

文章编号: 1002-0268 (2011) 07-0147-05

不同公路占地类型的土壤质量研究

王新军¹, 范 达², 崔慧珊¹, 陆旭东¹, 高 磊²

(1. 交通运输部科学研究院, 北京 100029; 2. 吉林省高等级公路建设局, 吉林 长春 130021)

摘要: 对吉林省营城子至松江河高速公路沿线3种典型公路占地类型(林地、旱地、水田)0~10、10~20、20~40 cm的剖面土壤营养状况进行了比较分析, 运用土壤质量综合指数研究了土壤质量水平。结果表明: 不同公路占地类型的剖面土壤养分含量存在很大差异; 3种不同公路占地类型0~10 cm土壤质量表现为水田>旱地>林地, 10~20 cm土壤质量表现为林地>旱地>水田, 20~40 cm土壤质量表现为水田>林地>旱地。因此, 建议营松路建设中水田和林地剥离0~40 cm厚度的表土, 旱地剥离0~20 cm厚度的表土。

关键词: 环境工程; 土壤质量; 表土收集; 公路建设; 节约用地; 占地类型

中图分类号: X825

文献标识码: A

Research on Soil Quality of Different Land Use Types in Highway Construction

WANG Xinjun¹, FAN Da², CUI Huishan¹, LU Xudong¹, GAO Lei²

(1. China Academy of Transportation Sciences, MOT, Beijing 100029, China;

2. Jilin Provincial High Class Highway Construction Bureau, Changchun Jilin 130021, China)

Abstract: Chemical properties of topsoil profiles (0~10 cm, 10~20 cm, 20~40 cm) of three typical land use types (forest land, upland field, paddy field) along Yinchengzi-Songjianghe expressway in Jilin Province were analyzed. The soil quality level was evaluated by the integrated soil quality index. The results show that (1) chemical properties of soil profiles vary greatly under three land use types: the soil quality sequence in 0~10 cm depth is paddy field > upland field > forest land, the soil quality sequence in 10~20 cm depth is forest land > upland field > paddy field, and the soil quality sequence in 20~40 cm depth is paddy field > forest land > upland field. Therefore, it is suggested that the topsoil of paddy field and forest land in 0~40 cm depth can be collected, while the topsoil of upland field in 0~20 cm depth can be collected.

Key words: environmental engineering; soil quality; topsoil collection; highway construction; land conservation; land use type

0 引言

近年来, 我国高速公路建设发展迅速, 公路建设用地规模的不断扩大与土地资源特别是耕地资源相对短缺的矛盾日渐突出。我国土地总面积大, 但是人均占有量少, 尤其是耕地人均仅为1.5亩, 相当于世界平均水平的43%。因此, 在高速公路建设的同时, 如何保护土地资源和提高土地资源节约的

潜力和能力, 实现土地资源的可持续利用成为当前面临的重要科学问题^[1-2]。

目前, 表层土壤收集是公路建设中节约土地资源的一种重要方式^[3], 对表土加以利用是实现土壤可持续利用的重要途径。比较常见的表土利用方式是将建设占用地区较为肥沃的表土, 作为客土进行边坡绿化。如陈济丁^[4]等对青藏公路多年冻土路段边坡植被种植试验研究中由于添加了当地的表土,

收稿日期: 2011-01-04

基金项目: 吉林省交通科技项目 (2008-1-24)

作者简介: 王新军 (1981-), 男, 河北滦南人, 博士, 助理研究员. (xinjunwang@126.com)

客土喷播工艺能够在该地区公路边坡快速建立比较优良的植被。合理的利用表土可以改善土壤结构,提高周围空气和水的质量,增强土壤对外界环境变化的抵抗力,不合理的利用会增加土壤侵蚀、降低生物多样性、生态系统服务功能。由此可见,公路建设中表土收集和利用工作的重要性。

