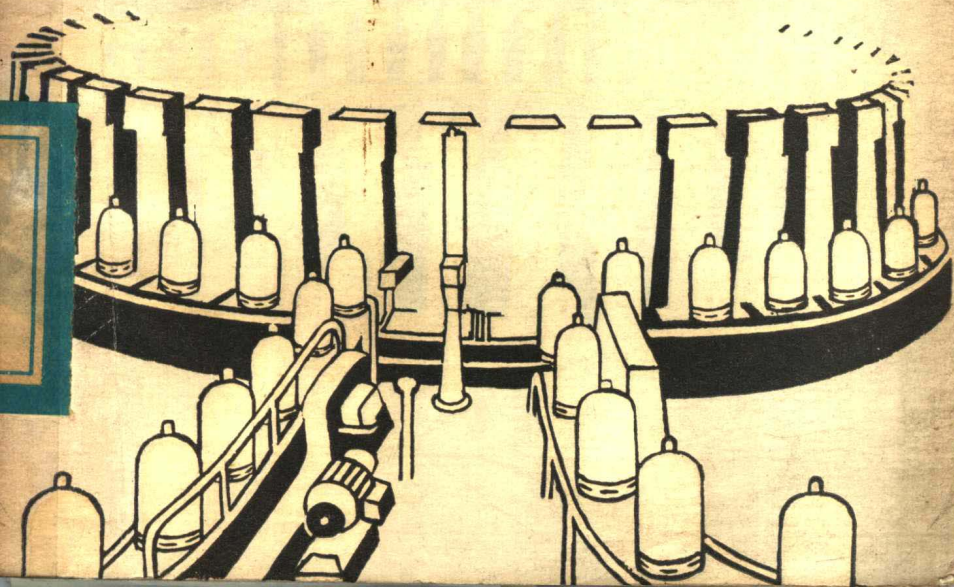


液化石油气工人读本

王民生 刘宗苍 编
杜声汉 袁国汀



液化石油气工人读本

王民生 刘宗荅 编
杜声汉 袁国汀

中国建筑工业出版社

本书是从事液化石油气供应工作的工人的基础读本。

本书结合液化石油气工人应具备的基础知识和基本技能，对液化石油气的基本性质，储运、装卸及其设备的原理构造，储配站工艺设施的竣工验收、运行管理和安全操作，以及供应站与用户管理等内容，作了较详细的介绍。全书力求文字通俗易懂。由浅入深、图文并茂。

本书也可供从事液化石油气工作的一般工程技术人员、管理干部和有关中等专业学校师生参考。

液化石油气工人读本

王民生 刘宗岩 编
杜声汉 袁国汀

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

河北省香河县印刷厂印刷

*

开本：787×1092毫米 1/32 印张：7³/₄，字数：171千字

1983年11月第一版 1983年11月第一次印刷

印数：1—6,600册 定价：0.80元

统一书号：15040·4551

前 言

随着我国石油工业的发展,液化石油气已成为城市燃气供应的一种重要气源,不少城镇都有了液化石油气供应设施。

提高气体燃料在能源结构中所占的比重,对实现四个现代化有重要意义。发展燃气供应事业是合理地利用能源、保护环境减少大气污染、促进工农业生产和改善人民生活条件的重要措施之一。液化石油气作为气体燃料具有热值高的特点,采用瓶装供应更突出了建设投资少、钢材耗量少和建设周期短、以及使用方便灵活的优点,受到各地公用事业部门及民用和小型工业用户的欢迎,而得到较快的发展。

但液化石油气是易燃易爆物质,钢瓶和贮罐是压力容器,液化石油气的物理和化学性质还有一些特殊性,如果不遵守有关安全操作和安全使用规定,极易造成事故。

本书结合液化石油气工人应具备的基础知识和基本技能,对液化石油气的基本性质,设备的原理和构造,以及厂站工艺设施的竣工验收、运行管理和安全操作等内容,作了较详细的介绍。

