

基于能值分析的区域循环经济研究 ——以柴达木盆地为例

刘志杰¹, 陈克龙¹, 赵志强², 苏茂新¹, 韩艳莉¹

(1. 青海师范大学 生命与地理科学学院, 西宁 810008; 2. 北京大学 城市与环境学院, 北京 100871)

摘要:运用能值分析的理论与方法,从能值流量、能值经济、资源投入产出、环境压力、综合指数五个方面构建了循环经济能值评价指标体系,分析了柴达木盆地1998—2007年循环经济发展概况,结果表明:柴达木盆地的经济发展主要依赖本地的不可更新资源,属于资源输出型区域。经济发展造成的环境压力越来越大,可持续性也较差,但潜力较大。因此只有合理开发和利用当地的不可更新资源,提高资源的循环利用水平,才能更好地促进柴达木盆地循环经济的发展。

关键词:能值分析; 循环经济; 柴达木盆地

中图分类号:F127

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2011)01-0141-05

Evaluation of Circular Economy Based on Emergy Theory —A Case of Qaidam Basin

LIU Zhi-jie¹, CHEN Ke-long¹, ZHAO Zhi-qiang², SU Mao-xin¹, HAN Yan-li¹

(1. *Biology & Geography Institute of Qinghai Normal University, Xi'ning 810008, China;*

2. *College of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China*)

Abstract: Based on emergy analysis, the development of circular economy in Qaidam basin is evaluated from such five aspects as emergy flow, emergy economy, resource input and output, environmental pressure and comprehensive index. The paper analyzes the condition of the development of circular economy in Qaidam basin from 1998 to 2007. The results show that the development of economy mainly depends on the nonrenewable resources and it is a region of resource out-putting. As a result, pressures on resources and environment in Qaidam basin are more and more serious, which means that Qaidam basin is a poor sustainable region. Therefore the future development of circular economy in Qaidam basin should make great efforts on properly exploiting and utilizing nonrenewable resources and improving the level of recycle use in order to promote the development of circular economy in Qaidam basin.

Key words: energy analysis; circular economy; Qaidam basin

2010年3月15日,国务院批复实施《青海省柴达木循环经济试验区总体规划》,这是继甘肃省后国务院批复的第二个国家级区域循环经济发展规划,也是全国首个循环经济试点产业园区发展规划。循环经济作为人类社会实现向可持续发展道路转型的主要模式,已被世界上越来越多的国家和地区接受并付之实践^[1]。“循环经济”一词由美国经济学家K·波尔丁在20世纪60年代提出,是指在人、自然资源和科学技术的大系统内,在资源投入、企业生产、产品消费

及其废弃的全过程中,把传统的依赖资源消耗的线形增长的经济,转变为依靠生态型资源循环来发展的经济。国际上一般采用物质流分析方法对循环经济进行评价,我国循环经济评价方面的研究主要从物质流分析、指标体系、价值链和仿真模型等方面开展^[2]。循环经济的本质是生态经济,能值分析则是生态经济研究中的重要方法,国内外学者一直认为循环经济研究的是物质循环,因此循环经济最终的是一种能值的循环。能值分析把生态系统和经济系统中的各要素

转换为同一个量级指标,为生态系统和经济系统的耦合架起了桥梁,对于自然资源的合理开发利用以及实施可持续发展战略具有重要意义^[3]。目前利用能值分析方法评价循环经济发展的文章在国内并不很多,陈兴鹏^[3]、仇方道^[1]、刘浩^[2]等学者运用能值方法先后对我国的西北地区、徐州市、辽宁省的循环经济进行了研究,取得了一系列研究成果。为了促进柴达木盆地循环经济更好的发展,本文运用能值的方法对柴达木盆地循环经济系统的能流、物流和资源环境进行定量分析,以寻求适合柴达木盆地循环经济系统可持续发展的对策与途径。

