

黄土高原非植物生长季节水热状况与生态功能

王善举¹, 王秀芳², 王零¹

(1. 甘肃祁连山国家级自然保护区管理局, 甘肃 张掖 734000; 2. 天水市农业技术推广中心, 甘肃 天水 741000)

摘要: [目的] 对黄土高原非植物生长季节水分状况与利用潜力进行分析, 为该区生态环境建设中的水资源高效利用提供参考。[方法] 根据分布在黄土高原地区的气象站观测数据和定位试验结果, 分析研究区非植物生长季节的水热状况。[结果] 研究区大部分地区植物经历春季萌发和秋季枯死过程, 土壤经历冻融过程, 最大冻土深度 186 cm, 并有一定量的降雪, 最大降雪深度 30 cm, 非生长季节降水平均占全年降水的 7.7%。陕西省北部的典型定位观测点的土壤冻结时间达 3 月之久, 有利于土壤水分的保持。[结论] 黄土高原非植物生长季节水热过程较弱, 但是在水资源短缺条件下, 能够明确非植物生长季节的水热过程, 提高这一时段的水热资源利用效率对退化生态系统的恢复有重要意义。

关键词: 黄土高原; 非植物生长季节; 植被恢复; 水热状况

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2017)02-0284-05

中图分类号: S159

文献参数: 王善举, 王秀芳, 王零. 黄土高原非植物生长季节水热状况与生态功能[J]. 水土保持通报, 2017, 37(2): 284-288. DOI: 10. 13961/j. cnki. stbctb. 2017. 02. 043; Wang Shanju, Wang Xiufang, Wang Ling. Status and Ecological Functions of Water and Heat During Non-growing Period in Loess Plateau[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2017, 37(2): 284-288. DOI: 10. 13961/j. cnki. stbctb. 2017. 02. 043

Status and Ecological Functions of Water and Heat During Non-growing Period in Loess Plateau

WANG Shanju¹, WANG Xiufang², WANG Ling¹

(1. Gansu Qilian Mountains National Nature Reserve Administration, Zhangye, Gansu

734000, China; 2. Agricultural Technology Extension Center in Tianshui City, Tianshui, Gansu 741000, China)

Abstract: [Objective] The water status and utilization potential of the non-growing growing season on the Loess Plateau were analyzed to provide reference for the efficient utilization of water resources in the process of ecological environment construction. [Methods] Data from meteorological stations in Loess Plateau and test in situ was used to analyze the status of water and heat during non-growing season. [Results] Plants in most parts of the study area go through spring germination and autumn dead process. Soil has freeze-thaw cycles with the maximum frozen depth of 186 cm. And there is a certain amount of snowfall and the maximum snow depth record is 30 cm. On average, precipitation during non-growing season accounted for 7.7% annual precipitation. In the north area of Shaanxi Province, the freezing time of typical observation field station is up to three months. [Conclusion] Water and heat should be studied and use efficiency of the limited water resources should be improved. It is very important for vegetative restoration in the region.

Keywords: the Loess Plateau; non-vegetative period; vegetative restoration; status of water and heat

研究植被与土壤水分相互作用过程是干旱地区环境可持续发展的重要内容, 退化生态系统在人类活动过程中, 往往导致半干旱向干旱和沙漠化方向发展, 而且区域土地利用类型发生较大变化后的平衡过

程需要较长时段才能显示出来^[1-2]。已有关于黄土高原地区植被与土壤水分相互作用的大量研究报道将直接促进该区的生态环境建设, 但是以往的研究主要集中在植物的生长季节。尽管该区的水热过程在生

长季节要比其它时段强烈的多,但是非植物生长季节的水热过程几乎被忽视了。人们在把试验规律从点到面,再到流域和区域扩展的同时也需要更加细致的观测和模拟结果。尽管没有植物生长的时期,土壤—大气系统的水热交换弱,但是其变化规律仍然需要进行研究。根据国家气象中心资料对中国的冻土空间分布进行分析,发现河北北部、山西、陕西和四川省西北部一线均出现过 1 m 以上的冻土层^[3]。由此推断,黄土高原地区冬季大部分土壤经历冻结融化过程并有一定的降雪。也有关于农田生态系统冬季水分变化方面的研究^[4],但是中国关于土壤冻融对水分循环与迁移的研究主要集中在高寒地区的多年冻土区域^[5-7],本文根据分布在黄土高原地区的气象站数据,主要就该区非植物生长季节水分状况与利用潜力进行分析,以期为该区生态环境建设中的水资源高效利用提供参考。

