

渐进式生态 修复土壤

刘俊国

土壤与人类福祉休戚相关。土壤支撑着人类粮食安全。全球约95%的食物直接或间接产于土壤。土壤储存了1.5万亿吨有机碳并调节着温室气体排放，对于减缓全球变暖起着重要作用。健康的土壤能够涵养水源、净化水质，具有重要的生态服务功能。土壤中的生物多样性占地球生物多样性总量25%以上，是未来生物技术发展的重要基因库。

土壤退化是人类可持续发展面临的重要挑战之一。全球33%的土地因侵蚀、盐碱化、酸化和化学污染而出现中度到重度退化。中国政府十分重视土壤污染治理和修复工作。2016年，国务院印发《土壤污染防治行动计划》，拉开了土壤污染治理跨越式发展的帷幕。2019年《土壤污染防治法》正式实施，标志着土壤治理与修复进入了有法可依的阶段。截至2020年末，全国各省、自治区、市已公布建设用地土壤污染风险管控和修复名录中，涉及需修复地块500余块。土壤污染加重趋势得到初步遏制，生态修复取得了显著成绩。土壤治理与修复从理论到技术再到实践，都有了很好的创新和快速的发展。

目前，“美丽中国”和生态文明建设对土壤修复的绿色可持续性提出了更高要求，因此需要有新理念、新思路和新方法。笔者建议：

第一，用渐进式生态修复理论指导土壤污染治理，即分阶段、分步骤地采取“环境治理、生态修复、自然恢复”的策略，对受损生态系统进行循序渐进的修复。“环境治理”是针对遭破坏的生态系统而采取的预防与治理措施。环境治理包括去除土壤中的有毒污染物、清除固体废物、改良土壤以提高土壤的生产力等。“生态修复”是针对严重受损的生态系统采取人工措施，将生态系统修复到某一参照状态的过程。“自然恢复”是指在轻度退化或经修复得到很大改善的情况下，生态系统依靠自身恢复能力，朝着健康方向发展的策略。土壤具有生态弹性，在受到干扰后会迅速地自我恢复。渐进式生态修复理论的重点在于“对症下药”，因地制宜，选择合适的修复模式和路径，达到恢复土壤健康和生态功能的目的。

第二，重视土壤生态系统调查和监测。生态系统调查和监测是实施渐进式生态修复的基础。在土壤修复项目初期需要编制基准条件数据库，以确定土壤受损程度以及人类干扰的程度，并明确修复目标，为修复后效果提供对照。在土壤修复项目开始时，需要有可量化的修复目标和可监测的具体指标。在开展土壤修复期间甚至项目完成后，仍需要定期监测以确保土壤修复效果的持续性。

第三，充分发挥新技术在土壤污染治理中的作用。与地面监测相比，卫星遥感可节省大量人力、物力和时间，更容易获得范围广泛的监测结果。无人机具有成本低、操作简单、数据获取便捷、搭载平台多样、数据质量高等优势。建议充分发挥卫星遥感、无人机等新技术作用，开展更大范围的、动态的土壤监测，辅助土壤治理与修复工程的实施。

第四，探索生态修复与生计改善的双赢模式。有研究表明在生态脆弱地区，修复工程也可能导致失业率增加以及居民收入减少。因此，在开展土壤修复时，需要特别注意选择适合的生态修复模式，结合绿色产业发展，实现生态修复效益最大化，造福于民。只有探索出了生态修复和居民生计改善的双赢模式，才能变绿水青山为金山银山，实现人土和谐。（作者系南方科技大学讲席教授）

新时代
新步伐

柳州：工业与山水和谐共生

庞革平
栗桂利

广西柳州，祖国西南边陲重镇，滨江之城。柳州以工业闻名，也曾饱受污染之痛。当地人敢为人先，大刀阔斧地治愈“病土”，修复绿水青山，如今，柳州土壤环境质量总体稳定，水质全国领先，28万株紫荆花满城惊艳。作为广西第一大工业城市，柳州做到工业与山水和谐共生，并不是一件简单的事。



