



NATURAL GAS GEOLOGY IN CHINA Vol. 1

中国 天然气地质学

卷一

戴金星 裴锡古 戚厚发 主编

石油工业出版社

中国天然气地质学

卷 一

戴金星 裴锡古 戚厚发 主编

石油工业出版社

(京)新登字 082 号

内 容 提 要

《中国天然气地质学》共分七卷，第一、二卷为总论，第三至七卷为含气盆地各论。

本卷是近十年来我国天然气勘探工作者和研究者对煤成气和天然气科技研究成果的总结。书中阐述了天然气的成因分类，我国天然气组分特征、碳、氢、氮、氦同位素组成的规律，综合鉴别各类天然气的方法与指标，各类气源岩的特征、生物标志物及产气率系列参数，天然气储集层和盖层的类型及特征，天然气运移动力、特征及运聚动平衡原理。

本书可供从事油气地质学，特别是天然气地质学的生产和科研人员使用，也可作为有关院校师生的参考用书，对构造地质学及化工学技术人员也有一定参考价值。

中国天然气地质学

卷 一

戴金星 裴锡古 戚厚发 主编

*

石油工业出版社出版

(北京安定门外安华里二区一号楼)

石油工业出版社印刷(排版印刷)

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 $19\frac{3}{4}$ 印张 4 插页 477 千字 印 1—1000

1992 年 12 月北京第 1 版 1992 年 12 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-0826-2/TE·772

平装定价：14.80 元

前 言

能源工业是国民经济发展的支柱产业，能源工业的发展影响和制约着国民经济发展速度。以烃类气为主的天然气是重要的优质能源，又是宝贵的化工原料。因此，当今世界许多国家都十分重视天然气的勘探与开发，重视发展天然气工业。预计到2000年，天然气在世界能源构成中的比重将由1980年的19.9%上升到41.4%。

为了勘探开发天然气，就要研究和认识天然气生成、运移、聚集、逸散；研究天然气藏与气田形成条件和分布规律，从而逐步形成天然气地质学。关于这一方面的总结，近年来，国内外陆续有一些专著问世。И.В.维索茨基的《天然气地质学》（1979年）是一部较为系统的天然气地质学论著。我国陈荣书等的《天然气地质学》（1986，武汉地质学院出版社）、包茨等的《天然气地质学》（1988年，科学出版社）和戴金星等的《天然气地质学概论》（1980，石油工业出版社）的出版，推动和促进了我国天然气地质学的诞生和形成。

《中国天然气地质学》是以研究和阐明中国天然气及天然气藏形成与分布规律为目的的。它既阐述了天然气藏形成与分布的一般规律，又总结了具有中国地质特点的特殊规律，既研究中国天然气藏形成与分布的总体规律性，又分地区（或盆地）研究区域性特殊规律。

本书的重要特点，是与我国现代天然气工业的发展紧密结合，是对我国近十多年来天然气勘探、开发实践及其研究的总结。

“六五”期间国家组织了“煤成气的开发研究”的科技攻关，开辟了天然气勘探新领域，发现和探明了一批煤成气藏。使我国天然气储量上了一个新台阶，天然气年产量1985年达到 $128 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，比1975年增长45%。

“七五”期间国家继续组织了天然气的科技攻关。其深度与广度较之“六五”都有较大提高，更有力地指导了天然气的勘探与开发，使得“七五”期间探明天然气总储量超过 $3000 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，创造了历史上探明天然气储量最多的时期。

在勘探实践过程中，广大天然气地质工作者，在天然气成因、各种天然气的鉴别、气源岩特征与成烃模式、天然气运聚、成藏条件及富集规律、天然气聚集带等方面的研究，取得了许多重要成果，其中有相当一部分达到了国际先进水平。本书以十多年来天然气勘探丰富翔实的资料为基础，以对中国天然气地质全面系统综合研究为前提，总结了我国天然气地质特征。

重视理论与实践的结合，是本书的显著特点。从总结中国天然气地质特点出发，本书共分基础理论与分区特征两大部分。基础理论部分（一、二卷）全面论述了具中国地质特色的天然气地质理论。分区特征（三至七卷）则突出了各分区的天然气地质特征，突出了区域性天然气藏形成与分布规律。本书既在总体上阐明了中国天然气资源，又在分区研究中，指明了勘探方向，使本书具有明显的理论性与实践性。

