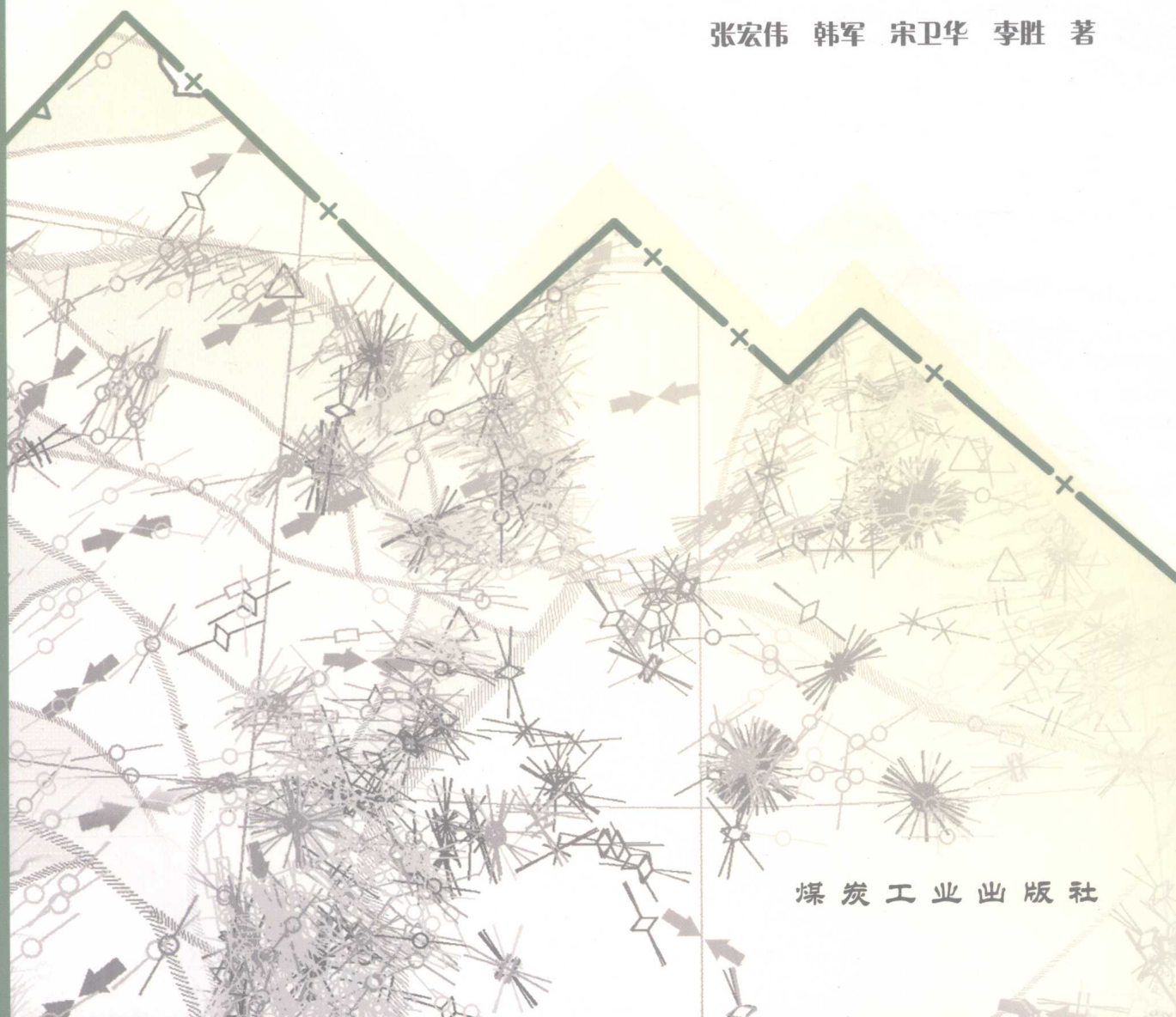


Dizhi Dongli Zuhua

地质动力区划

张宏伟 韩军 宋卫华 李胜 著

煤炭工业出版社



国家自然科学基金资助 (50874058)

国家重点基础研究发展计划资助 (2005CB221501)

国家“十一五”科技支撑计划资助 (2006BAK03B01)

高等学校博士学科点专项科研基金资助 (200801470005)

辽宁省学术专著出版基金资助

地 质 动 力 区 划

张宏伟 韩 军 宋卫华 李 胜 著

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

地质动力区划/张宏伟等著. —北京: 煤炭工业出版社, 2009. 5

ISBN 978 - 7 - 5020 - 3540 - 2

I. 地… II. 张… III. 动力地质学 IV. P51

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 052122 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

网址: www.cciph.com.cn

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 787mm × 960mm¹/₁₆ 印张 17³/₄ 插 2

字数 365 千字 印数 1—2,000

2009 年 5 月第 1 版 2009 年 5 月第 1 次印刷

社内编号 6350 定价 48.00 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

前 言

板块构造学说是 20 世纪 60 年代后期发展起来的大地构造理论，直至板块构造学说问世之后，地球科学家才第一次比较成功地回答了“地球是怎样活动的”问题。基于板块构造学说的地球动力学从地球整体运动、地球内部和表面的构造运动探讨其动力演化过程。地球运动及其动力演化过程决定着地质灾害的发生、矿产资源的分布以及地质环境的变迁，因此地球动力学对矿产资源的开发利用和地质动力灾害的防治有极其重要的意义。

