

液化石油气储配站建设与生产工艺优化

刘少东（中石油昆仑燃气有限公司广西分公司，广西 南宁 530029）

摘要：我国每年液化石油气的消费量巨大，LPG 仍然是我国城市燃气的主要气源之一。液化石油气储配站作为连接气源与用户的纽带，其建设与设计对工艺的平稳运行到关键性作用。但是由于液化石油气特殊的两相特性，以及用气负荷的变化导致的系统运行的不连续性，系统在运行中容易出现 LPG 储罐负压问题和液化石油气烃泵喘振现象。从热力学角度出发，针对压缩机卸车工艺流程，分析了环境温度、压缩机进出口压差、昼夜温差对液化石油气压缩机卸车工艺的影响以及灌瓶工况的变化对烃泵灌瓶工艺流程的影响。并根据分析的结果以及系统运行原则，提出系统正常运行的设计、建设与运行优化的方法。

关键词：液化石油气；储配站；工艺优化；压缩机

随着我国经济的不断发展以及全民环保意识的提高，液化石油气作为一种高效、清洁的民用生活燃料，将成为改善能源结构、减轻环境压力重要选择。根据国家统计局数据中心显示我国液化石油气用气人口高达 16502.73 万人，占到城市用气人口的 45%，民用液化石油气消费量 1000 万 t 以上，特别是在远离城市中心的边缘地区、天然气管网没有敷设的小城镇以及广大的农村地区，液化石油气最主要的生活燃料。是我国城市燃气发展方向是“优先发展天然气，扩大液化石油气，多种气源共同发展”^[1]，随着我国石油进口量的增加、炼油装置生产规模的扩大以及居民生活水平的提高，在可以预见的几年里，中国液化石油气的消费量仍有很大的增长。因此液化石油气在我国的民用气源结构里仍将占有重要的地位。

1 LPG 储配站功能

液化石油气储存站和灌装站统称 LPG 储配站，其主要任务是接受、储存和灌装液化石油气，倒罐并处理残液^[2]。虽然液化石油气储配站按具体的工艺、生产规模以及自动化程度上分类各有不同，但是其基本的生产流程是相同的。液化石油气储配站场区主要由生产区和辅助区两部分组成^[3]。其中生产区是进行液化石油气生产操作的区域，该区域的主要设施包括运送钢瓶汽车的装卸场地、瓶库、槽车装卸台、灌瓶间、仪表间、压缩机和烃泵房、储罐区等。辅助区包括生产设施和生活设施，该区域分布有车库、设备修理间、消防水池、水泵房、变电配电室、空气压缩机房、锅炉房以及办公楼、食堂、职工宿舍等。辅助区与生产区之间实体防爆围墙隔开。

1.1 LPG 储配站的主要进行的操作和完成的功能

1.1.1 液化石油气的装卸

根据不同的运输方式，LPG 储配站装卸方法和装卸设施也各有不同，例如 LPG 输气管道接受装置、LPG 槽船装卸设备、铁路槽车装卸栈桥以及汽车槽车装卸台。目前我国各类中小型液化石油气储配站普遍采用槽车运输 LPG。本文主要研究中小型液化石油气储配站的槽车装卸工艺。卸液时，将槽车中的 LPG 充装入站内储罐，

装运时，将储罐中的 LPG 灌装入槽车，这些工艺过程通常都是利用压缩机或者烃泵在槽车装卸台完成的。

1.1.2 液化石油气的储存

LPG 储配站具有储存液化石油气的功能，储存量和储存方式根据不同因素而定。其中 LPG 的储存量可根据用气负荷、用户的组成、气源数量、站址与气源的距离、液化石油气的运输方式等因素确定。液化石油气储存方式可分为：储罐储存、地下储气库储存以及固态储存。其中地层储存具有储存量大、投资少、钢耗少的优点，收到了良好的经济效益，在国外已广泛采用，国内也有初步应用。储罐储存以其结构简单、施工方便、储罐种类多、选择灵活等优点，仍然是目前最广泛使用的一种储存方式。而常温压力储存是目前我国 LPG 储配站的主要储存方式。

1.1.3 液化石油气的灌装

储配站根据生产任务要求，将储罐中的 LPG 灌装入钢瓶等其他移动式压力容器，钢瓶的灌装是在充装台实现的。目前 LPG 储配站使用的灌瓶方法有：烃泵灌瓶、压缩机灌瓶、烃泵——压缩机联合工作灌瓶。液化石油气的灌装压力应当能够保证正常的灌装速度和准确度，一般控制在 1~1.5MPa。由于夏天温度较高，LPG 储罐内的压力较高，可直接采用烃泵灌瓶。

1.1.4 液化石油气倒灌

由于储罐的定期检修、超压以及储罐失效等原因，为了消除安全隐患和避免更大的事故，需要启动压缩机或者烃泵将液化石油气从储罐倒入到另一个安全的储罐中。

1.1.5 倒残

液化石油气的组分以 C₃、C₄ 为主，同时含有 C₅ 以上的其他烃类物质，在常温下 C₅ 以上的重烃类物质不容易气化，在液化石油气钢瓶沉积下来，经过多次使用之后，C₅ 残液积累量增多，需要抽除以保证销售的液化石油气的质量。

