

## 28年吴起县水文特征分析

魏丽娟<sup>1</sup>, 赵鹏祥<sup>1\*</sup>, 刘广全<sup>2</sup>, 徐国策<sup>1</sup>, 张爱玲<sup>3</sup>

(1. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 中国水利水电科学研究院, 北京 100044;  
3. 陕西省黄龙县林业工作站, 陕西 黄龙县 715700)

**摘要:**本研究根据该县1980~2007年水文站的观测资料, 经过统计计算, 对降水、蒸发、径流、输沙量等因子的变化规律进行了详细分析。结果表明: 28年间该地区8月份的平均降水量、径流量和输沙量最大, 而5月份的蒸发量最大; 夏季的降水量、径流量和输沙量明显高于其他几个季节, 春季和夏季的蒸发量相差不大, 均高于秋、冬季; 降水量年际变化总的趋势是上升的, 而蒸发量、径流量和输沙量均有不同程度的减少。此结果为探讨水文特征与森林植被之间的关系, 给吴起县植被建设提供理论依据。

**关键词:** 吴起县; 水文特征; 降水; 蒸发; 径流; 输沙

**中图分类号:** S715      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1001-7461(2009)04-0057-05

### Analysis of Hydrologic Characteristics in 28 Years in Wuqi County

WEI Li-juan<sup>1</sup>, ZHAO Peng-xiang<sup>1</sup>, LIU Guang-quan<sup>2</sup>, XU Guo-ce<sup>1</sup>, ZHANG Ai-ling<sup>3</sup>

(1. College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100044, China; 3. Forestry Station of Huanglong, Huanglong, Shaanxi 715700, China)

**Abstract:** Variation regularities of hydrological factors, such as precipitation, evaporation, runoff and sediment discharge were analyzed in detail according to the long-term observation data between 1980 and 2007 in Wuqi County, Shaanxi Province. The results showed that the average precipitation, runoff and sediment discharge reached their tops in August, while the largest amount of average evaporation was in May; precipitation, runoff and sediment discharge in summer were higher than those in the other seasons, and evaporation in spring and summer had no significant difference and both of them were higher than those in fall and winter, the precipitation of Wuqi County had a rising trend in recent 28 years, and evaporation, runoff and sediment discharge reduced with different degrees during the same period. The conclusions can be used for the research of the relationship between hydrologic characteristics and vegetation, and to provide theoretical basis for vegetation restoration in Wuqi County.

**Key words:** Wuqi County; hydrologic characteristic; precipitation; evaporation; runoff; sediment discharge

吴起县位于陕西省西北部, 具有典型的大陆性气候特征, 属于典型的黄土高原梁状丘陵沟壑区, 自然条件恶劣, 生态环境脆弱, 水土流失严重, 是一个水资源匮乏的地区。为了防治水土流失, 改善生态环境, 实现区域生态经济的良性循环和可持续发展, 20世纪90年代以来, 当地人民群众不断开展植树造林、恢复植被的生态重建工作。特别是1998年, 国家启动退耕还林还草、建设秀美山川的生态环境建设工程。吴起县积极响应, 迅速启动了“封山禁

牧, 舍饲养畜”、退耕还林还草工程, 全县一次性退耕 $1.0 \times 10^5$  hm<sup>2</sup>, 取得了明显的生态、经济和社会效益, 成为全国退耕还林第一县<sup>[1-2]</sup>。

水是该地区生态恢复与重建的根本, 包括退耕还林还草在内的一系列生态措施都有赖于水资源的保证<sup>[3]</sup>。在吴起县实施以林草植被建设为中心的生态建设, 大部分地区是在无灌溉条件下进行的, 所以水资源在植被生态建设中显得尤为重要。因此, 研究吴起县水文特征对于该地区的生态环境建设具

收稿日期: 2008-10-27    修回日期: 2008-12-26

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划林业项目《西北农牧交错带严重侵蚀区植被恢复与造林技术研究》(2006BAD03A0308)

