



国土资源管理研究丛书（一）

矿区土地破坏与 复垦整治研究

● 陈龙乾 刘振田 笪建原 李巨龙 等著

中国大地出版社

国土资源管理研究丛书 (一)

矿区土地破坏与复垦整治研究

陈龙乾 刘振田 等著
笪建原 李巨龙

中国大地出版社
· 北 京 ·

内 容 提 要

本书分上、下两篇,分别对煤矿塌陷地破坏机理及其合理复垦利用技术,以及矿井采动地表水害与废弃地综合治理技术进行了著述。主要内容包括煤矿塌陷地破坏机理研究、煤矿塌陷地合理复垦利用决策、煤矿塌陷地煤矸石充填复垦技术、煤矿塌陷地泥浆泵复垦技术、煤矿塌陷地泥浆泵复垦土壤特性及其质量评价、灰岩浅截大帷幕注浆技术、残存防水煤柱注浆技术、废弃地充填复垦技术等。本书可供土地、资源、环境、采矿、测量、地质、水文等方面的科研、工程技术及管理人员阅读,也可作为高等院校相关专业师生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

矿区土地破坏与复垦整治研究/陈龙乾等著. - 北京:中国大地出版社,2003.3
(国土资源管理研究丛书;1)
ISBN 7-80097-523-1

I. 矿… II. 陈… III. 复土造田—研究 IV. TD88

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 095130 号

责任编辑:赵学涛

出版发行:中国大地出版社

社址邮编:北京市海淀区大柳树路 19 号 100081

电 话:010—62172932 (发行部) 010—62173164 (编辑部)

传 真:010—62183493 (发行部)

印 刷:北京纪元彩艺印刷厂

开 本:880mm × 1230mm 1/32

印 张:99.5

字 数:2800 千字 (本册 210 千字)

版 次:2003 年 3 月第 1 版

印 次:2003 年 3 月第 1 次印刷

印 数:1—1000

书 号:ISBN 7-80097-523-1/K·97

定 价:240.00 元 (全 12 册)

(凡购买中国大地出版社的图书,如发现印装质量问题,本社发行部负责调换)

出版者的话

国土资源是人类生存和社会可持续发展的物质基础，是国家安全和社会稳定的战略保障。为加强国土资源管理的系统研究，加大科研成果的交流和转化力度，更好地为国土资源管理工作服务，我们组织出版了《国土资源管理研究丛书》（以下简称《丛书》）。

土地是万物之源，土地是财富之母。在一切自然资源中，土地是最基本的资源，是人类生存发展的必要条件。土地问题是政治问题，是国家存在的根基；土地问题是经济问题，人类生产、生活的一切物质要素均源于土地，经济活动的空间依附于土地；土地问题也是环境问题，环境质量的好与坏，其结果最终都要落在土地这个载体上。鉴于此，《丛书》的第一辑出版了以土地管理研究为主要内容的11本专著，1本译著。其中有探索新形势下土地管理对策及办法的《WTO与中国土地管理》、《与入世接轨》；有介绍国外动态的《国外地籍管理发展趋势》；有研究农村土地市场和经济建设的《农村土地市场运行机制研究》、《农村生态经济建设研究》；有研究不动产业管理和城市动态信息采集技术的《不动产管理制度研究》、《房地产经纪业规范化管理研究》、《城镇居民住房消费研究》、《数字城市空间管制动态信息采集研究》；有回顾与总结新中国土地管理事业发展史的《新中国的土地管理研究》；还有研究土地管理实践中存在的具体问题及其解决办法的《土地管理实践探索》、《矿区土地破坏与复垦整治研究》等。

国土资源管理工作责任重大，国土资源管理系统研究方兴未艾。以服务国土资源管理工作为己任的出版者，就是要为作者搭起一个交流成果、阐释观点的平台，为读者及时提供可资借鉴的新成果、新经验。惟愿专家、读者们都来关心、支持和参与《丛书》的出版工作，共同为繁荣国土资源事业，推进国土资源管理工作而努力。

