

# 汽车涂装车间碳排放分析系统的设计与开发

邓允龙<sup>1</sup> 尤永<sup>2</sup> 吴明峰<sup>2</sup>

(1. 合肥工业大学智能制造技术研究院; 2. 安徽江淮汽车集团股份有限公司)

**摘要:** 本文以汽车涂装车间为研究对象, 设计并开发了一套碳排放分析系统。该系统包括系统运行模块、清单数据导入模块、碳排放分析模块、信息查询模块和数据管理模块, 可支持系统整体运作。本研究可为汽车低碳设计及涂装车间工艺优化提供理论及方法支撑。

**关键词:** 汽车涂装车间; 碳排放分析; 绿色制造

## 0 引言

涂装是汽车制造过程中一个关键的环节, 其直接影响到汽车外观质量和保护车身材料的耐久性<sup>[1]</sup>。然而, 随着全球经济的发展和汽车产业的迅猛增长, 在涂装过程中产生的碳排放问题逐渐凸显。据相关文献给出的企业调研数据, 从能耗角度分析, 涂装车间消耗能源的折标煤量占总量的 80% 左右, 由此可见涂装车间的碳排放量在整车生产过程中占比最大。碳排放不仅对环境产生负面影响, 而且与气候变化、全球暖化等问题密切相关<sup>[2]</sup>。

碳排放分析是应对气候变化的重要工具。因此, 大量学者对碳排放分析展开研究。Li<sup>[3]</sup> 等基于生命周期分析的方法, 对预制混凝土桩产品及施工阶段的碳足迹进行了研究, 并开发了基于 IPCC 和中国生命周期数据库 (CLCD) 的机械设备碳排放因子数据库。张立军<sup>[4]</sup> 及其团队采用生命周期分析方法, 研究了一款燃油车的白车身采用不同材料的情况下, 在生产、使用和回收阶段的等效碳排放和能源消。黄跃群<sup>[5]</sup> 等基于生命周期评价理论, 探讨水利水电工程的碳排放计算方法, 并针对工程建设、运行阶段的碳排放总量开展了定量计算和分析。

综上所述, 虽然在碳排放分析方面开展了大量研究, 但是在汽车涂装车间碳排放分析软件开发方面却鲜有研究。

因此, 基于 MVVM (Model-View-View Model) 的开发模式, 构建汽车涂装车间碳排放分析系统, 为汽

车制造企业提供低碳设计与工艺优化的理论及方法。同时, 根据车间碳排放情况, 识别高碳环节, 对企业降低分析成本、可持续发展有极大的促进作用。

## 1 碳排放分析系统的设计与功能实现

### 1.1 系统总体架构

该系统主要是由交互层、业务层和支持层三个层面组成, 框架如图 1 所示。

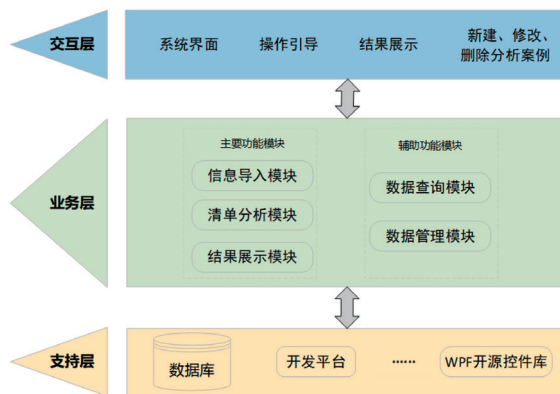


图 1 碳排放分析原型系统框架图

1) 交互层是用户直接接触的可视化操作界面, 包括软件运行过程中的操作按键、提示引导使用人员进行操作, 以及数据处理过后的结果展示, 如图表、文档等直接展示方式。此外, 交互层还具备新建、修改和保存分析案例的基本功能。

2) 业务层是系统处理各功能模块数据的内在运行逻辑, 即碳排放分析模型的基础实现, 并实现交互层





图 5 物料清单导入页面



图 7 碳排放因子数据管理

1.3.3 碳排放分析

基于上述清单编制，利用碳排放分析模型完成车间碳排放的量化。从产量、质量和成本 3 个角度进行碳效益的评估。如图 6 所示，通过饼状图直观展现涂装车间各类型碳排放的占比情况。



图 6 碳排放分析页面

1.3.4 信息查询

系统支持对碳排放因子及相关政策法规进行查询的功能。以碳排放因子为例，这些因子包含实测、标准推荐以及文献收集等不同方式获得数据，给碳排放分析带来方便。该界面可通过物料类型或名称等检索相关碳排放因子，主要包含因子的数据来源、地区和数值大小等信息。

1.3.5 基础数据管理

数据管理包括添加、修改和删除功能，在添加或修改数据时，根据数据类别不同会有不同的必填项，在输入必填项后才能完成添加或修改，如图 7 所示。该功能主要用来管理基本数据，包括碳排放因子数据管理和政策法规数据管理，为碳排放分析提供数据支撑。

2 结论

本文设计了一套汽车涂装车间碳排放分析系统，

该系统通过五大功能模块的协同作用，为汽车制造业的环境保护和可持续发展提供了有力的支持。在系统运行模块的保障下，有效地实现了清单数据导入、碳排放分析、信息查询和数据管理等关键功能。通过该系统的应用，不仅可以为企业提供科学的碳排放数据支持，也为环境保护和可持续发展提供切实可行的解决方案。在未来，可以进一步优化系统，拓展适用范围，以满足不断增长的环保要求，为汽车制造业的可持续发展贡献更多的价值。

专项项目：安徽省科技重大专项项目，“面向“碳达峰”与“碳中和”的汽车产品绿色低碳制造集成技术研究与示范”（202203f07020006）

参考文献：

[1] 裴一庆, 许能才, 王兵等. 汽车涂装车间废气处理系统的应用 [J]. 中国涂料, 2023, 38(06): P65 ~ 69. DOI:10.13531/j.cnki.china.coatings.2023.06.011.

[2] Guven D, Hanhan O, Aksoy E C, et al. Impact of paint shop decanter effluents on biological treatability of automotive industry wastewater [J]. Journal of Hazardous Materials, 2017, 330: P61 ~ 67.

[3] Li X J, Zheng Y D. Using LCA to research carbon footprint for precast concrete piles during the building construction stage: A China study [J]. Journal of Cleaner Production, 2020, 245.

[4] 张立军, 高泽, 余海燕. 基于全生命周期分析的白车身选材方法 [J]. 汽车工程, 2022, 44(06): P945 ~ 951.

[5] 黄跃群, 刘耀儒, 许文彬等. 水利水电工程全生命周期碳排放研究——以犬木塘工程为例 [J]. 清华大学学报 (自然科学版), 2022, 62(08): P1366 ~ P1373.