作者简介: 魏丽娟, 女, 硕士, 研究方向“3S”技术在森林资源与环境管理中的应用。

\* 通讯作者: 赵鹏祥, 男, 博士, 副教授, 主要从事“3S”技术应用方面科研与教学工作。

有非常重要的意义。李登科分析了吴起县植被动态变化与降水量和蒸发量的关系<sup>[4]</sup>,孙智辉等也在这方面做了研究<sup>[5]</sup>。本文将在在此基础上,利用吴起县水文站从1980~2007年的逐月降水量、蒸发量、径流量和输沙量数据,对该地区的水文特征进行全面细致的对比分析,为吴起县生态环境的可持续发展提供准确和真实的信息。

### 1 研究区概况

吴起县位于延安市西北部,西北与定边县为邻,东北和靖边县相连,东南与志丹县接壤,西南与甘肃省华池县毗邻。南北长93.4 km,东西宽79.89 km,总土地面积3791.5 km<sup>2</sup><sup>[2-4]</sup>。

该县地处中温带气候区,属典型的中温带大陆性季风气候,冬季寒冷干燥,春季干旱多风,夏季旱涝相间,秋季温凉湿润。年平均气温7.8℃,1月份气最低,平均为-7.7℃;7月份气温最高,平均为21.5℃;极端最高气温37.1℃,极端最低气温-28.5℃;气温变化规律是:春温高于秋温,春季升温缓慢,秋季降温迅速。降雨量少,多年平均降水量为483.4 mm,降水随时间分布不均匀,相对集中在7~9月份,降水量为301.7 mm,占全年降水量的62.4%,降水地域分布不均匀,东南部普遍多于西北部,相差100 mm左右。年蒸发量891.23 mm,干燥度1.86。无霜期短,平均为83~136 d;光照充足,日照时长,多年平均日照时数2400 h<sup>[4]</sup>。干旱、霜冻、冰雹、大风、暴雨等自然灾害频繁发生,极易出现一年数灾并发的现象。

该县内以白于山脉为界,北属无定河支流红柳沟流域,南属北洛河流域,全县流域面积在1 km<sup>2</sup>以上的河流、沟系636条。无定河流域包括八里庄沟、石拐子沟和麻子沟,北洛河流域包括颗颗川、乱石头川、头道川、二道川、三道川、宁赛川、杨青川、白豹川、脚扎川和洛河川,北洛河为境内最大河流。全县多年平均径流深36 mm,平均径流量4.31 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>,平均年径流总量为1.3576×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>,地表径流在县境内的时空分布与降水基本相同,年际变率大,月份分配不均。吴起县地下水多年平均天然补给量为5.438×10<sup>7</sup> m<sup>3</sup>,径流模数为1.44×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>·km<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>,其主要来源为大气降水入渗<sup>[6]</sup>。

### 2 资料来源及方法

#### 2.1 资料来源

本文选择了吴起站点的逐月降水量、蒸发量、径流量和输沙量数据进行研究,数据时间序列为1980~2007年,来源于吴起县水文站。

### 2.2 方法

用EXCEL对数据进行分析,同时利用统计软件SPSS13.0计算年降水量、蒸发量、径流量和输沙量相关系数,并进行显著性检验。

### 3 结果与分析

季节划分是以3~5月为春季、6~8月为夏季、9~11月为秋季、12月至翌年2月为冬季。

#### 3.1 降水量变化分析

3.1.1 月平均降水量 由图1可知,从1980~2007年,降水量最多的是8月份,多年平均降水量为103.7 mm,其次是7月份,为94.2 mm,6月份和9月份几乎相等,分别为65.8 mm和67.0 mm,12月份降水量最少,经过统计,多年12月份平均降水量只有2.6 mm。

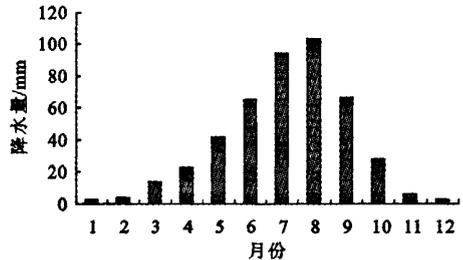


图1 月平均降水量分布

Fig.1 Distribution of month average precipitation

3.1.2 季节降水量 从图2可知,夏季的降水量明显高于其它几个季节,冬季降水量最少。春季多年平均雨量为78.5 mm,占全年雨量的17.3%;夏季多年平均雨量为263.7 mm,占全年雨量的58.2%;秋季多年平均雨量为101.4 mm,占22.4%;冬季多年平均雨量为9.3,仅占2.1%。