土壤是一种重要的自然资源,土壤质量的维护和提高是全球生物圈可持续发展的重要因素之一^[5]。不同的土地利用方式可以改变土壤的物理、化学及生物学性质和土壤环境,研究土壤质量与土地利用方式之间的复杂关系对防止土壤退化和实现土地可持续利用有着十分重要的意义。公路建设过程中不可避免的占用耕地、林地等不同利用方式的土地。如何针对不同公路占地类型进行表土资源收集,剥离厚度是多少?目前,这些问题尚缺乏科学的研究。因此,本文以吉林省营城子至松江河高速公路为例,对沿线3种典型公路占地类型(林地、旱地、水田)的土壤营养状况进行了比较分析,运用土壤质量综合指数研究了土壤质量水平,以期为高速公路建设中表土的收集及可持续利用提供科学依据。

1 研究方法

1.1 样品采集

吉林省营城子至松江河高速公路位于吉林省东南部山区,路线起于长春至营城子高速公路的终点营城子,止于长白山附近的松江河镇,全长249.7 km。工程永久占地1 663.02 hm²,其中旱田665.37 hm²,占40%,水田154.61 hm²,占9.3%,林地736.72 hm²,占44.3%。在涉及公路建设所占用的旱田、水田及林地内分别布设6个样方(10 m×10 m)。然后在每个样方内进行土壤样品采集,具体方法如下:在每个样方内设置9个采样点,并形成S形布局,每3个相邻的样点采集的土壤混合成一个土壤样品,每个采样点分取0~10、10~20、20~40 cm的土样,共计162个土壤样品。

1.2 测定方法

将野外带来的土壤样品按常规方法^[6]进行处理并逐一测定每个样点的土壤pH值、有机质、全氮、全磷、全钾、速效磷、速效钾等,取多点样品的平均值作为每种公路占地类型的最终分析结果。单因素方差分析(ANOVA)及其他的统计分析皆在SPSS程序中运行。

1.3 土壤质量评价方法

采用了土壤质量综合指数(SQI)计算不同土地

利用方式下的土壤质量^[7-8]。土壤质量主要取决于土壤肥力。本研究以土壤pH值、有机碳、全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷、速效钾作为指示土壤质量的因子。由于土壤肥力因子的变化具有连续性,故各评价指标采用具有连续性的隶属度函数,并根据主成分因子负荷量值的正负性,确定隶属度函数分布的升降性。通过隶属度函数求出各指标的隶属度,计算土壤pH值和各项养分因子隶属度函数为:

$$Q_i = (X_i - X_{imin}) / (X_{imax} - X_{imin}), \quad (1)$$

式中, Q_i 为各土壤肥力因子的隶属度值; X_i 为第*i*项土壤肥力因子值; X_{imax} 和 X_{imin} 分别为第*i*项土壤肥力因子的最大值和最小值。

由于土壤各个肥力因子对土壤综合质量指数的重要性与贡献不同,所以通常用权重系数来表示各个因子的重要性。本文利用SPSS软件计算各因子主成分的贡献率和累计贡献率,通过主成分分析的因子负荷量,计算各因子在土壤质量中的作用大小,确定它们的权重 W_i 。

$$W_i = C_i / \sum C_i, \quad (2)$$

式中 C_i 为第*i*个土壤肥力因子的因子负荷量。

土壤综合质量指数(SQI)的计算参考孙波等人(1995)的土壤质量综合指数公式,对各个土壤因子的指标值采用乘法进行合成,各土地利用土壤综合质量指数值(SQI)的计算公式为:

$$SQI = \sum W_i \times Q_i. \quad (3)$$

SQI值越大,土壤质量越高;相反,土壤质量越差。

2 结果与分析

2.1 不同公路占地类型的土壤营养差异

土壤化学性质测定结果如表1所示。结果表明,水田和旱地呈近中性,而林地土壤呈酸性。水田土壤有机质和林地土壤有机质之间无显著差异,但均显著高于旱地土壤有机质。旱地土壤有机质低可能是由于植物残体比较少使得返回土壤的碳素降低,另一方面开垦和耕作破坏了土壤的原有结构,有机质分解增强,土壤碳素大量流失。全磷含量表现为旱地(974.9 mg/kg) > 水田(690.5 mg/kg) > 林地(479.8 mg/kg);速效磷表现为水田(10.3 mg/kg) > 旱地(9.8 mg/kg) > 林地(5.9 mg/kg)。土壤速效磷是最易移动的磷,尤其是在淹水条件下。因此,虽然水田中全磷含量虽然不是很高,但是速效磷含量高于其他2类土壤。全氮含量表现为林地

