

DOI:10.16030/j.cnki.issn.1000-3665.202008029

基于地质建造探索承德市土地利用优化路径

卫晓锋¹, 王京彬¹, 孙厚云¹, 殷志强², 何泽新¹, 贾凤超¹, 李霞², 刘宏伟³, 张竞³

(1. 北京矿产地质研究院有限责任公司, 北京 100012; 2. 中国地质环境监测院, 北京 100081;
3. 中国地质调查局天津地质调查中心, 天津 300170)

摘要: 土地潜力评价是土地利用优化的前提, 对土地资源高效利用和生态保护具有重要意义。基于在土壤“地质大循环”过程中, 地质建造会影响土壤保持量、质地结构、养分含量和水文条件等, 并决定土地资源初始禀赋特征的规律, 文章探索建立了以地质建造为基础的土地潜力评价和利用优化路径。将承德市划分为堆积建造(第四系沉积物)、碳酸盐岩类建造、碎屑岩类建造、花岗岩类建造、火山岩类建造、片麻岩建造等六种类型。在不同流域尺度上, 开展基于地质建造的土地潜力评价和利用优化实践: 全流域上, 将承德市滦河流域划分为北部土地沙漠化草地保护修复区、中部水源涵养(中草药)发展区、南部特色林果产业发展和生态林保护区、河谷耕地农业用地发展区等七类保护和利用建议区; 小流域上, 针对柴白河小流域人工造林用地优化, 提出花岗岩、流纹岩建造适宜造林区, 砂砾岩建造一般适宜造林区, 白云岩建造不适宜造林区; 对小滦河小流域的土地沙化和草地退化保护修复用地进行优化, 划分出耕地适宜区、湿地保护区、造林适宜区、优质牧草区、草场退化区、生态保护区等六类利用优化建议区。

关键词: 地质建造; 禀赋特征; 土地利用; 土地资源; 承德

中图分类号: P963

文献标识码: A

文章编号: 1000-3665(2020)06-0015-11

Exploration of land use optimization path based on geological formation in Chengde City

WEI Xiaofeng¹, WANG Jingbin¹, SUN Houyun¹, YIN Zhiqiang², HE Zexin¹,
JIA Fengchao¹, LI Xia², LIU Hongwei³, ZHANG Jing³

(1. Beijing Institute of Mineral Geology Co., Ltd., Beijing 100012, China; 2. China Institute of Geo-Environment Monitoring, Beijing 100081, China; 3. Tianjin Centre, China Geological Survey, Tianjin 300170, China)

Abstract: The evaluation of land potential is the premise of land use optimization, which is of great significance to the efficient use of land resources and ecological protection. In the process of “geological cycle” of soil, geological formation will affect soil retention, texture structure, nutrient content and hydrological conditions, which determines initial endowment characteristics of land resources. Based on this law, the paper explores land potential evaluation and utilization optimization path. The geological formation is divided into six types: accumulation formation (Quaternary sediments), carbonate rock formation, elastic rock formation, granite formation, volcanic rock formation and gneiss formation in Chengde City. On different basin scales, land potential evaluation and utilization optimization practice based on geological formation are carried out. On the whole basin, Luanhe River Basin is divided into northern desertification grassland protection and restoration area, central water conservation (Chinese herbal medicine) development area, southern characteristic fruit development and ecological forest protection area, valley farmland agricultural land

收稿日期: 2020-08-06; 修订日期: 2020-09-16

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目 (DD20160229-01; DD20190822)

第一作者: 卫晓锋 (1981-), 男, 高级工程师, 主要从事基础地质和生态地质调查研究工作。E-mail: yanchixiaowei@163.com

通讯作者: 王京彬 (1961-), 男, 教授级高级工程师, 主要从事矿产地质勘查研究和生态地质研究工作。E-mail: wjb@bigm.cn

development area in Chengde City. In the small basin, it is suggested that granite and rhyolite are suitable for afforestation, glutenite is generally suitable for afforestation and dolomite is not suitable for afforestation. According to the protection and restoration of land desertification and grassland degradation in Xiaoluanhe basin, six kinds of optimization suggestions are divided, which are suitable for cultivated land, wetland protection area, afforestation area, high-quality pasture area, grassland degradation area and ecological protection area.

Keywords: geological formation; land initial endowment; land use; land resources; Chengde City

土地利用空间格局的合理与否取决于土地利用方式与土地自然禀赋特征的和谐程度^[1],科学评价土地潜力,对土地的可持续性利用和土地生态安全具有十分重要的意义^[2]。然而土地是一个复杂系统,是在浅表地质、地貌、气候、水文、土壤、植被等多种自然要素的综合作用下形成的综合体。如何通过科学评价,揭示由气候、土壤等各自然因素的综合作用决定的土地潜力生产力的高低,是土地利用优化的前提。研究认为,土壤的形成过程包括了“地质大循环”和“生物小循环”两个阶段,地质大循环始于成土母质,发育初始土,决定了土壤的初始禀赋特征;经过漫长的生物小循环过程,才逐渐转变为可供生物生长的土壤^[3]。相应的,在地壳发展的某一构造阶段中,在一定的地质构造条件下产生的具有成因联系的一套岩石的共生组合,称为地质建造^[4]。地质建造决定了成土母质的初始特性,直接影响土壤地质大循环过程各组成要素特点和成壤作用规律,对科学、精准、快速评价土地潜力和土地利用优化具有重要的指示意义。

本文从地质建造的角度,研究在相似或相近的气候条件下,在地质大循环中,地质建造与土壤保有量、质地结构、养分和水分供给等初始禀赋特征的关系,开展以土地(初始土)自然属性为核心的土地潜力评价实践,为不同流域尺度的土地利用优化和生态保护提供科学依据。

1 承德市地质环境特征

承德市大地构造位置位于华北陆块北缘,以围场—赤峰断裂为界,划分内蒙古隆起和兴蒙造山带;内蒙古隆起与燕山构造带分界线为古北口—平泉断裂^[5]。承德市横跨3个次级构造单元,塑造了内蒙古高原与华北平原过渡的地貌景观^[6],孕育了多样的生态景观格局,提供了丰富的自然生态资源(图1)。承德市水资源丰富,潮河、滦河、辽河、大凌河四大水系水量充沛,年平均产水量达 $3.76 \times 10^9 \text{ m}^3$ 。气候冷凉,年平均气温 5.6°C ,无霜期140~160 d,属于寒温带、半

