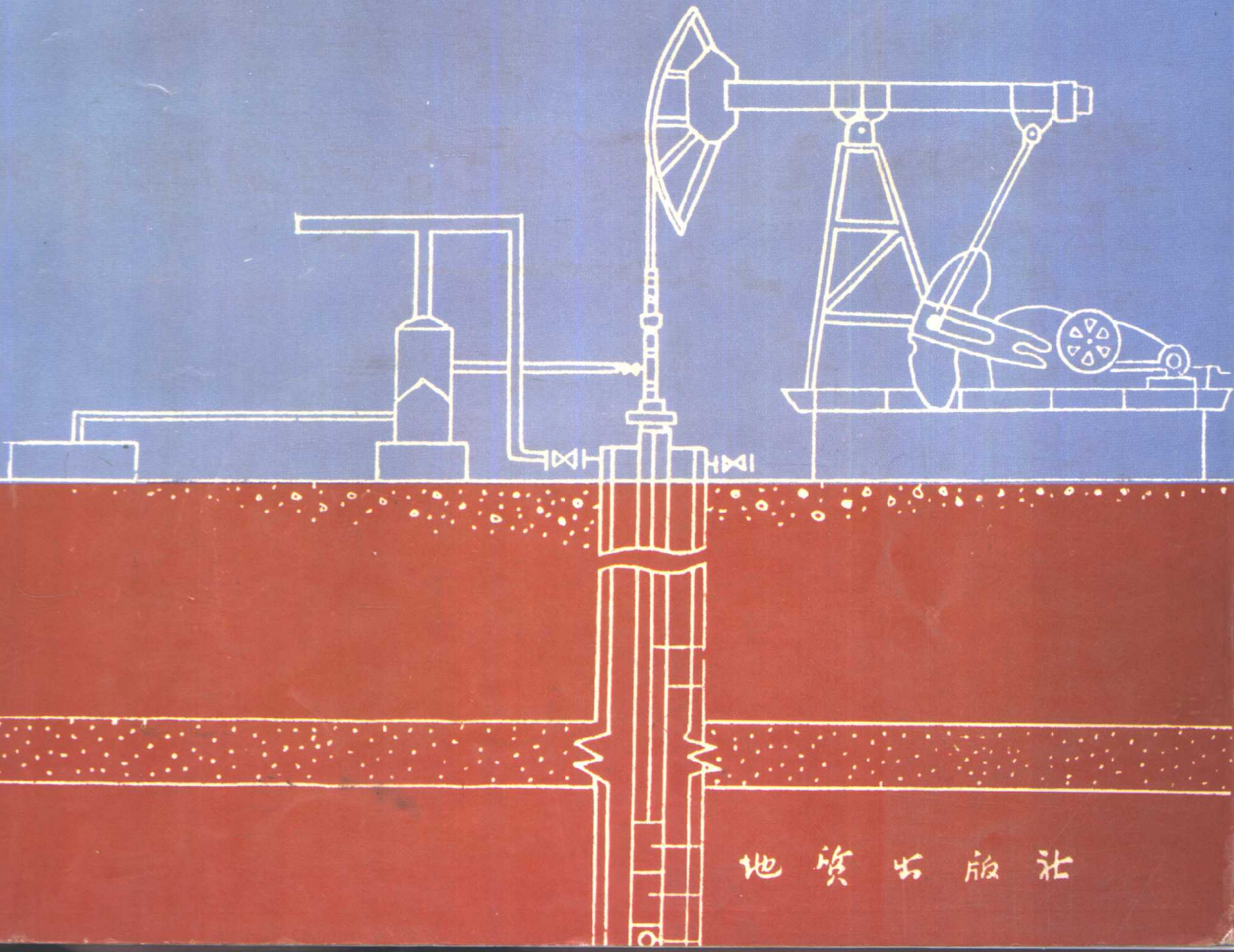


谨将此书献给第三十届国际地质大会

煤层气及其勘探开发

李明潮 梁生正 赵克镜 主编



地质出版社

煤层气及其勘探开发

李明潮 梁生正 赵克镜 主编

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本书是作者数年从事煤层气研究和开发试验的总结性著作。全书共分煤层气开发基础、河北大城凸起煤层气资源及开发区的选择、淮南煤田及云南的煤层气资源、煤层气勘探开发试验四章,并附有图版及英文摘要。这是我国有关煤层气开发试验的第一本著作,反映了我国目前煤层气开发实验的水平。

