WHITE PAPER 2026

MyEMS

开源能源管理系统白皮书

以计量关系为核心的能源与碳核算底座

定位、能力、架构取舍与实施路径

版本 6.10.0

2026 年 10 月

北京海识软件有限公司 https://hassoft.cn

MyEMS 开源社区 https://myems.cn

本白皮书依据公开资料、《MyEMS 开源能源管理系统架构设计文档》与源码仓库信息编写。文中的官方陈述、文档事实与作者推算已分级标注，测算口径与假设见正文说明。

内容提要

制度的约束口径已经从吨标准煤转向吨二氧化碳当量。国办发〔2024〕39 号明确“十五五”时期以碳排放强度作为约束性指标，全国碳市场在 2025 年 3 月扩围至钢铁、水泥、铝冶炼三个行业，新增约 1500 家重点排放单位、约 30 亿吨二氧化碳当量，并要求月度存证与三级数据审核。能耗、成本、碳排三条账第一次被同一套制度同时追问。

多数企业并不缺系统，缺的是核算。看板能显示实时曲线，却说不清一块表属于谁、一段消耗算给谁、按什么口径折算、出错时怎么改。白皮书把这一差距收敛成六项判断标准：对象模型、点位绑定、数据质量、口径变更、多维聚合与可迁移性。三项以上不达标，系统就只是监测工具。

MyEMS 以七类对象共用一套聚合结果、三条核算链共用一份能耗值、十三个数据库按用途分层的方式回答这些问题。这套结构用共享数据库与预计算换来部署轻量、离线可用与结果可复核，用固定维度换来跨项目交付的一致性；它定位在以日、月为管理周期的单项目深度核算，秒级闭环控制与贸易结算级计量由专业系统承担。

收益与边界写在同一份结构里：报表滞后一个时段，换来查询只扫窄表、响应与数据量弱相关；维度扩展要新增物化表，换来一次配置可复用到全项目；前端双栈与多库兼容带来维护投入，换来跨库交付与国产数据库适配的自由度。把八项技术决策的收益与边界一并写进立项文件，比在功能清单上打勾更能降低失败概率。

钱的大头不在软件。示例项目投资 100 万元，计量改造占四成、实施服务占三成半；在年电费 1700 万元、节能率 3% 至 8% 的情景下，静态回收期为 2.1 年至 0.8 年。项目成败最终取决于三件事：计量是否到位、口径是否冻结、是否有人真正接手。

目　　录

第一章 白皮书说明 1
一、这份文件要回答的问题 1
二、证据来源与可信度分级 1
三、口径、时点与适用边界 2
四、发布立场与使用声明 3
五、阅读路径 4
第二章 能源管理的制度环境与经营约束 5
一、约束口径从能耗转向碳排 5
二、碳市场把数据质量变成现金流 5
三、能源成本的结构性压力 6
四、管理标准给出的框架与缺口 7
五、由此推导出的五项硬要求 7
第三章 现有能源管理系统的结构性缺口 9
一、看板型系统与核算型系统的分界 9
二、协议与数据的碎片化 9
三、重监测、轻核算 10
四、封闭与绑定 10
五、组织维度单一 11
六、可审计性弱 11
七、交付与运维依赖原厂 11
八、六项判断标准 12
第四章 MyEMS 的定位、沿革与开源治理 13
一、定位：把计量关系当作一等公民 13
二、沿革、版本节奏与工程规模 13
三、许可边界与合规要点 14
四、社区版与企业版的能力分布 14
五、上千案例、认证与可持续性判断 15
六、开源能解决什么，不能解决什么 16
第五章 能力体系：六个功能域与能力边界 17
一、采集接入域：把协议差异压缩成配置 17

二、监测分析域：七类对象与多个时间尺度.....17
三、核算域：三条链与三类派生.....18
四、报表输出域：真实表格与可调度报表.....19
五、配置管理域：界面字段即表字段.....19
六、扩展域：AI 分析与行业纵深.....20
七、能力矩阵与能力边界.....20
第六章 技术架构：五层、十三库与两条链路.....22
一、五层结构与进程级隔离.....22
二、领域模型与归属链.....24
三、十三个数据库与四层数据.....25
四、计算链路与时间节拍.....26
五、组件间契约与接口设计.....27
六、部署形态与现场接入.....28
七、非功能设计与可靠性保障.....29
第七章 关键设计取舍与适用边界.....31
一、八项决策与它们换来的能力.....31
二、交换之一：结构简单与实时性.....32
三、交换之二：预计算与口径变更.....32
四、长期维护：前端双栈与多库兼容.....33
五、适用画像与边界条件.....34
六、立项评审要确认的五件事.....35
第八章 典型场景与实施路径.....36
一、五类场景的侧重点.....36
二、六阶段实施路径.....37
三、验收口径与判定方法.....37
四、组织与角色.....38
五、数据质量治理.....39
六、常见偏差与规避.....39
第九章 投入产出与效益评估.....41
一、成本结构：许可为零不等于投入为零.....41
二、收益的三条线.....42
三、节能量怎么算.....42

四、情景测算 43
五、三项容易被低估的投入 44
六、什么情况下可以缓做 44
第十章 选型比较与决策清单 45
一、五类可选方案 45
二、逐类判断 46
三、决策清单 47
四、招标与合同建议 48
五、开源使用的合规要点 48
六、给三类决策者的建议 49
第十一章 风险应对、演进与结论 50
一、技术边界的应对方式 50
二、组织与社区风险 50
三、合规与安全风险 51
四、AI 能力的现实边界 51
五、演进方向 52
六、结论 53
参考资料 54

第一章 白皮书说明

一、这份文件要回答的问题

关于 MyEMS 的中文材料已经不少。官网用一页篇幅列出社区版与企业版的功能差异，源码仓库用 README 说明组件构成与部署方式，《MyEMS 开源能源管理系统架构设计文档》把 11 个组件、13 个数据库和四类组件契约逐条写清。材料齐全并不等于判断容易，一个准备立项的用能单位真正要回答的，是这些能力与自己的账目如何对应，以及为了获得这些能力要接受哪些限制。

白皮书围绕四个问题展开。第一个问题关于环境，碳排放双控接替能耗双控、全国碳市场从发电行业扩围到钢铁、水泥、铝冶炼之后，企业对能源数据的要求发生了什么变化。第二个问题关于现状，已经装了监测系统、已经能在大屏上看到实时曲线的单位，为什么仍然算不清分摊、对不上账单。第三个问题关于方案，MyEMS 用什么结构回应前两个问题，这套结构又要求使用者放弃什么。第四个问题关于落地，一个具体项目怎样从计量改造走到可验收的报表，投入与收益如何估算。

四个问题对应十一章。第一至第三章建立判断背景，第四至第七章说明方案与代价，第八至第十章处理实施、算账与选型，第十一章收束风险与结论。这样的安排有意把产品介绍放在中间而不是开头，因为不了解制度约束与核算难点的读者，很难判断一份功能清单里哪些条目是必要的。

二、证据来源与可信度分级

白皮书的材料分四类，可靠程度不同，使用方式也不同。

读这张表有一个顺序问题，先看来源，再看边界。来源决定一条结论能不能进入立项文件，边界决定它能被引用的范围。文档事实可以直接对照代码与表结构，读者一旦发现不一致，应以源码为准；官方陈述能证明某种能力或案例存在，但不能据此推断项目成功率；作者推断是把前两类事实放进成本与容量模型后的结果，换个假设，结论就会变。

对实施人员来说，这四类材料的使用场景也不同。架构文档适合在配置与排障时查阅，政策原文适合在编写方案与验收条款时引用，官网功能清单适合在需求澄清阶

段比对，测算模型适合在投资评审时做敏感性分析。把它们混在一起使用，最容易出现的错误是把官方陈述当作技术事实，或者把作者推断当作政策要求。

表 1 本白皮书的证据分级

证据等级	来源	在本白皮书中的用法	需要注意的边界
文档事实	《MyEMS 开源能源管理系统架构设计文档》，v6.9.0，2026 年 10 月	组件构成、数据库划分、接口契约、部署参数	描述代码组织与结构，不含生产环境实测
政策原文	国办发〔2024〕39 号、生态环境部行业扩围工作方案及答问	制度环境与合规要求	只引用已公开发布内容
官方陈述	官网功能清单、社区版与企业版对照表、Gitee 仓库页面	功能范围、版本节奏、许可、项目案例与认证	由维护方发布，未经第三方独立核验
作者推断	本白皮书的性能判断、成本模型与情景测算	形成决策区间	均为带假设的估算，需现场复核

分级不是为了给材料排座次，而是让读者知道一条结论在哪一步可能失效。架构文档中的表结构与端口可以直接用于实施，因为它描述的是代码；官网上的项目案例数量可以作为市场验证的参考，但它由维护方统计，白皮书不把它换算成成功率；成本模型里的每一个系数都来自公开报价区间或行业经验，读者应当用自己项目的询价替换。

文中凡属推算的数字都注明“估算”，凡属政策口径的表述都给出文件名称与发布时间，凡属维护方自述的内容都标注来源。这样的写法读起来比宣传材料费力，但它使读者能够沿着结论回到证据。

三、口径、时点与适用边界

白皮书以社区版 v6.9.0 为基准。项目保持每月一个小版本、每年一个大版本的发布节奏，累计发行版 49 个。版本迭代会改变界面、配置项乃至表结构，本文涉及具体字段与端口的内容以架构文档为准，工程实施时应回查对应版本的建表脚本与升级说明。

性能与容量部分给出的是可复核的量级推算。文中行数增长、单表规模与任务耗时，均从表结构、采集周期与调度方式推导，足以判断扩容压力落在采集侧还是报表侧；正式的性能承诺建议在试运行阶段用采集行数曲线与任务耗时曲线标定，两者互为印证。

政策部分截至 2026 年 10 月。碳排放双控的制度框架已由国办发〔2024〕39 号确定，全国碳市场在 2025 年 3 月完成首次行业扩围，后续仍有化工、石化、民航、造纸等行业的扩围准备。读者在项目实施年度引用政策时，应核对最新的重点排放单位名录、核算指南与配额方案。

白皮书不评价具体项目的节能量。节能量的测算依赖基线年的选取、影响因素归一与计量边界，同一套数据在不同边界下可以得出差别很大的结论。第九章给出的是方法框架与情景算法，不是可以照搬的节能率。

四、发布立场与使用声明

MyEMS 由北京海识软件有限公司开发维护，该公司同时以按项目收费的方式提供企业版与技术服务。本白皮书的技术事实主要来自其公开的架构文档与官网，作者在引用时尽量保持口径，并在涉及商业能力时区分社区版与企业版。读者应当知道这一层关系，维护方有推广产品的动机，白皮书的可用之处在于它同时写明了产品的适用边界，读者可以据此判断这套系统与自己的场景是否匹配。

白皮书不构成采购建议、技术承诺或对第三方的评价。文中的方案比较只按公开可验证的维度展开，不涉及具体厂商的报价与商务条件。涉及商标、代码许可与二次开发归属的内容，以 MIT 许可原文、官网声明与合同约定为准。

读者若发现文中事实与源码、官方文档不一致，应以源码与官方文档为准，并把差异记录到项目评审材料中。这一条不是免责声明，而是使用开源系统的常规做法，文档与代码之间存在时间差，能回到代码验证的人才有把握。

五、阅读路径

决策者时间有限，可以只读第一、二、三、九、十章。前三章建立为什么必须做、现有方案为何不够的判断，第九章回答钱的问题，第十章给出与其他方案的比较和决策清单。

技术负责人应读第四至第七章。第四章说明版本、许可与社区版边界，第五章给出能力矩阵，第六章解释五层架构与十三个数据库如何支撑核算，第七章把八项技术决策换来的能力与对应边界逐条列出。这四章合起来，足够判断系统能否承载本单位的业务复杂度。

实施与运维人员重点读第五、六、八、九章，其中第八章的六阶段路径与验收口径最接近现场，第六章的部署与契约部分决定排障效率。二次开发者读第五、六、十章，并直接查阅仓库中的组件说明与 API 手册，那里有本文没有展开的字段级细节。

第二章 能源管理的制度环境与经营约束

一、约束口径从能耗转向碳排

2020 年 9 月，中国宣布二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值、努力争取 2060 年前实现碳中和。此后，考核口径发生了一次不容易被察觉但影响深远的迁移：过去以吨标准煤衡量节能，现在以吨二氧化碳当量衡量降碳。2024 年 7 月 30 日，国务院办公厅印发《加快构建碳排放双控制度体系工作方案》（国办发〔2024〕39 号），明确提出建立能耗双控向碳排放双控全面转型的新机制。方案对“十五五”时期的表述是，将碳排放强度降低作为国民经济和社会发展约束性指标，开展碳排放总量核算，不再将能耗强度作为约束性指标。

