



PROFIsafe 系统描述 (PROFIsafe Systembeschreibung)

[德] 沃尔夫岗·斯特里普 著

Dr. Wolfgang Stripf

惠敦炎 译



Technologie und Anwendung

技术与应用

自动化领域开放的解决方案
(Open Solutions for the world of Automation)



PROFIsafe-PROFIBUS 和 PROFINET 的安全技术
系统描述

2007 年 11 月 9 日版

订购号: 4.341

编者

PROFIBUS Nutzerorganisation e.V. PNO
Haid und Neu-Str.7
76313 Karlsruhe
Deutschland
Tel:+49(0)721/96 58 590
Fax: Tel:+49(0)721/96 58 589
gemanym@profibus.com

PORFIBUS Trade Organisation PTO
16101 N 82nd Street, Suite 38
AZ 85260 Scottsdale
USA
Tel:+1 480 483 2456
Fax: Tel:+1 480 483 7202
usa@profibus.com

责任排除声明

PROFIBUS 用户组织 (PROFIBUS Nutzerorganisation) 非常详细地拟就了这本小册子的内容。但是, 不排除文中仍有谬误。PROFIBUS 用户组织或 PROFIBUS 贸易组织 (PROFIBUS Trade Organisation) 对此一概不负任何法律责任。对本文内容将定期加以审核, 以便日后再版时做出必要的更正。对读者提出任何改进的建议, 我们深表谢意。

在这本小册子中复述的名称可能是注册商标, 第三者利用这些商标达到自己的目的, 均可能侵犯其所有者的权利。

这本小册子不能替代 IEC61784-3-3 和 PROFIBUS 标准和行规文件。读者在任何无把握的情况下, 都必须注意遵守这一规则。



使命宣言

我们现在是,将来仍然是一个在解决工业通信问题方面位居世界之首的自动化组织。为我们的用户和我们的会员服务,是我们的使命。我们的出版物为广大读者提供最佳解决方案,使其受益匪浅,且获悉更多的资讯。

序 言

PROFIBUS 是唯一能够为制造业和过程自动化的所有领域提供一种统一的解决方案的现场总线。PROFINET-基于标准以太网-是补充型网络,其需求近年来持续增长。这两者的协议均被列入国际标准 IEC 61158 和 IEC 61784-1/-2 的通信行规族 3 中。

自 PROFIBUS 和 PROFINET International 国际组织 (PI) 成立以来,最为重大的事件之一,是 1999 年功能安全首部规范的颁布。这一步意味着自动化领域中有一个量的飞跃,并开拓了许多新的可能性。

这一技术的名称是 PROFIsafe。 PROFIsafe 的标志如下图所示。

从此以后，PROFIsafe 发展成为功能安全通信方面引领全球、最为流行的技术。其间，PROFIsafe 已是 IEC 61784-3-3 名称下的国际标准。



本系统描述应使读者对 PROFIsafe 技术及其相关话题有个全面的了解，而对细节不太追究。本文无论如何替代不了相关的规范与准则，唯有它们是权威的和有约束力的。

PROFIsafe 获得了 BGIA（Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit-德国工伤保险职业安全研究所）和 TÜV（Technischer Überwachungsverein-德国技术监督联合会）的认可（见下图）。



功能安全是自化中一个重大的课题。因此，必须谨慎地着手解决 PROFIsafe 技术的推广、实现和应用。所有参与工作的企业和研究机构有义务奉行所谓“PROFIsafe Policy”（PROFIsafe 准则）

此篇短文可以理解为正式文件的补充和一览无余的归纳。

本文中缩写“F”表示“fail-safe”（故障安全）、“功能安全”或者干脆表示“安全相关的”。

目 录

序言	1
目录	3
1. 自动化中的安全.....	5
1.1 趋势.....	5
1.2 PI 使 PROFIsafe 得以实现	8
1.3 国际标准.....	9
2. 目标.....	10
3. “Black Channels-黑色通道”的设置.....	14
3.1 基本功能.....	14
3.2 网络部件.....	14
3.3 无线通信&数据安全.....	14
3.4 数据类型.....	15
4. PROFIsafe-解决方案.....	15
4.1 安全措施.....	16
4.2 PROFIsafe报文格式	18
4.3 PROFIsafe-服务.....	19
4.3.1 F-Host服务 (F-主机服务)	19
4.3.2 F-设备服务	20
4.4 F-参数	20
5. 如何实现?	21
5.2.1 GSD的防护.....	22
5.2.2 I/O数据的防护	22
5.2.3 iParameter (i参数)	22
5.2.4 PROFIdrive (现场总线驱动技术)	24
5.2.5 PA Device (过程自动化设备)	26
5.2.6 I&M-功能 (识别&维护功能)	26
5.2.7 诊断.....	26
5.3.1 可能的结构.....	26
5.3.2 一致性等级(Conformance Classes)	27
6 认证.....	27
6.1 PROFIsafe的测试.....	27
6.2 安全评估.....	28
7. PROFIsafe的应用	29
7.1 电气安全.....	29
7.2 供电电压.....	30
7.4 高可用性.....	30
7.5 安装指南.....	31
7.5.1 先决条件.....	31
7.5.2 边界条件.....	31

7.5.3	布线.....	32
7.5.4	可用性.....	32
7.5.5	“紧急停止 (Not-Halt)”方案.....	33
7.7	数据安全 (Security)	34
7.8	反应时间.....	35
8.	整体安全考虑.....	36
8.1	法规&标准.....	37
8.2	风险降低.....	37
8.3	IEC62061 的应用.....	37
8.4	风险评估.....	38
8.5	SIL-确定.....	38
8.6	安全功能.....	38
8.7	已达到的SIL.....	38
8.8	电子机械.....	39
8.9	非电气部件.....	39
8.10	确认.....	39
9.	F- (从站) 设备家族.....	39
9.1	远程-I/O.....	39
9.2	光学传感器.....	40
9.3	驱动器.....	40
9.4	机器人.....	41
9.5	F-网关.....	41
9.6	PA-设备.....	41
9.6.1	液位监控.....	43
9.6.2	ESD-阀 (紧急切断阀)	43
9.6.3	压力变送器.....	43
9.6.4	瓦斯与火警警报器.....	43
10.	用户受益.....	44
10.1	集成商与用户.....	44
10.2	设备制造商.....	45
10.3	未来的投资.....	45
11.	PI (PROFIBUS & PROFINET国际) 组织概况.....	45
11.1	PI的任务.....	46
11.2	技术研发.....	46
11.3	技术支持.....	47
11.4	认证.....	47
11.6	因特网平台.....	47
	中、德、英术语对照表.....	48
	参考文献.....	53

1. 自动化中的安全

任何工业过程都或多或少地同风险联系在一起，从而

- 造成人员伤亡；
- 破坏自然环境；
- 有损投资

大多数工业过程相当简单，无需对自动化系统提出太多的要求即可避免风险。但有些典型的应用伴随着很大的风险。这类例子很多，有压力机、工具机床、机器人、传送与包装系统、高压工艺过程、海上石油平台技术、火灾与烟气报警器、燃烧器、索道等等。这类应用需要特别的预防和技术。

市场正在逐渐地使标准自动化系统的可靠性与可用性自行定位在有一定竞争能力的费用高度。虽然标准自动化的故障率或事故率对于一般的应用场合是可接受的，但它对于上述有很大风险的应用，则是不够格的。

这一点可以跟邮政系统相比。一般信件要求的可靠性是可以接受的，因此以普通邮件发送应是十分有利的。重要的邮件则应使用“挂号”更为安全、可靠。

1.1 趋势

过去微控制器、软件、PC机和通信网络对于标准自动化产生了巨大的影响，致使费用大幅度降低，使灵活性与可用性有较大的提升。但是，新技术的应用最初在安全标准中是被禁止的。在当时，安全自动化还必须采用“固定连线”，且以继电器技术为基础（见图2）。

在图1中你可以找到针对“安全”与“现场总线”课题的IEC标准和ISO标准及其相互关系。

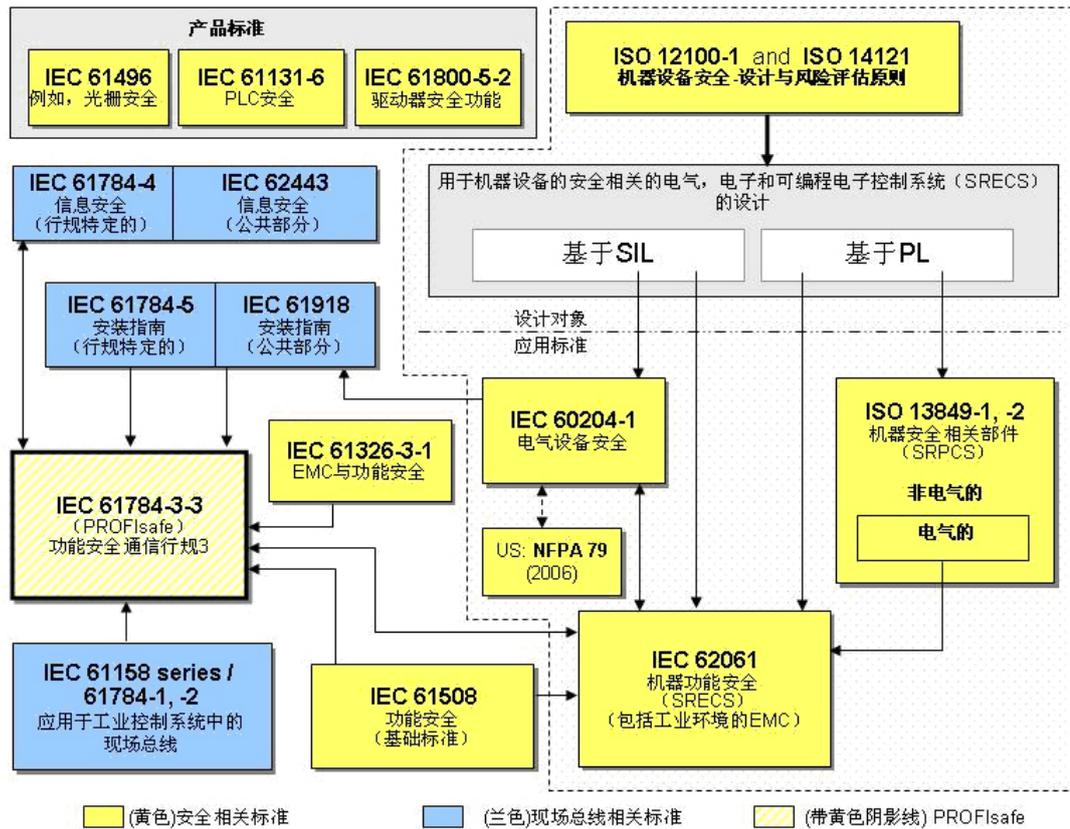


图 1 用于工厂自动化的现场总线与安全标准

功能安全的基本标准是 IEC61508，它充分考虑了电气装备功能安全的要求，且包括基本原则与方法。它提供一种定量计算所谓安全功能（Safety Integrity Levels-SIL，安全完整性等级）危险失效的残余概率。这对于 F-Device 和 F-Host 的研发者极有帮助。国际标准 IEC62061 专门描述应用于制造业自动化中的机械设备的安要求。该标准考虑了系统、子系统和单一零部件以及如何评估它们在安全功能中的组合。ISO13849-1 是目的类似的 EN954-1 的后续。但是，它引用一个易于修改的计算模型（Performance Levels-PL，性能等级）且也覆盖了非电气设备，例如液压阀。机器设备安全的基础技术与方法已在 ISO12100-1 中作了规定。ISO14121 描述了风险评估的原理。IEC60204-1 规定了机器设备，电气装备的一般要求和应用指南。相关内容有：电源、防电击、紧急断开、导线与电缆等等。产品标准如 IEC61496，ICE51800-5-2 和 IEC61131-6 描述了单个设备家族的要求。

在欧洲机器法的附录中，列有依照法规需要通过一个被授权机构（BGIA，TÜV，FM-Factory Mutual，等）认证的机器设备和零部件的表格。在经过各方协调的产品标准（如 IEC61496）中，有制造商的一份声明就足够了。

对有较高的抗电磁性干扰能力的 F-Device 和 F-Host 的要求在 IEC61326-3-1 中作了明确的规定。功能（FS）性能判据在电磁干扰特别增强的情况下，允许出现功能偏差。但是，在这类情况下，试验对象（EUT）必须过渡到一个安全状态中。

出现这种矛盾是很自然的事。然而，安全是建立在可依赖的技术和适合材料的基础之上。依赖的基础是经验，这需要一定的时间。而将经典的安全技术引进现代自动化领域，必然会带来一些负面影响。例如，因增加布线和编程而引起的费用，灵活性和可用性比期望的更低；其他的不足方面，如不确定的机器停止位置和随后在重新启动时所花费的高额开销。

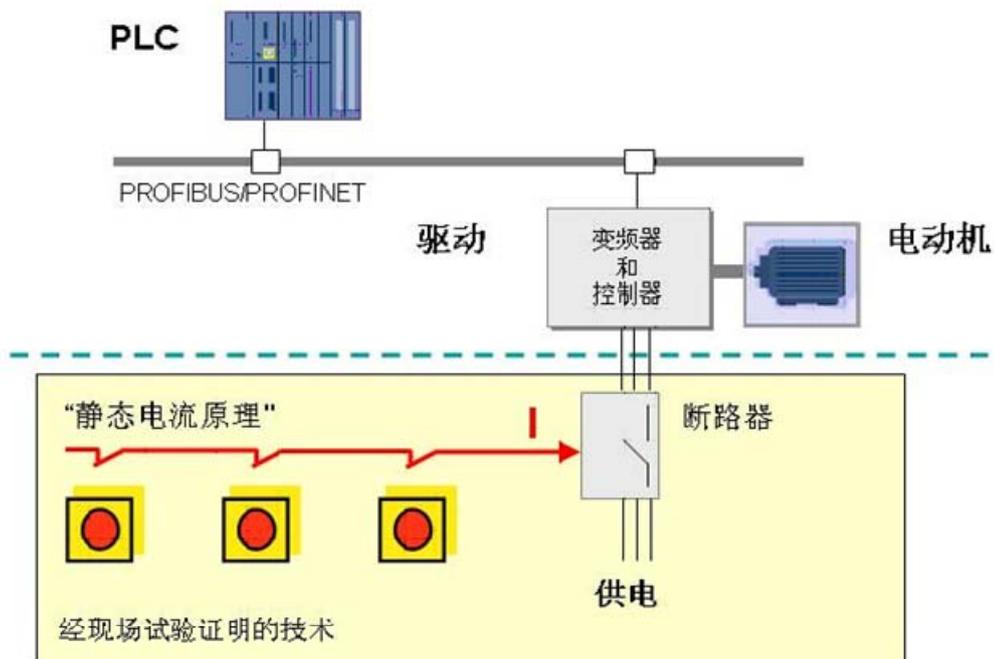


图 2 经典安全技术

当今，数以百计的微控制器和软件经受了使用的考验。国际标准 IEC61508 的颁布为其在 F-应用领域中的使用创造了先决条件。

人们通过上述标准对许多数字通信系统中的错误识别机制进行了深入细致的研究。有些标准，如 IEC62280-1 帮助人们为此目的铺平道路。

1.2 PI 使 PROFI-safe 得以实现

PI 是研发 PROFI-safe 技术的发起者。该技术是安置在已经存在的 PROFIBUS 和 PROFINET 协议之上的附加层。PROFI-safe 可以使在一个 F-Host(安全控制器) 和一个 F-Device 之间的数据传输中的失效概率降低到标准所要求的范围，甚至低于这个范围。

