

燃气工程管理 与 技术丛书

CHENGZHEN RANQI GUIHUA JIANSHE YU GUANLI

城镇燃气规划建设与管理

花景新 主 编

薛希法 王志强 张 宁 副主编



化学工业出版社

燃气工程管理 与 技术

CHENGZHEN RANQI GUIHUA JIANSHE YU GUANLI

城镇燃气规划建设与管理

花景新 主编

薛希法 王志强 张 宁 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书为《燃气工程管理与技术丛书》的一个分册,详细介绍了城镇燃气规划建设与管理,内容包括城镇燃气概论,城镇燃气规划导则,城镇燃气工程规划,消防、环卫规划和城镇燃气规划实施,城镇燃气工程建设管理,城镇燃气经营和安全管理,城镇燃气安全风险评价和安全管理对策。

本书可供燃气生产、储运相关专业技术人员和管理人员使用,也可供城市规划和工程建设的技术人员及管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

城镇燃气规划建设与管理/花景新主编. —北京:化学工业出版社, 2007. 7

(燃气工程管理与技术丛书)

ISBN 978-7-122-00835-0

I. 城… II. 花… III. 城镇-燃气-市政工程-中国
IV. TU996

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 107453 号

责任编辑:朱亚威 郭乃铎

文字编辑:丁建华

责任校对:凌亚男

装帧设计:尹琳琳

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 刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市万龙印装有限公司

720mm×1000mm 1/16 印张 12 3/4 字数 277 千字 2007 年 9 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: 28.00 元

版权所有 违者必究

编写委员会

燃气工程管理与技术丛书

主 任：宋守军

副 主 任：花景新 张道远

编委会成员：(以姓氏笔画为序)

马志远	王 鑫	王庆伦	王如国	王志强
王建军	田贯三	冯天甲	冯伟程	吕树安
乔春光	仲 戈	刘 伟	刘庆堂	刘新领
孙玉泉	花景新	杜秀君	李 明	李兴泉
李建国	李明治	李嘉寿	杨春生	杨晨曦
吴财智	吴洪亮	宋守军	张 宁	张坦水
张培新	张道远	张增刚	陈志华	郑贤斌
赵 颢	贾延生	顾书政	唐宝金	崔永章
崔红军	隋孟玲	惠林冲	樊运晓	薛希法

序

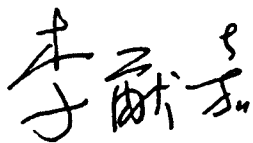
燃气是现代城乡经济社会发展的重要基础设施之一，与人民群众生产生活息息相关。近几年来，随着天然气的大规模开发应用，我国燃气事业获得长足的发展。城镇管道天然气发展迅猛，液化石油气在广大乡村地区得到普遍发展应用。这对优化城乡能源结构，改善城乡环境，提高人民生活质量发挥了重要作用。同时，燃气是高危险性的可燃气体，易燃、易爆、易使人窒息，稍有不慎，极易引发安全事故，而且许多燃气事故往往是瞬间发生，一家出事，邻里遭殃，祸及无辜。

当前来看，随着燃气事业发展壮大，许多新的企业和人员加入这一领域，他们迫切需要学习、了解燃气基本常识、主要工艺和相关工程技术。为此，山东省城市燃气安全检查监督站、山东省燃气协会组织专家编写了《燃气工程管理与技术丛书》，主要包括：《城镇燃气规划建设与管理》、《燃气应用技术》、《燃气管道供应》、《燃气场站安全管理》、《燃气工程监理》、《燃气工程应急预案编制及范例》以及《燃气工程施工技术》七个分册。

该丛书以国家规范、标准为依据，广泛吸取近几年燃气行业的实践经验和最新理论研究成果，对燃气行业新技术、新材料、新设备、新工艺作了介绍，突出体现了本丛书的系统性、实用性、先进性和通俗性，可广泛应用于燃气行业管理、工程建设、企业运营和安全管理，适用于广大燃气管理部门工作人员、燃气企业的管理人员和技术人员，对燃气行业从业人员执业技能培训和燃气基本知识的普及工作都具有很重要的作用。

本书的编写人员来自燃气行业管理、教学、工程建设的一线，他们长期从事燃气的规划建设管理和相关教学实践，有着丰富的实践经验，对燃气知识的了解和研究深刻。他们本着对读者负责、对燃气行业负责的态度，参考了大量的书籍，吸收了当前国内外丰富的研究成果，务求做到数据可靠，内容翔实，通俗易懂。我相信，这套丛书的出版发行，对提高燃气行业管理、工程施工及事故应急救援水平，都有着非常重要的作用和现实意义。

中国工程院院士
中国工程设计大师



2007年6月

前言

随着我国经济社会发展和城市化进程的加快,城镇燃气事业也获得长足的发展。城镇燃气正从以液化石油气、人工煤气为主的时代,发展到以天然气为主气源的时代,燃气事业的发展对燃气的规划建设管理工作提出了更高的要求。燃气规划建设管理涉及燃气行业方方面面,山东省城市燃气安全检查监督站、山东省燃气协会结合燃气行业发展新的研究成果和实践经验,组织省内外专家、学者和一线管理技术人员编写了《城镇燃气规划建设与管理》一书,旨在普及燃气规划建设管理的基本常识,介绍国际和国内燃气规划建设管理的经验,为燃气安全生产和经济社会发展服务。