这句话对能源管理系统的含义比看上去更重。吨标准煤是一个按能源种类固定的折算口径，一度电折算多少标准煤由系数表决定，年度之间变化不大。碳排放则要区分直接排放与间接排放，要区分电力排放因子随电网结构变化带来的年际差异，还要在产品碳足迹核算中把外购电、外购热、燃料燃烧与工业过程分别归集。同一份用电数据，在能耗口径下是一条曲线，在碳排口径下至少要拆成“用电量、排放因子、排放归属”三段，并且每段都要能追溯到时间和来源。

方案同时要求健全企业节能降碳管理制度，把碳排放管控要求纳入重点用能单位管理制度，加强能源和碳排放计量器具配备与检定校准。这说明制度设计者已经意识到，碳核算的起点不是报表，而是计量。没有可信的分表计量，任何碳报表都只是把总表数字按比例分摊。

二、碳市场把数据质量变成现金流

2021 年 7 月，全国碳排放权交易市场以发电行业为突破口启动上线交易。2025 年 3 月，经国务院批准，钢铁、水泥、铝冶炼三个行业纳入全国碳市场，新增重点排放单位约 1500 家，新增覆盖排放量约 30 亿吨二氧化碳当量，扩围后全国 60% 以上的二氧化碳排放纳入管控。扩围方案把 2024 至 2026 年度定为启动实施阶段，2027 年度以后进入深化完善阶段，并提出到 2027 年基本覆盖工业领域主要排放行业。

数据在这个市场里是直接定价的。截至 2025 年 6 月 30 日，全国碳市场配额累计成交量 6.69 亿吨，成交额 459.3 亿元，2024 年全年成交额 180.44 亿元。配额按排放强

度分配，排放强度低于行业基准的企业产生盈余，高于基准的企业需要购买。核算偏差不再只是报表误差，而是盈亏。

扩围方案还规定了月度存证与“国家—省—市”三级数据质量审核。重点排放单位要按月把化石能源消费量等关键参数留痕，接受技术审核。这条要求对系统的直接约束是：数据必须可按月封存、可回溯到原始计量、可证明没有被事后修改。很多企业的现状是，月度报表由 Excel 汇总，原始数据留在采集电脑上，一旦核查人员追问某个异常月份的明细，就要花一周时间倒查。

直接排放与间接排放的区分同样值得注意。三个扩围行业管控的是化石燃料燃烧与工业过程产生的直接排放，不覆盖外购电力、热力导致的间接排放。但企业碳管理、绿色工厂评价、产品碳足迹仍然需要间接排放数据，绿电采购与绿证交易也会改变间接排放的算法。系统因此要能同时维护两套口径，而不是在其中一套里做近似。

三、能源成本的结构性压力

电价机制的变化比政策文件更早影响到财务。分时电价把一天切成尖、峰、平、谷若干时段，需量电价按最大需量或变压器容量计费，功率因数不达标还要承担力调电费。商业综合体与园区还要面对租户分摊：同一块总表下的多个租户，按面积、按分表、按合同约定比例分摊，规则随租约变化。

这些规则有一个共同点，它们都不是“用电量乘单价”。分时电价要求系统在汇总阶段按小时段落匹配费率，需量电费要求系统能取出时段内的最大负荷，力调电费要求系统掌握无功电量。用户拿到的账单因此是复合结果，任何一环算错，争议都会落到能源管理部门而不是财务部门。

分布式能源的接入让问题更复杂。屋顶光伏的发电量要先抵自用再谈余电上网，储能的充放电存在效率损失，充电桩的用电要单独计量并向运营方结算。一个园区内同时存在购电、发电、售电、储能四类流向时，成本核算已经接近一个小型的能量平衡问题。

四、管理标准给出的框架与缺口

GB/T 23331-2020《能源管理体系 要求及使用指南》等同采用 ISO 50001:2018，2020 年 11 月 19 日发布，2021 年 6 月 1 日实施，现行有效。标准要求组织完成能源评

审、建立能源基线、识别能源绩效参数、设定能源目标与指标、制定行动计划，并通过测量与分析验证改进效果。

标准给的是管理框架，不是数据模型。它规定“应当能够测量和验证”，却没有规定表计如何编号、分摊如何留痕、基线如何重算。实际项目中，这一空缺由系统填补：系统的对象模型决定了能否表达“这台冷机属于哪个冷站、这个冷站服务哪几栋楼、这几栋楼的租户如何分摊”，系统的核算链决定了能否在电价调整后重算历史账单。

标准审核中最容易被质疑的环节是能源基线。基线年的数据往往来自手工台账，影响因素归一的方法写在报告里而不是系统里，审核员一问“如果当时的气候数据修正过，修正过程在哪里”，企业就拿不出证据。把基线、变量、修正系数放进系统，是让管理体系从文档走向可验证的关键一步。

五、由此推导出的五项硬要求

制度与经营压力最终会落到数据系统的五项能力上。第一项是可追溯，任何一个能耗、成本或碳排数字，都要能回溯到具体的计量表、数据点与时间段，而不是只回到一张汇总表。第二项是可核算，能耗、成本、碳排三条链共用一份能耗值，系数可替换，历史可按时间段重算。第三项是可比较，支持同比、环比、基准期对比与单位面积、单位产品两类强度指标，也支持总分表平衡校验。第四项是可审计，坏数据要留下标记而不是被悄悄修掉，口径变更要留下记录而不是覆盖历史。第五项是可运维，系统要能在企业内网、离线环境与国产化软硬件上稳定运行，因为多数用能单位没有专门的互联网运维团队。

这五项要求构成后文判断系统的尺子。能画实时曲线、能做大屏，只是第一项要求的最低配；能算清分摊、能在核查时拿出证据、能在政策口径变化后重算，才是这套尺子真正衡量的东西。满足这五项要求需要付出存储与建模成本：多维聚合要预物化，历史要分层保留，质量标记要贯穿全链路；这些投入换来的是核查时拿得出证据。下一章要讨论的，正是多数现有系统为什么在这些地方选择了省略。

第三章 现有能源管理系统的结构性缺口

一、看板型系统与核算型系统的分界

多数用能单位并不缺系统。电表接了、网关装了、大屏亮了，值班室能看到各回路的实时功率，手机上能收到超限告警。真正的困难出现在月底：能耗分摊要人工算，电费账单对不上，集团要的单位面积能耗口径各部门不一致，核查人员要某个点位的原始数据时没人能立刻拿出来。

这条分界线不在界面上，而在对象模型里。看板型系统以“回路”或“测点”为中心，回答的是“现在多少、刚才多少”；核算型系统以“计量关系”为中心，回答的是“这块表属于谁、这段消耗算给谁、按什么口径折算、出错时怎么改”。前者把数据画出来，后者把数据算清楚。两者都需要采集，但后者的建模工作量是前者的数倍，这也解释了市场上看板多、核算系统少的原因。

以下六类缺口，是评估任何候选系统时都可以逐项对照的。

二、协议与数据的碎片化

现场的仪表从来不是一家。配电室的多功能表多是 Modbus RTU 或 Modbus TCP，暖通设备走 BACnet/IP，生产线控制器是西门子 S7，新建的能源站可能提供 OPC UA 服务端，老旧设备只有 RS485 串口。楼宇自控系统往往由不同厂商在不同年代建设，接口开放程度不一，有的只给画面不给数据。

碎片化的后果不止是“多装几套采集软件”。各套软件的时间基准不同，点表命名不同，数据分别落在不同电脑上，跨系统的对比就无法进行。某一路采集程序崩溃后，那一段数据永久缺失，而报表层看不出缺口，只看到当月能耗偏低。等到次年做同比，异常才暴露，此时已经无法补采。

判断一套系统是否真正解决了这个问题，可以看两件事：新增一种协议时，是否需要改动上层的分析与报表逻辑；点位地址、采集周期这类参数，能否在管理界面配置而不必改代码。前者决定扩展成本，后者决定现场调试由谁完成。

三、重监测、轻核算

曲线与告警是能源管理系统的“可见部分”，也是预算最容易批准的部分。核算所需的“不可见部分”包括计量表台账、点位与表的绑定关系、能源分类与能耗分项、分摊规则、电价与账单、能耗基线与计划。这些内容不产生视觉冲击，却决定了数字能否进入财务与考核。

常见的失真是由小到大累积的。总表与分表之差无人解释，线损与漏计被摊到所有分表；换表当天的累积量归零，被当成负消耗计入；电价从单一制改为分时制后，历史账单没有重算，同比失去意义；新增一个车间，直接在报表工具里加一列，没有回到对象模型里登记。单看每一处都是小问题，合起来就是“系统有数、账不可用”。

核算型系统与看板型系统的差别，往往在异常处理上暴露得最清楚。前者会给坏数据打标，让报表同时给出数值与可信度；后者通常选择滤波或人工改正，改完就再也说不清哪些值被动过。

四、封闭与绑定

商业能源管理系统常见的授权方式是按点位、按模块、按并发用户计价。初始建设时预算尚可承受，扩容时边际成本陡然上升：增加一百个点位要补授权，增加一个报表模块要另签合同，想接自有的财务系统要买接口包。二次开发通常要求原厂实施，交付周期以月计。

绑定带来的损失不只是钱。数据资产无法沉淀为自己可复用的模型；业务变化时，系统改不动，只能在线下用 Excel 补；更换供应商时，历史数据与配置难以迁移，迁移成本高到足以让决策者放弃更换。

开源许可解决的是退出成本，不是实施能力。MIT 协议允许商用、修改与再分发，意味着企业可以自己养团队维护、可以把系统部署在任意环境、可以在项目结束时带着代码离开。它不保证有人帮你把表接对，也不保证升级不出问题，这两件事仍然要靠项目组织。

五、组织维度单一

能源数据天然是多维的。同一度电既属于某个配电回路，也属于某栋楼、某个租户、某家门店、某个车间，还可能属于某个由多台设备组成的冷站。只按空间一个维

度组织的系统，能回答“这栋楼用了多少”，回答不了“这家门店每平方米用了多少”“这个租户本月该付多少”“这个冷站每制取一冷吨需要多少电”。

商业综合体与连锁企业的痛点最集中。前者要向几十个租户出账单，账单要区分公共分摊与自用；后者要做门店横向评比，评比要考虑面积、营业时长、气候差异。工厂则要看单位产品能耗，产品、班组、班次与产量都要能对上。这些都不是在报表工具里加一个筛选条件能解决的，它要求对象模型从一开始就支持多对多归属。

六、可审计性弱

审计与核查要的不是一张漂亮的报表，而是“这个数字怎么来的”。可审计性包含三层：原始数据是否可按点位与时间段取出，数据处理过程是否有标记，口径与配置的变更是否有痕迹。

多数系统的薄弱点集中在第二层与第三层。坏数据被算法自动修正且不留标记，审核时无法说明修正规则；电价或排放因子被直接改成新值，历史报表随之改变，同比失去可比性；谁改了配置、什么时候改的，没有操作日志。平时无人追问，一旦涉及碳核查、能源审计、内部考核争议，这些空白就会变成实质风险。

七、交付与运维依赖原厂

能源管理系统的生命周期通常长于建设合同。部署方式决定了后续运维的难度：依赖多个中间件、依赖特定操作系统、依赖公网访问的系统，在企业内网与离线环境中往往水土不服；配置项散落在代码与配置文件里，改一个采集周期要原厂工程师到场；升级需要停机窗口，停机又要协调生产。

一套系统能否被本单位接管，是比功能清单更实际的指标。判断方法很朴素：让本单位的工程师在没有原厂在场的情况下，完成一次新增数据源、一次修改电价、一次按时间段重算，看需要多久、卡在哪里。

八、六项判断标准

把上述缺口收敛成一组可对照的标准，评估时逐项打分即可。下表左列是判断项，中列是看板型系统的典型表现，右列是核算型系统应当达到的状态。

表 2 看板型系统与核算型系统的对照

判断项	看板型系统的典型表现	核算型系统的要求
对象模型	以回路与测点为中心，空间层级靠命名区分	空间、计量表、设备、租户、门店、车间、组合设备七类对象，多对多归属
点位绑定	点表在采集软件里，分析端另建一套映射	数据点归属计量表或设备，绑定关系是唯一真源
数据质量	异常值被滤波或人工覆盖，不留标记	越限、缺失、倒走可标记，报表同时给出可信度
口径变更	直接改历史值或改配置，无版本可回溯	系数变更后按时间段重算，变更过程留痕
多维聚合	只按空间或回路汇总，分摊在 Excel 完成	按对象、方向、分类、粒度预物化，报表直接读取
可迁移性	数据与配置绑定厂商，迁移成本高	支持 JSON 导入导出、REST 接口与标准数据库

六项中若有三项以上落在中列，说明现有系统更接近监测工具而不是核算工具。此时继续在原系统上叠加报表，通常只能缓解表面问题，无法解决口径与追溯。下一章讨论的 MyEMS，正是按右列的标准设计的，它的取舍也来自这些标准。

第四章 MyEMS 的定位、沿革与开源治理

一、定位：把计量关系当作一等公民

MyEMS 是面向用能单位的开源能源管理系统，参照 GB/T 23331-2020（等同采用 ISO 50001:2018）的能源管理体系要求设计，覆盖建筑、工厂、商场、医院、园区与能碳管理中心的电、水、气、冷、热等能源数据，并支持能耗、成本、碳排放三条核算主线。官方资料显示其已积累上千个项目案例并通过 CMA 检测认证，代码以 MIT 协议开源。