编写本书时,参考了原国家城市建设总局1979年制订的《城市煤气、热力工人技术等级标准》中相近工种的有关规定。在收集资料和编写过程中,曾得到北京、上海、南京和大连等地煤气公司有关同志的大力协助,在此谨表深切的谢意。编写时还参考了美国全国液化石油气协会出版的《液化

石油气操作工人培训指南》和苏联出版的《液化石油气储配站运行管理规程汇编》等国外资料。本书编写人员有：刘宗苍（第一章）、王民生（第二章）、杜声汉（第三章第一、二、三、四及六节）、袁国汀（第三章第五节和第四章）。王民生为主编。

由于编者水平所限，书中难免存在错误和不妥之处，敬请读者予以指正。

目 录

第一章 基础知识	1
第一节 概述	1
第二节 基本的物理和化学知识	6
第三节 液化石油气的主要性质	13
第四节 液化石油气的质量指标	29
第五节 安全技术综述	31
第二章 储运与设备	44
第一节 运输	44
第二节 贮罐	54
第三节 贮罐的附件	61
第四节 测量仪表	69
第五节 钢瓶及其附件	77
第六节 升压设备	82
第七节 装卸方式	93
第三章 储配站	98
第一节 概述	98
第二节 投产与运行	117
第三节 罐区管理	119
第四节 罐装系统的管理	135
第五节 钢瓶检修	171
第六节 辅助区管理	185
第四章 供应站及用户管理	193
第一节 供气系统	193
第二节 燃烧器具	199
第三节 供应站	221
第四节 用户管理	232

第一章 基础知识

第一节 概述

“液化石油气”是指比较容易液化，通常以液态运输的石油气。简单说来就是液化了的石油气。这类石油气来自石油工业，其主要成分是丙烷、丙烯、丁烷和丁烯等。它们在常压和常温条件下都是气体，可供燃烧应用。但在降低温度或升高压力时，很容易从气态转变为液态，便于运输和储存。有人把液化石油气称为“石油液化气”或“液化气”，这两种叫法都是不正确的。因为如叫石油液化气，似指将石油加以液化而成为气体，实际上石油本身就是液体，怎么还要液化呢？如叫液化气，含义就更加笼统，很多气体在一定的温度和压力条件下都可以液化。因此正确的名称应是“液化石油气”。

一、液化石油气供应事业发展概况

液化石油气供应事业的发展史是与石油工业的发展史紧密相联的，但同时也与城市煤气和天然气的开发和利用技术有密切联系。人们在加工精制和储存汽油的过程中就发现了液化石油气，本世纪初先后在一些国家生产和使用了液化石油气。美国于1912年制成第一台液化石油气民用灶具，1913年成功地将液化石油气用作汽车燃料，1915年发明以液化石油气代替乙炔用作火焰切割金属。第一台液化石油气铁路槽车和第一辆液化石油气汽车槽车相继于1926至1928年期间制

成井投入使用。

我国液化石油气供应事业开创于1965年，当年就在北京发展了约5000户民用户，年用量为160吨。其后相继在天津、沈阳、哈尔滨、南京和上海等城市及一些石油炼厂所在地区建设了液化石油气供应系统，在锦州试验和建成了国内第一个液化石油气-空气混气系统。近年来，城市液化石油气供应事业发展更为迅速，到1982年已有六十几个大中城市，二百余万户居民用上了液化石油气，许多公共建筑和小型工厂企业也用上了液化石油气，城市液化石油气年供应量达35万吨左右。

随着我国城市液化石油气事业的发展，其供应系统的技术水平和管理工作也有了较大的提高。灌瓶技术从手工灌装发展到半自动化和机械化自动化灌瓶，普遍采用了气动灌装嘴和气动控制的自动灌装秤，并应用了机械装卸车设备。在储存方面，广泛采用大型常温压力贮罐和建设了一些较大规模的储存基地，并开展了对低温储存、地下储存方式的研究工作。在运输方面，许多城市采用了管道输送，取得了很好的经济效果；汽车槽车、铁路槽车等运输设备逐步向定型化和大型化发展。液化石油气的专用设备、阀件和燃烧器具的水平有了新的提高，如紧急切断阀及手摇油泵、过流阀、叶片泵、压缩机和液相安全回流阀等一批新产品，经过试制和技术鉴定，已投入批量生产。对钢瓶、角阀和减压器等进行了统一标准的工作。

