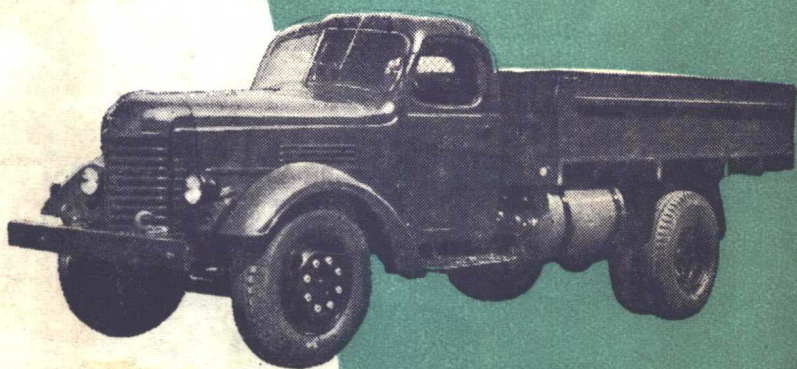


275012

液化气体汽车



机械工业出版社

121
06

液化气体汽车

俞庆严 编著

陆坤元、王文林 校



机械工业出版社

1960

出版者的話

液化气体是汽車发动机很理想的一种燃料，但在我国汽車运输业中，使用液化气体还是一件新的工作。本书作者经过实践和試驗，并参考苏联的先进經驗，对液化气体汽車作了較詳細的叙述。

本书首先介绍了液化气体燃料的特性，然后扼要地說明了液化气体汽車的改装设备及其在使用中的保养和修理知識，并对各种机件的结构和工作原理作了分析。另外，还較詳細地介绍了液化气体汽車的改装、液化气体燃料的儲运及充气站方面的知識。

本书可供汽車工业和汽車运输业的技术人員以及燃料管理工作人員参考。

編者：俞庆严

NO. 3215

1960年5月第一版 1960年5月第一版第一次印刷

850 × 1168¹/₃₂ 字数 74 千字 印張 2¹⁵/₁₆ 0,001— 6,600 册

机械工业出版社(北京阜成門外百万庄)出版

机械工业出版社印刷厂印刷 新华书店发行

北京市书刊出版业营业許可証出字第 008 号 定价(10-5) 0.45 元

目 录

前言	4
第一章 液化气体	7
第二章 液化气体汽车的燃料供给系统	22
第三章 液化气体汽车燃料供给系统的机件	26
1. 液化气体气瓶及其附件	26
液化气体气瓶	26
气瓶附件	34
2. 减压器	40
HAMИ-CT 19 双膜片单级减压器	41
HAMИ-CT 10 两级减压器	42
MK3 二级减压器	44
3. 混合器和汽化-混合器	55
4. 蒸发器	63
第四章 燃用液化气体的汽车发动机	65
1. 汽油机改燃液化气体	66
2. 柴油机改燃液化气体	72
第五章 液化气体汽车	73
1. 液化气体汽车的改装	73
2. 液化气体汽车的工作	81
第六章 液化气体的运输和液化气体汽车充气站	84
1. 液化气体的运输	84
2. 液化气体汽车充气站	89
参考文献	94

前 言

利用液化气体燃料工作的汽车运输，近来已在我国许多地区得到了普遍的重视。

从1956年起，我国东北的锦州即开始试用液化气体作为汽车燃料。

在1958年大跃进中，第一汽车制造厂已成功地把解放牌汽车改制成液化气体和汽油两用汽车；在此同时，锦州市也已有成批的汽车开始改燃液化气体。至1959年上半年，锦州和沈阳地区已有大量的汽车改燃液化气体。目前，在抚顺、旅大、上海等地区也都在组织用液化气体来作为汽车燃料。

新的石油加工厂、煤炼油厂、油母页岩炼油厂和合成石油厂的大规模兴建，以及新的天然油田及油气田的发现与开始经营，为我国汽车运输业采用液化气体燃料提供了可靠的物质基础。

通过各种性能试验和长期使用经验表明，液化气体是一种很理想的汽车燃料。

在我国许多石油炼油厂的〔石油废气〕及若干地区的天然气湿气中含有大量的液化气体资源，目前这些资源大部分还未得到充分合理的利用，一般都被当作废气放掉，或者作为普通燃料烧掉。随着我国石油工业的发展，这种气体的生成量也在逐年增加。因此，利用液化气体作为汽车燃料是对国民经济具有重要意义。

