

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2021.02.08

引用格式: 王远超,彭毅,刘晓煌,等. 全国自然资源要素综合观测体系建设需求及发展动态[J]. 中国地质调查,2021,8(2): 47-54. (Wang Y C, Peng Y, Liu X H, et al. Establishment needs and development trends of comprehensive observation system for national natural resource elements[J]. Geological Survey of China, 2021, 8(2): 47-54.)

全国自然资源要素综合观测体系建设需求及发展动态

王远超^{1,2}, 彭毅³, 刘晓煌^{4,6}, 高阳⁵, 代雪健¹, 邵玉祥¹

(1. 中国地质调查局应用地质研究中心, 四川 成都 610036; 2. 自然资源要素耦合过程与效应重点实验室, 北京 100055; 3. 中国地质调查局长沙自然资源综合调查中心, 湖南 长沙 410000; 4. 中国地质调查局自然资源综合调查指挥中心, 北京 100055; 5. 中国农业大学土地科学与技术学院, 北京 100193; 6. 自然资源要素耦合过程与效应重点实验室, 北京 100055)

摘要: 自然资源要素综合观测工程围绕国家重大战略需求和自然资源部“两统一”职责展开, 是一项具有战略性、基础性、紧迫性的系统工程, 合理分析自然资源要素综合观测体系构建的各项需求, 进一步明确建设思路, 厘清目前发展动态, 有利于自然资源要素综合观测工程下一步工作的开展。通过需求分析, 明确了全国自然资源要素综合观测体系建设的各项需求, 并进一步提出了建设思路, 针对各项需求介绍了当前的发展动态, 构建了基于自然资源管理的分类体系, 划分了自然资源综合区划, 形成了自然资源要素综合观测指标体系和标准体系, 并梳理出3个标准规范讨论稿, 提出了基于自然资源综合区划的野外观测台站布设方案, 并在此基础上构建了空天地一体化观测技术体系, 搭建了自然资源要素综合观测一体化平台, 为跟踪研究各类自然资源动态变化规律并预测其发展趋势提供了数据支撑, 最后, 对自然资源要素综合观测体系的构建提出了针对性的建议。研究成果有力推进了我国自然资源要素综合观测体系建设, 支撑服务了新形势下自然资源管理需求。

关键词: 自然资源要素; 综合观测体系; 需求; 发展动态

中图分类号: P96 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-8706(2021)02-0047-08

0 引言

自然资源是人类生存和发展的必要条件, 随着人类社会的发展变化, 人类对自然资源需求和开发利用能力也在不断地发生着改变, 因而关于自然资源的定义在不同的历史时期也有着不同的理解。目前, 自然资源是指天然存在、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, 涵盖陆地和海洋、地上和地下的土地、矿产、森林、草原、水、气候、湿地、海域海岛等可更新和不可更新资源^[1-3]。当前, 我国经济社会发展出现了一系列的资源环境问题, 这是实现人与自然和谐共生所必须面对和解决的。因此, 要解决资源环境问题, 实现

自然资源的合理开发利用和保护, 必须以地球系统科学理论为指导, 坚持“山水林田湖草生命共同体”理念, 对自然资源进行统筹管理。

自然资源部作为履行自然资源“两统一”(统一行使全民所有自然资源资产所有者职责和统一行使所有国土空间用途管制和生态保护修复职责)的职责部门, 系统调查自然资源本底、家底, 持续观测资源环境变化, 预判其发展趋势, 是其重要的基础性工作。构建全国统一的自然资源要素综合观测体系是判别自然资源要素变化趋势、为资源管理部门提供重大决策支撑的重要保障。目前, 国内野外观测网络主要分为以政府为主导的部门业务观测网络(如地震网、气象网)和以科学问题为导向组建的生态要素观测网络(如生态网、高寒网)两

收稿日期: 2021-02-18; 修订日期: 2021-03-11。

基金项目: 中国地质调查局“青藏高原自然资源要素综合观测试点(编号: DD20208064)”项目资助。

第一作者简介: 王远超(1992—), 男, 助理工程师, 主要从事自然资源学和矿床学研究。Email: wycv@foxmail.com。

通信作者简介: 刘晓煌(1972—), 男, 高级工程师, 主要从事自然资源学、基础地质学和矿床学研究。Email: liuxh19772004@163.com。

类^[4]。此外,部分研究者主要是通过遥感的手段进行自然资源监测^[5-6]。因而,有关自然资源要素长期、立体式的观测体系还没有形成,导致在系统认识自然资源的种类、数量和质量变化对自然资源结构功能的影响以及揭示其动因机制及演变趋势等方面的信息支撑能力严重不足。

