

5G-A 无源物联网典型场景 技术解决方案白皮书



目 录

1. 无源物联网简介	1
1.1 发展背景	1
1.2 5G-A 无源物联网技术原理	1
1.3 5G-A 无源物联网服务能力及价值	3
1.4 中国移动 5G-A 无源物联网发展规划	5
2. 5G-A 无源物联网典型场景技术解决方案	6
2.1 通用方案	6
2.1.1 整体架构	6
2.1.2 网络方案	7
2.1.3 标签方案	8
2.2 典型场景分析及技术解决方案	9
2.2.1 仓储场景解决方案	9
2.2.2 哑资源管理解决方案	13
2.2.3 社会治理解决方案	16
2.2.4 医疗场景解决方案	20
2.2.5 物流场景解决方案	21
2.2.6 产线场景解决方案	23
3. 总结与展望	27
缩略语列表	28
参考文献	29
参编单位及人员	30

1. 无源物联网简介

1.1 发展背景

在全球产业升级和数字化转型的大潮中，物联网（Internet of Things, IoT）作为核心技术之一，近年来持续快速发展，从简单的设备互联到复杂的智能化系统，物联网已经渗透到工业自动化、智能交通、医疗健康、智能家居等众多领域[1]。随着产业数字化的深入推进，行业对人员、资产、物料、产品等全生产要素、全生命周期的智能化、自动化、可视化的管理需求日益迫切[2]，全行业万亿量级哑终端的信息化改造难、维护成本高，要素数字化成本高。

应对行业海量要素数字化的需求，2021 年，中国移动率先提出“无源物联网”理念，实现无源物联从传统的“单点读取”向“网络覆盖”的跨越式发展，并将无源物联分为单点式无源物联 1.0、组网式无源物联网 2.0、蜂窝式无源物联网 3.0 三个阶段[3]，其中组网式和蜂窝式无源物联网统称为 5G-A 无源物联网。

与传统物联网相比，无源物联网的核心特点在于端侧“无源”，终端无需外置电源或定期更换电池，而是通过能量采集技术从周围环境中获取微量能量（如射频能、光能等），并进行数据传输和交互，具备极低成本、极低功耗、易部署、免维护等优势，可为海量哑终端提供快速联网能力，打造万物互联数字化基座。

超高频 RFID 技术作为最典型的单点式无源物联 1.0 技术，近年来被广泛应用于零售、物流、医疗、交通、安全等多个领域[4]。但受限于识别距离、识别精度、业务支持能力等，难以满足大面积下的海量物品和资产的自动化管理需求[5]。5G-A 无源物联网通过架构创新、算法创新、能力创新，解决传统 RFID 性能受限、场景受限、自动化程度低等问题。通过连续组网、无缝覆盖，实现“局域+广域”全要素、全流程、全生命周期可视化、自动化、智能化管理，可广泛应用于各行各业资产管理、人员管理、仓储管理、产线管理、以及环境监测等场景。

1.2 5G-A 无源物联网技术原理

5G-A 无源物联网包括组网式和蜂窝式两种类型，面向室内外不同场景需求

相互补充和协同，共同实现无源物联网技术的场景扩展与应用深化。系统组成方面，主要包括无源物联网终端、网络设备、管理平台三个部分。

无源物联终端当前以电子标签形态为主，主要由芯片和天线组成，自身无电池，需要边收集能量边工作。系统工作时，无源物联网设备或基站持续发送射频信号给终端，终端将射频能量转化为直流电能供给数字芯片工作。无源物联网终端激活后，通过反射无线信号，向无源物联网设备反馈 ID 信息和传感信息。为实现更远距离传输以及更强感知能力，无源物联终端可以引入其他环境能量采集能力（如 II-A 类蜂窝无源物联网终端可支持光伏采能），并集成更多传感能力，扩展应用场景。

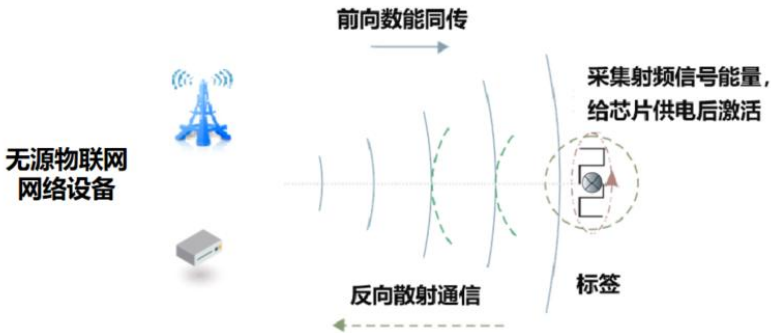


图 1.1 无源物联网络设备和终端之间的通信过程

5G-A 无源物联网设备形态包括局域组网式和广域蜂窝式两类，利用多层网络架构，既可满足局部高密度的精准覆盖，又能实现广域范围内的无缝连接。其中，组网式无源物联网通过在一定区域内部署多个设备节点，在该区域内设备之间实现互联与信息交换，通过网络覆盖实现对无源物联网终端的数据采集与处理。组网式的优点在于部署灵活、独立，可根据需求进行局域网络的规划设计和运维。蜂窝式无源物联网，通过广域覆盖的蜂窝网络基础设施，实现全程全域的无源物联网终端的连接与管理。

5G-A 组网式无源物联网包括中心节点与分布式节点设备，设备之间可进行一对一、一对多、多对多的组网协同工作。业务平台下发需求给无源物联网管理平台，无源物联网管理平台将动态调度对应的中心节点下发盘点指令给分布式节点，分布式节点转发来自中心节点的指令信号给无源物联网终端，并向无源物联

网终端供能。中心节点负责接收和解调来自无源物联网终端的信号，并汇总给管理平台。组网式无源物联网，可兼容符合 ISO18000-6C 标准的超高频 RFID 标签，支持企业平滑升级网络覆盖及管理手段，有效降低行业升级成本。

