

# 子牙河水系滨岸带植物群落结构及其与环境的关系

梁雪<sup>1,2</sup>, 何萍<sup>2</sup>, 任颖<sup>2</sup>, 钱金平<sup>1</sup>, 戴霞<sup>2</sup>

(1. 河北师范大学 资源与环境科学学院, 河北 石家庄 050024;

2. 中国环境科学研究院 国家环境保护区域生态过程与功能评估重点实验室, 北京 100012)

**摘要:** [目的] 以海河流域子牙河水系河流滨岸带植物为对象, 研究影响植物群落结构和分布格局的主要环境因子, 为相关研究提供依据。[方法] 2013 年 6 月, 在子牙河水系干支流设置了 94 个滨岸带样地, 调查植被结构和海拔、护岸类型、堤外土地利用类型等 6 个环境因子。[结果] 子牙河水系滨岸带植物共 249 种, 分属于 51 科, 166 属。山区河段滨岸带有 199 种植物, 分属于 43 科, 135 属, 优势物种有芦苇 (*Phragmites australis*)、蒙古蒿 (*Artemisia mongolica*)、荆条 (*Vitex negundo*)、黄花蒿 (*Artemisia annua*) 等; 平原河段滨岸带有 36 种植物, 分属于 22 科 35 属, 优势物种主要有芦苇 (*P. australis*)、反枝苋 (*Amaranthus retroflexus*) 等, 山区植物丰富度明显高于平原区。[结论] 海拔高度和堤外土地利用类型与植物群落结构显著相关。水热条件和人类活动压力是影响植被构成的主要成因。

**关键词:** 子牙河; 植物群落; 环境因素

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2017)01-0292-05

中图分类号: X173

**文献参数:** 梁雪, 何萍, 任颖, 等. 子牙河水系滨岸带植物群落结构及其与环境的关系[J]. 水土保持通报, 2017, 37(1): 292-296. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2017.01.051; Liang Xue, He Ping, Ren Ying, et al. Relationship between plant communities and environment factors in riparian zone along Ziya river[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2017, 37(1): 292-296. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2017.01.051

## Relationship Between Plant Communities and Environment Factors in Riparian Zone Along Ziya River

LIANG Xue<sup>1,2</sup>, HE Ping<sup>2</sup>, REN Ying<sup>2</sup>, QIAN Jinping<sup>1</sup>, DAI Xia<sup>2</sup>

(1. College of Resource and Environmental Science, Hebei Normal University, Shijiazhuang, Hebei 050024, China; 2. State Environmental Protection Key Laboratory of Regional Ecological Processes and Functions Assessment, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China)

**Abstract:** [Objective] The study aims to find out factors that influence the plant community structure and distribution pattern in the riparian zone along Ziya river, and provide references for related research. [Methods] In June, 2013, we investigated plant community structure and six environmental factors in 94 plots including altitude, levee type and land use type outside the levee in the Ziya river system. [Results] Totally, we found 249 species, which covers 51 families and 166 genera, of which, 199 species covering 43 families and 135 genera were found in the mountainous region and 36 species covering 22 families and 35 genera were found in the plain. *Phragmites australis*, *Artemisia mongolica*, *Vitex negundo*, *Artemisia annua* were the dominant species in the mountain rivers and *P. australis*, *Amaranthus retroflexus* in the plain rivers. The species richness in mountain was significantly higher than that in the plain areas. [Conclusion] The altitude and the land use type outside levee significantly associated with the plant community structure. Hydrothermal conditions and human activities are the main factors affecting the vegetation composition and spatial distribution.

**Keywords:** Ziya river; plant community; environmental factor

收稿日期: 2015-04-07

修回日期: 2015-05-26

资助项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项“海河流域河流生态完整性影响机制与恢复途径研究”(2012ZX07203-006)

第一作者: 梁雪(1988—), 女(汉族), 山西省太原市人, 硕士研究生, 研究方向为环境影响评价与规划。E-mail: liangxue176@163.com。

