

无线技术 —— 创所未有

创新推动了无线技术的发展，成功的应用充分证明了无线技术的经济、可靠、安全和易用性

Peter Zornio, Bob Karschnia

艾默生过程管理

过去由于物理上和经济上的障碍，使得很多化工厂的信息很难或根本不可能获取，如今，可靠的无线通讯系统将这些障碍一扫而光。事实上，无线自动化技术致力于众多管理层所关注的问题，如连续过程改进、安全和环保等，无线技术使用方便、收益显著，它正在改变着整个工业的工作惯例。前所未有的过程和设备信息传输技术现在已经能够投入使用，无论工厂的控制系统有多老，都不成问题。

无线网络

无线技术将现场网络和工厂网络整合到一个完整的无线工厂结构中。(图 1)

无线现场网络是一组能够测量一个或多个过程参数并将这些信息通过无线方式传递到网关或接收器的设备。各种无线现场仪表可用于温度、压力、流量、液位、pH 值、振动、离散开关量、阀门位置的测量。

一般情况下，网关把来自于现场无线仪表的数据通过本地接口、Modbus、或类似的连接方式传递到控制系统，在这里无线、有线模拟量、基金会现场总线数据全部整合在一起。无线现场网络的 2 个重要特征是低功率无线电传输以及符合过程工业对时间性、可靠性、安全性和准确性的要求。低功率的特点适用于非充电电池运行的设备。

无线工厂网络采用符合 IEEE802.11 标准的 Wi-Fi 或更高带宽的网络技术与移动工作人员通讯，进行人员或移动设备的跟踪，以及完成移动视频。这些应用的实现皆归功于高带宽、无线设备的可充电功能以及数据传输的清晰度和安全性。

通常工厂网络采用工业级 mesh IEEE802.11 接

入点，一种集中型网络和安全策略，包括对一系列无线局域网 (WLAN) 控制器的监督，这保证了无线功能的实现。这种共享网络提供了一个工厂内跨地域和功能分区的无线通信平台，能支持多种应用程序。

化工企业利用无线技术可从工厂级开始向下到现场级，也可以从现场级向上到工厂级。我们发现从现场级开始使用无线技术将获得更快的回报。本文着重讲述的就是现场级的应用。

无线现场网络的标准

信息技术委员会已对现行工厂网络标准和惯例进行了完善，但是范围更为广泛的无线委员会还不能提供一个严格的、经过测试的工业标准来应用于无线现场传感器网络。这一标准必须具有坚固的工业可靠性，而且现场设备和控制应用程序耗电要低，其通讯可靠性与有线方案相当。

WirelessHART 就为用户提供了这种可信赖的无线现场网络仪表。这些仪表来自涉及广泛工业领域的 HART 通讯基金会成员公司，HART 基金会于 2007 年 9 月通过了 WirelessHART 标准，而 WirelessHART 产品也已于 2008 年下半年开始发货并在各化工厂安装使用。

无线现场网络崭露头角

由于无线仪表采用射频天线，无需接线，因此它具有低功率、可自带无线电收发器等特点，而且网络通讯能力安全可靠，电池使用寿命长。(图 2)