与通用组态软件或纯数据平台相比，MyEMS 的重心不在画面组态，而在计量关系的建模。空间、计量表、设备、租户、门店、车间、组合设备七类对象共用同一套聚合结果，使同一份能耗数据可以按组织维度、物理维度与商业维度同时展开。这一取向决定了它的数据模型比一般监测系统更重，也决定了后文多数架构取舍的来源。

定位同时划出了不做的事。系统不承担 SCADA 画面的深度组态，不承担贸易结算级的计量检定，也不内置消息中间件与流式计算引擎。跨组件的数据交换以数据库表为介质，实时性以采集周期为单位。理解这条边界，可以避免把系统用在它不擅长的场景，例如秒级闭环控制。

二、沿革、版本节奏与工程规模

仓库当前发行版为 v6.9.0，累计发布 49 个发行版，标签 51 个，提交记录 6138 次。Gitee 页面显示星标 2.7K、分支 890、关注 275，Issues 7 个、待合并 PR 2 个。语言构成中 Python 占 96.7%，HTML 占 3.0%，SCSS 占 0.3%，与“后端 Python、前端 React 与 AngularJS”的技术栈一致。

项目保持每月一个小版本、每年一个大版本的节奏。官方把这一节奏作为卖点，对使用者的实际含义是：功能在持续变化，升级需要按 CHANGELOG 与升级文档执行库结构变更，不能像桌面软件那样随时点更新。数据库结构在本系统中具有接口地位，跨版本升级必须先读升级说明，再在测试环境验证。

组件的构成也在演进。v6.9.0 周期内，采集侧形成 Modbus TCP、BACnet/IP、西门子 S7、OPC UA 四个独立服务，另提供离线表与 Excel 导入通道；计算侧固定为规

范化、清洗、汇总三个服务。这种“一协议一服务”的组织方式，使新增协议的成本被限制在单个容器内，也意味着容器数量会随协议增加而增加。

三、许可边界与合规要点

MyEMS 采用 MIT 许可，允许商用、修改、再分发，也允许闭源衍生。官网对社区版附加了一条限制：使用者必须保留 MyEMS 相关版权信息及 LOGO，不得修改或删除；更换品牌名称与标志属于社区版明确不支持的能力。企业版可以按项目授权谈品牌定制。

这条限制在二开与交付场景中容易被忽略。集成商把系统嵌入自研平台时，如果替换了登录页 LOGO、改了浏览器标题、去掉了页脚标识，就触及了社区版的限制条款。合规的做法是把品牌诉求走企业版授权，或者在界面外层保留 MyEMS 标识与版权声明。商标与代码许可要分开看，MIT 授予的是代码权利，不授予商标使用权。

开源也不等于零成本。MIT 许可不提供任何担保，项目出问题由使用者自己承担；社区支持以 QQ 群、微信群为主，响应时间与深度无法与商业 SLA 相比。把“免费”理解为“无风险”，是开源项目最常见的误判。

四、社区版与企业版的能力分布

两版共享同一套架构与主干能力，差异集中在协议覆盖、行业纵深与交付保障。下表按能力域对照，企业版一列标注“按项目授权”，表示其能力需以合同约定为准。

表 3 社区版与企业版的能力分布

能力域	社区版	企业版（按项目授权）
采集协议	Modbus TCP、BACnet/IP、Siemens S7、OPC UA，另含离线表与 Excel 导入	增加 Modbus RTU、OPC DA、IEC 61850、IEC 101/103/104、楼控厂商 API、数据库与 MQTT/Kafka 接入
基础分析	计量表、空间、设备、租户、门店、车间、组合设备的能耗、成本、碳排、负荷、效率、统计与比较分析	增加节能分析、计划分析、碳足迹分析，依赖能耗预测与能耗计划组件
报表输出	页面报表、真实 xlsx 导出（含图表对象）、AI 分析结论	增加高级报表模板、定时生成与邮件分发、组态图形工具
能源设施	以用能侧计量与核算为主	增加光伏、储能、充电桩、微电网、虚拟电厂、储能与光伏电站监控
诊断与控制	故障诊断库与消息表结构存在，AI 分析提供建议	增加 FDD 能效故障诊断、设备远程控制、工单管理

能力域	社区版	企业版（按项目授权）
数据发布	REST 接口、JSON 导入导出	增加 BACnet Server、Modbus TCP Server、OPC UA Server、MQTT 发布、Kafka Producer
部署与数据库	docker-compose；MySQL、MariaDB、Percona、SingleStore、OceanBase 等 MySQL 系产品	增加 K8s 部署，SQL Server、Oracle、PostgreSQL 支持
品牌定制	禁止更换名称与标志	可按项目授权定制

对多数以“采集—分析—报表”为主线的项目，社区版已经够用，真正的增量在行业纵深（光储充、微电网）与交付保障（培训、现场支持、投标配合、故障赔付）。选型时应先判断项目是否落在社区版边界内，再决定是否需要企业版，而不是反过来。

五、上千案例、认证与可持续性判断

官网与仓库都把“上千个项目案例、CMA 检测认证、承诺永久开源”作为核心信号。这三项属于维护方陈述，白皮书不独立核验，但可以讨论它们的含义。案例数量说明系统在多种现场条件下被部署过，间接证明协议覆盖与部署方式的适应性；检测认证通常针对特定功能或性能指标，具体范围需要向维护方索取报告；永久开源是治理承诺，其约束力取决于维护方的持续投入。

治理结构是评估开源项目时的第二个维度。MyEMS 的维护主体是北京海识软件有限公司，核心提交集中在少数维护者，Gitee 上的 Issues 与 PR 数量都不高。这种集中式治理的优点是方向稳定、版本节奏可控、商业支持有明确责任人；风险是单点依赖，一旦维护方调整投入，社区很难自行接手。

对使用者的实际建议是把“能否自行维护”写进选型条件。项目交付时应取得完整代码、建表脚本、升级文档与本地构建方式，并在自己的代码托管平台保留一份分支。关键改造不要只存在于生产环境，否则一次升级就会覆盖掉。

六、开源能解决什么，不能解决什么

开源的直接价值是降低许可成本与退出成本，间接价值是让二次开发有据可依：字段、表结构、接口都可见，改造不必等排期。需要项目侧承担的部分同样明确：现场计量改造的质量、点位绑定的准确性、口径与业务的匹配、运维人员的接手能力。

这些属于项目实施范畴，与代码是否开源无关。开源带来的另一项优势是自主权：系统更换或退役时，历史数据、表结构与配置仍可带走。

这一判断把话题引向能力体系。一个项目能否成功，取决于系统提供的能力是否覆盖业务闭环，以及这些能力的边界是否与项目需求吻合。下一章按六个功能域展开，逐项说明 MyEMS 提供什么、以什么方式提供、在哪些环节需要项目侧补齐。

第五章 能力体系：六个功能域与能力边界

一、采集接入域：把协议差异压缩成配置

采集侧的决定性设计是把“协议差异”与“业务语义”分开。四个采集服务各管一种协议，服务本身不解释业务，只做协议解析与类型转换；点位属于哪块表、哪台设备，由配置库中的 object_type 与 object_id 决定。新增一种协议时，只需按同一骨架复制实现，上层的规范化、汇总与报表不必改动。

采集配置被压缩成两段 JSON，这是流程上最重要的简化。数据源的 connection 保存主机、端口与采集周期，例如 10.9.67.99、502 端口、60 秒；点位的 address 保存从站号、功能码、寄存器起始偏移、寄存器数量、数据格式与字节交换开关，功能码支持 01、02、03、04 与 23，字节序用 struct 格式串描述。现场调试因此可以在管理界面完成，不必改代码。

代价落在运维流程上，同样明确。配置在服务启动时载入内存，修改数据源或点位后必须重启对应服务，系统不做热更新。实施时应把“改配置、重启服务、核对数据”固化为标准动作，否则配置是否生效会成为排障盲区。对无法联网或需要人工抄录的计量点，系统提供离线表与 Excel 导入两条通道，离线表按人工录入周期参与后续汇总。

二、监测分析域：七类对象与多个时间尺度

分析能力按对象组织而不是按页面组织，这一选择解决的是跨维度对比的问题。空间、计量表（含离线表与虚拟表）、设备、组合设备、租户、门店、车间七类对象共用同一套聚合结果，每类对象都提供能耗分类、能耗分项、成本、碳排、负荷、效率、统计与比较分析。同一份数据因此可以在物理维度看楼层与机房，在商业维度看租户与门店，在工艺维度看车间与产品。

时间尺度提供小时、日、月、年四档，比较方式提供同比、环比、自由比与不比。计量表层另有几项专门工具：实时分析读取缓存表展示最新值与最近一小时趋势；总分表平衡分析给出总表与分表之和的差值及百分比；批量分析按报告期一次列出全部对象的能耗；电能质量分析面向电压、电流、功率因数等电能参数。空间层提

供仪表盘、能流图与配电系统分析，能流图的节点表示用能单位、连线表示本月能源总量。

强度指标是这套分析体系里最容易被低估的能力。空间与租户、门店按单位面积值考核，车间按单位产品值考核。前者要求维护建筑面积，后者要求把产品、班组、班次与产量登记到生产库。指标一旦建立，横向评比才有共同分母，否则“这家门店能耗高”只是绝对值比较，无法排除面积与营业时长的差异。

三、核算域：三条链与三类派生

能耗、成本、碳排放共用一份能耗值，差别只在系数。能耗值乘以电价得到成本，乘以排放因子得到碳排。这一设计使三条链天然一致，也使系数调整后的历史修正变得简单：改电价、改因子，重跑对应时段即可，不必重新采集。

非线性的部分留在了汇总流程里。分时电价要按小时段落匹配费率，阶梯电价要按累计用量分段，需量电费要取时段内最大负荷，力调电费要看无功电量。这些规则无法用单一系数表达，必须在汇总时解析。系统支持分时与阶梯电价，规则以配置形式维护，因此电价政策调整时改动的是配置而不是代码。

碳排放的核算目标很直接，按能源分类设置因子，以千克二氧化碳当量统一口径。产品内置的示例数据中，电的折算因子为 0.123 千克标准煤每千瓦时与 0.928 千克二氧化碳每千瓦时。这组数值属于示例口径，实施时必须按项目所在地的统计口径、电网排放因子与合同电价重新维护，否则所有碳排与成本报表都会系统性偏离。

基线与计划是核算流程的延伸。基线库保存用于节能效果对比的历史水平，计划库保存目标值，模型库保存 8760 小时的年度能耗模型。三者都依赖历史聚合值，属于二级派生。社区版提供这三类数据的存储与分析入口，节能分析、计划分析与能耗预测的完整功能在企业版中按项目授权提供。

四、报表输出域：真实表格与可调度报表

导出能力是许多项目的验收项。MyEMS 的导出由服务端用 openpyxl 生成真实的 xlsx 文件，内含表格与曲线图、柱状图、饼图对象，而不是把页面数据导成 CSV 再让用户自己画图。这一点在集团报送场景中差别很大：接收方拿到的是一份可以直接嵌入汇报材料的文件。

报表按使用场景分两类。页面级报表由前端调用分析接口渲染，需要时导出xlsx；高级报表由报表定义驱动，支持模板文件、定时生成与邮件分发，生成结果以文件形式存入报表库。前者面向即时查看，后者面向周期性报送，二者共用同一套聚合数据。高级报表的表达式以 JSON 保存在报表定义中，用于指定空间范围与运行条件，运行时由服务解析。

报表能力的边界在维度上，这是实施中最常被追问的问题。页面报表读取的是已物化的聚合表，因此响应时间与数据量弱相关，而与所选时段和对象数量相关。一旦需求超出预置维度，例如任意时间窗乘以任意对象组合再乘以任意分项，请求就会退化为对历史库的扫描。这类需求应通过新建物化表或独立分析库解决，而不是要求接口在请求期做重计算。

五、配置管理域：界面字段即表字段

配置端承担主数据维护：空间树、计量表与数据点、数据源与协议、设备与组合设备、成本中心、电价、工作日历、用户与权限、联系人、命令与控制模式。空间通过 parent_space_id 自引用构成树，计量表通过关联表挂到多个空间视角，组合设备把多台设备与计量表聚合为一个用能系统。

管理端的 Admin UI 基于 AngularJS 1.x，字段与后端表结构几乎一一对应，这对运维人员是个便利。优点是理解成本低，运维人员看着界面就能推断表结构；缺点是表结构变更往往要同步修改管理界面，升级时两处都要动。这一历史沿革在第七章会作为技术债单独讨论。

配置即数据的另一个含义是备份策略。绝大多数运行参数存在数据库或环境变量中，备份数据库就备份了业务配置。反过来，如果只备份代码不备份数据库，恢复后系统是空的。项目交付文档应把这条写清楚，避免运维交接时只交接了容器镜像。

