

第一章 历史的回顾：中国天然气 勘探开发与利用历程

火的使用和能源的变更是人类文明发展的重要标志。燧人氏钻木取火被当作一件划时代的大事，记录在中国远古的历史上；普鲁米修斯窃取天上火种到人间，虽是一种神话却也在西方留下永恒的记载。火之所以如此在东西方都被奉若神明，在于它确实人类与一切动物之间划上了一条不可逾越的界限，人类从此开始熟食，火成为人类文明的专利。在以后人类发展的漫长岁月中，由火引发的能源利用更使人类文明的发展不断加速，随着能源结构的变更，取得的成就日益辉煌。以薪炭为主要能源的时代，核心是解决人类温饱问题。19 世纪以蒸汽机为代表的工业革命以煤炭为主要能源，现代工业化社会的主宰能源则是石油，而目前环保、安全、运输、需求量、蕴藏量、储量增长及经济上的诸多因素则使人们普遍认为，人类会有高度文明的 21 世纪将是第三大化石能源——天然气的世纪。在薪炭、煤炭、石油的开发利用上，中国都有值得骄傲的伟大贡献。天然气如何？我们的回答是，天然气开发利用有着与中华民族历史一样的兴旺发展，也将会有同样辉煌的未来。古代，我国是世界上利用天然气最早且卓有成效的国家。近代由于列强的侵略，中国沦为半封建半殖民地社会，天然气开发利用迟滞落后，新中国成立后，中国天然气工业逐渐得到恢复发展，常规天然气的开发利用现已进入加速发展时期，非常规天然气探索已初见成效。预计 21 世纪将是中国天然气工业腾飞的世纪。

第一节 建国前（1949 年以前）的回顾： 辉煌的古代与迟滞的近代

一、辉煌的古代：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”，但只是为了纪念神奇的喷火怪物而未涉及认识和利用。

中国关于天然气的记载，至少在 3000 年以前。早在公元前 1122—770 年，《易经》中就有关于“泽中有火”的记载，并有“火欲上，而泽欲下”之说，已涉及到天然气的运移问题。关于火井的记载则始于临邛。

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。

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。这一成就至今仍令西方有关人士赞叹。

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，利用天然气进行煮盐。1835 年采用“卓筒井”技术，钻成了世界上第 1 口超过千米（兴海井）（达 1001.4m）的深井，日产气 5000~8000m³，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，它可视为中国天然气开发的初始阶段。也是我国当时领先世界的辉煌成就的记录。

二、迟滞落后的近代：半封建半殖民地时代扼杀了中国天然气的开发利用

从鸦片战争起到中华人民共和国成立的近代时期内，中国逐渐沦为半殖民地半封建国家，中国油气工业遭到严重的阻碍和摧残，而且受“中国贫油论”思想的束缚，发展极其缓慢，处于落后状态。

在中国近代时期，从事油气地质勘探的人员极有限，据中国石油公司 1949 年统计，地质勘探人员包括石油物探人员共 48 人，这些人主要从事石油地质调查研究，没有专业的天然气地质人员。进行过天然气地质勘查的地区仅有四川巴县石油沟和隆昌圣灯山（申力生，1988）。

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，并获得工业气流，此后，直到 1949 年，在四川共钻 60 口探井，平均井深不足千米，仅在石油沟和圣灯山获得低产气井。因此，我国近代天然气工业没有获得重大进展。

这一阶段仅在石油地质理论上有了初步认识，关于四川钻探目的层的问题，黄汲清认为“深层二叠、三叠系为海相沉积，可能有生油层和含油层存在，而目也为露头的油苗所证实”，积极主张钻探深层。谢家荣提出“行列背斜”的概念，并且建议钻探“低背斜”。

总之，建国前由于国家贫困，科学技术发展缓慢，从事油气地质勘探人员极少，钻井工作量也极少。指导油气勘探开发的石油地质理论有初步的发展，但对天然气地质的认识依附于石油地质学，难于指导油气勘探，下游利用极度困难。因此，这一阶段中国谈不上有真正的现代天然气工业。

第二节 建国后，头 30 年（1949 年—1978 年）： 中国天然气工业的新生与发展

中国真正的现代天然气工业开始于新中国的成立。这一阶段初期囿于人们对油气综合研究水平及认识程度不够，石油和天然气在相当长的时期内都被人们看成孪生姐妹，仅将天然气作为成油过程的伴生物。加上天然气在勘探、开发等技术环节上较石油困难，因此，早期天然气藏（田）的发现，仅仅是找油过程中的副产品，在中国的情况亦不例外。

该期天然气工业的新生与发展体现在两个方面，一是在找油为主获得伴生气储量增长的同时发现了一些中小气田，这主要是在松辽、渤海湾等含油气盆地，因为这些中小气田的发现，盆地的勘探方针也逐渐变为以找油为主，兼探天然气，个别地区甚至改为油气并举。增加了勘探天然气的工作量，促进了油区天然气储量的增长。二是在含气为主的盆地，专探工

作得到迅速发展,甚至促进了含油气盆地天然气的勘探与开发。

这一时期以四川天然气勘探开发作为全国天然气的勘探开发基地,利用现有地质认识和勘探技术,辐射全国重点含气盆地,先后在四川、鄂尔多斯、柴达木、准噶尔、吐哈等盆地和台湾地区开展了油气勘探工作(图 1—1),并取得了天然气勘探的初步成果。

一、四川盆地天然气勘探开发持续发展

四川盆地比较正规的天然气勘探工作是从 1953 年开始的。原地质部、石油工业部都组织了专门的勘探力量开展工作。

1. 勘探技术革新、钻探川东南二叠、三叠系初见成效

勘探技术的正规化和科学化,以及勘探工作量的成倍增加,使得川中、川东南地区二叠、三叠系获工业气流。建国前,油气勘探主要以地面地质调查为主,结合地质图的编制,进行综合研究。建国后,重磁力勘测技术、地面电法勘探技术、光点记录地震仪等技术的应用,改善了地面及地下地质资料的品质,为全面认识盆地地层分布、区域构造含油气条件打下了基础。1956 年起,勘探重点转向盆地内部的川中及川东、川南地区。先后在圣灯山和石油沟构造钻获三叠系高产气流,发现了川东南三叠系气区。从 1958 年至 1961 年,继续川东南的天然气勘探,除在邓井关等 7 个构造钻获三叠系气流外,又在纳溪等 4 个构造二叠系中钻获工业气流。

2. 完善裂缝性气藏勘探开发技术,四川天然气工业稳步发展

随着科学技术的发展和改进,人们对裂缝性油气藏的认识不断深化。在此阶段,经过川中会战、圣灯山气田综合勘探、中梁山坑道调查以及“十快”、“十细”的钻井工作方法(①预告地层及油气水层细;②判断憋、跳钻时加快及放空细;③测量钻井液性能细;④观察钻井液出口及池内液面变化细;⑤鉴别砂样、岩心及识别其中充填矿物的含量、晶形、透明度细;⑥掌握气测、荧光度变化细;⑦收集辨别油、气、水样细;⑧记录测试资料细;⑨收集增产措施资料细;⑩综合分析研究细。)和“一占三沿”(打第一批初探井的井位,必须占高点、沿长轴、沿扭曲、沿断层)井位部署原则等一整套对付裂缝性气藏技术措施的形成,打开了油气勘探的新局面,致使勘探工作年年有进步,岁岁有发现,不断持续发展。

