



工业互联网产业联盟标准

工业互联网 导则 设备智能化

Industrial Internet

Guide for Device intelligentization

工业互联网产业联盟

目 录

| | |
|---------------------|----|
| 前 言..... | 2 |
| 工业互联网 导则 设备智能化..... | 3 |
| 1 范围 | 3 |
| 2 设备智能化架构图..... | 3 |
| 3 数据采集要求..... | 4 |
| 3.1 流程行业..... | 4 |
| 3.1.1 目的..... | 4 |
| 3.1.2 采集的数据..... | 4 |
| 3.1.3 数据采集实现方式..... | 6 |
| 3.2 离散行业..... | 7 |
| 3.2.1 目的..... | 7 |
| 3.2.2 需要采集的数据..... | 7 |
| 3.2.3 数据采集实现方式..... | 11 |
| 4 网络接口与应用协议要求..... | 13 |
| 4.1 需求..... | 13 |
| 4.2 联接..... | 14 |
| 5 设备智能化功能要求..... | 14 |
| 6 实施流程..... | 15 |
| 6.1 流程行业..... | 15 |
| 6.2 离散行业..... | 16 |

前 言

本标准是“工业互联网 导则”系列标准之一。
随着技术的发展，还将制定后续的相关标准。

标准牵头单位：航天云网科技发展有限责任公司、中国信息通信研究院

标准起草单位和主要起草人：

——航天云网科技发展有限责任公司：柴旭东、李潭、侯宝存、庄鑫、于文涛、谷牧、刘军、张译霖、张涛、刘振权

——中国信息通信研究院：李海花、黄颖、刘阳、沈彬

——北京和利时智能技术有限公司：龚涛

——浙江中控技术股份有限公司：俞文光

——中国电信集团公司：杨震、叶锦宇、李洁

——海信集团公司：杨洪高

——海尔集团：张维杰、于洪领

——机械工业仪器仪表综合技术经济研究所：杜孟新、王成城、丁露

——北京长河朗锐网络技术有限公司：施磊

——树根互联技术有限公司：文博武

工业互联网 导则 设备智能化

1 范围

本标准规定了工业互联网底层设备进行智能化改造的基本要求，包括生产设备数据采集需求、生产设备数据采集实现方法、设备智能化的实施流程等，适用于连接工业互联网的底层设备智能化改造及实施。

2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

| 缩略语 | 英文全称 | 中文全称 |
|-------|---|------------------------------|
| MES | Manufacturing Execution System | 生产制造过程执行系统 |
| ERP | Enterprise Resource Planning | 企业资源计划 |
| SCADA | Supervisory Control And Data Acquisition | 数据采集 与监视控制系统 |
| HMI | Human Machine Interface | 人机接口 |
| MDC | Manufacturing Data Collection and Control | 制造数据采集与管理系统 |
| PLC | Programmable Logic Controller | 可编程逻辑控制器 |
| PAC | Programmable Automation Controller | 可编程自动控制器 |
| DCS | Distributed Control System | 分布式控制系统 |
| DNC | Distributed Numerical Control | 分布式数控系统 |
| CBM | Condition Based Maintenance | 预测性维修管理 |
| I/O | Input/Output | 输入/输出 |
| API | Application Programming Interface | 应用程序编程接口 |
| IT | Information Technology | 信息技术 |
| RFID | Radio Frequency Identification | 射频识别 |
| AGV | Automated Guided Vehicle | 自动导引运输车 |

3 设备智能化架构图

设备的智能化主要通过生产设备的自动化控制、状态信息和生产数据的采集与监控，形成高度数字化、自动化、状态可感知的智能生产装备，为企业控制系统、企业云各类管理系统以及工业云服务平台的各类应用和服务提供数据支撑。

