

# 聚焦安全

机械指令与ISO 13849实践



# 目录

> 同SMC一起，与安全为伍	2	> 符号	26
> 选择SMC， 选择一流先进的安全技术	3	> 应用案例	27
> SMC机械安全设计指南	4	> 标准参考与引用	41
> 安全设计五步骤	7	> SMC产品	43
> 安全技术问答	17	> SMC全球工程网络	47
> 基于PROFIsafe现场总线系统的安全通信	21	> 支持服务体系	49
> 气动传感器的使用	23	> 安全标准ISO 13849-1	51
> 机械安全元件	25	> 符号和缩略语	52



# 同SMC一起，与安全为伍

我们考虑得更优化，更系统



以安全赢得您的信赖！SMC在工厂自动化方面能力卓越，从气动方面可为您提供多样化气动解决方案，是您值得信赖的合作伙伴。我们助力客户在使用产品时实现并维持所需的功能安全等级。

我们会为您提供符合机械指令的安全元件，以保障客户的操作安全。实现风险最小化并保障工作人员操作设备时的安全是我们始终坚持的目标。

实现所需功能安全等级的工作复杂且涉及方面多，需要具备相应能力的技术人员才能完成。SMC依托覆盖全球的技术服务网络，为客户提供最佳解决方案所需的信息支持。在中国，我们拥有庞大的客户服务团队，服务网点多达120个。我们的专业团队就在您的身边，可为您提供“专职客户经理”服务。



设备的安全是焦点

# 选择SMC，选择一流先进的安全技术

## 在设计过程中就开始遵守标准



勇于面对最严峻的挑战！SMC极其重视产品研发，致力于为客户打造性能卓越、高品质的创新产品。

随着生产工程和机械工程的飞速发展，安全性愈发受到重视。自欧洲实施机械指令(2006/42/EC)以来，向欧洲出口产品时，全球的设备制造商在机械安全设计和研发过程中都不得不遵守新指令的要求和标准。



发挥我们的专业所长，  
提供符合机械安全标准的元件

我们在中国、日本、美国及欧洲设有技术中心，汇聚全球高水平工程师团队。我们通过营业部门对接客户需求，提供迅捷、清晰且详尽的技术响应。工程师团队始终保持对新趋势的高度敏感，不断为客户提供世界一流的新产品和解决方案。

# SMC机械安全设计指南

## 安全从源头构建



在接下来的页面中，将从机械指令和ISO 13849的视角，探索关键因素与要求事项的关系。SMC可为您提供全面支持，是您值得信赖的合作伙伴。

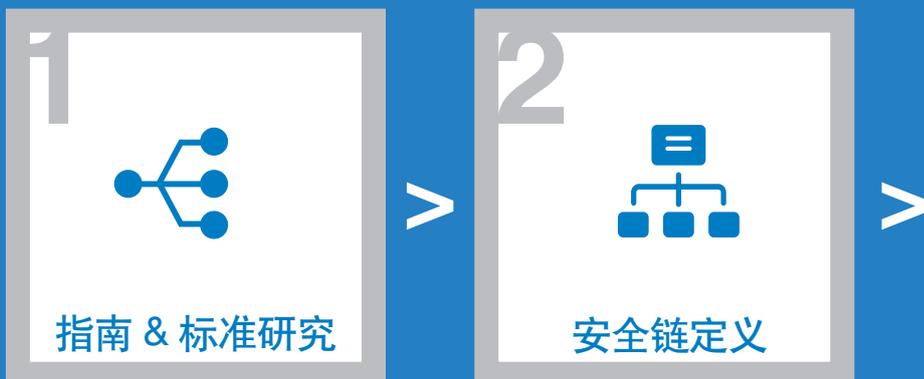
专业技术驱动安全理念。除实施危险识别与风险评估外，还需构建安全控制系统。

ISO 13849-1 明确了符合机械安全标准的功能元件并为其控制系统的设计提供指南。



请登陆我们的网站  
了解最新安全相关功能元件：[www.smc.com.cn](http://www.smc.com.cn)。

# 通向一流安全技术的路



## 主要问题：

- > 设备会发生哪些潜在危险，如何进行评估？
- > 某功能是否能认定为安全功能？如果这个功能发生故障，操作人员有无危险？
- > 保护型设备是否依赖控制系统？
- > 各种安全功能分别适合哪些危险场合？
- > 风险评估结果说明性能等级到底如何？
- > 改变设计就足以将危害最小化了吗？
- > 达到所需的性能等级有哪些选择？
- > 哪些元件属于安全功能元件？

# 我们的协助与您相伴



> 安全功能大概多久驱动一次?

> 安全系统的使用寿命符合标准中的年限要求吗?

> 必须到哪种程度才有能力检测安全功能的故障?

> 如何设计标准回路?

> 必须邀请外部专家对回路进行评估吗?

> 需要哪些文件完成CE标准符合证明?

> 证明文件的格式是怎样的?

> 证明文件必须保留多久?

> 实际有没有达到所需的性能等级?

> 是否依据最新基准完成任务的?

> 所有安全要求都相应满足了吗?

> 是否分析了所有可预知的误操作类型?

> 质量保障系统与标准中的要求是相同一致的吗?

# 安全设计五步骤

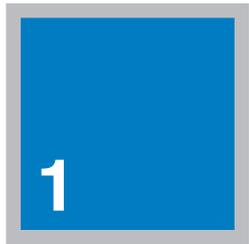
---

从“风险评估”到“实现最佳安全功能”，  
选择SMC让您高枕无忧

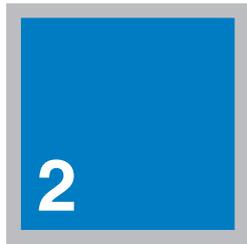




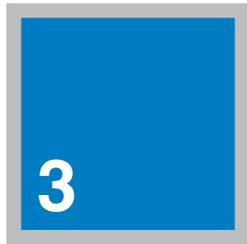
我们将通过以下5步骤，系统讲解从“风险评估”到“实现安全功能”的完整过程。



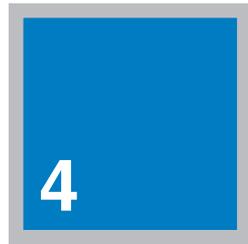
风险评估



风险降低



控制系统 -  
风险降低中的  
组成部分



机械安全  
功能确定



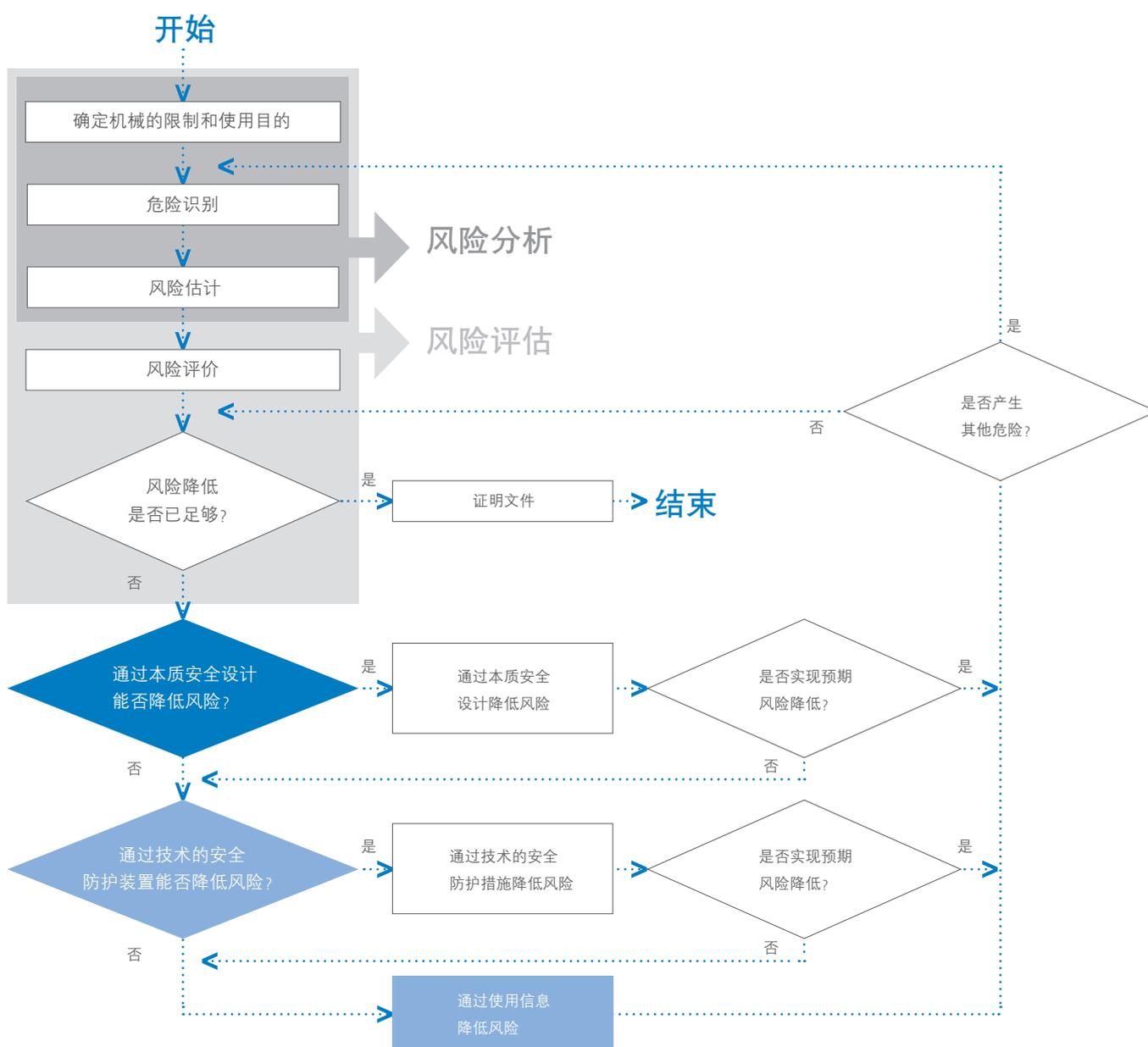
所达到的性  
能等级PL的  
评估



# 风险评估

全方位的安全设计从设备系统的概念设计之初就参与其中了。潜在风险与故障情形是依照ISO12100标准进行分析、评估和排除。如果不能排除，那么推理可知需要降低风险。这包括系统操作状态的评估：自动模式、维修模式、清理模式等等。

