

污染土壤快速淋洗、矿山数据实时监控、河流湖泊智慧清污—— 智慧修复，环境治理有“数字方案”

本报记者 刘乐艺



近年来，浙江省杭州市淳安县深入实施山水林田湖草生命共同体的治理，实现了“水畅、水净、水安、水美、水惠”的园林式城镇格局。

王建才摄（人民视觉）

污染土壤“对症下药”

与水体变黑、空气变脏这样肉眼可见的污染相比，藏于地下的土壤污染通常被称为“看不见的污染”。

“因为土壤污染具有隐蔽性、累积性以及滞后性，光看表面看不出任何变化。”中国环境科学研究院研究员赵龙举举例说，许多工业遗留地块生产历史长达半个多世纪，污染渗透到地下十几米深，有的污染物甚至多达几十种，给修复工程实施带来不小挑战。

如何实现土壤污染分布特征的精准把握？“借用数字技术，我们可以准确锁定‘病灶’，实现对污染的‘靶向诊疗’。”北京建工环境修复股份有限公司（以下简称“北京建工修复公司”）技术总监刘鹏对本报记者说。

广东省中山市一地块项目，曾经是农药生产和储存用地，占地面积约8万平方米。企业腾退后，留下大面积污染土壤。2021年5月，该项目由北京建工修复公司承接。

“地块土壤及地下水汞、铅、氯仿等污染物均超过风险控制值，污染分布十分复杂，需要逐个分析、逐个击破。”项目负责人刘宇告诉记者，依托国家重点专项课题，公司开展了“重点行业场地污染空间信息系统应用示范”。

该系统可通过三维成像技术，获取场地污染空间分布数据。“简单说，就类似给污染地块做了一次CT（电子计算机断层扫描），让地下的污染情况‘肉眼可见’。”刘鹏解释，该系统还运用深度学习算法，可提取同类污染场地的代表性特征，预测污染物的扩散态势，提升预警能力。

为土壤“诊断”出症疾所在后，下一步便是“治疗”。“我们根据土壤污染程度，应用

远程遥控，5G机器人可向污染土壤投放修复药剂；轻点鼠标，矿山植被配比自动计算；打开手机APP，水质监测数据一目了然……1月18日，中国环境保护产业协会公布了2021年度环境技术进步奖名单，一大批环境修复前沿研究成果悉数亮相。

环境修复，是指对被污染的环境采取物理、化学和生物学技术措施，使污染物浓度减少或毒性降低或完全无害化。“相较于国

外，我国环境修复起步较晚，大约有20多年的发展历史。”清华大学环境学院副教授侯德义介绍。

近年来，在环保政策升级和城市开发加速的双轮驱动下，利用“数字方案”推动生态环境修复的契合点与发力点愈加清晰。5G、大数据、物联网等新一代信息技术与环保业的深度融合，有力支撑了环境修复数字化、网络化、可视化转型，助力中国环保业稳步迈向数字化新时代。

多种修复技术。”刘宇介绍，重度污染土壤一般得经过加热才能充分释放污染物。“我们称之为原位热脱附技术，即改变目标污染物的饱和蒸气压、黏度和表面张力等，促进其挥发和蒸发。”

“多亏这个设备，修复过程中产生的废气会被收集起来专门处理。”刘宇指着身旁的提抽井说，原位热脱附技术不仅修复效率高，而且修复周期还短，能在半年左右时间内去除90%以上的污染物，达到I类用地标准。

另一项广受好评的数字化创新，是污染土壤快速淋洗技术，这打破了国外对淋洗技术的长期垄断。

刘鹏告诉记者，相较于国外设备，企业自主研发的淋洗设备撬装化程度更高，方便转场移动，更适应中国项目周期短、修复项目分散、转场率高等特点。

据介绍，现场工程师只需操作控制合，就可以让污染土壤像过流水线一样自动完成污染洗脱、分级筛选、压制泥饼等修复工序。通过系统的智能控制，修复过程仅需2小时，可实现污染土壤减量浓缩70%以上。

“2021年，公司专门组建了智慧修复方向的技术研发团队。”北京建工修复公司副总经理李书鹏说，“未来，我们将重点围绕智控技术装备、

空间污染数据系统方向，积极探索新一代信息技术示范应用，为环境修复产业探索更多智能化的解决方案。”

