

# 典型干旱区 PRED 系统生态环境指标的选择与实践\*

——以新疆民丰县为例

熊黑钢<sup>1,2</sup>, 周 哲<sup>3</sup>

(1. 北京联合大学应用文理学院城市系, 100083; 2. 新疆绿洲生态重点实验室 830046; 3. 北科院经济管理学系 100029)

**提 要:** 本文通过选取的水资源总量、年沙尘暴天数, 耕地面积, 年平均降水量和年平均温度等因子, 作为判断典型干旱区 PRED 系统状况的生态环境指标。并结合国民生产总值, 总人口数量, 恩格尔系数等其它因子来讨论新疆民丰县 PRED 系统的发展过程。结果表明这些生态环境指标用于评价工业不发达, 生态环境脆弱的典型干旱区, 能较好地反映其在时间序列上的发展状况和实际的区域协调发展, 为其建设发展提供了评判和规划的依据。

**关键词:** 干旱区; PRED 系统; 新疆民丰

**中图分类号:** P516.5

**文献标识码:** A

近年来, 伴随着经济增长迅速, 我国所面临的环境问题(环境污染和生态破坏)日益突出, 成为制约经济发展的重要因素之一。但通常意义的环境质量评价是针对环境污染的, 很少有人针对生态环境提出定量评价模型。事实上, 生态环境的好坏已经成为衡量区域协调发展的重要标志, 也是反映人口、资源、环境协调程度的重要指标。环境质量因子主要用于判断工业发达城市的持续发展, 对于很少存在超标污染物的新疆农牧业县市, 选取生态环境指标较为合理。典型干旱区的大多数县市, 生态环境恰恰是制约经济协调发展的因子。顺应国际复杂系统定量化发展的趋势, 本文尝试在新疆民丰县将一些连续性好, 容易获得, 指标意义明确的生态环境指标引入可持续度模型, 并用其来判断干旱区这一特殊的地理环境中县域 PRED 系统的状况, 对由于生态环境变化而引起的区域协调发展规律做一探索。

## 1 自然社会经济概况

民丰县地处昆仑山北麓, 塔克拉玛干大沙漠南缘。总国土面积 57574.4 km<sup>2</sup>, 其中绿洲面积 1620 km<sup>2</sup><sup>[1]</sup>。民丰县气候属典型温带干旱型气候。年平均气温 11.1℃, 其特点是降水稀少(平原绿洲 18.1—30.2mm), 蒸发强(年均 2756mm), 极端气温为高温 41.5℃, 低温 -28.3℃, 气温年较差大(31.6℃)。日照充足(年均 2849.5 小时), 辐射强烈(年均 151.5 千卡/cm<sup>2</sup>), 春夏多风沙、浮尘天气, 处于极端的干旱环境中。

该县为国家级贫困县。长期以来交通闭塞, 工业生产基础薄弱, 商品流通缓慢, 主要靠半农半牧的生产来维持县域经济。因此, 在其国民经济构成中, 农牧业所占比例很大, 约为 90%。农区因冬春季缺水造成播种面积不足, 加之土地贫瘠, 只能勉强维持该县粮食供应的需求。工业规模小, 经济效益差, 在国民经济中所占的比重较小(图 1)。

全县境内有五条季节性河流, 年总径流量为 5.3~4.5×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>, 可开发量 1.86×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>。径流量变化极大, 6~8 月为洪水期, 占全年总流量的 80%, 冬春季断流, 人畜用水十分紧缺。由于气候变化, 民丰县

\* 收稿日期: 2006-04-25。

基金项目: 国家自然科学基金(40461008); 教育部绿洲重点实验室(XJDX0208-2004-07); 教育部春晖计划(Z2004-1-65009)项目资助。

作者简介: 熊黑钢(1956-), 男, 教授, 博士。现主要从事区域研究, E-mail: xhg1956@sohu.com;

