



高职高专“十二五”规划教材

煤矿安全

主 编 汤其建

副主编 骆大勇 苗磊刚



國防工業出版社

National Defense Industry Press

煤矿安全

主编 汤其建

副主编 骆大勇 苗磊刚

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

“煤矿安全”是煤矿类专业必修课程之一。本书将专业理论与工程实例紧密结合,以煤矿主要灾害类型及其防治技术措施为主线,包括绪论、矿井瓦斯防治、矿井火灾防治、矿尘防治、煤矿典型事故及防治、矿山救护等内容。

本书可作为高校煤炭类专业教材,同时也可作为相关工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

煤矿安全/汤其建主编. —北京:国防工业出版社,
2012.8

ISBN 978-7-118-08242-5

I. ①煤… II. ①汤… III. ①煤矿—矿山安全—
高等职业教育—教材 IV. ①TD7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 171195 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 19½ 字数 486 千字

2012 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 36.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010) 88540777

发行邮购:(010) 88540776

发行传真:(010) 88540755

发行业务:(010) 88540717

前 言

随着煤炭行业集约化、规模化、机械化程度的不断提高,煤矿开采条件的进一步变化,煤矿企业安全生产的标准越来越高。同时,随着煤矿灾害防治技术的不断进步,安全管理理念的不断更新,煤矿安全生产的要求、内涵和技术手段均发生了一定程度的改变。为了响应党中央科学发展、创建和谐社会的理念,确保国民经济和煤炭行业的健康发展,必须培养大批的高素质煤矿安全工程技术人才,同时也迫切需要提高煤矿其他从业人员的安全理论和安全素质水平。

教材编写组本着以人为本的思想,通过对目标读者需求的调研,删繁取精、科学合理地选取了教材的内容,并进行精心编排,配以导学思考题和复习思考题,帮助读者理解和掌握相关理论和技能。

本教材注重理论与实际相结合,密切联系煤矿生产实践,以国家安全生产法律法规为指导,系统分析了矿井瓦斯、矿尘、火灾、水灾、机运事故、爆破事故、顶板事故的发生、发展规律和具体防治措施,同时还介绍了矿山救护等知识和相关技能,具体包括绪论、矿井瓦斯防治、矿井火灾防治、矿尘防治、煤矿典型事故及防治、矿山救护等内容。由于各高校安全工程专业侧重方向不同,所以课程体系的设置各具特色,教学中教师可以对教学内容灵活安排。

教材编写过程中充分考虑教师实施教学的便利性,学生学习的直观性,精心制作和挑选了插图、表格,尽量采用启发式和直观易懂的方式向读者传达信息。每节内容都制作了图文并茂的多媒体课件或演示动画。每一章都精心设计导学思考题和复习思考题,让学生带着问题去学习,从而有效地提高教学效果。

本教材与同类书比较有以下几个鲜明特点:紧跟行业发展前沿,反映政府政策导向;教材编写充分体现了以人为本、服务读者的理念;知识覆盖面广,可满足不同读者的需要。

本教材由汤其建任主编,骆大勇、苗磊刚任副主编。具体分工如下:绪论由汤其建编写;第一章和第二章由骆大勇、梁华珍、苗磊刚、汤其建、杨亚茹、张学武合作编写;第三章和第五章由韩文静、黄鑫、梁华珍、杨亚茹合作编写;第四章由韩文静、于威合作编写;秦汝祥、汤其建、张莉、于威负责全书的统稿,并参与了全书的编写工作。本书编写过程中,得到了本教材编写组教师所在高校安徽理工大学、河北科技大学、江苏建筑职业技术学院、重庆工程职业技术学院、永城职业学院等单位领导和同仁的全力支持,在此表示感谢。由于编者水平有限,书中存在不妥之处,恳请读者朋友批评指正。

