

疏勒河流域水资源承载力评价

程斌强

(甘肃农业大学工学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 应用主成分分析法对疏勒河流域水资源承载力进行评价, 结果表明, 影响该区域水资源承载力的 3 个主成分分别为反映经济发展和人口状况的主成分 F_1 、反映节水技术状况的主成分 F_2 、反映降水量状况的主成分 F_3 。从主成分的变化趋势可以看出, 2003—2010 年疏勒河流域水资源承载力整体呈稳步递增趋势, 但在 2008 年和 2009 年出现了小的波动, 其原因主要是 2008 年、2009 年两个年份降水量减小。要促进疏勒河流域水资源可持续利用, 应控制该区域人口数量, 大力推广节水灌溉技术, 普及和提高群众的节水意识。

关键词: 水资源承载力; 主成分分析法; 疏勒河流域

中图分类号: S273 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1463(2015)04-0034-05

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2015.04.010

Evaluation on Water Resource Capacity in the Shule River Basin

CHENG Bin-qiang

(College of Engineering Sciences, Gansu Agricultural University, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: Through using principal component analysis, this paper obtained three principal components, which affected water resource carrying capacity in the Shule river basin. Firstly, reflecting the development of economy and status of population. Secondly, reflecting the water-saving technology status. Tirdly, reflecting the rainfall status. The result shows that the water resource carrying capacity stayed steady increasing trend in the Shule River Basin in 2003—2010, but there was a little fluctuation because of decreasing of the rainfall in 2008 and 2009. At last, this paper puts forward some proposals on sustainable utilization in this basin, such as controlling the population, promoting water-saving technology, popularizing people's consciousness of saving water.

Key words: Shule River Basin; Principal component analysis; Water resource carrying capacity

水是生命之源、生产之要、生态之基, 兴水利、除水害, 事关人类生存、经济发展、社会进步。2011 年 1 月 29 日中共中央发布“一号文件”《关于加强水利改革发展的决定》, 提出: “加快水利改革发展, 不仅关系到防洪安全、供水安全、粮食安全, 而且关系到经济安全、生态安全、国家安全”, 将水利发展定位与国家安全层面。水利是现代农业生产不可或缺的首要条件, 是经济社会发展不可替代的基础支撑, 是生态环境改善不可分割的保障系统。多年来, 为了解决日益突出的水问题, 探究水资源、社会经济发展以及生态环境保护之间的协调关系等, 国内外学者开展了水资源承载力的研究。水资源承载力是指在某一具体历史发展阶段下, 以可预见的技术、经济和社会发展水平为依据, 以可持续发展为原则, 以维护生态环境良性循环发展为条件, 在水资源得

到合理开发利用的条件下, 某地区的水资源(包括数量、质量)持续支持人类社会规模(即一定生活质量的人口数量)的最大支撑能力与限度^[1]。笔者以疏勒河流域为研究对象, 采用主成分分析法对该流域水资源承载力进行具体分析和计算, 以了解疏勒河流域水资源承载力状况, 并为该流域水资源可持续开发利用提供依据。

1 水资源承载力研究现状

自 20 世纪 80 年代“水资源承载力”这一名词由我国学者提出后, 就引起了学术界的高度关注, 并成为当今社会水资源科学领域研究的重点和热点^[2-3]。就目前而言, 水资源承载力研究还处于探索阶段, 学术界关于水资源承载力并没有做出明确定义, 许多专家学者通过自己的理解给出了不同的看法。如新疆水资源软科学课题组认为, 水资源承载力是水资源可开发利用量, 在满足维护

