

## 1. 终端层（设备层）

- **核心控制器**: 采用 STM32 或 ESP32 作为主控 MCU，运行 FreeRTOS 等实时操作系统
- **传感器模块**: 电流/电压传感器用于电能计量，温度传感器用于过热保护
- **安全机制**: 集成 Secure Boot 防止恶意固件刷入，硬件加密引擎保障数据安全

## 2. 网络层（通信传输）

- **通信协议**: 主用 MQTT 协议实现设备与云端通信，适合低带宽物联网场景
- **传输安全**: 采用 TLS/SSL 加密通道，防止中间人攻击
- **边缘容错**: 支持本地数据缓存，在网络中断时确保基础功能可用

## 3. 平台层（云服务）

- **设备接入**: MQTT Broker 处理海量设备并发连接
- **规则引擎**: 基于 Drools 实现智能策略（如峰谷电价自动调整充电功率）
- **数据存储**: 时序数据库存储实时监测数据，关系数据库存储业务数据

## 4. 应用层（业务应用）

- **多端访问**: 支持 Web 管理后台、移动 APP、运维大屏等多种终端
- **核心功能**: 包含设备监控、用户管理、计费账单、统计分析等模块

## 关键数据流程

### 1. 上行数据流（采集→云端）:

- 设备状态数据（心跳包、故障报警）
- 充电实时数据（电压、电流、电量、温度）
- 用户操作日志（启停记录、认证信息）

### 2. 下行数据流（云端→控制）:

- 控制指令（启停控制、参数配置）
- 固件升级包、费率策略更新

## 体系结构图如下

