

燃气工程

Guide to Gas Engineering Design

设计手册

主 编 严铭卿
副主编 寇亢琪 田贯三 黎光华



中国建筑工业出版社

燃气工程设计手册

Guide to Gas Engineering Design

主 编 严铭卿

副主编 宓亢琪 田贯三 黎光华

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

燃气工程设计手册/严铭卿主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2008
ISBN 978-7-112-10533-5

I. 燃… II. 严… III. 燃气-热力工程-工程设计-技术手册 IV. TU996-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 185805 号

本书全面、系统地介绍了燃气工程设计需要的基本知识, 共分 37 章, 分别是: 城镇燃气及其质量标准; 燃气的物理和热力性质; 城镇燃气用气负荷; 燃气输配系统; 门站与储配站; 调压、计量与调压设施; 燃气庭院室内管道; 管道材料与阀门; 管道防腐与电保护; 燃气储罐; 燃气管网水力计算与分析; 城镇燃气输配调度与管理; 压缩天然气输配; 液化天然气运输与储存; 液化天然气终端站; 液化天然气气化站; 液化石油气运输; 液化石油气储配; 液化石油气气化与混气; 液化石油气低温储存; 燃气燃烧理论与参数计算; 燃气燃烧器; 节能与低氮氧化物燃烧技术; 民用燃气器具; 燃气锅炉; 燃气供暖; 燃气空调; 燃气冷热电联产; 燃气工业炉窑; 燃烧设备的热工计算; 燃气汽车; 燃料电池; 城镇燃气规划; 城镇燃气输配工程项目可行性研究; 城镇燃气输配工程初步设计; 城镇燃气输配工程项目后评价; 燃气输配工程项目经济分析等内容, 文后还有附录包括: 法定计量单位及单位换算; 国内典型城市的燃气负荷及其工况数据; 热电联产燃气负荷及其工况数据; 天然气利用的节能减排效果指标等内容, 全书内容丰富, 资料翔实。

本书可供从事城镇燃气工程专业设计人员、管理人员、施工人员使用, 也可供能源专业和大专院校师生使用。

* * *

责任编辑: 胡明安 姚荣华
责任设计: 赵明霞
责任校对: 兰曼利 梁珊珊

燃气工程设计手册

Guide to Gas Engineering Design

主编 严铭卿

副主编 宓亢琪 田贯三 黎光华

*

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

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京蓝海印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 96¼ 字数: 2402 千字

2009 年 6 月第一版 2009 年 6 月第一次印刷

印数: 1—2500 册 定价: 198.00 元

ISBN 978-7-112-10533-5
(17458)

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)

前 言

进入 21 世纪,我国的燃气工程技术随着天然气工业开发、建设与生产的跨越式发展,出现了崭新的局面。燃气工程建设迫切需要反映当今科技发展水平、适应现实工程实践的工具书——设计手册。中国建筑工业出版社审时度势,提出编纂《燃气工程设计手册》的出版计划,邀请我们承担这一工作。

对于这样一本手册的编写,我们首先想到的是其内容的全面性和系统性。从城市燃气界的设计和技术工作范围来看,可区分为气源、输配与燃烧应用三大领域。考虑到城市燃气气源已经基本转向液化石油气和天然气,因而在本手册中不包括人工煤制气或油制气等气源生产内容;考虑到关于长输管道工程近年已出版较多专业性很强的手册,因而本手册在这一方面不再重复。在燃气输配方面,以天然气为主线更新及充实内容,并拓展到 CNG、LNG 等新的工程方向,构建了燃气负荷的系统内容。在燃烧与应用方面除传统的民用、商用和工业应用外,特别增加了燃气锅炉、燃气供暖、燃气空调、冷热电联产、燃气汽车、燃气在燃料电池技术方面的应用等内容。

20 多年前,中国建筑工业出版社出版过本专业设计手册。除了上面讲到的气源条件变化外,也由于工程技术的发展和进步,急需有新编手册反映一切随时间发生的变化。编写本手册,我们力图采取开放的、科学的态度,立足于我国的工程实际;注重传承已有燃气工程技术经验,但不因循守旧;积极吸收国外燃气科技成果,但不亦步亦趋。遵循毛泽东的教导:我们决不可拒绝继承和借鉴,但是继承和借鉴决不可以变成替代自己的创造。读者可能会看到,在手册中有许多出自作者们和国内燃气科技工作者推导的公式、建立的计算模型、提出的定律、制定的设计原则和方法;包含着大量的我国设计工作者从工程实践总结的经验与数据。我们希望读者们能感受到这一并非平凡的进展。同时,这本手册不止于讲‘怎样做’,而且会以适当深度谈‘为什么’。我们正在试图编写出一本包含我国燃气科技工作自主创新成果的、有较深入内涵的工具书。

作为设计手册,其功能要求决定了编写应该将实用性作为其基本特性。这一要求表现为在形式上,手册有简练的关于基本概念和工程技术原则的叙述以及大量的计算公式、表格和插图;在内容中,手册各主题应针对工程实际,数据和资料应适用于工程实际。这是我们编写工作所遵循的原则。

一般设计手册重在表达已有的科技和工程成果,为读者提供适用的工具,但这与提倡科技和工程的创新是并行不悖的。这也是我们编写工作所倡导的精神。

本手册在编写中频繁引用了多种相关规范和标准;对涉及安全和质量的内容都力图保持与现行规范和标准相关规定一致,当规范和标准重新修订与本手册出现有不相符之处,

当以新规范或标准为准。

本手册除另注明者外，燃气状态都采用压力为 101.325kPa，温度为 0℃ 作为标准状态，在计量单位中不另加符号。

一本设计手册是传达工程技术知识和信息的一种介质，因此，编写人员的素质、经验和学识决定了所编写手册的质量和水平。我们的编写集体来自于设计科研单位、高校和燃气公司实际部门的高层次人员所组成，进行了和谐的富有成效的合作。作者名单（按姓名笔画）为：