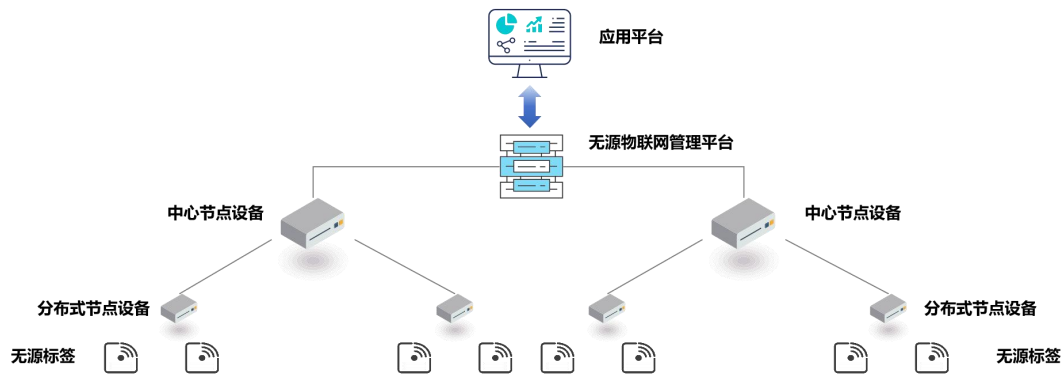


图 1.2 5G-A 组网式无源物联网架构

5G-A 蜂窝无源物联网利用基站或中继设备，实现对蜂窝无源物联网终端的激励和信息采集，通过全域覆盖、移动性管理等，实现中远距离传输和规模化覆盖。

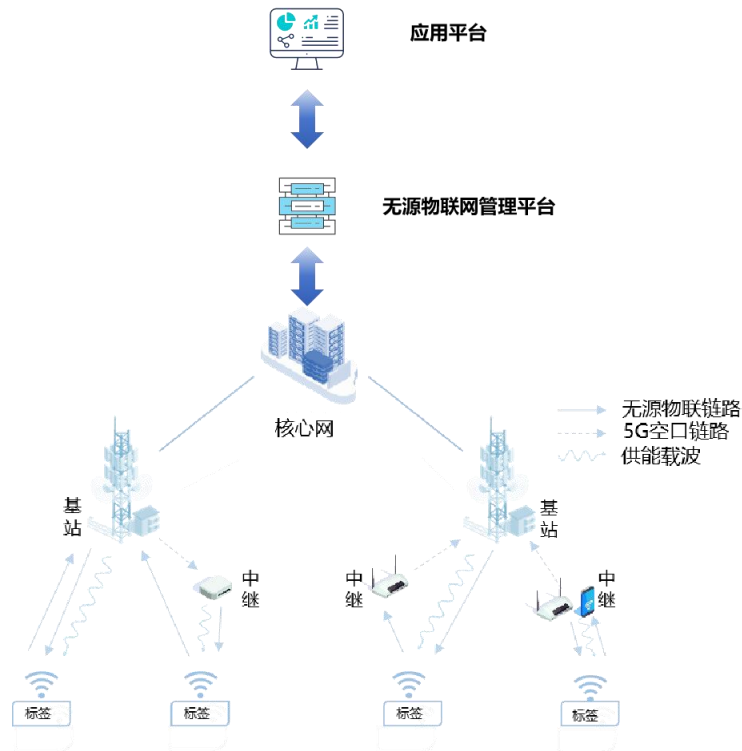


图 1.3 5G-A 蜂窝式无源物联网架构

1.3 5G-A 无源物联网服务能力及价值

5G-A 无源物联网通过架构创新、算法创新、能力创新，叠加极简协议栈、轻量化核心网等技术创新，实现大规模覆盖、灵活组网、海量接入、低成本定位、融合感知等，通过“一网多能、一标多用”，构建全场景、全流程、全生命周期服务能力。

一是基于组网覆盖，实现随时、随地、按需自动化作业。5G-A 无源物联网架构灵活，网络节点可按需拓展，可以实现大空间连续组网覆盖，构建无处不在的感知、识别、连接能力，与企业业务系统集成后，支撑随时、随地、按需的远程、自动化业务执行。

二是基于实时连接，拓展实时、低成本、米级定位能力。由于无源物联网终端主要依赖无线网络电磁波供能，无源物联网连续组网覆盖能力的飞跃提升，进一步拓展了无源物联网终端实时连接能力。依托多天线、信道模型及融合定位算法等，实现极低成本、米级定位。

三是基于多样信道参数和算智融合，构建泛在感知能力。基于 5G-A 无源物联网无线通信能力，可以构建无线信道与时间、空间的变化关系，精确计算无线信号的频谱特征，从而构建面向各类场景的 CSI 感知模型，实现非接触式的实时感知，包括人员、物品、环境状态，变化，动作等。

四是基于“一网多能、一标多用”，支撑业务灵活拓展。5G-A 无源物联网基于网络基础设施底座+业务平台能力，可以实现从原材料出库到加工、生产、组装、运输、仓储、销售、回收、再利用到报废的资产全生命周期管理能力。在业务发生变化时，可快速在业务平台配置业务信息，业务越多，无源物联网对企业生产运营价值越大，边际成本越低。

五是基于 AI+海量数据，构建面向业务的价值运营服务。5G-A 无源物联网支持全天候、自动化数据获取。通过 AI+海量数据，可以充分挖掘数据价值，支撑企业生产运营优化、决策优化，提升生产运营收益，降低潜在风险。

5G-A 无源物联网终端相较现有蜂窝网络低功耗通信终端成本降低十倍甚至百倍以上，且具备近零功耗、易部署、免维护优势，通过丰富的终端形态，实现人员、资产、物料、生产及运输工具、环境、能源等生产要素数字化，将实物资产转变成数据资产。

生产要素的全量数字化，进一步支撑企业拓展要素类型、提高要素质量、改

进要素组合、优化生产流程，实现企业对生产要素的合理投入，促进全要素生产率提升，构建基于数据循环的核心竞争力。

同时，数据作为数字经济时代驱动数字化投入的核心要素，对企业创新发展与提质增效具有变革性影响。数据资源化通过采集、计算和分析数据，提升了企业的运营效率，辅助企业生产实现提质降本增效。

1.4 中国移动 5G-A 无源物联网发展规划

为满足行业数字化转型对低成本、高效的全生产要素数字化感知、实时连接、自动化管理等需求，基于 3GPP 标准节奏，同步推进组网式和蜂窝式无源物联网技术方案，采取“三步走”战略，分阶段推动产业链成熟，逐步满足局域、广域物联网场景业务需求。



图 1.4 5G-A 无源物联网发展规划

- **近期：打造组网式样板方案，推动蜂窝式技术验证。**打造仓储、物流、工业、能源、医疗、民生等组网式无源物联网的样板方案；基于 3GPP 标准化节奏，联合产业推动新架构、新空口、新标签等技术标准制定，开展蜂窝式无源物联网仓储管理等重点室内场景的技术验证。
- **中期：完成组网式方案商用部署，开展蜂窝式典型场景试点。**以重点场景样板方案为基石，持续拓展零售、安防、市政管理等领域应用落地，推进组网式方案商用部署；推动蜂窝无源物联网标签、设备、平台产业链成熟，联合产业构建无源物联网产业集群，开展面向广域物流监测、园区级车辆及资产管理等更广泛场景的蜂窝式方案技术试点验证。
- **远期：持续完善多场景解决方案，全面推进各行业规模商用。**基于海量数据，

明确数据运营模式，联合产业构建智慧运营、数字服务等创新应用，持续完善多场景的解决方案；通过网络基础设施建设，促进标签的设计创新性及其形态丰富化，推动标签规模应用，提升标签、网络、平台、应用等端到端产业能力，全面推进无源物联网在各行业的规模商用。

2. 5G-A 无源物联网典型场景技术解决方案

2.1 通用方案

2.1.1 整体架构

5G-A 无源物联网端到端系统旨在通过网络覆盖下的无源物联网终端识读，实现物体的智能化连接与管理，其核心在于高效的信息采集、传输与处理。面向实际应用，无源物联网系统通常与应用平台对接，提供底层数据及能力，因此整体架构可分为四个组成部分：应用平台、无源管理平台、无源网络设备以及无源物联网终端。