## 依据ISO 12100标准执行风险评估 -- 简化版



# 风险降低

如果步骤1无法完全排除潜在风险，根据ISO 12100 标准的要求，还需进一步完成三项措施，并且必须严格按照以下3步骤执行。

## 风险降低措施



## 控制系统—风险降低中的组成部分



如果设计相关解决方案不足以有效降低风险，按照ISO 12100标准要求，则需要采用保护装置。

保护装置控制系统所用安全相关元件的性能要求，由ISO 13849-1(适用于气动、机械、液压及电子控制系统)明确规定。

所需性能等级(PLr)是已达成性能等级PL的重要参照，在步骤4、5中对其确定方法做了详细阐述。

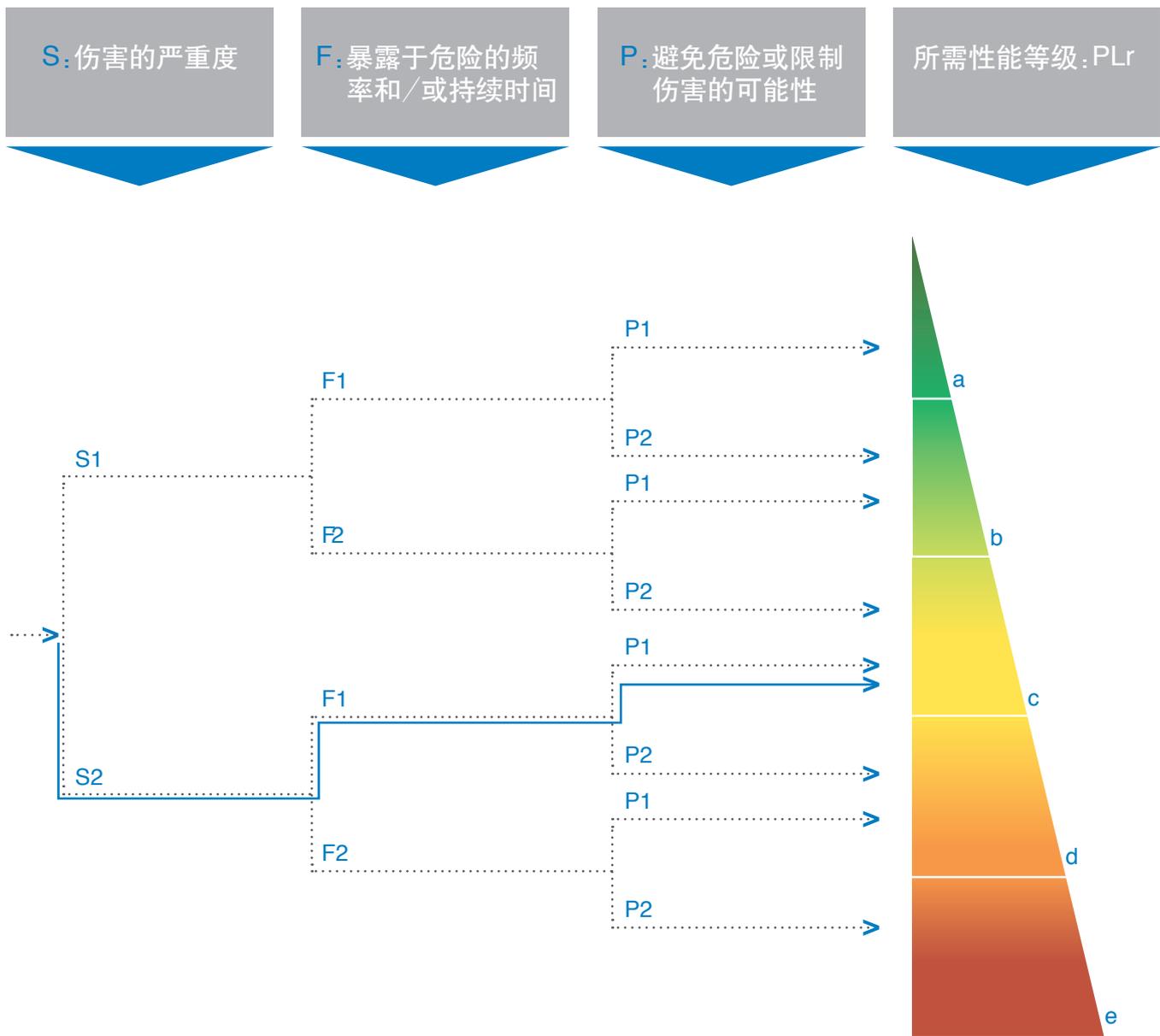
# 机械安全功能确定

现在需要明确安全功能。这其中包括实际安全功能的定义(譬如:安全位置、安全排气、防止意外启动或其他类似情况),安全相关元件模块图的制作以及发生故障时所需的措施。

各安全功能所需的性能等级(PLr)将利用风险图进行确定。



ISO 13849-1 – 用于确定安全功能所需的PLr的风险图



**S1:** 轻微  
(通常是可恢复的伤害)

**F1:** 很少~不常和/或暴露时间短

**P1:** 在特定条件下可能

PLr

**S2:** 严重  
(通常是不可恢复的伤害或死亡)

**F2:** 频繁—连续和/或暴露时间长

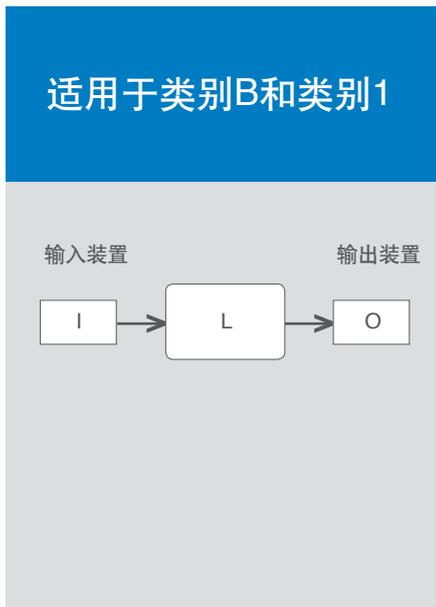
**P2:** 几乎不可能

# 所达到的性能等级PL的评估

关于所选安全相关系统的评估，性能等级PL依据以下要点进行确定：

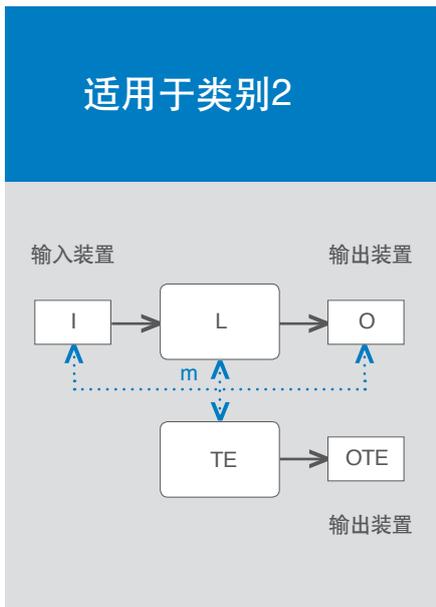
- 类别(结构)
- MTTFD (Mean Time to Failure dangerous) : 平均危险失效间隔时间
- DCavg (Diagnostic coverage average) : 平均诊断覆盖率
- CCF (Common cause failure) : 共因失效
- 故障条件下安全功能的表现
- 安全相关软件
- 系统性失效
- 预知环境条件下，执行安全功能的能力

接下来的两页中标记了蓝色箭头的步骤可帮助您进行性能等级的评估。在四项基本参数(类别、MTTF<sub>D</sub>、DCavg和CCF)的基准上，实际性能等级PL不得低于于风险图中对应的所需性能等级PL<sub>r</sub>(详见13页风险图)



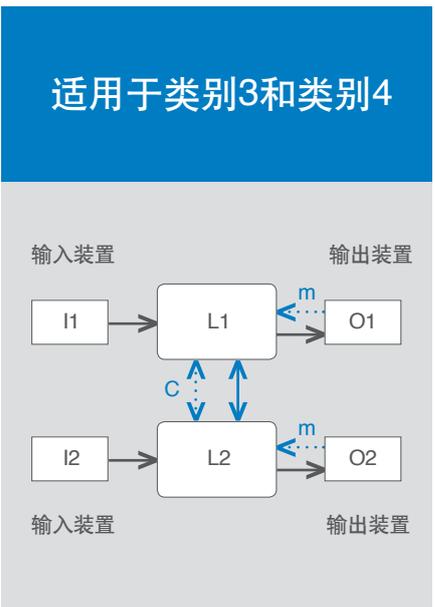
I: 输入装置 (例如: 传感器)  
 L: 逻辑单元 (例如: PLC)  
 O: 输出装置 (例如: 阀、继电器)

类别1中, 每个通道的MTTF<sub>D</sub>比类别B中的高。因此, 安全功能的丧失可能性小一些。但故障会导致安全功能丧失。



m: 监控  
 TE: 测试设备  
 OTE: TE的输出

类别2中, 出现故障可导致两次检查之间安全功能的丧失。通过检查结果可检测到安全功能的丧失。



m: 监控  
 C: 交叉监控  
 ..... 类别3: 定期检查  
 —— 类别4: 各安全功能指令执行前的检查

类别3中, 单一故障不会导致安全功能丧失。类别4中, 单一故障应在下一次要求安全功能时或之前被检测出。若无法实现, 则需确保未检测到的故障的累积不会导致安全功能的丧失。

特点	类别				
	B	1	2	3	4
根据相关标准进行设计, 经受预期条件影响	X	X	X	X	X
基本安全原则	X	X	X	X	X
经验证的安全原则		X	X	X	X
经验证的元件		X			
平均危险失效间隔时间 (MTTF <sub>D</sub> )	低到中	高	低到高	低到高	高
故障检测 (检查)			X	X	X
单一故障容许度				X	X
故障累积考虑					X
平均诊断覆盖率 - DC <sub>avg</sub>	无	无	低到中	低到中	高
已识别的共因失效 (CCF) 及预防方法			X	X	X
主要特征	元件选择		结构		

1	硬件结构	<p>类别 → 安全功能结构(I, L, O配置)。该类别包括I(输入装置), L(逻辑模块)和O(输出装置)。</p>	5个级别	B 1 2 3 4	
2	元件使用寿命	<p>1.单个元件 1.制造商提供MTTF<sub>D</sub>值 2.参照ISO 13849-1的附录C确定MTTF<sub>D</sub></p> <p>2.完整系统 如果已知B10<sub>b</sub>值, 可应用以下公式:  <math display="block">MTTF_D = \frac{B_{10D}}{0.1 \times n_{op}}</math>           ※设备制造商必须确定的值(年平均运行次数)</p> <p> <math display="block">MTTF_D = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{Di}}}</math> </p>	3个级别	低 中 高	<10年, ≥3年 <30年, ≥10年 <100年, ≥30年
3	系统监控	<p>1.单个元件 参照ISO 13849-1的附录E确定平均诊断覆盖率</p> <p>2.完整系统 采用FMEA确定平均诊断覆盖率</p> <p> <math display="block">DC_{avg} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{DC_i}{MTTF_{Di}}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{Di}}}</math> </p>	4个级别	无 低 中 高	<60% <90%, ≥60% <99%, ≥90% ≥99%
4	系统稳定性	<p>CCF → 参照ISO 13849-1的附录F(从类别2开始)的评分表, 旨在实现总分65点以上。</p>	2个级别	否 是	<65点 ≥65点

		类别					
PL	B	1	2		3		4
a	低		低	低	低	低	
b	中	MTTF <sub>D</sub>	中	中	中	中	MTTF <sub>D</sub>
c		高	高	高	高	高	
d							MTTF <sub>D</sub>
e							高
DC <sub>avg</sub> =	无	无	低	中	低	中	高
CCF=	不相关		65点以上				

SMC将为您提供必要的安全相关数据进行评估。



# 安全技术问答

## 常见问题—详细解答



1

如何确定某问题是操作性功能问题还是安全功能问题？

- ▶ 操作功能是指机械设备为完成其预定用途所必需的功能。操作功能的故障不会直接导致作业人员的安全风险。安全功能则是指涉及人员安全风险故障或误动作，但这类功能并非机械设备正常运行所必需。

2

气动元件是否要求相关安全评估？

- ▶ 要求。气缸等气动执行元件也可能导致严重损伤，因此依据ISO 12100，气动元件也在评估范围内，必要时需要设计安全防护措施或相关控制措施。依据ISO 13849-1和-2，我们还必须对气动或电气控制进行评估和实施。

3

“防止意外启动”是什么意思？  
必须要有这方面的考虑吗？

> 安全功能“防止意外启动”是指：安全相关系统通过控制启动顺序，以防止发生危险的意外动作。当能源中断(如压缩空气停止供给、压缩机故障、软管破裂等)后重新启动时，设备可能在未接收到新的启动指令前不会自动启动。在检测到供给压力损失时，大多数情况下通过关闭系统即可满足防护需求(参见P.37的示例)。

4

安全功能中能用双电控阀吗？

> ISO 13849-2标准中列出了经验证的安全原则表，包含安全相关产品及系统必须满足的“安全位置”要求。所谓“安全位置”是指元件的可移动部分(如阀的滑阀)通过机械方式保持在固定位置。仅靠摩擦是不够的。通常，弹性密封的双电控阀仅依靠摩擦保持在设定位置，因此不满足此原则。根据安全原则，类别1及以上必须采用机械方式保持。

