

# 改进型空间洛伦茨曲线在土地利用结构研究中的应用

张启元

(青海省高原测绘地理信息新技术重点实验室, 西宁 810012)

**摘要:**洛伦茨曲线和基尼系数是土地利用结构研究的常用方法,现有方法存在统计单元数量少、面积差异较大的问题,使得拟合的洛伦茨曲线不够平滑,计算的基尼系数不够准确。利用网格法对现有方法进行改进,以规则网格对研究区进行分割,增加了统计单元的数量,且各统计单元面积相等,可使拟合点在洛伦茨曲线上均匀分布,提高了洛伦茨曲线的平滑程度以及基尼系数的计算精度。另外,以妫水河流域为应用案例,以 1998 年和 2009 年的两期 Landsat TM 影像为基础数据,对改进型空间洛伦茨曲线在土地利用结构研究方面进行案例应用,结果表明该方法可以有效表达不同土地利用类型之间的结构差异及其时空变化规律。耕地始终是分布最均匀的地类,1998 年分布最不均匀的地类是园地,2009 年分布最不均匀的地类是水域;1998—2009 年,林地和水域等生态用地的分布均匀性下降,耕地和建设用地等人工用地分布的均匀性提高。

**关键词:**土地利用结构;洛伦茨曲线;基尼系数;网格法;妫水河流域

**中图分类号:**F301.2

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2015)06-0340-04

## Application of Improved Spatial Lorenz Curve to Study of Land Use Structure

ZHANG Qiyuan

(Key Laboratory of New Technology in Surveying and Mapping Geographic Information in Plateau of Qinghai Province, Qinghai Geology Mineral Surveying Institute, Xining 810012, China)

**Abstract:** Lorenz curve and Gini coefficient are the common methods for research on land use structure, but the current methods have problems of a few statistical unit and larger difference of unit area. So fitting Lorenz curve is not very smooth, and the Gini coefficient is not accurate enough. In this paper, the current method is improved by grid method, study area is separated by regular grid, and each grid is a statistical unit. Hence, the number of statistical units increased, and the areas of most statistical units are equal, except statistical units located at edge, which can make the fitting points evenly distributed in Lorenz curve, and that can improve the smoothing degree of Lorenz curve and the accuracy of Gini coefficient. Guishui River Basin was taken as an application case with two Landsat TM images gotten in 1998 and 2009 as basic data. The improved spatial Lorenz curve was used in research on land use structure of Guishui River Basin. The results show that this method can effectively express the structural different of each land use type and its temporal and spatial variation. Farmland is always the most homogeneous distributed land use type, and the most uneven distributed land use type was garden in 1998 and that was water body in 2009. From 1998 to 2009, the distribution uniformity of ecological lands, such as woodland and water body declined; in contrast, the distribution uniformity of artificial land use types such as farmland and construction land improved.

**Keywords:** land use structure; Lorenz curve; Gini coefficient; grid method

土地利用结构是土地利用类型的面积比例、空间分布和相互作用的集合,其决定了土地资源功能的发挥和用地效益的大小<sup>[1]</sup>。近些年,随着土地资源越来越稀缺,土地利用结构研究的重要性突显,如何实现区域土地资源经济、自然与社会等综合效益的最大化

是土地利用结构研究的重点<sup>[2]</sup>。

针对土地利用结构,国内外已开展了大量研究工作,并取得了丰硕的成果,主要体现在城市土地利用结构<sup>[3]</sup>、功能区划分<sup>[4]</sup>、土地利用与土地覆盖变化<sup>[5]</sup>、生态环境效益<sup>[6]</sup>、动态变化<sup>[7]</sup>、社会经济驱动力分

