汽车工厂能源管理 4.0 建设路线

杨志亮

奇瑞汽车股份有限公司制造工程院

摘要：在能源管理成熟度模型的指导下，奇瑞汽车已成功构建能源管理 3.0 体系，并规划了向能源管理 4.0 迈进的技术路线。通过全面实现工厂能源信息化和数字化管理，奇瑞将进一步提升能源管理的精细化水平，为推动汽车制造业的高质量绿色发展注入新动能。

关键字：能源管理系统；物联网

0 前言

当前汽车工厂面临扩产增效与成本控制的双重压力，推动企业加速能源管理的数字化转型势在必行。能源管理系统（EMS）通过实时采集、分析和管理能耗数据，不仅可以优化能源结构、降低单位能耗，还能够提升资源利用率和生产效率，助力企业在竞争中保持优势。EMS 通过动态监测工厂各环节的能源使用，减少能源浪费，提高生产效率，为低碳目标提供重要支持，成为能源管理 4.0 时代的核心工具。

1 能源管理 3.0 系统

根据能源管理成熟度的三级要求，我们制定了能源管理 3.0 计划，通过对高能耗设备进行统计和分析，建立能源管理系统，对能源输送、存储、转化和使用等各个环节进行全面监控。

为了构建一个完整且高效的能源管理系统，实现从数据采集到数据展示的功能，通常将系统设计为三层结构，即采集层、业务层和展示层，具体如图 1 所示。各层在功能上相互衔接，分别承担不同的职责，通过协调配合以实现数据在系统内的流动和转换，从而形成完整的能源管理闭环。

能源信息管理与分析主要包括数据监控、能耗分析、设备管理、配电图管理、报表管理、报警管理和日志管理。能源数据监控是管理系统的核心内容，包括对各种能源（如电、水、气）消耗情况的实时采集与记录。通过部署传感器和智能仪表，系统可以实时获取各类能源的消耗数据，包括制冷机、冷却塔、空压机、水泵以及锅炉房。在获取各种能源的实时数据后，可以利用这些数据进行能耗分析，能耗分析的目的是通过深入挖掘和解读能源使用数据，识别和量化能源使用中的关键特征和问题，从而优化能耗效率，降低