马洪敬	教授级高工	周伟国	博士、教授、博士生导师
王 锋	高级工程师	赵志达	高级工程师
王 益	高级工程师	姜东琪	硕士、高级工程师
王兴元	高级工程师	侯根富	博士、教授
孔 川	硕士、教授级高工	顾安忠	教授、博士生导师
田贯三	博士、教授	秦朝葵	博士、教授、博士生导师
冯 良	硕士、副教授	彭世尼	博士、教授
许祖浩	教授级高工	蒋祥龙	高级工程师
李 彤	硕士、高级工程师	鲁德宏	高级工程师
严铭卿	教授级高工、博士生导师	董重成	教授
宋永明	副教授	解东来	博士、副教授
张明伟	高级工程师	黎光华	副教授
宓亢琪	教授		

本手册由严铭卿担任主编，宓亢琪、田贯三、黎光华任副主编，写作分工为：第 1 章 城镇燃气及其质量标准（周伟国），第 2 章 燃气的物理和热力性质（田贯三），第 3 章 城镇燃气用气负荷（解东来，严铭卿，鲁德宏），第 4 章 燃气输配系统（宓亢琪），第 5 章 门站与储配站（彭世尼），第 6 章 调压、计量与调压设施（黎光华），第 7 章 燃气庭院、室内管道（李彤，姜东琪），其中 7.8 设置燃气用具房间的通风换气与燃气用具的排烟（宓亢琪），第 8 章 管道材料与阀门（马洪敬、王益），第 9 章 管道防腐与电保护（马洪敬），第 10 章 燃气储罐（赵志达，严铭卿），第 11 章 燃气管网水力计算与分析（田贯三），第 12 章 城镇燃气输配调度与管理系统（宋永明），第 13 章 压缩天然气输配（孔川），第 14 章 液化天然气运输与储存（王兴元），第 15 章 液化天然气终端站（王兴元），其中 15.7 LNG 冷能回收（顾安忠），第 16 章 液化天然气气化站（王兴元），第 17 章 液化石油气运输（黎光华），第 18 章 液化石油气储配（黎光华），第 19 章 液化石油气气化与混气（黎光华），第 20 章 液化石油气低温储存（严铭卿、黎光华），第 21 章 燃气燃烧理论与参数计算（宓亢琪），第 22 章 燃气燃烧器（宓亢琪），第 23 章 节能与低氮氧化物燃烧技术（宓亢琪），第 24 章 民用燃气器具（张明伟），第 25 章 燃气锅炉（侯根富），第 26 章 燃气供暖（董重成），第 27 章 燃气空调（侯根富），第 28 章 燃气冷热电联产（秦朝葵），第 29 章 燃气工业炉窑（秦朝葵），第 30 章 燃烧设备的热工计算（秦朝葵），第 31 章 燃气汽车（冯良），第 32 章 燃料电池（宓亢琪），其中 32.9 天然气制氢工艺（解东来），第 33 章 城镇燃气规划（蒋祥龙，严铭卿），第 34 章 城镇燃气输配工程项目可行性研究（严铭卿），第 35 章 城镇燃气输配工程初

步设计(严铭卿),第36章 燃气输配工程项目后评价(王锋,严铭卿),第37章 燃气输配工程项目经济分析(许祖浩),附录A 法定计量单位及单位换算(黎光华),附录B 国的典型城市的燃气负荷及其工况数据(解东来),附录C 热电联产燃气负荷及其工况数据(秦朝葵),附录D 天然气利用的节能减排效果指标(田贯三)。

在手册的编写中,主编对全书反复斟酌,对各位作者撰写的内容进行了很多裁剪、调配和补充。例如第1章加入了彭世尼撰写的关于臭味强度等级及国外天然气加臭剂量的规定的内容,第4章采用了李彤撰写的穿越障碍的部分书稿并利用了蒋祥龙提供的大、中城市输配方案图和表格素材,宓亢琪关于天然气引射器计算的书稿被列入第5章,第8章采用了王兴元关于低温管材和低温阀门的书稿,宓亢琪关于等效管计算的书稿被列入第11章,彭世尼关于CNG运输的一段书稿被并入第13章,侯根富撰写的关于冷热电联产系统形式一段书稿被移入第28章等等。

本手册主编邀请常玉春、王昌迢、冯长海、谭达德、董珊、魏学孟、常树人等燃气、热力界专家分别对部分手册内容进行了审阅,他们的宝贵意见使手册内容更臻于完善,质量更得以提高,谨对他们的劳动表示由衷的感谢。

在本手册的编写中,参考了大量的论文、书籍、报告、工程设计文件、手册、产品和设备资料,对所有这些文献的原作者谨表衷心的感谢。

本手册的编写在一定程度上是国内燃气界众多人士通力合作的结果。各位编写者都分别得到了业内专家、身边同事、朋友的襄助,我们为此要感谢蒲钢青,全星、刘明、陈峰、胡仁升、马仲藩、杨国华、刘云霞、廖友才、李永威、陈文柳、张崇贤、苏福民、潘小思等。

在此特别向大力协助与支持本手册编写工作的北京优奈特燃气工程有限公司,北京大地燃气工程有限公司董事长、总经理唐志祥先生,宁波志清实业有限公司陈志清总裁,广东万和集团有限公司,无锡特莱姆低温设备有限公司,天津奥利达设备工程技术有限公司等表示真诚的感谢。

手册从立项、筹划到编辑出版都得到了中国建筑工业出版社姚荣华、胡明安等同志的全力支持与帮助,手册出版之际,谨对他们致以深切的谢意。

工程与科技始终在日新月异地发展和进步。工程设计手册是时间的产物,它应该尽可能完善汇集已有科技与工程的经验和成果,形成适用的工具;同时它又必然有来自各方面原因的局限性,并随时间而陈化。“问渠那得清如许,谓有源头活水来。”我们热切期待广大读者,对手册提出批评与建议,以助改进;并欢迎积极参与将来的修订增编工作。

在本手册出版之际,我们深切怀念我国燃气界的一批先行者。郑达先生等前辈当年主持“城市煤气设计规范”编制,团结同志,倾注激情于我国燃气事业,他们的工作贡献也蕴含于本手册中,特此表达对他们的真挚敬意。