二、使用液化石油气的优越性

与煤制气相比，使用液化石油气作为城市气源，有以下几方面的优越性：

1. 综合利用石油资源 液化石油气是石油工业的副产

品，在一定规模产量的情况下可以作为化工原料，它也是一种优质燃料。如不加以合理利用，任其放空烧掉或作为大型锅炉的燃料，实际上是浪费了宝贵的资源。若以一部分液化石油气作为小型工业或民用燃料，对节约煤炭、综合利用石油资源都具有十分重大的意义。

2. 节省城市气源和输配系统的投资 由于液化石油气是石油工业的副产品，所以用作城市气源，只需支付少量的用于建造回收液化石油气的设备的基建投资。另外，新建一个储配站或灌瓶站，所需的投资、人员、设备和用电量等，都比新建一座煤制气厂及其输配管网节约得多。液化石油气的瓶装供应或小区集中管道供应，其气源都具有工艺简单、操作管理方便、调度迅速以及建设时间短等优点。如苏联对用户采用双瓶供应液化石油气，其所需投资为城市管道供应煤气的67%，所需钢材为31%。美国用瓶装供应液化石油气，其钢材耗量为城市管道供应煤气的40%，有色金属耗量仅为0.7%。

3. 高质量和高热值的燃料 液化石油气几乎不含有不可燃成分，基本上无臭、无毒。它的低热值一般为21000~29000千卡/标米³（随各地液化石油气的组成成分不同而异），这一热值相当于焦炉煤气的六倍，天然气的三倍。

4. 当液化石油气由气态转变为液态时，其体积缩小到1/250~1/300。因此能在单位容积中储存较多的液态液化石油气。

三、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，一些石油化工厂还可以副产液化石油气，现分述如下：

(一) 从炼厂石油气中获得的液化石油气

炼厂石油气是石油炼制和加工过程中产生各种气体的总称。因为气体是从炼油厂得来的，所以称为炼厂气。

由于原油成分和性质不同，加工工艺和设备类型不同，因此炼厂石油气的组成和产量也各不相同，大致可分为下列五种：蒸馏气、热裂化气、催化裂化气、催化重整气及焦化气。

炼厂石油气的总量取决于炼油厂的加工方案和加工深度。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%。

1. 蒸馏气 原油进入炼厂后，先要通过蒸馏工艺把原油分为汽油、煤油、柴油、裂化原料和润滑油原料等。

蒸馏是通过加热、蒸发、分馏、冷凝和冷却等过程，使液体混合物分离为一定纯度组分的重要方法。石油是多种碳氢化合物的混合物，加热时其中低沸点的组分先于高沸点的组分而大量蒸发，因此通过蒸馏方法易于分离得到不同的石油产品。在蒸馏过程中产生的原油拔顶气称为蒸馏气。

蒸馏气约占原油处理量的0.2~0.4%。其中含乙烷约2~4%，丙烷约30%，丁烷约50%，其余为C₅或C₆以上组分。蒸馏气的主要成分是饱和碳氢化合物，而且含硫量少，因而可用于生产高质量的液化石油气。

2. 热裂化气 在高温高压条件下，使高沸点、大分子量的烃类裂解为低沸点、小分子量烃类的过程，称为热裂化。用热裂化方法制取汽油、柴油时，产生的石油气称为热裂化气。热裂化气中不饱和碳氢化合物含量较多，含有许多不易清除的硫化物，组分复杂，质量较差。由于热裂化生产的汽

