

# 高速公路路面施工期能耗减排监控研究<sup>\*</sup>

冉德钦, 李程程, 卢林果, 李轶然, 付建村, 尚勇

(山东省交通科学研究院, 山东 济南 250014)

**摘要:** 高速公路建设中能源消耗巨大, 加强对公路施工期节能减排管理意义重大。文中从能耗监控技术、节能减排效益核算和能耗监控应用三方面对近期关于高速公路路面施工期能耗减排监控研究成果进行综述, 以期建立绿色公路路面建设期环保评价体系和绿色低碳施工技术体系, 推动公路建设科学发展和绿色发展。

**关键词:** 工程管理; 高速公路; 沥青路面; 节能减排; 建设期

**中图分类号:** U415.1

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1671-2668(2018)06-0157-03

开展公路能耗监控研究与应用是深入探索绿色公路节能减排效益评估、科学评价绿色公路建设成效的重要组成部分。作为高等级公路的高速公路, 有必要率先进行能耗减排监控相关研究。公路能耗减排监控包括施工期和运营期两方面, 目前在运行期进行了相关研究和应用, 建设期研究则起步较晚, 但近年来也出现了大量研究成果。该文梳理高速公路施工期能耗减排监控研究和应用成果, 通过科技创新实现能耗减量, 推动公路建设绿色发展。

## 1 能耗监控技术

### 1.1 能耗监控体系研究

监测高速公路的能耗水平, 科学评价节能降耗的进步空间, 可为低碳建设和公路建设管理改进提供参考, 为制定节能降耗相关政策提供可靠信息, 为高速公路行业进入碳排放市场提供依据。开展高速公路能耗监控意义重大, 国内外学者均十分重视高速公路能耗监控体系研究。

文献[3]、[4]分析了沥青面层改建工程的能耗, 计算了单位质量不同沥青面层混合料在改建工程中的能耗, 并指出沥青混合料拌和是降低能耗的关键环节。文献[5]分析了高速公路建设期 CO<sub>2</sub> 排放, 给出了路面工程 CO<sub>2</sub> 排放比例。文献[6]建立了沥青路面节能减排评价指标体系, 选取典型沥青路面结构对其施工期能耗及温室气体排放进行了监测计算。文献[7]设计了气体排放计算方法, 计算结果表明材料、燃料和加工过程产生的 CO<sub>2</sub> 占总排放量的

90%以上。文献[8]设计了一个类似的方案。

### 1.2 能耗监控管理信息系统开发

利用能耗监控管理信息系统能实现能耗远程监测、数据上传与信息管理的, 能更好地发挥能耗监控体系在绿色公路建设中的作用。文献[9]建立了沥青路面节能减排评价指标体系, 开发了分析评价系统 E3SAP。文献[10]建立的软件系统由 3 个模块组成, 各模块功能定位清晰, 并对不同路面材料的绿色程度进行了比较。

文献[11]考虑路面建设中材料生产、施工、养护维修及使用生命终止各阶段的能源消耗和气体排放, 开发了 PaLATE 系统。文献[12]从可持续发展角度研究了公路的环境影响, 并建立量化评价模型, 该模型是绿色公路评价指标体系的前身。文献[13]设计了绿色公路建设期能耗监测系统, 以真实数据记录所有能源消耗, 使在施工期实施节能减排措施有了依据。

### 1.3 生命周期方法的运用

文献[14]、[15]使用生命周期分析方法进行高速公路沥青路面能耗减量研究。建立基于生命周期评价技术的高速公路节能减排效益模型和高速公路建设项目绿色化评价体系, 有利于放弃高能耗、高排放的粗放型生产技术, 实现对高速公路路面施工期真正节能减排、提质增效技术的利用。

文献[16]对高速公路生命周期内的能耗及气体排放进行计算, 结果表明路基土方施工能耗最大, 占总能耗的 62%; 在所有监控的工程机械中, 自卸汽

<sup>\*</sup> 基金项目: 山东省济南至青岛高速公路改扩建绿色科技示范工程攻关项目; 山东省交通运输厅交通科技创新计划项目 (2017A04-03)

车的能耗占47.4%。文献[17]认为沥青含量和混合料生产是加重沥青路面环境负荷的关键因素。文献[18]研究了热拌和冷拌沥青混合料路面在生命周期内的能耗与温室气体排放,结果表明服役40年的沥青路面施工养护期每公里能耗为 $23 \times 10^6$  MJ,热拌和冷拌沥青路面没有很大差别。文献[19]将公路生命周期划分为建筑材料制造、施工、维修、拆除和回收4个阶段,其中制造阶段的能耗最高。

