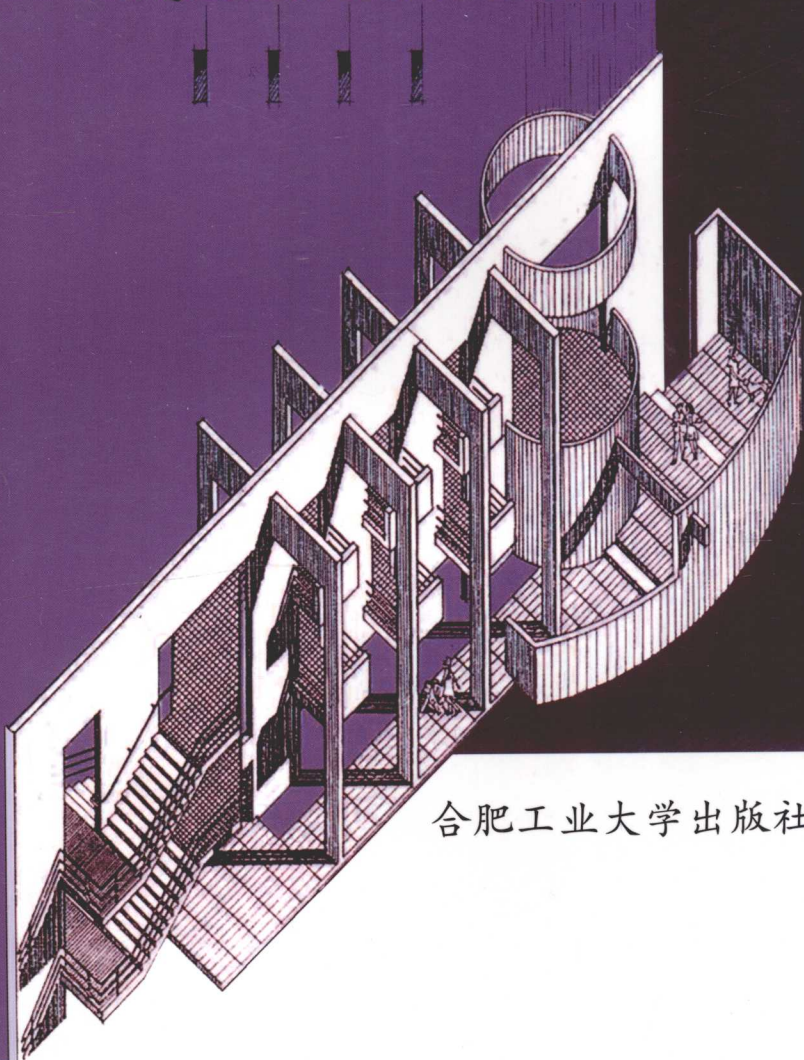


# 燃气供应工程

张爱凤 • 主编

RANQI GONGYING GONGCHENG



合肥工业大学出版社

# 燃气供应工程

主 编 张爱凤

副主编 王造奇

编 委 (按姓氏笔画为序)

王造奇 刘文斌 江清阳

李 帆 李雪飞 张爱凤

汤文华 陈 俭 杨延萍

赵卫平 焦良珍 魏 玲

合肥工业大学出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

燃气供应工程/张爱凤主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2009.7

ISBN 978-7-81093-970-6

I. 燃… II. 张… III. 燃料气—供应 IV. TU996

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 079399 号

**燃气供应工程**

主编 张爱凤

责任编辑 陆向军

---

出 版	合肥工业大学出版社	版 次	2009年8月第1版
地 址	合肥市屯溪路193号	印 次	2009年8月第1次印刷
邮 编	230009	开 本	787毫米×1092毫米 1/16
电 话	总编室:0551—2903038 发行部:0551—2903198	印 张	19
网 址	www.hfutpress.com.cn	字 数	460千字
E-mail	press@hfutpress.com.cn	印 刷	合肥工业大学印刷厂
		发 行	全国新华书店

---

ISBN 978-7-81093-970-6

定价:29.80元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换。

# 前 言

《燃气供应工程》是建筑环境与设备工程专业的一门工程技术专业课程。本书结合我国目前燃气事业的发展与应用情况,系统地介绍了燃气供应系统的基本理论和基本知识,简要地介绍了燃气供应新技术、新工艺和新材料。本书内容包括燃气输配系统设计、施工和运行管理、液化天然气、液化石油气和压缩天然气的供应技术以及燃气的应用技术等。

本书不仅可作为建筑环境与设备工程、城市规划、城市燃气工程及油气储运工程等专业的本科、专科教学用书,也可作为城市燃气工作的设计、规划、施工及管理人員的参考用书。

本书由合肥工业大学、华中科技大学、武汉科技大学、安徽建筑工业学院、广州大学、南京工业大学、安徽工业大学等院校老师共同编写,其中,绪论由张爱凤编写,第1章、第2章由汤文华编写,第3章、第5章由焦良珍、陈俭编写,第4章由王造奇编写,第6章由张爱凤、赵卫平编写,第7章由江清阳、张爱凤编写,第8章由李雪飞编写,第9章、第11章由李帆编写,第10章由魏玲编写,第12章由杨延萍、刘文斌编写,第13章由杨延萍编写。本书由张爱凤担任主编,王造奇担任副主编。