六、扩展域：AI 分析与行业纵深

社区版已提供基于 DeepSeek 与 OpenAI API 的人工智能分析，把聚合数据交给模型生成分析结论与节能建议。这项能力的价值在于把“看数”变成“读结论”，适合作为分析人员的辅助。不过，模型不掌握现场工况、设备状态与工艺约束，结论必须由人复核后才能进入改造决策。把 AI 输出直接当作节能方案，是把辅助工具当成了决策系统。

企业版把能力延伸到能源设施与设备层：光伏电站、储能电站、充电桩、微电网、虚拟电厂、风电场、电能质量监测，以及设备远程控制、FDD 能效故障诊断、工单管理、组态图形工具、移动端与小程序、重点用能单位数据上传。近期的版本还在 MCP 服务器、LLM 函数调用与 AI Skill 方向布局，让模型通过标准协议访问系统数据与原子能力。

这些能力对项目的影响是选型问题而不是技术问题。一个园区如果已经建有光储充系统，需要把发电、放电、购电、售电四类流向纳入同一套核算，企业版的相关组件才有意义；如果项目只做建筑分项计量与租户账单，社区版的主干能力已经覆盖。

七、能力矩阵与能力边界

把六个功能域收敛成一张矩阵，可以看出能力分布的轻重。下表列出每个功能域的核心能力、主要使用者，以及项目侧通常需要补齐的部分。

表 4 六个功能域的能力与补齐项

功能域	核心能力	主要使用者	项目侧通常需补齐
采集接入	四类工业协议、离线表、Excel 导入、数据源与点位配置	实施工程师、运维	现场仪表与网关、网络改造、点表核对
监测分析	七类对象的分类分项、负荷、效率、统计、比较、总分表平衡、电能质量	能源管理员、值班人员	对象台账、面积与产量数据、分析口径约定
核算	成本折算、碳排折算、基线、计划、8760 模型	能源管理者、财务	当地电价、排放因子、基线年选择
报表输出	页面报表、真实 xlsx 导出、高级报表模板与定时分发	管理层、集团报送	报表模板、报送口径、邮件网关
配置管理	空间树、计量表、数据点、设备、电价、权限、工作日历	系统管理员	编码规则、权限分级、备份制度
扩展	AI 分析结论；企业版的光储充、微电网、FDD、控制与工单	分析人员、运维班组	设备接口、控制策略、安全评估

矩阵也说明了系统的重心，这是选型讨论的起点。它在“算准”和“查得清”上投入最多，在画面组态与实时控制上投入最少。把这一点与项目需求对齐，比逐条比对功能清单更有效。选型时建议先把六个功能域与自身业务逐项对照，再讨论版本与价格。六个功能域合起来，覆盖了从现场协议接入到集团报送的完整闭环：采集侧统一协议，核算侧统一口径，报表侧统一输出。下一章进入架构层，说明这些能力如何被五层结构和十三个数据库支撑起来，以及支撑它们的工程取舍。

第六章 技术架构：五层、十三库与两条链路

一、五层结构与进程级隔离

系统在逻辑上分五层。采集层把现场信号变成库中的原始值，存储层按用途持有原始值、聚合值与派生值，计算层按时间节拍把原始值加工为多维口径的能耗、成本与碳排，服务层以 REST 接口对外提供查询、计算与导出，展示层按角色分为分析端与管理端。权限、配置、多语言、日志、容器化与多库适配作为横向支撑存在。

分层与部署单元基本对应。采集层与计算层的每个组件都是独立进程或独立容器，可以单独启停、单独扩容；服务层是唯一的对外 HTTP 入口；展示层是两组静态资源。这种一层多进程的组织方式，让单机部署天然形成进程级隔离，某个采集协议异常不会拖垮接口服务，也让运维可以按组件的故障特征分别设置监控。



图 1 MyEMS 分层逻辑架构

组件之间没有直接的进程间调用，全部通过库表耦合。采集服务写历史库，计算服务读历史库并写结果库，接口读全部库并对外呈现。配置库是被引用最多的节点，采集、计算、鉴权、报表四个环节都要读它。这一集成方式的优势是部署简单、无中

间件依赖、离线环境可运行，一套容器编排就能拉起全部组件；需要项目注意的是组件间契约隐藏在表结构中，表结构变更须按整体升级处理。

表 5 MyEMS 组件清单

组件	运行形态	主要技术栈	核心职责	默认端口
myems-database	初始化脚本集	MySQL DDL	创建 13 个库与全部表、初始数据	无
myems-api	常驻服务	Python、Falcon、gunicorn 或 waitress、openpyxl	REST 接口、鉴权、报表与 Excel 导出	8000
myems-admin	静态站点	AngularJS 1.x、nginx	主数据与采集配置管理	8001
myems-web	静态站点	React 16、ECharts、Chart.js、i18next、nginx	能源数据分析与可视化	80
myems-modbus-tcp	常驻采集	Python、modbus_tk、schedule	Modbus TCP 与 RTU 数据采集	无
myems-bacnet	常驻采集	Python、BACnet/IP	楼宇自控设备采集	无
myems-opc-ua	常驻采集	Python、OPC UA	从 OPC UA 服务端取数	无
myems-s7	常驻采集	Python、S7 协议	西门子 PLC 采集	无
myems-normalization	定时计算	Python、mysql-connector、schedule	原始值转换为小时能耗值	无
myems-cleaning	定时计算	Python、schedule	坏数据识别、修正与标记	无
myems-aggregation	定时计算	Python、mysql-connector	多维多粒度汇总与派生核算	无

采集与计算服务不监听端口，只在容器网络内向数据库与现场设备发起连接。这一细节在防火墙规划时容易被忽略：只放通 80、8001、8000 与 3306 是不够的，采集容器还需要一条到现场设备网段的路由。

二、领域模型与归属链

领域模型的核心是一条归属链：数据源产生数据点，数据点归属计量表或设备，计量表归属空间并绑定能源分类，空间通过父指针构成树，树上再挂门店、租户、车间等业务子类。组合设备把多台设备与计量表聚合为一个系统。能源分类、能耗分项、成本中心、电价、产品、联系人作为基础字典被上述对象引用。

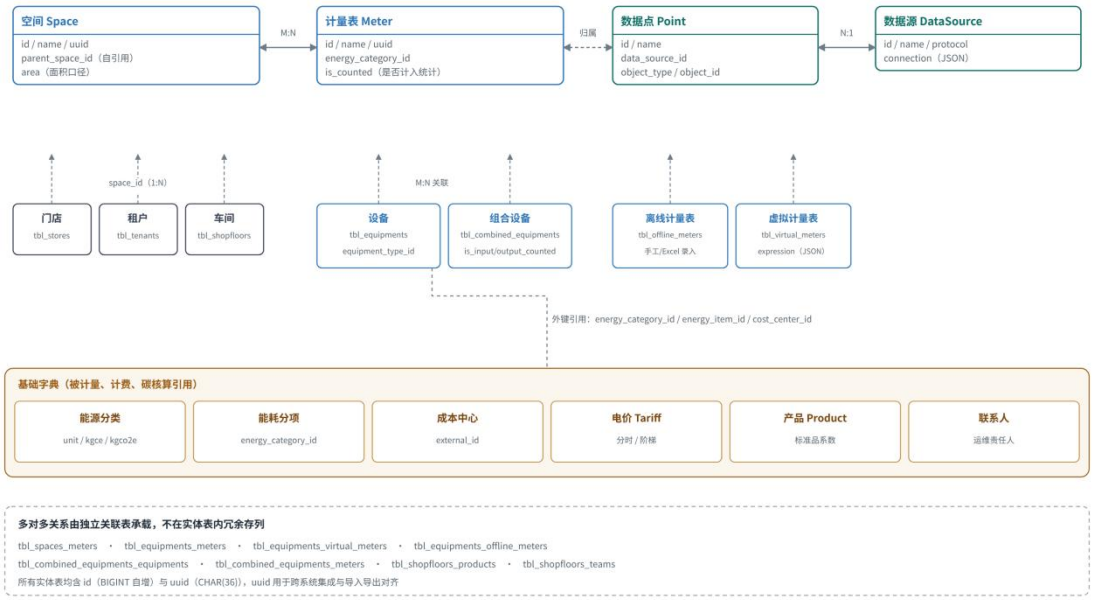


图 2 MyEMS 核心领域模型

模型刻意回避了两类常见做法。实体表内不冗余存储关联列，多对多关系一律由独立关联表承载，例如空间与计量表、设备与计量表各有关系表，使一块表可以同时服务多个空间视角。系统也不为每类对象建独立的事实表族，而是复用同一套聚合表命名规则，使报表逻辑可以按对象类型参数化。

这一模型换来的是七类对象共用一套聚合结果，报表逻辑可以按对象类型参数化；它的另一面是查询需要多跳关联。“某楼层本月的照明用电”要经过空间树递归、关联表展开、能耗分项过滤三步，这也是系统大量使用预聚合而非实时 JOIN 的原因。理解这一点，就能理解为什么新增一个自由度（例如任意时间窗）会显著提高实现成本。

三、十三个数据库与四层数据

十三个库按用途分四组：配置组的 system 与 user，原始组的 historical，聚合组的 energy、billing、carbon，派生与支撑组的 baseline、model、plan、prediction、fdd、reporting、production。库与库之间不做外键约束，关联在应用层完成，因此跨库查询需要在代码里拼装。

表 6 十三个数据库的分组与用途

分组	数据库	用途	规模特征
配置	myems_system_db	能源分类、分项、空间、计量表、设备、组合设备、数据点、数据源、成本中心、电价、配电系统、能流图、命令	表最多，约 150 张，数据量小、关系复杂
配置	myems_user_db	用户、权限、会话、API 密钥、操作日志、通知	小，安全要求高
原始	myems_historical_db	原始时序值与最新值缓存，含离线表、成本、修复、计划四类文件表	数据量最大，按点与时标增长
聚合	myems_energy_db	多维能耗聚合，按小时、日、月、年物化	行数由对象与维度组合决定
聚合	myems_billing_db	成本聚合，结构与能耗库一致，值已按电价折算	与能耗库同构
聚合	myems_carbon_db	碳排放聚合，结构与能耗库一致，值已按因子折算	与能耗库同构
派生	myems_energy_baseline_db	能耗基线，用于节能效果对比	较小
派生	myems_energy_model_db	8760 小时年度能耗模型	每对象 8760 行
派生	myems_energy_plan_db	能耗计划与目标值	较小
派生	myems_energy_prediction_db	能耗预测值	较小
支撑	myems_fdd_db	故障诊断规则与多通道告警消息	小，规则表达式复杂
支撑	myems_reporting_db	报表定义、模板文件、生成文件与邮件	小，含二进制附件
支撑	myems_production_db	产品、班组、班次与产量	小

数据按加工深度分为四层。L0 是历史库中的原始点值，只增不改；L1 是历史库中按计量表口径归集的能耗值，已经具备能源分类与单位；L2 是能耗库中按对象、方向、分类与粒度物化的聚合值；L3 是计费库、碳排库、基线库、计划库、预测库与模型库中的派生值。

分层决定了重算成本。系数变化只涉及 L3，重跑派生层即可；计量表归属变化要从 L1 起重跑；只有采集错误才需要回到 L0 补数再逐层重算。把这条边界写进运维手册，可以把一次口径调整的停机时间从“重建整库”压缩到小时级。

四、计算链路与时间节拍

一条数据从现场到报表要走七个环节：现场读取、协议解析、原始入库、规范化、清洗、汇总、查询呈现。每个环节都有明确的输入与输出表，环节之间以时段对齐，因此任一环节都可以独立重跑而不影响上下游。