(0.87 g/kg) > 水田 (0.77 g/kg) > 旱地 (0.46 g/kg); 碱解氮含量表现为林地 (193.2 mg/kg) > 水田 (149.8 mg/kg) > 旱地 (72.5 mg/kg)。相关分析表明: 土壤有机质含量与土壤全氮及碱解氮含量呈极

显著相关性。土壤全钾含量表现为旱地 (20.0 g/kg) > 水田 (18.3 g/kg) > 林地 (13.0 g/kg); 土壤速效钾含量表现为旱地 (59.1 mg/kg) > 林地 (54.3 mg/kg) > 水田 (20.2 mg/kg)。

表 1 土壤化学性质

Tab. 1 Soil chemical properties

占地类型	pH	有机质/ (g·kg ⁻¹)	全磷/ (mg·kg ⁻¹)	速效磷/ (mg·kg ⁻¹)	全氮/ (g·kg ⁻¹)	碱解氮/ (mg·kg ⁻¹)	全钾/ (g·kg ⁻¹)	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)
水田	7.0	35.6±1.4	690.5±44.2	10.3±1.5	0.77±0.02	149.8±21.0	18.3±1.9	20.2±5.6
林地	5.4	31.1±6.3	479.8±41.7	5.9±1.1	0.87±0.22	193.2±48.4	13.0±1.2	54.3±14.6
旱地	6.5	14.8±1.5	974.9±91.8	9.8±3.3	0.46±0.14	72.5±19.9	20.0±1.6	59.1±20.5

2.2 不同公路占地类型剖面土壤的养分特征

有机质含量是土壤肥力的重要指标之一,是形成土壤结构的重要因素。在不同土壤深度下(0~10、10~20、20~40 cm),不同公路占地类型土壤有机质分布有所不同,如图 1 所示。结果表明:随着土壤深度的增加旱地土壤有机质呈逐渐减小趋势;水田土壤有机质是先减小后增加,这是由于在晒田期间一般都会翻地,导致下层土壤有机质含量的增加;林地土壤在 10~20 cm 时有机质含量最高,这是由于林地土壤表层常年累月堆积了大量的枯枝落叶,使得土壤中层有机质含量丰富。虽然不同占地类型土壤有机质表现不同的剖面特征,但是土壤有机质含量几乎均在 20 mg/kg 以上。因此,3 种不同公路占地类型土壤在 0~40 cm 土层的有机质含量丰富。

速效磷含量变化不规律。3 种不同占地类型的土壤在 0~40 cm 土层全磷含量较高,但速效磷含量不高,尤其是林地速效磷含量偏低。

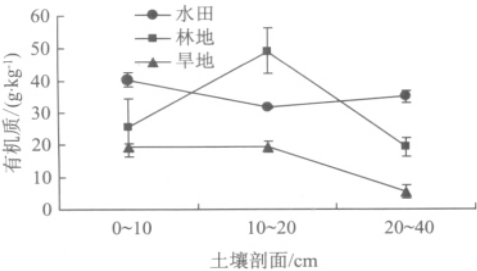


图 1 土壤有机质的空间分布
Fig. 1 Spatial distribution of soil organic matter content

土壤全磷表征了土壤能够向植被提供磷的潜能,而速效磷表征着易被植物利用的磷的数量。土壤全磷、速效磷的空间分布见图 2。水田土壤的全磷和速效磷在不同土壤深度下变化不显著。旱地和林地的土壤全磷含量在 10~20 cm 时均显著高于 0~10、20~40 cm 时的全磷含量。旱地土壤速效磷含量随着土壤深度的增加呈现降低的趋势。林地和水田土壤

