



孙万禄 主编

中国煤层气盆地

地质出版社

中国煤层气盆地

中国石化新星石油公司华北石油局

主 编 孙万禄

副主编 陈召佑 陈 霞

王树华 付晓云

周 媛 何 晶

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

《中国煤层气盆地》及《中国煤层气盆地地图》(1:500 万)、《中国煤层气盆地图集》是首部以盆地观点研究、评价煤层气的编著和图件。内容丰富,资料翔实。编著及编图丰富了煤层气地质理论,系统地评价了煤层气资源前景,对煤层气勘探部署具有指导意义,对煤层气地质、煤田地质、油气地质、区域地质研究、教学、生产均具参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

中国煤层气盆地/孙万禄主编. —北京:地质出版社,
2005. 7

ISBN 7-116-04421-3

I. 中... II. 孙... III. 含煤盆地—研究—中国
IV. P618.110.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 033873 号

ZHONGGUO MEICENGQI PENDI

责任编辑:祁向雷 周乐耘

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: 北京地大彩印厂

开 本: 787mm × 1092mm¹/₁₆

印 张: 24.75

字 数: 650 千字

印 数: 1—1000 册

版 次: 2005 年 7 月北京第一版·第一次印刷

定 价: 65.00 元

ISBN 7-116-04421-3/P·2572

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社出版社处负责调换)

序

煤层气是以甲烷(CH_4)为主要成分,以吸附状态赋存于沉积盆地的煤层中,与煤同体共生的能源矿产。煤层气是一种洁净的能源,它的开发和利用,不仅可以减少煤矿开采的灾害,可以减少甲烷向大气中排放所造成的环境污染,而且可以接替和补充常规天然气的能源矿种,从而有着极大的经济价值、社会效益和环境效应。

石油是战略物资,对于国家安全和经济发展具有重要作用。随着社会经济的发展,我国1993年开始进口石油3000万吨,1997年进口石油增长到7000万吨,而2003年达到9100万吨。这种发展趋势还在继续扩大,并开始成为我国经济发展的瓶颈。20世纪90年代以来,我国天然气储量快速增长,“八五”期间新增地质储量超过 $7000 \times 10^8 \text{m}^3$,“九五”期间新增地质储量超过 $11500 \times 10^8 \text{m}^3$ 。2003年天然气产量达到 $339.81 \times 10^8 \text{m}^3$ 。预计2010年天然气探明储量将超过 $5 \times 10^{12} \text{m}^3$,年产量达到 $800 \times 10^8 \text{m}^3$ 。2020年产量达到 $1200 \times 10^8 \text{m}^3$ 。而预测我国天然气需求量2010年为 $1070 \times 10^8 \text{m}^3$,2020年达到 $2100 \times 10^8 \text{m}^3$ 。由此可见,我国天然气需求与供给的矛盾还相当突出,应该而且可以利用煤层气作为天然气资源的接替和补充。

据资料统计,世界煤炭资源量为 $24.46 \times 10^{12} \text{t}$ 。深度小于2000m的煤层气资源量为 $(84 \sim 270) \times 10^{12} \text{m}^3$,其中美国煤层气资源量为 $(11.32 \sim 24) \times 10^{12} \text{m}^3$,2002年煤层气生产井达14200口,已探明煤层气可采储量 $1 \times 10^{12} \text{m}^3$,产量是 $410 \times 10^8 \text{m}^3$ 。中国深度小于2000m的煤炭资源量为 $5.57 \times 10^{12} \text{t}$,煤层气资源量为 $(20 \sim 30) \times 10^{12} \text{m}^3$ 。应该说明,20世纪90年代以来,我国煤层气勘探,钻探200多口井,开发了柳林、三交、铁法等实验区,在沁水盆地南部潘庄、樊庄等区块取得煤层气探明储量 $755 \times 10^8 \text{m}^3$,为煤层气的勘探开发奠定了基础,展现出煤层气产业的发展前景。

但是,煤层气作为接替和补充天然气的一种产业,只是在近十年左右才得到认识,还有大量艰苦的工作有待于开发。因此,国家要对这一新兴产业给以扶持的政策,煤层气勘探开发企业要敢于在风险投资中开拓进取,获取胜利。与此同时,还必须切实地加强煤层气地质理论与勘探开发技术的研究,用先进的、符合中国客观实际规律的科学技术作指导,推进我国煤层气的持续发展。

《中国煤层气盆地》和盆地图(集)是系统总结我国煤层气勘探开发实践的研究成果,由《中国煤层气盆地》专著与《中国煤层气盆地图》(1:500万)、《中国煤层气盆地

图集》三部分组成。《中国煤层气盆地》以“盆地成藏”理论贯穿始终，系统地论述了我国含煤-煤层气盆地形成、演化的大地构造背景，含煤盆地的分布与分类，以及含煤盆地的沉积特征；深入地分析了我国主要含煤-煤层气盆地的形成、演化和改造以及煤层气成藏的地质条件，评估了煤层气资源前景，因此，这是在大量实际资料基础上提升、总结出来的一部具有我国煤层气盆地特色的专著。《中国煤层气盆地》（1:500 万）和《中国煤层气盆地图集》，依照“残留盆地”概念，采用写实的方法勾绘出盆地的构造轮廓，展示了含煤-煤层气盆地分布特征。《中国煤层气盆地图集》按含煤盆地的世代分编了全国含煤盆地分布图，还分盆地汇编了煤层气地质系列图件。

研究成果对我国大陆含煤-煤层气盆地分布作了系统的描述，首次将含煤盆地按成因类型进行划分。在古亚洲构造及古华夏构造域、滨太平洋构造与特提斯构造域范畴内，将晚古生代和中新生代不同世代原型含煤盆地划分为克拉通、前陆拗陷等 13 种盆地类型。系统地分析了控制含煤盆地形成、演化的古气候、古植物、古地理和古构造因素，阐明了含煤盆地在地质历史发展过程中形成、演化的方向和分布规律。同时还系统地分析了烃源岩层、储集岩层及气藏保存等煤层气成藏的基本条件，为评价煤层气藏提供了理论基础。

