



# PROFIBUS

## 技术和应用

系统描述



自动化领域开放的解决方案

本手册的出版得到以下 PROFIBUS 技术资格中心（PCC）的支持：



We provide competent and dedicated assistance to solve bottlenecks in

- ▶ Development
- ▶ Quality Assurance
- ▶ Maintenance

by

- ▶ Product- & Systemdefinition
- ▶ Technology Integration
- ▶ Tools
- ▶ System-/Projectmanagement

**TMG i-tec**

TMG i-tec GmbH | Plinztalstrasse 90 | D-76227 Karlsruhe  
 Tel.: ++49 721 82806 - 0 | Fax: ++49 721 82806 - 10  
 E-Mail: info@tmgitec.de | WEB: www.tmgitec.de

**Pre-Certified Interface Solutions**

We assist you to equip your devices with flexible communication interfaces for Profibus and other industrial networks



Single Chip Profibus Interface      Embedded Communication Module

**HMS Industrial Networks**  
[www.hms-networks.com](http://www.hms-networks.com)

Test Laboratory  
 Competence Center




**with the Best**


Benefit from our Competence in

- Certification Test
- Workshops and Seminars
- Test and Diagnosis Tools
- Support for Manufacturers

Karlsruhe  
 UNIVERSITÄT WÜRZBURG  
 Prof. Dr.-Ing. Claus Hübner  
 Technische Universität München  
 Boltzmannstraße 15, 91052 Erlangen

Phone: +49 / 091 45 940  
 Fax: +49 / 091 45 917  
 email: c.huebner@profibuskarlsruhe.de

**Services of PROFIBUS Center Niederland**



**www.profibuscen.nl**  
**+31 (0)70 302 04 12**

**PROFIBUS**  
 - Demonstration  
 - Training  
 - Consultation



**Japanese PROFIBUS Competence Center (JPCC)**  
 c/o Yaskawa Siemens Automation & Drives Corp.  
 3-1 Ariake, Koto-ku, Tokyo  
 135-8072 Japan  
 Tel. 81-3-3570-3034 Fax. 81-3-3570-3063  
 E-mail: info@profibus.jp



The PROFIBUS and PROFINET Competence Center and Test Lab in Fürth is your partner for

General technical support  
 ASIC support  
 PROFIBUS Certification tests for DP-V0, DP-V1, DP-V2  
 PA, PROFIsafe  
 PROFINET Certifications

**Address:**  
 ComDeC  
 Würzburger Strasse 121  
 90766 Fürth/ Germany

You can reach us by  
 phone: +49 (0) 911 750 2080 / 2074, fax: +49 (0) 911 750 2100  
 e-mail: Comdec@fthw.siemens.de



**Chinese PROFIBUS Competence Center**  
 takes charge of consultation, training, application and popularization of PROFIBUS technology in China.

Embedded PROFIBUS Communication Bridge, the interface offers a solution of developing PROFIBUS products quickly in the OEM way for enterprises.

PROFIBUS RS232/485 Bridge - connecting devices of RS232/485 interface with PROFIBUS - other fieldbus devices as well.




**Chinese PROFIBUS Competence Center**  
 No. 1 Jiao chang kou, Dushengzhuang  
 100011 Beijing, China  
 Tel: +86 10 82078264 Fax: +86 10 82078264  
 e-mail: jiaobk@siemens.com.cn web: www.cccrta.com.cn

The PROFIBUS Interface Center in Johnson City, Tennessee, USA, is an accredited Competence Center and Test Lab for both PROFIBUS and PROFINET.



We provide:

- General technical & development support
- PROFIBUS ASIC support

PROFIBUS Certification Testing for:

- DP-V0 Master & Slave
- DP-V1 Master & Slave including Alarms
- PROFINET

**PROFIBUS Interface Center**  
 One Internet Plaza  
 PO Box 4991  
 Johnson City, TN 37802-4991  
 Phone: +1 423.262.2576 FAX: +1 423.262.2103  
 e-mail: profibus.center@sea.siemens.com  
 profibus.center@siemens.com

## 引言

从一开始，自动化技术领域就经历了不断的变化。不久以前，自动化领域的这种变化仅仅局限于企业的生产区域。在生产过程中，现场总线技术的实现是一个重大的突破，它使集中自动化系统向分散自动化系统转移。这就是十多年来 PROFIBUS 的主要目标任务。

在这十多年间，PROFIBUS 在现场总线技术领域成为国际市场上的领导者。尽管近几年已经取得了杰出的成绩，但 PROFIBUS 仍然保持着毫不削减的热情和动力持续向前发展。在最初的几年，发展的重点在于通信技术，而现在侧重于系统集成和系统工程等方面，尤其是侧重于应用行规的研究开发。这些行规使 PROFIBUS 成为唯一能够全面覆盖工厂自动化和过程自动化应用的现场总线。

此外，信息技术 (IT) 日益决定着当今自动化领域的发展。现代现场总线系统已经采用了 IT 的原则，并更好地实现了与公司管理层的连续性。在这方面，工业自动化正紧跟办公室领域的发展趋势 (而 IT 早已进入办公室领域)，并从根本上改变着它的结构、系统和工艺过程。在自动化领域中的信息集成技术为实现自动化系统之间全局 (global) 数据通信打开了一个全新的前景。为了实现这个目标，用基于以太网 (Ethernet) 通信标准的 PROFInet 使 PROFIBUS 技术得到增强。

使用开放的标准来取代专有的解决方案，从而保证了长期的兼容性和可扩展性，换言之，保护了现有的投资。这对于 PROFIBUS 用户组织来说是十分重要的事。PROFIBUS 技术的持续发展为它的成员展示了长远的前景。

## 内容

本手册叙述 PROFIBUS 的基本特征，并考虑到 2002 年底的可用技术水平，其目的是对世界领先的现场总线系统 PROFIBUS 给出一个全面的描述，而又不陷入具体的细节。

本手册不仅给那些具有基本知识的以及对概述感兴趣的读者提供了充分的信息，而且还给专家们介绍了一些更广泛的专门的文献。在此，我们想指出 (尽管在本概述的准备中已经考虑到了) 只有因特网上提供的 PROFIBUS 文本才是最权威和有约束力的。

**第1章和第2章** 对现场总线技术的原理以及它们的实现 (用 PROFIBUS) 作了简单介绍。

**第3章到第6章** 论及 PROFIBUS 的核心技术内容。为了完整性的原因，在这些章中重复了一些在第2章中论及的主题。

其结构类似于 PROFIBUS 的模块化设计，从通信技术、应用行规到系统行规。

**第7章到第9章** 面向更实际的内容，它们论及的主题有设备管理、实现和认证。

**第10章** 介绍 PROFInet 的工作原理。

**第11章** 详细介绍 PROFIBUS 国际组织和 PROFIBUS 用户组织，作为本手册的结尾。

## 目录

<b>1. 自动化技术中的通信</b> .....	<b>4</b>
1.1 工业通信 .....	4
1.2 现场总线技术术语 .....	5
1.3 国际标准 .....	6
<b>2. PROFIBUS 概览</b> .....	<b>7</b>
2.1 历史 .....	7
2.2 市场定位 .....	7
2.3 组织 .....	8
2.4 PROFIBUS “工具箱” .....	8
2.5 PROFIBUS-成功的关键 .....	10
<b>3. PROFIBUS 传输和通信</b> .....	<b>11</b>
3.1 传输技术 .....	11
3.2 通信协议DP .....	16
<b>4. 通用应用行规</b> .....	<b>25</b>
4.1 PROFIsafe .....	25
4.2 PROFIBUS DP上的HART .....	26
4.3 Time stamp .....	27
4.4 从站冗余 .....	27
<b>5. 特殊应用行规</b> .....	<b>28</b>
5.1 PROFIdrive .....	28
5.2 PA 设备 .....	29
5.3 Fluid power .....	32
5.4 SEMI.设备 .....	33
5.5 标识体系 .....	33
5.6 用于PA 的远程I/O .....	33
<b>6. 系统行规</b> .....	<b>33</b>
<b>7. 设备管理</b> .....	<b>36</b>
7.1 GSD .....	36
7.2 EDD .....	38
7.3 FDT/DTM 概念 .....	39
<b>8. 质量保证</b> .....	<b>40</b>
8.1 测试程序 .....	41
8.2 认证书的颁发 .....	42
<b>9. 实现</b> .....	<b>42</b>
9.1 标准部件 .....	42
9.2 接口的实现 .....	43
<b>10. PROFINet</b> .....	<b>44</b>
10.1 PROFINet 工程模型 .....	44
10.2 PROFINet 通信模型 .....	45
10.3 PROFINet 转换模型 .....	46
10.4 XML .....	46
10.5 OPC 和 OPC DX .....	46
<b>11. PROFIBUS国际组织</b> .....	<b>47</b>

## 1. 自动化技术中的通信

设备和子系统的通信能力和一致的信息处理方法是未来自动化概念中不可缺少的组成部分。同时发生在现场层的横向通信以及贯穿各层的纵向通信日益增多。分层和协调一致的工业通信系统，例如下层能与AS-I接口、上层能与Ethernet接口（通过PROFINet）的PROFIBUS（见图1），为所有生产过程领域的透明网络提供了理想的前提条件。

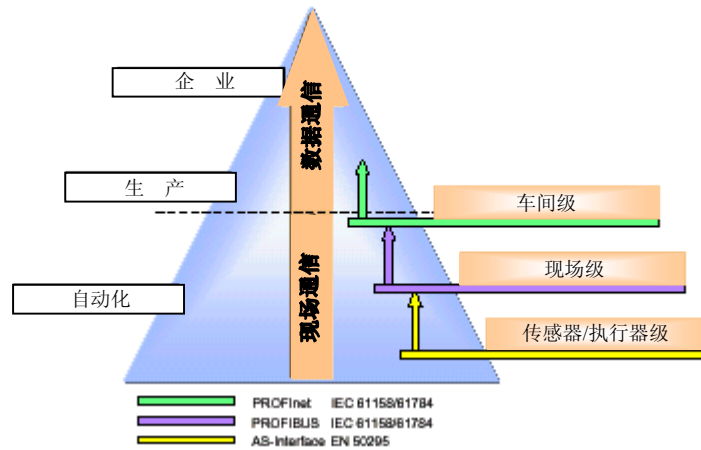


图1 自动化技术中的通信

### 1.1 工业通信

#### 在传感器-执行机构级

二进制的传感器和执行机构的信号通过传感器-执行机构总线来传输。它提供了一种简单和廉价的技术，通过共用介质传输数据和供电电流。AS-I为这种应用领域提供了合适的总线系统。

#### 在现场级

分散的外围设备，如I/O 模块、变送器、驱动器装置、分析设备、阀门或操作员终端等，它们通过功能强大的实时的通信系统与自动化系统通信。过程数据的传输是循环的，而当需要时，非循环地传输附加中断、组态数据和诊断数据。PROFIBUS 满足这些要求，并为工厂自动化和过程自动化提供通用的解决方案。

#### 在车间级

可编程的控制器（如PLC和IPC）彼此之间的通信，以及它们与使用Ethernet、TCP/IP、Intranet 和 Internet 标准的办公领域IT系统之间的通信。这些通信的信息流需要大的数据包和许多强有力的通信功能。

除了PROFIBUS之外，基于Ethernet的PROFINet为实现此目的提供了一种方向性的创新的解决方案。

以下将把PROFIBUS作为工业自动化中信息流的中心连接环节进行详细描述。关于AS-I的资料请查阅相关的文献。在第10章中将对PROFINet作简要描述。

**现场总线**是工业通信系统，它使用一类传输介质（如具有位串传输的铜缆、光纤或无线等），用比特串传输，将分散的现场设备（如传感器、执行机构、驱动器、变送器等）连接到中央控制或管理系统。在80年代开发的现场总线技术，其目标是替代先前普遍使用的集中并行布线以及用数字技术替代占优势的模拟信号传输技术(例如4-20 mA 或 +/- 10V 接口)。由于不同的特殊的工业需要和一些大制造商优选的专有解决方案，因此在市场上出现了许多具有不同形态的总线系统。现在那些主要的总线技术被包含在最近通过的国际标准

IEC 61158 和 IEC 61784中。PROFIBUS 是其中的重要组成部分。

近来，基于Ethernet的通信系统出现于工业自动化领域。它们为工业自动化层与办公领域之间的通信提供了更广范围的选择。PROFINet 就是这些基于Ethernet 的通信系统中一个实例。

为了协调发展和在市場上传播这些现场总线的需要，出现了各种由制造商、用户和研究院所组成的用户组织。例如，为发展PROFIBUS 和PROFINet 技术的PROFIBUS用户组织(PNO)和它的上层组织PROFIBUS 国际组织(PI)。

**用户的利益**是现场总线技术出现和持续发展的动力。这最终地表现为在自动化成套系统的建立和运行期间能减少所有者的总成本以及增强性能和改进质量。通过组态、敷设电缆、工程设计、文档编制、安装和投运以及在生产期间来实现这些利益。由于规则的诊断信息、预防性维护、简单的参数赋值、连续的数据流和资产管理等，通过容易修改和连续可用性的形式减少全生命周期的成本来获得更多的利益。

与传统技术相比，现场总线技术提高了自动化过程的生产力和灵活性，同时为分布式自动化系统的构造建立了基本的前提条件。

今天，在自动化的所有实际应用领域都可以使用 PROFIBUS，不仅适用于工厂自动化和过程自动化领域(如化工等)，而且也适用于交通工程、发电和输配电等领域。



图 2 OSI 参考模型

## 1.2 现场总线技术术语

**ISO/OSI 参考模型**描述一个通信系统中各个站之间的通信。为了能有效而准确地进行通信，在通信协议中使用了一些确定的规则和必要的传输接口。为此目的，国际标准化组织(ISO)在1983年开发出OSI参考模型(“Open Systems Interconnection Reference Model”)。此模型定义了通信所需要的所有元素、结构和任务，并把它们安排在7个层中 (*layers or levels*)，其中的每一层建立在下一层之上（见图2）。在通信过程中，每一层必须完成规定的功能。如果某个通信系统不需要某些特定功能，则不使用相应的层并可以绕过。PROFIBUS 使用了第 1, 2层和第7层。

**通信协议**定义两个或多个站怎样使用报文帧来交换数据。数据帧包含报文的不同字段和控制信息。实际数据字段的后面有首部信息(源地址和目的地址以及详细的后续信息)，而后面有包含关于传输正确性检查信息的数据安全部分（故障识别）。

现场总线的特点是能使少量、时间要求严格的数据传输达到最佳并使传输过程简化。

**总线存取控制 (MAC, Medium Access Control)**是一个专用的程序，它决定一个站在哪一个时间点上可以发送数据。虽然主动站 (*active stations*) 可以起动信息交换，但只有当主动站允许时被动站 (*passive stations*) 才可以开始通信。

区分两种控制程序，一是具有实时能力的时间确定的存取程序(如， PROFIBUS的主-从通信)，二是随机的非时间确定的存取程序(如， Ethernet的CSMA/CD)。

为了能够有选择地寻址一个站，**编址**是必要的。为此目的，通过地址切换(“硬地址”)或在投运期间通过参数赋值(“软地址”)来指定站地址。

**通信服务**完成站之间的循环或非循环的用户数据通信的通信任务。这些服务的数量和类型是评判通信协议应用领域的依据。区分面向连接的服务(这意味着使用“握手”方式和监控)和无连接的服务。第二组服务包括群播和广播报文，即把报文发送给一个特定的站组或所有的站。

在自动化技术中，使用**行规 (Profiles)**为设备、设备系列或整个系统定义特定的行为特性。在一条现场总线上，只有那些使用独立于制造商行规的设备和系统才提供“可互操作性”，因此充分开拓了现场总线的优越性。

**应用行规**主要涉及到设备(现场设备，控制和集成工具)并由已同意选择的总线通信和特定的设备应用组成。这种类型的行规为制造商开发与行规一致的、可互操作的设备提供规范。

**系统行规**描述系统类别，它包含功能、程序接口和集成工具。

### 1.3 国际标准

现场总线系统的国际标准化工作，对于现场总线系统的接受、确立以及它的好处是非常必要的。PROFIBUS 于1991/1993年成为德国国家标准DIN 19245, Part I-III，于1996年成为欧洲标准EN 50170。

从1999年起，PROFIBUS与其它现场总线系统一道已经成为国际标准IEC 61158的组成部分。2002年又完成了对IEC 61158的补充和更新工作。在这些工作的过程中，最新的PROFIBUS 和新开发的PROFINet 都被纳入在此标准中。

**IEC 61158**的标题是“用于测量和控制的数字数据通信-用于工业控制系统的现场总线”，它分为6个部分：61158-1, 61158-2 等等。部分1的内容详细介绍了此标准的主题，而其它后续部分面向OSI参考模型(第1, 2 和 7层)，见表1。

IEC 61158的各个部分定义了众多的用于站之间通信的“服务和协议”，它们被看作整个有效的集合。从此集合中做一个特殊的选择(子集)形成特定的现场总线系统。在市场上有许多不同的现场总线系统可供使用，这一事实在IEC 61158中得到承认，并规定了10个“现场总线协议类型”，分别为Type 1 ~ Type 10。PROFIBUS 是Type 3，PROFINet 是Type 10。

IEC 61158的解释是仅仅属于相同协议类型的设备之间才可能进行进行总线通信(按定义)。

**IEC 61784**的标题是“连续和断续制造的工业控制系统中使用的现场总线行规集”。通过以下介绍性的注释建立此标准与IEC 61158之间的关系，即“此国际标准(即IEC 61784)规定了基于IEC 61158特定通信行规的一组协议，设计在工厂制造和过程控制中具有通信功能的设备时使用这些通信行规”。

IEC 61784叙述一个特定现场总线系统的通信所使用的某个子集，此子集是IEC 61158(和其它标准)中规定的全部有效的“服务”和“协议”集中的一个。依据各个现场总线系统的实现，在“通信行规族(CPF)”中对用此方式确定的特定现场总线“通信行规”作了摘要概述。

在标题“Family 3”下的子部分3/1, 3/2和3/3摘要概述了使用**PROFIBUS**实现的行规集。表2指出它们与PROFIBUS 和 PROFINet 对应关系。

IEC 61158 文本	内容	OSI 层
IEC 61158-1	总论	
IEC 61158-2	物理层规范和服务定义	1
IEC 61158-3	数据链路层服务定义	2
IEC 61158-4	数据链路层协议规范	2
IEC 61158-5	应用层服务定义	7
IEC 61158-6	应用层协议规范	7

