

祖因希 主编

液化石油气

操作技术与安全管理

化学工业出版社



液化石油气操作技术 与安全管理

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. —北京:
化学工业出版社, 2000. 8
ISBN 7-5025-2923-3

I. 液… II. 祖… III. 液化石油气 石油与天然气储
运-安全技术 IV. TE88

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 64446 号

液化石油气操作技术与安全管理

祖因希 主编
责任编辑: 陈有华
责任校对: 蒋 宇
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)
<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京市管庄永胜印刷厂印刷
三河市东柳装订厂装订

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 8 $\frac{3}{4}$ 字数 237 千字
2000 年 8 月第 1 版 2000 年 8 月北京第 1 次印刷
印 数: 1—4000

ISBN 7-5025-2923-3/Z · 143

定 价: 16.00 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

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、五、六、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

内 容 提 要

本书共八章，第一章介绍了液化石油气的物理化学特性及其对安全使用的影响；第二、三、四章分别介绍了液化石油气运输、储存和升压输送设备的性能构造、操作使用与维护保养；第五章介绍了液化石油气站的建设布局及安装验收；第六章介绍了液化石油气装卸、充灌等工艺与操作；第七章介绍了民用液化石油气的设备及安全使用须知；第八章介绍了液化石油气站的安全管理、事故防范及消防。

本书内容完整、通俗易懂，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。

目 录

第一章 液化石油气的基本特性	1
第一节 液化石油气的来源与发展	1
一、液化石油气的来源	1
二、液化石油气的发展概况	2
第二节 液化石油气的化学成分	3
一、烷烃	3
二、烯烃	5
三、液化石油气的质量要求	6
第三节 液化石油气的物理特性	7
一、液化石油气的状态参数	7
二、液化石油气的物理特性	9
第四节 液化石油气的燃烧与爆炸	17
一、液化石油气的燃烧	17
二、液化石油气的爆炸及爆炸极限	19
第二章 液化石油气的运输	23
第一节 液化石油气的运输方式	23
一、管道运输	23
二、槽船运输	23
三、铁路罐车运输	24
四、瓶装运输	24
五、汽车罐车运输	24
第二节 液化石油气汽车罐车的基本结构	26
一、液化石油气汽车罐车的类型及特点	26
二、液化石油气汽车罐车的基本要求	30
三、液化石油气汽车罐车的基本结构	33
第三节 液化石油气的罐车罐体	35
一、基本结构	35

二、罐体设计要求	37
第四节 汽车罐车的安全附件及装置	38
一、安全阀	38
二、紧急切断装置	42
三、液面计	48
四、压力表和温度计	53
五、消除静电装置和消防装置	53
第五节 汽车罐车的安全使用及管理	54
一、罐车的登记和发证	54
二、对使用和管理人员的要求	55
三、建立健全各项制度	56
四、罐车的装卸作业	56
五、罐车的运输及停放	57
六、罐车的定期检验	58
第三章 液化石油气储存设备	65
第一节 储存设备的分类及构造	65
一、卧式圆筒罐	65
二、球形罐	65
第二节 储存设备的材料与制造	67
一、对材料选用的要求	67
二、储存设备常用材料	69
三、罐体的制造	70
第三节 储存设备的安全附件	72
一、安全附件	73
二、检测仪表	83
第四节 储存设备的安全使用与管理	88
一、罐体的充装量	88
二、液化石油气储运设备的无损检验	89
三、储罐的定期检验	92
第四章 液化石油气的升压输送设备	94
第一节 压缩机	94
一、活塞式压缩机的结构和工作原理	94
二、活塞式压缩机的型号及其意义	98

三、活塞式压缩机的主要零部件及其装配间隙	99
四、压缩机的安装、使用与维护保养	106
五、压缩机常见故障及排除方法	111
第二节 液化石油气泵	112
一、烃泵的结构及工作原理	113
二、烃泵的型号意义及选用	114
三、烃泵的安装	116
四、烃泵的操作使用与维护保养	117
五、烃泵的故障原因与修理	120
第三节 汽化器	121
一、汽化器的结构及工作原理	121
二、汽化器的操作使用与维护保养	124
三、汽化器常见故障及排除	125
第四节 真空泵和灌装秤	126
一、真空泵	126
二、灌装秤	128
第五章 液化石油气站	132
第一节 液化石油气站的基本条件与建设	132
一、液化石油气站的工作任务	132
二、液化石油气站的基本条件	132
三、液化石油气站站址的选择	133
四、液化石油气站的基本建设规定	135
第二节 液化石油气站的建筑布局	136
一、液化石油气站的总平面布局	136
二、储罐区及其构筑物的布局	138
三、灌装区建筑物及设备的布局	142
四、管道系统的布置	144
第三节 液化石油气站的电力设施	146
一、液化石油气站的用电设计	146
二、液化石油气站的防雷电	148
三、液化石油气站的防静电措施	150
第四节 液化石油气站建设工程的质量检查	153
一、土建工程的检查	153

