

文章编号:1671-8879(2006)03-0059-04

基于需求函数模型的公路网规模预测

王选仓, 于江霞, 王秉纲, 石勇民, 郭筱穆, 程兴新

(长安大学 公路学院, 陕西 西安 710064)

摘 要:针对公路网规划中路网总量的确定问题,系统分析了公路网密度与人口密度、人均 GDP 的关系,得出了人口增长和经济发展对公路建设速度、规模需求的规律。在经济发展缓慢时期,对公路的运输需求相对较小;随着经济的快速发展,对公路运输的需求越来越大;公路建设超过一定规模时,人口增长和经济发展对公路运输的需求降低,公路建设速度开始减缓。基于 Cobb-Douglas 生产函数模型,建立了人口、经济增长对公路的需求函数模型。通过 1991~2003 年统计资料,分析确定了模型参数的合理构成范围,建立了不同时段、不同地区的公路网预测模型。

关键词:交通工程;公路网;规模;预测;生产函数

中图分类号:U491.12 **文献标识码:**A

Reasonable Highway Network Scale Prediction Based on Demand Function

WANG Xuan-cang, YU Jiang-xia, WANG Bing-gang,

SHI Yong-min, GUO Xiao-mu, CHENG Xing-xin

(School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

Abstract: Aimed at the highway network scale in traffic planning, this paper analyzes the relationship of highway net density with population density and per capital GDP. The regular pattern of the rate and scale requirement of highway with the growth of population and economic is deduced. The relationship has those features: the demand of the highway transportation is less in the stage of low rate of economic growth; and with the high speed development of economic, the demand is bigger; when the highway network reach some scale, the demand is depressed. This paper sets up a model of highway network demand function on the basis of Cobb-Douglas production function, and establishes the reasonable scale of model's parameters based on the data of 1991~2003 statistic, establishes the predication models of highway network for various time and different area. 6 tabs, 8 refs.

Key words: traffic engineering; highway network; scale; prediction; demand function

0 引言

公路网规模的确定是公路网规划的主要内容。路网规模的确定是以需求为前提的,公路网建设必须符合或适度超前国民经济发展及社会发展的需

要,不同的社会发展阶段应有相应的发展规模。如果公路建设规模超过实际公路交通需求,将导致大量建设资金的过早占用,并造成土地等资源的浪费;而建设规模过低,则路网提供的通行能力无法满足实际交通量,由于交通量迅速增加而产生的交通饱和、车辆

拥挤、运输效率低下、交通事故频繁等一系列后果,成为制约区域社会经济持续健康发展的瓶颈^[1]。

本文从公路交通需求角度出发,分析了公路网密度与人口密度、人均 GDP 之间的关系,并建立了公路网需求函数模型来预测未来规划区域的公路网规模。该模型预测精度高,具有较好的预测效果。

1 路网规模影响因素

影响公路建设总体规模的因素较为复杂,主要包括地区自然地理状况、经济发展水平、人口密度、资源产业结构、交通需求、公路网建设历史以及国家政策导向等。本文对公路网规模的特性进行分析,并从区域经济社会发展以及公路运输需求等方面出发,本着影响因素与评价目标一致性且具有系统性、直观性、可测性、可比性和稳定性等原则,确定若干影响因素;同时采用层次分析方法对该因素进行筛选与简化。选取的影响因素为区域的经济发

2 公路需求函数模型

基于经济学理论中的生产函数,建立人口、经济增长对公路的需求函数模型,并通过统计资料分析模型参数构成的合理范围,以此确定不同阶段的公路建设总体规模。

2.1 模型建立

借鉴 Cobb-Douglas 生产函数模型^[2],人口密度、人均国内生产总值对区域公路规模的需求函数为

$$H_D = K P_D^\alpha G^\beta$$
(1)

式中: H_D 为区域公路网当量密度(km/100km²); P_D 为人口密度(人/ km²); G 为人均国内生产总值(元/人); K 、 α 、 β 为参数。

为了估计参数 K 、 α 和 β ,对需求函数两边取自然对数,得

$$\ln H_D = \ln K + \alpha \ln P_D + \beta \ln G$$
(2)

令 $Y = \ln H_D$ 、 $A_0 = \ln K$ 、 $X_1 = \ln P_D$ 、 $X_2 = \ln G$,则式(2)可写为

$$Y = A_0 + \alpha X_1 + \beta X_2$$
(3)