PROFI-safe 在软件上极易实现，因此在使用 PROFIBUS 和 PROFINET 的条件下，覆盖了过程自动化和制造业自动化中安全应用的整个范围。PROFI-safe 甚至获准应用于无线通信技术，如 WLAN 和蓝牙 (Bluetooth)。它将数据安全技术 (Security) 包括在内，可经由以太网主干线获得更加广泛的应用。

PROFI-safe 在过程自动化中显现出高可用性和低能耗，而在制造业自动化中则呈现出 ms 范围内的瞬间反应时间。

现代的 F-Device，如激光扫描器或带集成安全装置的驱动器如今可以大显身手。PROFI-safe 的系统支持是挖空心思想出来的，它使单个设备安全参数 (iParameter) 的管理变得十分简单。它包括 F-Device-Tools (例如：Tool Calling Interface 调用接口工具) 以及选择存储和再装入 i 参数的装置 (iPa-Server)。这里应当指出，各类工具的接口和 iPa-Server-Option (i 参数-服务器-选择) 装置也可以应用于非安全相关的设备中。

国际标准 IEC61508 在抗电磁干扰方面提出了更高的要求，但未规定细节。“PROFI-safe Environment” (PROFI-safe 环境) 作为补充准则弥补这一空白和其他

的空缺，从而促进了 F-Device 和 F-Host 的发展与应用。

PI 有一项规定，即在 PROFIBUS 和 PROFINET 网络中只准许使用按照 IEC61508 认证的 F-Device 和 F-Host。设备同 PROFIsafe 协议的一致性必须在被授权的 PI 测试实验室中通过检验并经 PROFIBUS 用户组织 (PNO) 认证。又有一项准则“PROFIsafe Test-Spezifikation” (PROFIsafe 测试规范) 确定了认证机构 (如 TÜV) 和 PI 测试实验室的作用与任务。

读者欲查询有关 PROFIsafe 的最新资讯，请登录网站 www.profisafe.net；欲查询有关 PROFIBUS 和 PROFINET 的一般信息，请点击网站 www.profibus.com。

1.3 国际标准

大多数国家都规定了保护人与自然环境的国法。在欧洲，低压法、EMC-法和机器设备法都是这类立法的典型例子。这些法律、法规又都是出自国际标准。

现场总线标准规定在 IEC61158 和 IEC61784-1 中。实时以太网的衍生，例如 PROFINET IO, 定义在 IEC61781-2 中。“安装指南”的一般规定归纳在 IEC61918 中；行规特定的安装指南见 IEC61784-5。一般的信息安全指南 (Security) 见 IEC62443；行规特定的信息安全指南归入 IEC61784-4 中。

图 3 中可以找到相似的 IEC 标准和 ISO 标准，这些标准适用于过程自动化的现实状况。专业标准 IEC61511 描述了在已定义的电磁环境下且在极其灵敏的过程测量与控制系统中长期经验积累处境下的功能安全 (所谓“经使用验证可信”-Betriebsbewahrung)。IEC61326-3-2 相应地考虑了这种环境的 EMC-要求。

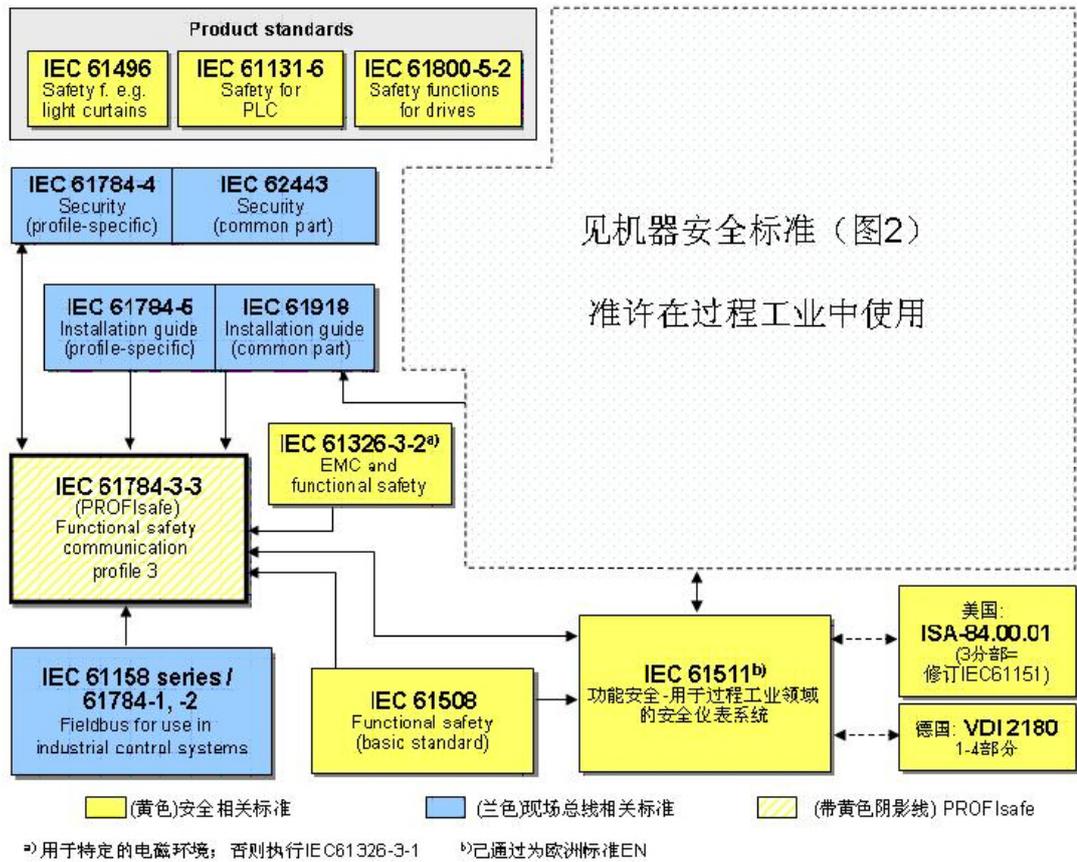


图3 用于过程自动化的现场总线与安全标准

2. 目标

从一开始 PROFIsafe 的目的就是为了向 F-设备的研发者和最终用户提供一种内容丰富和行之有效的解决方案。

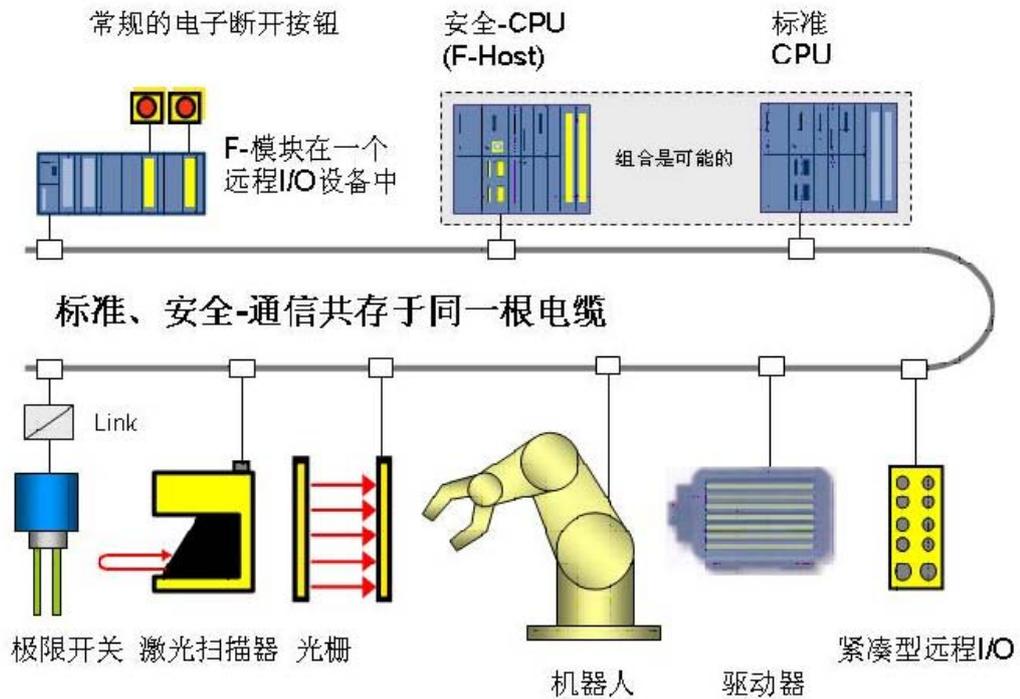


图4 “单通道 (Single Channel)”-方案

PROFIsafe-协议对 PROFIBUS 和 PROFINET 网络的适应达到了天衣无缝的程度。安全信息可以同标准信息一道经总线电缆而被传输 (图4)。

这种“单通道”-解决方案也可以使用一台标准 PLC 和集成的、但逻辑上分离的 F-CPU, 可以有选择地实现高可用性的介质冗余。对于想要在物理上将标准通信和 F-通信分隔开来的用户而言, PROFIsafe 不会是一个障碍。就连分开网络的用户也能从统一的 PROFIsafe 技术中获益。

PROFIsafe-协议不会对标准总线协议产生干扰。它也不会受当时的传输通道的影 响, 无论传输介质是铜缆、光缆, 后背总线或无线的。传输速率和当时的错误识别也都无关紧要。对于 PROFIsafe 而言, 传输通道仅仅是“黑色通道 (Black Channels)” (图5)。

PROFIsafe-协议为用户免除了其单个后背总线系统或超越 PROFIBUS 和 PROFINET 的其他通道的安全评估。因此, 它将确保整个路径的功能安全, 即从

一个 F-信号的发送器（例如，在一个远离总线终端中的 F-模块）至接收器（F-Host），反之亦然（图 7）。

PROFIsafe-协议在安全相关应用方面,按照 IEC61508/IEC62061 可达到 SIL3; 按照 EN954-1 可达到安全类别 4; 按照 ISO13849-1 可达到 PL“e”。

PROFIsafe-协议的参数应根据 PROFIBUS 和 PROFINET 的设定处理,例如通过 GSD。但是, 这些参数在存储、求值、赋值和从组态工具经 IO-控制器、DP-主站直至 F-设备的传输过程中均受到保护。所有安置在远离总线终端的 F-设备或 F-模块均应使用相同的一组 PROFIsafe-参数, 以便实现统一管理。

F-设备的单个安全参数是技术所特有的, 例如装有集成安全系统的驱动器, 激光扫描器, 等等。用 GSD 来管理这些参数, 会造成资金的极大浪费, 且会带来不必要的麻烦。因此, F-设备的开发者们应当能够将其单个组态的、参数化的和诊断的工具（简称为 CPD-工具）经相应的接口集成到工程工具中。这将为各个 F-设备或 F-模块定位和通信提供方便。

在出现故障的情况下, 为了迅速地更换 F-设备, 系统应当能够集中存储与调用单个设备的安全参数（iPar-Server）。这是由控制器来完成的, 该控制器负责启动基于 GSD 的总线参数化进程。

在待补充的指导文件中, 应规定使用 PROFIsafe-设备的全部要求, 例如:

- 安装;
- 电气安全;
- 电源电压;
- 电磁相容性;
- 数据安全（Security）。

最后, PROFIsafe 的开发者应通过 PROFIsafe- 开发包（PROFIsafe-Development-Kits）以及资格中心和测试中心获得对 F-设备或 F-模