干旱向半湿润过度的大陆性季风型气候。四季分明、雨热同期、昼夜温差较大,随海拔与地形起伏,局部温度变化较大,局域小气候环境的独特性明显。

承德市主要土壤类型为棕壤、褐土、粗骨土,面积分别为 $17\,063 \text{ km}^2$ 、 $11\,018 \text{ km}^2$ 、 $4\,645 \text{ km}^2$,占全市总面积的43.96%、28.39%、11.97%。成土母岩包括残积母质(基性岩类、中性岩类、酸性岩类、碎屑岩类、碳酸盐岩类、硅质沉积岩类),运积母质(黄土母质、冲洪积母质、河冲积母质、风积母质、湖积母质)。整体上土壤中养分元素K含量较高,N、P元素含量呈不均匀分布,土壤中Mn、Mo、Zn、Ge含量较高,局部富集B、Se,土壤环境地球化学等级整体属于清洁型,局部轻度污染^[7]。

承德市土地总面积 $39\,490 \text{ km}^2$,土地利用方式以林地和草地为主,耕地和建设用地所占比例较少,其中林地 $22\,070 \text{ km}^2$,占55.9%;草地 $8\,020 \text{ km}^2$,占20.3%;耕地 $3\,490 \text{ km}^2$,占土地总面积的8.8%;园地 $1\,360 \text{ km}^2$,占3.4%;建设用地总面积 970 km^2 ,占2.5%。

2 地质建造与土地自然属性的关系

2.1 地质建造分类

地质建造泛指在地壳发展的某一构造阶段,在一定的地质构造条件下所产生的具有成因联系的一套岩石共生组合^[4]。不同的地质建造发育不同的成土母质,把不同时代具有相同成因、物质组成和结构构造相似的岩石(物质),归并为同一类地质建造。本次以承德地区1:20万和1:5万区域地质调查为基础,采用“建造-亚建造-岩石类型”三级分类体系,归并相似的岩石(物质)类型,图面采用建造二级分类表达,共划分了堆积建造(砂-砾石、砂-亚黏土亚建造)、碳酸盐岩建造(灰岩、白云岩、铁锰白云岩亚建造)、碎屑岩建造(砂岩、粉砂岩、页岩亚建造)、花岗岩类建造(花岗岩、二长花岗岩亚建造)、火山岩建造(英安岩-流纹岩、安山岩、玄武岩亚建造)、片麻岩建造(片麻岩、角闪变粒岩亚建造)等六大类地质建造。基于岩层产状和地形

地貌特征确定图面中表层的岩性岩相;水平(缓倾)产状选择顶部岩层,陡倾岩层选择厚度较大岩层,岩体选择近地表的岩性岩相,变质岩选择主要出露变质岩相,特殊岩层单独分列。

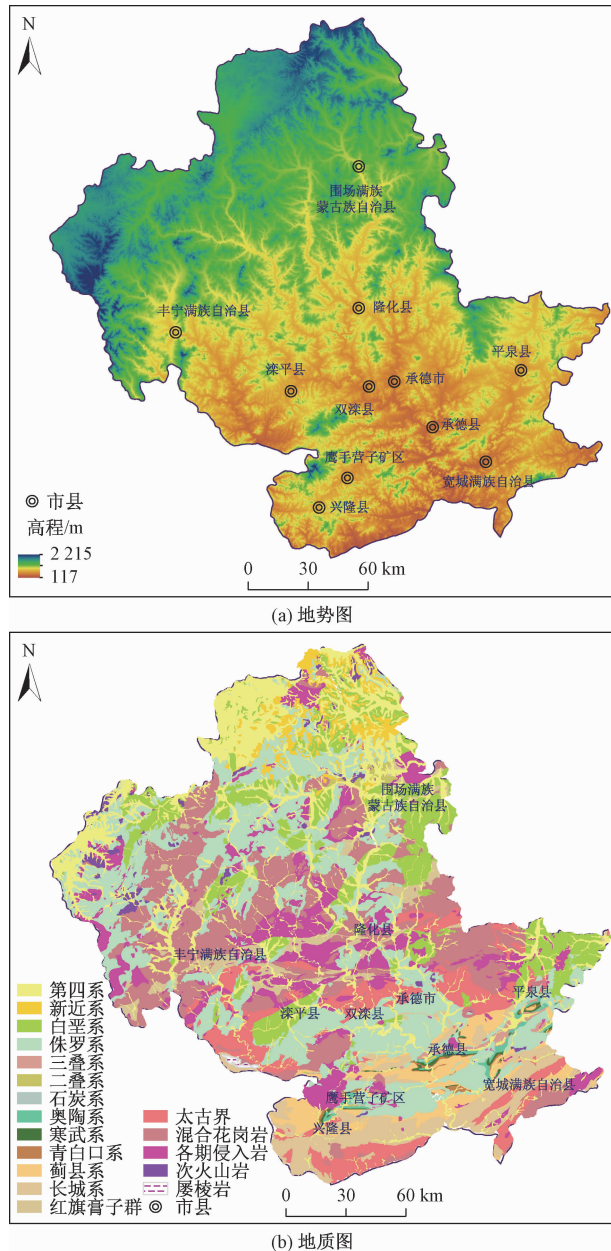


图1 承德市地形地势图(a)和地质图(b)

Fig.1 Topography (a) and geological map of Chengde City

2.2 地质建造对土地资源禀赋的影响

不同地质建造的岩石风化成土过程不同,通过土壤的保持量、生物地球化学和水文循环过程等不同物质流和能量流交换方式,影响土地资源初始禀赋特性,主要体现在四个方面:

(1)地质建造影响地貌形态特征,对土壤保持量

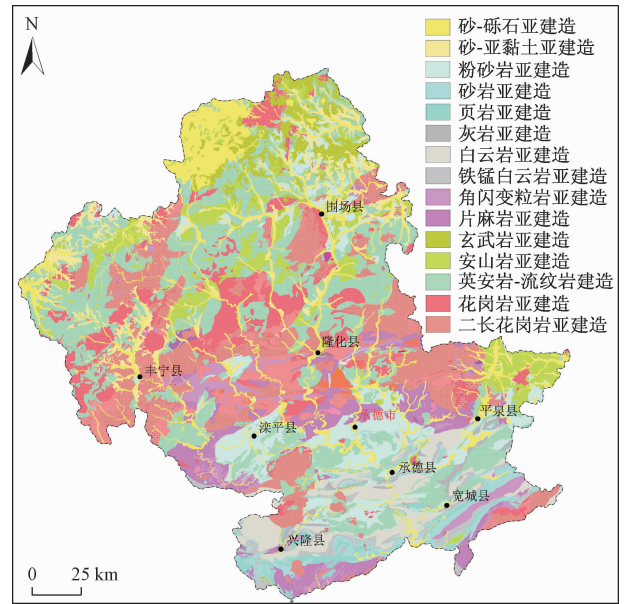


图2 承德地区地质建造图

Fig.2. Geological formation map in Chengde City

具有较强控制作用。研究区属于中低山区,土壤主要由下伏基岩风化物质堆积而成,稳定的地貌单元岩石风化速率应等于土壤生成速率,土壤生成速率影响土壤深度。但在水力、风力、冻融或重力等外营力作用下,土壤及其母质发生破坏、剥蚀、搬运和沉积,产生位移的物质质量,发生土壤侵蚀,因此不同地质建造,土壤保持量与土壤生成率和土壤侵蚀度密切相关^[8],它们控制了土壤空间分布和结构特征。基于承德市地形统计分析发现不同建造区的地貌形态,尤其是坡度参数变化较大(图3),如白云岩建造区以喀斯特地貌为主,坡度大于15°的面积占比超过70%,土壤层厚度多集中于10~50 cm;第四系冲积、风积坡度平缓,坡度多集中于0~6°,土壤层厚度多大于1 m。

(2)地质建造是决定土壤质地结构的重要影响因素之一。不同岩石风化后的相对稳定次生矿物和不易风化的原生矿物成分不同,组成土壤矿物颗粒,决定了土壤质地结构。承德地区基性火山岩建造土壤质地多为细黏质,中-酸性火山岩建造的土壤层较薄、质地细;酸性花岗侵入岩的土壤多为粗砂,具有质地疏松、透水性好,但黏性差的特点;碳酸盐岩建造成土能力较差,土层较薄,黏性较强;泥质沉积建造土壤质地结构较细;片麻岩建造的土壤层较厚,多呈细砂、砂质黏土。根据野外调查数据统计发现:河湖相水成沉积物,粒径0.020~0.002 mm的粉砂粒占12.67%~21.47%,粒径<0.002 mm的黏粒占11.08%~12.40%,粒径0.02~2.00 mm砂粒占66.13%~76.24%,具有砂质

壤土特点;风成相松散堆积物,粒径集中于 0.02 ~ 2.00 mm,以砂粒为主,属于沙土类。风成相和水成相混合堆积物,黏粒占比为 0.97% ~ 1.78%,粉砂粒占比为 6.24% ~ 8.0%,沙粒占比为 90.33% ~ 92.80%,属于砂质壤土。

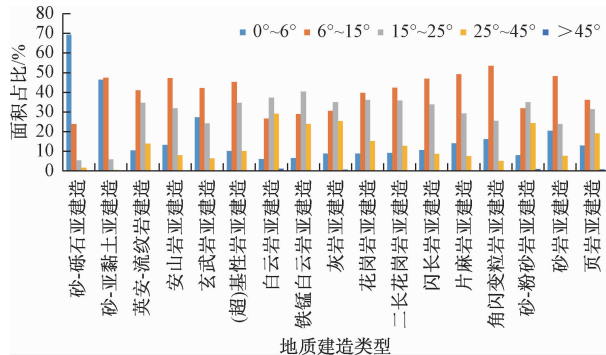


图3 不同地质建造区坡度分析直方图

Fig.3 Histogram of slope analysis in different geological formation

(3)地质建造元素地球化学成分不同,影响了土壤养分元素特征。山地表生带土壤主要为基岩就近风化形成,地球化学元素继承性强,基岩建造决定土壤元素的原生背景特征^[9-10]。基岩层(R)、母质层(C)、土壤层(A/B),元素之间呈现明显继承性规律,如常量元素K、P等在花岗岩基岩层、风化层、母质层含量都高(图4)。地质建造组合不同,风化过程不同,如花岗岩和玄武岩等硅酸盐类岩石的化学风化作用分为早期原生矿物风化阶段,中期的蒙脱石等黏土矿物占支配地

位阶段,晚期的高岭石等次生矿物风化阶段^[11-12]。成土母质不同风化过程中,元素的交换和迁移以及土体结构的形成和破坏决定了释放的养分种类和数量也不同。根据承德市成土母岩地球化学数据统计^[13]:如K在花岗岩类建造中含量较高,Mg、P、Fe、B元素在玄武岩类建造中含量较高,Ca元素在碳酸盐岩建造中含量较高,Mo在玄武岩和花岗岩建造中含量较高,Cu、Mn在玄武岩、片麻岩建造中含量较高。

(4)地质建造结构构造、地球化学组分特征影响土壤水文条件。不同地质建造的关键带结构影响着地下水-土壤水-植物-大气水分传输和转化过程,对流域产汇流过程、地表径流与地下水位动态变化,土壤-植物-大气连续体(SPAC)系统水流运移过程(作物根区土壤水分动态、作物根系吸水、作物的蒸发蒸腾过程)具有重要影响。因此土地利用方式不合理会诱发生态水文响应和生态环境问题,如在承德北部坝上一带植树造林面积持续扩大、沙漠化面积持续缩减,但同时存在湖泊萎缩、湿地退化、草场退化生态环境恶化现象。已有研究表明沙区典型人工林植物的根系垂直分布与相对应的土壤水分变化一致,不同植物群落类型的土壤水分具有较明显的空间异质性,且在沼泽→盐沼→草甸→阔叶林→荒漠演变过程中,存在较强的空间自相关性^[14];土壤含水量呈现荒草地>沙棘林地>农用地>草地>油松林地的先后变化顺序^[15-16],不同建造单元生态水文循环过程关系,影响了地下水位变化,控制草场退化和沙漠化发展趋势^[17-18]。同时,生物地球

