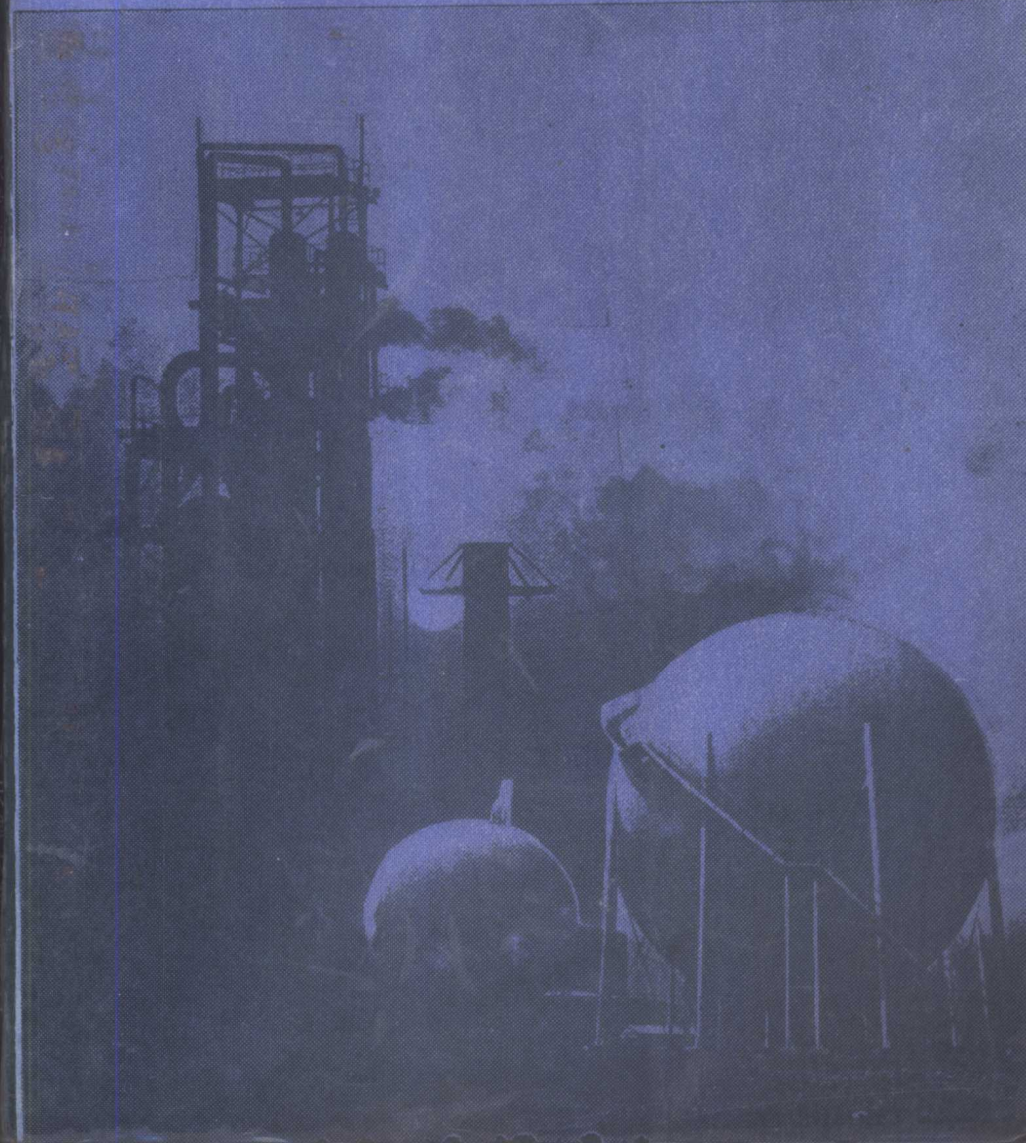


气体与火灾

高向东 张学伟 主编

天津大学出版社



气体与火灾

编写委员会

主任：王洪发 张正一

委员：高向东、张学伟、王亚森、刘国春

赵连仲、白建国、何勇

主编：高向东、张学伟

编者：何勇、白建国、刘国春、王亚森

赵连仲

顾问：尹静、唐曾乐

天津大学出版社

气体与火灾

高向东 张学伟 主编

*

天津大学出版社出版

(天津大学内)

