

祖因希 主编

# 液化石油气操作技术 与安全管理

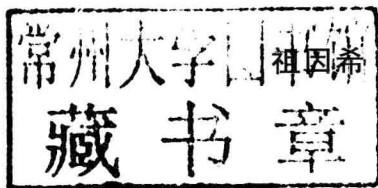
▶ 第三版



化学工业出版社

# 液化石油气操作技术与安全管理

第三版



主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书共九章。第一、二章分别介绍了液化石油气的来源、物理化学特性及其对安全使用的影响；第三、四、五章分别介绍了液化石油气的运输、储存和升压混气设备的性能构造、操作使用与维护保养；第六章介绍了液化石油气的装卸、充灌、汽化、混气等工艺与操作；第七章介绍了液化石油气站的建设布局和有关规定；第八章介绍了液化石油气站的安全管理组织、任务、质量管理体系和主要管理制度；第九章介绍了液化石油气常见事故的防范预案及火灾处理。

本书内容系统、完整，语言通俗易懂，引用标准先进，实用性强，可作为液化石油气安装、操作、使用和管理人员的培训教材，也可供从事液化石油气的工程技术人员参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

液化石油气操作技术与安全管理/祖因希主编. —3版.

北京: 化学工业出版社, 2009.9

ISBN 978-7-122-04919-3

I. 液… II. 祖… III. 液化石油气-石油与天然气  
储运-安全技术 IV. TU996

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 026302 号

---

责任编辑: 陈有华 李姿娇      装帧设计: 于 兵  
责任校对: 吴 静

---

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 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司  
850mm×1168mm 1/32 印张 14 字数 373 千字  
2010 年 1 月北京第 3 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: 25.00 元

版权所有 违者必究

# 前 言

《液化石油气操作技术与安全管理》自出版以来，为促进液化石油气的安全使用发挥了一定的作用，受到了广大读者的欢迎，已连续修订重印多次。但是，随着科学技术和我国国民经济的迅猛发展，以及国家安全管理措施的不断改进，原书暴露出一些不足。例如，书中的章节结构还不够完善，不能完全适应培训教材的要求；书中有些数据和内容已滞后于新技术、新规范的要求，所采用的国家标准多数已被新的标准取代，需进行相应的修改等。广大读者也迫切希望对原书进行修订再版，使其发挥更好的作用。为此我们对原书作了修改和补充。

此次修订的重点是：进一步协调各章节之间的关系，使其内容安排和衔接更为合理；充分考虑不同读者层次的要求，增强其适应性，方便阅读和理解；充实新知识、新技术、新工艺和新方法等方面的内容，力求反映出液化石油气安全使用的最新成果；采用新的国家标准，使其内容更加规范化，更具有实用性。

修订后本书内容共有九章，分别充实和介绍了液化石油气的理化特性；液化石油气的运输、储存、升压混气等设备的性能、操作与维护保养；民用液化石油气设备的安全使用；储配和汽化站的建设布局、安全管理以及液化石油气泄漏着火事故的防范处理措施与消防等知识。

本书由祖因希主编，董现杰、王永田主审，参加编写的人员还有许家秋、李国才、来永强、邵泽恩、代伟成、周润润等。王希波、徐仰士、赵文杰、王莉、张华为本书的修编给予了极大的帮助，在此一并表示感谢。

由于编者水平所限，书中可能存在不妥之处，欢迎读者给予批评指正。

**编者**

**2009年9月**

# 第一版前言

液化石油气是一种易燃、易爆的危险物质，在生产运输、储存和使用过程中极易发生事故。近几年来，随着液化石油气在工业与民用方面的广泛应用，因操作和管理不慎而发生的人身伤亡及财产损失的事故也屡见不鲜。为此，国家有关部门先后颁布了有关液化石油气建设、运输、储存、使用和管理等方面的安全法规，对液化石油气的安全使用和管理作出了规定与要求，为做好对这些安全法规的宣传学习，提高液化石油气操作、使用和管理人员的技术水平和安全操作技能，特编写本书。

本书从基本原理出发，分别介绍了液化石油气的组成及其物理、化学特性；液化石油气运输、装卸、充灌操作技术；液化石油气储存、灌装设备的性能、构造、使用与维护保养；液化石油气站的建设与管理；事故处理与消防等应知、应会基本知识。书的内容力求全面、系统、通俗、易懂。该书可作为液化石油气安装、操作、管理人员的培训教材，也可供从事液化石油气工作的技术人员参考。