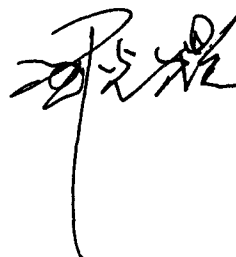
研究成果对鄂尔多斯、沁水、华北、塔里木、四川、黔西、湘中南、准噶尔、松辽、三江等主要含煤盆地（群），从原型盆地的形成、沉积建造的构建、含煤岩系的展布，以及原型盆地的变形、解体，变形后盆地的构造特征等方面进行了详细的描述，分析和展现了盆地形成及其演化历史，这对于了解煤层气盆地的地质构造背景，分析煤层气成藏条件和勘探评价选区都是有益的。

研究成果选择了鄂尔多斯、沁水、华北、黔西、湘中南、三江盆地（群）及铁法、阜新、抚顺盆地等已经进行煤层气勘探并有煤层气地质资料的区域，从盆地群体入手，选择典型区块，并考虑到不同世代、不同类型含煤-煤层气盆地赋存状态的差异，以及煤层气地质特征与盆地构造演化、热演化的密切关系，系统地分析了煤系地层的展布、厚度、埋深、煤岩变质状况、煤层储集性能、目标煤层含气量、煤层含气饱和度、煤储层压力、煤层气井的气水产量等煤层气地质参数，较全面地展示了盆地或区块的煤层气地质特征。

研究成果从评价煤层气盆地和煤层气藏着眼，对煤层气评价的主要地质参数和影响评价参数的主要地质因素作了剖析，对沉积环境、构造变形和煤岩变质三个主要地质因素与煤层气生成机理、储集性能及保存条件等诸参数的关系，以及由于地质构造条件的改变导致地质参数的变化，由此产生对含煤盆地煤层气藏的有利与不利的影响，进行了深入地分析。同时还对煤层气预探评价、勘探评价和开发评价及与之相应的资源量、储量的分级、分类进行了划分。此外，还对我国大陆煤层气资源量进行了预测，指出中国煤层气具有丰富的资源潜力和良好的勘探前景。

总之,《中国煤层气盆地》与《中国煤层气盆地图》(1:500 万)、《中国煤层气盆地图集》,是我国首次发表的关于煤层气盆地的基础性、综合性研究成果。它丰富了煤层气地质理论,论证了我国煤层气的资源前景,并在选区评价上提出了新的观点,对深入开展煤层气勘探开发和扩大新的领域,探索新地区、新层位具有重要的指导意义。研究成果内容丰富,论述有据,资料翔实,文图并茂,不仅具有学术价值,而且对指导煤层气勘探开发具有实际意义。

中国科学院院士

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Song Shiqiang' (Song 时强), written in a cursive style.

2004 年 6 月 30 日

前 言

煤层气作为新兴的能源矿种，具有巨大的资源潜力，有着极大的经济价值、社会效益和环境效应，是新的替代能源。世界上很多国家开展了煤层气勘探开发，有的在能源产业中占有重要位置。中国煤层气工业刚刚崛起，国家十分重视煤层气工业的发展，党和国家领导人高瞻远瞩，1996年江泽民总书记作出《依靠科技进步，发展煤层气产业，造福人民》，李鹏总理作出《突破煤层气，开发新能源》的论断，为新世纪煤层气产业的高速发展指明了方向。

煤层气是以甲烷（ CH_4 ）为主要成分的可燃气体，以吸附状态赋存在沉积盆地的煤层之中，利用现代探采技术可以将煤层中的气体排采、贮集和利用。煤层气是一种洁净的气态燃料和化工原料。煤层气的排采利用可以减少煤矿开采中的灾害，可以减少甲烷向大气中排放所造成的环境污染，是可以变害为宝的新型能源矿种。

煤层气与煤炭是自体共生矿藏，有与石油及常规天然气共存于同一沉积构造盆地的地质历史，沉积构造盆地是有机沉积矿藏赋存同载的母体。煤层气藏的成藏规律与煤藏、油藏、常规天然气藏及煤成气藏既有相似之处，又有明显的差异。煤层气藏在含煤-煤层气盆地中的分布有着自身的规律，煤层气藏的成生、演化和消亡，随着沉积构造盆地演化而变迁。煤层气和石油、常规天然气虽然共存于同一沉积构造盆地，由于成藏机理的差异，勘探开发矿藏的方式也不相同。

煤层气之所以称得上是矿产，是因为它在地质体中有着一定的赋存规律，有着明显的成藏性及可采性，有着巨大的资源前景和规模开发的可能，经过地质勘查可以探明其规模储量，经过开发可以形成规模产量。只有具备丰富的资源前景又能够开发利用，才能创造社会效益，才能构成经济社会的一大产业。经过初步勘探开发预测，全球煤层气资源量为 $240 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，相当于常规天然气探明储量的两倍，中国煤层气资源量相当于中国天然气远景资源量的一半，煤层气资源的开发等于新增一个常规天然气资源。石油、天然气以及煤炭都是不可再生的重要战略矿产资源，需要新的能源矿种来接替，煤层气将成为新世纪可替代的能源矿种之一。

为了开发利用煤层气矿产资源，世界六大洲十多个国家都进行了煤层气勘探开发。美国是煤层气资源丰富的国家，也是煤层气勘探开发最先取得成功的国家。自20世纪70年代以来对13个含煤-煤层气盆地进行了勘探开发，80年代后期至90年代，在圣胡安、沃里尔（黑勇士）等盆地开展了较大规模的勘探开发，1990年钻探煤层气井2000余口，1999年钻井数已达10600口。1980年煤层气产量不足 $1 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，至1991年产量为 $92 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，1999年产量达 $350 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，煤层气占天然气年总产量的6%。

中国是煤炭资源大国，也是煤层气资源丰富的国家。2000m以浅的煤层气远景资源量为 $20 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。中国煤层气勘探起步并不算晚，自20世纪80年代引进现代煤层气勘探开发技术，进行了勘探试验。90年代国家重视了煤层气产业发展，取得了勘探试验的重大

