

轮胎蒸汽充氮硫化制氮装置的比较

高新懂¹, 何树植^{1,2}, 汪传生¹

(1. 青岛科技大学 机电工程学院, 山东 青岛 266042; 2. 北京合众创业技术有限公司, 北京 100011)

摘要:比较分析目前轮胎蒸汽充氮硫化装置所采用的 3 种制氮方法: 液氮汽化、Prism 膜及变压吸附。液氮汽化法制氮装置初期投入较低, 但需经常补充液氮, 适于液氮供应方便且便宜的企业。Prism 膜制氮与变压吸附制氮同属于空气分离制氮方法, 适应性较强, 能耗低, 前者增容容易, 但需储有氢气, 存在安全隐患; 后者自动化程度高、方便灵活, 但对阀门性能要求较高。

关键词:轮胎; 硫化; 液氮汽化; 膜制氮; 变压吸附

中图分类号: T Q330. 4⁺ 7 文献标识码: B 文章编号: 1006-8171(2005) 08-0484-04

采用蒸汽充氮硫化工艺, 在降低硫化成本、缩短硫化时间的同时, 还可显著提高轮胎的均匀性、平衡性、耐磨性能和外观质量。随着轮胎企业对蒸汽充氮硫化方法的熟悉, 各种制氮装置在硫化系统中都得到了应用^[1]。根据所需氮气流、氮气压力、动力成本和工厂位置, 轮胎厂可采取不同的制氮方式。液氮汽化、膜制氮及变压吸附法 (Pressure Swing Adsorption, 以下简称 PSA) 是目前通用的 3 种制氮方法。根据这 3 种制氮方法开发的制氮装置在实际应用中有很大的差异, 现简介如下。

1 液氮汽化法供氮装置

液氮汽化法是将由空气深冷得到的液氮加热汽化, 得到高压、高纯氮气, 经稳压装置稳压后输出氮气硫化系统所需的高压稳定的氮气流^[2,3]。

1.1 系统组成及制氮流程

液氮汽化法制氮系统如图 1 所示, 通常由低

温液体贮槽、低温液体泵、汽化器、氮气缓冲罐及稳压装置组成。

液氮由槽罐车运输至轮胎厂, 并储存于双壁真空隔离的低温液体贮槽内, 由低温液体泵打出, 由于在常压下氮的沸点 (− 196 ℃) 极低, 在常温下即可汽化, 因此使用汽化器将液氮汽化成轮胎硫化使用的氮气。

1.2 性能特点

液氮汽化法制氮装置设备简单、投资少, 氮气由液氮汽化生成, 氮气纯度高, 达到 99% ~ 99.999%。液氮的常压沸点为 − 196 ℃, 低温液体泵前的设备处于低温状态下工作, 需要安装可在低温下工作的安全阀和放空阀门。在冬季或北方严寒地区, 由于气温较低, 将会影响汽化器的换热效果, 因此需在汽化器末节结冰前将汽化器表面的霜冻定期吹除。另外, 液氮汽化法制氮受地域的限制, 但对靠近大型空气分离厂的中、小型轮胎企业, 此方法是一种比较经济的选择。

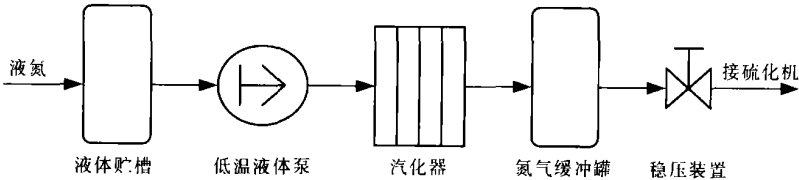


图 1 液氮汽化法供氮系统流程

作者简介: 高新懂 (1984), 男, 山东莱芜人, 青岛科技大学在读硕士研究生, 主要研究高分子材料加工机械及其模拟。

2 Prism 膜制氮装置

Prism 膜分离技术在国外已日趋成熟。自

1979 年第 1 套 Prism 膜在合成氨厂成功得到应用以来, 在许多领域得到推广和应用。1998 年, 气体分离膜的世界销售额为 2.3 亿美元, 并以每年 8% 的速度递增, 估计到 2005 年将超过 3.9 亿美元^[4]。我国对气体分离膜的研究始于 20 世纪 80 年代, 目前已经成为世界上少数几个可以生产气体分离膜的国家之一, 但产品的开发力度与国外尚有差距。

Prism 膜制氮是利用空气中的氧气和氮气在 高分子膜材料上溶解和扩散速度的不同, 从而将氧气和氮气分开。压缩空气经过净化后经电加热器加热到正常的操作温度, 然后进入膜分离器的

