



HART Communication Application Guide

(HART通信协议应用指南)

HART
COMMUNICATION FOUNDATION



应用指南

HCF-LIT-34

©HART 通信基金会 2008 年版权所有

HART®为 HART 通信基金会的注册商标。之后，在本文中任何一处使用到“HART”文字均指示为此注册商标。在本文中出现的所有其它商标归属于各自的商标拥有者。

如需补充信息请联系：

HART 通信基金会
9390 Research Blvd., Ste. I-350
Austin, TX 78759 USA

Tel: +1-512-794-0369

Fax: +1-512-794-0369

<http://www.hartcomm.org>

本书得以翻译成中文，应特别感谢以下来自 HCF 中国会员单位的同仁的鼎力相助（排名不分先后）

1. 姚杰 先生（中控科技集团有限公司）
2. 王骏 先生（上海工业自动化仪表研究所）
3. 涂洋 先生（中国四联仪表集团有限公司）

得力于他们的无私志愿奉献，本书的翻译工作才得以完成。

HART 技术应用指南

前言

在当今充满竞争的环境中，所有行业都在寻求降低成本，快速地交付产品以及如何提升产品质量。**HART®** (highway addressable remote transducer) 协议可以在以下的领域为您节省开支从而直接达到您所期望的商业目标：

- 工程调试及安装
- 工厂生产及提高质量
- 维护保养

HART 技术应用指南是由**HART**通信基金会编写的。本书的目的是为（**HART**产品的）用户能够充分完整地从**HART**功能的数字仪表上获取好处，而提供必要的信息。**HART**通信协议是由**HART**通信基金会超过100个会员公司拥有的、开放的标准。采用**HART**协议的产品同时提供4-20毫安模拟量信号以及数字信号，其在应用上所表现出的柔性超出所有其它的通信技术。

以下的4个部分将帮助您了解**HART**技术如何工作、如何在应用中发挥此项技术的各种特点、以及全球各个**HART**用户在其应用实践中具体实例：

- 工作原理
- **HART**通信的益处
- 发挥**HART**系统的最大功能
- 工业应用实例

工作原理

工作原理

以下的章节阐述了运行在HART仪表及其网络背后的基本原理：

- 通信模式（Communication Modes）
- 频移键控（Frequency Shift Keying）
- HART网络（HART Networks）
- HART命令（HART Commands）

通信模式

主—从模式

HART是主从方式通信协议，这意味着在正常工作时，每一个从设备（现场仪表）的通信是由其主站通信设备发起的。每一个HART回路中可以有两个主站。第一个主站是通常意义的集散系统（DCS）、可编程逻辑控制器、或者个人PC。第二个主站可以是一个手持式终端或者另一台个人PC。从站设备包括变送器、执行机构、以及响应第一主站或第二主站的控制器。

阵发模式

某些HART设备支持可选的阵发通信模式。阵发模式支持更快的通信速度（每秒种3-4次数据更新）。在阵发模式之下，主站通知从站连续地、使用广播方式传递标准的HART信息（比如、过程测量变量值）。主站将一直以此高速方式接收信息直至它通知从站停止广播。

采用阵发模式将使得不止一个被动的HART设备在HART回路上“倾听”通信

频移键控

HART通信协议是基于贝尔 202电话语音通信标准，并且采用频移键控 *frequency shift keying* (FSK) 原理。其数字信号由两种频率组成——1200赫兹和2200赫兹分别各自表示比特“1”和“0”。此两种频率的正弦波是叠加在直流 (DC) 模拟量信号电缆上，从而同时提供模拟及数字通信。由于 FSK 信号的平均幅值为零，就不产生对4-20毫安直流信号的影响。其数字通信信号的响应时间大约为每秒2-3次数据更新，而且做到不影响模拟信号。**HART**通信要求最小的回路阻抗为230欧姆。

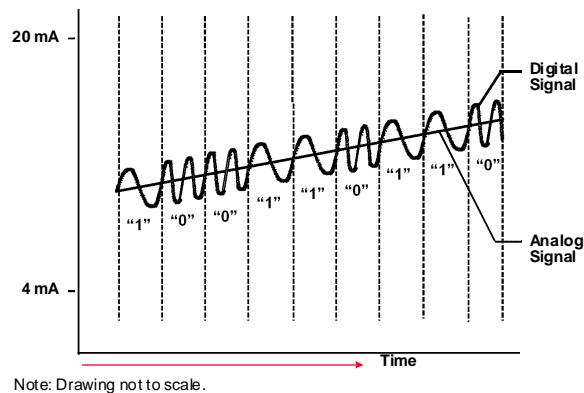


图 1. 同步发生的模拟和数字通信

HART网络

HART设备的网络结构可以任意采用以下两种方式——点对点连接或者多点方式连接。

点对点连接（POINT-TO-POINT）

在点对点连接的方式中，传统的4-20毫安信号只是用来传递一个过程变量，而另外的过程变量、配置参数和其它类型的设备数据采用HART协议的数字方式传输（图2）。4-20毫安信号（变化）对HART信号没有任何影响，而且它依旧可以按平常的方式用以控制。HART数字通信信号允许（用户）使用第二个变量及其它数据从而到达操作、调试、维护和诊断的目的。

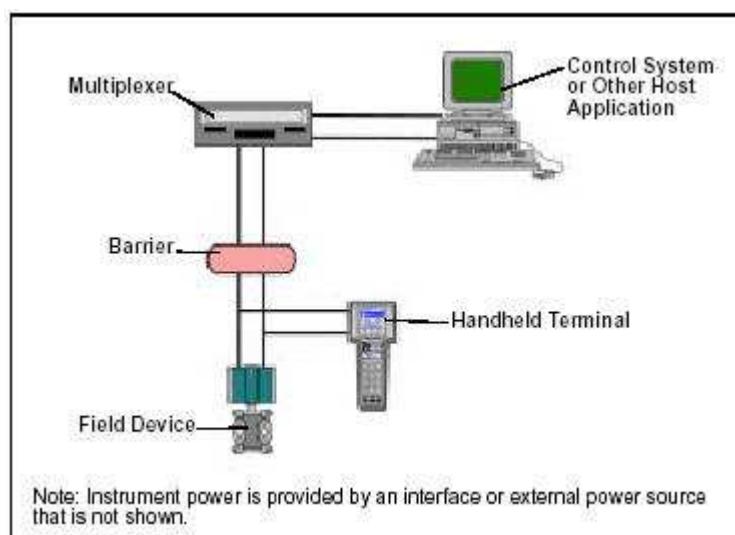


图 2. 点对点的工作模式

多点连接 (MULTIDROP)

多点连接的工作模式仅仅要求两根线来连接，如有可能、可以有安全栅和一个供应多达15个现场设备的辅助电源（图3）。所有的过程变量都是以数字方式传输的。在多点连接模式下，所有现场仪表的地址都大于0，并且经过每个仪表的电流固定在最低值（通常为4毫安）。

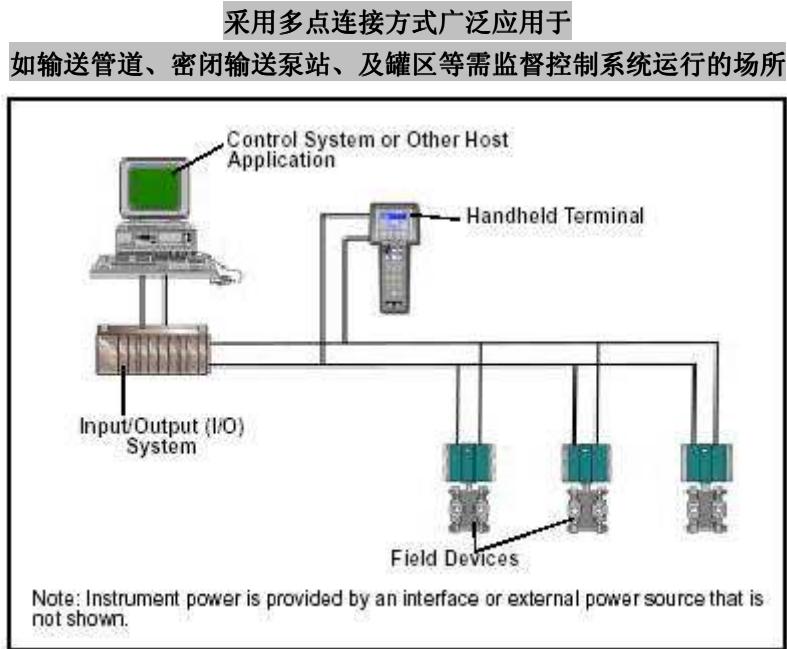


图 3. 多点连接的工作方式

HART 命令

HART命令集为所有现场设备提供统一、一致的命令。此命令族包括3种类型的命令：通用命令 *universal*、常用操作命令 *common practice* 和设备特殊命令 *device specific*（见表1）。主站应用程序可以为某个特殊应用的执行而使用任何必要的命令。

通用命令 UNIVERSAL

任何采用HART协议的仪表必须认识并支持通用命令。通用命令可以对通常意义上仪表操作的信息进行访问（比如，阅读第一个过程变量的数值及单位）。

常用命令 COMMON PRACTICE

常用命令所提供的功能为许多（但是并非所有）的HART仪表所采纳。

设备特殊命令 DEVICE SPECIFIC

设备特殊命令规定了对每个现场仪表唯一的功能。这些命令用以访问此仪表设置和标定校验信息，以及有关此仪表制造的信息。属于设备特殊命令的信息是由仪表制造商提供。

命令汇总表 SUMMARY TABLE

通用命令 Universal Commands	常用命令 Common Practice Commands	设备特殊命令 Device-Specific Commands
<ul style="list-style-type: none">读取制造商及设备类型读取第一过程变量参数 (PV) 及工程量单位读取电流输出值及百分比量程读取最多4个预先设置的动态变量读取或者写入8位字符长度的位号，16位字符长度的描述符、日期读取或者写入32位字符长度的信息读取仪表的量程范围值、工程单位及仪表阻尼时间常数读取或者写入仪表总装配号码写入 (HART网络) 轮循地址	<ul style="list-style-type: none">读取选择最多至4个动态变量的值写入仪表阻尼时间常数写入仪表量程范围值校验 (标定零点、标定满量程)设置固定的输出电流值执行自测试功能执行主机设备复位修整过程变量PV的零点写入过程变量PV的工程单位修整数/模转化器的零点及增益写入信号变换函数(平方根/线性)写入传感器序列号读取或写入动态值分配	<ul style="list-style-type: none">读取或写入小流量切除值启动、停止或者清除积算器读取或者写入密度校准因子选择第一过程变量 PV (质量、流量或者密度)读取或者写入材料或制造的信息修整传感器校验信息PID函数功能使能写入PID函数的设定值阀门特性阀门设定值(阀门) 行程限值用户自定义工程单位就地显示器信息

表 1. HART命令

注：表1所列的为部分HART命令。如需获取详细信息，请参照附录B、附录C以及附录D。

与HART仪表建立通信

每台HART仪表提供一个38位长度的，包含有制造商ID号、设备型号以及设备唯一标志符的地址。在仪表制造过程中，（生产商）将唯一的地址进行编码后写入每一台仪表。**HART**主设备必须了解现场仪表的地址来顺利地与之进行通信。主设备可通过发送下面两个命令中的任意一个，从而在从设备的响应中获取其地址信息：

- **0号命令***Command 0, 读取唯一标志符*——0号命令是通信初始化的首选方法，这是因为命令使主设备能在没有用户介入的情况下获取每个从设备的地址。每个轮询地址（0~15）是用来获取每个设备的唯一地址。
- **11号命令，读取位号来获取唯一标志符**——如果在HART网络有超过15个仪表、或者HART网络的设备没有配置为唯一轮循地址的情况下，命令11是非常有帮助的。（当设备是独立供电而且是隔离的情况下，超过15个设备的多点HART网络是可能的。）11号命令要求用户提供（设备）位号来获取哪个（设备）需要被查询。

设备描述 DEVICE DESCRIPTION

某些HART主机应用程序使用设备描述 *device descriptions (DD)* 来获取HART现场设备中有关变量及功能的信息。设备描述（DD）包含了某个主机应用程序与现场仪表进行通信需要的所有完整信息。DD是使用HART设备描述语言*Device Description Language (DDL)*来书写的，它将主机应用程序所需的信息合并（形成）一个结构简单的文件。设备描述（文件）确定了仪表支持哪个常用命令以及其所有设备特殊命令的格式及结构。

