



## OEM 安全应用说明



控制系统安全部件

# 收缩裹包机

# 目录

I- 文档用途与免责声明.....	3
II- 机器介绍: .....	4
II-1 - 机器概览.....	4
II-2 – 机器功能概要说明.....	4
II-3 – 控制系统架构.....	6
II-4 – RA 主要优势.....	6
II-5 – 机器主执行顺序: .....	7
III- 安全策略: .....	8
IV- 风险评估: .....	9
IV-1- 机器限制.....	9
IV-2- 危险识别.....	10
IV-3- 风险评估、评定和降低.....	10
IV-4- 风险评估内容: .....	11
V- SRP/CS 设计: .....	13
V-1- 安全功能说明.....	13
V-2- CAM 恢复功能.....	15
V-3- SRP/CS 的 BOM: .....	15
V-4- SRP/CS 图纸.....	17
VI- 检验和验证计划: .....	18
VI-1- 检验.....	18
VI-2- 验证.....	19

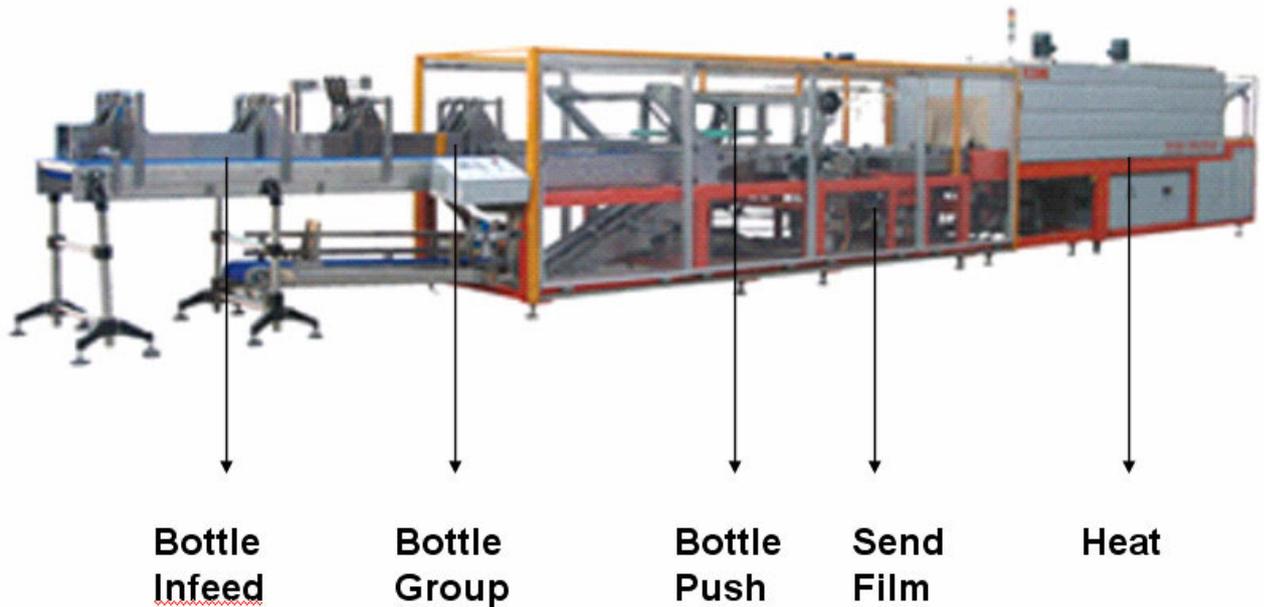
## 1. 文档用途与免责声明

本应用白皮书通过一个示例来说明如何能简化机器防护安全系统的分析和设计流程。其中的示例既不是面面俱到，也不代表具体的客户解决方案。本文档中提供的信息仅为了举例。

如果用户使用本文档中的示例，应自行对其中提到的设计和所有设备的应用和操作负责，而且还必须已采取了一切必要措施来确保每次应用和操作都符合所有的性能和安全规定，包括任何适用的法律、法规、规范和标准。用户应知晓，对于根据本出版物中的示例所进行的实际使用，罗克韦尔自动化不承担任何责任。