本书在编写过程中,参考了有关专家和学者的著述,吸收了各方面的新技术、新成果,并运用了当前最新颁布的国家规范。在此谨向各文献的编著者表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2009年8月

## 目 录

0 绪 论 .....	(1)
0.1 能源概述 .....	(1)
0.2 燃气工业 .....	(4)
0.2.1 世界燃气工业发展 .....	(4)
0.2.2 中国燃气工业发展 .....	(5)
0.2.3 我国城镇燃气规划发展目标 .....	(6)
0.2.4 我国天然气工程简介 .....	(6)
0.2.5 我国天然气供需形势展望 .....	(11)
第 1 章 燃气特性 .....	(12)
1.1 燃气气源分类 .....	(12)
1.1.1 按气源分类 .....	(12)
1.1.2 按燃烧特性分类 .....	(18)
1.2 燃气的基本性质 .....	(20)
1.2.1 燃气的物理化学性质 .....	(20)
1.2.2 燃气的热力与燃烧特性 .....	(38)
1.3 城镇燃气质量标准 .....	(45)
1.3.1 人工燃气及天然气中的主要杂质 .....	(45)
1.3.2 城镇燃气质量指标 .....	(48)
1.3.3 城镇燃气的加臭 .....	(49)
1.4 城镇燃气气源选择 .....	(55)
1.4.1 选择气源依据 .....	(55)
1.4.2 气源转换与混配 .....	(56)
第 2 章 燃气用气量及供需平衡 .....	(57)
2.1 燃气用气量计算 .....	(57)
2.1.1 用户类型 .....	(57)
2.1.2 供气原则 .....	(58)

2.1.3	用气量计算	(59)
2.1.4	用户用气的不均匀	(64)
2.1.5	燃气的小时计算流量	(66)
2.2	燃气供需平衡与调峰设施	(69)
2.2.1	调节供需平衡的方法	(69)
2.2.2	储气容积的确定	(74)
2.2.3	储罐	(77)
<b>第3章</b>	<b>城镇燃气管网系统及站场</b>	<b>(86)</b>
3.1	城镇燃气管网系统构成	(86)
3.1.1	城镇燃气管网的分类	(86)
3.1.2	城镇燃气管网系统的选择及举例	(87)
3.2	城镇燃气管网系统布置	(92)
3.2.1	布线原则	(92)
3.2.2	城镇燃气管道地区等级的划分	(92)
3.2.3	城镇燃气管网的平面布置	(93)
3.2.4	管道的纵断面布置	(95)
3.2.5	燃气管道穿越铁路、河流等障碍物的方法	(96)
3.2.6	压力大于1.6MPa小于4.0MPa室外燃气管网的布线	(99)
3.3	城镇燃气门站和储配站	(100)
3.3.1	门站	(101)
3.3.2	低压储配站	(101)
3.3.3	门站和储配站站址选择及平面布置	(102)
<b>第4章</b>	<b>燃气管网的水力计算</b>	<b>(105)</b>
4.1	水力计算的基本公式	(105)
4.1.1	摩擦阻力	(105)
4.1.2	局部阻力	(112)
4.1.3	附加压头	(114)
4.2	枝状管网的水力计算	(115)
4.2.1	室外枝状管网	(115)
4.2.2	室内燃气管道	(117)
4.3	环状管网的水力计算	(119)
4.3.1	管段计算流量的确定	(119)

---

4.3.2	环状管网水力计算的特点 .....	(122)
4.3.3	手工计算环状管网水力计算的示例 .....	(123)
4.3.4	计算机在燃气管网计算中的运用 .....	(129)
<b>第5章</b>	<b>燃气的调压和计量</b> .....	<b>(136)</b>
5.1	燃气调压器 .....	(136)
5.1.1	调压器工作原理及构造 .....	(136)
5.1.2	调压器的种类 .....	(136)
5.1.3	调压器的选择 .....	(140)
5.1.4	燃气调压站 .....	(142)
5.2	燃气计量 .....	(147)
5.2.1	流量计的种类 .....	(147)
5.2.2	流量计的选择 .....	(149)
<b>第6章</b>	<b>液化石油气供应</b> .....	<b>(150)</b>
6.1	液化石油气的运输 .....	(151)
6.1.1	管道运输 .....	(151)
6.1.2	铁路槽车运输 .....	(154)
6.1.3	汽车槽车运输 .....	(155)
6.1.4	槽船运输 .....	(156)
6.2	液化石油气储配站 .....	(156)
6.2.1	储配站的平面布置 .....	(156)
6.2.2	液化石油气储配站主要设备和装置 .....	(158)
6.2.3	液化石油气储配站工艺 .....	(164)
6.3	液化石油气气化站 .....	(169)
6.3.1	液化石油气的气化方式 .....	(169)
6.3.2	气化站 .....	(171)
6.3.3	液化石油气管道供应举例 .....	(180)
<b>第7章</b>	<b>液化天然气供应</b> .....	<b>(182)</b>
7.1	液化天然气概述 .....	(182)
7.1.1	液化天然气的特性 .....	(182)
7.1.2	液化天然气的发展 .....	(184)
7.2	天然气液化工艺 .....	(187)