天津新华印刷二厂印刷

新华书店天津发行所发行

*

开本, 850×1168毫米 1/32 印张: 4 1/8 字数: 107千字

1991年4月第一版 1991年4月第一次印刷

印数: 1—3000

ISBN 7-5618-0243-9

TE·1

定价: 2.40元

序

近年来,随着国家经济建设的发展和石油化工企业兴起,发生各类气体火灾的危险性也随之增加,消防工作正面临着更加艰巨、繁重的任务。各地消防机关迫切需要一本有关气体防火和灭火知识的参考书。天津市公安局消防总队为适应消防工作的时代要求,组织专人在调查研究和总结防火和灭火经验的基础上,编写了《气体与火灾》一书,奉献给读者,确实值得庆幸。

作为一本专门介绍气体与气体火灾的书籍的出版,在全国尚属首例。该书较系统地介绍了气体、压缩气体、液化气体的性质、火灾危险性、火灾特点及火灾扑救方法,并介绍了有关试验数据。书中还收集和编写了国内外十几起重大气体火灾案例,这对于从事消防工作的同志是很有益的。我深信,该书的出版,是消防界的一件喜事,它必然会对研究气体火灾及其扑救,不断强化灭火战术技能产生一定的积极作用。

朱吕通

1990年7月

前 言

随着城市建设及工农业生产的发展，各种易燃气体，特别是天然气、煤制气以及液化石油气的生产、使用在国民经济和人民生活中，愈来愈普遍。目前，仅天津市就有液化石油气罐站110个（包括有储罐单位），贮罐155个，总储气量11817.9吨，分布于市区、郊区和各县。“三气”的开发利用，使全市110多万户的居民改善了燃料结构，工业800多户、福利1400户都实现了燃料气化。全市气化率达95%以上，居全国之首。

易燃气体给人民生活带来了方便，它的开采和利用为工农业生产 and 国民经济腾飞提供了广阔的前景。然而，易燃气体也是极其危险的。据统计，1975年—1988年天津市仅此“三气”发生火灾就达250起，直接经济损失148万余元，死亡15人，伤288人。其中，液化石油气火灾206起，损失109万余元，死9人，伤228人；煤制气火灾3起，损失15万余元，死2人，伤7人。

鉴于上述情况，天津市公安局消防总队从实际出发，面对因本市燃料结构的变化而出现的一些新情况、新问题，组织专人经过调查研究，从气体火灾的扑救中总结出战术要求和扑救方法，编撰成册，献给广大读者。这本书融知识性、教育性、科普性为一体，系统介绍了易燃气体的特性、火灾特点以及应急处置办法和对策。它既是一本公安消防干警、企事业单位保卫干部、义务消防人员或从事易燃易爆气体工作的在岗人员学习的很好教材，又是对居民群众进行安全教育的有益参考书。

此书在编撰过程中曾得到中国消防协会副秘书长尹静及有关专家学者的鼎力支持。国家科委科学技术发展咨询工作专家组专家、武警学院消防管理系主任朱吕通教授为本书撰写了序言。中

国消防协会高级工程师徐德茂同志、天津市煤气公司高级工程师唐曾乐同志对全书进行了审阅。在此一并表示衷心的感谢。

编者

1990年2月

目 录

第一章 气体与气体火灾	(1)
第一节 气体、压缩气体、液化气体	(1)
第二节 压缩气体和液化气体种类	(2)
第三节 临界温度与临界压力	(3)
第四节 压缩气体和液化气体的火灾危险性	(4)
第五节 气体火灾分类	(5)
第二章 液化石油气火灾	(7)
第一节 液化石油气的性质	(7)
第二节 液化石油气火灾特点	(10)
第三节 液化石油气火灾扑救的基本措施和要求	(12)
第四节 液化石油气火灾事故处置	(16)
第五节 液化石油气瓶跑气处理和着火扑救	(20)
第六节 液化石油气槽车火灾扑救	(23)
第七节 罐站火灾扑救	(25)
第八节 扑救液化石油气火灾的注意事项	(28)
第九节 几种灭火和排险试验	(29)
第三章 煤气火灾	(33)
第一节 煤气的性质	(33)
第二节 煤气火灾危险性	(37)
第三节 煤气火灾事故处置	(39)
第四章 天然气火灾	(45)
第一节 天然气的性质	(45)
第二节 天然气火灾的危险性	(46)
第三节 天然气火灾事故处理	(47)

