

漂浮城镇

FLOATING TOWN

贾宁 胡伟 著 ■ 采煤沉陷水域的治理与再造

中国建筑工业出版社

漂浮城镇

采煤沉陷水域的治理与再造

贾宁 胡伟 著



中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

漂浮城镇：采煤沉陷水域的治理与再造/贾宁，胡伟
著. —北京：中国建筑工业出版社，2018.3
ISBN 978-7-112-21721-2

I. ①漂… II. ①贾… ②胡… III. ①煤矿开采-采空
区-城市建设-研究-中国 IV. ①TU984.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 331279 号

本书从采煤沉陷水域的治理与开发建设相结合的角度，以生态学、资源利用、土木工程、市政工程、城市规划、建筑学等相关理论为基础，融合多个学科进行交叉研究，综合采用理论分析、模拟实验、数字模型、数值验算和实体模型等方法，系统介绍了漂浮城镇构建的背景和基础、建造模式及技术方法、城镇建设规划、市政设施以及推广应用等方面的内容。

* * *

责任编辑：何楠 徐冉

责任校对：李美娜

漂浮城镇

采煤沉陷水域的治理与再造

贾宁 胡伟 著

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京海淀三里河路9号)

各地新华书店、建筑书店经销

北京科地亚盟排版公司制版

北京建筑工业印刷厂印刷

*

开本：787×1092 毫米 1/16 印张：13½ 字数：335 千字

2018年6月第一版 2018年6月第一次印刷

定价：59.00 元

ISBN 978-7-112-21721-2
(31572)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题，可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前言

多年的煤炭开采导致地表大面积沉陷,尤其在黄淮平原的高潜水位矿区,形成了库容量较大的沉陷水域,且仍在持续扩大。目前,针对采煤沉陷水域的治理,主要是局部的环境整治和生态重建,全方位或结合开发建设的治理还未被关注。

本书从采煤沉陷水域的治理与开发建设相结合的角度,以生态学、资源利用、土木工程、市政工程、城市规划、建筑学等相关理论为基础,融合多个学科进行交叉研究,综合采用理论分析、模拟实验、数字模型、数值验算和实体模型等方法,对漂浮城镇构建的背景和基础、建造模式及技术方法、城镇建设规划、市政设施以及推广应用等方面进行系统介绍。全书共分为7章,主要内容为:

第1章 绪论。对漂浮城镇的构建背景、研究目的及意义,以及基本构建思路,进行整体概述。

第2章 漂浮城镇的构建环境与基础。从沉陷水域治理和城镇建设需求出发,对漂浮城镇的构建环境和构建基础进行详细研究,通过必要性与可行性分析,确立在沉陷水域构建漂浮城镇的基础条件。

第3章 漂浮城镇的建造模式与技术方法。根据沉陷水域的水体环境和地质特征,基于建造结构和力学分析,提出漂浮城镇建造的基本原理和建造方法,给出适合的漂浮结构形式,通过有限元模拟分析和力学计算,确立漂浮城镇的建造模式和技术体系。

第4章 漂浮城镇的建设规划。基于漂浮城镇的建造模式和沉陷水域的基本特征,制定城镇的建设原则和规划准则。遵循“以点带面、分期规划”的建设思路,按照布局组团化、功能复合化、建设集约化、产业高端化、环境“田园”化的原则,建立城镇的形态布局 and 空间结构体系,与周边沿岸及外围区域形成“新型有机群落”和“特色发展圈”,协同共促,构成系统的生产生活和建设运营模式。并通过三维数字化模拟技术,搭建城镇建设的应用模型及框架体系。

第5章 漂浮城镇的市政工程规划。针对漂浮城镇的建造方式和规划布局特征,对城镇的交通系统、水系统、能源动力系统、管线系统、环境卫生系统等市政基础设施进行整体规划。按照“同步发展、适度超前”的基本思路,通过生态创新技术和物质能源的再生利用,建立可持续的基础设施体系,构建适合于漂浮城镇的市政基础设施模式。

第6章 漂浮城镇的应用分析。根据漂浮城镇规划建设的技术路线,对其推广应用进行分析与论证,确立其发展模式及体系、指出其应用方向及价值、分析其应用效益、预估其建造成本并给出资金筹措办法,形成相对完善且适于推广的系统模式。

第7章 结语与展望。书中以构建采煤沉陷水域的漂浮城镇,作为一种独特的资源利用方式,为广大未稳沉区的开发利用拓展新的路径,为沉陷区治理提供全新视角,同时解决矿区的环境问题、经济问题、三农及社会问题,一项举措多方受益,最大程度地促进经

