot shows a software window titled "Safety acceptance SLP-Safe Limited Position". On the left is a tree view of safety functions. The main area contains information about the "SLP-Safe Limited ..." test, including a warning, purpose, note, and procedure. A red box highlights the checkbox for "This test type is not required for this machine", which is currently checked.

Safety acceptance SLP-Safe Limited Position

Warning
The safety of the operating personnel must be given top priority during the configuration and while testing the safety functions.

Purpose
This test checks whether

- overshooting the upper and lower limits of the Safely-Limited Position (SLP) is detected
- the limits of the SLP monitoring correspond to the desired machine positions
- the configured stop reactions and alarms of the two monitoring channels occur when an SLP limit value is over or undershot.

Note
The SLP test must be performed separately for each axis/drive, SLP range and SLP limit value.

Procedure
Click "Start test" and execute the following steps to perform the test:

- 1) Select an axis/drive.
- 2) Select the SLP range.

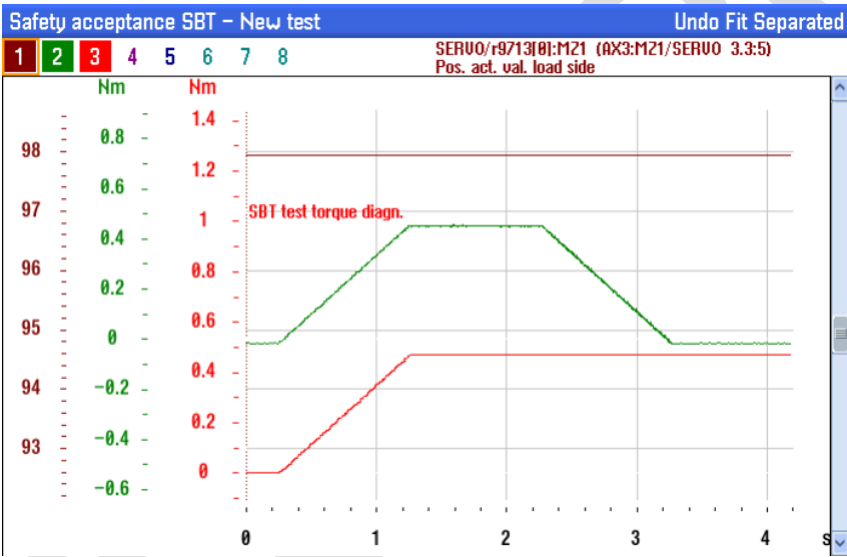
☒ This test type is not required for this machine

新建一个测试，启动测试，选择 Z 轴和使用的抱闸 1，测试序列 1 和正方向

Description		
✓ 1	AX3:M21/SERVO_3.3:5	▼
✓ 2	Brake 1	▼
✓ 3	Test sequence 1	▼
✓ 4	Traversing direction positive	▼
▶ 5	Click "Collect data" and wait until the "Data acquisition running" info box appears.	
6	Start the SBT for the selected brake and test sequence.	
7	Click "Go to results" to evaluate the test.	

Status details	Value
All drive enables present	✓
No safety faults or warnings	✓
Active monitoring function	SLS
Position actual value [mm]	0.00205
-1e+08	1e+08

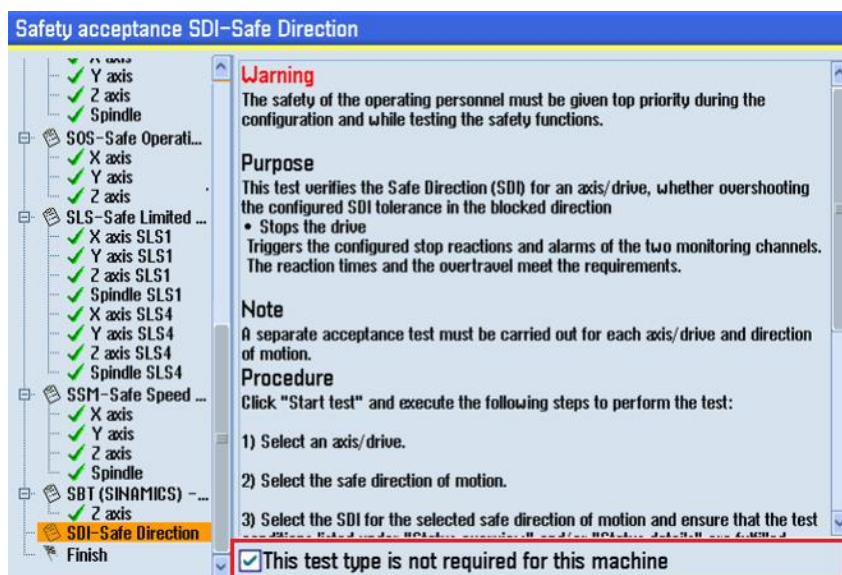
点击“数据采集”，点击手动 TESTSTOP 启动按键，需要 PLC 设计，测试完成后，“转至结果”并查看 trace 图形



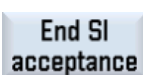
返回填写测试内容及结果

Test name: Z axis	
Description	Data
Brake	Brake 1: motor brake
Test sequence	Test sequence 1
Traversing direction	Positive
Holding torque of brake	1.000 Nm
Test torque factor	0.470
Torque at start of test	0.017 Nm
Max. test torque during SBT	0.472 Nm
Torque during the test	0.453 Nm
Test time	0.996 s
Coll. alarms	
Condition for initiating the test:	
Axis enabled.	
No faults.	
Initiate the SBT when prompted	
Trace preview	
<div> </div>	
The test was successful	

5.7.4.13 SDI-SAFE DIRECTION 未使用无需测试



5.7.4.14 完成验收测试，创建证书



结束 SI 调试!

6 参考文献

参数手册 NC 变量与接口信号

Safety_Integrated training V4.7

S120 Safety Integrated 功能手册 12/2018

7 作者/联系人

Wu Bin

2020.03

8 版本信息

版本	日期	修改内容
V1.0	2020.03	