

基于平整度的沥青路面养护减排能力分析

白炳东¹, 朱浩然^{2,3}, 蔡海泉^{2,3}

(1.江苏省交通工程建设局, 江苏 南京 210004; 2.苏交科集团股份有限公司; 3.新型道路材料国家工程实验室)

摘要: 交通运输业作为节能减排的主要领域,承担着重要的责任和义务。该文以国际平整度指数为养护决策指标,以温室气体排放为分析对象,测算了不同养护标准条件下管理者与用户温室气体排放情况。结果表明:沥青路面寿命周期内减排能力与交通量等级、养护阈值标准关系密切。在交通量等级较高的道路上,应提高道路养护标准,保持路面良好的使用性能,尤其是路面平整度,可显著降低寿命周期内管理者和用户的温室气体排放。

关键词: 沥青路面; 养护; 节能减排; 寿命周期分析; 平整度

近年来,节能减排已经成为政府部门工作的重点之一,交通运输业作为节能减排的主要领域承担着重要的责任和义务。沥青路面在车辆荷载作用下,使用性能出现衰减,当性能指标衰减到设定的阈值时需要开展针对性的养护以恢复路用性能。同时,沥青路面在运营过程中,除了路面养护会产生温室气体排放,用户的燃油消耗导致温室气体排放也不容忽视,车辆排放不仅与车辆自身及驾驶行为相关,还与路面性能关系密切。目前,路面养护时机决策主要依据路面性能的衰减,而对于路面养护活动以及用户部分的考虑基本处于空白。沥青路面在其寿命周期内,根据路面性能的衰减需要开展定期的养护维修,产生温室气体排放,不同的养护维修标准对应不同的养护排放及用户排放,为了寻求养护活动与用户之间的平衡点,使得公路管理者与用户排放总和最低,该文采用与路面养护及用户排放密切相关的路面国际平整度指数作为分析指标,测算不同条件下的温室气体排放,包括用户及养护活动产生的温室气体排放,并对减排能力进行测算。

1 沥青路面运营期排放模型建立

1.1 边界条件

该文重点分析与路面养护及用户密切相关的过程,包括路面养护活动及用户排放两个主要部分,分析的系统边界如图1所示。

文中考虑了沥青路面养护运营过程的温室气体排放,但是由于原材料的生产工艺复杂,尤其是沥青的加

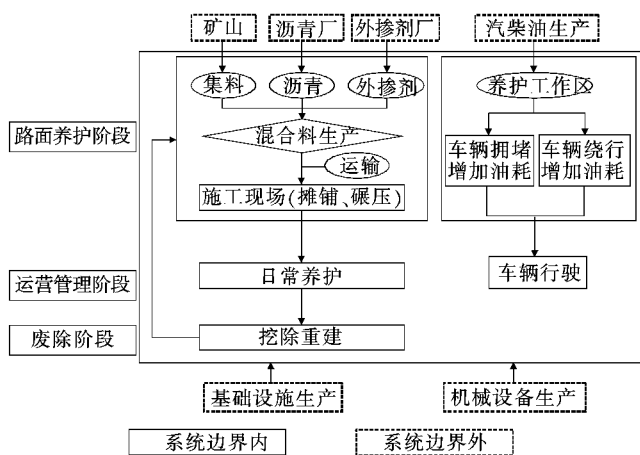


图1 路面运营期排放测算系统边界条件

工,对于原材料生产主要以引用相关文献数据为主,同时,基础设施的建设以及施工机械的生产过程也不包括在内。此外,根据ISO建议的取舍规则(cut-off规则)对最终的计算结果影响较小(小于1%),掺量较少的原材料生产以及施工环节也不在分析范围之内。

因此,该文的测算分析环节仅包括沥青路面养护过程、养护工作区用户排放、用户正常行驶排放等。

1.2 运营期温室气体排放模型

沥青路面养护过程温室气体排放按式(1)测算:

$$G = \sum M_i \cdot G_i + \sum m_i \cdot s_i \quad (1)$$

式中: G 为沥青路面养护产生的温室气体排放(kg); M_i 为第 i 种原材料质量(kg); G_i 为第 i 种原材料单位质量生产产生的温室气体(kg/kg); m_i 为第 i 种能源消耗质量(kg); s_i 为第 i 种能源单位质量消耗产生的