由于 $\frac{\partial \ln H_D}{\partial \ln P_D} = \alpha$, $\frac{\partial \ln H_D}{\partial \ln G} = \beta$,则 α 、 β 分别为人口密度的需求弹性系数和经济发展(人均 GDP)的需求弹性系数,其经济意义是在其他要素投入不变的情况下,人口密度(或人均 GDP)的投入每增加 1%,路

网规模需求增加 $\alpha\%$ ($\beta\%$)。

由生产函数的性质可知:当 $\alpha + \beta > 1$ 时,公路网密度需求的增加大于人口密度和经济发展的增加;当 $\alpha + \beta = 1$ 时,公路网密度需求的增加等于人口密度和经济发展的增加;当 $\alpha + \beta < 1$ 时,公路网密度需求的增加小于人口密度和经济发展的增加。

上述模型表明了人口增长和经济发展对公路建设速度、规模需求的规律:在经济发展缓慢时期,对公路的运输需求相对较小, $\alpha + \beta < 1$;随着经济的快速发展,对公路运输的需求越来越大, $\alpha + \beta > 1$;两者增长到一定程度时, $\alpha + \beta = 1$;公路建设超过一定规模时,人口增长和经济发展对公路运输的需求降低, $\alpha + \beta < 1$,公路建设速度开始减缓。

2.2 模型参数的确定

2.2.1 公路当量换算系数

考虑到不同等级的公路行车速度、通行能力不同,为使计算结果更客观,更具有可比性,本文在进行统计分析时,将各级公路按照技术等级、通行能力或设计交通量换算成当量公路里程。采用设计交通量进行换算,以二级公路的换算系数为 1,其他不同等级公路的当量换算系数见表 1。

表 1 不同等级公路的当量换算系数

当量系数	高速公路			一级公路
	四车道	六车道	八车道	
b_i	3. 81	5. 95	7. 62	2. 14
当量系数	二级公路	三级公路	四级公路	等外公路
b_i	1. 00	0. 48	0. 29	0. 04

2.2.2 需求弹性系数

本文收集了中国 31 个省市 1991~2003 年的统计数据^[3-4],按年度进行了回归分析,模型参数计算结果如表 2。

表 2 中国公路需求函数模型参数表

年份	K	α	β	$\alpha + \beta$	相关系数 R
1991	1. 491 825	0. 606	0. 436	1. 042	0. 958 2
1993	1. 063 186	0. 603	0. 486	1. 089	0. 965 6
1994	1. 096 102	0. 612	0. 472	1. 084	0. 964 2
1995	1. 104 331	0. 607	0. 476	1. 083	0. 961 5
1996	0. 928 950	0. 613	0. 501	1. 114	0. 964 3
1997	1. 094 198	0. 627	0. 474	1. 101	0. 959 2
1998	1. 404 659	0. 644	0. 440	1. 084	0. 962 0
1999	1. 631 142	0. 664	0. 416	1. 08	0. 961 8
2000	2. 888 108	0. 685	0. 327	1. 012	0. 963 1
2003	3. 822 639	0. 689	0. 318	1. 007	0. 974 4

注:国内生产总值采用 1978 年可比价格。

计算表明,从 1991 年开始,随着经济的发展和人口的增加,公路规模需求增加,1996 年达到最大,需求弹性系数为 1.114,以后逐年下降,2003 年需求弹性系数接近 1,为 1.007。其中人口密度对公路需求呈递增趋势,人均 GDP 对公路需求呈递减趋势。

表 3 不同地区公路需求弹性系数

年份	北京、上海、天津、江苏、 浙江、广东、山东			辽宁、福建、河北、河南、湖南、湖北、 海南、山西、吉林、黑龙江、安徽、江西			陕西、宁夏、青海、新疆、甘肃、西藏、 内蒙、云南、广西、贵州、四川、重庆		
	α	β	$\alpha+\beta$	α	β	$\alpha+\beta$	α	β	$\alpha+\beta$
1991	0.245	0.693	0.938	0.645	0.830	1.475	0.645	0.832	1.477
1993	0.314	0.614	0.928	0.698	0.847	1.545	0.603	0.493	1.096
1994	0.191	0.689	0.880	0.689	0.820	1.509	0.602	0.341	0.943
1995	0.221	0.564	0.785	0.690	0.915	1.605	0.588	0.336	0.924
1996	0.240	0.501	0.741	0.664	0.820	1.484	0.596	0.473	1.069
1997	0.183	0.574	0.757	0.587	0.608	1.195	0.603	0.454	1.057
1998	0.186	0.567	0.753	0.590	0.565	1.155	0.659	0.711	1.370
1999	0.258	0.469	0.727	0.590	0.481	1.071	0.707	0.896	1.603
2000	0.294	0.358	0.652	0.615	0.364	0.979	0.716	0.742	1.458
2003	0.509	0.087	0.596	0.615	0.239	0.854	0.712	0.590	1.302

