
第一章 分子筛吸附器设计.....	2
1.1 设计依据.....	2
1.2 吸附器的分类.....	2
1.2.1 设备简介.....	2
1.2.2 固定床吸附器.....	2
1.2.3 流化床吸附器.....	5
1.2.4 移动床吸附器.....	6
1.3 设计目标.....	6
1.4 吸附剂的选择.....	7
1.5 分子筛吸附器的设计.....	7
1.5.1 分子筛吸附器工艺参数.....	7
1.5.2 类型选择.....	8
1.6 尺寸设计.....	8
1.7 再生过程计算.....	9
1.7.1 再生热量计算.....	9
1.8 接管计算.....	11
1.9 SW6 强度校核.....	13
1.10 分子筛吸附器设计小结.....	19
1.11 分子筛吸附器选型一览表.....	19

第一章 分子筛吸附器设计

1.1 设计依据

《工艺系统工程设计技术规定》	HG/T 20570-95
《钢制压力容器》	GB150-2011
《塔式容器》	NB/T 47041

1.2 吸附器的分类

1.2.1 设备简介

按照吸附剂在吸附器中的工作状态吸附设备可分为固定床吸附器、移动床吸附器及流化床吸附器。划分吸附器类型的主要依据是通过吸附器的速度，即穿床速度。

- 穿床速度 $<$ 吸附剂颗粒的悬浮速度，吸附剂颗粒基本处于静止状态，属于固定床。
- 穿床速度 $=$ 吸附剂颗粒的悬浮速度，吸附剂颗粒处于上下沸腾状态，属于流化床。
- 穿床速度 $>$ 吸附剂颗粒的悬浮速度，吸附剂颗粒被气体输送出吸附器，属于移动床。

1.2.2 固定床吸附器

固定床是将吸附剂固定在某一部位上，在其静止不动的情况下进行吸附操作的。多为圆柱形设备，在支撑的格板或筛板上放置吸附剂，使处理的气体通过它，吸附质就被吸附在吸附剂上。

固定床吸附器结构简单、造价低，吸附剂磨损少。如果仅短期处理，通常只需一个吸附装置，当然这要求吸附周期之间有足够的時間间隔，以便进行吸附剂的再生；对于要求连续操作，则必须采用多台装置并联使用，以一定的顺序进行

吸附-脱附-再生操作。工程中采用双吸附床或三吸附床系统，其中一个或两个吸附床分别进行脱附-再生，其余进行脱附。

其存在的一些缺点：

- 间歇操作。为使气体连续，操作必然不断地周期性更换。为此必须配置较多的进出口阀门，操作十分麻烦。即使实现了自动化操作。控制程序也是比较复杂的。

- 需设有备用设备。即当一部分吸附器进行吸附时，要有一部分吸附床进行再生，这些吸附床中的吸附剂即处于非生产状态。即使处于生产中的设备，为了保证吸附区的高度有一定富余，也需要放置多于实际需要的吸附剂。

- 吸附剂层导热性差。吸附时产生的吸附热不易导出，操作时容易出现局部床层过热。

- 再生时加热升温 and 冷却降温都很不容易，因此延长了再生的时间。

- 热量利用率低。对于采用厚床层，压力损失也比较大，因此，能耗增加。

固定床吸附系统的核心装置是固定床吸附器。目前使用的固定床吸附器有立式、卧式、环式三种类型。

1.2.2.1 立式固定床吸附器

立式固定床吸附器适合于小气量浓度高的情况。

分上流式和下流式两种。吸附剂装填高度以保证净化效率和一定的阻力降为原则，一般取 0.5~2.0 米。床层直径以满足气体流量和保证气流分布均匀为原则进行设计。处理腐蚀性气体时应注意采取防腐措施，一般是加装内衬。

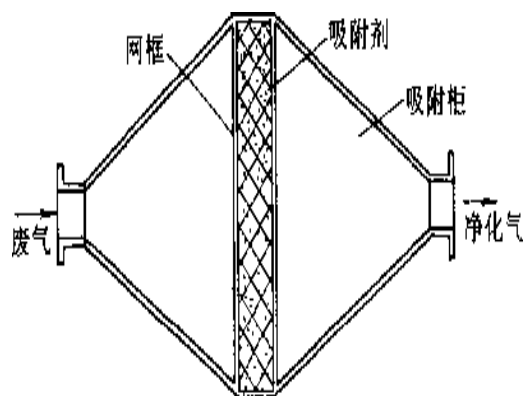


图 1-1 固定床吸附器（立式）

1.2.2.2 卧式固定床吸附器

卧式固定床吸附器适合处理气量大、浓度低的气体。

卧式固定床吸附器为一水平摆放的园柱形装置，吸附剂装填高度为 0.5~1.0 米，待净化废气由吸附层上部或下部入床。卧式固定床吸附器的优点是处理气量大、压降小，缺点是由于床层截面积大，容易造成气流分布不均。因此在设计时特别注意气流均布的问题。

