

本研究获

国家自然科学基金重点项目 (No.50434020) 、

国家自然科学基金面上项目 (No.50374042) 资助

阜新盆地煤层气储运规律 及资源预测研究

王起新 王来贵 著

FUXIN PENDI MEICENGQI CHUYUN GUI LÜ
JI ZIYUAN YUCE YANJIU

地质出版社

本研究获

国家自然科学基金重点项目 (No. 50434020)、

国家自然科学基金面上项目 (No. 50374042) 资助

阜新盆地煤层气储运规律 及资源预测研究

王起新 王来贵 著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书通过对阜新盆地煤层气井研究资料和现场试验资料进行研究、分析,提出煤层气储层参数标准,建立了阜新盆地煤层气可采性参数评价指标体系;在分析煤层气赋存、运移机理的基础上,建立煤层气赋存、运移的动力学模型;并对阜新盆地煤层气开采进行产量预测和产量分析。

图书在版编目 (CIP) 数据

阜新盆地煤层气储运规律及资源预测研究/王起新,
王来贵著. —北京:地质出版社, 2008. 12
ISBN 978 - 7 - 116 - 05566 - 7

I. 阜… II. ①王…②王… III. ①含煤盆地-煤层-地
下气化煤气-储运-研究-阜新市②含煤盆地-煤层-
地下气化煤气-资源-预测-研究-阜新市 IV. P618. 11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 010391 号

责任编辑: 祁向雷

责任校对: 李 玫

出版发行: 地质出版社

社址邮编: 北京海淀区学院路 31 号, 100083

电 话: (010) 82324508 (邮购部); (010) 82324577 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: zbs@gph.com.cn

传 真: (010) 82310759

印 刷: 北京长宁印刷有限公司

开 本: 787 mm × 1092 mm ¹/₁₆

印 张: 6.75

字 数: 180 千字

版 次: 2008 年 12 月北京第 1 版 · 第 1 次印刷

定 价: 20.00 元

书 号: ISBN 978 - 7 - 116 - 05566 - 7

(如对本书有建议或意见, 敬请致电本社; 如本书有印装问题, 本社负责调换)

前 言

煤层气是一种洁净、优质的能源。煤层气的开发、开采、利用不仅可以提高煤矿安全生产水平，而且能使不可再生的矿物资源得到充分利用，为国民经济的发展提供优质能源，对于缓解我国当前面临的能源紧缺状况具有重要意义。

阜新矿区是我国早期煤炭生产基地之一，煤炭开采历史悠久。目前，矿区浅部煤炭资源已近枯竭，现存矿井开采地下深部煤层，且大多数为高瓦斯矿井。阜新是我国少数几个成功利用地面开采煤层气的矿区之一，对阜新盆地煤层气资源进行合理评价和产能预测，是阜新工业企业振兴及地区经济中长期发展的迫切要求。

本书通过对阜新盆地煤层气井研究资料和现场试验资料的探索研究，分析提出煤层气储层参数标准，建立了阜新盆地煤层气可采性参数评价指标体系；在分析研究煤层气赋存、运移机理的基础上，建立煤层气赋存、运移的动力学模型，在此基础上构建数值模型，对阜新盆地煤层气开采进行产量预测和产量分析。

本书研究内容主要包括以下几个方面：

1) 针对阜新盆地煤层气资源，对煤层气储集状态、扩散和渗流作用等赋存、运移机理进行了系统分析和试验研究，为煤层气藏渗流数学模型的建立奠定了理论基础。

2) 建立了煤层气赋存、运移的孔隙-裂隙双重介质模型和双重介质中煤层气的渗流数学模型（涉及煤层气的解吸与扩散模型、煤层气的渗流模型、煤层气藏特殊参数处理和定解条件等），为定量分析煤层气储运规律提供理论依据。