可以概略地说，HART现场仪表的设备描述（文件）其功能等效于计算机的打印机驱动程序。设备描述 DD（文件）消除了主机生产厂商需要为所有的用户端接口和驱动提供开发和支持的困扰。DD文件使用标准语言（为用户）提供了一幅描述仪表所有参数及其功能的画面。作为可选的项目，HART仪表厂商可提供其HART现场仪表的设备描述DD（文件）。如果选择提供DD，那么这个DD文件，按照每个仪表的规定步骤，为DD功能激活的主机应用程序之HART读写提供信息。

HART仪表的DD源文件类似于C语言编写的程序。DD文件应提交给HART通信基金会（HCF）在其DD文件库进行注册。每个提交的DD文件都需经过质量检测，用来验证提交的DD文件符合规范要求，验证其与已经注册的DD没有冲突，并且通过使用标准的HART主机应用程序验证其操作。HART通信基金会（HCF）的DD文件库是汇总的工具库，它是所有HART的DD文件的管理及分配的工具以促进诸如个人电脑或手操终端之类的主机应用程序的方便使用。

一些主机应用程序需要某些额外的信息来决定屏幕显示格式和其他功能，这些信息是不包含在DD中的。

HART 通信的益处

HART通信的益处

HART协议是一项功能强大的通信技术，可应用于任何适用数字化现场仪表的场合。既可保留传统的4–20 mA的模拟信号，**HART**协议又与现场智能仪表进行双向数字通信，这扩展了控制系统的性能。

HART协议为现场智能仪表通信提供了最佳的解决方案，而且是世界上现场仪表通信协议中最为（用户）广泛接受的。与其它的数字通信技术相比，越来越多的仪表支持**HART**协议。几乎所有行业应用都能找到某个生产**HART**仪表的厂商为其提供产品。

与其它的数字通信技术不同是，**HART**协议所提供独特的通信解决方案，具备向下兼容的特性可与兼容当今已经安装使用的仪表。这种向下兼容的特性能确保已经在运行的各种投资，包括电缆及控制策略，在将来同样是可靠的。

本章节所概括的各项好处包括：

- 改善工厂操作
- 操作灵活性
- 仪表投资保护
- 数字通信

改善工厂操作

HART协议可以在以下方面改善工厂运行的性能以及提升效率：

- 安装及调试
- 工厂操作
- 保养维护

调试阶段节省费用

安装及调试HART现场仪表所花费的时间仅为传统模拟量系统（所需）的一小部分。操作工使用HART数字通讯器，可方便地通过识别仪表位号确认现场设备并且检验其操作参数的准确性。也可以复制其仪表的组态达到（某一类）仪表调试工作的流水（化）操作。通过HART命令将现场变送器的模拟量输出设定为预定值，就可以很容易地完成回路的完整性测试。

安装阶段节省费用

HART通信协议支持在一付对绞线上连接多个设备的网络连接方式。这种配置的方式可以最大程度上降低线路的敷设费用，尤其适合罐区监控系统的应用。

采用HART多点连接方式可以使用一根电缆连接多台仪表，从而降低安装费用

（使用）多变量仪表可以在仪表的数量、布线、备件及端子接线上降低费用。某些HART现场仪表嵌入了PID调节功能，控制系统（构建）不再需要单独的控制器，从而导致布线和设备费用的极大的降低。

改善测量质量

HART通信仪表提供精确的信息能帮助工厂操作提高效率。在平常的操作过程中，仪表操作值可以很容易地被监控或者进行远程修改。如果（这些数据）被上传到软件应用程序，这些数据能自动地被记录保存下以满足各项法规方面的要求（比如，环保、验证，ISO9000以及各种不同安全标准）

HART兼容仪表所提供的许多仪表参数被传递到控制室，被用于控制、维护及（数据的）记录保存（图4）。

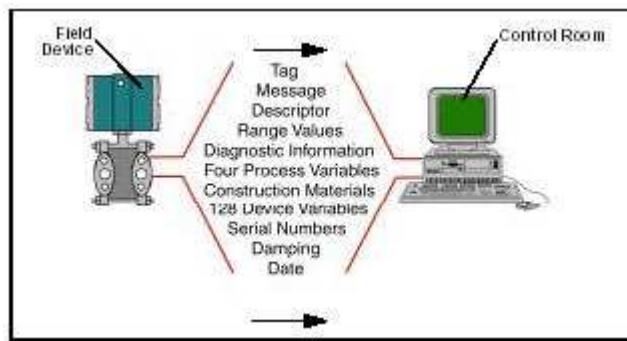


图 4. 举例，被传递至控制室的设备参数

某些HART仪表可执行复杂的计算功能，比如象PID控制算法或者流量补偿计算。多变量HART功能仪表将测量的数据在（仪表内部）进行计算，这样就消除了时间偏差（的影响）从而提供了比集中在主机计算的方式更为精确的结果。

**HART协议为多变量仪表提供了访问所有信息的功能。除了模拟量输出（第一过程变量）外，
HART协议具备访问任何用于验证或计算工厂计量及能量结算的、所有的测量数据**

某些HART仪表可按照趋势日志及数据摘要的形式存放历史信息。这些日志信息及统计计算（比如，高低位数值及平均值）可以被上传至上位软件应用程序，用于进一步的数据处理或记录保存。

维护阶段节省费用

HART通信现场设备具备的诊断功能能够降低停产时间，从而实质性地免除这费用。HART协议将诊断信息传递到控制室，从而节省时间了查询问题所在根源所需的时间并且采取纠正措施。这样就避免或者减少了（人员）到现场或危险区域去解决问题。

当某个替换的设备投入使用的时候，HART通信允许从中心数据库将正确的操作参数和设置快速而准确无误地上载到设备中。有效及快速的上载减少了设备非工作的时间。某些软件应用程序甚至为每个仪表提供了其组态及操作状态的历史记录。这些信息能够被应用在预见性维护、预防性维护及前瞻性维护中。

操作灵活性

HART协议允许有两个主机（第一和第二）和从设备进行通信并且提供额外的操作灵活性。当使用永久性连接主站的同时，另一个手持式终端或者是PC控制器也能够与现场设备通信（见图5）。

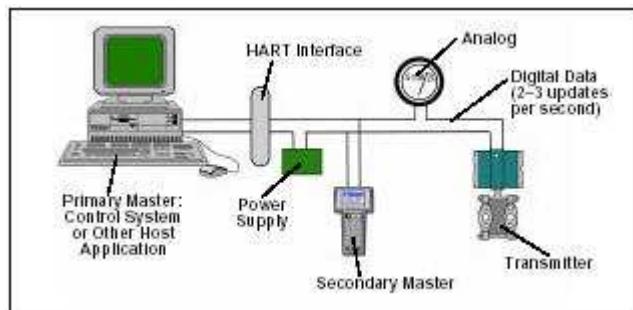


图5：多主机系统

HART协议采用的通用命令，使HART主站能够方便地对现场设备通信并访问大多数的公共参数，从而确保了各个设备之间的互操作性。在HART协议中，设备描述语言（DDL）所包含描述特殊设备的信息也扩充了这种互操作性。设备描述语言（DDL）使得手持式组态终端或者PC主机应用程序能够配置或维护任何厂商的HART通信设备。对不同厂商的产品应用相同的工具（来通信）可以将维护工厂所需的设备及培训的需求降低到最低程度。

HART拓展了现场设备的性能，此功能突破了系统主机只采用单个变量4-20毫安信号的局限性

“固定资产” 投资保护

已运行的工厂及装置在接线、模拟量控制器、接线盒、安全栅、集线柜以及模拟或智能仪表上花费了相当可观的投入。人员、操作规程以及设备已经在为这些安装完毕的装置提供支持和维护。为保护这些投资，HART现场仪表提供了具备增强型数字功能的兼容产品。这些增强型的功能将会应用得越来越广泛。

HART通信协议使您能保有先前在现有硬件及人员上的投资

在一般水平上，HART设备的通信是使用手持式终端来进行（设备）设置及维护的。但随着需求的增长，更为复杂的、在线方式的、基于PC的系统将提供连续的、设备状态监控及参数设置的功能。更为先进的方案是采用含HART通信功能I/O的控制系统。状态信息可直接被控制策略采纳来实施矫正措施，可以根据操作条件在线修正而且能直接读取多变量仪表数据。

兼容HART各种版本

随着HART现场设备的升级，新的功能也随之增加。HART协议的一个基本前提就是——当与早期版本的主机系统连接时，新版本的HART仪表必须完全按照旧版本的式样进行工作。

数字通信

采用微处理器的数字仪表可以提供许多好处。无论何种类型的通信方式，这种好处可以在所有的智能设备中被找到。数字化的设备提供的优势包括更高的精确性及稳定性。**HART**协议通过提供（仪表）通信访问及网络能力提高了数字化仪表的功能（见图2）。

好处	HART仪表	数字仪表
精确性和稳定性	✓	✓
可靠性	✓	✓
多变量	✓	✓
计算能力	✓	✓
诊断能力	✓	✓
多传感器测量输入	✓	✓
调试方便	✓	
仪表位号	✓	
远程组态	✓	
回路测试	✓	
可调的操作参数	✓	
访问历史数据	✓	
多点网络	✓	
可多个主站系统访问	✓	
扩展的通信距离distances	✓	
基于现场的控制方式	✓	
互操作性	✓	

图 2. 数字仪表与HART仪表的比较

发挥 HART 系统的最大功能

发挥HART系统的最大功能

为了发挥HART通信协议的所有优势，那么正确安装及实现系统就变得相当重要。以下的章节包含的内容将帮助您最大程度地发挥HART系统的功能：

- 安装及接线
- 本质安全
- **HART**多节点网络
- 控制系统接口
- 多路复用器
- 非HART系统如何读取HART数据
- 通用型手持式通讯器
- PC组态软件
- 调试HART网络
- 设备状态及诊断
- PC如何连接到HART设备或网络
- PC应用程序开发工具
- 由现场设备实现控制功能

配线和安装

通常情况下，HART协议智能仪表的安装方式和传统4-20mA模拟仪表基本相同。无论是单对线缆还是多对线缆，都推荐使用屏蔽双绞线。非屏蔽双绞线可以用在短距离并且周围噪声和串扰较小、不影响通信的情况下。如果需要铺设的距离小于1,524 m (5,000 ft)，则线缆直径最小需要有0.51mm(#24 AWG)，而更长的距离线缆直径需要大于0.81mm(#20 AWG)。

线缆长度

理论上HART通信的最远传输距离为3000米（10000英尺），但是导线间的电特性（主要指电容）以及连接设备的关联性会影响影响到HART网络的最远通信距离。表3给出了不同线缆长度条件下的电容大小以及网络中设备数量对HART通信最远距离的影响。表中所列的数值是在HART设备的典型安装应用中测得的（没有考虑安全隔离设备和串联阻抗的因素）。有关HART网络中使用线缆最远距离的具体信息，可以参看HART物理层规范。

线缆电容值 – pf/ft (pf/m) 线缆长度 – feet (meters)				
网络中设备数量	20 pf/ft (65 pf/m)	30 pf/ft (95 pf/m)	50 pf/ft (160 pf/m)	70 pf/ft (225 pf/m)
1	9,000 ft (2,769 m)	6,500 ft (2,000 m)	4,200 ft (1,292 m)	3,200 ft (985 m)
5	8,000 ft (2,462 m)	5,900 ft (1,815 m)	3,700 ft (1,138 m)	2,900 ft (892 m)
10	7,000 ft (2,154 m)	5,200 ft (1,600 m)	3,300 ft (1,015 m)	2,500 ft (769 m)
15	6,000 ft (1,846 m)	4,600 ft (1,415 m)	2,900 ft (892 m)	2,300 ft (708 m)

表3. 1.02 mm (#18 AWG)直径的屏蔽双绞线的适用长度

本质安全

本质安全是为过程控制设备在危险区域使用时提供安全保证的一种方法。它使得设备在高危险区域运行时，所存储的电能量足够小，以确保不会产生点火现象。每个单独的设备或者导线单独来看都不是本质安全的（除了那些使用电池驱动或者与系统独立的设备），只有使用在经过合理设计后的本安系统中，才是本质安全的。

本质安全设备

符合HART通信的设备可以很好地工作在本质安全系统中。本质安全设备（如本质安全栅）常常与传统的两线制4-20mA设备一起使用，保证系统在高危区域运行时是本质安全的。对于传统模拟量的仪表来说，配套使用以下本质安全设备中的一种，可以使得能量通过接地或非接地的方式被限制在一定的范围之内。