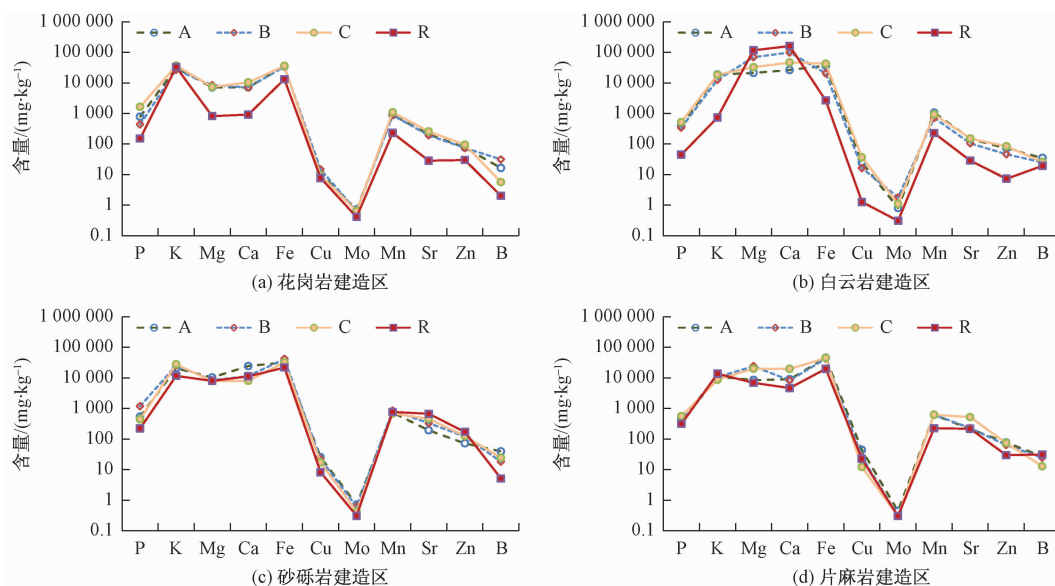


图4 不同建造中基岩层-母质层-土壤层养分元素的分布特征

Fig.4 Distribution patterns of nutrient elements in bedrock-weathered-r-soil layer in different geological formations

A—腐殖质层;B—淀积层;C—母质层;R—基岩层

这种现象与前人研究成果具有一致性:深根型的植物一般生长在土层较厚或者岩石裂隙发育的区域,土壤较薄或者岩石裂隙不发育的区域一般适宜浅根型植物生长^[21-22]。

表 1 承德市土地利用优化分区表

Table 1 Land use suitability zoning in Chengde City

优化区划	沙漠化草地 保护修复区	旱地农业 适宜区	河谷高效 农业适宜区	水源涵养、林产业发展适宜区 为主,中草药适宜区为辅			生态林 保护区	特色经济林适宜区 (板栗、山楂等)	中药材 适宜区
地质建造	堆积建造		花岗岩类建造		火山岩类建造		碳酸盐类 建造	片岩-片麻 岩类建造	碎屑岩类 建造
成土母质	风积沙堆 积物	风积黄土堆 积物	冲洪积堆 积物	花岗岩类	玄武岩、安 山岩类	流纹岩	白云岩	片麻岩类	砂砾岩、粉 砂岩
土壤类型	风沙土、灰 色森林土	褐土、石灰 性褐土; (暗)栗钙土	潮土、草原 栗钙土	褐土、棕壤、 粗骨土	黑土、棕壤	棕壤	褐土、粗 骨土	褐土	褐土
质地结构	砂质土	黏质土	砂质土	少砾质土	砾质土	砾质土	黏质土	少砾质土	壤质土
水文条件	透水性好, 保蓄性弱, 潜水埋深浅	透水性差, 保蓄性好, 潜水埋深大	透水性好, 保蓄性弱, 潜水埋深浅	透水性好, 保蓄性弱, 裂隙水发育	透水性中 等,保蓄 性好	透水性好, 保蓄性弱, 裂隙水发育	透水性差、 保蓄性弱	透水性好, 保蓄性中 等,潜水埋 深浅	透水性好, 保蓄性强, 潜水埋深大
养分特征	钾富集	钾、钙、镁含 量高	磷、钾、有机 质含量高	钾、磷、钙、 镁、锶、钼 富集	磷、钙、镁、 有机质富集	钾、磷、钙、 镁、锶富集	钙、镁富集	钾、钙、镁、 铁、锰、锆 富集	钾、铁、有机 质富集
植被覆盖	裸露沙丘、 稀疏草地	玉米等经济 作物	草莓等农业 经济作物	乔木生态林 和苹果等经 济林	灌丛、人工 林,坡度小 于 15°栽种 中草药	灌丛生态 林,坡度小 于 15°栽种 中草药	灌丛生态 林和山楂、 核桃经 济林	乔木生态林 和板栗经 济林	坡度小于 15°栽种中 草药,大于 15°为山杏、 梨经济林

(2)不同成土母岩区的土壤对植物养分供给能力不同。植物生长必需的 N、P、K、Ca、Mg、S、Si 等元素均来自土壤供给^[23],其中土壤中的 P、K、Ca、Mg 主要来自岩石矿物风化分解。四类建造区的土壤主要养分元素统计(表 2)显示:不同建造的土壤元素全量和有效态含量明显不同,例如中全磷元素花岗岩类侵入岩建造区土壤含量为 155.0 ~ 6 008.0 mg/kg,平均为

706.7 mg/kg;速效磷含量为 0.4 ~ 352.9 mg/kg,平均为 22.8 mg/kg。流纹岩类火山岩建造区土壤中全磷含量为 84.3 ~ 4478.0 mg/kg,平均为 539.4 mg/kg;速效磷含量为 0.5 ~ 635.4 mg/kg,平均为 27.1 mg/kg。白云岩类碳酸盐建造区土壤中全磷含量为 121.5 ~ 2 142.0 mg/kg,平均为 608.7 mg/kg,速效磷含量为 0.3 ~ 328.0 mg/kg,平均为 12.5 mg/kg。砂砾岩类碎

