

极端干旱区生态信息表达方法

张慧芝¹, 李锦¹, 王让会², 宁虎森³

(1. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 新疆 乌鲁木齐 830011; 2. 南京信息工程大学
环境科学与工程学院, 江苏 南京 210044; 3. 新疆林业科学研究院, 新疆 乌鲁木齐 830002)

摘要: 极端干旱区生态过程与生态现象具有特殊性, 分析生态信息的表达模式与方法, 对于进一步认识与理解其内涵、特征及规律具有重要的理论价值与现实意义。以 20 世纪 90 年代初、2000 年的 TM 和 2005 年的 CBERS-2/ CCD 影像作为提取生态景观信息图谱的基础资料; 依据干旱区 MODS 特有的耦合关系, 将我国极端干旱区的新疆吐鲁番划分为 4 个一级类型与 13 个二级类型。同时, 借助 GIS 符号库, 从客观真实性与美观实用性等角度, 设计了景观生态专题制图符号体系; 极端干旱区景观生态信息图谱模式由图形和特殊符号、描述性数字参数、数学模型 3 个成分组成; 在 ERDAS 8.5 及 ArcGIS 9.0 的支持下, 编制了景观生态专题图, 最终实现了景观要素的图谱表达。

关键词: 地学信息图谱; 遥感; GIS; 生态信息; 景观; 极端干旱区

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2009)04-0101-05

中图分类号: TP79, P9

Expression Method of Ecological Information in an Extreme Arid Zone

ZHANG Hui-zhi¹, LI Jin¹, WANG Rang-hui², NING Hu-sen³

(1. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi, Xinjiang 830011, China; 2. Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing, Jiangsu 210044, China; 3. Xinjing Forestry Academy, Urumqi, Xinjiang 830002, China)

Abstract: Ecological processes and ecological phenomena have their particularities in extreme arid zone. By analyzing the mode and method of expression of ecological information, its meanings and features, as well as its relationships can be easily understood. By using remote sensing images including LANDSAT/ TM in the beginning of 1990s and 2000, as well as CBERS-2/ CCD in 2005, the 4 first level types and 13 second level types of landscape type in Turpan, an extreme arid zone of China, are classified based on coupling relations in Mountainous Oasis Desert System (MODS). Meanwhile, the thematic symbol system of ecological landscape is designed by using the GIS symbol base and considering the objectivity and practicability. The ecological information TUPU is constituted of graph and special symbols, descriptive digital parameters, and mathematic models. Under the support of ERDAS 8.5 and ArcGIS 9.0, a landscape ecology map is made.

Keywords: geo-info TUPU; remote sensing; GIS; ecological information; landscape; extreme arid zone

20 世纪 70 年代初至 20 世纪 80 年代中期, 国际上关于地图学的新理论与新方法研究层出不穷。特别是地图信息论、地图传输论、地图模式论、地图认知论、地图符号学、数字制图原理、地图可视化原理、地图综合理论、地图学的结构体系、地学信息图谱理论等发展活跃。进入 20 世纪 90 年代, GIS 的数据采集与处理、空间分析与模型分析以及成果自动输出等功能, 为地学综合研究提供了前所未有的技术支撑。生态信息是表达生态过程与生态现象的数字、文字、图像、图形的总称。1998 年, 廖克、陈述彭等^[1]提出了

地学信息图谱的学术思想, 地学信息图谱创造性地采用图形思维、地学认知与信息思维相结合的方法^[2], 并结合数值模拟方法, 对地学信息的时空变化规律进行抽象概括、归纳和描述; 同时, 从地学领域最基础的图形单元入手, 借鉴生物基因测序的思路和方法, 从纷繁复杂的地球客体中提取地学的基础信息; 运用计算机多维动态可视化技术, 研究各类地学信息图谱的表现形式与综合集成方法。地学信息图谱的方法对于生态信息的表达具有重要的理论价值与现实意义。

围绕着生态信息的表达问题, 区域尺度是以黄土

收稿日期: 2008-06-23

修回日期: 2009-03-02

资助项目: 国家林业科技支撑项目 (2006BAD26B0902); NUIST 科研启动项目 (20070105); 国家 973 项目 (2006CB70580902); 中科院知识创新工程重大项目 ((KSCX-YW-09)

作者简介: 张慧芝 (1962-), 女 (汉族), 甘肃省酒泉市人, 高级工程师, 主要从事地图学、生态学等领域的研究工作。E-mail: zhanghz @ms.xjb.ac.cn.

