

# 常用可燃气体灾害事故处置应对措施

宋靖康

(山西省晋中市消防救援支队, 山西 晋中 030600)

**摘要** 液化石油气、液化天然气在生活中的应用非常广泛, 其安全性问题也得到了社会各界的广泛关注。这些可燃气体一旦发生事故, 往往会带来非常严重的后果。为了能够有效应对这些可燃气体灾害事故, 本文通过分析液化石油气(LPG)和液化天然气(LNG)这两种常用可燃气体的理化性质, 以及近些年来发生过的燃气爆炸事故, 提出了一系列的应对措施和注意事项, 旨在为提高事故处置的效率和安全性、减少人员伤亡提供参考。

**关键词** 液化石油气; 液化天然气; 灾害事故

**中图分类号**: X93

**文献标识码**: A

**文章编号**: 2097-3365(2023)11-0100-03

随着科技的进步、社会的发展, 液化石油气(LPG)和液化天然气(LNG)在生活中的应用也开始越来越多, 同样伴随着其在生活中的广泛应用, 相对应的安全性问题也呈现上升的趋势<sup>[1]</sup>。因此, 了解和掌握这些可燃气体的基本性质, 以及如何有效、安全地预防和处置相关情况成为一项重要的任务。

## 1 常用可燃气体及其应用

### 1.1 液化石油气

液化石油气(LPG)是一种通过石油进行提炼所产生的一种物品, 其主要成分是丙烷、丙烯、丁烷、丁烯中的一种或者两种, 它在常温常压的状态下呈现气态, 但是在适当的压力下可以轻易地液化, 从而使其更便于存储和运输, 主要通过瓶装供应、管道供应、分配槽车供应这三种模式进行。液化石油气充分燃烧后主要产物是水和二氧化碳, 污染程度较小, 是一种环保的燃料, 不充分燃烧后会产生一氧化碳。

液化石油气的主要用途是家庭烹饪和商业热能供应, 也被广泛用于汽车燃料、工业用途、农业和电力生产等。然而, 随着液化天然气的普及和环保要求的提高, 液化石油气的使用在逐渐减少。尽管在一些偏远地区和特定应用中, 液化石油气仍然是重要的能源, 但是从社会发展的整体而言, 由于液化天然气的优势更为明显, 液化石油气的市场份额正在逐步被液化天然气所取代。

### 1.2 液化天然气

液化天然气(LNG)是天然气在极低温度(约 $-162^{\circ}\text{C}$ )下液化的产物, 主要成分是甲烷, 含有少量的乙烷、丙烷和丁烷等。液化天然气的体积是其气态体积的 $1/625$ , 这使得它在存储和运输方面具有极大的优势。液化天然气的燃烧产物纯净, 几乎没有硫和颗粒物排放, 是一种高效、清洁的能源, 由于它的燃烧产物相

比较液化石油气更加环保, 因此也被认为是目前地球上发现的最干净的能源之一。

液化天然气的主要用途是电力生产和家庭热能供应, 也被用于工业、运输和城市燃气供应等。近年来, 随着环保要求的提高和技术的进步, 液化天然气的应用正在迅速扩大。特别是在电力生产和运输领域, 液化天然气已经成为主要的能源。预计未来, 随着液化天然气基础设施的建设和政策的推动, 液化天然气的使用将更加广泛。

## 2 常用可燃气体的理化性质

### 2.1 液化石油气(LPG)的理化性质

1. 液化石油气的物理性质。液化石油气是一种无色气体或黄棕色油状液体有特殊臭味, 其主要成分为丙烷和丁烷。在常温常压下, 液化石油气呈气态, 但在一定压力下可以被压缩成液态, 体积大大缩小, 方便储存和运输。其液态密度为 $580\text{kg}/\text{m}^3$ , 气态密度为 $2.35\text{kg}/\text{m}^3$ , 气态相对密度为1.686, 相对比空气重, 引燃温度为 $426^{\circ}\text{C} \sim 537^{\circ}\text{C}$ , 燃烧值为 $45.22 \sim 50.23\text{MJ}/\text{kg}$ 。