编者
2012年5月

目 录

绪论	1
一、安全生产基本概念	1
二、灾害防治技术与安全管理技术的发展与沿革	3
三、煤矿主要灾害	4
四、我国的煤矿安全管理体系	4
第一章 矿井瓦斯防治	6
第一节 瓦斯地质	6
一、煤层瓦斯的生成与赋存	7
二、影响瓦斯赋存的地质因素	11
三、瓦斯的流动规律	14
四、影响煤与瓦斯突出分布的地质因素	16
五、瓦斯地质图	18
第二节 煤层瓦斯压力与瓦斯含量的测定	24
一、煤层瓦斯压力及其测定	24
二、煤层瓦斯含量及其测定	28
第三节 矿井瓦斯涌出与测定	39
一、矿井瓦斯涌出	39
二、矿井瓦斯涌出量的预测	42
三、矿井瓦斯等级及鉴定	50
第四节 瓦斯喷出、煤与瓦斯突出的防治	57
一、矿井瓦斯喷出的防治	57
二、煤与瓦斯突出的分类、过程和机理	59
三、煤与瓦斯突出的分布规律和特征	64
四、煤与瓦斯突出预测	67
五、煤与瓦斯突出防治技术	72
六、煤与瓦斯突出典型案例分析	81
第五节 矿井瓦斯爆炸的防治	85
一、瓦斯爆炸机理及其效应	85
二、瓦斯爆炸条件及其影响因素	87

三、瓦斯爆炸事故防治	93
四、防止灾害扩大的措施	102
第六节 节 矿井瓦斯检测与技术管理	104
一、矿井瓦斯的检测	104
二、矿井瓦斯检测仪器	107
三、矿井瓦斯管理	114
四、安全排放瓦斯技术	117
第七节 矿井瓦斯抽放与管理	124
一、瓦斯抽放概况	124
二、本煤层瓦斯抽放	127
三、邻近层瓦斯抽放（采）	132
四、采空区瓦斯抽放	139
五、综合抽放瓦斯	142
六、瓦斯抽放设计及施工	144
七、矿井瓦斯抽放管理	154
八、瓦斯的综合利用	158
复习思考题	160
第二章 矿井火灾防治	162
第一节 矿井火灾概述	162
一、矿井火灾的构成要素	162
二、矿井火灾的分类	163
三、矿井火灾的危害	164
第二节 煤炭自燃及影响因素	165
一、煤炭自燃学说	166
二、煤炭自燃一般规律	168
三、影响煤炭自燃因素	169
四、煤炭自燃预测和预报	171
第三节 矿井内因火灾防灭火技术	174
一、开采技术措施	175
二、预防性灌浆	177
三、阻化剂防灭火	181
四、凝胶防灭火	183
五、均压防灭火	187
六、氮气防灭火	187
第四节 矿井外因火灾预防及预警技术	191
一、矿井外因火灾成因	191

二、矿井外因火灾预防	193
三、矿井外因火灾预测与预警技术	195
第五节 矿井火灾处理与控制	196
一、灭火原理	196
二、直接灭火	197
三、隔绝灭火	199
四、扑灭和控制不同地点火灾的方法	201
五、火区管理与启封	203
六、典型矿井火灾事故案例分析	207
复习思考题	213
第三章 矿尘防治	214
第一节 矿尘及其性质	214
一、矿尘的产生及分类	214
二、矿尘的危害	215
三、含尘量的计量指标	216
四、矿尘性质	217
五、影响矿尘产生量的因素	219
第二节 矿山尘肺病	220
一、尘肺病及其发病机理	220
二、尘肺病的发病症状及影响因素	222
第三节 煤尘爆炸及预防	223
一、煤尘爆炸的机理及特征	223
二、煤尘爆炸的条件	224
三、影响煤尘爆炸的主要因素	225
四、煤尘爆炸性鉴定	226
五、预防煤尘爆炸的技术措施	228
第四节 矿山综合防尘	233
一、通风除尘	233
二、湿式作业	234
三、净化风流	237
四、密闭抽尘	239
五、个体防护	240
复习思考题	241
第四章 煤矿典型事故及防治	242
第一节 煤矿中毒事故及预防	242
一、煤矿井下空气中常见有害气体及其基本性质	242