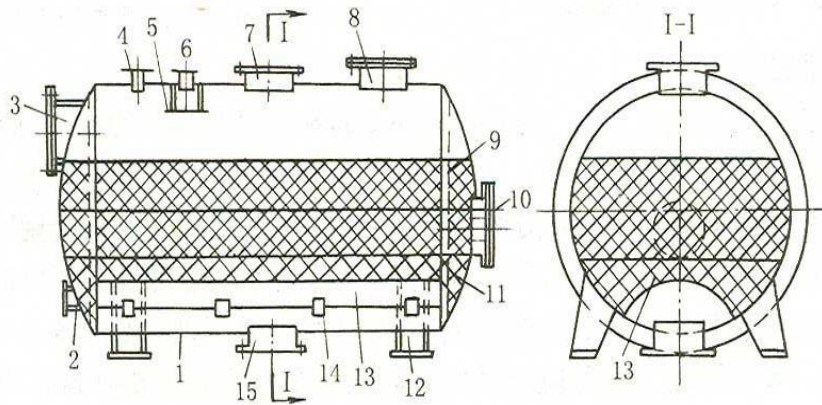


图 1-2 固定床吸附器（卧式）

1.2.2.3 环式固定床吸附器

目前使用的环式吸附器多使用纤维活性炭作吸附材料，用以净化有机蒸气。

环式固定床吸附器又称径向固定床吸附器，其结构比立式和卧式吸附器复杂。吸附剂填充在两个同心多孔圆筒之间，吸附气体由外壳进入，沿径向通过吸附层，汇集到中心筒后排出。

环式固定床吸附器结构紧凑，吸附截面积大，阻力小，处理能力大，在气态污染物的净化上具有独特的优势。

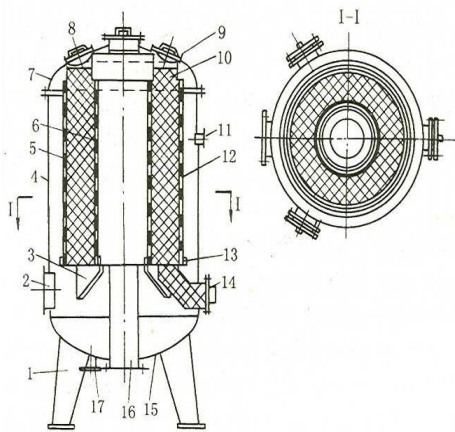


图 1-3 固定床吸附器（环式）

1.2.3 流化床吸附器

流化床是由气体和固体吸附剂组成的两相流装置。之所以称为流化床，是因为固体吸附剂在与气体的接触中，由于气体速度较大使固体颗粒处于流化状态。

由于流态化的运动形式，使它具有许多独特的优点：

- 气体与固体接触相当充分，风速是固定床的 4 倍以上；
- 由于采用小颗粒吸附剂，使单位体积中吸附剂表面积增大；
- 固体的流态化，优化了气固的接触，提高了界面的传质速率，从而强化了设备的生产能力，由于流化床采用了比固定床大得多的风速，因而可以大大减少设备投资；
- 由于气体和固体同处于流化状态，不仅可使床层温度分布均匀，而且可以实现大规模的连续生产。

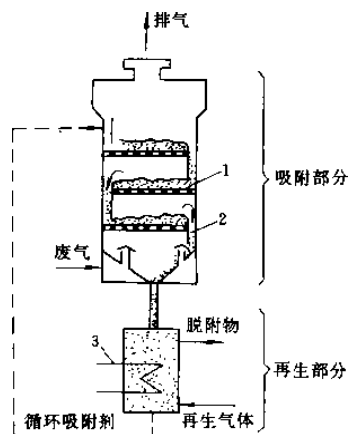


图 1-4 流化床吸附器

其存在的一些缺点：

- 由于吸附剂和容器的磨损严重，流化床吸附器的排除气中常带有吸附剂粉末，故后面必须加除尘设备，有时直接装在流化床的扩大段内。
- 单层流化床吸附器结构简单，但处理能力小。多层流化床吸附器虽处理能力大，但结构复杂，投资大。