块研发最大可能的支持。

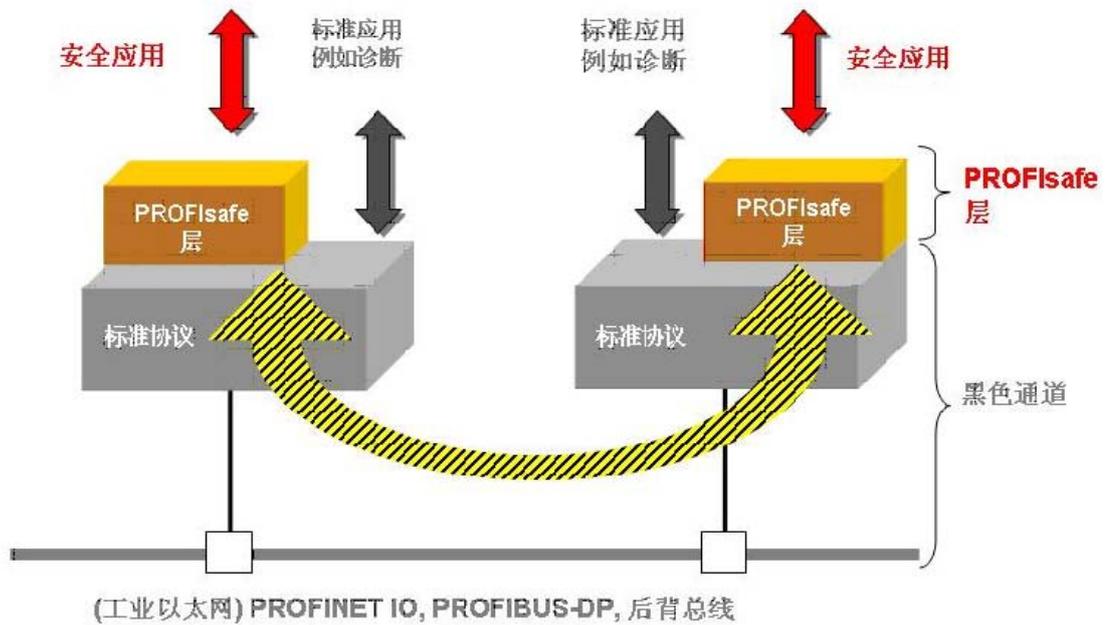


图5 “Black Channels-黑色通道”原理

在当前的行规版本中，PROFIsafe 实现了所有这些目标。其方案既简单又易懂。

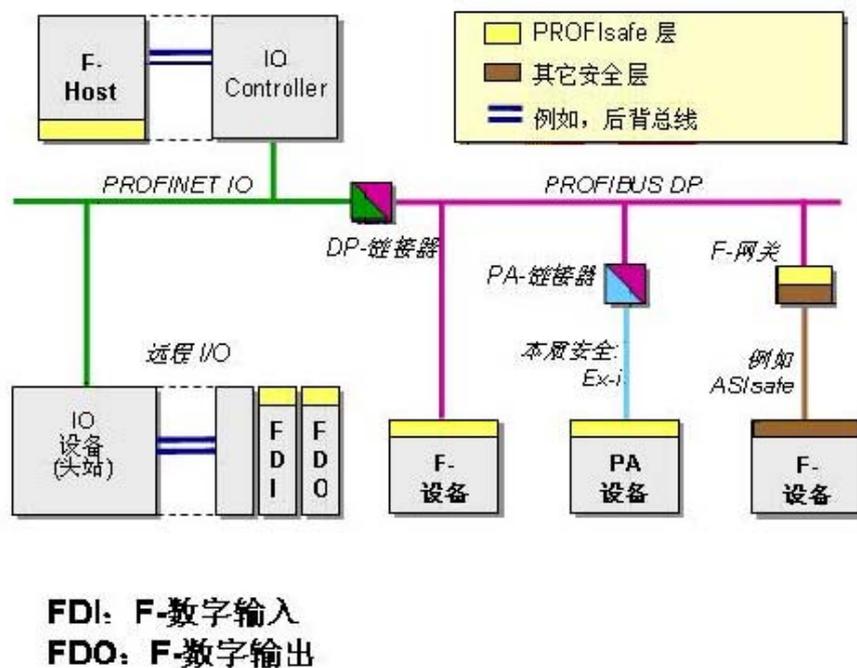


图6 完整的安全通信路径

在我们深入研讨 PROFIsafe 之前，先将目光投入指定的前提和边界条件。

3. “Black Channels-黑色通道”的设置

尽管 PROFIsafe 使用了“Black Channel”原理，但具备了某些 PROFIBUS 和 PROFINET 的基本性能，在研发 PROFIsafe 的过程中考虑了这些基本性能。

3.1 基本功能

一个总线控制器与其现场设备之间的循环通信（询问与应答原理）是这类基本功能之一。此原理可以直接跟踪找到任何有故障的设备。PROFIsafe 正是建立在此原理的基础之上，因而可以免除自身的音讯应答机制。

另一项功能则是一个总线控制器与其所属现场设备之间的 1:1 通信关系。PROFIsafe 建立在此原理的基础之上，以保证信息的真实性。然而，由此产生的结果是，一个单独的 F-Host 只能访问一个模块式现场设备中的一个 F-模块（子槽-Subslot）。

3.2 网络部件

一个“Black Channel”可以包括若干个透明的网络部件，例如交换机、路由器、链接器和无线传输区段。

对于 PROFIsafe 而言，为满足 SIL3 要求所采取的限制性措施微不足道。因此，允许使用所有类型的交换机，但只允许串联 100 个交换机。一个 PROFIsafe-岛屿的 F-地址空间大小必须有明确的规定。彼此相连且 F-地址空间重迭的岛屿必须用多端口路由器将它们彼此分开。除此之外，就再也没有从 PROFINET 经由 PROFIBUS 直至本安版的 MBP-IS 的其他限制（图 6）。

3.3 无线通信&数据安全

只要保证足够的可用性（无故障发生）和数据安全性（Security），就允许无线通信。

PROFIsafe 详细描述了对无线通信系统以及与工业以太网主干线或因特网（所

谓开放性网络) 相连接的有线网络数据安全所规定的要求。

差错 \ 措施	F-报文序列号 (活标志)	超时控制 (以收据确认)	代码名称 (发送方与接收方之间的标志)	数据完整性 校验 (CRC-检验)
重复	X			
丢失	X	X		
添加	X	X	X	
错序	X			
数据造假				X
延迟		X		
寻址出错			X	
伪装 (标准拆报文伪装成故障安全报文)		X	X	X
在交换机中重复出现的存储器失效	X			

图 7 传输错误类型和安全措施

3.4 数据类型

现场总线通信可以识别许多不同的数据类型, 以便进行信息交换 (见参考文献)。为减少复杂程度, PROFIsafe 只提供了其中有用的一部分。

4. PROFIsafe-解决方案

两个同等通信系统之间进行的 F-通信应保证

- 真实的数据 在
- 指定的时间 到达
- 指定的接收器。

在以错综复杂的网络拓扑结构进行信息传输的过程中, 可能会出现各种各样的错误, 有硬件故障、电磁干扰, 也有其他的干扰。信息有可能丢失、混入、重复、延迟或出现错序和/或显示虚假的数据。在 F-通信的情况下, 可能出现“伪装-Maskerade”: 标准信息被错误地送达某一个 F-设备, 且冒充成 F-报文。此外, 不同的传输速度可能引发总线部件中的存储器失效。PROFIsafe 从文献的许多对

策中总共采纳了 4 种，如图 7 中所列。

4.1 安全措施

这些相应的措施包括：

- F-信息（报文）的序列号（“sign-of-life”-活标志）；
- 以收据确认的定时控制（“watchdog”-看门狗；“Time-out with receipt”-以收据确认的超时控制）；
- 发送方与接收方之间的标志（“F-地址”）；
- 数据完整性校验（CRC=cyclic redundancy check，循环冗余码校验）。

接收方根据序列号可以领悟它所收到的报文是否完整，序号是否正确。序列号随同收据重返发送方，以便查验。原本在这里设置一个简单的“触发位”（Toggle-Bit）就足够了。但有些总线部件，如交换机，拥有一个中间存储器，因此，PROFIsafe 选择了一个 24 位计数器。

在 F-技术中，传递具体的过程信号和数值固然很重要，在过程容错时间之内这些信号和数值的更新也很关键。因此，一个 F-设备在超时的情况下能够自动地释放预定的安全措施，例如停止动作。F-设备为此使用了一个看门狗定时器，当一帧 F-报文以新的序列号到达接收方时，该定时器将重新启动。

控制器与现场仪表之间的 1:1 通信关系简化了出错的 F-报文的识别。为此，发送方和接收方需要在整个网络中有一个无歧义的、用来检验 F-报文真实性的标志。在 PROFIsafe 中，此标志就是“F-地址”。

循环冗余校验（CRC）在识别有错的数据位方面起着关键作用。对剩余差错概率（Restfehlerwahrscheinlichkeit, Residual error Probability）的研究是十分必要的，为此 IEC61508 的有关规定都考虑到了。根据这些规定可以估算出安全功能允许的危險失效概率（SIL）。PROFIsafe 遵循该标准的规定。

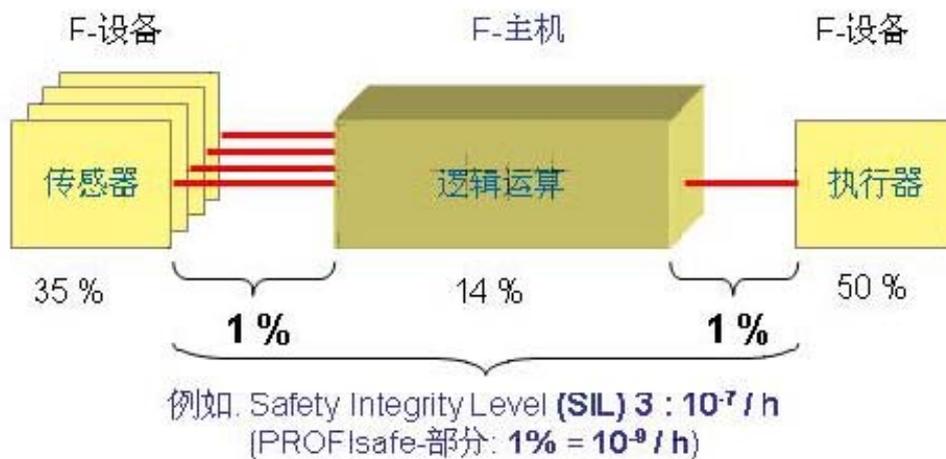


图 8 安全功能与 SIL

F-Input/Output data	Status / Control Byte	CRC signature (代码)
		通过 F-I/O data, F-Parameter, 和 序列号
最大的 of 12 或 123 bytes	1 byte	3 或 4 bytes

图 9 PROFIsafe 报文格式

根据IEC61508 标准的规定，一个安全回路包括所有的传感器、执行器、传输元件和逻辑处理单元，它们均含有安全功能。IEC61508 为不同的安全完整性等级（Safety-Integrity-Level, SIL）定义了失效概率。例如，SIL3 对应的失效概率为 $10^{-7}/h$ 。PROFIsafe为传输只须贡献1%就行，所对应的危险失效概率为 $10^{-9}/h$ 。利用这些预先给定值可以决定适合F-报文规定长度的CRC-多项式。由此产生的未知错误的F-报文的剩余差错概率在最大位错误概率为 10^{-2} 的情况下可以保证所要求的值。PROFIsafe使用一个 24 位和一个 32 位 CRC-生成多项式

(Generator-Polynom), 以便计算相应的 3 或 4 字节长的CRC-代码。所选的CRC-多项式的特性和专用的计算方法使PROFIsafe不依赖于“Black Channel”的所有错误识别机制。

4.2 PROFIsafe 报文格式

在一个 F-主机 (Host) 与其 F-设备 (Device) 之间的 F-报文被当作“有用载物”在 PROFIBUS 和 PROFINET 报文中传来、传去。当一个模块式 F-设备拥有若干个 F-模块时, 此“有用载物”则由若干 F-报文所组成, 图 8 所示为 PROFIsafe 帧的格式。

考虑到前面提到的数据类型子集, PROFIsafe 帧以 F-输入/输出数据 (F-Input/output data) 开头。一定的 F-设备的数据结构在其所属的 GSD-文件 (通用站描述-General Station Description) 中有规定。制造业自动化与过程自动化对一个 F-系统提出不同的要求。前者以短信号 (“比特”或“位”) 运作, 这些短信号必须迅速地加以处理; 后者以较长的过程值 (“浮点”) 运作, 对其处理允许速度放缓。为此, PROFIsafe 提供了两种不同长度的数据结构, 其中之一限长为 12 字节, 为此需要 3 字节长的 CRC-代码; 另一个限长为 123 字节, 使用一个 4 字节 CRC-代码。

在一个单一的 F-主机报文中, 跟在 F-输入/输出数据后面的是一个控制字节 (Control Byte), 要不然就是一个状态字节 (Status Byte)。两者都是为 PROFIsafe-协议机的同步化服务的。

一个 F-报文的结尾部分是一个 CRC-代码, 它取决于 F-输入/输出数据。

序列号不用 F-报文传递。发送方和接收方各自拥有计数器, 它们借助控制与状态字节达到同步。同步化正确与否可通过将计数器的值输入 CRC-代码运算中来进行监控。

“F-地址”也被安全送入 CRC-代码运算中。

4.3 PROFIsafe-服务

F-报文的发送方与接收方的工作层位于“黑色通道-Black Channel”之上（图4）。实现 PROFIsafe 层的是软件（“驱动”软件）。其核心是用于 F-报文正规的循环处理的、以及偶尔操作（例如，系统启动、开与关、CRC-错误处理等）的一台状态机。图 10 所示为 PROFIsafe 层如何同单一的 F-设备技术和 F-主机应用程序协作。

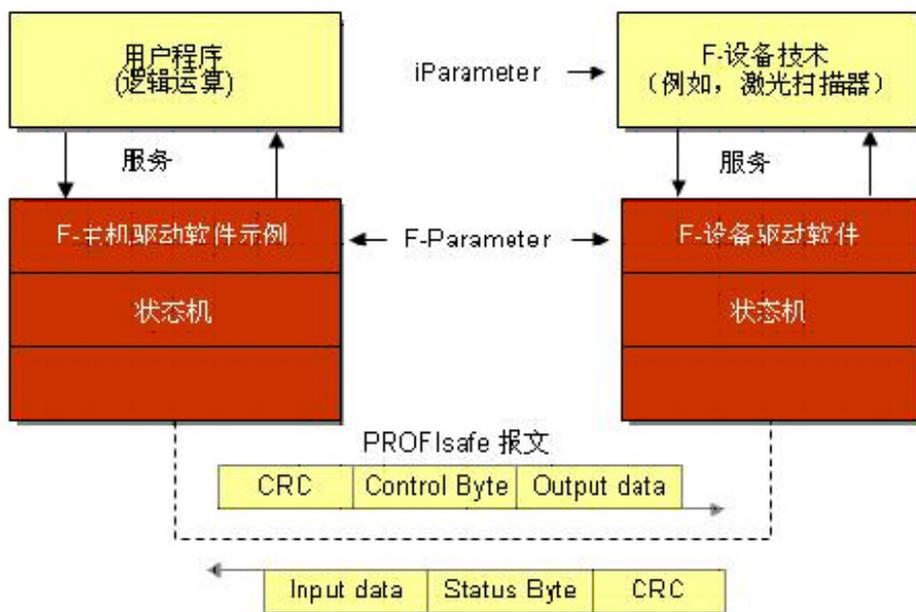


图 10 F-主机和 F-设备中的 PROFIsafe 一层

4.3.1 F-Host 服务 (F-主机服务)

F-主机服务首先负责完成 F-输入/输出数据的交换。在加速或故障情况下，现实的过程值将被预置的安全值（“0”）所取代，以便将接收方置于一个安全的（无源）状况。

在控制字节中有一个标志（“activate_FV”）是专为那些需要放缓速度进入安全状态以取代“关闭”的 F-设备提供的。一个 F-设备从它自身通过状态字节中的标志就可以了解它自己的安全状况（“FV_activated”）。

F-通信故障迫使 F-主机-驱动器被切换到安全状态。一般情况下，安全功能不允许自动地和未经人工干预从安全状态转换为正常工作状态。为了将操作员干预和以收据确认的必要性告知应用程序，PROFIsafe 提供一项额外的服务 (“OA-Req”)。此外，PROFIsafe 也使 F-设备获悉有关可选项 LED 显示，但尚未做出确认的信息。一旦操作人员确认，便可通过相应的服务把应用程序交给 F-主机驱动器 (“OA-C”)。

一个 F-设备的技术专用参数称之为 i 参数 (iParameter)。如果一个 F-设备在运行中需要更改 i 参数，则 PROFIsafe 在这里也管用。有一项专门的服务允许应用程序释放 F-设备去接纳新的 i 参数 (“iPar-EN”)。另一项服务以信号告知应用程序已准备好恢复安全操作 (“iPar-OK”)。