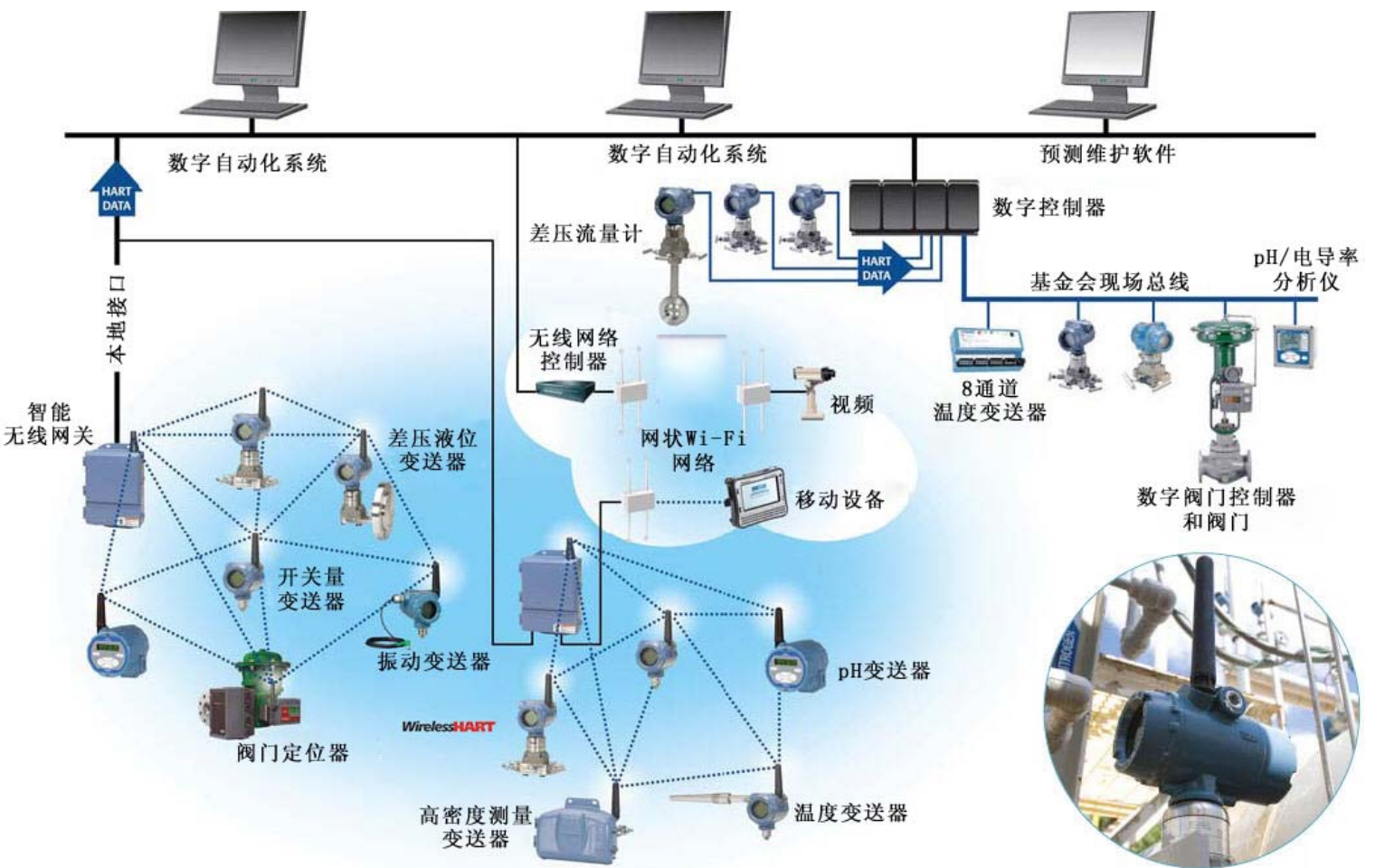


图1、无线工厂结构集成了现场和工厂的应用网络。过程和设备通过现场网络中的 WirelessHART 设备进行监测；移动操作、人员和设备跟踪、实时影像则通过 Wi-Fi 由工厂级网络行使。

无线设备与有线设备在工艺流程图 (P&IDs) 上的表示是一样的，对于操作人员来说数据的显示也是一样的，而无线系统的工程安装和调试则更简单。而且，接线图、线槽、接线柜、铠装电缆、桥架等全部都可以省掉，同时安装工作也可以降到最低。

建立无线网络所需规划工作更少，而且安装和启动更快。经济上的优势和简单的操作，是无线技术区别于传统自动化方案的独到之处，它让工程师拥有更为广阔的想像空间去完成过去无法完成的任务。

