

专业指导委员会推荐教材
高校建筑环境与设备工程学科



普通高等教育土建学科专业
“十五”规划教材

PUTONG
GAODENG
JIAOYU
TU JIAN XUEKE
ZHUANYE
SHIWU
GUIHUA
JIAOCAI

燃气供应

詹淑慧 主编
王民生 主审

中国建筑工业出版社

普通高等教育土建学科专业“十五”规划教材
高校建筑环境与设备工程学科专业指导委员会推荐教材

燃 气 供 应

詹淑慧 主编
王民生 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

燃气供应/詹淑慧主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2004

普通高等教育土建学科专业“十五”规划教材
高校建筑环境与设备工程学科专业指导委员会推荐
教材

ISBN 7-112-06156-3

I. 燃… II. 詹… III. 燃料气 - 供应 - 高等学校
- 教材 IV. TU996

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 005257 号

普通高等教育土建学科专业“十五”规划教材
高校建筑环境与设备工程学科专业指导委员会推荐教材

燃 气 供 应

詹淑慧 主编

王民生 主审

中国建筑工业出版社出版 (北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 15 $\frac{1}{4}$ 字数: 380 千字

2004 年 5 月第一版 2004 年 5 月第一次印刷

印数: 1—4500 册 定价: 22.00 元

ISBN 7-112-06156-3

TU·5423 (12169)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.china-abp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

本教材结合我国目前燃气事业的发展及应用情况，系统、简要地讲述燃气供应系统的基本理论和基本知识，适当介绍燃气供应系统的新技术、新工艺、新设备和新材料。本教材内容包括城镇燃气供应系统规划的编制、输配系统的设计及运行管理、液化石油气供应、燃气燃烧基本理论、燃烧装置及燃气工程新技术等。

本教材适用于建筑环境与设备、燃气工程及油气储运工程等专业的本科、专科教学用书，也可用于城市规划、工程管理及石油工程等专业学生扩展知识面，可使学生对燃气供应系统有较全面的认识。

* * *

责任编辑：姚荣华 齐庆梅

责任设计：崔兰萍

责任校对：王金珠

前 言

本教材结合我国目前燃气事业的发展及应用情况,系统、简要地讲述燃气供应系统的基本理论和基本知识,适当介绍燃气供应系统的新技术、新工艺、新设备和新材料。本教材内容包括城镇燃气供应系统规划的编制、输配系统的设计及运行管理、液化石油气供应、燃气燃烧基本理论、燃烧装置及燃气工程新技术等。

本教材适用于建筑环境与设备、燃气工程及油气储运工程等专业的本科、专科教学用书,也可用于城市规划、工程管理及石油工程专业学生扩展知识面,可使学生对燃气供应系统有较全面的认识。

随着我国天然气事业的发展,燃气行业的从业人员增加很多,其中一部分人没有系统学习过燃气方面的知识。本教材可供燃气工程设计、施工、运行管理及科研院所的技术人员参考,也可用作成人继续教育及燃气专业技术培训的参考用书。

在教学过程中,应通过课堂教学、实验、参观实习、习题及课程设计等环节,培养学生在城镇燃气供应系统规划设计及运行管理等方面的能力和从事燃气工程施工、管理的基本技能。

本书由北京建筑工程学院燃气教研室教师共同编写,其中,绪论及第一章、第二章、第三章、第七章由詹淑慧编写,第四章、第五章、第六章由杨光编写,第八章、第九章、第十章由徐鹏编写。由詹淑慧担任主编。

本书承王民生教授细心审阅;中国工程院李猷嘉院士对本书的编写提出了许多宝贵意见;傅忠诚教授、李德英教授为本书的准备及编写做了许多工作,在此一并表示感谢。

由于编者水平所限,书中错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

2003.8.

目 录

绪论 能源与燃气	1
第一章 燃气的来源概论	9
第一节 燃气的种类	9
第二节 燃气的性质	21
第三节 城镇燃气的要求	31
第二章 燃气供应规划的编制	36
第一节 燃气供应规划的任务及要求	36
第二节 方案的技术经济分析	38
第三节 技术经济分析的基本方法	42
第四节 不确定性分析	45
第五节 燃气化综合效益分析	47
第三章 燃气供应与需求	49
第一节 燃气的用户类型	49
第二节 燃气需用工况	53
第三节 燃气的调峰	58
第四章 燃气输配系统	65
第一节 燃气输配系统的构成及管网分类与选择	65
第二节 城镇燃气管网的布线	69
第三节 燃气管道材料、附属设备及防腐	76
第四节 燃气管道的运行管理及维护修复	85
第五节 燃气行业信息化系统的建设	96
第五章 燃气设施	99
第一节 燃气储罐	99
第二节 燃气的压力调节与计量	102
第三节 燃气的压送	112
第四节 燃气门站和储配站	116
第六章 燃气管网水力计算	119
第一节 燃气管网设计计算	119
第二节 室内燃气管道的设计计算	131
第三节 计算机在管网水力计算中的应用	137
第七章 液化石油气供应	143
第一节 液化石油气的运输方式	143
第二节 液化石油气供应基地	147

