

开发建设项目水土流失成因和特点分析

宋晓强^{1,2}, 张长印³, 刘洁^{1,4}

(1. 西北农林科技大学 经济管理学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 陕西省水土保持局, 陕西 西安 710004;
3. 水利部 水土保持监测中心, 北京 100053; 4. 中国科学院 西安分院, 陕西 西安 710054)

摘要: 近年来随着我国工业化、城市化进程的加快, 开发建设项目造成的水土流失问题相当突出, 已经引起全社会的广泛关注。开发建设项目水土流失与自然因素造成的水土流失有内在的联系, 但又有其特殊性。在总结分析我国开发建设项目水土流失现状和趋势的基础上, 揭示了开发建设项目水土流失的 9 大特点, 剖析了其形成的 8 大原因, 为对今后进一步有针对性地预防和治理提供了理论依据。

关键词: 人类活动; 开发建设项目; 水土流失

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2007)05-0108-06

中图分类号: S157

Formation of Soil and Water Loss and Its Characteristics in Development and Construction Projects

SONG Xiao-qiang^{1,2}, ZHANG Chang-yin³, LIU Jie^{1,4}

(1. College of Economics and Management, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Shaanxi Bureau of Soil and Water Conservation, Xi'an, Shaanxi 710004, China; 3. Monitoring Center of Soil and Water Conservation, Ministry of Water Resources, Beijing 102300, China; 4. Xi'an Branch of the Chinese Academy of Sciences, Xi'an, Shaanxi 710061, China)

Abstract: As the industrialization and urbanization of China are accelerated in recent years, soil and water loss resulted from development and construction projects has become a severe problem and aroused common concern of the whole society. The projects not only have some inherent connections with soil and water loss, but also possess their own particularities. This paper summarizes and analyzes the situation and trend of soil and water loss resulted from the projects, reveals their nine characteristics, analyzes their formation, and provides the theory and basis for us to further take precautions against the loss.

Keywords: human activity; development and construction project; soil and water conservation

开发建设项目水土流失,是人类在从事各类资源开发和生产建设活动中,因扰动地表或地下岩土层、排放废弃固体物、构筑各种人工地形造成的水土资源的破坏和损失,是人为水土流失的一种主要形式。近年来随着我国工业化、城市化步伐的加快,开发建设项目造成的水土流失问题相当突出,已经引起全社会的广泛关注。

预防和治理开发建设项目造成的水土流失,必须建立在对开发建设项目水土流失规律深刻认识的基础上,否则只能是事倍功半。开发建设项目水土流失不同于自然因素下的水土流失,有其自身的特殊性,它的形成原因也有别于自然条件下的水土流失。笔

者想就开发建设项目水土流失的特点和成因做一些探讨研究,以期对开发建设项目水土保持提供一些理论上的支持。

1 开发建设项目水土流失概念的诠释

开发建设活动是人类社会特有的一种现象,是人类改造自然、征服自然的主要形式。所谓开发是指通过勘探开采各类自然资源,加工生产为人类所能利用的各种产品;所谓建设是指在地球表面建造各种生产、生活设施。开发建设活动是一种物质生产活动。严格讲人类社会一切物质生产活动都可以归结为开发建设活动。

收稿日期:2007-04-20

修回日期:2007-06-28

基金项目:水利部 中国科学院 中国工程院项目“中国水土流失生态安全综合考察”(2005SBKK00)

作者简介:宋晓强(1966—),男(汉族),陕西省武功县人,在读硕士生,主要从事水土保持补偿机制方面的研究。E-mail:song_xq@sina.com。

通讯作者:张长印(1960—),男(汉族),陕西省周至县人,高级工程师,从事水土流失防治技术方面的研究。E-mail:zhangchyin@sina.com。

开发建设活动自从人类在地球上诞生以后就出现了。人类为了自身生存生活的需要,不断地认识自然、改造自然,从事各种资源开发和生产建设活动。人类的不合理活动极大地扰动了地球自然生态系统,加剧了水土流失,使地球上许多地方土壤侵蚀的速率大大超过土壤形成的速率。尤其是人类进入了工业文明以后,随着科学技术的迅速发展,人类支配自然、征服自然的能力越来越大,社会生产力大幅度提高。开发建设活动的范围和内容已经从农林开发拓展到采掘业、制造业、建筑业等各个行业。人们在发展基础设施(如修筑公路、铁路、水工程)、开采矿产资源、兴办各类企业的过程中,大面积扰动地面,破坏植被和表层土壤,随意倾倒弃土弃渣,造成了严重水土流失,加剧了水旱风沙灾害,引发了全球性生态危机。

