

# 永定河河滨带土壤机械组成特征及异质性分析

王硕<sup>1</sup>, 刘永兵<sup>1\*</sup>, 王利军<sup>2</sup>, 魏炜<sup>2</sup>, 陈俊<sup>2</sup>, 李翔<sup>1</sup>, 于小飞<sup>1</sup>, 王湛<sup>3</sup>

(1. 轻工业环境保护研究所, 北京 100089; 2. 北京市水利规划设计研究院, 北京 100044; 3. 中国水利水电科学研究院, 北京 100048)

**摘要** [目的] 研究永定河河滨带土壤机械组成特征及异质性分析, 为河滨带土壤改良及生态修复提供理论参考。[方法] 采用室外定点采样与室内测定分析相结合的方法, 研究了永定河河滨带不同地段上下层(0~10, 10~20 cm)土壤的机械组成。[结果] 永定河河滨带土壤机械组成中主要以砾石含量为主, 黏粒含量较少, 均低于5%。在砾石类组分上, 10~20 cm含量大于0~10 cm含量, 沙粒、粉粒则表现出0~10 cm含量大于10~20 cm含量, 黏粒含量上下层间变化不明显。上、中、下游砾石、沙粒、粉粒含量变化幅度较大, 而黏粒变化不明显。[结论] 应根据土壤状况合理施肥, 改良中要注意土壤机械组成恢复的合理结构。

**关键词** 永定河; 河滨带; 土壤机械组成; 异质性分析

中图分类号 S159.2 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2011)08-04653-04

## Characteristics of Soil Mechanical Composition and Heterogeneity Analysis Of River Beach in Yongding River

WANG Shuo et al (Environmental Research Institute of Light Industry, Beijing 100089)

**Abstract** [Objective] The aim was to research characteristics of soil mechanical composition and heterogeneity analysis of river beach in Yongding River and provide theoretical reference for ecological restoration. [Method] Using outdoor fixed-point sampling and indoor analysis method, soil mechanical composition of different sections in the Yongding River was studied. [Result] The results showed that in Yongding River the soil mechanical composition was content of gravel, clay content was less, but all less than 5%. In components of the gravel class, 10~20 cm content was greater than 0~10 cm, sand, silt content showed 0~10 cm content was greater than 10~20 cm, between the upper and lower clay content did not change significantly. [Conclusion] Rational fertilization should be based on soil conditions, improvement should pay attention to the reasonable structure of soil mechanical composition.

**Key words** Yongding River; River beach; Soil mechanical composition; Heterogeneity analysis

土壤机械组成是土壤稳定的自然属性之一<sup>[1]</sup>, 机械组成分析的基础工作是测定土壤颗粒粒径, 土壤机械组成决定着土壤物理、化学和生物特性<sup>[2]</sup>。不同土壤的机械组成在矿物上有显著差别, 其化学性质和其他各种性质也均不相同。因此, 研究土壤机械组成对指导耕作、施肥及土壤修复与改良都具有极为重要的现实意义。

近年来, 人们较多的关注河流流域的水土流失、河滨带生态绿化及土壤与植被之间的相关关系等问题, 黄河中游水土流失严重区其土壤粒径分布由南向北呈逐渐变粗的趋势, 盐沼植被分布、多样性与土壤化学因子存在相关关系, 不同植被类型下土壤中盐分、有机质、N、P等含量及土壤机械组成都表现出一定规律性<sup>[3~5]</sup>。渭河咸阳段洪水沉积物粒度组成中砂粒级的含量最高, 颗粒较粗, 分选较差<sup>[6]</sup>; 金沙江干热河谷不同类型植被改良试验模式表明, 乔木林和草本都有良好的改善土壤物理性能、化学特性和土壤入渗能力的效果<sup>[7]</sup>; 岷江上游干旱河谷海拔梯度上的土壤发生特征受区域成土环境影响, 土壤化学风化和成土作用弱, 土壤质地较粗, 土壤机械组成以粉砂为主, 黏化作用不强<sup>[8]</sup>; Royall<sup>[9]</sup>用土壤颗粒粒径来分析水土流失问题, 土壤粒度分布与水土流失模型及侵蚀系数均有一定的关系; Egashira等<sup>[10]</sup>对布拉马普特拉河、梅格纳河和恒河冲积平原土壤颗粒分布进行分析, 黏粒含量相对较少, 颗粒含量与土壤类型及土层深度有关。

