



移动扫码阅读

李树志.我国采煤沉陷区治理实践与对策分析[J].煤炭科学技术,2019,47(1):36-43. doi: 10.13199/j.cnki.cst.2019.01.005  
LI Shuzhi. Control practices and countermeasure analysis on coal mining subsidence area in China[J]. Coal Science and Technology, 2019, 47(1): 36-43. doi: 10.13199/j.cnki.cst.2019.01.005

## 我国采煤沉陷区治理实践与对策分析

李 树 志

(中煤科工集团北京土地整治与生态修复科技研究院有限公司,北京 100013)

**摘 要:**采煤沉陷区治理利用是煤矿区生态文明建设和解决土地资源紧张的重要措施,笔者在介绍采煤沉陷区治理研究新进展、工程实践与政策法规现状的基础上,对目前存在的法律体系不完善、组织机构不健全、治理资金难落实、有效治理技术缺乏等一系列突出问题进行了较为深入的剖析。针对上述问题,从政府主导、综合治理、规划引领、理清责任、制度保证等方面总结分析了采煤沉陷区治理中应遵循的基本原则,重点提出了城市周边采煤沉陷区、积水采煤沉陷区、远离城市采煤沉陷区、西部干旱半干旱采煤沉陷区治理以及煤炭低损害开采、资源枯竭矿山地上地下空间转型利用开发的关键技术与预期成果,同时,详细论述了健全完善采煤沉陷区治理相关政策。最后对国内采煤沉陷区治理方面取得的成果予以总结和肯定,并展望了采煤沉陷区治理领域的发展方向和研究重点,为推动采煤沉陷区治理利用及其相关领域科学研究提供了思路。

**关键词:**采煤沉陷区;土地复垦;生态修复;生态文明建设

**中图分类号:**TD88

**文献标志码:**A

**文章编号:**0253-2336(2019)01-0036-08

## Control practices and countermeasure analysis on coal mining subsidence area in China

LI Shuzhi

(Beijing Science and Technology Research Institute of Land Reclamation and Ecological Restoration, China Coal Technology and Engineering Group, Beijing 100013, China)

**Abstract:** The control and utilization of the coal mining subsidence area would be important measures to build the ecological civilization of the mine area and to solve the tension of the land resources. Based on an introduction on a new progress of the control study on the coal mining subsidence area, the engineering practices and the policy and regulation status, a detail analysis was conducted on the present existed imperfect legal system, the unsound organization structure, difficulty implemented control funds, lack of the effective control technology and other series of the prominent problems. According to the above problems, from the government main leading, the comprehensive control the planning leadership, the responsibility clearing up, the system insurance and other aspects, the paper summarized and analyzed the basic principles abided in the control of the coal mining subsidence areas and focused and provided the control of the coal mining subsidence area around the city, the coal mining subsidence area with water pool, the coal mining subsidence area far distance from the city and the coal mining subsidence area in the arid and semi-arid area of Western China as well as the key technology and expected achievements of the low damage coal mining and the utilization and development of the surface and underground space transformation in the resource exhausted mine. Meanwhile, the paper had a detail statement on the related policies of the perfect and improved coal mining subsidence area control. Finally, the summarization and definition were made on the achievements from the control aspects of the coal mining subsidence areas in China. The paper had a prospect on the development orientation and study key points to control the coal mining subsidence area in order to provide the idea to promote the control and utilization of the coal mining subsidence area and to scientifically study on related area.

**Key words:** coal mining subsidence area; land reclamation; ecological restoration; ecological civilization construction

收稿日期:2018-12-20;责任编辑:代艳玲

基金项目:国家重点研发计划资助项目(2016YFC0501105,2017YFF0206802)

作者简介:李树志(1960—),男,河北定州人,研究员,博士生导师,中国煤炭科工集团首席科学家。E-mail:lishuzhi9686@163.com

0 引 言

煤炭作为我国的主体能源,在保障国家能源供应的同时,其开发形成了约 200 万 hm<sup>2</sup> 的采煤沉陷区,并以每年约 7 万 hm<sup>2</sup> 速度增加,按现有生产规模预计到 2030 年将达 280 万 hm<sup>2</sup>,目前采煤沉陷土地复垦率仅为 35% 左右。我国土地资源匮乏,采煤沉陷引发矿区土地与生态问题严重,我国的矿区资源与环境问题、土地与生态问题已经成为经济发展中的突出矛盾之一<sup>[1-4]</sup>。广大学者在该领域进行了大量研究,取得了一系列成果<sup>[5]</sup>,例如胡振琪等<sup>[6-8]</sup>研发了煤矿区土地生态环境损害的综合治理技术,王双明等<sup>[9-10]</sup>研发了鄂尔多斯盆地生态脆弱区煤炭开采与生态环境保护关键技术,顾大钊等<sup>[11-12]</sup>研发了生态脆弱区煤炭现代开采地下水和地表生态保护关键技术,毕银丽等<sup>[13-15]</sup>对西部干旱半干旱煤矿区土地复垦的微生物修复技术与应用进行了深入研究。

