

城市道路交叉口主要污染物减排计算方法研究

朱志威 林科 黄凯

(广东振业优控科技股份有限公司, 广东 中山 52800)

摘要: 本研究是以《GA/T1248-2015 道路交通拥堵经济损失评估指南》中的“观测期内路段污染物排放量”作为依据, 考虑信号控制下车辆(本文主要讨论汽油车)运行特点, 以及主要污染物的排放特征, 制定基于道路交叉口的观测期内路段污染物排放量简化计算模型, 通过“互联网平台”采集路口平均车速和排队长度等交通大数据, 用数据计算出交通优化后污染物排放量的变化, 实现数据治理污染物减排的有效应用。

关键词: 城市交通; 大数据应用; 数据采集; 数据计算; 数据治理; 污染物减排

一、研究综述

城市交通节能减排是当今社会热点话题, 交通信号控制是城市道路交通管理的一种重要技术管理手段, 对提升城市道路通行能力、缓解道路拥堵、降低机动车出行者延误有显著的作用。

国内外研究者开发了多种模型用于道路交叉口污染物排放的计算。如 MOVES 模型、MOBILE6.2 模型等, 这些模型通过模拟信号优化后道路车辆污染物排放的变化, 对交通管控的节能减排效应进行定量分析。

然而, 上述模型在不同城市、不同交通条件下的普适性和适应性有待进一步验证和改进。模型参数的本地化过程需要更加精细化, 以提高排放测算的准确性。

另外, 目前的研究多集中在 CO、NO_x 等传统污染物, 对 PM_{2.5} 等新兴污染物的研究相对较少, 仍需要加强对各类污染物排放特性的研究, 以实现更全面的污染物减排。

综上, 虽然道路交叉口污染物减排计算的研究取得了一定的进展, 但仍存在数据收集与处理、模型普适性和适应性、污染物种类多样性研究等方面的不足。

因此, 在面向工程应用中仍需要一套简化的计算模型, 以便于帮助政府交通管理部门、交通设计单位、交通科研机构更方便地分析道路交通主要污染物减排情况。

二、计算模型选取及简化

本次研究根据《GA/T1248-2015 道路交通拥堵经济损失评估指南》, 由于本次主要研究的是道路交叉口主要污染物减排计算, 因此本次选取机动车污染物排放增加量经济损失的计算公式, 考虑信号控制下车辆(本文主要讨论汽油车)运行特点, 以及主要

污染物的排放特征, 制定基于道路交叉口的观测期内路段污染物排放量简化模型如下:

$$F_n^k = (Q_i + \frac{N_{i-1} + N_i}{2}) \times L_{\text{路段长度}} \times \sum_{j=1}^J [EP_k(m, j) \times \text{Percent}_{ij}]$$

式中:

F_n^k ——第 i 小时内路段 n 的 k 污染物排放量, 单位为克 (g);

Q_i ——第 i 小时内通过的当量交通量, 单位为标准车 (pcu);

$L_{\text{路段长度}}$ ——观测路段长度距离, 单位为千米 (km);

N_i ——第 i 小时结束时刻在路段内排队车辆数, 单位为标准车 (pcu);

N_{i-1} ——第 i 小时开始时刻在路段内排队车辆数, 单位为标准车 (pcu);

V_i ——第 i 小时进口的车辆平均速度, 单位为千米每小时 (km/h)。

$EP_k(m, j)$ ——平均车速为 m 时, 车型为 j 的 k 污染物的机动车污染物排放因子, 单位为 g 每千米 (g/km);

Percent_{ij} ——第 i 小时内对应 j 车型的车数量比例, 单位为百分比 (%);

j——车辆类型总个数, j=1, 2, …, j, 一般小客车、中客车、大客车三种。

特别说明的是, 对于观测期的时长, 道路交叉口通常以小时来计算通行能力的变化, 所以以 1 小时作为每一个观测期;

对于计算路段长度, 以目标交叉口与上游交叉口的进口长度为计算, 作为当前交叉口的评测范围;

