



## OEM 安全应用说明



控制系统安全部件

# 包装机器人单元

(仅供参考)

ALLEN-BRADLEY • ROCKWELL SOFTWARE **Rockwell  
Automation**  
亚太地区

# 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.....	5
II-3 – 控制系统架构.....	7
II-4 – RA 主要优势.....	7
II-5 – 机器主执行顺序: .....	8
III- 安全策略: .....	9
IV- 风险评估: .....	10
IV-1- 机器限制.....	10
IV-2- 危险识别.....	11
IV-3- 风险评估、评定和降低.....	11
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- 急停恢复: .....	14
V-3- SRP/CS 的 BOM: .....	15
V-4- SRP/CS 图纸.....	16
VI- 检验和验证计划: .....	17
VI-1- 检验.....	17
VI-2- 验证.....	18

## **I. 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。

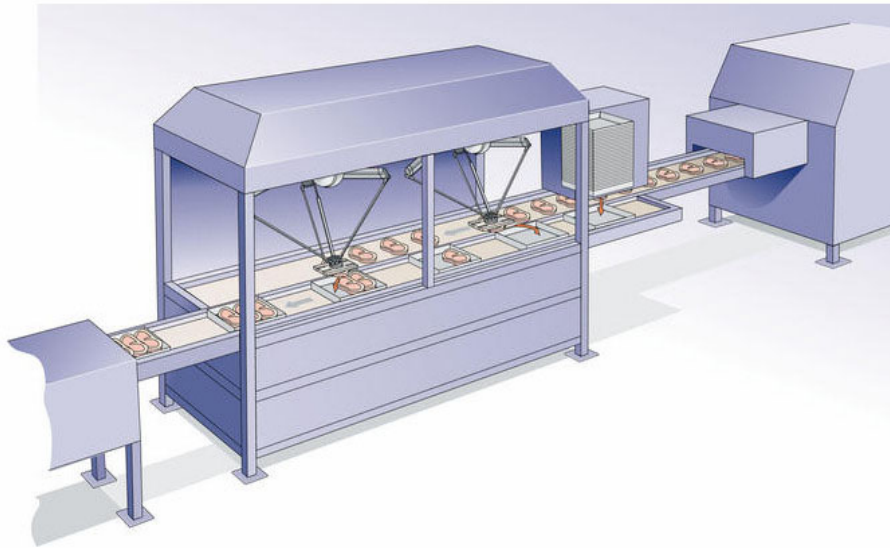
如果用户使用本文档中的示例，应自行对其中提到的设计和所有设备的应用和操作负责，而且还必须已采取了一切必要措施来确保每次应用和操作都符合所有的性能和安全规定，包括任何适用的法律、法规、规范和标准。用户应知晓，对于根据本出版物中的示例所进行的实际使用，罗克韦尔自动化不承担任何责任。

## II- 机器介绍:

### II-1 -机器概览

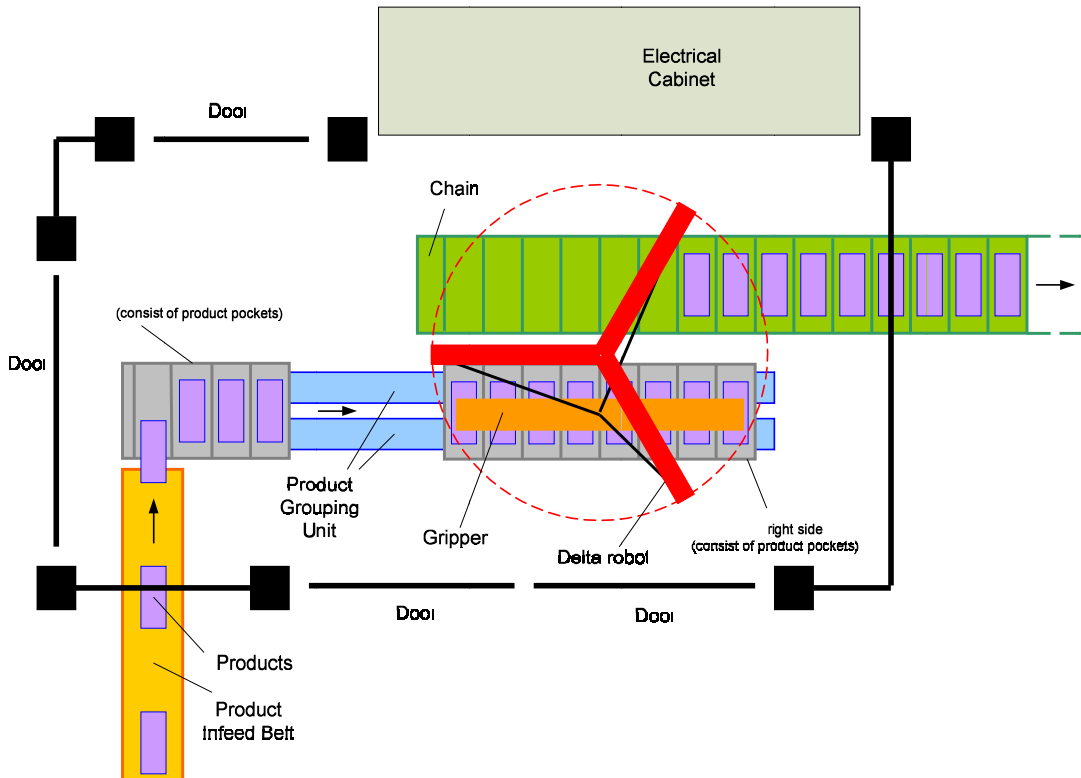
当今，先进的机器人技术可为制造商带来诸多明显优势。在大型包装生产线中，机器人单元可与其它单元结合，执行拾起、分拣和按样式放置的工作。近年来，Delta 机器人凭借其出众的速度和简洁性在包装行业中获得越来越广泛的应用。

