



全国煤炭高职高专“十一五”规划教材

瓦斯地质

主编 程功林 李 垚

煤炭工业出版社

要 點 容 內
全国煤炭高职高专“十一五”规划教材

瓦斯地质

主 编 程功林 李 垚

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书是全国煤炭“十一五”规划教材之一。内容包括:瓦斯地质基础、影响瓦斯赋存的地质条件、控制煤与瓦斯突出的地质因素、煤层瓦斯参数的测定方法、突出煤层煤体结构的研究方法、瓦斯地质区划及瓦斯地质变量、瓦斯地质图的编制、中国煤层瓦斯分布特征、勘探阶段瓦斯含量的预测、矿井瓦斯涌出量预测、煤与瓦斯突出预测、煤与瓦斯突出防治及实训等。

本书是高等职业院校、高等专科学校矿山地质专业、采矿专业、矿建专业和通风与安全专业教材,也可作为成人高校、中等职业学校相关专业教材以及从事煤矿科研、设计、管理和工程的技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

瓦斯地质/程功林,李垚主编. —北京:煤炭工业出版社,2009

全国煤炭高职高专“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5020-3463-4

I. 瓦… II. ①程…②李… III. 瓦斯煤层-地质学-高等学校:技术学校-教材 IV. TD712

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第020928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
北京京科印刷有限公司 印刷
新华书店北京发行所 发行

*

开本 787mm×1092mm¹/₁₆ 印张 14³/₄ 插页 1
字数 356 千字 印数 1—3,000
2009年7月第1版 2009年7月第1次印刷
社内编号 6268 定价 30.00 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

全国煤炭高职高专
矿山地质专业“十一五”规划教材
编 审 委 员 会

主 任:魏焕成

副主任:李北平 宋永斌 王正荣 王 强

秘书长:蔚永宁

委 员:(按姓氏笔画为序):

王秀兰 叶启彬 刘国伟 李东华

李红晓 李荣义 吕志彬 吴文金

陈春龙 陈贵仁 郑瑞宏 周丽霞

董秀桃

前 言

为满足煤炭高等职业教育发展的需要,进一步加快煤炭高等职业教育教学改革,满足高技能紧缺人才培养的要求,中国煤炭教育协会和中国矿业大学(北京)教材编审室组织编写了全国煤炭高职高专“十一五”规划教材,本书是煤矿地质类规划教材之一。

在编写本书过程中,我们按照“基础理论以必须、够用为度,突出实践应用,以培养能力为主”的原则,加强了实践性教学环节,突出了应用性人才培养的特点。

瓦斯地质是20世纪70年代以来逐步发展起来的一门交叉学科,也是我国近年来防治矿井瓦斯灾害技术深化的产物。它应用地质学理论和方法,研究煤层瓦斯的赋存、运移和分布规律,矿井瓦斯涌出,煤与瓦斯突出的地质条件及其预测方法,是直接应用于资源、环境和煤矿安全生产的一门新的边缘学科。

开展瓦斯地质工作,掌握瓦斯分布规律和赋存状态,是防治矿井瓦斯灾害的重要基础,对于确保煤矿安全生产,变害为利,提供瓦斯资源和提高煤炭工业经济效益有着重大意义。实践证明,开展瓦斯地质工作不仅是防患于未然的一条值得重视的新路子,也是开发新能源的一个重要领域。

本教材由程功林、李垚任主编,王光扣任副主编。编写分工为:胡水根编写绪论、第一章、第二章和第三章,王光扣编写第四章、第五章、第六章、第七章和第八章,李垚编写第九章、第十章和第十一章,程功林编写第十二章和第十三章;程功林、李垚负责全书的统稿工作。