油质量较差，因此热裂化正被催化裂化所代替。

3. 催化裂化气 在有催化剂的条件下进行的热裂化过程中产生的气体称为催化裂化气。这种气体是我国目前液化石油气的主要来源。

催化裂化主要目的是以常减压馏份油为原料，以硅酸铝为催化剂，生产高辛烷值汽油。

从催化裂化气中回收的液化石油气组分比较复杂，且含有较多的异构烷烃和异构烯烃，但所含硫化氢容易清除。从催化裂化气中回收得到的液化石油气产率，一般为催化裂化原料油量的8~13%。

4. 催化重整气 在高温高压和充满氢气的条件下，以常压蒸馏制取的直馏汽油为原料，使其分子结构进行重新调整，生产高辛烷值汽油或芳烃的过程，称为重整，添加催化剂进行的重整称为催化重整。一般以铂或铂铈作催化剂，所以也称为铂重整或铂铈重整。在这个过程中产生的气体称为催化重整气。

催化重整气的气体产率约为原料重量3~5%，气体中主要是C₃和C₄的烷烃，其中的硫分几乎都以硫化氢形式存在，容易除去。目前催化重整气的产量仅次于催化裂化气，今后产量还可能进一步提高。

5. 焦化气 在高温条件下以70%的减压塔底渣油和30%的热裂化渣油为原料进行焦化反应，取得可生产优质电极的石油焦，同时副产焦化气。从焦化气中可获得液化石油气，其产气率约为处理原料重量的2%，因总产量不大，多数炼油厂留作自用燃料，只有少数炼油厂将这种液化石油气供民用使用。

(二) 从石油伴生气和凝析气田气中获得的液化石油气

石油伴生气是在开采石油时得到的，其中含有60~90%的甲烷和乙烷，10~40%的丙烷、丁烷、戊烷和高碳烃。利用装在油井上的油气分离器，可使石油与伴生气分离。采用吸收法能将气体中各种碳氢化合物分离，并提取液化石油气。由石油伴生气中得到的液化石油气质量很高，基本上不含不饱和烃，也不含硫化物。

凝析气田气是含有容易液化的丙烷和丁烷成分的富天然气。这种气体通常含有甲烷85~97%， $C_3 \sim C_5$ 约含2~5%。可采用压缩法、吸收法、吸附法或低温分离法，将其中的丙烷和丁烷分离出来，制取液化石油气。

（三）石油化工厂副产的液化石油气

石油化工厂用石油的一些产品作原料生产化工产品。甲烷、乙烷、液化石油气、石脑油和轻柴油等都可作石油化工厂的原料，以生产合成氨、甲醇、塑料、合成橡胶以及各种各样的化工产品。与此同时，也副产一部分液化石油气。例如用石脑油或轻柴油作原料，经高温裂解生产乙烯的石油化工厂，主要产品是乙烯和丙烯，同时也副产以含 C_3 为主的液化石油气。又如合成橡胶厂在生产顺丁橡胶时，有的用混合的丁烷和丁烯作原料，就可先将丁烷分离出来作液化石油气，再把丁烯供合成橡胶之用，即制造丁二烯。目前国内只有少数石油化工厂将副产的液化石油气用作民用燃料。

第二节 基本的物理和化学知识

一、压力

物体单位面积上受到的垂直力在物理学上称为压强（即压力强度），在大多数工程技术中，压力的概念相当于压

强。通常所说的压力实际上是指压力强度，这一点必须加以注意。压力的符号常用英文字母 P 来表示，它的单位有许多种，其中公斤力/厘米²、公斤力/米²（毫米水柱）和毫米汞柱是燃气工程中常用的压力单位。在工程上常把 1 公斤力/厘米² 的压力叫做一个工程大气压。

