

doi:10.12097/j.issn.1671-2552.2022.12.001

承德自然资源综合调查主要进展与全国自然资源综合调查总体思路

殷志强¹, 郝爱兵^{1*}, 吴爱民², 任金卫¹, 周平¹, 卫晓锋³, 彭令¹, 李霞¹, 邵海¹, 庞菊梅¹
YIN Zhiqiang¹, HAO Aibing^{1*}, WU Aimin², REN Jinwei¹, ZHOU Ping¹, WEI Xiaofeng³,
PENG Ling¹, LI Xia¹, SHAO Hai¹, PANG Jumei¹

1. 中国地质环境监测院, 北京 100081;

2. 中国地质调查局, 北京 100037;

3. 中色紫金地质勘查(北京)有限责任公司, 北京 100012

1. China Institute of Geo-Environment Monitoring, Beijing 100081, China;

2. China Geological Survey, Beijing 100037, China;

3. Sino-Zijin Resources Ltd., Beijing 100012, China

摘要:自然资源综合调查是以地球系统科学为指导,查清山水林田湖草沙的数量、质量、生态效应及相互关系与演替规律,支撑服务生态文明建设和自然资源管理。以承德生态文明示范区自然资源综合调查为例,研究了承德自然资源综合调查的目标定位,并从支撑国土空间规划、生态保护修复、特色地质资源保护利用、服务城市规划等方面系统总结了近年来在双评价、地表基质研究、地质文化村创建、山体保护等领域取得的主要成果。在此基础上,提出了构建多要素、多目标的“承德模式”的主要内容、自然资源综合调查基本流程等方面的主要经验做法。最后针对未来全国自然资源综合调查,在总体目标、基本原则、主要内容等方面进行了顶层谋划设计,以期为全国不同尺度的自然资源综合调查工作提供技术参考。

关键词:自然资源;综合调查;进展与思路;承德;生态文明

中图分类号:P62 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-2552(2022)12-2087-10

Yin Z Q, Hao A B, Wu A M, Ren J W, Zhou P, Wei X F, Peng L, Li X, Shao H, Pang J M. The key progress in Chengde and the national proposal of the integrated survey of natural resources. *Geological Bulletin of China*, 2022, 41(12): 2087-2096

Abstract: The integrated survey of natural resources is guided by earth system science, and can effectively support the construction of ecological civilization and the management of natural resources by clarifying the relationship and succession regular pattern of mountains, rivers, forests, fields, lakes, grass and sand. In this paper, we took the integrated survey of natural resources in Chengde Ecological Civilization Demonstration Zone as an example, and firstly studied the target positioning of the integrated survey of natural resources, then systematically analyzed the objectives of the integrate survey of natural resources in Chengde from four aspects in recent years, such as evaluation on resources and environment carrying capacity and territorial space development suitability, ground substrate research, establishment of geological cultural villages, and mountains protection, all above were supported for territorial spatial planning, ecological protection and restoration, utilization of distinguishing characteristic geological resources, and serving urban planning. Thirdly, the main contents of the "Chengde Model" with multi-factor and multi-objectives and basic process of integrated survey of natural resources were put forward on the basis of experience and practice. Finally, aim at the integrated survey of natural resources in the future, top-level

收稿日期:2022-05-27;修订日期:2022-08-22

资助项目:中国地质调查局项目《全国自然资源监测评价与智慧服务》(编号:DD2021761)和国家自然科学基金项目《构造差异升降影响下顺构造地貌发育强度对大型滑坡的控制机理和孕灾模式——以美姑河流域为例》(批准号:41977258)

作者简介:殷志强(1980-),男,博士,正高级工程师,从事第四纪环境演变与地表基质研究。E-mail: yinzhiquang@mail.cgs.gov.cn

*通信作者:郝爱兵(1965-),男,博士,正高级工程师,从事地质环境与自然资源综合研究。E-mail: haibing@mail.cgs.gov.cn

planning and design are carried out in terms of overall goals, basic principles and main contents, which in order to provide technical reference for integrated surveys of natural resources at different scales in China.

Key words : natural resource; integrated survey; progress and prospect; Chengde; ecological civilization

自然资源指天然存在、有使用价值、可提高人类当前和未来福利的自然环境因素的总和,是人类社会生存发展的物质基础、空间载体和能量来源^[1-2]。自然资源综合调查指对土地、矿产、森林、草原、水、湿地、海洋、地下空间、地质遗迹等自然资源和地表基质开展调查-监测-评价-区划-智慧服务的全链条业务工作^①。通过自然资源综合调查,能够系统掌握全国自然资源及地表基质的数量、质量、空间分布、开发利用、生态状况、动态变化,揭示地球多圈层自然资源相互关系与演替规律,科学评价自然资源在经济社会发展和生态文明建设中的关键性支撑和制约作用。

2017 年以来,中国地质调查局在福建省、海南省、承德市、宜昌市、广安市等地部署开展了地质调查支撑服务生态文明试验区(示范区)建设,探索了资源环境承载能力与国土空间开发适宜性评价、生态地质、城市地质及自然资源综合调查的技术方法,有力支撑了地方国土空间规划、生态保护修复、城市规划建设、地质文化村建设及特色自然资源综合开发利用^[3-4],同时也为地质调查转型升级提供示范引领^[5-6]。

2020 年,笔者开展了承德自然资源综合地质调查工程研究^[3]。2022 年,中国地质调查局组织中国地质环境监测院等单位,继续开展承德市水文地质与水资源、土地质量、地质遗迹等自然资源综合调查,并充分收集利用承德市自然资源和规划局等部门的相关资料,完成水文地质和工程地质钻探 8700 m,土壤和植物样品采集测试 2.3 万件,获得各类调查监测数据近 130 万条,形成了一批重要成果,同时在央地合作联动机制构建、工作模式形成、支撑服务提供、调查样板打造等方面进行了实践探索。在此基础上,笔者对该工程探索实践过程中取得的主要进展等进行了系统归纳总结,以期为全国其他地区开展自然资源综合调查和中央地勘单位引领行业转型发展提供参考。