收稿日期: 2015-03-09

作者简介: 程斌强(1987—), 男, 甘肃白银人, 硕士研究生, 研究方向为灌溉排水工程。E-mail: 1052943551@qq.com

生态环境用水要求后, 所能支撑的工农业最大产值和人口数量^[4]; 施雅风等人认为水资源承载力是指某一地区的水资源, 在一定社会历史和科学技术发展阶段, 在不破坏社会和生态系统时, 最大可承载(容纳)的农业、工业、城市规模和人口的能力, 是一个随着社会、经济、科学技术发展而变化的综合目标^[5]; 钱正英等人认为区域水资源承载力是在某一具体的历史发展阶段, 以可预见的技术、经济和社会发展水平为依据, 以可持续发展为原则, 以维护生态环境良性发展为条件, 在水资源经过优化配置并得到合理开发利用的情况下, 某一区域的水资源对该区人口增长与经济发展的最大支撑能力^[6]。此外还有许有鹏、冯尚友、惠泱河、程国栋等学者各自不同的理解。水资源承载力是区域水安全研究的一个重要指标, 也是指导区域水资源合理配置和可持续发展的重要依据。因此, 正确地评价区域水资源的承载力, 对合理充分地利用水资源以及促进区域社会经济的可持续发展具有重要的现实意义^[7]。

2 研究区概况与研究方法

2.1 研究区概况

疏勒河流域位于甘肃省河西走廊西端, 流域面积 4.13 万 km², 多年平均降水量 47~63 mm, 年蒸发量 2 897~3 042 mm, 年平均气温 6.9~8.8 ℃, 属于典型的内陆干旱性气候。流域年水资源总量为 11.34 亿 m³, 其中地表水总资源量为 10.82 亿 m³ (疏勒河干流多年平均径流量为 10.31 亿 m³, 石油河多年平均径流量为 0.51 亿 m³), 与地表水不重复的地下水资源量为 0.52 亿 m³。疏勒河发源于祁连山脉的岗格尔肖合力岭冰川, 经青海省天峻县、甘肃省肃北县、玉门市、瓜州县、敦煌市, 由东向西曾流入苏泊尔, 干流全长 670 km, 为甘肃省三大内陆河之一。流域内辖昌马、双塔、花海三大灌区, 承担着玉门市、瓜州县 22 个乡镇、6 个国营农场 8.96 万 hm² 耕地的农业灌区和甘肃矿区等单位的工业供水、辖区生态供水及水利发电供水等任务。经过多年大规模的水利建设, 尤其是疏勒河综合开发项目的建成, 已初步形成蓄、引、调、排为主的骨干工程体系。目前, 灌区有昌马、双塔、赤金峡三座水库, 总库容为 4.722 亿 m³。有干渠 17 条 445.86 km, 支干渠 11 条 116.77 km, 支渠 120 条 548.10 km, 斗渠 619 条 1 105.00 km, 农渠 6 247 条 2 950.00 km, 已形成较为完善

的灌溉系统, 是甘肃省百万亩以上大型自流灌区之一, 也是甘肃省主要商品粮基地, 素有“西部粮仓”之称, 具有重要的经济战略地位。

2.2 研究方法

2.2.1 评价方法 目前, 关于水资源承载力的评价方法主要有生态足迹法、主成分分析法、综合指标法、系统动力学法等。本研究选取主成分分析法, 主要是因为主成分分析法可以更客观的确定指标的权重, 减少人为因素产生的误差, 而且还能保留大量的原始数据信息, 更具有科学性。其本质是通过将原有复杂变量的线性变换和部分信息的舍弃, 将高维变量系统进行最优化的综合与简化, 并客观地确定了系统各指标的权重, 克服了模糊综合评判方法的缺陷, 避免造成主观任意性^[8]。

主成分分析的步骤:

(1) 利用 SPSS19.0 对原有数据进行标准化处理, 排除量纲的影响;

(2) 计算各个评价指标之间的相关矩阵;

(3) 由相关系数矩阵计算特征值(选取特征值大于 1 的成分为主成分), 以及各个主成分的贡献率与累积贡献率(按累计贡献率大于 85% 以上的特征值所对应的前 n 个成分来确定主成分);

(4) 计算主成分的特征向量和表达式;

(5) 计算主成分载荷, 主成分载荷即为主成分与变量之间的相关系数;