本书第一章的一、二节和第七章的二、三节由邵泽恩编写；第一章的三、四节和第二章由来永强编写；第三章和第七章的一、四节由李国才编写；第四、第五、第六、第八章由祖因希编写。全书由祖因希主编，许家秋审阅，山东省劳动厅锅炉处郑琿、赵秀兰审定。在编写过程中得到了临沂市石油液化气公司、临沂市消防分局、山东省劳动厅锅炉处、青岛化工学院等单位的大力支持和帮助，在此深表谢意。同时，我们诚恳希望读者对书中的不足提出批评。

编者

2000年4月

## 第二版前言

《液化石油气操作技术与安全管理》(第一版)自2000年8月出版后,深受读者的欢迎,已连续印刷了四次,为促进液化石油气的安全使用发挥了一定的作用。随着科学技术和我国国民经济的迅猛发展,以及国家安全生产管理与监督体制的变化,使本书(第一版)的部分内容稍显陈旧。例如,有些数据和内容已滞后于新技术、新规范的要求;书中部分章节的编排结构需要调整完善;有关的标准规范应采用新的国家标准等。为了更好地满足广大读者的需要,我们对本书(第一版)进行了修改补充,编写了《液化石油气操作技术与安全管理》(第二版)。

修改的重点是,充实新知识、新技术、新工艺和新方法等方面的内容,体现出液化石油气安全使用的新成果;使内容安排和衔接更为合理,方便阅读和理解;采用最新的国家标准,使其内容更加规范,更具有实用性。

本书第二版的内容共有10章,分别充实和介绍了液化石油气的理化特性;储配、混气和汽化站的建设布局;液化石油气的运输、储存、升压、混气和灌装设备的性能、操作与维护保养;民用液化石油气设备的安全使用;以及液化石油气火灾事故的防范措施与消防等应知应会基本知识。内容紧扣最新版本的国家相关标准和技术规范,使之更好地满足当前液化石油气使用和安全管理的需要。

本书由祖因希主编,董现杰、周建亚主审,参加编写的人员还有来永强、李国才、许家秋、徐宝华、代伟成、邵泽恩等。匡立军、杨田金、周润润、潘月飞、周华为本书的修编工作给予了极大的帮助,在此一并表示感谢。

由于编者水平所限,书中不足在所难免,恳请读者批评指正。

编者

2004年2月

# 目 录

<b>第一章 液化石油气的来源和利用</b> .....	1
<b>第一节 液化石油气的来源</b> .....	2
一、由炼油厂石油气中获取 .....	2
二、由油田伴生气中获取 .....	2
三、由天然气中获取 .....	2
<b>第二节 液化石油气的质量和危害</b> .....	3
一、液化石油气的杂质 .....	3
二、液化石油气的质量 .....	4
三、液化石油气的危害与防护 .....	4
<b>第三节 液化石油气的利用</b> .....	6
一、用于有色金属冶炼 .....	7
二、窑炉焙烧 .....	7
三、作汽车燃料 .....	7
四、居民生活燃用 .....	8
<b>第二章 液化石油气的特性</b> .....	10
<b>第一节 液化石油气的化学成分</b> .....	10
一、分子、原子与混合物 .....	10
二、烷烃 .....	11
三、烯烃 .....	12
<b>第二节 液化石油气的物理特性</b> .....	14
一、液化石油气的状态参数 .....	14
二、液化石油气的物理特性 .....	17
<b>第三节 液化石油气的燃烧特性</b> .....	26
一、液化石油气的燃烧 .....	26
二、液化石油气的爆炸及其爆炸极限 .....	31



第四节 液化石油气特性及其对安全的影响 .....	34
一、液化石油气的一般特性 .....	34
二、液化石油气特性对安全使用的要求 .....	35
<b>第三章 液化石油气的运输 .....</b>	<b>38</b>
第一节 液化石油气的运输方式 .....	38
一、管道运输 .....	38
二、槽船运输 .....	40
三、铁路罐车运输 .....	40
四、瓶装运输 .....	41
五、汽车罐车运输 .....	42
第二节 液化石油气汽车罐车 .....	42
一、汽车罐车的类型及特点 .....	43
二、汽车罐车的基本结构 .....	49
第三节 汽车罐车的安全附件及装置 .....	54
一、安全阀 .....	54
二、紧急切断装置 .....	57
三、液面计 .....	63
四、压力表和温度计 .....	66
五、消除静电装置和消防装置 .....	68
第四节 汽车罐车的安全管理 .....	68
一、罐车的登记和使用 .....	69
二、罐车的装卸作业 .....	70
三、罐车的行驶及停放 .....	72
第五节 汽车罐车的定期检验 .....	72
一、检验前的准备工作及注意事项 .....	73
二、汽车罐车的年度检验 .....	73
三、汽车罐车的全面检验 .....	77
四、罐车的检验资料 .....	79
<b>第四章 液化石油气的储存设备 .....</b>	<b>80</b>
第一节 储存设备的分类及构造 .....	80
一、卧式圆筒储罐 .....	80