高原地貌形态信息图谱的研究为代表^[3];在全国尺度上,主要开展了全国水网信息图谱、自然景观综合信息图谱^[4]、山地垂直带信息图谱^[5]和 1:100 万景观生态图的研究^[6]。2001 年底,陈述彭院士在《地学信息图谱探索研究》中,对地学信息图谱这一科学理念的内涵、理论与方法进行了系统论述,并结合水文图谱、城镇图谱、景观图谱等实例,揭示了在大型空间数据库支持下,开展地学信息图谱构建及其应用的思路与模式。2002 年初,傅肱性^[7]在《遥感专题分析与地学图谱》中,运用地学多元综合分析方法的遥感专题制图原理与方法,进一步丰富了地学信息图谱的研究。2003 年,廖克^[8]在《现代地图学》中,概括了地图学在概念、理论、方法和技术方面的最新发展,同时注重了地图学同地学的结合,地图学同遥感与 GIS 的结合,地图编制同地图应用的结合,是对地图科学事业的开拓创新。目前,关于遥感专题分析与地学图谱、中国山地垂直带信息图谱、中国自然景观综合信息图谱、中国自然景观综合信息图谱建立原则与方法、中国自然景观综合信息图谱的界线确定与指标体系、黄土高原地貌形态信息图谱、中国 1:10 万景观生态制图设计等,成为相关领域研究的热点^[9-12]。

在干旱区景观生态的研究中,多利用景观生态学定量的研究方法来分析景观格局的变化,缺乏直观性,同时亦存在表达不精确的问题。景观生态制图作为专题制图学的一个重要方向,通过建立分类体系,制定分类方法,编制专题图件,可以反映自然要素和人为作用的特点,揭示景观生态要素的耦合关系^[13-14]。应用地学信息图谱的方法研究干旱区景观类型,能够以图形思维的方式,将自然状况与人文、生态等因素进行综合,有助于对典型景观类型的变化进行分析,大大提高和加强了景观生态制图的水平和能力。吐鲁番地区属于独特的暖温带大陆性干旱荒漠气候,是西部干旱区的极端干旱区域,山地—绿洲—荒漠系统(MODS)所展示的独特的生态景观很具有代表性。由于吐鲁番盆地具有日照长、气温高、昼夜温差大、降水少、风力强等特点,为景观生态图谱的建立提供了较为丰富而独特的气象要素本底。在分析和研究国内外多种景观信息图谱的基础上,以景观生态学和 GIS 为理论指导,编制吐鲁番地区的景观生态信息图谱,将对探究极端干旱区景观生态图谱模式具有指导性的意义。同时,应用信息图谱的方法和模式进行生态信息综合表达,进一步实现生态信息综合管理,有利于直观、便捷、深刻反映复杂的生态景观要素的变化,全面系统地反映出生态信息在时空尺度上的分布特征与变化规律。

1 研究方法

生态信息表达基于图谱的原理,采用图形思维、地学认知与信息思维相结合的方法,并结合数值模拟方法,对生态信息的时空变化规律进行抽象概括、归纳和描述;同时,从图形单元入手,从纷繁复杂的研究对象中提取生态基础信息;运用多维动态可视化技术,研究各类生态信息的表现形式与综合集成方法。本研究以 RS、GIS 方法及景观生态学的原理为理论基础,研究极端干旱区景观生态信息表达的模式与方法。

1.1 基础数据获取

主要选取 20 世纪 90 年代初、2000 年的 LANDSAT/TM 和 2005 年的 CBERS-2/CCD 影像作为提取景观信息图谱的基础资料,在 ERDAS 8.5、ARC-GIS 9.0 的支持下,将两幅空间分辨率分别为 30 m 和 19.5 m 的原始图像经过几何纠正、图像拼接、投影变换、地理配准,以满足景观生态信息图谱建立的需要。同时,应用国家基础地理信息中心提供的比例尺为 1:25 万,空间分辨率为 100 m,数据格式为 *.grid 的 DEM 数据,可直接在 ERDAS 中进行影像数据叠加。吐鲁番地区 1:10 万和 1:50 万地形图与相关统计资料等及 DEM 数据资料均是生态信息表达不可缺少的辅助信息。