本书共分为七章。第一章城镇燃气概论,主要论述了城镇燃气的种类与性质、城镇燃气的质量要求与分类、城镇燃气的气源、城镇燃气输配系统、城镇燃气输配系统的供需平衡、城镇燃气的供气对象、城镇燃气的历史变迁及发展趋势;第二章城镇燃气规划导则,主要论述了城镇燃气规划的原则与内容、气源规划、供应范围、供气原则、负荷预测与计算;第三章城镇燃气工程规划,主要论述了管网规划、管网布置、管网的敷设、燃气储备站等;第四章消防、环卫规划与城镇燃气规划实施,主要论述了消防、环保、安全与职业卫生规划等内容;第五章城镇燃气工程建设管理,主要论述了城镇燃气工程建设规定,包括建设程序、质量管理、安全管理等内容;第六章城镇燃气经营和安全管理,主要论述了城镇燃气经营管理、燃气经营企业和燃气用户的安全制度等内容;第七章城镇燃气安全风险评价和安全管理对策,主要论述了风险评价方法、城镇燃气输配系统风险评价与安全管理等内容。

该书是编者结合自己的工作实际编写的一本用于燃气规划建设管理方面的书籍,编写过程中坚持理论与实践相结合,力求做到科学易懂,便于燃气从业人员学习掌握。山东省城市燃气安全检查监督站薛希法同志负责该书总体框架的设计,山东建筑大学研究生张宁同志编写了前三章,其余由薛希法同志编写。其中张道远、马志远、杨春生、刘庆堂、李明治、王志强等同志参与了本书的编写工作。山东建筑大学田贯三教授和华北市政设计院的有关专家对该书进行了指导,田贯三教授对稿件进行了审查,花景新研究员对本书进行了审定。在此表示衷心感谢!

编者

2007年7月

目 录

第1章 城镇燃气概论	1	二、燃气计量用具的确定	41
第一节 燃气的种类与性质	1	三、气量平衡	44
一、燃气概述	1		
二、城镇燃气的种类和组分	2	第3章 城镇燃气工程规划	45
三、燃气的性质	4	第一节 城镇燃气管网规划	45
第二节 城镇燃气的质量要求与分类	7	一、城镇燃气输配系统规划原则	45
一、城镇燃气的质量要求	7	二、城镇燃气管道分类	45
二、燃气的分类	8	三、管网系统选择	45
第三节 城镇燃气的气源	9	第二节 城镇燃气管网布置	47
一、城镇气源厂的种类划分	9	一、管网布置依据	47
二、各类气源的主要特点	10	二、城镇燃气管网布置	47
第四节 城镇燃气输配系统	13	三、郊区输气干线布置	48
一、长输管道系统	13	四、城镇燃气管道安全距离	48
二、城镇燃气输配系统	14	第三节 城镇燃气管网的敷设与管材	51
第五节 城镇燃气输配系统的供需平衡	17	一、管网的敷设	51
第六节 城镇燃气的供气对象	19	二、管网的防腐	52
第七节 城镇燃气的历史变迁及发展		三、管材的选择	53
趋势	21	第四节 城镇燃气管网的水力计算	54
第2章 城镇燃气规划导则	24	一、燃气管网的水力计算公式	54
第一节 城镇燃气工程规划原则与内容	24	二、燃气管网的水力计算	56
一、城镇燃气规划原则	24	第五节 燃气储配站	58
二、城镇燃气规划内容	24	一、储气设施	59
第二节 城镇燃气规划的基础资料	26	二、压送设备	62
第三节 城镇燃气的气源规划	28	三、压缩机房	62
一、各种气源方案的特点	28	四、储配站的选址	63
二、气源方案的选择原则	30	五、储配站的组成和总平面布置	64
三、气源工程的规划布局	30	第六节 燃气调压站	64
四、燃气气源厂的选址	35	一、调压站分类	64
第四节 城镇燃气供应范围与供气		二、燃气调压站的布置	64
原则	36	三、燃气调压器	65
一、供气范围	36	第七节 计算机监控及数据采集系统	67
二、供气原则	36	一、计算机监控系统	67
三、工业和民用供气的比例	37	二、现场数据采集系统	67
第五节 城镇燃气负荷预测与计算	38	三、通讯系统	69
一、城镇燃气年用气量的计算	38	第八节 液化石油气站点规划	70
		一、液化石油气的供应对象	70

