

机器安全在工业衡器产品中的最新应用

陈日兴 中国衡器协会 顾问

【概述】 机器安全是工业自动化特别是智能制造产业中不可缺少的重要因素。本文从国际上通行的机械安全技术概念及范围出发，较为全面的介绍了工业衡器产品及系统中应用的机械安全产品分类和涉及的最新标准，供衡器同行产品开发人员参考。

【关键词】 机器安全；工业衡器

前言

随着我国工业衡器智能制造的加速推进，在人工智能、工业互联网、大数据、云计算等方面都离不开安全问题。而机器安全涉及面已远超本身的字面解释，机器安全除了涉及到每一台机器的人工操作安全以及企业的安全体系外，甚至与物联网的产品全生命周期密切相关。本文从最基本的机器安全的概念分类谈起，分析了目前我国工业衡器在机器安全方面存在的问题，重点介绍国内外适用于衡器行业的机器安全产品，最后介绍功能安全相关标准。

1. 机器安全概念与分类^[1]

(1) 机器安全概念

机器安全是从人的需要出发，在使用机械全过程的各种状态下，达到使人的身心免受外界因素危害的存在状态和保障条件。机器安全的功能必须保证机器在按照预定使用条件下，执行预定功能，在运输、安装、调整时不产生损伤或危害健康的能力。

(2) 机器安全分类

机器安全分为主要安全功能和辅助安全功能。机械的安全功能是指机械及其零部件的某些功能是专门为保证安全而设计的。

主要安全功能分为特点安全功能和相关安全功能；辅助安全功能即降低安全程度的机器功能。

2. 机器安全的实施措施^[1]

(1) 首先对设备的结构、适用环境去分析其危险存在的可能，进行风险分析和评估；

(2) 从设计角度上尽可能的减小风险：①采用本质安全技术：避免锐角、尖角、突出部分，确定物理量限制。②限制机械应力；③材料的安全性；④履行安全人机工程学原则；⑤设计控制系统的安全原则；⑥防止气动和液压系统的危险；⑦预防电气危害；