废旧矿山“改容换貌”

资源开发不是“用完即弃”，生态欠账不能“代际相传”。近几年，大数据、云计算等新技术为废旧矿区生态修复带来了全新发展机遇。

深冬时节，积雪掩映下，呼伦贝尔草原已是一望无际的洁白。在草原腹地，开发于1902年的扎赉诺尔矿区留下的巨大矿坑令人震撼，这里是内蒙古自治区现代煤炭工业的摇篮。

然而，历经百年开采，扎赉诺尔矿区内土地贫瘠退化，矿坑周边堆砌成多个排土场，当地老百姓一直称其为寸草不生的“人造天坑”。

2016年，煤矿所在地满洲里市政府决定对扎赉诺尔矿区进行关停。2017年，政府与内蒙古蒙草生态集团（以下简称“蒙草集团”）达成合作协议，由蒙草集团组建专业技术团队，采用生态智慧修复的方式为矿山“改容换貌”。

“看似容易的修复项目，却在修复伊始给了我们一个‘下马威’。”团队成员王君芳说，经过详细勘测，团队发

现，部分原始煤层长年累月自燃，导致土地无法利用，植物也无法生长。“大家把这个难题戏称为‘火焰山’。”

面对这一技术难题，技术团队本着“先数据、后科研、再修复”的理念，分层修复、整理坡面，并采取表土剥离、回填等工程及生物措施，对被破坏的土地进行土壤改良。

为了选择适宜的植物，技术团队在矿区及周边布设了几百个选样点。4年时间里，团队共采集原生土样、地表水样、植物多样等万余种自然数据，通过检化验后参照蒙草矿山大数据平台比对，最终制定了适宜扎赉诺尔露天煤矿植被生长、生物多样性强的生态修复方案。

“实践证明，大数据推演得出的以乡土植物为主的配置模式，更具实用性，植被也更易成活。”团队负责人黄楚婷告诉记者，经过生态修复，扎赉诺尔露天煤矿植被覆盖率已从原来的不足20%，增长到90%以上，草产量显著提高。

“新时期的矿山生态修复，既要金山银山，也要绿水青山。要把山水林田湖草沙作为整体大生态系统，又要研究好每一个小生态系统，这需要大数据技术的精细化指导。”蒙草集团矿山业务负责人贺勇表示。

目前，蒙草矿山大数据平台已收录了全国6万多座矿山数据。点击鼠标，访问者便能查看任意矿山的经纬

度位置、矿种类型和适生植被等信息。“根据所得信息，平台会自动选择适宜的修复集成技术，提供最佳修复方案。”贺勇补充说。

河湖增配“智慧河长”

近些年，得益于生态环境部水体污染控制与治理科技重大专项的实施，河湖生态修复技术难点实现突破，河湖修复工程化水平取得极大提升。

巡护时间长、效率低、成本高等问题多年来一直困扰着巡河工作。随着“智慧河长”的落地应用，传统巡河方式正发生巨大变革。

冬日的午后，一艘无人驾驶的白色小艇在浙江省杭州市西湖的宽阔水面上不断巡航，引得游客围观。一旦在湖面上遇到浮萍、塑料等垃圾，它便缓缓张开V字型“嘴巴”，伸出带有铆钉的履带“舌头”，将垃圾全部“吞”进舱内。

据了解，这艘名叫“清道夫”的小艇是由浙江翌明科技有限公司基于人工智能、物联网、边缘计算等技术而打造的一款高科技保洁船，搭载了应急安防、智能垃圾识别及打捞、水质识别等多个系统，能够定位水质坐标系，进行水质大数据分析，使水生态修复治理进一步达到智能化。

翌明科技总工程师李德志介绍，与传统的人工打捞方式相比，“清道夫”具有灵活机动、续航长和运维费用低等优势，“一次最多可装载1吨左右的垃圾，水域保洁效率也比以往提升不少。”

不只在杭州，还有不少地方也采取智能化措施，拉开了科技治水、生态修复的大幕。

2021年，江苏省无锡市新吴区以打造“美丽河湖”为目标，对辖区水系进行内源整治。其中，荡东片区在生态修复工程中，运用“平衡共生”生物等生态治水技术，使用基于水情分析模型的智慧水利系统，在治