前 言

煤矿塌陷地是指煤炭地下开采后,由于地面下沉而被破坏的土地。煤矿区土地的塌陷,不仅破坏大量的耕地资源,而且对矿区环境、生态亦造成严重污染和破坏,还给矿区带来一系列的社会问题。今后,随着我国经济的迅速发展和煤炭开采量的不断增加,煤矿破坏土地的面积将越来越大。煤矿区土地资源的破坏和生态环境的恶化,严重影响煤矿区工农业的可持续协调发展。因此,必须开展煤矿塌陷地破坏机理及其合理复垦利用技术研究,从而揭示煤矿塌陷地破坏机理,研究出合理复垦利用技术,为煤矿塌陷地复垦治理提供理论和技术。

再者,对于目前普遍存在的矿区盗采露头煤柱、取土采沙等采动破坏对矿井安全生产的威胁以及对矿区土地和生态环境的破坏,亦需研究和治理。比如新汶矿区协庄煤矿井田内,自1981年以来,由于附近村民沿河岸大量取土、挖沙,将煤层露头区第四系盖层破坏,致使浅层煤裸露,继而盗采露头煤,从而使矿井原有防水煤柱、隔水层遭到严重采动和破坏。露头区大面积的取土挖沙坑、盗采坑(煤柱上小井口)构成了地表水泄入矿井的导水通道,每逢雨季,矿井安全即受到洪水严重威胁。不仅如此,地形地貌的破坏,还严重破坏了土地资源和矿区生态环境。为了彻底治理矿井采动地表水害与废弃地给井下及地表造成的危害,必须开展矿井采动地表水害与废弃地综合治理技术研究。

本书正是基于上述两点,并取书名为《矿区土地破坏与复垦整治研究》,以徐州、新汶等矿区为例,在我们多年研究成果的基础上,同时也引用了国内外学者的部分研究成果,分上、下两篇分别对煤矿塌陷地破坏机理及其合理复垦利用技术以及矿井采动地表水害与废弃地综合治理技术进行著述。前者包括研究区概况、煤矿塌陷地破坏机理研究、煤矿塌陷地合理复垦利用决策、煤矿塌陷地煤矸石充填复垦技术、煤矿塌陷地泥浆泵复垦技术、煤矿塌陷地泥浆

泵复垦土壤特性及其质量评价等 6 章内容。后者包括研究区概况、灰岩浅截大帷幕注浆技术、残存防水煤柱注浆技术、废弃地充填复垦技术等 4 章内容。

本书由中国矿业大学、江苏煤矿安全监察局、徐州矿务集团有限公司、新汶矿业集团有限公司的科技工作者集体撰写而成。全书由陈龙乾负责总体构思和统稿工作，由陈龙乾、刘振田、笪建原、李巨龙、张明、邓喀中、张东升、李荣连共同撰著。由于我们水平有限，书中难免有不足之处，敬请读者批评指正。

本书上篇为江苏省科技发展计划（社会发展项目 BS98108）、江苏省自然科学基金（BK2002117）的研究成果。最后，作者对负责本书出版的中国大地出版社第三编辑部叶丹主任付出的辛勤劳动表示衷心的感谢！

著 者

2003.2.16

目 录

前言

上篇 煤矿塌陷地破坏机理及其合理复垦利用技术

第一章 研究区概况	(3)
第一节 地理概貌	(3)
第二节 地质水文	(5)
第三节 煤层赋存及储量	(9)
第四节 矿区土地利用类型及规律	(12)
第五节 煤矿塌陷地状况	(14)
第二章 煤矿塌陷地破坏机理	(26)
第一节 地表沉陷机理	(28)
第二节 开采沉陷影响范围	(34)
第三节 开采沉陷对耕地土壤质量的影响	(48)
第三章 煤矿塌陷地合理复垦利用决策	(65)
第一节 煤矿塌陷地合理复垦利用系统评估	(65)
第二节 煤矿塌陷地合理复垦利用适宜性评价	(70)
第三节 煤矿塌陷地合理复垦利用最优积水面积	(80)
第四节 煤矿塌陷地合理复垦利用方案决策	(89)
第四章 煤矿塌陷地煤矸石充填复垦技术	(101)
第一节 研究对象概况	(101)
第二节 充填复垦材料的确定	(104)
第三节 充填复垦工程量	(107)
第四节 充填复垦工程的实施	(109)
第五章 煤矿塌陷地泥浆泵复垦技术及其示范工程	(118)
第一节 泥浆泵复垦工作原理及其工艺流程	(118)
第二节 泥浆泵复垦土壤剖面构造	(120)

