

国家重点自然科学基金资助项目

建筑物下煤炭资源 可持续开采战略

赵经彻 何满潮 著



中国矿业大学出版社

建筑物下 煤炭资源可持续开采战略

赵经彻 何满潮 著

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本著将煤炭资源开采和环境保护作为一个整体来考虑,紧紧抓住建筑物下煤炭资源可持续开采这个热点问题,采取了把环境经济学、采矿学、开采沉陷学、数学、力学及计算机技术有机结合起来的跨学科研究形式,以兖州矿区地域背景为基础,用演绎法建立了建筑物下煤炭资源可持续开采的决策模型,用归纳法和离散法求解了可持续开采决策模型。以此为基础,首次提出了建筑物下煤炭资源可持续开采理论、可持续开采设计思想和方法,建立了可持续开采的设计系统和控制技术体系,并以兖州矿业集团东滩煤矿和南屯煤矿为例,进行了八种采矿工程条件下的可持续开采设计分析,得出了一系列创新性的结论,展示了可持续开采新理论、新设计、新技术的广阔应用前景。

本书可作为采矿工程、岩土工程、岩石力学、企业管理专业的教师、研究生和大学生的教学参考书,也可供有关的管理人员、科研人员和工程技术人员参阅。

责任编辑:刘社育 陈贵仁

技术设计:白海新 陈训雄

建筑物下煤炭资源可持续开采战略

赵经彻 何满潮 著

中国矿业大学出版社 出版发行

新华书店经销 中国科学院印刷厂印刷

开本 889×1194mm 1/16 印张 21.5 彩色插页 180 字数 604 千字

1997 年 1 月第 1 版 1997 年 1 月第 1 次印刷

印数:1—1100



ISBN 7-81040-677-9

TD·71

定价:188.00 元

**坚持走环境效益与经济效益相结合的可持续开采道路，
确保经济持续快速健康发展和
社会全面进步。保护环境和资源，造福子孙后代。**

——为《建筑物下煤炭资源可持续开采战略》题

钱伟长
一九九七年一月

坚持经济效益与环境保护相结合
开拓创新为实现建筑物下煤炭
资源可持续开采做贡献

毕志亚

一九九七年一月

**坚持走经济效益与环境效
益相结合的可持续开采道路，
保护环境，节约资源，造福社
会，造福子孙后代。**

——为《建筑物下煤炭资源可持续开采战略》题

王光美

(全国人大常委会副委员长)

序

建筑物下煤炭资源的可持续开采是我国煤炭工业生产中带有战略性的课题之一。根据统计资料,全国城镇建筑物下、铁路下、水体下的煤炭资源 137.64 亿 t,其中人口稠密、工业发达的山东、山西、河北、河南、辽宁、黑龙江、陕西、安徽八省建筑物下煤炭资源 64.7 亿 t,占全国“三下”压煤量的 47%。随着我国“四化”建设飞速发展,城镇、工业占地面积迅速增加,建筑物下压煤量上升的势头十分强劲,许多矿区都面临着如何开采建筑物下煤炭资源的问题。

煤炭资源的开采引起建筑物的损伤、耕地退化或绝产等环境破坏已成为开采业一种屡见不鲜的现象。长期以来,人们形成了这样一种观念:要开采地下煤炭资源,地表环境必然受到损害;要使地表环境不受损害,就不能开采地下煤炭资源,即“鱼与熊掌,不能兼得”。以丢失资源和牺牲环境为代价的传统开采方式必须改变。以兖州矿区为例:截止 1994 年底,共采出煤炭 1.28 亿 t,实际发生土地塌陷 5.2 万亩,迫使 14 个村庄和 9 座大型建筑物搬迁,涉及农户近 3 600 户,不得不支出大量的耕地、村庄及建筑物赔偿费;根据预测,在“九五”期间若按传统设计方法采煤,仅赔偿费一项将达 30 亿元。不仅造成了人们赖以生存的环境恶化,导致工农关系的紧张和对立,而且使煤炭企业负担更加沉重。

当前,我们面临着发展煤炭工业和保护环境的挑战。赵经彻、何满潮同志所著的《建筑物下煤炭资源可持续开采战略》一书用可持续发展的观点,从兖州矿区的实际出发,把煤炭资源的开发与资源及环境的保护作为一个整体来考虑,在研究中提出的建立煤炭可持续开采概念、模型、设计理论和计算方法等,具有一定的开创性,有较高的学术水平,对解决建筑物下开采问题,也具有现实的指导意义。

愿本书的出版对从事煤炭开采的广大科技工作者有所裨益,并为繁荣我国煤炭科学事业,为实现建筑物下煤炭资源的可持续开采做出应有的贡献!