1 承德自然地理与自然资源概况

1.1 自然地理概况

承德位于坝上高原与燕山山地过渡带、季风与

非季风交汇区,是国家首批生态文明建设先行区,也是习近平总书记亲自定位的京津冀水源涵养功能区,同时是国家可持续发展创新示范区,生态环境脆弱敏感,生态地位举足轻重。

承德全域土地面积共计 $3.95 \times 10^4 \text{ km}^2$,地势北西高、南东低,北部为内蒙古高原的东南边缘(坝上高原),中部为浅山区,南部为燕山山脉(冀北山地)。海拔在 200~2118 m 之间,坝上高原相对平坦,主要为风成沉积;浅山区发育多条河流,河谷区阶地发育,是人类主要生活区;燕山山地风化壳为林果业种植适宜区。承德市年平均降水量在 451~850 mm 之间,森林覆盖率为 60.03%,是京津唐重要的水源地和华北最绿的城市。主要的水系有滦河流域、三河流域、辽河流域(包括辽河水系和大凌河水系),其中滦河流域面积占市域面积的 72.5%。

1.2 主要自然资源概况

承德市山水林田湖草等自然资源类型丰富多样,优势资源是水资源、矿产资源和土地资源等。其中水资源总量丰富,市域多年平均水资源总量为 $37.6 \times 10^8 \text{ m}^3$,地表水占 45%,地下水占 55%。年水资源总供水量约 $9.08 \times 10^8 \text{ m}^3$,农业灌溉用水量占 59%,工业用水占 15%,居民生活用水占 9%;地表水工程供水量 $3.96 \times 10^8 \text{ m}^3$,地下水开采量约 $5 \times 10^8 \text{ m}^3$,年均向京津等下游地区供水 $25.2 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。土地资源中耕地为 $4.14 \times 10^3 \text{ km}^2$,种植园用地为 $1.48 \times 10^3 \text{ km}^2$,林地 2.68 $\times 10^4 \text{ km}^2$,草地为 $4.55 \times 10^3 \text{ km}^2$ 。市域有益元素富集区总面积约 $1.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。全市已发现矿产 90 种,已探明储量的矿种 59 种,已开发利用的 52 种。钒钛磁铁矿是承德的特色矿产,钒钛资源储量占全国的 40% 以上,是中国北方最大的钒钛磁铁矿基地。其他的可再生能源中,风能、太阳能、地热均具备开发优势。

2 承德自然资源综合调查主要进展

2.1 构建自然资源综合调查的“承德模式”

承德自然资源综合调查的总体思路是紧紧围绕京津冀协同发展战略需求,精准把握自然资源综合调查的对象,基本建立自然资源综合调查的“承

德模式”(图1),主要包括:以水资源为核心,开展承德全域水资源动态变化分析、典型流域水源涵养能力评价和城镇区供水保障调查勘察;以土地资源为纽带,评价承德市滦河、武烈河等主要河谷区和滦平-承德等主要农林经济带的土地质量、生态特征和土地利用适宜性;以矿产资源为试点,开展滦平红旗小营一带的典型矿集区超贫钒钛磁铁矿“资源潜力、环境影响、技术经济”三位一体综合评价,研究支撑承德现代矿业差异化管控路径;以地质遗迹资源为杠杆,提出了承德市地质遗迹保护名录,结合其他优势自然资源类型,打造完成兴隆县诗上庄村地质文化村;以地热资源和侧向山体资源为拓展,在勘察基础上完成中心城区城市侧向山体空间和北部新区浅层地热资源调查评价;以科学研究为创新引领,初步建立了承德坝上高原自然资源野外科学观测研究站,通过数据积累逐步查明坝上高原生态环境的演化过程、趋势、原因及机理。

在该模式指引下,笔者主要从地质视角出发,查清山水林田湖草沙的相互关系,解决区域发展的系统性问题,同时将技术方法、工作模式、智慧服务等作为核心竞争力,在支撑国土空间规划、生态保护与修复、现代农林业高质量发展、生态文旅、特色自然资源开发利用等方面形成分级分类成果产品。

2.2 形成承德自然资源综合调查基本流程

(1)自然资源编图。系统总结分析前人已有的水文地质与水资源、土地质量、林草湿、矿产资源、地质遗迹等成果资料,开展承德自然资源编图。

(2)需求对接与补充调查。针对编图和需求对接发现的水、土、生态等重点问题开展水文地质、土地质量地球化学、地质遗迹、矿山地质环境等补充调查和多要素自然资源调查,支撑生态文明建设和高质量发展。

(3)开展自然资源综合评价。开展地质文化村建设、双评价、自然资源与人文古迹等综合评价,提出地球系统科学解决方案,支撑国土空间规划、用途管制、生态保护与系统修复等自然资源管理中心工作。

(4)探索示范经验和技术规范。开展自然资源资产价值评估、流域水平衡、区域碳平衡等专题研究,探索地质工作转型发展的路径,形成示范经验和技术规范。

3 支撑承德生态文明建设主要成果

3.1 支撑国土空间规划

2019年以来,笔者在承德开展了全域($3.95 \times 10^4 \text{ km}^2$)、武烈河流域($3.23 \times 10^3 \text{ km}^2$)和滦河新城(297 km^2)3个尺度的(简称“双评价”)自然资源综合评价,3个尺度评价分别是1:25万国土空间开发适宜性评价、1:5万综合评价和1:1万综合评价(图2),有力地支撑了市域、流域国土空间规划和城区城市设计^②。

