

功能安全

13.1 功能安全：禁用 - 激活

STO 开关已禁用

端子 X200/1:2 中的跨线（P24 上的 STO）：STO 开关已禁用。

在此禁用 STO 输入，进而撤销 STO。整流器的运行与 STO 输入上的信号状态无关。

- 这是整流器的交付状态。端子 105 和 106 在供货状态下同样经跨接（无 E-Stop）。
- 不使用 STO 的应用。

STO 开关已激活

必须将端子 X200 中的跨线移除：STO 开关已激活。

可连接安全开关设备。

13.2 DCM 的通用技术数据 (6RA80)

表格 13-1 SINAMICS DCM

功能安全	
MTTF _D ，根据 ISO 13849-1	500 年
诊断覆盖率 DC，依据 ISO 13849-1/IEC 61508	99 %
最大海拔安装高度	4000 m ¹⁾
针对验收试验间隔和使用寿命的 T1 值， 依据 ISO 13849-1/IEC 61508	20 年
激活 STO 时的响应时间	最大 250 ms

- ¹⁾ 对于 >2000 m 的安装高度而言需要选择适当的安全开关设备和耦合继电器（接触器式继电器）。

表格 13-2 应用

功能安全	
安全完整性水平（SIL），依据 IEC 61508	SIL 3 根据应用和诊断测试间隔
性能等级（Performance Level, PL），依据 EN ISO 13849-1	PL e 根据应用和诊断测试间隔
类别，依据 EN ISO 13849-1	4 类 根据应用和诊断测试间隔
高需求率下的 PFH _D ，依据 IEC 61508	70 x 10 ⁻⁹ /h 根据应用和诊断测试间隔
最大海拔安装高度 ¹⁾	2000 m

¹⁾ 对于 >2000 m 的安装高度而言需要选择适当的安全开关设备。

一般环境条件以及技术数据参阅 SINAMICS DCM DC Converter 或 SINAMICS DCM 控制模块的操作说明。

13.3 标准

EN ISO 13849-1:2016	机械安全；控制系统的安全相关部件；第 1 部分：设计通则
EN ISO 13849-2:2013	机械安全；控制系统的安全相关部件；第 2 部分：验证
EN 61800-5-2:2017	可调速的电驱动系统；第 5-2 部分：安全要求；功能安全
EN 62061:2015	机械安全；与安全有关的电气、电子和可编程序电子控制系统的功能安全
EN 61508-2:2016	与安全有关的电气、电子和可编程电子系统的功能安全，第 2 部分： 对与安全有关的电气/电子/可编程电子系统的要求
EN 61511-1:2017	功能安全；过程工业领域安全仪表系统的功能安全；第 1 部分：概述， 术语，对系统、软件及硬件的要求

13.4 安全技术的基本信息

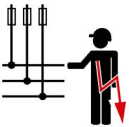
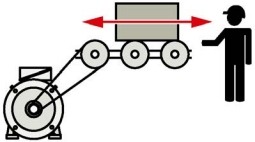
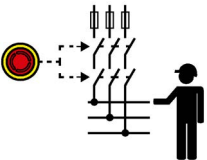
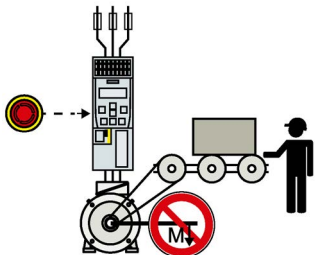
13.4.1 标准停止功能

13.4.1.1 紧急停机和紧急中断

“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。

有关定义的详细信息可参考 EN 60204-1。

风险:	电击危险: 	意外运动: 
降低风险的措施:	安全关断 进行安装作业时关闭整个或部分电源。	安全停止并避免重启 停止或避免意外运动。
指令:	紧急停机	紧急中断
解决方案:	关闭电源: 	选中 STO:  您还可以关闭变频器的电源。 但不对该措施作强制性要求。

13.4.2 标准安全功能，依据 EN 61800-5-2

13.4.2.1 Safe Torque Off (STO)

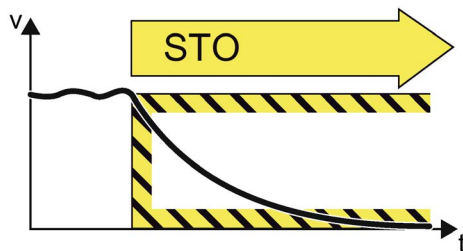


图 13-1 Safe Torque Off (STO)

Safe Torque Off 是一种安全功能，它可直接断开电机的扭矩或力输出。该功能符合 EN 60204-1 停止类别 0。

“Safe Torque Off” (STO) 功能用于安全断开电机的扭矩输出，在功率单元双通道中阻止交流电压输送到电机。

接通禁止可防止电机在取消激活 STO 后自动重启，必须通过串联的外部监控系统 and 控制系统（如 3SK1）实现，符合 EN 60204-1，章节 9.2.5 中的要求。

应用场合示例

使用范围涵盖所有带运动轴的机器/设备（如传送技术、风扇）。在防护门打开时通过 STO 能够实现安全作业；无需传统的通过机电断开实现紧急中断。变频器保持通电状态并具有全诊断能力。

13.4.2.2 Safe Stop 1 (SS1-t, 时间受控)

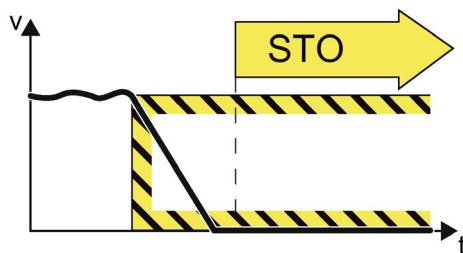


图 13-2 Safe Stop 1 (SS1-t, 时间受控)

