

贡嘎山旅游景区泥石流灾害及减灾对策

何德伟^{1,2}, 马东涛¹, 黄海^{1,2}, 徐小飞³

(1. 中国科学院 水利部 成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041;

2. 中国科学院 研究生院, 北京 100392; 3. 广东省水利水电科学研究院, 广东 广州 510610)

摘要: 贡嘎山以高原、峡谷、雪山、冰川、温泉、湖泊、森林等自然景观和藏彝少数民族风情成为旅游者的旅游天堂。长期以来,受特殊的地理位置、地形地貌、地质构造、气象水文条件等影响,景区泥石流类型多样,分布广泛,活动频繁,对旅游景观资源、基础设施、游客安全、周边环境造成严重危害。提出了开展泥石流灾害详查和危险评估,灾害危险性分析和分区,制定景区防灾规划,建立泥石流灾害预测预报和预警系统,设置灾害点标识警示和系统开展泥石流灾害治理和生态保护等减灾对策。

关键词: 贡嘎山; 旅游景区; 泥石流; 灾害; 减灾对策

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2008)01—0140—05

中图分类号: S157.2, P642.33

Debris Flow Hazards and Mitigation Countermeasures of the Scenic Spot in Mt. Gongga

HE De-wei^{1,2}, MA Dong-tao¹, Huang Hai^{1,2}, XU Xiao-fei³

(1. Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources,

Chengdu, Sichuan 610041, China; 2. Graduated School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039,

China; 3. Guangdong Research Institute of Water Conservancy and Electricity, Guangzhou, Guangdong 510610, China)

Abstract: Mt. Gongga is called tourist paradise for its plateau, canyon, snow peak and glacier, hot spring, lake, forest, and Tibetan and Yi Minority culture. Influenced by the factors of special geographic location, geomorphology, geology and geo-tectonics, hydrology, and weather, all types of debris flow hazards frequently break out and greatly endanger scenic resources, basic facilities, tourist safety, and surrounding environment of the scenic spots in Mt. Gongga. Finally, mitigation countermeasures such as particular investigation and risk evaluation, fatalness analysis, scenic spot disaster mitigation planning, establishment of a hazard prediction and warning system, construction of warning signs for tourists, systematical debris flow control, and zoological protection are put forward.

Keywords: Mt. Gongga; scenic spot; debris flow; hazard; mitigation countermeasure

贡嘎山位于青藏高原东缘,属横断山系东部大雪山山脉的中段,主峰海拔 7 556 m,为四川省第一高峰,素有“蜀山之王”的美誉。贡嘎山景区位于四川省甘孜藏族自治州东部的泸定、康定、九龙 3 县境内,以贡嘎山为中心,面积 $4.0 \times 10^5 \text{ hm}^2$,形成了海螺沟、燕子沟、雅家埂、木格错、跑马山、五须海、贡嘎南坡、田湾河等一系列风景名胜^[1]。由于地理位置独特,景区内囊括了高原、峡谷、雪山、冰川、温泉、湖泊、森林等丰富的自然景观^[2]。景区不仅是藏族、彝族等民族风情线,藏彝大走廊即位于此;而且还是红色旅游风

情线,1936 年红军长征时经过的磨西镇、泸定桥就在景区内。因此贡嘎山景区是名副其实的旅游天堂。

由于该区地质条件复杂,新构造运动活跃,地震活动频繁,地形起伏大,山高谷深坡陡,海洋性冰川活动强烈,暴雨频繁,因此泥石流活动强烈,灾害严重。泥石流灾害不仅严重阻碍了当地的经济和社会发展,而且对景区景观、景区设施、游客和区域生态环境带来严重破坏^[3-4]。近年来,随着西部大开发战略的实施以及甘孜州旅游环线的建设和旅游事业的发展,泥石流对贡嘎山景区的危害日显突出,尤其是 2005 年

收稿日期:2007-07-24

修回日期:2007-10-27

资助项目:中国科学院山地灾害与地表过程重点实验室开放资助项目;国家自然科学基金资助项目(No. 40672203)

作者简介:何德伟(1980—),男(汉族),四川省眉山市人,在读硕士,研究方向为地质灾害机理及防灾减灾工程。E-mail: davidkeats@163.com。