纤维管程中, 其分离推动力就是气体各组分在中空纤维内腔原料侧与外腔(渗透侧) 所形成的分压差, 当气流沿中空纤维内腔表面流动时, 各组分在其分压差的推动下渗透到丝外。“快气”如氧气和水汽迅速渗透, 因此丝外(渗透) 气流为富集氧气, 在大气压的作用下被排放至大气中。而氮气和氩气的溶解扩散速度较低, 通过膜的渗透较慢, 因此管程(非渗透侧) 气流为富集氮气, 氮气压力损失很小, 产品氮的压力只略低于原料气的压力。

Prism 膜分离过程如图 2 所示。

2 1 系统组成及制氮流程

Prism 膜制氮系统如图 3 所示, 主要包括以

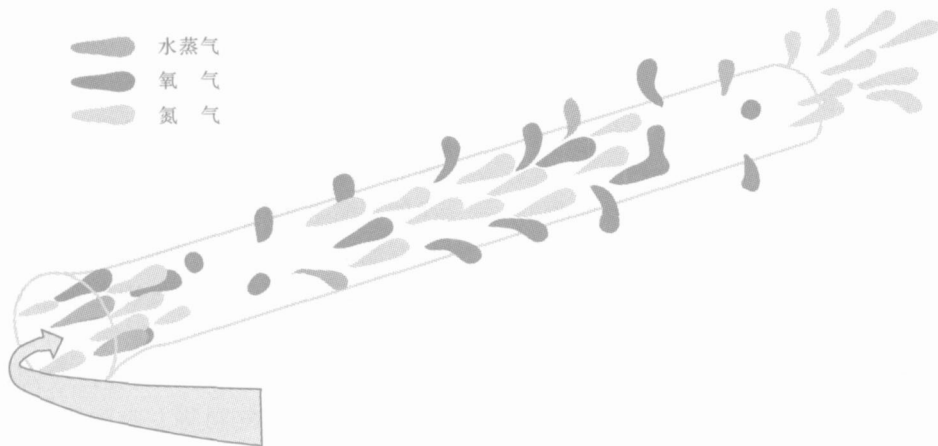


图 2 Prism 膜分离过程

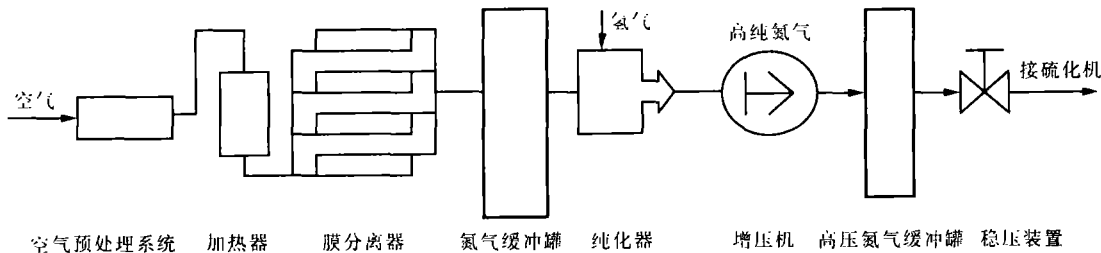


图 3 Prism 膜制氮装置流程

下几部分。

- 空气预处理系统: 空压机一般为螺杆式, 将空气加压到 0.8~ 1.4 MPa 并滤去空气中的粉尘颗粒、重油及轻油等物质。
- 加热器: 为保证氮膜的工作温度稳定, 需将空气加热到 40~ 60 ℃。
- 膜分离器: 实现氮与氧、二氧化碳和水汽的

分离。

- 氮气缓冲罐: 消除氮气压力脉动。
- 纯化器: 加氢纯化, 可产出纯度达 99.999% 的氮气。
- 产品气纯度监测及增压、稳压装置: 监测产品气的纯度并保证稳定的压力输出(2.0~ 2.4 MPa)。

经空压机加压后的压缩空气进入过滤器, 脱除压缩空气中夹带的液体和可能存在的微粒物质后, 再经加热器加热到正常的操作温度后进入膜分离器的纤维管脱除氧气及杂质, 经纯化器提纯, 高纯氮气经增压和稳压后输出至硫化机管网。

