

教育部新世纪优秀人才支持计划 (NCET-05-0480) 资助

国家自然科学基金青年科学基金项目 (50904063) 资助

张东升 刘玉德 王旭锋 著

沙基型浅埋煤层保水开采技术 及适用条件分类

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

SHAJIXING QIANMAI MEICENG BAOSHUI KAICAI JISHU YI SHIYONG TIAOJIAN FENLEI

教育部新世纪优秀人才支持计划(NCET-05-0480)

国家自然科学基金青年科学基金项目(50904063)

沙基型浅埋煤层保水开采技术及适用条件分类

张东升 刘玉德 王旭锋 著

中国矿业大学出版社

内 容 摘 要

本书基于神东煤田的地质条件,采用理论分析、物理模拟、数值计算、三维固液耦合模拟等方法 and 手段,对浅埋煤层覆岩移动规律和裂隙分布特征进行了综合研究,从理论上分析了浅埋煤层保水开采的机理,由此确定了保水开采的关键技术,找出了浅埋煤层保水开采的基本条件,初步形成了一套以工作面快速推进、工作面有效支护及工作面局部防渗处理为核心的浅埋煤层保水开采技术。在此基础上,进一步对沙基型浅埋煤层保水开采适用条件进行了分类,确定出各分类相应的工艺与参数,并将其成功应用于保水开采的工程实践。本书的一些创造性成果在国内外处于较高水平,对于类似工程具有重要的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

沙基型浅埋煤层保水开采技术及适用条件分类/张
东升,刘玉德,王旭锋著. —徐州:中国矿业大学出版社,
2009.12

ISBN 978 - 7 - 5646 - 0559 - 9

I. 沙… II. ①张…②刘…③王… III. 薄煤层—煤矿开
采:地下开采 IV. TD823

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 227382 号

书 名 沙基型浅埋煤层保水开采技术及适用条件分类

著 者 张东升 刘玉德 王旭锋

策划编辑 张怡菲

执行编辑 刘红岗

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市解放南路 邮政编码 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

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

排 版 徐州中矿大印发科技有限公司排版中心

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

经 销 新华书店

开 本 787×1092 1/16 印张 8.25 字数 210 千字

版次印次 2009 年 12 月第 1 版 2009 年 12 月第 1 次印刷

定 价 40.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

水是人类及一切生物赖以生存的必不可少的物质基础,同时也是工农业生产、社会经济发展和生态环境改善不可替代的极为宝贵的自然资源。从未来的发展趋势看,突出的供需矛盾已使水资源成为社会经济发展的重要制约因素。我国西北部广泛赋存着浅埋的侏罗纪煤田,因其可采煤层多、煤层厚、煤质优良、构造简单、开采技术条件优越而为世人瞩目,在我国能源发展战略中具有十分重要的地位,是西部大开发乃至全国经济发展的能源基础;但这一区域地表生态环境十分脆弱,地下水资源主要位于浅部主采煤层附近,因受采动影响而极易流失。面对目前大规模的矿业开发,如何最大限度地保护水资源、保护生态环境是事关我国西部矿区可持续发展的大事。如果采用传统的煤炭开采方法,会使矿区土地荒漠化进一步加剧,对水资源造成极大的负面影响和破坏,所以,保水开采是我国西部煤炭资源开发的关键性保障技术。

针对制约浅埋煤层保水开采技术发展的关键问题,为了确定不同条件下合理的开采参数,本书作者及其科研团队进行了大量的研究工作。通过深入分析国内外研究现状,基于神东煤田的地质条件,采用理论分析、物理模拟、数值计算及三维固液耦合模拟等方法 and 手段,对浅埋煤层覆岩移动规律和裂隙分布特征进行了综合研究,从理论上分析了浅埋煤层保水开采的机理,由此确定了保水开采的技术关键,找出了浅埋煤层保水开采的基本条件,初步形成了一套以工作面快速推进、工作面有效支护及工作面局部防渗处理为核心的浅埋煤层保水开采技术。在此基础上,进一步对沙基型浅埋煤层保水开采适用条件进行了分类,确定出各分类相应的技术工艺与参数,并将其成功应用于保水开采的工程实践。其中一些创造性成果在国内外处于较高水平。本书是作者多年来从事浅埋煤层开采技术的理论研究和现场实践经验的结晶。

本书第一章主要介绍了保水开采的意义和国内外研究概况;第二章介绍了神东矿区煤层赋存特征及开采技术;第三章采用物理模拟和数值计算方法分析了浅埋煤层上覆岩层移动规律和裂隙分布特征,并提出了浅埋煤层保水开采技术的内涵;第四章采用“多因素综合指标分析方法”对保水开采适用条件进行了分类,初步形成了沙基型浅埋煤层保水开采的分类体系;第五章分析了采速、采高、支架额定阻力等参数,初步形成了沙基型浅埋煤层保水开采的技术体系;第六章分析了保水开采分类体系和技术体系在工程实践中的应用效果;第七章对本书所做的研究结论进行了总结和展望。