#### 1.4 能耗和排放评价体系及指标

文献[20]提出了沥青面层可控施工期节能减排评价体系,采用专家评分法确定了沥青面层节能减排评价体系中各指标的比例,并提出了路面施工节能减排措施。文献[21]给出了生产热拌、冷拌和温拌沥青混合料温室气体排放量估算方法,估算结果表明温拌沥青混合料的温室气体排放为热拌沥青混合料温室气体排放的76%。

文献[22]采用温室气体排放总量评价标准确定了温室气体排放道路等级系数。文献[23]确定了沥青路面养护工程节能减排评价指标的评判标准及沥青路面养护工程一、二级评价指标的权重,建立了沥青路面养护工程节能减排综合评价方法及流程。

## 2 节能减排效益核算

依托能耗监控管理信息系统快速获取高速公路施工期能耗监测数据,客观、现实地反映施工期能耗,在此基础上对高速公路施工期进行节能减排效益核算,可为研究和建立高速公路施工期节能减排技术提供技术支持。

文献[24]的研究结果表明沥青路面施工过程中的能耗主要集中在拌和混合料、加热集料及生产沥青3个阶段。文献[25]通过对沥青混合料能耗和碳排放调查,结合碳排放计算方法,采用最大离差法计算了沥青路面各施工环节的权重,提出了沥青路面碳排放的关键环节,建立了沥青路面碳排放评价模型;指出只有改变能源结构,改善采暖方式,加强施工管理,才能减少沥青路面建设中的碳排放。

文献[26]考虑到沥青路面的可再生能力,认为再生资源或废料路面的环境友好性优于新材料。文献[27]通过分析材料利用情况对环境的影响,认为利用再生资源或废弃材料路面的环境友好性优于采用新料。文献[28]将再生集料和粉煤灰、高炉底灰进行比较,认为再生料能耗更低,温室气体排放更少,对环境更友好。文献[29]认为增加再生沥青的

使用可显著降低能耗。

## 3 能耗监控应用

随着研究的深入,越来越多的研究成果被运用到实际工程中并取得了良好效果。文献[30]以重庆某高速公路为例构建绿色养护评价体系,为合理选择养护措施提供参考。

文献[31]对温拌沥青混合料的节能减排效果进行定量分析,结果表明温拌沥青的 $\text{CO}_2$ 和氮氧化物排放量分别减少60.0%、72.6%,温拌沥青混合料摊铺过程中排放的沥青烟、可溶性物质和苯并[a]芘与热拌沥青混合料相比降低80%以上。文献[32]通过对京石(北京—石家庄)高速公路改扩建路基路面工程温室气体排放的计算,得出第13标段路面 $\text{CO}_2$ 排放量为394.3 t/km,分析了影响碳排放的关键环节,并提出了节能减排措施。文献[33]分析了高速公路施工期能耗监控范围和监控方法,分析了整个施工期的能耗情况,结果表明高速公路施工过程中柴油消耗比例最大。

文献[34]采用监测报表和设备监测方法对道安(道真—瓮安)高速公路施工期各路段和各环节的能耗进行分析,得出路面施工能耗为38 804.83 tce。文献[35]分析比较了各种添加剂对沥青路面的环境影响,在此基础上选择合适的环保添加剂。文献[36]评估了路面维修中能源利用和温室气体排放情况,结果表明较差的施工质量可能导致能耗和温室气体排放增加。

## 4 结语

做好能耗减排监控,要规范高速公路建设的节能评估与技术优化,并通过研究能耗组成、能耗影响因素、能耗计算方法、各单位能耗水平,提出完善的评价体系和可行的节能措施,开发节能评估系统,并形成高速公路建设节能评估指南。以下两方面应继续加深研究:

(1) 新型节能环保材料和节能减排新技术是今后节能减排研究的重要方向,需结合室内试验与施工现场进行研究,使研究成果更具科学性,有效指导环保节能现代化路面建设。

(2) 建立适合中国行业发展水平和工业生产水平的生命周期清单分析基础数据库,加快建立公路行业全生命周期能耗及排放量化评价体系,深入挖掘生命周期各阶段节能减排潜力,积极探索中国式