## II- 机器介绍:

### II-1 -机器概览

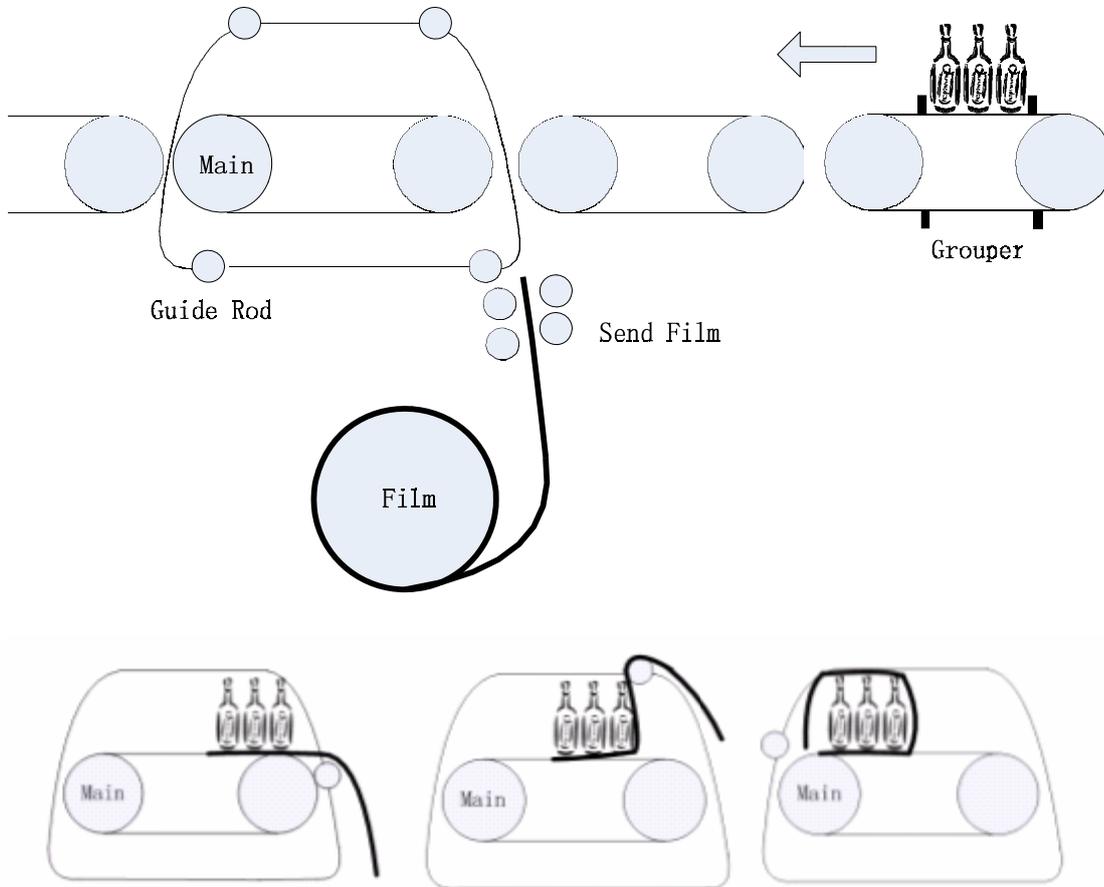


### II-2 -机器功能概要说明

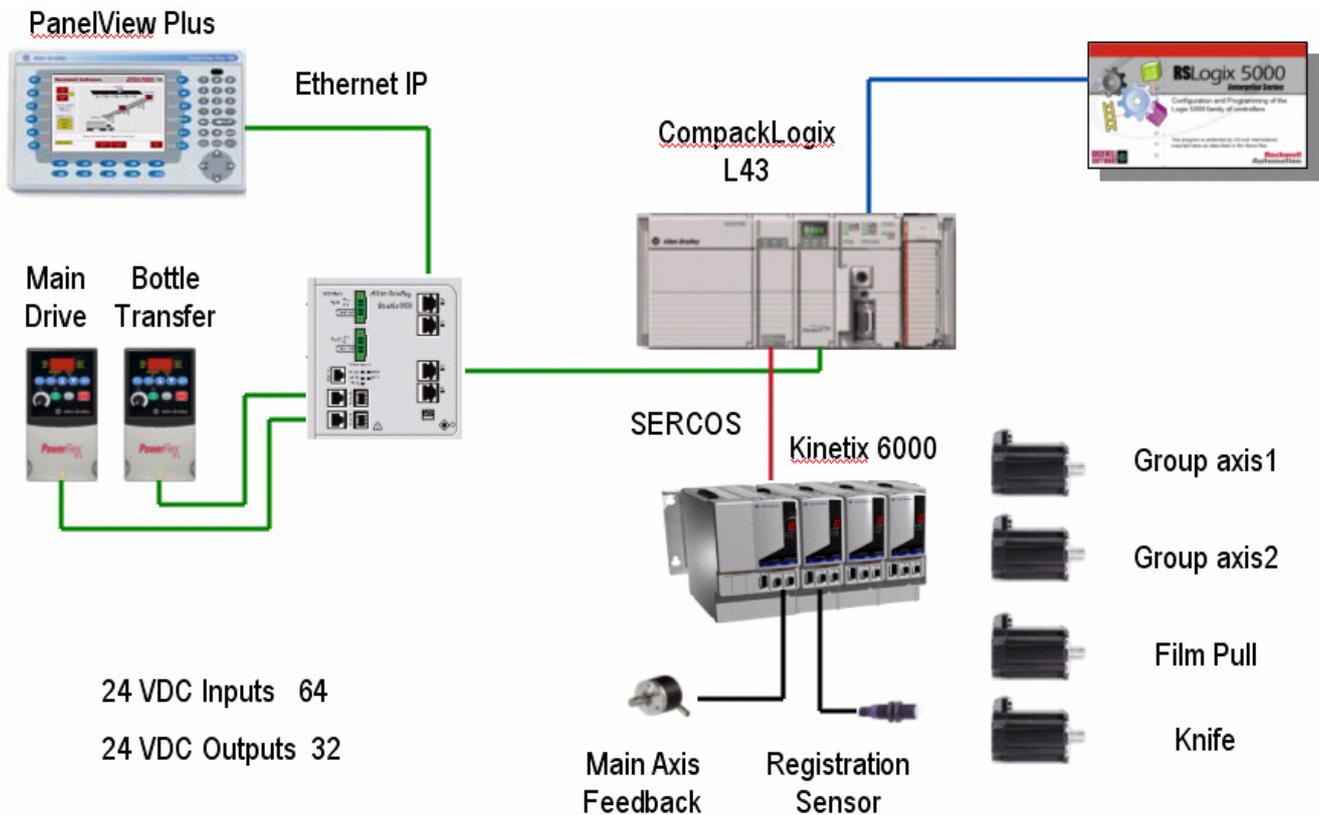
- 生产速度：45 PPM
- 薄膜长度：836 - 1200 mm
- 该机器具有 4 个伺服轴 (Kinetix) 和 1 个编码器反馈（传送带位置和速度）：
  - 薄膜牵引器（1 个伺服）
  - 薄膜切割器（1 个伺服）
  - 分组器（2 个伺服）
  - 主链条 (VFD)
  - 传送带 (VFD)
- 分组器
  - 此部分的功能是将连续的产品按所需的方式分组
  - 2 台伺服驱动器，2 个单独的链条，每个链条在等距位置上具有 2 个销钉。
  - 上电时，分组器应根据配方设置的分组类型进行复位。
- 主链条
  - 转移输送机，形成主速度和位置
  - 通过分组器后面的杆来推动瓶组
  - 完成薄膜牵引后提起薄膜以将瓶子包裹起来
  - 上电时，主链条需要复位。其应停在起始位置处。