目前为止, 有关河滨带适宜的生境结构构建技术研究较少。为此, 笔者以永定河河滨带土壤为研究对象, 探明不同

地段土壤在河流形成过程中及人为干扰而形成的粒径变化, 研究土壤各粒径组成之间的关系, 为永定河河滨带土壤改良及植被生态修复提供理论参考和技术支持。

## 1 材料与方法

**1.1 研究区概况** 永定河为海河流域七大水系之一, 是河北系的最大河流。流域面积47 016 km<sup>2</sup>, 其中山区面积45 063 km<sup>2</sup>, 平原面积1 953 km<sup>2</sup>, 最大流量5 200 m<sup>3</sup>/s左右。河水挟带大量泥沙, 河水浑浊, 年含泥量3 120万t。永定河全长747 km, 流经内蒙古、山西、河北3省, 北京、天津2个直辖市, 共43个县市。全流域面积4.7万 km<sup>2</sup>。永定河上游有桑干河和洋河两大支流, 在河北省怀来县朱官屯汇合, 以下的河段称永定河, 在延庆县汇入妫水河, 经官厅水库流入官厅山峡(官厅水库至三家店区间), 从官厅至朱官屯河长30 km, 官厅山峡河长108.7 km; 至门头沟三家店流入平原, 从三家店以下至天津的入海口, 河道全长约200 km, 在水利系统将其分为三家店至卢沟桥、卢沟桥至梁各庄、永定河泛区和永定新河4段。

**1.2 取样方法** 供试土壤选自永定河河滨带, 土壤采集30个样品, 永定河从珠窝水库坝下至三家店水库、三家店水库坝下至卢沟桥、卢沟桥至南六环分为上游、中游、下游3段, 具体样点设置为: 上游 YD001~YD012, 中游 YD013~YD026, 下游 YD027~YD030; 上游河道类型主要以河流型、池塘型和干枯河道为主, 因此样地采用从河流源头、流域两侧和河口等不同地段根据不同生境类型设置取样断面, 在每个断面上等距离设置样点。中游以湖泊型和干枯河道为主, 样点按湖泊大小和水位, 根据等深线设置环状样带, 再根据离岸线距离设置纵向样带, 形成蜘蛛网式结构, 在每个交点处确定样点位置。上游、中游设置样点较多。下游河道类型较单一, 主要以干枯型河道居多, 故样点设置较少。在每一个样地取0~10, 10~20 cm 2层土样。将同一样地分层后的

**基金项目** 北京市科委项目(D09040903700802); 北京市委组织部优秀人才资助项目。

**作者简介** 王硕(1983~), 女, 河北沧州人, 助理工程师, 硕士, 从事土地修复、生态修复方面的研究。\* 通讯作者, 副研究员, 博士, 从事土地修复、生态修复方面的研究, E-mail: liuyongbing21@163.com。

**收稿日期** 2010-12-17

土样混合后用自封袋装好,风干后用于测定土壤机械组成。

### 1.3 测定方法

按照河流泥沙颗粒分析规程(SL42-49),对 $>0.063\text{ mm}$ 的土粒采用筛分析法,对 $<0.063\text{ mm}$ 的土粒采用吸管法测定,最终划为4个粒径等级:砾石( $>2.000\text{ mm}$ )、沙粒( $0.063\sim2.000\text{ mm}$ )、粉粒( $0.004\sim0.063\text{ mm}$ )、黏粒( $<0.004\text{ mm}$ )。

**1.4 数据分析** 采用 Excel2007 和 SPSS 13.0 软件进行数据统计分析。

## 2 结果与分析

**2.1 不同深度土壤机械组成特征** 由图1可知,每个采样点10~20 cm层的砾石含量明显高于0~10 cm层,提高比例为79.11%,说明下层土壤颗粒相对较大,质地较粗。产

生这种现象是河流泥沙搬运、沉积的结果。与砾石不同的是,永定河河滨带土壤的沙粒、粉粒均表现为0~10 cm粒径含量高于10~20 cm粒径含量,且两者的提高比例相差不大,分别为29.21%和30.26%。与沙粒相比,粉粒的总体含量相对较低,仅为沙粒含量的80%。黏粒含量呈不规律的分布,含量较小,均低于5%。从整体上看,河滨带土壤机械组成中砾石所占比例最大,明显高于沙粒、粉粒和黏粒,提高幅度分别为2.73%,9.63%,36.27%;而黏粒所占比例最小。这种质地的土壤空隙相对较大,保水保肥能力较弱,因此,因地制宜的运用一些土壤基质改良措施显得至关重要。