二、液化石油气的供应系统·····	70	第5章 城镇燃气工程建设管理 ·····	94
三、液化石油气储配站·····	71	第一节 城镇燃气工程建设规定·····	94
四、瓶装供应站·····	75	一、法规规章的一般规定·····	94
五、混气站·····	76	二、一些地方性法规的规定·····	95
六、气化站·····	78	第二节 燃气工程建设程序和质量管理的·····	96
第九节 燃气汽车加气站规划·····	78	一、燃气工程基本建设程序·····	96
一、燃气汽车国内外发展概况和重要		二、燃气工程质量管理·····	99
意义·····	78	第三节 燃气工程安全管理·····	103
二、加气站站址选择原则·····	79	一、燃气工程安全管理要素·····	103
三、天然气汽车加气站·····	80	二、燃气工程建设安全生产管理	
		体制·····	111
		三、燃气建设工程安全生产管理制度·····	117
第4章 消防、环卫规划与城镇燃气规划			
实施·····	81	第6章 城镇燃气经营和安全管理 ·····	134
第一节 消防规划·····	81	第一节 城镇燃气经营管理·····	134
一、防火概述及设计依据·····	81	一、国外燃气经营管理情况·····	134
二、爆炸和火灾危险特征分析·····	81	二、我国的燃气特许经营制度·····	138
三、安全与防火措施·····	81	三、燃气经营许可制度·····	142
四、消防用水量·····	82	第二节 燃气经营企业和燃气用户的	
五、消防水池及消防泵房·····	82	安全制度·····	146
六、消防管网及消防设施·····	82	一、燃气经营企业的社会责任·····	146
第二节 环保规划·····	83	二、燃气用户的安全责任·····	151
一、燃气净化的目的和依据·····	83	三、燃气设施与燃气器具管理·····	154
二、燃气净化的要求·····	83		
三、主要污染源和主要污染物·····	83	第7章 城镇燃气安全风险评价和安全	
四、控制污染的方案措施·····	84	管理对策·····	158
第三节 安全与职业卫生规划·····	84	第一节 风险评价方法简介·····	158
一、设计依据·····	84	一、定性风险评价法·····	158
二、劳动保护及职业卫生·····	85	二、半定量风险评价法·····	158
三、组织结构·····	86	三、定量风险评价法·····	158
四、劳动定员·····	86	第二节 城镇燃气输配系统风险评价	
第四节 投资匡算·····	87	方法·····	159
一、投资估算·····	87	一、专家调查法·····	159
二、经济评价·····	87	二、模糊综合评价法·····	159
第五节 实施规划的措施和建议·····	90	三、故障树分析法·····	161
一、实施规划的相关措施·····	90	四、模糊故障树分析法·····	162
二、存在的问题和建议·····	91	第三节 城镇燃气输配系统风险评价与	
第六节 燃气规划图纸内容·····	91	安全管理·····	166
第七节 燃气规划成果及审批·····	91	一、城镇燃气输配系统风险评价·····	167
一、燃气专项规划的编制·····	92	二、城镇燃气输配系统安全管理和风险	
二、燃气专项规划的批准·····	92	因素消除状况评价·····	175
三、燃气专项规划的变更和实施·····	93	第四节 燃气事故的报告和处置·····	179

[第1章]

城镇燃气概论

第一节 燃气的种类与性质

一、燃气概述

燃气是指所有的天然和人工的气体燃料的总称。工业与民用燃气的组成中包括可燃气体、少量的惰性气体和混合气体。可燃气体有氢气 (H_2)、一氧化碳 (CO)、甲烷 (CH_4)、乙烷 (C_2H_6)、丙烯 (C_3H_6)、丙烷 (C_3H_8)、丁烯 (C_4H_8)、丁烷 (C_4H_{10})、戊烷 (C_5H_{12})、苯 (C_6H_6)；惰性气体有氮气 (N_2) 及其他不活泼气体；混合气体有水蒸气 (H_2O)、二氧化碳 (CO_2)、氨气 (NH_3)、氰化氢 (HCN) 和硫化氢 (H_2S) 等。

随着我国国民经济的发展，燃气作为重要的能源，已成为保障经济社会发展的重要因素。煤、石油、天然气是主要的三大能源支柱，随着新型燃气的开发利用，燃气在能源结构中占有越来越重要的地位。燃气属于气体燃料，它同固体（煤）、液体（石油）燃料相比，有如下几个方面的优点

1. 具有基本无公害燃烧的综合特性

气体燃料是一种比较清洁的燃料。它的灰分、含硫量和含碳量较煤和油燃料要低得多。燃气中粉尘含量极少。燃气燃烧产生的 CO_2 低于煤和石油，由于达到国家城镇燃气质量标准的燃气含硫量极低，在燃烧时几乎可以忽略 SO_x 的发生；气体燃料中所含的氮，与其他燃料相比，燃烧时转化成 NO_x 少，并且对于高温生成的 NO_x 量的抑制，也比其他燃料容易实现。因此，对于保护环境提供了有利条件。同时，气体燃料由于采用管道输送，没有灰渣，基本消除了在运输、贮存过程中发生的有害气体、粉尘和噪声干扰。燃烧烟气还可以直接加热热水或对物料进行干燥。在有些情况下，利用降低烟气温度，使烟气中大量蒸汽析出，回收凝结水，甚至比其他方法制取软水更为合算。

2. 容易进行燃烧调节

燃烧气体燃料时，只要喷嘴选择合适，便可以在较宽范围内进行燃烧调节，而且还可以实现燃烧的微调，使其处于最佳状态。气体燃料不仅可以适应低氧燃烧，而且具有能够迅速适应负荷变动的特性，从而为降低燃料消耗、增大燃烧效率提供了有利条件。

3. 作业性好

气体燃料输送与油燃料相比，免去了一系列的防粘、保温、加热预处理等装置，在用户处也不需要贮存措施。因此，燃气系统简单，操作管理方便，容易实现自动化。另外，燃气几乎没有灰分，允许大幅度提高烟气流速，受热面的积灰和污染远比燃煤、燃油时轻微，不需要吹灰设备。在其他条件相似的情况下，燃气锅炉的炉膛热强度高于燃煤、燃油锅炉。因此，燃气锅炉的体积小，金属、耐火、保温等材料的消耗以及建设投资大大降低。



