

中国是矿业大国，开发利用矿山资源在促进经济发展的同时，也给生态环境带来负面影响。近年来，各地积极修复废弃矿山，大量荒芜的矿区重现绿水青山，并成为人们休闲度假的新去处。



江西省宜春市袁州区新坊镇自2016年开始系统实施生态修复工程，如今，新坊镇矿山实现了原有废弃矿山作业面全面复绿。刘继刚摄（人民图片）



经过生态修复，湖北省宜昌市秭归县高山乡村大金坪从昔日的废弃矿山变为花海，引来众多游客。王 墨摄（人民图片）

遵循生态保护原则修复矿山

周晋峰

近年来，中国政府高度重视矿山生态修复。2019年，自然资源部发布了《关于探索利用市场化方式推进矿山生态修复的意见》；今年6月出台的《全国重要生态系统保护和修复重大工程总体规划（2021—2035年）》，21处提到“矿山生态修复”。

全国各地也涌现出一些生态修复典型案例。例如，海南省莲花山过去靠山吃饭、大量开采石灰矿，留下6个巨大矿坑，植被严重破坏、废石堆积成山，威胁人畜安全。2018年，海南农垦旅游集团开始着手生态修复，因地制宜地将生态修复、文化产业、旅居产业发展结合起来，将废弃矿坑“点绿成金”，不仅成功解决历史遗留露天矿山生态破坏问题，还打造出莲花山文化景区，修复后的矿坑为当地老百姓带来了400多个就业机会，并且成为海南西部第一个准4A级景区。

对于矿山生态修复，笔者建议在修复过程中须践行节约、自然、有限修复与宏观等四个原则。

节约原则。矿山生态修复工程须坚持节约优先，因为每一度电、每一滴水背后都存在着资源环境代价。对废弃矿山渣堆的处理，应以自然恢复为主，尽量采用“基于自然的解决方案”来开展修复，以降低对自然资源和能源的耗费，并减少二次污染。

自然原则。自然讲究一个“宜”字，从当地实际情况出发因地制宜进行修复。如对遗留废弃地进行植被恢复时，首先需充分考虑适合本地环境的乡土物种，确保生物多样性。如在沙漠地区就不宜大规模种植高大乔木，以避免对地下水资源超量采用。

有限原则。避免过度修复，因为过度修复往往意味着高昂的治理费用。

宏观原则。矿山修复要树立矿山生态修复的大局观、全局观，须坚持山水林田湖草是生命共同体的原则，着眼于更为宏观的时空尺度来考量整个工程。急于求成、做表面文章的修复工程常功亏一篑。成功的修复并非几年之功，需要十年甚至更长时间才能看到效果。

（作者系北京大学生态文明研究中心主任）



绿水青山重现 矿区变身景区

鞠立新

修复“疤痕”

许多矿山不仅在开采后成为山体裸露的废矿，在开发利用过程中也对生态环境造成破坏，比如开挖、压占、坍塌、水土流失、尾矿砂库等。据相关统计，我国矿业废弃地面积大、种类复杂，生态修复率低于发达国家。

在资源大省山西，矿产开采除了引起径流量减少、地下水下降和湿地缩小外，还因产生采空区漏斗状辐射区域而影响地表植被。

在长江经济带，矿山开采也留下许多环境疤痕。据前几年的统计，大量历史遗留矿山不仅造成大面积土地损毁，而且矿业活动产生的“点—线—面”开发利用格局造成了野生动植物栖息地和迁徙廊道被破坏，影响区域生态系统完整性。在长江经济带，煤炭、有色金属、磷矿等资源开发带来的环境污染问题突出，其中磷矿采选与磷化工产业快速发展已导致总磷成为长江超标污染因子。

据报道，横跨广东省韶关市曲江与翁源县的大宝山矿新山片区，历经30余年无序采矿后，留下地质破坏、水土流失等生态破坏恶果。其中，尾矿渣以及选矿废水给下游清远、佛山、广州等地千万人的饮水安全带来隐患。

