LPG&LNG相互补充的可行性分析

1 LPG与LNG国内外发展现状

1.1 LNG国内外发展现状

天然气作为我国提倡的经济环保性能源，在经历了2017年的“气荒”及价格波动之后，天然气的使用也进入理性阶段，各个地区开始实施“以气定改”“宜气则气、宜煤则煤、因地制宜”的政策，2018年全国天然气消费量达到2800亿m^3，环比增长16.5%，能源消耗出现阶梯式增长。预计2020年我国天然气消费量将要达到3600亿m^3，2030年达到5400亿m^3。

作为天然气的液化产品LNG在2018年进口总量5400万t，仅次于日本成为全球第二大LNG进口消费国。随着天然气消费量的不断增长，以及环境治理力度的加大，LNG的消费量也在不断的增长，LNG供应站接收站的不断增加，使得LNG成为天然气供应格局中的重要一环，发挥着不可替代的作用，但是目前LNG在我国仍属作为发展中的行业，存在很多重大挑战。

首先，我国在供气紧张的季节及环境中，LNG不能对天然气管道气提供充足的补充，LNG接收站、储气库等数量不足，一旦环保政策的加强，时刻会出现大面积气荒现象。其次，现有LNG港口接收能力有限，且区域分布不足，虽然我国加强了LNG的各种基础设施的建设，但从北方供需情况来看，LNG仍无法满足天然气管道运输的缺口。比如，华北地区的天津港LNG接收站、曹妃甸LNG接收站虽然在2017年将接收能力提高至最大值，但仍然不能满足供气需求，造成严重的气荒。

1.2 LPG国内外发展现状

与LNG能源相比，我国LPG一直处于稳定增长阶段，且市场开放较早，在上世纪90年代一直是居民主要用气气源，随着国内天然气管道的铺设，城市现代化的建设，以及天然气进口量的增加，民用LPG消费量受到较大的冲击，但在2014年底国际油价的下滑，以及安全环保要求的严格实施下，LPG替代品二甲醚逐渐失去原有的市场，反而促进了LPG在民用领域恢复性增长。外加天然气的使用需要建设供应基站、铺设管道、政府支持等，前期投入成本较大，国内的偏远地区和一些小商小贩的燃气需求仍然无法用天然气或LNG来解决。而在国内一二线城市，流动人口较大LPG瓶装气仍然是刚性需求，液化石油气在民用燃烧端的需求量并未出现萎缩，一直存在良好态势，而随着乙烯生产以及芳构化、烷基化、甲基叔丁基醚（MTBE）和PDH等工艺过程的发展，LPG在工业原料领域发展迅速，需求不断上升，LPG消费迎来巨大增长空间，极大地推动了国内LPG在国内需求的增长。

2主要研究过程

2.1物理性质的研究

2.1.1 LNG基本物理性质

LNG即为液化天然气，主要成份为甲烷，化学名称为CH_4，还有少量的乙烷C_2H_6，无色、无味、无毒且无腐蚀性。沸点为-162°C，着火点为650°C，液态密度为0.420～0.46T/m^3，气态密度为0.68～0.75kg/m^3，气态热值38MJ/m^3，液态热值50MJ/kg，爆炸范围：上限为15%，下限为5%。

2.1.2 LPG基本物理性质

LPG即为液化石油气，主要成分是丙烷、正丁烷、异丁烷，它含有少量的乙烷、不饱和烃等。沸点是-42°C，爆炸极限为1.5%～9.5%。液态热值为45.22～50.23MJ/kg、气态热值为87.92～100.50MJ/m^3。

2.1.3性质对比

表 1 LNG 与 LPG 物理性质对比

种类	液化天然气	液化石油气
英文名称	liquefied natural gas	liquefied petroleum gas
简称	LNG	LPG
主要成分	C1	C3、C4
来源	天然气净化处理之后，在经过低温(－162℃)液化形成	油气田开发中分离，从石油加工炼厂中作为副产品提取
密度	约0.45kg/m³	约0.53kg/m³
热值	32MJ/M3; 44MJ/kg	110MJ/M3; 46MJ/kg

