

数字生态文明蓝皮书

Blue Book on Digital Ecological Civilization

数字生态文明 发展报告(2025年)



生态环境部信息中心 自然资源部信息中心 水利部信息中心

2026年4月

前 言

习近平总书记在 2023 年全国生态环境保护大会上指出：“深化人工智能等数字技术应用，构建美丽中国数字化治理体系，建设绿色智慧的数字生态文明”，为新时代数字化赋能生态文明建设提供了根本遵循和行动指南。

2025 年，以习近平同志为核心的党中央团结带领全国各族人民迎难而上、奋力拼搏，坚定不移贯彻新发展理念、推动高质量发展，统筹国内国际两个大局，全年经济社会发展主要目标任务顺利完成，“十四五”圆满收官，中国式现代化迈出新的坚实步伐。我国数字生态文明发展基础持续夯实，美丽中国数字化治理体系不断完善，数字化绿色化协同转型全面提速，数字技术赋能成效显著。

为系统梳理“十四五”时期，特别是 2025 年数字生态文明发展成效，生态环境部信息中心联合自然资源部信息中心、水利部信息中心共同编制了本报告。报告内容主要依据政策文件、权威媒体信息、课题研究及问卷调查整理形成，所载观点仅代表研究成果，不代表政府部门官方立场。转载、摘编或利用其他方式使用本报告文字或者观点的，应注明引用来源。由于数字生态文明内涵不断深化、外延持续拓展，对其认识还有待完善，报告如有不足之处，请读者批评指正。

目 录

一、数字生态文明政策演进和面临挑战	1
(一) 政策演进	1
(二) 面临形势和挑战	15
二、生态环境数字化治理体系日益健全	18
(一) 智能感知支撑精准管控	18
(二) 智慧应用重塑治理范式	23
(三) 数据资源体系持续完善	36
(四) 绿色基础设施筑牢安全屏障	44
三、自然资源数字化治理效能不断增强	46
(一) 政策体系与标准建设逐步完善	46
(二) 协同治理能力与公共服务水平提升	48
(三) “一张图”建设取得显著进展	51
(四) 数字技术推动自然资源治理提质增效	54
四、数字孪生水利取得关键突破	56
(一) “天空地水工”一体化监测感知系统初步构建	57
(二) “高保真”数学模型系统持续完善	62
(三) 数智赋能“2+N”水利业务应用加速迭代	65
(四) 水利数据资源开发利用进入新阶段	70
五、数字化绿色化协同转型发展全面加速	72
(一) 双化协同理论研究	73
(二) 数字化推动产业绿色低碳发展	78
(三) 绿色化引领产业数字化发展	81
(四) 重点行业数字化绿色化转型路径	82
六、绿色智慧生活提升民生福祉	86
(一) 数字平台推动绿色生活与全民参与	86

(二) 数字赋能环境透明与公众共治	88
(三) 数字技术助力绿色生活创新与实效	90
七、未来展望	91
(一) 发展愿景	92
(二) 实施路径	94
(三) 保障体系	96
(四) 全球合作	97

图 目 录

图 1	数字生态文明总体框架	7
图 2	数字生态文明建设体系架构	12
图 3	生态环境监测网络体系架构	19
图 4	各地新型监测技术在环境监测中使用情况	21
图 5	生态环境监测“黑灯实验室”	22
图 6	机器狗在生态环境监测中的应用	23
图 7	“碧水精灵”智能体	26
图 8	危险废物全过程环境管理体系设计	28
图 9	全国碳市场体系框架	30
图 10	电碳协同系统动力学模型平台	30
图 11	生态环境分区管控信息平台逻辑框架	31
图 12	各地大模型等数字技术在环境治理中的融合应用程度	36
图 13	部-省-市三级架构数据要素服务	38
图 14	全国生态环境固定污染源高质量数据集内容	39
图 15	生态环境领域数据基础设施建设示意图	39
图 16	各地环境数据平台的技术水平、服务能力与协同效能	40
图 17	各地生态环境部门数据应用与开放情况	41
图 18	数据在各地核心业务中创造价值的能力	42
图 19	各地将数据作为“资产”进行管理和运营的进阶程度	42
图 20	各地在数据治理与流通方面最迫切需要解决的核心问题排序	43
图 21	各地生态环境信息化建设基础设施情况	45
图 22	“一张图”建设的时间表和路线图	48
图 23	“天地图”国家地理信息公共服务平台	50
图 24	数字孪生水利体系示意	57
图 25	“天空地水工”一体化监测感知系统	58
图 26	“水利一号”监测黄河凌情信息	59
图 27	布设于广西大藤峡水利枢纽的水利测雨雷达	60
图 28	光电测沙仪实现黄河沙峰全过程实时在线监测	61
图 29	“天空地水工”一体化监测体系	62
图 30	“高保真”模型赋能长距离引调水工程精准安全输水	65
图 31	数字孪生水利资源共享平台	71
图 32	双化协同核心方法论	74

图 33	双化协同发展因果关系图	76
图 34	双化协同发展趋势图	77
图 35	数字工程体系架构图——“数智眼”	79
图 36	新型电力系统电碳协同实施路线图	83
图 37	工业数字神经网络的技术架构	84
图 38	全产业链减碳路线图	85
图 39	生态环境部政务服务平台	89

一、数字生态文明政策演进和面临挑战

（一）政策演进

1. 国家层面重大决策部署

当前，新一轮科技革命和产业变革深入发展，数智化浪潮席卷全球，持续驱动新质生产力的形成与跃升。建设数字中国是数字时代推进中国式现代化的重要引擎，是构筑国家竞争新优势的战略支撑。生态文明建设是关系中华民族永续发展的根本大计，是关系党的使命宗旨的重大政治问题，是关系民生福祉的重大社会问题。

2023年，习近平总书记在生态环境保护大会上明确指出：“深化人工智能等数字技术应用，构建美丽中国数字化治理体系，建设绿色智慧的数字生态文明”。这一重要论述深刻洞察世界科技革命和产业变革大势，立足美丽中国建设和数字中国建设全局，明确了数字技术在美丽中国建设中的关键作用，为新时代以数字化赋能生态文明建设提供了根本遵循和行动指南。

（1）顶层设计与规划

该类文件立足于国家发展全局，确立了数字生态文明建设的总体框架、长远目标与战略地位，为数字生态文明建设提供了宏观规划设计。

2021年12月，中央网络安全和信息化委员会印发的《“十

四五”国家信息化规划》提出，深入推进绿色智慧生态文明建设，推动数字化绿色化协同发展。强化生态环境数字化治理，完善污染防治区域联动机制和陆海统筹的生态环境治理体系。将“绿色智慧生态文明建设行动”作为优先行动加以部署，目标是到 2025 年，自然资源监管、生态环境保护、国家公园建设、水资源保护和能源利用等数字化、网络化、智能化水平大幅提升，有力支撑美丽中国建设。

2023 年 2 月，中共中央、国务院印发的《数字中国建设整体布局规划》指出，推进数字技术与经济、政治、文化、社会、生态文明建设“五位一体”深度融合。要建设绿色智慧的数字生态文明，推动生态环境智慧治理，加快构建智慧高效的生态环境信息化体系，运用数字技术推动山水林田湖草沙一体化保护和系统治理，完善自然资源三维立体“一张图”和国土空间基础信息平台，构建以数字孪生流域为核心的智慧水利体系。要加快数字化绿色化协同转型，倡导绿色智慧生活方式。

2025 年 10 月，党的二十届四中全会审议通过的《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十五个五年规划的建议》提出，深入推进数字中国建设。全面实施“人工智能+”行动，加强人工智能同产业发展、文化建设、民生保障、社会治理相结合，全方位赋能千行百业。

（2）生态环境治理体系

该类文件聚焦生态环境治理体系现代化，重点强调如何利用数字技术提升治理能力，进一步明确了推进数字生态文明建设的重要路径和任务。

2021年11月印发的《中共中央 国务院关于深入打好污染防治攻坚战的意见》明确要求，提高生态环境治理现代化水平。建立健全基于现代感知技术和大数据技术的生态环境监测网络，构建智慧高效的生态环境管理信息化体系。

2023年12月印发的《中共中央 国务院关于全面推进美丽中国建设的意见》对加快数字赋能，建设数字生态文明作出部署，提出实施生态环境信息化工程，加强数据资源集成共享和综合开发利用。健全天空地海一体化监测网络。提升生态环境质量预测预报水平。大力推行非现场执法，加快形成智慧执法体系。

2024年7月，党的二十届三中全会审议通过的《中共中央关于进一步全面深化改革 推进中国式现代化的决定》，在进一步全面深化改革总目标中，明确要聚焦建设美丽中国，加快经济社会发展全面绿色转型，健全生态环境治理体系。具体包括推进生态环境治理责任体系、监管体系、市场体系、法律法规政策体系建设，为数字生态文明建设特别是美丽中国数字化治理体系构建进一步明确了方向。

2025年8月印发的《国务院关于深入实施“人工智能+”行

动的意见》，在“人工智能+”治理能力重点行动中，专题部署“共绘美丽中国生态治理新画卷”任务，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。围绕大气、水、海洋、土壤、生物等多要素生态环境系统和全国碳市场建设等，提升人工智能驱动的监测预测、模拟推演、问题处置等能力，推动构建智能协同的精准治理模式。

（3）重点领域具体落实

该类文件侧重于操作层面的落地执行，明确了数字化绿色化协同转型发展（以下简称双化协同）、碳市场建设等重点领域具体落实的目标、路线和任务等，是推动数字生态文明建设落地实施的行动指南。

2024年8月中央网信办秘书局等印发的《数字化绿色化协同转型发展实施指南》，明确双化协同的基本原则，围绕数字化绿色化基础能力、融合技术体系、融合产业体系三大方向，系统布局双化协同融合创新的重点任务。

2025年4月中央网信办印发的《2025年数字化绿色化协同转型发展工作要点》，提出推动数字产业绿色低碳发展、加快数字技术赋能绿色化转型、发挥绿色化转型对数字产业的带动作用等4个方面22项重点任务。

2025年5月印发的《中共中央办公厅 国务院办公厅关于推进绿色低碳转型加强全国碳市场建设的意见》，强调全面加强碳

市场能力建设，推动建设全链条、数字化、智能化的全国碳市场管理系统、注册登记系统和交易系统，强化服务功能，保障数据安全等具体举措。

2025年5月国家数据局综合司印发的《数字中国建设2025年行动方案》，作为年度行动纲领，部署数字赋能提升等8个方面的重大行动，明确到2025年底，推动数字生态文明建设取得积极进展的具体目标。

2. 数字生态文明内涵和框架体系

(1) 数字生态文明内涵

随着新一轮科技革命的深入推进和双化协同实践的持续丰富，数字生态文明的内涵不断深化、外延持续拓展。学术界及相关机构从数字化与生态文明建设的内在关联、建设逻辑、实施路径等方面开展了相关研究，从不同视角对数字生态文明的内涵特征与实践路径作出了积极探索。有学者提出，数字生态文明建设既有狭义上实现生态文明数字化、构建美丽中国数字化治理体系的实践创新诉求，又有广义上以新质生产力催生人类文明新形态的重大理论创新空间。有学者认为，数字生态文明是数字经济时代的一种文明新样态，即通过数据与数字技术在生产生活及生态环保领域的广泛应用，推动生态文明建设呈现出数字化、绿色化、智能化特征，以最大限度满足人民对美好生态环境的需要。

生态环境部信息中心深入学习习近平生态文明思想和习近

平总书记关于网络强国的重要思想，持续深化数字生态文明理论研究，认为数字生态文明既是生态文明的数字化实现路径，也是生态文明的数字化呈现形式，其核心在于“以数字化赋能绿色化、以绿色化引领数字化”的协同发展，具体表现为充分发挥数据要素价值，运用人工智能、大数据、区块链等技术构建美丽中国数字化治理体系，大幅提升生态环境治理效能，广泛形成绿色低碳的生产生活方式。

（2）数字生态文明总体框架

根据数字中国建设整体布局规划，生态环境部信息中心提出数字生态文明建设“25521”总体框架（图 1），即夯实绿色新型基础设施建设和数据资源体系“两大基础”，构建天空地海一体化生态环境感知、空天地海网一体化自然资源感知、天空地水工一体化水利感知、绿色生产感知和绿色生活感知“五大感知体系”，落实智慧生态环境、智慧国土、数字孪生水利、数字化绿色生产和绿色智能生活“五大应用领域”，提升数字技术创新体系、数字安全屏障“两大保障体系”，拓展全球环境治理数字化协作“一个环境”。后续可根据发展需要，进一步拓展智慧气象等相关应用领域。

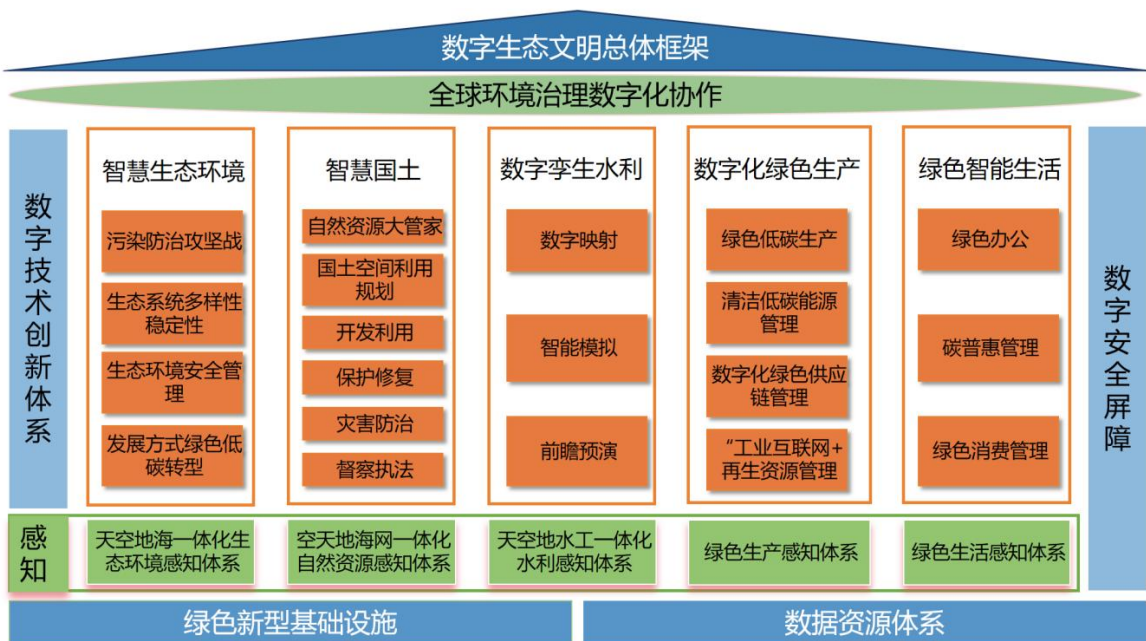


图 1 数字生态文明总体框架

1) 夯实“两大基础”

一是绿色新型基础设施。依托重大信息化工程，主动对接国家“东数西算”战略布局，统筹整合算力资源，构建集云计算、人工智能、边缘计算等多元算力于一体的高效供给体系。推动算力设施深度支撑智慧治理、绿色生产生活等关键环节创新，构建“算力+”绿色低碳生态体系。

二是数据资源体系。统筹推进生态环境、自然资源、水利等全领域和绿色生产生活全过程数据汇聚、融合，构建标准统一、互联互通的生态文明大数据资源池，打造跨部门、跨层级、跨业务的数据共享“一张图”，全面赋能美丽中国建设。

2) 构建“五大感知体系”

一是天空地海一体化生态环境感知体系。加快建设现代化、全覆盖的生态环境监测网络，健全统一规范的感知技术标准体系，推动监测技术、标准方法与装备配置协同衔接、高效适配。持续推进监测网络数智化转型升级，实现多维度、全要素生态环境信息的实时采集与动态感知，为全面推进美丽中国建设提供全量、精准、实时的数据支撑。

二是空天地海网一体化自然资源感知体系。通过卫星、无人机视频、地下水监测网、地面观测站和海洋观监测手段的一体化应用，统筹服务土地、矿产、海洋、水、森林、草原、湿地、荒漠、国家公园等 9 类资源及耕地、林地、草地等要素的一体化调查监测，实现自然资源要素全域覆盖、动态监测与精准识别，为资源管理与决策提供可靠感知支撑。

三是天空地水工一体化水利感知体系。围绕实现全覆盖、全空间、全要素、全天候监测感知目标，综合运用卫星遥感、无人机航测、地面传感、水下探测、水工监测等多源技术装备，在时空、范围、精度、频次等方面深度协同融合，全面实现水利全要素及治理管理全过程智能监测感知，为数字映射、智能模拟、前瞻预演筑牢坚实数据基础。

四是绿色生产感知体系。综合运用物联网、大数据分析等数字技术，搭建覆盖生产全流程的智能感知监测网络，对企业能源

消耗、资源利用、污染物排放、固废处置与资源化回收等关键环节开展全维度实时感知，实现动态监控与精细化管控，推动生产数字化与绿色化深度融合，全面提升产业绿色低碳发展水平。

五是绿色生活感知体系。综合运用大数据分析、智能感知、社会舆情监测等技术，全面感知居民绿色消费、低碳出行、节能用水用电等绿色生活行为，实时洞悉生态环境相关社会热点与公众诉求，精准把握民生关切与舆论趋势，实现对绿色生活方式的动态监测，为引导绿色低碳生活、提升公众生态环境参与度提供支撑。

3) 落实“五大应用领域”

“五大应用领域”涵盖智慧生态环境、智慧国土、数字孪生水利、数字化绿色生产、绿色智能生活，是数字生态文明“25521”总体框架的核心落地载体。各领域相互协同、有机衔接，以数字化全面赋能生态文明建设的各个环节，推动生态环境保护、自然资源利用、水文水利、生产生活方式的系统性优化，助力实现人与自然和谐共生的绿色发展目标。

一是智慧生态环境领域。依托天空地海一体化感知体系和生态环境大数据资源，实现对大气、水、土壤、噪声等生态环境要素的精准监测、智能研判与高效治理，为持续深入打好污染防治攻坚战，加快推动发展方式绿色低碳转型，着力提升生态系统多样性、稳定性、持续性，积极稳妥推进碳达峰碳中和，守牢美丽

中国建设安全底线等提供有力保障。

二是智慧国土领域。借助空天地海网一体化自然资源感知能力，对土地、矿产、海洋、水、森林、草原、湿地、荒漠、国家公园等9类资源及耕地、林地、草地等自然资源要素进行全域监测、动态管控与科学调配，精准识别资源利用过程中的违规行为，优化国土空间开发格局，推动自然资源集约节约利用，守护国土生态安全。

三是数字孪生水利领域。以天空地水工一体化水利感知体系为支撑，构建具备“四预”功能的智慧水利应用模式，实现对江河湖泊、水资源、水工程的实时监测与智能调度，提升水资源优化配置能力，防范水旱灾害风险，推动水利事业高质量发展，保障水生态安全。

四是数字化绿色生产领域。通过绿色生产感知体系与数字技术深度融合，对生产全流程的能耗、资源消耗、污染物排放等环节实施精细化管控，推动产业数字化与绿色化协同转型，优化生产工艺，提升资源利用效率，降低碳排放，助力产业绿色低碳高质量发展。

五是绿色智能生活领域。立足绿色生活感知体系，精准捕捉公众绿色生活行为与生态环境诉求，通过数字化手段引导居民践行低碳出行、节能降耗等绿色生活方式，提升公众生态环保意识与参与度，推动形成全社会共同参与、共建共享的绿色生活新格

局，让绿色理念融入日常生活每一个环节。

4) 提升“两大保障体系”

一是数字技术创新体系。作为核心引擎，以大数据、人工智能、物联网、区块链等先进技术为支撑，推动数字技术与生态环境保护、自然资源管理，水文水利，绿色生产生活深度融合，不断提升生态监测精度与综合治理效能，为数字生态文明建设注入创新活力。

二是筑牢数字安全屏障。全面覆盖生态环境、自然资源、水利、绿色生产生活等重点领域，统筹网络安全、数据安全与人工智能安全防护；构建全方位、多层次、立体化网络安全防护体系，严格规范数据采集、存储、传输、应用全流程安全管控，同步夯实人工智能大模型安全、算法可信等关键环节防线，为数字生态文明建设筑牢安全防线。

5) 拓展“一个环境”