二、矿井空气中有害气体的安全浓度标准·····	244
三、矿井中毒事故的主要防治措施·····	244
第二节 矿井水灾事故及防治·····	244
一、矿井水灾及其对生产的影响·····	245
二、矿井充水程度指标·····	245
三、矿井水灾发生的基本条件·····	245
四、矿井水灾的影响因素·····	247
五、矿井水灾防治措施·····	247
第三节 煤矿顶板事故及其预防·····	255
一、顶板事故的形式和特点·····	255
二、顶板事故发生的预兆·····	256
三、顶板事故的预防和处理·····	257
四、不同地点防治顶板事故的注意事项·····	259
第四节 煤矿爆破事故及其防治·····	260
一、炸药概述·····	260
二、起爆器材·····	261
三、爆破事故的预防与处理·····	262
第五节 煤矿电气安全·····	263
一、矿井供电系统·····	264
二、采区供电系统·····	266
三、供电系统电气保护·····	267
四、矿用电气设备·····	270
五、矿用电缆·····	273
六、触电事故的预防·····	274
七、矿井供电安全管理·····	276
第六节 矿井运输与提升事故及预防·····	276
一、矿井运输与提升的基本任务·····	276
二、矿井运输与提升的特点·····	277
三、矿井运输系统·····	277
四、矿井主要运输事故形式·····	277
五、运输事故的预防和处理·····	279
复习思考题·····	281
第五章 矿山救护·····	282
第一节 矿工自救与互救·····	282
第二节 现场急救·····	284
第三节 井下安全避险六大系统·····	287

一、煤矿安全监测监控系统 288

二、煤矿井下人员定位系统 291

三、煤矿紧急避险系统 293

四、煤矿压风自救系统 296

五、煤矿供水施救系统 297

六、煤矿通信联络系统 300

复习思考题..... 303

参考文献..... 304

绪 论

一、安全生产基本概念

(一) 安全与危险

安全，泛指没有危险、不出事故的状态。安全的英文为“safety”；“无危则安、无缺则全”是古汉语中对安全的论述；梵文中“sarva”意为无伤害或完整无损；美国《韦氏大词典》对安全的定义为“没有伤害、损伤或危险，不遭受危害或损害的威胁，或免除了危害、伤害或损失的威胁”。工程上的安全性，是用概率表示的近似客观量，用以衡量安全的程度。

根据系统安全工程的观点，危险是指系统中存在导致发生不期望后果的可能性超过了人们的承受程度。从危险的概念可以看出，危险是人们对事物的具体的认识，必须指明具体对象，如危险环境、危险条件、危险状态、危险物质、危险场所、危险人员、危险因素等。

一般用风险度来表示危险的程度：

$$R=f(F,C)$$

式中 R ——风险；

F ——发生事故的可能性；

C ——事故的严重性。

从广义来说，风险分为自然风险、社会风险、经济风险、技术风险和健康风险等五类。而对于生产过程中，风险可分为人、机、环境和管理四个方面。

安全与危险是相对的概念，它们是人们对生产、生活中是否可能遭受健康损害和人身伤亡的综合认识。按照系统安全工程的认识论，安全和危险都是相对的，一般所讲的安全和危险都是以当时所处的时期、场所以及经济社会发展水平为背景的。当危险性高于人们的预期时，人们就认为是危险的。

(二) 安全生产

本书所论述的安全指煤矿生产过程中的安全，即安全生产，指的是“不发生工伤事故、职业病、设备或财产损失”。《中国大百科全书》将“安全生产”解释为“旨在保护劳动者在生产过程中安全的一项方针，也是企业管理必须遵循的一项原则，要求最大限度地减少劳动者的工伤和职业病，保障劳动者在生产过程中的生命安全和身体健康”。此解释将安全生产等价于“方针”和“原则”。《辞海》将“安全生产”解释为“为预防生产过程中发生人身、设备事故，形成良好的劳动环境和工作秩序而采取的一系列措施和活动”。此解释将安全生产理解为企业生产过程中的以安全为目的的一系列措施和活动，其中包括了安全生产管理和安全生产技术两方面的内容。

(三) 本质安全

本质安全是指通过设计等手段使生产设备 and 生产系统本身具有安全性，即使在误操作或发生故障的情况下也不会造成事故。本质安全是生产中“预防为主”的根本体现，也是安全

