

中国矿业大学图书馆藏书



C01748115

高水膨胀材料 充填采煤技术

石建新 著



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

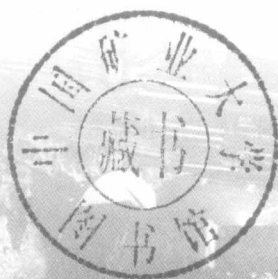
Caimei Jishu

Gao Shui Pengzhang Cailiao Chongtian

TD823.7
S-436

高水膨胀材料 充填采煤技术

石建新 著



中国矿业大学图书馆藏书



C01748115

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

内 容 提 要

本书系统阐述了高水膨胀材料充填采煤技术,内容包括:绪论,高水膨胀充填材料研究,高水膨胀材料充填系统研制,高水膨胀材料充填采煤工艺模式研究,高水膨胀材料充填采煤覆岩活动规律研究,高水膨胀材料充填在王庄煤矿四采区采煤的应用,高水膨胀材料充填在王庄煤矿五七采区采煤的应用等。

本书可作为采矿工程及相关专业的研究人员、生产技术人员、政府管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

高水膨胀材料充填采煤技术 / 石建新著. — 徐州:

中国矿业大学出版社, 2012. 3

ISBN 978 - 7 - 5646 - 1332 - 7

I. ①高… II. ①石… III. ①充填法—采煤方法

IV. ①TD823. 7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 247064 号

书 名 高水膨胀材料充填采煤技术

著 者 石建新

责任编辑 姜 华

责任校对 何晓惠

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司

(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 江苏徐州新华印刷厂

开 本 787×1092 1/16 印张 12.25 字数 220 千字

版次印次 2012 年 3 月第 1 版 2012 年 3 月第 1 次印刷

定 价 50.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

序

煤炭是中国能源的基础,煤炭工业的健康发展是事关我国能源安全 and 经济可持续发展的重大问题。近年来,随着煤炭工业的快速发展,煤矿开采规模和强度加大,煤炭资源日渐紧缺,煤炭开发与生态环境保护的矛盾日趋严重。

以“三下”压煤为例,我国重点煤矿的压煤总量已经达百亿吨以上,由于传统的垮落式采煤方法无法解决岩层移动与地表破坏等问题,只能将“三下”压煤作为呆滞煤炭储量,或采用条带开采方式,资源回收率低。特别是在经济基础较好、开发条件相对优越、煤炭需求较为迫切、经济相对发达的我国东部地区,适合开采的煤炭资源日趋减少,很多煤矿因为资源枯竭而关闭。但在山东省等地区,“三下”压煤储量高,这些资源能够成功开采,无疑具有重大战略意义。同时,改变传统垮落式采煤方法,有效减少采煤沉陷,也是保护矿区生态环境的客观要求。

《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十二个五年规划的建议》明确要求,“十二五”期间要深入贯彻节约能源和保护环境基本国策,要“推动能源生产和利用方式变革,构建安全、稳定、经济、清洁的现代能源产业体系”。煤炭充填开采正是煤炭生产方式的重大变革,是解放“三下”压煤、实现绿色开采的重要技术手段,满足安全生产、提高资源采出率、节能环保和可持续发展的要求,是利国利民的大好事,符合国家能源产业发展方向。可以预见,随着煤炭资源储量减少以及对环境保护的严格要求,矸石充填、膏体充填、高水材料充填等充填采煤方法将成为煤炭资源绿色开采的发展趋势。

山东省淄博市王庄煤矿与高等院校、科研院所联合,按照

“产、学、研”的模式,通过积极的探索与实践,研制成功了高水膨胀材料充填采煤技术,能够有效控制顶板垮落与岩层运动,防止地表沉降,提高资源回收率,保护生态环境,并应用于“三下”压煤开采,积累了经验,取得了好的应用效果,获得了山东省科学技术进步一等奖。本书全面介绍了高水膨胀材料充填采煤技术的材料制备、充填系统与控制、充填采煤技术模式与岩层控制机理、充填采煤技术在王庄煤矿的应用情况等,内容充实,成果丰富,是一本适合广大煤矿技术人员和管理工作者学习的参考书,对我国推进“三下”压煤充填开采具有重要借鉴意义。衷心希望该项技术成果能够在全国煤炭行业推广应用,为我国“三下”压煤开采技术的发展,起到重要的推动作用。