7.2.1	天然气的液化 .....	(187)
7.2.2	天然气液化设备 .....	(189)
7.3	液化天然气的运输 .....	(190)
7.3.1	槽车运输 .....	(190)
7.3.2	管道运输 .....	(192)
7.3.3	海上运输 .....	(192)
7.4	液化天然气终端接收站 .....	(193)
7.4.1	液化天然气终端接收站工艺流程 .....	(193)
7.4.2	液化天然气终端接收站主要设备 .....	(194)
7.5	液化天然气气化站 .....	(197)
7.5.1	液化天然气气化站工艺流程 .....	(197)
7.5.2	液化天然气气化站主要设备 .....	(199)
7.5.3	液化天然气气化站消防要求 .....	(202)
7.5.4	液化天然气其他供气形式 .....	(203)
<b>第 8 章</b>	<b>压缩天然气供应 .....</b>	<b>(205)</b>
8.1	概述 .....	(205)
8.2	压缩天然气加气站 .....	(206)
8.2.1	压缩天然气加气站的选址 .....	(206)
8.2.2	压缩天然气加气站的工艺设计 .....	(207)
8.2.3	压缩天然气加气站的设备配置 .....	(210)
8.2.4	压缩天然气加气站设施的安全防护 .....	(213)
8.3	压缩天然气供应站 .....	(214)
8.3.1	压缩天然气供应站站址的选择及其平面布置 .....	(215)
8.3.2	压缩天然气供应站的工艺流程 .....	(216)
8.4	压缩天然气供应系统管道及附件 .....	(217)
<b>第 9 章</b>	<b>燃气供应工程技术经济分析 .....</b>	<b>(218)</b>
9.1	技术经济分析的任务与方法 .....	(218)
9.1.1	技术经济分析的基本任务 .....	(218)
9.1.2	多方案之间的可比性 .....	(218)
9.1.3	技术经济分析的基本方法 .....	(219)
9.2	城镇燃气工程经济分析 .....	(222)
9.2.1	燃气输配系统的投资费用和运行费用 .....	(222)



---

9.2.2 燃气调压站的最佳作用半径 .....	(223)
9.3 城镇燃气工程综合效益分析 .....	(224)
<b>第 10 章 燃气工程施工技术 .....</b>	<b>(227)</b>
10.1 钢质燃气管道的防腐施工 .....	(227)
10.1.1 钢质燃气管道腐蚀原因 .....	(227)
10.1.2 埋地钢管的防腐方法 .....	(228)
10.2 燃气管道工程施工与试验验收 .....	(232)
10.2.1 城镇燃气管道埋地敷设方法 .....	(232)
10.2.2 燃气管道的试验验收 .....	(234)
10.3 天然气转换工程施工 .....	(236)
10.3.1 天然气转换中的技术问题 .....	(237)
10.3.2 天然气管道置换方案 .....	(240)
<b>第 11 章 燃气输配系统的信息化管理系统 .....</b>	<b>(242)</b>
11.1 燃气输配管网 SCADA 系统 .....	(242)
11.1.1 建设 SCADA 系统的目的意义 .....	(242)
11.1.2 SCADA 系统原理 .....	(242)
11.1.3 SCADA 系统组成 .....	(244)
11.2 燃气输配管网 GIS 系统 .....	(246)
11.2.1 概论 .....	(246)
11.2.2 燃气管网 GIS 系统的一般功能 .....	(246)
11.2.3 燃气管网 GIS 系统软硬件组成 .....	(248)
11.3 燃气公司 MIS 系统 .....	(248)
11.3.1 概述 .....	(248)
11.3.2 燃气 MIS 系统的基本功能 .....	(249)
11.3.3 燃气 MIS 系统的基本结构 .....	(249)
<b>第 12 章 燃气燃烧与应用 .....</b>	<b>(250)</b>
12.1 燃气互换性 .....	(250)
12.1.1 燃气互换性和燃具适应性 .....	(250)
12.1.2 华白数 .....	(251)
12.1.3 火焰特性对燃气互换性的影响 .....	(251)
12.1.4 燃气互换性的判定 .....	(253)

