



博·知

“农田、矿山土壤修复”专题



博世科® BOSSCO

拥有核心技术的综合环境服务商

2017年1月刊

目录 CONTENTS

- 
- 01 国家重点环境政策近期动态
 - 02 “农田、矿山土壤修复”专题（一）：农田重金属污染综合防治——以镉污染为例
 - 03 “农田、矿山土壤修复”专题（二）——国内外采石厂修复优秀案例介绍
 - 04 农田土壤修复探索与实践——博世科环保
 - 05 重磅启航：博世科荣获国家科技进步奖二等奖

国家重点环境政策近期动态

编辑：孙瑞杰



序号	部门	政策	文件号	发文日期
1	环保部	关于印发《“十三五”环境监测质量管理工作方案》的通知	环办监测[2016]104号	11月2日
2	国务院	关于印发“十三五”控制温室气体排放工作方案的通知	国发[2016]61号	11月4日
3	住建部、发改委、国土部、环保部	关于进一步加强城市生活垃圾焚烧处理工作的意见	建城[2016]227号	11月6日
4	环保部	关于公开征求《污染地块土壤环境管理办法（征求意见稿）》《农用地土壤环境管理办法（试行）（征求意见稿）》意见的函		11月8日
5	环保部、科技部	关于印发《国家环境保护“十三五”科技发展规划纲要》的通知	环科技[2016]160号	11月14日
6	国务院	关于印发地方政府性债务风险应急处置预案的通知	国办函[2016]88号	11月14日
7	环保部	建设项目环境影响登记表备案管理办法	环保部令 第41号	11月16日
8	国家农业综合开发办公室	关于土地治理项目计划编报事宜的通知	国农办[2016]49号	11月16日
9	水利部、发改委	“十三五”水资源消耗总量和强度双控行动方案	水资源司[2016]379号	11月16日
10	发改委、住建部	关于征求对《“十三五”全国城镇污水处理及再生利用设施建设规划（征求意见稿）》意见的函	发改办环[2016]2412号	11月17日
11	国务院	关于印发控制污染物排放许可制实施方案的通知	国办发[2016]81号	11月21日

序号	部门	政策	文件号	发文日期
12	发改委	关于征求对《节能标准体系建设方案（征求意见稿）》意见的函	发改办环[2016]2450号	11月25日
13	住建部	公开征求对《环保装备制造行业（大气治理）规范条件》（征求意见稿）的意见		11月29日
14	国家能源局	关于印发《生物质能发展“十三五”规划》的通知	国能新能[2016]291号	12月5日
15	国务院	关于印发“十三五”生态环境保护规划的通知	国发[2016]65号	12月5日
16	发改委、农业部	关于编制“十三五”秸秆综合利用实施方案的指导意见的通知	发改办环[2016]2504号	12月7日
17	环保部	关于发布《水泥窑协同处置固体废物污染防治技术政策》的公告	公告2016年第72号	12月8日
18	环保部	关于征求《国家环境保护标准“十三五”发展规划（征求意见稿）》意见的函	环办科技[2016]2219号	12月8日
19	环保部	关于发布《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》国家环境保护标准的公告	公告2016年第73号	12月8日
20	中共中央办公厅、国务院	关于全面推行河长制的意见		12月11日
21	财政部和水利部	关于印发《中央财政水利发展资金使用管理办法》的通知	财农[2016]181号	12月12日
22	环保部、发改委、科技部、工信部等11部门	关于印发《水污染防治行动计划实施情况考核规定（试行）》的通知	环水体[2016]179号	12月12日
23	环保部、发改委、科技部、工信部等11部门	关于印发《水污染防治行动计划实施情况考核规定（试行）》的通知	环水体[2016]179号	12月12日
24	环保部	关于发布2016年《国家先进污染防治技术目录（VOCs防治领域）》的公告	公告2016年第75号	12月13日
25	工信部	环保装备制造行业（大气治理）规范条件	公告2016年第66号	12月14日
26	环保部	关于实施工业污染源全面达标排放计划的通知	环环监[2016]172号	12月15日
27	财政部、国税部和水利局	关于河北省水资源税改革试点有关政策的通知	财税[2016]130号	12月16日
28	发改委、农业部	关于推进农业领域政府和社会资本合作的指导意见	发改农经[2016]2574号	12月16日
29	国务院	关于印发“十三五”国家战略性新兴产业发展规划的通知	国发[2016]67号	12月19日
30	发改委、统计局、环保部、中央组织部	关于印发《绿色发展指标体系》、《生态文明建设考核目标体系》的通知	发改环资[2016]2635号	12月22日
31	住建部、环保部	关于印发全国城市生态保护与建设规划（2015-2020年）的通知	建城[2016]284号	12月23日
32	环保部、国土资源部、农业部	关于组织做好全国土壤污染状况详查实验室筛选工作的通知	环办土壤[2016]2325号	12月23日
33	环保部	关于印发《排污许可证管理暂行规定》的通知	环水体[2016]186号	12月23日
34		《中华人民共和国环境保护税法》	中华人民共和国主席令第六十一号	12月25日
35	发改委、科技部、工信部、环保部	关于印发《“十三五”节能环保产业发展规划》的通知		12月26日
36	发改委、中国证监会	关于推进传统基础设施领域政府和社会资本合作（PPP）项目资产证券化相关工作的通知	发改投资[2016]2698号	12月26日

序号	部门	政策	文件号	发文日期
37	发改委、水利部、住建部	《水利改革发展“十三五”规划》印发实施		12月27日
38	环保部	关于开展火电、造纸行业和京津冀试点城市高架源排污许可证管理工作的通知	环水体[2016]189号	12月28日
39	环保部、发改委、住建部、水利部	关于落实《水污染防治行动计划》实施区域差别化环境准入的指导意见	环环评[2016]190号	12月28日
40	国务院	关于全国土地整治规划（2016—2020年）的批复	国函[2016]209号	12月29日
41	发改委、农业部	关于推进农业领域政府和社会资本合作的指导意见	发改农经[2016]2574号	12月29日
42	财政部、环保部、发改委、水利部	关于加快建立流域上下游横向生态保护补偿机制的指导意见	财建[2016]928号	12月30日
43	发改委、国家海洋局	关于印发《全国海水利用“十三五”规划》的通知	发改环资[2016]2764号	12月30日
44	水利部、住建部、国家卫生计生委	关于进一步加强饮用水水源保护和管理的意见	水资源[2016]462号	12月30日

重点政策解读：

□关于进一步加强城市生活垃圾焚烧处理工作的意见

《意见》提出，到2017年底，建立符合我国国情的生活垃圾清洁焚烧标准和评价体系；到2020年底，全国设市城市垃圾焚烧处理能力占总处理能力50%以上，全部达到清洁焚烧标准。

根据《意见》，提前谋划，加强焚烧设施选址管理，要做到以下三方面：第一，加强规划引导，统筹安排生活垃圾处理设施的布局和用地，项目用地纳入城市黄线保护范围，规划用途有明显标示；第二，统筹解决选址问题，优先安排垃圾焚烧处理设施用地计划指标，加强区域统筹，实现焚烧设施共享；第三，扩大设施控制范围，可将焚烧设施控制区域分为核心区、防护区和缓冲区。

《意见》要求，建设高标准清洁焚烧项目。遵循安全、可靠、经济、环保原则，选择先进适用技

术；推进产业园区建设，积极开展静脉产业园区、循环经济产业园区、静脉特色小镇等建设，统筹生活垃圾、建筑垃圾、餐厨垃圾等不同类型垃圾处理；按照《生活垃圾焚烧处理工程技术规范》等相关标准规范以及地方标准的要求，严控工程建设质量；合理确定补贴费用，垃圾处理补贴评价内容包括工程分析、垃圾处理补贴费用分析、其他成本节约与合法收益分析三部分；充分考虑飞灰处置出路，加强飞灰污染防治。

此外，《意见》还要求通过集中开展整治工作、实施精细化运行管理、构建“邻利型”服务设施来提高设施运行水平，并且创新方式，严格招投标管理，全面加强监管能力建设，推进实现共治理。

□关于公开征求《污染地块土壤环境管理办法（征求意见稿）》《农用地土壤环境管理办法（试行）（征求意见稿）》意见的函

《污染地块土壤环境管理办法（征求意见稿）



》总计7章内容，依次为总则、环境调查与风险评估、风险管控、治理与修复、监督管理、罚则和附则，细分为29款条目。该办法主要规定了以下三方面制度：地块土壤环境调查与风险评估制度、污染地块风险管控制度、污染地块治理与修复制度，而制度设计总的考虑是注重实际效果和可行性、可操作性，并尽量减少行政审批和许可，强化事中事后管理。办法将自2017年5月1日起施行，要求设区的市级环境保护主管部门应当于每年的1月31日前，将上一年度本行政区域的污染地块环境调查、风险评估、风险管控或者治理与修复等土壤环境管理工作情况报省级环境保护主管部门。省级环境保护主管部门应当于每年的3月31日前，将上一年度本行政区域的污染地块土壤环境管理工作情况报环境保护部。

《农用地土壤环境管理办法（试行）（征求意见稿）》共20款条目，主要规定了4条管理措施：. 第一，农用地土壤环境调查、监测与类别划分；第二，农用地优先保护措施；第三，污染耕地风险管控措施；第四，污染耕地地块治理与修复措施。根据《办法》，对于土壤环境调查，环境保护部负责建立土壤污染状况定期调查制度，每10年开展1次；会同国土资源、农业等部门制订调查工作方案；对于农用地环境监测，按照统一布局、统一标准、统一信息发布的原则，环境保护部负责建立全国土壤环境监测网络，会同农业和国土资源部门，统一规划农用地土壤环境监测点位，规定监测要求。县级以上地方环境保护主管部门负责组织本行政区域的土壤环境监测工作，并向上一级环境保护部门报送农用地土壤环境监测数据，并根据需要通报同级政府有关部门。

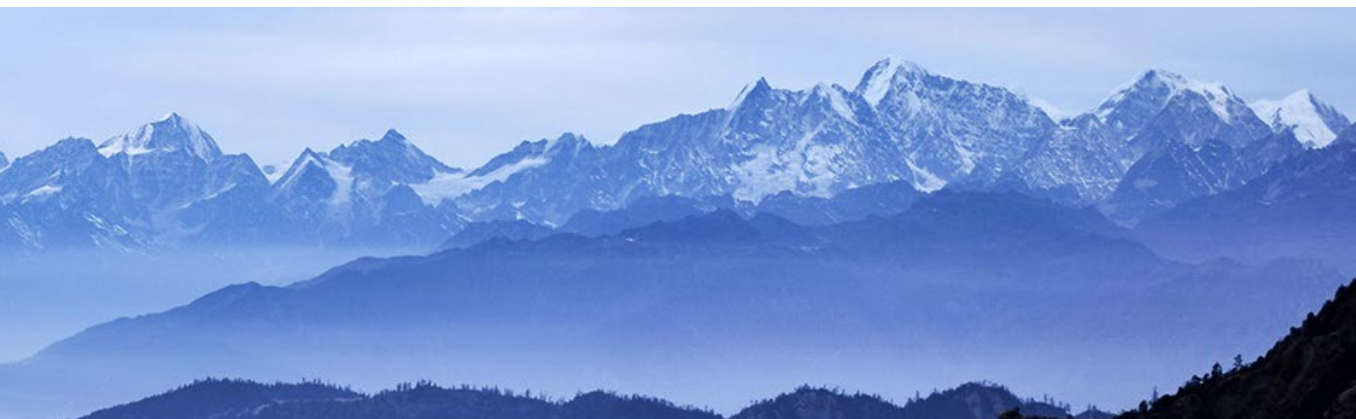
□关于征求对《“十三五”全国城镇污水处理及再生利用设施建设规划（征求意见稿）》意见的函

《规划》提出“十三五”期间各项建设任务目标为：新增污水管网13.44万公里，老旧污水管网维修4.24万公里，雨污合流管网改造3.89万公里，新增污水处理设施规模4890万立方米/日，