双电控阀在末端位置带止动装置(机械锁)时允许使用。SMC的间隙密封阀及某些弹性密封阀由于具备此类锁定机构，因此，可用于安全相关控制系统。但必须符合ISO 13849-2中经验证的基本安全原则，特别是失能原则——通过能量释放得到安全状态，即断电前的最后开关位置必须为安全状态。此外，需根据具体应用场景判断断电或机器启动时是否可能导致意外或危险动作。



5

某个电磁阀的供给电源和先导空气都能被分别切断，那么这样的阀能被认定为具备双通道解决方案特性吗？

> 不是的。在双通道解决方案的情况下，不会因单一故障导致安全功能丧失。对于控制气缸移动的阀，若主阀阀芯发生单一故障(例如异物卡入导致阀芯堵塞)，则可能引发安全功能丧失。

7

用于控制系统(SRP/CS)安全相关元件的产品是否需要经过制造商以外的独立机构进行测试或认证？

> 不需要。根据ISO 13849-2，只要由控制系统安全相关元件(SRP/CS)设计人员完成验证确认，则无需进行第三方测试。

6

能否实现对总线阀岛供给的安全电气隔离？

有多种解决方案可供选择。

- > 控制电源和驱动电源可在内部实现安全的电气隔离，从而达到所需性能等级。  
例如：EX245、EX250、EX260、EX600
- > 采用PROFIsafe现场总线系统(如EX260-FPS1)，可切断阀的供给电源。该系统符合以下安全等级：EN ISO 13849-1 类别3 PL e和IEC 62061/61508 SIL CL3。
- > 采用PROFIsafe现场总线系统(如：EX245-FPS#)。支持对应安全通信协议(基于PROFINET)的总线阀岛。该产品已获得第三方安全认证。
  - ISO 13849 PLe
  - IEC61508/IEC62061/SIL3此外，使用内置的安全输出，可将阀输出电源最多分隔至3个区。



8

安全相关PLC非常昂贵。能否可以只靠纯气动执行安全功能？

> 必须指出的是，原则上带电气驱动的安全功能也能仅靠气动启动执行。安全PLC采购的成本效益取决于您所期望的安全功能复杂性和相关操作性功能。

为了实现类别2及以上类别中的诊断覆盖率，我们需要特别留意ISO 13849要求的传感器技术。如果仅通过气动来实现安全功能，可能导致成本大幅上升。

9

SMC元件安全相关数据在哪里能找到？

> SMC非常乐意为您提供B<sub>10</sub>和MTTF等的全部安全相关数据。（详情请咨询当地营业所）

10

气动  
LOTO(上锁挂牌)是什么样的？

> LOTO(上锁挂牌)是一种将技术系统中开关、活塞、球阀等控制元件锁定到某特定位置的技术装置，例如在维修过程中预防未授权使用或防止意外启动。如果在减压状态下进行配置或维修，就有可能在气源位置锁上SMC带锁孔的残压释放3通阀(VHS-D系列)

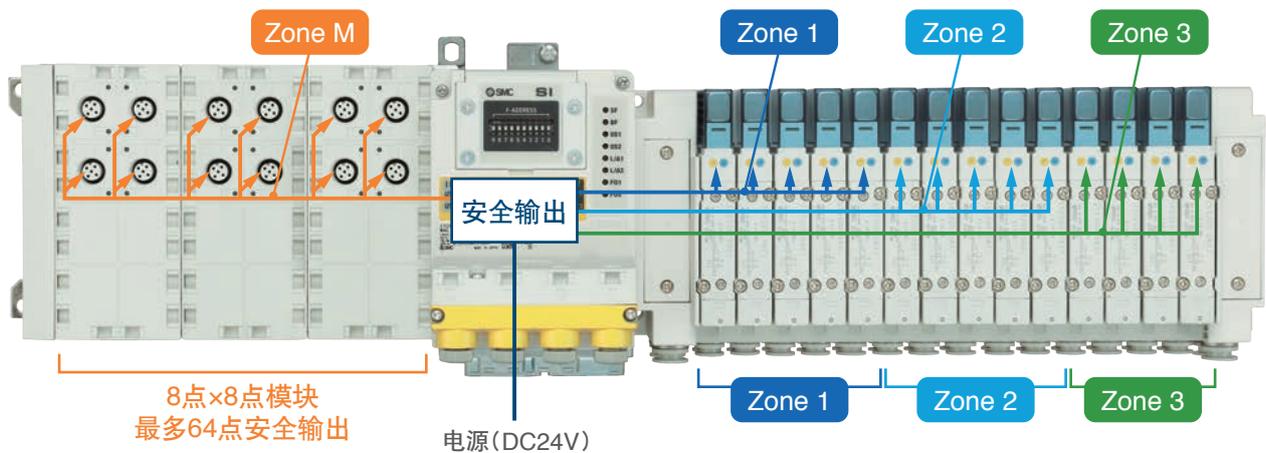


# 基于PROFIsafe现场总线系统的安全通信

支持PROFIsafe安全通信协议(基于PROFINET协议)的总线阀岛。  
旨在简化客户装置/设备的安全设计(符合ISO/IEC), 并已获得第三方安全认证。

EX245-FPS#

- 最高至ISO 13849-1 PLe的类别4
- 最高至IEC 61508的SIL3及IEC 62061的SIL CL3



## 安全输出

- 内置原需外置的安全输出模块功能, 无需单独配线
- 通过分区控制, 单个总线阀岛可实现4路安全切断:
  - 阀: 3个分区(8点/区)
  - 输出模块: 1个分区

## 安全输入

- 可通过参数设置选择匹配设备/装置的输入规格:
  - 单一输入时: 8点(SIL2/PLd, 类别3)
  - 二重输入时: 4点(SIL3/PLe, 类别4)



## 接头

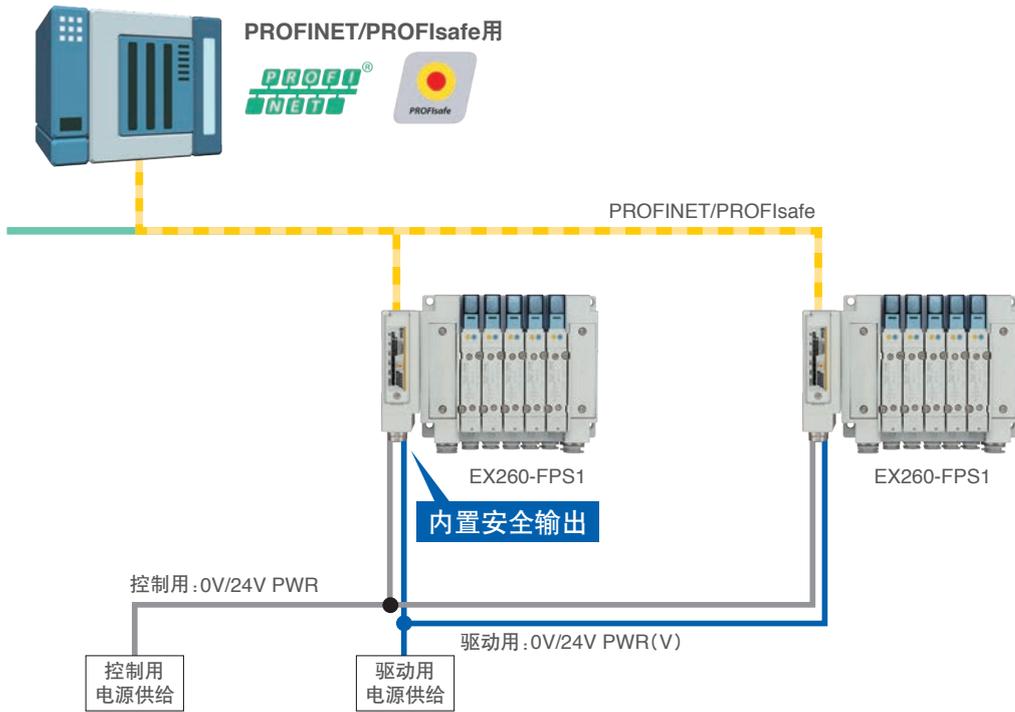
- 支持电源电缆与通信电缆的跨接配线
- 符合AIDA标准的接头及圆形接头

## 核心优势

- 集成安全输入/安全输出功能的一体化、小型化的对应PROFIsafe的SI单元
- 内置各分区安全输出电源, 无需单独配线

## EX260-FPS1

- 最高至ISO 13849-1 PLe的类别 3
- 最高至IEC 61508的SIL3、IEC 62061的SIL CL3



## 安全输出

- 内置安全开关：通过PLC指令控制内部安全开关OFF，切断总线阀岛供电电压。
- 双开关安全设计：在24V与0V侧各配置1个开关，持续执行诊断检测，检测出异常时立即切换至安全状态。

# 气动传感器的使用

## 气动系统中的传感器

通过将传感器与气压或阀芯位置一同使用，可以判断系统的状态。可满足类别2及以上要求的诊断功能。

监控用控制器（安全PLC）能够判断数字或模拟传感器信号是否在预定时间内按预期变化。

例如，各气缸的最终位置开关必须在阀动作后的规定时间内发送变化信号。



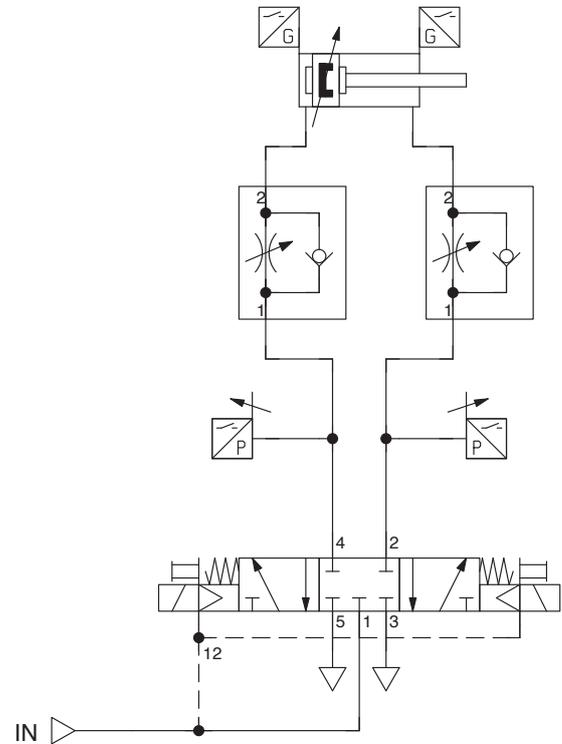
# 示例

## 传感器:

- 位置开关
- 压力开关

## ISO 13849-2清单中的可检测错误

- 切换次数变化
- 不切换或切换不完整
- 自动复位到初始位置  
(无输入信号)

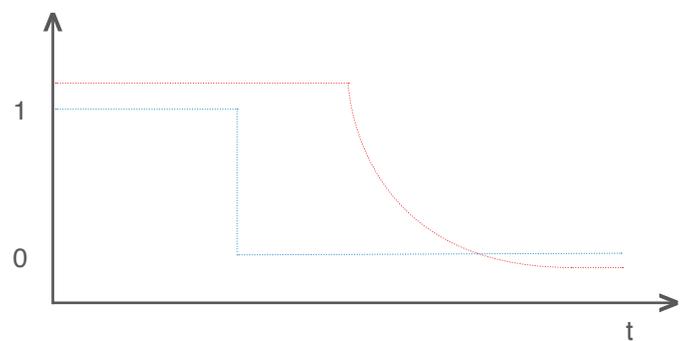


详细信息参见各产品的使用说明书。除以上所列信息以外，还必须遵守第46页中的法律声明。

# 图表1

## 通过压力开关检测阀输出:

- 蓝线: 阀切换输出情况
- 红线: 压力开关的压力情况
- $\Delta t$ : 若阀切换后压力未在规定时间内下降, 则需由控制系统进行故障检测。



# 机械安全元件

## 定义与特点



按照机械指令2006/42/EC，第2条C项，安全相关元件是：

- 用于实现安全功能的元件
- 单独投放市场的元件
- 其故障与 / 或失灵会危及人员安全的元件
- 不是机械执行功能所必需的元件或机械执行功能时可以被替换的标准元件。



