

无线 HART 协议概览——技术白皮书

无线 HART 标准是面向过程测量、过程控制和资产管理全面应用的一种可靠的无线协议。基于成熟的 HART 协议，无线 HART 可以让用户在保持现有设备、工具和系统一致性的基础上，快速方便地获得无线技术带来的好处。

开发无线 HART 技术的工业领导厂商的设计初衷是为了满足过程工厂无线网络运行的独特要求，其基本性能包括：

- 利用网状网络（mesh networking）、跳频和时间同步通信等技术保证了无线抗干扰能力，也可以与其他无线网络的共存。

- 通过加密、验证、认证、关键词管理和其他开放的工业标准级最佳实践保障网络通信的安全性和私密性。

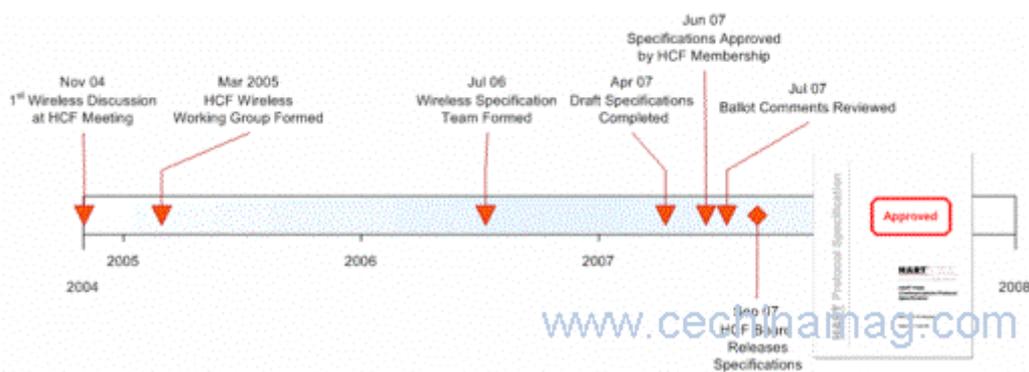
- 通过智能数据发布（Smart Data Publishing）和其他技术提供高效能耗管理，可以为无线设备提供电池供电、太阳能供电和其他低能耗选择。

正是基于这些特性，无线 HART 被认为是在未来 ISA100 的多项无线标准里面，能够满足用户无线过程自动化网络需求的最佳方案之一。

本文将总结无线 HART 的关键要点，包括以几个决策选项作为无线过程自动化应用对无线 HART 的选择依据。更多详细报文请参看 www.harcomm.org

介绍

2007年9月，无线 HART 标准作为 HART 7.0 规范中的一部分进行了正式发布，这成为过程运行无线技术快速发展时代的一个重要里程碑。无线 HART 不但为过程应用提供一种可靠的专用无线协议，而且也为用户提供了一种行业认可的标准，使其在进行无线应用决策时有选择的依据。