濮洪九

2011年10月

前 言

“三下”(建筑物下、铁路下、水体下)压煤开采一直是困扰我国煤矿企业的重大问题。据统计,我国生产矿井“三下”压煤约140亿t,其中建筑物下压煤约90亿t。随着部分矿区资源逐渐枯竭,“三下”采煤问题更加突出。“三下”压煤的成功开采,对提高煤炭资源利用率,缓解矿井资源紧张局面意义重大。在经济相对发达的华东、华北地区,随着土地资源的紧张和征迁费用的提高,不搬迁开采建筑物下压煤势在必行。呆滞煤炭的成功解放,对煤矿企业而言,不仅能提高经济效益,更是矿企和行业技术实力的象征与体现。

传统的“三下”压煤开采方法多是条带开采,不仅采出率低、资源浪费严重,而且生产效率低,制约着煤矿高产高效发展。由于近年来煤炭价格的回升和开采技术水平的发展,充填采煤技术逐渐成为“三下”压煤技术研究的焦点,科研院所、煤矿企业积极围绕这一技术,从理论与实践等各个层面开展了广泛的研究工作,也取得了一定的成果,如矸石充填采煤、膏体充填采煤等技术。这些技术解决了一些矿井“三下”压煤问题,但同时也显示出各自的局限与不足之处。例如,充填系统初期投资大、充填体接顶性差、充填材料价格高、充填采煤效率低等。

围绕上述问题,淄博市王庄煤矿从解决自身问题出发,联合天地科技股份有限公司、中国矿业大学、山东理工大学、青岛理工大学等单位,创新了充填材料,并研发出与之配套的充填工艺模式与充填系统,最终形成了具有自主知识产权的高水膨胀材料充填采煤技术。该技术具有充填材料自流输送、充填系统简单、充填体具有膨胀性、可主动接顶且强度高等特点,解决了以往充填

采煤技术中存在的接顶性差、充填系统投资大的问题。王庄煤矿在井田内试验高水膨胀材料充填采煤技术成功之后,积极地将该项技术推广应用至其他矿区,包括建筑物下采煤、铁路下采煤、公路下采煤、承压水上采煤等,取得了好的成效,丰富了煤矿“三下”压煤开采技术体系。

撰写本书的目的是对高水膨胀材料充填采煤技术进行全面介绍,包括充填材料、充填工艺、充填系统以及现场应用情况,为相关研究工作者和工程技术人员提供参考与借鉴,促进我国充填采煤技术的发展与进步。

对本书中所引用成果与资料的所有作者表示感谢!

由于著者水平所限,书中难免存在不足之处,恳请读者指正。

著 者

2011 年 12 月



目 录	
1 绪论	1
1.1 问题的提出	1
1.2 国内外充填采煤技术现状	2
1.3 本书内容	19
2 高水膨胀充填材料研究	20
2.1 充填材料配比	20
2.2 充填材料流动特性	21
2.3 充填材料固化特性	22
2.4 充填材料膨胀特性	23
2.5 充填材料力学特性	26
2.6 充填袋强度试验研究	30
3 高水膨胀材料充填系统研制	45
3.1 高水膨胀充填材料的储运系统	45
3.2 高水膨胀充填材料的制浆系统	46
3.3 高水膨胀充填材料的输浆系统	49
3.4 高水膨胀材料充填工艺	51
4 高水膨胀材料充填采煤工艺模式研究	57
4.1 长壁充填采煤技术	57
4.2 条带充填采煤技术	60
4.3 巷道式充填采煤技术	60
4.4 水力采煤充填技术	63
4.5 充填采煤的合理设计	70



5	高水膨胀材料充填采煤覆岩活动规律研究·····	72
5.1	高水膨胀材料充填采煤覆岩活动规律实测研究·····	72
5.2	高水膨胀材料充填采煤覆岩活动规律数值模拟研究·····	102
5.3	高水膨胀材料充填采煤覆岩控制研究·····	119
6	高水膨胀材料充填在王庄煤矿四采区采煤的应用·····	123
6.1	采区基本条件·····	123
6.2	充填采煤设计·····	125
6.3	充填采煤效果·····	132
7	高水膨胀材料充填在王庄煤矿五、七采区采煤的应用·····	141
7.1	采区基本条件·····	141
7.2	充填采煤设计·····	148
7.3	工作面采充工艺设计·····	175
7.4	充填采煤效果·····	179
	参考文献·····	181



