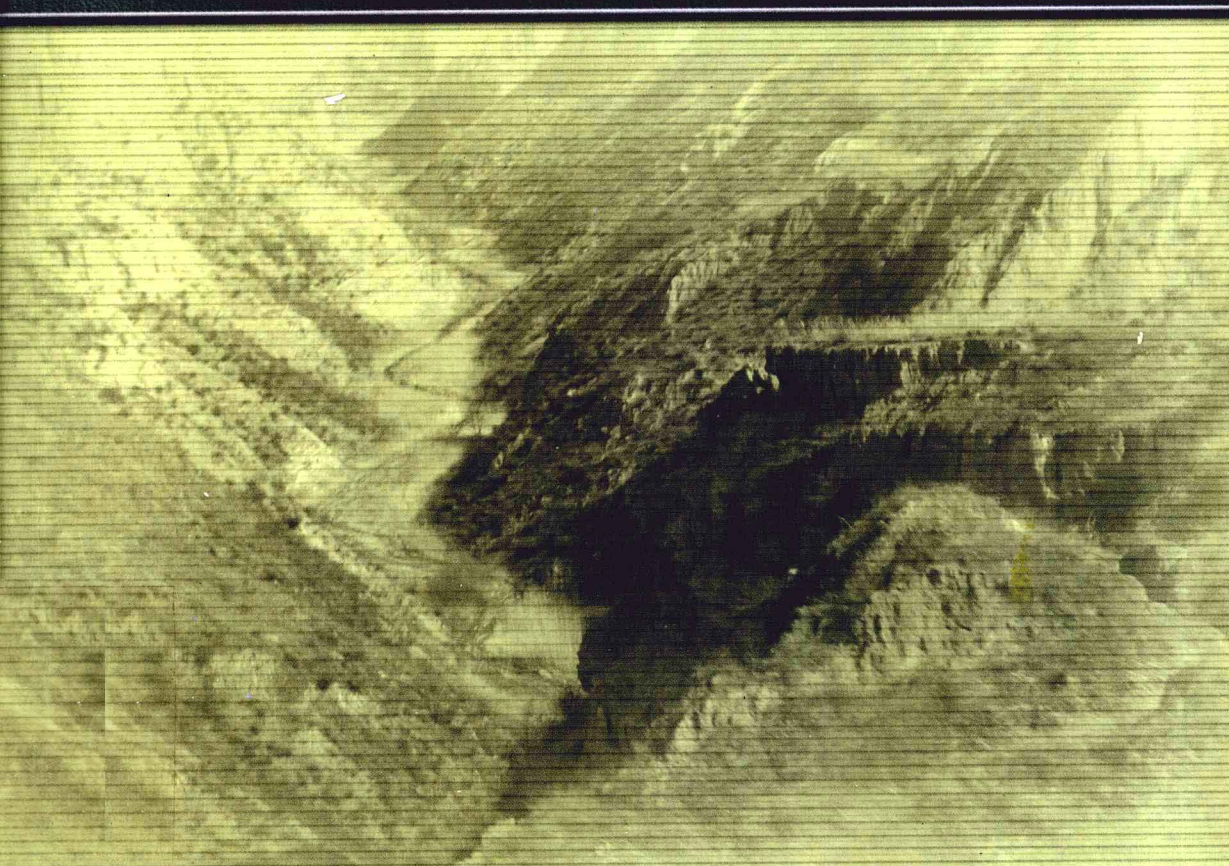


Chonggou Fayu Kuangqu
Zianmai Meiceng Caidong Poti Kuodong Jili
Jiqi Kongzhi Yanjiu

冲沟发育矿区浅埋煤层 采动坡体活动机理及其控制研究

张东升 翟德元 王旭锋 著



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

冲沟发育矿区浅埋煤层 采动坡体活动机理及其控制研究

张东升 翟德元 王旭锋 著

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书系统地阐述了在浅埋煤层冲沟坡体下开采时采动坡体的活动对工作面矿压的影响机理及矿压控制措施。主要内容包括:冲沟发育矿区浅埋煤层地质特征分析、基岩型冲沟采动坡体活动特征模拟分析、沙土质型冲沟采动坡体活动特征物理模拟分析、冲沟坡体下开采基本顶破断特征分析、多边块铰接结构特征与稳定性控制分析、沙土质型采动坡体结构稳定性分析及支护阻力确定、冲沟采动坡体敏感性分类及其控制等内容,既有深入的理论分析,又有丰富的实测数据。

本书可供从事采矿工程专业的科研、工程技术人员参考,也可作为相关院校采矿工程专业的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

