

中国气体分离技术发展方向探讨

张立峰

(杭州锦华气体设备有限公司, 浙江省富阳市高尔夫路 83 号 311400)

摘要: 从特大型空分设备的研发、天然气液化及冷能利用、稀有气体全提取技术的推广和气体分离技术煤层气液化等领域的应用 4 个方面, 论述了我国气体分离技术发展的主要方向和面临的技术问题。

关键词: 气体分离; 特大型空分设备; 液化天然气; 稀有气体; 煤层气; 油库气; 沼气

中图分类号: TB657.7 **文献标识码:** B

Approach to development trend of gas separation technology in China

Zhang Lifeng

(Hangzhou Jinhua Gas Equipment Co., Ltd., 83[#] Gaoefu Road, Fuyang 311400, Zhejiang, P. R. China)

Abstract: The main development trend of gas separation and encountered technical problems in China are described from development of extra-large sized air separation plant, liquefying of NG and utilization of refrigerating energy, popularization of full-extraction technology of rare gas, and liquefying of coal-bed gas with gas separation technology.

Keywords: Gas separation; Extra-large sized air separation plant; Liquefied NG; Rare gas; Coal-bed gas; Oil stored gas; Marsh gas

前 言

世界气体分离设备制造行业的发展距今已经有 100 多年的历史, 而我国气体分离设备制造行业是新中国成立后才建立和发展起来的一门新兴工业, 发展至今不过 50 多年的历史, 然而在世界的气体分离设备制造行业中已取得了举足轻重的地位。

气体分离技术在我国的发展历史虽然只有 50 多年, 但设备制造能力已经由建国初期的几十立方米(单套每小时生产规模)发展到现在的几万立方米等级。目前国内的气体分离技术已经基本成熟, 那么其将来的发展又该何去何从? 笔者结合近几年来我国气体分离行业的发展状况, 从不同角度对中国气体分离行业的发展进行探讨, 以求为中国气体分离行业的可持续性发展寻求更多的契机。

1 特大型空分设备技术的研发

随着我国化工、冶金、电力, 特别是煤化工行业的不断发展, 市场对 40000 m³/h 等级以上大型、特大型空分设备的需求越来越大。

目前, 液化空气集团、林德集团、APCI 等大型跨国空分设备制造企业都将特大型空分设备的发展目标聚焦在 10 万~15 万 m³/h 等级, 液化空气集团甚至声称可以制造 18 万 m³/h 等级的超大型空分设备。但是针对我国目前的国情和国内空分设备制造企业的实力, 最好不要盲目跟风。因为对于超大型空分设备, 一方面几乎没有国外市场, 另一方面国内的大型空分设备市场需求主要集中在 40000~100000 m³/h 等级。现在国内 40000~60000 m³/h 等级的大型空分设备技术已经非常成熟, 所以对于

收稿日期: 2011-01-07

作者简介: 张立峰, 男, 1980 年生, 化工工程师, 硕士研究生, 2006 年毕业于天津大学化学工程专业, 现为杭州锦华气体设备有限公司副总经理。

目前特大型空分设备的研发应该将精力主要集中在 80000~100000 m³/h 等级。

目前,国内已经成功运行的最大规模空分设备为杭氧生产的 60000 m³/h 等级空分设备。虽然杭氧和开封空分都已经对 80000 m³/h 等级特大型空分设备的设计、制造进行了技术储备,但是仍有许多技术问题需要解决。

1.1 运输问题

超限设备的运输问题是制约国内大型空分设备制造的一个关键因素。因为 80000 m³/h 等级以上空分设备的许多单体设备直径都在 5 m 以上,陆路运输难以实现,所以部分设备要在港口或用户现场制造,这样就会增加很大一部分制造费用。因此,如何提高设备运行效率、减少无效空间、缩小设备体积,也是下一步需要研究的一个方向。

1.2 原料离心空压机的选型问题

针对 80000 m³/h 等级特大型空分设备,配套离心空压机的排气量需要达到 43 万 m³/h。如此大的排气量,就需要采用轴流加离心式的压缩机,压缩机的造价和能耗就会很高。但是随着离心压缩机技术的快速升级,现在已有厂家研发出了可以应用于 90000 m³/h 等级空分设备上的离心空压机,降低了压缩机的制造成本和能耗,也为特大型空分设备的发展解决了一大难题。

