

一种基于 AI 与路谱数据的车辆动力性—经济性简要计算方法研究

刘凯 黄英英

质子汽车科技有限公司

摘要：对于快速计算新能源重型汽车在复杂工况下动力性与经济性的实际需求，提出一种结合路谱数据与 AI 运用的轻量化计算方法。该方法的核心为快速高效，通过对第三方轨迹数据解析获取车辆状态信息，通过功率平衡方程，推导能量消耗与行驶距离的量化关系。使用 AI 自动生成计算流程，实现从数据预处理到结果输出的全流程智能处理，不需要专业软件。虽存在一定的误差，但大幅降低了非专业人员的门槛，为新能源重型汽车工况与配置的匹配提供了快速参考工具。

关键词：新能源重型汽车；AI 应用；路谱数据；动力经济性匹配

1 研究背景

随着全球碳排放政策趋严及物流行业绿色转型，新能源重型汽车市场规模快速扩张，但续航不足、能耗偏高仍制约其规模化应用。车辆动力性（加速性能、爬坡能力）与经济性（能耗水平、续航里程）高度依赖实际行驶工况，不同工况的车速波动、坡度变化会导致能量消耗差异巨大。车辆的配置需要与使用的工况进行匹配。

传统方法依赖专业仿真软件，需输入车辆动力学参数（50+项）、路面特性和电机特性等复杂参数，软件操作难度大，培训时间长。同时，此类软件操作需掌握车辆工程专业知识，难以满足销售人员、物流管理人员等非专业用户或者工程技术人员对工况所需车辆的配置进行的快速匹配需求，而这些情况往往不需要对计算结果的精确性有太高的要求。

因此，开发一种基于易获取路谱数据、适配工程单位且操作简便的动力性经济性计算方法具有重要现实意义。

2 原理与方法体系

2.1 路谱数据结构与基础参数计算

路谱数据通过第三方徒步类软件采集，包含时间序列下的多维信息，典型数据格式见表 1。

表 1 路谱数据典型数据格式

时间戳 /s	经度 /°E	纬度 /°N	海拔 /m	车速 / (m/s)
t_1	λ_1	ϕ_1	h_1	v_1
t_2	λ_2	ϕ_2	h_2	v_2
...	...	...	...	...

加速度： $a_i = \frac{v_{i+1} - v_i}{\Delta t}$ (m/s²)，反映动力需求强度。

海拔变化： $\Delta h_i = h_{i+1} - h_i$ (m)，用于坡度计算。

球面距离：根据参考文献 [1] 采用 Haversine 公式计算相邻点距离，见公式 (1)。

$$s_i = 2R \arcsin \left(\sqrt{\sin^2 \left(\frac{\Delta \varphi}{2} \right) + \cos \varphi_i \cos \varphi_{i+1} \sin^2 \left(\frac{\Delta \lambda}{2} \right)} \right) \quad (1)$$

式中， $R=6371$ km，为地球半径； $\Delta \varphi = \varphi_{i+1} - \varphi_i$ (弧度)； $\Delta \lambda = \lambda_{i+1} - \lambda_i$ (弧度)。

2.2 车辆阻力模型与功率平衡方程

根据参考文献，车辆行驶总阻力由四部分组成，功率平衡关系如下：

$$P_i = \frac{(F_f + F_w + F_i + F_d) \cdot v_i}{\eta} \quad (2)$$

式中， p_i 为电机输出功率 (kW)， η 为传动效率。

$$\text{滚动阻力：} F_f = mgf \quad (3)$$

式中， m 为车辆总质量 (kg)； $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ ； f 为滚动阻力系数。