二、机械设备的检查	153
三、管道的检查	154
四、电器工程和防雷防爆设施的检查	157
五、安装工程的竣工检查	158
第五节 液化石油气站工艺装置的吹洗置换与开车运行	158
一、工艺系统的吹洗	158
二、工艺系统的置换	159
三、开车运行	161
四、液化石油气站的审查验收	163
第六章 液化石油气储配工艺与操作	165
第一节 液化石油气站工艺过程及参数	165
一、液化石油气站操作岗位设置	165
二、液化石油气储、灌工艺流程	167
三、液化石油气站工艺设计参数及储、灌方式	168
第二节 液化石油气的装卸操作	170
一、压缩机装卸	171
二、烃泵装卸	174
三、加热装卸	177
四、静压差装卸	179
五、压缩气体装卸	180
第三节 液化石油气的灌瓶	181
一、压缩机灌瓶	181
二、烃泵灌瓶	182
三、烃泵-压缩机联合灌装	183
第四节 储罐倒罐	187
一、倒罐的原因	187
二、压缩机倒罐	188
三、烃泵倒罐	189
第五节 残液回收	190
一、压缩机回收残液	191
二、烃泵回收残液	192
第七章 液化石油气的民用与安全须知	194
第一节 液化石油气气瓶及配件	194

一、液化石油气气瓶、瓶阀、减压阀	194
二、气瓶的供应形式及安全要求	197
三、气瓶供应站	199
第二节 液化石油气气瓶的定期检验与安全使用	200
一、液化石油气气瓶的定期检验	200
二、液化石油气气瓶的安全使用	202
第三节 液化石油气过量充装的危险性	204
一、过量充装的危害	204
二、气瓶满液时内压力变化的计算公式	205
第四节 液化石油气的管输供应	206
一、概况	206
二、液化石油气的汽化方式	207
第八章 液化石油气站的安全管理与消防	209
第一节 液化石油气站的安全管理机构及制度	209
一、液化石油气站的安全管理机构及任务	209
二、液化石油气站的安全管理制度	211
三、安全技术教育与培训	224
第二节 液化石油气站的安全防范措施	226
一、加强明火管理，严防火种进入	226
二、站内动火，须经审批	227
三、做好事故抢险演练，及时堵住泄漏点	231
四、搞好电器管理，预防电火花产生	235
五、其他防范措施及要求	236
第三节 液化石油气的火灾与扑救	237
一、火源的分类	238
二、液化石油气的火灾危害	239
三、灭火原理及基本方法	240
四、液化石油气火灾的扑救	242
第四节 灭火剂及消防设施	244
一、消防用水	245
二、二氧化碳灭火剂及灭火器	246
三、干粉灭火剂及灭火器	247
四、卤代烷灭火剂及“1211”灭火器	249

附录	251
一、液化石油气组分及一些可燃气体性质	251
二、城市燃气安全管理规定	253
三、关于加强液化石油气站安全监察与管理的通知	260
四、关于贯彻《关于加强液化石油气站安全监察与管理的通知》 有关问题的意见	263
参考文献	264

第一章 液化石油气的基本特性

随着石油化学工业的发展，液化石油气作为一种化工生产的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、无灰渣，使用方便，已广泛地进入人们的生活领域。液化石油气还可以用来切割金属等；也可用于农产品的烘烤、工业窑炉的焙烧。可以预料，在科学技术高速发展的今天，液化石油气的用途将会越来越广泛。

液化石油气是一种低碳数的烃类混合物（在有机化学中，将碳氢化合物简称为烃，烃的字形即取碳字中的“火”和氢字中的“气”组合而成），它在常温常压下呈气体状态，只有在增加压力或降低温度的条件下，才变成液体，故称为液化石油气。构成液化石油气的主要成分是丙烷、正丁烷、异丁烷、丙烯、1-丁烯、顺-2-丁烯、反-2-丁烯和异丁烯等8种重碳氢化合物，俗称碳三（ C_3 ）和碳四（ C_4 ）以及少量的甲烷、乙烷、戊烷、乙烯和戊烯，俗称碳一（ C_1 ）、碳二（ C_2 ）和碳五（ C_5 ）。此外，还有微量的硫化物、水蒸气等非烃化合物。

