



石油石化职业技能培训教程
SHIYOU SHIHUA ZHIYE JINENG PEIXUN JIAOCHENG

液化石油气库站运行工

YEHUA SHIYOUQI KUZHAN YUNXINGGONG

(上册)

中国石油天然气集团公司职业技能鉴定指导中心 编



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

石油石化职业技能培训教程

液化石油气库站运行工

(上册)

中国石油天然气集团公司职业技能鉴定指导中心 编

常州大学图书馆
藏书章

石油工业出版社

内 容 提 要

本书是由中国石油天然气集团公司职业技能鉴定指导中心统一组织编写的《石油石化职业技能培训教程》中的一本。本书包括液化石油气库站运行工初、中级工应掌握的基础知识、专业知识以及相关知识,并配套编写了相应层级的练习题。

本书既可用于职业技能鉴定前的培训,又可用于员工岗位技术培训和自学提高。

图书在版编目(CIP)数据

液化石油气库站运行工. 上册/中国石油天然气集团公司职业技能鉴定指导中心编. —北京:石油工业出版社,2016. 6

石油石化职业技能培训教程

ISBN 978 - 7 - 5183 - 1202 - 3

I. 液…

II. 中…

III. 液化石油气 - 配气站 - 技术培训 - 教材

IV. TU996

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 060747 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址:www. petropub. com

编辑部:(010)64243803 图书营销中心:(010)64523633

经 销:全国新华书店

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

2016 年 6 月第 1 版 2016 年 6 月第 1 次印刷

787 × 1092 毫米 开本:1/16 印张:23. 75

字数:608 千字

定价:65. 00 元

(如出现印装质量问题,我社图书营销中心负责调换)

版权所有,翻印必究

《石油石化职业技能培训教程》

编 委 会

主 任 金 华 赵永起

副 主 任 黄 革 王子云 郝庆华 胡兆科

委 员 (按姓氏笔画排序)

王 工 王中元 王海云 王增玉

刘国群 纪安德 李 丰 何 波

谷柏强 张月钦 张维勤 苗永健

范广文 胡新文 胥 勇 商博军

前言

随着企业产业升级、装备技术更新改造步伐不断加快,对从业人员的素质和技能提出了新的更高要求。为适应经济发展方式转变和“四新”技术变化要求,提高石油石化企业员工队伍素质,满足职工鉴定的需要,中国石油天然气集团公司职业技能鉴定指导中心根据2015年版《国家职业大典》对工种目录的调整情况,修订了《石油石化行业职业资格等级标准》,在新标准的指导下,对“十五”、“十一五”期间编写的职业技能培训教程和职业技能鉴定试题集进行了全面修订。

本套书的修订坚持以职业活动为导向、以职业技能提升为核心,以统一规范、充实完善为原则,注重内容的先进性与通用性。修订的内容主要是新技术、新工艺、新设备、新材料。教程内容范围与鉴定题库基本一致,每个工种的教程分上、下两册,本书上册为初、中级工的内容,下册为高级工、技师的内容,同时配套编写了相应层级的练习题,便于读者对知识点的理解和掌握。本套书既可用于职业技能鉴定前的培训,也可用于员工岗位技术培训和自学提高。本套教材为员工免费提供,提供了学习增值服务,员工可通过石油工业出版社官方微信“微油题库”、油题库APP手机移动端进行自主练习和组卷测试。

本教程由中石油昆仑燃气有限公司组织编写,金小青任主编,章淑林任副主编。参加编写的人员有王亚男、付仓宁、刘铎、刘玲娜、刘新宇、毕研成、杜静雯、吴楚、吴松阁、张煦晗、姚正元、贾振旺、郭力、高玉生、彭勤、鄢复春,参加审定的人员有何波、胥勇、王鹏、张廷首、张华芝、陈晓辉、项群、赵海龙。

