

沥青路面大掺量厂拌热再生效益分析

任 明

(贵州路桥集团有限公司, 贵州 贵阳 550001)

摘要 为全面了解厂拌热再生技术工程效益, 推动厂拌热再生技术在沥青路面养护施工中的应用, 文章基于生命周期评价理论, 并结合试验路工程实践, 针对沥青路面大掺量厂拌热再生技术工程效益实施探究, 通过对再生料 (RAP) 掺配比例为 20%、30%、30% (机械发泡) 条件下的厂拌热再生混合料与普通混合料实施比较, 分别对其实际工程应用的经济效益和环境效益进行分析。结果显示, 采用厂拌热再生技术及机械发泡技术, 能有效减小沥青路面能耗、CO₂ 排放当量, 降低养护成本, 具有显著的经济和环境效益。

关键词 公路工程项目; 沥青路面; 厂拌热再生; 生命周期评价 (LCA)

中图分类号 U414 **文献标识码** A **文章编号** 2096-8949 (2023) 15-0087-03

0 引言

生命周期评价 (LCA) 是基于物质不灭原理、能量守恒理论对产品生产和使用过程中整体能耗实施评估的方法。近年来, 随着节能环保理念的逐步实施, LCA 评价方法在沥青路面养护施工效益评价中得到了广泛应用。该文选择再生料 (RAP) 掺配比例为 20%、30%、30% (机械发泡) 厂拌沥青混合料与普通混合料实施对比, 确定道路养护不同阶段 CO₂ 排放当量及能耗情况, 并通过试验路工程实践, 对厂拌热再生技术经济及环境效益实施评价, 从而确定最佳养护方案^[1]。

1 效益评价指标

根据国家节能环保综合治理评价标准, 采用能耗与 CO₂ 排放量为评价标准, 全面考虑原材料消耗及废物重复使用等各方面因素, 综合确定效益评价指标如下:

(1) 标准能耗 (MJ/t)。

(2) CO₂ 排放当量 (kg/t), 主要对温室气体产生量实施评价。通过以上两项指标实施定量评估, 为废弃物重复利用及节能降耗评估奠定基础^[2]。

2 效益评价模型的边界条件

根据集料、沥青的各种原材料生产工艺, 对沥青路面施工过程中的能耗实施调查分析。因沥青生产过程相对复杂, 其技术参数主要来自引用。按照国家相关规定, 针对外界影响不足 1% 的因素可忽略不计, 但整体忽略因素应控制在 5% 范围内。具体标准如下:

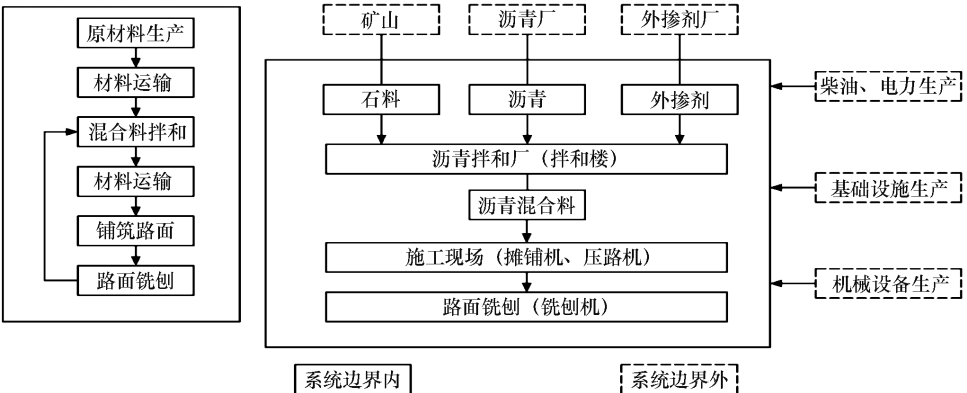


图 1 沥青路面施工能耗的系统边界

(1) 严格按照 LCA 理论成果对温室气体排放影响实施分析, 确定此因素能否忽略。

(2) 关于材料消耗数据, 在具体模拟过程中, 通常从标准数据库选择同类数据对其影响实施评价, 若影响不大, 应忽略不计; 若影响显著, 则应全面收集相关数据。

(3) 当差异较为明显或相对粗略的条件下, 才能忽略掺配比例较小的材料^[3]。

按照以上标准得出的沥青路面上面层厂拌热再生能耗系统边界如图 1 所示。公路沥青路面全寿命周期涉及能源生产、施工机具制造与运输、基础设施建设、施工材料生产及运输、混合料生产、运输、摊铺、压实以及道路运维等。由于分析项目整体全寿命周期涉及内容较多, 任务繁重, 因此选择其中部分环节实施分析。因各环节采取的分析测算方式基本一致, 后续对沥青路面建设全寿命周期实施分析, 可采取相同的方式对其余环节温室气体排放及能耗实施预测^[4-5]。