表1 IEC 61158的细分

行规集	数据链路层	物理层	实现
行规 3/1	IEC 61158 子集; 异步传输	RS485, 塑料光纤, 玻璃光纤, PCF 光纤	PROFIBUS
行规 3/2	IEC 61158 子集; 同步传输	MBP	PROFIBUS
行规 3/3	ISO/IEC8802-3 TCP/UDP/IP/Ethernet	ISO/IEC 8802-3	PROFINet

表2 通信行规族CPF 3的特点 (PROFIBUS)

## 2. PROFIBUS 概览

PROFIBUS 是一种具有广泛应用范围的、开放的数字通信系统，特别适用于工厂自动化和过程自动化领域。PROFIBUS适合于快速、时间要求严格的应用和复杂的通信任务。

PROFIBUS通信被纳入在国际标准IEC 61158 和IEC 61784中。在“PROFIBUS用户组织”的普遍可提供的导则中规定了*应用和工程方面*的信息。这满足用户对于制造商无关性和开放性的要求，并确保在各个制造商的设备之间进行通信。

### 2.1 历史

PROFIBUS的历史应追溯到1987年在德国开始的由政府支持的联合投资项目。在此投资的框架中，参加此项目的21个公司和研究院所通力合作拟定了一个战略性的现场总线项目。其目标是实现和建立一个比特串行现场总线，它的基本要求是现场设备接口的标准化。为此目的，ZVEI (Central Association for the Electrical Industry)的相关成员公司同意支持用于工厂自动化和过程自动化的共性技术研究。

第一步是复杂通信协议PROFIBUS FMS (Fieldbus Message Specification)的规范，它适合所需要的通信任务。第二步是在1993年完成用于更简单的组态和更快速的PROFIBUS DP协议(decentralized peripherals)的规范。此协议现在有三种功能等级的版本可供使用：DP-V0, DP-V1 和 DP-V2。

### 2.2 市场定位

在这两个通信协议的基础上，结合许多面向应用的行规的开发，以及可供使用的设备数量的快速增加，PROFIBUS开始了它的成功的进程，首先在工厂自动化领域，然后从1995开始在过程自动化领域。今天，在国际上PROFIBUS具有大于20%的市场份额，约50万个应用实例、超过500万个节点，2000多个来自不同制造商的可供使用的PROFIBUS产品。



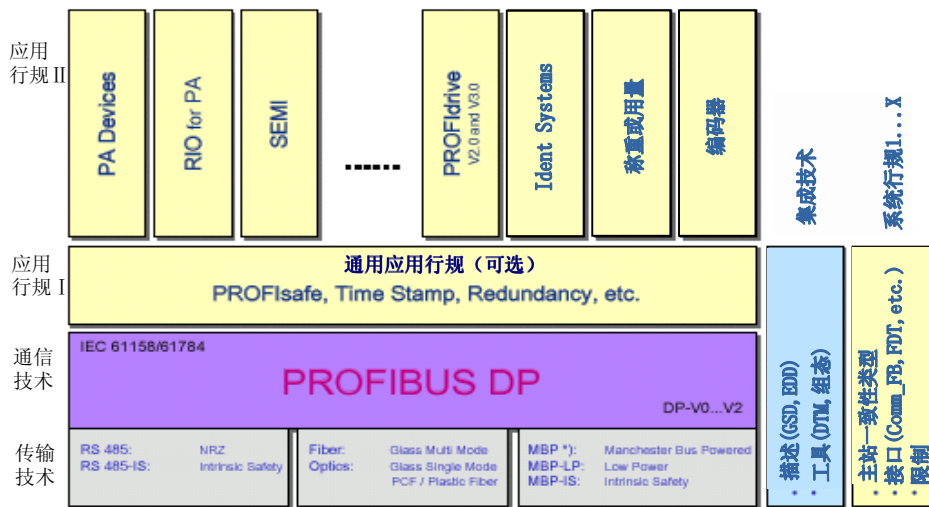


图3 PROFIBUS的技术系统结构

### 2.3 组织

PROFIBUS 的成功在相当程度上归功于它的技术先进性，以及1989年建立的由制造商和用户组成的非商业化的PROFIBUS 用户组织(PNO)的成功运作。目前，在世界范围内有22个国家和地区建立了地区性的PROFIBUS 用户组织，其国际组织PROFIBUS 国际(PI)于1995建立。PI在世界范围内有1,100多个会员。其目标是继续进一步地发展PROFIBUS 技术和提高全世界的接受程度。

除上述工作外，PI 还承担一些其它任务，例如通过建议、信息和质量保证的措施等对世界各国的成员（用户和制造商）给予支持，以及参加国际标准的技术标准化工作。

PI 成为世界上最大的现场总线用户协会。这在相当程度上象征着未来的机会和责任，机会是继续创造和建立对用户有用的领先技术，责任是用户协会毫不松懈地把开放性和投资保护作为未来的目标。这种承诺作为所有相关工作的指导原则。

### 2.4 PROFIBUS “工具箱”

PROFIBUS 具有模块化的设计，并提供通信技术、许多应用和系统行规，以及设备管理工具等。这样，PROFIBUS在相当程度上覆盖了工厂自动化和过程自动化领域不同的和特殊应用的要求。从安装PROFIBUS系统的数量看，证明了对此现场总线技术的高度认可。

#### 从技术的观点看

PROFIBUS系统结构的低层（通信）是基于上述的ISO/OSI模型（见图3）。这里只给出了通信步骤的纯抽象描述，并未提供详细的内容/实际的实现。图3包含了OSI模型在PROFIBUS中的实现(层1, 2 和7)，并较详细地指出各层怎样实现/规定。

在第7层上面的应用行规I和II 中，安排了制造商与用户之间基于特定设备应用所约定的规范。

如图3所示，跨过若干层的模块系统如下：

- 用于设备描述和集成的功能和工具（总称：集成技术，见第7章）；
- 标准范围(接口，主站行规；总称：系统行规)，它主要服务于统一的标准化系统的实现，见第6章。

#### 从用户的观点看

PROFIBUS 以不同典型应用的主要侧重点来表现它自己，虽然未专门对它们进行定义，但频繁应用的结果证明它们是实用的。每一种主要侧重点是由“传输技术”、“通信协议”和

“应用行规”中模块元素的典型结合（但没有特别的定义）的结果。以下的实例，使用大家都熟知的PROFIBUS版本来解释此原理(见图4)。

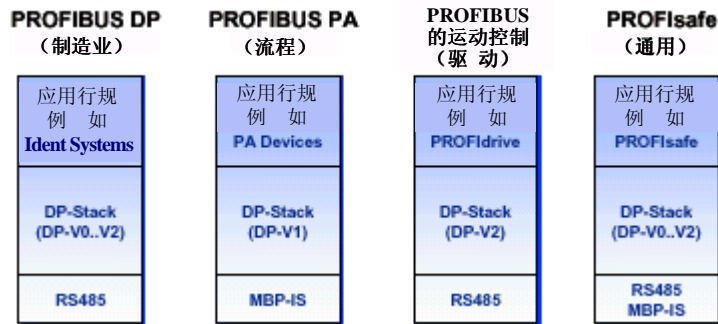


图4 PROFIBUS典型的面向应用的特性

**PROFIBUS DP** 主要侧重于用于工厂自动化，它使用RS485传输技术、一种DP通信协议版本和一种或多种典型工厂自动化的应用行规，例如标识系统 (*Ident Systems*) 或机器人/数控 (*Robots/NC*) 行规。

**PROFIBUS PA** 主要侧重于用于过程自动化，典型的使用MBP-IS传输技术、通信协议DP-V1版本和应用行规PA设备行规 (*PA Devices*)。

**Motion Control with PROFIBUS** 主要侧重于用于驱动技术，使用RS485传输技术、通信协议DP-V2版本和应用行规*PROFIdrive*。

**PROFIsafe** 主要侧重于用于有关安全应用(在各工业领域普遍使用)，使用RS485或MBP-IS传输技术、一种有效的DP通信协议版本和应用行规*PROFIsafe*。

#### 2.4.1 传输技术

PROFIBUS有一套完整的可使用的传输技术。

**RS485** 是最常用的传输技术。它使用屏蔽双绞电缆，传输速率可达到12 Mbit/sec。

新规定的版本**RS485-IS** 现在已被指定为4-线介质，保护类型EEx-i，用于有爆炸可能的区域。规定的电压和电流参考相关安全的最大值，在系统中的每个设备或连接期间不得超过此最大值。与FISCO模型(见章节3.1.2)相比，它仅有一个本质安全源，在此情况下，所有站都代表活动的源。

**MBP** 传输技术(*Manchester Coded, Bus Powered*，以前的名称是“IEC 1158-2 –Physics”，见3.1) 是用于有设备由总线供电和本质安全要求的过程自动化的应用。与先前使用的程序相比，专门为本质安全现场总线设备互连所开发的“*Fieldbus Intrinsically Safe Concept*” (FISCO，见章节3.1.2)使设计和安装相当地简单。

**光纤** (Fiber-optic) 传输技术适合用于有高电磁干扰或要求更大的网络距离的区域(见章节3.1.3)。

#### 2.4.2 通信协议

在协议层上，PROFIBUS用DP和它的DP-V0、DP-V1和DP-V2版本提供了宽阔的选项范围，它能使不同应用之间的通信得到优化。从历史上说，FMS是第一个PROFIBUS通信协议。

**FMS(Field Message Specification)**是设计用于车间级的通信，在车间级主要是可编程的控制器(如PLC和PC)彼此之间的通信。FMS可以看作作为PROFIBUS DP的先驱。

**DP(Decentralized Peripherals)**用于总线主站与其所属从站设备之间进行简单、快速、循环和时间确定性的过程数据的交换。最初的版本为DP-V0，现已由版本DP-V1进行了扩展。

DP-V1提供主站与从站之间的非循环数据交换。另一个版本DP-V2 也可供使用，它用一个同步总线循环提供直接的从站到从站通信。

### 总线存取协议

为协调总线上若干个主站，总线存取协议(第2层或数据链路层)定义主-从程序和令牌传递程序（见图5）。第2层的任务还包括一些功能，如数据安全和数据帧的处理等。

### 应用层

第7层定义应用层 并建立与应用程序的接口。它为循环和非循环的数据交换提供各种服务。

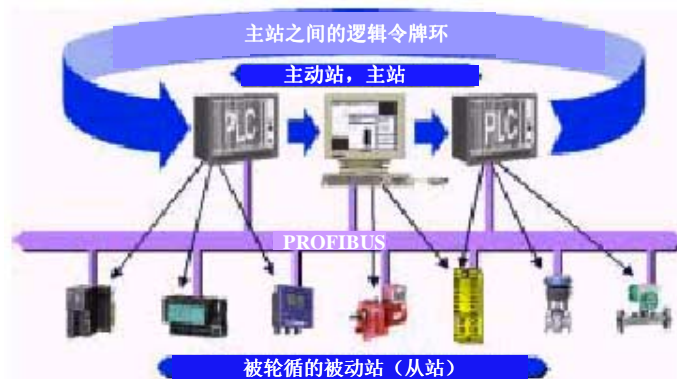


图5 具有若干主站和从站的PROFIBUS系统配置

### 2.4.3 行规

行规 (Profiles) 是由制造和用户制定的有关设备和系统的特征、功能特性和行为的规范。行规规范定义了属于某个行规族的设备和系统的参数和行为特性，由于“行规一致性”的开发，使总线上设备的可互操作性变得容易和可互换性成为可能。行规考虑了现场设备、控制和集成方法（工程）的应用和专用类型特殊性能。术语行规包括少数特殊设备类别的规范和用于特定工业应用的广泛的规范。所有行规的通用术语是应用行规。

行规分几种：**通用应用行规**，它具有用于不同应用的实现选项（例如，PROFIsafe行规，冗余行规，时间标签（time stamp）行规）；**专用应用行规**，它是为特定的应用而开发的，如PROFIdrive, SEMI 或 PA Devices行规；**系统和主站行规**，它描述可供现场设备使用的特定的系统性能。

PROFIBUS 提供这样大范围的应用行规，它们允许面向应用的实现。

### 2.5 PROFIBUS成功的关键

PROFIBUS成为世界市场的领导者，它的成功有许多决定性的因素：

- PROFIBUS 给设备制造商和操作人员提供一种工业界通用的开放技术；
- PROFIBUS 是在机器和装备工程设计领域能显著地降低成本的一个关键因素；
- PROFIBUS 考虑到各种应用领域的需要，已经不断地且合乎逻辑地扩展了它的应用领域；这就确保对特殊工业应用的最优化的支持；
- 在用户的许多自动化和工程系统中，PROFIBUS就意味着最优化的集成，这是由于它在世界范围的高度认可和广泛使用；
- PROFIBUS 始终追求通信平台的稳定性和广泛认可度、其它应用行规的开发以及工业自动化与公司管理层IT领域的连接。

### 3. PROFIBUS 传输和通信

#### 3.1 传输技术

在ISO/OSI参考模型中，第1层定义“物理的”数据传输方法（即电气的和机械的）。这里包括编码类型和所使用的传输标准(例如，RS485)。第1层也称为物理层。

**PROFIBUS** 对第1层的传输技术提供多种不同的版本（见表3）。所有版本都基于国际标准，并包含在IEC 61158 和 IEC 61784的PROFIBUS部分中。

	MBP	RS485	RS485-IS	光纤
数据传输	数字，比特同步曼彻斯特编码	数字，差分信号符合RS485，NRZ	数字，差分信号符合RS485，NRZ	光，数字，NRZ
传输速率	31.25 KBit/s	9.6~12,000 KBit/s	9.6~1,500 KBit/s	9.6~12,000 KBit/s
数据安全 性	前同步码，出错保护，起始/终止定界符	HD=4，奇偶校验比特，起始/终止定界符	HD=4，奇偶校验比特，起始/终止定界符	HD=4，奇偶校验比特，起始/终止定界符
电缆	屏蔽，双绞铜缆	屏蔽，双绞铜缆，电缆类型A	屏蔽，双绞4线，电缆类型A	多模玻璃光纤，单模玻璃光纤，PCF，塑料
远程馈送	通过信号线可用（可选的）	通过附加线可用	通过附加线可用	通过混合线可用
保护类型	本质安全（EEX ia/ib）	无	本质安全（EEX ib）	无
拓扑	带终端器的线型和树型拓扑，组合型	带终端器的线型拓扑	带终端器的线型拓扑	典型的星型和环型拓扑，也可以线型
站的数量	每段最多32个；每个网络上最多126个	不用中继器时每段最多32个；用中继器时每段最多126个	每段最多32个；用中继器时每段最多126个	每个网络上最多126个
中继器的数量	最多4个中继器	最多9个有信号刷新的中继器，	最多9个有信号刷新的中继器	无限制，有信号刷新（信号的时间延迟）

表3 PROFIBUS 的传输技术（物理层）

#### 3.1.1 RS485 传输技术

RS485 传输技术是一种简单的、低成本的传输技术，主要用于需要高传输速率的任务。它使用有一对导体的屏蔽双绞铜质电缆。

RS485 传输技术容易使用，安装电缆无需专门知识。总线结构允许随时增加或拆除站或逐步投运系统而不影响其它的站。后来的扩展（在定义的限制内）也不影响已经投入运行的站。

RS485的一种新的可选类型也可以在本质安全区域运行(RS485-IS, 见本节末的解释)。

##### RS485的特性

可以在9.6 Kbit/s 到 12 Mbit/s之间选择各种 *传输速率*。投运系统时，在总线上的所有站应选择相同的传输速度。最多可以连接32个站（每个总线段），可允许的最大总线长度取决于传输速率。在表3中摘要了这些特性。

##### RS485的安装说明

##### 网络拓扑

所有设备都连接在总线结构（线）中，在一个总线段中最多可连接32个站（主站或从站）。每个总线段的开头和结尾均有一个有源的 *总线终端器*(图6)。两个总线终端器都有永久的供电电源，以确保无出错运行。总线终端器通常在设备或连接器中切换。如果在实现中大于32个站或需要扩大网络区域，则必须使用 *中继器* (repeater) 来连接各个总线段。

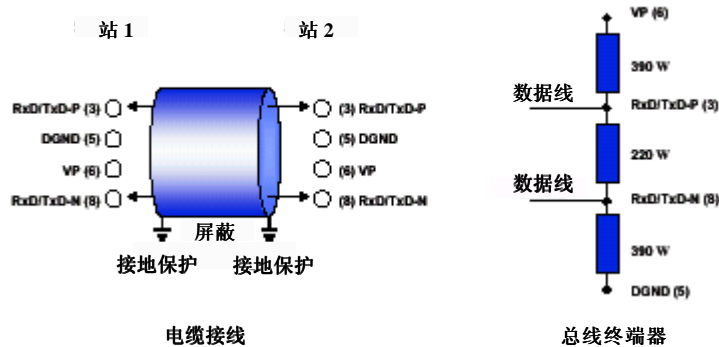


图6 RS 485传输技术的布线和总线终端器

### 电缆和连接器

对于不同的应用，在市场上有不同类型的电缆（类型A - D)可供使用，既可用于设备与设备之间的连接，也可用于设备与网络元件(如，段耦合器，链接器和中继器)之间的连接。当使用RS485 传输技术时，PI 推荐使用 *电缆类型A* （见表4中的数据）。

传输速率 (Kbit/s)	每个总线段的范围 (m)
9.6;19.2;45.45;93.75	1200
187.5	1000
500	400
1500	200
3000;6000;12000	100
这些值适用于具有以下特性的A型电缆：	
阻抗	135 Ω ~ 165 Ω
电容	≤ 30 pF/m
回路电阻	≤ 110 Ω/km
线径	> 0.64 mm
导线截面积	> 0.34 mm <sup>2</sup>

表4 电缆类型A的传输速率和范围

许多制造商可以提供“PROFIBUS”电缆，PI 特别推荐一种快速连接系统，当使用适当的电缆和特殊的剥线工具时它可以使布线快速、可靠且非常简单。在连接站时要始终确保数据线不颠倒。为了确保系统对电磁辐射的高抗干扰性能，总是使用屏蔽数据线(类型A 是屏蔽的)。屏蔽物应接地，在两端的地应使用尽可能大面积的屏蔽压板，以保证地对大地的良好导电性。此外，始终要确保数据线与所有电力电缆分开敷设，并尽可能保持一定的距离。传输速率≥1.5 Mbit/s时，决不要使用短接线。