济、环境和社会的协调发展，提供一种新型的中国特色矿区治理和城乡建设模式。尤其是在我国人地资源紧张的迫切形势下，对于缓解人地矛盾、坚守耕地红线、促进新型城镇化和区域可持续发展、建设生态宜居的“美丽中国”等具有重要的研究价值和现实意义。

鉴于著书时间及作者水平有限，加之学科发展迅速、研究成果日新月异，书中不妥之处，恳请读者批评指正。

目 录

前言

1 绪论	1
1.1 漂浮城镇的构建背景	1
1.1.1 沉陷水域有待开发利用	1
1.1.2 利用方式需要更新转变	1
1.2 漂浮城镇的构建目标	2
1.3 国内外相关研究分析	3
1.3.1 沉陷水域的研究进展	3
1.3.2 水上漂浮的研究进展	14
1.4 漂浮城镇的构建思路	32
1.4.1 主要内容	32
1.4.2 基本方案	33
1.4.3 构建方法	34
2 漂浮城镇的构建环境与基础	43
2.1 构建环境	43
2.1.1 区域概况	43
2.1.2 存在的主要问题	50
2.2 构建基础	52
2.2.1 必要性分析	52
2.2.2 可行性分析	58
2.3 本章小结	62
3 漂浮城镇的建造模式与技术方法	64
3.1 建造原理及模式	64
3.1.1 基本原理	64
3.1.2 建造模式	64
3.1.3 技术特点	67
3.1.4 制作施工	67
3.2 建造材料	69
3.2.1 上部建筑材料	69

3.2.2 漂浮基座材料	71
3.3 结构与计算	72
3.3.1 基本条件	72
3.3.2 结构选型	72
3.3.3 建筑荷载	73
3.3.4 上部建筑结构设计	74
3.3.5 漂浮基座结构设计	83
3.3.6 漂浮道路结构设计	87
3.3.7 系泊结构设计	90
3.4 有限元模拟分析及验证	101
3.4.1 3层建筑	101
3.4.2 6层建筑	103
3.4.3 漂浮小区	106
3.5 本章小结	108
4 漂浮城镇的建设规划	109
4.1 发展战略与建设原则	109
4.1.1 功能定位	109
4.1.2 建设目标	110
4.1.3 规划战略	113
4.2 城镇基本形态	114
4.2.1 基本形态特征	114
4.2.2 空间建构原则	115
4.3 城镇空间结构	116
4.3.1 功能布局	117
4.3.2 用地规划	120
4.3.3 空间要素	128
4.4 本章小结	142
5 漂浮城镇的市政工程规划	143
5.1 道路系统	143
5.1.1 道路网络划分	143
5.1.2 综合交通规划	146
5.1.3 绿色交通体系	147
5.1.4 主要交通设施	150
5.2 水系统	151
5.2.1 建设原则	151
5.2.2 水系统组成	151
5.2.3 水系统管理与控制	161

5.3 能源动力系统	162
5.3.1 水能	163
5.3.2 太阳能	164
5.3.3 生物质能	165
5.3.4 绿色智能漂浮建筑	167
5.4 工程管线系统	171
5.4.1 系统特点	171
5.4.2 基本组成	172
5.4.3 管网区分	172
5.4.4 管线布置	173
5.4.5 管材选择	174
5.5 环境卫生系统	174
5.5.1 科学收集系统	175
5.5.2 高效处理系统	177
5.5.3 回收再生系统	178
5.5.4 固体废物处置	179
5.6 其他市政配备	179
5.6.1 电力系统	179
5.6.2 供热系统	180
5.6.3 通信系统	182
5.6.4 安全与防灾系统	183
5.7 相关辅助工程	184
5.7.1 贯通水系	184
5.7.2 引淮入湖	185
5.7.3 驳岸护坡	185
5.8 本章小结	186
6 漂浮城镇的应用分析	187
6.1 发展模式及应用体系	187
6.1.1 建立循环经济的生态产业体系	187
6.1.2 建立良性共生的生态环境体系	188
6.1.3 建立持续发展的区域协调体系	188
6.2 应用方向及价值	190
6.2.1 应用方向	190
6.2.2 应用价值	190
6.3 成本预估与资金筹措	193
6.3.1 基本成本预估	193
6.3.2 依靠政府推动与加强市场运作相结合	193
6.3.3 集合专项基金与统筹规划管理相结合	194

6.3.4 创新金融机制与保障建设资金相结合	194
6.4 效益分析	194
6.4.1 生态效益	195
6.4.2 社会效益	195
6.4.3 经济效益	195
6.5 本章小结	196
7 结语与展望	197
参考文献	199