4. 容易调整发热量

特别是在燃烧液化石油气燃料时,在避开爆炸范围的部分加入空气,可以按需要任意调整发热量。因此,在燃气供应中常常采用液化石油气混空气做调峰气源。

气体燃料的主要缺点是它与空气在一定比例下混合形成爆炸性气体,而且气体燃料大多数成分对人和动物是窒息性的或有毒的,对使用安全技术提出了较高的要求。

目前我国正进行城市能源结构调整,燃气在城市能源中的比重将越来越大,用气城市越来越多,用气量也越来越大,许多城市新建或改建了燃气的供应设施,燃气管网相应变得越来越普及和庞大,其结构也越来越复杂。燃气今后必将成为城市能源最主要的来源之一。

二、城镇燃气的种类和组分

城镇燃气一般分为天然气、人工燃气(人工煤气)、油制气、液化石油气、生物气等。各类燃气的组分与低热值(低发热值)见表1-1。

表1-1 燃气的组分及低热值

序号	燃气类别	组分(体积)/%									低热值 (标准状态) (kJ/m³)
		CH ₄	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C _m H _n	CO	H ₂	CO ₂	O ₂	N ₂	
一	天然气										
1	纯天然气	98	0.3	0.3	0.4					1.0	36220
2	石油伴生气	81.7	6.2	4.86	4.94			0.3	0.2	1.8	45470
3	凝析气田气	74.3	6.75	1.87	14.91			1.62		0.55	48470
4	矿井气	52.4						4.6	7.0	36.0	18840
二	人工燃气										
(一)	固体燃料干馏煤气										
1	焦炉煤气	27			2	6	56	3	1	5	18250
2	连续式直立炭化炉煤气	18			1.7	17	56	5	0.3	2	16160
3	立箱炉煤气	25				9.5	55	6	0.5	4	16120
(二)	固体燃料气化煤气										
1	压力气化煤气	18			0.7	18	56	3	0.3	4	15410
2	水煤气	1.2				34.4	52.0	8.2	0.2	4.0	10380
3	发生炉煤气	1.8		0.4		30.4	8.4	2.4	0.2	56.4	5900
三	油制气										
1	重油蓄热裂解气	28.5			32.17	2.68	31.51	2.13	0.62	2.39	42160
2	重油蓄热催化裂解气	16.6			5	17.2	46.5	7.0	1.0	6.7	17540
四	液化石油气(概略值)		50	50							108440
五	沼气(生物气)	60				少量	少量	35	少量		21770

1. 天然气

天然气是指在地下多孔地质构造中发现的自然形成的烃类气体和蒸汽的混合气体,有时也含有一些杂质,常与石油伴生,主要组分是低分子烷烃。由于来源不同,天然气主要分为以下三类。

(1) 气井气 气井气是埋藏在地下深处(2000~3000m或更深)的气态燃料。在地层压力作用下燃气有很高的压力,往往达到1.0~10.0MPa。其主要成分是甲烷,体积分数约为95%左右,还含有少量的二氧化碳、硫化氢、氮和氩、氦等气体。我国四川天然气甲烷体积分数一般不少于90%,就属于这一类。



(2) 石油伴生气 伴生气是石油开采过程中析出的气体,在分离器中由于压力降低而进一步析出。它的主要成分也是甲烷,体积分数为80%左右。另外还含有一些其他烷烃类占15%,所以热值较高。我国大港地区、大庆等地使用的是石油伴生气。

此外,还有埋藏很浅的浅层天然气,其主要成分也是甲烷。

(3) 矿井气 矿井气是从煤矿矿井中抽出的燃气。其主要组分也是甲烷,其含量视抽气方式不同而变化,一般含氮量很高,所以热值较低。抚顺、鹤壁等矿区城镇将矿井气作为城镇燃气使用已有多年的历史。

天然气既是制取乙炔、合成氨、炭黑等化工产品的原料气,又是优质燃料气,是城镇燃气的理想气源。目前,我国许多城市已把天然气作为城市的主要气源,随着西部大型气田的开发、西气东输项目实施和国际市场天然气的引进,天然气在整个燃气利用中的比重将越来越大,必将对国民经济和社会发展产生积极的作用。

2. 人工燃气

人工燃气是指从固体或液体燃料加工所生产的可燃气。以煤为原料的人工燃气主要有下列五种。

(1) 干馏煤气 干馏煤气是煤在隔绝空气的情况下经加热干馏所得,一般是在炼焦炉或炭化炉内进行,每吨煤可产煤气 $300\sim 400\text{m}^3$ 。这类燃气中的甲烷和氢含量较高,无色有味,标准状态下的热值一般在 $18\text{MJ}/\text{m}^3$,密度约 $0.5\text{kg}/\text{m}^3$ 左右。由于含氢量大,所以燃烧速度很高,着火点约 $550\sim 6500^\circ\text{C}$,爆炸范围 $5.6\%\sim 30.3\%$ 。干馏煤气的生产历史最长,工艺比较成熟,是我国部分城镇燃气的主要来源之一。