(6) 求主成分权重及综合评价得分。

2.2.2 评价指标的选取 对区域水资源承载力进行分析时, 选择合理的评价指标显得尤为重要^[9]。在指标选取上, 笔者根据 2003—2010 年《甘肃省水资源公报》和《甘肃省统计年鉴》官方统计数据, 并遵循选取水资源承载力评价指标的原则^[10], 参照全国水资源承载力分析中的指标体系以及其他水资源评价指标体系及标准, 选取具有代表性的 14 个指标作为本研究的基本指标体系, 主要包括: 总人口(X_1 , 万人), 国内生产总值(X_2 , 亿元), 万元 GDP 耗水量 (X_3 , m³/万元), 人均用水量(X_4 , m³/人), 水资源总量 (X_5 , 亿 m³), 供水总量(X_6 , 亿 m³), 工业用水量(X_7 , 亿 m³), 林牧渔畜用水量 (X_8 , 亿 m³), 城镇公共用水量 (X_9 , 亿 m³), 居民生活用水量 (X_{10} , 亿 m³), 生态环境用水量(X_{11} , 亿 m³), 污水排放量 (X_{12} , 万 t/年), 降水量(X_{13} , mm), 水资源开发利用程度(X_{14} , %).

表 1 疏勒河流域水资源承载力评价指标相关系数矩阵

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}
X_1	1.00													
X_2	0.77	1.00												
X_3	-0.82	-0.94	1.00											
X_4	0.44	0.54	-0.27	1.00										
X_5	0.19	0.53	-0.41	0.29	1.00									
X_6	0.58	0.63	-0.39	0.99	0.30	1.00								
X_7	0.33	0.42	-0.36	0.61	0.19	0.61	1.00							
X_8	0.73	0.81	-0.65	0.90	0.40	0.95	0.65	1.00						
X_9	0.86	0.90	-0.81	0.76	0.41	0.84	0.61	0.96	1.00					
X_{10}	0.15	-0.14	0.32	0.68	-0.11	0.64	0.37	0.42	0.25	1.00				
X_{11}	0.57	0.63	-0.39	0.98	0.28	0.99	0.60	0.94	0.83	0.62	1.00			
X_{12}	-0.88	-0.78	0.71	-0.74	-0.39	-0.83	-0.47	-0.93	-0.95	-0.37	-0.80	1.00		
X_{13}	-0.21	-0.20	0.32	0.15	0.58	0.10	-0.06	-0.02	-0.09	0.27	0.09	0.00	1.00	
X_{14}	0.47	0.34	-0.17	0.82	-0.28	0.83	0.49	0.73	0.62	0.69	0.84	-0.61	-0.27	1.00

3 评价结果与分析

对选取的 14 个分析指标, 利用 SPSS19.0 统计分析软件进行主成分分析, 得到了各因素指标的相关系数矩阵(表 1)与主成分特征值及贡献率(表 2)。

选取指标之间存在一定的相关性, 是进行主成分分析的必要条件。由表 2 可知, X_2 与 X_9 , X_4 与 X_6 、 X_{11} , X_6 与 X_8 、 X_{11} , X_8 与 X_9 、 X_{11} 之间存在极显著相关性, 相关系数分别为 0.90, 0.99、0.98, 0.95、0.99, 0.96、0.94。

表 2 特征值和主成分贡献率及累积贡献率

成份	初始特征值(λ)			提取平方和载入		
	合计	方差 (%)	累积 (%)	合计	方差 (%)	累积 (%)
1	8.36(λ_1)	59.74	59.74	8.36	59.74	59.74
2	2.56(λ_2)	18.27	78.01	2.56	18.27	78.01
3	1.79(λ_3)	12.75	90.76	1.79	12.75	90.76
4	0.69	4.93	95.69			
5	0.42	3.02	98.71			
6	0.12	0.89	99.61			
7	0.06	0.39	100.00			
8	0.00	0.00	100.00			

由表 3 可以看出, 主成分 1、2、3 的累计贡献率已达到 90.76%, 所以选取前 3 个主成分(F_1 、 F_2 、 F_3) 进行分析。

主成分载荷反映了主成分 (F_1 、 F_2 、 F_3) 与变量 ($X_1 \cdots X_{14}$) 之间的相关系数, 如表 4 所示。第 1 主成分 F_1 与 X_4 (人均用水量)、 X_6 (供水总量)、 X_8 (林牧渔畜用水量)、 X_9 (城镇公共用水量)、 X_{11} (生态环境用水量)、 X_{14} (水资源的开发利用程度) 之间存在较显著的正相关性, 与 X_{12} (污水排放量) 之间存在极显著的负相关性, 可以认为第 1

