

# 区域交通运输业碳排放变化的驱动因素分解分析

卢建锋<sup>1,2</sup> 韩霜<sup>2</sup> 康家华<sup>2</sup>

1. 西南交通大学, 交通运输与物流学院, 成都 610031
2. 广东工业大学, 土木与交通工程学院, 广州 510016

**摘要:**为识别区域交通运输业碳排放驱动因素并测算其贡献率,作者将影响因素分为规模效应、结构效应和技术效应三方面。综合考虑经济产出、人口规模、运输结构、运输强度及能源效率等因素对区域交通运输业碳排放的影响,基于扩展的Kaya恒等式建立因素分解模型,应用对数平均迪氏分解法(LMDI)对区域交通运输业碳排放进行因素分解。研究表明:经济产出效应对区域交通运输业碳排放的贡献率最大,达到96.05%,其他各影响因素按贡献率绝对值大小依次是,运输结构效应为48.59%,运输强度效应为-30.46%,能耗效率效应为-15.88%,人口规模效应为1.59%。研究认为,目前交通运输业碳减排的重点在于调整运输结构、提高能耗效率和降低运输强度。针对实证结果,作者提出了相应的节能减排建议。

**关键词:**综合交通运输;驱动因素;对数平均迪氏指数法;交通运输碳排放;Kaya恒等式

中图分类号:U491;X822.3 文献标识码:A

文章编号:1672-4747(2016)02-0056-07  
DOI:10.3969/j.issn.1672-4747.2016.02.008

## Driving Factor Decomposition Analysis of Carbon Emissions for Regional Transportation

LU Jian-feng<sup>1,2</sup> HAN Shuang<sup>2</sup> KANG Jia-hua<sup>2</sup>

1. School of Transportation and Logistics, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China
2. College of Civil and Traffic Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China

收稿日期:2015-08-28.

作者简介:卢建锋(1983-),男,江西高安人,广东工业大学土木与交通工程学院讲师,西南交通大学交通运输与物流学院博士生,研究方向:交通环境。

Abstract : To identify the carbon emission driving factors of regional transportation and measure their corresponding contributions , this paper classified the factors into three kind effects , that is scale effect , structure effect and technique effect . A decomposition model based on the extended Kaya identity was established , and the impact of the economic scale , population size , transport structure , transport intensity and energy efficiency on carbon emission were examined in detail with the log mean decomposition index ( LMDI ) method . Empirical results demonstrated that the economic scale effect , whose contribution ratio reached 96.05% , played a dominant role in increasing carbon emission of regional transportation , followed by the transport structure effect , 48.59% , transport intensity effect , -30.46% , the energy efficiency effect , -15.88% , the population size effect , 1.59% . The study suggests that the current policies about energy-saving and emission- reduction of transportation industry should focus on regulating transport structure , improving energy efficiency and reducing transport intensity . Appropriate energy conservation policy recommendations were put forward according the empirical results .

Key words : Integrated transportation ; factor decomposition ; LMDI method ; transport emissions ; Kaya identity

## 0 引言

交通运输部门是碳排放的重点部门,根据国际能源署的数据,全球范围内,交通运输业是仅次于电力行业的第二大碳排放行业,其碳排放量占总量的21%<sup>[1]</sup>。随着我国工业化和城市化进程的推进,交通运输业的碳排放呈现不断上升趋势,交通运输业是降低碳排放量的重要领域。为了有针对性地推动交通运输部门的碳减排,有必要找出交通运输系统碳排放增长的驱动因素。探寻区域交通运输业碳排放驱动机制,并科学测算其影响因子,是交通运输碳排放控制政策制定的基础理论依据,目前相关的研究成果有许多。

在交通运输碳排放影响因素研究领域,目前常用的因素分解模型主要是 Kaya 恒等式,它由日本学者 Yoichi Kaya<sup>[2]</sup>提出。Han 和 Hayashi<sup>[3]</sup>构建了 1978—2004 年中国城市内部旅客运输碳排放动态面板模型,并分轨道、高速公路和水运三部分研究了运输需求、线路长度和单位运输价格等因素对于碳排放的影响。W.W.Wang 等<sup>[4]</sup>运用 LMDI 方法分析运输业碳的排放,结果表明,人均经济活动效应和运输模式转移效应是驱动运输部门碳排放增长的最主要潜在因素,运