利用液化气体作汽车燃料不仅可以节约大量汽油，从而使国家动力燃料的平衡上起着重要的作用，并且由于液化气体在某些主要指标上优于汽油及其他液体石油燃料，因此它还可保证汽车具有很高的工作指标。此外，不需要作任何重大的改变，就可以把现有的汽油汽车转变成为液化气体汽车。

利用液化气体作为汽车燃料具有下列优点：

- 1) 可以扩大高质量的发动机燃料的来源;
- 2) 可以因地制宜,在国内许多地区建立液化气体的供应站,以减少液体燃料在铁路、公路及其他运输工具上的运输量;
- 3) 燃用液化气体汽车的燃料费用,比燃用汽油汽车的低;
- 4) 燃用液化气体的汽车没有讨厌的燃料气味,而且燃烧完全,在燃烧产物中无有害的混合物,这样就改善了城市 and 汽车操作的卫生条件;
- 5) 由于液化气体具有高度的抗震性,使用这种燃料可以把压缩比提高到8~10,从而使发动机的功率和经济性都可大大提高;
- 6) 由于润滑油不致被燃料稀释,其使用期限较长,并有可能使用轻质的润滑油,以使发动机的所有零件都能更好地润滑;
- 7) 燃用液化气体的汽车,可以减少发动机的磨损,从而延长发动机的检修间隔里程,使汽车的经营费用低于汽油汽车;
- 8) 在标准汽化器式汽车发动机上,使用液化气体时不必改变其设计,同时还能用汽油正常工作;
- 9) 在标准汽油发动机的基础上,很容易把它们改变成为具有高功率、高压压缩比和充气效率大的气体燃料发动机。

液化气体是以压力状态储存的,在储存和装运时不如液体燃料方便,需要特别注意,这是它的一个缺点。

在国外,使用液化气体作汽车发动机燃料已有多年的历史。苏联在1954年就已开始成批生产吉尔-150和格斯-51汽车的变型车;吉尔-156A和格斯-51A液化气体和汽油两用汽车,并对燃用液化气体的发动机的工作及其机件结构作了详尽的研究。本书所引用资料的大部分就是参考苏联汽车发动机科学研究所(HAMK)和各汽车厂的研究成果。

在资本主义国家中,美国利用液化气体作为发动机燃料是从1935年开始。在第二次世界大战后,尽管液体燃料的来源有所增加,但气态燃料的利用并没有减少,反而大大地增加了。近年

来，美国許多公共汽車和汽車運輸公司的汽車都已改用液化气体。1956年美国液化气体的耗量激增到1500万吨，其中有60%是供作汽油代用品。

在第二次世界大战前和大战期間，德国的許多汽車都采用了来自人造石油厂的液化气体。在战争时期，由于汽油十分缺乏，它几乎收罗了一切可能利用的气体作为后方汽車運輸的主要燃料。

目前，国外对于气态燃料不是作为汽油的代用品，而是作为一种独立的燃料。

在我国有計劃的社会主义国民經济制度下，使我們有充分可能来实现这种合理的以液化气体为燃料的汽車運輸业的发展途徑。

液化气体不仅是一种优良的汽車燃料，而且还是一种能够取得很多种重要化学产品的原料。在我国工农业生产大跃进中，液体发动机燃料的生产一时还跟不上各方面的需要，而化工利用还没有普遍成熟，在这种情况下，用液化气体作发动机燃料不仅是现实的和可能的，而且对国民經济的发展和国家資源的利用上也是必要的。随着液体燃料的增加，液化气体的产量也会增加，因而从长远发展来看，利用液化气体也是合理的。

为了順利地实現在我国建立数量众多的燃用液化气体的汽車队，除了由各地以半手工业方式改装汽車外，还应考虑統一制造整套的气瓶汽車配件，以保证汽車改装的质量。

在大量增加燃用液化气体汽車的同时，及时供应液化气体充气站设备也是一項重要的工作。

本书較全面地介紹了液化气体燃料的特性，液化气体汽車的結構和性能，如何把汽油及柴油发动机改装为专用液化气体或液化气体和汽油两用的发动机，以及液化气体的儲运和供应等方面的知識，以供液化气体汽車在我国广泛推广应用中作为参考。