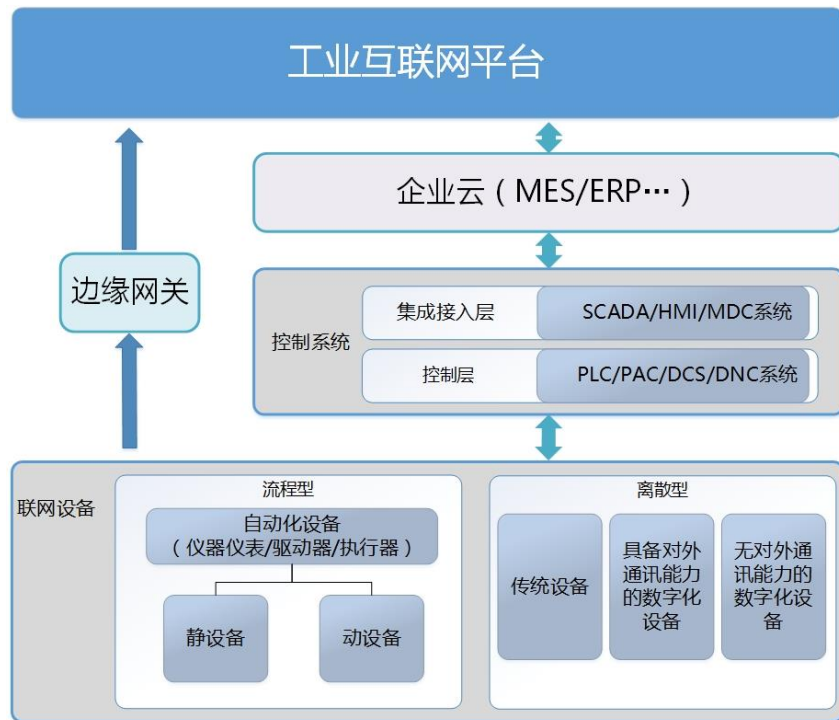


图1 设备智能化框架图

如图1所示，对于流程型或离散型的各类生产设备，利用传感、数据采集、信息网络等技术手段采集设备的状态信息和生产数据，用于企业内部各类控制、管理系统的业务应用，并最终为工业互联网平台的各类应用提供支撑；同时，设备的各类数据也可以直接通过各类智能物联网关等边缘网关设备直接接入工业互联网平台，为平台的智能应用提供数据基础。

4 数据采集要求

4.1 流程行业

4.1.1 目的

流程工业具有高能耗、高污染、高排放、高危险的特征，企业关注的重点是生产的连续、安全、高效、节能、环保、优化运行。流程工业的基础是流程工艺和生产设备，由过程控制系统实现生产的自动化，由设备监测与维护管理系统保障设备运行的可靠性。

4.1.2 采集的数据

流程工业中的生产设备按照生产状态分为静设备和动设备两大类。

静设备（过程设备）：主要作用部件是静止或者较少运动的机械。如窑炉，塔器、反应器，换热器，分离器、干燥器、储罐、管道、阀门等。物料经历物理或化学过程，主要功能是为物料的物理过程和化学过程提供适宜的场所。

静设备本体随着生产运行时间的增加，老化与腐蚀等变化影响着设备的完整性、可靠性，需要对影响到生产过程安全、稳定的设备开展设备状态监测，了解设备本体变化，及早发现故障隐患。监测内容主要有压力、温度、变形、位移、振动、堵塞、破损、开裂、腐蚀、泄漏、密封等。

表1 静设备数据采集内容及采集方式

| 采集信息 | 采集方式 |
|------|-------|
| 压力 | 自动 |
| 温度 | 自动 |
| 变形 | 人工 |
| 位移 | 自动/人工 |
| 振动 | 自动/人工 |
| 堵塞 | 自动/人工 |
| 破损 | 人工 |
| 开裂 | 人工 |
| 腐蚀 | 人工 |
| 泄漏 | 自动/人工 |
| 密封 | 人工 |

动设备（过程机器）：主要作用部件为运动（转动或平动）的机械。如泵，压缩机，鼓风机，压滤机、粉碎机，以及包含有电动机的大部分设备。物料只经历物理过程，主要功能是把能量传递给物料，提高其压力或速度。

动设备一般为一体化的机电设备，在生产运行过程中，部件（含部件间）运行情况等因素影响设备安全稳定运行，需要对这些参数实时监测，及早发出设备预警信号，及时解决故障隐患。监测内容主要有温度、振动、噪声、堵转、堵塞、润滑、冷却、腐蚀、泄漏、密封等。

表2 动设备数据采集内容及采集方式

| 采集信息 | 采集方式 |
|------|------|
|------|------|

| | |
|----|-------|
| 温度 | 自动 |
| 振动 | 自动/人工 |
| 噪声 | 自动/人工 |
| 堵转 | 自动/人工 |
| 堵塞 | 自动/人工 |
| 润滑 | 人工 |
| 冷却 | 自动/人工 |
| 腐蚀 | 人工 |
| 泄漏 | 自动/人工 |
| 密封 | 人工 |