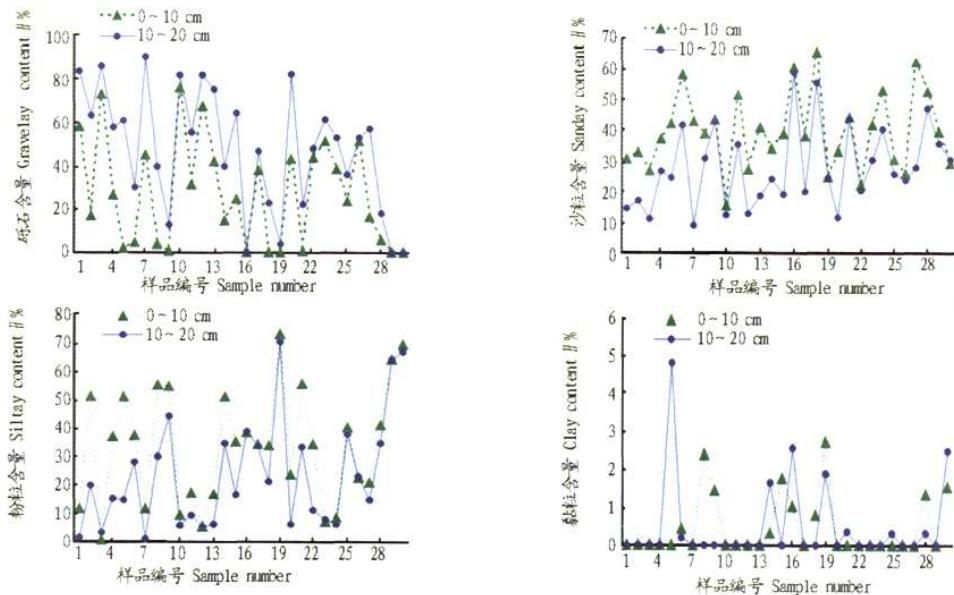


图1 永定河河滨带土壤各粒径组含量分布

Fig. 1 The distribution of the content of every soil grain size group in Yongding River riverside

**2.2 河滨带上、中、下游土壤机械组成特征** 永定河河滨带上、中、下游采样点0~20 cm层土壤机械组成颗粒平均含量见图2。由图2可知,上、中、下游砾石、沙粒、粉粒均有明显的变化,变化幅度较大,砾石从上游的47.83%下降至下游的12.12%,沙粒从上游的30.31%上升至下游的40.91%,粉粒从上游的21.47%上升至下游的45.25%,粉粒的提高率远高于沙粒。而黏粒变化幅度不大,均小于1%。在永定河河滨带的中游砾石和沙粒的含量相当,方差分析表明,两者不存在显著差异( $P > 0.05$ )。

由图3可知,永定河河漫带10~20 cm土壤砾石含量百分比高于土壤表层0~10 cm的砾石含量百分比,但上、中、下游的含量相差不同,上游砾石上下层的含量变化最大,中游次之,下游最小,分别为28.31%、17.01%、13.43%。沙粒、粉粒的平均含量均表现为下游>中游>上游,上游的上下层间含量相差较大。0~10 cm的沙粒、粉粒所占比例高于10~20 cm粒径所占比例,平均分别高14.00%和13.56%。下游的粉粒含量明显升高,与上游的粉粒相比,提高了115.46%。永定河河漫带土壤无论从上游、中游、下游各地段,还是从0

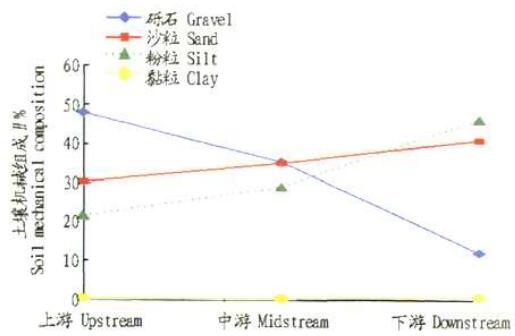


图2 永定河河滨带上、中、下游土壤机械组成  
Fig. 2 The mechanical composition of soil upstream, midstream and downstream of Yongding River riverside

~10 cm、10~20 cm 上下土层, 在砾石、沙粒、粉粒分布上均表现极显著差异(表1)。永定河河滨带土壤的黏粒含量均较少, 经方差分析, 上游、中游黏粒含量差异不显著, 且 0~10、10~20 cm 2 个土层间亦无显著性差异。而下游与上游、中游相比, 存在差异极显著, 此时黏粒含量略有提高。但 0~

