

公路基础设施建设碳排放核算研究

王伟 张乐

内蒙古自治区交通运输科学发展研究院

DOI:10.12238/eep.v8i5.2690

[摘要] 本文采用基于公路建设过程的生命周期评价分析方法,提出公路建设各阶段的碳排放量核算模型,并选择典型公路路段进行碳排放量核算研究。结果显示,该典型路段材料生产阶段碳排放量和强度最高,施工阶段和材料运输阶段次之。在所有工程类型中,碳排放量主要来源于桥梁工程、路基工程和管线工程,其中桥梁工程产生的碳排放量最高,碳排放强度也最高。以便为准确掌握碳排放变化趋势、制定碳减排战略决策、针对性开展各项碳减排工作。

[关键词] 碳排放; 核算边界; 碳排放因子; 公路基础设施

中图分类号: X831 文献标识码: A

Research on Carbon Emission Accounting for Highway Infrastructure Construction

Wei Wang Le Zhang

Inner Mongolia Autonomous Region Transportation Science Development Research Institute

[Abstract] This article adopts a life cycle assessment analysis method based on the process of highway construction, proposes a carbon emission accounting model for each stage of highway construction, and selects typical highway sections for carbon emission accounting research. The results show that the carbon emissions and intensity are highest during the material production stage of this typical road section, followed by the construction stage and material transportation stage. Among all types of engineering, carbon emissions mainly come from bridge engineering, roadbed engineering, and pipeline engineering, among which bridge engineering generates the highest carbon emissions and has the highest carbon emission intensity. In order to accurately grasp the carbon emission trend, formulate carbon reduction strategies, and implement targeted carbon reduction work.

[Key words] Carbon emissions; Accounting boundary; Carbon emission factor; Road infrastructure

引言

公路基础设施建设过程中需要消耗大量的能源和资源,要想有效控制公路基础设施建设的碳排放,就必须对碳排放数据进行核算和管理。计算公路基础设施不同阶段(生产、运输和施工)的碳排放值,可以比较分析公路基础设施各阶段的碳排放强度,厘清公路基础设施建设过程中碳排放的根源和结构,还可以评价工程的环境效益,有利于为公路基础设施建设节能减排工作提供指导与切实可行的数据支撑^[1]。因此,将碳排放量化是寻求公路基础设施建设低碳发展路径的基础。

1 公路基础设施建设碳排放核算范围

在对建设期的公路基础设施进行碳排放核算时,应以单位工程或合同段为核算对象且应对公路的不同组成部位分别进行核算,最后再将各部位核算结果相加,才能得出核算对象的总体碳排放量,建设期公路基础设施碳排放核算的范围包括路基、路面、桥梁、隧道、交通工程及沿线设施^[9]。

公路路基碳排放核算的范围主要包括场地清理、路基挖方、填方、结构物台背回填、特殊路基处理、排水工程、路基防护与加固工程等不同部分。公路路面碳排放核算的范围主要包括沥青混凝土路面、水泥混凝土路面、路槽、路肩及中央分隔带和路面排水等不同部分。桥梁碳排放核算的主要范围包括基础工程、下部构造、上部构造、桥面铺装和桥梁附属结构等不同部分。隧道碳排放核算的主要范围包括洞身开挖、围岩支护、防排水系统、衬砌、路面、装饰和施工通风照明等不同部分。交通工程及沿线设施碳排放核算的主要范围包括临时工程、交通安全设施、管理、养护、服务房建工程、隧道机电工程、绿化及环境保护等不同部分。

2 公路基础设施建设碳排放核算方法

目前,普遍认同的温室气体监测方法主要有物料衡算法、实测法、排放因子法等三种方法,其中物料衡算法和实测法适用于火电厂等大型固定排放源的二氧化碳测算,因此,排放因子法是

当前应用比较广泛的方法^[1]。本文将公路基础设施建设过程分为材料生产、运输及施工三个阶段,各阶段所采用的碳排放因子法可参考如下。

2.1 材料生产阶段的碳排放核算方法

公路建设过程中会使用到多种材料,根据各种材料的碳排放因子和使用量得出材料生产加工阶段的碳排放量^[2]。材料生产阶段的碳排放量应按下式计算:

$$C_{CO_2-e} = \sum M_i \lambda_i \quad (1)$$

式中: C —材料生产阶段产生碳排放量, $kgCO_2e$;

M_i —第 i 种主要材料的耗用量;

λ_i —第 i 种主要材料的碳排放因子 ($kgCO_2e$ /单位材料数量)