1.3 自制设备的一些技术问题

在我国空分技术发展历史上,每一代空分设备技术的革新都是由单体设备技术改进来促进的。随着空分设备规模的不断增大,单体设备的尺寸已经不仅仅是简单的等比例放大,一些单体设备的结构也需要进一步的改进^[1]。在单体设备结构改进方面,目前行业内探讨最多的主要有以下内容:①立式径向流分子筛吸附器的开发推广^[2];②规整填料下塔的开发利用;③卧式或多层主冷凝蒸发器^[3]的开发以及膜式主冷安全性的再探讨;④高压板式翅式换热器的国产化^[4]。对于特大型空分设备的研发,这些问题也都需要不断地去研究解决。

2 天然气液化及冷能利用

天然气作为一种优质、高效的清洁能源气体,在能源消耗份额中占据着越来越大的比重。然而,我国的天然气在一次消费中所占的比重却不足 2%,远远低于世界 25%和亚洲 8.8%的平均水平,

所以在我国液化天然气还是具有巨大的增长潜力^[5]。深冷技术在天然气方面的应用主要集中在以下两个方面。

2.1 天然气液化技术

天然气液化的主要目的是:分离提纯、调峰以及便于储存运输。液化天然气(LNG)体积约为等量气态天然气体积的 1/625,重量仅为水的 45%。在储存和大量远距离运输方面,LNG与天然气相比具有非常大的优势。随着我国经济的快速发展,天然气需求量将大幅度增长,LNG的优势也将越来越明显。

早在 20 世纪 60 年代,国家科委就制订了 LNG 发展规划,于 20 世纪 60 年代中期完成了工业性试验,四川石油管理局威远化工厂拥有国内最早的天然气深冷分离及液化的工业生产装置。然而,我国目前的天然气液化技术还远远落后于国际水平,主要还是以中小型液化装置为主。随着我国 LNG 需求量的不断增大,对于气体分离行业来说,开发大规模的天然气液化装置也是一个很有潜力的发展方向。

2.2 LNG 冷能利用

LNG 的终端用户最终使用的仍然为气态天然气,那么对于终端用户来说由 LNG 转化为气态天然气的这部分冷能的利用也有着非常大的潜力。并且随着 LNG 冷能利用技术研究的不断深入,冷能利用方向也逐步走向多元化^[6],如冷能发电、空气分离、冷库、海水淡化及液化二氧化碳制取干冰等等。但是目前的大多数研究还只停留在简单的冷能利用上,而没有考虑冷能的有效利用,因为不同温度段的 LNG,其冷能的品级是不一样的。所以,如何将这部分冷能逐级、有效地利用,也应该作为 LNG 冷能利用的一个研究方向。

3 稀有气体全提取技术的推广

空气中的成分除了氮气(78.1%)和氧气(20.9%)外,含量最多的就是氩气(0.9%),除此之外还有水分(0.1%)、二氧化碳、其他惰性气体和一些杂质气体。其中,氦、氖、氩、氪、氙等稀有气体在工业经济发展中起着非常重要的作用,氦和氙还被称为“黄金气体”,具有非常高的工业价值。

目前国内的全精馏无氢制氩技术已经非常成熟,氩的提取率已经达到了 90% 以上,技术水平

也已经达到了世界水平。然而,随着 40000 m³/h 等级以上大型空分设备的不断涌现,加工空气中氦、氖、氩、氙等惰性气体的总含量已经不可忽视。早在 1991 年,武钢就从林德集团引进了一套为 30000 m³/h 空分设备配套的氦、氙连续生产装置,产品纯度达到了 99.999%^[7]。而我国在稀有气体全提取方面的工业技术还不完善,并且由于整个系统非常复杂,普通大型空分设备的用户也并不热衷于这方面的投资。因此,稀有气体全提取设备的开发还需要争取稀有气体最终用户的加入。鉴于此,对于我国稀有气体全提取空分设备的开发,首先应将稀有气体提纯装置从空分设备中独立出来。先从空分设备中制取高浓度的氦、氖粗混合气和氩、氙粗混合气,然后再分别将其送入独立的提纯装置进一步提纯,从而得到高纯度的氦、氖、氩、氙气体^[8]。这样既能保障氧、氮用户的利益,又能灵活促进稀有气体技术的发展。

