

FJ-R 型蜂轮净化机在净化低 浓度大风量有机废气中的应用*

葛 启 坛

(北京市环境保护科学研究所)

摘 要

本文介绍的FJ-R型蜂轮净化机,主要适用于低浓度大风量有机废气的净化,具有费用低、占地少等优点。净化机的关键部件是具有浓缩作用的蜂轮,文中着重介绍了浓缩燃烧原理、浓缩吸附剂特点、主要设备设计要点、使用性能等。

在环境保护中,对于高浓度小风量的有机废气常采用吸附法、催化燃烧法、直接燃烧法净化,其实用效果一般较好。但对于低浓度大风量废气,上述方法因成本高、占地多,往往难以应用,因此急需解决。

为了净化浓度1000毫克/米³以下、风量5000米³/小时以上的有机废气,我们综合了各种净化方法的特长,采用浓缩燃烧法,研制了FJ-R型蜂轮净化机。该型净化机净化效率高,运转费用低,体积小,重量轻,操作简便,并可连续使用。

原理

该型净化机工艺流程如图1所示,其中关键部件是具有浓缩作用的蜂轮。蜂轮由特制的蜂窝状吸附纸做成,蜂轮端面分隔成吸附区和脱附区,两者之比为10:1以上。使用时,蜂轮按一定转速旋转,废气通过吸附区被吸附净化,热空气逆向通过脱附区进行脱附再生,随着吸附区和脱附区不断更新,即可连续净化废气,并排出浓缩10倍以上的废气。

浓缩废气因浓度高风量小,容易进一步处理。本工艺采用催化燃烧法使之变成二氧化碳、水等物质。视废气状况和使用要求,亦可采用吸附法回收。蜂轮净化机是一种新型的废气净化装置,国外仅日本已研制成功^[1]。

吸附剂

吸附废气最好采用活性炭为吸附剂,因活性炭不仅吸附量较大,且有疏水性,使用性能较好。常用的活性炭为粒状炭,近年来又有纤维状炭问世^[2],两种炭的性能比较于表1。从表1可看出,纤维状活性炭的吸附量和吸附速度均大于粒状活性炭。其原因是纤维状活性炭直径小,几何表面积大,孔径分布集中于决定吸附作用的微孔,且微孔直接暴露在表面上。同理,粒径较小的粉状活性炭其吸附量和吸附速度也较大,但因阻

* 参加本工作的还有董九章、刘连喜、张小虎、姚瑞连等同志。

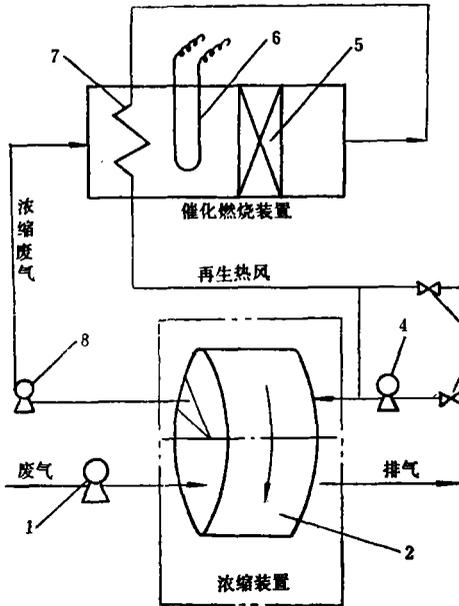


图1 FJ-R型蜂轮净化机工艺流程

1. 废气风机 2. 蜂轮 3. 阀门 4. 冷风风机
5. 催化层 6. 管状电热器 7. 换热器
8. 浓缩废气风机

力大，易被气流挟带，气相中不便直接应用。

蜂轮所用的吸附剂既要求吸附速度快，又要求阻力小，以便取得较大的处理强度。从吸附速度考虑，应采用纤维状或粉状活性炭为吸附剂；从阻力考虑，吸附剂最好呈蜂窝状。为此，采用上述吸附剂与木浆或无机纤维混抄造纸，再用平纸和波纹纸粘制成蜂窝状部件。我们试制的蜂窝状吸附纸其性能列于表2。从表2可看出，两种含炭纸性能相近，均可使用。但由于纤维状活性炭成本较高，暂时还不能大量投产，故优先采用含有粉状活性炭的吸附纸为宜。

主要设备

1. 浓缩装置

浓缩装置由蜂轮、蜂轮旋转系统、壳体组成。其设计要点：

(1) 开孔率 开孔率是指蜂窝通道面积与蜂轮总截面积之比。开孔率愈大，吸附纸几何表面积愈小，同样条件下吸附带愈长；开孔率愈小，吸附带愈短，阻力愈大。适宜的开孔率应使每个蜂窝通孔的直径小于2个气流边界