在本书编写过程中,借鉴和参考了有关教材、专著和相关的科研成果,在此谨向各位作者表示衷心感谢。

由于作者的水平有限,书中难免有疏漏之处,恳请同行专家和广大读者批评指正。

编 者
2009 年 1 月

目 录	
绪论	(1)
第一章 瓦斯地质基础	(6)
第一节 瓦斯的性质和形成	(6)
第二节 瓦斯在煤层中的赋存状态	(8)
第三节 煤层瓦斯的运移	(11)
第四节 瓦斯分带	(15)
第五节 矿井瓦斯涌出概述	(16)
思考题	(25)
第二章 影响瓦斯赋存的地质条件	(26)
第一节 含煤岩系沉积环境和岩性特征对瓦斯赋存的影响	(26)
第二节 煤的变质程度对瓦斯形成和赋存的影响	(34)
第三节 区域地质构造对瓦斯赋存的影响	(38)
第四节 其他因素对瓦斯赋存的影响	(45)
思考题	(52)
第三章 控制煤与瓦斯突出的地质因素	(54)
第一节 地质构造对煤与瓦斯突出的控制	(54)
第二节 煤层厚度及其变化与瓦斯突出的关系	(62)
第三节 煤体结构对瓦斯突出的控制	(65)
思考题	(73)
第四章 煤层瓦斯参数的测定方法	(74)
第一节 煤层瓦斯压力的测定	(74)
第二节 煤层瓦斯含量的测定	(79)
第三节 瓦斯放散初速度 Δp 的测定	(88)
第四节 煤的坚固性系数 f 的测定	(89)
第五节 煤层透气性系数测定	(90)
第六节 其他瓦斯参数测定方法	(93)
思考题	(96)
第五章 突出煤层煤体结构的研究方法	(97)
第一节 突出煤层煤体结构的井下观测	(97)
第二节 突出煤层煤体结构的室内研究	(99)
思考题	(100)

第六章 瓦斯地质区划及瓦斯地质变量	(101)
第一节 瓦斯地质区划	(101)
第二节 瓦斯地质变量	(111)
第三节 四种统计分析方法	(114)
思考题	(125)
第七章 瓦斯地质图的编制	(126)
第一节 瓦斯地质图的种类和内容	(126)
第二节 瓦斯地质图的编制步骤	(130)
第三节 瓦斯地质图的编图细则	(133)
第四节 瓦斯地质图的作用和应用	(139)
思考题	(140)
第八章 中国煤层瓦斯分布特征	(141)
第一节 煤层瓦斯分区和分带	(141)
第二节 不同地质时代的煤层瓦斯区域分布特征	(143)
第三节 高低瓦斯赋存和涌出量区域分布规律	(145)
第四节 煤与瓦斯突出矿区、矿井分布的区域构造控制	(146)
思考题	(148)
第九章 勘探阶段瓦斯含量的预测	(149)
第一节 勘探阶段瓦斯含量的预测前期工作	(149)
第二节 勘探阶段瓦斯含量预测的方法	(150)
思考题	(156)
第十章 矿井瓦斯涌出量预测	(157)
第一节 影响矿井瓦斯涌出量的因素	(157)
第二节 矿井瓦斯涌出量预测方法	(162)
第三节 瓦斯地质数学模型法	(169)
思考题	(172)
第十一章 煤与瓦斯突出预测	(173)
第一节 突出预测分类	(173)
第二节 瓦斯突出区域预测工作方法	(175)
第三节 工作面瓦斯突出预测	(181)
第四节 瓦斯突出预测新技术	(184)
思考题	(186)
第十二章 煤与瓦斯突出防治	(187)
第一节 煤与瓦斯突出防治的原则及措施	(187)
第二节 区域性防突措施	(188)
第三节 局部性防突措施	(197)
第四节 “四位一体”综合防治措施	(206)
思考题	(208)

第十三章 实训	(209)
项目一 瓦斯压力测定	(209)
项目二 煤层瓦斯含量测定	(211)
项目三 瓦斯地质图的读图与编制	(217)
项目四 煤与瓦斯突出危险性参数测定	(219)
项目五 煤与瓦斯突出机理及特征分析	(224)
参考文献	(226)

绪论

一、瓦斯地质研究对象与内容

瓦斯地质是从地质角度研究煤层瓦斯赋存、涌出和煤与瓦斯突出的自然规律,为煤矿生产建设和能源开发服务的一门新兴的边缘学科。

煤层瓦斯是地质作用的产物。瓦斯的生成、运移、赋存和富集,与地质条件密切相关。瓦斯地质学科把瓦斯研究和地质研究密切地结合起来,运用地质学的基本原理和方法以及煤矿开采方面的技术理论,研究煤层瓦斯的赋存条件、运移和分布规律,以及矿井瓦斯动力现象。瓦斯地质也是一门综合性学科,它与煤田地质学、构造地质学、沉积岩石学、煤岩学、煤化学、岩石力学、数学地质、地质力学以及采煤学、通风学等都有密切的联系。瓦斯地质学研究的主要内容有瓦斯的形成、瓦斯赋存的地质条件、煤和瓦斯突出的地质条件及瓦斯危险性预测等。