经济较发达地区的公路建设已达到一定规模,加之人口密度较大,公路建设规模受到土地制约,该地区 1991~2003 年需求弹性系数均小于 1,并呈逐年下降趋势;经济中等地区 1991~1996 年,公路需求处于快速增长时期,需求弹性系数在 1.475~1.484 之间,以后逐年下降,从 2000 年开始,需求弹性系数小于 1;经济较落后地区为西部地区,人口密度和公路密度较低,除 1994、1995 年需求不足外,随着经济的增长,对公路规模的需求增加,弹性系数均大于 1。

因此从理论上讲,当弹性系数 $\alpha+\beta=0$ 时,人口和经济的增长对公路建设不再有需求,公路建设规模保持不变。按近几年的发展速度(1996~2003 年)计算,公路建设规模达到相对稳定($\alpha+\beta=0$),全国公路建设还需要 50 a 左右的时间,经济较发达地区的公路建设需要 30 a 左右,而西部地区的公路建设正处于大发展时期($\alpha+\beta>1$),按全国平均速度衡量,至少需要 50 a 时间。

3 公路网规模预测

3.1 中国公路建设规模预测

根据表 2 的统计规律和式(1),中国公路建设规模预测分阶段模型划分为

2004~2010 年 $H_D=K(t)P_D^{0.796\ 1}G^{0.208\ 5}$

2011~2020 年 $H_D=K(t)P_D^{0.801\ 0}G^{0.197\ 1}$

2021~2030 年 $H_D=K(t)P_D^{0.811\ 1}G^{0.185\ 7}$

计算结果显示出良好的统计规律。

由于不同地区人口、经济发展差异性较大,按照公路密度、人口密度和人均国内生产总值综合考虑将全国分为较发达、中等、较落后三类地区进行统计分析,统计结果见表 3。

2031~2040 年 $H_D=K(t)P_D^{0.820\ 2}G^{0.176\ 3}$

2040~2050 年 $H_D=K(t)P_D^{0.820\ 6}G^{0.172\ 9}$

$K(t)=0.748\ 615t^{0.757\ 555}$ (t 的取值 1996 年为 1,依次类推), $R=0.906\ 2$ 。

根据联合国《世界人口预测(1998)》对中国在未来特征年份的人口预测,利用中国公路建设规模预测模型,测算出今后 50 a 中国公路建设规模的预测值(表 4)。

表 4 中国公路规模预测值

年份	2010	2020	2030	2040	2050
人口密度/(人·km ⁻²)	142	153	166	180	195
人均 GDP/元	1 725	3 089	4 573	6 769	9 096
公路密度/(km·(10 ⁻⁴ km ⁻²))	1 432	2 338	3 181	4 180	5 406
公路当量里程/10 ⁴ km	137	224	305	401	519

3.2 西部地区公路建设规模预测

根据表 3 统计规律,分阶段给出西部地区公路建设规模预测模型为

2004~2010 年 $H_D=K(t)P_D^{0.731\ 3}G^{0.499\ 2}$

2011~2020 年 $H_D=K(t)P_D^{0.768\ 1}G^{0.423\ 6}$

2021~2030 年 $H_D=K(t)P_D^{0.780\ 9}G^{0.355\ 5}$

2031~2040 年 $H_D=K(t)P_D^{0.790\ 9}G^{0.315\ 5}$

2040~2050 年 $H_D=K(t)P_D^{0.799\ 2}G^{0.290\ 3}$

$K(t)=0.061\ 635t^{1.264\ 55}$ (t 的取值 1996 年为 1,依次类推), $R=0.998\ 8$ 。

参照历史数据^[5],西部地区人口密度增长可取 1.0%,人均 GDP 增长 2020 年以前取 6.5%,2021~2040 年取 5.0%,2041~2050 年取 4.0%,今后 50 a 西部公路建设规模的预测值见表 5。

