

祖因希  
主编

# 液化石油气操作技术 与安全管理

▶ 第二版

化学工业出版社



# 液化石油气操作技术 与安全管理

第二版

祖因希 主编



化学工业出版社

·北京·

# (京) 新登字 039 号

## 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. —2 版.  
北京: 化学工业出版社, 2004. 4  
ISBN 7-5025-5468-8

I. 液… II. 祖… III. 液化石油气-操作技术-安全管理 IV. TE687

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 041685 号

---

### 液化石油气操作技术与安全管理

第二版

祖因希 主编

责任编辑: 陈有华

文字编辑: 廉 静

责任校对: 李 林

封面设计: 于 兵

\*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

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

\*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印刷

三河市前程装订厂装订

开本 850 毫米×1168 毫米 1/32 印张 11 $\frac{3}{4}$  字数 313 千字

2004 年 5 月第 2 版 2004 年 5 月北京第 6 次印刷

ISBN 7-5025-5468-8/X·449

定 价: 22.00 元

---

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

## 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错误和不足提出批评。

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，书中错误在所难免，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 液化石油气的利用</b> .....	3
一、用于有色金属冶炼 .....	3
二、窑炉焙烧 .....	3
三、作汽车燃料 .....	4
四、居民生活燃用 .....	4
<b>第二章 液化石油气的特性</b> .....	5
<b>第一节 液化石油气的化学成分</b> .....	5
一、烷烃 .....	5
二、烯烃 .....	7
三、液化石油气的质量要求 .....	7
<b>第二节 液化石油气的物理特性</b> .....	9
一、液化石油气的状态参数 .....	9
二、液化石油气的物理特性 .....	12
<b>第三节 液化石油气的燃烧特性</b> .....	21
一、液化石油气的燃烧 .....	21
二、液化石油气的爆炸及其爆炸极限 .....	26
<b>第四节 液化石油气特性及其对安全的影响</b> .....	28
一、液化石油气的一般特性 .....	28
二、液化石油气特性对安全使用的要求 .....	30
<b>第三章 液化石油气储配站</b> .....	33
<b>第一节 液化石油气储配站的建设</b> .....	33
一、储配站的工作任务和条件 .....	33

二、储配站站址的选择 .....	34
三、储配站的建设规定 .....	36
第二节 储配站的建筑布局 .....	37
一、储配站的总平面布局 .....	37
二、储罐区及其构筑物的布局 .....	40
三、灌装区建筑物及设备的布局 .....	44
四、管道系统的布置要求 .....	47
第三节 储配站的电力设施 .....	49
一、储配站的用电设计 .....	49
二、储配站的雷电防护 .....	52
三、储配站的防静电措施 .....	54
第四节 储配站建设工程验收 .....	56
一、土建工程的检查 .....	57
二、机械设备的检查 .....	57
三、管道的检查 .....	58
四、电气工程和防雷防爆设施的检查验收 .....	62
五、安装工程的竣工检查 .....	62
第五节 储配站工艺装置的置换和运行 .....	62
一、工艺系统的吹洗 .....	62
二、工艺系统的置换 .....	63
三、开车运行 .....	66
四、储配站的审查验收 .....	68
第四章 液化石油气混气站 .....	70
第一节 混气站的建设与布局 .....	70
一、混气站的建设 .....	71
二、混气站的布局 .....	71
三、混气工艺要求 .....	74
第二节 液化气混气设备 .....	75
一、文丘里引射式混合器 .....	75
二、高压比例式混合器 .....	76
三、汽化/混气一体机 .....	77
四、随动流量混合器 .....	78
五、小型配比式混合器 .....	79



