

焦振华 姜耀东 赵毅鑫 著

采动条件下断层损伤 滑移演化规律及其诱冲机制



计划(2016YFC0801401)

国家自然科学基金面上项目(51574008)资助

安徽理工大学青年科学研究基金项目(12953)

采动条件下断层损伤滑移演化 规律及其诱冲机制

焦振华 姜耀东 赵毅鑫 著

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

采动条件下断层损伤滑移演化规律及其诱冲机制/焦振华, 姜耀东, 赵毅鑫著. --北京: 煤炭工业出版社, 2018

ISBN 978-7-5020-6711-3

I. ①采… II. ①焦… ②姜… ③赵… III. ①采动—断层位移—研究 IV. ①TD325

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 124194 号

采动条件下断层损伤滑移演化规律及其诱冲机制

著 者 焦振华 姜耀东 赵毅鑫
责任编辑 成联君 杨晓艳
责任校对 孔青青
封面设计 王 滨

出版发行 煤炭工业出版社 (北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
电 话 010-84657898 (总编室) 010-84657880 (读者服务部)
网 址 www.cciph.com.cn
印 刷 北京建宏印刷有限公司
经 销 全国新华书店

开 本 710mm×1000mm^{1/16} 印张 9 字数 162 千字
版 次 2018 年 7 月第 1 版 2018 年 7 月第 1 次印刷
社内编号 20180796 定价 32.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换, 电话: 010-84657880

内 容 提 要

本书系统地介绍了断层基本特征及其对煤矿开采的影响、断层区域采掘冲击地压显现特征现场调研、开采扰动条件下断层损伤滑移演化规律、断层影响区采掘诱发冲击地压机制研究、断层影响区采掘冲击危险性评价、动态多参量监测预警和精细化防控冲击地压工程实践等方面的内容。

本书可供煤炭行业从事灾害防治工作的管理人员和技术人员借鉴参考，也可供高等院校相关专业的师生学习阅读。

前 言

随着煤炭资源开采深度和开采强度的不断增加,采掘部署趋向复杂化,冲击地压矿井数量呈增加趋势。目前,冲击地压已成为制约煤矿安全高效生产的主要灾害之一。统计分析冲击地压发生规律,地质构造与煤矿冲击地压灾害密切相关,深部邻近断层采掘导致断层滑移错动易诱发冲击地压和强矿震。例如,义马煤田 F_{16} 断层附近为冲击地压高发区,其深部采区邻近断层开采过程中冲击地压事件频发。孙家湾煤矿“2·14”特大瓦斯爆炸事故,因冲击地压诱发引起,发生事故地点在逆断层附近。大量现场实践表明:东滩矿、龙家堡矿、新巨龙矿、华丰矿等深井工作面过断层期间均有发生冲击地压的记录。可见,如何有效防控冲击地压是断层影响区采掘过程中急需解决的难题。本书综合运用现场调研、理论分析、数值模拟、相似模拟试验和工程实践等手段,对冲击地压时空强显现特征与断层构造的关联性、开采扰动条件下断层损伤滑移演化规律、断层影响区域采掘诱发冲击地压机制、断层影响区域采掘冲击危险性评价等问题进行了系统研究,为矿井邻近断层采掘防冲减灾工作提供了理论依据。

本书共分为7章。第1章为概述,主要介绍了研究背景、国内外研究现状、主要研究内容;第2章主要介绍了煤矿生产中断层的不同分类方法,分析了断层构造对煤矿生产的影响;第3章主要介绍了义马煤田生产地质概况,统计邻近 F_{16} 大型逆断层及工作面小断层冲击地压事件,分析了深部邻近断层采掘冲击地压显现特征;第4章利用数值模拟研究了开采扰动条件下断层损伤滑移演化规律,分析了采场矿压显现与断层损伤滑移互馈机制,并对断层损伤变量影响因素进行了敏感性分析;第5章总结了冲击地压发生所需的基本条件,分析确定了断层滑移启动条件和断层滑移释放能量评估方法,阐明了工作面邻

近断层开采诱冲机制；第6章以义马煤田千秋矿21采区地质开采条件为工程背景，开展了基于精细化建模的数值模拟研究，分析了邻近 F_{16} 断层开采过程中围岩应力场演化规律，并结合相似模拟手段研究了煤层开采后覆岩移动及断层滑移错动特征；第7章针对义马跃进矿和淮南朱集西矿实际地质与开采条件，开展了动态多参量监测和精细化防控冲击地压工程应用研究。