目前,我国在高纯稀有气体提纯技术上已经进行了大量的理论研究,但是真正的大规模工业化生产还有待进一步的推广。

4 气体分离技术在其他领域的应用

随着我国气体分离技术的不断发展,在其他新领域的应用也在不断拓展,尤其是随着人类环保意识和节能意识的不断增强,气体分离技术在这两个领域里更是有着非常广阔的前景。

4.1 煤层气液化技术

煤层气俗称“瓦斯”,其主要成分是甲烷(CH₄),是主要存在于煤矿的伴生气体,也是天然气存在形态的一种。以前我国煤矿企业对于煤层气的处理,大多是火炬燃烧或直排,特别是一些小型私人煤矿,直排现象非常严重。甲烷也是一种温室效应气体,其温室效应相当于二氧化碳的 21 倍,对臭氧层的破坏效应是二氧化碳的 7 倍。所以,从环保角度讲,对煤层气的回收利用刻不容缓。

另外,随着我国国民经济的快速增长,中国对能源的需求量日益增大。目前,我国已经成为石油、液化天然气的纯进口国。从资源利用的角度出发,开发应用煤层气已成为必然趋势。我国目前对于煤层气的利用途径主要有民用、发电、工业燃料、化工和汽车燃料等。煤层气开发不仅可以在一定程度上缓解能源供给不足的矛盾,而且煤层气的产业开发和利用也会为煤炭、石油企业带来新的利

润增长点。

虽然煤层气的主要成分和天然气一样都是甲烷,都可以采用深冷技术将其液化为 LNG^[9,10],再进行利用。但是与天然气比较,煤层气的开发利用还是存在几个难点。首先,是气源的不稳定性。煤层气的不稳定性一方面在于气量的不稳定性,另一方面在于组分的不稳定性。这就要求设计深冷装置时不能只针对一个设计点,而应对不同气源的处理更加灵活。其次,一些煤层气中不同程度的含有部分氧气,因此对压缩机的防爆要求就非常高。这也为煤层气压缩机设计增加了难度。再者,就是对于超低浓度煤层气(甲烷含量 ≤5%)的回收利用。单纯地通过液化回收利用已经不太现实,所以还需要结合其他的技术进行处理,比如吸附、辅助燃烧等^[11]。

4.2 油库气的捕集

随着我国机动车数量的快速增长,汽油消耗量也快速增加。由于汽油挥发性较强,因此每年从油库排入大气的油库气相当惊人。一方面,造成了能源的极大浪费;另一方面,油库气是由多种碳氢化合物组成的挥发性有机物(VOCs),是造成光化学污染的主要因素之一。因为它们在强烈的光照下,和氮氧化物之间发生光化学反应产生光化学烟雾,严重危害人体健康和生态环境。

因此,如何处理油库气已成为我国环保部门减排指标的主要控制对象之一。控制指标要求将 C3 以上烷烃的排空含量控制在 10⁻⁶ 级。这一要求,按常规采用一般的吸收或吸附方法已无法达到。因此,如何控制油库气对我国大气环境的影响,已成为国内科技界当前十分紧迫的任务。

2008 年,杭州锦华气体设备有限公司与空军后勤部油料科研究所合作,将深冷技术应用于油气的回收,研发出了第一套适用于石化行业的油气回收装置。该装置将油库气中的油气液化提纯回收,将剩余合格气体排放大气。不仅避免了能源浪费,而且减少了油库气排放对大气的污染,是气体分离技术在节能环保领域的又一项技术创新。

4.3 沼气净化技术^[12]

沼气是来源于太阳能的一种可再生能源,具有资源丰富、含碳量低的特点,加之其生长过程中吸收大气中的二氧化碳,因而用新技术开发利用沼气不仅有助于减轻温室效应和促进生态良性循环,而

且可替代部分石油、煤炭等化石燃料,成为解决能源与环境问题的重要途径。尤其是近几年来,随着人们环保意识的不断增强,已开始利用各种方式来减少工农业生产对环境的破坏。

天然沼气的主要成分是甲烷和二氧化碳,一般甲烷浓度在 50% 左右,是一种清洁的、具有较高热值的可燃气体,并且抗爆性能也比较好。但是由于甲烷浓度相对偏低,其燃烧热值远低于天然气(甲烷含量 $\geq 95\%$) 的燃烧热值,因此沼气的可应用范围相对来说比较窄。近十年来,随着沼气产业的不断拓展,沼气产量也在不断增长。如何能够更广泛、更高效地利用沼气,已经成为一个重要研究课题。