1 绪 论

1.1 漂浮城镇的构建背景

1.1.1 沉陷水域有待开发利用

作为发展中国家,煤炭一直是我国的第一能源,是我国城市经济乃至整个国民经济的重要“增长极”,曾为现代化建设作出了巨大和不可替代的贡献。但在这贡献背后,是对生态环境的极大破坏——形成大量的采空沉陷区。目前,全国采煤沉陷土地面积已达到 80 万 hm^2 ,且仍以约 6 万~7 万 hm^2 /年的速度递增^[1],其中 70%左右为沉陷积水区域^[2],尤其在黄淮平原的高潜水位矿区,常年积水已经形成了大规模的沉陷湖泊(图 1-1)^[3]。未来直至 2050 年,煤炭在我国一次能源中的比重仍将不低于 50%,由此造成的地表沉陷及积水面积还将持续扩大^[4]。

反观当下对采煤沉陷区的开发利用却仅占总量的 5%~10%^[5],而沉陷水域利用比率则更低。大多是在沉陷地治理的基础上,对有限的部分水域进行环境整治和生态重建,其形式多以湿地景观开发或农渔经营为主^[6]。大量的沉陷水域仍长年处于荒废状态,富营养化及严重污染,耕地退化、盐碱化等问题接踵而至,致使矿区生态环境不断恶化^[7],进而诱发一系列的社会、经济问题,造成城市发展困境。

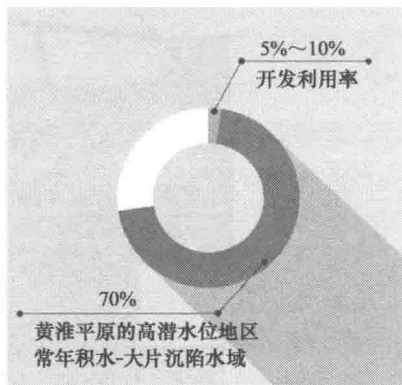


图 1-1 采煤沉陷区开发利用比重图

1.1.2 利用方式需要更新转变

伴随城镇化和工业化进程的加快,我国建设用地需求不断加大,加之人多地少的国情和保护耕地的政策,土地供需矛盾日益突出,土地承载力已接近极限,水土资源严重告急。与此同时,十八大确立的推动资源利用方式的根本转变、优化国土空间格局、走中国特色的新型城镇化道路、建设生态文明的“美丽中国”——为我国未来发展指明了重要方向,也对矿区治理建设提出了新的要求。采煤沉陷区的整治工作是资源型城镇发展的重要环节,如何因地制宜地立足于资源禀赋,使沉陷区建设最大程度地促进地方经济、环境、社会的协调发展,成为其治理的重点和难点。因此,为解决新形势下的诸多问题,迫切需要新视角、新理念和新模式。

1.2 漂浮城镇的构建目标

针对采煤沉陷水域这一特殊水体及其所在区域面临的具体问题,本书从水土资源利用及沉陷区治理需求出发,立足于时代和环境发展的全新居住理念,将沉陷水域的开发利用与居住功能及城镇建设相结合,直接利用沉陷水域拓展用地空间,因地制宜地探寻一种新型的城镇形态和生活模式(图 1-2)——漂浮城镇,构建一个综合考虑空间结构、产业格局、生态系统的超前现代、绿色循环、惬意养生的宜居之所(图 1-3)。尝试以一种措施统筹兼顾多项治理方式,达到多方循环互促、共同发展。以漂浮城镇为核心辐射隔水岸边,形成湖中现代城镇、环湖服务村落,水陆共促的“新型有机群落”,同时与外围城市形成“特色发展圈”,协调区域发展,构成新型城镇化的特色模式,逐步发展为一种全新的居住理念和系统的生产生活方式。