冲沟发育矿区浅埋煤层采动坡体活动机理及其控制研究/
张东升,翟德元,王旭锋著. —徐州:中国矿业大学
出版社,2010.2

ISBN 978 - 7 - 5646 - 0593 - 3

I. 冲… II. ①张…②翟…③王… III. 薄煤层采煤法—
研究—西北地区 IV. TD823.25

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第012647号

书 名 冲沟发育矿区浅埋煤层采动坡体活动机理及其控制研究

著 者 张东升 翟德元 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 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

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

排 版 中国矿业大学出版社排版中心

印 刷 江苏淮阴新华印刷厂

经 销 新华书店

开 本 787×960 1/16 印张 10.50 字数 262千字

版次印次 2010年2月第1版 2010年2月第1次印刷

定 价 80.00元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)



前 言

我国西北矿区冲沟纵横交错的地形地貌特征,导致起伏变化的地表与浅埋煤层开采的相互影响特别敏感和强烈;地表产状多样的冲沟坡体,使井下工作面矿压显现规律呈现出新的特征,对矿井安全高效生产造成了不利影响。本书以基岩型和沙土质型两种典型的冲沟采动坡体为研究对象,以工作面背沟推进为主要开采方式,综合运用实验室物理模拟、计算机数值计算、理论分析及现场实测等手段,对冲沟发育矿区浅埋煤层采动坡体的活动机理及其控制进行了系统地分析,主要研究成果有:① 揭示并证实了工作面不同的推进方向可导致不同的采动坡体活动方式,向沟开采时产生顺坡滑移,背沟开采时产生反坡倒转,但基岩型冲沟与沙土质型冲沟引起坡体活动的机理不同。② 提出了基岩型冲沟采动坡体的“多边块”铰接结构,分析了坡角不同时对该结构的影响特征,建立了相应的稳定性分析力学模型;得出坡角越大,基岩厚度越小,该结构越易产生滑落失稳,并计算出控制多边块体滑落失稳的支护阻力。③ 提出了沙土质型冲沟坡体下浅埋煤层基本顶初次破断的不对称性,建立了与基本顶初次来压和周期来压相对应的结构力学模型,并进行了结构稳定性和“支架—围岩”关系分析,计算出控制顶板结构滑落失稳的支护阻力。④ 现场实测结果验证了两种典型冲沟采动坡体下工作面支护阻力计算的有效性,并表明:背沟开采时工作面支护阻力呈减小趋势,顶板控制的重点区域应为采动坡体的下段;在煤层埋深一定的条件下,冲沟深度越大,坡角越大,采动坡体对工作面顶板的反作用效应越大。⑤ 基于对大量实测和数值计算结果的分析,首次提出冲沟切割系数的概念,并依据冲沟切割系数与坡角两个指标,对冲沟坡体进行了采动敏感性分类。

全书共九章,第一章介绍了本书的研究背景、意义和国内外研究现状;第二章介绍了冲沟发育矿区浅埋煤层地质特征;第三章对基岩型冲沟采动坡体活动特征进行了模拟分析;第四章介绍了沙土质型冲沟采动坡体活动特征物理模拟分析结果;第五章分析了冲沟坡体下开采基本顶破断特征;第六章介绍了基岩型冲沟采动坡体多边块铰接结构特征与稳定性控制分析;第七章介绍了沙土质型采动坡体结构稳定性分析及支护阻力确定;第八章介绍了冲沟采动坡体敏感性分类及控制;第九章对本书所做的工作进行了总结。

在本书的编写过程中,参考了许多国内外文献资料,所做的现场实测工作得到了内蒙古伊泰集团有限公司领导和工程技术人员的大力支持。本书的出版得

到了教育部“新世纪优秀人才支持计划”(NCET-05-0480)、江苏省研究生科研创新计划(CX07B_149Z)和中国矿业大学科研基金(2005B002、2009A001)的资助,在此一并致谢。由于作者水平有限,书中难免存在错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

作 者

2010年2月

目 录

前言	1
1 绪论	1
1.1 问题的提出与研究意义	1
1.2 研究现状及存在问题	3
1.3 本书主要研究内容与方法	7
1.4 研究目标与创新点	9
2 冲沟发育矿区浅埋煤层地质特征分析	11
2.1 矿区煤层地质特征	11
2.2 冲沟坡体分类及结构特征	13
2.3 煤岩物理力学参数分析	16
2.4 本章小结	20
3 基岩型冲沟采动坡体活动特征模拟分析	21
3.1 物理模拟模型的建立	21
3.2 实验结果及分析	25
3.3 冲沟坡角对采动坡体活动特征的影响	33
3.4 基岩型冲沟采动坡体活动特征的 3DEC 模拟分析	39
3.5 冲沟采动坡体活动方式产生机理分析	48
3.6 本章小结	49
4 沙土质型冲沟采动坡体活动特征物理模拟分析	51
4.1 模型建立	51
4.2 模拟结果分析	53
4.3 沙土质型采动坡体活动机理	60
4.4 沙土质型采动坡体位移和垂直应力变化特征	63
4.5 冲沟采动坡体活动方式影响因素分析	66
4.6 本章小结	67

