

天然气应用 技·术·手·册



贺永德 主编



TIANRANQI
YINGYONG
JISHU SHOUCHE



化学工业出版社

89

天然气应用 技·术·手·册

▶ 贺永德 主编

TIANRANQI
YINGYONG
JISHU SHOUC



化学工业出版社

· 北京 ·

TE64-62

H324

本手册是为了适应中国天然气工业快速发展的形势和广大读者的需求而编写的。内容涵盖了天然气的基本知识、物化性质、净化处理、输送储存、燃烧和化工利用等有关工艺技术和天然气资源、产量和市场信息，是一本实用性较强的技术手册。

本手册可供从事天然气工业的工程技术人员、管理人员以及设计、科研教学等人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

天然气应用技术手册/贺永德主编. —北京: 化学工业出版社, 2009.12

ISBN 978-7-122-06849-1

I. 天… II. 贺… III. 天然气-技术手册 IV. TE64-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 189307 号

责任编辑: 戴燕红 郑宇印
责任校对: 战河红

装帧设计: 史利平

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 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 31 字数 832 千字 2010 年 1 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: 98.00 元

版权所有 违者必究

编写人员名单

主 编 贺永德

编写人员（以姓名笔画为序）

山秀丽	马硕鹏	石 强	田基本	李清芳
余 洋	沈玉新	郑得文	孟兆林	贺永德
贺祖蔚	薛明祥	冀应杰		

序

天然气是重要的清洁能源，是世界一次能源的三大支柱之一，2007年天然气占世界一次能源消费总量的23.76%。近年来，在世界石油价格不断攀升的推动下，天然气勘探开发的速度明显加快，其产量年均增长率为3.1%~3.4%，是石油产量增长率的3倍。国际能源机构首席经济学家法提赫·比罗尔最近发出警告：世界范围石油峰值出现的时间至少提前10年到来，全球已进入后石油时代，而天然气作为清洁能源将进入快速发展时期。天然气作为燃料，排放温室气体很少，又无废渣排放，是环境友好型能源，受到世界各国的重视。

世界天然气资源十分丰富，据国际能源专家预测，世界常规天然气资源量为436万亿立方米，可采资源量为330万亿立方米，按目前的开采速度可供开采120年以上，而石油储量仅可开采40年。近年来，卡塔尔、伊朗、俄罗斯、中亚及南美洲不断发现特大型气田，天然气发展前景向好，有可能超过石油和煤炭成为世界第一大能源。科学家预测可燃冰（天然气水合物）资源量远大于常规天然气资源量，为天然气长远发展提供了资源保障，预计2030年以后可燃冰将进入商业化开采期。

中国是世界上发现和开采天然气最早的国家之一，公元前1世纪中期在四川临邛开凿成功天然气井，开始用天然气煮盐卤水制盐，到17世纪初期，四川自贡地区已形成相当规模。新中国成立后，特别是改革开放以来，中国政府十分重视油气勘探工作。近20年来我国天然气探明储量、产量快速增长，到2007年底探明储量累计达7.4万亿立方米，产量达到692.4亿立方米，是2000年的2.54倍。天然气消费量增长更快，为满足国内市场需求，将分别从中亚、俄罗斯引进管输天然气，从海上引进液化天然气（LNG）。与此同时，国内加快天然气长输管网建设，2010年输气管线将达5万公里。天然气的快速发展对我国经济社会发展、调整能源结构、城市现代化意义重大。预计到2020年，天然气在一次能源消费中所占比例将由目前的3.5%提高到15%左右。

天然气不仅是宝贵的清洁能源，而且也是很好的优质化工原料，可生产合成氨、甲醇、乙炔等100多种化工产品，在我国化工产品生产中占有重要地位。如何提高天然气综合利用率，提高天然气生产和加工企业的经济效益，广大科技工作者为此做出了不懈努力，并将其作为长期努力追求的目标。在总结过去天然气应用经验和教训的基础上，以科学发展观为指导，组织编写出版《天然气应用技术手册》这本书，奉献给广大读者，期望能起到促进中国天然气事业快速发展的作用。

李永成

2009年10月

前 言

天然气是世界一次能源的三大支柱之一。2007 年世界天然气消费量为 29219.0 亿立方米，占一次能源消费量的 23.76%，在天然气消费结构中占第一位的是城镇居民、公共建筑、商业用气，占 41.6%，占第二位的是工业部门用气，占 36.9%。美国、俄罗斯、伊朗、加拿大、英国、日本、德国 7 个国家 2007 年天然气消费量均大于 800 亿立方米，其中美国消费量为 6529.0 亿立方米，占世界总消费量的 22.6%，居世界第一位。中国消费量为 673.0 亿立方米，仅相当于美国的 10.3%，居世界第 10 位。中国天然气生产和消费正处于快速发展时期，今后的发展空间还很大。