生产的最高境界。实际上，由于技术、资金和人们对事故的认识等原因，目前很难做到本质安全，只能作为追求的目标。

（四）事故、事故隐患

《现代汉语词典》对“事故”的解释是“多指生产、工作上发生的意外损失或灾害”。

在国际劳工组织制定的一些指导性文件，如《职业事故和职业病记录与通报实用规程》中，将职业事故定义为“由工作引起或者在工作过程中发生的事件，并导致致命或非致命的职业伤害”。

我国事故的分类方法有多种。《企业职工伤亡事故分类标准》（GB 6441—1986），综合考虑起因物，引起事故的诱导性原因、致害物、伤害方式等，将企业工伤事故分为 20 类，分别为物体打击、车辆伤害、机械伤害、起重伤害、触电、淹溺、灼烫、火灾、高处坠落、坍塌、冒顶片帮、透水、放炮、火药爆炸、瓦斯爆炸、锅炉爆炸、容器爆炸、其他爆炸、中毒和窒息及其他伤害等。

《安全生产事故报告和调查处理条例》（国务院令 第 493 号）将“生产安全事故”定义为“生产经营活动中发生的造成人身伤亡或者直接经济损失的事件”。根据生产安全事故造成的人员伤亡或者直接经济损失，事故一般分成四个等级。

（1）特别重大事故，是指造成 30 人以上死亡，或者 100 人以上重伤（包括急性工业中毒，下同），或者 1 亿元以上直接经济损失的事故；

（2）重大事故，是指造成 10 人以上、30 人以下死亡，或者 50 人以上、100 人以下重伤，或者 5000 万元以上、1 亿元以下直接经济损失的事故；

（3）较大事故，是指造成 3 人以上、10 人以下死亡，或者 10 人以上、50 人以下重伤，或者 1000 万元以上、5000 万元以下直接经济损失的事故；

（4）一般事故，是指造成 3 人以下死亡，或者 10 人以下重伤，或者 1000 万元以下直接经济损失的事故。

该等级标准中所称的“以上”包括本数，所称的“以下”不包括本数。

国家安全生产监督管理总局颁布的第 16 号令《安全生产事故隐患排查治理暂行规定》，将“安全生产事故隐患”定义为“生产经营单位违反安全生产法律、法规、规章、标准、规程和安全生产管理制度的规定，或者因其他因素在生产经营活动中存在可能导致事故发生的物的危险状态、人的不安全行为和管理上的缺陷”。

根据危害程度的大小和整改的难易程度不同，事故隐患可分为一般事故隐患和重大事故隐患。一般事故隐患危害和整改难度较小，发现后能够立即整改排除。重大事故隐患危害和整改难度较大，整改时需要全部或者局部停产停业，并需经过一定时间的整改治理方能将其排除，或者因外部因素影响致使生产经营单位自身难以排除。

（五）危险源

从安全生产角度解释，危险源是指可能造成人员伤害和疾病，财产损失、作业环境破坏或其他损失的根源或状态。潜在危险性、存在条件和触发因素是危险源的三要素。

根据危险源在事故发生、发展中的作用，可把危险源划分为两类，即第一类危险源和第二类危险源。第一类危险源是指生产过程中存在的，可能发生意外释放的能量，包括生产过程中的各种能量源、能量载体或危险物质。第一类危险源决定了事故后果的严重程度，它具有的能量越多，发生事故后果越严重。对于第一类危险源，往往在系统的设计和建设阶段就已经采取了必要的控制措施。第二类危险源是指导致能量或危险物质约束或限制措施破坏或

失效的各种因素，广义上包括物的故障、人的失误、环境不良以及管理缺陷等因素。第二类危险源决定了事故发生的可能性，它出现得越频繁，发生事故的可能性越大。

危险源是指一个系统中具有潜在能量和物质释放危险的、可造成人员伤害、在一定的触发因素作用下可转化为事故的部位、区域、场所、空间、岗位、设备及其位置，而事故隐患是指生产经营活动中存在可能导致事故发生的物的危险状态、人的不安全行为和管理上的缺陷。所以危险源与事故隐患既有区别，又有联系。事故隐患的控制管理总是与一定的危险源联系在一起，因为没有危险的隐患也就谈不上要去控制它；危险源可能存在事故隐患，也可能不存在事故隐患，对于存在事故隐患的危险源一定要及时加以整改，否则随时都有可能导致事故。从某种程度上说，事故隐患就是危险源发生事故的触发因素。