析<sup>[8]</sup>、结构优化<sup>[9]</sup>、地类分布均匀性<sup>[10]</sup>等多个方面。其中,地类分布均匀性是最基础的研究内容,土地利用类型分布是否均匀是土地利用结构的重要方面,直接影响土地资源综合效益的发挥。有些地类分布越均匀,其效益越高,有些则相反,集中分布会取得更好的效果<sup>[11]</sup>。借助景观生态学的思想对地类分布均匀性进行研究是其中的一种方法<sup>[12]</sup>。目前,最主要的方法是利用经济学中的洛伦茨曲线和基尼系数对土地利用类型分布的均匀性进行研究,并且该方法已有非常广泛的应用<sup>[13-15]</sup>。但现有的研究存在较大的问题,绝大多数研究都是以行政区划为单位构建洛伦茨曲线,在中小尺度上行政单元个数有限,且行政单元之间的面积差异较大,使得样点在洛伦茨曲线上个数较少且分布不均,直接影响到洛伦茨曲线的平滑程度和基尼系数的准确性<sup>[16]</sup>。武鹏飞等<sup>[17]</sup>曾利用缓冲区分析方法对构建洛伦茨曲线的方法进行改进,利用缓冲带作为统计单元人为地增加统计单元的个数,使样点个数大量增加且洛伦茨曲线的平滑程度明显提高,但缓冲区方法主要关注的是圈层变化规律,在实际应用中,区域的土地利用类型分布很少圈层分布规律,该方法在表达土地利用类型分布均匀性方面也存在一定的局限性。

本文利用网格法对研究区进行分割,以网格为统计单元,构建空间洛伦茨曲线。网格法以行列形式对研究区进行分割,一方面可以增加统计单元的数量,另一方面该方法注重土地利用类型在空间方位上的差异,而非圈层结构上的差异。

## 1 改进型空间洛伦茨曲线

### 1.1 洛伦茨曲线和基尼系数

洛伦茨曲线研究社会收入分配公平状况的重要工具<sup>[18]</sup>。其将社会总人口按收入由低到高的顺序进行排序,然后以人口累计百分比为横轴,以收入累计百分比为纵轴,绘出一条反映居民收入分配差距状况的曲线,即为洛伦茨曲线。洛伦茨曲线的弧度越大,表明社会收入的分配越不公平。在本文中,以网格为累计统计单元,横轴为研究区土地累计面积百分比,纵轴为某种土地利用类型的累计面积百分比,这样可以分析某种土地利用类型在研究区内分布的均匀状况。洛伦茨曲线越接近绝对均匀线 OC,该种土地利用类型在研究区内的分布越均匀。

为了实现对收入分配公平程度的定量表达,1912年,意大利经济学家基尼根据洛伦茨曲线提出了基尼系数,用来表达收入分配公平程度<sup>[19]</sup>。当基尼系数为0时,表示收入分配绝对平等,当基尼系数为1,表

示收入分配绝对不公平,基尼系数的取值在0~1,系数越大,表示越不公平,系数越小,表示越公平。

虽然基尼系数的计算公式简单,但其计算过程较为复杂。为了寻求简单、可靠的估算方法,自基尼系数提出以来,许多经济学家和统计学家都进行了这方面的探索。到目前为止,主要有四种常用的估算方法:直接计算法、拟合曲线法、分组计算法和分解法<sup>[20]</sup>。本文利用拟合曲线法计算基尼系数,利用多项式拟合方法对洛伦茨曲线进行拟合,然后利用微分的方法计算区域B的面积,进而可以计算得到基尼系数。

### 1.2 网格法

以往洛伦茨曲线的构建单位主要是行政单元,本文利用网格法将研究区划分为多个网格,以网格为统计单元构建洛伦茨曲线,增加了统计单元的数量,提高了洛伦茨曲线的平滑程度。本文利用 ArcGIS 软件的 Create Fishnet 命令,以 7 000 m 为单个正方形边长构建网格,共构建了 72 个正方形,这样洛伦茨曲线就由 72 个样点拟合而成。

### 1.3 区位熵

区位熵是衡量某一区域要素的空间分布情况,以及某一区域在高层次区域的地位和作用的重要指标<sup>[21]</sup>。在本文中用于对每种土地利用类型在所有网格中的重要程度进行排序,是构建洛伦茨曲线的数量基础,其计算公式如下:

$$Q = (A_1/A_2) / (A_3/A_4)$$

式中:Q——区位熵; $A_1$ ——某网格内某种土地利用类型的面积; $A_2$ ——研究区内该种土地利用类型的总面积; $A_3$ ——该网格内研究区的面积; $A_4$ ——研究区总面积。

## 2 案例应用

### 2.1 示范区和基础数据

本文以妫水河流域为示范区,对改进型的空间洛伦茨方法进行案例应用。妫水河流域位于北京市和张家口市的交界地区,总面积近 2 400 km<sup>2</sup>。该区域属半干旱半湿润气候区,区域内海拔差异较大,土地利用类型多样,适合开展土地利用结构的研究工作。