1 试验数据与方法

黄土高原地区 1951—2000 年 63 个气象站数据用来分析本地区冬季降水状况,冻土和积雪情况只选取其中 17 个典型站点进行分析,这些站点地理上基本均匀的分布在黄土高原地区。利用设在陕西省神木县的中国科学院水利部水土保持研究所神木侵蚀与环境试验站的野外气象站(38.79N, 110.36E,海拔 1 216 m)观测数据分析典型点的非生长季节水热特征。定位观测点的土壤质地为沙质黄土,生长长芒草,土壤温度和水分测定分不同的层次,水分测定用 ML2x 水分测定仪(Delta 公司,英国)连接在 CR10X

数据采集器(Campbell Scientific 公司,美国)上进行自动测量,土壤温度用热电偶方法测定。

2 结果与分析

2.1 黄土高原非植物生长季节与降水分配

近代气象学家为了客观、准确地划分处于不同纬度和不同地形各地的季节,发掘和利用中国的气象资源,提出了以温度为标准,并兼顾一些能反映季节来临的动、植物活动和生长规律来划分季节的方法。即是以候(5 d 为一候)平均气温低于 10 ℃ 的作为冬季,高于 22 ℃ 的作为夏季,介于 10~22 ℃ 的作为春季和秋季。以此为据,根据黄土高原 63 个气象站的统计结果,每年的 11,12 到次年的 1—3 月大部分站点的多年平均温度在 10 ℃ 以下,南部地区相对短一些,而北部地区相对长一些。因此,黄土高原天然和人工 1 年生植物的主要生长期在 4—10 月,根据纬度的不同,存在一定的差异。例如在陕北的榆林地区,天然植被在 4 月下旬开始萌发生长,到 10 月初进入枯萎,农作物的生长期更短。根据黄土高原 63 个气象站 1951—2000 年的统计结果显示,黄土高原地区多年平均降水 401 mm,蒸发 1 847 mm;每年的 1—3 月与 11,12 这 5 个月是一年中降水最少的时段,多年平均 33.2 mm,最大 82 mm,最小仅 5.6 mm,占全年降水的比例分别为 7.7%,13.8%与 2.5%。这段时间是黄土高原水分最不活跃的时期,地表植被覆盖率低,气温相对较低。这 5 个月的蒸发也较低,根据 20 cm 小型蒸发器的测定结果,多年平均蒸发 332.4 mm,占全年的 18.7%(表 1)。

表 1 黄土高原地区不同季节的降水分配

项目	冬季降水/mm	比例/%	旱季降水/mm	比例/%	冬季蒸发/mm	比例/%	旱季蒸发/mm	比例/%
最小值	5.6	2.5	19.9	12.9	231.0	13.7	470.4	31.2
最大值	82.6	13.8	182.0	32.1	452.6	24.5	876.7	42.8
平均	33.2	7.7	83.0	19.7	332.4	18.7	657.9	36.8
标准误差	2.4	0.3	5.5	0.6	6.5	0.3	12.5	0.4

注:1—4 与 10—12 月这 6 个月处于旱季,降水主要在 6—9 月。“比例”是指占全年总量的百分比。

2.2 黄土高原非植物生长季节水分的特征

非植物生长季节的水分特征主要通过降水和土壤水分表征,本研究根据多年观测气象资料,主要从积雪和冻土 2 个方面来反映研究区的非生长季节水分状况。

根据图 1 所示,黄土高原地区最大冻土深度随纬度增加有增加趋势,平均最大冻土深度 97.8 cm,最小值 27 cm,最大值 186 cm。北部的呼和浩特与大同,在 10 月到次年 4 月间出现冻土现象,最大深度可达

到 186 cm,最南端的西安与郑州市冻土主要在 11 月至次年 3 月的 5 个月间出现,最大深度不超过 40 cm。土壤冻结过程阻碍土壤水分蒸发,因此尽管冬季降水很少,春季土壤融化时的含水量却增加了^[8]。据那平山等^[9]的研究冻结滞水形成机制是在冬季的冻结作用下,包气带冻土层内产生氢键吸附能、饱和水汽压差和毛管薄膜等机制构成冻结势(热力学势)。它具有很强的吸附能凝聚水分,使包气带水和潜水从液态、气态向冻结层移富集,形成季节性固态地下水。

