

基于统计分析的城际铁路建设条件研究

罗 霞, 吕 明

(西南交通大学 交通运输与物流学院 四川 成都 610031)

摘要: 采用基于描述统计学的社会经济统计学方法对我国建成及在建 26 条城际铁路沿线地区的多项社会经济指标进行归纳统计,进而采用聚类分析的方法对其综合分析,探索能够反映城际铁路建设条件的参考指标,为我国城际铁路的建设规划提供决策参考。

关键词: 城际铁路; 建设条件; 聚类分析; 描述统计学

中图分类号: U125 文献标识码: A 文章编号: 2095-0373(2012)02-0073-08

0 引言

城际铁路作为一种新兴的大运量、快速的区域轨道交通,一般服务于人口稠密、经济发达的地区。城际铁路是否建设、何时建设,直接关系到自身运营的经济效益和沿线产生的社会效益。目前关于城际铁路建设条件的研究还较少,相关研究主要通过需求分析对城际铁路是否建设进行判断。城际铁路的建设条件不能将需求作为唯一的建设条件衡量指标,而应当在需求分析的基础上,建立一套可以客观衡量地区社会经济水平且可操作性强的参考指标作为判断某一地区是否符合修建城际铁路条件的依据。

1 统计分析

描述统计学(Descriptive statistics)是研究如何取得反映客观现象的数据,并通过图表形式对所搜集的数据进行加工处理和显示,进而通过综合概括与分析得出反映客观现象的规律性数量特征的一门学科^[1]。基于描述统计学的社会经济统计学是以研究社会经济数量方面为研究对象的应用统计学,主要包括统计调查、统计整理和统计分析三个相互衔接、紧密联系的阶段^[2-3]。统计分析的实施按照上述三个阶段展开,分别应用大量观察法、统计分组法和综合指标法对我国城际铁路进行类型划分和指标分析。

1.1 统计调查

对我国目前建成和在建的 26 条城际铁路进行了资料收集整理工作,根据立项批复时间,对铁路沿线地区的主要社会经济指标进行了统计^[4-5],如表 1 所示。

表 1 我国建成及在建城际铁路沿线地区主要总量社经济指标统计调查结果

序号	城际铁路	批复时间	里程/km	面积/km ²	人口/万人	GDP/亿元	地方财政一般 预算收入/亿元
1	京津	2004	120	18 668	1 838	6 123.91	781.16
2	京唐	2009	160	18 163	1 510.53	11 109.07	1 970.86
3	津保	2009	158	16 119	1 504.32	9 521.39	864.24
4	沪宁	2006	300	30 663	3 271.91	22 342.68	2 269.06
5	宁杭	2007	249	22 901	2 109.51	13 056.69	937.39
6	沪杭	2008	158	22 166	1 910.42	15 099.34	3 072.34
7	广珠	2005	144	17 018	1 447.26	9 777.76	484.15
8	穗莞深	2008	87	13 222	1 357.12	16 957.28	1 544.76
9	莞惠	2008	97	8 317	780.62	6 574.14	361.94
10	青荣	2009	299	17 557	1 447.73	15 277.7	1 084.25

收稿日期: 2012-03-07

作者简介: 罗霞 女 1962 年出生 教授

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金资助(A0920502051113-62)

续表 1

序号	城际铁路	批复时间	里程/km	面积/km ²	人口/万人	GDP/亿元	地方财政一般 预算收入/亿元
11	宁安	2007	258	16 367	1 140.74	4 874.86	365.73
12	汉孝	2008	61	12 183	759.04	2 848.22	361.83
13	武汉—黄冈	2008	66	13 722	866.48	3 450.55	401.31
14	武汉—黄石	2008	97	13 123	952.89	3 604.03	365.98
15	武汉—咸宁	2008	90	12 849	780	3 066.72	345.1
16	长株潭	2010	99	14 053	925.52	4 108.8	283.19
17	昌九	2006	131	13 515	1 019.75	1 781.82	117.42
18	郑焦	2009	78	9 789	972.77	3 632.02	309.57
19	郑开	2009	50	8 807	742.85	2 752.91	286.52
20	哈齐	2008	284	22 025	980.31	4 386.6	216.95
21	长吉	2006	108	5 791	413.67	1 494.87	116.4
22	成绵乐	2008	323	12 367	1 103.95	2 819.53	378.99
23	成渝	2009	306	28 601	2 530.26	6 397.65	705.5
24	渝万	2009	248	9 627	779.73	2 167.03	289.08
25	成灌	2008	68	3 439	275.9	841.97	286.38
26	成蒲	2009	98	5 470	453.57	1 628.99	354.69

