

北京山区关停废弃矿山现状及典型生态修复模式

李金海 张国桢

(北京市园林绿化局防沙治沙办公室)

摘要: 2006 年, 北京山区关停废弃矿山面积 5092hm², 2006~2009 年, 生态修复 3589hm², 约占总面积的 70%。本文结合北京山区关停废弃矿山工程建设实际, 重点介绍了基质改良技术、植物良种选育技术、鑫三角护坡技术和格宾网技术等 4 种新材料、新技术, 归纳总结了妙峰山废弃石灰场生态修复模式、大安山关停煤矿生态修复模式、巨各庄废弃铁矿生态修复模式和自然修复模式等 4 种典型模式。结论认为, 北京山区关停废弃矿山生态修复工程应进一步加强新材料、新技术的引进、使用, 加强资源管理和后续产业的开发利用。

关键词: 关停废弃矿山 生态修复 现状 模式 北京

Status Quo and Typical Ecological Rehabilitation Modes of the Closed and Disused Mine Spoils in Beijing Mountainous Area

LI Jin-hai; ZHANG Guo-zhen.

Combating Desertification Office, Beijing Municipal Bureau of Forestry and Parks, 100029,
Beijing, P. R. China

In 2006, there were 5092hm² closed and disused mine spoils in Beijing mountainous area, from 2006 to 2009, 3589hm² were rehabilitated, account for 70% of all. At the paper, the author stressed 4 new material and technology which were widely used in the practice of ecological rehabilitation project, such as the substrate amendment technology, vegetation fine species selection technology, EcolokTM, and gabions; summarized 4 typical technological modes of ecological rehabilitation: the mode of disused lime stove at Miaofengshan village, the mode of closed coal mine at Da'an Shan village, the mode of disused iron ore at Jugezhuang, and natural rehabilitation mode. The author suggested, in the future, the government and project manager should take more attention to farther strengthen introducing and using new material and technology to this project, enhance resource management and continuous industrial exploitation.

Key words closed and disused mine spoils; ecological rehabilitation; status quo; mode; Beijing

第一作者: 李金海, 高级工程师。主要研究方向: 生态修复, 防沙治沙、园林植物。电话: 010-62375575
Email:bjzsb@126.com 地址: 100029 北京西城北三环裕民中路 8 号 北京市园林绿化局防沙治沙办公室。
通讯作者: 张国桢, 博士, 高级工程师。主要研究方向: 水土保持与荒漠化防治。电话: 010-62056395
Email:blzg@sohu.com 地址: 同上。

北京是“国家首都、世界城市、文化名城、宜居城市”，蕴藏着比较丰富的地质矿产资源，矿产开发利用和采冶活动历史悠久，采金、冶铁、陶瓷业始于秦汉，西山煤业开发于辽金之前，到元、明、清时期采矿和京能矿业已经相当兴盛^[1]。矿产资源的开发利用，曾有力地推动了首都经济社会的发展，甚至在有些区县采矿业一度成为地方经济发展的支柱产业。但长期以来，由于受开采技术、政策机制和经营理念等的影响，矿区植被景观和生态环境遭到严重破坏。调查发现，北京市大多数关停废弃矿山位于首都生态涵养带和水源保护区，若不及时加以修复，将对首都的生态安全构成极大威胁，因此，加快对关停废弃矿山的生态修复是改善首都生态环境，保障首都生态安全和构建和谐社会首善之区的迫切需要^[2]。

1. 现状

1.1 分布状况

据北京市国土资源局统计，2000 年北京市共有各类矿山 1749 个，其中，小型规模矿山占矿山总数的 99.2%。2000～2004 年全市关闭的矿山 1353 座^[3]。从 2005 年开始，北京市加大了对小型以下开采规模的矿山的关停并转力度，到 2007 年底固体矿山数量减少了 70%^[4]。