第五章 氨气火灾	(56)
第一节 氨气的特性.....	(56)
第二节 氨气火灾危险性及其毒性.....	(56)
第三节 氨气火灾事故处置.....	(57)
第四节 有毒气体火灾的扑救.....	(58)
第五节 氨气火灾扑救实例.....	(60)
第六章 灭火战例与火灾案例	(64)
附录	(119)
高压气瓶的颜色与标志	(119)
压缩气体和液化气体	(120)
高压气体的物理化学性质	(122)

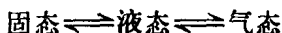
第一章 气体与气体火灾

第一节 气体、压缩气体、液化气体

气体是物质的一种聚集状态，又称气态。它和液态（体）、固态（体）合称物质的三种主要的聚集状态。

分子在聚集成物体时，根据分子和分子间距离和作用力的大小不同分为气体、液体和固体。气体中分子间的距离大，作用力最小，分子可以在任意范围内运动，所以气体有滚动性、压缩性，没有一定的形状和体积（可以占有任意空间，和容器的体积相同）。

物质的三种状态是可以相互转变的。即：



物质所处的状态和温度、压力有关。某压力下，液态和气态相互转变时的温度为该物质在该压力下的沸点。例如，水的沸点在 1 atm 时为 100°C，4.7 atm 时为 150°C 等。在一个大气压条件下，凡沸点低于室温的物质在室温状态下都是气态，沸点高于室温的物质在室温时都是液态。

气体都具有压缩性，因而任何气体都可以压缩。例如，我们用气筒往自行车胎内打气，实际上就是把空气压进车胎里去，车胎内的空气具有较大的压力，处于压缩状态。处于压缩状态的气体叫做压缩气体。一般运输或贮存压缩气体都是用很高的压力把气体压缩在钢瓶或气柜内的。这种压缩气体在受热、撞击等情况下容易引起爆炸，好象自行车胎打足气后，受热（如夏天日晒）容易爆胎一样。因此，压缩气体具有一定的危险性。

如果对压缩气体继续施加压力并降低温度，它就会转化为液体。气体转化为液体的过程叫做液化。经加压、降温液化为液体的气体叫做液化气体。压缩气体和液化气体无论在储运和使用上都很方便。与压缩气体比较，液化气体具有更大的压力和较低的温度，所以液化气体的危险性更大，在储存、使用、运输等过程中需要有严密的防护措施。

第二节 压缩气体和液化气体种类

高压气体在工业生产及城市民用燃料使用中有广阔的用途和优越性：

- (1) 气体在高压下压缩或液化时，体积明显减小，便于运输、储存；
- (2) 在以气体为原料的合成工业中，高压能够加快反应速度，有利于化学平衡；
- (3) 高压能够抑制反应物的气化，使其保持液化状态；
- (4) 液化气的蒸发潜热可以致冷；
- (5) 压缩气体的膨胀力可以做动力。

因此，在工业和民用生活中，日益广泛利用压缩气体和液化气体。

压缩气体和液化气体的种类很多。从化学组成来看，它们大都是一些由分子组成的比较简单、分子量不太大的物质，有：

- (1) 惰性气体，如氦(He)、氖(Ne)、氩(Ar)、氪(Kr)、氙(Xe)等。
- (2) 某些非金属单质，如氢气(H₂)、氯气(Cl₂)、氧气(O₂)、氮气(N₂)等。
- (3) 某些非金属氧化物，如二氧化硫(SO₂)、二氧化碳(CO₂)、一氧化碳(CO)、一氧化二氮(N₂O)等。
- (4) 非金属氢化物，如氯化氢(HCl)、硫化氢(H₂S)、