1 研究区概况

柴达木盆地是中国四大盆地之一,同时也是中国海拔最高的封闭式内陆盆地。盆地四周为昆仑山、阿尔金山和祁连山所环绕,地理坐标为东经 90°07′—99°46′,北纬 35°01′—39°19′,盆地总面积为 30.09 万 km²,年平均气温为 -5.6~5.2℃,年平均降水量 16.7~487.7 mm,年平均蒸发量 1 353.9~3 526.1 mm,属典型的干旱大陆性气候。柴达木盆地在行政区划上隶属于青海省海西蒙古族藏族自治州,包括格尔木(不含唐古拉地区)和德令哈两个县级市,乌兰和都兰两县,以及大柴旦、冷湖、茫崖 3 个县级镇和天峻县的生格乡,2007 年总人口 56 万。柴达木盆地矿产资源丰富,素有“聚宝盆”之称,其中盐湖、石油、天然气等资源具有突出的优势,从而为柴达木盆地循环经济的发展奠定了良好的资源基础,加快柴达木盆地循环经济的发展不仅对于本地区具有重要意义,而且对于缩小东西部发展差距也有重要作用。

2 研究方法

2.1 能值分析理论

能值与能量不同,它是一个全新的科学概念和度量标准。能值分析理论是 20 世纪 80 年代由美国著名生态学家 H. T. Odum 创立的,他将能值定义为一种流动或储存的能量中所包含的另一种类别的能量的数量,称为该能量的能值。以能值为基准,可以比较不同类别、不同等级能量的真实价值^[4]。应用能值这一科学概念和度量标准及其转化单位——能值转化率,可将生态经济系统内不同的能量和物质转换成同一种能值——太阳能值,用以研究生态系统与人类社会、经济系统的复杂关系,从而为生态经济系统的定量研究开拓了新的途径^[5]。此后国外基于能值理论对各时空类型的生态系统进行了全面而又详细的研究,如 Ulgiati^[6]、Brown^[7]、Whitfield^[8]等分别对

意大利、泰国和佛罗里达州 Jacksonville 市进行了能值研究。从 20 世纪 90 年代开始,严茂超^[9]、李海涛^[10]、隋春花^[11]、李占玲^[12]等学者先后对西藏、江西、广州、北京的生态经济系统进行了能值分析和可持续性评估。目前能值分析已被扩展到工业、林业^[2]和农牧业^[13]等领域,为实现区域的可持续发展开拓了新思路。

表 1 柴达木盆地生态经济系统能值分析(2007)

项目	原始数据	能值转换率 (sej/单位)	太阳能值/ sej
可更新资源			1.90E+22
太阳能/J	2.10E+21	1.00E+00	2.10E+21
雨水势能/J	2.08E+18	8.89E+03	1.85E+22
雨水化学能/J	3.75E+17	1.54E+04	5.77E+21
风能/J	2.87E+19	6.63E+02	1.90E+22
地球旋转能/J	3.01E+17	2.90E+04	8.73E+21
不可更新资源消耗			3.24E+22
原煤/J	1.02E+17	3.98E+04	4.05E+21
原油/J	1.37E+17	5.30E+04	7.26E+21
天然气/J	1.28E+17	4.80E+04	6.14E+21
原盐/t	8.76E+06	1.00E+15	8.76E+21
石棉/t	4.32E+05	1.50E+15	6.48E+20
纯碱/t	7.20E+05	1.50E+15	1.08E+21
钾肥/t	4.83E+05	2.96E+15	1.43E+21
电力/J	1.95E+16	1.59E+05	3.10E+21
货币流			2.51E+22
GDP/\$	2.50E+09	8.67E+12	2.17E+22
出口额/\$	1.68E+09	1.46E+12	2.46E+21
进口额/\$	1.21E+08	2.50E+12	3.03E+20
旅游收入/\$	2.10E+07	2.50E+12	5.25E+19
利用外资/10 ⁸ \$	2.53E+08	2.50E+12	6.32E+20
人口流			1.74E+22
人口(人/年)	5.61E+05	3.10E+16	1.74E+22
废物流			3.48E+21
废气/J	4.02E+15	6.66E+05	2.68E+21
废水/J	8.26E+14	6.66E+05	5.51E+20
废固/J	3.74E+14	6.66E+05	2.49E+20

2.2 循环经济能值评价指标构建

构建科学合理的评价指标体系是衡量区域循环经济发展的重要前提,因此本文从能值流量、能值经济、资源投入产出、环境压力、综合指数 5 个方面构建循环经济能值评价指标体系,对柴达木盆地循环经济发展概况进行综合分析,以期柴达木盆地循环经济的发展提供理论依据。能值流量分析包括可更新资源能值、不可更新资源能值、输入能值、输出能值和总能值 5 个指标,主要反映区域循环经济系统发展过程中,各种资源能值量的变化;能值经济分析包括能值