1 绪 论

1.1 问题的提出

煤炭占中国一次能源消费的 70% 左右, 而且在未来几十年内, 我国以煤为主的能源结构不会改变, 煤炭工业能否健康发展是事关我国能源安全和经济可持续发展的重大问题^[1-3]。随着矿井储量逐步减少, 煤炭资源枯竭与经济发展之间的矛盾日益突出。据对我国国有重点煤矿的不完全统计, 国有重点煤矿中生产矿井“三下”压煤量高达 137.9 亿 t, 其中建筑物下煤炭赋存 87.6 亿 t, 村庄下煤炭储量占建筑物压煤量的 60%~70%^[4-7]。从分布区域上看, 人口密集、村庄集中的河南、河北、山东、安徽、江苏五省村庄下压煤占我国村庄下压煤量的 55% 以上^[8]。

以山东省为例, 压煤村庄及重要建筑物共有 1 100 多处, 压覆煤炭占资源总量的 53%; 省属煤矿中, 村庄及重要建筑物压覆可采储备量的 39.2%^[9]; 仅兖州、济宁、滕州三个煤田, 在省属煤矿范围内就有 968 个村庄和重要建筑物; 巨野矿区的开发需要 50 个村庄搬迁。一些开采历史较长的矿井, 随着煤炭资源的枯竭, 将面临矿井存续、职工安置、矿区社会经济稳定等一系列问题, 大量“三下”压煤的开采, 可延长矿井服务年限, 最大限度地回收煤炭资源, 是缓解这一压力的可靠技术途径。

淄博市王庄煤矿位于淄博市临淄区的中部, 在临淄煤田的西南部, 北部毗邻西老、宋桥、北槽井田。该区域为齐鲁化工园区, 公路、铁路纵横, 村庄密集, 占压煤炭资源约 2.0 亿 t, 制约着临淄煤田的开发建设。矿井设计年产量 21 万 t, 服务年限 32 a。1994 年投产, 主采煤层为煤 4 与煤 4-2, 局部可采煤层为煤 9、煤 10、煤 7 等。煤炭产品为优质主焦煤, 是山东省紧缺煤种, 按市场平均价格 1 000 元/t 计算, 年生产总值为 1.5 亿~2.1 亿元。

2005 年, 淄博市王庄煤矿剩余地质储量 720 万 t, 因火成岩侵入, 煤 9 层储量变为不可采; 另外, 村庄压煤 268.4 万 t, 公路压煤 52.1 万 t; 除断层



煤柱、各类保护煤柱外,剩余可采储量 120 万 t,储量备用系数取 1.4,服务年限仅余 4.1 a,矿井将提前步入衰减期。2005 年王庄矿剩余储量如图 1-1 所示。

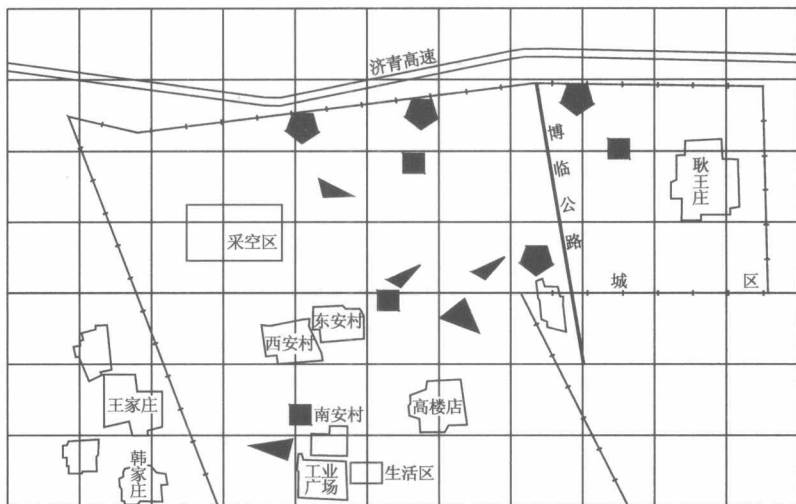


图 1-1 2005 年王庄煤矿剩余储量示意图

- ▲——4-2 煤 2005 年计划开采范围; ■——4 煤 2005 年计划开采范围;
◆——4 煤及 4-2 煤 2005 年计划开采煤柱; □——2004 年以前采空区