密切跟踪全球生态环境治理数字化协作发展趋势，积极推进全球生态环境数据共享与跨界协同应用，聚焦应对气候变化、生物多样性保护等重点领域深化国际合作，主动对接融入全球生态环境治理合作机制，深度参与相关国际规则研究与制定，推动我国生态环境治理实践与经验向全球延伸，持续提升在全球生态环境治理体系中的话语权与影响力。

（3）数字生态文明的能力跃迁路径

基于数字技术赋能生态文明建设的内涵和运行机理，数字生态文明建设的关键在于推动“感知-研判-决策-行动”四大核心能力实现系统性跃升。这一过程完整呈现了从底层支撑、数据采集、智能分析、科学决策到落地执行的全链条运作逻辑，是数字生态文明建设体系的具象化落地框架，整体可分为五大核心模块，各模块环环相扣、形成闭环迭代（图 2）。



图 2 数字生态文明建设体系架构

1) 底层支撑：两大基础底座

数字生态文明体系架构运行的物理与数据根基，为全流程数字化能力提供核心保障，分为两大板块：

绿色新型基础设施：是体系的硬件与算力底座，涵盖云资源、

网络、数据中心三大核心模块，为全流程的数据传输、存储、计算提供基础算力与网络保障，是所有数字化能力落地的物理支撑。

数据资源体系：是体系的核心数据底座，分为两大分支。一是数据资源目录，整合了发改、工信、生态环境、自然资源、水利等多部门的专题数据，打通跨部门数据源；二是数字资源系统，涵盖国家基础库、时空数据库、各省级数据仓、京津冀等重点区域数据仓等，实现跨层级、跨区域的数据资源整合与共享，为上层应用提供统一、规范的数据支撑。

2) 数据汇聚：一体化感知体系

一体化感知体系是“感知 - 研判 - 决策 - 行动”整个闭环的起点，核心是构建多领域、全维度、天空地海一体化的立体感知网络。体系覆盖生态环境、自然资源、水利、精密气象、生产、生活 6 大核心感知子系统，通过大气、陆地、海洋、空间、网络的多层级立体感知网络，实现生态、国土、水利、生产、生活全场景要素的精准采集；同时通过跨系统互操作能力，打通各感知子系统的壁垒，配套统一的属性、架构、接口、标准规范，保障感知数据的标准化、规范化接入，为后续的智能研判环节提供高质量、全维度的源头数据。

3) 核心中枢：“感知 - 研判 - 决策 - 行动”闭环循环

“感知 - 研判 - 决策 - 行动”闭环循环是数字生态文明体系架构的“智能大脑”，也是数字生态文明能力跃迁的核心环节，

形成持续优化的闭环运行逻辑。

核心循环路径：标准化的感知数据输入中枢后，先通过研判环节完成深度分析，再为决策环节提供科学支撑，决策输出的执行指令落地到行动环节，而行动的执行效果与现场评估数据又反向反馈至感知环节，实现全流程的闭环迭代、持续优化。

核心技术赋能：研判环节深度融合人工智能、模拟仿真、数字孪生三大核心数字技术，可实现对生态态势、灾害风险、发展趋势等的精准预判、智能分析与仿真推演，推动传统治理模式从“事后处置”向“事前预判、全流程管控”转型。

落地衔接保障：全面统筹人员配置、业务流程、工作任务与制度规则等关键要素深度融合、高效衔接，依托一体化运行管理机制，将中枢智能决策细化为规范化、具象化、可落地的执行规范，顺畅衔接各业务环节，切实打通闭环治理落地落实的“最后一公里”。

4) 执行落地：多元行动体系

多元行动体系是决策指令的落地载体，也是整个体系的最终价值出口，核心是构建跨部门、跨主体、跨领域的协同执行网络，以“快速行动”为目标，搭建了“数据控制—计划制定—指挥调度—协同执行”的全流程执行机制，横向打通生态环境、自然资源、水利、工信、发改、农业农村等政府部门，纵向覆盖企业、公众等多元主体，形成政府主导、企业落实、公众参与的多元共

治格局，彻底打破传统治理的部门壁垒与信息孤岛。

5) 最终目标：三大价值落地

通过全链条体系的协同运作，最终实现三大核心目标，对应生态文明建设的三重价值：生态良好（生态效益）、生产发展（经济效益）、生活富裕（民生效益），最终达成人与自然和谐共生的美好愿景。

（二）面临形势和挑战

数字生态文明是数字中国建设和美丽中国建设的核心交汇点，机遇与挑战并存。从发展形势看，人工智能、大数据、物联网等数字技术的深度应用，为生态环境精准监测、智能治理、低碳转型提供了全新路径。跨区域数字化治理体系在长江、黄河等重点区域加速落地，全域感知、智能预警、精准施策的数字治理新模式加速形成。同时，绿色低碳产业数字化、数字产业低碳化协同发展，已成为培育壮大新质生产力的重要方向，为经济社会全面绿色低碳转型注入强劲动力。

尽管我国数字生态文明建设取得显著成效，但整体发展水平需要进一步提升。对照人民群众对优美生态环境的美好期盼、数字中国与美丽中国建设的目标要求，以及服务新发展格局、推动高质量发展的现实需要，仍存在差距，亟需补齐薄弱环节、强化能力建设，全面提质增效、纵深推进发展。

1. 顶层设计需要进一步加强

数字生态文明已经纳入数字中国“五位一体”总体布局统筹推进。但当前各地区、各部门数字生态文明建设发展不均衡，部分地方信息化建设呈现“局部亮点突出、整体支撑不足”的格局，数据互联互通不畅、系统协同联动不足等问题依然突出，制约了数字生态文明建设整体效能的发挥。同时，国家层面与地方部门在数字化建设中的权责关系、职责分工尚需进一步厘清。需要立足“全国一盘棋”战略高度，制定专项行动方案，将国家生态文明的顶层设计、全局谋划与重点部署，转化为各地区、各部门、各层级分工协作、协同推进的具体建设任务，统筹推动数字生态文明建设落地见效。

2. 数字化治理效能有待提升

数字生态文明建设面临数据、技术、人才、管理四大核心瓶颈制约。数据层面，天空地海一体化感知数据体量庞大、类型繁杂、来源广泛，存在标准规范不统一、数据质量参差不齐、跨部门跨区域共享不畅等问题，高质量、标准化数据供给能力不足。技术层面，人工智能等新兴技术应用门槛偏高、场景落地困难，现有数字化工具适配性不强；数据深度分析处理能力有限，算法模型精准度不足，部分技术成熟度偏低、推广成本较高，难以有效支撑生态环境科学决策。人才层面，数绿融合复合型人才供给紧缺，部分人员数字化专业能力薄弱，配套法规标准体系尚不健

全，政企民协同治理机制仍需完善。管理层面，部分管理制度与数字技术发展脱节，管理人员适配能力不足，区域领域发展不均衡，难以有效引导数绿融合工作纵深落地。

3. 双化协同融合深度不足

双化协同在落地实践中存在短板，融合深度不足、系统性支撑能力偏弱，数字技术对产业绿色转型的赋能效能尚未充分释放。部分企业绿色转型内生动力不足，存在重经济效益、轻绿色发展的倾向，供应链上下游协同转型合力欠缺，数绿融合产业生态尚未形成。同时面临技术集成复杂、行业标准不统一、系统兼容度低、数据孤岛等技术瓶颈，转型所需软硬件采购、运维等成本居高不下，进一步加重企业经营负担。此外，核心生产数据安全风险突出，合规管控难度大、法律风险较高，多重因素叠加制约数绿协同高质量发展。

4. 公众参与机制需进一步健全

当前公众生态环保参与度和认知水平仍有不足，绿色生活理念普及不够，数字化平台赋能作用发挥不充分，参与渠道有限、机制创新不足。环保宣传内容形式单一、传播渠道偏窄，需统筹线上社交平台、环保 APP 与线下宣讲、展览等多元场景，扩大传播覆盖面。部分数字平台内容针对性不强、与生活场景结合不紧，互动运营薄弱，用户黏性不足，需完善意见反馈渠道，提升双向沟通实效。同时，政企社民多方联动的参与平台尚不健全，

缺乏有效激励机制，制约了公众参与积极性，难以形成全民共建共治的良好格局。

二、生态环境数字化治理体系日益健全

“十四五”期间，生态环境信息化工作以习近平生态文明思想和习近平总书记关于网络强国的重要思想为指导，坚决落实党中央、国务院决策部署，在生态环境部党组坚强领导下推进重大信息化建设项目，为生态文明建设提供有力保障。美丽中国数字化治理场景持续拓展丰富，各类信息化平台有力支撑日常业务运转与常态化治理工作。数据资源管控效能稳步提升，有序推进全国一体化生态环境大数据体系试点建设。电子政务支撑保障坚实有力，顺利完成政务系统信创改造，高标准做好重大活动服务保障，持续筑牢网络意识形态阵地。网络安全防护体系不断健全，常态化开展安全实战演练，全方位夯实安全防控基础，持续优化提升云服务运行效能。

（一）智能感知支撑精准管控

智能感知是数字技术赋能生态环境治理的重要基石。依托全域覆盖、高精度的立体感知能力，融合大数据、人工智能等新一代信息技术，推动生态环境监测体系向全域覆盖、精准高效、智能协同方向迭代升级。2025年4月，生态环境部印发《国家生态环境监测网络数智化转型方案》，加快构建现代化生态环境监测体系，全面提升监测技术装备数智化水平。文件明确，力争

2030年前基本完成国家空气、地表水监测站点智能化改造，全面建成新一代国家生态环境监测网络。

1. 国家层面

生态环境监测体系正加速由传统手工采样、实验室分析、人工运维的固有模式，全面朝着自动化、数字化、智能化方向转型升级，着力打造天空地海一体化、全域动态感知、人机协同联动、安全自主可控、精准高效运行的新型生态环境监测网络（图3）。

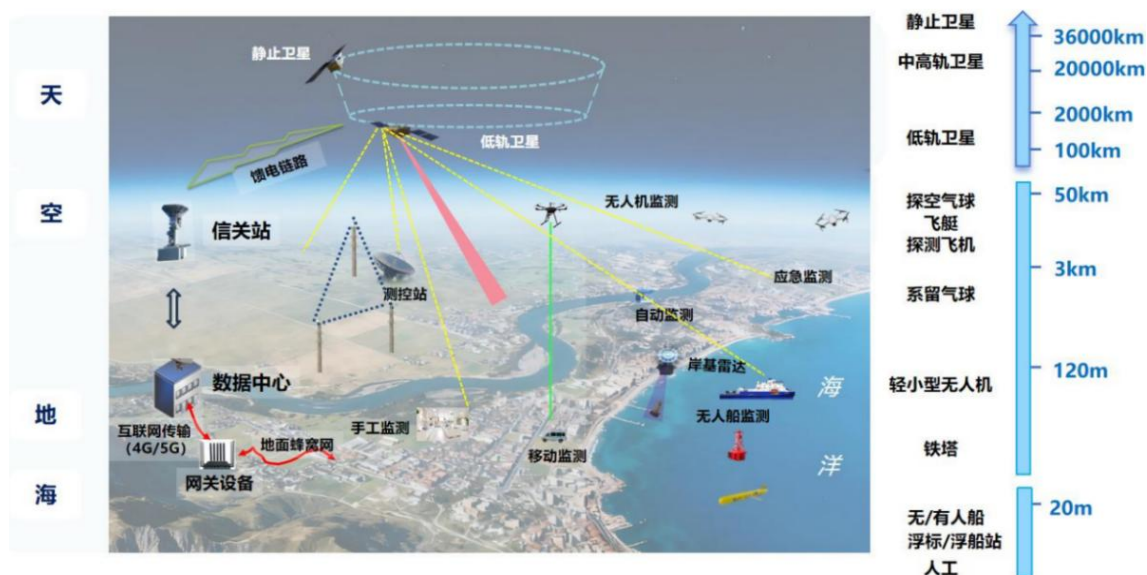


图3 生态环境监测网络体系架构

该转型的首要特征集中体现为感知体系的智能化迭代升级，推动监测从平面布点向全域立体、多维协同方向跨越升级。截至“十四五”末期，国家生态环境监测网络覆盖大气、地表水、地下水、土壤、噪声、海洋、生态等要素，拥有超过3.3万个国家直接监测站点，监测触角延伸至陆地、水域、空域等多元场景，实现对关键生态环境区域的全方位覆盖。在此基础上，深度融合

环境DNA、激光雷达、高光谱成像等前沿技术，综合运用在轨遥感卫星、无人机、无人船等空天地水多维感知装备，系统突破传统监测技术壁垒。其中，大气环境监测网络以1734个国控站点覆盖339个地级及以上城市，实现城市空气质量监测全覆盖；地表水监测网络以3646个国控断面系统布设于十大流域、重要水体省市界和重点水功能区，确保流域水质评价的代表性和完整性；土壤环境监测网络以2.2万个点位重点聚焦农用地和建设用地，为土壤污染防治提供基础数据支撑；生态质量监测体系包含200余个综合观测站和1.6万余个生态样地，实现对典型生态系统的长期定位观测；海洋环境监测以1359个站点覆盖近岸海域；7颗在轨专属环境卫星提供宏观尺度遥感监测能力，形成了天空地海一体化的立体监测体系。

与此同时，监测运行模式实现由“站点运维”“手工采样”等人工依赖方式，向“系统运控”“智能诊断”的智能化运行全面转型，数据采集、传输、分析全流程自动化水平持续提升，监测数据的实时性、准确性与完整性显著增强，为生态环境精准管控构筑起坚实的感知数据支撑。

2. 地方层面

各地生态环境部门以技术创新和场景深度融合为抓手，大力推进智慧监测体系建设，推动无人机、无人船、走航监测、雷达监测、卫星遥感、便携式监测、视频监控等七类新型感知技术与

传统监测手段协同联动，构建全域覆盖、智能高效的现代化生态环境感知网络。其中，便携式监测、视频监控普及度最高，在“特定场景常用”“多场景常用”“主力监测方式”三类场景中合计占比分别达 78.31%、77.18%，成为核心的常态化感知手段；走航监测、无人机次之，在三类场景中合计占比均超过 60%，作为灵活补充手段广泛服务于污染溯源、应急监测等；雷达监测、卫星遥感监测在特定场景的常态化应用也稳步推进，侧重宏观生态监测与专业探测，无人船主要作为水环境监测的专项辅助手段（图 4）。

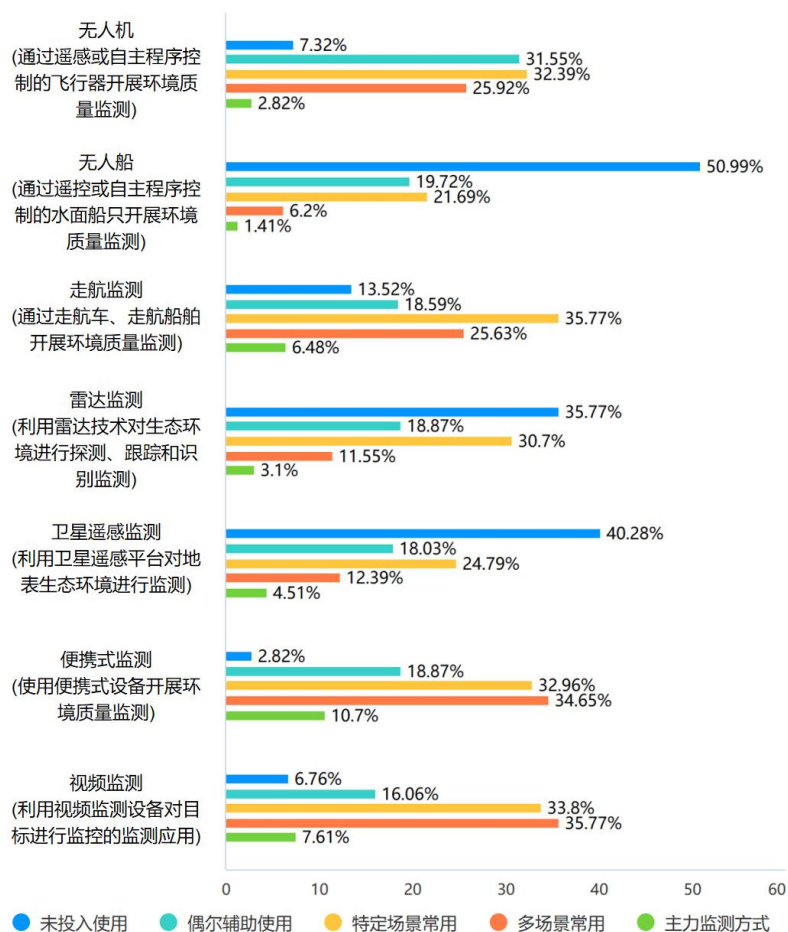


图 4 各地新型监测技术在环境监测中使用情况

生态环境监测运行模式正由传统单点值守、人工操作，向全域系统化、智能集约化管控加速升级，实验室自动化正是这一变革的重要实践。安徽安庆“黑灯实验室”实现监测流程无人化闭环运行，效率较人工提升 8 倍、人力削减 80%，单日可完成 800 余份地表水样 9 项指标检测（图 5）。无锡太湖“黑灯实验室”依托数字孪生与 AI 算法，实现 24 小时不间断高精度监测，推动环境治理迈向全景智能感知、远程精准管控新模式。



图 5 生态环境监测“黑灯实验室”

感知技术的持续革新，催生了以移动终端应用与无人化作业为核心特征的智能化监测模式。如杭州应用机器狗开展监测，可在复杂地形高效开展环境采样与分析，将传统需一天以上的监测任务压缩至分钟级，大幅提升响应效率（图 6）。



图 6 机器狗在生态环境监测中的应用

各地生态环境部门积极推进生态环境智慧监测创新应用，在提升监管效率、精准污染溯源、强化协同治理等方面发挥了重要作用。广东整合全省生态环境监测资源，建成统一的实验室信息管理系统（GD-LIMS），覆盖省、市、县三级监测业务，实现“十统一”管理，有效规范流程、提升监测协同效能。青海依托“青海生态之窗”天空地一体化监测体系，动态跟踪珍稀野生动物活动轨迹，精准掌握物种生存状况，为生物多样性保护提供坚实技术支撑。新疆搭建 AI 赋能的生态环境监测一体化平台，集成智能审核与声纹识别技术，覆盖多领域监测数据处理，数据审核效率提升 80% 以上。上述实践彰显了智慧监测对生态环境治理现代化的重要支撑。

（二）智慧应用重塑治理范式

依托“感知 - 研判 - 决策 - 行动”方法论体系，在智能感知

基础上，人工智能、模拟仿真、区块链等新一代信息技术与生态环境业务全面融合，在研判环节实现环境态势精准分析与趋势智能预判，在决策环节推动治理方案科学推演与优化选优，在行动环节支撑治理任务精准落地与闭环执行，推动环境治理体系向更智能、更可信、更前瞻方向跃升，为构建智慧化环境治理新范式筑牢坚实基础。

1. 污染防治攻坚战深入推进

生态环境部依托“1+1+N”总体框架（即“1个时空数据云平台、1张图展示、N个业务化应用”），构建了生态环境综合管理信息化平台，实现18类生态环境信息统揽与45个专题分析，具备空间分析、三维飞行、场景制作、融合通讯等核心功能，打造出“实时、动态、立体、鲜活”的专业化、智能化生态环境管理中枢。

持续推进蓝天保卫战，强化数智化驱动深入打好污染防治攻坚战。2025年，在生态环境综合管理信息化平台中完成大气等6个业务专题升级，优化核心功能171项，深化重点行业深度治理、重污染天气应对等场景的实战应用。机动车环保数字化监管方面，发现弄虚作假的机构比例同比下降47个百分点，重型车违法超标比例同比下降60个百分点。秸秆焚烧数字化监管持续强化，推动差异化精准治理。平台累计为28轮次大气监督帮扶精准推送问题线索5万余条，有力支撑了重点区域空气质量保障工作。

