

1、技术白皮书

1. 引言

1.1 物联网机遇与挑战

物联网（IoT）正以前所未有的速度重塑全球产业格局，其通过连接物理设备、传感器与云端系统，实现了数据的实时采集、分析与智能化应用。据预测，到2030年全球物联网设备数量将突破290亿台，覆盖制造业、智慧城市、医疗健康、农业、能源等关键领域。然而，企业在推进物联网规模化应用时，仍面临多重挑战：

- 需求碎片化问题
- 现场工程实施复杂
- 设备运维复杂
- 设备组网成本高
- 信息安全挑战
- 系统智能化程度低

1.2 平台化解决方案的必要性

为应对上述挑战，构建一个**统一的物联网平台**成为必然选择。该平台需具备以下核心价值：

- 软件定义终端、重价值、少工程、免维护
- AI赋能平台和终端
- 可管理超大规模设备连接
- 海量消息处理和存储
- 信息安全保障

通过平台化方案，企业可聚焦核心业务，减少重复性技术投入，同时提升系统扩展性、可靠性和成本效益。

1.3 本白皮书的目的与范围

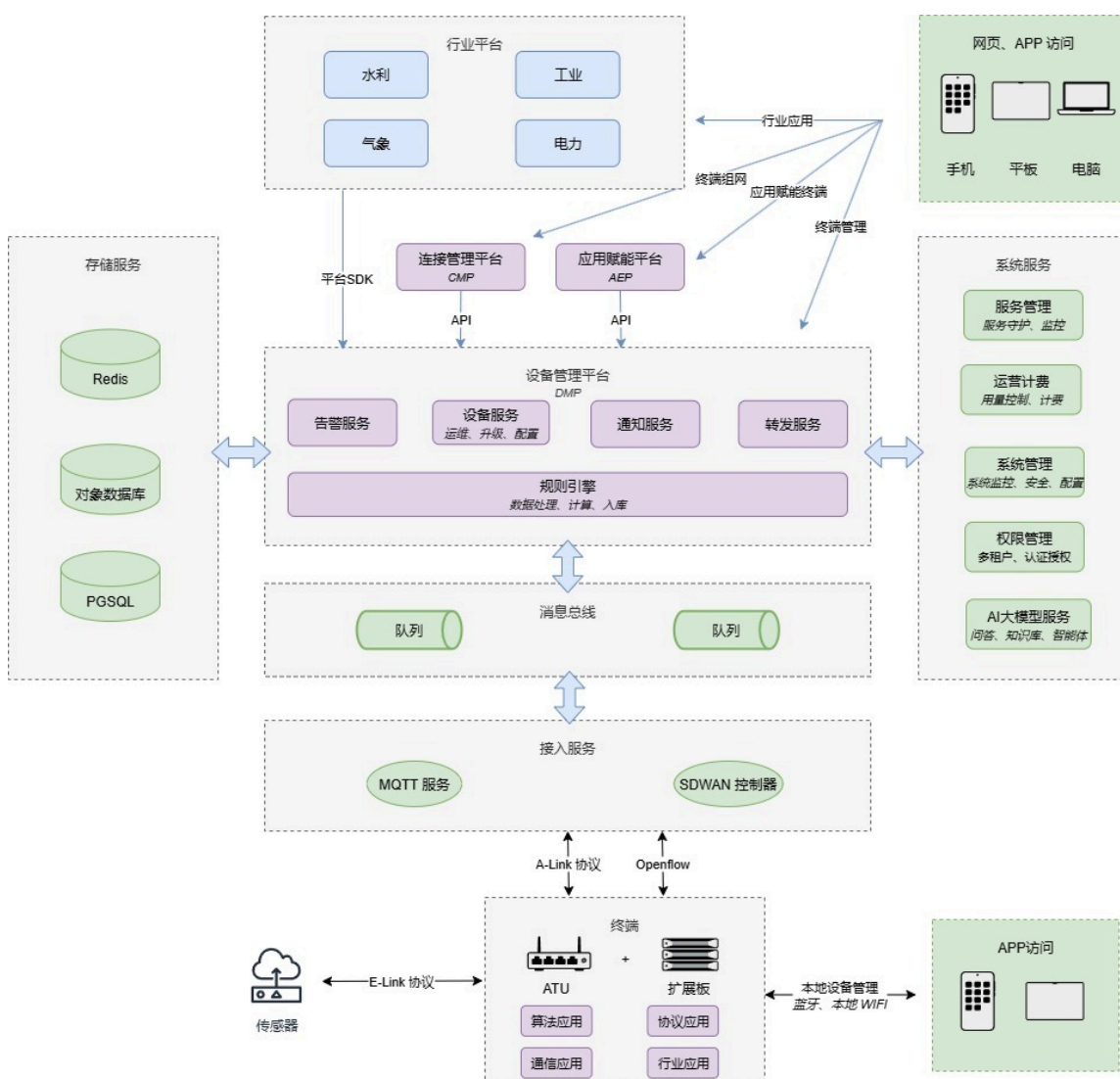
本白皮书旨在系统阐述宏电一体化平台的技术架构与核心能力，帮助内部用户和外部客户了解和使用平台，其内容覆盖以下关键领域：