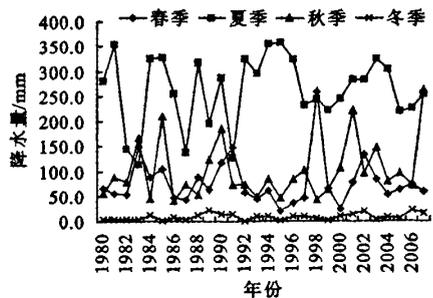


图2 季节降水量分布曲线

Fig.2 Distribution curves of season precipitation

3.1.3 年降水量 由图3可知,近28 a吴起县多年平均降水量为452.9 mm,降水量最多的年份是1985年,雨量为647.2 mm,最少的是1987年,雨量262.4 mm,两者之间几乎相差2.5倍。另外,从年降水量的变化曲线可知,年降水量呈明显增加趋势。

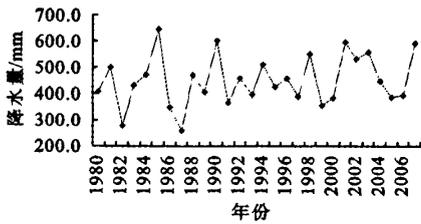


图3 年平均降水量分布曲线

Fig. 3 Distribution curve of annual average precipitation

### 3.2 蒸发量变化特征

3.2.1 蒸发量的各月变化趋势 图4表示历年各月平均蒸发量的分布图,可以看出,28 a来吴起站平均蒸发量最多的月份出现在5月为132.3 mm,最小出现在1月,其次是12月,分别为24.7 mm和25.2 mm,5月和1月的蒸发量相差107.6 mm。

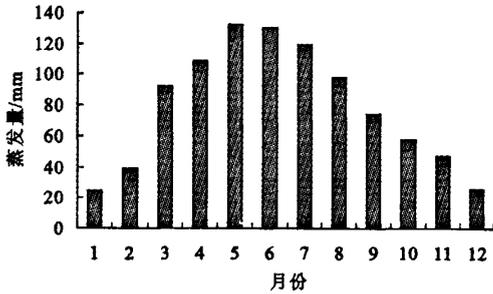


图4 月平均蒸发量分布

Fig. 4 Distribution of month average evaporation

3.2.2 蒸发量的季节变化趋势 由图5知,春季和夏季的多年平均蒸发量相差不大,分别为333.2 mm和347.7 mm,占年平均降水量的35%和37%;秋季年平均蒸发量为178.1 mm,占年蒸发量的19%;冬季蒸发量最少,为88.9 mm,占年蒸发量的9%;四个季节蒸发量的年际变化呈递减趋势。

3.2.3 蒸发量的年际变化趋势 由图6年蒸发量的变化曲线可知,年蒸发量呈减少趋势。1980~2007年吴起县多年平均蒸发量为947.9 mm,1987年蒸发量最多,为1139.5 mm,最少的年份是1996年,蒸发量为697.6 mm。

### 3.3 干旱指数特征分析

干旱指数为年蒸发能力与年降水量的比值,反映一个地区的干旱或湿润程度。当干旱指数大于1时表示该区域蒸发能力大于降水量,为干旱气候,值越大,干旱程度就越严重;反之,降水量超过蒸发能力,表明该地区气候偏于湿润,值越小,气候越湿润<sup>[7]</sup>。吴起县位于干旱区,该站多年平均干旱指数为2.2,从1980~2007年各年度的干旱指数来看,干旱指数呈明显减少趋势,1987年干旱最严重,干旱指数为4.3,几乎是该站多年平均干旱指数的2倍(图7)。