$$\text{空气阻力：} F_w = \frac{1}{2} \rho C_d A v_i^2 \quad (4)$$

式中， $\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$ 为空气密度； C_d 为重型汽车风阻

系数；A 为迎风面积。

$$\text{坡度阻力: } F_i = mg \cdot i_i \quad (5)$$

式中, $i_i = \frac{\Delta h_i}{s_i}$ 为坡度 (无量纲)。

$$\text{加速阻力: } F_i = ma_i \quad (6)$$

式中, δ 为旋转质量换算系数, 反映车轮转动惯量影响。

2.3 能量消耗计算与单位标准化

根据参考文献 [3] 对相关单位进行转化。

(1) 瞬时能量消耗

$$E_i = P_i \cdot \Delta_i \quad (7)$$

式中, E_i 为瞬时能耗 (kJ), $\Delta_i = 1\text{s}$ (典型数据采集间隔)。

(2) 总能量单位转换 (J $\rightarrow$ kW $\cdot$ h)

$$E_{kWh} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i \times 1000}{3.6 \times 10^6} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{3600} \quad (8)$$

通过除以 3.6×10^6 将焦耳 (J) 转换为千瓦 $\cdot$ 时 (kW $\cdot$ h), 适配电池容量单位。

(3) 平均能耗计算

$$e_{avg} = \frac{E_{kWh}}{S_{km}} \times 100 \quad (9)$$

式中, $S = \sum_{i=1}^n s_i$ 为总行驶距离 (km), 结果单位为 kW $\cdot$ h/100km, 符合行业能耗标注规范。

2.4 AI 算法实现流程

(1) 路谱数据输入

通过标准化接口向 AI 上传路谱数据, 数据包含时间戳、车速 (km/h) 和海拔 (m) 等核心字段。告知 AI 对数据进行预处理: 剔除车速大于 120 km/h 的异常值及相邻海拔突变超 500 m 的离散点, 确保输入数据符合常规工况范围。

(2) 车辆参数配置与公式调用

用户需向 AI 输入车辆基础参数集, 包括最大总质量、迎风面积、风阻系数、滚阻系数、旋转质量换算系数 (反映旋转惯量影响) 和驱动系统总体效率等。同时明确调用车辆动力学核心公式并告知 AI 输出的内容, AI 基于上述参数与公式完成计算模型初始化。

(3) AI 对数据预处理

异常值处理: 自动过滤车速 > 120 km/h 的异常工况点及海拔突变 ($\Delta h > 500$ m) 数据点, 保证后续计算的工况合理性。

缺失值修复: 针对缺失率 $< 5\%$ 的连续数据段, AI 采用线性插值法补全缺失点, 确保时间序列数据的完整性与连续性。

(4) 并行计算优化

针对超 10 万条的大规模数据, AI 启动 Python 多

线程模块 (concurrent.futures) 构建并行计算架构, 将距离计算与阻力分析任务分配至独立线程并行处理, 通过动态资源调度提升的大数据处理效率。

(5) 结果输出与可视化

AI 最终生成三类输出。

(1) 基础指标: 总行驶距离 (km)、总能耗 (kW $\cdot$ h)、平均能耗 (kW $\cdot$ h/100 km)。

(2) 动力指标: 峰值功率 (kW)、高功率区间占比。

(3) 可视化结果: 车速—功率曲线 (反映功率随车速变化特性)、能耗分布直方图 (展示能耗数据频次分布) 等根据需求由用户选择。

上述流程通过标准化输入接口、自动化数据处理及并行计算优化, 实现从数据上传到结果输出的全流程算法闭环, 满足车辆动力性与经济性分析的工程应用需求。

3 应用案例验证

3.1 工况与车辆参数

选取某物流路线, 跟车后通过第三方徒步类软件获取路谱数据包含: 时间戳、经纬度信息、海拔和车速等数据, 并准备车辆基本参数, 见表 2。

表 2 车辆基本参数

参数	数值	参数说明
总质量 m	49000 kg	满载质量
传动效率 η	0.94	电机到车轮效率
旋转质量系数 δ	1.10	考虑车轮转动惯量
...	...	...

