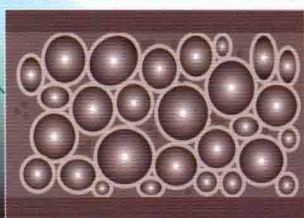
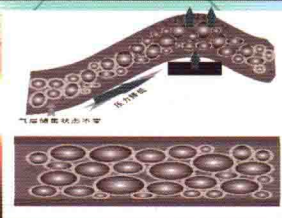
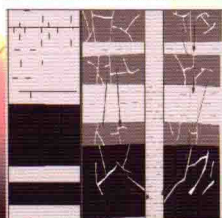
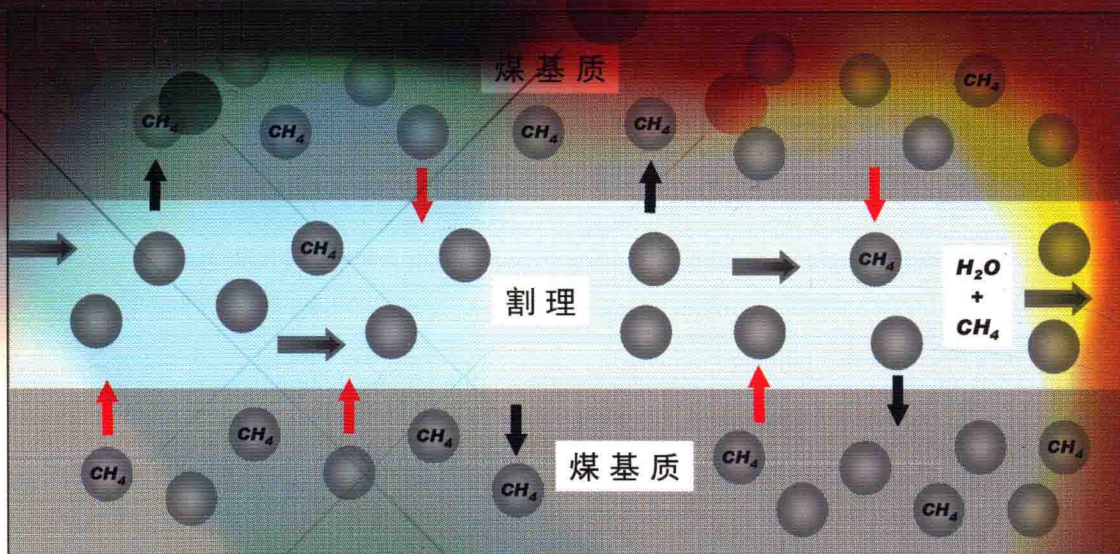


MEICENGQI CHANCHU GUOCHENG SHENTOULU
BIANHUA YU PAICAI KONGZHI

煤层气产出过程渗透率 变化与排采控制

倪小明 王延斌 张崇崇 杨建 著



化学工业出版社

MEICENGQI CHANCHU GUOCHENG SHENTOULU
BIANHUA YU PAICAI KONGZHI

煤层气产出过程渗透率 变化与排采控制

倪小明 王延斌 张崇崇 杨建 著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书以影响煤层气井产气的主要控制参数之一——渗透率为主线，系统分析了沁东南地区煤层气富集特征及其主控因素，渗透率特征及其主控因素，在此基础上划分了沁东南地区煤储层排采潜力类型。系统分析了不同储层类型下排采过程压力传递的主控因素，应用渗流理论得出不同储层类型下水压和气压的传播变化规律。根据煤层气井的生产特点，对排采阶段进行了重新划分。应用煤层气地质学、渗流力学、岩石力学、岩体力学等理论，构建了煤层气产出过程煤储层有效应力、基质变形及渗透率变化的数理模型，提出了“回升系数”的概念，量化了不同储层属性条件下渗透率变化规律的差异。根据排采过程中围岩含水层对煤层补给量的大小，提出了层状储层和块状储层的概念。充分考虑不同排采阶段引起渗透率变化的根本，构建了不同情况下合理排采工作制度的数理模型，提出了不同情况下合理排采工作制度制定的方法。本书所介绍的研究成果丰富了煤层气开发地质理论，对现场排采提供了重要的借鉴。

