



普通高等教育土建类专业“十五”规划教材

燃气供应 (第二版)

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

燃气供应 (第二版)

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. —2版.—北京: 中国建筑工业出版社, 2011.9

普通高等教育土建学科专业“十五”规划教材

ISBN 978-7-112-13478-6

I. ①燃… II. ①詹… III. ①燃料气-供应-高等学校-教材 IV. ①TU996

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 185762 号

责任编辑: 姚荣华 张文胜 齐庆梅

责任设计: 赵明霞

责任校对: 刘梦然 刘 钰

普通高等教育土建学科专业“十五”规划教材
燃气供应(第二版)

詹淑慧 主编

王民生 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京盈盛恒通印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 19¼ 字数: 467 千字

2011 年 9 月第二版 2011 年 9 月第九次印刷

定价: 36.00 元

ISBN 978-7-112-13478-6

(21245)

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)

第二版前言

本教材自2004年5月第一版出版发行后，被各高等学校建筑环境与设备工程、燃气工程及油气储运工程等专业选作教材，被部分燃气企业选作技术培训用书。

编者在自我检查、收集各方对教材内容及使用情况的反馈后，修订完成了第二版：对全书内容进行了梳理、修改，补充编写了关于压缩天然气和液化天然气供应一章，每章后增加了部分思考题。

本教材第二版由北京建筑工程学院环境与能源工程学院教师共同编写，其中：绪论及第一章、第二章、第三章、第八章由詹淑慧编写，第四章、第五章、第六章由杨光编写，第九章、第十章、第十一章由徐鹏编写，第七章由詹淑慧、徐鹏共同编写；由詹淑慧担任主编。

许多前辈及同行对本书的编写给予指导、提出了宝贵意见；研究生徐晓菊、李进、刘鹏、吕凯帮助完成了资料整理等工作，在此一并表示感谢！

对选用本教材的高等学校师生表示衷心的感谢！希望听到你们的反馈意见。请关注、阅读本书的专业技术人员不吝赐教，感谢大家的支持和信任！

由于编者水平所限，书中错误和不妥之处，敬请同行及读者予以批评指正。

2011年6月

第一版前言

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。

2003年8月

目 录

| | |
|-------------------------------|-----|
| ※ ^① 绪论 能源与燃气 | 1 |
| 第一章 燃气气源概论 | 11 |
| 第一节 燃气的种类 | 11 |
| 第二节 燃气的基本性质 | 25 |
| 第三节 城镇燃气气源的要求 | 38 |
| 思考题 | 43 |
| 第二章 燃气发展规划的编制 | 44 |
| 第一节 燃气发展规划的任务及要求 | 44 |
| 第二节 方案的技术经济分析 | 47 |
| ※第三节 技术经济分析的基本方法 | 51 |
| ※第四节 不确定性分析 | 54 |
| ※第五节 燃气化综合效益分析 | 55 |
| 思考题 | 57 |
| 第三章 燃气供应与需求 | 58 |
| 第一节 燃气的用户类型 | 58 |
| 第二节 燃气需用工况 | 63 |
| 第三节 燃气的调峰 | 69 |
| 思考题 | 75 |
| 第四章 燃气输配系统 | 76 |
| 第一节 燃气输配系统的构成及管网分类与选择 | 76 |
| 第二节 城镇燃气管道的布线 | 80 |
| 第三节 燃气管道材料、附属设备及防腐 | 89 |
| ※第四节 燃气管道的运行管理及维护修复 | 98 |
| ※第五节 燃气行业信息化系统的建设 | 110 |
| 思考题 | 112 |
| 第五章 燃气设施 | 113 |
| 第一节 燃气储罐 | 113 |
| 第二节 燃气的压力调节与计量 | 117 |
| 第三节 燃气的压送 | 128 |
| 第四节 燃气门站和储配站 | 133 |
| 思考题 | 136 |