突破。自 80 年代以来已实施勘探井 200 余口, 1994 年在河东柳林地区石炭二叠纪煤系地层取得了小井网排采成功, 7 口井单井产气量 $1000 \sim 3000 \text{ m}^3/\text{d}$, 最高达 $7050 \text{ m}^3/\text{d}$ 。铁法盆地于 1994 年在采动区煤层气试验井取得单井最高产量 $8928 \text{ m}^3/\text{d}$ 。近年又在山西柳林试验区北部三交林家坪、碛口试验区取得煤层气井排采成功。在沁水盆地南部潘庄 164 km^2 勘探区块已取得 $402 \times 10^8 \text{ m}^3$ 煤层气探明储量, 在樊庄 182 km^2 勘探区块也取得 $353 \times 10^8 \text{ m}^3$ 煤层气探明储量。中国煤层气勘探开发和对外合作方兴未艾, 区域勘探正在展开, 商业开发正待突破, 煤层气产业悄然崛起, 煤层气资源将成为新世纪中国能源工业的重要组成部分。

煤层气产业是在煤层气勘探开发技术不断进步的过程中不断发展壮大的, 现代煤层气勘探开发技术的成熟与完善是煤层气产业发展的重要条件。中国 20 世纪 80 年代以来引进现代煤层气勘探开发技术, 较系统地研究了煤层气地质评价和工程工艺技术, 并且结合中国地质构造特征进行勘探试验, 在资源预测、地质评价、钻井、固井、测井、测试、压裂、排采等工程工艺技术, 以及气井生产、气田建设等一系列煤层气勘探、开发、生产技术方面不断总结经验, 取得了很大成功。

中国煤层气勘探研究的主要力量是地矿、煤炭、石油等专业队伍。新星石油公司华北石油局在取得重大勘探试验成果的同时, 获得了一批重要的研究成果。20 世纪 80 年代以来, 系统地研究了国外煤层气勘探开发技术, 首刊了《煤层气译文集》, 并开展了华北地区石炭、二叠系煤层气赋存条件及资源评价研究。90 年代启动了“华北煤层气勘探开发试验”勘探项目, “煤层气勘探开发评价选区及工程工艺技术攻关研究”国家重点科技攻关项目, “深层煤层气勘探”联合国开发计划署资助项目, 通过三位一体项目的实施, 取得了国内领先水平的研究成果。与此同时, 国内同行也在加快煤层气勘探的进程中, 加强了煤层气地质理论及勘探技术的研究。中国石油集团煤层气勘探部, 及时勘探, 及时总结, 已经出版了《煤层气地质与勘探技术》等论著。中国煤田地质总局出版了《中国煤层气资源》等论著。中联煤层气公司也在开展对外合作与自营勘探的同时, 聘用国内研究部门对几个勘探区块进行了选区评价研究, 并出版了《煤层气开发利用手册》等。

毋庸讳言, 就煤层气勘探开发研究成果水平而言, 在如何结合中国地质构造特征, 创立煤层气地质理论和发展煤层气勘探开发技术方面还存在较大的差距。在新世纪煤层气产业加快发展的前夜, 应当面对严峻的形势, 站在煤层气地质理论和勘探开发技术学科的前沿, 选准具有创新意义的研究课题, 推进煤层气产业的发展。

随着煤层气勘探开发布局的展开和勘探开发程度的深入, 煤层气产业将会加快发展, 由此更加亟待煤层气地质理论体系的创立和完善及勘探开发技术方法的完善和创新, 以期指导和推进煤层气产业的进步。“中国煤层气盆地”、“中国煤层气盆地图”(1:500 万)及“中国煤层气盆地图集”正是适应了这一发展要求而确立的编研课题。这项成果填补了国内空白, 对煤层气地质基础理论研究具有一定的学术价值, 对指导煤层气勘探开发战略部署具有相当的实用价值。

“中国煤层气盆地”及配套的“中国煤层气盆地图”(1:500 万)和“中国煤层气盆地图集”是中国新星石油公司设立的研究项目, 是首部系统研究和评价中国煤层气盆地的论著和图件。

本书使用了较多的篇幅分析了含煤-煤层气盆地的形成、演化和煤层气成藏条件及煤

层气资源前景，是首部专题研究中国煤层气盆地的著作。

借鉴并运用了《中国区域地质概论》对中国大陆板块研究的观点与成果，指导了整个盆地研究，编制了“中国大地构造分区图”（1:500 万），并缩制成 1:1800 万彩图，作为含煤-煤层气盆地形成、演化的大地构造背景。盆地研究借鉴并使用了《中国主要聚煤期沉积环境和聚煤规律》成果资料，分析了古生代陆表海型克拉通含煤盆地与中生代陆表湖型断陷或坳陷盆地等不同世代含煤盆地的沉积环境和聚煤特征。盆地研究还借鉴并使用了《中国煤的煤岩煤质特征及变质规律》成果资料与图件，改编与新编了不同地质时代的煤岩变质程度图，按照板块构造分区，对含煤盆地煤岩变质机理、变质特征进行分析。

对中国大陆含煤-煤层气盆地分布作了系统地描述，结合煤层气盆地图与图集可以一展盆地分布概貌。盆地研究还首次将含煤-煤层气盆地成因类型进行了划分，在古亚洲构造域及古华夏构造域、滨太平洋构造域与特提斯构造域范畴，将晚古生代和中生代不同世代原型含煤-煤层气盆地划分为内克拉通、前陆坳陷等 13 种盆地类型。

系统地分析了控制含煤-煤层气盆地形成、演化的古气候、古植物、古地理、古构造因素，阐明了含煤盆地在地质历史发展过程中形成、演化的趋势和分布规律。同时系统地分析了烃源岩层、储集岩层及气藏保存等煤层气成藏的基本条件和沉积环境、构造变形、煤岩变质等地质控制因素，为评价煤层气藏提供了理论基础。