为了对危险源进行分级管理，防止重大事故发生，提出了“重大危险源”的概念。从广义上说，可能导致重大事故的危险源就是重大危险源。

我国新颁布的标准《危险化学品重大危险源辨识》(GB 18218—2009)和《中华人民共和国安全生产法》(简称《安全生产法》)都对重大危险源做出了明确的规定。《安全生产法》对重大危险源的定义是：“重大危险源，是指长期地或者临时地生产、搬运、使用或者储存危险物品，且危险品的数量等于或者超过临界量的单元(包括场所和设施)”。根据此定义，可以把重大危险源分为生产场所重大危险源和储存区重大危险源两种。关于重大危险源的辨识内容请参阅国家标准《危险化学品重大危险源辨识》(GB 18218—2009)，本书在这方面不做过多论述。

二、灾害防治技术与安全管理技术的发展与沿革

(一) 我国安全生产方针的提出与沿革

我国现行的安全生产方针是“安全第一，预防为主，综合治理”，它是在国家建设和经济社会发展、改革过程中逐步形成并不断完善起来的。

1960年，“跃进”号万吨巨轮触礁沉没，周恩来总理向当时的交通部长批示工作时，第一次提出了“安全第一”的说法，此后，“安全第一”写入了我们党和政府的许多文件中。

1978年12月，改革开放后，开始提出“生产必须安全，安全促进生产”的方针。时隔不久，当时的航空工业部向党中央汇报工作时，在报告中提出生产中应执行“安全第一，预防为主”的方针。

1983年5月18日，国务院在《国务院批转劳动人事部、国家经委、全国总工会关于加强安全生产的劳动安全监察工作的报告的通知》([1983] 85号)中明确指出要在“安全第一，预防为主”的思想指导下搞好安全生产。

1985年12月，全国安委会第一次明确提出了“安全第一，预防为主”的方针。1987年1月26日“安全第一，预防为主”的方针被写进了我国第一部《劳动法》草案。1989年11月在党的十三届五中全会上这一方针被完全确定下来。至此，“安全第一，预防为主”的方针成为了我国社会主义新时期的安全生产方针。

2005年10月8日，党的十六届五中全会胜利召开，在全会通过的《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十一个五年规划的建议》明确要求坚持安全发展，并提出了“安全第一、预防为主、综合治理”的安全生产新方针。

新的安全生产方针在原来的安全生产方针上增加了“综合治理”，这反映了我们党和政府对安全生产规律的新认识。综合治理，是指适应我国安全生产形势的要求，自觉遵循安全

生产规律，正视安全生产工作的长期性、艰巨性和复杂性，抓住安全生产工作中的主要矛盾和关键环节，综合运用经济、法律、行政等手段，充分发挥社会、群众、舆论的监督作用，有效解决安全生产领域的问题。实施综合治理，这是由我国当前安全生产中出现的新情况和面临的新形势决定的；在社会主义市场经济条件下，利益主体多元化，不同利益主体对待安全生产的态度和行为差异很大，需要因地制宜、综合防范；安全生产涉及的领域广泛，每个领域的安全生产又各具特点，需要防治手段的多样化；实现安全生产，必须从文化、法制、科技、责任投入人手，多管齐下，综合施治；安全生产法律政策的落实，需要各级党委和政府的领导、有关部门的合作以及全社会的参与；目前我国的安全生产既存在历史积淀的沉重包袱，又面临经济结构调整、增长方式转变带来的挑战，要从根本上解决安全生产问题，就必须实施综合治理。从近年来安全监管的实践特别是联合执法的实践来看，综合治理是落实安全生产方针政策、法律法规的最有效手段。因此，综合治理具有鲜明的时代特征和很强的针对性。