(3) 通过设计不能避免或限制的危险，采用安全防护装置（防护装置、安全装置）对人们加以

防护：①固定安全防护装置：防治操作人员接触机器危险部件的固定防护装置；②连锁安全装置；

(4) 通过使用信息规定机器的预定用途，并应包括保证安全和正确使用机器的各项说明、各项警示、各项提示、各项禁止信息，对使用者起指导作用；

(5) 对采取上述措施后的附加风险采取措施加以克服；

(6) 对于用户进行培训和提供必要的个人防护，建立必要的安全监督制度。

3. 机器安全产品设计原理

(1) 控制系统的安全冗余并行设计

在工业生产人工智能系统中控制系统的安全在线冗余并行设计至关重要。常规“标准控制”与在线备份“安全控制”的并行设计是机器安全设计的基础。

(2) 安全与普通继电器的比较

继电器是工业控制系统中最基本的器件之一，为机器安全设计的安全继电器与普通继电器的最大区别是冗余设计、触点机械连锁、监测功能、意外重启等。

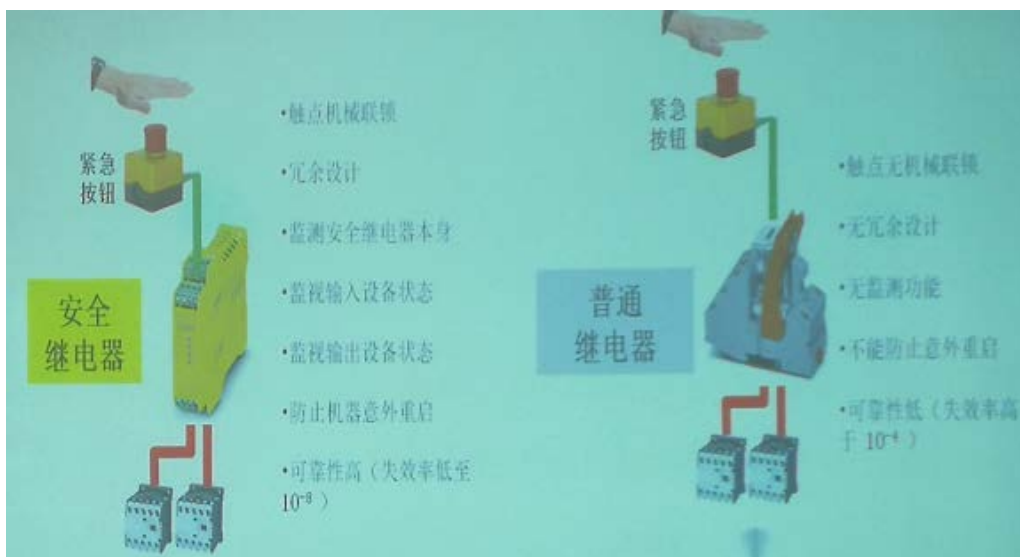


图 1 安全继电器与普通继电器的区别

4. 机器安全设计要领

工业衡器产品的机器安全设计涉及的面较广泛，从基础零部件到整机甚至系统都需要全面顾及。

机器安全设计方式之一是采用 Duality 双路设计（见图 2），采用一个安全门锁开关，为双触点开门断开。一旦出现一路故障，仍可以通过另一路正常工作。所以单个故障的安全功能不会丧失。

机器安全设计方式之二是采用 Diversity 非等效设计（见图 3），采用两个安全门锁，一个为常开，另一个为常闭。如果两个触点因为故障都断开或者都闭合，安全功能都不会丧失。其特点是共因失效的可能性降低。此方式可靠性更高。