1.2 储配站各工艺建设与优化

①液化石油气压缩机工艺流程涉及多个设备管件，

并且全年在不同的气候条件下运行,再加上其产生相变的条件相对容易,因此有许多参数对流程的运行性能产生影响。这些参数主要包括:环境温度;压缩机进出口压差;昼夜温差;②压缩机进出口压差对卸车工艺的影响。压缩机进出口压差主要根据卸车压力确定,当液相管道尺寸确定时,卸车压力往往就取决于卸车流速,因此压缩机进出口压力差随着所需的卸车流速的变化而变化。根据工艺要求,液相管道内液体流速一般在 0.8~2.8m/s,最大流速不能超过 3m/s。

1.3 LPG 储配站生产工艺运行的原则

1.3.1 安全生产

液化石油气是一种易燃易爆的危险物质。装卸车过程中严禁负压使空气进入容器内形成爆炸性混合气体,也严禁超压,超装泄露形成危险混合气体,同时应当严密注意工艺过程中的相变情况,防止气相管道液化进入压缩机造成液击,甚至爆缸事故;防止烃泵进口前液相 LPG 气化造成气蚀损坏设备。

1.3.2 低功耗

由于烃泵和压缩机的启动要耗电。过大的功耗会增加成本,因此应尽量避免工艺过程中能量的浪费,提高效率节约成本。

1.3.3 效率高

在用气高峰时,高效率尤为重要。安全、快速,完全地将槽车上的液化气卸入储罐中有利于提高 LPG 储配站的生产效率。

1.3.4 操作简便

目前发达国家的液化石油储配站已经基本上实现了自动化,这也是我国 LPG 储配站今后的发展趋势。

液化石油气的饱和蒸汽压力与其所处的温度有关。低温卸车时,由于饱和蒸汽压力低所以,压缩机排气量大,LPG 液体气化能力低,再加管道的阻力损失,容易造成 LPG 储罐以及气相管道的负压。低温下增大压缩机的进出口压力不仅没有起到提升槽车与储罐的压差,提高卸车效率作用,反而增大排气量,槽车系统负压。LPG 储配站的气相管道相比于 LPG 供气管网,其长度较短,实际上并无动态凝结现象。

1.4 液化石油气气液两相特性

1.4.1 液化石油气的组成

液化石油气主要由丙烷、丁烷、丙烯、丁烯以及对应的同分异构体的烃类物质,行业上习惯统称碳三(C_3)、碳四(C_4)组成,它在常温常压下为气态,当温度降低或者压力升高时非常容易变成液体,其临界温度为 90~160℃,临界压力为 3.53~4.45MPa。

1.4.2 液化石油气密度与相对密

液化石油气在容器中常温压力存储,处于气液平衡状态,气态压力为当前温度下的饱和蒸汽压力,所以在容器中气态液化石油气的密度随着温度的升高而增大。

但是在容器外,由于大气压力基本不变,随着环境温度的升高,气态的密度反而变小。

液化石油气的液态密度,随温度升高而减小,当温度降低时,密度增大。液化石油气的气体相对密度为 1.5~2(空气的相对密度为 1)。液化石油气在生产、储存、使用和运输过程中,有时会从容器或管道中泄漏出来,这些漏出来的气体,由于相对密度比空气大,在地势低洼的地方聚集起来,越积越多,当达到爆炸极限时,如果遇到明火或者火花,就会发生爆炸或者着火。所以在 LPG 储配系统运行中,为了安全生产、安全使用和运输必须特别注意由气态相对密度引起的特殊现象。液相的 LPG 相对密度,随着温度的升高而减小,随着温度降低而增大,这和液态水具有热胀冷缩的特性是相同的,但是有所不同的是,液化石油气由温度引起的体积膨胀系数要比水大得多,大约是同温度下液态水的 10~16 倍。

1.4.3 蒸汽压

液化石油气的饱和蒸汽压与其组分有着密切的关系。相同温度下,含碳原子越少的组分,其饱和蒸汽压力高,碳原子越多的组分,饱和蒸汽压力低。同一组分的液化石油气,其饱和蒸汽压力随温度升高而升高,随温度降低而降低。LPG 储配系统用于充装液化石油气的压力容器都是按纯丙烷 50℃的条件下饱和蒸汽压力设计的,最大设计压力 1.77MPa。但是丙烯在 50℃时的蒸汽绝压 > 2MPa,因此丙烯在液化石油气中所占的比例不得超过 50%。此外,在槽车或者储罐内的液化石油气是不能够卸尽的,必须留有 0.05MPa 以上的余压,以免空气进入形成爆炸性混合气体。

2 压缩机卸车造成储罐负压

出现负压时,槽车的卸车和储罐的抽气都是比较困难的。除了储罐负压之外,在冬季卸车时由于低温高压造成液化石油气再液化,进入压缩机导致液击现象。液击会导致压缩机在运行时震动异常,产生刺耳的杂音严重影响生产人员的工作。当大量液体进入压缩机时甚至会导致爆缸事故,严重影响 LPG 槽车安全卸车和压缩机的使用寿命。

3 结语

通过对 LPG 灌瓶站烃泵灌瓶的工况进行分析,得出引起烃泵喘振及噪声的主要因素。通过优化运行并重新设置安全回流阀开启压差。保证灌瓶工艺的平稳运行。

参考文献:

- [1] 相亚琴. SCADA 系统在液化气场站中的应用 [D]. 南京: 南京理工大学, 2007.
- [2] 候毅. 液化石油气储配站安装建设 [J]. 安装, 2010, 4(43): 23-25
- [3] 郭姝媛. 化工过程模拟辅助设计专家数据库系统的研究 [D]. 大连: 大连理工大学, 2012.