- 技术架构
- 核心功能设计
- 技术实现要点
- 安全架构
- 部署和运维
- 开发者体验
- 性能指标和参考案例
- 路线图和未来展望

2. 技术架构

2.1 架构图

总体技术架构



2.2 系统组件

- 设备服务

负责设备管理接口、设备升级、参数配置

- 规则引擎

负责数据处理、计算、统计（当前被耦合在设备服务中，未来将独立）

- 告警服务

负责按告警规则派生告警

- 通知服务

负责发送通知

- 转发服务

负责处理对外部业务平台转发消息

- 微服务管理

统一管理各微服务，包括配置、部署、维护、授权。

- API网关

统一的请求入口，对请求进行路由、负载均衡、安全防护、限流熔断等，并负责微服务的接口发布、服务认证

- 消息服务

MQTT 服务器，负责通过 A-Link 协议接入设备

- 消息总线

负责平台内部消息流转，消息分片等，优点是业务解耦、削峰填谷，充分调动服务资源协同。（未来引入专门消息总线）

- 数据库

采用postgresql主从集群部署，灵活运用垂直分库水平分表，结合服务分片使用（未来引入时序数据库）

- 多级缓存

客户端缓存、redis高速缓存/集群，为系统层级中所有查询提供更高的响应

- 对象存储

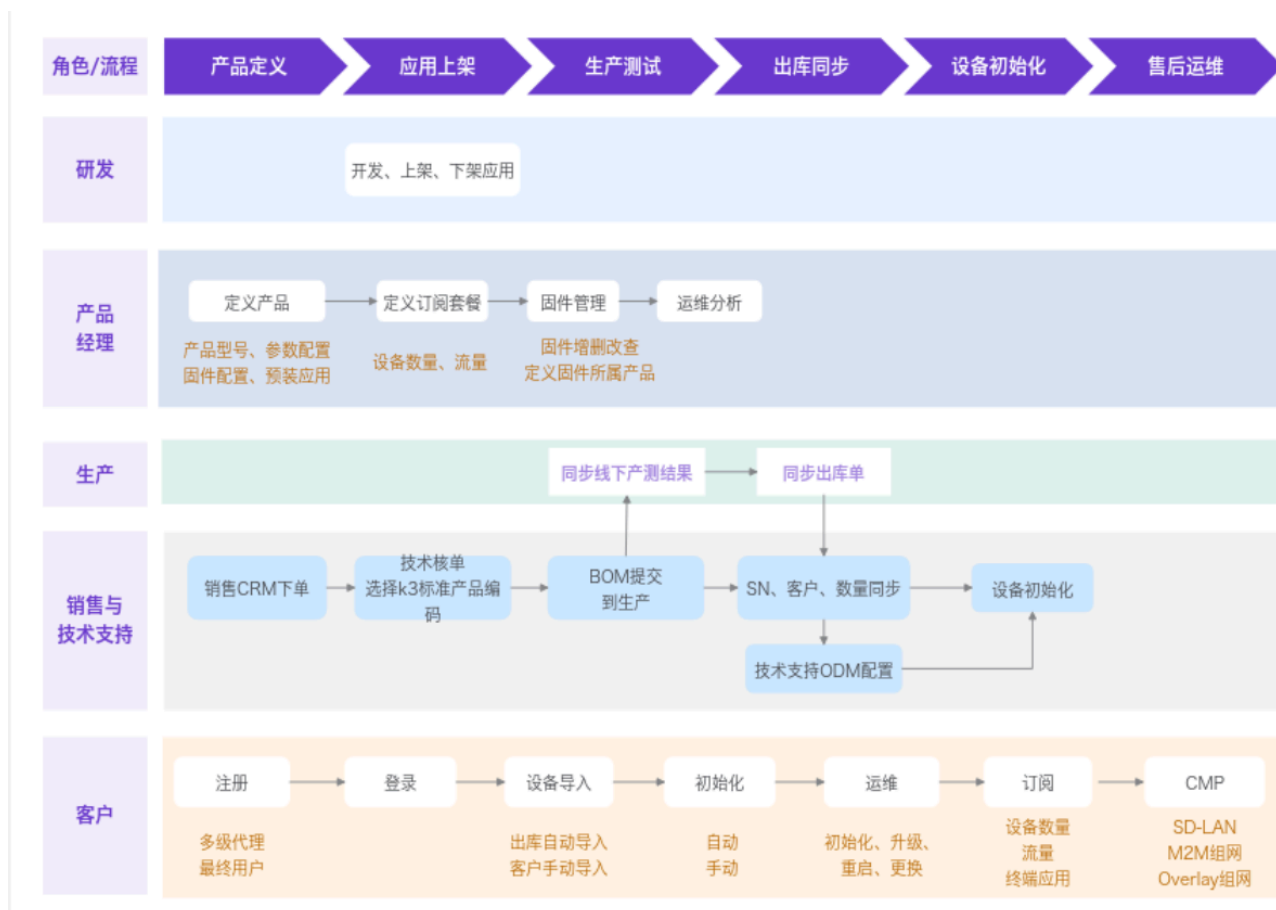
oss云存储方式更方便更安全，支持文件分布式存储，故而数据容灾性更好，弹性扩容时不需要数据迁移等人工干预（未来引入对象存储）

3. 核心功能设计

3.1 设备全生命周期

平台可以完全覆盖 ATU 终端从销售、研发、生产、测试、交付、运维、售后的全生命周期，并对 ATU 的下位机（包括通过宏电 E-LINK 生态协议接入的下位机、或通过其他协议接入的下位机）进行数据采集、配置，完成业务数据的存储、展示、转发。

就具体功能模块而言，平台包括生产测试、资产管理、用户认证、设备管理、任务管理、数据分析、规则引擎、告警管理、通知管理、数据转发、系统管理、工单管理、计费管理等10多个功能模块。



3.2 软件定义

宏电一体化系统的设计思路，就是要通过平台定义终端的所有能力，让终端可以按需生产、让终端的能力可以按需扩展。

• SD-ATU（软件定义ATU）

首先，宏电的 ATU 终端，通过高度模块化的设计，使得硬件能力标准化，并基于A-BUS总线实现板间积木式扩展。而平台，则通过软件定义的方式，赋予 ATU 终端强大的能力，比如。

通过平台的“产品“功能，可以灵活定义满足用户需求的ATU配置表，包括固件、参数配置、数据模型、预装应用、下位机数采配置模板等终端能力要素。

当 ATU 终端连上平台：平台会按照产品中所定义的终端能力，对终端下发固件、初始参数配置、应用安装包、授权（license）等，将终端初始化为一个满足用户定义的ODM交付物，极大降低了产品研发、生成、呆滞物料以及质量成本，从而节省客户购买产品的总成本。

在使用ATU终端的过程中：这种软件定义，也在各种细节中体现，比如，对下位机的采集配置，会按照产品中的定义的配置模板下发；比如终端上报的信息，会按照产品中定义的数据模型的约定去展示。

在需要对 ATU 进行能力扩展时：不需要将 ATU 返厂，或由原厂进行技术支持。用户可在应用市场中选择应用，自主下发到 ATU 上，扩充 ATU 的能力。

• SD-Network（软件定义网络）

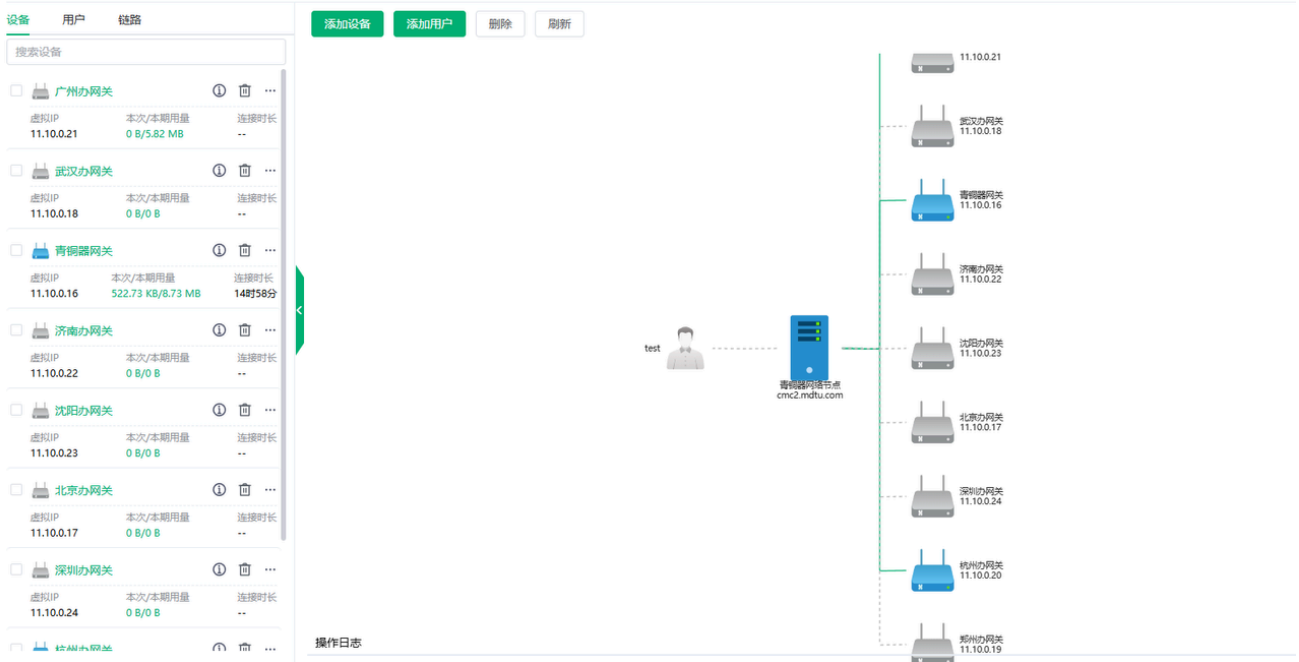
以 SDN 技术，建立基于公网的私有物联网通信网络，并实现按需组网与调度，建立安全、可靠的数据链路。

注：当前实现了多个ATU集中接入同一VPN节点，实现ATU 及其下位机间的自动化通信和数据共享。后续将基于 VXLAN 实现更复杂更灵活的组网，以及实现智能选路、智能流量管理、流量分析等应用。

网络概览



网络拓扑



3.3 少工程和免维护

宏电的一体化系统，最为看重产品为客户带来的真正的价值，而不是浮于表面的价格竞争，对于终端的全生命周期而言，终端的总体拥有成本（TCO）包括设备采购成本、运维成本、升级成本、安全成本，以及由于无法扩展带来的替换成本。

宏电的一体化系统，可以大大降低，使用终端的总体拥有成本（TCO）。这一切是因为平台强大的能力节省了设备对接调试、替换、升级、运维、功能扩展带来的沟通、人力、差旅、废料、安全、风险等人力物力成本。