地方生态环境部门积极探索数字技术与大气治理深度融合，分别在大模型赋能精准决策、区域联防联控智能闭环、臭氧预报关键技术突破、高精度污染溯源预警、多跨协同治理体系建设等领域形成了一批可复制、可推广的典型经验。北京构建“三监”联动大模型并接入大语言模型，大幅压缩报告编制时长，实现从数小时到分钟级的高效响应。天津打造移动源智能化监管平台，构建全链条监管体系破解治理痛点，形成可复制的大气污染治理“天津模式”。上海搭建长三角 AI 智能预报体系，可实现未来 2 天逐小时迭代预报，完成跨区域污染智能闭环管控。重庆建成“巴渝治气”应用，整合多部门百余项数据并构建多个模型，将问题排查时间由 7 天缩至 1 天。山东依托国产大语言模型打造污染溯源应用，解析精度达 100 米街道级，预警响应压缩至分钟级。河南研发环境监测模型算法，构建全流程闭环管理模式，实现异常数据实时报警与五分钟快速响应。河南研发环境监测模型算法，智能识别异常线索，构建全流程闭环管理模式，建立省市县三级异常数据 5 分钟快速响应机制。吉林整合多源数据与智能算法搭建秸秆烧除监管平台，实现重点区域“一公里”精细化管控，切实降低露天焚烧隐患。陕西建设大气环境治理综合数据平台，实现未来 10-15 天空气质量智能预测，推动跨部门污染防控联动。宁夏搭建“天地车人”一体化管控平台，构建数智化监管体系，推动移动源污染治理向精准技防模式转型。新疆生产建设兵团建

成工业源全过程智能监管系统，通过 AI 实现全链条预警，有效支撑非现场执法与差异化管控。这些实践充分证明，从人工研判到智能决策的数智化转型，正为蓝天保卫战注入强劲动力。

持续推进碧水保卫战，数智化正成为驱动碧水保卫战迈向精准化、智能化的核心引擎。全国水生态环境综合管理平台完成涉水业务系统全面整合优化，构建了水生态环境管理“大系统”，提升水生态环境管理效能。创新研发的“碧水精灵”智能体（图 7），可提供政策解读、数据问答、趋势预测、症结问询等智能服务，自动生成流域水生态环境情况报告，实现 1794 个国控断面水质高精度预测，准确率达 85% 以上。从“治水”到“智水”，数智化正推动碧水保卫战实现从经验判断向数据决策、从被动应对向主动防控的全面转型。



图 7 “碧水精灵”智能体

地方生态环境部门积极推进水环境治理数智化转型，数字技

术正全方位重塑水环境治理体系与运行机制。河北运用 AI 视觉技术实现岸滩垃圾智能识别和污染物扩散模拟，构建全流程闭环管理体系，完成智能预警、自动交办与反馈整改。福建依托生态云平台融合国产大语言模型打造水生态 AI 服务，搭建全链条指标库，实现知识秒级获取、污染分钟级溯源与超标智能分析。广西建成北部湾天空地海一体化智能监测预警平台，构建机器学习预报模型，实现七天海水水质预报，以智能模式推动海洋环境主动防控。云南昆明以螳螂川为试点打造“小彩云”智慧助手，构建流域知识图谱，实现自动溯源、风险预警与报告智生，持续改善国控断面水质。

持续推进净土保卫战，数智化正成为驱动土壤、地下水和农村环境管理实现精准溯源、全程管控、智能决策的核心力量。全国土壤环境信息平台完成涉建设用地、农用地、地下水、农村等业务系统整合集成，推动构建土壤生态环境领域“大系统”。平台研发的“土壤智能问答”AI 助手，提供政策解读、症结问询、合规性诊断与建议等智能服务。平台研发的建设用地土壤污染调查报告智能审核应用，实现 5 分钟内自动提取土壤污染信息，违规建设情况审核识别准确率超过 70%。在农村环境整治领域，构建起覆盖 50 万个行政村的“一村一档”数字化管理体系，为 4500 余个部级点位排查及成效评估提供有力支撑。

持续推进固体废物与新污染物治理，数智化正以前所未有的

深度赋能“无废”全流程智控，成为提升治理效能的强劲引擎。国家层面，全国危险废物全过程环境管理信息系统于 2025 年 12 月正式上线，在各试点省份落地应用，支撑超过 66 万家企业注册，依托物联网数据与 10 类非现场监管模型，实现危险废物“五即”规范化实时感知、“一码贯通”全程追溯、监管“一幅图”动态绘就，推动执法从“人工抽查”向“智能全面评查”转变，有力提升环境风险防控能力（图 8）。



图 8 危险废物全过程环境管理体系设计

新化学物质环境管理信息系统为企业登记、技术审核、行政审批等全流程提供支撑，累计保障 2100 余家企业完成近 4 万件事项申报，依托多源数据融合与智能分析能力，切实提升治理执

法精准度与工作效能。

地方生态环境部门加快探索数字化赋能“无废城市”建设的新路径。黑龙江搭建“无废城市”可视化平台，打造无废管理“一张图”，实现无废细胞、动态跟踪、评估考核全流程可视化。广东依托固废监管平台，在处置园区构建数字孪生三维场景，对固体废物全流程进行可视化模拟与动态呈现。海南建成禁塑管理平台，以电子监管码实现降解塑料制品全流程追溯，形成禁塑全链条闭环治理体系。甘肃升级固废监管系统，运用电子标签与视频AI技术，实现危险废物全过程可视化追溯和智能预警管控。

2. 推动绿色低碳发展扎实有力

着力推动绿色低碳发展，数智化正加速构建“可核查、可追溯、可预测”的绿色低碳治理新范式。全国碳市场管理平台实现涉碳业务场景全覆盖（图9），依托区块链技术构建涵盖数据采集、核查、交易、清结算的全流程可信体系，打造了全主体覆盖、全过程监管、全参数智核、全要素分析、全链条溯源、全方位强化、全社会参与的碳市场数据“七位一体”智慧治理体系，有力支撑钢铁、水泥、铝冶炼行业平稳扩围。保障3000余家重点排放单位完成年度质控计划、第三方核查、配额核定等工作，实现碳排放数据不可篡改存证与智能校验，推动企业碳排放报告审核问题数量较去年减少约30%，温室气体自愿减排、非二氧化碳气体管控等模块相继上线，碳市场数智化治理能力持续拓展提升。

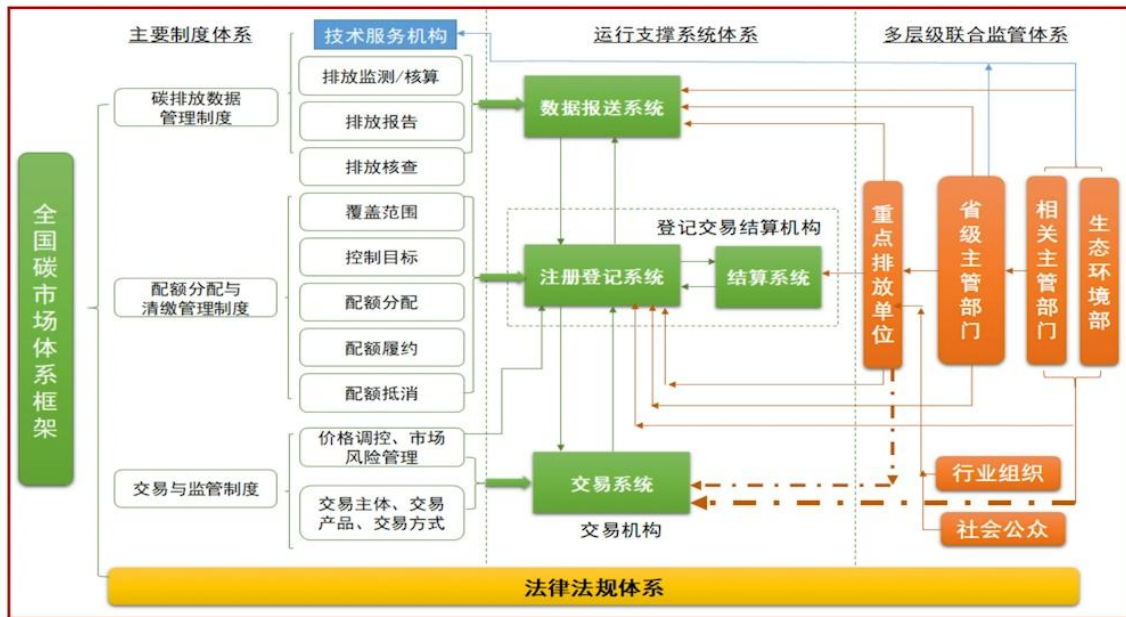


图 9 全国碳市场体系框架

开发电碳协同系统动力学模型平台，融合大语言模型技术，打造六大核心功能模块。依托系统动力学全流程建模与大语言模型自然语言交互能力，实现智能化建模与高效优化计算，精准解析电碳耦合关系，助力提升绿电消纳率、降低碳排放和用能成本，赋能区域、园区新型电力系统高效低碳运行（图 10）。

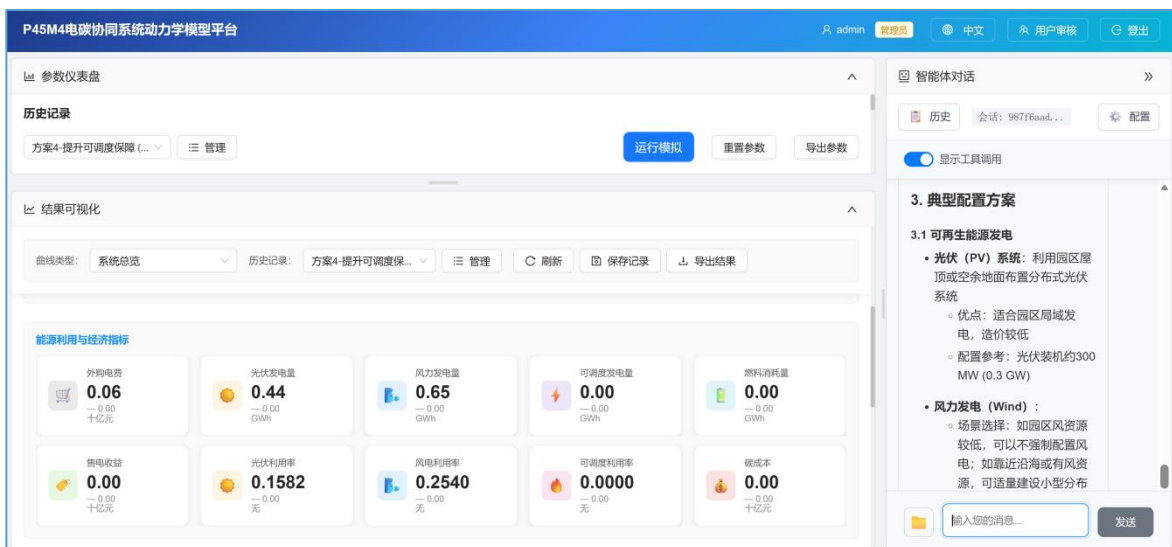


图 10 电碳协同系统动力学模型平台

在环境影响评价与生态环境分区管控领域，数智化正推动源头预防与空间治理向智能化管理体系深度转型。生态环境部发布《生态环境分区管控信息平台建设指南》（HJ 1431-2025）与《生态环境分区管控信息平台接口规范》（HJ 1432-2025）两项标准，规范分区管控成果的数字化管理、强化信息共享，助力生态环境分区管控制度更加精准、集成、实用。全国生态环境分区管控信息平台已实现省级分区管控成果规范备案，支持建设项目选址合规性研判，并推动与排污许可、规划环评等系统的数据互通共享（图 11）。同时，全国建设项目统一申报和审批系统、环境影响评价信用管理系统完成升级，环评文件智能复核系统开展初步应用，有力提升了环评管理的智能化水平，助力营商环境优化。

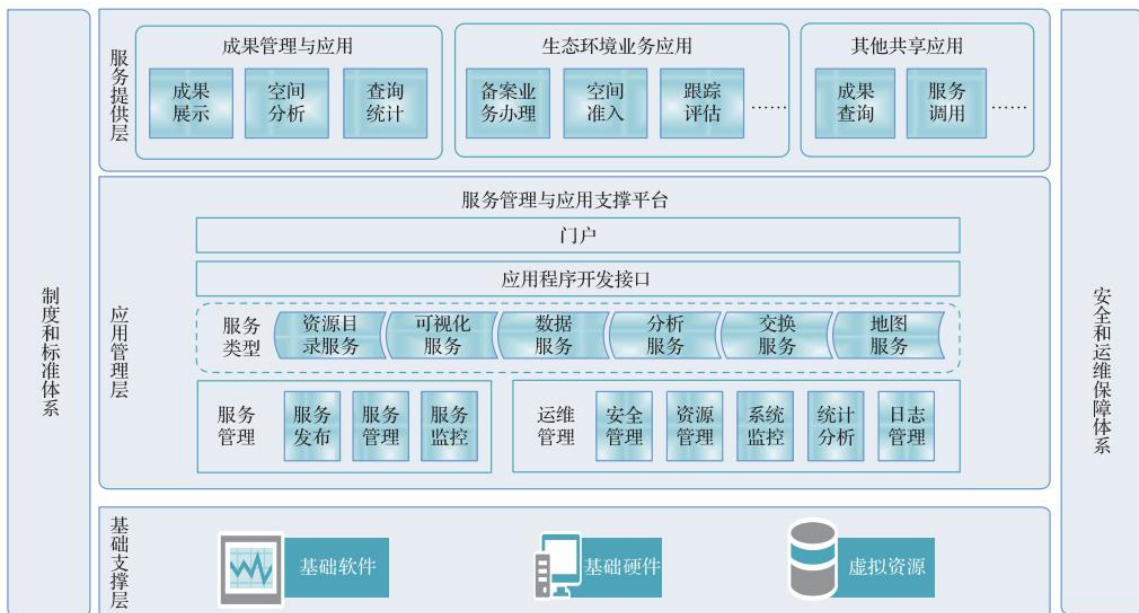


图 11 生态环境分区管控信息平台逻辑框架

地方生态环境部门以数字化手段赋能生态环境管控与双碳

治理，打造了一批高效实用的创新应用。四川以生态环境分区管控为核心，融合多部门数据构建环境准入与空间分析模型，赋能智慧决策，荣获 2025 “数据要素×” 四川绿色低碳赛道一等奖。湖南依托生态环境分区管控智慧平台，融合五大环境预测模型，实现建设项目选址智能研判与环境影响定量预测分析。海南建成生态环境分区管控平台，构建“一库一脑一图”智能研判体系，推出便企自主研判服务，累计服务公众超过 13 万人次。四川成都打造智慧生态环境分区管控系统，融合大语言模型构建智能选址应用，将企业填报时长由数周压缩至 30 分钟内。浙江桐乡首创“煤样一链管”应用，以区块链构建煤样监测五环智控体系，实现碳排放全流程追溯，实现显著降本增效。山东日照搭建数智双碳平台，依托“AI+大数据”整合多领域数据，实现碳排放图谱动态构建，异常排放响应速度提升 80%。

3. 生态安全、核安全得到有效保障

数智化赋能正成为提升生态安全与核安全治理能力的重要支撑。

在生态保护修复监管方面，生态环境部认真履行国家生态安全工作协调机制第一牵头单位职责，依托遥感监测、无人机航拍等数字化手段，不断提升生态保护修复监管的精准化和智能化水平。组织开展“绿盾 2025”重要生态空间生态环境问题排查专项行动，高效发现问题 542 个，并推动完成整改 96 个。运用卫

星遥感和地理信息系统技术，完成长江经济带、黄河流域、京津冀等 9 个重点区域生态状况变化调查评估，实现对 130 处国家级自然保护区生态环境保护成效的现场评估，完成首批 10 个“山水工程”区域生态环境成效评估。针对秦岭等重点区域，利用高精度遥感影像开展生态状况评估和生态破坏监测核查。

在核安全治理方面，生态环境部加快构建现代化核安全监管体系，统筹推进重点数字化平台建设和运维。目前已完成全国辐射环境监测系统、核与辐射安全监管对象数据库、国家核安全局经验反馈平台、核动力厂和研究堆行政许可事项网上办理系统、国家核技术利用辐射安全管理系统等关键信息系统的建设工作，为核安全监管提供了坚实的数据和技术支撑。

在环境风险防控方面，生态环境部依托数字化手段构建更加灵敏高效的应急响应体系。建立重大敏感事件“四快三准两稳一必须”应急响应机制，全年共调度处置突发环境事件 113 起，现场指导应对 43 起。聚焦重点河流、重点领域、重点区域，织密补齐“一河（园、路、库）一策一图”环境应急网络，组织开展“环境应急·2025”丹江口库区及上游地区突发环境事件应急演练。

地方实践方面，内蒙古建成“生态之窗”平台，整合多部门生态数据，构建生态环境“一张图”，动态评估生态质量，精准分析成因，为筑牢北方生态安全屏障提供有力支撑。山西建设生

态环境智慧监管与服务平台，整合全省“一河一策一图”数据，构建环境应急处置架构，实现线上协同处置，提升应急响应与科学处置水平。

4. 数字化治理能力持续提升

深化生态环境领域科技创新，推动人工智能与生态环境治理深度融合。生态环境部信息中心本地化部署国产通用大模型及 OCR 模型、向量模型等专用模型工具，在生态环境专网搭建“山水大模型”统一门户，累计构建总词元达 700 亿余条的知识库，完成 27 万余份法律法规、标准规范、政策文件向量化入库，支撑快速精准检索与合规性审核。接入 RAG 知识库知识问答等共性应用，支撑大气、水、土壤、执法、督察等业务应用场景。

地方生态环境部门积极运用人工智能等前沿科技，深化数智创新应用，以更高水平、更大力度赋能生态环境治理现代化。浙江抢抓人工智能发展机遇，推进智能预报、环评、办案等多场景数字化应用，打造具有浙江特色的生态环境数智治理新模式。安徽搭建“皖美生态”平台，运用多种智能技术手段，精准识别企业监测数据虚假标记、篡改伪造等 40 余种违法违规行为。湖北长江大保护数字化平台建成“116N3”架构，搭建 AI 中台，推出智能问数与碧水荆灵，实现智能检索、水生态研判溯源治理。云南运用 AI 大模型与 OCR 技术搭建智能核查体系，实现多类环保材料全流程智能管控，提升核查质效，推动监管数智化、规范

化升级。新疆打造“数美新疆”品牌，梳理 168 个 AI 赋能场景，全面推进生态环境治理体系与治理能力现代化。

在监管执法领域，数智化正成为提升执法效能、优化营商环境的核心支撑。国家层面积极创新非现场执法监管模式，优化七大大类场景 48 种问题线索分析模型，实现“带着线索去、瞄准问题查”，现场检查次数下降近 40%，问题发现率提高 10-25 个百分点。依托通用大模型与行业小模型深度融合，执法案卷智能评查应用精准识别 70 余种文书及证据材料，评查准确率达 80% 以上；企业环境信息依法披露业务，完成 9 万余家企业名单和年报上报核查，采用智能体实现 8 万余家企业数据质量审核与评价，形成“制定名单-披露年报-数据上报-质量核查”的全链条闭环管理；主要污染物总量减排工程管理系统和生态环境领域重大工程台账管理系统实现减排工程动态跟踪、减排量自动核算，支撑重大工程“一本账”管理和三级调度。数字化治理能力正推动生态环境监管从“人海战术”向“数据智治”深刻转型。

地方生态环境部门持续深化数智化应用，不断提升非现场监管效能，已成为推动生态环境执法提质增效、实现精准监管的重要支撑。江苏生态环境智慧监管平台汇聚 273 亿条数据，搭建 80 类数据分析模型，实现环境问题线索智能研判与自动推送的全流程闭环处置。辽宁大连搭建 LDAR 智慧监管平台，运用 AI 算法精准识别监测数据造假，依法查处当地首例 LDAR 数据造

假违法案件。山东青岛建成 3.3 万余家污染源全生命周期档案，创新“自巡查”正面清单模式，生态环境非现场执法占比达到 45%。广东佛山构建全链条数智监管平台，打造“AI+信访溯源”等应用，污染溯源压缩至 30 分钟，涉企检查频次下降 37.78%。

从技术应用落地成效来看，各地数字技术赋能生态环境治理呈现阶梯式推进、逐步深化的良好态势，创新实践持续拓展。目前，已有超五成的地方启动大模型等前沿技术探索，其中 34.65% 的地方已进入初步应用阶段，为技术落地实践积累了经验；11.83% 的地方实现大数据分析等技术常规化应用，智慧治理基础不断夯实；8.17% 的地方将数字孪生等技术深度融入核心业务，建成“监测 - 分析 - 决策 - 评估”全流程智慧闭环，打造形成特色鲜明的优质示范样板，数字化治理的智能化升级空间广阔、潜力十足（图 12）。