4.1.3 数据采集实现方式

流程工业的设备智能化主要是通过增加传感器、检测仪和人工巡检方式实现设备的智能化。具体实现方式如图所示：

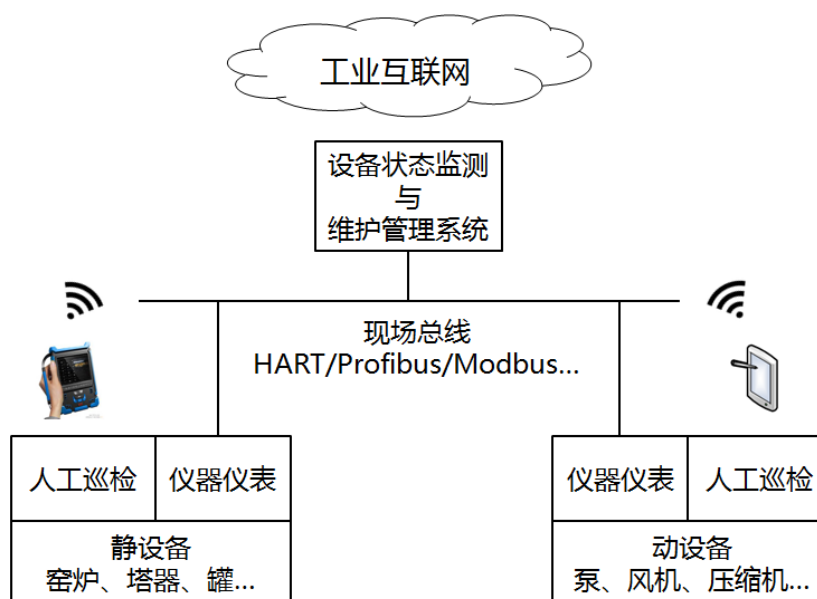


图2 流程行业设备智能化实现方式示意图

对于温度、压力、振动等一些物理量，可以通过加装传感器或检测仪器实时获取设备运行状态，并通过无线网络（WirelessHART、ISA100.11a、WIA-PA）或有线网络（Modbus RTU、HART、PROFIBUS-DP/PA、FF、DeviceNet）传送到设备监测与维护管理系统。

对于破损、泄露、开裂等一些难以通过传感器进行检测的设备状态信息，采用人工巡检的方式，通过检测器具间接或人的感官直接获取设备状态，并使用移动终端记录、上传到设备监测与维护管理系统。

设备监测与维护管理系统统一汇集设备基本信息、设备实时检测信息、人工巡检记录信息等，采用数字信号处理、数据分析、人工智能等技术实现基于状态的预测性维修管理（Condition Based Maintenance, CBM），包括设备状态监测、健康评估、故障诊断、维修决策功能，提升设备完好率，减少由于设备异常、故障导致对生产、质量和安全的影响。

4.2 离散行业

4.2.1 目的

由于连续工业生产与离散工业生产在设备、物料和产品特点的差异，导致了两种类型的工业生产在制造管理中存在诸多差异，离散制造企业制造执行过程中的生产数据采集主要用于支持企业的生产设备控制、排产计划、生产运维三个方面。

4.2.2 需要采集的数据

离散工业的设备一般分为：普通设备和数字化设备。其中，数字化设备分为可联网设备和不可联网设备。要采集数据可以分为：

1) 设备本身信息

表3 设备本身信息采集内容及采集方式

| 信息类别 | | 信息采集内容 | 采集方式 |
|------|------|---------------------------------------|-----------|
| 大类 | 小类 | | |
| 标识类 | 设备编号 | 设备接入云制造服务平台时采用的设备编号由组织机构代码和企业内部设备编号组成 | 自动采集/人工录入 |
| | 设备名称 | 采用设备铭牌信息中的名称 | 自动采集/人工录入 |
| | 设备型号 | 采用设备铭牌信息中的型号 | 自动采集/人工录入 |
| | 能力分类 | 云制造服务平台的能力分类，如机加类设备的能力分类为：“制 | 自动采集/人工录入 |

| 信息类别 | | 信息采集内容 | 采集方式 |
|-------|--------|---|-----------|
| 大类 | 小类 | | |
| | | 造” — “机械加工” | |
| | 数控标识 | 传统设备 | 自动采集/人工录入 |
| | | 具备对外通讯能力的数字化设备 | 自动采集/人工录入 |
| | | 无对外通讯能力的数字化设备 | 自动采集/人工录入 |
| | 生产厂商 | 设备的生产厂商名称 | 自动采集/人工录入 |
| | 出厂编号 | 设备的生产厂商为设备赋予的唯一出厂编号 | 自动采集/人工录入 |
| | 所属部门 | 设备所属的部门名称 | 自动采集/人工录入 |
| | 设备负责人 | 设备的管理责任人 | 自动采集/人工录入 |
| 功能类 | 规格参数 | 描述设备或被加工产品、被试产品等的尺寸、重量的参数，可结合实际应用情况进行采集 | 自动采集/人工录入 |
| | 范围参数 | 设备能够提供的加工、试验、检测等能力的上限和（或）下限，可结合设备实际应用情况进行采集 | 自动采集/人工录入 |
| | 精度参数 | 设备能实现的加工、试验、检测等最高精度或相应级别，可结合设备实际应用情况进行采集 | 自动采集/人工录入 |
| 运行状态类 | 自检信息 | 固件是否正常 | 自动 |
| | | 硬件是否正常 | 自动 |
| | | 配置是否正常 | 自动 |
| | | 通信接口是否正常 | 自动 |
| | 设备运行状态 | 运行/待机/关机/故障 | 自动 |
| | | 状态注释 | 自动/人工录入 |
| | | 状态起始时间 | 自动 |
| | | 状态结束时间 | 自动 |

| 信息类别 | | 信息采集内容 | 采集方式 |
|------|------|-------------|---------|
| 大类 | 小类 | | |
| | | 状态持续时间 | 自动 |
| | | 运行/待机/关机/故障 | 自动 |
| | 时间信息 | 购置时间 | 自动/人工录入 |
| | | 启用时间 | 自动/人工录入 |
| | | 可工作时间 | 自动/人工录入 |
| | | 节假日工作安排 | 自动/人工录入 |