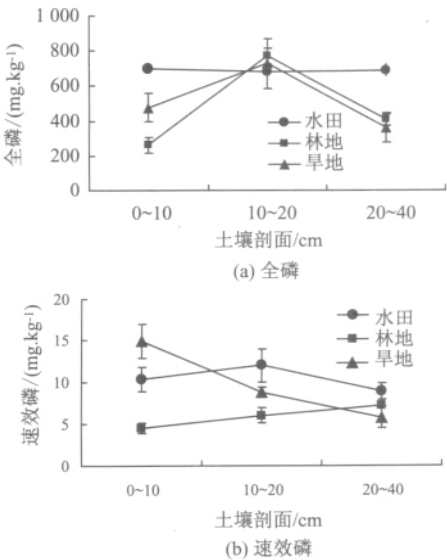


图 2 土壤全磷、速效磷的空间分布
Fig. 2 Spatial distribution of soil total phosphorus, and total phosphorus content

氮是植物重要的营养元素,利用土壤全氮(无机态和有机态)和碱解氮,能够较全面地反映土壤中氮素含量。土壤全氮和碱解氮的空间分布见图 3。林地土壤全氮含量在 10~20 cm 时均显著高于 0~10、20~40 cm 时的氮含量,而林地碱解氮含量在 0~10 cm 与 10~20 cm 无显著差异,但均显著高于 20~40 cm 时的氮含量;旱地土壤全氮含量在不同土壤深度下不显著变化,但旱地土壤碱解氮随着土壤深度的增加呈逐渐减小趋势;水田的全氮和碱解氮含量变化无规律。3 种不同占地类型的土壤在 0~40 cm 土层全氮含量较高。与其他 2 种土壤相比,旱地土壤碱解氮含量偏低。

由于钾元素在土壤中的流动性非常强,土壤不

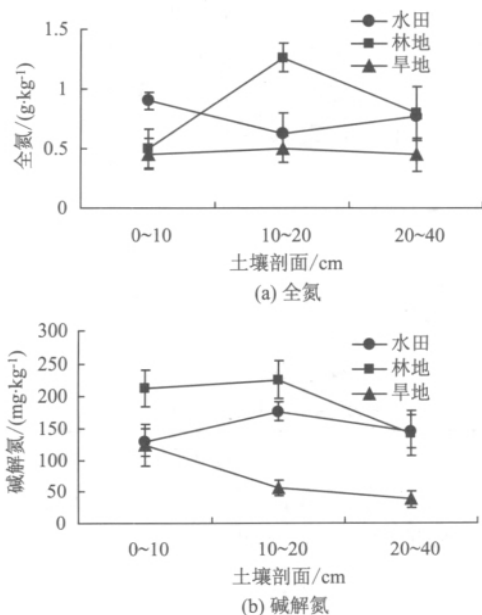


图3 土壤全氮、碱解氮的空间分布

Fig. 3 Spatial distribution of soil total nitrogen, and alkaline hydrolytic nitrogen content

同层次的钾元素含量无显著差异。全钾、速效钾的空间分布见图4。人为地扰动土壤会使得大量钾元素释放,此外在雨水冲刷、风力侵蚀等作用也会加剧土壤中的钾元素的流动。因此,不同占地类型下土壤全钾和速效钾并没有表现出规律性。3种不同公路占地类型的土壤在0~40 cm土层全钾含量较高,与其他2种土壤相比,水田土壤速效钾含量较低。

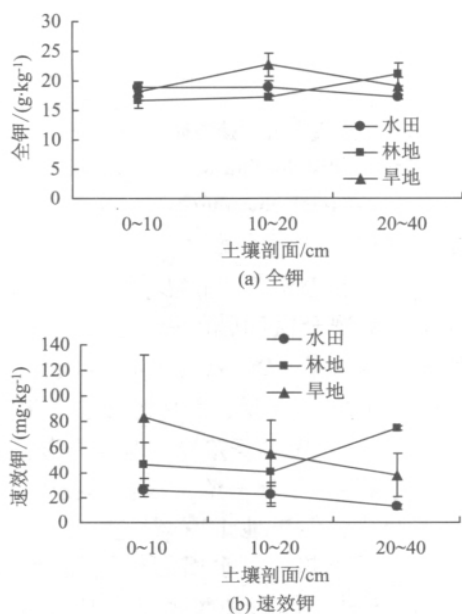


图4 土壤全钾、速效钾的空间分布

Fig. 4 Spatial distribution of soil total potassium, and available potassium content