表 5 西部地区公路规模预测值

年份	2010	2020	2030	2040	2050
人口密度/(人·km ⁻²)	58	64	71	78	86
人均 GDP/元	1 056	1 982	3 228	5 258	7 783
公路密度/(km·(10 ⁻⁴ km ⁻²))	897	1 866	2 423	3 258	4 236
公路当量里程/10 ⁴ km	61	127	165	222	289

3.3 陕西公路建设规模预测

按照西部地区公路建设规模预测^[6],采用类比法并征求专家意见,提出陕西公路建设规模预测模型为

2004~2010 年
$$H_D=K(t)P_D^{0.719\ 2}G^{0.441\ 7}$$

2011~2020 年
$$H_D=K(t)P_D^{0.729\ 3}G^{0.345\ 6}$$

2021~2030 年
$$H_D=K(t)P_D^{0.741\ 6}G^{0.296\ 4}$$

2031~2040 年
$$H_D=K(t)P_D^{0.754\ 6}G^{0.252\ 4}$$

2040~2050 年
$$H_D=K(t)P_D^{0.768\ 6}G^{0.225\ 4}$$

$K(t)=0.077\ 19t^{1.262\ 1}$ (t 的取值 1996 年为 1,依次类推), $R=0.998\ 8$ 。

参照陕西未来人口预测数据,利用模型测算出今后 50 a 陕西公路建设规模的预测值(表 6)^[7-8]。

表 6 陕西省公路规模预测值

年份	2010	2020	2030	2040	2050
人口密度/(人·km ⁻²)	180	183	175	158	138
人均 GDP/元	1 106	2 076	3 381	5 507	8 152
公路密度/(km·(10 ⁻⁴ km ⁻²))	1 644	2 453	3 452	4 434	5 610
公路当量里程/10 ⁴ km	3.38	5.05	7.10	9.13	11.55

4 结 语

(1)分析了公路网需求与人口密度、人均 GDP 之间关系,发现它们之间存在稳定的数学关系和良好的统计规律。

(2)客观合理地描述了公路网需求与人口、面积以及经济发展之间的数量关系。

(3)据此建立了基于 Cobb-Douglas 生产函数的公路网规模预测模型,并利用该模型对全国、西部地区以及陕西的公路网发展规模进行了预测,预测数值客观合理,说明该模型适应性强,实际应用价值高,为中国和区域公路网规划提供了决策依据。

参考文献:
References:

[1] 于江霞,于景群,王选仓. 基于神经网络的公路网规模预测[J]. 长安大学学报:自然科学版,2006,26(1):75-78.
YU Jiang-xia, YU Jing-qun, WANG Xuan-cang. Highway Network Scale Prediction Based on BP Netwirkl[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2006, 26(1):75-78.

[2] 李子奈. 计量经济学:方法与应用[M]. 北京:清华大学出版社,1992.
LI Zi-nai. Econometrics: Method and Application [M]. Beijing: Tainghua University Press, 1992.

[3] 中华人民共和国统计局. 中国统计年鉴 1996~2003 [R]. 北京:中国统计出版社,2003.
Chinese National Bureau of Statistics. China Statistical Yearbook 1996~2003[R]. Beijing: China Statistical Press, 2003.

[4] 中国交通年鉴编辑委员会. 中国交通年鉴 1992~2003 [R]. 北京:人民交通出版社,2003.
Editorial Committee of Year Book of China Transportation and Communications. Year Book of China Transportation and Communications 1992~2003[R]. Beijing: People's Communications Press, 2003.

[5] 张爱婷,朱文琦. 未来五十年陕西人口总量及老龄化发展趋势预测[J]. 西北人口,2004,(6):40-41.
ZHANG Ai-ting, ZHU Wen-qi. Forecasting the Population and the Populationaging Course in the Future 50 Years[J]. Northwest Population, 2004, (6): 40-41.

[6] 杜茂康. Excel 与数据处理[M]. 北京:电子工业出版社,2003.
DU Mao-kang. Excel and Data Handing[M]. Beijing: Electronic Industries Press, 2003.

[7] 陆 宁,史玉芳,秦晓丽. 西部地区公路运输能力模糊聚类分析[J]. 长安大学学报:自然科学版,2004,24(6):60-63.
LU Ning, SHI Yu-fang, QIN Xiao-li. Fuzzy Clustering Analysis of Transport Ability in Chinese Western Area[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2004, 24(6):60-63.

[8] 刘清君. 公路网规划现实思考与新思路[J]. 交通运输工程学报,2004,4(2):71-75.
LIU Qing-jun. Review and New Thread of Highway Net Work Planning[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2004, 4(2):71-75.