

建筑环境与设备工程系列教材

燃气热水器

RANQI RESHUIQI

重庆大学出版社
夏昭知 伍国福 编著

14.252-43



TS914.22-43
V26

建筑环境与设备工程系列教材

燃气热水器

夏昭知 伍国福 编著



A1032472

重庆大学出版社

内 容 简 介

本书介绍了燃气热水器的发展过程与目前的技术动向。书中采用通俗易懂的语言与图表介绍了各种形式热水器的结构,正确的安装与使用方法,以及为防止偶然事故在热水器上已采用的各种安全保护装置,有助于用户对热水器有一基本了解后,做到正确使用热水器并确保自身安全,真正享受热水器给生活带来的方便与舒适。书中还特别注意从有关的燃烧、传热、流体力学的基本原理出发来分析燃气热水器的工作过程,并由此提出了燃烧器、换热器、保护装置、烟、风系统设计中应注意的一些原则。同时还介绍了燃气热水器的检测方法,以及在完善、提高其安全、舒适、低污染、节能等主导功能上已取得的成果。

本书可作为相关专业大学本科和大专学生使用的教材,对于相关领域广大工程技术人员的知识更新也将是十分有益的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

燃气热水器/夏昭知主编. —重庆:重庆大学出版社,2002. 12

建筑环境与设备工程专业系列教材

ISBN 7-5624-2617-1

I. 燃... II. 夏... III. 燃气设备—热水器具—高等学校—教材 IV. TS914. 252

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 044192 号

建筑环境与设备工程专业系列教材

燃气热水器

夏昭知 伍国福 编著

责任编辑:袁江 版式设计:袁江

责任校对:任卓惠 责任印制:张永洋

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鹤盛

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400044

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (市场营销部)

全国新华书店经销

重庆升光电力印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:12.75 字数:318千 插页:8开3页

2002年12月第1版

2002年12月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 7-5624-2617-1/TB·31

定价:17.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有 翻印必究

前 言

据不完全统计,我国大、中城市已基本具备了自己独立的气源,城市气化率现已超过75%,年燃气供应量(按热量计算)在 10^{15} kJ以上。以家用燃气快速热水器(简称燃气热水器)为例,全国居民拥有量现已达3 000多万台,即有近1.2亿城镇人口使用了燃气热水器,这说明燃气热水器在我国已经普及,与千万个家庭息息相关。燃气热水器的形式已从单一的直排式热水器发展到烟道式、强排式、强制给排气式(包括室外布置)热水器。一些具有先进功能的燃气热水器(如全自动恒温,低污染环保型,高效冷凝式,采暖-卫生热水双功能……)已研制成功并陆续投放市场。我国燃气热水器行业正处在深化改革,快速发展的时期。

在我国燃气热水器独立发展近30年的时间里,燃气热水器已为千家万户带来了方便、舒适,改善了生活环境;生产厂家在提高产品质量,实现燃气热水器使用安全、可靠方面也取得了大的进步。但是,热水器在使用中也暴露出了一些人身与设备安全问题。书中将对这些问题进行深入、认真的讨论,以便总结经验、引起注意,杜绝类似事故的发生。因此,本书的第一个服务对象便是燃气热水器制造厂的设计、管理、营销、维修与生产人员。

国家有关管理部门对燃气热水器的安全使用十分重视,除明文禁止(从2000年5月起)生产、销售作为浴用的直排式燃气热水器外,还广泛、深入地进行了安全使用燃气热水器的科普宣传活动,安全意识正在深入人心。但是,也应注意到,至今尚有成千上万台(过去生产的)直排式热水器仍在居民家中使用(有的甚至仍安装在浴室内);还有大量的用户使用烟道式热水器时不装设(或不按安装规范的要求)排烟管与风帽,导致烟气进入室内,存在明显安全隐患。这说明,部分用户至今还不了解使用燃气热水器时危险会出自何方,又如何去消除这些隐患以保护自身的安全呢?因此,本书的第二个服务对象便是广大燃气热水器的用户与燃气管理人员。书中将用通俗易懂的语言与大量插图,说明各种形式燃气热水器的结构特点,正确的安装与使用方法,以及为防止可能出现的安全隐患,热水器已设置的各种安全保护装置,以使用户了解热水器,并在此基础上实现安全、方便地使用热水器。

书中前面章节也简要介绍了与燃气热水器有关的燃烧、传热、流动方面的基础知识。后面章节中,重点介绍了各种形式燃气热水器的技术特点、安装使用方法、安全保护装置、性能检测,以及燃气热水器在过去几十年中已取得的一些主要成果与今后发展动向。因此,本书可供大、专院校中与燃气有关专业人员使用。不同意见的讨论有益于技术的发展,书中在介绍技术问题的处理时,会提到不同的观点,目的是开阔思维,以利创新。书中一些内容来自对实物的测绘与试验,近年公布的专利技术,文献报导等。