Duality (二元化, 或称冗余、双通道) 举例

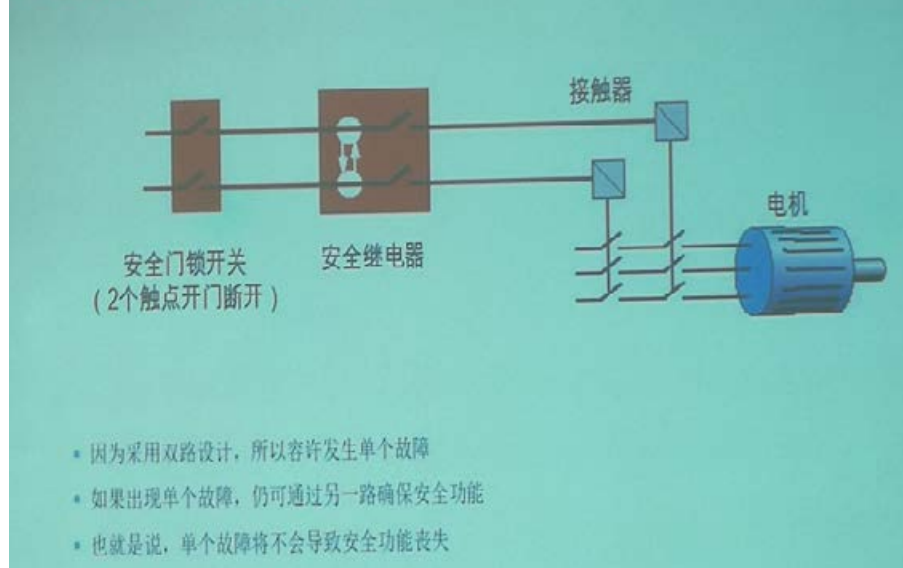


图2 机器安全设计方式之一

Diversity (多样化, 或称非等效) 举例

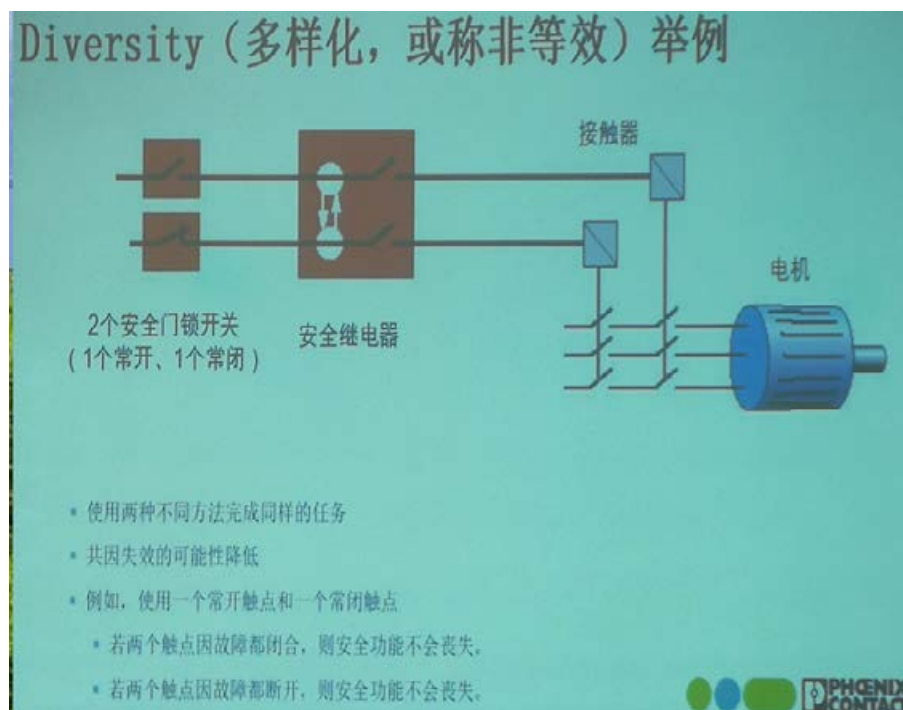


图3 机器安全设计方式之二

5. 机器安全产品介绍

(1) 机器安全主要应用^[2]

在工业自动化产品用户生产线上, 安全锁、安全急停按钮、拉线急停开关、感应式安全光幕以及控制柜中的安全继电器、安全 PLC 等部件动作互相关联, 组成了一个完整的功能安全集成控制系统。作为一个设计人员应该在机器的设计上把危险减少到最小, 就必须采用安全控制类产品。



图 4 常规工业生产流水线示意图

(2) 机器安全输入设备主要功能^[3]

1) 急停功能

此急停功能用于在尽可能最短的时间内将机器切换到安全运行状态，防止机器对人员造成伤害，或对环境或机器本身造成损害。停止方式有三类：停止类别 0、停止类别 1 和停止类别 2。这些是由机器的危险性评估和功能要求决定的。EN ISO13850（原 EN 418）标准对急停装置的功能要求和设计原理作出了具体规定。

2) 周边防护功能

周边防护功能用于保护机器周围的区域。它可以直接停止机器运行（停止类别为 0、1 或 2）或设定安全工作区域，限制机器运作不得超过特定速度、扭矩或位置，从而保护操作人员安全。此功能通常用于操作人员需要经常性进入机器周边区域的情况。

3) 防护装置监控功能

防护装置监控功能用于保证操作人员在使用机器时与机器的危险部位相隔离。它能够防止机器在防护门、屏障未处于关闭位置时启动。基于机器的危险性评估和功能要求，其安全防护装置有三种类型。

(3) 主要机器安全输入设备介绍^[4]

下面主要介绍菲尼克斯南京公司在 2018 中国国际工业博览会上所作的“机器安全产品在各个领域的应用实例”PPT，主要涉及在产品设计中的各种机器安全功能部件的常见机器安全输入设备（见图 5）。



图 5 常见机器安全输入设备

1) 安全急停按钮 (见图 6)