第三节	液化石油气的用户供应·····	156
第八章	燃气燃烧基本理论 ·····	165
第一节	燃气的燃烧计算·····	165
第二节	燃气燃烧过程·····	172
第三节	燃气燃烧方法·····	177
第四节	燃气燃烧污染的控制·····	183
第五节	燃气的互换性·····	187
第九章	燃气燃烧应用装置 ·····	194
第一节	扩散式燃烧器·····	194
第二节	大气式燃烧器·····	202
第三节	完全预混式燃烧器·····	211
第四节	燃气燃烧装置的自动控制·····	216
第十章	燃气工程应用新技术 ·····	222
第一节	新型燃烧装置·····	222
第二节	燃气应用新领域·····	227
附录	·····	236
参考文献	·····	244

绪论 能源与燃气

能源作为人类社会和经济发展的基本条件之一，历来为世界各国所瞩目。在能源领域，人类首先经历了以薪柴为主的时期。18世纪60年代从英国开始的产业革命，促使世界能源结构发生了第一次大的转变，即从薪柴转向以煤炭为主。在整个19世纪，煤炭成为资本主义工业化的动力基础。从20世纪20年代开始，世界能源结构发生了第二次大的转变，即从煤炭转向以石油和天然气为主。特别是第二次世界大战以来，石油及天然气的开采与消费开始大幅度地增加，并以每年2亿t的速度持续增长。到1959年，石油和天然气在世界能源结构中的比重首次超过煤炭而占第一位。其后，虽然经历了20世纪70年代两次石油危机，石油价格高涨，但石油的消费量却不见有减少的趋势。

尽管人们在新能源的开发方面进行了许多努力，开发水能、太阳能、风能、地热能、潮汐能等可再生能源，但到目前为止，它们在能源消费总比例中也仅占5%左右。由于太阳能的利用涉及到能量的均衡产生、能量的存储、可达到的规模、能量的成本和投资等技术问题，其大规模工业化生产尚需时日；受控核聚变能被称为人类未来能源的希望所在，但至少要在21世纪前半期，从技术上还难以大规模实现。在这种情况下，天然气将成为绿色能源的焦点。根据国际能源研究所的预测，21世纪前50年，将会有以天然气为主的时期，世界能源结构要转变到以可再生能源为主的时期还将是一个漫长的过程，这是当今世界能源发展的趋势。

展望未来，世界天然气的发展前景是诱人的。据预测，世界常规天然气的总资源量达400~600万亿 m^3 ，此外还有大量非常规天然气资源。预计到2010年，剩余探明可采储量天然气将为165.8万亿 m^3 ，石油为1441亿t；以热当量计算，天然气储量已超过石油储量。2015年世界天然气的产量将超过石油产量。2020年能源结构中天然气将占29%~30%，石油占27%，煤占24%，核电为8%，水电为8%，其他能源为4%左右。值得指出的是，随着天然气勘探技术的发展，被探明的天然气储量还在逐年增加。

与石油一样，世界天然气资源分布也很不均匀，主要集中在中东、前苏联和东欧等地。这三个地区天然气储量之和约占世界天然气总储量的70%。天然气是蕴藏量丰富、清洁而便利的优质能源。但是，由于早期以石油为勘探目标的国家，多数是将发现的天然气视为难以利用的产品而烧掉。多年以后，才建成输气管道，开始使用天然气。因此，许多国家的天然气工业普遍比石油工业落后30~40年，并经历了先慢后快的发展过程。

在实现我国社会主义现代化建设的进程中，能源问题具有重大的战略意义，必须高度重视，认真研究解决。由于我国经济的快速发展，对能源的需求已经进入一个急剧增长的阶段。因此加快我国天然气的发展，改善能源结构状况，提高人民生活水平，是国家能源政策的重要组成部分。