推动燃气热水器技术发展的主要动力,来源于用户与社会对热水器的安全性能,使用舒适方便性、环保性能、节能水平与降低成本等五个方面不断提高的要求。由于这个推动力,热水器才有今天的成果与更加美好的未来。“十五”计划的重点项目“西气东输”工程已经启动,我

国城市燃气事业将会迎来一个大好的时机。预计到 2010 年,民用天然气量将从 2000 年 30 亿 m^3 增加到约 300 亿 m^3 ,燃气热水器必将随城市燃气事业的迅速发展而得到长足发展。

本书 1~11 章由夏昭知编写,第 12 章由伍国福编写。由于编者水平有限,错误之处在所难免,望给予指正,不胜感谢。

编者

2001 年 12 月于重庆大学城环学院

>

目 录

第 1 章 燃气热水器概述	1
1.1 热水器结构简介	1
1.2 燃气种类	1
1.3 燃气供应	7
1.4 供风与排烟方式	10
1.5 水与火这一对矛盾	11
1.6 加热过程的要求	11
1.7 燃气热水器发展概述	12
第 2 章 供水与加热系统	14
2.1 供水管路及组成	14
2.2 热交换	26
2.3 热水器加热过程的特点	31
第 3 章 燃气供应与燃烧系统	35
3.1 供气管路及组成	35
3.2 燃气的燃烧计算	39
3.3 可燃混气中的火焰传播	46
3.4 火焰稳定性	54
3.5 大气式燃烧器	60
3.6 射流运动	68
3.7 燃气互换性	73
第 4 章 供风与排烟	78
4.1 供风方式	78
4.2 排烟方式	80
4.3 烟气中的有毒物质	82
4.4 缺氧的影响	84
4.5 安全保护措施	85
第 5 章 非浴用直排式燃气热水器	87
5.1 结构与特点	87
5.2 安装与使用	88
5.3 安全保护	90
5.4 一氧化碳中毒的动物试验	101
5.5 控制电路	102

第 6 章 烟道式燃气热水器	105
6.1 结构与特点	105
6.2 安装与使用	108
6.3 防倒风排气罩与风帽	111
6.4 安全保护	117
6.5 控制电路	120
第 7 章 强制排气式燃气热水器	122
7.1 结构与特点	122
7.2 安装与使用	125
7.3 安全保护	126
7.4 控制电路	135
第 8 章 强制给排气式燃气热水器	138
8.1 结构与特点	138
8.2 安装与使用	139
8.3 安全保护	141
8.4 控制电路	144
8.5 燃烧噪声	146
8.6 平衡式燃气热水器	151
8.7 燃气热水器室外布置	152
第 9 章 热水器的恒温控制	154
9.1 舒适淋浴的要求	154
9.2 加热过程特性	155
9.3 燃气比例阀	156
9.4 启动过程的恒温调节	159
9.5 抗干扰调节	161
第 10 章 低氧化氮(NO_x)燃烧	163
10.1 氧化氮(NO_x)的危害及其生成机理	163
10.2 降低 NO_x 的方法	165
10.3 试验中的 CO 及 NO_x 中毒比较	169
第 11 章 冷凝式燃气热水器	171
11.1 冷凝式燃气热水器的节能	171
11.2 提高热效率的途径	172
第 12 章 燃气热水器的测试	178

12.1	测试内容的确定·····	178
12.2	燃气热水器气流的气体动力性能测定·····	180
12.3	燃气热水器热工性能测定·····	182
12.4	燃气热水器质量测定与评判·····	184
	主要参考文献 ·····	195

第 1 章 燃气热水器概述

1.1 热水器结构简介

燃气热水器就是用燃气燃烧放出的热量来加热水的设备,是一种小型的热力设备。它首先使燃气在燃烧室内完全燃烧,产生高温烟气。高温烟气流经换热器时,把冷水加热为所需的卫生热水,图 1.1 为热水器加热过程原理。燃气热水器结构简图如图 1.2 所示。进入热水器的冷水(自来水)流经水-气联动装置、水量调节阀(也简称水阀)后进入上部水箱(也称换热器)。在换热器内,冷水被高温烟气加热成为卫生热水输出,供沐浴、洗涤等使用。燃气进入热水器后,经电磁阀,气量调节阀(也简称气阀),水-气联动装置后进入燃烧器。