安全急停按钮适用于任意紧急情况。多个急停按钮可以串联通过安全继电器形成安全链。主要应用在安全保护机械运动部件损伤。

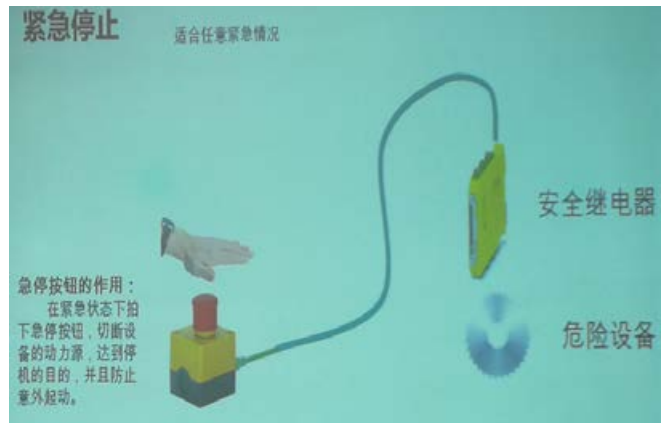


图 6 急停按钮作用示意图

2) 安全门锁

安全门锁适用于生产流水线上需要锁定的安全门，其作用见图 7 说明。

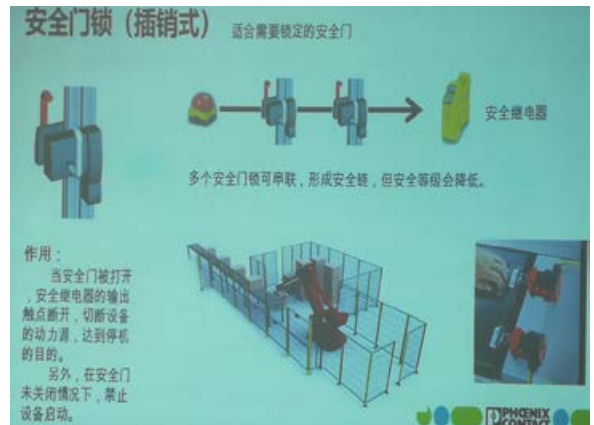


图 7 安全门锁作用示意图

3) 非接触式安全开关

非接触式安全开关适用于生产流水线上无需锁定的安全门，其作用见图 8 说明。

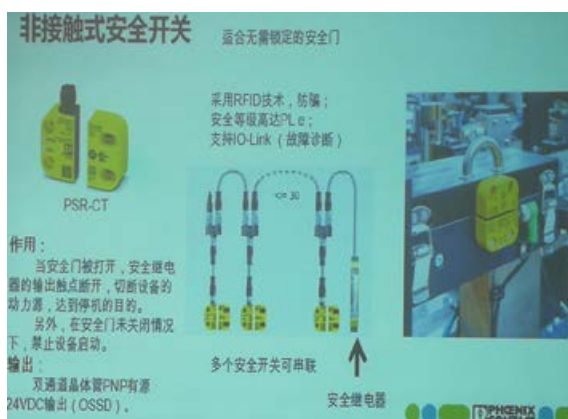


图 8 非接触式安全开关作用示意图

4) 光栅与光幕

光栅与光幕适用于生产流水线上无形的安全门，其作用见图 9 说明。

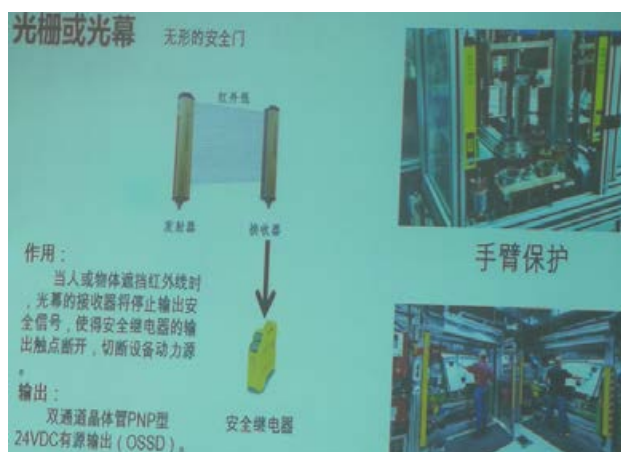


图 9 光栅与光幕作用示意图

5) 激光扫描仪

激光扫描仪适用于生产流水线上扇形区域的安全扫描，其作用见图 10 说明。

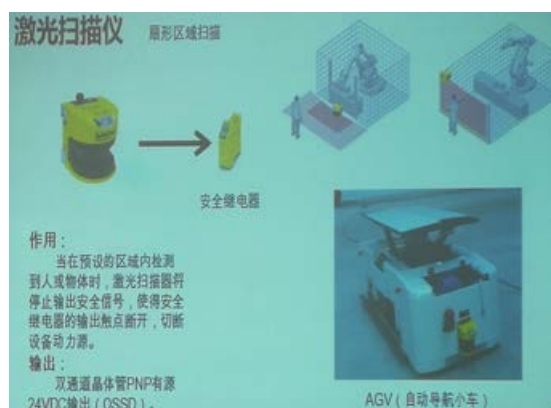


图 10 激光扫描仪作用示意图

6) 双手按钮

双手按钮适用于在生产过程中确保操作者双手在指定的安全位置，其作用见图 11 说明。



图 11 双手按钮作用示意图

7) 拉绳开关

拉绳开关适用于生产过程中零部件输送线上的长距离保护的安全装置，其作用见图 12 说明。

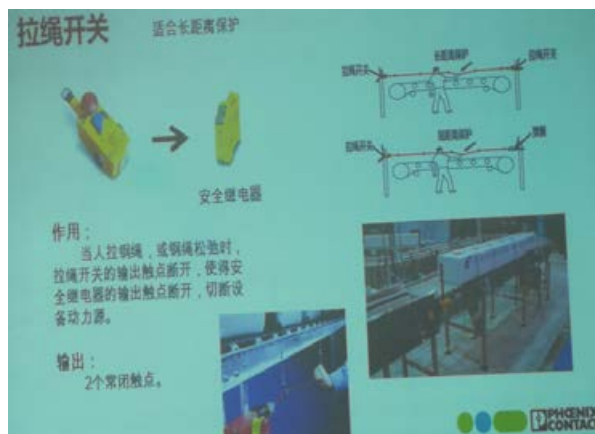