自然资源部于2018年10月发布的《自然资源科技创新发展规划纲要》^[7]已明确将“自然资源要素综合观测网络工程”列为十二项重大科技工程之首,目前该工程已经取得一系列成果和进展。本文旨在通过对构建自然资源要素综合观测体系需求的分析及相应进展的综述,总结经验,凝练成果,并在此基础上对今后开展自然资源要素综合观测体系建设工作提出一些具体建议。

1 需求分析

自然资源要素综合观测以“山水林田湖草生命共同体”理念为出发点,通过多方技术手段的综合观测,服务于自然资源的统一管理。然而长期以来,我国自然资源实行分部门管理,均有各自的自然资源分类体系,造成各部门数据交叉重叠、家底不清,且现有各行业部门、科研单位所建立的观测网络主要针对土地、森林、草地、湿地、水资源、海洋、矿产等单个自然资源建立了较为完善的观测指标体系,缺乏资源综合的评价指标体系,缺乏各自然资源之间相互关系、互相影响作用的评价模型,无法支撑一个区域多种资源指标的综合评价,因而亟须建立内涵、外延统一的自然资源分类体系^[8-12]和面向自然资源管理需求的基于自然资源种类、数

量、质量及其耦合机制的自然资源要素综合观测指标体系^[13]。

过去我国主要进行了各种单项自然资源区划以及综合自然地理区划、生态地理区划、矿产资源区划等^[14-22],当前我国已进入了人类与生态环境和谐发展的社会阶段^[23-24],以上各种区划已不能满足自然资源综合观测的需求。因而,亟须构建突出自然资源空间格局、生态过程和功能异质性的自然资源综合区划。

在此基础之上,准确预判自然资源、生态环境发展变化趋势,需要长期、连续的观测研究数据,因而需要布置合理的野外观测台站,构建卫星遥感、航空遥感、近地观测塔、地面样地(点)和地下观测井立体观测配套的技术体系,搭建物理分散、逻辑集中、资源共享、业务互通的自然资源要素综合观测一体化平台,解决当前预判自然资源环境趋势数据支撑不足的问题。同时,由于自然资源要素综合观测涉及台站建设、野外观测、数据处理、运行管理等环节,需要以观测指标为基础,构建系统完整、结构合理、协调有序、能用实用的观测标准体系^[25],为观测工作标准研制和标准化建设提供依据和指导,从而提升观测水平和研究能力,确保观测数据的准确性和可比性。

2 基本思路及发展动态

根据以上关于自然资源要素综合观测体系构建的需求分析,进一步明确了观测体系构建的基本思路,并分别论述了在满足各项需求方面取得的新进展(图1)。

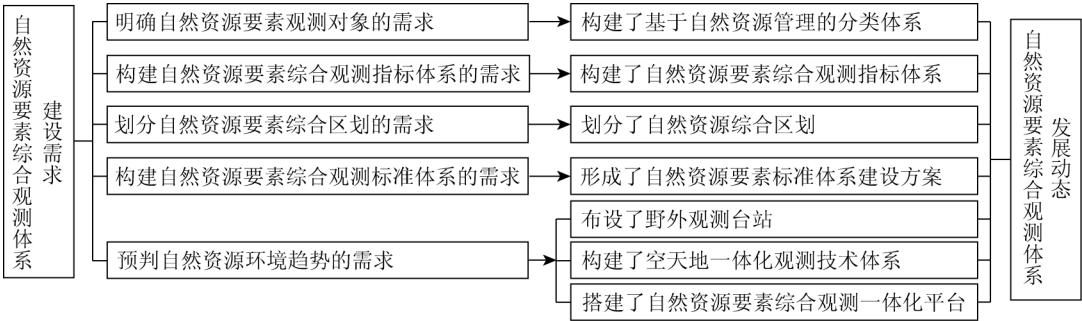


图1 自然资源要素综合观测体系建设需求与发展动态

Fig. 1 Establishment needs and development trends of the comprehensive observation system for national natural resource elements

2.1 基本思路

全国自然资源要素综合观测体系的构建坚持以国家需求为导向,以科学研究服务自然资源管理为宗旨,瞄准自然资源科学问题和管理需求,按照“气候资源、地面覆盖资源、地下资源相统筹”的观测技术思路,建立基于自然资源管理的分类体系、多尺度 - 多要素 - 全天候的观测指标体系和空天地立体观测技术体系^[4],运用六位一体的方法手段,经过长期连续的监测,最终形成包括全要素共享探测数据、全天候观测研究年鉴、技术理论研究

