

膜空分制氮装置在海洋石油平台上的应用

文 / 甘跃文

【摘要】讨论目前海洋石油平台中氮气发生装置应用现状,介绍了几种常用的制氮设备和方法,重点是先进的膜空分制氮技术及其膜空分制氮装置;并且重点阐述了膜空分制氮装置在海洋石油平台中的应用价值及其特有的技术优势;最后,展望了未来膜空分制氮装置在石油平台的应用前景及其可行的技术改进方向。

【关键词】膜空分制氮装置 膜法空分制氮 氮气

1. 膜空分制氮装置应用现状

空气中氮和氧等气体对同一膜具有不同的渗透速率与选择性,因而利用膜法可以实现空气分离制取氮气。目前,全世界注氮油气藏中,80%采用低温空分制氮工艺制取纯度为99.999%的高纯氮气,而这种膜法制氮空分技术在一些发达国家趋于成熟,在现今国际上仍然是一项热门的重要科研和开发项目。同传统的深冷法、分子筛变压吸附(PSA)法相比,高分子膜法是不经相变的分离法(这一点跟PSA相同),结构紧凑,操作简便安全,耗能低,启动快,可靠性高,规模可大可小,易扩容,安装位置灵活,不污染环境。当前国际上优秀的中空纤维膜空分制氮在氮纯度为95%时对应的回收率可达50%。在发达国家,膜空分制氮在陆上和船用以及海洋石油平台中都获得了广泛的应用,我国从1986年开始从事卷式富氧膜、中空纤维空分膜的组件、装置及其应用和开发的研究。至今,膜空分制氮技术及其膜空分制氮装置在我国已经日趋成熟,而且应用日益广泛。

2. 常用的制氮设备和方法

迄今为止,应用的制氮技术主要有燃烧式分离法、分子筛变压吸附法以及膜空分制氮三种方法^[1],本文将重点介绍先进的膜空分制氮技术及其膜空分制氮装置。

2.1 燃烧式分离法

由于空气中的氧气可以参与燃烧,而氮气则能在燃烧的过程中保持自身的稳定性,燃烧式分离法正是基于这个原理而出现的。从工艺上来看,可分为两步,首先是由空气转变为烟气,其次对所得到的烟气进行后处理,经洗涤、冷却、脱硫、除尘、除湿后即可得到氮气。整个系统由两大部分组成:燃烧器和燃烧室,洗涤冷却塔。

2.2 分子筛变压吸附法(PSA法)

该方法发展较早,其原理是:一定压力的空气送入焦炭分子筛后,分子直径比氮稍小的氧以较快速度扩散至碳分子筛的微孔内,从而优先被分子筛所吸附,而氮气能自由通

过分子筛颗粒而排出。该法通常使用两个碳分子筛交替工作,因为经过一段时间后,碳分子筛的吸附能力会趋于饱和,此时就需要解吸或再生。通常是一个分子筛进行吸附,而另一个需要解吸的分子筛则由真空泵抽真空进行减压脱氮,从而使得吸附能力得以再生。

2.3 膜空分制氮

该法始于1829年,其基本原理利用不同种类的气体在有机高分子膜中具有不同的渗透速率,从而实现氧气和氮气的分离。具体见图1、图2:

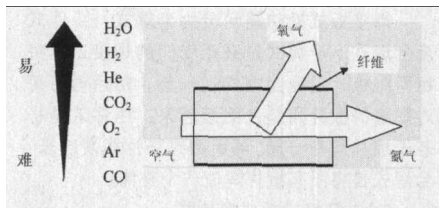


图1 各种气体在膜面上的透速率 图2 膜空分制氮示意图

制氮装置的工艺流程为:环境空气被空气压缩机压缩,经冷却入空气缓冲罐排污除水后进入空气预处理系统(包括冷冻干燥除水、空气过滤器过滤处理、活性炭过滤器吸附除油和空气温度调节装置),经处理后的干燥、纯净、恒温的压缩空气(一般要求过滤后的气体中的颗粒 $<0.01\mu\text{m}$,油 $<0.003\text{ppm}$)通过膜组件中进行氮-氧分离,分离出的富氧空气进入大气,而达到所需纯度的氮气送至氮气缓冲罐,然后再输送至氮气增压机,被压缩至用户要求的压力供使用。