图书在版编目(CIP)数据

煤层气及其勘探开发/李明潮主编.-北京:地质出版社,1996.6

ISBN 7-116-02021-7

I. 煤… I. 李… III. ①煤层-地下气化煤气-油气勘探 ②煤层-地下气化煤气-天然气开采 N. TD845

中国版本图书馆CIP数据核字(96)第08747号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路29号)

责任编辑:张荣昌 陈磊

北京印刷学院实习工厂印刷 新华书店总店科技发行所经销
开本: 787×1092 1/16 印张: 9 图版: 6 页 字数: 216000 字
1996年6月北京第一版·1996年6月北京第一次印刷
印数: 1200册 定价: 18.00元

ISBN 7-116-02021-7

P·1526



谨将此书献给
第三十届国际地质大会

李明潮 梁生正 赵克镜

1996/7/27



This book is dedicated to the

**30TH INTERNATIONAL
GEOLOGICAL CONGRESS**

Li Mingchao
Liang Shengzheng
Zhao Kejing

前 言

煤层气，亦称煤层吸附气、煤层甲烷或煤矿瓦斯。它是煤矿安全生产的严重威胁。为了减轻矿山灾害，长期以来，人们利用钻孔或巷道，在采煤前和采煤过程中通过管线用负压将瓦斯抽放到地表。因抽放率低，只能为解决安全生产问题而抽放。我国瓦斯抽放虽已有40余年的历史，抽放井数逐渐增加，目前，全国已有百余对矿井建立起了瓦斯抽放系统，但至1994年，年抽放量仅为 $5.6 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

把煤层气作为一种新能源开发利用已逐渐被世人注意。美国经过十余年的努力，在80年代末取得了突破性进展，从而形成了一个新的产业——煤层气工业。这一工业一出现就显示了它茁壮的生命力。美国煤层气产量增加很快，在开始几年，年产气量成倍增加，至1994年产气量已达到 $200 \times 10^8 \text{ m}^3$ 以上，超过了我国全年天然气产量的总和。美国的这一成就很快在国际上产生了强烈的反响，澳、德、波、英、俄等国纷纷效仿，都在进行开发试验。

近年来，联合国开发计划署从全球环境角度出发，为防止煤层中的甲烷随着煤的采掘排入大气而加重环境污染，提倡并资助煤层气的开发事业。这一举措对煤层气开发利用这一新兴工业在全球的发展起到了推波助澜的作用。

我国的煤炭资源极为丰富，也是煤炭生产大国。通过“七五”国家科技攻关研究证实我国煤层气资源具有广阔的开发前景。

煤层气地面开发，要考虑各方面的因素：如各类煤田不同的地质构造条件、煤层发育状况、煤层含气量、气资源量、煤层渗透性、储层压力；常规天然气理论的应用；钻井、固井、试井、压裂、抽排等项工程工艺技术条件等。这是一种技术密集型产业。因此，在一个新区，特别是在地质构造变化多端的煤田中开发煤层气，若想取得成功绝非是一件容易的事。我国的煤田地质构造复杂、多样，因此，国家计委将“有利区块煤层吸附气开发研究”列入“八五”国家重点科技攻关研究专题。

专题的目标是借鉴国外先进经验，选择有利区块进行煤层气开发研究。通过攻关，获得开发煤层气的理论、方法和技术，为今后进行工业性开发作好技术准备。

研究工作紧密结合煤层气开发，其内容包括：研究煤热演化过程中煤化学、煤岩学特征与生烃关系；煤层气的赋存状态、开发的基本条件；选择有利开发区；以及研究煤的物性特征及煤层压裂、采气中的各种问题。

为了保质保量地完成科技攻关任务，研究人员曾在井场、钻机旁不分昼夜地测量煤层气含量；在井巷中，采集了大量煤层样品；以及做试井、搞压裂等；经抽排、采气试验，获得了各种参数。据不完全统计，在攻关研究中对所采集的样品进行分析、测试共2260项(次)，取得近万个数据。