党和国家领导人对四川的油气勘探十分重视。1957 年,朱德副主席视察四川时提出“加倍努力,探出石油”。1958 年 1 月和 3 月,邓小平副总理、毛主席分别视察了黄瓜山和圣灯山气田,给予四川石油职工很多勉励,使职工受到很大鼓舞。

在此期间勘探成效比较显著,表现在:经历了川中石油勘探会战,基本搞清了大安寨(J_1^4)、凉高山(J_1^5)油层的特点、分布规律及控制因素;对川东南二叠、三叠系气藏的特征与分布有了进一步认识,并重点解剖了圣灯山气田,取得了经验,指导了其他气田的勘探;威远发现震旦系气藏,开拓了勘探新领域。特别应指出的是加深了对裂缝性气藏的认识,1965 年四川石油会战领导小组召开的技术座谈会,总结出碳酸盐岩裂缝性气藏“一占三沿”的井位部署原则等勘探方法,意义深远。

3. 天然气开发利用加快,四川建成天然气生产基地

由于 1965 年“开气找油”勘探会战后相继结出硕果,四川盆地的油气勘探成效显著,川东南二叠、三叠系进一步取得成果,特别值得一提的是卧龙河气田相继发现香溪群(Th)、雷一段(Tr^1)、嘉四层(Tc_4^3)、嘉三段(Tc_3^3)、长兴组(P_2^3)等气藏。证实川东南二叠、三叠系具有产层多的特点。探井的部署原则也从“一占三沿”发展成“三占三沿”,即占高点、占鞍部、占断块、沿长轴、沿扭曲(鼻子)、沿陡带,对油气勘探具有一定指导

开展了陕北地区地面地质调查和地球物理勘探工作。由于鄂尔多斯盆地初期以找油为主，故这一时期天然气勘探成效甚微。只在 1964 年吴 19 井见到天然气；1969 年 5 月，刘家庄构造的刘庆 1 井于石炭—二叠系获得日产天然气 57864m^3 。

但是这一时期的区域地质调查，石油天然气成藏地质条件的认识有了很大进步，提出了“上地台中部”的指导思想。并在黄土源地震方法、钻井试油工艺和测井解释技术上有了很大突破。这些地质认识上的丰富和勘探技术的准备，为后来上下古生界天然气田的发现，最终探明长庆大气田打下了理论和技术基础。

3. 准噶尔盆地

1951 年中苏石油股份公司成立以后，在准噶尔盆地开始了正规的油气勘探工作。经过几年的摸索，油气勘探逐步向盆地腹地和构造平缓地区拓展。由于成功地运用了综合勘探（地质、地球物理、钻井等）方法，1955 年发现了克拉玛依油区。它的发现，拓宽了找油思想，坚定了在平坦地区找油的信心。

4. 吐哈盆地

勘探始于 1954 年，1958 年预探井胜 4 井喷出大量原油和天然气，发现了胜金口油田，从而揭开了老区勘探构造油气藏的序幕。

5. 台湾地区

台湾油气勘探取得突破，并经历了天然气产量高峰时期。台湾石油勘探和开发是我国最早的省分之一。由在苗栗设立的台湾油矿勘探处管理。在 50 年代，主要从事地面地质调查和少量的地球物理勘探及浅钻探工作。1954 年 1 月，台南县竹头崎 8 号井钻探成功，改变了部分人士对台湾油气田消极的看法。但限于经费，油气勘探无太大的发展。

台湾油气勘探与开发快速发展始于 60 年代初，由于受锦水 38 井深部勘探成功的鼓舞，台湾油矿勘探处开始扩大探油工作。表现在探井范围扩大；探井深度不断增加，逐渐钻探了 5400m 以上的深井，具备定向侧钻技术等。并于 1972 年 12 月成立海域石油勘探处。同时注意引进新技术，为了不断提高探采水平，有关当局一方面不断派人出去学习，一方面不惜重金聘请专家为台湾担任技术顾问。

目前台湾油气田有锦水深部气田、磺坑油气田、铁砧山气田、崎顶气田、宝山油气田、青草湖气田、白沙屯气田、永和山气田、新营气田、八掌溪气田和长康油气田，但均属中小型油气田。

台湾 40 年来天然气产量增加很多，至 1977 年达到最高峰，这年天然气年产量达 $19.9 \times 10^8\text{m}^3$ 。目前，天然气产量逐年递减。1990 年天然气产量为 $11.55 \times 10^8\text{m}^3$ 。

第三节 改革开放 20 年（1979 年—1999 年）： 中国天然气工业的飞跃与成就

众所周知，1978 年十一届三中全会以后，中国开始了经济体制改革，中国由此而走上了一条经济高速发展的道路。中国天然气工业同样日趋兴旺，天然气勘探开发理论技术逐步进入了国际先进行列，发现的气田数量、储量及天然气产量进入巨大增长为标志的飞跃发展期，成就卓著。

一、天然气勘探开发理论技术攻关促进天然气工业加速发展

国家在四个五年计划期间连续组织天然气勘探开发的理论技术攻关，促进了天然气勘探

开发队伍的逐渐壮大,天然气地质理论和应用技术在中国高速发展,有力地指导了勘探。

建国前,中国只有 48 人从事石油地质调查研究,没有专业的天然气地质研究人员。建国后中国天然气地质队伍空前发展,仅根据从事国家天然气科技攻关天然气地质研究人员统计:“六五”和“七五”期间分别为 800 余人和 1400 余人,“八五”期间多达 3509 人^①。不断壮大的天然气地质研究队伍,在天然气评价、选区和研究上完成了大量工作,首要任务是完成了中国天然气资源评价。建国前中国没有一本天然气地质专著或专集,至 1995 年中国出版的天然气地质专著达 28 部,其中包括天然气地质学专著 4 部。中国天然气地质研究成果丰富和发展了世界天然气地质理论,同时指导了中国天然气勘探,加速了天然气工业的发展。

中国近代和建国后至 80 年代之前,主要以单一的油型气理论阐述天然气成因,指导天然气勘探。天然气成因理论的局限性和片面性,即仅以油型气一元成气论研究和指导天然气勘探,使中国失去了含煤盆地和含煤地层广大的找气有利地区和目的层。70 年代末煤成气理论在中国的建立(戴金星, 1979),使中国开辟了新的天然气勘探领域。同时由于国家对发展现代油气勘探开发理论技术给予高度重视和广大科技人员的努力,使中国的天然气勘探开发理论迅速接近并终于进入国际先进行列,从而大大促进了天然气储量的迅速增长。