“安全第一、预防为主、综合治理”的安全生产方针是一个有机统一的整体。安全第一是预防为主、综合治理的统帅和灵魂，没有安全第一的思想，预防为主就失去了思想支撑，综合治理就失去了整治依据。预防为主是实现安全第一的根本途径。只有把安全生产的重点放在建立事故隐患预防体系上，超前防范，才能有效减少事故损失，实现安全第一。综合治理是落实安全第一、预防为主的手段和方法。只有不断健全和完善综合治理工作机制，才能有效贯彻安全生产方针，真正把安全第一、预防为主落到实处，不断开创安全生产工作的新局面。

三、煤矿主要灾害

我国煤矿开采大多是井工开采，作业空间有限，光线不足，工作地点经常处于变动之中，并且存在对人体不利气候环境和以水、火、瓦斯、煤尘、顶板为主的众多煤矿自然灾害。

我国不仅是世界主要产煤国，而且也是受水害危害最严重的国家之一。目前，全国近一半矿井受水害威胁。据不完全统计，仅2000年—2005年间全国煤矿就发生透水事故50余起。1984年，开滦范各庄煤矿特大突水事故造成经济损失近5亿元，损失煤炭产量近8.5Mt。

据统计，全国国有煤矿中，56%的煤层具有自燃倾向。而且，矿井火灾与瓦斯、煤尘爆炸常常是互为因果的，相互扩大灾害的程度和范围，是酿成煤矿重大恶性事故的直接原因之一。

四、我国的煤矿安全管理体制

我国目前实行的是“企业负责，行业管理，国家监察，群众监督”的安全生产管理体制。

企业负责是指煤矿企业在生产经营过程中，承担着严格执行国家安全生产的法律、法规和标准，建立健全安全生产规章制度，落实安全技术措施，开展安全教育和培训，确保安全生产的责任和义务。

行业管理就是由行业主管部门，根据国家的安全生产方针、政策、法规，在实施本行业宏观管理中，帮助、指导和监督本行业企业的安全生产工作。煤矿企业的行业主管最高部门

是国家发展改革委员会所属的国家能源局。

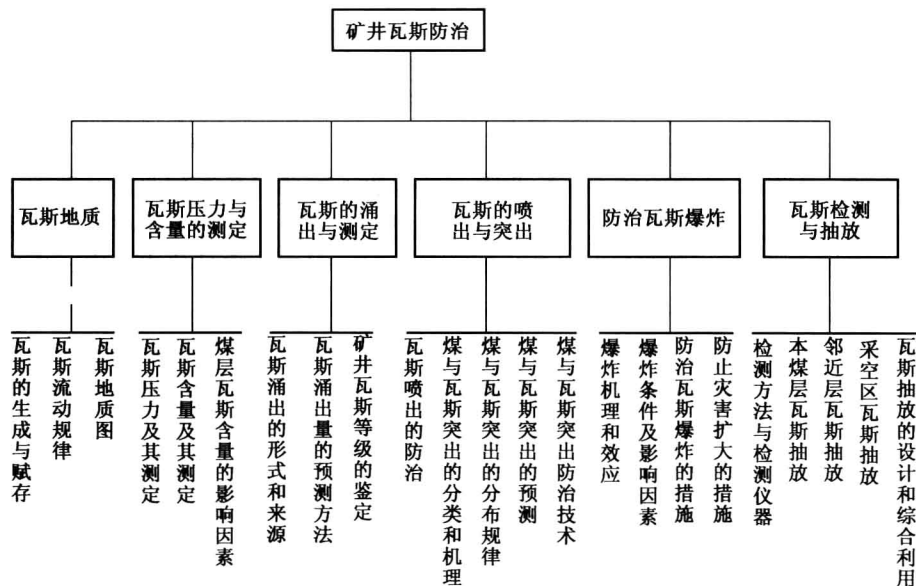
国家监察即国家劳动安全监察，它是由国家授权某政府部门对各类具有独立法人资格的企事业单位执行安全法规的情况进行监督和检查，用法律的强制力量推动安全生产方针、政策的正确实施。国家监察也可以称为国家监督。国家监察具有法律的权威性和特殊的行政法律地位。我国煤炭企业国家监察最高职能部门是隶属于国家安全生产监督管理总局的国家煤矿安全监察局。

群众监督就是广大职工群众通过工会或职工代表大会等自己的组织，监督和协助企业各级领导贯彻执行安全生产方针、政策和法规，不断改善劳动条件和环境，切实保障职工享有生命与健康的合法权益。