天然气是一种优质清洁能源，氢碳比为 4，是常规燃料中氢碳比最高的。作为燃料使用排放的废气中 SO_2 、 CO_2 、 NO_x 、烟尘等污染物比煤炭、石油燃料低得多，又无废渣排放，对环境污染很小。近十余年来，中国大城市为了改善大气环境，提高城市居民生活质量，积极调整燃料结构，改燃煤为燃气，极大地促进了天然气的发展，城市气化已成为城市现代化的标志之一。

目前天然气应用主要是民用燃料、工业燃料、化工原料和燃气发电等领域，城镇民用燃料是天然气应用发展最快的领域。2007 年国家发展和改革委员会发布了《天然气利用政策》，规定天然气优先用于城镇燃气（尤其是大城市）、公共服务设施、天然气汽车、分布式发电和热电冷联产等方面；天然气发电和天然气化工将受到一定限制；对已经建设的用气项目维持用气现状，特别是国家批准建设的化肥项目要确保长期稳定供应。

21 世纪以来，中国加大了天然气资源勘探开发力度，并取得了重大成果，天然气资源总量由 1994 年的 38.06 万亿立方米增加到 2005 年的 52.65 万亿立方米，另外还有煤层气资源 36.81 万亿立方米，为中国天然气开发利用奠定了资源基础，天然气产量以年均 10% 以上的速度增长。与此同时，天然气管网建设也在加快进行，西气东输、引进中亚和俄罗斯天然气、进口 LNG 等重大工程正在加紧实施，以期实现天然气气源多元化，保证供气的稳定性和安全性。

近年来，国内外对天然气直接转化生产化工产品的新技术开展了大量实验研究工作，取得了一定进展，例如甲烷氧化偶联制乙烯，无氧低温制乙烷、无氧芳构化、甲烷直接制甲醇和甲醛、甲烷与 CO_2 重整制合成气等。这些新技术一旦取得成功，将为天然气应用开辟新的主要领域。为适应天然气利用快速发展的需要，我们组织国内多年从事天然气事业的专家学者编写了这本书，期望与业内人士共同推动我国天然气事业的发展。

本书编写过程中得到有关科研单位和生产企业的大力支持，提供了许多翔实的资料，在此深表谢意。书中疏漏和不当之处在所难免，敬请读者批评指正。

贺永德

2009 年 7 月 18 日

目 录

第一章 总论	1	二、CNG 加气站	24
第一节 世界天然气资源及开发利用状况	1	三、LNG 加气站	24
一、天然气在世界能源中的地位	1	四、天然气汽车	25
二、世界天然气资源预测	2	第十节 天然气化工利用	25
三、世界天然气产量及消费量	2	一、天然气化工利用现状	25
第二节 中国天然气资源	4	二、天然气化工技术进展	26
一、中国天然气、可燃冰和煤层气资源		三、天然气应用产业链	29
总量	4	第十一节 天然气市场及价格	30
二、中国天然气资源分布	4	一、天然气市场现状及预测	30
三、中国天然气探明储量	5	二、天然气价格	31
四、中国煤层气资源及探明储量	5	第十二节 产业政策	32
五、中国与世界天然气资源比较	6	一、国家天然气利用政策	32
第三节 中国天然气勘探开发及产量	6	二、国家对化肥生产用天然气实行气价	
一、中国天然气勘探开发	6	优惠	32
二、中国天然气产量	6	参考文献	33
三、中国煤层气产量	7	第二章 天然气基础知识	34
四、页岩气开发前景	7	第一节 天然气名词术语	34
第四节 中国天然气消费量及消费结构	8	一、天然气基本概念	34
一、中国天然气消费量	8	二、天然气性质相关概念	34
二、天然气消费结构	8	三、天然气地质相关概念	35
三、我国城镇燃气发展情况	8	第二节 天然气分类	36
第五节 中国天然气输气管道及地下		一、天然气分类	36
储气库	9	二、各类型天然气特征	38
一、中国天然气输气管道建设	9	第三节 天然气主要组分及成因	44
二、天然气地下储气库建设	13	一、烃类气体	44
第六节 天然气净化技术	14	二、非烃类气体	47
一、中国商品天然气质量国家标准	14	第四节 天然气的性质	52
二、国外管输商品天然气质量要求	14	一、天然气常见组分的基本特征	52
三、天然气处理过程	14	二、天然气的物理性质	54
四、天然气脱水、脱凝析液 (NGL)	15	三、天然气的热力学性质	59
五、天然气脱硫、脱 CO ₂	17	四、天然气的燃烧性质	60
第七节 天然气发电	19	参考文献	61
一、天然气发电的优势	19	第三章 世界天然气工业发展概况	62
二、天然气联合循环发电	19	第一节 世界常规天然气资源储量现状	62
三、国外天然气联合循环发电机组技术		一、世界常规天然气资源现状	62
参数	20	二、世界常规天然气储量分布	62
第八节 液化天然气 (LNG)	21	第二节 世界天然气生产现状	65
一、世界液化天然气发展概况	21	一、世界天然气生产分布	65
二、我国液化天然气 (LNG) 发展概况 ..	22	二、世界天然气消费情况	67
三、天然气液化及储存	23	三、世界天然气储采比情况	68
第九节 压缩天然气 (CNG) 及加气站	24	第三节 世界天然气贸易量快速增长	68
一、压缩天然气	24	一、世界天然气贸易量现状	68