我国城镇发展对环境保护的要求越来越高，大气质量与城镇使用的能源有直接关系。中央和地方政府对发展城镇优质能源越来越重视，正在采取积极的措施使城镇能源向清

洁、高效方向发展，以优质能源供应城镇已成为共识。燃气是城镇优质能源的重要组成部分，其中，天然气更是城镇燃气的理想气源。提高城镇燃气利用水平，对改善大气质量有重要意义。未来十年，我国天然气的产量和需求量将大幅度增加。

燃气是指可以作为燃料的气体，它通常是以可燃气体为主要成分的、多组分的混合气体。由于早期的人工燃气是以煤为原料加工生产的，因此，人们习惯将这类混合气体燃料统称为“煤气”。随着社会生产的发展，燃气的来源、生产方式及组分等都有了很大变化，而“煤气”只是众多燃气气源中的一种，“燃气”才具有更广泛的涵义和适用性。

城镇现代化的标志，主要是指城镇基础设施的现代化，燃气设施就是其中不可缺少的一部分。燃气的普及率和耗用量已被看作一个国家、一个地区或一座城镇的经济及社会发展水平的重要象征之一。

使用燃气可以改善能源结构、减轻大气污染、保护生态环境，减少固体燃料及废渣的堆放和运输量；使用燃气可改善居民生活条件，缩短家务劳动时间；在某些工业生产中使用燃气，可以明显提高产品的产量及质量，提高生产过程的自动化程度和劳动生产率，进而取得良好的经济效益。由于气体燃料洁净度高、燃烧稳定且完全、火焰容易控制，因此，在使用过程中有电、热和其他燃料无法替代的优势。总之，发展燃气，可以明显地取得节能效益、环保效益和服务效益。

一、能源概述

能源是指能够转换为机械能、热能、电磁能、化学能等各种能量的资源，是人类赖以生存的重要的物质基础。能源的分类方法有很多种，常用的有：

(一) 按能源的存在形式分类

(1) 一次能源（即天然能源） 在自然界以天然的形式存在的可直接利用的能量资源，称为一次能源或天然能源。

在一次能源中还可分为再生能源与非再生能源。再生能源是指能重复产生的天然能源。非再生能源是指不能重复产生的天然能源。

(2) 二次能源（即人工能源） 由一次能源经过加工、转换，以其他种类或形式存在的能量资源，称为二次能源或人工能源。

(二) 按能源的使用性质分类

(1) 燃料能源 包括矿物燃料、生物燃料和核燃料等三大类。人类在使用这类能源时，主要是靠燃烧它们获取所需要的能量。

(2) 非燃料能源 人类在使用这类能源时，一般是直接利用其提供的机械能、热能、光能等，有时也会利用其转化形式。

(三) 按利用技术分类

按能源的利用技术状况可分为常规能源和新能源两类。

(1) 常规能源是指在现有的技术条件下，已经广泛使用，而且技术比较成熟的能源。

(2) 新能源一般是指有待开发和完善其利用技术的能源。

当然，常规能源和新能源是相对而言的。因为任何一种能源从发现到被广泛利用，都有一个或慢或快的过程。我们今天已经广泛使用的煤炭、石油、天然气等都有被视为“新能源”的历史。此外，还有一些能源形式虽然开发、利用时间比较长，但其应用的广泛性

还不够，使用技术也有待于完善、提高，因此，这些能源也应视为新能源，给予足够的重视，加以研究。表 0-1 为能源分类表。

能源分类表

表 0-1

按利用技术状况分类	按使用性质分类	按存在形式分类	
		一次能源	二次能源
常规能源	燃料能源	泥煤 褐煤 烟煤 无烟煤 石煤 油页岩 油砂 石油 天然气 植物秸秆	人工燃气 焦炭 汽油 煤油 柴油 重油 液化石油气 甲醇 酒精 苯胺
	非燃料能源	水能	电力 蒸汽 热水
新能源	燃料能源	核燃料	人工沼气 氢能
	非燃料能源	太阳能 风能 潮汐能 地热能 海洋能	激光

能源的分类方式还有很多种，比如按照其物理状态分为固体能源、液体能源和气体能源三类；按其利用过程的污染程度划分为清洁能源和非清洁能源等。

二、常规能源的利用与评价

当今世界，煤炭、石油、天然气、水力等常规能源在人类的能源消费总量中仍然占有很大比重，而这种状况在今后相当长的时期内还会保持下去。因此，对常规能源必须予以足够的重视。在研究解决常规能源的勘探、开发、输送、储存及加工等问题的同时，能源的合理利用与综合利用也显得尤其重要。因为大部分常规能源（主要是煤炭、石油、天然气）在地球上的储量是有限的，且不可再生，因此，这些能源是非常稀缺和宝贵的。

