

自然资源行业大模型及其应用:挑战与展望

张鸿辉^{1,2}, 李满春³, 张继贤⁴, 闫浩文⁵, 刘小平⁶, 施钧辉⁷, 吴洪涛⁸,
何华贵⁹, 龙 瀛¹⁰, 钮心毅¹¹, 柴 勋¹², 肖克炎¹³, 王永刚¹⁴, 熊 伟¹⁵,
郭旭东¹⁶, 朱长青¹⁷, 王立刚¹⁸, 钟镇涛^{1,2}

(1. 广东国地科技股份有限公司, 广州 510650; 2. 自然资源部碳中和与国土空间优化重点实验室, 南京 210023; 3. 南京大学地理与海洋科学学院, 南京 210023; 4. 莫干山地信实验室, 湖州 313200; 5. 兰州交通大学测绘与地理信息学院, 兰州 730070; 6. 中山大学地理科学与规划学院, 广州 510006; 7. 之江实验室, 杭州 311100; 8. 自然资源部信息中心, 北京 100830; 9. 广州市基础地理信息中心, 广州 510030; 10. 清华大学建筑学院, 北京 100084; 11. 同济大学建筑与城市规划学院, 上海 200092; 12. 自然资源部国土空间规划研究中心, 北京 100035; 13. 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 14. 自然资源部第一海洋研究所, 青岛 266061; 15. 武汉市绿色建筑发展促进中心, 武汉 430015; 16. 中国国土勘测规划院自然资源部土地利用重点实验室, 北京 100035; 17. 南京师范大学地理科学学院, 南京 210023; 18. 宁夏回族自治区自然资源信息中心, 银川 750002)

摘要: 人工智能技术正以前所未有的速度重塑各行各业发展格局,大模型作为新一轮科技革命的核心驱动力,已成为推动新质生产力发展和社会治理现代化的重要引擎。为系统探索自然资源行业大模型发展的理论认知、技术路径、应用模式和治理机制,特邀来自高等院校、科研院所、研发机构和管理部门的多位专家,围绕技术创新与行业需求深度融合展开深入访谈。结合各位专家主要观点,新时期自然资源行业大模型发展需重点关注:(1)面向行业特色的专业智能体系构建与技术突破。针对自然资源行业时空数据复杂、专业知识密集、业务逻辑严谨等特点,需要突破通用大模型在地理空间认知、专业知识推理、多尺度建模等方面的技术局限,构建融合空间拓扑关系、时序演化规律、多模态数据理解的时空大模型架构,实现从文本语义理解向地理智能体的跃升,推动调查监测、空间规划、资源配置、生态保护等核心业务向物理世界大模型演进,形成颠覆性的智能化范式转变。(2)面向业务需求的应用场景创新与价值实现路径探索。聚焦自然资源“两统一”职责履行的核心需求,坚持“人机协同”而非“机器替代”的基本定位,强化大模型在信息感知、分析认知、判断决策等环节的深度应用,通过短期基于开源模型的分层生态快速适配与长期独立技术底座的自主可控相结合的分阶段策略,重点围绕“数据—知识—模型—场景”四要素协同演进机制,构建覆盖宏观战略决策、中观业务管理、微观技术操作的多层次应用体系,实现技术能力与业务需求的精准匹配和规模化应用转化。(3)面向多主体协同的治理体系构建与制度创新。重视自然资源数据的国家安全属性和大模型技术的“双刃剑”特征,统筹发挥高校科研机构的策源地作用、自然资源主管部门的行业指导作用、信息技术企业的创新主体作用,构建“政产学研用”协同创新生态体系,通过建立涵盖技术层面的数据治理、算法审核、幻觉防控和制度层面的标准规范、法律保障、风险评估的全链条安全治理体系,统筹处理技术创新与安全保障、开放共享与风险防控、效率提升与责任追溯的关系,确保

收稿日期: 2026-03-16; 修订日期: 2026-08-14

基金项目: 国家自然科学基金项目 (42471513)

作者简介: 张鸿辉 (1980-), 男, 湖南长沙人, 博士, 正高级工程师, 研究方向为地理空间智能、智慧国土空间规划、时空大数据分析。E-mail: 249536073@qq.com

通讯作者: 钟镇涛 (1993-), 男, 新疆库尔勒人, 硕士, 测绘工程师, 研究方向为地理空间智能与智慧国土空间规划。E-mail: zztoozzt@qq.com。其他作者为共同第二作者。

自然资源行业大模型在合理、合规、合法边界内健康有序发展。

关键词：自然资源；国土空间规划；人工智能；行业大模型；时空智能；国土空间治理

专题主持人

张鸿辉，广东国地科技股份有限公司董事、联席总裁，博士，正高级工程师，自然资源部“碳中和与国土空间优化”重点实验室副主任，国家高层次人才，自然资源部科技领军人才，中国地理信息产业协会智慧空间规划工作委员会主任委员。主要研究方向为地理空间智能、智慧空间规划、时空大数据分析。

钟镇涛，广东国地科技股份有限公司研究院副院长、技术总监，测绘工程师。主要研究方向为地理空间智能与智慧国土空间规划。

访谈主题

当前，人工智能技术正以前所未有的速度重塑各行各业的发展格局，大模型作为人工智能技术的集大成者，已成为推动新质生产力发展和社会治理现代化的重要引擎。2023年9月，中华人民共和国自然资源部办公厅印发《全国国土空间规划实施监测网络建设工作方案（2023—2027年）》，明确要求“建设国土空间规划专业大模型”^[1]，标志着大模型技术正式纳入国土空间规划数字化、智能化建设体系。2025年8月，《国务院关于深入实施“人工智能+”行动的意见》进一步提出：“加快科学大模型建设应用，推动基础科研平台和重大科技基础设施智能化升级，打造开放共享的高质量科学数据集，提升跨模态复杂科学数据处理水平”，并明确要求：“提高空天地海一体化动态感知和国土空间智慧规划水平，强化资源要素优化配置”^[2]。从国土空间规划专业大模型建设，到“人工智能+”赋能国土空间智慧规划，人工智能与自然资源管理深度融合已成为明确的政策导向。

自然资源管理作为国家治理体系的重要组成部分，承载着山水林田湖草沙一体化保护和系统治理的重大使命，涉及国土空间规划、自然资源调查监测、生态保护修复、自然资源资产管理、地质矿产、海洋治理等多个核心领域。这些领域不仅数据体量庞大、来源多样，而且专业性极强，涵盖从宏观的国土空间格局到微观的地质构造，从静态的资源禀赋到动态的生态过程，从定量的监测数据到定性的专家知识等多维度信息。大模型的多模态融合、海量知识整合和智能推理等能力^[3]，恰好契合了自然资源管理对综合性、系统性和智能性的内在需求，为实现从“人海战术”向“人机协同”、从“事后响应”向“事前预警”、从“经验决策”向“智能决策”的根本性转变提供了技术支撑。

然而，在新兴技术快速发展的背景下，自然资源行业大模型建设也面临着前所未有的挑战。首先，自然资源业务具有空间性强、专业性高、业务规则严谨等特点，通用大模型难以直接理解国土空间格局、自然资源要素关系、规划管控逻辑和人地系统演化规律，如何将领域知识、空间关系和地理学综合思维有效内化到模型之中，实现从通用智能向专业智能、时空智能的跃升，是行业大模型构建的基础性问题。其次，自然资源数据具备典型的大数据特征，多源异构、时空复杂、标准不一^[4,5]，遥感影像、地理信息、统计数据、规划文本、业务档案等不同类型数据的融合建模，对数据治理、知识组织、算法适配、模型架构和场景闭环提出了更高要求。再次，自然资源管理具有鲜明的法定性、政策性和实践性，大模型应用不能停留在通用问答、文本生成等表层能力，而应面向调查监测、空间规划、矿产地质、海洋资源等业务场景，探索人机协同、辅助研判、

仿真推演和智能决策的有效路径，解决技术能力与业务需求之间的适配问题。最后，自然资源管理涉及国家安全、数据安全和公共利益，大模型仍存在幻觉、不可解释、责任边界不清等风险，如何在安全可信、合法合规、可审计可追溯的前提下，统筹多主体协同、标准规范制定、算力资源配置和人才队伍建设等，是推动行业大模型健康有序发展的关键保障。

面对新技术革命带来的重大机遇和现实挑战，自然资源行业如何抢抓“人工智能+”战略机遇期，科学谋划大模型技术的发展路径和应用策略，如何在保障国家安全的前提下推动技术创新和开放合作，如何构建适应智能时代要求的自然资源治理新模式，这些都是当前亟需深入研究和系统回答的重大理论与实践问题。为此，本期访谈特邀来自高等院校、科研院所、研发机构和管理部门的多位专家，沿“行业变革与技术基础—建设路径与协同生态—领域应用与实践探索—综合反思与未来展望”的脉络展开深入对话。访谈从大模型对自然资源行业的变革意义与核心挑战出发，深入模型架构创新、智能体构建等技术体系问题，继而从要素协同、多主体分工和技术路线选择等角度讨论建设路径与协同生态，进而聚焦国土空间规划、矿产地质、海洋资源等重点领域的应用实践，最终回归综合反思、安全治理与未来突破方向的讨论，力图为自然资源行业大模型的健康有序发展提供系统性的理论参考与实践指引。

1 行业变革与技术基础

大模型与自然资源行业的融合，首先需要回答一系列基础问题：变革的方向与挑战何在，哪些场景可能率先突破，底层架构如何回应地理空间数据的特殊性，智能体又如何内化地理学的综合思维。围绕这些问题，四位专家分别从地理信息范式跃升与行业核心挑战、调查监测和规划优化等颠覆性场景预判、面向空间拓扑与多尺度建模的架构创新设计，以及行业智能体的地理学认知逻辑等角度展开讨论，构建了自然资源行业大模型的技术认知基础。

主持人：

在当前人工智能大模型技术快速发展的背景下，地理信息科学和自然资源管理正面临新的发展机遇。您认为大模型将如何推动该领域的变革？同时，将大模型与自然资源行业深度融合的过程中，还面临哪些关键挑战，我们应如何系统应对这些挑战？