Safe Stop 1（时间受控）可使电机减速制动并在规定的时间间隔届满后导入 STO 功能。该功能符合 EN 60204-1 停止类别 1。

Safe Stop 1 (SS1-t) 功能可使电机安全停止，然后阻止向电机提供产生转矩的电能 (STO)。激活 SS1-t 后，变频器会使电机在制动斜坡上减速制动。通过 OFF3 斜坡实现减速制动。

SS1-t 符合 EN 61800-5-2。

应用场合示例

SS1 的应用主要有：不能在摩擦力的作用下在非常短的时间内自行停止的电机或者惯性滑行 (STO) 会引发安全风险的电机。

13.4.3 SINAMICS DC MASTER 的安全功能

技术原理和数据

从版本 4 起，SINAMICS DCM 配备有用于 STO 的安全断路路径。该功能无需附加许可证。

在与外部安全开关设备（例如 3SK1）以及借助电枢线路接触器的冗余短路路径配合的情况下，能够实现安全功能 Safe Torque Off (STO) 及 Safe Stop 1 (SS1)，进而实现依据 EN 62061 或 ISO 13849-1 符合 SIL 3 / PL e 4 类的应用。

安全功能 STO 涵盖三个安全子功能：

1. 检测

在外部例如通过急停键或其他传感器进行

2. 分析

在外部例如通过安全开关设备 3SK1 进行

- 输入/传感器回路的分析和诊断
- 输入信号、诊断以及参数设置的逻辑运算
- 断路路径控制
- 通过反馈回路诊断断路路径

3. 响应

通过两个分隔的采用不同技术的通道进行：

- 断路路径通道 1 通过电枢-电源接触器
- 断路路径通道 2 通过 DCM 的 STO 断路路径

由这两个包含诊断路径在内的断路路径构成的结构实现符合 SIL 3 / PL e 3 / 4 类的 STO 断路。

13.5 应用示例

说明

STO 功能的响应时间

DC Master 中安全功能 STO 的响应时间设计为 250 ms。

通过接触器/断路器的外部冗余断路路径同样应将响应时间设计为 250 ms。

在六个应用示例（见下图）中展示安全功能 STO 和 SS1，其针对包含安全开关设备和开关元件（电源接触器和断路器）的应用，用以实现电枢回路（第一通道）的安全切断：

- STO 应用，采用电源接触器
- STO 应用，采用断路器
- SS1 应用，采用电源接触器
- SS1 应用，采用断路器
- SS1 应用，采用电源接触器和 F-PLC
- SS1 应用，采用断路器和 F-PLC

应用描述

在所有四个应用示例中，分别基于 2 通道急停触发机制（例如急停键、保护门开关等）通过附加的**安全开关设备 3SK1121** 对 SINAMICS DCM 进行控制和分析（绿色块）。

- STO 应用：
安全开关设备 3SK1121-2AB40
- SS1 应用：
安全开关设备 3SK1121-2CB42（能够设置用于快速停止的延时）

通过安全开关设备的对应端子使得 **SINAMICS DCM** 的 **STO 输入**和**反馈回路 RM1 / RM2**（红块，安全电路，第二通道）布设至开关元件（蓝块，电源接触器或断路器，第一通道）的触点。

- 在采用电源接触器的应用中，将反馈回路导引至**电源接触器 KA1** 的**触点 A1 和 A2**。
- 在采用断路器的应用中，将反馈回路导引至**断路器 3WL** 的欠压线圈 **U<**。

此外，将 **SINAMICS DCM** 中的功率接口的 **E-STOP**（端子 106、109、110）和 24 V 输入 **P24**（端子 X177.9）导引至该安全开关设备。


在 SS1 应用中，还将 **SINAMICS DCM** 的**急停功能 OFF 3**（未延迟的接触块，端子 X177.15 DI/DO 4）导引至安全开关设备。

说明

在 SS1 应用中，必须在设备调试期间根据过程相继手动调整 **SINAMICS DCM** 的 **OFF3** 斜坡以及安全开关设备上延时设置。

原理

SINAMICS DCM 应用的图例：

$Q_{A[n]}$	电枢接触器
$Q_{F[n]}$	励磁接触器
$K_{AH[n]}$	用于控制电枢继电器的安全耦合继电器
K_{FH1}	用于控制励磁接触器的安全耦合继电器
DI/DO 4	可编程的数字量输入 4, X177.15 (用于选择 OFF3 = 快速停止)
K_{FH1} K_{AH1} $K_{AH[n]}$	Phoenix Contact, PSR-SPP-24DC/FSP/1X1/1X2 - 2981981
STO	在 SINAMICS DCM 上激活/取消 STO
RM1 / RM 2, 106, 109, 110	SINAMICS DCM 上的用于反馈回路和安全开关设备的接口
P24	24 V 电源, 通过 X177.9
M24	24 V 接地, 通过 X177.23
PE	保护线连接
L, N	电源电压, 最大 250 V _{AC}
U<	欠压触发断路器 3WL
	强制触点 = 常开触点与常闭触点的组合, 其采用不能同时闭合的设计
	镜像触点 = 辅助常闭触点, 不能与常闭主触点同时闭合
	开关位置 = 黑色

