

全国煤矿安全培训统编教材

顶板灾害防治

国家煤矿安全监察局人事培训司 组织编写

quanguo meikuang anquan peixun tongbian jiaocai

guojia meikuang anquan jianchaju renshi peixunsi zuzhi bianxie

A 类

quanguo meikuang anquan peixun tongbian jiaocai

guojia meikuang anquan jianchaju renshi peixunsi zuzhi bianxie

quanguo meikuang anquan peixun tongbian jiaocai

7.2

00

中国矿业大学出版社

全国煤矿安全培训统编教材

顶板灾害防治

(A类)

国家煤矿安全监察局人事培训司 组织编写

编写 马念杰 王家臣 曹代勇
审定 刘过兵 袁河津 周 英

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

书中主要介绍了煤系地层岩石力学基础知识, 矿山压力基本理论与基本规律, 顶板灾害成因及防治, 顶板灾害预警、预报和事故隐患侦知, 冲击地压防治, 顶板事故处理及现场技术分析等内容。

本书理论联系实际, 是煤炭企业局(矿)长、国家煤矿安全监察员、各级安全培训机构教师及有关技术人员安全上岗资格培训的统编教材, 也可供煤炭企业工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

顶板灾害防治/马念杰, 王家臣, 曹代勇编. —徐州: 中国矿业大学出版社, 2002.6

全国煤矿安全培训统编教材

ISBN 7-81070-492-3

I. 顶... II. ①马...②王...③曹... III. 顶板—安全措施—技术培训—教材 IV. TD327.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 040599 号

书 名 顶板灾害防治

编 写 马念杰 王家臣 曹代勇

责任编辑 刘社育

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)

印 刷 北京科技印刷厂

经 销 新华书店

开 本 850×1168 1/32 印张 5.125 字数 134 千字

版次印次 2002 年 6 月第 1 版 2002 年 6 月第 1 次印刷

印 数 5000 册

两册定价 21.00 元

(图书出现印装质量问题, 本社负责调换)

全国煤矿安全培训统编教材编审委员会

总顾问	路德信			
主 任	黄玉治			
副主任	周心权	闫永顺		
委 员	王树鹤	付建华	梁嘉琨	石少华
	李文俊	安里千	段 刚	陈国新
	蔡 卫	徐景德	王金石	王素锋
	瓮立平			

出版说明

搞好煤矿安全生产是保护国家财产和人民群众生命安全的一件大事，它关系到国民经济的发展和社会的稳定。随着我国社会主义市场经济体制的发展，煤炭工业面临着良好的发展机遇，煤炭企业正在向高产、低耗、安全和集约化生产方向发展。但是，煤炭企业安全生产形势仍较为严峻：一方面，煤矿开采水平正在不断加深，生产条件更加复杂化；另一方面，一些煤炭企业仍然存在着盲目追求最大经济效益、不重视安全生产的行为。因此，依法加强对煤矿企业安全生产的监察，通过培训全面提高煤矿企业从业人员的安全素质，是非常必要的。

为了适应我国煤炭工业管理体制改革的需要，国务院于1999年成立了国家煤矿安全监察局，建立了新的煤矿安全监察管理体制。国务院批准的《煤矿安全监察管理体制改革的实施方案》中，赋予国家煤矿安全监察局“组织、指导煤炭企业安全生产技术培训工作，负责煤炭企业主要经营管理者安全资格认证工作”的职能。2000年经国务院批准，又成立了国家安全生产监督管理局，国家煤矿安全监察局与其合署办公。国务院批准的《国家安全生产监督管理局（国家煤矿安全监察局）职能配置、内设机构和人员编制规定》中，赋予国家安全生产监督管理局（国家煤矿安全监察局）“组织、指导本系统安全生产监察人员、煤矿安全监察人员的培训、考核和全国企业安全生产技术培训工作；依法组织、指导并监督特种作业人员的考核工作和企业经营管理者安全资格考核工作”的职能。