3安全危害性研究

液化石油气（LPG）与液化天然气（LNG）都是优质、清洁的能源，然而不管是LPG还是LNG，都是危险的易燃易爆类化石燃料，在使用过程中都可能发生爆炸危险事故，尤其在存储和运输过程中。由于LPG和LNG成分和性质的不同，以及存储运输方式存在的差异，它们的危害事故也会不同。

3.1 LPG安全危害性研究

3.1.1 LPG的存储运输特点

LPG的主要成分为C3和C4的混合物，C3和C4的沸点分别为-42°C和-0.6°C。按存储压力和温度的不同，LPG一般可以分为两种存储方式，常温高压存储和低温常压存储，即压力罐储存和冷冻罐储存。

冷冻罐储存就是在常压下，储罐采取保冷隔热措施，储罐具有保温隔热层，避免与外界热量相互流动，保持储罐内温度。压力罐储存就是指LPG的存储温度是自然条件下的环境温度，而存储压力为存储温度对应的饱和压力的一种存储方式。这种存储方式的储存容器只考虑壁面的耐压性，而不考虑绝热性，因此，罐壁不具有阻止热量的作用。

LPG运输方式是槽车运输与船舶运输，一般是以槽车配送至终端用户（三级站、炼厂等），主要荷载量在25吨左右，由于外界环境的温度是不断变化的，LPG运输槽车一般采用常温高压罐，即不带绝热保温层，因此在运输过程中，如果外界环境温度很高，外界环境的热量会进入槽车内，导致罐内LPG温度升高，压力上升。

3.1.2 LPG主要危害事故及机理

LPG作为一种低温、易燃、易爆的燃料，具有多方面的危险性，如中毒、窒息、爆炸、火灾等，一旦发生泄露事故，将会造成巨大的经济损失、人员伤亡。然而，在LPG的存储运输中，最严重的一种事故为沸腾液体膨胀蒸气爆炸（Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion，简称BLEVE）。

BLEVE本质上是一种物理爆炸，由于LPG槽车罐内的压力比较高，当罐壁由于某种原因发生破裂，破裂处的压力迅速降低，造成裂口处的LPG达到过热状态，而迅速大量蒸发，这些蒸发的蒸气穿过液体上升入罐的顶部蒸气区，从而导致储罐内压力急剧上升，就发生了BLEVE。

如果在高温环境下，槽车罐内的温度和压力都会有所上升，相应的罐壁的强度会下降，当罐内的压力达到安全阀开启压力后，压力就会通过安全阀得到释放，如果安全阀出现故障或安全阀的泄压能力不够，罐内的压力就会继续上升，直至储罐出现裂缝，压力突然降低，液体瞬间达到过热状态，就会剧烈沸腾蒸发，对裂缝形成巨大的冲击，造成裂缝继续扩大，最终储罐彻底破裂，形成BLEVE。

3.1.3 Bleve危害案例

自液化气体广泛应用以来，发生了很多事故，造成了巨大的损失。1998年4月9日，美国爱荷华州的一个农场，一个

容积68m^{3}的液态丙烷储罐泄露，着火后发生了Bleve爆炸，造成了2名消防员死亡，7名受伤。

2017年6月5日，临沂金誉物流有限公司在进行LPG卸车时，连接管口突然脱开，大量LPG喷出并急剧气化扩散，遇到点火源发生火灾，现场LPG车辆由于外界温度急剧升高，造成罐体Bleve爆炸，罐体残骸、飞火等飞溅物接连导致1000立方米液化气球罐区、异辛烷罐区、废弃槽罐车、厂内管廊、控制室、值班室、化验室等区域先后起火燃烧。现场10名人死亡，9名人员受伤。

图1 国内企业LPG爆炸现场图

3.2 LNG安全危害性研究

3.2.1LNG存储运输特点

液化天然气（LNG）的主要成分是甲烷，LNG的温度是极低的，沸点为-162℃，故需要储存在相应低温的储气库中，常见的储气库形式有两种，一种是地上储气库，另一种则是地下储气库。无论是从成本费用还是从环境保护的角度上来说，地下储气库都有着绝对的优势。运输主要包括槽车运输和船舶运输，在我国国内贸易环节中，也是以槽车运输为主，现有运输技术已经
相对比较完善，单辆LNG运输槽车的最大容积已经达到5
2.8m^3，可承受的最大压强为0.7MPa，槽车运输的速度平均为60km/h，整个LNG运输过程总液态天然气并无损失。