提标改造污水处理设施规模4053万立方米/日，新增污泥（以含水80%的污泥计）处理处置规模6.31万吨/日，新增再生水利用设施规模2113万立方米/日，新增初期雨水治理设施规模1016万立方米/日，完善国家、省、市三级排水监管平台，形成全国统一、全面覆盖的城镇排水与污水处理监管体系。根据《规划》，“十三五”期间的主要任务包括7方面：第一，完善污水收集系统；第二，提升污水处理设施能力；第三，重视污泥无害化处置；第四，积极推动再生水利用；第五，初期雨水污染治理；第六，加强城市黑臭水体综合整治；第七，强化监管能力建设。

另一方面，《规划》提出，“十三五”城镇污水处理设施建设共投资约5829亿元。其中，各类设施建设投资5784亿元，监管能力建设投资45亿元。设施建设投资中，包括新建配套污水管网投资2188亿元，老旧污水管网改造投资788亿元，雨污合流管网改造投资588亿元，新增污水处理设施投资1192亿元，提标改造污水处理设施投资395亿元，新增或改造污泥无害化处理处置设施投资316亿元，新增再生水生产设施投资215亿元，初期雨水治理设施投资102亿元。“十三五”期间地级及以上城市黑臭水体治理中控源截污涉及的设施建设投资约1700亿元，已分项计入规划重点建设任务投资中。



□关于印发控制污染物排放许可制实施方案的通知

《实施方案》提出目标任务为：到2020年，完成覆盖所有固定污染源的排污许可证核发工作，全国排污许可证管理信息平台有效运转，各项环境管理制度精简合理、有机衔接，企事业单位环保主体责任得到落实，基本建立法规体系完备、技术体系科学、管理体系高效的排污许可制，对固定污染源实施全过程管理和多污染物协同控制，实现系统化、科学化、法治化、精细化、信息化的“一证式”管理。

根据《实施方案》，环保部依法制订并公布排污许可分类管理名录，考虑企事业单位及其他生产经营者，确定实行排污许可管理的行业类别。对不同行业或同一行业内的不同类型企事业单位，按照污染物产生量、排放量以及环境危害程度等因素进行分类管理，对环境影响较小、环境危害程度较低的行业或企事业单位，简化排污许可内容和相应的

自行监测、台账管理等要求。另一方面，由县级以上地方政府环境保护部门负责排污许可证核发，地方性法规另有规定的从其规定。企事业单位应按相关法规标准和技术规定提交申请材料，申报污染物排放种类、排放浓度等，测算并申报污染物排放量。首次发放的排污许可证有效期三年，延续换发的排污许可证有效期五年。上级环境保护部门要加强监督检查，有权依法撤销下级环境保护部门作出的核发排污许可证的决定。

□关于印发《生物质能发展“十三五”规划》的通知

《规划》分析了国内外生物质能发展现状，阐述了“十三五”时期我国生物质能产业发展的指导思想、基本原则、发展目标、发展布局和建设重点，提出了保障措施，是“十三五”时期我国生物质能产业发展的基本依据。

《规划》提出发展目标为：到2020年，生物质



能基本实现商业化和规模化利用。生物质能年利用量约5800万吨标准煤。生物质发电总装机容量达到1500万千瓦，年发电量900亿千瓦时，其中农林生物质直燃发电700万千瓦，城镇生活垃圾焚烧发电750万千瓦，沼气发电50万千瓦；生物天然气年利用量80亿立方米；生物液体燃料年利用量600万吨；生物质成型燃料年利用量3000万吨。根据《规划》，到2020年，生物质能产业新增投资约1960亿元。其中，生物质发电新增投资约400亿元，生物天然气新增投资约1200亿元，生物质成型燃料供热产业新增投资约180亿元，生物液体燃料新增投资约180亿元。

与此同时，《规划》指出发展布局和建设重点包括：第一，大力推动生物天然气规模化发展，到2020年，初步形成一定规模的绿色低碳生物天然气产业，年产量达到80亿立方米，建设160个生物天然气示范县和循环农业示范县；第二，积极发展生物质成型燃料供热，积极推动生物质成型燃料在商业设施与居民采暖中的应用，加快大型先进低排放生物质成型燃料锅炉供热项目建设，加强技术进

步和标准体系建设；第三，稳步发展生物质发电，积极发展分布式农林生物质热电联产，稳步发展城镇生活垃圾焚烧发电，因地制宜发展沼气发电；第四，加快生物液体燃料示范和推广，推进燃料乙醇推广应用，加快生物柴油在交通领域应用，推进技术创新与多联产示范。

□关于印发“十三五”生态环境保护规划的通知

《规划》共10章，依次为全国生态环境保护形势；指导思想、基本原则与主要目标；强化源头防控，夯实绿色发展基础；深化质量管理，大力实施三大行动计划；实施专项治理，全面推进达标排放与污染减排；实行全程管控，有效防范和降低环境风险；加大保护力度，强化生态修复；加快制度创新，积极推进治理体系和治理能力现代化；实施一批国家生态环境保护重大工程；健全规划实施保障措施。

《规划》提出，到2020年生态环境质量总体改善，生产和生活方式绿色、低碳水平上升，主要污染物排放总量大幅减少，环境风险得到有效控制，生物多样性下降势头得到基本控制，生态系统稳定

性明显增强，生态安全屏障基本形成，生态环境领域国家治理体系和治理能力现代化取得重大进展，生态文明建设水平与全面建成小康社会目标相适应。《规划》还提出了“十三五”生态环境保护的约束性指标和预期性指标。其中约束性指标12项，而预期性指标主要包括地级及以上城市重度及以上污染天数比例下降、近岸海域水质优良（一、二类）比例、湿地保有量、新增沙化土地治理面积等。

《规划》强调，地方各级人民政府是规划实施的责任主体，要把生态环境保护目标、任务、措施和重点工程纳入本地区国民经济和社会发展规划。国务院各有关部门要各负其责，密切配合，加大资金投入，加大规划实施力度。建立规划实施情况年度调度和评估考核机制，在2018年和2020年底，分别对规划执行情况进行中期评估和终期考核，评估考核结果向国务院报告，向社会公布。



废物产生的渗滤液、车辆清洗废水及协同处置废物过程产生的其他废水，可经适当预处理后送入城市污水处理厂处理，或单独设置污水处理装置处理达标后回用。针对二次污染防治，《技术政策》要求协同处置固体废物水泥窑的窑尾除尘灰宜返回原料系统，但为避免汞等挥发性重金属在窑内过度积累而排出的窑尾除尘灰和旁路放风粉尘不应返回原料系统；如果窑灰和旁路放风粉尘需要送厂外进行处理处置，应按危险废物进行管理。

另一方面，《技术政策》鼓励研发新技术，包括协同处置固体废物的水泥窑在生产过程中的污染物减排技术，提高协同处置固体废物量的水泥窑高效利用技术，协同处置固体废物的高效预处理技术，以及粉尘、二氧化硫、氮氧化物、汞等多种污染物高效协同脱除技术。

□关于征求《国家环境保护标准“十三五”发展规划（征求意见稿）》意见的函

《规划》提出的总体目标为：大力推动标准制修订，消化在研项目数量。围绕排污许可及水、气、土等要素环境管理中心工作，制修订一批关键

□关于发布《水泥窑协同处置固体废物污染防治技术政策》的公告

在源头控制上，《技术政策》明确表示，本技术政策发布之后新建、改建或扩建处置危险废物的水泥企业，应选择单线设计熟料生产规模 4000 吨/日及以上水泥窑；新建、改建或扩建处置其他固体废物的水泥企业，应选择单线设计熟料生产规模 3000 吨/日及以上水泥窑。在清洁生产上，《技术政策》要求，应对进场接收、贮存与输送、预处理和入窑处置等场所或设施采取密闭、负压或其他防漏散、防飞扬、防恶臭的有效措施；鼓励污水处理厂进行污泥干化，干化后污泥宜满足直接入窑处置的要求；原生生活垃圾不可直接入水泥窑，必须进行预处理后入窑，生活垃圾在预处理过程中严禁混入危险废物。在末端治理上，《技术政策》明确指出，水泥窑协同处置固体废物设施，窑尾烟气除尘应采用高效袋式除尘器；水泥窑协同处置固体

标准。构建基于实测的标准制修订及实施评估方法体系，优化形成内部科学、外部协调的环保标准体系。制修订并实施一批标准管理规章制度，形成一支专业扎实、特色明显的环保标准队伍，深化标准信息化建设，提高标准管理的规范性和高效性。加强宣传培训及交流合作，扩大我国环保标准的社会影响。为落实规划目标，《规划》共提出四个方面的规划任务，即全面推进各类环保标准制修订，加大环保标准实施评估工作力度，继续大力开展环保标准宣传和培训，强化标准理论基础与体系优化建设。

□关于全面推行河长制的意见

《意见》包括总体要求、主要任务和保障措施3个部分，共14条，主要内容包括：“河长制”的组织形式，河长的职责，“河长制”工作的主要任务，意见“河长制”的监督考核。根据《意见》，要抓好“河长制”的全面推行重点要抓好三件事：第一，要细化、实化工作任务。水利部将会同环保部尽快制定出台贯彻落实《意见》的实施方案，指导各地抓紧编制工作方案，细化、实化工作任务。

这个实施方案明天就和环保部一起联合印发。第二，抓督促、检查。水利部要建立“河长制”的督导检查制度，定期对各个地方“河长制”实施情况开展专项督导检查。同时，建立了评估制度，2017年底要开展中期评估，2018年全面完成的时候要开展总结评估。第三，抓考核、问责。一方面将督促各个地方加强监督考核，严格责任追究，另一方面水利部将把全面推行“河长制”纳入到最严格的水资源管理制度的考核，并且组织对各地全面推行“河长制”的情况进行监督和评估工作。



□关于发布2016年《国家先进污染防治技术目录（VOCs防治领域）》的公告

《技术目录（VOCs防治领域）》共涵盖18项技术，分为示范和推广两种类型，示范技术具有创新性，技术指标先进、治理效果好，基本达到实际工程应用水平，具有工程示范价值；推广技术是经工程实践证明了的成熟技术，治理效果稳定、经济合理可行，鼓励推广应用。就本目录中的技术而言，仅有1项技术为示范型，即印刷行业氮气保护全UV固化技术，其余17项技术均为推广型。

□关于印发“十三五”国家战略性新兴产业发展规划的通知

《规划》提出，到2030年，战略性新兴产业发展成为推动我国经济持续健康发展的主导力量，我国成为世界战略性新兴产业重要的制造中心和创新中心，形成一批具有全球影响力和主导地位的创新型领军企业。

《规划》要求，加快发展先进环保产业。大力推进实施水、大气、土壤污染防治行动计划，推动区域与流域污染防治整体联动，海陆统筹深入推进主要污染物减排，促进环保装备产业发展，推动主要污染物监测防治技术装备能力提升，加强先进适用环保技术装备推广和集成创新，积极推广应用先进环保产品，促进环境服务业发展，全面提升环保产业发展水平。到2020年，先进环保产业产值规模力争超过2万亿元。

□关于印发《绿色发展指标体系》、《生态文明建设

考核目标体系》的通知

《指标体系》包括资源利用、环境治理、环境质量、生态保护、增长质量、绿色生活、公众满意度7个一级指标和56个二级指标。其中，“资源利用”重点反映能源、水资源、建设用地的总量与强度双控要求和资源利用效率，目的是引导地区提高资源节约集约循环使用，提高资源使用效益，减少排放，包括14个指标；“环境治理”重点反映主要污染物、危险废物、生活垃圾和污水的治理以及污染治理投资等情况，包括8个指标；“环境质量”重点反映大气、水、土壤和海洋的环境质量状况，包括10个指标；“生态保护”重点反映森林、草原、湿地、海洋、自然岸线、自然保护区、水土流失、土地沙化和矿山恢复等生态系统的保护与治理，包括10个指标；“增长质量”反映经济增长的质量，以体现绿色与发展的协调统一，包括5个指标；“绿色生活”反映绿色生活方式的转变以及生活环境的改善，体现绿色生活方式的倡导引领作用，包括8个指标；“公众满意程度”重点反映公众对生态环境质量的满意程度。