① 在授课课时受限时，加※部分可以作为阅读章节。

| | |
|--------------------------------|-----|
| 第六章 燃气管网水力计算 | 138 |
| 第一节 燃气管网设计计算 | 138 |
| 第二节 室内燃气管道的设计计算 | 152 |
| ※第三节 计算机在管网水力计算中的应用 | 160 |
| 思考题 | 165 |
| 第七章 压缩天然气及液化天然气供应 | 166 |
| 第一节 压缩天然气供应 | 166 |
| 第二节 液化天然气供应 | 177 |
| 思考题 | 186 |
| 第八章 液化石油气供应 | 187 |
| 第一节 液化石油气的运输 | 187 |
| 第二节 液化石油气供应基地 | 192 |
| 第三节 液化石油气的用户供应 | 201 |
| 思考题 | 209 |
| 第九章 燃气燃烧基本理论 | 210 |
| 第一节 燃气的燃烧计算 | 210 |
| 第二节 燃气燃烧过程 | 220 |
| 第三节 燃气燃烧方法 | 228 |
| ※第四节 燃气燃烧污染的控制 | 234 |
| 第五节 燃气的互换性 | 238 |
| 思考题 | 244 |
| 第十章 燃气燃烧应用装置 | 245 |
| 第一节 燃气燃烧器的技术要求与分类 | 245 |
| 第二节 扩散式燃烧器 | 246 |
| 第三节 大气式燃烧器 | 255 |
| 第四节 完全预混式燃烧器 | 264 |
| ※第五节 燃气燃烧装置的自动控制 | 269 |
| 思考题 | 276 |
| ※第十一章 燃气应用新技术 | 277 |
| 第一节 新型燃烧装置 | 277 |
| 第二节 燃气应用新领域 | 283 |
| 思考题 | 290 |
| 附录 | 291 |
| 参考文献 | 300 |

※绪论 能源与燃气

能源是人类社会赖以生存和发展的重要物质基础。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。由于早期的人工煤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。

一、能源分类

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再生的天然能源。

(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、生物能源和核燃料等三大类。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

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 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。

常规能源和新能源是相对而言的，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。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占有很大

比重，因此，对常规能源仍需予以足够的重视。三大常规能源（煤炭、石油和天然气）不可再生，其有限性和稀缺性使得人们在研究解决其勘探、开发、输送、储存及加工等问题的同时，也更加注重能源的合理利用与综合利用。

能源分类表

表 0-1

| 按利用技术状况分类 | 按使用性能分类 | 按形成条件分类 | |
|-----------|---------|---|---|
| | | 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 | 人工煤气 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 蒸气 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 |

（一）石油

石油是以碳氢化合物为主要成分的、有色可燃性油质液体矿物，是古代海洋或湖泊中的生物经过漫长的演化形成的混合物。通过对石油的炼制可得到汽油、煤油、柴油等燃料以及各种机器的润滑剂、气态烃；通过化工过程，可制得合成纤维、合成橡胶、塑料、农药、化肥、医药、油漆、合成洗涤剂；炼油剩余物如石油焦可以作电极，沥青是重要的建筑材料。因此，石油被广泛运用于交通运输、石化等各行各业，被称为经济乃至整个社会的“黑色黄金”、“工业血液”。迅速增长的世界经济依赖于石油，全球的政治格局和军事活动也受到石油的直接影响，几乎所有国家都把石油置于能源战略的核心位置；石油已经成为一种最为重要和特殊的商品。

石油运输方便、能量密度高，早已被证实为适应性最强的一种矿物燃料，与其他可供选择的燃料相比，石油具有明显的优势。因而，在今后相当长的时间里，石油仍将占据其独有的地位。

（二）煤炭

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。煤炭中含炭量非常丰富。由于地质条件和炭化程度不同，煤炭中含炭量不同，热值（也称发热值或发热量）也就不同。按热值大小可

分为无烟煤、烟煤和褐煤等。

煤炭是世界储量最丰富的化石燃料，作为一种主要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，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。但煤炭产量及使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危险的作业之一，因为它具有起火、爆炸、塌方以及造成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有待解决。

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。

(三) 天然气

天然气是以甲烷为主的气态化石燃料，主要存在于油田和天然气田，也有少量产于煤层。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。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，天然气具有的储运压力高，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；燃烧完全，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：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光盘等，几乎没有一样能离开石化产品。

部分能源的品质评价见表 0-2。

部分能源的品质评价

表 0-2

| 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 |

续表

| 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 |
| 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、能源发展历史