通讯作者:马东涛(1965—),男(汉族),陕西省杨凌区人,博士,研究员,主要从事山地灾害,水土流失和减灾防灾研究。E-mail: dtma@imde.ac.cn。

8月11日贡嘎山东北坡发生特大泥石流灾害发生后^[5],使整个景区基础设施陷于瘫痪,景观和生态环境遭受严重破坏,游客大幅减少,旅游收入蒙受重大损失。本文在近2a对贡嘎山景区旅游公路地质灾害危险性评估、气候变化和冰川泥石流相互作用的研究和利用泥石流次声预警系统监测灾害的基础上,对景区泥石流进行了初步分析。查明了景区泥石流的类型、分布和成灾方式。结合其它旅游景区泥石流防治经验^[6-7],提出了针对性的防灾减灾对策,对促进当地旅游业发展,保护景区景观和生态环境,减小泥石流对景区的危害,推动贡嘎山地区经济可持续发展具有较大的现实意义,对今后其它旅游景区开展泥石流灾害防治工作也有一定指导意义。

1 泥石流的发育背景

1.1 地形地貌

贡嘎山位于横断山系的大雪山中南段,大致呈南北走向,地貌复杂,山高坡陡。主峰海拔7556m,磨西河与大渡河交汇口海拔降至976m,虽然水平距离仅29km,但相对高差达6588m^[2]。区域内岭谷高差一般在1500~3000m左右,坡度一般>30°。5000m以上的区域终年积雪,现代冰川广布。区内沟谷发育,多呈“V”型谷,流域面积大,沟床比降>100%,为泥石流的暴发提供了势能条件。该区自第四纪以来,冰川作用强烈,在泥石流沟谷的沟底和两侧留下了巨厚的冰碛层,该区发生的泥石流的固体物质中有50%~60%是由这些冰碛物组成^[4]。

1.2 地质构造

景区内主要出露泥盆系、二叠系、三叠系地层,零星分布震旦系和志留系地层,并出露古老的侵入岩体,岩性十分复杂。该区处于青藏板块与扬子板块的交接地带西侧,受构造运动的影响,区内产生3组断裂带,即以大渡河断裂为主的南北向断裂带,以鲜水河断裂带为主的北西向断裂带和以玉农溪断裂为主的北东向断裂带,形成了贡嘎山菱形断块^[2]。区域新构造运动较为活跃,地震活动频繁。据四川省地震局的统计资料,鲜水河断裂带自公元前26—公元1997年间,共发生7级以上地震8次,6~6.9级地震12次,地震烈度—级。强烈的构造运动和地震破坏了岩土体的稳定,为泥石流沟的发育和松散固体物质补给创造了条件。

1.3 气象水文

该区地处亚热带,气候类型复杂。受地形条件影响,东西两坡气候存在较大差异。东坡主要受东亚季风的影响,潮湿多雨,气温高,属亚热带湿润季风气

候,海洋性冰川发育,冰川消融强烈,暴雨频繁,泥石流活动十分强烈;西坡主要受西南季风影响,气温低,降水较少,属亚热带高原气候,泥石流活动较弱^[3]。

在海拔3000m以内,随高度升高,气温降低,降水增多,气温下降速率与降水增长速率均减小(表1)。通过对贡嘎山3000m站1988—2005年5—8月各日降水量统计发现,日降水量>50mm的有8d,>40mm的有31d,>30mm的89d,>20mm的有297d^[8]。贡嘎山地区有现代冰川159条,冰川面积413km²,既是世界上海洋性冰川最早发育地区之一,也是著名的海螺沟一号冰川、燕子沟冰川、磨子沟冰川、贡巴冰川和巴旺冰川等的所在地。4000m以上常年或季节性冰雪覆盖面积1818km²,冰雪消融强烈。景区属于长江水系的大渡河流域,地表径流主要由降水、冰雪融水和地下水共同补给,其中以冰川融水所占比例最大^[4]。区内丰富的降水、冰雪融水为泥石流的形成提供了充分的水源条件。

表1 贡嘎山地区多年平均气温和降水量

站名	海拔/ m	年平均 气温/ °C	年降水量/ mm	资料年代
泸定站	1321	15.20	651.70	1981—1990
磨西站	1640	12.70	1030.83	1992—2005
贡嘎山站	3000	4.16	1963.97	1988—2005
康定站	2615	7.10	814.10	1952—1993