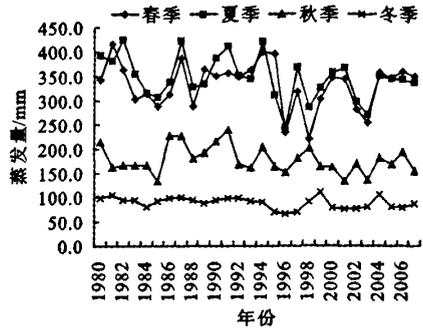


图5 季节蒸发量分布曲线

Fig. 5 Distribution curves of season evaporation

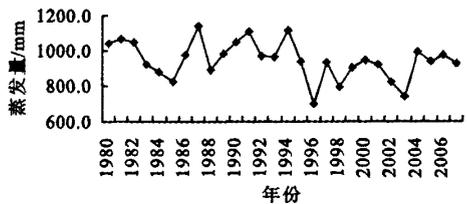


图6 年平均蒸发量分布曲线

Fig. 6 Distribution curve of annual average evaporation

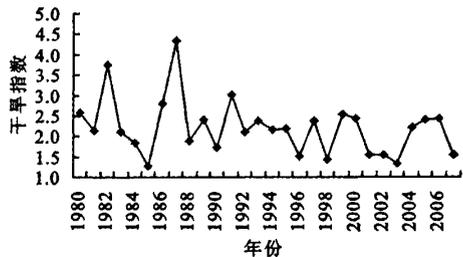


图7 干旱指数分布曲线

Fig. 7 Distribution curve of drought index

### 3.4 径流量变化分析

3.4.1 月平均径流量 由图8知,8月份的多年平均径流量最大,大约为 $0.26 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,其次是7月份,为 $0.18 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,多年平均径流量最少的月份是1月,仅为 $0.1 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

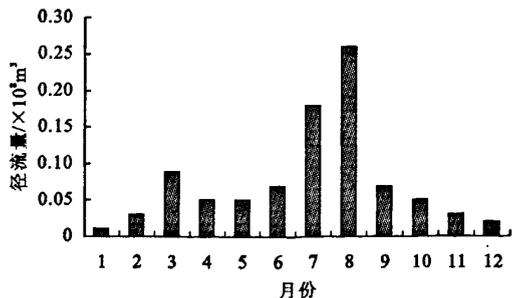


图8 月平均径流量分布

Fig. 8 Distribution of month average runoff

3.4.2 季节径流量 由图9知,夏季的平均径流量最大,为 $0.51 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,占年平均径流量的57%;最少的是冬季,为 $0.06 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,占6%;春季和秋季

居于中间,分别占年平均径流量的 20%和 16%。

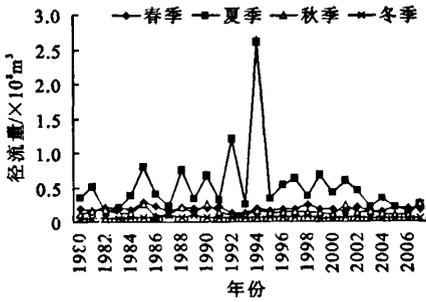


图 9 季节径流量分布曲线

Fig. 9 Distribution curves of seasonal runoff

3.4.3 年径流量变化 从图 10 可知,年径流量呈减少趋势。28 a 吴起县多年平均径流量为  $0.89 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。1994 年的径流量最大,为  $3.03 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,1982 和 2006 年最少,分别为  $0.52 \times 10^8 \text{ m}^3$  和  $0.48 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

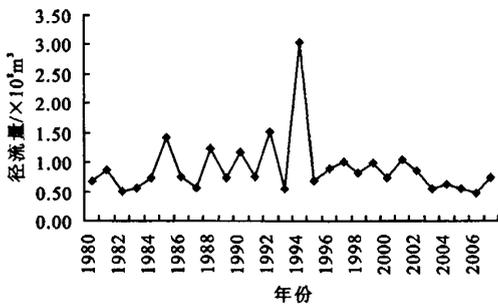


图 10 年平均径流量分布曲线

Fig. 10 Distribution curve of annual average runoff

### 3.5 输沙量变化分析

3.5.1 月变化分析 从图 11 中可知,一年内输沙量的变化非常大,8 月份的平均输沙量最大,为  $1495.328 \times 10^4 \text{ t}$ ,几乎占年平均输沙量的 50%,其次是 7 月份,占 33%,1 月、2 月和 12 月的平均输沙量非常小,分别为:  $0.024 \times 10^4$ 、 $0.091 \times 10^4$  和  $0.037 \times 10^4 \text{ t}$ 。