范维唐

(中国工程院院士)

一九九七年一月二十日

前言

中国的经济正在高速增长,同时也面临着日趋严峻的环境问题。中国作为一个发展中国家,发展是硬道理。但是,在发展的同时,对环境保护如果没有全面的、周密的考虑,发展就不可能持续。笔者多年来一直奋战在煤炭工业第一线,从事着煤炭生产和科研工作,目睹了煤炭工业的繁荣,同时也看到了传统的采煤方法引起的矿区地表环境的损伤:一些农田沉陷导致减产和绝产,有些房屋由于采矿沉陷而产生裂缝破坏直至不能居住,一些村庄的农民离开了祖祖辈辈赖以生存的栖息地而搬迁他乡;另一方面,又目睹了耗费巨资建成的新老矿井,都遇到了村庄、建筑物下采煤的老大难问题,由于赔偿费用日趋高涨,使煤炭企业负担沉重而陷于生产窘境。发展损伤了环境,环境又限制了发展,发展和环境的尖锐矛盾摆在了我们煤炭科学工作者的面前。

据统计,全国建筑物下、铁路下、水体下(简称“三下”)的煤炭资源 137.64 亿 t。尤其兖州矿区,由于地处村庄稠密、土地肥沃的鲁西南平原地区,“三下”压煤更为严重。据 1995 年统计资料:兖州矿区 6 对矿井的总可采储量为 128 183.8 万 t,其中建筑物下压煤量为 51 905.3 万 t,占总可采储量的 40.5%;截止 1994 年底,兖州矿区采矿引起土地塌陷 52 041.9 亩,14 个村庄搬迁,耕地赔偿费和村庄搬迁费共计 51 372.05 万元;根据预测,在“九五”期间,兖州矿区若继续按传统设计方法采煤,仅赔偿费一项将达 30 亿元。开采煤炭资源损伤了矿区环境,矿区环境又束缚了煤炭资源的开采。如何解决开采煤炭资源和矿区环境保护的尖锐矛盾,使地下煤炭资源开采和地表环境保护协同发展?建筑物下煤炭资源可持续开采的理论、设计方法和控制技术,提供了解决这对矛盾的有效途径。

建筑物下煤炭资源可持续开采的研究目标是:从伦理学角度,解决当代人和后代人之间的煤炭资源分配、环境资源享用的公平性问题,并寻求满足代际公平和环境损伤容量控制方程约束下的最佳采出率和最佳采出量。

本著共分四篇十四章。其研究成果在如下十个方面取得了进展:

- (1)提出建筑物下煤炭资源可持续开采(Sustainable Mining)的概念、研究目标和研究内容;
- (2)建立了环境—煤炭资源可持续开采的决策模型;
- (3)给出了可持续开采环境—资源决策模型的数学解答,包括最佳采出率和最佳采出量的微分方程及其解的形式;
- (4)建立了满足代际公平原则的煤炭企业的开采效益控制方程和环境损伤容量控制方程;
- (5)提出了如何进行建筑物下煤炭资源开采的 SM 设计理论和设计方法;
- (6)建立了可持续开采数学模型中与采矿有关的指标体系、环境经济学指标体系及其计算方法;
- (7)开发了建筑物下煤炭资源可持续开采的 SM 计算设计系统;
- (8)总结了国内外有关矿区地表环境保护的控制技术,并在离层注浆技术研究方面,提出了在地下开采条件下,覆岩离层发展全过程的四个力学阶段及其所遵循的三个离层力学准则;
- (9)经工程实例研究表明:采用传统设计方式,采出率达 2.4% 时地表将产生超过环境容量的损伤,而采用可持续开采设计方式,采出率达 40%~60% 时地表才会发生超过环境容量的损伤;
- (10)在传统开采条件下,科学技术进步使环境损伤临界采出率的提高是有限的(可达 3.7% 左右),而对于可持续开采,科学技术进步可使环境损伤临界采出率提高到 50%~70%,效果十分显著。