2) 生产数据

表 4 生产数据采集内容及采集方式

| 信息类别 | | 信息采集内容 | 采集方式 |
|------|--------|--|---------|
| 大类 | 小类 | | |
| 任务信息 | 当前任务描述 | 任务名称 | 自动/人工录入 |
| | | 任务编号 | 自动/人工录入 |
| | | 任务描述 | 自动/人工录入 |
| | | 工序名称 | 自动/人工录入 |
| | | 工序编号 | 自动/人工录入 |
| | | 操作人员 | 自动/人工录入 |
| | | 任务进度 | 自动/人工录入 |
| | | 任务所属订单 | 自动/人工录入 |
| | 工作时间 | 计划开工时间 | 自动 |
| | | 计划完工时间 | 自动 |
| | | 实际开工时间 | 自动 |
| | | 实际完工时间 | 自动 |
| 工艺参数 | 实时运行数据 | 设备在加工、试验、检测等过程中的关键实时参数,如机加设备的主轴转速、高低温箱的当前温度等 | 自动 |
| 物料信息 | | 物号 | 自动/人工录入 |

| 信息类别 | | 信息采集内容 | 采集方式 |
|------|----|--------|---------|
| 大类 | 小类 | | |
| | | 物料名称 | 自动/人工录入 |
| | | 物理尺寸 | 自动/人工录入 |
| | | 材料 | 自动/人工录入 |

3) 质量数据

表 5 质量数据采集内容及采集方式

| 信息类别 | 信息采集内容 | 采集方式 |
|------------|----------|---------|
| 检测出的产品质量数据 | 检测结果 | 自动/人工录入 |
| | 合格数 | 自动/人工录入 |
| | 偏离度 | 自动/人工录入 |
| 设备本身质量数据 | 寿命 | 自动/人工录入 |
| | 上次维护时间 | 自动/人工录入 |
| | 计划维护开始时间 | 自动/人工录入 |
| | 计划维护结束时间 | 自动/人工录入 |
| | 维护工作频率 | 自动/人工录入 |

4) 能耗数据

表 6 能耗数据采集内容及采集方式

| 信息类别 | 信息采集内容 | 采集方式 |
|---------|-----------------|------|
| 实时功率 | 设备实时耗电功率 | 自动 |
| 用电量 | 统计时间内的累计用电量 | 自动 |
| 冷却水使用量 | 统计时间内的冷却水累计使用量 | 自动 |
| 高压气体使用量 | 统计时间内的高压气体累计使用量 | 自动 |

5) 安全数据

表 7 安全数据采集内容及采集方式

| 信息类别 | 信息采集内容 | 采集方式 |
|--------|--------|------|
| 物理安全信息 | 连接通畅次数 | 自动 |

| 信息类别 | 信息采集内容 | 采集方式 |
|------|--------|------|
| 功能安全 | 误动作率 | 自动 |
| 信息安全 | 丢包率 | 自动 |

4.2.3 数据采集实现方式

(1) 对于传统设备（非智能设备或非数字化设备）

传统设备是指设备本身不具备数控单元和传感系统，无法获得设备的各类数据信息，且利用智能数据采集终端设备，并连接传感器或I/O信号采集装置，获取传统设备的状态、生产数据等信息。通过内置了云平台接入API的工业物联网网关接入企业云，或直接接入云制造服务平台。