本书可供从事煤层气地质及勘探开发领域的科研院所的科技人员、工程技术人员以及高年级本科生、研究生参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

煤层气产出过程渗透率变化与排采控制/倪小明等著. —北京: 化学工业出版社, 2015. 7

ISBN 978-7-122-23929-7

I. ①煤… II. ①倪… III. ①煤层-地下气化煤气-渗透率-研究②煤层-地下气化煤气-地下开采-研究 IV. ①P618.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 097123 号

责任编辑: 窦 臻
责任校对: 边 涛

文字编辑: 冯国庆
装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司
装 订: 三河市宇新装订厂
710mm×1000mm 1/16 印张 16³/₄ 字数 323 千字 2015 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 68.00 元 版权所有 违者必究

序

Preface

我国煤层气资源丰富,全国埋深 2000m 以浅煤层气资源量为 36.81 万亿立方米。开发利用我国丰富的煤层气资源,可有效地增加高效洁净能源供给,减少煤矿甲烷直接排放量,有效缓解温室效应,同时有望从根本上遏止矿井瓦斯灾害、改善煤矿安全生产条件。

我国经过 30 多年的煤层气勘探开发,消化、借鉴国外成功经验,充分考虑我国煤储层特殊性,初步形成了针对不同煤储层类型的开发技术体系。2014 年,全国地面煤层气产气总量为 36 亿 m^3 ,是 2010 年产气总量的 2.3 倍。但不同地域、不同层位、同一地区的不同井型、相同井型之间产气量差异较大。究其原因,煤层气产出是地质属性与工程诱导耦合作用的结果。我国多期构造叠加、构造热事件的耦合作用造成煤层气生成环境、储集空间的特殊性,昭示着我国煤层气开发的地质属性在小范围内也可能存在较明显的差异。我国不同矿区之间和同一矿区内部煤层气资源时空匹配的复杂性、多解性决定了仅从宏观、中观角度研究煤层气开发地质属性的局限性。煤层气产出过程是在人为干预下的诱导作用,地质属性的差异性、人为干预方式及时间等的不同引起诱导过程煤层气产出的关键参数主控因素的变化,最终导致煤层气井产气量的明显差异。进行小范围内煤层气开发地质属性的精细诊断,查明小范围内煤层气产出过程煤储层参数的变化规律,制定出针对不同产气特征的合理的排采工作制度是煤层气井产气最大化的重要保障。

本书正是基于此种状况,既考虑煤储层地质属性的差异性,同时更注重排采过程煤储层关键参数的动态变化。作者以影响煤层气直井产气量的主要参数之一——渗透率为主线,以沁东南地区为研究对象,系统分析了研究区富集高渗的控制因素,划分了排采储层类型潜力,得出了不同储层属性下排采过程煤储层基质、有效应力、渗透率的动态变化规律,提出了不同储层类型下的排采工作

制度。

该书以沁东南地区煤储层富集渗透特征为基础，分析不同储层地质属性下关键参数的动态变化规律。紧密结合现场生产实际，提出了排采过程中“回升系数”、“层状储层和块状储层”等概念，量化了不同煤层属性下渗透率变化差异，提出了具有可操作性的不同排采阶段的排采工作制度。本书内容丰富，数据翔实，深信本书的出版对我国煤储层参数的动态变化及排采工艺深入研究将起到积极的推动作用，对从事煤层气地质及勘探开发的科技工作者及现场工作人员具有很高的参考价值。

中国工程院院士



2015 年 2 月

前言

Foreword

煤层气的产出实质上是在人工干预和诱导下使煤层气赋存环境发生改变的结果。原始状态下煤层气赋存环境能量大小的差异,人工干预和诱导行为对赋存环境的改变量、作用时间、影响程度等的不同,造成煤层气产出的难易程度可能存在明显的区别。我国经过 30 多年的煤层气基础地质理论研究,在煤层气富集成藏规律及成藏模式、煤储层物性非均质性及控制机理、煤储层的吸附特征及储集机理、煤层气成藏动力条件-过程及资源贡献、煤层气有利区块优选理论与方法等方面取得了令人瞩目的成果,但对人工干预和诱导下不同储层属性的动态变化特征研究深度不够,导致煤层气开发地质理论指导现场开发工艺方面显得力不从心。