12.2	民用燃具	(255)
12.2.1	燃具的构造	(255)
12.2.2	燃气炊事用具	(258)
12.2.3	燃气热水器与壁挂炉	(259)
12.2.4	民用燃具的检验与使用	(262)
12.2.5	民用燃气用具的通风排气	(266)
12.3	燃气工业炉窑	(273)
12.3.1	燃气工业炉窑的分类	(273)
12.3.2	燃气工业炉窑的特点	(274)
12.3.3	燃气工业炉的炉型与构造	(274)
<b>第13章</b>	<b>燃气利用新技术</b>	<b>(277)</b>
13.1	燃气空调	(277)
13.1.1	燃气空调的分类	(277)
13.1.2	燃气型溴化锂吸收式冷热水机组	(277)
13.1.3	燃气发动机驱动的压缩式制冷机和热泵	(280)
13.1.4	户式燃气空调系统	(280)
13.2	燃气汽车	(281)
13.2.1	燃气汽车的分类	(281)
13.2.2	天然气汽车	(281)
13.2.3	液化石油气汽车	(282)
13.3	燃气燃料电池	(284)
13.3.1	燃料电池的工作原理	(284)
13.3.2	燃料电池的分类	(284)
13.3.3	燃料电池的主要特点	(286)
13.3.4	燃料电池的发展潜力	(286)
13.3.5	燃料电池存在的问题	(287)
13.4	冷热电三联产(供)系统	(287)
13.4.1	冷热电三联供的工作原理	(287)
13.4.2	冷热电三联供的分类	(288)
<b>参考文献</b>		<b>(292)</b>

# 0 绪 论

## 0.1 能源概述

能源亦称能量资源或能源资源,是指可产生各种能量(如热量、电能、光能和机械能等)或可做功的物质的统称;是指能够直接取得或者通过加工、转换而取得有用能的各种资源,包括煤炭、原油、天然气、煤层气、水能、核能、风能、太阳能、地热能、生物质能等一次能源和电力、热力、成品油等二次能源,以及其他新能源和可再生能源。能源种类繁多,而且经过人类不断的开发与研究,更多新型能源已经开始能够满足人类需求。

根据不同的划分方式,能源也可分为不同的类型。

### 1. 按来源分为3类

(1)来自地球外部天体的能源(主要是太阳能)。除直接辐射外,也为风能、水能、生物能和矿物能源等的产生提供基础。人类所需能量的绝大部分都直接或间接地来自太阳,正是各种植物通过光合作用把太阳能转变成化学能在植物体内贮存下来。煤炭、石油、天然气等化石燃料也是由古代理在地下的动植物经过漫长的地质年代形成的。它们实质上是由古代生物固定下来的太阳能。此外,水能、风能、波浪能、海流能等也都是由太阳能转换来的。

(2)地球本身蕴藏的能量。通常指与地球内部的热能有关的能源和与原子核反应有关的能源,如原子核能、地热能等。温泉和火山爆发喷出的岩浆就是地热的表现。地球可分为地壳、地幔和地核三层,它是一个大热库。地壳就是地球表面的一层,一般厚度为几公里至70公里不等。地壳下面是地幔,它大部分是熔融状的岩浆,厚度为2900公里。火山爆发一般是这部分岩浆喷出。地球内部为地核,地核中心温度为2000℃。可见,地球上的地热资源贮量也很大。

(3)地球和其他天体相互作用而产生的能量,如潮汐能。

### 2. 按能源的基本形态分类

可分为一次能源(天然能源)和二次能源(人工能源)。一次能源是指自然界中以天然形式存在并没有经过加工或转换的能量资源。一次能源包括可再生的水力资源和不可再生的煤炭、石油、天然气资源,其中包括水、石油和天然气在内的三种能源是一次能源的核心,它们成为全球能源的基础。除此以外,太阳能、风能、地热能、海洋能、生物能以及核能等可再生能源也被包括在一次能源的范围内;二次能源则是指由一次能源直接或间接转换成其他种类和形式的能量资源,例如:电力、煤气、汽油、柴油、焦炭、洁净煤、激光和沼气等能源都属于二次能源。

### 3. 按能源性质分

有燃料型能源(煤炭、石油、天然气、泥炭、木材)和非燃料型能源(水能、风能、地热能、海洋能)。人类利用自己体力以外的能源是从用火开始的,最早的燃料是木材,以后用各种化石燃料,如煤炭、石油、天然气、泥炭等。现正研究利用太阳能、地热能、风能、潮汐能等新能源。当

前化石燃料消耗量很大,但地球上这些燃料的储量有限。未来铀和钍将提供世界所需的大部分能量。一旦控制核聚变的技术问题得到解决,人类实际上将获得无尽的能源。

#### 4. 根据能源消耗后是否造成环境污染可分为污染型能源和清洁型能源

污染型能源包括煤炭、石油等,清洁型能源包括水力、电力、太阳能、风能以及核能等。

#### 5. 根据能源使用的类型可分为常规能源和新型能源

常规能源包括一次能源中可再生的水力资源和不可再生的煤炭、石油、天然气等资源;新型能源是相对于常规能源而言的,包括太阳能、风能、地热能、海洋能、生物能以及用于核能发电的核燃料等能源。由于新能源的能量密度较小,或品位较低,或有间歇性,按已有的技术条件转换利用的经济性尚差,还处于研究发展阶段,只能因地制宜地开发和利用,但新能源大多数是再生能源,资源丰富,分布广阔,是未来的主要能源之一。

#### 6. 按能源的形态特征或转换与应用的层次进行分类

世界能源委员会推荐的能源类型分为:固体燃料、液体燃料、气体燃料、水能、电能、太阳能、生物质能、风能、核能、海洋能和地热能。其中,前三个类型统称化石燃料或化石能源。已被人类认识的上述能源,在一定条件下可以转换为人们所需的某种形式的能量。比如薪柴和煤炭,把它们加热到一定温度,它们能和空气中的氧气化合并放出大量的热能。我们可以用热来取暖、做饭或制冷,也可以用热来产生蒸汽,用蒸汽推动汽轮机,使热能变成机械能;也可以用汽轮机带动发电机,使机械能变成电能;如果把电送到工厂、企业、机关、农牧林区和住户,它又可以转换成机械能、光能或热能。