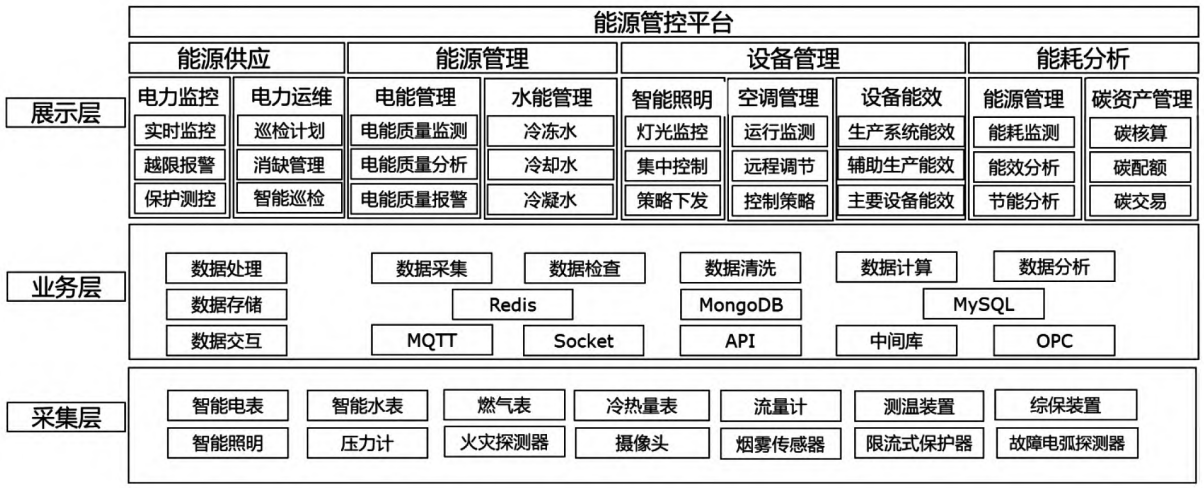

图 1 能源管控平台分层

运营成本，并支持企业实现节能、降碳和可持续发展的目标。

某车企的空压机广泛应用于喷涂、冲压和装配等工艺环节，然而由于供需匹配不合理或系统存在泄漏问题，空压机常出现空载运行现象，导致能源浪费。与此同时，冷水系统作为控制焊接、喷涂等工艺设备温度的重要设施，若循环泵或冷却塔长期处于高负荷运行状态，同样会引发不必要的能耗增加。通过能源管理系统的实时监控，可以精确识别空压机的空载运行时段，并优化运行策略，从而提升能源利用效率。此外，能源管理系统还能够对设备冷却需求进行分析，动态调整循环泵的转速和运行时间，实现冷水系统的精细化管理，进一步减少能耗。

2024 年 3 月，新工厂的能源管理系统投入使用后，我们发现焊装车间的用电能耗异常情况，进行整改后，6 月份的用电量降低了约 20 %。用电统计如表所示。目前，对于能源管理的使用，还处于人工发现异常情况进行整改的阶段，未来引入 AI 监控，将可以自动识别异常状态。

表　焊装车间用电量统计

月份	焊装车间用电量 / (kW · h)
3 月	482420
4 月	515878
5 月	508508
6 月	410184

2　能源管理 4.0 的路线

为了进一步达到能源管理的四级成熟度，我们着手制定了能源管理 4.0 的技术路线（图 2），构建汽车工厂的节能模型，推动能源管理的精细化和可视化。

我们首先通过能效评估结果，及时对空压机、制冷机以及锅炉等高耗能设备实施技术改造，这是提升工厂整体能效的关键举措。

能源管理 4.0 的核心在于充分利用物联网技术，以实现设备、车间及工厂级能源数据的实时采集与监测。我们通过 AI 算法进行动态优化配置，将光伏、储能等分布式能源高效整合，与电网协同运行，同时全流程监测碳排放，支持低碳工厂的建设目标。

作为能源密集型场所，汽车工厂的生产环节对能源效率有着更高的要求。在能源管理 4.0 技术路线的指导下，我们通过优化高耗能设备（如焊接机、冲压机）和工艺流程，不仅显著提升能效，还有效降低能源浪费，为推动绿色制造和实现“双碳”目标提供有力支撑。

（1）汽车工厂中的能源需求主要是电力、燃气、水和压缩空气。为了实现物联网与能源数据采集，需要安装智能传感器和监控设备，采集实时能源消耗数据，建立能源数据采集网络，连接车间设备、变电站等。在实施的过程中有可能出现无法采集的问题，需要在设计阶段制定好采集仪表的型号和安装方式，确保能源消耗数据能够顺利采集，能源信息的采集是能源管理的基石。

（2）通过能源管理系统，集成用电、用水和气体的全方位管理平台，具备设备能耗分析、能效优化建议等功能。在 IT 行业，低代码开发开始兴起，虽然低代码开发有着诸多问题，如难以实现复杂的功能。而对于能源管理系统，低代码开发具备模块化、灵活响应需求的优势。EMS 由多个子模块构成，通过低代码开发以组件化设计为基础，能够快速搭建和调整功能模块，而且低代码开发的界面设计统一化，也有利于汽车企业建设的所有工厂系统的统一化。

（3）采用分布式能源和储能技术，如光伏系统，减少外电购入依赖，利用电池储能系统削峰填谷，平衡负荷。如今，V2G 技术已经引起广大车企和电网的兴趣，通过 V2G 系统将新能源车辆的电池作为储能单元参与能量调度。智能充电桩根据峰谷电价进行动态充放电，同样可以实现分布式储能。将分布式能源的监控也接入能源管理系统，实现光伏、储能和电网三方的协调调度。在电网出现故障时，还可以使用储能系统结合光伏发电支持关键生产线连续运行，减少停工损失。