《目标体系》是针对各省、自治区、直辖市党委和政府生态文明建设目标任务完成情况进行设计的，共含有5个方面和23项考核目标，目的是促进各级党委和政府树立正确的政绩观，落实地方党委和政府生态文明建设的主体责任，落实党中央、国务院大力推进生态文明建设的决策部署。《目标体系》的23项指标大部分包含在《指标体系》中，导向性和约束性是一致的。两者的区别在于《目标体系》侧重于生态文明建设重大目标任务的结果考核，每五年开展一次；《指标体系》侧重于进展情况的全面评价，每年开展一次，且年度评价结果也将纳入五年考核中。

□关于印发全国城市生态保护与建设规划（2015-2020年）的通知

《规划》主要包括四章内容：城市生态保护与建设面临的形势，指导思想、基本原则和规划目标，主要任务和重点工程，以及政策与保障措施。

《规划》提出目标：到2020年，生态空间格局持续优化，人居环境明显改善，生物多样性保护更加完整，城市环境安全有效保障，资源能源利用效率显著提高，保障工作协同推进。在总体目标下，分别从生态空间格局、人居环境、生物多样性、城市环境安全、资源能源利用、综合支撑保障等6个方面提出了30个具体指标。其中考核性指标16个，引导性指标14个。

《规划》从以下8个方面提出了我国今后一段时期城市生态保护和建设工作的主要任务和重点工程：城市生态空间保护与管控，城市生态园林建设与生态修复，城市生物多样性保护，城市污染治理与环境基础设施建设，海绵城市建设，城市资源能源节约与循环利用，绿色建筑和绿色交通推广，风景名胜生态区生态保护。为确保各项目目标顺利实现，各项建设任务和重点工程有序实施，《规划》从组织领导、法规政策、资金支持、科技支撑、公众参与等方面提出了政策与保障措施。

□关于印发《排污许可证管理暂行规定》的通知

为贯彻落实《控制污染物排放许可制实施方案》，规范排污许可证申请、审核、发放、管理等程序，环保部组织编制并印发了《排污许可管理暂行规定》，对排污许可证申请、核发、管理的具体程序、申请材料和办理期限作出了详尽规定。

《规定》指出，实行排污许可管理的单位包括：排放工业废气或者排放国家规定的有毒有害大气污染物的企业事业单位，集中供热设施的燃煤热源生产运营单位，直接或间接向水体排放工业废水和医疗污水的企业事业单位，城镇或工业污水集中处理设施的运营单位，依法应当实行排污许可管理的其他排污单位等。环保部按行业制订并公布排污许可分类管理名录，分批分步骤推进排污许可证管理。环保部根据污染物产生量、排放量和环境危害程度的不同，在排污许可分类管理名录中规定对不同行业或同一行业的不同类型排污单位实行排污许可差异化管理。对污染物产生量和排放量较小、环境危害程度较低的排污单位实行排污许可简化管理。县级环境保护主管部门负责实施简易管理的排污许可证核发工作，其余的排污许可证原则上由地(市)级环境保护主管部门负责核发。

《规定》同时要求，排污许可证由正本和副本构成，正本载明基本信息，副本应当载明下列许可事项：排污口位置和数量、排放方式、排放去向等；排放污染物种类、许可排放浓度、许可排放量；法律法规规定的其他许可事项。《规定》还强调，排污许可证的申请、受理、审核、发放、变更、延续、注销、撤销、遗失补办工作应当在国家排污许可证管理信息平台上进行。排污许可证的执行、监管执法和社会监督等信息应当在国家排污许可证管理信息平台上记录。环保部负责建设、运行、维护、管理国家排污许可证管理信息平台，各地现有的排污许可证管理信息平台应实现数据的逐步接入。

□《中华人民共和国环境保护税法》

《环境保护税法》是党的十八届三中全会提出“落实税收法定原则”要求后，全国人大常委会审议通过的第一部单行税法，也是中国第一部专门体现“绿色税制”、推进生态文明建设的单行税法。《环境保护税法》全文共分为5章和28条内容，分别为总则、计税依据和应纳税额、税收减免、征收管理、附则，将自2018年1月1日起施行，自本法施行之日起，依照本法规定征收环境保护税，不再征收排污费。

《环境保护税法》规定在中华人民共和国领域和中华人民共和国管辖的其他海域，直接向环境排放应税污染物的企业事业单位和其他生产经营者为环境保护税的纳税人，应当依照本法规定缴纳环境保护税；并明确，本法所称应税污染物，是指本法所附《环境保护税税目税额表》、《应税污染物和当量值表》规定的大气污染物、水污染物、固体废物和噪声；依法设立的城乡污水集中处理、生活垃圾集中处理场所超过国家和地方规定的排放标准向环境排放应税污染物的，应当缴纳环境保护税。

另一方面，环境保护税由税务机关依照《中华人民共和国税收征收管理法》和本法的有关规定征收管理；环境保护主管部门依照本法和有关环境保护法律法规的规定负责对污染物的监测管理；县级以上地方人民政府应当建立税务机关、环境保护主管部门和其他相关单位分工协作工作机制，加强环境保护税征收管理，保障税款及时足额入库；各级



人民政府应当鼓励纳税人加大环境保护建设投入，对纳税人用于污染物自动监测设备的投资予以资金和政策支持。

□关于印发《“十三五”节能环保产业发展规划》的通知

《规划》提出主要目标：到2020年，节能环保产业快速发展、质量效益显著提升，高效节能环保产品市场占有率明显提高，一批关键核心技术取得突破，有利于节能环保产业发展的制度政策体系基本形成，节能环保产业成为国民经济的一大支柱产业



业。具体体现在以下四个方面：（1）节能环保产业增加值占国内生产总值比重为3%左右，吸纳就业能力显著增强；（2）技术水平进步明显，拥有一批自主知识产权的关键共性技术，主要节能环保产品和服务销售量比2015年翻一番；（3）产业集中度提高，竞争能力增强。到2020年，培育一批具有国际竞争力的大型节能环保企业集团，在节能环保产业重点领域培育骨干企业100家以上。形成20个产业配套能力强、辐射带动作用大、服务保障水平高的节能环保产业集聚区；（4）市场环境更加优化，政策机制更加成熟。

《规划》提出，加大研发投入力度，加强核心技术攻关，开展绿色装备认证评价，淘汰落后供给能力，着力提高节能环保产业供给水平，全面提升装备产品的绿色竞争力。主要涉及到三个方面：节能技术装备、环保技术装备和资源循环利用技术装备。此外，《规划》还提出五大中心任务，包括创新节能环保服务模式、激发节能环保市场需求、培育壮大市场主体、规范优化市场环境、完善落实保障措施。

□关于推进传统基础设施领域政府和社会资本合作（PPP）项目资产证券化相关工作的通知

为贯彻落实《中共中央国务院关于深化投融资体制改革的意见》、《国务院关于创新重点领域投融资机制鼓励社会投资的指导意见》等文件精神，推动政府和社会资本合作（PPP）项目资产证券化融资，发改委和中国证监会联合印发了《关于推进传统基础设施领域政府和社会资本合作（PPP）项目资产证券化相关工作的通知》。

《通知》明确了资产证券化PPP项目的范围和标准。指出将积极推动严格履行审批、核准、备案手续和实施方案审查审批程序，签订规范有效的PPP项目合同，工程建设质量符合相关标准，已建成并正常运营2年以上，投资回报机制合理，现金流持续、稳定，原始权益人信用稳健，具有持续经

营能力的传统基础设施领域PPP项目进行证券化融资。优先选取符合国家发展战略、主要社会资本参与方为行业龙头企业的PPP项目开展资产证券化。

《通知》还规定了PPP项目资产证券化工作机制，对做好PPP项目资产证券化配套工作提出了要求。包括引导市场主体建立合规风控体系，鼓励中介机构依法合规开展PPP项目资产证券化业务，积极培育和引进多元化投资者，建立针对PPP项目资产证券化的风险监测、违约处置机制和市场化增信机制，研究完善相关信息披露及存续期管理要求等。

《通知》还对近期工作做了明确部署。要求各省级发展改革委于2017年2月17日前，推荐1—3个首批拟进行证券化融资的传统基础设施领域PPP项目，报送国家发展改革委。国家发展改革委、中国证监会将共同努力，力争尽快发行PPP项目证券化产品，并及时总结经验、交流推广。

□关于加快建立流域上下游横向生态保护补偿机制的指导意见

为加快建立流域上下游横向生态保护补偿机制，推进生态文明体制建设，财政部、环保部、发改委和水利部联合出台了《关于加快建立流域上下游横向生态保护补偿机制的指导意见》。

《意见》提出，到2020年，各省（区、市）行政区域内流域上下游横向生态保护补偿机制基本建立；在具备重要饮用水功能及生态服务价值、受益主体明确、上下游补偿意愿强烈的跨省流域初步建立横向生态保护补偿机制，探索开展跨多个省份流域上下游横向生态保护补偿试点。到2025年，跨多个省份的流域上下游横向生态保护补偿试点范围进一步扩大；流域上下游横向生态保护补偿内容更加丰富、方式更加多样、评价方法更加科学合理、机制基本成熟定型，对流域保护和治理的支撑保障作用明显增强。

《意见》同时明确补偿基准。将流域跨界断面的水质水量作为补偿基准。流域跨界断面水质只能更好，不能更差，国家已确定断面水质目标的，补偿基准应高于国家要求。地方可选取高锰酸盐、氨氮、总氮、总磷以及流量、泥沙等监测指标，也可根据实际情况，选取其中部分指标，以签订补偿协议前3至5年平均值为补偿基准，具体由流域上下游地区双方自主协商确定。此外，《意见》要求科学选择补偿方式，合理确定补偿标准，建立联防联控机制，签订补偿协议。中央财政对跨省流域上下游横向生态保护补偿给予支持，加强跨界断面水质水量监测。

农田重金属镉污染综合防治技术与对策

编辑：宁明月

2016年12月13日，“博·知沙龙—农田污染土壤修复技术与模式交流”在北京博世科成功召开。沙龙有幸邀请到中国农业科学院马义兵教授莅临指导。本文根据马义兵教授授课内容整理。



土壤是自然环境的重要组成部分，是人类赖以生存的重要资源。人类活动直接影响着土壤质量，而有时候这种影响是有害的。重金属是环境当中较为常见的一种污染物质，它具有对人体健康危害重、扩散范围广、持续时间长、污染隐蔽性高、难以被降解等特点。随着人类工农业迅速发展，重金属污染问题在人类生产生活过程中日趋突出，土壤中的重金属污染已影响到农业生产、食品安全，乃至社会和经济的可持续发展等。因此，土壤中的重金属污染问题受到了人们的广泛关注。

一、农田土壤重金属污染区域特征

土壤是人类赖以生存的自然环境和农业生产的重要资源，由于人口的剧增和经济全球化的进一步发展，人类活动导致的环境污染问题不断增加、恶化，世界范围内土壤重金属污染问题已十分严峻。环保部调查结果显示，我国耕地超标率19.4%，主要为中轻度污染（18.3%），主要为镉、镍、铜、砷、汞污染，其中镉居首位（超标率7.0%）。土壤镉污染是众多环境污染问题中较为严峻的一个。镉是毒性最大的重金属元素之一，且可在土壤中存在较长的时间，其半衰期

可达15-1100年。作为动植物的非必需元素，农田镉污染会影响作物生长、产量和品质，而且还可通过食物链等形式进入动物和人体内，对动物和人产生毒害作用。镉污染已被环境科学、土壤学、医学等诸多学科研究人员所重视，因此镉成为继汞、铅之后污染人类环境、威胁人类健康，从而备受人们重视的第三个重金属元素。