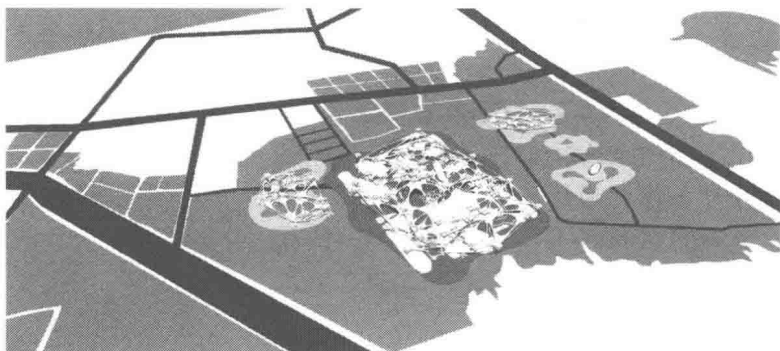


图 1-2 城镇的水上漂浮形态

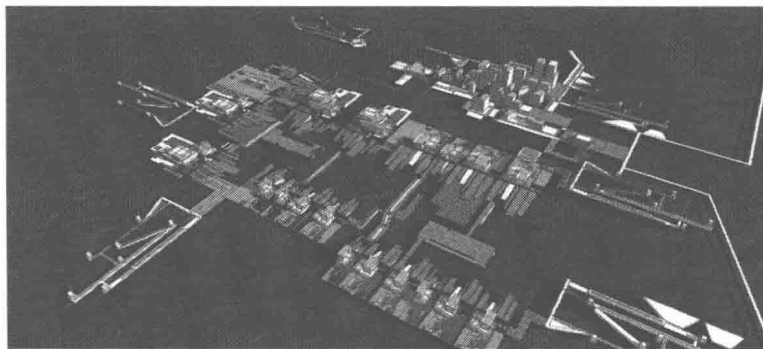


图 1-3 漂浮城镇的空间布局

全书在理论研究的基础上,针对采煤沉陷水域面临的现实问题,创造性地提出构建漂浮城镇的解决方案,突出理论性、科学性、可操作性和创新性:

(1) 从全新视角探索沉陷水域的开发利用方向,充分挖掘资源的潜在利用价值,创造性地将沉陷水域利用与居住功能、城镇建设相结合,拓展生存空间,以一种新路径实现资源利用方式的革新,探索建设用地的新模式。

(2) 基于建造结构和力学分析,提出漂浮建造的基本原理和建造方法,通过模拟实

验、数字模型、实体模型和数值验算，确立了漂浮城镇建造的技术体系。

(3) 根据漂浮建造模式和沉陷水域的基本特征，制定城镇的建设原则和规划准则，通过三维数字化模拟技术，建立漂浮城镇的基本形态和空间结构体系，搭建城镇建设的框架模型，构建适合于漂浮城镇的市政基础设施模式。

通过对实地环境的数据模拟，建立数字模型、制作实体模型、进行模拟试验（图 1-4、图 1-5），得出具有一定导向作用的解决方案和建设思路，为广大未稳沉区的开发利用拓展新的视角，从中探索我国平原高潜水位矿业城镇建设的普适性模式，尝试为相关地区量身定做一套切实可行的规划方案，为类似问题的解决提供有益的理论支撑和科学参考，也为未来城镇的可持续发展与空间重构提供资料准备，具有较强的理论和现实意义。

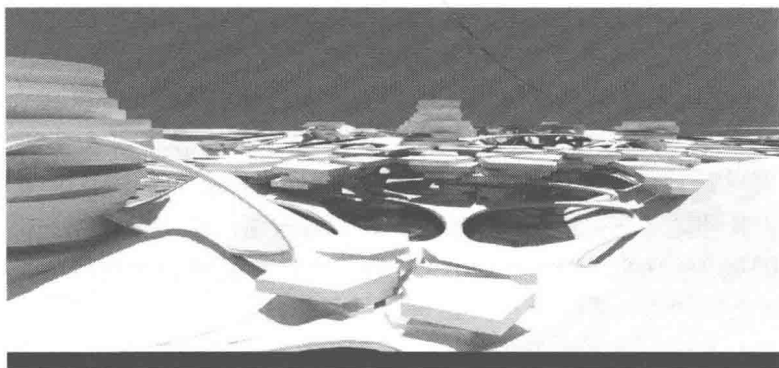


图 1-4 漂浮城镇的三维数字模型

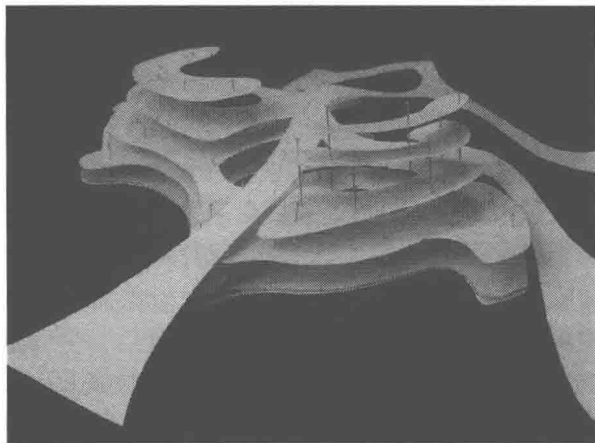


图 1-5 漂浮城镇的实体制作模型

1.3 国内外相关研究分析

1.3.1 沉陷水域的研究进展

沉陷水域作为采煤沉陷地的特殊产物，其研究正是伴随沉陷区的综合治理而逐步发展

起来的。

(1) 国外进展

① 治理历程

a. 自发起步阶段 (18 世纪中期~20 世纪上半叶)