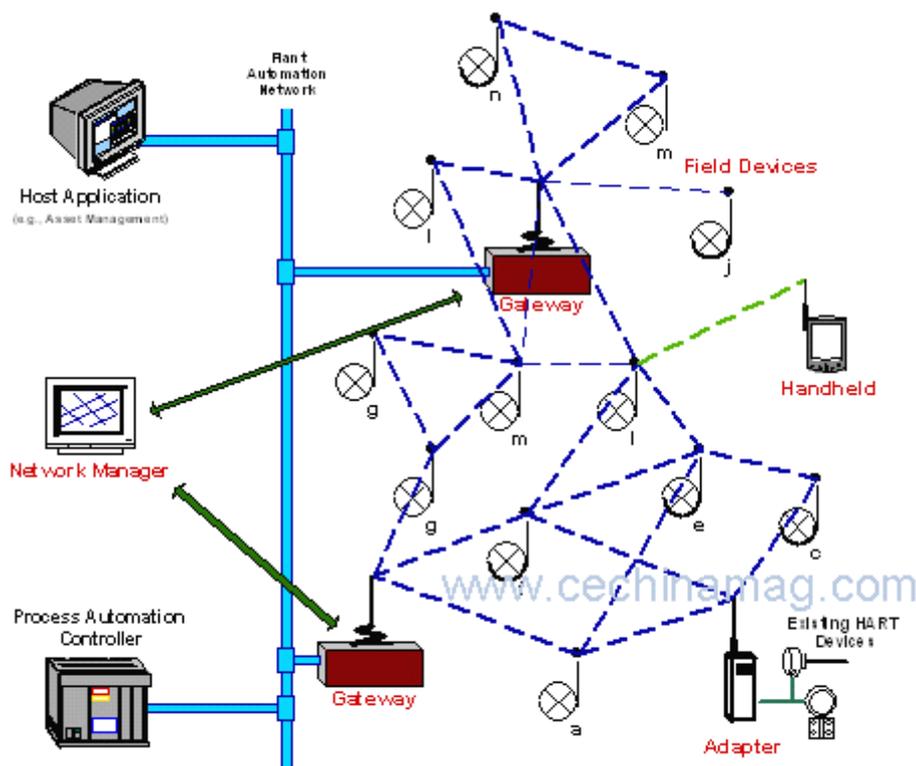


什么是无线 HART?

无线 HART 是一种针对过程自动化应用的无线网状网络通信协议。其目的是让用户在保持现有设备、工具和系统一致性的基础上，为 HART 协议增加无线功能。

每一个无线 HART 网络包括三个主要构成：

- 连接过程或工厂设备的无线现场装置
- 实现现场装置与上位主应用程序通信的网关，主应用程序则与高速骨干网或其他现有工厂级网络连接。
- 负责网络配置、设备间通信调度、报文路由管理和网络状态诊断的一个网络管理器。这个网络管理器可以集成到网关、主应用程序或过程自动化控制器当中。



无线 HART 协议符合 IEEE 802.15.4 标准，工作频率为专用于工业、科技和医疗应用的 2.4GHz 宽带信道。该频率采用直接序列扩频技术和跳频技术来保证安全和可靠性，并采用时分多址（TDMA）的同步、隐式报文控制通信技术进行网络设备通信。这一技术已经在广泛的过程控制工业中进行了成熟的现场试验和实际的工厂安装。

网状网络的每一个装置都可为其他装置的报文提供路由功能。换句话说，一个装置无需直接与网关通信而只需要将其发送的报文传递到最近的下一个装置。这样就扩展了网络范围，并增加了冗余通信路由能力，最终增强了网络可靠性。网络管理器根据隐式报文、有效性和可靠性要求决定冗余路由途径。为了保证冗余路由途径保持开放和畅通，报文将持续在冗余路径之间进行切换选择。就如 Internet 技术中那样，如果一条报文无法通过某一路由到达目的地，它将自动重新路由到一条正确的冗余路径上，而且数据不会丢失。

网状拓扑也让添加或者删除网络装置变得容易。只要一个装置与网络中其他装置属于同一类别，就能够直接进行通信。

为了实现面向不同应用要求的灵活性，无线 HART 协议支持多报文模式，包括过程和控制数值

的单向发布模式，异常自动通知模式、自组织分组（Ad hoc）网络请求/响应模式和大数据集的自分段传输模式。这些功能使得通信系统可以根据应用要求进行定制，从而降低了能耗。

标准化的协议

作为一项基于标准的技术，无线 HART 体现了过程自动化和工业无线领域的最佳理念和成果，为过程工业应用中来自多家供应商的智能测量和控制装置提供了很好的互操作性。

无线 HART 规范创立的第一个面临的选择就是，是创建一个全新的协议还是建立在已具有良好基础的 HART 协议之上？HART 通信基金会（HCF）成员很快意识到，基于原有的 HART 协议进行无线通信技术开发是最快捷、最容易、风险最低的方法，也是最终用户更容易接受和实施的无线解决方案。

- 适用性：HART 技术的目的是帮助用户解决过程测量和控制问题，这些问题无论对有线还是无线技术都是一样的。如今有线 HART 装置的广泛应用表明，HART 通信技术可以解决绝大多数过程应用问题。HART 协议主要支持