第一节 液化石油气的来源与发展

一、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，因此说液化石油气是一种石油产品。

1. 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%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种气都含有 $C_1\sim C_5$ 组分，利用分离吸收装置将其中的 C_3 、 C_4 组分分离提取出来，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。

2. 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。

3. 由天然气中获取

天然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，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。

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。

二、液化石油气的发展概况

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。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 600kt，日本约为 200kt/a。

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、乡镇城镇居民使用了液化石油气，并逐渐向农村发展。以山东省为例，全省平均每个乡镇建有一个液化石油气站。在作为燃料的使用方面，由于液化石油气气化率大、燃料热值高、且不含有毒成分，北京、上海、广州、青岛等城市已将其应用到市内公共汽车和出租汽车上替代汽油燃烧，一些大中城市也正在准备建设用于汽车使用的液化石油气加气站。另外在金属冶炼、瓷砖焙烧等工业窑炉上，也改用液化石油气来代替煤气或柴油。这对于降低空气污染、加强环境保护是十分有利的，也是液化石油气进一步发展的一大方向。

第二节 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。烃化学式的表示有分子式、结构式和示性式 3 种。分子式仅能表示分子中碳原子和氢原子在数量上的关系。结构式是把碳原子间及氢原子间用短线联接起来，表示分子中碳原子和氢原子的排列情况，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，其分子通式可用 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，而其余的价键都与氢原子相连接，直至 4 个价键完全饱和为止，故烷烃又称饱和烃，其化学性质很不活泼。含有一个碳原子的烷烃称为甲烷，含有两个碳

原子的称为乙烷……，以此类推（甲、乙、丙、丁、戊、己、庚、辛、壬、癸）。当碳原子数在十个以上时，就用对应的数字来表示，例如， C_3H_8 称为丙烷， $C_{12}H_{26}$ 称为十二烷，低级烷烃的化学式及常温时的状态见表 1-1。

表 1-1 几种低级烷烃的化学式及常温时的状态

名称	相对分子质量	分子式	结构式	示性式	状态
甲烷	16.043	CH_4	$\begin{array}{c} H \\ \\ H-C-H \\ \\ H \end{array}$	CH_4	气体
乙烷	30.07	C_2H_6	$\begin{array}{c} H & H \\ & \\ H-C & -C-H \\ & \\ H & H \end{array}$	CH_3-CH_3	气体
丙烷	44.097	C_3H_8	$\begin{array}{c} H & H & H \\ & & \\ H-C & -C & -C-H \\ & & \\ H & H & H \end{array}$	$CH_3-CH_2-CH_3$	气体
正丁烷	58.124	C_4H_{10}	$\begin{array}{c} H & H & H & H \\ & & & \\ H-C & -C & -C & -C-H \\ & & & \\ H & H & H & H \end{array}$	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$	气体
异丁烷	58.124	C_4H_{10}	$\begin{array}{c} H & H & H \\ & & \\ H-C & -C & -C-H \\ & & \\ H & -C & -H \\ \\ H \end{array}$	$\begin{array}{c} H \\ \\ CH_3-C-CH_3 \\ \\ CH_3 \end{array}$	气体
正戊烷	72.151	C_5H_{12}	$\begin{array}{c} H & H & H & H & H \\ & & & & \\ H-C & -C & -C & -C & -C-H \\ & & & & \\ H & H & H & H & H \end{array}$	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$	液体
异戊烷	72.151	C_5H_{12}	$\begin{array}{c} H & H & H & H \\ & & & \\ H-C & -C & -C & -C-H \\ & & & \\ H & -C & -H & \\ \\ H \end{array}$	$\begin{array}{c} CH_3-CH-CH_2-CH_3 \\ \\ CH_3 \end{array}$	液体

从丁烷开始，每一种烷烃虽然分子式相同，但是由于分子结构不同，即分子内部原子的排列顺序不同，因而具有不同的性质，这样的化合物称为同分异构体。例如，丁烷的同分异构体有正丁烷（碳原子的连接为直链）和异丁烷（碳原子的连接有支链）两种。