第三节	调压控制设备及报警装置 .....	80
一、	燃气调压箱 .....	80
二、	控制台与控制系统 .....	81
三、	可燃气体报警仪 .....	81
第四节	燃气汽车加气站 .....	82
一、	加气站的建设和布局 .....	83
二、	加气工艺设施 .....	85
三、	电气装置 .....	85
第五章	液化石油气储配工艺与操作 .....	87
第一节	液化石油气储配工艺及参数 .....	87
一、	液化石油气储配站操作岗位设置 .....	87
二、	液化石油气储、灌工艺流程 .....	88
三、	液化石油气储配工艺设计参数及储、灌方式 .....	90
第二节	液化石油气的装卸操作 .....	93
一、	压缩机装卸法 .....	93
二、	烃泵装卸法 .....	96
三、	加热装卸法 .....	100
四、	静压差装卸法 .....	102
五、	压缩气体装卸法 .....	103
第三节	液化石油气的灌瓶 .....	104
一、	压缩机灌瓶 .....	104
二、	烃泵灌瓶 .....	105
三、	烃泵-压缩机联合灌装 .....	106
第四节	储罐倒罐 .....	109
一、	储罐倒罐的原因 .....	109
二、	压缩机倒罐 .....	110
三、	烃泵倒罐 .....	112
第五节	液化石油气的残液回收 .....	113
一、	压缩机回收残液 .....	113
二、	烃泵回收残液 .....	115
第六章	液化石油气的运输 .....	117
第一节	液化石油气的运输方式 .....	117
一、	管道运输 .....	117

二、槽船运输 .....	117
三、铁路罐车运输 .....	118
四、瓶装运输 .....	118
五、汽车罐车运输 .....	118
第二节 液化石油气汽车罐车 .....	119
一、汽车罐车的类型及特点 .....	119
二、汽车罐车的基本结构 .....	126
第三节 汽车罐车的安全附件及装置 .....	131
一、安全阀 .....	131
二、紧急切断装置 .....	135
三、液面计 .....	141
四、压力表和温度计 .....	146
五、消除静电装置和消防装置 .....	147
第四节 汽车罐车的安全管理 .....	147
一、罐车的登记和使用 .....	148
二、罐车的装卸作业 .....	149
三、罐车的运输及停放 .....	151
第五节 汽车罐车的定期检验 .....	151
一、检验前的准备工作及注意事项 .....	152
二、汽车罐车的年度检验 .....	152
三、汽车罐车的全面检验 .....	156
四、罐车的检验资料 .....	158
<b>第七章 液化石油气的储存设备 .....</b>	<b>159</b>
第一节 储存设备的分类及构造 .....	159
一、卧式圆筒罐 .....	159
二、球形罐 .....	159
第二节 储存设备的材料与制造 .....	162
一、材料的选用要求 .....	162
二、储存设备常用材料 .....	163
三、罐体的制造 .....	164
第三节 储存设备的安全附件 .....	166
一、安全附件 .....	167
二、检测仪表 .....	178

第四节	储存设备的安全使用与管理 .....	184
一、	罐体的充装量 .....	185
二、	液化石油气储运设备的无损检验 .....	186
三、	储罐的定期检验 .....	188
第八章	液化石油气的升压设备 .....	191
第一节	压缩机 .....	191
一、	活塞式压缩机的结构形式和工作原理 .....	191
二、	活塞式压缩机的型号及其意义 .....	195
三、	活塞式压缩机的主要零部件及其装配间隙 .....	196
四、	压缩机的安装、使用与维护保养 .....	203
五、	压缩机常见故障及排除方法 .....	208
第二节	液化石油气泵 .....	209
一、	烃泵的结构型式及工作原理 .....	210
二、	烃泵的型号意义及其选用 .....	211
三、	烃泵的安装 .....	213
四、	烃泵的操作使用与维护保养 .....	216
五、	烃泵的故障原因与修理 .....	217
第三节	汽化器 .....	219
一、	汽化器的结构型式及工作原理 .....	219
二、	汽化器的选用原则 .....	226
三、	汽化器的操作使用与维护保养 .....	226
四、	汽化器常见故障及排除 .....	227
第四节	真空泵和灌装秤 .....	228
一、	真空泵 .....	228
二、	灌装秤 .....	230
第九章	液化石油气钢瓶与安全须知 .....	235
第一节	液化石油气钢瓶 .....	235
一、	液化石油气钢瓶及附件 .....	235
二、	钢瓶的供应形式 .....	240
三、	钢瓶供应站 .....	242
第二节	钢瓶的检验与安全使用 .....	242
一、	钢瓶的定期检验 .....	242
二、	液化石油气钢瓶的安全使用 .....	246