1. 瓦斯的形成

从地质角度认识煤层瓦斯的成因和形成机制,并把瓦斯的形成与成煤过程、成煤物质联系起来进行研究。

2. 瓦斯赋存的地质条件

着重研究影响瓦斯运移、排放和保存的地质因素,特别是研究瓦斯富集的地质条件,从而掌握瓦斯的赋存和分布规律,为瓦斯预测提供依据。

3. 煤和瓦斯突出的地质条件

煤和瓦斯突出是人为因素和自然因素综合作用的结果,瓦斯地质学着重考查各种自然因素在瓦斯突出中的作用,即着重研究瓦斯突出发生的地质条件,为瓦斯突出预测预报提供依据。

4. 瓦斯危险性预测

瓦斯危险性预测主要包括瓦斯含量预测、瓦斯涌出量预测和瓦斯突出预测三个方面。瓦斯地质研究的显著特点之一是密切联系生产实际,为煤矿安全生产服务,煤矿生产的需要将促使瓦斯地质研究不断深入,不断提高科学预见性。

二、瓦斯地质研究的工作方法

瓦斯地质研究的工作方法是开展瓦斯地质研究的工具和手段。随着煤矿生产发展的需要,瓦斯地质研究工作方法也在实践中逐渐形成,日趋完善。其工作方法包括现场观测、实验测试、编制图件、理论分析、验证反馈五个方面,每个方面都有其具体内容。

1. 现场观测

现场观测是瓦斯地质第一性资料的收集工作,是开展研究的基础。观测内容包括:

- (1) 观测与瓦斯赋存和瓦斯突出有关的各项地质因素。
- (2) 矿井瓦斯涌出量测定。

(3) 突出点的观测。重点观测突出点及其附近的地质特征及突出的基本情况。

2. 试验测试

试验测试包括在现场和实验室进行的各项瓦斯地质参数的测试。

(1) 瓦斯参数的测试:包括煤层瓦斯压力、瓦斯含量、瓦斯成分、吸附实验等。

(2) 突出参数测试:如测试瓦斯放散指数、筛分指数(筛分后小于 0.5 mm 粒度的煤所占的百分数)、煤的坚固性系数、钻孔瓦斯涌出速度等。

(3) 地质参数测试:

① 常规试验测试,如煤的工业分析、元素分析、煤和围岩的机械物理性质、渗透性、透气性的测试等。

② 微观研究,包括显微镜组分定量分析,显微结构、构造观测,显微硬度测定,镜煤反射率测定,扫描电镜、电子探针观测等。

此外,还可进行荧光分析、X 衍射分析、顺磁中心浓度测定等。

3. 编制图件

对各种分散资料进行整理和综合分析,编制不同类型、不同范围、不同比例尺、不同内容和用途的各种瓦斯地质图件,用以总结规律、反映研究成果。

4. 理论分析和实验模拟

(1) 从地质角度分析瓦斯与地质条件的关系。

(2) 选择适当的数学方法进行定量研究,建立相应的数学模型。

(3) 进行构造力学分析,突出力学机制研究,构造应力场分析,以及光弹实验、模拟实验等。

5. 验证反馈

在矿井实际安全生产工作中,应不断根据地质、生产条件,以及工作方法、手段的变化,及时修正完善已有的矿井瓦斯地质工作体系。

三、瓦斯地质研究对煤炭工业的意义

1. 合理进行矿井设计,提高投资效益

勘探阶段必须查明各种开采技术条件,并将其作为矿井设计的依据。瓦斯资料是开采技术条件中的重要组成部分。

通过系统测定煤层瓦斯含量,分析瓦斯的赋存状态和分布规律,进而预计矿井瓦斯涌出量,这对矿井风量的确定,通风系统和通风方式的选择起着重要作用,直接影响到矿井设计的合理性。如果缺乏瓦斯资料和瓦斯地质分析,一旦确定的矿井瓦斯等级偏低时,矿井设计中各项通风设施就满足不了生产的需要,致使矿井刚一投产就得被迫改造或延误投产时间;反之,如果确定的矿井瓦斯等级偏高,则会增加矿井初期投资,造成浪费。