本书在编写过程中得到了中国矿业大学（北京）、安徽理工大学、义马煤业集团等专业人员的支持和帮助。本书在编写过程中，中国矿业大学（北京）姜耀东教授给予了有益的启示和精心的指导；赵毅鑫教授对本书提出了宝贵意见；王涛、吕进国、李海涛、曾宪涛、张科学、王浩等博士在地质资料整理、数值建模、相似模拟试验等方面做了大量前期工作。在现场资料收集过程中，义马煤业集团矿压研究所李刚峰技术员、耿村矿防冲科刘栋梁技术员给予了帮助。在此对上述人员一并表示衷心感谢。

本书相关研究工作得到了国家重点研发计划（2016YFC0801401）、国家自然科学基金面上项目（51574008）、安徽理工大学青年科学研究基金项目（12953）的资助。

感谢本书中所有引用文献，以及参考但未引用的各位著、编、译者。由于作者水平有限，书中不妥之处，敬请批评指正。

著 者

2018年3月30日

目 录

1 概述	1
1.1 研究背景与意义	1
1.2 国内外研究现状	2
1.3 研究内容与方法	7
2 断层基本特征及其对煤矿开采的影响	9
2.1 断层的几何要素	9
2.2 断层分类	10
2.3 断层形成机制	12
2.4 断层构造对煤矿开采的影响	14
3 断层区域采掘冲击地压显现特征现场调研	17
3.1 义马煤田地质赋存条件	17
3.2 义马煤田邻近断层采掘冲击地压显现特征	22
3.3 工作面过断层微震分布特征	29
3.4 小结	37
4 开采扰动条件下断层损伤滑移演化规律	39
4.1 开采扰动诱发断层损伤滑移影响因素	39
4.2 开采扰动诱发断层损伤滑移数值模拟	40
4.3 数值模拟结果分析	44
4.4 断层损伤变量影响因素敏感性分析	57
4.5 小结	63
5 断层影响区采掘诱发冲击地压机制研究	64
5.1 冲击地压发生的基本条件	64
5.2 断层滑移失稳理论分析	69
5.3 工作面邻近断层开采诱冲机制	75
5.4 断层区域采掘防冲减灾对策	76
5.5 小结	77
6 断层影响区采掘冲击危险性评价	78

6.1	基于精细化建模的数值分析方法	78
6.2	基于精细化建模的采动诱发断层滑移数值模拟	80
6.3	邻近断层开采围岩应力场演化规律	88
6.4	邻近断层开采覆岩移动相似模拟研究	95
6.5	小结	99
7	动态多参量监测预警和精细化防控冲击地压工程实践	101
7.1	动态精细化防控冲击地压思路	101
7.2	跃进矿深部邻近断层巷道冲击地压防控	103
7.3	朱集西矿工作面过断层矿压显现多参量监测	116
7.4	小结	127
	参考文献	128

1 概 述

1.1 研究背景与意义

在煤层开采过程中经常会遇到断层等隐伏地质构造，通常将大断层设为井田边界，中型断层设为采区边界。开采设计中尽量避开断层，但仍不可避免受其影响。地下断层影响煤矿采掘正常布置，且威胁矿井安全高效开采。根据矿井灾害事故统计分析，缓变形灾害（片帮、冒顶）、突变型灾害（冲击地压、煤与瓦斯突出、突水）与开采扰动作用下断层滑移密切相关。

以义马煤田为例： F_{16} 断层为义马煤田南部边界，义马煤田中部五矿均受其影响。地质勘探发现： F_{16} 断层附近煤炭储量约 4638 万 t，可采储量 2738 万 t，煤炭资源丰富。然而，义马煤田邻近断层开采过程中冲击地压频发， F_{16} 断层附近为冲击地压高发区，如图 1-1 所示。据调查，千秋矿 21221 工作面下巷“11·3”冲击地压事故发生位置距离 F_{16} 断层不足 200 m。21032 工作面回风上山掘进工作面“3·27”冲击地压事故发生位置距离 F_{3-7} 断层约 80 m。由于采掘复杂化和邻近 F_{16} 断层开采，千秋矿和跃进矿冲击地压显现也最严重，近年来耿村矿和常村矿冲击地压灾害也呈增长趋势。断层影响区采掘过程中防控冲击地压，实现安全生产是义马煤田目前面临的难题和挑战。