严铭卿

2008年8月

目 录

第 1 章 城镇燃气及其质量标准	1
1.1 城镇燃气的组成及基本物理热力学参数	1
1.2 燃气分类	2
1.2.1 按燃气生成原因分类	2
1.2.2 按燃气热值分类	2
1.2.3 按燃气燃烧特性分类	3
1.3 对燃气质量的要求	5
1.3.1 燃气质量指标	5
1.3.2 燃气加臭	8
第 2 章 燃气的物理和热力性质	10
2.1 单一气体的物理特性	10
2.2 质量组成和体积组成	11
2.2.1 混合物组分的表示方法	11
2.2.2 混合物组分的换算	13
2.3 密度和相对密度	13
2.3.1 平均分子量	14
2.3.2 平均密度和相对密度	14
2.4 虚拟临界参数和虚拟对比参数	16
2.4.1 临界参数	16
2.4.2 虚拟临界参数	17
2.4.3 虚拟对比参数	18
2.5 黏度	18
2.5.1 黏度的定义及影响因素	18
2.5.2 混合气体常用的黏度算法	19
2.5.3 天然气的统一黏度计算模型	22
2.5.4 算例	24
2.6 蒸气压及相平衡、露点	27
2.6.1 饱和蒸气压与温度的关系	27
2.6.2 混合液体的蒸气压	27
2.6.3 相平衡常数	28
2.6.4 沸点和露点	31
2.7 燃气的压缩因子	34
2.7.1 查图或表确定压缩因子	35
2.7.2 实验测定	36
2.7.3 直接计算燃气的压缩因子	36
2.8 气体状态方程	39
2.8.1 理想气体	39
2.8.2 实际气体	40
2.9 天然气含水量、水合物	46
2.9.1 气体在水中的溶解度	46
2.9.2 水在液态烃中的溶解度	46
2.9.3 算法确定天然气的含水量	47
2.9.4 水化物的生成	50
2.9.5 防止水合物生成的方法	53
2.10 导热系数	54
2.10.1 气体导热系数	54
2.10.2 混合液体导热系数	57
2.11 焓	58
2.11.1 理想气体的焓	59
2.11.2 实际气体的焓	60
2.12 熵	61
2.12.1 理想气体的熵	61
2.12.2 实际气体的熵	62
2.13 比热	63
2.13.1 影响比热的因素	64
2.13.2 混合气体的比热	66
2.13.3 混合液体的比热	68
2.14 热值	70
2.14.1 混合可燃气体的热值	71
2.14.2 干、湿燃气的热值	71
2.15 焓	72
2.16 爆炸极限	72
2.16.1 影响燃气爆炸极限的因素	73
2.16.2 燃气爆炸极限的计算	75
2.17 液态烃的容积膨胀系数	80
2.18 燃气混合安全性	81
2.18.1 混合燃气爆炸极限直接计算	81
2.18.2 燃气混合安全性定律	82
参考文献	83
第 3 章 城镇燃气用气负荷	84
3.1 城镇燃气用气负荷的定义及	

分类	84	4.6 城市燃气输配工程抗震设计	149
3.2 城镇燃气负荷的计算	84	4.6.1 主要要求	149
3.2.1 用气量指标	84	4.6.2 埋地燃气焊接钢管的抗震计算	150
3.2.2 城镇燃气年用气量计算	87	4.7 调压计量设施	154
3.3 城镇燃气负荷工况	89	4.7.1 天然气门站(储配站)调压计量 装置	154
3.3.1 月用气工况	89	4.7.2 区域调压站	154
3.3.2 日用气工况	90	4.7.3 调压箱(调压柜)	155
3.3.3 小时用气工况	90	4.8 城镇燃气输配系统方案设计 示例	155
3.4 燃气输配系统的小时计算流量	90	4.9 原有燃气输配系统的改造与 利用	163
3.4.1 城镇燃气分配管道的计算流量	91	4.9.1 燃气输配系统改造的原则	163
3.4.2 室内和庭院燃气管道的计算流量	92	4.9.2 管道及设施的改造	164
3.5 燃气输配系统的供需平衡	93	4.9.3 天然气加湿	166
3.5.1 供需平衡方法	93	4.9.4 天然气转换	167
3.5.2 储气容积的确定	94	参考文献	171
3.6 确定城镇燃气用气量指标与计 算流量的数理统计方法	96	第5章 门站与储配站	172
3.7 城镇燃气负荷预测模型	97	5.1 天然气门站	172
3.7.1 燃气负荷的特性	97	5.1.1 门站的功能与设置	172
3.7.2 燃气负荷的预测模型	98	5.1.2 门站的设置与总平面设计	172
3.8 燃气负荷预测	108	5.1.3 门站的工艺流程与设备选型	173
3.8.1 短期负荷预测	108	5.2 天然气储配站	180
3.8.2 中长期负荷预测与短期预测的 特性比较	108	5.2.1 天然气储配站功能	180
3.8.3 燃气负荷中长期预测方法	109	5.2.2 天然气储配站的总平面布置	181
参考文献	115	5.2.3 天然气储配站的设施	181
第4章 燃气输配系统	117	5.2.4 天然气储配站的工艺流程	182
4.1 燃气输配系统的构成	117	5.3 天然气引射器	182
4.2 城市输配系统压力级制的 确定	118	5.3.1 特性方程式与最佳工况的结构 设计	183
4.3 门站	119	5.3.2 运行工况	186
4.4 城镇燃气管网	120	5.4 天然气加臭装置	189
4.4.1 管材选用与比较	120	5.4.1 加臭剂应有特性	189
4.4.2 管道配置与敷设	126	5.4.2 简易滴定式加臭装置	190
4.4.3 阀门设置及管道附属设施	130	5.4.3 单片机或微电脑控制注入式加臭 装置	190
4.4.4 埋地钢管的电化学腐蚀与防腐	134	5.4.4 应用差压原理的加臭技术	191
4.5 管道穿跨越工程	135	5.5 低压储配站	192
4.5.1 设计原则	135	5.5.1 低压储配站的功能	192
4.5.2 管道跨过排水管渠或穿过排水 管渠	135	5.5.2 低压储配站的总平面布置	192
4.5.3 管道地下层下穿越	135	5.5.3 低压储配站的工艺流程	193
4.5.4 铁路、公路穿越	141	参考文献	194
4.5.5 管道跨越	144	第6章 调压、计量与调压设施	195
4.5.6 管道随桥梁跨越河流	148		