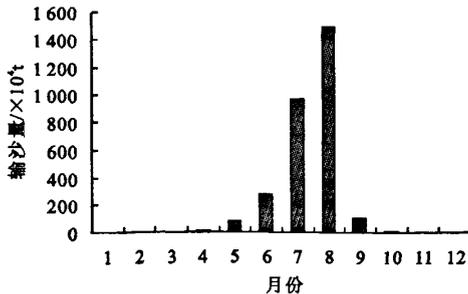


图 11 月平均输沙量分布

Fig. 11 Distribution of month average sediment discharge

3.5.2 季节变化分析 图 12 表明,输沙量的季节分配很不均匀,夏季的多年平均输沙量最大,为  $744.860 \times 10^4 \text{ t}$ ,占年平均输沙量的 93%,而其他三个季节仅占 7%。

744.860 × 10<sup>4</sup> t,占年平均输沙量的 93%,而其他三个季节仅占 7%。

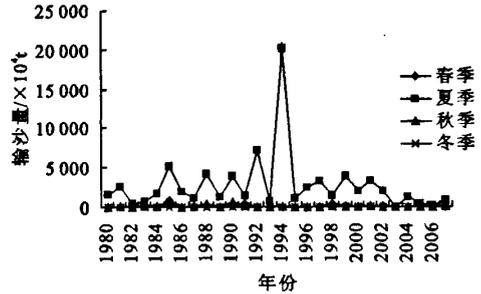


图 12 季节输沙量分布曲线

Fig. 12 Distribution curves of seasonal sediment discharge

3.5.3 年输沙量变化分析 由图 13 知,从 1980~2007 年,吴起县的年平均输沙量呈现下降趋势。28 a 多年平均输沙量为  $2957.631 \times 10^4 \text{ t}$ ,与径流量相似,1994 年输沙量最大,为  $20222.930 \times 10^4 \text{ t}$ ,输沙量最小年份出现在 2003 年,仅为  $82.795 \times 10^4 \text{ t}$ 。

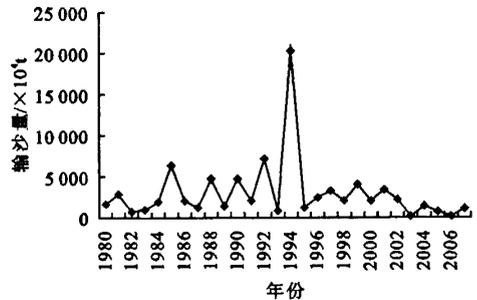


图 13 年平均输沙量分布曲线

Fig. 13 Distribution curve of annual average sediment discharge

### 3.6 水文各因子之间的相关性分析

降水量与蒸发量成显著性负相关,相关系数为 0.444;降水量与径流量和输沙量之间无显著性相关性,没有通过 0.05 显著性水平检验;径流量与输沙量成显著正相关,相关系数为 0.992,1994 年径流量为  $3.03 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,输沙量为  $20222.930 \times 10^4 \text{ t}$ ,两者皆为时段内的最大值。

表 1 水文各因子之间的相关性表

Table 1 Correlations of hydrology between the various factors

	降水量	蒸发量	径流量	输沙量
降水量	1	-0.444*	0.363	0.280
蒸发量	-0.444*	1	0.165	0.236
径流量	0.363	0.165	1	0.992**
输沙量	0.280	0.236	0.992**	1