#### 7. 商品能源和非商品能源

凡进入能源市场作为商品销售的如煤、石油、天然气和电等均为商品能源。国际上的统计数字均限于商品能源。非商品能源主要指薪柴和农作物残余(秸秆等)。

#### 8. 再生能源和非再生能源

凡是可以不断得到补充或能在较短周期内再产生的能源称为再生能源,反之称为非再生能源。风能、水能、海洋能、潮汐能、太阳能和生物质能等是可再生能源;煤、石油和天然气等是非再生能源。地热能基本上是非再生能源,但从地球内部巨大的蕴藏量来看,又具有再生的性质。核能的新发展将使核燃料循环而具有增值的性质。核聚变的能比核裂变的能可高出5~10倍,核聚变最合适的燃料重氢(氘)又大量地存在于海水中,可谓“取之不尽,用之不竭”。核能是未来能源系统的支柱之一。

能源是人类生存和发展的重要物质基础。2006年世界能源消费结构见表0-1。据IEA发布的《世界能源展望2008》预测,从2006年至2030年,世界一次能源需求从117.3亿吨油当量增长到了170.1多亿吨油当量,增长了45%,平均每年增长1.6%。到2030年化石燃料占世界一次能源构成的80%,比目前略低一些。虽然从绝对值上来看,煤炭需求的增长超过任何其他燃料,但石油仍是最主要的燃料。据估计,2006年城市的能源消耗达79亿吨油当量,占全球能源总消耗量的三分之二,这一比例将会在2030年上升至四分之三。

由于中国和印度的经济持续强劲增长,在2006年至2030年期间,其一次能源需求的增长将占世界一次能源总需求增长量的一半以上。中东国家占全球增长量的11%,增强了其作为一个重要的能源需求中心的地位。总的来说,非经合组织(Non-OECD)国家占总增长量的87%。因此,它们占世界一次能源需求比例从51%上升至62%,它们的能源消费量超过经合组织(OECD)成员国2005年的消费量。

表 0-1 2006 年世界能源消费结构(%)

国家	原油	天然气	煤炭	核能	水电
全世界	36	24	38	6	6
中国	21	3	70	1	6
美国	40	24	24	8	3
加拿大	31	27	11	7	25
英国	36	36	19	8	1
法国	35	15	5	39	5
俄罗斯	18	55	16	5	6
德国	38	24	25	12	2
亚太合计	32	11	49	4	5
日本	45	15	23	13	4
韩国	47	14	24	15	1
澳大利亚	33	21	42	0	4
印度	28	8	56	1	6
经合组织(OECD)	47	23	21	10	5

注:资料来源于英国石油世界能源统计 2007。

全球石油需求(生物燃料除外)平均每年将增长 1%,预测从 2007 年 8500 万桶/日增加到 2030 年 1.06 亿桶/日。然而,其占世界能源消费的份额从 34%下降到 30%。世界石油需求的增长主要源于非经合组织(Non-OECD)国家(4/5 以上的增长量来自中国、印度和中东地区),经合组织(OECD)成员国石油需求略有下降,主要是因为非运输行业石油需求的减少。全球天然气需求的增长更加迅速,以 1.8%的速度递增,在能源需求总额中所占比例略微上升至 22%。天然气消费量的增长大部分来自发电行业。世界煤炭需求量平均每年增长 2%,其在全球能源需求量中的份额从 2006 年的 26%攀升至 2030 年的 29%。其中,全球煤炭消费增加的 85%,主要来自中国和印度的电力行业。核电在一次能源需求中所占比例略有下降,从目前的 6%下降到 2030 年的 5%(其发电量比例从 15%下降到 10%)。除经合组织欧洲区外,世界主要地区的核发电量将在绝对值上有所增长。

现代可再生能源技术发展极为迅速,将于 2010 年后不久超过天然气,成为仅次于煤炭的第二大电力燃料。可再生能源的成本随着技术的成熟应用而降低,化石燃料的价格上涨以及有力的政策支持为可再生能源行业提供了一个机会,使其摆脱依赖于补贴的局面,并推动新兴技术进入主流。风能、太阳能、地热能、潮汐和海浪能等非水电可再生能源(生物质能除外)的增长速度为 7.2%,超过任何其他能源的全球年均增长速度。电力行业对可再生能源的利用增长占大部分。非水电可再生能源在总发电量所占比例从 2006 年的 1%增长到 2030 年的 4%。尽管水电产量增加,但其电力的份额下降两个百分点至 14%。经合组织(OECD)国家可再生能源发电的增长量超过化石燃料和核发电量增长的总和。

当前世界所面临的能源安全问题呈现出与历次石油危机明显不同的新特点和新变化,它不仅仅是能源供应安全问题,而是包括能源供应、能源需求、能源价格、能源运输、能源使用等安全问题在内的综合性风险与威胁。