5	冲沟坡体下开采基本顶破断特征分析 ·····	69
5.1	工作面初次来压步距计算及破断特征分析·····	69
5.2	工作面周期来压步距计算及周期来压步距分析·····	81
5.3	本章小结·····	87
6	多边形块体结构特征与稳定性控制分析 ·····	88
6.1	多边形块体结构特征物理模拟分析·····	88
6.2	多边形块体结构模型及其力学分析·····	95
6.3	多边形块体结构稳定性分析·····	98
6.4	多边形块体结构支护力确定·····	101
6.5	支护阻力计算实例·····	103
6.6	基岩型冲沟坡体下开采支架工作阻力实测·····	106
6.7	本章小结·····	109
7	沙土质型采动坡体结构稳定性分析及支护阻力确定 ·····	110
7.1	基本顶初次来压岩块结构分析·····	110
7.2	基本顶初次来压时支护力确定·····	117
7.3	基本顶周期来压时顶板结构稳定性分析与支护力确定·····	119
7.4	采场支架支护阻力确定·····	122
7.5	支护阻力计算实例·····	125
7.6	沙土质型冲沟坡体下开采支架工作阻力实测·····	127
7.7	本章小结·····	130
8	冲沟采动坡体敏感性分类及其控制 ·····	131
8.1	冲沟坡体下开采矿压显现规律实测·····	131
8.2	冲沟采动坡体敏感性分类·····	139
8.3	冲沟采动坡体控制·····	147
8.4	本章小结·····	148
9	主要结论 ·····	150
	参考文献 ·····	152

1 绪 论

1.1 问题的提出与研究意义

我国以煤炭为主的能源结构在短期内难以得到根本改变,一次性能源中煤仍然占 70%左右。随着我国西部大开发国策的不断实施,我国煤炭资源的开发重点已开始向西部转移,并形成以内蒙古为代表的西北和以贵州为代表的西南两大发展方向。西部煤田主要特点有:一是普遍赋存浅埋煤层(埋深小于 200 m);二是地形地貌多样,地表起伏大,西北内蒙古、陕西多为古冲沟发育区,而西南贵州、云南则为山区。以我国西北部浅埋煤田为例,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,此外,彬长、黄陵、华亭等煤田中的相当一部分在开发初期也主要开采浅部煤层。其中神府—东胜煤田地处内蒙古南部和陕西北部,已探明储量达 2 236 亿 t,约占全国已探明储量的 1/3,属世界八大煤田之一,且因可采煤层多、煤层厚、煤质优良而为世人瞩目^[1-3],不仅在我国能源发展战略中具有重要地位,而且已成为西部大开发乃至全国经济发展的能源基地。然而与西南煤田相比,西北煤田地表植被稀疏、水土保持能力较弱、地表水蚀严重、冲沟纵横、坡体产状变化大,地形支离破碎,相对高差有 100 余米,该区典型地貌如图 1-1 所示。

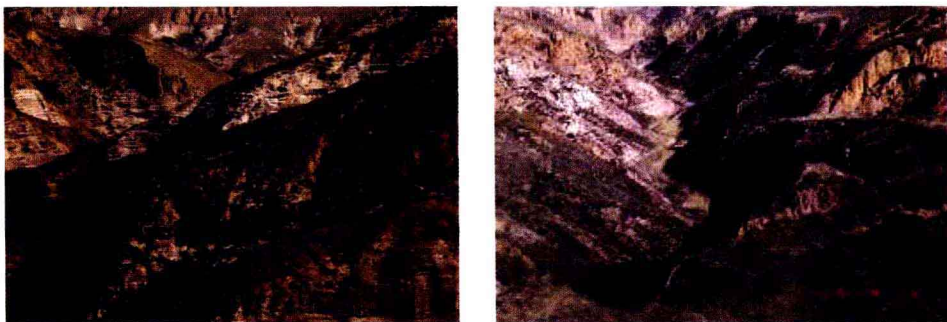


图 1-1 地表冲沟发育

近几年来,我国相关部门对浅埋煤层岩层移动特征与矿压显现规律、保水开采、突水溃沙防治,尤其是对厚风积沙薄基岩的沙基型浅埋煤层的开采做了大量的理论研究和工程实践,有效地指导了矿山的安全与高效生产,也为地面生态环境建设提供了理论基础和技术支持。自 20 世纪 90 年代初,西安科技大学石平五、侯忠杰和黄庆享等教授以及辽宁工程技术大学孙宝铮教授和马云东教授等开始对我国西部浅埋煤层开采问题进行研究,从基岩破断规律、顶板破断机理及其控制、基岩及上覆岩层结构和来压规律、顶板支护、采煤方法等不同角度提出了一系列开采理论^[4-18]。中国矿业大学张东升教授带领的课题组在对浅埋煤层赋存特征进行分类的基础上,研究了浅埋煤层采动覆岩导水通道分布特征,证明了其可控性,总结出了一套保水开采技术,并根据浅埋煤层基岩厚度及其上覆松散含水层的富水性,提出了保水开采基本条件分类^[19-24]。