报告、专项资源调查报告、不定期专项探测报告五位一体的产品服务(图 2)。按照“统筹规划,分步推进”的原则,采用以融合共建为主、空白添建为辅的模式,选取重点区域,开展观测试点示范;按照“统一标准,规范管理”的原则,采用物联网、数字中台、大数据、云计算和人工智能技术,搭建自然资源要素综合观测一体化平台,实现资源“一张图,一张网”;按照“开放共享,协同合作”的原则,打破行业 and 部门壁垒,加强科技资源共享,构建布局合理、体系完整的自然资源要素综合观测站网^[4]。

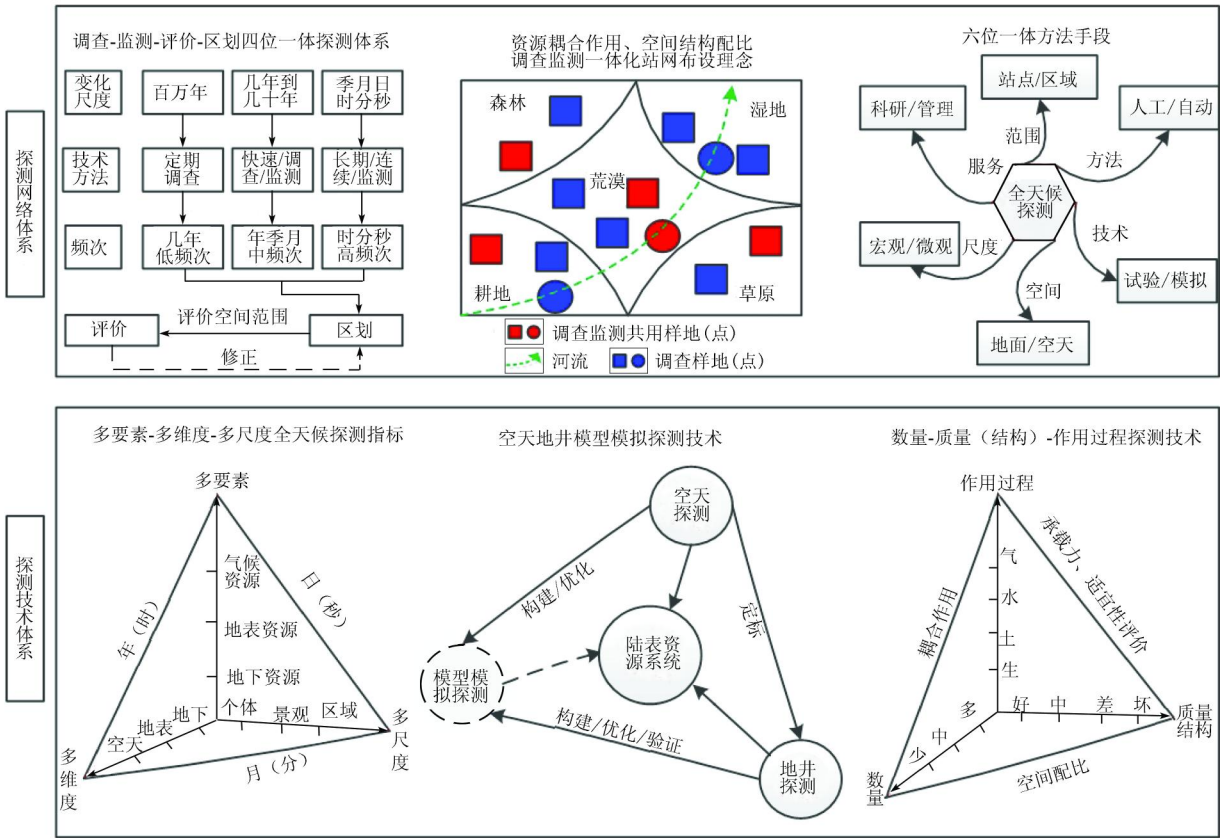


图 2 自然资源要素综合观测理念和技术示意图

Fig. 2 Concept and technology sketch of the comprehensive observation system for national natural resource elements

2.2 发展动态

2.2.1 构建了基于自然资源管理的分类体系

针对目前自然资源分类不统一的问题,在充分考虑各个空间的资源分布特征、相互间依存关系、用途功能的基础上,同时兼顾自然资源学术分类^[11]、法理分类^[12,26]和原有单资源管理分类^[12,14-15],为最大限度确保各分类间的有效衔接以及数据的有效融合,提出了基于自然资源管理的分类方案,形成了新的自然资源分类体系。