市场上可供应的连接器支持引入数据线和导出数据线在连接器中直接连接，这样就避免了使用短接线，并可以在任何时刻在总线上连接和断开总线连接器，且不会中断数据通信。适用于RS485传输技术的连接器类型取决于保护等级。9针D型连接器主要用于保护等级为IP 20的区域。对于保护等级IP 65/67有三种通用连接器可供选择：

- M12 圆形连接器，符合IEC 947-5-2
- Han-Brid 连接器，符合DESINA 建议
- Siemens 混合连接器。

这种混合连接器系统还提供一种用于使用光纤数据传输的类型并在共用的混合电缆中通过铜缆提供用于外部设备的24 V 工作电压。

在PROFIBUS网络中出现的与传输技术有关的问题，常常可能是由于不正确的布线和安

装而引起的。这些问题通常使用总线测试设备来解决，在投运前它能检查出许多典型的布线和安装错误。

这里所提及的许多不同的连接器、电缆、中继器、总线测试设备等，它们的供货商的地址可以查看PROFIBUS产品目录([www.profibus.com](http://www.profibus.com))。

### RS485-IS

已经有很多用户要求支持在本质安全区域中使用具有快速传输速率的RS485。

PNO已开始了此任务并制定出用于本质安全的、具有简单设备可互换性的RS485解决方案的导则。

在相互连接期间，为了保证安全功能，此接口的规范规定所有站必须遵守的电流和电压标准。电气线路在规定的电压下允许最大的电流。在连接活动源时，所有站的电流总和不得超过最大允许的电流。

与FISCO 模型相比，RS485-IS原理的创新点在于它仅有一个本质安全源，所有的站现在都表现为活动源。测试机构的连续调研可望在本质安全的总线线路中最多可连接32个站。

### 3.1.2 符合MBP的传输

#### 术语MBP

MBP 作为传输技术它具有下列属性：

- “Manchester 编码(M)”，
- “总线供电(BP)”。

此术语代替以前用于本质安全传输的公共术语“符合IEC 61158-2的物理层”、“1158-2”等。这样改变的理由是，在确定的IEC 61158版本中，IEC 61158-2（物理层）描述了若干种不同的连接技术，也包含MBP技术，因此以前的描述是不明确的。

MBP是使用固定传输速率31.25 Kbit/s和Manchester编码的同步传输技术。此传输技术通常用于过程自动化领域，因为它满足化学工业和石化工业的特殊要求，即使用双线技术的本质安全和总线供电。表3 中概述了这种技术的特点。这就是说PROFIBUS也可以用于有爆炸危险的区域，是本质安全品质的。

#### MBP的安装说明

##### 连接技术

本质安全传输技术MBP通常被限定于工厂的一个特定的总线段(现场设备在危险区域)，然后通过段耦合器或链接器（见图7）把此总线段链接到RS485总线段(控制系统和工程设备在控制室内)。

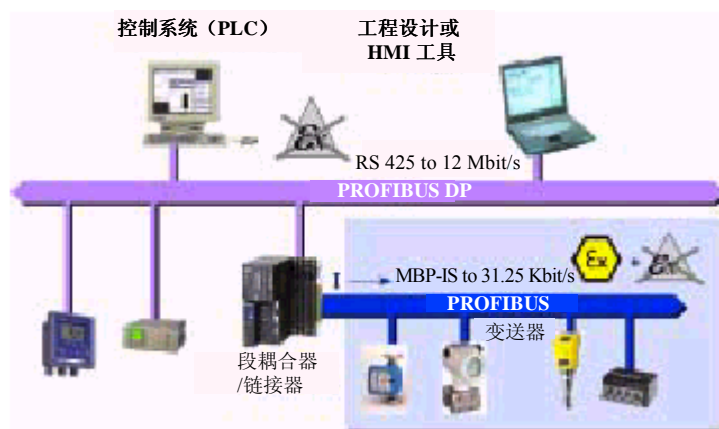


图7 使用MBP传输技术的现场设备的系统拓扑和总线供电

**段耦合器**是一个信号转换器，它把RS485信号调制成MBP信号电平，反之亦然。从总线协议的观点看这些是透明的。相反，**链接器**有它自己内在的智能，它把与MBP总线段连接的所有现场设备映象为RS485总线段中的单个从站。当使用链接器时，对RS485总线段中使用的传输速率没有限制，所以使用MBP连接的现场设备也可以实现快速网络。

### MBP的网络拓扑

使用MBP传输技术的PROFIBUS 支持树型或线型（或二者的组合）结构的网络拓扑。

在**总线型结构**中，使用T型连接器将站连接到主干电缆。**树型拓扑**与传统的现场安装方法是可以比较的，多芯主电缆由双线总线主电缆代替，仍然保留现场分配器连接现场设备和检测总线终端器阻抗的功能。当使用树型拓扑时，连接到现场总线段的所有现场设备都并行地布线在现场分配器中。在所有情况下，计算总线总长度时必须把最大允许的短接线长度考虑进去。在本质安全的应用中，短接线的最大允许长度为30 m。

### 传输介质

使用屏蔽双绞线作为传输介质，见图6。在总线主干电缆的两端都有一个无源的总线终端器，它由一个串接 $R = 100 \Omega$  和 $C = 2 \mu\text{F}$ 的RC元件组成。总线终端器已经被集成在段耦合器或链接器中。当使用MBP 技术时，不正确连接的现场设备（例如，极性颠倒）不会影响总线的功能，因为这些设备通常具有极性自动检查功能。

### 站数，总线长度

可以连接到一个总线段上的站数限制为32 。然而，实际可连接的站数还要根据所选择的保护类型和总线供电能力（如果需要话）来确定。

在本质安全网络中，最大反馈电压和最大反馈电流被规定在严格的限度内。即使对非本质安全网络，供电装置的输出也是有限制的。

作为确定最大总线长度的首选原则，要充分计算所连接的现场设备的功率需求、指定供电装置以及所选电缆类型的总线长度。所需电流（ $=\Sigma$ 功率需求）包括连接在各个总线段中现场设备的基本电流之和以及为每个总线段预留的9 mA，此预留的电流是用于FDE (Fault Disconnection Equipment)的运行电流。FDE 预防有故障的设备永远地中断总线。

允许总线供电的设备与外部供电的设备联合运行。必须注意，外部供电的设备也要通过总线终端器消耗基本电流。因此，在计算最大有效供电电流时，必须把外部供电的设备要消耗的基本电流考虑进去。

在需要防爆的区域，使用FISCO模型使PROFIBUS网络的设计、安装和扩展相当的简单(见3.1.4)。

### 3.1.3 光纤传输技术

有些现场总线的应用环境对耦合电线的传输技术有限制，像有很高电磁干扰的环境或需要覆盖特别大的网络距离的应用。通过光纤导体的光纤传输技术是适用于这些情况的。为此目的，用于光纤传输的PROFIBUS 导则(2.022)详细说明了此可用的技术。在制定这些规范时，自然要特别小心地考虑到，在光纤网络中应允许无问题地集成现有的PROFIBUS设备，而不需要改变PROFIBUS (第1层)协议特性。这就确保与现有的PROFIBUS 安装的向下兼容性。

在表5中指出了所支持的**光纤类型**。传输特性不仅支持**星型和环型拓扑结构**，也支持**线型结构**。

最简单的案例是使用光/电转换器来实现光纤网络，光/电转换器通过RS485接口连接设备和光纤。这样，在一个工厂内就允许根据环境在RS485传输和光纤传输之间转换。

光纤类型	核心直径 [μm]	范围
多模玻璃光纤	62.5/125	2-3 km
单模玻璃光纤	9/125	> 15 km
塑料光纤	980/1000	< 80 m
HCS <sup>®</sup> 光纤	200/230	大约 500 m

表 5 光纤的特性

### 3.1.4 FISCO 模型

在需要防爆的区域，使用FISCO模型（Fieldbus Intrinsically Safe Concept）使PROFIBUS网络的设计、安装和扩展相当的简单。

此模型是由德国PTB( Physikalisch Technische Bundesanstalt – 德国联邦物理技术研究院)开发的，现在它得到国际上的承认，作为在防爆区域现场总线运行的基本模型。

此模型以本质安全的网络规范为基础，当相关的四个总线组件（现场设备，电缆，段耦合器和总线终端器）的电压、电流、输出、电感和电容符合预先确定的界限时，则无需对它们分别进行本质安全计算。可以通过权威认证机构对有关组件提供相应的验证，这些权威认证机构如PTB(德国) 或 UL(美国)和其它有关机构。

如果使用符合FISCO模型的合格设备，则不仅在一条线上可以运行更多的设备，而且可以在运行期间用其它制造商的设备来替换总线上的设备，或者可以扩展总线范围。所有这些都无需耗时的计算或系统验证。所以可以简单地即插即用，甚至在危险区域也可以如此！不过，在选择电源、总线长度和总线终端器时必须保证遵守前面叙述的规则(见“MBP的安装说明” )。

#### 应用FISCO的边界条件

- 每段只允许一个供电电源。
- 所有站必须符合FISCO 模型并经验证合格。
- 电缆长度不得超过1000 m(防爆类型ia) / 1900 m(防爆类型ib)
- 电缆必须满足以下值：  
 $R' = 15 \dots 150 \text{ } \Omega/\text{km}$   
 $L' = 0.4 \dots 1 \text{ mH}/\text{km}$   
 $C' = 80 \dots 200 \text{ nF}/\text{km}$
- 供电装置和现场设备的所有组合必须确保，在故障情况下，任何现场设备可允许的输入变量 ( $U_i$ ,  $I_i$  和  $P_i$ ) 必须超过相关供电装置的最大可能和认可的输出变量 ( $U_o$ ,  $I_o$ ,  $P_o$ ; 在美国为:  $V_{max}$ ,  $I_{max}$ ,  $P_{max}$ )。

#### FISCO给用户带来的好处

- 支持即插即用，甚至在危险区域也可以
- 无需系统验证
- 设备更换或系统扩展无需耗时的计算
- 连接的设备个数最大化

符合MBP 和 FISCO 模型的传输基于以下原理：

- 当一个站发送信息时，对总线不供电。
- 每个总线段只有一个供电电源。
- 在稳定状态下每个现场设备消耗至少10 mA的恒定基本电流。
- 现场设备的作用如同一个无源的电流吸收器。
- 在主干线的两端各有一个无源的总线终端器。
- 支持总线型、树型和星型网络拓扑。



用总线供电，对每个设备至少有10 mA的基本电流提供给现场设备。通信信号由发送设备对基本电流调制± 9 mA的方法来产生。

### 3.2 通信协议 DP

通信协议DP设计用于在**现场层的快速数据交换**。这是中央可编程的控制器（如，PLC、PC 或过程控制系统）通过快速串行连接与分散的现场设备（如，I/O 、驱动器、阀门、变送器或分析装置）进行通信。与分散的现场设备之间主要是循环的数据交换。对于循环数据交换所需要的通信功能通过DP基本功能(版本DP-V0)来规定。依据各种应用领域的特殊需求，这些DP基本功能已经用特殊功能逐步地进行了扩展，所以现在有三种版本：DP-V0, DP-V1和DP-V2可供使用，而每一种版本都有它自己专用的关键特性(见图8)。版本的这种区分，主要反映了由于不断增长的应用需求所完成的规范工作的时间顺序。版本V0 和 V1 包含“特性” (用于实现的绑定)和选项，而V2 仅规定了选项。

三种版本的关键内容如下：

**DP-V0** 提供DP基本功能，包括循环的数据交换，以及站诊断、模块诊断和特定通道的诊断。

**DP-V1** 包含依据过程自动化的需求而增加的功能，特别是用于参数赋值、操作、智能现场设备的可视化和报警处理等（类似于循环的用户数据通信）的非循环的数据通信。这样就允许用工程工具在线访问站。此外，DP-V1有三种附加的报警类型：状态报警，刷新报警和制造商专用的报警。

**DP-V2** 包括主要根据驱动技术的需求而增加的其它功能。由于增加的功能，如同步从站模式 (isochronous slave mode) 和从站到从站通信 (DXB, Data eXchange Broadcast)等，DP-V2也可以被实现为驱动总线,用于控制驱动轴的快速运动时序。

DP的各种版本在IEC 61158中都有详细的说明。图8解释这些版本主要特征。

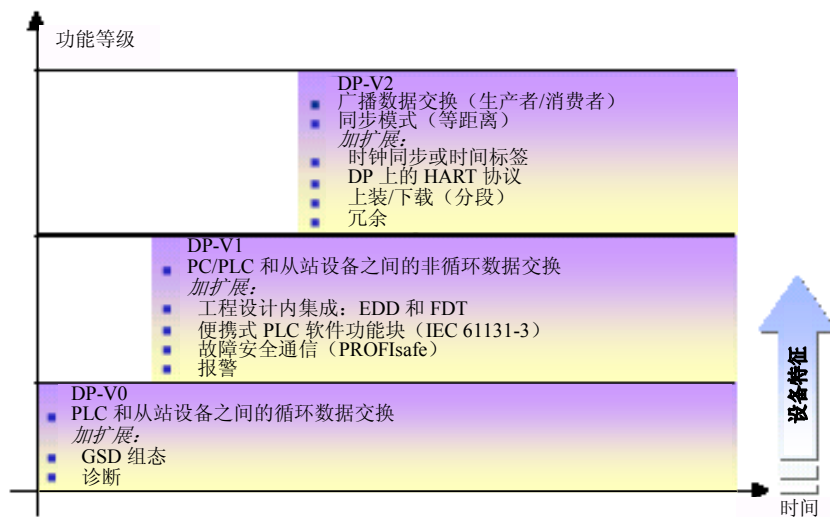


图8 PROFIBUS DP各版本的主要功能

#### 3.2.1 基本功能 DP-V0

中央控制器（主站）

- 循环地从从站读输入信息
- 循环地向从站写输出信息。

总线循环时间应该比中央自动化系统的程序循环时间短,对于许多应用而言程序循环时间

大约为10 ms。然而，对于一个总线系统的成功实现，仅仅有快速的数据吞吐量是不够的。处理简单、良好的诊断能力以及抗干扰的传输技术等也是关键因素。DP为这些特性提供了最优的组合（见表6）。

### **传输速度**

在传输速度为12 Mbit/s的情况下，通过分散的32个站传输512 比特的输入数据和512 比特的输出数据，DP只需要大约1 ms的时间。

图9指出典型的DP传输时间与站数和传输速度之间的关系。使用DP时，在单个报文循环中发送输入和输出数据。使用DP时，用第2 层的**SRD 服务**(Send and Receive Data Service)发送用户数据。

### **诊断功能**

DP的综合诊断功能能够快速确定故障的位置。诊断信息在总线上传输并由主站收集。诊断报文分三级：

#### **设备专用的诊断**

为站服务的常规准备信息，如“过热”，“电压过低”或“接口不清楚”等。

#### **与模块有关的诊断**

这些信息指出在一个站的特定的I/O子区域（如，8位输出模块等）中出现的故障。

#### **与通道有关的诊断**

这些报文指出与个别输入/输出位（通道）有关故障情况，如输出位“短路”等。

### **系统配置和设备类型**

DP 允许构成单主站或多主站的系统，这为系统配置提供了高度的灵活性。在同一条总线上最多可连接 126 个设备（主站或从站）。系统配置规范定义以下内容：

- 站点数
- 站地址对 I/O 地址的分配
- I/O 数据的数据一致性
- 诊断报文的格式
- 所使用的总线参数等。

总线存取	<ul style="list-style-type: none"> <li>•主站之间的令牌传送程序和主站与从站之间的数据传送</li> <li>•单主站或多主站系统，可选</li> <li>•在一条总线上，最多可接 126 个主站和从站设备</li> </ul>
通信	<ul style="list-style-type: none"> <li>•点对点 (用户数据通信) 或 群播(控制命令)</li> <li>•循环的主站-从站用户数据通信</li> </ul>
运行状态	<ul style="list-style-type: none"> <li>•运行 循环地传输输入和输出数据</li> <li>•清除 读输入，输出保持在故障安全状态</li> <li>•停止 诊断和参数分配，无用户数据传输</li> </ul>
同步	<ul style="list-style-type: none"> <li>•控制命令能使输入和输出同步</li> <li>•Sync mode 同步输出</li> <li>•Freeze mode 同步输入</li> </ul>
功能	<ul style="list-style-type: none"> <li>•DP 主站与多个从站之间的循环用户数据传输</li> <li>•动态的激活/解除激活各个从站；检查从站组态</li> <li>•强有力的诊断功能， 3 级诊断报文</li> <li>•输入和/或输出的同步</li> <li>•通过总线对从站分配地址，可选的</li> <li>•每个从站的输入/输出数据最多 244 字节</li> </ul>
保护功能	<ul style="list-style-type: none"> <li>•报文传输的海明距离：HD=4</li> <li>•DP从站的监视器控制检测指定的主站故障</li> <li>•对从站的输入和输出的存取保护</li> <li>•用主站中可调节的监视定时器来监视用户数据通信</li> </ul>
设备类型	<ul style="list-style-type: none"> <li>•1类DP主站(DPM1)，中央可编程序的控制器，如PLC， PC</li> <li>•2类DP主站(DPM2)，如工程或诊断工具</li> <li>•DP 从站，如二进制的或模拟的输入/ 输出设备，驱动器，阀门等</li> </ul>

表 6 DP-V0 的概述

## 设备类型

每个 DP 系统由不同类型的设备组成，这些设备分为三类：

### 1 类 DP 主站 (DPM1)

DPM1是中央控制器，它在确定的报文循环内与分散的从站循环地交换信息。典型的 DPM1设备，如可编程逻辑控制器 (PLC) 或PC等。DPM1有主动的总线存取权，它可以在固定的时间读现场设备的测量数据 (输入) 和写执行机构的设定值 (输出)。这种连续不断的重复循环是自动化功能的基础。

### 2 类 DP 主站 (DPM2)

这类设备是工程设计、组态或操作设备。它们在系统投运期间执行，主要用于系统维护和诊断，组态所连接的设备、评估测量值和参数，以及请求设备状态等。DPM2 不必永久地连接在总线系统中。DPM2 也有主动的总线存取权。

### 从站

从站是外围设备，如 I/O 设备、驱动器、HMI、阀门、变送器、分析装置等。它们读取过程信息和/或用输出信息去干预过程。也有一些设备只处理输入或输出信息。从通信的角度看，从站是被动设备，它们仅仅直接响应请求。这种行为特性能被简单而低成本地实现 (在 DP-V0 的情况下，它已经完全包含在硬件中)。

在单主站系统中，总线系统运行时只有一个主站在总线上活动。图10展示了一个单主站系统的配置。PLC是中央控制部件，从站通过传输介质分散地与PLC连接。单主站系统配置可达到最短的总线循环时间。