3) 采用有限差分方法对煤层气藏渗流数学模型进行差分离散，并采用全隐式方法建立煤层气藏模拟的数值模型，以保证解的稳定性。

4) 建立了煤层气藏数值模拟分析方法，并对阜新盆地的煤层气藏的储运规律及产能敏感性进行数值模拟。

5) 建立了煤层气资源评价参数标准及评价指标体系，并首次应用模糊数学评价方法，对阜新盆地五个煤矿井区进行了煤层气储层模糊数学评价分析。

目次

前 言

1 绪 论	(1)
1.1 研究背景、目的和意义	(1)
1.2 煤层气资源评价的国内外研究现状	(2)
1.3 研究内容和方法	(4)
1.3.1 主要研究内容	(4)
1.3.2 研究方法和技术路线	(4)
2 阜新盆地概况	(6)
2.1 阜新盆地自然概况	(6)
2.1.1 地势	(6)
2.1.2 水文	(6)
2.1.3 气象	(7)
2.2 生产矿井现状	(7)
2.2.1 矿区现状	(7)
2.2.2 矿井瓦斯	(7)
2.3 盆地地质概况	(8)
2.3.1 地层	(8)
2.3.2 构造	(9)
2.3.3 岩浆岩类型	(11)
2.3.4 煤层与煤质	(12)
2.3.5 水文地质	(17)
3 煤层气储层物性研究	(20)
3.1 煤层气储层的孔隙性	(20)
3.2 煤层气储层的渗透性实验	(21)
3.3 煤层气储层压力	(23)
3.4 煤层气储层渗透率的影响因素	(25)
3.4.1 原地应力和有效应力	(25)
3.4.2 煤层埋藏深度和原始储层压力	(26)
3.4.3 煤层天然裂隙	(27)
3.4.4 生产过程中储层压力变化对渗透率的影响	(27)

3.5	煤层气储层的围岩物性	(28)
3.5.1	煤层气储层顶、底板的渗透性	(28)
3.5.2	围岩的封盖能力和封闭机理	(30)
3.6	本章小结	(31)
4	煤层气储层含气性特征	(32)
4.1	煤层等温吸附特征实验	(32)
4.1.1	实验原理	(32)
4.1.2	实验结果	(33)
4.1.3	煤层气吸附特性的影响因素	(33)
4.1.4	煤层含气饱和度	(36)
4.2	煤储层的解吸特性	(36)
4.2.1	煤层气解吸量	(36)
4.2.2	煤层气的吸附时间	(36)
4.3	煤层气的临界解吸压力和理论采收率	(37)
4.3.1	煤层气的临界解吸压力	(37)
4.3.2	煤层气的理论采收率	(37)
4.4	煤层气含量	(38)
4.4.1	煤层气组分	(38)
4.4.2	煤层气含量	(39)
4.5	煤层气赋存规律及分带性	(44)
4.5.1	煤层气含量与地质构造的关系	(44)
4.5.2	煤层气含量与煤岩组分的关系	(45)
4.5.3	煤层气含量与地下水活动的关系	(46)
4.5.4	煤层气含量与围岩关系	(47)
4.5.5	煤层气含量与煤层赋存深度的关系	(47)
4.5.6	煤层气含量与煤厚的关系	(47)
4.5.7	煤层气含量与火成岩的关系	(48)
4.6	本章小结	(49)
5	阜新盆地煤层气资源评价	(50)
5.1	资源量评价	(50)
5.1.1	煤层气总资源量	(50)
5.1.2	煤层气有效资源量	(52)
5.1.3	砂体气资源量估算	(53)
5.2	煤层气可采性评价	(56)
5.2.1	煤层气可采性评价指标体系	(56)
5.2.2	煤层气可采性经验评判	(60)

5.3	煤层气储层模糊数学评价	(63)
5.4	本章小结	(66)
6	试验井区煤层气运移规律的数值模拟	(67)
6.1	煤层气扩散机理及其产出过程	(67)
6.1.1	煤层气的扩散机理	(67)
6.1.2	煤层甲烷在煤层中的产出过程	(69)
6.2	煤层气运移的数学模型与数值方法	(71)
6.2.1	基本假设	(71)
6.2.2	数学模型的建立	(71)
6.2.3	定解条件	(74)
6.2.4	煤层气数学模型中特殊参数的处理	(76)
6.2.5	煤层气输运的数值模型及其求解方法	(78)
6.3	煤层气产出过程模拟	(79)
6.3.1	参数	(79)
6.3.2	地质模型的建立	(80)
6.3.3	产量预测	(80)
6.3.4	试验区气、水产量分析	(80)
6.3.5	LJ-1 井动态预测	(81)
6.4	产能敏感性因素分析	(84)
6.4.1	吸附时间的影响	(84)
6.4.2	渗透率的影响	(84)
6.4.3	原始储层压力的影响	(86)
6.4.4	含气饱和度的影响	(86)
6.4.5	供给半径的影响	(87)
6.4.6	孔隙度的影响	(88)
6.4.7	水文地质影响	(89)
6.5	本章小结	(90)
7	结论与展望	(93)
7.1	主要结论	(93)
7.2	展望	(96)
	参考文献	(97)

1 绪 论

1.1 研究背景、目的和意义

煤层气储存于煤层中，俗称为“瓦斯”，成分主要是甲烷，含量达 90% 以上。中国煤矿重大恶性事故中，瓦斯爆炸引起的事故占 70% ~ 80%。但瓦斯属优质洁净能源，发热量高，每立方米煤层气发热量高达 8000 ~ 8500 kcal，或者换算为 1.91 ~ 2.03 G J (1 cal = 4.1868 J)，热值是通用煤气的 2 倍至 5 倍^[1~5]。由于受煤层气采集技术及资金成本等因素影响，长期以来我国煤层气资源并未得到大规模开发利用。