• 设备无感配置

基于软件定义，无需技术人员到现场进行组装、配置、调试，ATU通电即自动连接平台，并按前期定义的设备配置表自动下载固件、参数配置、数据模型、预装应用、下位机数采配置模板等，完成设备初始化配置、调试与重组任务。做到以很少的工程量，完成项目，甚至不需要出差，一切都在远程操作完成，大大降低人力和差旅成本。

☰

0 产品管理

🔔 告警模板

🔔 通知模板

📁 固件推送

← M90B_TEST 🔁 刷新

产品编码: M90B_TEST 产品类型: 网关

传感器

设备配置

系统量

固件配置

应用配置

设备模型

产品影子

✓ 保存配置

表单模式

配置名称	配置字段	字段类型	配置内容	操作
▼ 设备配置				
▼ 业务参数	app	对象		添加 删除
▼ 高级参数	advanced	对象		添加 删除
▼ 测距参数	dist	对象		添加 删除
测距距离1 (mm)	delDist1	数值	0	添加 删除
测距距离2 (mm)	delDist2	数值	0	添加 删除
测距行人阈值 (mtr)	delThresh	数值	0	添加 删除
距离修正偏差 (mtr)	distBias	数值	0	添加 删除
距离修正系数	distCoeff	数值	1000	添加 删除
测距滤波系数	filterC	数值	20	添加 删除
测速模式	freqMode	数值	0	添加 删除
跳变帧计数	jumpCnt	数值	3	添加 删除
距离跳变阈值 (mtr)	jumpTh	数值	255	添加 删除
背景建模	sceneMdl	数值	1	添加 删除
距离信号阈值	signalTh	数值	2000	添加 删除
▶ 专家参数	expert	对象		添加 删除
▶ 测速参数	vel	对象		添加 删除
▶ 基本参数	base	对象		添加 删除

● 全域态势感知

在 GIS 地图中，可以快速查看用户全域的设备状态、链路状态、网络状态、运维信息等



● 多维设备列表

区别于传统的设备列表，平台提供的设备列表，将多种维度的设备信息整合，包括设备运维信息、下位机数据、告警提示、更新提示、操作等整合到设备记录中。

数据模式设备列表

添加 编辑 删除 调整分组 下发配置 调整产品 添加到标签 维修 导入/导出 升级 重启 更换 更多

精简模式 数据模式

<input type="checkbox"/>	>	硬件测试设备1	传感器: 3 个	今日流量: --	今日在线: --	产品: M90A TEST	删除 添加传感器
<input type="checkbox"/>	>	1601-24-chen	传感器: 0	今日流量: --	今日在线: --	产品: M90B TEST 有告警 有更新	删除 添加传感器
<input checked="" type="checkbox"/>	>	ATUSEL2506190006-kfj	传感器: 2 个	今日流量: 4.37 KB	今日在线: 14时	产品: RTU-H5110-A-SE	删除 添加传感器
设备名称: ATUSEL2506190006-kfj Devid: A1Mb94caad8d6c14ce SN: ATUSEL2506190006 产品: RTU-H5110-A-SE 在线状态: 在线 末次交互: 2025-07-16 14:05:00 今日在线: 14时 扩展板: COM8,DIO 任务状态: 重启/执行完成 网络: -- SIM卡: -- IP: -- 所属分组: 宏电水业 标签: WAN MAC: -- 设备型号: -- 固件版本: S01A_APP_V1.5.7_2506301104.img 位置: -- 传感器列表							
rain							删除传感器
VT: 11.187 tm: 2025-07-16 14:05:00 SP: 0 年累计雨量: 3.9 mm 5mins时段雨量: 0.0 mm 当前降雨量: 0.0 mm							
<input type="checkbox"/>	>	HDRTOSADB4C876					删除传感器
水位: 27.426 m VT: 11.137 断面流速: 0.000 m/s 流向: 0 count tm: 2025-07-04 16:19:00 流速信号强度: 0.000 mm 水位信号强度: 1061796864.000 mm SP: 0 横滚角度: 0.000 °							

精简模式设备列表

添加 编辑 删除 调整分组 下发配置 调整产品 添加到标签 维修 导入/导出 升级 重启 更换 更多

精简模式 数据模式

<input type="checkbox"/>	>	wcp081	传感器: 3 个	今日流量: --	今日在线: --	产品: 水务RTU软网关	删除 添加传感器
<input type="checkbox"/>	>	S10A	传感器: 0	今日流量: --	今日在线: --	产品: H8870	删除 添加传感器
<input type="checkbox"/>	>	HDRTOS8DE65050	传感器: 3 个	今日流量: --	今日在线: --	产品: M90A TEST	删除 添加传感器
<input type="checkbox"/>	>	1000407192692441	传感器: 0	今日流量: --	今日在线: --	产品: RT-H8x	删除 添加传感器
<input type="checkbox"/>	>	HDRTOSD92C21F9	传感器: 3 个	今日流量: --	今日在线: --	产品: M90A TEST	删除 添加传感器
<input type="checkbox"/>	>	1601-24-LL	传感器: 0	今日流量: --	今日在线: --	产品: M90B TEST 有告警 有更新	删除 添加传感器
<input type="checkbox"/>	>	H1601-24洪湖公园	传感器: 0	今日流量: 226.3 KB	今日在线: 13时59分	产品: M90B TEST 有更新	删除 添加传感器
<input type="checkbox"/>	>	硬件测试设备1	传感器: 3 个	今日流量: --	今日在线: --	产品: M90A TEST	删除 添加传感器
<input type="checkbox"/>	>	1601-24-chen	传感器: 0	今日流量: --	今日在线: --	产品: M90B TEST 有告警 有更新	删除 添加传感器
<input checked="" type="checkbox"/>	>	ATUSEL2506190006-kfj	传感器: 2 个	今日流量: 4.37 KB	今日在线: 14时	产品: RTU-H5110-A-SE	删除 添加传感器
<input type="checkbox"/>	>	9008586292841548	传感器: 1 个	今日流量: --	今日在线: --	产品: RTU-H5110-A-SE	删除 添加传感器
<input type="checkbox"/>	>	ATUSEL2506270008	传感器: 3 个	今日流量: --	今日在线: --	产品: RTU-H5110-A-SE	删除 添加传感器

注：后续系统演进中，将拓展视频、声光，以及更多维度统计信息的可视化展示

● 产品固件和告警规则推送

系统管理员（开发者）可以更新产品的固件，推送到需要的租户。租户会收到更新通知，自主决定是否更新固件，可一次性更新该产品的所有设备，或者更新某台设备固件。



系统管理员（开发者）可以定义告警规则，推送到租户。租户即可以使用最新的告警规则

产品管理

告警模板

通知模板

固件推送

告警名称

告警名称

告警条件

请选择

告警等级

请选择

Q 搜索

重置

添加

删除

<input type="checkbox"/>	<div></div>	告警名称	告警标识	告警级别	告警模式	阈值	是否故障	自动处理	触发方式	操作
<input type="checkbox"/>	1	ATU变量告警测试	ATU变量告警测试	一般告警	越上限	>12	是	人工	每次	编辑
<input type="checkbox"/>	2	M908_横滚角大于30	M908_横滚角大于30	危险告警	越上限	>30	是	人工	每次	编辑
<input type="checkbox"/>	3	M908_横滚角小于-30	M908_横滚角小于-30	危险告警	越下限	<-30	是	人工	每次	编辑
<input type="checkbox"/>	4	M908_俯仰角大于25	M908_俯仰角大于25	危险告警	越上限	>25	是	人工	每次	编辑
<input type="checkbox"/>	5	M908_俯仰角小于-15	M908_俯仰角小于-15	危险告警	越下限	<-15	否	人工	每次	编辑
<input type="checkbox"/>	6	ATU系统量告警	ATU系统量告警	一般告警	上下限之间	>15,<10	是	人工	每次	编辑
<input type="checkbox"/>	7	链路中断告警	sdnLinkDisconnect	一般告警	事件		否	自动	每次	编辑
<input type="checkbox"/>	8	离线时长告警	offlineTimeAlarm	一般告警	越上限	>10	否	自动	首次	编辑