### 注释

安全元件需由元件制造商从安全角度进行评估，并依据机械指令要求取得CE标志认证。因此，机械工程师无需按照ISO 13849-2执行额外的验证确认流程。

关于安全相关控制，标准元件和安全元件均可按照安全系统设计者的要求进行安装，但安全相关控制必须在系统分析过程中进行评估。

# 符号

## 安全功能与紧急停止

### 气动安全功能



安全停止



安全减压



安全排气



双手操作



安全缩回



防止意外启动



安全伸出



紧急停止  
(扩展安全功能)



### 紧急停止功能说明

每台设备都必须具备紧急停止安全功能，通过该功能，可在危险状态时将设备切换至安全状态。

# 应用案例

## 使用SMC产品实现安全功能

P.29

### 案例1

安全排气(性能等级PL e, 类别4)  
及防止意外启动(性能等级PL e,  
类别4)

P.31

### 案例2

安全停止(性能等级PL d, 类别3)及  
防止意外启动  
(性能等级PL d, 类别3)

P.33

### 案例3

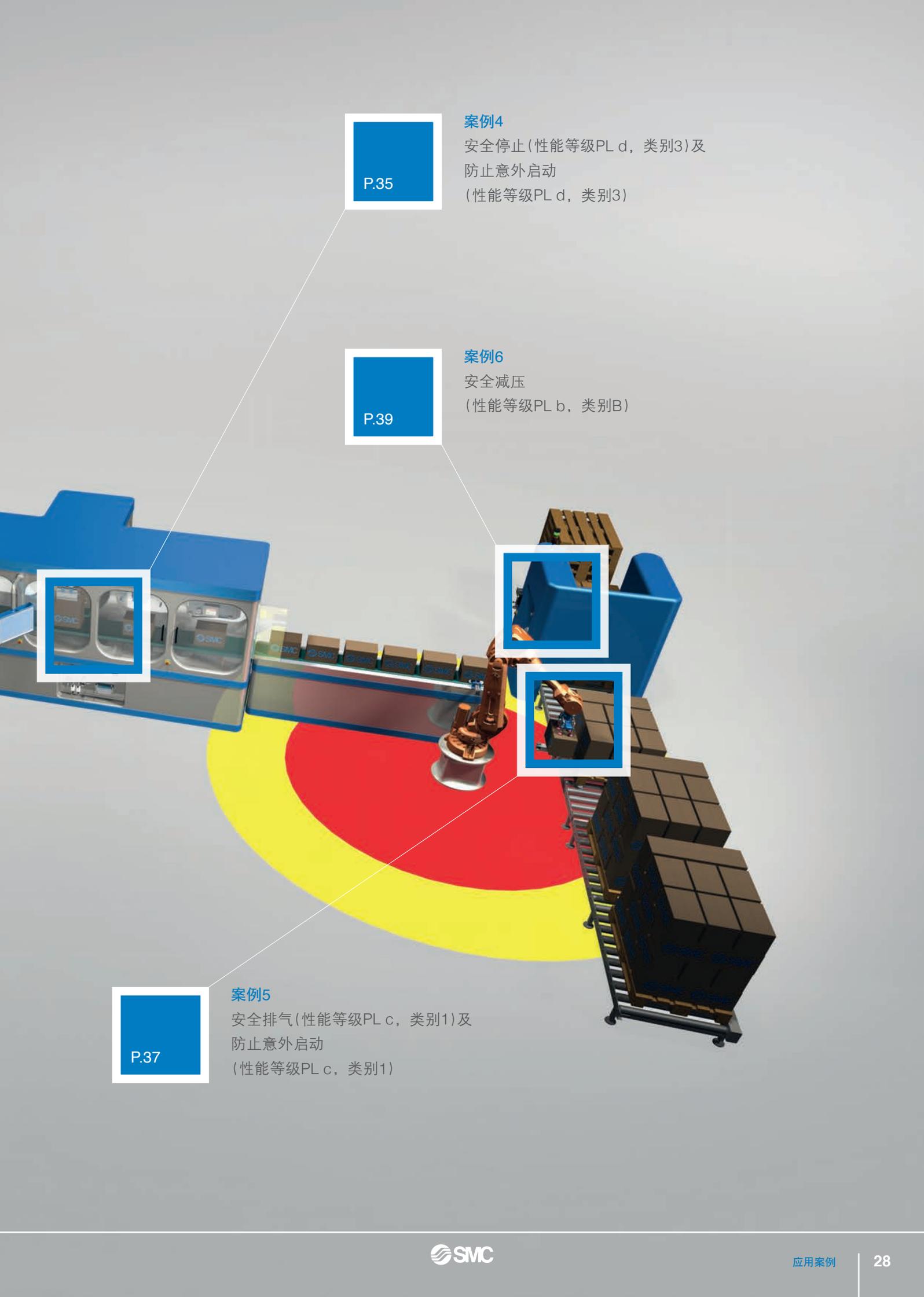
双手操作(性能等级PL c, 类别1)  
及防止意外启动  
(性能等级PL c, 类别1)

示例系统中共有6个应用案例，不仅描述了应用的初始状态，也提供了实施说明。若您的设备上有类似应用，建议您与我们的安全专家详谈。

请注意，文中所列参考文献并未包含所有的标准，仅供参考。所列性能等级也仅适用于所示结构。寿命参数、诊断覆盖率及辅助子系统(输入和逻辑装置)须由具有相关资格的机械安全工程师进行评估。



安全功能的搭配设计，  
请参考后文的常见应用案例。



P.35

#### 案例4

安全停止 (性能等级PL d, 类别3) 及  
防止意外启动  
(性能等级PL d, 类别3)

P.39

#### 案例6

安全减压  
(性能等级PL b, 类别B)

P.37

#### 案例5

安全排气 (性能等级PL c, 类别1) 及  
防止意外启动  
(性能等级PL c, 类别1)



## 安全功能 实例 案例1

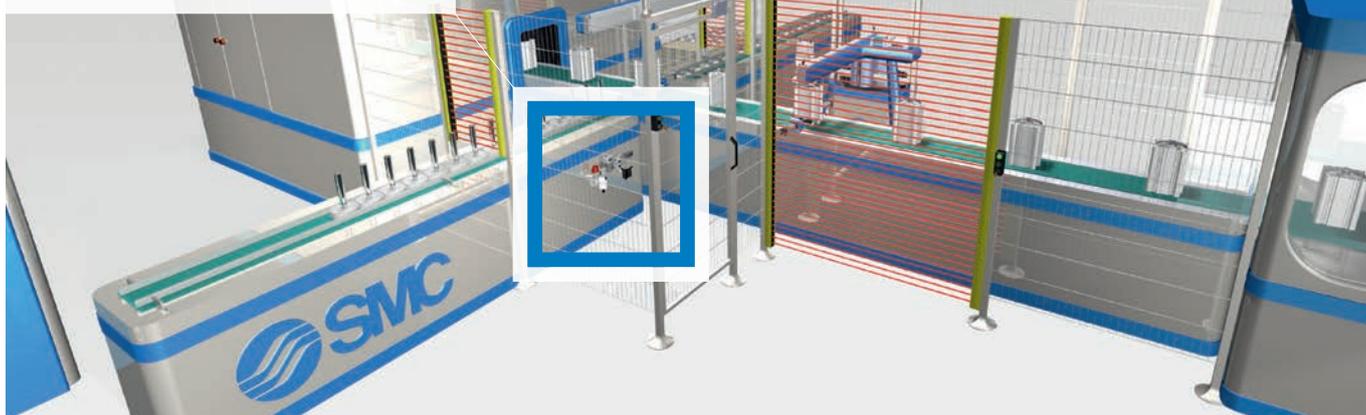
# 安全排气(性能等级PL e, 类别4)及 防止意外启动(性能等级PL e, 类别4)

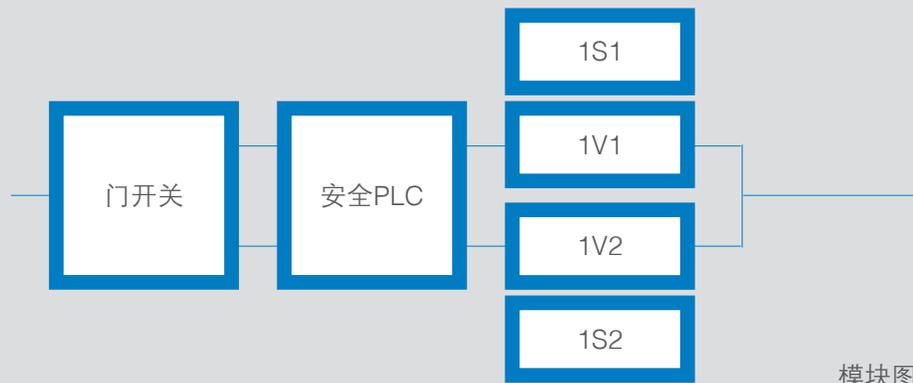
### 初始状态

打开保护门必须使气动系统排气。这样，在维修过程中，危险区域内就不会发生设备意外启动。

### 实施说明

- **阀排气能力的设计必须确保**：人员进入危险区域时，能立即阻止区域内产生任何危险动作。
- **残压排气阀的下游方向**：安装在残压排气阀排气通口的元件(如消声器等)均不得阻碍或延迟安全排气过程。
- **系统性能的定期检查**：必须执行以确保排气正常。(如消声器等)
- **安全元件说明**：该元件已在CE符合性认证过程中由元件制造商完成验证，因此无需再按ISO 13849-2进行验证。

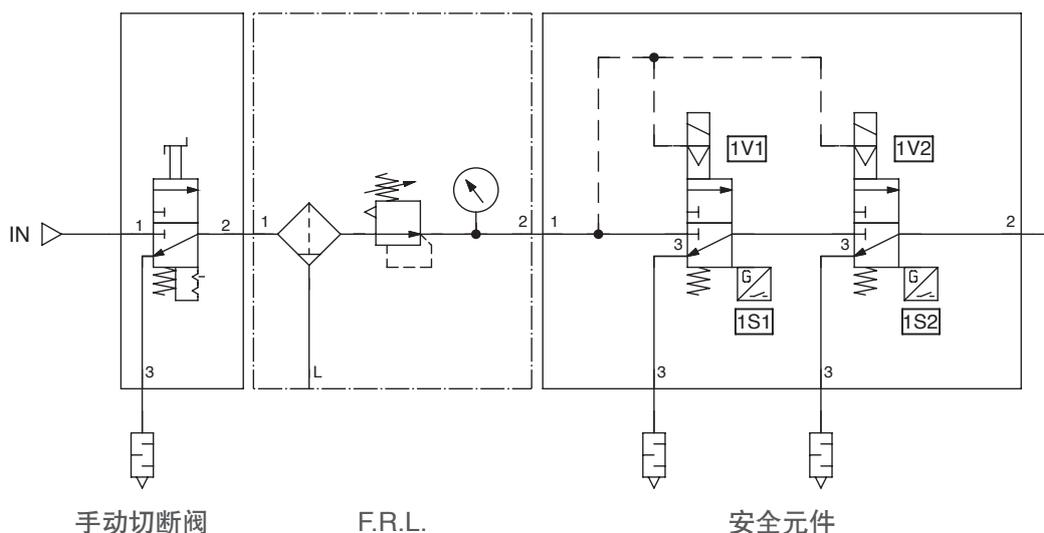




### 回路说明

在本案例中，理想的“安全排气”的安全功能，和“防止意外启动”，均通过安全元件(1V1和1V2)实现。所要求的诊断覆盖率也(通过1S1和1S2)得以满足。但必须确保所