氟化氢(HF)、氰化氢(HCN)、氨(NH₃)、磷化氢(PH₃)等。

(5) 某些氟化物, 如六氟化硫(SF₆)、三氟化硼(BF₃)、四氟化硅(SiF₄)等。

(6) 低级烃及某些衍生物, 如甲烷(CH₄)、乙烯(C₂H₄)、乙炔(C₂H₂)、丁二烯(C₄H₆)、甲醚(CH₃OCH₃)等。

(7) 硼烷。

(8) 其它, 如氰(CN₂)、氯化氰(CNCl)、空气、水煤气、煤气等。

根据毒性、燃烧性、助燃性和惰性, 高压气体可分为四类:

(1) 剧毒气体: 液氯、氰化氢、光气(COCl₂)、溴甲烷、二氧化硫(SO₂)等。这些气体的毒性极强, 吸入人体能引起中毒, 甚至死亡。

(2) 易燃气体: 氢气、甲烷、磷化氢以及有机化合物中的气体物质。这些气体非常容易燃烧, 有的还有一定的毒性。

(3) 助燃气体: 氧气、空气、一氧化二氮等。这些气体本身不能燃烧, 但能帮助燃烧, 一旦和易燃物接触极易引起火灾。

(4) 不燃气体: 如氖、氩、氮、二氧化碳等。这些气体虽不燃烧, 也不助燃, 但有窒息性, 若处理不当能引起人畜窒息。

对于常用的各种高压气体, 其物理化学性质见附录表3。

第三节 临界温度与临界压力

气体只有在某一限定温度之下时, 对它施加压力才能液化。若温度超过此值, 无论施加多大的压力都不能液化, 这个限定温度叫做临界温度。不同的物质, 其临界温度也不相同。

在临界温度时, 使气体液化所需要的最小压力叫作临界压力。不同的物质, 其临界压力也不相同。低于临界温度愈多, 使其液化所需施加的压力也愈小。

某些气体的临界温度和临界压力见表1。临界温度和临界压力是使气体液化的两个重要数据。

表1 某些气体临界温度和临界压力表

气体名称	临界温度 (°C)	临界压力 (MPa)	气体名称	临界温度 (°C)	临界压力 (MPa)
氦气(He)	-267.9	0.23	乙稀气(C ₂ H ₄)	9.7	5.14
氢气(H ₂)	-239.9	1.30	二氧化碳气(CO ₂)	31.0	7.39
氖气(Ne)	-228.7	2.62	乙烷气(C ₂ H ₆)	32.1	4.94
氮气(N ₂)	-147.1	3.39	氨气(NH ₃)	132.4	11.28
一氧化碳气(CO)	-138.7	3.1	氯气(Cl)	143.9	7.71
氧气(O ₂)	-118.8	5.04	二氧化硫气(SO ₂)	157.2	7.87
甲烷气(CH ₄)	-82.1	4.69	三氧化硫气(SO ₃)	218.3	8.49
丙烷气(C ₃ H ₈)	95.7	4.40	丁烷气(C ₄ H ₁₀)	152.8	3.62

由表可知，临界温度越高的气体越容易液化。所以丙烷、丁烷（液化石油气的主要成分）液化较方便，可装瓶供应。而丙烷（天然气的主要成分）液化需降温至-82.1°C以下，再加上很大压力方可实现，因此一般在气态下通过管道供应，同样道理，一氧化碳（煤制气的主要成分）就更难液化了。

第四节 压缩气体和液化气体的火灾危险性

压缩气体和液化气体的主要危害有：

1. 爆炸性

因受热、震动、撞击等使内部气体膨胀、压力增大，这样易造成钢瓶漏气或容器受损。由于漏气，易燃易爆气体扩散到空气中组成爆炸性混合气体，当达到爆炸极限时遇明火极易引起空间爆炸。助燃气体扩散到空气中和可燃性粉尘混合，也有产生粉尘爆炸的危险。容器受损后，轻则造成漏气现象，重则引起钢瓶本