注:数据来源为贡嘎山站、磨西站、泸定站、康定站4个气象站气象观测资料。

1.4 人类经济工程活动

人类不合理的开发活动是造成景区泥石流发生的一个重要因素。由于地处高原和高山峡谷区,人多耕地少,当地居民长期以来刀耕火种,毁林开荒,大面积破坏了地表植被,使地表失去了天然的被覆,同时使地表土壤疏松,水土保持功能锐减。特别是近年来随着贡嘎山地区旅游事业的发展,吸引了大批游客前来观光旅游,人类活动的范围和强度增强。同时,为了满足旅游和经济社会发展的需要,旅游公路、宾馆饭店、观光缆车、游客步行道、观光隧洞等旅游设施及水电站等工程开发活动愈演愈烈,对自然生态环境造成破坏,引起许多的人为崩塌、滑坡事件,一定程度上也加剧了泥石流的活动,对景区旅游和生态环境带来了严重危害,也加剧了各种灾害的致灾损失程度。

2 景区泥石流灾害概况

2.1 泥石流灾害类型及分布

根据前人和我们的初步调查统计^[3-5],贡嘎山景区现有各类泥石流46条。依据水源补给形式将景区泥石流划分为以下3种类型。

(1) 暴雨型泥石流。水源补给以暴雨为主,共 19 条。主要分布在大渡河、田湾河下游、湾东河、折多河和雅拉河河谷两侧,海拔高度在 800 ~ 3 500 m 之间。该类型对田湾河、木格错、跑马山和泸定桥景区产生严重危害。

(2) 冰川雨水混合型泥石流。由冰雪融水和雨水共同激发而形成,共有 9 条。主要分布在泸定桥以上的大渡河和瓦斯沟的右岸,海拔 3 500 ~ 4 500 m 之间。主要危害泸定至康定间的旅游公路。

(3) 冰川泥石流。主要分布在贡嘎山东坡和南坡的现代冰川沟内,水源补给以冰川和积雪融水为主,偶有冰面和冰下融蚀湖溃决洪水补给。主要发育在 3 500 ~ 5 200 m 的高海拔地区。该类泥石流沟共有 18 条,对景区危害最为严重。受其危害的主要景区有海螺沟景区、燕子沟景区、雅家埂景区、田湾河景区、五须海和贡嘎寺景区。

2.2 泥石流灾害发生情况

贡嘎山地区在第四纪地质时期就曾发生过多期次的泥石流活动。海螺沟和燕子沟景区进口所在的

磨西台地就是冰川、泥石流和河流堆积共同形成的^[9]。据调查,近 50 a 来,贡嘎山景区有 15 a 暴发过泥石流灾害,共发生泥石流灾害 18 次,其中有 13 次发生在 7 月份,其余 5 次发生在 6 月和 8 月(表 2),即泥石流均发生在水热条件较为优越的旅游旺季。其中以 1955,1966,1976,1989 和 2005 年泥石流暴发范围较大、灾害较为严重。

从表 2 看,同一条沟暴发泥石流具有一个准周期,大致为 10 a 左右,如 1955,1966 和 1976 年磨子沟。燕子沟、南门关沟和小河子沟都暴发过冰川泥石流。1989 年燕子沟支沟南关沟暴发百年来规模最大的冰雪雨水泥石流,时间相差 10 a 左右。海螺沟 1989,1995 和 2005 年发生了规模较大的泥石流,时间间隔也为 10 a 左右。吕儒仁研究贡嘎山 1989 年以前的泥石流,发现该周期非常明显^[4]。特别是自 1980 年代以来,随着全球气候变暖,以及由此引起的冰川退缩、冰雪强烈消融,景区泥石流在暴发频率、活动范围、规模和灾害损失方面均呈明显的上升趋势^[8],景区有 12 a 发生了泥石流,是前 25 a 的 3 倍。