为了解决淄博市王庄煤矿的生存和可持续发展问题,急需解决“三下”压煤高回收率开采的技术难题。

1.2 国内外充填采煤技术现状

建筑物下开采带来的最大问题是地表塌陷与建筑物损坏。解放建筑物下压煤,归根结底是要解决开采导致的地表沉陷问题,包括沉陷规律及其有效控制等方面,特别是与之相关的各项技术措施。

下面分别从开采沉陷规律研究、沉陷控制技术措施方面进行综述,重点分析与本书有相同研究背景的充填采煤技术,包括其发展历史、应用现状等。



1.2.1 开采沉陷及其控制现状

(1) 开采沉陷研究

19 世纪末,人们已经注意到采矿引起的岩层移动与破坏及其对地面建(构)筑物的损害现象。1858 年,以观测资料为基础,比利时人哥诺提出了“法线理论”,认为采空区上下边界开采影响范围可用相应点的层面法线确定。20 世纪 30 年代,苏联、波兰等国家已开始岩层与地表移动的研究。到 60 年代,开采沉陷研究得到迅速发展。矿山测量者^[10-15]实测发现地表塌陷盆地的形态与某种数学函数形态(如概率分布函数等)非常相似,故而提出了随机介质理论,以波兰学者克诺特、李特维尼申和我国学者刘宝琛等的研究最具代表性。基于这种随机介质理论形成了著名的概率积分法,用以预测地表移动和变形,且一直沿用至今。1947 年,苏联学者阿维尔申利用塑性理论并结合实践经验建立了基于地表移动计算方法的下沉剖面方程,提出了水平移动与地面倾斜成正比的观点;1953 年,波兰学者萨武斯托维奇利用弹性基础梁理论得出了波动下沉剖面方程;20 世纪 60 年代初,英国学者 Berry 和 Walse 曾用弹性理论探讨了均质岩层的平面及三维条件下的位移表达式;1983 年,我国学者刘宝琛采用黏弹性平面模型推出了覆岩与地表的位移表达式;邓喀中运用断裂力学、损伤力学相结合的方法,采用弹性梁、板理论推导出计算岩体内部移动公式;麻凤海以复合介质力学模型推导了覆岩及地表的下沉公式。李增琪曾将覆岩、煤层和底板看成层梁的计算问题,用直积定理导出了岩层的移动表达式^[16-22]。

近 20 年来,钱鸣高等人提出了岩层控制的关键层理论及无开采损害的绿色开采技术。许家林等研究了主关键层对地表沉陷的控制作用^[23-25],即覆岩主关键层对地表下沉动态过程的影响,得出主关键层对地表移动的动态过程起控制作用,主关键层的破断将导致地表快速下沉,地表下沉速度随主关键层的周期破断而呈跳跃性变化,地表移动影响角和移动影响边界随主关键层破断明显向外扩展,并提出将控制覆岩主关键层不破断失稳作为建(构)筑物下采煤设计原则。

(2) 条带开采和房柱式开采

为了减少地下开采造成的地面沉陷,国内外煤矿常采用保留支撑煤柱的开采技术,主要分为条带开采和房柱式开采。

条带开采是把开采的煤层划分成比较正规的条带,采一条,留一条。条



带开采能有效地控制上覆岩层垮落移动和地表沉陷,保护地面建(构)筑物和生态环境。我国 1967 年首次采用条带法开采“三下”压煤,已先后在 10 多个省的 100 多个采区或工作面进行了条带开采,抚顺、阜新、蛟河、峰峰、淄博、鹤壁、平顶山、焦作、郑州、枣庄、徐州等多个矿区都曾进行过建(构)筑物下压煤的条带开采。条带开采不改变采煤工艺,较少增加吨煤成本,技术及生产管理简单,能较大幅度地减少地表沉降,开采下沉系数一般为 0.01~0.2。其缺点是煤炭采出率低,资源损失严重。

