

基于能源消耗的综合运输结构优化

丁晓萍¹, 王建伟²

(1. 福建交通职业技术学院 汽车运用与工程机械系, 福建 福州 350007;

2. 长安大学 区域与城市运输经济研究所, 陕西 西安 710064)

摘要:为充分考虑综合运输结构优化的过程中能源消耗的因素,在运用完全分解模型对影响综合运输能耗的因素进行因子贡献率分析、利用 SPSS 软件对 GDP 和运输周转量进行回归分析的基础上,采用情景分析法,通过设定不同的综合运输结构,构建了基于能源消耗的综合运输结构优化模型;以陕西省为研究对象对构建的模型进行了验证,验证了模型的可操作性和正确性,可为陕西省综合运输的发展方向提供借鉴。

关键词:综合运输结构;能源消耗;情景分析;结构优化

中图分类号:U11

文献标志码:A

文章编号:1671-6248(2011)02-0040-05

作为人类赖以生存的物质基础和社会经济发展的重要资源,能源对国民经济和人类社会的发展具有不可替代的作用,其消费总量随着经济发展水平的快速提高而持续增长。交通运输业作为国民经济发展的基础性和服务性产业,在运输生产和服务过程中要消耗大量的能源^[1]。2009 年中国交通运输业、仓储和邮政业的能源消耗占到全社会能源消耗总量的 7.7%^[2],成为中国 3 个能源消耗大户之一。能源问题的日益严峻要求社会经济的发展尤其是交通运输业的发展必须坚持高效、节能、可持续发展的原则。由于各种运输方式的能源强度不同,因此,在对综合运输结构进行优化时,应把综合运输的能源消耗作为首要考虑因素,符合实现低碳运输和可持续发展的要求。

一、影响综合运输能源消耗的因素

影响综合运输能源消耗的因素归纳起来大致有以下几个方面:

(1) 社会经济发展水平。社会经济的快速发展会加快城市化进程,城市化程度越高,全社会的交通工具尤其是小汽车的拥有量越会显著增长,从而进一步增加了运输部门的能源需求量,但是从能源利用效率的角度来讲,社会经济发展水平越高,城市化的发展会使得人口分布相对集中,运输市场较大,运输承载率水平较高,使得能源利用效率较高;相反,如果社会经济发展相对滞后,人口分布就会比较分散,运输产品市场小,不足载和空载等现象会增加,从而使得能源利用效率较低,造成能源浪费。

(2) 运输周转量。经济的快速发展使得人们的收入水平和消费层次不断提高,人们的出行不仅仅局限于必要出行,造成运输周转量快速增长。数据表明,全国旅客周转量从 2000 年的 12 261.1 亿人公里增长到 2009 年的 24 834.9 亿人公里,全国货物周转量从 2000 年的 44 321 亿吨公里增长到 2009 年的 122 133 亿吨公里,分别增长 102.6% 和 175.6%^[3],运输周转量的快速增长使得综合运输能耗也迅速上升。

收稿日期:2011-03-25

作者简介:丁晓萍(1985-),女,山西寿阳人,讲师。

(3)综合运输结构。综合运输中各种运输方式运输量的增长会造成综合运输能耗的增长,各种运输方式的比例结构不合理会使得能源利用效率降低,进一步增加综合运输的能耗。目前中国的综合运输结构现状是:能源强度高的航空运输承担的旅客周转量比例从 2000 年的 7.9% 上升到 2009 年的 13.6%,公路运输承担的旅客周转量比例从 2000 年的 54.3% 上升到 2009 年的 54.4%,而能源强度较低的铁路运输和水路运输承担的旅客周转量比例分别从 2000 年的 37.0% 和 0.8% 下降到 2009 年的 31.7% 和 0.3%^[2]。

(4)交通基础设施及运输能源强度。受自然环境的影响,不同区域的交通基础设施的设计和布局都不一样,地形复杂的地区对驾驶过程有较高的要求,这样就会增加运输过程的能耗。降低各种运输方式的能源强度对降低综合运输的能源消耗有积极作用。随着科学技术的发展,目前中国各种运输方式的能源利用效率不断提高,能源强度逐渐下降,但与发达国家相比还有一定的提升空间。