1.2.4 移动床吸附器

移动床吸附器的优点在于其结构可以使固相连续、稳定地输入和输出，还可以使气固两相接触良好，不致发生沟流和局部不均匀现象。由于气固两相均处于移动状态，所以克服了固定床局部过热的缺点。其操作是连续的，用同样数量的吸附剂可以处理比固定床多得多的气体，因此对处理量比较大的气体的操作，选用移动床较好。

移动床有它的固有缺点。主要是由于吸附剂处在移动状态下，磨损消耗大，且移动床结构复杂，设备庞大。设备投资和运行费用均较高。

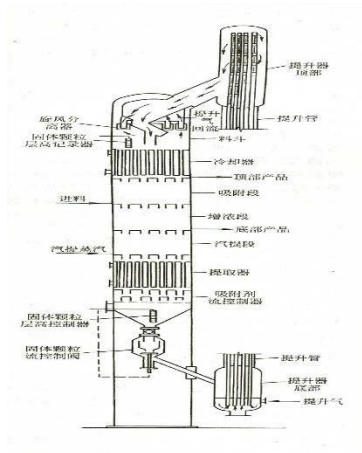


图 1-5 移动床吸附器

1.3 设计目标

- (1) 气体混合物进入分子筛吸附器时能均匀分散，利于气体分离；
- (2) 分子筛吸附器的体积能满足气体混合物及负荷；
- (3) 分子筛吸附器有足够的壁厚，能满足分离的温度和压力要求。

1.4 吸附剂的选择

用无水氯化钙、硅胶作为吸附剂吸附除去物料中的水分，这种方法只能除去少量水分，使用与实验室使用。

在众多的吸附剂中，分子筛具有较强的极性和较好的再生稳定性，广泛应用于各种化工原料的净化过程。因此，我们拟打算采用分子筛作为吸附剂除去水分。

单纯依靠物理吸附，分子筛的吸附容量有限，需要频繁再生，增加了工序的复杂性和净化运行成本。为此，我们拟采用 13X 分子筛/氯化钙复合吸附剂用于净化乙烯中低浓度水分。

在常压 30℃ 下，水在 40% CaCl₂ 浸渍 13X 分子筛上平衡吸附量超过 100.7mg/g，到此，我们采用该方法制备下的复合吸附剂作为吸附剂。

(注：参考文献：肖永厚,陶伟川,王仰东,刘苏,谢在库,唐颐.13X 分子筛/氯化钙复合吸附剂用于净化乙烯中低浓度水分[J]. 天然气化工(C1 化学与化工),2009,34(03):31-33+51.)

1.5 分子筛吸附器的设计

1.5.1 分子筛吸附器工艺参数

表 1-1 分子筛吸附器工艺参数

参数	进口物料	出口物料
温度/°C	27.3	30.9
压力/bar	6	6
气相分率	1	1
摩尔流率/ (kmol/hr)	3680.4	3665.4
质量流率/ (kg/hr)	103113	102828.1
体积流率/ (m ³ /hr)	14791.2	14731.8
密度/(kg/cum)	6.97	6.98
13X 分子筛/氯化钙复合	直径 3~5nm	

吸附剂

净化要求： $H_2O < 0.0001 \text{ kmol/hr}$

工作周期：12h

1.5.2 类型选择

待分离气体混合物量较多，又考虑到设备的复杂性、经济性以及对吸附剂的磨损率，因此选用卧式固定床吸附器。

1.6 尺寸设计

1.6.3.1 分子筛需要量的计算

混合气体中所含水量： $G = 264.774 \text{ kg/hr}$

水分吸附量为 100.7 mg/g （常压条件下），该操作环境为 6 Bar ，因此取水分吸附量为 105 mg/g ，即为 10.5%

则需要的分子筛量：

$$M_s = \frac{264.774}{0.105} = 2521.66 \text{ kg/hr}$$

每班（12h）需要量：

$$M_{sz} = M_s T = 2521.66 \times 12 = 30259.92 \text{ kg}$$

1.6.3.2 分子筛吸附器容积的确定

（1）吸附器直径：工作条件下混合气体体积为

$$V = 14791.2 \text{ m}^3 / \text{h}$$

（2）考虑到气量有 20% 的变动，容器内气体线速度 w （空塔速度）取为 0.5 m/s ，则容器的直径：

$$D = \sqrt{\frac{4 \times V \times 1.2}{3600 \pi w}} = \sqrt{\frac{4 \times 14791.2 \times 1.2}{3600 \times 3.14 \times 0.5}} = 3.54 \text{ m}$$