3 研究对象

厂拌热再生主要指对原始沥青路面实施翻挖, 并将

收稿日期: 2023-04-23

作者简介: 任明 (1981—), 男, 大专, 工程师, 研究方向: 高速公路路面工程。

旧路面材料运至拌和站实施粉碎处理,按照路面建设质量标准实施配合比设计,科学确定RAP再生料掺配量,并将再生剂、沥青、集料等按照确定的配合比实施拌和,得到新的沥青混合料,重新铺设形成再生沥青路面。与普通新建沥青路面相比,厂拌热再生多出了旧路铣刨、旧料运输等工序。各环节施工要求如下:

(1) 旧路铣刨。通过实际调查发现,当采用铣刨宽度为2 m的铣刨机对旧路面实施铣刨时,发动机油耗为124 L/h(柴油密度为0.84 kg/L)。当机械功率为80%,铣刨深度为12 cm时,其速率为4 m/min。

(2) 旧料运输。旧沥青路面铣刨完成后,将铣刨料由现场运至拌和站,运距与再生混合料运距一致,均为80 km。

(3) 再生混合料生产。生产设备选用德国进口单滚筒再生机,同步加热RAP与新集料,再生料生产能耗与普通混合料大致相同,故采用相同能耗实施计算。

(4) 混合料拌和、摊铺、碾压。厂拌再生混合料拌

和、摊铺、碾压等施工工艺与普通沥青路面施工方式完全相同^[6]。

4 效益计算过程与分析

4.1 环境效益分析

环境效益初始数据主要指的是沥青路面建设全过程(包含原材料加工与运输、再生料拌和、新旧混合料运输、摊铺、压实、铣刨等)耗能及CO₂排放量。对试验段作如下假设:沥青路面上面层铺设4 cm厚厂拌热再生混合料,沥青采用AC-13改性沥青,油石比4.8%,RAP料、再生混合料运输距离均为80 km,原料运输距离为150 km。根据原料与沥青路面建设各阶段能耗及CO₂排放量初始数据,分别计算出再生料(RAP)掺配比例为20%、30%、30%(机械发泡)条件下的厂拌热再生混合料与普通混合料耗能及温室气体排放量^[7-8]。详细数据如表1、图2~3所示。

表1 各养护措施的能耗及温室气体排放

施工工艺细目	能耗/(MJ·t ⁻¹)				CO ₂ 排放当量/(kg·t ⁻¹)			
	常规罩面	不同掺量厂拌热再生方案			常规罩面	不同掺量厂拌热再生方案		
		20%RAP	30%RAP	30%RAP (机械发泡)		20%RAP	30%RAP	30%RAP (机械发泡)
改性沥青生产	259.78	207.82	181.84	181.84	15.5	12.3	10.84	10.94
集料生产	30.28	24.220	21.14	21.24	2.37	1.81	1.75	1.56
面层80 km生产	—	23.440	35.17	35.17	—	1.58	2.38	2.38
150 km原材料运输	81.56	65.250	58.27	58.27	6.04	5.03	4.31	4.31
聚合物拌和	256.10	256.05	256.20	204.7	19.75	19.75	19.7	15.83
150 km聚合物运输	43.44	43.49	43.40	43.40	3.21	3.21	3.21	3.21
路面施工阶段(CO ₂ 当量)	2.520	2.530	2.520	2.72	34.18	34.18	34.18	34.18
合计	673.680	622.800	598.540	547.340	81.050	77.860	76.370	72.410