- 薄膜牵引和切割

- 在薄膜发送位置的前面有一个产品检测器。
- 朝着相应的主位置牵引薄膜，并与薄膜提升杆和瓶具转移输送机保持同步。
- 根据配方设置的薄膜长度切割薄膜。此后，继续向恰当的停止位置发送薄膜。
- 切割位置、启动位置可通过参数进行调整。
- 可以生产带有印刷套准标记的印刷薄膜。



## II-3 - 控制系统架构:



## II-4 - RA 主要优势:

OEM 采用 RA 解决方案后通常可实现的优势:

- PLC、运动控制和驱动器均采用统一的工具和配方配置，缩短了开发时间（通常缩短 50% 甚至更高）
- 同步性更好且完美适应生产线条件，采用同样的机械结构实现了性能的提升
- CAM 恢复功能使得重新布局工作更少、运动更平稳，从而提高了效率
- 冲击震动情况少，可延长主要机械系统的机械使用寿命
- 提升了机器灵活性，仅通过调整配方参数便可生产更多种类的产品。

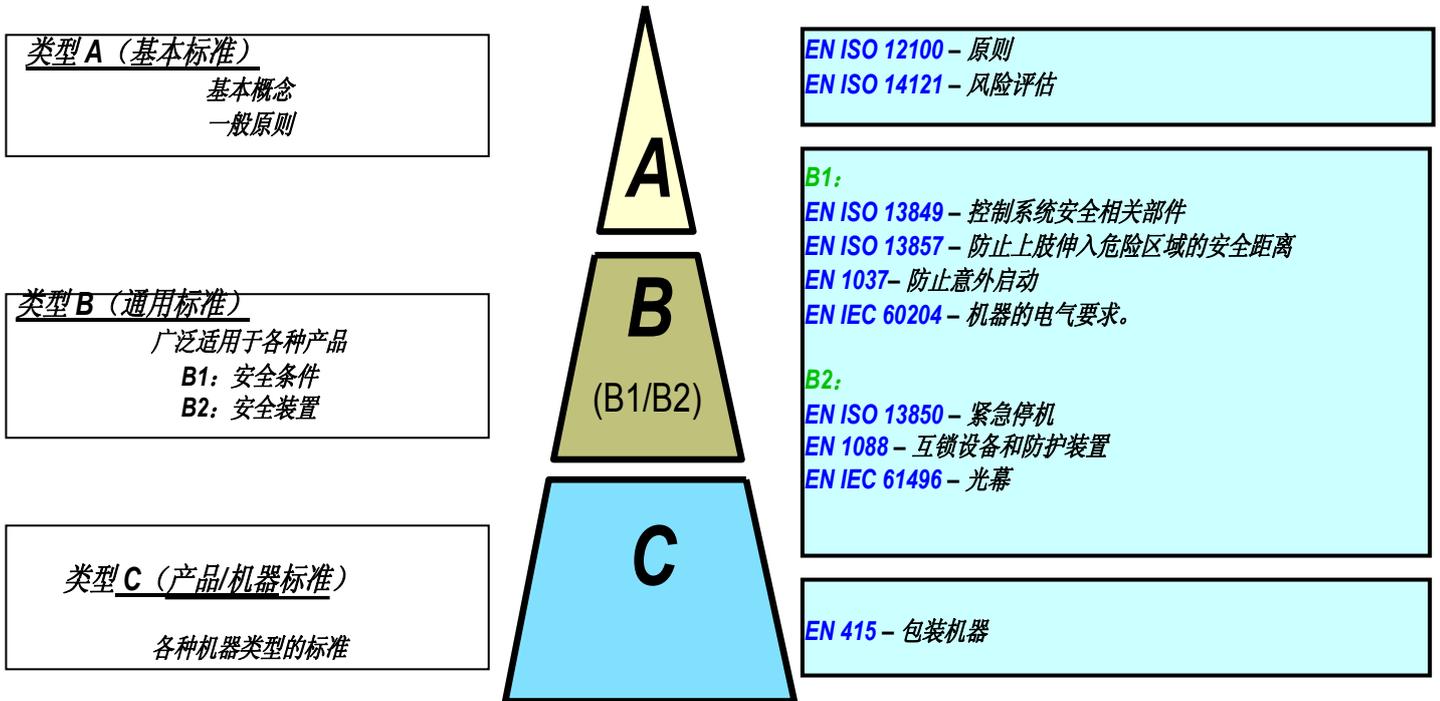
## II-5 - 机器主执行顺序:

- 上电
  - 检查所有设备的状况
    - 启动安全系统诊断
  - 启用伺服驱动器和 VFD
  
- 机器做好运行准备
  - 选择自动模式
  - 复位分组器轴
  - 复位主链条
  - 复位薄膜切割轴
  - 开启进料传送带
  - 瓶具进入并在第一个分组器销钉前等待
  
- 生产开始
  - 开启主链条，转移输送机、瓶具推杆，薄膜抬升杆连续运转。
  - 开始对瓶子进行分组
  - 当产品传感器检测到瓶组的前部边缘时，薄膜牵引轴开始向配方中设定的主位置发送薄膜。
  - 允许在一定范围内更改生产速度
  
- 位置 CAM（生产中）
  - 首先激活分组器 CAM
  - 激活薄膜 CAM
  
- 薄膜卷更换（生产期间）
  - 检测到薄膜用尽，生产速度降至预设值
  - 多个产品周期过后（可在 HMI 中设定相应的周期数），机器停止。
  - 操作员更换薄膜卷并使用专用胶带接合
  - 重启机器
  
- 停止生产（急停、生产停止和故障）
  - 停止分组器
  - 将生产速度设置为默认的最低速度（所有 VFD 将随之减速）
  - 使主链条停在特定的位置处（例如起始位置），可在配方中对此位置进行设置
  - 急停和故障将立即停止机器。