输强度和运输服务共享效应是减少碳排放的主要驱动力,然而,碳排放系数效应的作用很小。Loo 和 Linna Li<sup>[5]</sup>的因素分解结果表明收入增长是导致客运交通 CO<sub>2</sub> 排放增长的主要因素。沈满洪等<sup>[6]</sup>通过扩展 Kaya 恒等式,运用对数平均迪氏分解法(LMDI),把 1991—2009 年中国交通部门的 CO<sub>2</sub> 排放量分解为 9 种因素的加权贡献,并对每个时间段和每个驱动因素进行了研究。

本文从内在驱动机制出发,识别出区域交通运输业碳排放的驱动因素,综合考虑经济产出、人口规模、运输结构、运输强度及能耗效率等因素,建立区域交通运输业碳排放的因素分解模型,并对案例省份 2005—2013 年的交通运输业碳排放进行实证分析,力求比较全面地反映各驱动因素的作用机理并量化其贡献率,在此基础上提出区域交通运输业节能减排的政策建议。

## 1 驱动因素贡献量测算模型

指数分解法进行碳排放变动的因素分解是研究碳排放变动的主要研究方法,其基本思想是把一个目

标变量的变化分解成若干个影响因素的组合,从而可以辨别各个因素影响程度的大小,即贡献率。LMDI迪氏分解法的计算结果不产生残差,是目前相对较优的分解方法<sup>[7]</sup>。本文运用该方法构建交通运输业碳排放驱动因素贡献量测算模型。

### 1.1 分解模型恒等式

LMDI方法首先从建立Kaya扩展恒等式开始。区域交通运输业碳排放的影响因素很多,本文综合考虑各影响因素的重要性以及数据的可得性,选择能源碳排放系数,地区人均GDP、地区人口数量、单位GDP运输周转量、各运输方式运输周转量占全部周转量的比例、单位周转量的能源消耗量等6个指标作为区域交通运输业碳排放驱动因素,将总碳排放分解为6个因素,则区域交通运输业碳排放的卡亚扩展恒等式为:

$$C = \sum_{ij} C_{ij} = \sum_{ij} \frac{C_{ij}}{E_{ij}} \times \frac{E_{ij}}{Q_i} \times \frac{Q_i}{Q} \times \frac{Q}{G} \times \frac{G}{P} \times P \quad (1)$$

式中:下标*i*=1,2,3,4,5分别表示公路运输、铁路运输、民航运输、水路运输、管道运输;*j*=1,2,3,4,5,6分别表示原煤、洗精煤、汽油、煤油、柴油、液化石油气、天然气等不同燃料种类;*C*为总碳排放量;*C<sub>ij</sub>*为*i*种运输方式*j*种燃料的碳排放量;*G*为地区国民生产总值;*E<sub>ij</sub>*为第*i*种运输方式*j*种燃料的消耗量;*Q<sub>i</sub>*为第*i*种运输方式的运输周转量;*P*表示地区人口数。

$$\text{令 } F_{ij} = \frac{C_{ij}}{E_{ij}}, H_{ij} = \frac{E_{ij}}{Q_i}, S_i = \frac{Q_i}{Q}, K = \frac{Q}{G}, L = \frac{G}{P}$$

则交通运输碳排放分解模型表达式为:

$$C = \sum_i \sum_j F_{ij} \times H_{ij} \times S_i \times K \times L \times P \quad (2)$$

式中:*F<sub>ij</sub>*表示第*i*种运输方式第*j*种能源的单位能源碳排放量,即碳排放系数;*H<sub>ij</sub>*表示第*j*种能源消耗量与第*i*种运输方式运输周转量比值,即能耗效率;*S<sub>i</sub>*

表示第*i*种运输方式在运输总量中所占比重,即运输结构;*K*表示单位GDP的运输周转量,即该地区的运输强度;*L*表示人均GDP。

### 1.2 LMDI分解法

LMDI分解法的第二步是根据乘法或加法分解原理将式(1)进行分解,得到各因素的碳排放贡献量计算式。LMDI方法采用“乘积分解”和“加和分解”两种方法进行分解,两种方法最终分解结果一致。本研究采用加和分解,分解过程如下:

$$\Delta C = C^t - C^0 = \Delta C_F + \Delta C_H + \Delta C_S + \Delta C_K + \Delta C_L + \Delta C_P \quad (3)$$