4.3.2 F-设备服务

PROFIsafe 的 F-设备服务可以实现 F-输入/输出数据交换，安全状态置位以及有关 i 参数管理和上面已涉及到的向操作员提出确认询问的报告。

除此以外，F-设备可以通过状态字节中的一个标志 (“Device_Fault”) 向 F-主机报告设备故障。

使用 PROFIsafe 实现数据传输时，所要求的 F-设备安全功能持续时间必须足够长（至少为 2 个序列号增量）。为此，有一项特殊服务通过查询序列号给予支持。

PROFIsafe 层的诊断数据被送至 F-设备的技术特定的部分。

F-设备将 F-参数交给 PROFIsafe 层。F-设备在总线系统提速期间，除了所有其他的参数外，还获得了这些 F-参数。剩下的问题是，这些 F-参数究竟包含了什么内容？

4.4 F-参数

F-参数包含了许多旨在使 PROFIsafe 层适应用户给定的要求和以单独的途径

(分散的) 检验参数化。最主要的 F-参数有:

- F_S/D_Address (简称: F-Adresse, F-地址)
- F_WD_Time (F-看门狗时间)
- F_SIL (F-安全完整性等级)
- F_iPar_CRC (F-i 参数-循环冗余校验)
- F_Par_CRC (F-参数-循环冗余校验)

F_S/D_Address 是在一个 PROFIsafe-岛屿之内 F-设备的一个无歧义的地址。F-设备的技术部分同现场的地址开关进行数值的比较或者对比所设定的 F-Address, 其目的在于检验连接的真实性。

F_WD_Time 将一个看门狗定时器定义在 ms (毫秒) 级。定时器监控持续时间, 直至接收下一个有效的 PROFIsafe-报文。

F_SIL 给出用户对当时的 F-设备所期望的 SIL。此值将同制造厂在本地存储的值相比较。

F_iPar_CRC 是一个由 F-设备技术特定部分的所有 i 参数计算出来的校验和。

最后, F_Par_CRC 提供一个 CRC 代码, 它是为所有的 F-参数而生成的, 而且确保 F-参数的传输无差错。

有关 PROFIsafe-协议的概述就到此为止。下面我们进一步探讨其他问题。我们来看一看, PI 除此以外还得做些什么, 你准备好了吗?

5. 如何实现?

首先我们要一一列出所需的和新增的 PROFIsafe 文献资料(参见参考文献)。读者应当只引用这里所指定的或者较新的版本。PROFIsafe 规范 V1.30 是一个较老的版本, 仅用作资讯, 不可用作开发的依据。

下面要研讨的内容至少涉及安全基本标准 IEC61508, 或者就开发过程中和组织过程中为达到设备必要的安全性必须注意的事项, 倾听专家们的建议。一般

的原则是：PROFIsafe 的实现不会使一个标准设备变成了一个 F-设备。“技术”结构，协议和这两者如何实现的方式、方法决定了设备所达到的安全完整性等级（SIL）。

5.1 安全等级

虽然 PROFIsafe 所适用的安全功能可以达到 SIL3，并非必然要开发同样达到 SIL3 的 F-设备。所要求的安全等级取决于最终的应用和安全功能的定义。安全等级较低的 F-设备可以通过冗余或者其他措施达到较高的 SIL。

5.2 F-设备（F-Device）

实现PROFIsafe-驱动器软件有两种可能性。软件的开发可依据规范或者使用一个市场上可得的Starter-Kits(www.profisafe.net)。使用Starter-Kits的优点十分明显：驱动软件通过检验，含有额外有价值的信息，提供专用工具和技术支持。

所有可用的芯片（ASICs）和通信层均可用于面向 PROFIBUS 和 PROFINET 的接口。PROFIsafe-驱动软件可以与之相适应。

5.2.1 GSD 的防护

在 PROFIBUS 或 PROFINET 网络中，每台设备都有一个 GSD-文件（General Station Description,通用站描述）。在确定 GSD 中一个 F-设备的一般参数之后，必须对 F-参数进行编码。此 F-参数块将通过一个特定的 CRC-代码（“F_ParamDescCRC”）来防止存储器介质上的数据被篡改。有一个组态工具可以根据 F-参数块中包含的特定的 CRC-代码来校验 F-参数块的真实性。

5.2.2 I/O 数据的防护

GSD 也描述 F-I/O 数描的格式。另有一个 CRC 代码（“F_IO_StructureDescCRC”）用来确保 GSD 这一部分的安全。

5.2.3 iParameter（i 参数）

F-设备的多种不同的技术造成了大量的单个安全参数（i 参数）。

i 参数的数量从 F-模块的几个字节到一个激光扫描器多达若干 10 千字节不等。大多数 F-设备都已经有了组态、参数化和诊断的软件工具（CPD-工具）。因此，通过 GSD 来处理 i 参数的意义不大。

PROFIsafe 推荐使用新的所谓 iPar-Server（i 参数服务器）。负责提供 i 参数服务器的是 F-主机制造商。服务器可以安置在 F-主机与安全不相干的部分，即参数化主站中，或者安置在一个下属控制器中，例如在同一网络中的一个 PLC 中或一个工业 PC 中。

图 11 所示为 iPar-Server 机制的各个步骤。F-设备的 iPar-Server 同网络组态和 F-参数化一道被初始化（1）。在安全状态（FV）下，F-设备才可以进入循环数据交换阶段。从工程工具可见，某个 CPD 工具经合适的接口（2），例如 TCI（Tool Calling Interface，工具调用接口）或者 FDT（Field Device Tool，现场设备工具）而被启动。

启动时，至少已被组态的设备网络地址一同给出。之后，CPD 工具可以使参数化、投运和测试得以实现（3）。这些过程结束之后，计算出 iPar-CRC-校验和且以十六进制格式显示。其数值被引入工程工具组态部分中的输入区段“F-iPar-CRC”（4）。一次新的启动也将 F 参数“F_iPar_CRC”供给 F-设备（5）。在通过一次最终验证之后，F-设备有资格要求为其 iPar-Server-Instanz（i 参数服务器实例）加载（Upload）。此时，它利用一个特定的诊断报文。iPar-Server 轮询诊断信息（例如，RDIAG-FB），读取 Upload-询问信息（R），启动 Upload 过程（7）。此时，i 参数在运用非循环服务（Read Record，读记录）的条件下作为实例数据被存储在 iPar-Server 中。

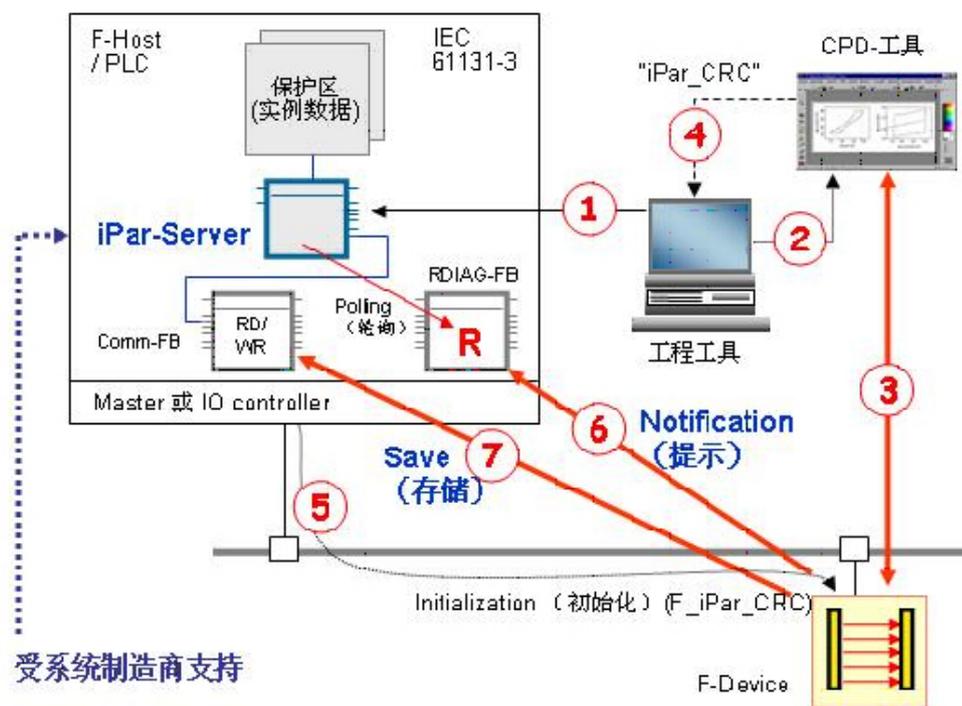


图 11 iPar-Server (i 参数服务器) -方案

如果有一个出错的 F-设备被取代，则新的 F-设备在系统加速时直接获得它的 F 参数，包括“F_iPar_CRC”在内。由于新的 F-设备也包括装备了易失性存储器的 F-设备在内，并不具备适配的 i 参数，新的 F-设备在校准“F_iPar_CRC”校验和时才识别出一个错误。其结果是，它要求从 i 参数服务器实例中下载 i 参数，此时要再次完成标准诊断。i 参数服务器从诊断信息中读取询问值 (R)，启动下载过程 (Write Record, 写记录)。F-设备因为有这种传递方式通过简单的途径就能获取原始的功能，而无需 CPD 工具或其他工程开销。

5.2.4 PROFIdrive (现场总线驱动技术)

IEC61800-5-2 定义了集成安全驱动器的安全功能。其中有一系列停车功能 (Stopp)，即：

- 安全断开的力矩；
- 安全停车 1； (Safety Stopp1)
- 安全停车 2； (Safety Stopp2)

- 安全操作停止 (Safety Operation Halt)

监控功能方面有：

- 安全限制的加速度；
- 安全限制的速度；
- 安全限制的矩/力；
- 安全限制的位置；
- 安全限制的步程；
- 安全的运动方向；
- 安全限制的电动机温度

图 12 表示常用的电子机械部件如何被电子的、安全停车功能和监视功能所取代。其主要目的就是监视驱动器控制功能且在出现故障时将其断开。PI 的“PROFIdrive”工作组在 PROFIdrive 规范的增扩本中规定了一部分这样的功能(详见参考文献)。

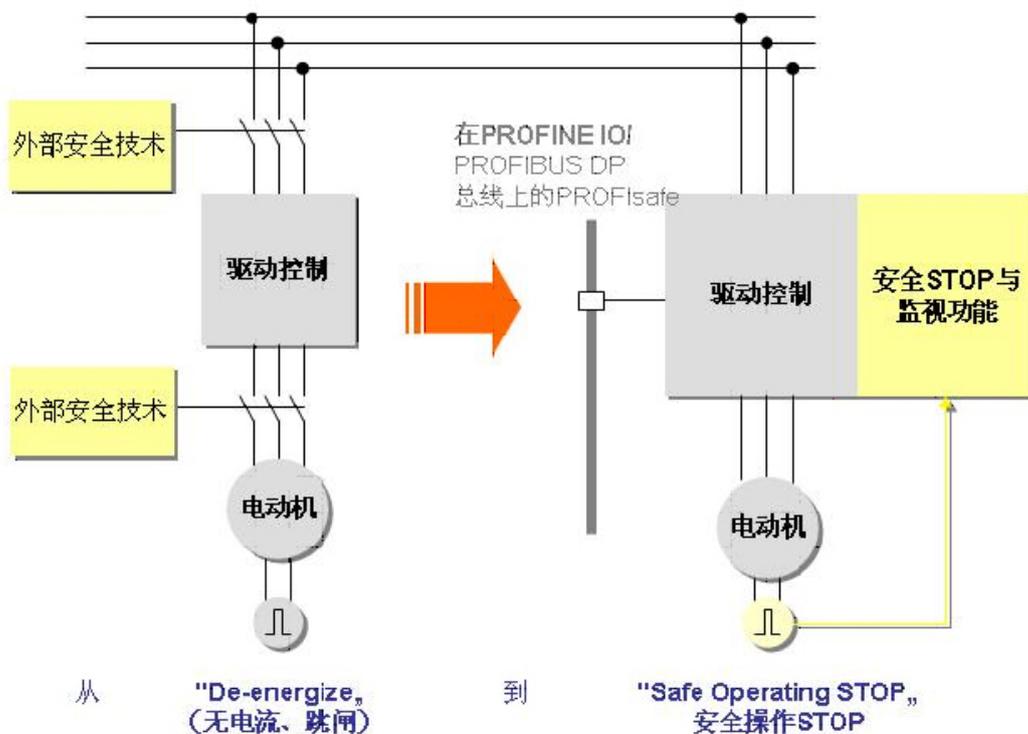


图 12 带集成安全停车 (STOPP) 和监视功能的驱动器

5.2.5 PA Device（过程自动化设备）

过程自动化的 F-设备遵循专业标准 IEC61511 和“经使用验证”（Betriebsbewährtheit/Proven-in-use）的准则。一个 PA-设备在一定的情况下，可以达到一个较高 SIL 等级，如果它是经使用验证的话。通常情况下，PA-设备是依据 IEC61804 开发出来的。在这方面，设备描述（EDD）有其重要作用。因此，PI 的“PA-设备”工作组制订了 PA-设备规范的修订本，其中规定了 PA-设备的 PROFIsafe 平台的应用以及参数化方法。

5.2.6 I&M-功能（识别&维护功能）

自 2005 年起，使用非循环服务的所有 PROFIBUS-设备都必须提供 I&M-功能。I&M 表示“Identification and Maintenance，识别与维护”。I&M-功能允许以标准的方式读取设备的制造商代码，它的目录号和系列号以及硬、软件的版本。用户依据制造商代码和 PI-网页服务器的附加信息可以被链接到制造商的网页上直接获取最新的产品信息（“Profile Guideline Part 1”）。

5.2.7 诊断

PROFIBUS 和 PROFINET 有一个最主要的优点，就是在出现意外的情况下，如事故或功能失效，依然能够为现场设备、操作人员提供相关信息。利用良好的诊断机制可以缩减生产设备的停机时间，换句话说也就是节省费用。诊断方案除了考虑信息的编码之外，也考虑到使用不同语言和旨在提示遇到个别情况应该怎么办辅助文本（“Profile Guideline Part 3”）。

5.3 F-主机（F-Host）

使用 PROFIsafe 通信技术的 F-主机有各种各样的结构，这可能与制造商的策略有关，既有独立的 F-CPU，又有集成的，但逻辑上分离的连带标准 CPU 的安全方案。

5.3.1 可能的结构

安全处理可以用多种方式来完成：例如，检验不一致的硬件冗余，软件冗余，保护装置，或者现有的分散式硬件平台。由于量很大，开发 Starter-Kits 便毫无意义，主要因为实现 PROFIsafe-驱动软件的开销是微乎其微的。