纵观人类社会发展的历史，人类文明的每一次重大进步都伴随着能源的改进和更替。能源的开发利用极大地推进了世界经济和人类社会的发展。由于受到经济发展需求、技术条件、供给因素等多重影响，到目前为止，人类对能源的利用大致经历了三个阶段：

1. 以薪柴为主要能源的时期

在 18 世纪以前，人类的生产和生活处于低水平发展中，从火把照明到篝火取暖，再到炭火烹饪，薪柴几乎贯穿了日常生活的方方面面；以手工业作坊为主的社会生产活动，对能源的需求量很小。上万年的农业文明时期，柴薪燃烧一直是人类主要的能源利用方式，漫长的以薪柴为主的能源格局也制约了社会经济的发展。早期的人类也没有认识到额外的能源消耗和经济利益之间的联系，但是随着游牧生活和农业生活向城市生活的过渡，城镇里居民不能像游牧民族那样在所到之处找到干柴，薪柴供给减少了；与此同时，能源需求增长了，随着人们炼制陶瓷和铁器等，邻里之间开始争夺柴火，最早的能源紧张就这样出现了。到中世纪，欧洲已经面临严重的能源短缺。正是在这种需求动力下，促使人们寻找替代性的优质能源，煤炭就进入了人类的视野。

2. 以煤炭为主要能源的时期

从 17 世纪以蒸汽机为主要标志的工业革命开始，煤炭的地位日益上升，煤炭资源开始大规模开发和利用；直到 18 世纪中后期，世界能源消费结构转到以煤炭为主；在整个 19 世纪，煤炭成为资本主义工业化的动力基础；20 世纪初，世界能源进入了以煤为主的“煤炭时代”。

煤炭的利用带来了世界经济的快速发展和工业化水平的大幅度提高，但煤炭开采与利用带来的问题也日益显现：煤炭开采区部分地表出现塌陷，空洞，露天煤矿开采会破坏地表、破坏植被、影响生态环境；破坏地下水水系，影响地下水水质；煤炭燃烧时除产生大量二氧化碳和二氧化硫外还会产生含氮、含磷的多种有害物质，不充分燃烧时还会产生一氧化碳等有毒气体；燃烧烟气造成环境污染，二氧化碳排放加剧了地球的温室效应，导致气候恶化；燃烧后会产生废渣。

3. 以石油为主要能源的时期

同煤相比，石油具有能量密度大（等重的石油燃烧热比标准煤高 50%）、运输储存方便、燃烧后对大气的污染程度较小等优点。随着内燃机的问世，汽车、飞机、船舶制造业的兴起，各工业部门和运输业相继采用石油产品作为燃料，致使石油消费量显著增加。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；石油及天然气的开采与消费大幅度增加，世界能源进入“石油时代”。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占据第一位。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；天然气燃烧发热量高，对环境污染小，发展前景广阔。

2007 年，在世界一次能源消费总量中石油占 35.6%、煤炭占 28.6%、天然气占 25.6%。非化石能源和可再生能源只占约 12.0%。

预计在未来几十年内，由于石油生产顶峰的到来，天然气将逐步弥补石油产量下降的缺口，人类将进入天然气时代。根据国际能源研究所的预测，21 世纪前五十年，将会进入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。

四、我国能源状况

(一) 我国能源资源的特点

(1) 能源资源总量比较丰富。我国拥有较为丰富的化石能源资源。其中，煤炭占主导地位，石油、天然气资源储量相对不足，油页岩、煤层气等非常规化石能源储量潜力较大。拥有较为丰富的可再生能源资源：水力资源理论蕴藏量折合年发电量约为 6.19 万亿 kWh，相当于世界水力资源量的 12%，列世界首位。

(2) 人均能源资源拥有量较低。我国人口众多，人均能源资源拥有量在世界上处于较低水平。煤炭和水力资源人均拥有量相当于世界平均水平的 50%；石油、天然气人均资源量仅为世界平均水平的 1/15 左右。耕地资源不足世界人均水平的 30%，制约了生物质能源的开发。

(3) 能源资源分布不均衡。我国能源资源分布广泛但不均衡：煤炭资源主要赋存在华北、西北地区，水力资源主要分布在西南地区，石油、天然气资源主要赋存在东、中、西部地区 and 海域。主要的能源消费地区集中在东南沿海及东部经济发达地区，资源赋存与能源消费地域存在明显差异。大规模、长距离的北煤南运、北油南运、西气东输、西电东送，是我国能源流向的显著特征和能源运输的基本格局。