传统有线方案的安装成本一般为每英尺 50 到 100 美元，视工程量而定。无线设备可节省至少 90% 以上的安装成本，因此以前需要花费昂贵代价才能进行监测的工厂设备，如远程储罐、泵、手动阀、安全喷淋装置等，现在可以通过无线变送器将测量数据传递回控制室，以提高过程可靠性和安全性，



图2、无线变送器通过射频天线传递信号，而电源线则被具有超长使用寿命的内置电池所代替。

同时提高资产的管理。

无线技术方便易用，只需极少的工程量，运行效率却显著提高了。那些需要操作人员和维护人员到现场收集数据和进行操作的工作和时间通过无线仪表自动数据采集可以大大减少。

无线技术的商业优势将推动其进一步发展。去年位于波士顿的著名调研咨询机构 ARC 公司发布了一份名为“用于过程制造业的无线技术”的 5 年分析预测报告，报告指出用于过程制造业的无线设备市场将以每年 32% 的速度增长，并于 2012 年达到 11 亿美元。

是否采用无线技术？

目前无线技术基本应用于以下 2 种情况，而第 3 个应用领域还刚刚起步。

必须在现有工厂内增加新的测量点。为了满足新发布的环境或安全法规，许多企业认为无线技术是最好最经济的解决方案。这些必须增加的新测点一般是储罐、泄压阀或安全喷淋装置，在这些地方安装无线仪表非常方便，而且安装完毕可以立即投入使用。

希望在现有工厂内增加测量点。这是适用无线技术的第 2 种情况：虽然希望获得数据但采用有线技术成本又太高。这也是目前无线技术应用最多的情况。工厂建成以后，一般不会再额外布线，在之后的工作当中，运行和过程管理人员可能会发现新的测量要求，以提高工厂的性能，但是安装新的有线测量点往往成本高昂，从经济角度来说，无线方案是最合适的。

“我们很希望能够监测这些设备，但是涉及的费用太高”大多数手动阀（也包括自动阀）目前都无法反馈它们的实际位置，不正确的阀门定位会引起严重的安全事故。

不常用的阀门由于接线成本高昂，一般并不对其进行常规监测，但是无线监测具有很大的吸引力，它的成本只占到有线方案的 10%-20%。在化工厂中对阀门进行监测将很有可能成为最大的无线应用领域。

在新建厂中采用无线方案替代原来的有线方案。无线技术除了可用于监测之外，还可用于闭环回路控制，目前已在蒸汽汇集器和远程储罐上有所应用。只要是对数据刷新频率要求不是太高的情况都适合采用无线仪表。

无线仪表也能做到高频率数据刷新，但这样会很耗电。今后随着电池性能的不断增长，以及人们对于无线技术可靠度的信心不断增长，无线技术应用于控制领域也将逐渐得以普及。

当不可充电电池的性能提高了，人们在工厂中使用无线技术替代原来的有线设备进行关键点的监测就将成为可能。理想的状态是这样的：工厂只有少数几台与安全有关的仪表是通过有线方式连接

的，其它的仪表全部采用无线方式。因此今后无线控制系统最有可能在改造和新建工厂中诞生。

无线技术的推广速度很大一部分取决于用户对无线技术可靠性的信任程度。有些人认为无线技术理所当然没有有线技术来得可靠，这并不正确。有线技术也有可能是不可靠的，尤其是在接地困难的情况下，这时无线则更为可靠。Canyons 钢厂就是这样一个典型的例子，最初人们认为，移动物体如卡车或设备都会使无线系统产生问题，但是通过先进的自组织无线电频率网络的时间同步技术等，这些障碍都能得以克服。在全球大量的应用中，无线网络的可靠性达到了 99% 以上。

WirelessHART 标准

WirelessHART 作为应用于过程现场传感器网络的无线技术的唯一标准，是具有充分理由的。WirelessHART 采用信道跳频和点到点加密的自组织网状网络技术，可实现安全可靠的通讯，适用于低功率的过程应用及控制。