镉、汞、砷、铅等元素的分布呈现从西北到东南、从东北到西南方向逐渐升高的趋势。说明我国土壤镉污染已由点源向面源转化，大部分地区属于中轻度污染，且污染面积较大。由于面积较大，镉污染治理不同于区域治理和场地修复，财政部和农业部在长株潭做的项目，从前几年的160多万亩，到现在的200多万亩，技术实施、技术效果的递减都会明显出现。

二、农田重金属污染来源分析

在土壤生态环境污染中，主要有毒重金属包括镉（Cd）、铅（Pb）、汞（Hg）、铬（Cr）等。目前我国受重金属污染的农田面积为2000多万 hm^2 ，占全国耕地面积的1/5，其中Cd污染面积最大，约1.33万 hm^2 ，涉及11个省，25个地区。



土壤中重金属元素主要有自然来源和人为干扰输入两种途径。在自然因素中，成土母质和成土过程对土壤重金属含量的影响很大。而在各种人为因素中，工业、农业和交通等来源引起的土壤重金属污染所占比重较高。近代农业生产过程中含重金属的化肥、有机肥、城市废弃物和农药的不合理施用以及污水灌溉等，都可以导致土壤中重金属的污染。农业生产中的畜禽养殖业也是一个不可忽视的重要方面，因为配方饲料中往往添加适当比例的重金属元素。我国自上世纪60年代至今，污水灌溉面积迅速扩大，以北方旱作地区污水灌溉最为普遍，约占全国污水灌溉面积的90%以上。污水灌溉导致土壤重金属Hg、Cd、Pb、Cr等含量的增加。

我国农田Cd含量以每年0.004mg/kg的速率在增加，只需要54年，Cd含量平均值就会达到超标水平，所以Cd是土壤重金属治理中最重点的元

素。通过对我国农田重金属污染源的分析发现，从全国层面讲，农田Cd的来源，畜禽粪便是第一来源，大气沉降是第二来源。具体到地方，需要考虑地方具体情况。表格中的数据是统计数据，调查数据显示，我国1987年土壤Cd背景值平均为0.074mg/kg (0.017-0.333)，2014年国土资源部数据显示全国平均值为0.205mg/kg (0.01-0.831)，25年平均每年增加0.005 mg/kg。调查数据与统计数据相差不多，说明我国农田Cd含量确实在以0.004-0.005mg/kg的数据增加。菜地上增长数据能达到0.012mg/kg，比农田快3-4倍。根据估测，仍需要二三十年的时间，土壤中Cd含量才能实现零增长。Cd污染的来源还有很多，例如肥料、化学品、灌溉、污泥使用等也是重要来源，都是在局部地区，例如湘江水是湖南农田重金属的重要来源。

• 畜禽粪便是农田重金属Cd污染的第一来源

我国农田土壤每年接纳的重金属输入清单(吨)

来源	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Atmospheric deposition	3367	424	5352	10335	249	6206	20980	78991
Livestock manures	1412	778	5939	49229	23	2643	2594	95668
Total fertilizers	831	101	3429	2741	87	504	1501	7874
Nitrogen								
+Potash	nd	0.61	nd	62	7.8	nd	0.67	389
Phosphate	295	12	1626	843	17	215	662	2518
Compound	536	89	1803	1836	62	289	838	4967
Agrochemicals	0	<1	<1	5000	0	0	0	125
Irrigation water	219	30	51	1486	1.3	237	183	4432
Sewage sludge	7.4	1.4	85	224	1.3	36	60	669
Total input	5837	1335	14856	69015	361	9625	25318	187758
Total output	192	178	1038	12158	18.2	2432	208	60792
Net input	5645	1157	13818	56857	343	7194	25110	126966
Increment (mg/kg/yr)	0.02	0.004	0.049	0.203	0.001	0.026	0.089	0.452
Time required (years)	935	54	2823	382	356	901	603	389

有机肥是一种完全肥料,含有大量农作物生长发育所需要的营养成分,恰当地施用可以提高土壤肥力,改善土壤的理化性质,增加作物产量。但目前畜禽粪便的成分与以往比已经发生了质的变化,特别是规模化畜禽养殖中由于添加剂的大量使用,产生的畜禽粪便含有有毒、有害污染物如重金属、兽药药残、盐分及有害菌等,未经处理就直接施用,严重危害农作物、土壤、地表水和地下水水质。

根据大量数据统计结果,畜禽粪便中Cd含量增长非常快。说明在机械化养殖过程中,饲料添加剂的添加,导致了畜禽粪便的重金属含量急剧增加,成为了Cd的很重要来源。

我国不同时期不同畜禽粪便镉的含量

重金属	鸡粪		猪粪		牛粪		羊粪	
	2003	1990's	2003	1990's	2003	1990's	2003	1990's
Hg	0.13	0.03	0.12	0.07	0.10	0.04	0.19	0.07
Cd	3.43	0.5	4.82	0.9	3.40	1.4	1.30	2.5
Pb	20.6	29.3	10.1	13.2	15.7	12.0	12.4	25.8
As	3.76	0.3	12.8	1.1	2.01	1.0	1.46	1.6
Cr	26.0	20.5	46.6	10.6	15.2	6.1	8.00	11.3
Zn	309	160	843	137	152	100	123	110
Ni	15.9	19.5	12.5	12.7	14.1	8.1	12.4	12.4

• 大气沉降是土壤重金属的重要来源

污染物的大气沉降是土壤重金属污染的重要途径。对抚顺市不同类型大气PM₁₀颗粒中11种重金属含量进行分析,发现Cr、Mn、Co、Ni、Cu、Zn和Pb分别是其土壤本底值的777、5.7、291、312、56、135和39倍,相关性和主成分分析表明大气中重金属污染主要来自机动车排放、工业活动和煤的燃烧。矿山开采和重金属冶炼产生的大气污染也是农田土壤重金属重要来源。交通会影响道路两侧农田土壤中Pb、Cd、Cu、Zn、Cr、Ni、Mn、Co、Hg、Se和As等的水平。

以下数据表明,大气沉降对Cd的影响,我国比欧洲高一倍多。调查数据显示湖南大气沉降在全国排第一位,广东、浙江排二、三位。

我国农田土壤中镉的大气沉降年通量(mg/m²/yr)

	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	Date
最大	3.29	1.77	6.46	18.9	0.45	8.35	45.9	148	
最小	0.04	0.04	1.11	0.23	0.02	0.63	0.51	2.91	
平均	2.76	0.35	4.39	8.47	0.20	5.09	17.2	64.7	1999-2007
新西兰	-	0.02	2.78	3.54	-	0.95	2.3	102.5	2001-2003
欧洲	0.02	0.19	0.93	3.4	0.06	1.06	3.8	22.7	1995-1999

• 肥料对土壤重金属(Cd)的影响

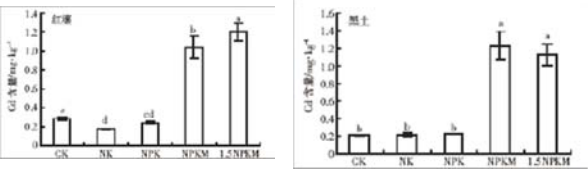
农业生产中,施肥会对土壤重金属累积产生直接影响。虽然肥料尤其是化肥在增加作物产量、提高品质和保证粮食安全上起到了不可替代的作用,但其在补充作物生长必需营养元素的同时,不可避免地带入到土壤中一些有毒有害物质如重金属,一旦这些有害物质积累到一定程度,势必会影响植物的营养生长和生殖生长,从而影响到产品品质。因此,肥料来源的不同,其对土壤重金属的影响也会带来一定差异,如国外的磷肥Cd值明显高于国内磷肥,对土壤重金属Cd的影响也相应较高。

国内外磷肥中重金属含量对比单位:mg/kg(磷肥)

肥料种类	样本数	Cd		Pb		As	
		范围值	算术均值	范围值	算术均值	范围值	算术均值
国内	151	0.002-6.90	0.28	0.004-266.02	7.53	0.245-51.67	15.10
进口	13	0.033-27.17	2.09	0.087-3.32	2.08	4.259-34.18	13.59

肥料种类	样本数	Cu		Hg		Zn	
		范围值	算术均值	范围值	算术均值	范围值	算术均值
国内	151	0.02-212.64	12.428	0.001-3.985	0.420	2.97-982.21	102.47
进口	13	0.886-64.77	14.135	0.001-0.076	0.020	5.189-305.6	71.21

同时,经研究有机肥中的重金属含量高于化肥,在大量施用有机肥的情况下,对土壤重金属含量的影响大于化肥。



长期肥料试验不同处理土壤Cd含量



农田土壤中镉年增速率约4%，菜地更高。除了以上三个主要来源，还有其它来源，如灌水，肥料，秸秆还田等。从近年来发表的有关调查报告来看，污水灌溉是重金属进入土壤的一种主要形式。作为解决干旱地区作物需水问题的一条可行途径，利用污水灌溉农田、菜地在中国有着几千年的传统。污水中有毒有害物质严重超标，大部分未经处理便直接排入农田，因而带来一系列的污染问题。据报道，受污染的地区约占污灌总面积的45%，比较严重的问题就是重金属污染，特别是镉的污染。此外，工矿活动可造成不同程度的镉污染。金属矿山的开采、冶炼、重金属尾矿、冶炼废渣和矿渣堆放等，可以被酸溶出含重金属离子的矿山酸性废水，随着矿山排水和降雨使之带入水环境或直接进入土壤，都可以间接或直接地造成土壤重金属污染。

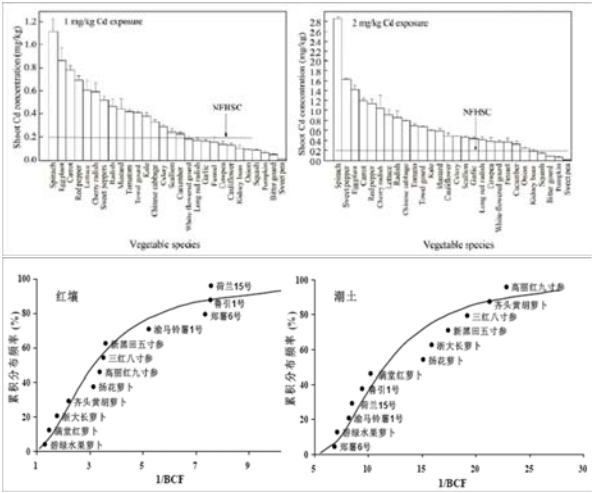
三、污染农田的综合治理技术介绍

重金属污染物不能被化学或生物降解、易通过食物链途径在植物、动物和人体内积累、毒性大，对生态环境、食品安全和人体健康构成严重威胁。因此，农田土壤重金属污染已成为当前日益严重的环境问题，其污染来源和修复技术也一直是国内外研究的热点和难点。了解农田重金属污染来源对重金属污染修复有着重要的指导意义。目前，重金属污染土壤的修复技术研究取得了长足发展。

1. 低吸收重金属（镉）作物品种筛选

许多研究结果表明，不同蔬菜品种和同种蔬菜不同基因型对重金属的积累差异显著，通过在一定重金属污染的土壤上种植合适的品种，能生产出安全的蔬菜。因此可以进行蔬菜耐重金属品种筛选研究。蔬菜耐重金属品种筛选是通过在受到重金属污染的土壤中种植不同的蔬菜品种，通过检测重金属在各蔬菜品种中的积累水平，来选择重金属积累水平在安全食用范围之内的蔬菜品种在当地进行种植。实验结果表明蔬菜吸收镉规律为豆类<瓜类<茎类<根类<叶菜类<茄果类；瓜类吸收镉规律为苦瓜<金丝绞瓜<西葫芦

<瓠子瓜；茎类吸收镉规律为洋葱<球莴苣香；根类吸收镉规律为红萝卜<芥菜<樱桃萝卜；叶菜类吸收规律为菜花<蒜苗<大葱<芹菜<甘蓝<茼蒿；茄果类吸收规律为西红柿<甜椒<茄子。