(5)运输组织化程度。综合运输的能源消耗与运输组织化程度有着明显的联系。运输组织化程度高,有利于提高能源利用效率,达到节约能源的目的;相反,如果运输组织化程度低,则不利于降低综合运输的能源消耗。提高各种运输工具的实载率和里程利用率,促进各种运输方式之间的有效衔接,减少空驶、无效运输或低效运输来提高运输生产力,降低运输成本,从而达到降低能耗和节能的目的。

(6)政策因素。国家制定的相关政策会对综合运输的能源消耗产生一定的影响。例如,国家的能源发展战略和交通发展规划等政策会指引运输及其能源消耗发展的大方向,在运输结构的调整方面,会大力倡导优先发展公共交通,对燃料效率标准的制定和燃油税、车辆购置税等相关税费的收取会从一定程度上限制私人交通,通过一定的激励政策鼓励新能源的使用等。

二、基于能源消耗的综合运输结构优化模型构建

综合运输的能源消耗要受到多种因素的影响,但每种因素的影响程度各异。通过计算各种影响因素的因子贡献率,定量分析每种因素尤其是综合运输结构对综合运输能源消耗的影响程度。在对未来的社会经济和运输周转量的发展趋势进行分析和预

测的基础上,对综合运输的各种运输方式根据不同的社会经济发展政策和发展目标设置不同的旅客和货物运输周转量比例情景,讨论不同情景下综合运输的能源消耗,确定最有利于节能的综合运输客运和货运结构。

(一)模型建立的目标和假设

本文从综合运输的能源消耗出发,以降低综合运输的能源消耗总量为目标,将能源消耗和综合运输的结构优化结合起来,把能源消耗总量作为综合运输结构优劣的判定条件,使得综合运输在满足社会运输需求的前提下最大限度地节约能源。在建立模型时,限于部分数据可得性等原因,需要对模型做出如下假设:①在对运输周转量进行预测时,只考虑经济发展水平(GDP)这一种因素,忽略其他因素对运输周转量的影响;②在对综合运输能源消耗总量变动进行因子贡献率分析时,将交通基础设施改善、运输组织化程度提高等因素归结为效率因素,由于其不便于量化,在量化分析时不予考虑;③政策因素主要是引导运输结构优化;④资金约束不予考虑;⑤在进行情景设置时,由于主要考虑综合运输结构变化造成的能源消耗总量的变化,所以假定各种运输方式能源强度没有发生变化。

(二)模型准备

(1)综合运输结构对综合运输能耗影响的量化分析。为了研究影响综合运输能耗的 3 个主要因素(运输服务总量、综合运输结构、运输能源强度)对综合运输能耗总量变动的影响程度,笔者进行定量分析,根据完全分解模型理论和“ASIF 等式”^[4]:综合运输能源消耗量(E)等于运输服务总量(VA)、综合运输结构(SV)、能源强度(EI)的乘积,可得到运输服务总量(VA)、综合运输结构(SV)、能源强度(EI)3 种影响因素的因子贡献量 VA_c 、 SV_c 、 EI_c 分别如式(1)、式(2)、式(3)所示:

$$VA_c = I_{\Delta VA} \sum_i I_{SV_i} I_{EI_i} + \frac{1}{2} I_{\Delta VA} \cdot \sum_i I_{\Delta SV_i} I_{EI_i} + \frac{1}{2} I_{\Delta VA} \sum_i I_{SV_i} I_{\Delta EI_i} + \frac{1}{3} I_{\Delta VA} \sum_i I_{\Delta SV_i} I_{\Delta EI_i} \quad (1)$$

$$SV_c = I_{VA} \sum_i I_{\Delta SV_i} I_{EI_i} + \frac{1}{2} I_{VA} \cdot \sum_i I_{\Delta SV_i} I_{\Delta EI_i} + \frac{1}{2} I_{\Delta VA} \sum_i I_{\Delta SV_i} I_{EI_i} + \frac{1}{3} I_{\Delta VA} \sum_i I_{\Delta SV_i} I_{\Delta EI_i} \quad (2)$$