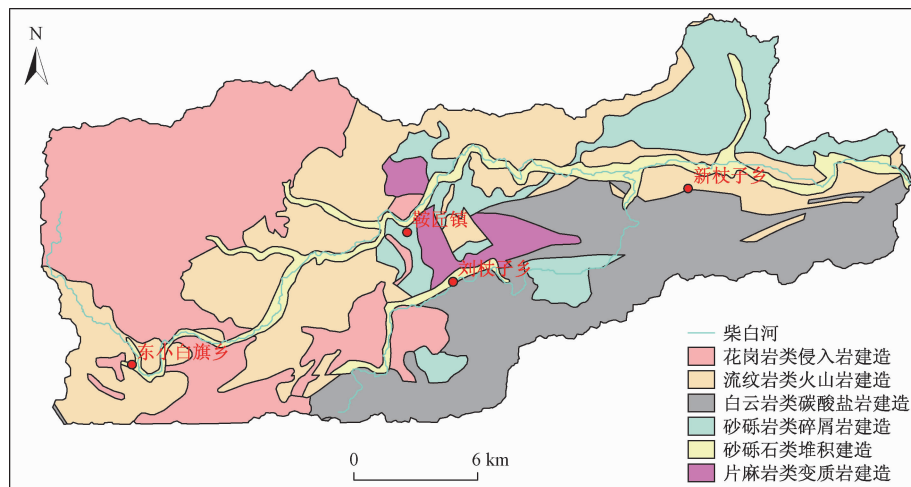


图 6 柴白河小流域地质建造图

Fig. 6 Geological formation in Chaibai River basin

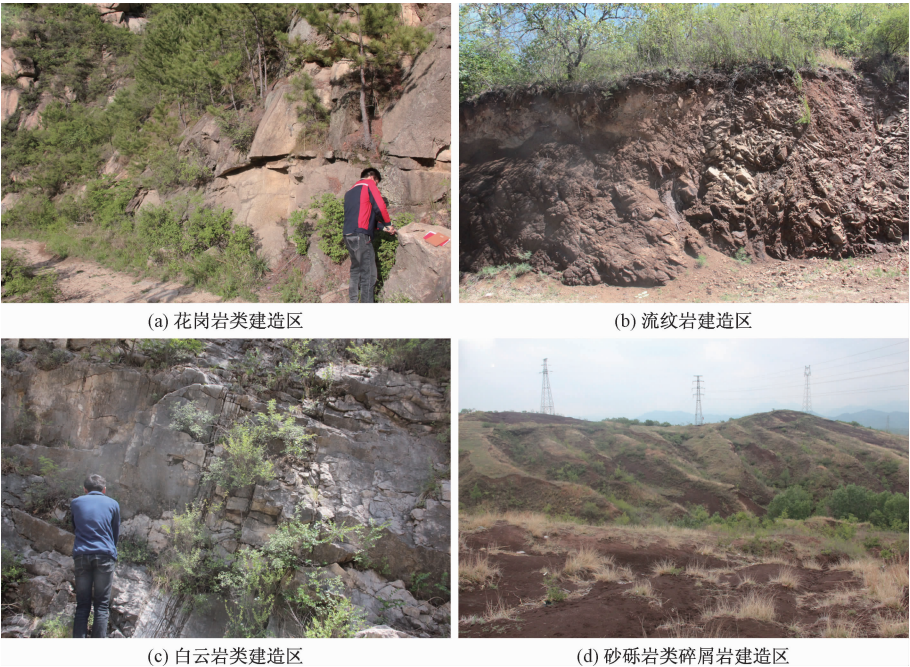


图 7 柴白河小流域四类建造区植被分布情况
Fig.7 Vegetation distribution in four types of formation in Chaibai River basin

表 2 不同建造区土壤养分元素统计表
Table 2 Statistical table of soil nutrient elements in different formation areas

元素	花岗质侵入岩建造 (n = 733)			英安质火山岩建造 (n = 690)			白云岩碳酸盐岩建造 (n = 443)			砂砾岩陆源碎屑岩建造 (n = 445)		
	最小值	最大值	均值	最小值	最大值	均值	最小值	最大值	均值	最小值	最大值	均值
TN	194.0	8 072.0	1 708.3	0.0	6 146.0	1 550.0	286.0	10 575.0	2 105.5	274.0	9 297.0	1 199.0
TP	155.0	6 008.0	706.7	84.3	4 478.0	539.4	121.5	2 142.0	608.7	118.0	2 051.0	642.9
TK	8 781.0	78 840.0	27 434.1	14 170.0	51 400.0	28 270.1	3 016.4	55 110.0	22 572.0	6 618.0	75 020.0	27 727.9
YXN	11.4	777.4	162.9	12.0	615.2	147.8	21.3	837.0	179.0	21.3	873.4	109.4
SXP	0.4	352.9	22.8	0.5	635.4	27.1	0.3	328.0	12.5	0.3	317.9	16.7
SXK	16.4	1 959.0	157.5	28.9	1 111.0	160.4	5.8	738.3	181.0	30.0	1 080.0	159.6
pH	4.4	9.6		4.4	8.6		4.2	9.5		4.8	8.9	

注: T—全量; YX—有效态; SX—速效态; 除 pH, 其他参数的单位为 mg/kg。

屑岩建造区土壤含量为 118.0 ~ 2 051.0 mg/kg, 平均为 642.9 mg/kg; 速效磷含量为 0.3 ~ 317.9 mg/kg, 平均为 16.65 mg/kg。全磷含量顺序为花岗岩类 > 砂岩类 > 白云岩类 > 流纹岩类, 速效磷含量顺序为流纹岩类 > 花岗岩类 > 砂岩类 > 白云岩类。

(3) 不同建造区的土壤及风化层对于雨水的拦蓄、保持能力, 植被对土壤水分的利用程度不同。在北方干旱以及半干旱地区, 植被生长所需要的水分主要来自大气降水, 而天然降水的利用效率取决于风化层和土壤层的性质。花岗岩建造区风化壳厚度较大, 包括石英等不易风化的粗颗粒级矿物成分和长石、云母等风化形成的各类细粒级的次生黏土矿物。降雨后, 地表径流量少, 水分保持能力较强^[24]。白云岩建造区

风化层较薄, 发育大量的贯通式密闭型和开张型节理裂隙, 大气降水会快速下渗, 水分保蓄能力一般。砂砾岩类碎屑建造区风化程度较高, 以不易风化的石英粗粒级矿物成分为主, 同时也易被侵蚀, 岩层产状水平, 保蓄水能力较好, 如呈倾斜或者竖立, 则保蓄水能力较差。

3.2.2 保持植物群落稳定性的土地利用优化建议

以不同地质建造区的关键带空间结构特征、土壤养分和水文条件、植物生长习性为基础, 基于保持植物群落稳定性原则, 对柴白河小流域人工造林用地优化提出优化建议: 花岗岩建造适宜造林区 (适宜乔木林生长, 可大规模化人工造林), 面积为 80.15 km²; 流纹岩建造较适宜造林区 (适宜小乔木 + 灌丛生长, 局部规模化人工造林), 面积为 187.89 km²; 砂砾岩建造一