层厚度。此时气体扩散阻力最小，气体中微粒子也不易积存。当空塔风速为2米/秒时，蜂窝通道内气体为层流状态，按下式计算得边界层平均厚度为1.2毫米。

$$\delta = 4.64 \sqrt{\frac{\mu X}{\rho w}}$$

表1 粒状和纤维状活性炭性能

指 标	活性炭种类	粒状活性炭	纤维状活性炭
形 状		φ2—4mm圆柱	φ10—20 μm纤维
堆比重 (g/ml)		0.4—0.5	0.03—0.05
比表面积 (m ² /g)		800—1000	1000—1500
几何表面积 (m ² /g)		0.001—0.0005	0.2—0.1
平均/最大孔径 (Å)		(18—26)/5 × 10 ⁴	(9—14)/20
平衡吸附量 (wt%)			
20℃ 甲苯 500mg/m ³ 时		10—25	25—43
20℃ 甲苯 5000mg/m ³ 时		30—40	30—58
吸附速度 wt% (10分钟)			
20℃ 甲苯 5000mg/m ³ 时		3—8	20—47

表2 蜂窝状吸附纸性能

性能	炭纸种类	粉状活性炭纸	纤维状活性炭纸
吸附纸定量 (g/m ²)		120	120
开孔率 (%)		65	65
堆比重 (kg/m ³)		160	160
几何表面积 (m ² /m ³)		2300	2300
含炭量 (wt%)		45—50	50—65
平衡吸附量 (wt%)			
20℃ 甲苯 500mg/m ³ 时		10—12	12—15
20℃ 甲苯 5000mg/m ³ 时		12—15	15—20
吸附速度 wt% (10分钟)			
20℃ 甲苯 500mg/m ³ 时		2—4	3—5
20℃ 甲苯 5000mg/m ³ 时		8—10	10—13

式中： δ ——层流边界层厚度(m)； μ ——气体粘度(kg·s/m²)； X ——气体流过的距离(m)； ρ ——气体密度(kg·s/m⁴)； w ——气体流速(m/s)。该型净化机所用吸附纸为三角形蜂窝，峰高为1.5—3毫米，峰宽为3—5毫米，蜂轮开孔率为65%左右。

(2) 蜂轮长度 蜂轮长度取决于吸附带。只要蜂轮长度大于吸附带并能及时再生，即可达到较高的净化效率。当废气浓度、开孔率一定时，吸附带与空塔风速成正比。常温下甲苯浓度为500毫克/米³、空塔风速为2米/秒时，实测上述吸附纸的吸附带为300—350毫米。蜂轮长度可取350—400毫米。

(3) 蜂轮直径 蜂轮直径按下式计算：

$$D = 54 \sqrt{\frac{Q(n+1)}{Wn}} + d$$

式中： D ——蜂轮直径(m)； Q ——处理风量(m³/h)； n ——浓缩倍数； W ——空塔风速(m/s)； d ——蜂轮轴直径(m)。当蜂轮直径为1000毫米时，最大处理风量为6000米³/小时。

(4) 浓缩倍数 从安全考虑，浓缩废气的浓度应低于爆炸下限的1/4。因此最大浓缩倍数取决于所处理废气的平均浓度和爆炸下限。当废气浓度为100—1000毫克/米³时，最大浓缩倍数可为10—100倍，一般取10—30倍。

(5) 蜂轮转速 为了连续使用，吸附饱和之前应再生，即每吸附周期内蜂轮应旋转一周，以进行一次脱附。在额定条件下使用，蜂轮转速为1—4rph，废气浓度愈高，需转速愈快。

2. 催化燃烧装置

用催化燃烧法处理浓缩废气，具有操作简便、无二次污染、耗能少等优点，燃烧排气余热还能用于蜂轮脱附再生。该法对于无回收价值的废气尤其适用。

该法的关键是催化剂。我们采用活性较高、成本较低、资源丰富的锰矿砂为催化剂³¹。

催化燃烧装置由换热器、管状电热器、催化层等组成。其设计参数如下：预热温度300℃左右；空速10000小时⁻¹；换热效率40—60%，启动功率8千瓦/100米³·小时。