10、10~20 cm 上下土层仍无显著性差异(表1)。

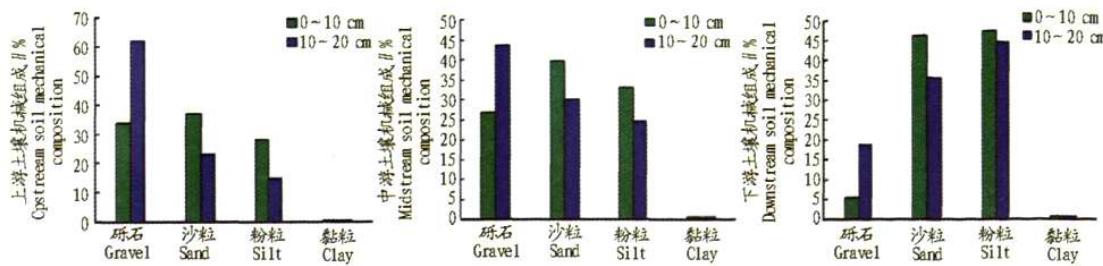


图3 永定河河滨带土壤上下土层机械组成含量

Fig.3 Mechanical composition content of upper and lower soil layer in Yongding River riverside

表1 永定河河滨带不同地段土壤机械组成

Table 1 Analysis on the significance of mechanical composition differences in different soil sections of Yongding River riverside

地段	土层	砾石	沙粒	粉粒	黏粒
Sections	Soil layer	Gravel	Sand	Silt	Clay
上游	0~10 cm	33.68 Dd	3.732 Dd	28.25 Cc	0.36 Aa
Upstream	10~20 cm	61.99 Ff	23.31 Aa	14.69 Aa	0.42 Aa
中游	0~10 cm	26.60 Cc	39.67 Ee	32.82 Dd	0.47 Aa
Midstream	10~20 cm	43.61 Ee	29.94 Bb	24.55 Bb	0.48 Aa
下游	0~10 cm	5.42 Aa	46.26 Ff	47.61 Ff	0.72 Bb
Downstream	10~20 cm	18.84 Bb	35.57 Cc	44.89 Ee	0.70 Bb

注:同列不同大写字母表示差异极显著( $P < 0.01$ ),不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

Note: The same letters within the same column represent the differences are not significant ( $P > 0.01$ ), different small letters represent significant differences ( $P < 0.05$ ).

**2.3 不同土壤类型的机械组成特征** 永定河河滨带的土壤类型较多,分别为石质土、粗骨性褐土、初育土、碱化潮土、粗骨土、潮土、沼泽土、沙、石灰性褐土。由图4可知,砾石含量的土壤类型为:石质土>粗骨性褐土>粗骨土>碱化潮土>石灰性褐土>潮土>沼泽土>沙;沙粒含量的土壤类型为:潮土>沼泽土>石灰性褐土>粗骨土>碱化潮土>沙>粗骨性褐土>石质土;粉粒含量的土壤类型为:沼泽土>潮土>石灰性褐土>碱化潮土>沙>粗骨性褐土>粗骨土>石质土;黏粒含量的土壤类型为:沼泽土>沙>石灰性褐土>潮土>碱化潮土>粗骨土>粗骨性褐土>石质土。

石质土、粗骨土、粗骨性褐土均属于发育初期的土壤类型,故主要以砾石含量为主。碱化潮土、沼泽土、沙以粉粒含量居多,潮土、石灰性褐土以沙粒含量为主。由此可知,土壤机械组成受土壤类型影响较大。

**2.4 土壤异质性特征** 土壤的颗粒参数能很好的表征其成土过程中的母质来源、搬运介质和动能条件,以及经后期物理、化学和生物作用的变化情况。永定河河滨带土壤的频率特征见图5。其具体参数见表2。由图5和表2可知,砾石在整个土壤中的平均值最大,为37.13%,黏粒的含量最小,为0.47%,表明永定河河滨带土壤主要以砾石颗粒构建。在4个粒径中,砾石的标准差最大,黏粒的标准差最小,说明砾石的分布离散程度最大,而黏粒的分布离散程度最小。土壤样品中黏粒为缺失粒径。各粒径的变异系数为35.68%~59.51%,砾石、沙粒、粉粒属中等变异水平,黏粒属强变异水平。就平均值与中值而言