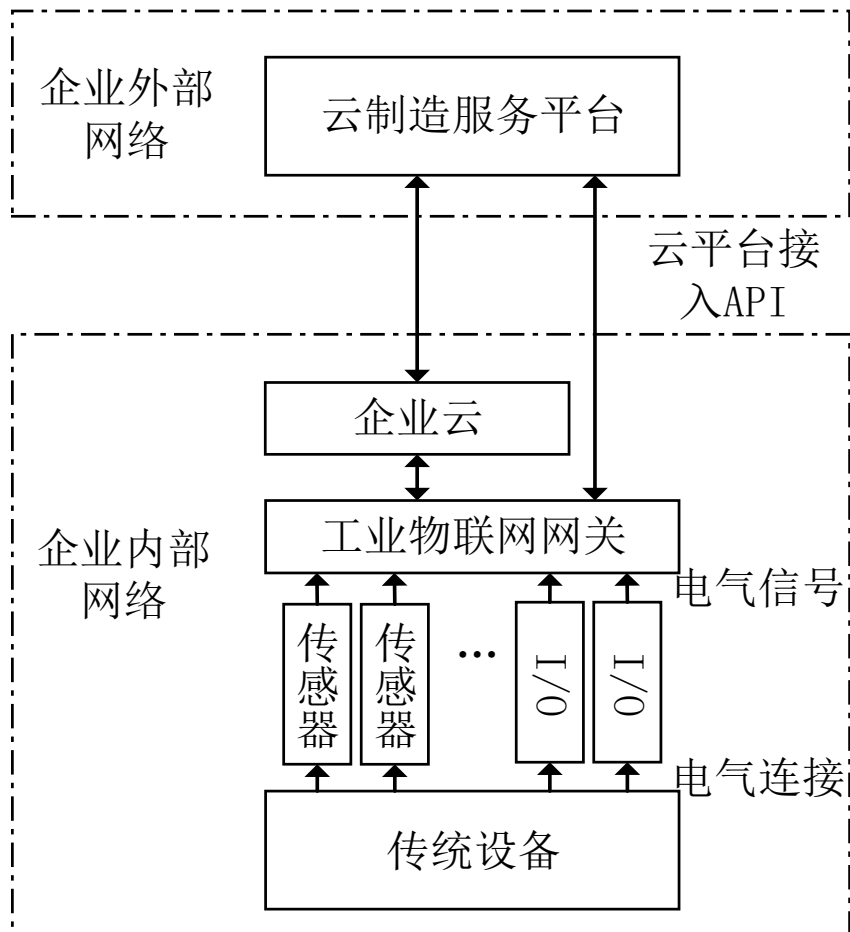


图3 传统设备数据采集方式

(2) 具备对外通讯能力的数字化设备

具备对外通讯能力的数字化设备是指设备具有完备的数控单元和传感系统，能够获取设备的各类数据信息，并拥有对外通讯接口和通讯协议，可以与外部网

络系统进行通信的能力。该类设备可通过内置了云平台接入API的工业物联网网关接入企业云，或直接调用云平台接口接入云制造服务平台。

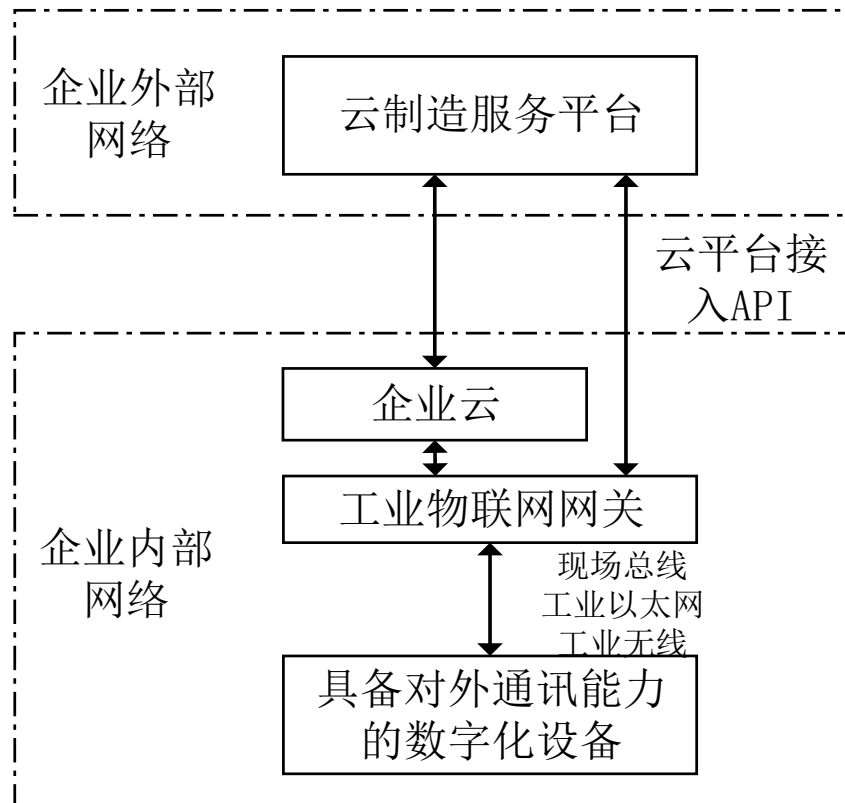


图4 具备对外通讯能力的数字化设备数据采集方式

(3) 无通讯能力的数字化设备

无通讯能力的数字化设备是指设备本身具有完整的数控单元和传感系统，能够对设备进行数字化控制，且通过设备内置的传感器能够获取完整的状态、生产等信息，但由于不具有对外通讯接口、数控系统封闭或通讯协议过于昂贵等原因，设备无法与外界网络系统有效通讯。