煤层气排采工程是所有人工干预和诱导工程中持续时间最长、煤层气赋存环境变化最多样的环节。我国储层属性的多样性、地质条件的复杂性决定了排采过程中煤层气直井压力传递的主控因素及变化规律,煤层气产出时煤储层所受的有效应力、基质变形、渗透率等关键参数变化的主控因素及变化规律的不同,这些不同引起排采时需要针对不同情况制定相对合理的排采工作制度。基于相态划分的排采阶段及排采工作制度无法适应多样的煤储层属性及地质特征。

基于此,笔者以沁水盆地东南部为研究对象,在系统分析了 3[#] 煤储层埋深、变质程度、厚度、含气量、资源丰度等特征的基础上,结合他人研究成果,论述了埋藏史、热史、构造演化史对沁东南地区含气量总格局的控制及水动力条件对含气量的再分配作用,总结出研究区煤层气富集模式。系统研究了沁东南地区孔裂隙结构特征和渗透率特征,分析了构造对渗透率总格局的控制及应力对渗透率的局部微调作用,划分了高渗区、中渗区和低渗区。评价了沁东南地区煤储层富集性、渗透性、可改造性和可产出性,划分出研究区煤储层排采潜力类型。

系统分析了煤层气直井排采过程中压力传播的主要影响因素,提出了“层状储层”和“块状储层”的概念,得出了不同储层类型下水压和气压的传播变化规律。充分考虑现场煤层气直井的生产特点,对煤层气井的排采阶段进行了重新划分。

应用煤层气地质学、岩体力学、渗流力学、损伤力学、煤层气开发地质学、

煤岩学、构造地质学等理论与方法，构建了煤层气直井不同排采阶段包括有效应力、煤基质变形、渗透率等参数变化的数学模型，探讨了不同煤储层属性参数下这些参数的变化规律，提出了“回升系数”的概念，量化了不同煤储层属性下渗透率变化规律的差异。

根据围岩含水层对煤层补给量的大小，结合煤层本身的渗透率性和可改造性，划分了排采储层类型。紧密联系现场实际，对比了不同储层类型下“五段三压式”排采阶段的排采特征差异，提出了相应的排采工作制度，为不同储层类型下排采工作制度提供了参考和借鉴。

本书在撰写过程中，尽可能利用最新的生产和科研资料以及笔者近期的科研成果，使其内涵更加丰富。笔者立足于沁东南地区煤层气开发的地质条件，以煤层气产出的主要通道——储层孔裂隙为主线，对煤层气富集高渗的主控因素、压力传播变化规律、排采过程渗透率变化规律及主控因素进行了较深入的研究，量化了排采不同阶段渗透率变化值，提出了具有可操作性的排采工作制度。

本书撰写工作的分工如下：第一章、第二章，王延斌；第三章、第四章、第八章，倪小明；第五章、第六章、第七章，倪小明、张崇崇；杨建参与了部分章节的编写工作。全书由王延斌教授统一审核、定稿。