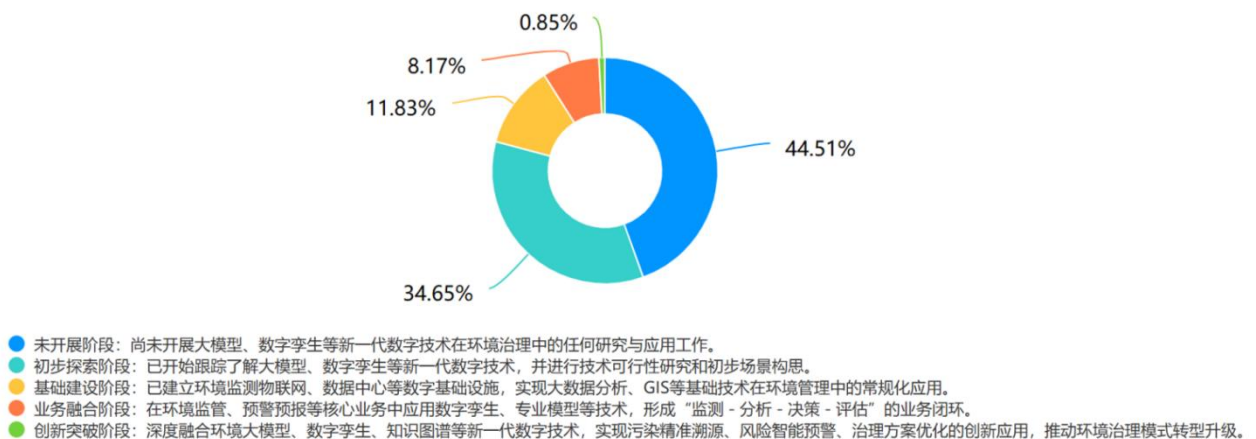


图 12 各地大模型等数字技术在环境治理中的融合应用程度

（三）数据资源体系持续完善

生态环境数据资源体系已实现从分散到集中、从被动存储到

主动服务的关键转变，在数据整合、治理、共享与应用等方面成效显著，数据基础支撑能力持续夯实，数据要素价值释放路径更加清晰。从数据资产入表等实践推进来看，将数据作为新型生产要素与核心战略资产加以确权、核算与运营，整体仍处于萌芽起步阶段，价值化、制度化进程有待加快。

1. 国家层面

完善制度标准，健全数据管理体系。编制发布《信息技术 生态环境大数据 系统框架》（GB/T 45397-2025）和《信息技术 生态环境大数据 数据分类与代码》（GB/T 45408-2025）两项国家标准，以及《固定污染源基本数据集 第1部分 基础信息》（HJ 1346.1-2024）《生态环境信息分类与代码》（HJ/T 417-2025）《污染物自动监测监控系统数据传输技术要求》（HJ 212-2025）三项行业标准，为生态环境数据汇聚、治理、共享与应用提供了统一标准规范和技术依据。同时，制订企业基础信息主数据服务等技术规范，打通碳市场管理平台、危废平台等涉企信息，切实减轻企业填报负担，提升数据共享与业务协同效能。

强化整合治理，夯实数据资源基础。生态环境信息资源中心的数据枢纽作用持续强化，通过制定数据集中共享管理办法，有序推进部内数据归集与跨部门数据汇聚共享，构建形成“部-省-市”三级联动，公共、部门、个人三类知识体系融合的数据要素服务体系，配套建成涵盖27万余份文件的专业知识库（图13）。

2025 年新接入 18 个部内业务系统数据，整合 13 个部门 117 项外部数据，数据存储量同比增长 25.64%。同步编制数据治理技术规范，完成核心数据向国产数据库迁移，全方位保障数据全生命周期安全、高效、稳定运行。

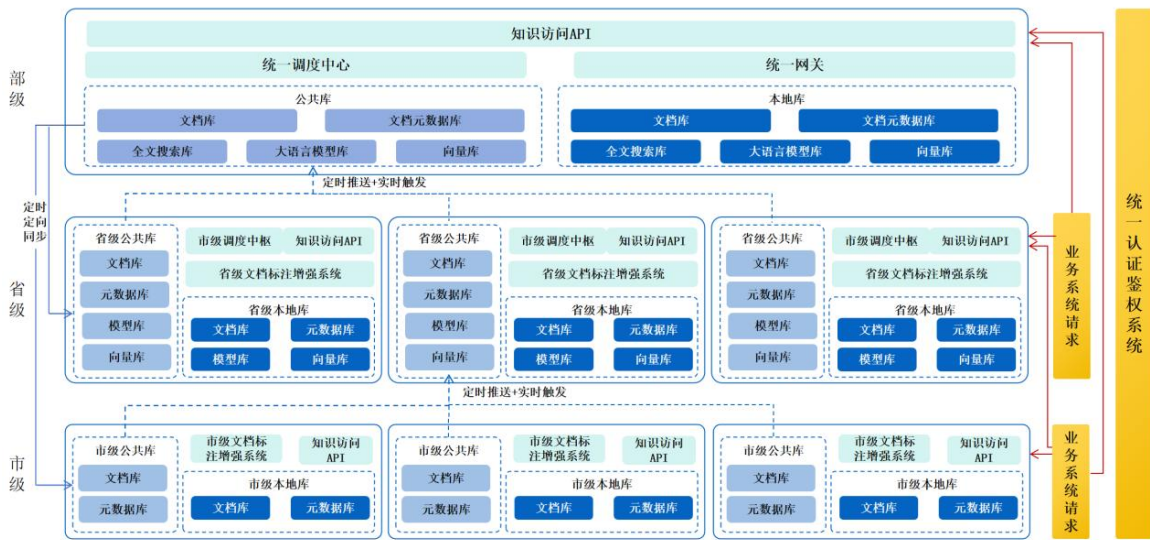


图 13 部—省—市三级架构数据要素服务

提升共享服务，释放数据要素价值。生态环境数据共享服务水平 and 数据价值转化效能稳步提升。生态环境信息资源中心 2025 年新发布信息资源 832 个、接口服务 337 个，同比分别增长 36% 和 13%，全年提供接口调用超 3 亿次。“全国生态环境固定污染源高质量数据集”（图 14）及“生态环境领域数据基础设施建设”（图 15）成功入选国家数据局先行先试项目名单，“生态环境数据赋能绿色金融，促进工业企业绿色化转型”入选国家公共数据“跑起来”示范场景。

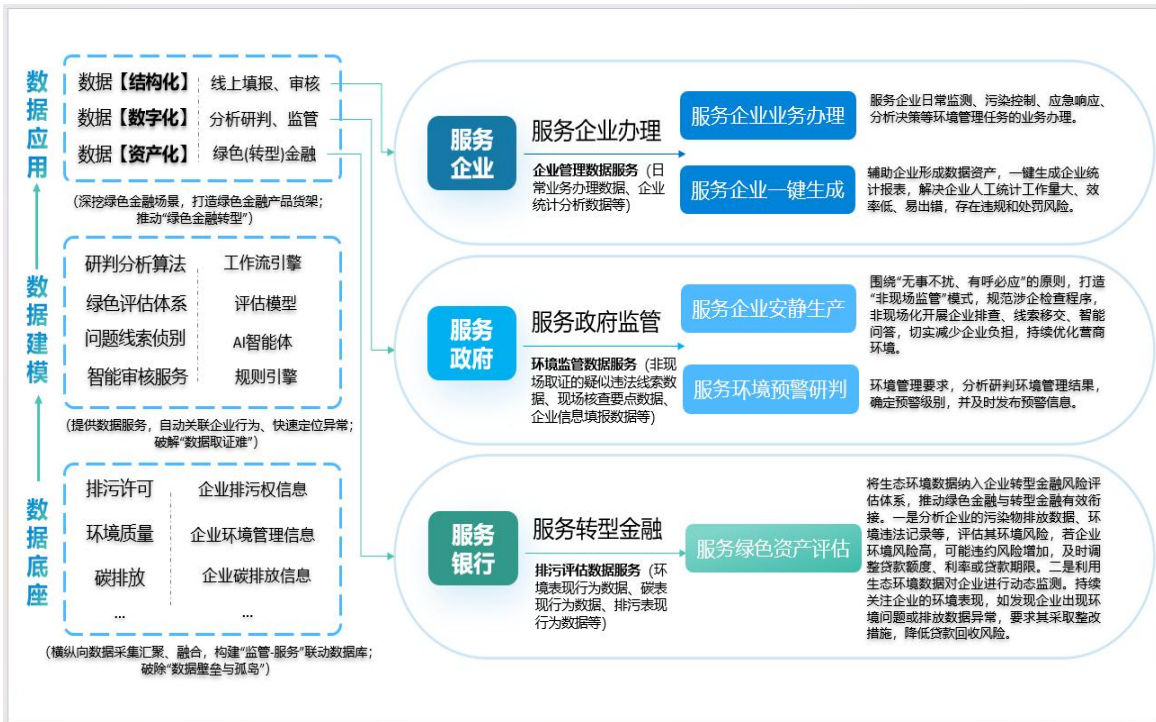


图 14 全国生态环境固定污染源高质量数据集内容

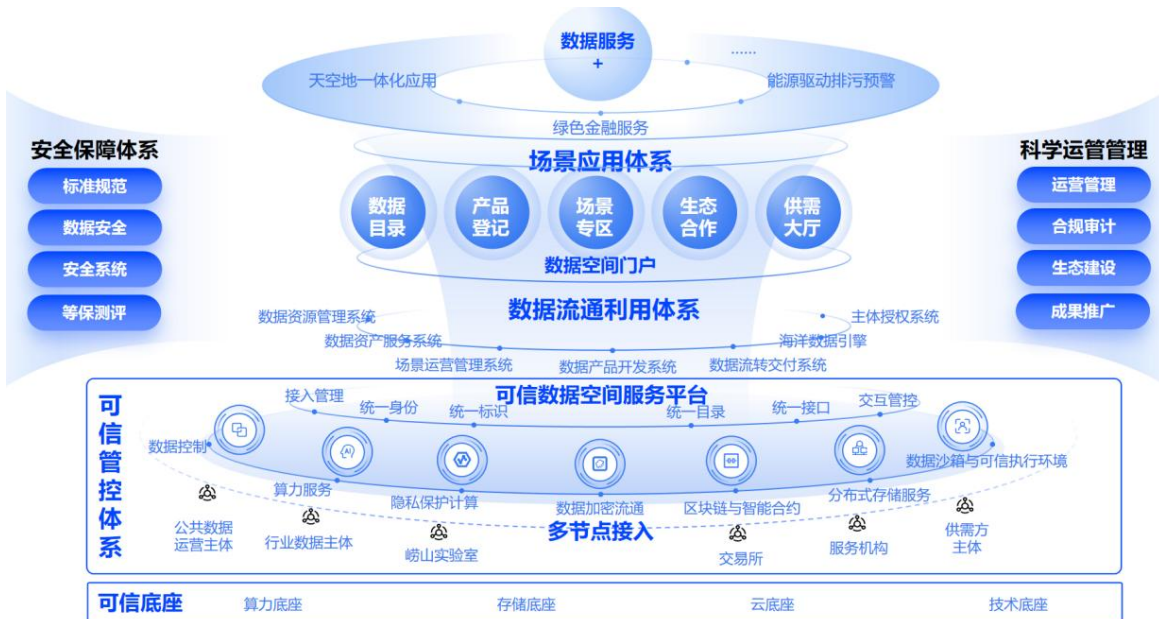


图 15 生态环境领域数据基础设施建设示意图

2. 地方层面

各地生态环境部门积极推进数据共享与开发利用, 呈现稳步

发展态势。43.38%的数据平台已具备扎实的内部数据存储与基础应用支撑能力，25.35%的平台可实现跨部门数据流通、25.07%的平台支撑全单位数据应用，形成合理梯队布局，标志着数据平台正加快向协同化、全生命周期数据治理方向演进。面向敏捷化业务创新、跨区域生态共创的高阶应用场景，相关能力占比均达3.1%，已进入起步探索的关键阶段，未来跨层级协同效能与数据价值外溢空间将进一步释放（图 16）。

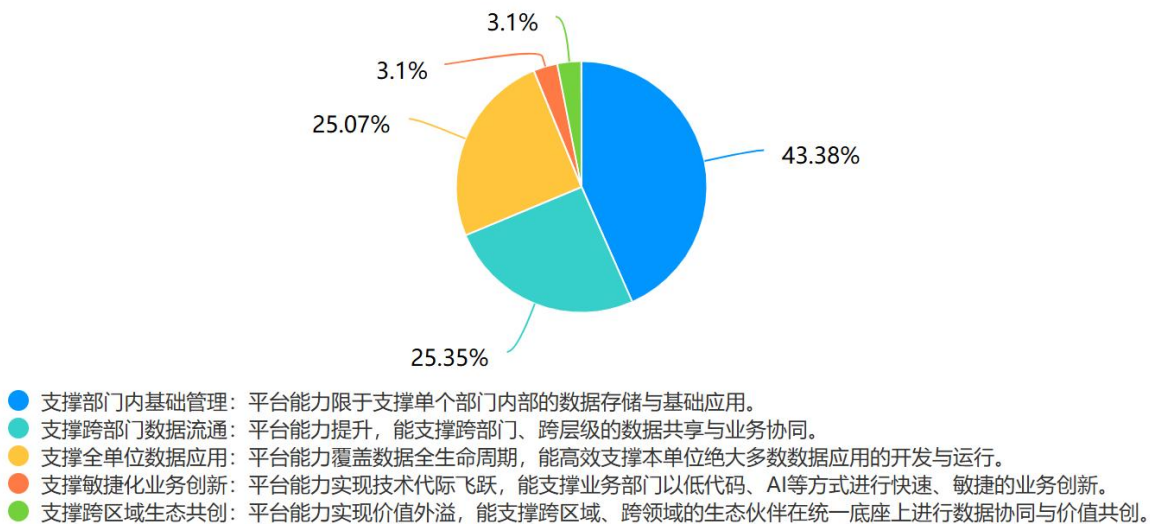


图 16 各地环境数据平台的技术水平、服务能力与协同效能

数据支撑数字化政务服务与监管执法场景中，“有时+经常+总是”使用频次合计占比分别达 52.4%、59.44%，数据驱动的业务应用与监管分析已成为主流实践；跨部门数据共享场景中，三类使用频次合计占比达 65.08%，共享机制已基本建立；面向社会的机器可读数据公开场景中，三类使用频次占比达 40.28%，增速显著（图 17）。整体来看，生态环境数据应用呈现“监管

深入、政务普及、共享常态化”的格局。

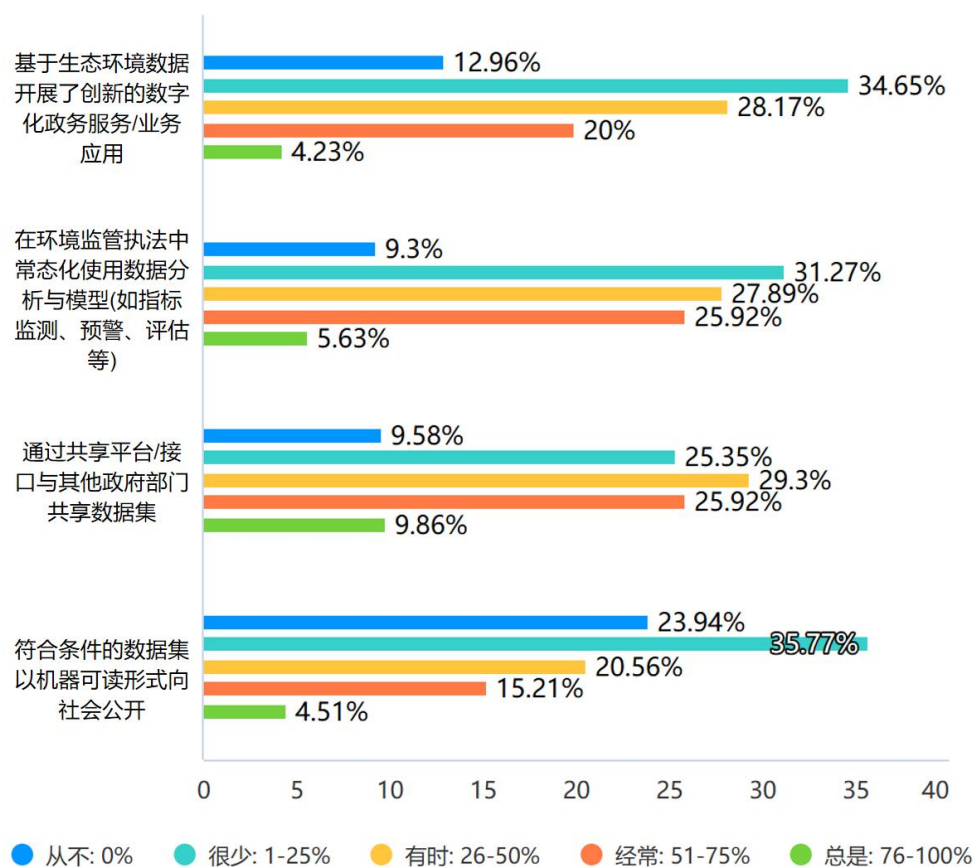
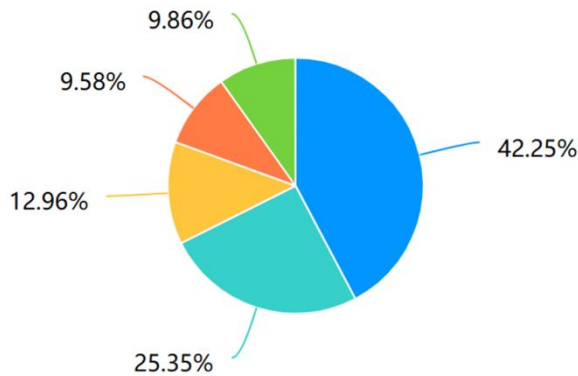


图 17 各地生态环境部门数据应用与开放情况

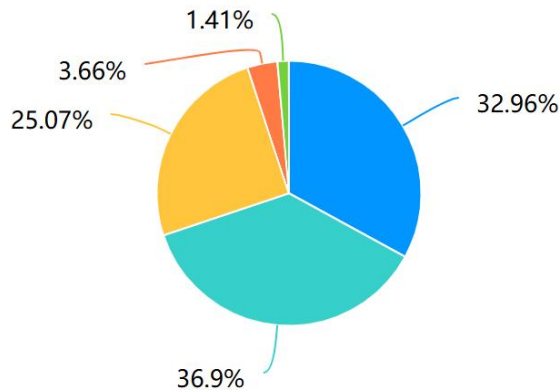
数据价值方面，仍以业务线上化为主，占比为 42.25%，支撑判断可视化、驱动流程自动化、催生模式创新化、引领智能化等深度应用方面的占比分别为 25.35%、12.96%、9.58%和 9.86%，数据在辅助决策、战略引领和模式创新等方面的价值挖掘仍有较大提升空间（图 18）。



- 实现业务线上化：数据主要价值在于将线下报表、手工统计等传统工作迁移至线上完成，实现了无纸化办公与电子化存储，核心是提升基础工作的记录与汇总效率。
- 支撑判断可视化：数据价值体现在将静态信息转化为动态图表、仪表盘等可视化形态，直接辅助业务人员在局部固定场景中研判，实现了从“看数字”到“看态势”的转变。
- 驱动流程自动化：数据价值在于能够驱动业务流程自动执行（如自动预警、智能派单），在关键环节替代或减少人工干预，实现工作效率与监管精度的规模化提升。
- 催生模式创新化：数据价值跃升为催生原先不存在的业务模式（如非现场执法、环保码评价体系），开辟了新的监管或服务路径，实现了业务模式的结构性与质变。
- 引领战略智能化：数据价值体现在构建“决策-执行-反馈-优化”的战略智能闭环，能够模拟、推演并直接催生新的政策、市场机制与准入标准，引领整个治理体系向前瞻性、自适应的智能化决策演进。

图 18 数据在各地核心业务中创造价值的能力

数据资产管理方面，多数地方（69.86%）仍处于尚未探索或概念认知阶段，部分地方（25.07%）开展了初步实践，达到深入探索和制度化运营的分别占比 3.66%和 1.41%，总体来看，数据资产化工作处于起步阶段（图 19）。



- 尚未探索：尚未开展数据资产化相关的工作。
- 概念认知阶段：已开始关注数据资产化政策动向，进行内部学习和研究。
- 初步实践阶段：已开展数据资产盘点、登记试点，或尝试进行数据成本与价值评估。
- 深入探索阶段：在部分领域（如生态产品价值实现）探索数据资产的应用场景和商业模式。
- 制度化运营阶段：建立了数据资产的管理制度，部分数据已开展价值评估与会计核算。