第三节	泥浆泵复垦土方量计算与调配	(125)
第六章	煤矿塌陷地泥浆泵复垦土壤特性及其质量评价	(135)
第一节	煤矿塌陷地泥浆泵复垦土壤特性的时空 演化规律	(135)
第二节	煤矿塌陷地泥浆泵复垦土壤质量评价	(146)

下篇 矿井采动地表水害与废弃地综合治理技术

第七章	地表水害与废弃地综合治理概论	(157)
第一节	研究区概况	(157)
第二节	地表水害与废弃地综合治理方案	(165)
第八章	灰岩浅截大帷幕注浆技术	(171)
第一节	注浆线路选择及钻孔布置	(171)
第二节	帷幕注浆钻探施工技术	(173)
第三节	大帷幕注浆工艺	(175)
第九章	残存防水煤柱注浆技术	(182)
第一节	注浆线路的选择	(182)
第二节	钻探注浆技术	(187)
第三节	注浆材料研究	(194)
第四节	注浆参数	(215)
第十章	废弃地充填复垦技术	(217)
第一节	充填复垦工艺流程	(217)
第二节	复垦地标高设计	(219)
第三节	复垦地利用结构优化	(222)
结 论		(225)
主要参考文献		(227)

上 篇

煤矿塌陷地破坏机理
及其合理复垦利用技术

第一章 研究区概况

第一节 地理概貌

一、地理位置

徐州矿区位于江苏省西北部徐州市管辖的铜山县、贾汪区、九里区及沛县境内，东邻黄海岸边的连云港市，南与安徽、北与山东、西与河南省接壤。京沪、陇海两条铁路和京杭大运河穿越矿区。铁路、公路和水路十分便利。徐州矿区已有 100 多年的开采历史，形成了以徐州矿务集团为龙头的煤炭工业格局。

徐州矿务集团现有 15 个矿 18 对井，对徐州市为中心，分东区、西区 and 丰沛区 3 个矿区，其矿井分布如图 1-1 所示。

东矿区有韩桥、大黄山、权台、旗山、董庄等 5 个矿 6 对井，分布在贾汪—潘家庵含煤盆地的周围。西矿区有夹河、庞庄、张集、垞城、义安等 5 个矿 8 对井，分布在九里山—敬安复式向斜煤盆地及其隆起带；新河、卧牛山矿分布在安徽省闸河煤田伸入徐州矿区的一段狭长向斜盆地。丰沛矿区有三河尖、张双楼两个新矿，分布在丰沛复向斜煤盆地。地方及乡镇煤矿主要开采国营大矿周围的浅部煤层及边残块段。

二、地形地貌

徐州东矿区贾汪—潘家庵向斜煤盆地的外缘被古生界寒武、奥陶系岩组组成的低山（或孤山）丘陵断断续续环绕，山顶标高 +50 ~ +360m，地形坡度 1‰ ~ 5‰，井田范围内呈平原状。西矿区与丰沛矿区为黄泛冲积平原，地形平坦。东矿区地面标高 +31 ~



矿区范围内地表水系发育,有微山湖、京杭大运河、故黄河、不牢河、屯头河、新河、大沙河、丰沛河及其支流,农灌渠纵横矿区。

三、气候

根据徐州市气象台资料,区内气候属南温带的鲁淮区,具有长江流域与黄河流域气候的过渡性质。年降水量尚充沛,冬季寒冷干旱,夏季炎热多雨,春秋旱情突出。

(1) 降水量:历年平均降水量 834.7mm,最大年份 1297.0mm (1985 年),最小年份 500.6mm (1988 年),日最大降水量 375.3mm (1997 年 7 月 17 日市区),雨季 6~8 月降水量占全年的 58.7%。矿区年最大降水量 1559.1mm (韩桥矿 1963 年)。