通讯作者: 何萍(1968—), 女(汉族), 辽宁省凌海市人, 博士, 研究员, 主要从事流域生态研究。E-mail: heping@caes.org.cn。

植被的构成与空间分布受水热、土壤、人类活动等不同尺度环境因子的影响。环境条件的改变也直接或者间接的影响植物的群落结构<sup>[1]</sup>,植物与环境关系一直是生态学研究的重要内容<sup>[2]</sup>,对了解区域生态系统过程,指导生态环境治理和生态恢复重建有重要意义。河流滨岸带范围包括河流廊道的高低水位之间以及从河流高水位至被洪水影响的高地区域,是水陆间物质、能量和生物的通道<sup>[3]</sup>。目前研究多集中在湖泊、湿地、河流等范围内水生植物与环境因子的关系,对平原河网地区滨岸带植被与环境的关系研究较少<sup>[4-6]</sup>。

子牙河是海河流域 5 大支流之一,近年干旱少雨<sup>[7]</sup>,加之河流水系受到人类活动的影响和工农业生产需水的增加,相继出现断流<sup>[8]</sup>,水质污染严重。植被是河流生态系统的重要组成部分之一,植被结构的变化一定程度上反映出河流的退化程度,同时植被的修复也是河流生态系统修复的重要任务。对子牙河水系滨岸带植物群落开展调查并研究其构成与环境因子的关系,对了解河流退化成因,指导河流植被修复意义重大。本文拟在 2013 年 6 月对子牙河植物群落和环境参数调查和测定的基础上,采用相关分析和典范对应分析,探讨牙河流域植物群落分布格局与环境因子的关系,以期对相关研究提供依据。

## 1 研究地区与研究方法

### 1.1 研究区概况

子牙河位于海河流域的中南部,由发源于太行山东坡的滏阳河和源于五台山北坡的滹沱河汇成,两河于献县臧家桥汇合后,始名子牙河,跨越山西、河北、天津 3 省市,地理位置介于北纬 36°03′—39°35′,东经 112°20′—117°50′,河流全长 375 km,流域面积 4.69 × 10<sup>4</sup> km<sup>2</sup>,其中山区面积 3.10 × 10<sup>4</sup> km<sup>2</sup>,平原面积 1.56 × 10<sup>4</sup> km<sup>2</sup>,是海河流域第二大水系。总体地势西北高东南低,西北燕山太行山山地海拔 500~1 000 m 以上,部分地区超过 1 500 m,东南部海拔标高低于 50 m,沿海地区在 4 m 以下<sup>[9]</sup>。

### 1.2 研究方法

1.2.1 布点原则 在全流域内 2~5 级河流,干流和其重要支流上均布点。河系结构越复杂,样地数越多;尽量与水文、水质站点重合;在城镇和明确排污口的上游和下游分别布点,对于特点均一的河段减少样地数。子牙河水系共设 94 个样地。

1.2.2 植物调查 在预设的样地,在具有植物代表性的约 15 m 长的河段范围内,垂直于河流方向设 3 条样带。每条样带分坡脚、坡中、坡上,分别设置 3 个

1 m × 1 m 小样方,力图包括湿生、中生和旱生植物类型。记录样方植物总盖度、物种名称及其分盖度和平均高度。每个样地的 9 个样方结果进行综合平均。对于现场无法确认种名的植物,采集样本带回实验室,对照《中国植物志》和网络数据库<sup>[10-11]</sup>及相关文献或请植物分类学专家进行鉴定。

1.2.3 环境因子调查 在环境因子调查中,共设 6 个环境因子,分别是海拔、降水量、断面平均水深、堤外土地类型、护岸类型和河岸形态。获取方法如下:① 海拔数据,用 GPS 现场测取。② 降水量,通过海河流域降水监测站点的多年降水量平均值,应用 ArcGIS 9.3 软件插值形成降水量等值线,根据样地位置得取数值。③ 断面平均水深,现场测量。④ 护岸类型,根据自然和透水特性分为 4 类赋值<sup>[12]</sup>(如表 1 所示)。⑤ 河岸形态,根据人工改造程度分为 3 类赋值(表 2)。⑥ 堤外土地利用类型土地利用类型共有 7 类。根据人为干扰梯度赋值(表 3)。

