



黑龙江省牡丹江市自然资源禀赋特征及开发潜力分析

佟智强,杨洪祥,宋立东,刘 浩,王建伟,高 博

中国地质调查局 牡丹江自然资源综合调查中心,黑龙江 牡丹江 157021

摘 要: 为助力打造牡丹江市独特的“山、水、林、田、湖、俗、边、雪”旅游文化,通过开展牡丹江市土地、水、地质遗迹、冰雪资源的调查研究,掌握了支撑旅游经济城市发展的自然资源禀赋特征,同时分析了特色资源的开发潜力。结果表明牡丹江市土地综合质量总体良好,圈定特色富锌土地 1 425 hm²;水资源总量 137.9×10⁸ m³,水质良好,矿泉水开发潜力巨大,优选了 2 处矿泉水开发靶区;整合了 40 处地质遗迹资源,划分了 4 个地质遗迹区;建立了冰雪资源评价指标,圈定了 3 处冰雪资源开发适宜区,助力领跑冰雪新优势。

关键词: 自然资源;开发潜力;旅游文化;地质遗迹;黑龙江省

CHARACTERISTICS OF NATURAL RESOURCES ENDOWMENT AND DEVELOPMENT POTENTIAL IN MUDANJIANG CITY, HEILONGJIANG PROVINCE

TONG Zhi-qiang, YANG Hong-xiang, SONG Li-dong, LIU Hao, WANG Jian-wei, GAO Bo

Mudanjiang Natural Resources Comprehensive Survey Center, CGS, Mudanjiang 157021, Heilongjiang Province, China

Abstract: To build the unique tourism culture characterized by mountain, river, forest, field, lake, custom, border and snow in Mudanjiang City, the paper analyzes the characteristics of natural resources endowment that support the development of tourism economy as well as the development potential of characteristic resources through the investigation of land, water, geological relics, snow and ice resources in the area. The results show that the comprehensive land quality in Mudanjiang City is generally good, with 1 425 hm² of zinc-rich land delineated. The total water resources is 137.9×10⁸ m³, with high quality and great development potential of mineral water, and two target areas for mineral water development are selected. Forty geological relic sites are integrated, which are divided into 4 geological heritage areas. The evaluation indexes of snow and ice resources are established and 3 suitable areas for development are identified to expand the advantages of snow and ice.

Key words: natural resource\$; development potential; tourism culture; geological heritage; Heilongjiang Province

0 引言

自然资源指人类可以直接从自然界获得,并用于

生产和生活的物质和能量。根据联合国环境规划署的定义,自然资源就是指一定时间条件下,能够产生经济

收稿日期:2022-06-17;修回日期:2022-08-04. 编辑:李兰英.

基金项目:中国地质调查局项目“牡丹江市多要素城市地质调查”(编号 DD20191021).

作者简介:佟智强(1987—),男,硕士,高级工程师,主要从事水工环地质调查工作,通信地址 黑龙江省牡丹江市东安区卧龙街 45 号,E-mail//aoxuexuxu@126.com

通信作者:杨洪祥(1989—),男,硕士,工程师,主要从事水工环地质调查工作,通信地址 黑龙江省牡丹江市东安区卧龙街 45 号,E-mail//1095354060@qq.com

价值以提高人类当前和未来福利的自然环境因素的总称^[1]。它既是自然环境的重要组成部分,又是自然环境和人类活动的联系纽带。随着经济的发展和人口的增长,自然资源的消耗急剧上升,引发了大量的资源环境和生态地质问题^[2-5],越来越多的专家学者致力于自然资源科学领域的研究工作,为实现人与自然和谐共生,协调可持续发展建言献策^[6-11]。

牡丹江市地处中俄边境,是“中蒙俄经济走廊”“龙江丝路带”的重要战略支点,是中国对俄沿边开放的桥头堡和枢纽站,地质遗迹、特色土壤、矿产资源丰富,是我国典型的中小型边境旅游经济城市。21 世纪以来,新型城镇化进程也不断影响和改变着自然资源环境和生态地质条件^[12],城镇化建设与资源环境承载力之间的耦合关系日趋紧密^[13]。2017 年,国务院办公厅批准的牡丹江市城市总体规划(国办函[2017]86 号)中强调,要建设资源节约型和环境友好型城市,要促进生产空间集约高效、生活空间宜居适度、生态空间山清水秀。因此为助力打造牡丹江市独特的“山、水、林、田、湖、俗、边、雪”旅游文化,查清支撑旅游经济城市发展的自然资源数量和质量特征意义重大。

本文在梳理前人已有地质成果资料基础上,系统研究牡丹江市自然资源禀赋特征,同时分析自然资源的开发潜力,为牡丹江市实现协调持续发展、提质扩容升级、特色品牌打造等提供地质数据支撑。

1 研究区概况

牡丹江市位于黑龙江省的东南部,北邻哈尔滨市的依兰县和七台河市的勃利县,西邻哈尔滨市的五常市、尚志市、方正县,南邻吉林省的汪清县、敦化市,东邻鸡西市、鸡东县,并与俄罗斯接壤,行政区面积 38 827 km²。牡丹江市区位优势明显,交通便捷通畅,生态环境优良,开发程度较低,发展空间充裕。

牡丹江市地形总趋势为西北、东南高,中间较低并向西北倾斜。地貌类型按成因主要分为构造地貌、火山地貌、流水地貌 3 类,形态表现有低山、丘陵、河谷平原,地貌格局主要受大地构造控制。