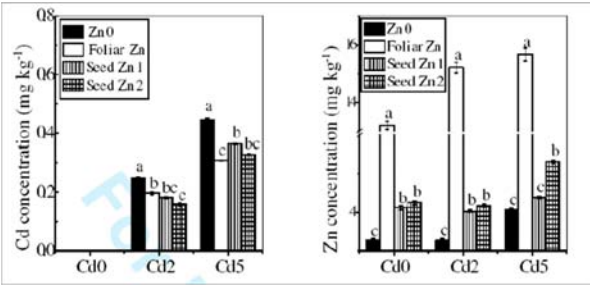
不同作物品种对吸收重金属的影响
(萝卜Cd的吸收能力强于胡萝卜、土豆品种，低吸收与高吸收品种相比，可差4倍。)

2. 镉吸收的阻抗剂

镉在土壤中的吸附作用受许多环境因子的影响，土壤类型的不同，各种因子的影响程度也不相同。同一土壤上，各因子间存在多种复杂的关系，综合作用的结果是促进或抑制镉的吸附。活性铁、铝、锰可以与镉竞争土壤交换吸附点位，增加它们的含量，会显著降低土壤对镉的吸附量。增加粘粒含量可以提高土壤对镉的吸附量，被粘土矿物吸附的镉可能以代换性离子的形式存在，也可能由于进入晶格内部被牢固吸持而难以释放。阳离子交换量越高，土壤胶体的负电荷量越高，土壤通过静电吸引而吸附的镉离子也越多。在酸性热带土壤上，土壤对镉的吸附与CEC呈正相关，CEC控制镉在硅酸盐层面和铁铝氧化物上的吸附。在众多环境影响因子中，土壤pH、共存阳离子是非常重要的影响因素，深刻影响土壤对镉的吸附。



锌与镉为同族元素，它们一般的化学性质比较接近，而且土壤环境中锌浓度较镉高很多（100-1000倍）。因此，锌是土壤中镉吸附位点的主要竞争者。土壤溶液中锌的浓度升高，明显降低镉的分配系数，降低土壤对镉的吸附量。土壤溶液中锌的浓度在 10^{-6} - 10^{-5} mol/L的范围内，将降低镉的吸附量25%-50%。大量的研究表明，随着溶液中锌浓度的增加，镉的解吸量明显升高。



黄瓜植物中镉含量与锌含量呈负相关

（实验结果表明施用锌肥，无论是种肥还是叶面喷施都可以降低黄瓜植物中镉含量）

3. 钝化剂在修复重金属污染土壤上的应用

钝化修复技术因见效快、操作简单、使用便利而被广泛应用。在19世纪80年代，农业化肥开始普遍使用，人类也是从这个时候开始研究土壤钝化剂。钝化剂最早应用于重金属污染废水的治理，通过钝化剂吸附钝化水中的重金属离子。重金属在土壤中的赋存形态与其对生物体的危害有很大的关系。钝化剂能降低土壤重金属有效性，因此，钝化剂应用于土壤重金属污染治理的研究与实践得到广泛关注。

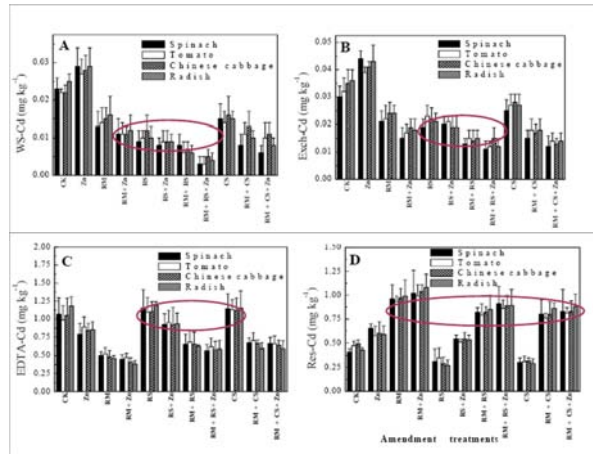
钝化剂根据其理化性质可分为：有机钝化剂、无机钝化剂。无机钝化剂分为含硅类物质、碱性类物质和粘土矿物等；有机钝化剂主要包括秸秆、有机堆肥、畜禽粪便和糖厂滤泥等。

含硅类物质作为钝化剂是因为水稻茎叶中硅含量比较丰富，其 SiO_2 含量占总量1/5，同时，硅在土壤中含量也非常丰富。含硅物质材料主要包括硅肥、硅酸钠、硅酸钙、含硅污泥等。研究发现，施用硅肥可显著降低水稻根、茎、叶的Cd含量，稻米的Cd含量降低49%-62%，且水稻产量有相应增加。其作用机理主要包括提高土壤pH、改变土壤中重金属的存在形态、硅在植株根部的淀积阻碍了重金属向地上部分的迁移。

草木灰、石灰（熟石灰、石灰石）、粉煤灰、钙镁磷肥等都属于碱性物质或碱性肥料。碱性物质类钝化剂的作用机理主要包括：提高土壤pH、离子拮抗。研究发现，石灰作为重金属元素的固定剂，能有效固定污染土壤中的铅、镉，使之达到美国环保局的浸出标准。一些试验结果表



明，土壤中添加少量石灰，可促进重金属镉与氧化物和粘土矿物形成螯合或络合物。粉煤灰是发电厂所排出的废渣，在农田利用上，施用粉煤灰可改善土壤的物理化学性质，增加植物对部分营养元素的吸收等。并且部分研究表明：施用粉煤灰抑制油麦菜吸收重金属的作用大于施用石灰，且施用粉煤灰对土壤有改良作用，改善土壤的结构，因此，粉煤灰优于石灰。赤泥作为钝化剂可有效地降低污染土壤中的重金属移动性和生物有效性，降低植物对重金属的吸收，减少重金属污染对植物的迫害。通过在农田里研究赤泥对酸性镉污染稻田水稻生长及吸收铜的影响，结果证明：赤泥改变了土壤中镉的形态，有效降低了水稻对镉的吸收，原因是赤泥不仅提高了土壤pH，其本身对重金属镉的吸附也发挥着重要作用。



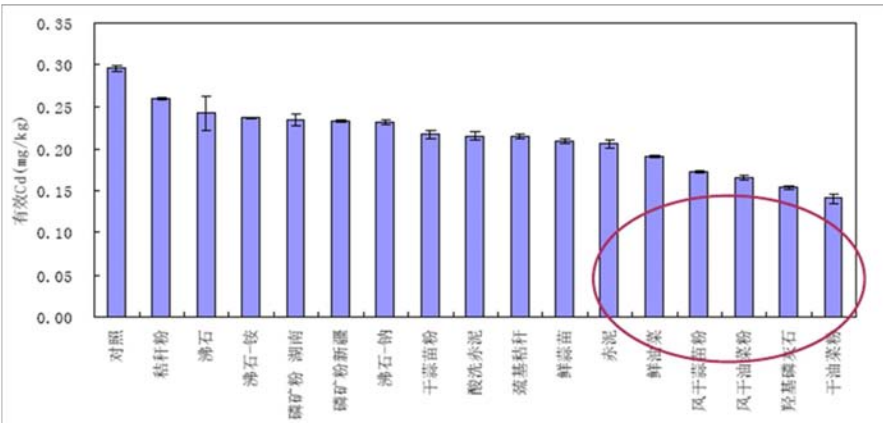
田间试验中不同钝化剂对土壤Cd含量的影响

（试验结果表明：赤泥RM和油菜秸秆RS可以显著地降低土壤水溶性和可交换态镉；油菜秸秆的效果显著优于玉米秸秆CS。赤泥通过增加non-EDTA-Cd而降低土壤水溶性和可交换态镉；油菜秸秆通过增加EDTA-Cd而降低土壤水溶性和可交换态镉）

粘土矿物修复是指利用粘土矿物（海泡石、高岭土、膨润土等）物理、化学作用来改变土壤中重金属的存在状态，降低其生物有效性。粘土矿物类钝化剂的作用机理主要包括：离子交换吸附、共沉淀反应。海泡石早已被认知为治理重金属的一种有效的钝化剂，它具有较大的比表面

积、较强的吸附性能力和较高的离子交换容量。利用盆栽试验，研究施用海泡石对缓解空心菜重金属镉胁迫的效应，其结果显示，施用海泡石处理能显著促进空心菜的生长，同时降低空心菜地上部分镉含量，证明了海泡石可作为镉污染土壤的钝化剂。

有机钝化剂的修复机理主要包括吸附与络合、改变土壤pH。研究表明，施用猪粪减轻了土壤镉、锌的污染对玉米的毒害作用；糖厂滤泥能提高土壤pH值，降低镉活性，也是一种效果比较好的土壤钝化剂。



不同种类钝化剂效果比较

(实验结果表明，赤泥，羟基磷灰石 (HA) 钝化效果显著；油菜植物、蒜苗废弃物均表现出较好的钝化效果，其中干油菜粉效果最好。)

4. 复合型钝化剂的田间效果

近年来，硅肥和钙镁磷肥用于土壤钝化剂对重金属污染的土壤治理的研究已然成为热门话题。硅肥与钙镁磷肥配合施用不仅能够有效的防治土壤重金属污染，同时还能够促进作物的生长，增强作物的抗逆性。经研究表明，硅肥与钙镁磷肥的混合施用相对于硅肥的单独施用对土壤镉的抑制作用更明显，更能加大土壤对镉的吸附，施用混合肥料比例不同，获得的效果也不同。

研究表明：用生活垃圾堆肥与无机钝化剂（粉煤灰和铁屑）进行不同的搭配处理锌冶炼厂周围的砂质土壤，两类钝化剂剂配合施用比单独施用堆肥更有效地降低了土壤中Cd、Cu、Zn的植物毒性，同时，克服了无机修复剂肥力不足的缺点。

通过田间试验研究表明，石灰+泥炭、石灰+猪粪等处理能降低有效态镉含量，抑制水稻、花生对镉的吸收，同时还能提高作物产量。

目前，大多数钝化修复试验还停留在单独施加一种钝化剂，虽然也有多种钝化剂组合使用试验，但相关研究还较少，其作用机理还有待更深入的研究。

四、交流与讨论

1. 问：治理农田重金属镉污染，如果采用油菜+秸秆作为钝化剂，使土地达到安全使用程度，成本能控制在什么范围内？

答：综合考虑，钝化剂的施加量跟污染程度有关，如果是中轻度污染，成本大概控制在5000元/亩，这里面包括调查、风险评估、报告编制等一系列的费用。其中钝化剂占用800-1000元/亩。钝化剂加入量按照污染程度决定，可控制在300-600kg/亩范围内。

2. 问：畜禽粪便作为有机肥，含有大量重金属，施放到土壤中，增加了土壤重金属含量，可否通过一些方法将畜禽粪便中的重金属析出，然后再投放到土壤中？

答：方法可行，但费用成本较高，大量畜禽粪便处理，大大提高了养殖业的成本，最好的方法就是源头控制，尽量不将重金属带入畜禽粪便中。

3. 问：农田评估方面的体系已经基本建立，那对于农田修复后的验收

体系有没有好的建议？

答：已有初步草案，目前所承担的项目涉及到“后评估”概念，农田修复后的评估较为复杂，涉及因素较多，如季节、品种、土壤质地等都有一定关系。后期主要是对农产品进行检测，若对土壤检测，每年的数值差距不大。

4. 问：在治理镉污染的农田中，会不会使用到硅肥？硅对镉是否有效果？

答：硅的治理效果还是不错的，硅、钙，在治理水稻上效果比较明显，尤其是在我国南方。硅钙肥显碱性，起到提高pH的作用。硅使得镉在细胞壁上积累，不进入细胞内部。

5. 问：以湖南重金属农田为例，降水及灌溉对镉的去除有何影响？

答：早稻由于天然降水比较干净，而晚稻主要采用灌溉水，导致晚稻中镉含量约为早稻中含量的两倍左右。因此早稻达标相对容易，晚稻达标较难，除了与降水有关外，水稻品种等因素也会对接后的检测结果有所影响。同时还要掌握灌溉水中重金属的含量，以及估算大气及肥料中重金属的含量。