选择了鄂尔多斯、沁水、华北、塔里木、四川、黔西、湘中南、准噶尔、松辽、三江盆地（群），对盆地的形成与演化进行了剖析。盆地分析采取了逐次深入的方法，从原型盆地的形成，沉积建造的构建，含煤岩系的展布，以及原型盆地的变形、解体，变形后盆地的构造特征等，均作了地质历史的分析。通过对盆地的分析、描述，透析了盆地的形成历史，活现了盆地的演化进程，使文字的分析描述与图式的写真勾绘融会贯通一体。

对含煤-煤层气盆地地质特征的阐述，是以现今残留的沉积构造盆地对象，选择了鄂尔多斯、沁水、华北、黔西、湘中南、三江盆地（群），暨铁法、阜新、抚顺盆地等已经进行煤层气勘探并有煤层气地质资料的区域，从盆地整体入手，选择典型区块，通过煤层气成藏地质因素与煤层气地质评价参数的系统分析描述，概貌地反映出盆地煤层气地质特征。考虑到不同世代、不同类型含煤-煤层气盆地赋存状态的差异，煤层气地质特征与盆地构造演化、热演化的密切关系，逐个盆地系统地分析了煤系地层的展布、厚度、埋深、煤岩变质状况、煤层储集性能、目标煤层含气量、煤层含气饱和度、煤储层压力、煤层气井的气水产量等煤层气地质参数，全面的展示了盆地或区块的煤层气地质特征。

从评价煤层气盆地和煤层气藏着眼，对煤层气评价的主要地质参数和影响评价参数的主要地质因素作了剖析，对沉积环境、构造变形和煤岩变质三个主要地质因素与煤层气成生机理、储集性能及保存条件等诸多参数的关系，以及由于地质构造条件的改变导致地质参数的变化，由此产生对煤层气盆地成藏的有利与不利即建设性或破坏性的影响，进行了全面的分析。同时还对煤层气预探评价、勘探评价和开发评价及与之相对应的资源量、储量的分级、分类进行了划分。并且指出，煤层气勘探开发也应与石油、煤炭及其它矿产一样，都须遵循科学的勘探开发程序，循序渐进地深入与展开，预探、勘探和开发不同阶段取得不同级别的资源量、储量，都应建立在可靠的基础上，仅此才能对煤层气盆地或煤层气藏作出正确的评价。

根据煤层气成藏理论,通过含煤-煤层气盆地的分类对比,初步认为鄂尔多斯盆地东部(C_2-P_1)和西南部(J_2)、沁水盆地南部(C_2-P_1)、黔西盆地群(P_2)、准噶尔盆地南部(J_{1-2})和松辽盆地东南部(K_1),是寻找煤层气藏的有利地区和层位。这个选区评价观点打破了煤层气勘探仅限于华北陆块石炭—二叠系的传统认识,将勘探目标扩展到扬子陆块石炭、二叠系目标煤层,同时将煤炭资源极为丰富的中生界侏罗系及下白垩统列入煤层气勘探目标。

以盆地为基础构造单元测算了中国大陆煤层气资源量,经测算全国煤层气资源总量为 $20.1 \times 10^{12} \text{ m}^3$,其中煤层埋深小于1500 m的资源量为 $16.5 \times 10^{12} \text{ m}^3$,煤层埋深1500~2000 m的资源量为 $3.6 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。煤层气资源量主要分布在四个领域,一是煤层埋深小于1500 m的资源量,二是华北陆块含煤盆地的资源量,三是石炭二叠系含煤岩系的资源量,四是肥煤—瘦煤中阶烟煤为主的资源量,以上四个领域的煤层气资源量占煤层气总资源量的80%左右。中国煤层气总资源量,相当于常规天然气远景资源量的一半,是常规天然气可采资源量的一倍,与世界几个主要产煤国煤层气资源量相比,介于区间,说明中国煤层气资源具有优厚的潜力和良好的前景。

中国是煤层气资源潜力巨大的国家,但煤层气的勘探开发仅仅刚刚起步,自20世纪80年代起至今,以煤层气作为矿产资源勘探目标的千米左右深度的地面垂直钻井仅有200余口,这与煤田或石油勘探相比可谓九牛之一毛,但仅此已对一些含煤盆地作出了一些粗浅的评价。与其它矿产勘探开发历程一样,新兴的煤层气产业当前正面临着资源前景与勘探方向抉择的关键问题。煤层气盆地(图)的研究,肯定了煤层气的资源前景和坚持煤层气勘探开发的信念。通过对煤层气盆地系统深入地研究,丰富了煤层气地质理论,填补了新的领域空白,在选区评价上提出了新的观点,对深入勘探拓展成果和扩大新的领域,探索新地区、新层位都具有指导意义。

《中国煤层气盆地图》(1:500万)的编制,是以板块构造观点为指导,在《中国区域地质概论》成果资料基础上,编绘出《中国大地构造分区图》(1:500万),作为煤层气盆地地图(集)的大地构造背景图,以中国大陆板块构造分区为构造框架,标示出板块与板块、陆块与活动带、地块与褶皱带三级构造,同时标示出板块结合带、地壳拼接带及重要走滑逆冲推覆断裂带。在系统研究并运用煤田地质图等成果资料的基础上,以沉积地层或构造边界圈定盆地轮廓,用颜色或线条区分盆地时代或类型,按照石炭、二叠、三叠、侏罗、白垩及第三纪主要成煤期,分层编制含煤盆地分布图,再叠合形成“中国煤层气盆地地图”(1:500万)。盆地图的编制是依据“残留盆地”的概念,采用写实的方法勾绘出盆地的构造轮廓,裸露区采用实际地质边界,隐伏区采用地球物理资料,圈定出盆地的构造界线,同时采用不同的色彩与线条反映盆地展布与叠置的相互关系,清晰地显现出含煤-煤层气盆地的分布特征。

《中国煤层气盆地图集》包括全国性和分盆地两个部分。全国性图件包括:“中国煤层气盆地地图”、“中国大地构造分区图”,以及石炭纪、二叠纪、三叠纪、侏罗纪、白垩纪和第三纪“含煤盆地分布图”,配有盆地一览表、地层表等附表。“中国煤层气盆地地图”(1:500万)采用了分层编绘逐层叠合的方法编制而成,“中国煤层气盆地图集”中全国性图件均为1:1800万,是由1:500万分层图缩制而成。通过含煤-煤层气盆地分时代(分层)图,可以更清晰地反映现今盆地的分布特征,透视原型盆地的轮廓。石炭系、二叠