式中, $\Delta C$ 表示从0年到*t*年的碳排放量差值; $\Delta C_F$ 、 $\Delta C_H$ 、 $\Delta C_S$ 、 $\Delta C_K$ 、 $\Delta C_L$ 、 $\Delta C_P$ 分别表示碳排放因子效应、能耗效率效应、运输结构效应、运输强度效应、经济产出效应、人口规模效应。各种效应的逐年分解结果如下:

$$\Delta C_F = \sum \frac{C_i^t - C_i^0}{\ln C_i^t - \ln C_i^0} \ln \frac{F_{ij}^t}{F_{ij}^0} \quad (4)$$

$$\Delta C_H = \sum \frac{C_i^t - C_i^0}{\ln C_i^t - \ln C_i^0} \ln \frac{h_{ij}^t}{h_{ij}^0} \quad (5)$$

$$\Delta C_S = \sum \frac{C_i^t - C_i^0}{\ln C_i^t - \ln C_i^0} \ln \frac{s_i^t}{s_i^0} \quad (6)$$

$$\Delta C_K = \sum \frac{C_i^t - C_i^0}{\ln C_i^t - \ln C_i^0} \ln \frac{K^t}{K^0} \quad (7)$$

$$\Delta C_L = \sum \frac{C_i^t - C_i^0}{\ln C_i^t - \ln C_i^0} \ln \frac{L_i^t}{L_i^0} \quad (8)$$

$$\Delta C_P = \sum \frac{C_i^t - C_i^0}{\ln C_i^t - \ln C_i^0} \ln \frac{P_i^t}{P_i^0} \quad (9)$$

由于能源的碳排放系数一般取常量,因此,排放因子效应 $\Delta C_F$ 始终等于0,可以不作为考虑因素。其它驱动因素可以分为3类:一是规模效应因素,即人均GDP和人口数量增加形成运输规模扩大带来的碳排放量增加,包括: $\Delta C_L$ 和 $\Delta C_P$ ;二是结构效应因素,即运输结构优化带来的能耗减少,包括: $\Delta C_S$ ;三是

技术效应因素,即燃油技术、车辆技术、运输组织技术进步带来的能源消耗的变化和经济结构变化导致的运输量的减少,最终导致碳排放的减少,包括: $\Delta C_H$ 和 $\Delta C_K$ 。

## 2 实证分析

### 2.1 数据来源与测算

本文选择吉林省为案例省份,数据来自《吉林省统计年鉴》,选择2005—2013年的序列统计数据为原始数据,具体包括各种运输方式的客货运周转量、各种运输方式不同能源消耗、地区生产总值、人口数量等,并进行对应处理和换算。以煤炭、焦炭、原油、汽油、煤油、柴油、燃料油、天然气等8种能源消耗来测算直接碳排放,而对电力、热力等消耗带来的隐形排放或间接排放由于相关数据缺乏暂不计算,各种能源碳排放系数选取如表1所示。计算时先将各种运输方式客运、货运周转量换算成统一的单位当量。周转量换算时,铁路客货换算系数1:1;公路客货换算

系数是10:1;水运客货换算系数2:1;航空客货换算系数13.7:1<sup>[8]</sup>。

表1 各种能源的碳排放系数<sup>[9]</sup>

Tab.1 Carbon emission factors of various energy sources

| 能源种类  | 碳排放系数 (kg/kg 或 kg/m <sup>3</sup> ) |
|-------|------------------------------------|
| 原煤    | 0.755 9                            |
| 洗精煤   | 0.755 9                            |
| 汽油    | 0.553 8                            |
| 煤油    | 0.571 4                            |
| 柴油    | 0.592 1                            |
| 液化石油气 | 0.504 2                            |
| 天然气   | 0.448 3                            |

### 2.2 驱动因素分解结果的总体分析

根据公式测算出2005—2013年吉林省交通运输碳排放的人均GDP效应、人口规模效应、运输结构效应、能耗效率效应、运输强度效应及总碳排放累积变化如图1和表2所示。从图1来看,各驱动因素对交通运输碳排放影响的累积总效应与碳排放总量变化的走向整体相似,这也验证了LMDI分解在总量分解上具有很好的稳健性。由表2可知,