中国工程院院士彭苏萍欣然为本书作序。本书所反映的研究工作得到了中国矿业大学秦勇教授、姜波教授、韦重韬教授、杨永国教授、傅雪海教授、桑树勋教授、朱炎铭教授、吴财芳教授、陈玉华老师、申建老师、杨兆彪老师，中国地质大学（北京）汤达祯教授、刘大锰教授、唐书恒教授、黄文辉教授、姚艳斌副教授、许浩副教授，煤炭科学研究总院西安研究院张群教授，中国石油大学张遂安教授、康永尚教授，中国地质大学（武汉）王生维教授，中联煤层气有限责任公司吴建光教授级高工、叶建平教授级高工，北京奥瑞安能源技术有限公司杨陆武教授级高工，奥瑞安能源国际有限公司饶孟余教授级高工，北京九尊能源技术开发有限公司李玉魁教授级高工，山西蓝焰煤层气集团有限责任公司王保玉教授级高工、田永东教授级高工，晋城煤业集团煤层气产业发展局李国富教授级高工，河南省煤层气开发利用有限公司于顺德董事长、冯立杰教授级高工、郭启文教授级高工、徐耀部长、张文勇博士，中国矿业大学（北京）邵龙义教授、孟召平教授的悉心指导和帮助；河南理工大学的周英教授、景国勋教授、魏平儒教授、苏现波教授、勾攀峰教授、郭文兵教授、李化敏教授、郝吉生教授、曹运兴教授、张玉贵教授、张小东教授、潘结南教授、宋克育教授、林晓英副教授、韩颖副教授、郭红玉副教授、刘晓老师对本书的编写提出了许多宝贵意见；硕士研究生贾炳、胡海洋、朱阳稳等在实验室分析、现场数据资料整理、图件清绘等方面做了大量的工作，在此一并致以衷心谢意！笔者引用了大量国内外参考文献，借此机会对这些文献的作者表示感谢。

本书由油气重大专项基金“煤层气开发动态评价模型与软件系统”（编号：

2011ZX05034-005)、高等学校博士学科点专项科研基金项目“煤层气排采过程中煤储层特性变化与产能动态耦合关系”(编号:20120023130001)、河南省科技厅攻关项目(编号142102210050)、河南省教育厅科学研究重点项目(编号:14A440005)和中原经济区煤层(页岩)气河南省协同创新中心等共同资助。

煤层气的产出是储层正能量系统和负能量系统耦合作用的结果。笔者试图立足煤储层基本属性,充分考虑产出过程的动态变化,得出对现场具有实际指导意义的结论。煤储层内部结构的复杂性、空间位置的多变性、地质条件的复杂性、工程工艺技术的多样性、人为操作的偶然性,加之数学模型的简化性、现场实际的出入性及笔者水平的局限性等,导致一些结论还不够准确和具体,还需在今后做进一步和深入细致的研究。书中不足之处在所难免,敬请广大读者不吝赐教!

倪小明

2015年2月1日

目录

Contents

Chapter 1

第一章 绪论	1
第一节 研究意义	2
第二节 研究现状	4
一、煤储层富集高渗的研究现状	5
二、煤储层几何模型研究现状	7
三、煤层气产气潜力评价研究现状	10
四、煤层气井排采过程物性参数变化研究现状	11
五、煤层气垂直井排采控制研究现状	13
第三节 研究方案	15
一、主要研究内容	16
二、研究方法与技术路线	16
三、预期目标	17

Chapter 2

第二章 沁东南地区煤层气富集特征及其控制作用	19
第一节 沁东南地区地层与含煤地层	19
一、沁东南地区主要地层	19
二、沁东南地区含煤地层与煤层	22
第二节 沁东南地区3 [#] 煤层含气性特征	24
一、沁东南地区3 [#] 煤层埋深变化特征	24
二、沁东南地区3 [#] 煤层变质程度分布特征	25
三、沁东南地区3 [#] 煤层厚度分布特征	25
四、沁东南地区3 [#] 煤层含气量分布特征	25
五、沁东南地区3 [#] 煤层资源丰度分布特征	27
第三节 沁东南地区3 [#] 煤层煤层气富集的控制作用及富集模式	27