①柳州市区美景。李 斌摄

②柳州的一家工厂。覃美春摄



⑥



③柳州在工业历史保留建筑内开展原位热脱附修复污染土壤。资料图片

④在内蒙古鄂尔多斯市杭锦旗，群众在给沙柳浇水。新华社记者 连 振摄



⑥湖南省永州市蓝山县土市镇三广村一带，农民朋友忙于在田间覆盖薄膜，增强土壤水分和利用效率，确保农作物良好生长。黄春涛摄（人民图片）

⑦山东省邹平市农业技术人员在耕地土壤环境质量提升试验示范项目焦桥镇基地，按照取样点进行小麦土壤取样。董乃德摄（人民视觉）



④

1.“病土”重现生命之光

20世纪八九十年代的柳州，“工厂在城中、城在工厂中”，灰色是这座工业城市的主色调。柳州工业发展为国计民生作出贡献的同时，也付出了环境代价。

始建于1958年的柳州市造漆厂，曾年产涂料近万吨，企业为经济发展作出重要贡献，也造成了退役场地的土壤异味、地下水污染等环境问题。2014年11月，柳州市造漆厂停产搬迁，污染企业搬迁后，土地如何治理？

“治理并不容易。”柳州市生态环境局局长龚继冬说，柳州工业门类齐全，土壤污染特征明显、代表性强，“十三五”规划开启后，柳州开始了声势浩大的拯救污染土地的行动。

2018年，经广西壮族自治区人民政府批准，柳州市成为自治区土壤污染综合防治先行区。在土壤环境质量调查、土壤污染防治源头控制、污染场地再开发过程管控、土壤污染修复示范工程等方面先行先试，探索建立土壤污染综合防治“柳州模式”。

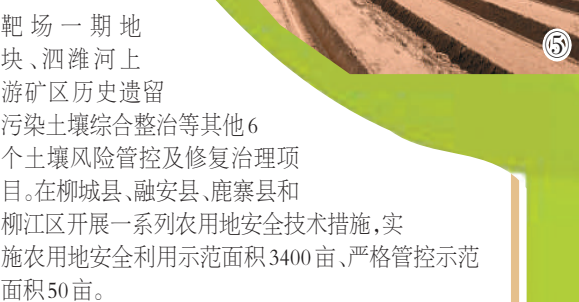
“在工业历史保留建筑内开展原位热脱附修复污染土壤为国内首例。试点成功了，土地恢复生机，周边群众还可以到原厂址感受工业发展历史。”2020年12月29日上午，柳州市生态环境局副局长覃国琴在新闻发布会上公开了柳州市造漆厂退役场地风险管控及修复治理项目完成情况。

先行区建设以来，柳州加强土壤污染防治源头控制，开展重点行业企业用地土壤污染状况调查，建立柳州市重点行业企业238个地块“一企一档”。落实污染场地再开发过程管控，将有土壤污染风险的建设用地地块纳入全国土壤环境信息化管理平台，公布了六批共计24个污染地块名录。启动污染土壤无害化处置中心建设。

在实施土壤污染管控、修复示范工程方面，除了柳州市造漆厂项目，柳州还推进柳州市原长塘空军



⑤河北省邢台市南和区农民立足当地土壤含沙量较大的特点，在田地播撒中药。新华社记者 朱旭东摄



靶场一期地块、酒池河上游矿区历史遗留污染土壤综合整治等其他6个土壤风险管控及修复治理项目。在柳城县、融安县、鹿寨县和柳江区开展一系列农用地安全技术措施，实施农用地安全利用示范面积3400亩，严格管控示范面积50亩。

源头控制方面，建立了企业土壤污染风险隐患排查制度，每年修订并公布柳州市土壤环境重点监管企业名单；污染场地开发方面，持续更新疑似污染地块和污染地块名单，将有污染风险的用地纳入全国信息平台；监管能力建设方面，提升监测机构土壤、地下水分析测试能力，启动污染土壤无害化处置中心建设，开发土壤环境管理系统；管理和制度建设方面，出台了8项技术指南和管理办法。

数据显示，到2020年，柳州市土壤污染加重趋势得到初步遏制，土壤环境质量总体保持稳定。“十三五”以来，全市未发生因耕地土壤污染导致农产品质量超标且造成不良社会影响的事件，未发生因疑似污染地块或污染地块再开发利用不当且造成不良社会影响的事件。目前，柳州受污染耕地实现安全利用率为90%左右，污染地块安全利用率为100%，并形成可复制、推广的“柳州模式”。