牡丹江市地处北温带中部,属大陆性湿润季风气候,特点是四季分明,春季多风干旱,夏季湿热多雨,秋季温凉早霜,冬季寒冷漫长,多年平均气温为 2.7 ℃。降水量在时空上分布很不均匀,年际间降水量变化很

大,历年最大降水量 736.5 mm,最小降水量 334.8 mm,多年平均降水量 547.9 mm。牡丹江市水资源丰富,牡丹江、穆稜河、绥芬河 3 个水系共有大小河流 6 677 条,湖泊 823 处。

2 自然资源禀赋特征

2.1 土地资源

2.1.1 土地利用类型

根据 2019 年 Landsat8 OLI 遥感数据,牡丹江市土地利用类型以林地和耕地为主(图 1),二者合计占市域面积的 94.74%。其中,林地 27 617.10 km²,占比 71.13%,主要分布于牡丹江市西部及东南部山区;耕地 9 177.20 km²,占比 23.64%,主要分布于河谷平原区;草地 301.92 km²,占比 0.78%,主要分布于河谷平原及山间沟谷地区;湿地 275.04 km²,占比 0.71%,主要分布于河湖周边区域;建设用地 728.33 km²,占比

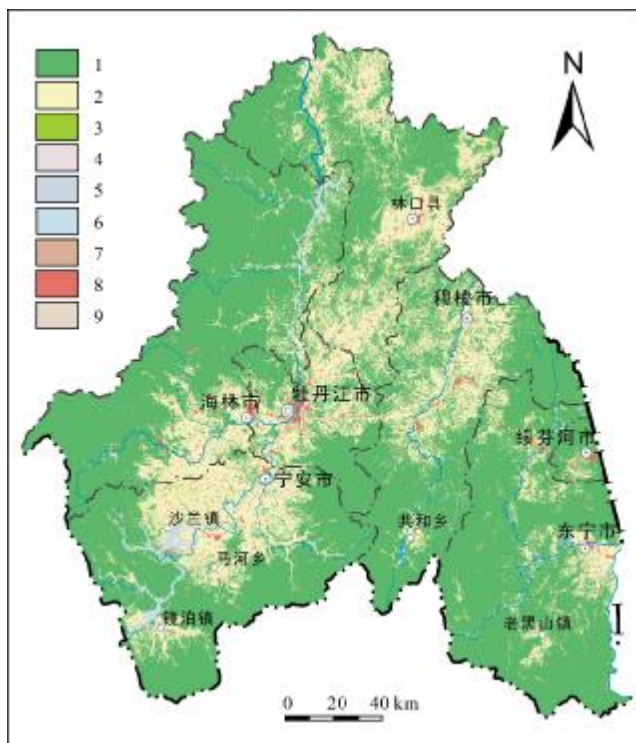


图 1 牡丹江市 2019 年土地利用类型遥感解译图

Fig. 1 Remote sensing interpretation map of land use types in Mudanjiang City in 2019

1—林地(woodland); 2—耕地(farmland); 3—草地(grassland); 4—种植园用地(plantation land); 5—湿地(wetland); 6—水域及水利设施用地(water area and water conservancy facilities); 7—工矿用地(land for mining and industry); 8—建设用地(construction land); 9—其他(other lands)

1.88%,主要由住宅用地、交通运输用地等组成;水域及水利设施用地 553.91 km²,占比 1.43%,主要由镜泊湖、莲花湖、牡丹江等水域组成。各类土地利用面积见表 1。

表 1 牡丹江市域土地利用面积统计表
Table 1 Land use areas in Mudanjiang City

土地利用类型	面积/km ²	占比/%
林地	27617.10	71.13
耕地	9177.20	23.64
草地	301.92	0.78
湿地	275.04	0.71
种植园用地	81.36	0.21
建设用地	728.33	1.88
水域水利设施用地	553.91	1.43
工矿用地	56.52	0.15
其他土地	35.62	0.09

对比 1990 年、2000 年、2010 年、2019 年 4 期数据,土地利用类型变化主要体现在林地、耕地、建设用地面积的增减上。1990—2019 年林地面积分别为 30 124.59 km²、27 021.20 km²、26 853.80 km²、27 616.86 km²,林地变化趋势表现为先减后增;耕地面积分别为 7 281.03 km²、10 627.83 km²、10 647.76 km²、9 176.80 km²,耕地变化趋势表现为先增后减;建设用地面积分别为 447.42 km²、487.27 km²、572.30 km²、728.43 km²,建设用地变化趋势表现为持续增加。市域土地利用变化整体体现了毁林开荒—管理保护—退耕还林的时代发展历程。退耕还林后土壤侵蚀敏感性有所改善,生态环境质量得到改善^[14-17]。

2.1.2 土地地球化学质量

东北地区黑土地土壤基本无重金属污染,土壤质量优越^[18]。据“兴凯湖平原及松辽平原西部土地质量地球化学调查”项目成果,牡丹江市耕地区土壤养分综合等级以二等和三等为主,为较丰富—中等。一等主要集中分布于牡丹江市东部及宁安地区,四等在穆棱市南部及其他零星地区分布。土壤环境综合等级总体良好,以一等(无风险)为主,二等(风险可控)及三等(风险较高)在区内零星分布。土地质量综合等级(图