二、世界天然气贸易量趋势预测	69	三、城市配气	135
三、世界天然气价格状况	69	四、天然气储存及调峰设施	136
第四章 中国天然气工业发展概况	71	第二节 天然气管道运输的发展概况	136
第一节 中国天然气资源现状	71	一、国外天然气管道发展概况	136
一、中国天然气资源量	71	二、国内天然气管道发展概况	142
二、中国天然气探明储量	73	三、著名管道工程	145
三、中国天然气资源探明程度	80	第三节 天然气输送	152
四、中国天然气生产概况	81	一、基础数据	152
五、中国天然气储采比情况	85	二、输气线路地区等级划分及线路选择	155
第二节 中国主要沉积盆地天然气资源	85	三、输气工艺	164
一、四川盆地	85	四、输气站场	174
二、鄂尔多斯盆地	86	五、中国天然气管道建设规划	180
三、塔里木盆地	86	第四节 天然气储存	183
四、柴达木盆地	87	一、地下储气的特点	183
五、松辽盆地	87	二、储气库的用途及发展	183
六、东海盆地	88	三、储气库的类型	187
七、莺琼盆地	88	四、中国地下储气库发展现状及规划	192
第三节 中国天然气勘探开发理论与技术	88	第五节 液化天然气(LNG)的生产、储存和运输	196
一、地质理论	88	一、LNG工业的发展现状	196
二、勘探开发评价技术	89	二、天然气的液化	197
第四节 中国天然气消费结构与趋势预测	91	三、液化天然气的储存	201
一、中国天然气消费构成	91	四、液化天然气的运输	203
二、中国天然气消费趋势预测	92	五、LNG的应用	204
第五章 天然气的质量指标及净化方法	94	六、中国LNG接收站建设规划	209
第一节 净化天然气质量指标	94	参考文献	210
一、国外管输天然气质量指标	94	第七章 天然气的燃烧应用	211
二、中国天然气质量指标	95	第一节 天然气燃烧的特性	211
三、天然气质量指标的试验方法	96	一、热值	211
第二节 天然气脱硫	99	二、华白数和空气引射指数	211
一、天然气脱硫的主要方法	99	三、燃烧所需空气量	212
二、以甲基二乙醇胺为主溶剂的脱硫工艺	100	四、天然气燃烧产物量	213
三、天然气脱硫的其它方法	101	五、燃烧温度及烟气的焓	213
四、中国天然气净化厂的脱硫装置	111	六、着火温度和爆炸极限	215
五、选择天然气脱硫工艺的原则	112	七、定容积天然气-空气混合气燃烧的发热量	215
六、天然气精脱硫	112	八、抗爆性	215
第三节 天然气脱水	117	第二节 天然气燃烧的基本原理	216
一、溶剂吸收法	119	一、天然气燃烧反应机理	216
二、固体吸附法	124	二、天然气的着火与点火	216
三、溶剂吸收法与固体吸附法的比较	132	三、火焰传播	218
四、低温脱水法	133	四、燃烧方法	220
参考文献	133	五、火焰稳定性	222
第六章 天然气输送与储存	134	六、天然气的互换性	224
第一节 天然气输气系统概述	134	第三节 天然气燃烧技术	234
一、矿场集输	134	一、扩散燃烧技术	234
二、干线输气	135		