表 2 近 50 a 来贡嘎山景区泥石流灾害事件一览表

暴发时间	泥石流危害的景区	泥石流类型	资料来源
195507 下旬	磨子沟、燕子沟、雅家埂	冰川泥石流	参考文献[3—4]
19660715	磨子沟、燕子沟、雅家埂	冰川泥石流	参考文献[3—4]
19760606	磨子沟、燕子沟、雅家埂	冰川泥石流	参考文献[3—4]
198007 下旬	海螺沟	冰川雨水泥石流	参考文献[10]
198107	海螺沟		
198208 月上旬	泸定桥附近	冰川雨水泥石流	参考文献[4]
19880701	海螺沟内热水沟	暴雨泥石流	参考文献[11]
19890708	海螺沟观景台西沟	冰川雨水泥石流	参考文献[11]
19890726	海螺沟观景台西沟、热水沟	冰川雨水泥石流	参考文献[10—11]
19900712	海螺沟黄崩溜小沟	暴雨泥石流	参考文献[12]
19950728	海螺沟黄崩溜小沟、观景台西沟	暴雨泥石流	参考文献[12]
19960727	海螺沟黄崩溜沟	暴雨泥石流	参考文献[12]
19970704,0801	海螺沟	暴雨泥石流	参考文献[12]
20030726	磨子沟、燕子沟	冰川雨水泥石流	参考文献[8]
20050811	海螺沟、燕子沟、雅家埂等	冰川雨水泥石流	参考文献[5—8]
200606,07 下旬	雅家埂、木格错	暴雨泥石流	参考文献[8]

3 泥石流对景区的危害

泥石流暴发突然,破坏力强,输沙强度大,对沿途和下游产生强烈的冲刷和淤埋危害。一般情况下泥石流的危害对象都为城镇、工矿、道路、水利水电和农田等,但旅游风景区内的泥石流危害对象主要是景观资源和构成景观的水体(冰川)、森林、草地、奇特的地

貌形态及其有机组成集合体,同时也对景区的道路、步行道、桥梁、房屋等建筑物和其它旅游设施,以及游客生命造成严重危害^[7]。

3.1 对景观资源的危害

由于景区上游海拔较高,泥石流在源头区可以引起冰碛物、斜坡破坏,导致冰崩、冰川退缩和山体崩塌,破坏自然的山坡、山峰、冰川地貌和森林景观。在

流通区,泥石流侧蚀岸坡,引起山坡后退,坡体支离破碎并导致失稳,破坏森林草场,冲刷沟床,加重水土流失,破坏自然景观的完整性。在堆积区,泥石流埋没森林草地,淹没温泉出水口,堆积物挤占河道,压缩湖泊水面,污染水体,严重影响景区自然景观质量和风貌。其中以海螺沟及其支流热水沟、黄崩溜沟和观景台沟、燕子沟和雅家埂灾害最为严重,景观资源的破坏和损失也最大。

3.2 对景区基础设施的危害

泥石流不仅破坏房屋、宾馆、商店等旅游建筑物,而且冲毁旅游景区公路、游道、护栏、桥涵和观光缆车起点站,破坏景区的供水、供电设施。如海螺沟景区的黄崩溜沟泥石流不仅破坏大片的原始森林,对海螺沟 1 号冰川大瀑布观景台的观光缆车起点站和停车场造成严重危害。2005 年 8 月 11 日景区特大泥石流冲毁公路 10 km 多,桥梁 4 座,冲毁和损坏水电站 11 座、电杆近 300 根、输变电路 10 km^[5],至今雅家埂、燕子沟和南门关沟损毁公路仍未修复,海螺沟景区仅能以便道维持通行。位于海螺沟左岸的热水沟,有数处温度高达 95 的温泉;长期以来泥石流严重威胁沟内银山饭店和浴池、游泳池,沟口的贡嘎神汤度假村和金山饭店。在 2005 年实施泥石流治理工程后,其灾害才有所减轻^[6-12]。

此外,景区核心和游客集散地磨西镇所在的磨西台地是第四系泥石流、冰碛物和冲积物等松散堆积物形成的堆积台地。受两侧燕子沟和磨西河泥石流和洪水冲蚀,台地坡脚发生大面积的坍塌而后退,并随泥石流带到下游,造成磨西台地的面积逐渐减少,严重威胁了当地居民的生存空间和旅游大本营的建设。

3.3 对游客安全的危害

泥石流发生时对正在观光的游客的生命安全构成直接威胁。泥石流发生后引起的一系列事件诸如交通中断、山体崩塌滑坡、沟道冲刷和堆积大量物质,对游客人身安全也形成潜在威胁,造成游客出行不便,阻止了旅客的进入,减少了景区的收入,而且影响了旅游业的发展。由于景区内部分地区辟有登山和观光营地,许多营地都在较为平坦的泥石流堆积区,泥石流对户外宿营的游客生命和财产也形成一定的隐患。泥石流还对数处观景台造成危害,危及观景游客的安全。