2. 提高防突效果,确保煤矿安全

我国煤矿的瓦斯灾害是比较严重的,据统计,在 1991—2000 年,瓦斯事故死亡人数总体呈上升趋势。1991 年,瓦斯事故死亡 1 364 人,2000 年瓦斯事故死亡 2 662 人,10 年中增加近 1 倍。2001 年全国煤矿事故死亡 5 670 人,其中瓦斯事故死亡 2 436 人,占总死亡人数的 43%。2002 年,在煤矿重、特大事故中,瓦斯事故所占比重最大。预防煤矿瓦斯灾害是世界各采煤国家关注的焦点,尤其在我国的,瓦斯灾害已成为煤矿群死群伤的头号杀手,2005 年,一次死亡 10 人以上的特大煤矿事故中,瓦斯事故占 70.7%。每年在 10 人以上重、特死

亡事故中,瓦斯事故死亡人数占总死亡人数的80%以上。由于事先还不能准确地判断突出的范围和地点,因而直接影响到采取措施的针对性。同时,由于采取措施耗工、费力,致使这些矿井掘进速度减慢,生产效率降低,有些矿井长期达不到设计生产能力,束缚了矿井生产能力的发挥,直接影响煤矿的经济效益。

国内外资料表明,突出矿井发生突出的区域仅占矿井全部采掘面积的10%~20%。如果开展瓦斯地质和瓦斯突出预测研究,不仅可减少矿井防突技术措施的工程量,提高矿井经济效益,而且可为煤矿安全生产提供依据。

3. 为利用瓦斯资源提供依据

瓦斯是矿井的有害气体,同时也是一种资源。瓦斯有多种用途,可用于城镇煤气、锅炉和窑炉燃料、瓦斯发电、机动车燃料、化工原料和化工产品等。利用瓦斯作原料可以生产炭黑、氢、氨、乙炔、甲醛、甲醇、福尔马林等化工产品。阳泉矿业集团一矿利用抽出的瓦斯为原料建立了一个炭黑厂,年产炭黑200 t。

中国煤矿瓦斯资源量为 $31 \times 10^6 \text{ m}^3$,与全国天然气资源量相当。瓦斯虽然是煤矿事故的灾害源,同时又是一种清洁能源,是大自然赋予人类的财富,不应该成为安全生产的威胁。科学合理地开发利用瓦斯,解除煤矿安全的心腹之患,保障矿工生命安全,也有利于资源合理地利用和环境保护。通过矿井瓦斯抽放,可使其变害为利。我国淮南、抚顺、阳泉等许多高瓦斯矿区都建立了专门的瓦斯抽放和利用系统,采取了一系列的预抽措施,减少了矿井瓦斯灾害。由于瓦斯分布是不均衡的,为了合理布置抽放工程,提高抽放效率,保证瓦斯供给,必须查明瓦斯赋存的地质条件,查明其储量及分布特征。这也是瓦斯地质研究的任务之一。随着煤炭工业的迅速发展,瓦斯地质的研究领域将不断扩大,将为煤炭生产提供更准确、更完整的瓦斯地质资料。

四、瓦斯地质学科的形成和发展

瓦斯地质学作为一门新的边缘学科,是在煤炭工业的发展中产生和兴起的。

20世纪50年代初,为了适应国民经济的第一个、第二个五年计划的需要,全国开展了大规模的煤田地质勘探。矿井设计部门要求勘探报告中有瓦斯资料,并提出矿井瓦斯等级作为设计的依据。在这种情况下,1953年我国建立了最早的煤炭研究机构——抚顺煤矿安全研究所,曾以瓦斯作为重点研究内容,进行了勘探钻孔瓦斯取样手段的研究,并在勘探部门推广使用双层岩芯管、集气罐采样方法,使勘探期间从钻孔中取瓦斯样成为可能。

为找出瓦斯涌出的规律,在抚顺矿区老虎台矿编制了瓦斯涌出量预测图,总结了该矿区的瓦斯变化梯度。

20世纪60年代初,为掌握瓦斯赋存规律,在对峰峰矿区各矿井进行瓦斯含量测定的基础上,分析勘探和矿井的地质资料,肯定了瓦斯赋存与地质构造有密切关系。

1965年,焦作矿务局在焦西矿进行了瓦斯涌出量预测研究,发现了断层附近瓦斯涌出呈现驼峰现象的规律,并划出了瓦斯集中涌出带。与此同时,北票矿务局也总结了瓦斯突出与地质构造、火成岩、煤质等因素的关系,提出了用地质指标进行瓦斯突出区域预测的方法。