2. 液化石油气的化学性质。液化石油气在空气中可形成易燃、易爆混合物。其爆炸下限为1.5%, 爆炸上限为9.5%。这就意味着, 当液化石油气与空气的体积比在这个范围内时, 遇到足够的能量源即可引发爆炸。因此, 在使用和储存液化石油气时, 必须时刻谨防泄漏事故。

### 2.2 液化天然气(LNG)的理化性质

1. 液化天然气的物理性质。液化天然气无色、无味、无毒且无腐蚀性, 主要成分为甲烷, 也含有少量的乙烷、丙烷等。在常温常压下, 液化天然气呈气态, 但在 $-162^{\circ}\text{C}$ 的低温和一定压力下, 其可以被冷却成液态, 体积缩小约625倍, 便于储存和运输。液化天然气的气体相对密度(相对于空气)为0.58~0.62, 液体相对密度

为 0.42~0.46。

2. 液化天然气的化学性质。液化天然气在空气中也可以形成易燃、易爆混合物。其爆炸下限为 5%，爆炸上限为 15%。这意味着，当液化天然气与空气的体积比在这个范围内时，遇到足够的能量源即可引发爆炸。因此，同理在对液化天然气的使用和储存上，也应严格谨防泄漏事故。

### 3 近些年常用可燃气体灾害事故分析

#### 3.1 擅自更换减压阀致液化气泄漏爆炸

2023 年 6 月 21 日，宁夏银川市兴庆区富洋烧烤店发生燃气爆炸事故，事后经调查发现，该起事故系烧烤店内人员违反有关安全管理规定，擅自操作，导致液化气罐中液化气快速泄漏，引发爆炸，造成 31 人死亡、7 人受伤。

#### 3.2 压钢管严重锈蚀破裂泄漏致爆炸

2021 年 6 月 13 日，湖北省十堰市张湾区艳湖社区的集贸市场发生燃气爆炸事故，事后调查发现，该起事故系天然气中压钢管早已发生严重锈蚀破裂，最终天然气从破裂处泄漏以后聚集在建筑物下方密闭空间内，后来遇到商铺用户排油烟的管道内的着火源发生爆炸，造成 26 人死亡，138 人受伤。

#### 3.3 违规操作致液化气瓶泄漏爆炸

2021 年 1 月 7 日，浙江省绍兴市上虞区曹娥街道小吃店发生燃气爆炸事故，事后调查发现，该起事故系店主在没有关闭液化石油气气瓶阀的状态下就违规操作更换液化石油气瓶，并且该气瓶没有自闭阀，最终违规操作导致液化石油气泄漏。店主当即迅速逃离现场，泄漏气体遇到距离大约 1 米处的着火源后发生爆炸，造成 3 人死亡。

#### 3.4 使用不合规液化气瓶致泄漏爆炸

2019 年 10 月 13 日，江苏省无锡市锡山区鹅湖双乐小吃店发生燃气爆炸事故，事后调查发现，该起事故系小吃店内其中一个液化石油气罐使用不符合规定的中压调压阀，出口压力过大，同时短缺软管与集气包连接的卡箍，造成连接脱落，大量气体泄漏，最终遇到电冰箱继电器引起爆炸，造成 9 人死亡、10 人受伤。

#### 3.5 燃气管路超压泄漏爆炸

2022 年 10 月 29 日，江西赣州经济技术开发区的香溢华小区 4 号楼商铺内发生爆炸事故，事后调查发现，该起事故系早餐店内液化石油气气瓶及管道各阀门在停止营业后仍处于开启状态，气化炉缺少防止液相流出的安全保护装置，导致液相流出进入低压燃气管道系统，并在封闭管道内逐渐气化，压力不断升高，燃气管路在超压状态下发生泄漏。泄漏的燃气浓度达

到爆炸临界点，遇店内收银台区域设置的电气设备产生的电火花发生燃气爆炸，造成 4 人死亡、18 人受伤。

根据近些年爆炸事故分析，我们不难发现造成事故的主要原因绝大部分系人为因素所致，均在不同程度上存在安全意识淡薄、不落实相关安全生产责任制、液化石油气钢瓶操作随心所欲、粗心大意满不在乎、不按相关操作程序违规进行操作、使用已经超过期限但并没有按时检验、检验不合格或者已经明令报废的钢瓶等一系列的原因。