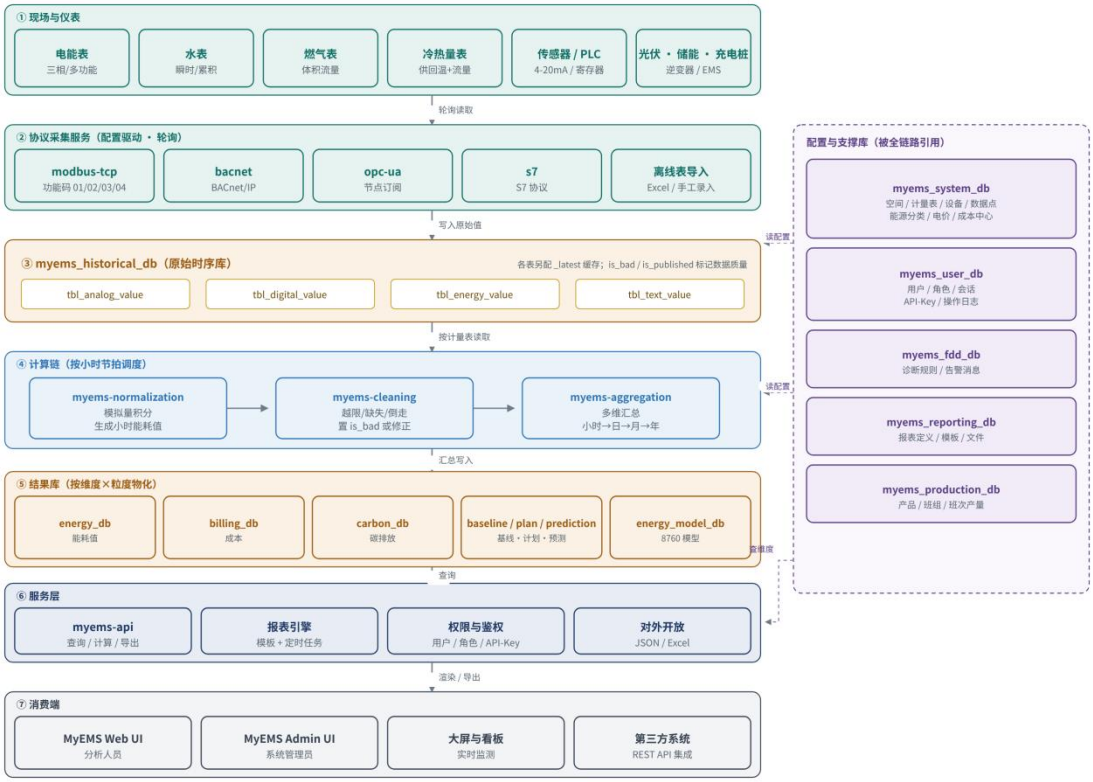


图 3 MyEMS 端到端数据流转与组件协作关系

规范化是口径的第一次收口。此前的数据是电压、电流、流量脉冲，此后的数据才具备能源分类与单位。服务按小时段落读取原始值，结合计量表与点位的归属关系计算时段能耗，写入能耗值表并刷新缓存表。这一层的错误最隐蔽：计量表与点位绑定错了，错误会一路传导到成本与碳排，且不会在任何环节报错。

清洗紧随其后，处理越限、缺失与倒走三类异常。能判定的打上坏数据标记，使其不参与后续汇总；能推断的按规则修正；是否对外发布由发布标记控制。先归集再清洗的顺序不能颠倒，只有以计量表口径判断，才知道某个值对这块表是否异常。

汇总完成三件事：按对象与维度计算能耗，按电价计算成本，按因子计算碳排。三件事共用一次能耗读取，分别写入三个库，保证同一时段三套数据的一致性。基线、计划、预测与 8760 模型在此之后生成，属于二级派生。

链路的节拍差异值得注意。采集是分钟级，规范化、清洗与汇总是小时级，报表是请求级。三者节拍不同，报表看到的最新数据通常滞后一个时段。这一滞后是设计使然，实施时应在用户培训中说明，避免“实时数据不准”的误判。

五、组件间契约与接口设计

四类契约贯穿全系统。时间统一以 UTC 存储，历史表用 utc_date_time，聚合表用 start_datetime_utc 表示时段起点，展示层负责转换为本地时间；跨时区项目的日月边界因此以 UTC 切分，若业务要求按本地日历切分，需要在报表侧校正。数值统一使用 DECIMAL(21,6)，可容纳 6 位小数，足以表达千瓦时、立方米、元与千克二氧化碳当量。标识统一为自增 id 加 uuid，id 用于库内关联，uuid 用于跨系统集成与导入导出时的对象对齐。质量与状态统一为四个布尔位，分别控制数据可信度、发布状态、是否计入统计与配置启用状态，消息类表用状态字符串表达流转。

接口遵循 REST 风格，资源用名词复数，层级用路径嵌套，非 CRUD 动作以子路径动词表达。所有请求携带用户标识与令牌两个头部，程序化集成可用 API 密钥替代，三者都由接口在鉴权环节校验，失败返回 401。权限以用户为粒度，支持管理员、只读与自定义三档，但没有组织级的行级隔离，多租户场景的数据隔离依赖空间树与视图，而不是数据库级隔离。

导入导出是接口体系的特色。任意配置对象都提供导出与导入端点，导出为包含完整拓扑的 JSON，组合设备的导出包含其设备、计量表、离线表、虚拟表、参数与命令；导入时按 uuid 对齐对象。这使得跨环境迁移配置成为可能，也是多项目复制标准配置的主要手段。对接方在阅读接口文档时应同时理解关联表的存在，否则容易在“创建对象”与“绑定关系”两步之间遗漏。

六、部署形态与现场接入

系统提供容器化与原生安装两条路径。容器化用 docker-compose 一次拉起全部组件，适合快速交付；原生安装以 systemd 托管各 Python 服务，适合离线或需要精细控制的场景。两条路径的组件构成一致，差别只在进程管理方式。

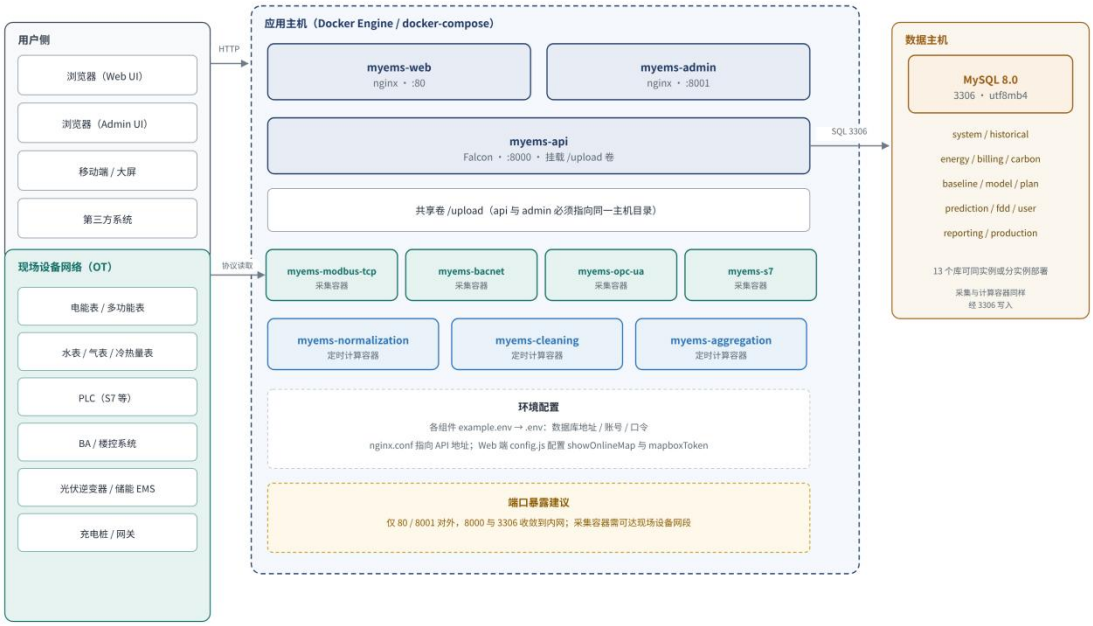


图 4 MyEMS 典型单机部署拓扑

典型部署由三部分组成：应用主机承载全部容器与共享卷，数据主机承载数据库，现场网络承载仪表与控制器。应用主机暴露 80 与 8001，8000 与 3306 收敛在内网。共享卷 upload 是容易被忽略的要点，接口与管理端必须挂载同一主机目录，否则界面上传的模板文件在接口侧不可见，报表会因找不到模板而失败。

采集侧是唯一需要穿透到 OT 网络的组件。工程上建议为采集主机设置双网卡或独立采集网关，一侧连 IT 网络访问数据库，一侧连 OT 网络读取设备，两侧之间不做路由转发；条件受限只能单网卡时，至少应在交换机层用访问控制列表限制采集主机仅能访问已登记的仪表地址与端口。只有串口的仪表需要现场部署 Modbus RTU 转 TCP 网关，再由采集服务读取，这类网关的并发连接数与超时设置直接影响采集周期。

配置错误是部署阶段最主要的失败原因，表现具有迷惑性。数据库地址错误会让接口启动即退出，反向代理配置错误则表现为页面能打开但数据为空。部署后按“接口版本、登录、打开任一分析页、检查一条采集数据”四步验证，比逐项看日志更快定位问题。

七、非功能设计与可靠性保障

性能策略可以概括为把计算前移到批处理。报表请求只做范围过滤与求和，不做跨表大规模聚合，因此响应时间与数据量弱相关，而与所选时段和对象数量相关；实

时页通过缓存表避免历史表扫描。容量设计的关注点有三处：历史库写入在点位上万时可能成为瓶颈，需要按点位分表或分库；汇总小时任务若单次执行超过一小时会形成滞后累积；大范围 Excel 导出在服务端生成图表对象，内存占用随报表规模上升。

容量的量级可以估算。以 3000 个数据点、15 分钟采集为例，单日新增 28.8 万行，年增约 1.05 亿行，按每行 40 字节含索引估算，年增约 3.9 GiB；采集周期缩短到 1 分钟，年增放大 15 倍。聚合库的规模不随点数增长，而由对象数与维度组合决定，以 500 个对象、4 种粒度、2 个分类维度估算，小时粒度年增约 438 万行。这组数字说明扩容压力主要来自采集侧，而不是报表侧。

可靠性方面，组件均为无状态或弱状态进程，崩溃后重启即可恢复；采集失败由下一周期自然补齐，计算失败可在下一轮按段重跑。单机部署把系统复杂度压到最低，随之而来的是数据库成为唯一需要外部保障的环节。对连续性要求高的项目，应在数据库层采用主从或集群方案，并把应用侧连接切换到可写节点。

安全机制的现状需要如实说明。系统内置口令加盐哈希存储、账户与口令过期、登录失败次数限制、令牌与密钥过期、关键操作写入操作日志。需要项目侧补齐的部分同样明确：默认口令必须在首次登录后修改，接口未内置限流需要在反向代理层配置，传输层 TLS 由反向代理承担，数据库账号应按最小权限划分。系统记录了操作日志与数据质量标记，具备基本审计线索，但不提供完整的等级保护要求的日志留存、双因素认证与数据脱敏能力。

运维面缺少统一的任务编排与健康检查接口，采集与计算状态需要从数据增长与日志中推断。可行的补充是按三类指标设置监控：按点位统计最近写入时间以判断采集连续性，按粒度统计最新时段以判断聚合时效，对接口版本与关键查询测响应时间以判断服务健康。这三项覆盖了系统最主要的静默故障模式。

第七章 关键设计取舍与适用边界

一、八项决策与它们换来的能力

一套架构的价值，在于它用有限的工程资源换来了哪些能力。MyEMS 的架构可以还原为八项决策，每项都能在源码与架构文档中找到依据，每项都对应一项可验证的收益和一条需要项目侧配合的边界。

表 7 八项关键设计决策

决策	系统的选择	理由	取舍与应对
集成方式	组件间以共享数据库表耦合，不引入消息中间件	部署简单、离线可运行、不增加运维对象	表结构即契约，变更即跨组件不兼容；应对办法是整体升级并回读升级说明
采集方式	按周期轮询，采集与计算之间不互相通知	实现简单、对设备无侵入、适配老旧仪表	实时性受周期约束，抓不住瞬态；关键是缩短关键点位周期或另建高速通道
计算位置	规范化、清洗、汇总以小时批处理预物化	报表快、算力需求低、结果可复核	口径变更需重算，物化表随维度膨胀；用分区与增量重算控制影响面
数据组织	十三个库按用途分离，聚合库同构	边界清晰、便于按重要性分别备份	跨库无外键，一致性靠应用保证；任务失败须整段重跑，避免半写
数据库适配	多库兼容，只用共有 SQL 子集	可部署在 MySQL 系、SQL Server、Oracle、PostgreSQL	无法使用窗口函数、JSON 函数、原生分区语法；复杂分析需外置
时间与数值	统一 UTC 与 DECIMAL(21,6)	跨时区一致、避免浮点误差	本地日历边界要在展示层校正，月初月末需项目约定
权限模型	用户级权限，无组织级行级隔离	模型简单、实现与运维成本低	多租户隔离依靠空间树与视图；敏感场景应独立部署
前端技术	分析端 React，管理端 AngularJS 1.x	分析端保持现代体验，管理端保持稳定	双栈维护成本，AngularJS 已结束官方长期支持

八项合起来，可以压缩成一句话：系统用共享数据库与预计算换来部署轻量、离线可用与结果可复核，用固定维度与统一口径换来跨项目可复用的核算结果；需要项目侧确认的是实时性、扩展自由度与前端技术演进这三条边界。把边界当成前提写进方案，实施阶段的多数问题会提前消解。

二、交换之一：结构简单与实时性

共享数据库是这套架构最核心也最容易被低估的选择。组件之间不通过 API 或消息队列通信，采集服务只负责写，计算服务只负责读与写，接口只负责读。带来的好处很直接：没有消息中间件要运维，没有服务注册与发现要配置，没有网络分区要处理，一套 docker-compose 就能在一台机器上跑起来，离线环境同样可行。

这一取舍的另一面是实时性由采集周期与计算节拍共同决定。Modbus 与 BACnet 服务按配置的周期轮询，常见取值为 60 秒至 15 分钟；规范化、清洗与汇总按小时执行。用户在页面上看到的最新数据，通常滞后一个时段。若把采集周期压到 5 秒，写入压力会线性放大，历史库很快成为瓶颈，而小时级汇总并不会因此更快。