⑧浙江省杭州市拱墅区大运河杭钢工业遗址综保项目建设有序推进，首项土壤修复工程正式竣工。徐根柱摄（人民图片）



⑧



⑨内蒙古自治区荒漠化和沙化土地面积已连续15年保持“双减少”。图为锡林郭勒盟西乌珠穆沁旗白马繁育基地的草原。新华社记者 贾立君摄

雄安·去污还清 乡村更美

王 昇 林

在雄安新区容城县贾光乡山野，耸立着座座绿围挡、白屋皮的建筑，建筑里传来机器的轰鸣声。“这就是我们村新建的污水处理站！原来村里的脏水都排到坑塘里，我们放养的小鱼苗没几天就死了。现在有了污水处理站，污水有地方排了，水质也能达标了，我新放进鱼塘的鱼苗已有七八两重了！”雄安新区容城县贾光乡的村民吴巧银说。

由中建一局承建的雄安新区重要民生工程——雄安容城农村污水整治项目，将于4月初全部竣工。项目建成后污水处理量可达3500吨/日，惠及5万余名村民，可实现从白洋淀上游截污、改善白洋淀流域的生态环境。

中建一局建设发展公司雄安容城农村污水整治项目经理闫磊说，“雄安容城县排水基础管网建设前，19个自然村的污水基本靠自然蒸发，没蒸发的污水渗入地下排入附近坑塘，村内河道沟渠污染比较严重，水面上绿苔、白色泡沫漂浮，水源亟须治理。项目在治理中应用生物接触氧化工艺，设备投运后仅需40余天，出水便可达到城镇污水排放的A类标准。现在村里的生活污水直接输送至污水处理站净化处理，可用于农田灌溉、浇树，既减少了地下水资源开采，又从根源上解决了坑塘被污染的问题。”

该项目还招收周边的村民就业，项目技术人员手把手指导村民科学使用污水处理设备，传授污水处理工艺设备知识，引导村民提高环保意识和文明生活习惯。“一边工作赚钱，一边学本事，还能振兴家乡出份力，这样的工作太好了！”从村民转为建筑工人的李春喜说。

2.一方水土养一方人

安全的土壤，还要有安全的水。生态环境部在2021年1月份公布2020年全国地表水环境质量状况，柳州水质排名全国第一。到2020年，柳州全市森林覆盖率达到66.75%，柳州的一江好水有它们的守护。

靠山吃山，靠水吃水。水土养德，德养人，人养城。柳州市融水苗族自治县贝江河林场有一户人家，祖孙三代都是植树人。现年82岁的黄凤斌是林场最早一代的植树人。“以前种树就靠两条腿、一双手。”她说，种树工具只有一把锄头，一天之内要刨600个树坑。

蓝雄辉接棒母亲黄凤斌成为第二代植树人。他说：“到上世纪90年代，基本上都是只种不砍，到2010年，柳州森林覆盖率是60%。”蓝雄辉的儿子蓝胜是第三代植树人。年轻人走进林区，用科技改变林区。

“现在的柳江水能有这么美，我们是下了大力气的！”今年1月29日，柳城县副县长、县河长制办公室主任王融莉展示了一张拍摄于2016年1月的柳城县建成区航拍图，当时河流主干道两旁还停放着很多采砂船，非法采砂现象时有发生。大量以柴油为动力的采砂船造成了水体污染，河床也被挖得千疮百孔，如今，这样的船一艘都没有了。

自2017年柳州全面推行河长制以来，建立了市、县、乡、村四级河长体系，设立了2068名河长，市委、市政府主要负责人成为了柳州市的总河长，带头巡河。“我们是碧水的第一批‘哨兵’。”广西柳州生态环境监测中心水质采样人浦或说，2020年柳州地表水水质全国排名第一，他们的肩膀上无形中多了一重责任，需要更严谨、专业地做好每一次水质采样。

杨毅在柳州环保战线工作了37个年头，“水质数据第一个就是要真实。监测不好、做不出，宁愿报不了数据，也绝不弄虚作假。”他说，柳州一年出3万多组监测数据，监测数据每月公布在柳州市生态环境局官

上。监测数据显示，2020年，柳州市国家考核断面水质达Ⅱ类以上，其中，Ⅰ类水质比重从2019年的20%提高到2020年的41.6%。

绿水逐流去，青山相向开。近年来，柳州规划750亩地用于新建紫荆花公园、160亩地用于建设工业博物馆、市区黄金地段102亩地建街心公园、建设长达35公里的沿江自行车道，将柳州马鞍山公园北侧两块共205亩价值近20亿元的商业和商住用地改造成为公共绿化草坪。现今，柳州市民人均公园绿地面积超过12平方米，市民走出家门不超过500米就有休闲绿地，街头四季都有不同的鲜花盛开。