STO 应用，采用电源接触器

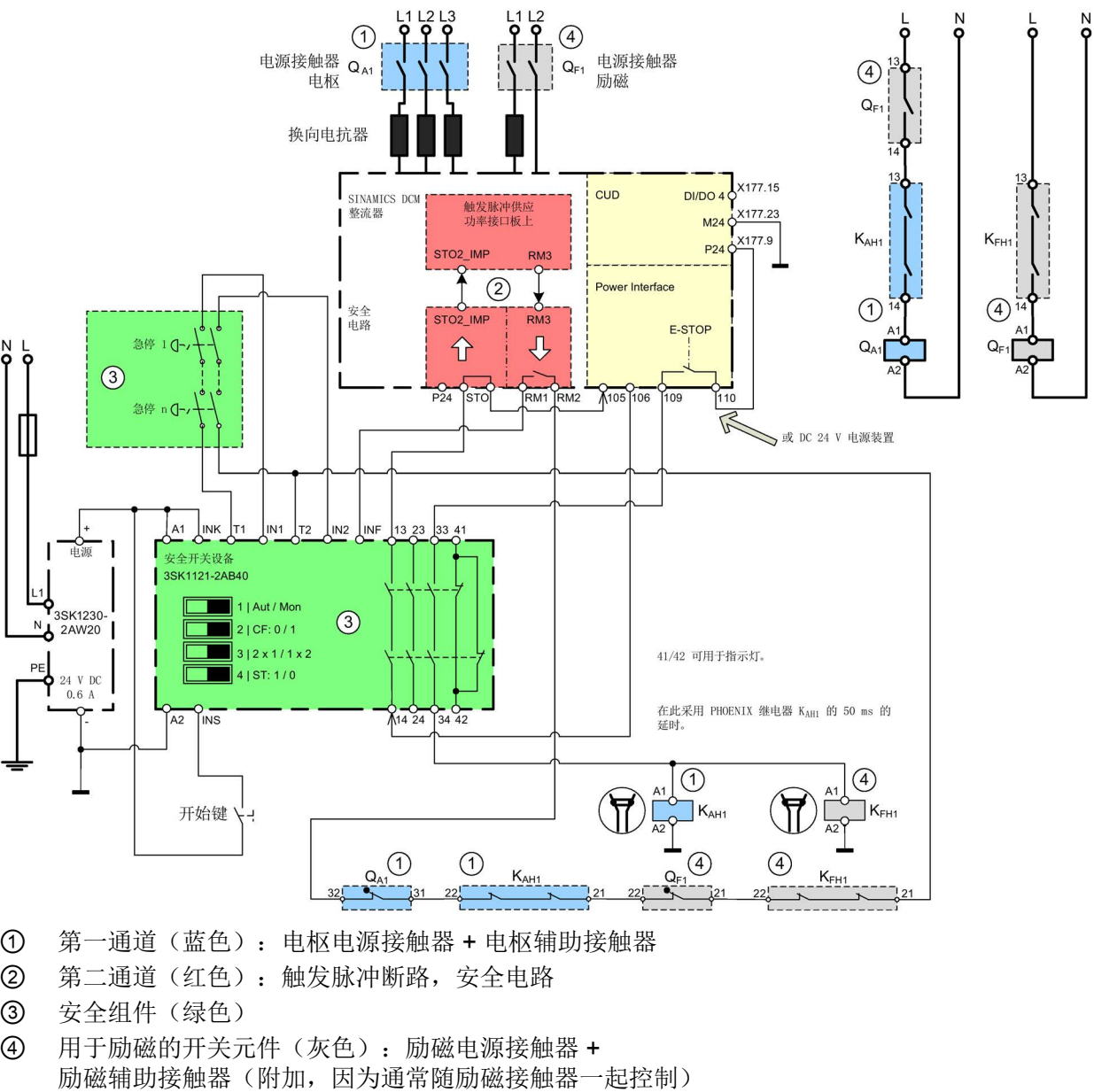


图 13-3 STO 应用，采用电源接触器

STO 应用，采用断路器