国外对采矿区的治理起步较早,可以追溯到 18 世纪。1766 年,德国就明确要求采矿者有义务对矿区进行治理并植树造林。20 世纪 20 年代初,开始对露天开采褐煤区植树绿化^[8]。美国印第安纳煤炭生产协会在 1918 年就自发地在煤矸石堆上进行种植试验。《1920 年矿山租赁法》明确要求保护土地自然环境。1939 年随着西弗吉尼亚州第一个管理采矿的法律——《复垦法》(Land Reclaim Law)的颁布,印第安纳州、伊利诺伊州等州先后制定了关于露天开采和土地复垦的法律,矿区环境修复逐步走上有法可依的轨道。此后,欧洲开始与北美一起开展生态恢复的研究,针对不同的环境问题如水体、矿山、水土流失等,通过应用工程和生物措施,对沉陷区水环境进行恢复和治理工作^[9]。

b. 科学深入阶段 (20 世纪 50~70 年代)

20 世纪下半叶起,世界各国纷纷采取政策,制定了有关矿山土地复垦方面的法律和法规,对废弃矿区进行整治,采取多种措施防止土地荒芜,减少对自然环境的破坏,主要集中在生态植被系统的恢复。20 世纪 50~60 年代,随着矿区生态环境修复法规的制定和修复工程实践活动的加速,矿区治理开始进入科学修复时代^[10]。70 年代后,采煤沉陷区的生态恢复研究由单纯的土壤生产力恢复和环境修复上升到生态系统的恢复层面,融合采矿学、地质学、地理学、土壤学、农林学等多学科为一体,成为多学科、多行业、多部门联合协作的系统工程,形成了比较完整的法律体系和管理体系,建立起相关的土地复垦企业、科研机构、学术团体等。许多企业自觉地把土地复垦纳入采矿设计、施工和生产过程中。1975 年,召开了具有里程碑意义的“受损生态系统的恢复”国际会议,首次专门讨论了受害生态系统的恢复和重建等许多重要的生态学问题^[11]。1977 年,美国政府颁布的《露天采矿管理与复垦法》(Surface mining Control and Reclamation Act)成为一部对采煤沉陷区治理具有标志性意义的法律,随后沉陷区生态治理研究开始走向深入^[12,13]。大规模的复垦工程在这一时期普遍展开,除了进行系统绿化外,还在水土改造、施工技术等领域取得了大量成果和成功经验。

c. 蓬勃开展阶段 (20 世纪 80~90 年代)

20 世纪 80 年代,许多工业发达国家的矿区生态环境修复步入蓬勃发展的轨道^[14-16]。80 年代中后期,沉陷区的破坏影响突出显现,如土地的断裂和下陷、地下水位的下降、地表生长植物的死亡等,生态环境难以恢复,沉陷区地表环境研究进入全球性阶段^[17]。80 年代末至 90 年代,矿区土地复垦的理论研究处于高潮时期。生态学观点在矿区环境恢复中被大量引入,开始综合考虑生态景观美化、人与自然和谐、可持续性发展等问题^[18,19]。1992 年,巴西世界联合国环境与发展大会制定了实施可持续发展的《21 世纪议程》,采煤沉陷地的生态治理工作更加引起世界各产煤国家的普遍重视。美国、澳大利亚、波兰、俄罗斯、英国、加拿大等国家,分别通过法律和行政手段成立了相应的管理机构,规范土地复垦,综合运用经济和技术措施,开发利用煤矿沉陷地,取得了良好效益。1993 年,《Restoration Ecology》杂志在美国创刊,与恢复生态学有关的主要学术刊物还有《Ecological Restoration/North American》(即原《Restoration & Management Notes》)、

《Land Degradation & Development》、《Conservation Biology》^[20,21]。1996年,在美国召开了国际恢复生态会议,专门探讨了矿山废弃地的生态恢复问题。亚洲的日本、韩国制定了土地资源开发利用的法律法规,并积极给予资金和技术上的支持,实施了一系列的生态修复工程,并取得了一定成效^[22]。随着相关的技术发展和法制完善,欧洲、北美发达国家的土地复垦率显著提高,沉陷水域的环境修复也逐渐成为矿区生态恢复的一部分。

d. 活跃发展阶段(21世纪至今)

进入21世纪以来,矿区生态治理的研究愈发活跃,涉及面较广,沉陷水域正式纳入矿区生态恢复的综合治理^[23]。这一时期的研究主要包括:采矿沉陷地对生态环境的影响机制与生态环境恢复策略^[24-30];土地复垦与其他环境因子对生态恢复的影响^[31-34];3S等技术在沉陷地复垦中的应用^[35-38];生物技术及植被恢复在沉陷地重建中的应用^[39-44]等。有关沉陷水域的水质环境监测及水生物的系统研究逐渐增多,对水体的富营养化及水污染提出了解决方案。如Zhou W F就沉陷对水污染影响方面进行了分析和探讨;Mazej Z等以采煤造成的人工湖为例,监测重金属在食物链中的含量^[45];Bukowski P、Bromek T、Augustyniak I利用DRSTIC分类系统对波兰采沉陷区的水质进行监测,发现该区域水质随着沉陷年限的增加逐渐变劣,矿井水及煤矸石淋溶液是主要污染源^[46];Younger P L、Christian W还运用现代技术对沉陷区的水质进行监测与评价,提出了沉陷水域利用与管理措施^[47]。