访谈嘉宾：

李满春，南京大学地理与海洋科学学院教授、博士生导师，时空信息与国土空间治理研究院院长，国际欧亚科学院院士，国家重大人才工程计划入选者，中国地理信息产业协会副会长，自然资源部高层次科技创新人才工程（国土空间规划行业）创新团队负责人。主要研究方向为地理信息技术与国土空间规划交叉创新、国土空间优化、数字自然资源。

大模型正加速推动地理信息科学领域技术范式从“描述地理”到“理解地理”的跃升，尤其是在自然资源行业，其在辅助识别空间规律、模拟规划效果等方面具有较大潜力，为提升自然资源管理的系统性、精准性等提供了良好的技术基础^[6]。然而，实现大模型与自然资源行业的深度融合仍面临三大挑战：

(1) 专业知识内化的挑战。自然资源行业涉及复杂的专业术语、法律法规、政策规范以及海量地理空间数据等,通用大模型难以理解“国土空间规划”“城镇开发边界”等概念背后的空间价值导向与管控逻辑。其核心在于对庞杂的多模态行业数据进行结构化重构,藉由高质量知识库的营建与持续预训练、微调等机制,使大模型具备自然资源管理专业素养与逻辑推理能力。

(2) 技术自主可控的挑战。大模型的训练与推理依赖强大的算力支撑,但当前中国在自研高端芯片、底层算法等方面与全球顶尖产品仍存在差距。一方面,必须加快推动国产化算力基础设施的创新研发,并同步探索自主可控技术与自然资源业务场景的适配融合。另一方面,需持续建设完善开放共享的行业算法模型库,形成自主的技术生态与创新能力。

(3) 应用场景落地的挑战。当前许多行业应用场景仍停留在对话问答等表层应用,未能深度嵌入自然资源管理的核心业务流程。应坚持“需求导向、总体规划、急用先行”的原则,从国家和地方两个层面协同推进:国家层面侧重做好顶层设计与场景引导,地方层面则鼓励开展特色化试点示范,通过典型应用场景驱动技术迭代,积累可复用的解决方案。

长远来看,大模型与自然资源行业的深度融合,将催生新一代“时空智能体”的诞生。其不仅能够理解空间关系和时间演化,更能够将自然规律、社会规律、经济规律融入统一的认知框架,实现真正意义上的智慧国土空间治理。

主持人:

自然资源管理长期依赖物理模型、数学模型和经验模型开展分析与决策。您认为大模型将如何推动传统技术方法和工作模式转变?哪些场景有可能率先形成可验证、可推广的应用价值?

访谈嘉宾:

张继贤,莫干山地信实验室执行主任,二级研究员,博士生导师,中国测绘学会副理事长,国家第一批“万人计划”百千万工程领军人才,国家测绘地理信息局首批科技领军人才,全国杰出专业技术人才,自然资源部高层次科技创新人才,第二届全国创新争先奖获得者。主要研究方向为摄影测量与遥感、地理空间智能、新型基础测绘与实景三维建设。

大模型作为新一代人工智能技术的核心,正在从“工具辅助”转向“系统驱动”,在自然资源管理这一高度依赖时空认知的领域,尤其展现出变革性潜力。传统方法多基于孤立模型与经验判断,而大模型能实现对多源、多模态、多时序数据的深度融合与时空理解,推动从“分散分析”到“系统认知”、从“静态推演”到“动态优化”的范式升级。笔者认为,大模型将率先在以下几大场景中发挥关键驱动作用,重塑自然资源管理的技术路径:

一是调查监测的实时化与智能化。传统调查依赖定期普查与人工解译,效率低、周期长。大模型能持续学习多时相遥感影像、物联网传感等多维数据,自动识别地类变化、违法占地、地灾风险等,实现从“事后发现”到“实时预警、主动防控”的转变。其核心在于,模型能理解地理实体在时空中的演变规律,实现连续、自动、精准的态势感知。

二是国土空间规划的动态优化与推演仿真。当前规划在很大程度上仍依赖专家经验与静态模型。大模型可融合自然条件、社会经济、基础设施等海量时空数据，通过深度学习空间关联与演化机制，自动生成并比较多种规划方案，模拟其长期效应，为国土空间布局、生态保护修复、城市发展边界等提供动态、科学的决策支持，推动规划从“经验驱动”迈向“数据智能驱动”。

三是资源资产管理的精准化与协同化。在不动产登记、自然资源确权等领域，传统方式面临流程繁琐、证据复杂、争议调解难等问题。大模型能够综合分析历史档案、权籍数据等多源信息，辅助识别权属逻辑、自动核查冲突、生成调解建议，支持跨领域资源统筹与协同治理，提升管理效率与精度。

从更宏观的治理转型视角来看，大模型将驱动三方面的系统性变革：在决策层面，推动决策模式从基于局部信息的分散决策，向跨部门、多目标、时空协同的智能决策升级；在监管层面，推动监管方式从依赖人工巡查与事后稽核，向基于异常模式识别的精准预警与全流程闭环监管转变；在服务层面，推动服务形态从被动响应审批需求，向基于行为与位置感知的个性化、主动式服务演进。

展望未来3~5年，大模型在自然资源领域的发展将呈现两大趋势：一是深度融合物理世界，构建“感知—认知—决策—执行”一体化的“时空—物理”联动体系，实现全域全要素的数字化映射与精细治理；二是从单点赋能向体系化赋能跃迁，贯穿自然资源调查、规划、保护、利用、监管的全链条业务，逐步形成以“时空智能”为核心的一体化自然资源治理新范式。

主持人：

构建自然资源行业大模型，需深度融合地理信息科学与人工智能技术。面对地理空间数据在拓扑关系、尺度特征、坐标系统等方面的特殊性，专业大模型应如何在架构层面进行创新设计，以增强对地理空间关系、尺度变化和空间规律的理解与分析能力？

访谈嘉宾：

闫浩文，兰州交通大学副校长，教授、博士生导师，长江学者特聘教授，国家“万人计划”科技创新领军人才，甘肃省地理国情监测工程实验室主任。主要研究方向为微地图、地图自动综合、地理可视化与空间分析、空间数据安全。

自然资源行业大模型的核心任务，是处理具有鲜明地理特性的空间数据，这与当前基于文本序列的大语言模型在数据形态上存在本质差异。空间数据的复杂性，特别是空间拓扑关系、尺度变化和投影变换等，对模型架构提出独特挑战。因此，至少需从以下三个方面进行创新性设计，才能构建真正具备空间智能的专业大模型。

(1) 建立空间关系的显式表达机制。空间数据并非孤立元素的集合，其内在的拓扑关系是理解地理格局的关键。传统文本大模型通过注意力机制捕捉语义关系，但难以直接建模复杂的空间拓扑。因此，模型需要引入空间关系的显式表达机制。具体而言，可探索图神经网络与Transformer的混合架构，将地理要素表示为图结构——节点存储属性，边定义拓扑关系。在此基础上，通过融合空间邻近性约束的注意力机制，使模型在全局建模中保持对空间关系的感知能力。这种设计使模型能够同时处理点、线、面等不同要素，保持其空间关系的完整性，从而在本质上理解“空间语法”。

(2) 构建跨尺度融贯的推理能力。地理现象具有显著的尺度依赖性,同一对象在不同空间尺度下呈现不同模式,模型需具备在不同尺度间灵活整合信息的能力。为此,模型架构应支持多尺度的层级化表达。通过构建具有不同感受野的层级结构,使模型能够动态调整空间分析的粒度,实现从局部细节到整体格局的嵌套建模。同时,借助多尺度数据的联合训练,引导模型学习尺度间的语义关联,确保在不同尺度的分析中保持逻辑一致性。这种跨尺度融贯能力是地理空间智能的重要体现。

(3) 增强模型对多投影数据的适应能力。不同的地图投影导致同一地理实体的坐标、长度、面积表达各异,直接融合将引发严重几何失真,而单一依赖数据预处理进行投影转换,则会损失灵活性。一种可行的思路是在模型中引入投影感知机制,将投影参数作为辅助信息输入模型,使其能够识别并适应不同的投影方式。进一步地,可通过多投影数据的对比学习,引导模型学习空间实体在不同投影下的等价表征,提取独立于具体投影的本质几何特征。基于此为跨区域、跨数据源的空间分析提供更稳健的技术基础。

综上,应对拓扑、尺度、投影这三大挑战,是塑造自然资源行业大模型“空间智能”的重要基石,这需要地理信息科学、人工智能等多学科深度协同。随着相关理论与技术的突破,真正智能、可靠的自然资源行业大模型将成为推动生态文明建设的重要引擎。

主持人:

自然资源行业智能体是通用人工智能向专业领域知识深度融合的重要形态。从地理学与自然资源科学视角看,行业智能体如何内化空间格局、人地关系和系统综合等学科理论?在角色设计和多智能体协同中,如何模拟地理综合分析的思维过程,并推动自然资源行业知识服务模式转变?