由于编者水平有限,书中错误、疏漏之处,请广大读者提出宝贵意见。

编者

2015年5月

目 录

初、中级工

第一章 液化石油气基础知识	(3)
第一节 液化石油气的来源	(3)
第二节 液化石油气的成分与质量要求	(3)
第三节 液化石油气的物理特性	(5)
第四节 液化石油气的燃烧特性	(10)
第五节 液化石油气特性及其对安全的影响	(13)
初级工练习题及答案	(16)
中级工练习题及答案	(19)
第二章 管工和钳工基础知识	(22)
第一节 常用工具	(22)
第二节 常用紧固件和连接件	(27)
初级工练习题及答案	(31)
中级工练习题及答案	(33)
第三章 工艺流程基础知识	(35)
第一节 工艺流程识图知识	(35)
第二节 工艺流程画图知识	(35)
中级工练习题及答案	(39)
第四章 液化石油气储罐与工艺管道	(42)
第一节 储罐与工艺管道基本知识	(42)
第二节 液化石油气储罐及工艺管道安全附件	(49)
第三节 液化石油气工艺管道的阀门	(52)
第四节 堵漏工具的使用方法	(61)
初级工练习题及答案	(65)
中级工练习题及答案	(82)
第五章 液化石油气充装设备	(106)
第一节 压缩机	(106)
第二节 泵	(112)
第三节 流体装卸臂	(120)

第四节 液化石油气钢瓶及充装设施	(123)
初级工练习题及答案	(138)
中级工练习题及答案	(158)
第六章 液化石油气储配工艺与自动控制系统	(180)
第一节 液化石油气储配工艺及参数	(180)
第二节 液化石油气库站巡回检查及罐车、钢瓶的安全检查	(183)
第三节 液化石油气装卸操作	(185)
第四节 液化石油气的灌瓶	(195)
第五节 储罐倒罐	(200)
第六节 液化石油气的残液回收	(204)
第七节 自动装车控制系统	(206)
初级工练习题及答案	(212)
中级工练习题及答案	(225)
第七章 液化石油气库站安全管理与消防设施	(241)
第一节 液化石油气库站安全管理制度	(241)
第二节 液化石油气库站主要风险	(251)
第三节 危险作业许可制度	(252)
第四节 灭火原理、方法及常用消防器材	(257)
第五节 正压式呼吸器	(261)
第六节 劳动防护用品	(264)
第七节 防雷防静电措施	(266)
初级工练习题及答案	(269)
中级工练习题及答案	(288)
第八章 法律法规相关知识	(298)
第一节 《安全生产法》的相关知识	(298)
第二节 《工伤保险条例》的相关知识	(301)
第三节 《特种设备安全监察条例》的相关知识	(303)
初级工练习题及答案	(305)
中级工练习题及答案	(310)
液化石油气库站运行工初级模拟试卷及参考答案	(312)
液化石油气库站运行工中级模拟试卷及参考答案	(328)
附录	(346)
附录1 液化石油气库站运行工职业资格等级标准	(346)
附录2 初级液化石油气库站运行工理论知识鉴定要素细目表	(356)

附录3 初级液化石油气库站运行工技能操作鉴定要素细目表..... (363)

附录4 中级液化石油气库站运行工理论知识鉴定要素细目表..... (364)

附录5 中级液化石油气库站运行工技能操作鉴定要素细目表..... (369)

附录6 液化石油气库站运行工技能操作考试内容层次结构表..... (370)

参考文献 (371)

初、中、级工

第一章 液化石油气基础知识

第一节 液化石油气的来源

CAA001 液化石油
气的来源

液化石油气是一种低碳数的烃类混合物,它在常温常压下呈气体状态,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。液化石油气主要来源于炼油厂石油气和油田伴生气。

一、炼油厂石油气中提取

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,其产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,炼油厂石油气分为蒸馏气、热裂化气、催化裂化气、催化重整气和焦化气等五种。这五种气体含有 $C_1 \sim C_5$ 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、石油伴生气中提取

在石油开采过程中,石油和伴生气同时喷出,利用装设在地面的油气分离装置,将石油与伴生气分离。一般开采 1t 石油可得到 $50m^3$ 左右的石油伴生气,可制取 5% 的液化石油气,其主要成分为丙烷和丁烷,再利用吸收法提取出来,可得到丙烷纯度很高而含硫量很低的高质量液化石油气。