膜法制氮装置主要组成部分均包括空气压缩单元、空气预处理单元、膜分离制氮单元、操作控制系统、氮气增压机单元等。其中主要部件为空气压缩机、膜组件、氮气压缩机。具体流程如图3:

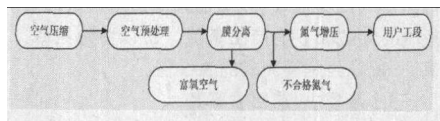


图3 膜空分制氮装置的工艺流程

3. 膜空分制氮装置在石油平台的应用

3.1 膜空分制氮设备对海洋石油平台开采的重要性

氮气是一种物理、化学性质非常稳定的物质,它具有与油、水互不相溶的特点,因此在石油开采工业中氮气成为了极其重要不可缺少的工艺气体,为实现石油开采现场安全可靠连续生产提供了必要保障。同时大量与氮气相关的技术也随之产生于石油开采,例如:氮气气举排液(掏空、诱喷)采油技术^[2],它适应性强,解决了常规排液存在速度慢、不灵

活、深度浅且安全性差等问题,提高抽汲效率9倍以上。再如氮气驱替置换技术,它充分利用氮气的隔离、防火、防爆特性,是油气管道、密闭容器投产的最理想途径。

现在海上油田现场制氮注氮装置一般都采用先进的膜分离技术,直接从空气中分离制取氮气,而膜空分制氮装置以其简单流程,操作弹性大,低维护长寿命等特有的技术优势在海洋石油平台中具有极大的应用价值,未来的应用范围也将日趋广泛。

3.2 海上石油平台实际工程应用情况分析

针对“西江23-1”、“惠州HZ25-3/1”钻井平台而言,膜空分制氮装置在海洋石油平台中应用条件状况与陆地不同,和其他类型主流制氮设备(主要是PSA法制氮装置)也有区别,以下就是根据实际生产工程经验总结的技术优势和设计应用特点分析:

(1)膜空分制氮装置氮气回收率高,节能效果显著,操作方便,启动速度快,自动化程度高,运行成本较低。产氮效果不受石油平台的运动、摆动的影响,能适应各种恶劣的海洋气候环境;

(2)系统流程最为简单,体积比PSA法制氮装置还小,轻便且便于移动(而PSA法制氮装置不适合应用于有移动的场合),可拆零安装,因此很好地适合于用在海洋石油平台上;

(3)膜空分制氮装置系统除空气压缩机外没有运动件,运行可靠,这对于需要连续开采作业的石油生产是由其重要的;而PSA法制氮装置由于受制取工艺限制,单塔无法实现连续产氮,如采用双塔则生产流程中碳分子筛之间切换周期太短(一般为1.5~2分钟)造成接触开关、气动阀、电磁阀、切换阀门及继电器损坏,致使其寿命短可靠性差,维护成本也随之上升,这样造成的停产会带来的无法估量的损失;

(4)膜组件的使用寿命长,平时无需专门维护和保养,目前各大品牌膜组件在保证进气品质的状况下都能保证10年以上的使用时间,并且对系统压力不太敏感;相反PSA法制氮装置碳分子筛填料在长期压力条件下会逐渐粉化,并导致无法制取产品气,所以不能承受太大工作压力,对压力变化也较敏感。

(5)膜空分制氮装置可以方便的实现扩展性,只需在设计并联膜组件汇流系统时预留扩容口既可,这样很好适应了现场石油开采的变化特点,其他制氮设备无法实现这一特性。

(6)海洋石油平台膜空分制氮装置系统中通常不采用冷冻干燥机做空气预处理设备,

因为海洋环境中空气中湿度极大,为不增加膜组件不必要的分离负担而配备了吸附式干燥机(其形式都一般很紧凑不会占据很大的空间,使氮气露点可达 -60°C);