本书在编写过程中,参考和利用了許多文献资料的有关内容,所做的許多研究和现场实测工作得到了神东煤炭集团公司和内蒙古伊泰煤炭股份有限公司的领导及工程技术人员的

大力支持;本书的出版得到了国家自然科学基金(50374065)、教育部新世纪优秀人才支持计划(NCET-05-0480)和中国矿业大学科技基金(2005B002,2008A003)的资助,在此一并表示衷心的感谢。同时,感谢中国矿业大学出版社和本书编辑们的辛勤劳动。

由于作者水平所限,书中难免存在错误和不妥之处,敬请读者在浏览之余,不吝赐教,感激无限。

作者

2009年12月

目 录

1 绪论	1
1.1 保水开采的意义	1
1.2 保水开采技术适用条件分类的意义	5
1.3 保水开采技术的理论及研究现状	5
1.4 研究的核心、方法与思路	7
1.5 本章小结	9
2 沙基型浅埋煤层地质条件及开采技术条件特征	10
2.1 地理地形特征	10
2.2 地层特征	11
2.3 水文地质特征	16
2.4 开采技术状况	19
2.5 本章小结	22
3 沙基型浅埋煤层保水开采机理及技术	23
3.1 保水开采的目标含水层	23
3.2 沙基型浅埋煤层采动覆岩裂隙分布特征分析	28
3.3 上覆岩层渗流特征	43
3.4 保水开采机理分析	47
3.5 保水开采技术	49
3.6 本章小结	58
4 沙基型浅埋煤层保水开采分类体系	59
4.1 保水开采分类方法及分类指标	59
4.2 保水开采适用条件分类	70
4.3 本章小结	74
5 沙基型浅埋煤层保水开采技术体系	76
5.1 保水开采分类条件中开采高度的确定	76
5.2 保水开采分类条件中开采速度的确定	78
5.3 保水开采分类条件中顶板支护力的确定	85
5.4 保水开采分类条件中的局部处理措施	89
5.5 沙基型浅埋煤层保水开采技术体系	99

5.6 本章小结	99
6 保水开采技术及分类体系的实践应用	101
6.1 补连塔煤矿 32201 工作面保水开采实测分析	101
6.2 大柳塔煤矿 12404 工作面保水开采实测分析	107
6.3 保水开采分类体系及技术体系的应用效果	113
6.4 本章小结	114
附录	115
参考文献	119

1 绪 论

我国西北部浅埋煤层的储量十分丰富,约占全国煤炭探明可采储量的 1/4 以上;但这一区域地表生态环境十分脆弱,位于浅埋煤层附近的潜水受采动影响极易流失,会导致环境的进一步恶化,所以,保水开采是浅埋煤层开发的关键性保障技术。对于该技术的研究尽管取得了一些成果,但是至今还没有形成成熟的理论,尤其是在保水开采适用条件分类方面的研究成果更少。因此,本书运用多种研究方法手段,对保水开采机理进行研究,并进一步对其适用条件进行分类,确定出各分类相应的技术参数,使之在我国西北部浅埋煤层的开采中能得到广泛地应用。

1.1 保水开采的意义

1.1.1 水资源概况^[1]

水是人类及一切生物赖以生存的必不可少的物质基础,同时也是工农业生产、社会经济发展和生态环境改善不可替代的极为宝贵的自然资源。20 世纪,随着世界人口的成倍增长,人类用水量增加了 5 倍;从未来的发展趋势看,突出的供需矛盾已使水资源成为社会经济发展的重要制约因素。

我国水资源危机十分严重,水资源总量约为 $2.8 \times 10^{12} \text{ m}^3$,其中河川年平均总径流量约为 $2.7 \times 10^{12} \text{ m}^3$,排在世界第 6 位(巴西 $6.95 \times 10^{12} \text{ m}^3$,苏联 $6.54 \times 10^{12} \text{ m}^3$,美国 $3.06 \times 10^{12} \text{ m}^3$,加拿大 $2.9 \times 10^{12} \text{ m}^3$,印度尼西亚 $2.81 \times 10^{12} \text{ m}^3$)。我国人均占有河川年径流量约 2327 m^3 ,仅相当于世界人均占有量的 1/4。据预测,到 21 世纪 30 年代,在需水量实现零增长之前,全国需水总量将可能从目前的 $5.0 \times 10^{11} \text{ m}^3$ 增加到 $7.0 \times 10^{11} \text{ m}^3$ 。

我国西北部(尤其是陕蒙煤炭开采区)水资源问题更为突出。由于地形和降水分布的差异性,占全国约 1/3 面积的西北地区的水资源量仅有 $220 \text{ km}^3/\text{a}$,只占全国的 8%;地下天然水资源量和开采量分别为 $110 \text{ km}^3/\text{a}$ 和 $30 \text{ km}^3/\text{a}$,均占全国总数量的 13%,成为全国缺水最为严重的地区之一。

1.1.2 陕蒙浅埋煤层开采区生态环境概况^[2,3]

陕蒙侏罗纪煤田地处于毛乌素沙地与黄土丘陵过渡地带,地表为流动沙及半固定沙所覆盖,干旱少雨,蒸发强烈,水资源贫乏;风沙活动剧烈,水土流失、荒漠化发展极其严重(见图 1-1)。