企业负责、行业管理、国家监察、群众监督这四个方面具有不同的性质和地位，在安全生产中所起的作用也不相同。企业是安全生产工作的主体和具体实行者，它应该独立承担搞好安全生产的责任和义务，建立安全管理的自我约束机制。它所解决的主要是遵章守法、有法可依的问题，是安全管理的核心。行业管理是行业主管部门在本行业内开展帮助、指导和监督等宏观管理工作。行业管理主要通过指令、规划、监督、服务等手段为企业提供搞好安全生产工作的外部环境并促使企业实现自我约束机制。国家监察是代表国家，以国家赋予的强制力量推动行业主管部门和企业搞好安全生产工作，它所解决的是有法可依、执法必严和违法必究的问题，因此，国家监察是加强安全生产的必要条件。群众监督一方面要代表职工利益按国家法律法规的要求监督企业搞好安全生产，另一方面也要支持、配合企业做好安全管理工作。

第一章 矿井瓦斯防治

思维导图



矿井瓦斯是指从煤岩中释放出的气体的总称，主要成分为甲烷，是一种无色、无味的气体。由于瓦斯相对密度小，因此容易聚集在巷道上部。瓦斯具有燃烧性与爆炸性。瓦斯与空气混合达到一定浓度后，遇火能燃烧或爆炸。爆炸产生的高温、高压和大量有害气体，能形成破坏力很强的冲击波，不但危及职工生命安全，而且会严重地摧毁井巷工程以及井下设施和设备，还可能引起煤尘爆炸和井下火灾，扩大灾害损失。

第一节 瓦斯地质

导学思考题

- (1) 简述矿井瓦斯的概念；
- (2) 瓦斯地质的主要研究内容有哪些？
- (3) 在煤层中，由浅深瓦斯赋存呈现怎样的规律？
- (4) 影响瓦斯赋存的地质因素有哪些？
- (5) 简述瓦斯地质图的概念。

瓦斯地质是应用地质学的理论和方法，研究煤层瓦斯的赋存、运移和分分布规律，矿

井瓦斯涌出和煤与瓦斯突出的地质条件及其预测方法，直接应用于资源、环境和煤矿安全生产的一门新的边缘学科。

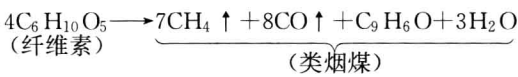
一、煤层瓦斯的生成与赋存

(一) 煤层瓦斯的生成

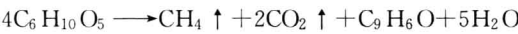
煤层瓦斯是腐植型有机物在成煤的过程中生成的。煤是一种腐植型有机质高度富集的可燃有机岩，是植物遗体经过复杂的生物、地球化学、物理化学作用转化而成。从植物死亡、堆积到转变成煤要经过一系列演变过程，这个过程称为成煤作用。在整个成煤作用过程中都伴随有烃类、二氧化碳、氢和稀有气体的产生，结合成煤过程，大致可划分为两个成气时期。

1. 生物化学作用成气时期

生物化学是成煤作用的第一阶段，即泥炭化或腐植化阶段。这个时期是从成煤原始有机物质堆积在沼泽相和三角洲相环境中开始的，在温度不超过 65℃ 条件下，成煤原始物质经厌氧微生物的分解生成瓦斯。这个过程，一般可以用纤维素的化学反应方程式来表达：



或

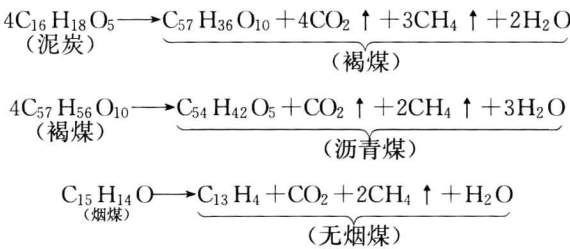


这个阶段生成的泥炭层埋藏较浅，覆盖层的胶结固化程度不够，生成的瓦斯很容易渗透和扩散到大气中去，因此，生化作用生成的瓦斯一般不会保留到现在的煤层内。

2. 煤化变质作用成气时期

煤化变质是成煤作用的第二阶段，即泥炭、腐泥在以压力和温度为主的作用下变化为煤的过程。在这个阶段中，随着泥炭层的下沉，上覆盖层越积越厚，压力和温度也随之增高，生物化学作用逐渐减弱直至结束，进入煤化变质作用成气时期。由于埋藏较深且覆盖层已固化，因此在压力和温度影响下，泥炭进一步变为褐煤，褐煤再变为烟煤和无烟煤。