这条约束划出了系统的能力边界。以日月为管理周期的分项计量、分摊、考核与报送，完全落在这条边界内；需要秒级响应的负荷控制、需量预测联动、微电网并离网切换、故障录波分析，落在边界外。企业版提供设备远程控制与微电网控制能力，但控制回路的实时性仍取决于现场设备与通信链路，不能把管理系统的数据库当作控制系统的实时通道。

还有一种常被提出的需求是事件驱动的告警。系统通过故障诊断规则与消息表实现多通道告警，规则按周期评估，因此告警存在分钟级延迟。对“设备已停机但告警未发出”的场景，这不是能力缺陷，而是节拍使然；若项目要求毫秒级联锁，应由现场保护装置完成，管理系统只承担事后记录与统计。

三、交换之二：预计算与口径变更

预物化是让报表快起来的常用手段，MyEMS 的做法更彻底：聚合表按对象、方向、分类维度与粒度四个要素组合，命名规则固定，报表按名字取数。500 个对象、4 种粒度、2 个分类维度，一年就会产生约 438 万行小时级数据。这套结构在维度稳定时效率极高，一次查询只扫一张窄表。

需要提前安排的是两个时刻。其一是新增维度。业务部门提出“按班组统计能耗”，而聚合表里没有班组这一维，就需要新增表与新增汇总任务，开发量不大但迭代周期以版本计。其二是口径变更。电价从单一制改为分时制，所有历史账单都要重算；排放因子年度更新，历史碳排是否重算需要业务决策；计量表换表导致的归属变化，要回溯到规范化层重跑。

系统的应对方式是把重算范围显式化。系数变化只影响派生层，从派生层重跑；归属变化从规范化层重跑；采集错误才回到原始层补数。项目应据此制定重算预案：哪些变更走配置、哪些变更走重算、重算窗口安排在什么时段、重算期间报表如何标注。有预案的项目，第一次电价调整只是一次计划内的重算。

预计算的另一面是存储与备份成本。聚合库虽然不是最大库，但库的数量多，备份策略需要分组：配置库每日全备，原始库按分区增量备份，聚合与派生库可重建，允许降级为周备。把可重建的数据与不可重建的数据分开对待，是控制备份窗口的关键。

四、长期维护：前端双栈与多库兼容

管理端使用 AngularJS 1.x，分析端使用 React 。前者在 2021 年底结束官方长期支持，安全更新与浏览器兼容性都不再跟进。这一状况对项目的实际影响取决于改造频率。只做配置维护的项目，管理端很少改动，风险可控；需要频繁调整管理界面、增加自定义表单的项目，双栈成本会快速显现。缓解办法是把新增界面集中在分析端，管理端只做必要的字段扩展，并在合同中约定前端改造的技术路线。

多库兼容是另一项长期成本。为了在 MySQL 系、SQL Server、Oracle、PostgreSQL 上表现一致，数据访问层只能使用各库共有的 SQL 子集，窗口函数、JSON 函数、原生分区、物化视图这些能显著简化实现的特性都不能用。系统因此选择用表结构表达业务语义，用固定命名表达维度组合。这一选择在单库场景下显得克制，在多库交付、国产数据库替换与信创适配的场景下，换来的是一份少见的确定性。

两项长期事项指向同一个结论：这套系统更适合“建好之后稳定运行若干年、改造集中在数据与报表侧”的项目，而不是“界面与交互持续快速迭代”的产品型项目。

五、适用画像与边界条件

把八项决策翻译成项目特征，可以得到一张定位画像。下表左列是项目特征，中列是建议定位，右列是理由。

表 8 适用画像与边界条件

项目特征	建议定位	理由
单一园区、厂区、医院或商业体的私有化部署	优先推荐	单机拓扑即可覆盖，运维边界清晰
内网或离线环境，不允许访问公网	优先推荐	无外部服务依赖，镜像与依赖可离线准备
预算敏感，希望把许可费转为实施与计量投入	优先推荐	MIT 许可无许可费，成本集中在现场与人力
有租户、门店、车间多维核算需求	优先推荐	七类对象共用聚合结果，分摊与评比可落地
点位规模千级至万级，管理周期为日、月、年	优先推荐	采集与汇总节拍匹配，容量在单机可承受范围
需要二次开发或与自有系统集成	优先推荐	代码、表结构、REST 接口全部可见
需要秒级闭环控制或联锁保护	边界之外	轮询采集与小时批处理无法满足实时性
用于贸易结算或计量检定	边界之外	系统未做计量法制相关认证，精度责任在表计
多租户 SaaS 或超大规模集中部署	边界之外	无组织级行级隔离，单库写入存在瓶颈
要求等级保护三级以上、涉密环境	可配套补齐	缺少双因素、完整审计留存与数据脱敏，需自行加固
需要复杂组态画面与工艺动画	边界之外	组态图形工具在企业版，深度有限
单位无运维能力且要求 7×24 原厂响应	可配套补齐	社区支持以群组为主，SLA 需另签服务

表里“边界之外”的几行不必视为否定，它们标出的是系统的职责终点，越过这条线的需求由专业系统承担，分工反而更清楚。需要提前讨论的是“可配套补齐”的三行：等级保护与运维保障不是非黑即白的判断，能否补齐取决于项目愿不愿意在加固与合同上投入。

六、立项评审要确认的五件事

第一件是能否接受报表滞后一个时段。若业务部门坚持“所见即当前”，要么缩短采集周期并接受存储成本上升，要么在需求文档里明确滞后属于设计特性。第二件是计量改造的预算与时间是否落实。系统再开源也不能替代表计，计量不到位时任何分析都是估算。第三件是数据库高可用由谁负责。单机部署的数据库是唯一硬单点，业务连续性要求高的项目必须单独安排。

第四件是谁在两年后接手。开源系统的可持续性最终取决于使用单位有没有人能读代码、改配置、查数据。项目验收时应把这项能力作为交付物之一，而不是附赠的培训。第五件是是否需要品牌定制。若集成商希望以自己的品牌交付，应提前确认许可边界，把品牌诉求走企业版授权，避免在验收阶段才发现界面不能改。

这五件事确认之后，剩下的才是功能清单的比对。反过来先比功能、再补这些确认的项目，往往在实施中期返工。下一章把这些判断放进具体场景，给出从计量改造到验收的完整路径。

第八章 典型场景与实施路径

一、五类场景的侧重点

园区与商业综合体的核心矛盾是分摊。总表、分表、租户表构成三层计量，公共区域（照明、电梯、空调主机、水泵）的能耗要按约定规则摊到租户，租约变更时规则随之调整。系统能提供的是从总表到分表的平衡校验、按租户维度的账单与付款通知数据，以及按面积或按分表的两种分摊依据。实施重点在计量层级设计：哪些回路进总表、哪些进分表、哪些作为公共，必须在装表之前定下来。

工厂与绿色工厂的核心矛盾是归属。能耗要落到车间、产线与产品，才能算单位产品能耗；设备要落到工序，才能做效率对比。系统提供车间维度的单位产品值分析，前提是生产库中的产品、班组、班次与产量数据被持续登记。很多工厂的失败点不在系统，而在产量数据靠月底补录，导致单位产品能耗只能按月算，无法按日跟踪。

医院的核心矛盾是连续性。手术室、ICU、检验科等区域对供电与温湿度有硬性要求，能源系统的主要价值是发现异常而不是做考核。实施时应把重点放在关键回路的实时监测、告警与历史追溯，分摊与评比放在次要位置。医院后勤往往由多家服务商分责，权限划分要比其他场景更细。

连锁门店的核心矛盾是可比性。几十上百家门店要做横向评比，必须统一计量口径、统一面积口径、统一营业时长修正。系统的价值在于把同一套模板复制到全部门店，让总部在同一张报表里看到全部门店的单位面积能耗。实施重点在标准化：设备型号、计量点位、采集周期、报表模板都要统一，任何一家门店的特殊化都会破坏可比性。

能碳管理中心的核心矛盾是汇聚与口径。多个项目的数据要汇总到同一平台，碳排因子要按年度版本管理，报送口径要能对应主管部门的表格。系统提供多项目并行部署与统一报表的能力，企业版还提供重点用能单位数据上传。实施重点在因子版本与报送模板的版本管理，一旦因子更新而报表未同步，汇总数据就会出现系统性偏差。

二、六阶段实施路径

一个能源管理项目从立项到稳定运行，通常经历六个阶段。每个阶段都有明确的交付物，也都有典型的失败模式。

表 9 实施六阶段与交付物

阶段	主要工作	交付物	典型失败模式
立项与边界	明确管理目标、核算口径、覆盖范围与验收标准	需求说明书、计量点位清单、验收条款	目标写成“建设能源管理平台”，无法验收
计量与台账	现场勘查、补装或更换表计、建立对象台账	表计台账、空间树、能源分类与分项表	表计与台账不同步，上线后大面积返工
采集与联调	部署系统、配置数据源与点位、逐点核对	点位对照表、采集完整性报告	点位地址错位，数据看似正常实则错表
口径与试运行	冻结电价、因子、分摊规则，跑通三条核算链	口径说明、试运行报表、差异分析	口径反复调整，历史数据无法对齐
验收与培训	按验收条款逐项验证，交付文档与培训	验收报告、运维手册、培训记录	只验功能不验数据，验收后问题暴露
运维与优化	监控采集与聚合、处理异常、迭代报表	运维日志、月度数据质量报告	无人接手，系统在半年后停止更新

六阶段的顺序不能压缩太多。计量与台账必须先于采集，因为点位配置依赖台账；口径必须在试运行前冻结，否则试运行数据无法作为基线；培训必须在验收前完成，否则验收只是原厂演示。实践中最常见的压缩是把前两阶段合并，结果是在上线后才发现表计不足，补装又要重新配点。

三、验收口径与判定方法

验收条款写得越具体，后期争议越少。能源管理项目的验收不应停留在“功能可用”，而应落到“数据可核”。

表 10 验收项与判定方法

验收项	判定方法	常见争议
采集完整性	随机抽取 20 个点位，核对最近 7 天每小时是否有值，缺失率低于约定阈值	通信中断导致的缺失是否计入考核
点位绑定正确性	对每个抽检点位做一次人为负荷变化，观察对应曲线是否同向变化	多回路共用表计时归属难以判定
总分表平衡	选取 3 个典型日，计算总表与分表之和的差值率	线损与未计量部分是否允许存在

验收项	判定方法	常见争议
单位与折算	核对能源分类的单位、折标系数、排放因子与当地口径一致	示例因子未替换导致系统性偏差
报表口径	抽取月报、年报各一份，与手工台账逐项比对	报表时段按 UTC 还是本地日历切分
导出文件	打开导出的 xlsx，检查表格数值与图表对象是否完整	图表数据与表格数据不一致
权限与审计	用只读账号尝试修改配置，检查操作日志是否记录	日志留存周期不满足内审要求
性能	按最大对象数与最长时段执行一次查询与导出，记录耗时	验收数据量与生产数据量不一致

表中最容易被忽略的是“单位与折算”。系统内置的折标系数与排放因子是示例值，若实施方未按项目所在地口径替换，所有碳排与成本报表都会偏离，而界面上的数字看上去完全正常。验收时应要求提供一份因子配置清单，并抽查三个能源分类的换算结果。

四、组织与角色

项目成功与否，很大程度上取决于有没有人真正拥有这套系统。用能单位一侧需要三类角色：能源管理员负责口径与报表，是系统的日常主人；信息化或自动化人员负责网络、服务器与采集，是系统的技术支撑；财务或采购人员参与电价与账单规则的确认。实施方一侧需要项目经理、采集工程师、数据分析与培训人员，其中采集工程师的经验直接决定联调周期。

角色之间最容易断开的环节是口径确认。电价规则由财务提供，分摊规则由物业或经营部门提供，碳排放因子由能源管理员维护，三方若不在同一张确认单上签字，试运行阶段就会反复。可行的做法是在试运行前召开一次口径确认会，把每条规则的来源、生效时间与责任人写进文档，作为验收附件。

第三方计量与检定机构在部分项目中不可缺席，尤其是涉及贸易结算、政府报送或补贴申请的场景。系统的数据可以作为管理依据，但不能替代经检定的计量器具读数。项目应明确哪些数据用于内部管理、哪些用于对外报送，两者的表计与校准要求不同。

五、数据质量治理

数据质量不是一次性工作，而是持续动作。可行的治理机制包含三项日常检查：每日检查采集连续性，按点位统计最近写入时间，发现中断立即补采；每周检查总分表平衡，差值率超过阈值时追查未计量回路或表计故障；每月检查聚合时效，确认小时、日、月三层聚合都推进到最新时段。

异常处理要留下痕迹。系统提供坏数据标记与修正机制，运维规范应规定：凡人工修正，必须同时填写原因与依据；凡判定为坏数据的时段，报表应显示缺口而不是补零；凡计量表更换，必须登记更换时间与新表底数，避免累积量归零被当作负消耗。