注: \*表示 0.05 显著性水平检验, \*\*表示 0.01 显著性水平检验

## 4 讨论

森林生态系统是一个非常复杂的系统,森林与其内部的各个因素之间相互作用,相互影响。降水量是制约森林植被分布的重要因素之一,同时森林

的存在对大气降水产生一定的影响。前人的许多研究结果已经证明了这点,比如早在1950年波兹南大学就有人研究了森林覆盖率与降雨量的关系,得知森林覆盖率为0~50%时,每增加10%,年降雨量平均增加16 mm<sup>[8]</sup>;扈祥来通过对甘肃省黄土丘陵地带森林植被区与裸露的黄土丘陵区若干流域水文资料的分析,指出该区植被恢复有利于增加降水量,同时对暴雨洪水及年径流也有明显的调节作用,对改善区域小气候、保持水土、涵养水源效果显著<sup>[9]</sup>。许多研究也表明,降水量、蒸发量与径流量的关系特别密切,气象气候因素是影响径流的决定性因素,其中尤以降水和蒸发最为重要,它们直接影响径流量和损失量的大小<sup>[8]</sup>;张晓明等在研究黄土区森林植被对流域径流和输沙的影响中,发现植被通过对降雨的层层拦蓄、吸渗,不仅大大滞后了产流时间,而且削减了产流量和泥沙量<sup>[10]</sup>。由本研究的结果可以看出,从1980~2007年28年间,特别是近几年,该县降水量有明显增加的趋势,蒸发量、径流量和输沙量都有不同程度的减少,这与近年来在该县实施“封山禁牧,舍饲养畜”及退耕还林还草等政策从而使当地的植被恢复有关。据资料记载,该县的森林覆盖率已有了显著的提高,由1997年的13.2%增加到2007年的38.2%。吴起县森林覆盖率的增加,改变了当地的下垫面状况,从而改变了当地近地层的小

气候特征,因此,可以增加该地区的降水量,减少蒸发量、径流量和输沙量。然而,本文的不足之处是没有考虑该地区时限内气温与相对湿度的年际变化,如果能将它们与水文特征变化进行相关性分析,研究结果将更全面细致。

#### 参考文献:

- [1] 焦居仁,蒲朝勇,王保安,等.吴旗县水土保持生态建设调查报告[J].中国水土保持,2001(11),10-12.
- [2] 薛阿亮,常庆瑞,吴琴.基于遥感影像的吴起县土地利用/覆盖动态监测分析[J].西北林学院学报,2008,23(2),168-172.
- [3] 闵庆文,余卫东.从降水资源看黄土高原地区的植被生态建设[J].水土保持研究,2002,9(3),109-112.
- [4] 李登科.陕西吴起植被动态及其与气候变化的关系[J].生态学报,2007,26(11),1811-1816.
- [5] 孙智辉,罗琳,苏峰,等.陕北植被变化遥感监测及对径流的影响[J].气象科技,2007,35(2),282-286.
- [6] 秦伟,朱清科,吴宗凯,等.吴起县2015年水资源承载力评价[J].干旱区研究,2007(1),70-76.
- [7] 庄志伟,万荣荣.瓜泾口站近20年降水、蒸发特征分析[J].江苏水利,2008(3),19,21.
- [8] 马雪华.森林水文学[M].北京:中国林业出版社,1993.
- [9] 扈祥来.甘肃省黄土丘陵地带森林植被对水资源的影响[J].水科学进展,2000,11(2),199-202.
- [10] 张晓明,余新晓,武思宏,等.黄土区森林植被对流域径流和输沙的影响[J].中国水土保持科学,2006,4(3),48-52.

(上接第49页)

#### 参考文献:

- [1] 胡少伟,周跃,吕小玲.大姚县生态修复区土地利用变化对土壤侵蚀的影响[J].云南地理环境研究,2006,18(3),40-43.
- [2] 姚华荣,杨志峰,崔保山. GIS支持下的澜沧江流域云南段土壤侵蚀空间分析[J].地理研究,2006,25(3),421-429.
- [3] 王占礼,彭珂珊.我国土壤侵蚀状况与主要影响因素研究[J].生态经济,1999,(5),48-51.
- [4] 王有宁.基于GIS技术的湖北省土壤侵蚀遥感研究[J].长江大学学报:自然版,2005,08,20-22.
- [5] 孙雪文.黑龙江省土壤侵蚀土壤类型水平分异规律研究[J].黑龙江水利科技,2005(06),58-60.
- [6] 胡续礼,姜小三,杨树江,等. GIS支持下淮河流域土壤侵蚀强度的空间分析[M]//全国第二届水土保持监测学术研讨会论文集,水利部水土保持监测中心、中国水土保持学会水土保持监测专业委员会编. 21-26.
- [7] 史志华,蔡崇法,蔡强国,等. GIS支持下土壤侵蚀潜在危险度的分级研究[J].长江流域资源与环境,2002(2),190-193.
- [8] 陈东立.黄土高原流域森林植被与土壤侵蚀景观格局耦合关系研究[D]. 博士学位论文,北京林业大学,2005.