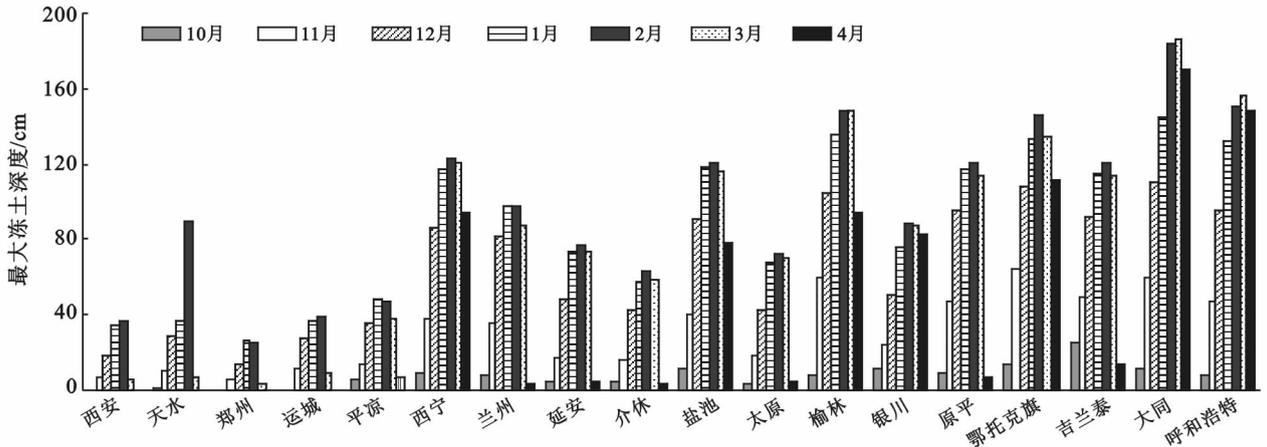


图 1 黄土高原各市区历年最大冻土深度

在过去 30 a 间,黄土高原地区 10 月到次年 5 月不同程度出现了积雪现象。空间分布上并没有显示明显的规律性,平均最大积雪深度 14.7 cm,最小值 9 cm,最大值 30 cm。最大深度出现在呼和浩特的 3 月份(图 2)。黄土高原冬季风速相对高,降雪往往发生局部的堆积或者被风吹离原地,坡面降雪很难就地融

化。冻融水在春季为植物发芽、生长提供了一次较好的水分来源,尤其对缺乏灌溉的天然植被的生长十分有利^[6]。那平山等认为在我国的西北地区,土壤冻结滞水的融水是树木等植物春季萌发繁衍、生长最可靠的甚至唯一水资源,故控制冻结滞水量是生态环境建设的关键措施^[10]。