一、埋藏史、热史及构造演化史对含气总格局的控制作用	28
二、水动力环境对煤层气富集的再分配作用	33
三、沁东南地区煤层气富集模式	36

Chapter 3

第三章 沁东南地区煤储层渗透率特征及其控制

作用	39
第一节 沁东南地区煤储层孔隙结构特征	39
一、煤储层孔隙结构研究的主要方法	39
二、沁东南地区孔隙结构特征	44
三、沁东南地区孔径分布的分形特征	50
第二节 沁东南地区煤储层裂隙结构特征	52
一、煤储层裂隙结构研究的常用方法	52
二、沁东南地区煤储层裂隙结构特征	53
第三节 沁东南地区煤储层渗透性特征	59
一、沁东南地区煤体结构分布特征	59
二、沁东南地区煤储层渗透率特征	68
第四节 沁东南地区煤储层渗透率的主控因素	70
一、埋藏史、构造史对煤储层渗透率的影响	70
二、应力-应变-渗透率与煤体结构的关系	73
三、沁东南地区煤储层渗透率的主控因素	78

Chapter 4

第四章 沁东南地区煤储层排采潜力类型及排采

阶段划分	79
第一节 煤储层排采潜力等级划分思路及指标确定	79
一、煤储层排采潜力类型划分的基本思路	79
二、煤储层排采潜力类型划分关键指标的确定	80
第二节 研究区煤储层排采潜力类型划分	81
一、研究区煤层气富集等级划分	82
二、研究区煤储层能量等级划分	83
三、研究区煤储层导流能力强弱等级划分	86
四、研究区煤储层排采潜力类型划分	87
五、研究区煤储层改造工艺选型	88
第三节 煤层气的产出过程	89

第四节 煤层气井排采阶段划分	91
一、基于流态的煤层气直井排采阶段划分	92
二、基于现场生产特点的煤层气直井排采阶段划分	93
第五节 煤层气井排采过程中压力传播变化规律	94
一、煤层气井排采时边界确定原则	95
二、水力压裂时的裂缝形态	96
三、排采过程中压力传递变化规律	99

Chapter 5

第五章 煤层气直井产出过程有效应力变化

规律	108
第一节 原始状态下煤储层有效应力变化的数理模型	108
一、煤储层几何概念模型	109
二、煤储层有效应力系数的表征	109
三、原始状态下煤储层有效应力变化的数理模型	111
第二节 排采过程中煤储层有效应力变化的数理模型	113
一、单相水流阶段煤储层有效应力变化的数理模型	114
二、气/水两相流阶段煤储层有效应力变化的数理模型	118
第三节 沁东南地区煤层气直井产出过程储层有效应力变化	
规律	122
一、煤储层所受有效应力数理模型验算	122
二、不同煤储层参数下有效应力变化规律	124
三、产出过程储层所受有效应力的变化规律	129

Chapter 6

第六章 沁东南地区煤层气直井排采过程煤储层基质

应变特征	135
第一节 排采过程煤基质应变变化数理模型构建的基本思路	135
第二节 排采过程中煤体力学主要参数变化规律	136
一、排采过程中煤体、基质弹性模量变化的数理模型	136
二、煤储层力学性质变化验算	137
三、原始状态下煤体力学主要参数变化规律	138
四、排采过程中煤体力学主要参数的变化规律	145

第三节	排采过程中煤体基质变形数理模型	148
一、	单相水流阶段煤基质变形的数理模型	148
二、	气/水两相流阶段基质变形数理模型	151
第四节	沁东南地区煤层气井产出过程煤储层应变	
	特征	156
一、	煤体基质变形数理模型验算	156
二、	不同煤储层参数下解吸变形变化规律	157
三、	沁东南地区煤层气井产出过程储层变形特征	161

Chapter 7

第七章	沁东南地区煤层气直井产出过程储层渗透率变化规律	168
第一节	排采过程中煤储层渗透率变化数理模型	168
一、	单相水流阶段煤储层渗透率变化数理模型	169
二、	气/水两相流阶段煤储层渗透率变化数理模型	170
第二节	沁东南地区煤层气井产出过程储层渗透率变化规律	171
一、	煤储层渗透率变化数理模型验算	171
二、	原始状态下不同储层参数下渗透率变化规律	173
三、	排采过程中煤储层渗透率的动态变化规律	182
四、	不同储层条件下渗透率变化规律的差异	185