集体劳动的结晶是编写本书的最大特点。“六五”、“七五”期间，直到“八五”期间，十多年来，从事天然气开发科技攻关的已逾千人。参加本书编写的是石油系统包括各油田、研究院（所）、各石油高等院校（校）等百余名科技人员。走过的路，总是要留有痕迹的。十多年的天然气勘探与研究，取得了显著成果，理应留下这段历史的足迹，这是历史赋予的责任。参加

本书编写的百余名专家、教授，正是以对历史负责的态度，尽心尽力地完成了这历史性任务——编写《中国天然气地质学》这部专著。

愿这部专著，在总结过去，开创未来，促进我国天然气工业的发展起到作用，这便是参加本书编写者们的最大心愿。

向关心、支持本书出版的众多同志表示谢意，并敬请广大读者批评指正。

石宝珩

1992年11月15日

《中国天然气地质学》编委会

主 任 石宝珩

副主任 包 茨 戴金星 戚厚发 杨俊杰 王善书

编 委 (按姓氏笔划顺序)

丁正言 马 力 王 捷 王铁冠

王廷栋 安作相 关德范 刘雨芬

朱家蔚 李晋超 张万选 张厚福

张亮成 张启明 张国俊 吴铁生

吴震权 陈斯忠 陈继贤 陈章明

杨惠民 郝石生 高瑞琪 顾树松

陶瑞明 龚再生 黄汝昌 童晓光

程克明 裴锡古 戴世昭

技术顾问 史训知 田在艺

序

煤、石油和天然气同是现代能源的伟大支柱。天然气工业的发展虽晚于煤和石油，但近40年来天然气产量和剩余储量的增长速度比石油分别快1倍和1.2倍，到80年代末，世界能源结构中天然气已占五分之一强。一些事实表明天然气在未来能源结构中占更重要的地位，据C. Marchetti (1979) 预测，天然气在能源中的高峰态势将于下世纪初到来。天然气地质学正是在这一历史背景下于70年代末从石油地质学中分出成为独立的学科，研究天然气的生成、运移、聚集、成藏以及气藏(田)分布规律。

我国是发现、勘探、开发利用天然气最早的国家之一。公元前11世纪至公元前771年西周时期成书的《易经》中，就记载油气在水上燃烧的“泽中有火”现象。世界上开发最早的四川自流井气田，在13世纪就具有了相当的开采规模。在我国古代书籍中，常称天然气为“火井”、“井火”、“煤气”、“阴气”、“毒气”、“火池”、“地火”、“火龙”和“火泉”。称谓天然气名词之多，反映了中国古代有许多人对天然气已相当注意，并有一定的调查研究。

在我国，应用现代地质学方法研究天然气田的历史，可以上溯到30年代后期。最激动人心的有黄汲清1938年在《地质论评》上发表文章，建议在四川威远穹窿中展开石油和天然气勘探，差不多四分之一世纪之后威远气田勘探开发成功证实了这一科学预见。30年代末至40年代初，黄汲清等发现四川隆昌圣灯山背斜构造和天然气田，成为地质科技的另一杰作。

解放以后，我国油气工业有了空前的发展，然而在前期以勘探、研究石油为主，尽管在天然气方面也不乏重要的发现。80年代初开始以来，我国进行的煤成气和天然气国家科技攻关，不仅大大推动了我国天然气工业的蓬勃发展，而且为促进我国天然气地质学诞生与发展奠定了基础。80年代后期由包茨、陈荣书和戴金星等分别主编和编著的《天然气地质学》和《天然气地质学概论》等著作，标志着我国天然气地质学研究坚定地向着世界先进行列前进。

现在展现在诸位读者面前的《中国天然气地质学》不仅是我国、而且也是世界上第一部大区域性的天然气地质学专著，它全面系统地总结了我国历年来，特别是80年代以来石油系统、地矿系统、煤炭系统、中国科学院和有关高等院校大量的天然气勘探和研究成果，是其科学归纳、提升和综合的结晶。