口径变更要有版本。电价调整、因子更新、分摊规则修改都应记录生效时间与影响范围，并明确是否重算历史。建议每年做一次口径复核，把当年所有变更汇总成一份说明，作为下一年度数据可比性的依据。这项工作量不大，但没有它，三年后的同比分析就失去了基础。

六、常见偏差与规避

第一种是把试点直接放大到全网。试点通常选在计量最完整、配合度最高的区域，放大到全网时遇到的是表计缺失、网络不通、责任不清，进度立刻失控。可行的做法是按区域分批，每批完成后固化模板，再复制到下一批。

第二种是计量改造滞后于软件上线。软件两周能部署完，表计采购与停电施工要三个月。项目计划应以计量为关键路径，而不是以软件为关键路径。第三种是口径未冻结就要求出报表，报表出得越快，返工越多。第四种是没有运维预算，验收后系统无人更新，采集程序在半年内陆续停止。第五种是过度定制，把管理端改得面目全非，升级时无法合并。

这五种偏差与系统本身关系不大，它们属于项目治理。把治理动作写进合同与验收条款，比在技术方案里增加功能更能提高成功率。下一章讨论的钱的问题，同样遵循这个逻辑：投入的大头不在软件，而在计量、实施与人力。

第九章 投入产出与效益评估

一、成本结构：许可为零不等于投入为零

开源系统免去的是软件许可费，不是项目投入。一个三千点位规模的园区项目，投入大致分布在五处：计量表计与改造、实施服务、服务器与网络、培训与文档、项目管理与预备费。软件本身在预算表上的金额是零，这句话只有在同时列出其余四项时才有意义。

表 11 示例项目的投资构成

投入项	金额（万元）	主要内容	可控性
计量表计与改造	40	补装与更换约 200 只表计、通信网关、停电施工与校验	低，受现场条件与停电窗口制约
实施服务	35	现场勘查、点表核对、系统配置、报表开发、联调与培训	中，取决于实施方经验
服务器与网络	8	应用主机、数据库主机、交换机与双网卡改造	高，可按现有资源复用
培训与文档	4	管理员培训、运维手册、口径说明	高
项目管理与预备费	13	项目协调、监理、不可预见支出	中
合计	100	不含企业版授权与品牌定制	—

年度运行成本同样要计入。示例项目按每年 35 万元估算，其中技术服务 12 万元、内部运维人力 0.7 人按 21 万元计、云资源与耗材 2 万元。三年总拥有成本约为 100 加 105，合计 205 万元，折合每年 68 万元。作为对照，按点位授权计价的商业系统在同等规模下的许可费通常在 30 万至 60 万元区间，年维保按许可费的 15% 至 20% 计，三年总成本与本例接近或略高。这个对照说明开源方案的优势不在“绝对便宜”，而在成本的构成更可控：许可费不会随点位增长而阶梯上升，扩容的边际成本主要是硬件与人力。

二、收益的三条线

节能收益是最容易被夸大的一条。系统的直接作用是让能耗可见、可比、可追责，它本身不产生节能，产生节能的是基于这些信息做出的运行调整、设备维护与技术改造。经验上，管理节能的幅度取决于三个条件：是否有明确的考核对象、是否有可执行的调整手段、是否有持续的跟踪机制。示例项目按 3%、5%、8% 三档节能率测算，分别对应“仅做可视化与考核”“配合运行优化”“配合局部技术改造”三种投入强度。

成本优化收益更容易量化，也更容易被财务认可。需量管理通过错峰启动大功率设备、优化变压器容量申报，降低最大需量；示例项目最大需量 5000 千瓦、需量电价 30 元每千瓦每月，年需量电费基数 180 万元，降低 4.5% 约合 8 万元。分时电价下的负荷转移，把峰段电量向谷段挪动，示例按峰段占比 35%、转移比例 5%、峰谷价差 0.45 元每千瓦时估算，年收益约 16 万元，保守取 12 万元。功率因数改善带来的力调电费减免按 4 万元计。报表与对账的自动化按 0.25 人年折算 8 万元。四项合计 32 万元，与年度运行成本大致相当。

碳排收益目前多数项目无法直接变现，但会计入影子成本与合规准备。示例项目年用电 2000 万千瓦时，按 2022 年度全国电力平均二氧化碳排放因子 0.5703 千克每千瓦时计算，间接排放约 11406 吨二氧化碳。按 80 元每吨的内部碳价折算，相当于每年 91 万元的影子成本。这笔钱不进入现金流，但它改变了节能项目的排序：当碳价被内部化，节电的边际价值上升，原本排在后面的改造可能变得可行。

三、节能量怎么算

节能量的计算有一个容易被忽略的前提：反事实。没有系统时的能耗是多少，只能通过基线推算，而基线的选择直接决定结论。基线年应当完整、稳定、可比较，通常取项目实施前一个完整自然年；若当年有停产、扩产、极端天气，需要做影响因素归一。常见的归一变量是产量、营业面积、营业时长、度日数与入住率，选择哪几个取决于业务类型，选择过程要留下记录。

边界一致性比方法先进性更重要。改造前后的计量边界必须一致，新增的表计、变更的回路归属都要在基线说明中标注。用改造后的边界去算改造前的基线，结论一定偏大。同理，节能量不应包含电价变化、产能变化、政策限电带来的影响，这些属于外部变量。

保守原则应当写进验收条款。只计入可归因于管理或改造的部分，无法归因的收益不计；用账单核对总量，用表计核对分项，用产量核对强度，三方对不上时以账单为准。系统能提供计算所需的数据与过程记录，但不能自证节能量的真实性，这一点在碳核查与能源审计中尤其重要。

四、情景测算

把上述假设代入，可以得到三个情景的回收期。测算口径为年用电 2000 万千瓦时、综合电价 0.85 元每千瓦时、投资 100 万元、年运行成本 35 万元、非节能收益 32 万元，折现率取 8%，不计残值。

表 12 三个节能率情景的投入产出

情景	年节能率	年节能收益（万元）	年净收益（万元）	静态回收期（年）	三年累计净现金（万元）	五年净现值（万元）
保守	3%	51.0	48.0	2.1	44.0	91.7
中性	5%	85.0	82.0	1.2	146.0	227.4
积极	8%	136.0	133.0	0.8	299.0	431.0

结果对电价最敏感。年电费 1700 万元的项目，3% 的节能率就足以覆盖投资；同样的系统装到年电费 500 万元的项目上，3% 情景的年节能收益只有 15 万元，扣掉运行成本后净收益接近于零，回收期超过投资寿命。这条分界线解释了为什么大园区、大工厂、大型商业体的项目更容易通过评审，而中小项目往往需要把“算清分摊、满足报送、支撑考核”这些非节能价值放进决策理由。

回收期短不代表风险低。三个情景都假设了计量改造按期完成、口径一次冻结、运维有人接手。任一假设不成立，收益都会打折。稳妥的做法是在立项时把收益分为“可验证收益”与“预期收益”两栏，前者以账单与表计为凭，后者以行业经验为参考，评审时只对前者做承诺。

五、三项容易被低估的投入

第一个是对象膨胀。项目上线时按 500 个对象规划，运行两年后因为新增车间、新增租户、新增门店变成 1200 个对象，聚合表从每年 438 万行涨到 1000 万行以上，备份窗口与重算时间同步放大。规划时应按 2 至 3 倍预留，而不是按当前台账的精简版本。

第二个是计量改造超支。预算按常规表计报价编制，现场发现需要防爆表、需要加装隔离模块、需要重新布线，单价翻倍。可行的控制办法是先做一次完整勘查，按回路逐一确认表计型号与施工条件，再出预算，而不是按点位数量乘单价估算。

第三个是人力。系统上线后需要有人每天看采集状态、每周核对平衡、每月出报表、每年做口径复核。这个人如果不存在，系统会在半年内退化成一块显示大屏。把这项人力写进运维预算，比在验收时承诺“我们会用起来”更可靠。

六、什么情况下可以缓做

年电费低于 100 万元、且没有分摊与对外报送需求的单位，投入一套完整系统的优先级应往后放，用云端的轻量监测或账单分析服务更合适。计量基础极差且没有改造预算的项目，系统只能输出估算值，不如先把表装好。需要实时控制与联锁的项目，应选择控制系统而不是管理系统。组织上无人负责、也没有考核机制的项目，系统建得再好也不会产生节能。

把这四种情况排除之后，剩下的项目才值得进入详细方案阶段。下一章把 MyEMS 与其他四类方案放在同一张表上比较，说明在同样的预算与需求下，选择哪一种更合适。

第十章 选型比较与决策清单

一、五类可选方案

市场上能承接能源数据的产品大致有五类。第一类是商业能源管理系统，按点位、模块与用户数授权，通常由厂商提供实施与运维；第二类是在组态软件或 SCADA 基础上延伸，画面与实时能力强，核算功能靠二次开发；第三类是采购通用物联网平台，再自研上层应用，数据接入与设备管理由平台提供，业务模型自己建；第四类是用时序数据库加 BI 工具搭报表，轻量灵活，主数据与核算链自己维护；第五类是 MyEMS 这样的开源成套系统，架构、模型与核算链已经内置，使用者按需配置与二次开发。

五类方案不是优劣排序，而是不同的成本分布与能力重心。商业系统的钱花在许可与服务上，换来交付保障；组态延伸的钱花在二次开发上，换来画面与控制的贴合；物联网平台的钱花在集成与自研上，换来灵活与可扩展；时序库加 BI 的钱花在建模与运维上，换来轻量与低成本；MyEMS 的钱花在实施与计量改造上，换来核算深度与数据自主。

表 13 五类方案的十个比较维度

比较维度	商业能源管理系统	组态或 SCADA 延伸	通用物联网平台自研	时序数据库加 BI	MyEMS
许可成本	高，按点位与模块阶梯计价	中，按点数与授权	中至高，按设备数与消息量	低，多为开源组件	无软件许可，实施与计量为主
协议覆盖	视产品而定，常见协议齐全	强，工控协议覆盖广	强，靠网关与驱动市场	弱，需自建采集	四类工业协议，企业版扩展 RTU、IEC 系列、厂商 API
核算深度	中至高，取决于产品定位	低，需二次开发	低，模型需自建	低，靠人工建模	高，能耗、成本、碳排三条链内置
多维对象	常见空间加成本中心	以回路与设备为主	灵活但需自建模型	无主数据	七类对象共用聚合结果
可定制性	受产品边界限制	高，但依赖实施方	高，需自研能力	高，但工作量大	高，代码与表结构可见
交付周期	三至六个月	三至九个月	六至十二个月	一至三个月出首版	一至三个月出首版
离线与信创	视产品，部分需公网	支持内网	多为云原生，离线部署受限	支持	支持内网与离线，可用国产数据库

比较维度	商业能源管理系统	组态或 SCADA 延伸	通用物联网平台自研	时序数据库加 BI	MyEMS
服务保障	有 SLA 与本地服务	依赖集成商	平台厂商加自研团队	无	社区支持，SLA 需另签
数据可迁移	受厂商限制	取决于集成商	平台锁定风险	高	高，标准库表加 JSON 导入导出
规模上限	视产品架构	中小规模为主	大规模	取决于设计	单项目千级至万级点位

二、逐类判断

商业系统的优势在确定性。产品经过多项目验证，实施有标准流程，出问题有合同约束。它的劣势同样明确：许可费随规模上升，深度定制要走产品排期，数据与配置的迁移成本高。适合预算充足、以稳定为先、需求落在产品标准功能内的项目。

组态延伸的优势在画面与实时性。工艺流程、设备状态、联锁逻辑都能画得很细，操作员接受度高。它的劣势在核算：计量关系、分摊规则、成本与碳排折算都要另做，做得好不好取决于实施团队。适合以监控为主、核算需求简单的项目，或者已经有成熟组态平台、希望复用的单位。

物联网平台自研的优势在扩展性。设备接入、消息路由、规则引擎都是现成的，接新设备快，接新系统也快。它的劣势是业务模型从零开始：空间树、计量表归属、聚合维度、报表口径都要自己定义，工期与质量风险集中在这一段。适合有稳定研发团队、能源只是平台众多业务之一的集团。

时序库加 BI 的优势在轻。采集写入快，报表工具灵活，一两个月就能出第一版。它的劣势是缺主数据与核算链，空间、表计、租户的关系要靠 SQL 或视图手工维护，人一换就断。适合数据分析团队强、以探索式分析为主、不承担对外报送的场景。

MyEMS 的优势在核算链完整与数据自主。七类对象、三条核算链、预置的多维聚合，使它在上线后就能出分摊、成本、碳排报表；MIT 许可与标准库表使数据可以带走。它的劣势在服务与技术栈：社区支持不等同于 SLA，前端双栈与多库兼容带来长期维护成本，实时性不适配控制场景。适合以日月为管理周期、需要多维核算、有二次开发意愿的项目。