开发建设项目水土流失是以人类生产活动作为外营力而产生的一种特殊的水土流失类型,它既有常规水土流失的共性,也有其自身的特殊性。(1)开发建设项目水土流失的动力是人力。它产生的区域是特定的(包括项目区和其影响范围)。(2)开发建设项目水土流失的对象不仅包含自然土,也包含各种人工土。(3)开发建设项目水土流失的形成过程涵盖渐进式和突发性两种。(4)开发建设项目水土流失对水土资源的破坏范围更广,影响程度更深,影响力更大。其中,水资源的损失和破坏,不仅包括地表水的流失,也包括深层地下水的破坏;土壤资源的损失和破坏则包括表层土壤,深层土壤甚至基岩。(5)开

发建设项目水土流失的形式往往表现为岩石、土壤、固体废弃物的混合流失。总之,开发建设项目水土流失就是开发建设项目通过对项目区地表和地下组成物质的干扰,而导致的特定区域水土资源数量的减少和质量的下降。

2 我国开发建设项目水土流失的现状和发展趋势

2.1 我国开发建设项目水土流失的现状

我国工业化起步比较晚,水平也不高,加之城市化进程缓慢,因此,开发建设项目引起的水土流失问题,一直不为人们所注意。直到20世纪80年代末期,随着神府煤田的大规模开发,开发建设项目水土流失才引起人们的关注。但是,由于我国水土保持和生态环境方面法律制度的缺陷,加上人们对经济高速增长的迫切要求,在开发建设活动中普遍存在以牺牲生态环境为代价牟取短期经济利益的现象,致使我国开发建设活动造成的水土流失问题十分严重。特别是随着中国经济的高速发展,工业化和城市化进程的加快,人为造成的新的水土流失呈显著上升的趋势。

据中科院水利部科考资料,“十五”期间我国共有开发建设项目76 810个,占地总面积 5.53×10^6 hm^2 。其中平原区占地 1.18×10^6 hm^2 ,占总面积的21.4%;山区占地 1.8×10^6 hm^2 ,占总面积的32.6%;丘陵区占地 2.18×10^6 hm^2 ,占39.5%;风沙区占地 3.60×10^5 hm^2 ,占6.5%(表1)。

表1 “十五”期间我国各类开发建设项目占地类型及面积

项目类型	各地貌类型占地面积/ hm^2				总占地面积/ hm^2
	平原区	山区	丘陵区	风沙区	
路工程	324 061.2	372 180.7	380 824.3	118 676.4	1 195 742.6
铁路工程	14 663.8	22 694.1	27 274.9	8 811.0	73 443.8
管线工程	30 218.1	19 321.2	24 293.7	31 721.9	105 554.9
渠道和堤防工程	69 828.0	15 133.3	52 181.8	17 432.5	154 575.6
输变电工程	13 745.3	11 583.5	17 968.3	968.1	44 265.2
火电核电工程	13 871.9	5 736.6	18 076.9	1 708.7	39 394.1
井采矿工程	36 489.0	115 871.7	76 977.5	16 582.6	245 920.8
露天矿工程	12 305.5	103 560.4	80 112.1	6 218.2	202 196.2
水利水电工程	41 566.0	120 153.7	120 838.3	10 044.1	292 602.1
城镇建设工程	310 552.8	293 021.1	423 037.3	54 595.8	1 081 207.0
农林开发工程	293 576.5	718 699.5	946 049.3	90 133	2 048 458.3
冶金化工工程	20 087.6	6 688.7	14 148.3	4 137.9	45 062.5
合计	1 180 965.7	1 804 644.5	2 181 782.7	361 030.2	5 528 423.1