为了履行好国务院赋予我们的有关安全培训方面的职能，规范煤矿安全生产技术培训工作，保证培训质量，在总结安全培训工作

经验,借鉴国外发达国家矿山安全培训课程体系的基础上,国家煤矿安全监察局人事培训司组织有关高校、安全技术培训中心和煤炭企业等单位的教授、专家和安全工程技术人员编写了这套模块式“全国煤矿安全培训统编教材”。这套教材不仅反映了传统的煤矿安全生产技术知识,也引进了成熟的煤矿安全生产新知识、新技术,并且针对培训对象的工作类别、专业和文化程度的不同,就其撰写文体、内容深度和广度的差异分为A、B两类。A类教材内容较深,强调内容的科学性、新颖性和实用性,主要适用于国家煤矿安全监察人员、从事煤矿安全培训的教师、煤炭企业主要经营管理者及安全专职管理人员、区(队)长等;B类教材内容较浅,强调内容的实用性,主要适用于班(组)长、各种作业人员(含特种作业人员)、企业安全检查员等。模块式教材避免了不同工种系列的同一课程教材内容的重复,便于选择较合适的作者重点撰写,内容覆盖面广,融科学性、实用性、系统性于一体,是对各类煤矿安全人员进行安全资格培训(复训)和考核的统编教材,也是各类煤矿安全人员上岗后不断巩固、提高安全生产知识的工具书,同时,也可供有关管理人员、工程技术人员及大专院校的师生参考。

本套教材在编审过程中,得到了中国矿业大学(北京校区)、华北科技学院、焦作工学院、黑龙江科技学院,有关省级煤矿安全监察局、煤矿安全技术培训中心、煤炭企业等单位的大力支持。在此,谨向上述单位表示谢意。

本书由马念杰、王家臣、曹代勇编写,由刘过兵、袁河津、周英审定。

国家煤矿安全监察局人事培训司

2002年2月

目 录

第一章 基础知识	(1)
第一节 煤系地层和矿井地质构造	(1)
第二节 原岩应力分布	(10)
第三节 岩石的物理力学性质	(14)
第四节 岩石强度与强度准则	(26)
思考题	(31)
第二章 矿山压力基本理论与基本规律	(32)
第一节 采空区上方岩层移动	(32)
第二节 采煤工作面矿山压力显现基本规律	(40)
第三节 采区巷道矿山压力显现基本规律	(49)
思考题	(61)
第三章 顶板灾害致因及防治	(62)
第一节 采煤工作面大面积冒顶事故	(63)
第二节 采煤工作面局部冒顶事故	(72)
第三节 巷道冒顶事故	(76)
思考题	(80)
第四章 顶板灾害预警、预报和事故隐患侦知	(81)
第一节 采煤工作面来压预报	(81)
第二节 锚杆支护巷道顶板冒顶监测	(88)
思考题	(105)
第五章 冲击地压防治	(106)
第一节 冲击地压发生的机理	(106)
第二节 冲击地压的预报	(111)
第三节 冲击地压的防治	(113)

思考题	(125)
第六章 顶板事故处理及现场技术分析	(126)
第一节 事故现场勘察	(126)
第二节 事故现场技术分析	(133)
第三节 事故处理	(142)
思考题	(152)
主要参考文献	(153)

第一章 基础知识

第一节 煤系地层和矿井地质构造

一、煤系地层与煤层赋存状态

(一) 煤系

煤系是在一定地质历史时期形成的具有成因联系的大致连续沉积的一套含煤岩系。它的厚度从几十米至几千米。构成煤系的岩层主要有泥岩、页岩、粉砂岩、砂岩及煤层。在近海型煤系中，常有海相石灰岩；在有火山活动的地区，可能含有火山碎屑岩。煤系岩层常呈灰白色、灰色或黑色。

(二) 煤层

煤层是由植物残体大量堆积，经成煤作用形成的层状固体可燃矿产。煤层是煤系的重要组成部分，煤层的厚度及其变化是评价煤层工业价值的主要指标，也是选择采煤方法的主要依据。

煤层的形态是指煤层赋存的空间几何形态，按其成层的连续程度，煤层形态分为层状煤层、似层状煤层和非层状煤层等。层状煤层指煤层呈连续的层状，层位稳定，厚度变化小，且有一定规律性；似层状煤层的层位比较稳定，有一定的连续性，煤层厚度变化较大，无一定规律性，如藕节状、串珠状等；非层状煤层的层位极不稳定，连续性很差，尖灭与分叉现象普遍，煤厚变化很大，变化无一定规律，常常是局部可采。如鸡窝状、扁豆状、透镜状等。