采煤沉陷区治理是践行国家生态文明建设、美丽矿区建设、“绿水青山就是金山银山”的重要内容,加快推进是十分必要的。习近平总书记多次视察采煤沉陷区治理工作,2018 年 9 月 28 日视察抚顺矿业集团西露天矿时强调,开展采煤沉陷区综合治理要本着科学的态度和精神,搞好评估论证,做好整合利用这篇大文章。新一届政府已将资源、环境、生态问题纳入政府的重点管理工作,密集出台了相关政策和措施推进采煤沉陷区治理,矿区土地整治利用与生态环境修复已成为全国的热点、焦点和难点问题。为此,笔者介绍了我国采煤沉陷区治理现状、存在的主要问题,并提出了相应的对策,为采煤沉陷区治理在政策、法规、技术等相关领域进一步实践与研究提供了借鉴和参考。

1 我国采煤沉陷区治理新进展

1.1 基础理论研究新进展

多年来,广大学者和科研工作人员依托国家科技支撑计划、“863”计划等项目,以我国土地资源紧张的华北和华东、干旱半干旱的西北等煤炭主产区的采煤沉陷区为研究对象,做了大量的基础研究和相关试验,攻克了采煤沉陷区治理领域的多项技术难题,创建了一系列的相关技术理论<sup>[16-22]</sup>。

1)开展了厚松散层采煤沉陷区土地损伤机理和土壤质量演变规律研究。现场长期监测与模拟研究表明:土地损伤的主要影响因素有采煤沉陷盆地发育程度、地表附加坡度、地下潜水位、土壤质地等;发现了采煤沉陷区土壤有机质和氮、磷含量由沉陷

区中心向上坡逐渐降低,以及沉陷区上坡土壤贫瘠化、中坡土壤盐碱化、下坡土壤沼泽化的土壤退化特征(图 1)。

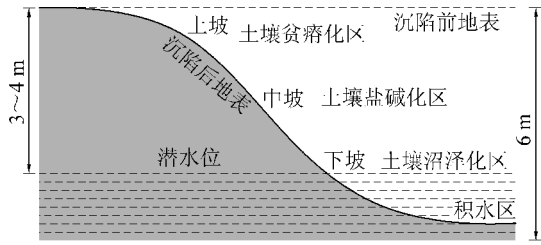


图 1 高潜水位采煤沉陷区土壤演变示意

Fig. 1 Schematic diagram of soil evolution in coal mining subsidence area with high groundwater level

2)开展了厚松散层煤炭开采条件下地表残余变形时空演变规律研究。研究表明:裂隙带压实、采区煤柱变形、覆岩移动变形与松散层失水固结是采煤沉陷区地表残余变形的主要影响因素;揭示了厚松散层矿区长壁开采地表移动初始期和活跃期沉陷量超过总沉陷量的 90%,衰退期长、变形速率小,残余变形量小、地表变形均匀的时空演变规律(图 2)。

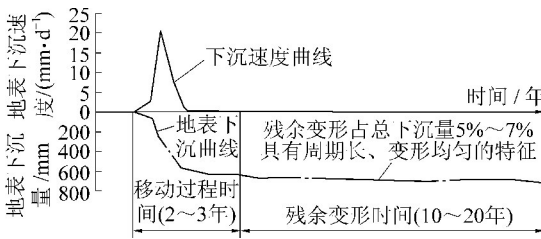


图 2 厚松散层开采地表变形规律示意

Fig. 2 Schematic diagram of surface deformation law in thick loose layer seam mining

3)开展了高潜水位采煤沉陷区植被由旱生向水生演替、生态由陆生向水陆复合系统演变的特征研究。通过开滦、兖州、淮北等高潜水位平原矿区 20 余年的生态环境监测研究表明,采煤沉陷使土地利用结构由耕地为主演变为林草地和水面为主、沉陷区坡面植被由旱生向水生演替,揭示了采煤沉陷区由陆生向水陆复合生态演变的特征。

4)开展了干旱半干旱区煤炭开采沉陷受损生态系统演变规律研究。提出了干旱半干旱采煤沉陷区以地表采动裂缝深度、长度、密度和土壤水漏失量为主要指标的采煤沉陷区土地损伤评价模型:

$$S = \frac{\pi D_f \bar{e} l_{\max}^3}{4\phi l(3 - D_f) V} \left[ 1 - \left( \frac{l_{\min}}{l_{\max}} \right)^{3-D_f} \right] \frac{aq}{V\omega_0} \times 100 \quad (1)$$