6.1 调压器	195	7.4.2 高层建筑燃气管道的安全措施	284
6.1.1 调压器的原理与分类	195	7.5 施工图设计文件	284
6.1.2 调压器的技术要求	196	7.6 调压设施	285
6.1.3 调压器的型号和规格	200	7.6.1 调压器的选型	285
6.2 调压设施	215	7.6.2 调压箱	286
6.2.1 调压设施的类型	215	7.7 工商业用户燃气表的选型	286
6.2.2 调压设施的设置	216	7.8 设置燃气用具房间的通风换	
6.2.3 调压设施的工艺设计	219	气与燃气用具的排烟	287
6.3 调压器的噪声与消声器	235	7.8.1 设置燃气用具房间的通风换气	287
6.3.1 概述	235	7.8.2 半密闭式燃气用具的排烟	290
6.3.2 调压器消声方法及原理	237	7.8.3 平衡式燃气用具的进排气	296
6.3.3 调压器及其管道消声测试	239	参考文献	303
6.4 燃气的计量	240	第8章 管道材料与阀门	305
6.4.1 差压式孔板流量计	241	8.1 管材种类及规格	305
6.4.2 涡轮流量计	242	8.1.1 常用管道材料	305
6.4.3 超声波流量计	245	8.1.2 常用管道材料的应用条件	305
6.4.4 漩涡流量计	248	8.1.3 常用压力管道材质适用标准	309
6.4.5 质量流量计	250	8.1.4 低温管道材料	309
6.4.6 容积式流量计	253	8.2 钢管	312
6.5 调压与计量设施的监控及数据		8.2.1 常用压力管道钢管种类	312
采集系统的配置	256	8.2.2 城市天然气适用钢管	316
6.5.1 调压站检测系统的结构	256	8.3 球墨铸铁管	319
6.5.2 补偿式电子体积校正仪	257	8.4 塑料管材	320
6.5.3 IC卡智能收费系统	258	8.4.1 聚乙烯(PE)管的应用范围与适	
参考文献	259	用条件	320
第7章 燃气庭院、室内管道	260	8.4.2 钢骨架聚乙烯复合管的适用条件	320
7.1 庭院管	260	8.5 阀门	321
7.1.1 压力级制与调压方式	260	8.5.1 阀门的选用	321
7.1.2 管道水力计算	261	8.5.2 阀门的分类、型号及其标志	323
7.1.3 管道与阀门	264	8.5.3 阀门的性能	327
7.1.4 管道的敷设与布置	265	8.5.4 低温阀门	333
7.1.5 管道的补偿	269	8.6 管道连接附件	334
7.1.6 管道支吊架	270	8.6.1 法兰	334
7.2 庭院管道设计内容	271	8.6.2 垫片	335
7.2.1 庭院管道设计基础资料	271	8.6.3 紧固件	338
7.2.2 庭院管道设计文件组成	271	8.6.4 螺纹连接	339
7.2.3 庭院管道设计内容	271	8.6.5 焊接连接	339
7.2.4 施工图纸的设计	272	8.6.6 聚乙烯(PE)管件连接	340
7.3 室内管	274	8.6.7 软管连接	340
7.3.1 引入管	274	8.7 管道附件	340
7.3.2 楼栋及室内管道	278	8.8 管道非开挖施工及管道内衬与	
7.4 高层建筑室内管	282	修复	342
7.4.1 消除附加压力影响的措施	282	8.8.1 管道非开挖施工	342

8.8.2	非开挖施工经济比较	344	10.3	低压燃气储罐	417
8.8.3	管道内衬与非开挖修复	346	10.3.1	低压湿式储气罐	417
8.8.4	翻衬法管道内衬技术的指标及 主要特点	348	10.3.2	低压干式储气罐	420
8.8.5	其他非开挖管道更换与修复方法	350	参考文献		424
参考文献		351	第 11 章 燃气管网水力计算与分析		
第 9 章 管道防腐与电保护		352	11.1 城市燃气管道水力计算公式和 计算图表		
9.1	腐蚀类型与防腐要求	352	11.1.1 城市燃气管道水力计算基本 公式		
9.1.1	腐蚀定义与类型	352	11.1.2 燃气管道摩擦阻力计算公式		
9.1.2	腐蚀控制要求	352	11.1.3 燃气管道摩擦阻力损失计算 图表		
9.1.3	腐蚀电化学机理	353	11.1.4 计算示例		
9.2	管壁外防腐	353	11.1.5 燃气管道局部阻力损失和附加 压头		
9.2.1	防腐材料类型	353	11.2 燃气分配管网计算流量		
9.2.2	防腐层的涂装施工	360	11.2.1 燃气分配管段计算流量的确定		
9.3	电化学保护(阴极保护)	364	11.2.2 途泄流量的计算		
9.3.1	电化学腐蚀与阴极保护	364	11.2.3 节点流量		
9.3.2	强制电流阴极保护系统与工艺 计算	365	11.3 燃气管网计算压力降		
9.3.3	牺牲阳极阴极保护原理	370	11.3.1 低压管网计算压力降及其分配		
9.3.4	牺牲阳极基本要求与工艺计算	370	11.3.2 高、中压管网计算压力降的 确定		
9.3.5	强制排流保护	374	11.4 枝状管网		
9.3.6	阴极保护方法的选择与适用范围	378	11.4.1 枝状管网水力计算特点		
9.4	管壁内涂层	379	11.4.2 枝状管网水力计算步骤		
9.4.1	内涂层作用与效益	379	11.4.3 燃气支管等压降和全压降设计		
9.4.2	内涂层材料与涂装施工	379	11.4.4 计算示例		
9.4.3	内涂层涂装施工与内、外涂层的 联合涂装施工	383	11.5 环状管网水力计算		
9.4.4	输气管道采用内涂层的经济性分 析判定方法实用示例	385	11.5.1 环状管网水力计算特点		
参考文献		389	11.5.2 环状管网水力计算步骤		
第 10 章 燃气储罐		390	11.5.3 环状管网的计算示例		
10.1	球罐	390	11.6 节点法管网计算		
10.1.1	球罐特点及燃气球罐分类	390	11.6.1 燃气管网计算图论基础		
10.1.2	燃气球罐的设计参数	390	11.6.2 燃气管网水力分析数学模型		
10.1.3	压力试验及气密性试验	395	11.6.3 解节点方程法		
10.1.4	强度计算	397	11.6.4 应用示例		
10.1.5	球罐材料	400	11.7 管道的水力等效计算		
10.1.6	球罐基础	408	11.7.1 并联管段		
10.1.7	球罐仪表及附件	409	11.7.2 串联管段		
10.1.8	水喷淋装置	414	11.7.3 计算管径管段的管段替代		
10.2	卧式储罐	415	11.8 管网调度水力模拟宏观模型		
10.2.1	卧式储罐筒体壁厚计算	415	11.8.1 概述		
10.2.2	卧式储罐筒体轴向强度校核	416			

