

孙徐吕
振永建
芳波华 编

3994

液化石油气 使用与管理

山东科学技术出版社

液化石油气使用与管理

孙 振 芳
徐 永 波 编
吕 建 华

山东科学技术出版社

一九八三年·济南

前 言

为了普及液化石油气安全使用知识，提高液化石油气用户和液化石油气工作人员的管理水平，防止火灾、爆炸事故发生，我们编写了《液化石油气使用与管理》这本小册子。

本书主要讲述了液化石油气的用途、物理化学特性、燃烧特点、灶具使用、运输贮存和灌装、安全管理等知识。对灶具故障的排除和火灾、爆炸事故的防止也作了介绍。可供液化石油气家庭用户和灌装站的工作人员、技术人员和管理人员学习参考。

本书在编写过程中，曾得到全省各煤气公司、炼油厂等有关同志的大力支持，并提出了很多宝贵意见，在此表示感谢。

编 者

一九八二年十月

目 录

第一章 概 述	(1)
一、液化石油气的发展情况.....	(1)
二、液化石油气的用途.....	(3)
三、液化石油气作为燃料的优点.....	(4)
四、液化石油气的来源.....	(5)
第二章 液化石油气的物理化学特性	(7)
一、液化石油气的组成.....	(7)
二、液化石油气的状态参数.....	(9)
三、液化石油气的沸点.....	(28)
四、液化石油气的临界温度、临界压力.....	(31)
第三章 液化石油气的燃烧	(36)
一、液化石油气的热值.....	(36)
二、液化石油气的着火与燃烧.....	(37)
第四章 液化石油气的民用设备及安全使用	(44)
一、液化石油气钢瓶.....	(44)
二、调压器.....	(49)
三、橡胶软管.....	(52)
四、液化石油气灶具.....	(53)
五、事故处理.....	(56)

第五章 液化石油气的运输、贮存及灌装	(62)
一、液化石油气的运输.....	(62)
二、液化石油气的贮存.....	(77)
三、液化石油气的贮存设备和检修.....	(82)
四、液化石油气的灌瓶.....	(94)
五、液化石油气残液的回收和利用.....	(104)
第六章 液化石油气的设备附件	(108)
一、安全阀.....	(108)
二、液面计.....	(114)
三、压力表.....	(117)
四、截止阀.....	(120)
五、液化石油气钢瓶角阀.....	(123)
六、槽车的阀门.....	(127)
第七章 储灌站(场)的安全管理	(133)
一、安全供电及防雷电.....	(133)
二、防火与消防.....	(137)
三、建筑方面的防火措施.....	(142)
四、液化石油气钢瓶的检验与维修.....	(143)
五、液化石油气泄漏及发生着火的处理.....	(148)
附 录	
附表 1 国内部分炼油厂液化石油气组份.....	(151)
附表 2 液化石油气单一碳氢化合物的主要物 理热力性质.....	(152)
附表 3 液化石油气充装量、温度、压力之间 的关系.....	(154)

第一章 概 述

一、液化石油气的发展情况

液化石油气是一种优良的气体燃料。随着石油工业的发展，液化石油气的使用已日益广泛。1892年荷兰首先利用天然气进行试验，获得了液化甲烷，从而为石油气液化奠定了理论基础。随后，德国、美国、日本、法国、意大利、罗马尼亚和苏联等国家也相继生产使用了液化石油气。近20多年来，由于石油化学工业的迅速发展，不但在石油资源丰富的国家，液化石油气有了很大的发展，而且在某些资源缺乏的国家，也发展很快。到1962年已有80多个国家和地区，自行生产或大量进口液化石油气用作燃料和化工原料。1972年某些国家液化石油气的供应量，见表1—1。

我国随着石油资源的开发和炼油化工工业的迅速发展，液化石油气的产量也日益增长，这对改变城市燃料结构和发展以液化石油气为原料的化学工业创造了良好的条件。从1965年开始，北京、沈阳、哈尔滨、天津等城市，先后使用液化石油气作为民用燃料，以后各大中城市都相

表1—1 1972年某些国家液化石油气的供应量

国家	供应量 (百万吨/年)				国家	供应量 (百万吨/年)			
	炼厂	其他	进口	总计		炼厂	其他	进口	总计
美国	11.049	37.302	2.746	51.097	意大利	2.157		0.117	2.274
日本	8.121		4.265	12.386	西班牙	1.298	0.121	0.42	1.839
加拿大	1.901	3.912	0.007	5.820	澳大利亚	0.33	0.76		1.09
法国	2.514	0.303	0.254	3.071	英国	1.463	0.001	0.148	1.612
西德	2.257	0.002	0.199	2.458	荷兰	0.858		0.081	0.919