二、预混燃烧技术	236	第一节 概述	331
三、特种燃烧技术	238	一、国外天然气汽车发展现状	331
第四节 天然气在工业中的燃烧应用	257	二、国外液化石油气 (LPG) 汽车发展现状	332
一、概述	257	三、我国天然气汽车的发展现状	332
二、消耗定额及用量计算	258	第二节 代用汽车燃料	332
三、天然气作工业窑炉燃料的特点及经济性比较	259	一、汽车代替燃料的发展	332
第五节 天然气联合循环发电	261	二、代用汽车燃料性质和产品质量指标	333
一、天然气联合循环发电现状	261	三、天然气汽车燃料	334
二、天然气联合循环发电系统的原理和意义	262	四、汽车燃料尾气排放对大气污染的对比	335
三、天然气发电的技术经济性分析	263	第三节 天然气制合成油	336
四、天然气联合循环发电的技术优势	264	一、天然气制合成油的发展历史及现状	336
五、天然气发电市场前景	266	二、天然气合成油的基本原理	337
参考文献	266	三、天然气制合成油的主要工艺	341
第八章 城市民用天然气	267	四、F-T 合成油工艺技术	347
第一节 城市燃气现状	267	五、技术经济分析	350
一、城市燃气使用种类及所占比例	267	六、天然气制合成油的市场及发展前景	353
二、各类燃气输配系统	272	第四节 天然气加气站建设和经济性分析	354
第二节 城市天然气应用及用气量计算	275	一、加气站的建设	354
一、城市天然气应用现状	275	二、CNG 加气站的经济分析	358
二、城市各类用户的用气定额及用量计算	277	第五节 气代油汽车的改装技术	362
三、天然气作为民用能源的特点及经济性比较	284	一、CNG 汽车的改装技术	362
四、天然气用作商业部门燃料的经济性分析	287	二、LPG 汽车的改装技术	363
五、天然气作为直燃式锅炉燃料与燃油的经济性比较	287	三、LNG 汽车的改装技术	363
第三节 城市天然气输配系统的设置	289	四、ANG 汽车技术	365
一、天然气管网布置	289	五、CNG-柴油双燃料发动机汽车的改装技术	365
二、天然气储配站的建设	290	六、改装汽油车发动机存在的问题和改进的方法	366
三、调压计量站的位置和确定	292	第六节 天然气汽车的经济性分析	368
第四节 城市输送管道系统设计与计算	292	一、天然气汽车与燃油汽车的消耗指标	368
一、管位确定的要求	292	二、天然气汽车的经济性对比	368
二、管道的材料选择及强度计算	293	参考文献	369
三、城市天然气管道水力计算	295	第十章 天然气的化工利用	370
第五节 输气管道的腐蚀、防护与检测	308	第一节 概述	370
一、输气管道的腐蚀机理	308	一、世界天然气化工利用现状	370
二、管道的防腐蚀方法	310	二、中国天然气化工利用现状	371
三、管道防腐蚀的检测	317	第二节 天然气制合成氨	374
第六节 城市天然气储存和压送	318	一、概述	374
一、天然气的储存	318	二、以天然气为原料生产合成氨的工艺和特点	378
二、天然气压送	325		
参考文献	330		
第九章 天然气在城市交通运输业中的应用	331		

三、合成氨生产中的能源综合利用和节能	383	六、烃类裂解气的净化与分离	449
四、采用不同原料制合成氨的经济比较	386	七、各种生产乙炔方法的比较	458
五、市场预测	386	八、炔法乙炔生产中应采取的安全措施	460
第三节 天然气制甲醇	387	第六节 天然气制炭黑	460
一、概述	387	一、概述	460
二、天然气制甲醇现状和技术发展趋势	388	二、国内外发展现状	462
三、天然气制甲醇工艺流程及特点	393	三、主要生产技术	463
第四节 天然气制氢	402	四、技术经济指标	463
一、概述	402	第七节 天然气提氮气	465
二、国内外氢应用现状	405	一、概述	465
三、氢的生产技术方法	405	二、国内外现状	468
四、技术经济比较	407	三、生产方法	469
第五节 天然气制乙炔	408	四、技术经济分析	470
一、概述	408	第八节 天然气制甲烷氯化物	472
二、乙炔的物理及化学性质	410	一、概述	472
三、烃类制乙炔的基本原理	415	二、国内外现状	474
四、烃类裂解制乙炔的生产方法	418	三、生产方法	474
五、炭黑污水的处理	447	四、技术经济分析	475
		参考文献	478
		附录	479

第一章

总 论

天然气是储藏于地下岩石层内以烃类气体为主的混合气体。国土资源部按照天然气成因分类,包括油田成气、煤层气、生物气、水合物气等;也可按气层气、煤层气、溶解气、甲烷水合物(可燃冰)等分类。天然气的主要成分是甲烷(CH_4),约占80%~95%,其次有乙烷、丙烷、丁烷、二氧化碳等。天然气不仅是一种清洁能源,还是重要的生产石油和化工产品的原料,因而受到世界各国的普遍重视。特别是近几年来,国际原油价格飙升到每桶100美元以上的历史新高,促使天然气资源丰富的国家更加重视天然气的开发和利用,投入大量资金进行天然气田的勘探,发现了一些大型天然气田。世界天然气具有巨大的资源潜力和良好的市场发展前景。今后二三十年,世界天然气资源开发和消费市场将进入一个新的发展时期,其增长速度将大于石油和煤炭的增长速度。大力开发天然气资源,积极发展天然气产业,不断扩大天然气利用范围,提高利用效率,对减少温室气体排放、改善大气环境、缓解对石油的依赖具有重要意义。

加快开发利用天然气资源,已成为世界各国特别是经济发展中国家21世纪前半叶制定能源发展战略时应考虑的重要内容之一。

第一节 世界天然气资源及开发利用状况

一、天然气在世界能源中的地位

(1) 天然气、石油和煤炭是当今世界能源的三大支柱。2007年三者消费量之和占世界一次能源消费总量的88.0%,其中天然气消费量占23.76%。天然气是重要的清洁燃料和化工原料,已广泛应用于民用燃料、工业窑炉燃料、燃气发电、合成液体燃料和化工原料等领域。20世纪70年代以来,在世界三大化石能源中,天然气需求量增长最快,需求量增长达到60%,而同期煤炭需求量增长了40%,石油需求量增长不到10%;由于世界市场对天然气需求与日俱增,天然气资源丰富的国家和地区加大了天然气勘探开发力度,发现了一批大型气田,为天然气工业快速发展奠定了资源基础。