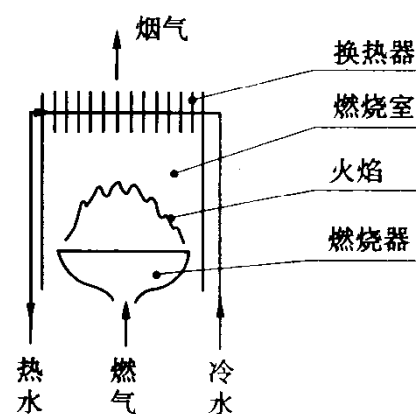


图 1.1 热水器加热过程

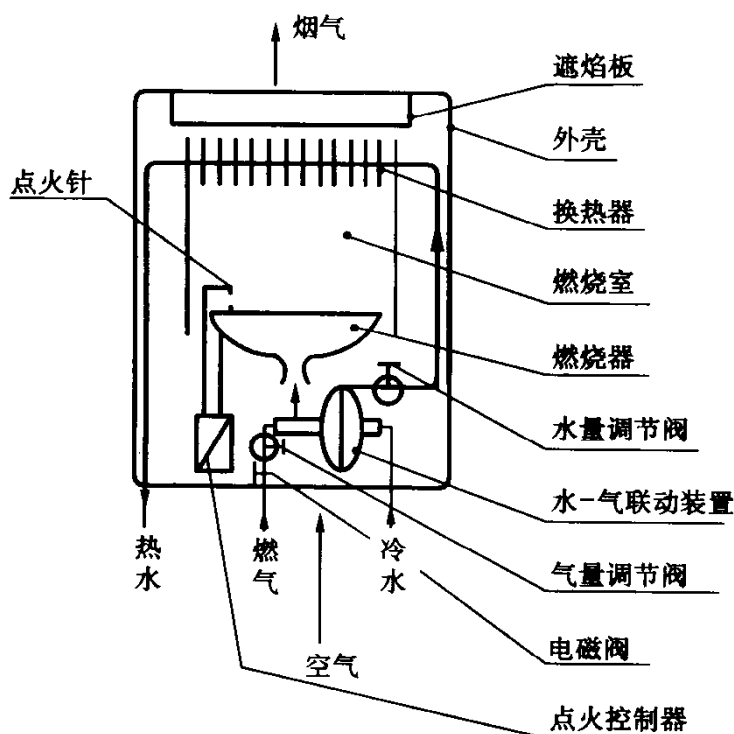


图 1.2 热水器结构示意图

在燃烧器火孔处,燃气被脉冲放电点燃,形成稳定的火焰。燃气在燃烧室内燃尽,燃烧生成的高温烟气流向换热器,经换热器吸热冷却后,烟气温度下降,最后由排烟口排出。燃气燃烧所需空气,可以由自然供风或风机强制供风方式提供。燃气热水器主要包括 3 个部分,即燃烧系统、加热系统与控制系统。燃气热水器科技含量的高低,便体现在这 3 个系统的正确、巧妙、创新设计以及对高新技术的采用上。

在观察燃气热水器的结构特点时有两点须要留意:一是热水器使用的燃气种类,二是热水器采用的给排气方式。由于燃气种类和给排气方式不同,热水器在结构设计与运行特性上,均会出现较大的差异,用户须特别注意(这些内容在以后章节中会详细介绍)。

1.2 燃气种类

城市燃气最早使用的是人工燃气(也称人工煤气,煤制气)。公认的煤气工业创始人苏格兰工程师默多克,在 1792 年把在试验室制得的煤气带回住所进行照明,开创了煤气应用(煤气引入居民家庭或供工厂照明)的新阶段。在 1805 年城市照明用的街灯燃烧器问世;1833 年供

工业用的鼓风燃烧器研制成功;1855年本生发明了本生灯,创造性地提出了局部预混燃烧方式,对燃烧应用技术的发展做出了卓越的贡献。1885年威尔斯巴赫发明了照明用白炽灯,使燃气照明获得空前成功。19世纪末发明了远距离自动点火器。1881年发明了华白燃烧器,第一次实现了煤气无味,完全的燃烧。燃气用于加热设备的前提是安全(防止燃气泄漏引发爆炸,防止烟气CO中毒),1851年霍夫曼设计出长明小火燃烧器,使主燃烧器快速、安全点燃。不久又研制出双金属片熄火保护。1865年前后制作出供居民用的煤气灶。1868年莫格汉发明了燃气热水器,1890年弗莱歇把肋片管换热器装在燃气热水器上,对热水器的发展做了重大贡献。

二次世界大战后,随着石油工业的迅速发展,天然气与液化石油气的产量剧增,成本显著下降,从而取代了人工燃气成为城市燃气的主要气源。在煤制气出现初期,其主要用途是供煤气灯作城市照明。电灯取代了煤气灯后,煤制气才开始转向生活与工业用户,找到了一条正确发展道路。燃气灶、燃气热水器、燃气取暖器的研制成功,民用燃具开始进入普通居民家庭,更促进了城市燃气事业的发展。