货币比率和人均能值使用量 2 个指标,体现了经济现代化程度和人民生活水平的高低;资源投入产出分析包括能值产出率和能值自给率 2 个指标,反映能源利用效率的高低和自然资源对经济发展的支持能力;衡量环境压力的指标为环境负载率,反映的是自然环境对经济活动的容忍力;综合指数分析包括可持续发展指数和循环经济能值指数 2 个指标,体现了区域循环经济系统的可持续发展状况和循环经济发展水平。

表 2 柴达木盆地循环经济发展能值评价指标汇总表(1998—2007 年)

指标及单位	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
1 可更新资源/(10^{22} sej \cdot a $^{-1}$)	1.91	1.86	1.87	1.88	1.90	1.89	1.89	1.92	1.88	1.90
2 不可更新资源/(10^{22} sej \cdot a $^{-1}$)	1.89	1.90	1.95	2.05	2.16	2.35	2.64	3.09	3.16	3.24
3 进口能值/(10^{20} sej \cdot a $^{-1}$)	4.13	4.25	4.54	5.26	6.02	6.37	6.84	7.69	8.37	9.87
4 出口能值/(10^{21} sej \cdot a $^{-1}$)	1.42	1.49	1.53	1.54	1.65	1.86	1.97	2.08	2.41	2.46
5 总能值用量/(10^{22} sej \cdot a $^{-1}$)	3.84	3.80	3.87	3.98	4.12	4.31	4.59	5.09	5.12	5.24
6 能值货币比率/(10^{13} sej \cdot \$ $^{-1}$)	8.77	7.61	6.18	5.31	4.71	4.15	3.67	3.03	2.40	2.08
7 人均能值用量(10^{17} sej/人)	1.21	1.18	1.17	1.21	1.23	1.26	1.28	1.40	1.39	0.94
8 能值自给率/%	95.26	95.03	94.75	94.87	94.53	94.06	94.41	94.34	93.73	93.39
9 环境负载率/%	1.01	1.04	1.07	1.12	1.17	1.28	1.43	1.65	1.73	1.76
10 能值产出率/%	92.98	89.48	85.13	75.72	68.44	67.56	67.22	66.18	61.22	53.08
11 资源循环利用率/%	26.41	27.13	28.07	30.69	32.58	39.25	38.65	37.92	35.84	33.71
12 可持续发展指数	92.06	86.04	79.56	67.61	58.49	52.78	47.01	40.11	35.39	30.16
13 循环经济能值指数	24.31	23.34	22.33	20.75	19.06	20.72	18.17	15.21	12.68	10.17

3.1 能值流量分析

柴达木盆地循环经济系统总能值由可更新资源能值、不可更新资源能值和输入能值三部分组成,其中不可更新资源能值所占的比重最大,这表明柴达木盆地经济发展主要依赖当地的不可更新资源。在对外贸易方面,1998—2007 年柴达木盆地的输入、输出能值虽都有一定幅度的增长,但由于二者的基数较小,因此对总能值的影响并不大。

3.2 能值经济指标分析

3.2.1 能值货币比率 是一个国家或地区当年总能值用量与当年国民生产总值的比值。以农业为主的发展中国家和地区,直接使用不花钱的本国自然资源,较少使用货币购买其他国家的资源产品,同时 GNP 较低,因而具有较高的能值货币比率,反之发达国家的 GDP 较高,从外部购进的资源产品多,因而能值货币比率低^[4]。柴达木盆地能值货币比率由 1998 年的 8.77×10^{13} sej/\$ 下降到 2007 年的 2.08×10^{13} sej/\$,主要原因是由于近年来柴达木盆地的 GDP 增长较快,但与世界平均水平(4.05×10^{12} sej/\$)和我国中东部地区相比,柴达木盆地的能值货币比率仍然较高,表明柴达木盆地经济发展水平比较低。

3.2.2 人均能值使用量 指一个国家或地区内的人均能值利用量,是用来评价人民生活水平的指标,其值越大表明该区域的人民生活水平越高^[4]。总体来

3 结果与分析

本文所用的原始数据来自《青海统计年鉴》、《海西年鉴》等相关资料,能量折算系数、能值转换率和计算方法参照相关文献^[4-9]。在搜集了各种资料的基础上,编制了柴达木盆地生态经济系统能值分析表(表 1)和柴达木盆地循环经济发展能值评价指标汇总表(表 2)。