般适宜造林区(仅在土壤层厚大的小规模人工造林),面积为 116.35 km²;白云岩建造不适宜造林区(自然灌丛为主,不宜规模化人工造林),面积为 97.59 km²(图 8)。

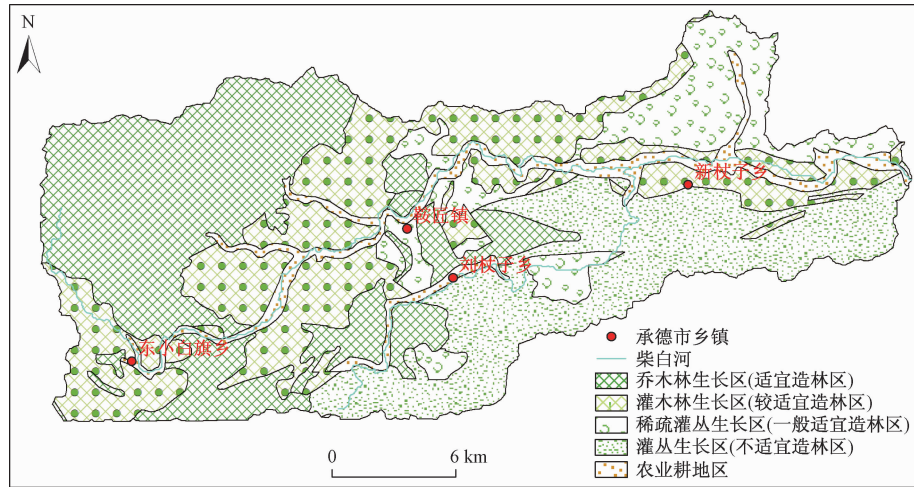


图 8 柴白河小流域土地利用建议图

Fig. 8 Proposed land use map in Chaibai River Basin

3.3 基于生态保护修复的土地利用优化探索

3.3.1 小滦河小流域土地禀赋对生态格局的影响

小滦河小流域位于我国北方农牧交错带,典型的生态脆弱区和生态过渡带,面临土地沙漠化、草场退化等生态地质问题。不同的第四纪地质单元,决定了土壤类型、质地、厚度、水分和养分在空间分布上的差异性,进而影响地表生态格局。基于不同地质建造(第四纪地质单元)与生态格局的控制关系,把小滦河小流域划分为玄武岩低丘陵林草单元、冲洪砂砾阶地(河漫滩)草湿单元、风积沙裸露沙地单元和湖风残积平原草地单元等四个生态地质单元,每个生态地质单元生态-地质作用过程不同:

风积沙裸露沙地单元:风成作用形成北西西向的沙垄和厚大的砂层,分布裸露的沙地。土壤养分含量较低,土壤水主要来自大气降水,入渗快,渗透性强,地下水位较深,潜水面大于 10 m,土壤水以悬着水为主(图 9a)。

玄武岩低丘陵林草单元:裂隙式喷发的火山作用形成席状产出的汉诺坝玄武岩,呈现 4~5 个喷发-间断旋回,风蚀形成低丘陵地貌,蜂窝状、气孔状玄武岩风化作用较强,形成 0.5~1.0 m 的风化壳,发育砾质土壤。土壤养分 N、P 元素含量较高,土壤的入渗性较强,渗透性中等,发育粉砂、黏土-砾石的二元结构,地下水位较深,潜水面多在 10 m 以上,土壤中以悬着水为主,连续性差(图 9b)。

冲洪砂砾阶地(河漫滩)草湿单元:河流沉积作用形成河道相砂砾石和河漫滩细砂二层结构,主要分布

河漫滩和一级阶地,发育沙质土壤。土壤有机质含量较高,地下水位较浅,地下水潜水面多小于 1 m,土壤水主要来自大气降水和地下水,土壤水和毛管水发育(图 9c)。

湖风残积平原草地单元:湖相沉积形成的厚大粉砂、黏土沉积层,顶部分布厚度不一风积沙层,发育粉砂质土壤。土壤养分含量不均匀,土壤入渗率较强,渗透性中等,地下水位较浅,潜水面 2~5 m,土壤中悬着水和毛管水均有发育(图 9d)。

3.3.2 服务生态保护和修复的土地利用建议

综合生态地质条件的差异和生物生长习性不同,提出基于地质建造的生态保护和修复的差异化土地利用建议。玄武岩低丘陵林草单元,土壤层较薄,保水能力强,适宜浅根性的落叶松等树木生长,建议以种植乔木+灌木为主。冲洪砂砾阶地草湿单元,土壤有机质含量较高,可以适当发展马铃薯农业和中药材等生产性耕作。风积沙裸露沙地单元,水分涵养和供给能力较弱,土壤养分含量较低,属于生态极端脆弱区,需要采用灌、草为主的生态修复和封育的管控政策。湖风残积平原草地单元,是风沙的重要物源,也是重要草场分布区,需要采取合理的放牧政策,防治沙漠化和草场的退化(图 10)。针对小滦河小流域的土地沙化和草地退化区的生态环境问题,根据地质建造特点,在御道口牧场提出耕地适宜区、湿地保护区、造林适宜区、优质牧草区、草场退化区、生态保护区等六类不同土地利用优化建议。

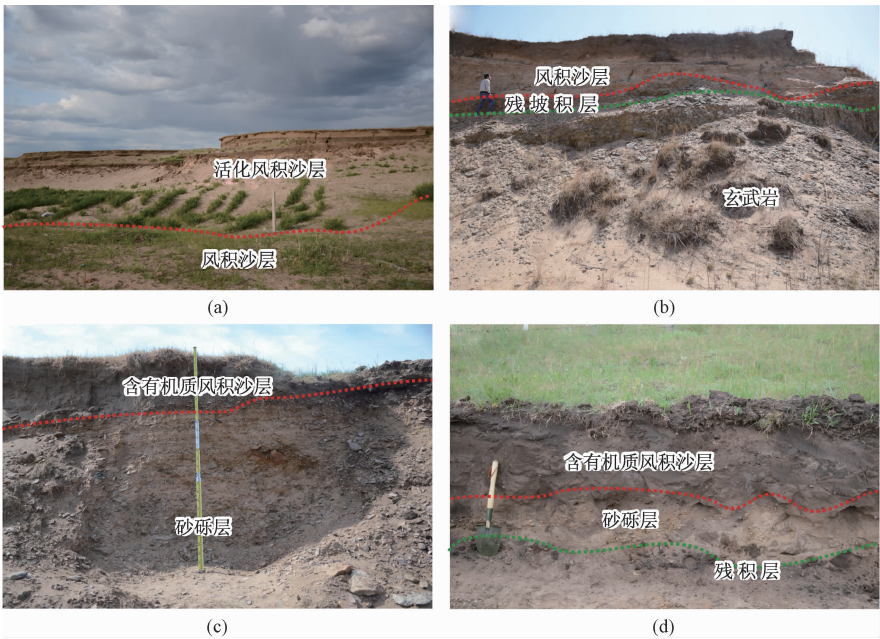


图 9 承德小滦河小流域地质建造结构特征

Fig.9 Structural characteristics of geological formation in Xiaoluanhe River Basin, Chengde

