



城镇燃气职业教育系列教材
中国城市燃气协会指定培训教材

城镇燃气 安全技术与管理

Chengzhen Ranqi Anquan Jishu Yu Guanli

主 编 支晓晔 高顺利



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>



城镇燃气职业教育系列教材
中国城市燃气协会指定培训教材

城镇燃气 安全技术与管理

Chengzhen Ranqi Anquan Jishu Yu Guanli

主 编 支晓晔 高顺利

副主编 李瑜仙

参 编 刘 荃 张福军 赵 华
王 勇 吴海鹏 郝 拓
崔 涛 齐晓琳 尤丽微

石油工业出版社

内容提要

随着燃气事业的发展,燃气管网安全运行发重要。本书是城镇燃气职业教育系列教材之一,结合我国目前燃气事业的发展和应用情况,以燃气安全措施为途径,以保障燃气安全输配为目的,全面系统地介绍了城镇燃气供应系统方面的安全技术与管理,并重理论知识和操作要点。全书共有十三章,主要内容包含:城镇燃气、输配系统及燃气事故概述,燃气安全法规,危险源辨识及风险评价,管道完整性管理及评价,特种设备安全管理,有限空间安全管理,自然灾害安全管理,人为因素对燃气管道安全的影响,消防安全,职业卫生及个体防护,燃气事故应急管理,物联网技术与管理,安全教育及检查。

本书可作为高等职业教育城市燃气工程技术专业教材、城镇燃气职业培训人员和受训人员的使用教材,也可供燃气工程设计、施工、运行管理的技术人员参考。章后设有自测习题,答案请登陆 <http://www.cqup.com.cn> 下的“教育资源网”获取。

图书在版编目(CIP)数据

城镇燃气安全技术与管理/支晓晔,高顺利主编. —重庆:
重庆大学出版社,2014.11
城镇燃气职业教育系列教材
ISBN 978-7-5624-7920-8

I. ①城… II. ①支…②高… III. ①城市燃气—燃气设备—
安全管理—职业教育—教材 IV. ①TU996.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 301062 号

城镇燃气职业教育系列教材
中国城市燃气协会指定培训教材
城镇燃气安全技术与管理

主 编 支晓晔 高顺利

副主编 李瑜仙

策划编辑:张 婷

责任编辑:张 婷 版式设计:张 婷

责任校对:任卓惠 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023) 88617190 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

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:22.5 字数:562千

2014 年 11 月第 1 版 2014 年 11 月第 1 次印刷

印数:1—2 000

ISBN 978-7-5624-7920-8 定价:42.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换
版权所有,请勿擅自翻印和用本书
制作各类出版物及配套用书,违者必究

城镇燃气职业教育系列教材编审委员会

- 顾 问 段常贵(哈尔滨工业大学)
迟国敬(中国城市燃气协会)
- 总 主 编 彭世尼(重庆大学)
- 执行总主编 詹淑慧(北京建筑工程学院)
- 副 总 主 编 玉建军(天津城市建设学院)
李雅兰(北京市燃气集团)
- 委 员 迟京生(北京市燃气集团)
王 飏(北京市燃气集团)
马忠华(北京市燃气集团)
胡 滨(北京市燃气集团燃气学院)
郝纳新(北京市燃气集团燃气学院)
刘 宁(北京市燃气集团)
- 秘 书 长 李长惠(重庆大学出版社)
- 秘 书 吕 瀛(北京市燃气集团)
张 婷(重庆大学出版社)

序 言

随着我国城镇燃气行业的蓬勃发展,现代企业的经营组织形式、生产方式和职工的技能水平都面临着新的挑战。

目前,我国的燃气工程相关专业高等教育、职业教育招生规模较小;在燃气行业从业人员(包括管理人员、技术人员及技术工人等)中,很多人没有系统学习过燃气专业知识。燃气企业对在职人员的专业知识和岗位技能培训成为提高职工素质和能力、提升企业竞争能力的一种有效途径,全国许多省市行业协会及燃气企业的技术培训机构都在积极开展这项工作。