在多主站配置中，总线上可连接若干个主站。这些主站或者是由一个DPM1与它从属的从站构成的相对独立的子系统，或者是附加的组态和诊断设备。所有DP主站均可以读取从站的输入和输出映象，但只有在组态时指定为DPM1的主站能向它所属的从站写输出数据。

### 系统特性

为了保证相同类型设备之间的高等级的设备可互换性，已经对 DP 的系统行为特性进行了标准化。系统行为主要取决于 DPM1 的运行状态。这可以由组态设备在本地或通过总线来控制。主要有以下三种状态：

- 停止 (stop)

在此状态下，DPM1 与从站间没有数据传输。

- 清除 (clear)

在此状态下，DPM1 读取从站的输入信息，并将从站的输出信息保持在故障安全状态（“0”输出）。

- 运行 (operate)

在此状态下，DPM1 处于数据传输阶段。在循环数据通信时，DPM1 从 DP 从站读输入信息，并向从站写输出信息。

在一个可组态的时间间隔内，DPM1 使用群播命令向从属于它的所有从站循环地发送它的状态。

在 DPM1 的数据传输阶段，系统对某个出错（如，一个从站故障）的反应由组态参数“auto\_clear”来决定。

如果此参数设置为“真” (true)，则一旦从站不再准备传输用户数据时，DPM1 立即将所从属的所有从站的输出转入故障安全状态，然后 DPM1 转变为清除状态。

如果此参数设置为“假” (false)，则即使在从站出现故障时 DPM1 仍停留在运行状态，并且用户可以控制系统的反应。

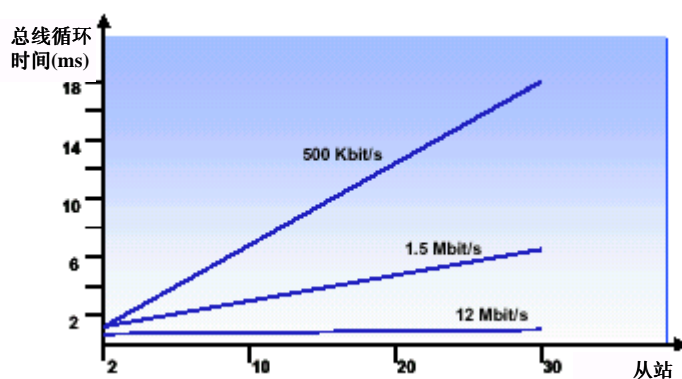


图9 DP单主站系统的总线循环时间

边界条件：每个从站有2个字节输入和输出数据



图 10 PROFIBUS DP 单主站系统

### DPM1与从站之间的循环数据通信

DPM1与所属从站间的数据通信由DPM1按已确定的循环顺序自动地进行处理（见图11）。在组态总线系统时，用户确定分配给此DPM1的从站，还确定哪些从站纳入/不纳入循环的用户数据通信。

DPM1与所属从站间的数据通信分为三个阶段：参数化阶段，组态阶段和数据传输阶段。在主站与一个DP从站进入数据传输阶段前，在参数化和组态阶段，需检查所组态的设备配置与实际设备的配置是否匹配。在此检查过程中，设备类型、数据格式和长度以及输入输出数量必须相符合。这些测试为用户提供可靠的保护以免参数化出错。除了由DPM1自动执行的用户数据传输外，新的参数化数据可以应用户的请求发送给DP从站。

### 同步和冻结模式

除了由 DPM1 自动处理的与站相关的用户数据传输外，主站还可以同时向一组从站或所有从站发送控制命令。这些控制命令通过群播命令发送并可使同步（sync）和冻结（freeze）模式用于实现从站的事件控制的同步。

当这些从站接收到从它们的主站发来的同步命令后，便开始进入**同步模式**，所有被寻址的从站的输出冻结在它们的当前状态。在随后的用户数据传输期间，输出数据存储在从站上，但它们的输出状态保持不变，直到接收到下一个同步命令时，所存储的这些输出数据才发送到输出设备。用非同步（**unsync**）命令退出同步模式。

类似地，冻结控制命令使被寻址的从站进入**冻结模式**。在这种模式中，从站的输入状态被冻结在当前值，直到主站发送下一个冻结命令时输入数据才被更新。用非冻结（**unfreeze**）命令退出冻结模式。

### 保护机制

为了安全和可靠，有必要对 DP 提供有效的保护机制以防止参数化出错或传输设备出故障。为此，DP 主站和 DP 从站具有定时监视器方式的监控机制。监视时间间隔在组态时定义。

### 在 DP 主站

DPM1 用 `Data_Control_Timer` 来监视从站的数据通信。对每个从站使用各自的定时监视器。在监视时间间隔内，如果没有执行正确的用户数据传输，则定时监视器被解扣（**trip**）。一旦出现此情况，即通报给用户。如果启用自动出错处理（`Auto_Clear=True`），则 DPM1 将退出运行状态，并将它所属的所有从站的输出切换到故障安全（`fail_safe`）状态后转变为清除模式。

## 在从站

从站使用定时监视器（watchdog）检查主站或传输的故障。如果在监视定时控制间隔内未发生与主站的数据通信，则从站将自动地将其输出切换到故障安全状态。

此外，在多主站系统运行时，对从站的输出需要有存取保护。这就保证了只有指定的主站才有直接存取权。对所有其他主站来说，即使没有存取权，也可以读取从站提供的输入映象。

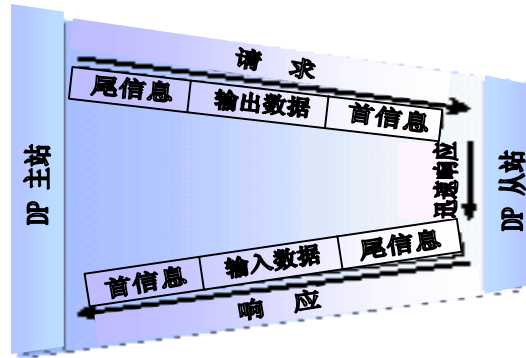


图 11 DP 中的循环用户数据传输

### 3.2.2 版本 DP-V1

#### 非循环数据通信

版本DP-V1的主要特性是用于非循环通信的扩展功能。在运行期间为了对总线上的现场设备进行参数化和校验（calibration）以及确认的报警报文的传输，这些扩展功能是必须的。执行非循环的数据传输类似于循环的数据通信，但使用较低的优先权。图13展示了一些通信顺序的示例。一类主站持有令牌并能够按固定的顺序向从站1、然后从站2等发送报文或从这些从站那里接收报文，直到它完成了与当前从站表中最后一个从站的通信（MS0通道）为止。然后，它把令牌传送给二类主站。这时，二类主站可以使用已规划的循环的剩余可用时间（“gap”）与任一从站建立非循环的连接(如图13中的从站3)来交换记录(MS2 通道)。在当前循环时间结束时，它将令牌返回给一类主站。记录的非循环交换可以持续若干个扫描（scan）周期或它们的“间隙”（gaps），在结束时二类主站用间隙（gap）来清除连接。类似于二类主站，一类主站也可以执行与从站的非循环数据交换(MS1 通道)。

在表7中指出其它可用的服务。

#### 扩展的诊断

作为另一个功能，已经增强了DP-V1的设备专用诊断，并分为类别报警和状态报文(见图12)。

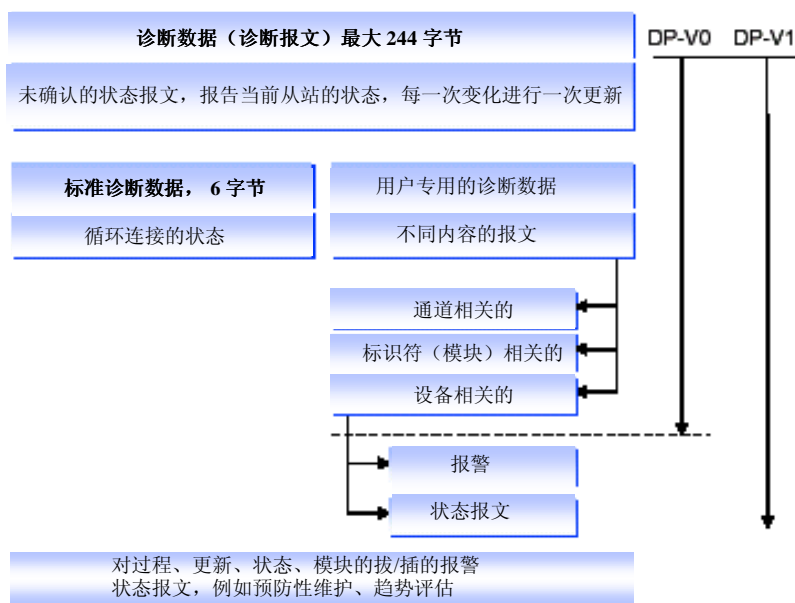


图 12 DP-V0 和 DP-V1 中的诊断报文结构

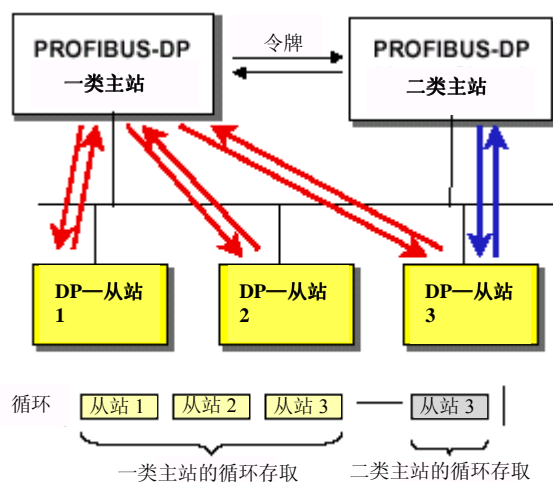


图 13 DP-V1 中的循环和非循环通信

### 3.2.3 版本DP-V2

#### 从站对从站的通信 (DxB)

此功能使从站与从站之间能使用广播通信方式而不需绕道通过主站来进行直接而省时的通信。在此情况下，这些从站扮演为“生产者” (publisher)，即从站响应不通过协调的主站而直接到包含在此序列中的称为“消费者” (subscribers) 的其它从站(见图15)。这样，从站就可以直接从其它从站读取数据，并将这些数据作为它们自己的输入。这样就开拓了全新的应用领域，同时还可以减少总线上的响应时间90 %。

### 等时同步模式 (Isochronous mode)

此功能可实现主站和从站中的时钟同步控制，而与总线负载无关。此功能可实现高精度定位处理，其时钟误差小于1微秒。通过“全局控制” (global control) 广播报文使所有参加的设备循环与总线主循环同步。一个特殊的活标记 (sign of life) (连续号) 允许监控同步性。图14指出用于数据交换(DX, 绿色)、二类主站的存取 (黄色) 和保留 (白色) 的有效时间。红色箭头标识通过控制( $R_x$ )从实际数据采集( $T_I$ )到设定值数据输出( $T_O$ )的路线，它通常延伸到两个总线循环。

#### 时钟控制

此功能(实时主站通过新的无连接的MS3服务向所有从站发送时间标签 (time stamp) )使所有的站与系统时间同步，其时钟误差小于1毫秒。这就允许精确地跟踪事件。为了在多主站的网络中获得定时功能，此功能特别有用。这使故障诊断以及事件的顺序编制很容易。

#### 上装和下载 (Load Region)

此功能允许用少许命令在现场设备中装载任意大小的数据区。例如，这可以使更新程序或更换设备而不需要手册规定的装载过程。

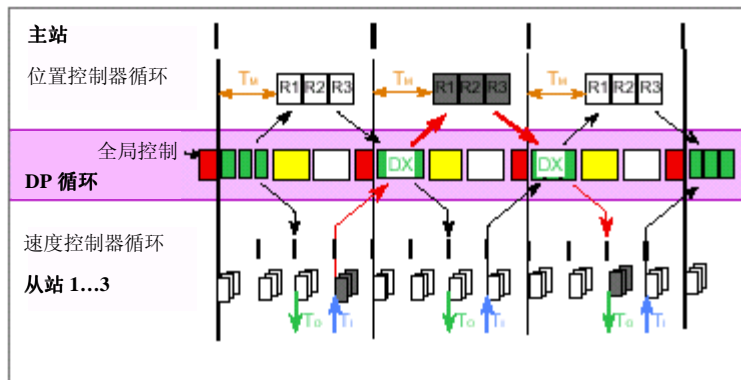


图14 同步模式

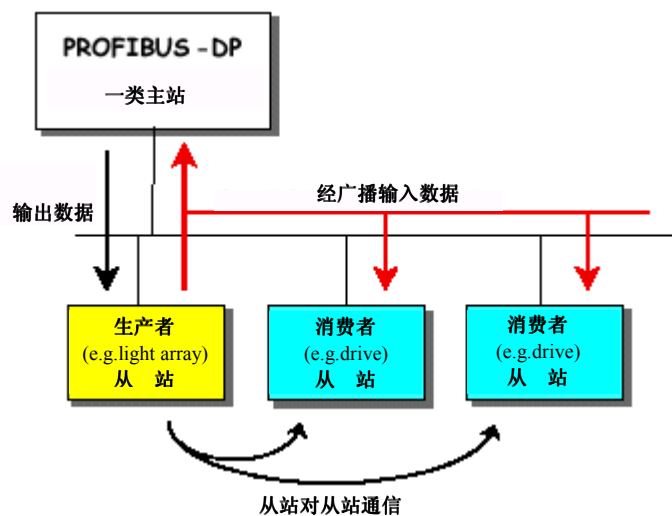


图15 从站对从站的数据交换



## 功能调用

功能调用服务允许在DP从站中控制程序（启动、停止、返回、重启）或调用功能（如获得测量值）。

### 3.2.4 用槽号（slot）和索引（index）编址

在编址数据时,PROFIBUS 设想从站的物理结构是模块化的,或可以由逻辑功能单元(也称为模块(module))在内部构成。对循环的数据通信,在DP基本功能中也使用这些模块,在那里每个模块具有固定的输入和/或输出字节数,它们被传送时在用户数据报文中占有固定的位置。这种编址过程以标识符为基础,标识符表示模块的类型,如输入、输出或两者组合。所有组合的标识符形成一个从站配置,在系统初启时也检查从站的配置。非循环的数据通信也基于此模型。能用于读/写存取的所有数据块也都被认为是模块,并可以用槽号和索引来寻址。槽号表示模块,而索引表示属于此模块的数据块。每个数据块最多为244个字节(见图16)。对于模块化设备,槽号被分配给模块。模块号从1号开始,按升序被连续地编号。槽号0用于该设备本身。

紧凑型设备作为一个虚拟模块装置来对待,它们也使用槽号和索引来编址。

在读或写请求中使用长度规定,也可以读或写一个数据块的部分数据。如果数据块的存取是成功的,则从站用肯定的读或写响应作为回答。如果不成功,则从站给予否定的回答,并在回答中给出问题的类别。

<b>DPM1 与从站之间的非循环服务</b>	
Read	主站从从站读数据块
Write	主站向从站写数据块
Alarm	由从站向主站发送一个报警,主站应明确地应答接收。 从站在接收了此应答后才能发送新的报警报文,以此来防止任何报警被覆盖。
Alarm_Acknowledge	主站向从站应答一个报警的接收。
Status	由从站向主站发送一个状态报文,无需应答。
在MS1连接上,数据传输是面向连接的。此连接由DPM1建立,并紧密地链接到用于循环数据通信的连接。它可以由已经参数化和组态了各自从站的主站使用。	

<b>DPM2 与从站之间的非循环数据通信服务</b>	
Initiate	为DPM2与从站之间的非循环数据通信建立和终止一个连接。
Abort	
Read	主站从从站读数据块
Write	主站向从站写数据块
Data_Transport	主站可以非循环地向从站写应用专用的数据(按行规中规定的);若需要,在相同的循环中可以从从站读数据。
在MS2连接上,数据传输是面向连接的。在开始非循环数据通信前,由DPM2用Initiate服务建立此连接。然后,此连接可用于Read,Write和Data_Transport服务。相应地,由DPM2来终止此连接。一个从站可以同时保持若干个活动的MS2连接。但是,连接的数量受各个从站中可供使用的资源的限制。	

表7 非循环数据通信的服务

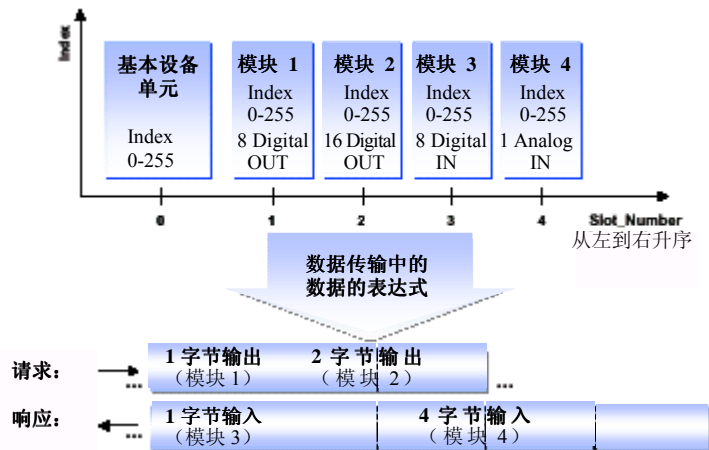


图 16 用槽号和索引编址

## 4. 通用应用行规

通用应用行规描述多于一个应用的功能和特性。它们也可以与专用应用行规联合使用。

### 4.1 PROFIsafe

相当长的时期以来，用于工厂自动化和过程自动化的分布式现场总线技术受制的约束条件是，安全任务只能使用第2层的传统技术或分布式专用总线来解决。现在，PROFIBUS使用PROFIsafe已经建立了一种全面的开放解决方案，它满足多数重要的安全准则。

PROFIsafe 定义故障安全 (fail-safe) 设备(紧急停机按钮，发光阵列 (light arrays)，溢出停车 (overflow cutouts) 等) 怎样通过PROFIBUS可以与故障安全控制器安全地通信，以使它们可以用于安全有关的自动化任务达到符合EN954、AK6 或 SIL3 (Safety Integrity Level) 的KAT4。通过行规也就是通过用户数据的特殊格式和特殊协议来实现安全通信。

制造商、用户、标准化委员会以及检查机构 (inspectors) (TÜV, BIA)已经联合制定了PROFIsafe规范。它以有关标准为基础，主要是IEC 61508，这些标准特别注重软件开发。