1.2 统计整理

1.2.1 指标层构建

由统计结果可知 ,由于统计城际铁路沿线地区社会经济总量指标受线路里程及所处地区差异影响较大 ,较难直接获得直观有效的参考指标 ,因此 ,为了对建设条件进行深入研究 ,需要对统计结果进行整理 ,筛选和完善指标 ,采用的合适的指标对统计对象进一步分析 ,如表 2 所示。

表 2 我国建成及在建城际铁路沿线地区主要相对社会经济指标统计调查结果

序号	城际铁路	批复时间	人口密度/ (人 · km ⁻²)	人均 GDP/元	单位里程	单位里程	单位里程地方
					人口/ (万人 · km ⁻¹)	GDP/ (亿元 · km ⁻¹)	财政一般预算收 入/(亿元 · km ⁻¹)
1	京津	2004	985	33 318	15.32	51.03	6.51
2	京唐	2009	832	73 544	9.44	69.43	12.32
3	津保	2009	933	63 294	9.52	60.26	5.47
4	沪宁	2006	1067	68 286	10.91	74.48	7.56
5	宁杭	2007	921	61 894	8.47	52.44	3.76
6	沪杭	2008	862	79 037	12.09	95.57	19.45
7	广珠	2005	850	67 560	10.05	67.90	3.36
8	穗莞深	2008	1 026	124 950	15.60	194.91	17.76
9	莞惠	2008	939	84 217	8.05	67.77	3.73
10	青荣	2009	825	105 529	4.84	51.10	3.63
11	宁安	2007	697	42 734	4.42	18.89	1.42
12	汉孝	2008	623	37 524	12.44	46.69	5.93
13	武汉—黄冈	2008	631	39 823	13.13	52.28	6.08
14	武汉—黄石	2008	726	37 822	9.82	37.15	3.77
15	武汉—咸宁	2008	607	39 317	8.67	34.07	3.83
16	长株潭	2010	659	4 4395	9.35	41.50	2.86
17	昌九	2006	755	17 473	7.78	13.60	0.90
18	郑焦	2009	994	37 337	12.47	46.56	3.97
19	郑开	2009	843	37 059	14.86	55.06	5.73
20	哈齐	2008	445	44 747	3.45	15.45	0.76
21	长吉	2006	714	36 137	3.83	13.84	1.08
22	成绵乐	2008	893	25 540	3.42	8.73	1.17
23	成渝	2009	885	25 285	8.27	20.91	2.31
24	渝万	2009	810	27 792	3.14	8.74	1.17
25	成灌	2008	802	30 517	4.06	12.38	4.21
26	成蒲	2009	829	35 915	4.63	16.62	3.62

为了避免统计分析过程出现重复以及增强建设条件指标的可操作性 ,有必要采用相关性分析对既有

的指标进行重新组构。对高度线性相关的指标,可根据具体情况保留其中一项指标。相关性的检验采用 Pearson 相关系数法^[2],计算方法为

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

根据经验可将线性相关程度分为以下几种情况^[1]: 当 $|r| \geq 0.8$ 时,视为极强度相关;当 $0.6 < |r| \leq 0.8$ 时,视为强度相关;当 $0.4 < |r| \leq 0.6$ 时,视为中度相关;当 $0.2 < |r| \leq 0.4$ 时,视为低度相关;当 $|r| < 0.2$ 时,说明变量之间的相关程度极弱,可视为不相关。

对人口、GDP 和地方财政一般预算收入 3 项总量指标两两进行相关分析,在显著性水平为 0.01 的情况下,人口与 GDP、地方财政一般预算收入的相关系数分别为 0.784 和 0.676, GDP 与地方财政一般预算收入的相关系数为 0.836。因此, GDP 与地方财政一般预算收入两项指标呈极强度线性相关关系, GDP 指标基本可反映地方财政一般预算收入指标;同理 GDP 指标相比人口指标可以更全面的反应地区的经济发展状况,因而保留 GDP 指标。根据这一结果,将相对指标中(见表 2)的单位里程地方财政一般预算收入指标排除,保留单位里程 GDP 指标。

