

郭朋鸥 主编



液化石油气 安全技术与管理

中国劳动出版社

液化石油气 安全技术与管理

郭朋鸥 主编

中国劳动出版社

前 言

液化石油气作为一种工业与民用燃料已得到日益广泛的使用，并取得了巨大的经济效益和社会效益。由于它具有易燃、易爆等特性，在生产、运输和使用过程中极易发生事故。国内外曾多次发生重大的液化石油气着火、爆炸事故，造成惨重损失。因此，加强液化石油气安全管理，确保安全操作和使用，减少事故的发生是当前的重要课题。

为了使广大从事液化石油气工作的人员，能够正确、熟练地操作，使用和管理好液化石油气，防止发生事故，西安市锅炉压力容器协会组织了有关专家、技术人员编写了这本书。本书从基本原理出发，比较全面地阐述了液化石油气的基本知识，介绍了主要设备、器具的安全操作和管理。书的内容力求完整、系统、通俗，供从事液化石油气工作的工程技术人员、管理干部、安全监察人员和操作人员参考，也可作为液化石油气运输司机和押运人员的培训教材。

全书共九章，编者是李稳宏（第一、九章），贺建勋（第二、三、四章），倪国庆（第三章），郭朋鸥（第四、五、七章），郑良（第五章），王维周（第六、八章），宋小琳（第六章），张双文（第七、九章）。全书由郭朋鸥主编；王维周、张双文审阅；劳动部锅炉压力容器安全监察局马昌华审定。在编写过程中，得到西安市劳动局、西北大学石油化工学院等单位的大力支持和帮助，对此，我们深表谢意。同

时，我们热诚期望对书中的错误和不足提出批评。

西安市锅炉压力容器协会

1989年12月

目 录

| | |
|------------------------|-----------|
| 前言 | 1 |
| 第一章 液化石油气的来源和性质 | 1 |
| 第一节 液化石油气的成分 | 1 |
| 第二节 液化石油气的来源 | 4 |
| 一、从炼油厂获得液化石油气 | 4 |
| 二、石油化工厂副产的液化石油气 | 8 |
| 三、油田伴生气 | 9 |
| 四、凝析气田气 | 9 |
| 第三节 液化石油气的物理性质 | 9 |
| 一、密度和比重 | 9 |
| 二、体积膨胀系数 | 14 |
| 三、饱和蒸气压 | 16 |
| 四、汽化潜热 | 20 |
| 五、沸点 | 21 |
| 第四节 液化石油气的燃烧和爆炸 | 23 |
| 一、燃烧及燃烧条件 | 23 |
| 二、燃烧形式及种类 | 26 |
| 三、热值与燃烧温度 | 30 |
| 四、液化石油气燃烧产物的性质 | 31 |
| 五、爆炸及爆炸极限 | 33 |
| 第二章 液化石油气运输 | 40 |
| 第一节 液化石油气的公路运输 | 41 |

| | |
|---------------------|-----|
| 一、汽车槽车运输 | 41 |
| 二、钢瓶的汽车运输 | 53 |
| 第二节 液化石油气的铁路运输 | 55 |
| 一、铁路槽车运输 | 55 |
| 二、钢瓶的铁路运输 | 66 |
| 第三节 液化石油气的水路运输 | 67 |
| 一、槽船运输 | 67 |
| 二、钢瓶的水路运输 | 69 |
| 第四节 液化石油气的管道运输 | 71 |
| 一、液化石油气管道运输系统 | 71 |
| 二、管道敷设方式及安全要求 | 72 |
| 三、液化石油气管道系统的附属设施 | 74 |
| 第三章 液化石油气贮配站 | 76 |
| 第一节 液化石油气的贮存与装卸 | 76 |
| 一、液化石油气的贮存 | 76 |
| 二、液化石油气的装卸 | 80 |
| 三、液化石油气的灌瓶 | 86 |
| 四、液化石油气的残液回收 | 91 |
| 第二节 贮配站工艺流程及主要安全参数 | 93 |
| 一、液化石油气贮配站工艺流程 | 93 |
| 二、系统的主要安全参数 | 93 |
| 第三节 站址选择和总平面布置 | 95 |
| 一、站址选择 | 95 |
| 二、贮配站的总平面布置 | 97 |
| 第四节 贮配站的防爆、防雷、防静电 | 109 |
| 一、用电场所的防爆 | 109 |
| 二、贮配站防雷 | 111 |