3.1.1 承德市全域尺度“双评价”

在编制《承德自然资源图集》(1:25万)基础上,基本了解了承德的水、土、矿、林、草等自然资源禀赋、环境条件和生态地质环境基准特征。结合自

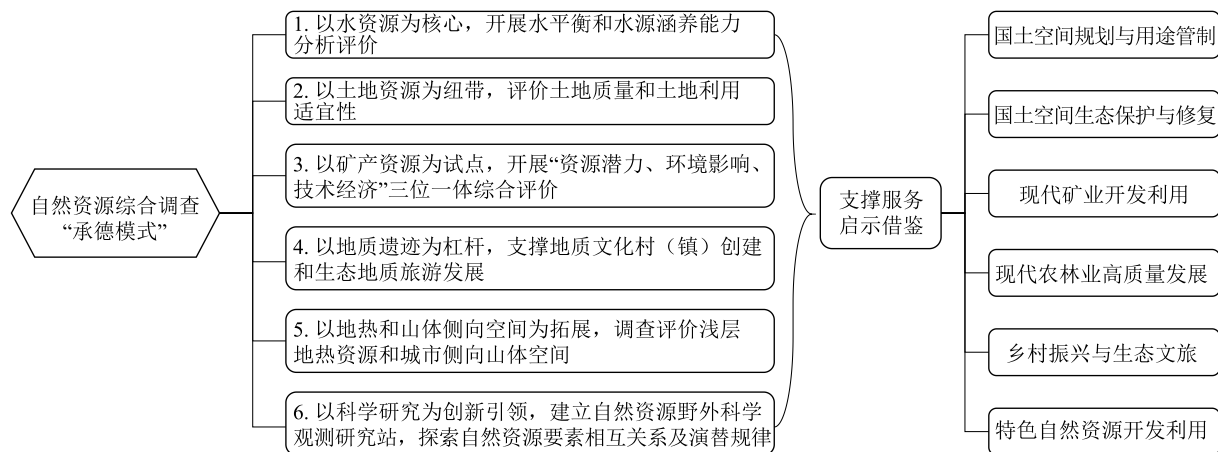


图1 自然资源综合调查的“承德模式”及启示借鉴

Fig. 1 The typical model of integrated survey for natural resources in Chengde and its enlightenment ideas

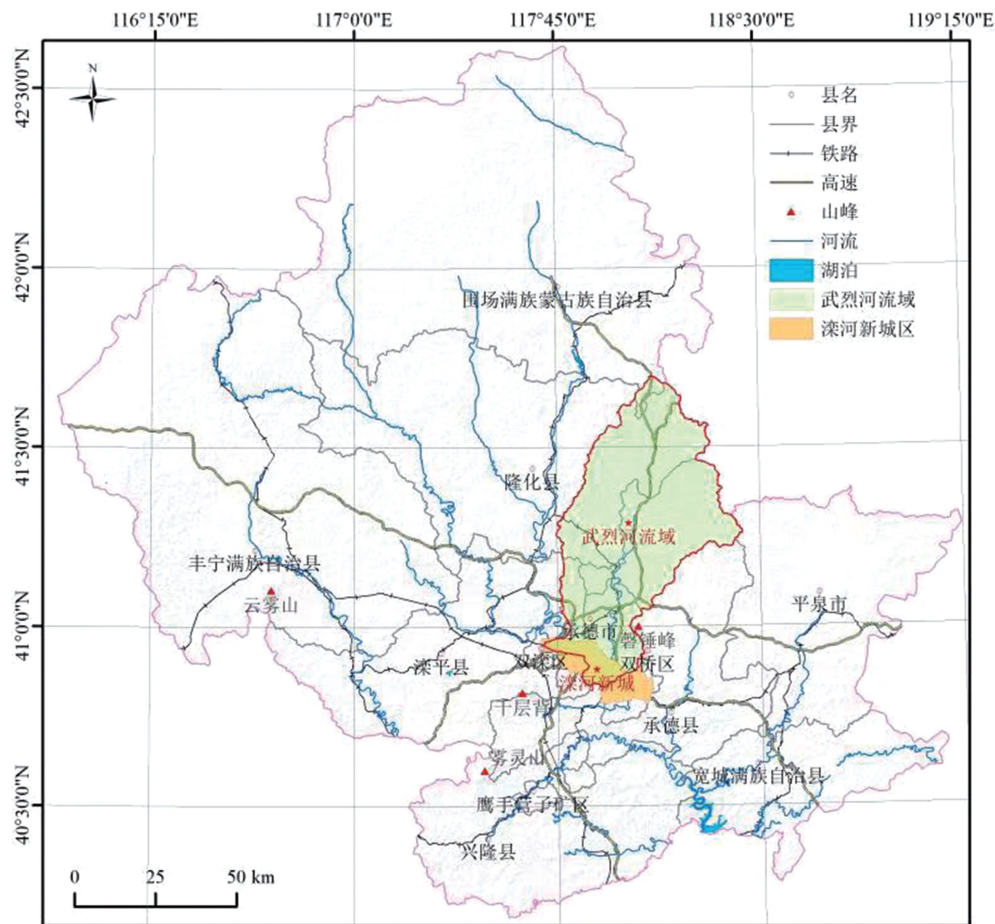


图2 不同尺度自然资源综合评价工作部署图

Fig. 2 Deployment map of integrated evaluation of natural resources at different scales

然资源综合调查和专题调查成果,建立了市级尺度的“资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价”指标体系,编制完成《承德市“双评价”报告和图集》,提出了“三区三线”划定和国土空间开发保护格局优化建议,直接支撑了《承德市国土空间规划(2021—2035)》编制。