20世纪70年代以后,瓦斯地质研究工作逐步开展起来。1972年,开始将地质力学的观点引入于瓦斯突出分布的研究。随后,四川天府、华蓥山煤矿、贵州六枝矿务局以及重庆煤矿研究所、重庆大学和焦作矿业学院等单位,进一步应用地质力学的观点对煤与瓦斯突出进行了分析研究。

1978年,在我国煤炭历史上第一次瓦斯地质专业学术讨论会上得出一致结论:①瓦斯分布和瓦斯突出分布是不均衡的;②这种不均衡性与地质因素有密切关系。

1982年6月,在四川省华蓥市天池煤矿召开的煤与瓦斯突出机理和预测预报第三次科研工作及学术交流会议上,提出了“地质条件控制瓦斯突出分区分带”的观点和“瓦斯-地质区划论”。强调煤层围岩对瓦斯突出起主要的区域性控制作用,并提出瓦斯突出预测的地质指标。

1983年以后,瓦斯地质研究工作有了更快的发展,从主要对一般规律进行探讨发展到以瓦斯突出预测为主体的研究阶段。特别是全国煤矿瓦斯地质编图项目对我国瓦斯地质的普及起了推动作用。编图工作不仅将我国的瓦斯地质资料作了第一次系统的整理,而且培训了一批从事瓦斯地质研究的技术人员。

1983年,煤炭工业部颁发的《关于加强瓦斯地质工作的通知》,是我国瓦斯地质工作发展的一个新起点,加快了瓦斯地质工作的发展进程,进一步明确了瓦斯地质是煤矿安全技术的重要组成部分。随后,还将此项工作列入了《煤矿安全规程》。

1985年8月,中国煤炭学会瓦斯地质专业委员会成立,《瓦斯地质》刊物创办。

1993年,中国煤炭学会第二届瓦斯地质专业委员会,制定了瓦斯地质学科发展规划,指明了瓦斯地质的发展方向。

我国煤炭资源丰富,采矿技术条件和瓦斯地质条件多样化,瓦斯地质工作有着广阔的前景,瓦斯地质学科作为一门独立的学科将会随着科研与煤矿生产的密切结合而迅速发展起来。

五、本课程的内容及学习方法

1. 本课程的内容

(1) 瓦斯地质基础,主要包括瓦斯的性质和形成,瓦斯在煤层中的赋存状态,煤层瓦斯的运移,瓦斯分带,矿井瓦斯涌出和煤与瓦斯突出等。

(2) 影响瓦斯赋存的地质条件,主要包括含煤岩系沉积环境和岩性特征,煤层及其变质程度,区域地质构造和其他地质条件。

(3) 控制煤与瓦斯突出的地质因素,主要包括地质构造、煤层厚度及其变化和煤体结构等。

(4) 若干瓦斯参数的测定方法,主要包括煤层瓦斯压力、煤层瓦斯含量、瓦斯放散初速度 Δp 、煤的坚固性系数 f 值和其他瓦斯参数。

(5) 突出煤层煤体结构研究方法,主要包括煤体结构的观测和煤体结构的室内研究。

(6) 瓦斯地质图的编制,主要包括瓦斯地质图的种类、主要内容和编制方法等。

(7) 瓦斯地质若干定量研究方法,主要包括变量的选择、取值和变换,若干多元分析方法和应用实例。

(8) 瓦斯地质区划,主要包括煤与瓦斯突出级别的划分,瓦斯突出分布和突出分布的不均衡性,瓦斯地质区划论和应用实例。

(9) 矿井瓦斯预测,主要包括煤层瓦斯含量预测、矿井瓦斯涌出量预测、煤与瓦斯突出预测。

(10) 中国煤层瓦斯分布特征,煤与瓦斯突出防治和瓦斯地质实训。

2. 学习本课程的方法

瓦斯地质是矿山地质、通风与安全技术和煤矿开采技术等专业的一门必修的专业课,它与煤矿专业的其他专业课程有密切的联系,学习好瓦斯地质既可以为各专业的主干课程打好坚实的瓦斯地质基础,又可以促进实践能力、分析能力的培养。因此,学习本课程要注意掌握学习方法。

(1) 掌握瓦斯地质学的基本概念、基本理论、基本知识和基本工作方法,并收集整理有关瓦斯地质和矿井安全方面的资料,能初步应用瓦斯地质的基本理论解决现场工作中的基本问题,从中培养实践的能力。