系、中生界和新生界“煤岩变质程度图”使用了前人的图件并按本图的构造分区、煤岩分阶和色差做了改编，其中石炭系做了补充与修编，新生界是新编。通过煤岩变质程度图可以概略地反映煤岩变质特征及演化趋势。“中国煤层气盆地图集”分盆地部分是按塔里木-华北板块、华南板块、藏滇板块和西伯利亚板块等构造分区，以盆地为基础构造单元，展绘了鄂尔多斯盆地、沁水盆地、华北盆地、塔里木盆地、四川盆地、黔西盆地群、湘中南盆地群、准噶尔盆地、松辽盆地、三江盆地群等含煤盆地（群），用简化地质图或构造纲要图、岩相古地理图、煤岩变质程度图等反映盆地的沉积、构造、煤岩演化特征，对已经开展煤层气勘探的鄂尔多斯、沁水、华北、黔西、湘中南、三江盆地（群）及一些小型盆地，选用典型的勘探成果资料，用图表形式展示，基本上反映出所列盆地的煤层气地质特征。

《中国煤层气盆地图》编图范围仅限中国大陆陆域，不包括海域；含煤盆地时代仅限石炭纪以近（腐殖煤），不包括前石炭纪腐泥煤（石煤）范畴。

《中国煤层气盆地图》（1:500万）的含煤盆地大地构造背景，选用了程裕淇先生主编的《中国区域地质概论》，遵其板块构造观点，采用了《中国地质图》（1:500万）（程裕淇主编），参照了《中国煤田地质图》（1:250万）（岳希新主编），并参考了其它图件与资料，编制了“中国大地构造分区图”（1:500万），作为《中国煤层气盆地图》的构造背景图。《中国煤层气盆地图》（1:500万）编制，主要依据《中国煤田地质图》（1:250万），并参考了《中国地质图》（1:500万）及其它图件和资料，同时缩制成1:1800万彩色“中国大地构造分区图”纳入“中国煤层气盆地图集”。图中所附“大地构造分区表”是按“概论”的观点，将构造区所列的构造单元，按板块构造分级归纳而成；“主要断裂带”是“概论”原表，仅对个别断裂作了删减。

《中国煤层气盆地图》（1:500万）依照残留盆地观点编制而成，即以现今留存的盆地地质构造形态圈定盆地。由于沉积盆地（原型）形成时代不同，经历的构造变动不同，遭受后期构造运动变形改造的程度亦不同，有些经过多期变形完全改变了原型盆地的构造面貌，变形为新式样的构造盆地，有些则基本未经变形改造，保留了原型沉积盆地的构造形态，相当多数是经历了不同程度的变形改造，新生的沉积构造盆地与原型沉积盆地构造面貌发生很大变化。对现今残留盆地的界定，难以逐次个盆勘查界定，在有负向构造地质依据时，则界定为向斜构造或盆地；在依据不确定时，则认定为非圈闭型负向构造，即盆地残片。残留盆地的地质边界、构造轮廓均按实际地质界线圈定，被晚期沉积岩层掩覆的盆地（片），依据油气或煤田勘查经物探或钻探验证的深部构造予以确定。盆地图引入了“隐伏带”的概念以示与裸露区的区别，而在图集中的分盆地中采用的深部断陷或拗陷等，是经过勘探证实的负向（或正向）构造。

《中国煤层气盆地图》还着力表现了沉积构造盆地的叠置特征，特别是稳定的大型沉积构造盆地，具有很好的继承性，跨世代构建了叠置型盆地。按照残留盆地观点，参照晚古生代中期以来的几个地质时期，编制了石炭纪、二叠纪、三叠纪、侏罗纪、白垩纪和第三纪含煤盆地分布图（1:500万），再缩制成六个时代彩色含煤盆地分布图（1:1800万）编入《中国煤层气盆地图集》，作为《中国煤层气盆地图》的配套图。在编制分时代（纪）含煤盆地分布图时，未再按“世”或“统”对含煤盆地加以区分。实际上，石炭二叠纪含煤盆地有很强的继承性，但在不同世期、不同地域盆地分布位置均有迁移，上下

叠次亦有变化。三叠纪盆地基本上均发育在晚三叠世，侏罗纪集中在早、中侏罗世，白垩纪集中在早白垩世，而晚侏罗世与早白垩世盆地继承性强，含煤岩系往往连续沉积，盆地类型亦多半一致。第三纪含煤盆地，早、晚世代分明，分布地域集中。为了突出主题和保持图面清晰，着力表现含煤盆地的分布状态，《中国煤层气盆地》（1:500 万）舍弃了盆地内有关沉积、构造、煤系、煤层气等地质内容和地质参数，更不标注非地质含义的内容与参数，而将需要表现的内容与参数移植到图集的分盆地图中去。

《中国煤层气盆地》所使用的含煤地层单位，石炭系和二叠系均采用二分制。华北区石炭系缺失下统，上统为本溪组、太原组；二叠系下统为山西组、下石盒子组，上统为上石盒子组、石千峰组。太原组不为晚石炭—早二叠世穿时地层，上石盒子组亦不为早二叠—晚二叠世穿时地层。华南区马平组（船山组）则为晚石炭—早二叠世穿时地层，其上部相当于下二叠统底部的龙吟阶。位于栖霞组下部、船山组上部的梁山组，仍与栖霞组同属下二叠统栖霞阶，而不为跨龙吟—栖霞期的穿时地层。塔里木盆地北缘的塔里奇克组仍划归上三叠统上部，盆地南缘的康苏组仍划归下侏罗统。北方区巴彦花群、霍林河群等所含门类化石大体雷同，其时代均为早白垩世，其底界与鸡西群城子河组相当，属白垩系底界。龙爪沟群上部的珠山组亦属下白垩统。