2)总体良好,以一等(优质)和二等(良好)为主,占区域的绝大多数面积,三等(中等)在区域内零星分布,四等(差等)和五等(劣等)个别分布于区域内。

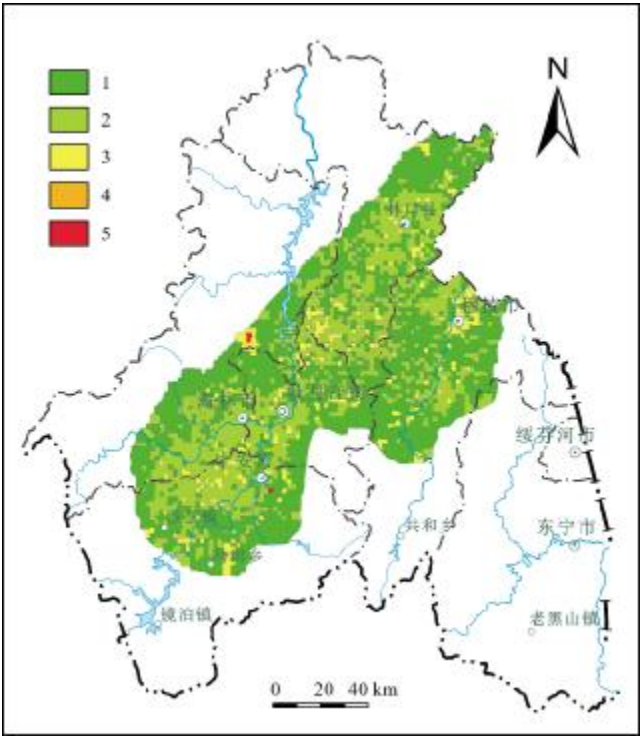


图 2 牡丹江市土地质量综合等级图

Fig. 2 Comprehensive grading map of land quality in Mudanjiang City

1—优质(high quality); 2—良好(good); 3—中等(medium); 4—差等(poor); 5—劣等(inferior)

2.2 水资源

2.2.1 水资源量

牡丹江市多年平均降水 288 mm,水资源总量 137.9×10⁸ m³,其中地表水资源量 133.7×10⁸ m³,地下水资源量 32.1×10⁸ m³,重复计算量 27.9×10⁸ m³。牡丹江市地下水类型主要为基岩裂隙水、玄武岩孔洞裂隙水、碎屑岩裂隙孔隙水、第四系松散岩类孔隙水^[19-21]。松散岩类孔隙水含水系统可进一步划分为潜水含水层组、潜水—微承压水含水层组、湖积高平原承压水含水层组。潜水含水层组含水层厚度变化较大,地下水埋藏极不稳定,水位一般在 0.5~2.0 m,最低处可达 5 m 左右,单井涌水量一般小于 100 m³/d,局部流域与地表水连通性较好,水量丰富,可超过 300 m³/d。潜水—微承压水含水层组含水层厚度 4~11 m,水位埋深 1.5~7 m,单井涌水量为 100~1 500 m³/d。湖积高平原承压水含

水层组含水层厚度较薄,单井涌水量不足 100 m³/d.

2.2.2 水环境

1)地表水环境:地表水是牡丹江市重要的饮用水源和工农业供水水源.牡丹江市地表水共有 19 个监测断面,选择有污染代表性的断面采集了 30 组水质分析样品,分析测试了 pH、COD、BOD、总氮、总磷等 28 项常规指标以及卤代烃 33 项有机指标.测试数据显示主要污染指标有总氮、氨氮、BOD、COD,污染点分布与城镇展布空间基本一致,表明地表水污染与人类活动密切相关.

2)地下水环境:研究了采集的 252 组地下水全分析样品,并参考《GB/T14848—2017 地下水质量评价标准》进行了评价.结果表明,牡丹江市地下水总体质量较好,其中 I 级点 5 处,II 级点 65 处,III 级点 46 处,IV 级点 70 处,V 级点 32 处. IV 级点及 V 级点多分布于松散岩类孔隙水及碎屑岩孔隙裂隙水中.影响水质的主要指标有 Fe、Mn、Al、COD、F、pH、TDS、氨氮、硝氮、硬度等,其中 Fe、Mn 分布范围最广,多分布于牡丹江主城区等人口密集的浅水区.

2.3 地质遗迹资源

地质遗迹是在地球演化的漫长地质历史时期,由于各种内外地质作用形成、发展并遗留下来的珍贵的、不可再生的地质现象^[22-25].牡丹江市共有 40 处地质遗迹资源,其中岩土体地貌 13 处,火山地貌 9 处,水体地貌 5 处,岩石剖面 5 处,构造地貌 3 处,重要化石产地 2 处,地层剖面 1 处,地质灾害遗迹 1 处,构造剖面 1 处.根据《DZ/T0303—2017 地质遗迹调查规范》中的评价标准,其中世界级 4 处,国家级 2 处,省级 34 处(图 3,表 2).

2.4 冰雪资源

研究定义的冰雪资源指标,即滑雪场建设所需要的冰雪资源条件,包括冰雪覆盖和积雪厚度 2 个因子^[26].冰雪覆盖方面,利用 2020 年 1 月至 2 月共 6 景 Landsat8 遥感影像,选择 652 波段合成,进行了大气校正、镶嵌、裁剪等预处理.考虑到牡丹江市植被覆盖率较高,采用归一化差值林地积雪指数(NDFSI)对牡丹江市域范围内积雪、积冰等进行遥感信息提取.经反复验证,分类阈值确定为 0.3,解译了牡丹江市积雪覆盖范围.积雪厚度方面,通过收集 2015—2019 年气象站点数据,结合实测调查获取.通过叠加冰雪覆盖和积