低碳交通发展道路。

#### 参考文献:

- [1] 马书红,向前忠,唐珂,等.高速公路运营期能耗体系与监控指标研究[J].公路,2013(10).
- [2] 李多奇,符铎.两种高速公路运营期能耗评价方法比较[J].中外公路,2017,37(6).
- [3] 沈艺奇.高速公路维修改造工程能耗及排放评价模型及方法[D].合肥:合肥工业大学,2017.
- [4] 沈艺奇,扈惠敏.高速公路改建工程沥青面层施工期能耗与排放量量化分析[J].工程与建设,2017,31(1).
- [5] Wang X, Wu L, Yang D. Carbon dioxide emissions from highway construction: case study in southwest China [A]. Transportation Research Board 93rd Annual Meeting[C]. 2014.
- [6] 钱琳琳,景晶晶,刘强.典型沥青路面施工期能耗及碳排放定额测算研究[J].上海公路,2016(1).
- [7] Cass D, Mukherjee A. Calculation of greenhouse gas emissions for highway construction operations by using a hybrid life-cycle assessment approach: case study for pavement operations[J]. Journal of Construction Engineering & Management, 2011, 137(11).
- [8] White P, Golden J S, Biligiri P K, et al. Modeling climate change impacts of pavement production and construction[J]. Resources, Conservation and Recycling, 2010, 54(11).
- [9] 杨博.沥青路面节能减排量化分析方法及评价体系研究[D].西安:长安大学,2012.
- [10] 郑莉.路面材料 LCA 及其信息化开发[D].长沙:长沙理工大学,2007.
- [11] Nathman R K. Palate user guide, example exercise, and contextual discussion[D]. Newark: University of Delaware, 2008.
- [12] Soderlund M. Sustainable roadway design: a model for an environmental rating system[D]. Washington D C: University of Washington, 2007.
- [13] 刚红润.绿色公路建设期能耗监测系统[J].电子世界,2016(20).
- [14] 高放.基于 LCA 的沥青路面建设期能耗和排放量量化分析研究[D].重庆:重庆交通大学,2016.
- [15] 李海洋.基于 LCA 温拌沥青路面建设期节能减排效果及经济性评价[D].重庆:重庆交通大学,2016.
- [16] 尚春静,张智慧,李小冬.高速公路生命周期能耗和大气排放研究[J].公路交通科技,2010,27(8).
- [17] Hakkinen T, Makela K. Environmental impact of concrete and asphalt pavements[R]. Environmental Adaptation of Concrete. Technical Research Center of Finland. Research Notes 1752, 1996.
- [18] Strippel H. Life cycle assessment of road[R]. IVL Report. IVL Swedish Environmental Research Institute, 2001.
- [19] Park K, Hwang Y, Seo S, et al. Quantitative assessment of environmental impacts on life cycle of highways[J]. Journal of Construction Engineering & Management, 2003, 129(1).
- [20] 齐乐.沥青面层节能减排评价指标及评估体系研究[D].西安:长安大学,2015.
- [21] Hanson C, Noland R B, Cavale K R. Life-cycle greenhouse gas emissions of materials used in road construction[J]. Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board, 2012, 2287.
- [22] 蔺瑞玉.沥青路面建设过程温室气体排放评价体系研究[D].西安:长安大学,2014.
- [23] 商东旭,史纪村.基于模糊物元方法的沥青路面养护工程节能减排效果评价研究[J].公路交通科技:应用技术版,2015(11).
- [24] Zapata P, Gambatese J A. Energy consumption of asphalt and reinforced concrete pavement materials and construction[J]. Journal of Infrastructure Systems, 2005, 11(1).
- [25] 彭波,蔡春丽,胡如安.高速公路沥青路面能耗与碳排放评价[J].长安大学学报:自然科学版,2016,36(5).
- [26] Hprvath A, Hendrickson C. Comparison of environmental implications of asphalt and steel-reinforced concrete pavements[J]. Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board, 1998, 1626(1).
- [27] Mroueh U M, Eskola P, Laine-Ylijoki J, et al. Life cycle assessment of road construction[J]. Roads, 2000, 51(3).
- [28] Chowdhury R, Apul D, Fry T. A life cycle based environmental impacts assessment of construction materials used in road construction[J]. Resources Conservation & Recycling, 2010, 54(4).
- [29] Aurangzeb Q, Al-Qadi I L, Ozer H, et al. Hybrid life cycle assessment for asphalt mixtures with high RAP content [J]. Resources Conservation & Recycling, 2014, 83(1).
- [30] 王婷婷.公路沥青路面不同预养护方式的绿色评价研究[D].重庆:重庆交通大学,2013.
- [31] 秦永春,黄颂昌,徐剑,等.温拌沥青混合料节能减排效果的测试与分析[J].公路交通科技,2009,26(8).
- [32] 秦文香,杨欣.高速公路改扩建路基路面碳排放计算