同理,对人口密度、人均 GDP、单位里程人口和单位里程 GDP 四项相对指标两两进行相关分析,在显著性水平为 0.01 的情况下,可得人均 GDP 与单位里程 GDP 两项指标相关系数为 0.825,呈强度线性相关关系,故可保留人均 GDP 指标;人口密度、人均 GDP 和单位里程人口三项相对指标两两之间相关度均较低,此外由于单位里程人口指标需要在城际铁路线网规划后才能测算,因此经过指标筛选,保留人口密度和人均 GDP 两项相对指标。

1.2.2 初步聚类

对 26 条城际铁路的人口密度及人均 GDP 两项相对指标的统计描述,通过计算每项指标的变异程度,分析各指标是否能够获得指标准则,如无法获得指标准则,则需要分组统计。变异程度由各项指标离散系数表示。离散系数(Coefficient of Variance)的计算方法为

$$cv = s/\bar{x} \quad (2)$$

式中, s 为标准差

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3)$$

$\bar{x}$ 为均值

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i / n \quad (4)$$

n 为样本个数。

经计算得到人口密度、人均 GDP 两项指标离散系数分别为 0.180 0、0.513 0。由于离散系数过大,无法得出有效的参考指标,因此需要对统计对象采用基于聚类分析的综合分组方法进行分组分析。

城际铁路分组主要采用聚类分析的方法,聚类分析是一种探索性的分析,在分析之前对要划分的类型是未知的。针对变量的聚类分析,采用层次式的判别方式根据变量之间的亲疏程度进行聚类。另外,在聚类分析的过程中需要充分考虑个案特性。广深走廊经济发达,穗莞深城际人均 GDP 超出统计均值约 200%。因此为了获得更准确的结果,在分组的过程中需要对该城际铁路做特殊考察,指标聚类分析过程暂不纳入样本。

统计分组的主要采用 K-Mean 聚类方法^[2],过程如下:确定聚类的类数 k ;确定 k 个类的初始类中心点,根据样本数据的实际情况,选择 k 个有代表性的样本数据作为初始类中心;计算所有样本数据点到 k 个类中心点的欧式距离,按照 k 个类中心点距离最短原则,把所有样本分派到各中心点所在类中,形成一个新的 k 类,完成一次迭代过程,其中距离为欧氏距离(Euclidean Distance),计算公式为

$$EUCLID = \sqrt{\sum_{i=1}^p (x_i - y_i)^2} \quad (5)$$

式中, p 为单个样本变量数; x_i 为第一个样本在第 i 个变量上的取值; y_i 为第二个样本在第 i 个变量上的取值。

通过综合分析,选取人口密度和人均 GDP 作为城际铁路的统计分组作为参考指标可将城际铁路划分为两类(见表 3),且结果较为理想:人口密度指标 F 统计量为 7.005,相伴概率为 0.014,此项指标两类城际铁路间差异明显;人均 GDP 指标 F 统计量为 88.693,相伴概率 < 0.001 ,此项指标两类城际铁路间存在显著差异(如表 3 所示)。从而初步将城际铁路划分为 I 类城际铁路(京津城际、宁安城际、汉孝城际、武汉—黄冈城际、武汉—黄石城际、武汉—咸宁城际、长株潭城际、昌九城际、郑焦城际、郑开城际、哈齐城际、长吉城际、成绵乐城际、成渝城际、渝万城际、成灌城际、成蒲城际)和 II 类城际铁路(京唐城际、津保城际、沪宁城际、宁杭城际、沪杭城际、广珠城际、莞惠城际、青荣城际)。

表 3 初步聚类结果分析

指标	聚类中心		F 统计量	相伴概率
	I	II		
人口密度/(万人·km ⁻²)	758.71	903.63	7.005	0.014
人均 GDP/元	34 866.76	75 420.13	88.693	< 0.001

经变异程度检验,发现分组后城际铁路人口密度和人均 GDP 指标离散系数较分组前大大减小,分组效果明显(如表 4 所示)。

表 4 城际铁路初步聚类结果检验

类别	人口密度/(人·km ⁻²)			人均 GDP/元		
	均值	标准差	离散系数	均值	标准差	离散系数
I 类城际铁路	759	143	0.189 3	34 867	7 402	0.212 3
II 类城际铁路	904	80	0.088 8	75 420	14 359	0.190 4