### III- 安全策略:

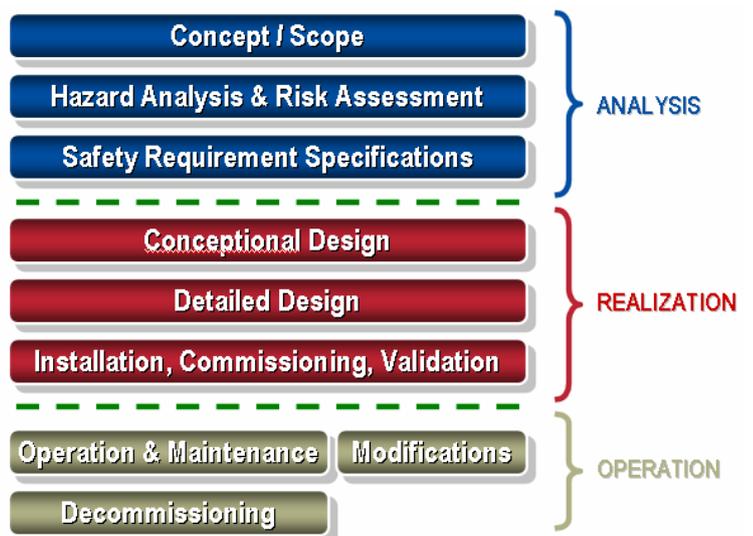
此机器应符合 EC 机械指令 98/37/EC（自 2009 年 12 月 30 日起为 2006/42/EC），以便符合 CE 要求。

适用的欧洲协调机械指令标准（所列不完全，有关详细信息请访问 [www.newapproach.org](http://www.newapproach.org)）：



应遵守的基本标准是 EN ISO 12100 和 EN ISO 14121，这些标准定义了机械安全和风险评估流程的原则。如果安全系统中涉及到控制系统，则需要符合 EN ISO 13849。还需根据具体情况，遵守其它适用的 B 类标准。如果具体机器类型出现在 C 类列表中，则还需要在安全系统评价和设计时使用此相应的标准。

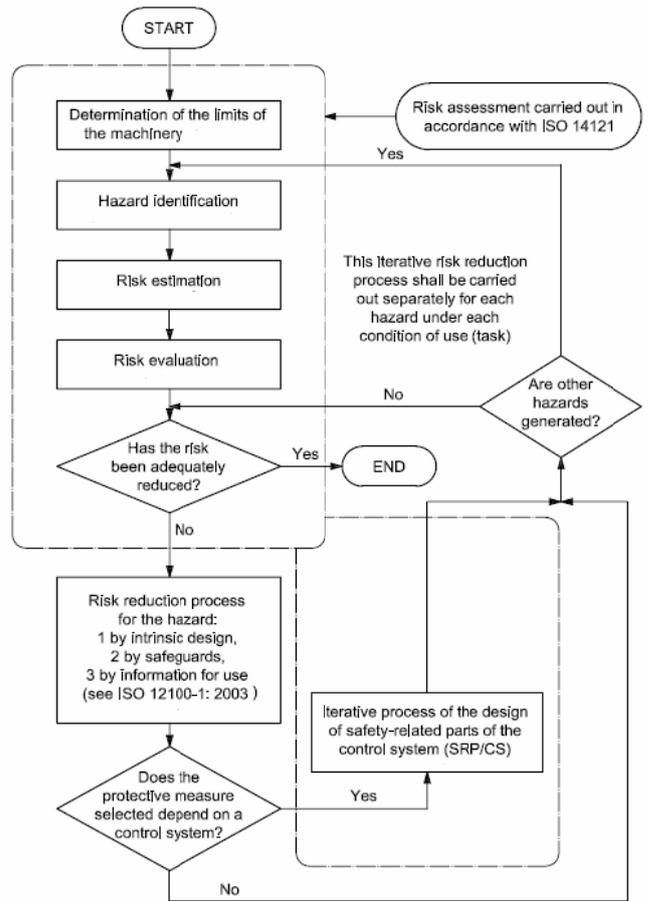
完整的安全生命周期包括以下方面，而且这应是一个连续的可重复流程。



## IV- 风险评估:

风险评估应按照 EN ISO 14121-1 的基本原则进行。有多项标准都提供了具体实施的方法。在本示例中采用的是 ANSI/RIA15.06。

由奇数个成员组成的团队来执行实际的风险评估，其中包括机械和电气设计师、操作员、维护人员等。



### IV-1- 风险评估 - 机器限制

第一步是定义机器的限制，包括空间限制、时间限制和使用限制。该过程包括收集和分析有关机器零件、机构和功能的信息。同时还要考虑机器的运行环境以及需要人机交互操作的所有类型任务。

ASSESSMENT SCOPE/MACHINE LIMITS	
<b>MACHINE INFORMATION</b>	
MAKE/MODEL	
SERIAL ID NUMBER	
LOCATION	CHINA
<b>SCOPE OF THE MACHINE ASSESSMENT</b>	
INSTALLATION	NO
STARTUP	NO
SETUP/ADJUSTMENT	YES
OPERATION	YES
ADJUSTMENT/TOOL CHANGE	YES
MAINTENANCE	YES
UNEXPECTED MAINTENANCE	NO
DISASSEMBLY	NO
SANITATION	NO
REMOVAL/DESTRUCTION	N/A
<b>LIMITS OF THE MACHINE</b>	
DESCRIPTION OF MACHINE	Shrink wrapper - F...
INTENDED USE OF MACHINE	Use in the Beverage...
MIN/MAX PRODUCTION RATE	Conveyor/Bottles Sp...
PRODUCTS	Film & bottles
PRODUCT/MATL. INPUT	Filled Bottle
DESCRIPTION	water
SIZE	
RATE	
DELIVERY METHOD	Infeed Conve...
<b>PERSONNEL REQUIREMENTS</b>	
ANTICIPATED LEVEL OF TRAINING, ABILITY	Particular Skills needed for Operation
SPECIAL PHYSICAL REQUIREMENT	N/A
PERSONNEL AFFECTED	Intentional Operators, Engineering
<b>ENVIRONMENT</b>	
TEMPERATURE	Indoor
HUMIDITY	100%
VIBRATION	N/A
NOISE	N/A
MOVEMENT	20m diameter circular area
SPACE REQUIRED FOR MAINTENANCE	N/A
<b>INTERFACE LIMITS</b>	
ELECTRICITY	0-480VAC
PNEUMATIC	0-120PSI
STEAM	N/A
VACUUM	N/A
WATER	N/A
OTHER	N/A
DESCRIBE ANY INTERCONNECTION TO OTHER	Upstream: Infeed conveyor Downstream: Shrink Oven