《中国天然气地质学》共七卷。第一、二卷为总论，第三至七卷为各论。总论部分阐述了天然气的成因分类，地球化学特征，碳、氢、氮和氦同位素组成，各类天然气的鉴别，气源岩展布、特征及各类气源岩产气率，天然气储集层和盖层类型、特征，天然气的运移和聚集规律，中国气藏类型划分，控制气藏形成的地质因素及气藏(田)分布规律，气聚集带、气聚集区分区和大中型气田发育的气聚集带的特征，寻找大中型气田的有利地区，我国含气(油)盆地地质构造特征，以及天然气资源评价方法。各论部分是以含气盆地(区)或含气(油)盆地(区)为单元，总结了我国主要含气盆地(区)或含气(油)盆地的各自天然气地质特征、气田(藏)分布规律及其有利勘探方向。《中国天然气地质学》是一部系统性很强的具有国际先进水平的科学专著，在一些重要方面创造性发展了年轻的天然气地质学理

论。它的出版将进一步促进天然气地质学理论的发展和完善，并对推动我国天然气资源的勘探开发有重要的指导意义。因此，《中国天然气地质学》的出版，是件可喜可贺的事。

孫 枢

1992年7月6日

PREFACE

Coal, oil and natural gas all are the mighty mainstays of modern energy resources. Although development of natural gas was latter than that of coal and oil, the increase rates of natural gas production and remaining reserves have been 1 and 1.2 times higher than that of oil during recent fourty years, and natural gas accounted for slightly more than one fifth of energy source composition in the world by the end of 1980's. It is indicated by some facts that natural gas should occupy a more important position in near future energy source composition. According to the caculation by C. Marchetti (1979), the peak state of natural gas in energy source would arrive at the beginning of next century. It is under such a historical background that natural gas geology was derived from petroleum geology, turning into an independent discipline and approaching the generation, migration and accumulation of natural gas as well as the formation of gas pools and its / gas field's distribution. China was one of the earlist countries for discovery, exploration, development and utilization of natural gas. It had been recorded in the Book of Changes compiled during the Western Zhou Dynasty (C. 11th century—771 B. C.) that "there is fire in the lake", this phenomenon means oil and / or gas are burning on the water. Ziliujing gas field, Sichuan province, the earlist developed one in the world, had a considerable recovery scale as early as 13 century. Natural gas was known as "fire-well", "hole-fire", "Coal gas", "nether gas", "poison gas", "pool of fire", "subsurface fire", "fire dragon" and "fire spring" in the ancient Chinese books. So many appellations have been used as natural gas term, which mirrors that many persons paid considerable attention on natural gas and made certain investigations on it in the ancient China.

In China the history of natural gas field studies with modern geological methods could be traced back to the late of 1930s. It is the most stirring event that Huang Jiqing had published his paper in the Geological Review in 1938 suggesting to carry out oil and gas exploration on the Weiyuan dome structure, Sichuan province, and this scientific prediction was confirmed by the successful exploration and development of the Weiyuan gas field almost after one fourth century. As another geological scientific and technical masterpiece, Huang Jiqing et alii discovered both the Shengdengshan anticline and gas field in Longchang, Sichuan province from the end of 1930s to the beginning of 1940s.

After liberation, the petroleum industry has been unprecedentedly developed. Even though the important findings are not rare on natural gas aspect, oil exploration and reasearch are still the main aspect during the earlier stage. However, the National Scientific and Technical Research Projects of Coal-generated gas and natural gas conducted in China not only give a great impetus to the flourishing development, of Chinese natural gas industry, but also lay a foundation for promoting the birth and advance of natural gas geology in China since the initial time of 1980s. The homonymous books, "Natural Gas Geology", by Bao Ci and by Chen Rongshu as well as "An Introduction to Natural Gas Geology" by Dai Jinxing et al. marked that Chinese natural gas geological research is firmly turning towards

the advanced rank in the world during the late stage.

At the present, the book "Natural Gas Geology in China" unfolded in the face of every reader is the first monograph of natural gas geology for a giant region not only in China, but also in the world, which has comprehensively and systematically summarized the numerous results of natural gas exploration and research achieved by the petroleum system, geology and mineral resources system, coal industry system, Chinese Academy of Sciences and universities over the years, especially since 1980s, it is a crystallization of scientific induction, promotion and summarization.