继使用。辽宁省锦州市建立了我国第一个液化石油气——空气混气系统。目前全国约有60多个城市，800多万人使用了液化石油气，年供应量达25万吨以上。可以预见，随着石油化工工业的发展，液化石油气必将更加广泛地进入人们的生活领域，为更多的城市居民服务。我国一些城市住宅的气化率，见表1—2。

表1—2 我国一些城市住宅的气化率

城市名称	液化石油气 气化住宅情况		人工燃气 气化住宅情况		总的气化情况		统计 年份 (年)
	气化住宅 数(万户)	气化率 (%)	气化住宅 数(万户)	气化率 (%)	气化住宅 数(万户)	气化率 (%)	
北 京	67.35	53.8	10.03	7.9	77.38	61.7	1980
上 海	3.31	3.3	53.46	42.9	56.77	46.2	1981
长 春	5.00	16.50	6.41	21.07	11.41	37.57	1981
沈 阳	3.30	12.2	16.37	27.07	19.67	39.27	1981
哈 尔 滨	8.35	16.4	2.55	5.1	10.90	21.5	1981

鞍 山	1.83	7.49	10.32	58.11	12.15	65.6	1981
锦 州	4.03		1.96		5.99	73	1980
抚 顺	2.33	10.1	3.45	14.86	5.78	24.96	1981
南 京	16.56	18.41	5.06	5.62	21.62	24.03	1981
天 津	22.44	28.68	1.99	2.5	24.43	31.18	1981
武 汉	9.95	17.7					1980
杭 州	3.01	11.6					1981
济 南	7.33	30.0					1980
青 岛	3.19	12.73					1980
淄 博	5.92	42.7					1981
烟 台	2.10	23.9					1980

二、液化石油气的用途

液化石油气已经广泛地进入人们的生活领域，用作烹调、烧水、取暖等民用燃料，供应饭店，旅馆及集体食堂作为公共福利事业燃料。在工业上，液化石油气还可用来干燥、定型、切割、热弯、锻工加热、熔化金属、淬火退火、食品烘烤、纸张烘干等。它不仅可以代替煤炭烧锅炉和代替汽油开汽车，而且可做合成橡胶、合成纤维、合成树脂、合成塑料的原料。在农业上，它也越来越多地用于农产品的烘烤干燥、温室采暖、水果催熟、孵化鸡鸭、加工饲料等。此外，液化石油气还可以作溶剂，用于冷冻、贮

藏、消毒灭菌及照明等方面。总之，随着科学技术的发展，液化石油气的用途会越来越广泛。

三、液化石油气作为燃料的优点

(一) 基建投资少、耗用钢材低：液化石油气兼有气体和液体燃料的优点。它具有容易液化的特点，从气态转为液态时的体积约缩小250~300倍，大大减少了运输和贮存体积。这样既减少了运输、贮存设备，也减少了钢材耗用量和建设投资。液化石油气与管道供应煤气相比，钢材耗用量仅为煤气的40%，有色金属仅为煤气的0.7%。

(二) 发热量高，使用方便：液化石油气的发热量为21000~26000千卡/米³。它与城市煤气、烟煤相比，相当于城市煤气(3800千卡/米³)的6倍，烟煤的2倍。液化石油气由于发热量高，压力稳定，点火方便，燃烧后无灰渣，因此减轻了家务劳动。

(三) 保护环境、有利于卫生：液化石油气是气体燃料，燃气中无一氧化碳有害气体，不易发生中毒事故。由于使用液化石油气取代了千家万户的煤炭炉，因此减少了空气污染，保护了环境卫生。

(四) 供应灵活、适应性强：液化石油气既可以瓶装，又可以管道供应；既可以供应城市，又可以供应城市郊区及农村，尤其为城市中分散用户及不宜埋设管道的狭

窄地区提供了方便。

(五) 充分利用、变废为宝：液化石油气是石油加工过程中的副产品，由于目前还不能完全回收利用，往往被送往“火炬”烧掉。现在，液化石油气越来越多地作为工农业及民用生活的原料和燃料，是充分利用石油资源，物尽其用的良好途径。

四、液化石油气的来源

(一) 从天然气中获得：天然气分为干气和湿气两种。通常把甲烷含量在90%以上的称为干气；把甲烷含量在90%以下，乙烷、丙烷、丁烷等烷烃含量在10%以上的称为湿气。如果把湿气中的丙烷、丁烷等组份分离出来，就得到了液化石油气。