访谈嘉宾:

刘小平,中山大学地理科学与规划学院教授、博士生导师,国家杰出青年科学基金获得者,广东省城市化与地理环境空间模拟重点实验室主任。主要研究方向为地理模拟与优化决策、土地利用与覆盖变化。

自然资源行业智能体的构建与应用,本质上是地理学综合思维在人工智能时代的智能应用实现路径探索。地理学长期关注“格局—过程—机理—模拟”的研究范式,而行业智能体为我们提供了一种将地理认知和空间决策过程进行结构化建模、动态模拟与智能迭代的全新可能。其核心目标是构建能够理解复杂人地系统,并做出科学判断与合理推演的自然资源行业智能体集群。

(1) 行业智能体角色设计应内化地理科学问题。行业智能体设计应从地理学研究的关键科学问题出发,以“格局识别—机理探究—方案推演”为内在认知链条,而非简单复制现有自然资源业务流程。例如,可设计“格局感知智能体”识别和理解空间分布模式与演化趋势,“过程模拟智能体”分析地理格局的成因与影响,以及“决策推演智能体”模拟不同干预策略下的系统响应。这种专业分工设计使智能体具备了系统性回答自然资源行业决策问题的结构化认知能力。

(2) 建立“人地系统”统一认知框架,实现系统性协同。多智能体协同需建立对“人地系统”的统一认知框架,包括共享空间基底、一致的概念体系、互通的因果关联网络等。在此框架下,各智能体成为人地系统的不同观察与解算节点。如在生态修复评估

中，生态系统智能体与社会经济智能体能够基于共同的知识图谱，同步推演方案的复合影响，通过协同决策实现多目标优化，从而模拟地理学家的系统综合分析思维。

(3) 推动从“描述性分析”到“生成性规划”的范式跨越。自然资源行业智能体应用应从提升效率转向创造新的自然资源行业知识生产模式。在国土空间规划中，智能体可基于对历史规律和约束条件的理解，生成多种科学合理的规划概念方案，改变工作起点；在自然资源监测中，可实现对变化趋势的预测预警，实现从“监测—反应”到“模拟—预警”的转变。为此，行业智能体的决策过程必须具备可解释性与可追溯性，使其成为自然资源行业决策者可信赖的智能伙伴，最终推动行业大模型从提供数据信息转向提供系统化的知识服务。

2 建设路径与协同生态

自然资源行业大模型能否落地，需要厘清几大关键问题：核心要素怎么配合？各方力量怎么组织？技术路线怎么选择？三位专家分别以典型场景为例解析了数据、算法、模型、场景四要素的闭环协同关系，从高校策源、部门统筹、企业创新等维度阐述了“政产学研用”多主体协同的组织逻辑，并就“短期分层生态—长期独立底座”的分阶段路径选择给出了各自的战略判断。

主持人：

构建自然资源行业大模型是一项多要素协同的系统工程，数据、算法、模型和场景共同决定模型能力形成与应用价值实现。请您结合典型场景，谈谈这些要素在研发过程中分别承担什么角色？它们之间应如何形成持续反馈、协同演进的闭环关系？

访谈嘉宾：

施钧辉，之江实验室超级感知研究中心高级研究专家、研究员，国家级青年人才计划入选者，美国普林斯顿大学博士，曾先后在宾夕法尼亚大学、加州理工学院从事博士后研究。主要研究方向为光声成像技术、高速度高精度三维光声断层成像、多用途成像平台研制。

构建面向自然资源行业的人工智能系统，应围绕“数据、算法、模型、场景”四大核心要素协同推进。这四者并非孤立存在，而是形成相互依赖、持续反馈的闭环体系，共同驱动自然资源行业的智能化转型。具体而言，这四项要素在自然资源行业大模型研发中分别承担以下角色：

(1) 数据是自然资源行业大模型研发的基础，其质量和多样性决定了模型的认知边界。以深海矿产开发为例，深海环境高度复杂，涉及多波束遥感、声呐扫描、地质剖面、矿物光谱以及AUV/ROV采集的图像与视频等多源异构数据。这类数据同时具备空间性、时间性和多模态特征，需要与地质、生态和工程知识深度融合。然而，深海数据采集成本高、周期长，且受设备性能和环境条件制约，数据质量参差不齐。因此，自然资源行业高质量数据集的构建有赖于跨学科协同，通过标准化、结构化的数据组织和评价体系，为模型训练提供可靠基础。

(2) 算法是驱动自然资源行业大模型性能提升的关键引擎。在高质量多模态数据集支撑下，算法选择与优化成为提升模型能力的核心环节。传统机器学习方法在复杂地质

与海洋数据处理中泛化能力有限。近年来,物理信息机器学习(Physics-Informed Machine Learning, PIML)通过将物理约束引入模型训练过程,在提升预测精度的同时增强了模型的可解释性。与此同时,卷积神经网络等深度学习方法在三维地质建模和矿产预测中的应用,有效减少了对人工特征工程的依赖,提高了对矿产富集区的识别能力,显示出在复杂自然系统建模中的显著优势。

(3) 模型是数据与算法的综合载体,承担着对自然资源系统的认知、推理与决策功能。自然资源行业大模型不仅需要处理高维时空数据,还需具备跨模态理解与综合推理能力。以地学大模型 GeoGPT 为例,通过在大规模地学文本语料上进行预训练,该模型显著提升了对地球科学领域专业知识的掌握能力,能够支持地层分析、地质图解译等科研任务,为领域研究与应用提供智能支撑^[7]。模型的构建需要充分考虑领域特性,在通用能力与专业知识之间找到平衡点。

(4) 场景是人工智能系统价值落地的最终检验。在深海矿产开发中,应用场景涵盖资源勘探、环境监测、风险评估和作业优化等多个环节。复杂多变的深海环境对系统的实时性、可靠性和适应性提出更高要求,要求模型具备跨终端部署能力和对实时数据的动态响应能力,能够在不同硬件和环境条件下持续优化决策过程,从而提升作业效率并支撑可持续开发目标。场景应用的反馈也为数据扩充和模型迭代提供了重要依据。

从四者的逻辑关系来看,数据、算法、模型与场景应形成协同演进的闭环体系:数据为算法训练提供原材料基础,算法驱动模型能力构建,模型在场景应用中产生价值并获得反馈,场景反馈又反哺数据集的扩充与优化,不断推动系统整体能力提升。这种闭环机制不仅适用于深海矿产开发,也为自然资源行业大模型系统的长期演进与产业升级提供了通用路径。未来,随着技术进步和应用深化,这四项要素的协同将更加紧密,共同推动自然资源行业智能化水平的跨越式发展。

主持人:

当前,事业单位、企业、高校、研究机构纷纷开展行业垂直大模型研发,但仍存在数据共享壁垒高、研发目标分散、场景适配不足等问题。请您谈谈在研发自然资源行业垂直大模型时,应如何发挥不同行业主体优势?

访谈嘉宾:

吴洪涛,自然资源部信息中心副主任、总工程师,自然资源部高层次创新人才工程创新团队负责人。主要研究方向为多源数据融合、高性能计算、空间智能分析等数字化、智能化技术及自然资源和国土空间高效利用与管理模式创新。

习近平总书记指出,人工智能是新一轮科技革命和产业变革的重要驱动力量。当前中国人工智能大模型蓬勃发展,截至2025年8月底,共有538款生成式人工智能服务在国家网信办完成备案,正加速向各行各业渗透。在自然资源领域,“坤元”“后土”“林龙”等大模型为地理科学、自然资源管理、国土空间治理、智慧林草、海洋预报等工作提供了行业知识和AI能力支持^[8,9]。

大模型从通用领域向自然资源垂直领域发展中,算力、算法、数据这“三要素”直接决定训练效果,也是制约行业大模型持续发展的核心瓶颈。此外,高价值场景选择及大模型与场景的匹配程度也是影响应用的重要因素。当前大模型在助力自然资源“两统

一”职责履行的同时，面临智能算力不足、行业高质量数据和模型稀缺、高价值应用场景有待挖掘等问题，亟需发挥行业合力，统筹算力、算法、数据、场景，促进行业大模型工程化建设。

(1) 高校和研究机构发挥科技创新策源地作用，为行业大模型提供基础理论和技术方法支撑。通用大模型擅长学习文字、图片、视频等通用模态特征，具备解决复杂问题的基础智能。但地理空间数据类型多样、结构复杂且具有空间异质性，在空间数据的表达、理解和生成等方面仍需地理空间智能（Geospatial Artificial Intelligence, GeoAI）等基础理论与方法突破。高校和研究机构人才优势突出、科研资源集中，可通过技术合作、课题研究、平台共建、培训学习等方式，对接人工智能+自然资源战略需求，在基础算法、训练路线和前沿技术方面产出更多科研成果。

(2) 自然资源主管部门发挥行业指导作用，构筑共建共享共用的行业大模型生态体系。在国家层面，做好标准、数据和模型的整体谋划和统筹布局。一是统一技术框架和标准规范。明确行业大模型层次架构、技术路线，制定数据集知识库建设、模型训练、插件开发、智能体构建、能力评测与安全防护等标准，实现“统一框架、统一技术、统一接口”下的规范建设。二是强化高质量数据集供给。以场景需求为牵引，加强数据流通使用政策支持，带动数据要素高质量供给和合规高效流通，支撑模型训练、推理、验证和持续完善。三是集约化构建行业大模型。考虑基础模型迭代加快、后训练收益边际递减等因素，按集约化原则统一训练垂直大模型，通过国土空间基础信息平台部署共享，为行业赋能。在地方层面，以调查监测、智慧规划、智能审批、要素供给、督查执法、公共服务、决策支持和智慧减灾等高价值场景为牵引，探索大模型与自然资源管理和国土空间治理的结合点，提高资源保护能力，提升要素配置效率，优化政务服务，推进基层工作减负增效。

(3) 行业信息技术企业发挥科技创新主体地位，强化智能产品研发和技术创新。行业企业是自然资源数字化治理与智能化升级的重要推动力量。在产品研发方面，需跟踪基础和行业大模型发展，针对共性高频需求和难点痛点，主动将大模型对非结构化数据与复杂业务规则的理解、记忆、推理和生成能力与现有产品融合，提升业务运行效率和服务体验。在产业发展方面，发挥把握创新方向、感知产业趋势的优势，主动融入国家数字经济主战场，在高质量数据集建设、数据标注产业发展、行业模型创新、高价值场景应用等方面贡献力量。

主持人：

当前大模型研发多由科技企业主导，其“快速迭代、赢者通吃”的互联网逻辑与自然资源行业长周期、高安全、强规范的应用要求存在一定差异。请您谈谈行业是否有必要建立独立技术底座，自主研发基础大模型，还是专注分层生态，基于开源基础模型做垂直场景微调？

访谈嘉宾：

何华贵，广州市规划和自然资源自动化中心主任，教授级高级工程师，中国城市规划学会城市规划新技术应用专业委员会主任委员。主要研究方向为城市规划信息化、国土空间规划新技术应用、智慧城市与时空大数据分析、城市仿真与辅助决策。