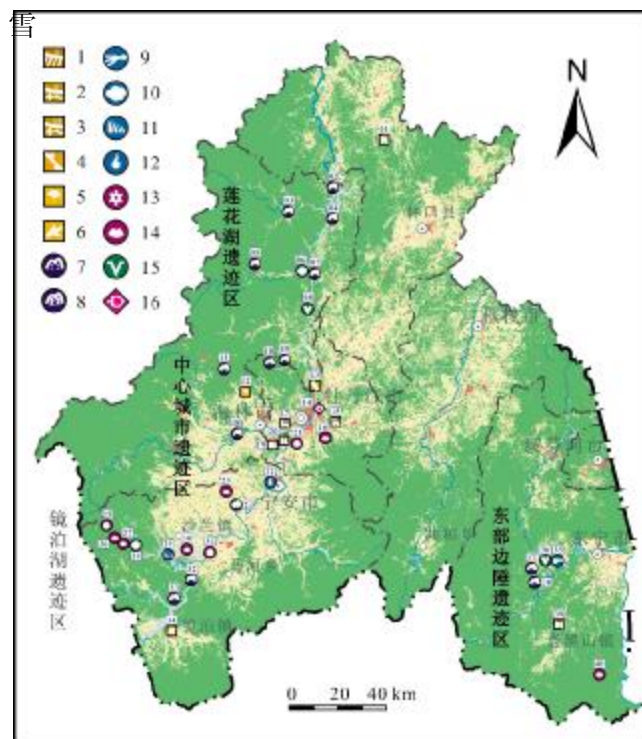


图 3 牡丹江市地质遗迹资源分布图

Fig. 3 Distribution map of geological relic resources in Mudanjiang City

1—层型剖面 (stratotype section); 2—火山岩剖面 (section of volcanic rock); 3—变质岩剖面 (section of metamorphic rock); 4—断裂(fault); 5—古植物化石产地 (origin of plant fossils); 6—古动物遗迹化石产地 (origin of animal trace fossils); 7—侵入岩地貌 (intrusive rock landform); 8—碎屑岩地貌 (clastic rock landform); 9—河流(river); 10—湖泊(lake); 11—瀑布(waterfall); 12—泉(spring); 13—火山机构 (volcanic edifice); 14—火山岩地貌 (volcanic landform); 15—峡谷 (canyon); 16—滑坡(landslide)

厚度 2 个因子,得到冰雪资源指标评价结果(图 4).结果表明牡丹江市冰雪资源绝大多数适宜滑雪场建设的物质基础需求.

3 开发潜力分析

3.1 土地资源潜力

为了更好地开发利用土地资源,在国家地理标志产品响水大米的核心产区外围开展了 1:5 万土地质量调查,完成调查面积 250 km²,采集土壤样品 1 622 件,灌溉水样品 30 件,大宗农作物样品 130 件,根系土样品 130 件,大气干湿沉降样品 9 件.经测试分析,土地综合质量优质面积 98.77 km²,占比 39.51%;良好面积 50.75 km²,占比 20.30%;中等面积 99.35 km²,占比

表 2 牡丹江市地质遗迹点基本信息表

Table 2 Basic information of geological relic sites in Mudanjiang City

点号	区、县 级市	地质遗迹名称	地质遗迹分类			评价级别	保护方式
			大类(Ⅰ)	类(Ⅱ)	亚类(Ⅲ)		
D09	爱民区	三道关侵入岩地貌	地貌景观	岩土体地貌	侵入岩地貌		保护区
D10		小黄山侵入岩地貌					
D16	东安区	牡丹峰火山岩地貌		火山地貌	火山岩地貌		
D20	西安区	温春镇玄武岩剖面	基础地质	岩石剖面	火山岩剖面		
D17		西安区兴东岩群变质岩剖面			变质岩剖面		
D19		温春镇河流二元沉积层型		地层剖面	层型(典型剖面)		
D21		温春镇火山机构		火山地貌	火山机构		
D15	阳明区	磨刀石镇黑龙江岩群变质岩剖面	基础地质	岩石剖面	变质岩剖面	省级	无
D13		桦林镇敦-密岩石圈断裂		构造剖面	断裂		
D14		铁岭河镇青梅山滑坡	地质灾害	地质灾害遗迹	滑坡		
D39	东宁市	老黑山镇罗圈站组火山岩剖面	基础地质	岩石剖面	火山岩剖面		地质公园
D40		老黑山镇火山岩地貌		火山地貌	火山岩地貌		
D35		道河镇绥芬河(景观带)	地貌景观	水体地貌	河流(景观带)		
D36		道河镇洞庭村峡谷		构造地貌	峡谷(断层崖)		
D37		道河镇侵入岩地貌		岩土体地貌	侵入岩地貌		
D38		道河镇五排村峡谷		构造地貌	峡谷(断层崖)		
D12		海林市硅化木古植物化石产地	基础地质	重要化石产地	古植物化石产地		
D11		横道河子镇侵入岩地貌					无
D18		石河镇侵入岩地貌					
D07	海林市	海林市月亮湾侵入岩地貌	地貌景观	岩土体地貌	侵入岩地貌		地质公园
D04		海林市鹰嘴峰侵入岩地貌					
D02		海林市莲花镇侵入岩地貌					
D03		海林市双桥村侵入岩地貌					
D05		柴河镇小九寨侵入岩地貌					
D08		海林市断石通峡谷		构造地貌	峡谷(断层崖)		
D06		海林市莲花湖		水体地貌	湖泊、潭		
D01	林口县	林口县大盘道组变质岩剖面	基础地质	岩石剖面	变质岩剖面		无
D34		莺鸽岭古生物遗迹化石产地		重要化石产地	古生物遗迹化石产地		地质公园
D24		海浪镇碎屑岩地貌		岩土体地貌	碎屑岩地貌		无
D23	宁安市	海浪镇柱状节理火山岩地貌	地貌景观	火山地貌	火山岩地貌		地质公园
D30		宁安市火山岩地貌			火山机构		
D31		东京城镇火山机构		水体地貌	泉		市政
D22		宁安市泼雪泉			湖泊、潭		
D28		宁安市小北湖		岩土体地貌	侵入岩地貌	国家级	
D32		宁安市大孤山侵入岩地貌			火山机构		
D33		宁安市珍珠门侵入岩地貌		火山地貌	火山岩地貌	世界级	地质公园
D25		宁安市地下森林火山机构					
D26		宁安市熔岩瀑布火山岩地貌		水体地貌	瀑布		
D27		宁安市熔岩洞火山岩地貌					
D29		宁安市吊水楼瀑布					