(2) 据国际权威机构预测,随着全球天然气探明储量不断增加,加之各国对环境洁净化要求越来越高,到21世纪中叶天然气在世界能源生产和消费结构中所占比重将从目前的23.7%提高到35%~40%,而同期石油所占比重将由目前的36.0%下降到20%~22%,煤炭所占比重将由目前的28%下降到24%~25%,可再生能源将由目前的12%提高到15.8%,天然气将成为世界第一能源。因此,世界各国特别是天然气资源丰富的国家,都把加快天然气资源勘探及开发利用作为21世纪能源发展的一项重大战略决策。

(3) 天然气作为清洁燃料和化工原料具有突出的优势。与煤炭相比,不但使用方便、燃烧效率高,而且不产生废渣, CO_2 、硫化物排放量很少,与燃煤相比, CO_2 减少52.1%, SO_2 减少98.3%,是环境友好型燃料。因此,以天然气代替煤炭、石油,减少对煤炭和石油的依赖程度具有重要而现实的意义。近年来,在国际石油价格居高不下的形势下,积极开发利用天然气资源,不断提高天然气的产量和在能源消费中的比例,对合理调整世界能源消费结构、缓解石油危机、改善大气环境和应对全球气候变暖,是现实可行的重要措施。由此可见,天然气在世界能源生产和消费中占有十分重要的地位。

二、世界天然气资源预测

1. 世界天然气资源总量

世界天然气资源十分丰富，据国际能源专家最新预测，世界常规和非常规天然气资源总量为（1790~5030）万亿立方米，其中常规天然气资源量为 435.9 万亿立方米，可采资源量至少有 330 万亿立方米，若按目前的开采速度，可满足全世界 120 年的需要。

据世界天然气学会资料反映，世界天然气资源分布极不平衡，常规天然气资源主要集中在中东和俄罗斯，分别占总资源量的 34%和 33%。

2. 世界天然气探明储量

据 2008 年《BP 世界能源统计》中提供的数据显示，2007 年底世界探明天然气储量为 177.36 万亿立方米，探明率约为 40.7%，预计到 2010 年探明率将达到 50%左右。至 2007 年底中东地区探明储量为 73.21 万亿立方米，占全球的 41.3%，居第一位；欧洲及欧亚大陆探明储量为 59.41 万亿立方米，居第二位；非洲探明储量为 14.58 万亿立方米，居第三位；亚太地区天然气探明储量为 14.46 万亿立方米，占全球的 8.2%，居第四位。近 10 年来世界天然气探明储量增长了 21.1%，2007 年世界天然气储采比为 60.3 年。

2007 年世界天然气探明储量前 10 位的国家见表 1-1。

表 1-1 2007 年世界天然气探明储量前 10 位的国家 单位：万亿立方米

序号	国家	探明储量	所占比例/%	储采比
1	俄罗斯	44.65	25.2	73.5
2	伊朗	27.8	15.7	>100
3	卡塔尔	25.6	14.4	>100
4	沙特阿拉伯	7.17	4.0	94.4
5	阿联酋	6.09	3.4	>100
6	美国	5.98	3.37	10.9
7	尼日利亚	5.3	3.0	>100
8	委内瑞拉	5.15	2.9	>100
9	阿尔及利亚	4.52	2.5	54.4
10	伊拉克	3.17	1.8	>100
世界合计		177.36	100	60.3

资料来源：《BP 世界能源统计》，2008 年。

三、世界天然气产量及消费量

1. 世界天然气产量

2007 年世界天然气产量为 2.94 万亿立方米，比 2006 年增长 2.4%；美国天然气产量增长 4.3%，欧盟下降 6.4%；俄罗斯天然气产量为 6074 亿立方米，居世界第一位。2007 年世界天然气产量前 10 位的国家占世界天然气总产量的 65.1%，见表 1-2。

2. 世界一次能源消费量及消费结构

(1) 2007 年世界一次能源消费总量为 11099.3 百万吨油当量，比 2006 年增长了 2.4%，高于过去 10 年的平均增长水平。中国能源消费增长了 7.7%，印度增长了 6.8%，日本下降了 0.9%；亚太地区增长了 5.0%，北美增长了 1.6%，欧盟下降了 2.2%。

2007 年全球天然气消费增长 3.1%，略高于过去 10 年平均水平，中国（大陆）消费增长 23.1%，居世界之首；美国天然气消费增长 6.5%；石油消费增长了 1.1%，略低于过去 10 年平均水平；煤炭消费增长 4.5%，高于过去 10 年平均 3.2%的水平，连续 5 年成为增