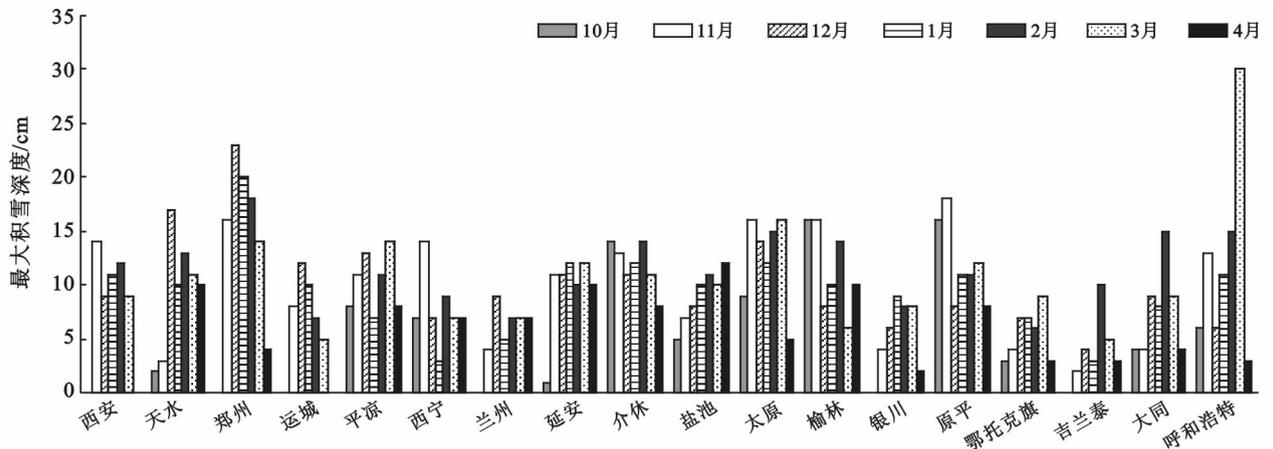


图 2 黄土高原各市区历年最大积雪深度

2.3 典型试验站点非植物生长季节水热特征

神木试验站 2004 与 2006 年 3 a 的试验结果显示(图 3),日平均土壤温度在 0 °C 以下的天数可以达到 94 和 93 d,表层日平均最低温度可以达到 -10.4 °C,可见在该区土壤处于冻结状态的天数可以达 3 月之久,而这两个冬季降水仅为 9.8 和 6.9 mm。

从 2 a 的观测资料来看,进入非生长季节,土壤水分的变化变缓和,但是在土壤完全冻结前,土壤水分、特别是浅层水分含量在没有降水的条件下有明显的降低。进入冻结过程,水分有显著的降低,这是因为传感器测定的是土壤中的未冻结的液态水分。在进入冻结期后,土壤未冻结水分含量相对稳定,从观

测数据看,期间的冻土深度已经超过仪器的最大测量深度 56 cm。其后随着季节变化,温度上升,土壤解冻,土壤中的未冻结水分含量有增加趋势,而且有明显的向上层聚积的现象,这和龚家栋等^[11]的结论一致。而表层含水率由于没有降水有明显的下降趋势(图 4)。约 3 个月的冻结期有利于土壤水分的保持,观测结果证实,在冻结期内土壤水分含量并没有明显降低,主要是进入冻结状态,土壤蒸发量少,保持在土壤中的水分将为来年植物的萌发和生长提供水源。按照黄土高原区域冻土分布推断,这种现象应该存在于整个地区,但其冻结深度和程度有较大的空间变异性。

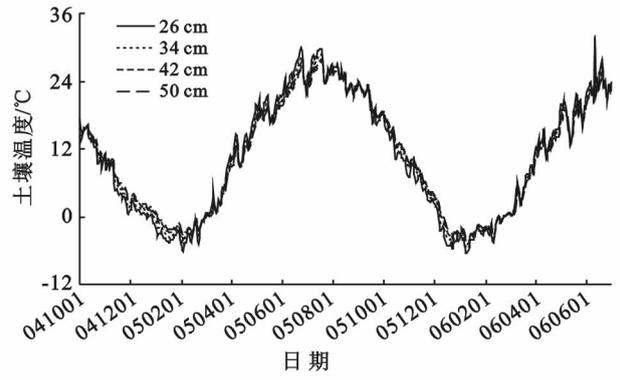
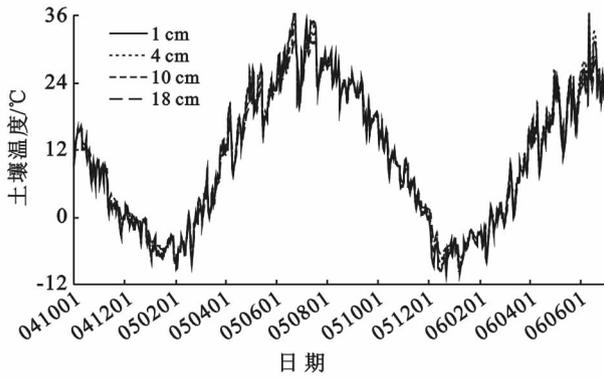