2006 年 8 月，北京市国土资源局和北京市园林绿化局对全市关停废弃矿山进行了联合调查^[5]，结果表明，全市山区关停废弃矿山总面积为 5092hm²（如表 1，图 1），主要包括煤矿、采石场、石灰场和金属矿（如表 2）。

表 1 北京山区关停废弃矿山现状调查表

TABLE 1 Status quo questionnaire of closed and disused mine spoils in Beijing mountainous areas

单位：hm²

| 区 县 | 总 计 | 重点地区 | | | | 一般地区 |
|------|---------|---------|----------|------------|--------|--------|
| | | 小 计 | 奥运场馆周边面积 | 主要公路干道两侧面积 | 景点周边面积 | |
| 房山区 | 1590.73 | 1157.07 | - | 928.93 | 228.07 | 433.67 |
| 密云县 | 1068.73 | 1068.73 | - | 1068.73 | - | - |
| 门头沟区 | 985.47 | 798.2 | - | 517.67 | 280.53 | 187.27 |
| 怀柔区 | 434.33 | 106.67 | - | 79.33 | 27.33 | 327.67 |
| 昌平区 | 238.8 | 238.8 | 7.53 | 179.07 | 52.2 | - |
| 丰台区 | 215.73 | 101.07 | - | - | 101.07 | 114.73 |
| 顺义区 | 167.93 | 167.93 | 66.8 | 97.6 | 3.53 | - |

| | | | | | | |
|-----|---------|--------|-------|---------|--------|---------|
| 平谷区 | 163.13 | 61.7 | - | 54.27 | 6.87 | 102.07 |
| 延庆县 | 147.73 | 131.07 | - | 79.27 | 51.8 | 16.67 |
| 海淀区 | 79.47 | 75.4 | - | 39.87 | 35.53 | 4.07 |
| 合 计 | 5092.13 | 3906 | 74.33 | 3044.73 | 786.93 | 1186.13 |

从表 1，图 1 可知，北京山区关停废弃矿山主要分布在北京城市总体规划定位的“生态涵养发展区”，面积约 2799.39hm²，占总面积的 55%。其中，密云县面积最大，1068.73hm²；门头沟次之，985.47hm²。

位于重点地区的关停废弃矿山面积为 3906hm²，占总面积的 76.7%。其中，奥运场馆周边面积 74.33hm²，主要公路干道两侧面积 3044.73hm²，主要景点周边面积 786.93hm²。关停废弃矿山的过度开采利用对首都生态环境和植被景观造成严重的破坏。



图 1 北京山区关停废弃矿山分布图

FIGURE 1 Distributing map of closed and disused mine spoils in Beijing mountainous areas

表 2 北京市山区各类型关停废弃矿山面积统计表

TABLE 2 Statistics of area of different closed and disused mine spoils in Beijing mountainous areas

| 类型 | 总计 | 煤矿 | 金属矿 | 采石场 | 石灰场 |
|--------------------|---------|---------|------|--------|-------|
| 面积/hm ² | 5092.13 | 1309.13 | 1359 | 2168.8 | 255.2 |
| 比重/% | 100 | 26 | 27 | 42 | 5 |

从表 2，图 2 可知，各类关停废弃矿山中，采石场面积最大，占总面积的 42%；

金属矿和煤矿次之，分别占总面积的 27%和 26%。

1.2 生态修复工程进展

按照 2005 年 3 月 7 日第 75 次市长办公会议精神，2006 年，北京市市政府批准实施了北京山区关停废弃矿山试点工程建设项目，对煤矿、采石场、石灰场三种类型的关停废弃矿山生态修复技术进行了试点工程建设。试点工程分别位于门头沟区和房山区，建设规模为 629hm²，投资 4469 万元。经过试点探索，2007 年 3 月，北京市园林绿化局、北京市发展和改革委员会、北京市国土资源局和北京市财政局共同编制并下发了《北京山区关停废弃矿山植被恢复规划》，计划 2007~2010 年投资 24.85 亿对山区 5092hm²的关停废弃矿山进行全面整治。截止目前，已完成生态修复任务 3689hm²，约占总面积的 70%（如表 3）。工程建设中不但丰富了新技术和新模式，而且建立了一整套生产、技术规范。经过工程建设使用并验证了鑫三角技术、格宾网技术等一批生态修复新技术、新材料，探索出了不同类型的关停废弃矿山生态修复新模式。