如果能够结合气体分离技术,将沼气中的甲烷含量提高到 95%,同时将其中的一些杂质气体清除掉,特别是二氧化碳,那么沼气的经济价值就会更高,得到的 95% 甲烷含量的沼气就可以直接并入天然气管网作为天然气使用。

5 结束语

我国气体分离行业的发展经历了 50 多年的风风雨雨,虽然在技术水平上、生产能力上都取得了巨大的进步,但同时也要认识到现在所面临的危机。目前,世界气体工业的市场基本被美、德、法、日等国家的大型跨国公司垄断,并有向发展中国家继续扩张的趋势,尤其是在我国工业气体市场更加活跃。因此,在这种形势下,我国的工业气体行业就亟需发展壮大。发展创新,开拓新的应用领域是行业发展的根本;解决国内气体行业“散、

小、乱、差”的问题,推进工业气体行业整合一体化发展也是重中之重。☎

参考文献:

- [1] 周智勇. 大型空分设备技术现状及进展 [M] // 边瑾. 深冷技术: 专题综述. 杭州: 杭州出版社, 2007: 1-5.
- [2] 李剑锋, 周寒秋, 林秀娜. 径向流分子筛吸附器流场数值模拟 [M] // 边瑾. 深冷技术: 安装运转. 杭州: 杭州出版社, 2010: 49-52.
- [3] 毛央平. 新型高效冷凝蒸发器及其安全性分析 [J]. 深冷技术, 2004 (1): 5-7.
- [4] 柳红霞, 毛央平. 高压板翅式换热器的设计开发 [M] // 边瑾. 深冷技术: 设计制造. 杭州: 杭州出版社, 2007: 21-24.
- [5] 安静. LNG 产业发展新思考 [J]. 气体分离, 2010 (3): 25-26.
- [6] 李静, 李志红. LNG 冷能利用现状及发展前景 [J]. 天然气工业, 2005 (5): 103-105.
- [7] 黄青山, 蔡善国. 武钢 30000 m³/h 空分设备氩氙生产系统浅析 [J]. 深冷技术, 2005 (2): 26-29.
- [8] 毛绍融, 朱朔元, 周智勇. 现代空分设备技术与操作原理 [M]. 杭州: 杭州出版社, 2005.
- [9] 景兴鹏, 刘瑛良, 郑登峰. 煤层气利用技术研究现状 [J]. 陕西煤炭, 2007 (6): 10-12.
- [10] 李红艳, 贾林祥. 煤层气液化技术 [J]. 中国煤气, 2006, 3 (3): 32-33.
- [11] 杨仲卿, 张力, 唐强. 超低浓度煤层气资源化利用技术研究进展 [J]. 天然气工业, 2010, 30 (2): 1-4.
- [12] 宋灿辉, 肖波, 史晓燕, 等. 沼气净化技术现状 [J]. 中国沼气, 2007, 25 (2): 23-27.
- [13] 尹兵, 陈路明, 孔庆平. 车用沼气提纯净化工艺技术研究 [J]. 现代化工, 2009, 29 (11): 28-33.

※

※

※

中国空分设备有限公司消息 2 则

◆ 2011 年 4 月 27 日, 浦发公司在杭州召开了“大型天然气液化及储存设备项目”可行性研究专家评审会, 会议聘请了规划咨询、工程、技术、财务和企业管理等领域的 8 位专家参加评审。与会专家对《中国空分设备有限公司大型天然气液化及储存设备项目(生产基地)可行性研究报告》和《中国空分设备有限公司科研大楼项目建设可行性研究报告》进行了认真审查, 并形成了专家评审意见。

◆ 继 2010 年兰溪黄店、香溪两镇污水处理厂项目工程中标之后, 中国空分设备有限公司于 2011 年 4 月 8 日一举拿下了兰溪梅江镇污水处理设备采购项目; 4 月 11 日, 又成功中标了衢州天力紧固件有限公司二期 300 m³/d 酸洗磷化废水处理工程项目; 4 月 19 日, 再一次中标杭州下沙开发区金沙湖源水预处理厂工程成套设备采购项目, 这个项目的水处理量达到 50000 m³/d。