- 使用旁路二极管（齐纳）栅并可靠接地：把多余的能量旁路到安全地。（见图6）
- 使用隔离栅：不需要接地，能够把危险侧的模拟测量信号通过隔离接口传递到安全区负载电阻这一侧。（见图7）

HART设备可以与齐纳栅或隔离栅配套使用，保证系统的本质安全，但有一些细节需要考虑。

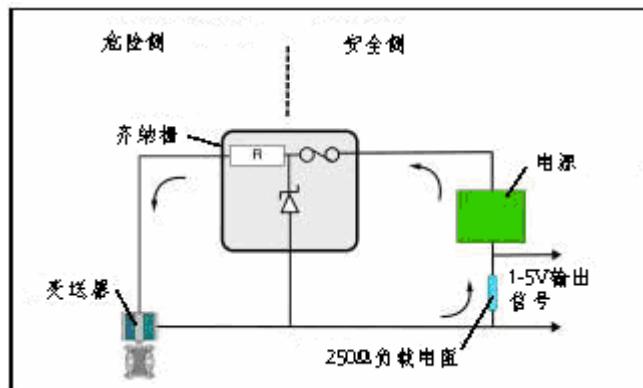


图6. 使用齐纳栅的4-20 mA回路连接图

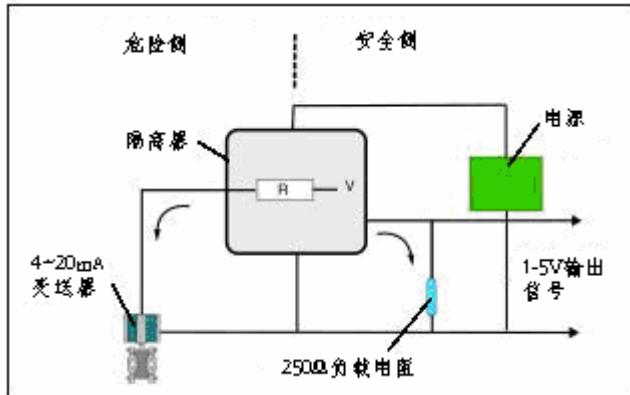


图7. 使用隔离栅的4-20 mA回路连接图

设计一个使用旁路二极管安全栅的本质安全系统

设计一个本质安全的直流回路系统仅需要考虑是否有足够的电压提供给现场设备。当然，齐纳栅电阻、负载电阻以及所有导线电阻都必须考虑在内。

当我们要设计一个使用旁路二极管安全栅的本质安全系统的时候，另有两个条件也必须得考虑在内：

- 提供的电源电压必须减去0.7V，以确保HART波形的完整性，同时又达不到齐纳栅的导通电压。
- 负载电阻必须至少达到 230Ω (通常情况下为 250Ω)。

考虑到变送器的最小工作电压（通常为10–12 V），要达到这两个要求是比较困难的。回路电流必须设计能够达到22mA的输出（而不仅仅是20mA），保证现场设备因为超量程等故障报警时能正常通信。齐纳栅的等效串联电阻大约为 340Ω 。变送器的实际工作电压，可以通过以下公式进行计算：

$$\text{Power Supply Voltage} - (\text{Zener Barrier Resistance} + \text{Sense Resistance}) \times \text{Operating Current (mA)} = \text{Available Voltage}$$

Power Supply Voltage: 电源电压

Zener Barrier Resistance: 齐纳栅等效电阻

Sense Resistance: 回路测量用串联电阻

Operating Current: 工作电流

Available Voltage: 变送器的实际工作电压

$$\text{例如: } 26.0\text{ V} - (340\Omega + 250\Omega) \times 22\text{ mA} = 13.0\text{ V}$$

所有线缆的电阻值也要被计算在串联电阻之内，它们会分去一部分电压。另外，加在齐纳栅上的电压必须低于齐纳栅的导通电压。例如，一个28V， 300Ω 的齐纳栅，通常使用26V电源供电。

如果无法使用旁路二级管栅去按照以上两个要求组网，可以尝试使用以下两种方法去解决：

1. 在负载电阻两端并联一个大电感。这样在通信频率（HART信号）时，负载电阻依旧有很大的阻抗。而在直流时，等效的电阻值就会变得很小。这种方法实现起来不是很方便。
2. 不使用旁路二极管栅，而使用一个本安隔离栅。一般情况下隔离栅会标示出20mA条件下的危险侧输出电压（通常为14—17V）。这个值已经除去了内部等效电阻所分去的电压部分，因此其余的电压损失来自于导线电阻。当系统运行在22mA时，这一电压需要减去与20mA时的压差，约为0.7V（ $340 \times 2 \text{ mA}$ ）。

设计一个使用隔离栅的本质安全系统

为了使一个HART回路能够在一个使用隔离栅的本质安全系统中运行起来，还有很多地方要考虑。隔离栅从现场仪表这一侧获取模拟信号，并在安全侧复制产生相同的4—20mA信号。大多数老式的隔离栅无法将现场高频的HART电流信号传递到安全侧，同时也无法安全侧的HART电压信号传递到现场。因此，HART通信信号不能够通过这些老式的隔离栅（但如果在危险侧使用手持操作器，或使用具有本安型HART通信接口的PC机系统，仍然可以实现HART通信）。如果要在一个已有的系统中加入HART设备，那只有替换掉这些老式的隔离栅。（这些隔离栅都不支持HART信号）。

主要的供应商现在都推荐使用完全兼容HART协议的本质
安全隔离栅。新型的本质安全隔离栅提供无故障设计和操作，
并且确保了双向透明的通信。

本质安全设备的供应商可以提供HART兼容产品的证明和相应的说明文件。现场设备的制造商也可以提供详细的产品说明。

多点模式的本质安全网络

HART多点模式网络特别适合应用在本质安全的系统中。配置一个本质安全的多点网络，需要的安全栅或者隔离栅的数量就比较少。另外，由于每个现场设备只使用4mA保证工作（如果是4个设备总共是16mA），使用普通的齐纳栅就可以。假设使用250Ω负载电阻，考虑使用25V电源，则 $25 V - (340 + 250) \times 16 mA = 15.5 V$ ，足够提供给变送器使用，还可以保证导线电阻分掉的一小部分电压。

本质安全输出回路

对于一些类似于阀门定位器的输出设备来说，直流电压的大小需要根据所需求设备的驱动电压来决定。可以考虑使用齐纳栅。如果齐纳栅无法满足，那么兼容HART信号输出的隔离栅是合适的选择。

本安认证方面的考虑

如果HART回路中使用到本安型的手操器或者调制解调器，需要做小的改动以满足本安认证要求。手操器和调制解调器会把HART电压信号叠加载到齐纳栅或者隔离栅的电压上。例如，一个手操器通常情况下会把一个最大为2V的电压加到回路中。因此，当使用一个28V的齐纳栅的时候，理论上来说回路就会产生总共30V的电压。由于电压的增加，在计算所允许的电容量时就要减小15%。

本质安全网络中线缆长度的计算

在计算线缆长度时，必须要把齐纳栅和负载电阻的阻值考虑在内。

HART 多节点网络

HART通信协议允许多台HART设备在同一总线上连接，即工作在多点模式（如图8）。当HART设备工作在多点网络模式时，从设备的工作电流被设置为最小值（通常为4mA），以保证设备正常工作。此时，设备的输出电流将与被测过程变量无关，不再表示过程变量的变化。因此多点模式是一种全数字的通信方式。

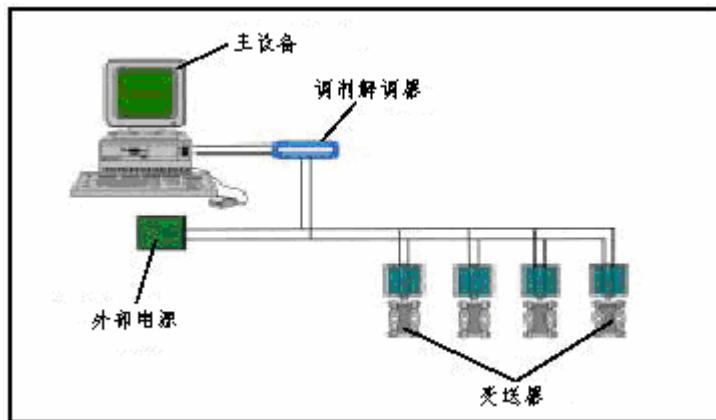


图8. 多点模式配置图

标准的HART命令用于HART主设备与从设备之间传递过程变量和设备参数信息。（详见HART Commands 第7页)9。通常情况下，HART主设备与单个从设备之间变量访问的周期大约为500ms。在一个由15台HART从设备组成的通信网络中，完成一次对所有设备的扫描及其主过程变量读取大约需要7.5s左右的时间。从多变量仪表读取信息将需要更长的时间，这是由于数据域所包含1个变量的值改变为4个变量的值。

典型的多点模式网络允许多个两线制测量设备并行连接。两线制的回路供电型设备或四线制的主动供电型设备可以连接在同一个网络中。如果两线制和四线制设备同时连接在同一个HART网络中，必须采用三条导线的方式正确连接仪表。（详见案例“废水处理工厂的升级”，第45页）

在多点模式下使用HART现场控制器

HART现场控制器也可以被连接到多点模式的网络中（见图9）。从变送器/控制器中输出的每一个模拟信号都是与其他输出信号隔离，这可以使得搭建整个网络更加经济。在这种情况下，模拟信号将不再是固定不变的，它将作为输出信号来控制执行机构。

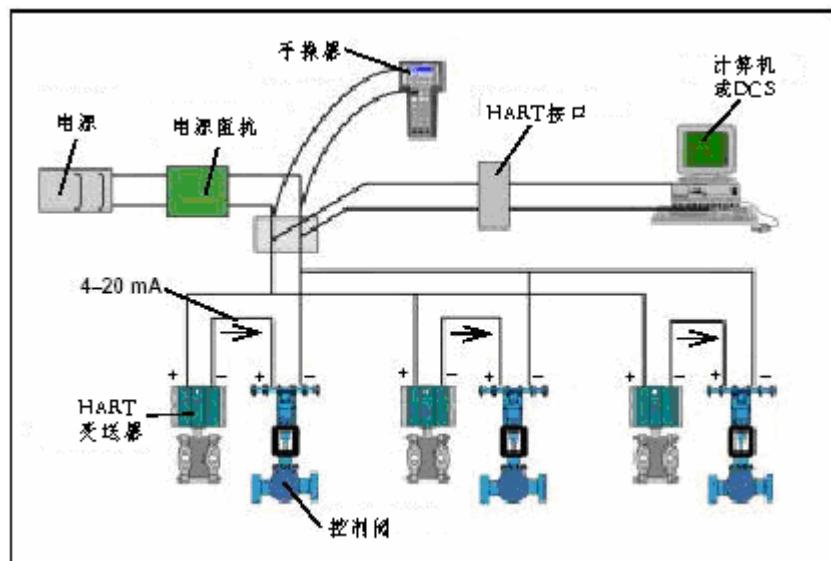


图9. 在多点模式的网络中使用HART现场控制器

应用方面的考虑

使用HART的多点网络模式可以大大减少组网的成本。通常情况下，使用多点模式组网，所用线缆的总长度要小于点对点模式所用线缆的最长长度。这是因为额外增加的设备增加了整个回路的容抗，从而减小HART信号可以传送的距离（详见配线及安装，第17页）。

为了减少安装成本，可以在那些不要求高速采样的系统中
使用多点模式组网。例如：远程监控站、贮油站、管道输送系
统以及其他监控系统。

多点模式的设备组态

最多有15个设备可以同时连入一个多点模式网络，它们将使用轮询地址的方式进行通信。通过把轮询地址设成一非零值，HART设备的输出电流将被固定。根据HART协议规范要求，在同一个HART多点模式的网络中，每一个接入网络的HART从设备都必须使用不同的轮询地址或仪表位号，否则主机将不能与之建立通信。

控制系统接口

当你希望通过增加一个HART接口来改变现有的控制系统时，你必须了解HART接口所提供的全部功能。目前已有数家控制系统供应商都提供HART接口，这些接口的功能可能不尽相同。