鉴于条带开采在解放“三下”采煤中的重要作用,国内外学者对其进行了大量的研究,特别是在条带开采地表移动的机理和规律、条带开采地表移动和变形预计、条带煤柱载荷和强度的计算、条带开采尺寸设计、条带煤柱稳定性分析方法等方面取得了大量的研究成果^[26-34]。

条带开采方法在国内外得到了广泛应用,表 1-1 为部分条带开采实例。

表 1-1 条带开采实例

煤 矿	采深 H/m	采厚 M/m	采宽 b/m	留宽 a/m	采出率 $C/\%$	下沉系数 η
南桐矿	240	1.5	12	12	50	0.056
蛟河三井(四矿)	60~110	1	12~20	10	62.8	0.03
阜新平安矿一坑	144	1.4	30~50	20	64	0.15
蛟河三井(六矿)	105~170	1	18~43	1 317	68.9	0.07
鹤壁九矿(上煤)	164	1	35	16	54	0.164
鹤壁九矿(下煤)	174	2.4	41	20	44.8	0.206
安阳王家岭矿	71	—	24	11	68.6	0.3
南票下窑沟矿	355	5.7	110	30	78.6	0.029
抚顺胜利矿	505	16.6	28	38	42.4	0.04
临沂五寺庄矿	110	2	15	9	63	0.042
(英国)约克郡矿	90	1.3	12	13	48	0.02
(英国)约克郡矿	113	1.4	28	35~46	40	0.03
(英国)Barbara 矿	170	1.2	50	40	55.6	0.05
淄博双沟煤矿	301	1.1	35	30	54	0.09
(俄罗斯)斯维尔德洛夫矿	360	4	10	10	50	0.088
(俄罗斯)滨海煤管局三矿	265	2.5	4	4	50	0.337



续表 1-1

煤 矿	采深 H/m	采厚 M/m	采宽 b/m	留宽 a/m	采出率 $C/\%$	下沉系数 η
(俄罗斯)波布勒克矿	150	1.3	35	27	56.4	0.05
淄博洪山矿	102	—	25	10	71.4	0.1
峰峰三矿	135	1.4	15	15	50	0.13
峰峰二矿	142	1.4	12	18	40	0.129
徐州沛城矿	330	3.55	20	25	44.4	0.023
郑州大平矿	190.5	5	16	25	39	0.125
临沂古城矿	567	8.6	50	80	38.5	0.011
枣庄田陈矿	426~686	2.8	140	160	46.7	0.106
峰峰一矿	221	5.1	38~50	40	57	0.095
峰峰九龙矿	585	2.4	120	120	50	0.22
岱庄福利院矿	340	2.2	28~50	22~38	55.4	0.05
淮北临涣矿	325	3	50~55	55	50	0.073
安阳积善煤矿	150	2.25	31	32	49	0.12
(英国)Wistow 矿	320	2.44	45	50	47.4	0.08
(波兰)W. W 矿	166	2.65	8	8	50	0.285
(英国)兰开夏矿	640	1.7	72	108	40	0.087
(英国)兰开夏矿	916	1.8	64	90	41.6	0.16

房柱式采煤法是美国、澳大利亚、南非等国应用比较成熟的一种采煤技术,可以作为一种常规的采煤方法,也可以作为煤矿地表沉陷控制的开采手段^[35-38]。房柱式开采存在以下缺点:① 资源采出率比较低,在美国采用传统的房柱式开采,一般采出率为 50%~60%;② 通风条件差,由于进、回风巷道并列,通风构筑物多,漏风大;③ 仅适用于地质条件相对简单的煤层。

(3) 村庄搬迁与损害赔偿

村庄搬迁是我国煤矿“三下”村庄压煤开采方法之一。目前我国从村庄下采出的煤量仅为 2.33 亿 t,占村庄压煤总量的 4%,其中 75%是靠村庄搬迁采出的^[8-9]。利用村庄搬迁的办法开采村庄压煤越来越困难,一方面,由于近年来建筑价格和土地征用费用的高涨,搬迁费用不断攀升,兖州矿区农户搬迁费已达 21 万元/户^[9],而允许搬迁重要建筑的损失补偿数额更高;另一方面,为使村庄等建筑物搬往无煤区,搬迁距离常超过 5~6 km,有时达



