

用变压吸附法(PSA法)由空气直接制取高纯氮

吴彦敏

(苏州净化设备厂)

〔摘要〕介绍了用5A分子筛和焦炭分子筛的制氮工艺过程及氮气的纯化工工艺过程。产品氮气的纯度 $\geq 99.9995\%$ ，含氧量 $< 2\text{ppm}$ ，含氢量 $< 5\text{ppm}$ ，露点 $< -70^\circ\text{C}$ 。

关键词：5A分子筛 焦炭分子筛 制氮方法 纯化方法

变压吸附法制氮目前有两种不同的工艺过程：一种是用5A分子筛吸附富集氮气，再用真空泵把氮气抽出；另一种是用焦炭分子筛吸附氧气，使氮气富集在不吸附相中直接送出来。这两种方法所得氮的纯度都约为99.5%，尚需通过纯化系统，才能获得99.9995%的高纯氮。

一、用5A分子筛制氮工艺过程

在压力条件下5A分子筛对空气中氮的吸附量大于对氧的吸附量，当压缩空气流过5A分子筛床层时，氮被富集于5A分子筛

孔穴(吸附相)中，而氧则富集于气相(不吸附相)中。

如果采用“回氮”方法，即用一部分产品氮气把气相中富集的氧气驱走，然后再用真空泵把被吸附的氮气抽出，则所得氮的纯度和回收率都有明显提高。为了不但能驱走气相中氧，而且能把5A分子筛中共吸附的氧顶替出来，可以采取加压“回氮”方法，效果更好。

用5A分子筛制氮的工艺流程参见图1。

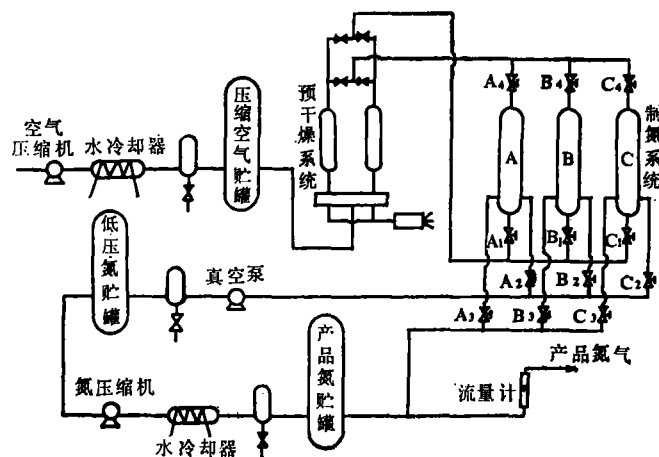


图1 5A分子筛制氮工艺流程

如图所示空气经压缩机、水冷却器、气水分离器和贮罐后,首先经由二塔并联组成的变压吸附预干燥系统,以清除压缩空气中水份和二氧化碳等杂质。干燥空气通过由三塔并联组成的变压吸附制氮系统,以获得99.5%氮气。氮气由真空泵抽出,经由分离器,送入低压氮气贮罐。再经压缩机、水冷却器和气水分离器,送入产品氮气贮罐。其中除少部分作为压力“回氮”,送回制氮系统外,大部分作为产品氮气,直接送使用点,或再通过纯化系统送使用点。制氮系统所放出的富氧空气,可作为变压吸附预干燥系统的再生气。

由三塔并联组成的变压吸附制氮系统分别用自动阀门定期切换交替循环进行吸附、回氮放氧和抽空过程。

以20m³/h制氮装置为例,其主要技术数据为:产氮量20~25m³/h;氮气纯度>99.5%,含氧量<0.5%,露点<-30℃;出口压力0.5MPa;额定功率31.5kW;实际耗电22kW;占地面积6,500×4,000mm;总重量3.6t。

三、用焦炭分子筛制氮工艺过程

焦炭分子筛对空气中氮、氧平衡吸附量差异不大。

由于氧分子体积比氮分子小,焦炭分子筛的微孔对氧的吸附速率远远大于对氮的吸

附速率,相差达数百倍。相对于平衡吸附量的氮和氧被吸附量随时间变化的关系示于图2。当氧已经达到平衡吸附量的80%时,氮只达到小于5%的平衡吸附量。因此压缩空气通过焦炭分子筛的吸附层后,可获得几乎不含氧的气体,并在一段时间内可以大量分离得到未被吸附的氮气。

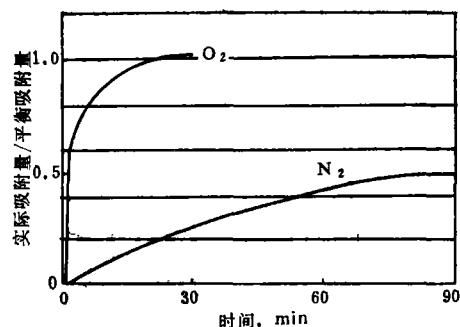


图2 氧、氮在焦炭分子筛上吸附速率

用焦炭分子筛制氮的典型工艺流程示于图3。

空气经压缩机、水冷却器、气水分离器和贮罐后。首先经由二塔并联组成的变压吸附预干燥系统,以清除压缩空气中水份和二氧化碳等杂质。干燥空气再通过由二塔并联组成的变压吸附制氮系统。二塔相互交替进行工作和再生,连续制氮,其阀门切换时间为60s。在工作塔内空气中氧被焦炭分子筛所吸附,氮直接经塔顶压出。与此同时取少