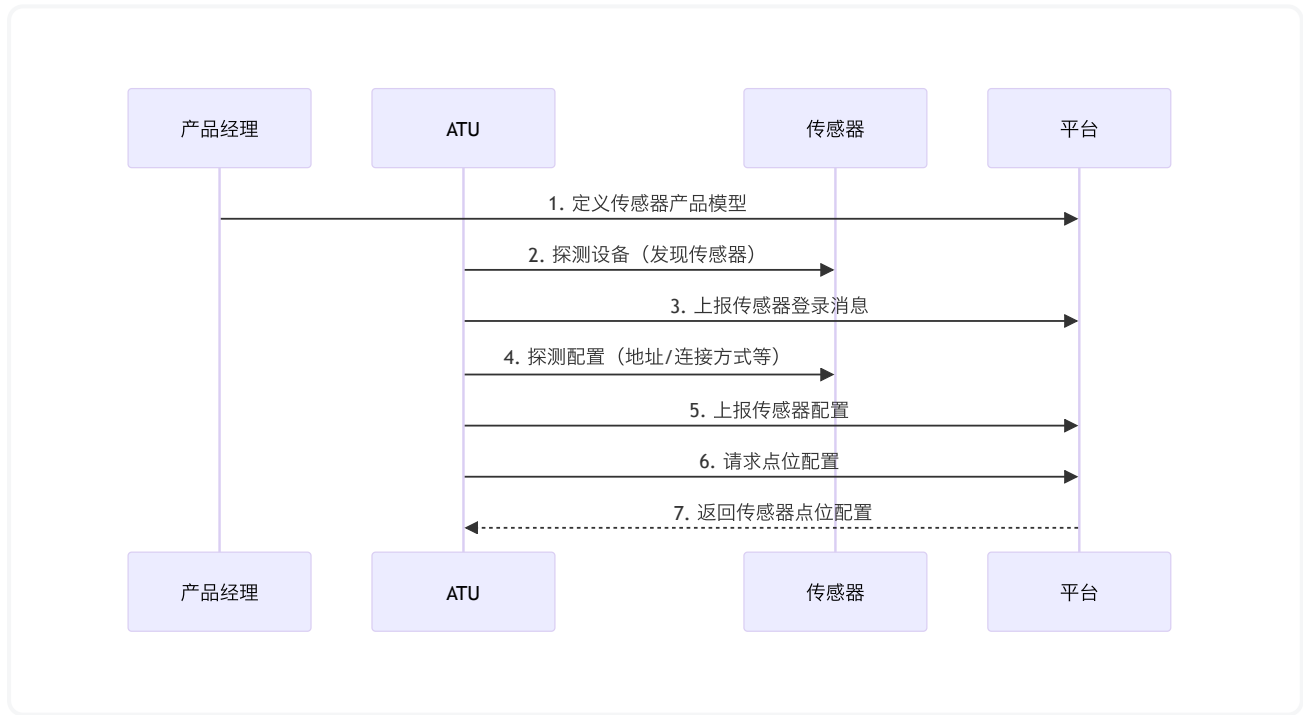


CPU使用	--
内存使用	--
磁盘使用	--
今日流量	--
站点名称:	wcp081
站点性质:	一般站
联系人:	徐广
联系电话:	13986999011
告警状态:	无告警
设备型号:	ssiot-gw-hdwcp
Boot:	--
Kernel:	--
Rootfs:	--



• 传感器自动发现

支持生态内传感器自动发现，平台提供下位机自动登录、上报配置、获取配置等机制，让传感器可以实现设备的零配置自动采集数据、自动上云。



• 设备健康诊断

平台通过大模型对设备日志、数据进行分析，发现测终端可能存在的问题。

值得注意的是，用户可能没有明确说明他们遇到的问题，所以需要假设常见的问题场景。比如，设备无法连接到网络，或者数据传输中断等。因此，在回答中应

涵盖这些可能性，并建议用户检查相关配置和硬件状态。

最后，确保回答清晰、有条理，并且提供实用的建议，帮助用户解决问题。

根据您提供的日志内容，这些记录显示设备（如模组或终端）在不断发送 'AT+CGATT?' 命令以查询 **GPRS 附着状态**。以下是关键信息的解析和可能的问题分析：

1. 日志内容解析

- **命令 'AT+CGATT?'** ##0\$

这是 AT 指令中用于查询 GPRS（通用分组无线服务）附着状态的指令。

- **返回值 '+CGATT: 0'**: 表示设备 **未附着到 GPRS 网络** (detached)。

- **返回值 '1'**: 表示设备已成功附着到 GPRS 网络 (attached)。

- **日志格式示例**

[07-16 13:24:45.170] modemd[1316]: AT+CGATT? -> +CGATT: 0

- 'modemd[1316]': 可能是设备的模组管理进程。

提问

提问

注：后续系统演进中，将建立专业化的知识库、拓展设备自动巡检、基于自然语言交互的规则引擎、设备智能标签等一系列 AI 能力

● 多维度批量操作

可按产品、标签、机构等多个维度，对设备进行批量操作（升级、配置、重启等）。运维人员的批量操作灵活性大大增加。

标签维度

机构

标签

产品

输入关键字进行过滤

设备标签

已升级

待升级

水业

夜间流...

信号差

发热大

搜索设备

Q 搜索

添加 编辑 删除 调整分组 下发配置 调整产品 添加到标签 维修 导入/导出 升级 重启 更换 更多

<input type="checkbox"/>	>	H1601-24_jypang	传感器: 0	今日流量: 16.19 KB	今日在线: 2时	产品: M90B TEST
<input type="checkbox"/>	>	ATUXXX2507140002	传感器: 0	今日流量: --	今日在线: --	产品: RTU-H5110-A-SE