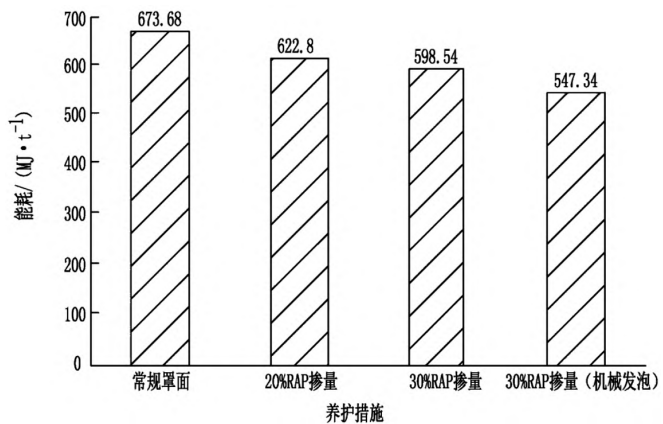


图2 不同养护措施所产生的能耗对比

通过表1能够看出:①原材料生产、运输阶段能耗及温室气体排放量呈现下降趋势。②采用机械发泡温拌技术施工时,原材料生产、运输及混合料拌和阶段,能耗及温室气体排放量均呈现下降趋势。根据LCA理论对环境效益实施评价,相较于普通沥青罩面施工技术,厂拌热再生技术节能降耗效益更加显著。③当再生料(RAP)掺配比例相同时,机械发泡温拌再生技术能耗及温室气

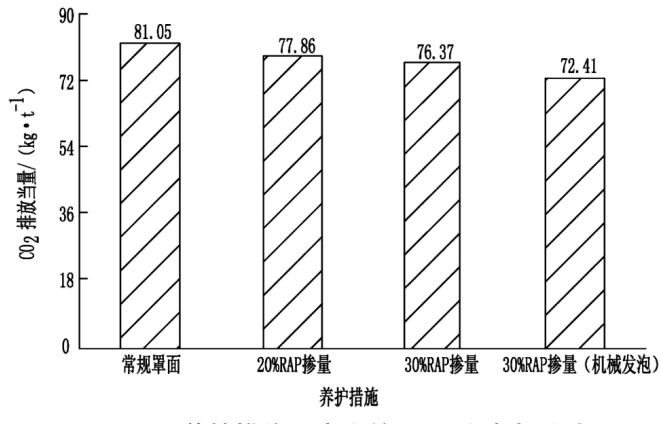


图3 不同养护措施所产生的CO₂排放当量对比

体排放量更少,环境效益更加显著^[9]。
通过图2、图3能够看出:①与普通沥青罩面技术相比,厂拌热再生技术能耗与CO₂排放当量均呈现下降趋势。②当再生料(RAP)掺配比例为20%、30%时,能耗依次下降7.21%、10.65%,CO₂排放当量依次下降6.46%、9.48%。

4.2 经济效益计算分析

为有效评价各种再生料（RAP）掺配比例条件下厂拌热再生经济效益，对各掺配比例下厂拌热再生施工费用实施计算分析。主要项目包括施工材料、人工单价。根据沥青路面养护施工情况确定材料、机械消耗量，进而计算出单位面积施工成本。计算成本定额单价参考某省公路工程建设施工定额平台。

对于厂拌热再生技术 AC-13 沥青路面施工，严格按照各环节单价及台班定额、现行《公路工程预算定额》相关标准科学计算施工成本^[10]。结合试验段假设情况，并参考传统罩面施工技术标准，对各种再生料（RAP）掺配比例条件下厂拌热再生施工成本实施计算（除人工成本），其经济性分析结果如表 2、图 4 所示。

表 2 沥青路面费用分析

序号	费用组成细目	基于不同养护方案的费用 / 万元		
		常规罩面	20%RAP 掺量	30%RAP 掺量
01	沥青直接费	267.25	244.17	232.33
02	铣刨直接费	0.00	16.63	20.19
03	破碎筛分直接费	0.00	0.13	0.25
04	集料直接费	93.10	93.18	79.33
05	原材料运输直接费（80 km）	53.59	53.59	53.59
06	混合料拌和直接费	35.32	35.32	35.32
07	混合料运输直接费（80 km）	53.59	53.59	53.59
08	摊铺直接费	3.62	3.62	3.62
09	碾压直接费	2.03	2.03	2.03
10	其他工程费（4.45%）	22.54	22.27	21.39
11	间接费用（2.48%）	13.08	13.12	12.35
12	利润（7%）	38.03	37.57	36.13
13	税金（3%）	17.38	17.17	16.41
	合计	600.540	593.320	567.360