有下游阀即使在断电或响应失效情况下也能够排气。例如，不得使用3位中封阀。



关于产品的详细信息，请参见各产品的使用说明书。除所列信息外，还须遵守P.46的法律声明。

### SMC产品 (详见P.43~46.)

 <p>符合OSHA标准带锁孔的 残压释放3通阀 系列: VHS-D</p>	 <p>带主阀位置检测功能残压排气阀 系列: VP-X538/VP-X585</p>	 <p>带主阀位置检测功能残压排气阀 系列: VG342-X87</p>	 <p>带主阀位置检测功能· 软启动功能 残压排气阀 系列: VP-X555</p>	 <p>安全排气阀 模块连接型 系列: VPX400</p>
---	---	---	--	---



## 安全功能 实例 案例2

# 安全停止(性能等级PL d, 类别3)及 防止意外启动(性能等级PL d, 类别3)

### 初始状态

在从传送带移除元件时，一旦光幕的光束被遮挡，下游驱动装置必须安全停止。在危险区作业期间，必须避免设备发生意外启动。

### 实施说明

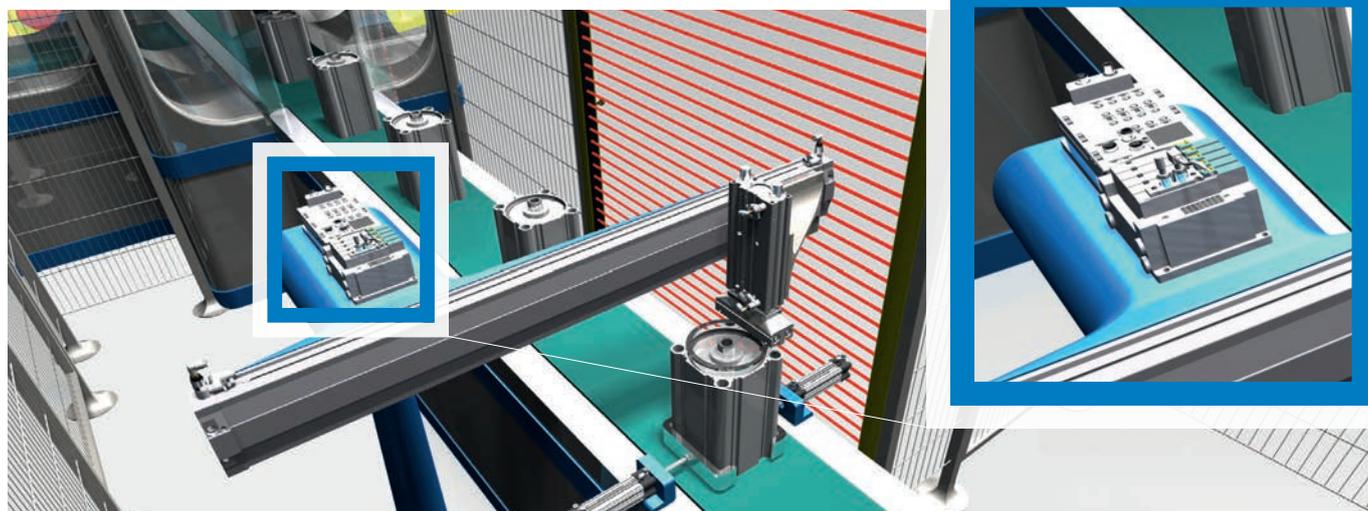
■ 务必安装防篡改的**传感器**，且传感器必须配备调整专用工具或访问密码。**光栅与危险区之间**必须保持足够距离，以确保作业人员进入危险区前，安全系统能够及时停止危险执行元件的动作。

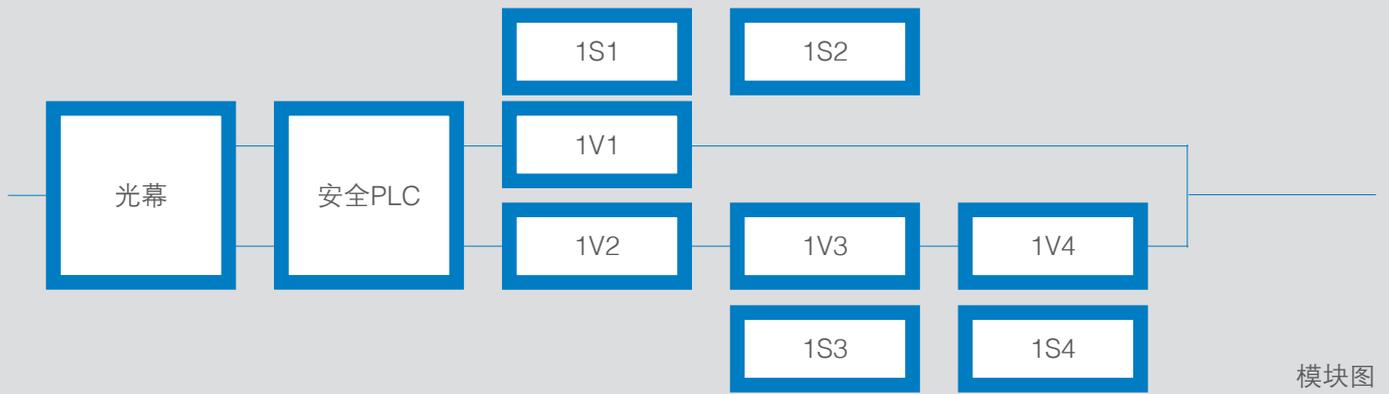
■ 不可通过标准的串行通信**切断安全相关阀**，应使用PROFIsafe等安全协议或其他安全技术。详情请参阅安全技术问答第6项。

■ 特别是承受高负载的**执行元件垂直安装**的场合，必须将先导式单向阀直接安装在气缸上。

■ 通过直接监控带状态检测功能的双先导式单向阀，可以免去通常需要进行的、既耗费工序时间又增加成本的定期循环实验。

■ 关于气动安全功能的“安全停止”，应着重考虑空气压缩导致的气缸超速运行问题。



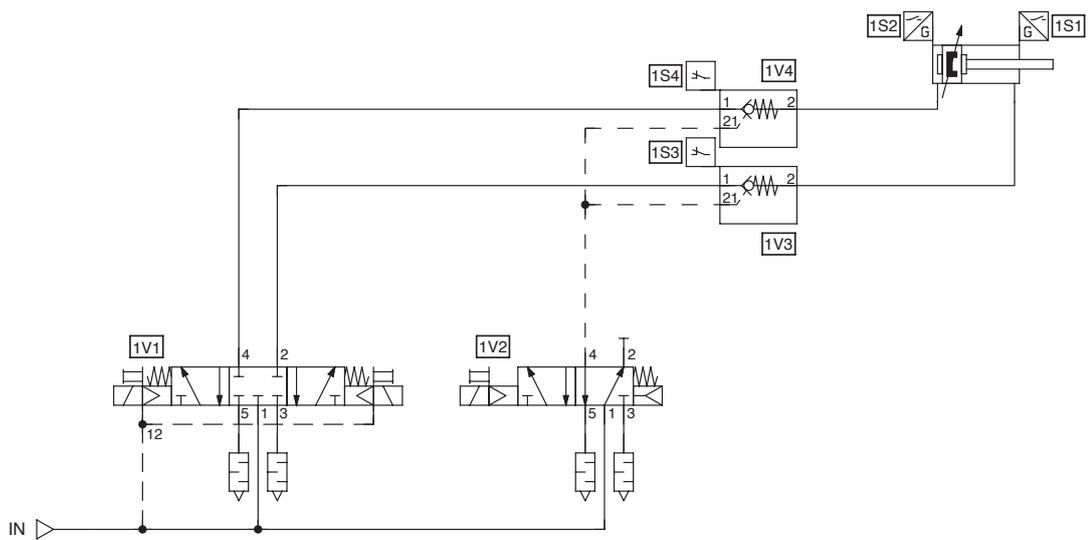


### 回路说明

安全功能的第1通道由三位阀(1V1)构成。如模块图所示, 3位阀(1V1)需连同传感器1S1和1S2, 共同实现所需的诊断覆盖率。

用于监控元件(1V3与1V4)的第2回路功能。针对“防止意外启动”(类别3)是通过3位中封阀和带状态检测功能的先导式单向阀实现的。

第2通道由2位阀(1V2)和带状态检测功能的先导式单向阀(1V3与1V4)构成。在本案例中, 传感器(1S3与1S4)



注:3位阀(1V1)与2位阀(1V2)的阀芯在失压时通过机械弹簧复位至初始位置。

关于产品的详细信息, 请参见各产品的使用说明书。除所列信息外, 还须遵守P.46的法律声明。

### SMC产品 (详见P.43~46。)



电磁阀

系列: SY3000/5000/7000



电磁阀

系列: SY-X350



带状态检测功能  
先导式单向阀

系列: XT34-303



磁性开关

系列: D-M9



## 安全功能 实例 案例3

# 双手操作(性能等级PL c, 类别1)及 防止意外启动(性能等级PL c, 类别1)

### 初始状态

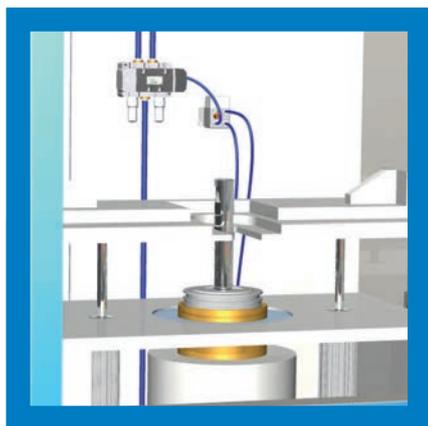
气缸活塞与活塞杆的组装通过双手操作纯气动压力机实现。当松开按钮时，压力缸将移动至上侧最终位置。

### 注

由于各国可能对工业压力机设有专门法规要求，因此请务必确保合规。

### 实施说明

- 操作压力工具时必须评估**挤压风险**。执行安全功能，一般不能引发新的危险。故障的应对方法，也应计入风险分析。
- **双手操作阀启动按钮的间距**必须符合ISO 13851标准要求。
- **安全元件**(1Z1)已在CE符合性认证阶段由元件制造商完成验证，因此无需再按ISO 13849-2进行验证。