表 3 主成分荷载值矩阵

指标	主成分		
	B_1	B_2	B_3
X_1	0.777	-0.375	-0.205
X_2	0.809	-0.554	0.013
X_3	-0.657	0.743	0.112
X_4	0.888	0.395	0.115
X_5	0.360	-0.370	0.831
X_6	0.945	0.292	0.071
X_7	0.650	0.139	-0.024
X_8	0.995	-0.004	0.037
X_9	0.970	-0.231	-0.019
X_{10}	0.448	0.829	0.040
X_{11}	0.938	0.290	0.056
X_{12}	-0.935	0.137	-0.030
X_{13}	-0.032	0.276	0.913
X_{14}	0.745	0.491	-0.425

主成分 F_1 主要反映了整个流域的生活经济发展状况。第 2 主成分 F_2 与 X_3 (万元 GDP 耗水量)、 X_{10} (居民生活用水量) 表现了较强的相关性, 与 X_2 (国内生产总值) 存在较强的负相关性, 可认为第 2 主成分 F_2 主要反映了节水技术的发展水平。第 3 主成分 F_3 与 X_5 (水资源总量)、 X_{13} (降水量) 表现出较强的相关性, 与 X_{14} (水资源开发利用程度) 存在较显著的负相关, 可认为第 3 主成分 F_3 主要反映了降水量的水平。

用表 3 中的数据除以主成分所对应的特征值, 然后开平方根便得到每个主成分中的每个指标所对应的系数。即通过公式 $A_n = B_n / \text{SQRT}(\lambda_n)$, 即可得到特征向量矩阵(表 4)。

将表 4 中的数据与初始指标标准化后的数据相乘, 便可以得到各主成分表达式, 即:

表 4 特征向量矩阵

指标	A ₁	A ₂	A ₃
X ₁	0.27	-0.23	-0.15
X ₂	0.28	-0.35	0.01
X ₃	-0.23	0.46	0.08
X ₄	0.31	0.25	0.09
X ₅	0.12	-0.23	0.62
X ₆	0.33	0.18	0.05
X ₇	0.22	0.09	-0.02
X ₈	0.34	0	0.03
X ₉	0.34	-0.14	-0.01
X ₁₀	0.15	0.52	0.03
X ₁₁	0.32	0.18	0.04
X ₁₂	-0.32	0.09	-0.02
X ₁₃	-0.01	0.17	0.68
X ₁₄	0.26	0.31	-0.32

表 5 2003—2010 年疏勒河流域水资源承载力的综合评判结果

年份	F ₁	排名	F ₂	排名	F ₃	排名	F	排名
2003	-5.05	8	-0.67	5	0.09	4	-3.45	8
2004	-3.71	7	-0.98	6	-0.34	6	-2.69	7
2005	-0.32	6	2.47	1	0.18	3	0.31	6
2006	0.55	5	1.62	2	0.08	5	0.70	5
2007	1.52	4	0.82	3	1.86	1	1.43	2
2008	2.13	3	0.32	4	-1.94	8	1.19	3
2009	2.31	2	-1.25	7	-1.55	7	1.05	4
2010	2.57	1	-2.33	8	1.62	2	1.45	1

年、2009 年两个年份出现了小的波动，查其原因主要是 2008 年、2009 年降水量减小，由 2007 年的 202.3 mm，降到了 2008 年的 78.5 mm，降低了 61.2%。而水资源的开发利用程度从 2007 年的 72% 增加到了 2008 年的 86%，增加了将近 14 个百分点。