陕蒙煤炭开发区生态环境十分脆弱,具有如下特点:

(1) 过渡性。因处于鄂尔多斯高原与黄土高原的交接地带,北有毛乌素沙地,南有黄土高原,是黄土高原地貌演化的典型过渡地带,为水蚀和风蚀共同作用形成的地貌,原始植被

种类单调,植被覆盖率仅为 3%~11%。

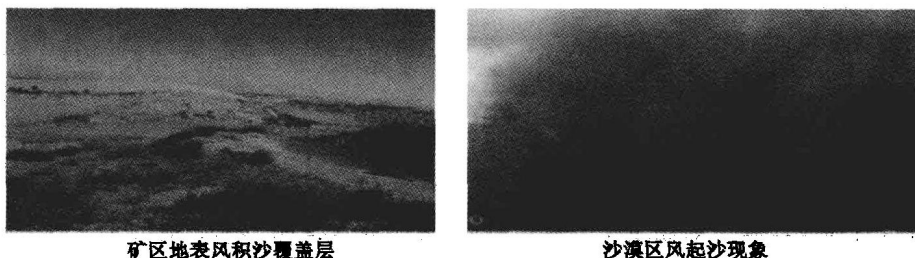


图 1-1 陕蒙侏罗纪煤田地貌及环境特征

(2) 波动性。表现在四个方面:一是年际间与年内降水分配极不均匀,年平均降水量 362 mm,主要集中在 6~9 月,约占全年降水量的 3/4;二是降水常以暴雨的形式出现,一场暴雨可占全年降水量的 1/3~1/7,且突发性强;三是热量指标变化剧烈,年平均气温 7.3℃,最高温度 38.9℃,最低温度 -30.7℃,年平均气温温差大,一般为 13.2~14.9℃,极端可达 69.6℃;四是风害严重,年平均风速 3.2 m/s,最大风速 24 m/s,大于 5 m/s 的起沙风 70 d,春季降水少,常有沙尘暴发生,夏季大风常伴有大雨、冰雹。

(3) 脆弱性。由于沙漠多次侵袭,土壤颗粒组成较粗、疏松,储水保肥能力差,一遇水流,迅速崩解,风蚀风积作用十分强烈。加之与暴雨、大风等气候因素的相互作用,决定了矿区生态环境的脆弱性;其生态系统在受到干扰时,容易从一种状态转变为另一种状态,而且一旦改变很难恢复。

(4) 敏感性。自然气候条件的改变和矿区开发导致的污染等所引发的生态环境变化,都容易引起植被的死亡。

(5) 低抗可逆性。生态环境一旦遭到破坏,靠自身的能力需要相当长的时间才能恢复,甚至导致环境的逆向演变与恶性循环,从而使生态系统彻底破坏。

从以上的分析可知,在陕蒙煤炭开发区进行矿区开发建设,必须考虑其自然条件的特点和遵循生态环境的变化规律。

1.1.3 浅埋煤层开采规模

我国西北部广泛赋存着浅埋的侏罗纪煤田,因其可采煤层多、煤层厚、煤质优良、构造简单、开采技术条件优越而为世人瞩目;且其地理位置又具承东启西的作用,在我国能源发展战略中具有重要地位,是西部大开发乃至全国经济发展的能源基础,主要有神府东胜大煤田、陕北榆神煤田、宁夏的灵武煤田、新疆的吐哈煤田等^[4]。2004 年国家批准建设的 13 个大型煤炭基地,有两个在陕蒙地区,即神东基地和陕北基地,其中,神府东胜煤田(神东煤田)包括侏罗纪和石炭二叠纪两个成煤期,总面积为 31 227.90 km²,探明地质储量为 2 236 亿 t,远景储量为 10 000 亿 t,约占全国探明储量的 1/4,相当于 70 个大同、160 个开滦的储量,是我国储量最大的煤田之一。神东矿区(煤层埋深 10~300 m 不等)先后建设了大柳塔煤矿、补连塔煤矿、榆家梁煤矿、上湾煤矿、乌兰木伦煤矿、大海则煤矿、哈拉沟煤矿和马家塔煤矿等 10 对矿井,其中 5 对矿井具备并达到年生产能力 1 000 万 t 水平,各井田分布情况如图 1-2 所示。2005 年神东矿区原煤生产已突破 1 亿 t^[4~7]。