3.1.2 武烈河流域自然资源综合评价

在自然资源和国土空间多要素综合调查基础上,充分运用规划的理念,基于承德市武烈河流域的水、土、地热、矿泉水、地质遗迹、地质景观、历史文化等特色资源优势,与地质灾害防治、矿山生态修复等相结合,编制完成《支撑服务武烈河百公里生态与文化产业走廊地质调查报告和图集》(1:5万),提出打造“六个核心区、十六个辐射区”的百公里生态与文化产业走廊规划建议^[3]。

3.1.3 滦河新城区自然资源综合评价

编制完成《支撑服务承德市滦河新城城市设计

地质调查报告和图集》(1:1万),发现滦河镇—上板城镇段一等富硒土地 6 km²,划定 5 个生态与农业高质量发展建议区和 4 个水土生态修复区,提供了优化国土空间的地质视角,精准支撑了承德市滦河河谷国土空间优化布局。

3.2 支撑生态保护修复

3.2.1 古环境古植被群落重建

孢粉古环境古植被群落重建和历史地理学研究发现,塞罕坝地区的乡土树种主要是栎、桦、榆等乔木。塞罕坝地区 1 万年以来气候大致经历了冷干、暖湿和气温升降变化^[7]。植被类型整体以草本为主,景观为稀树草原,森林为针阔混交林^[8-9]。距今 6000~2000 a 的暖湿期与当前气候条件相似,当时的优势乔木树种有桦、栎、松、胡桃、榆、落叶松、鹅耳枥等,灌木以山杏、沙棘和杜鹃花为主,草本主要为蒿、藜、禾本科等(图 3)。建议下一步塞罕坝周边地区科学绿化应推广针阔混交林,增加蒙古栎、

白桦、榆等乡土树种。首次探索完成塞罕坝林水关系研究,向自然资源部提交的地质调查专报为塞罕坝及邻近地区科学部署绿化工作提供了决策依据,获部领导批示肯定^③。

3.2.2 塞罕坝地区林水关系

塞罕坝地区的水资源主要来源于大气降水,消耗于地面蒸发、植物蒸腾、人工开采、河流流出等。近 30 年塞罕坝地区林地面积增加了 233.8 km²,达到 767.3 km²;森林覆盖率增加了 25%,达到 82%。森林生态系统在调节当地小气候、增强水源涵养能

力等方面发挥了重要作用。

(1)降水量增加幅度明显高于外围地区。与 1991 年相比,林区年均降水量增加了 51.9 mm,达到 483.6 mm,同期临近的围场、多伦县城增幅仅为 38.1 mm 和 34.9 mm。

(2)丰枯期河川径流得到有效调节。与 2011 年相比,丰水期河川径流量占年径流量的比率减少 3.12%,枯水期增加 0.75%,特别是 1999—2013 年间伊逊河上游枯水期连续断流 2 月以上的情况在 2014 年后未再出现(图 4)。

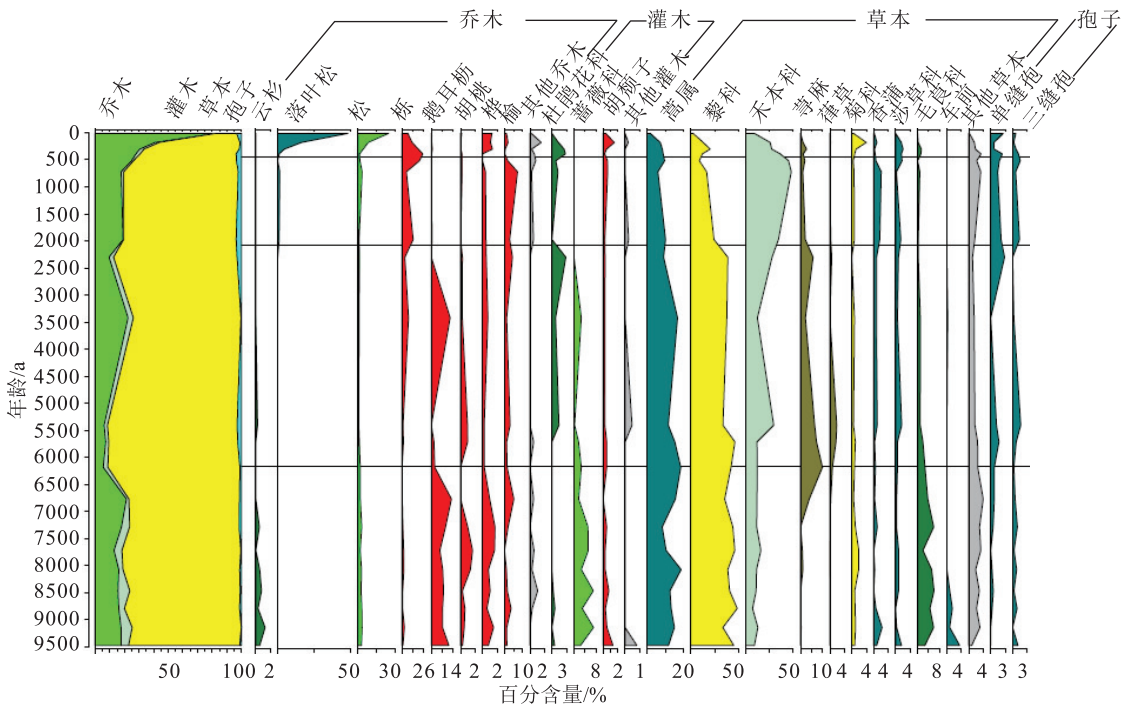


图 3 坝上高原塞罕坝地区全新世植被变迁序列

Fig. 3 Vegetation evolution sequences of Saihanba region, Bashiang Plateau in Holocene