表 3 北京山区关停废弃矿山生态修复工程进度安排表

TABLE 3 Project scheduling of closed and disused mine spoils in Beijing mountainous areas

单位: hm²

| 年度 | 任务 | 小计 | 房山 | 密云 | 门头沟 | 昌平 | 怀柔 | 丰台 | 顺义 | 平谷 | 延庆 | 海淀 |
|--------|------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 2007 年 | 修复区 | 800 | 233.3 | 10 | 241.9 | 67.4 | 12 | 66.7 | 70.3 | 6.9 | 12 | 79.5 |
| | 爆破造林 | 666.7 | 140 | 140 | 160 | 226.7 | - | - | - | - | - | - |
| 2008 年 | 修复区 | 1697.6 | 500 | 40 | 266.7 | 66.7 | 166.7 | 66.7 | 97.6 | 66.7 | 66.7 | - |
| | 爆破造林 | 666.7 | 140 | 140 | 160 | 226.7 | - | - | - | - | - | - |
| 2009 年 | 修复区 | 1466.7 | 466.7 | 366.7 | 266.7 | 60 | 153.3 | 46.7 | - | 53.3 | 53.3 | - |
| | 爆破造林 | 666.7 | 140 | 140 | 160 | 226.7 | - | - | - | - | - | - |
| 2010 年 | 修复区 | 1127.8 | 390.7 | 292.1 | 210.2 | 44.7 | 102.3 | 35.7 | - | 36.3 | 15.7 | - |
| | 爆破造林 | 666.7 | 140 | 140 | 160 | 226.7 | - | - | - | - | - | - |
| 合计 | | 7758.7 | 2150.7 | 1628.7 | 1625.5 | 1145.5 | 434.3 | 215.7 | 167.9 | 163.1 | 147.7 | 79.5 |

2. 技术体系

关停废弃矿山生态修复工程是一项复杂的系统工程，其综合了包括基础生态学、恢复生态学、景观生态学、社会经济学、系统科学原理、可持续发展原理等

多种学科、多种理论的基本原理^[6]，因而其生态修复技术体系也将是包括工程技术体系、管理体系、政策体系等在内的综合性的技术体系。

2.1 工程技术体系

从生态修复工程建设的角度，集成了土壤改良、植物良种选育、开采创面修复、弃渣控制、边坡稳定处理等方面的一批新材料、新技术。

2.1.1 基质改良技术

1) 客土改良

适用对象：主要针对立地条件极差，土层极薄甚至没有土层的废弃矿山。

主要技术措施：从建筑工地购买基土，运送到项目区，将事先购买的菌剂均匀添加到基土中，在适宜区域覆土 60~80cm；同时，充分利用株行空间，播种固氮植物，以改良土壤。

优缺点：优点在于能快速改良基质，提供适宜植物生长的环境条件；缺点在于客土源难以保障，覆土量大，成本高。

2) 肥料改良

适用对象：主要针对土层较厚，但土壤 PH 值偏高或偏低，土壤肥力差的矿业废弃地。

主要技术措施：根据土壤条件不同，选择不同的肥料和改良方式。

化肥改良主要是针对土壤 PH 值调整量比较大的土壤类型，在碱性土壤（石灰窑场）矿区，一般选用硫酸铵、过磷酸钙等；在酸性土壤矿区（如煤矸石山），一般选用硝酸钙。

有机肥改良主要针对土壤 PH 值调整量小，但土壤肥力较差的土壤，一般选用经枯枝、落叶、森林抚育剩余物堆肥发酵形成的土壤改良基质肥。肥料改良技术可与客土改良技术配套使用