(4) 能源资源开发难度较大。我国煤炭资源地质开采条件较差，大部分储量需要井工开采，极少量可供露天开采；石油天然气资源地质条件复杂、埋藏深，勘探开发技术要求较高；未开发的水力资源多集中在西南部的高山深谷，远离负荷中心，开发难度和成本较大；非常规能源资源勘探程度低，经济性较差，缺乏竞争力。

(二) 我国能源状况的改善

经过几十年的努力，我国已经初步形成了以煤炭为主体、电力为中心、石油天然气和可再生能源全面发展的能源供应格局，基本建立了较为完善的能源供应体系。改革开放以来，能源开发利用状况得到改善，主要表现在：

(1) 能源供给能力明显提高。建成了一批千万吨级的特大型煤矿；先后建成了大庆、胜利、辽河、塔里木等若干个大型石油生产基地；天然气产量迅速提高；商品化可再生能源在一次能源结构中的比例逐步提高；电力发展迅速；能源综合运输体系发展较快，运输能力显著增强。

(2) 能源节约效果显著。我国能源消费支撑了国民经济的增长，能源加工、转换、贮存和终端利用综合效率提高；单位产品能耗明显下降，产品综合能耗及供电煤耗与国际先进水平的差距不断缩小。

(3) 消费结构有所优化。我国能源消费已经位居世界第二。2006年，一次能源消费总量为24.6亿吨标准煤。我国高度重视优化能源消费结构，煤炭在一次能源消费中的比重由1980年的72.2%下降到2006年的69.4%，其他能源比重由27.8%上升到30.6%。其中，可再生能源和核电比重由4.0%提高到7.2%，石油和天然气消费有所增长。终端能源消费结构优化趋势明显，煤炭能源转化为电能的比重由20.7%提高到49.6%，商品能源和清洁能源在居民生活用能中的比重明显提高。

(4) 科技水平迅速提高。我国能源科技取得显著成就：石油地质科技理论的发展使石油天然气工业已经形成比较完整的勘探开发技术体系；煤炭工业的煤矿采煤综合机械化程度显著提高；电力工业方面，先进的发电技术和大容量高参数机组得到普遍应用；核电初步具备百万千瓦级压水堆自主设计和工程建设能力，高温气冷堆、快中子增殖堆技术研发取得重大突破；烟气脱硫等污染治理、可再生能源开发利用技术迅速提高。

(5) 环境保护取得进展。我国政府高度重视环境保护，加强环境保护已经成为基本国策，社会各界的环保意识普遍提高。我国的能源政策也把减少和有效治理能源开发利用过程中引起的环境破坏、环境污染作为其主要内容。

(6) 市场环境逐步完善。我国能源市场环境逐步完善，能源工业改革稳步推进；能源企业重组取得突破，现代企业制度基本建立；投资主体实现多元化，能源投资快速增长，市场规模不断扩大；煤炭工业生产和流通基本实现了市场化；电力工业实现了政企分开、厂网分开，建立了监管机构；石油天然气工业基本实现了上下游、内外贸一体化；能源价格改革不断深化，价格机制不断完善。

随着我国经济的发展和工业化、城镇化进程的加快，能源需求不断增长，构建稳定、经济、清洁、安全的能源供应体系仍然面临着重大挑战。以煤炭为主的能源格局在未来相当长的时期内还难以改变；能源市场体系还有待完善，能源价格机制未能完全反映资源稀缺程度、供求关系和环境成本；能源资源勘探开发秩序也有待进一步规范，能源监管体制尚待健全；煤矿生产安全欠账较多，电网结构不够合理，石油储备能力不足，有效应对能源供应中断和重大突发事件的预警应急体系还有待于进一步完善和加强。