### 4 常见可燃气体灾害事故应对措施

#### 4.1 普通民众预防及处置措施

1. 使用瓶装液化石油气或者是管道液化石油气、液化天然气以前，应当认证检查钢瓶的角阀、调压阀、软管、灶具等是否完整好用并且无泄漏；在使用的过程中应当保持房间内的通风，软管要远离灶头火源，但是软管长度不得大于 2 米；在使用的过程中应当全程不离人，谨防火焰被其他外界因素干扰导致熄灭，造成燃气泄漏事故；使用完毕后要及时关上燃气供应阀门，并认真检查；有条件的应当在屋内安装可燃气体泄漏报警器，一旦发生燃气泄漏，能够在第一时间得到警醒提示，从而快速做出处置<sup>[2]</sup>。

2. 如果发现有燃气泄漏，应当保持冷静，不要慌张，快速疏散附近人群，同时第一时间关闭燃气阀门，并手动打开所有的门窗，加大室内空气流动，不让泄漏的燃气在相对密闭的空间内产生聚集，切记打开门窗通风后，不要急于返回现场观察情况，要待充分通风以后再返回现场进行处置，如遇相对专业性问题，必须要请专业人士进行处置，切不可自己贸然违规操作进行处置；坚决杜绝在燃气泄漏现场打电话求助或使用任何电器设备，因为这些电器设备所产生的能量源，在燃气爆炸极限内，足以引发爆炸燃烧事故。

#### 4.2 消防救援人员处置措施

1. 纵观液化石油气和液化天然气发生的灾害事故，我们基本上可以总结出几个较为一致的状态，那就是均有稳定燃烧状态、持续泄漏状态、泄漏气体爆燃状态、常见可燃气体储罐物理爆炸状态等，其中持续泄漏状态的危险性和处置难度最大，它可以是其余几个其他状态的初始点或者是诱因点，而稳定燃烧状态危险性和处置难度最小，相对于消防救援人员来说，也是最想遇到的一种状态。

2. 当遇到持续泄漏状态的时候，消防救援人员必须第一时间判别该气体是液化石油气还是液化天然气，并且信息必须准确；因为液化石油气相对密度比空气大，发生泄漏后会向下方进行扩散，极易在地表面和低洼、暗沟等地带形成聚集，扩散稀释难度大，危险

性大;而液化天然气相对密度比空气小,发生泄漏后会向上方扩散,不容易聚集,扩散稀释难度小,危险性小;泄漏气体浓度从泄漏中心开始向外逐渐降低,气体浓度高于爆炸上限或低于爆炸下限,均不会发生爆炸事故,因此距离泄漏中心点较远处的危险性较大,也更容易发生爆炸事故。

3. 消防救援人员抵达现场后,因根据现场风向,选择泄漏点上风、侧上风位置,也可以根据泄漏气体的理化性质选择地势较高或地势相对平坦的位置,但均要注意与泄漏点保持一定的安全距离,并划定警戒区域,警戒区域内必须隔绝一切点火能量,同时要不间断地对泄漏气体浓度进行测试,在测试过程中要根据泄漏气体的理化性质进行适当调整,比如液化石油气测试应更贴近于地表面;如果装载泄漏气体的装置(储罐)完整好用,要迅速选派精干力量,在相关技术工作人员的配合指导下进行关闭切断泄漏源;如果无法进行关闭操作,要在相关技术工作人员的配合指导下进行堵漏,同时注意做好防冻、防静电、不间断出水稀释等措施。

4. 尽量减少一线作业消防救援人员数量,多使用带架水枪和移动水炮(遥控水炮)等设置进行替代,利用喷出的雾状水流对泄漏的气体进行不间断的稀释,降低其在空气中的含量,从而达到降低爆炸风险的目的,坚决杜绝使用直流水进行操作,因为在稀释过程中直流水与储存介质碰撞有产生静电的可能性;坚决杜绝运输槽罐车的安全阀进行射水,防止低温冻结结冰,使安全阀失去作用引起罐内压力上升;如果经现场相关技术工作人员断定无法关闭操作、无法堵漏操作,可以进行输转倒罐操作,倘若此方法也无法实施,就要在保证现场供水不间断的情况下,持续出水稀释抑爆,直至泄漏气体完全排空。