矿山工程一定处于构造块体中，必然受到板块构造活动的影响，矿井生产与板块及构造块体的活动有密切联系。板块构造及地球动力学的大量研究成果为长期从事矿山地质动力灾害研究的工作者打开了新思路，对矿井动力现象预测和防治工作提供了新的启示。如何将板块构造的研究成果应用于矿产资源开发和地质动力灾害评价，一直为我国矿山开采工作者所关注。“不谋全局者，不足谋一隅”，矿井动力灾害的预测研究要在遵循板块构造学说原理的原则和前提下，提出能够在人类工程活动尺度上解释和分析处理矿山工程中出现的地质动力现象的方法，建立板块构造学说与工程实际的联系。本书介绍的地质动力区划方法在这方面开展了探索性的工作。

地质动力区划是地球动力学的一个新分支，它基于板块构造学说，根据地形地貌的基本形态和主要特征决定于地质构造形式这一原理，通过对地形地貌的分析，查明区域断裂的形成与发展；综合应用地应力测量、数值分析、“3S”（GPS，GIS，RS）等技术手段，确定区域地质构造形式、构造背景、岩体应力状态等，划分地质动力灾害危险区域，为人类的工程活动提供所需的地质环境信息和预测工程活动可能产生的地质动力效应。

本书以地质构造及其运动方式和岩体应力状态分析为主线，研究了矿井动力现象的共性和个性影响因素，系统地阐述了地质动力区划的原理和方法；提出了“不同矿区、不同矿井、不同煤层、不同构造和应力条件下，矿井动

力现象具有不同的模式”的观点，建立了矿井动力现象多因素模式识别预测方法；编制了中国一级地质动力区划图，为中国地质动力灾害预测及工程稳定性评价奠定了基础。近年来的相关研究表明，地质动力区划为矿井动力现象和区域性地震灾害预测及大型工程设施的稳定性评价提供了科学依据和可行的方法，开辟了矿井动力现象预测、防治和工程稳定性评价研究的新方向。

本书由张宏伟进行全书设计和定稿，并撰写第1章、第3章和第8章；第2章和第4章由韩军撰写；第5章和第7章由宋卫华撰写；第6章由李胜撰写。地质动力区划的创始人И. М. 巴杜金娜教授对中国的地质动力区划工作给予了大力支持并参加了相关研究工作，在此表示衷心感谢。

在地质动力区划多年的研究工作中，辽宁工程技术大学王继仁等，鹤壁煤业（集团）公司马耕、张明杰等，阜新矿业（集团）公司宋景春、李戈等同志给予了大力支持；石永生、刘志伟、王震、窦世文、兰天伟等同志参加了地质动力区划的研究工作；刘军和姚海亮参加了本书的数据整理工作；段克信教授对全书进行了审阅，并提出了宝贵的意见。在此一并向上述人员表示诚挚的谢意。

限于作者水平，书中难免有不妥之处，敬请读者批评指正。

作 者

2009年4月

目 次

1 矿井动力现象	1
1.1 矿井动力现象与煤矿安全生产	1
1.2 矿井动力现象分类	3
1.3 矿井动力现象的发生机理分析	7
1.4 矿井动力现象的研究方法	12
1.5 矿井动力现象的地质动力区划	13
参考文献	14
2 矿井动力现象影响因素	16
2.1 概述	16
2.2 矿井动力现象的共性影响因素分析	17
2.3 矿井动力现象的个性影响因素	30
2.4 矿井动力现象与地震的关系	39
参考文献	46
3 地质动力区划原理和方法	48
3.1 地质动力区划的必要性	48
3.2 地质动力区划的理论基础	50
3.3 地质动力区划原理与工作原则	75
3.4 地质动力区划工作方法	79
参考文献	81
4 活动断裂识别与断块划分	83
4.1 活动断裂的特征与识别	83
4.2 活动断裂研究方法	98
4.3 地质动力区划野外调查	121
4.4 断块动力相互作用和断裂活动性评估	132

4.5	矿井动力现象危险性评估	140
4.6	活动断裂划分成果及应用	145
	参考文献	148
5	构造应力场与岩体应力状态分析	151
5.1	构造应力场	151
5.2	中国动力灾害矿区地应力的分布特征	164
5.3	地应力测量	169
5.4	岩体应力分析	189
	参考文献	202
6	矿井动力现象模式识别与预测	207
6.1	概述	207
6.2	模式识别理论及应用	208
6.3	矿井动力现象模式识别理论及方法	211
6.4	矿井动力现象预测	218
6.5	模式识别软件系统	222
6.6	矿井动力现象模式识别方法评价	232
	参考文献	234
7	地质动力区划应用实例	236
7.1	中国一级地质动力区划	236
7.2	鹤壁六矿地质动力区划及瓦斯灾害预测研究	242
7.3	阜新矿区地质动力灾害预测研究	262
8	地质动力区划的发展方向及应用前景	273
8.1	地质动力区划的发展方向	273
8.2	地质动力区划的应用前景	274