优缺点：化肥改良可快速改良土壤的理化性质，但施用化肥后，由于水土流失或水分下渗、淋溶，可造成地下水的污染。有机肥改良是一种副作用极小的土壤改良方式，但生产时间长，价格高，提高了工程建设成本。

3) 生物改良

在北京关停废弃矿山生态修复工程建设中，生物改良技术主要采用种植固氮植物、重金属高附集植物和施用微生物菌剂。北京在这项技术的研究和应用中尚

不足。

2.1.2 植物良种选育技术

遵循乡土性、高抗逆性、根系发达、常绿、景观效果明显和互利共生等原则，从生态系统自然演替和人为干扰两方面进行植物良种选育研究。

适用对象：北京山区关停废弃的煤矿、采石场、石灰场和部分金属矿山。

主要技术措施：通过对比实验分析选择出适宜的乡土植物有：臭椿、荆条、榆树、山杏、柠条、酸枣、胡枝子、二月蓝等；生态景观植物有：油松、侧柏、刺槐、小叶杨、黄栌、五角枫、紫穗槐、沙棘、丁香、沙打旺、紫花苜蓿、五叶地锦等；适宜的经济树种：仁用杏、核桃、大杏扁、板栗、饲料桑、苦豆子等。

植物品种的选择和配比，考虑长短结合，保证植物品种结构的合理稳定。同时在合理的密度条件下，注重植物品种的共生性，按照设计途径实现自然演替，避免由于植物品种的侵占和繁衍能力不同造成在后期植物之间的比例失控。

优缺点：优点在于乡土植物和景观植物的搭配使用，提高了植被恢复的生态景观效果和苗木成活率；缺点在于景观植物种不够丰富，部分景观植物经过几个生长季后，其生长可能会因土层厚度限制受到影响。

2.1.3 鑫三角护坡技术

鑫三角护坡系统由生态袋、连接扣和加筋土工格栅 3 部分组成，系统安装后，鑫三角连接扣把上下相邻鑫三角生态袋固定为一个三角形稳定体，组成边坡和挡墙。

适用对象：用来建造各种绿色植被边坡和挡土墙。

主要技术措施：

1) 清理场地。从便利施工和稳定基础的角度，清理浮石，夯实基础。

2) 封装生态袋。一般在施工现场将配方基质装入封装入生态袋。

3) 叠加安装。底部生态袋应装填砾石（级配 2~4cm），埋深 1/8 坡高。然后逐层摆放生态袋，在两个生态袋之间靠近内边缘 1/3 的位置安装连接扣，通过踩踏或压实来达到互锁性，同时夯实回填土。摆放层数以最多 16~20 层为宜，形成坡面以小于 75° 为宜。

4) 安装加筋挡土墙。用单向和双向土工格栅与土壤结合形成加筋网，用来强化回填土的抗拉力。工程建设中通常将加筋土工格栅套在倒钩上插入生态袋并

且锚固在墙上。

5) 封顶。在墙顶, 把生态袋的长边垂直于墙沿放置, 以提供一个可靠的顶部。用土把墙顶完全覆盖。

2.1.4 格宾网技术

格宾网一般采用箱形设计, 网箱由机器编织扭绕成双绞六边形, 网箱内填充毛石或粗石。网线采用镀铝、镀锌的优质钢丝 ($\phi 3\sim 4.5\text{mm}$)。

适用对象: 关停废弃矿区导流、泄洪渠; 路基防护、挡土墙。

主要技术措施: 网箱折叠运输, 就地取材, 现场装填, 填料粒径小于 60mm 的卵石含量应不超过 15%; 遇较差的地基另作地基处理, 底基网箱埋深 1/3; 层与层间的网箱或网箱组应纵横交错叠砌, 上下联结, 严禁出现“通缝”; 每层网箱组均应适当放置“丁”字箱体; 箱体外露面应平整美观。每层网箱组(挡墙)施工结束, 每层还土厚度宜控制在 20~30cm 左右, 分层夯实。