煤层气的用途十分广泛，可用作民用燃料、汽车动力及化工产品原料，是一种新型的高效洁净能源和重要的化工原料。中国是世界上煤炭生产和消费大国，也是煤层气资源极为丰富的国家之一。开发利用煤层气既可以增加洁净的新能源，又可以预防煤矿瓦斯事故，减少人为的甲烷排放，保护大气环境，具有巨大的经济效益和社会效益。

煤层气资源的开发和利用是一门新兴的学科，已引起了国际社会的高度重视，世界上一些发达国家，如美国、加拿大、英国、法国等国家已先后开展了一系列煤层气的勘探及开采气井试验工作。美国现已进入了开发阶段，如圣胡安盆地、黑勇士盆地等。我国也不例外，近年来在全国各地陆续开展了煤层气的勘探试验工作，目前处于探索阶段^[5~7]。

随着国民经济的迅速发展，我国对天然气的需求量逐年增加，仅靠常规天然气的勘探和开发已跟不上国民经济发展的需求，必须寻找非常规天然气资源来补充和接替常规天然气资源。据专家预测，煤层气将是 21 世纪的接替能源。煤层气的勘探开发可视为 21 世纪接替常规天然气资源最有前景和最为现实的途径之一。

我国煤田分布广泛，尤其是北方蕴藏着丰富的煤炭资源。煤层气赋存于煤层之中，在煤矿采煤过程中，为了保证井下的安全，均将其作为一种有害气体提前抽排至大气中。煤层气的开发利用不仅可以提高煤矿安全生产水平，而且能使不可再生的矿物资源得到充分利用，为国民经济的发展提供一种洁净、优质的能源，对于缓解我国当前面临的能源紧缺状况具有重要意义。

煤层气的赋存、运移规律均有别于常规的石油天然气。常规的石油天然气通常已经历了多次运移过程，而煤层既是煤层气的生气层又是储气层，因此，常规石油天然气资源的评价、预测方法不适用于煤层气资源的评价、预测。准确评价煤层气资源量及其可采性、科学预测未来煤层气井产量动态是煤层气资源开发的关键^[8~9]。阜新矿区是我国早期煤炭生产基地之一，煤炭开采具有悠久历史。目前，矿区浅部煤炭资源已近枯竭，现存矿井开采地下深部煤层，且大多数为高瓦斯矿井。显然，对阜新盆地煤层气资源进行合理评价和产能预测，是阜新工业企业振兴及地区经济中长期发展的迫切要求。

最新一轮中国煤层气资源预测结果显示, 中国煤层气资源总量超过 $31 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 相当于 $450 \times 10^8 \text{ t}$ 标准煤, 位居世界第三。中国对煤层气的开发利用始于 20 世纪 90 年代后期, 2001 年中国煤层气的生产量约为 $10 \times 10^8 \text{ m}^3$, 是继美国之后第二个大规模进行地下煤层气勘探的国家, 但中国目前煤层气开采多为煤矿井下抽放, 真正可用于商业化运作的陆上钻井抽采还不多见。

本研究的目的是通过对阜新盆地煤层气井资料和现场试验资料的研究、分析提出煤层气储层参数标准, 建立阜新盆地煤层气可采性参数评价指标体系; 在分析研究煤层气赋存、运移机理的基础上, 建立煤层气赋存、运移的动力学模型, 在此基础上构建数值模型, 对阜新盆地煤层气开采进行产量预测和产能分析。

1.2 煤层气资源评价的国内外研究现状

在煤矿开采过程中, 煤层中存在的以甲烷为主的爆炸性气体涌入煤矿引起的煤矿安全问题, 多年来一直是人们广泛研究的课题。因此, 煤层气数值模拟的研究工作, 最早是围绕着预测矿井瓦斯涌出量、为开采规划和通风系统设计奠定工程基础、建立合理有效的通风系统展开的, 目的是控制瓦斯灾害, 解决煤矿安全问题。

美国是世界上煤层气资源开发研究较早的国家, 现已进入了商业性开发阶段, 既有成功的经验, 也有失败的教训。早在 1907 年, 美国学者 Chamberlin 和 Darton 研究概括出了甲烷聚集和运移的机理。1910 年, 为促进安全生产, 减少甲烷灾害, 美国成立了矿业局这一专门的政府机构。1928 年, Rice 提出了在采煤前采用垂直钻孔从煤层中除去甲烷的设想。在随后的 40 年里, 控制甲烷的通用做法仍然是降低煤炭产量和建立复杂的通风系统^[11~15]。