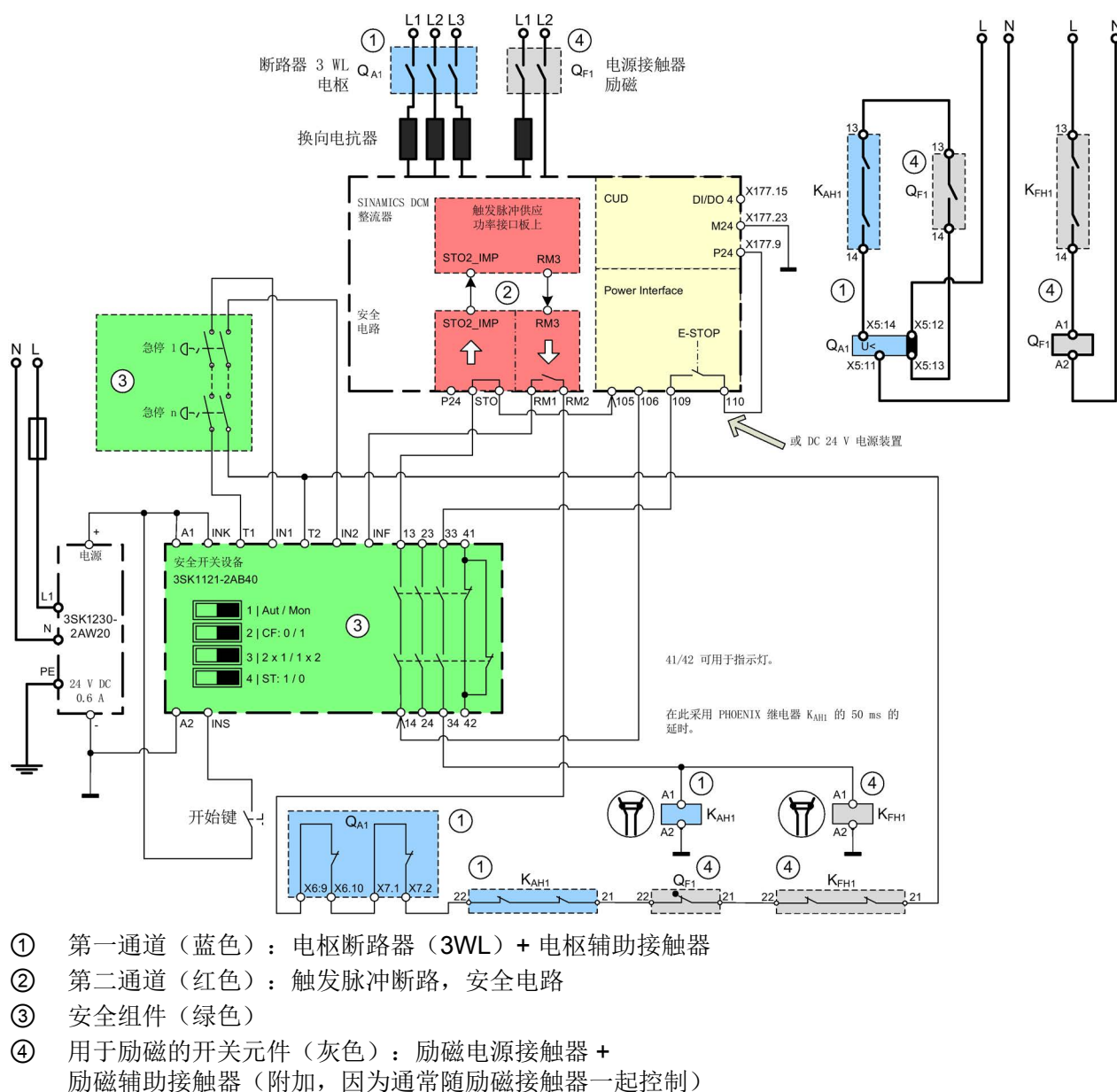
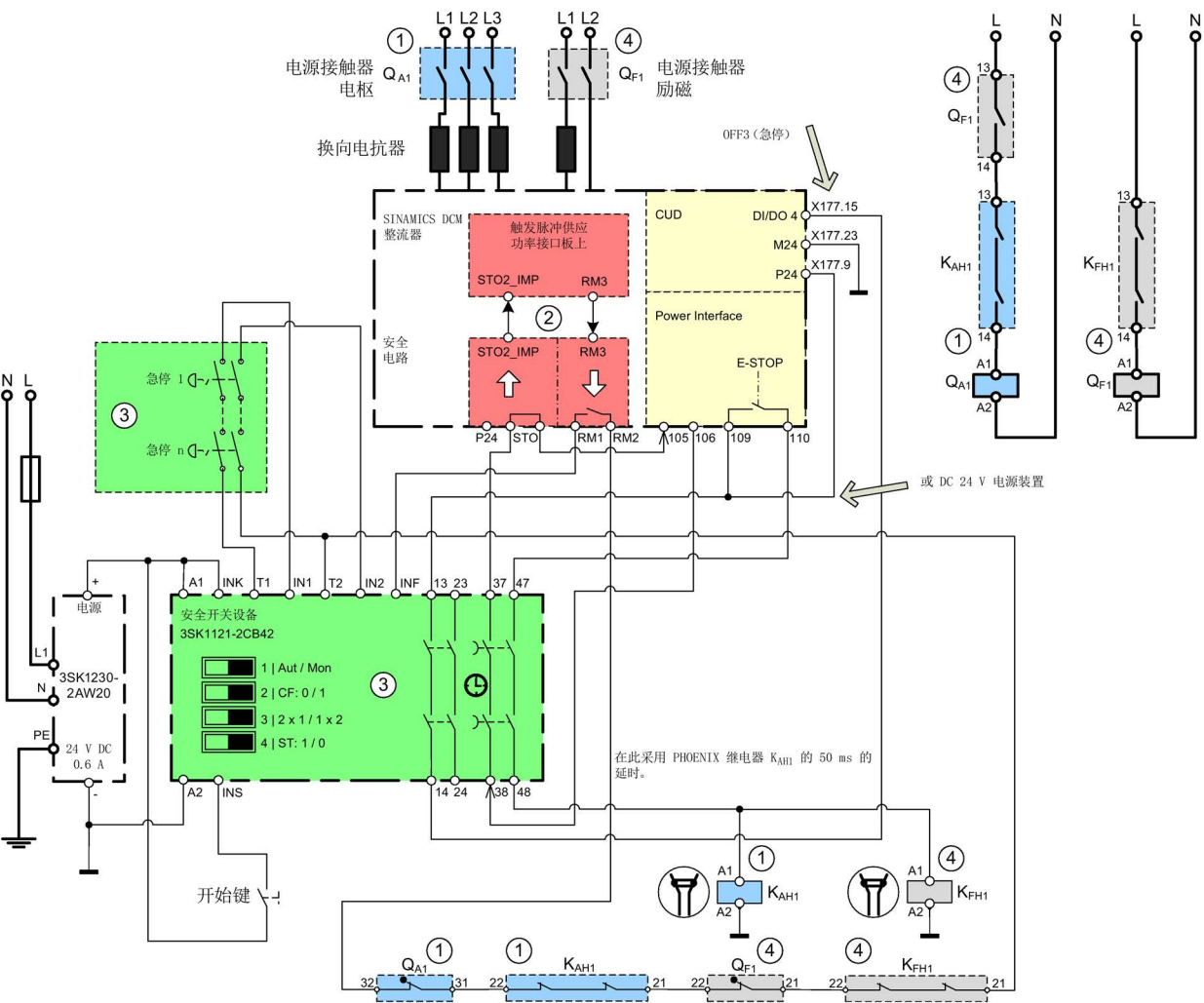