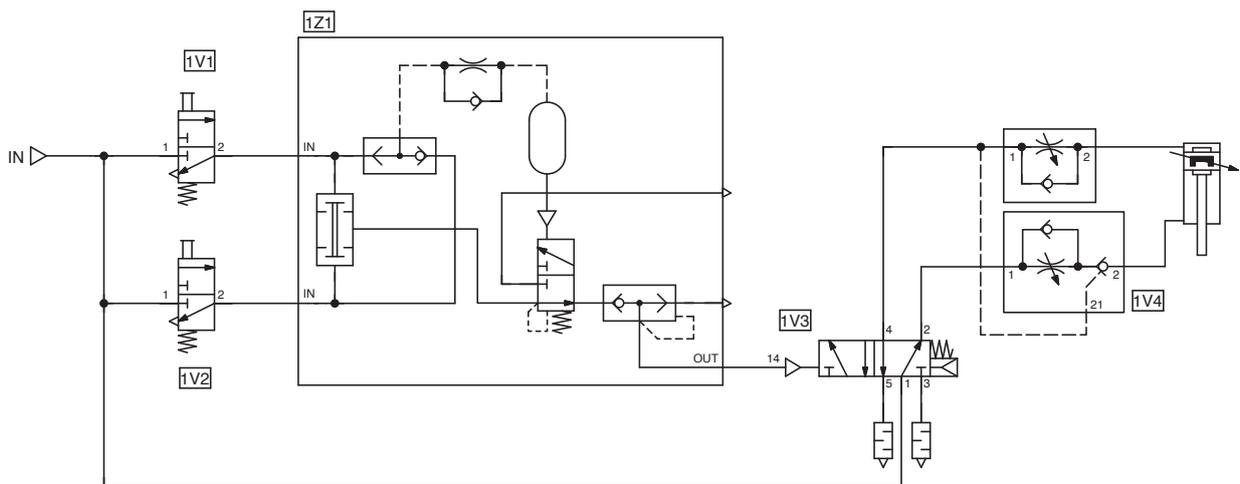


模块图

### 回路说明

在要求时间内同时按压两个按钮(1V1、1V2)时,将产生双手操作控制阀(1Z1)的气动输出信号。通过气动控制的

2位阀(1V3)实现自动换向,当先导信号停止且失压时,2位阀将通过机械弹簧复位至初始位置。



关于产品的详细信息,请参见各产品的使用说明书。除所列信息外,还须遵守P.46的法律声明。

### SMC产品 (详见P.43~46.)



手动阀  
系列: VM



双手操作控制阀  
系列: VR51



5通气控阀  
系列: VFA3000/5000



## 安全功能 实例 案例4

# 安全停止(性能等级PL d, 类别3)及 防止意外启动(性能等级PL d, 类别3)

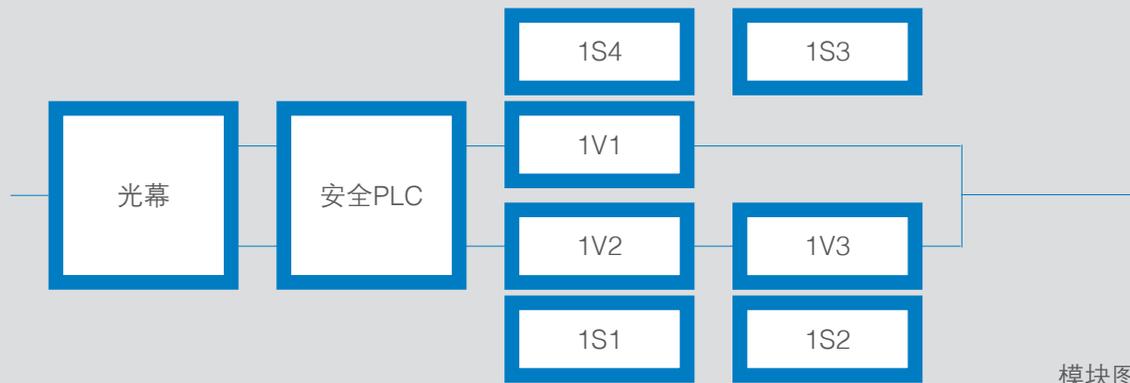
### 初始状态

所有气动驱动部位停止后，才能打开包装机的保护罩。

### 实施说明

- 使用双通道锁保持**保护罩**关闭，直至设备停止。
- **执行元件**垂直安装时，必须采取相应措施，防止软管破裂。  
例：采用金属管



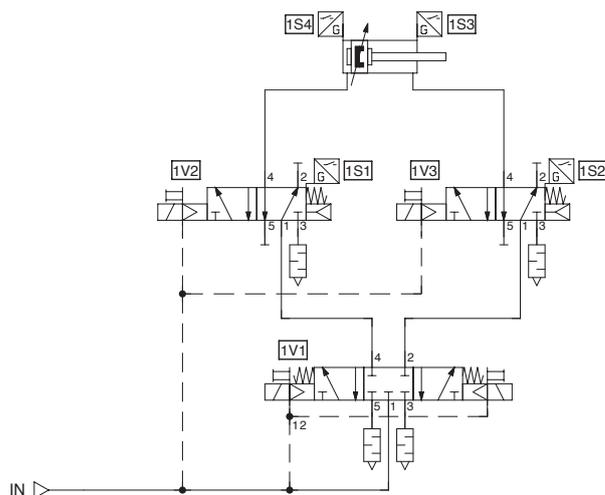


## 回路说明

如模块图所示，第1通道由3位阀(1V1)组成，连同两个传感器(1S4及1S3)一起，共同实现所需诊断覆盖率。

第2通道由直接连接气缸的两个阀(1V2和1V3)构成。与案例2不同，通过采用可监控阀，可省去电磁阀的定期功

能检测。本案例中，通过集成于阀的阀芯检测功能(1S1与1S2)对第2回路的功能进行监控。通过3位中封阀和两个带主阀位置检测功能的电磁阀，实现了符合类别3要求的“安全停止”及“防止意外启动”。



注：3位阀(1V1)与2位阀(1V2, 1V3)的阀芯在失压时通过机械弹簧复位至初始位置。  
关于产品的详细信息，请参见各产品的使用说明书。除所列信息外，还须遵守P.46的法律声明。

SMC产品 (详见P.43~46.)



带主阀位置检测功能电磁阀  
系列: SY-X30



电磁阀  
系列: SY



数字式压力传感器  
系列: PS1000



## 安全功能 实例 案例5

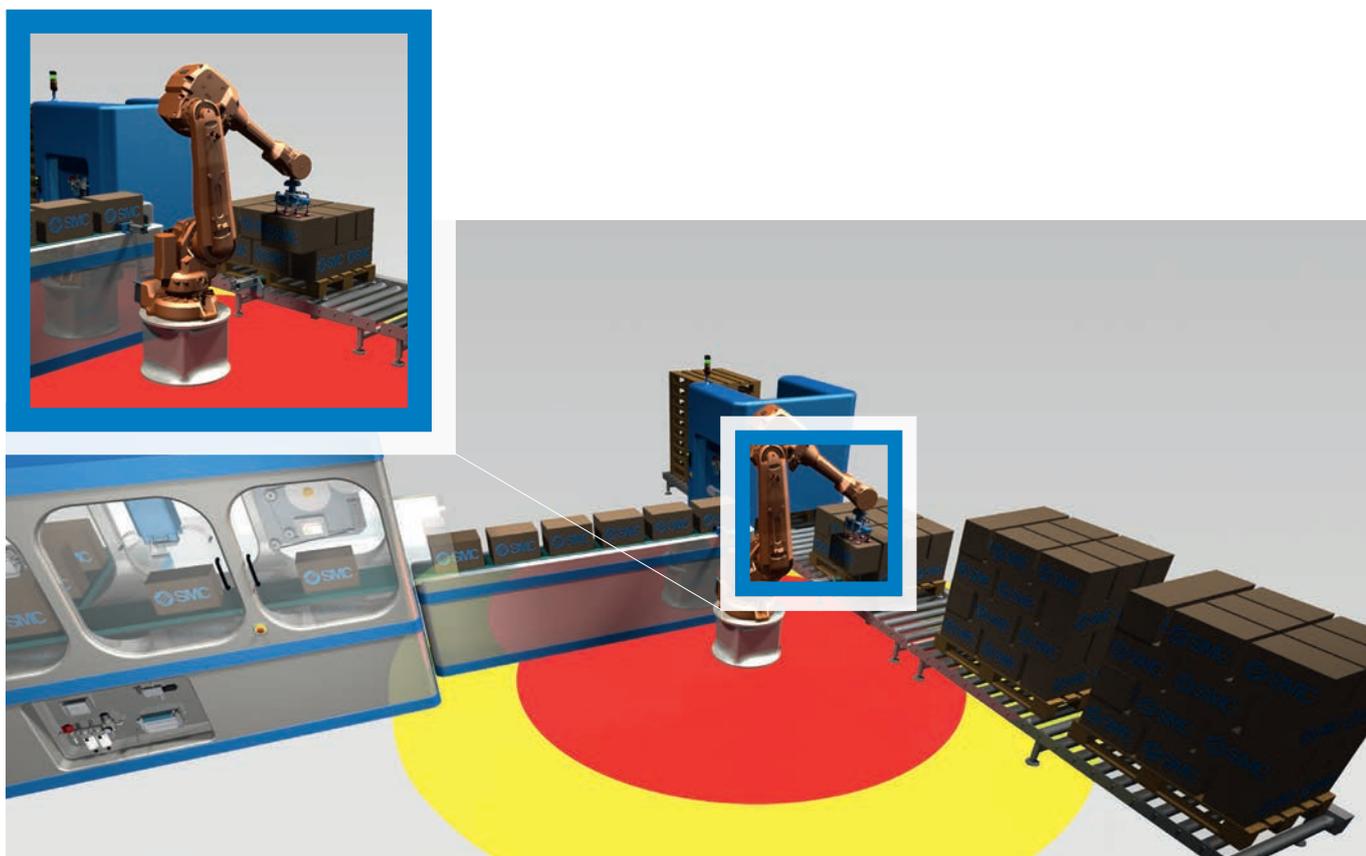
# 安全排气(性能等级PL c, 类别1)及 防止意外启动(性能等级PL c, 类别1)

### 初始状态

若操作员进入红色标记处的危险区，应停止机器人并对气动系统安全排气。危险区由激光扫描仪实施监控。本案例中，机器人并未计入安全评估。

### 实施说明

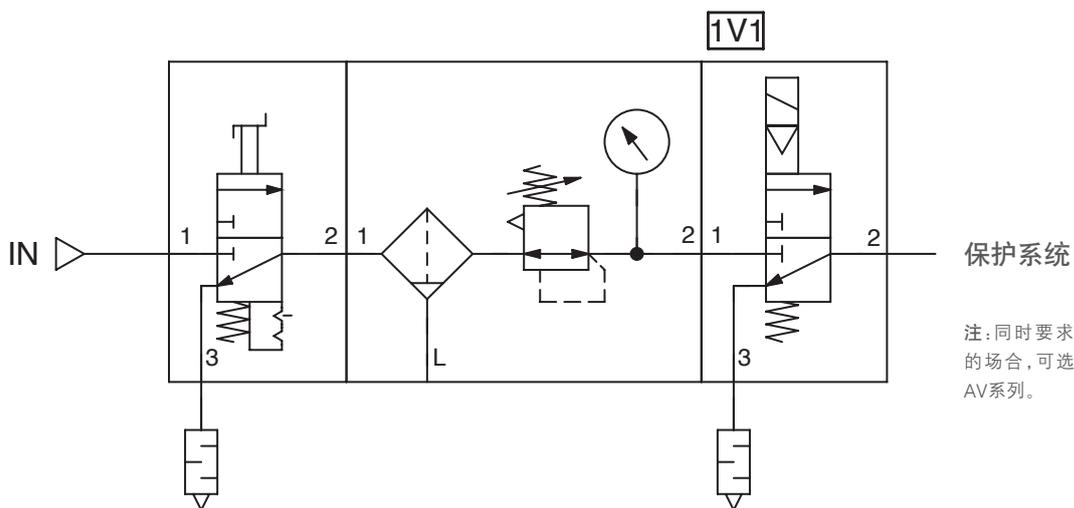
- **阀排气能力的设计必须确保**：人员进入危险区域时，能立即阻止区域内产生任何危险动作。
- **残压排气阀的下游方向**：安装在残压排气阀排气通口的元件(如消声器等)均不得阻碍或延迟安全排气过程。
- **系统性能的定期检查**：必须执行以确保排气正常。(如消声器等)