11.8.2	有 SCADA 信息的宏观模型	465
11.8.3	建模原始数据的来源	466
11.8.4	模型使用应注意的事项	467
11.8.5	实例分析	468
11.8.6	模型的应用说明	470
	参考文献	471

第 12 章 城镇燃气输配调度与管理 系统

12.1	燃气输配 SCADA 系统	473
12.1.1	输配调度控制与 SCADA 系统	473
12.1.2	燃气输配 SCADA 系统的设计 规范	473
12.1.3	燃气输配 SCADA 系统的设计 原则	474
12.2	燃气输配 SCADA 系统的主站 和从站	476
12.2.1	SCADA 系统的名称和结构 组织	476
12.2.2	SCADA 系统主站 MTS	476
12.2.3	SCADA 系统从站 RTS	479
12.3	燃气场站的信号、控制及 报警	481
12.3.1	场站信号与控制	481
12.3.2	故障分类与报警响应	482
12.4	SCADA 系统通信网络	485
12.4.1	调度中心局域网	485
12.4.2	基于城域宽带网的 SCADA 通信	488
12.4.3	基于移动数字网的 SCADA 通信	491
12.5	SCADA 系统通信协议	497
12.5.1	Modbus 协议	497
12.5.2	TCP/IP 协议	501
12.5.3	ModbusTCP/IP 协议	505
12.6	燃气输配管理信息系统	506
12.6.1	燃气输配管理信息系统的功能 与构成	506
12.6.2	燃气输配生产管理子系统	506
12.6.3	燃气输配营业管理子系统	507
12.6.4	燃气输配管理信息系统的硬件 组织	507
12.7	燃气管网地理信息系统	508
12.7.1	地理信息系统 GIS 的功能与	

	构成	508
12.7.2	基础地理子系统	508
12.7.3	燃气管网子系统	508
12.7.4	燃气管网 GIS 系统的网络组织	509
	参考文献	510

第 13 章 压缩天然气输配

13.1	概述	511
13.1.1	压缩天然气基本性质	511
13.1.2	压缩天然气有关标准	513
13.1.3	压缩天然气供应特点	515
13.1.4	CNG 站分类	515
13.1.5	CNG 站基本工艺流程	516
13.2	CNG 站站址选择	516
13.2.1	选址原则	516
13.2.2	选址要求	517
13.3	CNG 站设计参数	517
13.3.1	供应规模	517
13.3.2	运行制度与设计流量	519
13.3.3	储气调度制度	520
13.3.4	储气规模与储气容积	524
13.3.5	设计压力和设计温度	529
13.4	CNG 加压站	530
13.4.1	工艺流程	530
13.4.2	设备选择	540
13.4.3	加压站布置	557
13.5	CNG 汽车加气站	561
13.5.1	工艺流程	561
13.5.2	加气子站工艺流程	568
13.5.3	设备选择	569
13.5.4	加气站布置	573
13.6	CNG 供气站	575
13.6.1	工艺流程	575
13.6.2	设备选择	577
13.6.3	供气站布置	581
13.7	CNG 站公用专业设计要求	583
13.7.1	土建专业	583
13.7.2	给水排水专业	583
13.7.3	电气与自动化专业	583
13.7.4	安全和环保	584
13.8	CNG 槽车运输	585
	参考文献	586

第 14 章 液化天然气运输与储存

14.1	概述	588
------	----	-----

14.2 液化天然气储存	589	16.2.2 供气能力	660
14.2.1 LNG 储存特性	589	16.2.3 储罐容积	660
14.2.2 LNG 储罐类型	590	16.2.4 设计温度和设计压力	660
14.2.3 LNG 储罐绝热结构和绝热材料	593	16.3 气化站工艺设计	661
14.2.4 真空粉末(或纤维)低温储罐的 绝热计算	594	16.3.1 气化站工艺流程	661
14.2.5 LNG 储罐	597	16.3.2 气化站检测和控制	665
14.2.6 LNG 储罐基础	613	16.3.3 气化站主要工艺设备选择	666
14.3 液化天然气运输	614	16.4 站址选择和总平面布置	677
14.3.1 LNG 槽车	614	16.4.1 站址选择	677
14.3.2 LNG 运输船	622	16.4.2 总平面布置	677
参考文献	626	16.4.3 总平面布置示例	683
第 15 章 液化天然气终端站	627	16.5 瓶组供气站	686
15.1 概述	627	16.5.1 设计参数	687
15.2 终端站工艺设计	628	16.5.2 工艺流程	687
15.2.1 工艺流程	628	16.5.3 站址选择与平面布置	687
15.2.2 工艺设备	629	16.5.4 主要设备	690
15.3 低温管道设计	635	16.6 公用与安全设施	692
15.3.1 低温管道布置	635	16.6.1 电气	692
15.3.2 管道管径	636	16.6.2 采暖和通风	692
15.3.3 管道材料选择	637	16.6.3 建、构筑物防火、防爆	692
15.3.4 低温设备和管道的保冷	637	16.6.4 消防给水、排水和灭火器材	693
15.4 站址选择和总平面布置	646	参考文献	694
15.4.1 站址选择	646	第 17 章 液化石油气运输	695
15.4.2 总平面布置	646	17.1 概述	695
15.4.3 终端站总平面示例	649	17.2 液化石油气管道输送	695
15.5 终端站控制系统	651	17.2.1 输送管道压力分级与设计基础 资料	695
15.5.1 设计要求	651	17.2.2 输送管道系统与工艺计算	696
15.5.2 控制系统功能	651	17.2.3 管道设计经济流速与经济规模	703
15.5.3 系统组成	651	17.2.4 输送管道的强度计算	705
15.6 安全技术	652	17.2.5 液化石油气输送管道的敷设 工程	706
15.6.1 站区消防	652	17.3 槽车运输	714
15.6.2 防雷、防静电	652	17.3.1 铁路槽车	715
15.6.3 分层现象的处理和预防措施	652	17.3.2 汽车槽车	716
15.7 LNG 冷能回收	653	17.4 槽船运输	718
15.7.1 冷能回收意义	653	参考文献	719
15.7.2 LNG 冷能的利用	654	第 18 章 液化石油气储配	720
15.7.3 冷能利用技术经济简析	657	18.1 液化石油气储存	720
参考文献	658	18.1.1 储罐设计压力	721
第 16 章 液化天然气气化站	659	18.1.2 储罐的结构	721
16.1 概述	659	18.1.3 压力储罐相关的防火间距要求	723
16.2 基本设计参数	659	18.2 液化石油气的装卸工艺	724
16.2.1 液化天然气组分	659		

