

区域 PRED 系统演变的定量分析

——以宁夏回族自治区为例

王磊, 宋乃平

(宁夏大学 西部生态与生物资源开发联合研究中心 西北退化生态系统恢复
与重建省部共建教育部重点实验室, 银川 750001)

摘 要:选取 16 个主要指标, 运用数学方法对宁夏回族自治区 PRED 系统及其子系统近 20 a 的变化进行定量分析, 总结其发展规律和状况, 进而采用相关分析法, 对 1985~2004 年、1985~1994 年、1995~2004 年 3 个时间序列的 PRED 各系统之间的相关性进行分析, 得出总系统和子系统及各子系统间的相互作用机制, 最终得出宁夏 PRED 系统的优化对策。

关键词:PRED 系统; 人口系统; 资源系统; 环境系统; 经济系统

中图分类号:F205

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2007)05-0162-04

Quantitative Analysis of Evolvment on Regional PRED System

——Take Ningxia Hui Autonomous Region for Example

WANG Lei, SONG Nai-ping

(Union Research Center for Ecology and Exploitation of Biological Resources in Western China, Key Laboratory for Restoration and Reconstruction of Degraded Ecosystem in North-western China of Ministry of Education, Ning xia University, Yinchuan 750010, China)

Abstract: Choose 16 main indexes, by the simple mathematical calculation, the authors analyze the developmental situation and tendency of the PRED system and subsystems in Ningxia province for past 20 years, and then, use the method of correlation analysis, study the relations among its subsystems, and raise some measures and ways to harmonize the PRED system so as to realize the sustainable development of the PRED system in Ningxia Hui autonomous region.

Key words: PRED system; population system; resources system; environment system; economic system

1992 年里约环境与发展大会以来, 协调人口(P)、资源(R)、环境(E)和经济(D)之间的关系, 走可持续发展道路, 已成为全球 21 世纪追求的基本目标。而宁夏回族自治区自 1985 年以来社会经济有了长足的发展, 同时其资源、环境也受到不同程度破坏; 如何在今后克服现有问题, 抓住西部大开发和生态建设的契机, 在改善环境的基础上经济得到更快发展, 使人口、资源、环境和经济持续发展, 是宁夏回族自治区急需解决的重要问题之一。现从 PRED 系统及其子系统之间相互关系等方面分析宁夏回族自治区近 20 a 发展状况及趋势, 提出其在发展中应注意的主要问题及解决方案。

1 研究方法

1.1 PRED 系统指标的选取

文章中指标的选取时间段为 1985~2004 年。人口子系统(P)主要受人口质量和数量 2 个重要因素的影响, 文中选用年专业技术人员总数和每万人口有大学生数 2 个指标反映人口质量, 年末人口总数反映人口数量, 考虑到在系统发

展中劳动力是重要的生产力, 因此选用了劳动力资源数来反映; 资源子系统(R)涉及要素较多, 目前影响宁夏地区发展的主要资源是土地、能源、水资源、林草资源, 分别用年末耕地面积, 一次性能源生产和消耗量(折算万 t 标准煤), 林草面积, 实际耗用地表水量和年降水量进行分析; 环境子系统(E)用三度排放量和治理率 2 个指标来反映环境变化的整体情况; 用人均 GDP 增长率、非农人口比重、第三产业值占 GDP 的比值及人均社会消费品零售总额 4 个指标分析经济子系统(D)状况(见表 1)。

1.2 指标数据处理方法

1.2.1 数据的标准化

由于所选取的指标有积极指标(利于系统发展的指标)和消极指标(不利于系统发展的指标)两类, 因此首先对数据进行标准化。对于积极指标用公式(1.1)标准化, 其值越大, 系统发展越好; 对于消极指标用公式(1.2)标准化, 其值越小越好。

收稿日期: 2006-05-24

基金项目: 国家社会科学基金项目资助(04XJY011)

作者简介: 王磊(1980—), 男, 硕士研究生, 主要从事区域开发与可持续发展研究。

通讯作者: 宋乃平。

$$Y_i = Y_i / Y_{\max} \quad (1)$$

式中: Y_{\max} ——某一积极指标中的最大值。

$$Y_i = Y_{\min} / Y_i \quad (2)$$

式中: Y_{\min} ——某一消极指标中的最小值。

表 1 宁夏回族自治区 PRED 系统指标

宁夏 PRED 系统(S)	人口子系统(P)	年末人口数(万人)、各类专业技术人员数(人)、每万人口有大学生(人)、劳动力资源数(万人)
	资源子系统(R)	耕地面积(万 hm ²)、能源消耗总量(万 t 标准煤)、能源生产总量(万 t 标准煤)、林草面积(m ²)、实际耗用地表水量(亿 m ³)、降水量(mm)
	环境子系统(E)	工业三废排放量(万 t 或亿 m ³)、工业三废治理率(%)
	经济发展子系统(D)	人均 GDP(元)、非农人口比重(%)、第三产业占 GDP 的比值(%)、人均社会消费品零售总额(元)