编入图集集中的全国性煤岩变质程度图，选用了李河名、费淑英等编著的《中国煤的煤岩煤质特征及变质规律》的附图：“中国石炭系煤化程度图”、“中国二叠系煤化程度图”、“中国中生界煤化程度图”（1:1000 万素色图）。对图中内容做了局部补充或归并，煤岩分级（阶）也按改动后的方案，采用汉语拼音字头并标定颜色缩制成 1:1800 万彩图，并采用“煤岩变质程度图”冠其名，还补编了“中国新生界煤岩变质程度图”（1:1800 万），为保持原图的完整性，未使用分盆地图资料修订原图，但大地构造分区背景采用了本文观点绘制。

《中国煤层气盆地》（1:500 万）的地理底图，选用了由地质出版社提供的“中国地质图”（1:500 万）的地理底图，又用 MAPGIS 软件经微机校正，并由原编绘单位协助增补了 400 余个城镇地物点。图集中缩制的相关图件，均由 1:500 万地理底图缩制而来。图集中分盆地部分的图件，则依所用资料的原图或作了部分修改或重新制作。

中国煤层气盆地图集的分盆地部分，依据下列次序进行编排，塔里木—华北板块的华北陆块：鄂尔多斯盆地、沁水盆地、华北盆地；塔里木陆块：塔里木盆地；华南板块的扬子陆块：四川盆地、黔西盆地群、湘中南盆地群；准噶尔—兴安活动带（西伯利亚板块）及天山—赤峰活动带（塔里木—华北板块）：准噶尔盆地，三江盆地群，松辽盆地，铁法、阜新和抚顺盆地等。单个盆地（群）内容一般包括：含煤盆地或区块地质简图或构造纲要图及剖面图、煤层气勘探程度图、含煤岩系岩相古地理图、含煤岩系和含煤地层厚度图、含煤岩系煤岩变质程度图，勘探试验区或勘探区主要勘探井的目标煤层含气量分布图、等温吸附曲线、气水产量曲线及其它参数图表等等。上述资料主要选用了新星石油公司华北石油局的煤层气勘探和研究成果资料，新星石油公司所属西南、中南、西北、东北石油局规划研究院（所）多年来编研的含油气盆地地质构造演化及煤层（成）气研究成果资料，并使用了中联煤层气公司提供由煤科院西安分院承担的一些盆地或区块煤层气勘探研究成果，同时还使用了中国石油集团的煤层气勘探研究成果，以上资料使用情况均在下文作了进一步表述，资料使用情况均在图序目次的资料来源和资料文献目录中注明。

《中国煤层气盆地》包括含煤-煤层气盆地综述和分盆地分述两个部分。

盆地综述部分编写了煤层气矿产地质特征及国内外勘探开发现状,中国含煤盆地形成演化的大地构造背景,中国沉积盆地研究现状,中国含煤盆地分布与分类,中国含煤盆地沉积特征,中国含煤盆地煤岩变质特征,含煤-煤层气盆地形成、保存及成藏条件。

关于中国含煤盆地形成、演化的大地构造背景部分,选用了程裕淇的《中国区域地质概论》,按其观点择编了中国大陆板块构造分区、中国大陆板块构造演化、中国大陆构造域分布三个部分。大地构造分区按板块构造分级和次序排列,通过对板块构造单元及板块结合带的概述,给人一个全貌的了解;通过板块构造演化的概述,使人对中国大陆构造发展历史有所梗概的了解;通过大陆构造域的分布,则可使使人从地球动力学角度理解大陆板块间及板块内构造应力场分布状况,从而认识盆地构造变形的机理及相互关系。

关于中国含煤盆地沉积特征的内容,选用了张韬等编著的《中国主要聚煤期沉积环境和聚煤规律》,按板块构造分区,以盆地(原型)为基本单元,对沉积类型作了两个世代的划分,晚古生代克拉通盆地是以海盆陆表海沉积环境为特征,组成海相-海陆交替相-陆相沉积组合,形成以过渡相及相关相带为有利成煤相带。中、新生代则以陆盆陆表湖沉积环境为特征,组成湖相(或残留海盆)-河湖交替相-河流相沉积组合,形成过渡相(三角洲相)及相关相带为有利成煤相带。不同世代、不同类型盆地聚煤环境不同,但成煤环境均要在水体与陆缘间的过渡相带的覆水泥炭沼泽还原环境中形成。

关于煤岩变质程度的内容,选用《中国煤的煤岩煤质特征及变质规律》,并参照《中国煤田地质图》等相关资料进行编录。重编时未采用巨型变质带、变质区、变质源等概念,仍按不同板块、不同时代进行叙述。对煤岩变质热动力机制的分析,指出构造应力对煤岩变质作用的影响也不应忽视和遗忘。煤岩变质程度分级(阶)方案,基本遵循前人研究成果划分方案,但作了一些修改,采用了四档八级(阶)划分方案,即低变质烟煤—褐煤 $R_{o,max} < 0.5\%$, 长焰煤 $R_{o,max} 0.5\% \sim 0.65\%$, 气煤 $R_{o,max} 0.65\% \sim 0.9\%$; 中变质烟煤—肥煤 $R_{o,max} 0.9\% \sim 1.2\%$, 焦煤 $R_{o,max} 1.2\% \sim 1.7\%$; 高变质烟煤—瘦煤 $R_{o,max} 1.7\% \sim 1.9\%$, 贫煤 $R_{o,max} 1.9\% \sim 2.5\%$; 无烟煤 $R_{o,max} 2.5\% \sim 4.5\%$, 超无烟煤 $R_{o,max} > 4.5\%$ 。

分盆地描述部分的编写,择选了分布在塔里木-华北板块、华南板块和准噶尔-兴安活动带的主要含煤盆地(群):鄂尔多斯盆地、沁水盆地、华北盆地、塔里木盆地、四川盆地、黔西盆地群、湘中南盆地群、准噶尔盆地、松辽盆地、三江盆地群等。对盆地的概述一般阐述了盆地(原型)的形成、演化,对盆地煤层气地质特征的阐述则以现今残留的沉积构造盆地对象,依据资料状况,从盆地整体入手或选择典型区块进行评述,其内容包括煤层气地质条件和煤层气资源评价参数两个方面。因勘探程度或资料收集等原因,评述的深度与广度参差不齐在所难免。