采用 WirelessHART 对于最终用户来说没有什么障碍，因为它可以向后与 2600 万台已安装使用的 HART 仪表兼容，同时它又可与现有的工程、资产管理和主机系统（DCC、PLC 等）集成。这样，用户在组态和操作 WirelessHART 设备时，所看到的界面与有线仪表就没有什么差别了，而且由于无线设备能够传递额外的信息，是对有线设备的有效补充和扩展，这点对于人们更快更方便地采用无线技术来说是非常重要的。

WirelessHART 是目前唯一获得正规标准委员会认可的现场网络技术，它基于全球通用的标准 IEEE802.15.4，并且获得了 210 家 HART 通讯基金会成员公司的认可，最近国际电工委员会还批准 WirelessHART 为公共可用规范（PAS）。美国自动化协会（ISA）也成立了委员会专门研究用于过程工业的无线标准，包括无线规范 ISA100.11a 和更新的针对过程工业的 WirelessHART 规范 ISA100.12。

无线现场网络应用

化工行业对于无线仪表的兴趣体现在有越来越多的人索取相关的技术资料，而 90% 的需求都是针对现场网络的。除了之前提到过的手动阀位置监测应用以外，还有以下成功案例可供参考。

热交换器一般都是任其运行，直到结垢停运，当然这就会影响运行效果，而即使是在比较新的工厂里也很少会安装仪表对其进行监测。无线监测设备能够提前通知工厂人员热交换器需要在下次计划停车时进行清洗。

欧洲一家知名过程企业制定了一套设备健康状态系统来改进热交换器的维护工作。该公司一位工程师指出：“对热交换器的无线监测使我们能够确定哪台设备结垢最严重需要清洗，这要比进行常规的计划清洗更节省成本，从而使维护工作的投入产出率更高。”

过滤器也一样时常被使用到结垢为止，事实上，通过对重要的过滤系统进行无线监测，可以大大改进过滤器的性能，同时降低能耗。

欧洲一家聚乙烯制造商在其位于科隆的工厂中采用无线设备监测过滤器的堵塞，以防止生产中断（图 3）。生产出来的聚乙烯颗粒通过气动传输系统被送到存储筒内，进入的空气需要经过过滤防止产品受到污染。一旦过滤器堵塞，就将完全失去过滤效力，而最终产品的质量也会因此下降。过滤器安装的位置一般都很难到达，采用无线差压变送器可以帮助维护人员方便地确定需要清洗或更换的过滤器，从而减少生产的中断。

储罐会面临较为特殊的测量问题，尤其是一个远程罐区内有几十个储罐需要测量液位、温度和压力的情况，由于远距离敷设地下电缆成本过高，所以很少在罐区内安装仪表。无线网络显然是一个理想的方案。

在一家磷肥厂中，自组织网状网络精确地将来自于 250 英尺外反应罐上的 16 台压力及温度测量点的读数以每分钟一次的更新频率传递到中控室（图 4）。远程储罐高 40 英尺，内部有 4 层不同的反应床与不同的过程化学物质进行反应。尽管这并不属于危险区域，但是储罐的分布和距离会使布线非常困

难而且成本很高。工厂的 DCS 专家说：“自组织网络结构在这项应用中起到了决定性的作用，我们已经计划增加更多的设备来搭建无线网络。”

泵和电机的健康状况需要经常进行检测，以免轴承故障导致重要的泵或电机停机，最糟糕的是还可能引起过程停运，这时损失可就大了。无线振动监测变送器可对机械设备进行监测，并将测量数据传送到分析软件，预先发现和确定问题所在，以在适当的时候安排维护工作。



图 3. 无线监测设备提高了过滤系统的性能。

图 4. 自组织无线网络监控化肥厂反应罐上的 16 个测点。

有些场所并不适合工作人员拿着手持仪表采集设备振动数据，于是人们想到了自动数据采集系统。解决方案就是无线振动变送器加一台智能网关——工程只需几天，而且可以连续提供精确的振动数据，工作人员现在不必再去危险场所采集数据了。