煤的有机质基本结构单元是带侧键官能团并含有杂原子的缩合芳香核体系。在煤化作用过程中，芳香核缩合和侧键与官能团脱落分解，同时会伴有大量烃类气体的产生，其中主要的是甲烷。整个煤化作用阶段形成甲烷的示意反应式可由下列方程式表达：



从褐煤到无烟煤，煤的变质程度增高，生成的瓦斯量也增多。

(二) 瓦斯在煤体内的赋存状态

1. 煤体内的孔隙特征

1) 煤体内的孔隙分类

煤体之所以能保存一定数量的瓦斯，与煤体内具有大量的孔隙的密切关系。根据煤的组

成及其结构性质，煤中的孔隙可以分为三种：

(1) 宏观孔隙：指可用肉眼分辨的层理、节理、劈理及次生裂隙等形成的孔隙。一般在 0.1mm 以上。

(2) 显微孔隙：指用光学显微镜和扫描电镜能分辨的孔隙。

(3) 分子孔隙：指煤的分子结构所构成的超微孔隙。一般在 0.1μm 以下。

根据孔隙对瓦斯吸附、渗透和煤强度性质的影响，一般按直径把孔隙分为以下几种：

(1) 微孔：直径小于 0.01μm，构成煤的吸附空间。

(2) 小孔：直径为 0.01μm~0.1μm，是瓦斯凝结和扩散的空间。

(3) 中孔：直径为 0.1μm~1μm，构成瓦斯层流渗流的空间。

(4) 大孔：直径为 1μm~100μm，构成强烈层流渗透的空间，是结构被高度破坏的煤的破碎面。

(5) 可见孔和裂隙：大小 100μm，构成层流及紊流混合渗流空间，是坚固和中等强度煤的破碎面。

2) 煤的孔隙率

煤的孔隙率是指煤中孔隙总体积与煤的总体积之比，通常用百分数表示，即

$$K(\%) = \frac{V_p - V}{V_p} \times 100 \tag{1-1}$$

式中 K——煤的孔隙率，%；

V_p ——煤的总体积，包括其中的孔隙体积，mL；

V_f ——煤的实在体积，不包括其中孔隙体积，mL。

煤的孔隙率可以通过实测煤的真密度和视密度来确定，不同单位煤的孔隙率与煤的真密度、视密度存在如下关系：

$$K = \frac{1}{\rho_p} - \frac{1}{\rho_t} \tag{1-2}$$

$$K_1 = \frac{\rho_t - \rho_p}{\rho_t} \tag{1-3}$$

式中 K、 K_1 ——单位质量和单位体积煤的孔隙率，m³/t、m³/m³（或%）；

ρ_p ——煤的视密度，即包括孔隙在内的煤密度，t/m³；

ρ_t ——煤的真密度，即扣除孔隙后煤的密度，t/m³。

煤的视密度 ρ_p 和煤的真密度 ρ_t 可在实验室内测得。真密度与视密度的差值越大，煤的孔隙率也越大。

国内外对煤孔隙率的测定结果表明，煤的孔隙率与煤的变质程度有一定关系。表 1-1 是我国部分矿井煤的孔隙率。图 1-1 是我国抚顺煤科分院对不同变质程度煤孔隙率的测定结果。

表 1-1 我国一些矿井煤的孔隙率表

矿 井	煤的挥发分/%	孔隙率/%
抚顺老虎台	45.76	14.05
鹤岗大陆	31.86	10.6
开滦马家沟 12 号煤	26.9	6.59
本溪 田师傅 3 号煤	13.71	6.7
阳泉三矿 3 号煤	6.66	14.1
焦作王封大煤	5.82	18.5