## IV-2- 危险识别

应针对机器生命周期的各个阶段以及机器在各种工作模式下的各种相关任务，识别出所有可合理预见的危险（永久存在的危险和意外出现的危险）。识别危险时不应考虑任何现有的防护措施。本示例文档仅考虑了常规操作和维护过程中的危险。

在机器中识别出的主要危险源为：

- 分组器（链轮）
- 转移输送机
- 推瓶齿链
- 薄膜牵引器（辊柱）
- 薄膜切割器（切刀和皮带传动组件）
- 薄膜进料器（开卷机）
- 薄膜包裹条



分组链



薄膜开卷辊柱



转移输送机和推瓶链

## IV-3- 风险评估、降低和评定

特定危险情形下的相关风险取决于以下因素：

- 1) 危险的危害程度 (S)
- 2) 危害发生的概率，而此概率又取决于以下各项
  - a. 人员暴露于危险的频率 (F)
  - b. 危险发生的频率 (F)
  - c. 人员避开风险的概率 (P)

采用以下优先级顺序依据风险评估结果来导出风险降低措施：

- 1) 从设计上排除危险
- 2) 固定的封闭防护装置
- 3) 监视入口/互锁门
- 4) 认知性方法、培训和程序（管理性）
- 5) 个人防护器材

SRP/CS（控制系统安全部件）仅与上述风险降低措施中的第三条（监视入口/互锁门）相关。

在建议并实施风险降低措施后，应对残余风险进行评估，以确保该风险在容许范围内。

风险降低措施和残余风险评估结果均列在风险评估内容表（下页）中。

#### **IV-4- 风险评估内容**

本示例更多地关注可能导致应用 **SRP/CS** 的风险。完整的风险评估应考虑了机器生命周期各个阶段的所有风险。

Job description: Assessment team: Notes:		Simon Zhang		Approved:						
Date of Assessment:		Due for Re-Assessment:		RESIDUAL RISK (with SafeGuards)						
Persons at risk	Task	Potential Incident and Accident/Description	INITIAL RISK (Prior to SafeGuards)			Recommendations	RESIDUAL RISK (with SafeGuards)			
			Hazard Severity	Exposure	Avoidance			Risk Rating (ANSI/RIA 15.06)		
Operator	Manual Film threading at unwinder / nip roller	Finger/hand pinched by film roll or nip roller, fender cut by splice	S2	E2	A2	R1	guard door with interlock switch, locking device, light curtain	S1	A1	R3A
Operator	Manual film threading at film puller	Finger pinched by roller	S1	E2	A1	R3A	guard door with interlock switch, locking device, light curtain	S1	A1	R4
Operator	Manual film threading at cutter	Finger cut by blade	S2	E2	A1	R2A	guard door with interlock switch, locking device, light curtain, awareness indication	S2	A1	R2C
Operator	Clear film jam at unwinder / nip roller	Finger/hand pinched by feeding roll	S2	E1	A2	R2B	guard door with interlock switch, locking device, light curtain	S1	A1	R3A
Operator	Clear film jam at film puller	Finger pinched by roller	S1	E1	A1	R4	guard door with interlock switch, locking device, light curtain	S1	A1	R4
Operator	Clear film at cutter	Finger cut by blade	S2	E1	A1	R2B	guard door with interlock switch, locking device, light curtain, awareness indication	S2	A1	R2C
	Clear fallen bottles at the bottle push chain	Finger/hand pinched by roller	S1	E2	A1	R3A	guard door with interlock switch, locking device, light curtain	S1	A1	R4
	Clear film on the film enwraper bar	Finger/hand pinched by the bar	S1	E1	A1	R4	guard door with interlock switch, locking device, light curtain	S1	A1	R4
Operator	Bottle jam & minor cleaning at conveyor	Finger pinched by conveyor/side belt	S1	E2	A1	R3A	hardguard, awareness indication,	S1	A1	R3A
Operator	Clear fallen bottles at the Grouper	Finger pinched by the grouper pin	S2	E2	A1	R2A	guard door with interlock switch, locking device, light curtain	S1	A1	R3A
Maintenance personnel	Replacing cutter blade	Finger cut by blade	S2	E1	A2	R2B	awareness indication, proper procedure, blade with handle, guard door with interlock switch, awareness indication	S2	A1	R2C
Anyone	Normal operation	Hurt by oven	S2	E2	A1	R2A	PPE,awareness indication	S1	A1	R3A