图 13-4 STO 应用，采用断路器

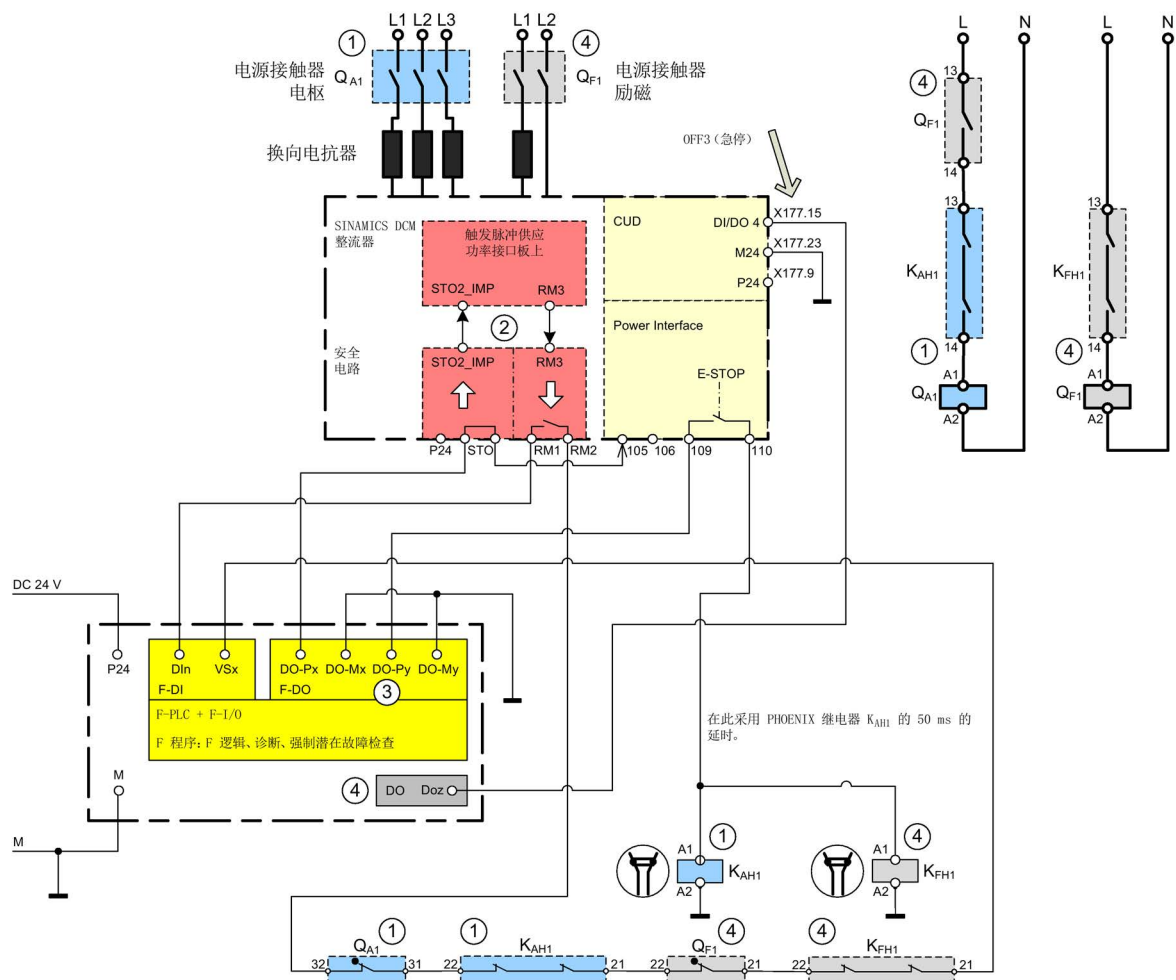
SS1 应用，采用电源接触器



- ① 第一通道（蓝色）：电枢电源接触器 + 电枢辅助接触器
- ② 第二通道（红色）：触发脉冲断路，安全电路
- ③ 安全组件（绿色）
- ④ 用于励磁的开关元件（灰色）：励磁电源接触器 + 励磁辅助接触器（附加，因为通常随励磁接触器一起控制）