1. 一元成气论和中国天然气工业

本世纪 80 年代之前,中国油气地质科技工作者认为天然气是由腐泥型烃源岩形成的,即天然气是海相碳酸盐岩和泥页岩及湖相泥页岩的产物,称之为油型气。同时,以此一元成气论来指导天然气勘探,没有看到煤系和亚煤系成气的巨大潜力和前景,不把含煤地层作为成气源岩和目的层。因此,天然气勘探进展慢、探明天然气储量不多。从 1950 年—1980 年只探明天然气储量约 $2883 \times 10^8 \text{m}^3$, 平均每年只有约 $85 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

2. 二元成气论促进了中国天然气工业的发展

1979 年戴金星在中国首先引进煤系和亚煤系是良好气源岩,并指出四川盆地、鄂尔多斯盆地、渤海湾盆地和塔里木盆地等是勘探煤成气的有利地区。使中国研究天然气成因和指导天然气勘探从一元论,即仅为油型成气论,走向二元成气论,即油型成气论和煤型成气论。煤成气理论一出现,就受到国家、石油部、地质部、煤炭部和中国科学院领导的重视和支持。1983 年国家计委把“煤成气的开发研究”列为“六五”国家重点科技攻关项目,加速了理论和生产的结合,大大加强了中国天然气的研究和勘探。过去,从一元成气论出发,中国天然气地质研究与勘探主要集中在四川盆地,目标主要在碳酸盐岩地层中。从 80 年代以二元成气论指导中国天然气勘探后,勘探领域扩大,天然气勘探成果日益显著,天然气探明储量大幅度增加。在一元成气论指导找气期间,全国总共探明气约 $2883 \times 10^8 \text{m}^3$, 平均年探明气约 $85 \times 10^8 \text{m}^3$; 以二元成气论指导找气期间(至 1998 年底),全国总共探明气 $26455.14 \times 10^8 \text{m}^3$, 平均年探明气 $1322.76 \times 10^8 \text{m}^3$ 。分别为一元成气论期间的约 9.2 倍和 15.6 倍。二元成气论指导找气期间探明气储量大幅度提高,主要与煤成气探明储量大比例增加有关。如 1978 年时煤成气探明储量只占全国储量的 9%, 但至 1994 年则上升为 38%。大中型气田发现速率加快。在建国后一元成气论指导找气期间,中国仅发现 6 个中型气田,平均约 5 年发现 1 个中型气田; 二元成气论指导找气期间发现大中型气田 24 个,平均约 1

^① 中国石油天然气总公司石油勘探开发科学研究院,地质矿产部石油地质研究所等, 1995 年,大中型天然气田形成条件、分布规律和勘探技术研究。

年发现 1 个大中型气田。

“六五”、“七五”期间石油系统（原中国石油天然气总公司与中国海洋石油总公司）参与了“油气田地质理论和勘探测试技术”项目的攻关。在天然气资源评价的攻关中，系统地研究了我国 38 个主要含油气盆地 99 个层系有机质丰度和类型及生烃潜力，总结了可获得工业油气流的下限，提出了生物标记物定量组合判别生源构成及三种煤相，从而指出了我国储气的良好前景。通过地质模型实验，获得了目前我国三大岩类（碎屑岩、碳酸盐岩、可燃有机岩）系列比较完整的油、气产率参数，丰富了油气生成理论。“七五”期间，由于对我国主要油气盆地逐个进行了整体分析，总结了不同盆地天然气分布规律及聚集控制因素，指出了大陆架盆地、中部克拉通盆地和西部地带是我国大中型气田的有利地区。与此同时，对已找到的 16 个中型气田和 20 多个典型气田进行了深入解剖，总结出控制我国天然气藏形成和富集的八项基本地质因素，指出了我国勘探大、中型气田的有利地区是塔里木盆地、四川盆地、鄂尔多斯盆地、东海与南海等，为今后寻找大中型气田的勘探部署以及确定“八五”期间攻关目标提供了依据。“七五”期间，由于紧密结合天然气勘探开发进行科技攻关，获得了明显效益。“六五”期间新增天然气探明储量达到历史上的最高记录。“七五”期间新增天然气探明储量又比“六五”翻了一番。截止 1990 年底我国发现的 16 个大于 $100 \times 10^8 \text{m}^3$ 的中型气田中，有 8 个是在“七五”期间发现的。特别是鄂尔多斯盆地在连续获得日产 $10 \times 10^4 \text{m}^3$ 以上的多口气井以后，已控制了近千平方公里的含气区，钻探结果表明，为大面积、中低产整装大气田。在已获得工业气流范围内，“七五”期间已拿下 700km^2 的气层探明储量，是国内陆上最大的气田，已具备开采的资源条件。

3. “八五”以来，我国天然气科技攻关研究理论与技术并重，取得了一系列重大的进展

对四川盆地川东地区高陡背斜带地腹构造的正确识别和石炭系在全区厚度变化、尖灭和缺失的圈定技术的突破，由之建立了石炭系成藏富集规律，因而在“八五”期间得以在川东探明了 4 个大、中型气田，其中包括我国陆上第二大气田——五百梯气田。对四川盆地川西地区致密砂岩建立了以水溶相运移为主、适时古隆起上聚集的成藏模式，并以之为指导，发现和探明了新场中型气田，结束了在致密砂岩中只能找低产气藏的局面。根据油气地质学、岩石学、矿物学、岩溶学、地球化学和地球物理多学科相互交叉综合研究，确立了鄂尔多斯盆地中部奥陶系碳酸盐岩风化壳气藏的成藏规律，以此为指导，探明了我国第一个大气田即中部气田；莺歌海盆地由于右旋剪切产生一些近南北向的张扭断裂，诱发了高温高压包内塑性泥岩的底辟活动，随之高温高压包释放能量，形成大量流体上窜的底辟，并伴生与底辟有关的圈闭；深部高温流使浅部未熟烃源岩强化成气和深部气携运至浅部的底辟形成天然气成藏，由这种富集作用指导，在莺歌海盆地发现了东方 1—1 气田等 2 个大、中型气田。“七五”和“八五”期间，我国天然气科技攻关者多次指出勘探中亚煤成气聚集域东部的重大作用和意义。中亚煤成气聚集域是指中亚地区从里海之东的孟什拉克盆地经卡拉库姆盆地、阿富汗—塔吉克盆地、费尔干纳盆地至我国塔里木盆地、准噶尔盆地、吐哈盆地和三塘湖盆地与下、中侏罗统煤系源岩成气有关的盆地群，该域在我国之西的部分，于 1986 年之前已发现大批与下、中侏罗统煤系有关的煤成气气田。这些超前研究促使我国对与下、中侏罗统煤成气（烃）有关的勘探进入高潮，并取得了重大的经济效益。东海盆地西湖凹陷大、中型气田形成条件的研究，促进了宝云亭中型气田的发现探明和春晓含气构造的发现。完成了目前国内最完善、最系统的气聚集带的分类，完成了我国第一次气聚集带、气聚集区和气聚集域的研究和划分，对我国四川、鄂尔多斯、莺歌海、松辽和渤海湾等 13 个含油气盆地划分