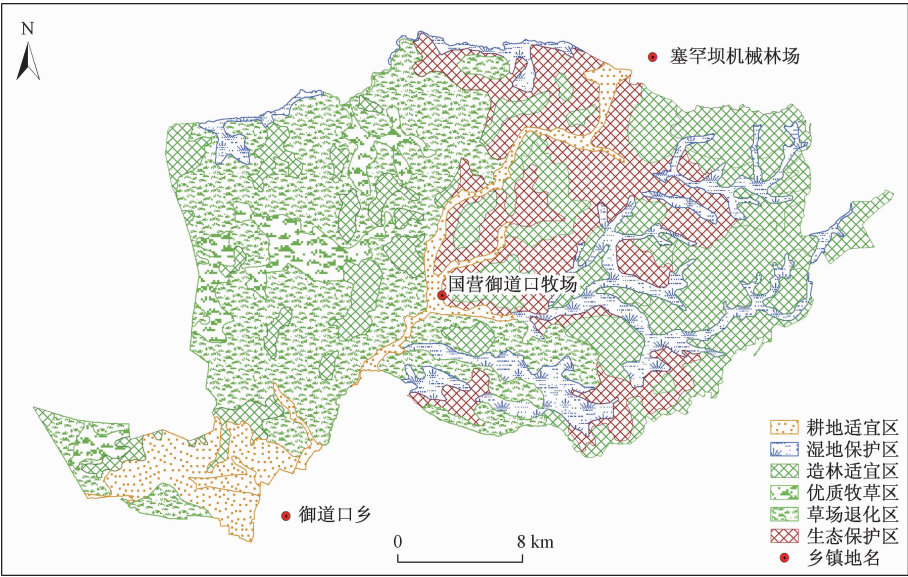


图 10 承德小滦河小流域土地用地建议图

Fig.10 Proposed land use map in Xiaoluanhe River Basin, Chengde

4 结论

(1)土壤形成始于成土母岩,不同的地质建造决定成土母岩的类型。在土壤“地质大循环”过程中,地质建造决定了土壤保持量、质地结构、养分含量和水文条件等特性,形成了土地资源的初始禀赋特征,最终影响土地潜力生产力高低。

(2)承德地区地质建造可划分为堆积建造(第四

系沉积物)、碳酸盐岩类建造、碎屑岩类建造、花岗岩类建造、火山岩类建造、片麻岩建造等六个建造类型。

(3)提出了不同流域尺度的土地利用优化路径实践:①全流域,承德市滦河流域划分为北部土地沙漠化草地保护修复区、中部水源涵养(中草药)发展区、南部特色林果产业发展和生态林保护区、河谷耕地农业用地发展区等七个重点保护和利用建议区。②小流域,对柴白河小流域人工造林用地优化提出花岗岩、流

纹岩建造适宜造林区,砂砾岩建造一般适宜造林区、白云岩建造不适宜造林区。③小流域,对小滦河小流域的土地沙化和草地退化保护修复用地,划分出耕地适宜区、湿地保护区、造林适宜区、优质牧草区、草场退化区、生态保护区等六类不同土地利用优化建议。

参考文献 (References):

- [1] 曾毅,项广鑫,蒋星祥,等. 基于国土空间自然适宜性的三类空间划分方法-以湖南省为例[J]. 地质通报,2020,39(1):138-147. [ZENG Y, XIANG G X, JIANG X X, et al. Three types of space division methods based on the natural suitability of national space-Taking Hunan Province as an example [J]. Geological Bulletin of China, 2020, 39 (1): 138 - 147. (in Chinese)]
- [2] 唐常春,孙威. 长江流域国土空间开发适宜性综合评价[J]. 地理学报,2012,67(12):1587-1598. [TANG C C, SUN W. Comprehensive evaluation of the suitability of national space development in the Yangtze River Basin [J]. Acta Geographica Sinica, 2012, 67 (12): 1587 - 1598. (in Chinese)]
- [3] 朱永官,段桂兰,陈保冬,等. 土壤-微生物-植物系统中矿物风化与元素循环[J]. 中国科学:地球科学,2014,44(6):1107-1116. [ZHU Y G, DUAN G L, CHEN B D, et al. Mineral weathering and element cycle in soil-microbe-plant system [J]. Chinese Science: Earth Science, 2014, 44 (6): 1107 - 1116. (in Chinese)]
- [4] 地质矿产部地质辞典办公室. 地质大辞典[M]. 北京:地质出版社,2005. [Geological Dictionary Office of the Ministry of Geology and Mineral Resources. Geological dictionary [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2005. (in Chinese)]
- [5] DAVIS G A, ZHENG Y D, WANG C, et al. Mesozoic tectonic evolution of the Yanshan fold and thrust belt, with emphasis on Hebei and Liaoning Provinces, Northern China[J]. Geological Society of America Memoirs, 2001, 194: 171-197.
- [6] 马收先,孟庆任,曲永强. 华北地块北缘上石炭统-中三叠统碎屑锆石研究及其地质意义[J]. 地质通报,2011,30(10):1485-1501. [MA S X, MENG Q R, QU Y Q. A study of detrital zircons of Late Carboniferous-Middle Triassic strata in the northern margin of North China block and its geological implication[J]. Geological Bulletin of China, 2011, 30(10):1485-1500 (in Chinese)]
- [7] 刘艳东,钱金平. 承德市生态功能区划研究[M]. 北京:中国环境科学出版社,2011. [LIU Y D, QIAN J P. Study on ecological function regionalization of Chengde City [M]. Beijing: China Environment Science Press, 2011. (in Chinese)]
- [8] 沈承德,孙彦敏,易惟熙,等. 丘陵草坡土壤¹⁰Be分布特征及土壤生成速率[J]. 中国科学D辑:地球科学,2004,34(2):139-144. [SHEN C D, SUN Y M, YI W X, et al. ¹⁰Be distribution characteristics and soil formation rate of hilly grass slope soil [J]. Science in China Ser D: Earth Sciences, 2004, 34 (2): 139 - 144. (in Chinese)]
- [9] BRANTLEY S L, GOLDBERGER M B, RAGNARSDOTTIR K V. Crossing disciplines and scales to understand the critical zone[J]. Elements, 2007, 3(5):307-314
- [10] HEWAWASAM T, VON BLANCKENBURG F, BOUCHEZ J, et al. Slow advance of the weathering front during deep, supply-limited saprolite formation in the tropical Highlands of Sri Lanka [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 2013, 118: 202 - 230
- [11] NESBITT H W, WILSON R E. Recent chemical weathering of basalts [J]. American Journal of Science, 1992, 292 (10): 740 - 777.
- [12] 顾尚义. 酸性火山岩风化壳氧化还原界面地球化学研究——以广西凭祥英安岩与蚀变流纹岩风化壳为例[D]. 贵阳:中国科学院地球化学研究所,2001. [GU S Y. Redox interface geochemistry of the weathered crust of acid volcanic rocks: Taking the weathered crust of Yinganite and altered rhyolite in Guangxi as an example [D]. Guiyang: Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, 2001. (in Chinese)]
- [13] 承德幅(K-50-[28])、围场幅(K-50-[22])1:20万区域化探成果报告[R]. 石家庄:河北省地质矿产局物探大队,1991. [1:200 000 regional geochemical exploration results report of Chengde sheet (K-50-[28]) and Weichang sheet (K-50-[22]) [R]. Shijiazhuang: Geophysical Exploration Brigade of Hebei Bureau of Geology and Mineral Resources, 1991. (in Chinese)]
- [14] 陈文业,赵明,张继强,等. 敦煌西湖荒漠-湿地生态系统植被与土壤水分空间异质性研究[J]. 冰川冻土,2015,37(6):1670-1679. [CHEN W Y, ZHAO M, ZHANG J Q, et al. Spatial heterogeneity of vegetation and soil moisture in the desert-wetland