图 13-5 SS1 应用，采用电源接触器

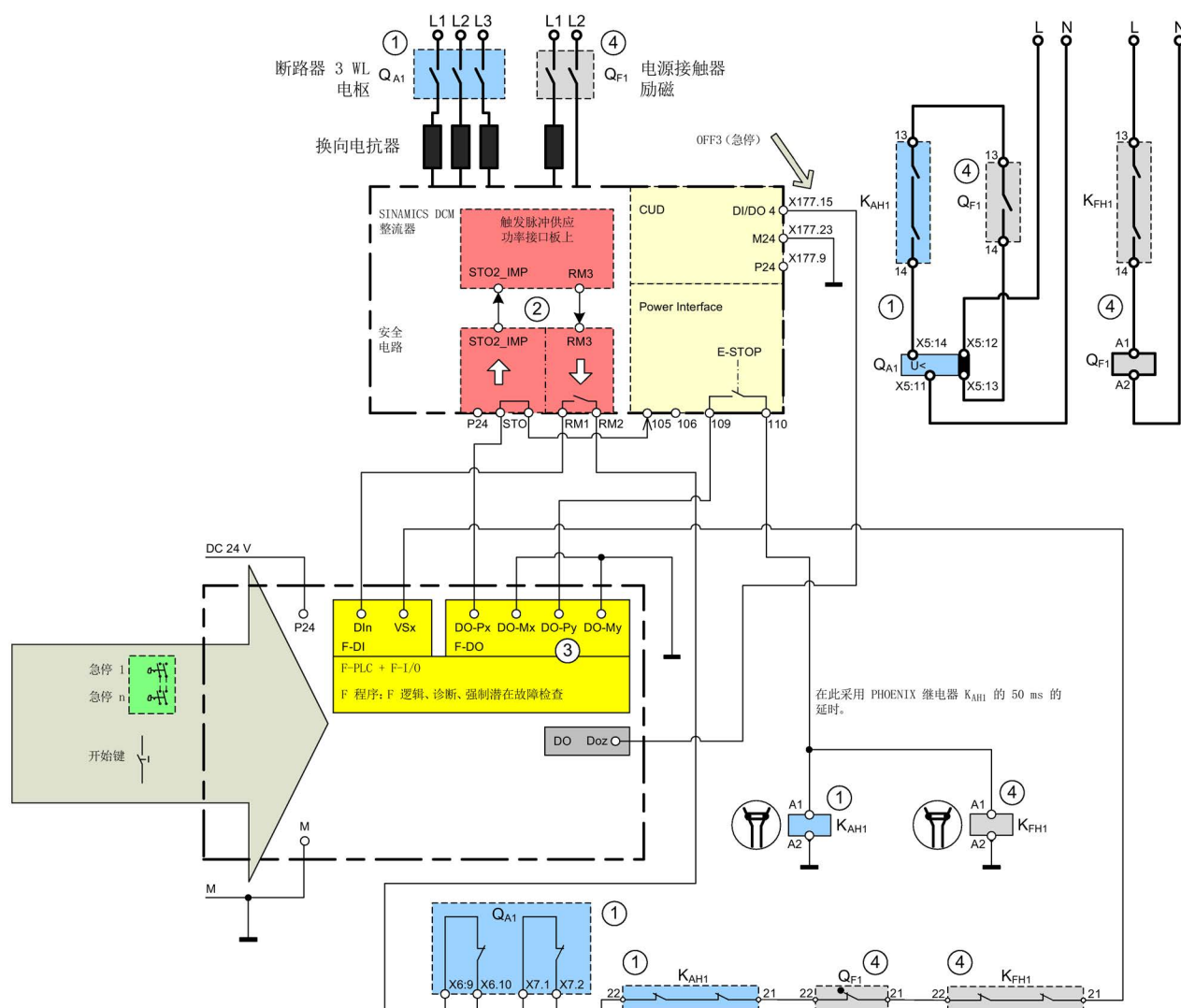
SS1 应用，采用电源接触器和 F-PLC



- ① 第一通道（蓝色）：电枢电源接触器 + 电枢辅助接触器
- ② 第二通道（红色）：触发脉冲断路，安全电路
- ③ 安全组件（黄色）
- ④ 用于励磁的开关元件（灰色）：励磁电源接触器 + 励磁辅助接触器（附加，因为通常随励磁接触器一起控制）

图 13-7 SS1 应用，采用电源接触器和 F-PLC

SS1 应用，采用断路器和 F-PLC



- ① 第一通道（蓝色）：电枢断路器（3WL）+ 电枢辅助接触器
- ② 第二通道（红色）：触发脉冲断路，安全电路
- ③ 安全组件（黄色）
- ④ 用于励磁的开关元件（灰色）：励磁电源接触器 + 励磁辅助接触器（附加，因为通常随励磁接触器一起控制）

图 13-8 SS1 应用，采用断路器和 F-PLC

13.6 安全功能的验证/检查

初次调试、每次维修以及每次修改机器/设备后，都要对安全功能，特别也对反馈回路进行检查。

这些测试应由合格的专业人员执行，这些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。

注意
外部反馈回路中的组件 不允许将并非安全功能部件的额外组件和/或功能装入 DCM 的外部反馈回路。

13.7 诊断测试

为了确保断路路径的功能符合标准、规定和指令的要求，必须定期（诊断测试间隔，依据 IEC 61800-5-2 的“diagnostic test”）进行检查。从而在可接受的时间内发现故障。

间隔取决于安全功能和所需的 SIL / PL 类别。

用户需要定期执行断路路径检测（强制潜在故障检查：激活和取消激活 STO）。

外部安全开关设备（如 3SK11...）能够根据 SINAMICS DCM DC Converter 的反馈信号识别断路路径中的故障，并在两个通道上触发 STO。为此，可识别出故障并进行系统维护。

13.8 强制潜在故障检查与 SIL 或 PL 类别之间的关系

硬件、硬件结构和软件（使用可设置或可编程的外部安全元件时）须符合 SIL / PL 类别。

为此参见本文档的前文中的应用示例。

所需的检查间隔

- SIL 2 / PL d, 类别 3: 至少每年执行一次强制潜在故障检查
- SIL 3 / PL e, 类别 3: 至少每 3 个月执行一次强制潜在故障检查
- SIL 3 / PL e, 类别 4: 至少每天执行一次强制潜在故障检查

13.9 电源接触器和断路器

6RA8013_XXXXX_0AA0	值	名称	制造商	产品编号
额定直流电流 [A] (DC)	15	-	-	-
电枢额定输入电压 [V]	400 480	-	-	-
电枢回路接触器	-	针对 AC1, 40 A 设计的主接触器	西门子	3RT2023-2AL20
励磁回路接触器	-	针对 AC1 设计的励磁接触器	西门子	3RT2015-2AP01

6RA8018_XXXXX_0AA0	值	名称	制造商	产品编号
额定直流电流 [A] (DC)	30	-	-	-
电枢额定输入电压 [V]	400 480	-	-	-
电枢回路接触器	-	针对 AC1, 40 A 设计的主接触器	西门子	3RT2023-2AL20
励磁回路接触器	-	针对 AC1 设计的励磁接触器	西门子	3RT2015-2AP01

6RA8025_XXXXX_0AA0	值	名称	制造商	产品编号
额定直流电流 [A] (DC)	60	-	-	-
电枢额定输入电压 [V]	400 480 575	-	-	-
电枢回路接触器	-	针对 AC1, 50 A 设计的主接触器	西门子	3RT1035-3AL20
励磁回路接触器	-	针对 AC1 设计的励磁接触器	西门子	3RT2015-2AP01

6RA8028_XXXXX_0AA0	值	名称	制造商	产品编号
额定直流电流 [A] (DC)	90	-	-	-
电枢额定输入电压 [V]	400 480	-	-	-
电枢回路接触器	-	针对 AC1, 100 A 设计的主接触器	西门子	3RT1044-3AL20
励磁回路接触器	-	针对 AC1 设计的励磁接触器	西门子	3RT2015-2AP01