看,1998—2007 年柴达木盆地人均能值使用量较高,主要是由于柴达木盆地具有丰富的自然资源,而人口密度又不大,当地居民可以大量使用免费的自然资源的结果^[14]。2006—2007 年人均能值使用量出现了下降的趋势,主要是因为这段时间内人口增长较快。

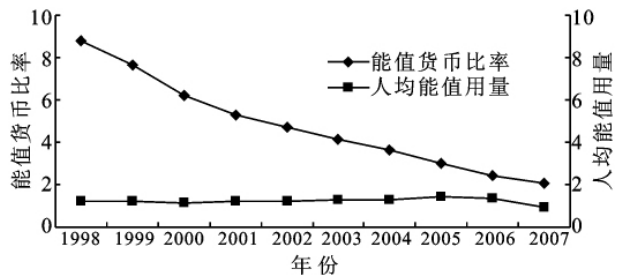


图 1 柴达木盆地能值货币比率和人均能值用量变化趋势

3.3 资源投入产出分析

3.3.1 能值自给率 是一个国家或地区本地可更新资源和不可更新资源能值投入与其总利用能值之比,它是用来描述一个国家或地区的对外交流程度和经济发展程度的。一般情况下其值越大,该系统的自给自足的能力越强,对内部资源开发程度也就越高^[4]。1998—2007 年柴达木盆地的能值自给率都在 93%以上,这表明柴达木盆地自然资源相对丰富,但从外界引入的能值少,经济发展程度不高,是一种较粗放的经济发展模式。

3.3.2 能值产出率 是系统总产出能值与社会经济

反馈投入能值之比^[4]。1998—2007 年柴达木盆地能值产出率呈现出下降趋势,从 92.98% 下降到 53.08%,这是由于输入能值的不断增加所造成的。相对于我国的中东部地区而言,柴达木盆地的能值产出率较高,说明柴达木盆地自然资源丰富,资源潜力较大,但同时也表明其产业竞争水平较低。

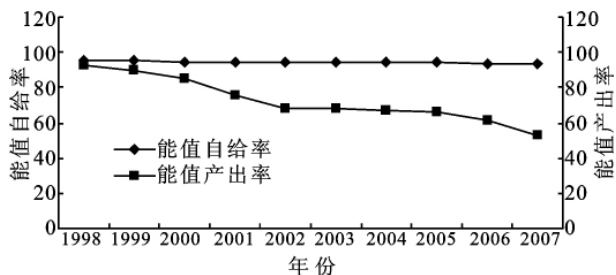


图 2 柴达木盆地能值自给率和能值产出率变化趋势

3.4 环境压力指标分析

环境负载率是经济投入能值和不可更新资源能值之和除以可更新资源能值,该指标是对生态经济系统的一种预警,如果某生态经济系统长期处于较高的环境负载率下,该系统的生态功能将不断退化^[10]。1998—2007 年柴达木盆地的环境负载率呈现上升趋势,其值为 1.01~1.76,表明柴达木盆地经济发展水平的提高,是以消耗大量的自然资源和破坏环境为代价的,从而使得环境压力不断增大。

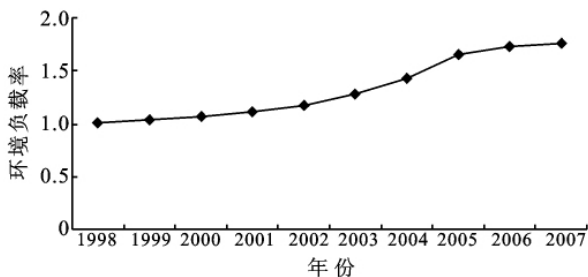


图 3 柴达木盆地环境负载率变化趋势

3.5 综合指数分析

3.5.1 可持续发展指数 是能值产出率与环境负载率的相对比值。当一个国家或地区的能值产出率高而环境负载率又相对低时,它是可持续的,反之则是不可持续的。可持续发展指数在 1~10 之间,经济活动富有活力和发展潜力,大于 10 时经济不发达,小于 1 时为消费型经济系统^[15]。1998—2007 年柴达木盆地的可持续发展指数由 92.06 下降到 30.16,这表明近年来柴达木盆地的经济虽然获得一定程度的发展,但仍然处于不发达的阶段,发展的可持续性较差,也表明其经济发展有着较大的潜力。