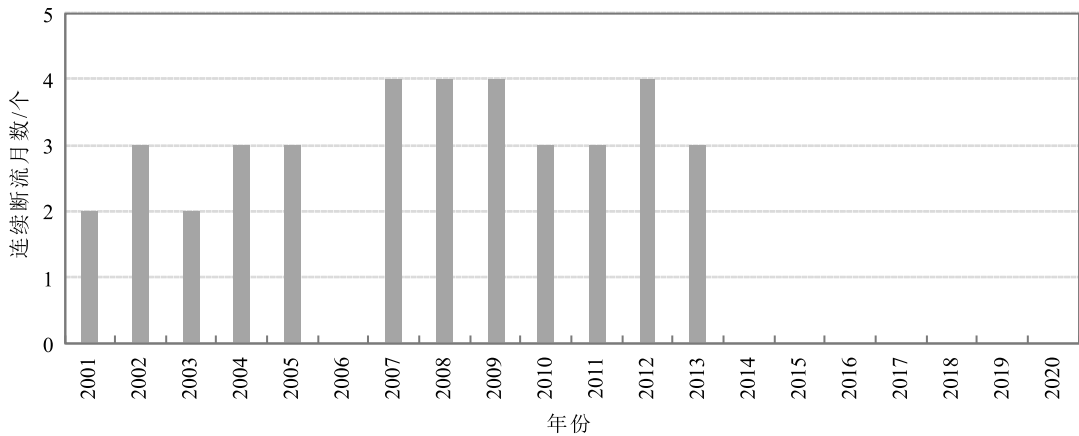


图 4 塞罕坝南部的伊逊河干流 2001—2020 年断流情况

Fig. 4 The discontinuous flow of the Yixun River in the south of Saihanba area from 2001 to 2020

(3) 水源涵养能力不断增强。2001—2020 年, 该区降水量与实际蒸散量年均增加 $740 \times 10^4 \text{ m}^3$ 和 $5.4 \times 10^6 \text{ m}^3$, 河川径流量年均减少 $3 \times 10^5 \text{ m}^3$, 水资源储量年均增加 $2.3 \times 10^6 \text{ m}^3$ 。2016 年以来, 该区地下水水位呈上升趋势, 上升幅度为 $0.26 \sim 2.03 \text{ m}$, 越来越多的水资源被涵养在当地土壤和地下水中。

3.2.3 御道口地区狼毒草防治建议

针对坝上高原狼毒草外来生物物种入侵, 笔者调查研究了 9 处密集斑块型, 6 处稀疏斑点类型和 27 处零散点状类型的狼毒草, 认为承德坝上高原指示草地退化的狼毒草主要分布在风积相和冲积(湖沼)相生态地质单元内, 且土壤中 N 和 P 元素含量明显偏高, 具有明显的“肥岛”效应。土壤中主要养分元素 N、P、K 的空间分布特征, 影响了植物的群落结构。植物生长习性不同, 对土壤的养分需求存在空间结构差异。0~20 cm 浅层土壤养分特征, 风积相、风积残积相的砂质土养分质量较低, 湖积相、湖沼积相的壤质土养分含量较高, 基岩区的安山岩、玄武岩受浅表风积砂混入影响, 土壤养分中等。河湖相、薄层风积砂土壤和基岩残积单元内狼毒草呈面状和带状密集分布, 建议采取草地封育措施; 厚层状风积砂和冲积(湖沼)相单元内狼毒草呈单点和斑状分布, 建议采取人工辅助进行草地修复。

3.3 支撑特色农林业高质量发展

3.3.1 承德市特色农林业科学规划

以地表基质和元素地球化学特征为基础^[10-11], 通过土壤类型、养分元素、健康元素、重金属元素等自然要素套合分析, 结合承德市生态保护功能区划、农林产业发展规划等成果, 以及农业发展、水源涵养、生态修复三方面需求, 提出了承德市土地利用适宜性分区建议: 北部土地沙漠化草地保护修复区, 中部水源涵养、林业发展、中药材适宜区, 南部特色经济林适宜区和生态林保护区, 以及河谷耕地农业发展区 7 类重点保护和利用建议区(图 5), 为承德市特色农林业科学规划提供了科学支撑。

3.3.2 支撑隆化县草莓谷高质量发展

查明隆化县七家镇武烈河河谷区中国草莓谷虽然土地质量以四等为主, 但是土壤中 K 和 Zn 元素含量普遍较高, 不存在重金属污染, 因草莓属于喜 K、Zn、P 植物, 因此, 该地区有利于草莓种植(个大、口感好)。武烈河河漫滩地下水位较浅, 土壤养分好, 可为草莓种植区进行客土替换。该成果为武

烈河流域特色现代生态农业高质量发展提供了支撑。

3.4 支撑现代城市规划建设

针对承德市人大关于中心城区山体保护立法的需求, 研究提出了中心城区(双桥区、双滦区和高新区)山体资源分级分类保护名录、山体修复保护对策建议, 编制完成《承德市中心城区山体保护研究报告》, 支撑了承德市国土空间用途管制和市人大山体保护立法。

另外, 针对承德市中心城区控制性规划编制需求, 笔者在对砂砾岩山体详细调查和勘察的基础上, 编制了《承德市中心城区侧向山体空间开发利用建议报告》和相应图件, 划分了 4 处可开发利用适宜区和 7 处侧向山体资源潜力区, 为承德市中心城区城市控制性详细规划建设提供了地质支撑。

3.5 支撑诗上庄地质文化村创建

通过地质遗迹专项调查和自然景观与人文历史古迹综合调查, 支撑了承德全域生态地质旅游发展和诗上庄地质文化村创建。笔者在承德市全域文旅规划的基础上, 将自然地质与人文历史相结合, 在查清自然资源本底基础上, 以兴隆县安子岭乡诗上庄村蓟县系叠层石和褶皱地貌遗迹资源为主要抓手, 结合当地富锌土地、乡土诗歌文化、生态旅游与康养村特点, 成功建成了地质+生态康养型诗上庄地质文化村, 并入选国家首批地质文化村名录, 有力地支撑了地质文化村(镇)创建和生态地质旅游发展。