在新的自然资源分类体系中:一级类依据自

然资源空间分布属性进行划分,包括陆地资源、海洋资源和气候资源,囊括了所有自然资源类别;二级类依据资源要素进行划分,包括耕地资源、森林资源、草原资源、陆表水资源、地下水资源、大气资源等 15 种自然资源,既结合了现行的自然资源分类标准,又满足了“山水林田湖草生命共同体”发展理念视角下自然资源统筹管理的需求;三级类在二级类的基础上依据用途和功能共划分为 56 类,可直接反映资源利用方式的分类,能够直接服务于自然资源部门及传统各个部门的管理需求^[27]。

2.2.2 构建了自然资源要素综合观测指标体系

自然资源要素综合观测指标体系是开展综合观测的前提和基础。构建自然资源要素综合观测指标体系要遵循主导因素原则、整体性原则、系统性原则、空间显性原则、继承性原则和可比性原则,在分类的基础上,采用正反演相结合、模块组合等方法,围绕自然资源数量、质量和相互影响作用方面开展筛选、整合和设计。

瞄准自然资源类型多样、结构复杂的基本特点以及自然资源数量、质量和作用过程的基本特征,以站点、景观、区域尺度观测研究为核心,梳理、整理观测对象可观测指标的正演,结合各资源服务生态功能所需指标的反演,通过正、反演相结合的方法遴选出观测指标。按照资源数量、质量和资源间相互耦合作用构建“归类模块”;按照地表覆盖资源的类型划分观测区类型,并依据大气、地表和地下3种资源分布空间和不同资源系统涉及资源要素情况筛选出相应“归类模块”并构建“资源要素观测模块指标集”进行观测;然后,利用观测模块组合形成相应的“赋能模块”,共搭建了40个“归类模块”(包括资源数量、质量子模块和资源间相互作用过程子模块)、6个“资源要素综合观测指标模块集”(陆地水面区、植被覆盖区、裸地区、冰川-冻土区、过渡区、海岸区)和若干个“赋能模块”;最终,建立了3大类40小类野外综合观测模块指标体系^[13]。

2.2.3 划分了自然资源综合区划

自然资源综合区划主要依据不同自然资源的地域分异规律,进行国土空间综合评价和区域划分,分时段地将全国划分为不同的自然地理单元^[22]。自然资源综合区划首先通过整合不同要素类数据,形成自然资源大数据库。在区划指标选取上,由于我国气候、地形、地貌和地质作用过程复杂,自然资源禀赋条件千差万别,自然资源和生态环境独特,因此用单一的自然资源区划指标和相关权重不能很好地解决全国不同自然禀赋条件资源区划问题。同时,专家分析法又具有很大的主观性,因而,按照气候、地表覆盖和地下资源时空演化特征和资源间相互耦合作用程度,采用时间、空间等多个维度及气候、植被、土壤、水网密度等多种指标,构建了自然资源综合评定指标体系。在自然资源大数据库和综合评定指标体系建立的基础之上,综合利用定性(德尔菲法、专家经验法、古地理法等)和定量(主成分法、判别分析法、聚类分析法、层

次分析法、加权叠置法、地理空间分析法、机器学习等)划分方法,将全国划分为7个自然资源大区,即东北林耕自然资源大区、华北草耕自然资源大区、华东林耕自然资源大区、西南林耕自然资源大区、华南林耕自然资源大区、西北荒漠自然资源大区和青藏草地自然资源大区^[22]。利用1990—2018年多年动态土地利用覆被遥感影像解译,结合实地调查验证方法,通过大数据聚分类、关联分析、云计算、人工智能等机器学习技术设定指标权重,把专家分析与机器自动区划相结合,探索形成了1990年、2000年、2010年和2018年4期全国动态自然资源三级区划,以及1990—2018年全国自然资源总体状态三级区划。

2.2.4 形成了自然资源要素标准体系建设方案

建设自然资源要素标准体系需要融合以往部门、行业、科研等领域的各自的标准体系。根据构建的目标和原则,借鉴霍尔系统工程方法^[28],从标准性质、专业领域和适用阶段3个维度,构建适用于综合观测的标准体系框架,形成自然资源要素标准体系建设方案。针对自然资源要素综合观测各项活动中标准化需求,在梳理我国森林生态网络、中国生态网络、气象网络和地下水网络、地表水网络标准规范的基础上,结合自然资源要素综合观测网络的实际情况,构建了包括5大类25个小类的标准规范体系。体系涵盖了基础综合、野外观测站建设、观测技术方法、观测数据管理、野外观测站运行管理等观测工作重点环节,为观测工作标准研制和标准化建设提供了依据。目前已梳理出《自然资源要素综合观测技术规范》《自然资源要素综合观测经费预算标准》和《自然资源要素综合观测野外台站管理办法》3个标准规范讨论稿。