优缺点: 施工简便, 经济实惠, 耐腐蚀, 承受大范围变形; 缺点是成本高。

2.2 政策体系

为规范矿产资源和进一步加强关停废弃矿山生态修复进程, 北京市政府出台了《北京市矿产资源管理条例》和《北京市人民政府关于鼓励社会力量参与生态修复的意见》, 建立起全市关停废弃矿山生态修复政策体系。《条例》按照“谁开采、谁破坏、谁修复”的原则, 明确提出对矿产开采企业征收生态环境恢复保证金, 督促开采企业进行生态环境治理。《意见》规定了社会力量参与生态修复的主要内容、形式、程序以及税收优惠、荣誉奖励等相关政策, 为社会力量参与生态修复搭建了平台, 创造了良好环境。

2.3 安全保障体系

建立健全安全生产制度, 项目建设单位应成立安全生产领导小组, 制定具体安全措施, 保证施工安全和工程安全。园林绿化主管部门对相关建设单位的施工安全进行监督检查, 并协调工作中出现的问题。

层层签订责任书, 将安全责任落实到人。严格按照项目管理的规定, 制定并落实各项安全制度, 设立专职、兼职安全员、安全责任人, 安全员要与项目负责人一同树牌公示, 部门定期进行安全检查, 把安全工作落到实处。同时, 严格落实措施不安全的不采用、没有专业资质的不使用。为此, 特提出以下保护措施。

(1) 必须制定劳动安全手册，落实安全生产责任制。

(2) 加强人身安全教育，严格执行当地政府颁布和制定的生产安全规范和标准，严格执行安全操作规程，规范生产作业过程，提高劳动保障标准，确保职工人身安全。

(3) 配置一些必要的野外生活用具及必要的救生、救护设备，尽量避免不必要的人员伤亡，同时给每位施工人员购买意外伤害保险。

2.4 管理体系

为提高工程建设质量，加强工程管理，根据有关法律、法规，制订了《北京山区关停废弃矿山植被恢复工程管理办法》和《北京山区关停废弃矿山植被恢复工程年度检查验收管理办法》。

3. 典型模式

3.1 妙峰山废弃石灰场生态修复模式

1) 立地条件：项目区位于妙峰山镇担礼村，总面积 13hm^2 。平均坡度 20° ，坡向东，平均海拔 200m ，原生植被以荆条，绣线菊为主。需生态修复的山体面积约 13.5万 m^2 ，其中开采创面 2.5万 m^2 ，弃渣堆场 4.5万 m^2 ，采石作业平台 2.5万 m^2 。

2) 技术思路：工程措施与生物措施相结合，裸露坡面治理与作业场地治理、弃渣治理相结合，绿化美化与产业开发相结合，在植被恢复的同时，提高其景观效果，为后续的开发打下基础。

3) 主要技术措施

①造林树种选择：选择侧柏、油松、黄栌、山杏等，混交比为 6: 4，混交方式为块状或带状混交。

②断面修复：在边坡坡度较陡，无植被地段，采用鑫三角生态袋覆盖技术进行生态恢复。

③采石场作业平台修复：坡面清理，客土整理，大苗造林。整地规格 $0.8\text{m}\times 0.8\text{m}\times 0.6\text{m}$ 。