4 全国自然资源综合调查总体思路

在承德自然资源综合调查的基础上, 结合自然资源部发布的《自然资源调查监测总体方案》^①和《自然资源调查监测技术体系总体设计方案(试行)》^④, 延伸拓展出全国自然资源综合调查的总体思路、主要任务、智慧服务内容等。

全国自然资源综合调查应坚持顶层统一、多维集约、分级分步、智能运维和智慧服务原则, 系统开展土地、矿产、森林、草原、水、湿地、海洋、地下空间、地质遗迹等自然资源综合调查, 全面掌握自然资源的禀赋特征及动态变化, 科学评价自然资源在经济社会发展和生态文明建设中的关键性支撑和制约作用, 支撑政府部门自然资源管理, 服务自然资源科学利用^⑤。同时构建全国自然资源监测网络,

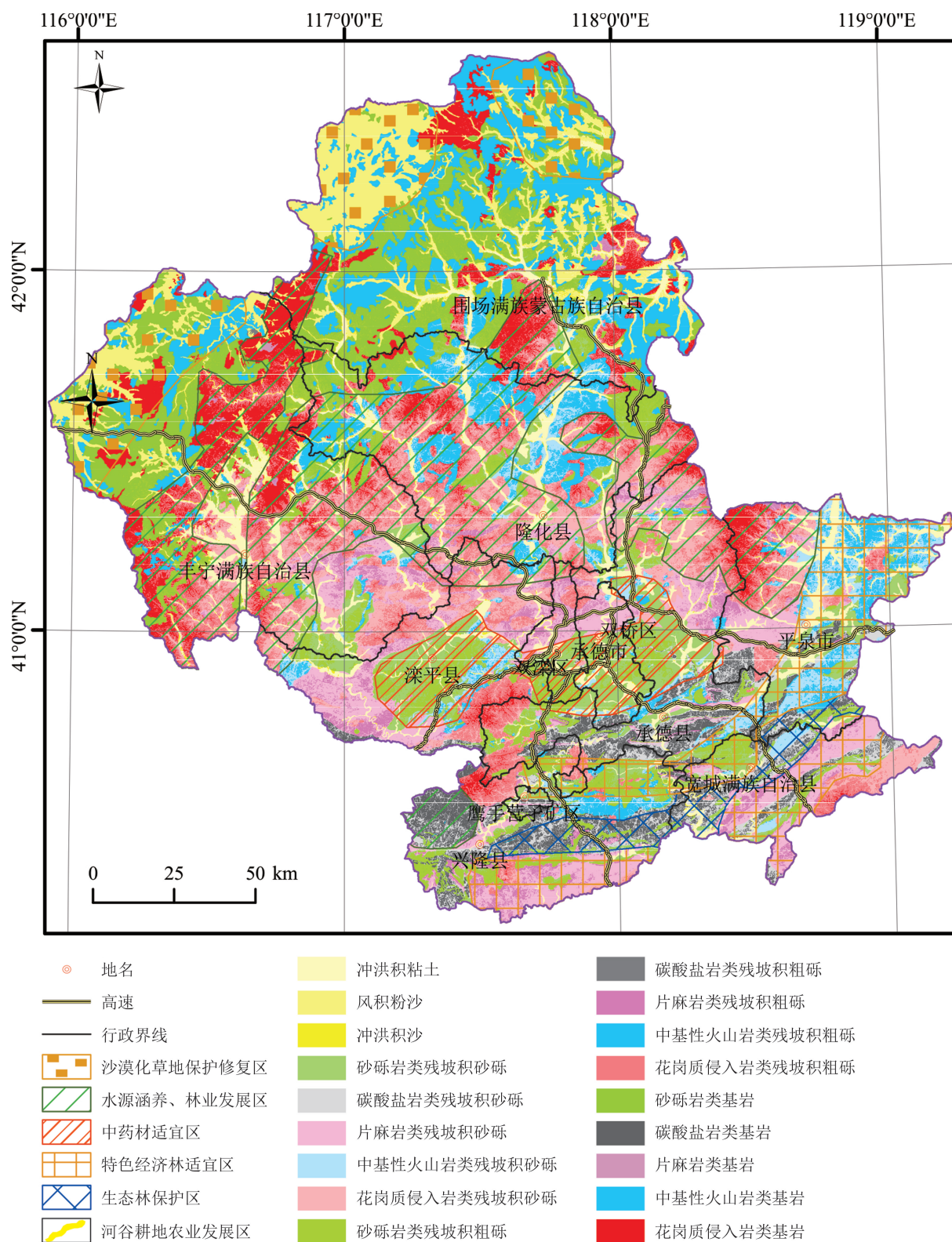


图 5 承德全域土地利用适宜性分区建议

Fig. 5 Advices on the suitability of land use zoning in Chengde

推动自然资源综合调查理论与技术创新,为生态文明建设和自然资源管理提供权威数据和智慧服务(图6)。主要任务包括以下5个方面。

4.1 自然资源综合调查数据库建设方法探索

自然资源综合调查数据库建设包括全国与区域和局域2个尺度。全国与区域尺度的自然资源综合调查数据库建设方案:按行政单元(全国、省级、市县级行政区划)和自然单元(三级水资源分区)为基本单元,对各类自然资源的数量、质量、范围、边界等属性信息进行“归一化”整编,在二维空间分解落位。局域尺度的三维自然资源综合调查数据库建设方案:以第三次全国国土调查图斑(同类型图斑可合并考虑)为基本单元,对各类自然资源的数量、质量、范围、边界等属性信息进行三维空间的分解落位。依托目前正在实施的试点项目,在小流域、县级以下行政区内进行技术方法探索。