1964 年, Lindine 等根据所观察到的气含量和残余气含量与深度之间存在的非线性函数关系, 提出了第一个预测生产矿井瓦斯涌出量的经验模型。同年, 由美国矿业局组织主持, 对煤层甲烷抽放进行了广泛、深入的研究, 这项工作还得到了加大深部高含气量煤层开采活动的积极支持。据报道, 那时已认识到在采煤前抽放煤层气有三个主要优点: 一是抽放煤层气似乎是增加煤矿安全的有效手段; 二是可以大大降低采煤成本, 尤其是通风成本; 三是可以加快采煤速度, 提高煤炭产量。1968 年, Airey 从理论上推导出第一个预测矿井静止工作面瓦斯释放量的偏微分方程, 采用解析法求解, 建立了一维、单孔隙、气相的产量预测解析模型。1972 年, Price-Abdalla 提出了二维、单孔隙、气-水两相综合性产量预测的数学模型和有限差分的数值模型。该模型能求解具不规则边界条件和模拟工作面推进的移动内边界问题, 并且开发了相应的计算机软件 INTERCOMP-1。

经过长期的矿井瓦斯抽放工作实践, 人们逐渐认识到煤层气既是影响煤矿生产的灾害性气体, 同时也是一种高效洁净的替代能源。1969 年, 美国矿业局钻出了第一个采空区瓦斯抽放井。1970 年, 将煤层气作为一种潜在的有效替代能源进行开采的概念在美国已经形成, 美国矿业局着手全面宣传在大多数主要含煤盆地采用垂直脱气井抽放煤层气的鼓励方案。1973 年, 石油禁运引发的能源危机, 强化了对煤层气资源的需求, 由此在美国掀起了煤层气地面垂直井开发试验的热潮。

为了调查评价煤层气生产潜力,美国矿业局与宾夕法尼亚州大学合作,在宾夕法尼亚州格林县美国钢铁公司所属的 Cumberland 煤矿钻了 3 口煤层气井。1974 年,由美国矿业局在西弗吉尼亚州的煤层气井生产出的煤层气第一次通过管线销售。1975 年,美国钢铁公司与美国矿业局在阿拉巴马州的橡树林煤矿实施了 23 口煤层气井的大规模开发试验项目。1977 年,阿莫科公司在圣胡安建立了 Cedar Hill 气田。1981 年,橡树林煤矿实现煤层气商业化生产,黑勇士煤层气开发公司与 Jim Walter 资源公司联合开发 Brookwood 煤层气田。

随着煤层气开发试验项目的相继实施和实践积累,对煤层气的生气、储集和运移规律有了更深入的理解,搞清楚了煤层气的开采机理。同时,也迫切需要有一个有效的工具,来进行生产井气、水产量数据的历史拟合,分析获取更为客观的煤层气储层参数,预测井的长期生产动态和产量,为井网布置、完井方案、井的生产工作制度 and 气藏动态管理的优化,以及最经济、最有效的煤层气项目开发方案的决策提供科学依据。正是在这样的背景下,煤层气数值模拟研究工作,在继续围绕煤矿瓦斯研究的同时,借鉴油气藏数值模拟的理论、技术和方法,扩展到煤层气资源勘探、开发领域。

1981 年,由美国天然气研究所(GRI)主持,美国钢铁公司(US Steel)和宾夕法尼亚大学等承担,开始了煤层气产量模拟器与数学模型开发项目的研究工作。在该项目中,Pavone 和 Schwerer 基于双孔隙、拟稳态、非平衡吸附模型,建立了描述煤储层中气、水两相流动的偏微分方程组,采用全隐式进行求解,并开发了相应的计算机软件 ARRAYS。该软件包括 WELL1D 和 WELL2D 两个程序,分别模拟未压裂、压裂的单个煤层气井(单井规模)和多个煤层气井(全气田规模)^[16~24]。

但煤层气赋存、运移机理及其动力学模型仍处在研究阶段,这方面的研究始于 20 世纪 80 年代末期,当时的动力学模型为平衡吸附模型,以 1986、1987 年的 McKee 模型及 Bumb 模型为代表,这类模型基于 3 个假设条件:①煤层为单一孔隙介质;②煤层微孔隙壁上吸附的气体与孔隙中游离气体的压力处于连续平衡状态;③孔隙壁上被吸附的气体随孔隙中气体压力的降低瞬时释放,进入孔隙之中。研究表明:这类模型忽略了煤层气的解吸过程,不能反映客观存在的解吸时间,没有真实反映煤层气赋存、运移的特征,造成预测的煤层气产量高于实际产量,往往导致决策的失误。