表2 吉林省交通运输业各驱动因素的碳排放及其增长率

Tab.2 Transportation various factors' carbon emissions and their driving growth of Jiling Province

| 时段              | 规模效应   |        | 结构效应  |        | 技术效应   |        | 总效应     | 总碳排放量/<br>万 t |         |         |        |        |
|-----------------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|---------|---------------|---------|---------|--------|--------|
|                 | 人均GDP  | 增长率    | 人口规模  | 增长率    | 运输结构   | 增长率    |         |               | 能耗效率    | 增长率     | 运输强度   | 增长率    |
| 2005—2006       | 17.21  | 0.00   | 0.40  | 0.00   | 0.89   | 0.00   | 40.35   | 0.00          | -14.60  | 0.00    | 44.25  | 87.39  |
| 2006—2007       | 43.26  | 151.37 | 1.17  | 192.50 | 7.97   | 795.51 | 67.83   | 68.10         | -33.10  | 226.71  | 87.13  | 131.64 |
| 2007—2008       | 69.58  | 60.84  | 1.90  | 62.39  | 59.72  | 649.31 | -18.50  | -127.27       | -5.53   | 474.00  | 107.18 | 174.51 |
| 2008—2009       | 74.27  | 6.74   | 2.03  | 6.84   | 51.09  | -14.45 | -33.78  | 82.59         | -16.50  | 1398.58 | 77.11  | 194.56 |
| 2009—2010       | 100.49 | 35.30  | 2.38  | 17.24  | 57.55  | 12.64  | -36.64  | 8.47          | -29.20  | 217.82  | 94.57  | 164.49 |
| 2010—2011       | 129.69 | 29.06  | 2.61  | 9.66   | 62.32  | 8.29   | -42.95  | 17.22         | -39.67  | 256.76  | 112.01 | 181.95 |
| 2011—2012       | 145.47 | 12.17  | 1.47  | -43.68 | 70.91  | 13.78  | -55.5   | 29.22         | -44.95  | 186.56  | 117.40 | 199.40 |
| 2012—2013       | 166.43 | 14.41  | 0.44  | -70.07 | 68.03  | -4.06  | -44.24  | -20.29        | -53.19  | 145.40  | 137.48 | 204.79 |
| 累积效应            | 746.4  |        | 12.40 |        | 377.59 |        | -123.43 |               | -236.74 |         | 777.13 |        |
| 累积效应<br>百分比/(%) | 96.07  |        | 1.61  |        | 48.62  |        | -15.86  |               | -30.44  |         | 100.00 |        |

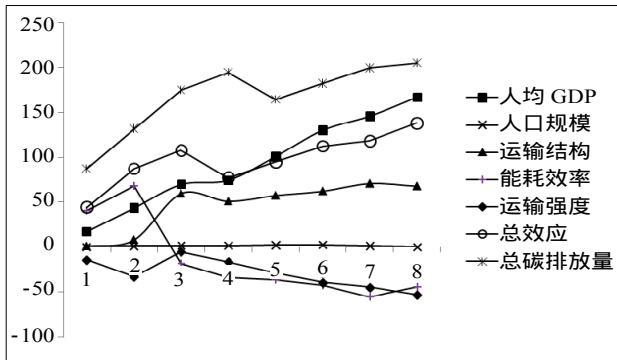


图1 驱动因素碳排放贡献量及碳排放量变化趋势

Fig.1 Carbon emissions of driving factors and the carbon emission amount change trends

2005—2013年吉林省交通运输碳排放总体呈增长趋势,碳排放上升了157.3%,年均增长为12.5%。以2005年为基期,碳排放总量和累积效应增长可分为3个阶段:2005—2008年能源消费的碳排放快速增长阶段;2008—2009年能源消费的碳排放呈现下降趋势阶段;2009—2013年能源消费的碳排放相对缓慢增长阶段。

此外,能耗效率效应、运输强度效应的累积效应为负值,这说明能耗效率和运输强度变动及对碳排放增加具有一定的抑制作用。人均GDP效应、人口规模效应、运输结构效应累积效应均为正值,说明这三项因素变动对交通运输碳排放量的增加具有拉动作用。从贡献率来看,人均GDP的累积效应贡献率最大,对碳排放累积增量有96.05%的贡献。其他各影响因素按贡献率绝对值大小依次是运输结构效应为48.59%,运输强度效应为-30.46%,能耗效率效应为-15.88%,人口规模效应为1.59%。

### 2.3 各影响因素分析

#### 2.3.1 规模效应分析

用人均GDP和人口数量表示规模效应对系统碳排放的影响。从表2可知,人均GDP和人口规模效应对吉林省交通运输业碳排放的贡献是正值,规模效

应是碳排放增加的主要驱动因素。其中人均GDP对碳排放增长的贡献比例为96.07%,其对碳排放贡献量较大。人口规模对碳排放增长的贡献比例为1.61%,其对碳排放贡献量较小。如图2所示,从增长率看,2005-2013年期间,人均GDP和人口规模能耗贡献量增长率的变化趋势基本相似,都呈现小幅下降的趋势。