图 19 各地将数据作为“资产”进行管理和运营的进阶程度

针对完善全国一体化生态环境大数据体系建设，地方认为首要任务是“统一元数据、口径与更新频率标准”，其次是“建立

覆盖国家、省、市三级的统一数据目录与共享清单”，“提供安全技术实操指南与工具”和“构建跨部门数据安全流通可信环境”同样受到地方高度关注（图 20）。面向“十五五”，以可信技术打破跨域数据壁垒、以标准统一促进互联互通，将成为释放数据要素倍增效应的关键路径。

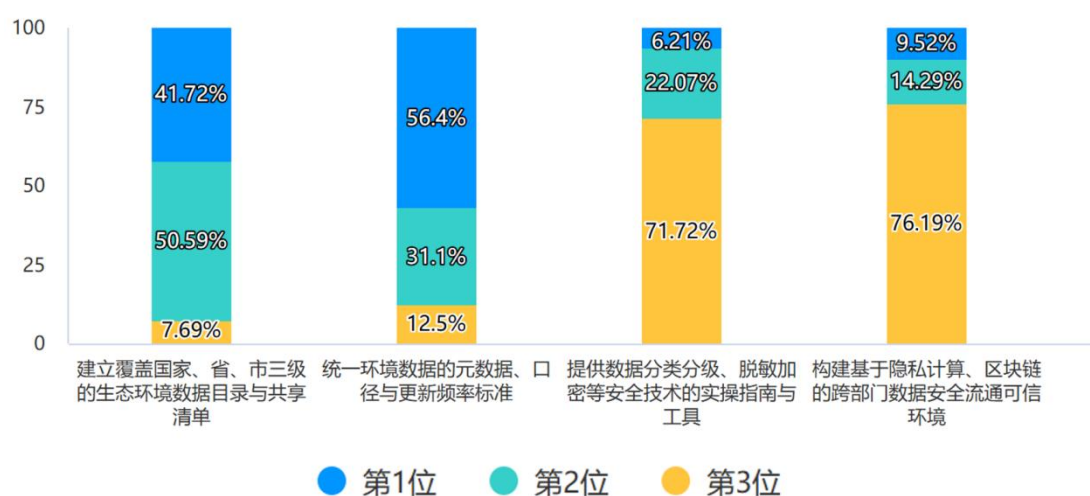


图 20 各地在数据治理与流通方面最迫切需要解决的核心问题排序

地方生态环境部门不断夯实数据资源基础，健全数据汇聚共享机制，以更全维度、更强支撑筑牢生态环境治理现代化的数据底座。湖南“生态超脑”整合信息孤岛资源，实现全域全时序数据统一管理与协同，打造数据赋能绿色发展湖南样板，获多项国家级案例荣誉。辽宁整合 54 套生态环境业务系统，建成 13 万余家污染源“一数一源”数据库，实现污染源数据统一规范管理。贵州构建生态环境大数据中心，集成 40 余个业务系统，对 5.5 万余家污染源实施红黄绿分级精准管控。西藏建成多类生态环境信息化平台，覆盖数据管理、监测执法等领域，持续强化生态环

境治理信息化支撑。

（四）绿色基础设施筑牢安全屏障

生态环境系统对算力、网络、数据中心等基础设施的需求持续攀升，绿色、智能、集约的新型基础设施体系建设步伐显著加快，网络安全、应用系统安全与数据安全“三位一体”的防护体系持续完善，努力筑牢数字生态文明建设的安全防线。

1. 国家层面

生态环境部正加速布局以“云网融合、算力协同、安全可控”为特征的绿色新型基础设施。通过持续优化机房、网络与云平台资源配置，信息化基础设施全年稳定运行。通过精细化运维与趋势监测，实现资源高效利用。持续推进 IPv6 规模部署与应用，完成《生态环境领域 IPv6 地址分配及编码规则》行业标准开题，生态环境部政府网站二、三级链接 IPv6 支持率接近 100%。

2. 地方层面

各地生态环境部门依托的政务云平台等基础支撑持续完善，“基本达到业务需求”“较好达到业务需求”及“充分达到业务需求”的占比合计达 72.11%，整体保障能力较强。人工智能基础设施（含 AI 专用算力、机器学习平台、基础大模型等）建设稳步推进，已有 23.66% 的设施能够满足不同层级业务需求，为后续智慧化治理能力升级奠定了良好基础（图 21）。

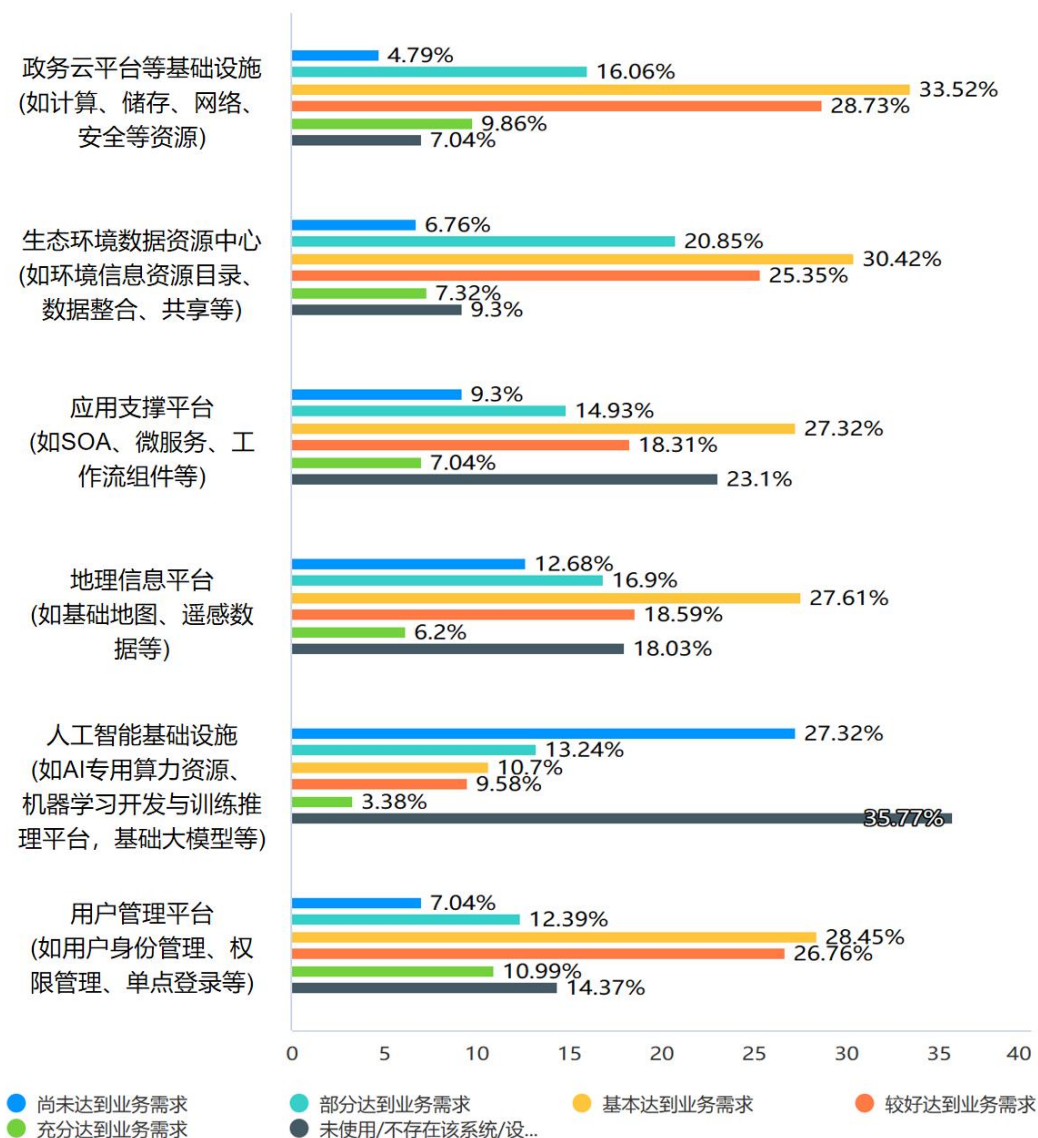


图 21 各地生态环境信息化建设基础设施情况

各地生态环境部门积极推进网络安全能力本地化建设，统筹各级安全需求、高效处置安全事件，整体安全意识与防护能力持续提升。江苏运用量子加密和国密算法构建工作秘密全流程防护体系，为政务办公、数据传输等提供高等级安全保障，筑牢数字监管安全底座。浙江深化商用密码与 AI 技术应用，常态化开展系统渗透测试，建成“五位一体”网络安全体系，全方位夯实生

态环境安全防护根基。陕西推行“安全监管+运维”模式，将安全管控嵌入日常运维各环节，实现安全防护常态化，有效提升生态环境领域整体安全防护水平。江西组织开展省、市、县三级生态环境行业网络安全演练，常态化开展网络安全宣传周，定期提升干部安全意识与防护技能。内蒙古依托大数据、人工智能搭建“一个底座，六个结合”的态势感知体系，强化盟市安全指导，为北方生态安全屏障筑牢网络安全保障。

三、自然资源数字化治理效能不断增强

随着数字中国建设的深入推进，自然资源作为基础要素，自然资源治理的现代化成为实现中国式现代化的不可或缺的发展趋势。2024年《自然资源部关于保护和永续利用自然资源扎实推进美丽中国建设的实施意见》明确指出，“提升自然资源数字化治理能力”，自然资源数字化治理效能逐步增强。《“一张图”建设工作方案》为自然资源的数字化治理提供了明确的方向和路径，以数字赋能自然资源“两统一”职责履行，以夯实底座、规划上图、管理上图、应用链接为重点建设内容，以场景驱动数字化转型发展，以开放共享数字生态推动构建美丽中国数字化国土空间治理体系，促进人与自然和谐共生的现代化是自然资源数字化治理的总体考虑。

（一）政策体系与标准建设逐步完善

《数字中国建设整体布局规划》将“建设绿色智慧的数字生

态文明”作为重要任务，提出加快数字化绿色化协同转型，为自然资源数字化治理提供根本遵循。自然资源与数字化治理之间存在相辅相成、相互促进的“双螺旋”关系。一方面，数字化转型是范式级的变革，为自然资源治理提供了技术支撑和创新动力，数字化转型的过程就是推进自然资源治理能力现代化的过程；另一方面，自然资源治理的现代化需求和实践又为数字化转型提供了应用场景和经验借鉴，推动了技术的创新和发展。这种相互作用不仅有助于实现自然资源的可持续利用和生态文明建设，还有助于推动经济社会的高质量发展和治理体系的现代化。

一是顶层设计强化。2025年自然资源部、国家林业和草原局印发《“一张图”建设工作方案》（以下简称《方案》），明确了“一张图”建设的时间表和路线图（图22）。《方案》提出统一地理底图、统一调查、统一产权底板、统一规划、统一用途管制、一体化督察和执法、灾害监测预警、统一平台等8项任务49项具体工作。此外，《方案》细化提出了2025年13项重点工作：包括处理地类矛盾冲突，建设陆海衔接的统一地理底座，建设统一的自然资源调查监测现状图，融合地质、海洋、森林草原火灾等灾害监测预警系统等。



图 22 “一张图”建设的时间表和路线图

二是标准规范统一。《自然资源数字化治理标准体系及标准研制三年行动计划（2024 - 2026年）》，聚焦标准化建设关键任务，通过完善标准体系、加大标准供给，为数字化治理规范有序推进提供保障。建立自然资源数据分类、采集、共享等国家标准，印发《“一张图”数据资源目录（2025）》，明确“一张图”数据资源的汇聚标准，完成了地理底图、土地、林草、海洋、地质矿产等方面共计 69 类新增数据汇聚和建库。印发《自然资源领域数据安全管理办法》，标志着自然资源领域数据安全管理制度落地，进一步细化了自然资源领域的数据安全要求，为相关数据处理活动提供了明确的指导和规范。

（二）协同治理能力与公共服务水平提升

一是协同共享机制构建。打破部门与层级壁垒，构建跨部门、跨区域、跨层级的协同治理机制，推动自然资源数据从“机房里”走向“场景中”。各地依托国土空间基础信息平台，打通自然资源与发改、交通、水利、生态环境等部门的数据通道，实现规划编制、项目审批、生态保护等业务协同联动。2025年，自然资

源部加强部局协同，建立年度林草湿荒调查监测与国土调查协同机制，通过“统一标准、统一时点、统一平台”，同步开展数据联动更新，从源头上解决标准差异、边界交叉和数据矛盾，加快建成统一的自然资源调查监测现状“一张底图”。针对地方和基层反映的“卫片执法简单化、一刀切”问题，自然资源部发挥地信测绘技术优势，构建全国自然资源系统遥感影像共享应用机制，通过统筹遥感影像获取、加强生产计划协同，避免重复处理。同时，将加大高精度遥感影像供给，加快数据更新频次，借助“天地图”等平台面向全系统、全社会提供服务，助力基层常态化开展自查自纠，实现违法违规行为“早发现、早制止”。

二是数据开放与公众参与。在社会共享方面，“天地图”是自然资源部门向社会提供各类地理信息公共服务、推动地理信息数据开放共享的政府网站，融合集成了国家、省、市（县）级地理信息资源（图 23）。2025 年“天地图”已完成国家公共数据资源登记，是首批通过登记的公共数据资源，形成网络化协同服务机制，成为社会各界“用得上、离不开”的基础平台。截至 2025 年 12 月 25 日，“天地图”在线注册开发用户 148.29 万个，累计授权应用 112.93 万个，地图服务日均访问量超 10 亿次，支撑 40 多个行业 7000 多个政府用户和 3.3 万家企业应用。作为自然资源管理和国土空间规划“一张图”的组成部分，新版“天地图”集成林草、地调、海洋等自然资源专题数据，初步建立统一

的应用门户，推进跨部门跨层级应用，耕地保护应用场景已实现与 18 个省份的系统联通；建设联动审批场景，与国家发展改革委重大项目管理系统实现信息共享和业务协作；各地结合自身实际，打造了一大批实用、好用的应用场景。向社会开放国家公园、空间规划等 24 类专题数据，实现从基础地理信息平台向自然资源综合服务平台转变。建成国家 - 省 - 市县三级在线更新体系，数据更新周期从 3 个月至 4 个月缩短至 20 天；创新“政府发包、公众参与”的众包更新模式，用户可通过天地图网站、微信小程序等方式提交更新线索，实现地理信息数据的动态完善。在山东试点无人机派单更新模式，吸引 300 余家测绘资质单位参与。通过开放地理信息数据，构建灵活易用的服务功能，为政府、企业、公众等各类用户提供电子地图、影像地图、地名地址查询、数据落图等一系列标准化 API 接口及丰富的二次开发资源，显著降低地理信息数据应用开发成本，提升地理信息数据应用服务场景建设支撑能力，实现数据资源的普惠应用与高效共享。



图 23 “天地图”国家地理信息公共服务平台

（三）“一张图”建设取得显著进展

“一张图”指的是自然资源管理和国土空间规划“一张图”，是自然资源部落实习近平总书记“统一底图、统一标准、统一规划、统一平台”重要指示，履行“两统一”核心职责的重要载体和具体举措，是“多规合一”的具体体现，是做好自然资源工作的长远大计。自然资源部按照党中央统一部署，正在加快推动“一张图”的数智化转型，打造国家数字化生态基础设施，不仅为政府部门提供一个基础平台，也为全社会提供服务，有效支撑数字中国建设和数字生态文明建设。在深化自然资源综合改革、提升国土空间数字化治理能力方面取得显著成效。比如林草湿荒调查监测与国土调查实现“统一标准、统一时点、统一平台”。联动审批机制效能显著提升，信息化赋能效果明显。统一产权机制取得新进展。督察执法工作机制转型升级，切实减轻了基层负担。互联网版“一张图”上线应用，政务版“一张图”快速推进，国土空间数字化治理能力显著提升。

一是统一底图。现状底图为国土空间治理和自然资源管理提供数据底座。以统一的国家测绘地理信息底座和统一的分类标准为基础，统筹国土调查、林草湿荒普查、不动产权属调查等成果，将各类资源资产状态以及空间关系落到“一张图”上，落到具体地块上，形成空间关系边界清晰、权属明晰、各方认可、共同使用的统一现状底图。产权底板以登记数据主体、权籍调查数据为

补充，记载各类不动产和自然资源权属、界址、面积和用途等状况，是自然资源主管部门履行“两统一”职责的重要基础支撑，对存量时代规划管理、城市更新、资产盘活，乃至提升国家治理水平都具有重要支撑作用。浙江、重庆、北京、天津、山东、湖南等省（市）已初步建成产权底板。全国2600多个县市实施“互联网+不动产登记”，基本实现高频事项“全程网办”。江苏全省实施不动产单元代码“一码关联”，打通土地市场、用途管制、登记等业务系统，实现建设用地全生命周期管理。武汉、南京、宿迁、黄山等将不动产单元代码记载在土地出让合同、规划许可证等材料中，推动规划、审批、供应、登记等业务融合。

二是统一规划“一张图”。规划“一张图”是落地实施“多规合一”的重要抓手与核心载体。国土空间规划构建五级三类整体体系，其中城市层面规划形成科学规范的“1+N+1”体系：第一个“1”为国土空间总体规划，“N”代表各类专项规划，最后一个“1”是详细规划，层层衔接、统筹管控，切实保障国土空间利用的唯一性与统一性。落实“多规合一”，关键是要落实好习近平总书记强调的强化国土空间总体规划对各专项规划的指导约束作用，各专项规划的编制要依据国土空间总体规划，同时与详细规划衔接，统筹落到“一张图”，实现“多规合一”，促进了规划的数字化转型，提高了科学性、精准性、实施性、可监督性。北京、上海等城市，依托“一张图”统筹各类资源资产

以及空间发展需求，开展规划实施体检评估，优化完善详细规划，因地制宜打造社区生活圈、产业社区、商务社区，有效推动城市精细化治理和城市有机更新。

三是统一管理平台，提高行政服务效能。在统一底图、统一标准、统一规划基础上，建立统一的国土空间基础信息平台，打通部门之间的数据壁垒和信息孤岛，建立覆盖全域、全类型、全生命周期的数字化治理模式。江苏以产权为基础，设立不动产空间单元代码，每一个不动产单元都有唯一的空间代码或“身份码”，实现从规划、建设、不动产登记、自然资源资产运营“一码通”的闭合监管，做到“交地即交证”“交房即交证”，给社会带来便利。同时加快数据服务汇聚共享，完成图层服务迁移适配，政务外网、互联网集成近400个服务，实现数据服务分级授权。

四是应用业务系统和重点场景建设。一方面推进耕地保护、联动审批、灾害监测预警及国土空间规划场景建设。初步建成耕地保护场景，整合系统并设立形势研判、业务监管、政策法规模块。深化“一张图”审批场景化改造，简化审批事项，推进AI辅助审查。搭建灾害监测预警框架，集成系统并实现数据落图与会商调度。优化国土空间规划场景，构建主题数据集，上线业务功能并升级整治应用。另一方面开展资产权益、矿产资源安全、开发利用、国家自然资源督察、执法等业务应用建设。开发数字化大屏，实现图数联动，完成资产清查数据入库，对接财政部债

券项目。整合矿政系统，展示矿产资源安全，升级矿业权交易，成果入选地质调查进展。构建资产交易应用，优化市场监管和节约集约模块，对接海域林草数据，提供统计数据。整合生态修复系统，支撑项目申报与验收。建成统一中心，支持督察研判，推进执法一体化流程。

（四）数字技术推动自然资源治理提质增效

2025 年被认为是中国的 AI 元年，自然资源部充分发挥 AI 等数字技术的作用，将其与“四个融合”战略统筹发展，即司局融合、部局融合、部门融合和部省融合，体现了自然资源部对 AI 技术的高度重视和系统性推进。2025 年 3 月 26 日，自然资源部办公厅和国家数据局综合司联合下发通知，启动 2025 年实景三维数据赋能高质量发展创新应用典型案例征集，旨在积极培育实景三维中国多类型应用场景，加快推进实景三维中国建设与时空信息赋能应用。在智慧城市建设方面，国家发展改革委、国家数据局、财政部、自然资源部联合印发的《关于深化智慧城市发展推进城市全域数字化转型的指导意见》，鼓励发展基于人工智能等技术的智能分析、智能调度、智能监管、辅助决策，全面支撑赋能城市数字化转型场景建设与发展。

瞰海大模型由国家卫星海洋应用中心研制，是我国首个“遥感-重构-预测”全链路海洋 AI 大模型，能够贯通海表到水下、现状到未来的时空维度，显著提升海洋灾害预警的精准度。瞰海