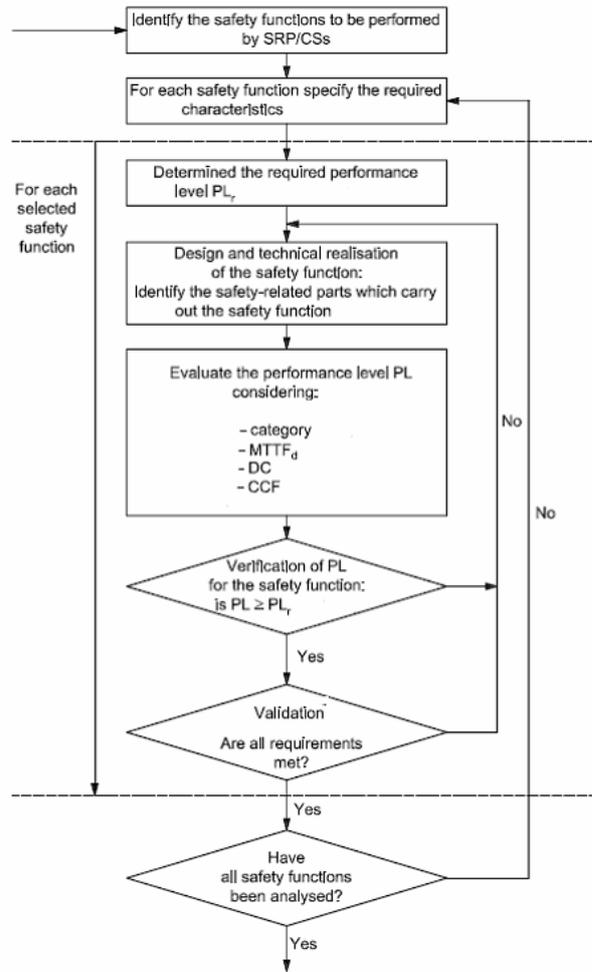
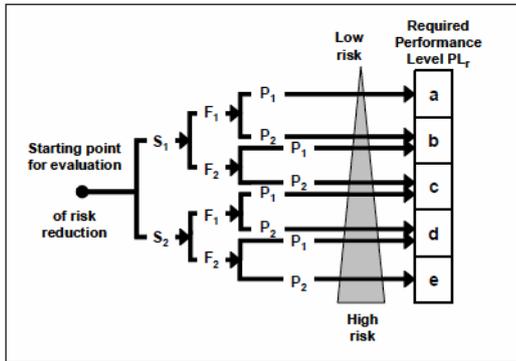
## V- SRP/CS 设计

应依照 EN ISO 13849-1 标准设计 SRP/CS (控制系统安全部件)。

EN ISO 13849 于 2009 年底取代 EN 954, 届时将强制实施新的 EC 机械指令 2006/42/EC。EN954 中定义的控制类别 (CC = B、1、2、3、4) 将替换为 EN ISO 13849 中的性能等级 (PL = a、b、c、d、e)。

ISO13849 作为一项成熟的国际标准, 已被其它许多国家/地区广泛采用。

Risk graph for determining the PL<sub>r</sub> for each safety function



### V-1- SRP/CS 安全功能规范:

根据风险评估结果, SRP/CS 所需的安全功能如下: (硬性防护设计将在其它文档中介绍)

#### 1. 薄膜牵引和切割: 防护门互锁与锁定装置

- 此区域使用带互锁开关的防护门 A 进行防护。操作员应按下“打开门 A”请求按钮, 当门 A 打开时, 所有电机 (薄膜牵引器、薄膜切割器) 将实现类别 1 停止 - 电机将以预定的减速速率停止, 然后由安全关断驱动器关闭。尽管伺服电机的停止时间远小于 1s, 但在此区域内传送带由 VFD 驱动, 相应的停止时间大于 5s, 所以需要使用时锁定设备。
- 在防护门 A 打开且电机停止后, 再次关闭该门并不会自动启动电机, 必须依次按下复位按钮和启动按钮才可继续生产。
- 相应的电路应符合 PL<sub>r</sub> = d (控制类别 3)。采用双通道电路。电路中发生单一故障不会导致系统丧失安全功能, 而是会引起上述的电机停止。电机的伺服驱动器符合 PL<sub>d</sub> (CC3) 要求。
- 停止时间与安全锁定时间和距离。传送带的停止时间应设置为短于 5 秒。因此互锁锁定时间应大于 5 秒。通过风险评价确定接近速度为 6000 mm/秒, 但由于使用了带有锁定装置的互锁, 所以这里无需考虑安全距离。

## 2. 分组器区域：防护门互锁与锁定装置

- 分组器区域使用上述带互锁开关的防护门 A 进行防护。操作员应按下“打开门 A”请求按钮，当门 A 打开时，电机将会关闭并实现类别 0 停止。
- 在防护门 A 打开且电机停止后，再次关闭该门 A 并不会自动启动电机，必须依次按下复位按钮和启动按钮才可继续生产。
- 相应的电路应符合  $PLr = d$ （控制类别 3）。采用双通道电路。电路中发生单一故障不会导致系统丧失安全功能，而是会导致电机立即停止。电机的 VFD 符合  $PLd (CC3)$  要求。
- 停止时间和安全距离。由于采用的是带有锁定装置的互锁，所以这里无需考虑安全距离。

## 3. 传送带和侧带：防护门互锁与锁定装置

- 操作员应按下“打开门 A”请求按钮，当上述防护门 A 打开时，传送带应停止，以便机器不会传出没有包装的瓶具。应正确地调整 VDF 的停止时间。并且采用类别 1 停止。
- 在防护门 A 打开且电机停止后，再次关闭该门并不会自动启动电机，必须依次按下复位按钮和启动按钮才可继续生产。
- 相应的电路应符合  $PLr = c$ （控制类别 2）。
- 停止时间和安全距离。由于采用的是带有锁定装置的互锁，所以这里无需考虑安全距离。

## 4. 薄膜进料器（开卷机）：防护门互锁与锁定装置

- 薄膜进料器由带有互锁开关和锁定装置的防护门 B 保护。当需要更换薄膜卷时，操作员应按下“门 B 打开”请求按钮。系统将使电机实现类别 0 停止，在延迟一定时间后锁定装置释放。延迟时间可根据测得的电机停止时间进行调整。
- 如果强制打开防护门 B，互锁开关将触发电机立即停止。
- 在防护门 B 打开且电机停止后，再次关闭门 B 并不会自动启动电机，必须依次按下复位按钮和启动按钮才可锁定门 B 并启动电机。此处的复位/启动按钮不同于前文所述的机器生产时使用的复位/启动按钮。
- 相应的电路应符合  $PLr = d$ （控制类别 3）。采用双通道电路。电路中发生单一故障不会导致系统丧失安全功能，而是会导致电机立即停止。电机的 VFD 符合  $PLd (CC3)$  要求。

