

# 如何帮污染土壤恢复健康？

本报记者 康朴 刘发为

土壤污染防治关系到粮食安全和生态环境。近年来，相关法规及标准陆续出台，关键技术持续攻关，污染地块治理示范工程相继开展，为土壤污染防治工作稳步推进奠定了坚实基础。矿山如何复绿？污染土壤如何种出安全粮？建设用地的为啥也需要修复？不同类型的受污染土壤如何修复？记者进行了采访。

## “秃”矿山变成网红打卡地

“这座山，变化太大了。以前‘光秃秃’，现在‘绿油油’。”

周边群众口中的这座山，地处山东省济宁市梁山县，名叫“安民山”。

如今已是郁郁葱葱的安民山，曾经却并非这般模样——

安民山矿产资源丰富，20世纪60年代，随着石灰石的开发，安民山的生态遭到破坏，20世纪90年代，这里的石灰石开采进入井喷期，开采规模不断扩大，安民山越来越“秃”，矿区及附近石漠化、水土流失严重，生态越来越脆弱。

痛定思痛，梁山县下定决心整治采矿给安民山留下的“伤疤”。

然而，这座矿山的治理却并没有那么容易——面积广、坡度大等都给治理工作带来了不少难题。

“安民山矿区遗留了多处陡峭的坡面，最高垂直高度130米，复绿难度大。不仅如此，区内还有多处陡峭边坡和危岩体岩石崩塌，存在安全隐患。”承担安民山矿区复绿项目的江苏绿岩生态技术有限公司总经理张波告诉记者。

安民山矿山开采对山体坡面破坏大，基岩裸露在外，长时间风化形成了岩质碎石坡面，固土困难，植物生长所需的土壤层都已消失，不能给植物生长提供良好的立地条件。传统的复绿技术主要是模拟原土层的腐殖质层，附着在岩石上很容易再产生流失，往往会出现“一年青、两年黄、三年死光光”的状况。

“我们秉持‘以自然的方式恢复自然’的生态修复理念，研发出了核心技术——类壤土基质技术，通过仿生技术模拟出自然界中适合植物生长的高性能类壤土基质结构。类壤土结构能在较短时间内改善土壤内部结构和环境质量，恢复和提高土壤质量水平，为植物在裸露岩石上生长扎根创造有利条件。”张波说，类壤土结构稳定，植物能在上面自然生长，无需人工管护，与周边自然环境相似度90%以上。

“传统的复绿技术，苗木成活率低，治理后易形成单一的草本群落，不能恢复山体的植被多样性。植被群落单一将增加病虫害感染概率，增加了管护的成本。”张波说，针对安民山矿区高陡边坡面积大的情况，江苏绿岩公司在喷播两层厚度高达12—15厘米的类壤土基质基础上，通过控制乔草比例，构造合理的群落结构，促进群落自然演替。

高陡边坡也是矿山修复的难点。张波介绍：“我们在安民山矿山复绿过程中，采取了立体生态护坡新技术——高性能植物垫技术。这一技术选取最优配比的植生基质和植物种子，采用可降解无纺布多维加筋

铺设于高陡边坡上，配以边坡柔性基体和给排水机构，使群落结构本身发生动态过程变化，实现长久复绿。”

新技术让安民山重新拥抱绿色，实现了生态效益、经济效益和社会效益多赢，曾经的矿山裸露地成了网红打卡地。

去年12月，自然资源部发布《国土空间生态修复创新适用技术名录（第一批）》，江苏绿岩公司的“露天矿区破坏高陡边坡类壤土永久性复绿技术”位列其中。“公司成立20多年来，我们不断加强技术研发，已在全国诸多地区的矿山修复、盐碱地治理中贡献了自己的技术和方案，未来，我们还将不断努力，在新技术上不断求得新突破，为美丽中国建设添砖加瓦。”张波说。

## 污染耕地种出了安全粮

初秋时节，蓟门村新井小组果园，一簇簇晚熟的蓝莓缀满枝头，散发着诱人的香气。

蓟门村地处云南省怒江傈僳族自治州兰坪白族普米族自治县，这里以丰富的铅锌矿藏闻名。不过，过去的无序开采污染灌溉水源，导致农田受到重金属污染。经过整治，当地现有的灌溉水源重金属浓度达标，没了污染增量，但污染存量该如何应对？

这里的农田主要种玉米、蔬菜、水果等。“耕地土壤重金属污染不仅导致土壤环境质量恶化，还危及农产品质量和人体健康。”中国科学院南京土壤研究所研究员吴龙华表示，2017年—2019年，中国科学院南京土壤研究所联合多家单位在兰坪县开展两个标段土壤修复项目，去除农田中的主要污染元素镉和铅，或降低重金属有效态浓度。