5.3.2 一致性等级(Conformance Classes)

为了能够保证所有 F-设备和所有市场上可得的 PROFIsafe F-主机之间的相互配合准确无误，PROFIsafe 规定了所谓 F-主机的一致性等级。满足这些要求是通过 PI 认证的先决条件(图 13)。

6 认证

不同制造商的各种各样的产品在一个 PROFIsafe-岛屿内进行通信。为了使它们在通信中发挥正确的功能，产品必须按照 PROFIsafe 规范来实现其性能。一般情况下，PI 的业务部门根据它授权的测试实验室的测试报告出具一份证书，以资证明产品的一致性。

6.1 PROFIsafe 的测试

PROFIsafe-协议基于最终的状态机。于是，存在着这样的可能性，即通过一个与协议相符的合法工具，从数学上来验证符合规定的 PROFIsafe 功能，甚至在出现两个彼此毫不相干的差错和故障的情况下进行验证。通过对所有能想得到的功能和负载场景系统地“从头到尾演示一遍”，才达到了上述目的。这些场景曾被用来开发一个全自动的“PROFIsafe 层测试程序”，用来检验 F-设备和 F-主机同 PROFIsafe 规范的一致性。它是三级认证过程的一部分，该认证过程根据 IEC61508 包括了全部的安全认证项目(图 13)。

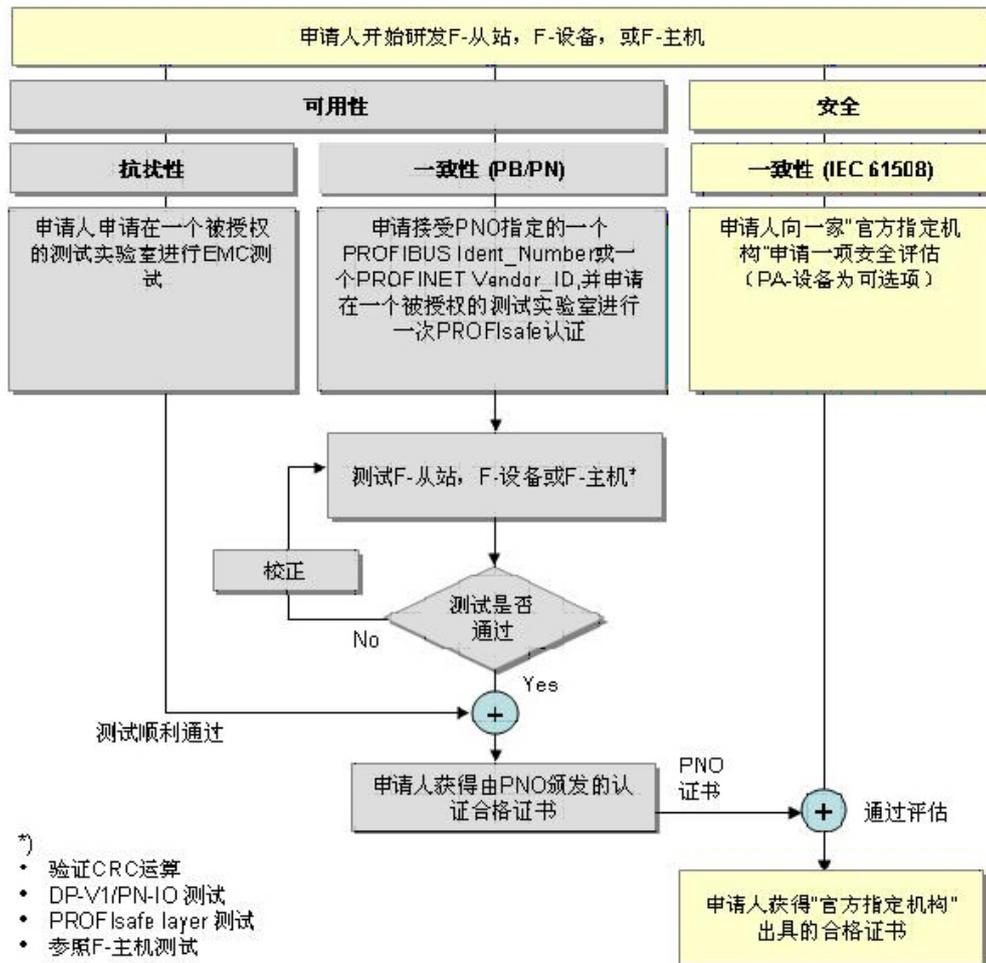


图 13 测试与认证过程

6.2 安全评估

这里应当说明的是，PI 测试实验室在根据 ISO17025 被授权的检测机构的委托下实施 PROFIsafe 层测试。这些检测机构主要有：

- TÜV（全世界的）
- INRS（法国）
- BGIA（德国）
- SP（瑞典）
- HSE（英国）
- FM（美国）

上述机构是极少数几个被允许按照 IEC61508 进行安全评估的机构。

对于任何一个F-设备，都按照规定编写了一本手册，其内容必须包括有关 SIL要求极限 SIL_{CL} （Claim limit）和每小时危险失效概率 PFH_d （Probability of dangerous failure per hour）。

PI 出台了一项 PROFIsafe 设备测试与认证规范。目前共有两个经 PI 授权专门从事 PROFIsafe 测试与认证的测试实验室。

7. PROFIsafe 的应用

PROFIsafe 单凭一个 F-通信协议规范是不会那么完善的。可能会出现下面的问题，例如：

- 我必须为我的 F-设备提供由未知电源通过总线电缆馈电的高压保护吗？
- 我可以为我的 F-设备使用网络中标准设备所用的同一个 24V 电源吗？
- 我应该如何按照 IEC61508 的要求对我的 F-设备进行“增强的抗干扰性”测试？
- 在安装过程中我必须注意哪些事项？
- 应当保证什么样的数据安全（Security）？

在 PI 规则“PROFIsafe-Environmental Requirements, PROFIsafe-环境要求”中可以找到上面这些问题和其他问题的答案（见参考文献）。

7.1 电气安全

IEC61158 和 IEC61784-1, -2 要求网络中的所有设备遵守其所在国（例如，以 CE-欧盟委员会标志）的法定要求。因此，在工业应用中必须根据 IEC61010 或 IEC61131-2 按照不同的设备类型采取防电击保护措施，它们称之为 PELV（Protected Extra Low Voltage, 特低保护电压），在出现故障时将电压限制在允许的、对人无危害的程度上。

由于电气安全要求通常是法定的，花在 F-设备和 F-主机方面的安保费用还是“可以忍受的”。

7.2 供电电压

F-设备/F-主机和标准设备均可以使用同一个 24V 电源。在这两种情况中，都必须根据法规保证 PELV。

7.3 抗干扰性

在 F-应用方面，相应的安全要求规范（SRS）必须规定一个抗电磁干扰的极限值，以保持一定的电磁相容性。此极限值的确定既要考虑 IEC61000-2-5 的各种现象，又要考虑所要求的 SIL。

IEC61326-3-1 规定了在一般的工业应用中 F-设备的抗干扰要求。

像 IEC61496-1 这样的产品标准，针对个别的现象规定了另外的、更高的测试水准。

过程工业中的环境条件可能完全不同于一般的工业环境。因此，对于 PA-设备可以引用 IEC61326-3-2 的特殊要求和特征条件。

针对 PROFIsafe 制订了一项专门的“EMC-测试环境规范”。

7.4 高可用性

功能安全所涉及的是保护人免遭伤害，例如断开有危险的设备。这类安全功能的一个特征量就是安全完整性等级（Safety Integrity Level, SIL）。它表示每小时功能安全的危险失效概率，例如 SIL3 时为 $10^{-3}/h$ 。

	PROFIsafe	Redundancy (冗余)	PROFIsafe 与 Redundancy
Application (应用)	工厂与过程自动化 压力机、机器人，限位开关，切断阀，以及燃烧控制与缆车等	过程自动化； 运输基础实施 化工与制药生产，炼油，海上石油平台，隧道	过程自动化； 运输基础实施 化工与制药生产，炼油，海上石油平台，隧道
High Availability (高可用性)	-	尽可能无故障时间 (故障容忍度)	尽可能无故障时间 (故障容忍度)
Safety (安全)	无危险失效 (法律或保险业务的要求)	冗余本身并非提供安全保障	无危险失效 (法律或保险业务的要求)

图 14 功能安全与高可用性（故障容忍度或允许量 Fault Tolerance）

而高可用性所涉及的都是却在出现故障的情况下，仍应维持自动化设备的运行。高可用性的一个特征量是一个与总运行时间（例如，99.99%）有关的设备运行准备程度。除此以外，冗余决定一个系统的故障容忍度。

7.5 安装指南

PROFIsafe 的目标是将功能安全通信集成到标准的 PI-网络中，且不影响现有的安装规程。为了运行可靠和实施现行的法规，迫切地要求遵守 PROFIsafe 规范和指南，下面就若干重要的议题进行探讨。

7.5.1 先决条件

同在一个网络中的所有标准设备和 F-设备必须按照 7.1 确认电气安全。

所有 F-设备必须通过依据 IEC61508 进行的认证，用于过程自动化的 F-设备则必须通过依据 IEC61511 进行的认证。对 PROFIsafe 规范的一致性须经被授权的 PI-测试实验室的测试并确认。

在一个 PROFIsafe-网络中的所有其他的标准设备必须以 PI 的相应证书或同等价值的证明文件来证实其同 PROFIBUS 和 PROFINET 的一致性。

7.5.2 边界条件

在 PROFIBUS DP 中是不允许使用支线的。

对于 PROFINET IO 而言，有下列规定：

- 最多可串联 100 个交换机；
- 每个子模块只有一个 F-主机；
- 所有网络部件都符合工业要求（例如，依据 IEC61131-2）；
- 不可使用单端口路由器（Single-Port-Router）来分隔 PROFI-safe-岛屿（标注唯一的 F-地址）。

7.5.3 布线

PROFIBUS 和 PROFINET 规定使用在插座上带双面屏蔽层的屏蔽电缆，以达到最佳的抗电磁干扰性能。通常情况下，需要实现电位平衡。如果不可能做到，则可使用光纤来达到目的。

在规定的 EMC 和微弱干扰的影响下，用户也可以使用无屏蔽电缆，但须自行承担后果。

7.5.4 可用性

甚至在屏蔽电缆中，数据导线也会因信号噪声而被干扰。例如，当一个变频器的中间电路电压未被足够地过滤时。信号干扰也可能因缺少终端电阻而产生。这并非安全问题，而是可用性问题。自动化设备拥有足够的可用性，是安全的一个必要的先决条件。不具备足够可用性的生产设备，其安全功能必将导致误脱扣（Nuisance Trips）的发生。而这种情况又会使生产负责人误入放弃使用安全功能的歧途，最终会导致灾难性的后果（例如，“Bhopal-效应”：印度 Bhopal 地区某工厂的厂主，曾因设备可用性不够高而导致“误脱扣”之事干脆取消所有的安全功能。过了不久，该厂在一场重大事故的连环爆炸声中毁于一旦。）

PI 的会员企业提供了许多用来研究网络中传输质量的工具、方法和检验程序一览表。

7.5.5 “紧急停止 (Not-Halt)”方案

PROFIsafe 是许多 F-设备，尤其是集成安全驱动器的开拓者。今天的驱动器可以在不关闭马达的情况下处在安全的状态 (Not-Halt)。例如，新的安全功能 SOS (安全运行停止) 使马达在掌控下保持在一个确定的位置上。这种新的可能性要求用户改变观念。过去，人们是通过一个“紧急-关闭”按键使马达在物理上与电流断开的。因此，在更换马达时不会产生电流对人的危害。

新的 IEC60204-1 描述了可关闭的马达保护开关，断路器和带保险的主开关 (图 15)。此外，它规定了带有单独的中线“N”和保护导线“PE”以及介于驱动器与马达之间的屏蔽电缆的一个 5-线系统 (TN-S)。对于许多安全问题而言，IEC60204-1 是一个极有价值的“宝库”。在有关的美国标准 NFPA 79 中包含了一些适合北美市场的条款 (图 3)。

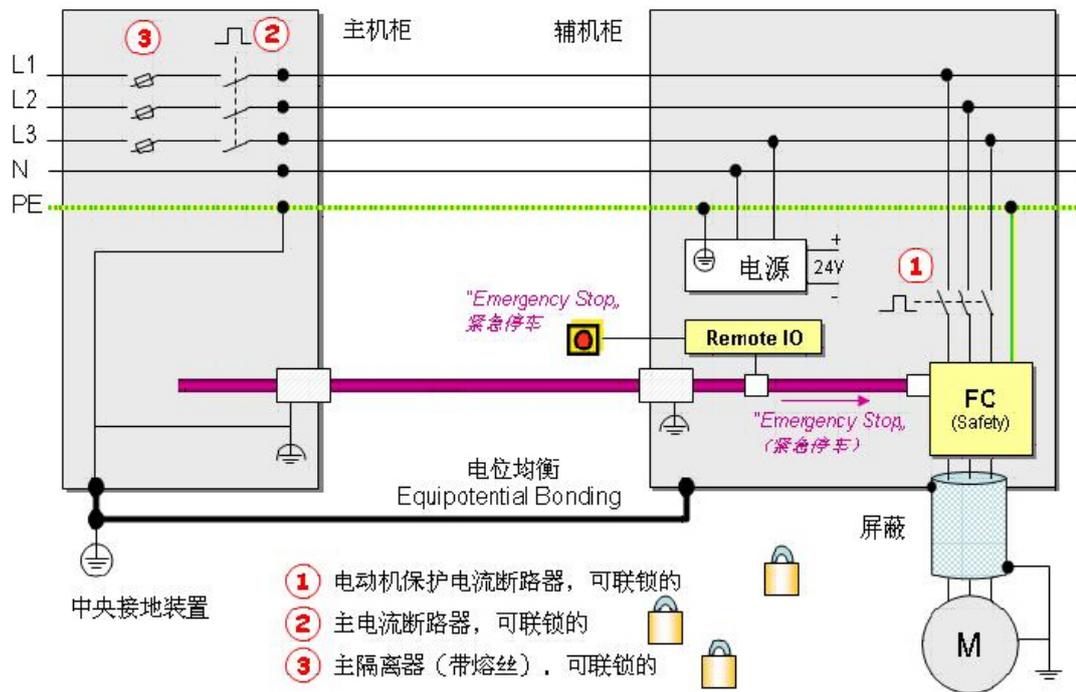


图 15 IEC60204-1 的“Not-Halt”-方案

7.6 无线传输

越来越多的应用，例如无人驾驶的运输系统（AGV），旋转式机械，立式机器人和操作终端，使用无线传输来连接现场总线。PI支持WLAN和蓝牙解决方案。PROFIsafe以其对于位错误概率为 10^{-2} 的适用性而被允许用于两个“黑色通道”（Black Channel），但是，下面有关数据安全（Security）的思考也正是我们所关注的。