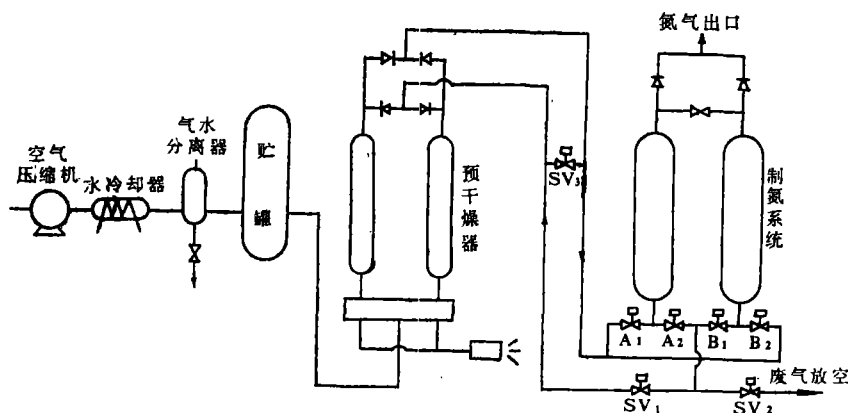


图5 焦炭分子筛制氮工艺流程图

部分的产品氮通过旋塞阀进入再生塔, 作为再生冲洗气, 以排除吸附氧。制氮系统所放出的富氧空气, 少部分通过阀 SV_2 放空。大部分通过阀 SV_1 作为预干燥系统再生气。阀 SV_3 用于预干燥系统再生完毕后, 采用干燥压缩空气充压。制氮系统亦可采用真空泵降压解吸再生。

用焦炭分子筛制氮比用5A分子筛制氮

具有流程简单, 体积较小, 能耗降低等优点。

三、氮气纯化工艺过程

用变压吸附法所得氮气纯度一般为99.5%左右。可以采用催化吸附法进一步纯化得到99.9995%高纯氮。其典型的工艺流程如图4所示。

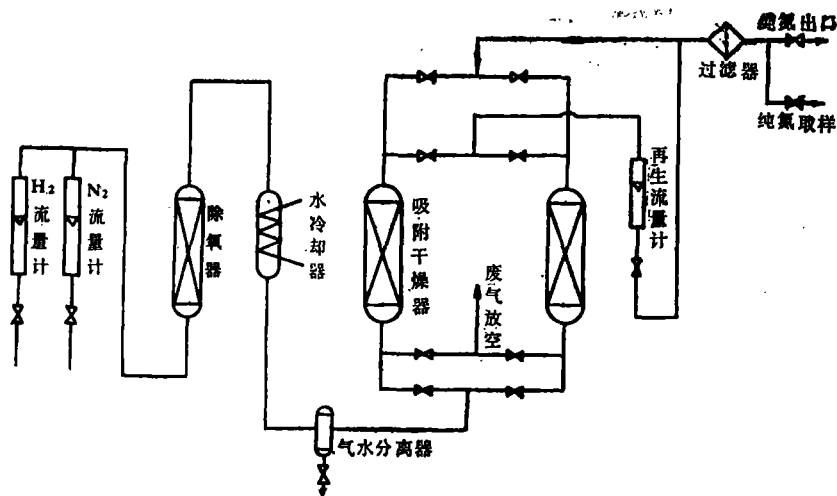


图4 氮气纯化工艺流程图

由图4可见, 首先需在原料氮中添加氢气, 其加氢量相当于原料氮中含氧量的一倍。然后通过除氧器, 内盛钨氧化铝催化剂, 使氢和氧反应生成水汽。除氧器在80~100℃温度下可以长期连续工作, 无需再生处理。接着, 氮气经过水冷却器和气水分离器, 再经过内盛5A分子筛的吸附干燥器以除去水汽。吸附干燥器用两只并联, 在一只工作的同时另一只进行加温冲洗再生处理, 以保证装置长期连续运转, 再生温度控制在350℃左右, 采用少量产品纯氮作为再生冲洗气。最后, 高纯氮气通过气体过滤器除去

尘埃颗粒, 由纯氮出口直接送使用点。

当缺少氢气来源时, 可以用分解氨代替。

以20m³/h氮纯化系统为例, 其主要技术数据为: 最大处理氮气量25m³/h; 原氮中允许含氧量<3%; 除氧器工作温度80~100℃; 吸附器工作周期24h; 吸附器再生温度350℃; 产品氮纯度>99.9995%, 含氧量<2ppm, 含氢量<5ppm, 露点<-70℃; 纯氮出口压力0.4MPa; 额定功率7kW; 外形尺寸(宽×深×高)2,000×1,400×2,500mm。

南朝鲜粉末冶金工业发展迅速

南朝鲜粉末冶金零件的产量由1980年的500吨增加到1988年的5,300吨, 到1998年可望增加到50,000吨。

(郭庚辰 摘自Metal Powder Report, 1988, 43(9): 610~612)