2.3 不同公路占地类型的土壤质量分析

土壤综合质量指数反映了不同公路占地类型的土壤质量的相对值。按公式(1)、(2)计算土壤质量因子的隶属度值和权重(表2~表5)。

表2 0~10 cm 土壤质量因子的隶属度值

Tab. 2 Membership value of quality factor of soil in 0~10 cm depth

占地类型	pH	有机质	全磷	有效磷	全氮	碱解氮	全钾	速效钾
水田	1	1	1	0.55	1	0.05	1	0
林地	0	0.29	0	0	0.1	1	0	0.36
旱地	0.81	0	0.49	1	0	0	0.68	1

表3 10~20 cm 土壤质量因子的隶属度值

Tab. 3 Membership value of quality factor of soil in 10~20 cm depth

占地类型	pH	有机质	全磷	有效磷	全氮	碱解氮	全钾	速效钾
水田	1	0.41	0	1	0.17	0.71	0.3	0
林地	0	1	1	0	1	1	0	0.56
旱地	0.37	0	0.52	0.46	0	0	1	1

表4 20~40 cm 土壤质量因子的隶属度值

Tab. 4 Membership value of quality factor of soil in 20~40 cm depth

占地类型	pH	有机质	全磷	有效磷	全氮	碱解氮	全钾	速效钾
水田	1	1	1	1	0.92	1	0	0
林地	0	0.47	0.14	0.44	1	0.98	1	1
旱地	0.53	0	0	0	0	0	0.49	0.4

表5 土壤质量因子权重

Tab. 5 Weight of soil quality factor

指标	pH	有机质	全磷	有效磷	全氮	碱解氮	全钾	速效钾
权重	0.11	0.13	0.15	0.12	0.09	0.12	0.14	0.14

利用公式(3)计算得到3种不同公路占地类型的土壤质量综合指数值。如图5所示,3种不同公路占地类型0~10 cm土壤质量综合指数表现为水田(0.69) > 旱地(0.52) > 林地(0.22); 10~20 cm土壤质量综合指数表现为林地(0.57) > 旱地(0.45) > 水田(0.43); 20~40 cm土壤质量综合指数表现为水田(0.71) > 林地(0.62) > 旱地(0.18)。可见不同公路占地类型的剖面土壤质量存在较大差异。由于人工施肥等原因使得旱地和水田保持了较高的土壤质量。虽然林地0~10 cm土壤综合质量最低,但是林地群落具有较高的物种丰富度

与较好的微生态环境^[9] (如光照、地表温度、物种多样性、乔灌木的比例等),其深层具有较高水平的土壤质量。同时,林地土壤中丰富的种子库也是其重要的优势所在^[10]。

根据不同公路占地类型剖面土壤的养分特征以及土壤质量综合指数值,本研究建议:营松路建设中水田和林地剥离0~40 cm厚度的表土,旱地剥离0~20 cm厚度的表土。不同剖面下土壤营养元素表现出的变化特征能够判别土壤肥力,从而可以确定表土是否需要收集,而土壤综合质量的评价可以确定剥离表层土壤的厚度。因此,2种方法综合分析结果可以为公路建设中表土的收集工作提供科学依据。

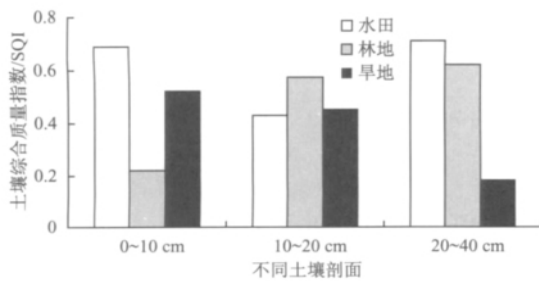


图5 不同公路占地类型下土壤综合质量指数

Fig. 5 The integrated SQI values of soils under different land use types

3 结论与建议

由于人为扰动和自然因素等方面的影响,不同公路占地类型的剖面土壤养分表现出不同的特征,而且不同公路占地类型的不同土层深度土壤综合质量也有很大的差异。3种不同公路占地类型0~10 cm土壤质量表现为水田>旱地>林地,10~20 cm土壤质量表现为林地>旱地>水田,20~40 cm土壤质量表现为水田>林地>旱地。根据本文的研究结果建议:吉林省营松路的建设中水田和林地剥离0~40 cm厚度的表土,而对于旱地可以剥离0~20 cm厚度的表土。

目前,我国高速公路建设依然在迅猛发展。公路建设破坏土地的速度惊人,因此一定要从可持续发展的战略高度出发,将表土利用工作纳入公路建设的全过程,加强表土剥离和再利用技术的研究和创新^[11-12],实现经济效益、社会效益和生态效益的最大化。

参考文献:

References:

通标准化,2007(4):46-48.