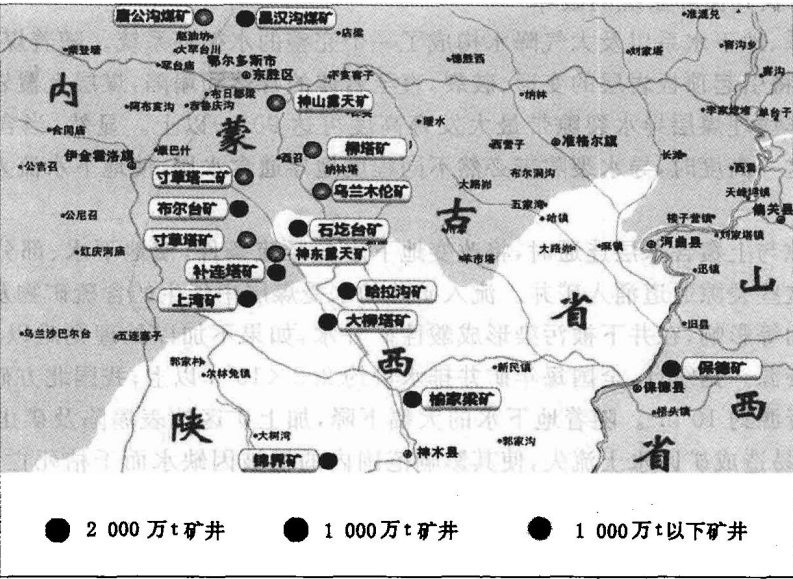


图 1-2 神东矿区井田划分

1.1.4 传统煤矿开采模式对水资源及环境的影响

陕蒙煤炭开发区地下水资源主要位于浅部主采煤层附近,对脆弱的地表植被生长起着至关重要的作用,也是影响开采区生态环境的关键因素;当潜水位降低时,草本植物因缺水而逐渐死亡,荒漠化扩展,环境恶化^[8,9]。

传统的开采模式,基本上是“先采后治,甚至采后不治”,很少考虑开采引起的地质环境变化及其对人类的不良影响或危害,使得土地荒漠化的趋势呈直线上升趋势;对水资源造成极大的负面影响和破坏。

地下水抽取、矿井水资源化与环境之间的关系如图 1-3 所示。

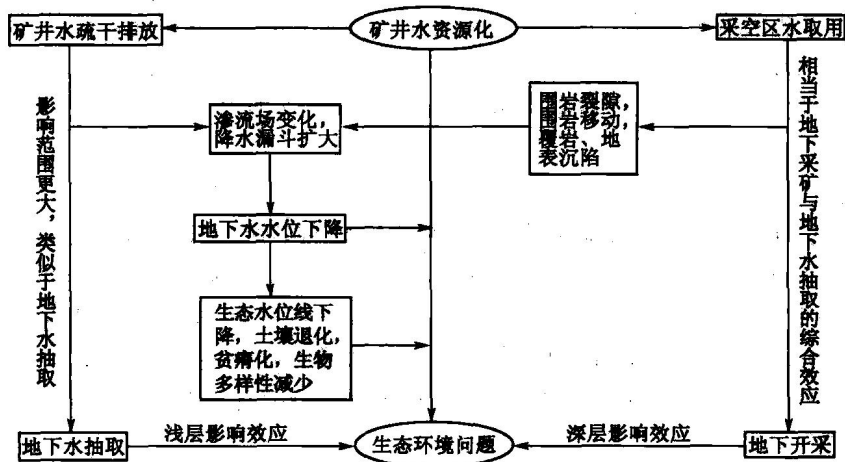


图 1-3 地下水抽取、矿井水资源化与环境之间的关系

(1) 水系及其循环系统的破坏

地表水系、地下水系以及大气降水构成了一个完整的水循环系统。随着煤炭的采出、采空区的形成,将引起顶板岩层的变形、破裂,直至岩体的冒落和塌陷,煤层上覆岩层中形成导水裂隙带。非浅埋煤层导水裂隙带最大发育高度可达 90 m 以上。显然,当含水层与煤层的距离小于这一高度时,导水裂隙带必然不同程度地导通含水层,使地下水流入矿井而形成矿井涌水。

导水裂隙与上覆含水层连通时,将改变地下水的径流条件,使地下水、部分地表水和大气降水沿着这些裂隙通道涌入矿井。流入矿井的水受煤层中伴生的含硫矿物及煤尘、岩屑、采煤机械用油等影响,在井下被污染形成酸性矿井水,如果不加以处理则难以再利用,将极大地浪费水资源。据统计,全国每年矿井排水量约 2.2×10^9 t 以上;我国北方矿区平均吨煤破坏地下水资源约 10 m^3 。随着地下水的大幅下降,加上矿区地表塌陷及矿山辅助工程设施的建设,极易造成矿区水土流失,使其影响范围内的植被因缺水而干枯死亡,土地沙漠化进一步加剧^[8,9],矿区周围地表生态环境进一步恶化。

(2) 水土流失

矿区开发中产生的固体废弃物的大量堆积将侵占、压埋土地、农田和河道,引发更为严重的水土流失。如:神东矿区在开发初期,年增加土壤侵蚀量 4 514 万 t,向黄河增加 2 019 万 t 泥沙,60% 的固体废弃物直接排入乌兰木伦河和悖牛川,使河道淤积、变窄,河床抬高(乌兰木伦河河床已抬高 4 m),阻碍泄洪。

(3) 水资源匮乏

陕蒙煤炭开采区的水资源供应将会出现严重不足的状况;据预计,到 2020 年,仅神东矿区对水资源的需求量就高达 $112.26 \sim 153.06 \text{ 万 m}^3/\text{d}$,相当于 2~3 个百万人口规模的特大城市的全部需水量。