3.2 输入数据与 AI 计算过程

先将路谱数据、车辆参数及需求 (见表 3), 提交 AI。

表 3 路谱数据片段 (隐去具体经纬度)

时间 /s	经度 /(°)	纬度 /(°)	海拔 /m	车速 / (m/s)
0	XXX	YYY	600.64	0
1	XXX	YYY	601.09	2
2	XXX	YYY	601.32	5
...	...	...	...	...

然后 AI 自动执行用户指令, 自动生成核心计算代码。

3.3 计算结果

AI 按照指示自动完成计算, 计算结果见表 4。

3.4 误差分析

本案例条件下与某专业仿真软件结果对比, 关键指标误差在 5% 以内, 见表 5。

表 4 计算结果展示

指标	计算结果	工程意义
总行驶距离	153.5 km	验证工况覆盖完整性
总消耗能量	178.7 kW · h	单趟消耗的电量，方便根据场景估算电量需求
平均能耗	116.4 kW · h/100 km	体现该工况下能耗水平
峰值功率需求	320 kW	电机额定功率需≥ 350kW (考虑过载能力)

表 5 本方法与某专业仿真软件结果对比

指标	本方法	仿真值	误差率
总能耗 / (kW · h)	178.7	187.3	-4.6%
平均能耗 / (kW · h/100 km)	116.4	122.0	-4.6%
峰值功率 /kW	320	334	-4.2%

4 技术优势对比及应用前景

(1) 销售端快速选型：根据用户运输路线（如往返距离 200 km、最大坡度 12%），10 min 内输出大体所需电池容量（kW · h）与电机功率（kW），提升客户方案响应效率。

(2) 研发端方案筛选：在概念设计阶段，通过典型工况库快速评估不同动力配置的能耗表现，缩短研发周期，提高产品的工况适应性。

(3) 运营端能耗监控：物流企业可通过轻量化工具快速分析历史路谱数据，辅助能耗异常预警与运输路线的经济性对比，尤其适用于非专业人员的日常能耗管理与初步路线规划。

本研究技术优势对比见表 6，在多场景中具有显著应用价值。

表 6 本研究方法与传统方法的优势对比

指标	传统仿真方法	本研究方法	优势分析
输入数据量	50 + 专业参数	6 项基础参数 + 路谱文件	数据获取难度降低 90%
操作门槛	需专业工程师	仅需数据上传	非专业人员可操作
计算耗时	40 ~ 60 min	3 ~ 5 min	效率提升 90% 以上

5 结语

5.1 研究成果

(1) 构建工程化计算模型：通过包含四大阻力的功率平衡方程，推导适用于新能源重型汽车的能量消耗计算公式，实现物理单位到工程单位的标准化转换。

(2) 运用 AI 完成数据处理：设计数据预处理、并行计算、结果可视化全流程算法，将专业工况分析时间压缩至 5 min 以内。

(3) 验证工程适用性：在本案例条件下计算误差 < 5%，单位适配性满足行业标准，为非专业用户提供了相对可靠的快速动力经济性匹配工具。

5.2 未来方向

(1) 软件产品化：基于 AI 开发跨平台桌面应用包括 PC 端及移动端，甚至小程序，支持数据导入与报告导出，实现数据的快速处理。

(2) 工况库建设：收集全国典型区域工况下的典型路谱，构建云端数据库支持智能匹配推荐。

(3) 路谱采集与数据处理集成：开发相关软件实现从路谱采集到报告输出的一体化解决方案。

本研究为新能源重型汽车动力性经济性匹配提供了高效工具，推动工况分析从“专家依赖”向“普惠应用”转变，助力行业实现工况与车辆配置的快速初步匹配。

参考文献

[1] 潘志宏, 万智萍, 谢海明. 跨平台框架下基于移动感知的智慧公交应用研究 [J]. 计算机工程与应用. 2018, 54(19): 243-247,260

[2] 余志生. 汽车理论 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2019.

[3] 汪建, 刘大伟. 电路原理 (上册) [M]. 3 版. 北京: 清华大学出版社, 2020.