分析初步聚类结果,可以得出 II 类城际铁路人口密度与人均 GDP 指标离散系数均较小,结果较为理想;I 类城际铁路人口密度指标离散系数仍较大,需要进一步做聚类分析。

1.2.3 二次聚类

对聚类结果观察不难发现,II 类城际铁路均位于东部地区,I 类城际铁路包括了样本中全部中西部地区城际铁路。对 I 类城际铁路的人口密度和人均 GDP 指标需做进一步聚类分析,可以将 I 类城际铁路划分为 I-1 类(京津城际、宁安城际、汉孝城际、武汉—黄冈城际、武汉—黄石城际、武汉—咸宁城际、长株潭城际、郑焦城际、郑开城际、哈齐城际、长吉城际、成蒲城际)和 I-2 类(昌九城际、成绵乐城际、成渝城际、成雅城际、成灌城际)。

人口密度指标 F 统计量为 1.779,相伴概率为 0.202;人均 GDP 指标 F 统计量为 41.835,相伴概率 < 0.001 ,说明对 I 类城际铁路起到显著差异作用的相对指标为人均 GDP(如表 5、表 6 所示)。

表 5 II 类城际铁路聚类结果分析

指标	聚类中心		F 统计量	相伴概率
	I-1	I-2		
人口密度/(万人·km ⁻²)	908	2 361	16.062	0.001
人均 GDP/元	38 546	25 502	35.054	< 0.001

表 6 城际铁路二次聚类结果检验

类别	人口密度/(人·km ⁻²)			人均 GDP/元		
	均值	标准差	离散系数	均值	标准差	离散系数
I-1 类城际铁路	729	159	0.219 2	38 844	3 525	0.090 7
I-2 类城际铁路	829	58	0.070 8	25 321	4 867	0.192 2
II 类城际铁路	904	80	0.088 8	75 420	14 359	0.190 4

综合分析聚类结果和城际铁路所处地理位置,可以给出如下结论,II 类城际铁路均位于东部地区,I-1 类城际铁路除京津城际及成蒲城际外均位于中部地区,I-2 类城际铁路除昌九城际外均位于西部地区。

因此为了便于分类的理解和操作,将我国建成和在建的城际铁路划分为 3 类: 东部地区城际铁路、中部地区城际铁路和西部地区城际铁路。

由此可知东部地区城际铁路人口密度较大、人均 GDP 较高; 中部地区城际铁路人口密度略小、人均 GDP 较低,西部地区城际铁路人口与中部地区城际铁路相近而人均 GDP 较低。京津城际为我国第一条城际铁路,规划建设早于其他城际铁路,统计数据为项目批复年数据,指标分析结果应纳入中部地区城际铁路,但为了便于表述,仍采用地理位置将京津城际归入东部地区城际铁路。同理将昌九城际归入中部地区城际铁路,成蒲城际归入西部地区城际铁路。另外,根据地理位置将未纳入聚类分析样本的穗莞深城际纳归入东部地区城际铁路,如表 7 所示。

表 7 城际铁路类型划分

序号	城际铁路	类型	地理位置
1	京津城际铁路	东	京津冀城市群
2	京唐城际铁路	东	京津冀城市群
3	津保城际铁路	东	京津冀城市群
4	沪宁城际铁路	东	长江三角洲城市群
5	宁杭城际铁路	东	长江三角洲城市群
6	沪杭城际铁路	东	长江三角洲城市群
7	广珠城际铁路	东	珠江三角洲城市群
8	穗莞深城际铁路	东	珠江三角洲城市群
9	莞惠城际铁路	东	珠江三角洲城市群
10	青荣城际铁路	东	山东半岛城市群
11	宁安城际铁路	中	皖江淮城市群
12	汉孝城际铁路	中	武汉城市群
13	武汉-黄冈城际铁路	中	武汉城市群
14	武汉-黄石城际铁路	中	武汉城市群
15	武汉-咸宁城际铁路	中	武汉城市群
16	长株潭城际铁路	中	长株潭城市群
17	昌九城际铁路	中	环鄱阳湖城市群
18	郑焦城际铁路	中	中原城市群
19	郑开城际铁路	中	中原城市群
20	哈齐城际铁路	中	黑龙江省
21	长吉城际铁路	中	吉林省
22	成绵乐城际铁路	西	成渝城市群
23	成渝城际铁路	西	成渝城市群
24	渝万城际铁路	西	成渝城市群
25	成灌城际铁路	西	成渝城市群
26	成蒲城际铁路	西	成渝城市群