由图 1 可以看出，主成分 F₁ 持续增大，主要是由于人口数量的增加和人民生活水平的提高，致使对水资源总量的需求也越来越高。主成分 F₂ 自 2005 年开始一直缓慢的减小，它体现了节水技术的发展以及人们节水意识增强。主成分 F₃ 在 2008 年、2009 年出现大的波折，从 2009 年之后又慢慢回升，主要是由于 2008 年、2009 年降水量较小的缘故。

$$F_1=0.27X_1 + 0.28X_2 - 0.23X_3 + 0.31X_4 + 0.12X_5 + 0.33X_6 + 0.22X_7 + 0.34X_8 + 0.34X_9 + 0.15X_{10} + 0.32X_{11} - 0.32X_{12} - 0.01X_{13} + 0.26X_{14}$$

$$F_2=-0.23X_1 - 0.35X_2 + 0.46X_3 + 0.25X_4 - 0.23X_5 + 0.18X_6 + 0.09X_7 - 0.14X_9 + 0.52X_{10} + 0.18X_{11} + 0.09X_{12} + 0.17X_{13} + 0.31X_{14}$$

$$F_3=-0.15X_1 + 0.01X_2 - 0.08X_3 + 0.09X_4 + 0.62X_5 + 0.05X_6 - 0.02X_7 + 0.03X_8 - 0.01X_9 + 0.03X_{10} + 0.04X_{11} - 0.02X_{12} - 0.68X_{13} - 0.32X_{14}$$

另外，以每个主成分所对应的特征值占所选取主成分总的特征值之和的比例作为权重计算综合主成分 F 的数学模型：

$$F = \frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3} F_1 + \frac{\lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3} F_2 + \frac{\lambda_3}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3} F_3$$

通过计算，可以得到综合主成分 F 的表达式如下：

$$F=0.11X_1 + 0.12X_2 - 0.05X_3 + 0.27X_4 + 0.12X_5 + 0.26X_6 + 0.16X_7 + 0.23X_8 + 0.19X_9 + 0.21X_{10} + 0.25X_{11} - 0.20X_{12} + 0.12X_{13} + 0.19X_{14}$$

从上式进而得到疏勒河流域水资源承载力的综合评价结果(表5)。

从表 5 可知，主成分得分有正有负，正负并不能代表水资源承载力的真实水平，而表示水资源承载力所处的相对位置，负值表示该年份水资源承载力处于被评价年份的平均水平以下，正值说明水资源承载力处于被评价年份的平均水平以上。综合得分 F 值越大，说明水资源承载力越大，反之越小^[11]。由表 5 排名可以看出，疏勒河流域的水资源承载力呈逐年上升的趋势，但在 2008

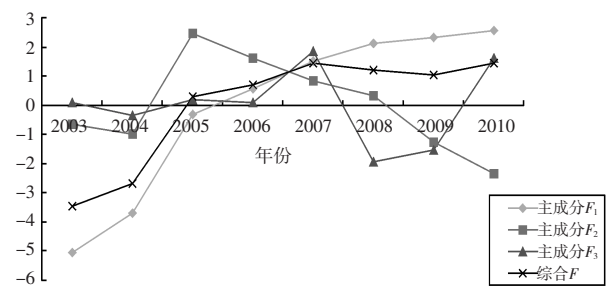


图 1 2003—2010 年三大主成分得分情况

4 讨论

我国在水资源开发利用方面已取得了很大成就，水资源利用量的增加速率已超过了人口数量的增加速率，这在农业生产、社会发展方面发挥了重要作用。然而，随着人口数量的增加，人类对水资源的开发强度逐年加大，由此引起的水危机问题成为国家实现可持续发展战略的瓶颈。本研究通过运用主成分分析法对疏勒河流域水资源的承载能力分析发现，经济水平、人口数量和降水量成为影响该流域水资源承载力的主要因素，

7 个油葵杂交种在宁县引种试验结果

高 钰, 张金霞, 苏 龙

(甘肃省庆阳市农业科学研究院, 甘肃 庆阳 745000)