式中:  $S$  为采煤沉陷区土地损伤度;  $\bar{e}$  为特征单元体内裂隙平均宽度;  $l_{\max}$  为特征单元体内的最大裂隙长度;  $l_{\min}$  为特征单元体内的最小裂隙长度;  $\phi$  为特征

单元体内的实测裂隙数; $D_i$ 为特征单元体内对裂隙长度的分形维数; $\bar{l}$ 为特征单元体内裂隙平均长度; $V$ 为特征单元体体积; $a$ 为根据实测数据得到的回归修正系数; $q$ 为特征单元体的水漏失量; $\omega_0$ 为特征单元体内的初始含水率。

1.2 治理技术研究新进展

我国采煤沉陷区治理技术研究起步于 20 世纪 80 年代,煤炭科学研究院唐山分院在国内率先开展了采煤沉陷区造地复田技术研究,提出了采煤沉陷区土地复垦利用的基本途径与技术方法<sup>[23-28]</sup>,奠定了我国采煤沉陷区土地复垦技术的基础,在后续完成的国家“863”计划、国家科技支撑计划、各部委与企业课题研究中,拓展了采煤沉陷区农业复垦、建筑物建设、人工湿地修复“三大技术体系”。

1) 农业复垦技术方面,研发了质地可调的采煤沉陷区就地取土复垦土壤剖面构建方法,提高了复垦土地质量;开发了采煤沉陷区矸石充填复垦土壤剖面分层构建方法,确定了经济覆土厚度为 0.7 m (图 3);发明了基于开采沉陷预测分区动态预取土预垫高的边采边复动态预复垦治理技术,实现了采煤沉陷区土地功能的快速恢复;提出了与采煤沉陷区稳定性、地形地貌、水土条件、复垦方法相协调的区域农业景观再塑方法。

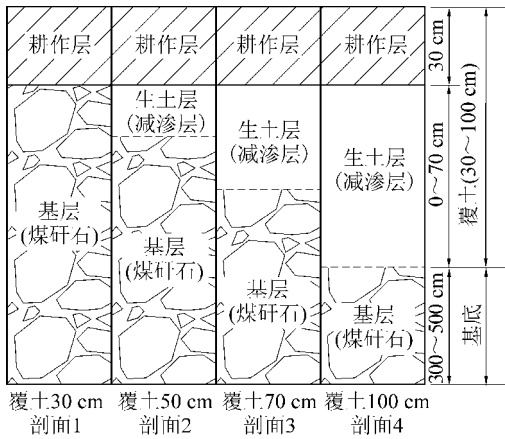


图 3 矸石充填复垦土壤构建方法

Fig. 3 Construction method of waste filling reclamation soil

2) 建筑物建设技术方面,研究了基于开采因素、沉陷预测、利用方向与功能布局的采煤沉陷区土地区域稳定性评价方法,实现了采煤沉陷区土地分期分类规模化利用,保证了建设用地规划的科学性;研发了基于分区集中开采、下沉衰退期离层带注浆快速稳沉的区域性采煤沉陷稳定控制技术,使地表采煤沉陷总时间缩短了 5~10 年;研发了基于地质条件、开采影响、残余变形的采动地基稳定性模糊综

合评价模型(图 4);建立了基于采动地基稳定性评价、建筑结构类型及基础形式、建筑体量与残余变形相协调的沉陷区建筑群抗变形建设技术体系。

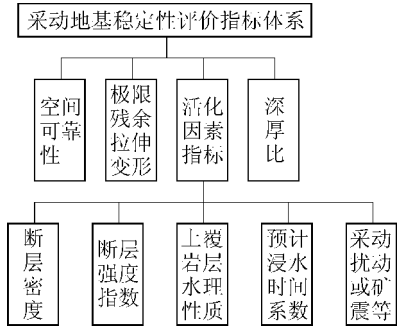


图 4 采动地基稳定性评价指标体系

Fig. 4 Evaluation index system for stability of mining foundation

3) 人工湿地修复技术方面,研发了采煤沉陷区湿地水域构建、水体稳定控制等关键技术;开发了采煤沉陷区水域沟通循环、河流水库定期定量补水、水位水量调控等沉陷区湿地水资源保持技术;研发了采煤沉陷区矸石山、垃圾山基底防渗及其堆山造景集成技术,实现了固废无害化处置与综合利用。采煤沉陷湿地水体保持了长期稳定、水质达标,形成矿业城市“绿肺”,实现了城市湿地不同服务功能。此外,中国矿业大学、中国矿业大学(北京)、山西农业大学、中国地质大学(北京)、安徽理工大学等单位在矿区生态环境损毁监测技术、微生物复垦技术、煤矸石山复垦种植技术、黄土区低潜水位沉陷区复垦技术、高潜水位矿区采煤沉陷地充填复垦技术等方面也取得了突出成果。