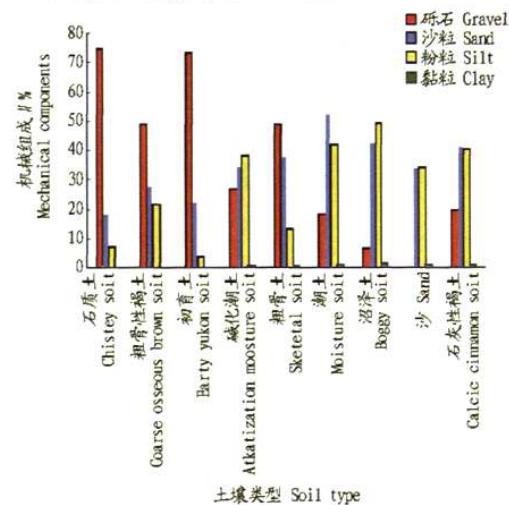


图4 永定河河滨带不同类型土壤机械组成

Fig.4 Different types of soil mechanical composition in Yongding River riverside

言,黏粒相差较大,砾石、沙粒、粉粒相差不大,但均有一定偏移,表明土壤粒径的中心趋向分布可能被异值影响,似其正态分布,土壤机械组成受外界影响不大。其结果符合永定河河滨带的自然地理特征。

### 3 结果与讨论

(1) 永定河河滨带土壤机械组成中,10~20 cm 层砾石含量大于0~10 cm 层,沙粒、粉粒均表现为0~10 cm 层含量大于10~20 cm 层,黏粒含量上下层间变化不明显,均低于5%。

(2) 从不同地段来看,永定河河滨带土壤砾石含量从上游到下游逐渐减少,上游砾石含量最高达47.83%,而沙粒、粉粒、黏粒均表现为从上游到下游逐渐升高的趋势,粉粒升高幅度大于沙粒,且此时含量均高于砾石含量,黏粒从上游到下游升高幅度较小。

(3) 不同类型土壤的机械组成不同,其中,石质土、粗骨性褐土、粗骨土均以砾石含量居多,碱化潮土、沼泽土、沙以粉粒含量居多,而潮土、石灰性褐土以沙粒含量为主。

(4) 从土壤数据特征分析看出,永定河河滨带土壤主要以砾石颗粒构建,黏粒为缺失粒径。由于测得该地区大部分颗粒主要以粗颗粒为主,因此,建议在今后的土壤改良工作中,采用因地制宜的方法,客土改良中要注意土壤机械组成