(2) 高炉煤气 高炉煤气是炼铁高炉生产过程中的副产品,可燃成分主要是一氧化碳。由于它有大量的二氧化碳和氮,所以热值很低,标准状态下一般不超过 $3700\text{kJ}/\text{m}^3$ 。高炉煤气无色、无味、无臭,密度较大,标准状态下密度约在 $1.3\text{kg}/\text{m}^3$,着火点约 7000°C ,爆炸范围为 $46\%\sim 48\%$,毒性极强,标准状态下含灰量不大于 $10\text{mg}/\text{m}^3$,可用作锅炉燃料。

(3) 发生炉煤气 发生炉煤气是用来作为工厂内部燃料或城镇燃气中的掺混气(高发热量燃气的稀释气)而生产的。在发生炉内对燃烧的底层煤或焦炭鼓入空气(也有加入部分水蒸气的),在靠上面的还原层和干馏层中生成一氧化碳和氢气等可燃成分,即发生炉煤气。它的含氮量很大,约占一半以上。标准状态下热值仅为 $3900\sim 5400\text{kJ}/\text{m}^3$ 。

(4) 水煤气 水煤气的生产与发生炉煤气相似,是对炽热的煤层鼓入水蒸气,有时为了保证炉内一定的反应温度,必须与水蒸气交替地鼓入空气,产生以氢和一氧化碳为主要可燃成分的燃气。由于它的含氮量低(体积分数不到10%),故标准状态下发热量达 $10800\text{kJ}/\text{m}^3$ 左右。其燃烧时火焰呈蓝色,故又称蓝煤气。

(5) 高压气化气 高压气化气是以煤为原料,以氧和蒸汽为气化剂在高压下进行完全气化而产生的燃气。气化压力随不同的制气工艺而异,通常为 $2.0\sim 3.0\text{MPa}$ 。这种方法产气率高,是合理使用劣质煤的有效途径。这种燃气本身具有较高的压力,便于输送,是城市供气中有发展前途的气源。它的主要成分是氢气、一氧化碳和甲烷,标准状态下发热量约为 $16700\text{kJ}/\text{m}^3$ 。

3. 油制气

(1) 蓄热热裂解气 是以原油、重油或轻油在 $800\sim 900^\circ\text{C}$ 的高温下,使烃类中的



C—C键和C—H键裂解而生成甲烷和乙烯等烃类为主的燃气，还含有一部分氢气。作为燃料送出前还要经过冷却，脱除焦油、苯、硫化氢等净化处理。其主要成分是甲烷、氢气、乙烯和丙烯，标准状态下发热量约 41900kJ/m^3 ，每吨重油的产气量为 $500\sim 550\text{m}^3$ 。

(2) 蓄热催化裂解气 是以石油产品为原料的裂解气。在催化剂的作用下使水蒸气与裂解后的烃类和游离碳转化成氢气和一氧化碳从而提高产气量。这种燃气中的氢气的体积分数为 $30\%\sim 60\%$ ，甲烷和一氧化碳含量也相当高，催化裂解气的燃烧速度较高。标准状态下发热量约 16700kJ/m^3 。

(3) 自热裂解气和加压裂解气 自热裂解气是为了使设备和操作更为简单的一种重油裂解制气方法。加压气化是在高温高压下，用氧气和少量水蒸气使油裂解气化。这类裂化方法产气率高，原料油的品种不受限制。输送时可以利用反应炉内的压力，不需在厂内再加压。标准状态下的发热量在 16700kJ/m^3 左右。

4. 液化石油气

液化石油气是开采和炼制石油过程中，作为副产品而获得的一部分碳氢化合物。目前我国供应的液化石油气主要是从炼油厂催化裂化气体中提取的。

液化石油气主要组分为丙烷、丙烯、丁烷、丁烯。其在常温下呈气态，但加压或冷却后很容易液化，石油气液化后，其体积为气态时的 $1/250$ ，具备能用受压钢质容器储存和运输的条件。标准状态下气态液化石油气的发热量约为 $92100\sim 121400\text{kJ/m}^3$ ，密度在 $1.9\sim 2.35\text{kg/m}^3$ 之间；液态液化石油气的发热量约为 $45200\sim 46100\text{kJ/kg}$ 。

5. 生物气

有机物质在隔绝空气及适当的温度、含水率和酸碱度条件下，受发酵微生物作用而生成的气体，统称为“生物气”。其主要可燃组分为甲烷，又称“沼气”。生物气原料用之不竭，凡是废弃的动植物和微生物，以及生活和生产中各种有机废物（以城市垃圾和农作物废料及人畜粪便为主），都可以在一定条件下发酵制成生物气。一般生物气（体积分数）中含有甲烷 $55\%\sim 65\%$ ，二氧化碳 $30\%\sim 40\%$ ，还有少量的氢气、硫化氢和氮气等。其标准状态下的热值约为 $20\sim 25\text{MJ/m}^3$ 。