5G-A无源物联网全景架构图

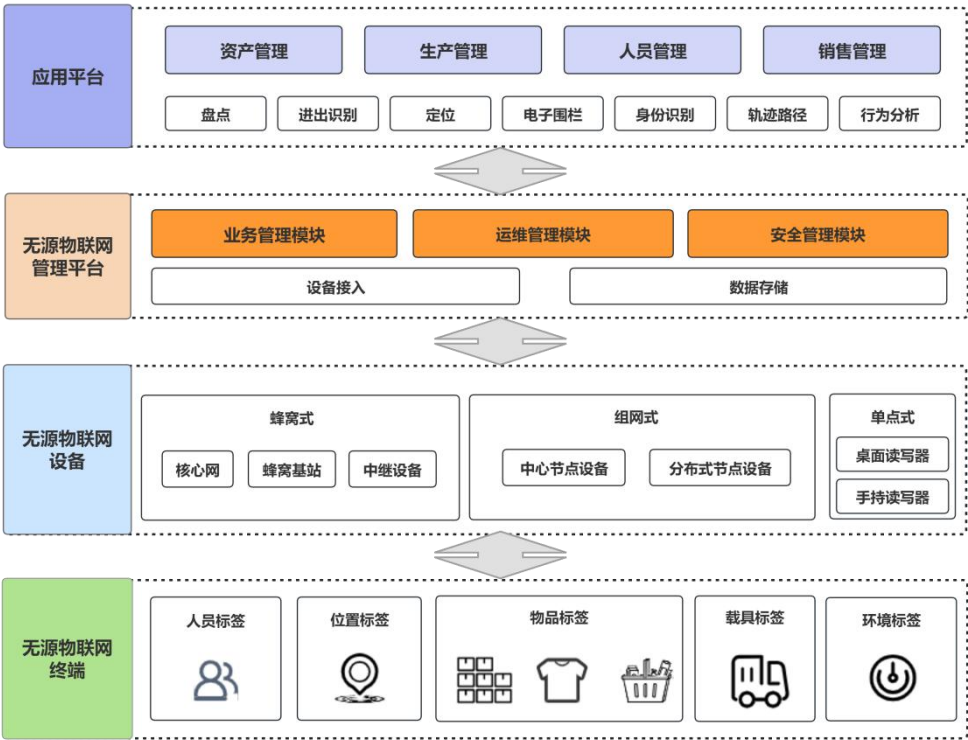


图 2.1 5G-A 无源物联网全景架构图

- **应用平台：**基于无源物联数据，面向最终用户实现业务全流程管理，如资产追踪、库存管理、环境监测等，将收集到的实时数据转化为有价值的业务洞察和操作指令。通过用户界面和数据分析工具，促进企业优化流程、提升效率，并做出更加精准的决策。
- **无源物联网管理平台：**作为连接底层硬件与上层业务应用的桥梁，主要负责无源物联网设备的管理和终端数据的汇聚处理。包括各类设备的注册、配置、状态监控及维护管理。同时负责数据清洗、格式统一和标准化处理，为后续应用平台的数据分析提供可靠的基础。
- **无源物联网网络设备：**包括组网式、蜂窝式设备等，构成了无源物联网的通信基础设施。负责向无源物联网终端发射能量信号以供其工作，并接收终端反射回的携带数据信号，之后通过有线或无线方式将数据传送到无源物联网管理平台。
- **无源物联网终端：**作为感知层的实体，直接贴附或安装于物品、车辆载具、人员上，提供唯一标识，具备传感能力的标签还可提供环境状态监测数据等。无源物联网终端可设计成不同形态、规格和功能，满足多行业多领域的需求。

2.1.2 网络方案

无源物联网是一张数能同传的网络，网络在与无源终端进行信息交互的同时，还需要为其持续提供必要的射频能量。因此在网络方案设计时，需要重点关注网络的部署策略、性能优化、环境适应性及安全机制等，系统性保障端到端高效稳定。

- **网络部署：**首先明确网络将部署于何种环境（例如工业现场、室内仓储、零售门店等）及特定需求（如网络覆盖范围、管理对象量级、颗粒度、实时性要求等）。基于应用需求和现场空间条件，设计网络架构中各种类型设备的位置和数量。
- **网络性能：**一是需要确保网络在目标区域内，到达标签的信号强度需高于灵敏度，从而确保标签可被激活，同时标签返回的信号能够被正确接收解调。二是在调度多个设备同时工作时，需通过合理的频率、功率、空间规划，减

少设备和设备之间、设备和标签之间的干扰。对于复杂或遮挡严重的环境，需通过拓扑优化增强信号覆盖，提升网络稳定性。三是完成网络拓扑设计后，需进一步验证无源物联网终端识别准确率、识读效率、实时性、定位准确率等关键指标，确保系统达到预期性能；四是在客户的业务流程中，不同区域优先级存在差别，如仓储场景中，进出门业务优先级最高，相应的无源网络设备需要优先保障其识读实时性及准确率。

- **网络环境：**在设计阶段，需要考虑环境因素对网络性能的影响，如室内/室外、温湿度条件等，确保网络在各种环境下的稳定运行。
- **网络安全：**根据场景需求，无源物联网的网络设备与终端共同实施端到端的数据加密，以及设备节点之间的安全认证、身份鉴权机制，确保数据在传输过程中的安全。

2.1.3 标签方案

无源物联网标签的设计与选型直接影响整个系统的性能与应用效果。

- **匹配业务需求：**明确无源物联网标签将被应用于何种环境（如仓库、零售、医疗、物流等）及需满足的具体需求（如读取距离、耐用性、数据容量等）。
- **优化终端性能：**无源物联网标签的基础性能主要受芯片、天线及封装方式的影响。一般而言，芯片决定了标签的基本性能，合适的天线对标签性能同样至关重要。当标签天线靠近高介电常数物品时，其天线阻抗特性会发生变化、影响匹配，进入芯片的能量将大幅减小，导致标签的工作距离明显缩短。玻璃、纯净水、陶瓷等都是高介电常数的材料，海绵、泡沫塑料等材质的介电常数较低，对标签的影响较小。另外，用于金属表面时需要选取抗金属标签。在大规模应用之前，需要进行严格的标签性能测试，包括读写距离、速度、耐用性等。
- **确认封装选型：**根据使用环境（如高温、潮湿、化学腐蚀）选择合适的封装材料，确保标签的物理耐久性。标签形态丰富多样，下图是常见的无源物联网标签类型。



图 2.2 无源物联网标签类型示例

- **控制整体成本：**无源物联网标签的成本跨度较大，从几毛钱到几元，耐超高温等条件的特种标签可达到几十元、上百元，成本差异主要受封装形式、生产规模影响。在满足性能要求的前提下，主要通过批量采购降低成本。

2.2 典型场景分析及技术解决方案

5G-A 无源物联网可广泛服务于仓储、物流、产线、办公区、医疗、城市等场景的资产、人员、车辆、流程管理，实现快速、高效的自动化资产盘点、出入库管理、定位查找、人员安全管理、车辆调度及轨迹追踪、生产流程管控及优化，提升管理效率，降低管理成本。