本文以 1998 年和 2009 年的两期 Landsat TM 影像为基础数据,两期影像均采集于 9 月份,这一时期天空云量较少,影像质量较高,便于地物的判别和影像的解译。

### 2.2 基础数据处理

在波段组合、几何校正、裁剪等预处理工作后,利用目视解译方法对基础数据进行解译。本文根据示范区的特点以及相关的土地利用类型划分标准,将示

范区划分为林地、园地、耕地、草地、水域、建设用地和未利用地等 7 种土地利用类型。根据研究区土地利用类型的分类结果对两期影像进行解译,得到土地利用图。利用统计年鉴、县志<sup>[22]</sup>等统计材料以及在地球系统科学数据共享平台下载相关数据对解译结果进行验证,结果表明影像的解译准确性在 90% 以上,

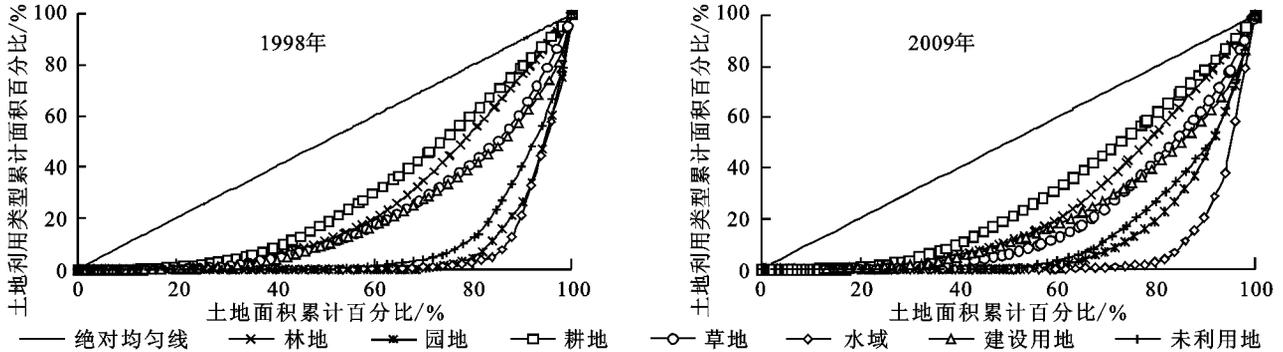


图 1 1998 年,2009 年每种土地利用类型的洛伦茨曲线

表 1 每种土地利用类型在不同年份的基尼系数

年份	林地	园地	耕地	草地	水域	建设用地	未利用地
1998	0.4966	0.8571	0.4093	0.5743	0.8708	0.5999	0.8049
2009	0.4997	0.7678	0.3946	0.5986	0.8734	0.5895	0.7352

#### 2.4 不同土地利用类型分布均匀性变化

由图 1 和表 1 可知,在两个时期中,耕地都是基尼系数最小的土地利用类型,也就是说耕地在研究区内的分布是相对最均匀的;1998 年时基尼系数最大的土地利用类型是园地,说明园地在研究区内的分布是相对最不均匀的,这一时期的园地面积较小,且主要分布在官厅水库北岸的张山营镇,其他地区基本没有分布,呈现集中分布的态势;到了 2009 年,水域取代了园地成为分布相对最不均匀的土地利用类型,自 1998 年以后,研究区的气候出现持续的干旱,水域面积急剧减少,大量的池塘、湖泊干涸,官厅水库的水域不断萎缩,水域在研究区的分布范围不断减少,分布越来越不均匀。

在 1998—2009 年间,林地、草地和水域的基尼系数出现了增加的趋势,表明这几种土地利用类型在研究区的分布越来越不均匀;园地、耕地、建设用地等的基尼系数则呈现减小的态势,说明这几种土地利用类型在研究区的分布向均匀方向发展。林地、草地和水域的分布越来越不均匀主要是气候变化的结果,降水量呈现减少的趋势,气候出现持续干旱<sup>[23]</sup>,使得林地和水域的面积减少,分布范围变小;草地的面积出现了增加,增加后的草地主要分布在官厅水库周边,如野鸭湖湿地和康西草原等地方,强化了草地的集中分布态势,使得其基尼系数增加。相反,园地和建设用地的面积呈现增加的趋势,其分布范围在原来分布的