很早前上海煤气厂建成,标志着我国城市燃气事业的开始。由于建造煤气厂,敷设煤气输送管道需要巨额资金,初期只可能在城市兴建,所以燃气事业也俗称为城市燃气事业。现在,我国广大农村已开始使用各种燃气。目前,我国城市燃气供应中,液化石油气约占60%,人工燃气约占20%,天然气约占15%,其他气源约5%。伴随我国石油天然气工业的快速发展,清洁能源——天然气所占份额会快速上升。人工燃气由于制气成本明显偏高,在市场竞争中会逐渐被淘汰。现对主要的几种城市气源介绍如下。

1.2.1 天然气

天然气包括以下4种,它们均是通过钻井从地层中开采出来的(见图1.3与表1.1)。
A. 气田气(纯天然气)——从天然气田直接开采出来的天然气,其组分主要为甲烷(90%以上);
B. 石油伴生气——伴随石油一起开采出来的天然气,其组分主要为甲烷(80%以上)及少量的丙烷,丁烷,戊烷等;
C. 凝析气田气——含有石油轻质馏分的气田气,其组分主要为甲烷(70%以上)及丙烷、丁烷、戊烷等;
D. 矿井气——从地下煤层中抽出来的可燃气,其组分主要为甲烷(50%以上)及氮、二氧化碳、氧等。我国矿井气资源十分丰富,主要集中在华北地区,已探明储量超过30亿 m^3 。

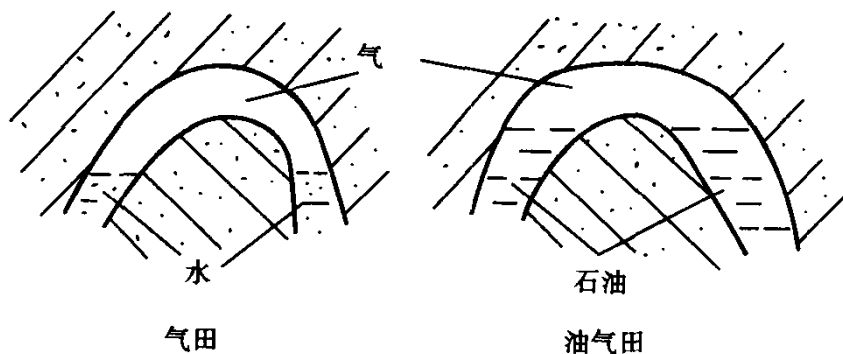


图 1.3 气田与油气田结构

表 1.1 天然气的组分

名称	组分体积分数/%						
	$\varphi(\text{CH}_4)$	$\varphi(\text{C}_3\text{H}_8)$	$\varphi(\text{C}_4\text{H}_{10})$	$\varphi(\text{C}_5^+)$	$\varphi(\text{CO}_2)$	$\varphi(\text{N}_2)$	$\varphi(\text{O}_2)$
气田气	98	0.3	0.3	0.4	—	1.0	—
石油伴生气	82	6.0	4.9	4.8	0.3	1.8	0.2
凝析气田气	74	6.7	2.2	14.9	1.6	0.6	—
矿井气	52	—	—	—	5.0	36	7.0

全世界现已探明的天然气储量约 150 万亿 m^3 , 远景储量可望达到 400 万亿 m^3 以上, 大约可供使用 60 ~ 70a。天然气与石油资源大体相等, 其储量约 40% 分布在欧佩克国家, 约 40% 分布在独联体。因天然气的输送成本高, 约为原油输送的 10 倍, 致使天然气工业明显落后于石油工业。近年, 发现深海底存在巨大的可燃冰(甲烷在高压下溶解于水中而形成的固态物)资源, 其储量(按热量计算)超过现已探明的煤、石油、天然气的总和, 是较为重要的待开发的新能源。已知的世界大型天然气田如表 1.2 所示。

表 1.2 世界大型天然气田

气 田	储量/万亿 m^3
乌戈伊(独联体)	7.8
坎甘(伊朗)	5.0
亚姆堡(独联体)	4.1
潘汉德(美国)	3.1
帕尔斯(伊朗)	2.8
扎波立昂(独联体)	2.6
波互尼柯夫(独联体)	2.2
格罗宁根(荷兰)	2.0
奥伦堡(独联体)	1.8
麦德维热(独联体)	1.5
哈西鲁迈勒(阿尔及利亚)	1.5

表 1.3 我国主要天然气田

气 田	储量/亿 m^3
陕甘宁	3 400
塔里木(新疆)	5 040
准葛尔(新疆)	4 000
四川东部(含重庆)	5 800
柴达木(青海)	3 000
长庆(内蒙)	7 000
南海	2 600