表 1-2 2007 年天然气产量前 10 位的国家

单位：亿立方米

序号	国家	产量	所占比例/%	比上年增长/%
1	俄罗斯	6074	20.6	-0.8
2	美国	5459	18.8	4.3
3	加拿大	1837	6.2	-2.5
4	伊朗	1119	3.8	3.0
5	挪威	897	3.0	3.4
6	阿尔及利亚	830	2.8	-1.7
7	沙特阿拉伯	756	2.6	3.3
8	英国	724	2.5	-9.5
9	中国	693	2.4	18.4
10	土库曼斯坦	674	2.3	8.4
世界总计		29400	100	2.4

资料来源：《BP 世界能源统计》，2008 年。

长最快的燃料。中国煤炭消费增长 7.9%，占全球增长的 2/3 以上，印度增长 6.6%；水电发电量增长 1.7%，略高于过去 10 年平均水平；核能发电量减少了 2%，创下了历史最大降幅记录。

(2) 世界一次能源消费总量及消费结构见表 1-3。

表 1-3 世界一次能源消费总量及消费结构

单位：10⁶ 吨油当量

序号	能源产品	2005 年		2006 年		2007 年	
		消费量	比例/%	消费量	比例/%	消费量	比例/%
1	天然气	2496.8	23.65	2558.3	23.69	2637.7	23.76
2	石油	3871.0	36.67	3910.9	36.07	3952.8	35.61
3	煤炭	2892.4	27.4	3041.7	28.05	3177.5	28.63
4	水电	670.4	6.35	697.2	6.43	709.2	6.39
5	核电	627.0	5.93	634.9	5.86	622.0	5.61
合计		10557.6	100	10843.0	100	11099.3	100

资料来源：《BP 世界能源统计》，2008 年。

3. 2007 年世界天然气消费量

2007 年世界天然气消费量总计为 29219.0 亿立方米，其中美国消费量为 6529.0 亿立方米，占世界消费总量的 22.6%，居世界第一位；俄罗斯消费量为 4388.0 亿立方米，居世界第二位；消费量前 10 位的国家占世界天然气消费总量的 61.2%。消费前 10 位的国家见表 1-4。

表 1-4 2007 年世界天然气消费量前 10 位的国家

单位：亿立方米

序号	国家	消费量	比 2006 年增长/%	占总消费量/%
1	美国	6529.0	6.5	22.6
2	俄罗斯	4388.0	1.6	15.0
3	伊朗	1118.0	2.9	3.8

续表

序号	国家	消费量	比 2006 年增长/%	占总消费量/%
4	加拿大	940.0	-3.1	3.2
5	英国	914.0	1.5	3.1
6	日本	902.0	7.8	3.1
7	德国	827.0	-5.1	2.8
8	意大利	778	0.5	2.7
9	沙特阿拉伯	759	3.3	2.6
10	中国	673	19.9	2.3
世界总计		29219.0	3.1	100

资料来源：《BP 世界能源统计》，2008 年。

专家预测，世界天然气消费量将从 2005 年的 2.77 万亿立方米增长到 2015 年的 3.9 万亿立方米、2020 年的 4.9 万亿立方米，约在 2040 年前后，世界能源消费中天然气占的比例超过石油和煤炭居第一位。

4. 世界天然气消费构成

天然气是化石能源中最清洁的燃料，具有很多优点，用于发电的热能利用率可达 55% 以上，高于用石油和煤发电的热利用率；天然气燃烧后排放的烟气中硫化物和 CO₂ 含量比燃油和煤低得多，对环境的影响很小，是解决城市污染，改善人民生活环境质量，提高人民生活水平的优质能源。

2005 年世界天然气消费构成见表 1-5。

表 1-5 2005 年世界天然气消费构成

项 目	居民、公共建筑、商业	工业部门	发电	运输	其它	合计
消费量/亿立方米	11517.0	10215.0	5343.0	277.0	332.0	27685.0
所占比例/%	41.6	36.9	19.3	1.0	1.2	100

第二节 中国天然气资源

一、中国天然气、可燃冰和煤层气资源总量

(1) 中国天然气资源比较丰富，2005 年天然气初步评价总资源量为 52.65 万亿立方米，其中陆地天然气资源量为 41.38 万亿立方米，约占总资源量的 78.6%；海上盆地资源量为 11.27 万亿立方米，约占总资源量的 21.4%。

(2) 天然气水合物（可燃冰）属非常规天然气，是世界公认的 21 世纪替代能源之一，开发利用潜力巨大。我国海洋地质专家经过多年的地质调查研究和勘探，初步预测我国南海北部陆坡可燃冰资源量达 185 亿吨油当量，相当于南海已探明油气地质储量的 6 倍。可燃冰在我国具有良好的开发利用前景，2020 年有可能进行商业化开采。