在目前情况下,组织编写一套具有权威性、实用性和开放性的燃气专业技术及岗位技能培训系列教材,具有十分重要的现实意义。立足于社会发展对职工技能的需求,定位于培养城镇燃气职业技术型人才,贯彻校企结合的理念,我们组建了由中国城市燃气协会、北京燃气集团、重庆大学、哈尔滨工业大学、北京建筑工程学院、天津城市建设学院、郑州燃气股份有限公司、港华集团等单位共同参与的编写队伍。编委会邀请到哈尔滨工业大学的段常贵教授、中国城市燃气协会迟国敬副秘书长担任顾问,北京建筑工程学院詹淑慧教授担任执行总主编,重庆大学彭世尼教授担任总主编。

本套培训教材以提高燃气行业员工技能和素养为目标,突出技能培训和安全教育,本着“理论够用、技术实用”的原则,在内容上体现了燃气行业的法规、标准及规范的要求;既包含基本理论知识,更注重实用技术的讲解,以及燃气施工与运用中新技术、新工

艺、新材料、新设备的介绍;同时以丰富的案例为支持。

本套教材分为专业基础课、岗位能力课两大模块。每个模块都是开放的,内容不断补充、更新,力求在实践与发展中循序渐进、不断提高。在教材编写工作中,北京燃气集团提出了构建体系、搭建平台的指导思想,作为北京市总工会职工大学“学分银行”计划试点企业,将本套培训教材的开发与“学分银行”计划相结合,为该职业培训教材提供了更高的实践平台。

教材编写得到了中国城市燃气协会、北京燃气集团的全力支持,使一些成熟的讲义得到进一步的完善和推广。本套培训教材可作为我国燃气集团、燃气公司及相关企业的职工技能培训教材,可作为“学分银行”等学历教育中燃气企业管理专业、燃气工程专业的教学用书。通过本套教材的讲授、学习,可以了解城市燃气企业的生产运营与服务,明确城镇燃气行业不同岗位的技术要求,熟悉燃气行业现行法规、标准及规范,培养实践能力和技术应用能力。

编委会衷心希望这套教材的出版能够为我国燃气行业的企业发展及员工职业素质提高作出贡献。教材中不妥及错误之处敬请同行批评指正!

编委会

2011年3月

前 言

随着经济的发展和人民生活水平的提高,城镇燃气行业在城市发展中扮演着越来越重要的角色。国内大部分中等城市已用上洁净的天然气,北京市的燃气普及率达到90%以上,燃气管网总长度达14000 km,涵盖了城八区及大部分郊区县。城镇燃气在给人民生活水平带来极大提升的同时也不可避免地给城市安全管理带来了一定隐患。由于燃气事故的特殊性,任何一件燃气安全事故均可能引发灾难性的后果,会造成生命和财产的重大损失。为此,确保燃气安全供应是各城镇燃气运营商的重要职责和社会使命。

随着燃气事业的发展,燃气管网安全运行显得越发重要,然而针对城镇燃气管网安全运营方面的系统教材目前还比较欠缺,直接影响燃气行业相关人员的理论知识水平和技能水平。

《城镇燃气安全技术与管理》是城镇燃气职业教育系列教材之一,结合我国目前燃气事业的发展和应用情况,系统介绍了城镇燃气供应系统方面的安全技术与管理知识,供使用者在学习和工作中借鉴。

全书共分为13章,主要内容介绍如下:

第1章是概述,主要介绍城镇燃气基本常识、城镇燃气输配系统以及燃气事故的特点;

第2章是燃气安全管理法规,主要介绍安全生产法规、企业安全规章制度以及职业健康安全管理体系;

第3章是危险源辨识及风险评价,主要介绍危险源辨识的程序及管理;

第4章是管道完整性管理及评价,主要介绍管道完整性管理的技术及评价方法;

第5章是特种设备安全管理,主要介绍特种设备的类型、特点以及压力容器、压力管道的安全管理;