(2) 蒸发量:历年平均蒸发量 1736.9mm,最高为 2280.4mm (1978 年),最低 1269.0mm (1985 年),蒸发集中在 4~9 月份。

(3) 气温:历年平均气温 14.18℃。最高为 40.6℃ (1972 年 6 月 11 日),最低 -22.6℃ (1969 年 2 月 6 日)。一般年份最高 36℃~39℃,最低 -9℃~-13℃。

(4) 气压:历年月平均气压为 101.23kPa。最高气压为 12 月份,多年平均为 102.28kPa,最低为 7 月份,多年平均为 99.89kPa。

(5) 相对湿度:历年月平均 70.7%。最高在 7~8 月,为 76%~83%,最低在 3~6 月,为 62%~65%。年平均最高是 1952 年的 76%,年平均最低是 1988 年的 62%。

第二节 地质水文

一、地 层

徐州矿区属华北型地层,位于华北陆台的东南部,北邻山东地台,南靠淮阳地台,属河南地台的一部分。区内有震旦、寒武、奥陶、石炭、二叠等系分布,从煤系底部自下而上有:

中奥陶统:以灰、灰白色钙质白云岩、白云质灰岩为主,夹灰色薄层状灰岩和灰岩透镜体。

中石炭统本溪组:为紫色铁质泥岩、铝土岩、杂色泥岩和石灰岩互层加细砂岩。

上石炭统太原组：为一套海陆交互相含煤碳酸岩—碎屑岩沉积，含煤 14 层，夹灰岩 13 层。

下二叠统山西组：为过渡相含煤碎屑沉积岩，含煤 3~4 层，地层由东向西增厚。

下二叠统石盒子组：以灰绿、紫色砂岩、粉砂岩、泥岩为主，下部含煤 3~9 层，煤层大体由东南向西北逐渐分岔变薄。底部有一层灰白色含砾粗砂岩，全区稳定，主要标志层之 8 层为可采煤层，本组厚度稳定。

二叠系石盒子组：以灰绿、紫色石英砂岩、粉砂岩为主，夹薄层煤岩，中煤含柴煤一层。

侏罗—白垩系：下部为灰白色中粒石英砂岩、粉砂岩，底部为砂砾岩，上部为杂砂岩夹砂砾岩。

第三、第四系：第三系为砂砾岩和泥岩，上部含不稳定柴煤一层；第四系为粘土和砂层等。

二、构造

徐州矿区地处中朝准地台鲁西断隆南端，徐州复背斜的北端，是秦岭东西向构造带的北支和新华夏系第二隆起带的交汇部位。矿区东侧紧邻郯—庐大断裂，西有嘉祥大断层，北有东西向沛县大断层，构造较为复杂。

徐州复背斜由多个相间排列的背、向斜组成，每一个背、向斜由更次一级的背、向斜组成复式背、向斜。主要有大许家背斜、徐州背斜、孤山背斜、肖县背斜、贾汪向斜、孤山向斜、闸河向斜、九里山向斜。向斜与背斜轴向南段为北东 30°，由徐州向北逐渐转为北东 60°，背斜轴部为老地层组成，各斜沉积石炭二叠纪地层。其贾汪、孤山、闸河、九里山向斜，是矿区含煤区。

东部矿区比贾汪向斜更次一级的褶皱，有权台向斜、新庄—白集背斜、徐台向斜、董庄向斜等。主要断层有：F₅号正断层，东西走向，断距 400~800m；F₁₀号正断层，东西走向，断距 300m 左右，延展达 4km；F₁₂号断层，断距 25~100m；董庄断层，断距 300~500m；F₂号正断层，东西走向，断距 200~500m；F₃号正断层，