在物理学上，大气压是指海平面上大气的平均压力，用符号 B 来表示，1 物理大气压等于 1.0333 公斤力/厘米² 或 760 毫米汞柱。

在国际单位制中压力的单位是帕斯卡（牛顿/米²），一些英美的书刊中还常用英制的压力单位，现将各种压力单位的换算，列于表 1-1。

装有液体两端开口的 U 形管，也称为 U 形压力计。将其一端连接到有气体的密闭容器上，另一端通向大气，其液位出现如图 1-1 或图 1-2 所示的情况。在前一情况下，容器中的气体的压力比外界大气压力 B 大 h_1 液柱高度，这一高度称为表压力，用 P_0 表示，容器中气体压力的绝对值称为绝对压力，用 P_j 表示。根据压力的平衡关系可得：

$$P_j = P_0 + B$$

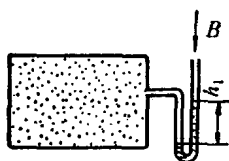


图 1-1 容器中压力
高于外界大气压力时

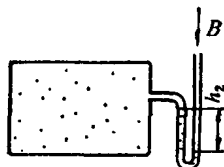


图 1-2 容器中压力
低于外界大气压力时

如用 U 形管测得容器内的压力为 200 毫米水柱，大气压力为 10333 毫米水柱，则绝对压力等于：

各种压力单位换算表 表 1-1

压力单位	公斤力/厘米 ²	公斤力/厘米 ²	帕斯卡	巴	毫米水柱 $t=4^{\circ}\text{C}$	毫米汞柱 $t=0^{\circ}\text{C}$	英寸水柱 $t=4^{\circ}\text{C}$	磅/英寸 ²
1 公斤力/厘米 ²	1	10^{-4}	9.81	98.1×10^{-6}	1	73.56×10^{-3}	39.4×10^{-3}	1.422×10^{-3}
1 公斤力/厘米 ²	10^4	1	98.1×10^3	0.981	10^4	735.6	394	14.22
1 帕斯卡	0.102	10.2×10^{-6}	1	10^{-6}	0.102	7.5×10^{-3}	4.02×10^{-3}	145×10^{-9}
1 巴	10.2×10^3	1.02	10^5	1	10.2×10^3	750	402	14.5
1 毫米水柱 $t=4^{\circ}\text{C}$	1	10^{-4}	9.81	98.1×10^{-6}	1	73.56×10^{-3}	39.4×10^{-3}	1.422×10^{-3}
1 毫米汞柱 $t=0^{\circ}\text{C}$	13.6	1.36×10^{-3}	133.3	1.333×10^{-3}	13.6	1	0.535	19.34×10^{-3}
1 英寸水柱 $t=4^{\circ}\text{C}$	25.4	2.53×10^{-3}	249.2	2.492×10^{-3}	25.4	25.4	1	36.1×10^{-3}
1 磅/英寸 ²	703	70.3×10^{-3}	68.9×10^3	68.9×10^{-3}	703	51.71	27.7	1

$$P_1 = 200 + 10333 = 10533 \text{ 毫米水柱。}$$

在后一情况下，容器中气体的压力比外界大气压力 B 小 h ，液柱高度，这一高度称为真空度，也叫负压，用 P_v 表示，根据压力的平衡条件可得：

$$P_1 = B - P_v$$

如用 U 形管测得容器内真空度为 620 毫米汞柱，大气压力为 760 毫米汞柱，则绝对压力 P_1 等于：

$$P_1 = 760 - 620 = 140 \text{ 毫米汞柱}$$

由上两式可知，表压力 P_0 和真空度 P_v 都是相对的，并不说明密闭容器中气体的真实压力。因此以表压力或真空度表示密闭容器中的压力时，还必须知道当时的大气压力的数值，才能确定绝对压力值。

二、温度

温度是表示物体冷热程度的物理量，测量温度的仪器叫温度计。现在常用温度计的温标是摄氏温标，用摄氏温标表示的温度叫摄氏温度。摄氏温标把 1 物理大气压时纯水的冰点作为零度，纯水的沸点作为 100 度，然后在冰点和沸点之间划分为 100 等分，每一等分就是 1 度，所以也叫百度温标。摄氏温度用符号 t 表示，单位是摄氏度，国际代号为 $^{\circ}\text{C}$ 。