出 2 个气聚集域、9 个气聚集区和 91 个气聚集带，为我国天然气勘探指出和准备了一批有利区带。首次划分和研究了我国主要盆地含气系统及成藏组合，即对我国四川、鄂尔多斯和莺歌海等 12 个主要含油气盆地划分出 18 个含气系统和 36 个成藏组合。“多源复合”天然气成因模式的提出，丰富了天然气成因理论。总结了大、中型气田形成的主要控制因素，据此，在四川、鄂尔多斯、塔里木、柴达木、准噶尔、渤海湾、松辽、莺一琼和东海等 9 个盆地选择出 35 个有利于发现大、中型气田的构造带或目标，为确保“九五”期间实现天然气储量大幅度增长提供了科学依据和方向。煤层气地质评价开发工艺取得了突破性进展，在鄂尔多斯盆地东缘柳林地区及山西沁水盆地石炭一二叠系煤层气开发工艺攻关与方法试验获得了重大进展。研究建立了一套识别天然气的物、化探技术方法，除去地质、地球物理、地球化学等领域的攻关外，在钻井技术、油气层改造方面也取得了相应的可喜进展。这些进步的综合运用大大提高了天然气勘探效益。

“八五”期间天然气科技攻关高水平的研究成果，为天然气勘探提供了科学依据和有利地区，使我国天然气勘探进入了飞跃期：“八五”期间探明的气层气储量相当于建国后至“八五”前 42 年探明气层气的总储量，即“八五”攻关期间年探明天然气储量是以前年平均探明储量的 8 倍；“八五”期间发现大、中型气田 15 个，其中包括我国最大的气田即中部气田，“八五”期间发现大、中型气田的速度是以前年平均发现大、中型气田速度的 7 倍。而“九五”前三年发现大气田的规模与储量又远远超过“八五”，也超额完成了整个“九五”期间的计划。

“九五”前三年科技攻关深入研究了大中型气田分布与气源丰度的相关关系；应用“碰撞造山带”与“大地构造相”的理论进行重点含气盆地类型划分；运用陆相层序地层的分析理论，开展了各重点含气盆地储层研究，提出洪泛面上下是有利于大中型气田发育的时期或层段。并综合研究大中型气田的成藏特征，利用油气系统的概念分析了大中型气田的分布规律，同时在气层地震预测、测井识别和酸化压裂改造等技术手段又比“八五”提高了一步，这是“九五”前三年勘探开发取得卓著成就的重要保证。目前，“九五”后二年科技攻关正在进行，继续开展我国天然气分布规律的深入研究。

二、各主要含油气盆地天然气勘探开发蒸蒸日上

在以油型气和煤型气理论的指导下，在党和国家有关部门的具体管理下，全国各主要含气盆地天然气勘探进入一个崭新时期。

1. 四川盆地天然气工业继续发展，稳步而深入地开展全盆地天然气勘探工作，取得了巨大成绩

四川盆地在深入研究和稳步勘探开发川中、川东南、川西北油气田的同时，1977 年川东相国寺相 18 井中石炭统黄龙组 (C_2) 气藏的发现，扭转了川东供气的被动局面。继而上二叠统生物礁气藏和下三叠统鲕滩气藏的发现，使川东地区成为勘探重点地区。地震勘探质量的提高，钻探力量的进一步增强，大大提高了勘探成效。老气田二次勘探、高陡背斜钻探以及背斜圈闭以外寻找新裂缝系统等方面都取得了一定突破。目前（截止 1998 年 2 月）四川盆地探明气层气为 $5589.09 \times 10^8 \text{m}^3$ ，溶解气为 $111.52 \times 10^8 \text{m}^3$ ，是中国探明气层气储量最大的盆地。

2. 鄂尔多斯盆地发现了陆上最大的天然气田，形成了天然气开发利用的储备基地

经过“六五”、“七五”天然气科技攻关及勘探实践，基本明确了鄂尔多斯盆地古生界成气地质条件，勘探布局日趋合理，主攻靶区逐渐明确，盆地中部以其有利的成藏条件逐渐明

确为天然气重点勘探战场。1989 年陕参 1 和榆 3 井两口发现井双双告捷, 分别获得日产 $28 \times 10^4 \text{m}^3$ 和 $13 \times 10^4 \text{m}^3$ 的工业气流, 接着陕 5、陕 6、林 1、林 2 等评价井相继出气。“八五”期间, 以探气三大系统工程(含气圈闭、气藏评价、产能评价)组织勘探工作, 以较高速, 基本探明了鄂尔多斯盆地中部大气田。中部大气田位于陕西省靖边—志丹—安塞一带, 向北延伸至内蒙古自治区的乌审旗, 是我国迄今发现的最大气田(图 1—3), 在世界排名列第 85 位。目前, 鄂尔多斯盆地探明气层气 $2926.11 \times 10^8 \text{m}^3$, 溶解气 $308 \times 10^8 \text{m}^3$ 。探明气层气储量位居全国第 2 位。