2.2 性能特点

Prism 膜分离耗能比其它制氮设备少 15%~25%。该设备无移动部件, 静态运行, 连续运行可靠性高, 保养很少^[5], 且造气成分稳定。如果以 10 年期的设备折旧计算, 制取每立方米的氮气成本只需 0.60 元。与 PSA 相比, 不需定期更换移动部件和分子筛, 使用寿命 10 年以上, 而且增容较易, 但它需配备加热器。Prism 膜制氮可产出纯度为 99.9% 的氮气, 加氢纯化后可产出氮气硫化所需的 99.99% 高纯氮气, 但需在现场制备和储存氢气, 增加了安全隐患。

3 PSA 制氮装置

非低温空气分离技术 PSA 于 1958 年问世。国外对 PSA 研究较早, 我国对 PSA 的研究始于 20 世纪 70 年代初, 到 90 年代初才实现了小型制氮装置的工业化^[6,7]。

PSA 是一种高效气体分离技术, 利用空气中的氧气和氮气在吸附剂上的吸附量、吸附速率和吸附力等方面的差异以及吸附剂随压力不同对氧气和氮气具有不同吸附量的特性, 加压时完成一种组分的吸附, 减压时解吸所吸附的组分, 如此循环, 从而实现变压分离空气制取氮气。

3.1 系统组成及制氮流程

通常 PSA 制氮系统由以下几部分组成。

- 空气预处理系统: 空压机将空气加压至 0.75~0.9 MPa, 并除去空气中的粉尘颗粒、油污及水汽等。
- 空气缓冲罐: 消除压缩空气的压力脉动。
- PSA 系统: 预处理后的空气通过碳分子筛 (CMS) 完成吸附。
- 氮气缓冲罐: 消除产品氮气的压力脉动。
- 产品气纯度监测及增压、稳压装置: 监测产品气的纯度并保证稳定的压力输出 (2.0~2.4 MPa)。

PSA 制氮装置流程如图 4 所示, 压缩空气经空气预处理系统净化后进入空气缓冲罐, 然后在 PSA 系统中由 CMS 吸附后产出氮气。PSA 系统由两个吸附器组成, 吸附器并列组合, 经历吸附、转换充压和再生 3 个过程, 交替循环, 以达到连续产氮和提高氮气回收率等目的。开启左进气阀时, 洁净的压缩空气由左吸附器的入口端经过 CMS 向出口端流动, 氧气、二氧化碳和水汽等气体组分被快速吸附, 产品氮气和氩气则在吸附器的出口端得到富集并经产气阀流入氮气缓冲罐。CMS 吸附饱和后自动关闭左进气阀和产气阀, 左吸附器停止吸附, 打开排气阀将左吸附器内的气体逆流放空, 使压力迅速下降至常压, 从而脱除已吸附的氧气、二氧化碳和水汽等气体组分, 使 CMS 再生。同时, 右进气阀开启, 吸附器进行吸附。如此左、右吸附器交替吸附便可产生连续的氮气流。

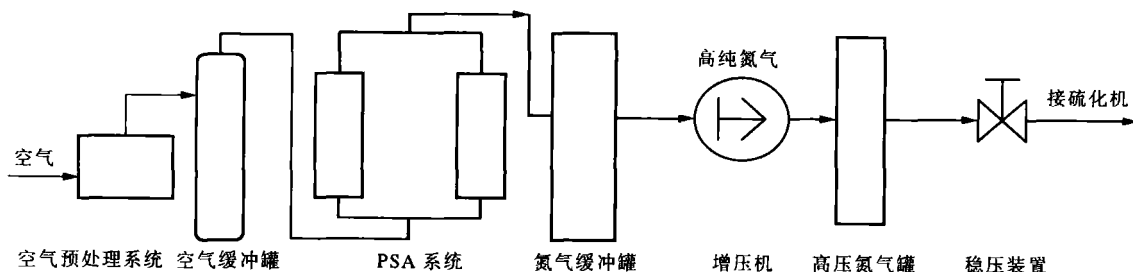


图 4 PSA 制氮装置流程示意

3.2 性能特点

PSA 制氮装置的最大优点是不需要加氢纯化, 无需在现场制备和储存氢气, 使现场更加安全, 且占地面积小, 投资少, 工艺流程较简单, 随时

可启动或停机, 自动化程度高, 运行成本低。与其它制氮方式相比, PSA 安全可靠, 经济合理, 产气量大, 因此无论从技术性还是经济性角度看, 它都具有较高的水平和价值, 其缺点是每年需定期更