境内的五条河流除尼雅河外,其余近年已几近断流。尼雅河发源于昆仑山,是民丰县灌区的主要水源。

## 2 生态指标的选取

目前有多种区域 PRED 的模型和指标体系<sup>[2-9]</sup>,其中可持续度模型选取了最关键、最主要的指标来构建模型。它是区域 PRED 系统中人口控制、资源利用、环境保护和经济发展相互适应、协调发展程度的定量反映,作为应用较广泛的定量模型能较好地评价一个区域在时间序列上的发展状况,具有较强的实用性<sup>[10]</sup>。该模型多被用来评价工业产业发达,环境污染严重的大中型城市,结果能较好的反映实际的协调发展状况,而用它来评价以农牧业为主,工业污染少,但生态环境较恶劣的典型干旱区的中小城市时,其环境质量因子尚不能充分反映当地实际的生态环境状况,需要选取新的指标。

不同的区域系统有各自的特点,必须选用合适的评价指标才能明确而有效地反映出不同系统的特色。在选择指标时,要充分借鉴历史文献,并结合评价的目的和原则出发,考虑指标的充分性、可行性、稳定性、必要性以及指标与评价方法的协调性等因素。同时在实际量化研究过程中还存在连续的数据资料难以获取,有些甚至根本就没有的数据。如何选取易于获取的、合适的、能反映实际生态环境情况的连续指标是判断典型干旱区 PRED 系统的关键之一。

在生态环境极为脆弱的干旱地区,必须突出水资源总量和其它生态环境因子对可持续发展的作用。水资源的持续利用成为所有自然资源保护与持续利用中最重要的问题。随着人口的增长和经济的发展,水的供需矛盾越来越大。水资源总量与可持续度呈正相关的关系,水资源总量越大,工农业生产和经济发展的条件越优越,反之则成为阻碍。为突出水资源的重要性,在后面的分析中将其单独列出讨论。

在其它生态环境指标方面,沙尘暴是干旱区主要的自然灾害,而其又是土地沙漠化的标志和突发性事件<sup>[11-12]</sup>,选择沙尘暴天数可反映干旱区生态环境的实际状况。开垦荒地,种植粮食和经济作物是经济不发达的干旱区绿洲农业发展的主要方式。耕地面积的变化反映了人类利用自然资源的程度,对生态环境产生不同程度的影响。在降水稀少的干旱地区,降水量的多少往往决定了该地区生态状况。降水愈丰富,生态环境状况愈好。而温度愈高,蒸发愈强烈,所对应的干燥度指数愈大,反映出区域的整体环境干燥,反之,反映出区域的整体环境湿润。

结合干旱区的实际情况和已有的模型,除仍然沿用原指标体系中的国民生产总值,总人口数量,恩格尔系数外,确定评价可持续度的生态评价指标为:水资源总量,年沙尘暴天数,耕地面积,年平均降水量和年平均温度。

因此,适用于评价干旱区可持续度的模型如下:

$$S = \frac{(1-q) \times (M/M_0) \times (G/G_0)}{q \times (N/N_0) \times e^{I/I_0}}$$

式中:G 为评价年国内生产总值;G<sub>0</sub> 为基准年国内生产总值;N 为评价年总人口;N<sub>0</sub> 为基准年总人口;M 为评价年水资源总量;M<sub>0</sub> 为基准年水资源总量;I 为评价年生态环境整体水平;I<sub>0</sub> 为基准年生态环境整体水平;q 为恩格尔系数。而  $I = \sum_{i=1}^n (P_i \times I_i)$ , 式中,I<sub>i</sub> 为 n 个生态环境评价指标之一;P<sub>i</sub> 为相对应的评价指标的权重。

## 3 民丰县 PRED 系统生态环境因子分析

### 3.1 水资源总量因子的变化

水资源在干旱区对人类的生产和生活是至关重要的,起到了决定性的作用。其总量的多少决定了干旱区绿洲可承载的人口数和农牧业发展水平<sup>[13-14]</sup>。水资源总量上升对该区域生态环境和工农业生产起到促进作用。而其持续下降对农牧业和工业持续发展是很大的威胁。民丰县的水资源总量因子从 1985~1989 年持续增长,1989 年到达最高值,为 1.86(图 2)。随后在 1990~1997 年水资源总量因子,连续 8 年呈缓慢降低的趋势,1997 年达到最低值,为 0.78。从 1998 年开始又有小幅度的上升。

### 3.2 其它生态环境因子的变化

因为各生态环境指标反映生态环境的作用效果不同,造成其对可持续度有不同的影响。同时,各生态环境评价指标的含义不同,指标值的计算方法也不同,造成各指标的量纲各异。因此,即使各指标都定量