作为世界上最大的发展中国家,中国是一个能源生产和消费大国。能源生产量仅次于美国和俄罗斯,居世界第三位;基本能源消费占世界总消费量的 1/10,仅次于美国,居世界第二

位。中国又是一个以煤炭为主要能源的国家,发展经济与环境污染的矛盾比较突出。近年来能源安全问题也日益成为国家生活乃至全社会关注的焦点,日益成为中国战略安全的隐患和制约经济社会可持续发展的瓶颈。上个世纪 90 年代以来,中国经济的持续高速发展带动了能源消费量的急剧上升。自 1993 年起,中国由能源净出口国变成净进口国,能源总消费已大于总供给,能源需求的对外依存度迅速增大。煤炭、电力、石油和天然气等能源在中国都存在缺口,其中,石油需求量的快速增长以及由其引起的结构性矛盾日益成为中国能源安全所面临的重大难题。

中国能源资源有以下特点:

(1)能源资源总量比较丰富。中国拥有较为丰富的化石能源资源,其中,煤炭占主导地位。2006 年煤炭资源保有量 10345 亿吨,探明剩余可采储量约占世界的 13%,列世界第三位。已探明的石油、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。中国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为 6.19 万亿千瓦时,经济可开发年发电量约 1.76 万亿千瓦时,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。中国人口众多,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。中国能源资源分布广泛但不均衡。煤炭资源主要分布在华北、西北地区,水力资源主要分布在西南地区,石油、天然气资源主要分布在东、中、西部地区和海域。中国主要的能源消费地区集中在东南沿海经济发达地区,资源分布与能源消费地域存在明显差别。大规模、长距离的北煤南运、北油南运、西气东输、西电东送,是中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。与世界相比,中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。

## 0.2 燃气工业

### 0.2.1 世界燃气工业发展

各国燃气工业发展大致上经历了从以煤制气为主阶段,发展到以油制气为主或煤、油制气混合应用阶段,随后发展到以天然气为主的阶段。

煤制气是 18 世纪末才开始生产并被利用的,英国于 1812 年在伦敦建造了世界上第一个炼焦煤气厂。炼焦煤气最初主要用于照明,因此在很长时期内被称为“照明燃气(light gas)”。直到 1855 年本生发明了引射式燃烧器,才得到了广泛应用。

20 世纪以来,由于煤在世界各国的燃料构成中所占的比重不断下降,石油和天然气的比重逐步上升,因此进行了用油作为原料进行制气的研究与生产。油制气比煤制气投资低,售价也低,使燃气工业得到了飞速发展。

自 20 世纪 60 年代以来,天然气在世界燃料构成中的比重越来越大。天然气由于具有成

本低、质量高和环境保护等一系列优点,自1970年以来其消费量一直以年均2.6%的增长率稳步增长,并正逐步取代煤炭在一次能源中的传统地位,已成为各工业发达国家的城市燃气的主要气源。

### 0.2.2 中国燃气工业发展

国内外许多文献公认,我国是最早应用天然气的国家。我国周代所作的《周易》中就有“泽中有火”、“火在水上”等记载。约在公元前250年,秦孝文王以李冰为蜀守,于广都(今四川成都)一带开凿盐井,随后就在盐井中发现了天然气。西汉宣帝神爵元年(公元前61年),在陕西省鸿门,今神木县和翰林县一带也发现了天然气井。《汉书·地理志》载有“西河郡鸿门县有天封苑火井祠,火从地出”。这很可能是当时人们在钻凿水井过程中发现了天然气,并发生了燃烧现象,人们将此奉为神明,立祠来表示虔敬。

天然气的开发利用,直接影响盐业的发展,在开发盐和天然气时,用竹子或木料制成管线输送天然气,是中国古代人民在天然气工业发展史上的一项伟大成就。当时把这种管线叫做“笕”或“枳”。置笕,就是建设地面输气管线。竹管或木管外缠竹篾条,用桐油和石灰把缝隙处涂上防漏。据《川盐纪要》记载,当时自流井气田已有竹木制的集输管道总长达100多公里,专门从事管道建设的工人有一万多人。

但我国近代燃气工业则是从19世纪60年代才开始,首先在上海,然后在东北若干城市建立了小型煤制气厂,供应城市煤气。这种情况一直延续到上世纪50年代。旧中国从1865年到1949年为止,全国只有9个煤气公司,即上海、大连、鞍山、抚顺、沈阳、丹东、长春、锦州和哈尔滨。这一阶段人工煤气产量最高的一年是1943年,为1.27亿 $\text{m}^3$ ,煤气热值为3300~4000 $\text{kcal}/\text{m}^3$ 。1959年结合北京人民大会堂等十大建筑的建设,开始了以石景山钢铁公司焦化厂和北京焦化厂为气源的北京城市燃气供应。20世纪60年代初,上海建设了上海焦化厂,扩大了城市燃气供应。东北一些城市的煤制气厂也有不同程度的扩展。