分析、测试的主要项目有：煤的工业分析、元素分析、X-衍射、氯仿抽提；煤抽提物的紫外、红外、饱和烃色谱分析；煤的热解、干酪根、色质、化学动力学研究；煤岩学研

究中的煤的反射率测定、显微组分鉴定、煤样荧光定量观察、抽提物荧光定量观察、热解油荧光定量观察、煤岩组分分离；煤物理化学性质研究方面有孔隙度测定、压汞、汞密度、氮密度、真假密度、电镜观察、大型煤光片割理观察、吸附时间的求取、吸附实验；煤和泥岩热模拟试验方面有原煤样试验、煤岩组分分离样试验、暗色泥岩样试验；在气体方面的研究中有煤层气甲烷碳同位素测定、解吸实验的气含量测定、气组分分析以及盖层的研究等。由于取得了大量的分析、测试数据，不但使煤生烃等项理论研究方面取得新认识，又使各煤田煤层气资源评价和开发区的选择，建立在牢固的科学基础之上。

为了使煤层气开发试验取得成功，施工工艺是极其重要的问题。我们在试验前对国内已开展此项工作的单位进行了走访、调查，借鉴了他们的经验和教训。在此基础上进行了开发试验施工的钻井、完井、固井、试井、压裂、抽排等十数项设计。经反复研究论证，进行了多次修改。在通过设计审批后，施工前又作了各种技术细节的周密准备，终于使大参1井煤层气地面开发工作取得了重要进展。

我们的研究进展表现在以下几个方面：

1. 在专题对三个地区煤层气资源评价、有利开发区块选择和开发试验的基础上，结合美国的开发实践及我国近几年在全国各地开发实验所取得的经验教训，根据煤变质理论，首次对我国煤层气田进行了成因分类。阐明了划分出的三类二个亚类、四个基本类型的理论依据，以及开发的相对难易程度；同时，划分出水压圈闭和气压圈闭两种煤层气藏类型，并阐述了各自的特征及其与煤层气开发的关系。这些研究对我国今后开发煤层气的选区和开发前产能的预测均具有一定的指导意义。

2. 在人工热模拟试验中，通过不同煤岩显微组分变化的研究，探索了煤成气、液态烃的生成机理；并在此基础上对煤的人工热演化与自然演化系列进行了系统研究和对比，首次证实了两系列间的内在联系，研究工作取得了新的重要进展。对煤的抽提物和煤热模拟产物——热解油的芳烃进行的荧光性定量对比的研究也属首次，并取得了新的认识。这为今后对中等以上变质程度煤的荧光性进行深入研究提供了新的启示。

3. 在进行煤的孔径分布研究中，首次推算出煤的压缩系数，并以此对试验结果进行了校正，获得了一批煤孔隙结构的新数据。这些数据较以前的成果更具科学性。

4. 对冀中地区大城凸起、淮南煤田和云南的煤层气资源进行了评价，并指出这些地区具有良好的开发前景；选择出大城凸起南部，淮南煤田的张集、潘集、谢家集矿区和云南东部的恩洪矿区为煤层气的有利开发区块。

5. 从煤层气田形成条件入手，对大城凸起上的钻孔测井资料进行了全面系统的解释；编制了该凸起的大量分析图件；重新确定了石炭-二叠纪煤系的煤层厚度及其变化规律；实测了煤层含气量、煤阶等参数。计算出1800 m以浅约1000 km²范围内的煤层气资源量为3000×10⁸ m³。在大参1井的地面开发试验中获得最高日产量6392 m³煤层气的可喜成果，是国内近年来煤层气地面开发在单井情况下取得的最高产气量。这一重要进展预示着该区是一个可供开发的大型煤层气生产基地。

6. 在煤层气钻井完井工艺方面，针对煤层特点，采用了合理的井身结构；选择优质密度泥浆，使用低钻压、低转速、低循环压力、低冲击力等钻井参数和滑动密封轴承类的镶齿短齿保径钻头，双喷嘴组合以及双闸板防喷器；采用半闭合式工具和川8-3取心工具取心和低密度水泥浆固井，均取得了较好效果。

7. 应用大参1井试井取得的各项参数进行了煤层气储层模拟,预测了该井的产气量和经济效益。同时,根据煤层气生产动态曲线特征与美国黑勇士盆地进行对比,发现两者近似。这从理论上肯定了大城凸起煤层气的开发前景,同时指出了使用井群开发的必要性。

8. 在压裂、抽排技术中,采用清水加沙压裂,创立了单向注入和微型压裂试验联作工艺及压后裂缝诊断等技术。

另外,在煤层割理发育特征光片研究、煤的吸附时间的求取、应用开发试验中取得的各种参数进行煤储层模拟及求产等方面均做了有益的尝试。在这些技术领域实践均处于国内的前沿。