笔者认为，现阶段自然资源行业应优先关注大模型技术的实际应用，通过基于开源

基础模型的微调并与现有业务系统深度整合,快速推动智能化落地;从长远看,构建自主可控的独立技术底座仍是不可或缺的战略选择。这一分阶段路径符合技术生命周期理论^[10],即在技术扩散期优先适配成熟技术,在成熟期逐步增强自主创新能力。

在短期应用层面,分层生态模式具有显著优势。该模式遵循模块化创新思路^[11],将大模型技术拆解为“通用能力层”和“行业应用层”。以通义千问、DeepSeek等开源基础模型作为底层能力,通过参数微调注入自然资源领域知识,实现对具体业务场景的快速适配。模型开发者专注于通用能力的持续提升,行业用户则基于开源模型构建场景化应用,形成分工明确、开放灵活的技术生态。这种模式有利于依托开源社区的持续迭代,快速获得最新技术成果,降低试错成本。

从业务实践看,分层生态模式可结合检索增强生成(Retrieval-Augmented Generation, RAG)技术,高效整合法律法规、空间规划文本等多源异构数据,提升模型对行业知识的理解能力,为决策提供更具针对性的支持。同时, AI Agent技术的引入进一步拓展了应用边界。例如在规划符合性审查中, AI Agent可联动现有规划矢量数据和合规规则,实现项目选址自动判别与整改报告生成,显著提升审批效率。该路径前期投入相对可控,具备较强的落地可行性。

但分层生态模式也存在明显局限。一方面,开源模型在通用性与行业深度适配之间存在天然张力,面对复杂建模、精细化资源预测等自然资源专属任务时,性能可能受限。另一方面,模型更新节奏和技术路线受制于外部社区,行业用户处于被动地位,存在“黑箱”风险和系统兼容性问题。此外,开源模型训练数据来源复杂,数据质量和安全性难以完全掌控,难以满足自然资源领域对数据安全的高要求。

从长期视角看,构建独立技术底座是实现技术自主可控的关键路径,合内生增长理论^[12]。基于行业专属数据训练的大模型,有助于精准刻画业务特征,提升预测与决策能力;同时,可在数据采集、存储、训练和应用全生命周期实现自主安全管控,降低对外部技术环境变化的依赖,保障业务连续性与稳定性。然而,该模式也面临高研发成本、算力投入大、复合型人才稀缺等现实挑战,且相对封闭的技术体系可能削弱对外部前沿创新的吸收能力。

总体而言,分层生态模式与独立技术底座模式各有适用阶段。短期内,应充分利用分层生态模式快速积累应用经验和数据基础;长期则需逐步推进独立技术底座建设,探索“分层生态—独立底座”协同演进路径,实现技术自主可控与业务高效发展的平衡,支撑自然资源治理的持续数字化与智能化升级。

3 领域应用与实践探索

自然资源行业大模型作用于不同应用场景,以及各领域业务对大模型差异化需求有哪些?国土空间规划作为自然资源管理的核心业务,率先成为讨论焦点,三位专家围绕大模型在规划中的功能定位与技术边界、专业大模型的知识融合与构建路径、智慧规划治理范式的重塑依次展开。矿产地质和海洋资源领域则展现了大模型的差异化应用前景,两位专家分别就“数据+知识”双驱动的地质智能勘查体系和“数据驱动+物理约束”的海洋认知范式进行了深入分析。

主持人：

面向中国空间发展阶段变化和国土空间规划实践需求，大模型在规划分析、模拟推演和方案优化中应承担怎样的功能定位？它将如何改变传统规划分析与模拟范式？在“人机协同”框架下，大模型与规划师之间应形成怎样的关系，并可能对规划对象和规划理论带来哪些影响？

访谈嘉宾：

龙瀛，清华大学建筑学院院长聘教授、博士生导师，国家级青年人才项目入选者，生态规划与绿色建筑教育部重点实验室副主任，中国城市科学学会城市大数据专委会副主任委员兼秘书长，中国城市规划学会城市规划新技术应用学委会副主任委员。主要研究方向为城乡规划技术科学研究中的城市空间测度、机理认知与效能提升。

大语言模型和视觉大模型（统称为大模型），以大规模预训练为核心特征，是新一代人工智能的主要组成部分，在自然资源管理和国土空间规划智能优化与模拟推演中具有重要的支撑作用。结合大模型技术的特点与中国自然资源管理和国土空间规划的实际需求，提出以下几点观点。

（1）大模型技术对自然资源管理和国土空间规划分析与模拟技术具有颠覆性影响。自然资源管理和国土空间规划分析与模拟的核心数据格式包括文本和图像。大模型技术出现之前，文本分析主要依赖自然语言处理技术来提取主题、情感等信息，图像分析则基于大规模标注数据训练深度学习模型。而大模型技术更加擅长处理大规模、非结构化的文本和图像数据。由于大模型建立在大规模预训练数据模型的基础上，模型构建过程更加直接，通常可以通过简单询问来完成对文本和图像的分析，实现零标注或少标注，大大降低了规划师学习技术方法的门槛。这种分析方法的范式变化，同样适用于基于大模型的公众意见调查、专家访谈、空间模型和数据分析等领域，具有对既有方法的颠覆性改进。

（2）基于大模型的计算机辅助规划技术难以替代规划师。信息技术的每一轮变革都推动了计算机辅助规划技术的迭代。从Fortran算法、决策支持系统、地理信息系统到规划支持系统、数据增强设计等，规划技术经历了多个发展阶段。考虑到规划工作具有高度的创意性与复杂性，大模型技术的角色不是代替规划师，而是作为过程（procedural）支持工具，而非生成（generative）替代工具。大模型无法承担规划编制的整体任务，规划师始终是空间规划的核心主体，使用者应对规划方案负责。

（3）大模型技术对空间规划对象具有重塑性。大模型技术不仅在方法论层面对空间规划产生影响，它所驱动的硬件，如物联网、机器人和无人系统等，正在从本体论层面重塑空间规划的对象。这些技术推动了城市物质空间和社会空间中涌现的新活动、新功能、新要素和新结构，进而引发了空间的算法化、共享化、智能化和无人化等趋势。这一系列变化要求空间规划在理论基础、编制方法和规范标准等层面作出及时回应，并需识别与应对可能出现的负外部效应。

（4）发展适应中国空间发展新阶段的大模型支持技术。中国当前正面临人口老龄化与少子化等复杂挑战，传统的空间发展模式已经不再适用。随着人口减少和资源配置压力增大，未来的空间规划将更多聚焦于现有空间的改造与品质提升，而非大规模扩张。大模型技术在这一过程中发挥着重要作用，通过智能化评估与优化现状，帮助规划师识

别空间利用的潜力与不足,特别是在城市更新和老旧小区改造等领域,能够提升决策的精准性与效率。与大尺度空间规划设计方案的自动生成相比,这种精准的现状分析与优化更符合当前的实际需求。

主持人:

结合国土空间规划专业大模型研发实践,您认为当前专业大模型建设已经形成了哪些经验启示?在模型定位、知识类型划分、领域知识融入和场景选择方面,有哪些关键认识值得行业借鉴?

访谈嘉宾:

钮心毅,同济大学建筑与城市规划学院教授、博士生导师,上海同济城市规划设计研究院总规划师,中国城市规划学会城市规划新技术应用学术委员会副主任委员。主要研究方向为城市规划信息化、城市大数据与空间分析、规划决策支持系统。

构建专业大模型已成为多行业、多学科共同探索的重要方向。国土空间规划专业大模型是面向国土空间规划特定业务任务构建的大模型体系。由于规划业务具有明确的专业任务需求和独特的数据分布特征,通用大模型难以直接满足应用要求,在通用大模型基础上构建国土空间规划专业大模型已形成行业共识。其核心在于明确专业大模型的定位、类型体系与关键技术路径。

首先,应从知识视角界定国土空间规划专业大模型的定位。大模型所掌握的知识可区分为通用知识与领域知识两类。通用大模型通过大规模预训练掌握了通用知识,但并不具备对国土空间规划领域专业问题的深度理解能力。专业大模型则是在通用知识基础上进一步融入领域知识,形成“通用知识+领域知识”的专家型模型。构建国土空间规划专业大模型,本质上是通过专业学习机制,使通用大模型获得国土空间规划领域知识,从而能够在规划专业场景中发挥实质性作用。因此,其定位应是同时具备通用知识与国土空间规划领域知识的专业模型。

其次,应依据领域知识类型构建国土空间规划专业大模型体系。围绕规划业务的不同专业任务,相关领域知识可归纳为三类,对应形成三种类型的专业大模型。第一类是规划专业图文工具模型,主要承担规划图纸和专业报告的生成与审查任务,其核心是规划制图与文本编制相关知识。通用大模型虽具备通用图像与文本生成能力,但仍需通过专业学习融入规划领域知识。第二类是规划数据管理与分析模型,面向规划数据的组织、管理和分析,其关键在于让大模型从通用数据处理能力升级为规划数据领域专家。第三类是规划推演决策模型,服务于规划推演与决策支持,其领域知识对应规划工作中“诊断—推理—施策”的专业决策逻辑。通用大模型虽具备通用推理能力,但仍需通过专业学习,形成符合规划业务逻辑的推演与决策能力。以领域知识类型划分专业大模型,有助于系统构建国土空间规划专业大模型体系。

再次,领域知识融入通用大模型是构建国土空间规划专业大模型的关键技术。通用知识主要通过预训练获得,而领域知识则需依托专业学习和微调技术引入。不同类型的领域知识,对微调方式和融入深度提出不同要求。国土空间规划以国土空间为研究对象,天然具有多模态特征,要求专业大模型能够同时理解图像、文本和结构化数据,因此多模态大模型将成为主流方向。同时,规划领域知识具有显著的空间属性,不仅要求基础

