



> 道法自然 信连勇 / 摄

方寸之中 尽览万象

——探究全国自然资源要素综合观测体系

□ 文 / 刘晓煌 付宇佳

恩格斯曾发出警示：“我们不要过分陶醉于人类对自然的胜利，对于每一次这样的胜利，自

然界都对我们进行了报复。”近年来，人口急剧增加、经济高速发展，自然资源过度开发、消耗



第一作者简介 刘晓煌，博士，高级工程师。主要从事自然资源和地球系统科学研究，现为全国自然资源要素综合观测工程首席科学家、自然资源要素耦合过程与效应部重点实验室学科带头人。获“全军爱军精武标兵”“全军作战部队优秀专业技术人员”“武警部队高层次人才”“地调局图幅科学家”，国家优秀学术成果奖一、二等奖，武警部队军事地质理论优秀成果奖二等奖，甘肃省科技进步奖二等奖；记二、三等功4次；发现大型矿床3处；发表论文50余篇，出版专著3部；获软件著作权4项，专利2项。

加剧，导致气候变暖、环境污染问题突出、生物多样性退化、生态系统服务功能降低、人类生存空间被大幅压缩，资源—生态—环境协调问题，已经严重影响到人类可持续发展。

自然资源是人类可持续发展的物质基础。一定国土空间内的水、土地、植物等各类自然资源要素通过物质和能量循环，构成了相互作用的复杂系统；区域内各类资源的种类、数量、质量、分布范围等组成一定的配比结构，某一种资源的变化必然制约和影响其他资源，严重者甚至会导致生态问题。全国自然资源要素综合观测体系的搭建，旨在通过对区域内气候资源、地表覆盖资源和地下资源展开全要素、立体化和系统化观测，研究自然资源之间、自然资源与生态环境间的相互关系，从而为自然资源的可持续利用和资源—生态—环境的协调发展提供数据基础与技术支撑。

有本之木 根深柢固 ——以地球系统科学为理论基础

地球系统是由大气圈、水圈、陆圈（岩石圈、地幔、地核）和生物圈（包括人类）组成的有机整体。地球系统科学就是研究地球系统中子系统间相互联系、相互作用的运转机制和规律。

自然资源的保护、开发、利用及其与生态环境的协调是地球系统科学研究的重要内容。作为一个有机整体，植被—土地—水—光热等任何一种自然资源的变化都会对其他自然资源以及生态环境产生或多或少的影响。因此，对山水林田湖草的统一保护、统一修复是十分必要的。



> 全要素、立体化、系统化的布设思路

以地球系统科学为理论对山水林田湖草等自然资源生命共同体进行研究，在横向上体现为对不同区域内资源间耦合平衡配比过程的研究，纵向上体现为对不同圈层内资源间耦合平衡配比过程的研究。

多项并举 鉴往知来 ——以精准感知资源现状、预测发展趋势为目标

对于山水林田湖草等自然资源生命共同体的研究，主要采用调查、监测、观测、预测四种方法手段。这四种方法手段互为补充、不可替代，四种方法手段相结合，可探究过去—现在—未来演替机理、精准预测模拟未来状态、实现资源监测评价预警的目的，以便支撑科学决策，提升自然资源治理能力。

调查是掌握自然资源的数量、质量、分布范围，等等。一般针对数年到数百万年才有明显变化的自然现象及规律进行研究。如岩石矿产形成、岩石圈内部演化过程、古生物演替等，通过定期的、高精度的实地调查以及抽样统计等技术手段，摸清自然资源现状。

监测，一方面以服务政府部门监管为目的，在自然资源调查的基础上，应用遥感等快速调查手段，掌握一定时期内资源种类、数（质）量和分布范围的变化情况，实现“早发现、早制止、严打击”的监管目标；另一方面以服务科学研究为目的，在自然资源调查、观测试验基础上，对自然资源现在、未来状态与既定目标状态进行分析评价，进而提出实现或接近既定目标的对策建议。一般针对以年为单位变化的自然现象及规律，如林木胸径及高度、土壤质量变化，等等。