本书是在专题研究成果的基础上撰写的。参加本次攻关研究的人员有:煤炭科学研究总院西安分院的李明潮、张五济、高菊芬、张新民、李静、张遂安、李建武、黄海智、王彦龙、朱兆英、袁萍、白公正、董树星、杨利军;中国石油天然气总公司华北石油管理局的梁生正、赵克镜、徐惠峰、谢恭俭、黄守诚、左以浩、席明扬、冯国良、任文富、王辅仁、李庆英、陈立树、吴文海、张绍云、王常岭、卢修峰、谷文彬、田慧芹、马翠英、李桂华、翟卫红、李春燕、江洪;中国石油天然气总公司安徽石油勘探开发公司的徐毓凡、王正、李利;中国石油天然气总公司滇黔桂石油勘探局的李尚武、张远诚、孔磊、艾斌、杨上中、冯天福;云南省地质矿产局的李方夏、陈文华;云南省煤田地质局的杨复胜、王巨民。

在研究过程中,李明潮、梁生正、赵克镜、张新民、李静、董树星于1993年、1994年分5批曾先后到美国的黑勇士盆地、圣胡安盆地的煤层气开发现场,以及相关开发公司及其实验室进行了参观、考察;同时,开展了学术交流,并参加了煤层气资源评价方法和开发技术培训。这些活动对我们的攻关研究和开发实验均起到了很好的促进作用。

在攻关研究过程中,得到了中国石油天然气总公司科技局关德范教授及攻关项目办公室戴金星教授、宋岩高级工程师的大力支持;并受到承担项目各单位领导的关心、指导和支持;特别应当指出的是,中国石油天然气总公司勘探局及其领导对攻关研究在财力和物力上的大力支持。

本书由李明潮、梁生正、赵克镜主编,参加编写的人员还有张新民、张遂安、徐毓凡、李尚武、黄守诚、李静、张五济、高菊芬、李建武、谷文彬、王常岭、冯国良、席明扬、左以浩、吴文海、谢恭俭、张绍云、黄海智、王彦龙、董树星。

在进行科研和本书编写过程中,还参阅了吴传荣、于良臣、徐世荣、黄汝昌、马高尚、刘洪章、陈荣书、黄守诚、杨泗麟、蒋阆、李安启、丁瑾、张绍海、高泳生、宋继人、巴德乐、杨传中、邓宗淮、李尚武、杨上中、艾斌、刘友民、沈开华、陈文华、诸权、唐修义等人的内部文献。所有这些,无疑为本书的编写起到了良好的作用,在此我们代表全体作者一并表示真诚的感谢!

由于我国在煤层气的开发方面才刚刚起步和限于作者的经验和水平,书中出现不妥和不当,甚至某些错漏是难免的,敬请广大读者批评指正。

主编

1995.11.5

主 编 简 介



李明潮：高级工程师。1933年2月6日生于河北省宁河县（现天津市汉沽区）。1959年毕业于北京地质学院。从事煤田地质构造研究多年，1979年当选为中国地质学会第二届构造地质专业委员会委员，1980年任陕西省地质学会构造地质专业委员会副主任委员。1983年开始从事煤成气、煤层气研究。曾获全国科技优秀成果奖和部级科技进步奖等。享受政府特殊津贴。



梁生正：教授级高级工程师。1936年3月19日生于河北省邢台县。1961年毕业于莫斯科古勃金石油天然气工业学院。曾在大庆、大港、四川、华北、内蒙古等地的石油勘探工作中从事科学研究，曾从事过对阿尔巴尼亚的援助工作。1990年开始进行煤层气勘探开发研究。任华北石油管理局总地质师、石油大学（华东）兼职教授、国家级科技成果评审专家、中国石油学会第四届石油地质专业委员会委员、美国石油地质家协会（AAPG）会员、国际石油工程师协会（SPE）会员。曾获国家科技进步特等奖和部级有突出贡献的专家称号。享受政府特殊津贴。



赵克镜：高级工程师。1937年2月28日生于河南省镇平县。1956年毕业于北京石油地质学校。长期从事石油天然气地质调查、勘探及科研工作，对古生界晋山油气勘探有较丰富的经验。现从事煤层气勘探研究与开发实验工作。曾获国家科技进步特等奖。