总之,传统的矿区开发模式将导致环境的恶化,改变原有的环境生态系统,使环境生态系统向逆向发展,加剧生态系统的脆弱性。

1.1.5 保水开采是浅埋煤层开发的关键^[6~13]

因为缺水,陕蒙煤炭区域的自然环境一步步地退化,从公元 5 世纪的肥沃草原环境,退化为今天的亚沙漠环境。面对目前大规模的矿业开发,如何最大限度地保护水资源、保护生态环境是事关我国西北部矿区(陕蒙区域)经济可持续发展的大事。

(1) 神东矿区

改善生态环境是神东矿区实现可持续发展的最重要环节,必须有相应的水资源作为保证。但是,根据神东矿区的水资源状况、开发利用现状和矿区中长期规划的分析认为:神东矿区 2007 年以前水资源供需基本保持平衡,从 2008 年起需求量大于供水能力,而逐年下降的自来水量已不能补充供需缺口。所以,在大规模开采条件下,进行水资源保护性开采,防止开采对宝贵的水资源的破坏和影响,同时对矿井水进行循环利用,提高水资源利用率,无论是从环境保护还是水资源利用方面,对神东矿区的可持续发展都非常必要。

(2) 西部矿区

我国西北部矿区煤炭产量约占全国总产量的 40%,且仍有增长的趋势;从实现矿业与生态环境的持续发展的目标出发,就必须在大规模开采的同时,保护好资源和环境。因此,

从采矿角度研究浅埋煤层的保水开采,是陕蒙区域煤炭开发成败的关键,是达到煤炭开发与环境保护双赢的核心保障技术。

1.2 保水开采技术适用条件分类的意义

浅埋煤层保水开采技术适用条件分类,是以煤层上覆岩层移动与沉陷规律为基础,以保护上方地表潜水为目标,对浅埋煤层开采中如何实现保水,如何实现工作面保水开采的连续推进,如何解决工作面布局、设备选型、工艺参数及相关措施等一系列开采技术问题进行深入研究,从而形成完善的、便于推广的一整套保水开采技术,对指导我国西北部煤炭企业走上生态型绿色矿业之路具有重要的理论和实际意义。

1.3 保水开采技术的理论及研究现状

保水开采的目的是保护环境,保护生态。在陕蒙地区,实现保水开采的途径有两个:一是合理选择开采区域;二是采取合理的采煤方法和工程措施^[13]。现在陕蒙区域大规模开采已经全面展开,重新进行区域选择已不现实,所以只能从开采技术上进行深入研究^[14]。

1.3.1 国外研究现状

(1) 浅埋煤层矿压方面的研究

大型浅埋煤田在世界上并不多,国外较为典型的是莫斯科近郊煤田和美国阿巴拉契亚煤田,印度和澳大利亚也在进行浅部煤层开采,埋深在 100 m 以内^[6,9,10]。这些国外矿区的地表主要为表土层,工作面顶板台阶下沉和涌水溃沙现象并不突出,且前期开采期间的技术水平有限,研究仅限于一般矿压观测和简单的力学分析。M. 秦巴列维奇和 B. B. 窃德雷克(苏联)、B. 霍勃尔瓦依特和 L. Holla 博士(澳大利亚)等对浅部长壁开采的矿压现象进行的观测研究认为:浅部煤层的开采使其顶板破断直接影响到地表,顶板破断角大,地表下沉速度快,来压明显且难以控制^[5,10,15~20]。

(2) 采动影响方面的研究

国外对浅埋煤层的开采对地表水、地下水、矿区及区域内生物种群等的影响进行了比较深入的观测和研究^[21~27],其中,比较有代表性的成果是 Booth C. J. 等在美国伊利斯诺州进行的长壁工作面上覆砂岩含水层的观测研究^[28~30],该研究系统地分析了煤层开采后地表的沉陷特点,及由此引起的砂岩含水层水压、渗透性、储水能力及水理性质的正面和负面变化,且描述了不同区域开采后水位的恢复过程和水质的变化特点,提出了长壁开采引起的地下水位下降的可恢复性^[31]。此外,Karaman A. 等人对长壁工作面的开采边界与开采区域地下水位变化之间的关系进行了动态研究,通过分析采动覆岩含水层的渗透系数和储水系数等参数预测含水层水位的变化情况^[32~34]。Kim J. M. 等人采用有限元方法,研究了采动条件下的覆岩破裂变形和地下水流动的耦合关系,并就水位下降的动态过程进行了描述^[35]。此外诸多研究认为,地下长壁工作面开采后,尽管部分区域含水层的水位可以恢复,但其地球化学性质发生了明显的短期内不可恢复的变化^[36~41]。

(3) 保水开采方面的研究

尽管对水资源受开采影响的研究比较深入,但在矿业开采水资源保护方面,尤其是与我国西北部浅埋煤层相似地质条件下的煤层保水开采方面,国外研究成果特别少^[9]。国外迄今还没有明确提出与保水开采相似的采矿理念,鲜有文献提出具体的开采方法,从采矿的角度去系统解决对水资源进行保护性开采的难题^[42]。