本应用说明将以包装行业中典型的 Delta 机器人取放单元为例，重点介绍安全系统的分析和设计。



## II-2 -机器功能概要说明

- 预期机器性能/机器循环：
  - 通过直接控制索引传送实现每分钟拾取 80 次
    - 袋式传送带间距 80mm
    - 目标传送带间距 300mm
    - 整理传送带 20m/min
    - 加速传送带 30m/min



### 1. 术语

产品:

由机器人分拣机传送的实际对象

目标:

机器人分拣机放置产品的容器

给料传送带:

负责接收产品并将其传送到索引传送带的袋子中的传送带

产品索引传送带（产品传送带）:

负责从给料传送带接收产品并将其传送到机器人分拣机分拣位置的传送带。以索引模式工作。每个索引周期将一个产品带入上一个空袋中。

空闲缓冲器:

充当临时缓冲器而存储多个产品的固定容器

Delta 机器人分拣机（分拣机）:

将产品从产品索引传送带传送到目标传送带且带有定位功能的 3 臂 Delta 机器人

目标传送带:

接收由机器人分拣机从产品索引传送带输送过来的产品且带有隔箱的传送带。该传送带持续运转。

## 2. 给料传送带

- a. 给料传送带分为两部分：整理传送带和加速传送带，二者均由交流电机驱动
- b. 加速传送带将一个产品运到产品索引传送带的一个袋中
- c. 安装在加速传送带末端的传感器检测到有产品通过后，将通知索引传送带进行一次索引

## 3. 产品索引传送带（袋式传送带）

- a. 每次索引将会在一个袋中接收一个产品
- b. 索引时间和距离可由工程师根据产品数据进行调整。停顿时间取决于产品给料情况
- c. 需要仿真索引脉冲来进行试运行测试
- d. 机器人分拣机从此传送带中抬起一个或多个产品
- e. 需要传送带跟踪功能

## 4. Delta 机器人分拣机

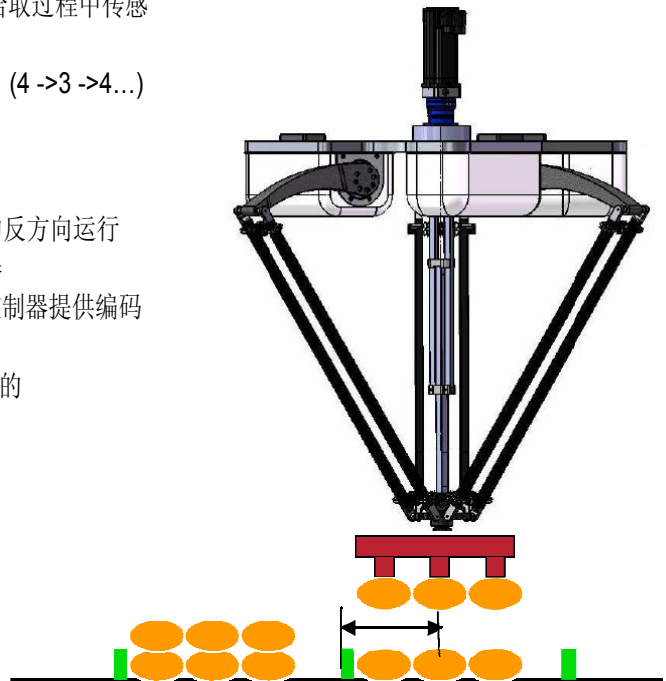
- a. 带定位轴的 3 臂 Delta 机器人
- b. 在确定的 Delta 机器人工作区可任意移动（圆柱型区域）
- c. 所有 RA 机器人路径规划功能均可应用
- d. 手动点动仅限笛卡尔空间
- e. 不同的有效负载 -> 不同的运动动态限制（基于机器人制造商提供的数据）
- f. 产品/目标容器超限处理：不停止，忽略
- g. 需要急停恢复（在模板中提供）
- h. 机器人校准：点动到笛卡尔空间中已知的 3 个位置（待确认）