三、民用液化石油气设备常见故障及处理 .....	249
第三节 液化石油钢瓶超装的危险性 .....	250
一、钢瓶超装的危害 .....	250
二、钢瓶超装爆破的特征 .....	251
三、钢瓶满液时内压力变化的分析计算 .....	252
第十章 液化石油气安全管理与消防 .....	255
第一节 安全管理机构及制度 .....	255
一、安全管理机构及任务 .....	255
二、安全管理制度 .....	257
三、安全技术教育与培训 .....	271
第二节 液化石油气站的安全防范措施 .....	273
一、加强明火管理, 严防火种进入 .....	273
二、站内动火, 须经审批 .....	275
三、搞好事故抢险演练, 及时堵住泄漏点 .....	279
四、搞好电气管理, 预防电火花产生 .....	283
五、其他防范措施及要求 .....	284
第三节 液化石油气的火灾与扑救 .....	285
一、火源的分类 .....	286
二、液化石油气的火灾危害 .....	287
三、灭火原理及基本方法 .....	289
四、液化石油气火灾的扑救 .....	290
第四节 灭火剂及消防设施 .....	293
一、消防用水 .....	293
二、二氧化碳灭火剂及灭火器 .....	294
三、干粉灭火剂及灭火器 .....	296
四、卤代烷灭火剂及“1211”灭火器 .....	298
附录 .....	301
附录一 特种设备安全监察条例 .....	301
附录二 危险化学品安全管理条例 .....	321
附录三 气瓶安全监察规定 .....	341
附录四 液化石油气瓶充装站安全技术条件 (GB 17267—1998) .....	351
参考文献 .....	360

## 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“丷”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（20℃、100kPa）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（Dr. Walter Snelling）博士对汽油进行稳定性试验，发现汽油挥发出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。目前，已有120多个国家和地区自行生产或进口液化石油气用作燃料和化工原料。美国液化石油气的年用量约6000kt，日本年用量约为2000kt。

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。目前，我国东部地区的乡镇和中部地区的大多数县、乡城镇居民使用了液化石油气，并逐渐向农村普及。

## 第一节 液化石油气的来源

液化石油气目前主要来源于炼油厂石油气和油田伴生气。因此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，一般约为原油质量的4%~10%左右。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种气体含有 $C_1\sim C_5$ 组分，利用分离吸收装置将其中的 $C_3$ 、 $C_4$ 组分分离提炼出来，就获得液化石油气。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

在石油开采过程中，石油和油田伴生气同时喷出，利用装设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。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

天然气为干气和湿气两种。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，若将湿气中的丙烷、丁烷等组分分离出来，就得到所需的液化石油气。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。

液化石油气的质量与其来源和提取方法有关，一般从油田伴生气中获取的液化石油气的质量优于从炼油厂石油气中获取的液化石油气。

## 第二节 液化石油气的利用

随着石油化学工业的发展，液化石油气作为一种化工基本原料和新型燃料，已愈来愈受到人们的重视。在化工生产方面，液化石油气经过分离得到乙烯、丙烯、丁烯、丁二烯等，用来生产合成塑料、合成橡胶、合成纤维及生产医药、炸药、染料等产品。用液化石油气作燃料，由于其热值高、无烟尘、无炭渣，操作使用方便，已广泛地进入人们的生活领域。此外，液化石油气还用于切割金属，用于农产品的烘烤和工业窑炉的焙烧等。

### 一、用于有色金属冶炼

有色金属冶炼中要求燃料热质稳定，无燃炉产物，无污染，而液化石油气都具备了这些条件。液化石油气被加热气化后，可以方便地引入冶炼炉燃烧。山东金升有色金属集团公司已将液化石油气成功地用于德国克虏伯熔炼炉的铜冶炼工艺，代替了原煤气燃烧工艺，减少了硫、磷等杂质的危害，提高了铜材质量。