换 1 次 CMS 和维修阀门。

4 结语

上述 3 种制氮装置均可实现无人监控生产,并最终输出压力稳定的高纯氮气。比较而言,液氮汽化法制氮装置初期投入较少,但需经常补充液氮,而且受地域因素影响,适于液氮供应方便且便宜的企业。PSA 与 Prism 膜制氮同属于空气分离制氮方法,以取之不尽的空气为原料,适应性较强,能耗低(PSA 为 $0.3 \sim 0.6 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-3}$, Prism 膜为 $0.4 \sim 0.8 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-3}$)。Prism 膜制氮增容容易,而 PSA 制氮装置投入使用后扩容较困难,但 Prism 膜制氮需储存氢气以便提纯,而氢气处理要求很高,对工厂存在安全隐患。Prism 膜使用寿命在 10 年以上,而 PSA 制氮需定期更换 CMS,但随着分子筛性能的提高,其使用寿命也可达到 10 年左右。PSA 制氮工艺自动化程度高、方便灵活,但其阀门频繁启闭,每个阀门每年

要开、关 20 万~30 万次,对阀门性能要求较高。

综上所述,不同企业可根据实际用氮需求及企业情况选择不同的制氮装置。

参考文献:

- [1] 杨嘉名,俞松明. 轮胎硫化介质及其装置的现状与发展动向[J]. 橡胶技术与装备, 1998, 24(2): 17-22.
- [2] 孙日增,杨森. 液氮汽化型深冷箱[J]. 金属热处理, 1991(11): 55-57.
- [3] 吴其蒙. 高纯氮设备流程设计综述[J]. 深冷技术, 2002(2): 15-19.
- [4] 陈勇,王从厚,呈鸣. 气体膜分离技术与应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004. 3-11.
- [5] 王仲和,张洪奇. 新型制氮方法——膜制氮[J]. 粉末冶金工业, 1998, 8(2): 20-23.
- [6] 刘家祺. 分离过程[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002. 302-342.
- [7] 龚建英,张玉文. PSA 空气分离吸附过程中的降压特性研究[J]. 低温工程, 2002(4): 20-23.

收稿日期: 2005-03-18

轮胎行业办公室主任和《中国轮胎》杂志 通讯员联席会议在津召开

中图分类号: TQ336.1 文献标识码: D

中国橡胶工业协会轮胎分会 2005 年轮胎行业办公室主任和《中国轮胎》杂志通讯员联席会议于 2005 年 7 月 13~14 日在天津召开,来自全国各地的 40 余位代表出席了会议。

轮胎分会秘书长蔡为民做了“我国轮胎工业现状与发展预测”的报告,介绍了轮胎行业近期经营和轮胎分会近期工作的情况,并提出了建议。会上,对《中国轮胎》优秀信息的作者和优秀通讯员进行了表彰。

蔡为民在报告中指出,2004 年全国轮胎产量约 2.1 亿条,其中子午线轮胎 1 亿条左右,出口轮胎 6 875 万条,创汇 21 亿美元。到 2004 年年底,全国已通过国家强制性 CCC 认证的轮胎企业有 296 家,整个行业表现出了生产规模逐步扩大、技术水平不断提高、子午线轮胎比例逐步上升、品牌产品推动进口的特点。

报告预测:2005 年全国汽车轮胎需求总量约为 1.7 亿条,内需量为 1.06 亿条,出口量为 6 500 万条,其中子午线轮胎所占比例分别为 75%、

70% 和 85%。轿车轮胎内需 3 980 万条,出口 3 500 万条,全部为子午线轮胎;轻载轮胎内需 3 270 万条,出口 2 000 万条,其中子午线轮胎所占比例分别为 52% 和 75%;载重轮胎内需 3 370 万条,出口 1 000 万条,其中子午线轮胎所占比例分别为 51% 和 50%;农业轮胎内需仍保持 4 000 万条左右,工程机械轮胎约 1 000 万条(含少量子午线轮胎),两类轮胎合计出口约 1 000 万条,绝大部分为斜交轮胎。

据轮胎分会对 43 家会员单位统计,2005 年 1~5 月各类经济指标继续上升:轮胎实现工业总产值 230 亿元;轮胎产量 4 782 万条,其中子午线轮胎 2 793 万条,全钢子午线轮胎 711 万条;轮胎出口持续增长,出口交货量 2 052 万条,出口交货值 73 亿元;实现销售收入 218 亿元;实现利润总额 8.6 亿元。同比增长分别为 25.23%, 18.84%, 40.27%, 49%, 33.36%, 60.65%, 30.07% 和 24.79%。特别值得一提的是,轮胎成品存货 41 亿元,同比下降 1.38%。

报告建议我国轮胎行业应把发展的重点放在形成规模生产,提高产品技术含量,出口高档次、高附加值轮胎等方面。

(本刊编辑部 李静萍 供稿)