- 熟悉度：全球至少安装了2400万个 HART 装置，这些现场用户已经具备了 HART 工具、培训知识和相应的实际工作经验。比起采用全新的无线协议，HART 无线协议规范所带来的变动更小。

- 使用简便：HART 技术之所以得到普遍应用，很大的原因在于它便于实施和使用，因此可以帮助用户很快得到无线技术带来的好处。

- 技术支持和稳定性：大量的安装基础和相当数量的 HART 产品提供商的存在，加上 HART 通信基金会（HCF）的大力推广，为该协议的使用提供了保障。

- 时间节省：将[无线](#)功能加到现有协议中而不是重新开始设计全新的协议的做法，大大缩短了系统开发时间，能够迅速得到采用。同时，还有利于原有的[HART](#)有线产品设备制造商快速提供无线装置产品。

- 低风险：在现有协议基础上的无线规范可以大大减少技术实现或者开发过程中不可预见的问题，也让用户能够尽快用上可靠的无线技术。

采用 HART 无线技术还可以提供新标准或其他无线标准无法获得的好处。目前大量已安装的 HART 装置中，由于其主系统不能访问数字化 HART 数据，很多仪表诊断功能已经失效。无线 HART 的适配器功能提供了一种与资产管理系统、历史数据库等其他工具的通信机制，从而让这些诊断数据发挥作用。这一需求的释放使得制造商们愿意快速开发出无线 HART 产品，也让用户愿意采用无线技术。

工作的正确工具

无线技术可以在很多场合进行应用，无论是物理上无法或难以进行的测量要求，还是工厂级的资产与人员跟踪、安全和工人生产效率监控的要求。

然而，无线 HART 规范工作组也认识到，没有一种技术能够适合所有的应用。因此工作组开发重点是面向那些没有合适无线标准的关键过程自动化应用场合

。

与有线 HART 一样，无线 HART 技术支持全部过程监控应用，包括：设备和过程监视、环境监视、能源管理、法规遵循、资产管理、预测性维护、先进诊断、闭环控制等等。

HART 通信基金会的会员企业通过来自最终用户的实际应用经验，为无线 [HART 协议](#) 的最终制定提供了各种支持。

无线技术是有线仪表的补充而非替代，工厂经常会同时都有二者的应用。无线 HART 技术的向下兼容性，包括 HART 指令结构和设备描述语言 DDL 的兼容，都使得它很容易实现用同一工具支持有线和无线装置。

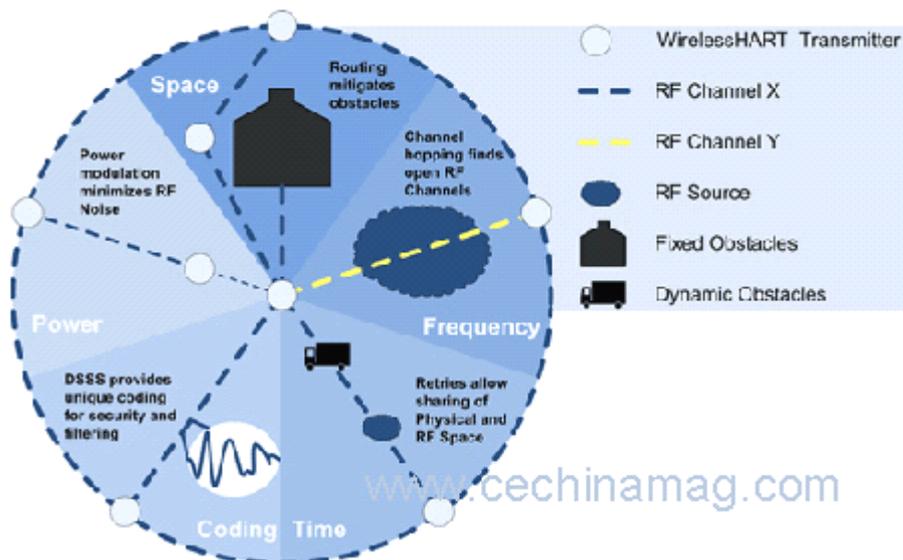
无线 HART 已不仅仅能提供互换性，而且是提供真正的互操作性。也即是说，用户可以任意选择最佳的无线 HART 设备而无需考虑供应商的问题，兼容设备可以在一个系统中共同工作，而且在主系统层进行互换也不会损失某些功能，就像今天的 HART 设备那样。