(下转第 163 页)

续表 6

因素	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	权重	排序
	0.10	0.10	0.59	0.21		
$C_{10}$			0.180		0.070	4
$C_{11}$			0.090		0.360	1
$C_{12}$			0.123		0.090	3
$C_{13}$			0.103		0.295	2
$C_{14}$				0.158	0.040	6
$C_{15}$				0.116	0.020	10
$C_{16}$				0.609	0.026	8
$C_{17}$				0.103	0.022	9

根据以上计算结果,对企业转型影响因素权重进行排序,影响程度从大到小为管理内容>风险意识>节约成本、业绩能力>管理经验>顶层制度设计>人员条件>招标及合同范本、市场信用管理体系、监理工作方向、监理收费>廉政管控风险>社会信任度>管理相对集权>基础建设投资、改革市场成功经验、代建+监理一体化模式逐步推广。

3 监理企业转型承接代建+监理一体化业务的建议

(1) 从企业自身角度来看,管理内容和业务范围要与项目管理直接相连,丰富的工程业绩和高素质、多元化的人才储备是企业顺利转型的必要条件。转型之前要对取费方式和项目成本进行核算,树立风险意识,在企业经营范围上逐步向代建+监理一体化方向靠拢。

(2) 从外部环境角度来看,顶层设计和相关法律法规是监理企业能否转型承接代建+监理一体化业务的重要因素,尤其是地方企业需要地方政府和行业主管部门的支持。企业走向市场进行业务转型,需建立在信用体制健全的基础上,无论是招投标制还是合同制,在尚未建立之前,监理企业在这些问题上应加强研究。

(3) 企业转型需面对一定风险,能否成功转型或创造出自己的品牌价值都需三思而后行。承接代建+监理一体化业务的监理企业最好承担过项目代建业务,这样项目管理过程中监理思维的转变会相对顺畅。承接新改革模式业务的监理企业必须具有良好的创新能力,最好具有改革市场的成功经验。初次尝试改革模式的企业也可通过学习和交流,发挥自己的优势与其他单位合作,取长补短。

4 结语

该文依托江西交通咨询有限公司在井睦、宁安高速公路承接代建+监理一体化业务的成功案例,对项目建设前后优势、劣势、机遇、挑战进行 SWOT 分析,利用层次分析法指出顺利转型的关键因素,为工程监理企业转型提供参考。

在市场化的大环境下,监理企业转型发展是必经之路,面对新型建设管理模式,监理企业应充分发挥自身优势,加快转型发展速度。同时监理企业的转型是一个可持续发展过程,要提前对所承接业务进行布局,以增强转型后的企业竞争力。

参考文献:

[1] 曾晓文.大型高速公路建设项目管理模式研究[D].南昌:南昌大学,2010.

[2] 交公路发[2015]54号,交通运输部关于深化公路建设管理体制改革的若干意见[S].

[3] 洗巧凤.聚焦新标准新规范:记2016全国公路建设管理新标准规范技术研讨会[J].中国公路,2016(9).

[4] 深化改革 创新管理 建立责权一致科学高效的公路建设管理体制[N].中国交通报,2015-04-21.

[5] Gray Matthew, Huang Ting, Li Heng, et al. Proactive behavior-based safety management for construction safety improvement[J]. Safety Science, 2015, 75.

[6] 蒋再文.基于TCE和MDT的高速公路项目管理模式重构及运行机制研究[D].重庆:重庆大学,2015.

收稿日期:2018-07-05

(上接第159页)

分析研究[J].公路交通科技:应用技术版,2015(1).

[33] 陈书雪,曹子龙,张毅,等.绿色高速公路施工期能耗监控监测技术及实证研究[J].公路,2017(9).

[34] 于凯旋,程大千,杨帆,等.道安高速公路建设期能耗排放监控监测与分析[J].上海公路,2017(3).

[35] Wang T, Lee I S, Kendall A, et al. Life cycle energy consumption and GHG emission from pavement rehabilitation with different rolling resistance[J]. Journal of Cleaner Production, 2012, 33(5).

收稿日期:2018-05-09