② 实践措施及典型案例

伴随传统工业的衰退和环保意识的加强,矿区治理在20世纪70年代成为关注的焦点,其生态恢复问题得到重视。尤其在20世纪90年代后,在全球土地资源紧缺、矿区恢复技术日渐成熟的条件下,随着对环境和可持续发展问题的关注,各国改造矿区的热潮随之而来,开发方式也趋显多样化。

美国:井工开采比例为38%,以房柱式为主,沉陷系数小。其土地复垦研究是世界上最活跃、技术水平也比较高的。主要研究露天煤矿的复垦,对复垦土壤的重构与改良、再生植被、侵蚀控制和农林等方面的研究比较深入,成立了“国家矿山土地复垦研究中心”(NMLRC)。通过州立公园和国家公园的形式对矿区进行生态更新,并对工业历史遗迹进行保护,如西弗吉尼亚的罗根州立公园(Chief Logan State Park)。由于人少地多,治理目标偏向于生态环境的保护,以景观利用为主,强调恢复破坏前的地形地貌,以大地艺术的方式循环利用土地和水资源,促进矿区的治理恢复^[48]。对开采沉陷区的治理:一是复垦,二是作为湿地加以保护。复垦方法主要为挖沟降水、回填或二者相结合,回填材料包括客土回填及采选矸石。客土回填的土地用作农作物种植,而使用矸石等废弃物经过机械分层压实后回填的土地,大多用于植被恢复或娱乐休闲,如弗吉尼亚沉陷区矸石回填的种植复垦、蒙大拿州Anaconda矿区改造的高尔夫球场、普莱亚斯改建的美国最大反恐演习场。

德国:以露采为主,作为世界上重要的采煤国家之一,对矿山的生态恢复、保持农林面积十分重视,复垦后多用于农业耕作和林地,创立了混合型土地复垦模式,将农林用地、水域环境、景观及微生态循环协调,为人和动植物提供生存空间^[49]。1991年,欧洲大地艺术、装置艺术和多媒体艺术双年展在科特布斯附近一个废弃露天矿区举行,标志着通过景观手法对矿区进行新探索的开始。2000年,德国汉诺威世博会项目“德绍-比特费尔德-维滕贝格区域规划”,以创造新生活和促进经济转型为目标的36个规划方案都选址

在废弃矿区,第一次依照生态和景观设计需要对矿区再利用做出新的诠释^[50]。其突出特点表现在对公共空间保护和公共景观改造后,形成崭新的、高品质的后工业景观,如在莱茵,农林复垦使区内景色和周边环境协调一致,为居民提供了适宜的疗养、休息及景观场地;在科特布斯,生态学的思想渗透到景观设计领域,将废弃设施的再利用、资源的循环使用和对自然再生植被的保护相结合,以巨大的废弃矿坑为背景,塑造大地艺术作品,更新项目在进行技术改造和生态恢复的同时,挖掘原有特质,形成具有鲜明地方特征的景观,尝试了景观艺术创作的途径,为矿山治理重建开拓了崭新思路;在劳齐茨,水体成为景观规划的一部分,尝试利用水上浮动小屋构成景观节点,发挥独特的景观元素作用;在鲁尔,通过水环境治理,营造出湖泊、陆地、动植物和谐共存的生态空间,成为人们游玩休闲的自然保护区^[51,52],开发为集博物馆、购物旅游、休闲景观于一体的利用模式,由传统的工业区转变为现代科学园区、工商发展园区、服务产业园区等新形式^[53]。Bell F G、Stacey T R、Genske D D就鲁尔区从19世纪80年代到20世纪末采煤沉陷对环境的影响进行了论述^[54];诺德斯顿公园(Nordstern park)作为国际建筑展埃姆舍公园(Froscher Park)的重要项目之一,保留了矿区大部分设施,建造公园和居住区,并在原有矿坑地形的基础上,进行大地艺术的处理;科隆市西郊在采煤沉陷地营造出既有沼泽又有林地的生态环境,成为大批野生水鸟和动物的聚集地。

澳大利亚:采矿业是其主导产业,矿山生态恢复成为开采工艺的一部分,并作为一种行业发挥作用。其生态恢复工程已经成为一项周密的完整系统,不仅合理安排土地恢复功能,而且注重防止矿山废弃物的浸滤对地下水系产生影响。在生态恢复的排水工程设计上,除必须防止对地表水系的污染外,还强调将排水管网系统构成一个合理的排水模式,最终排泄径流位置根据周围水系河道而定。多专业的联合投入、高科技的指导支持以及多模式的综合采用较好地实现了土地和水环境的生态恢复。