但现有的初步成果一般都视地面为水平面,忽略了或未高度重视地形和地貌对井下开采的影响,尤其是在煤层浅埋条件下,这种影响会更敏感和强烈,有时甚至起主导作用。内蒙古伊泰集团在老矿井煤柱回收过程中,多次出现不定期的煤柱突然失稳现象,造成大面积冒顶(见图 1-2);在新矿井长壁工作面推进过程中,采场会突然来压,强度超过基本顶初次来压,再推进一定距离后,又恢复常态,这些常规矿压理论无法解释的现象,都与工作面过地表冲沟有关。

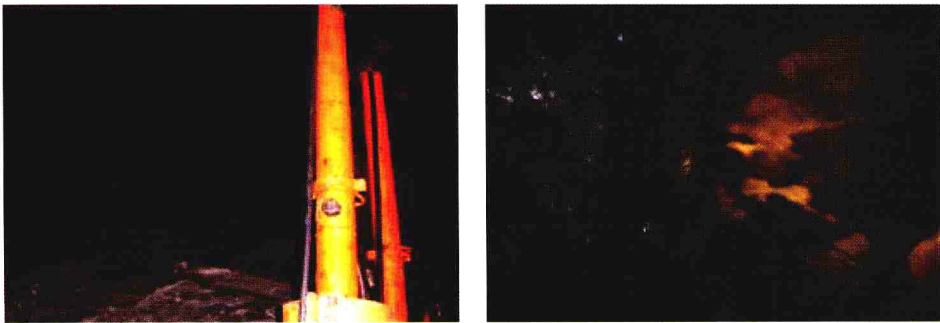


图 1-2 顶板不定期来压造成支柱倾倒和煤柱倾斜

然而,有关浅埋煤层冲沟下开采的理论尚属空白。采动坡体受工作面开采影响会形成怎样的结构?不同类型的冲沟坡体对井下开采有何影响?影响程度如何?如何采取有效的控制措施以保证工作面的安全高效生产?尽管已有诸多关于采动覆岩活动规律的科学假说,如已被广泛接受的砌体梁理论与传递岩梁理论等^[12,15,25,143,144],但都是基于一般赋存条件,均未涉及地表起伏对覆岩活动规律的影响。根据初步研究,采动坡体的活动呈现“顺坡滑动”与“反坡倒转”的

现象,砌体梁承载结构在一定条件下并未出现,而是在坡体段出现多边块铰接结构(图 1-3),这正是冲沟下开采时井下矿压显现规律异常的根本原因。随着西部煤田的大规模开采,在冲沟下开采的情况将越来越多,采用传统的矿压理论已经难以适应冲沟发育矿区开采的需要,亟须相应的理论指导来确保矿井的安全高效生产。

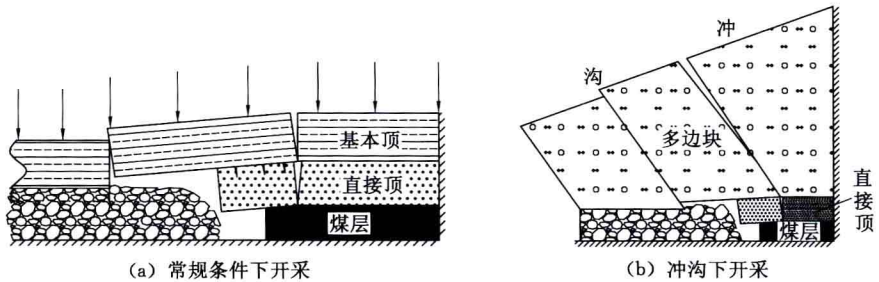


图 1-3 不同开采条件下覆岩结构示意图

本书在上述空白领域做了有益尝试,具有一定的前瞻性、开拓性和理论价值及实践意义。研究成果可以作为浅埋煤层工作面过冲沟时的顶板控制、浅埋煤层保水开采、地表沉陷控制技术等的理论基础,为实现矿井的绿色开采和生产的安全高效奠定理论基础及提供技术支持。同时,可以根据工作面布置方式对矿压显现的影响规律,打破传统的工作面布置方案,将地表起伏作为一个重要因素考虑进矿井的开拓部署,以适应冲沟下开采的覆岩移动规律。