PEI Wenwen, CUI Huishan. The Summarize of Intensive Land Use Way in Road Construction [J]. Communications Standardization, 2007 (4): 46-48.

[2] 崔慧珊,陈济丁,裴文文. 公路建设节约用地的基本做法和经验 [J]. 交通建设与管理, 2007 (4): 25-28.

CUI Huishan, CHEN Jiding, PEI Wenwen. Basic Approaches and Experiences of Land Conservation in Road Construction [J]. Transportation Construction & Management, 2007 (4): 25-28.

[3] 林才奎,方建勤. 广梧高速公路使用表土进行边坡绿化的技术研究 [J]. 公路, 2010 (1): 193-195.

LIN Caikui, FANG Jianqin. Study of Using Topsoil for Slope Greening in Guangwu Expressway [J]. Highway, 2010 (1): 193-195.

[4] 陈济丁,邓超,孔亚平,等. 青藏公路多年冻土路段边坡植被种植试验研究 [J]. 公路交通科技, 2009, 26 (7): 149-158.

CHEN Jiding, DENG Chao, KONG Yaping, et al. Experimental Study of Greening on Slopes of Qinghai-Tibet Highway in Permafrost Region [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2009, 26 (7): 149-158.

[5] 刘占锋,傅伯杰,刘国华,等. 土壤质量与土壤质量指标及其评价 [J]. 生态学报, 2006, 26 (3): 901-913.

LIU Zhanfeng, FU Bojie, LIU Guohua, et al. Soil Quality: Concept, Indicators and Its Assessment [J]. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26 (3): 901-913.

[6] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.

LU Rukun. Analytical Methods for Soil and Agricultural Chemistry [M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2000.

[7] 孙波,张桃林,赵其国. 我国东南丘陵山区土壤肥力的综合评价 [J]. 土壤学报, 1995, 32 (4): 362-369.

SUN Bo, ZHANG Taolin, ZHAO Qiguo. Comprehensive Evaluation of Soil Fertility in the Hilly and Mountainous Region of Southeastern China [J]. Acta Pedologica Sinica, 1995, 32 (4): 362-369.

[8] 赵淑青,崔保山,高丽娜,等. 纵向岭谷区公路建设对沿线地区土壤质量的影响 [J]. 科学通报, 2007, 52 (增刊II): 167-175.

ZHAO Shuqing, CUI Baoshan, GAO Lina, et al. The Effect of Road Construction on Soil Quality in Longitudinal Range-gorge Region [J]. Chinese Science Bulletin, 2007, 52: 167-175.

(下转第158页)