图 12 拉绳开关作用示意图

8) 安全地毯

安全地毯适用于生产过程中区域性的安全保护装置，其作用见图 13 说明。

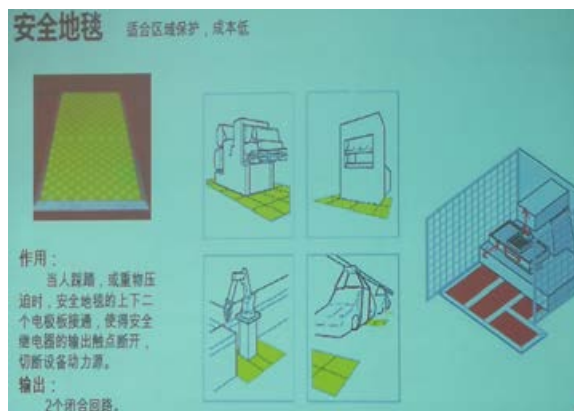


图 13 安全地毯作用示意图

9) 安全触边

安全触边适用于生产过程中防夹、防撞保护的安全装置，其作用见图 14 说明。



图 14 安全触边作用示意图

10) 可编程安全模块

可编程安全模块适用于控制系统的安全保护装置，其作用见图 15 说明。

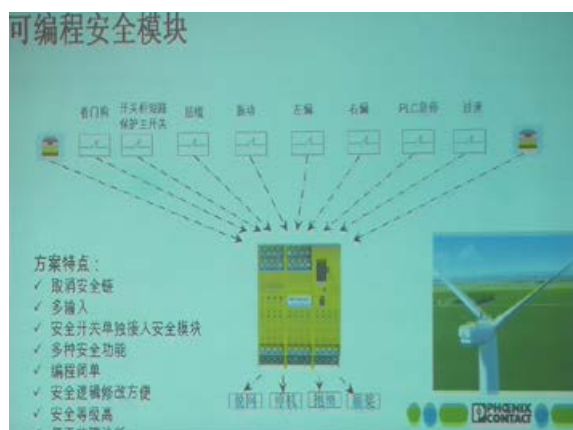


图 15 可编程安全模块作用示意图

11) 安全限位开关

安全限位开关适用于生产过程中需要安全限位的场合，其作用见图 16 说明。



图 16 安全限位开关作用示意图

12) 安全 PLC 和安全 I/O

安全 PLC 和安全 I/O 适用于大型控制系统的安全保护，其作用见图 17 说明。

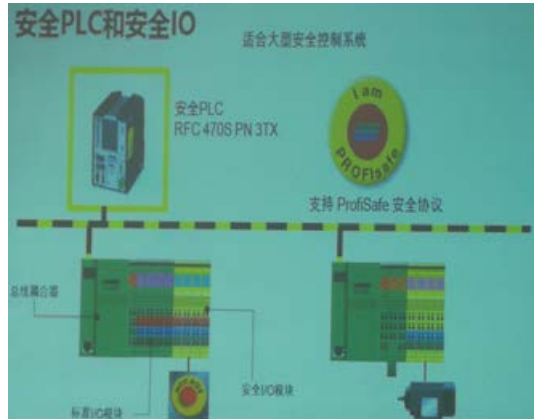


图 17 安全 PLC 和安全 I/O 作用示意图

13) 安全桥

安全桥适用于低成本的安全控制系统，其作用见图 18 说明。

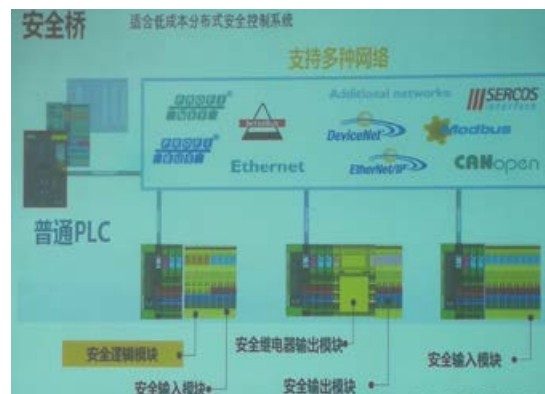


图 18 安全桥作用示意图

14) 基于无线的安全系统

基于无线的安全系统适用于各种需要无线通信的安全系统，其作用见图 19 说明。



图 19 基于无线的安全系统应用

6. 功能安全概念^[2]