英国:作为较早开展沉陷区复垦的国家之一,其主要以污染地的复垦和矿山固体废弃物为重点,复垦方向为植被恢复及景观利用^[55-58]。如以废旧黏土大矿坑建造的“伊甸园”成为英国新千年庆典工程之一,建立了世界上最大的温室植物园,每年吸引大批游客,所得收入用于园内植物研究。英国矿业与环境委员会还将沉陷洼地开发为林地、草地、农地、娱乐场所和野生动物栖息地等。

捷克:沉陷量较小的地区,采取局部回填或平整的方式进行土地利用,填充复垦后80%~90%用于农业和林业^[59];沉陷量较大的地区,将沉陷坑用作蓄水池。

法国:由于工业发达、人口稠密,其对土地复垦提出保持农林面积的要求,并要求恢复生态平衡、防止污染。

波兰:井工开采比例达68%,开采方法与我国类似,但人地矛盾并不突出,因此其研究偏重于生态恢复,集中在露天矿和矸石山的复垦,主要用于种草和植树。

此外,加拿大、南非等国家对矿区土地复垦的研究也十分深入,复垦技术也比较先进^[60-67]。近年来,美国、澳大利亚等一些学者提出把多种自然环境因素引入城市地域,如在城郊兴建水库、河湖和大面积绿化带,净化空气和吸收噪声,吸引自然界生物与人类和谐共生^[68]。

③ 国外小结

总体来看,国外对采煤沉陷区的治理主要集中在对沉陷地的生物复垦方面,以恢复生

态环境为主。对沉陷水域的研究,以湿地保护、建立公共景观为主,集中在水环境监测和水质研究方面。美国、德国、英国等发达国家的土地复垦率已经达到70%以上。研究成果主要有两大方向,一是沉陷的源头控制,二是采煤后的治理。研究重点集中在复垦土壤的侵蚀、熟化和培肥,复垦土地的植被更新技术,土地复垦和生态重建的长效性和可持续性监测,矿山复垦与矿区水资源及其他环境因子的综合考虑等方面^[69-72]。复垦后的土地多用于绿化植树。其研究对象的广泛性、开发模式的多样性、规划方法的创新性和集成性以及区域协调的思想,为我国采煤沉陷区综合治理提供了一定参考。

但值得注意的是,由于国外矿区多为露采,井工开采比例不高,且治理与开采同步进行,沉陷地积水问题并不突出,其治理重点集中在露天采矿区和矸石山方面^[73-83];加之国外相对地广人稀,人均占地面积较大,因此,对沉陷水域的研究都偏向于生态环境的保护,以恢复生态环境和建立湿地景观为主^[84-87],大多是为水资源利用而进行的水质情况研究^[88-94]。由此看来,各国沉陷区治理有着各自不同的特点和模式,差别来自于不同的社会经济环境、国情需求、面临的具体问题等诸多因素。对采煤沉陷水域的开发与利用,还需针对我们的特殊国情,进行专门的研究。

(2) 国内进展

① 治理历程

a. 自发试验阶段(20世纪50~70年代)

我国自20世纪50年代起,开始关注采煤沉陷地的治理开发。起初个别厂矿及科研单位自发进行小规模修复工作,通过填埋、刮土、复土等简单措施将退化土地改造成耕地,实现矿区土地的可耕性土壤修复。随后70年代,东部平原煤矿区农民开始进行小规模的沉陷区水面养殖和种植,或以煤矸石充填后作为基建用地,成为沉陷水域利用的最初尝试。

这一时期,基本是零星分散、小规模和低水平的生态恢复,主要目的是改善环境、维护矿区安全、缓解土地需求压力。采矿企业生态环境保护意识淡漠,技术体系以及资金短缺,从事这方面的研究机构和人员也很少。没有统一的管理和领导,也没有相应的法律法规要求,缺乏生态恢复的理论研究。矿区环境的恶化趋势没有得到有效的遏制。

b. 整体有序阶段(20世纪80~90年代)