1.2.2 计算各子系统指数

$$M_i = (M_p + M_r + M_e + M_d) / 4 \quad (4)$$

将标准化后的数据带入公式(3)计算各子系统指数。式中 M 代表人口指数(P)、资源指数(R)、环境指数(E)、经济指数(D)中的任意一个; A_i 为指标比例,这里假设各指标的比例相等。

$$M = \sum_{i=1}^k A_i Y_i \quad (3)$$

式中: k ——子系统中指标的个数。

1.2.3 计算 PRED 指数

PRED 系统是一个多层次的复杂开放系统,其子系统及要素之间相互依存、相互制约;各子系统对 PRED 系统的贡献却同等重要,具有不可代替的功能和作用,因此本文 PRED 总系统指数(S)利用公式(4)对宁夏区 PRED 系统进行研究。

1.2.4 相关性研究

将由公式(3)得出的 PRED 各子系统指数 M_p, M_r, M_e, M_d 及总系统指数 M_i 代入公式(5)进行计算,从而对总系统与子系统及子系统之间进行相关性进行研究。

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (M_i - \bar{M})(M'_i - \bar{M}')}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (M_i - \bar{M})^2 \sum_{i=1}^n (M'_i - \bar{M}')^2}} \quad (5)$$

式中: M_i 和 M'_i ——PRED 系统或子系统两个不同系统的指数值; \bar{M} 和 \bar{M}' ——这两个系统指数的平均值。

2 宁夏回族自治区 PRED 系统发展状况分析

利用上述指标和公式(3)、公式(4)对宁夏回族自治区 1985~2004 年 PRED 系统分别计算各子系统指数(表 2)。

表 2 宁夏回族自治区 PRED 系统指数表(1985~2004 年)

指数时间	M_i	M_p	M_r	M_e	M_d	指数时间	M_i	M_p	M_r	M_e	M_d
1985	0.611	0.559	0.813	0.704	0.367	1995	0.655	0.693	0.703	0.605	0.617
1986	0.587	0.572	0.800	0.582	0.396	1996	0.648	0.698	0.697	0.537	0.659
1987	0.579	0.587	0.785	0.526	0.419	1997	0.666	0.704	0.736	0.539	0.686
1988	0.543	0.608	0.683	0.442	0.440	1998	0.678	0.718	0.743	0.543	0.707
1989	0.557	0.630	0.700	0.442	0.454	1999	0.678	0.732	0.728	0.526	0.727
1990	0.574	0.645	0.685	0.496	0.468	2000	0.684	0.771	0.710	0.506	0.750
1991	0.588	0.647	0.687	0.529	0.488	2001	0.713	0.814	0.716	0.531	0.789
1992	0.609	0.668	0.688	0.576	0.503	2002	0.745	0.853	0.735	0.562	0.829
1993	0.604	0.681	0.694	0.513	0.528	2003	0.785	0.887	0.775	0.577	0.900
1994	0.643	0.687	0.694	0.612	0.580	2004	0.822	0.926	0.751	0.643	0.966

注:表中原始数据来源于《宁夏统计年鉴》1986~2005;实际耗用地表水量(亿 m³)数据 1988~1999 取自《黄河水资源管理》(孙广生、乔西现、孙寿松);1999 年以后数据取自各年份《黄河水资源公报》。

分析计算结果可知,全区人口指数 M_p 从 1985 年的 0.559 到 2004 年的 0.926 一直呈上升趋势,说明全区的人口系统逐步改善,这主要体现在劳动力资源由 211.8 万人增长到 411.7 万人,年增长率 3.3%,在人口素质方面科技人员的数量大量增加,2004 年各类专业技术人员(14.38 万人)是 1985 年(6.88 万人)的 2.1 倍,平均年增长率为 4.0%,同时每万人口有大学生数每年 8.3%的速度递增。但就人口系统而言,并未处于绝对优化状态,主要问题是人口增长率仍然居高不下,1985~2004 年宁夏全区人口平均年增长率为 19‰,约是全国人口年增长率(11.2‰)的 1.7 倍。可见,同全国比较,宁夏人口系统对资源、环境、经济系统压力仍很大,在优化人口结构的同时控制人口增长仍然是全区所面临的一项长期而艰苦的任务。