(7)海上石油生产不同陆地,生产资源需大量从陆地运输来,一旦补给不及就会造成设备停机影响生产,所以海洋石油平台膜空分制氮装置系统设计的空气预处理系统,采用一备一用配置(当预处理系统出现问题机组自动切换选择到备用路),可以完全做到不停机就可以跟换预处理部件,保证了连续生产。而且经常的切换预处理配备生产,这样也可以延长设备使用寿命,改善海洋石油平台补给不及的状况。

(8)膜空分制氮装置一直都采用电磁阀作为控制阀门,实际运行状况并不理想,因为电磁阀受安装位置要求影响和本身机械性能限制,在制氮系统中经常会出现无法完全动作的情况,所以在海洋石油平台上最好采用电磁气动阀,即以电磁阀控制动作气路通断(而控制气可从系统本身取不增加制氮系统负担),实现气动阀门动作,可靠性极高。

(9)膜空分制氮装置系统中控制氮气纯度的调节阀宜采用手动调节阀(带锁定功能),氮气纯度调试完毕后锁定,无须采用自动

调节阀。由于自动调节阀精度问题不利于系统自动控制(若选用高精度自动调节阀性价比是非常低的,完全没有必要),当膜性能衰减后要重新调节纯度则需重新编制可编程控制器PID调节程序,极其繁琐,手动完全可以快捷做到纯度的调节锁定和随时变化。

(10)因为随着我国经济的发展,环保问题越来越受到重视,尤其是当今国际海洋公约对海上废气的排放标准要求越来越严,对有关污染物排放的标准越来越严格。膜法制氮气体品质最高,没有污染,在海洋石油平台上工作也不会造成海洋废气,符合环保的理念;

4. 展望

目前,膜空分式制氮装置在国外已得到了广泛的应用,并且取得了明显的经济效益。可以相信,随着我国经济的进一步发展增强,海洋资源开发进程的加快加量,以及海洋环保意识的增强,膜空分制氮装置将会在海洋石油平台中得到广泛的使用。

膜分离技术是一门正处于迅速发展时期的综合性边缘学科,各国竞相研究,有了长足的进展,并已获得令人满意的成果,如Permea/Prism(美国AIR PRODUCTIS公司)、Geron(美国捷能公司)、Medal(美国麦道公司)、UBE(日本宇部兴产)等膜分离组件早已经商

品化,而且这一新技术还在继续发展,现在人们正在寻找一种更高分离系数,更高渗透系数的高分子材料来替代原有的。此外,无机膜的兴起将解决原来有机膜耐温,耐压以及抗腐蚀性能的不足。当前在国内,降低膜分离组件的制造成本是推广和应用薄膜空分制氮新技术要解决的主要问题。随着膜分离制氮技术的不断完善发展,膜分离器制造成本的不断降低,其分离性能的不断改善和提高以及组合流程的开发,相信膜空分制氮装置必将受到各油田平台越来越多的关注和应用,从而赢得更多的市场需要。

参考文献:

[1] 朱鸿,叶持舟.制氮技术在船舶领域的应用[J].机电设备,2009,(2):7~9

[2] 唐大丰,周开刚,汤兴帝.浅谈制氮装置在吐哈油田的应用[J].甘肃科技,2009,25(14):43~44

作者简介:

甘跃文(1982-),男,上海,助理工程师,本科学历,主要从事船用膜式氮气发生装置及系统设计,制造,应用。

(作者单位:中船重工集团公司第七〇四研究所)

(上接第229页)