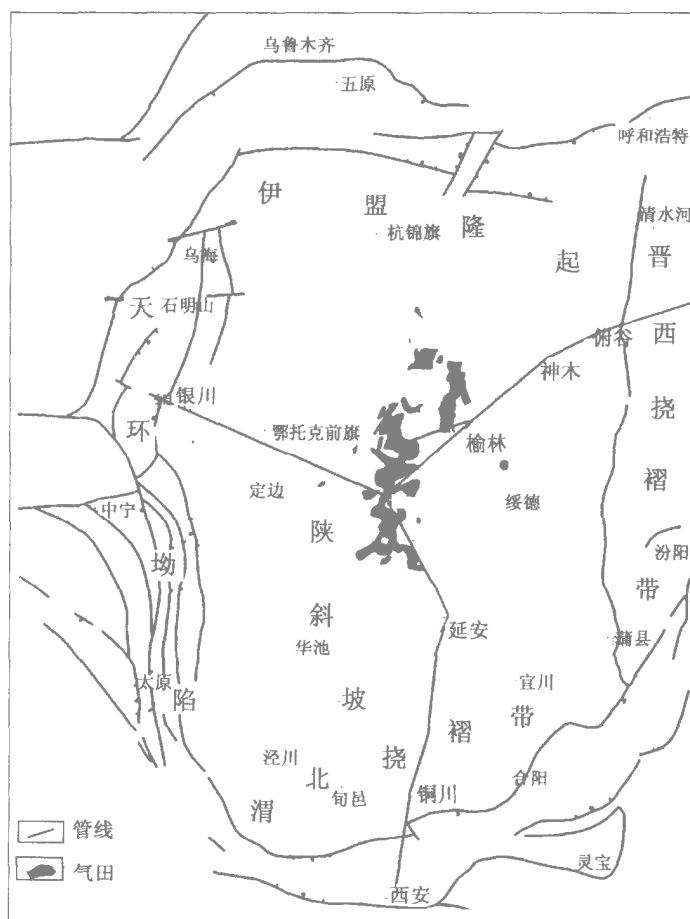


图 1—3 鄂尔多斯盆地气田与管线位置图

3. 塔里木盆地天然气勘探开发方兴未艾, 是中国天然气勘探最具潜力的盆地之一

塔里木盆地油气勘探的发展可归结为: 综合认识的提高, 使三次主攻目的层转移, 带来了三次勘探新发现和储量增长高峰。

1989 年 4 月 10 日, 经国务院批准, 原中国石油天然气总公司在库尔勒正式宣布成立塔里木石油勘探开发指挥部, 负责组织塔里木石油会战。

1989—1990 年, 塔指依据前期地质调查和地震资料的综合研究, 以构造有利圈闭为目标, 主攻奥陶系碳酸盐岩, 取得主要成果为发现和探明了轮南三叠、侏罗系亿吨级油气田; 发现了面积为 2450km^2 的轮南大型含油气潜山; 而且塔中 1 号潜山奥陶系白云岩获得突破。但随后钻探奥陶系的一批井相继失利, 迫使地质家思考勘探目的层转移的问题。

1991—1992 年, 塔指从塔北东河塘石炭系“东河砂岩”油田

的发现, 启示研究勘探目的层转移到石炭系。发现了塔中 4 储量为 $8100 \times 10^4 \text{t}$ 的油气田。

1993—1994 年, 从塔北隆起钻探第三系的预探井成功率高达 88% 得到启示, 勘探目的层从石炭系转移到第三—白垩系, 结果发现了 $8100 \times 10^4 \text{t}$ 探明储量的牙哈大型凝析油气田。

1995—1997 年, 重新开展区域地质勘探工作, 大大加深了对盆地的认识, 促进了对寻找大油气田的思考。特别是区域展开的结果: ①在盆地中、西部发现了 O_{2+3} 和 E_1 两套优质生油气层; ②发现了 E_{2-3} 、 C_2 和 E 三套盐膏层优质盖层; ③在巴楚隆起、塘古孜巴斯凹陷和塔北牙哈潜山, 都发现了 $E-O$ 碳酸盐岩的优质储层; ④在库车拗陷第三系浅层发现大宛齐小油藏, 油源来自深部 T—J; ⑤拗陷中的探井几乎未见任何显示, 从而在 1996 年底勘探

技术座谈会上达成了共识：在平面上，台盆地区油气集中在三大隆起；在剖面上，应当逼近主力油气源层，在台盆区寒武—奥陶系碳酸盐岩和前陆区侏罗—三叠系中寻找大型原生油气藏。

从塔里木盆地天然气勘探历程看，认真分析成功和失败的勘探实例，加深综合地质认识，提出符合地质规律的勘探思想是非常重要的。截止 1998 年年底，塔里木盆地探明气层气 $2207.37 \times 10^8 \text{m}^3$ ，溶解气 $353.53 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

4. 开放政策的落实带来了海上大气田的发现

在中国共产党十一届三中全会确定“对外开放政策”后，为了利用外国资金和技术，我国天然气工业积极寻求国外合作伙伴，先后在陆上和海域各主要盆地进行油气勘探的风险合作招标、投标及实施工作，比较突出地表现在海域（含浅海）油气合作勘探与开发上。而且原中国石油天然气总公司专门成立了天然气公司组织和管理天然气科研和生产工作。

1979 年至今是我国开展对外合作勘探阶段。

1982 年 9 月 19 日，中国海洋石油总公司与阿科（ARCO）中国有限公司和圣太菲矿业（亚洲）有限公司在北京签订了“在中国南海莺歌海盆地部分海域合作进行石油和天然气的勘探开发和生产合同”。

1980 年 5 月 29 日，与日本、法国两家石油公司分别签定了在渤海进行合作勘探开发石油的合同。

1979 年 3 月，中国海洋石油总公司与外国 12 家石油公司签订了南海北部大陆架 $32 \times 10^4 \text{km}^2$ 海域面积的地球物理勘探协议。

1979 年 6 月，与外国石油公司正式签订在珠江口盆地北纬 $17^\circ 00' \sim 23^\circ 30'$ 、东经 $110^\circ 30' \sim 118^\circ 00'$ 之间的总面积为 283000km^2 范围内进行海上地球物理勘探协议书，授权五家石油公司（MOBIL, EXXON, CHEVRON, TEXACO 和 PHILLIPS）作为四个作业区（阳江、广州、海丰和汕头）的作业者，负责各区的野外采集和资料处理与解释工作。

通过和外国企业合作勘探，天然气勘探开发的资金和技术得以落实。地震勘探方面采用高次覆盖（48~60）技术、三维技术及高精度的定位导航系统，提高了处理、解释质量，因此为钻探提供的构造形态有较高精度。

钻井试油方面采用大井眼多层套管程序、低固相聚合物优质轻泥浆、高压异常检测技术、“TDC”联机装置综合录井技术、重复地层测试（“RFT”，或“MFT”）技术、数字化组合系列、“DST”钻杆测试技术。采用了这些先进技术及高精度仪器后，能及时发现油气显示，有油气能顺利测试出来。

1983 年 6 月，发现崖 13—1 大气田，至今已探明 $884.96 \times 10^8 \text{m}^3$ 。进入 90 年代，相继探明 LD22—1、乐东 15—1、东方 1—1、平湖、东海宝云亭等一批大中型气田，使海域天然气勘探显现一片生机。

截止到 1998 年 2 月，渤海探明气层气 $252.46 \times 10^8 \text{m}^3$ ，溶解气 $288.45 \times 10^8 \text{m}^3$ ；东海探明气层气 $301.85 \times 10^8 \text{m}^3$ ，溶解气 $13.01 \times 10^8 \text{m}^3$ ；琼东南探明气层气 $884.96 \times 10^8 \text{m}^3$ ；莺歌海探明气层气 $1606.64 \times 10^8 \text{m}^3$ 。海域合计探明气层气 $3045.91 \times 10^8 \text{m}^3$ ，溶解气 $301.46 \times 10^8 \text{m}^3$ ，取得了巨大的勘探成果。发现了 3 个大型天然气田，13 个中型天然气田。

5. 其他盆地天然气勘探成绩喜人，形成了天然气勘探开发的战备接替地区

目前，在天然气地质理论的逐步完善和勘探开发技术的不断改进下，除四川、鄂尔多斯、塔里木、琼东南等盆地获得天然气勘探的重大突破外，其他盆地，如准噶尔、柴达木、

渤海湾、松辽等盆地也显现一片好的势头。截止 1998 年 2 月，渤海湾盆地探明气层气 $1891.01 \times 10^8 \text{m}^3$ ，溶解气 $3769.44 \times 10^8 \text{m}^3$ ；柴达木盆地探明气层气 $1472.2 \times 10^8 \text{m}^3$ ，溶解气 $75.76 \times 10^8 \text{m}^3$ ；松辽盆地探明气层气 $520.24 \times 10^8 \text{m}^3$ ，溶解气 $2410.18 \times 10^8 \text{m}^3$ ；准噶尔盆地探明气层气 $277.15 \times 10^8 \text{m}^3$ ，溶解气 $1379.67 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