对于该类设备，可通过以下方式（包括但不限于）实现数据的采集与集成：

1) 外接传感器或I/O信号采集装置获取目标数据，并通过内置了云平台接入API的工业物联网网关直接接入云制造服务平台；

2) 通过设备内部的PLC或HMI，间接获取设备的状态、运行、控制等数据信息，通过内置了云平台接入API的工业物联网网关接入企业云，或直接接入云制造服务平台。

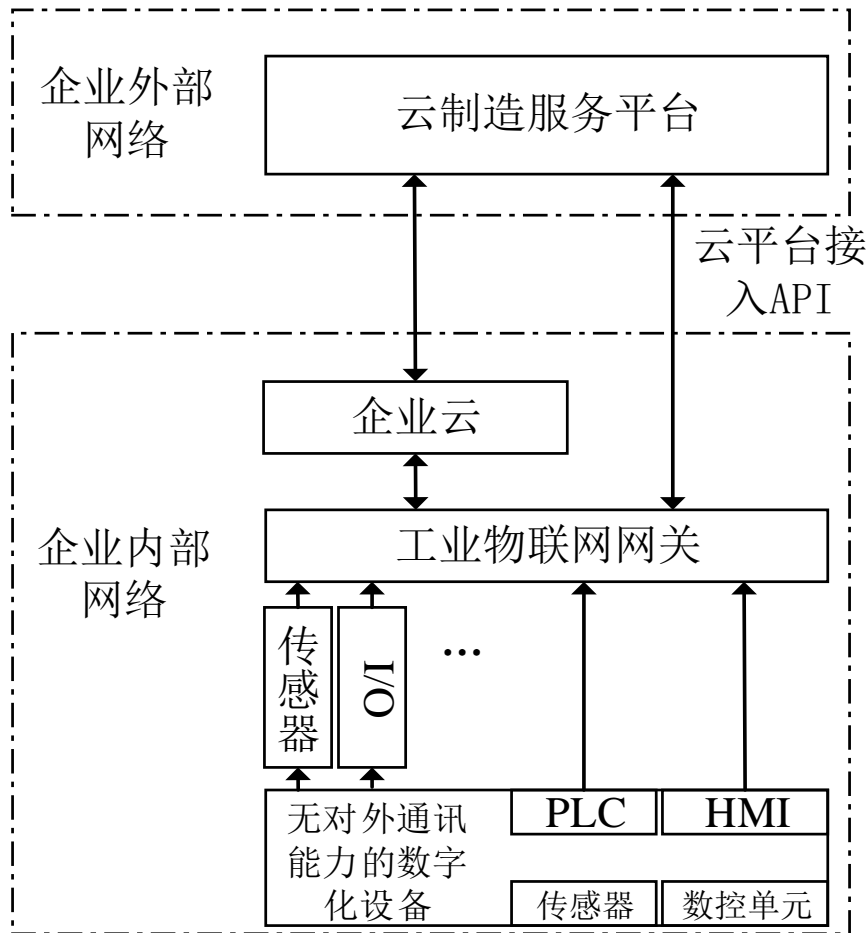


图5 无通讯能力的数字化设备数据采集方式

5 网络接口与应用协议要求

5.1 需求

工业互联网设备智能化需以IP化、无线化为发展目标，涉及的网络需求有三类：1) 联网设备通过边缘网关与工业互联网平台联接的网络需求；2) 联网设备直接与工业互联网平台联接的网络需求；3) 联网设备通过控制系统、IT系统与工业互联网平台联接的网络需求；整体上这些需求可概括为：大容量物联网（Massive IoT/MTC）、低时延高可靠通信（Critical Communications/MTC）和增强型移动宽带（eMBB），满足高并发、低时延、高带宽、安全等需求。

- a) 联网设备通过边缘网关与工业互联网平台联接的网络需求：需满足高带宽、低时延、大并发的需求；边缘网关与工业互联网平台之间需支持使用IP虚拟专网技术，如支持MPLS VPN技术（MPLS多协议标记转换）；

- b) 联网设备直接与工业互联网平台联接的网络需求：主要指厂区外的网络需求，根据具体业务需求支持广覆盖、高带宽、低时延、安全、大并发等需求。通过支持3G/LTE/5G及NB-IOT等无线蜂窝网络技术，充分利用蜂窝网络广覆盖、高安全性、易管理等优点，通过组建关键智能设备无线网络，承担厂区关键智能设备无线接入，同时可作为厂区移动MES、移动OA管理等应用的无线接入基础承载网络；
- c) 联网设备通过控制系统、IT系统与工业互联网平台联接的网络需求：需支持各种主流的工业协议，实现工业数据的采集。同时，需支持以太网及PON等主流通信技术，实现工业数据的传输。其中EPON技术需满足本系列标准中《工厂内网络 工业EPON系统技术要求》。

5.2 联接

一般要求如下：

- a) 联网设备与控制系统的联接：此类联接主要指底层I/O、PLC等控制单元、IPC等上位机的互联。各类协议需保证高可靠、低时延、高带宽；网络和各类现场工业通信协议需实现高效互通；需支持、集成各种主流的工业协议（如：Profibus/Profinet、Modbus、OPC DA/UA等）；
- b) 控制系统、IT系统与工业互联网平台的联接需保证高带宽、高可靠性的需求。
- c) 厂区内有线网络为了适应工厂环境的生产环境、及未来以数据为驱动的产业需求，在工业企业内部网络整体上需支持高带宽、低时延、高可靠的要求，可选择工业以太网及工业PON网络技术。同时，应着重保证网络的安全性。
- d) 在工厂内部的无线网络方面需支持短距离通信技术RFID、Zigbee、WIFI等（用于车间内的传感数据读取、物品及资产管理、AGV等无线设备的网络连接）；专用工业无线通信技术WIA-PA/FA、WirelessHART、ISA100.11a等；以及蜂窝无线通信技术2G/3G/LTE/5G、NB-IOT等（用于智能产品、大型远距离移动设备或车辆、手持终端等的网络连接）。