2.2.1 仓储场景解决方案

1. 仓储数字化典型特征与需求

仓储数字化是现代企业运营的关键组成部分，不仅能提高企业内部运营管理效率、降低管理成本、减少人工作业错误率，还可加强与外部合作伙伴协同，通过可视化、自动化、智能化的库存管理、物品状态管理、位置管理、供应链协同，帮助企业灵活、高效应对市场需求变化，降低库存管理成本，提高资金周转率，实现可持续稳健发展[6]。

数字化仓储的典型特征如下：

一是仓库面积大、立库纵深高：仓储作为供应链关键环节，承担着商品存储、

分拣、配送等任务，其数字化升级对于提高物流效率、降低运营成本具有重要意义。为加快供应链响应速度、降低运输成本，企业多采用 CDC 中央仓储中心+RDC 区域配送中心+FDC 前端物流中心的现代化仓储管理模式[15]。其中 CDC 主要负责干线仓储及运输，满足省际仓储配送需求，是巨型仓储设施。例如京东“亚洲一号”仓储园区面积 10 万平方米以上[7]；RDC 主要负责省级和市级用户仓储服务及配送，规模较大。例如中国移动呼和浩特 RDC 仓库面积 1.2 万平方米，高度 13 米；FDC 主要负责市内面向零售的分拣及配送，规模中等，通常面积 1000-5000 平方米。

二是存储物品种类多、数量多：CDC 中央仓储中心货物存储量高达百万级。据统计，在双十一期间，京东“亚洲一号”一天入库包裹超过 100 万件，可存储商品超过 100 万件、1.5 万个 SKU，RDC 区域配送中心货物存储量上万件，FDC 前端物流中心货物存储量可达上千件。

面向大型仓库数字化管理，主要需求如下：

一是无人化海量物品盘点：面向大型仓储、海量物品，传统通过纸质单据管理或人工扫描二维码、条码、RFID 标签等方式存在效率低、管理成本高、准确率不高等问题，且高层立库无法扫码识别，难以满足企业高效生产运营管理需求。为进一步提升运营效率、增强库存管理、提高数据透明度、强化供应链协同，仓储企业期望实现面向大面积、海量物品的自动化、高效、可靠盘存，从而提升管理效率、降低管理成本。

二是自动化出入识别核查：大型仓储中心物品出入库频次高，传统通过人工扫码识别、出入库单据核对的方式效率低、准确率不高，存在漏扫、误扫等情况，信息追溯难，在出入库高峰时期，影响企业出入库效率，增加管理成本。因此，仓储企业期望实现自动化出入识别核查，减少人工操作的错误和时间成本，提高出入库数据的准确性和及时性，提供高效、智能的出入库管理，帮助仓储企业降本增效。

三是可视化实时定位查找：仓储管理需要对大量货物进行高效的收、发、存、管等操作，对货物的存储情况、运输状况、作业进度等信息进行实时监控和追踪。可视化实时定位查找技术，无需人工巡查或传统的纸质记录，可快速获取货物位置和数量信息并实现可视化，帮助管理人员及时发现和处理货物异常情况，如遗

失、滞留或损坏等，确保货物的安全和准确，实现数字化、智能化仓储管理，提高物流的可视性和管理效率。

2. 仓储数字化解决方案

面向大型仓库无人化海量物品盘点、自动化出入识别核查、可视化实时定位查找的需求：

一是基于 5G-A 无源物联网实现全仓网络覆盖，通过多节点干扰协调、高效并发、协同调度，实现全仓资产高效盘点；



图 2.3 基于无源物联网的大型仓储盘点

二是基于无源物联网络覆盖、结合多门并发出入库及多次核查算法，实现出入库快速识别及与出入库单据对比核查，并反馈出入库是否正确，是否缺货、多货结果；



图 2.4 基于无源物联网的大型仓储出入库

三是通过叉车与无源物联网分布式节点集成，结合库位标签，在货物上架时与库位绑定，下架时通过可视化资产管理平台快速下发库位位置，指导叉车快速找到待下架货物，实现可视化库位级定位。

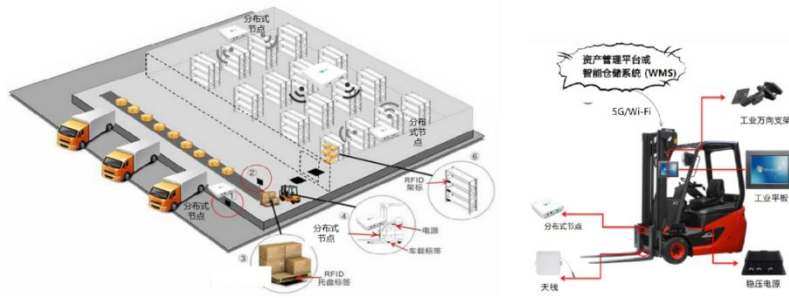


图 2.5 基于无源物联网的大型仓储定位

①标签解决方案

仓储数字化场景管理对象多，包括非金属及金属物品、金属货架、车辆、载具、容器、人员等，因此，针对不同管理对象进行标签选型：

非金属物品：一般采用普通柔性标签，特殊材质需要针对性选型；

金属物品及金属货架：采用抗金属标签；

车辆、载具、容器等：采用扎带标签或打孔固定式标签；

人员：采用工卡标签、腕带式标签或胸牌标签。

标签呈现信息方面，需与仓库管理需求匹配，例如与 SN 码绑定，呈现企业 LOGO，二维码等信息。

②网络解决方案

大型仓储主要分为平库和立库两种类型，其中平库通常采用吸顶或挂壁部署，在没有强遮挡物的情况下，中心节点通常部署在库房中心，分布式节点根据货物存放位置设计部署点位。立库采用分层覆盖模式，根据现场货物类型、立库货架结构，规划设计各节点设备的部署位置和覆盖范围。

③平台解决方案

仓储数字化平台的核心功能包括盘点、出入库、定位，部分企业还需对车辆、人员等进行路径追踪、电子围栏管理等，同时需要与企业 WMS 系统集成，同时还需支持无源物联网系统运维管理。

因此，在业务层面，平台采用标签识别层+功能算法层+系统对接层模式，南向识别 WMS 系统业务指令发送给无源物联网系统执行业务，北向通过标签识别层识别并解析无源物联网络设备上上传的标签数据，功能算法层集成盘点、出入库、定位、路径追踪、电子围栏等业务功能，系统对接层将业务执行结果通过标

准化接口反馈给企业 WMS 系统；运维层面，平台需具备无源物联网设备状态监测、组网管理、远程开关、故障管理等能力，通过自动化、轻量化运维，保障设备稳定运行，减少人工运维成本。

2.2.2 哑资源管理解决方案

1. 哑资源数字化管理典型特征与需求

哑资源的数字化管理，例如企业固定资产，已经成为企业提高效率、降低成本、优化运营的关键手段。

哑资源数字化管理典型特征主要表现在以下几个方面：

一是多样化的资源类型：在现代企业中，资产类型的多样化已经成为一个显著的特征。企业的资产在传统的生产资料基础上，扩展为更广泛和复杂的范畴，包括办公室的桌椅板凳、电脑设备，生产车间的仪器仪表、机械设备，仓库中的原材料、半成品和产成品等，每一种资产的材质及形态都各不相同，都具有其独特的管理需求和监测重点。