1.2 景观生态要素分类体系的建立

景观分类作为生态信息表达的重要基础,应用遥感及 GIS 开展与生态景观相关的研究亦有许多报导^[15-16],本研究中主要依据主导性原则、分异性原则、综合性原则以及极端干旱的吐鲁番地区的自然地理特征进行划分。由于吐鲁番绿洲面积比例较小,大部分地区都是荒漠戈壁;基于该特征,依据干旱区 MODS 所特有的自然景观特征,将研究区的景观类型划分为山地景观、绿洲景观、水域景观、荒漠景观 4 个一级类和 13 个二级类。

1.3 制图符号库的设计及专题图编制

GIS 平台提供了进行图形表达的环境,不同研究者可能在利用该工具时对同一对象就有着不同的表达方式,生态信息表达的目的是为了寻求视觉效果上以及学科特征上的理想表达模式与途径。因此,必须针对具体研究的区域、具体的问题,依据特征及规律,进行必要的规划与选择,并进行适当的调整,表 1 反映的正是在 GIS 平台上,依据极端干旱区自然地理特征所表现出的外貌,对图形工具中符号、图标、修饰符、色彩进行重新规划、选择、组合而得出的,在一定程度上能够更为合理、科学、直观地反映研究区域的生态景观特征。

表1 生态信息表达专题制图符号库

| 编号 | 名称 | 说明 |
|----|---------------|--|
| 11 | Sandstone | 利用 GIS 符号库中的 Sandstone 图例,颜色采用 Volcanic 7, scale:1.00。实际景观表现为无植被覆盖,裸露砂岩,由于吐鲁番地区为极端干旱区,使得裸露的岩石表现出如火山岩的颜色。 |
| 12 | Semi-firn | 利用 GIS 符号库中的 502 Periglacial 图例, scale:1.00 |
| 13 | Firn | 利用 GIS 符号库中的 504 Periglacial 图例, scale:1.00 |
| 21 | Woodland | 利用 GIS 符号库中的 Woodland 图例,颜色采用 Fir green, scale:1.00 |
| 22 | Open pasture | 利用 GIS 符号库中的 Open pasture 图例, scale:1.00。本地草原主要为畜牧业服务,大部分为开放型的草场。 |
| 23 | Oasis | 利用 GIS 符号库中的 Cropland 图例,颜色采用 Quetzal green, scale:1.00。该区农业以葡萄瓜果为主,在影像图(假彩色)上都是以红色为主。 |
| 24 | Arterial | 利用 GIS 符号库中的 Arterial road 图例,宽度为:2.00, scale:1.00。反映主要道路,如:国道和主要市镇道路。 |
| 24 | Railway | 利用 GIS 符号库中的 Railroad 图例,宽度为:6.00, scale:1.00。本研究所指为兰新铁路。 |
| 25 | Pavement | 利用 GIS 符号库中的 Pavement 图例,颜色采用 Cocoa brown, scale:1.00。居民地内的建筑,大多以混凝土结构为主,道路的铺设都以柏油路为主,其次为沙石路。采用网格状结构区别于其他的景观,反映规整的居民区。 |
| 26 | Edge of oasis | 利用 GIS 符号库中的 Scattered trees 1 图例, scale:1.00。利用散生树图例来反映绿洲边缘带的植被矮小并且覆盖疏散。 |
| 31 | Water area | 利用 GIS 符号库中的 Water intermittent 图例, scale:1.00 |
| 32 | Reservoir | 利用 GIS 符号库中的 Reservoir 图例, scale:1.00 |
| 41 | Gobi | 利用 GIS 符号库中的 605 Breccia, open 图例,颜色采用 Black, scale:1.00 |
| 42 | Desert | 利用 GIS 符号库中的 607 Sand 图例,颜色采用 Medium sand, scale:1.00 |

事实上,为了准确、方便地反映生态景观格局的分布规律,上述地学图谱表充分考虑了各景观类型的自然特征,并从科学性、客观性与美观实用性的角度,表征了景观生态信息专题制图符号体系。在此基础上,结合信息提取与景观分类,进一步编制景观专题图。如前所述,在 ERDAS IMAGING 8.5, ArcGIS 9.0, Photoshop 7.0 和 MGE 的支持下,对 20 世纪 90 年代初、2000 年的 Landsat TM 和 2005 年的 Cbers-2 CCD 这 3 个时相原始影像进行几何纠正、图像拼接、投影变换与地理配准。3D 图的完成与实现是基于 ERDAS IMAGING 8.5 中 Virtual GIS 模块来实现的。利用 ArcGIS 软件 ArcMap 模块,调入 arc 和 polygon 两类图层的 *.cov 文件,添加各图层的 properties,并按照预先规定好的专题符号进行修改;切换到 layout view,插入图例、比例尺和指北针,选择 300 dpi 分辨率,输出图形(图 1)。