1 矿井动力现象

1.1 矿井动力现象与煤矿安全生产

煤炭是我国能源的主体,《国家能源中长期发展规划纲要(2004—2020年)》确定中国将“坚持以煤炭为主体、电力为中心、油气和新能源全面发展的能源战略”。显然,煤炭工业是我国的基础产业,其健康、稳定、持续的发展是关系到国家能源安全和社会稳定的重大问题。国民经济的快速发展对煤炭的需求日益增加,在我国的一次能源消费结构中煤炭占70%左右,预计2050年仍将占50%以上^[1]。因此,煤炭在相当长的一段时期内将一直是我国居支配地位的能源。据《全国矿产资源规划(2008—2015年)》统计,“十五”以来,煤炭查明新增资源储量286.194Gt,增长了17.53%,煤炭查明资源储量居世界第3位。原煤产量连续多年居世界第一,且逐年递增,对保证我国GDP的高速增长起到了决定性的作用。煤炭资源的开发利用促进了区域经济的发展,已成为推动我国经济蓬勃发展的主要动力。“十一五”期间国民经济仍将以8%左右的增长速度发展,煤炭产量也必将以相当的速度增加,才能保证国民经济发展对煤炭的需求。据预测,到2020年我国煤炭消费量将超过3.5Gt,2008—2020年累计需求超过43.0Gt。

煤炭行业为国家的经济发展、构建和谐社作出了重要贡献。但煤炭行业是一个高危行业,各种灾害事故时有发生,伤亡少则几人,多则上百人,给人民生命和财产造成了很大的损失,同时在国际上给我国带来了负面影响。煤矿安全是整个工业安全生产工作的重中之重,以煤与瓦斯突出、冲击地压和矿震为代表的矿井动力现象是威胁煤矿安全生产的主要因素。一方面由于产业结构的调整,煤炭生产正朝着高效集约化的方向发展,煤与瓦斯突出等矿井动力现象已成为制约高效集约化开采技术发展最主要的障碍;另一方面,我国煤矿自然条件差,引发矿井动力现象的灾害源多,矿井动力灾害发生频度高。据统计,在我国的724处国有重点煤矿中,高瓦斯矿井152处,占21.0%;煤与瓦斯突出矿井154处,占21.3%,煤与瓦斯突出总次数占全世界的1/3^[2]。我国煤与瓦斯突出矿区的分布如图1-1所示。我国910处大型煤矿中具有冲击地压危险的煤矿47处,占5.16%。我国最早的矿震发生于1933年的抚顺胜利煤矿,20世纪50年代增加到8个,到目前为止已有102处煤矿发生过矿震(图1-2)^[3]。目前,同时具有两种以上动力现象的矿井也逐年增多,如北票台吉竖井、抚顺老虎台矿、阜新王营矿、新汶潘西矿等^[4]。