解译结果满足精度要求。

#### 2.3 洛伦茨曲线拟合和基尼系数计算

本文利用网格法对研究区进行分割,以单个网格为统计单元构建两个时期每种土地利用类型的洛伦茨曲线(图 1),并计算每种土地利用类型的基尼系数,结果如表 1 所示。

基础上进行了扩张,因此其基尼系数呈现变小的趋势,变得越来越均匀。耕地是较为特殊的一种土地利用类型,其面积减小,基尼系数也出现了减小的趋势,通过对图 1 的对比分析发现,这一时段的耕地不是面积的单纯减少,而是耕地的占用和开垦共存的复合过程。城镇的发展占用了大量附近的耕地,同时,远离城镇地区的未利用地、草地、水域等又大量被开垦为耕地,被占用的面积大于开垦的面积。这一过程实际上增加了耕地的分布范围,使其分布呈现均匀态势,因此其面积和基尼系数均呈现减小的态势。

### 3 网格法与其他方法的比较

基于洛伦茨曲线和基尼系数在地类分布均匀性的研究中已有广泛应用,构建洛伦茨曲线是其中的基础,直接决定的基尼系数的计算结果。构建洛伦茨曲线是利用统计单元的样点对曲线进行拟合,最关键的点在于统计单元的选择,统计单元直接决定了拟合的洛伦茨曲线的平滑程度,进而决定了计算的基尼系数的准确性。

大多数研究采用的是以行政区划为统计单元来拟合洛伦茨曲线,一般情况下,行政区划单元的个数较少,一个市只有十几个甚至几个区县,用十几个点来精确拟合一条曲线是十分困难的,并且各个区县的面积差异较大,造成这些点在洛伦茨曲线上的分布非常不均匀,有时还会使洛伦茨曲线出现突变点,造成拟合的洛伦茨曲线不够平滑,直接影响了基尼系数的

计算结果。为了解决这一问题,武鹏飞等<sup>[17]</sup>利用缓冲区分析方法对原有方法进行了改进,其以缓冲带为统计单元在一定程度上解决了这个问题,明显增加了洛伦茨曲线拟合点的数量,使洛伦茨曲线的平滑程度明显提高。研究者可以根据实际需要设置缓冲带宽度,使统计单元数量满足相应的要求。

本文以网格法来增加统计单元的数量,目的与武鹏飞等<sup>[17]</sup>的研究是相同的,都是为了解决传统方法以行政区划为统计单元的弊端。但二者在实际应用中的结果却存在很大差异。以相同的研究区以及相同的一种土地利用类型为例,两种方法都将研究区划分为16个统计单元,网格法的结果是只有4个统计单元内有统计信息,其他12个统计单元内是没有统计信息的,因此,只能用4个有效点来拟合洛伦茨曲线,用4个点来分担100%的份额,构建的洛伦茨曲线必然是弧度较大,计算的基尼系数值也会较大。而利用缓冲区方法得到的16个统计单元都有该地块的统计信息,且各统计单元内的地块面积较为均匀,用16个有效点来分担100%的份额,这样拟合的洛伦茨曲线的弧度要相对较小,且计算的基尼系数要小很多。

从直观上来说,网格法拟合的洛伦茨曲线以及计算的基尼系数应该是更接近实际情况的,网格法在表达地类分布均匀性上是优于缓冲区方法的。网格法关注的是地类在空间方位上的分布差异,而缓冲区方法关注的主要是圈层结构式分布差异。土地利用斑块在实际中一般都是块状分布的,很少有呈现圈层分布形态的,因此,网格法更接近实际情况,在地类分布均匀性的研究中也更加适用。

## 4 结论

本文利用网格法对现有基于洛伦茨曲线和基尼系数研究地类分布均匀性的方法进行了改进,使得拟合的洛伦茨曲线和计算的基尼系数更接近实际情况。并以妫水河流域为示范区,对该区域地类分布均匀性的变化进行案例应用。

(1) 本文的重点是改进现有洛伦茨曲线在土地利用结构研究中的应用,为后续研究提供一种更加精确的空间洛伦茨曲线拟合方法。本文利用网格法对现有方法进行改进,增加了统计单元的数量,缩小了统计单元之间的面积差异,使得拟合的洛伦茨曲线更加平滑,计算的基尼系数更加准确。