(2) 掌握资料分析、数据处理、定量分析的基本方法,运用编制瓦斯地质图件的一般方法,综合分析瓦斯地质的赋存规律和运动规律,研究瓦斯涌出的动力特征和渗流特征,从中培养分析能力。

(3) 通过观察现象,分析资料,研究问题,训练逻辑思维能力,调动和发挥主观能动性。

第一章 瓦斯地质基础

第一节 瓦斯的性质和形成

一、矿井瓦斯的组成和性质

矿井瓦斯是指煤矿生产过程中,以从煤岩层内涌出的甲烷为主的各种有害气体的总称。矿井瓦斯成分很复杂,一般情况下甲烷占绝大多数,俗称沼气;其次为氮气(占0.5%~3%)和二氧化碳(占0.3%~2%);另外还有微量或少量的重烃类气体(乙烷 C_2H_6 、丙烷 C_3H_8 、丁烷 C_4H_{10} 、戊烷 C_5H_{12} 等)和氢气 H_2 、一氧化碳 CO 、二氧化硫 SO_2 、硫化氢 H_2S 等。

甲烷在煤层气体中的比例可为0~100%,其本身无色无味,但往往因含有少量其他芳香族碳氢气,常常伴随有一种苹果的香味,其相对密度为0.554,与氧气适当混合具有燃烧和爆炸性。甲烷本身无毒,但是当空气中瓦斯浓度超过40%时(空气中氧气含量下降到12%以下),就会使人因严重缺氧而窒息死亡。

煤层瓦斯中甲烷及其他气体的主要物理性质见表1-1。

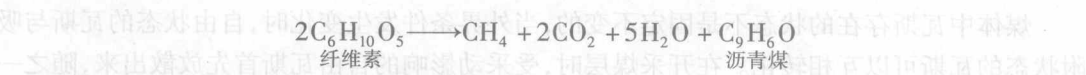
表1-1 煤层瓦斯中各种气体的主要物理性质

性质	甲烷 CH_4	二氧化碳 CO_2	一氧化碳 CO	硫化氢 H_2S	乙烷 C_2H_6	丙烷 C_3H_8	氢气 H_2
相对分子质量	16.042	44.01	28.01	34.08	30.07	44.09	2.016
密度/($kg \cdot m^{-3}$)	0.716 8	1.98	1.25	1.54	1.36	2	0.09
对空气相对密度	0.554 5	1.53	0.97	1.17	1.05	1.55	0.07
沸点 $K/101.3\text{ kPa}$	111.3	194.5	83	211.2	184.7	230.8	20.2
爆炸下限/% (293 K, 101.3 kPa)	5	—	12.5	4.3	3	2.1	4
爆炸上限/% (293 K, 101.3 kPa)	15	—	74.2	45.5	12.5	9.35	74.2
发热量/ ($MJ \cdot m^{-3}$) (288 K)	最高值	37.11	—	11.86	23.50	64.53	96.61
	最低值	33.38	—	11.86	21.63	58.93	88.96

二、瓦斯的形成

瓦斯主要是在成煤过程中产生。煤是由植物遗体经过复杂的生物化学和物理化学作用转变而成的。瓦斯的主要成分是甲烷,重烃、二氧化碳、氢气等是这一过程中的伴生产物。成煤的原始物质为植物。高等植物在成煤过程中形成腐殖质,进而成为腐殖煤。腐殖质的成分以芳香族化合物为主,脂类化合物较少,其元素特征是贫氢富氧。腐殖质产生的甲烷量较多,可达气体成分的90%~95%。

低等植物在成煤过程中形成腐泥质,进而成为腐泥煤腐泥质中脂类化合物相当丰富,元素组成特征是氢高氧低,产生的甲烷量相对较少,一般为形成的气体成分的47%~70%。在植物成煤的第一阶段(泥炭化阶段),有机物质的分解是在微生物参与下发生的复杂的生物化学过程。在这个阶段的早期,植物遗体暴露在空气中或处于沼泽浅部富氧的条件下,由于氧气和亲氧细菌的作用,遭受氧化和分解。生成的气态产物主要是CO₂、NO等。在这个阶段的晚期,由于地壳下降、沼泽水面上升和植物遗体堆积厚度的增加,使正在分解的植物遗体逐渐与空气隔绝,从而出现了弱氧环境或还原环境。在缺氧条件下,因细菌作用分解出甲烷、重碳氢化合物、氢及其他气体,碳相对富集起来。纤维素分解化学反应式为