本著是笔者负责和参加的三个科研项目的研究成果的系统总结。这三个科研项目是:国家重点自然科学基金资助项目“煤矿上覆岩体移动破坏研究”、煤炭工业部发展基金资助项目“开采沉陷三维信息预

测系统开发”、兖州矿业集团资助项目“建筑物下煤炭资源可持续开采战略研究”。这些项目的研究成果和本著的出版,凝聚了许多同志的心血,他们是兖州矿业集团黄福昌、黄培竹高级工程师,兖州矿业集团北京技术信息中心的经济学硕士徐向阳讲师、王旭春博士、陈宜金博士,焦作工学院邹友峰博士。对他们的贡献,笔者表示衷心的感谢!

在撰写本著的过程中,得到了煤炭工业部党组成员范维唐院士的大力支持,并在百忙中为本著题写了序言;还得到了中国矿业大学王悦汉副校长和马伟民教授、山东矿业学院宋振骐院士、煤炭科学研究总院的刘天泉院士的关心和支持;承蒙中国科学院孙玉科研究员和中国水文地质工程地质勘察院黎青宁教授级高工审阅了全书文稿。在此,笔者特向他们表示诚挚的谢意!

此外,还要特别感谢国家土地局信息中心主任蒋文彪高工、张幼莹高工在建立计算机设计系统时给予的长期的无私帮助;感谢中国矿业大学出版社的刘社育、陈贵仁、陈训雄、赵棣荃、白海新、张乃新和中日地层环境力学校际研究中心办公室主任聂孟荀同志、彭林君同志为本著的按时出版倾注的无限辛劳。

由于著者水平所限,加之建筑物下煤炭资源可持续开采的研究在我国刚刚起步,涉及的学科非常广泛,有些方面的研究尚待深入和完善,本著旨在抛砖引玉,对书中不足之处,敬请读者给予批评指正。

作 者

一九九七年一月于兖州



作者简介

赵经彻，男，1936年出生于安徽省肥东县。兖州矿务局教授级高工、中国矿业大学和合肥工业大学的客座教授。现任兖州矿业集团董事长兼总经理。出版了《市场经济与现代化企业管理》、《兖州矿区建设施工技术》等四部著作，发表了“探索适应建立现代化企业制度的途径”等数十篇高水平论文；由于他的杰出贡献，他荣获了国家科技进步特等奖、国家管理现代化创新成果奖、煤炭部科技进步特等奖、国家有突出贡献的优秀科技人才等多项国家级奖励和荣誉称号。在他的带领下，兖州矿业集团先后获得了全国优秀企业金马奖、国家管理现代化创新成果一等奖、全国质量效益型先进企业等国家级表彰。在赵经彻的领导下，兖州矿业集团正在朝着“煤电运港航五位一体、科技工贸全面发展，成为环太平洋国际煤炭市场的航空母舰”的宏伟目标稳步迈进！



作者简介

何满潮博士，男，1956年出生于河南省灵宝市。中国矿业大学教授，博士生导师。担任中日地层环境力学国际研究中心常务主任、兖州矿业集团北京技术信息研究中心主任和中国矿业大学北京研究生部岩土工程所所长。出版了《露天矿高边坡工程》、《软岩巷道工程概论》等三部专著；主编并出版了《三峡库区地质环境暨第二届中日地层环境力学国际学术讨论会论文集》等两部国内外学术会议论文集；在国内外学术杂志上公开发表了“岩石力学发展的第三阶段——工程岩体力学”等75篇论文；主持研究了“三峡库区巫峡边坡稳定性分析预测系统”等国家级、省部级科研项目18项。由于卓越的贡献，他获得了国家教委科技进步二等奖等国家省部级奖3项，获得了国家发明专利1项，荣获了“国家教委跨世纪优秀人才”和国家人事部“百千万工程”中“煤炭部专业技术拔尖人才”等光荣称号，是享受国务院政府特殊津贴的专家。