- ecosystem in Dunhuang Xihu, Gansu Province, China [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2015, 37(6): 1670 – 1679. (in Chinese)]
- [15] 邵臻,张富,陈瑾,等. 陇中黄土丘陵沟壑区不同土地利用下土壤水分变化分析[J]. *干旱区资源与环境*, 2017, 31(12): 129 – 135. [SHAO Z, ZHANG F, CHEN J, et al. Soil moisture changes for different land use types in Loess Plateau gully and hilly region of central Gansu[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2017, 31 (12): 129 – 135. (in Chinese)]
- [16] 杨凯悦,贾志清,张立恒,等. 高寒沙区典型人工林土壤水分空间分布特征研究[J]. *干旱区资源与环境*, 2019, 33(5): 88 – 94. [YANG K Y, JIA Z Q, ZHANG L H, et al. Study on the spatial distribution characteristics of soil water in typical plantation of Alpine sandy land[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2019, 33 (5): 88 – 94. (in Chinese)]
- [17] 牛存洋,阿拉木萨,刘亚,等. 科尔沁沙地固沙植物根系与土壤水分特征研究[J]. *干旱区资源与环境*, 2015, 29(10): 106 – 111. [NIU C Y, ALAMSA, LIU Y, et al. Study on the characteristics of root system and soil moisture of sand fixing plants in Horqin sandy land [J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2015, 29 (10): 106 – 111. (in Chinese)]
- [18] 寿文凯,胡飞龙,阿拉木萨,等. 基于 SPAC 系统干旱区水分循环和水分来源研究方法综述[J]. *生态学杂志*, 2013, 32(8): 2194 – 2202. [SHOU W K, HU F L, ALAMS, et al. Methods for studying water cycle and water source in arid regions based on SPAC system[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2013, 32(8): 2194 – 2202. (in Chinese)]
- [19] 殷志强,卫晓锋,刘文波,等. 承德自然资源综合地质调查工程进展与主要成果[J]. *中国地质调查*, 2020, 7(3): 1 – 12. [YIN Z Q, WEI X F, LIU W B, et al. Progresses and main achievements of comprehensive geological survey project of nature resources in Chengde[J]. *Geological Survey of China*, 2020, 7(3): 1 – 12. (in Chinese)]
- [20] 张立彬,王印肖. 河北林木种质资源[M]. 北京: 中国林业出版社, 2015. [ZHANG L B, WANG Y X. *Forest germplasm resources in Hebei* [M]. Beijing: China Forestry Press, 2015. (in Chinese)]
- [21] 嵇晓雷,杨平. 夹竹桃根系分枝角度对边坡稳定性影响[J]. *生态环境学报*, 2012, 21(12): 1966 – 1971. [JI X L, YANG P. The effect of roots angles of nerium indicum on the stability of slopes[J]. *Ecology and Environmental Sciences*, 2012, 21 (12): 1966 – 1971. (in Chinese)]
- [22] 国振杰,易津,张力君,等. 海拔高度对羊草生物量和根茎形态可塑性的影响[J]. *干旱区资源与环境*, 2008, 22(4): 175 – 181. [GUO Z J, YI J, ZHANG L J, et al. Effects of different altitude on biomass and rhizomatous morphological plasticity of leymus chinensis[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2008, 22 (4): 175 – 181. (in Chinese)]
- [23] 宫进忠,刘剑波,刘俊长,等. 京东板栗生态地球化学模式[J]. *物探与化探*, 2006, 30(2): 108 – 111. [GONG J Z, LIU J B, LIU J C, et al. An ecological geochemical model for Jingdong Chinese chestnut[J]. *Geophysical and Geochemical Exploration*, 2006, 30 (2): 108 – 111. (in Chinese)]
- [24] 张宇清,齐实,文妙霞. 梯田埂坎植物根系营养空间及伸展模式初步研究[J]. *中国水土保持科学*, 2003, 1(3): 31 – 36. [ZHANG Y Q, QI S, WEN M X. Primary study on root system foraging space and rooting pattern of plants on the terrace embankments [J]. *Science of Soil and Water Conservation*, 2003, 1 (3): 31 – 36. (in Chinese)]