## 5. 紧急停止：根据 EN ISO13850，系统应具有急停功能，并且该功能应可随时操作并优先于所有其它功能。但是，急停不可替代安全防护措施。

- 急停功能运用在电路中，可立即促使所有电机执行相应类别的停止。
- 急停取消后，重启机器需要进行复位。

## 6. 防止意外启动:

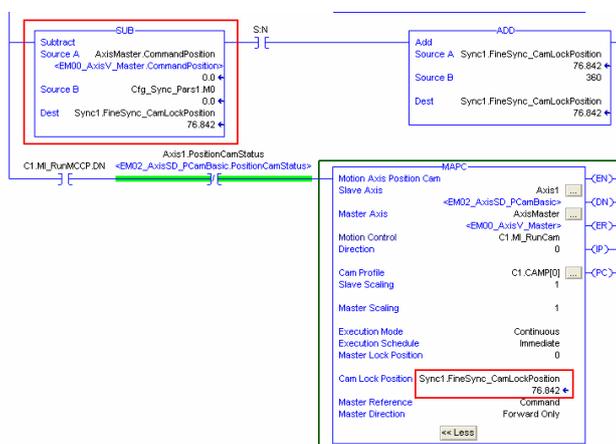
- 应采用钥匙式主电源关闭开关

## V-2- CAM 恢复功能:

CAM 恢复功能是指, 无需重新复位各轴便可从急停条件恢复电子 CAM 的运行。只要位置 CAM 仍处于通电状态, 主轴与从轴之间的关系便是正确的。如果位置 CAM 出于诸如循环停止和伺服关闭、机器故障、伺服故障等原因而断电, 则主轴可能会处于 0 和 360 度之间的任何位置处。当位置 CAM 再次通电时, 从轴与主轴的关系必须保持相同, 且从轴必须能够从 0 和 360 度之间的任意位置启动。

实现 CAM 恢复的方法: 计算从轴应与主轴同步的位置。然后计算从轴当前位置与同步位置之间的差值。对照用户定义的最大值检查同步差值。如果同步差值小于最大允许值, 则报告轴已同步。

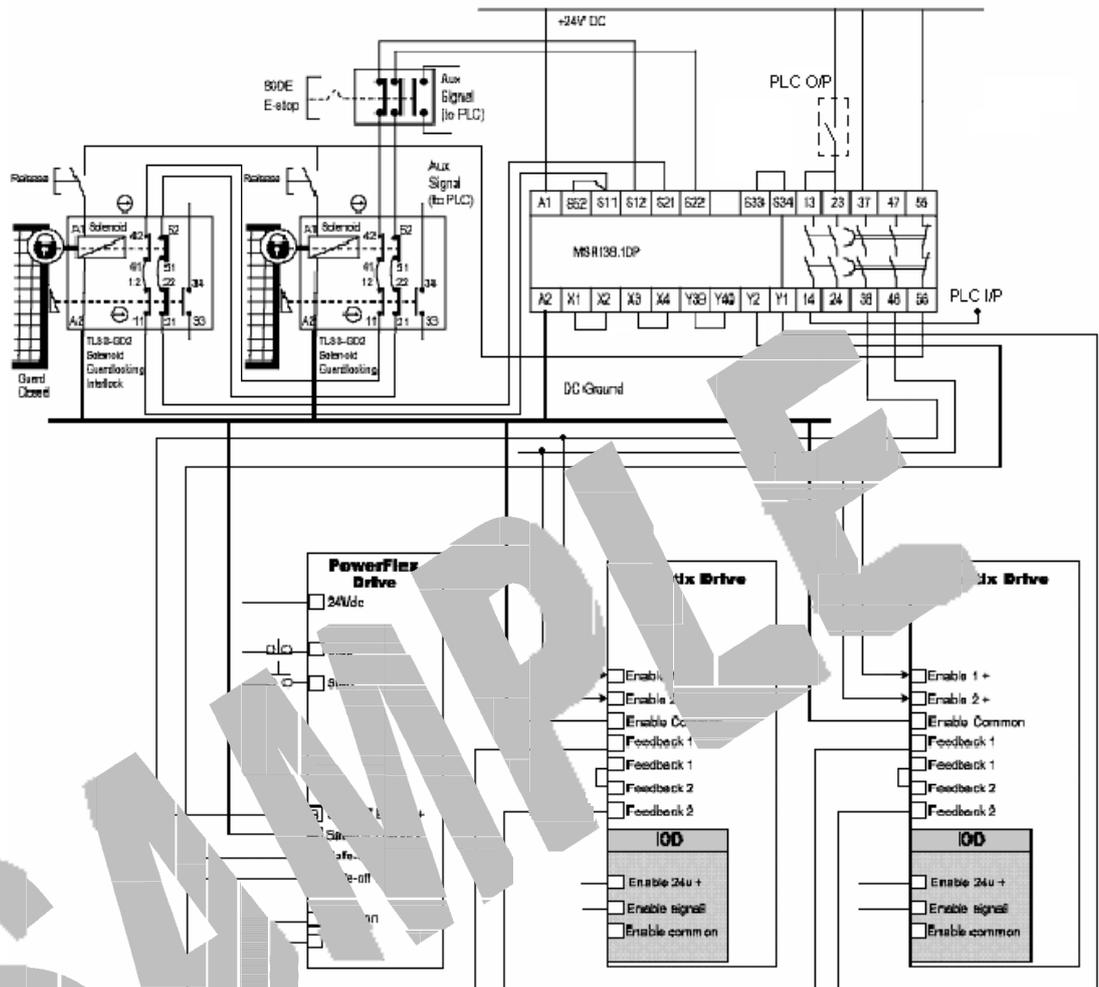
- CAM 锁定位置决定了 MAPC 将开始执行的位置。
- 在此示例中, CAM 锁定位置位于主单元中, 且对于 0 和 360 度之间的任意主位置均有效。