我国天然气远景储量可望达到 40 万亿 m^3 , 主要集中在西部。已探明的大型气田如表 1.3

所示。在“十五”期间,国家已启动西气东输工程,即将天然气从资源丰富的西部输送到经济发达,但能源相对紧缺的东部地区。规划中的5条主要输气干线是:A.轮南(塔里木气田)—上海,长4200km,输气压力10MPa,输气管直径1118mm;B.涩北(柴达木气田)—西宁—兰州,长950km;C.忠县(川东气田)—武汉,长730km,输气管直径700mm;D.榆林(陕甘宁气田)—北京(复线),银川、呼和浩特;同时,还计划从俄罗斯(西伯利亚地区)引进天然气,从中东引进液化天然气。在发达国家城市燃气总是优先考虑使用天然气,辅以液化石油气。随我国西气东输工程的实现,输气管线沿途大、中城市以及东部大、中城市都将获得充足的天然气供应,天然气必然会逐渐取代其他燃气成为城市燃气的主要气源。

1.2.2 液化石油气

液化石油气是开采与炼制石油过程中的一种副产品,轻型油气田在开采过程中可直接分离出液化石油气。我国缺乏轻型油气田,所以,我国液化石油气主要来自炼油厂的催化裂化装置。我国炼油厂的液化石油气产率(即液化石油气占原油加工量的比率)目前接近4.5%,年产量约800多万t。液化石油气的主要组分是丙烷、丙烯、丁烷、丁烯。这些碳氢化合物在常温、常压下呈气态,当压力超过其饱和蒸气压(见表1.4)后,便从气体变为液体(相应体积缩小约250倍)成为液化石油气。将其灌入高压气瓶中(瓶装液化石油气)便可输送到居民家中使用。

表 1.4 常温下的饱和蒸气压 p_n

燃 气	p_n/MPa
丙 烷	0.64
丙 烯	0.78
正丁烷	0.10
异丁烷	0.16
丁烯-1	0.12
$\varphi(\text{丙烷}) + \varphi(\text{丁烷}) = 50\% + 50\%$	0.35

由于液化石油气中各组分的饱和蒸气压不同,在使用瓶装液化石油气时,各组分不是同时气化,而是饱和蒸气压 p_n 值较高的首先大量气化。因此,从钢瓶输出的液化石油气其组分是在不断变化。开始时含有较多的丙烷,以后丁烷含量不断上升(如表1.5所示),钢瓶内的燃气压力也逐渐下降。所以,使用开瓶气(瓶中液化气量为70%~100%)时,燃气中丙烷含量高,火焰常呈蓝色;而使用底瓶气(瓶中液化气量<30%)时,燃气中丁烷含量高,火焰略带黄色,这是正常的。由于发展液化石油气用户投资省、设备简单、供应方式灵活,所以,长期以来液化石油气位居民用气的首位。以2000年为例,国产液化石油气860万t,进口480万t,总供应量约 6×10^{14} kJ/a,占民用气供应总量的60%左右,进口液化石油气约占总消费量的35%。

由于原油的组分略有差异,各炼油厂的加工工艺也有所不同。因此,国产液化石油气的组分也各不相同(有的含丙烷高些,有的含丁烷高些),很难给出一个典型的具有代表性的组分。进口的液化石油气,通常是将丙烷与丁烷分别储存在不同的容器内,使之低温液化。商家在采购时,主要依据当时的丙烷、丁烷销售价格而确定液化石油气的组分(以实现购置相同热量而成本最低),所以其组分也很难确定。作为概略值,液化石油气组分可取作50%丙烷,50%丁

烷。热水器标准规定的基准气是75%丙烷,25%丁烷。

表 1.5 (50%丙烷+50%丁烷)的液化石油气,输出燃气组分的变化

钢瓶中液化 石油气量/%	输出燃气的体积分数/%		燃气热值 H_L /(MJ·m ⁻³)
	φ (丙烷)	φ (丁烷)	
100	80	20	99.5
80	75	25	101
60	67	33	103
40	52	48	108
20	23	77	117
10	8	92	121

1.2.3 人工燃气

人工燃气中,有以煤作原料的煤制气与以重油作原料的油制气。早期采用的燃气生产技术是以煤作原料,因而俗称煤气(或人工煤气)。煤制气按制取的方法可以分作两大类:一是煤经热分解制取的煤气(干馏煤气),包括焦炉煤气、直立炉煤气等等;二是将煤气化获得的煤气(气化煤气),包括水煤气、发生炉煤气等等。油制气按制取方法可分作重油蓄热热裂解制气与重油蓄热催化裂解制气两种。简要介绍如下:

①焦炉煤气——焦炉煤气是钢铁公司炼焦炉的附产物,所以,在大型钢铁公司所在地,多倾向于把焦炉煤气作为当地的城市气源,以实现能源综合利用,节约投资与运行费用,降低成本。焦炉煤气的主要成分是一氧化碳、氢、甲烷。一般,每吨煤焦化时,可获得约 400Nm³ 焦炉气、750kg 焦炭、4kg 焦油、1.3kg 粗苯、0.3kg 氨。