国内外矿山修复优秀案例介绍

编辑：宁明月

在城市化建设过程中，废弃矿山（采石场）给城市带来较为严重的景观生态问题，如水土流失、威胁城市防洪、降低生物的多样性、对地表的破坏等，对城市生态、社会、经济的可持续发展造成一定的影响。近年来，随着我国经济实力的增强和生态环境保护意识的提升，人们越来越关注城市废弃采石场的生态修复及改造利用，挖掘其蕴含的价值。根据国内外废弃采石场的改造研究与实践分析，废弃采石场的改造主要是在其自身的土地资源以及独特的自然景观的基础上加入人文景观元素，在修复生态的同时将其改造成湿地公园、生态公园、城市公园等具有教育意义的旅游景区。

矿山（采石厂）生态修复主要技术

美国很早就注意到矿山开采对环境造成的危害，是最早进行矿山生态修复的国家之一，19 世纪末，美国就开展了矿山生态修复的基础性研究，

制定相关的法律体系，并强制执行法规。生态修复不仅仅是种植草木，而是要建立一个能够自我维护和运行的完整的生态系统。20 世纪中后期，德国、法国、英国等发达国家在矿山生态修复领域也进行了大量的研究和工程实践，并制定相关法规，取得了极其显著的成效。相对而言，我国的研究和立法都很滞后，从20 世纪80 年代开始，政府将矿山生态环境保护列入议事日程并逐步开始建立法规，同时加大投入力度，加紧矿山生态环境整治工作，但法规执行力度和生态修复效果都很不理想。因此，大量的治理工作还有待逐步发展。

□ 国外矿山修复主要技术

西方发达国家在上世纪初就开始了采石场生态修复的相关工作。英、美、澳等发达国家采矿年代久远，最初研究恢复生态学主要是集中在对采矿后遗留的废弃地植被的恢复，美国在1971年的矿山土地复垦率为79.5%。美国土地复垦的理念主要强调能够恢复为破坏之前的状态，要求使农田和森林

恢复原状，要求控制水蚀和有毒物的沉积；保证地表不变和地下水位维持原有水平；保持表土仍在原位置；注重有害和酸性物的预防和治理；防止堆积物产生滑坡等灾害。德国自1940年开始，在采矿过程中极其注意最大程度的减少破坏生态环境，开采后进行的复垦不单是种树或整地，而是从宏观上考虑生态的变化以及居民对环境的要求。法国由于人口稠密、工业发达，首先在不改变农林面积的前提下，防止污染并恢复生态的平衡。法国非常重视在露天排土场进行植草并促进土壤的活化，经过一定的复垦后变成新农田。澳大利亚政府重视恢复废弃矿区、并严管生产矿区的生态环境、坚持走可持续生态矿业之路。它将多专业联合投入，并引入许多新计算机技术，现在已将复垦作为开采工艺的一部分。在美国和澳大利亚等国家，目前引用的现代3S技术和其他新技术、新理念在生态恢复中已得到广泛应用。生态恢复的目标也不仅仅是种树种草，而是建立一个能够进行自我维护、运行良好的完整生态服务系统。

英国和美国最早产生了工程绿化技术，1940年初，一些欧美国家为防止坡地雨水侵蚀发明了植物盆、液压喷播等技术；英国发明了植物种子喷播和喷射乳化沥青技术，日本在1958年多次试验后开发出了比较实用的喷射绿化技术。1973年，日本开发出了纤维土绿化方法，通过混合纤维、砂质土和水泥，并呈台阶型喷射。自1960年后，一些发达国家开始研制边坡绿化技术，结合工程和植被，比如水平格、植生袋绿化和客土植草技术，最后发展为喷混植生技术。

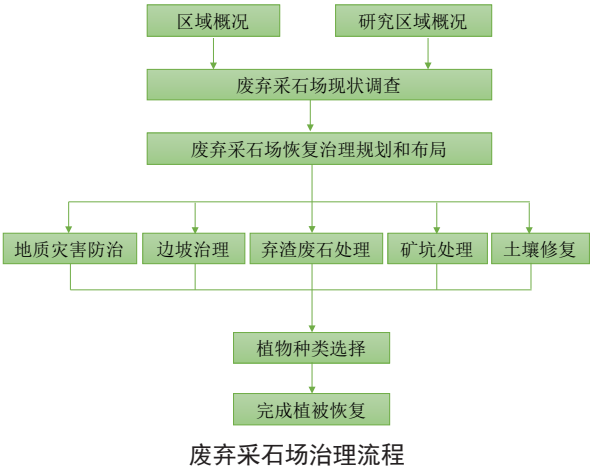
2. 国内矿山修复主要技术

我国对矿山废弃地生态修复的研究起步较晚，开始于二十世纪八十年代，九十年代以后才初步形成一定的规模，研究领域主要集中在煤矿废弃地和有色金属尾矿库植被覆盖等。目前国内对矿区废弃地的研究主要是与土地开发、土地整理相结合的研究，根据实际情况将废弃矿山开发改造成工业用地、耕地、旅游景观和旅游用地、仓储用地、养殖用地、军事用地或绿地。

矿山环境问题因为矿产资源的不同，其废弃矿

山的治理关键也不相同。煤矿废弃地的环境问题为采空区、塌陷区、煤矸石堆等，其治理关键是对采空区的治理和对煤矸石堆的处理；有色金属矿山如铜矿、铅锌矿，其治理除了矿坑的治理，还要对废弃渣堆进行化学处理，防治废渣堆等通过雨水的淋漓作用污染附近的土壤和地下水；废弃采石场则主要进行滑坡、泥石流等地质灾害的防治以及植被的恢复。

废弃采石场作为矿山废弃地的一种，其恢复治理过程应为：废弃采石场现状调查→恢复治理总体规划→地质灾害防治→不稳定边坡、废气坑、矿坑等的治理→植被恢复。



国内外矿山生态环境修复典型案例

目前，在国内外针对矿山改造的成功案例很多，综合其不同功能与特性，主要有以下7种类型：生态恢复类、博物资源利用类、旅游开发类、复垦造田类、引水造湖类、垃圾处理厂类、仓储类。

国外矿山生态环境修复典型案例

由于国外城镇基础建设起步较早，采石场的生态环境问题发生较早，也较为严重，因此对采石场生态恢复的研究与实践相应也更为深入，其中不乏成功的优秀案例。

国内外对矿业城市景观研究的时代表

时间	阶段	内容
20世纪70年代	自然式风景园林阶段	萌芽时期
20世纪70-80年代	生态恢复与大地艺术阶段	生态思想的觉醒和环保运动的开展，废弃地逐渐被关注
20世纪90年代	后工业景观设计阶段	逐渐走向成熟时期，保留或再生场地的工业元素特质，通过二次设计赋予场地新的功能。注重生态与可持续发展、尊重地域文脉、场所精神
21世纪初	多元化主题景观建设阶段	日渐多元化，植物园、休闲娱乐园、湿地公园、露天博物馆等公共开放空间

日本国营明石海峡公园

日本国营明石海峡公园其修复主题是“使园区得到生命的回归”。设计师通过“大地艺术”和“水景”手法，在生态恢复的基础之上寻求人与人的交流以及人与自然对话的场所。



日本国营明石海峡公园原来是一处大型采石采砂场，从20世纪50年代到90年代中期，这里为修建关西空港以及大阪与神户城市沿海的人工岛提供了1.06万亿立方米的砂石，挖掘深度达100米以上，构成范围达140平方公里左右的裸露山体。20世纪80年代开始，该岛所在的兵库县委托著名设计师安藤忠雄进行规划设计，并成立绿化专家委员会，进行恢复植被。规划强调恢复自然的状态，形成良好的景观和创造为人服务的游憩空间，其主题是“使园区得到生命的回归”。整体目标首先是治愈山体几十年来被开采留存的伤痕。绿化委员会认为种植必须从苗木开始，而成树在这样恶劣的自然环境中难于成活，苗木却能顺其自然，因此从1994年开始总计24万颗苗木的栽种工程。而科学的种植方式使这一计划得以实现，具体包括在基岩上固定蜂窝状的立体金属板网，灌入新土后覆以草帘，以涵养水分。灌溉系统采用埋置聚乙烯管，密度为1米间隔。同时，由于当地降水量相对较低，因此为了植物生长的需要，采用收集地表水、中水循环再利用等技术。雨水收集管理埋设于道路下方，同时，公园还要成为区域的服务基础设施，包括国际会议中心、星级旅馆、大型温室、露天剧场等设施创造面向未来的休闲场所。

法国Biville采石场生态和景观恢复

法国Biville采石场具有尺度大、高差大，生态退化严重的特点，在改造中保留场地的工业痕迹，将其转化为新景观结构中有特色、标志性的场所，体现出对所在地历史文脉的尊重。

位于Clairefontaine峡谷顶部的Biville采石场在开采石料10年之后于1989年被关停。采石坑是一道450m长、宽度均匀的直线型裂缝，呈45度的边坡贫瘠而凹凸不平，落差20-40m。设计师将其建成具有3.5平方公里湖泊的休闲区。他们的理念是不应刻意掩饰石料开采过程遗留的痕迹，而是将其作为场地特征保留，只需确保最佳地点的连贯性以便于生态系统的自然恢复，然后再引入一些植被使废弃采石场恢复到一种自然状态。改造措施包括设计了一系列引导水流的设施和设备，使其汇聚到谷底形成湖泊。湖岸经过设计以适应当地最普遍的休闲活动—钓鱼。为方便游人进入谷底，坑壁修建了阶梯状，每一个平台两旁都有金属网罩固定的石块作为保坎。同时阶梯的形式允许径流从高处的草地流入排水沟，保护地表免受水的冲击和侵蚀。从谷底观赏的巨大的石墙成为该地区最具象征性的景点。场地中呈条带状种植了成年树木来抵抗风的侵蚀，每一部分都根据其自然特色及地形选择种植形式。

法国喀桑采石场公路段景观

喀桑采石场表达了一种生态主义时代公路建设的新理念——变公路为景观。建设者尽力将高速公路所带来的环境破坏降到最低点，并且还力求将奔驰在高速公路上的司机和乘客们能够欣赏到美丽的景观。

喀桑采石场靠近法国南部的桑特，处在一个山丘的中部，1955年采石场关停后，当地的动物群返回，大片的雄赤鹿留在露天廊道里。这里有巨大的岩石凿成的露天廊道。设计师拉絮斯通过对喀桑采石场的历史进行研究，查到喀桑采石场可以追溯到古罗马殖民时期，它曾为重要的贸易和出口活动提供过石材。设计师认为喀桑采石场的历史可以唤醒附近港口和城镇的历史，在公路休息站的设计中，将游客从休息站引入地下室，并且用喀桑的石头做成纪念碑比例模型，让游客来了解喀桑采石场的历史。同时，还设置了一个景观楼与长满蕨类植物的露天廊道，不仅可以让游客触摸到植物还可以凭栏观望蕨类植物采石场。这种触觉体验和视觉体验交相更迭的过程，让游客产生了一种与汽车完全不同的运动体验。设计完休息站后，拉絮斯将休息区扩大到整条公路的景观设计，并把注意力转向了公路本身，认为应美化该地的感性特质从而凸显当地最醒目的自然特色。在法国乡村沿着公路旁的岩石被作为独有的特色，他把今天的公路及其所经乡村之间的对立，与城堡和森林之间的对立进行比较，从而创造出一种场所印象，以确保旅行世界与乡村世界之间的联系。

委内瑞拉古里水电站采料场生态恢复

委内瑞拉首次使用水草种植技术，确保在无需使用黑土和植物层的情况下，以极低的成本快速、有效的形成植被，对古里水电站右岸土石坝采石场实施生态恢复，并在应用水草种植技术方面走在前列。