1.3.2 国内研究现状

为掌握国内在浅埋煤层保水开采方面的研究现状,将与“保水”、“浅埋”、“薄基岩”、“沙土基”、“土基”、“火烧岩”、“沙基”、“萨拉乌苏”、“绿色开采”等词语相关的文章进行了检索,共检出约 75 篇科技论文。结合与保水开采有关的博士学位论文,对国内在这一领域的研究做如下概述:

(1) “保水开采”的提出与内涵

“保水开采”是由陕西煤田地质局高级工程师范立民首次在对“陕北煤炭开采过程中的地下水保护”进行叙述时提出的观点^[43]。1995~1998 年,由中国煤炭地质总局牵头,陕西煤田地质局 185 队、中国煤炭地质总局水文地质局和中国矿业大学等单位联合承担开展了《中国西部侏罗纪煤田(榆神府矿区)保水开采与地质环境综合研究》项目,在这一研究中,首次明确使用“保水开采”一词^[13]。

2006~2007 年,中国矿业大学张东升教授在对神东矿区《亿吨级矿区生态环境综合防治技术》研究中,对保水开采的内涵进行了概括,“保水开采就是通过选择合理的采煤方法和工艺,使采动影响对含水层的含水结构不造成破坏;或虽受到一定的损坏,造成部分水流失,但在一定时间以后含水层水位仍可恢复,流失量应保证最低含水位不影响地表植物的生长,并保证水质没有污染”^[44]。

(2) 浅埋煤层开采覆岩移动规律研究方面

在 20 世纪 90 年代,随着神府东胜煤田的开发,西安科技大学的黄庆享教授及其他学者对浅埋煤层的开采展开了大量研究工作。在大量的实测研究以及平面物理相似模拟试验的基础上,对关键层上覆厚松散载荷层随“台阶岩梁”结构运动的破坏规律和载荷传递机理进行了研究,揭示了浅埋煤层地表厚沙土层在不同阶段随基本顶结构的破断运动而呈现的各种变形和破坏形式^[45],基本掌握了浅埋煤层长壁工作面的顶板破断机理和矿压显现规律^[2,3]。

黑龙江科技学院的李凤仪、辽宁工程技术大学安全学院的王继仁等,依据典型薄基岩浅埋煤层覆岩结构及其力学特征,建立了薄基岩浅埋煤层覆岩力学模型,利用傅立叶变换确定单一关键层位置及组成岩层分层,预测潜水面下浅埋煤层开采的顶板活动,以此为浅埋煤层开采选取合理的方法及工艺参数^[13,46~47]。

(3) 浅埋煤层保水开采机理研究现状

① 隔水层特性的研究^[18,19,48~50]

陕西煤田地质局的范立民、蒋泽泉等人对强松散含水层下保水开采的隔水层岩组特性进行了研究,对含水层底部土层和基岩风化带的隔水作用进行了分析,通过采用物理相似模拟试验,初步进行了顶板黏土隔水层稳定性的模拟研究。

中国矿业大学的杨伟峰、隋旺华等人,对覆岩的赋存特征,松散层的分布及厚度、岩(土)层的物理力学性质等工程地质影响因素在“保水开采”中的应用进行了研究,分析认为:尽管

覆岩较薄,但其中赋存的风化带岩层使得裂隙带的发育受到制约。

② 覆岩层导水方面的研究

中国矿业大学马立强博士以神东矿区浅埋煤层为研究对象,采用平板力学模型、三维模拟、数值计算、三维流固耦合系统等方法与手段,对沙基型薄基岩浅埋煤层覆岩导水通道分布特征开展了系统的研究,分析了隔水层的裂隙演化机理和发育过程及其分布特征,以及不同采矿地质参数对采动覆岩导水通道高度的影响,揭示了覆岩导水通道的可控性,并提出了相应的控制措施^[42]。

③ 关键层隔水方面的研究

中国矿业大学浦海博士以神东矿区综采工作面为研究对象,提出了隔水关键层的概念和保水采煤的隔水关键层保护原理。通过建立力学模型,运用实验研究、理论分析、数值模拟、数字图像相关法、岩石渗流—损伤耦合模型等方法 and 手段,系统分析了隔水关键层的基本力学特性及隔水性能,以及贯通裂隙与渗流分布的基本特征,并对渗流量进行了详细的统计和比较^[51]。

(4) 保水开采技术分类与应用^[9,18,19,52~54]

西安科技大学的师本强、侯忠杰、张杰,陕西省煤炭科学研究所的张少春等人,通过对矿区与保水开采有关的地质因素、煤柱稳定性等的研究,针对沙基型覆岩及富水特点进行了不同基岩厚度(15 m、30 m、42 m、54 m、60 m)的“固—液”耦合实验模拟,结合物理模拟分析后认为:越厚的基岩在垮落过程中裂隙越容易闭合,基岩厚度大于 75 m 时,可采用长壁工作面开采法;基岩厚度在 30~75 m 时,采用间歇式开采法;基岩厚度小于 30 m 时,采用充填或房柱式开采法。

1.3.3 保水开采技术及其适用条件分类方面的研究空间

尽管国内外学者在浅埋煤层工作面矿压观测及保水开采方面的研究取得了较多成果,但是,在保水开采的机理分析和适用条件分类方面,依然存在着很多不足,主要表现在:

在以往的研究中,对保水开采的机理没有做系统的分析和概括。另外,对保水开采适用条件没有形成系统的分类;或者在有关分类过程中,没有明确的分类指标;或者没有考虑相关因素对分类指标的影响;再者,在过去的保水开采研究中,大都针对长壁工作面开采条件下的矿压规律及保水开采进行相关研究,而对短壁开采工作面缺乏深入的研究和具体的应用。

1.4 研究的核心、方法与思路

1.4.1 研究核心

本书以沙基型浅埋煤层为研究对象,对浅埋煤层的煤、岩、水等地质体的空间形态及特征进行研究,提出相应的保水开采方法和途径,并选取合理的分类指标与分类方法,对煤层开采与浅层地下水的关系进行新的分类分析,形成浅埋煤层保水开采的分类体系与技术体系,为西部矿区的可持续发展提供保水开采方面的指导。

(1) 研究重点

- ① 保水开采的机理；
- ② 保水开采适用条件的分类及其对应的技术参数(包括短壁连采技术相关参数)。

(2) 研究难点

- ① 如何确定保水开采适用条件的分类方法和分类指标；
- ② 如何以分类指标对保水开采进行分类。

1.4.2 研究方法与技术路线

本书研究方法与技术路线如图 1-4 所示。

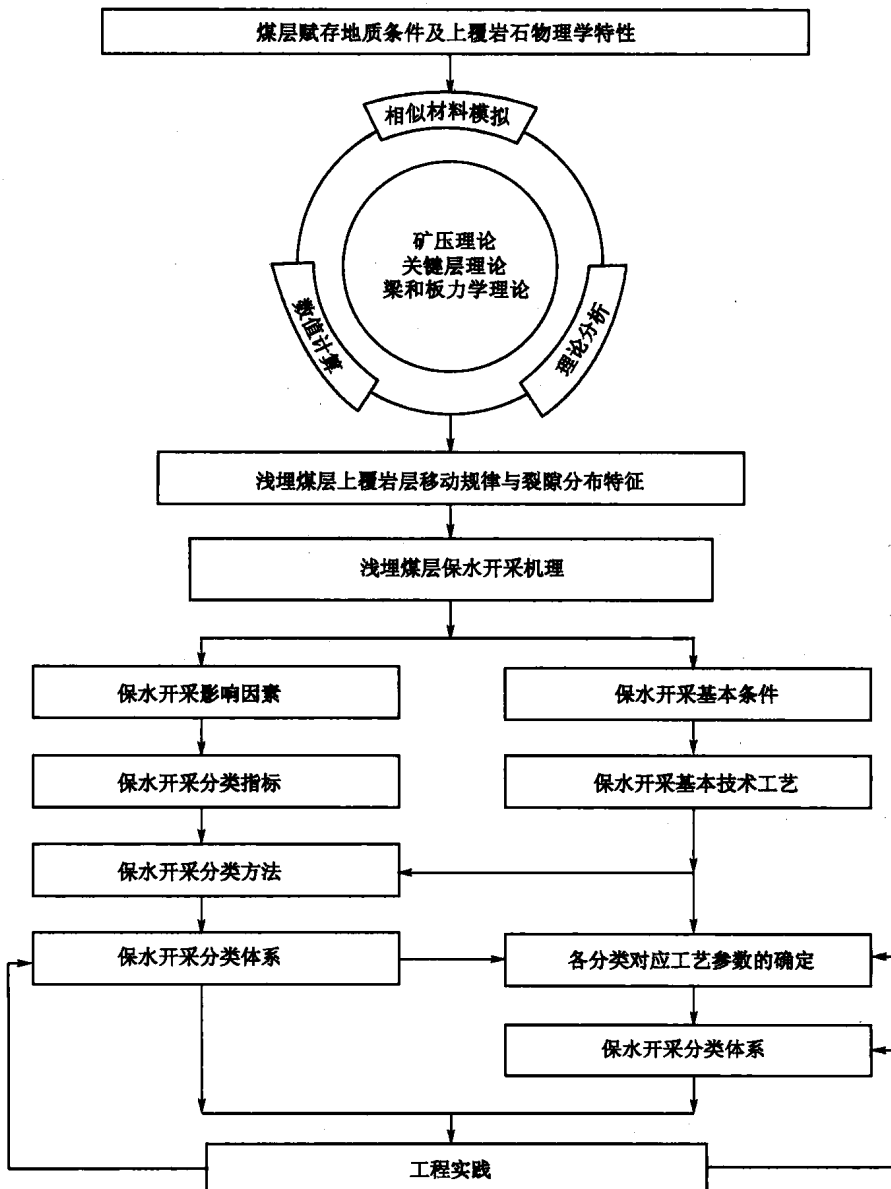


图 1-4 研究理论、方法和技术路线

以现场实测数据和实验室研究为基础,采用相似材料模拟、数值计算分析等手段,对浅埋煤层工作面基岩的结构特征及裂隙分布规律进行研究,揭示浅埋煤层保水开采的机理,并对保水开采适用条件进行分类,确定合理的开采技术和相关参数;最后将分类结果用于实践。

