

用液化天然气的冷量生产液氧、液氮

江 楚 标

江楚标.用液化天然气的冷量生产液氧、液氮.天然气工业,2007,27(7):124-126.

摘 要 液化天然气(LNG)的主要成分是甲烷,其主要用途是作为燃料,是目前最清洁的一种能源。LNG 的体积是常温下天然气体积的 1/625,因而便于运输和贮存。正是由于这一特点,LNG 贸易早在几十年前就成为了世界上仅次于石油的一种能源贸易的主要形式。进口 LNG 不仅进口了能源,而且也进口了宝贵的冷能,但如果不利用其冷能则是极大的浪费。为此,在介绍日本 LNG 冷能利用情况的基础上,重点讨论了利用我国中小型 LNG 气化站的冷能生产液氧、液氮等液体空分产品的可能性及经济性。随着我国 LNG 进口量和自行生产量的不断加大,LNG 冷能的利用必将受到高度重视并付诸实践。

主题词 液化天然气 冷能 利用 生产 液氧 液氮 能源 利用 经济

一、国外 LNG 冷能利用情况

日本、美国和欧洲一些发达国家都非常重视 LNG 冷能的回收利用,并已积累了丰富的经验。他们认为,进口 LNG 不仅进口了燃料,同时也进口了宝贵的冷能。但如果只将 LNG 作为燃料使用,而忽视了对其冷能的利用,则是一种莫大的浪费。日本是目前世界上最大的 LNG 进口国,同时也是对 LNG 冷能利用得最好的国家之一。

用制冷的术语来说,-162℃左右的 LNG 属于一种深冷冷源。冷能的温度越低,它的价值就越高,因而 LNG 的冷能也具有很高的价值;LNG 被利用的温度越低,节能效果越明显。LNG 的冷能可以用来制造液态空分产品(液氧、液氮、液氩)、液体二氧化碳及干冰,也可以用于深冷发电,还可以用于低温冷库等。

表 1 是日本东京煤气有限公司位于东京湾的 Negishi LNG 终端 1993 年 4 月~1994 年 3 月一年里对 LNG 冷能的利用数据。据介绍,1993 年 Negishi 终端接受 LNG 共 $264\times10^4\text{ t}$,用于城市煤气及发电。其中被回收冷量的 LNG 为 $96\times10^4\text{ t}$,占全部 LNG 的 36%。在该终端内部及其附近,有好几个利用 LNG 冷量的装置。Negishi 终端附近已成为一个集中了深低温仓库、深冷发电装置、冷冻食品

表 1 Negishi 终端 LNG 冷能利用情况表

项目	空气 液化分离	液体 CO ₂ 及 干冰	低温 冷库	深冷发电
产量	LO ₂ : $3208\times10^4\text{ m}^3$ LN ₂ : $10481\times10^4\text{ m}^3$ LAr: $186.5\times10^4\text{ m}^3$	LCO ₂ : 24789 t 干冰: 15774 t	货物 储存量 32854 t	发电量 $1820.4\times10^4\text{ kWh}$
LNG 利用量 (t)	345532	40258	39245	534864
LNG 利用温度 (℃)	-148	-56	-70~ -60	冷凝 MFR-129 蒸发 MFR-30
功耗 (MWh)	59540	3064	2843	2200
用常规 方法时的 功耗 (MWh)	约 109500	约 6900	约 10300	
节省的 功耗 (MWh)	约 50000	约 3800	约 7500	约 16000
节省的 总功耗	约 77300 MWh($7730\times10^4\text{ kWh}$)			
功率节 省比率 (kWh/t)	145	94	246	30

作者简介:江楚标,1941 年生,大学毕业,研究员级高级工程师;曾任四川空分设备厂厂长以及中国空分设备公司总经理,总工程师,现已退休。地址:(310009)浙江省杭州长明寺巷长庆里 44 号 302 室。电话:(0571)87021539。E-mail:annjianghao@ yahoo .com .cn

厂、空气分离及液化装置以及液体二氧化碳和干冰生产厂等企业的工业聚集区。

先对表 1 第一栏空气液化分离的数据作一些计算和剖析。从表 1 可见,该终端 1993 年 4 月到 1994 年 3 月这一年里所生产的液态空分产品($\text{LO}_2 + \text{LN}_2 + \text{LAr}$)共 $13875.5 \times 10^4 \text{ m}^3$,被利用冷量的 LNG 为 345532 t,每立方米液态空分产品需利用约 3.48 m^3 LNG 的冷量。用常规方法制取这些液态空分产品的单位电耗是 0.79 kWh/m^3 ,而利用了 LNG 冷量后生产这些液态空分产品的单位电耗是 0.429 kWh/m^3 。可见使用了 LNG 冷量后的节能效果是明显的(注:按空分行业的惯例,本文中的立方米均指 0℃及 101.325 kPa 即标准状态下的气体体积)。应该指出的是,今天,在液氮:液氧大于等于 1:1 的情况下,利用 LNG 冷量的 10000 m^3/h (氧)及以上规格大型液体空分装置其液体的单位能耗可以小于 0.40 kWh/m^3 。这样的空分装置,现在国内设计和配套已无问题,除运转机器需要进口外,其余设备都可以由国内企业自行设计和生产。