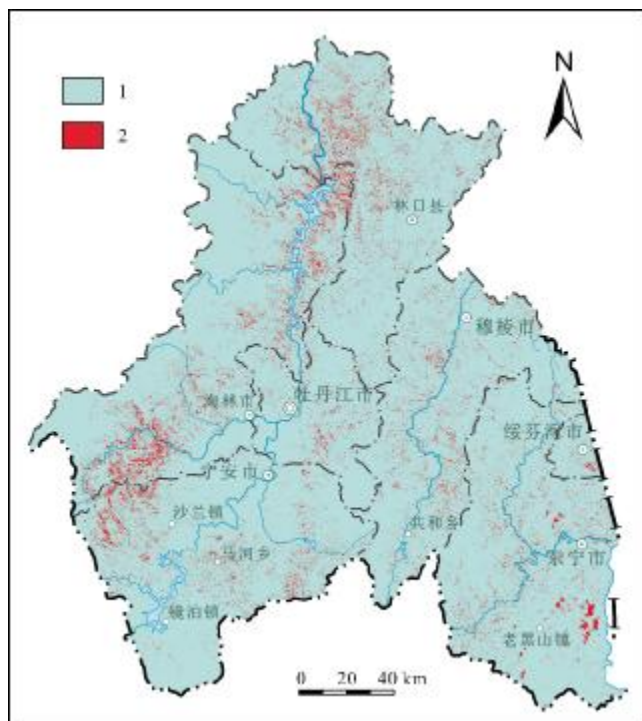


图4 牡丹江市冰雪资源评价图

Fig. 4 Evaluation map of ice and snow resources in Mudanjiang City
1—适宜区(suitable area); 2—不适宜区(unsuitable area)

39.74%;差等面积 1.13 km²,占比 0.45%。以锌元素含量、土壤养分等级、土壤环境等级、土地质量综合等级 4 个指标进行综合分析,在东京城镇至渤海镇周边圈定富锌土地 1 425 hm²(图 5)。总体来看特色农业区土壤养分丰富、环境清洁,富含锌有益元素,有助于提高农产品附加值,打造高效农业示范区^[27],具有很好的开发潜力。

3.2 水资源潜力

水资源的开发利用关键是协调水资源总量与社会经济关系^[28-29]。根据牡丹江市城市总体规划,水资源开发主要体现在助力矿泉水产业高质量发展方面。参考《GB8537—2018 饮用天然矿泉水标准》,通过水质调查分析,发现牡丹江地区地下水 Sr 和 H₂SiO₃ 普遍偏高。采集的 252 件样品中有 87 件 Sr 或 H₂SiO₃ 达到天然矿泉水的界限指标,有 28 组样品 Sr 与 H₂SiO₃ 同时超过界限指标。通过相关性分析研究,富 Sr、H₂SiO₃ 主要是受水-岩相互作用影响。制约牡丹江矿泉水开发的主要因素是地下水整体贫乏,尤其是基岩区地下水水量不均,多为贫水,因此寻找构造裂隙水就成为牡丹江矿泉水开发的主要途径之一。在桥头村和东新村,

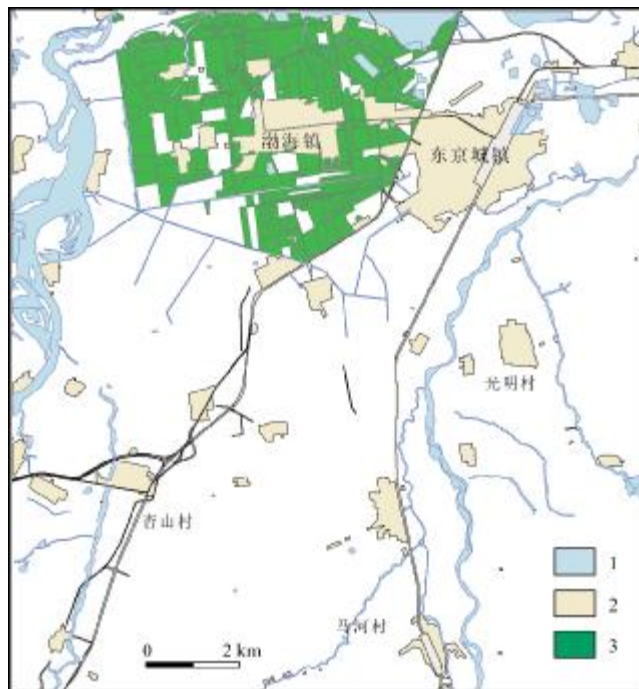


图5 东京城地区富锌土地分布图

Fig. 5 Distribution map of zinc-rich lands in Dongjingcheng area
1—河流(river); 2—城镇村庄(town and village); 3—富锌土地
(zinc-rich land)