3.5.2 循环经济能值指数 为了更好的体现资源循环利用状况,在可持续发展指数的基础上提出了循环经济能值指数,定义为可持续发展指数与资源循环利

用率的乘积,其中资源循环利用率由反映废弃物综合利用情况和废弃物处理情况两类指标构成^[2]。1998—2007 年柴达木盆地循环经济能值指数下降的速率低于可持续发展指数,但变化趋势与可持续发展指数是一致的,主要是由于近年来柴达木盆地大力推行循环经济,合理开发和利用自然资源,提高了循环利用水平。

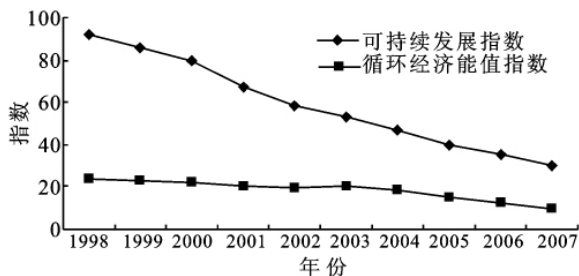


图 4 柴达木盆地可持续发展指数和循环经济能值指数变化趋势

4 结论

(1) 通过能值分析可以得知,柴达木盆地循环经济系统中不可更新资源占据主导地位,2007 年不可更新资源投入量占能值总量的 61.83%,其经济发展主要依赖当地的不可更新资源,这就要求我们在加大对优势资源合理开发利用的同时,也应进一步加强对自然环境的保护,从而促进循环经济的可持续发展。

(2) 柴达木盆地的经济发展主要依赖本地资源,对外交流程度较低,属于资源输出型区域,这对于循环经济的发展是非常不利的,要改变这种状况,需要增强系统的开放性,积极引进区外的先进技术、设备和人才管理经验,使总的可利用能值获得较大程度的增长。

(3) 随着柴达木盆地经济发展水平的不断提高,生态环境所承受的压力越来越大,这在一定程度上影响了循环经济的发展,因此需要利用先进技术改造传统落后产业,依靠科技力量提高资源利用水平,积极推行清洁生产,以减少废弃物的能值,促进循环经济更好的发展。

(4) 柴达木盆地的资源综合利用率较低,而且开发过程中的资源、能源消耗较高,这就要求转变经济增长方式,由高污染高消耗的粗放型增长方式转变为集约型增长方式,同时按照“减量化、再利用、资源化”原则,加快产业结构的调整,促进产业结构逐步向环保节能型转变。