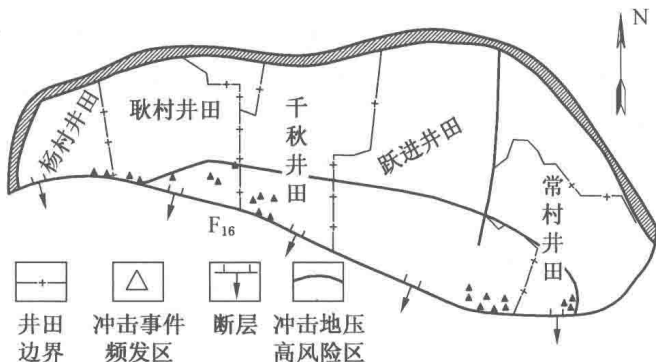


图 1-1 义马煤田冲击地压高风险区域分布

煤层开采过程中, 应力分布规律和覆岩运动特征受岩层力学性质和结构特征影响明显。断层作为岩层的结构面, 对岩层承载特性影响较大。断层会破坏岩层的正常移动规律, 使岩层移动复杂化, 采动应力分布将显著变异。受开采扰动的影响, 断层两盘受力平衡状态会发生改变, 断层围岩会产生损伤破裂。当断层及其破碎带的强度相对于周围岩体较小时, 岩层在运动过程中, 容易产生沿断层面的剪切滑移, 影响断层附近开采空间的稳定性。当断层区域受构造应力影响, 残余应力没有释放的情况下, 邻近断层开采过程中采动应力将进一步加剧煤岩体应力积累程度, 外加断层突然滑移错动释放能量, 发生冲击地压等动力灾害危险明显增多。

由此可见, 断层影响区采掘过程中矿压显现特征与断层损伤滑移相互影响, 为冲击地压灾害的发生创造了条件。因此, 研究开采扰动条件下断层损伤滑移演化规律及其诱冲机制对矿井邻近断层采掘防冲减灾具有重要的理论指导作用。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 冲击地压机理研究

冲击地压是开采过程中积聚在煤岩体内弹性能瞬间释放的动力灾害。截至2015年, 我国发生冲击地压的矿井已达177座, 遍布主要产煤区, 冲击地压已成为制约煤矿安全高效生产的主要灾害之一。

大量研究围绕冲击地压影响因素展开, 研究成果集中在坚硬厚层顶板、煤层上覆巨厚岩层、坚硬顶底板、煤层相变线、断层、褶皱构造等地质因素对冲击地压的作用机制, 以及厚煤层开采、孤岛工作面开采、煤层群开采、高强度开采等开采条件下发生的冲击地压案例及诱冲机制分析。

随着对冲击地压认识的加深, 许多学者尝试对冲击地压的物理力学现象进行科学分类。冲击地压分类依据冲击力源、能量大小、冲击位置、发生位置及破坏程度、冲击事故现场考察、煤体破坏本质、矿震和冲击地压的关系、冲击的发生过程、离工作面距离等多种方法, 见表1-1。这些分类方法丰富了冲击地压理论, 促进了现场有针对性地开展防治冲击地压工作。

表1-1 冲击地压分类方法统计

分类方法	名 称
冲击力源	重力型、构造型、重力-构造型
能量大小	微、弱、中、强、灾难性冲击
冲击位置	煤层冲击、顶板冲击、底板冲击

表 1-1 (续)

分类方法	名 称
发生位置及破坏程度	煤爆、浅部冲击、深部冲击
事故现场考察	煤体压缩型、顶板断裂型、断层错动型
煤岩体破坏本质	材料失稳型、滑移错动型、结构失稳型
矿震和冲击地压的关系	自发冲击型、矿震诱发冲击型
冲击的发生过程	冲击启动阶段、能量传递阶段、冲击显现阶段

采用现场实测、数值模拟、试验研究及多种手段相结合的方法研究了采动应力分布和覆岩结构特征、煤岩冲击倾向性指标、煤岩体变形破坏规律、采动过程中能量积聚、释放机制、冲击危险前兆信息识别等冲击地压领域内热点问题。