据统计,在高速公路、铁路、电力、煤矿、输变电和输气管道等项目工程中,单位工程量造成的水土流失量最高的是煤矿,年生产 1.00×10^6 t 煤要增加 7 450 t 的水土流失量;铁路第二,平均建设 1 km 铁路要增加 5 173 t 的水土流失量;公路第三,平均建设 1 km 公路要增加 1 535 t 的水土流失量;然后是输气管道,平均建设 1 km 要增加 355 t 的水土流失量;输变电和电力工程比较小,平均建设 1 km 要增加 43 t 的水土流失量。此外,煤矿项目年生产 1.00×10^6 t 煤要破坏 27 hm^2 的水土保持设施,每建设 1 km 的高速公路要破坏 4 hm^2 的水土保持设施,每建设 1 km 的铁路要破坏 1.5 hm^2 的水土保持设施,输变电、电力和输气管道破坏的水土保持设施则相对较小。另据陕西省调查,全省目前仅油气煤资源开发造成的水土流失面积达 46 093 hm^2 ,并且继续以每年 20% 左右的速度递增。陕西省是全国油气煤资源大省,也是水土流失最严重的省份之一,生态环境非常脆弱,能源开发在带动经济发展的同时,在工程建设和生产过程中,大面积开挖地表及地下资源,人为扰动地貌及植被,损坏水土保持设施,大量弃土弃渣随意倾倒,造成严重的人为水土流失。

截至 2005 年,陕北油气田开发累计占地面积 17 468 hm^2 ,其中损坏地貌及植被面积达 15 125

hm^2 ,排放弃土弃渣 1.02×10^8 m^3 ,年新增水土流失量达 1.78×10^7 t。全省煤炭开采占地面积达 38 709 hm^2 ,造成的水土流失面积达 30 968 hm^2 ,其中塌陷区造成的水土流失最为严重,并且年增速超过 30 km^2 。铜川市煤炭开采形成约 180 km^2 的采空区和超过 270 km^2 的塌陷区,遗留大小矸石山 150 余处,堆放矸石超过 4.50×10^7 t。

2.2 我国开发建设项目水土流失变化趋势

分析我国“十一五”规划的经济部署,比较我国“十五”期间的经济发展状况(表 2),可以预测开发建设项目水土流失变化趋势。“十一五”期间各行业建设项目相对于“十五”规模增长情况见表 3。从表 3 可以看出,全国油气输送工程“十一五”期间增长幅度最大,高达 376.2%,主要原因是我国油气输送工程起步较晚,“十五”期间油气输送管道仅建设 4.2×10^4 km,随着国际能源材料开发速度的加快和我国能源需求的增加,我国“十一五”期间将加紧建设油气输送管道,形成遍布全国的管线网络。核电工程增长幅度位居第二,增长速度为 74.9%。第三是水电工程,增长速度为 54.6%;第四是电力工程,增长速度为 47.5%。然后依次为铁路、输变电和公路工程。开发建设项目水土流失变化趋势与开发建设项目规模增长趋势呈正相关关系^[7]。

表 2 “十五”期间各类大型开发建设项目数量

年份	公路	铁路	管线	渠道 堤防	输变电	电力	井采矿	露天矿	水利 水电	城镇 建设	农林 开发	冶金 化工	合计
2001	1 576	36	694	919	559	137	883	1 178	1 004	3 262	397	238	10 681
2002	1 962	65	676	972	629	120	870	1 235	1 534	5 349	590	296	14 298
2003	3 337	71	716	1 027	684	244	1 005	1 754	2 369	5 567	598	380	17 752
2004	3 710	91	751	1 080	668	257	1 292	2 052	2 242	5 332	466	415	18 356
2005	2 646	128	684	884	575	248	1 080	1 599	1 948	5 217	389	325	15 723
小计	13 229	391	3 321	4 882	3 115	1 006	5 130	7 819	9 097	24 727	2 440	1 645	76 810

表 3 开发建设项目“十一五”较“十五”增长率变化 %

序号	工程类型	增长率	序号	工程类型	增长率
1	采矿工程	14.3	6	油气输送工程	376.2
2	公路工程	19.8	7	输变电工程	22.5
3	高速公路	-2.8	8	火电工程	27.5
4	铁路工程	22.7	9	水电工程	54.6
5	电力工程	47.5	10	核电工程	74.9