机构维度

机构

标签

产品

输入关键字进行过滤

搜索设备

▼ 宏电

▼ 宏电M2M

▼ 国内办事处

沈阳办

郑州办

广州办

成都办

济南办

深圳办

杭州办

北京办

武汉办

▶ 宏电水业

添加

编辑

删除

调整分组

下发配置

调整产品

添加到标签

维修

导入/导出

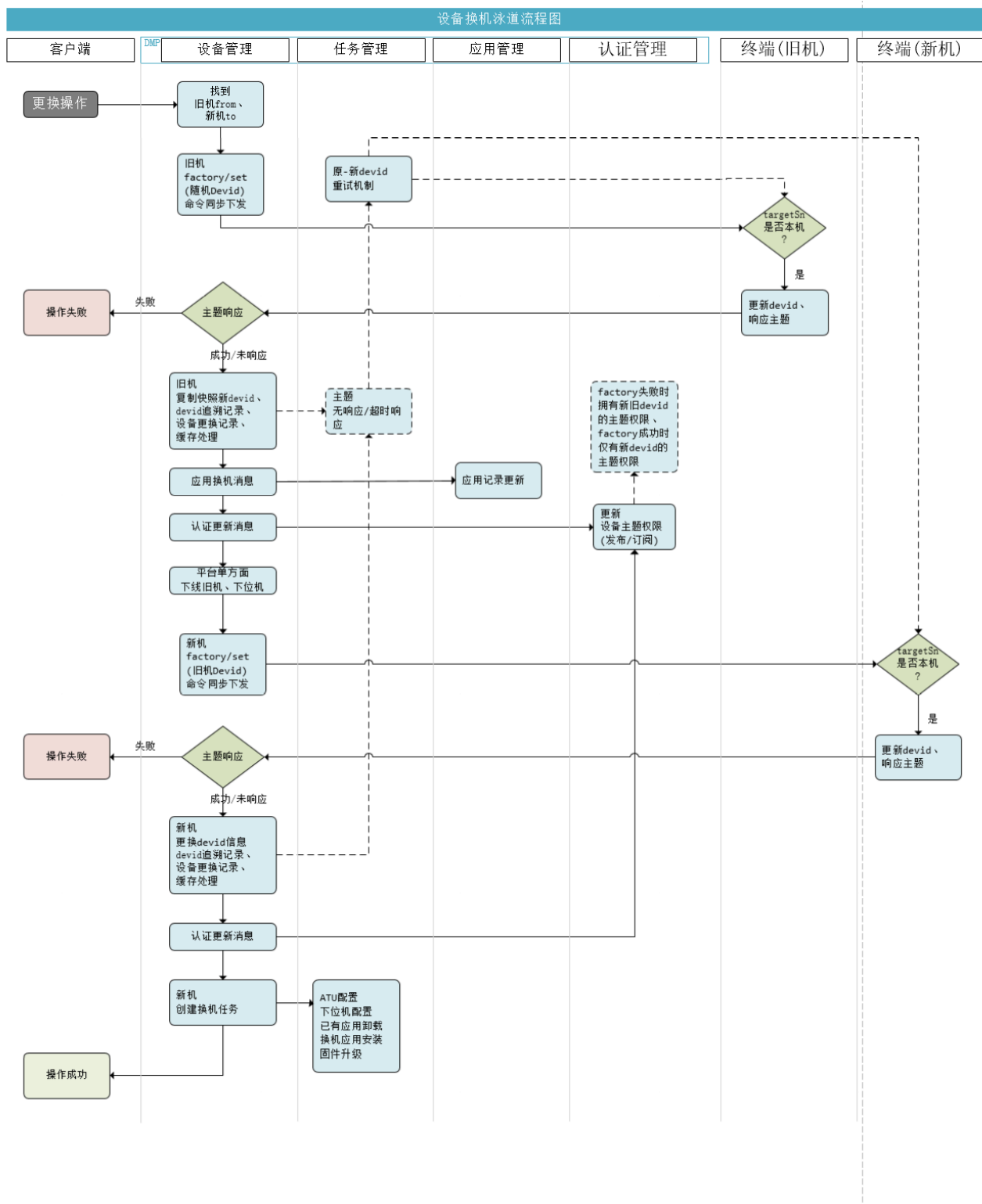
升级

重启

更换

更多

<input type="checkbox"/>	>	H1601-24_jypang	传感器: 0	今日流量: 16.19 KB	今日在线: 2时	产品: M90B TEST
<input type="checkbox"/>	>	ATUXXX2507140002	传感器: 0	今日流量: --	今日在线: --	产品: RTU-H5110-A-SE
<input type="checkbox"/>	>	7981-GB	传感器: 0	今日流量: 3.55 MB	今日在线: 14时57分	产品: H8870
<input type="checkbox"/>	>	地下水_LL_1	传感器: 3个	今日流量: 516.07 KB	今日在线: 7时3分	产品: M90A TEST
<input type="checkbox"/>	>	kxli地下水测试	传感器: 3个	今日流量: 1.06 MB	今日在线: 14时42分	产品: M90A TEST
<input type="checkbox"/>	>	M90A102571000011	传感器: 3个	今日流量: 155.14 KB	今日在线: 4时45分	产品: M90A TEST
<input type="checkbox"/>	>	ljs_test	传感器: 0	今日流量: 419.79 MB	今日在线: 14时30分	产品: H8870
<input type="checkbox"/>	>	M90A00Q2507019007	传感器: 3个	今日流量: 417.12 KB	今日在线: 15时	产品: M90A TEST
<input type="checkbox"/>	>	M90A66516 (地下水常在线模式)	传感器: 3个	今日流量: 127.14 KB	今日在线: 14时59分	产品: M90A TEST
<input type="checkbox"/>	>	ATUSEL2504170066	传感器: 0	今日流量: --	今日在线: --	产品: H8870
<input type="checkbox"/>	>	S10A-SDN测试#40	传感器: 0	今日流量: 15.34 KB	今日在线: 14时56分	产品: H8870
<input type="checkbox"/>	>	S10A测试	传感器: 0	今日流量: 139.7 MB	今日在线: 14时22分	产品: H8870



注：当前换机场景实现较为复杂，涉及分布式系统（平台、终端）的多次交互，后续迭代中应简化协议，提升成功率和一致性

• 任务调度灵活可监测





平台的所有下发操作，为保证最终执行效果，以及做到可调整、可观测，全部采用异步任务方式，具备以下特点：

- 等待设备在线才下发任务

- 支持自动/手动重试、取消
- 超时、重试参数可按产品配置
- 支持计划任务

3.4 多租户

在平台上，用户角色分为超级管理员、系统管理员（开发者）、租户管理员、员工。不同角色的用户拥有完全不同的权限。

角色	管理范围	关键能力
 超级管理员	全系统	全局配置、系统监控，不管理
 系统管理员	多租户	定义产品、‘告警/通知模板、」 网络节点、套餐等，不管理设
 租户管理员	单组织	管理和维护一个组织的设备、 等、管理员工
 员工	组织内部分设备	管理和维护组织下的一部分设

3.5 移动端

提供统一的 APP，采用主应用、小应用架构，通过主应用做设备管理，通过小应用满足行业应用需要。



3.6 AI赋能

大模型问世后，人工智能可以做的事情越来越多，带来的价值越来越大，渗入的行业越来越多。在宏电一体化系统的设计中，人工智能从一开始就被深度考虑。

- 设备智能诊断

平台通过大模型对设备日志进行分析，并对长期积累的相关知识库进行检索，形成设备健康分析、设备故障诊断等分析报告，及时发现、甚至预测终端可能存在的问题。

- 设备智能标签

平台通过大模型对设备数据进行分析，根据设备情况，自动打上标签，比如夜间流量大、信号弱、经常断网等标签，方便运维人员及时发现设备问题。

- 智能助手

平台提供智能助手，方便运维人员了解如何使用平台功能

4. 技术实现要点

4.1 大规模设备连接

- 高性能 MQTT

接入层采用高性能 MQTT 服务器，在单节点 (16C32G)机器上，QOS 为 0 的情况下，可以支持

MQTT 长连接数：

无 TLS： 约 500,000 - 1,000,000+ 个连接。

启用 TLS： 约 200,000 - 500,000 个连接。

QPS:

发布操作： 约 50,000 - 150,000+ 消息/秒

订阅交付： 约 100,000 - 300,000+ 消息/秒

连接建立： 约 5,000 - 15,000+ 连接/秒。指新客户端连接到服务器的速率。

- 水平扩展

MQTT 服务器支持水平扩展，2 个节点的性能大约是单节点性能的 1.8 倍，更多节点仍然可以很快速的扩充接入能力。

**值得注意的是：整个平台的性能瓶颈，在于数据处理、入库、计算、统计，不在接入层的连接数。

4.2 设备在线与连接解耦以及双向检测

传统物联网设备在线状态检测存在两大缺陷：

设备状态与TCP连接强耦合：当设备通过多连接通道接入平台，或多个设备共享单一连接时，基于连接状态的判断逻辑失效；

依赖设备定时上报数据：因设备功耗、实现差异或网络环境不稳定，固定心跳间隔无法准确反映设备实时状态。

平台采用自定义 PING 协议的方式，达到：

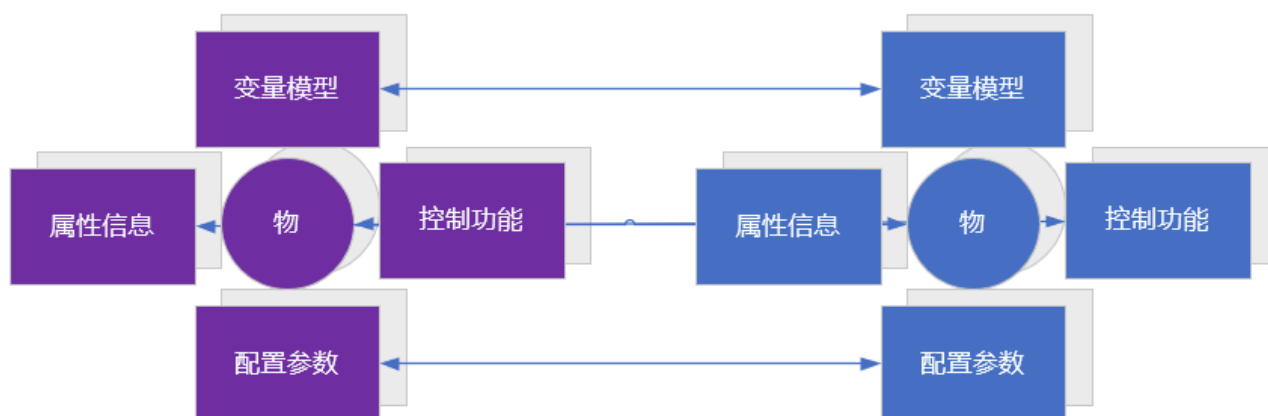
- 1、精准状态检测：通过主动Ping验证设备存活，避免连接状态干扰；
- 2、多连接场景兼容：支持一设备多通道、多设备单通道的复杂拓扑；
- 3、资源优化：按设备类型/分组动态设置检测频率（如低功耗设备延长超时时间）；
- 4、双向检测：支持平台→设备（Ping）及设备→平台的双向存活验证。