水初期就使水质稳定提升、水下植物覆盖率提高到50%以上。

上世纪70年代末，随着经济发展，上游沿线用水需求增加，河北省石家庄市母亲河——滹沱河渐渐干枯。多年来，河道内黄沙裸露、河畔植被稀少、盗采河沙事件不绝，滹沱河无奈沦为“城市伤疤”。

2017年，石家庄市启动滹沱河生态修复工程，其中，二期二标段项目由中国铁工投资建设集团负责优化设计、建设运营。据悉，项目采用“生态环境保护修复智慧决策”的治理思路，集成自动喷淋管网一体化系统、水体监测系统、河道巡查综合管理系统等，实现了河道数据采集多样化、环境问题诊断精准化、管理响应智能化，为社会打造出水清岸绿、智能可控的全新滹沱河。

如今在石家庄，109公里长的滹沱河沿线已经初具景观，百米生态绿化带草木葱茏。“环境变得越来越好了，有河水、有草地、有树林，我经常带着家人来这里玩。”在滹沱河美景的吸引下，石家庄市民张雪成为这里的忠实游客。

智慧修复前景广阔

随着国家政策的大力扶持和市场需求的快速释放，当前，中国环境保护产业快速发展，市场规模不断扩大。

1月17日，由生态环境部科技与财务司、中国环境保护产业协会共同编制的《中国环保产业发展状况报告（2021）》发布（以下简称《报告》）。《报告》预测，“十四五”期间，中国环保产业营收年均增速约为9%，2025年环保产业规模有望超过3万亿元。

作为环保业细分领域的重要一环，环境修复业数字化水平尤其令人关注。

《报告》指出，近年来，中国环境智能修复装备水平正不断提升：城镇污水处理已形成多种成熟稳定的成套工艺技术；土壤修复智能装备水平快速提升；矿山监测技术在自动化、智能化和支撑精准监管方面进步显著。

这些成果的得来，离不开中国在环境智慧修复领域的“谋篇布局”。2016年，国务院印发《土壤污染防治行动计划》，同年生态环境部印发《生态环境大数据建设总体方案》，次年，生态环境部又印发《2017年国家网土壤环境监测技术要求》……“这些计划方案的出台，全面推动了中国环境修复行业向数字化与智能化

深入发展。”侯德义告诉本报记者。

越来越多的地方政府也纷纷结合自身实际，出台环境修复有关政策、技术导则及发展目标，搭建起智慧修复发展的“黄金台”。例如，2021年上半年全国各地土壤修复市场招投标项目统计显示，安徽省的土壤修复项目异地企业中标占比已高达63%。

环境智慧修复产业的快速发展，折射出中国在这一领域的发展潜力，但同时也暴露出若干矛盾和问题。

“首要问题在于，现有环境数据分散在不同部门，数据联动及共享性较差，数据壁垒难以打破，影响产业发展。”侯德义说，中国环境智慧修复目前还基本处于科技成果转化阶段，虽然涌现出了一批优秀示范项目，但实际应用中的难题还未完全攻克，这背后涉及人才缺乏、科技攻关不足等多重原因。

尽管起步较晚，但中国要在环境智慧修复领域实现“超车”，也拥有自己的优势。

专家分析，国家对基于大数据的环境监管和修复技术的发展及实施高度重视，相关经费较为充足。比如，科技部近年设立的国家重点研发计划中，每年都为污染场地的信息化管理技术研发设立基金，以鼓励相关技术的发展。

“未来，对于中国环境智慧修复市场的总体发展，我还是比较乐观的。”侯德义预测，“双碳”目标下，绿色低碳的修复技术及装备研发将是未来发展主线，环境智慧修复行业将会迈向绿色可持续的全新发展阶段。



近年来，安徽省芜湖市繁昌区实施峨山区域废弃矿山整治、生态修复和景观提升工程，让昔日的废弃矿山重焕生机。

肖本祥摄（人民视觉）



近日，在海南省三亚市崖州湾东锣岛周边海域，三亚珊瑚礁生态研究所工作人员在大礁人工苗圃上栽种珊瑚。

新华社记者 杨冠宇摄



2021年11月18日，甘肃省张掖市甘州区三闸镇三闸村新河流域，施工人员在河道实施拓宽、清淤、疏浚。

杨永伟摄（人民视觉）