宁夏自治区资源系统总体上呈下降趋势,2004 年 M_r 为 0.751 低于 1985 年(0.813)。在资源系统的评价指标中,森林资源在近 20 a 中呈增长趋势,覆盖率由 1985 年的 1.8% 到 2001 年的 5%,2004 年由于退耕还林草政策的实施上升到 9%;耕地资源迅速增加,耕地面积由 1985 年的 79.5 万 hm² 增加到 2001 年的 129.9 万 hm²,近几年由于退耕还林草政策的实施下降到 2004 年的 110.5 万 hm²,20 a 总体增加了 39%;能源消耗增加迅速,2004 年一次性能源消耗为 2 283.1 万 t(折标准煤)是 1985 年(420.4 万 t)的 5.4 倍。所以,宁夏经济的发展属于资源消耗型,并且能源的消耗大于本地能源的生产,2004 年能源生产总量 1 759.8 万 t(折标准煤)占能源消耗总量 2 283.1 万 t 的 77%;宁夏地处西北内陆,年平均降雨量 289 mm,多年平均水资源总量 10.91 亿 m³,人

均占有量 197 m^3 , 分别为全国平均水平和黄河流域平均值的 $1/3$ 和 $1/12$, 按国家分配给宁夏区可耗用的 40 亿 m^3 黄河过境水指标计算, 人均占有量也只有 720 m^3 , 公顷均占有量 $3\,225 \text{ m}^3$, 是全国干旱缺水最严重的地区之一。随着经济的发展, 该区的资源越来越难以满足需要; 因此, 合理利用及保护资源, 尤其是水资源, 是宁夏今后面临的一项最严峻的任务之一。

宁夏自治区环境系统指数 M_e 在 1985~2004 年的变化幅度较大, 有两次较大的波动。环境系数 M_e 从 1985 年的最大值 0.704 下降到 1989 年的最小值 0.442 , 并且下降速度很快, 从对各指标的分析来看, 主要是三废的排放量不断增加, 而相关设施的建设没有跟上, 致使治理率和回收使用率不断降低, 尤其是固体废物利用率由 1985 年的 32.8% 下降到 1989 年的 4.1% , 而排放量增加较大, 1989 年为 386 万 t , 是 1985 年 202.9 万 t 的 1.9 倍; 随后几年有所好转, 但随着经济的高速发展, 又在短期内呈下降趋势; 近几年随着省市领导的重视及人们环保意识的提高, 三废排放量的增长幅度降低及其处理能力提高, 系数 M_e 总体上呈上升趋势, 2004 年为 0.643 , 但仍处于较低水平; 从整体看, 三废排放量一直呈增长之势, 因此, 加强环境管理和治理, 特别是控制废物的排放量, 增加回收使用率是宁夏需要坚持不懈的工作之一。

宁夏自治区经济系统指数 M_d 有一直呈高速增长之势, 由 1985 年的 0.367 增长到 2004 年的 0.966 。从对指标的分析看出, 主要是由于宁夏的经济发展起点较低, 2004 年 GDP 460.35 亿元是 1985 年 30.27 亿元的 15.2 倍; 随着城镇化推进速度的加快, 非农人口的比例由 1985 年的 25.1% 上升到 2004 年的 54.7% ; 旅游业得到快速发展, 致使第三产业占 GDP 的比值在不断增加, 最高为 2002 年占到了 39.26% ; 人民的生活质量也得到显著的提高, 人均社会消费品零售额 2004 年为 $2\,344$ 元是 1985 年 317 元的 7.4 倍。可见, 当前宁夏实施的发展道路是可取的, 应继续沿用这一发展模式, 继续保持经济的快速增长。

宁夏自治区的 PRED 总系统指数 M_t 有一定的波动, 从表 1 可以看出波动主要是受到了资源系统指数 M_r 和环境系统指数 M_e 的影响, 最小值出现在 1988 年为 0.543 , 随后整体上呈上升趋势, 最大值是 2004 年的 0.822 。当然总系统与四个子系统都有密切关系, 只是从分析的结论来看, 与资源和环境的关系相对较密切。

3 宁夏回族自治区 PRED 系统相关分析

利用公式(5)对宁夏区 1985~2004 年 20 a 的 PRED 总系统与各子系统之间进行相关分析(表 3)可知: 各子系统与总系统之间均有一定的联系, 其中与人口和经济子系统之间变化波动非常相近, 因此相关程度非常高, 相关系数分别为 $R_{pt}=0.94$ 和 $R_{dt}=0.953$, 其次环境子系统和总系统的相关性相对较弱, 为 $R_{et}=0.428$ 。资源子系统和总系统之间的波动变化相对较远, 因此相关性较弱 $R_{rt}=0.258$, 可见, 宁夏区 20 a 来 PRED 系统状况主要受经济和人口 2 个子系统的影响, 其次受资源和环境子系统的影响。分时段对宁夏 PRED 系统进一步分析(表 4, 5)可知, 总系统和各子系统之间的相