温室气体(kg/kg)。

运营期用户排放主要是车辆燃油消耗产生的温室气体,车辆油耗模型的发展经历了一个较长的演变过程,其中世界银行开发的 HDM 系列模型最为典型,并被较多国家应用。HDM 系列模型属于理论型模型,能够模拟各种工况和路况下车辆的油耗情况。该文在最新版 HDM-4 模型基础上,针对中国实际情况进行了优化,适用于运营期用户产生的温室气体排放量测算。

根据车辆油耗、交通量以及燃油的温室气体排放,即可测算运营期间用户对环境的影响。

$$G_n = \sum_{i=1}^i (FC_i \cdot L \cdot F_{ni} \cdot g_{Fi} / 1\,000) \tag{2}$$

式中: G_n 为第 n 年用户部分排放(kg); FC_i 第 i 种车辆油耗(mL/km); L 为路段长度(km); F_{ni} 为第 n 年第 i 种车辆的交通量(辆/年); g_{Fi} 为第 i 种车辆所消耗燃油的排放值(kg/L),其中,汽油的温室气体排放为 2.314 kg/L,柴油的温室气体排放为 2.655 kg/L。

2 基于平整度的路面养护减排能力分析

该文测算分析的对象为温室气体排放降低值,路面维修养护以路面国际平整度指数(IRI)为指标依据,为了全面分析不同路面 IRI 条件下的温室气体排放情况,路面国际平整度指数从 1.2 m/km 升高至 3.2 m/km,并以 0.4 m/km 为间隔。同时,由于用户部分温室气体排放值与交通量密切相关,结合高速公路交通量分布情况,以单车道交通量作为分级依据,将交通量以 1 000 veh/(d·ln)间隔划分为 9 个等级。路面维修养护以 4 cm 上面层铣刨重铺为主。分析期取为 15 年。采用路面养护温室气体排放及车辆行驶温室气体排放测算模型,以单车道公里为例,按照式(3)计

算减排量:

$$\Delta G = G_{life,i} - G_{none} \tag{3}$$

式中: ΔG 为沥青路面养护产生的减排量(kg); $G_{life,i}$ 为在第 i 种路面国际平整度指数条件下,路面养护及运营期内的温室气体排放量(kg); G_{none} 为不采取养护措施条件下,运营期内的温室气体排放量(kg)。

在不同交通量等级、不同路面国际平整度指数养护阈值条件下,温室气体排放与不采取养护措施方案的减排量结果如图 2 所示。

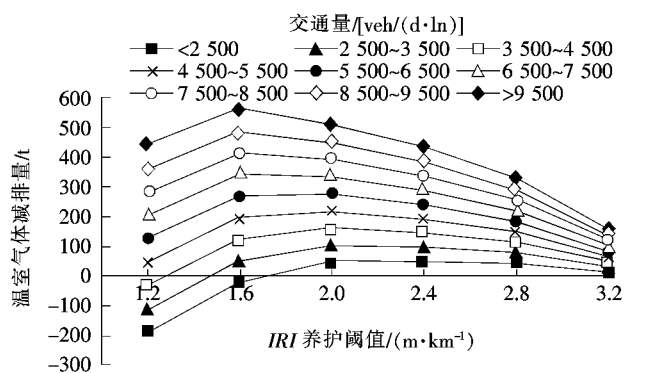


图 2 不同交通量等级及 IRI 阈值条件下减排量

由图 2 可知:当交通量<2 500 veh/(d·ln)时,在路面国际平整度指数 IRI=2.4 m/km 时进行路面养护可获得最大的减排量;当交通量为 2 500~6 500 veh/(d·ln)时,在路面国际平整度指数 IRI=2.0 m/km 时进行路面养护可获得最大的减排量;当交通量>6 500 veh/(d·ln)时,在路面国际平整度指数 IRI=1.6 m/km 时进行路面养护可获得最大的减排量。

由此可以得出:从温室气体排放降低角度考虑,在交通量大的路段应采取较高的养护标准,提高路面平整度水平,而在交通量较小的路段,可适当降低养护阈值,延长路面维修养护间隔。