煤层厚度是指煤层顶底板之间的垂直距离，也称为煤层真厚度。它是选择采煤方法的主要依据。在矿井开采中，根据单层煤

层厚度，将煤层分为三类：

- (1) 薄煤层，厚度小于 1.3 m；
- (2) 中厚煤层，厚度为 1.3 m~3.5 m；
- (3) 厚煤层，厚度大于 3.5 m。

(三) 煤层厚度的变化

煤层厚度是影响煤矿开采的主要地质因素，煤层厚度不同，采煤方法亦不同。煤层发生分岔、变薄、尖灭等厚度变化，直接影响煤炭储量的实际测量和煤矿正常生产。

煤层厚度的变化是多种多样的，但就其成因来说，可以分为原生变化和后生变化两大类。原生变化是指泥炭层堆积过程中，在形成煤层顶板岩层的沉积物覆盖以前，由于各种地质作用的影响而引起的煤层形态和厚度的变化；泥炭层被新的沉积物覆盖以后或煤系形成之后，由于构造变动、岩浆侵入、河流剥蚀等地质作用所引起的煤层形态和厚度的变化，则称后生变化。

1. 煤层厚度的原生变化

煤层厚度的原生变化，主要包括聚煤凹陷基底不均衡沉降引起的煤层分岔、变薄、尖灭，沉积环境和古地形对煤层形态和煤厚的影响以及河流、海水对煤层的同生冲蚀等。

2. 煤层厚度的后生变化

煤层厚度的后生变化，主要包括河流对煤层的剥蚀，褶皱和断裂等构造变动引起的煤层加厚和变薄，岩浆侵入吞食煤层引起煤厚的不规则变化，冰川活动对煤层的挤压刨蚀作用形成的柱状陷落等。其中以构造变动引起煤层厚度的变化对煤矿正常生产影响最大。构造变动引起的煤层形态和厚度变化是极为普遍的现象。由于煤层本身比较松软，在构造应力的影响下，容易发生塑性流变，产生煤层的局部加厚、变薄、尖灭或煤层和顶底板互相穿插现象。引起煤层厚度变化的构造形式主要有三种，即以褶皱为主的变化、以断裂为主的变化以及断裂和褶皱两者兼具的复杂变化。构造变动引起的煤厚变化常具下列特征：煤层原始结构被破坏，出现层间揉皱和滑动镜面，在构造复杂的地段煤呈碎粒

状、鳞片状和粉末状，煤的光泽变暗，灰分增高；煤层增厚带和变薄带相间出现，并沿主要构造线呈狭长条带状分布；煤、岩层常出现不协调褶曲，有时煤、岩层互相穿插，至使煤层呈各种不规则形态，这种变化与构造形态和所处构造部位密切相关。

（四）煤层顶板和底板

赋存在煤层之上的邻近岩层称为顶板，赋存在煤层之下的邻近岩层称为底板。煤层的顶、底板岩石的性质、强度及吸水性与采掘工作有直接关系，它们是确定顶板支护方式、选择采空区处理方法的主要依据。

1. 顶板的类型

根据顶板的岩性、厚度及回采过程中垮落的难易程度，将煤层顶板分为伪顶、直接顶、老顶（图 1—1）。

伪顶指直接位于煤层之上随采随落的极不稳定岩层，其厚度一般在 0.5 m 以下，多为泥岩或炭质泥岩，富含植物化石，在采掘过程中一般随采随落，不易支护，容易影响煤质。

直接顶指直接位于煤层或伪顶之上具有一定的稳定性，移架或回柱后能自行垮落的岩层，常为数米厚的页岩、泥岩、砂岩及少量的石灰岩。但某些砂岩、石灰岩直接顶还需人工强制放顶。