表 1.6 人工燃气组分

名称	组分体积分数/%						
	φ (H ₂)	φ (CO)	φ (CH ₄)	φ (C ₂ ⁺)	φ (O ₂)	φ (N ₂)	φ (CO ₂)
焦炉煤气	56	6	27	2	1	5	3
水煤气	52	34.4	1.2	—	0.2	4	8.2
重油蓄热 热裂解气	31.5	2.7	28.5	32.2	0.6	2.4	2.1
重油蓄热 催化裂解气	46.5	17.2	16.6	5.0	1.0	6.7	7.0

②水煤气——水煤气是以水蒸气作汽化剂,将煤气化获得的煤气,其主要组分是氢、一氧化碳。由于水煤气中一氧化碳含量高达30%,而一氧化碳是毒性很大的气体,所以,水煤气不能单独作为城市气源使用。

③油制气——常采用重油蓄热热裂解与重油蓄热催化裂解两种方法生产油制气。热裂解

① 本书以 273.15K,101.325Pa 时的状态为标准状态,标准状态下体积单位以 Nm³ 表示,以后同。

获得的燃气其主要组分是甲烷、乙烯、丙烯,每吨重油大约可生产燃气 530Nm^3 ;催化裂解获得的燃气其主要组分是氢、甲烷、一氧化碳,每吨重油大约可生产燃气 $1\ 250\text{Nm}^3$ 。在香港是以石脑油(粗汽油)为原料生产燃气(不采用重油为原料),该生产工艺主要优点是含硫低,不产生焦油、烟尘、污水,从而有利于环境保护,且气化率高。各种人工燃气组分见表 1.6。

1.2.4 沼气

沼气是用动、植物废料或人、畜粪便在严格的厌氧条件下,由细菌分解而产生的燃气,其主要成分是甲烷(61%~70%),二氧化碳(30%~40%),及少量的氢、一氧化碳。统计表明,一个 $6\sim 10\text{m}^3$ 的沼气池可年产沼气 $250\sim 300\text{m}^3$,能满足一家烧饭、点灯之用。我国南方农村已大力推广、普及沼气应用技术。此是开发新能源的重要举措,有利于环保、节能、改善农村广大群众的生活条件,其意义十分巨大。

1.2.5 对城市燃气质量的要求

燃气中的杂质会引起输气管、燃具堵塞、腐蚀进而发生安全事故。人工燃气中的一氧化碳是剧毒气体,其质量浓度必须受到限制。因此,有关法规明确提出了对燃气质量的要求,见表 1.7 和 1.8。

表 1.7 天然气与人工燃气的质量要求

组分	含量限制/ $(\text{mg}\cdot\text{m}^{-3})$
焦油与灰尘	<10
萘(低压输气)	<50(冬季)
	<100(夏季)
硫化氢	<20
氨	<50
一氧化碳	<10%(体积分数)

表 1.8 液化石油气的质量要求

组分	含量限制
硫	<0.015%~0.02%(质量分数)
水分	不含水
二烯烃	<2%(质量分数)
乙烷与乙烯	<6%(质量分数)
残液	<2%(体积分数)

人工燃气中含有焦油与灰尘,其主要危害是堵塞输气管道与燃具。当燃气在管道中温度下降时,过饱和部分的气态萘会结晶析出,引起输气管堵塞。硫化氢对输气管与燃具有腐蚀作用。其燃烧生成的 SO_2 对人的呼吸系统有严重危害。氨对输气管道、燃具有腐蚀作用,其燃烧生成 NO_x 对人有明显侵害。一氧化碳是毒性气体,会使人中毒,甚至死亡。为防止人工燃气泄

漏,对人工燃气必须“加臭”处理才能使用。

液化石油气中含有硫分,会腐蚀管道与燃具,其燃烧生成的 SO_2 对人体有害。水分能与 $\text{C}_2, \text{C}_3, \text{C}_4$ 生成结晶水化物而堵塞管道。二烯烃会在气化装置的加热面上生成固体聚合物,使气化装置不能工作。乙烷和乙烯含量高,会使液化石油气钢瓶内的饱和蒸气压力升高,对钢瓶安全不利。残液在常温下不能气化,无法使用。

1.3 燃气供应

产量巨大的燃气(天然气、人工燃气),均采用长输管线从气源输送到远距离的用气地区。长输管线系统一般包括集气、净化、加压、储气、分配等装置。输送天然气时,输气起始点压力常取 $5 \sim 10\text{MPa}$,在输气管线上每间隔 $100 \sim 150\text{km}$ 须布置一个加压站,以弥补输送时的压力损失(见图1.4)。输气管道的工作压力越高,管径选用越大,其输气能力也越大,输气管线的投资也越省。表1.9给出了国外天然气长输管线运行参数。