| | |
|-----------------------------|------------|
| 三、贮配站防静电 | 115 |
| 第四章 液化石油气用户供应及用户安全技术 | 120 |
| 第一节 液化石油气的钢瓶供应 | 120 |
| 一、钢瓶、瓶阀、减压阀 | 120 |
| 二、钢瓶供应的形式及安全要求 | 124 |
| 三、钢瓶供应站 | 129 |
| 第二节 家庭用瓶装液化石油气的安全使用 | 131 |
| 第三节 液化石油气管输供应 | 137 |
| 一、强制汽化供应 | 137 |
| 二、混合气供应 | 141 |
| 第五章 液化石油气贮罐及容器 | 144 |
| 第一节 贮罐及容器 | 144 |
| 一、卧式圆筒罐 | 144 |
| 二、球形罐 | 145 |
| 三、钢瓶 | 146 |
| 第二节 贮罐及容器的材料 | 148 |
| 一、材料的选用原则 | 148 |
| 二、材料的机械性能与化学成分 | 149 |
| 三、贮罐及容器用钢 | 154 |
| 四、材料的复验 | 154 |
| 第三节 贮罐及容器的强度计算 | 155 |
| 一、强度计算基础 | 155 |
| 二、壳体壁厚的计算 | 159 |
| 三、最大允许工作压力的计算 | 161 |
| 四、开孔补强 | 161 |
| 第四节 贮罐及容器的制造质量要求 | 162 |
| 一、制造工艺流程 | 162 |

| | |
|----------------------------------|-----|
| 二、冷热加工成形····· | 163 |
| 三、焊接及热处理····· | 168 |
| 四、无损探伤····· | 169 |
| 第五节 耐压试验和气密试验 ····· | 170 |
| 一、水压试验及残余变形测定····· | 170 |
| 二、气密试验····· | 172 |
| 三、水压爆破试验····· | 173 |
| 第六章 液化石油气用安全附件及仪表 ····· | 176 |
| 第一节 安全附件的功用和分类 ····· | 176 |
| 第二节 安全阀件 ····· | 178 |
| 一、安全阀····· | 178 |
| 二、液相安全回流阀····· | 185 |
| 三、过流阀····· | 186 |
| 四、紧急切断阀····· | 189 |
| 五、防冻排污阀等部件····· | 195 |
| 六、管道联接件····· | 197 |
| 第三节 检测仪表 ····· | 199 |
| 一、压力表····· | 199 |
| 二、液位计····· | 202 |
| 三、温度检测仪表····· | 207 |
| 第七章 液化石油气贮运容器的检查与修理 ····· | 209 |
| 第一节 液化石油气贮运容器的无损检验 ····· | 209 |
| 一、宏观检查····· | 203 |
| 二、致密性试验····· | 210 |
| 三、无损探伤····· | 211 |
| 四、耐压试验····· | 217 |
| 第二节 液化石油气贮运容器的修理 ····· | 217 |

| | |
|-----------------------|------------|
| 一、修理方法 | 217 |
| 二、修理原则 | 218 |
| 三、修理的安全注意事项 | 220 |
| 第三节 贮罐的定期检验 | 220 |
| 一、检查前的准备工作 | 220 |
| 二、检查内容和要求 | 221 |
| 三、检查报告 | 222 |
| 第四节 铁路槽车的检修 | 223 |
| 一、检修前的准备工作 | 223 |
| 二、检修内容和要求 | 223 |
| 三、检修记录 | 225 |
| 第五节 汽车槽车的检验 | 226 |
| 一、检验前的准备工作 | 226 |
| 二、检验内容和要求 | 226 |
| 三、检验记录 | 227 |
| 第六节 钢瓶的定期检验 | 227 |
| 一、检验时间 | 228 |
| 二、检验内容 | 228 |
| 三、检验标记 | 229 |
| 第八章 液化石油气火灾与消防 | 230 |
| 第一节 消防基础知识要点 | 230 |
| 一、液化石油气与火灾 | 230 |
| 二、我国消防法规基本精神 | 233 |
| 第二节 液化石油气的火灾特征 | 234 |
| 一、液化石油气的火灾危险等级 | 234 |
| 二、液化石油气火灾特征 | 236 |
| 三、液化石油气火灾的临场扑救 | 237 |