表 1 中日本在 LNG 终端站旁边的利用 LNG 冷量的空分装置都是 6000 m^3/h (氧)以上的大型空分装置,估计主要是利用供电厂发电用的连续气化的 LNG 来提供冷量。我国深圳的 LNG 接收终端和今年计划要投入运转的福建莆田 LNG 接收终端以及今后将在沿海城市建设的 LNG 接收终端,都将有一定比例的 LNG 用于发电,这部分需连续气化升温而能连续提供冷量的 LNG 是可以用于生产液态产品的空分装置的,也可以用于生产液态二氧化碳和干冰,还可用于深低温冷库及深冷发电等其他用途。

二、利用 LNG 冷量生产液态空分产品的可行性

我国现在已经有为数不少的中小城市从新疆广汇、河南中原油田等处的 LNG 生产企业用槽车购入 LNG,气化升温后作为城市煤气使用。随着进口 LNG 接收终端及国内天然气液化装置的逐步增加,这种从外地购入 LNG 以满足本地用气需要的 LNG 气化站还将不断增加。但这种气化站有两个特点:一是气化量少,即可供利用的 LNG 冷量少;二是以取代城市煤气为主的这种 LNG 气化站受用气的限制,气化量时大时小,一些气化站甚至在夜间一段时间内会停止 LNG 的气化,即 LNG 的冷量不能连续提供。空分装置是一种连续运转的装置,中小城市 LNG 气化站的上述特点给 LNG 冷量的利用增加了困难。

从 2003 年起,苏州市兴鲁空分设备科技发展有限公司就开始研究这个课题。这个课题分成两部分:一是如何最大限度地利用气化量不大的 LNG 的冷量生产尽可能多的液态空分产品;二是如何利用间断气化的 LNG 的冷量来生产液态空分产品。经过一段时间的潜心研究,这两个难题都得到了解决,并申请了国家专利。

利用上述专利技术,可以大大减少生产每立方米液体空分产品对 LNG 气化量的需求(表 2)。表 1 中日本生产每立方米液态空分产品需要 3.48 m^3 LNG 的冷量,所生产的液态空分产品中液氮是液氧的 3.27 倍。如果液态空分产品中是液氧多而液氮少,则生产每 m^3 液体空分产品所需要的 LNG 气化量将接近或超过 4 m^3 。如果使用上述专利技术,则可使这个值大大降低。也就是说,气化量较小的 LNG 气化站也可以配置一套规格较大的液体空分装置。

表 2 LNG 冷量连续供应的液体空分装置的技术经济指标表

液氧产量 (m^3/h)	液氮产量 (m^3/h)	液体产品 单位电耗 (kWh/m^3)	需 LNG 气化量 (m^3/h)	$\text{m}^3 \text{ LNG}/\text{m}^3$ ($\text{LO}_2 + \text{LN}_2$)
1000	250	0.794	1750	1.40
500	180	0.812	1060	1.56
300	125	0.842	710	1.67

上述空分装置计算时取 LNG 的气化压力为 0.5 MPa,一般用作城市燃气这个压力已经足够了。液体空分产品的单位电耗与 LNG 的气化压力是有关的,气化压力低,单位电耗也会略低一些。

从每立方米液体空分产品所需的 LNG 气化量可以看到,该专利很好地解决了这个问题。由于所利用的 LNG 冷量减少,液体空分产品的单位电耗当然要升高。但表 2 中的液体单位电耗值是用常规流程的相同规格空分装置无论如何也达不到的。

如果对配套机器再作一些开发创新,表 2 中液体空分产品的单位电耗还有较大的下降余地。当然,这需要有眼光和有一定技术实力的相关机器制造企业来实现。

我国中小城市 LNG 气化站的另一个特点是因最终用户用气不连续,常常在夜里会停止供气。也就是说,LNG 不能连续气化向空分装置提供冷量。为了使这样的 LNG 冷量也能得到利用,笔者也研发设计了一种空分流程,可以利用这种间断供应的 LNG 冷量来生产液体空分产品。假定 LNG 气化站

每天 15 h 气化,9 h 停止气化或气化量不足以满足空分装置所需要的冷量,在这种情况下,利用这 15 h 的 LNG 冷量生产出的液体空分产品的技术经济指标见表 3。