(3) 根据最近一轮煤层气资源评价结果，全国煤层气资源总量为 36.81 万亿立方米，相当于陆上天然气资源量的 89%，位居世界前三位。

二、中国天然气资源分布

根据中石油、中石化、中海油三大石油公司油气资源评价研究结果，中国陆上天然气资源分布主要集中在中西部的陕蒙宁地区（鄂尔多斯盆地）、川渝地区、柴达木盆地、塔里木

盆地、准格尔盆地以及东北的松辽盆地等六大盆地富气区，可采资源量为 8.8 万亿立方米，占全国预测可采资源量 12 万亿立方米的 73.3%。

中国 300 万平方公里的海洋国土面积也分布有丰富的天然气资源，占可采资源量的 20% 以上，主要分布在渤海湾、东海、珠江口和南海等海域。可燃冰主要分布在南海北部海域。

中国煤层气资源分布广，主要分布在陕西、山西、内蒙古、河南等地区。

三、中国天然气探明储量

2007 年中国天然气累计探明地质储量为 73891.82 亿立方米，累计探明技术可采储量为 41257.4 亿立方米，累计探明经济可采储量为 34233.32 亿立方米，剩余经济可采储量为 25633.6 亿立方米，其中气层气为 24372.6 亿立方米，溶解气为 880.78 亿立方米。2008 年新增探明地质储量为 6472 亿立方米。

1. 2007 年天然气累计探明地质储量表（表 1-6）

表 1-6 2007 年天然气累计探明地质储量表 单位：亿立方米

储量	合计	其中		
		气层气	溶解气	CO ₂ 气
探明地质储量	73891.82	58599.54	14454.96	837.32
探明技术可采储量	41257.40	36090.10	4633.08	534.22
探明经济可采储量	34233.32	30131.10	3721.83	380.39
剩余技术可采储量	32657.84	30331.6	1792.03	534.21
剩余经济可采储量	25633.76	24372.6	880.78	380.38

资料来源：国土资源部，《2007 年全国油气矿产储量通报》，2007 年。

2. 中国的 10 大气田

2007 年中国 10 大气田剩余技术可采储量为 16466.14 亿立方米，占 54.3%；剩余经济可采储量为 13809.49 亿立方米，占 56.7%，见表 1-7。

表 1-7 2007 年中国 10 大气田储量表 单位：亿立方米

序号	气田名称	剩余技术可采储量	剩余经济可采储量
1	中国石油长庆苏里格	3306.86	2674.03
2	中国石油长庆靖边	2696.50	2446.87
3	中国石化勘探南方普光	2592.86	2215.35
4	中国石油塔里木克拉 2	1899.11	1768.15
5	中国石化华北分公司大牛地	1488.56	979.76
6	中国石油塔里木迪那 2	1138.92	1138.92
7	中国石油长庆榆林	1126.21	950.88
8	中国石油大庆徐深气田	936.30	652.98
9	中国石油长庆子洲气田	678.02	554.44
10	中国石油西南广安	602.80	428.11

资料来源：《2007 年全国油气矿产储量通报》。

四、中国煤层气资源及探明储量

煤层气是吸附在地下煤层里富含甲烷的清洁能源，是非常规的天然气资源。

最新煤层气资源评价结果显示，我国埋深 2000m 以浅煤层气资源量为 36.81 万亿立方米，相当于 520 亿吨标煤。华北地区煤层气资源量占全国总资源量的 60% 左右。

2007 年全国煤层气累计探明地质储量为 1130.3 亿立方米，累计探明技术可采储量为 523.19 亿立方米，累计探明经济可采储量为 37.52 亿立方米，见表 1-8。规划到 2010 年，全国煤层气新增探明储量为 3000 亿立方米。

表 1-8 2007 年各公司累计探明煤层气地质储量 单位：亿立方米

项 目	合计	中国石油	中联煤气	地方公司
地质储量	1130.3	459.47	402.19	268.64
技术可采储量	523.19	229.74	218.39	75.06
经济可采储量	37.52	37.52	0	0
剩余技术可采储量	520.26	229.74	218.39	72.13

资料来源：《2007 年全国油气矿产储量通报》。

五、中国与世界天然气资源比较

据美国油气杂志报道，2007 年底世界天然气剩余探明可采储量为 175.16 万亿立方米，我国天然气剩余经济可采储量为 2.563 万亿立方米，仅占世界总储量的 1.463%，居世界第 13 位。世界天然气储采比为 62 年，我国天然气储采比为 36.7 年，远低于世界平均水平。

第三节 中国天然气勘探开发及产量

一、中国天然气勘探开发

(1) 中国是世界上发现和开采天然气最早的国家之一。

公元前 1 世纪，在四川临邛（今天的四川省邛崃市）钻出了第一口火井，并利用天然气蒸发卤水制盐，开创了中国开发利用天然气的先河。

到公元 1041~1048 年间，四川南部的井研和荣州等地，发明了“冲击式凿井法”，主要用于开采地下卤水制盐，但也为天然气开发打下了基础。

到 1835 年，在四川自贡地区钻成功了世界第一口超 1000m 的深井，此井可日产天然气 8500m³，同时日产盐卤 14m³。17 世纪初期，四川自贡地区已拥有天然气、盐卤井 380 眼，年产天然气量达 7200 万立方米，成为当地卤水制盐工业的主要燃料。到 19 世纪中期，四川自贡地区数百平方公里范围内盐场上，聚集了 10 多万人进行盐卤和天然气开发活动，已钻探成功井深 1200m，日产天然气 2 万立方米的高产气井（人称火井王）。当时中国开发利用天然气的技术和规模都处于世界领先地位。