模型具备空间理解和推理能力，也要求微调技术能够有效承载空间信息和空间知识。如何将空间知识为核心的规划领域知识高质量融入大模型，是构建国土空间规划专业大模型的关键技术问题。

在实践路径上，构建面向具体规划业务的专业大模型，应从业务场景出发系统梳理领域知识。业界与学界可根据自身定位有所侧重：规划院、研究中心等机构可优先推进规划专业图文工具模型建设，以提升工作效率；基于“一张图”开展规划实施管理的机构，更适合发展规划数据管理与分析模型；而规划推演决策模型则需要业界与学界协同探索。总体而言，国土空间规划专业大模型的构建路径，是以规划领域知识为引领，实现领域知识与大模型能力的深度融合。这一路径也与《全国国土空间规划实施监测网络建设工作方案（2023—2027年）》提出的专业模型体系建设方向相衔接。面向规划实施监测、辅助编制、自动审查、动态预警等任务，规划专业大模型不宜停留在通用问答助手层面，而应围绕规划知识图谱、规则库、案例库和场景化工具链建设，逐步形成支撑规划“编审施督”的专业智能能力。

主持人：

智慧国土空间规划是国土空间数字化、智慧化治理的重要方向。在数字生态文明建设背景下，大模型如何从数据底座、知识体系、交互机制和认知能力等层面重塑智慧国土空间规划的治理范式？其背后有哪些治理逻辑需要进一步重构？

访谈嘉宾：

柴勋，自然资源部国土空间规划研究中心智慧规划所副所长，高级工程师。主要研究方向为国土空间规划信息化、国土空间规划实施监测网络（CSPON）建设以及智慧规划技术。

新时期的国土空间规划正迈向“可感知、能学习、善治理、自适应”的智慧规划新阶段^[13]。在数字生态文明建设背景下，智慧国土空间规划已成为数字化治理体系的重要组成部分，而以大模型为代表的人工智能技术，正推动国土空间规划从静态蓝图向动态、智能治理模式转变。凭借跨领域认知、推理与生成能力，大模型在时空认知、资源配置优化和协同决策等方面展现出显著优势，重塑智慧国土空间规划的治理范式。

（1）大模型改变了智慧国土空间规划数据底座的构建方式。在既有数据库和中间件支撑自动化数据采集处理的基础上，大模型通过整合文本、图像和空间数据等各行业多模态数据，并借助知识图谱和时空关联实现深度融合。通过解析政策文本、解译遥感影像和规划图纸并关联时空数据，可构建覆盖规划编制、实施与监测全过程的多维数据体系。同时，样本库、规则库、知识库和案例集等行业知识数据体系的引入，使原本难以被计算机识别的信息得以结构化利用，显著拓展和延伸了智慧规划数据底座的广度和深度。

（2）大模型推动智慧国土空间规划知识体系的重构。从人的角度看，规划师正由传统专业角色转向数智化规划师，需要理解规划规则、时空数据与智能模型之间的映射关系，并以数智化思维开展规划“编审管”工作。从知识形态看，借助知识图谱、检索增强生成等使规划知识由仅面向人的文本化描述转为适用于大模型的知识体系，支撑大模型对于知识的动态关联与推演，从而将规划知识转化为可被模型理解和执行的决策规则，

推动规划从“描述性文本”向“可执行决策”跃迁。

(3) 大模型全面革新规划系统的交互机制。基于大模型的自然语言理解与生成能力,人工智能赋能的规划系统可实现口语化指令交互,用户通过自然语言即可完成查询分析、工具调用和成果生成。依托大模型生成与迭代能力,规划工作从“完整创作”转向“判断与调整”,通过多轮交互不断优化成果。同时,随着规划文本、图集与三维模型等时空数据基于TIM等系统框架进行融合,规划系统支撑跨尺度成果的直观展示、动态调整与推演分析能力能够进一步加强。

(4) 大模型显著深化了对国土空间复杂巨系统的时空认知。通过多模态融合、时空图谱构建和空间发展动态推演,大模型能够从海量数据中提取知识、识别规律,揭示城市运行的时空关联与因果机制^[14],实现国土空间治理由“数据驱动”向“数据—知识—智能”协同驱动的转变。

总体而言,借助大模型技术,国土空间规划正实现从被动响应向主动预判、由“单人治”向“人机融合治理”的转型,显著提升规划决策的前瞻性、协同性与智能化水平。

主持人:

从传统的统计模型、机器学习模型到深度学习模型,再到如今的大语言模型,矿产地质预测技术随着人工智能技术的发展不断迭代,您认为大模型技术能否成为矿产地质领域智能化的新拐点?未来“矿产地质大模型”应该具备哪些核心能力?

访谈嘉宾:

肖克炎,中国地质科学院矿产资源研究所首席科学家,二级研究员、博士生导师,深地探测与矿产勘查全国重点实验室首席科学家,自然资源部科技领军人才,“新世纪百万人才工程”国家级人选,俄罗斯科学院与工程院外籍院士。主要研究方向为矿产资源定量预测与勘查评价、地学应用软件开发、成矿远景区划等。

从统计模型、机器学习到深度学习,矿产资源预测技术不断演进。统计模型用于发现基本规律,机器学习提升了多源异构数据处理与非线性关系挖掘能力,深度学习则依托自动特征提取深化了对复杂地质模式的理解。但总体而言,这些技术仍主要在“数据驱动”范式下对效率与精度进行持续优化。相比之下,融合地质领域知识的行业大模型,正成为地质矿产智能化发展的“新拐点”,其意义不止于提质增效,而在于推动预测范式的根本性变革。

(1) 大模型推动矿产勘查由单一“数据驱动”向“数据+知识”双驱动范式转变。传统AI擅长发现数据关联,却难以真正理解地质内涵。而多模态大模型有潜力构建具备综合认知能力的“地质超级大脑”,能够同时理解遥感影像、地质文本、物化探数据,并与成矿理论和知识图谱深度融合,推动以下四方面变化:一是由模式识别走向认知推理,地质人员可通过自然语言与模型交互,自动生成分析结论甚至提出找矿假说;二是由信息孤岛走向跨模态融合,打通文本、影像、物化探与三维模型之间的壁垒;三是由经验探索走向知识推演,通过整合历史数据与多学科理论,实现智能化找矿预测;四是由人力分析走向AI主导决策,结合智能体与勘查装备,形成“勘探—评价—决策”的实时闭环。

(2) 未来矿产地质大模型需要从四个层面构建核心能力。首先,在认知基础层面,地质大模型必须建立对三维地质体及其时间演化过程的四维认知,这是区别于通用模型的关键能力。其次,在数据整合层面,模型应具备跨模态、跨尺度的数据融合能力,实现从区域到微观尺度的地学信息统一表达。第三,在知识保障层面,应将成矿机理和物理模型嵌入模型架构,避免纯数据驱动可能带来的伪关联,确保预测结果具备地质可解释性。最后,在业务应用层面,模型需覆盖从靶区识别到勘探决策的全流程,能够动态优化勘探方案,形成自主智能的找矿体系闭环。

总体来看,通过构建基于矿产地质大模型的“数据+知识”双驱动智能勘查系统,有望突破传统方法的局限,推动地质勘查从经验主导向智能决策转变,为矿产资源的高效勘探与可持续发展提供新的技术路径。

主持人:

构建“空—天—海—潜”智能观测网络和深海极地数字孪生系统是海洋资源开发的重要基础设施。大模型技术如何实现多源异构海洋数据的深度融合与智能解译,从而支撑海洋环境监测预测、深海采矿评价、极区航道优化等关键应用场景?在提升中国海洋认知能力和全球海洋治理话语权方面,您认为大模型技术的突破点和发展路径是什么?

访谈嘉宾:

王永刚,自然资源部第一海洋研究所科技处处长,研究员。主要研究方向为海洋动力环境分析及模拟预报研究。

作为自然资源行业的重要组成部分,海洋领域的认知范式正在被大模型技术重塑。传统海洋科学以现场观测、理论分析、数值模拟为研究手段,难以应对全球海洋治理对系统性认知和实时决策的要求。大模型可将数据处理能力、物理机制理解和跨领域应用整合为一体,从根本上突破了海洋数据“采不齐、存的散、用不全”的困境,为中国从海洋数据大国迈向海洋认知强国提供了技术路径。

(1) 大模型技术能够有效打通异构数据壁垒,实现多源海洋数据的深度融合。卫星遥感覆盖广但时间间隔长,常规调查精细连续却范围受限,数值模拟满足时空需求但准确度有限,这些数据各有短板。大模型可自动匹配整合不同类型数据,将碎片化信息转化为连续整体。在格式处理上,面对时间序列、三维结构、图像、文本等多元数据形式,大模型能够自动完成结构适配,将处理周期从数周缩短至数天。更重要的是,大模型可以持续挖掘数据中的隐藏规律:长时间序列数据用于年际变化及气候变化研究,实时/准实时数据支撑海洋环境精准预报,最终应用到海洋预报预警、防灾减灾等场景。这一过程不仅大幅提升了数据处理效率,还激活了因处理困难而长期闲置的数据资源,进一步为海洋环境监测预测、深海采矿评价、极区航道优化等多领域发展提供支撑。

(2) 提升海洋认知能力和全球治理话语权,需要在技术和人才两个层面实现关键突破。在技术层面,海洋环境受流体动力学、热力学等物理规律深度约束,纯数据驱动的大模型容易因忽略底层科学原理而出现动力扭曲、预测失真、极端场景误判等问题。这就要求我们必须实现“数据驱动+物理约束”的双驱动模式,让大模型在学习数据规律的同时遵循物理机制,从而提供更具科学性的分析支撑。在人才层面,当前海洋大模型研发面临明显的“人才断层”困境:海洋科学家缺乏大模型技术能力,算法专家不熟悉海

洋物理规律,治理从业者难以衔接技术落地。需要加快构建“产学研用”联动的人才培育体系,针对海洋科研人员、治理从业者开展大模型技术培训,弥补技术短板,推动不同应用场景的协同创新。

总体而言,大模型技术的价值不在于替代人工,而在于赋能海洋数据处理、规律认知和预测预报从人工驱动转向高效的智能驱动。其发展应用不仅为海洋资源开发、灾害应对提供科学支撑,符合海洋强国建设与全球海洋治理的战略方向,更将成为中国参与全球海洋治理、构建海洋命运共同体的核心竞争力。

4 综合反思与未来展望

从长远发展来看,大模型在自然资源行业的深度应用仍面临诸多约束。四位专家在综合反思赋能路径与技术瓶颈的基础上,围绕大模型“幻觉”问题与行业法定性要求之间的张力,从技术和制度两个层面探讨了安全防控体系的构建方案,进而聚焦自然资源数据全生命周期的安全治理路径,最终面向智慧国土的智能化、实时化、个性化演进提出了未来突破方向。

主持人:

生成式AI进一步深度赋能自然资源管理和国土空间治理,还需要突破哪些共性瓶颈?从技术创新、数据资源、场景适配和生态协同等方面看,行业应如何构建可解释、可验证、可持续演进的发展路径?