角色	主题格式	说明
平台	/iot/{devid}/\$/ping	{d
设备	/iot/\${devid}/ping/ack	响

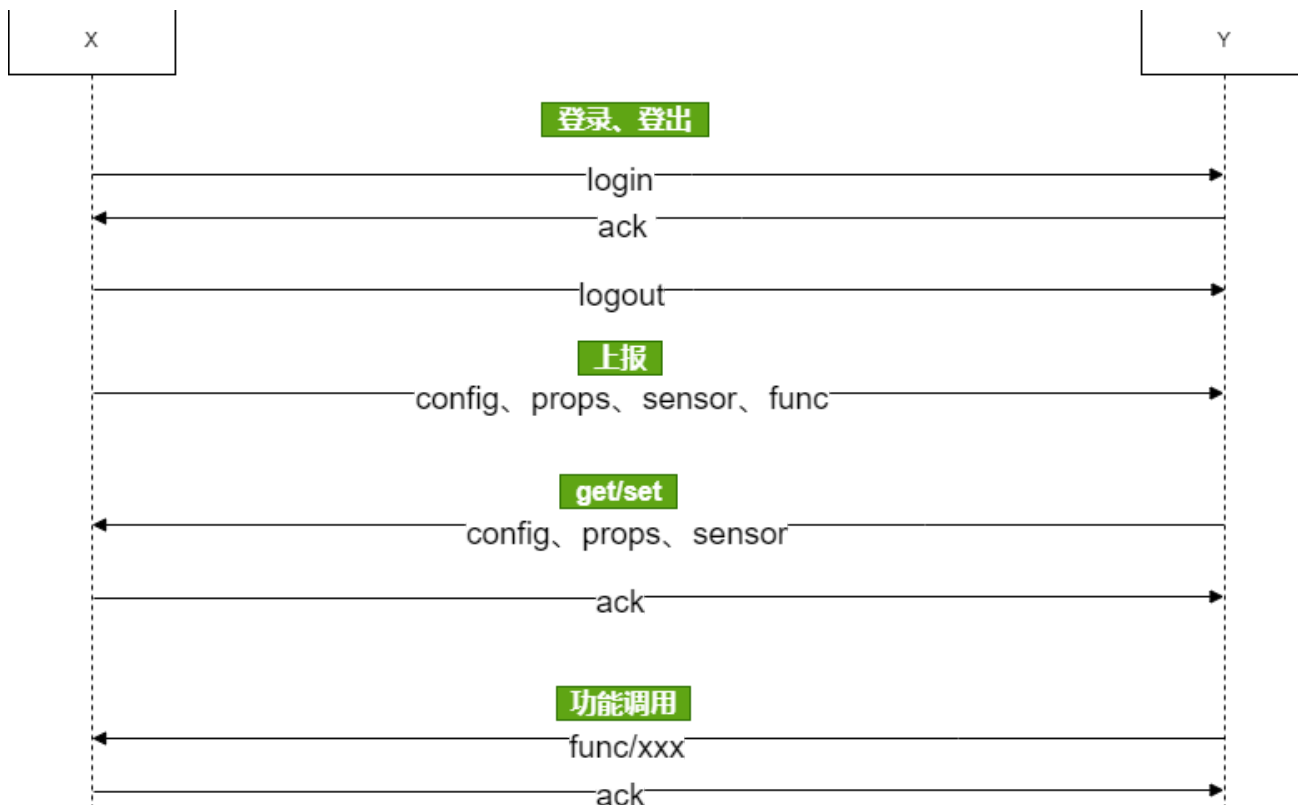
4.3 设备建模和 A-LINK 协议

平台普适性要求物模型的能力要能覆盖工业、生活、农业、交通等各行各业多种不同设备，这要求物模型支持设备最本质的共性，抽象出一套模型，而且具备足够扩展性，可支持复杂的设备和场景的能力。不同行业场景设备复杂度、功能都不一样，从简单的智能家居设备（如智能灯泡），到工厂产线的复杂单体设备（如纺纱机），再到多种设备组成的复杂业务系统（如污水处理厂），设计一套足够描述海量设备的方法是物模型建设面对的首要挑战。

平台通过变量、属性、配置、控制等四类属性定义一个物，这四类属性在内涵、语义有着很清晰的区别，在使用上，开发人员可根据业务场景的需要，将自己的物通过这四类属性定义出来。通过这四类属性，不仅可以支持网关的定义，还可以支持下位机的定义。



A-Link 协议定义了物与平台的通讯，协议的核心是对物Profile中的四类属性（config、props、sensor、funcs）进行的操作。主要流程如下：



A-Link 协议的主题框架具备非常良好的扩展性：

/iot/{目的地址}/{源地址}/{Profile}/{操作}/<扩展>

通过目的地址和源地址的设计，定义了方向和数据流动地址，并不限于终端和平台交互，还可以用于终端和终端交互。

4.4 消息处理架构

当前平台消息处理架构，采用高性能 MQTT 服务器，既作为接入设备的服务，又作为分发消息给后端消费者处理消息总线。这样做的好处是：**显著降低了端到端延迟，并可能减少序列化/反序列化、网络传输、磁盘 I/O 的开销**。这对于**实时性要求极高的场景**（如实时控制、告警）的 QPS 提升是有利的。

但也有显著的劣势：

- 1、无法提供**持久化、有序、可重放**的消息日志，即当下游系统宕机，数据也不会丢失，重启后可以继续消费。
- 2、无法**削峰填谷**。当设备产生海量数据或平台处理临时变慢/重启时，MQTT服务器本身**不具备强大的缓冲能力**。如果处理跟不上 EMQX 的推送速度，消息积压可能导致：
 - 内存压力剧增 (如果消息堆积在内存)。
 - 客户端 QoS 降级或断开 (如果配置了流控)。
 - 最终可能**丢失消息**。这对于关键数据采集场景通常是不可接受的。

3、消息无法分片，提供给多个下游处理进程，下游处理能力无法水平扩展。

因此，后续系统演进中，考虑引入新的消息总线，提高可靠性、健壮性、吞吐量。

4.5 热点数据存储

物联网平台是典型的写多读少的系统，但在数据写入过程中，需要关联查询很多信息，而高频率的数据库查询，即使有索引，对数据库来说，也是很大的负载。

因此，为了提升平台的 QPS，平台将经常查询和使用的数据（即热点数据），存入缓存中。缓存分为**进程内存缓存 (纳秒级)**和**分布式缓存 (微秒到毫秒级)**两级。这种分层缓存架构是优化 IOT 平台性能、降低数据库负载、提升用户体验的关键策略。

例子：

- 1、平台对实时数据做了两级缓存，查询时只查进程内存，入库时数据只入 redis。有效提升了实时数据查询入库、查询效率。
- 2、告警规则触发，需要关联查询设备数据当前值、规则、租户等多种信息，相关信息做了缓存，有效降低告警触发延时，降低数据库负载。

4.6 时序数据存储

IoT 设备时序数据具备海量、异构、超高写入 QPS、高查询 QPS、时间序列等特点。如何对海量异构的时序数据进行存储，决定了能否承载超高写入 QPS 和高查询 QPS 的流量、能否提供持续稳定的服务。