化了也不能够直接进行计算。首先,必须对数据进行标准化处理,以消除指标受计量单位的影响。其次,各指标对生态环境的贡献不同,对可持续度的影响效果各异。应对各指标赋予不同的权重。采用专家打分法给指标赋权。

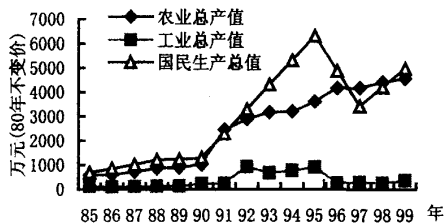


图1 民丰县工农业及国民生产总值

Fig. 1 The gross industry, agriculture production and GDP in Minfeng

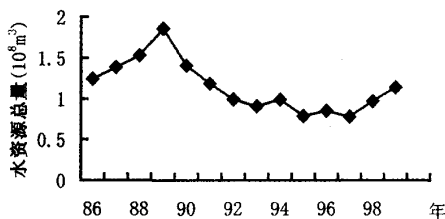


图2 水资源总量因子变化

Fig. 2 The fluctuation of the total amount of water resources

### 3.2.1 沙尘暴天数

沙尘暴属于灾害性天气,它对于可持续度的影响毫无疑问是负面的。年沙尘暴天数越多,生态环境因子值越大,使得可持续度的值越小;反之,可持续度的值越大。

1985年以来,民丰县每年出现的沙尘暴天数逐渐减少,至1995年降至最低点,为21天。之后,每年沙尘暴天数又有缓慢增加的趋势(图3)。由于沙尘暴的形成与周边生态环境关系密切,因此从整体看,这似乎表征着周围地区的生态环境趋于良性发展。

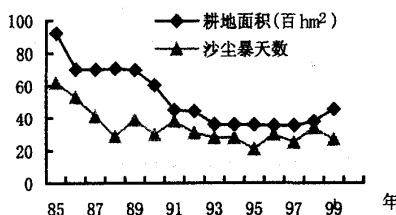


图3 耕地面积及沙尘暴天数变化

Fig. 3 The changes of the cultivated area and days of sand-dust storms

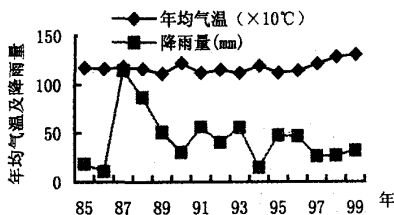


图4 年均气温及降雨量变化

Fig. 4 The fluctuations of annual temperature and precipitation

### 3.2.2 耕地面积

十五年来年耕地面积的变化如图3所示。自1986年以来,民丰县耕地面积持续减少,并一直维持较低的值,至1997年有一个缓慢回升。就耕地面积变化的影响来看,可持续度应该呈现先逐渐降低,后缓慢升高的趋势。

### 3.2.3 年均气温

对于干旱区来说,年均气温的变化与可持续度呈负相关。温度愈高,蒸发力愈强,愈干旱,造成生态环境因子值大,可持续度值小;反之,可持续度值大。图4表明了民丰县年均气温的变化,尽管气温在1990年左右出现过一定程度的反复,但是1995年之后呈现出明显的上升趋势。对可持续度造成的影响结果是使其明显降低。

### 3.2.4 年均降水量

在干旱区,年均降水量的变化对可持续度具有很明显的正向影响。即年均降水量越多,对应的可持续度越高,区域越容易协调发展;反之,可持续度越低。民丰县降水量在1986年为最低值10.9mm,1987年骤然上升为最高值114.7mm(图4),变化幅度大,时间短,这与1987年全疆气候反常相一致。十五年来,降水量整体的波动较大,趋势走向为平稳下降。这种变化会使可持续度也具缓慢下降的趋势。

## 4 不同生态因子对比研究

### 4.1 单生态环境指标可持续度对比

在构造生态环境评价因子时,选取了多个生态环境指标。为了对其进行对照比较,每次只考虑一个指标来生成可持续度,做出时间序列的分布变化曲线,再将其与综合可持续度对比,权衡哪一个指标最适合于用来评价生态环境(图5)。