目前我国的矿井平均以8~12m/a的速度向深部开拓,东部一些矿井更是达到了

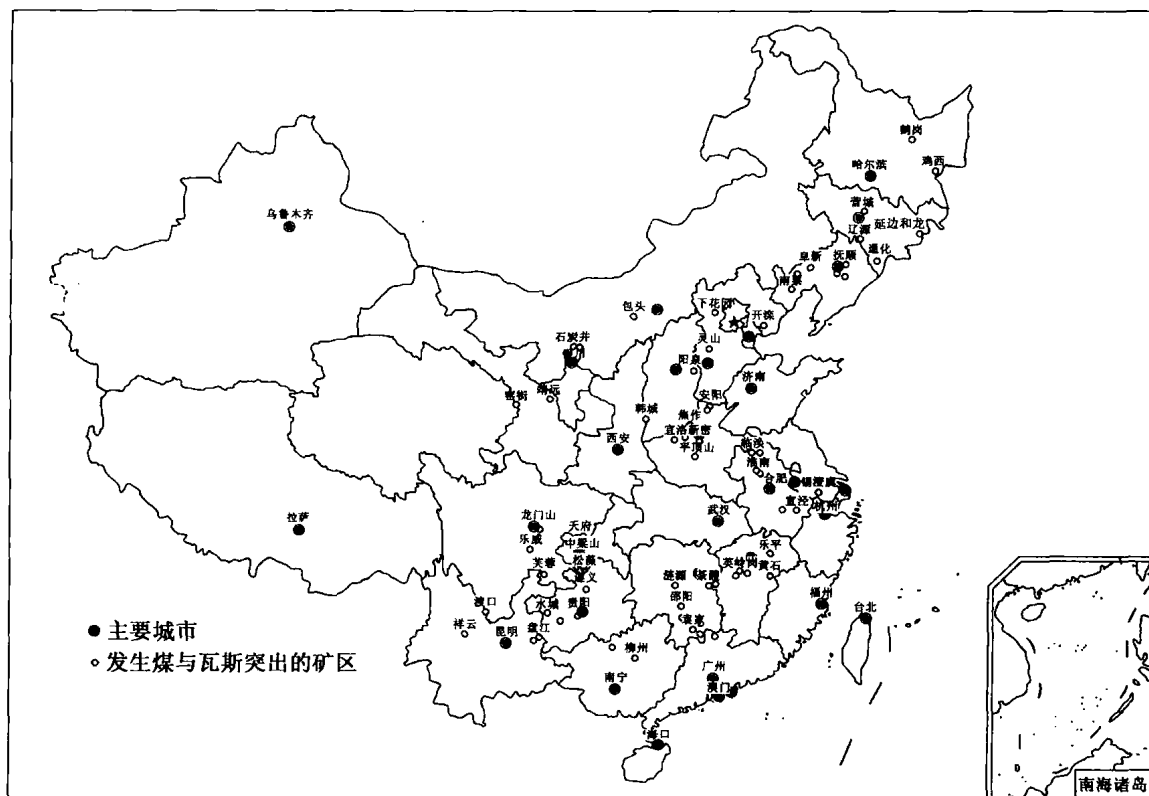


图 1-1 我国煤与瓦斯突出矿区分布示意图

10~25m/a 的延深速度^[5], 已有部分矿井进入深部开采。如沈阳矿区红阳三矿采深已达到 -1100m, 新汶矿区孙村矿为 -1200m, 淮南矿区望峰岗矿为 -1300m。据统计, 我国煤炭资源埋深在 1000m 以下的探明储量约占总储量的 53%。未来 10 年内, 我国将有相当数量矿井进入深部开采。由于深部岩体构造和应力环境的复杂性, 引起煤岩体的力学行为和物理相态发生变化, 与浅部开采相比, 深部资源开采中以煤与瓦斯突出、冲击地压、矿震等为代表的一系列矿井动力灾害, 强度上加剧, 频度上提高, 灾害程度加大, 产生机理更加复杂, 对安全高效开采的威胁更大。因此对矿井动力灾害的发生机理、预测预报和采取解危措施等进行深入系统研究的需要越来越迫切。同时, 随着开采深度的加大, 多种矿井动力现象在同一矿井发生的可能性也在增加, 仅对矿井的单一动力灾害进行研究和采取防治措施, 已经很难满足安全高效开采的需要, 需要对矿井动力灾害进行统一研究、统一预测、统一治理。

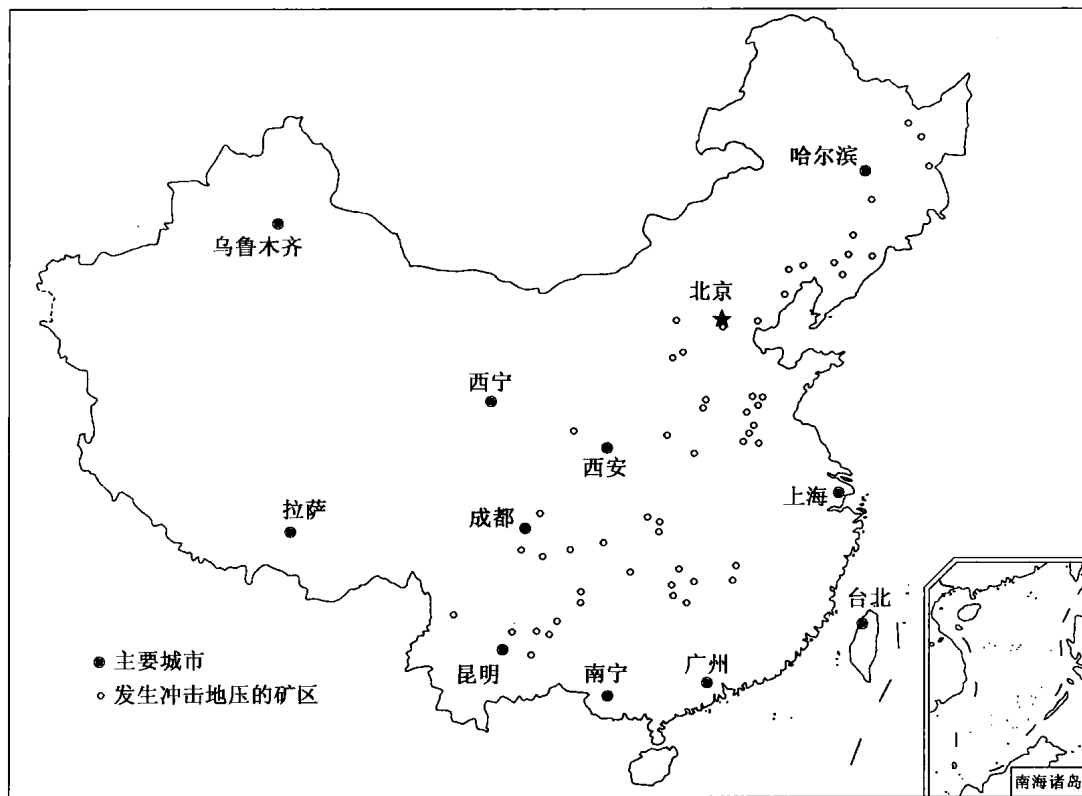


图 1-2 我国冲击地区矿区分布示意图

1.2 矿井动力现象分类

1.2.1 煤与瓦斯突出分类

煤与瓦斯突出是煤矿中一种极其复杂的动力现象，它能在很短的时间内，由煤体向巷道或采场突然喷出大量的瓦斯和碎煤，在煤体中形成特殊形状的空洞，并形成一定的动力效应，如推倒矿车、破坏支架等；喷出的煤粉可以充填数百米长的巷道，喷出的瓦斯—粉煤流有时带有暴风般的性质，瓦斯可以逆风流运行，充满数千米长的巷道。煤与瓦斯突出是威胁煤矿安全生产的严重自然灾害之一。

我国煤与瓦斯突出在显现上有如下一些基本规律：

- (1) 突出危险性随采掘深度增加而增大；
- (2) 突出危险性随突出煤层厚度增大而增大；
- (3) 突出与巷道类别有关系；
- (4) 突出与作业方式有关；