第6章是有限空间安全管理,主要介绍有限空间的类型及管理方法;

第7章是自然灾害安全管理,主要介绍地震及洪水等自然灾害的安全管理;

第8章是人为因素对燃气管道安全的影响,主要介绍各类人为因素对燃气管道安全影响的原因以及居民用户的安全用气;

第9章是消防安全,主要介绍企业消防安全制度、职工消防安全教育、消防器材以及火灾隐患整改方法;

第10章是职业卫生及个体防护,主要介绍职业卫生及劳动保护措施;

第11章是燃气事故应急管理,主要介绍燃气事故应急管理的定义及手段;

第12章是物联网技术与管理,主要介绍SCADA系统、PDA系统、GIS系统在燃气行业的应用;

第13章是安全教育及检查,主要介绍安全教育培训方面的管理措施。

本书可作为高等职业教育城市燃气工程技术专业教材、城镇燃气职业培训人员和受训人员的使用教材,也可供燃气工程设计、施工、运行管理的技术人员参考。章后设有自测习题,答案请登陆 <http://www.cqup.com.cn> 下的“教育资源网”获取。

由于编者水平有限,书中错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

2014年9月

目 录

第1章 概 述

1.1 燃气的种类及基本性质	2
1.2 城镇燃气气质要求	11
1.3 城镇燃气输配系统	17
1.4 燃气事故及危害	22
学习鉴定	32

第2章 燃气安全管理法规

2.1 安全生产法规概述	34
2.2 安全生产法律法规	36
2.3 燃气法规	39
2.4 燃气企业规章制度	40
2.5 安全生产责任追究制度	60
2.6 职业健康安全管理体系	66
学习鉴定	71

第3章 危险源辨识及风险评价

3.1 危险源辨识	73
-----------------	----

3.2 危险源辨识的程序	73
3.3 危险源管理	82
3.4 危险源风险评价	90
学习鉴定	91
第4章 管道完整性管理及评价	
4.1 概述	93
4.2 管网完整性管理的技术	95
4.3 管道完整性评价	118
4.4 我国城镇燃气管道完整性管理现状	123
学习鉴定	130
第5章 特种设备安全管理	
5.1 特种设备概述	132
5.2 压力管道安全管理	136
5.3 压力容器的安全管理	144
学习鉴定	158
第6章 有限空间安全管理	
6.1 有限空间的类型	160
6.2 有限空间的安全管理	164
学习鉴定	174
第7章 自然灾害安全管理	
7.1 自然灾害对天然气管道的危害	176
7.2 地震灾害安全管理	180
7.3 洪水灾害安全管理	186
学习鉴定	189
第8章 人为因素对燃气管道安全的影响	
8.1 燃气管道设计安全	191
8.2 第三方破坏	200



8.3 居民用户的安全用气	203
学习鉴定	214
第9章 消防安全	
9.1 企业消防安全管理概述	216
9.2 企业消防安全	221
9.3 消防器材	228
9.4 消防安全检查	238
9.5 火灾隐患整改	241
9.6 消防管理效果	251
学习鉴定	257
第10章 职业卫生与个体防护	
10.1 职业卫生	259
10.2 职业中毒的防护	262
10.3 其他有害因素的防护	264
10.4 劳动防护用品的使用与发放	269
10.5 气体检测设备及使用说明	280
学习鉴定	287
第11章 燃气事故应急管理	
11.1 燃气事故应急管理的意义	289
11.2 应急与应急管理概述	289
11.3 燃气应急管理	291
学习鉴定	302
第12章 物联网技术与燃气管理	
12.1 燃气管网数据采集系统(SCADA)	304
12.2 PDA 在城镇燃气管理中的应用	324
学习鉴定	336