但冲击地压发生过程极其复杂,已有强度理论、刚度理论、能量理论、冲击倾向性理论、三准则理论等传统冲击地压理论和我国学者发展的动静载叠加理论、冲击地压应力控制理论、突变理论等,尚无法完全解释和预测冲击地压,冲击地压机理研究有待进一步完善。

1.2.2 断层冲击地压理论

断层等地质构造对冲击地压作用机制一直是冲击地压理论研究的热点。随着冲击地压理论研究的不断完善,对断层区域冲击地压的认识从断层直接作用诱发冲击,到断层、顶板和煤层三者之间相互作用共同致灾的结果。

大量现场案例表明邻近断层采掘过程中冲击地压频发,义马煤田中部五矿邻近 F_{16} 断层区域,是冲击地压的高度危险区。济三煤矿 6303 工作面轨道巷掘进期间发生多起冲击震动现象。双鸭山七星煤矿工作面接近 F_4 正断层时,爆破震动诱发了冲击地压。下石节煤矿断裂构造发育,局部地方有揉皱现象,该矿曾多次发生冲击地压。老虎台矿井田受大断裂和次一级构造影响明显,断层附近矿震、冲击地压发生频率较高,震动波及范围广。北票台吉矿曾多次发生断层冲击地压,现场断层明显移动,擦痕清晰可见,震动时间长。据记载,门头沟矿、东滩矿、新巨龙矿、华丰矿等都发生过断层冲击地压。随着矿井不断向深部开采,开采条件和地质条件更加复杂,今后断层冲击地压发生的可能性会逐渐增加。

由于断层在几何形态、物理力学性质上的复杂性,其与采掘工作面形成的“断层-工程岩体”结构形态多样,张拉剪滑失稳过程复杂多变。在断层失稳模型构建方面:潘一山等建立了断层黏滑失稳模型,认为断层带与上下盘围岩系统的变形失稳会诱发冲击地压,解释了断层冲击地压的间歇性;李振雷等建立了断层闭锁与解锁滑移的力学模型,研究了断层煤柱型冲击地压。王学滨等从数值模

型角度评述了断层-岩石系统的非均质应变弱化模型和摩擦强化-摩擦弱化模型。林远东等将梯度塑性理论引入断层带模型,通过定义“断层带等效剪切刚度”给出了断层活化判据。王来贵分析了断层冲击地压发生过程,认为断层滑动过程中动摩擦系数较小易诱发断层冲击地压。

断层是地层中出现断裂的一种现象,断层附近应力方向、量值大小对井下工程布置、矿井动力灾害控制作用有重要影响。Hudson 和 Cooling 认为结构面附近的应力受结构面岩体和周围岩体相对强度影响。Chang C、康红普对断层区域进行了地应力实测工作,发现区域应力场与断层分布特征密切相关。王有熙等通过数值模拟分析了深部工程断层带对深部地应力的影响,结果表明在同一水平,断层上盘的主应力比断层下部的主应力大,在断层上盘和矿层上盘的交叉区域出现高地应力现象。黄醒春等基于实测地应力进行了应力场反演分析,指出应力场分布受断层几何形状影响、支配。孙宗颀等通过地应力实测表明区域最小主应力均是平行于断层迹线的水平应力。夏永学从应力积累的角度分析了断层冲击地压与地应力的关系,提出了断层活化的地应力判别准则,用以评价矿井发生断层冲击地压的危险性。

断层活化是指相对稳定的断层在其他外因,如水库建设、采矿、地震等作用重新激活,开始运动的过程。断层摩擦滑动特性是一种重要的力学特性,许多学者针对岩石摩擦滑动的性质展开研究,开展了相关试验工作。岩石材料的摩擦试验方法有直剪法、三轴试验法、双向摩擦法和双面剪切摩擦法等。其中:Byerlee 通过整理分析大量岩石摩擦试验数据,拟合了岩石沿某一滑动面发生摩擦正应力和剪应力之间需满足的关系。姜耀东等对砂岩-煤组合试样在不同轴向荷载下的滑动过程进行了试验研究。齐庆新等采用三轴摩擦试验方法,分析了煤岩的摩擦滑动特性,用黏滑理论解释了冲击地压发生的机理。此外,大量试验研究针对不同应力组合形式、应力扰动、断层失稳瞬态过程、非均匀断层摩擦滑动、断层裂纹扩展过程等问题展开,取得了丰硕的研究成果。