2.2.5 布设了野外观测台站

针对森林、草原、耕地、湿地、荒漠等陆表自然资源综合观测对象(图2),基于空间抽样与统计推断“三位一体”理论,采用自然资源四级区划作为反映自然资源的空间分异性^[29]。在自然资源区划的基础上,采用空间变异函数建模每个分区内自然资源的空间变异情况以及分区之间的相关性,形成了资源耦合作用、空间结构配比、调查监测一体化的站网布设理念,科学合理地布设了野外观测台站(图2)。目前,已经在青藏高原、黄河流域和黑河流域布设了自然资源要素综合观测站;在青藏高原的长江源、拉萨河和尼洋河流域完成了3个综合

观测网的建设,包括冻土观测站 2 个、水资源观测站 5 个、土壤观测站 3 个、气象观测站 5 个、植被观测站 2 个;在黄河上游盆地景观区、中游荒漠草地景观区和下游黄河三角洲景观区完成了综合观测点建设;在黑河流域森林、草地、农田、荒漠、湖泊等典型自然资源系统融合共建成 11 个自然资源要素综合观测台站,新建 2 个自然资源要素综合观测台站。这些观测站的建立初步满足了预判自然资源和生态环境发展变化趋势的数据需求。

2.2.6 构建了空天地一体化观测技术体系

以地球系统科学理论为指导,构建了以服务自然资源重大研究和重大决策需求为目标,采用人工与自动、站点与区域、地面与天空、宏观与微观、试验与模拟、科研与管理六位一体的全天候探测方式,从多圈层交互、多要素耦合、自然资源整体性出发的,时空一体、点线面一体、研究决策一体的多圈层综合探测技术体系(图 2)。

空天地一体化观测技术体系中,空-天遥感宏观监测技术能够摸清自然资源的种类、数量、质量、结构状态等宏观尺度信息,地-井微观观测技术能够获取元素、矿物、有机物在各资源间的作用机理和循环追踪等微观尺度信息。同时,在地-井定点观测信息矫正和标定的基础上,点面结合建立自然资源耦合平衡和自然资源演变模型并持续交互修正,可提高遥感解译识别的精度和准确度,提升空天地井一体化探测技术水平,从而形成覆盖全国、标准统一、要素齐全的全天候空天地一体化探测能力(图 2)。

2.2.7 搭建了自然资源要素综合观测一体化平台

空天地一体化观测技术体系决定了自然资源要素综合观测数据具有多来源、类型复杂和数据量庞大的特点,因而需要搭建物理分散、逻辑集中、资源共享、业务互通的自然资源要素综合观测一体化平台对大量数据进行统一的管理和利用^[30]。在深度调研国内外数据管理规范 and 观测网数据结构、数据质量控制方法、数据平台功能和界面的基础上,搭建了自然资源要素综合观测一体化平台,共设计了 6 个子系统(图 3),其中自然资源要素综合观测物联网中心和自然资源要素综合观测一体化应用平台已经完成并投入使用。

2020 年,通过构建自然资源要素综合观测一体化平台,实时采集青藏高原、黑河流域和黄河流域自然资源要素综合观测试点项目第一手观测数据,

集成了历史与实时、遥感与地面、地理与气象等融合站点各类基础数据,跟踪研究了各类自然资源、环境动态变化规律并预测了其发展趋势,缓解了资源、环境变化规律与趋势研判类数据支撑不足的问题。

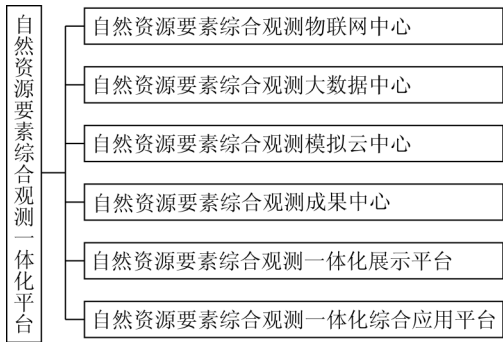


图 3 自然资源要素综合观测一体化平台

Fig. 3 Comprehensive observation integrated platform for natural resource elements

3 结论与建议

3.1 结论

本文通过对构建自然资源要素综合观测体系的需求分析以及当前观测体系建设发展动态的综述,得出以下结论。

(1)明确了构建自然资源要素综合观测体系建设的各类需求,包括观测对象、指标体系、自然资源综合区划、标准体系、自然资源环境变化趋势预判等。

(2)构建了基于自然资源管理的分类体系和自然资源要素综合观测指标体系,划分了自然资源综合区划,形成了自然资源要素标准体系建设方案,布设了野外观测台站,并在此基础上构建了空天地一体化观测技术体系。通过搭建自然资源要素综合观测一体化平台集成观测数据,为自然资源管理提供了数据支撑。