1.3 我国采煤沉陷区治理工程实践

随着国家对采煤沉陷区治理工作的日益重视,各地政府和煤炭企业投入了大量精力实施了一系列的采煤沉陷区治理工程,取得了显著的成效,实现了生态、社会和经济效益三者的互惠共赢。下面结合具有代表性的案例介绍采煤沉陷区治理工程实践成果。

1) 农业复垦治理方面,山东济宁市通过动态采煤沉陷区预复垦治理,实施了南阳湖农场一二分场采煤沉陷区农业复垦工程,治理济宁二号矿采煤沉陷区 511.52 hm<sup>2</sup>,恢复耕地 351.34 hm<sup>2</sup>,改变了采煤沉陷区季节性积水及地表倾斜现状,使采煤沉陷区成为可持续利用的高产、高效农田。济宁邹城市应用农业复垦技术成果连片复垦治理采煤沉陷区 1 000 hm<sup>2</sup>,建立了不同的生态复垦示范园区,使复垦高质量农田的时间缩短了 2~3 年,实现了区域农业景观再塑。菏泽市巨野县龙固煤矿通过土地流转的方式,治理采煤沉陷区 1 200 hm<sup>2</sup>,积极推进农、



林、牧、渔、游等多元产业开发,建设园林苗圃 500 hm<sup>2</sup>,以及建成 32 栋日光大棚、2 栋智能连栋温室、3 个标准化养殖场,将采煤沉陷区建成集高效种植养殖为一体的综合经济园区。

2) 城市建筑群建设方面,安徽淮北市通过采煤沉陷区的城市发展规划调整与建设利用实践,向采煤沉陷区拓展城市发展空间,解决了城市建设用地瓶颈;在完成的 285 km<sup>2</sup>的城市发展规划中利用采煤沉陷区 120 km<sup>2</sup>,其中规划城市建设用地 60 km<sup>2</sup>;目前主城区建设利用采煤沉陷区 42 km<sup>2</sup>,占城市建成区面积的 53.3%;建设多层、中高层、高层建筑物面积累计 2 750 万 m<sup>2</sup>,最大单体建筑面积达 18.6 万 m<sup>2</sup>。唐山南湖及周边采煤沉陷区城市建筑功能开发土地面积 8 km<sup>2</sup>,建设会议中心、会展中心、大剧院、图书馆、住宅组团等,最高楼层 33 层、最大建筑高度 100 m,独立组团建筑面积达 100 万 m<sup>2</sup>,采煤沉陷区新建住宅楼约 1 600 万 m<sup>2</sup>。

3) 人工湿地建设方面,江苏徐州市利用城市周边采煤沉陷积水区高标准规划建成潘安湖、凤鸣涛、九里湖等核心湿地景观,其中仅潘安湖治理项目就形成湖区约 400 hm<sup>2</sup>(6 000 余亩),彻底改变了矿区传统破旧的落后形象,使之成为了徐州市新的“后花园”。河北唐山市实施了近郊采煤沉陷区南湖生态项目建设工程,在开发过程中,确立了“以景观建设带动周边城市开发”的总体规划理念,先后编制了南湖生态城总体规划,以及景观区建设规划、产业发展规划等,按照“整体规划、分布实施”的原则有序推动开发建设,将治理前垃圾遍地、污水横流、臭气熏天的沉陷区,建成为占地 28 km<sup>2</sup> 草木葱茏、人水亲和的国家 AAAA 级城市中央生态公园。

#### 1.4 我国采煤沉陷区治理政策与标准建设

1988 年 11 月国务院颁布了《土地复垦规定》,并于 1989 年 1 月 1 日正式实施,由此确立了我国土地复垦制度。《土地复垦规定》是《中华人民共和国土地管理法》的实施配套法规,首次规定了土地复垦的含义以及“谁破坏,谁复垦”的原则,使我国土地复垦工作走上了法制化道路,成为我国土地复垦发展历程中的一个重要里程碑。2011 年 3 月《土地复垦条例》由国务院公布施行,标志着我国土地复垦事业步入了制度化、规范化和法制化的新阶段。为贯彻落实《土地复垦条例》,国土资源部还批准发布了《土地复垦条例实施办法》《土地复垦方案编制规程》《土地复垦质量控制标准》《矿山土地复垦基础信息调查规程》等行业标准规范。经过 30 多年的探索,我国煤矿区土地复垦与生态修复政策制定

不断趋于成熟,管理手段与时俱进,相关工作也取得了较大进步。

## 2 我国采煤沉陷区治理存在的主要问题

目前,虽然我国在采煤沉陷区治理方面有了长足的发展,但在诸多方面仍存在一定程度的不足,制约着我国沉陷区治理工作的有序进行。主要体现在以下 6 个方面。

1) 法律体系不完善。我国土地面积广、地形复杂、采矿条件和地质环境差异大。例如东部潜水位较高、水资源充足,开采易产生积水问题;西部水资源短缺、气候恶劣,开采易产生荒漠化问题。不同条件下开采对土地的破坏形式以及破坏程度、治理方法与治理费用存在较大差异,而政府未针对不同地区出台不同性质的法律法规。另外,一些现行法律未较好地深入实践,不能从整体、长远、区域角度去解决实际问题。