目 录

前言

第一章 煤层气开发基础	(1)
第一节 煤层气田的形成与分类	(1)
一、煤层气田的形成	(1)
二、煤层气田的分类	(4)
三、各类气田煤层气地面开发的难易程度.....	(13)
第二节 煤层气藏及其特征	(14)
一、煤层气藏概念的确立.....	(14)
二、煤层气的富集因素	(15)
三、水压圈闭煤层气藏及其特征	(16)
四、气压圈闭煤层气藏及其特征	(18)
第三节 煤的演化与生烃	(18)
一、煤演化中的化学特征.....	(18)
二、煤自然演化与人工热模拟演化中的煤岩及荧光特征	(22)
三、煤生烃	(28)
第四节 煤储层	(30)
一、煤的孔隙及表面积	(30)
二、煤的孔隙体积	(32)
三、煤的天然裂隙	(35)
四、煤的吸附性能	(36)
第二章 河北大城凸起煤层气资源及开发区选择	(39)
第一节 地质特征及煤层气的形成条件	(39)
一、概况	(39)
二、地质特征	(39)
三、煤层	(45)
四、煤质	(50)
五、煤的变质因素和变质类型	(51)
第二节 煤层气赋存及有利开发区块的选择	(54)
一、煤层气含量及特点	(54)
二、煤储层特征	(55)
三、煤层气赋存的地质条件	(57)
四、煤层气资源量	(59)
五、煤层气富集带及开发区选择	(61)
第三章 淮南煤田、云南煤层气资源	(64)

第一节	淮南煤田煤层气资源评价	(64)
一、	概况	(64)
二、	煤层气形成的地质条件	(65)
三、	煤层气赋存及有利开发区块的选择	(70)
第二节	云南煤层气资源	(77)
一、	地质概况	(77)
二、	煤层煤质	(78)
三、	煤层气资源	(82)
四、	煤层气富集带预测及开发区选择	(85)
第四章	煤层气地面开发试验	(92)
第一节	煤层气井钻井完井工艺技术	(92)
一、	煤层气井钻井特点	(92)
二、	煤层气井类型及井身结构	(94)
三、	煤层气井钻井工艺技术	(97)
四、	煤层气井完井工艺技术	(102)
第二节	煤层气开发试验	(104)
一、	煤层压裂抽排前的准备	(104)
二、	试井	(105)
三、	煤层气储层模拟	(106)
四、	煤层压裂抽排工艺研究	(111)
五、	大参1井压后排水采气试验	(114)
结束语	.....	(122)
参考文献	.....	(124)
英文摘要	.....	(125)
图版说明及图版	.....	(130)

CONTENTS

Preface

Chapter 1 Basis of Coalbed Methane Development	(1)
1.1 Formation and classification of coalbed methane field	(1)
1.1.1 Formation of coalbed methane field	(1)
1.1.2 Classification of coalbed methane field	(4)
1.1.3 Surface development difficulties of coalbed methane in various fields	(13)
1.2 Coalbed methane reservoir and its characteristics	(14)
1.2.1 Establishment of the concept of coalbed methane reservoir	(14)
1.2.2 Enrichment factors of coalbed methane	(15)
1.2.3 Hydrostatic trapped methane reservoir and its property	(16)
1.2.4 Pneumatic trapped methane reservoir and its property	(18)
1.3 Coal evolution and hydrocarbon generation	(18)
1.3.1 Chemistry in coal evolution	(18)
1.3.2 Coal petrology and fluorescence characteristics in coal natural evolution and artificial thermal simulated evolution	(22)
1.3.3 Coal-generated hydrocarbon	(28)
1.4 Coal as a reservoir	(30)
1.4.1 Pores and surface area of coal	(30)
1.4.2 Pore volume of coal	(32)
1.4.3 Natural fractures of coal	(35)
1.4.4 Adsorption capacity of coal	(36)
Chapter 2 Coalbed Methane Resource in Dacheng Rise, Hebei, and Selection of Development Region	(39)
2.1 Geologic characteristics and formation conditions of coalbed methane ...	(39)
2.1.1 Outline	(39)
2.1.2 Geologic characteristics	(39)
2.1.3 Coal seams	(45)
2.1.4 Coal quality	(50)
2.1.5 Metamorphic factors and types of coal	(51)
2.2 Occurrence of coalbed methane and selection of favourable development region	(54)
2.2.1 Coalbed methane content and its properties	(54)
2.2.2 Properties of coal as a reservoir	(55)
2.2.3 Geological conditions of coalbed methane occurrence	(57)