(二) 从油田伴生气中获得：在开采石油过程中，石油和油田伴生气一起喷出，利用装在油井上的油气分离装置，使石油与油田伴生气分离。油田伴生气中含有5%左右的丙烷、丁烷组份，利用吸收法把它们提取出来，就是液化石油气。

(三) 从炼油厂石油气中获得：目前我国各城市使用的液化石油气，主要是从炼油厂石油气中获得的。炼油厂石油气，是石油炼制过程中所产生的副产品，它可分为蒸馏气、热裂化气、催化裂化气、催化重整气和焦化气五

种。这五种气都不同程度的含有 $C_1 \sim C_5$ 组份。如果利用分离吸收装置，把 C_3 、 C_4 组份分离提取出来，就可获得液化石油气。我国炼油厂中液化石油气的产量，一般为炼油能力的4~10%左右。山东省各地使用的液化石油气，大都是从胜利炼油厂催化裂化气中获得的。

除以上三个来源外，还可在燃料加氢和半焦化制取人造石油的工厂中取得。从水煤气生产合成汽油的工厂中，也能回收液化石油气。

第二章 液化石油气的物理化学特性

一、液化石油气的组成

(一) 液化石油气的组成：液化石油气由碳氢化合物组成。顾名思义，液化石油气就是液化了的石油气。它在常温常压下（1个绝对大气压、20℃）呈气态，在常温压力下或常压低温下呈液态。它是由丙烷、丙烯、正丁烷、异丁烷、异丁烯、丁烯—1、顺丁烯—2、反丁烯—2八种组份组成混合物的。它的主要成分是丙烷、丙烯和丁烷。

(二) 液化石油气各组份的命名及分子结构式：凡是含有碳和氢两种元素的有机化合物，都称为烃。它是取碳字中的火字、氢字中的丩构成的。烷烃的命名，低级烷烃是按分子中碳原子的数目，用甲、乙、丙、丁、戊、己、庚、辛、壬、癸、11、12、13……等表示。例如， CH_4 —甲烷、 C_3H_8 —丙烷、 $\text{C}_{12}\text{H}_{26}$ —12烷。烷烃分子的通式为 $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ （ n 为正整数）。

在烷烃的分子里，碳与碳原子之间互以单键相结合，其余碳的价键都被氢原子饱和，所以把这类化合物叫做饱

和烃。

烷烃分子中各个碳原子，可连接成直链状，也可在直链上带有一些支链。通常把直链烷烃叫做正构烷，把带支链的烷烃叫做异构烷。这种分子式相同而分子结构不相同的化合物，称为同分异构体，简称为异构体，如丁烷的分子式同为 C_4H_{10} ，就有两种异构体，正丁烷和异丁烷。

正与异之间不仅是分子结构不同，而且它们的物理化学性质也不同，如正丁烷的沸点为 $-0.5^{\circ}C$ ，而异丁烷的沸点为 $-10^{\circ}C$ 。

烯烃的分子结构和烷烃相似。有的烯烃呈直链状，有的烯烃直链上带有支链。烯烃分子的通式为 C_nH_{2n} 。（ n 为大于1的正整数）。它和烷烃不同的是在烯烃分子结构式中碳原子之间有双键。当分子中碳原子数目相同时，烯烃分子中氢原子比烷烃少，碳原子的价键不能完全和氢相结合，彼此连接成双键，所以叫做烯。意思是氢原子稀少，碳原子的价键没有被氢饱和。烯烃分子中双键的位置和碳链排列的结构不同，都会引起烯烃的同分异构体。因此，烯烃的同分异构体，比同样碳原子数目的烷烃多。四个碳原子以上的烯烃，同烷烃一样，按有支链和无支链可分为正丁烯和异丁烯两种。正丁烯按双键位置的不同，又可分为丁烯—1和丁烯—2两种。丁烯—1是表示双键的位置在第一个和第二个碳原子之间，而丁烯—2表示双键位置在第二和第三个碳原子之间。按其结构形式不同，丁烯—

2 又可分为顺丁烯—2 和反丁烯—2。

低级烯烃与烷烃的命名相似，含两个碳原子的烯烃叫做乙烯；含三个碳原子、四个碳原子的烯烃分别叫做丙烯、丁烯。烯烃的物理性质与烷烃相同。在常温常压下，乙烯、丙烯和丁烯都是气体。由于戊烷戊烯的沸点为 $27\sim 36^{\circ}\text{C}$ ，所以在常温、常压下不易气化，是液体，通常称它们为残液。