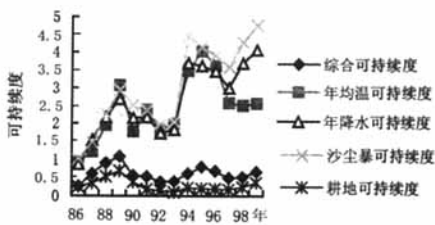


图 5 不同生态环境指标的可持续度评价  
Fig. 5 The under different ecological environments sustainable degree assessments

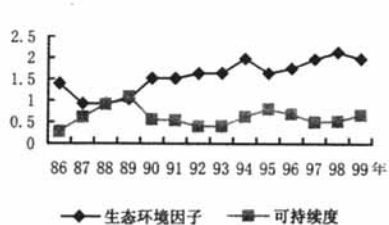


图 6 民丰县生态环境因子及可持续度变化  
Fig. 6 The fluctuations of ecological environment factors and sustainable degrees in Minfeng county

十五年以来,综合可持续度呈下降趋势,但变化不大。就整体来看,单个评价因子所对应的可持续度的变化趋势相差很大。

1986~1997 年间,基于年均温、年降水量和沙尘暴天数的可持续度变化趋势相近。1997~1999 年间,基于年降水量和基于沙尘暴天数的可持续度变化走向仍相近,均呈上升;而基于年均温的可持续度则呈下降趋势。

五条曲线中,基于耕地面积的可持续度变化平缓,对应于耕地面积的先减少后缓慢增加的变化趋势(图 3),该可持续度也呈现先减少,后逐渐增大的波动,反映出耕地面积指标与可持续度呈正相关。同样,基于年降水量的可持续度在 1992 年的低值对应着该年实际降水量的低值,在 1987~1989 年的高值对应着该段年份实际降水量的高值(图 4)。

而年均温在 1990 年、1998 年与 1999 年的高值则对应着相应年份的可持续度低值(图 4)。沙尘暴天数的变化趋势与基于沙尘暴可持续度的变化趋势相逆。体现出年均温与沙尘暴天数指标与可持续度负相关。这同样验证了模型的合理与可行。

除局部变化体现单项生态环境指标的影响外,可持续度的变化主要受经济发展因子、综合生态环境因子和水资源总量因子波动的影响。在民丰县这样的干旱地区这三者对于地区的协调发展具有不可替代的作用。

## 5 生态环境因子对可持续度变化的影响

生态环境因子与可持续度呈正相关,即生态环境因子值越大,可持续度值越低;生态环境因子值越小,可持续度值越高。年沙尘暴天数的减少、年均气温降低、年均降水量增加和耕地面积的增加,可使生态环境因子值降低;反之使其升高。生态环境因子变化主要是上述 5 个评价指标综合作用的结果。其在评价期间处于较缓慢地增长的态势(图 6),这表明民丰县的生态环境与基准年相比呈现出恶化的趋势。这种趋势会使得可持续度在评价期内不断下降。

1985 年以来,民丰县年均降水量持续下降,年均气温不断上升,综合的结果是年均温和年降水量变化的作用抵消了沙尘暴天数和耕地面积变化对于生态环境因子的作用,使生态环境因子值不断增长。特别突出的是近几年温度的迅速上升,降水的急剧减少,沙尘暴的增加促成了生态环境因子的快速增大。这种变化,无疑不利于绿洲生态环境的良性发展。

民丰县可持续度在 1990 年之前呈上升态势,其后大幅波动。但总趋势是整体下降,下降的幅度较小(图 6)。这一变化的特点与民丰县实际发展情况是吻合的。反映出该县综合可持续发展状况自 90 年以来呈现不断恶化,情况不容乐观。需要进行全面、多角度的治理,以保证区域的持续、健康发展。

## 6 结论与讨论

中国幅员辽阔,东西部在环境、经济、社会发展等方面有很大的不同。既有工业发达,环境污染严重的大中型城市,也有以农牧业为主,工业污染较少,但生态环境较恶劣的县市。研究区域是复杂多样的,若能作出适合具体实际情况的评价,必须选取合适的方法,恰当的 PRED 系统判断指标,建立可行的模型,才能充分有效地反映当地 PRED 系统的特点<sup>[15-16]</sup>。与影响东部大城市 PRED 系统的环境因素不同,生态环境的好坏已经成为衡量干旱区中小绿洲 PRED 系统的重要标志,也是反映人口、资源、环境协调程度