三、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,就得到液化石油气。

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,除上述主要成分外,液化石油气中还含有少量的 C_5 成分(如戊烷,是钢瓶中瓶底残液主要成分)、硫化物和水等杂质。这些杂质对液化石油气的质量有不小的影响。

第二节 液化石油气的成分与质量要求

一、液化石油气的主要成分

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,其主要成分有:丙烷(C_3H_8)、丙烯(C_3H_6)、正丁烷(C_4H_{10})、异丁烷(C_4H_{10})、1-丁烯(C_4H_8)、2-丁烯(C_4H_8)、异丁烯(C_4H_8)等七种,行业习惯上俗称其为碳三和碳四。另外还有少量的甲烷、乙烷、戊烷、乙烯和戊烯(俗称碳一、碳二和碳五)。

CAA002 液化石油
气的主要成分

液化石油气的来源不同,其成分和含量也不相同,石油伴生气中提取的液化石油气的主要成分是丙烷和丁烷,石油炼制过程中产生的液化石油气碳四烯烃含量较高。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分析与定量分析。

按其组成和挥发性的不同,液化石油气分为三个品种:商品丙烷(要求高挥发性时使用)、商品丁烷(要求低挥发性时使用)、商品丙丁烷混合物(要求中等挥发性时使用)。

二、液化石油气的质量要求

GB 11174—2011《液化石油气》规定商品丁烷、商品丙丁烷的混合物中 C₃ + C₄ 烃类组分的体积分数不小于 95%;商品丙丁烷混合物的蒸气压不大于 1380kPa,C₅及以上烃类组分的体积分数不大于 3%,硫化氢的含量不得超过 10mg/m³(层析法);商品丙烷 C₃ 烃类组分的体积分数不小于 95%。液化石油气的技术要求和试验方法如表 1-1 所示。

表 1-1 液化石油气的技术要求和试验方法

项目		质量指标			试验方法
		商品丙烷	商品丙丁烷混合物	商品丁烷	
密度(15℃), kg/m ³		报告			SH/T 0221 ^①
蒸气压(37.8℃), kPa		不大于 1430	1380	485	GB/T 12576
组分 ^②	C ₃ 烃类组分, % (体积分数)	不小于 95	—		SH/T 0230
	C ₄ 及 C ₄ 以上烃类组分, % (体积分数)	不大于 2.5	—		
	C ₃ + C ₄ 烃类组分, % (体积分数)	不小于	95	95	
	C ₅ 及 C ₅ 以上烃类组分, % (体积分数)	—	3.0	2.0	
残留物	蒸发残留物, mL/100mL	不大于	0.05		SY/T 7509
	油渍观察		通过 ^③		
铜片腐蚀(40℃, 1h), 级		不大于	1		SH/T 0232
总硫含量, mg/m ³		不大于	343		SH/T 0222
硫化氢 (需满足要求之一)	乙酸铅法	无			SH/T 0125
	层析法, mg/m ³	10			SH/T 0231
游离水		无			目测 ^④

① 密度也可用 GB/T 12576 方法计算,有争议时以 SH/T 0221 为仲裁方法。
② 液化石油气中不允许人为加入除加臭剂以外的非烃类化合物。
③ 按 SY/T 7509 方法所述,每次以 0.1mL 的增量将 0.3mL 溶剂-残留物混合液滴到滤纸上,2min 后在日光下观察,无持久不退的油环为通过。
④ 有争议时,采用 SH/T 0221 的仪器及试验条件目测是否存在游离水。

硫化物(如硫化氢)是液化石油气中的主要有害物质,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。但在民用液化石油气中,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,一般沉淀在容器的底部,除和硫化物共同对设备和管道造成腐蚀外,在寒冷地区还容易结冰,造成管道和阀门堵塞甚至破裂,因此,应尽量将其排除。