观测是在定点观察试验基

础上，研究不同时空情境下资源种类、数（质）量分布演替规律，揭示自然资源间、资源与生态环境间的耦合作用及平衡配比，掌握自然资源变化动因机制和发展演变趋势，为自然资源重大决策提供科学依据。一般适用于以月为单位变化的自然现象及规律，如季节、气温、降雨，水位、水量，作物生长，等等。

预测是以观测试验为基础，结合调查监测成果，构建预测模型或遥感解译模型，模拟预测自然资源未来状态，进而提高资源的合理利用与高质量发展，不仅让当代人过上幸福生活还为子孙后代留下生存根基。

四海八荒 运筹决策 ——全国自然资源要素综合观测体系建设

自然资源要素综合观测对象。将不同圈层内相互作用的自然资源作为观测研究对象，根据资源特点与研究需要，将研究对象分为气候资源（降水、光热、风等）、地表覆盖资源（森林、草原、作物、冰川、地表水、海水等）和地下资源（土地、地下水等）。

自然资源要素综合观测站网架构。以气候、地表覆盖资源、地下资源和地形地貌特征的时空演化规律，以及资源间相互作用程度等为自然资源区划依据，将全国自然资源划分为12个一级区划、100个二级区划、800个三级区划。

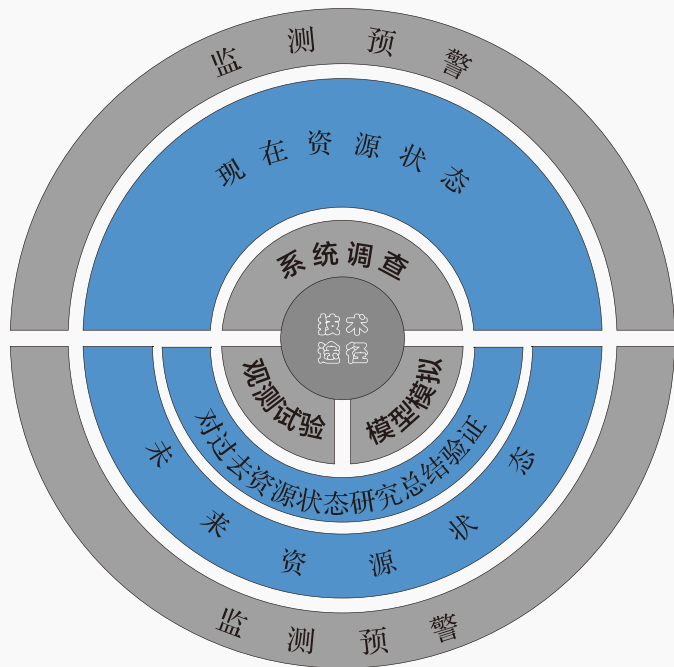
以一级区划为例，12个一级区划分别为东北平原林耕资源大区、内蒙古高原草原资源大区、华北平原耕地资源大区、长江中下游平原耕地资源大区、江南山地丘陵森林资源大区、西北内陆荒漠大区、黄土高原林草资源大区、云贵高原林草资源大区、四川盆地草耕资源大区、东南沿海及岛屿森林资源大区、横断山谷

林草资源大区和青藏高原草原资源大区。

以青藏高原草原资源大区为例，在区划基础上依据实际条件，通过融合共建、改造提升、空白添建等多种模式，在各区划内建设相应观测站点，形成自然资源要素观测的三级站网架构。其中一级站主要负责该区划自然资源的综合研究，以及区划内所有观测站的管理；二级站负责该区的观测试验，以及区划内所有观测站的管理及数据质量控制；三级站负责自然资源观测与数据上传。

立体观测技术体系。由于观测对象涉及气候资源、地表覆盖资源以及地下资源，单一的技术手段不能满足观测需求，因此观测体系要应用航天、航空遥感，地面观测和地下探测相结合的技术手段，构建“空—天—地”立体观测技术体系和装备体系。通过自动监测与实地观测、原位观测与试验、野外模拟与计算机模拟、遥感解译与实地查证相结合的方式，获取覆盖全国的全天候、多尺度、多要素观测数据，开展立体化观测研究。