2 结果分析

通过对城际铁路沿线地区的主要社会经济指标统计,应用综合指标法对总量指标即人口、GDP 和相对指标人口密度、人均 GDP 进行分析(如图 1 ~ 图 4 所示),可以得出以下结论。

2.1 人口

经统计发现,不同城际铁路沿线地区人口不存在可直接比较关系,主要影响因素为线路里程。线路里程长,覆盖面积广,沿线人口多。其次,沿线地区土地开发形态和程度也是重要的影响因素。相较于中、西部城际铁路,东部城际铁路沿线地区人口总体上较多,这是由于东部沿海经济发达省份土地密集开发,在较大范围内保持了高密度的人口分布,例如长三角城市群的沪宁、沪杭走廊以及珠三角城市群的穗莞深走廊等;而中、西部地区城市群规模相对较小,城市化水平低于东部地区,另外存在土地开发密度较小,沿线人口较东部沿海地区少。

2.2 GDP

与人口指标类似,城际铁路沿线地区 GDP 受线路里程影响。其次,东部城际铁路沿线地区 GDP 较中、西部城际铁路高,差别较为明显,主要影响因素包括经济发展程度以及产业结构差异。中西部地区受自然条件约束,经济发展相对滞后。此外,西部地区二、三次产业在 GDP 中的比重较低,产业结构长期落后