诸如DCS、PLC或者SCADA/RTU（远程终端）之类的控制系统目前仅仅提供了完成特定应用的功能。例如，某个流量控制系统只限于读取设备主变量，却无法提供监控及改变仪表组态信息的附加功能。而另一些全面支持HART的控制系统接口能够保存所有连接设备的完整的仪表组态记录。

你可以与系统供应商联系，索取其HART接口的详细说明。你还可以通过附录A中的表单，了解一些控制系统供应商提供的信息，从而进一步了解他们产品的特点。

HART输入/输出子系统

在许多兼容HART协议的输入/输出子系统中，带有多路模拟通道。供应商可以选择为每条通道都提供一个HART接口，或是几条通道共用一个HART接口。如果采用第二种方案，共享一个HART接口的通道数目的多少会影响到HART现场仪表上传数据的刷新频率，还会影响到系统所支持的HART功能的完整性。

支持多点模式的HART输入/输出

为获得最好的性能和灵活性，一个HART接口应该可以专门用于每一个输入/输出通道上。如果几个输入/输出通道共用一个HART接口，这样的系统可能无法支持多点网络的连接方式。一个多路复用接口的刷新率太过缓慢，以至于采用多路复用技术的多点网络不具有实际价值。有些供应商将HART接口固定在某个指定的输出/输出通道上，实现了对多点模式的支持。但是，这样做的话，这块板卡上的其他通道就无法支持HART通信了。

支持阵发模式的HART输入/输出

阵发模式是现场设备的一种可选应用模式。主设备也可以选择是否接收阵发信息。为了更好地利用阵发模式，输入/输出系统的每条通道都应该配备一个HART接口。如果一个HART接口在多条I/O通道之间共享，控制系统可能无法侦测到现场设备发出的阵发信息。当系统无法为现场设备实现阵发组态时，我们需要用一部手持终端或其他组态工具来实现这些操作。

数据处理

一切兼容**HART**协议的控制系统都能读取来自设备的数字形式的主过程变量。但是，一部分系统架构可能无法正常读取文本化的数据（例如，工位号和描述字符域）。此时，控制器能够读取**HART**现场设备传来的过程变量，但无法直接读取另一些数据。

（对收发**HART**报文的）放行特征

有些控制系统集成了组态或仪表管理的应用程序。这些系统通过自身的输入/输出接口传递由管理程序生成的**HART**命令。当控制系统接收到现场设备的响应后，就把这些响应传回管理程序。这种功能被称作控制系统（对收发**HART**报文的）放行特性。

网关

网关的作用是将**HART**数据传递到不支持**HART**信号输入/输出的控制系统中。一些系统可以通过**HART**网关与其他协议通信，这些协议包括了**Modbus**、**PROFIBUS DP**以及**TCP/IP**以太网。标准的**HART**网关支持全部的通用命令以及部分常用命令。每个网关供应商的产品所支持的命令不尽相同。部分网关还支持设备特殊命令。

SCADA/RTU系统

SCADA（监控和数据采集系统）中的**RTU**采用一种特殊的远程通信装置实现与控制系统的通信。在对多点模式和阵发模式的支持方面，**RTU**与其他系统基本一致。但是，**RTU**在具体执行上更复杂一些。究其原因，是**RTU**与上层主机之间的通信往往不遵照**HART**协议，而是通过其他的协议（例如**Modbus**协议）。虽然在**RTU**中应用**HART**有许多优点（支持多点模式、阵发模式以及多变量设备），但是，只有在远程协议支持**HART**命令或特殊**HART**数据的传输的条件下，中央主机系统才能获得**HART**数据（见40页上针对储油罐田的多点模式监控）。

多路复用器

对那些希望将大量的HART设备接入（系统）的用户来说，兼容HART协议的多路复用器是一个理想选择。多路复用器可以做成一个模块，能够同时支持点对点以及全数字（多点）HART通信模式。多路复用器和主设备应用程序间的通信方式（例如，RS232C，RS485，Modbus以及TCP/IP以太网）由多路复用器的性能决定。

在安装HART多路复用系统时，需要注意多路复用器的以下几项性能：

- 支持的HART通道数量
- 共享一台HART调制解调器的HART通道数量
- 是否支持阵发模式
- 是否支持多点模式
- 与主机或控制系统之间的通信方式。

作为主设备输入/输出系统中的多路复用器

对于一个基于HART的控制或监控系统而言，HART多路复用器能够作为主系统输入/输出的前级设备（图10）。一般情况下，PC作为主设备，提供人机接口并实现其他的高级功能。多路复用器持续地监控现场设备，将当前读取值及设备状态信息播报给主设备，同时将HART命令从主设备传送到现场设备。

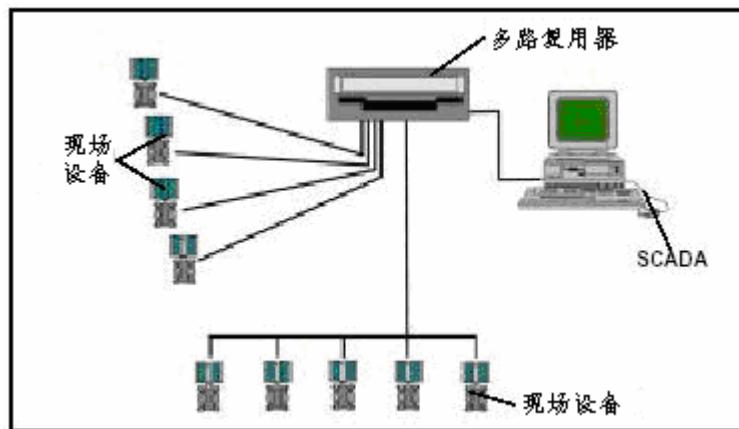


图10 作为主设备输入/输出系统的HART多路复用器

用多路复用器实现并行监控

当传统的4-20mA控制系统利用模拟信号进行测量和输出控制时，用户可以在网络中附加一个HART多路复用器接收HART数字信号。使用了多路复用器之后，起监控作用的计算机可以监视现场设备的诊断信息和状态信息，获取组态信息，并读取任何4-20mA信号无法提供的过程输入量或计算结果。

用一台HART多路复用器获取数字HART信号

有两种类型的多路复用器可以用来连接控制系统。当控制系统布线已经存在时，广泛应用的是一种将多路复用器与现场布线并行连接的方式（图11）。

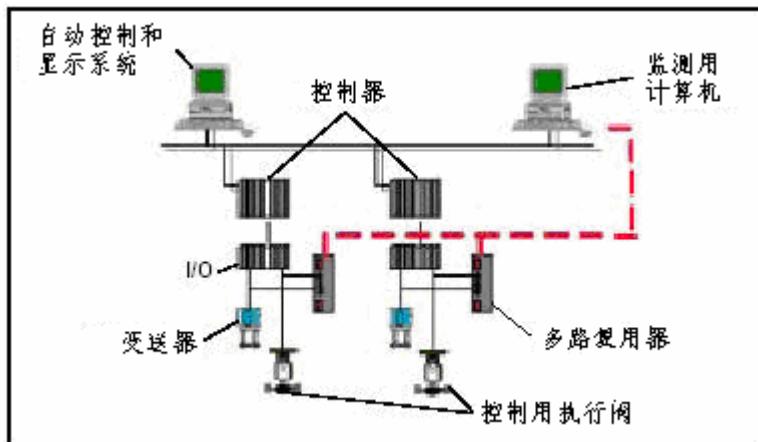


图11 HART多路复用器与已有输入/输出系统的连接

多路复用器还可以被整合在控制系统中，作为输入/输出系统的一部分（图12）。这种情况下，多路复用器可以包括本质安全隔离式安全栅以及其他滤波部分，并且为现场设备提供诸如大电流隔离以及供电之类的服务。此类安装不需要附加的终端，也不占用额外空间。多路复用器还可以作为网关使用，对HART信息作出转换以符合其他协议，例如Modbus、PROFIBUS以及工业以太网。

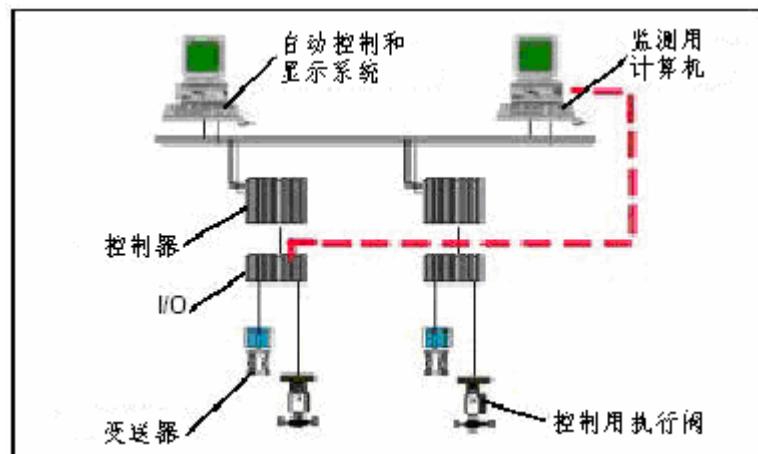


图12 HART 多路复用器与输入/输出系统的整合

在非HART系统中读取HART数据

许多HART产品能够实现多参数测量或多功能输出（例如，多过程量测量、过程信息计算以及定位器的阀位反馈信息提供等等）。这些信息可以借助数字通信轻松获得。但是，现有的控制器或接口设备可能无法读取数字形式的HART数据。如今，有一类产品具备了读取HART数字信号，并将其转换为模拟信号或开关信号的功能。这使得传统的模拟/数字型输入/输出系统能够充分利用HART通信设备的优越性。这类产品包括Rosemount Inc.的Tri-Loop模块以及Moore Industries 的Site Programmable Alarm(SPA)。

HART数据转换产品

Tri-Loop模块监控HART回路上的阵发信息，并将HART第3号命令所包含的可能的4个过程变量中的3个转换为模拟信号输出（图13）。经过这种转换后，现场设备送出的4个模拟量就可以利用一对通信导线传输了。

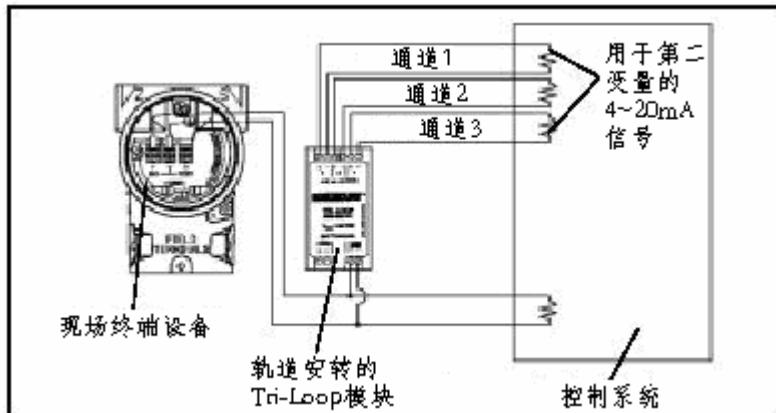


图13 Tri-Loop模块

SPA模块可以与任何的HART设备连续通信，并且根据接收到的信息，发出触点关断输出（出错报警）（图14）。例如，SPA可以用来监控在HART通信协议内所规定的设备状态信息，并触发诸如就地开/关联锁应用请求或报警之类的事件。如果在重要回路中的现场设备发生了故障，SPA能够侦测到这一故障，并做出紧急关断操作。