## 5. Delta 机器人夹持器

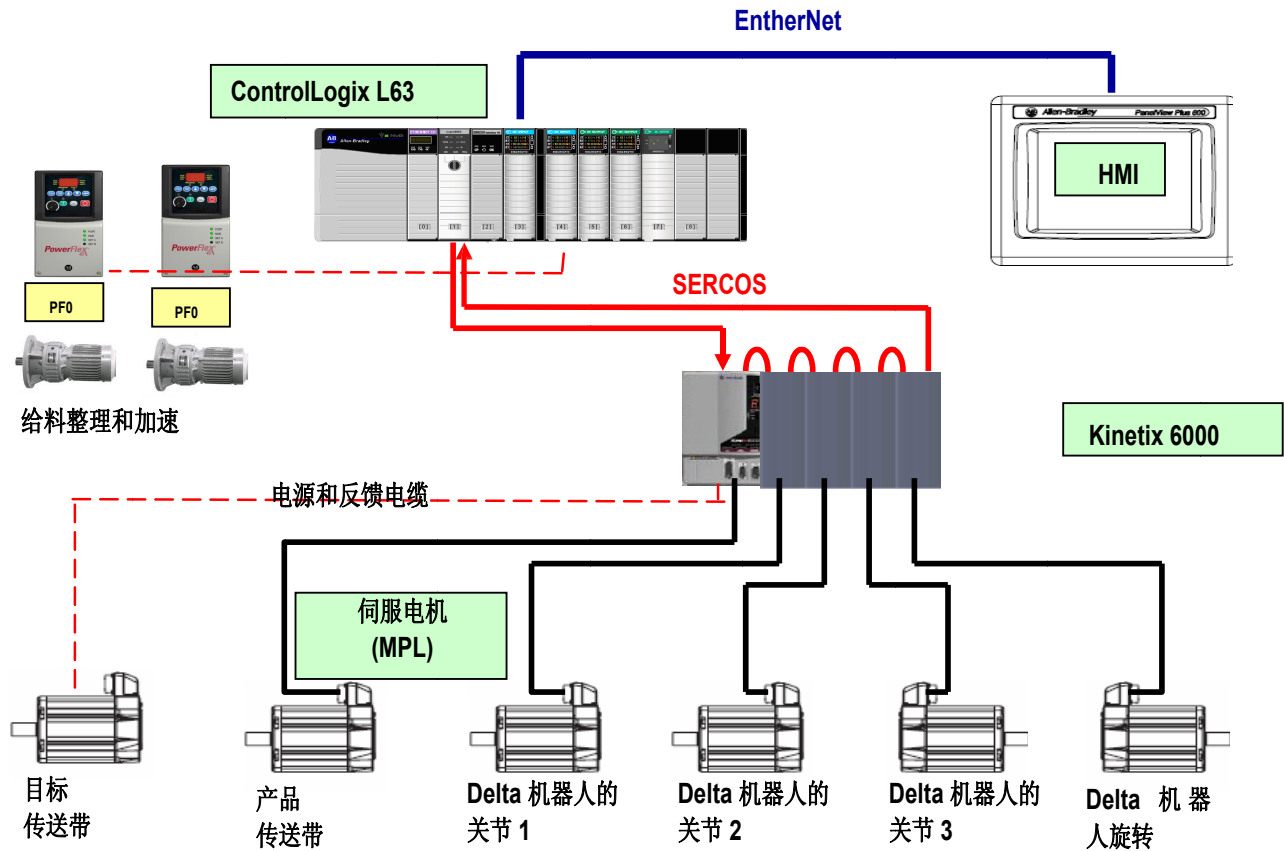
- a. 夹持器在运动路径上的夹持时间可分别进行调整
- b. 最多 4 个阀，可分别选择和激活
- c. 真空传感器启用/禁用。启用后，在拾取过程中传感器关闭会发出错误消息
- d. 每次拾取动作可启用不同数量的阀门 (4 ->3 ->4...)