南北走向, 断距 85 ~ 154m; F_6 号逆断层, 东北—西南走向, 断距 152 ~ 310m; F_1 号断层, 南北走向, 断距 70m; F_{19} 号逆断层, 南北转东西走向, 断距 350 ~ 1000m。西部矿区主要褶皱有: 比闸河向斜次一级的新河—卧牛不对称向斜, 比九里山向斜次一级的庞庄复式背斜。

上二叠统石千峰组: 以紫红色细到中粒砂岩为主, 加紫色砂岩、粉砂岩, 局部含砂砾岩。

第三系: 主要为灰、紫红色粉砂岩、细砂岩及石灰质砾岩。

第四系: 上部为砂质粘土、亚粘土, 下部为砂砾粘土, 底部有卵石层。

丰沛矿区为第四系冲积层所掩盖, 地处鲁西台背斜的西南边缘, 属华北型。煤系总厚为 330 ~ 367m, 以山西组为主要可采层, 煤田南部侵入剧烈。局部煤质变为贫煤、无烟煤。区内走向下断层较发育, 构造中常。煤系基底为奥陶系深灰色厚层状石灰岩, 其地层简况依次如下:

中石炭统本溪组: 由紫红色铁质泥岩、铝土岩、杂色泥岩和石灰岩互层夹细砂岩组成, 不含煤。

上石炭统太原组: 由灰岩、泥岩、细砂岩和煤组成, 含煤一般 10 ~ 14 层, 其中 17、21 煤层可采。

下二叠统山西组: 含煤 2 ~ 4 层, 其中有义安向斜、张集背斜、姚庄背斜、李庄向斜等。主要断层有: F_{23} 号断层, 东西走向, 断距 60m; F_1 逆断层, 近东西走向, 断距 180 ~ 500m; F_3 逆断层, 走向近东北—西南, 断距 0 ~ 70m; 庞 3 号逆断层, 近东北—西南走向, 断距 0 ~ 40m; 庞 4 号逆断层, 走向平行于庞 3 号断层, 断距 0 ~ 100m; 垓 1 号断层, 走向近南北, 断距 25 ~ 80m; 景 1 号正断层, 走向近东西, 断距 50m 左右; 夹 1 号正断层, 走向近东北—西南, 断距 40m; 夹 5 号正断层, 走向近南北, 断距 40m; F_{18} 正断层, 走向近东北—西南, 断距 90m。

该矿区对大于 5 ~ 30m 断距的断层, 大都被勘探及开采查清, 并多利用断层进行划分井田间、采区间、工作面间的边界线。

三、水 文

徐州矿区主要含水层自上而下为奥陶系厚层岩含水层。裂隙溶洞含水,补给充分,岩溶发育,水头压力大,距太原组底部煤层较近,往往通过断裂,发生水力联系,成为矿井开采主要威胁。钻孔单位涌水量为 $0.381\text{L}/\text{m}\cdot\text{s}$ 。太原组石灰岩主要含水层:其 10 和 12 灰岩,为 20 和 21 层煤的直接顶,裂隙溶洞较发育,含水较丰富。钻孔单位涌水量为 $0.02 \sim 0.038\text{L}/\text{m}\cdot\text{s}$,渗透系数为 $0.02 \sim 137.45\text{m}/\text{d}$,井筒石门揭露涌水量 $0 \sim 1620\text{m}^3/\text{h}$,据韩桥、青山泉、郑庄和胡庄煤矿开采证实,矿井投产后第一个水平 $-50 \sim -70\text{m}$ 涌水量大,以下逐渐减少。山西组和石盒子组各砂岩含水层:山西组沉积砂岩 3~5 层,单层厚度 $3 \sim 50\text{m}$,裂隙不甚发育且被方解石充填,单位涌水量为 $0.001 \sim 0.205\text{L}/\text{m}\cdot\text{s}$,渗透系数 $0.007 \sim 0.706\text{m}/\text{d}$,井巷揭露涌水量 $40 \sim 80\text{m}^3/\text{h}$;下石盒子组沉积砂岩 6~9 层,单位涌水量 $0.012 \sim 0.48\text{L}/\text{m}\cdot\text{s}$,渗透系数 $0.014 \sim 5.195\text{m}/\text{d}$,井巷揭露涌水量 $2 \sim 114\text{m}^3/\text{h}$,靠近富水带的回采工作面,涌水量高达 $660\text{m}^3/\text{h}$ 。第四系冲积层孔隙水,冲积层富水性强,并呈潜水状态,水位埋深 $3 \sim 8\text{m}$,由降水和地表水补给,为民用主要水源,单位涌水量 $0.02 \sim 0.397\text{L}/\text{m}\cdot\text{s}$,渗透系数 $0.176 \sim 1.44\text{m}/\text{h}$ 。冲积层底部粘土砾石含水层,是其下各含水层的主要补给水源,但充水条件差,以静储量为主。