2) 缺乏针对性土地政策。采煤沉陷区土地基本没有办理征收和农转用手续,一些采煤沉陷区的耕地已部分或完全丧失农业生产能力,特别是积水较深区域已无法恢复为原用途,但在地籍档案上仍为耕地、园地、林地、草地,甚至基本农田,缺乏针对性的采煤沉陷区土地损毁与治理利用的相关土地政策。

3) 尚未建立国家、省部委、地方协调统一的监管体系。采煤沉陷区治理涉及国土、能源、财政、税务、农业、林业、环保、水利、建筑等多个行业部门,仅国土系统就涉及地质环境、耕地保护等多个部门,目前从国家到地方还没有协调统一的监管体系,不利于采煤沉陷区治理工作的督导、协调与验收,影响了采煤沉陷区治理工作的开展。

4) 土地权属人缺乏治理积极性。采煤沉陷区土地大多为农村集体所有,煤矿企业每年以支付青苗费的形式对损毁土地予以补偿,一般补偿费用高于耕种收益,导致农民过分依赖补偿,治理积极性不高甚至阻挠治理。另外,由于土地权属分散且有多种形式,难以统一规划、开展规模化治理。

5) 治理资金落实难。按照“谁损毁、谁治理”的原则,治理资金全部由企业承担,在生产成本中计提矿山地质环境恢复治理基金和土地复垦费用。由于尚未建立有效的资金监管机制,这部分基金和费用落实情况不理想。我国煤炭资源开采历史悠久,加上 1998 年关井压产,2007 年的资源整合和近年来的去产能强制关停,大量责任主体灭失,历史遗留采煤沉陷区数量庞大。

6)有效治理技术缺乏。目前多数沉陷区仍停留在耕地恢复、矿山地质环境治理等单一的整治模式上,未能将整治与后续土地等资源综合利用进行统筹考虑,导致治理的规模效益不突出。多数矿区缺乏区域性整体规划与控制技术标准,治理方案与地方各专项规划衔接不够,复垦整体效果差。

3 推进采煤沉陷区治理的对策与措施

3.1 采煤沉陷区治理应遵循的基本原则

- 1)政府主导原则。采煤沉陷区治理涉及多方利益和责任,只有在当地政府的统一协调部署下才能顺利推进,实现采煤沉陷区综合治理与地方发展融合,充分发挥政府对资源型城市转方式、调结构的推动作用。
- 2)规划引领原则。采煤沉陷区治理涉及局部与区域、当前与长远、动态与静态以及多个行业,通过编制采煤沉陷区土地利用、城乡建设、产业布局、生态保护、农业开发等治理规划,整体控制标准与治理利用方向,实现采煤沉陷区治理有序推进。

3)综合治理原则。根据区域发展实际与治理定位,高标准规划设计综合治理和开发利用项目,通过因地制宜与综合治理,全面提升采煤沉陷区土地利用的经济、生态与社会效益。

4)理清责任原则。采煤沉陷区治理既有企业责任、又有政府责任,依法确定治理责任人,明确治理任务与实施主体;历史遗留采煤沉陷区由县级及县级以上政府负责治理,其余采煤沉陷区由煤炭企业负责治理。

5)制度保障原则。严格有关规章制度与治理标准,保障矿区群众的知情权,坚决维护群众的合法权益;公开透明运作治理项目,接受社会各界的监督。

6)多种模式实施原则。按照“谁投资、谁受益”的原则,吸引社会资本投资治理历史遗留采煤沉陷区,鼓励土地权利人自行投资治理,也可通过转包、转让、入股、合作、租赁、互换等方式流转集体土地承包经营权,实行第三方治理。

3.2 加强采煤沉陷区治理技术研究

当前,亟需加强的采煤沉陷区治理技术研究工作主要有以下 6 个方面(图 5)。



图 5 采煤沉陷区治理技术研究内容

Fig. 5 Research content of coal mining subsidence area control technology

1)开展城市周边采煤沉陷区规模性的建设用地开发,研究采煤沉陷区城市功能开发、复杂地质采

矿条件的采动地基精准勘察与处理、规模化建(构)筑物抗变形建设技术等,解决矿业城市建设用地瓶颈制约问题。

2)开展积水采煤沉陷区规模性的城市湿地功能开发,研发积水沉陷区微地貌景观整治、湿地水维系、湿地水质修复、植被景观构建等技术,带动采煤沉陷区周边土地的增值与开发利用。