## 6. 目标传送带

- a. 目标传送带始终朝着与产品传送带的反方向运行
- b. 传送带上安装检测进袋位置的传感器
- c. 原型机器使用交流电机传送带并向控制器提供编码器反馈。实际机器将使用控制器控制的伺服电机。
- d. 需要传送带跟踪功能



### 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:

- 使用统一的硬件和软件架构控制机器的离散、运动、安全和机器人部分。
- 轻松同步机器与应用中其它部分的运动
- 所有控制部件的紧密集成带来了卓越的性能
- 可轻松针对整个取放应用组态并自定义控制系统

## II-5 - 机器主执行顺序:

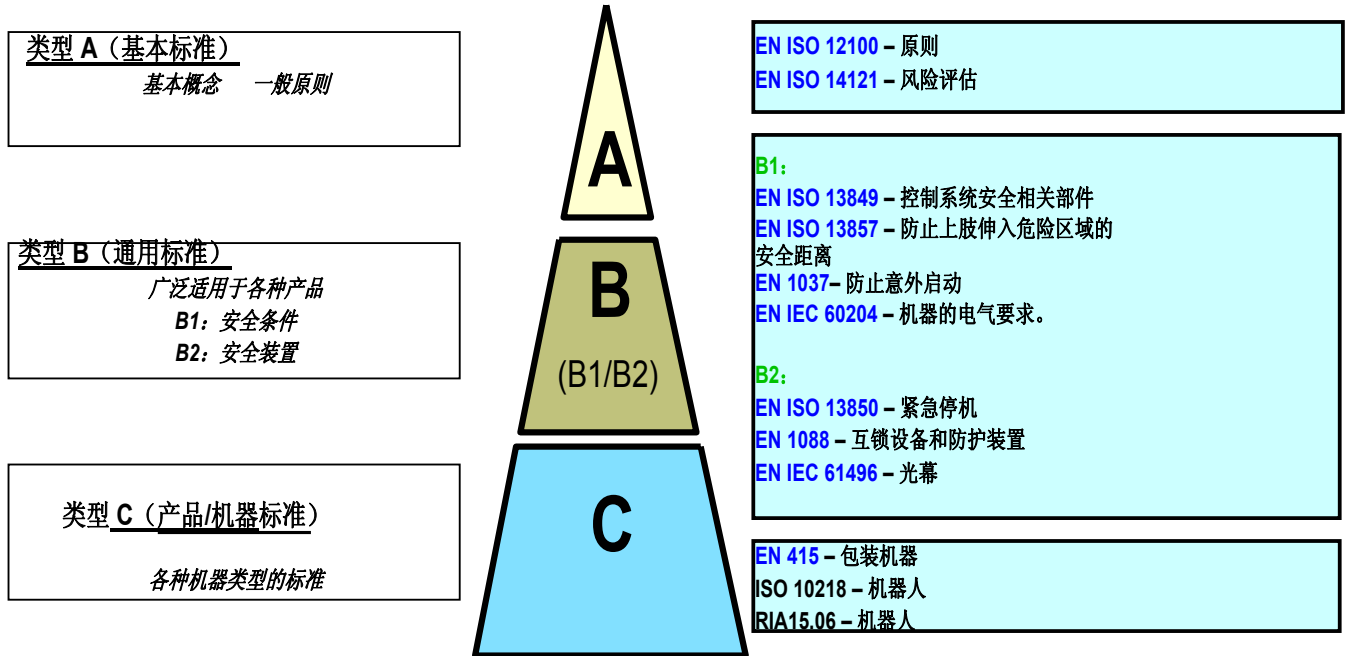
- 上电
  - 检查所有设备的状况（故障和通信情况）
  - 启动伺服驱动器和 VFD
  - 机器人复位
  - 袋式传送带和目标传送带开始运行
- 机器做好运行准备
  - 通过 HMI 设置给料传送带的运行速度
- 正常生产
  - 产品从给料传送带进入。在给料传感器检测到产品时，产品索引传送带在特定延迟后进行一次索引
  - 如果在产品索引传送带上有连续三个产品，并且它们均在 Delta 分拣机工作范围内，则在已与产品索引传送带同步的情况下，Delta 分拣机将一次抬起三个产品
  - Delta 分拣机转到目标传送带，与该传送带同步，根据设定的样式放置这三个产品
  - 继续该循环
- 停止生产
  - 停止给料传送带，无产品进入产品索引传送带
  - 停止产品索引传送带
  - 停止 Delta 机器人分拣机并使其停靠在待机位置
- 紧急停止
  - 尽快停止给料传送带、产品索引传送带和 Delta 机器人分拣机
  - 在急停按钮释放并且系统已复位并重启后，机器人应从停止位置恢复运行。