总之，革命是解放生产力，改革也是为了解放生产力，与新中国成立后的头三十年相比，后二十年的中国天然气工业已进入加速发展时期（图 1—4）。

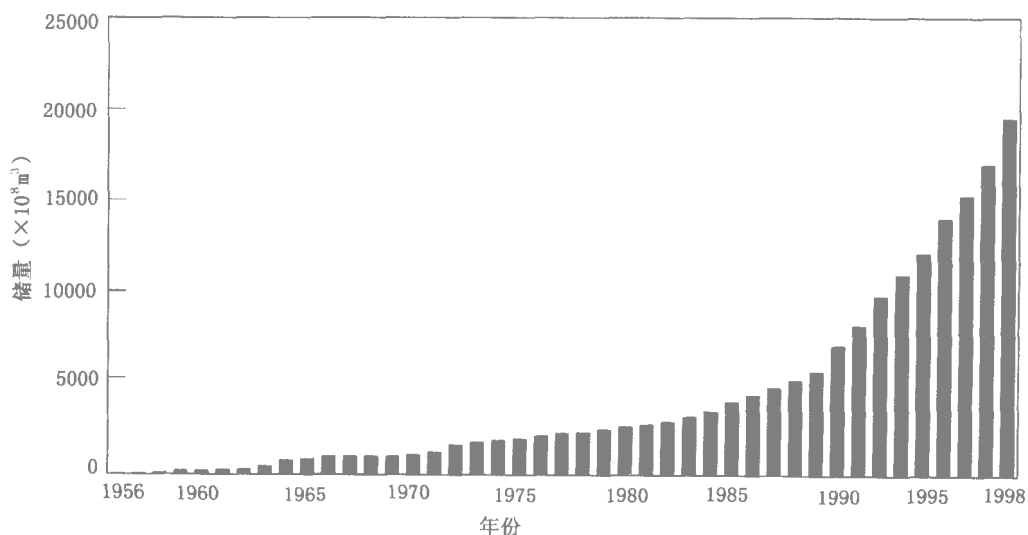


图 1—4 中国天然气探明储量累计增长图

第二章 腾飞的基础：中国天然气工业现状

经过新中国成立五十年以来的努力，我国天然气工业已经奠定了腾飞的基础。这就是对中国天然气工业现状的客观评估。

第一节 勘探现状：成果丰硕，累计探明 储量超过 $2.7 \times 10^{12} \text{m}^3$

发现一批大中型气田，截至 1998 年 2 月累计探明储量超过 $2.7 \times 10^{12} \text{m}^3$ ，特别是明确了进一步勘探的大型主战场，并具备了大幅度增加储量的理论技术条件。

截至 1998 年 2 月，中国就已累计探明天然气地质储量 $27204.71 \times 10^8 \text{m}^3$ ，其中气层气地质储量 $17727.53 \times 10^8 \text{m}^3$ ，溶解气地质储量 $9477.18 \times 10^8 \text{m}^3$ ，见表 2—1。

表 2—1 中国主要含气盆地天然气资源量及探明程度

盆 地	项 目	气层气 探明储量 $\times 10^8 \text{m}^3$	溶解气 探明储量 $\times 10^8 \text{m}^3$	合计探明储量 $\times 10^8 \text{m}^3$	盆地资源量 $\times 10^8 \text{m}^3$	天然气 探明率 (%)
	松辽	495.41	2410.18	2905.59	8756.5	33.18
	渤海湾	1891.01	3769.44	5660.45	21181.26	26.72
	吐哈	266.7	431.12	697.82	3650	19.12
	塔里木	1796.62	353.53	2150.15	83896.15	2.56
	准噶尔	256.98	1379.67	1636.65	12289	13.32
	柴达木	1343.94	75.76	1419.7	10500	13.52
	四川	5589.07	111.52	5700.59	73575.21	7.75
	鄂尔多斯	2926.11	308.42	3234.53	41797.4	7.74
	渤海	252.46	288.45	540.91	2881	18.78
	东海	301.85	13.01	314.86	24803.4	1.27
	琼东南	884.96		884.96	16253.4	5.44
	莺歌海	1606.64		1606.64	22390	7.18
	全国	17727.53	9477.18	27204.71	380400	7.15

气层气探明储量分布于 21 个盆地，主要集中在陆上的四川、鄂尔多斯、渤海湾、塔里木、柴达木等盆地及海上的莺歌海、琼东南等盆地。上述七个盆地探明气层气储量占中国气层气储量的 90.05%。

溶解气探明储量分布于 22 个盆地，主要集中于陆上的渤海湾、松辽、准噶尔等盆地。上述三个盆地探明溶解气储量占全国溶解气储量的 79.8%。

一、发现大型气田 13 个，中型气田（油气田）50 个

截至 1998 年 2 月，中国发现地质储量大于 $300 \times 10^8 \text{m}^3$ 的大型气田 13 个，发现地质储量 $50 \times 10^8 \sim 300 \times 10^8 \text{m}^3$ 的中型气田 50 个。63 个大中型气田探明气层气地质储量为 $14796.43 \times 10^8 \text{m}^3$ ，占中国探明气层气地质储量的 83.47%（图 2—1，表 2—2）。