3.2 建议

当前,我国自然资源要素综合观测体系构建已经打开了良好局面,形成了自然资源分类体系、指标体系、区划方案以及标准体系等。青藏高原、黄河流域和黑河流域试点示范项目自然资源要素野外观测网络目前已初具规模,初步形成了空天地一体化的自然资源观测技术体系,已获取并上传了第一批观测数据,为预判自然资源环境变化趋势提供了数据支撑。下一步,建议从以下 5 个方面继续完善和加强有关自然资源要素综合观测的理论研究

和技术创新,加快推进全国野外观测站网建设,使观测成果尽早、尽快服务于自然资源部“两统一”职责和国家生态文明建设。

(1)构建评价指标体系。探索以区划为单元的自然资源综合承载力和耦合平衡配比评价指标体系。

(2)构建航空观测体系。探索航空遥感观测自然资源数量、质量、作用过程相关指标和技术方法;探索建立自然资源数量、质量、作用过程的地面上观测与航空遥感监测对应关系的建模和影像识别技术。

(3)新建标准规范。针对已编制的观测指标、观测技术方法、经费预算标准、数据采集等标准规范,通过调研和研究已有台站数据,结合二级项目工作开展和相关站(点)管理运维情况,对过程中出现的问题和不足及时进行讨论和论证,并进一步修改完善,确保标准规范的科学性、操作性和实用性,形成自然资源要素综合站的建设标准和运维标准。

(4)发展数字台站及保密传输技术。基于物联网和数字平台技术,实现野外人工观测和自动观测工作的实时可视化,实现实地站与网络数字站同步运行,构建全国各地森林、草原、湿地等单资源网上虚拟超级站,开展相应野外台站(观测样地、点)联网观测和对比研究。此外,考虑到观测装备主要是国外进口装备和通过物联网传输,存在很大的数据安全问题,建议通过研发数据加密传输模块,保证数据传输安全。

(5)推动观测研究成果向咨询决策转化。开展观测数据分析研究,形成观测成果报告和咨询决策报告,服务于自然资源部“两统一”管理。

参考文献(References):

- [1] 蔡运龙. 自然资源学原理[M]. 2 版. 北京: 科学出版社, 2016.
Cai Y L. Principles of Natural Resources[M]. 2nd ed. Beijing: Science Press, 2016.
- [2] 国土资源部, 中央编办, 财政部, 等. 国土资发[2016]192 号关于印发《自然资源统一确权登记办法(试行)》的通知[A]. 2016.
Ministry of Land and Resources, Notice of the Ministry of Land and Resources, the Central Planning Office, et al. On Printing and Distributing the Measures for the Unified Confirmation and Registration of Natural Resources (trial) (National Land Resources Issue[2016]192)[A]. 2016.
- [3] 中华人民共和国自然资源部. 自然资源部关于印发《自然资源调查监测体系构建总体方案》的通知[EB/OL]. (2020-01-17). http://gi.mnr.gov.cn/202001/t20200117_2498071.html.

- Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China. Survey and monitor system of natural resources[EB/OL]. (2020-01-17). http://gi.mnr.gov.cn/202001/t20200117_2498071.html.
- [4] 刘晓煌, 刘晓洁, 程书波, 等. 中国自然资源要素综合观测网络构建与关键技术[J]. 资源科学, 2020, 42(10): 1849-1859.
Liu X H, Liu X J, Cheng S B, et al. Construction of a national natural resources comprehensive observation system and key technologies[J]. Resour Sci, 2020, 42(10): 1849-1859.
- [5] 聂洪峰, 方洪宾, 杨金中, 等. 国土遥感综合调查工程总体目标的设计与实现[J]. 中国地质调查, 2016, 3(5): 1-6.
Nie H F, Fang H B, Yang J Z, et al. Design and implement for overall target of land remote sensing integrated survey engineering[J]. Geol Surv China, 2016, 3(5): 1-6.
- [6] 甘甫平, 刘镭源, 葛大庆, 等. 深空对地观测创新工程进展与主要成果[J]. 中国地质调查, 2018, 5(6): 1-10.
Gan F P, Liu R Y, Ge D Q, et al. Progresses and main achievements on the innovation project of deep space and earth observation[J]. Geol Surv China, 2018, 5(6): 1-10.
- [7] 中华人民共和国自然资源部. 关于印发自然资源科技创新发展规划纲要的通知[EB/OL]. (2018-11-06). http://www.mnr.gov.cn/gk/tzgg/201811/t20181113_2364664.html.
Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China. Science and technology development plan of natural resources[EB/OL]. (2018-11-06). http://www.mnr.gov.cn/gk/tzgg/201811/t20181113_2364664.html.
- [8] 陈百明, 周小萍. 《土地利用现状分类》国家标准的解读[J]. 自然资源学报, 2007, 22(6): 994-1003.
Chen B M, Zhou X P. Explanation of current land use condition classification for national standard of the People's Republic of China[J]. J Nat Resour, 2007, 22(6): 994-1003.
- [9] 陈长成, 邓木林, 朱江. 面向国土空间规划的自然资源分类[J]. 国土与自然资源研究, 2019(5): 9-14.
Chen Z C, Deng M L, Zhu J. Classification of natural resources for spatial planning[J]. Terr Nat Resour Study, 2019(5): 9-14.
- [10] 王文玉, 王懿男, 鲍竹. 自然资源统一确权登记自然资源分类问题初探[J]. 国土资源, 2018(12): 42-43.
Wang W Y, Wang Y N, Bao Z. A preliminary study on the classification of natural resources in the unified confirmation and registration of natural resources[J]. Land Resour, 2018(12): 42-43.
- [11] 韩婷婷. 基于遥感技术的森林资源分类研究[J]. 国土资源, 2019(6): 52-53.
Han T T. Research on classification of forest resources based on remote sensing technology[J]. Land Resour, 2019(6): 52-53.
- [12] 李爽. 水资源中地下水的分类及特征研究[J]. 河南科技, 2019(10): 76-78.
Li S. Discussion on classification and characteristics of groundwater in water resources[J]. Henan Sci Technol, 2019(10): 76-78.
- [13] 张贺, 王绍强, 王梁, 等. 自然资源要素综合观测指标体系探讨[J]. 资源科学, 2020, 42(10): 1883-1899.
Zhang H, Wang S Q, Wang L, et al. Discussion on the indicator