随着人们生活水平的提高，改善矿山及其周边环境的生态和生存环境，逐渐成为社会各界的共同诉求，更成为建设美丽中国的重要内容。



重庆市万盛经开区有着80多年的企业化采煤历史，形成了180平方公里的沉降影响区。近年来，万盛加快采煤沉降区生态环境修复，目前，植被恢复25000亩，土地整治29400亩。图为重庆万盛经开区黑山镇鱼子岗村绿意盎然，景色美不胜收。曹永龙摄（人民图片）

美丽蝶变

上世纪80年代末到90年代初，中国矿山废弃地生态修复工作开始步入法制化轨道，许多大型煤矿区开始通过复垦、复绿重建了矿区生态。

但因历史欠账多、资金投入不足等原因，矿山修复的脚步依然赶不上人们的期望。如何尽快将数以千万亩的损毁土地变废为宝？2019年，一种全新的利用市场化方式推进矿山生态修复的体系诞生——自然资源部对外公布《关于探索利用市场化方式推进矿山生态修复的意见》，提出政府为主导、企业为主体、社会组织和公众共同参与，激励、吸引社会投入，推行市场化运作、科学化治理的模式，加快推进矿山生态修复。

同年，为破解矿山修复资金投入不足的问题，自然资源部研究起草了《关于建立激励机制加快推进矿山生态修复的意见（征求意见稿）》。《征求意见稿》明确鼓励矿山土地综合利用。

《征求意见稿》还特别提出，鼓励各地依据国土空间规划在矿山修复后土地

上发展旅游观光、农业综合开发、养老服务产业。

按照政策要求的方向，许多废弃矿山经过生态修复实现华丽蜕变，成为一个个著名的旅游景区。

南京汤山矿坑国家公园边坡改造矿坑修复工程，以假山瀑布的形式修复破损山体，成功地将自然生态环境的恢复与城市的休闲生活相结合。

位于上海佘山的世茂深坑酒店是一座建在废石坑里的酒店，该酒店原本是深80米的废弃矿山，设计师沿着悬崖峭壁建设酒店客房，建成后成为世界上海拔最低的酒店之一。

重庆铜锣山露天矿山废弃矿坑最大深度达到90多米，矿坑积水最深20余米，给周边居民生活带来威胁。铜锣山废弃露天矿山在生态修复过程中，突出生态优先原则，对特色景观进行开发，植入新生景观设计和旅游观光产业，引导社会资金投入，使矿山废弃地实现了最大化生态、经济价值。

广东大宝山矿经过8年生态修复，曾伤痕累累的矿山如今正在“愈合”。

任重道远

进入21世纪，中国矿山治理成效显著。据统计，2001年至2018年，全国累计完成治理恢复土地面积约100.46万公顷，2018年，累计治理矿山7298个。

在修复理念上，各地从过去简单的复绿过渡到生态功能修复上。“以前，矿山修复最早提出的办法是复绿，随着复绿工作的不断深化，进一步提出要加强对生物多样性保护。随着矿山开采面积的扩大和性质的转变，仅仅停留在生物多样性修复阶段也不够，我们必须进入生态功能修复阶段。”中国人民大学环境学院特聘教授高吉喜认为，矿山生态修复不仅是自然生态系统的修复，还要考虑到与自然生态系统相匹配的经济、社会系统的修复，这两个系统一定是互相关联、不可分割的。

尽管国家大力治理废弃矿山，但矿山生态修复是一项长久事业，任重道远。专家认为，对中国矿山生态修复而言，还需要建立更为完善的土地开垦体系、法律法规以及成熟的管理制度。

北京大学生态文明研究中心主任周晋峰建议，今后矿山修复应充分从“山水林田湖草是一个命运共同体”的宏观、系统的角度出发，以污染治理“三公里”——不为害、不扩散、充分公示为基础，制定矿山修复工作总体框架。