PROFIsafe 考虑了许多在连续总线通信中出现的各种可能的出错，例如延误、数据的丢失或重复、错误的顺序、寻址或不可靠的数据等。

选择如下一些用于PROFIsafe的补救措施：

- 安全报文的连续编号。
- 用于输入报文帧和它们的确认的暂停时间 (Timeout)。
- 发送者与接收者之间的标识 (“password”)。
- 附加的数据安全性(Cyclic Redundancy Check, CRC)。

由于这些补救措施与有关专利 “SIL monitor” (故障报文频率的监视) 的巧妙结合，PROFIsafe 实现安全等级达到SIL 3，并可超过此等级。

PROFIsafe是单通道软件解决方案，它在设备中实现并作为第7层“上”的附加层 (见图17)，标准的PROFIBUS部件 (如总线、ASIC 或协议) 保持不变。这就确保冗余模式和改进的能力。

使用PROFIsafe 行规的设备能够与PROFIBUS标准设备无限制地在同一条总线 (电缆) 上共同运行。

PROFIsafe 使用非循环的通信，并可以用RS485、光纤或MBP传输技术。这就确保了快速响应时间 (对于制造工业是重要的) 和本质安全操作 (对于过程工业是重要的)。

由于在应用期间 (SIL2运行可靠性) 可以组态故障安全功能，因此在处理技术方面只需提供和准备一个用于故障安全的标准设备类型或标准的操作。

象通用的软件驱动程序一样，PROFIsafe 可用于广泛的开发和运行环境。在“用于安全技术的PROFIsafe 行规”文本中有详细的规范说明，订单号：3.092。

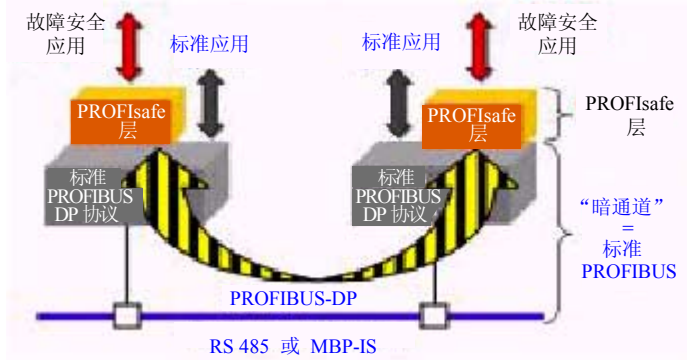


图17 用PROFIsafe的故障安全模式

#### 4.2 PROFIBUS 上的HART

考虑到在现场已安装大量的HART设备，对大多数用户来说，将这些设备集成到现有的或新的PROFIBUS 系统中是十分重要的。

PROFIBUS 的“HART”规范为解决此问题提供了一种开放的解决方案。它结合了PROFIBUS通信机制的优点，而对PROFIBUS协议和服务、PROFIBUS PDU (协议数据单元)、或状态机和功能特性等无需作任何改变。

此规范定义为一种PROFIBUS的行规，在第7层之上在主站和从站中实现它。这样可以使HART客户机-主站-服务器 (client-master-server) 模型映射到PROFIBUS上。在规范制定工作方面，HART 基金会的合作，保证了本规范与HART规范的完全一致性。

HART-客户机应用被集成在PROFIBUS 主站中，而HART主站被集成在PROFIBUS 从站中(见图18)，因此后者作为一个多路器并处理与HART 设备的通信。

用于HART报文传输的通信通道的操作与MS1 和 MS2连接无关。HMD (HART Master Device) 可以支持若干个客户机。客户机的个数取决于它的实现。

HART设备可以通过不同的元件将HMD连接到PROFIBUS (PROFIBUS导则“用于HART的PROFIBUS 行规” 订单号：3.102)。

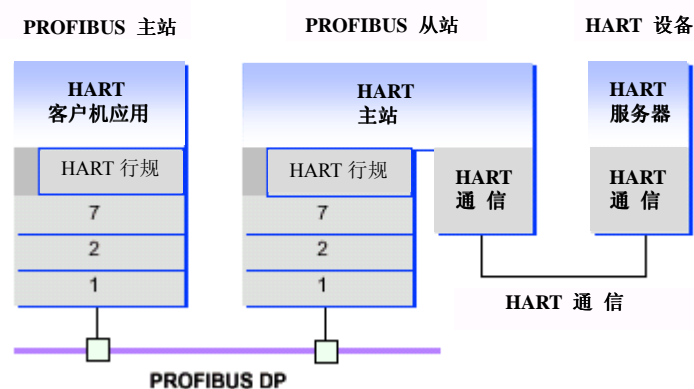


图 18 在 PROFIBUS 上运行 HART 设备

### 4.3 时间标签 (Time stamps)

在记录网络中的定时功能时，特别象记录诊断和故障位置时，能提供带有时间标签的某些事件和动作是十分有用的，时间标签可使时间赋值精确。

为此目的，PROFIBUS 提供时间标签 (stime stamp) 行规。前提条件是在MS3 服务上经由时钟主站对从站中的时钟进行控制。可以给事件一个精确的系统时间标签并相应地读出。使用等级报文的概念。在术语“报警”(Alerts)下摘要报文类型，报文类型分为高优先权的“报警”(alarms)(这些传输一条诊断报文)和低优先权的“事件”。在这两种情况下，主站从现场设备的警报和事件缓存器中非循环的读出(用MS1服务)贴有时间标签的过程值和报警报文(见图19)。详细内容请参考相应的文本PROFIBUS 导则“时间标签”，定单号：2.192。

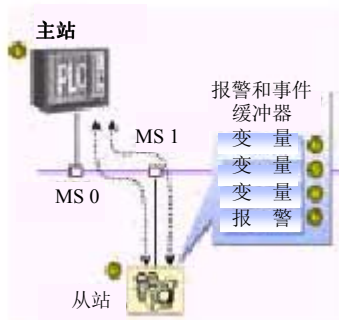


图 19 时间标签和报警报文

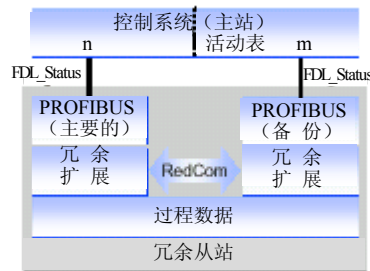


图 20 PROFIBUS 中的从站冗余

### 4.4 从站冗余

在许多应用中要求安装具有冗余通信特性的现场设备。为此，PROFIBUS已经制定了用于从站冗余机制的规范，它描述以下的设备特性(见图20)：

- 从站设备包含两种不同的PROFIBUS接口，称之为“第一”(primary)和“后备”(backup)从站接口。它们既可以在单个设备中也可以分布在两个设备中。
- 这些设备需装有两个具有特殊冗余扩展的独立的协议栈(stack)。
- 在两个协议栈之间运行冗余通信 (RedCom)，即在一个设备内或在两个设备之间，这是独立于PROFIBUS的，并且主要地由冗余转换次数(reversing times)来决定哪种执行能力(performance capability)。

在正常模式下，只在第一从站上发送通信；仅组态第一从站，此从站也可以发送后备从站的诊断数据。在第一从站出现故障的情况下，后备从站完成它的功能。出现此事件的原因是由于检查出第一从站本身有故障或因主站有此请求。此外，主站监视所有从站，一旦后备从站出现故障且无其它的冗余时则发送诊断报文。

冗余从站设备可以在一条PROFIBUS总线上运行，或在有附加冗余总线的情况下也可以在两条PROFIBUS总线上运行。对于用户来说，这种冗余解决方案有以下优点：

- 仅一种设备类型需要实现不同的冗余结构。
- 主站、总线和从站冗余是可以彼此独立使用的。
- 无需另外的后备从站的配置，这样就不需要复杂的工具。
- 可以完全监视两个从站部分。
- 从站设备对总线负载无影响，因此也不影响PROFIBUS的动态响应。

PROFIBUS从站设备的冗余提供高有效性、缩短了转换时间、无数据丢失，从而确保了容错。详细内容请参考有关文本PROFIBUS 导则“从站冗余规范”，订单号：2.212。

## 5. 特殊应用行规

由于PROFIBUS具有非常广泛的应用选项，因此PROFIBUS位于其它主要现场总线的前列。PROFIBUS的观念已经纳入新的国际标准中。它不仅已经开发了满足特殊工业用户要求的多种特殊应用行规，还成功地兼备了多种标准的、开放的现场总线系统的所有应用中的所有重要方面，这样就确保充分保护已有的投资。

表8指出全部现有的及正在制定的PROFIBUS特殊应用行规。

名称	行规内容	版本现状
<b>PROFIdrive</b>	本行规为在PROFIBUS上工作的变速电气驱动器规定设备行为特性和存取数据程序。	V2 3.072 V3 3.172
<b>PA devices</b>	本行规为在过程自动化中的PROFIBUS上工作的过程工程设备规定设备特性。	V3.0 3.042
<b>Robots/NC</b>	本行规描述怎样通过PROFIBUS来控制加工和装配的自动机械设备。	V1.0 3.052
<b>Panel devices</b>	本行规描述简单人机界面(HMI)设备与高层自动化部件的接口。	V1.0D 3.082
<b>Encoders</b>	本行规描述具有单圈或多圈分辨率的旋转编码器、角编码器和线性编码器的接口。	V1.1 3.062
<b>Fluid power</b>	本行规描述在PROFIBUS上工作的液压驱动器的控制，符合VDMA。	V1.5 3.112
<b>SEMI</b>	本行规描述在半导体制造中使用的PROFIBUS设备的特性 (SEMI 标准)。	3.152
<b>Low-voltage switchgear</b>	本行规定义在PROFIBUS DP上工作的低压开关设备(切断开关，马达起动器等)的数据交换。	3.122
<b>Dosage/weighing</b>	本行规描述在PROFIBUS DP上的称重和计量系统的实现。	3.162
<b>Ident systems</b>	本行规描述用于标识用途的设备(如条形码，发送-应答器)之间的通信。	3.142
<b>Liquid pumps</b>	本行规定义在PROFIBUS DP上的液压泵的实现，符合VDMA。	3.172
<b>Remote I/O for PA devices</b>	由于远程I/O在总线操作中的特殊位置，它们与PROFIBUS PA设备相比，适用于不同设备模型和数据类型。	3.132

表8 PROFIBUS的特殊应用行规

### 5.1 PROFIdrive

行规PROFIdrive为PROFIBUS上的电气驱动器定义设备特性和对驱动器数据的存取程序，这些驱动器设备包括简单的变频器直到高级的动态伺服控制器。

在自动化解决方案中集成驱动器在很大程度上取决于驱动器的任务。为此，PROFIdrive定义了6种应用类别，它们覆盖了大多数应用。

**标准驱动器 (class 1)**，它使用主设定值 (setpoint) (如，旋转速度)来控制，速度控制在驱动器控制器中执行。

**带有技术功能的标准驱动器(class 2)**，在此情况下，自动化过程被分解为若干子过程，并且某些自动化功能从中央可编程控制器转移到驱动器控制器上。在此情况下，PROFIBUS 作为技术接口。

对于此种解决方案，在各个驱动器控制器之间需要从站对从站的通信。

**定位驱动器(class 3)**，在这种驱动器中集成了一个附加的位置控制器，这样就可覆盖非常宽阔的应用范围 (如，瓶盖的拧紧和拧松)。定位任务通过PROFIBUS传递给驱动器控制器并开始执行。

**中央运动控制(classes 4 and 5)** 能够协调多个驱动器的运动顺序。主要通过中央数控(CNC)来控制运动。PROFIBUS 用于闭环位置控制以及时钟同步 (见图21)。此种解决方案的位置控制概念(动态伺服控制)也支持非常成熟的线性马达的应用。

借助于计时过程和电子旋转轴的**分布式自动化(class 6)**可以用从站对从站的通信和同步从站来实现。简单的应用包括“电子传动装置”、“曲线盘”(curve discs)和“角同步处理(processes))。

PROFIdrive 把设备模型定义为内部共同运行的功能模块，它表现出驱动器系统的智能。这些模块的设计目标在行规中描述并用有关它们的功能来定义。驱动器的全部功能用它的参数总和来描述。

与其它驱动器行规相比，PROFIdrive只定义对参数的存取机制和大约有30个行规参数的子集，这些参数包括故障缓存器、驱动器控制器、设备标识等。

所有其它参数(在复杂设备中，其数量可能超过1000个)是**制造商专用的**，这给驱动器制造商在实现控制功能时提供了非常大的灵活性。通过DP-V1的参数通道非循环地存取这些参数的元素。

PROFIdrive (V.3) 使用具有创新的从站对从站通信和同步模式的DP-V2作为它的通信协议，见章节3.2。

在互联网上有两种可用的应用行规版本：“用于变速驱动器的行规”，V.2，订单号：3.072；“用于驱动器技术的 PROFIdrive行规”，V.3，订单号：3.172。

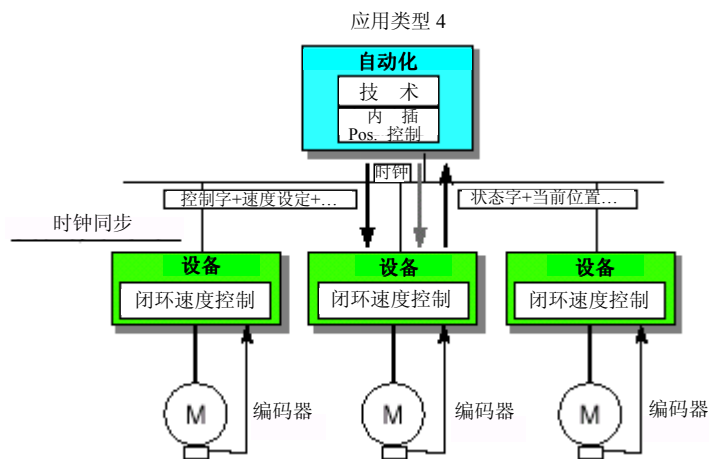


图21 PROFIdrive, 使用中央插补和位置控制的定位

## 5.2 PA 设备

现代的过程设备是内在智能的，它们在自动化系统中可以执行部分信息处理，甚至所有功能。PA 设备行规定义不同类别过程设备的所有功能和参数，它们是典型的用于从过程传感器信号直到在控制系统中与测量值状态一起被读出的预处理过程值的信号流。图 22 指出了信息处理(信号链)的各种步骤以及形成过程的状态。

PA 设备行规包含通用要求部分和设备数据单两个文本，在通用要求部分包括所有设备类型的现行有效的技术规范，在设备数据单中包括一些特殊设备类别的已认可的技术规范。现在可提供 PA 设备行规版本 3，它包含以下的设备数据单：

- 压力和差压
- 液位、温度和流速
- 模拟和数字的输入和输出

- 阀门和执行机构
- 分析仪器

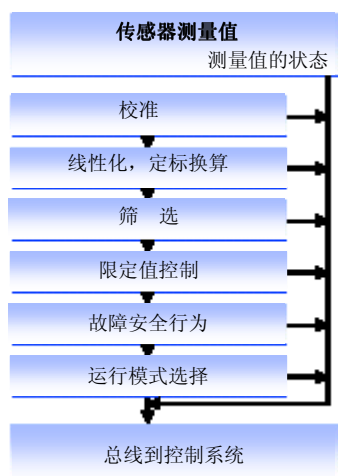


图 22 PA 设备行规中的信号链

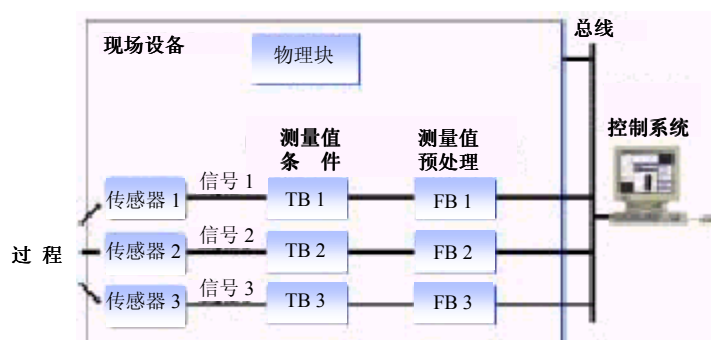


图 23 现场设备（具有多功能）的块结构

### 块模型

在过程工程设计中，人们常常使用块来描述某个控制点上的一个测量点或多个测量点的特性和功能，并且通过这些类型的块的组合来表达一个自动化应用。PA 设备的技术规范使用这种功能块模型来表示功能序列，如图 23 所示。

通常使用以下三种类型的块：

#### 物理块 (PB)

PB 包含设备的特征数据，例如设备名称，制造厂商，版本和系列号等，每一个设备中只能有一个物理块。

#### 变送块 (TB)

由传感器传送过来的无条件的 (unconditioned) 信号经过处理后传递到功能块中，变送块包含处理所需要的所有数据，如果系统中不需要这样的处理，那么可以取消 TB。

带有两个或更多传感器的多功能设备具有相应数量的 TB。

#### 功能块 (FB)

在传送到控制系统之前对量测值进行最终处理所需要的所有数据都被包含在 FB 中，或

者另一方面，在设定过程前对设定进行处理所需要的所有数据也包含在这一模块中。

以下一些功能块可供使用：

**模拟输入模块 (AI)**

AI 将测量值从传感器或者 TB 传送到控制系统。

**模拟输出模块 (AO)**

AO 为设备提供由控制系统指定的值。

**数字输入 (DI)**

DI 为控制系统提供来自设备的数字值。

**数字输出 (DO)**

DO 为设备提供由控制系统指定的值。

这些模块是由制造厂商通过软件在现场设备上实现的，并从总体上体现了设备的功能。作为一个规则，在一个应用中有若干个模块共同工作，如图 23，显示了一个多功能现场设备的简化模块结构。

配置相应于信号链上所划分的两个子过程：

第一个子过程“测量/执行原理”（图 22 的校准，线性化，定标换算）的功能在**变送块**中；第二个子过程“预处理测量值/后处理设置”（图 22 的筛选，限定值控制，故障安全行为，运行模式选择）的功能在**功能块**中。

**PA 设备行规中的技术规范**

在本文中只能概括地、有选择性地给出部分技术规范。如果想得到更详细的信息，请参看技术规范或相关文献，例如“PROFIBUS PA”（Ch. Diedrich / Th. Bangemann, Oldenbourg-Industrieverlag）。