丰沛矿区主要含水层有:第四系松砂层孔隙型压水,单位涌水量 $0.002 \sim 3.20\text{L}/\text{m}\cdot\text{s}$,为主要供水水源含水层,单位涌水量 $0.01 \sim 0.021\text{L}/\text{m}\cdot\text{s}$ 。二叠系砂岩裂隙型承压水,单位涌水量 $0.017 \sim 0.025\text{L}/\text{m}\cdot\text{s}$,生产井排水量 $170.88\text{L}/\text{m}\cdot\text{s}$,石炭系薄层灰岩裂隙洞穴型承压水,单位涌水量 $0.02 \sim 3.20\text{L}/\text{m}\cdot\text{s}$,矿坑排水量 $67.4\text{m}^3/\text{h}$,灰岩内放水量为 $786\text{m}^3/\text{h}$;奥陶系厚层灰岩裂隙洞穴承压水,单位涌水量 $0.6 \sim 6.2\text{L}/\text{m}\cdot\text{s}$ 。各含水层之间各有隔水层相隔,断裂导水性较弱,水力联系不良,矿区有一半封闭至半封闭的断块含水构造,水文地质条件中等。

第三节 煤层赋存及储量

一、煤 层

徐州矿区含煤地层为上石炭统太原组 (C_{3t})，下二叠统山西组 (P_{1s}) 与下石盒子组 (P_{1x})。现将煤系地层含煤情况，由新到老简述如下：

1. 下石盒子组 (P_{1x})：为一套内陆河、湖相碎屑沉积。本组地层厚度约 220m，岩性主要为灰白至灰色的中、粗粒砂岩、深灰色泥岩、砂质泥岩和少量杂色泥岩以及煤组成。含煤 3~5 层，其中 1、2、3 煤为主采煤层。东、西矿区 1 煤厚 1m 左右，沉积不稳定，局部可采；2 煤厚 0.25~4.94m，平均 1.73m，为西矿区主采煤层；3 煤厚 0.34~3.95m，平均 2.08m，是东矿区的主采煤层。

2. 山西组 (P_{1s})：为海相向陆相逐渐过渡的碎屑沉积，地层厚 63~123m。岩性由砂岩、砂质泥岩、砂泥岩互层、泥岩和煤层组成。含煤 2~6 层，其中 2~4 层为可采或局部可采煤层（编号为 6、7、8、9 煤）。6 煤属薄煤层，赋存在东矿区，局部可采；7 煤为中厚至厚煤层，是全矿区的主采煤层；8 煤赋存在西矿区，偏薄，局部可采；9 煤为中厚至厚层煤层，在东、西区赋存不够稳定，为丰沛矿区的主采煤层。

3. 太原组 (C_{3t})：为海陆交互相碳酸盐岩及含煤碎屑沉积，地层厚 140~190m，由 13 层灰岩以及砂岩、砂质泥岩、泥岩和薄煤层组成。含煤 8~12 层，其中含可采煤层 3~5 层（编号为 15、17、20、21、22 煤），煤厚 0.5~1.57m，属薄至中厚煤层，沉积较稳定，具有韵律结构及组合关系。东、西矿区为薄煤层，丰沛矿区煤层增大，为薄至中厚煤层。

二、煤层赋存及储量

徐州矿区可采煤层赋存及储量分布情况，如表 1-1 和表 1-2 所示。而且，徐州矿区地势平坦，人口密集，乡镇企业及农村村庄