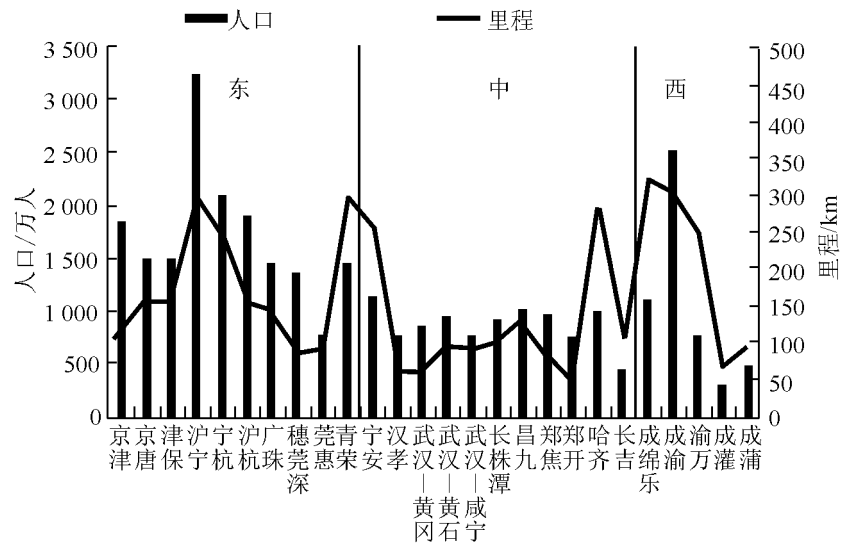


图 1 我国城际铁路沿线地区人口

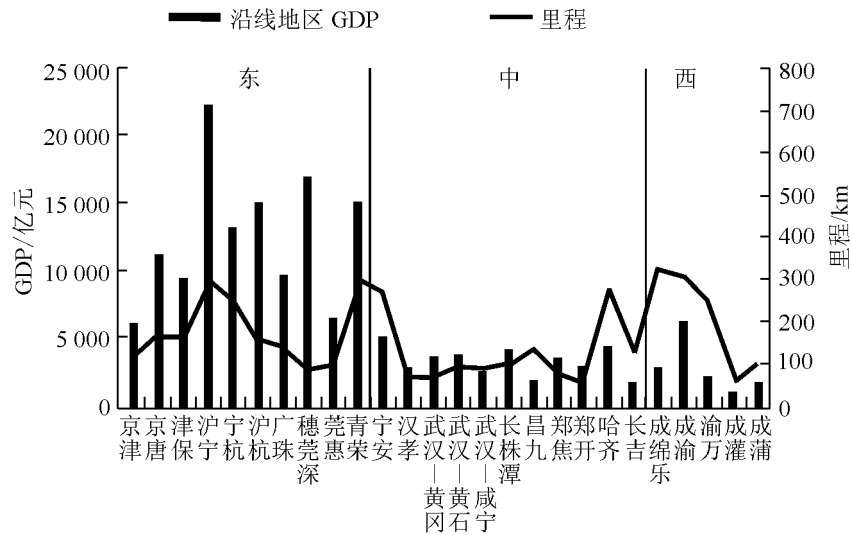


图 2 我国城际铁路沿线地区 GDP

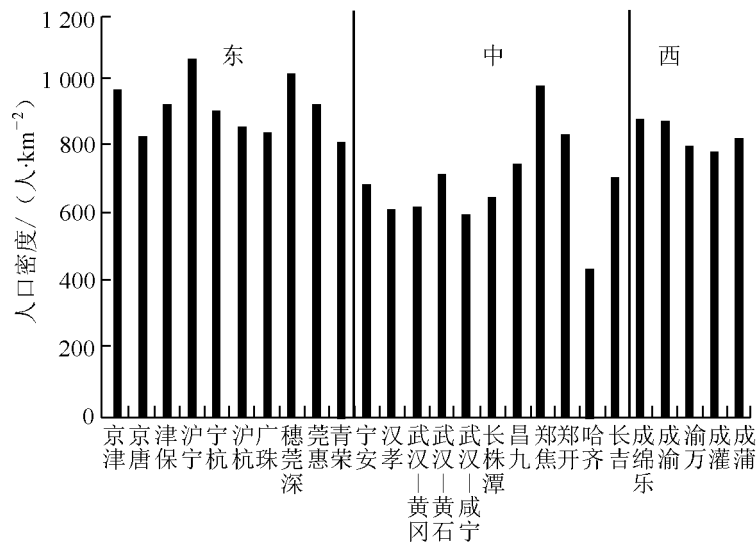


图 3 我国城际铁路沿线地区人口密度

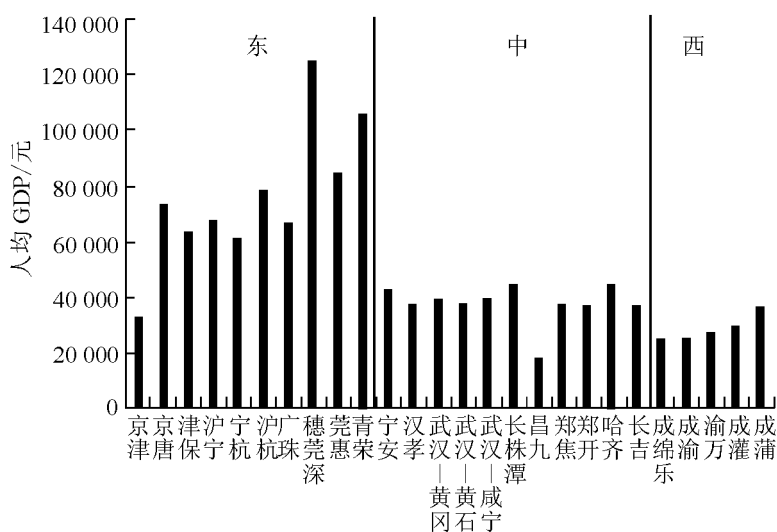


图4 我国城际铁路沿线地区人均 GDP

于东部沿海地区。以上因素均导致了中西部城际铁路沿线地区 GDP 低于东部城际铁路。

人口及 GDP 两个总量指标受城际铁路规模影响较大,可以作为区域内城际铁路路网规划参考指标,而具体城际铁路的建设应当将相对指标如沿线地区人口密度、人均 GDP 等指标作为参考对象。

2.3 人口密度

通过对 26 条城际铁路的统计可以得出以下结论:东部城际铁路沿线地区人口密度均达到 800 人/ km^2 ,中、西部城际铁路(除哈齐城际外)沿线地区将人口密度均达到 600 人/ km^2 。长三角城市群和珠三角城市群是我国人口最为集中的地区之一,这两个地区城际铁路中的沪宁城际和沪杭城际沿线地区人口密度超过 1 000 人/ km^2 。西部地区的成灌城际和成蒲城际里程较短且位于成都市域范围,统计结果受成都主城区数据影响较大,具有部分城市轨道交通沿线地区的性质,因此人口密度大。哈齐城际沿线地区人口密度较小,然而其为繁忙的哈尔滨、大庆、齐齐哈尔工业走廊提供了大运能、占地少、节能环保的城际轨道交通,并与在建的哈大铁路客运专线等快速铁路衔接,将为振兴东北老工业基地发挥重要作用,修建意义重大。