(2) 本文提出的改进方法与现有方法,特别是缓冲区分析方法相比,具有明显的优势。网格法更接近实际情况,关注的是地类在空间区位上的分布差异,土地利用斑块在实际中很少呈现类似缓冲区的圈层

分布特征,基本都是呈现块状分布的,因此,网格法在实际研究中更加适用。

(3) 案例应用表明,本文提出的改进方法可以有效表达不同土地利用类型之间的结构差异及其时空变化规律。耕地始终是分布最均匀的地类,1998年分布最不均匀的地类是园地,到了2009年水域成为分布最不均匀的地类。由于生态环境的退化,林地和水域等生态用地的分布均匀性下降,耕地和建设用地等人工用地分布的均匀性提高。

### 参考文献:

- [1] Dixon B, Candade N. Multispectral landuse classification using neural networks and support vector machines: one or the other, or both [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2008, 29(4): 1185-1206.
- [2] 龚建周, 刘彦随, 张灵. 广州市土地利用结构优化配置及其潜力[J]. *地理学报*, 2010, 65(11): 1391-1400.
- [3] 鲁春阳, 杨庆媛, 靳东晓, 等. 中国城市土地利用结构研究进展及展望[J]. *地理科学进展*, 2010, 29(7): 861-868.
- [4] Lambin E F, Turner B L, Geist H J, et al. The causes of land-use and land-cover change: Moving beyond the myths [J]. *Global Environmental Change*, 2001 (11): 261-269.
- [5] 盛艳, 秦富仓, 张艳杰. 砭砂岩区小流域土地利用格局变化与优化研究[J]. *水土保持研究*, 2014, 21(2): 76-81.
- [6] 严海涛, 刘学录. 基于生态效益的兰州市土地利用结构优化研究[J]. *湖南农业科学*, 2009(4): 126-129.
- [7] Morgan J L, Gergel S E. Quantifying historic landscape heterogeneity from aerial photographs using object-based analysis [J]. *Landscape Ecology*, 2010, 25: 985-998.
- [8] 沈培平, 岳耀杰, 王静爱, 等. 基于生态安全条件的沙区土地结构优化与高效利用: 以科尔沁沙地为例 [J]. *干旱区研究*, 2006, 23(3): 433-438.
- [9] 耿红, 王泽民. 基于灰色线性规划的土地利用结构优化研究 [J]. *武汉测绘科技大学学报*, 2000, 25(2): 167-171.
- [10] De Koning G H J, Verburg P H, Veldkamp A, et al. Multi-scale modelling of Land use change dynamic for Ecuador [J]. *Agricultural Systems*, 1999, 61(2): 77-93.
- [11] Thanapakawina P, Richey J, Thomas D, et al. Effects of landuse change on the hydrologic regime of the Mae Chaem river basin, NW Thailand [J]. *Journal of Hydrology*, 2007, 334(1/2): 215-230.
- [12] 张健, 濮励杰, 彭补拙. 基于景观生态学的区域土地利用结构变化特征 [J]. *长江流域资源与环境*, 2007, 16(5): 578-583.
- [13] 黄铃凌, 王平, 刘淑英, 等. 甘南牧区土地利用结构的时空变化研究 [J]. *水土保持研究*, 2013, 20(3): 226-236.

### 3 结论

本文借助子洲坡耕地土壤样品,通过土块在水中的受力分析,对比了传统拉力计算法和修正的拉力计算法计算的土壤崩解速率,期望获得更为准确的土壤崩解速率算法。结果表明,拉力计方法测定土壤崩解速率中土壤自身含水量对崩解过程有重要的影响。修正的拉力计算法所得的土壤崩解速率更接近于已有报道,其变异性较未修正前有所减小。不同土壤容重计算土壤崩解速率均需要考虑浮力动态变化,即乘以校正系数 $k$ 。另外,本文选取的黄绵土因颗粒较细、质地均一,结果规律性较为理想,在我国土石山区或红壤区(质地粘重)该方法的实用性需要进一步研究。因此,本文认为,在以后黄土高原的土壤崩解速率测定和计算中应按以下步骤:(1)利用方形环刀在野外取原状土样并用塑料薄膜密封;(2)将土样带回实验室称重,下面垫上滤纸,用浅层水盘自下而上浸润土壤,直至土壤饱和;(3)将饱和的土样放置在一铁架台上去除重力水后再次称重;(4)轻轻移开方形环刀,将土样放置在拉力计的吊盘网板上测定;(5)计算需乘以校正系数 $k$ 。

#### 参考文献:

- [1] 蒋定生,李新华,范兴科,等.黄土高原土壤崩解速率变化规律及影响因素研究[J].水土保持通报,1995,15(3):20-27.
- [2] 邹翔,张平仓,陈杰.小江流域土壤抗崩性试验研究[J].水土保持研究,2008,15(1):244-246.