二、球形储罐 .....	81
第二节 储存设备的材料与制造 .....	85
一、材料的选用要求 .....	85
二、储存设备常用材料的性能 .....	87
三、罐体的设计与制造 .....	87
第三节 储存设备的安全附件 .....	92
一、安全附件 .....	93
二、检测仪表 .....	103
第四节 储存设备的安全使用与管理 .....	109
一、罐体的充装量 .....	109
二、液化石油气储运设备的无损检验 .....	111
三、储罐的定期检验 .....	113
第五节 液化石油气钢瓶 .....	115
一、液化石油气钢瓶的构造及附件 .....	115
二、钢瓶的供应形式 .....	120
三、液化石油气钢瓶的安全使用 .....	122
四、液化石油气钢瓶的定期检验 .....	126
<b>第五章 液化石油气升压混气设备 .....</b>	<b>131</b>
第一节 压缩机 .....	131
一、活塞式压缩机的结构和工作原理 .....	132
二、压缩机的型号及其意义 .....	134
三、压缩机的主要零部件及其装配间隙 .....	136
四、压缩机的安装、使用与维护保养 .....	142
五、压缩机常见故障及排除方法 .....	147
第二节 液化石油气泵 .....	149
一、烃泵的结构及工作原理 .....	150
二、烃泵的型号、意义及其选用 .....	151
三、烃泵的安装 .....	153
四、烃泵的操作使用与维护保养 .....	155
五、烃泵的故障原因与修理 .....	157
第三节 汽化与混气设备 .....	158
一、汽化器 .....	158

二、混气机 .....	164
三、调压器 .....	172
四、可燃气体报警仪 .....	175
第四节 真空泵和灌装秤 .....	176
一、真空泵 .....	176
二、灌装秤 .....	179
<b>第六章 液化石油气储配工艺与操作</b> .....	<b>183</b>
第一节 液化石油气储配工艺及参数 .....	183
一、液化石油气站操作岗位设置 .....	183
二、液化石油气储、灌工艺流程 .....	184
三、液化石油气储配工艺设计参数及储、灌方式 .....	186
第二节 液化石油气的装卸操作 .....	189
一、压缩机装卸法 .....	189
二、烃泵装卸法 .....	194
三、加热装卸法 .....	197
四、静压差装卸法 .....	201
五、压缩气体装卸法 .....	202
第三节 液化石油气的灌瓶 .....	203
一、压缩机灌瓶 .....	203
二、烃泵灌瓶 .....	205
三、烃泵-压缩机联合灌装 .....	206
第四节 储罐倒罐 .....	213
一、储罐倒罐的原因 .....	213
二、压缩机倒罐 .....	214
三、烃泵倒罐 .....	215
四、倒罐操作规程 .....	216
第五节 液化石油气的残液回收 .....	219
一、压缩机回收残液 .....	219
二、烃泵回收残液 .....	220
三、残液回收操作规程 .....	221
第六节 液化石油气的汽化与混气 .....	222
一、液化石油气的汽化 .....	222

二、液化石油气的混气 .....	227
<b>第七章 液化石油气站的建设 .....</b>	<b>231</b>
<b>第一节 液化石油气站的建设与布局 .....</b>	<b>231</b>
一、液化石油气站的基本条件 .....	231
二、液化石油气站站址的选择 .....	234
三、液化石油气站建设的要求 .....	236
<b>第二节 液化石油气站的建筑布置 .....</b>	<b>237</b>
一、液化石油气站的总平面布置 .....	237
二、储罐区及其构筑物的布置 .....	240
三、灌装区建筑物及设备的布置 .....	245
四、汽化混气间及设备的布置 .....	248
五、管道系统的布置 .....	249
<b>第三节 液化石油气站的电力设施 .....</b>	<b>251</b>
一、液化石油气站的用电设计 .....	251
二、液化石油气站的雷电防护 .....	255
三、液化石油气站的防静电措施 .....	257
<b>第四节 液化石油气站建设工程验收 .....</b>	<b>261</b>
一、土建工程的检查验收 .....	261
二、机械设备的检查验收 .....	262
三、管道的检查验收 .....	262
四、电气工程和防雷防爆设施的检查验收 .....	266
五、安装工程的竣工检查 .....	266
<b>第五节 液化石油气站工艺装置的置换 .....</b>	<b>267</b>
一、工艺系统的吹洗 .....	267
二、工艺系统的置换 .....	267
三、开车试运行 .....	270
<b>第八章 液化石油气站的安全管理 .....</b>	<b>273</b>
<b>第一节 安全管理机构及任务 .....</b>	<b>273</b>
一、安全管理机构 .....	274
二、安全管理的任务 .....	275
三、安全技术教育与培训 .....	277