大模型将卫星遥感所获取的准实时海面二维环境要素信息，通过人工智能模型在空间与时间上分别进行了拓展推演，能够生成未来 10 天的海表和海面以下约 600 米的温度、盐度、密度和流场等海洋环境预测产品。目前已完成瞰海大模型的研发与业务化部署，形成从卫星观测到海洋环境预测的端到端计算范式，充分发挥卫星高频率观测的优势，构建快速滚动预测的新业态。

各地自然资源主管部门也积极响应国家政策，制定了具体的实施计划和配套措施。广西制定了“人工智能+”自然资源“一张图”建设三年计划：到 2025 年底前，统一地理底图建成，核心业务协同格局基本形成，部分人工智能应用场景上线试用；到 2026 年底前，全业务协同管理规则基本建立；到 2027 年底前，信创改造圆满完成，“人工智能+”自然资源“一张图”基本建成。湖南 2025 年 6 月印发《湖南省自然资源“天空地网”综合监测体系升级版建设三年行动计划（2025-2027 年）》，将“调查监测+人工智能”创新融合工程作为重要任务，持续迭代升级“调查监测大脑”，构建可扩展、可迭代、可定制的多模态调查监测大模型。江苏 2025 年 3 月完成 AI 大模型本地化部署，在要素保障方面，智能判断重大项目地块“前世今生”，快速梳理历史沿革、性质变化；在资源保护利用方面，借助 AI 大模型的数据分析与预测能力，提前参与土地开发前期评估；在政策普及方面，利用 AI 大模型训练知识库搭建本地自然资源政策问答平台。

浙江启动了“人工智能技术变革赋能自然资源管理体系研究”项目，温州在“浙江省浙地智管”场景试点基础上，通过“AI+规划”深度融合，全面推动国土空间规划编制、用途精准管制、审批服务优化与执法效能监管的全链条、一体化智能跃升。

四、数字孪生水利取得关键突破

近年来，在习近平总书记“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”的治水思路指引下，按照数字中国建设整体布局规划，水利部将推进数字孪生水利体系建设作为发展水利新质生产力、数智赋能水治理的重要实施路径，坚持“需求牵引、应用至上，数智赋能、提升能力”原则，系统谋划推进数字孪生水利体系建设，不断提升水利治理管理现代化能力和水平。

数字孪生水利体系，是以物理水利对象为单元、时空数据为底座、数学模型为核心、水利知识为驱动，对物理水利全要素和水利治理管理活动全过程进行数字映射、智能模拟、前瞻预演，与物理水利对象同步运行、虚实交互、迭代优化的综合体系，由数字孪生流域、数字孪生水网、数字孪生工程组成，三者互不替代、各有侧重、互联互通、信息共享（图24）。



图 24 数字孪生水利体系示意

2025 年，数字孪生水利体系建设氛围日益浓厚、整体合力加速凝聚，全面进入深化赋能阶段。先行先试扩面提效，全面完成 94 项数字孪生流域建设先行先试任务，推进 14 个省级水网先导区数字孪生水网建设，三峡、南水北调等 11 个重点数字孪生水利工程投入实战应用，49 处数字孪生灌区、230 个数字孪生农村供水工程建设见效，同步启动智能大坝、调水工程、蓄滞洪区等多项建设。标准体系加快完善，构建涵盖 7 类 58 项的水利技术标准体系，推进《水利业务“四预”基本技术要求》等多项标准编制。9 月，水利部在杭州召开建设现场会，明确以数字孪生流域为重点系统推进建设。各级水利部门多措并举推进工程与流域数智化，数据、模型、算力系统性增强，数智赋能防洪、水资源调配等核心业务成效显著，丰富了数字生态文明内涵。

（一）“天空地水工”一体化监测感知系统初步构建

按照全覆盖、全空间、全要素、全天候监测感知要求，推进

跨学科跨领域的监测技术装备研发应用，在时空、范围、精度、频次等方面协同融合，通过实施“天空地水工”一体化监测感知夯基提能行动，初步构建了“五位一体”的“天空地水工”一体化监测感知系统（图 25）。



图 25 “天空地水工”一体化监测感知系统

“天”依托遥感卫星技术，开展大尺度全域监测感知。“水利一号”及组网的 34 颗遥感卫星实现全国陆域范围亚米影像季度覆盖，协同多源卫星初步具备重大应急事件小时级监测能力，在洪水、突发山洪灾害等灾情险情应对中，充分发挥全天候、全天时优势及时获取动态变化的大尺度数据（图 26）。



图 26 “水利一号”监测黄河凌情信息

“空”借助无人机、测雨雷达等设备，完成中小尺度高精度动态监测感知。200 余部水利测雨雷达组网运行，实现从“落地雨”向“云中雨”监测转变（图 27）。无人机搭载激光雷达等载荷，通过边缘计算等方式对地表覆盖度、数字高程模型等进行采集，在巡河、追踪水头演进、河道地形变化监测等场景中发挥了重要作用。浙江安吉县以浒溪流域为“AI 河长”巡河试点，实现无人机自动巡飞抓拍 11 类巡查重点问题。



图 27 布设于广西大藤峡水利枢纽的水利测雨雷达

“地”通过地面监测设施设备，聚焦关键区域点位要素的精准实时监测感知。通过 13.6 万处水文测站、雨量站、土壤墒情站、蒸发站、水土保持监测站等水文测站。持续开展水利北斗规模应用，在重要或偏远站点数据传输等工作中取得明显成效。

“水”专门针对河湖库水体、水中、水下水利要素的监测感知。比如，为解决传统含沙量测量流程繁琐、难以精准捕捉水沙关系瞬间变化的难题，黄河水利委员会新研制的光电测沙仪实现监测量程新跨越，6 分钟就能精准获取含沙量，在黄河实测误差 1.03%（图 28）。小浪底通过无人船每年汛前、汛后开展库区大断面水下地形监测。



图 28 光电测沙仪实现黄河沙峰全过程实时在线监测

“工”聚焦水利工程内外部要素的监测感知。监测渗流渗压、位移形变、应力应变等工情险情要素的感知设备广泛应用（图 29）。激光雷达、合成孔径雷达等支撑对堤坝渗漏、管涌等多类型险情隐患外检测。



图 29 “天空地水工”一体化监测体系

研发数据归集 - 治理 - 共享的全链条技术，构建“全国水利一张图”，汇聚了 72 类 2600 万水利对象要素信息，形成全国逻辑统一、物理分布的数据资源体系，实现对江河湖库等物理水利对象、水利治理管理活动及相关行业多源多维多时空数据的统一归集和治理。

（二）“高保真”数学模型系统持续完善

数学模型是数字孪生水利体系精准映射、虚实交互、实现“四预”功能的关键。在现有水利模型基础上深化攻关、集成应用，

确保数学模拟过程和物理过程实现“高保真”。在数字空间模拟现实世界中的江河水体运动、水网调度、水利工程运行，帮助我们对各种未来可能发生的险情进行超前模拟推演、仿真分析，数学模型是关键。

一是推进关键技术研发应用。聚焦数学模型“高保真”要求，组织研制流域产汇流、土壤侵蚀、地下水、泥沙、水资源调配、工程调度等6类21项通用基础水利专业模型。构建可灵活调用、组合封装各类模型的数学模型系统，具备根据不同业务场景需求动态调整模型的计算边界与方案能力，初步实现“正向-逆向-正向”运算功能。组织研发水信息大模型，衔接垂直模型特别是机理模型，提升机理模型参数率定和服务调用能力。

二是持续完善模型标准化规范。编制《数字孪生流域建设技术导则》《数字孪生水网建设技术导则》《数字孪生水利专业模型集成与服务技术要求》等水利行业标准，围绕产汇流水文模型、洪水演进水动力学模型、泥沙动力学模型等水利专业模型的集成与服务，规范输入输出数据标准化，封装、登记与测试，服务发布与调用等环节技术要求，有效促进模型标准化。

三是推进专业模型集成与评价。聚焦加快建设现代化水网等重大战略需求，按照“验证历史、同步映射、预测未来”及“正向-逆向-正向”的功能要求，建立来水、需水、演进、配置、调度等5类20项水网专业开放场景和量化评价指标，研发集成

分布式水文、水动力学、水资源调配、水库调度等百余项水利专业模型，推进水利专业模型分类分级评价，为水利业务提供“前瞻、科学、精准、安全”决策支持。

聚焦流域防洪安全，在预报方面，水利部研发“云-雨”短临降水预报模型，通过有机融合气象卫星、天气雷达、测雨雷达等信息，实现全国未来 6 小时、逐 10 分钟更新、空间分辨率 1 公里 × 1 公里的精细化短临降水预报产品应用；在预警方面，研发分布式水文模型，耦合“云-雨”短临降水预报模型预报结果，滚动开展全国范围 32.8 万段数字河流的洪水预报，发布中小河流洪水早期预警；在预演方面，初步建成水动力学洪水演进模型，实现“正向-逆向-正向”水库调度预演功能；在预案方面，构建基于人工智能技术的预案制定功能，实现对预演生成的方案进行影响评估和优化，为快速科学制定预案提供技术支撑。

聚焦水资源管理与调配，南水北调中线研发了数理与机理双驱动的水温冰情预测模型，根据数字孪生系统采用动态调度策略，在 2023 - 2024 年度冰期输水期间，通过动态优化调度比计划多供水 3.4 亿立方米，2024 - 2025 年度冰期又多供水 0.4 亿立方米（图 30）。

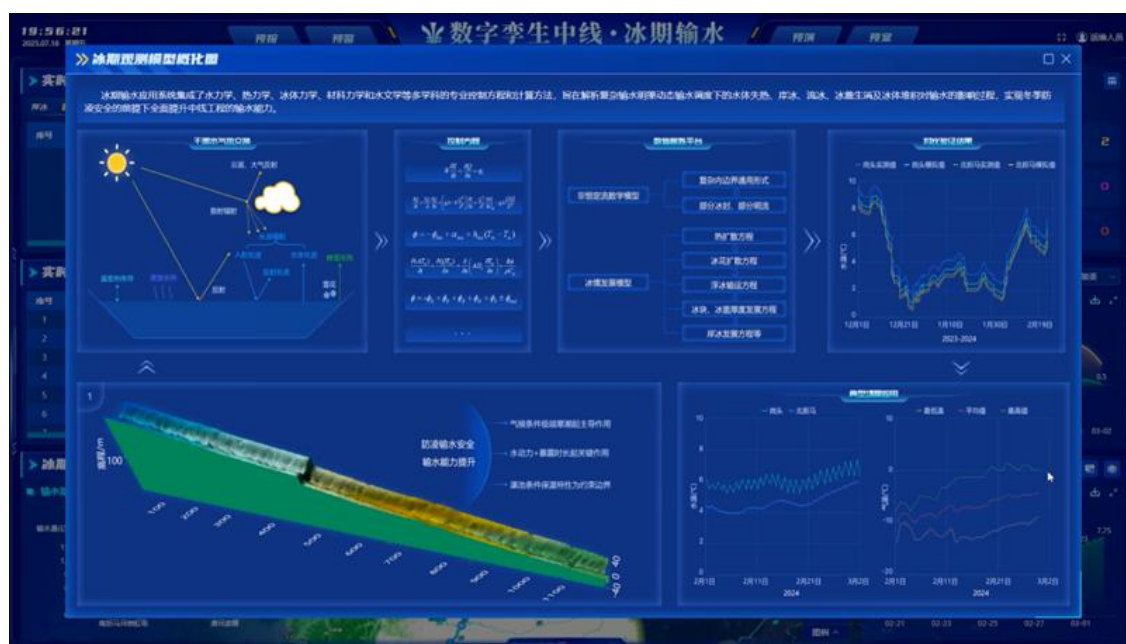


图 30 “高保真”模型赋能长距离引调水工程精准安全输水

聚焦水利工程安全和效益发挥，丹江口水库大坝通过工程安全监测，研发有限元计算模型、深度学习预测模型，实现多场景状态下的安全运行状态预报预演预警，充分发挥大坝加高工程综合效益。

（三）数智赋能“2+N”水利业务应用加速迭代

1. 有力支撑水旱灾害防御

水利部将防洪安全作为数字孪生水利体系建设及智能业务应用的重点领域，着力强化洪水“四预”功能，提前研判风险、及时发布预警、科学精准应对，以工程措施的确定性有效应对水旱灾害的不确定性。

在预报方面，依托“天空地水工”一体化监测感知系统，通过气象卫星、天气雷达和水利测雨雷达网、雨量站网、水文站网

耦合贯通的雨水情监测预报“三道防线”，实时掌握“云中雨—落地雨—河中水”等暴雨洪水态势并开展滚动递进预报，实现延长洪水预见期和提高洪水预报精准度的有效统一。“十四五”以来，水利部门累计发布洪水预报 272 万站次，全国大江大河洪水预见期从 3 天延长到 10 天，主要江河关键期洪水预报准确率达 90%。

在预警方面，根据江河洪水、山洪灾害等预报分析成果，构建了洪水风险分类别、多层次预警体系，实现预警信息及时精准直达防汛一线和受影响区群众，为提前采取防御措施和群众转移避险等赢得了先机。“十四五”以来，水利部门累计发布洪水预警 1.24 万次、发布山洪灾害预警 121 万次，及时组织山洪危险区群众转移避险 1555 万人次，显著降低了人员伤亡等损失。

在预演方面，基于数字孪生平台，构建流域洪水预报调度一体化模型，根据流域雨水情实时感知和预报数据等，开展洪水演进与防洪工程体系调度耦合模拟，通过“正向—逆向—正向”数字推演，分析研判不同调度方案下的洪水演进过程及可能风险，为防洪调度、堤坝防守、抢险救援等提供技术支撑。在今年秋汛期间，运用数字孪生长江，动态模拟预演汉江流域骨干工程调度和洪水演进 80 余次，为成功应对汉江流域 7 次编号洪水提供了有力支撑。

在预案方面，运用水利数字孪生平台，集成各类防洪方案、

调度规则和专家经验等，根据流域洪水演进、调度预演等分析成果，快速、精准完善流域防洪工程体系调度运用方案及防守措施，实现防洪减灾的措施最优化、效益最大化。在 2024 年应对乌苏里江长历时超保洪水过程中，根据洪水预演结果指导地方针对性制定防御方案，提前在薄弱堤段加固加高子堤 255 公里，实现了人员不伤亡、堤防不决口、城市不进水。

2. 有效提升水资源管理与调配

水资源管理与调配是数字孪生水利体系建设的重要内容，“十四五”以来，水利部重点围绕前端监测感知、监测感知数据归集处理平台、监测计量数据信息化应用三个方面，加快完善水资源管理与调配应用，有力提升了水资源精细化管理水平。

第一，加快推进前端监测感知能力建设。按照“应测尽测”的目标要求，水利部制定印发《全国水资源监测体系建设总体方案》，开展取用水监测计量能力提升三年行动，加快推进取水口取水监测计量、河湖断面和地下水监测体系建设。截至目前，在取水口取水监测计量方面，非农取水、大中型灌区渠首取水口和典型小型灌区基本实现取水计量全覆盖，其中规模以上取水口在线计量接入率超过 98%。针对点多面广量大的农业灌溉机井，联合国家电网公司加快推进“以电折水”取水计量；河湖和地下水监测方面，水利部已批复的 171 条重点河湖生态流量监测覆盖率达 93%，水利部已批复的 94 条跨省江河水量分配方案监测断面

覆盖率达 87%，全国已建成地下水监测站点 24857 处，监测覆盖全国约 350 万平方千米。

第二，不断完善监测感知数据归集处理平台。同步推进取用水管理、地下水管理、生态流量管理、水资源承载力评价、水量分配管理、饮用水水源地管理、调水管理、节水管理与服务等 8 个与水资源监管相关的业务平台模块建设，其中最为完善的取用水管理平台，基本实现了约 556 万个河道外取水口、65 万多套取水许可电子证照、38 万个用水统计调查基本单位名录、420 万个取水计量电子档案以及 29 万个取水在线计量点等信息数据的全面汇集，并与流域管理机构和省级水行政主管部门实现了共享互用；同时，也积极推动电力大数据“以电折水”共享、遥感解译灌区灌溉面积反演用水量的信息汇集。

第三，着力强化监测计量数据信息化应用。紧扣落实水资源刚性约束制度要求，坚持应用至上、数智赋能，强化数据信息在水资源精细化管理方面的应用。比如，在取用水监管方面，建立违规取水问题排查常态化机制，通过数据交叉检验，实现了无证取水、超许可取水、无计量取水等问题线索自动排查推送和动态清零，“十四五”以来累计排查问题线索 18.5 万条，有力提升了取用水监管效能。生态流量监管方面，对 158 条（个）跨省重点河湖、268 个河湖控制断面生态流量目标开展实时监测预警，保障生态流量目标实现，2024 年度重点河湖生态流量达标率达

到 98.6%。母亲河复苏方面，按月更新母亲河有水河长、河湖面积遥感解译矢量信息以及水文水资源监测信息，动态评估母亲河复苏情况。截至 2025 年 9 月底，88 条（个）母亲河（湖）复苏目标任务全面完成，母亲河复苏取得了显著成效。地下水监管方面，针对 87 个浅层及 38 个深层存在超采问题的地级行政区水位变化情况定期监测，定期发布全国地下水水位变化情况，对水位下降幅度大的地市人民政府进行会商，有力压实了地下水超采治理主体责任。

3. 切实提升人民群众生活

一是维护河湖空间。我国河湖众多，过去，河湖乱占、乱采、乱堆、乱建问题点多面广、隐蔽难查，有的问题形成时未能及时发现，形成后清理整治难度大、代价大、社会影响大。如今，高分辨率遥感卫星、无人机、视频智能识别等监测技术的应用，为强化河湖水域岸线管控，规范化常态化开展河湖库“清四乱”提供了有力支撑，推动河湖面貌发生历史性改善，人民群众获得感、幸福感、安全感不断增强。违法违规建筑、侵占破坏河湖库水域岸线等行为发生、演变全过程都会留下“数字痕迹”，通过数智化手段持续跟踪对比，及时发现问题尤其是“苗头性”问题，有效降低问题处置难度和成本，及时掌握问题整改进展和成效，确保问题彻底解决，防止问题反弹，切实推动了问题整改与事前预防相结合。

二是保障粮食安全。灌区是粮食和农产品主要产区，是国家粮食安全的重要保障。数字孪生灌区有力支撑灌域内主要作物的需水量、土壤水分、最优灌溉日期及灌溉量的分析预测和水资源从源头到地头精细管理。例如，四川都江堰灌区通过数字孪生建设，实现水资源精细化调度，水稻灌水周期大幅缩短，连续3年提前7天“关秧门”（指水稻栽插结束），实现600余万亩水稻灌溉既快又省。安徽淠史杭灌区通过数字孪生建设，2025年在水稻栽插面积与2024年基本一致、降雨量偏少5%的情况下，灌溉引水量节约3.1亿立方米，节约水资源产生的直接经济效益达7200万元。

三是优化城乡供水。面对日益增长的供水需求和城镇化进程加快的新形势，不少地区通过数字孪生建设显著提升了城乡供水保障水平与运营效率。比如，浙江打造农村供水从“水源”到“水龙头”全链条监测系统，全省7900余座供水水厂（站）、7500余处供水水源全部入库、上图、联网，水量、水压、水质等关键指标在线监测覆盖全省98%的人口。同时，推进单村水站、管网节点水量、水压、水质数据实时采集、在线监控，全面构建起“实时响应、5分钟精准派单、2小时速达检修”的服务机制，有力保障农村居民喝上放心水、优质水。

（四）水利数据资源开发利用进入新阶段

以数智赋能水利高质量发展，统筹推进数据资源整合、共享

利用工作，通过“建机制、搭平台、编目录、促应用”四大举措，全面推进水利政务数据共享治理体系现代化建设。

一是强化顶层设计，健全组织保障体系。深入贯彻落实《政务数据共享条例》，印发《数字孪生水利体系共建共享管理办法》，明确水利数据共享要求，建立了纵向贯通、横向协作的数据共享工作体系。编制完成《水利数据模型规范》《水利信息资源共享技术要求》等技术标准，规范水利数据组织与共享要求。

二是筑牢技术支撑，构建数据共享生态体系。建成覆盖水利部本级、各流域管理机构、各省级水利部门和相关水利工程管理单位的数字孪生水利资源共享平台（图 31），具备目录管理、数据溯源、供需对接、权限控制、安全审计等服务功能，支持日均百万余次数据共享调用。累计归集数据资源 24700 余项，共享资源数量 2800 多项，资源调用量 1.35 亿余次。