### III- 安全策略:

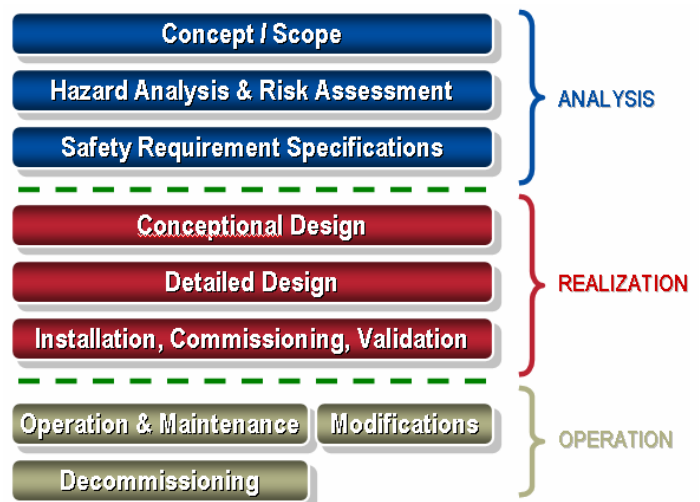
此机器应符合 EC 机械指令 98/37/EC (自 2009 年 12 月 30 日起为 2006/42/EC)，以便符合 CE 要求。

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。

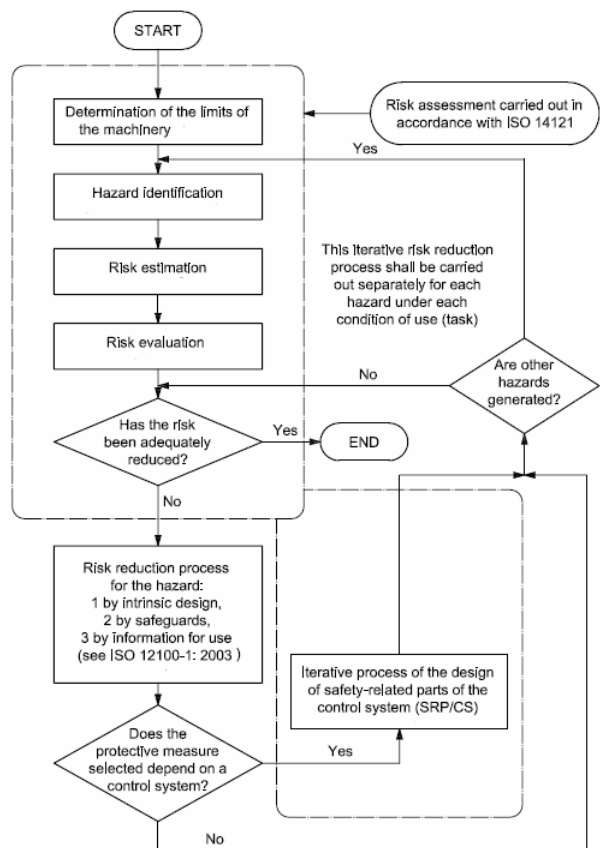
完整的安全生命周期包括以下方面, 而且这应是一个连续的可重复流程。



## IV- 风险评估:

风险评估应按照 EN ISO 14121-1 的基本原则进行。在本示例中采用 ANSI/RIA15.06 作为具体实施方法。

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

- 能量源
  - 电力、气动（夹持器）
- 原料信息
  - 包装饼干：45g一次拾起：3 块
- 成品
  - 无变化，按样式排列
- 速率/给料/速度/周期
  - 机器 80 个周期/分钟
  - 给料
    - 整理传送带 24m/min
    - 加速传送带 40m/min
- 袋式传送带（产品传送带）
- 80 次索引/分钟，80mm/次索引，最大速度：0.7mm/Sec，最大加速度：12m/sec<sup>2</sup>
- 目标传送带
- 0.1mm/sec
- Delta 机器人
- X/Y/Z 轴方向上最大 10m/sec
- X/Y/Z 轴方向上最大 100m/sec<sup>2</sup>

## IV-2- 危险识别

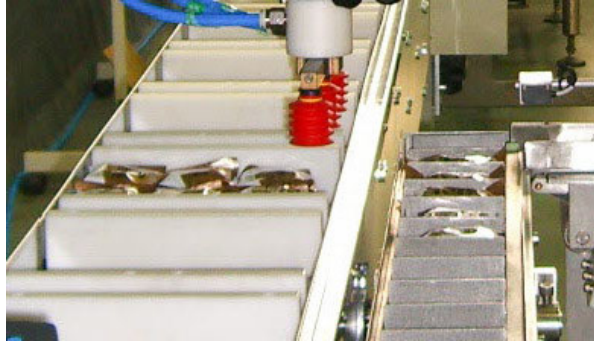
应针对机器生命周期的各个阶段以及机器在各种工作模式下的各种相关任务，识别出所有可合理预见的危险（永久存在的危险和意外出现的危险）。识别危险时不应考虑任何现有的防护措施。本示例文档仅考虑了常规操作和维护过程中的危险。