我国能源资源储量比较丰富，但资源质量及资源勘探程度不很高。主要表现为：煤炭资源储量比较丰富，石油、天然气等优质能源探明储量有限，加之我国人口众多，人均能源占有量相对比较低。在过去的几十年里，终端能源消费结构中，煤炭一直占据主导地位。以煤为主的传统工业投资大、环保问题突出。我国常规能源的合理利用方面的主要问题是缺乏严格的、科学的能源管理，能量利用率比较低，能源消费系数比较高。资源的不合理使用与浪费，加剧了能源不足的紧张状况。我国一次能源消费结构及预测见表 0-2。

我国一次能源消费结构及预测 (%)

表 0-2

年份	煤炭	石油	天然气	水电	核能
1998	73.5	18.6	2.2	5.7	—
2000	71	24	2.7	2.1	0.2
2015	60	29.5	7.1	2.6	0.8

石油素有“工业的血液”之称，是当今世界最重要的动力能源，又是近代有机化工业的重要合成原材料。石油是早已被证实为适应性最强的一种矿物燃料，特别是在运输业，与其他可供选择的燃料相比，石油具有很多优点。因而，在今后相当长的时间里，石油在所有能源中仍将保持其特殊地位。石油还是煤油、粗柴油、润滑油、残渣燃料油、沥青和石蜡的主要来源。提炼油品过程中可回收矿物蜡和硫，炼油剩余物如石油焦可以作电极，沥青是重要的建筑材料。

煤炭是埋藏在地下的植物，经过几千万年乃至几亿年的炭化过程，释放出水分、二氧化碳、甲烷等气体后，含氧量减少而形成的。煤炭中含碳量非常丰富。由于地质条件和炭化程度不同，煤炭中含碳量不同，热值（也称发热值或发热量）也就不同。按热值大小顺序可分为无烟煤、烟煤和褐煤等。

煤炭作为一种主要的能源已经具有很长的开采及使用历史。在矿物燃料中，煤炭是最早在能源消费中起主要作用的燃料。煤炭的消费在1920~1940年间曾达到使用高峰。1940~1975年间，石油、天然气的大量使用使得煤炭的重要性有所下降。然而，随着矿物燃料的短缺和石油价格的上涨，人们已对煤炭的重要性开始重新评价。

煤炭在地球上分布比较广泛，是世界上最丰富的能源物质。煤炭的探明储量在能源的总估算量中所占的比例一直在稳步上升。但煤炭产量及用量的增长受到资金、环保及安全等方面的限制。地下采煤一直被认为是最危险的作业之一，因为它具有起火、爆炸、塌方以及容易导致呼吸系统疾病等危险。即使在今天，煤炭在开采、加工、运输及使用过程中的污染问题仍然没有得到很好的解决。

在现有生产力水平下，煤炭用于发电是比较理想的出路：在发电厂，人们可以将煤炭的储存和处理过程在封闭的环境下进行，以减少污染；在大型锅炉中，通过粉煤的燃烧，可以获得较高的热效率；各种除尘设备可以降低排烟中的粉尘量；燃烧后形成的灰分及灰渣，可以集中处理，用于制造建筑及筑路材料或填充物。

天然气资源的用途主要在两个方面：一是能源行业，主要用于发电、生活燃料（采暖、热水和炊事）、工业燃料和交通运输燃料；二是作为化工原料，以生产化肥及合成纤维类为主。国际上，天然气主要用于工业、发电、交通运输燃料及商业（包括居民和公共建筑）用气。其中，发电和工业用气是天然气需求的主要方面。预计未来20年，发电对天然气的需求量将有大幅度增加。将天然气用于城市，可解决城市环境污染问题，提高能源利用效率。与石油和煤炭相比，天然气具有储运压力高，方便远距离输送；容易燃烧，对不同的燃烧器有较强的适应性和机动性；能量利用率高，燃烧污染物排放少等优点。

石油、天然气不仅有广泛的工业用途，而且石化产品在人们的日常生活中也大量地使用着，装点着人们的家庭。造型各异、不同种类的家用电器、箱包器皿、生活用具乃至储存着丰富信息的软盘等，几乎没有一样能离开石化产品。