图 31 数字孪生水利资源共享平台

三是构建统一目录，厘清数据资源底数。系统梳理水利部本级政务信息系统及对应数据资源底数，推动结构化、规范化、可检索的数据目录体系构建，初步实现数据“有名册”、资源“可定位”，为高效提出共享需求、快速检索数据资源、精准开展供需对接提供有力支撑。

四是深化场景应用，赋能业务应用建设。持续推动垂管系统数据回流，资源累计调用量超6700万次；围绕重点业务场景深化供需对接，推动106项资源精准共享，助力数据利用从“能共享”向“用得好”跃升；充分发挥跨行业数据资源优势，有力支撑相关部门开展水利行业信用评价、优化完善水生态监测产品体系、健全灾害统计数据核定机制，为各级水利部门的协同联动和业务创新提供了重要支撑。持续推动水利行业公共数据“跑起来”示范场景建设与案例征集，《“天空地水工”一体化监测感知数据赋能钱塘江防洪潮安全管理》《慧聚水利多源时空数据，助力惠民减灾场景服务》先后成功入选国家数据局公共数据“跑起来”示范场景，充分展示了水利数据资源整合的应用成效。

五、数字化绿色化协同转型发展全面加速

当前，我国数字化绿色化深度融合、协同发力，成为推动高质量发展的重要引擎。绿色生产作为转型核心维度，以绿色工厂、绿色工业园区为核心载体，示范引领作用持续凸显，发展成果丰硕。2025年，我国新培育国家级绿色工厂2038家、绿色工业园

区 128 家，累计建成绿色工厂 8336 家、绿色工业园区 616 家，这些载体普遍具备显著的节能降耗、减污降碳优势，有效带动上下游产业绿色升级，筑牢产业绿色转型根基；区域绿色发展布局持续优化，截至目前，我国共有 19 个省累计 73 家园区被命名为生态文明建设示范区（生态工业园区），区域分布以东部地区为重点，逐步向中西部延伸，为区域绿色低碳发展注入强劲动力。

生态环境部信息中心深入开展双化协同理论和实证研究，在方法论、运行机理、重点行业转型路径等方面形成系列成果。研究认为，双化协同是涵盖政策、产业、技术、数据等多层面的深度融合，数字化为绿色化转型提供精准感知、实时优化等能力，破解传统转型效率低、资源配置不佳的难题，绿色化则为数字技术提供广阔应用场景，驱动其向高效低耗升级。二者相互促进，通过要素深度融合催生新经济形态与生产模式。

（一）双化协同理论研究

1. 双化协同方法论

双化协同基于“感知 - 研判 - 决策 - 行动”的核心方法论(图 32)。



图 32 双化协同核心方法论

感知阶段的目标是全面洞悉内外部环境中与数字化、绿色化相关的信号，为转型提供数据基础。外部信号包括政策动态（产业政策、税收优惠、监管要求）、市场需求（监测消费者对绿色产品的偏好变化、供应链上下游的低碳要求）以及技术趋势（数字技术与绿色技术的融合进展）；内部环境的变化主要通过运营数据（生产环节的能耗数据、资源循环利用效率）、数字化基础（评估现有企业系统的绿色化改造潜力、识别数据孤岛对能耗分析的制约）、组织能力（盘点内部团队在双化协同中的技能缺口）和工具支撑（物联网传感器、数据平台）来体现。

研判阶段需紧密结合前端感知获取的各类动态信号，依托科学认知精准锚定转型方向，有效规避经验主义带来的决策偏差与路径陷阱。通过系统剖析“政策－技术”“成本－效益”“风险－机遇”等多维关联关系，打破数字化与绿色化相互割裂的传统

思维定式，重构双化协同的分析框架与决策逻辑。

决策阶段需基于研判后的认知，在不确定性环境中快速确定优先级行动方案，平衡短期见效与长期价值。该阶段主要通过决策维度与优先级排序以及决策机制优化实现。其中决策维度与优先级排序需考虑的有技术路径选择、实施范围划定和资源配置决策。决策机制优化举措包含建立跨部门决策小组、引入敏捷决策工具和决策输出。

行动阶段需将决策转化为具体举措，通过实时监测确保转型效果，同时为下一轮循环积累数据。该阶段可经短期（0~1年）、中期（1~5年）和长期（5~10年）分阶段将双化措施落地，通过关键指标跟踪、快速纠错与迭代和成果固化推广形成实时监测与反馈机制。

该方法论依托快速迭代在动态环境中构筑竞争优势，具备动态适应、协同增效、风险可控、持续优化四大特点，可打破数字化与绿色化“两张皮”问题，降低转型试错成本，推动双化协同从被动合规转向主动价值创造，助力组织实现数绿深度融合、达成可持续发展目标。企业可结合行业特性灵活调整，打造适配自身的转型路径。

2. 双化协同因果关系

数字化从提升资源效率、优化生产流程、创新绿色技术三方面推动绿色化，绿色化以创造新需求、引导技术升级反哺数字化。

政策是双化协同的关键支撑，政府通过税收优惠、行业标准等激励企业投入，搭建产学研平台加速技术落地与产业融合。从核心逻辑梳理、层级拆解、关联设计及关键节点切入，结合实际场景，构建双化协同因果关系图（图 33）。

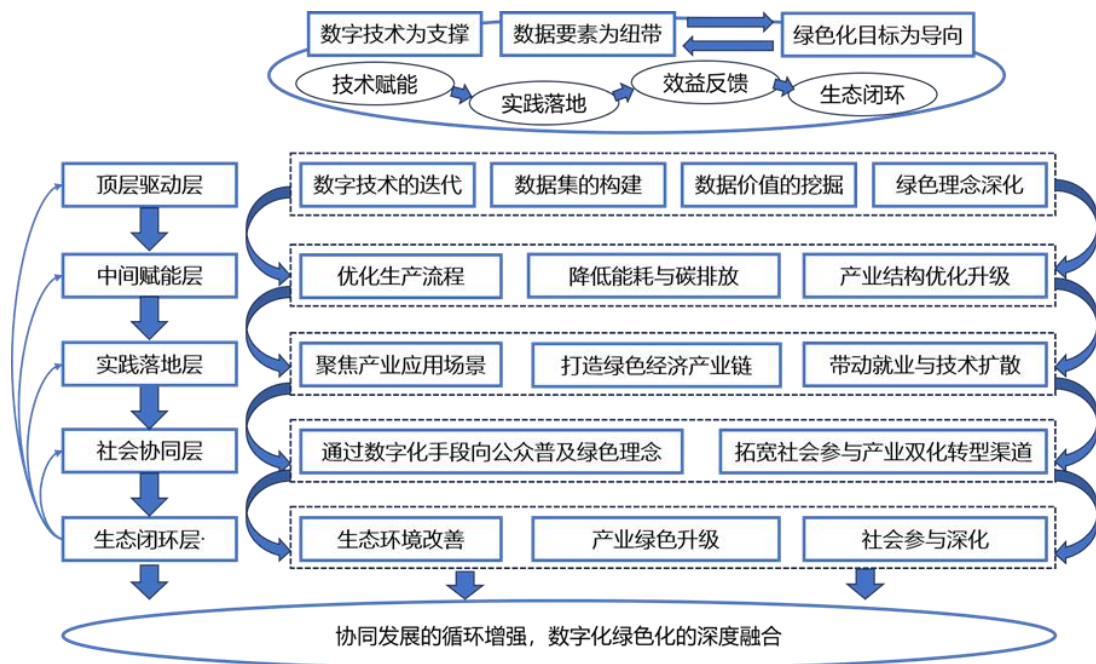


图 33 双化协同发展因果关系图

双化协同的核心因果逻辑是以数字技术为支撑，数据要素为纽带，绿色化目标为导向，双向赋能、循环增强。推动协同发展，具体分为五个层级。

一是顶层驱动层侧重技术与理念双输入，数字技术迭代、高质量数据集构建为绿色化提供工具与场景赋能，“双碳”目标、ESG 指标完善等绿色理念深化，倒逼数字化应用升级。

二是中间赋能层聚焦数字化赋能产业转型，通过工业互联网、智能制造优化生产流程，依托大数据推动高耗能产业降碳，借助

区块链等实现物料全流程追溯协同。

三是实践落地层聚焦融合应用场景，以数字技术赋能产业生产全流程低碳循环转型，依托数据串联上下游打造绿色产业链，带动就业与绿色技术推广。

四是社会协同层推动公众参与，通过各类线上传播方式广泛普及绿色低碳发展理念，依托志愿服务活动、公开平台，持续拓宽社会参与产业双化转型的渠道。

五是生态闭环层实现深度融合，数字化与绿色化双向互促，各层级成果反向赋能形成循环增强逻辑，最终实现经济、生态、社会可持续统一。

3. 双化协同发展趋势

按照启动、发展、深化、成熟的演进逻辑，构建了双化协同发展趋势路径图（图 34）。

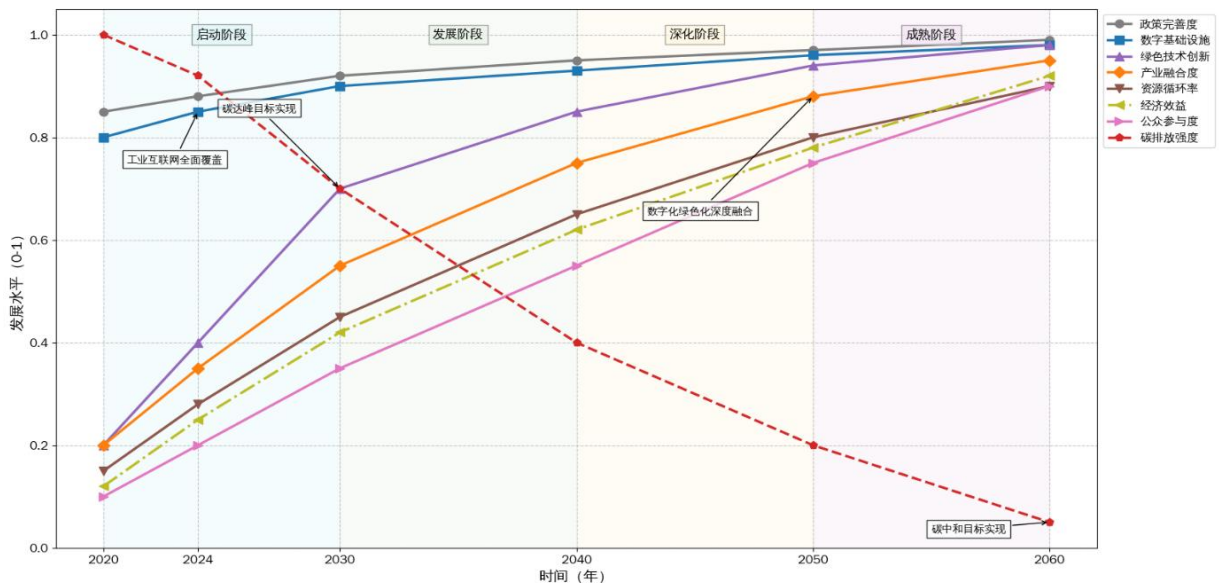


图 34 双化协同发展趋势图

该图呈现了2020-2060年不同维度在数字化与绿色化协同发展各阶段的趋势。一是政策完善度稳步提升，体现政策体系的持续健全，为发展护航；二是数字基础设施逐步增长，是双化协同的基础支撑；三是绿色技术创新上升明显，驱动绿色发展技术突破，助力减碳等目标；四是产业融合度呈持续攀升的趋势，反映数字化与绿色化在产业层面深度融合，促进产业绿色转型；五是资源循环率逐步提高，彰显资源高效利用、循环经济发展成果；六是经济效益不断上升，说明协同发展带来经济与生态双赢；七是公众参与度呈稳步提升的趋势，体现出社会各界参与绿色低碳行动的广度扩大；八是碳排放强度（红色虚线）：持续下降，2060年达“碳中和目标实现”，是协同发展减碳成效的关键体现，2030年左右实现“碳达峰目标实现”。

（二）数字化推动产业绿色低碳发展

数字化赋能产业绿色发展通过新一代信息技术与绿色低碳理念的深度融合，正系统重构生产方式和能源体系，推动产业绿色转型从局部改进迈向系统优化，从被动合规走向主动创新。

一是数字工程推动产业绿色发展。数字工程是一种通过整合新一代信息技术、数字技术及人工智能技术，构建数字世界以提升体系化解决问题能力的工程范式。数字工程基于统一的数据标准和应用平台，贯穿产品（或装备、设施）的全生命周期（设计、仿真、制造、运营、维护、报废回收），将物理世界的实体及其

行为在数字空间进行精准的动态映射、实时反馈和预测优化。其体系架构由物理线程、模型线程、数据线程、服务线程四个核心线程及算力、算法、存储、网络构成的智能中枢组成，简称“数智眼”（图 35）。

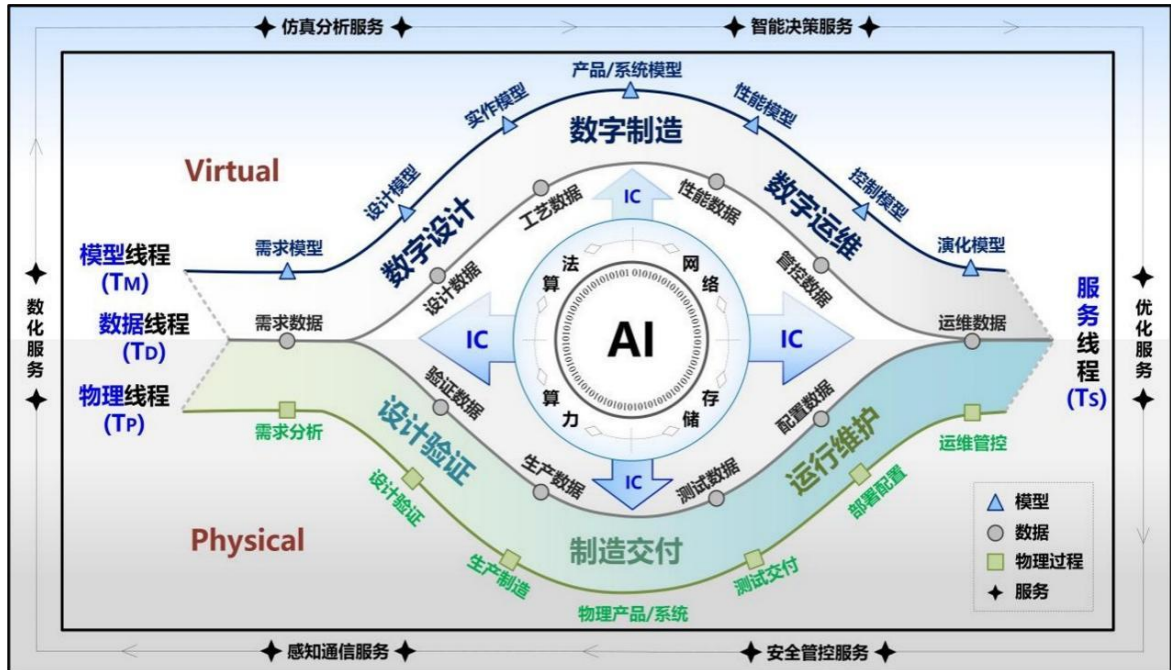


图 35 数字工程体系架构图——“数智眼”

数字工程是推动产业绿色低碳转型的“效率倍增器”和“决策优化器”。设计阶段依托数字孪生仿真优化产品能耗与用材；生产阶段通过物联网、AI 实现智能工厂精益绿色生产；运维阶段优化设施能耗、提升绿电消纳，预判设备故障减少资源浪费。同时，数字工程可全程追踪产品生命周期数据，依托管理平台明晰材料构成，为产品拆解、回收再利用提供支撑，有效助力循环经济高质量发展。

二是数据要素价值释放驱动绿色创新。数据要素贯穿企业生

产全流程，正深刻重塑传统资源配置模式，推动产业结构向高级化演进，驱动绿色创新发展。

原料采购阶段，依托历史采购、生产消耗及市场供需数据精准预测需求、调控库存。通过多维度供应商数据构建评估模型，筛选优质供应商，保障原料供应稳定与质量可靠。

生产计划与调度阶段，整合订单、设备产能、原料供应等数据，运用优化算法制定科学排产方案，提升生产与资源利用效率；实时采集生产数据，动态调整调度策略，妥善应对设备故障、订单变更等突发问题，保障生产连续稳定。

生产制造阶段，通过传感器采集设备运行参数，优化工艺配置以提升产品质效、降低成本；依托质量追溯系统实时监测并定位问题根源，确保产品质量达标。

能源管理阶段，全面采集能耗数据，分析耗损规律与高耗环节，优化能源调度，提升综合利用效率、削减能耗成本，部分企业通过能源大数据平台实现精细化管控。

产品销售与服务阶段，结合市场、客户反馈等数据指导生产与研发，收集使用反馈优化服务方案，有效提升客户满意度与忠诚度。

三是人工智能推广应用加速绿色转型进程。人工智能与产业全要素、全流程、全链条深度融合，能够重塑产业形态、提升生产效率、拓展创新边界，成为破解升级瓶颈、塑造竞争新优势，

提升系统效率与决策智能的核心引擎。在能源调度领域，基于机器学习与深度神经网络的优化模型，可将风光功率、负荷预测准确率提升至90%以上，显著增强可再生能源消纳能力与电网运行效益。在生产环节，人工智能依托海量数据构建工艺模型，实现预测性维护、工况诊断与参数优化，在流程工业中可使吨钢冶炼能耗降低8%、碳排放减少5%。AI驱动的碳足迹核算工具可支撑企业制定精准减排策略，行业高质量训练数据集则为模型迭代提供保障，进一步推动人工智能在绿色领域规模化深度应用。

（三）绿色化引领产业数字化发展

绿色低碳需求成为驱动数字技术持续创新的核心外部牵引力。各行业节能降碳、环境治理与发展循环经济的迫切需求，为数字技术明确了应用场景与迭代方向：碳足迹精准追踪催生精细化物联网传感与全生命周期管理平台，风电光伏等间歇性能源并网优化，推动云计算、AI算法在电力调度预测领域实现突破。这既为数字技术提供了应用“试验场”与数据流通过程，也引导研发资源投向，激活数据采集分析潜能，形成“绿色目标牵引数字创新，数字智能赋能绿色转型”的良性循环。

绿色低碳目标还持续倒逼数字技术、基础设施及数字产业自我革新。5G、数据中心等数字基建兼顾自身低碳化与全社会绿色赋能，通过液冷、AI节能、绿电直供降低能耗，更以智能感知网络支撑生态治理。重庆“巴渝治水”依托空天地一体化感知

网大幅提升水环境治理效率，车路云一体化技术助力交通减排。石油化工等行业构建“生产-回收-再资源化”循环链条，减少化石资源依赖；产业升级同步推进硬件绿色化与软件智能化，借助数字技术打造智能工厂与能源管理系统，实现生产监控、调度优化与预测性维护，深挖节能潜力，提升资源利用效率与生产安全性。

日益严格的环保与碳排放法规，更倒逼传统产业加速数字化转型。企业为满足碳足迹、能耗限额等要求，依托物联网、数字孪生等技术，实时采集全流程能耗排放数据，精准定位浪费源头，通过智能系统动态优化流程。这一过程既实现了绿色运营，也帮助企业构建数据核心能力，将合规压力转化为效率提升与模式创新的机遇，推动数字化绿色化深度协同转型。

（四）重点行业数字化绿色化转型路径

我国双化协同发展的成熟度分布不均，多数规模以上企业已实现部门、工厂级数据互联与流程协同，迈入单点应用后的进阶阶段，但能在全链条、全要素实现智能决策与绿色目标深度融合的企业仍为少数。下面以电力、钢铁、乳业为例，阐释重点行业双化协同发展路径。

电力行业作为全国碳市场首个纳入的重点行业，碳排放量占全国总排放量的 40%以上，转型影响意义深远。随着电碳协同体系不断完善，将碳监测、核算、足迹、仿真等融入新型电力系统

规划、运行、建设全环节至关重要（图 36）。为提升新能源并网消纳能力，电力行业已从历史数据统计升级为融合多源数据的 AI 超短期预测，精度超过 90%，有效降低弃风弃光率。电网侧通过部署亿级智能传感器，实现毫秒级感知，支撑 AI 平台实现实时仿真与风险评估，推动电网从被动应对转向主动预警；负荷侧通过数字化技术打造“虚拟电厂”，例如，内蒙古某产业园依托智慧管控系统，实现风电、光电 100%就地消纳，年发电量约 45 亿 kWh，减少标准煤消耗 56 万吨、二氧化碳排放 259 万吨。