20世纪80年代以后,随着改革的深入和社会经济的发展,工业、采矿、建筑等行业占地急剧增加,加之人口的急剧膨胀使人均占有耕地日益下降,人地供需矛盾越来越突出。珍惜和节约每寸土地的观念越来越受到重视,矿区治理和土地复垦问题也受到政府及有关部门乃至全社会的关注。1985年,在淮北召开了第一次全国土地复垦学术讨论会。1986年,国家颁布的《土地管理法》明确规定了土地复垦的任务。1987年成立了土地复垦研究会。在较大规模理论和政策的介入下,我国矿区的治理工作取得了较大进展。以马恩霖等人编译的《露天矿土地复垦》和林家聪、陈于恒等翻译的《矿区造地复田中的矿山测量工作》两部著作作为标志,我国开始在借鉴国外经验的基础上,结合煤矿开采沉陷特点和自然条件,开展了复垦技术和土地复垦模型研究。最初的矿区土地复垦模式适用于不同类型破坏土地的复垦技术,主要是指工程技术,不包括近年来提出的生物复垦技术及复垦土地经营管理模式。矿区土地复垦模式局限于东部矿区,对沉陷水域的利用并未作为专门的研究方向,仅是在土地复垦之余,将极小部分浅水区回填为土地,尚未有深入的利用规划。

1988年出台的《土地复垦规定》和1989年颁布的《中华人民共和国环境保护法》标志着矿区生态环境修复步入法制化轨道,确立了“谁破坏、谁复垦”的原则。这一阶段经历了从自发性零星复垦到自觉性有计划复垦、从单一复垦到多种形式复垦、从无组织到有组织、从无法可依到有法可依的巨大变化,土地复垦和生态修复进一步得到重视^[95]。矿区土地复垦工作全面开展,土地修复更加系统化,开始关注矿区稳定利用土地资源和基本环境问题治理,沉陷区恢复的速度和质量有了较大的提高,取得了一定的研究成果,如采煤沉陷地综合修复技术、建筑抗变形理论、预报警系统等。

从1989年到1991年,国土部门先后在河北、江苏、安徽、山西、湖南、辽宁等省设立了23个土地生态恢复试验点和生态恢复综合示范工程,各省市建立了许多生态恢复的示范基地,取得了大量生态恢复的经验和技术成果^[96-102]。1998年国土资源部成立后,由国家专门机构负责采煤沉陷区治理工作。1999年新修订的《土地管理法》出台,实行占用耕地补偿制度,大大地推动了沉陷地的复垦发展,矿区治理研究空前活跃起来,研究文献成倍增长,主要研究成果涉及:矿区治理规划理论和方法、高潜水位矿区生态工程复垦、土地复垦政策与战略、矸石山植被与复垦、开采沉陷对耕地的破坏机理与对策研究、采煤沉陷区治理的经济效益等。如下正富等深入探讨了采煤沉陷地基塘复垦系统与珠江三角洲基塘系统,与挖深垫浅复垦方法进行比较,提出了基塘复垦模式的概念^[103]。顾和提出沉陷土地的可持续利用实质就是土地的持续高效利用^[104]。这一时期,参与研究人员涉及采矿、地质、测量、农学、地理学、土壤学、环保、水利、生态学、土地规划与利用、林学等多专业。在长沙黑色矿山设计研究院、冶金设计研究总院、煤科院唐山分院、中国矿业大学、山西农业大学、中国科学院地理研究所及生态环境研究中心、北京大学等单位均有专门的土地复垦研究室(或课题组)。研究队伍的专业化、多学科化和高层次化使矿区治理研究取得了长足的进展。

但是由于利益的驱动,复垦远远跟不上破坏,破坏的权力与复垦的责任不明确,致使土地破坏引发的问题更加尖锐。在沉陷水域的处理上,仅是对少部分水域进行水质监测,以水环境治理为主。采煤沉陷区治理仍有很多问题需要解决,选择何种修复方式仍然是专家学者所关注的焦点。

c. 蓬勃发展阶段(21世纪至今)

随着各级政府、专家和学者对采煤沉陷引发问题的高度重视,煤矿区土地破坏问题列入国民经济和社会发展“十一五”计划生态建设和环境保护重点专项规划,开始了景观生态复垦研究阶段。对沉陷地的治理改变了过去以恢复采矿受损土地为重点的土地复垦理念,更加关注矿区的景观生态协调和社会的可持续发展,逐渐把土地复垦与生态重建的理论与实践紧密结合起来,扩展了土地复垦的概念、内涵、边界及其学科体系的探讨,由单纯强调将毁损土地恢复到可利用状态,到注重整个矿区生态修复及重建,趋向于更加综合地涉及社会经济的生态问题或复合生态问题^[105]。

这一时期采煤沉陷地复垦工作在人地矛盾突出的安徽、江苏、山东、山西、河南和辽宁等地表现较为明显,枣庄、兖州、大屯、淮南、淮北、徐州等成为治理复垦的代表地区。矿区土地复垦方向主要是生态重建,以生态农业为特色的农田景观重建成为多数矿区生态重建的选择。特别是东部黄淮平原沉陷深、规模大且集中,高潜水位和气候降水形成了大规模沉陷水域,其治理工作愈发受到关注。通过对部分可利用的沉陷水域挖深垫浅,