1.2.3 采动诱发断层活化机理

煤层开采过程中,煤岩层原始平衡状态被打破,表现为应力重新分布和覆岩发生移动变形。断层作为岩层中的结构面,对岩层承载特性影响较大。断层对岩层的切割作用,使岩层移动复杂化,采动应力分布将显著变异。断层作为岩层中的结构面,易受开采扰动的影响发生破裂滑移。许多学者针对采动诱发断层活化机理,开展了数值模拟、相似模拟和现场实测等研究。

1. 数值模拟方面

姜耀东等采用库仑剪切模型,研究了断层面上不同层位测点法向、剪应力及

两者的比值随开采的变化规律,分析了不同开采条件下断层活化的危险程度,构建的工作面过断层数值模型如图 1-2 所示。孟召平等在研究正断层附近煤岩体物理力学性质的基础上,模拟分析了工作面邻近正断层开采矿压分布规律,发现断层破碎带对工作面周期来压步距和支承压力分布有显著影响。蒋金泉等对硬厚岩层下逆断层采动应力演化与断层活化特征进行了研究,工作面开采后巨厚岩浆岩及其下部岩层形成类似“杠杆”结构,造成煤层顶板下沉和反弹。王金安等以抚顺老虎台矿邻近断层区域开采为工程背景进行了数值计算。结合断层临近区域中的关键点给出了这些点 3 个方向的加速度值,将其取绝对值的平均数后,结果为 32.83 m/s^2 (近似于 3 倍重力加速度)。以 3 倍重力加速度为判据,将数值模拟方法在动力灾害危险区划分中运用。纪洪广等引入库仑应力的概念,对断层受开采扰动应力的相对变化特征进行了分析,比较了工作面平行断层和垂直断层开采两种情况下断层发生滑移的危险性。Atsushi Sainoki 等采用遍布节理、考虑节理粗糙度等模型对断层活化进行了模拟,并且将断层滑移量与震级联系起来,分析了不同开采影响因素下断层最大剪切位移、地震矩 M_0 、能量 E_s 的响应规律。

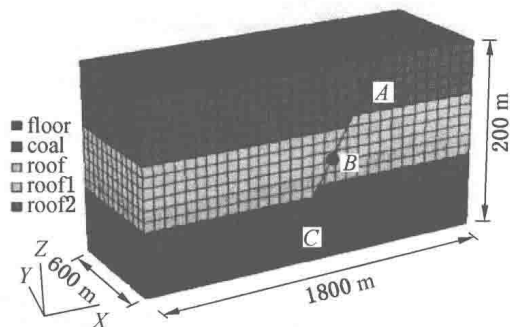


图 1-2 断层数值模型

2. 相似模拟试验研究方面

相似模拟操作简单,可以较好地反映断层的空间形态,得到开采过程中工作面矿压显现特征、覆岩移动规律和断层滑移情况。而且可以根据关注重点不同(断层诱发冲击地压、断层突水、断层影响下巷道支护设计),增加配套的观测仪器。李志华在工作面位于断层上下盘相似模拟试验研究中,采用了微震监测断层滑移过程中的震动信号。左建平、王涛等采用数字散斑方法监测了相似模型全场位移,对采动引起断层活化的现象有了更直观的认识。潘一山利用自行设置的断层冲击地压模拟试验装置,发现开采对断层的影响为正压力降低和剪应力增加,分析了开采引起断层冲击地压的可能。吴基文通过相似材料模型分析了断层

下盘含水层突水可能性,发现当断层煤柱较小时断层发生活化,原因在于承压含水层促进断层活化。王宏伟针对正利煤矿 14-1103 工作面运输巷揭露的两条主要断层 F_{36} 和 F_{37} 的构造特征及岩层赋存情况建立了相似模型,并利用数字散斑对覆岩运移规律进行了定量化分析,研究了长壁工作面回采遇两条断层时的相互影响规律,相似模型如图 1-3 所示。