圆整后取 $D = 3.6 \text{ m}$

圆整后 $w = 0.48 \text{ m/s}$

(3) 分子筛所占容积 V_f : 13X 分子筛/氯化钙复合吸附剂的密度为 5263.2kg/m^3 , 填充系数为 0.75, 则 30259.92kg 13X 分子筛/氯化钙复合吸附剂所占容积:

$$V_f = \frac{30259.92}{5263.2 \times 0.75} = 7.67\text{m}^3$$

(4) 筒体长度

取吸附剂装填高度为 1.0 米

$$l = \frac{4 \times V_f}{\pi \times D^2} = \frac{4 \times 7.67}{3.14 \times 1^2} = 9.78\text{m}$$

(5) 容器的径长比:

$$\frac{l}{D} = \frac{9.78}{3.6} = 2.72$$

1.7 再生过程计算

1.7.1 再生热量计算

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$$

其中: Q_1 — 吸附器本身的显热 kJ

Q_2 — 分子筛的显热 kJ

Q_3 — 水的显热 kJ

Q_4 — 水的脱附热 kJ

Q_5 — 热损失 kJ

(1) Q_1 的计算

吸附器本身的显热, 也就是加热吸附器的热量。钢从常温加热到 31°C 的平均比热 $0.5\text{kJ}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$, 一只筒体加上管道法兰, 估算质量为 13500kg , 则

$$Q_1 = mc(t_2 - t_1) = 13500 \times 0.5 \times (31 - 27) = 2.7 \times 10^4\text{kJ}$$

(2) Q_2 的计算

复合吸附剂由常温加热到 31℃，平均比热容 0.88 kJ/(kg·°C)，则

$$Q_2 = mc_m(t_2 - t_1) = 30259.92 \times 0.88 \times (31 - 27) = 1.06 \times 10^5 \text{ kJ}$$

(3) Q_3 的计算

水的显热，即水分加热所需的热量。在加热再生时，为简化计算，设定脱附的是有水，其次设想脱附温度接近 100℃（水在此温度下的沸点），水的比热

$$C_m = 4.19 \text{ kJ/(kg·°C)}$$

$$Q_3 = m_{H_2O} c_m (t_2 - t_1) = 30259.92 \times 0.105 \times (100 - 27) = 2.32 \times 10^5 \text{ kJ}$$

(4) Q_4 的计算

水的脱附热，假定脱附热按 100℃ 时的蒸发潜热进行计算。蒸发潜热 $r = 2.26 \times 10^3 \text{ kJ/kg}$ ，则

$$Q_4 = m_{H_2O} r = 30259.92 \times 0.105 \times 2.26 \times 10^3 = 6.18 \times 10^6 \text{ kJ}$$

(5) 热损失，取为再生能量的 20%，则

$$Q_5 = (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4) \times 20\% = (2.7 \times 10^4 + 1.06 \times 10^5 + 2.32 \times 10^5 + 6.18 \times 10^6) \times 20\% = 1.31 \times 10^6 \text{ kJ}$$

(6) 再生所需总热量

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = 2.7 \times 10^4 + 1.06 \times 10^5 + 2.32 \times 10^5 + 6.18 \times 10^6 + 1.31 \times 10^6 = 7.86 \times 10^6 \text{ kJ}$$

1.7.2 再生用氮气量的计算

再生温度：吸附器进口 > 250℃

吸附器出口 > 120℃

再生用氮气量的计算

$$q = c_p \Delta T_m$$

其中 c_p -----氮气的比热容，为 1.045 kJ/(kg·°C)

ΔT_m -----平均压降

$$\Delta T_m = T_i - T_o = 250 - \frac{185 - 27}{2} = 171^\circ\text{C}$$

每 1kg 加热氮气所能给出的热量 $q = 1.045 \times 171 = 178.7 \text{ kJ/kg}$

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/985024224010011132>