二是动态的资源状态：资产的状态会随着时间和环境的变化而发生改变。为了及时捕捉这些变化并采取相应的管理措施，资产数字化管理方案需要具备实时监测和反馈机制。

三是异构性的网络环境：在大型企业中，网络环境的异构性是一个普遍存在的问题。由于历史原因、技术更新或业务需求的变化，企业内部可能同时存在多种网络环境，如有线网络、Wi-Fi 网络等。这些网络在传输速率、稳定性和安全性等方面可能存在差异，给企业资产数字化管理带来了一定的挑战。

针对以上特征，哑资源数字化管理衍生如下需求：

1. 实时监测与响应：构建一个能够实时获取各类资产状态信息的系统，不仅准确地捕捉资产的实时位置、温度、湿度、震动、电气参数等关键数据，还要在数据出现异常时，能够迅速触发预警机制。比如，当某个重要设备的温度异常升高或发生震动时，系统应立即发送警报信息给相关人员，以便第一时间进行干预，防止潜在的设备故障或生产事故，从而确保整个生产和运营流程的顺利进行。

2. 精准定位与追踪：对于部分高价值或关键性资产，精准定位与追踪显得尤为重要。通过实时追踪资产的确切位置，甚至了解其历史移动轨迹，不仅有助于

企业迅速找到所需资产，提高资产利用率，同时在资产被盗或遗失时提供有力的追踪支持，从而大大降低资产损失的风险。

3.智能分析与决策支持：除了基本的监测功能外，现代资产管理系统还应具备高级的数据分析能力。通过对海量的监测数据进行深度挖掘和模式识别，企业可以发现隐藏在数据中的潜在问题和趋势，为企业的战略规划和日常运营提供有力的决策支持，帮助企业及时调整生产策略，优化资源配置，从而提高生产效率和资产利用率，帮助企业实现更高效的资源分配和运营策略。

4. 灵活的部署与管理：资产数字化管理系统应在各种网络环境下稳定运行，且确保数据的顺畅传输和安全性。此外，还应提供灵活的网络配置选项，以便企业根据自身的网络环境和业务需求进行定制化的部署和优化。

2.哑资源数字化管理解决方案

通过引入 5G-A 无源物联技术，实现无源物联网络信号区域覆盖，通过将标签 EPC 与资产编号唯一绑定，将实物资产转变为数据资产，实时监测各类资产的状态信息，结合对资产数据的动态分析，充分挖掘数据运营价值，精准了解每种资产的性能和使用情况，从而为实现精细化管理提供有力支持。



图 2.6 哑资源数字化管理应用场景

①标签选型方案

资产管理的对象复杂多样，包括办公设备、生产设备等，因此需要针对不同资产特性进行标签的合理选择：

普通资产：对于非金属且体积适中的资产，可选用普通柔性标签、扎带标签等进行标识，便于跟踪与管理；

金属类资产：金属资产可能产生电磁屏蔽，因此需采用抗金属标签以确保信号稳定；

高价值资产：对于特别贵重的资产，可采用带有传感器的标签，实时监测资产状态信息。

员工、访客等：可采用工卡标签、滴胶纪念卡标签、胸针标签。



图 2.7 资产管理场景标签方案示例

②网络解决方案

资产存放环境多样，可能包括办公区域、仓库、展厅等不同场所，网络布局需灵活调整：

办公区域：采用分布式天线系统，确保信号覆盖各个角落，中心节点部署在区域中心位置，分布式节点根据办公室布局和资产存放特点进行设置；

仓库环境：类似于仓储数字化管理的网络布局，平库可采用挂壁或吊顶部署方式，立库则采用分层覆盖，确保货架间的通道和每一层都有良好的信号覆盖；

③平台解决方案

资产数字化管理平台具备全面的资产管理功能，并与企业现有的资产管理系统（如 EAM、ERP 等）无缝对接：

业务层面：平台应采用标签识别层、资产管理功能层、系统对接层相结合的模式。标签识别层负责识别和解析设备上传的标签数据；资产管理功能层集成资产盘点、调拨、报废、预警等业务功能；系统对接层则将资产管理结果通过标准化接口与企业现有资产管理系统进行数据同步。

运维层面：平台应具备对无源物联网设备的状态监测、性能分析、远程配置、故障排除等能力，以确保整个系统的稳定运行，降低人工干预成本，提高管理效率。

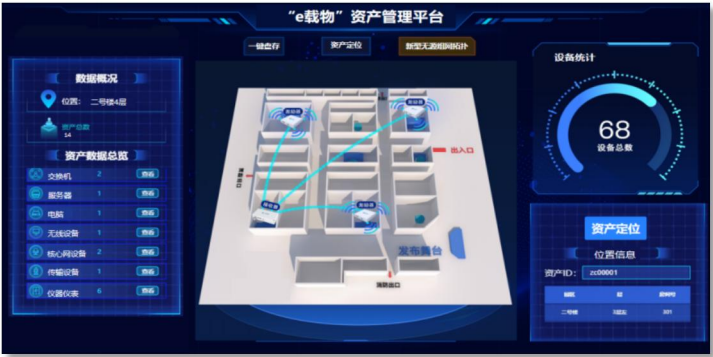


图 2.8 资产管理平台解决方案示例

2.2.3 社会治理解决方案

两轮电动车因其便捷性、经济性和环保性，已成为许多城市居民出行的重要工具。伴随两轮电动车数量不断增多，其安全隐患也逐步凸显，成为社会治理领域的关键场景之一。

1. 两轮电动车管理典型特征与需求

电动自行车已成为我国民众短途出行的主要工具，保有量突破 4 亿辆[9]，但重大火灾等安全事故频发，引起全社会高度重视。保有量激增、经营主体不规范、公众安全意识缺乏等因素影响，电动自行车面临进出管理、违规入楼充电、防盗防损等监管难题，亟需自动化监管手段。

两轮电动车管理的典型特征如下：

一是两轮电动车数量多、种类多、管理难：截至 2023 年末，我国电动自行车市场保有量已达 4.2 亿辆，相当于平均每 4 个人就拥有 1 辆电动自行车[10]，北京市的电动自行车数量已超过 380 万辆，集中分布在居民区，且涉及多个两轮电动车品牌的不同型号，难以统一管理。

二是流动性强、涉及区域广：电动自行车作为短途出行工具，具有极强的移动性，在两轮电动车管理的应用场景下，以居民区作为重点管理场景，涉及楼宇、车棚、居民区内部街道、出入口等室内室外多种区域，以常规中等规模居民区评

估，管理面积上万平方米，卡口数量十余个。

三是涉及安全、要求管理更严格：随着电动自行车违规停放、违规充电引发的灾害频发，引起社会广泛关注，管理部门针对行业安全监管出台集中治理两轮电动车入梯、入户等新的要求，亟需开展有效、严格的两轮电动车管理方案应用。