现场总线基金会（FF）和 PROFIBUS 组织已经与 HART 通信基金会共同签署了一项协议，准备为无线网关开发一个通用的接口规范。其目标是保证每个组织的现有协议版本能够实现完整的兼容性。

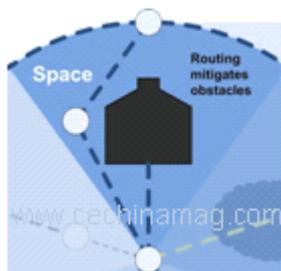
事实上，如今每一个过程自动化需求都有相应的有线 HART 产品支持和满足。无线 HART 为 HART 设备的通信提供了另一种简单途径。

可靠性

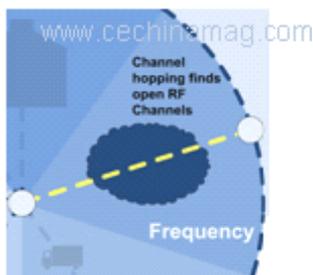
无线 HART 具有几项针对工厂环境的可靠通信特性，适用于高密度基础设施环境、大型运输车或设备的移动环境，周围条件常变的环境，以及射频、电磁干扰较大的环境等。



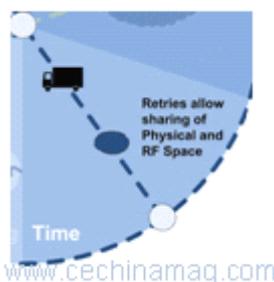
冗余网状路由（空间分集）--无线 HART 网状拓扑的自组织和自愈特性使网络长期拥有自主可靠性和鲁棒性。当有干扰或者其他物体阻隔通信线路时，该网络立即自动路由传送数据以保持畅通。由于无线 HART 采用了冗余网状拓扑的优化路径，所以可以在整个网络实现可靠性。



跳频（频率分集）--与其他使用2.4GHz 频段的技术一样，无线 HART 也会受到来自其他网络信号源的干扰。为解决这一问题，无线 HART 协议实现了 IEEE 802.15.4频率标准下16个信道之间的跳频，灵活地解决了干扰的问题而不是进行暴力破解。同时，还可以采用每次发送前的空闲信道评估（CCA）技术和信道"黑名单"技术避免特定区域的干扰，也同时将对其他网络的干扰降到最低。



时间同步通信（时间分集）--所有设备间的通信在一个预设时间窗内进行，实现了高可靠（无碰撞）、高能效和可伸缩通信，增强了互操作性和易用性。每条报文都有一个优先级定义以保证合适的服务质量 QoS 传输要求。固定的时间片划分也可以让网络管理者为任何应用创建一个无需用户干预的优化网络。相对的，如果采用可变时间片或者非同步通信方式，则会造成复杂的用户配置、低质量的 QoS、高能耗和不可靠的通信结果。



其他技术诸如直接序列扩频（DSSS）技术（编码分集）和可调发射功率（功率分集）可以帮助无线 HART 哪怕处于各种其他无线网络环境之中也能实现可靠的通信。

无线 HART 有专门针对其他网络共存情况下的设计，甚至包括那些不遵循 IEEE 802标准系列的网络。它不但自己具有容错性，还考虑了其他网络的影响，可以在干扰情况下保证正常工作，能够高效地利用带宽，同时避免造成对其他网络的干扰。

安全性

无线 HART 采用了强健的安全网络技术保证网络和数据始终处于保护之下。这些技术包括：

- 加密--128位加密手段保护数据不被截获
- 验证--信息完整性检测码验证每个数据包
- 鲁棒运作--跳频和网状基础结构可以减缓网络拥堵和拒绝服务（DoS）攻击的情况
- 密钥管理--旋转密钥可以避免未认证设备加入网络通信
- 认证--未经认证的装置不允许进入网络中