不同交通量等级条件下,最优国际平整度指数养护阈值时所产生的温室气体排放降低幅度见表 1。

表 1 不同交通量等级下减排幅度

交通量/ [veh·(d·ln) ⁻¹]	减排幅 度/%	交通量/ [veh·(d·ln) ⁻¹]	减排幅 度/%	交通量/ [veh·(d·ln) ⁻¹]	减排幅 度/%
<2 500	0.89	4 500~5 500	1.58	7 500~8 500	1.87
2 500~3 500	1.25	5 500~6 500	1.67	8 500~9 500	1.95
3 500~4 500	1.46	6 500~7 500	1.76	>9 500	2.02

3 案例分析

以江苏省某高速公路经营管理单位所辖路网为

例,测算其在 15 年分析期内的温室气体减排潜力。根据所辖路网交通量分析各交通量等级下路段分布如表 2 所示。

根据所辖路段交通量及国际平整度指数最优养护

表 2 某高速公路经营管理单位所辖路网交通量分级

交通量/[veh· (d·ln) ⁻¹]	路段	累计里程/ (车道·km)
<2 500	路段 A(30.023 km 四车道)	120.092
2 500~3 500	路段 B(82.762 km 四车道)、路段 C(21.107 km 四车道)	415.476
3 500~4 500	路段 D(47.301 km 四车道)、路段 E(20.901 km 四车道)、 路段 F(92.581 km 六车道)	828.294
4 500~5 500	路段 G(24.345 km 六车道)、路段 H(47.016 km 六车道)、 路段 I(23.551 km 四车道)、路段 J(66.605 km 四车道)、路段 K (110.881 km 四车道)	1 232.314
5 500~6 500	路段 L(10.376 km 六车道)	62.256
6 500~7 500	路段 M(18.275 km 四车道)	73.100
7 500~8 500	—	—
8 500~9 500	—	—
>9 500	路段 N(47.301 km 四车道)、路段 O(13.092 km 四车道)	189.204

阈值条件下单位车道公里减排量,可测算得出所辖路段的温室气体最大减排能力,如表 3 所示。所辖路网温室气体最大减排能力为 601 489.2 t,最大减排幅度 1.787%。

表 3 所辖路网温室气体最大减排能力

交通量/[veh· (d·ln) ⁻¹]	累计里程/ (车道·km)	最大减排量(CO ₂)/ [t·(车道·km) ⁻¹]	最佳养护阈值 IRI/(m·km ⁻¹)	减排量 (CO ₂)/t
<2 500	120.092	49.471	2.4	5 941.1
2 500~3 500	415.476	103.845	2.0	43 145.1
3 500~4 500	828.294	161.640	2.0	133 885.4
4 500~5 500	1 232.314	219.420	2.0	270 394.3
5 500~6 500	62.256	277.220	2.0	17 258.6
6 500~7 500	73.100	342.790	1.6	25 057.9
7 500~8 500	—	414.930	1.6	—
8 500~9 500	—	487.080	1.6	—
>9 500	189.204	559.220	1.6	105 806.7
合计				601 489.2

4 结 论

通过对不同路面国际平整度指数条件下寿命周期内养护及用户排放的测算分析,可以得出以下结论:

(1) 在交通量等级较高的道路上,应提高道路养护标准,保持路面良好的使用性能,尤其是路面平整度,可显著降低寿命周期内的管理者和用户的温室气体排放。

(2) 在交通量较大的路段采用较高的养护阈值标准,可获得较大的减排量。

参考文献:

[1] John H., Wang T., Jeremy L..Application of LCA Results to Network—Level Highway Pavement Management[J]. Climate Change, Energy, Sustainability and Pavements,2014:41—74.

[2] Karim C., Imen Z., Effect of Pavement Surface Conditions on Sustainable Transport[J].Climate Change,Energy,Sustainability and Pavements,2014:173—246.

[3] 朱浩然,蔡海泉,卢勇,等.基于 LCA 的沥青路面养护能耗测算及软件开发[J].交通建设与管理,2014(11).

[4] 宣登殿,李新伟.客车燃油消耗量计算方法[J].公路交通科技,2011(9).

[5] 周育峰,张浩然.路面表面特性与汽车油耗关系研究[J].公路,2005(1).

[6] 钟东,李爱芳.高速公路全寿命周期成本费用分析研究[J].现代交通技术,2010(3).