1.2 研究现状及存在问题

通过中国矿业大学查新站(国家一级查新中心)查新及查阅国内外博士、硕士论文和 SCI、EI、ISTP 等数据库收录的文献,发现国内外对浅埋煤层顶板控制、采动滑坡、露天矿边坡稳定性控制、山区地表变形规律等方面的研究较多,成果较为丰富;而针对冲沟的研究主要是从地质、土壤、地表过程等方面研究冲沟的形成及其对地表的侵蚀作用^[26-28],但涉及冲沟下采动坡体活动规律及其控制方面的成果则几乎没有报道,相关研究主要是围绕浅埋煤层顶板控制和采动(山体)滑坡及其控制两个课题分别进行。

1.2.1 浅埋煤层顶板控制研究

大型浅埋煤田在世界上不多,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埋煤层开采(埋深在 100 m 以内)。

国外在浅埋煤层开采矿压显现规律的观测方面做了大量工作,但对顶板控制理论的研究还主要集中在简单的支架受载力学模型分析和经验公式的应用方面。

前苏联学者 M. 秦巴列维奇根据对莫斯科近郊浅埋煤层开采实践的观测,提出了台阶下沉学说,认为当煤层埋藏较浅时,随工作面推进,顶板将呈斜方六面体沿着向煤壁的斜面垮落至地表,支架载荷应考虑整个上覆岩层的作用。此外,前苏联 B. B. 布德雷克在 1981 年总结了埋深为 100 m、顶板为厚黏土层条件下浅埋煤层的矿压显现特征,指出顶板来压十分猛烈,产生动载现象。20 世纪 80 年代初,澳大利亚 B. 霍勃尔依特博士等对新南威尔士安谷斯·坡来斯煤矿浅部长壁开采的一些矿压现象进行了实测,发现回采后采空区迅速压实,煤壁附近顶板岩层迅速发生整体移动,支架有动载现象,安全阀经常开启,顶板破断期间支架以很快的速度达到额定工作阻力,在 3~7 d 内又重新减小。支架后柱载荷一般大于前柱,在非生产期间前后柱载荷趋于相等。Holla. L 和 Buizen. M 1990 年对浅埋煤层长壁开采的顶板岩层进行了观测研究,得出了顶板垮落高度为采高 9 倍,且顶板垮落十分迅速的结论。此外,印度江基拉矿浅埋综采工作面的开采实践表明,和一般深部开采条件下不同,浅埋开采工作面上覆岩层垮落带与裂隙带交叉,裂隙带高度较大,且裂隙发育,形成周期性断裂,周期来压步距较小且具有裂隙密集的特点^[29-37]。

国内方面,20 世纪 90 年代初,各个高校及科研院所的科研工作者和工程技术人员开始了对浅埋煤层长壁开采顶板控制的研究工作,并取得了较为丰富的研究成果。主要体现在两个方面:

一是浅埋煤层长壁开采矿压显现规律的观测及顶板破断运动机理的定性分析。1995 年,西安科技大学侯忠杰教授通过对石圪台煤矿两个高产长壁工作面的二维一相固态相似材料模拟试验和矿压观测,得出了浅埋煤层矿压显现的基本规律,认为防止工作面架前切落应具备两个条件,其一是基岩厚度应大到在工作面上方形成某种结构,并且能够承担松散层自重载荷;其二是工作面支架应有足够大的支护阻力(包括初撑力)。在采高一定的条件下,工作面基岩厚度,松散层厚度以及工作面支架额定工作阻力是决定浅埋深、厚松散层下开采覆岩运动破坏特点及矿压显现特点最主要的三个因素。石平五教授、侯忠杰教授等通过对大柳塔煤矿 1203 工作面的观测,得出薄基岩在厚沙覆盖层作用下的整体切落是顶板破断运动的主要方式,并根据相似材料模拟实验将基岩厚度与采高的比值作为顶板破断形式及其形成结构的判断依据。1999 年,侯忠杰教授在“关键层”理论的基础上,根据工作面矿压观测结果与浅埋煤层的特点又提出了“组合关键层”理论,认为对于一般浅埋煤层,煤层顶板某一岩层成为关键层不仅应满足刚度条件,还要满足来压强度条件;地面松散层厚度对浅埋煤层关键层的层位