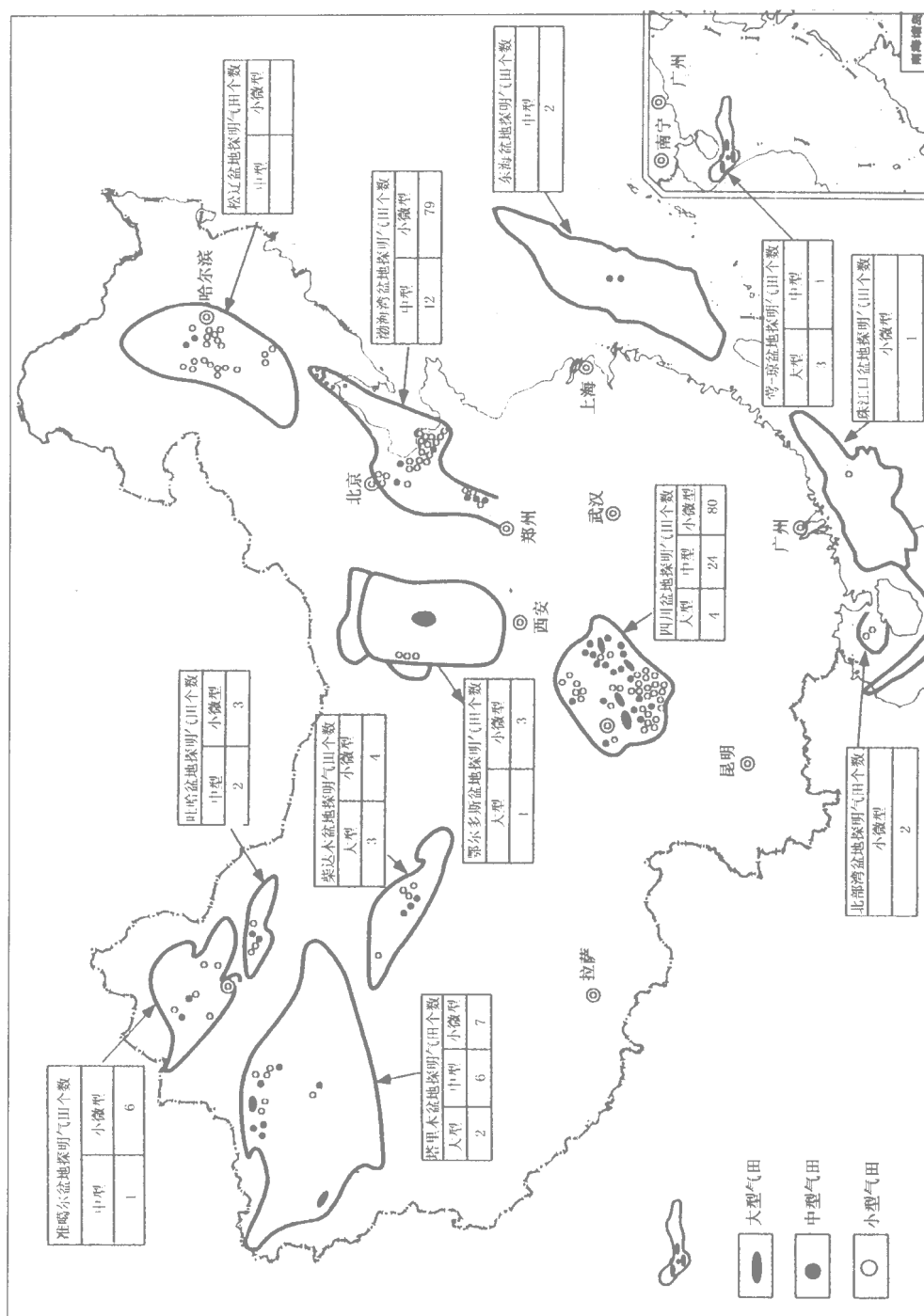


图 2— 我国重点含气盆地天然气田分布示意图

13 个大型气田分布于四川、鄂尔多斯、塔里木、柴达木、莺歌海、琼东南等六个盆地，探明气层气地质储量为 $8926.47 \times 10^8 \text{m}^3$ ，占中国探明气层气地质储量的 50.35%。

50 个中型气田分布于四川、塔里木、松辽、渤海湾（含海域）、准噶尔、吐哈、东海、莺歌海等八个盆地，探明气层气地质储量 $5869.96 \times 10^8 \text{m}^3$ ，占中国探明气层气地质储量的 33.11%，见表 2—2。

表 2—2 大中型气田分布状况表

盆地类型	盆 地	大型气田		中型气田	
		个数	储 量 $\times 10^8 \text{m}^3$	个数	储 量 $\times 10^8 \text{m}^3$
克拉通—前陆 凹陷复合盆地	四川	4	1704.73	24	2741.37
	鄂尔多斯	1	2896.16		
	塔里木	2	672.37	6	1026.74
中间地块— 类前陆盆地	准噶尔			1	70.12
	吐 哈			2	191.23
	柴达木	3	1340.41		
陆内裂谷盆地	松 辽			2	177.84
	渤海湾			12	1201.24
陆缘断拗 盆地	莺歌海	2	1427.84	1	178.8
	琼东南	1	884.96		
	东 海			2	282.57
	合 计	13	8926.47	50	5869.91

二、明确十大盆地是天然气勘探的主战场

经过四十多年的勘探和研究，大中型气田勘探的主战场已基本明确。目前四川、鄂尔多斯、塔里木、柴达木、松辽、渤海湾、准噶尔、莺歌海、琼东南、东海、吐哈等 11 个盆地已发现大中型气田，其中前 10 个盆地也是今后大中型气田的主要勘探战场。同时珠江口盆地、楚雄盆地、中下扬子碳酸盐岩分布区也具有大中型气田的基本地质形成条件，也有发现大中型气田的希望。

“七五”以来，天然气新增探明储量每五年就要翻一番，而“九五”仅前三年就新增储量 $4200 \times 10^8 \text{m}^3$ 。预计，今后必将会继续稳定增加，因为：

①截止 1998 年 2 月，已探明天然气地质储量 $2.72 \times 10^{12} \text{m}^3$ ，探明率仅为 6.7%。研究表明，2001—2020 年中国天然气随勘探技术的提高和勘探领域的拓展，天然气探明储量增长仍将保持较高的势头，平均年增储量仍会保持在 $1000 \times 10^8 \sim 2000 \times 10^8 \text{m}^3$ 的水平，为天然气工业持续稳定发展打下坚实的资源基础。

②我国煤层气资源也非常丰富。煤层气为煤层中的吸附气，主要成分为甲烷，属于非常规天然气资源，据预测我国煤层气总资源量为 $22.5 \times 10^{12} \text{m}^3$ （廊坊分院，1999）。1998 年我国煤层气勘探又有新进展，在山西晋城找到 $1000 \times 10^8 \text{m}^3$ 的煤层气储量，成为我国重要的储备能源。

③需要指出的是，随着科技进步及勘探领域不断地向纵深发展，天然气资源量及储量将会不断增加。比如，据称潜在资源量相当于迄今为止全球所有天然气之和的水合气，在我国海域乃至西藏雪山深处亦有形成条件。实际的前景要比目前预计的要更好（待后评述）。

④我国天然气地质理论已基本形成，天然气勘探开发技术也大为提高，因而具备了大幅度增储上产的理论技术条件。

我国天然气地质理论的形成主要表现在对中国天然气形成富集起决定性作用的成盆、成气、成藏的认识和资源潜力、气田分布规律等五个方面。成盆方面，已基本明确中国 150 多个有含气远景的盆地中，最富气的是克拉通、前陆、山间（山前）拗陷、裂谷及陆缘断拗等五类共九大盆地，即塔里木、准噶尔、柴达尔、鄂尔多斯、四川、南海西部、东海、松辽及渤海湾盆地等。成气方面，中国的特点是多元多阶复合成气，一种为主。成藏方面是多次多期成藏，晚期为主。关于我国天然气巨大资源潜力已如上述。对大中型气田形成分布规律的认识，特别是大中型气田的发育分布规律的认识主要有：