(5) 突出前大多数均有预兆；

(6) 突出大都发生在地质构造带。

《防治煤与瓦斯突出细则》将瓦斯动力现象分为4类：煤与瓦斯（二氧化碳）突出、煤与瓦斯压出、煤与瓦斯倾出和岩石与二氧化碳（瓦斯）突出（表1-1）。

表1-1 煤与瓦斯突出的分类

分类依据	分 类	特 征
防治煤与瓦斯突出细则	煤与瓦斯（二氧化碳）突出	(1) 突出的煤向外抛出距离较远，具有分选现象； (2) 抛出的煤堆积角小于煤的自然安息角； (3) 抛出的煤破碎程度较高，含有大量的煤块和手捻无粒感的煤粉； (4) 有明显的动力效应，破坏支架、推倒矿车、破坏和抛出安装在巷道内的设施； (5) 有大量的瓦斯（二氧化碳）涌出，瓦斯（二氧化碳）涌出量远远超过突出煤的瓦斯（二氧化碳）含量，有时会使风流逆转； (6) 突出孔洞呈口小腔大的梨形、舌形、倒瓶形以及其他分岔形等。
	煤与瓦斯压出	(1) 压出有两种形式，即煤的整体位移和煤有一定距离的抛出，但位移和抛出的距离都较小； (2) 压出后，在煤层与顶板之间的裂隙中，常留有细煤粉，整体位移的煤体上有大量的裂隙； (3) 压出的煤呈块状，无分选现象； (4) 巷道瓦斯（二氧化碳）涌出量增大； (5) 压出可能无孔洞或呈口大腔小的楔形孔洞。
	煤与瓦斯倾出	(1) 倾出的煤就地按自然安息角堆积，并无分选现象； (2) 倾出的孔洞呈孔大腔小，孔洞轴线沿煤层倾斜或铅垂（厚煤层）方向发展； (3) 无明显动力效应； (4) 倾出常发生在煤质松软的急倾斜煤层中； (5) 巷道瓦斯（二氧化碳）涌出量明显增加。
	岩石与二氧化碳（瓦斯）突出	(1) 在砂岩中进行爆破时，在炸药直接作用范围外，发生岩石破坏、抛出等现象； (2) 有突出危险的砂岩岩层松软，呈片状、碎屑状，并具有较大的孔隙率和二氧化碳（瓦斯）含量； (3) 突出的砂岩中，含有大量的砂粒和粉尘； (4) 巷道二氧化碳（瓦斯）涌出量增大，并有明显的动力效应； (5) 在岩体中形成孔洞。

1.2.2 冲击地压分类

煤矿冲击地压是指在一定条件的高地应力作用下,井巷或回采工作面周围的煤岩体由于弹性能的瞬时释放而产生破坏的动力现象,常伴随有巨大的声响、煤(岩)体被抛向采掘空间和气浪等。煤矿冲击地压是矿山压力的一种特殊显现形式。冲击地压发生时往往造成采掘空间中支护设备的破坏以及采掘空间的变形,严重时造成人员伤亡和井巷的毁坏,甚至引起地表塌陷而造成局部地震。冲击地压的分类方法很多,归纳起来主要的分类方法见表1-2。

表1-2 冲击地压的分类

分类依据	分 类
冲击显现强度	弹射、煤炮、微冲击、强冲击(强冲击按显现地点不同还可分为连续煤体、煤柱、煤层边缘、掘进煤巷、顶底板及岩层的冲击)
能量特征	微冲击(射落、微震)、弱冲击、中等冲击、强烈冲击、灾害性冲击
破坏后果	一般冲击地压、破坏性冲击地压、冲击地压事故
煤岩体的受力状况	采掘诱发的煤(岩)体压应力型、顶底板受拉应力型及断层走滑受剪型
分布状况	煤体压缩型、顶板断裂型和断层错动型
岩体应力来源及加载方式	重力型、构造应力型和中间型(重力-构造型)

1.2.3 矿震分类

矿震是由于采矿活动而诱发的矿井岩体突然失稳破坏的动力现象,是影响矿井安全生产的重大自然灾害之一。矿震一旦发生就有可能影响生产,甚至造成财产损失和人员伤亡,随着开采强度增加,许多矿井将进入深部开采,矿震发生的数量将出现进一步上升的趋势,其灾害性也将日趋严重。

矿震其形成的力学环境、发生的地点、宏观和微观上的显现形态多种多样,冲击强度和所造成的破坏程度也各不相同。对于矿震发生的机理存在不同的理论解释,有各自不同的发生条件和判别准则。客观上不同矿井的矿震成因和显现特征也不同,即使同一矿井,由于地质构造、开采条件和开采方法的差异,使得矿震的成因、性质、特征、震源部位和破坏程度不同。目前主要的分类方法见表1-3。

表1-3 矿震的分类

分类依据	分 类
物理特征	压力型矿震、突发型矿震、爆裂型矿震
能量	微矿震、弱矿震、中等矿震、强烈矿震、灾害性矿震
参与矿震的岩体类别	煤层矿震(煤爆)、岩层矿震(岩爆)

表 1-3 (续)

分类依据	分 类
矿震力源	重力型、构造型、中间型
矿震发生失稳机理	煤体压缩型矿震、顶板断裂型矿震、断层错动型矿震

1.2.4 矿井动力现象分类

早在 20 世纪 50 年代, 前苏联的 Г. Д. 李金率先提出了动力现象的分类法, 他将井下动力现象分为冒落、倾出、压出、冲击地压及突出 5 类。20 世纪 60 年代, 前苏联学者 В. В. Ходот 根据动力现象产生的原因将井下动力现象分为地应力与瓦斯共同作用、地应力单独作用和瓦斯和液体压力单独作用 3 类。20 世纪 80 年代, 我国学者于不凡也对井下的各种动力现象进行了深入的研究, 并将瓦斯动力现象分 5 类, 即倾出、压出、煤与瓦斯突出、岩石与瓦斯突出及瓦斯喷出。他们的分类对于当时指导人们认识和了解煤矿井下的动力现象起到了一定的指导作用。国立莫斯科矿业大学地球动力中心主任 И. М. 佩图霍夫 (И. М. Петухов) 于 1992 年提出的煤矿动力现象国际分类 (图 1-3), 把煤矿动力现象