2.2.4	Resource of coalbed methane	(59)
2.2.5	Enriched zone of coalbed methane and selection of development region	(61)
Chapter 3	Coalbed Methane Resources in Huainan Coalfield and Yunnan Province	(64)
3.1	Assessment of coalbed methane resource in Huainan coalfield	(64)
3.1.1	Outline	(64)
3.1.2	Geologic conditions of coalbed methane formation	(65)
3.1.3	Occurrence of coalbed methane and selection of favourable tracts	(70)
3.2	Coalbed methane resource in Yunnan Province	(77)
3.2.1	Geologic outline	(77)
3.2.2	Coal seams and qualities	(78)
3.2.3	Coalbed methane resource	(82)
3.2.4	Prediction of enriched zone of coalbed methane and selection of development region	(85)
Chapter 4	Surface Development Test of Coalbed Methane	(92)
4.1	Completion technique of coalbed methane well	(92)
4.1.1	Drilling features of coalbed methane well	(92)
4.1.2	Types of coalbed methane wells and hole structure	(94)
4.1.3	Drilling technique of coalbed methane well	(97)
4.1.4	Completion technique of coalbed methane well	(102)
4.2	Development test of coalbed methane	(104)
4.2.1	Preparation before fracturing and pumping of a coal seam	(104)
4.2.2	Well testing	(105)
4.2.3	Coalbed methane reservoir simulation	(106)
4.2.4	Technology of fracturing and pumping of coal seam	(111)
4.2.5	Discharging water and producing gas test after fracturing in Dacan No. 1 well	(114)
Summary	.....	(122)
References	.....	(124)
English Abstract	.....	(125)
Plate Illustration	.....	(130)

第一章 煤层气开发基础

第一节 煤层气田的形成与分类

一、煤层气田的形成

(一) 煤层气的成因

天然气的成因各式各样, Macd Donald (1983) 研究了天然气的形成模式, 认为最具代表性的模式有六种: ① 沉积岩有机质的微生物降解; ② 沉积岩有机质的热降解; ③ 原油的热裂解; ④ 煤的变质作用; ⑤ 岩浆岩的高温反应; ⑥ 地幔原生甲烷的释放。煤层气是属第④种模式, 在煤的变质作用过程中不断生成的。煤在变质作用中产生的甲烷分子被吸附在煤体的表面。吸附甲烷量的多少决定于压力、温度和煤质。即在一定的温度、压力条件下, 甲烷分子主要以单分子层状态吸附于煤体的细微孔隙表面, 并和微孔隙中的游离甲烷分子处于不断交换的动平衡状态。由此可知, 游离甲烷的多少, 取决于煤的孔隙度、温度和压力。当遇到外界条件发生变化(地壳运动、岩浆活动)时, 这种平衡就会被打破, 若继续沉降使煤热演化继续进行, 再次生气, 煤层含气量增加; 或地壳抬升煤的热演化终止, 甲烷不再产出; 当煤层抬升接近地表遭受风化, 所有气体将散失干净。

煤层气田的形成基本上是依赖于煤层气的生成。除下文论述的煤生烃研究是在生烃理论范畴内某些新认识外, 煤层气的生成可以概括如下:

煤原始物质——植物遗体从在沼泽中被水淹没后便开始经受生物化学作用, 也开始产生天然气。这种天然气虽称为生物气, 但其母质是腐殖质, 所以也可以说是煤成生物气。这种煤成生物气的生成从植物遗体堆集后的泥炭化作用时即开始, 经凝胶化作用(含丝炭化作用)至煤化作用阶段前均在进行。

煤层气田开始形成应是从形成褐煤时开始。泥炭化作用时期形成的生物气绝大部分散失。泥炭向褐煤转变是煤化作用(成岩阶段)的开始。这时成煤物质和其它沉积物一样经压实、脱水、胶结, 与此同时前者还经历着相应的化学变化。在此煤化作用早期(或称未成熟期), 成煤物质通过低温化学反应生成的气体也有人称为亚生物气。

煤化作用中期(或称成熟期), 成煤物质(Ⅲ型干酪根)在热催化作用下生成煤层气中的热降解气的同时, 腐殖质(视其显微组分含量情况)还可生成一定量的液态烃, 亦称煤成油。这就是近十多年来随着煤岩学研究的不断深入, 荧光技术在某些成煤物质研究上发现在煤化作用过程中有沥青化作用存在。这一发现揭示了煤成油的生成机理。