另一种绝对温标也叫开尔文温标，也就是国际单位制中的热力学温标。它与摄氏温标的不同之处是零度的选择，绝对温标把摄氏零下 273.15 度（即 -273.15°C ）作为零度。为了方便计算，工程上略取 -273°C 作为零度，也叫做绝对零度。开尔文温标每一度的大小与摄氏温标度的大小是一样的。绝对温标的度数用符号 T 表示，它的单位是开尔文，国际代号为 K ，表示度数为

$$T = t + 273$$

例如 1 物理大气压时纯水的冰点是 0°C ，即 273K ，而沸点是 100°C ，即等于 373K 。

在一些国家习惯于使用华氏温标，华氏温标规定在 1 物理大气压时纯水的冰点为 32 度，沸点为 212 度，中间分 180 等分，每等分为 1 度，华氏温度用 $^{\circ}\text{F}$ 表示。

摄氏温标、绝对温标和华氏温标之间的换算关系式如下。

$$n^{\circ}\text{C} = (n + 273)\text{K} = \left(\frac{9}{5}n + 32\right)^{\circ}\text{F}$$

$$n\text{K} = (n - 273)^{\circ}\text{C} = \left[\frac{9}{5}(n - 273) + 32\right]^{\circ}\text{F}$$

$$n^{\circ}\text{F} = \frac{5}{9}(n - 32)^{\circ}\text{C} = \left[\frac{5}{9}(n - 32) + 273\right]\text{K}$$

压力和温度都影响气态液化石油气的体积，因此，为了比较和计算，必须有统一的标准状态。一般都以温度为 0°C 、绝对压力为 760 毫米汞柱的干燥气体所占的体积，定为标准状态的气体体积，用标米³表示。

由气体状态方程

$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{P_1 V_1}{T_1} = \text{常数}$$

可导出工作状态时的气体体积换算为标准状态时气体体积的公式，即

$$V_0 = V_1 \frac{T_0}{T_1} \frac{P}{P_0} = V_1 \frac{273}{273 + t_1} \frac{P_0 + B}{760}$$

式中 V_0 ——标准状态时气体体积（标米³），

V_1 ——工作状态时气体体积（米³），

t_1 ——工作状态时气体温度（ $^{\circ}\text{C}$ ），

P_0 ——工作状态时气体的表压力（毫米汞柱），

B ——大气压力计读数（毫米汞柱）。

三、热的概念

热是能的一种形式，它是物体内部分子运动的结果。这种运动的剧烈程度决定了物体的冷热程度。对外表现为温度的高低。

热量是表示物体吸热或放热多少的物理量，热量的单位通常采用卡或千卡（也叫大卡）来表示。在液化石油气的热力计算中，热量如用卡作单位就太小了，所以都用千卡作单位。1千卡的热量是指在常压下使1公斤的纯水温度升高或降低 1°C 时所吸收或放出的热量。一杯水可以通过加热，用热传递的方式使它从某一温度升高到另一温度，也可以用搅拌器在水中搅拌，用做功的方式使它升高到同样的温度。两种方式虽然不同，但得到的结果是相同的。所以做功和热传递在改变物体的内能方面是具有同样效果的。功、热量和能量用同样单位表示是自然的，也是合理的。但在物理学的发展史上，当初人们并不认识热是能的一种形式，给热量规定的单位就是卡。由于功和能量采用了焦耳作单位，就产生了1焦耳的功相当于多少卡热量的问题，或1卡的热量相当于多少焦耳的功的问题，根据热功当量可得：

$$1\text{卡}=4,187\text{焦耳} \quad 1\text{千卡}=4.187\text{千焦耳}$$

$$1\text{焦耳}=0.24\text{卡} \quad 1\text{千焦耳}=0.24\text{千卡}$$

在国际单位制中，规定功、热量和能量统一用焦耳或千焦耳作单位，国际代号为J或KJ，并建议不再继续使用卡这个单位。但因为在燃气和燃料的热量表示方法长期以来都用卡或千卡来表示，一时不可能全改过来。目前正处于过渡阶段。

为了便于说明物体吸热或放热能力的大小，要说明一下比热的概念。把单位数量的某种物质在温度变化 1°C 时所吸