对盆地的描述采用盆地分析方法,从原型盆地的形成、沉积建造特征、含煤岩系的发育入手,进而对原型盆地变形、解体作出地质历史的分析,表述其变形后的地质构造基本特征。如华北盆地以陆块为基底,在早古生代克拉通盆地基础上形成石炭二叠纪含煤盆地(原型),经印支期后构造变动,原型盆地变形、解体,自东而西形成大型拗陷和隆起,山西隆起带上形成沁水含煤盆地和晋北盆地群,西部形成构造较稳定的鄂尔多斯大型叠置型含煤沉积构造盆地,而东部构造活动强烈形成了断拗或断隆型华北含煤盆地(片)群。对含煤盆地煤层气地质特征的描述,考虑到其与盆地构造演化、热演化密切相关,因而不

同世代、不同类型含煤盆地煤层气赋存状态差异很大,需按每个盆地作具体分析。每个盆地或区块收编了地质图或构造纲要图和横剖面图,使人对盆地或区块整体地质构造面貌有所了解。通过对含煤岩系沉积厚度、岩相图及文字描述,对煤系地层分布、厚度、埋深,以及煤层储集性能特征,煤岩变质状况作出分析,对目标煤层含气量、含气饱和度、地层压力状况、煤层气井气、水产量等测试资料的分析,使人对含煤盆地或区块的煤层气地质特征有所了解。

上述选用的资料都是前人多年勘探和研究的宝贵成果。有关盆地形成、演化成果资料多半选用了新星石油公司所属单位的盆地研究资料,如“鄂尔多斯叠合盆地演化与含油气性”、“华北板内构造特征与油气”、“新疆塔里木盆地演化与资源评价研究”、“新疆塔里木盆地地层沉积特征岩相古地理”、“松辽盆地找气前景及成藏地质条件研究”、“松辽盆地深部坳陷的沉积体系、构造格架及其后期演化分析”、“四川盆地形成与演化”、“四川盆地构造变形与天然气成藏条件研究”等。以上成果有些是中国地质大学、成都矿产地质研究所共同参加,其中还有成都矿产地质研究所撰著的《准噶尔盆地演化与地球动力学》。有关煤层气地质方面选用了新星石油公司及中联煤层气公司、中国石油集团等单位的成果资料。如新星石油公司系统的勘探研究成果“华北地区石炭、二叠系煤层气赋存的地质条件及资源评价”、“华北及邻区煤层气地质特征及评价选区研究”、“煤层气勘探开发评价选区及工程工艺技术攻关研究”、“我国煤层气勘探选区研究”、“鄂尔多斯盆地中生界煤层气区域地质特征及评价选区研究”、“沁水盆地煤层气评价选区及勘探部署成果报告”、“湘中、湘东南煤层气地质特征及评价选区研究”、“湘中、湘东南煤层(成)气评价勘探阶段总结报告”、“四川盆地上三叠统天然气形成条件与煤化作用的关系”、“贵州西部地区浅层天然气(含煤层气)评价勘查项目总结报告”、“松辽盆地上侏罗统一白垩统煤成气地质条件研究”等。选用中联煤层气公司提供由煤科院西安分院编写的成果资料:“沁水盆地煤层气评价选区及勘探部署研究报告”、“三江—穆棱河含煤区煤层气资源评价及选区报告”、“辽中地区煤层气资源评价及选区报告”、“六盘水含煤区煤层气资源评价及选区报告”等。此外还选用了中国石油集团编著的“煤层气地质与勘探技术”、“中国煤层气地质评价与勘探技术新进展”等资料。还有桂宝林编著的《黔西滇东煤层气地质与勘探》等。

由于煤层气总体勘探开发程度很低,综合研究与资源评价水平有限,已有资料翔实程度不一,因之对盆地或区块的评述参差不齐,对主要盆地和典型区块的认识亦不能以偏概全或“盖棺定论”。

“中国煤层气盆地图”编制课题是中国新星石油公司1999年6月设立,由华北石油局咨询中心、规划研究院承担。孙万禄(教授级高级工程师)为主编,陈召佑(教授级高级工程师)、陈霞(高级工程师)为副主编,王树华(高级工程师)、付晓云(高级工程师)等为课题组成员。“中国煤层气盆地”编撰,“中国煤层气盆地图”(1:500万)和图集的编图设计由孙万禄编制和撰写,陈召佑参加了全程工作,陈霞完成“中国煤层气盆地图”(1:500万)和图集中全国性图件的编制以及资源量测算工作,王树华完成图集中分盆地图的编制工作,付晓云负责图件的绘制工作。周媛、何晶、张喜荣自始至终参加了图件及文字制作;尤欢增处长、应文敏主任、宋国凤高级工程师对课题的确立和出版给予了支持,对课题的组织管理给予了指导;陈凤陵翻译为书、图作了英文翻译,赵舒教授

级高级工程师作了校译；王文玉、樊明珠、王伟高级工程师，许玲副研究馆员，高辉、姜红伟等都参加了课题工作。编者对所有参加课题研究和支撑课题实施的同志致以深深地谢意。

在此应当特别感谢中国新星石油公司原总经理朱家甄，周玉琦、侯鸿斌副总经理等领导对课题确立的支持，同时感谢华北石油局左文岐局长等现任领导和部门对研究成果印刷出版的支持。感谢刘光鼎院士百忙之中为本书作序。还要感谢中联煤层气公司孙茂远副总经理、冯三利总工程师、张遂安主任，中国地质科学院 562 综合大队叶定衡教授，中国石油集团煤层气勘探部赵庆波经理，中国新星石油公司中南石油局规划研究院姚席斌院长，西南石油局杨克明总工及地质出版社祁向雷编辑给予的帮助。