到 10 km,超出了原住民耕作半径,给搬迁人员带来许多生产和生活的不便,农民不愿意搬迁。此外,随着环境保护的加强,若继续走“先破坏后治理”的路子,煤矿将面对越来越大的环保压力。

建(构)筑物损害赔偿及青苗补偿是村庄农田临近煤矿的长期费用。王庄煤矿一水平埋深较浅为 120~240 m,地面沉降最深达 0.95 m;二水平埋深 330~450 m,地面沉降最深达 0.6 m。地表沉降造成了 5 个村庄的民房和近万亩农田受到损害。

1.2.2 充填采煤技术现状

充填开采是煤矿绿色开采技术体系的主要内容之一。充填开采因其对岩层扰动小,具有控制岩层移动与地表沉陷的作用,是解决煤矿开采环境问题和“三下一上”(建筑物下、铁路下、水体下和承压含水层上)压煤开采问题的有效途径。近年来,充填采煤技术受到广泛关注与重视,并开展了系统且具规模的理论与工业试验,但目前仍处于试验与发展之中^[39-40]。

1.2.2.1 充填采煤发展历史

100 年前,澳大利亚北莱尔矿的工人就将井下全部废弃矸石排弃至采空区充填^[41],但充填真正作为煤矿减沉开采方法始于 20 世纪 30 年代。煤矿充填开采经历了干式充填减沉开采,水砂充填减沉开采,膏体充填开采以及覆岩离层注浆、冒落区矸石注浆减沉等发展阶段。

国外在 20 世纪 50 年代之前,用干式充填工艺将煤矿固体废弃物排至采空区,既处理了矿山废料,又可减少地表沉陷。干式充填主要有风力充填和自溜充填^[42-45]。风力充填的地表下沉系数一般为 0.2~0.5,当煤层厚度小于 3 m 时,采用长壁采煤法或房柱式采煤法配合采空区风力充填;当煤层厚度大于 3 m 时,采用倾斜分层和水平分层开采配合采空区风力充填。风力充填曾经是英国建筑物下采煤的主要技术,在德国、苏联和波兰等国均有使用,我国亦曾进行过小规模试验。风力充填需配备专门的压风机、充填机和输送管路或充填巷道,并对充填材料的粒度、湿度有较严格的要求。自溜充填一般用于急倾斜煤层和倾斜煤层,减沉效果不及风力充填,但不需用专门充填设备,对充填材料要求较低,国内外煤矿在建筑物下采煤和水体下采煤时均有应用。随着煤矿回采技术的发展,干式充填工艺逐渐被淘汰。近年来,随着绿色开采技术的深入研究,张吉雄、缪协兴等设计了胶带输送机运输、矸石充填机充填的工艺过程和系统装备^[46],提出了矸石置换村庄



保护煤柱、矸石及黄土充填长壁采煤技术,并进行了矸石井下处理工业试验;中国黑龙江省地面塌陷防治研究所研究设计了一种针对薄煤层矿井的新技术——“矿山固体废弃物点式支护防塌法”^[47]。

20 世纪 50 年代,加拿大和澳大利亚等国开发了水砂采空区充填技术^[48],充填材料通常是河砂、煤矸石和电厂粉煤灰,长壁工作面使用水砂充填后地表下沉系数为 0.10~0.20。由于该项技术既可以减缓地表沉陷,又可以防治煤矿发火,且利于工作面通风,煤矿采空区水砂充填采煤法在煤炭工业发展过程中曾经受到重视和推广^[49-80]。波兰水砂充填的煤炭产量在 20 世纪 70 年代占煤炭总产量的 29% 左右,年充填量达到 3 500 万 m³,已经成功地开采了多座城市市下的煤炭资源。水砂充填在德国、苏联、法国、印度、罗马尼亚等国也曾获得广泛应用。20 世纪 60 年代,我国抚顺胜利矿采用伪倾斜上行水砂充填长壁采煤法成功地开采了工业广场保护煤柱,此后新汶矿务局孙村、良庄、协庄等矿以及阜新、鹤岗等矿区也曾开展过水砂充填试验。采空区水砂充填采煤法的初期基建费用大,水量消耗大且井下充填脱水工艺复杂,工作面环境差、工艺环节多、管理难度大,据 1955 年阜新和鹤岗两矿务局的资料,用水砂充填采煤比同期采用垮落法采煤的吨煤成本高 40%~120%,因此在我国煤矿没有得到推广应用。