2 景观生态信息图谱的建立

2.1 生态信息时空数据结构

信息图谱时空数据结构由基于时间序列的属性数据库,带时间特征的空间数据库,以及时空对应关系表组成(图 2)。通过时空对应关系能迅速查找到

该信息图谱所使用的某个时相的属性数据;如果选择了某一时相的景观斑块面积变异系数,就可以对应地找到所属景观分类和其信息图谱。

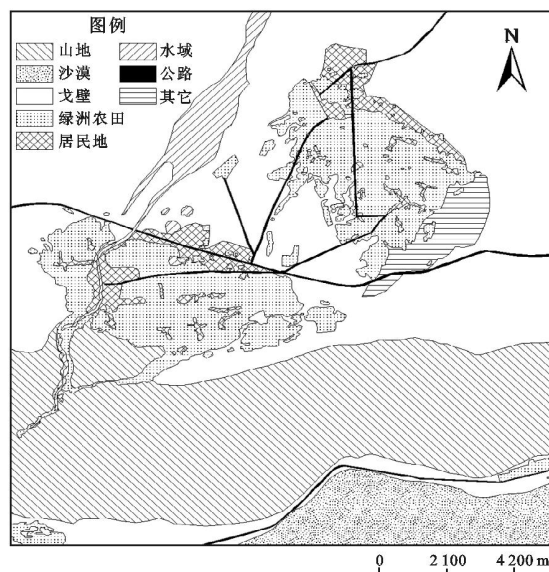


图1 2005年新疆吐鲁番地区鄯善绿洲景观格局信息图谱

2.2 生态信息图谱数据库

生态信息表达最终是通过地学信息图谱的形成来实现的。地学信息图谱的标准模式是一系列连续

显示的表格,类似于数据库的表^[17];与一般的表格不同的是,图谱表格不但有文字说明与数字,更主要地是具有特定格式的图形对象。这些图形对象以映射或超链接的方式与 GIS 图形库中的某一地物相连接,图形文件被存放在一个固定的文件夹中,以保障数据库中数据的有序链接。

景观生态信息图谱数据库的建立是以 Microsoft Office Access 2003 为平台,以 GIS 数据库为基础,从

中提取一系列的图形、文字、数字和模型的组合特征。图谱表中的内容一般由 4 种成分组成,即图形和特殊符号、描述性数字参数、数学模型、信息重组和虚拟模式,并可以随图谱的类型、主题和名称不同而不同;图谱表中有成千上万条记录,各条记录的格式均相同,每一条记录对应于实地中一个地物单元的实例,可按照记录索引号随意查询任何一个记录,并在点击后跳转到 GIS 图形库。