Chapter 8

第八章	沁东南地区煤层气直井的排采控制	195
第一节	煤层气直井的排采特点	195
第二节	煤层气直井的排采系统及施工	196
第三节	煤层气直井排采对产能的影响及控制参数	200
一、	排采工作制度制定的基本原则	200
二、	排采效果的主要影响因素	201
三、	排采时需要控制的参数	202
第四节	不同排采储层类型煤层气直井排采工作制度制定	203
一、	中-高渗中硬煤层状储层排采工作制度制定	203
二、	低渗软煤层状储层排采动态变化特征	217
三、	中-高渗中硬块状储层排采动态变化特征	223
四、	低渗软煤块状储层排采动态变化特征	227

第五节 不同排采储层类型煤层气直井典型排采曲线	228
一、中-高渗中硬煤层状储层典型排采曲线分析	228
二、低渗软煤层状储层典型排采曲线分析	232
三、中-高渗中硬煤块状储层典型排采曲线分析	236
四、低渗软煤块状储层典型排采曲线分析	241

参考文献	247
------------	-----

第一章

绪论

煤层气作为一种高效、洁净能源，近三十多年来引起了人们广泛的关注，人们纷纷投入到开发煤层气这一行业中来。经过多年的基础地质理论与开发工艺技术、工艺、装备的研究、引进、改进和探索，取得了重要的研究进展。一些地区应用基础地质理论的研究成果指导其勘探开发，取得了较好的效果；但在一些地区应用煤层气的地质理论指导煤层气的开发，效果不甚理想。究其原因，煤层气井能否产气是煤层气成藏动力条件、控藏效应、开发工艺引导耦合作用的结果^[1~5]，是微观煤岩孔裂隙结构及能量特征、细观流体流动特征、中观工程工艺引导、宏观能量系统耦合作用的结果。小范围内微观煤岩孔裂隙结构及能量特征的差异性很大程度上决定了细观流体流动特征的多样性，引起煤层气单井产气时主控因素的多变性，进而需要根据不同的主控因素选择相应的开发工程工艺。

我国成煤环境的多期性、多样性及煤储层特征的多变性决定了目前大尺度下煤层气富集地质特征研究和“排水-降压”理论指导煤层气开发的局限性；超微观尺度、微观尺度的煤岩孔裂隙结构及能量特征的研究与中观尺度的开发工程工艺之间缺乏匹配的纽带和桥梁，导致煤层气基础地质理论研究的丰硕成果与产气效果之间存在一定的反差，人们甚至开始怀疑煤层气基础地质理论的正确性及研究的意义和价值。为了尽量消除人们对取得的丰硕煤层气基础地质理论研究成果的误解，使理论对现场工程的可操作性指导意义更强，本书以沁水盆地东南部为研究对象，以煤层气产出的关键参数之一——煤储层渗透率为主线，分析了富集及渗透性特征的主控因素，划分了煤储层排采潜力类型，量化了排采过程中煤储层的重要参数的动态变化值，阐述了其变化规律，提出了不同储层类型下合理的排采工作制度，以期更有效地指导不同储层类型的煤层气的开发工艺。

第一节 研究意义

我国煤层气资源丰富,2006年油气资源评价结果表明,全国埋深2000m以浅煤层气资源量为36.81万亿立方米,与我国天然气资源量相当^[6]。因此,开发利用我国丰富的煤层气资源,在优化能源结构上可有效地增加高效洁净能源供给;在环境保护上直接减少了煤矿甲烷排放量,可有效缓解温室效应;在矿井瓦斯灾害防治上可改善煤矿安全生产条件^[7]。

目前大家比较一致的观点是:煤层气主要以吸附状态赋存在煤储层中^[8],其产出机理与常规天然气差别很大。美国经历了“煤层气资源调查—成藏条件探索—理论研究深化”等几个阶段,形成了“排水-降压-气体解吸-基质扩散-裂隙渗流”的煤层气开采理论。在美国圣胡安盆地(San Juan Basin)、黑勇士盆地(Black Warrior Basin)、粉河盆地(Powder River Basin)等诸多盆地得到了成功应用,形成了低阶煤高渗区空气钻井裸眼洞穴开发技术、中煤阶中渗区射孔压裂大面积降压长期排采技术和中-高煤阶中低渗区多分支水平井技术。美国煤层气年产气量取得快速发展。1988年突破10亿立方米,2005年达到525亿立方米,之后一直维持在500亿~600亿立方米之间。2013年受页岩气产量和煤层气市场价格的影响,煤层气开发投入力度有所减缓,煤层气年产气量首次降至500亿立方米以下。