监测诸如撬座、泵、压缩机、手提式试验或测试设备等移动设备时，是不可能用传统的有线方案来完成的。无线设备可用于监测各种移动变量，甚至是从一个地方移动到另一个地方。

一家全球专业的化学品制造公司需要测量铁路槽车的温度，这个问题通过无线方案轻易地得以解决，他们在每一节铁路槽车上安装一台无线温度变送器，无论铁路槽车开往工厂任何地方，温度数据都能源源不断地向中控系统发送，操作人员可以据此察觉任何不正常的升温。由于操作人员不必再定期爬到槽车顶部测量和记录内部温度，该公司因此每年可以节省 15000 美元。

根据**环境标准**要求，从江河里抽上来的水重新排放回去时温度应不高于原水温 2 度，而且法规还经常规定要连续记录进水口和出水口的温度。

欧洲一家醋酸厂采用无线温度变送器远程监测水温（图 5），以节省地下敷设电缆的安装费用。公司一名发言人说道：“无线技术的安装和集成都很方便，而且网络可靠性达到 100%”

旋转设备和涡轮机的监测通常是由操作人员定期拿着手提式振动数据采集器完成的。无线分析变送器可连续监测涡轮、发电装置、往复式发动机、压缩机以及其它电机驱动设备，如发现可疑问题，技术人员就可以在故障发生前解决问题。

一家特种化学品厂安装了大量无线压力、温度和振动仪表用于监测，以节省成本。该无线网络包括几台用来监测盐水离心机的无线振动变送器，这是以前所无法实现的。例如，润滑油不足会引起轴承的严重磨损，现在根据振动数据分析，可以发现润滑油的不足，完全做到防患于未然。



图 5. 醋酸厂通过无线变送器监测排水温度，以满足环境法规。

通过有线设备**测量旋转过程设备内部**尤其困难。在澳大利亚的一家化工公司中，安装在旋转反应器上的有线仪表环滑式密封圈泄漏，使湿气进入仪表，造成仪表读数不精确。

在移动设备上安装无线压力和温度变送器后，测量数据的可靠性提高了，曾经频繁出现的反应器停车以及因此而引起的停工损失一去不复返了。

电伴热用来调整管道和过程容器的内部温度，但是在长距离的管道上安装有线监测设备费用相当昂贵。澳大利亚的一家工厂把沥青从船上通过一根管道卸载下来，为了保证管道内的沥青能够通畅地流动，必须使管道的温度保持在 160 度。如果有任何一段伴热器出现故障，管道内就会产生冷点，使沥青凝固最后堵塞管道，更糟糕的是如果因此而延误卸货，使船停靠码头超过预期时间，那么每天所需支付的逾期费用将高达 3 万美元。为此用户在

3000 英尺（900 米）长，直径 8 英寸（20 厘米）的管道上安装了 8 台无线温度变送器，以每分钟一次的频率将测量信息传送至陆上网关，再由网关将数据传递到资产管理软件，进行仪表组态和性能监测。所收集到的数据同时还通过光纤传输到终端控制中心的 SCADA 系统中，以使操作人员可以随时了解伴热管线的状态。

无线方案可方便地用于一些**临时测点**，这样在系统开车或检修时，系统集成商以及最终用户就可以在过程中任何地点临时安装变送器进行一些特定的检查。

新加坡的一名焚化经理表示在检测故障的时候，将无线压力变送器从一个地方挪到另一个地方，操作相当简便。“只需 5 分钟，我就能查出故障并很快把无线变送器放回原处。无线技术的自组织网络结构具有很大的灵活性，为检测和排除故障以及开发新的无线应用领域提供了便利。”

无线现场网络的实施

全数字化的 WirelessHART 通讯协议可支持任何工业仪表的应用，无论是控制还是监测功能，就和现在的 HART 产品是完全一样的。

网状网络结构为信息提供了多种选择路径通向网关，自组织网络则可以根据影响无线电信号传播的各种外界干扰进行自我调整，比如设备启动或停止；卡车经过；或其它的无线电干扰以及雷电情况。