我国一次能源消费结构及预测见表0-3。

我国一次能源消费结构及预测

表 0-3

| 年 份 | (%) | 2006 年 | 2020 年 | 2050 年 |
|-------|-------------|--------|--------|--------|
| 煤 炭 | 亿 t/a | 24.2 | 26 | 28 |
| | 亿 tec/a | 17 | 18.5 | 20 |
| | 占一次能源比例 (%) | 70.2 | 53 | 41 |
| 石 油 | 亿 t/a | 3.5 | 4.0 | 4.7 |
| | 亿 tec/a | 5.0 | 5.7 | 6.7 |
| | 占一次能源比例 (%) | 18.2 | 16 | 14 |
| 天 然 气 | 亿 bcm/a | 7.0 | 35 | 50 |
| | 亿 tec/a | 0.9 | 4.5 | 6.7 |
| | 占一次能源比例 (%) | 3.2 | 13 | 15 |

续表

| 年份 | (%) | 2006年 | 2020年 | 2050年 |
|----------------------|-------------|-------|-------|-------|
| 其他 (水电、核能、可再生能源等) | 亿 tec/a | 1.4 | 6.3 | 14.4 |
| | 占一次能源比例 (%) | 7.2 | 18 | 30 |
| 总计 | 亿 tec/a | 24.2 | 35 | 48 |
| | 一次能源比例 (%) | 100 | 100 | 100 |

注：1. tec 为 ton of coal equivalent 的缩写，为吨标准煤、吨当量煤单位，通常按 1tec=29.3GJ 计。

2. bcm 是 billion cubic meters 的缩写，即 10 亿 m³。

五、能源发展前景

根据统计，1973 年世界一次能源消费量仅为 57.3 亿 t 油当量，而 2007 年已达到 111.0 亿 t 油当量；在 30 多年内能源消费总量翻了一番。随着世界经济规模的不断增大，世界能源消费量仍将持续、快速地增长。

英国石油 (BP) 公司 2010 年 6 月 10 日发布的世界能源年度统计报告 (见表 0-4) 显示，在 2009 年世界能源消费仍以三大常规能源为主。

2009 年世界主要国家能源消费统计，百万吨油当量 (%)

表 0-4

| 国家 | 石油 | 天然气 | 煤炭 | 核能 | 水力等 | 合计 |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| 美国 | 842.9 | 588.7 | 498 | 190.2 | 62 | 2182 |
| | 38.60% | 27.00% | 22.80% | 8.70% | 2.80% | 100.00% |
| 加拿大 | 97 | 85.2 | 26.5 | 20.3 | 90.2 | 319.2 |
| | 30.40% | 26.70% | 8.30% | 6.40% | 28.30% | 100.00% |
| 法国 | 87.5 | 38.4 | 10.1 | 92.9 | 13.1 | 241.9 |
| | 36.20% | 15.90% | 4.20% | 38.40% | 5.40% | 100.00% |
| 德国 | 113.9 | 70.2 | 71 | 30.5 | 4.2 | 289.8 |
| | 39.30% | 24.20% | 24.50% | 10.50% | 1.40% | 100.00% |
| 意大利 | 75.1 | 64.5 | 13.4 | — | 10.5 | 163.4 |
| | 16.00% | 39.50% | 8.20% | — | 6.40% | 100.00% |
| 英国 | 74.4 | 77.9 | 29.7 | 15.7 | 1.2 | 198.9 |
| | 37.40% | 39.20% | 14.90% | 7.90% | 0.60% | 100.00% |
| 俄罗斯 | 124.9 | 350.7 | 82.9 | 37 | 39.8 | 635.3 |
| | 19.70% | 55.20% | 13.00% | 5.80% | 6.30% | 100.00% |
| 日本 | 197.6 | 78.7 | 108.8 | 62.1 | 16.7 | 463.9 |
| | 42.60% | 17.00% | 23.40% | 13.40% | 3.60% | 100.00% |
| 韩国 | 104.3 | 30.4 | 68.6 | 33.4 | 0.7 | 237.5 |
| | 43.90% | 12.80% | 28.90% | 14.10% | 0.30% | 100.00% |
| 印度 | 148.5 | 46.7 | 245.8 | 3.8 | 24 | 468.9 |
| | 31.70% | 10.00% | 52.40% | 0.80% | 5.10% | 100.00% |
| 中国 | 404.6 | 79.8 | 1537.4 | 15.9 | 139.3 | 2177 |
| | 18.60% | 3.70% | 70.60% | 0.70% | 6.40% | 100.00% |
| 世界合计 | 3882.1 | 2653.1 | 3278.3 | 610.5 | 740.3 | 11164.3 |
| | 34.80% | 23.80% | 29.40% | 5.50% | 6.60% | 100.00% |