表 1 护岸类型

类别	河流护岸类型	赋值
无保护	无,冲刷型	0
可生物降解	木桩、柳桩	1
硬质透水	乱石、石笼、建筑垃圾	2
硬质不透水	混凝土或砖砌石	3

表 2 河岸形态

类别	河流护岸类型	赋值
人工形态	人工改造垂直或陡坡断面	1
自然加人工	早期改造的梯形断面,缓坡,土壤基质	3
自然形态	自然冲刷形成的滩地	5

表 3 堤外土地利用类型

土地类型	赋值	土地类型	赋值
林地	7	旅游区	3
草地	6	城区	2
耕地	5	工厂	1
村庄	4		

### 1.3 数据处理方法

(1) 物种重要值。

$$\text{重要值} = (\text{相对高度} + \text{相对盖度} + \text{相对频率}) / 3$$

(2) 典范对应分析 (canonical correspondence analysis, CCA)。样地与环境因子的相关性、植物物种与环境因子的相关性利用国际通用标准软件 Canoco 4.5 进行分析。CCA 分析是一种非线性多元直接梯度分析方法,可将研究对象排序和环境因子排

序表示在一个图上,结果直观明显<sup>[13]</sup>。以群落中各物种的重要值作为 CCA 分析中植物数据的变量。分析之前剔除了频度小于 5% 的植物<sup>[14]</sup>,减少偶见种对排序的影响,使结果更为准确直观。

(3) 环境因子的相关性分析。由 PASW Statistics 18 统计软件实现。

## 2 数据结果

### 2.1 植物群落的种类组成及优势种

子牙河水系 94 个样地共记录 249 种植物(表 4),分别属 51 科、166 属。属的数量较多的有,菊科(Compositae)42 属,禾本科(Gramineae)41 属,藜科(Chenopodiaceae)25 属,豆科(Leguminosae)15 属,毛茛科(Ranunculaceae)8 属,莎草科(Cyperaceae)13 属,唇形科(Labiatae)7 属;有 24 科仅包含 1 属。山区河段滨岸带主要有 199 种植物,分属于 43 科 135 属,

平原河段滨岸带主要有 36 种植物,分属于 22 科 35 属。

每个样地选取重要值最大的植物作为优势种。25 个山区样地中,芦苇在 7 个样地中表现为优势种,蒙古蒿、荆条、黄花蒿分别在 2 个样地中表现为优势种。在平原区 69 个样地中,芦苇在 22 个样地中表现为优势种,反枝苋在 8 个样地中表现为优势种,荩草在 5 个样地中表现为优势种,狗尾草、苘麻在 3 个样地中表现为优势种。

### 2.2 环境因子相关性

通过 PASW Statistics18 软件将环境因子 6 个变量进行相关分析。断面平均水深与河岸形态负相关(-0.273)。降水量与护岸类型呈负相关(-0.721)。海拔、断面平均水深、降水量 3 个环境因子与其他环境因子相关性较小,堤外土地类型、护岸类型和河岸形态 3 种环境因子相关性明显。

表 4 环境因子的 Pearson 相关性分析

项目	堤外土地类型	护岸类型	河岸形态	海拔高度	断面平均水深	降水量
堤外土地类型	1					
护岸类型	-0.347**	1				
河岸形态	0.358**	-0.678**	1			
海拔高度	0.282**	-0.074	0.062	1		
断面平均水深	-0.027	0.236*	-0.273**	0.009	1	
降水量	0.222*	-0.721**	0.646**	-0.065	-0.265**	1

注: \*\* 为在 0.01 水平(双侧)上显著相关; \* 为在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

### 2.3 样地 F 与环境因子 CCA 分析结果

DCA 分析,长度梯度与第一轴的值为 3.567,介于 3~4 之间,选择 CCA 或者 RDA 排序均可<sup>[15]</sup>。图 1 是子牙河流域 94 个样地和 6 个环境因子为原始数据作的 CCA 排序图。样组的分布受海拔因子的影响最大,样组 I 与样组 IV 处于海拔较高的山区,受人类活动的干扰较少,样组 II、III 处在海拔较低平原区,护岸类型和堤外土地类型均偏向人工形态。

### 2.4 物种与环境因子相关性

剔除频度小于 5% 的物种,共有 96 种植物。CCA 排序图(图 2)上明显反映出 96 种植物对环境因子不同的适应特点,可将 96 种植物分成 4 个组(表 5)。种组 I 受海拔梯度的影响显著;种组 II 护岸形态多为人工修筑且堤外土地类型以工厂、城区为主;种组 III 分布在降雨量较多的平原低海拔地区,河岸形态以人工与自然混合为主。种组 IV 分布区的堤外土地类型以林草地、农用地为主,河岸形态偏向于自然。