三、燃气的性质

(一) 燃气的密度与相对密度

1. 燃气的密度

燃气的密度是指单位容积分子燃气所具有的质量。燃气的密度是根据燃气中各组成气体的密度来确定的，按公式(1-1) 计算

$$\rho = \frac{1}{100}(y_1\rho_1 + y_2\rho_2 + \cdots + y_n\rho_n) \quad (1-1)$$

式中 $\rho_1, \rho_2, \cdots, \rho_n$ ——标准状态下各单一气体密度， kg/m^3 ；

$y_1, y_2, \cdots, y_n$ ——各单一气体的容积成分， $\%$ ；

ρ ——混合气体平均密度， kg/m^3 。

燃气通常含有水蒸气，湿燃气的密度按公式(1-2) 计算

$$\rho_w = (\rho + d) \frac{0.833}{0.833 + d} \quad (1-2)$$



式中 ρ_w ——湿燃气的密度, kg/m^3 ;
 ρ ——干燃气的密度, kg/m^3 ;
 d ——水蒸气含量, kg/m^3 干燃气;
 0.833——水蒸气密度, kg/m^3 。

2. 燃气的相对密度

燃气的相对密度是指燃气密度与标准状态下空气密度之比, 按公式(1-3) 计算

$$S = \frac{\rho}{1.293} \quad (1-3)$$

式中 ρ ——燃气密度, kg/m^3 ;
 S ——燃气的相对密度, 空气的相对密度为 1;
 1.293——标准状态下空气的密度, kg/m^3 。
 几种燃气的密度和相对密度见表 1-2

表 1-2 几种燃气的密度和相对密度

燃气种类	密度/(kg/m^3)	相对密度
天然气	0.75~0.8	0.58~0.62
焦炉煤气	0.4~0.5	0.3~0.4
液化石油气(气态)	1.9~2.5	1.5~2.0

(二) 燃气的发热值

气体燃料的热值是指单位数量的燃料 (1m^3 或 1kg) 完全燃烧时所放出来的热量。

燃气的热值可按公式(1-4) 计算

$$H = \sum_{i=1}^n y_i H_i \quad (1-4)$$

式中 H ——燃气的高热值或低热值, MJ/m^3 ;
 H_i ——燃气中各组成气体的高热值或低热值, MJ/m^3 ;
 y_i ——燃气中各组分的容积成分, %。

(三) 燃气的爆炸极限

混合气体的爆炸极限按公式(1-5) 计算

$$L = \frac{100}{\sum \frac{y_i}{L_i}} (\%) \quad (1-5)$$

式中 L ——混合气体的爆炸下限 (或上限);
 L_i ——混合气体各组分的爆炸下限 (或上限);
 y_i ——混合气体各组分的容积成分, %。

燃气组成中常见的低级烃和某些单一气体的基本性质分别列于表 1-3。

(四) 燃气的互换性

任何燃具都是按一定的燃气成分设计的。假如某一燃具是以 a 燃气为基准进行设计和调整, 若以 b 燃气来代替 a 燃气, 此时如果燃具不加任何调整而能保证正常工作, 则表示 b 燃气可以置换 a 燃气, 或称 b 燃气对 a 燃气具有“互换性”。反之, 如果燃具不能正常工作, 则称 b 燃气对 a 燃气没有互换性。为了达到互换性的要求, 气源不能随意选用, 新的制气工艺 (置换气) 须与原气源 (基准气) 具有互换性。



表 1-3 某些低级烃和单一气体的基本性质 (0℃, 0.1MPa)

气 体	甲 烷	乙 烷	乙 烯	丙 烷	丙 稀	正丁烷	异丁烷	正戊烷
密度 $\rho/(\text{kg}/\text{m}^3)$	0.7174	1.3553	1.2605	2.0102	1.9136	2.7030	2.6912	3.4537
气体常数 $R/[\text{kg} \cdot \text{m}/(\text{kg} \cdot \text{C})]$	52.73	28.13	30.01	18.82	19.77	13.99	14.05	10.95
临界温度 t_k/K	190.9	305.3	282.8	368.7	364.6	425.8	407	470.2
临界压力 p_k/MPa	4.58	4.82	5.27	4.34	4.70	3.57	3.61	3.30
临界密度 $\rho_c/(\text{kg}/\text{m}^3)$	162	210	220	226	232	225	221	232
高热值 $H_h/(\text{MJ}/\text{m}^3)$	39.78	70.24	63.34	101.10	93.51	133.67	132.83	169.10
低发热值 $H_l/(\text{MJ}/\text{m}^3)$	35.84	64.29	59.38	93.09	87.53	123.45	122.65	156.48
爆炸下限 $L_l/\%$	5.0	2.9	2.7	2.1	2.0	1.5	1.8	1.4
爆炸上限 $L_h/\%$	15.0	13.0	34.0	9.5	11.7	8.5	8.5	8.3
动力黏度 $\mu \times 10^7/(\text{Pa} \cdot \text{s})$	1.060	0.877	0.950	0.765	0.780	0.697	—	0.618
运动黏度 $\nu \times 10^6/(\text{m}^2/\text{s})$	14.50	6.41	7.46	3.81	3.99	2.53	—	1.85
无量纲系数 C	164	252	225	278	321	377	368	383
气 体	一氧化碳	氢 气	氮 气	氧 气	二氧化碳	硫化氢	空 气	水蒸气
密度 $\rho/(\text{kg}/\text{m}^3)$	1.2506	0.0899	1.2504	1.4291	1.9771	1.5363	1.2931	0.833
气体常数 $R/[\text{kg} \cdot \text{m}/(\text{kg} \cdot \text{C})]$	30.25	420.83	30.25	26.47	19.13	24.63	29.25	45.42
临界温度 t_k/K	132.85	33.17	126.05	154.65	304.05		132.35	646.85
临界压力 p_k/MPa	3.45	1.28	3.35	5.01	7.29		3.717	2.183
临界密度 $\rho_c/(\text{kg}/\text{m}^3)$	300.86	31.015	310.91	430.09	468.19		320.07	321.70
高热值 $H_h/(\text{MJ}/\text{m}^3)$	12.62	12.72				23.31		
低发热值 $H_l/(\text{MJ}/\text{m}^3)$	12.62	10.77				23.33		
爆炸下限 $L_l/\%$	12.5	4.0				4.3		
爆炸上限 $L_h/\%$	74.2	75.9				45.5		
动力黏度 $\mu \times 10^7/(\text{Pa} \cdot \text{s})$	1.690	0.852	1.700	1.980	1.430	1.190	1.750	0.860
运动黏度 $\nu \times 10^6/(\text{m}^2/\text{s})$	13.30	93.00	13.30	13.60	7.09	7.63	13.40	10.12
无量纲系数 C	104	81.7	112	131	266		122	