“三重治理” 修复生态

刘琼 薛超

部进行边坡，从而形成合理的山体台阶与边坡，减小崩塌事故发生。

第二重是“垫坡整容”，修复地形地貌。为使矿山治理区恢复原山体地形及地貌景观，项目团队对于“凹陷式”露天矿坑和“山坡式”矿坑分别采用废渣回填和垫坡的方式进行整容，使废弃矿坑基本恢复原有地形地貌，同时对规模较大的废渣堆进行边坡整形，按照取高填低的原则，将平整后的坡面地形整体起伏控制在±5度以内，达到外观起伏流畅自然。

第三重是植树种草，让青山绿水再现。项目团队结合区域自然条件和原土地利用情况，对经过此前物理修复的边坡进行无人机播撒耐寒草籽，使得植被、地貌景观和土地功能得以恢复，从根本上消除地质灾害。

张富成介绍说。中建一局三公司乌梁素海试点工程项目经理庞东介绍，乌梁素海矿山地质环境综合治理工程位于内蒙古自治区巴彦淖尔市乌拉特前旗，区域内需治理的露天废弃矿坑807个，废石渣堆1134个，需拆除废弃工业广场327个，需清除重点地质灾害点20处。

中建一局三公司项目团队采用了地质灾害治理、矿山环境治理、矿山生态修复“三重”治理方式。第一重是“磨削削骨”，解决崩塌滑坡问题。大部分露天废弃矿坑边坡陡立、风化严重、岩体松散，极易发生崩塌。在矿山治理初期必须对边坡陡立的危岩体进行削坡，通过长臂挖掘机等大型机械进行危岩体清除，清除产生的废弃石料就地堆放在矿坑底

右图：修复前，乌拉山南北麓遍布露天矿坑。

下图：修复后，乌拉山南北麓青山重现，地形地势平缓连续。资料图片



近日，内蒙古乌梁素海流域山水林田湖草生态保护修复试点工程通过“三重治理”方式，已完成649个露天采坑、482个废石（渣）堆、213个工业广场、20处重点地质灾害点的矿山治理工作，治理面积达到58.54平方公里，占工程总量的82%。

据介绍，矿产资源丰富的乌梁素海流域经过近40年的矿业开采，遗留了大量露天废弃矿坑，水土流失严重。每逢雨季或汛期，乌拉山、白云常合山、渣尔泰山大量的砂石、腐殖质随洪水进入乌梁素海和黄河，对黄河水质造成污染。原有地形地貌景观也遭到破坏，地表植被退化，草原沙化日益严重，粉尘和沙化对京津冀风沙源治理造成非常大的影响。

乌梁素海试点工程排在国家第三批山水林田湖草生态修复试点工程之一，沙漠治理面积居全国同类工程前列，治理流域面积约1.47万平方公里，包含矿山地质环境综合治理、乌梁素海堤路修筑、乌拉山南北麓林草生态修复、乌兰布和沙漠治理、农田

面源及城镇点污染综合治理5种业态、7项子工程。工程难度之大、治理种类之多、施工环境之恶劣，在国内均属首例。

目前，承建方中建一局三公司的项目团队完成了4万亩沙漠的压沙固沙和梭梭树种植、2.3万亩经济林种植及1万亩飞播造林工作，有效防止水土流失，改善了黄河中下游生态环境，工程预计2020年12月31日完工。乌梁素海试点工程全部完工后，每年可减少100万立方米的黄沙流入黄河，黄河中下游生态安全将得到更大保障，推动流域内3.7万贫困人口脱贫致富。

“矿山修复是对矿业废弃地污染进行修复，治理内容一般分为生态修复和污染治理。恢复矿山废弃地的生态，只是土壤、植被的恢复是不够的，还需要恢复废弃地的微生物群落，完善生态系统功能，才能使修复后的废弃地生态系统得以自然维持，从而在根本上解决矿山修复治理，真正让废弃矿山变成绿水青山。”中建一局三公司乌梁素海试点工程项目经