研究比较了各种换热器,由于板式换热器其具有省空间、轻巧等优点而得到很好的解决。选择空心碳钢平板加强肋结构也满足整体综合可行性、工艺性和安全性的条件。由于结构复杂受力情况烦琐,常规计算方法不能准确计算工作时板体的强度和刚度。为此采用了有限元分析法,同时为了达到船用设备的要求,根据实际的应力应变分布将板体不必要的部分去掉或减小,并对薄弱部位进行局部加厚。对板体采用整体气割的方法来减小焊接变形对强度的影响,然后再组焊内侧板及面板,最后进行消除残余应力的热处理。

(2)针对冲击性、大倾角摇晃、振动等问题。

采用了板体底端多点固定法,即对所有能固定的部位都采用了固定连接,某些重要的特殊部位还采用了加强肋结构,从而增加了设备的稳固性。

(3)针对冷却介质是海水,氯离子浓度很高的问题。

海水中含盐浓度很大,特别是氯离子对不锈钢的腐蚀性很强,故板片通常选用抗腐蚀性高的钛材,其质量也比不锈钢小得多。为了保证钛板质量,除了按GB16409-1996《板式换热器》进行常规的检验,还要对板片均进行100%着色渗透检验,进一步消除抽检板片时的误差。并对板体的外表面还进行了特殊的防腐、防霉的磷化处理,以延长使用寿命。

(4)针对传热介质问题

由于水与油的比热容相差比较大,在传热过程中温差相差更大,从而使热传递系数也更大。为了使得产品可靠经济,要确保船舶工况下的油水传热性能,来保证设备有一定的换热裕度。

4.2 现状与发展工业生产大约

目前,国内外的船舶行业中新上装置及改造装置的换热器规模越来越大。为了实现换热装置的大型化、普及化,现在的传统换热器已经不能满足大型化装置的需要。板式换热器作为高效紧凑型换热器的一种,具有效率高、端部温差小、压降低、节省占地面积、节约工程设备安装费用等优点,适合在船舶轮机领域大型生产安装的使用要求。

板式换热器有其优点,但是它的发展还不是很好。板式换热器要在船舶领域得到更广泛的应用,还应对以下一些的技术问题做处理。

(1)加强板片结构的研究与开发。板片板片为热交换器中最重要的部件,由金属板压制而成,国内目前开发的板片只有三种,因此我们应该研究出一种更加节省空间的结构形式。

(2)加强板片材料的开发腐蚀处理。目前我们用的板片材料主要是18-8不锈钢和少量的工业钛板材,品种规格少。而在船舶领域的特殊环境,这些板材显然不是最合适的。在金属材料中,盐的腐蚀非常严重,因此通过改进板片的性能,或是特殊处理来达到防腐的效果。

(3)继续提高换热器的温度。船舶行业运行的时间都很长,安全使用一般都在 180°C 左

右。因此继续提高换热器的使用温度,来满足船舶航行中产生的高温与高压的特殊情况。

5. 结语

现代板式换热器的使用已遍及各个行业,而且与传统的管壳式换热器相竞争。作为一种高效紧凑型换热器,在加热、冷却、冷凝、蒸发和热回收过程中,除了高温、高压和特殊介质条件外,板式换热器均能替代管壳式换热器。目前也正运用于船舶行业,而且由于其特殊的优点非常适合船舶行业中的特殊工况。由于我国的板式换热器的起步比较晚,技术还不是很成熟,特别在船舶行业中应用才刚刚开始。但随着板式换热器的种类越来越多,技术性能越来越好,在船舶领域中板式换热器将逐步取代传统换热器。

参考文献

[1] 方向红.列管式换热器与板式换热器的比较[J].安徽化工,2002,118(4):43.

[2] 王健.简介板式换热器及其应用[J].氮肥设计,1994,32:25~28.

[3] 雷国庆,张治川.板式换热器缝隙腐蚀[J].石油化工设备,2003,32(4):66~67.

作者简介:

王海波(1982-),男,上海人,助理工程师,学士,主要从事船舶行业板式换热器的设计、制造及应用。

(作者单位:中船重工集团公司第七〇四研究所)