

中国各地区生活环境的综合评价

□ 韩宝薇

生活环境是指与人类生活密切相关的各种自然条件和社会条件的总体,它由自然环境和社会环境中的物质环境组成。生活环境按其是否经过人工改造来划分,可分为自然环境和人工环境。自然环境是各种天然因素的总体。人工环境是指经过人工创造的用于人类生活的各种客观条件。生活环境的好坏关系到人们生活和舒适度、生活质量,因而有必要进行评价。

一、指标体系的构建

根据生活环境的定义,按照可测性原则,考虑到数据的可获得性和指标量化的难易程度,设计了如下的指标体系。

人均水资源的多少,森林覆盖率的大小,主要城市平均气温的高低,主要城市空气质量等于及好于二级的天数,及主要城市噪音均值反映了一个地区的资源环境的好坏。自然灾害受灾面积及绝收面积反映了一个地区自然灾害的发生状况。每万人学校数,每万人招生数,每万人教育经费可以用来评价一个地区的教育事业。艺术表演场所,文化馆个数,公共图书馆个数,博物馆个数反映了一个地区的文化、文物事业的发展程度。而由于农村人口只有在外出时才用到交通工具,所以在交通这项指标中用了大量的城市指标来反映一个地区的交通情况,包括城市出租车辆,城市每万人拥有车辆,城市人均拥有道路面积;除此之外再加上了公路里程这个指标来共同反映地区的交通情况。废物排放和火灾反映一个地区的污染及灾害的严重程度,而治理则表明各地区在治理污染方面所做的努

力。其中由于在一平方公里的地方排放一吨的废水与在一百平方公里的地区排放一吨的废水对环境造成的影响是不一样的,也就是说地区面积大,其承受能力也就相应的大一点,所以废物排放及治理这两个三级指标中的各四级指标均应除以地区面积才更合理。由于城市相对于农村来说人口更密集,所以在人工环境中加大了城市环境的比重,用了更多的城市环境指标。市容环卫车辆,每万人公共厕所,城市人均住宅面积,城市用水普及率,城市燃气普及率,人均绿地,公园数,路灯数用来衡量一个地区中城市的设施水平。一个地区的旅游事业可用国际旅游外汇收入来分析。而用每万人卫生机构数,医疗机构床位数,卫生部门人员合计来评价一个地区的卫生事业。其中下标为一位数的是一级指标,依此类推,下标为两位数的是二级指标,三位数的是三级指标,四位数的是四级指标。

二、评价方法

(一) 层次分析法及权重的分配

层次分析法通过两两比较的方式确定层次中诸因素的相对重要性。其步骤如下:

(1) 构造两两比较判断矩阵

$A = (a_{ij})_{n \times n}$ 称为正互反矩阵

其中 a_{ij} 是元素 x_i 和 x_j 的重要性和比例标度。 $a_{ij} > 0$ 且 $a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}$, $a_{ii} = 1$

生活环境评价指标体系 (自然环境用表示 X_1 , 人工环境用表示 X_2)

自然环境	资源环境 (x_{11})	地区人均水资源 (x_{111}) 地区森林覆盖率 (x_{112}) 主要城市年平均气温 (x_{113}) 主要城市空气质量等于及好于二级的天数 (x_{114}) 主要城市噪音均值 (x_{115})			
	自然灾害 (x_{12})	受灾面积 (x_{121}) 绝收面积 (x_{122})			
人工环境	教育事业 (x_{21})	每万人学校数 (x_{211}) 每万人招生数 (x_{212}) 每万人教育经费 (x_{213})			
	文化、文物事业 (x_{22})	艺术表演场所 (x_{221}) 文化馆个数 (x_{222}) 公共图书馆个数 (x_{223}) 博物馆个数 (x_{224})			
	交通 (x_{23})	城市出租车辆 (x_{231}) 城市每万人拥有公共交通工具 (x_{232}) 城市人均拥有道路面积 (x_{233}) 公路里程 (x_{234})			
	污染及灾害 (x_{24})	废物排放 (x_{241})	每万平方公里工业废水排放总量 (x_{242}) 每万平方公里生活污水排放总量 (x_{2412}) 每万平方公里废气排放总量 (x_{2413}) 每万平方公里生活相垃圾清运量 (x_{2414})		
			治理 (x_{242})	每万平方公里废气治理设施数 (x_{2421}) 每万平方公里污染治理投资 (x_{2422})	
			火灾 (x_{243})	死亡人数 (x_{2431})、损失 (x_{2422})	
	城市设施水平 (x_{25})	市容环卫专用车辆总数 (x_{251}) 每万人公共厕所 (x_{252}) 城市人均住宅面积 (x_{253}) 城市用水普及率 (x_{254}) 城市燃气普及率 (x_{255}) 人均公用绿地 (x_{256}) 公园数 (x_{257}) 路灯数 (x_{258})			
	旅游 (x_{26})	国际旅游外汇收入 (x_{261})			
	卫生 (x_{27})	每万人拥有卫生机构数 (x_{271}) 每万人拥有医疗机构床位 (x_{272}) 每万人拥有卫生部门人员合计 (x_{273})			