我国部分能源的品质评价见表 0-3。

我国部分能源的品质评价

表 0-3

能源种类	能源品质评价									
	能流密度	品位	再生性	开发投资	材料用量	应用技术难度	存储性	供应连续性	运输条件	使用过程中的污染程度
水能	较大	较高	可再生	较大	较大	容易	可存	连续	方便	较小
石油	很大	很高	不可再生	小	大	容易	可存	连续	方便	较小
天然气	很大	很高	不可再生	小	大	容易	可存	连续	方便	较小
核能	最大	最高	不可再生	小	大	容易	可存	连续	方便	较小
煤炭	较大	中等	不可再生	大	大	容易	可存	连续	方便	最大
风能	很小	很低	可再生	大	小	容易	不可存	不连续	不方便	无
太阳能	很小	很低	可再生	大	较大	困难	不可存	不连续	不方便	无
地热能	较小	较低	可再生	较大	较大	容易	可存	连续	不方便	较小
沼气	较大	较高	可再生	小	小	容易	可存	连续	不方便	较小
海洋能	较小	较低	可再生	大	大	困难	可存	连续	不方便	无
氢能	最大	最高	可再生	大	小	困难	可存	连续	方便	无

三、燃气行业的发展历程与现状

我国气体燃料发现和使用的历史悠久，早在公元 468 年，四川就开始使用天然气煮盐。据《川盐纪要》记载，明代时，在四川的天然气田已有竹制或木制的集输管道，总长度达 100 多公里，专门从事管道建设的工人有一万多。可见当时天然气的利用已具有一定的规模。但在以后很长的时间里，我国天然气的应用范围和地区分布都极为有限。

我国城市燃气工业的发展应从 1865 年上海建成的人工煤气厂开始。当时的煤气主要供上海的外国租界使用。到 1949 年时，全国仅有七个城市有煤气设施，年供气能力为 3900 万 m³，用气人口约 27 万。我国燃气事业的快速发展是在改革开放以后，特别是近十余年中有了突破性的进展。

我国现代城市燃气事业的发展大致经历了三个阶段：

第一阶段：20 世纪 80 年代以前，在国家钢铁工业大发展的带动下和国家节能资金的支持下，全国建成了一批利用焦炉余气以及各种煤制气的城市燃气利用工程，许多城市建设了管网等燃气设施。在这一阶段，以发展煤制气为主，取得了普及用户、增加燃气供应量的成绩。

第二阶段：20 世纪 80 年代至 90 年代前期，液化石油气（Liquified Petroleum Gas，简称 LPG）和天然气得到了很快的发展，形成了煤制气、液化石油气和天然气等多种气源并存的格局。同时出现了国内现有资源难以满足城市建设和经济建设需求的情况。由于国家准许液化石油气进口并逐步取消了配额限制，广东等沿海经济较发达、但能源缺乏的地区首先使用了进口液化石油气。至此，国内外液化石油气资源得到了较充分的利用，液化石油气成为我国城镇燃气的主要气源之一。

第三阶段：20 世纪 90 年代后期，随着天然气的勘探、开发，以陕甘宁天然气进北京

为代表的天然气供应拉开了序幕，我国城镇天然气的应用进入前所未有的发展阶段。特别是西气东输工程的实施，标志着我国城镇燃气的天然气时代已经来临。同时，液化石油气小区管道供应方式的广泛应用，也为液化石油气扩展了应用领域。

2000年，全国城镇中天然气供应总量为82亿 m^3 ；人工燃气供应总量为152亿 m^3 ；液化石油气供应总量为1054万吨。全国用气人口已达17625.05万人，其中，天然气用户约13%；人工燃气用户约23%；液化石油气用户约63%。城市燃气管网也有了很大发展，燃气管道总长度达到89458km，其中天然气管道总长度约33655km，人工燃气管道总长度约48384km，小区供气的液化石油气管道约7419km。

但是，我国城镇燃气事业的发展进程中，还有许多问题需要解决。比如我国城镇燃气的气化率在发达地区比较高，不发达地区比较低；许多地方的燃气管道及设施才刚刚开始建设；天然气等优质燃料与清洁能源在整个能源消费结构中所占比例还很低。长期以来，由于燃气气源供应的不足，也影响了燃气应用技术的发展：民用小型快速燃气热水器是在20世纪80年代才开始较普遍地在城市居民中使用；商业用户燃气的应用也基本限于炊事。城市燃气应用于发电、建筑物的采暖和制冷，在国外已经相当普遍，而在我国才刚刚起步，其他的应用技术尚未大规模开始。

四、我国城镇燃气规划发展目标

建设部制定的《建设事业“十五”计划纲要》中提出：“十五”期间要继续增强对城镇基础设施建设的投入，使城镇人居环境质量得到明显改善。其中，在城市市区人口中，燃气的普及率要达到92%。“十五”期间，我国燃气事业将会有很大发展。随着西气东输工程的进展，天然气在我国城镇燃气中的比例将会大幅度增加，天然气长输管线的铺设将初步形成规模。