7.7 数据安全（Security）

基于工业以太网，即一个开放性网络的 PROFINET 在进行无线传输时不得不面临着数据安全（Security）的问题。

PI 遵循所谓数据安全区（Security-Zone）的方案，该区可以当作封闭性网络来考虑（图 16）。

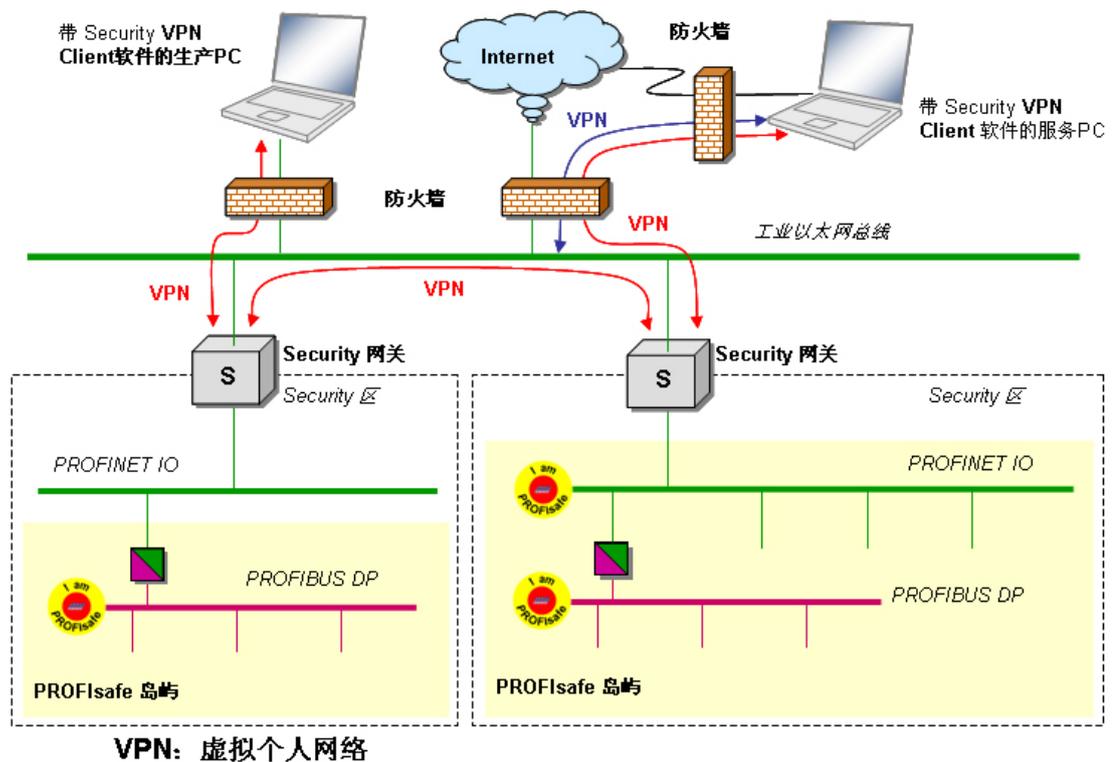


图 16 “封闭性”和“开放性”网络的 Security-方案

经一个开放性网络，如工业以太网，从一个数据安全区到达另一个的惟一可能性是通过所谓数据安全-网关（Security Gate）。这些网关利用可靠的安全技术，如 VPN（Virtual Private Network，虚拟个人网络）和固件，以防止未经许可的访问。当不可避免地连接开放性网络时，PROFIsafe 网络必须始终处于数据安全区之中，且通过数据网关受到保护。

IEEE802.11i 为无线传输规定了 PROFIsafe-网络中必要的数据安全措施。只允许在基础模式（Infrastructure-Modus）中运行，特殊模式（Adhoc-Modus）是不准许存在的。详细情况 PROFIsafe 规范已有描述（见参考文献）。

7.8 反应时间

一般情况下，常见的控制功能的应答时间，对于安全功能而言，已足够短暂。然而，F-应用达到了安全功能的临界响应时间（SFRT）。用光栅作为保护装置的压力机就是一个例子。一位机械设计师在最初的研发阶段就必须知道一个光栅至少必须离开危险的压力机多远。普遍适用一条规则是：人手运动的最大速度为 2m/s。如果光栅的分辨力足以识别单个手指（欧标 EN999），则最小间隔可以从公式 $S = 2m/s \times SFRT$ 算出。否则需要加上修正数。

SFRT-Safety Function Response Time(安全功能响应时间)的背后到底蕴藏着什么秘密？

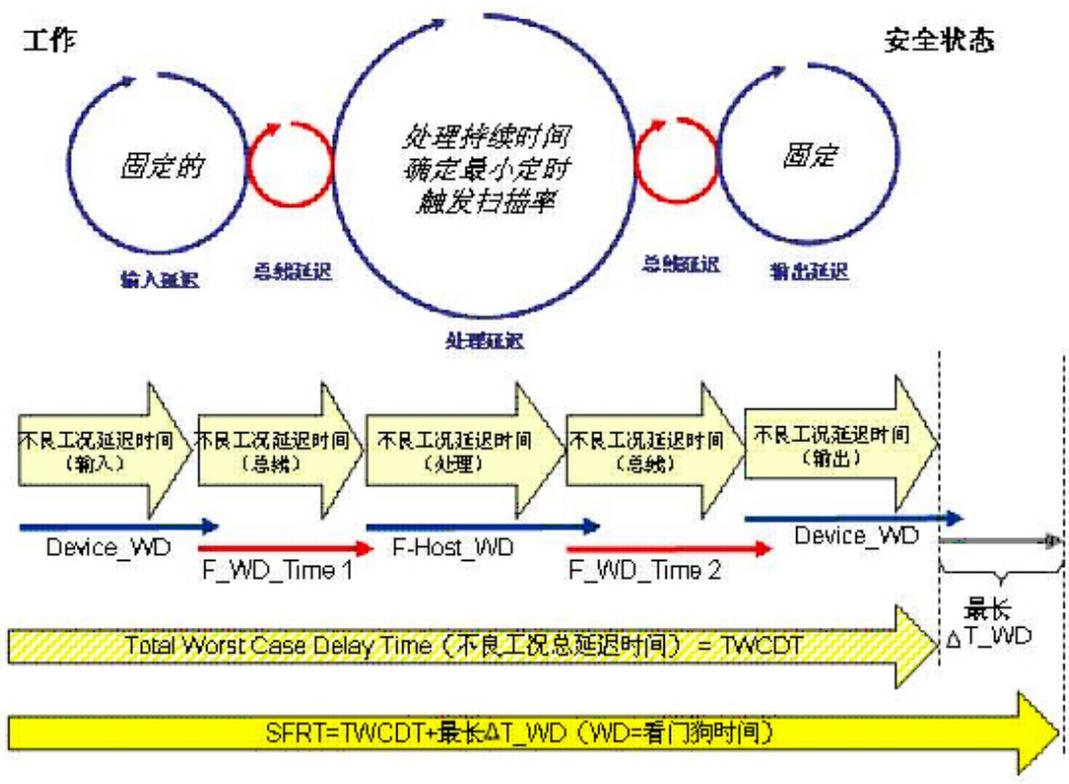


图 17. 安全功能响应时间 (SFRT)

图 17 所示的模型清楚地说明了 SFRT 的定义。该模型由一个传感器，一个 F-传输段，信号处理单元，另一个 F-传输段和一个执行器所组成。所有组成部分在信号通过时均有各自的统计变幅。横穿系统最大的运行时间 TWCDT 是在最为不利情况下的延滞时间，即系统的所有元部件均需要最大的时间，在安全情况下，还要外加组成部分之一在信号通过的时刻失效。因此，在出现故障的部分还必须加上一个直到看门狗做出响应的差分时间（在出现一个以上的故障时必定无输出）。于是，SFRT 等于 TWCDT 与上面所提到的差分时间之和。

对于任何单一的 F-设备，其符合 PROFIsafe 规范的延滞时间信息必须写进安全手册中，以便能够用工程设计工具估算出 SFRT。

8. 整体安全考虑

以上我们学习了许许多多有关 PROFIsafe 应用方面的知识。但是，F-应用和安全功能方面的情况又怎样呢？

8.1 法规&标准

许多国家从法律上制订了危险机器的安全要求。在欧盟通行的机器设备法规是 98/37/EC。它包含一个所谓“调和标准”一览表。对于机器制造商而言，如果相关标准的要求得到满足，便可推测同法规的一致性。

涉及 PROFIsafe 的相关标准有：IEC62061，ISO13849-1，ISO12100-1 和 ISO14121（见 1.3 和图 2）。

8.2 风险降低

固有安全型机器的发展势头越来越好，这类机器可以避免危险的发生。在 ISO12100-1 的第 1 部分举例了所有可能发生的危险。在第 2 部分，它根据风险分析说明了降低自动化风险的一种逐步逼近法。此种方法是由风险分析和风险评估所组成：

- 详述极限和预定的应用；
- 查明危险和整个生命周期的危害状况；
- 估计已查明论每一项危险和危害状况的风险；
- 评价风险和有关风险减少必要性的关键。

利用以下“三步曲”即

- 固有安全的设计，
- 保护装置和补充的保护措施，
- 用户对残余风险的澄清，

设计师就可以避免危险或者通过保护措施降低危险。

保护装置和补充的保护措施构成了安全功能的基础，如光栅、所属的逻辑连接和电动机保护装置。

8.3 IEC62061 的应用

IEC62061 和 ISO13849-1 提出了处理安全功能的方法。前者（IEC62061）很

好地覆盖了 PROFIsafe 技术和 F-主机，而后者（ISO13849-1）则额外地涵盖了液
压、气动、电气和机械部件。

IEC62061 要求制订出一台机器生命周期的安全计划-从设计、操作员职责、
调试、更换和维护直至拆卸。

8.4 风险评估

基于 ISO14121 的上述两个标准描述了一种近似的安全功能风险评估方案：

风险（Risiko）= 危害程度 × 发生概率

发生概率由停留时间，其频率和防止危险发生的可能性等参数所组成。

8.5 SIL-确定

这两个标准提供了可以计算的特征参数。其中之一为所要求的 SIL，另一个
为所要求的 PL（见 1.3）。二者中的某一个特征参数可以换算为另一个。从长远
看，如果风险评估在工程设计工具中被交互地调用，则它们二者之间的差别或许
会逐渐地消失。

8.6 安全功能

IEC62061 定义了所谓安全相关的电气控制系统（SRECS），它包括许多用于
检测、处理和输出的子系统。该系统由许多元件所组成（例如，开关）。

实现安全功能的绝妙途径是使用经过认证的 F-设备（传感器、执行器）和
F-主机，它们是经 PROFIsafe 相连在一起的。

8.7 已达到的 SIL

F-设备在其安全手册中提供用以确定由某个安全功能所达到的SIL的信息。
第一步是求得所有F-设备（F-从设备，F-主设备）的最小SIL_{CL}。该值确定全部安
全功能可以达到的最大SIL。在某些情况下，制造商提供系统支持，以便通过F-
设备和附属系统软件的冗余来达到一个较高的SIL。

第二步要加上F-设备的PFH_d值，而且将它同已确定的允许值相比较。从以上

两个计算过程中得出的最小SIL-值决定安全功能可以达到的最大SIL。

下面各节内容将叙述如何依照图 5 将远程 I/O 中的 F-模块同经典的 F-设备，如紧急断路开关，安全门开关，等等进行组合。

8.8 电子机械

IEC定义了包括计算公式在内的四种子系统结构A, B, C, D, 用于连接经典的F-设备。利用开关的 B_{10} 一值，估计的开关周期数、诊断覆盖率和CCF-因素（Common Cause Failure, 共因失效），且根据计算公式便可求得危险失效概率，以此来确定SIL等级。

8.9 非电气部件

ISO13849-1 定义了所谓SRP/CS（Safety-Related Parts of Control System, 控制系统的安全相关部件），既适用于电气部件，也适用于液压、气动和机械部件。由于有了这个标准也就可以求出非电气部件的PL-值和 PFH_d -值，然后依据IEC62061 利用这两个值来确定某个安全功能的SIL。

8.10 确认

IEC62061 要求人们制订一项确认计划，作为整体安全方案的一部分。一台机器设备必须按照此计划来进行测试、认证和建立文档。

9. F-（从站）设备家族

PROFIsafe-技术为标准设备和 F-设备开拓了全新的可能性。本章节简述一些主要的 F-从设备和典型的应用。

9.1 远程-I/O

标准的远程-I/O 如今可以包含 F-模块，对头站无干扰。这使得 F-模块，如数字和模拟输入/输出，断路器模块，电动机起动机或变频器用上了集成安全技术。F-模块可以成组排列，因此也可以成组断开。

“紧急-停止” 按键，由于要求单独检验致使年检的费用很高。采用新技术

可以对全年的所有操作进行一次简单的记录。因此，必须查验的对象只是剩余未经操作的开关，从而可以节省很多费用。

9.2 光学传感器

光学 F-传感器，如光栅或激光扫描器，在 IEC61496 中作了规定。光学传感器尤其适合出入端口的柔性防护。图 18 中的例子说明 PROFIsafe 是如何工作的，它是对集成安全激光扫描器和驱动器安全功能的补充（9.3）。

9.3 驱动器

驱动器的安全功能在 IEC61800-5-2 中作了规定。一般情况下在这里需要使用位置发送器来实现安全功能。用户可以通过 PROFIsafe 获取它的数值，从而可以放弃使用物理的终端位置开关或阻尼传感器。如图 18 中所示，在考虑了有关轿车车身轮廓的情况下，电动机的位置决定了安装在生产车间出入端口的激光扫描器的保护区域。