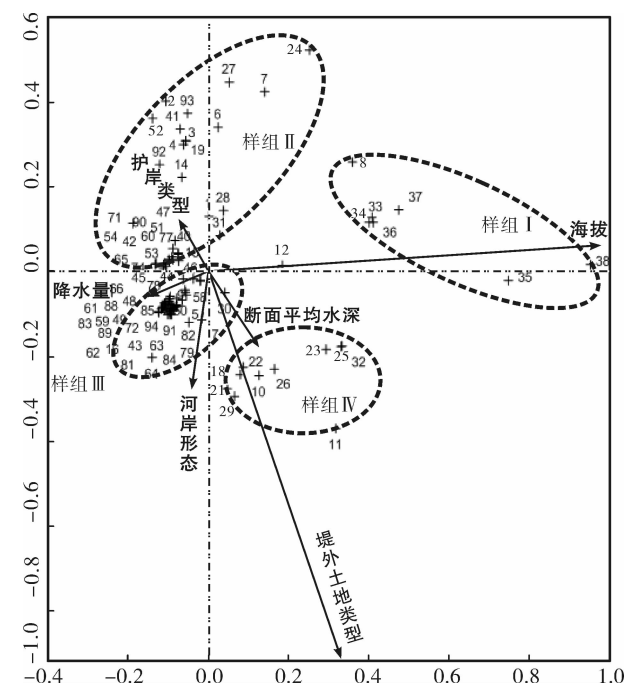


图 1 子牙河水系滨岸带样地与环境因子 CCA 二维排序图

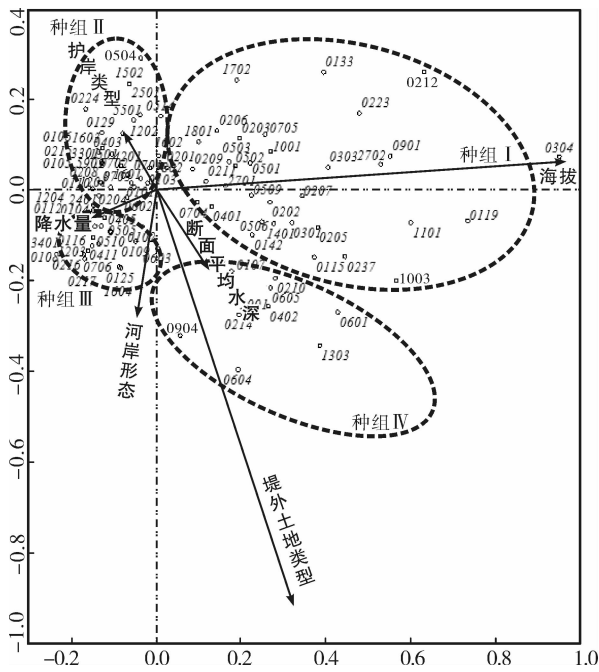


图 2 子牙河水系滨岸带植物物种与环境因子 CCA 二维排序图

2.5 物种的环境适应性

应用 PASW Statistics 18 软件针对全部 249 种植物所属海拔和堤外土地利用类型进一步开展相关

性分析,58 个物种与海拔高度显著正相关,8 个物种与海拔显著负相关(表 6)。8 个物种与堤外土地类型显著正相关,3 个物种与堤外土地类型显著负相关(表 7)。

3 讨论

3.1 物种特征

从调查记录物种的科别类型来看,表现出物种向菊科、禾本科和这样的世界性大科集中,同时又向少种科和区域性单种科分散的特点<sup>[16]</sup>。

在优势种类型上,高海拔区域优势种为芦苇、蒙古蒿、荆条、黄花蒿,蒙古蒿+黄花蒿群落具有生境适应性强耐瘠薄的特点<sup>[17-18]</sup>,荆条是太行山区常见的小灌木。低海拔区域优势种为芦苇、反枝苋、雀草。反枝苋+雀草群落具有适应性极强,既喜湿润又喜干旱,抗干扰性强的特点,为常见田间杂草<sup>[19-20]</sup>。优势种在一定程度上反映了山区和平原的物种和环境差异特征。

从物种多样性上,山区条件受人为干扰较小,有 199 种植物;平原区受人类干扰程度较大,植物物种趋于单一化,仅 36 种。虽然山区河流物种数量较多,但是多数物种出现频度低于 5%,可见生境受威胁程度较高。