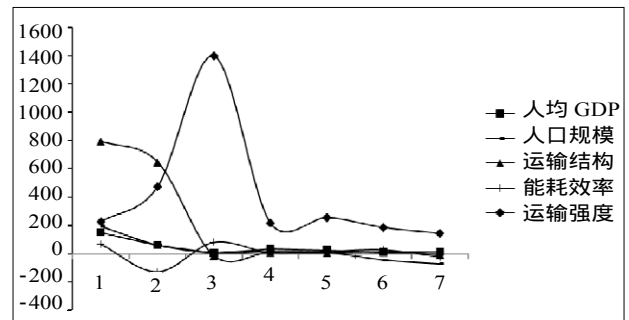


图2 驱动因素碳排放贡献变化量的增长率趋势

Fig.2 Growth trend of carbon emission contribution change of the driving factors

#### 2.3.2 结构效应分析

从表2可知,运输结构对吉林省交通运输业碳排放增长的贡献比例为48.59%,说明运输结构对综合运输系统碳排放总量影响很大。由表3可知,公路运输和铁路运输始终占据碳排放的主导地位,两者总贡献率长期在90%左右,其中公路运输碳排放的贡献率又长期接近70%。这说明为降低区域综合运输系统碳排放,运输结构还需要进一步优化,重点是合理配置好公路运输和铁路运输,要着力降低公路运输的碳排放比例。

如图2所示,从增长率来看,运输结构对碳排放贡献变化量的增长率,经历一个由大到小,最终趋于平缓的过程。这说明早期对运输结构的优化导致其对碳排放量贡献效应很大,后来的优化对碳排放量效应相对较小,未来对运输结构的进一步优化比起早期来说相对困难。

表 3 吉林省交通运输业各种运输方式碳排放量及贡献率

Tab.3 Carbon emissions of Jiling Province and the contributions of each transportation mode

| 年份   | 公路          |         | 铁路          |         | 航空          |         | 水运          |         | 管道          |         |
|------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|
|      | 排放量/<br>万 t | 贡献率/(%) | 排放量/<br>万 t | 贡献率/(%) | 排放量/<br>万 t | 贡献率/(%) | 排放量/<br>万 t | 贡献率/(%) | 排放量/<br>万 t | 贡献率/(%) |
| 2005 | 35.34       | 40.44   | 48.27       | 55.23   | 2.94        | 3.37    | 0.56        | 0.64    | 0.28        | 0.32    |
| 2006 | 73.09       | 55.52   | 53.39       | 40.56   | 3.70        | 2.81    | 0.93        | 0.70    | 0.53        | 0.40    |
| 2007 | 118.00      | 67.62   | 50.92       | 29.18   | 4.19        | 2.40    | 0.85        | 0.49    | 0.55        | 0.32    |
| 2008 | 132.71      | 68.21   | 55.30       | 28.42   | 5.10        | 2.62    | 0.87        | 0.45    | 0.58        | 0.30    |
| 2009 | 114.40      | 69.55   | 45.75       | 27.81   | 3.12        | 1.90    | 0.33        | 0.20    | 0.89        | 0.54    |
| 2010 | 123.95      | 68.12   | 52.75       | 28.99   | 3.99        | 2.19    | 0.41        | 0.23    | 0.85        | 0.47    |
| 2011 | 138.07      | 69.25   | 56.07       | 28.12   | 3.99        | 2.00    | 0.50        | 0.25    | 0.77        | 0.39    |
| 2012 | 151.35      | 73.90   | 47.60       | 23.25   | 4.16        | 2.03    | 0.61        | 0.30    | 1.07        | 0.52    |
| 2013 | 153.69      | 68.35   | 65.15       | 28.97   | 4.46        | 1.98    | 0.63        | 0.28    | 0.94        | 0.42    |

### 2.3.3 技术效应分析

能耗效率和运输强度对碳排放的贡献表现出显著的负效应,累积效应分别-15.88%和-30.46%。从表 2 和图 2 可以看出,2005—2013 年期间吉林省交通运输业能耗效率对碳排放的贡献先增后降,最后呈现大幅度下降的趋势。而运输强度对碳排放的贡献先降后增,最后呈现线性下降的趋势。这说明未来两者对碳排放降低影响的潜力很大。