④弃渣坡面绿化：首先对坡面弃渣进行平整处理，然后采用生态袋覆盖技术进行坡面防护和植被恢复，草种选择狗牙根、高羊茅等。

⑤周边荒山绿化：采用大坑整地方法，规格为 $0.8\text{m}\times 0.8\text{m}\times 0.6\text{m}$ ，“品”字

排列,株行距 3×3m,每亩 1110 株/hm²;平均客土回填率 20%。做好小型集水工程。

⑥园路设计:园路为林区内的蜿蜒小道,主要园路设计成两种形式,一种为水泥灌浆路面,可供小型轿车行驶;一种为青石板路面,供游人观光旅游。

4) 模式成效

治理提高了植被覆盖率和覆盖率指数,控制了水土流失面积,生态和社会效益也有很大提高。经过建设,增加绿化面积 13hm²,土壤侵蚀模数小于 300t/km²·a;造林成活率达到 95%,成林后林木覆被率在 70%以上,有效改善关停废弃矿山周边生态环境。同时,工程建设为当地的农村产业结构调整创造了条件,为建立生态农业生产基地提供了有利条件,增强了该地区农业生产的后劲,为发展地方特色经济,带领群众脱贫致富打下坚实的基础。工程建设也可吸纳部分农村剩余劳动力,为农民解困和劳动力转移提供一些就业机会。

5) 适宜推广范围

本模式适合干旱、少雨、土壤贫瘠的风沙区和石质山区。

3.2 大安山关停煤矿生态修复模式

1) 立地条件:项目区位于房山区大安山乡瞧煤涧村,总面积 2 万 m²。煤矿开采剥离表土,破坏原生植被,形成大面积原生裸地;碎石,煤矸石无序堆方占用大量的土地资源;地下开采造成的采空区,存在地质隐患。

2) 技术思路:工程措施与生物措施相结合,坑道治理与弃渣治理相结合。对开采形成的石质坡面,植被恢复难度大,考虑喷播等方法绿化。

3) 主要技术措施:

①对煤矸石坡面:地形整理后,采用客土喷播的方法进行绿化;

②对坡脚和坡下冲沟:采用生态袋进行防护和稳定处理。生态袋砌好后,可以往上面喷播植物种子(选择乡土树种),形成永久性生态绿色边坡。

③对缓坡区域:采取植被毯覆盖自然恢复植被的措施

4) 模式成效

工程建设后,将增加绿化面积 47hm²,项目区森林覆盖率明显提高,涵养水源、防风固土、调节小气候等生态功能将有所增强,区域生态环境将获得明显改善。工程的建设将使项目区荒山秃岭的面貌得到改观,为山区创造良好的投资环

境和生存环境。

(5) 适宜推广范围

此模式适合在气候和立地条件相似的废弃煤矿区推广。

3.3 巨各庄废弃铁矿生态修复模式

1) 立地条件: 项目区位于密云县巨各庄镇, 总面积 33hm^2 。平均气温 $7\sim 10^{\circ}\text{C}$, 无霜期 170 天左右, 年均降水量 $600\sim 750\text{mm}$, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的活动积温 $3400\sim 3800^{\circ}\text{C}$ 。土壤大多为淋溶褐土, 有少部分棕壤, 岩石以长石岩为主。

2) 技术思路: 工程措施和植物措施相结合, 尾矿库治理和矿坑治理相结合。植被恢复和景观效果提升相结合。

3) 主要技术措施

①尾矿库: 采取了铺设生态植被毯进行植被恢复的方法。生态植被毯是广泛适用于坡面的一种绿化措施。可用于沙化土地、山坡坡体的保护与植被恢复, 抗冲刷能力强, 建植于坡度 $250\sim 700$ 度的坡面上。由于本工程中部分坡体还处于不稳定状态, 生态植被毯是由软性制成, 能够适应地形的变动, 且自带的灌草种子可以迅速实现坡面绿化。植生毯下能产生良好的微气候环境, 有助于微生物、本地植物生长, 降低病虫害的发生率, 植被恢复后其本身材料可生物降解。可以在平整坡面后铺设生态植被毯, 快速实现绿化。