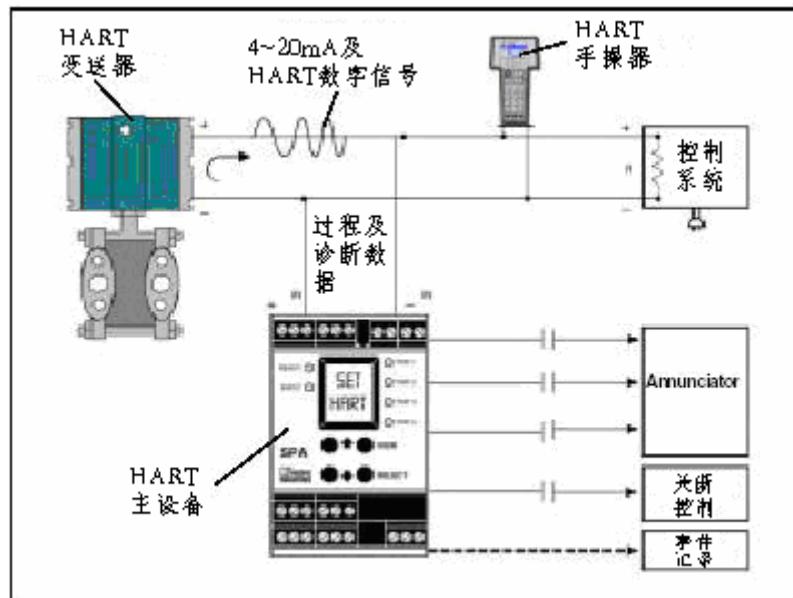


图14 SPA模块

HART Tri-Loop模块和SPA模块都对基于多条回路形式的多变量产品提供支持。

通用手持操作器

全球主要的仪表供应商都能提供275通用型HART操作器。HCF的所有会员单位都对275操作器提供支持。使用了HART DDL（设备描述库）的手操器可以对任何的HART设备进行通信或组态，但前提是手操器中安装了这种HART设备的DD（设备描述）文件。即使手操器中没有安装对应设备的DD文件，它仍然可以使用通用命令和常用命令与对应设备进行通信。HCF为所有可以加载到手操器上的DD文件提供集中管理和注册服务。在<http://www.hartcomm.org>网站上可以找到所有已注册DD文件的索引表。

用275通用HART操作器对一切HART设备可以进行通信或组态。



图15 275通用手持操作器

PC组态软件

许多仪表生产企业，以及一些独立的软件开发商，都提供PC平台上的HART通信软件。这些HART通信软件的功能与HART手操器类似，甚至可以提供更多的功能。

利用特殊的应用软件持续地监控现场设备的状态，并记录状态的变化，将能减低法规遵循方面的开支

表4中列出的软件用于对HART设备进行组态管理、参数调整和数据采集。这张表格并不十分完整，列举的软件在功能上也不尽相同。许多产品的专用软件也有诊断的功能。运行在PC机上的HART应用软件可以通过一个RS232型HART接口或其他连接器与现场设备连接。

HART软件一览表

软件	应用	生产商
Asset Management Solutions (AMS)	组态及校准管理	Fisher-Rosemount
CONF301 HART Configurator	组态管理	Smar International
CONFIG	组态管理	Krohne
Cornerstone Base Station	组态及校准管理	Applied System Technologies
Cornerstone Configurator	仪表组态	Applied System Technologies
H-View	组态管理及数据采集	Arcom Control Systems
IBIS	组态管理	EB Hartmann & Braun
IBIS	组态管理	Samson
K-S Series	组态管理	ABB
Mobrey H-View	组态管理	KDG Mobrey
Pacemaker	组态管理	UTSI International Corporation
SIMATIC PDM	组态管理	Siemens
Smart Vision	组态管理	EB Hartmann & Braun/ Bailey Fischer & Porter
XTC Configuration Software	组态管理	Moore Products Co.

表4 HART软件

HART 网络调试

HART通信仪表所具有的某些特点有效地减少了调试整个HART网络(回路)所需的时间。当回路调试所需的时间减小了，就能真正实现节省开支。

设备确认

安装仪表之前，生产商通常将设备位号、其它标示和组态数据写入到每一个现场设备中。安装之后，在控制室使用组态配置软件(手持终端设备或者PC机)仪表标记(标签或者描述符)能被识别。一些现场设备提供的信息在它们本身的配置上(如，潮湿的原料)，这样一些或者其它的组态配置数据也能在控制室里得到确认。确认的过程能很重要的达到符合政府的规则和ISO质量要求。

通过与控制系统的整合或使用多种具备HART功能的多路复用器I/O系统(参看26页的多路复用器)中的一种，基于PC的控制器将被在线的连入到每一个HART回路中，这将对调试过程产生进一步的改进。

由于有集中的管理方法，当调试网络中的所有设备时不需要移动配置组态设备从一个终点到下一个终点。

回路完整性测试

一旦现场仪表被确认或者它的组态数据被证实，利用回路测试的功能将可以实现对模拟回路完整性的检测，这一回路测试功能被大部分HART设备所支持。这个回路测试能通过将HART变送器的模拟输出信号固定为某一特殊数值来验证回路完整性或者确认正确的连接支持设备。如指示器，记录仪，DCS显示。

**使用HART协议回路测试功能检查模拟量回路完整性
和确保所有网络设备的物理连接的正确性**

安装记录保留

HART组态配置器同时也提供记录保留的功能。安装好的仪表组态数据能够存储在存储卡或磁盘中用以将来的文件存档或打印。

设备状态与诊断

所有的HART现场仪表都提供完整的状态信息与诊断信息。HART通信协议定义的基本状态信息，包含在每条来自现场设备的消息中。基本状态信息能在主站系统上应用通过检测来识别现场仪表的错误与警报情况。状态信息也能够使用户区分超出传感器或量程极限与真实硬件故障之间的测量。例如状态信息是：

- 现场设备故障
- 组态更改
- 冷启动
- 可得到更多状态
- 模拟量输出固定电流
- 模拟量输出饱和
- 非主变量超限
- 主变量超限

HART仪表能广阔地执行设备特殊的诊断。大量的诊断信息类型由设备生产商决定的并随产品的应用变化而变化。利用HART通信协议可以访问到这些诊断信息。主站系统应用使用DD文件能解释与显示诊断信息。当应用程序无法使用DD的时候，就需要利用特殊的产品软件模块来解释这些故障信息。

许多生产厂商提供专用的应用软件为他们自己产品的支持，一些模块允许你制定特定的产品。阀门执行机构的制造商广泛使用（HART通信技术的）这一能力，提供预防和预见性的诊断信息，与传统的执行机构相比，有了明显的提升。

一些软件应用程序通过使用兼容HART的多路复用器或I/O设备，与现场设备保持连续的通信。这些应用程序将能提供实时的监测状态和诊断信息。

连接PC到HART设备或网络

个人电脑（PC）普遍地作为HART主站系统应用用作系统组态配置以及数据采集。特殊设计的接口设备（表5）允许HART网络连接到PC机的RS232C串口或者PCMCIA槽（图16）。

产品名称	生产商
Commubox	Endress + Hauser
FSK-Modem	EB Hartmann & Braun
HT311 RS232 Interface	Smar International
VIATOR PCMCIA HART Interface	MACTek
VIATOR RS232 HART Interface	MACTek

表 5. HART通信接口一览表

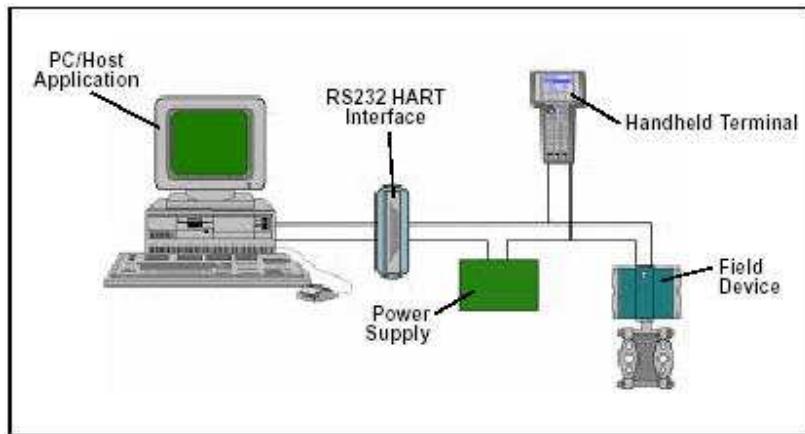


图16. RS232 HART接口

PC应用开发工具

某些软件驱动程序可以用来为PC应用程序与HART网络的系统集成与开发的工作提供帮助。表6举出了部分可用软件驱动程序的例表。

产品名称	产品描述	生产商
Hview	Provides DDE server	Arcom Control Systems
HRT VBX	16-bit Visual Basic driver	Borst Automation
HRT OCX	32-bit ActiveX Control	Borst Automation
HART OPC Server	OPC Server	HCF (via member companies)
HL-LinkPro	HART driver for LabVIEW	Cardiac Systems Solutions

表6. PC开发工具

现场仪表实现控制功能

基于微处理器的智能仪表可以在现场设备内部实现控制算法，这使得控制更加接近于过程本身（如图17所示），某些HART变送器与执行器在设备中能支持控制算法，除去了需要的单独控制器与减少硬件部分，安装，启动成本的开支。这使得在某些区域实现闭环控制成为了可能。这些区域在以前由于经济上的不可行，而无法使用闭环控制。当控制算法使用模拟信号，HART通信协议意味着可监测回路和改变控制点与参数。

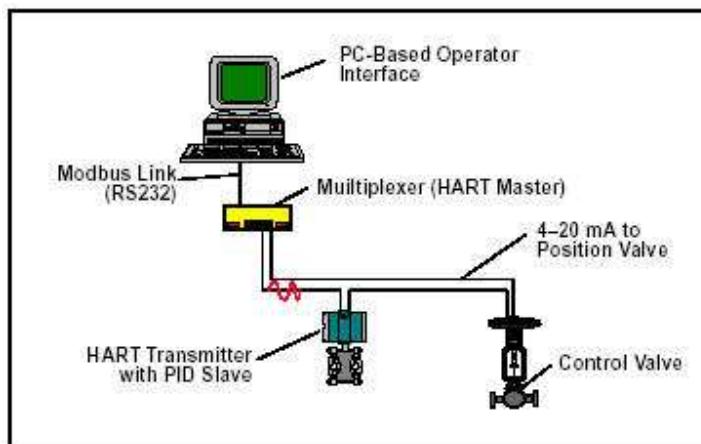


图17. 含有PID调节功能的变送器（HART从设备）

现场实现控制的方式加强了控制功能。由于不需要传送数据到单独的控制器，也就保持了测量精度。控制处理及执行的过程发生在高速更新的传感器上，同样具备了增强的动态性能。

HART现场控制器应用

使用HART协议，HART设备通过将传统的模拟量测量的信号输出转换为控制信号的输出，可以实现同时传输模拟信号与数字信号。来自智能变送器（控制器）的模拟信号被巧妙地用来操作现场设备（见图18）。此模拟量信号的传输也携带有数字信号，其可以被用作监测过程测量值、设定值改变、以及控制器的整定。

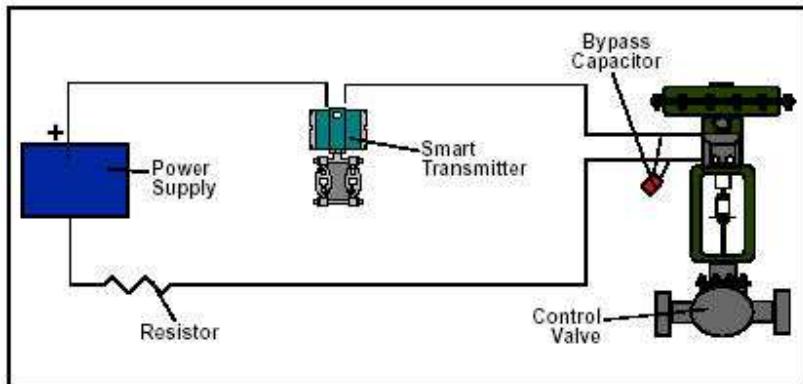


图18. 含有PID调节功能的变送器

对于在中央主站系统上实现闭环控制上，HART协议的通信速率（每秒2-3次数据更新）通常是被认为太慢了。对于在现场实现控制，控制作用不再决定于HART协议的通信速率。取而代之的是使用由模拟量输出实现控制信号，其信号的更新速度比传统型控制系统的处理速度要快出许多。根据不同的产品，其处理速率从每秒2次到每秒20次不等。HART数字通信速率足以保证用于监测控制变量的大小和设定值的改变。

工业应用

工业应用

在各个行业的许多公司已经意识到使用HART通信协议的优势。本章节将介绍某些具体的应用实例以及其应用带来的切实好处。应用分成以下部分：

- 库存管理程序
- 节约成本方面的应用
- 远程操作应用
- 开放结构的应用程序

库存管理程序

库存管理的精确测量对所有的行业来将都是基本的。**HART**通信协议使得公司能确信库存管理系统是有效、精确，尽可能低成本的。

HART多节点网络应用于贮罐液位（测量）与库存管理

HART多节点网络技术在贮罐液位高度及库存管理中的应用得到了完美体现（图 19）。**HART**多节点网络每秒2个主变量的数字信号更新速率能充足的应用于多个储存罐网络节点。多节点节点的网络提供了有意义的安装费用，减少了大量来自现场控制室的配线和大量I/O通道的需要。另外，许多便宜的过程监测软件可用在商业上进一步减少费用。