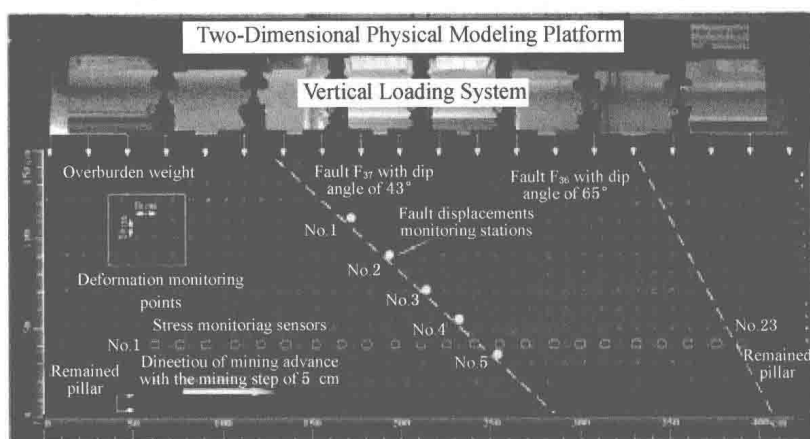


图 1-3 断层相似模型

此外,基于微震定位系统、电磁辐射等手段,为现场监测断层活化提供了技术支持。根据微震监测结果,将断层活化分为应力显现阶段、蓄能阶段和结构活化阶段 3 个阶段。

1.2.4 目前研究存在的问题

由以上分析可知,围绕断层冲击地压理论、采动诱发断层活化机理,国内外学者进行了广泛而深入的研究,这些研究工作使得对冲击地压的作用机制有了深入认识,但依然存在问题:

(1) 上述研究多关注采动影响下断层面上单元体的力学响应,分析其应力、位移和破坏特征。但忽略了断层整体的滑移趋势,且断层滑移是多因素作用下的复杂力学过程,建立可求解析解的力学模型比较困难。针对开采因素、断层因素及地应力等多因素影响下断层损伤滑移规律及其敏感性分析研究较少。

(2) 断层赋存复杂,目前勘测技术及地应力测试水平,尚不能对断层及周边地应力状态有充分认识。数值模拟作为研究工作面开采后应力重新分布规律的重要手段,原岩应力的施加与数值模型的构建对模拟结果有直接影响。以往研究中往往对断层进行简化处理,没有考虑其空间赋存形态,未采用实际地层数据进行三维模型构建。

(3) 针对断层诱发冲击地压工程实录较多, 采掘过程中矿压显现与断层损伤滑移互馈机制研究较少, 断层、顶板和煤层三者之间如何相互作用诱发冲击地压机制尚没有充分认识。

1.3 研究内容与方法

1.3.1 研究内容

本书围绕开采扰动条件下断层构造对冲击地压作用机制的影响, 对冲击地压时空强显现特征与断层构造的关联性、开采扰动条件下断层损伤滑移演化规律、断层影响区域采掘诱发冲击地压机制、断层影响区域采掘冲击危险性评价及其监测预警与防控冲击地压等问题展开了系统研究, 主要研究内容如下。

1. 冲击地压显现特征与断层构造关联性分析

收集、整理义马煤田生产地质资料, 统计邻近 F_{16} 大断层及工作面小断层冲击地压事件, 分析冲击地压时空强显现特征与断层构造的关联性。以千秋矿 21141 工作面和跃进矿 25110 工作面过断层为工程背景, 通过微震监测, 研究采动条件下断层损伤滑移规律及诱发冲击地压的微震分布特征, 为后续研究断层影响区采掘诱冲机制提供现场基础。

2. 开采扰动条件下断层损伤滑移演化规律

为定量分析开采活动对断层的扰动效应, 引入断层损伤变量的概念, 根据煤矿开采地质条件一般特征, 构建工作面过逆断层数值模型, 研究开采扰动条件下断层损伤滑移演化规律, 并分析采场矿压显现与断层损伤滑移互馈机制。运用正交模拟试验, 对断层损伤变量影响因素进行敏感性分析, 为以后研究断层区域开采监测预警与防控冲击地压提供理论参考。

3. 断层影响区采掘诱发冲击地压机制研究

采用现场调研手段, 在分析大量冲击地压案例的基础上, 总结冲击地压发生所需的基本条件。根据 Mohr-Coulomb 破裂准则和断层滑移运动特征, 分析确定断层滑移启动条件和断层滑移释放能量评估方法。基于工作面与断层间煤岩块形态特征, 推导采掘工作面位于断层下盘岩层时, 断层结构局部发生向上剪滑、向下剪滑和张拉离层失稳的判别准则。综合上述研究结果, 阐明工作面邻近断层开采诱冲机制。