信号可选择任何一条路径到达网关，而并不局限于目视距离路径。因此无需事先对现场进行无线电频率的调研。

WirelessHART 标准的制定已经考虑到了频繁的外界变化。因为环境的变化是动态的，技术人员不可能也没时间和精力对动态的变化一一响应，所以无线网络必须能够自动的影响和组织。这与目前通用的 HART 协议采集和利用信息的方式是相一致的。对于现有的可支持 HART 设备的控制系统，同样也可以方便地兼容 WirelessHART.

网络设计规范

虽然自组织网状网络并不要求现场调研，但是必要的规划可以使网络运行更有效，更可靠。

WirelessHART 网络的设计要领如下：

- 首先计划在一个过程单元或区域采用无线现场网络，并获得该地区的比例图。让我们先从设备图开始，根据下例条件在比例图上标出所需安装的无线仪表。
- 在没有障碍的情况下，无线设备的最大有效信号传递距离是 750 英尺（230 米）。
- 在一般建筑物内，无线设备的最大有效信号传递距离是 250 英尺（75 米）。
- 在厚实的建筑物内，无线设备的最大有效信号传递距离是 100 英尺（30 米）。
- 当网状网络中的无线设备能够和其它相邻的 3 台设备进行通讯时，网络的性能是最好的。无线设备之间的距离取决于周围的环境，但基本都在上述所列范围内，这样可以确保在网络搭建好后至少有 2 条通讯路径。如果在设计过程中没有做到让 1 台无线设备与其它 3 台无线仪表通讯，那么就需要增加无线仪表或转发器来加强通讯。
- 在多数情况下对于通讯路径并不要求有目视距离，但是如果存在高大的建筑物挡住了无线仪表的通讯路径或阻隔了一群无线仪表，那么最好再额外增加一个网关，以连接建筑物两面的通讯。
- 如果无线设备安装在封闭区域，例如设备室内，就需要在室外再加装一个天线或转发器。

整合无线网络

无线现场网络与工厂网络的整合可以使商务应用和过程应用更方便，功能更强大，工作人员监测工厂运行和环境的能力也将大大提高。有用数据的传输在现场级网络采用 WirelessHART 标准，工厂级网络采用 Wi-Fi 标准。

新的基于网络的以服务为导向的结构使得企业管理层与工厂层的通讯变得前所未有的简单，这时企业的软件结构也将得到很大的改进。例如，现场网络的性能监测信息应用于企业优化软件；罐区液位监测信息应用于库存管理软件；或是关键设备的

诊断信息直接应用于计算机维护管理系统。

如果有以下情况，请考虑使用无线现场网络：

- 手工采集数据——采用无线方案，工作人员不必再到现场读取仪表读数。
- 为了满足环境和安全法规，必须增加新的测点——无线方案可方便地在任意地点增加测点。
- 希望从 HART 仪表中获得诊断信息。
- 防爆问题——无线仪表可安装在危险场所，比有线仪表的安装更简单。
- 实现以前由于实际环境无法实现的测量。
- 传输距离长——无线技术节省了连接罐区和分布在广袤区域的设备所需的长距离电缆，同时也节省了敷设电缆所需的工程。
- 监测远程泵及电机——在泵和电机上安装有线传感器十分昂贵，无线技术方便地对其进行远程监测。
- 极端环境——在高温、危险或有毒环境中安装有线仪表非常困难，由于无线方案操作简单，更适合运用在极端环境下。
- 环境拥挤——安装无线仪表无需在拥挤的空间或线槽中增加新的线缆。
- 希望获得手动阀的反馈信息，但阀门又不与控制系统连接——无线监测的成本是有线方案的 10%。
- 移动设备、远程区域或旋转设备等安装有线设备受实际条件限制或代价高昂的地方可采用无线方案。