表 5 子牙河水系滨岸带植物(剔除低频物种)与环境因子 CCA 排序分组结果

种组	科属特征	物种名称
种组 I	13 科 28 属 37 种,菊科、蓼科植物居多	平车前、大车前、野大豆、兴安胡枝子、苈草、羊草、藨草、隐子草、小蓬草、苍耳、大狼把草、鬼针草、野艾蒿、黄花蒿、苕蓼蒿、蒙古蒿、南牡蒿、南美黄顶菊、刺儿菜、苦苣菜、旋覆花、灰绿藜、猪毛菜、酸模叶蓼、扁蓄、长鬃蓼、巴天酸模、齿果酸模、鹅绒藤、地榆、朝天委陵菜、曼陀罗、龙葵、蛇床、扁秆藨草、沼生蕺菜、牛繁缕、天蓝苜蓿
种组 II	15 科 25 属 29,禾本科植物居多	柽柳、夏至草、地锦、铁苋菜、无芒稗、稗、狗尾草、狗牙根、知风草、牛筋草、蒺藜、苘麻、狼把草、茵陈蒿、鳢肠、地肤、藜、小藜、红蓼、羊蹄、马齿苋、茜草、雀草、香附子、皱果苋、反枝苋、打碗花、圆叶牵牛、牵牛
种组 III	8 科 17 属 19 种,禾本科植物居多	毛马唐、马唐、长芒稗、芦苇、牛鞭草、虎尾草、白茅、白羊草、小马泡、全叶马兰、猪毛蒿、盐地碱蓬、绵毛酸模叶蓼、酸模、头状穗莎草、河北藨草、合被苋、凹头苋、田旋花
种组 IV	7 科 10 属 10 种,以唇形科植物居多	益母草、地笋、薄荷、雪见草、纤毛鹅观草、钻叶紫菀、节节草、藨草、球果蕺菜、水苦苣

3.2 植物对环境因子的适应性

根据植物对海拔高度的适应性分析,平车前、鼬瓣花、金莲花、三裂绣线菊、无芒雀麦、草地风毛菊、多裂委陵菜、穿龙薯蓣、角盘兰、瓣蕊唐松草、歪头菜、苕蓼蒿、小龙胆、茵茵蒜、蒺藜仅出现在高海拔地区,其中低频出现在高海拔山区的物种有虎尾草、毛马唐、鼬瓣花、歪头菜、赖草、披碱草,与海拔显著负相关的物种只分布在平原地区的物种有马唐、牛筋草、苘麻、虎尾草、反枝苋、马齿苋、鳢肠。

与土地利用显著相关的物种有红蓼、节节草、蒺藜、藨草、芦苇、荆三稜、早开堇菜、薄荷、苈草、旋覆花、水苦苣,节节草、藨草、芦苇、荆三稜、薄荷、苈草、水苦苣适应较自然的环境,而红蓼、蒺藜、早开堇菜、旋覆花更适应人工环境。

与降水量的关系并不显著,主要是因为降水量与海拔梯度的变化在空间上并不一致。子牙河平原降水量平均为 550 mm,在山区以五台山为中心形成了 650 mm 的降水量高值点而山区越向西,降水量越