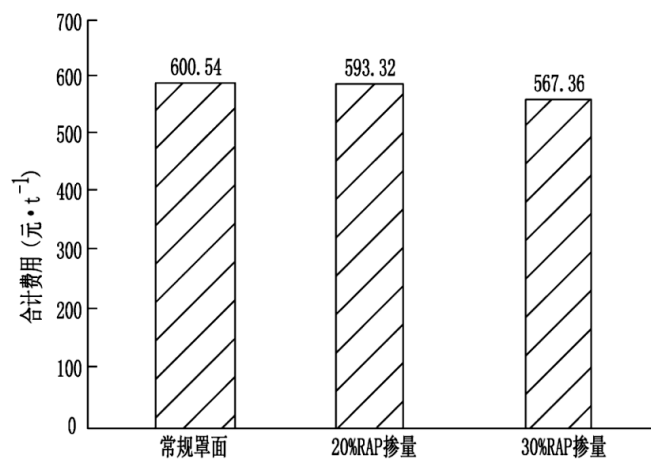


图 4 不同养护措施下沥青路面费用

通过表 2、图 4 能够看出：①不同养护技术施工成本存在较大差异，且再生料（RAP）掺配比例不同，施工成本也有所不同。②一定再生料（RAP）掺配比例范围内，与传统罩面技术相比，厂拌热再生技术施工成本

更低，当 RAP 掺配比例为 20%、30% 时，施工成本依次降低 1.20%、5.53%，具有显著的经济效益。

5 结论

综上所述，该文基于生命周期评价理论，根据试验路工程实践，从不同施工环节对不同再生料（RAP）掺配比例条件下厂拌热再生技术环境及经济效益实施综合探究。通过对厂拌热再生边界条件、能耗及 CO₂ 排放当量计算分析，确定厂拌热再生技术环境效益；通过对普通罩面技术及再生料（RAP）掺配比例为 20%、30%、30%（机械发泡）条件下的厂拌热再生技术能耗及 CO₂ 排放当量计算分析，确定厂拌热再生技术经济效益。其具体结论如下：

- （1）通过 LCA 综合评价，相较于传统罩面技术，厂拌热再生技术具有显著的经济、环保效益。
- （2）RAP 掺配比例由 20% 增至 30% 时，厂拌热再生技术经济、环保效益显著增加。
- （3）当再生料（RAP）掺配比例相同时，机械发泡温拌再生技术能耗及温室气体排放量更少，环境效益更加显著。

参考文献

[1] 王伟. 厂拌热再生沥青混合料设计及路用性能研究 [J]. 交通世界, 2023(14): 26-28.

[2] 杨晓东. 厂拌热再生沥青路面施工技术 [J]. 科学技术创新, 2023(6): 129-132.

[3] 刘畅. 厂拌热再生高 RAP 掺量混合料路用性能研究 [J]. 交通世界, 2022(32): 14-16.

[4] 丁俊剑. 大修改造工程路面厂拌热再生面层施工工艺 [J]. 交通世界, 2022(20): 70-72.

[5] 刘雪锋. 高掺量厂拌热再生沥青混合料用于小流量高速公路罩面工程的应用研究 [C]// 中国公路学会养护与管理分会. 中国公路学会养护与管理分会第十二届学术年会论文集, 2022: 194-201.

[6] 宋海鸿. 厂拌热再生技术在沥青路面养护维修中的应用分析 [J]. 安徽建筑, 2022(6): 145-146.

[7] 郑德江. 厂拌热再生沥青混合料关键技术研究 [J]. 价值工程, 2022(19): 114-116.

[8] 李世龙. 厂拌热再生技术在福宁高速公路路面养护工程中的应用 [J]. 福建交通科技, 2020(1): 10-12.

[9] 孙金鑫, 贾秦龙, 薛洪华, 等. 高速公路大修工程厂拌热再生技术的应用 [J]. 新型建筑材料, 2020(1): 142-144+154.

[10] 黄伯承. 沥青路面厂拌热再生技术在漳诏高速路面养护中的应用 [C]// 中国公路学会养护与管理分会, 中交公路规划设计院有限公司, 中交第三公路工程局有限公司. 中国公路学会养护与管理分会第十届学术年会论文集, 2020: 147-153.