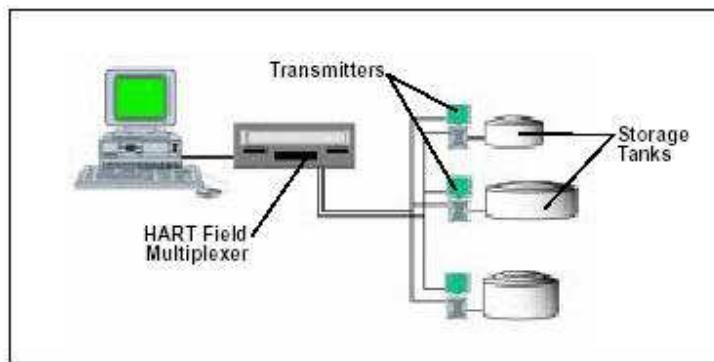


图19. 采用多点连接方式的库存管理应用

一些公司使用**HART**多路复用器数位扫描现场设备的刻度测量与状态信息。这些信息通过**Modbus**协议传递给系统主站。多变量仪表将实现多种过程变量的同时测量，如液位和温度，将减少配线以及过程...需要的数量，这将带来更多的成本降低。

多节点网络应用在油库中的监测管理

在一个油库应用中，建立了84个油库和滤水池在一个大的场地（多达 $300,000\text{ m}^2$ ）是用的HART多节点网络与HART RTUs（看SCADA/RTU系统）。HART结构用于84个油库需要正好8根线缆运行，每根线缆上有10~11台设备。多达70个独立设备的运行，消除了每个之间多达500m。与传统的安装比教线缆的安装节约费用多达\$40,000。RTU的I/O的数量也减少了，包括附加的硬件与安装成本。总的安装总成本是传统的4-20mA安装费用的50%。

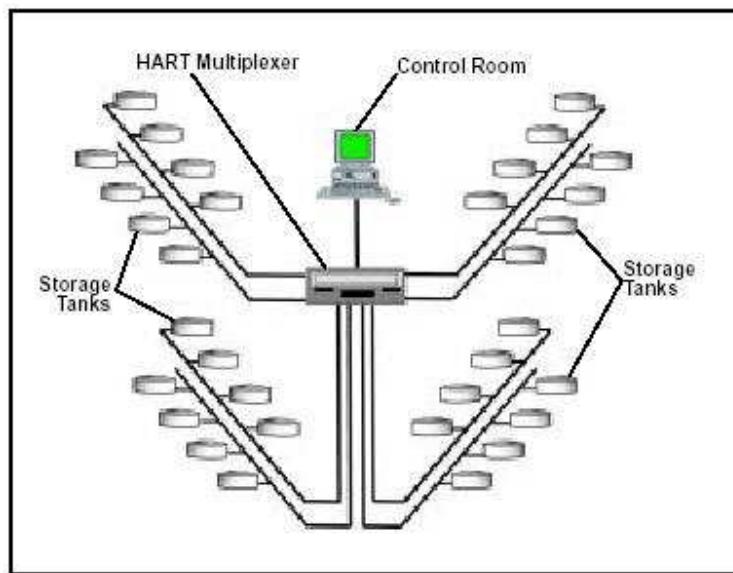


图20. 采用多点连接方式的罐区管理

HART通信精确用于地下石油存储案例

地下盐洞常常用做原油储存，一个开发商进入存储山洞用泵抽油，使用超声波流量计记录来自山洞石油的总流量。通过将盐水注入洞中，可以将油从洞内抽出。注入的盐水量通过电磁流量计测量。盐水与原油朝同一方向流动都被有规则的精确记录在使用HART通信的DCS上。DCS追踪着流速与总量并监测着盐洞内的压力。

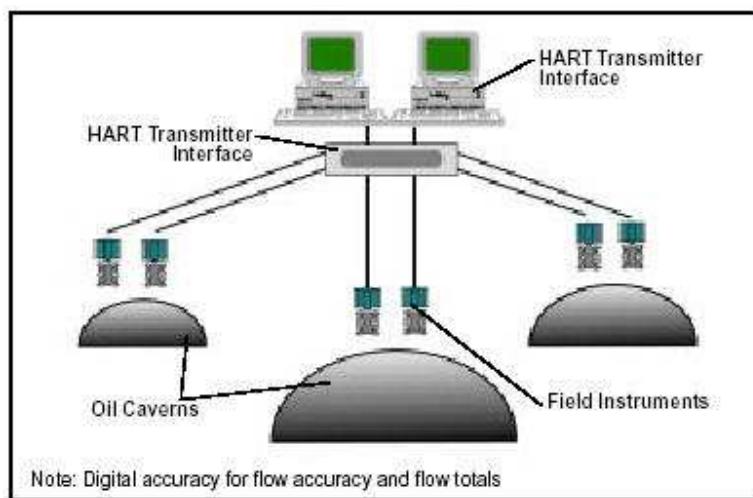


图21. 地下原油储罐

节约成本方面的应用

使用HART多支路网络减少安装与维护成本

废水处理工厂的升级

德克萨斯州废水处理工厂利用HART系统取代了原来需要每天记录加总的流量计和图表记录仪。基于HART的电磁流量计通过多支路进入HART RTU

创建了一个有效的SCADA网络。使用HART技术减少了系统与线缆的费用，提高了测量精度，排除了费时的模拟量校准过程。

由11个HART多节点网络组成的系统由45台电磁流量计在工厂的不同区域组成。每台流量计监测流速与总量到HART网络。当提供更多的流量总值时多支路网络排除了外部扩展需要的硬件与PLC。复杂与昂贵的系统的集成问题也可以避免。例如，不需要有整个的同步在主站系统与现场PLC之间。

多节点网络进一步减少了安装费用通过减少大量的输入卡从传统的45（做为点对点的安装）到11。维护也是简单的，因为有效使用了仪表的诊断与状态数据。

器具生产商HART多节点的应用

一个消费品器具开发商用带HART通信协议能力的网络测量液位，流量与压力。

HART多点网络在安装和配线上节约了成本，同时由于采用了精确的数字测量信息，消除了仪表与PLC I/O间的模数转换（A/D）和数模转换（D/A）环节。图22显示了压力变送器通过智能仪表接口多路复用器连接到PLC。

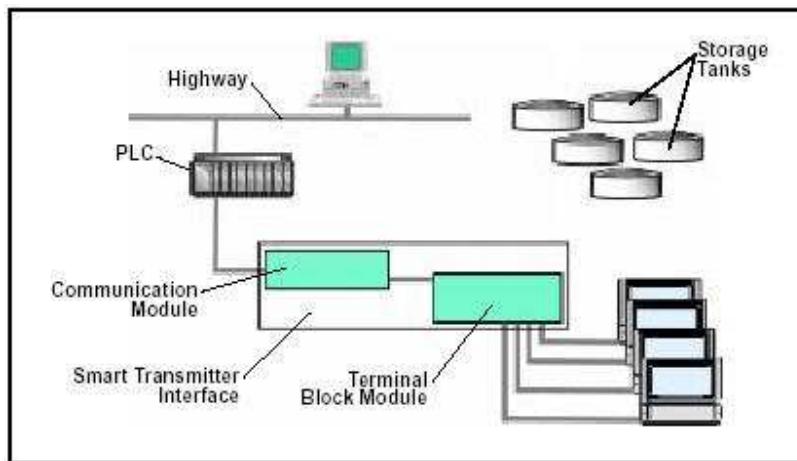


图22. 多点HART网络的例子

酿酒厂远程零点调整

使用HART协议进行智能变送器远程监测和零点调整的好处是显而易见的。在这个酿酒厂的实例中，应用了两个智能变送器控制过滤桶中的流体液位。在任何密闭容器中应用这种方案也将获得同样的收益。

两个智能变送器安装在每个过滤桶盆，一个安装在桶底，另外一个大约离底部9 英寸。底部变送器的量程是 $\pm 40 \text{ inH}_2\text{O}$ ；上面的变送器量程是0–30 inH_2O 。

当过滤桶中装有液体的时候，底部的变送器通过测量压力获得液位信息。当压力达到上限时，那点刻度作为新的零点，上面的变送器作为主要仪表测量过滤桶的刻度。来自桶底部9 英寸的偏移量是需要调节弥补。

变送器是调整与工作控制流动刻度在每个过滤桶里，然而，上面的变送器需要定期的维护，替换或者调零。如果上部的变送器液位测量错误，将导致最多40加仑的罐体液位差错。

一般情况变送器零点调整过程需要大约95分钟，必须频繁的一天两次。利用组态软件和PLC接口模块进行变送器零位调整，将消除故障定位及识别的需要，同时也将减除控制室人员的验证，这将极大地减少因为疏忽导致故障的几率。估计总的零点设置时间每个变送器总的减少15分钟。

利用组态软件的仪表状态和诊断能力，过滤桶填充过程中的错误液位指示将被自动检测到。通过逻辑控制器向仪表发送正确的命令，受影响的变送器将会得到自动零位调整。

水处理设备工具的提升

带有HART功能的HART变送器与控制系统升级选择水处理设备，最终安装减少了安装资本，工程，安装费用。动态的水处理设备过程允许HART仪表使用数字模式，这不会影响到工厂的正常运行。

水处理工厂分成2个区域，每个区域有14个过滤器，每个区域通过一个受控系统全自动控制。HART网络管理每个过滤器的过滤器液位，过滤床差压，过滤器出口流量。多支路安装使用3线制系统为了满足所有2线与4线设备（电磁流量计）使用。（图23）（详见68页的*Multidrop*）。

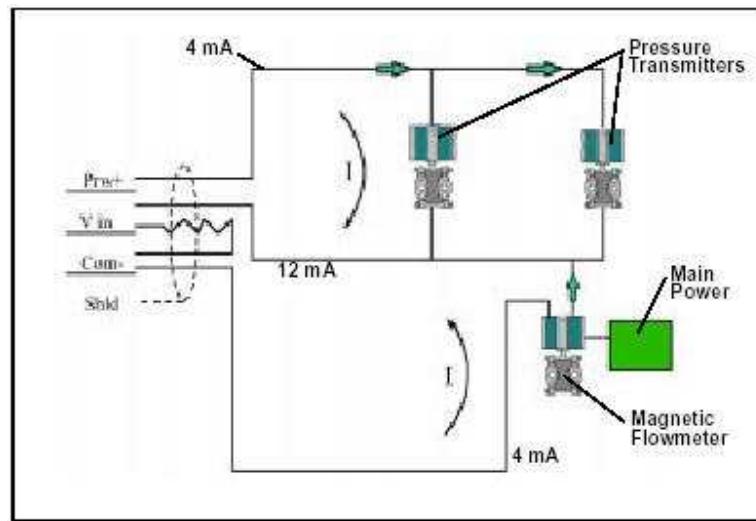


图23. 混合有2线制与4线制仪表的多点HART网络

因为水处理设备工具具有标准设计，使用HART仪表允许从一个网络拷贝到另外一个网络组态配置，减少其执行时间，工程，系统组态配置，通信，运行，维护和文件的单一化。减少了I/O卡记数与节约了成本。

提高诊断

清洁原料供应商需要定期的监测仪表状态与组态信息用来和初始安装信息进行对比，现场变送器提供历史的记录了连同当前的数据信息一起改变。利用PLC针对HART现场设备的梯形图设计，可以使定期的数据下载成为可能。

远程操作应用

应用HART网络在无人职守的海岸油田

选择HART协议的广域网络全数字通信（工作方式），可以让公司对远程（过程）进行实时的监测、控制，以及诊断和维护。

超过550台传感器在15个工作平台上可以按照每3秒钟（访问6台设备）的速率组成多点网络，使得在安装，布线，与I/O上有效的节约了开支。其它需要快速响应的设备（如流量计）可以使用点对点模式，利用HART通信传送数字化的过程数据。流量计可选择阵发模式，可支持每秒3.7次速率更新。所有数字通信在数据的扫描、转换、转移将有最大程度的数据累计与最小错误发生率。