## V-3- SRP/CS 的 BOM:

Qty.	Catalog#	Description
		<b>Motion System Module</b>
1	2094-BC01-M01-S	Integrated Axis Module 460V, 6kw
2	2094-BM01-S	Axis Module 460V, 12.9A
1	2094-BMP5-S	Axis Module 460V, 5.9A
3	2090-XNSM-M	DRIVE TO DRIVE MIDDLE HEADERS
1	2090-XNSM-T	DRIVE TO DRIVE TERMINATING HEADERS
3	1202-C02	0.2 METER DPI/SCANPORT CABLE
		<b>Safety Relay</b>
1	440R-M23088	MONITORING SAFETY RELAY, MSR138.1DP, 24VAC/DC
1	440R-A23209	REPLACEMENT 4P TERMINALS
		<b>Guard Locking Switch</b>
6	440G-T21BGPT-1B	GUARD LOCKING SWITCH
		<b>E-Stop Button</b>
2	800FD-MT44R01	800FD E-STOP

V-4- SRP/SC 图纸:



# VI- 检验和验证计划

应依照 EN ISO 13849-2 标准进行 SRP/CS 检验和验证 (V&V)。

## VI-1- 检验

### 1. 检验所实现的 PL 等级

使用 SISTEMA 软件和罗克韦尔自动化资源库（有关该软件和资源库，请访问 <http://discover.rockwellautomation.com/safety>）。

薄膜牵引器: PL = e >(PLr=d)

薄膜切割器: PL = e >(PLr=d)

(示例报告见下方)

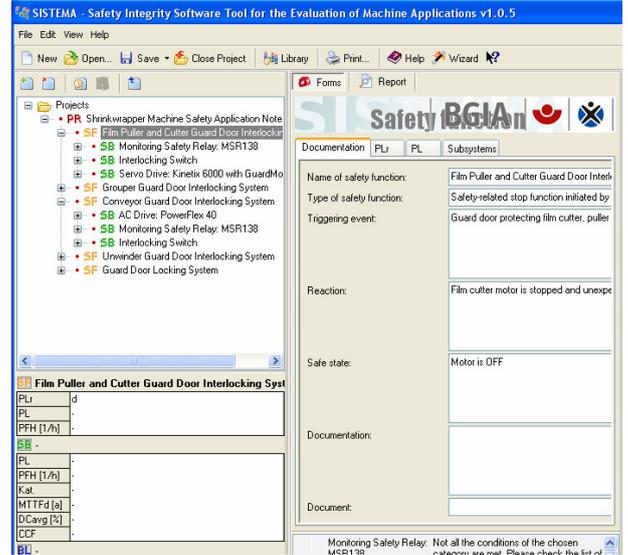
传送带: PL=c =(PLr=c)

分组器: PL=e >(PLr=d)

薄膜进料器: PL=d =(PLr=d)

子系统: 防护门互锁开关 PL = e

防护门锁定 PL = d



### OVERVIEW

#### PR Projectname:ShrinkwrapperMachineSafetyApplicationNote

Machine: SISTEMA version: 1.0.5  
Author:sxzhang Standard version: ISO 13849-1:2006, ISO 13849-2  
Safetyfunctions:

#### SF NameFilmPullerandCutterGuardDoorInterlockingSystem

Type: Safety-related stop function initiated by safeguard  
PL: - PFH [1h]: -  
PLr: d  
Subsystems:

#### SB Name:MonitoringSafetyRelay:MSR138

PL: e PFH [1h]: 3.16E-8  
DCavg [%]: 0 (None) MTTFd [a]: 10 (Medium)  
CCF Points: 0 (not fulfilled) Category: 4

#### SB Name:InterlockingSwitch

PL: - PFH [1h]: -  
DCavg [%]: 0 (None) MTTFd [a]: 10 (Medium)  
CCF Points: 0 (not fulfilled) Category: 4

#### SB Name:ServoDrive:Kinetix6000withGuardMotion

PL: - PFH [1h]: -  
DCavg [%]: 0 (None) MTTFd [a]: 10 (Medium)  
CCF Points: 0 (not fulfilled) Category: 4

#### SF NameGrouperGuardDoorInterlockingSystem

Type:  
PL: - PFH [1h]: -  
PLr: e  
Subsystems:

(SISTEMA 报告的示例页)

## 2. 检验设计的安全功能

- a. 打开防护门 A，检查薄膜牵引器、薄膜切割器、传送带、分组器是否都已相应地停止。复位并重启。
- b. 测量所有上述电机的停止时间。检验安全距离。
- c. 请求打开防护门 B，薄膜进料器应在门 B 的锁定释放前停止。强制打开门 B 应导致薄膜进料器立即停止。复位并重启。
- d. 急停应触发所有电机相应停止。复位并重启。
- e. 上电后复位并重启。

## VI-2- 验证

在系统或机器调试阶段，必须在各种工作模式下对安全功能进行验证，并应涵盖所有常见的和可预见的异常情况。

1. 根据故障列表验证**所有安全功能**
  - a. 所有可能的接线端子的断路情况。
  - b. 所有邻近端子的短路，设计上不允许的情况除外。
  - c. 其它可合理预见的电路故障。
2. 验证 MTTFd 值。
3. 验证 DC 值。
4. 验证避免 CCF 和系统失效的措施。
5. 验证软件（如果适用）。

在现场完成机器安装和调试后应向机器用户提供 V&V 计划：

1. 检验安全功能，每个月一次。
2. 维护和更换间隔。
3. 只要对机器进行了修改，就应执行 V&V。