第一章 液化气体

液化气体包括烷屬飽和烴 (C_nH_{2n+2}): 乙烷 (C_2H_6)、丙烷 (C_3H_8)、正丁烷 ($n-C_4H_{10}$)、异丁烷 ($i-C_4H_{10}$), 以及烯屬不飽和烴 (C_nH_{2n}): 乙烯 (C_2H_4)、丙烯 (C_3H_6)、正丁烯 ($n-C_4H_8$) 和异丁烯 ($i-C_4H_8$)。

上述低分子的烴类在常溫及常压下均为气态, 而在低溫或高压下則变成易于貯存与輸送的液态。

液化气体的資源是很丰富的。凡是在加工石油和石油气体以及用煤作为原料来制取液体燃料时, 都可以得到此种产品。它們在混合气体中和其他的气体成分分开, 并用特殊的分餾設備来使它們純淨。

工业上得到液化气体的主要来源有:

- 1) 在裂化工厂, 可以从加工精炼石油的最后过程中得到不少于所加工原油的 3 % 的液化气体;
- 2) 在气体汽油厂, 用压缩、吸收与吸附等方法从油田富气中提取汽油时, 可得到相当于輕汽油收率达 50 % 的液化气体;
- 3) 在以煤为原料的合成液体燃料工厂及其他人造石油厂, 液化气体的产量可达液体燃料收率的 15 %;
- 4) 在石油热解厂, 液化气体丁烯-丙烯餾分作为大量的产品来生产。

液化气体作为汽車发动机燃料时, 通常是含有两种或两种以上成分的混合物。其主要組成成分有丙烷、丁烷、丙烯和丁烯。此外还伴随有少量在工业方法生产时不可避免的乙烷与乙烯 (最輕成分) 以及戊烷 (最重成分) 等。

液化气体中所含各碳氫化合物的主要物理化学性能列于表 1。为了便于比較, 在表 1 中还列出了汽油和柴油的相应性能。

表1 液化气体所含成分

名 称	乙 烷	乙 烯	丙 烷
化 学 分 子 式	C_2H_6	C_2H_4	C_3H_8
分子量	30.05	28.03	44.06
氢含量, 重量%	20.12	14.38	18.30
碳含量, 重量%	79.88	85.62	81.70
比重(与空气相比)	1.038	0.975	1.523
气态时①的比重(公斤/米 ³)	1.273	1.187	1.867
液态时的比重(公斤/升)	0.446	—	0.509
1升液体所产生的蒸气体积(米 ³)	0.350	—	0.272
气体常数	28.22	30.25	19.25
临界压力, 大气压(表压)	48.8	50.7	42.01
临界温度(°C)	32	9.7	96.8
沸腾温度(°C)	-88.6	-103.5	-41.6
蒸发潜热(千卡/公斤)	117	120	102
绝热指数	1.20	1.25	1.16
低热值: 千卡/米 ³ (气态时)①	14340	13280	20485
千卡/公斤(液态时)	11264	11188	10972
千卡/升(液态时)①	5065	—	5560
理论上燃烧 1 米 ³ 气体所需的空气量(米 ³)	16.66	14.29	23.91
可燃混合气的热值($d=1$)(千卡/米 ³)	812	868	826
燃烧后分子改变系数	1.026	1.000	1.040
理论燃烧温度(°C)	2020	2154	2043
与空气混合时的最低自燃温度(°C)	580~605	475~550	510~580
与空气混合时的爆炸界限: 下限, 体积%	3.2	3.2	2.3
上限, 体积%	12.5	18.3	9.5
辛烷值	125	—	120
可燃混合气的起火界限(以 α 最小、最大 计)	0.420~1.82	0.310~2.12	0.398~1.70
最大火焰传播速度时的过量空气系数 (α_{max} 最大)	0.860	—	0.835