3 开发建设项目水土流失的成因分析

开发建设项目造成水土流失有两个方面原因:一是开发建设活动通过开挖、占压土地(如对表土的剥离、搬运,在土地上修筑永久性建筑物等)直接造成土壤的移位和土壤功能的丧失。二是开发建设活动通过改变自然因素(气候、地质、地形地貌、土壤和植被等)加剧水土流失。

3.1 直接造成土壤的移位和流失

开发建设活动常常要将富含有机质的大量表土

层甚至整个土壤层,从基岩上剥离出来,从甲地搬运到乙地。这种人为的搬运过程,造成了原始地表土壤的移位和土地生产力的下降,属水土流失的范畴。几乎所有的开发建设活动都不同程度地存在这种情况,其中以矿产资源的露天开采最为严重。矿产资源的开采有两种方式:一是硃采,二是露采。对于埋藏浅的矿产一般采取露天开采的方式。露天开采必须首先剥离矿体上覆的表土甚至岩石,暴露出矿体,然后再实施矿石的开采。因而,矿体上所覆岩石与表土的剥离与排弃是露天开采必不可少的生产环节。为了保证开采的安全性和持续性,通常表层土壤和岩石的剥离量要超出矿石采掘量的几倍。大量的表土剥离下来后要搬运到其它地方(弃渣场)堆放,致使原地表的土壤损失殆尽。由于露天开采的剥离表土量比硃采大,所以虽然我国可露天开采的煤炭储量仅占7.5%,但其对表土的剥离所造成土壤损失数量惊人,如我国最大的露天矿区内蒙古霍林河煤矿^[4]。

3.2 占压、污染等造成土壤功能的丧失

土壤的流失不仅包括土壤的移位,也包括土壤功能的丧失。后者,虽然土壤没有发生位移,但由于功能的丧失,同样无法为人类利用,失去了自身的价值,也是土壤资源的一种损失。开发建设活动大量征用土地,在地表上构建各种建筑物,堆放废弃物和建筑材料,占用、压埋表土层,使原地表的土壤失去了利用价值(耕种)。如公路、铁路路基、工矿企业的生产生活设施、城市建筑等。另外采矿业废水、废气等污染土壤,也可造成土壤功能的丧失,出现土壤虽然未“流”,但已经“失”了的情况。

3.3 损毁水土保持设施,削弱区域水土保持能力

开发建设项目在生产建设过程中,不可避免地要永久性或临时性征占土地,损坏大量水土保持设施(如梯田、坝地、水保林、草等),并且毁坏具有水土保持和滞留水土功能的农田、湿地、水域等,削弱了项目区及其周边地带的水土保持功能,产生了严重的水土流失。

3.4 破坏地表土壤和植被,使地表抗侵蚀能力下降

地表覆盖物可以显著地减少侵蚀,保护土壤免受雨滴的直接冲击。雨滴的能量通过植被冠层缓冲后到达土壤表面时大大降低,使雨滴的溅蚀作用减弱。同时覆盖还会减缓径流速度,减少沟间侵蚀。另外,植被通过对土壤水分的利用可以降低土壤含水量,从而增加土壤入渗,并减少径流量和径流速率,降低沟间侵蚀作用。开发建设活动清除、砍伐地表覆盖物(包括植被和地表枯枝落叶层),降低林草覆盖度,造成大量的土地裸露,为水土流失创造了条件。土壤失

去植被保护,将直接遭受雨水的击溅、剥蚀、冲刷,极易产生水力侵蚀。同时植被覆盖度的下降,意味着区域防风固沙能力的下降,容易诱发严重的风力侵蚀。实践证明,裸地的起沙风速远远低于疏林地。另一方面,开发建设活动还常常破坏地表土壤结构,改变土壤成分,影响土壤的透水性、抗蚀性、抗冲性、抗剪性等,使土壤的入渗、拦截、蓄积雨水的的能力下降,从而造成严重的水土流失。在开发建设过程中,特别是施工期开挖、填筑和堆放弃土弃渣,形成大量的松散堆积物,其表面在流水和风力的作用下,必然产生严重的水土流失。