在机器中识别出的主要危险源为：

机器人运动臂

带间隔袋的产品传送带

带有间隔的目标传送带



## 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。

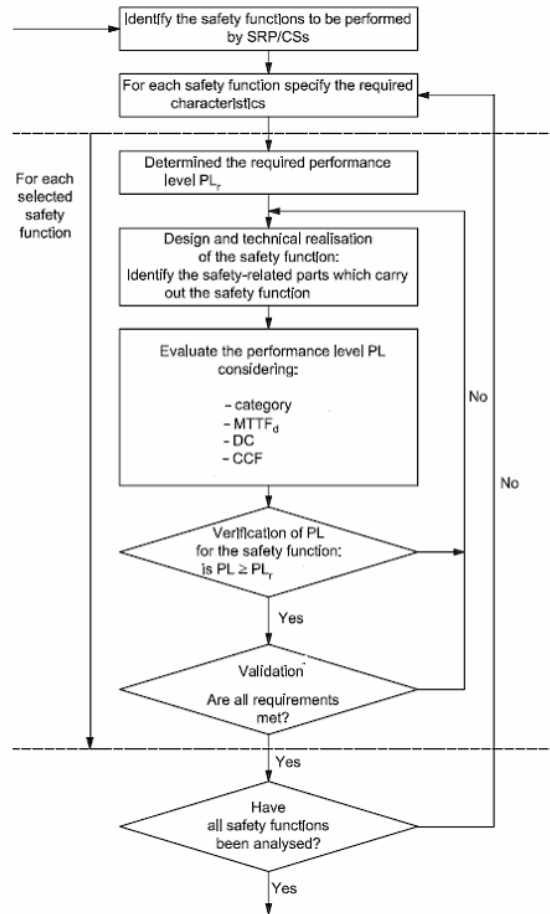
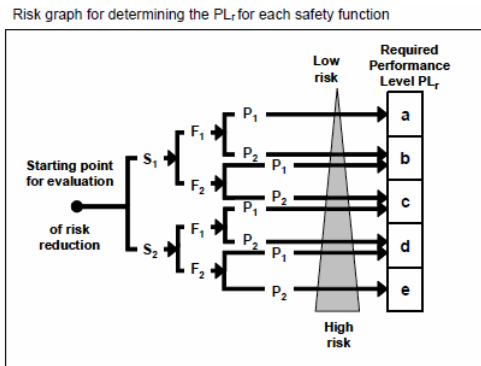
TASK RISK ASSESSMENT										
Machine Name: Job description:		Sleever		TRA Number:						
Assessment team:		Atiyoshi, Beom, Cheol, Mark, Romain		Approved:						
Notes:										
Date of Assessment:		24/07/2009		Due for Re-Assessment:						
Persons at risk	Task	Potential Incident and Accident Description		INITIAL RISK			Potential Safeguards	Recommendations / Circuit Performance	RESIDUAL RISK with SafeGuards	
		Hazard Severity	Exposure	Avoidance	Risk Reduction category	Hazard Severity			Avoidance Likelihood	Risk Rating
Operator	Clear product jam on pocket conveyor	S2	E2	A2	R1	guarded door, light curtain	guarded door with lock	S2	A1	R3A
Operator	Clear product jam on pocket conveyor	S1	E2	A2	R2C	guarded door	guarded door with lock	S1	A1	R4
Operator	Clear mess on target conveyor	S2	E2	A2	R1	guarded door	guarded door with lock	S2	A1	R3A
Operator	Clear mess on target conveyor	S1	E2	A1	R2C	guarded door, light curtain	guarded door with lock	S1	A1	R4
Engineer/Operator	Placing product on pocket conveyor for teaching robot	S2	E1	A2	R2B	guarded door, light curtain	guarded door with lock	S2	A1	R3A
Engineer	Changing the vacuum cups	S2	E1	A2	R2B	guarded door, light curtain	guarded door with lock	S2	A1	R3A
Engineer	Adjusting vacuum with product manually	S2	E1	A2	R2B	guarded door	guarded door with lock	S2	A1	R3A
Operator, Engineer, Passer-by	day-to-day operation	S2	E1	A2	R2B	guarded door	guarded door with lock	S2	A1	R3A
	payload drops and become projectile robot goes wrong or arms fall off									

## 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。



## 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. 机器人单元和传送带

- 此区域使用带互锁开关和锁定装置的防护门进行防护。当操作员发出打开防护门的请求, 所有电机 (机器人和传送带) 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。在经过取决于停止时间测量值的延迟时间后, 锁定装置释放, 防护门随后可以打开。
- 防护门打开后, 所有电机 (机器人和传送带) 将无法启动。
- 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 PLd (CC3) 要求。