18.2.1	利用压缩机装卸液化石油气	725	19.4.4	热水(蒸汽)循环式气化器	792
18.2.2	利用泵装卸液化石油气	727	19.4.5	气化器的安全控制	794
18.3	液化石油气的灌瓶工艺	728	19.5	液化石油气空气混合	797
18.3.1	概述	728	19.5.1	液化石油气—空气混合气	797
18.3.2	灌瓶秤和灌瓶嘴	731	19.5.2	液化石油气—空气混合气露点	798
18.3.3	灌装转盘	734	19.6	混气装置	798
18.3.4	链式输送机	735	19.6.1	引射混合器	798
18.3.5	检漏器	737	19.6.2	比例混合阀	805
18.3.6	倒空装置	738	19.6.3	燃烧控制器	807
18.4	液化石油气储配站的设计	738	19.6.4	零阀(比例阀)	807
18.4.1	设计规模、站址选择及总平面布置原则	739	19.6.5	随动流量混气装置	808
18.4.2	液化石油气储配站工艺设计	744	19.6.6	混气系统缓冲储气罐	809
18.4.3	辅助区设计	751	19.7	液化石油气气化站和混气站的设计	810
18.4.4	液化石油气储配基地的安全技术	752	19.7.1	设计参数、站址选择及其总平面布置原则	810
18.5	瓶装液化石油气供应站及其用户	756	19.7.2	液化石油气气化站设计及示例	814
18.5.1	瓶装液化石油气供应站	756	19.7.3	液化石油气混气站设计及示例	818
18.5.2	用户	757	19.8	瓶组气化站	823
18.6	液化石油气汽车加气站	757	19.8.1	瓶组气化站的气化能力	823
18.6.1	汽车加气站规模	757	19.8.2	瓶组气化站的设置	823
18.6.2	汽车加气站的选址及总平面布置	758	19.8.3	瓶组气化站设计及示例	824
18.6.3	汽车加气工艺及设施设计要点	764	参考文献		828
18.6.4	汽车加气工艺流程设计示例	767	第20章	液化石油气低温储存	829
参考文献		770	20.1	概述	829
第19章	液化石油气气化与混气	771	20.2	液化石油气低温降压储存	830
19.1	概述	771	20.2.1	低温降压储存工艺	830
19.2	液化石油气天然气化	771	20.2.2	低温降压储存站方案示例	833
19.2.1	气瓶工作的约束条件	771	20.2.3	低温降压储存参数优化	835
19.2.2	定用气量气瓶工作的供气能力	773	20.2.4	低温降压储存优化模型算例	838
19.2.3	变用气量气瓶工作的供气能力	774	20.3	液化石油气低温常压储存	838
19.2.4	气瓶稳态模型供气能力表格	775	20.3.1	工艺流程	839
19.3	液化石油气强制气化	777	20.3.2	低温常压储存最佳参数	843
19.3.1	强制气化类型	778	20.3.3	总平面布置及主要设备	843
19.3.2	气化器的热负荷计算	779	20.3.4	低温常压储罐的构造	846
19.3.3	液化石油气管道供气无凝动态分析	786	20.4	低温储存的安全设计	851
19.4	气化器	788	20.4.1	运行安全设计	851
19.4.1	空温式气化器	789	20.4.2	安全设施设计	852
19.4.2	电热式气化器	790	参考文献		853
19.4.3	电热水浴式气化器	791	第21章	燃气燃烧理论与参数计算	854
			21.1	燃烧反应	854
			21.2	着火	855
			21.3	点火	856

21.4	火焰传播	858	22.7.1	特点与典型燃烧器	947
21.5	燃气互换性	860	22.7.2	设计要点与参数	953
21.6	液化石油气混空气配比	861	22.8	脉冲燃烧器	954
21.7	城市燃气置换气的配制	862	22.8.1	特点与基本构造	954
21.8	燃气的热值	865	22.8.2	设计要点与参数	955
21.9	燃烧空气需要量	865	参考文献		957
21.10	完全燃烧烟气量	866	第 23 章 节能与低氮氧化物燃烧技术		
21.10.1	理论烟气量	866	技术		
21.10.2	实际烟气量	867	23.1	节能燃烧技术	958
21.10.3	烟气密度	868	23.1.1	低空气比燃烧	958
21.11	不完全燃烧参数	868	23.1.2	排热利用	958
21.11.1	烟气中 CO 含量	868	23.1.3	辉炎燃烧	964
21.11.2	过剩空气系数	868	23.1.4	燃气喷射雾化重油燃烧	965
21.12	燃烧温度	869	23.1.5	浸没燃烧	965
21.12.1	热量计温度	869	23.1.6	红外线加热	966
21.12.2	燃烧热量温度	870	23.1.7	催化燃烧	966
21.12.3	理论燃烧温度	870	23.1.8	富氧燃烧	971
21.12.4	实际燃烧温度	870	23.1.9	脉冲燃烧	975
21.13	城市燃气燃烧性质参数	871	23.2	低氮氧化物燃烧技术	975
参考文献		873	23.2.1	氮氧化物生成机理	975
第 22 章 燃气燃烧器		874	23.2.2	降低氮氧化物生成量的措施	976
22.1	燃烧器与燃烧方法	874	23.2.3	燃烧器运行参数对氮氧化物生成的影响	977
22.2	引射式燃烧器	875	23.2.4	低氮氧化物燃烧器	977
22.2.1	引射式燃烧器燃烧特性	875	参考文献		983
22.2.2	低压引射式燃烧器	878	第 24 章 民用燃气器具		
22.2.3	高压引射式燃烧器	895	24.1	家用燃气炊事灶具	984
22.2.4	鼓风引射式燃烧器	906	24.1.1	家用燃气灶	984
22.2.5	特殊引射式燃烧器	913	24.1.2	家用燃气烤箱灶	989
22.2.6	引射器	916	24.1.3	家用燃气饭锅	991
22.3	扩散式燃烧器	917	24.2	商用燃气炊事灶具	992
22.3.1	自然引风扩散式燃烧器	917	24.2.1	中餐炒菜灶	993
22.3.2	鼓风扩散式燃烧器	922	24.2.2	燃气大锅灶	994
22.4	高速燃烧器	932	24.2.3	燃气蒸箱	996
22.4.1	分类	932	24.3	家用燃气取暖器	998
22.4.2	设计计算	934	24.3.1	室内燃气辐射式取暖器	998
22.5	平焰燃烧器	937	24.3.2	室外燃气辐射取暖器	1001
22.5.1	工作原理与典型燃烧器	937	24.4	燃气热水器	1001
22.5.2	设计要点与参数	939	24.4.1	燃气快速热水器	1002
22.6	浸没燃烧器	941	24.4.2	家用燃气容积式热水器	1007
22.6.1	特点与典型燃烧器	941	24.5	室外燃气烤炉	1009
22.6.2	设计计算	944	24.6	民用燃具的评价	1011
22.7	辐射燃烧器	947	24.6.1	评价的质量标准	1011