一体化管理平台。运用大数据、云计算与人工智能等信息技术，建立源数据、质控数据、标准化数据三类



> 调查、监测、观测及预测



> 冰川资源调查



> 草原资源调查



> 黑河流域耕地资源自动观测



> 青藏高原荒漠资源自动观测



> 祁连山冰川资源自动观测



> 居延海湖泊湿地自动观测

质控和服务数据体系，构建了包括物联网、数据中心、模型模拟、成果、管理和展示六大核心的一体化管理平台。通过平台可开展数据汇聚、管理、专题应用、共享服务和资源环境关键问题的智能化模拟，对自然资源间的相互关系、变化的动因机制和演化的趋势进行研究，得出趋势类研判成果，实现自然资源智慧管理和科学决策。

拨草瞻风 大势所趋 ——中外自然资源观测网络现状

随着人类对植被-土地-水-光热等自然资源利用的强度不断增加，区域自然资源配比结构出现失衡，诱发泥石流、滑坡、土地退化、地下水水位下降、地面沉降等各种环境及地质灾害问题，并在生态系统类型、结构、功能和生物多样性等方面引发严重的生态问题。尤其是化石资源的燃烧引起大气中二

氧化碳、氮氧化物、硫化物等浓度的改变，导致气温升高、臭氧浓度降低、冰川冻土退缩消融等现象加剧了自然资源系统结构的改变，甚至危及人类可持续发展。

为解决上述问题，世界各国依据地球系统科学和人地系统理论，建立了国家、区域乃至全球尺度的台站网络，取得了大量有关资源、生态、环境的数据资料，为进行区域生态系统研究，应对全球气候变化、生态环境恶化、资源过度开发利用等问题，提供了长期、连续和高精度的数据支撑。美国等发达国家的多门类自然资源综合分析、地球关键带研究路径、模块式科学框架、地球观测分析预测（EarthMAP）等技术方法与研究框架，为我国构建自然资源综合观测体系提供了经验借鉴。

自然资源部成立之前，我国的观测站网主要包



> 青藏高原自然资源多要素综合观测站网



＞空-天-地-网立体观测技术示意图

括科研院所和高校建立的站网，以及各行业部门建立的站网。前者主要为满足科研以及学科领域的需求为目的，侧重科研、学科属性，主要服务于学科发展和理论研究以及解决重大科学问题；后者侧重于对土壤、森林、草地、湿地、水、海洋、矿产等资源及相关生态环境的观（监）测，主要服务于自然资源分部门的资源或生态环境执法监管。两类站网所属部门不同，侧重点也不一样，存在缺乏国家层面的顶层设计、观测数据分部门割裂、规范不统一、数据缺乏融合共享、站点分布不均、观测要素单一等问题，难以实现对自然资源间相互关系、影响的综合评价分析。为此，



＞游目骋怀 信连勇 / 摄



＞全国自然资源多要素综合观测一体化平台

以地球系统科学理论为指导，面向多门类自然资源属性，具有多要素、全方位、全周期、整体性、动态化特点的全国自然资源要素综合观测体系的加快推进势在必行。

综合观测 云程发轫 ——全国自然资源系统观测设想及远景

自然资源部成立之初，即将自然资源要素综合观测网络工程列为12项部重大科技创新工程之首，并写入部科技创新发展纲要；

中国地质调查局自然资源综合调查指挥中心根据部、局的部署，于2019年启动了全国自然资源要素综合观测工程，设立了规划部署、数据集成与应用服务两个顶层设计项目，以及青藏高原、黄河流域、黑河流域、塔里木河流域等示范观测项目，与企业、政府、科研



＞ 林海雪原 陈继宏/摄

院所和相关事业单位的多种融合机制初步形成。2020年，第一批观测数据上线并服务，实现了第一阶段目标；到2023年，将初步构建完成整体建设，形成指标体系完整、站网布局合理、运

行稳定的自然资源要素综合观测体系；到2025年，形成集观测网、数据平台、决策支撑于一体的，覆盖全国的、全要素、全天候、天-空-地立体观测体系，为全力服务自然资源部履行“两统

一”管理职责，践行人与自然和谐共生的绿色发展理念，共筑中华民族永续发展的“中国梦”提供决策支撑。

第一作者单位 / 中国地质调查局自然资源综合调查指挥中心
自然资源要素耦合过程与效应重点实验室

（本文编辑：张佳楠）