进入 20 世纪 90 年代,随着对煤层气赋存、运移机理研究的不断深入,又提出了一种非平衡吸附动力学模型,这类模型认为煤层为孔隙-裂隙双重介质,煤基质中发育有丰富的微孔隙,煤层气主要以物理吸附的形式吸附在煤基质的内表面上,煤化作用过程中,煤层形成的端割理与面割理构成了煤层气在煤层中进行达西渗流的裂隙介质,考虑了煤层气的吸附作用及由微孔隙到裂隙的扩散过程,较好地反映了煤层气在煤层中的赋存及运移机理,较平衡吸附模型前进了一大步,因而得到了普遍关注。这类模型以目前的 COMET 模型、COALGAS 模型为代表,但是由于该领域的研究目前尚属起步阶段,这些模型无论从解法上、还是从考虑问题的全局性来看均有一定的局限性,还处在不断完善之中。

煤层气赋存、运移机理极为复杂,描述煤层气赋存、运移的数学方程均为非线性方程,随着动力学模型研究的不断深入,数学模型越来越复杂,非线性程度越来越高,因此模型的求解也一直是人们研究的课题^[18~20]。目前的求解一般采用 IMPES 方法。该方法虽

计算工作量少,方法简单,节省内存,但它只适用于一般的弱非线性渗流,对于像煤层气运移如此复杂的非线性渗流问题,该解法收敛速度慢、稳定性差,尤其是对一些大煤田、大步长的计算问题尤为突出,该方法无法保证求解的稳定性及收敛速度,有时模型根本无法运转。

多年来,我国许多学者围绕煤矿安全生产、减少瓦斯灾害问题,进行了大量瓦斯数值模拟研究工作。章梦涛、梁冰等对瓦斯突出发生机理及工程控制进行了研究;周世宁系统地研究了煤层气的运移机理;秦勇、傅雪海等研究了煤储层深度与渗透性和含气性的关系以及煤储层渗透率的预测理论。我国的煤层气资源开发刚刚起步,尚属试验勘探阶段,到目前为止还没有人专门从事煤田甲烷运移动力学模型与软件研制方面的工作。有关成果均是从国外,尤其是从美国引进的,引进的计算机模型均为一可执行文件,如 COMET 模型、COALGAS 模型,这些成果引进后还没有得到真正的使用,因此这些成果的可靠性如何,对国内煤层气资源评价的适应性如何目前还无法考虑,但从理论上讲,美国的地质条件较为简单,因此其动力学模型考虑的因素也就显得相对单一。事实上 COMET 模型和 COALGAS 模型就是把煤层看作均质各向异性,是一集中参数模型,模型的有关计算以对称性为原则,简化计算过程。研究适合中国国情的煤层气赋存、运移的动力学模型就显得极为重要,中国复杂多变的地质因素决定了研究适合中国国情的煤层气赋存、运移的动力学模型,其成果水平将有新的突破^[25~32]。

1.3 研究内容和方法

1.3.1 主要研究内容

1) 针对阜新盆地煤层气资源,对煤层气研究内容主要包括下列几个方面:储集状态、扩散和渗流作用等赋存、运移机理进行系统分析和试验研究,为煤层气藏渗流数学模型的建立奠定理论基础。

2) 建立完整的煤层气赋存、运移的孔隙-裂隙双重地质模型和双重介质中煤层气的渗流数学模型,包括煤层气解吸与扩散模型、煤层气的渗流模型、煤层气藏特殊参数处理和定解条件等。

3) 采用有限差分方法对煤层气藏渗流数学模型进行差分离散,并采用全隐式方法建立煤层气藏模拟的数值模型,以保证求解的稳定性。

4) 建立煤层气藏数值模拟分析方法,并进行阜新盆地的煤层气藏的储运模拟。

5) 采用非线性数学方法,对阜新盆地的煤层气资源量做出正确评价和产能动态预测。

1.3.2 研究方法和技术路线

通过对煤层气赋存、运移机理的研究,建立煤层气运移的数学与数值模型,并将其编制成计算机模型,利用模型对阜新盆地的煤层气储量进行评价。为煤层气资源的评价、预测提供一整套理论与方法。

研究的技术路线如下：

- 1) 研究煤层气藏的渗流、输运机理；
- 2) 在对煤层气藏的渗流特征进行深入研究的基础上，建立与之相应的煤层气藏渗流、输运数学模型、数值模型；
- 3) 研制开发煤层气藏模拟模型，并用于实际煤层气藏的模拟。

2 阜新盆地概况

2.1 阜新盆地自然概况

阜新盆地位于辽宁省西部，属阜新、锦州两市所辖。东以医巫闾山山脉为界，西至松岭，北起沙拉，南至义县大凌河。南北长约 85 km，东西宽 8 ~ 20 km，面积约 1500 km²。地理坐标：东经 121°15'00" ~ 121°50'00"，北纬 41°30'00" ~ 42°10'00"。