在 5.2.4 中列出了新增加的安全功能，它们在不久的将来会使应用发生革命性的变化。

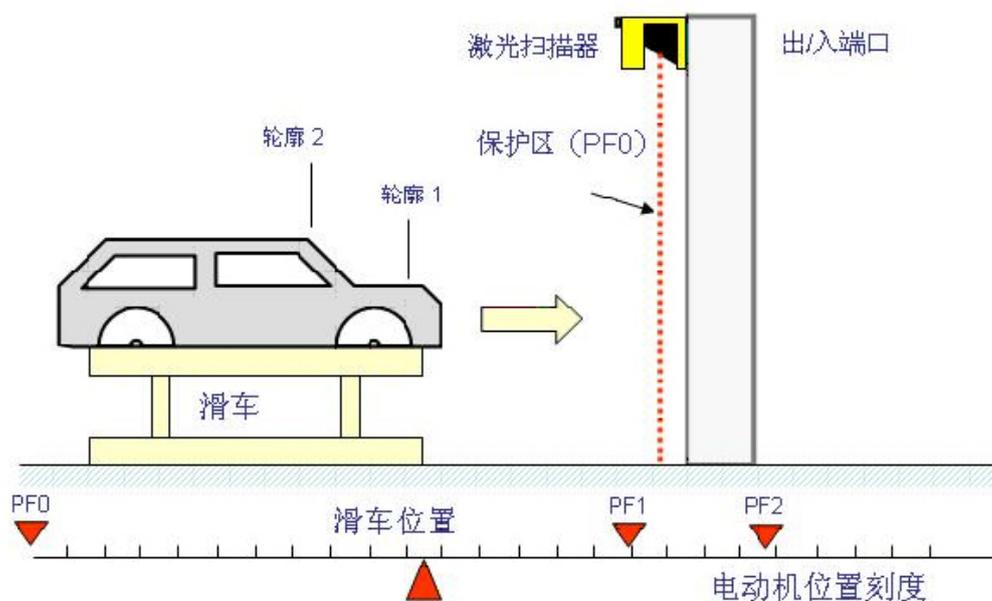


图 18 激光扫描器的柔性低噪声传感器

(Software-“Muting-Sensoren” für Laserscanner)

9.4 机器人

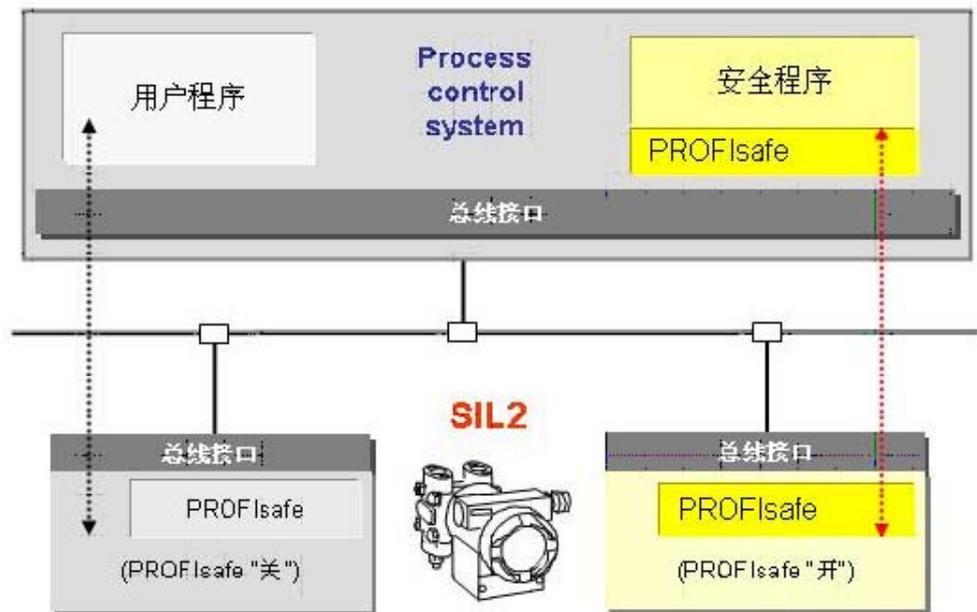
机器人的安全功能在 ISO10218 中作了规定。驱动器新增的安全功能也可以集成到机器人中，从而产生了像“互动型机器人”这类新功能，可使机器人与人类携手同工。

9.5 F-网关

PROFIsafe 拥有一个连接正在工作的 ASIsafe (AS-Interface Safety-at-work, 执行器-传感器接口安全总线) 的 F-网关。用此 F-网关可以将两种安全方案的优点结合在一起。ASIsafe 可以毫无困难地检测到接入电缆端子上的“紧急-停止”按键的信号，而 PROFIsafe 则在运用集成 F-设备方面，例如在运用集成安全驱动器方面，显现出独特的优点。

9.6 PA-设备

上面已经提到过，在过程自动化的安全性方面有一个独立的专业标准。NAMUR (Normungs-Ausschuss für Mess-und Regelungstechnik, 德国测量与调节技术标准化委员会) 作为化学与制药工业的标准化组织颁布了配套标准 NE97。根据该标准，一台“经使用验证”且带一个 PROFIBUS MBP-IS-接口的 PA-设备拥有一个可被激活或者可解除激活的 PROFIsafe-驱动器 (软件)。在“关”的操作模式下，它是一台标准的 PA-设备；在“开”的操作模式下，它就是一台 F-设备 (图 19)。



同一现场设备有两种操作模式，即
 “经使用验证Proven-in-use”
 （左）与同NE97一致（右）

图 19 PROFIsafe 和 PA-设备的 NE97（NAMUR-推荐性标准）

NAMUR 出台了另一个配套标准-VDI 2180，它减轻了 F-PA-设备的研发工作。

目前对于过程自动化中大多数的 PROFIsafe 应用而言，使用的是带 F-模块的 Remote I/O，它们用于 4-20mA-或 HART-系统。图 20 所示为面向“经使用验证”的 PA-设备的 PROFIsafe 两种应用可能性。这是一个十分成功的妥协方案，尽管直接连接现场总线的优点，诸如大范围内的测量，参数化和周全的诊断等在这里并不起作用。

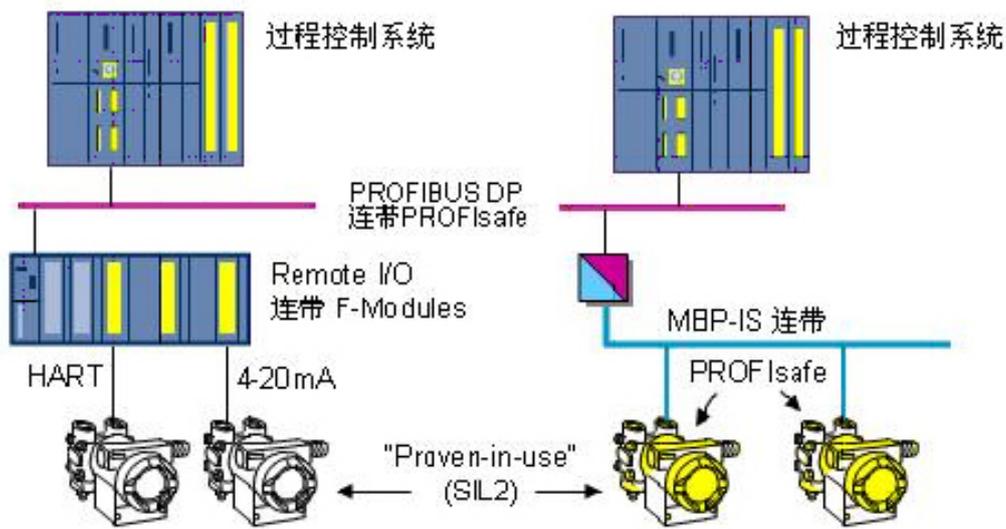


图 20 PROFIsafe 和 PA-设备的两种应用可能性

9.6.1 液位监控

油罐的液位开关也从 PROFIsafe-技术中获益匪浅。运用本质安全传输技术 MBP-IS 和 RS485-IS 的 PROFIBUS PA 尤其适用于这类 F-从设备。PROFIsafe 在这里负责断路信号的安全传输，而用户则可以通过标准诊断通道调出传感器的状态。

9.6.2 ESD-阀（紧急切断阀）

运用 PROFIsafe 也可以明显地改善电子紧急切断阀（ESD）的性能。其主要目的是通过“Partial valve Strokes”（局部阀门行程）周期地从检验阀功能，并监视此行程一直到达最终位置，以及监视所需时间的趋势。此目的可以通过 F-主机自动地实现，且可以实现定期维护。RS485-IS-接口可以同防爆栅一道在 Ex-i-环境中使电路快速断开。

9.6.3 压力变送器

安全相关的压力变送器通过对设定值的比较实施一个油罐的液位测量和防止溢流双重功能。

9.6.4 瓦斯与火警警报器

瓦斯与火警警报器，例如用于无人操纵的海上石油平台上。附加的位置信息可以使防火门仅在相关的位置自动关闭。

10. 用户受益

今天，PROFIBUS 的安装底数已超过 2000 万台设备。进一步扩大其发展的最高宗旨，过去和现在都是实现同市场上使用的设备完全兼容。

由于 PROFI-safe 和“黑色通道原理”功能安全的通信协议是独立的，甚至不必太费心就可以从 PROFIBUS 改用 PROFINET。同一个 PROFI-safe-驱动软件可以用在 PROFINET 和 PROFIBUS 设备中。

PROFI-safe 的引用从以下“三步曲”表明了一个质的飞跃：

- 从安全相关的继电器逻辑电路到可编程逻辑电路；
- 从并行布线到功能安全串行通信；
- 从孤立运行的到相互协作的 F-设备；

下面从不同的视角对 PROFI-safe 的优点作一个确切的总结。

10.1 集成商与用户

- 在节省费用方面，与使用标准-PROFIBUS 的情况相同：减少布线、组态、参数化和诊断十分灵活；
- 系统设计既简单又经济，可选用许多制造商广泛的产品型谱；
- 安装方面，一般情况下没有特殊的限制；
- 高度创新的 F-应用只是通过智能化 F-设备之间所进的简单通信来实现的；
- 在更换现有的继电器技术以及在扩建与改造现有生产设备时显现出高度的灵活性；
- 适用于制造业自动化和过程自动化的集成技术；
- 只需在总线技术方面进行培训、建档和维护；

- 标准-应用和 F-应用的编程仅使用一种工具和通过认证的功能元件；
- F-组态和 F-应用程序的文档简单；
- 由于只使用经过认证的设备，省钱的系统获得了广泛的认同；
- 又因使用符合 IEC61508 的技术而获得了国际认可；
- BGIA 和 TÜV 对 PROFIsafe 的评估是肯定的。

10.2 设备制造商

- TÜV 认证的软件使一个 PROFIsafe 解决方案的实现与再现既省心又省钱；
- PROFIsafe 通信适合可编程 F-控制器的各类结构；
- PROFIsafe 是崭新的设备功能的开拓者。

10.3 未来的投资

- PROFIBUS 和 PROFINET-设备的安装底数巨大；
- PROFIBUS/PROFINET 组织机构和支持中心遍布世界各地；
- 由 PI 出版的所有现行的和将来的标准规范均适用于 F-应用；
- 未来的软件将伴随着 F-应用的生命周期，即从设计、评估、认证直到建档，因而将使开销大幅度地减少。

11. PI (PROFIBUS & PROFINET 国际) 组织概况

开放的技术为了在市场上对其进行维护、开拓和推广，需要有一个独立于企业的机构作为工作平台。对于 PROFIBUS 和 PROFINET 技术而言，为达到此目的于 1989 年成立了 PROFIBUS 用户组织 (PROFIBUS Nutzerorganisation e.V., 简称 PNO) 作为一个无盈利的、代表制造商、用户和研究所利益的机构。PNO 是 1995 年建立的国际联合总会 PI (PROFIBUS & PROFINET International) 的会员。PI 拥有 25 个地区代表机构 (RPA) 和大约 1400 个会员，遍及全球五大洲，在工业通信领域是世界上最庞大的利益共同体 (图 21)。

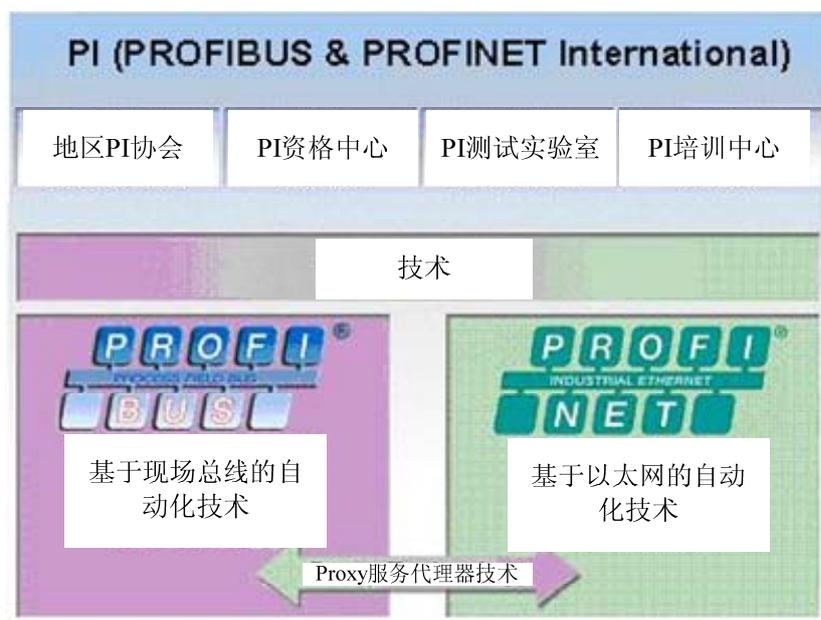


图 21 PROFIBUS & PROFINET International (PI)

11.1 PI 的任务

PI 的主要任务有：

- 维护与继续开拓 PROFIBUS 和 PROFINET；
- 促进 PROFIBUS 与 PROFINET 在全球的推广；
- 通过对标准化和规范化施加影响来实现对用户和制造商的投资保护；
- 在各个标准化委员会和联合会中代表会员企业的利益；
- PI 资格中心（PI Competence Center, PICC）在全球范围内为企业 provide 技术支持；
- 通过以在 PI 测试实验室（PI Testlabor, PITL）中进行的一致性测试为基础的产品认证来实现质量保证；
- 通过 PI 培训中心（PI Training Center, PITC）来确保全球统一的培训水准。

11.2 技术研发

PI 将技术研发工作交给了 PNO(德国)。PNO(德国)的顾问委员会(Advisory

Board) 掌控研究与发展工作。技术研发在 50 多个工作团组中进行, 参与研发的专家超过 500 人。

11.3 技术支持

PI 在全球拥有 35 个以上的经授权的 PICC。这些机构以各种方式为用户和制造商提供咨询和技术支持。它们作为 PI 的机构对企业保持中立, 在约定的规章框架内提供其服务。PICC 将在一个专为它们安排的授权程序中, 定期地接受对其资格的审核, 其当前地址可从网页上查找。

11.4 认证

PI 在世界各地拥有 8 个认证带有 PROFIBUS 和 PROFINET 接口的产品的机构 PITL。作为 PI 的机构, 它们对企业保持中立, 在约定的规章框架内提供其服务。PITL 的测试服务质量将定期地在一个极其严格的授权程序中经受考核。其当前地址可从网页上查找。