BP公司2010年世界能源年度统计报告显示,至2009年底的探明石油储藏量按2009年生产量可开采45.7年,天然气储量可开采62.8年,煤炭为119年。

据BP能源展望,在2010~2030年间可再生能源(太阳能、风能、地热能源和生物燃料)对能源增长的贡献将从5%增大到18%,核能、水电和可再生能源等非化石能源有望首次成为供给增长的主要来源。世界经济合作组织对石油的需求已于2005年达到峰值,预计到2030年将返回到1990年的水平;生物燃料将占全球运输燃料的9%。

专业机构预测:今后几十年内,世界能源结构将进入油、气、煤、可再生能源、核能五方鼎立的格局。水能、太阳能、风能、地热能、潮汐能等可再生能源虽然增长很快,但在能源消费总量中仍保持较低的比例;太阳能的利用涉及能量的均衡产生、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也尚需时日;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。石油、煤炭在能源市场份额中将会继续趋于下降,而天然气所占份额将稳步上升,天然气将是增长最快的化石燃料。到2030年,所有三种化石燃料占市场份额将趋于约27%。非常规能源,包括非常规天然气(油砂、油页岩、煤层气)、生物质能源等将受到极大重视;能源成本继续上涨,清洁能源开发、降低二氧化碳排放量都将成为关注热点。

我国能源发展坚持立足国内的基本方针和对外开放的基本国策,以国内能源的稳定增长,保证能源的稳定供应,促进世界能源的共同发展。我国能源战略的基本内容是:坚持节约优先、立足国内、多元发展、依靠科技、保护环境、加强国际互利合作,努力构筑稳定、经济、清洁、安全的能源供应体系,以能源的可持续发展支持社会经济的可持续发展。具体包括:节约优先,我国把资源节约作为基本国策,坚持能源开发与节约并举、节约优先,积极转变经济发展方式,调整产业结构,鼓励节能技术研发,普及节能产品,提高能源管理水平,完善节能法规和标准,不断提高能源利用效率。

据预测,2015年我国一次能源生产总量将达到36.3亿tec,能源消费总量为43.1亿tec;预计“十二五”期间,我国单位GDP能耗将会下降17%。同时,能源结构清洁低碳化趋势显著,天然气消费量将会显著增长,非石化能源消费比重将超过11%,2015年将减少排放二氧化碳24亿t。

六、燃气行业的发展历程与现状

在公元前6000年到公元前2000年间,伊朗首先发现了从地表渗出的天然气。许多早期的作家都曾描述过中东有原油从地表渗出的现象,特别是在今日阿塞拜疆的巴库地区。渗出的天然气刚开始可能用作照明,崇拜火的古代波斯人因而有了“永不熄灭的火炬”。

我国对天然气的利用也有十分悠久的历史,特别是通过钻凿油井合并开采石油和天然气的技术,在世界上也是最早的。2000多年以前的秦朝就开始凿井取气煮盐了。在晋朝人常璩写的《华阳国志》里,就有描述秦汉时期应用天然气的一段话:“临邛县有火井,夜时光映上昭。民欲其火,先以家火投之。顷许如雷声,火焰出,通耀数十里。以竹筒盛其火藏之,可拽行终日不灭也……取井火煮之,一斛水得五斗盐。家火煮之,得无几也。”由此可知,早在2000多年前,人们就用竹筒装着天然气,走夜路时当火把;而且用天然气煮盐,火力比普通火力大,出盐也多得多。

西汉杨雄在《蜀都赋》中,已把火井列为四川的重要名迹之一;《天工开物》中还绘

有火井煮盐图。

1659年在英国发现了天然气，到1790年，煤气成为欧洲街道和房屋照明的主要燃料。在北美，石油产品的第一次商业应用是1821年纽约弗洛德尼亚地区对天然气的应用：一根小口径导管将天然气输送至用户，用于照明和烹调。世界天然气的开发利用，则以1925年美国铺设第一条天然气长输管道作为现代工业利用的标志。

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。当时的人工煤气主要供上海的外国租界使用。到1949年，全国仅有7个城市有煤气设施，年供气能力为3900万 m^3 ，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，特别是近年有了突破性的进展。