古里工程位于委内瑞拉东南部的卡罗尼河上，1967-1986年兴建了水电站工程、土坝和堆石坝，工程需要从离大坝不远的森林中面积约700公顷的采料场采运4000万立方米的防渗材料。采料场开挖包括清除已风化的片麻岩，清除工作留下裸露的不规则的凹凸表面和易受雨水严重冲蚀的凹地，因而形成较差的感官区，这些地区的地形变化高达100m。对此，卡罗尼电力公司对采料场实施多方面的“生态环境恢复计划”，目的是恢复古里水电站工程施工期间受影响地区的生态环境。“生态恢复计划”分为引发阶段、恢复阶段、诊断检查阶段、实验阶段、按合同种植阶段、持续处理阶段6个阶段，概念是“以自然恢复的方式拯救自然”。拯救措施主要包括：选择本地主要的植物物种和一些引进的植物物种作为植被，在温室条件下大量种植本地茁壮的树木，将具有抵抗力的禾本豆科类种子与证明能适应采料场生态气候条件的种子混合种植，每年雨季禁止种植，实施与3年后种植期相适应的保护计划，施用生物肥料和低化学肥料，在有雨水和大坝渗漏水的平坦低洼地内设立小型氧化塘。



□ 国内矿山生态环境修复典型案例

近年来，国内对废弃采石场的恢复治理工作研究和探索的实践不断涌现。其实，我国矿山废弃地的恢复治理工作早在古代就已开始，也有许多成功的案例。目前，我国众多采石场正面临着十分严重的生态环境退化问题，水土流失、土地退化、生物多样性锐减、环境恶化等向采石场生态恢复的理论与技术提出了严峻的挑战。

上海天马山世茂深坑酒店

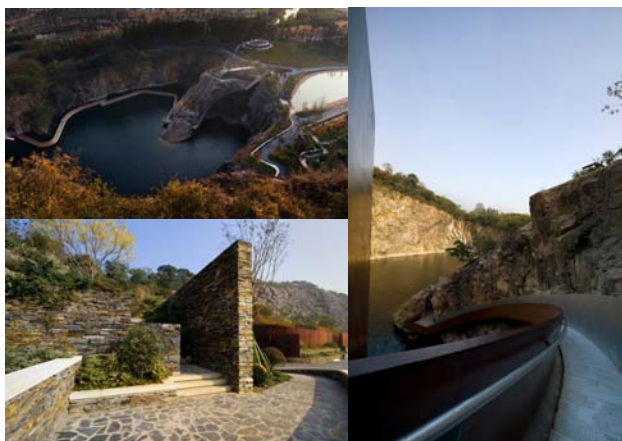
作为全球首个建在废石坑里的酒店，位于上海佘山的世茂深坑酒店无疑是个奇特的工程，建造方式、建筑结构与传统建筑的要求均大不相同，建成后或成为世界上海拔最低的酒店，被称为世界建筑奇迹。

“深坑酒店”位于上海松江国家风景区佘山脚下，是一座深达80米的废弃大坑，该深坑原系采石场，经过几十年的采石，形成一个周长千米、深百米的深坑。世茂集团充分利用了深坑的自然环境，极富想象力地建造一座五星级酒店，整个酒店与深坑融为一体，相得益彰。这是人类建筑史上的奇迹，也是自然、人文、历史的集大成者。

“深坑酒店”由上海世茂集团投资建设，是世界上首个建设于坑内的五星级酒店。酒店配备水下情景套房、空中花园、壮观瀑布、钢结构抗9级地震建筑等。2013年3月，深坑酒店正式动工。2013年10月21日，坑壁和坑底岩石进行了首次爆破，建设方预计，2017年底酒店可实现工程竣工，建成后或成为世界上海拔最低的酒店。

“深坑酒店”地上三层、地下17层、水下一层，并设有蹦极等娱乐项目。整个投资在6亿元左右，含天然室内花园、大型景观瀑布、景观总统房、水中情景房等。酒店海拔负65米，有望成为世界上人工坑内海拔最低的酒店。酒店客房沿崖壁而建，面向横山，充分彰显“融于自然”的设计理念。主楼使用玻璃和金属板材，曲线的立面形式源于“瀑布”。所有酒店客房都设置退台的走廊和阳台作为“空中花园”，可以近距离观赏对面百米飞瀑和横山景致。结合酒店基地采石坑的特点，酒店还引入了蹦极中心、水下餐厅、景观餐厅、水上SPA、室内游泳池等适合崖壁和水上活动等多种娱乐服务。除蹦极中心和景观餐厅位于地面层外，其余项目均临水设置。





上海辰山植物园矿坑花园

辰山植物园的矿坑花园利用采石矿的天然地形所建。在生态修复与文化重塑的策略基础上，通过极尽可能的链接方式，场地潜力得到了充分表现。一处危险的、不可达的的废弃地已经转变为使人们亲近自然山水、体验采石工业文化的充满吸引力的游览胜地，有着鬼斧神工的天然之美，灵韵浑然天成。

位于上海松江佘山风景区内的上海新植物园—辰山植物园，园址内松江十二峰之一的辰山，曾作为开采建筑石材的场地，山体受到了挖掘的严重破坏。辰山山体位于佘山镇境内，在县城北约9.5km，西佘山西南约2km，属天目山余脉。辰山山体东西长700m，南北宽约300m，最高点海拔71.4m，总面积12公顷。辰山岩石主要为酸性流纹岩，局部夹凝灰岩及火山碎屑岩。山东面为辰山塘，南麓是辰山镇。采石挖掘在辰山的西南和东南两部分山体上进行，形成东西两个采石坑遗迹区。其中采石坑西区总体面积46200平米左右，坑底东侧底部由采石形成一深潭，面积10700平米。矿坑花园是一个以西矿坑为主体而改造的具有特色的花园。

设计师把矿坑花园分为三个区：深潭区、平湖区和台地区。在深潭区设计师创造性的设计了一条由倾斜的钢筒、弯曲的钢板栈道、人工改造的“一线天”景观以及蜿蜒的木制浮桥构成的观赏路径。在路径的最后，设计师还爆破开凿了一条150m长，高差达25m的隧道，从而建立了东西矿坑之间的联系。在平湖区，设计师通过挖池填土重新塑造地形，并形成新的“镜湖”和“望花台”景点。在台地区，设计师用生锈钢板与毛石墙重新构建了节奏性变化的立面序列，其次通过设置不同的登山道来引导人们到达台地的顶层，并参观具有多种植物的“秘密”空间。



浙江绍兴东湖风景区

绍兴东湖的历史，最远可追溯到秦朝，秦汉时期，东湖一带成为采石场，隋朝时开采达到顶峰。大规模的开山取石，经过千百年工匠的辛劳，东湖如鬼斧神凿一般，成就了无数的悬崖峭壁。清朝时，陶浚宣在此构筑园林，仿造桃源的意境，在湖上筑堤为界，堤内是湖，架桥建亭，于此东湖成为浓缩越国山水精华之地。

东湖位于绍兴古城的东部，距离古城约六千米，以崖壁、石桥、湖面、岩洞巧妙结合，成为国内著名的园林，属于浙江省的三大名湖之一。绍兴东湖虽然小，但由于它的奇洞、奇石所形成的奇景使东湖成为稀有的“湖中之奇”。

东湖原来是一座青石山，汉代之后，这座山便成了当地的一处采石场，经过长时间的开采，几乎挖掉了半座青石山，从而形成了高约50多米的悬崖峭壁。开采工人又往地下挖了20多米，久而久之便形成了长为200米左右，宽为80米左右的清水塘。东湖利用了它原有的自然环境和人文资源，并且借助古典园林的造景手法，在采石场建起一座围墙，将水面加宽，从而形成美丽的东湖。通过长期的人工修饰，如今东湖已经成为了一处巧夺天工的大盆景。设计师因地制宜、因形就势，利用原有自然环境—采石场，在此基础上再加以人工的修复，达到了自然与人工的天然合一效果。

唐山南湖生态公园

唐山南湖城市中央生态公园改造前是经过开滦130多年开采形成的采煤沉降区，是全市采沉区中对城市影响最大的一个。自1996年起，唐山开始实施南部采沉区生态环境治理工作，形成了南湖公园。目前南湖公园是国家AAAA级景区，是融自然生态、历史文化和现代文化为一体的大型城市中央生态公园。



唐山南湖景区位于市中心以南，是唐山市采煤塌陷区中对城市影响最大的一个。经过几十年的沉降，塌陷区平均高度较市区低约20m，周边居民陆续搬迁，这里成了人迹罕见的废弃地。上世纪末唐山市政府开始对其进行景观生态治理，采沉区改造步骤为：（1）生态恢复，水环境治理、大气环境治理、采沉区处理、植被恢复等；（2）公园建设，建设城市公园、博物馆、休闲娱乐中心等；（3）综合开发，在建成城市公园后对周边土地实施综合利用、综合开发等。

南湖地区景观生态设计包括：（1）根据地质勘测确定规划期内塌陷波及区域和影响范围，估测积水范围，并进行建设适宜度分析。（2）地形的改造和土壤的改良。结合地质勘测和场地内遗留物质的生态学特性进行“蓄水造山”工程。（3）水系统整治。第一阶段，地段内污染的青龙河改道与新形成的水面景观相分离。第二阶段，随着河道的迁移，对现状湖面进行清污，抽干湖水，清除垃圾，形成一片大的水面。大片沉降区的地表土壤及植物层将被清除，掘出的肥沃土壤转移到粉煤灰场和垃圾山，使在原有不毛之地上生长植物成为可能。（4）景观生态系统——由田园小网格、边缘公园、绿地草场、芦苇地等组成的生态网络，从生态和美学角度考虑，使城市与绿地相互渗透，并界定了从开敞的水面到陆地的边界，发挥其生态效应，使采煤塌陷区形成了特色景观。

湖北黄石国家矿山地质公园

黄石国家矿山公园位于湖北省黄石市铁山区境内，“矿冶大峡谷”为黄石国家矿山公园核心景观，形如一只硕大的倒葫芦，东西长2200米、南北宽550米、最大落差444米、坑口面积达108万平方米，被誉为“亚洲第一天坑”。



黄石国家矿山公园位于铁山区境内，著名的汉冶萍煤铁公司的“冶”即指大冶铁矿，历经百年开采，大冶铁矿东露天采场形成了落差444米的世界第一高陡边坡；为了治理生态环境，该矿投资数千万元形成了亚洲最大的硬质岩复垦基地。

在黄石国家矿山公园设计中，通过生态恢复的景观设计手法来恢复矿山自然生态和人文生态。将矿区的“十大亮点”与公园建设“无缝对接”，把公园开发建设的着眼点放在弘扬矿冶文化，再现矿冶文明，展示人文特色，提升矿山品位，打开旅游新路上，定位在“科普教育基地、科研教学基地、文化展示基地、环保示范基地”。它充分展示了具有数千年悠久历史的中国矿业文化，为人们提供一个集旅游、科学活动考察和研究于一体的场所，实现了人与自然和谐共处，共同发展的主题。园区分为“地质遗迹展示区、采矿工业博览区、环境恢复改造区”三大板块，设有日出东方、矿业博览、井下探幽、石海绿洲、雉山烟雨、灵山古刹、千年银杏、九龙洞天等八大核心景区。

农田土壤修复探索与实践

— 博世科环保

作者：李琼

一、国内耕地土壤污染现状

由于我国农业生产长期采用高投入、高产出的模式，耕地的长期高强度、超负荷利用导致土壤肥力下降，耕地质量退化，粮食产量和农产品供应面临挑战。加上化肥、农药等农资产品过量低效利用，以及工业三废无序排放，导致农田土壤综合质量退化，污染问题日益突显。目前我国的土壤环境形势不容乐观，耕地污染问题也比较突出。全国总的点位超标率为16.1%，耕地总的点位超标率达到19.4%，其中镉的点位超标率达到了7.0%；二是总体判断以轻微和轻度污染为主，但中度和重度污染问题已经到了现在应该重视的情况，从污染的过程来看，无机污染物超过80%。从污染源来分析，一方面，工业‘三废’和城市生活污染向农业农村扩散严重，镉、汞、砷等重金属不断向农产品产地环境渗透，通过大气沉降、水体循环、固体废弃物排放等途径污染耕地。另一方面，农业面源污染加剧。我国每年产生大约38亿吨畜禽粪污，但有效处理率仅为42%，每年7亿吨农作物秸秆有效利用率不足50%，每年130万吨地膜回收率不足60%。化肥和农药利用率分别为33%和35%，均低于发达国家。外部和产业内部的污染链交叉循环，造成环境污染物富集，耕地污染状况不断加剧，对农业生产造成巨大隐患。