6 设备智能化功能要求

经过智能化改造后的设备，应能够根据感知的信息调整自身的运行模式，使其处于最优状态。包括：

- a) 环境自适应：体现了设备的可用性，指能够根据自身的工作环境（如温度、湿度、电流、电压）通过可用手段（调节转速、功率、高电压保护等）维持自身正常运转。是对环境的是适应与优化。
- b) 功能自适应：体现了设备的性能高低，指能够根据被控对象所处的突发状况、外部环境（如坡道、冲击、压力等）通过可控手段实现被控对象正常运转与使用、并保证安全。
- c) 操作自适应：结合人工智能技术的自适应与优化。

7 实施流程

7.1 流程行业

流程工业中针对生产工艺的过程自动化已经普及，但针对生产设备的维护管理还处于较低水平，重工艺、轻设备是流程工业普遍存在的问题。应从对生产影响较大的重点设备、关键设备入手，借助新型传感器和物联网技术提升检测和信息收集能力；借助大数据、人工智能技术提升故障诊断能力；借助互联网技术开展设备远程诊断服务。

流程工业设备智能化实施流程（主要针对非智能设备）：

- a) 对影响到生产制造和物流贸易安全、质量、成本方面的设备进行分级，确定重要性等级（A类、B类、C类）：
 - 1) A类（核心、重要）开展设备智能化改造；
 - 2) B类（非核心、重要）宜根据企业经营管理需求，适度开展智能化改造；
 - 3) C类（非核心、不重要）可根据企业经营管理需求，适度开展智能化改造。
- b) 设备智能化改造应制定改造方案，明确目标、方法、途径等；
- c) 应选择有经验的智能设备制造（集成）商实施技术改造；
- d) 采用的技术应符合国际（国家）的标准。