**信号链的说明**

PA 设备行规对于图 22 中所描述的信号链的每一步的功能和参数都给出了详细的定义。作为一个例子，图 24 和表 9 提供了“校准（calibration）”步骤的详细情况，而图 25 指出了“限值检查（limit-value check）”这一步骤。

参数	参数描述
LEVEL_HI	测量的装料等级范围
LEVEL_LO	
CAL_POINT_HI	传感器测量范围的区域，用它映象等级范围
CAL_POINT_LO	

表 9 校准功能的参数

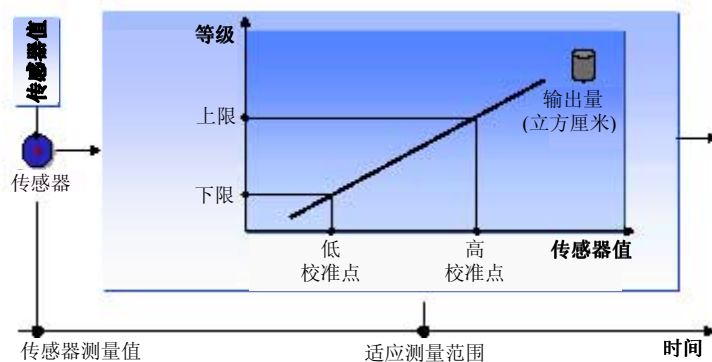


图 24 校准功能的规范



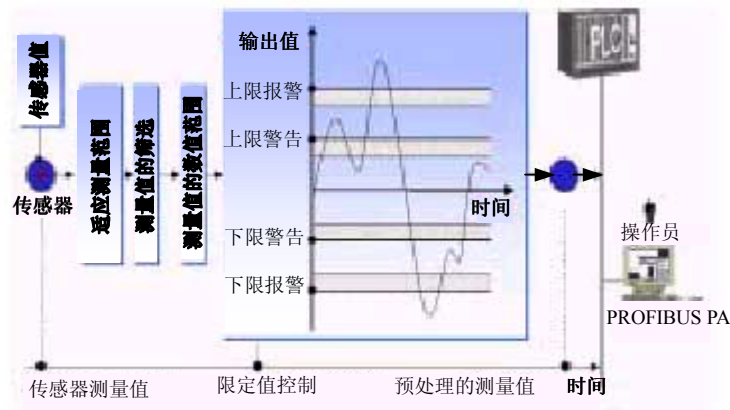


图 25 限值检查功能的规范

### 寻址参数

经由块内部的相关索引，使用这些块的起始地址和参数来确定这些块。作为一个规则，这些可以由设备制造商自由地选择。为了存取这些参数（例如使用操作员工具），设备专用的块结构被存储在设备字典中。

### 批参数集

为了实现现场设备的批处理，行规允许存储若干个参数集，即使在投运期间也可以。然后，在运行时间内当前的批过程被切换到指定的参数集。

### 模块化设备

在 PROFIBUS 中，区分紧凑型设备和模块化设备，在本文中一个功能块是一个“模块”。为此目的，PA 设备行规提供了功能块的选择。具有组态模块的设备被描述为多变量设备。

### 带有若干个过程变量的设备

过程设备日益增多地提供多个过程变量，例如通过若干传感器或者以导出变量的方式（in the form of derived variables）。在行规的变送块中通过区分主要值（PV）和次要值（SV）来考虑这一点。

### 限值检查

传送到设备的部分信息处理是限值检查。为了实现这个目的，PA 设备提供了相应的机制，在超过或低于警告/报警极限时，就会发出信号（如图 25）。

### 值状态

值状态信息项被附加到测量值上，这些信息说明了测量值的质量。有三种质量等级：不好（bad）、不确定（uncertain）以及好（good），在指定给每个质量等级的子状态上还提供了附加的信息。

### 故障安全特性

PA 设备行规还提供故障安全特性。如果在测量链中出现了错误，则将设备的输出设置为用户可定义的值。用户可以在三种不同的故障安全特性类型中进行选择。

请参阅相关的文本，PROFIBUS 导则“用于过程控制设备的行规”，订单号：3.042。

## 5.3 流体传动（Fluid power）

它描述用于比例阀、液压泵和驱动器的数据交换格式和参数，并紧密地以 PROFIdrive 定义为基础。在 DP-V0 上的任何一个参数通道或在 DP-V1 上的非循环通信被用于提供设备参数。

请参阅相应的文本，PROFIBUS 导则“流体传动技术行规”，订单号：3.112。

#### 5.4 SEMI 设备

在过程自动化中使用的一些设备与其它设备一道，也适用于半导体制造工业，例如真空泵或流量计（flow meters）等。

“半导体设备和材料国际”组织已经规定了特定行业设备标准（SECS，半导体设备通信标准），PROFIBUS 应用行规 SEMI 与之兼容。

SEMI 由 4 部分组成（General Definitions, Massflow Controlers, Vacuum Pressure Gauges and Vacuum Pumps）。

#### 5.5 标识系统（Ident systems）

标识系统是用于条形码阅读器和发送-应答器系统的行规。主要供 DP-V1 功能的扩展使用。循环数据传输通道用于传输小数量数据的状态/控制信息，而非循环传输通道用于传输由条形码阅读器或发送-应答器中的信息而产生的大量的数据。标准功能块的定义有助于这些系统的使用，并为基于国际标准（如 ISO/IEC 15962 和 ISO/IEC 18000）的开放解决方案的应用铺平道路。

#### 5.6 用于 PA 的远程 I/O

由于它们的高度模块化设计，很难使远程 I/O 设备与“理想”的 PA 设备模型相一致。由于这个原因，它们在分布式过程自动化中有一种特殊的位置。此外，经济敏感性也强烈地影响着所选的设备配置（模块，块，...）、资源（存储器，记录，...）和功能（例如，非循环存取）。为此，已经定义了一种简化的设备模型并限制了数量框架（the quantity framework restricted）。目的是在循环交换数据格式的基础上提供最大的支持。

### 6. 系统行规

自动化技术中的行规为设备和系统定义特定的行为和特性，这样这些设备和系统（同类型或同族）表现独特的特性，并且与制造商无关，从而支持在一条总线上的设备可互操作性和可互换性。

**PROFIBUS 的主站行规**描述控制器的类别，每一个类别支持所有可能的主站功能的特定“子集”，例如

- 循环通信
- 非循环通信
- 诊断，报警处理
- 时钟控制
- 从站对从站通信，同步模式
- 安全

**PROFIBUS 的系统行规**更进一步地深入描述系统类别，包括主站功能、标准程序接口可能的功能（符合 IEC 61131-3 的 FB，安全等级和 FDT）和集成选项（GSD, EDD 和 DTM）。图 26 指出目前可以用于应用行规的标准平台。

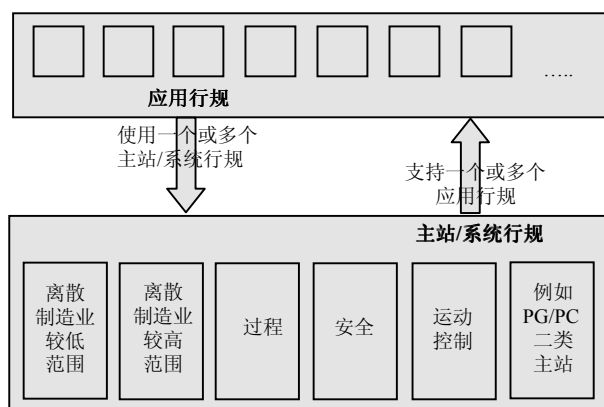


图26 PROFIBUS的主站/系统行规

在PROFIBUS 系统中，主站和系统行规对应用行规提供许多必要的副本（见图27）。

- 主站和系统行规描述可供现场设备使用的特定的系统参数，
- 为了简化它们已定义的特性，应用行规需要特定的系统参数。

使用这些行规，设备制造商可以把精力集中在现有的或特定的系统行规上，而系统制造商可以提供现有行规或特定设备应用行规所需的平台。

在现场试用和测试的应用基础上，PROFIBUS 已经制定了多种系统行规（见图26）。这些行规的制定可望纳入近期的规范中，并跟踪未来发展要求，用其它行规来扩展。



图27 系统和应用行规（相关的）

### 标准功能块(通信功能块)

为了实现独立于制造商的系统行规，除了已有的通信平台、应用程序员的接口（API，图28）之外，还须规定使用标准的功能块。

虽然应用程序员通常可以通过控制系统的过程映象来存取循环的通信数据（MS0通道），但在以前，没有用于非循环数据的中性系统的程序接口。考虑到制造商和设备的范围广泛，需要制定这一方面的标准，使得不同的现场设备可以集成，而且在不同控制系统的应用程序中无需特殊的通信知识。为此目的，现在PNO 已经制定了它的导则“符合IEC 61138-3的通信和代理服务器（Proxy）功能块”。此导则以“组合标准”的方式来详细说明这些功能块，

它们以广泛应用的IEC 61131-3标准（编程语言）为基础，同时还使用IEC 61158定义的PROFIBUS通信服务。

此导则为1类主站、2类主站和从站以及若干辅助功能定义通信功能块。可以在由所有功能块一贯使用的紧凑标识下寻址现场设备的技术功能。所有功能块也具有用于使用符合IEC 61158-6的编码显示出错的公共概念。

相应系统类别/行规的PLC制造商在PLC专用的“IEC 库”中提供这些标准的通信功能块（“Comm-FB”），现场设备制造商可以用创建与所有控制系统一起使用的统一代理服务器功能块来响应。

### 应用程序员的接口（API）

为了使应用程序员尽可能方便地使用通信服务，可以使用标准编程语言库中各种块或功能调用。与FDT接口、PROFIBUS“Comm-FB”一道扩展了应用程序员的接口，如图28所示。

### 代理服务器功能块（Proxy function blocks）

代理服务器功能块表示一种技术设备功能，它在块接口上提供所有必须的输入和输出参数。这些代理服务器功能块通常由现场设备制造商一次性地创建，并可以在相关系统类别/行规的控制系统中实现，无需特别的调整（见图29）。

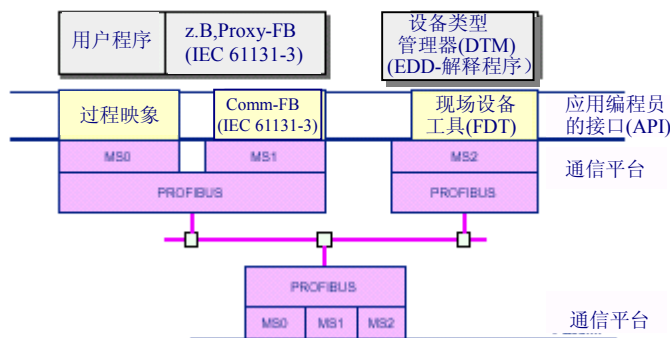


图 28 应用编程员的接口，API

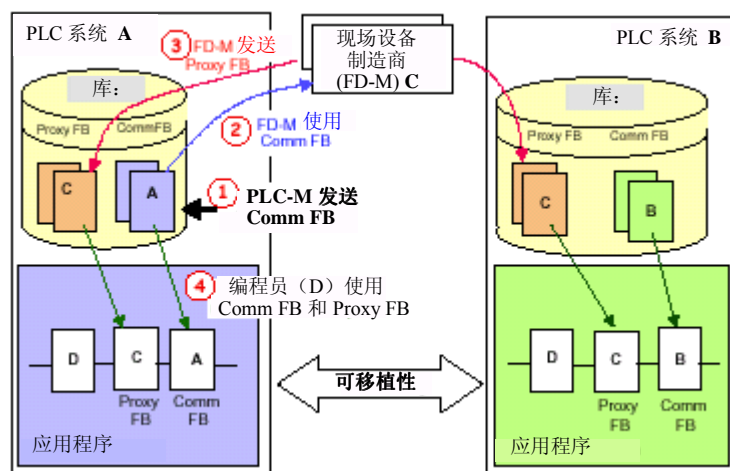


图 29 可移动的功能块

## 7. 设备管理

现代的现场设备提供范围广泛的信息和执行那些先前在PLC和控制系统中执行的功能。为了执行这些任务，用于这些设备的投运、维护、工程设计和参数化的工具需要一个精确而完整的设备数据和功能的描述，例如应用功能的类型、组态参数、值的范围、测量单位、缺省值、界限值、标识等等。这些要求同样适用于控制器/控制系统，为了保证与现场设备的数据交换不出错，还必须知道（完整的）哪个设备专用的参数和数据格式。

为确保设备管理的标准化，PROFIBUS已经开发了多种用于这种设备描述类型的方法和工具（“集成技术”）。这些工具的性能范围为完成特定的任务而优化，并赋予术语可伸缩的设备集成（scaleable device integration）。因此，此工具的三个版本被放在一个规范中。

由于历史的原因，在工厂自动化中偏爱使用GSD，但FDT的使用同样在增加。在过程自动化中，根据要求使用EDD和FDT（见图30）。

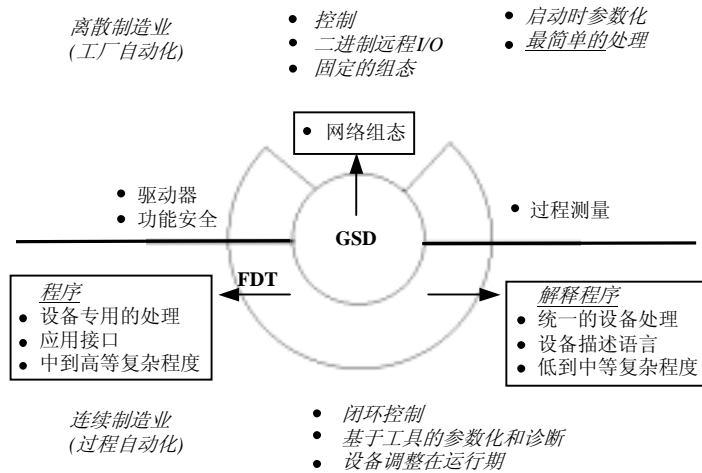


图30 PROFIBUS的集成工具

设备描述方法：

PROFIBUS设备的**通信特性 (communication features)**在通信特性表(GSD)中用已定义的数据格式来描述。GSD非常适用于简单的应用。它由设备制造商创建并包括在设备交付中。

PROFIBUS设备的**应用特性 (设备特性)**使用通用电子设备描述语言 (Electronic Device Description Language) (EDDL)来描述。用这种方法创建的文件(EDD)也由设备制造商提供。基于EDD的解释程序非常适用于中等复杂的应用。

对于**复杂的应用 (complex applications)**，也有一种映象所有设备专用功能（包括用于参数化、诊断等的用户接口）的解决方案，它作为设备类型管理程序(DTM)中的**软件组件 (software components)**。相对于标准化的FDT接口而言，DTM起着设备“驱动器”的作用，它在工程工具或控制系统中实现。

### 7.1 GSD

GSD是可读的ASCII文本文件，它包含用于通信的通用的和设备专用的规范。每一个登录项描述一个设备支持的特性。借助于关键字，组态工具从GSD读取用于设备组态的设备标识、可调整的参数、相应的数据类型和所允许的界限值。有些关键字是**强制性的**，例如 Vendor\_Name，另一些关键字是可选的 (optional)，例如 Sync\_Mode\_supported。GSD代替以前传统的手册，并在组态期间也支持对输入错误和数据一致性的自动检查。

#### GSD的结构

GSD分成三部分：

### **通用规范 (General specifications)**

此部分包含有关制造商的信息，设备名称，硬件和软件版本，所支持的传输速率，用于监控时间的可能的时间间隔，以及在总线连接器上信号分配等。

### **主站规范 (Master specifications)**

此部分包含所有与主站有关的参数，如最大可连接的从站个数或上载和下载选项。本部分的内容不可用于从站设备。

### **从站规范 (Slave specifications)**

此部分包含从站专用的信息，如I/O 通道的个数和类型，诊断文本的规定，以及在模块化设备中有关可用模块的信息等。

它也可以集成具有设备符号的位图 (bit-map) 文件。所设计的GSD格式有最大的灵活性。它包括一些表，例如设备支持的传输速率，在模块化设备中用于描述模块的选项等。普通文本 (Plain text) 也可以用做诊断报文。

有两种方法使用GSD:

- 紧凑型设备的GSD，在设备交付时已经知道了它的模块配置。此GSD可以完全由设备制造商创建。
- 模块化设备的GSD，在设备交付时它的模块配置还未最后指定。在这种情况下，用户必须依据实际的模块配置使用组态工具来组态GSD。

通过读GSD到组态工具(例如进入PROFIBUS组态程序)，用户可以获得最适合使用的设备专用通信特性。

### **用GSD 验证设备**

设备制造商对它们设备的GSD的范围和质量负有责任。提交GSD行规(包括设备系列行规中的信息) 或个别设备的GSD (设备专用的)是验证设备的基本要素。

### **PNO支持**

为了支持设备制造商，PROFIBUS 网站上有专用的GSD 编辑/检查程序可供下载，它便于用户创建和检查GSD文件。

GSD 文件格式的规范在以下PROFIBUS导则GSD中描述，订单号：2.122 。

PROFIBUS通信功能的**新的发展进程**由PNO不断地集成在GSD 中。这样，用于DP-V1的关键字可以在GSD 修订本3中找到，用于DP-V2 的关键字可以在GSD修订本4中找到。

### **制造商ID**

每个PROFIBUS 从站和每个一类主站必须有一个ID号。有了ID号，主站就可以识别所连接的设备的类型而不增加更多的协议开销。主站将所连接设备的ID号与用组态工具在组态数据中指定的ID号相比较，直到连接在总线上的站具有正确的设备类型和正确的站地址后，才开始传输用户数据。这就很好地避免了组态出错。

设备制造商为其生产的每个设备类型向PROFIBUS用户组织（它负责ID号的管理工作）申请一个ID号。申请表可以从任何一个PROFIBUS 地区组织那里获得，或从PROFIBUS 网站下载。

### **行规ID**

对于用于过程自动化和驱动的现场设备已经分别保留了专用的ID号（通用ID号），其范围为：9700H – 97FFH 或 3A00H - 3AFFH。所有严格符合PROFIBUS PA设备行规版本3.0或更高版本，或PROFIdrive 版本3的现场设备都可以使用此专用范围内的ID号。这些行规ID号的规定进一步增强了这些设备的可互换性。对于个别设备的ID号的选择，取决于多个因素，例如在PA设备的情况下取决于设备类型和现有功能块的个数。ID 号9760H 被保留用于提供若干个不同功能块的PA 现场设备（多变量设备）。对于PA 现场设备GSD文件的描述，一些特殊的传统习惯也适用。这些传统习惯在PA 现场设备的行规中详细描述。