目 录

第一篇 建下煤炭资源可持续开采理论

第一章 绪论	(3)
第一节 可持续发展概念的渊源	(3)
第二节 可持续发展的内涵	(3)
第三节 建下煤炭资源可持续开采研究现状	(5)
第四节 建下煤炭资源可持续开采的概念及研究内容	(5)
第二章 煤炭资源环境与经济	(7)
第一节 煤炭资源的战略地位	(7)
第二节 煤炭资源的开采趋势及引起的环境问题	(7)
第三节 建下煤炭资源可持续开采应考虑的因素	(8)
第四节 煤炭开采、环境与经济的关系	(10)
第三章 煤炭资源的传统开采方法与评估理论	(12)
第一节 煤炭资源的传统开采方法	(12)
第二节 煤炭资源的需求预测	(12)
第三节 传统的成本—效益分析法在煤炭开发项目中的应用	(13)
第四章 环境—建下煤炭资源可持续开采决策	(14)
第一节 环境价值评估	(14)
第二节 环境—建下煤炭资源可持续开采决策思想	(15)
第三节 建下煤炭资源可持续开采决策数学模型	(15)
第四节 建下开采对环境影响的计算方法	(19)

第二篇 建下煤炭资源可持续开采设计理论及设计系统

第五章 可持续开采设计理论	(23)
第一节 SM 设计思想	(23)
第二节 SM 设计方法	(23)
第三节 SM 设计指标体系及计算方法	(25)
第四节 SM 设计系统	(32)
第六章 可持续开采概率设计理论	(33)
第一节 概述	(33)
第二节 SM 概率积分法	(33)
第三节 SM 概率积分法预计参数的确定	(44)
第七章 可持续开采连续介质力学设计理论	(48)
第一节 SM 工程岩体力学模型	(48)

第二节 分层岩体的位移通解	(50)
第三节 岩层和地表移动变形计算	(53)
第四节 积分区间的合理确定	(56)
第五节 矿柱平均垂直应力的宏观分布状态	(56)
第八章 建下煤炭资源可持续开采设计系统	(61)
第一节 概述	(61)
第二节 各个子系统的功能	(62)
第三节 软件及硬件环境	(62)
第四节 TMCS 和 SMCS 系统安装方法	(63)
第五节 TMCS 和 SMCS 系统磁盘文件列表	(63)
第九章 可持续开采设计系统用户手册	(65)
第一节 SM 连续介质力学设计系统用户手册	(65)
第二节 SM 概率理论设计系统用户手册	(80)

第三篇 建下煤炭资源可持续开采控制技术

第十章 地面环境 SM 控制技术	(85)
第一节 建筑物加固技术	(85)
第二节 建筑物维修补强技术	(89)
第三节 抗采动建筑物设计技术	(91)
第四节 村庄搬迁技术	(93)
第五节 构筑物保护技术	(96)
第十一章 上覆岩体 SM 控制技术	(97)
第一节 离层带充填技术	(97)
第二节 顶板控制技术	(108)
第三节 煤柱加固技术	(114)
第十二章 开采方法优化 SM 控制技术	(116)
第一节 房柱式开采 SM 控制技术	(116)
第二节 部分开采 SM 控制技术	(118)
第三节 协调开采 SM 控制技术	(119)
第四节 充填开采 SM 控制技术	(121)

第四篇 建下煤炭资源可持续开采工程实例分析

第十三章 兖州矿业集团南屯煤矿建下煤炭资源可持续开采设计	(125)
第一节 南屯煤矿北屯采区工程地质条件	(125)
第二节 南屯煤矿北屯村耕地下煤炭资源可持续开采设计	(125)
第三节 综放条件下北屯村建下煤炭资源可持续开采设计	(130)
第四节 综放注浆条件下北屯村建下煤炭资源可持续开采设计	(132)
第十四章 兖州矿业集团东滩煤矿可持续开采设计	(135)
第一节 东滩煤矿概况	(135)