就像在两个截然不同的网络之间进行信息传递一样，将无线技术集成到主机控制系统或信息系统中需要通过网关翻译信号，例如，从 WirelessHART 到以太网。

在把无线网络加入到现有过程单元中的时候，主机系统的接口要求中会特别指出所需的网关接口。无线网关可与范围广泛的主机系统、PLC、过程历史数据库以及其它控制系统（图 6）和协议（表 1）兼容。还可以在原有过程装置中的现场仪表上安装无线适配器，采集以前无法从主控系统获得的诊断和测量数据。

原生性。整合无线方案的最佳状态是主机系统本身就支持无线设备，如图 1 所述。事实上，对于用户来说，无论是有线仪表还是无线仪表在主机系统上的显示是一样的，无需特殊软件和专门的通讯

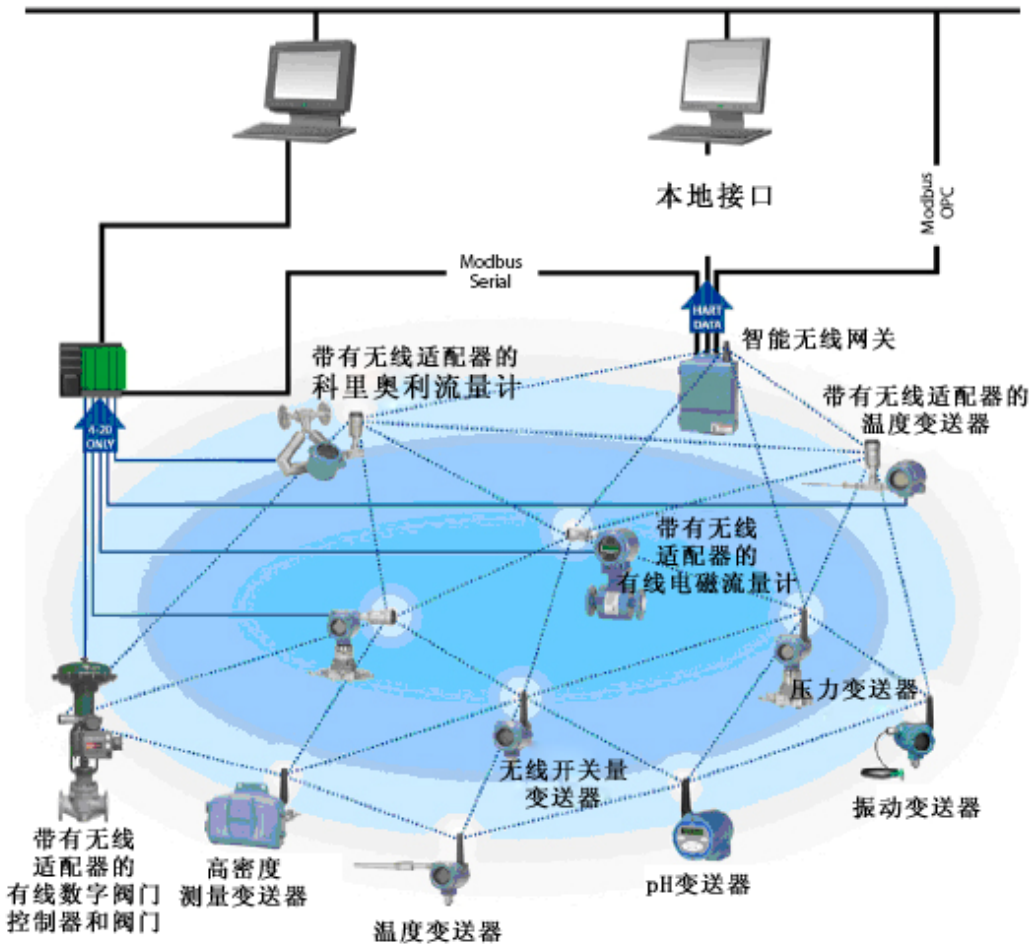


图 6. 现有的过程装置可采用各种主机通讯协议实现无线技术，或是通过无线适配器将有线设备变为无线设备。

无线以太网能够为设备诊断信息和测量数据的传递提供足够的带宽，除了需要电源，网关在安装方面没有其它特殊要求，因此它可以安装在设备范围和主机网络内的任何地方，如有需要，网关也可以任意移动。