"Natural Gas Geology in China" involves seven volumes. The first and second volumes are fundamental dissertation part and from the third to seventh volumes are regional statement part. The fundamental dissertation part expounds the genetic classification of natural gas, geochemical characteristics, isotopic composition of carbon, hydrogen, helium and argon, discrimination of various natural gases, distribution, characterization and gas production ratios of various source rocks, type and characteristics of natural gas reservoirs and caprocks, migration and accumulation of natural gas, typology of Chinese gas pools, geological controlling factors of gas pool formation and distributional pattern of gas pools / fields, gas accumulation zone, division of gas provinces and characterization of gas accumulation zones with large-middle size gas fields development, prospecting region for large-middle size gas fields, tectonic features of gas and oil-bearing basins in China as well as resource assessment methodology of natural gas. Regarding gas-bearing basin / province or gas-and oil-bearing basin / province as an unit, the regional statement part summarizes the respective geological characteristics of main gas-bearing basins / provinces or gas-and oil-bearing basins / provinces in China, distribution of gas fields / pools and their prospecting direction. "Natural Gas Geology in China" is a scientific monograph with very well systematization and international advanced level, creatively develops the young geological theory of natural gas in some important aspects. Its publication will further promote the development and consummation of natural gas geological theory, and have an important guiding significance for pushing the exploration and development of natural gas resources in China. Therefore, the publication of "Natural Gas Geology in China" should be a gratifying and congratulating event.

Sun Shu

July, 6, 1992

(Translated by Wang Tieguan)

目 录

绪论	石宝珩	(1)
一、我国天然气勘探开发简史		(1)
二、中国天然气地质学的形成和产生		(3)
第一章 天然气特征及其成因	戴金星 张厚福 宋岩 王廷栋	(5)
第一节 天然气成因类型和各类天然气的分布特征		(6)
一、天然气的起源		(6)
二、天然气的成因类型		(10)
三、各类天然气纵、横向分布		(15)
第二节 天然气的化学组成		(17)
一、烃类气体组分特征及其影响因素		(17)
二、氮气组分特征及其成因		(27)
三、二氧化碳气组分特征及其成因		(29)
四、硫化氢组分特征及其成因		(31)
五、稀有气体组分特征及其成因		(33)
第三节 天然气的同位素组成		(35)
一、烷烃气的碳同位素组成		(35)
二、二氧化碳的碳同位素组成		(46)
三、烷烃气的氢同位素组成		(50)
四、氦同位素组成		(56)
五、氩同位素组成		(62)
第四节 各类天然气的鉴别		(65)
一、天然气中有机成因组分和无机成因组分的鉴别		(66)
二、不同有机成因气中烷烃气组分的鉴别		(69)
三、利用轻烃鉴别煤成气和油型气		(75)
四、应用生物标志物鉴别煤成气和油型气		(82)
五、综合鉴别		(86)
参考文献		(88)
第二章 天然气源岩特征	程克明 王铁冠 黄汝昌 钟宁宁	(93)
第一节 气源岩的时空分布		(93)
一、震旦纪和早古生代气源岩发育特征及展布		(93)
二、晚古生代气源岩发育特征及展布		(94)
三、中生代气源岩发育特征及展布		(96)
四、第三纪气源岩发育特征及展布		(100)
五、第四纪气源岩特征		(103)
第二节 气源岩的有机显微组分		(104)