访谈嘉宾:

熊伟,自然资源部高层次科技创新人才工程科技领军人才,正高级工程师,武汉市绿色建筑发展促进中心副主任,自然资源部“一张图”建设专家组成员,自然资源部信息化专家委员会技术组专家,中国城市规划协会信息管理工作委员会秘书长。主要研究方向为智慧规划、地理信息与智慧城市等。

大模型为自然资源管理和国土空间治理智能化转型带来了前所未有的技术机遇,但其应用仍处于早期阶段,且技术体系正快速演进。在这一阶段推进实践探索,应注重共性技术能力的提炼,并与自然资源“一张图”、国土空间基础信息平台、各地规划实施监测和业务审批系统等既有数字化治理基础深度融合,坚持“技术迭代而非替代”“知识驱动而非黑箱”的原则,推动大模型与国土空间治理知识体系的协同融合,构建可解释、可验证、可持续演进的国土空间智能系统。结合前序专家论述,从实践角度,认为其潜力、应用和发展主要体现在以下几个方面。

从技术潜力看,大模型为自然资源管理和国土空间治理提供了新的能力支点。首先,大模型可显著提升空间知识的系统化管理能力。自然资源管理和国土空间治理涉及政策文本、规划标准、历史案例等显性知识,以及专家经验和地方实践等隐性知识,传统知识图谱难以动态覆盖其复杂性。通过语义嵌入与RAG等技术,构建动态更新的空间知识库,为规划编制、政策解读和案例推送等提供智能辅助。其次,大模型增强了多源数据的融合与推理能力。国土空间治理需要整合测绘、遥感、社会经济、空间规划等多源异构数据。大模型具备强大的多模态理解能力,可实现对文本、图像和空间数据的一体化理解,支持从数据到信息、再到知识的跃迁,为空间诊断、趋势推演和决策模拟提供支

撑。再次，大模型推动治理流程的智能化重构。在规划编制、用地审批和社会参与等环节，可通过提示词工程和智能体（Agent）等技术，构建人机协同 workflow，实现方案生成、合规校核和流程优化，提高自然资源管理和国土空间治理效率与透明度。

与此同时，大模型在自然资源管理和国土空间治理中的应用仍面临多方面技术短板。一是模型“幻觉”问题与空间治理严肃性之间的矛盾。大模型基于概率生成，可能输出看似合理但实则错误的内容。在规划编制、用地审批和灾害评估等场景对准确性和规范性要求极高，错误输出可能带来系统性风险。二是长链因果推理能力不足。空间政策往往具有复杂的联动效应，大模型在跨环节、跨尺度因果推断方面仍难以支撑高置信度决策。也就是说，大模型擅长捕捉统计相关性，而空间治理更需要理解因果机制，这是两种不同的认知范式。三是数学与空间计算能力存在明显局限，在指标核算、空间关系判断等任务中错误率较高，限制了其在核心规划业务中的直接应用。四是专业深度与泛化能力之间的平衡难题。尽管微调（Fine-tuning）和 RAG 可提升大模型在特定领域的表现，但仍面临语料标注成本高、知识更新滞后和跨层级适应性不足等问题，使大模型在复杂空间治理中更多承担辅助角色。更深层次的问题是，现代信息技术与空间治理这类复杂系统问题之间，存在巨大的鸿沟。包括不同学科对“空间”这一词汇的理解存在差异，这种鸿沟不是技术的缺失，而是认知范式与复杂系统本质之间的根本性张力。

面向落地应用，应从技术、数据和制度三个层面协同推进空间智能发展路径。在技术层面，构建“基础模型—领域引擎—本地适配”的混合架构，由通用大模型负责自然交互与跨领域理解，空间专业引擎提供精确计算与规则推演，本地模型融入属地数据与政策要求。这种混合架构也是迈向物理世界大模型或空间大模型的重要过渡。在数据层面，高质量数据集的建设是关键抓手，自然资源部门信息化起步早、基础好，积累了海量多源数据，这也是行业应用大模型最宝贵的资源。然而，现有数据普遍缺乏必要的元数据、语义标准和上下文关联，会放大大模型在应用时的“幻觉”。需要系统性开展数据治理，推动从流程数据到知识语料的转变，建立涵盖“政策—空间—案例”多维语料库，并推动数据标注与评测标准统一。在场景实践层面，并非所有业务都适合全面引入大模型。从任务属性看，大模型更适合知识密集、语义理解、模式识别类任务，如政策咨询、案例检索、方案初筛、公众参与等；而不太适合计算密集、规则严格、责任重大类任务，如指标核算、用地审批、灾害评估等。需要建立科学的适配性判断标准，避免“为了智能而智能”。在制度与生态层面，应加强跨学科协作与行业共识构建。空间治理涉及规划、地理、计算机等多学科知识，需建立“政产学研用”协同机制。更重要的是，要培育“懂技术的规划师”和“懂规划的技术专家”两类复合型人才，弥合技术与业务之间的认知鸿沟，使学科之间的差异转化为多视角融合的起点。

过去两年多，大模型技术持续快速迭代，推理能力显著增强，多模态融合日益深化。而行业落地应用中的专业深度与泛化能力的难题依然存在。技术可以成为理解复杂系统的有力工具，无法替代对系统本身的理解。自然资源和规划领域对 AIGC 的理解和应用，仍然整体滞后于技术发展步伐。需从实践入手，推动大模型与空间治理知识的深度融合，构建可解释、可验证、可迭代的空間智能系统，与“格局—过程—机理”研究范式逐步融合，尝试空间治理的新范式。

主持人:

自然资源管理行业具有法定性、权威性特征,但当前大模型技术仍存在幻觉问题,可能会出现技术逻辑与法定程序冲突、虚构非事实性知识等问题,应如何通过安全防控体系、制度适配改革等措施,让大模型应用在合理、合规、合法的边界内?

访谈嘉宾:

郭旭东,中国国土勘测规划院副院长、研究员,首批国土资源部科技创新团队“土地资源利用与生态管护团队”负责人,自然资源部高层次科技创新人才工程领军人才。主要研究方向为土地生态、土地利用与国土空间规划实施监测评估。

大模型在实际应用中面临“幻觉”问题,表现为虚构事实、前后矛盾、偏离指令等,甚至带来法律合规性、政策曲解、伦理风险等挑战。自然资源管理行业具有法定性、权威性特征,推进其安全可靠落地,需从技术和制度两方面构建防控体系。

(1)在技术层面,需重点关注数据质量、算法优化和安全审核三个关键环节。一是建立面向自然资源领域的高质量数据治理体系。训练数据质量直接决定模型输出可靠性,当数据包含错误或诱导性信息时,缺陷会在生成过程中被放大产生“幻觉”。针对自然资源行业数据来源广泛、类型多样的特点,需构建多模态数据质量评估体系,运用先进数据清洗技术和领域知识验证机制,确保训练数据高质量、全覆盖。二是提升模型算法的真实推理能力。当前大语言模型训练目标是生成流畅文本而非确保事实准确,易导致内容符合语言习惯但偏离客观实际;模型短期记忆限制也使其在处理长文本时出现逻辑不一致或事实错误。需加强多模态模型研发,整合图像、视频、文本等多种输入提高准确性,并引入外部知识库辅助生成,以及提升持续学习与环境适应能力,避免灾难性遗忘。三是强化输出内容的安全风险审核机制。开发基于法律知识图谱和自然资源法规的约束性训练框架,将法律条文转化为结构化约束,确保推理结果符合国家法律政策;整合法律知识库、事实核查引擎和伦理审查模型,开发部署内容审核系统,实现合规风险实时监测和动态审核。

(2)在制度层面,需从风险评估、法规完善和协同治理三方面系统推进。一是建立健全自然资源行业大模型风险评估监测制度。包括定期审查算法设计、开发和训练过程,重点检查可能导致偏差、歧视或恶意使用的漏洞;运用注意力可视化、决策路径追溯等技术提升模型透明度;建立实时监测系统,如参考OpenAI的GPT-4监控仪表盘等实践,构建涵盖多维风险指标的综合监测体系。二是加快制定专门法律法规,明确大模型开发、使用、管理全过程的权责边界。规范数据处理、隐私保护、知识产权等行为,包括建立严厉处罚机制、强制性合规审查制度、构建分层分级责任认定体系等,形成从技术开发者到最终使用者的完整责任追溯链条。三是推动建立自然资源行业大模型协同治理平台。通过行业信用评价体系引导自然资源行业从业者遵守法律伦理准则;组织制定技术标准和规范,统一行业技术要求和评估方法,避免标准碎片化;促进不同主体间的技术交流合作,推动大模型产业在自然资源领域健康有序发展。

主持人:

自然资源数据作为国家基础性战略资源,关乎着国家信息安全与可持续发展,其安全治理面临数据开放共享与风险防控的双重挑战。随着人工智能技术的革命性突破,大

模型在知识推理、异常检测、风险预测等方面展现出独特优势。请您谈谈如何看待大模型技术在自然资源数据安全治理中的价值与应用前景？

访谈嘉宾：

朱长青，南京师范大学地理科学学院二级教授、博士生导师，南京吉印信息科技有限公司董事长，中国地理信息产业协会地理信息安全技术工作委员会主任委员。主要研究方向为地理信息安全理论和技术的研究与应用。