直到美国形成了新兴煤层气产业后,我国才逐渐完成了其从“灾害气体”到“优质能源”的认识转变并积极投入到煤层气勘探开发的重要实践中。1989年原能源部召开“第一次全国煤层气研讨会”,拉开我国煤层气勘探开发的序幕。我国的煤层气工作者根据我国煤田地质的特点和煤储层的特殊性,借鉴、消化和吸收了美国煤层气基础地质理论和开发工艺技术,并进行了一定的改进。2004年前后,中联煤层气有限责任公司、山西蓝焰煤层气集团有限责任公司、华北油田煤层气分公司、中石油煤层气有限责任公司等先后在沁水盆地南部无烟煤区进行了先导性开发试验并取得了成功,拓展了煤层气基础地质理论。美国的“低-中阶煤选区评价理论”、“高煤阶开发缺陷理论”和“产能模式”在中国受到了严峻挑战,我国的科技工作者在无烟煤区煤层气赋存和产出规律认识的指导下发现了沁南大型煤层气田,获得国家批准的煤层气探明储量为702亿立方米。煤层气直井产气量取得突破,单井日产气量从几百立方米到几千立方米,个别单井日产量达到1万立方米以上,预示着我国煤层气开发具有广阔的前景。

沁东南地区先导性试验获得成功后,带动了周边及其他地区煤层气的勘探开发。该区煤层气开发逐渐向煤层埋藏较深的地域扩展。与此同时,寿阳、屯留、韩城、吴堡、柳林、三交、三交北、峰峰、安阳、焦作、六盘水等地也纷纷展开了较大规模的煤层气的勘探开发,煤层气开发热火朝天地展开。随着煤层气开发

的快速推进,开发深度的加大,开发层位的变化,采取了多种煤层气开发工艺技术,但煤层气直井日产气量并未如人所愿的那样取得稳定、高产,主要表现如下。

① 认为相似煤层气储层地质条件的地区,煤层气直井日产气量差异较大。

例如:焦作矿区二₁煤层厚度一般在6m左右。其中,恩村区块适宜煤层气开发的二₁煤层埋藏深度在500~800m之间的煤层,含气量一般为18~25m³/t,兰氏体积和兰氏压力等方面与山西晋城矿区3#煤层的这些煤储层参数十分相似。但在焦作地区进行的30多口井的先导性试验,除个别井出现短期产气较高值外,大部分井几乎不产气,产气效果与晋城矿区相比差别较大。

② 同一区块煤层气井的产气表现大相径庭。

例如:沁水盆地东南部的樊庄区块整体产气量较好,但各单井的产气量差异明显,从几百立方米到几千立方米不等。同一区块不同井产气高峰差异明显,规律性不明显;不同区块几乎相同煤层埋深情况下产气量差异明显;不同区块不同埋深产气量差异明显;有的井产水量大,产气量也大;有的井产水量大,产气量却小;有的井产水量小,产气量也小;有的井产水量小,产气量却很大。