| | | |
|-----|--------------|-----|
| 第三节 | 灭火剂与灭火器材 | 241 |
| 一、 | 灭火剂的选择 | 241 |
| 二、 | 常用的灭火剂和灭火器 | 243 |
| 第九章 | 液化石油气的安全管理 | 248 |
| 第一节 | 安全技术综述 | 248 |
| 一、 | 基本安全技术要求 | 248 |
| 二、 | 安全检查制度 | 249 |
| 三、 | 安全用火的管理 | 250 |
| 四、 | 安全教育 | 251 |
| 五、 | 漏气事故的处理 | 252 |
| 第二节 | 贮配站投产与运行 | 253 |
| 一、 | 新站的验收 | 253 |
| 二、 | 投产 | 255 |
| 三、 | 灌装与运行 | 257 |
| 第三节 | 运输安全管理 | 258 |
| 一、 | 汽车槽车的行驶管理 | 258 |
| 二、 | 铁路槽车的运行管理 | 261 |
| 三、 | 岗位责任制 | 262 |
| 第四节 | 罐区安全管理 | 264 |
| 一、 | 安全操作规程 | 264 |
| 二、 | 运行班岗位责任制 | 272 |
| 第五节 | 灌装系统安全管理 | 275 |
| 一、 | 安全操作规程 | 275 |
| 二、 | 灌装班岗位责任制 | 279 |
| 三、 | 管瓶班岗位责任制 | 281 |
| 四、 | 检斤班岗位责任制 | 281 |
| 五、 | 槽车装卸工运行岗位责任制 | 282 |

| | |
|---|-----|
| 六、 安全防火制度 | 283 |
| 第六节 辅助区安全管理 | 284 |
| 一、 供电系统管理 | 284 |
| 二、 锅炉房安全管理 | 285 |
| 附录一、 液化石油气安全管理暂行规定(82)城发公字 62号 | 288 |
| 附录二、 液化石油气汽车槽车安全管理规定(81)总 劳锅字1号 | 295 |
| 附录三、 液化气体铁路槽车安全管理规定(82)劳锅 字22号(82)化调字第316号 | 317 |
| 附录四、 中华人民共和国国家标准 GB5842-86 液 化石油气钢瓶 | 338 |
| 附录五、 中华人民共和国国家标准 GB8334-87 液 化石油气钢瓶定期检验与评定 | 362 |
| 附录六、 中华人民共和国消防条例 | 370 |
| 附录七、 液化石油气组分及一些可燃气体性质简表 | 376 |
| 附录八、 法定单位制(SI制)与其它常用单位制换算 关系 | 378 |

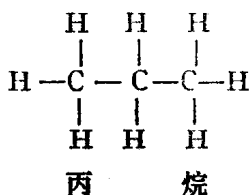
第一章 液化石油气的来源和性质

第一节 液化石油气的成分

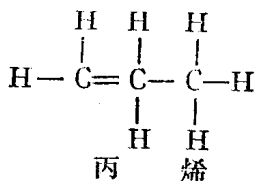
液化石油气是由碳和氢两种元素构成的碳氢化合物的混合物，化学上把由碳和氢形成的有机化合物通称为烃。目前烃类化合物的种类已达数百万种以上，按其结构不同，可分为烷烃、环烷烃、芳香烃以及不饱和烃等。

液化石油气主要成分是含有三个碳原子和四个碳原子的碳氢化合物，行业习惯上也称碳三和碳四。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，碳原子高于四个的较大分子烃类在常温下呈液态，所以在正常情况下，这些都不是液化石油气的组分。

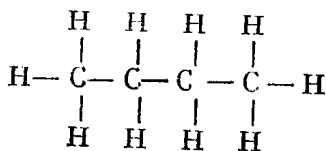
三个碳原子和八个氢原子结合到一起的饱和烃叫丙烷，分子式为 C_3H_8 。结构式如下：