- system of comprehensive observation of natural resource elements[J]. Resour Sci, 2020, 42(10): 1883–1899.
- [14] 傅伯杰, 刘国华, 陈利顶, 等. 中国生态区划方案[J]. 生态学报, 2001, 21(1): 1–6.
- Fu B J, Liu G H, Chen L D, et al. Scheme of ecological regionalization in China[J]. Acta Ecol Sin, 2001, 21(1): 1–6.
- [15] 吴波, 郭书海, 李宝林, 等. 中国土壤环境功能区划方案[J]. 应用生态学报, 2018, 29(3): 961–968.
- Wu B, Guo S H, Li B L, et al. Draft of soil environmental function regionalization of China[J]. Chin J Appl Ecol, 2018, 29(3): 961–968.
- [16] 郑景云, 卞娟娟, 葛全胜, 等. 1981—2010 年中国气候区划[J]. 科学通报, 2013, 58(30): 3088–3099.
- Zheng J Y, Bian J J, Ge Q S, et al. The climate regionalization in China for 1981–2010[J]. Chin Sci Bull, 2013, 58(30): 3088–3099.
- [17] 高江波, 黄姣, 李双成, 等. 中国自然地理区划研究的新进展与发展趋势[J]. 地理科学进展, 2010, 29(11): 1400–1407.
- Gao J B, Huang J, Li S C, et al. The new progresses and development trends in the research of physio-geographical regionalization in China[J]. Prog Geogr, 2010, 29(11): 1400–1407.
- [18] Fang C L, Liu H M, Luo K, et al. Process and proposal for comprehensive regionalization of Chinese human geography[J]. J Geogr Sci, 2017, 27(10): 1155–1168.
- [19] 李南妍, 陈建伟. 对中国森林区划的新探讨[J]. 林业资源管理, 2011(4): 1–5.
- Li N Q, Chen J W. New approach of forest zoning in China[J]. For Resour Manag, 2011(4): 1–5.
- [20] 白永飞, 赵玉金, 王扬, 等. 中国北方草地生态系统服务评估和功能分区助力生态安全屏障建设[J]. 中国科学院院刊, 2020, 35(6): 675–689.
- Bai Y F, Zhao Y J, Wang Y, et al. Assessment of ecosystem services and ecological regionalization of grasslands support establishment of ecological security barriers in Northern China[J]. Bull Chin Acad Sci, 2020, 35(6): 675–689.
- [21] 张玉韩, 侯华丽, 沈悦, 等. 乌蒙山片区矿产资源开发功能分区及扶贫政策探索[J]. 资源科学, 2018, 40(9): 1716–1729.
- Zhang Y H, Hou H L, Shen Y, et al. Study on the functional division of mineral resources development and poverty alleviation policy in Wumeng Mountain Area[J]. Resour Sci, 2018, 40(9): 1716–1729.
- [22] 张海燕, 樊文江, 黄麟, 等. 中国自然资源综合区划理论与技术方案[J]. 资源科学, 2020, 42(10): 1870–1882.
- Zhang H Y, Fan J W, Huang L, et al. Theories and technical methods for the comprehensive regionalization of natural resources in China[J]. Resour Sci, 2020, 42(10): 1870–1882.
- [23] 念沛豪, 蔡玉梅, 张文新, 等. 面向综合区划的国土空间地理实体分类与功能识别[J]. 经济地理, 2014, 34(12): 7–14.
- Nian P H, Cai Y M, Zhang W X, et al. Geographic entity division and functions identification oriented comprehensive regionalization[J]. Econ Geogr, 2014, 34(12): 7–14.
- [24] Lin H X, Huang J C, Fang C L, et al. A preliminary study on the theory and method of comprehensive regionalization of cryospheric services[J]. Adv Climate Change Res, 2019, 10(2): 115–123.
- [25] 李春田. 标准化概论[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2014.
- Li C T. Introduction to Standardization [M]. Beijing: China Renmin University Press, 2014.
- [26] 张凤荣. 建立统一的自然资源系统分类体系[J]. 中国土地, 2019(4): 9–10.
- Zhang F R. Establishing a unified natural resource system classification system[J]. China Land, 2019(4): 9–10.
- [27] 孙兴丽, 刘晓煌, 刘晓洁, 等. 面向统一管理的自然资源分类体系研究[J]. 资源科学, 2020, 42(10): 1860–1869.
- Sun X L, Liu X H, Liu X J, et al. Classification system of natural resources for integrated management[J]. Resour Sci, 2020, 42(10): 1860–1869.
- [28] Hall A D. Three-dimensional morphology of systems engineering[J]. IEEE Trans Syst Sci Cybern, 1969, 5(2): 156–160.
- [29] 高秉博, 王劲峰, 胡茂桂, 等. 中国陆表自然资源综合观测台站布点优化[J]. 资源科学, 2020, 42(10): 1911–1920.
- Gao B B, Wang J F, Hu M G, et al. Optimization of integrated observation station layout for terrestrial surface natural resources[J]. Resour Sci, 2020, 42(10): 1911–1920.
- [30] 孙益, 方梦阳, 何建宁, 等. 基于物联网和数据中台技术的自然资源要素综合观测平台构建[J]. 资源科学, 2020, 42(10): 1965–1974.
- Sun Y, Fang M Y, He J N, et al. Construction of a comprehensive observation platform for natural resource elements based on Internet of Things and Open Data Processing Service technologies[J]. Resour Sci, 2020, 42(10): 1965–1974.