第 13 章 安全教育

13.1 安全教育培训	338
学习鉴定	344

参考文献



1 概 述

■ 核心知识

- 燃气的种类及性质
- 城镇燃气气质要求
- 燃气管网输配系统
- 燃气事故的原因及特点

■ 学习目标

- 掌握燃气的种类及性质
- 掌握城镇燃气的气质要求
- 了解燃气管网输配系统
- 了解燃气事故的原因和特点

1.1

燃气的种类及基本性质

城市燃气是由多种气体组成的混合气体,含有可燃气体和不可燃气体。其中,可燃气体有碳氢化合物(如甲烷、己烷、乙烯、丙烷、丙烯丁烷、丁烯等烃类)、氢气和一氧化碳等;不可燃成分有二氧化碳、氮气等惰性气体;部分燃气还含有氧气、水及少量杂质。

城市燃气根据燃气的来源或生产方式可以归纳为天然气、人工燃气和液化石油气三大类。其中,天然气是自然生成的,人工燃气或是由其他能源转化而成或是生产工艺的副产品,液化石油气主要来自石油加工过程中的副产气。

1.1.1 天然气

天然气主要存在于油田气、气田气、煤层气、泥火山气和生物生成气中,也有少量出于煤层。天然气又可分为伴生气和非伴生气两种。伴随原油共生,与原油同时被采出的油田气叫伴生气;非伴生气包括纯气田天然气和凝析气田天然气两种,在地层中都以气态存在。凝析气田天然气从地层流出井口后,随着压力和温度的下降,分离为气液两相,气相是凝析气田天然气,液相是凝析液,叫凝析油。

与煤炭、石油等能源相比,天然气在燃烧过程中产生的影响人类呼吸系统健康的物质(氮化物、一氧化碳、可吸入悬浮微粒)极少,产生的二氧化碳为煤的40%左右,产生的二氧化硫也少于其他化石燃料。天然气燃烧后无废渣、废水产生,具有使用安全、热值高、洁净等优势。

一般说来,天然气包括常规天然气和非常规天然气两类:其中常规天然气主要指气田气(或称纯天然气)、石油伴生气、凝析气田气,非常规天然气主要包括煤层气、页岩气、天然气水合物等。需要注意的是,常规天然气和非常规天然气资源的区分边界甚难界定,主要取决于地质条件的系列。

1) 气田气、石油伴生气、凝析气田气

常规天然气主要指气田气(或称纯天然气)、石油伴生气、凝析气田气。

(1) 气田气

气田气是指由气田开采出来的纯天然气,组分以甲烷(CH_4)为主,还含有少量的乙

烷 C_2H_6 、丙烷 C_3H_8 等烃类及二氧化碳 (CO_2)、硫化氢 H_2S 、氮 (N_2) 和微量的氦 (He)、氖 (Ne)、氩 (Ar) 等气体。我国四川开采的天然气中甲烷含量一般不少于 90%，热值为 $34.75 \sim 36.00 \text{ MJ/m}^3$ 。

(2) 石油伴生气

石油伴生气是地层中溶解在石油或呈气态与原油共存，伴随着原油被同时开采的天然气。石油伴生气又分为气顶气和溶解气两类。气顶气是不溶于石油的气体，为保持石油开采过程中必要的井压，这种气体一般不随便采出。溶解气是指溶解在石油中，伴随着石油开采得到的气体。石油伴生气中甲烷含量一般占 65% ~ 80%，此外还有相当数量的乙烷 (C_2H_6)、丙烷 (C_3H_8)、丁烷 (C_4H_{10})、戊烷 (C_5H_{12}) 和重烷等。其低热值一般为 $41.5 \sim 43.9 \text{ MJ/m}^3$ 。我国大庆、胜利等油田产的天然气中大部分都是石油伴生气。

(3) 凝析气田气

凝析气田气是指含有少量石油轻质馏分（如汽油、煤油成分）的天然气。当凝析气田气从气田采出来后，经减压降温，凝结出一些液体烃类。例如，我国新疆柯克亚的天然气就属于凝析气田气，华北油田供北京输送的天然气中，除前面提到的伴生气外，还有相当一部分是经过净化处理的凝析气田气。凝析气田气的组成大致和石油伴生气相似，但是它的戊烷 (C_5H_{12})、己烷 (C_6H_{14}) 等重烃含量比伴生气要多，一般经分离后可以得到天然气甚至轻柴油。凝析气田气甲烷的含量约为 75%，低热值为 $46.1 \sim 48.5 \text{ MJ/m}^3$ 。