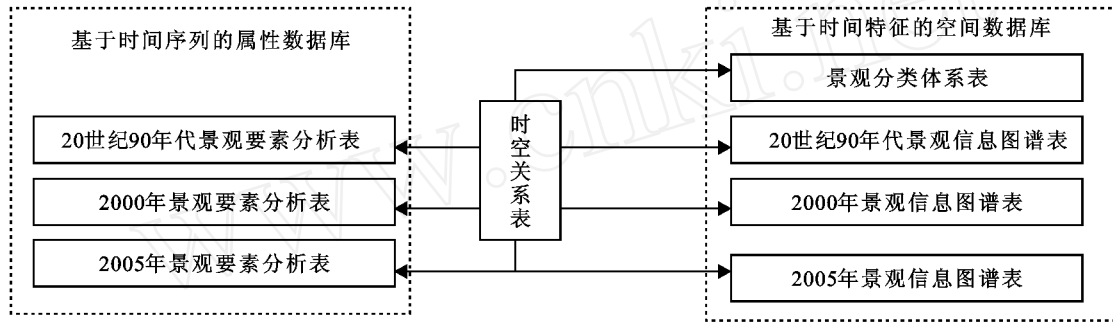


图 2 景观生态信息图谱数据库时空数据存储结构

2.3 数据库中的对象相关性

在生态信息图谱数据库中,支持数据库的对象有表、查询、窗体等,数据库主要是以表为基础建立的。表中有景观类型分类表、景观图谱表和景观格局分析表类。具体而言,各表分别为分类—1 表(景观一级分类)、分类—2 表(景观二级分类)、景观类型表、景观图谱—90、景观图谱—2000、景观图谱—2005、斑块大小分析—90、斑块大小分析—2000、斑块大小分析—2005 等 9 个不同特征的表。在具体应用中,首先以分类—1 表、分类—2 表和景观类型表建立“景观类型—查询”;再以景观图谱—90、景观图谱—2000 和景观图谱—2005 建立各自窗体,以斑块大小分析—90、斑块大小分析—2000、斑块大小分析—2005 作为对应的子数据表;最后以景观类型查询建立“景观生态信息图谱”主窗体,添加以上 3 个窗体作为子窗体,建立景观生态信息图谱数据库。

3 结论

通过分析有关地学信息图谱的理论及各种专题信息图谱的设计和研究成果,并结合景观生态学专题制图技术,设计并实现了景观生态信息图谱,凝练出了图谱模式。生态信息图谱由图形和特殊符号、描述性数字参数、数学模型 3 个成分组成,还可进一步添加信息重组和虚拟模式,应用该模式可以对生态问题进行图谱研究,按照因地制宜的原则可进行修改与添加,以达到系统、综合与全面表达特定时间与空间生态特征的目的。

生态信息具有一系列表征其特征的数据,无论是图像、图形与文字记录,还是数字、符号与逻辑表达,均对反映其结构与功能具有重要的意义。在本研究中,CBERS-2/ CCD 遥感影像分析景观结构特征的优势在于影像基本反映了实际地物的光谱,有助于对生态信息或者生态因子中的植被、水体、道路、居民点、山地等景观要素特征的辨识。与 LANDSAT/ TM 影像精度相比,CBERS-2/ CCD 遥感影像数据能更清晰的再现地物要素的自然特征。而且,CBERS-2/ CCD 与 DEM 叠和之后的图像更能反映这一点,以此作为基本信息源,再结合其它资料解译后获得的生态景观信息图,按照生态学的原理与方法,进行生态信息图谱分析是可行而有效的。

应用景观生态学的基本原理与方法,以遥感和 DEM 数据为基本数据,结合实地景观特征进行景观分类。以生态景观分类原理为指导,开展极端干旱区景观类型分类体系的研究,并应用到吐鲁番地区,结合当地自然地理背景特点,凝练出适合区域特点的景观类型分类体系,并按照干旱区 MODIS 划分了景观一级类型,按照各景观独立功能划分了景观二级类型。利用 GIS 软件,提取景观生态要素,生成景观生态专题图,并利用地统计分析功能对景观斑块进行景观格局分析,最后在 Microsoft Office Access 2003 平台上实现景观生态信息图谱。本研究对于探索极端干旱区生态景观格局特征及规律提供了重要基础与创新思路。

研发工作利用了两种不同时相的遥感数据,但通

过实例分析得出,利用所研发的生态信息表达方法,可以直观、便捷、深刻反映复杂的生态景观要素的变化,能全面系统地反映出生态信息在时空尺度上的分布特征与变化规律,也是生态信息研究的新思路与新途径。

[参 考 文 献]