6RA8031_XXXXX_0AA0	值	名称	制造商	产品编号
额定直流电流 [A] (DC)	125	-	-	-
电枢额定输入电压 [V]	400 480 575	-	-	-
电枢回路接触器	-	针对 AC1, 120 A 设计的主接触器	西门子	3RT1446-1AL20
励磁回路接触器	-	针对 AC1 设计的励磁接触器	西门子	3RT2015-2AP01

13.9 电源接触器和断路器

6RA8075_XXXXX_0AA0	值	名称	制造商	产品编号
额定直流电流 [A] (DC)	210	-	-	-
电枢额定输入电压 [V]	400 480 575	-	-	-
电枢回路接触器	-	主接触器 AC1, 275 A	西门子	3RT1456-6AP36
励磁回路接触器	-	针对 AC1 设计的励磁接触器	西门子	3RT2015-2AP01

6RA8078_XXXXX_0AA0	值	名称	制造商	产品编号
额定直流电流 [A] (DC)	280	-	-	-
电枢额定输入电压 [V]	400 480	-	-	-
电枢回路接触器	-	主接触器 AC1, 275 A	西门子	3RT1456-6AP36
励磁回路接触器	-	针对 AC1 设计的励磁接触器	西门子	3RT2015-2AP01

6RA8081_XXXXX_0AA0	值	名称	制造商	产品编号
额定直流电流 [A] (DC)	400	-	-	-
电枢额定输入电压 [V]	400 575	-	-	-
电枢回路接触器	-	主接触器 AC1, 400 A	西门子	3RT1466-6AP36
励磁回路接触器	-	针对 AC1 设计的励磁接触器 针对 AC1 设计的励磁接触器	西门子 西门子	3RT2023-2AL20 3RT2023-2AL24

6RA8082_XXXXX_0AA0	值	名称	制造商	产品编号
额定直流电流 [A] (DC)	450	-	-	-
电枢额定输入电压 [V]	480	-	-	-
电枢回路接触器	-	主接触器 AC1, 400 A	西门子	3RT1466-6AP36
励磁回路接触器	-	针对 AC1 设计的励磁接触器 针对 AC1 设计的励磁接触器	西门子 西门子	3RT2023-2AL20 3RT2023-2AL24

6RA8085_XXXXX_0AA0	值	名称	制造商	产品编号
额定直流电流 [A] (DC)	600	-	-	-
电枢额定输入电压 [V]	400 480 575	-	-	-
电枢回路接触器	-	主接触器 AC1, 690 A	西门子	3RT1476-6AP36
励磁回路接触器	-	针对 AC1 设计的励磁接触器 针对 AC1 设计的励磁接触器	西门子 西门子	3RT2023-2AL20 3RT2023-2AL24

6RA8086_XXXXX_0AA0	值	名称	制造商	产品编号
额定直流电流 [A] (DC)	720 760	-	-	-
电枢额定输入电压 [V]	690	-	-	-
电枢回路接触器	-	主接触器 AC1, 800 A	ABB	AF750-30-22
励磁回路接触器	-	针对 AC1 设计的励磁接触器 针对 AC1 设计的励磁接触器	西门子 西门子	3RT2023-2AL20 3RT2023-2AL24

6RA8087_XXXXX_0AA0	值	名称	制造商	产品编号
额定直流电流 [A] (DC)	800 850	-	-	-
电枢额定输入电压 [V]	400 480 575	-	-	-
电枢回路接触器	-	主接触器 AC1, 800 A	ABB	AF750-30-22
励磁回路接触器	-	针对 AC1 设计的励磁接触器 针对 AC1 设计的励磁接触器	西门子 西门子	3RT2023-2AL20 3RT2023-2AL24

6RA8088_XXXXX_0AA0	值	名称	制造商	产品编号
额定直流电流 [A] (DC)	950	-	-	-
电枢额定输入电压 [V]	830	-	-	-
3WL 开关电枢回路	-	3WL1 开关 1000 A 1000 V, 带 LI 触发器 ETU15B	西门子	3WL1210-4BB33-4AS2-Z Z=A05+C22
励磁回路接触器	-	针对 AC1 设计的励磁接触器 针对 AC1 设计的励磁接触器	西门子 西门子	3RT2023-2AL20 3RT2023-2AL24

6RA8090_XXXXX_0AA0	值	名称	制造商	产品编号
额定直流电流 [A] (DC)	1000 1100	-	-	-
电枢额定输入电压 [V]	575 690	-	-	-
3WL 开关电枢回路	-	3WL1 开关 1000 A 690 V, 带 LI 触发器 ETU15B	西门子	3WL1210-3BB33-4AS2-Z Z=C22
励磁回路接触器	-	针对 AC1 设计的励磁接触器 针对 AC1 设计的励磁接触器	西门子 西门子	3RT2023-2AL20 3RT2023-2AL24

13.9 电源接触器和断路器

6RA8091_XXXXX_0AA0	值	名称	制造商	产品编号
额定直流电流 [A] (DC)	1200	-	-	-
电枢额定输入电压 [V]	400 480	-	-	-
3WL 开关电枢回路	-	3WL1 开关 1000 A 690 V, 带 LI 触发器 ETU15B	西门子	3WL1210-3BB33-4AS2-Z Z=C22
励磁回路接触器	-	针对 AC1 设计的励磁接触器 针对 AC1 设计的励磁接触器	西门子 西门子	3RT2023-2AL20 3RT2023-2AL24

6RA8093_XXXXX_0AA0	值	名称	制造商	产品编号
额定直流电流 [A] (DC)	1500	-	-	-
电枢额定输入电压 [V]	690 830	-	-	-
3WL 开关电枢回路	-	3WL1 开关 1250 A 690 V, 带 LI 触发器 ETU15B 3WL1 开关 1250 A 1000 V, 带 LI 触发器 ETU15B	西门子 西门子	3WL1212-3BB33-4AS2-Z Z=C22 3WL1212-4BB33-4AS2-Z Z=A05+C22
励磁回路接触器	-	针对 AC1 设计的励磁接触器 针对 AC1 设计的励磁接触器	西门子 西门子	3RT1034-3AL20 3RT1044-3AL20