3.4 对景区周边环境的危害

景区泥石流不仅危害景区景观、设施和游客的安全,还对景区周边环境带来危害。2005 年 8 月 11 日泥石流就造成受灾居民 522 户,受灾人数 6 341 人,受灾耕地面积 134.67 hm²,受灾林地面积 89.59

hm²,损毁经济林木 8 401 株,直接经济损失 6 549.58 万元。虽然实施天然林和国家风景名胜区的保护政策,但在考察中发现灾害后毁林开荒,破坏生态的恶习又有所抬头。景区泥石流出沟后汇入大渡河中,除堵河成坝,造成淹没和溃决洪灾外,泥沙淤积还抬高了下游河床,造成行洪不畅。大量泥石流堆积物堆积在河床上,对康定、泸定到石棉段干旱河谷景观也带来一定破坏作用,使山地环境趋于变化。

4 景区泥石流灾害的减灾对策

贡嘎山景区泥石流灾害严重,除了已发生的泥石流以外,还存在许多潜在的泥石流隐患点。但是,景区管理部门和广大游客的防灾意识较弱,缺乏必要的防灾减灾规划和工程措施。因此,必须采取应急措施和长远措施相结合,灾害监测预报和工程治理相结合,区域发展规划和减灾工程相结合,景观保护和防灾减灾相结合的减灾对策。

4.1 开展泥石流灾害详查和危险评估工作

尽快开展泥石流等山地灾害详查和研究工作,查清灾害的活动规律、危害程度及未来发展趋势,为今后景区灾害防治区划、灾害危险度评价、监测和防治提供可靠依据^[13]。在泥石流灾害详查的基础上,根据灾害的影响因素(分布密度、高差、坡度、岩性、构造、地震、暴雨、森林植被等)和危险性的高低以及灾害损失程度进行分级、分区,对未来开展景区景点规划,危险区居民和设施搬迁,重建和防灾减灾极为重要。

4.2 制定景区防灾规划

随着景区经济和社会的发展,旅游设施、公路、电站、房屋等基础设施日趋增多。受地形条件的制约,这些设施都将或多或少地受到泥石流的影响。因此,应及时编制旅游景区泥石流防治规划,并将其纳入到区域发展规划和景区规划中,以减少泥石流对景区的危害,确保景区旅游业的长足发展和游客的安全。磨西台地是景区管理部门和景区的大本营,多年来受泥石流和流水的掏蚀,两侧滑塌现象频繁,面积也越来越小。因此,应尽快做好磨西镇规划和灾害整治工作。

4.3 建立泥石流灾害预测预报和预警系统,在灾害点设置标识警示

由于景区内泥石流灾害点多面广,又较为分散,目前的气象、水文站点和灾害监测站点都无法满足测报的需求。因此,应尽快建立灾害监测和预报系统,如利用遥测雨量计和气象雷达和相关气象观测装置,对雨量进行实时监测;利用水文观测断面,监测冰雪融水变化情况。由于景区线路长,景点多,为了提高

游客和居民的安全意识,应该在危害游客安全的泥石流灾害点设置标识和警示牌,指明安全的行走路线和逃逸路线。同时,设置灾害宣传布告栏,向游客和当地群众宣传普及防灾减灾和自救知识,提高预防灾害的意识和能力。

4.4 系统开展泥石流灾害治理和生态保护

对于严重威胁到景观、旅游设施和游客安全的灾害点,应尽快开展灾害防治项目的规划建议、可行性研究和立项工作,分期分批按照轻重缓急,采取工程措施,进行治理。在治理的同时,不能破坏景观环境,做到治理工程与景观资源、生态环境相协调,充分利用一些环保的材料和采用有利于环保的设计和施工方法。在景区认真做好水土保持和生态保护工作。随着冰川的退缩,沟谷两侧一定高度的坡地成为裸露的地表,而植被自然恢复需要一定的时间。同时,冰川末端也是第一个大的降水带,充足的降水造成严重的水土流失,为泥石流暴发提供了条件。因此,需在冰川末端沟谷两侧做好水土保持工作,封山育林,人工栽种与自然生长并进,可以促进景区景观的协调与发展。

致谢:中国科学院贡嘎山高山生态观测研究站陈斌如研究员为本研究提供了所需的气象数据,在此表示诚挚的谢意。

[参 考 文 献]

- [1] 天下四川网.蜀山传奇——贡嘎山[OL]. http://www.gogook.com/news/scyjgl/10_05_04_46.shtml. 20070425.