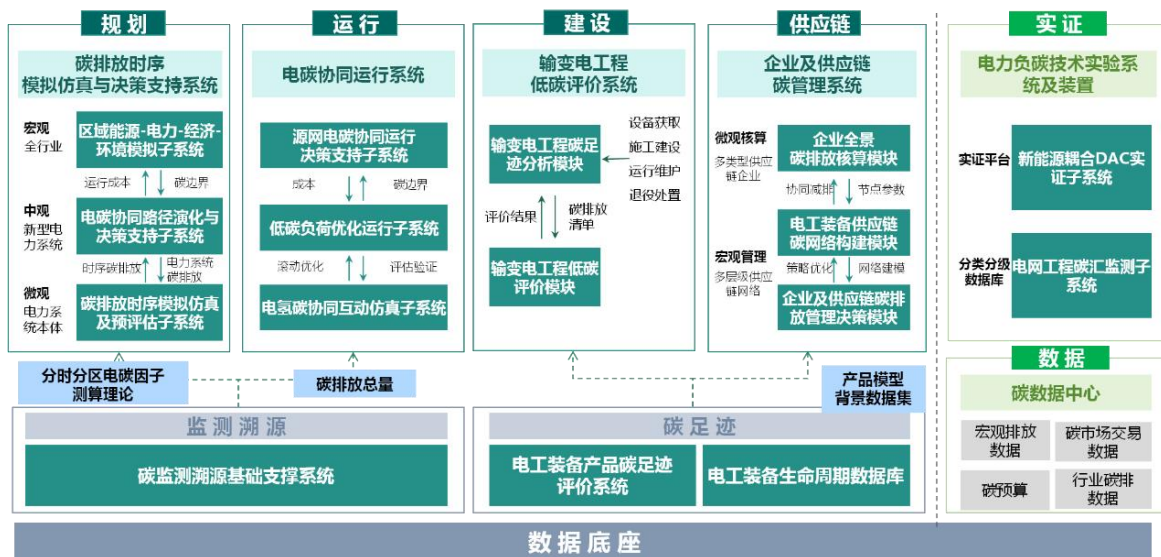


图 36 新型电力系统电碳协同实施路线图

我国是全球最大钢铁生产国与消费国，钢铁行业碳排放量占全国总量 15%左右，位居制造业首位。面临严苛的全生命周期碳足迹追踪、能耗限额等要求，钢铁行业普遍依托物联网、大数据、数字孪生等技术，在生产线与供应链部署传感器，实时采集能耗、排放及物料数据，推动双化协同发展。例如，某大型钢铁集团构

建转炉“数字孪生模型”，通过炉体传感器采集上百个工艺参数，借助 AI 算法模拟海量工艺组合，优化氧气供给等关键环节，最终实现吨钢冶炼能耗降低 8%、碳排放减少 5%。搭建工业数字神经系统提升能源综合利用率，通过智能模型优化实现铁水周转率提升 5%、温降 15 摄氏度，每吨铁水生产成本降低 200 元（图 37）。



图 37 工业数字神经系统的技术架构

绿色考核倒逼管理数字化，企业将碳减排量、固废综合利用率纳入关键绩效指标，推动采购部门在供应链平台增设“供应商环保评级”，设备部门引入“能耗数字化监测系统”，形成“制

度驱动工具、工具保障制度”的闭环。某钢铁企业构建钢铁智慧中心与超低排放环保一体化管控平台，集成 40 多万个数据点、200 多个智能模型，实现生产效率提升 20%，能耗降低 10%，质量异常追溯时间从平均 120 分钟缩短至 10 分钟。

乳业作为农业现代化标志性产业、健康中国建设基础性产业，其双化协同发展覆盖全产业链。上游牧场通过为奶牛佩戴物联网传感器，实时监测反刍、活动量数据，结合 AI 算法动态优化饲料配方，显著降低牛奶饲料成本；某乳业集团在生产环节部署能源管理系统，采集电、水、蒸汽等能源数据，搭配数字孪生与 AI 质检优化生产，年节约电力 74 万千瓦时、天然气 988 万立方米，减碳近 2 万吨。通过“北斗/GPS+区块链”实现温控溯源，算法优化配送路径降低能耗。构建碳管理平台，联合上下游产业链合作伙伴建立协同减排机制，推动减碳 3 万多吨（图 38）。



图 38 全产业链减碳路线图

六、绿色智慧生活提升民生福祉

绿色智慧生活是数字生态文明建设的关键落地场景，依托各类数字平台，切实践行“政府主导、企业主体、社会组织和公众共同参与”的多元共治格局，成为培育全民绿色生活方式、凝聚社会生态共建合力、筑牢数字生态文明群众根基的重要抓手。数字技术赋能绿色生活正处于快速发展阶段，人工智能、大数据、物联网等技术持续迭代升级，将不断拓宽绿色生活的创新边界与应用场景。

（一）数字平台推动绿色生活与全民参与

数字媒体已成为传播生态文明理念的重要载体。数字媒体以文字、生态摄影、纪录片、短视频等多种形式，增强环保信息的感染力与传播力，依托互联网打破时空限制，构建多层次传播网络。主流网站通过优化搜索提升信息触达，社交媒体依靠用户转发实现裂变传播。以“绿色卫士行动”为例，湖南采用“线下实践—线上传播”模式，借助融媒体矩阵形成完整传播闭环，推动环保宣传从单向灌输转向公众共创，有效扩大了生态文明理念的社会影响力。

社交网络基于用户间的强信任关系与情感连接，成为生态环境信息传播和社区动员的高效渠道。热点环保话题通常由意见领袖引领、媒体宣传带动，在公众广泛参与和互动中，通过议程设置与群体极化效应，迅速提升社会能见度并深化公共认知。“垃

圾分类新时尚”等话题在多方参与及平台助推下，演变为全民关注的公共议题，有效促进了环保理念从认知到行动的转变，彰显了社交网络在培育环保文化和社会动员中的独特价值。

APP 作为专业聚合平台，运用知识管理理论对环保政策、技术及科普内容进行体系化分类呈现，精准满足用户差异化学习需求。依托社会学习理论，环保 APP 展示从个人到大型项目的成功案例与可视成果，为用户提供明确行为参照，有效激发自我效能感，增强参与环保的信心与动力。如“中国环境”APP 及湖南公众参与平台，通过结构化知识版块、案例展示与互动功能，既提升公众环保素养，又实现线上线下环保行动的有效衔接。

个性化推送实现绿色生活方式精准引导。数字平台通过数据挖掘与分析构建精细用户画像，结合精准营销逻辑，针对不同群体特征与场景需求，定向推送绿色生活指南、环保活动及低碳产品推荐。例如，为上班族定制通勤绿色出行方案，为学生推送校园环保创意活动，为家庭提供绿色家居选购攻略。贴合日常的个性化内容，有效提升了信息实用性与行为引导效能，让绿色生活理念更顺畅地融入大众日常实践。

线上绿色社区为公众营造了可持续的互动参与空间。依托社区营造理论，通过明确目标、制定规则、培育骨干与建立激励机制，形成了富有凝聚力和归属感的环保社群。例如社交平台“绿色生活”小组，通过精华分享、打卡活动、经验交流及徽章等级

体系，有效引导和强化了用户的绿色行为。这类社区不仅促进环保知识与经验传播，更以社交互动形成行为示范，鼓励公众长期坚持绿色生活方式。

多元协同平台有效拓展了公众参与生态文明建设的深度与广度。通过构建政府、企业、社会组织与公众多元主体协同治理的新模式，各方各司其职、优势互补。以“生态家园共建平台”为例，其整合各方资源与项目信息，打造统一参与入口，并设置意见建议、监督举报、志愿报名等功能模块。依托协商民主、环境法治等相关理论与治理理念，信息平台可为公众打通了决策建言、执法监督、志愿行动的全链条参与渠道，有效拓宽公众参与路径、降低参与门槛。

（二）数字赋能环境透明与公众共治

依托政府网站、政务服务平台、新媒体矩阵及智能互动渠道，我国正加快构建开放、互动、协同的环境治理新格局。

信息公开机制持续完善，为公众监督与社会共治筑牢根基。生态环境部建设全国覆盖、动态更新的生态环境信息发布网络，通过网站数据平台等渠道，全面公开空气质量、流域水质、企业排污许可等数据，既保障公众知情权，又为社会监督提供支撑。公众可实时掌握环境状况与治污成效，形成有效监督压力。同时，公共数据在严守安全与隐私底线前提下有序开放，为科研、企业与社会组织提供数据资源，推动形成“政府供给—社会创新”的

共治生态，拓宽生态文明建设参与主体与创新边界。

智能化技术重塑生态环境服务模式，拓宽公众参与广度深度，优化参与体验。依托大模型技术，生态环境部升级网站检索词库、优化排序策略，实现网站与政务服务一站式融合检索，显著提升公众获取信息的便捷性与精准度。全国一体化在线政务服务平台访问量达 246.7 万次（图 39），成为服务公众的核心阵地。围绕“美丽中国我先行”“十五五”生态环保建言献策等重点专题，平台广泛征集民意，将公众智慧融入规划预研与重点工作，推动生态环境治理从单向宣传转向政民协同共治。



图 39 生态环境部政务服务平台

（三）数字技术助力绿色生活创新与实效

在生活场景创新层面，数字技术突破传统绿色生活边界，构建起全场景、智能化的绿色生活体系。智能家电借助物联网实现联网联动，依据用户习惯智能调控运行状态，精准降低能耗，为家庭及社区能耗精细化管理提供支撑。社区数字化治理持续升级，四川成都“以桶换桶”垃圾分类模式通过智能终端实现厨余垃圾全程溯源，回收参与率提升 3 倍以上；湖北武汉北湖街道借助“武碳江湖”小程序搭建 30 个碳普惠场景，实现居民低碳行为可量化、可记录、可激励。

在消费模式创新方面，数字技术重构“线上+线下”融合的绿色消费体系，引导用户从“被动环保”转向“主动低碳”。数字化赋能绿色生活体现在绿色消费加速崛起，成为消费领域的新潮流，电商快件二次包装比例大幅降至不足 5%，智能装箱技术有效减少 20% 包装耗材，中转环节循环包装实现全覆盖。线上平台依托大数据精准推送绿色产品，并建立绿色消费积分机制，形成“低碳有回报、绿色有激励”的良性循环。某集团依托线上线下一体化的闲置循环门店网络，让二手交易更便捷可信，累计减排 518.5 万吨；辽宁碳交易中心在高校推行“碳学分”，日均记录低碳行为超 1.5 万条，将低碳行为纳入学分并支持场景兑换。同时，数字技术赋能共享经济发展，成都地铁打造“轨道+公交+慢行”绿色出行体系，借助 AI 智慧车站、节能管控及碳惠交通

小程序，年节电超千万度，减排 6267 吨。新能源汽车等绿色商品消费增长带动绿色消费市场规模稳步扩大，2024 - 2025 年实现汽车以旧换新 1830 万辆，其中新能源汽车占比近 60%。实现家电以旧换新 1.92 亿台，一级能效（水效）占比达到 90%以上。

在行为引导与实效落地层面，数字技术让绿色低碳行为更具可操作性与趣味性，有效推动全民环保意识提升与绿色生活习惯养成。各类科普 APP、小程序以动画、短视频、互动问答等形式，生动普及低碳知识；福建南平环境保护教育促进会结合堆肥、酵素制作等实践活动与情景剧、视频传播，带动超 2000 人参与零废弃行动；深圳福田区红树林生态公园开展自然教育，每年吸引 130 万人次参与堆肥、鸟类监测等生态活动。数字技术通过对绿色生活成效进行精准量化与监测，有效激励公众参与低碳行为。

七、未来展望

当前，全球数字技术与生态文明建设深度融合加速演进，人工智能、大数据、物联网、区块链等技术，成为推动生态环境、自然资源、水利领域治理体系和治理能力现代化的重要支撑。回望“十四五”，我国数字生态文明理论不断深化、美丽中国数字化治理体系不断完善，数字化与绿色化协同转型取得重要突破，数字技术全面融入政府治理、绿色生产生活全过程，为美丽中国建设筑牢坚实数字底座。展望“十五五”，我国数字生态文明将进入系统集成、协同高效、智慧赋能新阶段，朝着数字赋能、绿

色共生、协同共治、全球共赢方向稳步迈进。以大模型为代表的 AI 技术快速迭代，深刻改变认识自然、利用自然、保护自然的方式。立足“十五五”开局关键节点，本报告以 2030 年为目标，描绘数字生态文明全景蓝图，从生态环境智能体、绿色数据要素、数绿融合产业体系、数字生态公民四大路径，系统推进愿景落地。

（一）发展愿景

1. 全感知：全域全要素生态监测体系全面建成

我国已建成全球规模最大的生态环境质量监测网络，但偏远地区、微观场景仍存在覆盖不足。到 2030 年，天空地海一体化监测网络实现全要素、全地域、全过程数字化覆盖。百万级智能传感节点构成生态“神经末梢”，实时采集大气、水体、土壤、生物多样性数据；低轨卫星与环境监测卫星组网运行，对陆域与近海实施高分辨率、短周期动态观测。从三江源生态演替到黄河河口湿地变迁，从城市碳排放热力图到林地碳汇曲线，生态环境全面实现可量化、可追踪、可预判，为精准治理提供数据底座。

2. 善思考：AI 驱动生态环境治理走向智能预判

人工智能从辅助工具升级为全域智慧中枢。基于海量数据训练的生态环境大模型，具备跨区域、跨介质、长时序研判与推演能力。面对重污染天气，AI 可提前 72 小时精准预警，并自动生成限排、管控、防护一体化最优方案。聚焦流域生态修复领域，

数字孪生系统可仿真模拟上百种治理场景，多维度比对研判生态效益、经济成本与社会综合影响，为流域治理科学决策提供可视化沙盘支撑。生态环境治理由此从经验驱动转向数据驱动、从被动应急转向主动预防。

3. 高价值：绿色数据成为价值转化核心纽带

生态环境数据成为重要新型生产要素。全国一体化生态环境大数据体系基本建成，数据标准与交易规则趋于完善，碳排放、生态产品价值、企业环境信用等数据实现市场化配置。地方依托数据资产评估将生态禀赋转化为融资能力；企业通过可信数据优化全链条碳足迹；金融机构基于实时数据实现绿色金融精准定价。数据真正成为联通“绿水青山”与“金山银山”的关键桥梁。

4. 共参与：全民共建数字生态生活新形态

数字技术推动生态文明从政府主导向全社会共建共享转变。个人碳账户全面普及，自动记录出行、消费、居住等行为碳足迹，减排量可兑换绿色权益；社区布设智能监测终端，居民实时掌握空气质量、噪声、绿化等指标；公众通过“随手拍”上报环境问题，AI系统智能派单、闭环处置、进度可查。绿色低碳从理念倡导变为可记录、可激励、可参与的日常实践。

5. 广共享：中国方案助力全球生态环境治理

以“数字丝绸之路”为重要纽带，积极面向共建“一带一路”

沿线国家，分享生态环境数字化治理的成熟模式与先进实践经验。依托数绿融合发展优势，助力沿线地区提升生态环境治理的智能化、科学化水平。数字生态文明建设的中国方案，有效赋能全球生态环境协同治理，为共建地球生命共同体、人类命运共同体筑牢坚实支撑。

（二）实施路径

1. 构建生态环境智能体：以 AI 重塑治理范式

一是打造多模态生态环境大模型。融合卫星遥感、地面传感、气象、社会经济等多源数据，提升模型感知、解析与推理能力，学习“排放-传输-沉降-累积-影响”因果链条，提高预测精准度与可解释性。部署多智能体协同系统，支撑流域治理、区域联控等复杂场景全局最优决策。

二是建设数字孪生生态系统。在国家公园、重要湿地、城市群等打造全要素数字孪生体，实现物理空间与虚拟空间精准映射；依托孪生平台开展治理方案预演模拟，为科学决策提供直观依据；面向公众开放平台，增强参与感与认同感。

三是健全 AI 安全与伦理框架。建立全周期安全评估机制，保障算法可解释、可追溯；坚持 AI 辅助、人机协同、人类决策原则，防范算法偏差，确保智能向善、安全可控。

2. 激活绿色数据要素：以流通释放生态价值

一是建设统一数据底座。制定全国统一数据标准、接口规范与质量体系，破除“数据孤岛”；搭建全国一体化生态大数据平台，汇聚多部门数据资源；实施数据分级分类管理，强化安全与隐私保护。

二是拓展价值转化路径。用大数据与 AI 开展生态产品价值核算，将碳汇、水源涵养、生物多样性等功能转化为可计量、可交易资产；以可信环境数据支撑绿色信贷、绿色债券、绿色保险创新；依托区块链与物联网实现产品全生命周期碳足迹追踪，优化绿色供应链。

三是培育数据新业态。发展生态环境数据服务、碳数据 MRV（监测、报告和核查）与管理、碳资产运营等产业；探索数据信托模式，在安全前提下实现价值开发与收益共享，激活数据要素市场。

3. 重塑数绿融合产业体系：从降碳减污到价值共生

一是能源与算力协同布局。数据中心深度耦合绿电与碳汇资源，采用“荷随源动”柔性运行模式，使算力成为新能源消纳稳定器，推动数字产业低碳化、绿色产业数字化。

二是数字孪生赋能绿色制造。实现产品从原料到回收全流程碳足迹精准计量，形成唯一“碳指纹”，既应对国际绿色贸易壁垒，也催生绿色金融、碳资产管理等新产业，提升制造业绿色竞

争力。

三是数字技术激活生态价值。以遥感与区块链为森林、湿地建立“生态账户”，量化生态价值；通过数字平台实现碳汇“可认养、可查看、可交易”，吸引社会资本参与保护，让保护者获得收益。

4. 培育数字生态公民：共建全民参与格局

一是构建全国统一个人碳账户。自动核算多场景碳足迹，建立减排积分、权益兑换激励机制，引导低碳出行、低碳消费、低碳居住；严格保护数据安全，兼顾公平，避免“碳歧视”。

二是搭建公众参与数字平台。完善环境问题“上报—派单—处置—反馈”闭环，提升监督效率；运用VR/AR开展生态科普，建设社区生态数据公示屏，推动生态信息透明化。

三是倡导数字绿色生活。推广智能家电、智慧交通、共享出行，发展无纸化、低浪费新模式，让“用数据替代浪费”成为社会新风尚。

（三）保障体系

一是强化核心技术供给。加大生态环境大模型、数字孪生、区块链等研发投入，支持产学研协同攻关，突破关键瓶颈；建设共性技术平台，为地方与企业提供服务。

二是开展试点示范。在重点流域、生态脆弱区、城市群建设

数字生态文明试点，探索跨区域数据共享、联防联控、生态补偿模式，形成可复制经验。

三是完善标准规范。健全数据、技术、应用、安全标准体系，统一接口与格式，保障系统互通、业务协同；建立动态更新机制，适配技术与治理需求。

四是建强人才队伍。构建高校培养、企业实训、政府引导的复合型人才体系，加快培育兼具数字技术与生态环境专业能力的人才，强化智力支撑。

（四）全球合作

主动引领全球数字生态环境治理，依托“一带一路”、南南合作等多边合作机制，积极输出生态环境监测、智能预警等优质数字化解决方案，精准助力广大发展中国家补齐治理短板，全面提升生态环境数字化治理能力。积极参与全球规则、标准与数据伦理制定，在跨境数据流动、数字孪生地球、全球碳计量等领域提出中国主张。以开放合作推动全球共治，共同应对气候、生物多样性等全球性挑战，为全球生态文明贡献力量。

“十五五”时期是基本实现社会主义现代化夯实基础、全面发力的关键时期，也是加快推进数字生态文明建设的重要时期。我们将以习近平生态文明思想和习近平总书记关于网络强国的重要思想为指导，坚持以人为本、智能向善，强化顶层设计、深

化技术应用、完善支撑体系、加强国际合作，推动数字技术与生态文明建设深度融合，构建美丽中国数字化治理体系，加快推进生态环境治理体系和治理能力现代化，形成数字赋能、绿色共生、协同共治、全球共赢的数字生态文明发展新格局，为美丽中国建设注入强大动力，为全球生态文明建设贡献中国智慧与中国方案。

生态环境部信息中心

地址：北京市朝阳区育慧南路1号

邮编：100029

网址：<http://www.eicmee.cn>

电话：010-84665135