5. 当遇到公路上用于运输的液化石油气或液化天然气槽车发生交通事故,该槽罐车出现碰撞、追尾等情况,而罐体肉眼观察未受损,没有发生泄漏,但有霜冻情况出现,这就说明槽罐车内罐已经出现渗漏,绝热层遭受到了破坏,槽罐车罐体已经失去真空效果,应实时从气相管路进行排放<sup>[3]</sup>,用以降低罐体内部压力,如果有蒸气云的情况出现,那说明槽罐车罐体内罐漏点正在被一步步蚕食,而随着真空层的损伤,槽罐车外罐强度也在逐渐下降,整个罐体随时都有可能发生破裂,指挥员应当提醒参战指战员做好紧急避险准备<sup>[4]</sup>;该槽罐车出现整体侧翻的情况,没有发生泄漏,长时间的状态下,槽罐车安全附件将失去作用,同样罐体内压力无法向外界释放,就会导致罐体内压力持续上升,如果罐体内压力超过储罐设计的安全压力系数,就有可能造成罐体的变形甚至是解体,必须在现

场相关技术工作人员的指导配合下进行排压处理,消除平衡储罐内外压力风险(内罐或外罐)<sup>[5]</sup>;2020年6月13日16时46分许,G15沈海高速浙江省台州市温岭市大溪镇良山村附近高速公路上,由驾驶员谢志高驾驶的牵引车牌号浙CM9535、挂车牌号浙CF138挂的液化石油气槽罐车,从限速60公里/小时路段行驶至限速30公里/小时的弯道路段时,未及时采取减速措施导致车辆发生侧翻,罐体前封头与跨线桥混凝土护栏端头猛烈撞击,形成破口,在冲击力和罐内压力的作用下快速撕裂、解体,形成的第一次爆炸事故就是典型的储罐物理爆炸现象。

6. 当遇到液化石油气或液化天然气储罐、管道等处于稳定燃烧状态的时候,切不可盲目将火灭掉,如果火被突然熄灭,将会导致气体泄漏,危险性无限上升;我们首先要做的是出水冷却保护,与此同时进行关闭处理,从而切断燃料供应,破坏燃烧三要素,这个方法是最稳妥、最行之有效的,在进行燃气管道关闭的时候,要先慢慢将管道阀门关至最小的状态,等燃烧处的火焰由大变小,并开始继续维持稳定燃烧状态以后,再彻底将阀门关闭,这样做的目的就是为了防止发生回火的现象,因为假如一瞬间就将管道的阀门关闭,那么从关闭阀门处到泄漏口之前管道内的气体就会在一瞬间与外界压力失衡;如果阀门损坏无法进行关闭切断燃料供应,并且经现场专家和相关技术工作人员断定,没有更好的处理方式方法,那就需要保证现场供水不间断,持续进行冷却,直至其燃烧完毕自行熄灭。

## 5 结语

总体来说,通过对液化石油气(LPG)和液化天然气(LNG)的理化性质的深入学习了解,以及近几年灾害事故的分析,我们可以更好地制定出有效、安全的应对措施,以防止类似事故的发生,或在事故发生时,能够迅速、准确地进行处置,最大限度地减少伤亡。

## 参考文献:

- [1] 周详.提升化工灾害事故防范及处置效能的思考[J].消防科学与技术,2016,35(10):1454-1458.
- [2] 张西亮,劳景水,李雪梅.液化气球罐泄露隐患控制方案研究与实施[J].当代化工,2016,45(12):2828-2830,2833.
- [3] 邓全龙,邓钦.易燃可燃介质的压力容器火灾事故处置对策探讨[J].武警学院学报,2014,30(12):33-35.
- [4] 张庆.危险化学品装卸、运输事故的反思和对策措施[J].化工安全与环境,2022,35(38):12-13,16.
- [5] 宋凯,吴祯祯,樊永吉,等.事故多发,燃气安全形势严峻[J].中国消防,2022(08):8-9.