根据存在的状态，常规天然气还可以分为压缩天然气、液化天然气。

(1) 压缩天然气、液化天然气

压缩天然气 (Compressed Natural Gas, 简称 CNG) 是天然气加压并以气态储存在容器中。压缩天然气除了可以用油田及天然气田里的天然气外，还可以人工制造生物沼气（主要成分是甲烷）。压缩天然气与管道天然气的组分相同，主要成分为甲烷 (CH_4)。压缩天然气是一种最理想的车用替代能源，其应用技术经数十年发展已日趋成熟。它具有成本低，效益高，无污染，使用安全便捷等特点，正日益显示出强大的发展潜力。天然气每立方米燃烧热值为 $8000 \sim 8500 \text{ kcal}^{\text{①}}$ (大卡)，压缩天然气的比重为 2.5 kg/m^3 ，每千克天然气燃烧热值为 20000 kcal 。

(2) 液化天然气

液化天然气 (Liquefied Natural Gas, 简称 LNG)，主要成分是甲烷 (CH_4)，无色、无味、无毒且无腐蚀性。其体积约为同量气态天然气体积的 $1/600$ ，质量仅为同体积水的 45% 左右。其制造过程是先将气田生产的天然气净化处理 (脱水、脱烃、脱酸性气体)，

① $1 \text{ kcal} = 4.184 \text{ kJ}$

经一连串超低温(-160℃)液化后,利用液化天然气船或 LNG 罐车运送,使用时重新气化。

①LNG 的组成:LNG 是以甲烷为主要组分的烃类混合物,其中含有通常存在于天然气中少量的乙烷、丙烷、氮等其他组分。

②LNG 的密度:LNG 的密度取决于其组分,通常为 430~470 kg/m³,但是在某些情况下可高达 520 kg/m³。其密度还是液体温度的函数,其变化梯度约为 1.35 kg/m³·℃。其密度可以直接测量,但通常是用经过气相色谱法分析得到的组分通过计算求得(推荐使用 ISO 6578 中确定的计算方法)。

③LNG 的温度:LNG 的沸腾温度取决于其组分,在大气压力下通常为 -166~-157℃。沸腾温度随蒸气压力的变化梯度约为 1.25×10⁻⁴℃/Pa。LNG 的温度通常用 ISO 831 中确定的铜/铜镍热电偶或铂电阻温度计测量。

④LNG 的蒸发:LNG 作为一种沸腾液体大量的储存于绝热储罐中。任何传导至储罐中的热量都会导致一些液体蒸发为气体,这种气体称为蒸发气,其组分与液体的组分有关。一般情况下,蒸发气包括 20% 的氮,80% 的甲烷和微量的乙烷。其含氮量是液体 LNG 中含氮量的 20 倍。当 LNG 蒸发时,氮和甲烷首先从液体中汽化,剩余的液体中较高相对分子质量的烃类组分增大。

对于蒸发气体,不论是温度低于-113℃的纯甲烷,还是温度低于-85℃含 20% 氮的甲烷,它们都比周围的空气重。在标准条件下,这些蒸发气体的密度大约是空气密度的 0.6 倍。

⑤LNG 的闪蒸(Flash):如同任何一种液体,当 LNG 已有的压力降至其沸点压力以下时,例如经过阀门后,部分液体蒸发,而液体温度也将降到此时压力下的新沸点,此即为闪蒸。由于 LNG 为多组分的混合物,闪蒸气体的组分与剩余液体的组分不一样。