根据土壤污染程度差异，专家团队分区采用了不同的安全利用与治理修复措施。

对轻度污染耕地，能不能在不影响农业生产的前提下完成修复？“这类土地可以种植重金属低积累作物品种。”吴龙华说。

所谓低积累品种，是指可食用部位的重金属含量明显低于食品安全国家标准或饲料卫生标准的作物品种，种植低积累品种是污染土壤安全利用的有效措施。

“3年工期内，经多轮多点验证，我们在90多个玉米品种中筛选出5个具有高产和镉铅低积累性的品种，可在项目区中低污染农田推广种植。”

对重度污染农田来说，土壤修复过程最为艰巨。“这类农田土壤需要做一场‘外科手术’才能恢复健康。”吴龙华说。

专家们在120多亩的污染土壤上进行了镉超积累植物的吸取修复工作，经过两年连续种植，土壤镉含量下降29.8%，继续进行植物修复，可在数年后实现土壤镉含量的达标和镉低积累玉米品种的安全生产；同时，在2.3亩重金属重度污染农田开展了原位淋洗—培肥改良—植物吸取联合修复技术示范工程。

所谓土壤淋洗，是指将可促进土壤重金属污染物溶解或迁移的化学溶剂注入受污染土壤中，从而将污染物从土壤中溶解、分离出来并进行淋洗液安全处理的技术。淋洗后的土壤中仍会残留一定数量的活性重金属，可通过种植超积累植物来继续吸收移除，实现污染土壤重金属持续减量修复。针对重度污染农田，淋洗修复让地块土壤全量铅和镉平均修复效率达45.5%和125.4%。

吴龙华表示，大气污染和水污染一般都比较直观，通过视觉、嗅觉就能察觉。土壤污染往往比较隐蔽，感官难以察觉，需要用专业检测分析手段才能确定，因此也容易被忽略。近年来国家政府部门及高校、科研、企业等单位联合，开

展农用地分类管理，大力推进污染土壤农艺调控、替代种植、调整种植结构和生理阻隔等安全利用以及物理、化学、生物等治理修复工作，重点解决并突破了部分技术难点，逐步改善了土壤环境质量，确保了农产品质量安全。

“粮食安全事关国计民生，农田土壤修复事业任重道远。”从事土壤修复工作已有26年，吴龙华也在不断思索如何让研究成果更“可用”。当前，他把目光转向园艺植物重金属累积性的研究，“既不影响植物商品性，又能吸收更多的重金属，既有经济效益，也有生态效益”。

## 工业“锈”带变身生活“秀”带

南淝河北岸，合肥钢铁厂旧址上，高炉群、水塔、厂房构成的“国家级”老工业遗存在阳光下肌理分明、错落有致。

安徽省合肥市瑶海区，正在更新的合肥东部城区，逐渐展露新的容颜——合肥钢铁厂五厂改造而成的现代经济产业园揭开面纱，成为合肥东部新中心的重要产业平台；从荒地变身而成的青年创意田园，正通过农旅融合的模式，装扮成风景优美、活力满满的青年聚集地……

合肥钢铁厂，曾是安徽钢铁骨干企业，华东地区重要生铁基地。20世纪90年代以来，一度辉煌的合肥钢铁厂走向没落，高炉林立、机器轰鸣景象逐渐远去，成了工业“锈”带。

2018年，合肥钢铁厂被列为第二批国家工业遗产。为更好留住城市记忆，这里被规划成工业遗址公园及文化创意廊道的一部分。

工业“锈”带“变身”前，还有一项重要工作：土壤修复。农田要种粮，需要进行土壤修复，建设用地只是用来盖房子，为何也需要土壤修复？

北京建工环境修复股份有限公司（简称“北京建工修复公司”）区域技术经理丁浩然介绍，除了保障粮食安全，土壤修复的必要性还体现在保障人居安全和饮水安全。拿人居安全来说，如果建设用地存在土壤污染，人们可能长期吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物；另一方面，有些裸露的污染土壤可以通过扬尘进入室内与人体接触，或被儿童玩耍时误食。

北京建工修复公司参与了上述地块土壤修复。“长期工业生产导致污染情况十分复杂，我们采用多种技术方案对污染问题各个击破。”丁浩然表示。

重度污染土壤一般需加热才能充分释放污染物。“通过异位热脱附技术，将污染土壤提取出来，在异位热脱附设备中控制系统温度和物料停留时间，从而有选择地促使污染物气化挥发，使目标污染物与土壤颗粒分离”。