11.5 培训

为确保全球统一的工程师与技术人员的培训标准, 建立了 PI 培训中心(PI Training Center)。对培训中心及其专家的授权保证了培训质量, 从而也保证了 PROFIBUS 和 PROFINET 工程设计与施工建设的服务能力。最新地址可在网页上寻找。

11.6 因特网平台

有关 PI 和 PROFIBUS 与 PROFINET 技术的最新信息可登录 PI- 网页 www.profibus.com, 此外, 网页信息还包括在线产品指南 (Online-Product-Guide), 词汇表 (Glossary), 网上培训 (Web-Based-Trainings) 和规范、行规、安装规则和其它文档下载专区 (Downloads)。

中、德、英术语对照表

1 对 1 关系/1: 1	Beziehung/1 to 1 relationship
“三步曲”	/3-Schritt-Methode/3-step-method
执行器-传感器-接口安全总线	/ASIsafe/ASIsafe
B ₁₀ -值/ B ₁₀ -Wert/ B ₁₀ value	
经使用验证	/Betriebsbewährt/Proven-in-use
德国工伤保险职业安全研究所	/BGIA/ BGIA
位错误概率	/Bitfehlerwahrscheinlichkeit/Bit error probability
黑色通道	/Black Channel/Black Channel
共因失效因素	/Common Cause Factor/ Common cause factor
性能类别	/Conformance Classes/ Conformance classes
组态-参数化-与诊断工具	/CPD-Tool/ CPD-Tool
循环冗余校验代码	/CRC-Signature/ CRC-signature
数据安全	/Datensicherheit/Data Security
数据类型	/Datatypen/Data types
要求的持续时间	/Dauer der Anforderung/Duration of demand
诊断覆盖	/Diagnoseabdeckung/Diagnostic Coverage
无线传输	/drahtlose Übertragung/Wireless
本质安全	/Eigensicherheit/Intrinsic Safety
电气安全	/Elektrische Sicherheit/Electrical Safety
抗电磁干扰性	/elektromagnetische Störfestigkeit/Electro magnetic immunity
欧洲标准 EN954-1/ EN954-1/ EN954-1	
出入端口	/Entry/Exit-Portal/Entry/exit portal

本安防爆/Ex-i/ Ex-i

F-地址/F-Adresse/ F-Address

F-（从站）设备/F-Device/ F-Device

故障容忍度/Fehlertoleranz/Fault tolerance

制造业自动化/Fertigungsautomation/Factory automation

F-主机/F-Host/ F-Host

现场设备工具/Field Device Tool(FDT)/ Field Device Tool(FDT)

F-模块/F-Module/F-Module

顺序号/fortlaufende Nummer/Consecutive Number

F-参数/F-Parameter/ F-Parameter

功能安全性能判据/FS Verhaltenskriterien/FS Performance Criteria

高可用性/Hochverfügbarkeit/High availability

国际电工技术委员会/IEC/ IEC

IEC61508/ IEC61508/ IEC61508

IEC61784-3-3/ IEC61784-3-3/ IEC61784-3-3

IEC62061/ IEC62061 /IEC62061

基础模式/Infrastruktur-Modus/Infrastructure mode

固有安全/inhärente Sicherheit/Inherent safety

安装/Installation/Installation

i 参数/iParameter/ iParameter

i 参数-服务器/iPar-Server/ iPar-Server

国际标准化组织/ISO/ISO

ISO 1200-1/ ISO 1200-1/ ISO 1200-1

ISO 13849-1/ ISO 13849-1 /ISO 13849-1

ISO 14121/ ISO 14121 /ISO 14121

类别 4/Kategorie 4/Category 4

通信错误/Kommunikationsfehler/Communication error

机器设备法、指令/Maschinenrichtlinie/Machinery Directive

MBP-IS 曼彻斯编码总线供电-本质安全/MBP-IS/ MBP-IS

德国（化工与制药业）测量与调节技术标准化委员会/NAMUR/ NAMUR

NAMUR 之推荐标准 97/NE 97/NE 97

非电气部件/nichtelektrische Teile/Non-electrical Parts

误脱扣（引发事故）/Nuisance Trip/ Nuisance Trip

过程自动化-设备/PA-Gerät/PA-Device

特低保护电压/PELV/PELV

性能等级/Performance Level (PL)/ Performance Level (PL)

准则、政策/Policy/Policy

PROFIBUS & PROFINET 国际/PROFIBUS & PROFINET International/ PROFIBUS

& PROFINET International

PROFIBUS 之驱动技术专用行规/PROFIdrive/ PROFIdrive

PROFIsafe-岛屿/PROFIsafe-Insel/ PROFIsafe island

PROFIsafe 层测试/PROFIsafe-Layer-Test/PROFIsafe layer test

PROFIsafe 报文格式/PROFIsafe-Nachrichtenformat/PROFIsafe message format

过程自动化/Prozessautomation/Process automation

剩余差错概率/Restfehlerwahrscheinlichkeit/Residual error probability

风险评估/Risikobewertung/Risk assessment

RS485-本安/RS485-IS/ RS485-IS

安全功能响应时间(SFRT)/Safety Function Response Time(SFRT)/ Safety Function

Response Time(SFRT)

安全完整性等级 (SIL) /Safety Integrity Level (SIL)/ Safety Integrity Level (SIL)

屏蔽/Schirmung/Shielding

保护装置/Schutzeinrichtung/safeguarding

信息安全网关/Security-Gate/ Security Gate

故障安全值/Sichere Werte/Fail-safe values

安全评估/Sicherheitsbeurteilung/Safety assessment

安全功能/Sicherheitsfunktion/Safety Function

安全手册/Sicherheitshandbuch/Safety manual

安全措施/Sicherheitsmassnahmen/Safety measures

安全系统/Sicherheitssystem/Safety system

输入/输出数据的防护/Sichern der E/A-Daten/Securing I/O data configurations

GSD 的防护/Sichern der GSD/Securing GSD files

SIL 要求极限/SIL Claim limit/SIL claim limit

单通道/Single-Channel/ Single Channel

供电、电源/Spanungsversorgung / Power supply

开发软件包/ Starter-Kit / Development Kit

状态字节/ Status-Byte/ Status Bytes

控制字节/ Steuer-Byte/ Control Byte

支线/ Stichleitungen / Spur / branch lines

交换机 (以太网) / Switches (ETHERNET) / Switches (ETHERNET)

工具调用接口/ Tool calling Interface (TCI)/ Tool calling Interface (TCI)

德国技术监督联合会 TÜV/TÜV/TÜV

德国工程师协会/VDI / VDI

VDI2180/VDI2180/VDI2180

可用性/Verfügbarkeit/ Availability

（危险）失效概率/ Versagenswahrscheinlichkeit/ Probability of dangerous failure

无线（通信）/ Wireless/ Wireless

认证/Zertifizierung/ Certification

参考文献

- PROFIsafe Policy V1.3; Order No. 2.282
- PROFIsafe - Profile for Safety Technology on PROFIBUS DP and PROFINET IO, V2.4; Order No. 3.192b
- PROFIsafe . Environmental Requirements, V2.5; Order No. 2.232
- PROFIsafe . Test Specification for F-Slaves, F-Devices, and FHosts, V2.1; Order No. 2.242
- PROFIsafe for PA-Devices, V1.0; Order No. 3.042
- PROFIdrive on PROFIsafe, V1.0; Order No. 3.272
- Rapid way to PROFIBUS DP; Order No. 4.072
- Industrial Communications with PROFINET; Order No. 4.182
- Specification for PROFIBUS Device Description and Device Integration, Volume 1: GSD, V5.04; Order No. 2.122
- GSDML Specification for PROFINET IO, V2.2; Order No. 2.352
- Profile Guideline, Part 1: Identification & Maintenance Functions, V1.1; Order No. 3.502
- Profile Guideline, Part 2: Data Types, Programming Languages, and Platforms, V1.0; Order No. 3.512
- Profile Guideline, Part 3: Diagnosis, Alarms and Time Stamping, V1.0; Order No. 3.522
- Communication Function Blocks on PROFIBUS DP and PROFINET IO, V2.0; Order No. 2.182

Australia & New Zealand

PROFIBUS User Group
Mr. John Immelman
PO Box 797
North Ryde Business Centre
NSW 1670 North Ryde
Phone: +61 2 88 77 70 07
Fax: +61 2 88 77 70 99
australia@profibus.com

PROFIBUS Belgium

Mr. Herman Looghe
August Reyerslaan 80
1030 Brussels
Phone: +32 27 06 80 00
Fax: +32 27 06 80 09
belgium@profibus.com

Ass. PROFIBUS Brazil

c/o SMAR Equip. Inds. Ltda.
Mr. Cesar Cassiolato
Av. Antonio Paschoal, 1945 Centro
14160-500 Sertozinho - SP
Phone: +55 16 3946 3519
Fax: +55 16 3946 3595
brazil@profibus.com

Chinese PROFIBUS User Organisation

c/o China Ass. for Mechatronics Technology
and Applications
Mr. Tang Jiyang
1Jiaochangkou Street Deshengmenwai
100011 Beijing
Phone: +86 10 62 02 92 18
Fax: +86 10 62 01 78 73
china@profibus.com

PROFIBUS Association Czech Republic

Mr. Zdenek Hanzalek
Karlovo nam. 13
12135 Prague
Phone: +420 2 24 35 76 10
Fax: +420 2 24 35 76 10
czechrepublic@profibus.com

PROFIBUS Denmark

Mr. Kim Husmer
Jydebjergvej 12A
3230 Graested
Phone: +45 40 78 96 36
Fax: +45 44 97 77 36
denmark@profibus.com

PROFIBUS Finland

c/o AEL Automaatio
Mr. Taisto Kajjanen
Kaarnatie 4
00410 Helsinki
Phone: +35 8 95 30 72 59
Fax: +35 8 95 30 73 60
finland@profibus.com

France PROFIBUS

Mrs. Christiane Bigot
4, rue des Colonels Renard
75017 Paris
Phone: +33 1 42 83 79 13
Fax: +33 1 42 83 79 13
france@profibus.com

PROFIBUS Nutzerorganisation

Mr. Peter Wenzel
Haid-und-Neu-Str. 7
76131 Karlsruhe, Germany
Phone: +49 721 96 58 590
Fax: +49 721 96 58 589
germany@profibus.com

PROFIBUS Ireland

University of Limerick
Mr. Hassan Kaghazchi
Automation Research Centre
National Technology Park - Plassey
Limerick
Tel.: +353 61 20 21 07
Fax: +353 61 20 25 82
ireland@profibus.com

PROFIBUS Network Italia

Mr. Maurizio Ghizzoni
Via Branze, 38
25123 Brescia
Phone: +39 030 3 38 40 30
Fax: +39 030 39 69 99
pni@profibus.com

Japanese PROFIBUS Organisation

Mr. Shinichi Motoyoshi
Takanawa Park Tower
3-20-14 Higashi-Gotanda, Shinagawa-ku
Tokyo 141-8641
Phone: +81 3 54 23 86 28
Fax: +81 3 54 23 87 34
japan@profibus.com

Korea PROFIBUS Association

Mr. Cha Young-Sik
#812, Seocho Platinum
1445-13 Seocho-dong, Seocho-gu
Seoul 137-866, Korea
Phone: +82 25 23 51 43
Fax: +82 25 23 51 49
korea@profibus.com

PROFIBUS User Organisation U.A.E.

Mr. S.C. Sanu
P.O. Box. 123759
Unit No. 424, Al Diyafah Building
Al-Diyafah Street, Satwa
Dubai, United Arab Emirates
Tel.: +971 4 398 2760
Fax: +971 4 398 2761
middle.east@profibus.com

PROFIBUS Nederland

c/o FHI
Mr. Dolf van Eendenburg
P.O. Box 2099
3800 CB Amersfoort
Phone: +31 33 4 69 05 07
Fax: +31 33 4 61 66 38
netherlands@profibus.com

PROFIBUS User Organisation Norway

c/o Festo AB
Mr. Ivar Sorlie
Østensjøveien 27
0661 Oslo
NORWAY
Phone: +47 90 98 86 40
Fax: +47 90 40 55 09
norway@profibus.com

PROFIBUS Polska

Mr. Dariusz Germanek
ul. Konarskiego 18
44-100 Gliwice
Phone: +48 32 37 13 65
Fax: +48 32 37 26 80
poland@profibus.com

PROFIBUS User Org. Russia

c/o Vera + Association
Mrs. Olga Sinenko
Nikitinskaya str, 3
105037 Moscow, Russia
Phone: +7 09 57 42 68 28
Fax: +7 09 57 42 68 29
russia@profibus.com

PROFIBUS Slovakia

Mr. Igor Belai
Slovak Technical University
Dept. of Autom. KAR FEI STU
Ilkovičova 3
812 19 Bratislava
Phone: +421 2 60 29 14 11
Fax: +421 2 65 42 90 51
slovakia@profibus.com

PROFIBUS Association South East Asia

Mr. Volker Schulz
60 MacPherson Road, 4th Floor
Singapore 348615
Tel: +65 64 90 64 00
Fax: +65 64 90 64 01
southeastasia@profibus.com

PROFIBUS User Organisation Southern Africa

Mr. Dieter Dilchert
51 Brunton Circle
1645 Modderfontein
Phone: +27 11 2 01 32 03
Fax: +27 11 6 09 32 04
southernafrica@profibus.com

PROFIBUS i Sverige

Mr. Peter Bengtsson
Kommandörsgatan 3
28135 Hässeleholm
Phone: +46 45 14 94 40
Fax: +46 45 18 98 33
sweden@profibus.com

PROFIBUS Schweiz

Mrs. Karin Beyeler
Kreuzfeldweg 9
4562 Biberist
Phone: +41 32 6 72 03 25
Fax: +41 32 6 72 03 26
switzerland@profibus.com

The PROFIBUS Group

Mr. Bob Squirell
The New House
1 Grove Road
Epsom, Surrey, KT17 4DE
Phone: +44 20 78 71 74 13
Fax: +44 870 1 41 73 78
uk@profibus.com

PTO

Mr. Michael J. Bryant
16101 N. 82nd Street, Suite 3B
Scottsdale, AZ 85260 USA
Phone: +1 48 04 83 24 56
Fax: +1 48 04 83 72 02
usa@profibus.com

欲知更多信息可登录以下网站:

www.profibus.com

www.profinet.com

PROFIBUS Nutzerorganisation e.V.**PROFIBUS & PROFINET International Support Center**

Haid-und-Neu-Str. 7, D-76131 Karlsruhe/Germany

Fon +49 721 96 58 590, Fax +49 721 96 58 589

info@profibus.com