四、依法凭证经营 .....	279
第二节 安全工作质量管理 .....	283
一、质量管理体系 .....	284
二、质量管理手册 .....	287
第三节 安全管理制度 .....	292
一、安全管理制度 .....	292
二、安全管理制度的主要内容 .....	293
第四节 安全检查与事故隐患整改 .....	306
一、安全检查的内容 .....	306
二、安全检查的种类 .....	307
三、安全检查的方法 .....	309
四、事故隐患整改 .....	312
第五节 安全防范措施 .....	313
一、防火安全措施 .....	313
二、防泄漏安全措施 .....	320
三、防雷电安全措施 .....	321
四、其他安全防范要求 .....	324
<b>第九章 事故处理与消防 .....</b>	<b>326</b>
第一节 事故致因与基本特征 .....	326
一、事故的一般原因 .....	326
二、事故的基本特征 .....	329
三、事故的规律性 .....	330
四、事故的分类与处理 .....	331
第二节 火灾和灭火基本方法 .....	335
一、火源的分类 .....	335
二、火灾的分类与等级 .....	336
三、灭火原理及基本方法 .....	338
第三节 灭火剂及消防设施 .....	339
一、灭火沙与石棉被 .....	340
二、消防用水 .....	340
三、二氧化碳灭火剂及灭火器 .....	343
四、泡沫灭火剂及灭火器 .....	345

五、干粉灭火剂及灭火器 .....	348
六、灭火器材的配置 .....	352
第四节 液化石油气事故的排除与注意事项 .....	353
一、液化石油气火灾的危险性 .....	353
二、堵漏技术与方法 .....	355
三、液化石油气泄漏事故的排除 .....	360
四、液化石油气火险的扑救 .....	366
五、其他火灾的扑灭 .....	369
第五节 事故应急救援技术预案及事故应急救援操作规程 .....	370
一、事故应急救援技术预案 .....	371
二、事故应急救援操作规程 .....	376
<b>附录</b> .....	381
附录一 特种设备安全监察条例 .....	381
附录二 危险化学品安全管理条例 .....	401
附录三 气瓶安全监察规定 .....	417
附录四 液化石油气瓶充装站安全技术条件 .....	425
<b>参考文献</b> .....	433

# 第一章 液化石油气的来源和利用

自然界中存在着无数的由碳与氢化合而成的有机物，通常称其为碳氢化合物。在有机化学中，这类碳氢化合物被简称为烃（表示烃取自碳字中“火”和氢字中的“气”组合而成）。液化石油气是一种低碳数的烃类混合物，它在常温常压下呈气体状态，只有在增高压力或降低温度的条件下，才变成液体，故称为液化石油气。

液化石油气的问世和发展是同石油化学工业的发展分不开的。1892年，荷兰首先利用天然气进行试验，获得了液化甲烷，从而为石油气的液化奠定了理论基础。20世纪初叶，沃尔特斯林博士（Dr. Walter Snelling）对汽油进行稳定性试验，发现汽油挥发出来的气体在一定温度和压力条件下可凝结为液体，并成功地从天然气中提取了丙烷和丁烷。随后，德国、美国、日本、法国、意大利和东欧一些国家也相继生产和使用了液化石油气。近半个世纪以来，随着对石油资源的开发和炼油化工工业的发展，不仅石油资源丰富的国家的液化石油气有了迅速发展，而且一些资源贫缺的国家也大量地发展液化石油气。