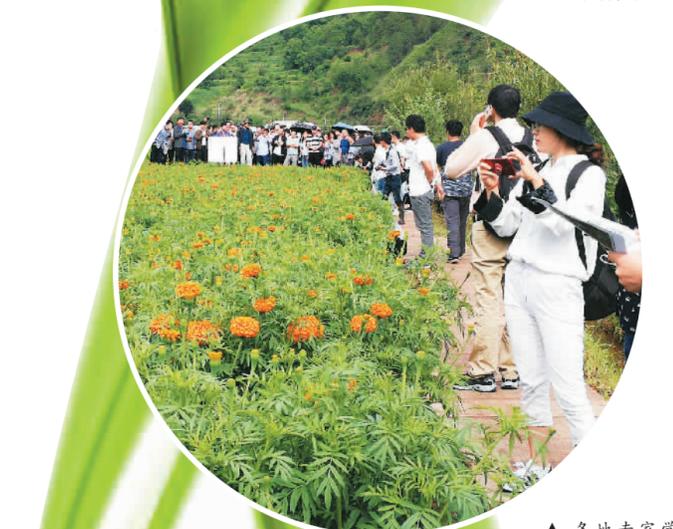
异位淋洗技术同样发挥了关键作用。该负责人表示，这是该公司历时9年自主创新的重要技术成果，已先后研制更新了5代产品。从2015年至今，该技术已在大连、重庆、云南、广州、青岛、合肥等大型污染土壤修复工程中推广应用。“相较于国外设备，企业自主研发的淋洗设备撬装化程度更高，方便转场移动，更适应中国项目周期短、修复项目分散、转场率高等特点”。

据介绍，在合肥钢铁厂原址土壤修复项目中，北京建工修复公司投入的异位淋洗、异位热脱附、异位化学氧化装备和应用的智慧化平台管理均为企业自主创新成果。

“修复完成后，这片区域真正实现从‘污染地块’到‘黄金地块’、‘工业锈带’到‘生活秀带’的华丽转变，我们也将继续在自主创新上苦练内功，积极探索新一代信息技术示范应用，为环境修复产业贡献更多新方案。”丁浩然说。



▲中国科学院南京土壤研究所工作人员在土壤修复项目区采集样品。受访者供图



▲各地专家学者在兰坪县考察重金属土壤修复情况。受访者供图



▲近年来，河北省隆尧县在吴停尧山区域所有采石场、石灰窑的基础上，先后实施了三期矿山治理与生态修复工程，绿化面积达3000余亩，昔日满目疮痍的矿山重披“绿装”。图为工人在打理种植的花卉。新华社记者 牟宇摄



►重庆市黔江区箱子岩电站水库库区阿蓬江镇高碛社区有一废弃矿山。去年，社区引进项目对废弃矿山生态进行修复，将废弃矿山打造成集古盐道、古驿道等文化遗址和垂钓、露营基地为一体的户外体验基地，既恢复了库区生态，又带动了乡村旅游。杨敏摄（人民视觉）

## 延伸阅读

### 持续深入打好净土保卫战

新时代以来，中国坚持精准治污、科学治污、依法治污，净土保卫战持续深入推进。

2016年5月，国务院印发《土壤污染防治行动计划》提出，到2020年，全国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，农用地和建设用地的土壤环境安全得到基本保障，土壤环境风险得到基本管控。到2030年，全国土壤环境质量稳中向好，农用地和建设用地的土壤环境安全得到有效保障，土壤环境风险得到全面管控。到本世纪中叶，土壤环境质量全面改善，生态系统实现良性循环。

2019年1月1日，土壤污染防治法正式施行，为土壤污染防治提供有法可依。

今年1月11日发布的《中共中央国务院关于全面推进美丽中国建设的意见》提出，持续深入打好净土保卫战。

开展土壤污染源头防控行动，严防新增污染，逐步解决长期积累的土壤和地下水严重污染问题。强化优先保护类耕地保护，扎实推进受污染耕地安全利用和风险管控，分阶段推进农用地土壤重金属污染溯源和整治全覆盖。到2027年，受污染耕地安全利用率达到94%以上，建设用地安全利用得到有效保障；到2035年，地下水国控点位I—IV类水比例达到80%以上，土壤环境风险得到全面管控。

6月5日，生态环境部发布《2023中国生态环境状况公报》显示，全国土壤环境风险得到基本管控，土壤污染加重趋势得到初步遏制。农用地土壤环境状况总体稳定，受污染耕地安全利用率达到91%以上。重点建设用地安全利用得到有效保障。

（本报记者 孙懿整理）