• 批量写入、顺序写入

不做任何查询、删除，直接批量写入，利用磁盘顺序写机制，做到快速写入

• 多维度分表

平台支持按设备、时间两种维度分表，满足不同规模设备，不同查询条件的需求。

当前采用 PGSQL 数据库，PQSQL 可以提供均衡的关系型数据能力和时序数据存储能力，但对于时序数据的在入库和查询方面的优化并没有做到极致，在后续演进中，将考虑选型一款时序数据库，对时序数据单独存储。

4.7 国际化

平台的国际化主要挑战是须翻译的数据来源多样，包括：前端组件、菜单/按钮、中文图标、后台返回提示、配置数据（字典、产品、规则等）。需要设计一套尽可能简洁的机制，在同一套代码的前提下，让多样的数据来源能够翻译成英文。

平台目前通过建立统一的数据映射的方式，在底层库进行转换（尽量不改动上层代码），做到了大部分数据的翻译。

4.8 一致性设计

由于网络不可靠，终端低功耗等因素，物联网平台和终端之间的交互，如果不精心设计，就会存在很多场景下终端和平台状态不一致、分布式的事务无法完成情况。不一致可能导致错误决策、设备失控或系统故障。保证一致性需结合多种技术策略。

分类	机制/策略	描述	适用
消息确认机制	收到消息后回复	通知发送方消息已收到，保证消息至少一次送达	
重传机制	指数退避策略	未收到ACK时按递增延迟重发，避免拥塞	需设
数据同步策略	状态同步	设备定期上报全量状态	简单
	事件同步	仅上报变更事件+时间戳	高效
	版本号/时序控制	每次更新携带版本号或逻辑时间戳	平台据)
幂等性设计	唯一操作ID（Operation ID）	平台指令携带全局唯一ID（如UUID）	设备
	状态机校验	执行前检查设备状态是否允许操作	如“步
事务补偿机制	平台端事务日志	记录指令及ACK状态，定时扫描未确认指令	需设
	设备端确认回调	设备执行成功后主动回调平台确认	减少
	最终一致性保障	超时未确认时触发补偿流程（重试/告警/人工干预）	需定
离线处理与缓冲	设备端队列缓存	网络断开时缓存数据，恢复后按序上传	使用

	平台端任务队列	使用持久化的任务队列	确保
--	---------	------------	----

典型场景采用的一致性设计

设备状态上报	事件同步 + 版本号 + 平台覆盖写入（拒绝旧版本）
平台远程控制设备	QoS 1 + 唯一操作ID + 设备端状态机校验 + 平台
批量设备固件升级	分批次下发 + 进度状态上报 + 断点续传（记录4
设备配置同步	配置版本号比对 + 差异下发（设备主动拉取或平

5. 安全架构

5.2 通信安全

- 传输加密

支持 MQTT over TLS 1.2

- 协议级认证

采用单向认证（服务端）

5.3 设备安全

- 身份认证

所有设备或客户端，都需要通过认证才能连接到 MQTT 服务器

- 一机一密

每台设备拥有独立的密钥，在首次连接平台时写入

- 主题限制

每个客户端均可独立控制发布和订阅的主题。设备只能发布和订阅自己的主题

- 通信 ID

每个设备拥有自己的通信 ID，用于与平台通信，在首次连接平台时写入

- 漏洞管理

定期扫描生产环境漏洞。

- **防火墙**

生产环境仅开放必要端口 2 个：f 设备接入端口、API 端口。

- **统一入口**

平台所有 API 都由统一入口，分发到后端服务。

- **统一鉴权**

平台所有 API 采用统一鉴权方式，采用无状态鉴权和有状态鉴权结合方式。

无状态鉴权采用 JWT 技术过滤过期或非法请求，较少后端鉴权压力。

有状态鉴权保存用户状态数据、权限数据在缓存中，根据状态判定用户认证是否通过，以及相关权限是否可用

- **服务守护**

平台所有中间件、服务都有守护机制，服务意外挂掉后，会被拉起

- **API防护**

API 支持速率限制、JWT签名验证、SQL注入防护。

6. 部署与运维

6.1 部署模式

全自动安装，5 分钟内可完成安装

- **公有云**

支持在 AWS、Azure、GCP、阿里云、华为云等主流公有云平台上的部署

- **私有云**

支持在客户自建服务器部署，支持有公网和无公网环境部署

- **混合云**

支持公有云和私有云，按服务拆分混合部署

6.2 运维工具

- **自动化构建**

1、 自动化构建工具拉取测试环境数据库中必要的数据结构/数据，作为初始化脚本

2、 自动化构建工具拉取当前发布版本的代码，进行编译

3、 自动化构建工具自动发布 docker 镜像

- 自动化获取安装包和启动

采用容器技术 docker-compose 编排工具，自动获取最新镜像，并启动

- 服务统一监控

服务由微服务管理器监控和守护

- 操作日志

用户操作日志统计记录

6.3 可伸缩性策略

- 水平扩展：

当前暂不支持水平扩展，即无法通过将同一服务部署多个实例的方式分担压力

- 垂直扩展

当前可支持垂直扩展，由于平台采用微服务架构，不同服务可以部署在不同服务器上。

6.4 高可用与容灾设计

当前暂不支持，后续演进中支持

7. 性能指标

- 测试环境

2 台 8 核（Intel Xeon E5-2660 v2 @ 2.20GHz）16G 内存服务器

操作系统：CentOS 7.9

客户端：JMeter

- 性能指标

支持 10W 设备连接，每台设备 5 分钟上报 1 次系统量（包大小1kb），在不开启统计服务的情况下，系统正常平稳运行。在开启统计服务的情况下，CPU 利用率间歇性达到 100%

支持 1W 个设备同时连接控制器，ATU连接稳定后，CPU使用率峰值16.94%、内存使用率峰值66%，资源消耗较低，系统运行稳定。但同时新建1W终端进行连接时，CPU使用率非常