面向居民区两轮电动车管理，主要需求如下：

一是入楼监管：近年来，电动自行车火灾事故多发，呈上升态势。据国家消防救援局统计，2023 年全国共接报电动自行车火灾 2.1 万起，较 2022 年上升 17.4%；2022 年全国共接报电动自行车火灾 1.8 万起，比 2021 年上升 23.4%[11]。据北京市消防救援总队通报，今年 1 月份北京市发生电动自行车和电动三轮车火灾 33 起。电动自行车数量庞大、分布广泛、体积相对较小，且手提电池具备较强的便携性，依托物业管理方既有的技术手段监管力度极为有限。此外，违规行为往往发生在室内或隐蔽的私人空间，不易被发现，调查和取证难度大。因此，需要新的管理手段，对两轮电动车及其电池入楼、入室等违规行为进行监测，及时发现相关情况并提示管理人员，避免两轮电动车或电池入楼，减少火灾隐患，保障民生安全。

二是停放管理：为保证居民区内的交通安全，在居民区中对两轮电动车的停放、充电等往往有划定的规范区域，但因为公众守序意识不强，且缺乏有效监管手段，常出现两轮电动车随意停放的现象，导致行车道、消防通道、行人通道等区域被占用，实现对车辆进入情况、停放位置、停放姿态等自动化、智能化、可视化监管，将帮助管理人员快速获取区域内车辆整体信息，排查违规情况，促进居民区两轮电动车有序停放，提高居民区整体的安全性和交通效率。

三是防盗告警：电动自行车移动性强，停放位置多为开放区域，缺乏有效的防盗措施，且由于单价较高，近年来两轮电动车被盗情况日益严重。对两轮电动车的通用、低成本的防盗检测将有效避免两轮电动车丢失等问题，保障居民区治安维护及个人财产安全。

2.两轮电动车管理解决方案

面向居民区两轮电动车管理的入楼监测、停放监管以及防盗告警需求，通过 5G-A 无源物联网部署，构建两轮电动车数字化身份，实现自动化、智能化、可

视化管理：

一是基于 5G-A 无源物联网实现重点出入口覆盖，在车库门、楼门、电梯等出入口实时感知两轮电动车或两轮电动车电池的进出情况，实现监测违规现象并识别车辆信息，发出报警提示，可联动楼宇管理系统进行声光报警等，阻止违规进入。



图 2.9 两轮电动车入楼检测方案示意图

二是基于无源物联网络在居民区内两轮电动车棚、行车道等连续覆盖，结合高效盘点及米级定位能力，实现居民区内两轮电动车数字化管理，通过可视化平台，对区域内车辆数量、停放位置等情况进行高效管理。



图 2.10 两轮电动车停放监管方案示意图

三是通过联动无源物联网、两轮电动车管理平台及车主手机，结合时间、身份、车辆移动情况的实时监测及智能分析，对异常的车辆移动进行实时报警，向管理平台及车主手机推送报警信息及车辆轨迹，快速发现车辆挪动并拦截，为车辆防盗提供有力辅助。



图 2.11 两轮电动车防盗告警方案示意图

①标签解决方案

两轮电动车管理的主要对象包括两轮电动车及电池，大多为个人所有，具有形态多样、移动性强、户外使用的特点，因此标签解决方案应具备易接受、通用、隐蔽、耐用等特性，以下为标签选型及部署方案说明：

两轮电动车车身：两轮电动车外壳塑料材质较多，可采用普通柔性标签，标签表面采用与贴附位置相同颜色的隐形设计，在仪表盘前侧、车身前侧、车身左右侧、车架、底盘等平整的塑料结构处采用防水胶贴附 1 到 2 个标签；

两轮电动车金属结构：在车体、车筐边缘、车架等金属结构处可部署抗金属标签，选用窄条抗金属标签贴附在隐蔽处，以玻璃胶进行粘贴，避免使用中脱落；

两轮电动车电池：因电池材质影响，需选用抗金属标签，围绕电池装载时的裸露位置、提手位置等区域，在平整处贴附安装。采用玻璃胶，避免使用中脱落或轻易拆下。

②网络解决方案

居民区两轮电动车无源物联网络以重点监控结合连续覆盖的模式进行规划，在居民区出入口、楼门、车库门等卡口进行重点部署覆盖，以进出识别为基本功能、并发工作，构建无漏洞监管组网系统；在居民区内主干道、车库及车棚内部进行连续重点区域覆盖覆盖，主要业务为批量识别，快速获取车辆停放、运行信息，考虑室内、室外大空间覆盖需求。

③平台解决方案

两轮电动车管理平台具有综合性功能集成，核心功能包括高效盘点、出入识别、定位追踪、报警提示、信息管理，通过核心功能的综合应用，实现对于居民

区的两轮电动车综合管控。

根据实际需求，以两轮电动车管理嵌入模块或独立管理平台形式提供服务，向下统管无源物联网络设备，收集设备采集的标签数据，基于平台算法能力，满足入楼监测、停放监管、防盗告警的准确性、实时性等要求，可按需定制图形界面，对于车辆数量、轨迹、违规情况进行可视化监管。整体两轮电动车管理平台可与居民区其他安防系统对接，形成综合管控体系。

2.2.4 医疗场景解决方案

1. 医疗场景的典型特征与需求

医疗物资管理存在设备贵重、数量多且复杂、面积较大、人员和设备流动频繁等特点。医疗物资数字化管理不仅可以提升医院内部运营管理效率，同时可以实现对生命支持类设备的精准管理以及急诊复苏室内生命支持类设备的库存盘点。有效提高急诊部对危急病患的响应效率，加强对贵重医疗资产的保护。

需求一：医院贵重设备仪器管理

场景描述：医院有大量的贵重仪器设备，均属于国有资产，有严格的资产管理诉求，每个科室均配置有专门的设备管理员负责定期盘查和管理。当前以手工表格记录为主，管理的准确性和可追溯性极差。

核心诉求：设备盘点、出入管理、位置追踪（10 米级）

应用价值：贵重医护设备数字化管理、账实一致、有效应对上级资产检查、减少人力

需求二：住院人员和医护移动性管理

场景描述：住院人员和医护人员均有活动范围管理诉求，包括电子围栏、病房巡查等

痛点：目前基本靠人员自觉性管理为主，无法真正有效管理

核心诉求：人员位置追踪（10 米级）、电子围栏

应用价值：人员规范性管理

2. 医疗场景数字化解决方案

① 标签解决方案

人员管理：手环标签或洗唛标签

贵重设备/仪器管理：采用抗金属标签

②网络解决方案

面向医院对贵重设备仪器管理、住院人员及医护移动性管理需求，基于 5G-A 无源物联网实现院区全网络覆盖，通过部署多个节点设备完成信号覆盖，无源物联网终端数据提供给上层应用，协同调度，实现全院贵重资产的高效盘点；调度出入库通道两侧设备节点及出入库算法，实现读取医疗物资出入库管理及信息核查；基于网络覆盖在特定区域设置电子围栏，结合无源物联网融合定位算法，实现住院人员及医护人员实时定位、轨迹追踪及电子围栏预警；同时基于网络覆盖，结合不同位置参考标签特征，实现就诊导航。