Establishment needs and development trends of the comprehensive observation system for national natural resource elements

WANG Yuanchao^{1,2}, PENG Yi³, LIU Xiaohuang^{4,6}, GAO Yang⁵, DAI Xuejian¹, SHAO Yuxiang¹
 (1. Applied Geological Research Center, China Geological Survey, Sichuan Chengdu 610036, China; 2. Key Laboratory of coupling process and effect of natural resources elements, Beijing 100055; 3. Changsha Natural Resources Comprehensive Survey Center, China Geological Survey, Hunan Changsha 410000, China; 4. Natural Resources Comprehensive Survey Command Center, China Geological Survey, Beijing 100055, China; 5. College of Land Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100193, China; 6. Key Laboratory of Coupling Process and Effect of Natural Resources Elements, Beijing 100055, China)

Abstract: The Comprehensive Observation Project of Natural Resource Elements is a strategic, basic and urgent

systematic project , which centered on major national strategic needs and the "Two Unifications" responsibilities of the Ministry of Natural Resources . It is beneficial for the further development of the Comprehensive Observation Project of Natural Resource Elements to reasonably analyze various requirements during the establishment of national natural resource elements comprehensive observation system , define the establishment ideas and clarify the current development trends . The authors have specified the various requirements for the establishment of the national natural resource elements comprehensive observation system , further put forward the establishment ideas , and introduced the current development trends based on the demand analysis . The classification system for natural resources management has been established and the comprehensive regionalization of natural resources has been identified . Besides , the natural resource elements comprehensive observation index system and standard system have been established , and three standard specification discussion papers have been combed . The field station layout plan based on the comprehensive regionalization of natural resources has been proposed , and an integrated sky - ground observation technology system has been built . The integrated observation platform for natural resource elements has been built to provide the data support for tracking and studying the dynamic changes of natural resources and forecasting the development trends . Finally , some specific suggestions on the establishment of the national natural resource elements comprehensive observation system have been put forward . The achievements above have strongly promoted the establishment of national natural resource elements comprehensive observation system and supported the management needs of natural resources under the new circumstance .

Keywords: natural resource elements ; comprehensive observation system ; needs ; development trends

(责任编辑: 刘丹)