低,样点降水量最低的为 350 mm。而海拔梯度与人类活动强度显著相关。另外,河岸带植物与局地尺度上受河水补给的土壤水分关联性更大。

水深对岸上的植物影响也不显著,但是从水深与河岸形态负相关的结果来看,自然状态的河流往往比较宽浅,而人为改造后的河流水较深。

表 6 子牙河水系滨岸带植物与海拔因子的相关性

物种	Pearson 相关性	物种	Pearson 相关性	物种	Pearson 相关性	物种	Pearson 相关性
白莲蒿	0.649**	鼠掌老鹳草	0.528**	赖草	0.404**	鹤虱	0.304**
沼生薹菜	0.605**	穿龙薯蓣	0.528**	小龙胆	0.404**	小花鬼针草	0.296**
天蓝苜蓿	0.561**	角盘兰	0.528**	委陵菜	0.404**	茴茴蒜	0.295**
平车前	0.555**	龙牙草	0.528**	垂穗披碱草	0.404**	兴安胡枝子	0.292**
草木犀	0.543**	牛蒡	0.528**	多叶早熟禾	0.404**	蕨麻	0.283**
硬质早熟禾	0.536**	胡枝子	0.528**	大籽蒿	0.404**	抱茎小苦荬	0.283**
葛缕子	0.528**	披针叶苔草	0.528**	矮蒿	0.404**	灰绿藜	0.281**
鼬瓣花	0.528**	石防风	0.528**	朝天委陵菜	0.401**	小香蒲	0.280**
直立黄耆	0.528**	瓣蕊唐松草	0.528**	早开堇菜	0.389**	菱叶藜	0.277**
金莲花	0.528**	歪头菜	0.528**	蒙古蒿	0.387**	杠柳	0.277**
三裂绣线菊	0.528**	羊草	0.515**	披碱草	0.368**	隐子草	0.265**
无芒雀麦	0.528**	景天三七	0.509**	甘菊	0.355**	马唐	-0.411**
小花草玉梅	0.528**	附地菜	0.485**	薄荷	0.352**	牛筋草	-0.372**
蓬子菜	0.528**	尖头叶藜	0.475**	刺儿菜	0.352**	苘麻	-0.350**
轴藜	0.528**	野艾蒿	0.473**	苦荬菜	0.338**	虎尾草	-0.321**
展枝沙参	0.528**	蛇床	0.429**	荩草	0.336**	反枝苋	-0.318**
草地风毛菊	0.528**	苣荬蒿	0.405**	地榆	0.332**	马齿苋	-0.291**
芥叶蒲公英	0.528**	钝萼附地菜	0.404**	野大豆	0.319**	鳢肠	-0.285**
多裂委陵菜	0.528**	蒲公英	0.404**	酸模叶蓼	0.309**	毛马唐	-0.275**

表 7 牙河水系滨岸带植物与堤外土地类型因子的相关性

物种	Pearson 相关性	物种	Pearson 相关性	物种	Pearson 相关性
红蓼	-0.360**	节节草	0.338**	蔗草	0.282**
蒺藜	-0.292**	水苦荬	0.332**	早开堇菜	0.276**
荆三棱	-0.272**	荩草	0.310**	芦苇	0.275**
薄荷	0.394**	旋覆花	0.310**		

## 4 结论

通过对子牙河水系滨岸带植物群落构成与环境因子之间的相互关系研究发现,海拔高度与堤外土地类型对群落结构的影响最显著。山区物种远较平原区丰富,且在样地中低频出现的物种较多,表现出这类物种在该水系的濒危状态。平原区物种以各类抗干扰的杂草居多,建议在参照研究结果的基础上对子牙河水系滨岸带进行科学规划,注重植被多样性配置,构建合理、近自然的植物群落。

### [ 参 考 文 献 ]

[1] Round F E. The Ecology of Algae[M]. London: Cam-

bridge University Press, 1981.

- [2] 简敏菲,徐鹏飞,余厚平,等. 乐安河—鄱阳湖湿地植物群落分布及其环境影响因子[J]. 环境科学研究, 2015, 28(3):408-417.
- [3] 左倬,由文辉,汪冬冬. 上海青浦区不同用地类型河流滨岸带生境及植物群落组成[J]. 长江流域资源与环境, 2011, 20(1):116-121.
- [4] 龙海建,洪剑明,胡东,等. 拒马河北京段湿地植物群落的种类组成及区系分析[J]. 首都师范大学学报:自然科学版, 2011, 32(1):49-53.
- [5] 郝占庆,郭水良. 长白山北坡草本植物分布与环境关系的典范对应分析[J]. 生态学报, 2003, 23(10): 2000-2008.

(下转第 303 页)

量人工开挖高陡边坡,已经采取坡面防护工程的边坡不足20%,松散岩土体下座—滑移引起的地质灾害现象普遍。

(3) 宜昌市猇亭区膨胀性黏土岩分布范围具有北宽南窄的特点,整体走向近南北向;黏土岩矿物成分以蒙脱石为主,其中具有中高膨胀性的黏土岩主要分布于猇亭区高家村到宜昌三峡机场沿线。