### 二、窑炉焙烧

我国的各种工业窑炉和加热炉历来以烧煤为主，这不仅造成能源的浪费，排出的烟气也严重污染着环境。为此，国家有关部门提出我国能源今后发展任务是：优化能源结构，建立世界级清洁、安全、高效的能量供应体系，建立能源技术发展促进机制等。为适应这一任务的要求，许多工业窑炉和加热炉改用液化石油气作燃料，如用液化石油气来烧制瓷砖；用液化石油气烘焙轧制薄板等，既减少了对空气的污染，又大大提高了产品的烧制质量。

### 三、作汽车燃料

据 2000 年我国城市环境状况公告显示，监测的 338 个城市中，超过国家大气质量二级标准的城市占到 63.5%，其中超过三级的有 112 个，我国大气污染已由工业废物、煤烟气型向光化学烟雾型转变，大城市中汽车排放尾气成为大气的主要污染源之一。目前，城市空气污染源中约有 70% 来自汽车的废气排放。为解决这一问题，自 20 世纪末，我国各大中城市相继建起了汽车加气站，用液化石油气替代汽油作汽车燃料，这一燃料品种的改变，极大地净化了城市空气质量，也是液化石油气利用的又一大发展方向。

### 四、居民生活燃用

居民生活燃用的液化石油气主要有管道输送和瓶装供给两种方式。

#### 1. 管道输送

管道输送方式主要集中在大中城市进行，它是由城市燃气公司把液化石油气与空气、液化石油气与煤气或液化石油气与化肥厂排放的空气等混合后，通过管道直接输送到居民家中使用，目前，许多城市都实现了这种供应形式。

#### 2. 瓶装供给

瓶装供给是通过一个密封钢瓶将液化石油气由储配站分配到各家各户，作为家庭灶具的供气源，它起源于 20 世纪 60 年代初，最早是在炼油厂和几个工业城市使用，现已发展到乡镇农村。在民用液化石油气中，以瓶装供给方式的范围最大，用户最多。我国仅东部地区就建有从事钢瓶供气的液化石油气储配站一万多个，有的个别乡镇平均建有 2 个以上。

由此可见，液化石油气的使用范围愈来愈广，使用量愈来愈大，发展愈来愈快。因此，加强对液化石油气知识的宣传学习，保证液化石油气的安全使用，是非常必要和迫切需要的。



## 第二章 液化石油气的特性

### 第一节 液化石油气的化学成分

液化石油气是由多种烃类气体组成的混合物，其主要成分是含有三个碳原子和四个氢原子的碳氢化合物，即：丙烷、正丁烷、异丁烷、丙烯、1-丁烯、顺式-2-丁烯、反式-2-丁烯和异丁烯八种重碳化合物，行业习惯上俗称碳三和碳四。另外还有少量的甲烷、乙烷、戊烷、乙烯和戊烯 [俗称碳一 ( $C_1$ )、碳二 ( $C_2$ ) 和碳五 ( $C_5$ )]，以及微量的硫化物、水蒸气等非烃化合物。碳原子少于三个的甲烷、乙烷和乙烯需要比较高的压力才能液化，碳原子高于四个的戊烷、戊烯在常温下呈液态，所以在正常情况下，这些都不是液化石油气的组分。

有机化学中，烃类混合物的化学式有分子式、结构式和示性式 3 种表示方法。分子式仅能表示分子中的碳原子和氢原子在数量上的关系。结构式能表示化合物分子中碳原子和氢原子的排列和结合方式，包括碳原子之间的价键数和键的位置。示性式是简化的结构式，它省略了结构式中碳原子和氢原子之间的短线，并把连在每个碳原子上的氢原子都合并书写。结构式和示性式中原子之间的短线代表结合的共价键，碳原子之间为一条线表示一价键或单键，有两条线则表示二价键或双键，因此，烃按其分子结构的不同，可分为烷烃和烯烃等。

#### 一、烷烃

烷烃化合物是构成液化石油气的主要化学成分，其化学分子式可用  $C_nH_{2n+2}$  ( $n \geq 1$ ) 表示。在烃的分子里，碳的化合价是四价，氢的化合价是一价。烷烃中碳原子与碳原子之间以单键相结合，而