其中, λ_i 可采用相关指南或文件中提供的值。公路基础设施的主要材料消耗量 (M_i) 应通过查询设计图纸、采购清单等工程建设相关技术资料确定。

2.2 材料运输阶段的碳排放核算方法

公路施工材料运输阶段将运输汽车耗油量、建材重量、运输距离、燃料碳排放因子等作为建材运输阶段影响碳排放量的主要因素^[3],得到建材运输阶段的碳排放量应按下式计算:

$$E_t = \sum_{d=1}^m \sum_{i=1}^n (N_{di} \times D_{di} \times F_d \times FC_d \times M_i) \quad (2)$$

式中: E_t —运输汽车运输材料过程产生碳排放量, kg ;

D —运输汽车类型 d , $d=1 \dots m$;

I —运输材料类型 i , $i=1 \dots n$;

N_{di} —运输汽车 d 运输单位重量或体积材料 i 每千米所消耗台班量, 台班;

D_{di} —运输汽车 d 运输单位重量或体积材料 i 的运距, km ;

F_d —运输汽车 d 每班燃料材料消耗量, kg ;

FC_d —运输汽车 d 所用燃料材料的 CO_2 排放因子 ($kgCO_2/kg$);

M_i —所需运输材料 i 的重量或体积, m^3 或 t 。

F_d 、 FC_d 均可参考《公路工程机械台班费用定额》(JTG/T 3833-2018)。

2.3 施工阶段的碳排放核算方法

公路施工包含很多工序,各工序均需现场机械排班,影响机械施工中碳排放量的因素主要有台班量、单位台班耗油量、燃料的碳排放因子等,得到施工阶段的碳排放量应按下式计算:

$$E_n = \sum_{j=1}^n (N_j \times F_j \times FC_j) \quad (3)$$

其中: E_n —机械设备作业产生碳排放量, kg ;

J —机械设备类型 j , $j=1 \dots n$;

N_j —机械设备 j 台班量, 台班;

F_j —机械设备 j 每班燃料材料用量, kg ;

FC_j —机械设备 j 所用燃料材料的 CO_2 排放因子, $kgCO_2/kg$ 或 $kgCO_2/kWh$ 。

F_j 、 FC_j 均可参考《公路工程机械台班费用定额》(JTG/T 3833-2018)。

3 某公路建设期碳排放核算

3.1 项目概况

研究选择路段为内蒙古自治区波状高原某沥青混凝土路面双向四车道一级公路新建工程,全长52.46km,设计行车速度80km/h,路基宽24.5m。全线共有桥梁22座,1个服务区,2处互通式立交,2处收费站。

3.2 公路建设各阶段碳排放数据统计

3.2.1 材料生产阶段

经统计计算,本研究所选取的典型路段建设过程的主要材料及其消耗量分别为砂石505万 m^3 、水泥35.2万 t 、生石灰24.6万 t 、钢材15.6万 t 、沥青3.6万 t 、矿粉3.4万 t 。其中,建设过程使用钢材而产生的碳排放量为25.8万 tCO_2e ,水泥为24.7万 tCO_2e ,生石灰为9.7万 tCO_2e ,砂石为1.51万 tCO_2e 。

3.2.2 材料运输阶段

材料运输阶段的碳排放主要包含施工材料运输到施工现场以及场内运输车辆移动所产生的全部碳排放。本研究路段材料运输车辆主要包括各种载重的载货汽车、自卸汽车和平板拖车,共使用9.6万台班,产生的碳排放总量为2.12万 tCO_2e ,统计结果见表1。其中,自卸汽车碳排放量占比为94.5%,15t以内自卸汽车占比为954.3%。

表1 典型路段材料运输车辆碳排放量表

运输车辆类型	台班数	碳排放量/ $t CO_2e$
6m 混凝土搅拌运输车	2751.1	607.53
2t 以内载货汽车	1221.4	269.73
4t 以内载货汽车	715.5	158.01
15t 以内载货汽车	152.9	33.77
5t 以内自卸汽车	204.5	45.16
15t 以内自卸汽车	90530.1	19992.06
20t 平板拖车组	37.5	8.28
40t 平板拖车组	11.5	2.54
60t 平板拖车组	566.8	125.17

3.2.3 公路施工阶段

公路施工阶段的碳排放主要包含场站和公路施工现场机械设备运行产生的碳排放,其中场站主要指混凝土拌合站、沥青拌合站、预制厂、钢筋加工厂等。本研究选取的典型路段施工阶段的主要施工机械类型、数量及碳排放量为:

(1) 土、石方工程机械,主要包括推土机、铲运机、挖掘机、装载机、平地机、压路机、振动碾、强夯机械、拌合设备等,共使用7.9万台班,共产生3.1万 tCO_2e ;

(2) 路面工程机械,主要包括沥青洒布车、沥青拌和设备、摊铺机、铺筑机、压路机、混凝土搅拌机等,共使0.88万台班,共产生1.10万 tCO_2e ;

(3) 卷扬机、打桩、钻孔机械,主要包括电动卷扬机、振动打拔桩锤、回旋钻机、泥浆搅拌机、交流电弧焊机、空压机等,

共使用8.8万台班,共产生1.56万tCO₂e。

4 某公路建设期碳排放核算

4.1 碳排放统计结果

对研究典型公路建设各阶段的碳排放量和碳排放强度进行分类统计,结果如表2所示。经计算,研究路段建设全过程的碳排放总量和碳排放强度分别是89.2万tCO₂e,1.7万tCO₂e/km。其中材料生产阶段碳排放量和强度最高,分别是79.78万tCO₂e(约占总量的88.6%),1.52万tCO₂e/km;道路施工阶段次之,分别是7.68万tCO₂e(约占总量的7.9%),1463.97tCO₂e/km;材料运输阶段最低,分别是2.12万tCO₂e(约占总量的3.5%),404.12tCO₂e/km。

表2 典型路段材料运输车辆碳排放量表

工程分类	材料生产阶段		材料运输阶段		公路施工阶段	
	碳排放量 /tCO ₂ e	碳排放强度 /(tCO ₂ e·km ⁻¹)	碳排放量 /tCO ₂ e	碳排放强度 /(tCO ₂ e·km ⁻¹)	碳排放量 /tCO ₂ e	碳排放强度 /(tCO ₂ e·km ⁻¹)
桥梁工程	237898.07	4885.52	20573.79	422.51	21764.20	446.95
路面工程	18511.08	353.18	1994.48	38.06	11301.53	215.63
路基工程	196841.18	52956.32	341.86	91.97	11396.17	3065.92
管线工程	42436.47	80969	1605.85	30.64	2523.00	48.14
临时工程	8313.02	158.61	14.78	0.28	607.90	11.60
绿化工程	214.12	4.09	22.17	0.43	107.79	2.06

在各工程建设过程中,碳排放强度由高到低依次是桥梁工程、路基工程、管线工程、路面工程、临时工程、绿化工程。桥梁工程产生的碳排放总量最高,为28.0万tCO₂e且碳排放强度最高,其次为路基工程,共产生20.9万tCO₂e。

4.2 重点环节分析与建议

经计算,研究路段材料生产阶段产生的碳排放量最大,并且

减排潜力也最大,本阶段碳排放主要来源为钢材、水泥和生石灰。施工机械碳排放的主要来源为土石方工程机械及路面工程机械,运输车辆碳排放主要来源为15t以内的自卸汽车。因此,在波状高平原区公路建设节能降耗管理中,需重点关注上述环节的节能减排技术措施。在确保安全和质量的前提下,选择碳排放量更低的施工材料,采用清洁能源装备和车辆,加强低碳施工组织管理,以获得最大的节能降碳效益。从建设全过程来看,波状高平原区典型路段的碳排放超过90%来源于桥梁工程、路基工程和管线工程,其中,桥涵工程的碳排放强度最高。

5 结语

本研究以内蒙古自治区波状高平原某一级公路作为研究对象,参考全生命周期评价理论相关标准与要求,划分了公路建设期碳排放核算范围,通过构建碳排放量核算模型,对建设期各类工程进行了碳排放量核算,提出了有针对性的节能减排技术措施建议,可为其他公路建设项目碳排放核算分析提供参考依据。

[参考文献]

[1]杨飞,王嘉鑫.我国公路交通网碳排放监测体系构建关键问题与应对思考[J].交通运输研究,2022,8(3):103-110.

[2]黄山倩,黄学文.基于LCA的高速公路建设全过程碳排放核算[J].交通运输研究,2022,8(6):72-79.

[3]吴昊,方留杨.山区高速公路建设期碳排放核算探究[J].中国公路,2023,(9):103-104.

作者简介:

王玮(1984—),男,汉族,内蒙古凉城县人,硕士研究生,高级工程师,主要研究方向为公路环境保护。