(三) 液化石油气中杂质的来源及危害：液化石油气除含有上述碳氢化合物外，还含有非烃化合物，如硫化物、水等。硫化物是在炼油过程中净化不好而残留下来的。它的主要危害是，腐蚀设备和管道，有臭味，对人体有危害。所以，应该把它从液化石油气中除掉。

液化石油气中的水主要来自原油和天然气，水在液化石油气中的溶解度随着温度的升高而增大。例如，水在丙烷中的溶解度，在温度 43°C 时为百万分之三百二十，而在温度 0°C 时却为百万分之六十五。水比液化石油气重，常在储罐底部积存，如果不及时把水排走，就会流到管道、阀门中。冬季遇冷结冰，会堵塞管道阀门，甚至冷裂而发生事故。

二、液化石油气的状态参数

(一) 压力：压力是气体分子运动时撞击容器壁面所

形成的力。在工程上，用气体作用在单位面积容器壁面垂直方向上的力表示，称为压力强度，简称压强，习惯上叫压力。即

$$P = \frac{F}{A}$$

式中：

P——压力（公斤力/厘米²）；

F——均匀垂直作用在容器壁面上的力（公斤力）；

A——容器壁面的总面积（厘米²）。

由于F和A的取用单位不同，因此压力的单位有十多种，常用的有四种。它们之间的关系，见表2—1。

1. 巴和毫巴：巴是均匀作用于1平方米面积上的力为10⁵牛顿时的压强值。巴以bar表示，毫巴以mar表示。在气象学中毫巴作为大气压的单位。毫巴是巴的千分之一。目前国际上较普遍地使用这一压力单位。

2. 标准大气压（或称物理大气压）：标准大气压等于在每平方米的面积上均匀受到101325牛顿，也等于76厘米汞柱高的压强值，以atm表示。即

$$1\text{atm} = 101325\text{牛顿/米}^2 = 76\text{厘米汞柱}$$

在标准状况下（0℃及76厘米汞柱）的汞重度、 $\rho = 0.013595\text{公斤力/厘米}^3$ ，所以

$$1\text{atm} = 0.013595 \times 76 = 1.0332\text{公斤力/厘米}^2$$

在进行计算时都用atm，因为它真正表示出物质的基本状态。

表2-1 各种压力单位的换算

压力单位	公斤力/厘米 ²	牛顿/米 ²	巴	毫米汞柱	英镑/英寸 ²	毫米水柱
1 公斤力/米 ²	10 ⁻⁴	9.81	9.81×10^{-6}	73.56×10^{-3}	1.422×10^{-3}	1
1 公斤力/厘米 ²	1	98.1×10^3	0.981	735.6	14.22	10 ⁴
1 牛顿/米 ²	10.2×10^{-6}	1	10 ⁻⁵	7.5×10^{-3}	145×10^{-6}	0.102
1 巴	1.02	10 ⁵	1	750	14.5	10.2×10^3
1 毫米水柱 t=4℃	10 ⁻⁶	9.81	98.1×10^{-6}	73.56×10^{-3}	1.422×10^{-3}	1
1 毫米汞柱 t=0℃	1.36×10^{-3}	133.3	1.333×10^{-3}	1	19.34×10^{-3}	13.6
1 英镑/英寸 ²	70.3×10^{-3}	6.89×10^3	68.9×10^{-3}	51.71	1	703

由于 $1 \text{ atm} \approx 1 \text{ 公斤力/厘米}^2$ ，在工程上使用起来很不方便，所以又规定了一种所谓工程大气压。

3. 工程大气压：工程大气压是均匀作用在1平方厘米面积上的力为1公斤时的压强值。它用绝对压力表示，符号为 $\text{kgf/cm}^2 \cdot A$ ，略号 ata ；或用表压力表示，符号为 $\text{kgf/cm}^2 \cdot G$ ，略号 at 。

绝对压力是容器的真实压力，从压力为零算起。它表示压力表所测的压力值，加上当地、当时的大气压值。表压测得压力数值，是容器内部的压力与外界大气压力的差值。绝对压力与表压力的关系为：

$$\text{ata} = \text{at} + \text{atm} \quad (\text{压力})$$

绝对压力等于表压力加当地、当时的大气压。通常把当地、当时的气压近似地取为 1 公斤力/厘米^2 。

式中：

ata ——绝对压力；

at ——表压力；

atm ——当地当时的大气压。

如果容器内的压力低于大气压力，如水泵的吸水管、第一次充气的液化石油气钢瓶、残液储罐等。比大气压力低的数值叫真空，也就是负压。常用的单位为毫米汞柱。

即

真空 = 大气压力 - 绝对压力

真空与大气压力之比的百分数，叫做真空度。即