煤化作用后期的过成熟期。已生成的热解气和残余的腐殖质(残余Ⅲ型干酪根)经高温裂解而生成煤层气中的另一种气——裂解气。

于良臣等(1985年)通过煤层采样实测, 研究煤在不同演化阶段煤样烃类气体的产出。

并用各种组分的浓度 ($\varphi_0\%$) 平均值绘制了煤层烃类气体产出与煤阶关系图 (图 1—1)^①。从图中的重烃的产出规律可以看出煤层气的生成机理与前述一致。

第一阶段从褐煤到长焰煤的未成熟期。烃类气体组分以甲烷为主, 重烃组分均已显现, 但浓度低, 平均为 0.0348%, 属干气。

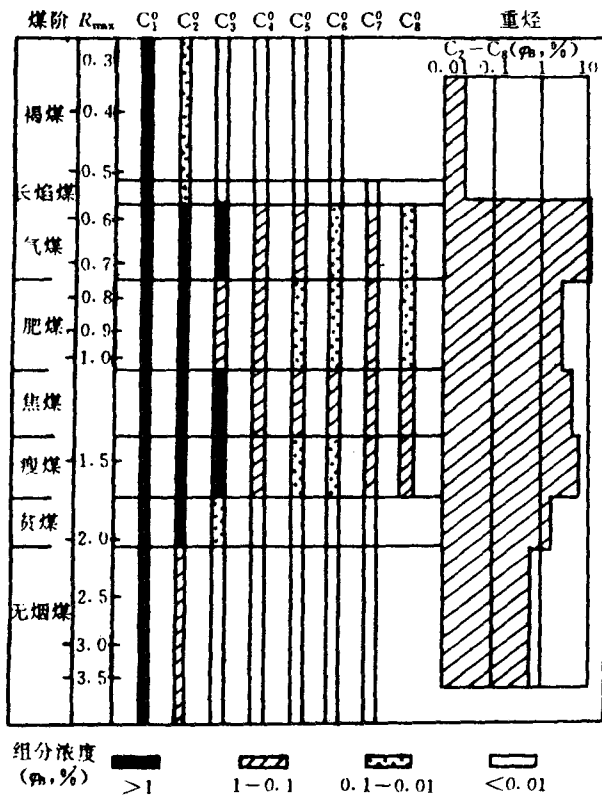


图 1—1 煤层烃类气体产出与煤阶关系图
(据于良臣等, 1985)

第二阶段从气煤到瘦煤的成熟期。烃类气体组分以甲烷为主, 但重烃浓度显著提高, 其中乙烷浓度可达 16%, 丙烷可达 5%。重烃平均浓度: 气煤为 11.45%, 肥煤为 4.34%, 焦煤为 6.22%, 瘦煤为 6.71%。这一阶段产出的是干、湿两种气体。

第三阶段从贫煤到无烟煤的过成熟期。烃类气体组分中甲烷占绝对优势, 重烃组分较第二阶段显著降低, 但仍高于第一阶段的重烃平均浓度, 贫煤为 1.26%, 无烟煤为 0.0985%。这一阶段产出绝大部分为干气, 仅个别样品为湿气。

(二) 煤层气田的形成

煤层气田的形成很简单, 也就是说, 在各阶段生成的烃类气体在煤田形成后仍赋存于煤层之中, 即成为煤层气田。这种非常规气田形成的条件要比常规天然气田简单得多, 因此有一种说法, 一个大煤田就是一个大气田。气田的规模、资源量等与煤田的埋

藏深度、构造形态和岩浆活动均有很大关系。

应当指出, 遇到以下三种情况即使再大的煤田也不能形成气田:

(1) 煤演化程度太低, $R_{max} < 0.5\%$ 。由于刚刚进入煤化作用的成岩阶段, 在泥炭化作用时期形成的生物气已逸散将尽, 热解气才开始生成, 如没有特殊的地质条件 (如岩浆活动使煤的变质程度升高或具有致密的盖层等), 其气体含量不会很大; 加之这时围岩固结程度差、透气性好, 也会使本来含气量不高的煤层气难于保存, 因此煤田的煤炭储量再丰富也难以形成气田。如我国东北西部、内蒙古东部广大地区的晚侏罗至早白垩世的煤田, 辽、吉、黑三省和滇、粤等省绝大部分第三纪的煤田。