3.2.2 LNG主要危害事故及机理

LNG是一种低温液化气体，与LPG在很多方面具有相似性，因此与LPG一样，LNG也具有低温、中毒、爆炸等危险性，LNG的储罐具有导热率极低的隔热层，因此LNG在存储过程中，储罐的散热是很小的，这也使得它的日蒸发率很低，发生BLEVE事故机率很小，最常见、最危险的事故是分层翻滚现象。

LNG翻滚是一种热不稳定性现象，这种热不稳定性是由密度变化引起的，其产生的必要条件是分层界面受到扰动。在LNG储罐中，密度小的液体会集聚在密度大的液体之上，抑制了下层液体的挥发。当储罐内的LNG出现明显的分层现象时，由于上层LNG静压的抑制作用，使得外界传入的热量无法通过下层的LNG液体的蒸发而散失，导致下层LNG处于过饱和状态，下层液体就会温度升高，少量的其他气体如N2就会首先汽化，破坏两层液体的界面，在LNG储罐内就会出现上下扰动，也就是翻滚现象。如果储罐内上层的LNG密度大于下层，下层LNG突然上升，导致边界层破坏，液体挥发，产生剧烈扰动，储罐内的温度上升，压力也急剧上升，使翻滚现象进一步加剧。

3.2.3 LNG翻滚现象案例

LNG翻滚现象给天然气的安全威胁较大，1971年8月，在意大利LaSpezia的SNAMLNG接收站，这是有记录以来的第一次翻滚事故，当时新充装的LNG较原来存储的LNG密度大，逐渐形成了分层，同时，新充装的LNG温度也较高，带入了较多的热量，促进了层间混合，在充装后18小时，发生了翻滚现象，储罐压力迅速上升，储罐度破坏，LNG泄

露近200吨。

为了防止LNG翻滚事故发生，需要在相应储罐设置安全释放阀，放散火炬，回收压缩等装置，并尽量使同一个储罐尽量存储同一个产地的LNG，控制其组分变化。

4 LPG与LNG应用

4.1液化石油气的使用

4.1.1 LPG在燃烧领域应用

LPG最为一种清洁能源，最主要的是燃烧为主，虽然近年来我国大力推广更为清洁的天然气，但天然气的使用需要相应的管道和供应基站等辅助设施做支撑，国内的偏远地区和一些商用燃气需求并无法用天然气来解决，液化石油气在民用燃烧端的需求量并未出现萎缩。即使在北京、上海、广州等大城市，由于流动人口较多，LPG需求量并没有减少。此外，国内很多炼厂、陶瓷、玻璃、钢厂等也会使用LPG作为燃烧燃料。民用、工业燃烧的需求占据国内液化石油气需求量的50%以上，但是增长缓慢，基本维持不变。（见图2）

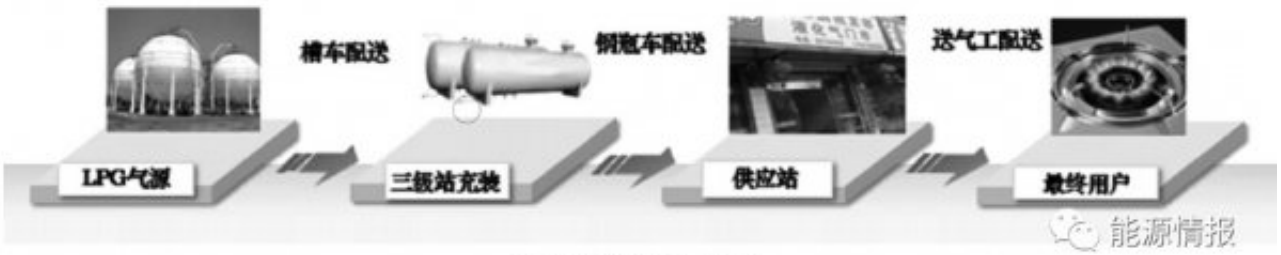

图2 LPG产民用业链示意图

LPG先通过槽车配批发送至终端三级站，三级站充装成钢瓶，部分钢瓶可直销至终端用户，更多的是通过批发至供应站及，最终由送配送工送至终端用户。

4.1.2 LPG在车用领域的应用

LPG汽车在车用领域需求量较少，2018年全国车用LPG量仅为75万吨，占比约1.5%，主要分布在广州地区，东北地区的沈阳、丹东、锦州、葫芦岛、哈尔滨以及山东的威海、烟台等地。