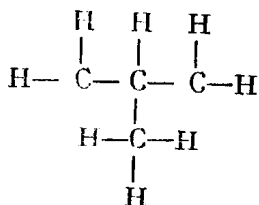
三个碳原子和六个氢原子结合到一起的是不饱和烃，叫丙烯，分子式为 C_3H_6 。结构式如下：



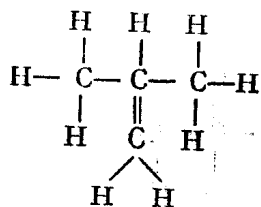
碳四烃类主要是丁烷和丁烯两种，分子式分别为 C_4H_{10} 和 C_4H_8 。结构式如下：



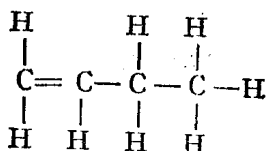
正丁烷



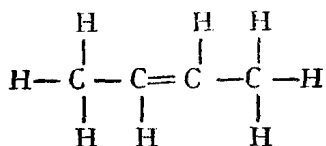
异丁烷



异丁烯



丁烯-1



反丁烯-2

由上述结构式可见，正丁烷和异丁烷的分子式相同，但结构不同，这种特性在化学上称为同分异构体，常简称异构体。碳四烷烃有两种异构体，碳四烯烃（不饱和烃）有四种异构体。综上所述，液化石油气是由丙烯、丙烷、正丁烷、异丁烷、异丁烯、丁烯-1、顺丁烯-2，反丁烯-2等八种物质组成。

液化石油气各主要成分的组成可参见表 1-1。由表 1-1

表 1-1 几个石油炼厂供应的液化石油气成分

| 成分 | | 厂名 | 上海 炼油厂 | 上海高 桥化工厂 | 南京长 江炼油厂 | 锦西石 油五厂 | 兰州 炼油厂 | 北京市供应 的液化石油气 |
|----|------------------|----------------------------------|-----------|-------------|-------------|------------|-----------|-----------------|
| 1 | C ₂ % | C ₂ H ₄ | 2.86 | | 0~0.5 | 5.95 | 0.635 | |
| | | C ₂ H ₆ | 2.86 | 5.07 | 0.2~0.8 | 6.52 | 1.77 | |
| 2 | C ₃ % | C ₃ H ₆ | | 7.47 | 0.5~1.5 | 14.24~14.8 | 20.3 | 27.7 |
| | | C ₃ H ₈ | 16.1 | 81.05 | 80.95 | 79.8~78.69 | 78.4 | 7.0 |
| 3 | C ₄ % | C ₄ H ₈ | | 5.74 | | | | 39.3 |
| | | C ₄ H ₁₀ | 53.49 | 5.17 | 2~7 | | 0.635 | 22.8 |
| 4 | C ₅ % | i-C ₅ H ₁₀ | 17.13 | | | | | |
| | | C ₅ H ₁₂ | 3.89 | | | | | |
| | | i-C ₅ H ₁₂ | 3.81 | | | | | 2.2 |

可知，由于液化石油气的来源不同，各种烷烃和烯烃的成分含量也不同。用气相色谱分析法可将液化石油气中各种组分

作出定量分析。除上述主要成分外，液化石油气中还含有少量的碳五成分戊烷（钢瓶中瓶底残液主成分）、硫化物和水等杂质。这些杂质对液化石油气的应用有不小的影响。由于硫化物的存在，使液化石油气带有一种类似滴滴涕的刺鼻的臭味，它对人体有一定的毒害作用，但人们可以凭借这种气味用以判断气瓶是否漏气。

液化石油气无毒，但在空气中浓度较高时，对人的中枢神经有麻醉作用；另外，如果燃烧不完全，也会产生一氧化碳等有毒气体。

第二节 液化石油气的来源

液化石油气可以从石油炼制中提取，也可以从油田伴生气或天然气中获得，一些石油化工厂还副产液化石油气。

一、从炼油厂获得液化石油气

炼油厂的主要原料为石油。石油是蕴藏在地下的带有气味的粘稠状液体，其色泽一般是从黄色到黑褐色。色泽深浅与比重大小有关，也与所含组分有关。石油一般不直接利用，须在炼油厂经过加工，以制得汽油、煤油、柴油以及润滑油等诸多产品。在炼制原料油的过程中，同时产生各种气体，气体中的主要组分是碳三和碳四馏分，经过加压液化，即可制得有广泛用途的液化石油气。