- ①我国大中型气田主要见于压性盆地或张性盆地压性区域；
- ②大中型气田主要形成于生烃强度大于 $20 \times 10^8 \text{m}^3/\text{km}^2$ 的生气区及其周缘；
- ③大中型气田形成于继承性构造和古隆起区的适时圈闭中（包括风化壳气藏）；
- ④大中型气田主要形成于克拉通层序、前陆、类前陆层序和部分陆缘断拗层序 I 型界面上下河流三角洲相的砂岩滩区、海相碳酸盐岩及风化壳储层中。

而勘探开发技术的进步主要表现在：

- ①储层、气层的地震预测和复杂气层的识别达到了国际先进水平；
- ②深井、水平井及一系列复杂地质条件下钻井能力和水平的大幅度提高（基本能够适应中国所有的地质条件）；
- ③常规气田、裂缝性气田及凝析气田开发方案设计的先进性和采出能力和增产措施的提高基本可以适应中国已发现大中型气田开发的需求。

所有这些理论技术都为下个世纪天然气的大幅度增储上产创造了良好条件，并在实践中得到进一步发展，更好地指导新的实践。

第二节 天然气开发利用现状：开发成绩显著，利用状况良好

1998 年中国年产天然气达到 $223.2 \times 10^8 \text{m}^3$ ，创历史最高记录，储采比进一步加大。

一、开发成绩显著

我国天然气的开发最早始于四川省，新中国成立后，四川盆地天然气勘探不断取得新的发现，天然气开发技术也就逐渐发展起来，天然气的年产量随之逐年提高。就全国而言，天然气开发是伴随着石油的开发而逐渐发展起来的。我国天然气年产量到 1976 年超过了 $100 \times 10^8 \text{m}^3$ ；1996 年天然气的年产量超过 $200 \times 10^8 \text{m}^3$ ，产量持续稳定增长。截止 1997 年，全国已形成四川、莺—琼、渤海湾三大气层气生产区，松辽、渤海湾两大溶解气生产区。

1997 年中国年产天然气 $222.2 \times 10^8 \text{m}^3$ ，其中中国石油天然气集团公司 $171.78 \times 10^8 \text{m}^3$ ，中国海洋石油总公司 $39.86 \times 10^8 \text{m}^3$ ，中国新星石油集团公司 $10.56 \times 10^8 \text{m}^3$ 。1998 年中国年产天然气 $223.2 \times 10^8 \text{m}^3$ ，创历史最高纪录。

整体来看，全国气层气采出程度仅为 23.95%，除渤海湾和四川盆地外，其他盆地采出程度普遍较低，仍有相当大的潜力。

1997 年中国气层气储采比，由“八五”末的不到 50:1 迅速增至 68:1，具备产量进一步提高的基础。若按 20:1 为可以保持稳定的生产能力及 1997 年中国年产井口气层气 157.02

$\times 10^8 \text{m}^3$ 考虑, 中国目前已具备建成年产井口气 $400 \times 10^8 \text{m}^3$ 的资源基础。

四川盆地是中国天然气开发历史最长的盆地, 目前气层气储采比为 25.15:1, 具备产量进一步增长的资源基础。

鄂尔多斯盆地气层气开发刚刚起步, 目前气层气储采比为 1219:1, 具备产量大幅度增长的条件。

塔里木盆地气层气基本未开发, 目前气层气储采比为 298:1, 具备产量大幅度增长的条件。

琼东南盆地的崖 13—1 气田已全面开发, 目前年产气 $36.13 \times 10^8 \text{m}^3$, 储采比为 19.12:1, 具备产量长期稳定的条件。

渤海湾盆地气层气开发程度较高, 目前储采比为 17.14:1, 产量在一定时期内可保持稳定。

二、天然气利用稳步发展, 发电用气已约占 1/5

1. 形成了以化工及民用为主的利用体系

1997 年原中国石油天然气总公司外输天然气 $106.04 \times 10^8 \text{m}^3$, 其中化肥、化工用气 $68.96 \times 10^8 \text{m}^3$, 占外输量的 65.03%; 民用及商业用气 $13.95 \times 10^8 \text{m}^3$, 占外输量的 13.16%。上述两者合计占外输量的 78.19%, 形成了以化工及民用的利用体系 (图 2—2)。

1997 年原中国石油天然气总公司年产天然气 $171.78 \times 10^8 \text{m}^3$ 。其中外输 $106.04 \times 10^8 \text{m}^3$, 占 61.73%; 企业自用气 $58.42 \times 10^8 \text{m}^3$, 占 34.01%; 损耗 $7.32 \times 10^8 \text{m}^3$, 占 4.26%。

2. 天然气发电已占一席之地

在 1997 年原中国石油天然气总公司企业自用气中, 用于燃气轮机发电的天然气用量为 $8.08 \times 10^8 \text{m}^3$, 占企业自用气的 14.49%。

南海崖 13—1 气田年产天然气 $36.13 \times 10^8 \text{m}^3$, 主要用于香港发电。

1997 年中国实际用于发电的天然气为 $44.21 \times 10^8 \text{m}^3$, 占中国年产气的 19.9%, 说明天然气发电在中国天然气利用中已占一席之地。

3. 天然气汽车已经起步

原中国石油天然气总公司从 80 年代开始从国外引进压缩天然气汽车的技术和装备, 并先后在四川、华北、中原等油田开展了天然气汽车的试验、研究和推广工作。与此同时, 北京、天津、重庆、西安等城市也在努力开展天然气汽车的研究和推广工作。截止 1998 年 2 月, 全国共拥有天然气汽车近 4600 辆, 压缩天然气气站 46 座。天然气替代石油及煤炭作为

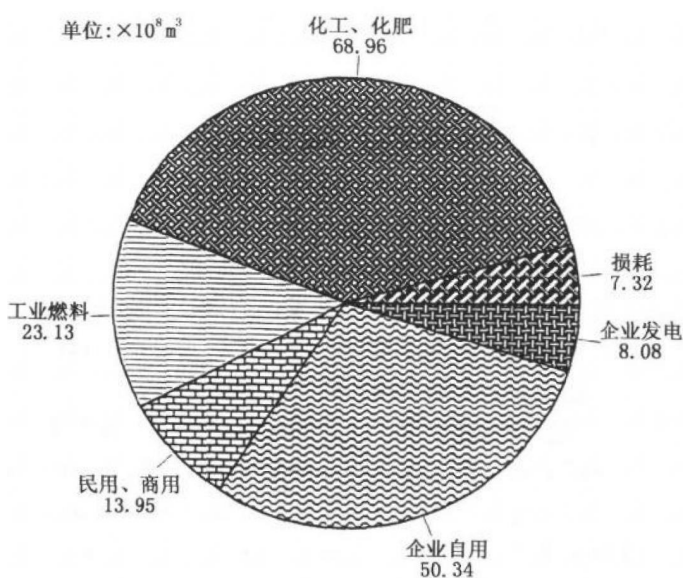


图 2—2 中国天然气利用现状图