CAA003 液化石油气中杂质水分的危害

第三节 液化石油气的物理特性

一、液化石油气的状态参数

液化石油气所处的状态,是通过压力、温度和体积等物理量来反映的,这些物理量之间有一定的内在联系,称为状态参数。

CAA004 液化石油气的状态参数

(一)压力

人们把垂直均匀地作用于物体表面上的力称为压力。物体单位面积上受到的垂直压力称为压强,用符号 p 表示。由于在工程实际中习惯将压强称作压力,因此,本书后面提到的压力,即指压强。

我国现行的法定压力计量单位是国际单位制中具有专门名称的导出单位——帕斯卡(Pa), $1\text{Pa} = 1\text{N}/\text{m}^2$ 。由于帕斯卡的单位太小(如一粒西瓜子平均对桌面的压力约为 20Pa),在实际中常使用兆帕斯卡(MPa)、千帕斯卡(kPa),其关系为:

$$1\text{MPa} = 10^3\text{kPa} = 10^6\text{Pa}$$

帕斯卡与千克力的换算关系为:

$$1\text{kgf}/\text{cm}^2 = 10000\text{kgf}/\text{m}^2 = 9.8 \times 10^4\text{Pa} = 0.098\text{MPa} \approx 0.1\text{MPa}$$

测量压力有两种标准方法:一种是以压力等于零作为测量起点,称为绝对压力,用符号“ $p_{\text{绝}}$ ”表示;另一种是以当时当地的大气压力作为测量起点,也就是压力表测量出来的数值,称为表压力,或称相对压力,用符号“ $p_{\text{表}}$ ”表示。液化石油气储罐工艺所讲的压力都指表压力,绝对压力与表压力之间的关系为:

$$\text{绝对压力} = \text{表压力} + \text{当时当地大气压力}$$

(二)温度

温度是物质分子进行热运动的宏观表现,它是对物体冷热程度的量度。测量温度的标尺称为温标,温标的规定是选取某物质两个恒定的温度为基准点,在此两点之间加以等分,来确定温度单位尺度,称为度。常用的温度单位有摄氏温度($^{\circ}\text{C}$)、华氏温度($^{\circ}\text{F}$)和开氏温度(K)。

(三)体积

体积是指一定数量的物质占据空间位置的大小。由于气体总是充满所盛装的容器,所以气体的体积由盛装容器的容积来决定常用的体积单位是立方米

(m³)和升(L)。

1m³ = 1000L

二、液化石油气的物理特性

(一)比体积、密度和相对密度

1. 比体积

比体积是指单位质量的某种物质所占有的体积,用符号 v 表示,单位为 m^3/kg ,比体积与密度互为倒数。

2. 密度

密度是指单位体积的某种物质所具有的质量。由于液化石油气的生产、储存和使用中呈现气态和液态两种状态,因此,液化石油气的密度就有气态密度和液态密度两种之分。

1) 液化石油气气态密度

液化石油气气态密度随着温度和压力的不同而发生变化。因此,在表示液化石油气气态密度时,必须规定温度和压力的条件。气态液化石油气中几种化合物在不同温度及相应饱和蒸气压下的密度值见表 1-2。

表 1-2 气态液化石油气中几种化合物在不同温度及相应饱和蒸气压下的密度

密度, kg/ m³ 温度, °C	化合物	丙烷	正丁烷	异丁烷
-15		6.4	1.06	2.50
-10		7.57	1.85	3.04
-5		9.05	2.10	3.59
0		10.34	2.82	4.31
5		11.90	3.35	5.07
10		13.60	3.94	5.92
15		15.51	4.65	6.95
20		17.74	5.39	7.94
25		20.15	6.18	9.21
30		22.80	7.19	11.50
35		25.30	8.17	13.00
40		29.60	9.33	14.70
45		34.50	10.57	16.80
50		36.80	12.10	18.94

在压力不变的情况下,气态物质的密度随温度的升高而减小。在 101.3kPa 下气态液化石油气中几种化合物的密度见表 1-3。

表 1-3 气态液化石油气中几种化合物在 101.3kPa 下的密度

密度, kg/m ³ 温度, °C \ 化合物	甲烷	乙烷	乙烯	丙烷	丙烯	正丁烷	异丁烷	1-丁烯
0	0.7168	1.3562	1.2604	2.02	1.9149	2.5985	2.6726	2.503
15	0.677	1.269	1.184	1.861	1.766	2.452	2.442	2.369