- 停止时间和安全距离。机器人的停止时间短于 **0.5s**。  
袋式传送带停止时间为 **0.1s**。通过风险评价确定接近速度为 **1600mm/sec**，因此从防护门打开位置到机器人工作区域之间的安全距离应大于 **800mm**，而且从防护门到袋式传送带的安全距离应大于 **160mm**。
- 2. 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。
- 3. 防止意外启动：
  - 应采用钥匙式主电源关闭开关
  - 在以下情况下，需要先复位，而后才可开始机器运动：
    - 上电后
    - 所述的任何安全功能触发后
    - 急停触发后

## V-2- 急停恢复：

在停止或中断（例如急停）后，分拣机可能停止在路径中的某一位置上。如果关节轴在上次停止位置附近的特定范围以内，则重启后可恢复此路径位置。

软件应可以恢复相应的 **CAM**，而无需再重新从头开始，但需要重新设置上次激活的 **AOI** 起始位。此功能可通过先进的 **Power Programming** 工具来实现，该功能包括 3 个例程与控制模块中用于 **AOI** 的恢复功能：

**Check\_Synchronisation:**

设置状态同步

**Get\_My\_Position:**

提供最近一次停止位置中关节/定位轴的位置

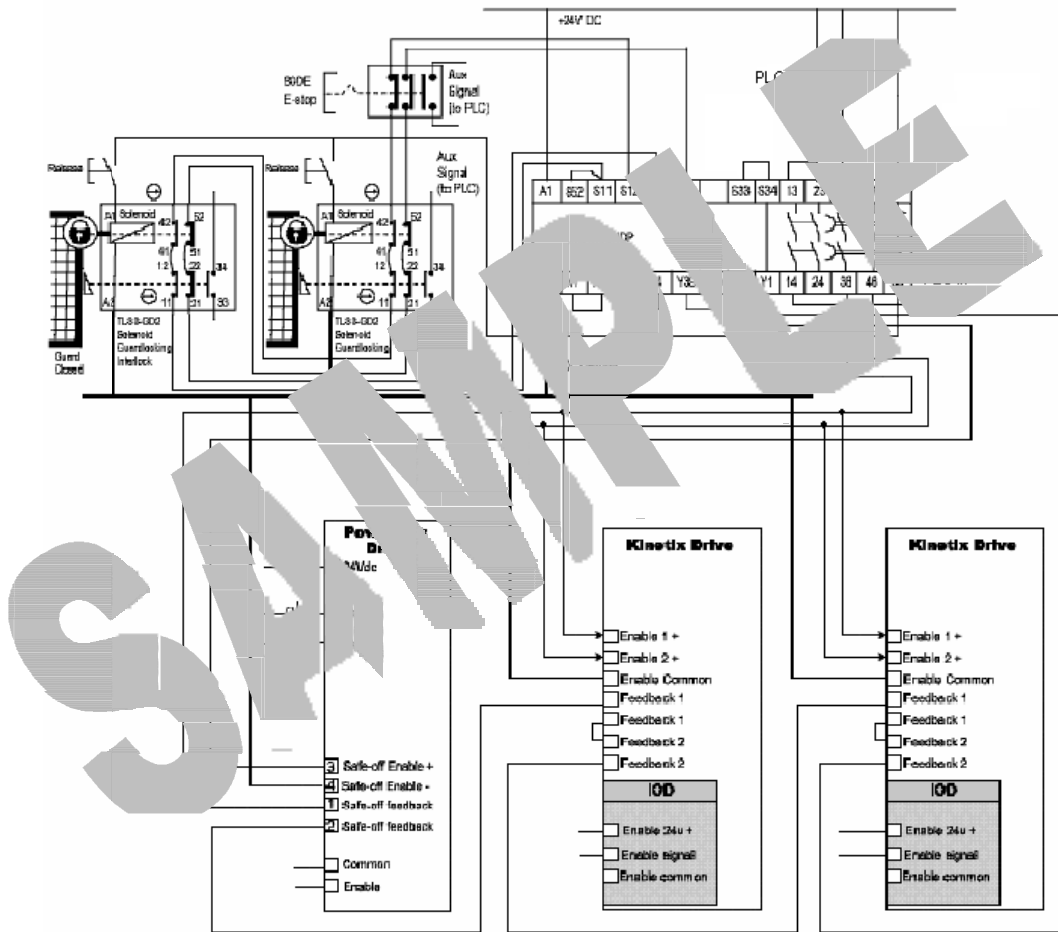
**Fine\_Synchronisation**

将关节/定位轴移回最近一次的停止位置

V-3- SRP/CS 的 BOM:

Qty	Catalog #	Description
		<b>VFD. PowerFlex</b>
2	20A-DG01	PF70 DriveGuard Safe_Off Interface
		<b>Motion System Module</b>
1	2090-XNSM-W	DRIVE TO DRIVE FIRST HEADERS
3	2091-XNSM-M	DRIVE TO DRIVE MIDDLE HEADERS
1	2090-XNSM-T	DRIVE TO DRIVE TERMINATING HEADERS
4	1202-C02	0.2 METER DPI/SCANPORT CABLE
1	2094-BC**M**S	Integrated Axis Module(Change to Guard Motion)
4	2094-BM**S	Axis Module(Change to Guard Motion)
		<b>E-Stop Button</b>
3	800F-MT44	800F Non-Illuminated Mushroom Operated, Reset to Release, 44mm Round Push Button, 4/4X1/3, IP66), Red, , Standard Pack (Qty. 1)
3	800F-ALP	Plastic Latch
6	800F-X01	22.5mm PB No Latch, Screw Contact Block, 1 NO
3	800F-X10	22.5mm PB No Latch, Screw Contact Block, 1 NO
3	800F-15YS-E112	800F Legend Plate, 60mm Round, 15mm Mounting Hole(EMERGENCY STOP)
		<b>Safety Switch</b>
2	440K-E33078	E1F, GD2 Kit with Semi Flexible Actuator, 24V, GD
2	440K-A21030	E1F/Cadet, GD2 Kit with Semi Flexible Actuator
2	440K-A33624	E1F, Mounting Plate
		<b>Safety Relay</b>
1	440R-N23120	Minor, MSP125.11, 24V AC/DC, 2 NO, 22.5mm Case
		<b>Terminal Block</b>
?	1432-L3	One-Circuit Feed-Through Block, 6mm <sup>2</sup> max. wire, Gray, Pkg. Qty. of 100
?	1432-EBL3	Gray End Barriers Pkg. Qty. of 50
?	1432-ERL35	End Anchors and Retainers, Pkg. Qty. of 20
?	1432-CJK5-6	Center jumper

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>）。

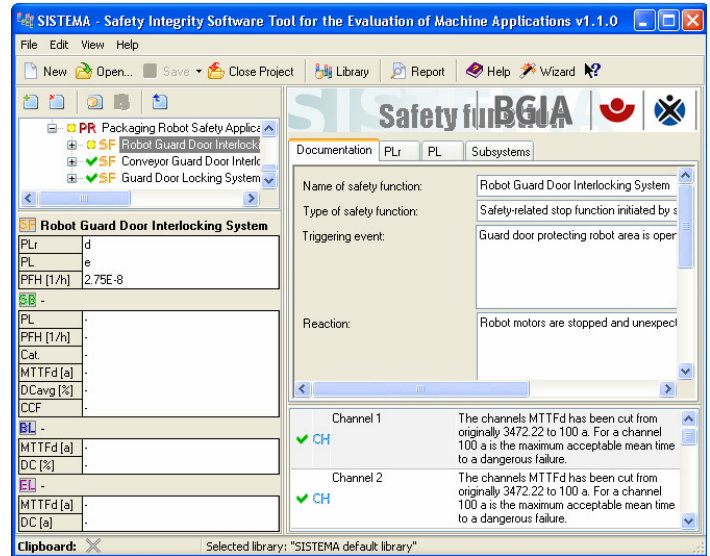
机器人的轴：PL = e >(PLr = d)

袋式传送带：PL = e >(PLr = d)

目标传送带：PL = e >(PLr = d)

子系统：防护门互锁开关 PL = e

防护门锁定 PL = d



SISTEMA - Sicherheit von Steuerungen an Maschinen	
Project name:	Packaging Robot Safety Application Note
Checksum:	7df3b41fa851741a733fa3573d2a064a
File date:	12/01/2010
Report date:	05/02/2010
<b>PR Project name: Packaging Robot Safety Application Note</b>	
Author:	mqmeng
Dangerous point/machine:	
Documentation:	
Document:	
File name:	C:\IRA\Projects\Safety\03_AP_Templates\14_Packaging Robotics\Packaging Robot.ssm
Version of software:	1.1.0
Version of standard:	ISO 13849-1:2006, ISO 13849-2:2003
Checksum:	7df3b41fa851741a733fa3573d2a064a
Options:	<input checked="" type="checkbox"/> Use DC intermediate levels for calculation of PFH (more precise) <input type="checkbox"/> Raise the MTTFd-capping for Category 4 from 100 to 2500 years
Status:	yellow
Note:	There are warnings with yellow status listed for this project (or it's subordinate basic elements). Please consider these hints.
<b>Contained safety functions</b>	
SF Name:	Robot Guard Door Interlocking System
Required: PLr	d
Reached: PL	e
PFH [1/h]:	2.75E-8
Status:	yellow
SF Name:	Conveyor Guard Door Interlocking System

(SISTEMA 报告的示例页)

## 2. 检验设计的安全功能

- a. 打开防护门，检查机器人和传送带是否相应地停止。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. 急停应触发所有电机相应停止。复位并重启。
- d. 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。