在DP-V1连接建立期间，为了检查主站和从站正在使用相同行规，使用保留用于PROFIdrive的第一个行规ID号(3A00H)。肯定应答此标识符的从站支持在PROFIdrive 行规中描述的DP-V1参数通道。

所有其它的行规ID号用于标识与供货商无关的GSD文件。这就使得不同制造商的设备的可以互换，且不需要新的总线组态。例如，带有与供货商无关的PROFIdrive GSD的VIK-NAMUR 模式被定义为用于化学工业的PROFIdrive 行规的组成部分。

## 7.2 EDD

GSD不能充分地描述现场设备的有关应用的参数和功能（例如，组态参数，值的范围，测量的单位，缺省值等）。这就需要有一个更强功能的描述语言，现已经开发了通用的电子设备描述语言(EDDL)。首先，EDDL提供了描述现场设备功能的语言。这还包括一些支持机制：

- 在设备描述中集成现有的行规描述，
- 允许引用现有的对象以便补充需要的描述，
- 允许访问标准的字典，
- 允许对设备分配设备描述。

使用EDDL，设备制造商可以为它们的设备创建相关的**EDD 文件**（像GSD文件那样），提供设备信息给工程工具，然后给控制系统。

### EDD应用

EDD是一种有很多用途的信息资源，例如

- 工程设计
- 调试
- 运行
- 资产管理
- 文档和电子商务

### EDD的优点

EDD对设备用户和设备制造商均提供有许多明显的优点。

统一的使用工具和操作接口，对用户的支持是：

- 减少培训费用
- 可靠的操作
- 对所有应用仅使用一种工具
- 输入数据的确认

对于设备制造商而言，开发一个EDD是非常容易且成本低的：

- 设备开发者无需专门的知识
- 可使用已有的EDD和文本库
- 普遍适用于简单设备和复杂设备

因为EDD与操作系统无关，并容易扩展，因此EDD还提供了对用户和设备制造商投资的保护。

### 新的发展进程

正像GSD那样，EDDL也将继续升级以便与先进的设备技术的进一步发展保持同步。当前正在进行的工作是用于动态语义（dynamic semantics）和硬件模块化从站描述的独有的规范。

EDDL规范是国际标准IEC61804的完整的组成部分。它包含在PROFIBUS导则2.152中。

## 7.3 FDT/DTM 概念

现有的用于组态和参数化的描述语言有它们的局限性。例如，在以下情况下这种局限性

是明显的：

- 具有诊断能力的智能现场设备的复杂、非标准化的特性要可以被厂级操作员使用，或
- 在“资产最优化”场合，要支持预防性维护或维护程序的功能。
- 设备的操作需要用软件方式来“封装”（安全技术，校准等）。

这些复杂的任务领域，需要一种“辅助工具”，它允许设备制造商以标准化形式向用户提供它们的现场设备的扩展的和非常特殊的特性，并且同时允许自动化系统制造商通过标准化的接口将这些现场设备的特性集成在控制系统中。

此解决方案是独立于现场总线的接口概念**FDT/DTM** (见图31)，它已由PNO 的一个工作组和ZVEI (Central Association for the Electrical Industry)开发并提供。

### **FDT 接口**

通用接口的定义提供了实现在自动化系统的所有工程或其它集成平台上创建适合此接口的软件部件的能力。这样的接口已经由上述工作组详细规定并命名为**FDT** (Field Device Tool)。

当前可用的FDT规范是版本1.2。FDT规范包含在PROFIBUS 导则2.162中。

### **设备描述作为软件部件**

用于参数化、组态、诊断和维护的现场设备的特殊功能和对话（dialog）以及整个用户接口都被映象在一个**软件部件**中。此部件称之为**DTM** (Device Type Manager) 并通过FDT接口集成在工程工具或控制系统中。

对于跨越各层的通信，DTM 使用工程系统的路由功能（routing function ）。此外，它使用具有解释说明的设计数据管理。在现场设备中，它的工作像一个“驱动程序”，类似于打印机驱动程序，打印机供应商交货时包括此驱动程序，用户必须把它安装在PC上。DTM 由设备制造商产生并随设备提交给用户。

### **DTM 的生成**

为了生成DTM，有多种可选方法：

- 用高级编程语言专门编程；
- 再使用现有的部件或工具通过它们的封装成为DTM；
- 从现有的设备描述，使用一个编译程序或解释程序来生成；
- 使用DTM 工具包MS VisualBasic生成。

为了计划编制、诊断和维护的目的，使用DTM可以从中央工作站直接存取所有现场设备。DTM不是一个独立的工具，而是一个带有确定接口的ActiveX 部件。

### **FDT/DTM 给用户带来的利益**

FDT/DTM概念是与协议无关的，由于设备功能映象在软件部件中，从而打开了令用户感兴趣的新选择。

这种概念包含了在工程、诊断、服务和资产管理领域十分有用的集成选项，并从各种总线的专用通信技术和自动化系统专用工程设计环境分离出来。

FDT标准为从现场到公司管理层的工具和方法的集成解决方案提供了基础。



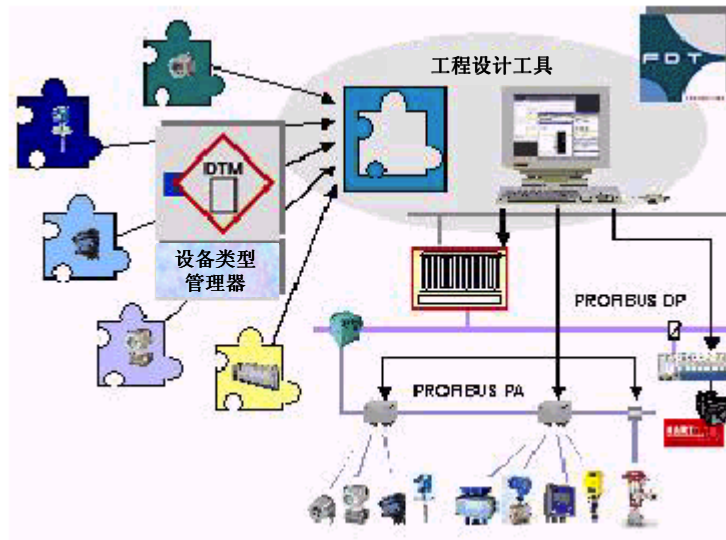


图 31 FDT/DTM 原理

## 8. 质量保证

为了使不同类型和不同制造商的设备能正确地满足自动化过程中的任务, 确保在总线上无误的交换信息是最基本的要求。这就要求设备制造商按标准来实现通信协议和应用行规。

为了确保满足这一要求, PNO 已经建立了一套*质量保证程序*, 仅当一个设备成功地通过了全部测试后, 在测试报告的基础上给此设备颁发证书。

认证的目的是给用户提供的必要的安全性, 即在不同制造商的设备共同运行时不会出现功能性错误。为了实现这一点, 设备必须在中立的测试实验室经过严格的实际测试。这就可使开发者能较早地发现他对标准的一些错误理解, 从而允许制造商在设备送到现场运行之前采取必要的纠正措施。设备与其它经认证过的设备之间的可互操作性也是测试的内容。在成功地完成了测试的基础上, 制造商可以申请颁发设备证书。

*认证程序的基础* (见图32) 是标准EN 45000。PROFIBUS用户组织已经批准了一些符合此标准规范的与制造商无关的*测试实验室*。只有这些测试实验室有权进行设备测试, 他们是认证的基础。

测试程序和认证顺序在导则 2.032 (DP 从站)、2.062 (PA 现场设备) 和 2.072 (DP 主站) 中描述。



图 32 设备认证程序

### 8.1 测试程序

测试的前提是已获得 ID 号和合格的 GSD 文件以及适用于此设备的 EDD。

所有测试实验室都使用相同的测试程序，它分为若干部分：

#### **GSD/EDD 检查**

确保设备描述文件符合规范。

#### **硬件测试**

测试被测设备的 PROFIBUS 接口的电气特性是否符合规范。这里包括终端电阻，所实现的驱动器和其它模块的适应性以及总线电平（line level）的质量等。

#### **功能测试**

检查总线存取和传输协议以及被测设备的功能。使用 GSD 文件来参数化和客户化测试系统。在测试期间采用黑匣子程序，也就是说不需要了解内部实现的结构。在被测设备中产生的反应和它们的时间速率被记录在总线监视器中。如果需要的话，也可监视和记录测试设备的输出。

#### **一致性测试**

一致性测试是测试的主要部分，其目的是测试协议的实现与标准的一致性。在本质上，这一测试处理：

**状态机 (Status machine)：** PROFIBUS 协议是以状态机的形式定义的。所有外部可见的状态传输都要进行测试。用可编程的顺序概述目标行为特性。分析实际行为特性，并与目标行为特性进行比较，然后把结果写入协议文件中。

**在故障情况下的行为特性 (Behavior in the case of fault)：** 这要模仿一些总线故障，例如，中断、总线线路短路和电源故障等。

**可寻址性 (Addressability)：** 用地址范围内的三个任意地址来寻址被测设备并测试避免出错的功能。

**诊断数据 (Diagnostic data)：** 诊断数据必须符合 GSD 中的登入项和标准。这需要外部激活这些诊断。

**混合操作 (Mixed operation)：** 用 FMS 和 DP 主站检查组合从站的正确功能。

**可互操作性测试 (Interoperability test)：** 在多制造商系统中，检查被测设备与其它制造商的 PROFIBUS 设备的可互操作性。当被测设备添加到系统时要检查系统功能是否能保持不变。还要用不同主站测试操作。

测试的每一步都慎重地备有文档。测试记录提供给制造商和PROFIBUS用户组织。测试报告作为颁发认证书的依据。

## 8.2 认证书的颁发

一旦设备成功地通过了所有的测试，制造商就可以向PROFIBUS用户组织申请颁发认证书。每个已认证的设备包含一个用作引用的认证号。认证的有效期为三年，但经过再次测试后可以延长有效期。

测试实验室的地址可以通过互联网上的 PROFIBUS 网站获得。

## 9 实现

这一章主要说明如何在自动化/现场设备中实现通信协议和接口。

为了设备的开发或 PROFIBUS 协议的实现，有广泛的标准化组件( PROFIBUS ASIC，PROFIBUS 堆栈存储器，监控器和调试工具)以及服务可供使用，它们使设备制造商能低成本地开发产品。在 PROFIBUS 用户组织 ([www.profibus.com/productguide.html](http://www.profibus.com/productguide.html)) 提供的产品目录中,有相应产品的概述。如果你还想了解更多细节，请与某个 PROFIBUS 资格中心联系，可得到专家的建议。

在 PROFIBUS 接口的实现中，请注意认证是针对整套设备的。标准组件不是认证过程的主体，因为它不为最终产品设备提供保证。然而，标准组件的质量在一个成功的设备认证中也起着非常重要的作用。

### 9.1 标准化组件

#### 接口模块

使用一个完整的 PROFIBUS 接口模块，对于实现低/中数量的产品 (item) 是理想的。这些只有信用卡大小的模块实现了全部总线协议，它们作为一种附加的模块安装在设备的主板上。

#### 协议芯片

在有大量设备的情况下，以市场上可得到的商品化的 PROFIBUS 协议芯片为基础，单独实现是值得推荐的方案，由此区分以下几种芯片：

**单芯片** 所有协议功能都集成在此芯片上，而不需要附加的控制器；

**通信芯片** 在此芯片上实现了或多或少的部分协议，并且需要一个附加的控制器；

**协议芯片** 此芯片带有集成的微控制器。

对于实现版本类型，主要取决于现场设备的复杂性和所需要的性能及功能。下面举出一些例子。

#### 简单从站的实现

单芯片 ASIC 的实现对于简单的 I/O 设备是理想的，所有协议功能都已经集成到 ASIC 上，不需要任何微处理器或软件，而只需要总线接口驱动器、石英 (quartz) 和电源电子设备 (power electronics) 作为外部组件。

#### 智能从站的实现

在这种实现方式下，PROFIBUS 协议第 2 层的基础部分由协议芯片实现，而余下的协议部分则在一个微控制器上用软件来实现。在市场上可得到的大多数 ASIC 芯片，都实现了所有循环协议部分，它们负责时间要求苛刻的数据传输。

另一方面，使用具有解释控制器的协议芯片，可以实现时间要求不苛刻的数据传输的协议部分。

这些ASIC提供了一个通用的接口并且能够与普通的微控制器共同运行。具有一个集成的 PROFIBUS 核的微处理器将提供更多的选项。

## 复杂主站的实现

在这种实现方式下，PROFIBUS协议的时间要求苛刻的部分也是由协议芯片实现，而余下的协议部分则作为软件在一个微控制器上实现。不同制造商的各种ASIC芯片现在均可用于实现复杂的主站设备，它们可以和很多通用微处理器结合在一起运行。

在PROFIBUS网站上可以查到相关协议芯片的概述。若需了解更多的信息，请直接与供应商联系。

### PROFIBUS 栈 (stack)

芯片和相应的协议软件（PROFIBUS栈）常常可以来自不同的供应商，很好地增加了市场上可供使用的各种解决方案。

基于这一事实，可开发出技术优化及低成本的许多产品，它们满足应用特殊的市场需求，并符合PROFIBUS用户组织的有关承诺。这也验证了PROFIBUS的开放性和多供应商能力，它不局限于规范，但也构成了产品实现。

纯软件解决方案是很少的，因为它们与面向芯片的实现方案相比，其性能/价格是不理想的。因此，它们仅用于特殊的应用。

在PROFIBUS网站上可以查到市场上可供使用的PROFIBUS栈的相关概述。若需了解更多的信息，请直接与有关供应商联系。

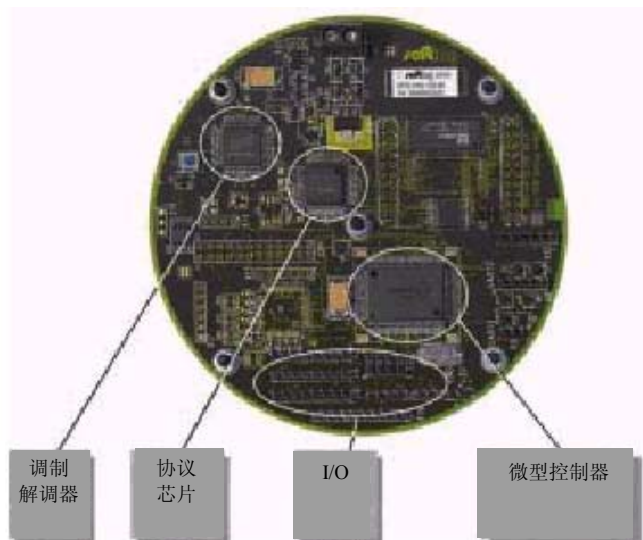


图33 PROFIBUS从站实现的例

## 9.2 接口的实现

### MBP 传输技术

当要使用 MBP 传输技术实现由总线供电的现场设备时，我们必须特别注意低功耗的问题。

通常，在总线电缆中只为这些设备提供 10~15 毫安的馈送电流。这一电流必须供给整套设备，包括总线接口和电子测量装置。

特殊的调制解调芯片都可以满足这些要求。这些调制解调器从 MBP 总线连接上取得供给整套设备所需的工作能源，并且使它成为该设备上其他电子组件的馈送电压。同时，所连接的协议芯片的数字信号被转换为对电源供电调制的 MBP 连接的总线信号。具有市场上可得到的圆板的典型配置如图 33 所示。

如果想要进一步了解如何用MBP传输技术实现现场设备的总线连接，请参阅技术PNO导则，订单号：2.092。

## RS485 传输技术

对于不能通过总线供电的现场设备可以用标准的 RS485 接口。这样在实现设备时提高了灵活性，因为它可以连接到一个 PROFIBUS DP 段而不需要耦合器或链接器。RS485 技术的关键特性是它的低接口成本和坚固性。不需要进行任何改变就可以支持 9.6 Kbit/s 到 12Mbit/s 的数据传输速率。

作为一种进一步的增强，现已研制了 RS 485 IS，它可以提供 RS 485 的本质安全特性。有很多制造商供应RS485模块，并已在几百万个应用中得到验证。

## 10 PROFInet

PROFInet 是一个综合 (comprehensive) 自动化的概念，在自动化技术趋向模块化、具有分布式智能的可再使用的机器和成套装备 (plant) 的时候，这种概念已经显现为一种趋势性结果。由于它的全面设计 (用于工程设计、运行期 (runtime) 和对其它通信系统 (如 PROFIBUS 和 OPC) 的转移体系结构的统一模型)，PROFInet 满足自动化技术的所有关键要求：

- 从现场层直到使用Ethernet 的公司管理层的连续一致的通信，
- 用于整个自动化区域的与制造商无关的成套装备级工程设计模型，
- 对其它系统的开放性，
- 实现IT 标准，
- 集成PROFIBUS总线段的能力，而不需要对它们进行任何改变。

PROFInet 的规范和与操作系统无关的源软件 (source software) 可供使用。规范描述 PROFInet 的所有方面：对象和部件模型，运行期 (runtime) 通信，代理服务器 (proxy) 概念和工程设计等。PROFInet软件覆盖所有运行期通信。此规范和源代码软件的结合使能简单而有效地在广大范围的设备操作系统环境中集成PROFInet 。选择在资源软件基础上实现所有产品的方法为确保在这些产品中的PROFInet接口的一致性质量提供了极好的机会。这种程序确保使任何可互操作性问题减到最少。

### PROFInet 部件

PROFInet的基本方法是在自动化技术上应用在软件领域已经过试验和测试的对象模型。为此目的，机器、成套装备及其部分被分解成若干技术模块，每个模块由机械、电气/电子和应用软件组成。技术模块的功能被封装在PROFInet部件中，它可以通过普遍定义的“接口”来存取。部件可以通过它们的接口依据模块化原则进行组合并可以与应用互连。

在本文中，“部件”意味着一个封装的可再使用的软件单元。对于部件模型的实现，PROFInet 使用在PC领域最通用的模型，即微软部件对象模型(COM)以及用于分布式系统的扩展模型(DCOM)。在此情形下，一个系统的所有对象是平等的，并有同样的外部形态。

这种类型的分布式自动化系统使能进行成套装备和机器模块化设计，并支持成套装备和机器部减可再使用。

### 10.1 PROFInet工程模型

已经定义的与制造商无关的工程设计概念能用户友好地组态PROFInet系统。它以工程设计对象模型为基础，这种对象模型使能开发组态工具和制造商/客户化功能扩展的规范。