3.5 改变项目区原有的地貌地形和地面组成物质

地形地貌情况(地面起伏状况、地面破碎程度、地面组成物质、坡度、坡长、坡型、坡向等)是影响水土流失的重要因素。坡度和坡长对水土流失的产生起到了举足轻重的作用。虽然在水平面同样可以发生侵蚀,但坡地条件下侵蚀量显著增加,而且在一定范围内,地面的坡度愈大,径流速度愈大,水流冲刷能力愈强,水土流失就愈严重。开发建设项目因为人为的扰动,短期内改变了项目区中小尺度的地形地貌,形成许多人工地形和地貌。而地形地貌因素的变化,改变了区域水土流失的运行规律,既有可能加剧水土流失,也有可能减少水土流失。首先是场地高程的变化,其次是坡度、坡长等地形要素的变化。开发建设活动对地形的再塑往往使地面的坡度出现极化现象,如在场地平整时,为了使大部分地面坡度变缓,会增加边缘或局部地带的坡度。另外,随着开发建设活动的扰动再塑,坡面的形状、长度、坡向等都会发生剧烈变化,从而加剧水土流失的形成。第三是改变地面组成物质。开发建设活动在再塑地形地貌的同时,使地表的组成物质发生极大变化。有些地表因为表土剥离,岩石外露;有些地表因为倾倒弃渣,而被岩土混合物所覆盖;有些地面因为硬化,被混凝土所代替。再塑地貌、地面物质复杂,种类繁多,各组分的物理化学性质存在明显差异,造成的水土流失强度也不同。

3.6 破坏水资源循环系统,造成水资源大量损失

水既是人类赖以生存的珍贵资源,同时也是水土流失的主要动力。因此防止水的流失既是水土保持的一个重要目标,也是控制土壤侵蚀的主要手段。开发建设活动扰动、破坏、重塑了地形地貌和地质结构,特别是大量开发建设工程给排水设施的建设,改变了原有水系的自然条件和水文特征,减少了地下径流的补给,地表径流量增大,汇流速度加快,使珍贵的降水资源常常以洪水的形式宣泄,造成大量地表水的无效损失。同时开发建设活动通过对地面及地下的扰动,

破坏隔水层和地下储水结构,造成大量地表水的渗漏损失和地下水位的下降。水的大量流失一方面加剧了土壤侵蚀,另一方面又导致地表严重干旱,植物干枯死亡,加剧了土地沙化和荒漠化。如陕北神府煤田许多煤矿由于采空塌陷对地下水造成了严重影响,使地下水位下降,表层土壤干燥,地表植被退化,水土流失加重^[5]。

3.7 开发建设活动诱发重力侵蚀

开发建设项目由于开挖、堆垫、采掘等活动,形成大量的人工坡面、悬空面和采空区等,破坏了岩土层原有的平衡状态,引发泻溜、崩塌、滑坡等重力侵蚀,在水力等因素的共同作用下,造成严重的水土流失。最常见的形式是:(1)边坡滑塌。在修筑道路和水工程过程开挖和堆垫的人工边坡、在采矿过程中形成的采场边坡等失去支撑后,产生泻溜和滑塌。(2)固体废弃物的堆置引起滑坡。(3)采空塌陷。地下矿藏大面积采空后,矿层上部顶板失去支护后,造成地表大面积塌陷,破坏土地资源,加剧水土流失^[2]。

3.8 开发建设活动加剧水土流失

开发建设活动产生的大量弃土弃渣,不可避免地加剧了水土流失。首先,开发建设活动剥离、搬运、堆弃的废弃岩石土壤,为水土流失提供了大量的松散堆积物。其次,这些堆积物往往随意倾倒堆积在山坡、沟渠和河道,改变了水势,影响了行洪能力,在强降雨下容易诱发泥石流和洪水灾害,造成严重的水土流失。再次,一些细颗粒的松散堆积物(如粉煤灰),由于缺少植被覆盖,极易产生风力侵蚀。开发建设项目在施工期排放的大量弃土弃渣和尾矿均较松散,稳定性差,在一定时间内无植被覆盖,既可发生水蚀,也可有风蚀发生。若遇暴雨或长期连续降水时,发生不均匀沉降,则进一步加剧水土流失^[1]。