3)开展远离城市采煤沉陷区的规模性治理,研发采煤沉陷区高标准农田、特色农业、养殖业、旅游业等产业规模化开发建设技术,带动当地经济的发展与产业转型。

4)开展西部干旱半干旱区煤炭基地生态修复与土地整治技术,开发西部开采扰动区生态人工干预、生态自修复诱导与促进等技术,构建优于开发前的生态环境。

5)开展煤炭低损害开采关键技术研究,开发采前预测、地面生态正演促进与损伤预治理、井下精准局部充填等技术,实现开采损害的源头保护与治理。

6)开展资源枯竭矿山上、地下空间转型利用开发,研究矿山上、地下空间城市开发建设、战略和特殊物资储存、高附加值农业生产等治理利用技术,实现煤矿的成功转型利用与再发展。

### 3.3 健全完善采煤沉陷区治理相关政策

1)完善治理配套政策。研究制定无法复垦为耕地的采煤沉陷区的开发利用政策,推进采煤沉陷区各产业协调发展;建立综合评估机制,科学评定采煤沉陷区的治理方向和治理模式;完善采煤沉陷区流转政策,引导采煤沉陷区土地规模化经营。依法依规和确保安全的前提下,探索建立允许治理主体按照一定比例进行商业开发、治理历史遗留采煤沉陷区并享有其开发治理地块优先受让权的机制和途径;完善采煤沉陷区补偿制度,合理确定补偿标准,明确补偿程序,妥善处理各方利益关系。

2)规范实施各类治理项目。加大监督监管力度,确保采煤沉陷区实施的土地复垦、生态修复、湿地保护、农业开发、水利建设和休闲旅游等项目顺利施工建设。高起点规划设计、高标准实施综合治理项目,复垦的耕地建成高标准农田,提高农作物收成,形成的坑塘水面兼具经济、生态和景观功能,邻近城镇的治理区重点突出对城市的综合服务功能。跨县级行政区界实施的采煤沉陷区治理项目,应整体设计、分县(市、区)实施。

3)加强对煤炭企业的监管引导。督促煤炭企业签订目标责任书,明确其治理任务目标、需要开展的相关工作,并跟踪监督检查,确保煤炭企业严格执

行目标责任书,严格履行采煤沉陷区治理义务。建立定期监测与应急监测相结合的市、县和煤炭企业三级监测体系,对采煤矿区进行动态监控,及时掌握采煤沉陷区情况。

4)建立多元化投入机制。不断加大市、县采煤沉陷区治理投入,逐步解决历史遗留采煤沉陷区治理费用。完善区域战略推进、水利建设、农业综合开发和生态环境保护等相关资金向采煤沉陷区倾斜使用的办法。落实税收、土地利用等可执行的优惠政策,探索PPP(公共私营合作制)模式,引导社会资金参与,鼓励第三方企业治理。严格执行有关规定,足额预存土地复垦费用和地质环境治理基金。煤炭企业委托地方政府代为治理的,受委托政府要严格按照委托协议制定项目计划,有序规范使用资金。

5)保障矿区群众合法权益。严格执行项目公示公告制度,立项前应征求项目所在地群众意见,施工过程中涉及群众利益的重大事项及时公告,项目竣工验收后再次公示工程实施情况,群众提出的合理化建议应及时予以吸收采纳,确保项目区群众满意,切实将项目做成惠民工程、德政工程。

## 4 结 论

1)国内开展矿区土地复垦与生态修复技术研究已30余年,初步建立了采煤沉陷区土地复垦利用的基本理论,开发了采煤沉陷区农林景观复垦、城市建筑建设、人工湿地修复等关键技术,并形成了技术体系,使采煤沉陷区治理与利用具备了科技支撑条件。

2)河北唐山、安徽淮北、江苏徐州、山东济宁、河南平顶山等地的采煤沉陷区治理利用的工程实践表明,采煤沉陷区城市建筑物与产业建设、生态湿地与公园建设、常规农业与现代设施农业建设等都有成功模式与经验,为采煤沉陷区治理利用的工程实施提供了借鉴。

3)采煤沉陷区治理利用应围绕东部资源增值开发,提升开采损害土地潜在开发利用价值;围绕东部煤炭充填开采,构建矿地融合生态保护新模式;围绕西部资源无害化开采,创建优于开发前的生态环境;围绕资源枯竭矿山的转型与再开发利用,实现枯竭和关闭矿山的转型发展生态恢复。这些治理利用模式是今后的发展方向。

4)健全完善治理利用配套政策、规范实施各类治理项目、加强对煤炭企业的监管引导,建立多元化投入机制,保护矿区群众合法权益,是全面推进采煤沉陷区综合治理利用的有力保障。