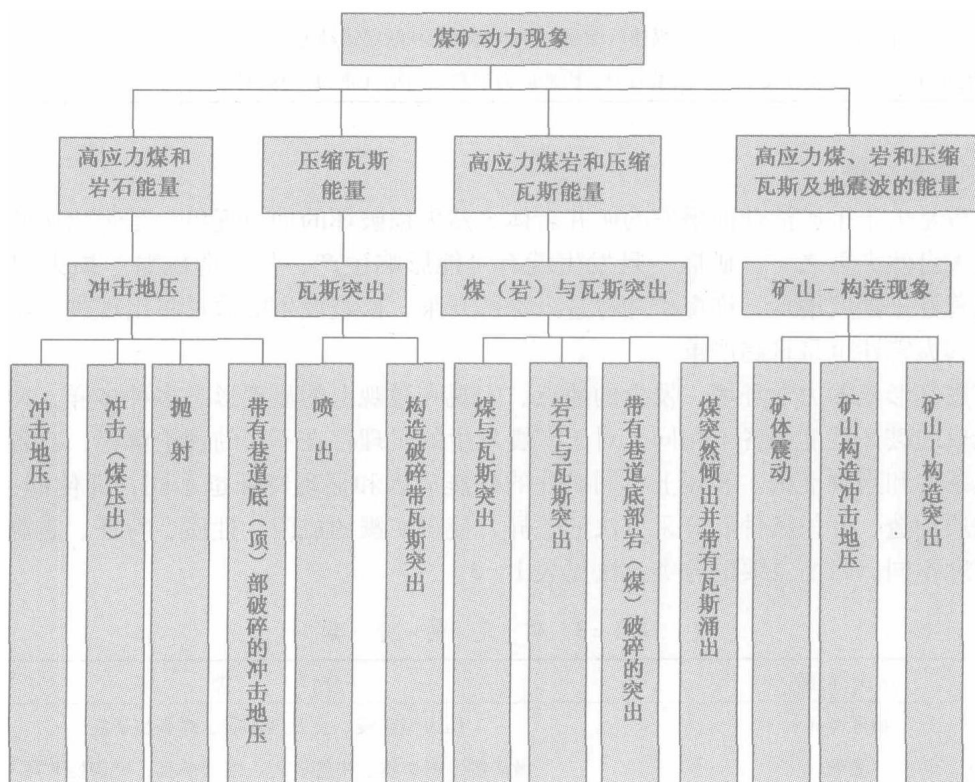


图 1-3 煤矿动力现象分类

分为冲击地压、瓦斯突出、煤（岩）与瓦斯突出和矿山构造现象四大类，在每一类别中再划分次一级别的动力现象类型。

矿井动力现象是地球内动力驱动地壳运动引起的能量积聚和开采扰动的共同作用所造成的结果，是煤岩体组成的力学变形系统在外界扰动下发生的动力破坏过程，发生的各类矿井动力现象具有统一的动力源—地壳运动过程中所存储的弹性能量，具有统一的力学机理和特征。而矿井动力现象分类的实质就是找出它们的共同点和差异点，在此基础上根据共同点将动力现象统一分类，同时再根据各类动力现象的差异点将它们再细分类，由此将井下动力现象划分为具有一定从属关系的不同等级的系统，这是建立起矿井动力现象的统一预测的基础之一。

以矿井动力现象的力源来统一分类，主要有以下三类：

（1）重力型。主要受重力作用，没有或只有极小构造应力影响的条件下引起的矿井动力现象。如枣庄、抚顺、开滦等矿区发生的冲击地压。

（2）构造型。主要受构造应力（构造应力远远超过岩层自重应力）的作用引起的矿井动力现象。如北票矿区和天池煤矿发生的冲击地压。

（3）混合型。介于重力型和构造型之间，主要受重力和构造应力的共同作用。随着矿井开采深度的不断增加，矿井动力现象的发生多是构造型或混合型。因此，本书以研究构造型矿井动力现象为主，确定构造运动和构造应力场条件下矿井动力现象的发生条件，从而对构造型矿井动力现象进行预测和防治。

从矿井动力现象的统一分类和显现特征来看，其发生的时间和地点分布是不均衡的，具有明显的构造带控制性、分段变化性、区域分布不均匀性，在时间和空间上受地质构造和地应力的影响和控制。因此，构造活动和煤岩体应力状态及其能量储备是矿井动力现象的决定性因素。一方面，矿井动力现象的实质是煤岩的突然破坏和能量突然释放的现象，而煤岩的破坏和能量积聚都是以应力水平和应力状态为先决条件；另一方面，应力场对瓦斯压力场等起到控制作用，两者有着一致性关系。研究和生产实践表明，应力水平和集中应力是煤岩体能量积聚和产生矿井动力现象的根源。所以，矿井动力现象的预测和效果检验的主流方向就在于直接或间接的查明高应力区和应力梯度区的应力大小和位置及其影响因素；而防治的技术途径也在于均衡这个高应力区的应力水平或转移它的位置，以及一致性的减轻其他因素的作用。因此，查明现今区域地质构造及其运动方式、地应力特征、岩体的应力状态和采动应力对矿井动力现象发生和分布的影响，是矿井动力现象防治的前提和根本，对于矿井动力现象预测和对危险区实行解危措施保证安全生产有十分重要的意义。