4 开发建设项目水土流失特点

开发建设项目产生的水土流失既不同于自然条件下的水土流失,也不同于农业生产造成的水土流失。开发建设项目水土流失是人为水土流失的一种,既有自然水土流失的普遍特性,也有其自身的特点。

4.1 与人类的不合理活动有关

开发建设项目水土流失是人为水土流失的一种,必然与人类的活动有关。但这并不等于说,凡是有人类活动的地方就有人为水土流失,凡人类活动必然造成水土流失。只有人类的不合理活动才有可能造成水土流失。开发建设项目水土流失是由于人们在施工生产中不注意保护和合理利用水土资源引起的,与人类的不合理活动,特别是对自然资源的掠夺式开发

有着密切的关系。开发建设项目水土流失的强度、范围与人类活动的强度、范围密切相关。它的分布范围与开发建设项目的分布范围相一致,它总是在开发建设活动的密集地带发生,并且随着扰动程度的加强而加剧,随着扰动程度的减弱而减轻。

4.2 具有地域不完整性

开发建设项目生产建设需要占用的区域一般都不是完整的一条小流域或一面坡,水土流失常以“点”、“线”、“面”单一或综合的形式出现。以“点”为主的开发建设项目,造成的水土流失的特点是影响区域范围相对较小,但破坏强度大,水土流失防治和植被恢复难度大;以“线”为主的开发建设项目造成的水土流失的特点是类型多,流失严重;规模大、综合性强的项目,以“面”的形式表现出来,所造成的水土流失在结构上以“点”、“线”“面”组合或交织而成。

4.3 新增水土流失具有不均衡性和突发性,往往在短期内造成水土流失的剧增

开发建设项目水土流失不像自然水土流失那样总是保持时间上的渐变性和空间上的均衡性,而是集中在某一时段(如施工期)和某一特定区域爆发,在短期内造成局部地区水土流失总量和强度的剧增。具体说就是建设类项目造成的水土流失主要集中在施工期,建设生产类项目集中在施工期和生产运行期。

4.4 影响水土流失的因素复杂

影响开发建设项目水土流失的因素十分复杂,既有自然因素的影响,也有人为因素的影响,常常是多种因素复合在一起,加剧了水土流失。因此建设项目水土流失的类型复杂多变,流失的物质不单纯是土壤。水土流失形式和发生发展规律不同于自然水土流失,其防治的技术和措施也有别于自然水土流失。特别是大量人工构造物和新材料的使用,改变了水土流失的条件。

4.5 造成水土流失的形式各不相同,且具有潜在性

地面生产项目通过对地形地貌、地表植被的破坏,加剧原生水土流失;地下生产项目除扰动地面外,更严重的是地层挖掘、地下水疏干等活动间接地使地表河流干枯、地下水位下降、地面植被退化、地面塌陷,形成重力侵蚀,从而加剧了水土流失。

4.6 造成的新增水土流失的类型、强度、流失量不同

不同的地质土壤条件、地形地貌、气候特征区,造成的新增水土流失的类型、强度、流失量是不同的。从统计结果来看,“十五”期间我国开发建设项目占地面积最大的地貌类型是丘陵区,有 $5.32 \times 10^6 \text{ hm}^2$,其次是山区,有 $4.92 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 。

4.7 水土流失与环境污染相伴而生

在矿产资源开发和生产建设过程中排放的废气固体物不是一般意义上的土体,其成分相当复杂,包括岩石、土壤、矸石、尾矿、尾渣、垃圾等等,这些物质常常含有有毒有害成分,一旦流失会造成下游水体的污染,危及人民健康生命和生民财产安全。

4.8 水土流失危害大

人类对土地的利用,特别是对水土资源不合理的开发和经营,使土壤的覆盖物遭到破坏,裸露的土壤受水力冲蚀,流失量大于母质层发育成土壤的量。水土流失造成土壤肥力降低,水、旱灾害频繁发生,河道淤塞,河流资源难以开发利用,地下水位下降,农田、道路和建筑物被破坏,并引起环境质量变劣,生态平衡遭破坏。