2.1.1 地势

阜新盆地处于医巫闾山与松岭之间，地形可分为山脉、丘陵、平原三类。山脉主要指盆地周围山区。盆地北缘为二郎庙山，海拔在 300 ~ 600 m 之间。东侧为医巫闾山，海拔在 500 ~ 850 m 之间，西侧松岭，海拔在 500 ~ 800 m 之间。盆地内多为丘陵地带，海拔在 100 ~ 300 m 之间，多由出露的侏罗系、白垩系构成。平原分布在盆地中央，由第四系覆盖，海拔在 70 ~ 80 m 之间。纵观盆地全貌呈北高南低之势。

2.1.2 水文

细河是盆地内主要河流，其主要支流有清河、伊马图河、九营子河及王营子河。

(1) 细河

细河主要发源于阜新蒙古族自治县他本扎兰乡北部的东骆驼山西麓，由北向南纵贯全区，为一常年性河流，全长 140 km，在阜新境内流长 98 km，河道平均比降为 21.3%。流量一般为 1 ~ 5 m³/s，沿途受阜新市工业及生活废水的污染，水质较差，向南汇入大凌河。

(2) 清河

清河发源于北票市莲花山一带，全长约 20 km，河床面宽 100 ~ 200 m，河道平均比降 76.7%，平水期流量在 0.053 ~ 0.42 m³/s。该河在义县高家屯东汇入细河。

(3) 伊马图河

伊马图河是细河流域中最大的支流，发源于阜新县八家子乡乌兰木图山，河长 73 km，河道平均比降 40.2%。该河于胜家窝堡东南汇入细河。

(4) 九营子河

九营子河发源于大坝山一带，经巴斯营子、九营子、尹家窑、沙海东流入细河。

(5) 王营子河

王营子河发源于闾山山脉，属季节性河流，河床宽窄不一，河道曲折多变，平时无水，雨季水量激增。

2.1.3 气象

阜新地区属大陆性气候，其特点是年日温差显著，年降水量小于蒸发量，春夏之交风沙较大，最大风力可达 7~8 级。年平均降水量为 520 mL。雨季多集中在 8、9 两个月，无霜期 155 d。年最高气温为 40.9℃，最低气温为 -30.6℃，冰冻期达 4 个月以上，表土层最大冻结深度达 1.40 m。

2.2 生产矿井现状

2.2.1 矿区现状

阜新矿区是一个老矿区，有些矿井开采多年，储量所剩不多，有的矿井已经报废和破产，有的矿井 80% 以上是氮气（艾友五井和九道岭立井），不适于煤层气的开发利用。根据研究工作需要所进行的矿井调查和矿井地质资料收集，阜新矿务局现有 8 个井工矿井和 1 个露天煤矿。井工矿井有孙家湾一号井、五龙立井、王营子立井、艾友立井、清河门立井、伊马图斜井、乌龙斜井、海州立井，露天煤矿为海州露天煤矿。矿井总设计能力 $1\,151 \times 10^4$ t，核定能力 $1\,059 \times 10^4$ t。截至 2001 年 1 月阜新矿务局保有地质储量 9.79888×10^8 t，其中刘家精查区和东梁沙海组详查区尚未建井，阜新矿区煤炭储层见表 2.1。

表 2.1 阜新矿区煤炭储量

单 位	地质储量/ 10^4 t			
	A+B 级	C 级	D 级	A+B+C+D 级
海州露天矿	1 660.0	8 215.6	27.5	9 903.0
海州立井	746.1	6 396.2		7 142.3
孙家湾一号井	134.4	463.9		598.3
五龙立井	2 373.8	1 143.9	27.5	3 545.2
王营子立井	9 630.4	9 000.8		18 631.2
伊马图斜井	460.3	990.8		1 451.1
艾友立井	3 819.5	6 160.0		9 979.5
清河门立井	4 674.4	6 100.5		10 774.9
乌龙斜井	301.9	423.3		725.2
刘家区	5 405.0	22 790.0		28 195.0
东梁区沙海组	630.0	4 680.0	1 733.0	7 043.0
总 量	29 835.8	66 365.0	1 788.0	97 988.8