作为指导性数据,在压力为 1~2 个大气压时的沸腾温度条件下,压力每下降 1 个大气压,1 m³ 的液体产生大约 0.4 kg 的气体。

⑥LNG 的翻滚(Rollover):翻滚是指大量气体在短时间内从 LNG 容器中释放的过程。除非采取预防措施或对容器进行特殊设计,翻滚将使容器受到超压。在储存 LNG 的容器中可能存在两个稳定的分层或单元,这是由于新注入的 LNG 与密度不同的底部 LNG 混合不充分造成的。在每个单元内部液体密度是均匀的,但是底部单元液体的密度大于上部单元液体的密度,随后,由于热量输入容器中而产生单元间的传热、传质及液体表面的蒸发,单元之间的密度将达到均衡并且最终混为一体。这种自发的混合称为翻滚,而且与经常出现的情况一样,如果底部单元液体的温度过高(相对于容器蒸气空间的压力而言),翻滚将伴随着蒸气逸出的增加。有时这种增加速度快且量大。在有

些情况下,容器内部的压力增加到一定程度将引起泄压阀的开启。

潜在翻滚事故出现之前,通常有一个时期其气化速率远低于正常情况。因此应密切监测气化速率以保证液体不是在积蓄热量。如果对此有怀疑,则应设法使液体循环以促进混合。通过良好的储存管理,翻滚可以防止。最好将不同来源和组分不同的 LNG 分罐储存,如果做不到,在注入储罐时应保证充分混合用于调峰的 LNG。高含氮量在储罐注入停止后不久也可能引起翻滚。经验表明,预防此类型翻滚的最好方法是保持 LNG 的含氮量低于 1%,并且密切监测气化速率。

2) 非常规天然气

非常规天然气主要包括页岩气、煤层气、天然气水合物等。

①页岩气(Shale Gas):是指主体位于暗色泥页岩或高碳泥页岩中,以吸附或游离状态为主要存在方式的天然气聚集。在页岩气藏中,天然气也存在于夹层状的粉砂岩、粉砂质泥岩、高碳泥岩、泥质粉砂岩甚至砂岩地层中,因此,从某种意义上来说,页岩气藏的形成是天然气在烃源岩中大规模滞留的结果,属于自生、自储、自封闭的成藏模式。其中页岩中的吸附气量和游离气量大约各占 50%。页岩气的主要成分和热值等气体性质与常规天然气相似,以甲烷(CH_4)为主,含有少量乙烷(C_2H_6)、丙烷(C_3H_8)。截至 2007 年年底,全球页岩气资源量为 $456.24 \times 10^{12} \text{m}^3$,占全球非常规气资源量的近 50%,主要分布在北美(占 23.8%)、中亚和中国(占 21.9%)、拉美(占 13.1%)、中东和北非(占 15.8%)。

②煤层气(Bed Coal Gas):是一种以吸附状态为主,生成并储存在煤系地层中的非常规天然气(随采煤过程产出的煤层气混有较多空气俗称煤矿瓦斯)。煤层气的主要成份是甲烷(CH_4),但相对于常规天然气含量较低,可用作燃料和化工产品的上等原料,具有很高的经济价值。资料显示,国际上 74 个国家煤层气资源量 268 万亿 m^3 ,主要分布在俄罗斯、加拿大、中国、澳大利亚、美国、德国、波兰、英国、乌克兰、哈萨克斯坦、印度、南非等 12 个国家,其中美国、加拿大、澳大利亚、中国已形成煤层气产业。煤层气资源位列前三位的国家分别为俄罗斯、加拿大、中国。我国煤层气资源丰富,据煤层气资源评价,我国埋深 2000 m 以浅煤层气地质资源量约 36 万亿 m^3 ,主要分布在华北和西北地区。

③天然气水合物(Natural Gas Hydrate,简称 Gas Hydrate):是分布于深海沉积物或陆域的永久冻土中,由天然气与水在高压低温条件下形成的类冰状的结晶物质。形成天然气水合物的主要气体为甲烷(CH_4),对甲烷分子含量超过 99% 的天然气水合物通常称为甲烷水合物(Methane Hydrate)。因天然气水合物的外观像冰一样而且遇火即可燃