随着国家数字化转型和高质量发展持续推进，自然资源数据的战略价值与安全属性日益凸显。围绕数据治理与安全保障，国家相继出台多项法律法规，为数据安全治理提供了制度基础。如《自然资源领域数据安全管理办法》对数据分类分级、分级防护和数据全生命周期安全管理提出了明确要求，也使自然资源数据安全治理从传统信息系统安全，进一步拓展为覆盖数据采集、汇聚、治理、训练、推理、共享和应用全过程的系统性治理问题。但长期以来，自然资源数据安全仍主要依赖人工筛查、静态权限控制和封闭式管理，难以适应数据使用高频化、平台多元化和数据融合复杂化的新形势，治理效能逐步显现不足。大模型技术的发展，为破解这一困境提供了新的技术路径。

当前，自然资源数据安全治理主要面临四方面挑战。一是海量数据中敏感信息识别能力不足，仍高度依赖人工经验判断，效率和准确性难以保障。二是多源、多模态数据聚合过程中泄密风险显著上升，部分原本非敏感数据可能通过时空关联和语义互补被还原出敏感信息。三是权限管理机制相对滞后，在跨部门、跨场景数据共享常态化背景下，基于角色的静态授权方式难以实现精细化评估和动态管控，越权使用行为难以及时识别和阻断。四是二三维数据脱敏手段相对粗放，现有方法多依靠人工遮蔽或规则过滤，难以高效处理包含纹理细节、文字标注和复杂结构的空間数据。

针对上述问题，应充分发挥大模型的智能认知与推理能力，从四个方面推进自然资源数据安全治理升级。首先，依托数据分类分级制度，构建智能化敏感信息识别体系。通过将数据风险等级、管理要求等规则转化为可学习的知识体系，利用大模型的多模态理解能力，实现对涉敏涉密信息的自动识别与分级判定。其次，发挥大模型在文本、图像和结构化数据方面的综合建模能力，构建数据聚合风险感知机制，结合语义相似性、时空关联性和领域知识，对数据聚合过程中的潜在风险进行评估与预警。再次，推动权限管理从静态授权向动态响应转型。基于大模型对用户意图、操作行为和上下文环境的理解能力，识别异常访问行为，构建场景自适应的访问控制机制，实现数据使用过程的安全可控与责任可追溯。最后，推进二三维自然资源数据脱敏智能化，利用大模型的图像与空间理解能力，开展自动化脱敏处理，在保障数据安全的同时兼顾视觉自然性和空间结构一致性，支撑数据共享与开放应用。

总体来看，大模型在自然资源数据安全治理中的应用仍面临模型可信性、行业语料积累、本地部署和算法可解释性等现实挑战，但其强大的认知推理能力为构建动态、智能的数据安全治理体系提供了重要技术支撑。应以大模型为核心引擎，推动形成“规则先行、模型赋能、系统联动、应用落地”的治理机制，加快构建集数据感知、风险识别、预警响应和责任追溯于一体的智能化安全治理路径，为自然资源安全保障体系建设提供创新支撑。

主持人:

智慧国土是自然资源信息化发展的高阶形态,其核心在于以时空数据汇聚、智能分析和知识服务支撑国土空间治理。面向未来,自然资源行业大模型应在哪些关键能力上实现突破?

访谈嘉宾:

王立刚,宁夏回族自治区自然资源信息中心综合业务科科长,正高级工程师,宁夏回族自治区青年拔尖人才。主要研究方向为自然资源信息化建设、应用系统开发与综合业务管理。

智慧国土是自然资源信息化发展的高阶形态,其核心在于依托时空基础设施实现数据汇聚与治理,并通过智能计算与分析,提供面向国土空间治理的知识化服务^[15]。面向未来,自然资源行业大模型所具备的多模态处理、推理和自演化能力,将从如下发展方向为智慧国土迈向新阶段提供关键技术支撑。

(1) 多源融合推动国土空间智能感知升级。未来的国土空间感知将从简单的数据叠加,转向多模态数据的深度融合与协同解析。通过遥感影像、地理信息、物联网感知、政务文本和业务数据等多源信息的联合建模,构建动态联动的“神经感知网络”,实现跨维度语义理解和时空关系挖掘。感知能力由单要素识别向多要素协同转变,由静态监测向趋势预测延伸,逐步形成覆盖自然形态、生态过程与人类活动的全息化感知体系,为国土空间治理提供前瞻性认知基础。

(2) 知识嵌入提升国土空间精准认知能力。精准认知的关键在于将领域知识系统性嵌入模型之中,包括法规制度、空间拓扑、治理逻辑以及专家经验和规划范式。通过构建面向国土空间特征的向量化知识体系,模型不再停留于像素或指标层面的识别,而能够理解山水林田湖草沙等要素背后的运行机理,实现从现象识别向机理解释、从经验驱动向知识驱动的转变,支撑精细化治理与科学分析。

(3) 仿真推演支撑国土空间科学决策。通过融合多源数据与领域知识构建智能体,可将土地利用、规划方案、开发行为及生态演变等转化为可计算、可模拟的过程。借助时空耦合分析和多目标优化方法,在不同决策路径下对资源配置、生态效应和经济绩效进行对比评估,使决策由经验判断走向量化推演,由单一情景分析扩展为多情景模拟,形成“推演—评估—优化”的闭环决策机制。

(4) 主动免疫机制构建全链路安全防御体系。在数据与网络安全方面,智慧国土需从被动防护转向“主动免疫”。通过将风险感知、规则学习和自适应防御嵌入数据采集、传输、存储和应用等环节,结合威胁情报与异常预测模型,实现对安全风险的超前识别和主动处置,构建具备进化能力的安全防御底座,保障数据可信和治理安全。

主持人总结

综合各位专家的深入分析和前瞻思考可以看出,自然资源行业大模型的发展,已经不只是人工智能技术在单一行业中的工具化应用问题,而是自然资源治理体系在智能时代如何重构认知方式、组织方式和决策方式的系统性命题。从专家观点看,自然资源行业大模型的发展至少呈现出三重逻辑转变:

其一，是从“通用智能调用”转向“专业知识内化”。自然资源管理高度依赖空间关系、尺度转换、政策规则和业务经验，单纯依靠通用大模型的语言生成能力，难以支撑规划管控、调查监测、资源评价和生态修复等专业任务。行业大模型建设的关键，在于将空间拓扑、多尺度表达、领域知识、规划规则和专家经验转化为模型可理解、可推理、可执行的知识体系。其二，是从“单点效率提升”转向“业务流程重构”。大模型的价值不应停留在政策问答、文本生成、图像识别等局部环节，而应逐步嵌入自然资源调查监测、国土空间规划、用途管制、资源资产管理、矿产勘查、海洋治理等核心业务流程，推动业务从经验判断、静态分析和事后响应，走向动态感知、智能研判和协同决策。其三，是从“技术应用探索”转向“治理能力建设”。自然资源管理具有法定性、权威性和公共性，大模型应用必须同时回答“能不能用”“怎么用好”和“如何负责”的问题，不能脱离数据安全、模型可信、责任可追溯等治理要求。

基于上述认识，未来自然资源行业大模型建设应从“模型中心”转向“数据—知识—模型—场景—治理”协同演进。数据是模型能力形成的基础，但只有经过标准化治理、语义化组织和知识化表达，才能真正转化为可被模型吸收的行业语料和规则体系；知识是行业大模型区别于通用大模型的核心，既包括法律法规、技术标准、规划规则等显性知识，也包括专家经验、地方实践和业务流程中沉淀的隐性知识；模型是承载数据和知识的智能载体，需要在通用能力、空间计算、专业推理和场景适配之间形成合理分工；场景是检验模型价值的最终入口，应优先选择需求明确、风险可控、反馈闭环清晰的业务环节开展试点；治理则贯穿全过程，需要在标准规范、评测体系、安全审查、责任追溯和协同机制等方面形成制度保障。只有上述五个环节形成闭环，行业大模型才能够真正走向“能应用、能迭代、能负责”。

从发展路径看，自然资源行业大模型不宜追求一步到位，而应采取分阶段、分层次、分场景的推进策略。短期应以低风险、高频次、知识密集型场景为切入点，重点推进政策法规问答、规划文本审查、案例检索、图件识别、报告辅助生成、公众咨询服务等应用，积累行业语料、场景经验和评测方法。中期应围绕国土空间规划实施监测网络、自然资源“一张图”等建设目标，推动大模型与空间分析工具、业务审批系统、监测预警平台和智能体工作流深度融合，形成面向调查、规划、利用、保护、修复、监管的综合智能支撑能力。长期则应面向自然资源治理现代化需求，探索构建具有空间认知、机理解释、仿真推演、辅助决策和安防能力的行业智能底座，使大模型从辅助工具逐步发展为支撑国土空间治理体系和治理能力现代化的重要基础设施。

总体而言，自然资源行业大模型的发展，不应被简单理解为人工智能技术对既有业务的外部赋能，而应被视为自然资源管理知识体系、技术体系和治理体系的一次深层重组。它既要求人工智能技术更加理解空间、理解规则、理解业务，也要求自然资源行业主动将长期积累的数据资源、专业知识和治理经验转化为可计算、可推理、可验证的智能化能力。未来，应在国家“人工智能+”行动和数字中国等建设背景下，进一步加强自然资源、地理信息、人工智能、公共管理等领域的跨学科协同，推动政府部门、科研院所、高等院校和行业企业形成分工清晰、优势互补、持续迭代的创新生态，逐步构建安全可信、专业适配、开放协同、面向实战的自然资源行业大模型发展体系，为智慧国土建设、美丽中国建设和生态文明治理现代化提供新的技术支撑与制度动能。

致谢：感谢刘耿博士在部分专家观点整理过程中提供的协助。

参考文献(References):