(4) 区内与膨胀性黏土岩有关的地质灾害主要与人类工程活动密切相关,按照出露地表浅埋藏以及深埋藏形成不同的变形破坏类型;同时路面开挖以及路堑开挖造成膨胀性黏土岩大面积临空,在水的作用下形成塑性变形膨胀,引起路面和陡倾坡面变形破坏。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 岳中琦. 香港滑坡灾害防治和社会效益[J]. 工程地质学报, 2006, 14(5):12-17.
- [2] 唐辉明. 地质环境与城市发展研究综述[J]. 工程地质学报, 2006, 14(6):728-733.
- [3] 陈国金, 陈海洋, 陈秋义. 巴东城区地质安全问题与防灾体系建设[J]. 上海地质, 2006, 9(4):52-57.
- [4] 田蜜, 施炜, 李建华, 等. 江汉盆地西北部断陷带构造变形分析与古应力场演化序列[J]. 地质学报, 2010, 84(2):159-170.
- [5] 向芳, 罗来, 林良彪, 等. 重庆—宜昌地区长江阶地和相关沉积研究及其对三峡研究的意义[J]. 成都理工大学学报:自然科学版, 2008, 36(5):475-479.
- [6] 夏艳华, 白世伟. 传递系数法在滑坡治理削坡方案设计中的应用[J]. 岩石力学与工程学报, 2008, 27(S1):3281-3285.
- [7] 沈尧亮, 侯殿英. 传递系数法的原型与衍生[J]. 工程勘察, 2010(S1):477-485.
- [8] 祁小辉, 李典庆, 周创兵, 等. 考虑土体空间变异性的边坡最危险滑动面随机分析方法[J]. 岩土工程学报, 2013, 35(4):745-753.
- [9] 朱雷, 黄润秋, 王小群, 等. 基于滑带强度参数动态演化的滑坡稳定性研究[J]. 岩土力学, 2015, 36(S2):31-438.
- [10] 任伟中, 金亚兵, 冯光平, 等. 滑(边)坡稳定性评估探讨[J]. 岩土力学, 2010, 31(7):2129-2134.
- [11] 刘希林, 唐川. 泥石流危险性评价[M]. 北京:科学出版社, 1995:1-26, 62-66.
- [12] 刘希林, 莫多闻. 泥石流风险及沟谷泥石流风险度评价[J]. 工程地质学报, 2002, 10(3):266-273.
- [13] 刘希林. 区域泥石流风险评价研究[J]. 自然灾害学报, 2000, 9(1):54-61.
- [14] 颜光辉. 成都地区膨胀土力学特性试验研究[D]. 成都:西南交通大学, 2013.
- [6] 杨丽标, 韩小勇, 孙璞, 等. 巢湖藻类组成与环境因子典范对应分析[J]. 农业环境科学学报, 2011, 30(5):952-958.
- [7] 邢瑞华. 子牙河流域水环境问题及对策探讨[J]. 河北水利, 2005(10):35.
- [8] 董功强. 浅析子牙河流域水资源管理与保护[J]. 河北水利水电技术, 2004(3):10-11.
- [9] 李涛. 子牙河流域地表水与地下水联合模拟[D]. 长春:吉林大学, 2005.
- [10] 中国科学院昆明植物研究所. 中国植物物种信息数据库[EB/OL]. (2010-07-10)[2015-04-07]. <http://db.kib.ac.cn/>.
- [11] 中科院植物研究所. 中国自然标本馆[EB/OL](2010-11-16)[2015-04-07]. <http://www.nature-museum.net/>.
- [12] Davenport A J, Gurnell A M, Armitage P D. Classifying urban rivers[J]. Water Science and Technology, 2001, 43(9):147-155.
- [13] Hill M O, Gauch Jr H G. Detrended correspondence analysis: An improved ordination technique[J]. Vegetatio, 1980, 42(1/2/3):47-58.
- [14] Leira M, Sabater S. Diatom assemblages distribution in catalan rivers, NE Spain, in relation to chemical and physiographical factors[J]. Water Research, 2005, 39(1):73-82.
- [15] Lepš J, Šmilauer P. Multivariate Analysis of Ecological Data Using CANOCO[M]. London: Cambridge University Press, 2003.
- [16] 刘瑞雪. 丹江口水库水滨带植被特征及其与环境因素的关系[D]. 武汉:华中农业大学, 2013.
- [17] 庄瑶, 孙一香, 王中生, 等. 芦苇生态型研究进展[J]. 生态学报, 2010, 30(8):2173-2181.
- [18] 王晋萍, 董丽佳, 桑卫国. 不同氮素水平下入侵种豚草与本地种黄花蒿、蒙古蒿的竞争关系[J]. 生物多样性, 2012, 20(1):3-11.
- [19] 杨允菲, 王德利, 张宝田, 等. 松嫩平原蒙古蒿无性系种群结构的研究(英文)[J]. 草业学报, 2003, 12(3):8-15.
- [20] 高政权, 孟春晓. 葎草研究进展[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(31):9982-9984.

(上接第296页)