据计算,1 kg 纤维素在变成烟煤的过程中能生成 69.1 kg 甲烷。在此阶段生成的瓦斯,大部分扩散到空气中,而在泥炭中保存较少。

当泥炭物质由于地壳下降而被其他沉积物覆盖时,成煤作用就由第一阶段进入第二阶段——煤化作用阶段。在温度、压力和作用持续时间的影响下,泥炭物质产生热分解,引起一系列的物理—化学变化,使泥炭转变为烟煤,烟煤进而转变为无烟煤。在这一过程中生成的气态产物,是以甲烷为主的气态烃。由褐煤(或泥炭)转化为烟煤的化学反应式为



在整个煤化作用过程中都有烃类气体组分产出。根据我国在煤成气研究中对不同矿区煤样采用热模拟试验的测定结果,烃类主要生成于气煤至瘦煤阶段,甲烷主要生成于肥煤至瘦煤阶段,其主要来源是Ⅲ型干酪根如图 1-1 所示。

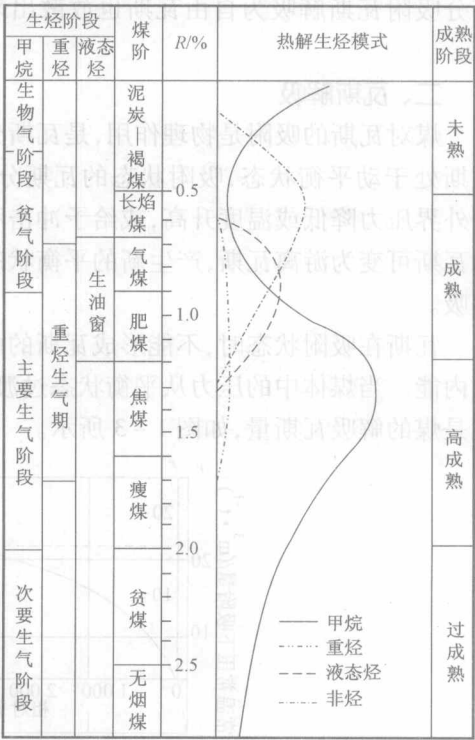


图 1-1 Ⅲ型干酪根热解生烃模式图

第二节 瓦斯在煤层中的赋存状态

一、煤层中瓦斯的赋存状态

瓦斯在煤体及围岩中的赋存有自由和吸附两种状态,其情况如图 1-2 所示。

1. 自由状态(游离状态)

瓦斯以自由气体状态存在煤层或围岩的裂隙及孔洞之中。这种状态的瓦斯分子可自由运动,并呈现出压力。

2. 吸附状态

吸附状态的瓦斯按其结合的形式不同,又分为吸附状态和吸收状态。吸附状态是瓦斯被吸附在煤体或岩体微孔表面上,并形成一层瓦斯薄膜;吸收状态是瓦斯被溶解于煤体微粒内部,类似于气体被溶解于液体中的现象。

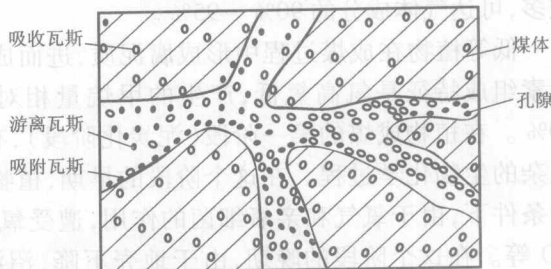


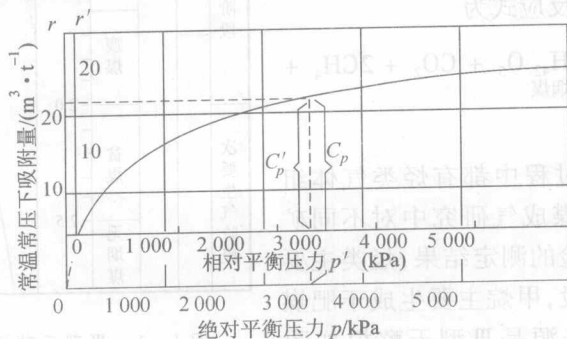
图 1-2 瓦斯在煤体中赋存状态示意图

煤体中瓦斯存在的状态不是固定不变的,当外界条件发生变化时,自由状态的瓦斯与吸附状态的瓦斯可以互相转化。在开采煤层时,受采动影响的自由瓦斯首先放散出来,随之一部分吸附瓦斯解吸为自由瓦斯也放散出来,使解吸现象不断地进行,形成煤矿瓦斯不断涌出。