## 参考文献(References):

- [1] 李树志.我国采煤沉陷土地损毁及其复垦技术现状与展望[J].煤炭科学技术,2014,42(1):93-97.  
LI Suzhi. Present status and outlook on land damage and reclamation technology of mining subsidence area in China [J]. Coal Science and Technology, 2014, 42(1): 93-97.
- [2] 李凤明.我国采煤沉陷区治理技术现状及发展趋势[J].煤矿开采,2011,16(3):8-10.  
LI Fengming. Curret status and development tendency of coal mining subsidence area treatment technology in China [J]. Coal Mining Technology, 2011, 16(3): 8-10.
- [3] 李斯佳,王金满,万德鹏,等.采煤沉陷地微地形改造及其应用研究进展[J].生态学杂志,2018,37(6):1612-1619.  
LI Sijia, WANG Jinman, WAN Depeng, et al. Micro-landform modification and its application in coal-mining subsidence area [J]. Chinese Journal of Ecology, 2018, 37(6): 1612-1619.
- [4] 黄元仿,张世文,张立平,等.露天煤矿土地复垦生物多样性保护与恢复研究进展[J].农业机械学报,2015,46(8):72-82.  
HUANG Yuanfang, ZHANG Shiwen, ZHANG Liping, et al. Research progress on conservation and restoration of biodiversity in land reclamation of coal mine [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery, 2015, 46(8): 72-82.
- [5] 中国煤炭学会.煤矿区土地复垦与生态修复学科发展报告:2016—2017[M].北京:中国科学技术出版社,2018.
- [6] 胡振琪,赵艳玲,赵 姗,等.矿区土地复垦工程可垦性分析[J].农业工程学报,2004(4):264-267.  
HU Zhenqi, ZHAO Yanling, ZHAO Shan, et al. Analysis of reclamation feasibility in land reclamation planning [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2004 (4): 264-267.
- [7] 胡振琪,张光灿,魏忠义,等.煤矸石山的植物种群生长及其对土壤理化特性的影响[J].中国矿业大学学报,2003,32(5):25-29,33.  
HU Zhenqi, ZHANG Guangcan, WEI Zhongyi, et al. Vegetation growth and its effect on soil physical and chemical properties in coal waste plies [J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2003, 32(5): 25-29, 33.
- [8] 胡振琪,戚家忠,司继涛.不同复垦时间的粉煤灰充填复垦土壤重金属污染与评价[J].农业工程学报,2003,19(2):214-218.  
HU Zhenqi, QI Jiazhong, SI Jitao. Contamination and assessment of heavy metals in fly ash reclaimed soil [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2003, 19(2): 214-218.
- [9] 王双明,范立民,黄庆享,等.榆神矿区煤水地质条件及保水开采[J].西安科技大学学报,2010,30(1):1-6.  
WANG Shuangming, FAN Limin, HUANG Qingxiang, et al. Coal water geological conditions and water conserving mining for Yushen Coal Mine Area [J]. Journal of Xi'an University of Science and Technology, 2010, 30(1): 1-6.
- [10] 王双明,范立民,黄庆享,等.陕北生态脆弱矿区煤炭与地下水组合特征及保水开采[J].金属矿山,2009(S1):697-702,707.  
WANG Shuangming, FAN Limin, HUANG Qingxiang, et al. Study on coal mining for protecting ecological water level in the ecological fragile mining area [J]. Metal Mine, 2009 (S1): 697-702, 707.
- [11] 顾大钊.能源“金三角”煤炭现代开采水资源及地表生态保护技术[J].中国工程科学,2013,15(4):102-107.  
GU Dazhao. Water resource and surface ecology protection technology of modern coal mining in China's energy "Golden Triangle" [J]. Engineering Sciences, 2013, 15(4): 102-107.
- [12] 顾大钊,张建民.西部矿区现代煤炭开采对地下水赋存环境的影响[J].煤炭科学技术,2012,40(12):114-117.  
GU Dazhao, ZHANG Jianmin. Modern coal mining affected to underground water deposit environment in west China mining area [J]. Coal Science and Technology, 2012, 40(12): 114-117.
- [13] 毕银丽,解文武,李少朋,等.不同条件下的硅酸盐细菌 C6X 菌株释钾效果[J].科技导报,2015,33(8):18-23.  
BI Yinli, XIE Wenwu, LI Shaopeng, et al. Potassium-dissolving effects of silicate bacteria C6X strain under different conditions [J]. Science & Technology Review, 2015, 33(8): 18-23.
- [14] 毕银丽,王 瑾,冯颜博,等.菌根对干旱区采煤沉陷地紫穗槐根系修复的影响[J].煤炭学报,2014,39(8):1758-1764.  
BI Yinli, WANG Jin, FENG Yanbo, et al. Effect of arbuscular mycorrhiza on root self-repairing action of Amorpha fruticosa L. in coal mining subsidence land in arid areas [J]. Journal of China Coal Society, 2014, 39(8): 1758-1764.
- [15] 毕银丽,陈书琳,孔维平,等.接种微生物对大豆生长及其根际土壤的影响[J].生态科学,2014,33(1):121-126.  
BI Yinli, CHEN Shulin, KONG Weiping, et al. Effect of microorganism inoculation on growth of soybean and its rhizosphere soil [J]. Ecological Science, 2014, 33(1): 121-126.
- [16] 李树志,刁乃勤.矿业城市生态建设规划与沉陷区湿地构建技术研究及应用[J].矿山测量,2016,44(3):65-69.  
LI Shuzhi, DIAO Naiqin. Research and application of ecological construction in mining industrial cities and wetlands construction in mining subsidence areas [J]. Mine Surveying, 2016, 44(3): 65-69.
- [17] 李树志.采煤沉陷区城市建设关键技术研究与应用[J].煤矿开采,2016,21(2):73-77.  
LI Shuzhi. Studying and application of key technology of urban construction in mining subsidence area [J]. Coal Mining Technology, 2016, 21(2): 73-77.
- [18] 白中科,郇文聚.矿区土地复垦与复垦土地的再利用:以平朔矿区为例[J].资源与产业,2008(5):32-37.  
BAI Zhongke, XUN Wenju. A case study on Pingshuo Mining Area: land rehabilitation and reutilization in mining districts [J]. Resources & Industries, 2008(5): 32-37.
- [19] 毕银丽,邹 慧,彭 超,等.采煤沉陷对沙地土壤水分运移的影响[J].煤炭学报,2014,39(S2):490-496.  
BI Yinli, ZOU Hui, PENG Chao, et al. Effects of mining subsidence on soil water movement in sandy area [J]. Journal of China Coal Society, 2014, 39(S2): 490-496.
- [20] 李 晶,韩 颖,杨 震,等.基于温度植被干旱指数的兖州煤田煤炭开采影响边界遥感提取[J].农业工程学报,2018,34(19):258-265.