峰值达到91.9%，系统运行存在临时瓶颈。

8. 开发者体验

- **API 文档**

提供 API 文档

- **SDK 包**

提供 Java 语言 SDK

- **技术支持**

对开发者提供技术支持

- **开发者社区**

暂无

9. 生态合作

宏电的一体化系统，以 A-LINK 协议、E-LINK 协议、平台 SDK、应用市场为基础，构建与外围合作伙伴（传感器厂家、行业应用开发厂家）的生态。

- **ELNK**

传感器合作伙伴可以通过 E-LINK SDK，与 ATU 深度互联，进而使用 ATU 的能力，平台的能力，也能将传感器通过平台触达用户。

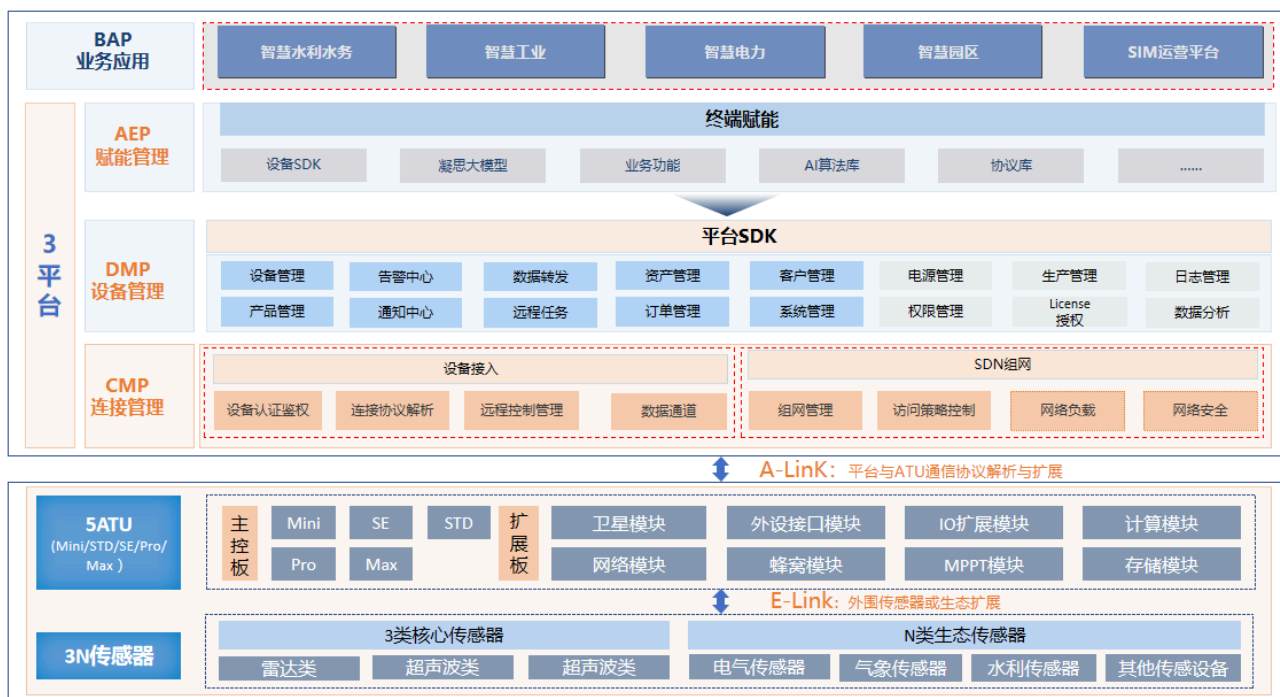
- **终端应用**

传感器合作伙伴还可以按照宏电应用市场的规范，开发终端应用，上架到应用市场，提供给用户便捷的方式，去使用传感器的强大能力。

- **行业应用**

行业应用开发厂家，可以使用平台 SDK，触达 ATU 终端和传感器，开发出具备强大物联网能力的行业应用系统。

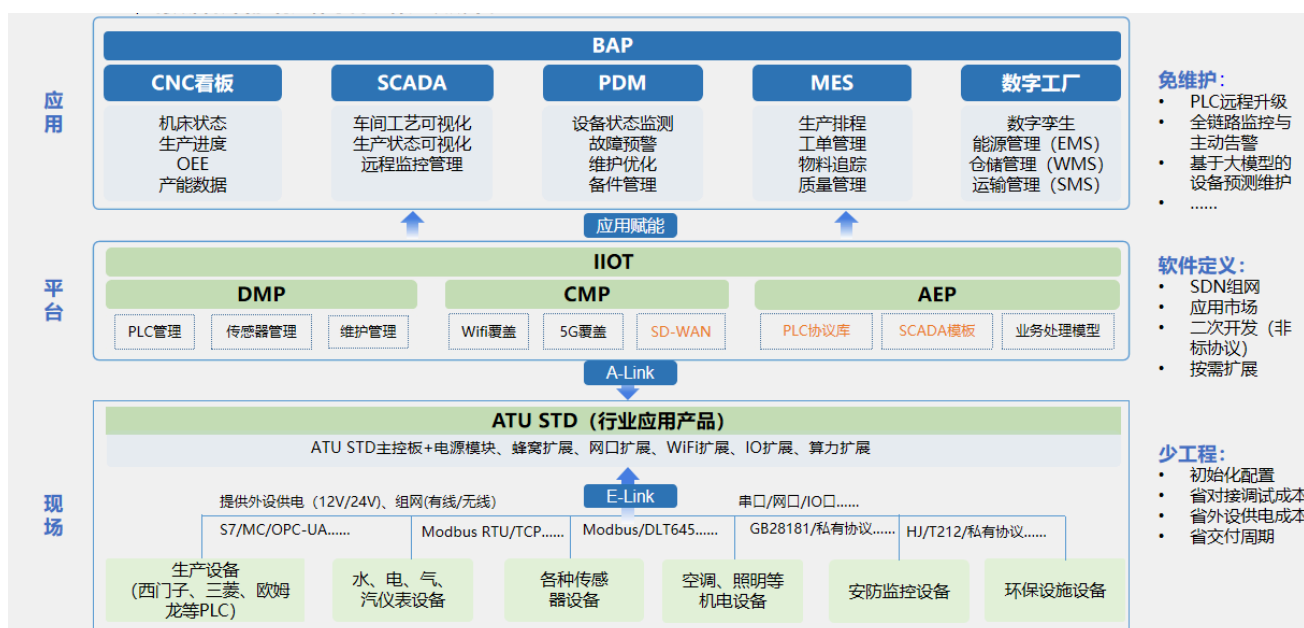
10. 应用场景



10.1 智慧工业

1、新一代工业数据采集一体化解决方案

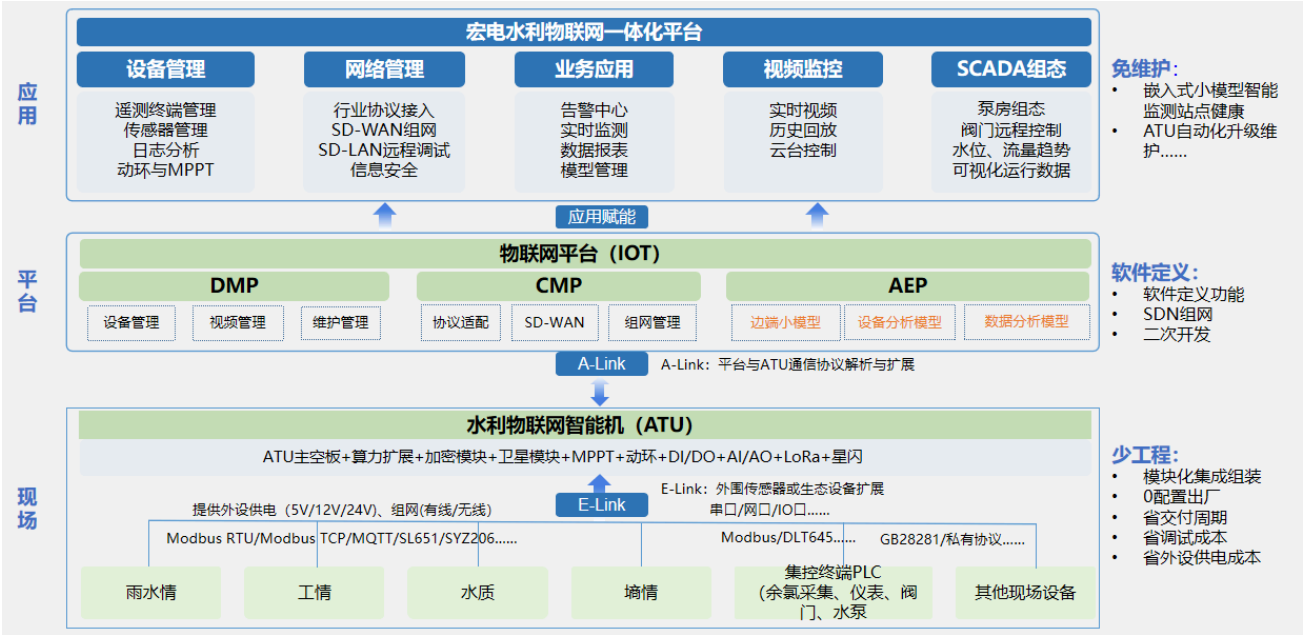
基于一体化平台强大的物联网底座能力，建立统一、标准的数据中台。软件定义实现数采灵活配置与动态调整，减少硬件网关依赖。通过AI进行数据清洗、异常检测和预测性维护，提升数据质量、简化数据消费流程。模块化的架构设计和自动化免维护机制，降低系统集成和部署的复杂度以及人工干预需求，提供长期稳定的数采系统，有效降低智能制造体系的总体建设成本。



10.2 智慧水务

1、新一代水利物联网一体化解决方案

以水利物联网智能机（ATU）为核心，融合数字签名、加密传输、软件定义、AI赋能等技术，构建一体化的智慧水利信息化系统。



11. 路线图

11.1 近期计划（2025）

• 功能增强

在设备智能诊断、知识库、应用使能、流量运营等方向上提供更好的功能体验

• 技术改进

完善安全、监控、高可用机制，支持水平扩展

11.2 技术趋势跟进

• 智能体技术

采用智能体技术，在以下方面提升平台体验：

- 1、用户操作自然语言化
- 2、规则创建、规则冲突检测语义化
- 3、提升设备巡检智能化程度