2) 液化石油气液态密度

液化石油气液态密度以单位体积的质量表示,它受温度影响较大,温度上升密度变小,同时体积膨胀。由于液体压缩性很小,因此压力对密度的影响很小,可以忽略不计。液态液化石油气中几种化合物的密度见表 1-4。

表 1-4 液态液化石油气中几种化合物的密度

密度, kg/m ³ 温度, °C \ 化合物	丙烷	正丁烷	异丁烷	丙烯	丁烯
-15	548	615	600	567	634
-10	542	611	594	561	629
-5	535	605	588	552	624
0	523	600	582	545	619
5	521	596	576	538	612
10	514	591	570	531	606
15	507	583	565	524	600
20	499	578	560		
25	490	573	553		
30	483	568	546		
35	474	562	540		
40	464	556	534		
45	451	549	527		
50	446	542	520		

3. 相对密度

由于在液化石油气的生产、储存和使用中,同时存在气态和液态两种状态,所以应该了解它的液态相对密度和气态相对密度。CAA006 液化石油气的相对密度

1) 液化石油气的气态相对密度

在同一温度和同一压力的条件下,同体积的液化石油气气体与空气质量比为气态相对密度。求液化石油气气体各组分的相对密度的简便方法,是用各组分的相对分子质量除以空气平均相对分子质量。液化石油气各组份的气态相对密度在 1.5~2.5,也就是说气态液化石油气比空气重,因此,一旦液化石油气从容器或管道中泄漏出来,它不像相对密度小的可燃气体那样容易挥发与扩散,而是像水一样往低处流动和滞存,很容易达到爆炸浓度。因此,用户在使用中必须充分注意安全,厨房不应过于狭窄,通风换气要良好。液化石油气储存场所不应

ZAA004 液化石油气的体积膨胀系数

留有井、坑、穴等,对设计的水沟、水井、管沟必须密封,以防聚积,引起火灾。

2) 液化石油气的液态相对密度

在规定温度下液体的密度与规定温度下水的密度的比值。在常温下(20℃左右)液化石油气液态各组分的相对密度在 0.5~0.59 之间,接近为水的一半。当液化石油气中含有水分时,水分就沉积在容器的底部,并随着液化石油气一起输送到用户,这样,既增加了用户的经济负担,又会引起容器底部腐蚀,缩短容器的使用期限。因此,液化石油气中的水分要经常从储罐底部的排污阀放出。

(二) 体积膨胀系数

绝大多数物质都具有热胀冷缩的性质,液化石油气也不例外,受热会膨胀,温度越高,膨胀越厉害,膨胀的程度是用体积膨胀系数来表示的。所谓体积膨胀系数,就是指温度每升高 1℃,液体增加的体积与原来的体积的比值。液化石油气的体积膨胀系数比水大十几倍(表 1-5),且随温度的升高而增大,因此,液化石油气在充装作业中必须限制充装量。

表 1-5 液化石油气组分及水的体积膨胀系数

体 积 膨 胀 系 数 , $^{\circ}\text{C}^{-1}$ 温 度 , $^{\circ}\text{C}$	化 合 物	丙 烷	丙 烯	正 丁 烷	异 丁 烷	1 - 丁 烯	水
0 ~ 10		0.00265	0.00283	0.00181	0.00233	0.00198	0.0000299
10 ~ 20		0.00258	0.00313	0.00237	0.00171	0.00206	0.00014
20 ~ 30		0.00352	0.00329	0.00173	0.00297	0.00214	0.00026
30 ~ 40		0.00340	0.00354	0.00227	0.00217	0.00227	0.00035
40 ~ 50		0.00422	0.00389	0.00222	0.00266	0.00244	0.00042

ZAA005 液化石油气的体积压缩系数

(三) 体积压缩系数

对于满液的容器,当温度升高时,液体的体积会膨胀,但由于受到容器容积的限制,液体将会压缩。体积压缩系数是指压力每升高 1MPa 时液体体积的减缩量。液化石油气体积膨胀系数和体积压缩系数的比值一般为 1.9 以上,这说明如果不考虑容器本身由于温度和压力的升高而产生的容积增量,则容器在满液情况下,温度一旦升高,就使得容器内压力急剧升高。