20 世纪 80 年代初,国外发展了膏体充填技术。德国瓦尔苏蒙煤矿采用长壁法采煤^[31],以工业废弃细物料(煤泥、粉煤灰)制备膏体料浆充填采空区。我国学者对膏体充填技术在煤矿的应用也进行了研究。孙恒虎提出了煤矿似膏体充填新工艺。周华强专门为煤矿膏体充填开发了 2 种膏体胶结料,提出了固体废物膏体充填不迁村开采^[51],把煤矿就近的煤矸石、粉煤灰、工业炉渣、城市固体垃圾等在地面加工成胶结性或非胶结性膏状浆液,然后用充填泵或自溜通过管道输送到井下,部分或全部充填回采工作面采空区,形成以膏体充填体为主体的覆岩支撑体系,控制地表沉陷值,在保证地面建筑物损害轻微的条件下,提高村庄下煤炭资源的采出率,延长矿井的服务年限。

离层注浆开采技术是我国自 20 世纪 80 年代末开始,从研究岩层内部移动规律出发,提出的煤矿注浆充填减沉开采新技术^[52-53]。自抚顺矿务局在我国首次采用离层注浆减缓地表下沉的试验取得成功之后,新汶华丰煤矿、兖州东滩煤矿、开滦唐山煤矿等先后进行了离层注浆减缓地表沉降现场试验,取得了一定的成效。在某些覆岩条件下,离层注浆法可明显减少地表



下沉,有效延缓地表下沉速度,地表下沉减少约 50%~70%。

1.2.2.2 充填采煤技术现状

近几十年来,充填开采在金属矿山的推广应用获得长足进步,但在煤矿还没有得到广泛使用,这与煤矿采用充填开采的特殊条件密不可分。与金属矿充填开采相比,煤矿充填开采的特点主要表现在^[54-55]:

(1) 采煤生产能力与充填生产能力均衡问题

众所周知,充填开采中,采矿和充填互相制约,不继续采矿就无处充填,不充填也就不能采矿,使得由采矿和充填这两个作业环节组成的回采作业大循环共同决定矿井的开采。因此,只有实现采矿和充填的均衡,充填技术才有生命力,才会在矿山有效应用。事实上,采煤生产能力与充填生产能力均衡问题非常突出,即目前充填生产能力与采煤生产能力无法相匹配。与金属矿山炮采工艺相比,煤炭地下采矿法早就实现综合机械化,即落煤、装煤、运煤、支护和放顶五道工序全部采用机械化作业,出现了工作面年单产百万吨以上甚至千万吨的地下特大型矿山。因此,煤矿的充填技术必须适应高产高效的发展。但是目前的充填能力一般无法与高产高效采煤技术相匹配。

(2) 充填材料供需均衡问题

寻找丰富低廉的合适充填材料满足回填空间的要求,是充填开采方法成功应用的一个必要条件,这就是充填材料供需均衡问题。金属矿山采用掘进废石、尾砂(约占矿石开采量的 90%左右)、冶炼炉渣等采矿废弃物作为充填料,完全解决了充填材料供需均衡的问题。同金属矿相比,煤矿自身工业废弃物比例小,煤矿的矸石一般为煤炭开采量的 15%左右,采空区全部充填难以解决充填材料来源困难的问题。

(3) 充填成本与采矿效益均衡问题

充填开采与其他开采方法相比,最大限度地采出了地下煤炭资源、保证了安全生产、增加了矿山经济效益。但充填开采需要增设充填设备,增加充填工序,矿山必须为此支出充填成本。充填成本与采矿效益均衡问题就是:充填开采中因充填而增加的经济效益能否抵消充填成本?就我国煤矿充填而言,只有当充填成本小于因开采引起的土地破坏和村庄搬迁赔偿费用时,充填成本与采矿效益才实现均衡,充填技术才有生命力,才会在煤矿得到有效应用。

(4) 煤系地层采后岩层移动与破坏规律复杂,充填作业时空受限