## 回路说明

阀(1V1)为单通道系统的排气。

类别1系统无需诊断覆盖率。



保护系统

注:同时要求软启动功能的场合,可选择软启动阀AV系列。

关于产品的详细信息,请参见各产品的使用说明书。除所列信息外,还须遵守P.46的法律声明。

## SMC产品 (详见P.43~46。)



符合OSHA标准带锁孔的  
残压释放3通阀  
系列:VHS-D



软启动阀  
系列:AV□□□□-A-X2004



先导式座阀  
系列:VP542Y



## 安全功能 实例 案例6

# 安全减压 (性能等级PL b, 类别B)

### 初始状态

若操作员进入黄色标记处的危险区，应降低机器人的运转速度及气动系统的压力。危险区由激光扫描仪监控。本案例中，还需对机器人的安全要求进行评估。

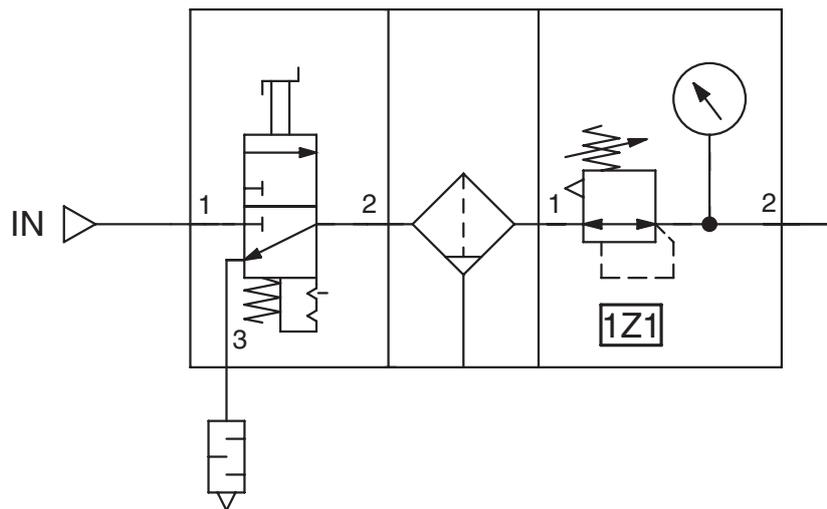
### 实施说明

- 维修装置内的**压力**应在应用允许范围内降至安全水平，以避免执行元件的挤压风险。
- 由于气缸轴受的横向负载能力通常是关键考量因素，但这也导致**气缸尺寸较大**。随着推力的增加，安全风险也会相应升高。



### 回路说明

在本案例中，通过安装的减压阀(1Z1)实现减压。减压阀还配备防篡改的附件。



关于产品的详细信息，请参见各产品的使用说明书。除所列信息外，还须遵守P.46的法律声明。

### SMC产品 (详见P.43~46。)



**减压阀**  
系列: AR-D



**手轮罩**  
型号: AR#0P-580AS



**精密调压阀**  
系列: IR



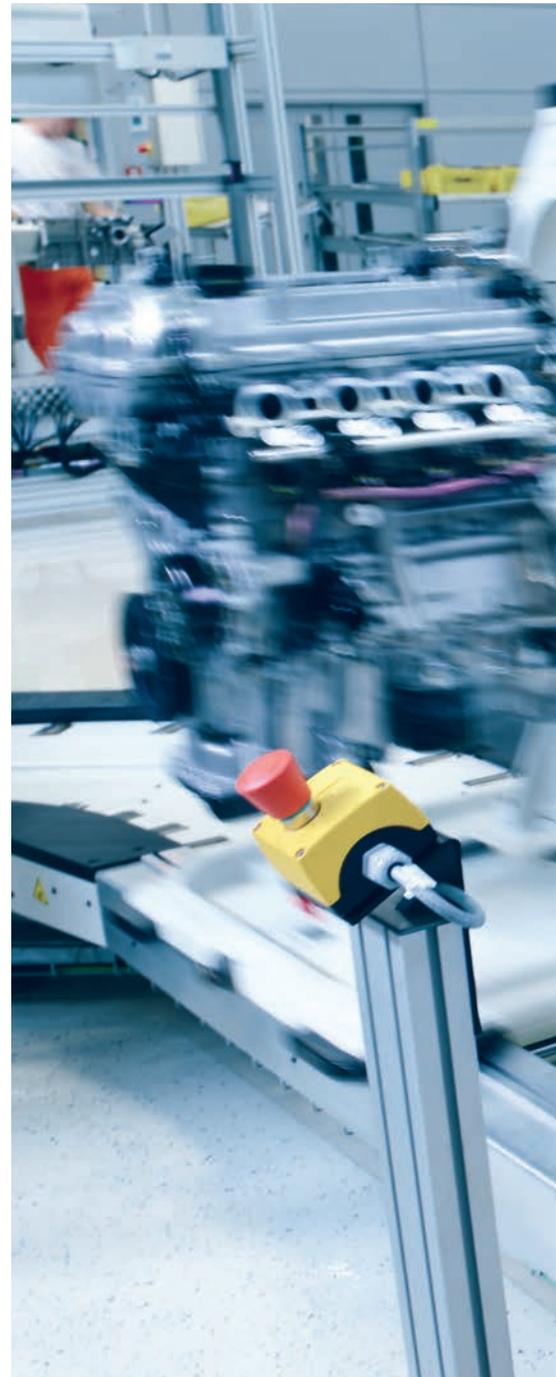
**符合OSHA标准带锁孔的  
残压释放3通阀**  
系列: VHS-D

标准		案例1 (P.29)	案例2 (P.31)
ISO 12100	机械安全 – 设计通则 – 风险评估和风险降低标准	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
ISO 13849-1	机械安全 – 控制系统安全相关部件 – 第1部分:设计通则	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
ISO 13849-2	机械安全 – 控制系统安全相关部件 – 第2部分:确认	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
ISO 13857	机械安全 – 防止上下肢触及危险区的安全距离		<input checked="" type="checkbox"/>
EN ISO 14118	机械安全 – 防止意外启动	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
ISO 4414	气压传动 – 系统及其部件的一般规则和安全要求	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
ISO 13851	机械安全 – 双手操纵装置 – 功能状况及设计原则		
ISO 13850	机械安全 – 急停功能 – 设计原则	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
ISO 1219-1	液压传动系统和部件 – 图形符号和电路图 – 第1部分:图形符号	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

该标准清单并不包括所有标准。

设备制造商在进行设备风险评估时，决定适用的标准。

案例3 (P.33)	案例4 (P.35)	案例5 (P.37)	案例6 (P.39)
✓	✓	✓	✓
✓	✓	✓	✓
✓	✓	✓	✓
✓		✓	✓
✓	✓	✓	✓
✓	✓	✓	✓
✓			
✓	✓	✓	✓
✓	✓	✓	✓



# SMC产品

这些SMC产品作为安全元件，用于机械设备的安全相关部位。单独使用时无法实现安全功能。

## 安全元件

<p><b>残压排气阀</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 基于2006/42/EC的安全阀</li> <li>&gt; 用于类别2最大值</li> </ul>		<p>型号： VP-X536</p>
<p><b>残压排气阀</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 基于2006/42/EC的安全阀</li> <li>&gt; 用于类别4最大值</li> <li>&gt; 可与F.R.L.组合式连接</li> </ul>		<p>型号： VP-X538</p>
<p><b>带软启动功能残压排气阀</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 基于2006/42/EC的安全阀</li> <li>&gt; 用于类别4最大值</li> <li>&gt; 可与F.R.L.组合式连接</li> <li>&gt; 逐步增压</li> </ul>		<p>型号： VP-X555</p>
<p><b>残压排气阀</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 基于2006/42/EC的安全阀</li> <li>&gt; 用于类别4最大值</li> </ul>		<p>型号： VG342-X87</p>
<p><b>安全排气阀</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 基于2006/42/EC的安全阀</li> <li>&gt; 用于类别4最大值</li> <li>&gt; 残压排气阀、软启动阀、压力开关集于一体。省空间&amp;轻量化。</li> <li>&gt; 排气能力提高</li> <li>&gt; 可与F.R.L.组合式连接</li> </ul>		<p>型号： VPX400</p>
<p><b>双手操作控制阀</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 基于2006/42/EC的安全阀</li> <li>&gt; 根据ISO 13851标准，认定为类别1 IIIA型</li> </ul>		<p>型号： VR51</p>
<p><b>带制动·锁紧单元气缸</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 基于2006/42/EC的带制动·锁紧单元气缸</li> <li>&gt; 制动·锁紧单元与气缸分开的构造，便于提高操作性</li> </ul>		<p>型号： MWB-X3075 C(P)96N-X3075</p>
<p><b>制动·锁紧单元</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 基于2006/42/EC的制动·锁紧单元</li> <li>&gt; 可设计为安全结构</li> <li>&gt; 可与多种执行元件组合</li> </ul>		<p>型号： MWB-UT-X3075</p>
<p><b>带STO &amp; SS1-t 步进电机控制器</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 最高可至EN ISO 13849-1标准的类别3 / PLe、IEC62061标准的SIL CL3、IEC 61508标准的SIL3</li> <li>&gt; 对应EN 61800-5-2标准的STO &amp; SS1-t安全功能</li> </ul>		<p>型号： JXC□F</p>
<p><b>带STO AC伺服电机驱动器</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 最高可至EN ISO 13849-1标准的类别3 / PLe、IEC62061标准的SIL CL3、IEC 61508标准的SIL3</li> <li>&gt; 对应EN 61800-5-2标准的STO安全功能</li> </ul>		<p>型号： LECSB-T LECSS-T</p>

<p><b>EX245 PROFIsafe</b></p> <p>&gt; 最高可至ISO 13849-1标准的类别4/PLe、IEC 61508标准的SIL3、IEC 62061标准的SIL CL3</p>		<p>型号： <b>EX245-FPS#</b></p>
<p><b>EX260 PROFIsafe</b></p> <p>&gt; 最高可至ISO 13849-1标准的类别3/PLe、IEC 61508标准的SIL3、IEC 62061标准的SIL CL3</p>		<p>型号： <b>EX260-FPS1</b></p>

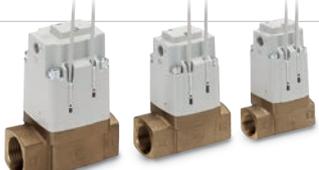
可为安全控制系统的安全相关部位提供已验证的产品。  
但部分选项可能无法进行适合性验证。

详情请参加本公司官网。

SMC的“经过验证的元件”是指依据ISO 13849-2:2012附录A、B、D完成验证的产品。

ISO 13849 经过验证的元件

<p><b>紧凑型5通电磁阀</b></p> <p>JSY 系列</p>	
<p><b>5通电磁阀</b></p> <p>SY3000/5000/7000 系列</p>	
<p><b>5通电磁阀</b></p> <p>SY3000/5000/7000/9000 系列</p>	
<p><b>3通电磁阀</b></p> <p>VT(O)307 系列</p>	
<p><b>3通电磁阀</b></p> <p>VP 系列</p>	
<p><b>2·3通机控阀</b></p> <p>VM100-A 系列</p>	
<p><b>2·3通机控阀</b></p> <p>VM200-A 系列</p>	
<p><b>微型机控阀</b></p> <p>VM1000 系列</p>	
<p><b>5通机控阀</b></p> <p>VZM500 系列</p>	
<p><b>带快换管接头中继阀</b></p> <p>VR1210(F)·1220(F) 系列</p>	

<p><b>带快换管接头双压阀</b> VR1211F 系列</p>	
<p><b>符合OSHA标准 带锁孔的残压释放3通阀 (单作用)</b> VHS□-D 系列</p>	
<p><b>带快换管接头的残压释放阀</b> KE□ 系列</p>	
<p><b>带状态检测功能 先导式单向阀</b> XT34-303 系列</p>	
<p><b>内置快换管接头/ 套筒型单向阀</b> AKH/AKB 系列</p>	
<p><b>内置快换管接头 快速排气阀</b> AQ240F · 340F 系列</p>	
<p><b>带先导式单向阀 速度控制阀</b> ASP 系列</p>	
<p><b>先导式单向阀</b> XTO-2571/-1239/-1719</p>	
<p><b>流体控制用2通阀 流体控制阀</b> VNB(20, 30, 40)-X700</p>	
<p><b>气控式 嵌入式 / 接头一体型 化学液用阀</b> LVC 系列</p>	
<p><b>气控式 螺纹拧入型</b> LVA 系列</p>	
<p><b>减压阀</b> AR20~60-D 系列</p>	

<p><b>软启动阀</b></p> <p>AV2000-A/3000-A/4000-A/5000-A</p>	
<p><b>调压阀</b></p> <p>IR1200-A/2200-A/3200-A 系列</p>	
<p><b>精密调压阀</b></p> <p>IR1000-A/2000-A/3000-A 系列</p>	
<p><b>真空调压阀</b></p> <p>IRV10(A)/20(A)</p>	