标度的含义如下

标度	含义
1	表示两个元素相比, 具有同样重要性
3	表示两个元素相比, 前者比后者稍重要
5	表示两个元素相比, 前者比后者明显重要
7	表示两个元素相比, 前者比后者强烈重要
9	表示两个元素相比, 前者比后者极端重要
2 4 6 8	表示上述相邻判断的中间值
倒数	若元素 i 与元素 j 的重要性之比为, 那么元素 j 与元素 i 重要性之比为 $a_{ji} = 1/a_{ij}$

(2) 计算相应的权重, 本文采用幂法求出矩阵的最大特征根, 然后对最大特征根对应的特征向量进行归一化处理即为指标的权重, 最后要对得到的结果进行一致化检验, 通过一致化检验的即为最后的权重, 若通不过检验则需对两两比较矩阵进行修改直到通过为止。步骤如下:

①任取初始正向量 $x^{(0)} = (x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, x_3^{(0)}, x_4^{(0)}, \dots, x_n^{(0)})^T$, $k=0$

$$\text{计算 } m_0 = \prod_{i=1}^n x_i^{(0)} / \sum_{i=1}^n x_i^{(0)} \quad y_0 = \frac{1}{m_0} x^{(0)}$$

②迭代计算 $x^{(k+1)} = Ay^{(k)}$, $m_{k+1} = \prod_{i=1}^n x_i^{(k+1)} / \sum_{i=1}^n x_i^{(k+1)}$, $y^{(k+1)} = \frac{x^{(k+1)}}{m_{k+1}}$

③当 $|m_{k+1} - m_k| < \epsilon$ 时进行第四步否则继续

将 $y^{(k+1)}$ 归一化, $w = y^{(k+1)} / \sum_{i=1}^n y_i^{(k+1)}$, $\lambda_{\max} = m_{k+1}$

④其中 m_{k+1} 和 w 就是所要求的特征根和特征向量, 而 w 就是指标的权重。

[3] 一致性检验

若正互反矩阵 $A = (a_{ij})_{n \times n}$ 中元素满足 $a_{ij} = a_{ik} / a_{jk}$, $j, k = 1, 2, \dots, n$ 则称为一致性矩阵。根据算得的 λ 值计算 $C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$, 查 $C.I.$ 临界值表, 若实际 $C.I.$ 小于相应的临界值则认为

通过了一致性检验, 认为该矩阵具有满意的一致性。

根据上述方法得出的各指标的权重如下表所示

指标	权重	指标	权重	指标	权重	指标	权重
x_1	0.6667	x_{113}	0.154747	x_{232}	0.368302	x_{238}	0.066154
x_2	0.3333	x_{114}	0.365634	x_{233}	0.368302	x_{261}	1
x_{11}	0.75	x_{115}	0.043814	x_{234}	0.192948	x_{271}	0.636986
x_{12}	0.25	x_{121}	0.75	x_{241}	0.65863	x_{272}	0.104729
x_{21}	0.352516	x_{122}	0.25	x_{242}	0.262753	x_{273}	0.258285
x_{22}	0.031101	x_{211}	0.229651	x_{243}	0.078617	x_{2411}	0.25
x_{23}	0.104346	x_{212}	0.648329	x_{251}	0.066154	x_{2412}	0.25
x_{24}	0.056832	x_{213}	0.12202	x_{252}	0.106216	x_{2413}	0.25
x_{25}	0.239453	x_{221}	0.109763	x_{253}	0.165018	x_{2414}	0.25
x_{26}	0.0568	x_{222}	0.300519	x_{254}	0.264083	x_{2421}	0.25
x_{27}	0.158952	x_{223}	0.526729	x_{255}	0.264083	x_{2422}	0.75
x_{111}	0.365634	x_{224}	0.062989	x_{256}	0.040297	x_{2431}	0.833333
x_{112}	0.070171	x_{231}	0.070448	x_{257}	0.027994	x_{2432}	0.166667