(2) 新中国成立前，由于受战乱影响，天然气开发进展缓慢，中国包括台湾省共有 7 个气田投入开发，共钻成油、气井 134 口，生产天然气累计 11.72 亿立方米。新中国成立后，从 1953 年开始在四川进行正规的天然气勘探开发工作，发现了圣灯山、黄瓜山、卧龙、中坝等气田；20 世纪 80 年代以后，油气勘探开发步伐加快，2007 年底全国共发现油气田 822 个，其中大型的 91 个、中型的 200 个、小型的 531 个，天然气探明储量和产量大幅度提高，中国天然气开发利用进入快速发展时期。

二、中国天然气产量

(1) 中国天然气产量由 2000 年的 272 亿立方米增长到 2008 年的 761.0 亿立方米，8 年增长了 1.8 倍，年均增长 14.5%；2004~2008 年间产量增长速度进一步加快。根据预测，2010 年天然气产量为 920 亿立方米，2020 年为 1500 亿立方米，见表 1-9。

表 1-9 中国历年天然气产量及预测

单位: 亿立方米

年份	2000 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2010 年	2020 年
产量	272.0	493.2	585.53	692.4	761.0	920.0	1500.0
比上年增长/%	7.56	18.96	18.76	18.26	9.91	10.0	5.71

资料来源: 中国统计年鉴。

(2) 中国天然气产量前 8 位的省(区)。2007 年全国天然气产量为 10 亿立方米以上的有 8 个省区, 产量合计为 652.56 亿立方米, 占全国总产量的 93.4%; 产量为 20 亿立方米以上的有 6 个省区, 产量合计 622.35 亿立方米, 占全国总产量的 89.1%; 产量为 100 亿立方米以上的有 3 个省区, 产量合计 506.22 亿立方米, 占全国总产量的 72.43%。新疆天然气产量 2007 年为 210.2 亿立方米, 2008 年达到 240 亿立方米, 连续 4 年居全国第一位, 其次按天然气产量排序为四川、陕西、南海、青海、黑龙江、河南、渤海。新疆、四川、陕西三省区是我国商品天然气主要生产供应地, 是“西气东输”的主要气源, 见表 1-10。

表 1-10 2007 年中国天然气产量前 8 位的省区

省区	新疆	四川	陕西	南海	青海	黑龙江	河南	渤海
位次	1	2	3	4	5	6	7	8
产量/亿立方米	210.2	187.46	110.1	56.61	34.02	25.5	15.5	14.71
占全国比例/%	30.36	27.07	15.90	8.18	4.91	3.68	2.24	2.12

资料来源: 中国统计年鉴。

(3) 2008 年塔里木盆地产天然气 178.16 亿立方米; 四川盆地产天然气 174.75 亿立方米; 鄂尔多斯盆地产天然气 161.5 亿立方米; 柴达木盆地产天然气 42.78 亿立方米。这 4 大盆地合计产天然气 557.2 亿立方米, 占全国天然气总产量的 73.2%, 是全国天然气的主力产地。

三、中国煤层气产量

据不完全统计, 截至 2007 年底, 全国共施工地面煤层气抽采井超过 2000 口, 其中中联煤层气有限公司钻井数占 60%; 我国煤层气井主要分布在山西、陕西、内蒙古等省区, 占全国钻井总数的 80%; 山西沁水盆地南部、陕西鄂尔多斯盆地东部逐步形成煤层气开发的重点地区。全国已形成煤层气地面开发产能为 11 亿立方米, 年产量约 4 亿立方米, 已成功地应用于发电、汽车燃料、民用燃料等领域。我国煤炭生产过程中每年排放的煤层气约 150 亿立方米, 尚未得到充分利用。

煤层气重点开发区规划到 2010 年地面开采产能将达到 30 亿立方米, 生产量将达到 20 亿立方米。确定了沁南、端氏、潘庄、柿庄南、寿阳、保德、三交、韩城 8 个重点煤层气开发项目。

根据中国煤层气“十一五”规划, 到 2010 年全国煤层气产量将达 100 亿立方米, 其中地面钻井产量为 50 亿立方米。井下抽采为 50 亿立方米。

四、页岩气开发前景

(1) 页岩气是从页岩层中开采出来的天然气, 是重要的非常规天然气资源。美国对中国页岩气地质储量初步评估总资源量为 100 万亿立方米, 和美国的储量大体相当。页岩气多分布在盆地内厚度较大、分布广的页岩烃源岩地层中, 页岩气开发具有开采寿命长和生产周期长的优点, 但页岩气储集层渗透率低, 开采难度较大, 开采成本较高。