老顶指位于直接顶或煤层之上、较稳定、厚度及岩石强度较大、难于垮落的岩层，一般为厚层粉砂岩、砂岩，也有石灰岩。老顶一般不易冒落，采后很长时间仅发生缓慢的弯曲变形。

2. 底板的类型

煤层底板分为直接底和老底（图 1—1）。直接位于煤层之下的岩层称为直接底，常是数十厘米厚的含有植物根化石的泥岩或页岩，岩性软，遇水膨胀，易鼓起，对采掘支护不利。位于直接底或煤层之下的岩层称为老底，常为厚层砂岩、粉砂岩，有时为石灰岩，岩层较坚硬。煤层顶底板的发育程度，受当时的沉积环境及后期构造运动的影响，不同地区的煤层顶底板发育程度不同。有的煤层顶底板发育完好，几种类型的顶、底板全有；有的煤层缺少某种类型的顶、底板。

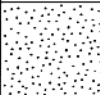
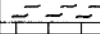
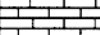
名 称	柱状图	岩性及其特征
老 顶		砂岩（或石灰岩） 坚硬、韧性、垮落慢
直接顶		粉沙岩或页岩等 不坚硬、脆、易垮落
伪 顶		薄而脆，极易垮落
煤 层		
直接底		粘土页岩，松软、胀
老 底		灰岩或砂岩，较坚硬

图 1—1 煤层顶、底板示意图

二、矿井地质构造

矿井地质构造是井田边界及其范围内的褶皱、断层、节理和层间滑动等地质构造的统称。矿井地质构造是影响煤矿生产和安全最重要的地质条件，也是岩体失稳的重要地质因素。构造变动轻微的缓斜岩体，整体强度较高，稳定性好，巷道侧压小于垂直压力。构造变动强烈的急斜、直立和倒转岩体，内部结构往往破碎，整体强度较低，岩体侧压大于垂直压力，工作面易出现坍塌滑移、片帮冒顶，稳定性较差。裂隙节理发育带、断层破碎带、软弱夹层的层间滑动带、褶皱轴部等构造部位，岩体稳定性一般较差，矿山压力较大，煤层顶板容易冒落。

（一）褶皱构造

岩层和煤层在构造应力作用下形成的一系列连续的弯曲称为褶皱构造，每一个单独的弯曲称为褶曲（图 1—2）。岩层向上弯曲，并且核部是老岩层、两翼是新岩层者，称为背斜；岩层向下弯曲，并且核部是新岩层、两翼是老岩层者，称为向斜。褶曲是褶皱的基本单位，背斜和向斜是褶曲的基本形式。褶曲的基本组

成部分称为褶皱要素，用以确切地描述褶皱在空间的形态特征（图 1—3）。根据轴面和两翼产状的不同，可分为直立褶皱、斜歪褶皱、倒转褶皱和平卧褶皱等（图 1—4）。褶皱轴部或转折端通常变形强烈，煤岩层破碎、裂隙发育、强度降低，是安全隐患的重点部位。

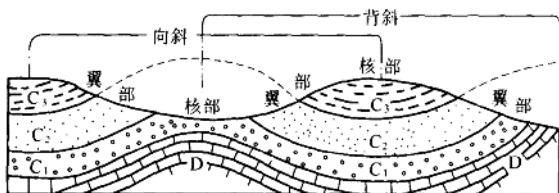


图 1—2 背斜和向斜示意图

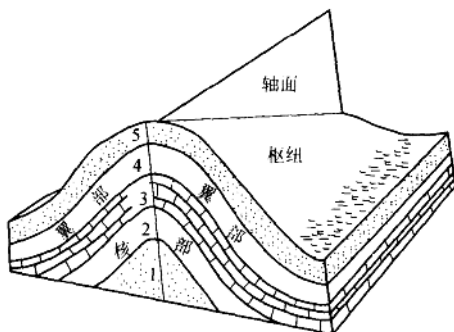


图 1—3 褶皱要素

（二）断层构造

岩层或煤层受力超过其强度极限发生变形破坏的类型，可以分为节理（裂隙）和断层两类。两侧岩块有显著位移的断裂构造叫断层。断层是影响矿井安全生产的最主要的地质构造类型。