在《中国煤层气盆地》编撰、《中国煤层气盆地图（集）》编制完成之即，编者还要郑重声明，课题所使用的文献、资料均是前人辛勤耕耘的结晶，对程裕淇先生、岳希新先生及煤田地质界先辈的精品著作，以及石油地质、煤田地质界同行先期研究成果，编者首先是鞠躬学习，在择编使用中出现的错误，均属本编者的责任，在此仅向原编著者致以深深地歉意。通过《中国煤层气盆地》及《中国煤层气盆地图》（1:500 万）和《中国煤层气盆地图集》的编撰和编制，如能将前人在区域地质、煤田地质、石油地质诸领域的研究成果汇集而为丰富煤层气地质理论起到一次索引的作用，也就达到了编者劳作的初衷。由于编者水平有限，文图中错误之处尚望同行批评指正。

编 者
2002 年 9 月

Preface

Coalbed methane as a new kind mineral of energy has an enormous potential of resources and has economic value, commercial benefits and environment effect. It will be a new substitute of energy in the coming century. Coalbed methane exploration and development has been conducted in many countries in the world and it has played an important role in some countries. Although coalbed methane industry is just starting, Chinese government attaches great importance to its growth. In 1996, Jiang Zemin, General Secretary of China, said "Depending on science, development coalbed methane industry". Lipeng, Premier, said "making a breakthrough and developing new energy." That provides guidance for coalbed methane industry growth in the new century.

Coalbed methane is a flammable gas mainly composed of methane and existing in coal seams of sedimentary basin in form of absorption. Gas in coal seams is able to be produced, gathered and utilized by modern exploration and production technology. Coalbed methane is a clean fuel and chemical material. Exploitation of coalbed methane reduces disasters in coal mines and environment pollution resulted from greenhouse effect arising out of methane emission to air. Coalbed methane is new alternative of energy changed from harm to usefulness.

Coalbed methane and coal is coexisting materials and has geological history of existing with oil and conventional gas in the same depositional tectonic basin which is the parent of organic deposition host. Reservoiring rule of has some similarities and differences and characteristics with coal, oil, conventional gas and coal gas. Coalbed methane reservoir distribution has its own rule in coalbearing basin. Its genetics, evolution and disappearance changes with sedimentary basin evolution. Though, oil and conventional gas coexist in the same depositional basin, the methods of exploration and development are different since their different reservoiring mechanics.

Coalbed methane, as called one kind of minerals, is because it reserves in geological bodies with certain rules and has obvious reservoiring ability and recoverability and considerable resources prospect and development possibility. Through geological investigation, its reserves can be proved and reached scale of production after being developed. Only when resources prospects are satisfied and development and utilization is able to be conducted, can social economic benefits be created, and can an large industry constituting economic society be formed. It is known that by prediction worldwide coalbed methane resources are $240 \times 10^{12} \text{m}^3$ which equal two times of proved reserves of conventional gas. Coalbed methane resources in China equal to half of prospective conventional gas resources. Its development equals to add a new kind of conventional gas resource. Gas resources equal to be doubled as coalbed methane resources are added to conventional gas resources. As oil, gas and coal is important strategic resources that can not be regenerated,

and oil and conventional gas will be in short in future, new alternative energy resources are essential to supplement. Coalbed methane will be an alternative energy resource in the new century.

In order to develop and utilize coalbed methane, over ten countries of six continents have undertaken coalbed methane exploration and development. Coalbed methane is abundant in USA that is the first successful country in its exploration and development. Since 1970's, coalbed methane exploration and development has been done in 13 coal—coalbed methane bearing basins. During 1980's to 1990's, large scale of exploration and development was conducted in San Juan and Warrior Basins. In 1990, 2000 wells were drilled and 6300 wells in 1994 and 10600 wells in 1999. Coalbed gas production is less than $1 \times 10^8 \text{ m}^3$ in 1980, $92 \times 10^8 \text{ m}^3$ in 1991, $207 \times 10^8 \text{ m}^3$ in 1993, $309 \times 10^8 \text{ m}^3$ in 1997 and $350 \times 10^8 \text{ m}^3$. It accounted for 6% of gross natural gas production.

China is a large country with coal and also with rich coalbed methane resources. Prospective resources volume of coalbed methane is $20 \times 10^{12} \text{ m}^3$ within 2000 m. Coalbed methane exploration in China didn't start late. In 1980's, modern exploration and development techniques were introduced from outside and pilot exploration were undertaken. In 1990's, coalbed methane industry were attached importance to and breakthrough was made in exploration. Over 200 wells were completed since 1980's. Slim - hole pattern production was conducted successfully in Carboniferous—Permian coal seam, Liulin, Hedong in 1994. Production from a single well of 7 wells was $1000 \sim 3000 \text{ m}^3/\text{d}^3$, the highest one $7050 \text{ m}^3/\text{d}^3$. The highest production from one single well reached $8928 \text{ m}^3/\text{d}^3$ in Tiefsa Basin in 1994. Recently successful production was made in Linjiaping and Qikou pilot areas, Sanjiao of north Liulin, Shanxi. $402 \times 10^8 \text{ m}^3$ proved reserve was obtained in 50 km^2 Banzhuang; $353 \times 10^8 \text{ m}^3$ in 182 km^2 Fanzhuang, southern Qinshui Basin. Coalbed methane exploration and development and foreign cooperation is under ascending. Coalbed methane will be one of central part of China energy industry in the new century.

Coalbed methane industry is growing with improvement of its exploration and development techniques. Sophisticated technology is an important condition of coalbed methane industry growth. Since 1980's, modern technologies were introduced and geological evaluation and engineering techniques were systematically studied, and pilot exploration was undertaken combined with China geological tectonic characteristics. Progress was made in resources prediction, drilling, geological evaluation, cementing, logging, well testing, fracturing and production etc. and in gas well production and construction etc.. Being a new energy, coalbed methane production techniques was introduced since 1980's and took shape in 1990's and explored by combining China coalbed methane geological conditions. Techniques in exploration suiting China situation have been found out.

Main forces being engaged in coalbed methane study in China are from companies on geology and mineral resources, coal and petroleum parties. China National Star North China petroleum Bureau has made marvelous achievements in exploration and obtained significant study results. Since 1980's, it systematically studied foreign coalbed methane exploration technology and published "Coalbed methane Interpretation Symposium" and conducted study on C—P coalbed meth-