- [1] 中华人民共和国自然资源部. 自然资源部办公厅关于印发《全国国土空间规划实施监测网络建设工作方案(2023—2027年)》的通知, https://gi.mnr.gov.cn/202309/t20230908_2799702.html, 2023-09-05. [Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China. Notice of the General Office of the Ministry of Natural Resources on Issuing the Work Plan for the Construction of the National Land and Space Planning Implementation Monitoring Network (2023-2027), https://gi.mnr.gov.cn/202309/t20230908_2799702.html, 2023-09-05.]
- [2] 国务院. 国务院关于深入实施“人工智能+”行动的意见, https://www.gov.cn/gongbao/2025/issue_12266/202509/content_7039598.html, 2025-08-21. [State Council of the People's Republic of China. Opinions of the State Council on Deepening the Implementation of the "Artificial Intelligence+" Action, https://www.gov.cn/gongbao/2025/issue_12266/202509/content_7039598.html, 2025-08-21.]
- [3] 张鸿辉, 钟镇涛, 杨丽娅, 等. 国土空间规划实施监测网络(CSPON)算法模型体系构建及应用. 自然资源学报, 2024, 39(12): 2853-2868. [ZHANG H H, ZHONG Z T, YANG L Y, et al. Construction and application of algorithm model system for China Spatial Planning Observation Network (CSPON). Journal of Natural Resources, 2024, 39(12): 2853-2868.]
- [4] 李宇航, 徐志伟, 刘燕华, 等. 人工智能时代的地理科学前沿问题探析. 地理学报, 2024, 79(10): 2409-2424. [LI Y H, XU Z W, LIU Y H, et al. AI for geographical sciences: The frontiers. Acta Geographica Sinica, 2024, 79(10): 2409-2424.]
- [5] 赵毅, 韦胜, 郑俊. 国土空间规划实施监测网络中多源数据融合路径研究: 以高铁网络发展评估的应用实践为例. 自然资源学报, 2024, 39(12): 2912-2923. [ZHAO Y, WEI S, ZHENG J. Exploring the development path of multi-source data fusion for China Spatial Planning Observation Network: Using the application of high-speed railway network development evaluation as an example. Journal of Natural Resources, 2024, 39(12): 2912-2923.]
- [6] 龙花楼, 陈坤秋, 郑瑜晗, 等. 土地系统科学的理论认知与研究范式. 资源科学, 2025, 47(1): 3-13. [LONG H L, CHEN K Q, ZHENG Y H, et al. The theoretical cognition and research paradigm of land system science. Resources Science, 2025, 47(1): 3-13.]
- [7] ZHANG Y F, WEI C, HE Z T, et al. GeoGPT: An assistant for understanding and processing geospatial tasks. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2024, 131: 103976, Doi: 10.1016/j.jag.2024.103976.
- [8] 王常青, 郝丽阳, 郭悦, 等. 生成式人工智能应用发展报告(2025). 北京: 中国互联网络信息中心, 2025. [WANG C Q, HAO L Y, GUO Y, et al. Generative Artificial Intelligence Application Development Report (2025). Beijing: China Internet Network Information Center, 2025.]
- [9] 肖飞, 吴洪涛, 郭文华, 等. 自然资源行业大模型建设框架与典型场景研究. 自然资源信息化, 2024, (6): 54-62. [XIAO F, WU H T, GUO W H, et al. Research on the framework and typical scenarios of large language model construction in the natural resources industry. Natural Resources Informatization, 2024, (6): 54-62.]
- [10] JACOBIDES M G, CENNAMO C, GAWER A. Towards a theory of ecosystems. Strategic Management Journal, 2018, 39(8): 2255-2276.
- [11] CENNAMO C, SANTALO J. Platform competition: Strategic trade-offs in platform markets. Strategic Management Journal, 2013, 34(11): 1331-1350.
- [12] JONES C I, TONETTI C. Nonrivalry and the economics of data. American Economic Review, 2020, 110(9): 2819-2858.
- [13] 钟镇涛, 张鸿辉, 刘耿, 等. 面向国土空间规划实施监督的监测评估预警模型体系研究. 自然资源学报, 2022, 37(11): 2946-2960. [ZHONG Z T, ZHANG H H, LIU G, et al. Research on model system of monitoring-evaluation-warning for implementation supervision of territory spatial planning. Journal of Natural Resources, 2022, 37(11): 2946-2960.]
- [14] 葛全胜, 孙福宝, 江东, 等. 星链智能地理: 地理学的新机遇. 地理学报, 2025, 80(1): 3-11. [GE Q S, SUN F B, JI-

ANG D, et al. LEO constellation-artificial intelligence-driven geography: A new opportunity in geography. *Acta Geographica Sinica*, 2025, 80(1): 3-11.]

- [15] 陈军, 翟曦, 王艳慧, 等. 智慧国土的基本内涵与发展方向. *时空信息学报*, 2024, 31(2): 157-167. [CHEN J, ZHAI X, WANG Y H, et al. The basic connotation and development directions of smart territory. *Journal of Spatio-temporal Information*, 2024, 31(2): 157-167.]

Foundation models for the natural resources sector: Challenges and perspectives

ZHANG Hong-hui^{1,2}, LI Man-chun³, ZHANG Ji-xian⁴, YAN Hao-wen⁵, LIU Xiao-ping⁶,
SHI Jun-hui⁷, WU Hong-tao⁸, HE Hua-gui⁹, LONG Ying¹⁰, NIU Xin-yi¹¹, CHAI Xun¹²,
XIAO Ke-yan¹³, WANG Yong-gang¹⁴, XIONG Wei¹⁵, GUO Xu-dong¹⁶,
ZHU Chang-qing¹⁷, WANG Li-gang¹⁸, ZHONG Zheng-tao^{1,2}

(1. Guangdong Guodi Science Technology Co., Ltd., Guangzhou 510650, China; 2. Laboratory of Carbon Neutralization and Territory Space Planning, Nanjing 210023, China; 3. School of Geography and Ocean Science, Nanjing University, Nanjing 210023, China; 4. Moganshan Laboratory of Geospatial Information, Huzhou 313200, Zhejiang, China; 5. Faculty of Geomatics, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China; 6. School of Geography and Planning, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510006, China; 7. Zhejiang Lab, Hangzhou 311100, China; 8. Information Center, Ministry of Natural Resources, Beijing 100830, China; 9. Guangzhou Basic Geographic Information Center, Guangzhou 510030, China; 10. School of Architecture, Tsinghua University, Beijing 100084, China; 11. College of Architecture and Urban Planning, Tongji University, Shanghai 200092, China; 12. Territorial Spatial Planning Research Center, Ministry of Natural Resources, Beijing 100035, China; 13. Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 14. First Institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources, Qingdao 266061, Shandong, China; 15. Wuhan Green Building Development Promotion Center, Wuhan 430015, China; 16. China Land Surveying and Planning Institute, Ministry of Natural Resources, Beijing 100035, China; 17. School of Geography Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China; 18. Ningxia Hui Autonomous Region Natural Resources Information Center, Yinchuan 750002, China)

Abstract: Artificial intelligence technology is reshaping the development landscape of various industries at an unprecedented pace. Large models, as the core driving force of the new wave of technological revolution, have become a crucial engine for advancing new quality productive forces and modernizing social governance. To systematically explore the theoretical understanding, technological pathways, application models, and governance mechanisms for the development of large models in the natural resources sector, this paper features in-depth interviews with numerous experts from universities, R&D institutions, and management departments, focusing on the deep integration of technological innovation and industry needs. Synthesizing the main viewpoints of these experts, the development of large models in the natural resources sector in the new era needs to prioritize the following: (1) Constructing a specialized intelligence system and achieving technological breakthroughs tailored to industry characteristics. Addressing the complexities of spatio-temporal data, the density of specialized knowledge, and the rig-

orous business logic in the natural resources domain, it is necessary to overcome the limitations of general large models in geospatial cognition, professional knowledge reasoning, and multi-scale modeling. This involves building a spatio-temporal foundation model architecture that integrates spatial-topological relationships, temporal evolution patterns, and multi-modal data understanding, thereby advancing from textual semantic comprehension to geospatial intelligent agents. This will drive the evolution of core business areas such as surveying and monitoring, planning and management, resource allocation, and ecological protection towards a physical world foundation model, creating a disruptive paradigm shift in intelligence. (2) Innovating application scenarios and exploring value realization pathways oriented towards business needs. Focusing on the core requirements of fulfilling the "two unified" responsibilities for natural resources, we must adhere to the fundamental principle of "human-computer collaboration" rather than "machine replacement." This requires strengthening the deep application of large models in information perception, analytical cognition, and decision-making processes. A phased strategy combining the rapid adaptation of a short-term, layered ecosystem based on open-source models with the long-term goal of an independent and controllable proprietary technology base is essential. The focus should be on the synergistic evolution mechanism of the four elements—"data, knowledge, model, and scenario"—to build a multi-level application system covering macro-level strategic decision-making, meso-level business management, and micro-level technical operations, achieving precise matching between technological capabilities and business needs for large-scale application transformation. (3) Building a governance system and fostering institutional innovation for multi-stakeholder collaboration. It is crucial to recognize the national security attributes of natural resources data and the "double-edged sword" nature of large model technology. This necessitates a coordinated effort leveraging the role of universities and research institutions as sources of innovation, the guidance of natural resources authorities, and the primary role of information technology enterprises in innovation. A "government-industry-academia-research-application" collaborative innovation ecosystem should be established. By creating a full-chain security governance system that includes data governance, algorithm auditing, and hallucination mitigation at the technical level, as well as standards, legal safeguards, and risk assessment at the institutional level, we can balance the relationships between technological innovation and security, open sharing and risk control, and efficiency improvement and accountability. This will ensure the healthy and orderly development of large models within reasonable, compliant, and legal boundaries.

Keywords: natural resources; territorial spatial planning; artificial intelligence; domain-specific large model; spatio-temporal intelligence; territorial spatial governance