三、实证分析

利用这 38 个指标对各地区的环境进行量化处理、评分并做出比较。用总分评定法根据上一步得出的权重对全国 31 个省市自治区评分并排名。

评分方法为对每个指标各个地区的实际值标准化, 作为其得分。本文所采用的数据来自于《中国统计年鉴 2005》《中国人口年鉴》以及地球环境与资源网。城市指标是每一个省内选一个城市代表本地区。且在这 38 个指标中既有正指标也有负指标 (正指标为有利于人民生活, 有利于可持续发展的指标, 而负指标则恰恰相

反)。本文对负指标标准化后的得分值取其相反数做为此指标的得分值。将四级指标的得分乘以相应的权重后相加得到其所属的三级指标的得分, 依次类推最后得到生活环境的得分。得分如下表

东部			中部			西部		
地区	得分	排名	地区	得分	排名	地区	得分	排名
北京	0.032611	15	山西	-0.61207	30	重庆	-0.12825	18
天津	0.141912	13	吉林	-0.18742	20	四川	0.191395	10
河北	-0.09893	17	黑龙江	-0.45461	27	贵州	0.093959	14
辽宁	0.019992	16	安徽	0.142493	12	云南	0.316739	7
上海	0.424039	4	江西	0.196931	9	西藏	1.282844	1
江苏	0.234763	8	河南	-0.26175	23	陕西	-0.29773	25
浙江	0.387315	5	湖北	-0.26892	24	甘肃	-0.8743	31
福建	0.605061	2	湖南	-0.21491	21	青海	-0.13072	19
山东	-0.46253	28				宁夏	-0.25036	22
广东	0.340156	6				新疆	-0.34642	26
海南	0.536866	3				广西	0.166409	11
						内蒙古	-0.52456	29
得分均值	0.196478			-0.20753			-0.041750	
得分方差	0.088695			0.064747			0.26189	

四、生活的环境的综合评价

(一) 东部地区生活环境分析

1. 从总体来看, 东部地区不仅生活环境得分均值高于其他两个地区, 自然环境与人工环境也同样优于中部和西部地区, 且生活环境、自然环境、人工环境得分均为正值。东部各地区的得分差异也不大 (以方差来衡量)。东部地区中只有山东的生活环境排名较后, 为第二十八名。其他全排在十七名以前, 说明东部地区总体来说生活环境要比其他两个地区要好。

2. 从东部各地区来看, 南方地区得分显然高于北方地区, 北京、天津、河北、辽宁、山东五个地方的生活环境得分均值为 -0.07339, 而上海、江苏、浙江、福建、广东、海南六个地方的得分却为 0.364。

3. 从自然环境和人工环境来看, 东部中各地区自然环境排名大多低于生活环境排名, 只有海南和天津生活环境排名分别上升了一个位次。自然环境得分仅约占生活环境得分的 42%, 低于其 66.7% 的权重。而工人环境的排名大多都高于生活环境的排名 (只有天津、海南、福建例外) 且人工环境得分约占生活环境得分的 52%, 大大高于其 33.3% 的权重。因此, 东部地区在自然环境上有所欠缺而在人工环境上则有绝对的优势。

4. 从各省、自治区、直辖市来看。我们这里先定义一个贡献率的概念: $\frac{\text{自然环境得分}}{\text{生活环境得分}} + \frac{\text{人工环境得分}}{\text{生活环境得分}} = 1$ 我们姑且称前面的一

项为自然环境对生活环境的贡献率, 简称为自然环境的贡献率。由于本文在赋权的时候给予自然环境 0.6667 的权重, 所以自然环境的贡献率应该为 0.6667 这样自然环境和人工环境才比较和谐。东部地区自然环境贡献率列于表二。北京、辽宁、上海、江苏、浙江、广东六省自然环境贡献率均低于 0.6667, 北京、辽宁甚至为负值是 31 个省、自治区、直辖市里贡献率最低的两个省, 北京甚至达到了 -4.264 说明这两个地方的自然环境与人工环境极不和谐, 自然环境条件相当的差。而东部地区的其他 5 个地方的贡献率均高于 0.6667, 而且河北、山东、海南的贡献率超过 1 说明这三个地方的人工环境为负值, 拉了生活环境的后腿。

(二) 中部地区生活环境分析

从生活环境来看, 中部地区的生活环境和自然环境均处在三个地区和最末位, 只有人工环境稍高于西部地区, 且三个环境得分均为负值。生活中只有江西和安徽排名靠前, 其余全部都排二十

名以后。中部各地区的生活环境得分差异也不显著，是三个地区中差异最小的。

从自然环境和人工环境来看，自然环境排名与生活环境排名差距不是很明显，有四个省份自然环境排名高于生活环境排名，而另外四个省份排名低于生活环境排名。人工环境的排名中也有四个省份高于生活环境排名，而另外四个省份则低于生活环境排名。可见中部地区的情况较为复杂，从排名上无法看出自然环境和人工环境和优劣。然而自然环境得分均值占生活环境得分均值的 82.94%，高于 0.6667。因此总体来说中部地区的自然环境情况要稍好于人工环境。