1. 断层要素

断层在地壳中分布极其广泛。它们的形态和规模大小都很不

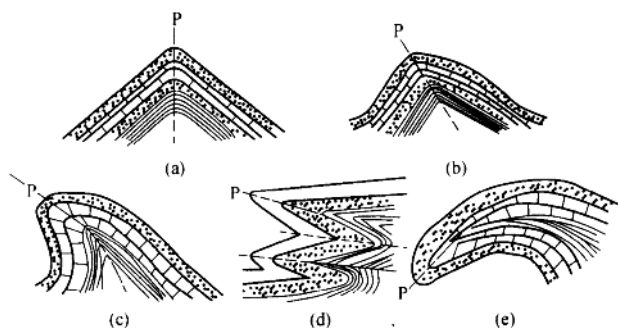


图 1—4 根据褶曲轴面 (P) 和两翼产状对褶曲的描述

a—直立褶曲；b—斜歪褶曲；c—倒转褶曲；d—平卧褶曲；e—翻卷褶曲

相同，但每一个断层都由几个基本要素组成，即断层要素。断层要素包括：断层面、断盘、断层线、断层交面线和断距(图 1—5)。

(1) 断层面。断层的断裂滑动面称为断层面。它在空间的方位和形态用其产状要素描述，包括断层面的走向、倾向和倾角。断块的位移在许多情况下，并不是沿一个简单的面发生，而是沿着一个变动带发生，这个带叫作断层破碎带或断裂带。

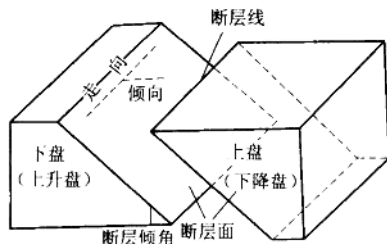


图 1—5 断层要素示意图

(2) 断盘。位于断层面两侧的岩块称为断盘。位于断层面上方的叫上盘，位于断层面下方的叫下盘。若断层面是直立的，就不分上下盘，这时可按方位来表示。根据两盘相对的升降关系，

相对上升的岩块称上升盘，相对下降的岩块称下降盘。

(3) 断层线和断层交面线。断层线指断层面在地表的出露线，也就是断层面与地面的交线，它反映了断层的延伸方向。断层线有时呈曲线，有时呈直线，它决定于断层面的形状及地表起伏情况。

断层面与岩层面的交线称断层交面线。断层面与煤层底板面的交线称煤层交面线，或称断煤交线。

(4) 断距。断距指断层两盘相对错开的距离，包括真断距、地层断距、铅直断距和水平断距等（图 1—6）。未错开前的某点，错动后分裂为两点，分别在两个断盘上，它们之间的距离就是该断层的总断距或称真断距（ ab ）。总断距在自然界里很难确定，在生产上也没有实际意义。有实际意义的断距是根据在不同方向的剖面上被错开岩层的距离来表示的。在与岩层走向垂直的剖面中，断层两盘同一岩层面或煤层面错开的垂直距离称为地层断距（ hi ）；断层两盘同一岩层面或煤层面错开的铅直距离称为铅直断距（亦称落差）（ dg ）；断层两盘同一岩层面或煤层面错开的水平距离称为水平断距（ gn ）。

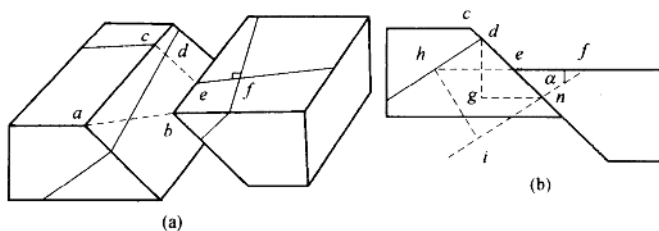


图 1—6 断距示意图

a—立面图；b—垂直岩层走向剖面图

2. 断层的分类

最常用的分类根据上、下两盘岩体相对移动性质来划分，包括正断层、逆断层和平移断层三类（图 1—7）。岩层断裂后，其

上盘相对下降，下盘相对上升的断层，称为正断层；其上盘相对上升，下盘相对下降的断层，称为逆断层；断层两盘沿近直立的断层面作水平移动的断层称为平移断层。断层根据形成时受力性质分为压性断层、张性断层、剪性（扭性）断层及复合型断层。