1.3 矿井动力现象的发生机理分析

1.3.1 研究矿井动力现象的科学基础

自然界里的科学规律主要是在宏观世界和微观世界的均匀介质中所发现，如宏观世界

天体运动的规律遵循由开普勒第三定律推演的万有引力定律,一般服从经典力学规律,不同介质的宏观世界具有不同的运行规律。据此,科学家可以准确地计算出诸如哈雷彗星的运行轨道等宏观物体的运行规律。微观世界的研究每深入一个层次都产生了相应的物理规律。例如,分子和原子的组成和运动规律、核裂变和核聚变原理等,这些微观世界的理论已应用于人民生活、工业生产和国防军事中。可以说,在宏观世界和微观世界的均匀介质中所发现的科学规律应用于高技术开发和生产活动,大大地推动了人类社会的进步和快速发展,对人们的生存环境和生活质量产生了巨大的影响。而这一切表明一个原理,即在一定条件下自然界中的存在的科学规律是可以用相应的物理、数学、力学等方法来描述,这一原理为研究自然界里相关领域的问题奠定了科学基础,使得这些研究领域科学研究得到了快速发展,并取得了引人注目的成就。

地壳是非均匀介质,矿井动力现象是发生在地壳中的工程范围内,其尺度是介于上述的宏观世界和微观世界之间。目前的分区域、分时段的多尺度理论^[6]还不能很好地描述地壳中的工程问题,突变理论^[7]应用也有其局限性。因此,地矿学科面临的科学问题,特别是地球动力学方面问题,还不能用相应的物理、数学和力学方法来描述。例如,现在还不能用某种理论或计算方法来确定矿井动力现象发生的时间、地点和强度。但从哲学的角度来看,世界是统一的,因此在地壳里同样作用着与在均匀介质里类似的规律。随着数学、力学等相关学科的发展,相信地矿学科面临的科学问题终将可以用相应的理论和方法来准确描述。相信矿井动力现象等动力灾害是可以精确预测和有效防治的。

对在地壳这个非均匀介质中发生的各类动力现象的研究,属地球动力学范畴,目前应用较多的理论和方法是板块构造学。板块活动所产生的大型活动断裂已由地质学家所确定,依据板块构造学说可成功地解释造山运动、地震和火山喷发等地质动力现象。但由于板块构造研究的尺度标准和空间范围较大,如何将其应用到矿井开采中出现的动力灾害问题,两者之间还缺少必要的衔接和联系。特别是对于人类工程范围内(几十至几百平方公里),则是板块构造学研究的空白点,也是板块构造研究与工程实际应用的隔离带。矿井工程范围往往处于次级块体中,必然受到板块构造活动的影响,也就是说矿井生产与板块及构造块体的活动有密切联系。一方面,矿井生产中出现的矿井动力现象等可以说是构造活动的侧面依据,另一方面,可以用板块学说原理对这些现象及其规律性加以解释和说明。因此,必须建立一个新的研究方法,在遵循板块学说原则和前提下,能够在人类工程活动尺度上解释和分析处理工程中出现的矿井动力现象。地质动力区划理论和方法就是在板块构造学描述地质构造运动方式和地壳应力状态规律的基础上,提出的研究地质动力灾害的新方法,建立板块构造研究与工程实际应用的联系。地质动力区划方法应用于矿井所发生的动力灾害现象方面的研究,可为人类的工程活动提供地质环境信息和预测工程活动可能产生的地质动力效应等。也就是说地质动力区划方法是从工程应用方面对构造活动进行研究,进而对矿动力现象做出预测,是防治矿动力现象重要的基础性工作。

1.3.2 矿井动力现象的发生机理

矿井中发生的动力现象其共性特点是具有很大量的能量释放。因此要研究矿井动力现象的动力机理,首先要回答能量是怎么产生的、来源在哪里等问题。井田煤(岩)体和井下工程处在一个动力系统中,其力学和动力属性被更大的动力系统所制约。影响矿井动力现象的动力因素是区域构造应力场及其空间分布的非均匀性,矿井动力现象多发生在高应力区和应力梯度区内。依此可部分地解释矿井动力现象发生的时间和地点分布的不均衡性,具有明显的构造带控制性、分段变化性、区域分布不均匀性,在时间和空间上受地质构造和地应力的影响和控制。矿井生产过程引发的动力过程与区域动力系统所发生的动力过程相互作用,是产生矿井动力现象的必要条件。构造运动的产生会导致地壳岩体材料的受力和变形,由于岩体材料的力学性质不同,所受外力的差异,在岩体内会产生不同的构造应力区。因此,构造活动和煤岩体应力状态及其能量储备是产生矿井动力现象的充分条件。

从力学观点分析能量的产生是由于材料的受力和变形所引起。不同尺度岩体材料的受力和变形可以用板块构造学和地质动力区划方法阐明其规律,进而进行应力和能量分析。矿井动力现象多发生在矿井的采掘活动中,井下工程区域是处于大地构造环境和现代应力场中,要分析井田范围内能量的积聚、确定煤与瓦斯突出的能量基础,应从研究板块驱动机制、板块运动、岩体变形、构造应力场和能量积聚入手,逐级计算到井田区域。