运用地面调查、物探、水文钻孔施工等综合技术手段,成功寻找到构造裂隙水。经测试,此两处水源为富锶偏硅酸型矿泉水,可以作为矿泉水开发靶区来打造特色。

3.3 地质遗迹资源潜力

通过调查,牡丹江市的 40 处地质遗迹资源中,已开发利用 18 处,未被开发利用 13 处,正在受到破坏 9 处。已开发利用的 18 处重要地质遗迹资源分别纳入镜泊湖世界地质公园、海林莲花湖地质公园、东宁洞庭峡谷地质公园、牡丹峰国家森林公园、三道关国家森林公园和小黄山风景区进行了有效保护。正在遭受破坏的 9 处地质遗迹资源以岩石剖面为主,均由当地居民开发利用石材而破坏地质遗迹资源。未被开发利用 13 处地质遗迹资源中,海浪镇红砂丹霞地貌和玄武岩柱状节理剖面,具有极佳的观赏价值和科考价值(图 6)。

牡丹江市旅游资源和旅游经济水平之间存在着错位现象,需要做好旅游发展规划,培育精品旅游线路^[30]。充分考虑到地质、地理、行政区划、交通等多种因素^[31],将牡丹江地质遗迹划分为莲花湖遗迹区、中心城市遗迹区、镜泊湖遗迹区和东部边陲遗迹区(图 3)。



图 6 未被开发利用的重要地质遗迹资源

Fig. 6 Unexploited significant geological relic resources

a—丹霞地貌(Danxia landform); b—柱状节理(columnar joint)

这些宝贵的地质遗迹资源可以与牡丹江市人文旅游资

源和社会旅游资源相结合,打造牡丹江市独特的“山、水、林、田、湖、俗、边、雪”旅游文化。

3.4 冰雪资源潜力

牡丹江市的冰雪资源开发利用形式以建设滑雪场为主。综合考虑牡丹江市生态环境、地形地貌、冰雪资源和区位条件 4 个指标 10 个因子,确定影响滑雪场选址的要素指标体系,详见表 3。通过多因子叠加分析,计算出牡丹江市滑雪场选址适宜性范围,总面积 1 757.05 km²,主要分布于市区东部阳明区、海林市城区西北部、宁安市城区东南部、林口县城区周边大部分区域、穆棱市城区西南部、东宁市西部和绥芬河市大部分区域。圈定了 3 处冰雪资源开发适宜区(图 7)。

4 结论

1)牡丹江市以林地、耕地为主,在维护保障国家生态安全和粮食安全方面发挥了重要作用。对比 4 期监测数据,林地先减后增,耕地先增后减,建设用地持续增加,体现了“毁林开荒→管理治理→退耕还林”的时代发展历程。

2)牡丹江市自然资源禀赋特征:土地综合质量总体良好,以一等(优质)和二等(良好)为主;水资源总量 137.9×10⁸ m³,水质总体良好,地表水的局部污染与人类活动密切相关,地下水 IV 级点及 V 级点多分布于牡丹江市主城区等人口密集的浅水区;共有 40 处地质遗迹资源,其中世界级 4 处,国家级 2 处,省级 34 处;

表 3 滑雪场选址的要素指标体系

Table 3 Factor indexes for ski resort selection

一级指标	二级指标	指标分级标准
生态环境	生态保护区	剔除生态保护区核心区范围
	植被覆盖	提取草地、耕地、林地、园地、沙地、裸地覆盖范围
地形地貌	坡度	6~30°
	坡向	提取阴坡范围(西北坡、北坡、东北坡、东坡)
	垂直高差	50~600 m
冰雪资源	冰雪覆盖	NDFS _I ≥0.3
	积雪厚度	≥15 cm
区位条件	人口密度	≥50 人/km ²
	交通状况	与铁路、公路距离≤3 km
	距中心城区距离	≤35 km

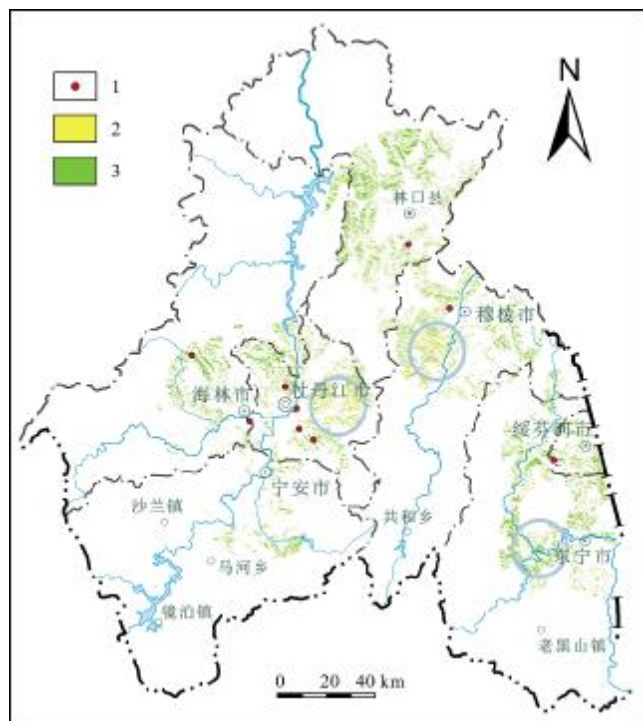


图7 牡丹江市冰雪资源开发适宜区分布图

Fig. 7 Distribution map of suitable areas for ice and snow resources development in Mudanjiang City