2.2.2 矿井瓦斯

阜新矿区各矿井除艾友五井和九道岭立井均属超级瓦斯矿井。1980 年 7 月 21 日，清

河门矿 243 采区发生重大瓦斯爆炸。1983 年东梁矿二井 130 大巷在掘进过程中发生过两次瓦斯突出。1985 年 12 月 30 日零点,王营子矿 650 大巷掘进至 $\beta 8-5$ 带岩墙附近时,发生瓦斯突出,初始瞬间突出量为 $24 \text{ m}^3/\text{min}$,经 72 h 降至 $15 \text{ m}^3/\text{min}$ 。由 1985 年 12 月 7 日至 1986 年 4 月 15 日稳定在 $14 \text{ m}^3/\text{min}$,持续 130 d。从 1986 年 4 月 16 日至 1989 年 7 月 8 日,历时三年,稳定在 $6 \text{ m}^3/\text{min}$;到 1996 年历时一年时间,涌出量仍在 $3.8 \text{ m}^3/\text{min}$ 。五龙矿 221 区五阶段综采放顶煤工作面,1996 年 9 月 10 日工作面推进 51 m,顶板周围来压,顶板大面积垮落,瓦斯涌出量剧增,绝对涌出量 $63 \text{ m}^3/\text{min}$,虽然采取均压通风,三台移动泵抽放(抽放量 $13.6 \text{ m}^3/\text{min}$),工作面瓦斯仍高达 $36 \text{ m}^3/\text{min}$ 。

阜新矿区各矿井虽属超级瓦斯矿井,但是在瓦斯利用方面还是一个空白。近年来,阜新矿务局在瓦斯利用方面作了一些工作。先后在王家营子矿和五龙矿建立地面泵站,在地面打瓦斯抽放孔与井下管网接通,准备向市内供气,目前该工程正运作中。阜新矿区各主要矿井瓦斯涌出量见表 2.2。

表 2.2 阜新矿区矿井瓦斯涌出量

矿名 年度	五龙矿		王营子矿		艾友立井		清河门立井	
	相对量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$)	绝对量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$)	相对量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$)	绝对量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$)	相对量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$)	绝对量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$)	相对量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$)	绝对量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$)
1998	23.08	64.65	38.01	51.09	16.88	19.67	13.49	21.44
1999	42.50	58.20	79.33	43.64	10.29	15.45	10.90	19.43
2000	10.51	42.40	55.53	59.85	19.54	24.08	12.36	21.21

2.3 盆地地质概况

2.3.1 地层

阜新盆地为北东向断陷盆地,以前震旦系或震旦系为基底,盖层为晚中生代地层,由下而上依次为:

1) 前震旦系:由千枚岩、片麻岩、片岩等变质岩系组成,构成了晚中生代地层沉积的基底。

2) 震旦系:由页岩、白云岩、硅质灰岩、石英砂岩等变质岩系组成。

3) 上侏罗统义县组:为盆地晚中生代最早的陆相堆积物。上部岩性以火山质角砾岩、安山质集块岩、凝灰岩为主;下部为安山岩、玄武岩、安山质玄武岩,夹有多层湖相沉积夹层,含有大量以叶肢介、拟浮游、狼鳍鱼为主的“热河生物群”化石,反映了火山间歇喷发特征。

4) 上侏罗统九佛堂组:上部为灰黑色泥岩、砂质泥岩;下部为灰白、灰绿色砂岩、砾岩;底部为凝灰质砂砾岩、砂岩及泥岩。该组地层厚 1400 ~ 2000 m。

5) 下白垩统沙海组:全区分布,比较稳定。按岩性特征分为四个段,由下而上为:

沙一段：以砾岩、砂岩为主，夹粉砂岩及泥岩。该段于艾友以南为紫红色或灰紫色，以北为灰色、灰绿色。厚 150 m 左右。

沙二段：以绿、灰白色砾岩、砂砾岩为主，夹粉砂岩及泥岩。厚 150 m 左右。

沙三段：即含煤段。下部为灰色砂岩、细砂岩、灰黑色粉砂岩及泥岩组成的扇三角洲相，中部为深灰色砂岩夹细砾岩、粉砂岩组成的扇前洪泛平原沉积相，上部为灰及浅灰色砂岩、粉砂岩、泥岩、炭泥岩和煤组成的扇三角洲相。该段在九道岭、清河门、艾友、东梁区含有可采煤层。该段地层厚 500 m 左右。

沙四段：以灰、深灰、灰黑色泥岩、粉砂岩、砂质泥岩为主，夹砂砾岩、砾岩及薄层砂岩，含大量软体动物化石，厚 240 ~ 900 m。由于该段岩性细，而且全区发育，是良好的区域盖层，也是区域对比的标志。

6) 下白垩统阜新组：为主要含煤地层，岩性分上、中、下三个部分。

下部：以灰白、浅灰色砂岩、泥岩为主，夹粗砂岩及砾岩。

中部：为灰、浅灰色泥岩、砂岩及粉砂岩，含有高德、太平、中间、孙家湾及水泉五大可采煤层群，全区发育，是阜新矿区主要开采对象。

上部：为灰绿色泥岩、粉砂岩及灰白色砾岩，含不可采煤层。

从该组的沉积特征看，岩性、岩相变化较大，沉积不稳定，为河流及沼泽环境。

7) 下白垩统孙家湾组：下部为灰紫、灰白及杂色砾岩，夹紫红、灰绿、灰褐色砂岩。上部为紫红色砾岩、砂岩夹泥岩，砾石成分复杂，分选、磨圆差。该组厚 50 ~ 300 m。