24.6.2	评价的主要项目	1012	参考文献	1082
24.6.3	试验条件	1012	第26章 燃气供暖	1084
24.6.4	测试内容	1013	26.1 辐射供暖	1084
参考文献		1020	26.1.1 概述	1084
第25章 燃气锅炉		1021	26.1.2 辐射供暖系统分类	1084
25.1	概述	1021	26.1.3 燃气辐射供暖的特点	1085
25.2	燃气锅炉的构造	1021	26.2 燃气红外线辐射器供暖	1085
25.2.1	锅炉加热方式简介	1022	26.2.1 概述	1085
25.2.2	锅壳式(火管式)燃气锅炉	1022	26.2.2 燃气红外线辐射器的形式	1086
25.2.3	水管燃气锅炉	1029	26.2.3 燃气红外线辐射器的点火与 安装	1086
25.3	组合模块式铸铁锅炉	1032	26.3 烟气辐射管供暖	1087
25.3.1	使用范围和结构要求	1032	26.3.1 烟气辐射管供暖原理	1087
25.3.2	整体结构	1033	26.3.2 烟气辐射管供暖类型及各系列 适合场所	1087
25.4	燃气锅炉的热平衡计算	1035	26.3.3 烟气辐射管供暖系统	1088
25.4.1	锅炉输入热量	1035	26.3.4 烟气辐射管供暖系统热负荷 计算	1091
25.4.2	排烟热损失	1036	26.3.5 烟气辐射管供暖系统散热量 计算	1091
25.4.3	不完全燃烧热损失	1037	26.3.6 烟气辐射管供暖系统设备布置 原则	1093
25.4.4	散热损失	1038	26.3.7 烟气辐射管供暖设备选型设计	1096
25.4.5	锅炉有效利用热	1039	26.3.8 烟气辐射管供暖系统设备选择	1100
25.4.6	锅炉的热效率和燃料消耗量	1040	26.3.9 控制系统的选择	1102
25.5	燃烧器的选择与布置	1040	26.3.10 室外空气供应系统的计算和 配置	1102
25.5.1	锅炉对燃烧器的要求	1040	26.3.11 燃气系统设计	1103
25.5.2	燃烧器数目的确定	1042	26.3.12 典型工程设计计算	1104
25.5.3	燃气锅炉燃烧器选用和布置	1043	26.4 燃气其他供暖方式	1107
25.6	国产及进口锅炉燃烧器产品	1045	26.4.1 燃气热水供暖	1107
25.6.1	国产锅炉燃烧器产品	1045	26.4.2 燃气热风供暖	1108
25.6.2	进口锅炉燃烧器产品	1046	参考文献	1111
25.7	国内外燃气锅炉选用分析	1058	第27章 燃气空调	1112
25.7.1	燃气锅炉选用原则	1058	27.1 概述	1112
25.7.2	选用国内外燃气锅炉注意事项	1058	27.2 燃气空调应用特点	1112
25.7.3	部分进口燃气锅炉用户名录	1060	27.2.1 单独式能源的燃气空调应用 特点	1112
25.8	国内典型的几种燃气锅炉 产品	1061	27.2.2 燃气空调对城市夏季峰电负荷 “削峰”	1115
25.8.1	国产燃气锅炉产品的主要类型	1061	27.3 燃气型直燃机	1116
25.8.2	国产燃气锅炉产品汇总表	1064	27.3.1 燃气型直燃机的基本形式参数	1116
25.8.3	国产燃气锅炉的主要技术参数	1068	27.3.2 燃气型直燃机的工作循环及结构	
25.9	燃气锅炉房设计	1068		
25.9.1	燃气锅炉房设计的原始资料	1069		
25.9.2	燃气锅炉房规模的确定	1070		
25.9.3	燃气锅炉房的布置	1072		
25.9.4	燃气系统设计	1076		
25.9.5	燃气调压系统	1081		
25.9.6	燃气管道管径计算	1082		