广州市曾经是LPG汽车应用推广示范性城市代表。LPG作为清洁汽车能源，1999年广州市起步发展LPG汽车，但在2010年10月，广东省做出“自2011年起珠三角地区新增的城市公交汽车必须是LNG汽车、混合动力和纯电动汽车”的规定，LPG汽车逐渐被淘汰出清洁车用能源市场，目前江苏地区LPG能源汽车有所发展，但需求增长速度远远不及广州市退出速度，预计至2022年底，广州市出租车基本实现全面新能源化，LPG汽车将主要在东北、山东零星市场。

4.1.3 LPG在深加工原料领域应用

随着LPG在深加工领域的发展，其占比越来越大，已然成为LPG消费量保持增长的关键因素，起产能爆发式增长烯烃深加工装置——MBTE装置和烷基化装置外，丙烷脱氢等烷烃深加工装置的大幅度投入使用，也极大地推动了国内LPG深加工产业的转变，主要分为烷烃加工路线和烯烃加工路线。（见图3）

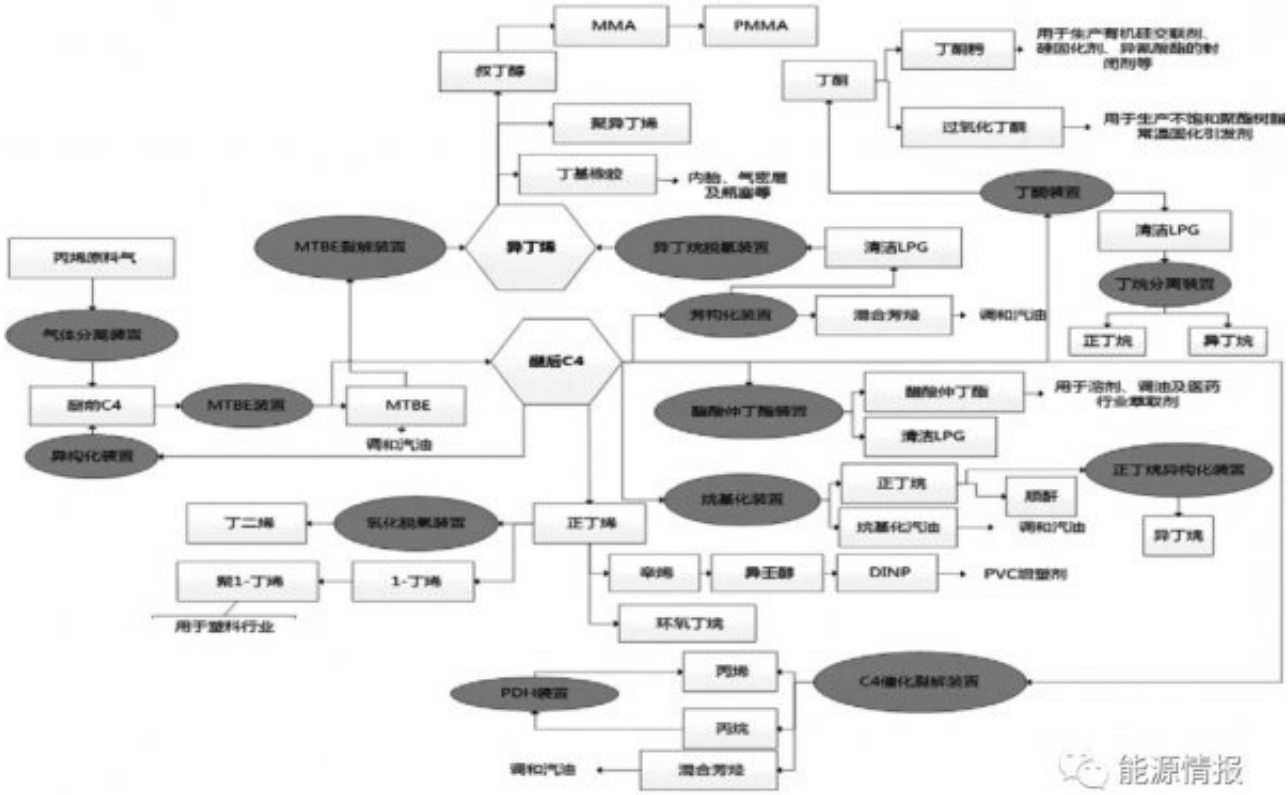

图3 LPG深加工路线图

烯烃深加工主要是利用LPG中的正丁烯和异丁烯作为原料进行生产，含有异丁烯组分的醚前碳四通过MTBE装置生产MTBE和甲醇，MTBE装置生产后的液化气称为醚后碳四，醚后碳四中的异丁烯组分反应完毕后，剩余正丁烯和丙、丁烷，醚后碳四在进入烷基化装置反应，生产烷基化油和正丁烷，此时反应掉的组分为正丁烯和异丁烷，丙烷、正丁烷又可进入烷烃深加工装置。

烷烃深加工主要是将LPG中的丙烷和丁烷提纯，然后分别进行深加工，丙烷通过脱氢装置生产丙烯；正丁烷通过异构化装置生产异丁烷，异丁烷通过脱氢装置生产异丁烯。生产出的异丁烯，随后又可以进入烯烃加工装置。

4.2 LNG的主要用途

4.2.1 LNG应用于调峰

天然气作为重要的燃料，其主要用途在燃烧方面，如电厂、供暖、工厂燃料等，LNG中其存在的杂质相对于较少，在燃烧时产生的气体对环境污染较少，各大城市用气以天然气为主，当城市遇到管道天然气短缺时，LNG作为液化气天然气，可以对城市进行有效的补充，确保居民用气的安全性与稳定性，此外，由于我国国土面积大，山川、河流遍布，天然气管道铺设工作困难，利用LNG技术也可以保证国家所有地区天然气的供应，实现天然气的调峰，促进天然气行业长久的为社会经济和社会发展做出贡献。