表 3 LNG 冷量连续提供 15 h,24 h 连续运行的空分装置的技术经济指标表

液氧 产量 (m ³ /h)	液氮 产量 (m ³ /h)	液体产品 单位电耗 (kWh/m ³)	15 h 中 LNG 的气化量 (m ³ /h)	m ³ LNG/m ³ (LO ₂ +LN ₂)
1000	250	0.90	3200	1.60
500	180	0.93	1870	1.72
300	125	0.95	1200	1.77

这样的单位电耗值,仍足以与一切不使用 LNG 冷量的各种流程相同规格的空分装置相抗衡。

如果气化站一天之中只有 12 h 能保证连续气化提供必需的冷量,还有 12 h LNG 不气化或者气化量波动大达不到所需要的冷量要求,仍然可以利用这 12 h 能连续气化提供的 LNG 冷量来生产液体空分产品。比较表 2、3 可知,配套同样规格的空分装置,12 h 内每小时要求的 LNG 气化量要增加一些,液体空分产品的单位电耗值则增加不多,与同样规格采用常规流程的液体空分装置相比,仍有竞争能力。应该指出,利用 LNG 冷量的空分装置的工艺流程是成熟的。生产表 2、表 3 所示液体空分产品单位电耗值的空分装置均使用现有成熟的机器和设备。如能对配套机器作一些创新提高,则液体空分产品的单位电耗还有较大的下降空间。笔者在 2005 年就已经与一家相关企业进行过讨论,他们也认真做了一些案头工作,认为笔者提出的要求是可以实现的。但笔者认为,空分装置是一种要求长期连续运行的装置,可靠性是第一位的,这种新的机器在未经试验并得到实际验证前是不应该用于设备配套的。由于这种改进能在表 2、3 的基础上较大幅度降低液体空分产品的单位电耗,故笔者还将继续努力推动这一目标的早日实现。

三、结论和建议

在 LNG 气化站旁建设一套空分装置,利用 LNG 的冷量在该空分装置中生产液体空分产品供外销,将拓展 LNG 气化站的经营空间,增强企业的盈利能力,更重要的是提高了能源的利用效率,达到了节能降耗的目的。空分装置只利用 LNG 的冷量,

LNG 在空分装置中气化升温后全部送回天然气输气总管。也就是说,还可以减少一些气化站原来所需的气化器的数量,降低一些这方面的投资。

在 LNG 气化站配置生产液体空分产品的空分装置,要注意三个要求:一是在 LNG 贮槽上有一只能向空分装置输出 LNG 液体的低温阀门,二是在气化站向外界的输气总管上有一只能接入经空分装置气化升温后的天然气阀门,三是气化站旁边有一定的空间,能放得下一套空分装置并符合有关的安全要求。为此建议,凡准备建设和计划要扩建的 LNG 气化站都应该认真考虑上述要求,以适应今后的发展需要。

上述气化站是指分布在各内地城市的中小型气化站。而建设在海边城市,从国外进口 LNG 的接收终端,都会有相当比例的 LNG 经加压气化复热后送出用于发电及其他工业用途,也就是说会有大量稳定连续的 LNG 冷量可供利用。在这些接收终端旁边建设生产液氧、液氮、液氩的大型空分装置是有效利用 LNG 冷能的最佳选择。如果当地的空分产品市场有限,消耗不了那么多的液体产品,则可以多生产液氮,将这些液氮装回卸空 LNG 的运输船仓中,运回 LNG 生产地,再用这些液氮将天然气液化后装船运回我国的接收终端。据计算,1 m³ 液氮可液化 0.80 m³ 的天然气。也就是说,这部分 LNG 的液化电耗大约只有 0.5 kWh/m³,这将是非常经济和价廉的。也可以将接收终端旁液体空分装置生产的液氮用槽车运到附近有天然气的地方,将经适当处理的天然气液化后再用槽车运去要购买 LNG 的中小气化站。由于这部分 LNG 的液化成本低廉,投资也不多,经济效益和社会效益都会比较可观。这是我国正在大力推行的既经济又节能环保的循环经济的途径之一。

2007 年 3 月 16 日,浙江《钱江晚报》据《上海证券报》报道:“中国正在加大天然气的普及使用,2010 年,天然气在中国能源市场上的份额将从之前的约 2.5% 增加到 6%,2020 年至 10%。照此计算,在未来 10 年内,中国进口液化天然气的需求量将达到每年 2000×10⁴ t 以上”。这对 LNG 的冷量利用提出了要求,也为利用 LNG 冷量生产低能耗的液体空分产品创造了有利的条件。

(收稿日期 2007-04-30 编辑 居维清)