① 于760毫米水银柱和15°C时。

的主要物理化学性能数据

丙 烯	丁 烷	丁 烯	戊 烷	汽 油	柴 油
C_3H_6	C_4H_{10}	C_4H_8	C_5H_{12}		
42.05	58.08	56.06	72.09	118	—
14.38	17.35	14.38	16.70	—	—
85.62	82.65	85.62	83.80	—	—
1.479	2.007	1.977	2.491	—	—
1.780	2.460	2.372	3.050	—	—
0.522	0.582	0.599	0.626	0.740	0.870
0.294	0.236	0.261	0.200	—	—
20.17	14.60	15.13	11.78	—	—
45.0	36.0	34.0	33.0	—	—
91.7	152.9	144.0	197.2	—	—
-47	+0.5	+1.4	+36.1	—	—
108	94	98	—	—	—
1.15	1.08	1.11	1.07	—	—
19393	26679	25565	32940	50800②	—
10895	10845	10778	10800	10500	10200
5670	6320	6440	6770	7880	8910
21.43	30.95	28.57	38.08	56.6	—
861	835	864	843	850	830
1.000	1.045	1.000	1.053	1.515	—
2110	2057	2100	—	—	—
475~550	475~550	445~500	475~510	470~530	320~360
2.2	1.9	1.7	1.4	1.5	—
9.7	8.5	9.0	8.0	6.0	—
115	93	105	64	70	15
0.435~2.07	0.348~1.67	0.355~2.02	0.303~1.84	0.290~1.18	1.0~7.0
—	0.855	—	0.874	0.8~0.9	—

② 按公式 $\frac{HuM_0}{23.6}$ 千卡/米³ 来确定, 式中 Hu —汽油热值(千卡/公斤); M_0 —汽油的近似分子量。

从表1所列数据中可以看出，液化气体是一种质量很高的发动机燃料。按其辛烷值及其他主要指标来说，液化气体不仅不次于汽油，而且还优于汽油，因此它是汽车发动机的十分有价值的燃料。

液化气体的辛烷值远高于品质优良的汽油的辛烷值，其自燃温度也较高，因此，发动机可以采用较高的压缩比（8.5~10），而不会产生爆震。这是液化气体作为汽车发动机燃料的一个重要特性。

液化气体和压缩气体燃料相比较，也具有重大的技术优越性。其主要优点在于：减低气瓶的重量和体积；使操作压力由200大气压降低到16大气压；增加汽车每次加注燃料的储备行程；大大地简化了汽车燃料供给系统装置并降低了装置的造价。

由于液化气体各主要成分的临界温度高而临界压力低，因此即使在普通温度下，也可能在比较不高的压力下使它们变成液态。当液化气体由气态转变成液态时，其体积几乎缩小为 $\frac{1}{300}$ ，因此，它能够保证在单位容积中有足够的热能。此单位容积的热能较之压缩至200大气压的热值很高的甲烷天然气要大3倍（例如：每1升丁烷气体如把10%的蒸气层不算在内，则含有 $0.9 \times 6320 = 5680$ 千卡，而甲烷则只有 $\frac{8087 \times 200}{1000 \times 0.85} = 1900$ 千卡，其中0.85是压缩系数）。

液化气体具有气体燃料的优点，但没有像上述压缩气体燃料那样的缺点。液化气体在进入发动机气缸之前，已蒸发成为干燥气体，因而它与空气的混合均匀，对各气缸的分配也均匀，并且燃烧完全，不产生积碳。同时，由于机油不会被燃料稀释，可以显著地减少发动机气缸的磨损，使得发动机的寿命能延长1.5~2倍，并使曲轴箱机油的使用期限增加2~3倍。

液化气体混合气的热值与汽油混合气的热值很接近（烷属烃类稍低）。

液化气体的自燃温度较高，因此它和汽油一样是属于需要用

另外火源——火花塞来点燃的一种发动机燃料。

液化气体与空气的混合气的起火界限比汽油稍宽，因而改善了发动机的调整情况。在部分负荷时，发动机可采用较稀的混合气工作，提高了发动机的有效效率。

液化气体中所含烯属烃类的性质和相当的烷属烃的性质相近，主要的区别是它的化学和温度的稳定性较差，可燃混合气的热值及蒸气压较高。烯属烃类较不稳定，容易氧化和聚合。

液化气体盛装在气瓶中的压力不是人工造成的，而是由它本身的饱和蒸气压力所形成。液化气体的饱和蒸气压，是根据其组成成分和周围的温度而变化。表2和图1、2所示是液化气体各组成成分的饱和蒸气压与温度的变化关系。