恢复的合理结构,有效的保持水土,改善河滨带生境结构,建

立适宜的生态系统。

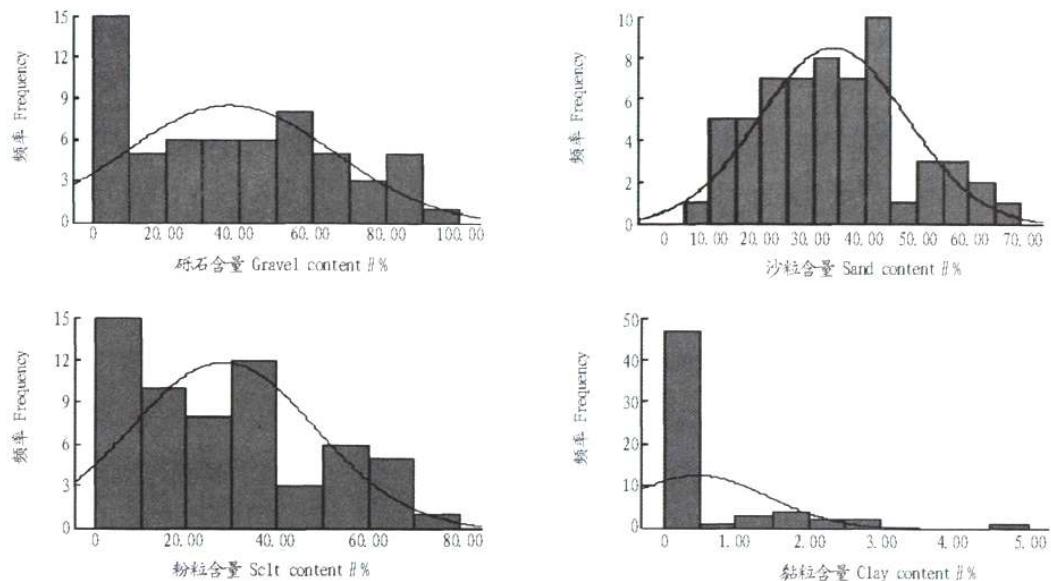


图5 土壤机械组成频率特征

Fig. 5 Frequency characteristics of soil mechanical composition

表2 土壤数据特征

Table 2

Characteristics of soil data

粒径 Partical size	样本数 Samples number	平均值 Average value	中数 Median	标准差 Standard deviation	最小值 Minimum	最大值 Maximum	变异系数 Variation coefficient	偏度 Skewness	峰度 Kurtosis	%
砾石 Gravel	60	37.13	41.03	25.06	0.00	79.39	67.49	0.05	-1.08	
沙粒 Sand	60	33.82	30.05	12.07	13.76	60.78	35.68	0.65	-0.24	
粉粒 Silt	60	28.37	26.51	19.14	1.74	71.14	67.47	0.60	-0.23	
黏粒 Clay	60	0.47	0	0.75	0	2.40	159.57	1.59	1.37	

## 参考文献

- [1] 刘作新,唐力生.褐土机械组成空间变异等级次序地统计学估计[J].农业工程学报,2003,19(3):27-32.
- [2] 苏里坦,宋郁东,陶辉.不同风沙土壤颗粒的分形特征[J].土壤通报,2008,39(2):244-248.
- [3] 高亚军,王玉明,赫晓慧.黄河中游严重水土流失区土壤粒径分布规律研究[J].水土保持研究,2006,13(5):27-32.
- [4] 贺强,崔保山,赵欣胜,等.黄河河口盐沼植被分布、多样性与土壤化学因子的相关关系[J].生态学报,2009,29(2):676-687.
- [5] 王海梅,李政海,宋国宝,等.黄河三角洲植被分布、土地利用类型与土壤理化性状关系的初步研究[J].内蒙古大学学报,2006,37(1):69-75.

(上接第4597页)

## 3 对水电站边坡生态恢复的讨论与建议

(1) 通过2年来对恢复区的监测观察发现,生态恢复效益如下:乔灌木撒播措施>网格梁固坡生态恢复措施>削坡筑台综合绿化措施>液压喷播生态恢复措施。

(2) 生态恢复优先使用综合恢复能力强的措施,不仅要考虑充分改良土壤基质,还要改善微环境气候因子,使恢复区物种群落达到破坏之前或邻近自然景观的水平。

(3) 生态恢复的物种最适合的是乡土物种,通过播散本地物种,借自然力自行恢复是最经济、最有效的恢复模式。

(4) 岩质边坡生态恢复涉及岩石力学、土壤学、景观生态

- [6] 史兴民,万正耀,师静.渭河咸阳段近代洪水沉积物粒度特征分析[J].水土保持通报,2008,28(3):71-76.
- [7] 陈奇伯,王克勤,李艳梅,等.金沙江干热河谷不同类型植被改良土壤效应研究[J].水土保持学报,2003,17(2):67-71.
- [8] 柏松,黄成敏,唐亚.岷江上游干旱河谷海拔梯度上的土壤发生特征[J].土壤,2008,4(6):980-985.
- [9] DAN ROYALL. Particle-size and analytical considerations in the mineral-magnetic interpretation of soil loss from cultivated landscapes [J]. 2004,57(2):189-207.
- [10] EGASHIRA K, ARAMAKI K, YOSHIMASA M. Rare earth elements and clay minerals of soils of the floodplains of three major rivers in Bangladesh [J]. Geoderma, 2004,120(5):7-15.

学和景观设计等多个学科。以恢复生态为主导,结合固土护坡,综合应用新技术的综合生态恢复模式是生态恢复措施的研究趋势。

## 参考文献

- [1] 张荣祖.横断山区干旱河谷[M].北京:科学出版社,1992:1-64.
- [2] 夏汉平.采矿地的生态恢复技术[J].应用生态学报,2002,13(11):1471-1477
- [3] ENRIGHT N T, LAMONT B B. Survival, growth and water relations of Banksia seedlings on a sand mine rehabilitation site and adjacent scrub-heath sites[J]. J Appl Ecol Eng, 1992, 17:165-178.
- [4] 王志宏.矿工废弃地生态恢复基质改良研究[J].中国矿业,2005,14(3):22-27.
- [5] 陈晓斌.客土喷播法在石质边坡绿化中的应用[J].公路,2004(8):307-309.