(四) 饱和蒸气压

ZAA006 液化石油气的饱和蒸气压

自然界中的物质所呈现的聚集状态,有气态、液态和固态三种,其中任何一种状态只能在一定的条件(温度、压力)下存在。当条件发生变化时,物质分子间的相互位置就要发生相应的变化,即表现为聚集状态的改变。物质的聚集状态在热力学上称为相,如液态称为液相,气态称为气相。在密封容器中,气相和液相达到动态平衡时的状态称为饱和状态。在饱和状态下,液体和其蒸气处于平衡共存状态,也就是说液体蒸发成气体的速度和气体凝结成液体的速度相等,此时气体中分子数不再增加,液体中分子数不再减少。

饱和状态时的液体称为饱和液体,饱和状态时的蒸气称为饱和蒸气,饱和蒸气所显示出来的压力称为饱和蒸气压。液化石油气的蒸气压是随温度的升高而

增大。另外液化石油气的蒸气压和组分有关,随着碳原子数的增加,蒸气压则减小。对于液化石油气来说,常温下,容器内部液化石油气的压力总比外界大气压力大得多,所以,液化石油气一定要在密闭的、具有足够强度的容器中储存。

(五)沸点和露点

1. 沸点

在一定的压力下,液体表面不断蒸发变为气体的过程称为汽化。随着液体温度逐渐升高,汽化速度不断加快。当温度达到某一定值时,则不仅液体表面而且内部也同时进行剧烈的汽化,这种液体内部出现上下翻滚的汽化现象称为沸腾。液体在 101.3kPa 下达到沸腾时的温度称为沸点。液化石油气中碳氢化合物的碳原子数越多,沸点越高;碳原子数相同时,多数烷烃的沸点比烯烃的沸点高;正构物的沸点比异构物的沸点高,如正丁烷的沸点比异丁烷的沸点高。沸点越低的烃越难以液化,如果要液化它需要更低的温度或更高的压力,但是沸点越低的烃越容易汽化(表 1-6)。

ZAA007 液化石油气的沸点和露点

表 1-6 液化石油气各组分在 101.3kPa 时的沸点

组分	丙烷	丙烯	正丁烷	异丁烷	1-丁烯	顺-2-丁烯	反-2-丁烯	异丁烯	正戊烷
沸点,℃	-42.1	-47.0	-0.5	-11.7	-6.26	3.75	0.88	-6.9	36.2

2. 露点

露点是指气态液化石油气加压或冷却时,使之液化成液滴的温度。液化石油气各组分的露点实际上是各组分液体的饱和蒸气压下所对应的饱和温度。露点是相对蒸气而言,沸点是相对液体而言的,两者在数值上相等。

(六)汽化潜热

ZAA008 液化石油气的汽化潜热

液态变成气态时,需要吸收热量,气态变成液态时将放出热量,这些热量只用来改变物质的状态(发生相变),而温度不发生变化,因此,称之为潜热。汽化潜热就是在一定温度下,一定数量的液体变为同温度的气体所吸收的热量。

不同的液体有不同的汽化潜热,即使是同一液体,其汽化潜热也随沸点不同而发生变化。当液体的沸点上升时,汽化潜热相应减小,在临界温度时汽化潜热值为零。由于液化石油气的汽化潜热比较大,因此在生产、储存、充装(或灌装)、使用中要严禁使液态的石油气直接接触人体,以免皮肤被吸收大量的热量而造成严重的冻伤。液化石油气各组分的汽化潜热值见表 1-7。

表 1-7 液化石油气各组分的汽化潜热值

组分	甲烷	乙烷	丙烷	正丁烷	异丁烷
分子式	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	n-C ₄ H ₁₀	i-C ₄ H ₁₀
汽化潜热 (沸点及 0.1013MPa 下),kJ/kg	569.4	489.9	427.1	386.0	367.6