20世纪60年代中期,大庆、大港、胜利等油田的开发和相应的炼油厂的建设给城市燃气工业带来了液化石油气和重油资源。许多城市开始应用液化石油气作为城市燃气的资源,而一些大城市则以重油为原料发展城市燃气。

20世纪70年代末和80年代初,随着城市建设的发展,天津、南京、杭州等大中城市建设了采用连续式碳化炉工艺的煤制气厂,而苏州、无锡等一些中等城市则将附近炼焦厂的煤气净化以供应城市。但由于煤炭价格不断上涨,制气技术相对落后,燃气售价不能到位,多数煤制气厂在亏损状态下经营,再加上环保、资源等原因,使煤制气的发展在许多地区特别是沿海发达地区受到制约。

20世纪80年代中期以来,我国能源工业市场经济和国际贸易逐步发展,为沿海地区引进了液化石油气资源,有力地促进了这些地区城市燃气事业的发展,并使其逐步纳入市场经济的轨道。在此以前,我国液化石油气仅靠国内供应,不仅数量少,而且质量也不稳定,而国际市场上液化石油气资源丰富,质量稳定,价格合理。我国最先进口液化石油气的是华南沿海地区,然后是华东沿海地区。由于一开始就按国际价格和市场经济规律经营,上下游各个环节都获得利润,因而引起了各方面的经营兴趣,使液化石油气储配站和各级经营公司迅速发展,并从沿海伸向内地。在市场经济的带动下,国内液化石油气生产单位也增加了产量,改善了服务。这样,液化石油气很快成为我国当时发展民用燃气的主要资源,形成了供求平衡,甚至供大于

求的局面。从长远观点来看,液化石油气只能满足民用炊事和制备热水需要,是一种过渡性的主气源。发达国家的主要燃气消费市场是工业、建筑物采暖和发电,如此大量的燃气消费并不是液化石油气所能承担的,必须依靠天然气来解决问题。

我国虽然最早使用天然气,但近代天然气工业与发达国家相比却有很大差距。自1996年我国天然气产量首次突破200亿 $\text{m}^3$ 之后,天然气产量进入了快速增长期。“九五”期间年均增幅达到10%,2003年340亿 $\text{m}^3$ ,2008年达到770亿 $\text{m}^3$ ,预计到2030年,天然气产量可以达到2500亿 $\text{m}^3$ 。我国天然气供需情况与发展趋势见图0-1。

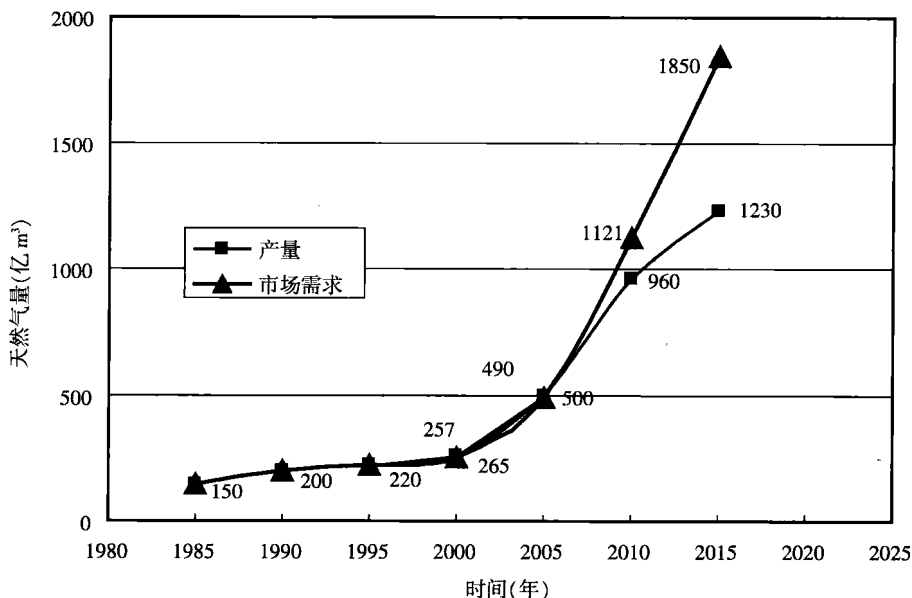


图0-1 我国天然气供需情况与发展趋势

### 0.2.3 我国城镇燃气规划发展目标

建设部制定的《建设事业“十一五”规划纲要》中指出:大力发展以燃气为主的清洁能源,遵循多种能源、多种途径、因地制宜、合理利用的发展方针,建立安全、稳定、高效的城镇能源供应体系。坚持以天然气、液化石油气为城市用气主气源,实现增加天然气供应150~200亿 $\text{m}^3$ ,天然气在城市能源结构中的比例由2005年的6%提高到15%~20%。提高城市燃气技术和管理水平,大力推广新型管材、新设备、新技术的应用,加强城市燃气输配、应用等重大技术与设备的研制工作,促进资源节约,提高能源利用效率。加强燃气安全工作,引导各大型燃气企业采用计算机自动化管理的输配调度技术,确保燃气持续安全供应。加强燃气管网的日常监测和维护,编制实施城镇燃气管网改造规划,到2010年基本完成对材质和连接工艺落后、腐蚀老化严重的燃气输配管线的更新改造,保障安全用气。