二、烯烃

烯烃的分子通式为 C_nH_{2n} ($n \geq 2$)，烯烃的分子结构与烷烃相似，也是有直链和直链上带有支链的，所不同的是在烯烃分子中含有碳碳双键 ($C=C$)。当分子中碳原子数目相同时，烯烃分子中的氢原子要比烷烃分子中的氢原子少。由于烯烃分子中碳原子的价键没有饱和，故烯烃又称为不饱和烃，其化学性质相当活泼。烯烃分子中双键的位置和碳键排列的结构不同，都会出现异构现象，所以它的同分异构体要比同样碳原子数目的烷烃多。烯烃的命名与烷烃相近，即含有两个碳原子的烯烃称为乙烯，含有 3 个、4 个碳原子的烯烃分别称为丙烯、丁烯。低级烯烃的化学式及常温时的状态见表 1-2。

表 1-2 几种低级烯烃的化学式及常温时的状态

名称	相对分子质量	分子式	结构式	示性式	状态
乙 烯	28.054	C_2H_4	$\begin{array}{c} H-C=C-H \\ \quad \\ H \quad H \end{array}$	$CH_2=CH_2$	气体
丙 烯	42.081	C_3H_6	$\begin{array}{c} H \quad H \\ \quad \\ H-C=C-C-H \\ \quad \\ H \quad H \end{array}$	$CH_2=CH-CH_3$	气体
1-丁烯	56.108	C_4H_8	$\begin{array}{c} H \quad H \quad H \\ \quad \quad \\ H-C=C-C-C-H \\ \quad \quad \\ H \quad H \quad H \end{array}$	$CH_2=CH-CH_2-CH_3$	气体
顺-2-丁烯	56.108	C_4H_8	$\begin{array}{c} H \quad H \quad H \quad H \\ \quad \quad \quad \\ H-C-C=C-C-H \\ \quad \quad \quad \\ H \quad \quad \quad H \end{array}$	$CH_3-CH=CH-CH_3$	气体
反-2-丁烯	56.108	C_4H_8	$\begin{array}{c} H \quad H \quad H \\ \quad \quad \\ H-C-C=C-C-H \\ \quad \quad \quad \\ H \quad \quad \quad H \end{array}$	$CH_3-CH=CH-CH_3$	气体

续表

名称	相对分子质量	分子式	结构式	示性式	状态
异丁烯	56.108	C ₄ H ₈	$ \begin{array}{c} & & & & \text{H} \\ & & & & \\ \text{H} & - & \text{C} = & \text{C} - & \text{C} - & \text{H} \\ & & & & \\ & & & & \text{H} \\ & & & & \\ & & & & \text{H} \\ & & & & \\ & & & & \text{H} \\ & & & & \\ & & & & \text{H} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{CH}_2 = \text{C} - \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $	气体
1-戊烯	70.135	C ₅ H ₁₀	$ \begin{array}{c} & & & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & & & & \\ \text{H} & - & \text{C} = & \text{C} - & \text{C} - & \text{C} - & \text{H} \\ & & & & & \\ & & & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array} $	CH ₂ =CH-CH ₂ -CH ₂ -CH ₃	液体
顺-2-戊烯	70.135	C ₅ H ₁₀	$ \begin{array}{c} & & & \text{H} & & \text{H} & \text{H} \\ & & & & & & \\ \text{H} & - & \text{C} - & \text{C} = & \text{C} - & \text{C} - & \text{H} \\ & & & & & & \\ & & & \text{H} & & \text{H} & \text{H} \end{array} $	CH ₃ -CH=CH-CH ₂ -CH ₃	液体
反-2-戊烯	70.135	C ₅ H ₁₀	$ \begin{array}{c} & & \text{H} & \text{H} & & \text{H} & \text{H} \\ & & & & & & \\ \text{H} & - & \text{C} - & \text{C} = & \text{C} - & \text{C} - & \text{H} \\ & & & & & & \\ & & & & & \text{H} & \text{H} \end{array} $	CH ₃ -CH=CH-CH ₂ -CH ₃	液体

三、液化石油气的质量要求

液化石油气的来源不同，其成分和含量也不相同，为了准确了解液化石油气的成分和含量，通常采用色谱法对其进行定性与定量分析。1980年原石油工业部颁发的液化石油气暂定质量指标规定：

液化石油气中 C₁ 与 C₂ 的含量不大于 3%（体积分数，色谱法）；
硫化氢含量不大于 20mg/m³（醋酸铅沉析法）。

GB 11174—89 液化石油气标准中提出的质量要求见表 1-3。

硫化物（如硫化氢）是液化石油气中的有害物质，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。在民用液化石油中，为了便于察觉其泄漏，又常用微量的甲硫醇（CH₃SH）、甲硫醚[(CH₃)₂S]等硫化物作加臭剂。

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，在寒冷地区易结冰，造成管道和阀门堵塞，甚