有很大的影响,在上覆基岩相同条件下,地面松散层厚度不同,则其关键层的层位也不同;一般浅埋煤层,最下一层坚硬岩层可能是主关键层,也可能是亚关键层;但地表厚松散层浅埋煤层,两层坚硬岩层都是主关键层,这是地表厚松散层浅埋煤层的独有特点;地表厚松散层浅埋煤层的两层关键层必然发生组合效应,形成组合关键层^[38-42,151]。赵宏珠教授对印度辛格南尼煤炭公司浅埋煤层长壁开采矿压规律进行的研究表明:基本顶沿工作面倾向分段断裂垮落,来压时煤壁前方顶底板移近速度增大,地表缓慢下沉并周期性的产生裂缝,地表裂缝间距与周期来压步距一致。并根据支架与围岩相互作用原理和印度辛格南尼 PV 矿具体条件,初步建立了液压支架受载力学模型,指出随着支架额定工作阻力的提高,工作面矿压显现的程度逐渐减弱^[43-46]。煤炭科学研究总院唐山分院的张世凯等以大柳塔首采面矿压实测为基础,对厚松散层薄基岩近水平煤层顶板来压机理、形式和上覆基岩垮落规律进行了分析,提出了顶板“全厚切落式”来压的概念^[47]。

二是基于浅埋长壁工作面矿压显现规律的顶板破断运动机理及控制的定量化和工程实践。2000年以来,西安科技大学黄庆享教授在浅埋煤层工作面实测和模拟的基础上,提出了初次来压基本顶关键层的非对称三铰拱结构,认为基本顶初次来压时关键层破断一般表现为非对称破断,推进侧岩块长,开切侧岩块短,两岩块的长度比约为 1.5,并提出了周期来压的“短砌体梁”和“台阶岩梁”结构,指出这两种结构的水平力都随块度的增大而下降,顶板结构都易出现滑落失稳,这是浅埋煤层工作面周期来压强烈和出现台阶下沉的根本原因之一。并以浅埋煤层顶板结构及其稳定性控制为核心,确定了岩块结构定量分析参数,提出了初次来压和周期来压顶板结构理论,考虑载荷传递效应,建立了浅埋煤层顶板控制的基本框架,为浅埋煤层的顶板支护奠定了基础^[8,48,49,145,146]。此外,中国矿业大学马立强博士从保水开采的角度出发,采用弹性板理论(变分法)建立了浅埋煤层坚硬岩层与上覆软弱岩层之间的变形协调关系,分析了各岩层的应力和弯矩分布情况^[21];中国矿业大学刘长友教授及其学生对贵州省山体下浅埋煤层开采覆岩活动规律及矿压显现进行了研究,指出山体浅埋煤层条件下基本顶初次断裂具有不对称性,周期来压步距随埋深不同而变化较大,提出了应力变化梯度和载荷系数的概念,并将研究成果应用于工程实践^[50-53]。

1.2.2 采动滑坡及其控制研究

受地下采动影响,坡体发生移动变形,内部应力重新分布,同时,开采使地表产生裂隙,坡体很容易失稳,甚至发生滑坡、泥石流等大型地质灾害,并且也加剧了环境损害。在美国、加拿大、澳大利亚、德国、南非及中国均有大量关于开采引

起山体滑坡灾害的报道^[54-58],造成了巨大的经济损失和大量人员伤亡。目前,国内外有关矿井采动引起坡体活动的研究主要集中在山体滑坡和露天矿边坡失稳两个方面,研究历史悠久,且成果丰富^[59-62]。

对采动引起的山体滑坡进行系统的理论研究和工程实践是在 20 世纪 70 年代初开始的,主要集中在英国、德国、土耳其、苏联及中国等采煤历史悠久的国家。国外对地下矿层开采引起的采动滑坡研究较少,只是对山区地表移动和采动坡体稳定性做过一些分析研究工作^[63-67]。国内外学者针对采动影响下露天边坡的稳定性进行了较为深入的研究,初步掌握了边坡变形破坏的基本规律^[68-72],并不断采用如数值计算、神经网络元等新的研究方法对采动引起的山体滑坡规律进行研究^[73-75]。比较有代表性的成果如文献^[76]中通过对奔宁山脉(Pennines)滑坡与南威尔士滑坡(South Wales)的对比分析,得出软弱夹层使边坡稳定性大大降低的结论,并且提出山体滑坡具有蠕变特性。近五年来,露天矿依然作为主要研究基地来研究采动影响下边坡变形破坏机理及山体滑坡机理,除了方法上的不断创新外^[77,78],学者们还通过进一步研究,使采动对地表边坡的影响机理和影响规律进一步明朗,地表边坡治理技术及预报监测技术也取得了长足的进展,集中体现在美国、南非、澳大利亚和新西兰等现代采矿强国^[79-82]。