(2) 煤演化程度过高, $R_{max} > 6\%$ 者, 不论其变质因素如何, 均为低沼矿 (表 1—1)。最好的实例是福建和粤东地区晚二叠世的煤田。这些煤田由于强烈的岩浆烘烤作用, 煤层均变为超无烟煤, 甚至变成天然焦。还有一些零星矿区, 从现有资料看大多与岩浆烘烤作用

① 随着研究工作的进展, 目前煤种与 R_{max} 的对应关系已与本图不同。

有关。乌克兰的顿涅茨煤田从无烟煤到超无烟煤，其甲烷含量从浅部到深部可减少5—10倍，不考虑风化因素，在埋深600—900 m的无烟煤甲烷含量为25 m³/t，超无烟煤为3 m³/t，到1200—1800 m处无烟煤甲烷含量为29 m³/t，超无烟煤为6 m³/t。

表 1—1 中国无烟煤、超无烟煤与沼气矿关系表

矿区名称	煤种	挥发分 V_{daf} (%)	镜质组反射率 R_{max} (%)	沼气等级	备注
河南焦作焦西	无烟煤二号	4.67	4.69	高沼	王台铺矿处于甲烷风化带
山西晋城王台铺		5.39	4.88	低沼	
湖南金竹山		5.78	5.45	高沼	
江西宜春	无烟煤一号 “超无烟煤”	2.21	6.072	低沼	
福建龙岩田螺形		2.95	6.480	低沼	
江西安福		1.96	7.007	低沼	
京西门头沟		4.90	7.10	低沼	
广东梅县		1.21—3.28			
广东四望峰		4.09—4.75	7.19	低沼	
福建永安加福		2.38—2.94	7.275—7.528	低沼	
江西崇义		1.70	7.481	低沼	
福建邵武		2.59	7.950	低沼	
湖南黄丰桥			7.027—8.226	低沼	
福建龙岩陆家地		2.45	8.588	低沼	
福建大田上京		1.89	8.950	低沼	
西藏向阳		3.50	9.18	低沼	
江西高桥		2.409	9.93	低沼	
福建天湖山		0.75—1.50	11.09	低沼	
京西大安山		4.45—5.67	11.58	低沼	

关于煤层甲烷死亡线问题，从超无烟煤开始均为低沼矿来看可有如下三种认识：① 煤的 R_{max} 在 4%—6% 之间的某一阶段已达甲烷死亡线，不再产生甲烷，但煤层对在此阶段已生成的甲烷具有良好的吸附性能，因而成为高沼矿；② 煤的 $R_{max}=6\%$ 时达到甲烷死亡线，同时也失去了吸附甲烷的能力，表现为低沼矿；③ 虽然煤层的 R_{max} 值在大于 6% 时才达到甲烷死亡线，但因 $R_{max}=6\%$ 时煤体已经不再对甲烷有吸附能力，从而成为低沼矿。以上认识将随今后资料的积累，最后确定在高变质煤中由高沼矿变为低沼矿的界限 (R_{max} 值) 和原因。

(3) 煤层埋藏较浅，所有或绝大部分煤层处于甲烷 (瓦斯) 风化带。不同煤田瓦斯风化带的深浅差别很大，这决定煤层的赋存产状、顶底板岩性和煤层本身的透气性等等因素。

甲烷风化带是根据煤田勘探中从钻孔采取煤心用解吸法测定各种气成分的百分含量确定的。80 年以前用旧法测定，有些煤田甚至未测定，因此有些老矿区瓦斯风化带深度不清，近些年来勘探的煤田资料较为齐全。

瓦斯风化带的划分，中外各家均不相同，煤炭工业部矿井地质工作手册编写组编著的《矿井地质工作手册》(1986) 由浅而深分为如下三个带：

二氧化碳-氮气带：CO₂：10%—20%，N₂：80%—90%；

甲烷-氮气带：CH₄：<50%，N₂：>50%；

氮气-甲烷带：CH₄：50%—70%，N₂：30%—50%；

其下为甲烷带：CH₄：>70%。

瓦斯风化带对气田的破坏根据其成因又可细分为三种情况：

① 自然瓦斯风化带 煤层气田随煤田形成后，煤层抬升至地表遭受风化剥蚀，经长期的自然风化，可使瓦斯逸散殆尽。如著名的大同煤田，侏罗系含煤地层埋深一般 200—400