无线 HART

安全特性采用了符合当今工业标准的最佳实践技术，而且考虑了未来的开放式工业标准对安全的升级要求。

供电

[无线 HART](#) 允许用户和装置设计人员根据要求选择最佳的供电方式。包括长寿命电池、太阳能电池、线性电源和回路电源。

真正"无线"的设备是没有有线电源的，才可以提供最大的灵活性和更低的安装成本，但这样需要将能源的消耗降到最低以延长电池寿命或者利用其他非连线的电源，如太阳能。

这就是为什么无线 HART 开发组要认真平衡每一项潜在需求对电源的要求。因此，整个协议都追求低电能运行，我们以智能数据发布和异常通知功能为例：

- 智能数据发布--[HART 协议](#)一直是可以"猝发方式(Burst mode)"来发布过程数据的。智能数据发布则强化了这一功能，只有在过程条件改变或者用户应用要求信息提供的时候才发布数据，从而大大提高了通信和电源效率。

- 异常通知--当设备需要维护、设备配置变更或者发生影响操作的事件时，用户可以自动获得异常情况通知。这一通知只是当异常事件发生时才会"推送"给用户，系统就不需要轮询每一个设备来随时确认其正常运行，从而大大减少了能耗--因为每次轮询发送的信息包都要耗费电池

能量。

无线 HART 与 SP100

多种标准关注某一技术的不同层面或者共同合作开发同一技术的情况屡见不鲜。由于无线 HART 专门用于过程测量和控制应用，它自然也可用于工厂和其他过程操作中，而这些应用中同样还存在其他无线技术（如基于 WiFi 的骨干网、射频识别、工厂安全）

因此，HCF 和 ISA 合作研究无线 HART 协议与 ISA100系列标准的互支持工作就具有重要意义。事实上，无线 HART 和 SP100的工作组有很多相同的成员。二者共同帮助用户获得无线技术的好处是值得提倡的。

SP100工作组也会基于无线 HART 的工作成果，将无线 HART 协议吸收到更广泛的 ISA 无线系列标准之中。相对 ISA100的众多工作目标，SP100.11工作组的近期重点则是无线过程自动化网络。至今，SP100.11工作组在进行过程无线操作的鲁棒应用方面决策时，很大程度地考虑了与无线 HART

标准技术规范的一致性。

将无线 HART 规范吸收到 ISA100 系列标准能为用户获得无线 HART 带来的所有优势，而且能够加快 ISA100 的开发工作，是 ISA100 开发组可以将精力集中在工厂应用的工具和最佳实践开发上面，例如无线物理安全监视、语音通信和移动工人支持工具等。

在 ISA100 的标准框架下，无线 HART 协议为实现用户的无线过程自动化网络需求提供了最佳的解决途径。无线 HART 工作组也考虑了其他解决途径，例如跨无线网络的隧道数据技术，但后来意识到，这些技术手段都在能源使用、复杂性和功能简化方面存在不同的本质缺陷。作为有线与无线协议之间的接口，隧道并非一种有效的技术途径，因为其数据包的打包过程会耗费更多的电源，而且需要用户学习和支持两种协议。

其他数字总线协议的无线版本，例如基金会总线或 PROFIBUS，不太可能这么快出现，因为需要对整个协议进行大量的重新设计。如果需要访问其他总线设备，可以基于无线 HART 网络之上进行通信访问。正如之前所讲到的，HCF、FF 和 PNO 已经达成协议准备开发一个无线网关的通用接口规范。这种通用规范将采用网关协议转换的方式而非隧道方式，网关的电气和计算供电是足够的。

支持

成立于 1993 年的 HART 通信基金会 (HCF) 是 HART 协议的技术拥有者和监管者，并为 HART 技术应用提供全球支持。HCF 负责管理和控制 HART 标准，包括新技术开发和工业应用推广。最终用户可以放心地使用这一由基金会长期支持和维护的技术。