[1] 裴文文,崔慧珊. 公路建设节约用地方法初探 [J]. 交

- Helicopter Logistics in Disaster relief Operations [J]. European Journal of Operational Research, 2002, 140: 118 - 133.
- [5] BAEBAROSOGU G, ARDA Y. A Two - stage Stochastic Programming Framework for Transportation Planning in Disaster Response [J]. Journal of the Operational Research Society, 2004, 55 (1): 43 - 53.
- [6] CHANG M, TSENG Y, CHEN J. A Scenario Planning Approach for the Flood Emergency Logistics Preparation Problem under Uncertainty [J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2007, 43 (6): 737 - 754.
- [7] SHEU J. An Emergency Logistics Distribution Approach for Quick Response to Urgent Relief Demand in Disasters [J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2007, 43 (6): 687 - 709.
- [8] TZENG G, TSUNG H, HUANG D. Multi - objective Optimal Planning for Designing Relief Delivery Systems [J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2007, 43 (6): 673 - 686.
- [9] 王丰, 姜玉宏, 王进. 应急物流 [M]. 北京: 中国物资出版社, 2007.
- WANG Feng, JIANG Yuhong, WANG Jin. Emergency Logistics [M]. Beijing: China Logistics Publishing House, 2007.
- [10] 高新波. 模糊聚类分析及其应用 [M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2004.
- GAO Xinbo. Fuzzy Cluster Analysis and Its Applications [M]. Xi'an: Xi'dian University Press, 2004.
- [11] 刘增量. 模糊技术与神经网络技术选编 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1999.
- LIU Zengliang. Fuzzy Technology and Neural Network Technology [M]. Beijing: Beihang University Press, 1999.
- [12] 庄恒杨, 沈新平, 陆建飞, 等. 模糊聚类计算方法的理论分析 [J]. 江苏农业研究, 1998, 19 (3): 37 - 41.
- ZHUANG Hengyang, SHEN Xinping, LU Jianfei, et al. Theoretical Analysis of the Computing Method of Fuzzy Clustering [J]. Jiangsu Agricultural Research, 1998, 19 (3): 37 - 41.
- [13] 李鸿吉. 模糊数学基础及实用算法 [M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- LI Hongji. The foundation and Practical Algorithm of Fuzzy Mathematics [M]. Beijing: Science Press, 2005.
- [14] MITCHELL H B, ESTRACH D D. An OWA Operator with Fuzzy Ranks [J]. International Journal of Intelligent Systems, 1998, 13 (1): 69 - 81.
- [15] 葛全胜, 邹铭, 郑景云. 中国自然灾害风险综合评估与初步研究 [M]. 北京: 科学出版社, 2008: 184 - 185.
- GE Quansheng, ZOU Ming, ZHENG Jingyun. Integrated Assessment of Natural Disaster Risks in China [M]. Beijing: Science Press, 2008: 184 - 185.
- [16] 蒋仁言, 左明. 可靠性模型与应用 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1999.
- JIANG Renxin, ZUO Ming. Reliability Model and Application [M]. Beijing: China Machine Press, 1999.
- [17] 聂高众, 高建国, 苏桂武, 等. 地震应急救援需求的模型化处理: 来自地震震例的经验分析 [J]. 资源科学, 2001, 23 (1): 69 - 76.
- NIE Gaozhong, GAO Jianguo, SU Guiwu, et al. Models on Rapid Judgment for the Emergency Rescue Needs during Earthquake: By Analysis on Post Earthquake Events [J]. Resources Science, 2001, 23 (1): 69 - 76.

(上接第151页)

- [9] 尹刚强, 田大伦, 方晰, 等. 不同土地利用方式对湘中丘陵区土壤质量的影响 [J]. 林业科学, 2008, 44 (8): 9 - 15.
- YIN Gangqiang, TIAN Dalun, FANG Xi, et al. Effects of Land Use Types on Soil Quality of the Hilly Area in Central Hunan Province [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2008, 44 (8): 9 - 15.
- [10] 李生, 姚小华, 任华东, 等. 黔中石漠化地区不同土地利用方式土壤种子库研究 [J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2008, 32 (1): 33 - 37.
- LI Sheng, YAO Xiaohua, REN Huadong, et al. Different Applied type Soil Seed Banks in Karst Rocky Desertification Zone, Middle Guizhou Province of China [J]. Journal of Nanjing Forestry University: Natural Sciences Edition, 2008, 32 (1): 33 - 37.
- [11] 陶双成, 孙斌, 刘勇, 等. 滨湖平微区高速公路建设土地资源节约对策分析 [J]. 中外公路, 2010, 30 (3): 347 - 349.
- TAO Shuangcheng, SUN Bin, LIU Yong, et al. Countermeasures of Land Resources Conservation for Expressway Construction in Plain Lake District [J]. Journal of China & Foreign Highway, 2010, 30 (3): 347 - 349.
- [12] 李宗禹, 黄岩, 刘昕, 等. 高速公路路域扰动土壤及其生态管理 [J]. 公路交通科技, 2002, 19 (3): 155 - 159.
- LI Zongyu, HUANG Yan, LIU Xin, et al. Disturbed Soil along Expressway and Its Ecological Management [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2002, 19 (3): 155 - 159.