二、国家农田土壤修复政策及目标

我国土壤重金属污染态势严峻，土壤重金属污染对生态环境、食品安全和人体健康构成严重威胁。2014年4月18日，环境保护部和国土资源部发布的调查公报显示，全国土壤环境状况总体不容乐观，部分地区土壤污染较重，耕地土壤环境质量堪忧，工矿业废弃地土壤环境问题突出。当前，我国土壤环境总体状况堪忧，部分地区污染较为严重，已成为全面建成小康社会的突出短板之一。2016年5月国务院发布《土壤污染防治行动计划》，其中总体要求：立足我国国情和发展阶段，着眼经济社会发展全局，以改善土壤环境质量为核心，以保障农产品质量和人居环境安全为出发点；工作目标：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；主要指标：到2020年，受污染耕地安全利用率达到90%左右，污染地块安全利用率达到90%以上。到2030年，受污染耕地安全利用率达到95%以上，污染地块安全利用率达到95%以上。



三、博世科农田土壤修复核心技术

博世科土壤修复工作始于2010年，经过几年的努力与探索，在农田土壤修复方面取得了新的突破，公司目前拥有多项农田土壤修复领域技术、设备及药剂等授权专利。在针对土地的不同利用性质，探索及研发了多种相应的修复技术，其中，已经在修复项目中开展示范应用的核心技术有钝化修复技术、淋洗修复技术及基于农艺与耕作措施的综合修复治理技术及模式等。

1、钝化修复技术

技术原理：该技术使用专用的机械设备将药剂与污染介质充分混合，通过物理、化学作用，将污染物固封为结构完整的具有低渗透性的固化体或将污染物转化成化学性质不活泼的形态，降低污染物在环境中的迁移和扩散。

适用范围：可对镉、铅、铜、锌、砷、锑等单一或复合污染土壤采取原位或异位混合的方式进行治理，大幅减少污染物的溶出毒性，限制污染物向地下水迁移，降低环境风险。目前已成功研发多种重金属钝化剂，适用范围广，工程效率高，稳定性效果好。



专利：一种多胺类重金属离子捕捉剂的制备方法
一种重金属离子捕捉剂的制备方法
一种改性沸石氨氮吸附剂及其使用和再生方法



2、淋洗修复技术

技术原理：采用物理分离或增效洗脱等手段，通过添加水或合适的增效剂，分离重污染土壤组分或使污染物从土壤相转移到液相。污染物主要集中分布于较小的土壤颗粒上，土壤洗脱是采用物理分离或增效洗脱等手段，通过添加水或合适的增效剂，分离重污染土壤组分或使污染物从土壤相转移到液相的技术。

适用范围：该技术可处理重金属及半挥发性有机污染物、难挥发性有机污染物，能效地减少污染土壤的处理量，实现减量化，在保证修复效果的同时，缩短修复周期，提高修复效率。目前已应用于郴州市桂阳县典型性区域土壤重金属污染治理技术创新基地建设项目中。



专利：去除土壤重金属的淋洗装置
可连续运行的异位重金属污染土壤淋洗设备



四、博世科农田土壤修复探索与实践

1、湖南桂阳官溪修复基地试点案例

郴州是典型性矿区重金属污染耕地的重灾区。桂阳县位于郴州市西部，矿产资源丰富，享有“八宝之地”之称。黄沙坪矿区、宝山矿区、雷坪矿区等采选业和一批冶炼企业，给周边耕地造成的重金属污染一直没有得到根本治理，污染十分严重。该地区的农业用地土壤重金属污染问题已成为影响人民健康、阻碍农业经济发展的严重问题。重金属污染区域的环境治理和农业生产的恢复是亟待解决的问题。同时，桂阳县处于湘江流域的源头地区，重金属污染也对下游的湘江流域水环境造成了一定的损害。

我公司在郴州市典型性矿区重金属污染耕地建立试验基地50亩，采用BSC集成修复技术对区域重金属污染耕地进行修复及重金属污染技术集成的示范工程建设，以便加快推进重金属污染地区土壤修复工作的实施。经修复后稻田中Cd含量超标2-3倍的酸性土壤中，土壤有效态Cd含量比对照降低80-90%，稻米中Cd含量达到国家粮食卫生标准。



2、广西武鸣县重金属钝化示范基地

本公司的相关研究表明，添加不同条件下制备的甘蔗叶炭、木薯秸秆炭、水稻秸秆炭以及蚕沙炭均显著降低土壤有效态镉含量，与对照相比最大降低了47%左右。另外，在生物质炭的基础上，配合使用铁肥和硅肥，有效控制了水稻累积重金属Cd，当BC: Fe为3:1（质量百分比）时糙米中Cd降低最明显。

在前期研究基础上，本公司集成了“（改性）生物质炭等吸附剂——低累积品种——水分管理”、“生物质炭——土壤调理剂——水分管理”等成套阻控水稻累积Cd的技术，并分别在广西河池和武鸣开展了示范研究。结果表明，当稻田中Cd含量超标2-3倍的酸性土壤中，土壤有效态Cd含量比对照降低80-90%，稻米中Cd含量达到国家粮食卫生标准。





3、广西河池农田修复基地

博世科参与广西环江县大环江流域土壤重金属污染治理工程，该项目是全国目前面积最大的土壤修复工程项目，项目的设计和实施涉及了环江县3个乡镇、7个村（社区）697户农民，并依靠中科院地理资源所和桂林理工大学等科研院所，同时采用了第三方监理机制，为全国大规模的土壤修复工程建立了第一个修复模式。

根据环江污染农田重金属种类、污染程度，参考农产品重金属超标情况，结合环江地区经济发展水平和当地的种植习惯，项目从目前国际上较为成熟的农田污染土壤修复技术中，本项目主要采取如下技术措施：

（1）植物萃取技术（蜈蚣草对砷（As）和铅（Pb）的提取、东南景天对镉（Cd）的提取）。预期的修复效果：As、Cd每年降低10%或As、Cd的生物有效性每年下降25%，修复4年达到农田环境质量标准。

（2）超富集植物-经济植物间作修复技术：主要包括蜈蚣草-桑树间作、蜈蚣草-甘蔗间作、蜈蚣草-苎麻间作、东南景天-玉米套作。预期的修复效果：农产品重金属含量的合格率大于95%，因占地减少的作物产量不超过30%。

（3）植物阻隔修复技术：筛选低积累的甘蔗、桑树和玉米品种在项目区种植，预期的修复效果：甘蔗、玉米的重金属合格率达到95%以上。

（4）化学修复技术：通过向污染土壤中使用化学修复剂，调控土壤中重金属的生物有效性，钝化重金属的生物有效性从而降低农作物的吸收（钝化修复），或者提高重金属的生物有效性提高超富集植物对重金属的富集能力（活化剂辅助措施）。钝化剂的修复效果：农产品中重金属合格率达到95%，重金属含量平均下降40%，农产品产量达到当地正常产量水平的90%以上。活化剂的修复效果：提高植物萃取的修复效率，提高幅度在70%以上。

重磅启航：博世科荣获国家科技进步奖二等奖

1月9日上午，2016年度国家科学技术奖励大会在北京人民大会堂举行，党和国家领导人习近平、李克强、刘云山、张高丽出席大会并为获奖代表颁奖。李克强代表党中央、国务院在大会上讲话。张高丽主持大会。

会上，博世科自主研发的“造纸与发酵典型废水资源化和超低排放关键技术及应用”荣获2016年度国家科技进步奖二等奖，董事长王双飞博士代表公司领奖。时隔五年，广西企业再次以第一完成单位的身份荣膺国家级科技奖项，博世科迎来2017年完美开端。

作为世界上第一大纸张、酒类生产国和消费国，据不完全统计，我国造纸企业数量为2791家，酿酒企业数量为2689家，两大产业也成为废水排放大户，全年废水排放量占全国工业废水排放量的10%；COD排放量占全国工业废水排放量的9%，造纸、发酵等轻工行业废水在处理过程中存在诸多共性问题：

◇常规厌氧处理过程甲烷转化率低、污泥颗粒化时间长，废水处理中生物质能（沼气）回收率低。

◇氧化过程 H_2O_2 的利用率低、催化剂的活性差、 H_2O_2 和 $FeSO_4$ 用量高，废水处理成本高。

◇沼气脱硫脱碳效果差、成本高，净化后沼气无法到达高值化利用的标准。

◇厌氧反应器抗负荷冲击能力差、好氧微生物相分离效果差、多相废水处理氧化塔反应时间长，关键设备被国外垄断。

◇污染负荷高、成分复杂，再生水回用效果差、污染物排放勉强达标，废水处理成本高。

博世科技术研发团队在董事长王双飞博士的带领下，毅然向造纸、发酵等轻工行业废水处理难题发起冲击。

明知山有虎，偏向虎山行，这正是环保人特有大无畏精神。博世科技术研发团队将造纸、发酵等轻工行业废水处理五大难题分解成数个课题，逐个击破，最终研发出“造纸与发酵典型废水资源化和超低排放关键技术及应用”，包含基于微生物过程强化的高效厌氧菌富集培养及污泥颗粒化加速技术、基于自由基缓释和固相催化的高效异相催化氧化技术、化学强化活性炭吸附沼气净化技术、上流式多级厌氧-多级环流好氧-异相催化氧化高效废水处理技术体系的核心设备四大创新点，最终实现生物质能的高效回收、再生水的有效回用、污染物的超低排放。

“造纸与发酵典型废水资源化和超低排放关键技术及应用”有效解决了造纸和发酵行业典型废水生物质能回收和超低排放的技术问题，打破了国外企业在该领域的垄断，并已成功应用于中国、印尼、俄罗斯、白俄罗斯、玻利维亚和缅甸等国内外138家造纸和发酵企业，显著降低了应用企业的环保投资成本，为我国造纸和发酵行业的典型废水处理提供先进配套技术及装备。项目系统创新性强，技术先进，生态环保效益非常显著，具有巨大的推广应用前景。





广西博世科环保科技股份有限公司
地址：广西南宁市高新区科兴路12号
电话（TEL）：+86-771-3299118/168
传真（FAX）：+86-771-4960252

湖南博世科华亿环境工程有限公司
地址：湖南省长沙市岳麓区枫林一路737号共和世家公寓5栋201室
电话（TEL）：+86-731-82281860/61/62/63
传真（FAX）：+86-731-84886022

贺州博世科环境投资建设管理有限责任公司
地址：贺州市贺州大道39号
电话：+86-774-5137127
传真：+86-774-5137127

陆川博世科生物能源科技开发有限公司
地址：广西玉林市陆川县温泉大道186号（温泉之乡广场东侧）
电话：+86-775-7279292
传真：+86-775-7279292

北京博世科环保科技有限公司
地址：北京市朝阳区安立路80号马哥孛罗大厦701室
电话（TEL）：+86-010-59636865
传真（FAX）：+86-010-59636054

云南博世科环保科技有限责任公司
地址：云南省昆明市西山区前兴路万达广场9幢（北塔）2001-2004室
电话（TEL）：+86-871-63130602
传真（FAX）：+86-871-63130602

泗洪博世科水务有限公司
地址：江苏省宿迁市泗洪县青阳镇周庄居委会S245省道北侧
电话（TEL）：+86-527-80795666
传真（FAX）：+86-527-80795668