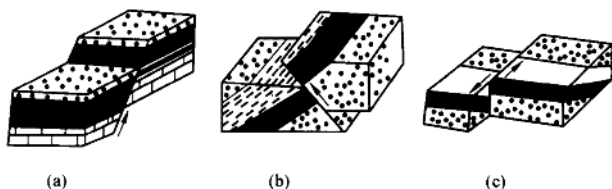


图 1—7 断层的相对位移分类

a—正断层；b—逆断层；c—平移断层

3. 裂隙

裂隙又称为节理，指沿断裂面两侧没有发生明显位移的断裂。密集的节理通常构成裂隙破碎带。

根据成因，裂隙可分为原生裂隙和次生裂隙两类。岩石在成岩过程中形成的裂隙叫原生裂隙，如沉积岩在成岩过程中由于压紧或脱水致使体积收缩产生的裂隙，以及煤化作用过程中形成的内生裂隙。岩石形成后生成的裂隙叫次生裂隙，次生裂隙包括非构造裂隙和构造裂隙，矿井井下见到的次生裂隙绝大多数为构造裂隙。

构造裂隙的形成与展布有一定的规律，通常分布范围广，具有方向性、分组性和成带性等特点，与地质构造有着密切的联系。按形成裂隙的力学性质，构造裂隙进一步分为张裂隙和剪裂隙两类。

煤层顶板中发育的裂隙在不同程度上破坏了顶板岩层的连续性，降低了顶板岩层的强度，增加了顶板事故的危险性。

三、陷落柱

岩溶陷落柱是煤系地层下部可溶性岩石在地下水和重力作用

下所产生的塌陷现象。中国华北石炭二叠纪煤系及华南晚二叠纪煤系的下伏岩系均为喀斯特发育的石灰岩，在地下水的化学溶蚀作用下，石灰岩不断被溶蚀破坏，形成了大量的岩溶空洞，溶洞规模越来越大，在上覆岩层长期的重力作用下，引起煤层及其围岩塌陷，形成环状陷落（图 1—8）。

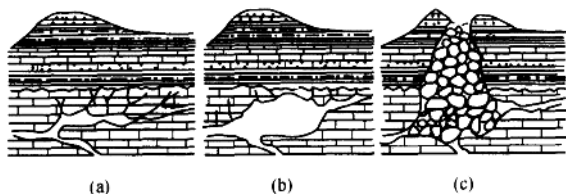


图 1—8 陷落柱的形成过程示意图

a—石灰岩中发育溶洞；b—溶洞逐渐扩大；c—陷落柱形成

在煤矿井下，陷落柱形态多呈上小下大的柱状体，但在含水较多的松散岩层中，亦见有上大下小的漏斗状陷落柱，其中心轴常与岩层面近似垂直，横截面形态多数为椭圆形，少数近似圆形或长条形。陷落柱与围岩的接触面界线分明，多呈锯齿状折线。接触带附近围岩（煤层及岩层）微向柱心倾斜，张裂隙发育，煤质松碎，常有风化现象。陷落柱柱面粗糙，无擦痕和滑动镜面。陷落柱由上覆岩层塌落碎块堆积而成，碎块大小悬殊，棱角明显，形状各异，成分复杂，混杂堆积，并为岩屑、煤屑松散充填与胶结。有地下水长期活动的陷落柱，其碎块表面及间隙中常见有铁质、碳酸钙质或高岭土质等物质沉淀。

陷落柱的发育与分布，主要受地质构造和水文地质条件的影响。陷落柱发育地带，多是或曾是地下水强径流带，常沿断裂尤其是不同方向断裂的交叉处发育。

在陷落柱发育的矿区，煤层遭受破坏，煤炭储量减少，会造成井巷服务年限缩短或提前报废的严重后果。在主要开拓巷道遇到无水陷落柱时，为避免巷道拐弯，便于运输和通风，一般情况下按原计划施工，直接穿过陷落柱，因此，给巷道支护和顶板管