我国天然气资源比较丰富，据全国油气资源评估和预测，我国天然气资源量为43万亿 m^3 ，其中陆上30万亿 m^3 ，海上13万亿 m^3 ；另外还有30~50万亿 m^3 的煤层气资源。这些资源量集中分布在中、西部地区 and 近海地区。

21世纪初我国天然气生产与消费将大幅度上升，而且天然气消费需求的增长将高于天然气生产量的增长，与国民经济发展速度基本协调。同时，我国多种能源的开发已使天然气与其他能源之间的竞争逐步展开。

1989年国家计委在北京召开了全国天然气利用规划工作会议，在充分评估利用国内和国外天然气资源的基础上，对开展全国天然气利用的规划工作做了部署，要求依据我国天然气利用的总体规划，在2010年前实施西气东输、俄气南供、液化天然气进口、近海天然气利用、煤层气开发利用等天然气项目。

21世纪初中国将迎来天然气开发生产的高峰期，到2020年中国天然气产量可望达到1000亿 m^3 ，相当于1亿t原油。为加快21世纪对天然气的开发利用，我国已开始全国天然气管网的规划建设，并逐步形成以陕甘宁地区、四川和新疆三大天然气生产区为龙头，向华北、东北、长江三角洲、珠江三角洲等经济发达地区辐射的格局。目前，从陕西气田到北京的天然气长输管道已建成通气，向华北、东北、长江三角洲等经济发达地区延伸的管道正在规划建设中。

(一) 西气东输工程

西气东输工程广义上讲，是将我国西部的天然气通过大管道输送到经济发达的东部地

区。国家西气东输战略包括已建成投产的陕甘宁天然气进京工程、青海涩北经西宁至甘肃兰州的输气工程、重庆忠县至湖北武汉的输气工程、新疆塔里木至上海的输气工程等。

西气东输工程是我国西部大开发的标志性工程。实施西气东输工程，在资源和市场之间架起一座桥梁，既能把西部的资源优势转化为经济优势，又能为东部的能源结构及经济结构的调整奠定基础，这无疑是一项东西部共同发展的双赢工程。

经国务院批准，2002年开工建设的西气东输工程是指将新疆塔里木轮南地区的天然气输送到上海等地的输气工程。该工程途经新疆、甘肃、宁夏、陕西、山西、河南、安徽、江苏、浙江、上海等九省一市，全长约4000km，输气能力约120亿 m^3 /年，输气干线管径1016mm，输气压力10.0MPa，工程总投资1200多亿元。主要供给沿线城镇和长江三角洲地区居民及工业企业用气。

西气东输工程将促进我国燃气气源的规范统一，改变气源质量参差不齐的现状，加快燃气及燃气具的普及。据国务院发展研究中心市场经济研究所调查预测：未来5年我国城市居民家庭对燃气具用品的需求旺盛，预期购买率将达到50%左右，燃气灶具的市场需求总量将达到4240万台，燃气热水器4660万台。燃气具市场拓展空间巨大。

(二) 俄气南供工程

俄气南供工程规划从俄罗斯每年进口天然气300亿 m^3 ：中国境内利用200亿 m^3 （其中东北地区100亿 m^3 ，环渤海地区100亿 m^3 ），输送到韩国100亿 m^3 。项目将在2005年~2007年建成投产送气，2010年满负荷运行。由俄罗斯恰扬金气田和科维克金油气田联合供气，两气田天然气在新乌奥扬汇合从满洲里进入中国，陆上管线约4960km，其中，中国境内约3000km，韩国境内约1960km。在我国，规划中的用气市场有黑龙江省、吉林省、辽宁省及环渤海地区的北京市、天津市、河北省及山东省等七省市。

(三) 进口液化天然气 (Liquefied Natural Gas, 简称 LNG)

为改善东南沿海地区经济增长迅速，而能源缺乏的状况，经国家批准，广东省珠江三角洲地区将首先实施进口液化天然气的试点项目（引进东南亚或澳大利亚的液化天然气）。计划2005年建成一期工程，规模为300万 t /年，二期工程，增加液化天然气200万 t /年。陆上管线长约500km，管径为600mm。