一、气源岩有机显微组分的分类·····	(104)
二、各类显微组分的有机岩石学特征·····	(105)
三、气源岩有机质类型与显微组分·····	(110)
第三节 气源岩中有机质产物的碳同位素特征·····	(111)
一、干酪根的成烃演化及碳同位素特征·····	(111)
二、气源岩有机质产物的碳同位素系列特征·····	(114)
第四节 气源岩的有机质可溶组分·····	(116)
一、可溶组分的族组成·····	(116)
二、饱和烃组分的组成·····	(117)
三、芳烃组分的组成·····	(124)
第五节 气源岩的演化及成烃模式·····	(129)
一、气源岩有机质的演化·····	(129)
二、各类气源岩的成烃模式·····	(134)
第六节 各类气源岩的生烃潜力评价·····	(137)
一、中国主要含油气盆地主要气源岩层生烃潜力及生烃强度·····	(137)
二、气源岩热压模拟生烃潜力评价·····	(139)
第七节 气源对比研究·····	(143)
一、气源对比的新思路·····	(143)
二、气源对比实例简述·····	(143)
参考文献 ·····	(146)
第三章 天然气储集层及盖层 ·····	
····· 唐泽尧 裴锡古 孔金祥 郑瑞林 许化政 袁政文 陈安宁	(150)
第一节 天然气储集层概述·····	(150)
一、储集岩(层)的空隙类型·····	(150)
二、储集层特性的度量·····	(151)
三、储集层的毛细管压力及喉道形态·····	(154)
四、储集岩(层)的下限·····	(156)
第二节 碳酸盐岩天然气储集层·····	(165)
一、碳酸盐岩天然气储集层的特征·····	(165)
二、中国碳酸盐岩天然气储集层的类型·····	(173)
第三节 碎屑岩及特殊岩类天然气储集层·····	(186)
一、碎屑岩天然气储集层的特征·····	(186)
二、非常规致密砂岩储集层特征·····	(190)
三、碎屑储集岩的成岩作用·····	(193)
四、中国碎屑岩天然气储集层的类型·····	(206)
五、特殊岩类天然气储集体·····	(208)
第四节 天然气盖层·····	(210)
一、盖层封闭性能的量度与封闭机制·····	(210)
二、盖层的类型·····	(214)
三、盖层的分级评价·····	(221)

参考文献	(223)
第四章 天然气的运移和聚集	郝石生 陈章明 高跃斌 庞雄奇 (225)
第一节 天然气运移及其物理状态	(225)
一、溶解气相运移	(225)
二、游离气相运移	(227)
三、分子扩散运移	(227)
第二节 天然气的初次运移	(229)
一、初次运移的动力	(229)
二、初次运移的通道	(234)
三、烃源岩排气(油)条件研究	(236)
第三节 天然气的二次运移和聚集	(255)
一、天然气二次运移机理	(255)
二、影响二次运移的地质因素	(266)
三、天然气聚集的基本原理	(268)
四、天然气二次运移和聚集的研究方法及实例	(274)
第四节 天然气在地壳中的运聚动平衡	(284)
一、运聚动平衡原理	(284)
二、天然气藏的保存作用	(286)
参考文献	(288)
图版及图版说明	(293)

CONTENTS

Introduction

- 1.1 Brief Introduction to the Natural Gas Exploration and Development History of China
 - 1.1.1 China is one of the first and Earliest Countries that Discovered and Utilized the Natural Gas Resource
 - 1.1.2 Beginning and Development of Natural Gas Industry in China
 - 1.1.3 New Development Stage of Natural Gas Industry in China
- 1.2 Formation and Generation of China Natural Gas Geology
 - 1.2.1 Formation of Coal-formed Gas Theory promoted the emergence of China Natural Gas Geology
 - 1.2.2 Exploration practice of Natural Gas laid a Foundation for the Generation of China Natural Gas Geology

1. Characteristics and genesis of natural gas by Dai Jinxing, Zhang Houfu, Song Yan and Wang Hingdong.

- 1.1 Genesis types of natural gas and their distribution characteristics
 - 1.1.1 Origine of natural gas
 - 1.1.2 Gentic types of natural gas
 - 1.1.3 Vertical and horizontal distribution of various types of natural gas
- 1.2 Chemical compositions of natural gas
 - 1.2.1 Component characteristics of hydrocarbon gases and their influence factors.
 - 1.2.2 Component characteristics and origine of Nitrogen gas.
 - 1.2.3 Component characteristics and origine of carbon dioxide gas
 - 1.2.4 Component characteristics and origine of hydrogen sulfide gas
 - 1.2.5 Component characteristics and origine of Noble gas
- 1.3. Isotopic composition of natural gas
 - 1.3.1 Carbon isotopic composition of Alkane gas
 - 1.3.2 Carbon isotopic composition of carbon dioxide gas
 - 1.3.3 Hydrogen isotopic composition of Alkane gas
 - 1.3.4 Helium isotopic composition
 - 1.3.5 Argon isotopic composition
- 1.4 Discrimination of various types of natural gas
 - 1.4.1 Discrimination between organic and inorganic originated components in natural gas
 - 1.4.2 Discrimination of Alkane gas components in different gases with organic origin
 - 1.4.3 Discrimination of coal-generated gas and oil-type gas based on characteristics of light hydrocarbons
 - 1.4.4 Discrimination of coal-generated gas and oil-type gas based on characteristics of biomarkers