由于产品研发人员在产品设计中对于可靠性风险管理意识认识不足，产品自身安全性能存在先天缺陷，从而造成人身安全、财产损失和环境危害等影响，给社会带来了无法挽回的损失，为此引出了功能安全的设计理念。

功能安全——无论产品的零部件或者整体系统发生失效是随机失效、系统失效还是共因失效，都不会导致安全系统的故障，进而不会对操作人员或者环境产生危害，那么这个系统在功能上就是安全的。

无论是在正常工作状态或者是故障工作状态，控制系统都必须保证其安全功能。

7. 世界各国机器安全的相关标准

全世界大多数国家都制定了具有约束力的法规，从强制性法律到非约束性建议，旨在确保人们遵守机械安全要求。

(1) 主要欧盟安全指令^[5]

- 1) 机械指令 2006/42/EC: 针对机械设计和制造的基本健康和基本要求
- 2) EMC 指令 2014/30/EC: 电磁环境下电气 / 电子设备的正常工作安全要求
- 3) 低电压指令 2014/35/EC: 涉及电流产生危险的健康和安全要求

属于上述一个或多个欧盟指令适用范围的产品需要进行强制性 CE 认证。这些产品还必须具有合规性声明，这就意味着可在欧盟范围内推出并销售其产品，而无需考虑任何国家规定。

(2) 亚洲主要国家安全指令^[3]

中国引入了 CCC 安全认证，技术产品必须经由国家审核机构认证，生产基地也需要检查。如果一个技术设备属于产品列表（细分为 19 类）范围内的产品，则必须进行认证。

日本《工业安全健康法》规定危险机械或在危险环境中使用的机械必须配备国家部门定义的相应防护措施。例如与衡器相关的潜在爆炸性环境中的电气部件。日本工业安全健康协会（JISHA）支持在日本采用风险评价和安全健康管理体系。日本标准（日本工业标准 JIS）中陈述的风险评估方法与国际标准相一致。

(3) 功能安全相关标准^[2]

IEC 61508 标准（现行国家标准为 GB/T 20438.1/20438.7-2006《电气 / 电子 / 可编程电子安全相关系统的功能安全 第 1-7 部分》）

EN 954-1 “机械安全——控制系统有关安全的部件”是由欧洲标准委员会 (CEN) 制定的欧洲标准

IEC 61511 标准（现行国家标准为 GB/T 21109.1-.3-2007《过程工业领域安全仪表系统的功能安全 第 1-3 部分》）

IEC 62061、ISO/EN 13849-1 风险评估标准（现行国家标准为 GB/T 16855.1-2008《机械安全 控制系统有关安全部件 第 1 部分：设计通则》）

结束语

机器安全是工业自动化特别是智能制造产业中不可缺少的重要环节，越来越多的衡器产品最终用户和制造商已经意识到机器安全的重要性。本文从国际上通行的机械安全技术概念及范围出发，较为全面的介绍了工业衡器产品及系统中相关的机械安全产品分类和最新机器安全标准，供衡器同行产品开发人员参考。

【参考文献】

- [1] “机械安全知识点”（摘自百度百科网站）2018
- [2] 陈日兴. 功能安全系统技术在工业衡器的最新应用 - 第十一届全国称重技术研讨会（中国衡器协会）专题报告 南京 2012.5
- [3] 施耐德苏州公司. 机械安全相关内容介绍 - 施耐德苏州公司网站, 2018.
- [4] 菲尼克斯南京公司. 机器安全产品在各个领域的应用实例 PPT -（中国国际工业博览会机械设计技术论坛），上海 2018.
- [5] 德国 PILZ 公司. 欧盟指令概述（PILZ The spirit of safety）- 德国 PILZ 公司产品样本.