(1) 数据整理

为便于理论分析、模拟和计算,对不同区域上覆岩层的物理力学参数及特征进行综合整理,以便于对浅埋沙基型煤层的数据进行研究。

(2) 理论分析

选用经典的矿压理论、关键层理论及梁和板的力学理论,分析上覆岩层的结构及运动规律。

(3) 相似材料模拟

建立不同规模、不同类型的实验模型,进行相似模拟,研究不同厚度基岩顶板的运移规律和相应的控制对策。

(4) 数值计算分析

采用 Itasca 公司的 UDEC3.1 和东北大学岩石破裂与失稳研究中心开发的 RFPA 模拟软件,建立数值计算模型,分析顶板岩层的运动规律、基岩载荷的传递规律及合理的支护方案。

(5) 现场实测

选择不同的基岩厚度区域、不同的工作面,在地面布设观测孔(井)进行地下水位变化情况的统计观测。

1.5 本章小结

(1) 我国西北地区的水资源严重短缺,煤炭资源相当丰富,生态环境十分脆弱。所以,在大规模煤炭开采条件下,保水开采是事关我国西北部矿区可持续发展的核心保障技术;而对其适用条件的分类,则可为该技术在不同地质条件下的应用提供一个合理的标准,为其在我国西北部矿区的推广提供理论依据。

(2) 研究思路:本书拟将以神东矿区浅埋煤层地质条件为研究基础,分析沙基型浅埋煤层保水开采的机理和影响因素,选择分类方法和分类指标并对其进行分类,确定各分类相关技术参数,形成保水开采的分类体系与技术体系,然后进行工程实践。

2 沙基型浅埋煤层地质条件及开采技术条件特征

神东煤田属于典型的沙基型浅埋煤层。神东矿区为向西平缓倾斜的单斜地层,构造简单,岩层裂隙不发育;以陆相含煤的侏罗系地层为主,厚度 170.5~221.8 m,一般 185 m,含 5 个煤组 1⁻²、2⁻²、3⁻¹、4⁻²和 5⁻²,具有浅埋深、薄基岩、厚松沙、富潜水的赋存特点。煤层上覆基岩主要由砂岩和泥岩组成,多属于中等一难冒落型顶板。大气降水是地表水和地下水的主要补给来源;地表水系以乌兰木伦河和犊牛川河及其支沟所构成的具有强烈季节性的水流系统为主。地下水分三类:新生界松散层孔隙潜水、中生界裂隙潜水和承压水、烧变岩孔洞裂隙潜水;主要隔水层为基岩风化带和第三系黄土层。基于上述地质条件,神东矿区主要采用长壁大采高综采和短壁机械化连采技术。

2.1 地理地形特征

神东矿区所开采的范围属神东煤田的一部分,地处乌兰木伦河和窟野河的两侧,西部为沙漠滩地,沙丘连绵,地表沙层最厚可达 20.0~50.0 m,沙漠化及潜在沙漠化土地面积约占总面积的 85%;东部为黄土丘陵,河谷纵横,如图 2-1 所示。

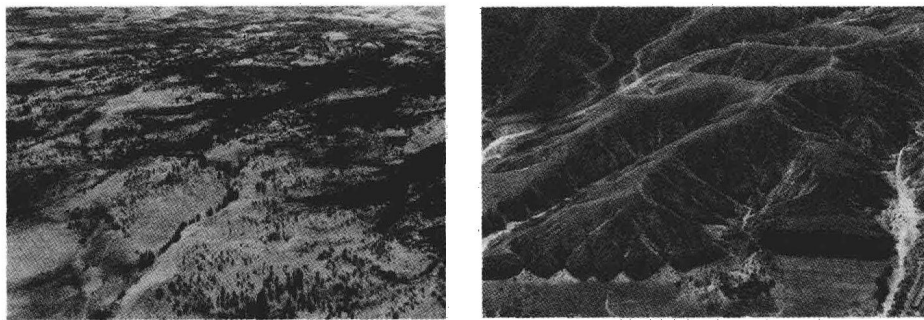


图 2-1 神东矿区地形地貌

神东矿区地理坐标为东经 109°51'~110°46'、北纬 38°52'~39°41';南北长约为 38~90 km,东西宽约为 35~55 km,面积约为 3 481 km²(见图 2-2)。

平均海拔高度为+1 200 m 左右,属典型的半干旱、半沙漠的高原大陆性气候,一般冬季严寒,夏季枯热,春季多风,秋季凉爽,昼夜温差悬殊,风沙频繁,干旱少雨,蒸发强烈,年降雨量平均为 194.7~531.6 mm,年蒸发量为 2 297.4~2 838.7 mm,是降水量的 6~7 倍;由于地形地貌的原因,降水大部分形成地表径流而流失,渗入岩土层的不足 15%。因为缺水,形成了独特的土壤理化性质:颗粒较粗,疏松无结构,易崩解分散,储水保肥能力差;加之暴雨、大风等气候因素,导致严重的土壤侵蚀,使矿区生态环境十分脆弱^[2]。