由于原油成分和性质不同，加工工艺和设备类型亦不同。因此液化石油气的组成和产量也各不相同。其产量的多少取决于炼油厂的加工工艺和加工深度。对于采用燃料油——润滑油浅度加工方案的炼油厂，通常炼厂气总量为入厂原料重量的4~5%。对于采用纯燃料油深度加工方案的炼油

厂,约为入厂原料重量的6~9%。炼油厂获得液化石油气的方法主要有常减压蒸馏,热裂化、催化裂化、催化重整以及焦化等五种工艺方式。现分述如下:

1. 常减压蒸馏气

蒸馏是利用物质的沸点不同通过加热、蒸发、分馏、冷凝和冷却等过程,使液体混合物分离的重要方法。石油是多种碳氢化合物的混合物,其中低沸点的组分先于高沸点的组分而蒸发,因此通过蒸馏方法即可得到不同沸点范围或称馏程的石油产品。在蒸馏过程中产生的拔顶气称为常减压蒸馏气。常减压蒸馏的流程示意图如图1-1所示。

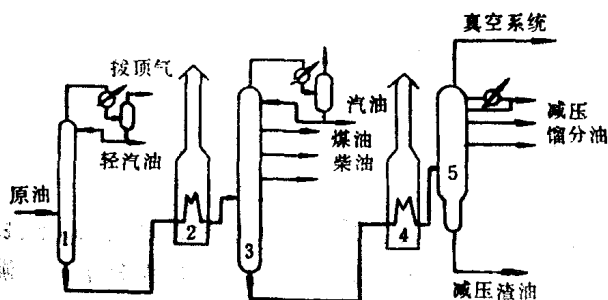


图 1-1 原油常减压蒸馏流程

1—初馏塔 2—常压炉 3—常压塔 4—减压炉 5—减压塔

原油在蒸馏前,一般先经脱盐,脱水预处理,然后经预热后进入初馏塔。轻汽油和水蒸气由初馏塔塔顶蒸出,经冷却至常温,入分离器分掉水和未凝气体,分离器顶部逸出的气体称为“原油拔顶气”,其量约占原油总量的0.15~0.4%。原油拔顶气含乙烷约2~4%;丙烷约30%;丁烷约50%,其余为碳五和夹带的少量碳五以上组分。从以上数据可以看

出，这种气体主要成分是饱和的碳三，碳四化合物，几乎没有不饱和的成分。这种气体另一特点是含硫量少，且容易去掉。将这种气体经过压缩液化，即可销售使用。

初馏塔顶的液体称轻汽油。初馏塔底的油再经加热后送入常压塔中，在常压塔中利用沸点不同，分割出汽油、煤油和柴油等燃料。

留在常压塔底的重组分称常压重油。为了降低塔内油分的操作沸点，避免在高温下蒸馏而导致组分进一步分解，通常继而采用减压操作。将常压塔底重油经减压炉进一步加热后，入减压蒸馏塔蒸馏，从塔侧线可得到减压柴油等一系列减压馏分油。这些减压馏分油可作为炼油厂的裂化原料，也可作为石油化工厂的原料。

2. 热裂化气和催化裂化气

原油经常减压蒸馏得到的直馏汽油，一般不超过25%。这是因为蒸馏过程是物理过程，直馏汽油不可能超出原油中的汽油含量。为了得到辛烷值较高的汽油等轻质燃料及碳一到碳四的气体，工业上常采用热裂化装置来完成。热裂化是一个化学过程，它是在一定的温度下，使大分子、高沸点的烃类断链裂解为低沸点小分子量的烃类的过程。在裂解过程中所得到的气体称热裂化气。其组成见表1-2。热裂化气中不饱和碳氢化合物含量较多，且含有许多不易清除的硫化物。其成分复杂，除了液化石油气的各种成分以外，还含有大量的甲烷、乙烷等。由于热裂化具有以上不足之处，加之生产的汽油质量较差，所以，该法已被催化裂化所代替。

催化裂化主要目的是以常减压重馏分油为原料，以硅酸铝为催化剂，生产高辛烷值汽油。由于催化剂的存在，使过程可以在较低的温度和压力下进行。催化裂化过程中产生的气