身的爆炸，造成火灾危害。

2. 燃烧性

压缩气体和液化气体中的易燃气体和某些剧毒气体容易引起燃烧。其中有的自燃点很低，在常温下不需点火源即能自燃；有的闪点很低，遇火即能燃烧。压缩气体和液化气体中的助燃气体，本身虽不能燃烧，但有很强的助燃性。可燃物在助燃气体中，尤其在高压助燃气体中的燃烧很容易，有时甚至不需点火即能引起燃烧。所以，助燃气体因漏气扩散极易引起周围可燃物的燃烧，造成火灾危害。

3. 毒害性

剧毒气体，对人、畜都有很大的毒害性。吸入少量即可引起中毒或死亡。实验表明，空气中含有0.1%的氯气时，吸入人体即能严重中毒；空气中含有0.01~0.02%的氰化氢气体时，吸入即能中毒，持续吸入30—60分钟后能引起严重中毒，甚至死亡。这些有毒气体因漏气而扩散到空中引起的毒害性是很大的。

4. 窒息性

压缩气体和液化气体中除氧气和空气外，大量扩散到空中都能冲淡空气中氧的含量，影响人、畜的正常呼吸，严重时能使人、畜缺氧而窒息。

第五节 气体火灾分类

根据气体的性质或事故的种类，气体火灾及其灾害可分为下列几类：

(1) 由于高压的原因引起的火灾，如高压气体容器的破裂、高压气体的喷出等而引起的气体火灾。

(2) 由于气体可燃或助燃的原因而引起的火灾，如爆炸性混合气体或漏泄的易燃、助燃气体导致着火、爆炸而引起的气体火灾等。

(3) 由于气体的毒害或窒息性而引起的灾害，如有毒气体外泄而引起的人员中毒，因氧气不足而发生的窒息等。

(4) 由于气体为低温或高温的原因而引起的灾害，如深冷液化气或高温燃烧气体对人员造成的冻伤或烧伤等。

根据引起事故的构成划分，气体火灾大体可分为三种：

(1) 高压气体容器事故火灾，如气体容器破裂导致的火灾。

(2) 高压气体制造设备事故火灾，如气体压缩机、油分离器、高压气体贮罐、液体气贮罐、高压管道等高压部分中发生事故而导致的火灾；气体精制塔、高压反应釜、低温液化分离装置、电解槽、气体贮罐等出现的设备破裂事故、气体喷出或泄漏事故等发生的气体燃烧或爆炸事故。

(3) 冷冻设备事故火灾，如压缩机、受液槽、蒸发罐等的破坏、断裂、致冷剂喷出等原因引起的火灾。

第二章 液化石油气火灾

液化石油气发生火灾，往往是由于跑冒出来的气体扩散与空气形成爆炸混合物，遇到明火发生爆炸，随即转入稳定性燃烧。在燃烧过程中，贮罐受到强烈的辐射热作用，罐内气体膨胀，贮罐发生物理性爆炸，造成罐体破坏，建筑物倒塌，形成大面积火灾，严重危害人民生命财产和安全。

1978年2月江苏省太仓化肥厂液化石油气发生爆炸，引起一场大火。爆炸时，液化气喷射的方向一片火海，火焰高达数十米，爆炸将300kg重的罐顶抛出47m远，罐体爆裂张开被弹出8m远，贮罐地基全部炸平，距离爆炸中心50~150m的范围内建筑物震塌。由此可见，液化石油气火灾，燃烧快，爆炸威力大，辐射热强，瞬间能造成建筑物倒塌，人员伤亡，物资毁坏，是一种难于扑救的气体火灾。

第一节 液化石油气的性质

要成功的扑救液化石油气火灾，首先必须了解其特点、性质及其火灾危险，然后才能对症下药，采取有效的扑救方法。

一、液化石油气的成分

液化石油气（以下简称液化气）是石油开采和炼制过程中的副产品。作为副产品而提取的一部分碳氢化合物，在正常温度和压力下为气体，为了方便使用，将这种气体加压、降低温度或两种方法兼用，则变成液体，灌装在专用的气瓶内。它无色透明，有臭味。它的主要成分有：丙烷（ C_3H_8 ）、丙烯（ C_3H_6 ）、丁烷（ C_4H_{10} ）、丁烯（ C_4H_8 ）等烃类化合物。液化气中烯烃部分