4.2 自然资源综合调查试点示范

探索开展土地、矿产、森林、草原、水、湿地、地下空间、地质遗迹等自然资源综合调查,建立统一的本底数据库。以张承地区、大凌河流域、新安江流域、南渡江流域等为例,积极将服务碳达峰碳中和目标纳入未来自然资源综合调查拓展的重要方向,开展流域水平衡、区域碳平衡、资产价值评估等自然资源管理前沿领域的探索与试点,形成不同地区自然资源综合调查成果,为科学绿化决策、自然资源资产价值评估、生态保护修复等提供支撑服务。

4.3 构建功能网与学科网相结合的自然资源监测体系

基于地球系统科学理论,建立功能网和学科网相结合的国家自然资源监测网构建框架。按照国家自然资源管理需求,建立水资源、土地资源、矿产资源、森林资源、草原资源、湿地资源、海洋资源、地下空间、地表基质、国土空间生态、地质安全等11个功能监测网(图7)。面向地球系统科学研究,11个功能监测网涉及7个一级学科,17个二级学科和58个三级学科。在此框架下,开展自然资源实时监测和重点生态功能区综合监测。

4.4 开展多门类自然资源综合评价与区划

对土地、矿产、森林、草原、水、湿地、海洋、地下空间、地质遗迹9类自然资源,分别进行数量、质量和生态功能评价;对每类自然资源的可利用资源量、开发利用条件与环境影响进行“三位一体”综合评价,揭示自然资源禀赋条件、结构特征、功能和空间分布规律及开发利用状况。

研究基于国土“三调”成果的市域、流域尺度自然资源综合区划方法,试点开展不同类型自然资源区划和综合区划。其中单类型自然资源的自然区划,主要反映土地、矿产、森林、草原、水、湿地、海洋、地下空间、地质遗迹9类自然资源的空间分布规律^[12];单类型自然资源的功能区划,主要服务于单类型自然资源保护与开发利用等的管理需求;多类型自然资源的综合区划,瞄准服务国土空间规划、