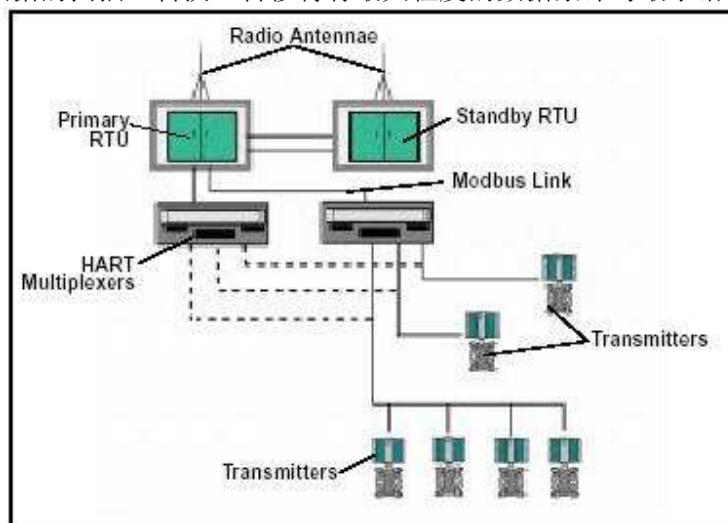


图24. RTU应用实例

每个工作平台的RTU提供一个连接50个温度，压力，流量仪表(图 24). 这个RTU系统利用HART协议支持多主站的能力，设置了第二个RTU作为辅助主站，主要起监测作用，并在（第一个RTU）发生故障的时候自动接替管理控制。RTU提供了与紧急安全系统的连接，同时提供了用于人工维护的就地接口。Modbus用于SCADA中心通信系统。

委内瑞拉气举项目

委内瑞拉某气举项目，海上气举油井的远程操作采用了HART多节点技术，给该项目带来了相当可观的节省（图25）：

- 安装费用降低30%
- 输入模块减少到1/16
- 远程测控终端的I/O卡件的减少
- 远程方式调整量程
- 为提高的过程运行时间而对传感器状态的远程访问

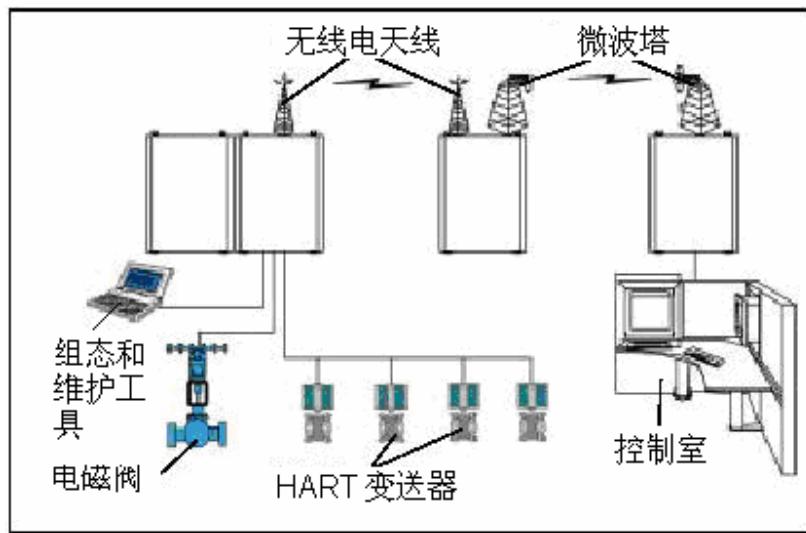


图25 海上气举项目

开放式结构应用

炼油扩建

判断通讯协议开放程度的最好方法是协议所支持的产品的数量。依据这种判定标准，HART协议或许是当今所有现场总线通讯协议中最为开放的。

在一个大型的炼油扩建项目中，炼油公司会在某种非开放系统和HART系统间进行权衡。结果表明，92%的应用会采用HART数字仪表，相比较此采用非开放系统的只有33%。因为选择HART产品提高了工程实施，后续维护的效率和诊断的能力，从而导致成本节省了\$23,000。

炼油公司采用了一个传统的带有模拟I/O的控制系统，通过在线维护和监控系统来保证控制的能力。所有的HART现场设备都是在一个中央地点来进行监控。

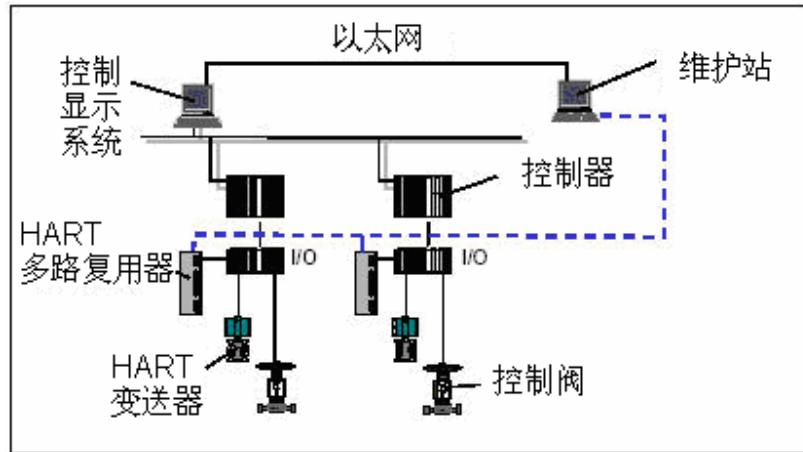


图 26: 在线应用

在 PROFIBUS 网络中运行 HART

通过HART/DP HART现场设备可以无缝集成到PROFIBUS DP网络中。HART/DP链接器可以挂接4个HART设备，并放行HART命令到位于DP网络的主设备。HART/DP链接器支持本安安装。

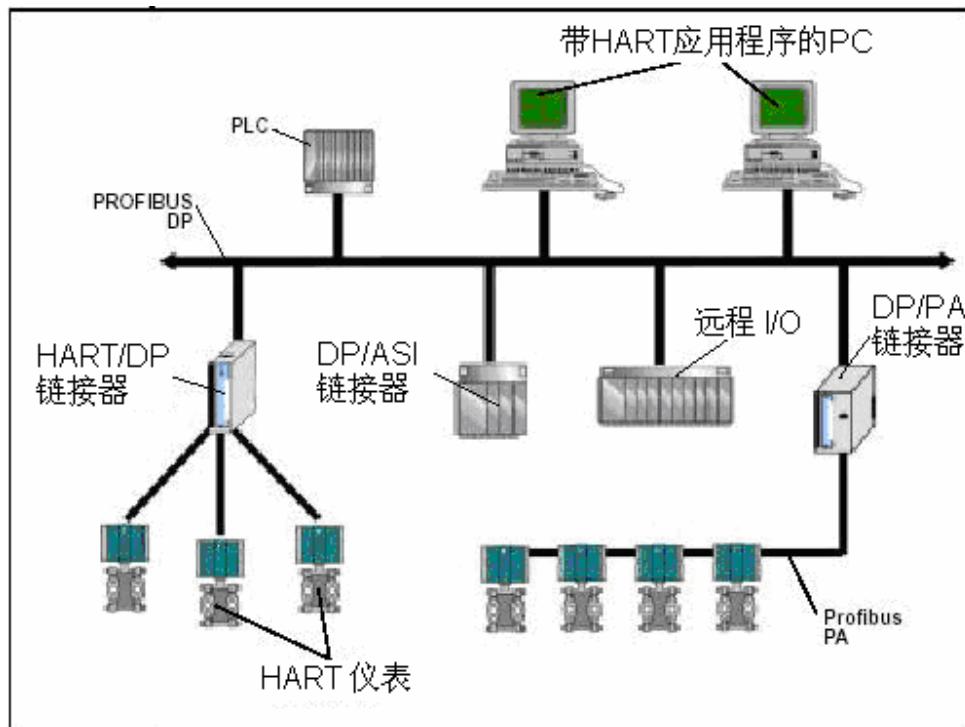


图 27: 在PROFIBUS网络上的HART

HART/DDE 服务器

可以采用HART多结点网络和商业化的HART/DDE接口软件，来设计高性价比的液位和温度监测系统。HART/DDE接口软件允许任何合适的应用软件（比如：电子文档表格）直接读取HART设备中的过程数据和状态信息。在这种应用中，需要有一个HART接口模块连接到计算机的串口。

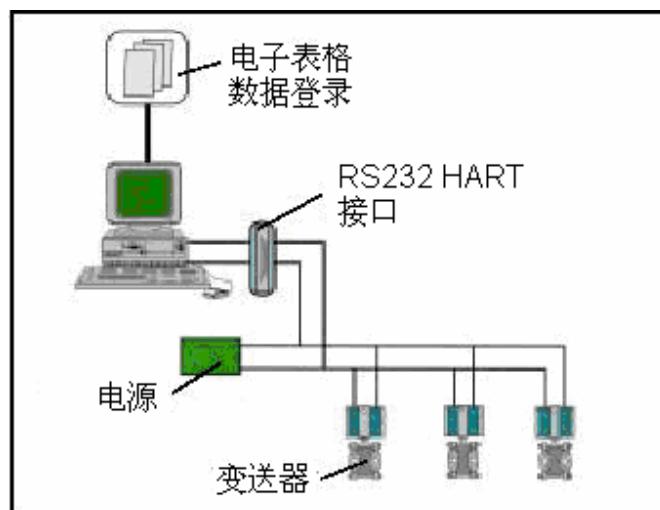


图 28: 多节点网络

从哪里得到更多信息

什么信息是可获取的？

为服务于不断增长的（用户）对HART相关产品的关注，HCF出版了一个相关文档，论文和概述的库。以下信息是目前可获取的：

- HART标准
- 技术概述
- 应用笔记
- 技术协助
- 培训课程

何处发现信息

邮件

HART Communication Foundation
9390 Research Blvd, Suite I-350
Austin, TX 78759 USA

电话

001-512-794-0369 (美国)

传真

001-512-794-3904 (美国)

电子邮件

发送到 hcfadmin@hartcomm.org

在线

浏览网页 <http://www.hartcomm.org>

另：HCF中国联络处信息

中国上海市化学工业区、目华路F3地块

邮编：201507

电话：+86-21-6712041

Email: china@hartcomm.org

附录

附录A: HART项目表

HART主系统性能测试项目表

Date: _____
日期: _____

制造商: 模型名称: 修订或版本:		
产品应用（组态器，集散控制系统，远程测控终端等）		
功能	命令/备注	提供的支持
每卡的HARTI/O通道数?		
系统能否对设备配电?		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
支持HART的哪些版本?		<input type="checkbox"/> 版本3 <input type="checkbox"/> 版本4 <input type="checkbox"/> 版本5
是否支持所有通道的阵发模式?		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
是否所有通道支持多节点网络?		
如果是，单网络中可以挂接多少设备?		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 设备数量: _____
如何支持设备自定义的功能和特征?		<input type="checkbox"/> 硬编码 <input type="checkbox"/> HART DDL二进制文件 <input type="checkbox"/> HART DDL源文件 <input type="checkbox"/> 应用资源文件 <input type="checkbox"/> 其他: _____ <input type="checkbox"/> 不支持。
指出可以从任何HART设备获取的参数。		
制造商ID	0	读 显示文本 显示代码
设备ID（设备类型码）	0	读 显示文本 显示代码
设备ID（唯一的ID）	0	读 显示文本
设备串口数	0	读 显示文本
修订版本	0	读 显示文本
标签	13, 18	读 写
描述符	13, 18	读 写
消息	12, 17	读 写
日期	13, 18	读 写
上量程	15, 35	读 写
下量程	15, 35	读 写
传感器限制	14	读
报警识别	15	读
写保护状态	15	读
模拟量读取	1, 2, 3	读
主变量	1, 3	读
第二变量	3	读
第三变量	3	读

第四变量	3	读
工程单位修改	44	读 写
阻尼值	15, 34	读 写
Read device variables How many? (u to 250) 读取设备变量及变量数量	33	读
建造材料	Device specific 设备自定义	读 写
HART状态信息 (改变标识, 故障等)	Standard status bits 标准状态位	读 显示文本 显示代码
设备自定义状态信息	48	读 显示文本 显示代码
控制逻辑中状态位的使用	Std & 48	是 否
报警处理中状态位的使用	Std & 48	是 否
设定值 (PID和输出设备) 什么设备	Device specific 设备自定义	读 写
对设备自定义命令/功能的支持: (1) 你公司的现场设备 (2) 其他供应商的现场设备		是 否 是 否o
设置零点	43	是 否
回路测试 (固定模拟量到一个给定值)	40	是 否
是否支持标定程序? 什么产品?		是 否
标定D/A转换器	45, 46	是 否
初始设备测试	41	是 否
清楚组态标识	38	是 否
读写动态变量赋值?	50, 51	是 否
支持多模拟量输出的设备	6070	是 否
设置轮询地址	6	是 否
命令错误响应的文本消息	所有	是 否
OPC客户端		是 否
OPC服务器		是 否
HART命令的放行		
一些系统具有扮演位于在单独平台上运行的软件程序和HART现场设备之间的管道或者路由的能力。从效果上来看，这样的能力使得用户可以通过系统和应用来获得使用HART的功能。		
是否支持对HART命令的放行		是 否