可作为化工原料，其烷烃部分可用作燃料。液化气目前已成为我国城市煤气的主要来源之一。

二、液化石油气的主要特性

1. 挥发性

在常温常压下液态的液化气极易挥发，液体遇空气后能迅速扩大250—300倍，也就是说1L液态液化气挥发后能变成250L以上的气体。相反，当液化气液化时，其体积可缩小到1/250—1/300倍。由此可见，当液态的液化气漏出时，将会变成大量的气体滞留在空气中。

2. 比空气重

液化气气体比空气重1.5—2.0倍，其液体比水轻，为水的1/2重。它会象水那样从高处向低处流动，并停滞聚集在电缆沟、下水道低洼处，在比较稳定的空气中不易扩散，遇火会发生爆炸。如吉林液化气罐站事故的起爆点就是远离漏气点200多m的下风处。

3. 着火温度低

液化气温度较其它可燃气体要低，约为430—500°C。如：火柴火焰、打火机火星、电灯开关的火花及汽车排气管内的火星等，均可点燃液化气。

4. 燃烧热值高

液化气的热值很高，在标准状况下1kg液化气完全燃烧后，发出的热量可达46.1—50.2mJ，其温度亦可达700—2000°C以上，约为焦炉煤气的6倍多。强高的辐射热几乎使人难以接近，给灭火工作带来了很大困难。

5. 沸点低

液化气的沸点很低，丙烷为-42°C。丁烷为-10°C。因此，在容器中贮存的液化气，只要温度稍有升高，就会引起饱和蒸气压的增高，该压力的大小与液化气的成份有关，并随着温度的变化而变化，与容器大小无关。因为只有有一定压力下，液化气才能以

液态存在。因此，贮存液化气的容器必须是特制的，并且为有一定耐压强度的钢制容器，其设计压强一般为1.57MPa。

6. 爆炸危险性大

液化气与空气混合构成强烈爆炸性混合物。液化气的爆炸极限为2—9%，它的爆炸下限很低(天然气和煤气下限分别为5%和4.5%)，即只需2份的液化气与98份的空气相混成爆炸性混合物，遇到明火就极易爆炸和燃烧。

7. 体积膨胀系数大

因液化气系以液体状态贮存，所以从安全观点来看，它的主要危险是具有极大的体积膨胀系数。15°C时液化气的体积膨胀系数达0.003左右，为水的体积膨胀系数的16倍，所以液化气贮入容器时，必须留有一定的气相空间，即“安全空间”，以备液体膨胀时所占用。近年来，国内多数气瓶的自行爆破事故都是因液态膨胀所致。由此可知，使容器内永远有“安全空间”是保护容器的一个非常重要的方法。

三、液化石油气的供应程序

随着石油化学工业的发展，使用液化气的范围越来越广泛。为了满足各方面的需求，尤其是民用燃料的需要，许多城市设立了液化气管理所(站)，负责液化气的供应管理。根据当地的需要和设备条件，液化气可以由管道供应，也可以采用瓶装供应。目前，城镇供给居民和企业单位生活用的液化气主要是采用瓶装供应的，其程序如图1所示。

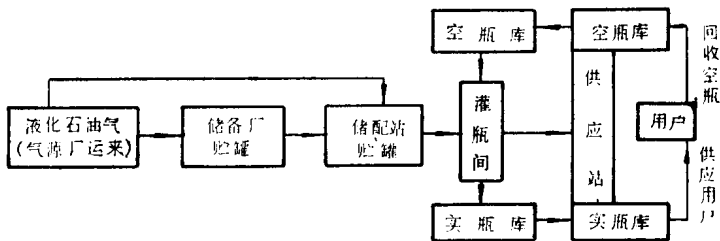


图1 液化石油气供应程序示意图