国内方面,尽管在采动滑坡方面很早就有报道,但 20 世纪 80 年代以前则仅限于采动滑坡现象的观测,对滑坡机理研究较少,提出了较为简单的防治措施。系统的研究则始于 20 世纪 90 年代初左右,随着科学技术和研究水平的不断提高,大型的数值计算软件和先进的观测仪器等开始较多地应用于采动滑坡机理研究和预测防治等方面,取得的研究成果较为系统深入,主要体现在三个方面:一是露(天)井(工)联合开采或露天开采转井下开采时露天边坡的稳定性分析,基本上得出了在井下采动时露天边坡的变形破坏特征及机理。如原阜新矿业学院白占平教授采用二维相似材料模拟实验、底摩擦实验及二维有限元数值模拟方法,对边坡下方井工开采对边坡稳定性的影响进行了系统研究等^[83-93];二是山区采动滑坡机理的研究,主要包括山区采动地表移动变形规律、山体采动滑坡机理和坡体稳定性分析及预计等方面。何万龙、康建荣教授在山区采动地表移动变形规律等方面进行了开创性的研究工作,提出了一系列山区采动地表变形预计理论与方法,分析了采动坡体的主要影响因素,针对采空区对应于坡体不同平面位置引起的采动滑坡开展了系统研究,对采动坡体的附加应力应变与破坏类型及坡体稳定性进行了分析^[94-102];胡广韬等人采用底面摩擦仪进行了采空影响顺向缓倾构造山体的复合变动实验,提出了山体侧向变动机理的典型地质模式为采空坍塌—顺层蠕滑—坍塌稳定^[103-106];三是采动滑坡地表治理技术的开

发与工程实践。西安科技大学余学义教授从开采方法角度分析了顺坡开采和逆坡开采对滑坡的影响,提出了控制开采的思路,并采取控制措施有效地限制了采动引起坡体表土层滑坡以及对建筑物的影响^[107-109]。

1.2.3 存在问题

纵观国内外已有研究成果,主要体现在以下两个方面:一是浅埋煤层开采的顶板控制;二是坡体滑动规律的分析与地表治理技术及相关岩土工程的监测监控。从浅埋煤层开采顶板控制方面而言,忽略了地表起伏对矿压显现的影响,研究成果在冲沟发育矿区的适用性有待于进一步探讨;就采动坡体稳定性控制而言,研究的主要目的是从地质灾害防治角度,把采动作为诱因之一来分析,从而提供新的治理对策和控制技术,研究的切入点和落脚点是对地表坡体的保护,强调的是采动的不利影响。但反方向的研究,即地表坡体的产状对井下开采的影响,还没有相关研究成果。在研究方法方面,尽管已经引入非线性有限元、弹性力学、断裂力学、流变力学及 Sarma 法,采用物理模拟实验和数值分析相结合的方法,并且已开始从二维固相向三维固一液耦合方向转变。但由于地质环境条件及采动岩体结构的复杂性,使得目前的研究还存在较大的局限性,尤其是浅埋煤层采动坡体的离散元分析方面的报道还较为少见,缺乏针对性的研究。此外,不同条件浅埋煤层的矿压实测成果还不够丰富,特别是冲沟发育矿区浅埋煤层矿压显现规律的实测成果几乎没有报道。

浅埋煤层采动坡体活动是一个极其复杂的问题,涉及采矿学、地质学、测量学、工程力学、边坡稳定性控制等多个学科。它不仅和矿井地质条件和采矿方法有关,而且也 and 坡体的地质地貌条件,上覆岩层的岩性、物理力学性质、厚度、赋存状态,水文地质条件等密切相关。浅埋煤层冲沟发育矿区地表起伏大,产状各异,由采动引起的坡体活动方式也不尽相同。已有研究主要集中在采动坡体的滑动(蠕滑)机理、稳定性分析及简单的附加应力估算等方面,在滑坡机理分析上也只是套用自然滑坡的分析方法,坡体岩块转动变形机理及其形成结构对井下开采影响的反作用则没有进行过研究,还缺乏一套完整的分类体系及控制措施。

1.3 本书主要研究内容与方法

1.3.1 研究对象的特点

如图 1-4 所示,当工作面向着冲沟推进时,称为向沟开采;反之,即工作面背

离冲沟推进时,称为背沟开采。

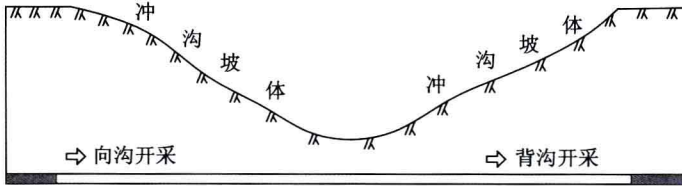


图 1-4 冲沟坡体下浅埋煤层开采示意

本书研究的主要对象为冲沟发育矿区浅埋煤层采动坡体,它具有以下特点:① 坡体产状变化大,物质组成复杂,需要分类研究;② 受地表径流影响较小,暂不考虑水对坡体活动的影响;③ 部分采动坡体处于三端自由无约束状态;④ 受采动影响,不同类型的冲沟坡体将会出现不同的活动方式。本书重点研究背沟开采时不同结构形式的冲沟采动坡体的产生条件、影响因素及其对井下矿压的影响机理。