8) 第四系：由粘土、沙土、沙及砾石组成。厚 0 ~ 20 m。

2.3.2 构造

阜新盆地大地构造位置在中朝地台的东部、内蒙古地轴南部的燕辽地台褶皱带。盆地东侧为大巴-锦州断裂，西侧为兴隆沟-敖拉嘛荒断裂，北部与内蒙古地轴二郎庙断裂相接。阜新盆地为典型的陆相断陷盆地，盆地东西两侧的断裂构造对盆地的生成、发展及演化起着决定性的作用。盆地次一级构造以褶皱为主，从北向南依次有新邱-哈拉哈背斜、刘家-王营子向斜、东梁-清河门背斜、李金-九道岭向斜，这些褶皱呈北东向雁行式排列^[48~49]。两条断裂均向盆地内倾斜，呈阶梯状，中央相对下降，边缘相对抬升。盆地内一级断裂构造主要有 4 组，即 NNE、NEE、NW、NNW 向，这 4 组断裂构造对地层、煤层均有一定影响，这 4 组断裂也将阜新煤田划分成若干井田。

2.3.2.1 褶皱构造

(1) 新邱-哈拉哈背斜

走向 NE，轴部于哈拉哈、八家子一带出露，地层为上侏罗统九佛堂组，背斜于新邱一带向东倾伏，其 NE 端略显向北突出的弧形。

(2) 刘家-王营子向斜

走向 NE，舒缓、对称，核部地层厚度大，有巨厚的阜新组煤层赋存。该向斜从刘家区、王营子区向西南延至伊马图区。

(3) 东梁-清河门背斜

走向 NW，轴部出露为下白垩统沙海组地层，阜新组地层已被剥蚀，在背斜的翼部赋存有沙海组煤层，主要分布在清河门、艾友、东梁区。

(4) 李金-九道岭向斜

走向 NW，宽缓，核部地层厚度较大，并有可采煤层赋存。

2.3.2.2 断裂构造

阜新盆地断裂构造比较发育，查明的断层百余条，从展布的方向上看，NE、NNE、NEE、NW、NNW、NWW 向均有，但根据清河门-高德地区规模较大的断层统计，主要是 NNE、NEE、NW、NNW4 组断裂。

- 1) NNE 向断层占断层比例的 34% 左右，是区内最主要的一组断层。
- 2) NEE 向断层占断层比例的 15% 左右，相对较少。
- 3) NW 向断层占断层比例的 20% 左右。
- 4) NNW 向断层占断层比例的 31% 左右，走向摆动较大，断层规模较大。

从阜新盆地较大的 20 条断层特征看出，走向上同样可分为 4 组，即 NNE 向、NE 向、近 NW 向和 NWW 向。阜新盆地主要断层特征见表 2.3。

表 2.3 阜新盆地主要断层特征

断层名称	延伸长度/km	产 状 特 点			
		走向/ (°)	倾 向	倾角/ (°)	断距/m
BXF ₁	14.5	NE13	SE	77	230
XXF ₁	11.0	NW330	NE	77	90
chF ₁	7.5	NW330	SW	75	120 ~ 400
GDF ₁	11.0	NW340	SW	68	100 ~ 400
SBF ₁	11.0	NE60	NW	70	100
PF ₂	14.0	NW325	SW	70 ~ 75	70 ~ 100
DF ₃	15.0	NW275	S	70	50 ~ 400
PXF ₂	5.3 ~ 11.0	NW340	SW	66	100 ~ 200
DF ₃₋₂	7.5 ~ 19.3	SN—NW350	SW	65	30 ~ 75
DF ₂	2.5 ~ 4.8	SN0	E	78	90
DF ₁	9.0 ~ 15.0	NW301	NE	50 ~ 60	50 ~ 150
YF ₁	22.0	NW310	SW	70	100 ~ 600
YF ₂	12.0	NE15	NW	70	
AF ₁₈	13.5	NE30	NW	40 ~ 60	230 ~ 380
AF _{18'}	4.0	NE45	NW	60	50 ~ 100
AF ₁₁	23	NE30—NW350	SE—NE	45 ~ 60	100 ~ 300
QF ₁	13.0	NW322	NE	70	300 ~ 400
LF ₄	9.0	NW320	SW	70	100 ~ 200
LF ₃	12.0	NW315	NE	70	100 ~ 300
JF ₁₁	6.0	NW330	SW	60	30 ±