4.9 水土流失的程度同特定的文化相联系

从事开发建设活动的单位和个人的文化差异、价值取向、生态意识、管理水平等影响人们对水土资源的利用方式,进而对水土流失产生影响。因此对开发

建设项目水土流失的控制,不能单纯从技术入手,要采取多种手段,特别是要着力提高从业人员的生态观念,这样才能从根本上解决问题^[6]。

[参 考 文 献]

- [1] 李文银,王治国,蔡继清.工矿区水土保持[M].北京:科学出版社,1996.15—113.
- [2] 岳境,姜国虎,张元彩.矿山开采引发的地质灾害及其治理方案初探[A].资源环境与工程,2006,20(5):536—538.
- [3] 王维明,林敬兰,陈明华.福建省工程侵蚀现状及防治对策[J].中国水土保持科学,2004,2(3):53—57.
- [4] 付梅臣,陈秋计.矿区生态复垦中表土剥离及其工艺[J].金属矿山,2004,338(3):63—65.
- [5] 朱太芳.开发建设项目水土保持方案编制要考虑水流失[J].中国水土保持,2006(6):8—10.
- [6] 杨庭硕,吕永峰.人类的根基——生态人类学视野下的水土资源[M].昆明:云南大学出版社,2004.50—150.
- [7] 孙厚才,赵永军.我国开发建设项目水土保持现状和趋势[J].中国水土保持,2007(1):50—52.
- [7] 钱锦霞,张建新,王果静,等.基于 City star 地理信息系统的农业气候资源格点推算[J].中国农业气象,2003,24(1):47—50.
- [8] 李新,程国栋,卢玲.空间内插方法比较[J].地球科学进展,2000,15(3):260—264.
- [9] 廖顺宝,李泽辉.基于 GIS 的定位观测数据空间化[J].地理科学进展,2003,22(1):87—93.
- [10] 孙和平,罗少聪.中国及其邻区地表气象数据预处理和网格化数值结果分析[J].地壳形变与地震,1998,18(3):52—56.
- [11] 刘健,陈星.中国近 500 年来的气候模拟与重建资料对比[J].地球科学进展,2006,21(4):75—82.
- [12] 黄妙芬,刘绍民,刘素红.地表温度和地表辐射温度差值分析[J].地球科学进展,2005,20(10):33—40.
- [13] 李正泉,于贵瑞,刘新安,等.东北地区降水与湿度气候资料地栅格化技术[J].资源科学,2003,25(1):72—77.
- [14] 周锁铨,薛根元,周丽峰,等.基于 GIS 降水空间分析的逐步插值方法[J].气象学报,2006,64(1):100—111.
- [15] 李本纲,陶澍,林健枝,等.地理信息系统与主成分分析在多年气象观测数据处理中的应用[J].地球科学进展,2000,15(5):510—515.

(上接第 45 页)

(4) 本文水分资源小网格推算结果虽然取得了比较理想的效果,使用的范围和使用效果达到了预期目的,内蒙古兴安盟和黑龙江省北部地区也可使用本文的小网格推算方程,但进入推算模型的因子单一,下垫面因子应用较少,有待进一步深入研究。

[参 考 文 献]

- [1] 萨鲍日妮科娃, C. A. 小气候与地方小气候. 江广恒译 [M]. 北京:科学出版社,1963.45—83.
- [2] 小泽行雄,吉野正敏著,(郭殿福等译).小气候调查方法 [M]. 南宁:广西人民出版社,1982.47—56.
- [3] 正务章.崎阜县地方しおしうる日最高气温/日最地气温の地理分布の推定方法[J].研究时报,1976,26(8):371—337.
- [4] 傅抱璞.山地气候要素空间分布的模拟[J].气象学报,1988,46(3):18—22.
- [5] 傅抱璞.地形和海拔高度对降水的影响[J].地理学报,1992,47(4):302—314.
- [6] 欧阳宗继,赵新平,张连强.山区局地气候的小网格研究方法[J].农业工程学报,1996,12(3):144—148.