PROFInet 工程模型区分为各种技术模块的控制逻辑的编程和一个应用的全部成套装备的组态。

像以前一样，各个设备的编程以及它们的组态和参数化由制造商用制造商专用工具来完成。而在编程期间建立的软件使用已集成在工具中的部件接口以PROFInet部件的形式封装。部件接口编辑程序以XML文件的形式产生部件描述，在PROFInet规范中定义了XML文件的结构和内容。

使用PROFInet 工程设计工具(组态编辑程序)，通过PROFInet部件与应用的内部的互连来

配置此成套装备。为了实现这一点，通过输入已产生的PROFINet部件的XML文件和由图形线建立的关系将这些PROFINet 部件传送到组态编辑程序。

这就允许分布式应用（不同制造商的）与全部应用的成套装备级的组合（见图34）。这一点的决定性优点是通信不再需要编程了，而由部件之间通过称之为相互连接的线所建立通信关系来替代。然后，用鼠标点击将相互连接信息下载到设备。这就意味着每个设备知道它的通信伙伴和相互关系以及要交换的信息。

### 10.2 PROFINet 通信模型

PROFINet 通信模型定义一个与制造商无关的在具有传统IT机制的Ethernet上通信的标准（运行期（runtime）通信）。它使用PC领域最通用的标准TCP/IP 和COM/DCOM。它提供从办公领域到自动化层的直接存取（纵向集成），反之也一样。

使用PROFINet、DCOM布线协议以及上述标准一道定义在Ethernet上不同制造商的部件之间的数据交换。另外一种选择是一种最优化的通信机制用于硬实时要求的应用区域。

在Ethernet 上运行的设备需要实现符合PROFINet标准的通信机制（见图35）。对于链接到Ethernet所需要的连接技术可以使用保护等级IP20和IP65/67。

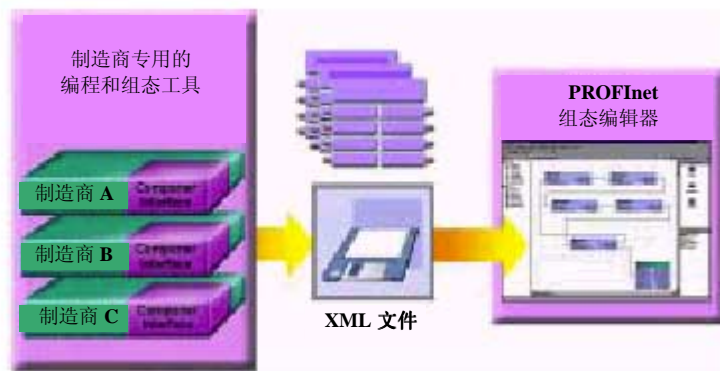


图34 部件的建立和连接

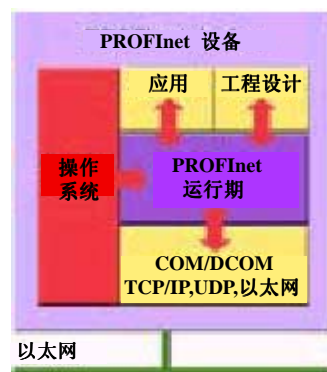


图35 PROFINet的设备结构

### 10.3 PROFINet 转移模型

使用代理服务器（proxy）将PROFIBUS总线段集成在PROFINet中（见图36）。这些表现为用于与PROFIBUS连接的所有设备的代理服务器功能。这意味着，在重新组建或扩展成套装备时，全部PROFIBUS设备系列包括PROFIdrive产品和PROFIsafe产品都可以不加改变地执行。这给用户提供了最大的投资保护。代理服务器技术也允许集成其它总线系统。

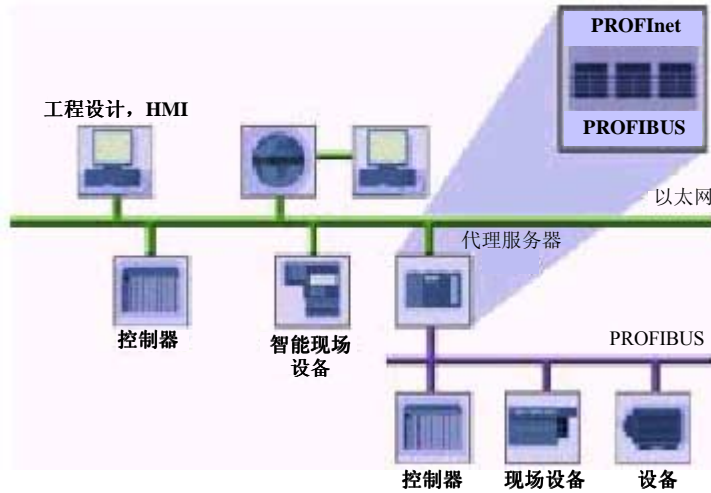


图36 PROFINet 转移模型

### 10.4 XML

XML (EXtensible Markup Language) 是一种基于简单ASCII 码的灵活的数据描述语言。XML文本可以通过多种途径与应用交换，例如在磁盘上，通过e-mail，使用TCP/IP或通过Internet上的HTTP 等。在自动化技术中，XML是重要的，它用于在FDT中的参数描述，作为用于工程设计工具中现场设备参数的输入和输出格式或作为纵向集成的手段(与所用操作系统无关的数据交换)。

### 10.5 OPC 和 OPC DX

OPC (OLE for Process Control)是1996年为在自动化领域中访问基于Windows的应用而引入的一种标准接口。OPC的实现使部件的选择灵活、与制造商无关，而且它们的相互连接不需要编程。目前，OPC是基于Microsoft DCOM模型的。

2000年以来，OPC 数据和OPC服务被映象为XML，这就是说OPC数据甚至在非Windows平台之间也可以用可读的XML文本来进行交换。

在OPC Foundation的框架内正在开发OPC DX (Data Exchange)，开发目标是为不同制造商的和不同类型的自动化系统(PLC, DCS, PC)之间的时间要求不苛刻的用户数据交换制定协议。

OPC DX 以现有的规范OPC DA (Data Access)为基础，同时定义了工程设计接口以便组态所连接的系统。与PROFINet相比较，OPC DX 不是面向对象而是面向标签（tag）的，即自动化对象不是作为COM对象而是作为(标签)名存在。OPC DX 可将成套装备中的不同的自动化系统在Ethernet层连接，但仍不可能访问现场层，因此现有的现场总线系统和PROFINet将不受任何影响。

## 11. PROFIBUS 国际组织



为了确保PROFIBUS技术的维护、进一步发展、市场优势以及技术的开放性，需要有一个独立于公司的组织作为工作平台。为了按这种方式促进PROFIBUS技术的发展，于年成立了**PROFIBUS User Organization e.V. (PNO)**。它是由制造商、用户和科研院所组成的非赢利的行业组织。1995年成立了国际的中央管理机构**PROFIBUS International (PI)**，PNO是PI的一个成员。目前，PI有23个地区性用户组织(**Regional PROFIBUS Associations, RPA**)，其会员超过1,100家，其中包括来自美国、中国 and 日本的会员。在工业通信现场总线领域中，PI是世界上最大的行业组织（图38）。

RPA举办展览会和信息研讨会，在未来的发展工作中还要关注新的市场要求。

### 任务 (Tasks)

PI 的主要任务如下：

- PROFIBUS技术的维护和进一步开发；
- 扩大PROFIBUS技术在世界范围的接受和使用；
- 通过有影响的标准化管理来保护用户和制造商的投资；
- 向标准化委员会和协会陈述会员关心的问题；
- 通过PROFIBUS技术资格中心（PCC）在世界范围向公司提供技术支持；
- 通过设备认证提供质量保证。

### 组织 (Organization)

PI已经把PROFIBUS技术开发任务提交给德国的PNO。PNO的咨询委员会管理着开发活动（图37）。设立了5个技术委员会(TC)，有35多个固定工作组(WG)的开发队伍。除此之外，还有一个成员不固定的工作组（WG），它处理某个时间期限内的特殊主题。拥有300多个专家的WG起草新的规范和行规，处理质量保证和标准化的工作，参加标准化委员会的工作，以及为推广PROFIBUS 技术采取有效的市场措施(贸易展览会，技术介绍等)。PI支持中心协调所有在进行的的活动。

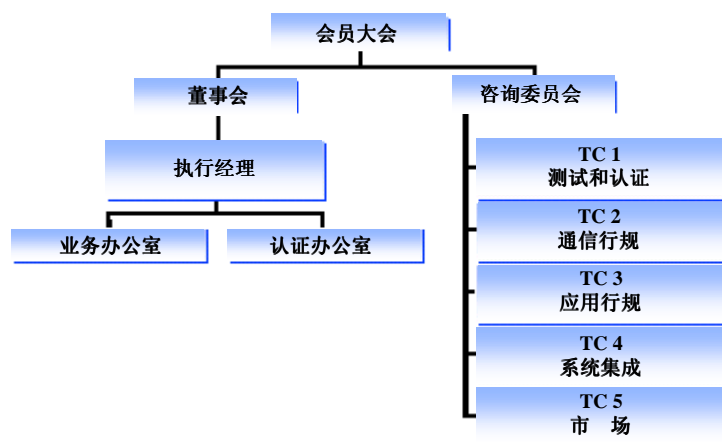


图37 PROFIBUS用户组织的结构



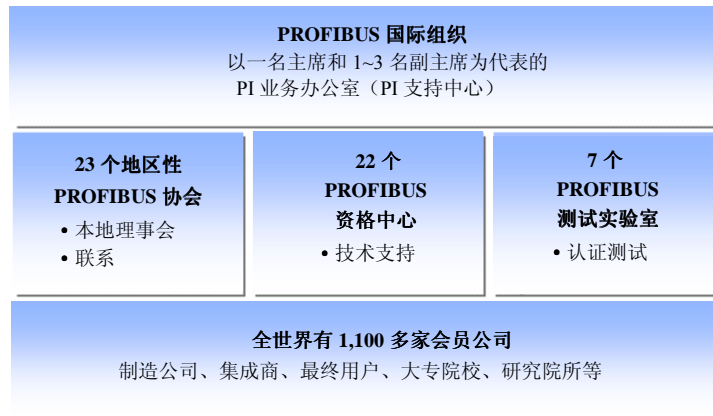


图38 PI组织

### 会员资格 (Membership)

以德国的PNO为例，PNO是对所有公司、协会和研究机构开放的，以及那些愿意为PROFIBUS技术的发展和接受方面发挥建设性作用的个人也可以成为会员。会员常常是非常不同的并来自于广泛的工业各界（特别在WG中），他们的共同努力带来相当大的协同效果并产生准确的信息交换。这就产生了创新的解决方案，有效的资源利用，以及具有巨大的市场优势。

### 工作组 (Working groups)

有300多个荣誉成员的WG对PROFIBUS的成功做出了关键的贡献。图36指出5个TC怎样分别处理不同的领域。进一步分成35个WG非常集中地针对特殊的技术和工业领域进行开发工作。

所有会员都有资格参加工作组，并可以对未来开发采取积极的姿态。所有新的工作成果在由咨询委员会发布之前要提交给会员作进一步评论。

### 资格中心 (Competence Centers)

PI在世界范围内已经批准了22个技术资格中心和从事认证工作的7个测试实验室。这些便利条件对用户和制造商提供各种建议和支持，并为设备的认证进行测试工作。作为PI的组成部分，它们依据达成的规定提供中立的服务。

面向资格中心和测试实验室的任务，定期通过一个特别的认可程序检查它们的工作质量。它们的当前地址可以从PI网站上查到。

### 文本 (Documentation)

作为其它的支持，PNO给所有用户和制造商提供广泛而全面的文本。这些文本以英文版提供，并分为下列几类：

#### **PROFIBUS 标准**

包括基本的PROFIBUS规范和可选择的其它文本。

#### **PROFIBUS 导则**

包括有关实现、测试程序、安装、描述语言的规范，以及面向应用的规范，如Time Stamp或PROFINet。

#### **PROFIBUS 行规**

包括所有已核准的行规规范。

#### **技术概述和产品目录**

PROFIBUS的许多关键主题分别在各种技术概述中阐述，这些技术概述是从市场的角度编写的。产品目录包括2000多种PROFIBUS产品和服务，它们对PROFIBUS的会员公司的业绩和能力提供了最好的概述。

在PROFIBUS网站以PDF形式提供各种文本。如果需要也可以获得CD-ROM文本。

从PNO或PROFIBUS网站可以获得所有可供使用的文本清单。

**PROFIBUS地区组织:**

**1、 Australia and New Zealand PROFIBUS User Group (ANZPA)**

c/o OSItech Pty. Ltd.  
P.O. Box 315  
Kilsyth, Vic. 3137  
Phone ++61 3 9761 5599  
Fax ++61 3 9761 5525  
[australia@profibus.com](mailto:australia@profibus.com)

**2、 PROFIBUS Belgium**

August Reyerslaan 80  
1030 Brussels  
Phone ++32 2 706 80 00  
Fax ++32 2 706 80 09  
[belgium@profibus.com](mailto:belgium@profibus.com)

**3、 Association PROFIBUS Brazil**

c/o Siemens Ltda IND1 AS  
R. Cel. Bento Bicudo, 111  
05069-900 Sao Paulo, SP  
Phone ++55 11 3833 4958  
Fax ++55 11 3833 4183  
[brazil@profibus.com](mailto:brazil@profibus.com)

**4、 Chinese PROFIBUS User Organisation (CPO)**

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

**5、 PROFIBUS Association Czech Republic**

Karlovo nam. 13  
12135 Prague 2  
Phone ++420 2 2435 76 10  
Fax ++420 2 2435 76 10  
[czechrepublic@profibus.com](mailto:czechrepublic@profibus.com)

**6、 PROFIBUS Denmark**

Maaloev Byevej 19- 23  
2760 Maaloev  
Phone ++45 40 78 96 36  
Fax ++45 44 65 96 36  
[denmark@profibus.com](mailto:denmark@profibus.com)

**7、 PROFIBUS Finland**

c/o AEL Automaatio  
Kaarnatie 4

00410 Helsinki  
Phone ++35 8 9 5307259  
Fax ++35 8 9 5307360  
[finland@profibus.com](mailto:finland@profibus.com)

**8、 France PROFIBUS**  
4, rue des Colonels Renard  
75017 Paris  
Phone ++33 1 45 74 63 22  
Fax ++33 1 45 74 03 33  
[france@profibus.com](mailto:france@profibus.com)

**9、 PROFIBUS Nutzer organisation (PNO)**  
Haid-und-Neu-Straße 7  
76131 Karlsruhe  
Phone ++49 7 21 96 58 590  
Fax ++49 7 21 96 58 589  
[germany@profibus.com](mailto:germany@profibus.com)

**10、 Irish PROFIBUS User Group**  
c/o Flomeaco Endress + Hauser  
Clane Business Park  
Kilcock Road, Clane, Co. Kildare  
Phone ++353 45 868615  
Fax ++353 45 868182  
[ireland@profibus.com](mailto:ireland@profibus.com)

**11、 PROFIBUS Network Italia**  
Gall. Spagna, 28  
35127 Padova  
Phone ++39 049 870 5361  
Fax ++39 049 870 3255  
[pni@profibus.com](mailto:pni@profibus.com)

**12、 Japanese PROFIBUS Organisation (JPO)**  
TFT building West 9F  
3-1 Ariake Koto-ku  
Tokyo 135-8072  
Phone ++81 3 3570 3034  
Fax ++81 3 3570 3064  
[japan@profibus.com](mailto:japan@profibus.com)

**13、 Korea PROFIBUS Association**  
#306, Seoungduk Bldg.  
1606-3, Seocho-dong, Seocho-gu  
Seoul 137-070, Korea  
Phone ++82 2 523 5143  
Fax ++82 2 523 5149  
[korea@profibus.com](mailto:korea@profibus.com)

#### **14、 PROFIBUS Nederland**

c/o FHI  
P.O. Box 2099  
3800 CB Amersfoort  
Phone ++31 33 469 0507  
Fax ++31 33 461 6638  
[netherlands@profibus.com](mailto:netherlands@profibus.com)

#### **15、 PROFIBUS User Organisation Norway**

c/o AD Elektronikk AS  
Haugenveien 2  
1401 Ski  
Phone ++47 909 88640  
Fax ++47 904 05509  
[norway@profibus.com](mailto:norway@profibus.com)

#### **16、 PROFIBUS User Organisation Russia**

c/o Vera + Association  
Nikitinskaya str, 3  
105037 Moscow, Russia  
Phone ++7 0 95 742 68 28  
Fax ++7 0 95 742 68 29  
[russia@profibus.com](mailto:russia@profibus.com)

#### **17、 PROFIBUS Slovakia**

c/o Dept. of Automation KAR FEI STU  
Slovak Technical University  
Ilkovièova 3  
812 19 Bratislava  
Phone ++421 2 6029 1411  
Fax ++421 2 6542 9051  
[slovakia@profibus.com](mailto:slovakia@profibus.com)

#### **18、 PROFIBUS Association South East Asia**

c/o Endress + Hauser  
1 Int. Bus. Park #01-11/12 The Synergy  
609917 Singapore  
Phone ++65 566 1332  
Fax ++65 565 0789  
[southeastasia@profibus.com](mailto:southeastasia@profibus.com)

#### **19、 PROFIBUS User Organisation Southern Africa**

P.O. Box 26 260  
East Rand  
Phone ++27 11 397 2900  
Fax ++27 11 397 4428  
[southernafrica@profibus.com](mailto:southernafrica@profibus.com)

**20、 PROFIBUS i Sverige**

Kommandörsgatan 3

28135 Hässleholm

Phone ++46 4 51 49 460

Fax ++46 4 51 89 833

[sweden@profibus.com](mailto:sweden@profibus.com)

**21、 PROFIBUS Nutzerorganisation Schweiz**

Kreuzfeldweg 9

4562 Biberist

Phone ++41 32 672 03 25

Fax ++41 32 672 03 26

[switzerland@profibus.com](mailto:switzerland@profibus.com)

**22、 The PROFIBUS Group U.K.**

Unit 6 Oleander Close

Locks Heath, Southampton, Hants, SO31 6WG

Phone ++44 1489 589574

Fax ++44 1489 589574

[uk@profibus.com](mailto:uk@profibus.com)

**23、 PROFIBUS Trade Organization, PTO**

16101 N. 82nd Street, Suite 3B

Scottsdale, AZ 85260 USA

Phone ++1 480 483 2456

Fax ++1 480 483 7202

[usa@profibus.com](mailto:usa@profibus.com)