## 法律声明

示例回路是介绍SMC产品与组件在安全功能用各类气动辅助系统中的应用案例。

本回路仅为所列安全功能提供的示例，并非针对特定用途必须遵守的方案或推荐用于某一应用。即使评估为类似安全功能，也无法保证实际应用中能通过本示例降低风险(参见EN ISO 12100第5.5项)。机械制造商或控制系统集成商应负责对单个应用进行独立测试，并根据需要对回路进行补充或修改。因此，机械制造商或控制系统集成商必须独立测试并确保系统设计制造符合所有相关法律、指南、标准及产品

信息要求，并在实施过程中严格遵守。机械制造商或控制系统集成商应对安装的构成元件回路的适用性承担全部责任。对于由机械制造商或控制系统集成商针对各自应用设计并已实施的解决方案，均不在SMC的责任范围。

回路仅显示气动辅助系统(作为控制元件的“执行元件”)。为确保安全功能的完整性，机械制造商或控制系统集成商必须额外配置安全相关辅助系统(通常包括“传感器”和“逻辑”控制元件)。

注：辅助系统达成的PL等级与整体MTTF<sub>D</sub>及构成元件的平均动作次数有直接关系。动作次数的增加会导致PL等级降低。

# SMC全球工程网络

以中国、日本、美国、欧洲的技术中心为主

- 构建全球技术网络  
技术部门全球备份系统
- 业务系统备份
- JTC(筑波技术中心)功能备份



## CTC(中国技术中心)中国

中国技术中心(北京)重视产品研发与技术服务,约200名工程技术人员能够快速对应中国市场各领域的需求及不同客户的要求。





### JTC(筑波技术中心) 日本

筑波技术中心已经扩建成一个新的双塔式建筑，在那里，为快速准确的满足市场需求，备有多种设备。电子控制技术的研究和面向半导体领域的产品开发等，经常以最尖端(技术/产品)作为目标的SMC研发部门。在支持产品开发的设施中，还配备了与客户共同研究的实验设备。



### ETC(欧洲技术中心) 英国

英国总部设在米尔顿凯恩斯，为欧洲市场提供支持。通过广泛的试验和开发程序，从概念到制造，为客户提供高质量的解决方案。另外，提供产品的风险控制的支持或培训，并提供符合欧洲标准·指令的产品。



### UTC(美国技术中心) 美国

通过基础的产品数据管理，在半导体制造装置、食品·包装机械、医疗器械、大型车辆和汽车制造以及机械制造商等各行各业提供支持。活动范围以提供本公司标准品为始，还涉及到非标品的设计，试验等。



### GTC(德国技术中心) 德国

作为欧洲产业中心地的德国，在把握技术趋势的同时，与客户的设计部门直接交流支持产品规格、用途等。根据客户各自的要求，开发定制产品和单元品，提供解决方案，支援项目管理等。

# 支持服务体系

SMC致力于通过提供最新技术和不断创新的解决方案来满足您的自动化需求。

1

专职客户经理

SMC集团级大客户经理作为您的单点联系窗口，将与贵司总部相关领导人、工程师及各工厂密切合作，创建、管理双方的合作目标，并确保目标得以实现。

2

世界各地  
现地对应

在全球80多个国家和地区，超过6,000名SMC销售工程师，将为您所有的工厂提供支持。

3

工程设计支持

为了全面支持贵司的技术人员，我们拥有1,700名专职的研发工程师，致力于研发新产品、提供解决方案。为满足您的设计标准和独特的应用，SMC有能力在现有技术和产品上实现快速定制。此外，SMC还提供大量软件，以供您在线选型和确定尺寸。



7

压缩空气  
节能评估

针对公司级的战略客户，我们开发了一套完善的节能评估体系。我们的目标是找到创新解决方案，以减少工厂压缩空气的使用与浪费。

8

设备分析评估

SMC通过对工厂的设备进行分析，以提高设备性能、识别浪费、减少废品率，提高产线效率。

9

库存评估

SMC通过对工厂的库存进行评估，以减少供应商基数、消除重复、实现元件标准化、识别关键备件，为客户提供成本节约方案。



## 4 工厂设备安全支持

为使贵司工厂安全等级达到Machinery Directives (机械指令)、ISO 13849-1或IEC 61508/62061安全标准的要求, SMC将与贵司工程技术人员和各工厂协作, 并为之提供设计支持。

## 5 对OEM设备支持

SMC将对贵司OEM设备供应商使用的SMC产品进行整合, 并给予价格支持, 协助提供创新的设计方案, 进行项目管理, 以确保新设备或产线按时交付及调试。

## 6 对新OEM设备关键备件支持

SMC将与贵司引进新OEM设备的当地工厂协作, 确保所有关键备件在生产前均已就绪。



## 10 高使用率备件分析

我们从700,000多个规格的产品中为您推荐最合适的产品。通过设备设计分析和产品标准化, 帮助您削减库存。实行元件标准化和重要部件可识别化相结合, 从最大程度上减少工厂库存品类。

## 11 《改善活动报告》

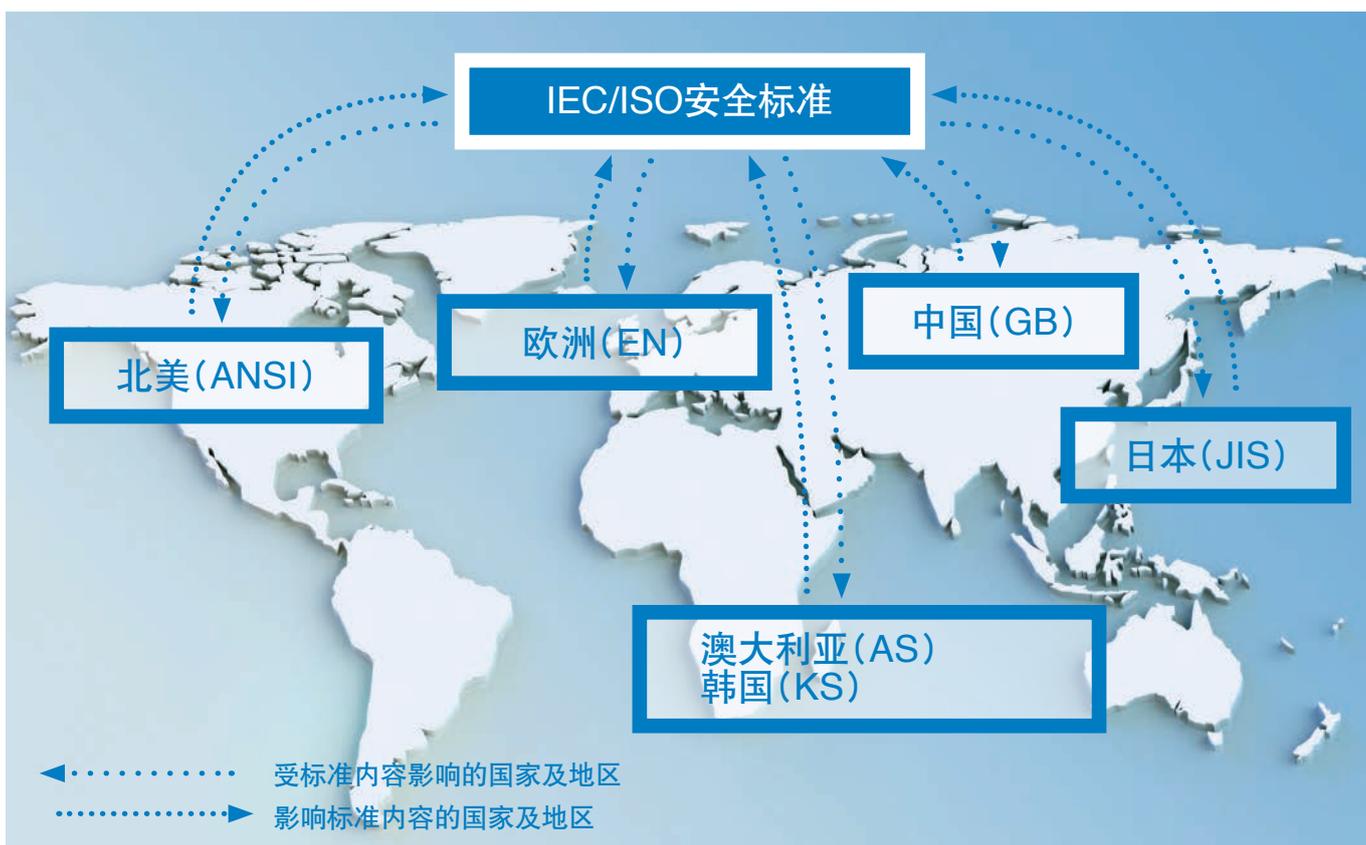
SMC通过《改善活动报告》(Improvement Activity Reports)记录贵司所有的改善成功案例。报告是单页形式的应用概述——重点介绍了运行改善、节能成果、成本节约详情以及工艺优化等方面。设计《改善活动报告》旨在与贵司的其他工厂共享, 以实现同样的改善。

## 12 线上·线下培训课程

SMC将为贵司提供定制化的线上和线下培训课程——涵盖气动元件、电动执行器、节能方法、设备设计优化和TPM管理等各类主题。

# 安全标准ISO 13849-1

国际标准的机械安全理念普及全球。



遵循国际标准(IEC/ISO标准)是全球趋势。

示例:在欧洲,遵循机械指令的安全要求是强制性的,可以通过ISO 13849来确保其符合性。不符合该指令的设备不能在欧盟地区销售。这一安全理念在欧洲以外地区也被广泛接受。

安全理念普及全球

WTO/TBT协议的成员国必须确认符合国际标准。各国标准将进一步与国际标准实现统一整合。

## 符号和缩略语

符号 / 缩略语	说明
a, b, c, d, e	> 性能等级的指标
B, 1, 2, 3, 4	> 类别的指标
$B_{10}$	> 直到有10%元件(气动及机电元件)失效时的循环次数
$B_{10D}$	> 直到有10%元件(气动及机电元件)危险失效时的循环次数
Cat.	> 类别
CCF	> 共因失效
DC	> 诊断覆盖率
$DC_{avg}$	> 平均诊断覆盖率
CE	> CE认证
F, F1, F2	> 暴露于危险的频率和 / 或时间
I/O	> 输入 / 输出
ISO	> 国际标准化组织
FMEA	> 失效模式及影响分析
MTTF	> 平均失效间隔时间
$MTTF_D$	> 平均危险失效间隔时间
$n_{op}$	> 年平均动作次数
P, P1, P2	> 避免危险的概率
PL	> 性能等级
$PL_r$	> 所需的性能等级
PLC	> 可编程逻辑控制器
S, S1, S2	> 伤害的严重程度
SIL	> 安全完整性等级
SRP/CS	> 控制系统的安全相关元件
TE	> 测试设备
$T_M$	> 任务时间
$T_{10D}$	> 直到有10%元件危险失效时的平均时间



### 安全注意事项

请仔细阅读《SMC产品使用注意事项》(M-C03-3)及《使用说明书》，在进行确认的基础上，正确使用本产品。

## SMC自动化有限公司

地址：北京经济技术开发区兴盛街甲2号  
电话：010-6788 5566  
客户服务热线：400-022-1818  
网址：www.smc.com.cn

官方微信



最新资讯查询



### SMC自动化有限公司·北京分公司

地址：北京经济技术开发区兴盛街甲2号

### SMC自动化有限公司·上海分公司

地址：上海市闵行区吴泾镇紫竹科学园区紫月路363号

### SMC自动化有限公司·广州分公司

地址：广州高新技术产业开发区科学城东明三路2号

② 样本内容如有变更，我公司将不另行通知，敬请谅解。  
© SMC Automation China Co., Ltd. All Rights Reserved