的重要指标。

干旱区的中小城市的可持续发展的评价,需要有连续性好,容易获得,意义明确的指标来反映其生态环境状况。本文选取水资源总量因子、年沙尘暴天数、耕地面积、年平均降水量和年平均温度作为判断干旱区 PRED 系统的生态环境指标,并优先考虑水资源总量因子。结果表明它们同其它因子一起能较好地评价干旱区中小县市 PRED 系统的发展状况,较好的反映实际的区域协调发展态势。

### 参考文献

- [1] 和田风物编辑委员会. 和田风物. 乌鲁木齐[M]. 乌鲁木齐:新疆美术摄影出版社,1994. 35—56.
- [2] 曾珍香,顾培量. 可持续发展的系统分析与评价[M]. 北京:科学出版社,2000. 123—136.
- [3] 王合生,虞孝感. 我国发达地区可持续发展指标体系及其评价[J]. 经济地理,1997,17(4):35—39.
- [4] 廖志杰,刘岳. 中国区域可持续发展水平及其空间分布特征[J]. 地理学报, 2000,55(2):61—68.
- [5] 毛汉英. 县域经济和社会同人口、资源、环境协调发展研究[J]. 地理学报,1991,46(4):21—28.
- [6] 冯玉广,王华东. 区域人口—资源—环境—经济系统可持续发展定量研究[J]. 中国环境科学,1997,17(5):131—139.
- [7] 傅劲木,傅先兰. RESE 系统可持续发展评价原理、方法研究[J]. 北京师范大学学报(自然科学版),1997,33(4):231—238.
- [8] 徐中民,张志强,程国栋. 可持续发展定量研究的几种新方法评介. 中国人口—资源与环境[J]. 2000,10(2):213—218.
- [9] 刘淑珍,范建容,刘刚才. 金沙江干热河谷土地荒漠化评价体系研究[J]. 中国沙漠,2002,22(1):47—51.
- [10] 冯玉广,王华东. 区域 PRED 系统协调发展的定量描述[J]. 环境科学学报,1997,17(4):283—289.
- [11] 董锁成. 21 世纪中国可持续发展新论——人口—资源—环境与发展问题模式和对策[M]. 西安:陕西人民出版社,1999. 68—89.
- [12] 李岩英,杨晓玲,王式攻. 河西走廊东部近 50 年沙尘暴成因、危害及防御对策[J]. 中国沙漠,2002,22(3):283—287.
- [13] 王根绪,程国栋. 干旱内陆流域生态需水量及其估算—以黑河流域为例[J]. 中国沙漠,2002,22(2):29—34.
- [14] 李斌,樊胜岳,周立华. 干旱区水资源费的构成与确定[J]. 中国沙漠,2001,21(1):50—55.
- [15] 张志强. 区域 PRED 的系统分析与决策制定方法[J]. 地理研究,1995,14(4):35—40.
- [16] 肖生春,肖洪浪. 干旱区沙地资源农业利用模式的经济生态综合评价[J]. 中国沙漠,2002,22(1):63—68.

# The Selection and Practice of Eco—environment Index in Typical Arid Region's PRED System

——Take the Minfeng Country in Xinjiang for Example

XIONG Hei—gang<sup>1,2</sup>, ZHOU Zhe<sup>3</sup>

(1. Urban Department of College of Art & Science of Beijing Union University, Beijing 100083;

2. Key Laboratory of Oasis Ecology, Ministry of Education, Urumqi 830046;

3. University for Science and Technology of Beijing, Beijing 100029, China)

### Abstract

To most countries and towns in arid region, entironment is the factor that restricts their economic development. This research takes total amount of water resources, annual days of sand—dust storms, cultivated area, annual average precipitation and annual average temperature as the environment indexes to estimate the status of typical arid region's PRED system. The developing process of PRED system in Xinjiang Minfeng country was discussed combining GNP(Gross National Product),total population, Engle coefficient and other factors. The results indicated that these environment indexes could preferably reflect its development status in time sequence and actual regional compatible development when evaluating typical arid regions with underdeveloping industry or fragile fragile entironment. Therefore fundamental basis for judging and programming its construction and development were provided.

**Key words:** arid region, PRED system; Xinjiang Minfeng