摘要: 在庆阳市宁县对引进的 7 个油葵杂交种进行了品比试验, 结果表明, 3 a 平均折合产量以美国矮大头最高, 达 4 759.2 kg/hm², 较对照品种圣泽增产 14.01%; 其次是 F51, 为 4 617.5 kg/hm², 较对照品种圣泽增产 10.62%; 新杂 4 号排第 3, 为 4 571.6 kg/hm², 较对照品种圣泽增产 9.51%。3 个品种综合性状表现良好, 其中 F51 具有较好的耐旱性, 适宜在年降水量较少的宁县北部地区种植; 美国矮大头、新杂 4 号适宜在宁县南部气候较湿润区域种植。

关键词: 油葵; 杂交种; 引种; 宁县

中图分类号: S565.5 **文献标识码:** A

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2015.04.011

文章编号: 1001-1463(2015)04-0038-03

油葵杂交种是油用向日葵杂交品种的简称, 在国外已有 20 多年的种植历史^[1], 但在我国发展缓慢, 只是近几年才开始大面积推广。目前甘肃省种植的油料作物种类较多, 有胡麻、油菜、向日葵、紫苏、油橄榄等^[2-3]。杂交油葵作为大宗油料作物之一, 产量比常规油葵提高了 30%~50%, 而且含油率很高^[1]。与常规油葵相比, 杂交油葵植株较矮、整齐度较好、没有分枝、适应性

广、籽粒饱满。此外, 杂交油葵还具有抗旱、耐盐碱、耐瘠薄等特性^[4]。我们于 2010—2012 年在庆阳市宁县对引进的 7 个杂交油葵进行了品比试验, 现将结果报道如下。

1 材料与方法

1.1 参试品种

参试油葵杂交种共 7 个, 分别为美国矮大头、LD1616、LS308、陇葵 9 号、康地 5 号、新杂 4

收稿日期: 2015-01-13

作者简介: 高 钰(1968—), 男, 甘肃庆阳人, 农艺师, 主要从事种子推广工作。联系电话: (0)18093436258。E-mail: jinxia425@tom.com

执 笔 人: 张金霞

在整体上 2003—2010 年疏勒河流域水资源承载力呈稳步递增的趋势。为保证该流域水资源承载力有充足的发展空间, 实现水资源可持续发展, 权衡各种水利用之间的利弊成为水资源管理中不可避免的挑战。为此, 相关部门在加大人力、资金、设备投入的同时, 应大力推广节水灌溉技术, 以期提高用水效率, 使有限的水资源能够满足经济发展的需要。

参考文献:

- [1] 程美家, 韩 美. 基于主成分分析法的山东省水资源承载力评价[J]. 资源开发与市场, 2009, 25(5): 410-412.
- [2] 汤奇成, 张捷斌. 西北干旱地区水资源与生态环境保护[J]. 地理科学进展, 2001(3): 227-232.
- [3] 李令跃, 甘 泓. 试论水资源合理配置和承载能力概念与可持续发展之间的关系[J]. 水科学进展, 2001, 12(3): 307-313.
- [4] 新疆水资源软科学课题组. 新疆水资源及其承载力的开发战略对策[J]. 水利水电技术, 1989(6): 2-9.
- [5] 施雅风, 曲耀光. 乌鲁木齐河流域水资源承载力及其合理利用[M]. 北京: 科学出版社, 1992: 94-111.
- [6] 钱正英, 张光斗. 中国可持续发展水资源战略研究综合报告及各专题报告[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2001.
- [7] 邵金花, 刘贤赵. 区域水资源承载力的主成分分析及应用—以陕西省西安市为例[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(19): 5 017-5 018, 5021.
- [8] 任玉忠, 叶 芳. 基于主成分分析的潍坊市水资源承载力评价研究[J]. 中国农学通报, 2012, 28(5): 312-316.
- [9] 郭晓丽. 聊城市水资源承载力因子分析[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(35): 17 602-17 603.
- [10] 惠泱河, 蒋晓辉, 黄 强, 等. 水资源承载力评价指标体系研究[J]. 水土保持通报, 2001, 21(1): 30-33.
- [11] 王维维, 孟江涛, 张 毅. 基于主成分分析的湖北省水资源承载力研究[J]. 湖北农业科学, 2010, 49(11): 2 764-2 767.

(本文责编: 郑立龙)