第二节 综放条件下东滩煤矿张家村采区可持续开采设计.....	(135)
第三节 综放注浆条件下东滩煤矿张家村采区可持续开采设计.....	(138)
第四节 综放条件下东滩煤矿 170 m 采区传统设计分析	(140)
第五节 综放注浆条件下东滩煤矿 170 m 采区传统设计分析	(141)
参考文献.....	(143)

附 录

附录一 南屯矿北屯村采区耕地下煤炭资源(综放)可持续开采设计图表.....	(149)
附录二 南屯矿北屯村采区耕地下煤炭资源(综放注浆)可持续开采设计图表.....	(170)
附录三 北屯村采区建下煤炭资源(综放)可持续开采设计图表.....	(191)
附录四 北屯村采区建下煤炭资源(综放注浆)可持续开采设计图表.....	(227)
附录五 东滩矿张家村采区(综放)可持续开采设计图表.....	(258)
附录六 东滩矿张家村采区(综放注浆)可持续开采设计图表.....	(289)
附录七 东滩矿张家村采区传统开采方法设计图表.....	(316)

CONTENT

SECTION 1 SUSTAINABLE MINING THEORY ON COAL RESOURCES UNDER BUILDINGS

CHAPTER 1 INTRODUCTION	(3)
1.1 Historic source of sustainable development	(3)
1.2 Connotation of sustainable development	(3)
1.3 Current development on sustainable mining of coal resources under buildings	(5)
1.4 Concepts and contents of sustainable mining of coal resources under buildings	(5)
CHAPTER 2 ENVIRONMENT AND ECONOMY OF COAL RESOURCES	(7)
2.1 Strategic position of coal resources	(7)
2.2 Mining tendency of coal resources and its environment problems caused by mining under buildings	(7)
2.3 Some factors affecting sustainable mining of coal resources under buildings	(8)
2.4 The relationship among the coal mining, environment and economy	(10)
CHAPTER 3 THE CLASSICAL MINING METHODS AND APPRAISE THEORY OF COAL RESOURCES	(12)
3.1 The classical mining method of coal resources	(12)
3.2 Demand of coal resources	(12)
3.3 The application of "benefit—cost" analysis method in coal mining development projects	(13)
CHAPTER 4 DECISION MAKING FOR ENVIRONMENT—SUSTAINABLE MINING OF COAL RESOURCES UNDER BUILDINGS	(14)
4.1 Valuation of environment	(14)
4.2 Thoughts for environment—sustainable mining of coal resources under buildings	(15)
4.3 Decision making model for sustainable mining of coal resources under buildings	(15)
4.4 Calculating method of underground mining affecting on the surroundings	(19)

SECTION 2 DESIGN THEORY AND DESIGN SYSTEM FOR SUSTAINABLE MINING OF COAL RESOURCES UNDER BUILDINGS

CHAPTER 5 DESIGN THEORY FOR SUSTAINABLE MINING	(23)
5.1 SM design ideas	(23)
5.2 SM design method	(23)
5.3 SM design index system and its computing method	(25)
5.4 SM design system	(32)
CHAPTER 6 PROBABILITY DESIGN THEORY FOR SUSTAINABLE MINING	(33)