1.3.2 研究方法 with 主要内容

冲沟发育矿区采动坡体的活动方式及其控制是一个涉及多学科的研究,本书从顶板结构控制的角度出发,运用实验室物理模拟、计算机数值计算、理论分析及现场实测等研究方法,以伊泰矿区地质条件为基础,主要研究以下内容:

(1) 以基岩型和沙土质型冲沟采动坡体为研究对象,分析其不同活动方式的产生条件、影响因素及对工作面矿压的影响机理。

(2) 在上述研究的基础上,分析冲沟采动坡体的破断特征及其破断后的岩体结构特征,建立工作面背沟推进时不同类型冲沟采动坡体结构失稳的力学模型并对其进行稳定性分析,确定冲沟坡体下浅埋煤层开采顶板控制的关键区域,并提出相应的控制措施。

(3) 根据采动坡体的稳定性分析,找出采动坡体的失稳条件,并以此确定冲沟采动坡体对工作面矿压影响的敏感性分类指标,根据分类指标将采动坡体进行初步分类并提出相应的控制方法,以便现场采取相应的安全生产对策。

具体内容间的逻辑关系如图 1-5 所示的研究结构框图。

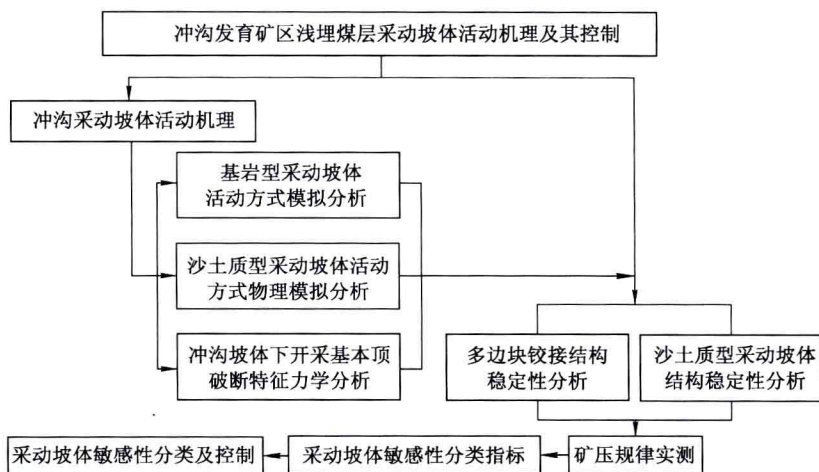


图 1-5 研究结构框图

1.4 研究目标与创新点

(1) 研究目标

根据我国西北矿区地表冲沟纵横交错的地形地貌特征,以浅埋煤层冲沟采动坡体为研究对象,研究不同类型采动坡体不同活动方式的产生条件、影响因素及其对工作面矿压的影响机理,并在此基础上提出相应的控制策略,用以指导合理的煤柱设计、支架选型。

(2) 创新点

与已有研究成果相比,本书的特色是:从冲沟发育矿区采动坡体的物质组成和不同产状出发,以工作面背沟开采为主,研究其对井下开采的反作用效应,重点是采动坡体的失稳对覆岩移动规律的影响及其控制。本书主要创新之处有以下几点。

① 首次揭示并证实了工作面不同的推进方向可导致不同的采动坡体活动方式,向沟开采时产生顺坡滑移,背沟开采时产生反坡倒转,并分析了基岩型与沙土质型冲沟采动坡体不同活动方式的产生机理。

② 首次提出基岩型冲沟采动坡体的“多边形”铰接结构,分析了坡角不同对该结构的影响特征,建立了相应的稳定性分析力学模型;得出坡角越大,基岩厚度越小,该结构越易产生滑落失稳,并计算出控制多边形块体滑落失稳的支护

阻力。

③ 首次提出沙土质型冲沟坡体下浅埋煤层基本顶初次破断的不对称性,建立了与基本顶初次来压和周期来压相对应的结构力学模型,并进行了结构稳定性和“支架—围岩”关系分析,计算出控制顶板结构滑落失稳的支护阻力。

④ 在大量现场实测和数值计算结果分析的基础上,首次提出冲沟切割系数的概念,并依据冲沟切割系数与坡角两个指标,对冲沟坡体进行了采动敏感性分类,可有效地指导矿井的安全高效生产。