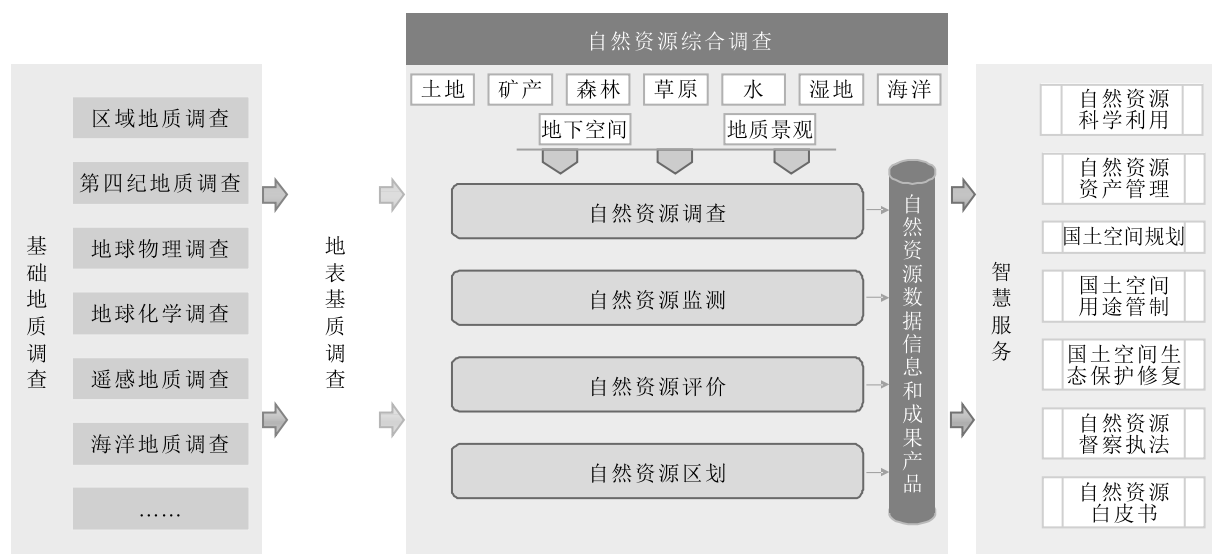


图6 自然资源综合调查的总体思路 and 主要任务

Fig. 6 General process and main tasks of integrated survey of natural resources

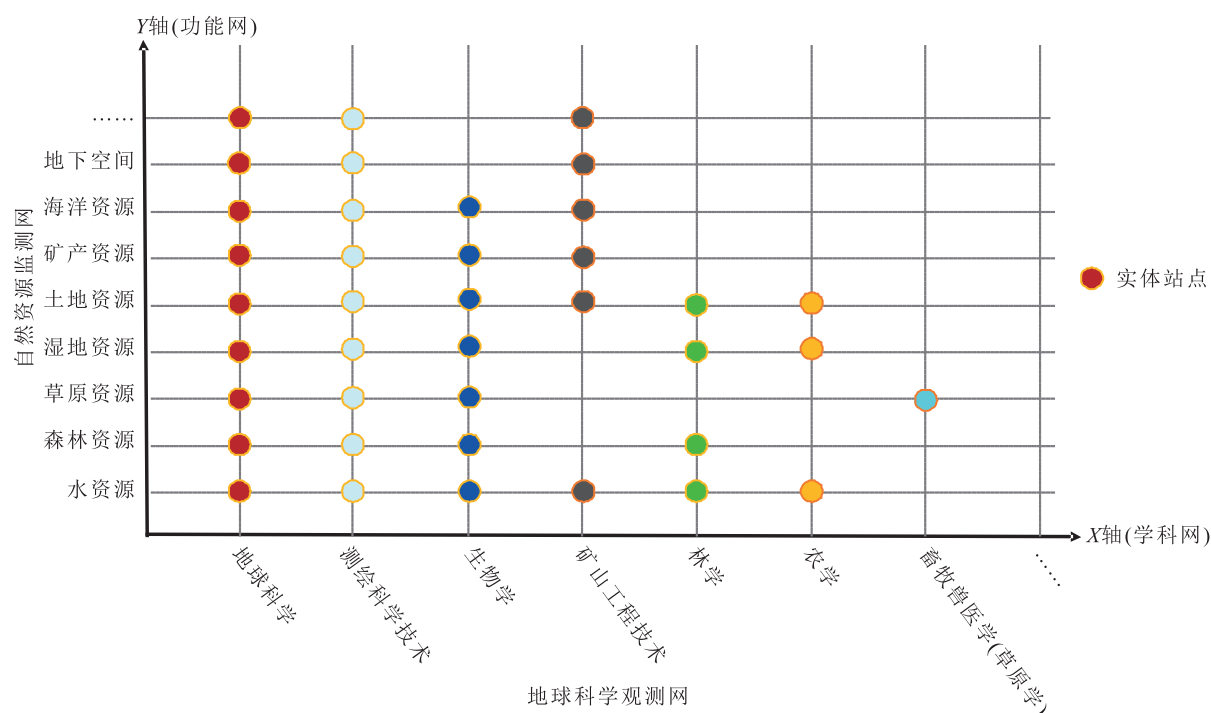


图7 自然资源监测的功能网与学科网双轴模式

Fig. 7 Dual-axis model of natural resource monitoring based on function and subject networks

用途管制、生态保护修复等“两统一”职责需求,基于单类型自然资源的自然区划和功能区划等,进行综合分析评价,形成针对性的区划方案。

4.5 形成自然资源综合调查相关技术标准

通过技术方法探索、试点示范调查和不同尺度的评价与区划,逐步形成自然资源综合调查技术导则、自然资源监测技术导则、自然资源综合评价与区划技术要求、地表基质编图技术要求、自然资源综合调查数据库建设规范等系列技术标准^[13]。

5 结 论

(1)不同层级自然资源综合评价、第四纪地质与生态地质调查、特色地质资源综合调查及山体资源调查评价,可有效支撑国土空间规划、生态保护修复、农林业高质量发展等领域,在此基础上,提出了自然资源综合调查支撑服务生态文明建设和自然资源管理的“承德模式”。

(2)自然资源综合调查指开展自然资源的调查-监测-评价-区划-智慧服务的全链条业务工作,其核心要义是查清自然资源的相互关系及演替规律。

(3)近期自然资源综合调查的主要任务是开展自然资源综合调查试点示范、数据库建设方法探索,构建功能网与学科网相结合的自然资源监测体系,为生态文明建设和自然资源管理提供权威数据和智慧服务。

致谢:中国地质调查局自然资源航空物探遥感中心李展辉博士、中国地质调查局地球物理中心杨贵才博士参与讨论交流,审稿专家提出了建设性意见,在此一并感谢。

参考文献

- [1] 李瑞敏,殷志强,李小磊,等.资源环境承载协调理论与评价方法[J].地质通报,2020,39(1): 80-87.
- [2] 李臻谛,罗隰.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.
- [3] 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.
- [4] 陈国光,湛龙,刘红樱,等.地质调查支撑服务福建生态文明试验区理论与方法探索[J].华东地质,2022,43(1): 1-16.
- [5] 王尧,陈睿山,夏子龙,等.黄河流域生态系统服务价值变化评估及生态地质调查建议[J].地质通报,2020,39(10): 1650-1662.
- [6] 王京彬,卫晓锋,张会琼,等.基于地质建造的生态地质调查方法——以河北省承德市国家生态文明示范区综合地质调查为例[J].

- 中国地质,2020,47(6): 1611-1624.
- [7] 黄劭康,贾红娟,武俊叶,等.粒度指标指示的坝上御道口地区 8 000 a B.P.环境变化[J].水文地质工程地质,2020,47(6): 74-80.
- [8] 刘永慧,田治,刘敖然,等.河北围场御道口地区中全新世以来古植被与古气候演变[J].南水北调与水利科技,2014,12(1): 69-72.
- [9] Zhang Z, Li Y C, Li C Z, et al. Pollen evidence for the environmental context of the early Pleistocene Xiashagou fauna of the Nihewan Basin, north China [J]. Quaternary Science Reviews, 2020, 236: 1-12.
- [10] Liu X, Yang K, Guo F, et al. Effects and mechanism of igneous rock on selenium in the tropical soil-rice system in Hainan Province, South China [J]. China Geology, 2020, 5: 1-11.
- [11] Li X, Wei X F, Wu J, et al. Geochemical characteristics and growth suitability assessment of *Scutellaria baicalensis* Georgi in the Earth's critical zone of North China [J]. Journal of Mountain Science, 2022, 19(5): 1245-1262.
- [12] 郝爱兵,殷志强,彭令,等.学理与法理和管理相结合的自然资源分类刍议[J].水文地质工程地质,2020,47(6): 1-7.
- [13] 殷志强,秦小光,张蜀冀,等.地表基质分类及调查初步研究[J].水文地质工程地质,2020,47(6): 8-14.
- ①自然资源部.自然资源调查监测体系构建总体方案.2020.
- ②自然资源部.“十四五”自然资源保护和利用规划.2022.
- ③中国地质调查局.支撑赛罕坝生态屏障建设水平衡和科学绿化研究取得新认识.地质调查专报,2022.
- ④自然资源部.自然资源调查监测技术体系总体设计方案(试行).2022.
- ⑤中国地质调查局.地质调查支撑自然资源综合调查总体设计(2021—2030 年).2021.