$$EI_c = I_{VA} \sum_i I_{SV_i} I_{\Delta EI_i} + \frac{1}{2} I_{VA} \cdot \sum_i I_{\Delta SV_i} I_{EI_i} + \frac{1}{2} I_{\Delta VA} \sum_i I_{SV_i} I_{\Delta EI_i} + \frac{1}{3} I_{\Delta VA} \sum_i I_{\Delta SV_i} I_{\Delta EI_i} \quad (3)$$

式(1)、式(2)和式(3)中各种符号的含义如下:
 I_{VA} 、 I_{SV_i} 、 I_{EI_i} 分别代表运输服务总量、各种运输方式承担的运输周转量比例、各种运输方式能源强度基期的值; $I_{\Delta VA}$ 、 $I_{\Delta SV_i}$ 、 $I_{\Delta EI_i}$ 分别代表运输服务总量、各种运输方式承担的运输周转量比例、各种运输方式能源强度在研究时间段内的变化量; $i(i=1,2,3,4)$ 代表各种运输方式,分为铁路、公路、水运、航空4种不同运输方式。

其中,运输服务量用运输周转量表示,综合运输结构用各种运输方式分担的运输周转量比例表示,能源强度用单位运输周转量的能源消耗表示。

(2)GDP 和运输周转量预测。在对未来年份的运输能耗进行预测分析时,首先要了解未来年份的运输周转量情况。大量的研究表明,一个地区的运输周转量与其 GDP 之间有着明显的回归关系,所以在对 GDP 进行时间序列分析的基础上进行运输周转量与 GDP 的回归分析得到预测期的运输周转量。

表1 情景设定情况

经济发展情况	经济环境	需求结构和产业结构	资源配置	运输周转量
高增长	国内经济环境良好	通过转变经济发展方式,需求结构和产业结构不断优化	资源配置更加合理化	运输周转量随着经济的高速发展快速增加
中增长	国内经济环境相对平稳	经济发展方式转变取得一定成果,需求结构和产业结构较为合理	资源配置相对合理	运输周转量随着经济发展出现相对平稳的增长
低增长	经济发展面临不确定因素,国内经济环境相对较差	经济发展方式转变进展缓慢,需求结构和产业结构的合理化程度低于中增长情景	资源配置不够合理	运输周转量受经济增长水平的限制增幅较低

在对每种经济增长情景下的综合客运和货运结构进行设定之后,分别讨论各种情景下不同综合运输结构所产生的能源消耗总量,从而在保证经济合理增长水平的前提下,确定最有利于节能的综合客运和货运结构。

三、模型验证

笔者以陕西省为例对上述模型进行了验证,分析过程中的数据来源于2001~2010年陕西省统计年鉴。鉴于部分数据的可得性,对陕西省2002~2007年的综合运输能源消耗的变动量进行因子贡献率分析,结果可以用图1示意。

本文运用回归分析法进行运输周转量预测,主要有以下步骤:①确定回归方程中的自变量和因变量,在本文中自变量 x 为 GDP,因变量 y 为旅客(货物)周转量;②根据搜集到的历史数据绘制旅客(货物)周转量与 GDP 的散点图,依据散点图的形状确定几种比较接近的数学模型,建立回归方程;③对建立的回归方程进行拟合优度检验、显著性检验;④利用回归方程进行旅客(货物)周转量的预测。

(三) 模型建立——情景设置和结果分析

在对研究区域的经济发展水平和所处发展阶段、综合运输的发展趋势进行分析的基础上,分情景对研究区域未来经济发展前景和各种运输方式的运量比例结构进行预测分析。本文对研究区域的经济发展前景分3种情况进行设定,即高增长情景、中增长情景和低增长情景^[5]。在各种情景的设定中,首先设定研究区域在研究期间内的经济增长目标,然后根据 GDP 和旅客(货物)运输周转量的回归分析结果得到研究区域在研究期间内的旅客(货物)周转量,最后结合各种运输方式的发展趋势,在每种经济增长目标对应的情景下设定不同的综合运输客运和货运结构,具体设定情况如表1所示。