- [3] 袁勇,高华端,孙泉忠.黔中喀斯特地区不同地类土壤侵蚀研究[J].中国水土保持,2010(6):50-51.
- [4] 朱显谟,张相麟,雷文进.泾河流域土壤侵蚀现象及其演变[J].土壤学报,1954,2(4):209-222.
- [5] 曾光,杨勤科,姚志宏.黄土丘陵沟壑区不同土地利用类型土壤抗蚀性研究[J].水土保持通报,2008,28(1):6-9.
- [6] 张爱国,李锐,杨勤科,等.水蚀土壤因子野外测试问题讨论[J].人民黄河,2002,24(2):28-29.
- [7] 杨晓芬,吴发启.坡耕地玉米作物根系对土壤侵蚀的影响研究[J].西北农林科技大学学报,2012(2):13-17.
- [8] 李家春,崔世富,田伟平.公路边坡降雨侵蚀特征及土的崩解试验[J].长安大学学报,2007,27(1):23-26.
- [9] 周雪青,李洪文,何进,等.土壤容重测定用分段式原状取土器的设计[J].农业工程学报,2008,24(8):127-130.
- [10] Nelson D W, Sommers L E. Total carbon, organic carbon, and organic matter[J]. Methods of Soil Analysis,1982:539-579.
- [11] 谭谨益.广西覆盖型岩溶区土层崩解机理研究[J].工程地质学报.2001(3):272-276.
- [12] 李家春,田伟平.工程压实黄土崩解试验研究[J].重庆交通学院学报,2005,24(5):74-77.
- [13] 许明祥,刘国彬,卜崇峰等.圆盘入渗仪法测定不同利用方式土壤渗透性试验研究[J].农业工程学报,2002,18(4):54-58.
- [14] 闫永利,于健,魏占民,等.土壤特性对保水剂吸水性能的影响[J].农业工程学报,2007,23(7):76-79.
- [15] 李强,刘国彬,许明祥,等.黄土丘陵区撂荒地土壤抗冲性及相关理化性质[J].农业工程学报,2013,29(10):153-159.

(上接第343页)

- [14] 李义玲,乔木,杨小林,等.干旱区典型流域近30a土地利用/土地覆被变化的分形特征分析:以玛纳斯河流域为例[J].干旱区地理,2008,31(1):75-81.
- [15] 苏广实,王世杰,胡宝清,等.基于空间洛伦茨曲线的喀斯特县域土地利用结构变化分析:以广西都安为例[J].安徽农业科学,2009,37(27):13404-13407.
- [16] Gastwirth J L, Modarres R, Bura E. The use of the Lorenz Curve, Gini Index and related measures of relative inequality and uniformity in securities law [J]. METRON,2005,63:451-469.
- [17] 武鹏飞,宫辉力,周德民.近30年官厅水库流域景观结构的时空演变[J].生态学杂志,2011,30(10):2335-2342.
- [18] Gastwirth J L. A General Definition of the Lorenz

Curve[J]. Econometric, 1971,39,1037-1038.

- [19] Yitzhaki, S. Relative Deprivation and the Gini Coefficient. The Quarterly Journal of Economics, 1979, 93(2):321-324.
- [20] 张建华.一种简便易用的基尼系数计算方法[J].山西农业大学学报:社会科学版,2007,6:273-278.
- [21] 张会新,杜跃平,白嘉.陕北资源产业集群的区位熵和RIS模型分析[J].资源科学,2009,31(7):1205-1210.
- [22] 延庆县志编纂委员会.延庆县志[M].北京:北京出版社,2006.
- [23] 许海丽,潘云,宫辉力,等.1959—2000年奶水河流域气候变化与水文响应分析[J].水土保持研究,2012,19(2):43-47.