根据统计结果综合分析,将东部沿海地区城际铁路沿线地区人口密度 800 人/ km^2 ,中部地区城际铁路沿线地区人口密度 600 人/ km^2 ,西部地区城际铁路沿线地区人口密度 600 人/ km^2 作为城际铁路的建设标准具有较强的实践意义。

2.4 人均 GDP

通过对 26 条城际铁路的统计可以得出以下结论:人均 GDP 可以较为明显地反映我国地区发展的差异性,东部地区城际铁路沿线地区普遍高于中西部地区城际铁路,经济发达的穗莞深走廊人均 GDP 超过 120 000 元。东部地区城际铁路(京津城际除外)沿线地区人均 GDP 基本达到 60 000 元,其中京津城际作为我国第一条城际铁路规划时间较早,具有一定的超前性,此指标低于同类其他城际铁路;中部地区城际铁路(昌九城际除外)沿线地区人均 GDP 均达到 35 000 元;西部地区城际铁路沿线地区人均 GDP 基本达到 25 000 元。昌九城际人均 GDP 低于同类其他城际铁路,然而该线使京九线最繁忙的九江至向塘区段实现客货分线,消除运输瓶颈,具有重大的修建意义。

根据统计结果,将东部沿海经济发达地区的人均 GDP $\geq 60\,000$ 元,中部地区的人均 GDP $\geq 35\,000$ 元,西部地区人均 GDP $\geq 25\,000$ 元作为一般情况下城际铁路建设指标较为合适。

3 结论

通过对我国建成及在建城际铁路沿线地区主要社会经济指标的统计分析,采用相对指标作为城际铁路建设参考具有实践意义。城际铁路一般建设条件为:人口密度东部地区 ≥ 800 人/ km^2 ,中部地区和西部

地区 ≥ 600 人/ km^2 , 人均 GDP 东部地区 $\geq 60\ 000$ 元, 中部地区 $\geq 35\ 000$ 元, 西部地区 $\geq 25\ 000$ 元。城际铁路作为区域内大运量快速轨道客运系统, 在直接为旅客提供服务、满足旅客出行需求的同时, 还具有优化区域路网结构、拉动地区经济发展、推动区域一体化进程、改善用地形态、节能减排等一系列巨大的社会效益。城际铁路的规划建设在参考建设条件指标的同时, 也应当综合考虑实际情况和需求预测, 做出合理的分析。

参 考 文 献

- [1] 徐浪. 描述统计学 [M]. 成都: 西南财经大学出版社, 2001.
- [2] 韩兆洲, 赵滨. 数理统计学和社会经济统计学的比较 [J]. 统计与决策, 2007, 235(4): 127-128.
- [3] 本书编委会. 铁路建设项目经济评价方法与参数及案例实务全书 [M]. 北京: 中国建设出版社, 2006.
- [4] 国家统计局. 中国统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2004—2009.
- [5] 国家统计局. 中国城市统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2004—2009.

Research on Prerequisite to Investment in Inter-city Railway Based on Financial Analysis

Luo Xia, Lv Ming

(School of Transportation & Logistics, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: The purpose of this paper is to study the prerequisite to investment in inter-city railway. The author uses a statistic analysis method based on descriptive statistics to summarize a number of socio-economic indexes in the district along the 26 inter-city railways built or under construction in China, and then explores reference indexes that effect on inter-city railway construction condition by Cluster Analysis. Finally, the author puts forward a recommended prerequisite to investment inter-city railway, expressed in intensity of population and GDP per capita.

Key words: inter-city railway; construction condition; cluster analysis; descriptive statistics

(责任编辑 刘宪福)

(上接第 10 页)

Study of Temperature Field of Double Steel-concrete Composite Box Girder by Solar Radiation

Su Jinghai, Duan Shujin

(School of Civil Engineering, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China)

Abstract: Temperature stresses will occur in the double steel-concrete composite box girder due to the sunshine. In this paper, the local temperature and the solar radiation intensity are deduced. The temperature field under the sunlight is simulated for both positive and negative moment zone section of the three span continuous double steel-concrete composite box girder by the software ANSYS. The temperature gradient curves along the section height are fitted by polynomial equations based on the numerical data of the maximum temperature difference with a good agreement.

Key words: double steel-concrete composite box girder; solar radiation; temperature distribution; temperature gradient

(责任编辑 车轩玉)