图 3 神木站土壤温度变化特征

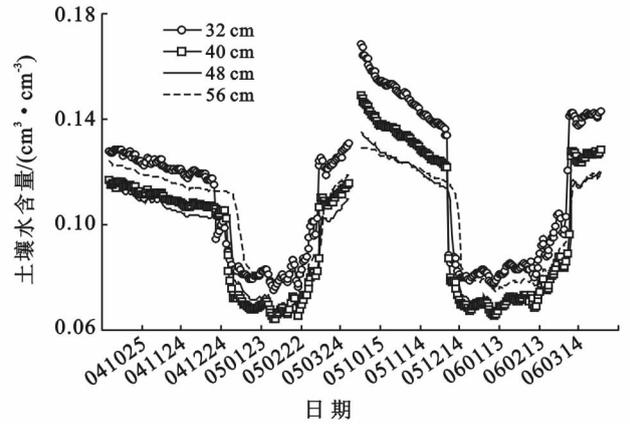
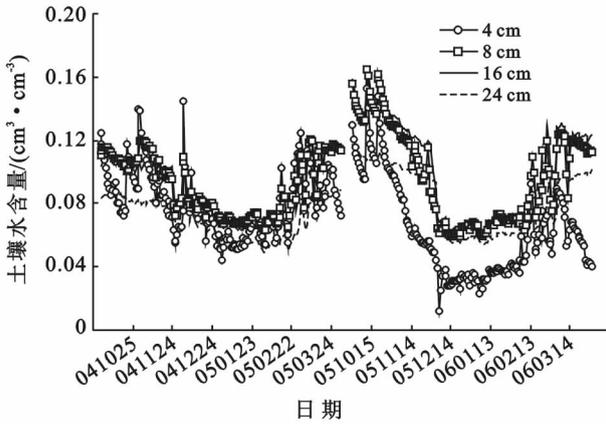


图 4 神木站非植物生长季节土壤水分变化

3 冬季水分循环及其生态功效

黄土高原地区冬季土壤冻融与降雪对土壤热容量、土壤水容量、地表反照率、水分蒸发与升华等产生影响,感热、潜热通量和动量交换随之改变,从而对来年植被生长产生影响。而地表植被覆盖度的改变,特别是植被建设造成的冬季地表覆盖的增加必然对土壤冻融与降雪融化等水热过程产生影响。植被冠层对太阳辐射(尤其是直射辐射)具有反射和遮挡作用,减小了到达林下地表的净辐射,阻滞了地表温度的变化,对冻土水热过程产生直接的影响^[12]。活动层开始冻结和消融时间随着植被盖度的减少不断提前,且冻结持续时间缩短;随着植被盖度减小,活动层地温水分变化速率增大植被起到抑制土壤地温水分变化速率的作用^[13],冻土埋深通过影响浅层土壤含水量影响植被生长的^[14]。地表盖度增加,下垫面的粗糙度增加,这不但可以阻碍降雪的运动,增加其融化入渗,作物残茬可以阻截地表雪的运动,可以通过适当的土壤管理措施提高冻结土壤的入渗率减少春季径流,同时增加土壤储水^[15]。而且植物残茬可以阻碍土壤冻融作用因此有利于土壤结构体的形成^[16],削弱冻融作用对土壤团粒稳定性的破坏。但是,植被覆

盖度的增加,植物根系吸水也随之增加,土壤含水量的降低,可能导致土壤冻融过程退化^[17]。根据黄土丘陵区不同坡向的土壤储水量测定结果,北坡与西坡的储水量明显高于南坡与东坡,主要是降水再分配与能量的多寡造成^[18],我们也经常观测到冬季降雪往往在北坡与西坡存在的时间长于南坡与东坡的现象。因此不同坡向水热循环差异不但在植物生长季节存在差异,在非生长季节也存在差异,而这种差异对生态系统水循环的影响作用和程度均需要进一步的深入研究。有研究表明,随着气候变暖,出现冻土深度变浅及冻结时间变短等退化现象,土壤含水量可能减少,导致植被物种更替退化,同时包气带热容量减少,温差增大,植被生长的适宜温度层也发生了变化^[14]。

4 研究展望

在建立生态系统 SVAT 模拟模型时,需要长时段的监测资料,同时也要求完整的资料序列,随着相关研究的深入,建立或改进模型对非生长时期的水热过程的描述也要求获得这一时期的资料。模拟干旱缺水条件下,高效利用水资源一直是植被建设与提高生产力的有效途径,而黄土区非植物生长季节水热循环及其在本区土壤—植被—大气水分传输过程所起

的作用并未引起足够重视。降雪与冻结滞水的有效利用与调控以及植被覆盖变化所导致的非生长季节水热变化、黄土区冬季土壤—大气水分能量传输过程模拟与模型是值得研究的问题。

[参 考 文 献]