3. 预处理装置

(1) 预冷却 吸附量与温度成负相关，温度愈高吸附量愈小。为了保证蜂轮具有一定的吸附能力，吸附温度应低于50℃。如果所处理的废气温度较高，需进行预冷却。

(2) 预除颗粒物 除机械损伤变形外，影响蜂轮寿命的主要因素是吸附纸粘附颗粒物，特别是粘附油烟、漆雾等物质。当废气中含有上述物质时，其含量最好小于0.5毫克/米³，必要时可用过滤器进行一级处理，或用冲击式洗涤器及过滤器进行二级处理。

使用性能

1. 净化效率

为进行性能考察，该型净化机曾用于净化喷漆废气。试验表明，空塔风速为1.8—2.3米/秒，吸附温度为30—50℃，二甲苯浓度为40—700毫克/米³，净化效率可达95%左右。测试结果列于表3。

连续使用时，只要实际吸附量与脱附量平衡，净化效率不会明显改变。即应满足下式要求： $QC_1\eta = qC_2$ 式中： Q ——处理风量(m³/h)； C_1 ——废气浓度(mg/m³)； η ——净化效率； q ——再生风量(m³/h)； C_2 ——浓缩废气浓度(mg/m³)。

表3 净化效率

测定日期	进口浓度(mg/m ³)	出口浓度(mg/m ³)	净化效率(%)
1982.8.24	92	1.3	98.6
	170	1.3	99.2
	220	6.0	97.3
1982.10.19	40.5	2.6	93.6
	703	1.0	99.8
	690	29.5	95.7
1983.1.26	41.6	2.9	93.1
	540	1.0	99.8
	403	24.5	96.0

注：催化燃烧效率为95%左右，试验时燃烧排气全部用于蜂轮脱附。

为此，应控制如下再生条件：

(1) 再生温度 再生热风温度愈高，脱附速度愈快，所需脱附时间愈短。但温度过高吸附纸易劣化甚至自燃，因蓄热影响能降低吸附量。再生热风以120—140℃为宜。

(2) 再生风速 再生风速愈大脱附效果愈好，但浓缩倍数相应减小。再生风速最好略大于吸附风速。

(3) 再生时间 蜂轮转速愈快，每转脱附时间愈短。试验表明，在吸附物沸点温度下，再生时间仅需1分钟即能接近完全脱附。因此当浓缩倍数为10—30倍时，蜂轮转速应低于2—6rph。正常操作下，如果平均净化效率低于90%，则属于质量问题，主要是吸附区和脱附区之间串风所致。

2. 阻力

阻力测定结果列于表 4。从表 4 中可以看出, 浓缩装置的阻力较小, 可以配用低压风机, 从而动力能耗和噪声较均低。

表4 阻 力

空塔风速(m/s)	1.5	2	2.5
浓缩装置阻力(mmH ₂ O)	25	35	45
催化燃烧装置阻力(mmH ₂ O)	100	110	120

3. 经济性

净化低浓度大风量废气, 从成本考虑, 除浓缩法外仅吸附法适用。因此只将该型净化机与固定床吸附装置的经济性比较于表 5。

值得指出, 采用浓缩燃烧法的蜂轮净化机, 最适合净化连续排放的废气。对于间断排放废气, 因催化燃烧预热能耗增大, 从节能考虑, 亦可采用浓缩回收法, 即采用浓缩装置和小型固定床吸附装置联用工艺。

表5 经济性

指 标	装置类型	固定床吸附装置	FJ-R型蜂轮净化机
处理风量 (m ³ /h)		6000	6000
溶剂浓度 (mg/m ³)		500	500
空塔风速 (m/s)		0.2—0.5	2
吸附剂重量 (kg)		1000×2	50
催化剂体积 (l)		无	50
正常用电量 (kW/h)		17	<10
冷却水用量 (kg/h)		300	无
蒸汽用量 (kg/h)		15	无
回收价值		2-2.5kg/h溶剂	1-2万kcal/h热量
运转费用 (元/h)		2.50	1.00
设备费用 (万元)		6—8	3—4
占地面积 (m ²)		40—60	10—20
二次污染		有少量废水	无

结论

FJ-R 型蜂轮净化机具有许多优点, 特别是占地少、成本低, 是净化低浓度大风量有机废气的理想装置。FJ-R型蜂轮净化机所采用的粉状活性炭吸附纸和锰矿砂催化剂, 使用性能良好, 原料充足, 价格低廉, 便于推广, 与国外同类装置相比具有一定特色。

参 考 文 献

- (1) 出云正矩、龟谷桂一郎, 燃料及燃烧, 48(4), 253—264(1981)。
- (2) 木幡辉雄、福田卓司等, 化学工学, 44(6), 26—35(1981)。
- (3) 葛启坛, 十年科研成果和论文选编, 第一分册, p226—229, 北京, 1982年。

1984年3月31日收到。