6.1	Introduction	(33)
6.2	SM probability integral method of the sustainable mining	(33)
6.3	Determination of the estimated parameters in SM probability integral method	(44)
CHAPTER 7 DESIGN THEORY OF CONTINUOUS MEDIA MECHANICS		
	FOR SUSTAINABLE MINING	(48)
7.1	Engineering rock mechanics model	(48)
7.2	General solutions of stratum rock displacement	(50)
7.3	Calculation of the deformations in strata movement and surface movement	(53)
7.4	Reasonable determination of integral region	(56)
7.5	Macro distribution states of mean vertical stress in mine column	(56)
CHAPTER 8 DESIGN SYSTEM FUNCTIONS FOR COAL MINING UNDER BUILDINGS		
	BUILDINGS	(61)
8.1	Introduction	(61)
8.2	Sub—system's functions and their relationship	(62)
8.3	Environment for software and hardware	(62)
8.4	Installing method for TMCS and SMCS system	(63)
8.5	List of system disk documents	(63)
CHAPTER 9 USER'S MENU OF SM DESIGN SYSTEM		
	SM DESIGN SYSTEM	(65)
9.1	User's menu of continuous media mechanics design system	(65)
9.2	User's menu of probability theory design system	(80)
 SECTION 3 CONTROL TECHNIQUES OF SUSTAINABLE MINING OF COAL RESOURCES UNDER BUILDINGS		
 CHAPTER 10 CONTROL TECHNIQUES OF GROUND ENVIRONMENT		
	GROUND ENVIRONMENT	(85)
10.1	Reinforcement Techniques in buildings	(85)
10.2	Maintanance and Supplement Techniques in buildings	(89)
10.3	Design Technique for deformation of builbings	(91)
10.4	Technique for Moving villages	(93)
10.5	Protecting technique for building structures	(96)
CHAPTER 11 SUSTAINABLE MINING CONTIOL TECHNIQUES ON OVERLYING STRATA		
	ON OVERLYING STRATA	(97)
11.1	Filling—bed separation technique	(97)
11.2	Control technique on roof	(108)
11.3	Reinforcement technique on coal pillar	(114)
CHAPTER 12 SUSTAINABLE MINING CONTROL TECHNIQUES ON MINING MODES		
	ON MINING MODES	(116)
12.1	Control technique with room and pillar mining mode	(116)
12.2	Control technique with partial extraction mode	(118)
12.3	Control technique with harmonic extraction mode	(119)
12.4	Control technique with filling mining mode	(121)

SECTION 4 ENGINEERING EXAMPLES OF SUSTAINABLE MINING OF COAL RESOURCES UNDER BUILDINGS

CHAPTER 13 SUSTAINABLE MINING DESIGN OF COAL RESOURCES UNDER BUILDINGS IN NAN TUN MINE, YAN ZHOU MINE GROUP	(125)
13.1 Engineering geology condition of Bei Tun mining district, Nan Tun Mine	(125)
13.2 SM design of coal resources under cultivated land of Bei Tun	(125)
13.3 SM design of coal resources under buildings in Bei Tun under the condition of FMCWT (fully mechanized coal winning technology)	(130)
13.4 SM design of coal resources under buildings in Bei Tun under the condition of FMCWT—FBS Method (fully mechanized coal winning technology and filling bed separation method)	(132)
CHAPTER 14 SUSTAINABLE MINING DESIGN IN DONG TAN COAL MINE	(135)
14.1 General situation of Dong Tan coal mine	(135)
14.2 SM design of Zhang Jia mining district, Dong Tan mine under the condition of FMCWT	(135)
14.3 SM design of Zhang Jia cun mining district, Dong Tan mine under the conditions of FMCWT—FBS Method	(138)
14.4 Analysis on traditional design with single heading method in 170m mining district, Dong Tan mine under the condition of FMCWT	(140)
14.5 Analysis on traditional design with single heading method in 170m mining district, Dong Tan mine under the condition of FMCWT—FBS Method	(141)
REFERENCES	(143)

APPENDIX

APPENDIX 1 Diagram of SM design of coal resources under cultivated land in Bei Tun mining district, Nan Tun mine (FMCWT)	(149)
APPENDIX 2 Diagram of SM design of coal resources under cultivated land in Bei Tun mining district, Nan Tun mine (FMCWT—FBS Method)	(170)
APPENDIX 3 Diagram of SM design of coal resources under cultivated land in Bei Tun mining district (FMCWT)	(191)
APPENDIX 4 Diagram of SM design of coal resources under cultivated land in Bei Tun mining district (FMCWT—FBS Method)	(227)
APPENDIX 5 Diagram of SM design in Zhang Jia Cun mining district, Dong Tan mine (FMCWT)	(258)
APPENDIX 6 Diagram of SM design in Zhang Jia Cun mining district, Dong Tan mine (FMCWT—FBS Method)	(289)
APPENDIX 7 Diagram of traditional mining method in Zhang Jia Cun mining district, Dong Tan mine	(316)