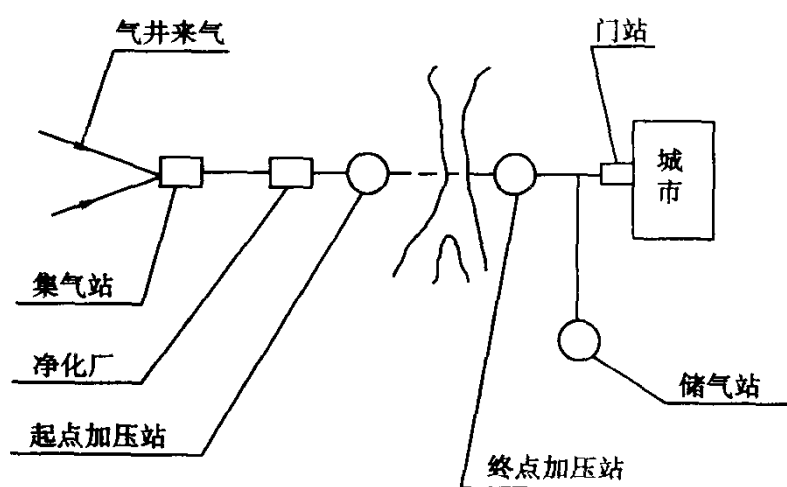


图 1.4 燃气长输管线

表 1.9 天然气长输管线

年份	管径 ϕ /mm	工作压力 /MPa	输气能力比
1930	≤ 508	3.4	1
1948	≤ 660	5.5	3
1960	≤ 914	6.9	9
1975	$\leq 1\ 067$	8.7	16
1980	$\leq 1\ 422$	13.8	52

燃气由长输管线送达到用气地区后,还须经城市燃气管网把燃气送到用户。图1.5示出一个由高、中、低压三极管网组成的城市输气系统。首先,燃气经长输管线送到城市门站(燃气分配站),降压后进入市郊的高压管网,经高中压调压室降压后进入中压管网,再经中低压调压室降压后进入低压管网,由低压管网直接向用户供气。燃气管网的压力值各国有所不同,如表1.10所示。当气源是人工燃气时,采用由低压管网直接向用户供气,中低压调压室的输出压力约为 $1\ 500\text{Pa}$,所以,在调压室附近区域的用户燃气压力偏高,而在远离调压室的管网末端区域燃气压力偏低(特别是在用气高峰期间)。这是采用低压管网供气时应注意的一个问题。从理论上讲,燃气管网压力越高,管网投资越省。在设计人工燃气的城市管网时,燃气压力一般都取得较低,主要是考虑安全可靠性与燃气的压缩成本。当气源是天然气时,近年,推荐采用由中压管网经楼栋调压后直接向用户供气(由于省去低压管网,投资费用明显下降)。

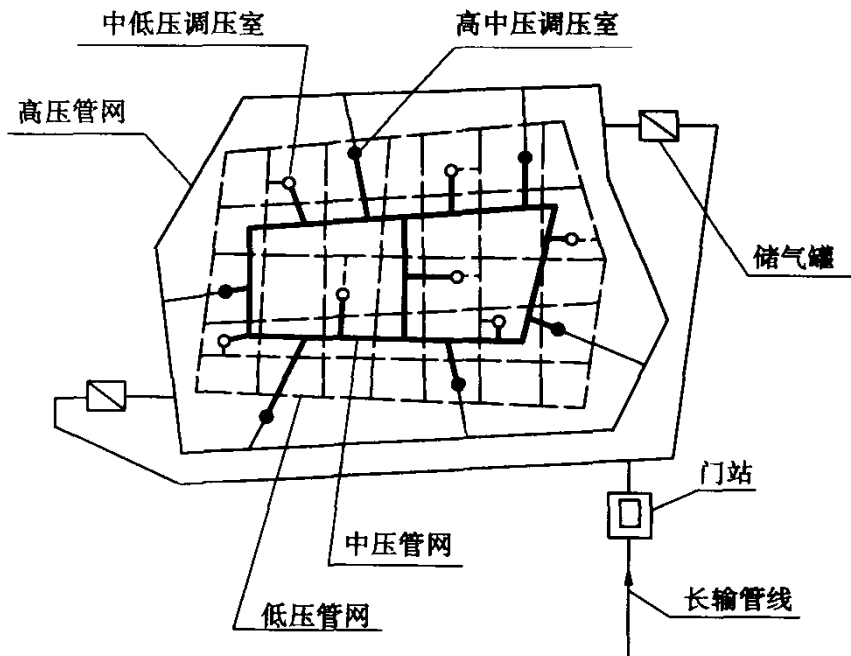


图 1.5 城市燃气管网

楼栋调压器的输出压力范围设定为 $(2\ 000 \pm 500)$ Pa。在向高层住宅供应天然气与人工燃气时因燃气比空气轻,要考虑附加压力的影响,附加压力 H 可近似表达为:

表 1.10 燃气管网压力值 单位:MPa

	中国	日本	苏联
低压	≤ 0.005	≤ 0.1	≤ 0.005
中压 A	0.2 ~ 0.4	0.3 ~ 1.0	0.005 ~ 0.3
B	0.005 ~ 0.2	0.1 ~ 0.3	
高压 A	0.8 ~ 1.6	> 0.1	0.3 ~ 1.2
B	0.4 ~ 0.8		

$$H = (r_a - r_g)h \times 10 \quad (1.1)$$

式中 r_a ——空气密度, kg/m^3 ;

r_g ——燃气密度, kg/m^3 ;

h ——住房高度, m;

H ——高度 h 处的附加压头, Pa。

表 1.11 高层建筑的附加压头 H

H/Pa \ h/m	15	30	45	60	75	90
燃气						
焦炉煤气	124	247	371	494	618	741
天然气	82	165	247	330	412	495
液化石油气	-159	-319	-478	-638	-796	-957

焦炉煤气、天然气密度比空气小(比空气轻),附加压头为正值(即住房高度增加,燃气压力也增大);液化石油气密度比空气大(比空气重),附加压头为负值(即住房越高、燃气压力越小),

如表 1.11 所示。高层住宅的用户在使用中也会发现, 燃用天然气时, 同一台灶具(或热水器)在顶层住户家使用时, 火力会大一些, 而在低层住户家使用时, 火力就会小一些。这是向高层建筑输送燃气时出现的特殊问题。在燃具设计与调试时应予注意。

当气源是液化石油气时, 将其从生产厂输送到远距离的接受站(用气地区)可以采用管道、铁路、公路、轮船等多种方式。输送过程中特别要注意, 在任何环境条件下, 管道或容器内任何位置上的压力, 都必须高于所处温度下的饱和蒸气压(使液化石油气始终处于液态, 决不能气化)。液化石油气到达接受站后用泵送入储罐中, 再灌入钢瓶, 以便送到用户手中, 这就是常见的瓶装液化石油气输送、使用方式。也有采用小区气化方式供气的。即在接受站处设置加热气化装置, 将液化石油气气化, 送入城市小区中压管网(不设置高压与低压管网), 再经楼栋调压后直接输向用户。我国深圳地区采用小区气化供气方式, 中压管网压力为 0.07MPa, 经楼栋调压后的燃气压力为 $(2\ 800 \pm 500)$ Pa(即用户气压)。

使用瓶装液化石油气的用户要注意两点: 一是液化石油气钢瓶所处环境温度不能偏低(有用户把钢瓶放在室外, 冬季环境温度太低)。原因是钢瓶内液化石油气在气化时(从液态变为气态), 需要从外界吸收热量(见图 1.6)。液化石油气在不同温度下的气化潜热如表 1.12 所示。在冬季, 若钢瓶所处环境温度偏低, 则钢瓶从外界的吸热速度变慢, 钢瓶内液化石油气的气化速度也下降, 供气量也随之减小(燃具火力也下降, 特别在使用大容量热水器时, 更加明显)。有的用户以为是液化石油气质量变差了, 引起了误解。二是液化

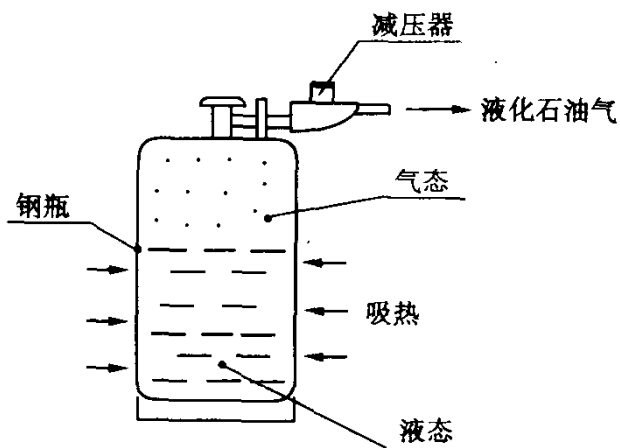


图 1.6 气化时的吸热

石油气减压器的选择。减压器的输出流量必须满足燃具最大耗气量的要求, 不能偏小。否则, 燃具达不到设计热负荷。各种燃具的耗气量(按基准气计算)如表 1.13 所示。各种减压器的特性值如表 1.14 所示。比如, 用户使用 1 台双眼灶与 1 台 10L/min 热水器(耗气量共为 $1.0\text{m}^3/\text{h}$), 则液化石油气减压器应选用 JYT-1.2 或 JYT-2.0 型。

表 1.12 液态丙烷、丁烷的气化潜热

温度/℃		0	10	20	30
气化潜热 /(kJ·kg ⁻¹)	(丙烷)	380	364	345	329
	(丁烷)	384	376	367	358

表 1.13 液化石油气燃具耗气量

燃具	双眼灶	燃气热水器		
		6L/min	8L/min	10L/min
耗气量 /(m ³ ·h ⁻¹)	0.25	0.45	0.6	0.75