- [1] 于贵瑞,谢高地,王秋风,等. 西部地区植被恢复重建中几个问题的思考[J]. 自然资源学报, 2002, 17(2): 216-220.
- [2] 山仑. 怎样实现退耕还林还草[J]. 林业科学, 2000, 36(5): 2-4.
- [3] 刘小宁,李庆祥. 我国最大冻土深度变化及初步解释[J]. 应用气象学报, 2003, 14(3): 299-308.
- [4] 尚松浩,雷志栋,杨诗秀. 冬季田间水热状况的数值模拟[J]. 灌溉排水, 1997, 16(3): 13-17.
- [5] 李述训,南卓铜,赵林. 冻融作用对地气系统能量交换的影响分析[J]. 冰川冻土, 2002, 24(5): 506-511.
- [6] 郭占荣,荆恩春,聂振龙,等. 冻结期和冻融期土壤水分运移特征分析[J]. 水科学进展, 2002, 13(2): 298-302.
- [7] 李英年. 高寒草甸地区冷季水分资源及对牧草产量的可能影响[J]. 草地学报, 2001, 10(3): 15-20.
- [8] Yang, Meixue, Yao Tandong, Gou Xiaohua, et al. The soil moisture distribution, thawing-freezing processes and their effects on the seasonal transition on the Qinghai-Xizang(Tibetan) Plateau[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2003, 21(5): 457-465.
- [9] 那平山,徐树林. 冻结滞水形成机制的探讨[J]. 冰川冻土, 1996, 18(3): 273-278.
- [10] 那平山,张明如,徐树林. 中国三北地区冻结滞水资源对生态环境建设的效应研究[J]. 中国生态农业学报, 2001, 9(3): 22-24.
- [11] 龚家栋,祁旭升,谢奎奎,等. 季节性冻融对土壤水分的作用及其在农业生产中的意义[J]. 冰川冻土, 1997, 19(4): 328-333.
- [12] 常晓丽,金会军,王永平,等. 植被对多年冻土的影响研究进展[J]. 生态学报, 2012, 32(24): 7981-7990.
- [13] 刘光生,王根绪,胡宏昌,等. 青藏高原多年冻土区植被盖度变化对活动层水热过程的影响[J]. 冰川冻土, 2009, 31(1): 89-95.
- [14] 梁四海,万力,李志明,等. 黄河源区冻土对植被的影响[J]. 冰川冻土, 2007, 29(1): 45-52.
- [15] Pikul J L, Ase J K. Fall contour ripping increases water infiltration into frozen soil[J]. Soil Science Society of America Journal, 1998, 62(4): 1017-1025.
- [16] Oztas T, Fayetorbay F. Effect of freezing and thawing processes on soil aggregate stability[J]. Catena, 2003, 52(1): 1-8.
- [17] 常晓丽,金会军,于少鹏,等. 大兴安岭林区不同植被对冻土地温的影响[J]. 生态学报, 2011, 31(18): 5138-5147.
- [18] 杨文治,邵明安. 黄土高原土壤水分研究[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [9] 王家柱,任光明,余天斌,等. 四川芦山震区大叶龙沟泥石流发育特征及危险度评价[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2015, 26(4): 1-5.
- [10] Saaty T L. The Analytic Hierarchy Process[M]. McGraw: Hill Company, 1980: 2271.
- [11] 王庆满,王家鼎,谷天峰,等. GIS和层次分析法在地质灾害小区划中的应用[J]. 长江大学学报: 自然科学版, 2011, 8(11): 28-29.
- [12] 祁元,刘勇,杨正华,等. 基于GIS的兰州滑坡与泥石流灾害危险性分析[J]. 冰川冻土, 2012, 34(1): 96-104.
- [13] 陈国玉. 喜马拉雅山中部地区泥石流危险性评价研究[D]. 吉林 长春: 吉林大学, 2010.
- [14] 王霖琳. GIS支持下的泰山地区泥石流危险性评价研究[D]. 山东 济南: 山东农业大学, 2004.
- [15] 朱红春. 数字高程模型(DEM)空间数据挖掘研究[D]. 陕西 西安: 西北大学, 2003.
- [16] 王琼,杨武年,南聪强,何祯明. 基于RS和GIS的水土流失评价: 以四川省若尔盖县为例[J]. 中国水土保持, 2011(9): 33-36.
- [17] 韩金华. 基于GIS的白龙江流域泥石流危险性评价研究[D]. 甘肃 兰州: 兰州大学, 2010.

(上接第 283 页)