（4）基于历史能耗数据进行模式分析和峰值预测，是优化能源管理的重要手段。通过分析历史数据，工

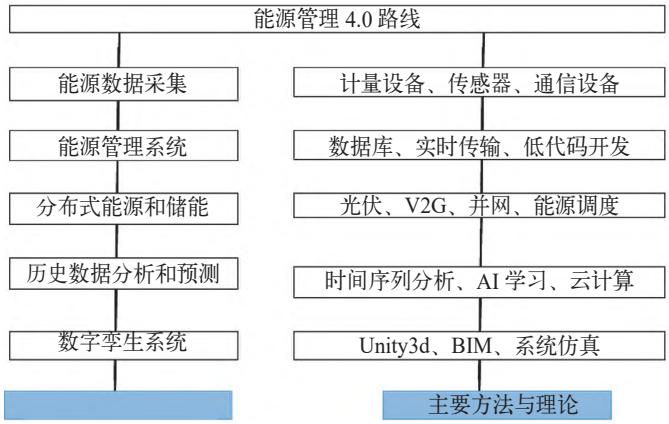

图 2　能源管理 4.0 路线

厂可以识别能耗规律，提前预测用能峰值，并据此优化设备运行策略，从而减少能源浪费，提升能源利用效率。在AI快速发展的时代，利用AI技术对历史能耗数据进行深入分析已成为热门课题。例如，当某设备在特定时段的能耗明显偏高时，AI模型可以检测出设备运行效率下降的原因，并及时给出调整建议。此外，通过将历史能耗数据与产量预测结合，AI能够精确预测未来一周的能耗需求，为工厂制定更科学的采购计划和电费支出预算提供支持。

（5）对于工厂能源管理系统，数字孪生技术可以提供对生产和能耗的精细化管理。在工厂的规划设计阶段，若已采用建筑信息模型（BIM）技术进行规划，便可以在数字孪生的开发过程中直接导入BIM模型。这一做法有效减少了模型构建的时间和成本，避免了从头创建三维模型的工作。基于导入的BIM模型，开发团队可以进一步构建交互式的可视化界面。BIM模型提供了建筑、设备和空间的精确三维信息，使得开发人员能够在模型上叠加实时数据，展示各个设备的运行状态、能耗情况以及潜在的异常情况。通过结合传感器数据和BIM模型，系统展示层可以实现更丰富的交互功能。

3 结语

随着工业4.0、物联网以及大数据等先进技术的快速发展，能源管理系统逐渐向智能化、数字化方向迈进。通过应用大数据分析、人工智能和传感器网络等技术，现代能源管理系统可以更精准地预测和优化工厂内的能源分配和消耗情况。这种技术融合不仅提升了能源使用效率，还为全方位的绿色制造奠定了坚实的技术基础。随着能源管理系统的智能化发展，未来汽车工厂将能够在实现高效生产的同时，进一步减少碳排放，从而在全球范围内推动可持续制造的实现。

参考文献

[1] 国家市场监督管理总局. 智能制造能力成熟度模型：GB/T 39116-2020[S]. 北京：中国标准出版社，2020.

[2] IEA（2023），World Energy Outlook 2023，Paris https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023.

[3] 王小东. 能源管理系统在整车制造的应用 [J]. 装备制造技术，2023（5）：250-255.

[4] 董建辉. 能源管理系统的设计与实现 [J]. 价值工程，2024, 43（4）：16-18.

[5] 王飞. 高速铁路智慧能源管理系统设计研究 [J]. 电脑知识与技术，2023.

[6] 姚刘奕，何文萱，唐海亮. 企业能源管理系统的设计与应用 [J]. 智能制造，2023（4）：110-112.

[7] 崔明海，王允，王岚. 企业数字化智能化转型实践——能源管理系统 [J]. 广州化工，2023, 51（4）：285-287.