③平台解决方案

医院资产管理平台负责实现资产盘点、出入库管理、轨迹追踪、电子围栏、路径导航、资产借用归还、资产生命周期、利用率、资产报表等多种功能，支持资产异常告警等能力。无源物联网管理平台负责标签管理、命令下发、数据收发、数据清洗、数据安全等功能，将准确的数据通过标准的接口提供给医院资产管理平台使用，同时把业务平台的操作指令下发到网络执行各种资产管理相关的操作。运维层面，平台需具备无源物联网设备状态监测、组网管理、远程开关、故障管理等能力，通过自动化、轻量化运维，保障设备稳定运行，减少人工运维成本。

2.2.5 物流场景解决方案

1.智慧物流典型特征与需求

物流管理覆盖仓储盘点、定位追踪、状态监测、综合管理等 5G-A 无源物联网的多项核心功能，通过 5G-A 无源物联网能够打通物流各业务环节，实现物流全要素信息自动化采集和对象全流程状态监控。

智慧物流的典型特征如下：

智慧物流是利用先进的信息技术和物流管理技术来优化物流全流程，借助物联网、大数据、人工智能等技术能力提高物流运作的可视化、自动化和智能化，其典型特征如下：

一是通过高效的数据采集，实现对各类物资的实时盘点与管控。通过实时或

准实时的数据采集技术，快速获取物流过程中的货物、车辆、人员等全要素数据。例如，物资上安装的无源物联网标签和各类传感器，可以实时收集物资的位置、温度、湿度等信息，并通过网络将这些信息传输到管理平台，通过可视化的方式和信息平台实现各类数据的直观展现和快速共享，让各个环节的物流情况清晰可见，便于监控和管理。

二是提高自动化程度，提高效率与数据准确性。通过引入自动化设备和技术，如自动化仓库、机器人拣货、无人驾驶运输车辆等，物流流程中的许多环节都实现了自动化操作。不仅能够减少人力成本，还极大提高工作效率和准确性，减少人为错误。自动化程度的提高还使得物流系统能够更好地应对突发情况和高峰期的物流需求，确保物流服务的稳定性和可靠性。

三是实现信息的可控、可视、可追溯。在通过一系列自动化的数据采集后，工作人员能够随时掌握并快速追踪货物的位置和状态，及时发现潜在问题并采取相应措施，确保货物的安全和质量，进而提升物流服务的透明度和客户满意度。借助大数据分析和智能化预测技术，通过对海量数据的深度挖掘，能够准确预测市场需求和物流趋势，提前规划物流资源，从而快速响应市场变化和客户需求，提高物流运作的灵活性和适应性。

面向智慧物流，主要需求如下：

一是对物料信息的实时管理，包括数据的采集以及对关键设备调度。通过对重要物资、车辆等物资进行数据的实时采集，实现对物资信息的实时监控与管理，包括基本信息、温度、湿度等等，进而实现对车辆状态、位置的实时监测，支持车辆的自动调度和路径规划；实时追踪物料状态与缺料情况。

二是物流园区的管理。对进出园区的人员、车辆进行实时盘点，统计人员、车辆的进出时间、停留时间等，实现人员、物资的签到，保障物资无意外流失。同时，在多个物流园区间转运，需要对出入库物料进行快速盘点。

三是信息全程可追溯。冷链运输、高价值物品在物流运输过程中需要实时获取物品位置、温度状态等信息。基于无源物联网进行数据分析，可实现货物先进先出、物流车辆快速调度、路径规划等服务，进一步改善运营，快速响应市场变化。



图 2.12 基于 5G-A 无源物联网的智慧物流管理

2.智慧物流解决方案

面向物流的各类需求,5G-A 无源物联技术可以满足向智慧物流的持续演进:

①标签解决方案

智慧物流场景管理对象多,包括货物、托盘、车辆、人员等,涉及非金属及金属物品,因此,针对不同管理对象进行标签选型:

车辆、载具、容器等:可采用 II-A 类蜂窝无源标签,支持太阳能供电。以车辆管理为例,标签可贴附在物流车顶部,做塑封等防水处理。

人员:可采用 II-A 类蜂窝无源标签,以工卡、腕带或胸牌等形式应用。

②网络解决方案

基于 5G-A 无源物联网实现物流园区网络覆盖,在物流园区内,无源物联可采用无源物联网杆微站的站型,并支持通过内网控制基站激活状态。

③平台解决方案

基于 5G-A 无源物联网数据,可实现货物装卸,以及车辆、人员进出园区的高效盘点,同时对园区内物流运输车进行位置监测,以便于进行车辆调度,支持与企业物流管理系统对接及集成。

2.2.6 产线场景解决方案

1.工厂数字化产线典型特征与需求

工厂生产线是由一系列相互联系的工序和设备按照一定方式排列组成的生

产流水线，能够大规模、高效地完成商品生产制造[8]。基本原理是把一个生产重复的过程分解为若干个子过程，前一个子过程为下一个子过程创造执行条件，每一个过程可以与其它子过程同时进行。一般包括前置部分（原料储存、供料系统等）、加工部分（各种加工工序，如切割、装配等）、后置部分（产品测试、包装、质检等）、自动化控制部分（通过各种传感器和控制器实现对生产过程的监控和控制）以及运输部分。

现代化产线典型特征：

一是自动化程度高。现代化工厂生产线通常采用先进的自动化技术，实现生产过程的自动化操作。这种自动化不仅限于简单的机械操作，还包括复杂的控制、检测和调整过程。自动化生产线通过高精度的机械设备和先进的控制系统，确保生产过程的稳定性和一致性，相较于人工操作，机械设备能够更精确地控制生产过程中的各项参数，从而提高产品质量。

二是生产物料种类、数量多，生产过程连续性强。现代化工厂生产线的生产过程具有连续性，整个生产线是同时、连续工作的。每年需要管理的工装车、托盘等可回收容器以及各种生产原材料多达几百万件，需要在产线的多个生产区连续流转，具备物料流和容器流数字化实时跟踪的能力。

数字化产线主要需求：

一是生产流转可视化：容器和物料透明可视，实物流与信息流打通，来料即所需，减少计划外停机时间，提高生产效率。在产线生产环节，物料使用贯穿订单配料、物料仓储、物料配送、线体生产和容器回收等各个环节，从物料入库、仓储、配送、使用、装配全流程的实时透明化管理是产线高效作业的基础。目前大多数企业原材料物流管理主要通过一个条形码贯穿部分流程，人工打印纸张、扫码的操作较多、缺少统一的服务标准和侧重于点对点或线对线服务，主要管理的“入”和“出”两个环节，环节内部的精细管理，及各个环节间数据互联互通存在挑战。