6RA8093_XXXXX_0AA0	值	名称	制造商	产品编号
额定直流电流 [A] (DC)	1600	-	-	-
电枢额定输入电压 [V]	400 575	-	-	-
3WL 开关电枢回路	-	3WL1 开关 1600 A 690 V, 带 LI 触发器 ETU15B	西门子	3WL1216-3BB33-4AS2-Z Z=C22
励磁回路接触器	-	针对 AC1 设计的励磁接触器 针对 AC1 设计的励磁接触器	西门子 西门子	3RT1034-3AL20 3RT1044-3AL20

6RA8095_XXXXX_0AA0	值	名称	制造商	产品编号
额定直流电流 [A] (DC)	2000	-	-	-
电枢额定输入电压 [V]	400 575 690 830	-	-	-
3WL 开关电枢回路	-	3WL1 开关 2000 A 690 V, 带 LI 触发器 ETU15B 3WL1 开关 2000 A 1000 V, 带 LI 触发器 ETU15B	西门子 西门子	3WL1220-3BB33-4AS2-Z Z=C22 3WL1220-4BB33-4AS2-Z Z=A05+C22
励磁回路接触器	-	针对 AC1 设计的励磁接触器 针对 AC1 设计的励磁接触器	西门子 西门子	3RT1034-3AL20 3RT1044-3AL20

6RA8096_XXXXX_0AA0	值	名称	制造商	产品编号
额定直流电流 [A] (DC)	2200	-	-	-
电枢额定输入电压 [V]	575 690 950	-	-	-
3WL 开关电枢回路	-	3WL1 开关 2000 A 690 V, 带 LI 触发器 ETU15B 3WL1 开关 2000 A 1000 V, 带 LI 触发器 ETU15B	西门子 西门子	3WL1220-3BB33-4AS2-Z Z=C22 3WL1220-4BB33-4AS2-Z Z=A05+C22
励磁回路接触器	-	针对 AC1 设计的励磁接触器 针对 AC1 设计的励磁接触器	西门子 西门子	3RT1034-3AL20 3RT1044-3AL20

6RA8097_XXXXX_0AA0	值	名称	制造商	产品编号
额定直流电流 [A] (DC)	2600 2800	-	-	-
电枢额定输入电压 [V]	575 690	-	-	-
3WL 开关电枢回路	-	3WL1 开关 2500 A 690 V, 带 LI 触发器 ETU15B	西门子	3WL1225-3BB33-4AS2-Z Z=C22
励磁回路接触器	-	针对 AC1 设计的励磁接触器 针对 AC1 设计的励磁接触器	西门子 西门子	3RT1034-3AL20 3RT1044-3AL20

6RA8098_XXXXX_0AA0	值	名称	制造商	产品编号
额定直流电流 [A] (DC)	3000	-	-	-
电枢额定输入电压 [V]	400	-	-	-
3WL 开关电枢回路	-	3WL1 开关 2500 A 690 V, 带 LI 触发器 ETU15B	西门子	3WL1225-3BB33-4AS2-Z Z=C22
励磁回路接触器	-	针对 AC1 设计的励磁接触器 针对 AC1 设计的励磁接触器	西门子 西门子	3RT1034-3AL20 3RT1044-3AL20

13.10 推荐的安全开关设备

数量	装置	制造商, 订货号	详细信息
1	急停按键	西门子 3SB3000-1HA20	蘑菇形急停按键, 强制锁定, 旋转解锁
		西门子 3SB3403-0D	含 2 个触点的开关元件, 2S, 弹簧连接, 用于前面板固定
		西门子 3SB3921-0AX	用于蘑菇形急停按键的保护壳, 带锁, 黄色
1	用于 3SK1 的电源	西门子 3SK1230-2AW20	用于 3SK1 的电源 (https://mall.industry.siemens.com/mall/en/Catalog/Product/3SK1230-2AW20) SIRIUS 安全开关设备电源, 用于 3SK1 Advanced 系列 Us = 115 - 230 V AC/DC 弹簧连接
1	安全开关设备 Advanced 基本设备	西门子 3SK1121-2CB41 3SK1121-2CB42 3SK1121-2CB44	安全开关设备 Advanced 基本设备 (适用于 SS1) (https://mall.industry.siemens.com/mall/en/Catalog/Product/3SK1121-2CB42) SIRIUS 安全开关设备, advanced 基本设备, 具有 0.5-30 s 延时, 4 继电器使能回路 (2 常开触点未经延迟, 2 常开触点延迟) Us = 24 V DC, 弹簧连接
2	用于 SIL3 的耦合继电器	Phoenix Contact PSR-SPP-24DC/ FSP/1X1/1X2 - 2981981	用于 SIL3 的耦合继电器 (https://www.phoenixcontact.com/en/produkte/2981981) 用于 SIL 3 高需求及低需求应用的耦合继电器, 将输出信号耦合至 I/O, 1 使能电流通路, 1 反馈电流通路, 1 数字量报告输出, Safe-State-Off 应用, 测试脉冲滤波器, PSR-TBUS 连接, 可插接的笼式弹簧端子
1	安全开关设备 Advanced 基本设备	西门子 3SK1121-2AB40	安全开关设备 Advanced 基本设备 (适用于 STO) (https://mall.industry.siemens.com/mall/en/Catalog/Product/3SK1121-2AB40) SIRIUS 安全开关设备, Advanced 系列基本设备, 继电器使能回路, 3 常开触点加继电器报告回路, 1 常闭触点 Us = 24 V DC, 弹簧连接