(五) 华白数

决定燃气互换性的因素是燃气的燃烧特性指标：华白数（或称发热指数）和燃烧势（或称燃烧速度指数）。当燃气性质（燃气成分）改变时，华白数和燃烧势同时改变。

华白数 W 按公式(1-6) 计算

$$W = \frac{H_h}{\sqrt{S}} \quad (1-6)$$

式中 W ——华白数；

H_h ——燃气高热值（高热值）， MJ/m^3 ；

S ——燃气相对密度（空气相对密度=1）。

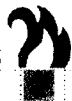
当使用燃气低热值来计算华白数时，应注明，并在燃气互换性时应统一计算热值。

(六) 燃烧势

随着气源种类的增多，出现了燃烧特性差别较大的两种燃气的互换性问题，除了华白数以外，还必须引入燃烧势因素。燃烧势是反映燃气燃烧时火焰所产生离焰、黄焰、回火和不完全燃烧的倾向性的一项综合指标，反映了燃具燃烧的稳定性。

燃烧势 CP 按公式(1-7) 计算

$$CP = k \frac{1.0y_{H_2} + 0.6(y_{C_mH_n} + y_{CO}) + 0.3y_{CH_4}}{\sqrt{S}} \quad (1-7)$$



式中 y_{H_2} , $y_{C_mH_n}$, y_{CO} , y_{CH_4} ——燃气中氢气、碳氢化合物（除甲烷以外）、一氧化碳、甲烷组分含量（体积），%；
 S ——燃气相对密度（空气相对密度=1）；
 k ——燃气中氧含量修正系数， $k=1+0.0054 (y_{O_2})^2$ ；
 y_{O_2} ——燃气中氧组分含量（体积），%。

第二节 城镇燃气的质量要求与分类

一、城镇燃气的质量要求

城镇燃气是一种易燃易爆气体，在压力下输送和使用，由于材质和施工方面存在的问题以及使用不当等原因，常常造成燃气泄漏，有时会引起爆炸、失火和人身中毒事故。另外，随着燃气事业的发展，供气规模、气源类型和用具类型都在不断地增加。要保证用户燃具的正常使用，就必须要求燃气组分和特性的变化在一定范围内。燃气生产和供应部门根据规定，调整多种燃气的掺混比例，以确保燃气供应的基本质量。

管道输送中的有害物质主要有机械杂质（如粉尘，硫化铁粉末等）、游离水、烃类凝析液和硫化氢。二氧化碳也是有害成分。有水存在的情况下它会产生碳酸腐蚀管道；无水情况下它是一种无效成分，含量多了形成无效输送会造成浪费。此外，氧也是有害成分。

管道中的游离水是造成管道腐蚀的主要原因，没有水就不会引起电化学或其他形式的腐蚀。同时游离水的存在会增加管道阻力，降低输送效率。

硫化氢既是严重的腐蚀介质，也是对人体有害的剧毒气体。它的存在（尤其在有游离水的环境中），会引起多种类型的腐蚀，如氢脆和硫化物应力腐蚀等。

液态烃的主要危害是易引起管道堵塞，降低管道输送效率。机械杂质含量的高低及颗粒大小对设备和仪表的使用寿命和正常运行影响较大。尤其是压缩机和发动机。例如用天然气作燃料，其对粉尘非常敏感，颗粒在 $5\mu m$ 以上的粉尘会使叶轮在很短时间内被破坏。

（一）城镇燃气的质量指标

1. 天然气的质量指标（SY 7514—88）

天然气（质量指标）按高位发热值分为 A 组和 B 组；按用途不同将 A、B 两组分为四类，其相应代号分别为 I 类、II 类、III 类、IV 类。各组、各类天然气质量指标应符合表 1-4 的规定。

表 1-4 天然气质量指标

项 目		质量指标				试验方法
		I	II	III	IV	
高热值/(MJ/m ³)	A 组	>31.4				待批
	B 组	14.66~31.4				
总硫(以硫计)/(mg/m ³)	<	150	270	460	>480	待批
硫化氢含量/(mg/m ³)	<	4	20	实测	实测	待批
二氧化碳含量(体积)/%	<	3		—		SY 7506
水分		无游离水				机械分离目测



2. 液化石油气的质量指标 (GB 11174—1997)