作为汽车燃料的液化气体，一方面，希望它的饱和蒸气压不要太高，因为这样能减低汽车气瓶以及储存和运输容器的重量和造价；另一方面，当温度很低时，又需要它具有一定的蒸气压，以保证发动机燃料系统的正常供给。因此，应用于汽车的液化气体，最好能根据季节和地区的不同而配制不同的组成成分。如在夏季和南方地区，最好能采用含70~80%丁烷和20~30%丙烷的混合物。在春季和秋季时，丙烷的含量可相应地增加。如在冬季时，尤其是东北地区，则最好采用主要是丙烷成分的液化气体，在液化气体中含有丁烷时，可相应添加少量的乙烷。

表3所列是我国石油工业部1959年制定的石油产品规格标准中所规定的液化气体的规格。

液化气体具有比汽油及其他液体燃料高得多的体积膨胀系数（参看图3及表4），因此在温度变化时，它的比重在很大的范围内变动。这对压燃式发动机的工作产生很大的影响，因为在这些发动机中，液化气体是以液态喷射入气缸的。至于火花点火式发动机，由于温度改变时，液化气体蒸气的比重也改变（参看图4），这就影响燃料与空气混合气的比例，因而使过量空气系数 α 也发生变化。因此应设法避免液化气体的温度有较大的变化（在

表2 液化气体的饱和蒸气压力 (绝对大气压)

温度 (°C)	乙 烷 C_2H_6	乙 烯 C_2H_4	丙 烷 C_3H_8	丙 烯 C_3H_6	正 丁 烷 $n-C_4H_{10}$	异 丁 烷 $i-C_4H_{10}$	丁 烯 C_4H_8	戊 烷 C_5H_{12}	25% C_4H_{10} 75% C_3H_8	50% C_3H_8 50% C_4H_{10}	75% C_4H_{10} 25% C_3H_8
-50	5.2	9.5	0.8	0.9	0.10	0.17	0.09	—	0.62	0.45	0.27
-40	7.0	13.2	1.2	1.4	0.13	0.27	0.17	—	0.94	0.69	0.43
-30	9.8	17.5	1.8	2.0	0.28	0.44	0.27	—	1.42	1.04	0.66
-20	13.8	23.2	2.7	3.0	0.45	0.69	0.41	—	2.13	1.57	1.01
-10	17.0	30.0	3.7	4.1	0.68	1.02	0.64	—	2.95	2.19	1.43
0	23.6	40.0	4.3	5.8	0.96	1.60	0.92	0.25	3.84	2.88	1.92
10	30.0	50.8	6.4	7.6	1.50	2.30	1.40	0.38	5.17	3.95	2.72
20	38.0	64.0	8.5	10.3	2.10	3.20	2.00	0.64	6.90	5.30	3.70
30	48.0	78.0	11.0	13.3	2.90	4.20	2.70	0.91	9.00	6.95	4.92
40	59.0	95.0	14.3	17.0	3.90	5.50	3.60	1.19	11.70	9.10	6.50
50	71.0	113.0	18.0	21.0	5.10	7.10	4.80	1.57	14.75	11.55	8.32

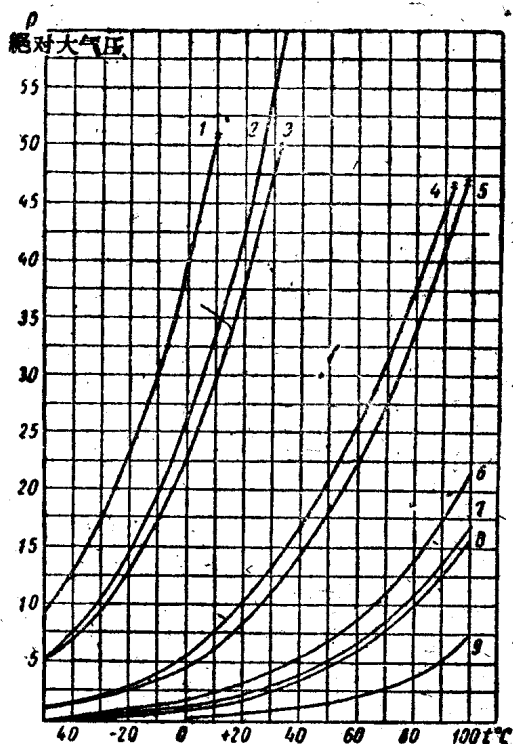


图1 液化气体所含碳氢化合物的饱和蒸气压力与温度的关系:

1—乙烯; 2—乙炔; 3—乙烷; 4—丙烯; 5—丙烷; 6—异丁烷; 7—正丁烷; 8—丁烯; 9—戊烷; *—临界点。

表 3

质 量 指 标	冬 用	夏 用
1. 蒸气压力(大气压)		
1) 在 -10°C 时(不低于)	2	—
2) 在 38°C 时(不高于)	—	14
2. 残余液体在 20°C 时(%) (不大于)	4	6

发动机工作中应取用其液态部分)。

由于液化气体的体积膨胀系数很大, 因此, 当往气瓶或其他容器内充气时, 必须要留出一定的空间(蒸气层), 以供液化气体热膨胀时所占用。例如, 丙烷的膨胀系数是0.00306, 即为水的16

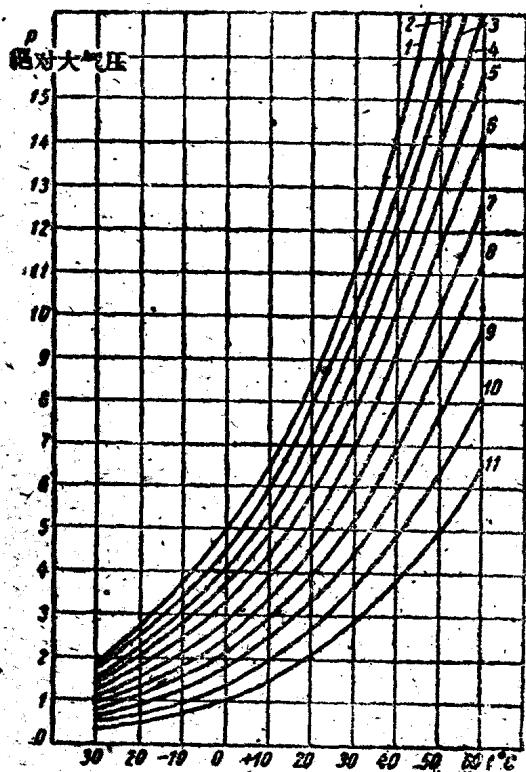


图2 由丙烷-丁烷组成的
液化气体的饱和蒸气
压与温度的关系:

- 1— C_3H_8 ;
- 2—90% C_3H_8 + 10% C_4H_{10} ;
- 3—80% C_3H_8 + 20% C_4H_{10} ;
- 4—70% C_3H_8 + 30% C_4H_{10} ;
- 5—60% C_3H_8 + 40% C_4H_{10} ;
- 6—50% C_3H_8 + 50% C_4H_{10} ;
- 7—40% C_3H_8 + 60% C_4H_{10} ;
- 8—30% C_3H_8 + 70% C_4H_{10} ;
- 9—20% C_3H_8 + 80% C_4H_{10} ;
- 10—10% C_3H_8 + 90% C_4H_{10} ;
- 11— C_4H_{10} .

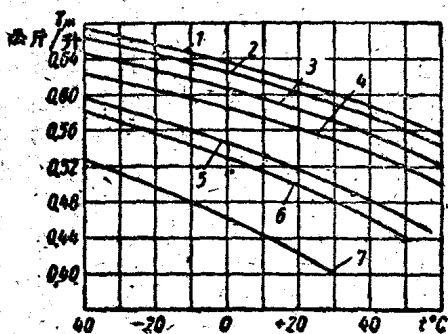


图3 液化气体的比重与温度的变化
关系:

- 1—异丁烯; 2—正丁烯; 3—正丁烷; 4—
- 异丁烷; 5—丙烯; 6—丙烷; 7—乙烷。

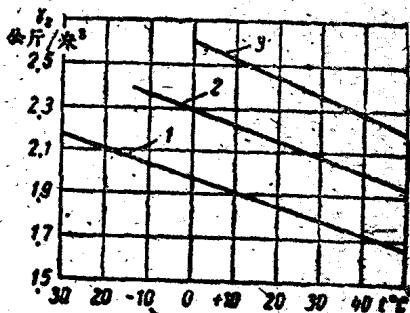


图4 液化气体蒸气的比重与温度
的变化关系:

- 1—丙烷; 2—50%丁烷+50%丙烷; 3—
- 丁烷。

表 4 液化气体的体积膨胀系数

液体 名称	15°C时的 比 重 (公斤/升)	体 积 膨 胀 系 数			15°C时体积 膨胀系数的 相 对 值
		于15°C时	于下列温度之间的平均值		
			自-20°C至+10°C	自+10°C至+40°C	
水	1.000	0.00019	—	—	1.0
丁烯	0.600	0.00202	0.00194	0.00210	10.6
丁烷	0.585	0.00212	0.00209	0.00220	11.1
丙烯	0.522	0.00294	0.00280	0.00368	15.5
丙烷	0.509	0.00306	0.00290	0.00372	16.1
乙烷	0.446	0.00408	—	0.00800	21.5

倍。液化丙烷在47°C下的体积校正到标准情况(15.5°C)时,要缩减到0.9。因此,在15.5°C时充丙烷液体90%容积的气瓶,当在47°C时液体即膨胀到100%。如果温度再升高的话,则瓶壳就会受到很大的压力,而在安全阀失灵的情况下气瓶就有被胀破的危险。

液化气体的蒸发潜热依其组成和温度而变。图5所示是烷属烃的蒸发潜热与温度的变化关系。蒸发潜热是计算液化气体蒸发器的热容量的一个依据。

液化气体蒸气的比重较空气的比重大,当燃料供给系统漏气时,漏出的气体会积存在发动机罩内(尤其在发动机停车时),如果遇到火花,即有发生火灾的危险。因此,液化气体汽

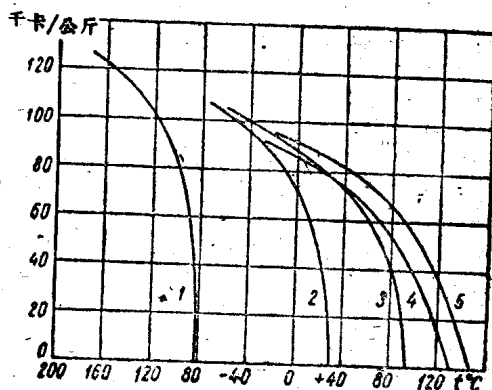


图 5 烷属烃的蒸发潜热与温度的关系:

1—甲烷; 2—乙烷; 3—丙烷; 4—正丁烷;
5—异丁烷。

车必须按期检查所有气体设备元件的气密性,应立即消除已发现

的缺陷，不允許有漏气的情况存在；并且在起动机之前，应打开发动机罩使其空气流通，以防止有可燃性气体的集結。此外，还必须特別仔細注意汽車上的电气系統的设备有无毛病，以及防止有其他的火源靠近气体设备。

液化气体的沸騰温度很低，当它从气瓶中漏出时，能很快向周圍吸收大量的热而立即蒸发。如果液化气体漏到皮肤上时，則有可能形成冻伤。因此在檢修气瓶漏泄时应特別細心，并使用劳动保护用品，如橡皮手套等。

液化气体的蒸气对人体器官的作用并不比汽油蒸气更有害些。但当工厂的淨化操作不充分时，液化气体就可能含有各种有机含硫化合物及硫化氢的毒性杂质。除了尽可能地除淨气体中的这些杂质之外，防止杂质毒性作用的最好手段是使气体管綫、设备及所有附件都彻底气密，并且在运行中經常注意它們的状态。

液化气体在生产过程中，应该經過充分地淨化，特别是要把其中含腐蝕性的硫化物除去，硫化物的总含量不应超过0.15%。

液化气体中还不應含有水分，因为含有水分时容易使管路結冰（水分和液化气体生成的水化物，如 $C_3H_8 \cdot 7H_2O$ 及 $C_4H_{10} \cdot 7H_2O$ 等），破坏发动机的燃料供給。机械杂质也是不允許存在的。

計算公式和計算例題

1. 液化气体的組成 如果液化气体給出体积組成时，可按下式来換算其重量組成：

$$g_1 = \frac{v_1 M_1 \times 100}{v_1 M_1 + v_2 M_2 + \dots + v_n M_n} = \frac{v_1 M_1 \times 100}{\sum_{i=1}^n v_i M_i}, \quad (1)$$

$$g_2 = \frac{v_2 M_2 \times 100}{\sum_{i=1}^n v_i M_i}, \text{ 以此类推;}$$

式中 $g_1, g_2, \dots, g_n$ ——所含各成分的重量（%）；