7.2 离散行业

以航天科工集团为例，设备智能化改造的实施流程如下图：

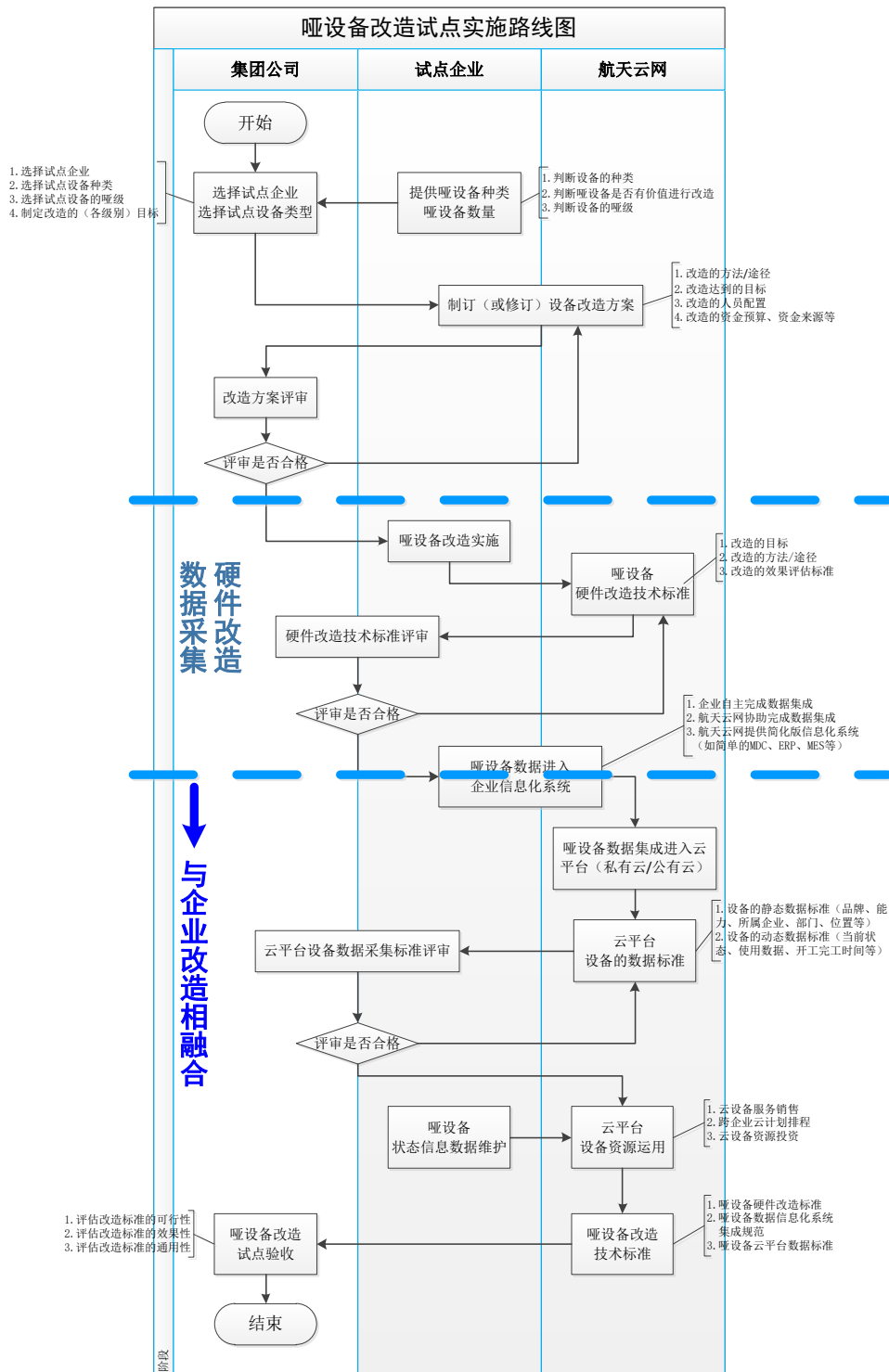


图6 设备智能化改造实施计划流程图

- a) 航天科工集团先期组织专家组对下属企业进行分析筛选，为24大类设备改造选择具有代表性和示范性的企业，并明确不同类型设备改造的具体目标。
- b) 设备改造首先要对设备进行界定，判断是否具备改造价值，评估设备改造的可行性。由改造试点企业负责设备调研、统计、分析等梳理工作，集团公司组织专家、车间领导、工人代表等（试点企业和航天云网进行配合）进行针对设备的类型、出厂时间、使用时间、开工率、损耗比、未来使用价值、改造后的价值等方面进行评估分析，判断设备是否具备改造条件，由航天云网整理汇总各方提出的建议，形成具有可推广性的设备改造条件评估规范。
- c) 由于试点企业具有设备操作的实践经验，对设备的性能特点了解全面，在理解掌握设备改造的具体要求后，由改造主体企业制定“哑设备”改造具体方案（航天云网提供协同支持）。改造方案包括：①改造的方法和具体实现的步骤，如增加传感器、条码扫描枪、触控操作台或联网电脑等，并详细说明相关软硬件的选型、安装位置、安装方法等；②改造后达到的具体目标，例如实现数据自动采集（传感器自动触发等）、实现人工辅助数据采集（人工扫码、人工数据输入等）；③设备改造过程中，改造人员的队伍配置，如传感器或其他器件的安装人员、测试人员、采购人员；④设备改造的资金预算和资金来源（包括自筹资金、集团公司试点资金支持等），试点企业肩负制订航天科工集团设备改造技术标准的责任，因此航天科工集团可对设备改造提供部分资金支持以提高企业积极性，推动企业进行设备改造。后期进入设备改造推广阶段，资金由改造主体负责。
- d) 航天科工集团组织相关专家，会同航天云网公司对设备改造方案进行评审，评估方案的可行性与性价比，航天云网公司从改造方案的通用性和规范性进行把关，提出意见。
- e) 试点企业实施设备改造工作，航天云网配合航天科工集团定期组织召开设备改造阶段会议（以半月为单位），总结设备改造的经验，航天云网公司逐渐形成“哑设备”硬件改造技术标准初步方案，并根据实际情况

进行修改，最终形成完整的“哑设备”硬件改造技术标准，交由航天科工集团进行评审。

- f) 如果企业自身已经实现了相关的信息化软件（如DNC、MDC、MES、ERP等）可以采集和存储设备的相关数据，试点企业可以自主完成设备数据与信息化系统的集成（也可以由航天云网公司承担集成工作）；如果企业没有相关的信息化软件，云网公司可组织开发简易的MDC（可以存储设备的相关数据和信息）提供给企业使用，企业的ERP、MES等软件需要试点企业进行采购，也可以全部委托云网公司负责（优点是云平台集成和信息化软件实施可以统一协调，开发集成快速便捷；同时集约化大规模采购具有较强的议价权，后期维护具有一致性，从而节约成本）。
- d) 航天云网公司根据云设备的管理需求，集成企业信息化软件中的相关设备数据，包括设备的静态数据和动态数据，其中静态数据如设备的型号、出厂时间、加工能力（或测量能力等）、所属企业、地理位置等，动态数据如设备当前的工作状态（工作中、闲置）、设备的完好状态（可用、维修）、设备的开工时间、完工时间等。云网公司根据需要不断调整设备数据采集的种类和数量，最终形成云平台设备的数据标准，并交由集团公司进行评审。这一数据集构成云网设备描述的规范，并依靠这一数据集进行云排产算法的设计。
- h) 航天云网平台可以在线实时监控设备的运行状态，试点企业在线对设备的相关信息和状态数据进行实时维护和管理。根据航天云网平台资源统计分析的结果，基于有限资源约束的云计划排程的跨企业任务协作与调度功能可以实时根据各企业的资源工作进行合理的计划分配。同时，需求企业可以在线寻找设备资源和加工能力，在不增加本企业设备的状态下，合理调用其他企业的闲置资源进行生产作业，做到资源共享，从而提高生产效率并节约成本。所有设备资源将会统一在云平台资源池进行管理，面向航天科工集团/社会提供服务。
- i) 航天云网根据试点改造的“哑设备”硬件改造技术标准和云平台设备的数据标准，并结合设备资源在航天云网中的实际应用，最终完成具有通

用性和示范性的“哑设备”改造技术标准，并交由航天科工集团进行评审。