开始实施

利用工厂现有的设备和控制系统搭建无线网络是非常简单的。

许多工厂从包括几台仪表和 1 台网关的小型无线现场网络起步。

建立第 1 个无线测点当然会是最贵的，因为即使只使用 1 台无线变送器，也同样需要网关、计算机、软件等设施，但是一旦这个网络建立起来以后，每增加一台变送器所需要的成本也基本只限于仪表本身的成本了，1 个网关可支持 100 台变送器。当然如果规模更大，也可以增加更多的网关。

通过无线的监测功能来测试和评估无线技术几乎没有风险，用户可以从并不昂贵的无线启动包开始，逐步推广到工程、运行和维护部门，无线技术可以提高设备可靠性、减少工厂停车时间、改进过程控制，并创造更安全的工作环境。

当第 1 个无线网络开始发挥作用以后，运行和维护人员还将发现其它采集额外过程数据和监测资产的应用。

如前所述，有线和无线网络可以方便地集成到同一个规模可变的结构中，通过无线网络，数字工厂结构的范围扩展到了以前从经济或实际操作上都

知识。

最新版本的系统都带有无线网关的本地接口，先进的无线网关可以自动进行感应和组态，使网络的开车和调试又快又方便。此外，来自于 HART 和 WirelessHART 设备的预警信息可通过无线网关直接供预测维护软件使用，无需再另外搭建网络。

串口限制。如果网络中采用串口 Modbus，如图 6 所示，主机系统必须具有足够的连接数量。为了实现对过程变量和设备状态的远程监测，每个数据点都需要多个 Modbus 寄存器。由于协议本身在 DCS 系统中的局限性，无法对数据进行加密，也不能对访问权限进行管理，因此在串口系统中，安全措施仅限于物理隔离。

以太网选项。如果主机应用程序需要通过 Modbus TCP、OPC 或 HTML 连接，那么就要用到有线或无线以太网。以太网通讯不像串口系统有那么多限制条件，但是在安装时需要获得企业 IT 人员的帮助，以确定接入点，让网关通过以太网的防火墙，并提供网关的远程访问。以太网能确保网关的安全管理，就像 IT 网络中的其它设备一样。

表 1. 集成无线技术的主要协议

协议	典型主机系统
Modbus /远程终端装置 (RTU)	DCS、PLC
Modbus / 传输控制协议 (TCP)	DCS、PLC、人机界面
OPC	数据历史和人机界面
以太网	资产管理系统和其它工厂局域网应用软件
HTTP	用于组态和简单监测的网络界面
XML、CSV	批量数据传输

无法启及的领域。由于无线技术完全基于开放的标准，因此系统设计人员可以从范围广泛的无线方案中进行设备和技术的挑选，而不必受专有技术和供应商的束缚。

从有线到有线和无线并存的演变，预示着无线技术继续发展的强大潜力。企业的技术部门以及 IT 部门和过程自动化人员都在共同协作研究和实施新的运行技术，以提高产量，同时提高安全性和环境保护能力。除了工厂的升级改造，在新建工厂中也有可能采用无线技术替代有线仪表。

通往无线天地的大门向开发无线新产品的厂商以及开发无线新应用的用户敞开，它能为工业过程带

来更高的价值而无需为它的支撑技术担忧，就像英特尔的诞生，衍生出了许多以前难以想像的创新应用。与此类似，应用于工业过程自动化的无线技术正处于一个改变的全盛时期。

自组织 WirelessHARTM 网状网络的高度可靠和高性能，以及它的显著经济优势，让我们相信 WirelessHART 技术在未来 5 年内可以占到新建工厂的 20%。