1.4.5 Comprehensive discrimination

References

2. Characteristics of natural gas source rocks by Cheng Reming, Wang Jieguan, Huang Ruchang and Zhong Ningning

2.1 Distribution of hydrocarbon source rocks in time and space

- 2.1.1 Development characteristics and distribution of gas source rocks in Sinian and early Palaeozoic
- 2.1.2 Development characteristics and distribution of gas source rocks in later Palaeozoic
- 2.1.3 Development characteristics and distribution of gas source rocks in Mesozoic
- 2.1.4 Development characteristics and distribution of gas source rocks in Tertiary
- 2.1.5 Characteristics of gas source rocks in Quaternary

2.2 Macerals in gas source rocks of natural gas

- 2.2.1 Classification of macerals in gas source rocks
- 2.2.2 Organic petrographic characteristics of various macerals
- 2.2.3 Macerals organic matters types and in hydrocarbon source rocks

2.3 Carbon isotopic characteristics of organic products in gas source rocks

- 2.3.1 Hydrocarbon-generating evolution of kerogen and its carbon isotope characteristics
- 2.3.2 Characteristics of carbon isotopic series of organic matters products in hydrocarbon source rocks

2.4 Soluble constituents of organic matters in gas source rocks

- 2.4.1 bitumen composition of soluble constituents
- 2.4.2 composition of aliphatic fraction
- 2.4.3 Composition of aromatic fraction

2.5 Evolution and hydrocarbon-generating models of gas source rocks

- 2.5.1 Evolution of organic matters in gas source rocks
- 2.5.2 Hydrocarbon-generating models of various types of gas source rocks

2.6 Evaluation on hydrocarbon-generating potential of various types of gas source rocks

- 2.6.1 Hydrocarbon-generating potential and intensities of the main gas source rock strata in major oil and gas-bearing basins, china
- 2.6.2 Evaluation of hydrocarbon-generating potential of gas source rocks based on thermocompression simulation

2.7 Research on gas source rock correlation

- 2.7.1 New thinking on gas-source rock correlation
- 2.7.2 Introduction to cases of gas-source rock correlation

References

3. Reservoir and cover-rock strata of natural gas by Tang Zeyao, Pei Xigu, Kong Jinxiang and Zheng Ruilin

3.1 Introduction to natural gas reservoirs

- 3.1.1 Pore types of reservoir
- 3.1.2 Measurements of reservoir rock characteristics
- 3.1.3 Capillary pressure and throat form of reservoirs

- 3.1.4 Lower limit of reservoirs
- 3.2 Carbonate gas reservoirs
 - 3.2.1 Characteristics of carbonate gas reservoirs
 - 3.2.2 Types of carbonate gas reservoirs in China
- 3.3 Clastic and special-rock type reservoirs of natural gas
 - 3.3.1 Characteristics of clastic reservoirs
 - 3.3.2 Characteristics of abnormal compacted sandstone reservoirs
 - 3.3.3 Diagenesis of clastic gas reservoirs
 - 3.3.4 Types of clastic gas reservoirs in China
 - 3.3.5 Natural gas reservoirs of special rock types
- 3.4 Cover-rock strata of natural gas
 - 3.4.1 Measurement and mechanism of confining property in cover-rocks
 - 3.4.2 Types of cover-rocks
 - 3.4.3 Grading evaluation of covering rock strata
- 4. Migration and accumulation of natural gas by Hao Shisheng, Chen Changming, Gao Yaobin and Pang Xongqi**
 - 4.1 Natural gas migration and its physical phases
 - 4.1.1 Migration in solution gas phase
 - 4.1.2 Migration in free gas phase
 - 4.1.3 molecular diffusion and Migration
 - 4.2 Primary migration of natural gas
 - 4.2.1 Driving forces of primary migration
 - 4.2.2 Passage of primary migration
 - 4.2.3 Research on gas (oil)-exclusion conditions of source rocks
 - 4.3 Secondary migration and accumulation of natural gas
 - 4.3.1 Mechanism of secondary migration
 - 4.3.2 Geological factors influencing on secondary migration of natural gas
 - 4.3.3 Basic principle of natural gas accumulation
 - 4.3.4 Approaches and cases on secondary migration and accumulation of natural gas
 - 4.4 Dynamic equilibrium during Migration-accumulation of natural gas in the earth Crust
 - 4.4.1 Principles of dynamic equilibrium natural gas migration-accumulation
 - 4.4.2 Preservation during of natural gas pools