对于每个观测期, 在正常情况下都会车辆产生移动, 所以选

择平均速度大于零的污染物的综合排放因子作计算。

另外，由于交叉口整体排放量的需要考虑各个进口，所以在计算过程中应综合各个进口道排放量进行计算。

三、计算模型参数标定

依据我国生态环境部编制的《道路机动车排放清单编制技术指南》机动车尾气排放主要污染物为 CO、HC、NO_x、PM_{2.5}、PM₁₀，它们排放因子会因天气、温度和车速等因素致使排放不同，但由于本次简化模型用于计算道路交叉口在优化前后的减排量，假设天气、温度因素保持不变，以平均车速作为对比交通优化前后的主要变化因素。

参照《道路机动车排放清单编制技术指南》中列出《汽油车各车型综合基准排放系数》，以国五标准车辆作为对比对象，列出“不同车型的 CO、HC、NO_x、PM_{2.5}、PM₁₀ 污染物基础排放因子”如下。

表 1 不同车型的 CO、HC、NO_x、PM_{2.5}、PM₁₀ 污染物基础排放因子

车型	污染物排放情况 (g/km)				
	CO	HC	NO _x	PM _{2.5}	PM ₁₀
微型、小型货车	0.46	0.056	0.017	0.003	0.003
中型客车	1.98	0.107	0.147	0.006	0.007
大型客车	3.77	0.418	0.582	0.044	0.049
微型、轻型货车	2.37	0.169	0.172	0.006	0.007
中型货车	4.50	0.573	0.680	0.044	0.049
重型货车	4.50	0.555	0.680	0.044	0.049
出租车	2.25	0.257	0.095	0.003	0.003
公交车	3.77	0.418	0.582	0.044	0.049

同时，道路交通状况修正因子根据当地车辆平均行驶速度确定，分为 <20、20-30、30-40、40-80 和 >80km/h 五个速度区间，对基准排放因子进行修正，得出目标排放因子。

四、计算实例验证

为了验证计算模型的有效性和稳定性，本次结合我司业务城市路口交通优化案例，选取不同城市的 52 个路口作验证测试，得到结果如下：

表 2 选取不同城市的 52 个路口作验证测试得出结果

对比项	主要污染物减排量 (kg/h)				
	CO	HC	NO _x	PM _{2.5}	PM ₁₀
最低值	0.15	0.01	0.59	0.00	0.00
最高值	519.05	72.64	8.32	3.88	3.88
中位数	30.92	3.76	0.24	0.20	0.20
平均值	75.35	11.41	1.08	0.60	0.60

1、计算效率

通过对比人工计算而言，本次采取简化的道路交叉口主要污染物减排计算模型，同时实现程序化后，在同样采集数据条件下，通过本次研发工具可以减少 80% 以上花费时间，每个路口录入和计算响应时间不超 15 分钟。

2、计算稳定性

通过对录入数据规范设定，确保计算输入数据的质量，保障计算稳定性达到 90% 以上，将输出结果的数据控制在合理范围。

3、计算准确性

通过对比人工计算，利用工具计算准确性达到 100%，并且减少因人工输入或计算而造成的误差，确保计算结果准确和可用。

五、结论

本研究基于《GA/T1248-2015 道路交通拥堵经济损失评估指南》进行计算模型选取及简化，对计算模型参数标定，得到简化后的道路交叉口主要污染物减排计算方法，经过选取不同城市的 52 个路口作验证测试和改进，确保该模型在效率、稳定性和准确性均能够满足工程项目的实施要求。

虽然本次研究取得一定效果，但在研究过程中，也发现以下不足可以改进：

1、本次研究模型虽然简化道路交叉口主要污染物减排计算过程，但采集过程仍然需要通过人工或检测器获取，数据来源有效性和实时性并不能同时满足，下一步可以考虑从低空无人机进行实时采取和识别获取信息，用于计算输入；

2、本次研究工具中的模型计算参数主要为参考现行国标的统一标准值，尚未对不同城市的参数进行细致的校正和标定，为提高计算准确性，下一步仍需要考虑该项研究工作。

参考文献：

- [1] 杨洋, 王高飞, 赵凯等. 基于城市道路交通信号优化的机动车尾气减排测量方法研究 [J]. 中国科技信息, 2022, 33 (17): 48-50.
- [2] 杨阳, 张义, 王小平等. MOVES 模型在城市交通碳减排评估中的应用 [J]. 太原科技大学车辆与交通工程学院, 2024 (03): 007.
- [3] 王彩凤, 祁昊, 吴忠宜. 智能网联交通系统碳减排效益评估与实证研究 [J]. 公路交通科技, 2024 (01): 002.