附录 F: HART 现场控制

HART现场控制器安装

HART现场控制器是同现场设备（阀门定位器或其他执行器）一起串联的。在某些情况下，阀门定位器需要一个支路电容并联定位器的端子从而保持定位器的电阻低于 $100\ \Omega$ （HART标准所要求的）。如果使用通信设备（手持终端或PC机）与现场控制器进行通信，需要将通信设备跨接到回路电阻（至少 230Ω ）两端。在阀门定位器的端子间并列通讯设备是不可能进行通讯的，因为电阻比较低（ $100\ \Omega$ ）。相反，通讯设备必须在变送器或者电流感测电阻处并联。

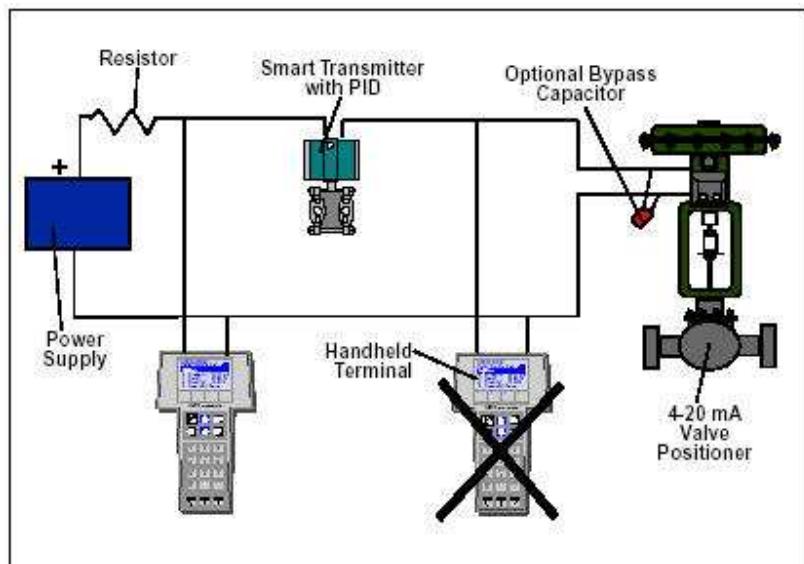


图29. HART现场控制串联方式接线

也可以采取同时在回路中使用智能变送器和智能阀门定位器，控制功能可以集成在这两种设备中的任意一种。HART协议允许网络上存在一个低阻抗设备，通常是一个起电流感测作用的电阻。图30中，智能阀门定位器就是一个低阻抗设备，这样就不再需要（额外的）电流感测电阻。可以通过并联变送器或者定位器的接线端来进行通讯。

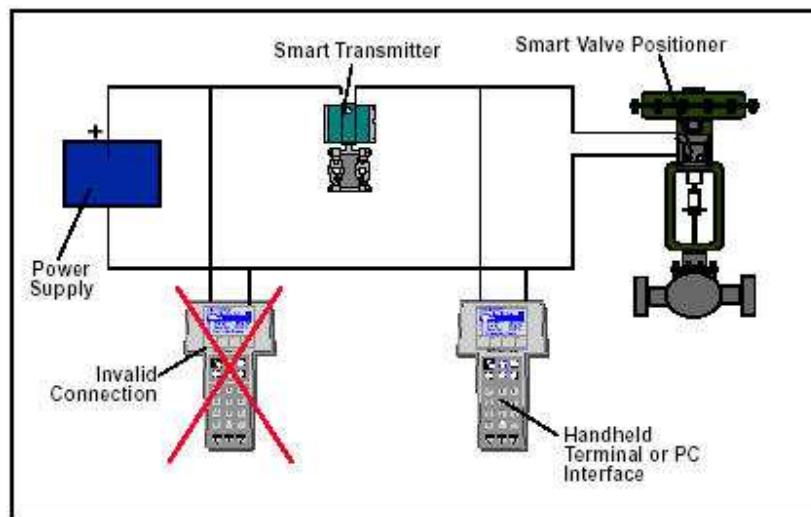


图30. 现场控制在变送器或定位器中实现

附录G：技术信息

通信信号

通讯类型	信号
传统模拟	4–20 mA
数字	频移键控 (FSK), 基于Bell202通讯标准
逻辑“0”频率	2,200 Hz
逻辑“1”频率	1,200 Hz

数据信息

数据更新率:

- 请求/响应模式下——每秒2~3次更新
- 可选择的阵发模式下——每秒3~4次更新

数据字节结构:

- 1个起始位, 8个数据位, 1个奇校验位, 1个停止位

数据完整性:

- 二维错误校验
- 每个回复消息中的状态信息

简单命令结构

命令类型	结构
通用	用于所有设备
普通应用	可选择, 用于大多数设备
设备自定义	用于设备特征的唯一性

通信主站

- 两个通讯主站

变量

- 每个设备最多256个变量
- 带工程单位的IEEE 754 浮点类型（32位）

布线拓扑

- 点对点——模拟量和开关量同时
- 点对点——只有开关量
- 多节点网络——只有开关量（最多15个设备）

电缆长度

- 双绞线的最大长度——10000英尺（3048米）
- 多重双绞线的最大长度——5000英尺（1524米）

电缆长度依赖于每个产品和电缆的特性。

术语表 GLOSSARY

275HART通讯器 275 HART Communicator

一种手持式主设备，使用HART通信协议和DDL技术，用于对HART智能设备的组态或通信。

Bell 202

一个美国的电话标准，在1200的波特率上采用1,200 Hz 和 2,200 Hz 分别表示 1 和 0；在不同信道采用不同的频率的一个全双工的通讯标准；HART采用Bell202的信号，但是只用作一个半双工系统，所以另外一个信道的频率没有被使用。

阵发模式 Burst (Broadcast) Mode

HART的一种通讯模式。在这种模式中，主设备命令从设备连续不断的广播标准的HART回复消息（比如：PV值）直到主设备命令从设备停止。

单位长度的电缆电容 Cable Capacitance Per Unit of Length

在网络中从一个导体到所有其他导体（如果有屏蔽则包括）的电容；以英尺或者米来测量。

单位长度的电阻 Cable Resistance Per Unit of Length

一根单独线的电阻；以英尺或者米来测量。

闭环回路控制 Closed-Loop Control

过程控制中，一个不需要操作员干涉的系统。

通信速率 Communication Rate

从设备发送数据到主设备的速率；通常用每秒的数据更新次数来表示。

DCS

参见集散式控制系统 *Distributed Control System*。

DD

参见设备描述 *Device Description*。

DDL

参见设备描述语言 *Device Description Language*。

设备描述 Device Description

以HART设备描述语言（DDL）所描写的程序文件，包含了一个设备的所有主设备和之通讯所需要的参数和功能的电子描述。

设备描述语言 Device Description Language

用于描写符合HART协议现场设备的设备描述的标准化的程序语言。

集散控制系统 Distributed Control System

一个使用仪表（输入输出设备、控制设备、操作员接口设备）的系统，相互间通过通信链接，允许与用户特定位置间进行控制、测量和操作信息的传送。

现场 Field

位于控制室外的工厂的过程区域，在该区域具有信号的测量，通讯协议所提供的发送和接受；也可以定义为完成特殊功能的信息中的一个部分（例如，（HART报文中的）地址域或命令域）

现场设备 Field Device

通常该设备不会位于控制室；除了HART数字通讯信号之外，现场设备还会产生或者接受一个模拟的信号。

频移键控 Frequency Shift Keying

一种数字信号调制的方法，实现在低传播特性的通道中进行（数据）的传送；可以在电话系统上成功的传送。

FSK

参见频移键控 *Frequency Shift Keying*

网关 Gateway

一种可以使采用不同协议的不同网络间的设备进行通讯的网络设备。

HART命令集 HART Command Set

提供给所有主设备和从设备进行统一的和相容的通讯的一系列命令；包括通用，常用和设备自定义命令。

HART通讯协议

高速可寻址远程传感通信协议；一种工业标准协议，通过数字化（的实现）增强与智能现场设备间的4~20mA通信。

HART回路 HART Loop

主设备和从设备都是HART智能型或者兼容HART的通讯网络。

主设备应用程序

控制中心所使用的翻译和现场设备间通讯的信号到操作员可以识别的软件程序。

互可操作性 Interoperability

以不减少任何功能的方式来操作同一系统中的多种属于不同制造商的设备的能力。

本质安全Intrinsic Safety

在危险区域环境（比如：易燃的区域）使用电子设备的认证方法；部分的电子系统只包含本安设备，这些设备不可能导致对周围环境的点火，这样的保护方法叫做本安。

本质安全栅 Intrinsic Safety Barrier

从设计上来限制处于危险区域需要保换的电路所可能获取的能力的网络或者设备。

IS

参见本质安全Intrinsic Safety

主设备 Master Device

主从系统中发动所有交互和命令的设备。（比如：中央控制器）

主从协议 Master-Slave Protocol

通过主设备发起的交互，并且被从设备所接受和响应的一个通信系统。

(不同类型) 串联阻抗 Miscellaneous Series Impedance

两个通讯设备间所有串联的设备的最大阻抗（500 Hz–10 kHz）之和；一个典型的非本安回路是没有串联阻抗的

调制解调器 Modem

转变HART信号到RS232信号的调制/解调器。

多节点网络

在一根电缆上允许一起连接两个或两个以上设备的HART通讯系统；通常指连接多余一个从设备的网络。

多主站系统

多主系统指具有多余一个主设备的通讯系统。HART协议是一个简单的允许两个主设备的多主系统。收到从设备发来的消息之后，主设备在开始另一个数据传送前等待一个很短的时间，这个时间使得第二个主设备可以开始发起一个消息。

多路复用器 Multiplexer

连接多个HART回路，并允许和一个主应用程序进行通讯的设备。

多变量仪表 Multivariable Instrument

一个可以测量和计算多余一个过程参数（比如：流量和温度）的现场设备。

网络 Network

通过同一种通讯介质连接在一起的现场设备和控制设备。

并联设备电容 Parallel Device Capacitance

所有连接在网络上的设备的电容值之和。

并联设备电阻 Parallel Device Resistance

所有连接在网络上的设备的电阻值的并联；典型的，网络上只有一个低电阻设备，这个电阻基本等于并联设备的电阻值。

放行 Passthrough

一些系统允许通过系统接口进行HART协议消息的发送和接受的特征。

PID

比例—积分—微分作用

PID控制

比例加积分加微分控制；在控制变量被大滞后时间影响时的过程场合采用PID控制。

点对点 Point to Point

采用传统的4–20 mA信号作为模拟信号的传送的同时，采用数字化的方式传送测量，调整，设备数据的一种HART协议通讯模式；只有两个通讯设备连接在一起。

轮询 Polling

连续观察网络上的设备来决定是否某设备已经准备要发送数据的方法。

轮询地址 Polling Address

每个HART设备有一个轮询地址；地址0用于点对点网络；地址1~15用于多节点网络。

过程变量 (PV)

一个被测量或者控制的过程参数。（比如：液位，流量，温度，质量，密度等）

协议

产生和接受消息的一系列规则。

PV

参见过程变量 *Process Variable*。

远程终端 Remote Terminal Unit

一个属于SCADA系统的自独立控制单元。

RTU

参见远程终端 *Remote Terminal Unit*

SCADA

参见监视控制和数据采集 *Supervisory Control and Data Acquisition*

从设备 Slave Device

主从系统中接收来自主设备的命令的设备（比如：变送器或者阀门）；从设备不能发起一个交互。

智能仪表 Smart Instrumentation

基于微处理器的仪表，该仪表是可编程的，有内存，可以执行计算和自诊断，并报告故障，可以从远程来进行通讯。

监视控制和数据采集系统 Supervisory Control and Data Acquisition

使用电话线，微波，无线电，或者卫星来连接远程终端进行通讯的一个控制系统。

齐纳栅 Zener

使用高质量的安全接地连接来旁路多余能量的屏蔽二极管安全栅的类型。