4.2.2将LNG应用于工业燃烧

煤炭作为我国燃烧燃料，一直起到重要的作用，广泛的作为电力、炼厂、工厂等燃料，但煤炭又是污染严重的能源，对于“青山绿水”的建设十分不利，LNG作为液化天然气运输方便，在燃烧时产生的气体对环境污染较少，清洁不含杂质，以最小的占地面积保证能源的供应，将LNG作为工厂、电厂、炼厂等替代煤炭，是企业经济与环境双向发展的重要方向。

4.2.3 LNG冷能的应用

天然气从气态转化成液态，必须通过相应的冷冻技术达到-162℃才能保证形成LNG，在液化的过程中储存了大量的可应用能量。LNG应用过程中，又要再一次的从液化转化成气态，吸收大量的热能，同时释放同等的能冷，这些冷能都是可应用的资源，将LNG汽化过程中的冷能加以回收利用，则可以获得较大经济利益，如释放的能冷投放到冷冻仓

库或冷冻制品，还可以利用冷能制造二氧化碳、冷冻食品等，让能量循环利用。

4.2.4 LNG汽车燃料应用

汽柴油作为汽车主要原料可以保证汽车的正常使用，保证汽车能够满足人们的需求，但是燃烧中会产生大量的污染气体，汽车尾气是导致环境污染的重要方面。液化天然气在燃烧中可以为汽车提供动力，保证汽车能够正常的行驶并且很好的降低石油材料。车用天然气（LNG）发展速度大不如前，主要在于国家各种利好政策大力发展新能源汽车，加之气价高企、季节性和区域性供应不足，导致了天然气汽车份额被压缩。汽车电动化成为了发展趋势，但对于家庭用车，公交、长途客车等能方面，LNG汽车则具备一定发展优势。

4.3 LPG与LNG价格经济性研究

2014年LPG价格最高达到了7000元/吨，价格远远高于LNG价格，2015年起，随着国际原油价格下跌，其副产品LPG价格也一路下滑不足3000元/吨，至2016年LPG价格基本稳定在3000元/吨以上，并且开始小幅度上涨，此时LNG开始扩大市场，价格逐渐上涨，统计2016年-2018年LPG与LNG价格如下。