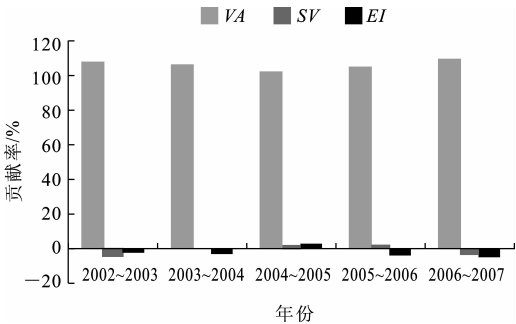


图1 2002~2007年陕西省能耗因子贡献率对比
由图1中显示的完全分解结果可以看出,在2002~2007年期间影响陕西省综合运输能耗的3个主要因素中,运输服务量(VA)的影响最为明显,综

合运输结构(*SV*)和能源强度(*EI*)^[6]造成的影响相对较小。究其原因,主要是就经济来说陕西省属于欠发达省份,运输需求还处于快速上升阶段,导致其成为综合运输能耗逐渐增加的主要推动力,另外目前陕西省的运输周转量中铁路承担了大部分比例,而能耗较高的航空运输所占比例很小,所以综合运输结构对综合运输能耗的影响不太明显。但是从 2005 年开始,综合运输结构造成的影响已经开始逐渐显现。从长远来看,随着陕西省经济水平的提高,运输服务量趋于饱和,综合运输结构和能源强度的影响将越来越明显,限于降低能源强度的技术潜力有限,所以未来综合运输结构将成为影响陕西省综合运输能源消耗的主要因素。

根据前面提到的回归分析的步骤,利用 SPSS 软件对陕西省“十二五”期间的 GDP 和运输周转量进行预测^[7],预测结果如表 2 和表 3 所示。其中运输周转量的预测是结合下文要讨论的 3 种经济增长情景进行预测的。

表 4 陕西省“十二五”末综合运输客运能耗情况

GDP 增速/%	运输特征	铁路/%	公路/%	水运/%	航空/%	能耗量/万吨标准煤
14.7	公路快速发展	36.48	53.39	0.04	10.09	229.02
	航空快速发展	36.48	41.37	0.04	22.12	10 608.74
12	公路快速发展	40.28	49.56	0.04	10.12	205.07
	航空快速发展	40.28	41.48	0.04	18.20	9 469.47
10	公路快速发展	43.36	46.50	0.05	10.09	188.51
	航空快速发展	43.36	41.37	0.05	15.23	8 682.53

表 5 陕西省“十二五”末综合运输货运能耗情况

GDP 增速/%	运输特征	铁路/%	公路/%	水运/%	航空/%	能耗量/万吨标准煤
14.7	公路快速发展	41.64	58.29	0.03	0.04	1 875.74
	航空快速发展	41.64	43.99	0.03	14.34	5 100.20
12	公路快速发展	46.73	53.20	0.03	0.04	1 562.34
	航空快速发展	46.73	43.93	0.03	9.30	3 423.26
10	公路快速发展	50.98	48.95	0.04	0.04	1 348.89
	航空快速发展	50.98	43.96	0.04	5.02	2 266.93

由计算结果可以看出,经济的快速发展使运输周转量快速上升,这必然会造成运输能耗的增加,这是由于目前陕西省经济还处于快速增长阶段。不论客运还是货运,一方面,在铁路运输完成的客货周转量增速放缓,公路运输和航空运输快速增长的趋势下,经济低增长情景下的综合运输结构产生的能源消耗较低,但是不能为了节能工作放缓经济增长,这与目前陕西省经济发展的趋势是不相符的;另一方面,在每种经济增长情景下,公路运输增速快于航空运输的综合运输结构产生的能源消耗要低于航空运