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（Liquefied 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发展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。

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的开始。

七、燃气发展前景

在全球范围内，世界天然气产业将进入“黄金”发展时期：天然气取代石油的步伐加快，成为21世纪消费量增长最快的能源，占一次能源消费中的比重将越来越大。在2010年前后，天然气在全球能源结构中的份额将超过煤炭，2020年前后，将超过石油，成为能源组成中的第一位。

天然气工业的发展得益于多方面的有利条件：首先，储量比较丰富；再者是热能利用率高；加上天然气的污染程度也较低，燃烧过程中排放的二氧化碳比石油低25%，比煤炭低40%，在矿物能源中是最少的；与燃油和燃煤相比，天然气排放的二氧化硫和氮氧

化物也要少得多。以天然气为能源不仅有利于缓和大气温室效应，也有助于减少酸雨的形成。

国际能源机构统计的数字显示，全球对天然气的需求量正在以每年 2.4% 的速度增长，而且这一增长速度有望保持到 2030 年。经济全球化带动着天然气的全球化，预计到 2010 年，全球天然气贸易量为 7000 亿 m^3 。天然气销售市场不再局限于家庭炊事、商业服务和取暖锅炉，天然气发电、天然气化工、天然气车用燃料和电池燃料、天然气空调及家庭自动化等方面利用潜力十分巨大，高速增长的市场自然带来无限的商机。

国际能源署 (IEA) 报告称，非常规天然气资源的前景将在 2025 年后推动全球天然气需求的快速增长，且 2035 年前后将接近石油需求。从现在起到 2035 年间，全球天然气产量增长中约 40% 将来自非常规天然气的开采，比如页岩气或煤层气。

我国天然气消费与世界发达国家或地区相比还有较大差距：全球天然气占总能源消费的 24%，而目前我国仅占能源消费结构的 6%，尚有很大的发展空间。未来 20 年在我国的能源消费中，与煤炭、石油、一次电力相比，天然气的消费增长速度最快。天然气市场在全国范围内将得到发展。随着“西气东输”等工程的建设 and 投入运营，我国对天然气的需求增长将保持在每年 15% 以上。

“十二五”期间，我国燃气事业将会有很大发展，天然气产量和市场消费量都将大幅提升，国家将按照“稳定东部、加快西部、常规和非常规并举”的思路发展天然气。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地增加，天然气长输管线的铺设将初步形成规模。我国天然气工业从启动期进入快速发展期，而终端消费主要集中在城镇燃气、工业燃料、发电及化工四大领域。预计到 2015 年，我国天然气消费量将达到 2600 亿 m^3 ，其中，国产天然气将达到 1500 亿 m^3 ，进口天然气 6952t (约合 927 亿 m^3)，是 2010 年的 2.43 倍；我国规划到 2020 年天然气的使用量在一次性能源中所占的比例将达到 10%。我国还将加大煤层气、页岩气、城市垃圾沼气等非常规天然气的开发力度；加强天然气储备体系建设，发挥价格杠杆调节作用，确保天然气稳定供应；强化天然气、液化天然气进口渠道建设，扩大天然气、液化天然气进口规模；适时调整天然气利用政策，鼓励以气代油，适地、适量建设天然气、液化天然气调峰电站。

我国天然气产业的快速发展仅是一个新阶段的开始，我国天然气产业依然年轻；同时人工煤气、液化石油气等多种气源并存的局面还将延续较长时间。在快速发展的过程中，诸多问题有待解决：比如还没有形成市场导向下合理的燃气定价机制；下游市场爆发式增长使有限的燃气资源捉襟见肘，出现供应紧张的“气荒”现象；燃气发展统筹规划不够，重复建设、随意设置燃气供应站、不配套建设燃气设施等问题比较突出；燃气应急储备和应急调度制度不健全，燃气安全供应能力不足，应急保障能力不强；燃气经营管理制度不完善，经营者责任不清，违法经营，无序竞争，服务行为不规范等现象普遍存在；安全管理制度不健全，安全措施不落实，燃气事故屡屡发生；缺乏必要的燃气安全事故预防与处理机制等等。我国的燃气行业在今后的发展道路上仍然任重而道远。