- LI Jing, HAN Ying, YANG Zhen, *et al.* Identification of boundary by coal - mining influence on ecology by remote sensing in Yanzhou coalfield based on temperature vegetation drought index [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2018, 34(19): 258-265.
- [21] 陈俊杰, 邹友峰, 郭文兵. 厚松散层下沉系数与采动程度关系研究[J]. 采矿与安全工程学报, 2012, 29(2): 250-254.
- CHEN Junjie, ZOU Youfeng, GUO Wenbing. Study on the relationship between subsidence coefficient and mining degree under a thick alluvium stratum [J]. Journal of Mining & Safety Engineering, 2012, 29(2): 250-254.
- [22] 李树志, 高荣久. 塌陷地复垦土壤特性变异研究[J]. 辽宁工程技术大学学报, 2006, 25(5): 792-794.
- LI Shuzhi, GAO Rongjiu. Variability of reclaimed soil properties in subsided land [J]. Journal of Liaoning Technical University, 2006, 25(5): 792-794.
- [23] 鲁叶江, 李树志. 近郊采煤沉陷积水区人工湿地构建技术: 以唐山南湖湿地建设为例[J]. 金属矿山, 2015(4): 56-60.
- LU Yjiang, LI Shuzhi. Constructed wetlands technologies in suburb mining subsidence seep area: a case study in south lake of Tangshan [J]. Metal Mine, 2015(4): 56-60.
- [24] 李树志, 白国良, 田迎斌. 煤矸石回填地基的环境效应研究[J]. 地球科学与环境学报, 2011, 33(4): 412-415, 420.
- LI Shuzhi, BAI Guoliang, TIAN Yingbin. Study on environmental effect of foundation backfill with coal gangue [J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2011, 33(4): 412-415, 420.
- [25] 郭友红, 李树志, 高均海. 不同年度复垦土壤微生物研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(16): 8575-8576, 8647.
- GUO Youhong, LI Shuzhi, GAO Junhai. Study on microorganism of reclaimed soil in different years [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2010, 38(16): 8575-8576, 8647.
- [26] 陈利生, 李学良. 采煤塌陷区煤矸石回填复垦技术[J]. 金属矿山, 2014(9): 137-141.
- CHEN Lisheng, LI Xueliang. Techniques of gangue backfilling and reclamation in subsidence region of coal mined [J]. Metal Mine, 2014(9): 137-141.
- [27] 鲁叶江. 压实处理对矸石充填复垦土壤水分的影响[J]. 煤炭科学技术, 2010, 38(11): 125-128.
- LU Yejiang. Compaction treatment affected to moisture content of coal reject backfilling reclaimed land [J]. Coal Science and Technology, 2010, 38(11): 125-128.
- [28] 姜升, 刘立忠. 动态沉陷区建筑复垦技术实践[J]. 煤炭学报, 2009, 34(12): 1622-1625.
- JIANG Sheng, LIU Lizhong. Practice of land reclamation technique by constructing buildings in dynamic subsidence area [J]. Journal of China Coal Society, 2009, 34(12): 1622-1625.