(5) 能值分析方法将环境要素纳入能值计算范畴,在评价指数中体现了环境及其服务功能对于经济发展的贡献,弥补了传统 GDP 评价的不足^[4]。然而

作为一种新的评价方法,也存在一些不足之处^[16]:能值转换率能满足较大范围区域、系统能值分析的需要,但对较小范围区域、系统能值分析的需要值得商榷,以及对多产品或复合产品系统的能值流计算方法也有待进一步研究^[17],这些问题使本文的分析可能有一定的偏差,因此有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 仇方道,佟连军,丁宁凯. 区域循环经济的能值分析与评估:以徐州市为例[J]. 地域研究与开发,2007,26(6):69-74.
 - [2] 刘浩,王青,宋阳,等. 基于能值分析的区域循环经济研究:以辽宁省为例[J]. 资源科学,2008,30(2):192-198.
 - [3] 陈兴鹏,薛冰,拓学森. 基于能值分析的西北地区循环经济研究[J]. 资源科学,2005,27(1):52-59.
 - [4] 蓝盛芳,钦佩,陆宏芳. 生态经济系统能值分析[M]. 北京:化学工业出版社,2002.
 - [5] Odum H T. Environmental Accounting: Emergy and Decision Making[M]. New York: John Wiley & Sons, 1995:80-160.
 - [6] Ulgiati S, Odum H T, Bastinanon S. Emergy use, environmental loading and sustainability: An emergy analysis of Italy[J]. Ecological Modeling,1994,73:200-268.
 - [7] Brown M T, McClanahan T. Emergy analysis perspectives of Thailand and Mekong river dam proposals [J]. Ecological Modeling, 1996,91:100-130.
 - [8] Whitfield D F. Energy Basis for Urban Land Use Patterns in Jacksonville, Florida[D]. Gainesville Dept of Landscape Architecture, Univ of Florida,1994.
 - [9] 严茂超,Odum H T. 西藏生态经济系统的能值分析与可持续发展研究[J]. 自然资源学报,1998,13(2):116-124.
 - [10] 李海涛,廖迎春,严茂超. 江西生态经济系统的能值分析[J]. 江西农业大学学报:自然科学版,2003,25(1):93-98.
 - [11] 隋春花,蓝盛芳. 广州市生态系统能值分析研究[J]. 重庆环境科学,2001,23(5):4-7.
 - [12] 李占玲,陈飞星,李占杰. 北京市城市生态系统能值分析[J]. 城市问题,2005(6):25-29.
 - [13] 张雯,李秀彬,王秀红. 高寒温带干旱区农牧业生态系统的能值分析:以柴达木盆地为例[J]. 干旱区资源与环境,2008,22(6):73-78.
 - [14] 卓玛措,冯起,司建华. 基于能值分析的青海省生态经济系统研究[J]. 地域研究与开发,2008,27(1):121-124.
 - [15] 李双成,傅小锋,郑度. 中国经济持续发展水平的能值分析[J]. 自然资源学报,2001,16(4):297-304.
 - [16] 陈春锋,王宏燕,肖笃宁,等. 基于传统生态足迹方法和能值生态足迹方法的黑龙省可持续发展状态比较[J]. 应用生态学报,2008,11(19):2544-2548.
 - [17] 姚成胜,朱鹤健,刘耀彬. 能值理论研究中存在的几个问题探讨[J]. 生态环境,2008,17(5):2117-2122.
- ~~~~~
- (上接第140页)
- [2] Kundzewicz Z W, Somlyody L. Climatic Change Impact on Water Resources in a Systems Perspective[J]. Water Resour. Manage.,1997,11:407-435.
 - [3] 布德科 M N. 地表面热量平衡[M]. 李怀瑾,邓进上,译. 北京:科学出版社,1960.
 - [4] 钱学伟,李秀珍. 陆面蒸发计算方法述评[J]. 水文,1996(6):25-31.
 - [5] Allen R G, Pereira L S, Raes D, et al. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements[M]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations,1998.
 - [6] 刘钰, Pereira L S, Teixeira J L. 参照蒸发量的新定义及计算方法对比[J]. 水利学报,1997,28(6):27-33.
 - [7] 傅抱璞,翁笃鸣,虞静明,等. 小气候学[M]. 北京:气象出版社,1994:126-127.
 - [8] 韩松俊,胡和平,杨大文,等. 塔里木河流域山区和绿洲潜在蒸散发的不同变化及影响因素[J]. 中国科学:E辑,2009,39(8):1375-1383.
 - [9] Gao G, Chen D L, Xu C Y, et al. Trend of estimated actual evapotranspiration over China during 1960-2002 [J]. J. Geophys. Res., 2007,112, D11120[doi].
 - [10] Ohmura A, Wild M. Is the hydrological cycle accelerating[J]. Science,2002,298(5597):1345-1346.
 - [11] 邱新法,刘昌明,曾燕. 黄河流域近40年蒸发皿蒸发量的气候变化特征[J]. 自然资源学报,2003,18(4):437-442.
 - [12] 左洪超,李栋梁,胡隐樵,等. 近40年中国气候变化趋势及其同蒸发皿观测的蒸发量变化的关系[J]. 科学通报,2005,50(11):1125-1130.
 - [13] Zhang Y Q, Li C M, Tang Y H, et al. Trends in pan evaporation and reference and actual evapotranspiration across the Tibetan Plateau [J]. J. Geophys. Res., 2007,112:D12110[doi].
 - [14] Roderick M L, Rotstain L D, Farquhar G D, et al. On the attribution of changing pan evaporation[J]. Geophys Res. Lett., 2007,34:L17403[doi].
 - [15] Ozdogan M, Salvucci G D. Irrigation-induced changes in potential evapotranspiration in southeastern Turkey: Test and application of Bouchet's complementary hypothesis[J]. Water Resour. Res.,2004,15:443-450.