表 2 2016—2018 年 LPG 与 LNG 价格指数对比

时间	2016 年		2017 年		2018 年	
	LNG 指数	LPG 指数	LNG 指数	LPG 指数	LNG 指数	LPG 指数
1 月	/	3347	2846	4158	5936	4764
2 月	/	3035	2909	4304	5802	4220
3 月	2700	3024	3259	4066	3723	3799
4 月	2666	3006	3133	4163	3237	3927
5 月	2585	3036	3002	3855	3775	4293
6 月	2505	3048	2944	3361	3539	4167
7 月	2705	2853	3001	3206	4051	4470
8 月	2711	2775	3053	3722	4017	4940
9 月	2617	3153	3195	4072	4227	5454
10 月	2652	3388	4138	4508	4375	5320
11 月	2968	3540	4975	4661	4466	4242
12 月	2974	3860	7589	4706	4976	4150
平均值	2708	3172	3670	4065	4344	

能源前报

LNG热值44MJ/kg，LPG热值46MJ/kg，按照购买1吨LPG与LNG价格能够产生的热值测算经济型，设LPG价格为X，LNG价格为Y，若LPG经济性高于LNG经济性，则需要46÷X≥44÷Y，即X≤1.045Y，故当LPG高于LNG价格4.5%以内，LPG更具经济性。2016至2018年LPG全年价格指数与LNG价格比值分别为1.171，1.108和1.031，即2018年LPG全年经济型要高于LNG。

5 LPG补充LNG应用

通过LPG与LNG安全、应用上的研究，可以发现，由于LPG与LNG同样在车用领域的停滞，物理性质的不同，使得

在深加工、冷能方面，都有自身的不可替代性，故主要在燃烧领域有很大的相同性，都是清洁能源，故针对LNG发展的特点，LPG可在调峰、居民用气、工业燃烧用气等方面，有较大补充应用可能性

5.1调峰补充应用

LPG作为LNG调峰补充使用，可以利用城市已有的中、大型LPG储罐，如一级库、二级库等，增加大型混空设备，将液化石油气与天然气管输设备结合起来，调配液化气、甲烷、空气比例，达到燃烧使用要求。一方面可以拓展了城市管网，提高调峰、储备能力。另一方面，相对于建立LNG调峰储备站，利用现有的LPG存储设备，只需建立大型混空设备即可对天然气管网进行有效补充，投资运营成本较低。

LPG替代LNG的燃烧要求主要参考华白指数，华白数是代表燃气特性的一个参数，最早于1926年由意大利人华白（Wobbe）提出，又称沃泊指数，现为各国所通用。若两种燃气的热值和密度均不相同，但只要它们的华白数相等，就能在同一燃气压力下和同一燃具上获得同一热负荷。

5.2小型储罐的应用

LPG小型储罐应用，是指在居民小区、酒店等周边建立小型LPG储罐，建立管网，将液化气槽车对小型储罐定期配送供气，再管输至居家用户，实现LPG对区域内清洁能源的集中供应。此方案灵活、高效且经济可靠，可在我国经济不发达地区使用。即可解决我国LPG钢瓶充装运输过程中存在的问题，也是对LNG应用的有效补充，在欧美、日本等国家，已经普遍运用。（见图4）

图4 日本小型储罐应用示意图

2018年11月，我国青海省西宁市大通县土关村建造了一个“煤改气”的“试验田”，该村配套了一个液态LPG储罐，通过管线供应村内的燃气使用。

5.3炼厂燃料燃烧的补充应用

原油炼厂和一些凝析油、液化气深加工炼厂一般都自产液化石油气，并且作为副产品销售，随着“煤改气”政策的落实，炼厂锅炉燃烧原料已经改为天然气，在天然气供应紧张时，需要进行LNG补充，由于自产LPG只需简单的改造，就可以将LPG作为锅炉的燃料，此时只需简单计算LPG与LNG经济型即可，在适当的价格中，完全可以将LPG补充替代LNG甚至是管道天然气。（文/胡谦青 中海油能源发展股份有限公司销售服务分公司）

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/news/147983.html