### 0.2.4 我国天然气工程简介

我国天然气事业有很好的发展前景。在资源方面,我国拥有较为丰富的天然气资源。据2008年国土资源部公布的新一轮全国油气资源评价结果显示,我国天然气远景资源量56万亿 $\text{m}^3$ ,地质资源量35万亿 $\text{m}^3$ ,可采资源量22万亿 $\text{m}^3$ ,勘探处于早期;煤层气地质资源量37



万亿  $\text{m}^3$ , 可采资源量 11 万亿  $\text{m}^3$ ; 常规可采储量占全球最终可采天然气资源量的 8%~10%。但总体上我国天然气的探明率仍然较低, 目前仅有 20%, 大大低于美国(76%)、俄罗斯(68%)等国家。在天然气资源的分布上, 有 67 个含气盆地和地区, 5 个天然气富集区, 主要为东部地区(渤海湾、松辽)、陕甘宁地区(中部、中东部)、川渝地区(川东、川中、川西北)、青海地区(冷湖、南八仙、涩北、台南)和新疆地区(塔里木、准噶尔、吐哈)。

随着一批横贯东西、遍布南北的天然气输气干线相继建成, 我国天然气已逐步从产气区向其他省市输送, 天然气利用的地域范围大大拓宽, 我国天然气发展进入了历史性的转折期。

### 1. 西气东输工程

西气东输工程西起新疆轮南, 东至上海市白鹤镇, 途径 10 个省、自治区、直辖市。经过戈壁沙漠、黄土高原、太行山脉, 穿越黄河、淮河、长江等众多河流。线路全长约 4000 公里。干线管道直径为 1016 毫米。设计年输气量 120 亿  $\text{m}^3$ 。沿线共设工艺站场 35 座, 线路截断阀室 138 座。管道投资约 435 亿元。西气东输管道是中国目前距离最长、管径最大、投资最多、输气量最大、施工条件最复杂的天然气管道, 如图 0-2 所示。

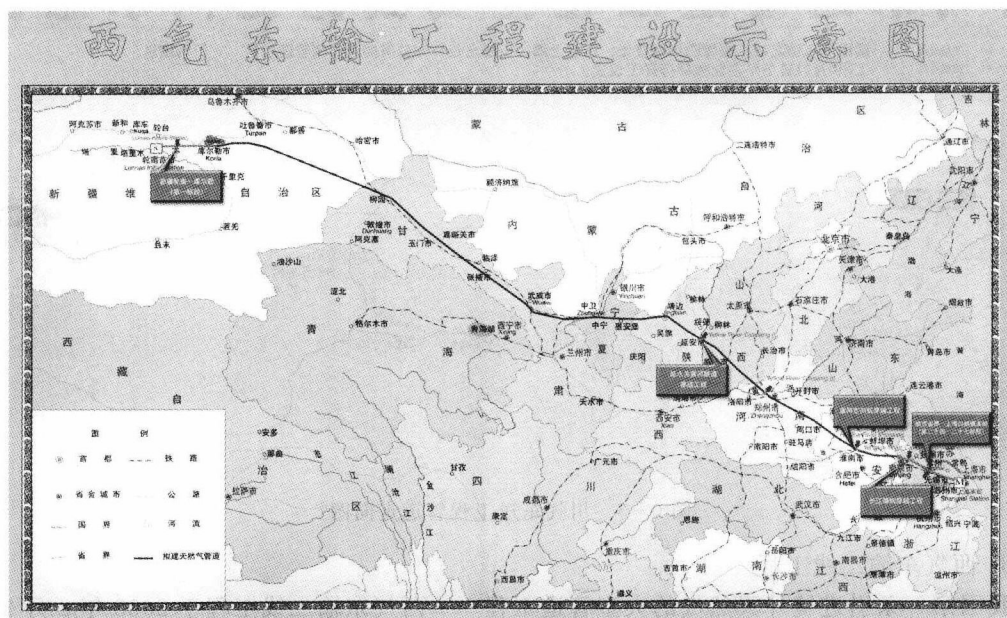


图 0-2 西气东输工程管道走向图

西气东输工程于 2002 年 7 月 4 日正式开工建设。2003 年 10 月 1 日, 靖边至上海段试运投产成功。2004 年 1 月 1 日正式向上海供气。2004 年 10 月 1 日全线建成投产。2004 年 12 月 30 日实现全线商业运营。

西气东输工程的目标市场在长江三角洲地区的江苏省、浙江省、上海市及沿途的河南省、安徽省等地。主要以城市燃气、工业燃料、发电及天然气化工为主要利用方向。

### 2. 川气东送工程

川气东送工程于 2007 年 8 月 31 日开工建设, 如图 0-3 所示。这是保证中国能源安全的又一个重点工程。设计输气能力为每年 120 亿  $\text{m}^3$ , 增压后可达到 170 亿  $\text{m}^3$ 。输气干线自四川普光气田, 经四川、重庆、湖北、安徽、江西、江苏、浙江后到达上海, 全长 1702 公里, 同时建设