(四) 近海天然气利用

近海天然气利用工程主要有南海气田向海南、广西供气工程；东海气田向上海、浙江供气工程；渤海西南部向天津及山东胶东半岛供气工程等。

南海气田向海南、广西供气工程：我国南海蕴藏有大量天然气资源，1996年已开始向香港及海南省每年供气34亿 m^3 。目前在南海西部探明天然气储量为2565亿 m^3 ，可向海南省、广西省供应天然气。

东海气田向上海、浙江供气工程：东海平湖气田已经每年向上海供气4.5亿 m^3 ，近年勘探、开发的东海春晓气田，国家评估的探明储量为170亿 m^3 ，可望增至400~450亿 m^3 。计划东海天然气在宁波登陆，结合西气东输工程到杭州的输气管线，由宁波向西和向南发展。预计2005年建成，每年供气16亿 m^3 。

渤海西南部向天津及山东胶东半岛供气工程：渤海西气田从1998年开始每年向天津供气1亿 m^3 ，近年又在渤海南部发现较大规模的油气田，累计天然气储量约为500亿 m^3 ，计划向山东胶东半岛供气。工程规划每年供气4亿 m^3 ，预计2005年建成。

（五）煤层气的开发利用

我国煤层气资源十分丰富，主要分布在我国中部和东部地区，华北地区占大部分。但目前，我国的煤层气开采还处于起步阶段，未形成工业化规模生产，开采技术还不成熟。如果在开发煤矿矿床的前期，先将甲烷气体开发出来，不但可以增加甲烷气体的来源，而且可以大大减少煤矿事故的发生，减少人员的伤亡。

专家分析，我国的煤层气储层大多属于极其致密的特低渗透储层，这种煤层气开采难度大、产量低、递减快。因煤层气具有很好的开发利用前景，有关方面正积极组织力量研究煤层气的开发与利用，并引进国外先进技术。据估计，2010年前山西、河北、河南、山东、安徽、江苏等地有望得到煤层气供应。

随着天然气工程的建设，全国性的燃气长输管网将初具规模，气源的扩充使燃气的用户迅速增加，用气方式由过去的以民用炊事及制取生活热水为主，转向工业、交通、采暖及发电、化工等多种用途共同发展。天然气开发利用的基本思路将以市场为导向，依据总体规划，加强天然气资源的勘探开发，积极开展与周边国家的天然气贸易；以国内资源为主，开拓并扩大天然气用量和用气范围，辅以进口天然气以满足沿海发达地区对天然气的需求；协调好国内外两种天然气资源的利用，实现资源多元互补；分期分批配套建设干线管网和城镇区域的输气、储气、调峰设施及事故状态下的应急设施等，以确保安全可靠地供气。

第一章 燃气气源概论

燃气是易燃、易爆的混合气体，有些燃气还具有毒性。燃气中可燃成分有氢气、一氧化碳、甲烷及碳氢化合物（烃类）等；不可燃成分有二氧化碳、氮气等惰性气体；部分燃气还含有氧气、水及少量杂质。

第一节 燃气的种类

城镇燃气供应系统的规划设计、设备选取、维护管理措施以及燃烧设备的设计和选用等都与燃气的种类有关。燃气可以按其来源或生产方式进行分类，也可以从应用方面按燃气的热值或燃烧特性进行分类。

燃气按照其来源及生产方式大致可分为四大类：天然气、人工燃气、液化石油气和生物气（人工沼气）等。其中：天然气、人工燃气、液化石油气可以作为城镇燃气供应的气源，生物气由于热值低、二氧化碳含量高而不宜作为城镇气源，但在农村如果以村或户为单位设置沼气池，产生的沼气作为洁净能源可以替代秸秆燃烧与利用，仍然有一定的发展前景。

一、天然气

一般认为，天然气是古代动、植物的遗体在不同的地质条件下，通过生物化学作用以及地质变质作用生成的可燃气体。在一定压力下，天然气经运移，储集在地下适宜的地质构造中，形成矿藏，埋藏在深度不同的地层中。天然气是一种混合气体，其主要成分是低分子量烷烃，还含有少量的二氧化碳、硫化氢和氮气等。

天然气开采系统基建投资少、建设工期短、见效快，新建的气井一般当年即可投产。据有关资料介绍，按标准燃料计算，天然气的生产成本是石油的 25%，煤炭的 5% ~ 15%。天然气从地下开采出来时压力很高，有利于远距离输送，送到用户时仍能保持较高压力。天然气热值高，容易燃烧且燃烧效率高，是优质的气体燃料。