三、决策清单

把选择拆成十个是非题，逐项回答后再看结论。下表左列是问题，中列与右列分别给出“是”与“否”时的指向。

表 14 选型决策清单

问题	回答为是	回答为否
是否需要秒级控制或联锁保护	选择控制系统，管理系统只做记录	继续判断
数据是否用于贸易结算或法定计量	需经检定的专用计量系统，管理系统不替代	继续判断
是否有租户、门店、车间等多维核算需求	MyEMS 或具备同等对象模型的商业系统	轻量监测或时序库加 BI 即可
是否要求软件许可零成本且数据可迁移	MyEMS 为首选	商业系统更省心
年电费是否超过 1000 万元	完整系统的投资回收期通常可接受	需把分摊与报送价值计入，或选轻量方案
是否有内网、离线或国产化要求	MyEMS 或支持私有化部署的产品	云服务方案可行
是否需要光储充、微电网、虚拟电厂能力	企业版授权，或另配专业系统	社区版主干能力足够
是否要求 7×24 原厂响应与赔付条款	需另签服务合同，或选商业系统	社区支持可接受
是否有人员能承担配置与运维	可自主实施，成本最低	需购买实施与运维服务
是否需要替换品牌对外交付	走企业版品牌授权	保留 MyEMS 标识即可

十个问题中，前两个是否决项，回答为是时不应继续比较能源管理系统；中间五个决定方案类型；后三个决定商务安排。实践中常见的情况是，客户把后三个问题当成技术问题，结果在合同阶段才发现服务与品牌无法满足。

四、招标与合同建议

能源管理项目的合同争议，多数来自口径而非功能。建议在技术条款中明确三件事：计量边界与表计清单、核算口径与因子来源、验收方法与数据核对方式。把这三件事写成附件，比在正文里写“满足甲方需求”有用得多。

数据归属与源码交付应单独约定。使用开源系统时，应要求交付完整代码、建表脚本、升级文档与本地构建说明，并明确二次开发成果的归属。使用商业系统时，应约定数据导出格式与退出时的迁移协助，避免更换供应商时数据带不走。

升级与变更责任要写清。开源系统的版本迭代较快，跨版本升级涉及库结构变更，应由谁在什么窗口执行、失败如何回滚，都需要事先约定。品牌与许可边界同样要写进合同，尤其是集成商以自有品牌交付的场景，避免验收时因界面标识产生争议。

服务等级应按业务影响分级。采集中断四小时与报表晚一天出具，影响完全不同。可行的做法是按“数据连续性、报表时效、故障响应”三项分别设定指标，而不是笼统约定“7×24 小时服务”。

五、开源使用的合规要点

保留标识是社区版许可的硬性要求。版权信息、LOGO、页面标题都属于标识范围，替换即违约。集成商若必须以自有品牌交付，应走企业版授权，或在外层平台做品牌、内层保留 MyEMS 界面。

商标与代码许可要分开处理。MIT 授予复制、修改、分发与商用的权利，不授予商标使用权；以 MyEMS 名义宣传需要获得许可，在自己的产品说明中注明“基于 MyEMS”是更稳妥的做法。

依赖包的许可需要盘点。系统依赖的 Python 与前端库各有许可条款，商用交付前应做一次依赖清单与许可审查，重点看是否存在要求开源衍生代码的许可。供应链安全同样要关注，建议在本地保留依赖镜像并定期做漏洞扫描。

数据合规取决于部署方式。系统本身不向外发送数据，唯一的例外是启用 AI 分析时会把聚合数据提交给模型服务商。涉及敏感数据的项目应关闭外部模型调用，或改用私有化部署的模型。

六、给三类决策者的建议

对用能单位，建议以“能否算清账”为第一标准，功能清单放在第二位。先确认分摊、成本、碳排三条链能否在本单位的口径下跑通，再比较价格与服务。若年电费规模足够、计量基础尚可、有内部运维人员，MyEMS 社区版加专业实施是性价比较高的组合。

对集成商，建议把 MyEMS 作为交付底座而不是成品转售。这意味着要建立自己的实施标准、报表模板与运维服务体系，并在合同中明确品牌与许可安排。社区版不能换标，这一点必须在报价阶段说清，否则会在验收时变成纠纷。

对开发者，建议先读表结构再读代码。系统的业务语义大量存在于表结构与命名规则中，理解十三库的分组与聚合表命名，比逐个读接口实现更快建立整体认识。二次开发应尽量在现有对象模型上扩展，避免另建一套模型导致聚合链断裂。

第十一章 风险应对、演进与结论

一、技术边界的应对方式

前端双栈是最需要提前安排的一项长期事项。配置端使用的 AngularJS 1.x 已在 2021 年底结束官方长期支持，安全补丁与浏览器兼容性不再跟进。缓解的办法是新增配置功能优先落在 React 侧，把配置端逐步迁移列为中长期任务，而不是等到无法使用再处理。

实时性边界不会随版本迭代消失。轮询采集加小时批处理是架构的基础选择，缩短采集周期只能缓解、不能消除滞后。把系统用于需要秒级响应的场景，任何优化都只是把问题推后。正确的做法是在方案阶段就把控制类需求划给专业控制系统。

聚合膨胀与归档需要在运行两三年后提前安排。系统默认不内置自动归档策略，原始库随点位与采集频率线性增长，聚合库随对象与维度组合增长；在项目侧建立归档作业，明确原始值保留周期与重算窗口，并在清理前确认审计要求，这项增长就被控制在可预期范围内。

数据库单点与多租户隔离属于部署层面的选择。单机部署时数据库是唯一需要外部保障的环节，权限到用户级，无法限制“某用户仅可见某分公司”；集团级场景按项目分实例部署，或以视图隔离替代行级权限，即可满足多数多项目要求。这两条都属于部署架构的安排，在方案阶段确认即可。

多库兼容对复杂查询的表达力有所约束，换来的是跨库交付的一致性。列表接口不支持复杂查询语法，筛选依赖路径参数与少量查询参数，跨维度的探索式分析需要另建分析库。把这类需求交给 BI 工具或数据仓库，比要求接口承担更现实。

二、组织与社区风险

维护主体的集中度是需要提前了解的结构特征。项目由北京海识软件有限公司主导，核心提交集中在少数维护者。集中治理带来的稳定性是真实的，版本节奏可预期、商业支持有明确责任人；它同时意味着，使用单位宜在交付阶段就把自主维护能力建立起来。

缓解措施不复杂，但需要提前做。项目交付时取得完整代码与建表脚本，在自己的代码托管平台保留可运行分支，关键改造在分支上进行而不是直接改生产；培养两

名以上能读懂表结构与配置的人员，避免知识集中在一个人身上；有条件时参与社区，提交缺陷与改进，既降低自身风险也提高项目活力。

社区支持的边界要提前说清。QQ 群与微信群适合解决配置与使用问题，不适合承担故障赔付与响应时效。对连续性要求高的项目，应把服务保障写进合同，或者接受“自行兜底”的前提。把社区支持当成免费 SLA，是开源项目最常见的预期错配。

三、合规与安全风险

等级保护是多数国有企业与事业单位的硬要求。系统提供了口令哈希、账户与口令过期、登录失败限制、令牌与密钥过期、操作日志等基础机制，但缺少双因素认证、完整日志留存、数据脱敏与接口限流。需要过等保的项目应在反向代理与应用层做加固，或把系统部署在已合规的云环境中，由云平台承担部分控制项。

计量法制的要求不能由系统替代。用于贸易结算、行政监管或补贴核算的计量数据，必须来自经检定合格的计量器具，并按周期校准。系统记录的是仪表输出，不是法定计量结果。把系统数据直接用于对外结算，需要另行确认计量器具的资质与校准记录。

数据合规取决于是否启用外部服务。系统本身不向外发送数据，唯一例外是 AI 分析会把聚合数据提交给模型服务商。涉及敏感数据、涉密环境或有数据出境限制的项目，应关闭外部模型调用，改用私有化模型或干脆不用该功能。

许可合规有三个易错点。社区版必须保留版权信息与 LOGO，替换品牌属于明确不支持的行为；MIT 授予代码权利不授予商标使用权，以 MyEMS 名义宣传需要许可；依赖包的许可需要单独盘点，商用交付前应做一次清单审查。

四、AI 能力的现实边界

社区版的 AI 分析把聚合数据交给大模型，生成分析结论与节能建议。这项能力的合理定位是辅助阅读：把一周的曲线、排名、异常点压缩成几段可读的判断，帮助分析人员快速定位值得追查的对象。它的边界同样清晰，模型看不到现场工况、设备状态、工艺约束与运行规程，无法判断某台设备是否允许调整，也无法验证一条建议在现场是否可行。

把模型输出直接写入考核、投资决策或对外报告，是当前最现实的风险。可行的做法是三层控制：在界面上标注“AI 生成，需人工复核”；把建议与数据依据一并呈

现，让人能回到原始曲线；对涉及改造投资的建议，要求由专业人员出具独立方案。模型可能生成看似合理但依据不足的结论，这不是模型的缺陷，而是把概率生成当作事实判断的用法问题。

企业版在 MCP 服务器、LLM 函数调用与 AI Skill 方向的布局，意味着模型将能直接调用系统能力。这类集成的价值在于降低操作门槛，风险在于权限边界。一个能读取全部数据、执行部分命令的模型接口，其权限设计应比人机界面更严格，至少要做到操作留痕、命令白名单与人工确认。这部分能力在项目落地时应单独做安全评估。

五、演进方向

从架构文档给出的建议与版本变化看，系统未来几年的演进大概率集中在五个方向。数据层是分区与增量重算，解决原始库膨胀与口径变更的重算窗口；权限层是行级隔离与组织维度，支撑集团级多项目部署；接口层是限流、版本治理与更完整的查询能力；前端是双栈收敛，配置端逐步迁移到统一技术栈；能力层是能源设施与 AI 集成的深化，包括光储充、微电网、虚拟电厂与模型调用。

这些方向的共同指向是从单项目工具走向集团级平台。判断一套系统是否完成这一转变，可以看三个指标：能否按组织隔离数据与权限，能否在不重建整库的前提下重算任意时段，能否在多点位、多项目下保持采集与聚合时效。三项都做到，才谈得上平台。

对使用单位而言，演进方向的意义在于投资保护。选择一套持续演进的开源系统，比选择一套冻结在交付时的商业系统，长期风险更低；但前提是自身保留了升级与改造能力，否则演进只是别人的事。

六、结论

制度环境已经把能源数据从“管理辅助”变成“核算基础”。碳排放双控、碳市场扩围、分时电价与分布式能源，共同要求企业把能耗、成本、碳排放在同一套可追溯的数据上管理。能画曲线的系统很多，能算清账的系统很少，这是当前市场的真实缺口。

MyEMS 的优势集中在三处：七类对象共用一套聚合结果，使同一份能耗可以按组织、物理与商业维度同时展开；能耗、成本、碳排三条链共用一份能耗值，使核算结果天然一致、可复核；MIT 许可加标准库表，使数据与配置始终可以带走。这套结构

以共享数据库与预计算换来部署轻量与离线可用，以固定维度换来跨项目的一致性。系统定位在以日、月为管理周期的多维度核算，秒级闭环控制与贸易结算级计量由专业系统承担，这条分工写进立项文件，比在功能清单上打勾更能降低失败概率。

项目成败最终不取决于是否开源，而取决于三件事：计量是否到位，口径是否冻结，是否有人真正接手。这三件事都属于组织工作，系统只能提供工具与证据。准备启动项目的单位，可以从一次完整的计量盘点开始，把每个回路的表计、归属、口径与责任人落到台账，再谈软件选型。这份台账的质量，基本决定了系统上线后的上限。

参考资料

[1] 北京海识软件有限公司. 《MyEMS 开源能源管理系统架构设计文档》，v6.9.0，2026 年 10 月.

[2] MyEMS 官方网站。https://myems.cn，访问日期 2026 年 10 月 31 日.

[3] MyEMS 社区版功能清单。https://myems.cn/docs/community，访问日期 2026 年 10 月 31 日.

[4] MyEMS 企业版功能清单。https://myems.cn/docs/enterprise，访问日期 2026 年 10 月 31 日.

[5] MyEMS 源代码仓库。https://gitee.com/myems/myems，访问日期 2026 年 10 月 31 日.

[6] 国务院办公厅. 《加快构建碳排放双控制度体系工作方案》（国办发〔2024〕39 号），2024 年 7 月 30 日.

[7] 生态环境部等. 《全国碳排放权交易市场覆盖钢铁、水泥、铝冶炼行业工作方案》及相关答问，2025 年 3 月.

[8] 全国碳排放权交易市场运行情况，生态环境部 2025 年 7 月发布.

[9] GB/T 23331-2020《能源管理体系 要求及使用指南》，2020 年 11 月 19 日发布，2021 年 6 月 1 日实施.

[10] 生态环境部. 2022 年度全国电力平均二氧化碳排放因子，2024 年发布.

[11] MIT License 原文，Massachusetts Institute of Technology，随仓库分发.

[12] 国际节能量测量与验证方法体系（IPMVP）相关公开资料，用于第九章方法框架参考.