4. 断层影响区采掘冲击危险性评价

以义马煤田千秋矿 21 采区地质开采条件为工程背景, 开展基于精细化建模的数值模拟研究, 分析邻近 F_{16} 断层开采过程中围岩应力场演化规律及各开采阶段的冲击危险性, 并结合相似模拟手段研究煤层开采后覆岩移动及断层滑移错动

特征,为义马煤田深部邻近断层后续开采部署设计、监测与防控冲击地压提供理论基础。

5. 断层影响区采掘监测预警与防控冲击地压工程实践

基于开采扰动诱发断层损伤滑移演化规律、断层区域采掘诱冲机制及冲击危险性评价结果,总结断层区域监测预警与防控冲击地压思路,并针对义马跃进矿和淮南朱集西矿具体的地质与开采条件,开展断层区域监测预警与防控冲击地压工程应用,验证所提理论的可行性和合理性。

1.3.2 研究方法

本书研究方法包括:现场调研、理论分析、数值模拟、相似模拟试验和工程实践等。技术路线如图 1-4 所示。

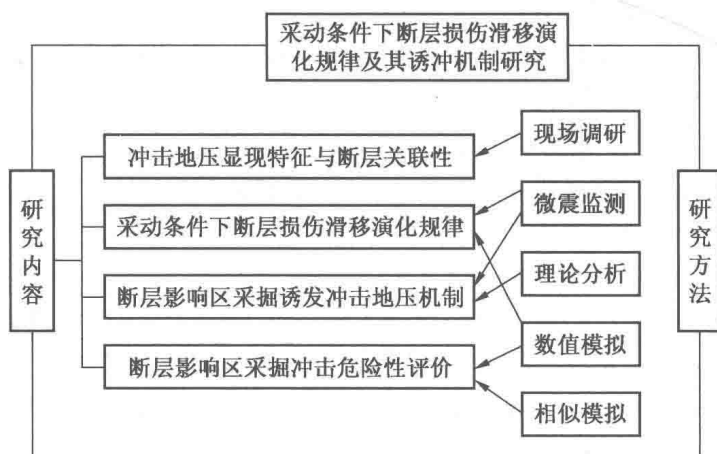


图 1-4 技术路线

2 断层基本特征及其对煤矿开采的影响

断层构造是影响煤矿生产建设最重要的地质因素之一，且断层具有普遍性和控制性。断层构造普遍存在于一切矿井中，断层破坏了煤层的连续性和完整性，对采掘生产造成很大影响。断层的复杂程度、表现形态和对生产的影响大小不同。本章主要阐述断层的几何特征、断层的形成机制和断层对煤矿开采的影响等内容。

2.1 断层的几何要素

断层空间形态各异，但每一条断层都由几个基本要素组成，称为断层要素。断层要素，包括断层面、断层线、断盘、交面线、断层位移等，可以描述和研究断层空间形态特征，如图 2-1 所示。

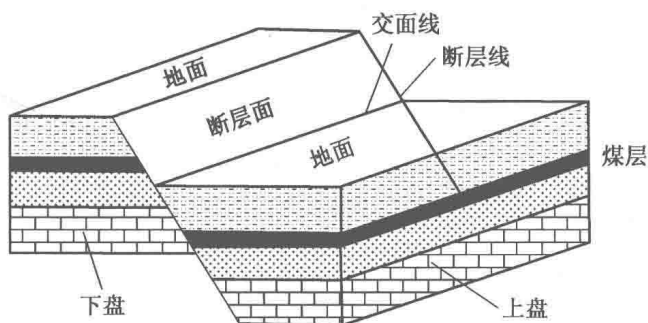


图 2-1 断层的几何要素示意图

1. 断层面（带）和断层线

断层面是指岩层断裂后发生位移的破裂面。断层是面状地质构造。断层面的产状由其走向、倾向、倾角确定，其测量与记录方法同岩层产状。断层面可以是水平的、倾斜的或直立的，以倾斜的最多。其形状可以是平面，也可以是曲面或台阶状。大断层错动往往不是沿一个平面而是沿具有一定宽度的破裂地带发生