图1-4为全球六大板块的运动示意图。太平洋板块是全球板块活动最快的地方之一,

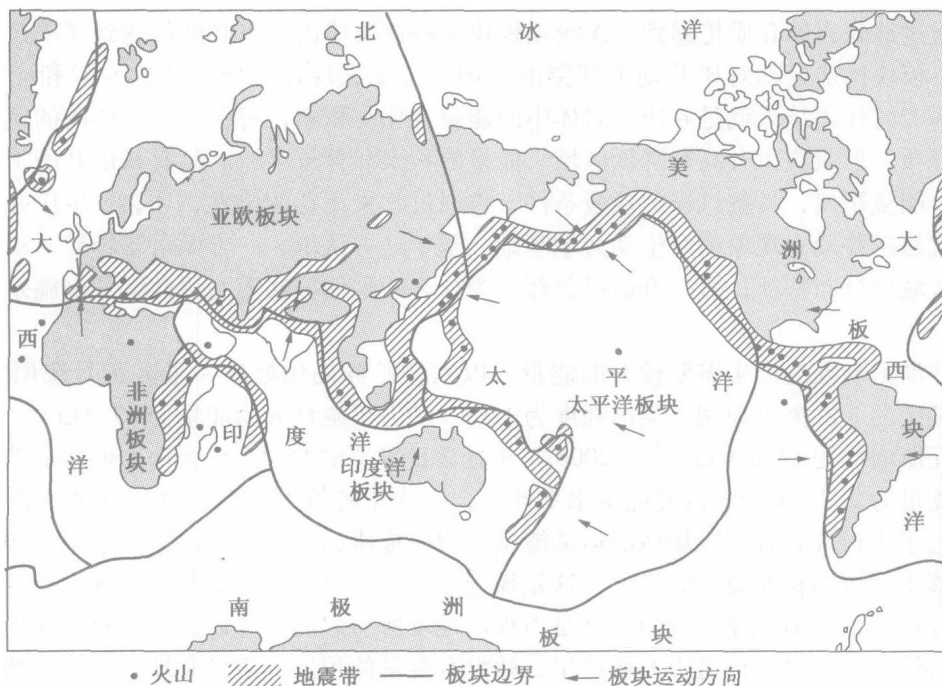


图1-4 六大板块的运动示意图

每年约以 10mm 以上的速度往西北方向运动,向欧亚板块下俯冲,这一区域地震活动非常频繁,表明地壳运动是非常强烈的。中国大陆处于欧亚板块东南隅,受板块运动影响剧烈。菲律宾海洋板块运动为西北方向,现在每年约以 50~55mm 和 46~50mm 的速度分别向日本—朝鲜半岛和冲绳群岛及其后方的东海大陆架俯冲,中国大陆受其影响较大。印度板块以每年 15~20cm 的速度在向北运动,撞击欧亚大陆,产生强大的南北向挤压力,致使青藏高原快速隆起,形成喜马拉雅山地。对中国大陆西部地质动力作用产生较大影响。2008 年 5 月 12 日发生的中国汶川的里氏 8.0 级地震就是印度板块向亚洲板块俯冲,造成青藏高原快速隆升。高原物质向东缓慢流动,在高原东缘沿龙门山构造带向东挤压,遇到四川盆地之下刚性地块的顽强阻挡,造成构造应力能量的长期积累,最终在龙门山北川—映秀地区突然释放而引发地震。中国大陆断裂的活动明显地受到全球板块活动的制约,各亚板块与构造块体边界上断裂的活动速率比全球板块边界上的要小 1~2 个数量级,但又明显地大于块体内部的。东部各块体边界上的移动量通常为 1~4mm/a,块体内往往小于 0.5~1mm/a。

根据板块运动可以分析其能量,假设印度板块平均厚度 30km,面积为 $3.0 \times 10^7 \text{ km}^2$,地壳密度为 2.7 t/m^3 ,印度板块的运动速度按照板块运动的最低速度算,为 1cm/a。计算得到印度板块每年的运动能量至少为 $2.4 \times 10^{19} \text{ J}$ 。如按每年 15~20cm 的速度计算,则至少还要增加一个数量级。相比之下,太平洋板块的运动能量则会更大。板块运动产生的巨大能量通过地壳岩体介质传递到各次级亚板块和构造块体内,也必然传递到煤矿开采的工程区域。板块构造运动对矿井动力现象的作用,主要表现在区域岩体的变形和应力变化上,而两者的作用结果就是井田内岩体中的能量变化与积累,将会引起岩体内的应力和能量重新分布,形成应力升高和降低区域、能量的积聚和释放区域。只有在矿井的工程活动区域产生能量积聚,具备这样的能量条件,再通过开采活动的诱发,才会发生矿井动力现象,这就是矿井动力现象的发生动力学基础。基于这一认识,一方面可解释矿井动力现象发生的区域性分布特征;另一方面可解释了为什么开采保护层等区域性解危措施是最有效的。

矿井动力现象的产生需要较大的能量,以六枝矿务局化处矿一采区 7 号煤层的 1277 开切眼发生的一次突出为例,突出强度为 180t,动力系统释放的能量为 47.4kJ/t、对突出做功的瓦斯内能为 1396.0kJ/t^[8]。2006 年 9 月 9 日华丰矿发生 2.0 级冲击地压的动力系统释放的能量为 $2.2 \times 10^7 \text{ J}$ 。以此能量水平计算,一次千吨级的煤与瓦斯突出所需的能量水平也远远小于板块和各次级块体的运动能量。说明板块运动引发的区域构造块体的能量积聚是足够支持煤与瓦斯突出的发生,这是煤与瓦斯突出发生的能量基础和动力条件。也就是说,导致矿井动力现象发生的能量是由板块运动所引起的。可以说,没有板块运动,就没有构造活动,就没有构造应力场产生,就没有能量的积聚,就没有地壳上的各种地质动力灾害,也就没有煤与瓦斯突出等矿井动力灾害的发生,这就是矿井动力现象发生的机