- [2] 中国科学院成都地理研究所.贡嘎山地理考察[J].重庆:科学技术文献出版社重庆分社,1983.
- [3] 胡发德.四川贡嘎山地区泥石流及其防治[J].水土保持通报,1985,5(5):38—41.
- [4] 吕儒仁.贡嘎山东坡和北坡的山地灾害[J].山地学报,1991,9(2):131—135.
- [5] 陈晓清,崔鹏,陈斌如,等.海螺沟 050811 特大泥石流灾害及减灾对策[J].水土保持通报,2006,26(3):122—126.
- [6] 王士革,钟敦伦,谢洪.庐山风景区犁头尖北坡泥石流及其防治[J].水土保持通报,2001,21(6):33—36.
- [7] 崔鹏,柳素清,唐邦兴,等.风景区泥石流研究与防治[M].北京:科学出版社,2005:71—112.
- [8] 徐小飞,马东涛,何德伟,等.贡嘎山地区泥石流形成的水热组合[J].山地学报,2007,25(4):431—437.
- [9] 胡发德.从磨西台地堆积的砾石层特征探讨贡嘎山地区泥石流的演变[C]//泥石流学术讨论会兰州会议文集,四川科学技术出版社,1986:167—170.
- [10] 吕儒仁.贡嘎山区一次特大泥石流[J].冰川冻土,1992,14(2):174—177.
- [11] 吕儒仁,高生淮.贡嘎山海螺沟冰川冰舌地段的泥石流[J].冰川冻土,1992,14(1):73—80.
- [12] 吕儒仁,罗辑.海螺沟冰川冰舌地段近期环境变化[C]//山地灾害与山地环境.成都:四川大学出版社,2001:75—88.
- [13] 马东涛,冯自立,张金山,等.7.19 云南腾冲滑坡泥石流灾害调查报告[J].水土保持通报,2004,24(6):67—71.

(上接第 139 页)

6.2.3 区域资源与环境的合理利用与保护评价 区域资源与环境的合理利用与保护包括土地资源、土壤资源、水资源及大气环境、水环境及社区环境的合理利用与保护。土地资源和土壤资源除总量控制外,还应具有持续生产能力,可用土地退化率表示,分面积退化率和质量退化率。水资源的利用与保护包括地下水水位及水量变化,地表水和地下水的水质变化。

7 结论

土地沉陷是井工开采煤矿区土地损毁的主要表现形式,也是造成矿区生态破坏的主要原因。要进行矿区环境治理,主要任务是沉陷地复垦与生态重建,土地复垦与生态重建也有着非常密切的关系。土地复垦与生态重建应综合运用土地科学与生态科学中的基本理论和基本方法,重点是生态演替原理、景观生态学原理和系统论。土地复垦与生态重建应满足经济、社会、环境的综合效益,才能使其投资的总收益

现值最大,同时也应使土地复垦与生态重建满足矿区可持续发展的目标要求。

[参 考 文 献]

- [1] 范英宏,陆兆华,程建龙,等.中国煤矿区主要生态环境问题及生态重建技术[J].生态学报,2003,23(10):2144—2152.
- [2] 卞正富.矿区土地复垦界面要素的演替规律及其调控研究[M].北京:高等教育出版社,2001.
- [3] 胡振琪,赵艳玲,程玲玲,等.中国土地复垦目标与内涵扩展[J].中国土地科学,2004,18(3):3—8.
- [4] 尹德涛,南忠仁,金成洙,等.矿区生态研究的现状及发展趋势[J].地理科学,2004,24(2):238—244.
- [5] 付梅臣,陈秋计,谢宏全,等.煤矿区生态复垦和预复垦中表土剥离及其工艺[J].西安科技学院学报,2004,24(2):155—158.
- [6] 白中科,王文英,李晋川,等.矿区生态重建基础理论与方法研究[J].煤矿环境保护,1999,13(1):10—14.
- [7] 陈龙乾.矿区土地演变监测与可持续利用研究[M].徐州:中国矿业大学出版社,2003:68—75.