关性在 1985~1994 年的 10 a 间相对于 1995~2004 年的 10 a 间要弱的多, 说明在前者时期各子系统的发展和总系统是相对较独立的, 并没有较好的协调发展。

表 3 1985~2004 年 PRED 各系统之间相关矩阵

	M_p	M_r	M_e	M_d	M_t
M_p	1				
M_r	-0.018	1			
M_e	0.156	0.554	1		
M_d	0.974	0.026	0.160	1	
M_t	0.940	0.258	0.428	0.953	1

表 4 1985~1994 年 PRED 各系统之间相关矩阵

	M_p	M_r	M_e	M_d	M_t
M_p	1				
M_r	-0.839	1			
M_e	-0.245	0.592	1		
M_d	0.968	-0.759	-0.156	1	
M_t	0.369	0.122	0.781	0.473	1

表 5 1995~2004 年 PRED 各系统之间相关矩阵

	M_p	M_r	M_e	M_d	M_t
M_p	1				
M_r	0.648	1			
M_e	0.504	0.373	1		
M_d	0.981	0.723	0.467	1	
M_t	0.978	0.742	0.616	0.981	1

20 a 间人口系统同资源和环境两系统的相关系数分别为 $R_{pr}=-0.018$ 和 $R_{pe}=0.156$, 说明人口系统同资源和环境两系统之间的相关性很弱, 而通过分时段分析, 前 10 a $R_{pr}=-0.839$, 呈显著的负相关, $R_{pe}=-0.245$ 呈较弱的负相关, 而后 10 a 人口系统同资源和环境两系统之间的相关性分别为 $R_{pr}=0.648$ 和 $R_{pe}=0.504$, 又表现出较强的正相关, 表明: 人口系统在一定程度上有所改善, 尤其是后 10 a 得到了较大的发展, 但在前 10 a 人口系统对资源系统有较大的阻碍, 对环境系统的阻碍相对较小, 其原因主要是, 人口基数大, 人口增长率还较高, 人口总数不断增加, 对资源的需求和消费量增加; 人口素质虽然有所改善, 但人口素质整体仍然偏低, 资源的利用率低, 浪费严重; 人口素质相对更低的宁南落后地区, 对环境的破坏非常严重, 并且人口总数的高速增长, 也使环境的压力增大。人口系统和经济系统的相关系数 $R_{pd}=0.974$, 表明人口系统和经济系统两者之间呈很强的正相关, 科技人员的增加对宁夏区经济的发展起了很大的推动作用, 但由于宁夏主要发展的是污染较为严重的重工业, 科技的优势并没有真正发挥出来。同时宁夏各市县重视城市化的发展, 使得人口问题得到一定缓解, 但由于这部分人口多来自宁南山区的落后地区, 人口的文化素质较差, 在一定程度上促进了经济的发展, 但不利于宁夏区经济的转型和长远发展。因此, 如何控制人口增长、提高人口素质, 使宁夏的人口系统向有利于资源、环境、经济系统发展的方向前进, 是一项长期的工作。

资源系统和其它系统都表现出较弱的相关性, 和环境的

相关系数为 $R_{re}=0.554$, 表明在研究时段内, 环境系统有一定的提高改善, 并且它的改善是由于资源的科学利用、合理保护及生态环境的绝对优化引起的, 尤其是近年来大规模生态环境建设工程, 如退耕还林政策的实施。和经济系统的相关系数 $R_{re}=0.026$, 并且在 1985~1994 年间 $R_{re}=-0.759$ 表明资源系统和经济系统呈负相关, 说明宁夏区经济发展对资源的依赖性较强, 仍然是以资源型经济为主。这主要是由于宁夏能源煤的储量很大, 但只限于开采, 没有产业链, 使得效益较小, 科技含量太低, 而后 10 a 由于老煤炭基地煤炭趋于枯竭, 使得对资源的利用率显著提高, 并且加快了高新技术产业的步伐, 对煤炭资源进行深加工, 提高利用率, 因此宁夏的发展应该继续走资源高效、节约型的道路。

4 宁夏回族自治区 PRED 系统优化对策

为了使宁夏的 PRED 总系统与子系统之间协调发展, 各子系统在今后应注意以下几个方面:

(1) 在人口系统方面, 控制人口数量, 提高人口质量。加强科技教育, 提高人口整体素质, 特别是人口文化素质。同时对宁南落后地区应采取一些实际性的措施如加大人口控制利益调节份量, 切实落实计划生育政策等控制人口增长, 并且应加大对宁南落后地区教育的投入, 改善办学条件, 提高教育水平; 对观念陈旧的家庭, 要进行宣传教育, 使其观念得到更新, 从而让其子女能顺利接受一定的教育。

(2) 在资源系统方面, 要加大对现有耕地和草地的保护力度, 同时继续落实好“退耕还林”和“封山禁牧”政策; 合理地利用土地, 使有限的土地能换取较高的经济效益和生态效益。在对能源的开采和利用上, 要提高其科技含量, 发展煤炭化工, 加长产业链, 以取得高效益。在对水资源的利用上, 继续加大节水型社会的建设力度。

(3) 在环境系统方面, 要加大宣传力度, 提高环保意识。通过法律手段和经济杠杆控制三废的排放量, 扩大治理投资, 改进生产工艺; 限制污染工业发展, 加强政府干预; 通过

对宁夏区环境破坏的经济损失研究, 提高人们的环保意识; 鼓励环境资源的有效利用, 加强三废的防治。并且在产业的选择上优先发展生态工业, 并采取循环经济的发展策略。

(4) 在经济发展方面, 要保持现有的经济增长速度, 继续加快城市化进程和加大对旅游资源开发, 带动和保持第三产业的继续增长, 同时, 寻求新的经济增长点, 在对自身优势进行科学分析的基础上, 发展符合自身优势的特色产业, 最终实现产业结构的优化升级。

参考文献:

- [1] 徐建华. 现代地理学中的数学方法[M]. 北京: 高教出版社, 2002.
- [2] 宁夏统计年鉴[Z]. 宁夏统计局. 1986—2005.
- [3] 廖荣华. 区域可持续发展学与区域 PRED 系统论[J]. 邵阳师范高等专科学校学报, 2001, (5): 75—77.
- [4] 袁雯, 杨凯. 上海 PRED 系统的演变与发展战略研究[J]. 长江流域资源与环境, 2000, (1): 15—20.
- [5] 赵雅娟, 曹康琳, 等. 广东省 PRED 系统分析[J]. 地理学与国土研究, 2002, (2): 41—45.
- [6] 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): 412—417.
- [7] 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, (4): 488—492.
- [8] 程晓民, 等. 区域可持续发展评估指标及指标体系构建[J]. 佳木斯大学学报, 2004, (1): 141—146.
- [9] 米文宝. 宁夏西海固贫困少数民族地区可持续发展研究[M]. 西安: 西安地图出版社, 2001.
- [10] 周哲, 熊黑钢, 等. 中国区域 PRED 系统研究进展[J]. 干旱区地理, 2004, (2): 267—272.
- [11] 陈育宁. 绿色之路——宁夏南部山区生态重建研究[M]. 北京: 中国社会科学出版社, 2003.

(上接第 158 页)

坡上封禁管护也具较好的水土保持效益, 侵蚀模数为 $61.99 \text{ t}/(\text{km}^3 \cdot \text{a})$; 经济林比较坡耕地能较好的保持水土, 侵蚀模数为 $349.83 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$; 坡耕地水土流失最严重, 侵蚀模数高达 $3\,380.92 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。项目区通过土地利用整改可增加蓄水 $162.91 \times 10^4 \text{ m}^3$, 侵蚀量减少 $9.13 \times 10^4 \text{ t}$ 。在 3S 技术支持下得到项目区土壤侵蚀模数为 $778 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。建议在本项目区, 25° 以上条件允许的部位采取乔灌草修复模式; 在坡度较陡等不适宜植树造林的地方可采用封禁管护的措施。在坡度较缓和的地方可以发展本区的特色农业和绿色食品, 如在坡耕地栽植金银花, 在丘陵地栽植山楂等。

4 存在问题

本研究可为沂蒙山区水土流失研究奠定一定的基础, 但是作为初步研究, 没有考虑到不同尺度对水土流失的影响, 对本区尺度转换方法研究需进一步深入; 观测时间序列较短; 对水土流失响应因子之间的交互作用研究欠缺。

参考文献:

- [1] 王礼先, 解明署. 山地防护林水土保持水文效应及其信息系统[M]. 北京: 中国林业出版社, 1998.
- [2] 水利部. 中华人民共和国行业标准 SL190—96 土壤侵蚀分类分级标准[S]. 1997.