从各省、自治区、直辖市来看，八个地方中只有山西的自然环境贡献率低于 0.6667 并且黑龙江、安徽、江西、湖南四个省大于 1 说明人工环境得分为负值，人工环境非常落后，应大力投资改进人工环境。

(三) 西部地区的生活环境分析

西部地区的生活环境和自然环境均处在三个地区的中间位置，但其人工环境得分却是最差的。西部各地区的生活环境得分差异则

是东、中部的 4 倍左右，可见西部各地区生活环境发展的不同步。尤其是西部地区的西藏生活环境排在了第一位，与排在第二位的福建相差约 0.6778 是福建的两倍还多。而 12 个地方中有 7 个排名在 18 名以后。

从各省、自治区、直辖市来看，有七个的地方自然环境贡献率高于 0.6667 另外五个低于 0.6667。贵州的贡献率 31 个地方中贡献率最高的，说明其人工环境相对自然环境来说是相当的差。西藏排名在第一位与科技新闻网中的结论相同。在科技新闻网“西藏环境水平居中国内地之首”一文中写到中国科学院发布的二〇〇一年中国区域可持续发展总体能力排行榜显示：西藏自治区在中国内地区域的环境支持系统排序中，以五十七点五四的总指数独占鳌头。但是从各指标得分中也可以看出西藏在人均水资源方面占有很大优势，其人均水资源为 170261.3 立方米，与水资源占第二的青海（11251.8）相差十几倍，与人均水资源最少的天津（139.7）相差一百多倍。其水资源这一项的得分为 0.998846 约为其总得分的 77.86%。若去掉水资源这一项，西藏的排名将下降六个位次，到第七名，水资源这一项为生活环境这一项做了很大的贡献。

自然环境得分、排名及自然环境贡献率

东部				中部				西部			
地区	得分	排名	贡献率	地区	得分	排名	贡献率	地区	得分	排名	贡献率
北京	-0.139	20	-4.264	山西	-0.3551	27	0.5802	重庆	-0.12	19	0.9356
天津	0.1254	12	0.884	吉林	-0.1781	21	0.9502	四川	0.019	14	0.0991
河北	-0.1889	22	1.9094	黑龙江	-0.5432	29	1.1948	贵州	0.215	6	2.2881
辽宁	-0.0471	16	-2.358	安徽	0.1579	10	1.1081	云南	0.2787	4	0.8797
上海	0.1738	9	0.4099	江西	0.2394	5	1.2159	西藏	1.4104	1	1.0994
江苏	0.0052	15	0.0222	河南	-0.1988	23	0.7597	陕西	-0.1106	18	0.3714
浙江	0.1529	11	0.3947	湖北	-0.2389	25	0.8884	甘肃	-0.6773	31	0.7747
福建	0.506	3	0.8363	湖南	-0.2603	26	1.211	青海	-0.0581	17	0.4445
山东	-0.55	30	1.1892					宁夏	0.0501	13	-0.2
广东	0.2075	7	0.61					新疆	-0.2094	24	0.6046
海南	0.6617	2	1.2326					广西	0.181	8	1.0876
								内蒙	-0.509	28	0.9704
均值	0.0825		0.4199		-0.1721		0.8294		0.0391		-0.937

人工环境得分及排名

东部			中部			西部		
地区	得分	排名	地区	得分	排名	地区	得分	排名
北京	0.1716545	5	山西	-0.2569368	30	重庆	-0.0082651	15
天津	0.016468	14	吉林	-0.0093334	16	四川	0.1724354	4
河北	0.0899691	8	黑龙江	0.0885633	9	贵州	-0.1210238	24
辽宁	0.067141	11	安徽	-0.015402	18	云南	0.0380889	13
上海	0.250236	1	江西	-0.0425181	21	西藏	-0.1275143	26
江苏	0.229551	3	河南	-0.0629134	22	陕西	-0.1871637	28
浙江	0.2344281	2	湖北	-0.030006942	20	甘肃	-0.1970143	29
福建	0.0990447	7	湖南	0.045348774	12	青海	-0.0726171	23
山东	0.0875191	10				宁夏	-0.3004191	31
广东	0.132658	6				新疆	-0.1369839	27
海南	-0.124872	25				广西	-0.0145822	17
						内蒙	-0.0155405	19
均值	0.113982			-0.0354			-0.08088	

(作者单位：厦门大学计统系)