1—现有滑雪场 (existing ski resort); 2—开发适宜区 (林地) (suitable area for development, woodland); 3—开发适宜区 (耕地) (suitable area for development, farmland)

冰雪资源丰富, 绝大多数区域适宜冰雪开发建设的物质基础需求。

3) 自然资源开发潜力: 为助力打造牡丹江市独特的“山、水、林、田、湖、俗、边、雪”旅游文化, 在特色农业区圈定了富锌土地 1 425 hm²; 优选了桥头村和新兴村两处矿泉水开发靶区; 整合了 40 处地质遗迹资源, 划分了 4 个规划区; 圈定了 3 处冰雪资源开发适宜区, 助力领跑冰雪新优势。

参考文献 (References):

- [1] 李臻帝, 罗郢. 面向生态文明的自然资源综合评价体系[J]. 地质通报, 2011, 30(10): 1614–1618.
Li Z D, Luo Y. Natural resources comprehensive evaluation system based on ecological civilization [J]. Geological Bulletin of China, 2011, 30(10): 1614–1618.
- [2] 葛良胜, 夏锐. 自然资源综合调查业务体系框架[J]. 自然资源学报, 2020, 35(9): 2254–2269.
Ge L S, Xia R. Research on comprehensive investigation work system of natural resources [J]. Journal of Natural Resources, 2020, 35(9):

2254–2269.

- [3] 马震, 夏雨波, 李海涛, 等. 雄安新区自然资源与环境-生态地质条件分析[J]. 中国地质, 2021, 48(3): 677–696.
Ma Z, Xia Y B, Li H T, et al. Analysis of natural resources and environment eco-geological conditions in the Xiong'an New Area [J]. Geology in China, 2021, 48(3): 677–696.
- [4] 钟成林, 胡雪萍. 自然资源禀赋对区域生态效率的影响研究[J]. 大连理工大学学报(社会科学版), 2016, 37(3): 19–26.
Zhong C L, Hu X P. Influence of natural resource endowment on regional eco-efficiency [J]. Journal of Dalian University of Technology (Social Sciences), 2016, 37(3): 19–26.
- [5] Matheis M. Natural resource extraction and mortality in the United States [J]. Journal of Environmental Management, 2019, 235: 112–123.
- [6] 李同升, 李献波, 李青阳. 西伯利亚自然资源及其开发潜力[J]. 干旱区地理, 2008, 31(6): 966–971.
Li T S, Li X B, Li Q Y. Natural resources and exploitation potential in Siberia [J]. Arid land Geography, 2008, 31(6): 966–971.
- [7] 陈国阶. 四川省自然资源开发潜力分析[J]. 长江流域资源与环境, 1993, 2(4): 297–303.
Chen G J. An analysis on exploitation potential of natural resources in Sichuan Province [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 1993, 2(4): 297–303.
- [8] Yu S W, Zheng Y L, Hu X, et al. Spatial impacts of biomass resource endowment on provincial green development efficiency [J]. Renewable Energy, 2022, 189: 651–662.
- [9] Wang J K, Han Q, Wu K X, et al. Spatial-temporal patterns and evolution characteristics of the coordinated development of industrial economy, natural resources and environment in China [J]. Resources Policy, 2022, 75: 102463.
- [10] Qiu Q, Chen J. Natural resource endowment, institutional quality and China's regional economic growth [J]. Resources Policy, 2020, 66: 101644.
- [11] Wang Y, Chen X Y. Natural resource endowment and ecological efficiency in China: Revisiting resource curse in the context of ecological efficiency [J]. Resources Policy, 2020, 66: 101610.
- [12] Dijkstra L, Florczyk A J, Freire S, et al. Applying the degree of urbanisation to the globe: A new harmonised definition reveals a different picture of global urbanisation [J]. Journal of Urban Economics, 2021, 125: 103312.
- [13] 丁宇, 张雷, 马昕琳. 山地城镇化与资源环境承载力耦合协调发展的时空演变 [J]. 环境科学研究, 2022, 35(2): 592–600.
Ding Y, Zhang L, Ma X L. Temporal and spatial evolution of coupling coordination of mountainous urbanization and its resource and environment carrying capacity [J]. Research of Environmental Sciences, 2022, 35(2): 592–600.
- [14] 高凤杰, 张柏, 王宗明, 等. 牡丹江市退耕还林前后自然状态下土壤侵蚀敏感性变化研究 [J]. 水土保持通报, 2010, 30(5): 1–6.