见表 1-5。

3. 人工燃气 (人工煤气) 的质量指标 (GB 13612—92)

见表 1-6。

表 1-5 液化石油气质量指标

项 目	质量 指标	实 验 方 法
密度(15℃)/(kg/m ³)	报告	ZBE 46001
蒸汽压(37.8℃)/kPa	1380	GB 6602
C ₃ 及 C ₅ 以上组分含量(体积)/%	3.0	SY 2061
残留物		
蒸发残留物/(mL/100mL)	报告	
油渍观察值/mL	报告	
铜片腐蚀等级	1	SY 2083
总硫含量/(mg/m ³)	343	ZBE 46002
游离水	无	目测

表 1-6 人工燃气质量指标

项 目	质量 指标	实 验 方 法
热值/(MJ/m ³)	14.7	待批
杂质		
焦油和灰尘/(mg/m ³)	10	待批
硫化氢/(mg/m ³)	20	待批
氨/(mg/m ³)	50	待批
萘/(mg/m ³)	$\frac{50}{P} \times 10^5$ (冬天) $\frac{100}{P} \times 10^5$ (夏天)	待批
含氧量/%	1	待批
含一氧化碳/%	10	待批

(二) 城镇燃气组分变化的要求

① 燃气的华白数波动范围, 一般不超过±7%。

② 燃气燃烧性能的所有参数指标, 应与用气设备燃烧性能的要求相适应。

(三) 城镇燃气的气味要求

城镇燃气应具有可以察觉的臭味, 无臭或臭味不足的燃气应加臭。

① 有毒气体 (一般含有一氧化碳、氰化氢等有毒成分的气体) 泄漏到空气中, 达到对人体允许的有害浓度之前, 应能察觉。

② 无毒气体 (一般指不含一氧化碳、氰化氢等有毒成分的气体, 如天然气、液化石油气等) 泄漏到空气中, 达到爆炸下限 20% 浓度时, 应能察觉。

二、燃气的分类

(一) 按燃烧特性分类

燃气按燃烧特性分类是参照国际上的标准, 结合我国各地城镇燃气现况编制的, 以煤气燃烧特性指标进行分类, 这是用气设备分类及标准化、系统化的基础, 也是使燃气生产和供应部门根据规定, 调整多种燃气的掺混比例, 以确保燃气供应基本质量的前提。城镇燃气的分类见表 1-7。



表 1-7 城镇燃气的分类

类 别		华白数 $W/(MJ/m^3)$		燃烧势 CP	
		标准	范围	标准	范围
人工燃气	5R	22.7	21.1~24.3	91	55~96
	6R	27.1	25.2~29.0	108	63~110
	7R	32.7	30.4~34.9	121	72~128
天然气	4T	18.0	16.7~19.3	25	22~57
	6T	26.4	24.5~28.2	29	25~65
	10T	43.8	41.2~47.3	33	31~34
	12T	53.5	48.1~57.8	40	36~88
	13T	56.5	54.3~58.8	41	40~94
液化石油气	19Y	81.2	76.9~92.7	48	42~49
	22Y	92.7	76.9~92.7	42	42~49
	20Y	84.2	76.9~92.7	46	42~49

(二) 按热值分类

燃气按其热值分类是燃气应用上一种较为简易的分类方法。

燃气热值的分类习惯上分为三个等级,即高热值燃气(HCV_{gas})、中等热值燃气(MCV_{gas})、低热值燃气(LCV_{gas})。气化煤气多数属于低热值燃气,热值在标准状态下大致在 $12\sim 13 MJ/m^3$ 之间或更低。中等热值燃气以城镇燃气(主要为干馏煤气)为代表,热值在标准状态下为 $20 MJ/m^3$ 左右。高热值燃气则指热值在标准状态下为 $30 MJ/m^3$ 以上的燃气。天然气、部分油制气和液化石油气都是高热值燃气。

低热值燃气的可燃组成主要为氢气和一氧化碳,同时含有相当数量的不可燃惰性组分,其含量有时甚至达到半数。中等热值燃气除含有氢气和一氧化碳外,还含有甲烷和其他烃类,或者主要可燃组分为甲烷,但伴有大量非可燃组分(如一些生物气)。高热值燃气的组分以烃类为主。

第三节 城镇燃气的气源

我国城镇燃气起步较晚,20世纪90年代以前,城镇燃气的气源主要是煤制气和液化石油气,天然气的引进和发展只是近几年的事情。煤制气多年来一直是我国发展城镇燃气的重要手段之一,随着石油和天然气的开采利用,我国城镇燃气气源构成逐渐发生了变化,天然气和液化石油气逐渐增加。从我国现状气源结构看,液化石油气主要供民用,约占95%,而工业仅占5%;天然气可用于做化工原料、工业燃料和发电,约占总用量的70%,其余30%用作城镇燃气供应,为居民炊事、采暖、生活热水等提供能源。随着天然气气田的发现、开采及引进进口天然气,天然气作为城镇燃气气源,发展前景和潜力极为广阔。

一、城镇气源厂的种类划分

(一) 按供气规模划分

一级:日供气规模 $> 600000 m^3$ 。

二级:日供气规模 $300000 \sim 600000 m^3$ 。

三级:日供气规模 $150000 \sim 300000 m^3$ 。