如图 2 所示,从增长率来看,能耗效率碳排放贡献量的增长率呈现上下波动,但波动幅度逐渐减小,最后趋向于平缓。运输强度能耗贡献量的增长率先升后下降,但其增长率一直较大,远大于能耗效率碳排放贡献量的增长率。这说明能耗效率对碳排放的贡献正在逐渐减弱,相对而言,提高运输强度对降低能耗有更为明显效果。

## 3 研究结论

基于以上研究,本文可以得出以下主要结论与建议:

(1)从驱动机制分析,区域交通运输业碳排放影响因素有规模效应、结构效应、技术效应三方面。从

贡献的角度看,2005—2013 年间三种效应对案例省区域交通运输业碳排放影响程度的排序依次是规模效应结构效应和技术效应。系统碳排放量增长的主要正向驱动因素是人均 GDP 效应、人口规模效应、运输结构。主要负向驱动因素是能耗效率效应、运输强度。其中对碳排放增加最重要的驱动因素是人均 GDP,对碳排放减少的最重要影响因素是运输强度。

(2)从驱动因子贡献率及其增长率随时间变化的情况来看,人口规模和运输结构的区域交通运输业碳排放影响程度在逐渐减弱,其中运输结构还需要进一步优化,其对系统碳排放影响还有一定上升空间。人均 GDP、能耗效率以及运输强度对系统碳排放的贡献在逐渐增强,未来提高能耗效率和运输强度对降低系统碳排放将有明显效果。

(3)为最大程度地降低区域交通运输业碳排放,需要全方位推行低碳交通政策。首先,优化运输结构,大力发展低碳型运输方式,是减少交通运输碳排放的有效途径。其次,通过调整产业结构来降低运输强度,能够较大的抑制交通运输碳排放。再次,通过技术进步和提高运输组织管理水平,努力降低单位运输周转量能耗,也能大力降低交通运输碳排放。

参考文献

- [1] 丁金学. 我国交通运输业碳排放及其减排潜力分析[J]. 综合运输, 2012, (12): 20-26.
- [2] Kaya Y. Impact of carbon dioxide emission control on GNP growth: Interpretation of proposed scenarios [R]. Paris: IPCC Energy and Industry Subgroup, Response Strategies Working Group, 1990.
- [3] Han J., Hayashi Y. A system dynamics model of CO2 mitigation in China's inter-city passenger transport [J]. Transportation research part D, 2008, (13):298-305.
- [4] Wang W.W., Zhang M., Zhou M. Using LMDI method to analyze transport sector CO2 emissions in China [J]. Energy, 2011, (36): 5909-5915.
- [5] LOO B., LI L. Carbon dioxide emissions from passenger transport in China since 1949: Implications for developing sustainable transport [J]. Energy Policy, 2012, (50):464-476.
- [6] 沈满洪, 池熊伟. 中国交通部门碳排放增长的驱动因素分析[J]. 江淮论坛, 2012, (1):31-38.
- [7] Ang B. W. .Decomposition analysis for policy making in energy : which is the preferred method? [J]. Energy Policy, 2004, 32(9) : 1131-1139 .
- [8] 刘建翠. 中国交通运输部门节能潜力和碳排放预测[J]. 资源科学, 2011, 33 (4) : 640-646.
- [9] IPCC .2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories :volume [ES/OL] .Japan :the Institute for Global Environmental Strategies, 2008 . http : //www.ipcc.ch/ipccreports/ Methodology- reports.htm [2008-17-20] .

(中文编辑:吴继屏)

上接第 47 页

- 铁道勘测与设计, 2013, (5): 91-93.
- [4] 王利民. 钢结构站台雨棚屋面存在问题及维修方案 [J]. 上海铁道科技, 2014, (2): 150-151.
- [5] 张飞霞. 车站钢结构雨棚使用中存在的问题及处理方法[J]. 上海铁道科技, 2013, (4): 134-136.
- [6] 丁忠堂. 探析铁路客站雨棚质量隐患与解决对策[J]. 上海铁道科技, 2012, (1): 139-140.
- [7] 廉小洁. 高铁无站台柱雨棚安全与维护管理[J]. 山西建筑, 2014, 40(25): 267-268.
- [8] 沈斐敏. 安全系统工程理论与应用[M]. 北京:煤炭工业出版社, 2001.
- [9] 蒋凡. 车站无站台柱雨棚风荷载设计探讨[J]. 铁道标准设计, 2011, (5): 94-96.
- [10] 周志勇, 程波, 艾辉林. 高速列车过站空气动力学效应数值模拟研究[J]. 力学季刊, 2010, 31(4): 521-527.

(中文编辑:吴继屏)