②开采矿坑: 采用砌挡墙、种植槽植苗、攀缘植物绿化、挂网客土喷播等措施进行植被恢复。

③运输道路系统: 主要通过创面简易客土喷播, 道路沿线客土植苗进行植被恢复。

④排土场: 经过整理后建造阶梯式平台(分级马道)方法稳定坡体。平台宽度可为 2m 以上, 平台间距视岩石种类、性状、地质和坡面的稳定性来确定, 通常为 $5\sim 10\text{m}$ 是适当的。穴状整地后, 客土植苗、简易客土喷播等技术措施进行植被恢复。

⑤加强管理: 严格要求督促施工单位安全质检人员深入现场把握好喷播的每道关键部位, 上道工序未经检验, 不得进行下道工序, 并做好自检。

4) 模式成效

该模式采用生态植被毯和客土植苗, 植物成活率高。这样对固沙保土可以起

到良好的效果。

(5) 适宜推广范围

适合立地条件差，坡度大，难以治理，降水丰富的丘陵地区。

3.4 自然修复模式

1) 立地条件：石质山地，海拔 150~550m，坡度大于 15°，土层较薄，10~30cm，主要植物有侧柏、臭椿、刺槐、酸枣、荆条。

2) 技术思路：深山远山，植被破坏较轻，人为干扰较小的关停废弃矿山，通过封禁，消除人畜破坏，为植被生长创造良好的条件；通过育林育草，改善林分结构，提高林分质量和植被覆盖率，增强森林景观效果及防护效益、水文效益，恢复生态系统的生物多样性和稳定性。

3) 主要技术措施

①林木定向选育，措施播灌草种。

②安排专职和兼职护林员进行巡护，在靠近乡村的山口、沟口及交通要道设立封育护林哨所，加强封育区管护；

③在封育区边界明显处、主要交通路口、乡村附近树立永久性封山育林固定标示牌和警示牌；在封育区人畜活动频繁的地段沿林缘设置围栏；加强封山育林宣传；

④加强育林抚育，包括：松土除草、修枝定株、病虫害防治、护林防火等。

⑤封育年限：5 年。

4) 模式成效

封育 5 年后林木郁闭度增加 0.1，植被覆盖度提高 10%以上，生态景观效果明显。

5) 适宜推广范围

位置较偏远，植被破坏较轻，有一定下种能力的关停废弃矿山。

4. 结论与建议

北京山区关停废弃矿山生态修复工程建设技术可行，效果显著。监测结果显示，项目区生态修复 1 年以后，矿区土地沙化程度和水土流失强度均由原来的重度下降到轻度。工程实施过程中建立并完善的技术体系，引进使用的新技术、新材料，示范推广的典型模式，为关停废弃矿山生态修复工程质量提高及其可持续

利用奠定了坚实基础。

建议在后续工程建设中：

1) 进一步加强新技术、新材料的引进和使用。特别是加强基因工程技术的应用,积极开展重金属超富集植物的筛选、微生物与超富集植物联合作用机理研究,土壤改良微生物菌剂的研究等。

2) 加强生态资源的管理和开发利用,充分利用生态修复后形成的林木资源、景观资源,加大后续产业(生态旅游、果品种植皮加工、遗址公园)的开发,打造产业链。

参 考 文 献

- [1] 北京地方志编纂委员会. 北京地质矿产志[M]. 北京: 北京出版社, 2001: 8-12
- [2] 甘敬. 北京山区关停废弃矿山现状及生态修复对策. 北京林业发展论坛论文集[M]. 北京: 中国农业出版社. 2007: 68-74
- [3] 北京市国土资源局. 北京市矿山环境保护与治理规划. 2006, 3
- [4] 北京市国土资源局. 关于批准转发“关于加强矿产资源管理工作的意见”. 京国土矿[2005]172 号
- [5] 北京市园林绿化局. 北京山区关停废弃矿山植被恢复规划. 2007, 3
- [6] 李金海. 生态修复理论与实践——以北京山区关停废弃矿山生态修复工程为例[M]. 北京: 中国林业出版社, 2008: 106-128