Reference

Illustrations and captions

绪 论

在天然气勘探、开发实践过程中，人们逐渐认识了在地球岩石圈中天然气形成、运移、富集和逸散过程，形成了天然气地质学。研究中国特殊地质条件下天然气及天然气藏形成过程与分布规律，是中国天然气地质学的宗旨。

中国天然气地质学的形成和发展既是我国古老而又新兴的天然气工业发展史的产物，又是理论与生产密切结合的成果。

一、我国天然气勘探开发简史

(一) 我国是发现和利用天然气最早的国家之一

世界上有关天然气的记载，可以追溯到很久远以前。欧洲人曾把燃烧的气体称作“长明火”，希腊人在公元前 400 年曾建造“火教神庙”以纪念神奇的喷火怪物。

我国最早记载天然气，有临邛火井、鸿门火井等。

临邛，今四川邛崃。汉杨雄《蜀王本纪》、晋张华《博物志》、东晋常璩《华阳国志·蜀志》都有“临邛有火井”的记载与描述。

鸿门，今陕西神木县西南。《汉书·郊祀志》下：“汉宣帝神爵元年（公元前 61 年）祠天封苑火井于鸿门”。天封苑是汉代军马场的名称，汉宣帝在此设“火井祠”。

我国天然气的利用是从煮卤熬盐开始的。

1950 年四川成都出土的东汉画像砖中，有一幅“煮盐像”，生动地描绘出我国东汉时期利用天然气熬盐的情景。17 世纪的《天工开物》也对煮盐作了详细描述。

特别是在北宋期间发展起来的“卓筒井”技术，不仅使天然气的开发利用成为可能，也在 300 多年前就开创了现代钻井技术的先河。

自流井构造的开发，是从钻凿盐井开始的。唐、宋期间，在自流井构造上已钻凿了近百口盐井，井深达三、四百尺。公元 1600 年前后，自流井构造浅气层得到了大规模的开发，利用天然气煮盐。1835 年采用“卓筒井”技术，钻成了世界上第 1 口超过千米（海井）（达 1001.4m）的深井，日产气 $5000 \sim 8000 \text{m}^3$ ，开始了深层气的开发。1840 年后，在磨子井又钻遇了深层高产气井，日产气约 $20 \times 10^4 \text{m}^3$ ，当时称为“火王井”，1850 年左右，自流井气田已有 10 余口采气井，年采气量近 $1 \times 10^8 \text{m}^3$ 。据测算，自流井气田到 1949 年底，经历了三百余年采气历史，累计生产天然气约 $300 \times 10^8 \text{m}^3$ ，此足以证明，四川地区蕴藏着丰富的天然气资源。自流井气田是我国也是世界上开发的第一个气田，它的开发可视为中国天然气开发史的初始阶段。

(二) 我国天然气工业的开端与发展

我国近代天然气工业的发展也是从四川开始的。

1866 年以后，一些外国地质学家陆续到四川作地质调查。本世纪 20 年代以来，我国学者赵亚曾、黄汲清、谭锡畴、李春昱、陆贯一、潘钟祥等也先后到四川进行油气地质调查。

1936 年，国民党政府资源委员会四川油矿勘探处成立。次年 11 月，在巴县石油沟钻了一口探井，直到 1939 年用两年时间钻达 1402m 完钻，并获得了工业气流。此后，直到