- Gao F J, Zhang B, Wang Z M, et al. Changes of soil erosion sensitivity by returning farmland to forest project in Mudanjiang City [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2010, 30(5): 1-6.
- [15] 高凤杰, 雷国平, 杨凤海, 等. 牡丹江市退耕还林前后生态安全评价[J]. 农业工程学报, 2012, 28(2): 206-214.
- Gao F J, Lei G P, Yang F H, et al. Eco-security evaluation before and after grain for green in project Mudanjiang City [J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(2): 206-214.
- [16] 马泉来, 高凤杰, 侯大伟, 等. 牡丹江市土地利用适宜性评价[J]. 水土保持通报, 2015, 35(6): 285-290.
- Ma Q L, Gao F J, Hou D W, et al. Assessment on land use suitability of Mudanjiang City [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2015, 35(6): 285-290.
- [17] 裴巍, 付强, 刘东, 等. 基于改进投影寻踪模型黑龙江省土地资源生态安全评价[J]. 东北农业大学学报, 2016, 47(7): 92-100.
- Pei W, Fu Q, Liu D, et al. Assessing land resource ecological security in the Heilongjiang Province based on improved projection pursuit model [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2016, 47(7): 92-100.
- [18] 戴慧敏, 赵君, 刘国栋, 等. 东北黑土地质量调查成果[J]. 地质与资源, 2020, 29(3): 299.
- Dai H M, Zhao J, Liu G D, et al. Progress in the quality survey of black soil in Northeast China [J]. Geology and Resources, 2020, 29(3): 299.
- [19] 佟智强, 杨洪祥, 刘浩, 等. 牡丹江市城市地质特征及调查研究方向分析[J]. 城市地质, 2019, 14(3): 38-44.
- Tong Z Q, Yang H X, Liu H, et al. Analysis on urban geological characteristics and research direction of Mudanjiang City [J]. Urban Geology, 2019, 14(3): 38-44.
- [20] 周红艳, 李金海. 牡丹江市区地下水资源潜力评价与开发利用区划[J]. 黑龙江水利科技, 2005, 33(3): 73-74.
- Zhou H Y, Li J H. Potential evaluation and development and utilization zoning of groundwater resources in Mudanjiang City [J]. Heilongjiang Science and Technology of Water Conservancy, 2005, 33(3): 73-74. (in Chinese)
- [21] 宋立东, 佟智强, 刘浩, 等. 牡丹江市资源环境承载能力评价[J]. 华东地质, 2021, 42(2): 185-192.
- Song L D, Tong Z Q, Liu H, et al. Evaluation on carrying capacity of resources and environment in Mudanjiang City [J]. East China Geology, 2021, 42(2): 185-192.
- [22] 董颖, 曹晓娟, 郭湘艳. 中国地质遗迹资源保护[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2010, 21(2): 114-117.
- Dong Y, Cao X J, Guo X Y. Protection of geoheritages resources in China [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2010, 21(2): 114-117.
- [23] 赵岩, 郭常来, 李旭光, 等. 辽宁锦州市地质遗迹资源禀赋及保护性利用[J]. 地质通报, 2021, 40(10): 1688-1696.
- Zhao Y, Guo C L, Li X G, et al. Geological heritage resources endowment and protective utilization in Jinzhou City, Liaoning Province [J]. Geological Bulletin of China, 2021, 40(10): 1688-1696.
- [24] 曹晓娟, 董颖, 刘嵘. 重要岩矿产地地质遗迹调查、评价、保护和利用[J]. 中国矿业, 2020, 29(5): 68-71.
- Cao X J, Dong Y, Liu R. Investigation, evaluation, protection and utilization of important rock mineral geoheritages in China [J]. China Mining Magazine, 2020, 29(5): 68-71.
- [25] 耿玉环, 田明中. 我国矿业遗迹的开发、利用与保护[J]. 中国矿业, 2009, 18(6): 57-60.
- Geng Y H, Tian M Z. Development, use and preservation of mine heritages in China [J]. China Mining Magazine, 2009, 18(6): 57-60.
- [26] 孙大海, 韩平. 滑雪旅游资源开发: 禀赋指标、模式与优化路径研究[J]. 中国体育科技, 2021, 57(11): 14-19.
- Sun D H, Han P. Development of skiing tourism resources: Research on endowment index, model and optimization paths [J]. China Sport Science and Technology, 2021, 57(11): 14-19.
- [27] 王宏燕, 秦智伟, 郭文学, 等. 黑龙江省牡丹江持续高效农业示范区开发研究[J]. 农业系统科学与综合研究, 2002, 18(3): 183-186, 191.
- Wang H Y, Qin Z W, Guo W X, et al. Research on the sustainable and high beneficial agricultural demonstration garden in Mudanjiang [J]. System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture, 2002, 18(3): 183-186, 191.
- [28] 王轶, 李瑞敏, 高萌萌, 等. 基于双曲距离协调度模型的地下水资源与经济承载协调关系[J]. 地质通报, 2020, 39(1): 88-93.
- Wang Y, Li R M, Gao M M, et al. An analysis of coordination relationship between groundwater resources and economic carrying capacity based on hyperbolic distance coordination model [J]. Geological Bulletin of China, 2020, 39(1): 88-93.
- [29] 王晓光, 邹淑芳, 王恩德. 东北地区地下水资源可持续利用的主要问题和对策浅析[J]. 地质通报, 2005, 24(2): 156-159.
- Wang X G, Zou S F, Wang E D. Major problems and countermeasures about sustainable utilization of groundwater resources in Northeast China [J]. Geological Bulletin of China, 2005, 24(2): 156-159.
- [30] 霍红, 白艺彩, 詹帅. 东北地区旅游资源与旅游经济空间错位分析[J]. 西北师范大学学报(自然科学版), 2020, 56(4): 106-111, 126.
- Huo H, Bai Y C, Zhan S. Analysis on the spatial mismatch between tourism resources and tourism economy in Northeast China [J]. Journal of Northwest Normal University (Natural Science), 2020, 56(4): 106-111, 126.
- [31] 李莉, 侯国林, 夏四友, 等. 成都市休闲旅游资源空间分布特征及影响因素[J]. 自然资源学报, 2020, 35(3): 683-697.
- Li L, Hou G L, Xia S Y, et al. Spatial distribution characteristics and influencing factors of leisure tourism resources in Chengdu [J]. Journal of Natural Resources, 2020, 35(3): 683-697.