形式	1119	28.5.1 电气系统的设计	1206
27.3.3 燃气直燃机组循环的热力计算	1125	28.5.2 余热利用系统的设计	1209
27.4 BCT 户式燃气空调	1134	28.5.3 发电机房的设计	1215
27.4.1 系统的特点	1134	28.6 CCHP 系统实例	1216
27.4.2 室外机工作原理	1134	28.6.1 燃气发动机——Amway Japan	
27.4.3 产品型号代号识别及品种范围	1137	本部大楼	1216
27.5 燃气热泵	1139	28.6.2 燃气轮机系统——六本木	
27.5.1 热泵概述	1139	Hills 再开发区区域三联供	
27.5.2 热泵的驱动能源方式	1146	(DHC)	1217
27.5.3 燃气压缩式热泵的工作原理和		28.6.3 燃气轮机系统二——品川 Intercity	
比较特点	1149	再开发区	1220
27.5.4 燃气压缩式热泵的系统构成	1153	28.6.4 微型燃气轮机系统——豊田刈谷	
27.5.5 燃气压缩式热泵的一次能源利		综合医院	1221
用系数计算和分析	1153	28.6.5 燃气发动机+燃料电池系统——NTT	
参考文献	1157	武藏野研究开发中心本馆大楼	1223
第 28 章 燃气冷热电联产	1159	参考文献	1226
28.1 概述	1159	第 29 章 燃气工业炉窑	1227
28.2 燃用天然气的冷热电联产		29.1 概述	1227
系统	1160	29.1.1 燃气工业炉窑的分类	1227
28.2.1 燃气轮机冷热电联产系统	1160	29.1.2 燃气工业炉窑的特点	1228
28.2.2 燃用天然气—蒸汽联合循环冷		29.1.3 燃气工业炉窑的技术性能	1228
热电联产系统	1164	29.2 燃气工业炉的炉型与构造	1229
28.2.3 内燃发动机+蒸汽轮机冷热电联		29.2.1 燃气工业炉窑的主要形式	1229
产系统	1165	29.2.2 燃气工业炉的基本构造	1231
28.2.4 燃料电池冷热电联产系统	1166	29.2.3 筑炉用材料	1236
28.2.5 楼宇冷热电联产系统能源利用		29.3 燃气工业炉的热工特性	1237
比较	1166	29.3.1 炉体的热工特性	1238
28.2.6 燃气空调应用的全能量利用方		29.3.2 炉膛内的热工作过程	1240
式——楼宇冷热电植联产系统	1169	29.3.3 炉内的气流组织	1244
28.3 冷热电联产设备	1170	参考文献	1247
28.3.1 燃气发动机 (Gas Engine)	1170	第 30 章 燃烧设备的热工计算	1248
28.3.2 燃气轮机 (Gas Turbine)	1177	30.1 热平衡、热效率与热能利	
28.3.3 微型燃气轮机 (Micro-turbine)	1183	用率	1248
28.3.4 燃料电池 (Fuel-cell)	1186	30.1.1 热平衡	1248
28.3.5 Stirling 发动机 (Stirling		30.1.2 热效率	1249
Engine)	1191	30.1.3 热能利用率	1250
28.3.6 供热与制冷设备	1192	30.1.4 热平衡计算	1251
28.4 系统规划	1202	30.2 焓平衡	1252
28.4.1 用户类型	1202	30.2.1 概述	1252
28.4.2 负荷工况	1203	30.2.2 焓平衡与焓效率	1254
28.4.3 外部环境因素	1203	30.2.3 焓平衡计算	1258
28.4.4 运行方式	1203	30.3 工业炉炉内流动与传热过程	1264
28.4.5 系统选择	1204	30.3.1 炉膛热交换计算	1264
28.5 系统设计	1206		

30.3.2	对流换热面传热计算	1270	31.4.2	燃气汽车节能环保效益	1356
30.3.3	对流传热系数	1271	参考文献		1362
30.3.4	辐射传热系数	1277	第32章 燃料电池		
30.3.5	平均温差	1279	32.1	概述	1364
30.3.6	对流受热面传热计算方法提要	1279	32.1.1	工作原理	1364
30.4	保温隔热材料的热工性能	1280	32.1.2	分类	1365
30.4.1	常用保温隔热材料的性能	1280	32.2	工艺计算	1367
30.4.2	散热损失计算	1284	32.2.1	开路电压	1367
30.5	余热回收装置	1285	32.2.2	过电位	1370
30.5.1	概述	1285	32.2.3	工作电压	1371
30.5.2	余热利用的三种基本形式	1286	32.2.4	效率	1371
30.5.3	余热回收的经济性问题	1288	32.2.5	原料气体消耗量与反应产物生成量	1373
30.5.4	余热回收用换热器	1290	32.2.6	电池堆构成	1374
30.5.5	废热锅炉	1297	32.3	碱性燃料电池	1375
30.6	燃气工业炉窑的空气动力计算	1301	32.4	质子交换膜燃料电池	1377
30.6.1	燃气工业炉窑的空气动力计算任务	1301	32.5	磷酸燃料电池	1381
30.6.2	气体流动阻力计算	1303	32.6	熔融碳酸盐燃料电池	1382
30.6.3	燃气工业炉窑的通风排烟装置	1315	32.7	固态氧化物燃料电池	1384
参考文献		1317	32.8	直接甲醇燃料电池	1385
第31章 燃气汽车		1318	32.9	天然气制氢工艺	1386
31.1	汽车与替代燃料	1318	32.9.1	脱硫	1386
31.1.1	汽车与燃料	1318	32.9.2	合成气生产	1387
31.1.2	天然气进入车用燃料领域的方式	1318	32.9.3	CO变换	1389
31.1.3	天然气作为车用燃料的特性	1320	32.9.4	氢气的提纯	1389
31.2	燃气汽车的基本形式	1322	参考文献		1390
31.2.1	燃气汽车分类	1322	第33章 城镇燃气规划		
31.2.2	燃气汽车的燃气储存系统	1323	33.1	城镇燃气规划编制的意义与要求	1392
31.2.3	燃气汽车的加气口	1330	33.1.1	城镇燃气规划编制的意义	1392
31.2.4	燃气汽车的高压管线及高压接头	1332	33.1.2	城镇燃气规划工作内容	1392
31.2.5	燃气汽车的燃气储量显示装置	1333	33.1.3	城镇燃气规划的编制要点	1393
31.2.6	燃气汽车的过滤器	1333	33.1.4	规划工作步骤	1393
31.3	燃气汽车的动力总成	1334	33.1.5	规划成果文件组成	1394
31.3.1	混合器方式的燃气汽车动力总成	1334	33.2	城镇燃气规划说明书文本编制纲要	1394
31.3.2	燃气喷射形式的燃气汽车动力总成	1345	参考文献		1398
31.4	燃气汽车标准与节能环保效益	1353	第34章 城镇燃气输配工程项目可行性研究		
31.4.1	燃气汽车标准	1353	34.1	可行性研究在工程项目建设中的作用与特点	1399
			34.2	可行性研究的文件组成	1400