表 2 陕西省“十二五”期间 GDP 和人均 GDP 预测结果

年份	2011	2012	2013	2014	2015
GDP/亿元	9 818.2	11 451.8	13 237.3	15 174.8	17 264.1
人均 GDP/元	26 030.3	30 312.6	34 991.8	40 068.0	45 541.1

表 3 陕西省“十二五”末运输周转量预测结果

GDP 增速/%	旅客周转量/ 百万人公里	货物周转量/ 百万吨公里
14.7	168 142.6	523 333.8
12	152 273.2	466 321.5
10	141 464.3	427 489.7

根据对陕西省 2000 ~ 2009 年各种运输方式承担比例情况的分析结果,预测未来陕西省综合运输的发展趋势是:随着铁路运输的增速放缓,铁路运输承担的运输周转量比例呈下降趋势,公路运输和航空运输呈快速发展趋势,由于陕西省是内陆省份,水运承担的运输周转量比例基本不会发生变化。陕西省“十二五”末综合运输客运(货运)结构的情景设定及运输能耗总量分别如表 4 和表 5 所示。

输增速快于公路运输的综合运输结构产生的能源消耗。结合上述 2 个方面的分析,在目前铁路增速放缓、公路和航空快速发展的大趋势下,使经济实现以中增长情景中的增速增长的同时,公路运输增速快于航空运输增速更有利于节能。

四、结 语

在分析影响综合运输能耗因素的基础上,对运输服务量、综合运输结构、运输能源强度 3 个主要因

素对能耗的影响程度进行了量化分析,并利用情景分析法构建了基于能源消耗的综合运输结构优化模型。对陕西省的实例应用结果表明,本文构建的综合运输结构优化模型以能耗为主要考虑因素,对经济发展水平和综合运输结构的发展趋势综合考虑,使对综合运输结构的预测更加科学、客观,也对陕西省未来综合运输的发展起到良好的参考作用。

鉴于数据的可得性,本文对综合运输结构优化的研究只限于4种运输方式完成周转量的比例,从微观角度对各种运输方式再根据运输工具进行分类是下一步研究的重点。

参考文献:

[1] 王文勇. 交通运输的能源消耗[J]. 公路运输文摘,

2004,41(9):22.

[2] 中华人民共和国统计局. 中国能源统计年鉴 2010 [M]. 北京:中国统计出版社,2011.

[3] 中华人民共和国统计局. 中国统计年鉴 2010 [M]. 北京:中国统计出版社,2011.

[4] 张树伟,姜克隽,刘德顺. 中国交通发展的能源消费与对策研究[J]. 中国软科学,2006,21(5):58-62.

[5] 朱跃中. 未来中国交通运输部门能源发展与碳排放情景分析[J]. 中国工业经济,2001,19(12):30-35.

[6] 毛保华,贾顺平,孙启鹏,等. 不同交通方式能耗与排放因子及其可比性研究[R]. 北京:北京交通大学中国综合交通研究中心,2009.

[7] 薛薇. 统计分析与SPSS的应用[M]. 北京:中国人民大学出版社,2001.

Optimization of comprehensive transport structure based on energy consumption

DING Xiao-ping¹, WANG Jian-wei²

(1. School of Car Use and Engineering Machinery, Fujian Communication Technology College, Fuzhou 350007, Fujian, China; 2. Institute of Regional and Urban Transportation Economics, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

Abstract: In order to take full account of energy consumption in the process of optimization of the comprehensive transport structure, the contribution ratio of factors influencing the comprehensive transport's energy consumption is analyzed using complete decomposition model, and the research on the relationship between GDP and transport turnover is conducted in regression model by SPSS. On that basis, the different comprehensive transport structure is set using scenario analysis and the optimization model of comprehensive transport structure based on energy consumption is built. The model is verified with Shaanxi Province as the research object. The result verifies the model's operability and veracity and provides reference for the direction of Shaanxi Province's comprehensive transport.

Key words: comprehensive transport structure; energy consumption; scenario analysis; structural optimization