我国从1965年开始，在北京、天津、哈尔滨、沈阳、上海和南京等石油化学工业发达的城市，以及一些石油炼油厂所在地区，先后使用液化石油气作为民用燃料。此后各大城市相继建设了液化石油气民用供应系统。由于液化石油气作为民用燃料具有节能、清洁、使用方便等优点，其使用越来越普及。目前，我国东部地区的乡镇和中部地区的大多数县城、乡镇居民使用了液化石油气，农村居民中使用液化石油气的已占到总户数的1/3。

## 第一节 液化石油气的来源

液化石油气主要来源于炼油厂石油气和油田伴生气，在石油炼厂和石油化工厂的常减压蒸馏、热裂化、催化裂化、催化重整及延迟焦化等加工过程中都可以得到液化石油气。也可从天然气中获取液化石油气，从油田出来的原油和湿气混合物经气液分离器分离，再将湿气中的丙烷、丁烷等组分分离出来，就得到所需的液化石油气。因此说液化石油气是一种石油产品。

### 一、由炼油厂石油气中获取

炼油厂石油气是在石油炼制和加工过程中所产生的副产气体，其数量取决于炼油厂的生产方式和加工深度，一般约为原油重量的4%~10%。根据炼油厂的生产工艺，可分为蒸馏气、热裂化气、催化裂化气、催化重整气和焦化气等5种。这5种气含有C<sub>1</sub>~C<sub>5</sub>组分，利用分离吸收装置将其中的C<sub>3</sub>、C<sub>4</sub>组分分离提炼出来，就可得到液化石油气。目前，从炼油厂催化裂化气中回收液化石油气是国内民用液化石油气的主要来源。

### 二、由油田伴生气中获取

油田伴生气是石油开采过程中产生的副产气体，它本身就是存在于储油层地质构造中的可燃气体，这种气体中含有10%~40%的丙烷、丁烷、戊烷和高碳烷烃。在石油开采过程中，石油和油田伴生气同时喷出，利用装在油井上面的油气分离装置，将石油与油田伴生气分离。油田伴生气中含有5%左右的丙烷、丁烷组分，再利用吸收法把它们提取出来，可得到丙烷纯度很高而含硫量很低的高质量液化石油气。一般开采1t石油可得到50m<sup>3</sup>左右的石油伴生气，可制取5%的液化石油气。欧美、日本等国家供应的液化石油气，多数属于这种。

### 三、由天然气中获取

从地下开采出来的纯天然气（气田气）分为干气和湿气两种。湿气中的甲烷含量在90%以下，乙烷、丙烷、丁烷等烷烃含量在



10%以上,天然气经过加压、分馏后,用柴油喷淋吸收,再经过分馏塔,在1.6MPa压力下冷凝为液态,即形成液化石油气。据有关资料介绍,我国天然气产量由1949年的0.1亿立方米,上升到2002年的316亿立方米,居世界第16位,已成为世界石油天然气消费大国。预计到2020年,天然气在一次能源消费中,所占比例将由目前的2.7%增长到10%以上。

此外,还可以在燃料加氢和半焦化制取人造石油的工厂中获取液化石油气。从水煤气生产合成汽油的工厂中,也能回收液化石油气。

## 第二节 液化石油气的质量和危害

在液化石油气的提取过程中,有些杂质会不可避免地存在于其中,虽然这些杂质数量很少,但却具有一定的危害作用,需要对其进行严格的控制。

### 一、液化石油气的杂质

(1) 硫化物 硫化物(如硫化氢)是液化石油气中的主要有害物质,它不但腐蚀设备和管道,导致液化石油气泄漏,而且污染大气,危害人体健康。因此,要尽量将液化石油气中的硫化物除掉。但在民用液化石油气中,为了便于察觉其泄漏,又常用微量的甲硫醇( $\text{CH}_3\text{SH}$ )、甲硫醚 $[(\text{CH}_3)_2\text{S}]$ 等硫化物作加臭剂。

(2) 水分 水分也是液化石油气中的有害物质,它除了和硫化物共同对设备和管道起腐蚀作用外,在寒冷地区还容易结冰,造成管道和阀门堵塞,甚至破裂。水和水蒸气与液态和气态碳氢化合物生成结晶水化物,使管道、阀门、流量计的流通截面面积减小,影响流通。因此,应尽量将其排除。

(3) 二烯烃 二烯烃一般存在于炼厂液化石油气之中,它能聚合成相对分子质量高达 $4 \times 10^5$ 的橡胶状固体聚合物,在气体中,当温度大于 $60 \sim 70^\circ\text{C}$ 时即开始聚合。含有二烯烃的液化石油气在升压汽化器的加热面上生成固体聚合物,使汽化器不能正常工作。