天然气不仅是优质能源，而且是应用广泛的化工原料。综合利用天然气，充分有效地发挥天然气资源的作用，才能取得显著的经济效益。

（一）天然气的分类

天然气通常是按照其矿藏特点或气体组成进行分类。

（1）天然气根据矿藏特点分类

1) 气田气 气田气是指由气田开采出来的纯天然气。其主要成分为甲烷，含量约为 80% ~ 90%，还含有少量的二氧化碳、硫化氢、氮及微量的氦、氖、氩等气体。我国四川的天然气即为气田气，其中甲烷含量一般不少于 90%。

2) 凝析气田气 凝析气田气是指含有少量石油轻质馏分（如汽油、煤油成分）的天然气。当凝析气田气由气田开采出来后，经减压降温，可分离为气液两相。凝析气田气中

甲烷含量约为 75%。

3) 石油伴生气 石油伴生气是指与石油共生的、伴随石油一起开采出来的天然气。石油伴生气又分为气顶气和溶解气两类。气顶气是不溶于石油的气体, 为保持石油开采过程中必要的井压, 这种气体一般不随便采出。溶解气是指溶解在石油中, 伴随石油开采而得到的气体。石油伴生气的主要成分是甲烷、乙烷、丙烷、丁烷, 还有少量的戊烷和重烃。气油比(气体 m^3 /原油 t) 一般在 20~500 之间。我国大港地区华北油田的石油伴生气中, 甲烷含量约为 80%, 乙烷、丙烷及丁烷等含量约为 15%。石油伴生气的成分和气油比, 会因油田构成和开采的季节等条件的不同而有一定差异。

(2) 天然气根据组分分类 天然气根据其组分可分为干气、湿气、贫气和富气, 也可分为酸性天然气和洁气等。

1) 干气是指每一基方[●]井口流出物中, C_5 [●]以上重烃液体含量低于 $13.5cm^3$ 的天然气;

2) 湿气是指每一基方井口流出物中, C_5 以上重烃液体含量超过 $13.5cm^3$ 的天然气;

3) 富气是指每一基方井口流出物中, C_3 以上重烃液体含量超过 $94cm^3$ 的天然气;

4) 贫气是指每一基方井口流出物中, C_3 以上重烃液体含量低于 $94cm^3$ 的天然气;

5) 酸性天然气是指含有较多的 H_2S 和 CO_2 等酸性气体, 需要进行净化处理才能达到管道输送要求的天然气;

6) 洁气是指 H_2S 和 CO_2 含量很少, 不需要进行净化处理的天然气。

(二) 天然气的生成与气藏的形成

天然气是由有机物质生成的。这些有机物质是海洋、湖泊中或陆地上的动、植物遗体, 在特定的地质环境中, 经去氧加氢富集碳的过程形成分散的碳氢化合物。天然气生成之后, 是呈分散状态存在于地下岩石的孔隙、裂缝中或以溶解状态存在于地下水中。要形成气藏, 除了有良好的储集层, 还要有合适的盖层、气体的迁移和聚集过程等条件。

天然气生成之后, 能储存天然气并能使天然气在其内部流动的岩层, 称为储集岩层, 又叫储集层。储集层是天然气气藏形成不可缺少的重要的条件。

能储集天然气的岩层主要有以下几种:

(1) 碎屑岩类储集层, 包括砂岩、砂层、砾石层等。目前, 世界上已探明的石油、天然气矿藏有 40% 以上是储集在这类岩层中的。这类岩层的储集空间主要是碎屑颗粒间的孔隙。

(2) 碳酸盐类储集层, 包括石灰岩、白云质石灰岩及白云质灰岩等。目前, 世界已探明的石油、天然气储量有一半以上是储集在这类岩层中的。这类岩层的储集空间, 除在成岩过程中形成的原生孔洞和裂缝外, 还有次生的孔洞和裂缝。

(3) 其他岩类储集层, 包括由岩浆岩、变质岩和泥质沉积岩等。它们因风化、剥蚀作

● 本书中气体计量单位用立方米, 计量条件有两种: 一是在压力为一个大气压 (101325Pa), 温度为 $0^\circ C$ 的条件下称标准立方米 (Normal Cubic Meter, 简称为 Nm 或 m^3), 简称标方; 另一种是在压力为 101325Pa, 温度为 $20^\circ C$ 条件下称基准立方米 (Standard Cubic Meter, 简称为 Sm³), 简称基方。

● 对于碳氢化合物, 有时只用其中的碳原子 (C) 数表示。如丙烷 (C_3H_8)、丙烯 (C_3H_6) 可统称为 C_3 , 正戊烷 (C_5H_{12})、异戊烷 (C_5H_{10}) 可统称为 C_5 。