二、瓦斯解吸

煤对瓦斯的吸附是物理作用,是瓦斯分子和碳分子相互吸引的结果。吸附瓦斯和游离瓦斯处于动平衡状态,吸附状态的瓦斯分子与游离状态的瓦斯分子处于不断地交换之中。若外界压力降低或温度升高,或给予冲击和振荡时,影响了分子的能量,则能破坏其平衡,吸附瓦斯可变为游离瓦斯,产生新的平衡状态。这种由吸附瓦斯转变为游离瓦斯的现,称为解吸。

瓦斯在吸附状态时,不能形成瓦斯的内能。只有通过解吸变为游离瓦斯,才能形成瓦斯的内能。当煤体中的压力从平衡状态过渡到正常的标准大气压状态下,煤体释放的瓦斯量就是煤的解吸瓦斯量,如图 1-3 所示。



C'_p —相对压力下的解吸瓦斯含量; C_p —绝对压力下的总瓦斯含量

图 1-3 解吸能力及总瓦斯含量曲线

三、瓦斯吸附及影响

当外界条件变化时,一部分自由状态的瓦斯可以转化为吸附状态的瓦斯称为瓦斯吸附。影响瓦斯吸附的因素是多方面的,但主要因素有瓦斯压力、气体性质、温度、煤的比表面积、煤的变质程度和煤体中水分六个方面。

1. 瓦斯压力

如图 1-4 所示,吸附等温线是在给定温度下表示吸附瓦斯量 $Q_{\text{吸}}$ 与瓦斯压力 p 之间的函数关系的曲线。在较低的瓦斯压力下($p < 1\,000\text{ kPa}$), $Q_{\text{吸}}$ 与 p 几乎成正比。在较高的瓦斯压力下($p > 5\,000\text{ kPa}$), 吸附瓦斯量 $Q_{\text{吸}}$ 随瓦斯压力 p 的增长量极微。

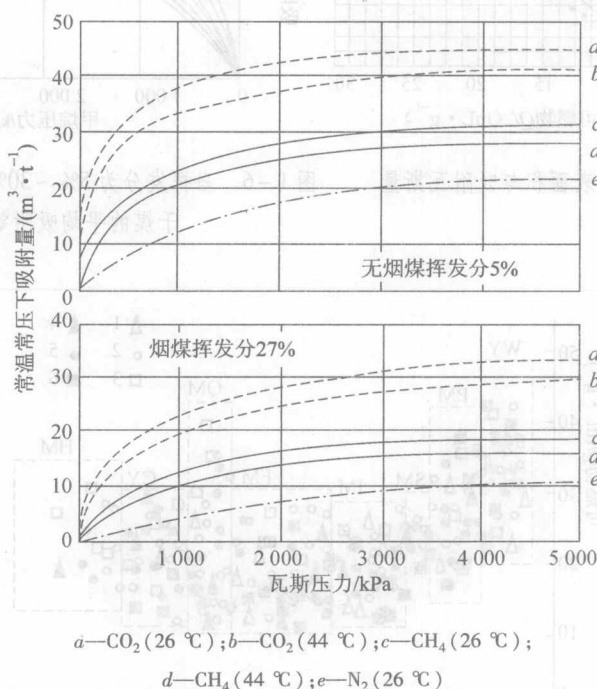


图 1-4 两个吸附等温线实例(无水无灰基)

2. 气体性质

在给定的温度和压力下,不同气体的吸附量有明显差别(图 1-4)。二氧化碳气体比甲烷更易被吸附,甲烷又比氮气容易吸附。

3. 温度

在相同的平衡压力下,吸附瓦斯量 $Q_{\text{吸}}$ 随温度升高而降低(图 1-4)。从 $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ 起,烟煤温度每增加 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$,其吸附量降低 0.8% ;无烟煤温度每增高 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$,其吸附量减少 0.6% 。

4. 煤的比表面积

煤的比表面积是指 1 g 煤所拥有的表面积,可以通过试验和计算获得。根据测定结果,煤的吸附瓦斯量随比表面积增大而增加,如图 1-5 所示。

5. 煤的变质程度

煤在相同的温度和压力条件下,煤的吸附瓦斯量随煤的变质程度的升高而增大,如图 1-6、图 1-7 所示。