由于不能较合理地解释目前煤层气井的产气现象,导致煤层气的开发存在一定的盲目性。查明煤层气井产气量的差异性,急需解决以下几个方面的重要问题。

① 查明小范围内煤层气产出的孔裂隙结构特征及能量的差异性,是阐明煤层气井产气量差异的基础。

目前,煤层气井主要开采的是煤储层中的甲烷气体,煤层气储层地质属性的研究是煤层气产出研究的基础。为了查明煤层气产出的地质属性对煤层气井产气量的控制作用,我国煤层气工作者从煤层气的生成、地质构造特征、圈闭形成条件、大型构造形态及成因、水文地质特征等角度对煤层气富集类型进行了划分,以期指导煤层气勘探开发。中国多期构造叠加、构造热事件的影响造成煤层气生成环境、储集空间的特殊性,即使同一地区,受到同期次构造作用影响,构造应力的影响大小、影响范围及作用对象的差异性,导致同一地区储层特征的差异性,昭示着我国煤层气开发的地质属性与国外的截然不同,也预示着小范围内煤层气开发地质属性也可能不同。煤层气“生、储、盖”的有机组合决定了仅从某一方面或某几方面划分富集类型的片面性;中国不同矿区之间、同一矿区内部煤层气资源时空匹配的复杂性、多解性决定了仅从宏观角度、定性程度研究煤层气井产气量地质属性影响的局限性。为此,查明小范围内煤层气产出的孔裂隙结构特征及能量差异,探索不同孔裂隙结构类型下煤层气产出的主控因素,是分析煤层气井产气量差异的基础。

② 查明不同储层地质属性下煤层气产出过程中储层关键参数的动态变化规律能为煤层气开发工艺的选择提供理论支撑。

煤层及围岩中水的排出,改变了煤层及围岩的力学性质,煤基质、煤的孔裂隙等所受的应力,引起了孔裂隙结构的变化。这些变化既影响了排出水的难易程度,也改变了排采过程中产出气的难易程度。煤层气的产出,使煤层的含气量发生改变,改变了煤层气赋存环境的压力、能量。反过来又引起了孔、裂隙结构的变化,最终影响了排采过程中产出气的难易程度。

煤储层孔裂隙特征,含气量,上覆岩层应力,水平应力,煤岩力学性质,含水量等的差异性,造成煤层气井排采过程中各种参数响应的不同敏感性,这些敏感性的差异决定了储层的伤害程度及煤层气井产气难易程度的差异,最终影响着煤层气井的产气量。煤层气开发储层地质属性的差异性,导致煤层气开发工艺的各个环节对储层作用引起的煤层气产出的正、负效应的差异性,使煤层气井产气量的主控因素分析变得更加复杂,不同条件下产气井产气量的主控因素的不明确导致开发工艺的选择缺乏一定的方向性。查明不同情况下煤层气产出过程中储层参数的动态变化规律,能为根据这些差异性,制定出与其基本匹配的煤层气开发工艺技术提供理论支撑。

③ 煤层气井排采过程的精细化管理是煤层气产出最大化的根本保障。

煤层气井产气量的大小是煤层气开发整个过程的最终表现。煤储层极易受到伤害、敏感性很强的特点决定了需要对煤层气开发的每一过程进行精细刻画和管理。煤层气井的排采管理主要涉及压力系统的管理和煤粉的管理。产水量、储层地质属性等的差异,造成不同排采阶段压力系统改变的主控因素和煤粉运移的主控因素的变化,这些变化又反过来影响了煤层气产出过程的难易。因此,只有通过精细刻画每种情况下的排采工作制度,才能使压力系统和煤粉的改变对储层导流能力的负效应降低到最低。煤层气井排采过程的精细化管理是煤层气产出最大化的根本保障。

通过煤层气产出过程渗透率动态变化与排采控制的研究,试图阐明不同储层类型下的排采潜力类型,为煤层气高产井井位的准确选择和小尺度内煤层气储层改造工艺技术提供方向性的指导。量化不同储层地质属性下煤层气产出过程中关键储层参数的动态变化规律的差异,为煤层气井排采工作制度的制定提供理论依据。不同储层类型条件下煤层气排采工作制度的合理制定,为煤层气产出最大化提供了重要保障。

第二节 研究现状

煤层气井的产出是煤储层微观孔裂隙结构、细观能量系统、中观工程工艺技术及宏观构造动力条件、地下水动力条件等耦合作用的结果。研究内容涉及较多,下面仅对本书主体内容相关的煤储层富集高渗、煤储层孔裂隙及其几何模型、煤层气产气潜力评价、煤层气产出过程的动态参数变化、煤层气井的排采控