- [1] 陈述彭. 地学信息图谱刍议[M]// 陈述彭. 地学的探索. 6卷. 北京:科学出版社,2003:200-203.
- [2] 齐清文. 池天河. 地学信息图谱的理论和方法[J]. 地理学报, 2001, 56(S): 8-18.
- [3] 齐清文. 黄土高原地貌形态信息图谱[J]. 地理学报, 2001, 56(S): 32-37.
- [4] 陈毓芬, 廖克. 中国自然景观综合信息图谱研究[J]. 地球信息科学, 2003(3): 97-102.
- [5] 张百平, 周成虎, 陈述彭. 中国山地垂直带信息图谱的探讨[J]. 地理学报, 2003, 58(2): 163-171.
- [6] 程维明, 柴慧霞, 龙恩. 中国 1:100 万景观生态制图设计[J]. 地球信息科学, 2004, 6(4): 19-24.
- [7] 傅肃性, 傅俏燕. 基于知识的空间图像专题分析与制图[J]. 地理学报, 2001, 56(S): 98-102.
- [8] 廖克. 现代地图学的最新进展与新世纪的展望[J]. 测绘科学, 2004, 29(1): 5-9.
- [9] 赵军, 胡自治. 从生态信息图谱的角度看草原综合顺序分类法检索图[J]. 草原与草坪, 2005(2): 12-14.
- [10] 全斌, 廖克. 基于知识的厦门市生态环境遥感系列制图[J]. 地球信息科学, 2005, 25(1): 122-130.
- [11] 齐清文. 地学信息图谱的最新进展[J]. 测绘科学, 2004, 29(6): 15-23.
- [12] 程维明, 柴慧霞, 龙恩. 中国 1:100 万景观生态制图设计[J]. 地球信息科学, 2004, 6(4): 19-24.
- [13] 张慧芝, 彭茹燕, 王让会. 干旱区景观生态制图的谱型特性与模式方法[J]. 地球信息科学, 2003(2): 20-22.
- [14] 王让会, 张慧芝, 游先祥. 塔里木河流域景观生态格局的遥感信息提取与分析[J]. 北京林业大学学报, 2003, 25(2): 43-47.
- [15] 张翀, 李晶, 任志远. 基于 Landsat TM 的西安地区土地利用变化与图谱研究[J]. 水土保持通报, 2008, (4): 157-162.
- [16] 刘梦云, 李宝宏, 王锐, 等. 基于 RS 和 GIS 的小型城市土地利用动态分析:以杨凌示范区为例[J]. 水土保持通报, 2007, 27(1): 38-40.
- [17] 张新长, 艾廷华. 专题地图地理底图数据库的结构设计[J]. 测绘通报, 1994(5): 30-33.

(上接第 10 页)

(3) 在相同条件下植物路的次降雨侵蚀强度都比土质路的小,当雨强分别是 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 mm/min 时,植物路相对于土质路侵蚀强度分别减少 3.25%, 53.18%, 2.79%, 90.93%, 85.97%, 平均减少 47.22%, 表明植物路相对于土质路起到了较好的防蚀作用,其减少率随雨强的增大先增加后减小,并可用抛物线方程描述;当坡度分别是 6°, 9°, 12°, 15°, 18° 时,植物路相对于土质路侵蚀强度分别减少了 36.81%, 17.61%, 16.78%, 2.79%, 57.22%, 平均减少 26.24%, 其减少率随坡度的增大表现为先下降后上升,并可用抛物线方程描述。

(4) 在相同条件下植物路的次降雨产流平均含沙量都比土质路的平均含沙量小,当雨强分别为 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 mm/min 时,植物路相对于土质路平均含沙量分别减少了 88.47%, 89.39%, 45.05%, 92.38%, 91.03%, 平均减少 81.26%, 表明植物路的减沙作用远大于其减水作用,其减少率随雨强的增大呈抛物线规律先递增再递减;当坡度分别为 6°, 9°, 12°, 15°, 18° 时,植物路相对于土质路平均含沙量分别减少了 59.68%, 50.98%, 33.33%, 45.05%, 53.05%, 平均减少 48.41%, 表明植物路的减沙作用

显著,其减少率随坡度的增大呈抛物线规律先递减再递增;在坡度 15°、雨强 2.0 mm/min 条件下,整个降雨过程中的任一时刻,植物路的产流含沙量都明显小于土质路的产流含沙量,两种道路产流含沙量的差异在产流初期相对较小,以后相对较大,表明产流初期植物路相对于土质路减水减沙作用的差异较小,随后差异较大,且减沙作用大于减水作用。

[参 考 文 献]

- [1] 郑世清, 霍建林, 李英. 黄土高原山坡道路侵蚀与防治[J]. 水土保持通报, 2004, 24(1): 46-48.
- [2] 郑世清, 郑科. 延安黄土区植物路植物根系与水保功能评价研究[J]. 水土保持学报, 2003, 17(2): 174-176.
- [3] 曹世雄, 陈莉, 高旺盛. 在黄土丘陵区土质路面种草[J]. 生态学报, 2005, 25(7): 1754-1763.
- [4] 曹世雄, 陈莉, 高旺盛. 山区农田道路路面种草生长发育与通行能力观测[J]. 农业工程学报, 2006, 22(1): 69-72.
- [5] 田风霞, 王占礼, 郑世清, 等. 黄土道路侵蚀过程模拟试验研究[J]. 水土保持通报, 2007, 27(2): 1-4, 9.
- [6] 徐学选, 琚彤军, 郑世清, 等. 黄土丘陵区次降雨下的山坡道路侵蚀特征分析[J]. 农业环境科学学报, 2007, 26(S): 574-578.