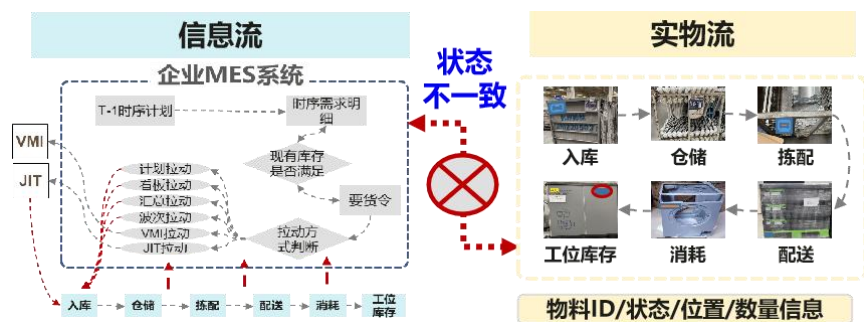


图 2.13 生产流转可视化需求

二是成品管理数字化：成品生产完毕后，在下线、入库、仓储、发货、装运和盘点整个链条使用一维码承载，需要大量的人工扫描工作，希望对不同产品的不同应用环境有一个电子化的标签为载体，建立数字化成品库区，实现自动入库、出库、智能化实时盘点。工厂生产型号数量倍数级的增加，型号间尺寸差异较大，部分型号无法自动化读码，需要人工手工补读。人员发货存在漏扫、错扫等现象，特别针对相似外观的不同机型，人工找货费时费力，无法实时掌握实物信息。

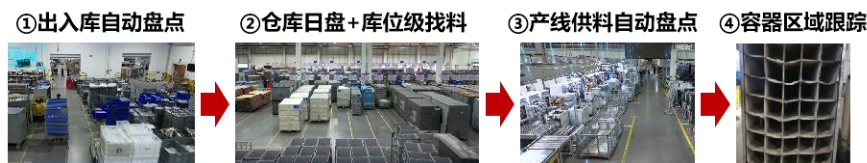


图 2.14 成品管理数字化需求

3.产线数字化解决方案

①标签解决方案

产线数字化场景设计原材料、容器、运输车辆和人员等多种管理对象，因此需针对不同管理对象进行标签选型：

原材料：金属原材料采用抗金属标签，非金属原材料采用普通柔性标签，可通过扎带标签形态对较大原材料进行管理，小型原材料可管理到容器级别；

容器：产线所采用的容器主要包括防静电周转箱、金属容器和普通塑料容器。防静电周转箱和金属容器采用抗金属标签，可装订在容器上，普通塑料容器采用普通柔性标签贴附在表面；

运输车辆：可采用抗金属标签贴附在车辆顶部，或采用扎带标签挂装；

人员：可采用工卡标签或洗唛标签。

②网络解决方案

产线管理场景涉及的上下游环节多，容器、车辆、人员移动性强，因此需针对业务需求构建 5G-A 无源物联网网络覆盖。一是在卡口处做重点覆盖，实现容器、运输车辆、人员的出入实时识别及管理；二是在产线工位做重点覆盖，实现齐料管理、生产流程管理；三是在物料存储区做覆盖，实现物料自动化盘点、上下架记录、低成本库位级定位。

若需实现原材料、容器、车辆、人员实时识别、定位、轨迹追踪，则需在生产区域实现网络全覆盖。

③平台解决方案

基于无源物联网管理平台与企业生产系统对接，基于无源物联网终端信息识别、统计、出入库算法、融合定位算法、无线信道特征分析等：业务层面，一是通过获取物料、工装容器、运输车辆和人员的信息及所在位置，并集成工厂 LPS 系统，实现计划、看板、波次等的拉动，达成线体拉动三级预警，避免因物料未及时送达导致停机；二是面向订单齐套，实现自动化按订单配料、齐料确认、错料提醒，保障线体来料即所需；三是实现人、车和容器的透明精益物流管理，提升人均配送效率和容器运转效率；四是实现无论何时、何产品、何地都可以完成成品库区的动态化收发货和库存盘点；四是成品存储区内基站可精准定位每台产品的位置，秒级更新成品的库存数据，当成品经过集货区时被基站获取后即可完成出库，出库信息自动回传，精准完成成品的出库发货。



图 2.15 产线数字化一码管理流程

3. 总结与展望

5G-A 无源物联网具有低功耗、低成本、易部署和免维护等重要优势，能够提供全程全网全域覆盖能力及全量终端接入能力，高效构建万物互联的数字化底座，实现信息快速感知，贯通物理世界、数字世界和商业世界，为面向个人、家庭和行业的多元产业应用带来革命性变化。

5G-A 无源物联网不仅实现了感知和通信技术的融合飞跃，更是推动经济社会全面数字化转型的强大动力。未来，中国移动将强化产业协同，深化 5G-A 无源物联网技术创新、方案创新、应用落地，同步探索 6G 无源物联网“AI+感通识融合”关键技术，推动无源物联网与和个人生活、企业生产、社会治理深度融合，实现跨领域协同创新，催生更多的创新业态和服务模式，开启万物智联新时代。

缩略语列表

缩略语	英文全名	中文解释
3GPP	3rd Generation Partnership Project	第三代合作伙伴计划
5G-A	5th Generation Advanced Mobile Communication Technology	第五代增强移动通信技术
AI	Artificial Intelligence	人工智能
CDC	Central Distribution Center	中央配送中心
EAM	Enterprise Asset Management	企业资产管理
EPC	Electronic Product Code	电子产品代码
ERP	Enterprise Resource Planning	企业资源规划
FDC	Front-end Distribution Center	前端物流中心
IOT	Internet of Things	物联网
ISO/IEC	International Organization for Standardization / International Electrotechnical Commission	国际标准化组织/国际电工委员会
LPS	Location Positioning System	定位系统
RDC	Regional Distribution Center	区域配送中心
RFID	Radio Frequency Identification	射频识别
UHF RFID	Ultra-High Frequency Radio Frequency Identification	超高频射频识别
VMI	Vendor Managed Inventory	供应商管理库存
WMS	Warehouse Management System	仓库管理系统

参考文献

- [1] 吴冈. 物联网时代为自动化行业带来新的机遇. 自动化技术与应用, 2011.
- [2] 陶飞, 张辰源, 刘蔚然等. 数字工程及十个领域应用展望. 机械工程学报, 2023.
- [3] 面向万物互联的无源物联网技术白皮书, 中国移动, 2023.
- [4] 杨涛, 贲圣林. 中国金融科技运行报告(2018). 社会科学文献出版社, 2018.
- [5] 尹周平, 陶波. 工业物联网技术及应用. 清华大学出版社, 2022.
- [6] 魏际刚. 中国物流业发展的现状, 问题与趋势. 北京交通大学学报 (社会科学版), 2019,
- [7] 京东物流研究报告, 罗戈网、浙商证券研究所, 2022.
- [8] Kang Z, Catal C, Tekinerdogan B. Machine learning applications in production lines: A systematic literature review. Computers & Industrial Engineering, 2020.
- [9] 2023-2028 年中国电动自行车行业市场调研与竞争格局预测报告, 中研普华产业研究院, 2023.
- [10] 营商年度报告, 东吴证券研究所, 2023.
- [11] 2023 年中国两轮电动车行业白皮书, 艾瑞咨询.