

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
B01D 53/84 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200610050347.2

[45] 授权公告日 2008年3月26日

[11] 授权公告号 CN 100376312C

[22] 申请日 2006.4.14

[21] 申请号 200610050347.2

[73] 专利权人 浙江工业大学

地址 310014 浙江省杭州市下城区朝晖六区

[72] 发明人 王家德 高增梁 陈建孟 黄奕平
褚淑祎

[56] 参考文献

CN1557741A 2004.12.29

CN2695090Y 2005.4.27

US2004152185A1 2004.8.5

US6069003A 2000.5.30

EP0669155A 1995.8.30

CN1398195A 2003.2.19

审查员 王东升

[74] 专利代理机构 杭州天正专利事务所有限公司
代理人 黄美娟 袁木棋

权利要求书2页 说明书9页 附图2页

[54] 发明名称

一种板式生物过滤塔及其废气处理工艺

[57] 摘要

本发明提供了一种板式生物过滤塔及其废气处理工艺，以层厚与塔径比为0.2~0.5设置“塔板”，整个生物过滤塔由若干块“塔板”组成，构成一个板式结构废气生物过滤系统，养分液直接喷淋在每块“塔板”上，与从塔底进入的废气呈逆向接触，去除废气中的污染物质，使污染物被氧化分解成CO₂、H₂O及其它简单化合物。顶层“塔板”作为气流脱水器，间隙性喷淋清洗液(一般为1%稀碱液)。本发明所述的板式结构废气生物过滤塔及其工艺气液接触充分、均匀，每个“塔板”养分喷淋强度可依据污染处理负荷灵活控制，大大减少了养分喷淋强度，降低了塔总体压降，填料层支撑强度小，脱水系统内置，实现了生物过滤层系统模块化设计，具有重大的市场应用前景。

1. 一种板式生物过滤塔，主要包括塔体、位于塔体底部的进气口、位于塔顶的出气口、置于塔内的生物膜载体填料层、以及养分循环系统，其特征在于：所述生物膜载体填料层设置为多层，层厚与塔径比为 0.2~0.5；顶层生物膜载体填料层为脱水器，上部设置清洗液喷淋管；除顶层外的其它生物膜载体填料层顶部设置养分喷淋管、底部设置养分收集管；所述养分喷淋管均设置有流量控制计；所述养分喷淋管与养分收集管分别与位于塔体底层的养分循环槽相连，通过循环泵构成养分循环系统。
2. 如权利要求 1 所述的板式生物过滤塔，其特征在于所述生物膜载体填料层为 3~6 层。
3. 如权利要求 1 所述的板式生物过滤塔，其特征在于所述生物膜载体填料层为 4 层，层厚与塔径比为 0.2~0.5。
4. 如权利要求 1 所述的板式生物过滤塔，其特征在于所述生物膜载体填料为下列之一：①天然堆肥类，②天然碎木块类，③塑料填料，④陶瓷填料。
5. 如权利要求 1 所述的板式生物过滤塔，其特征在于所述的清洗液为质量百分浓度 1% 的稀碱溶液。
6. 一种运用如权利要求 1 所述的板式生物过滤塔的废气生物处理工艺，生物膜载体填料层上附着有微生物优势菌，其特征在于所述工艺为：在空床气速 0.05~0.2m/s，空床停留时间 10~30s，填料层温度 25~35℃，液相 pH 值 3.0~7.5 条件下，将废气由进气口通入

板式生物过滤塔，处理后的废气经出气口排出。

7. 如权利要求 6 所述的废气生物处理工艺，其特征在于所述废气为含甲苯 $0.1 \sim 1.0\text{g}/\text{m}^3$ 的气体污染物，微生物优势菌为假甲胞杆菌属，在空床气速 $0.05\text{m}/\text{s}$ ，空床停留时间 20s ，填料层温度 $25 \sim 30^\circ\text{C}$ ，液相 pH 值 $6.5 \sim 7.5$ 条件下，将废气由进气口通入板式生物过滤塔，处理后的废气经出气口排出。
8. 如权利要求 6 所述的废气生物处理工艺，其特征在于所述废气为含 H_2S $0.1 \sim 0.5\text{g}/\text{m}^3$ 的气体污染物，微生物优势菌为氧化硫杆菌属，在空床气速 $0.05\text{m}/\text{s}$ ，空床停留时间 20s ，填料层温度 $25 \sim 30^\circ\text{C}$ ，液相 pH 值 $3.0 \sim 4.0$ 的条件下，将废气由进气口通入板式生物过滤塔，处理后的废气经出气口排出。

一种板式生物过滤塔及其废气处理工艺

(一) 技术领域

本发明涉及一种板式生物过滤塔,以及运用其进行废气处理的工艺方法。

(二) 背景技术

废气生物氧化处理技术因具有传统方法(如吸收、吸附、燃烧等)不可比拟的费用低廉、对环境友好等优点,正在成为一项在废气污染控制领域迅速推广的高新技术,尤其在较低浓度、较大气量的有机废气和恶臭气体治理中。至今为止,废气生物处理对象已从最初的臭味、简单有机化合物拓展到芳香烃、卤代烃甚至无机类等气态污染物的控制。

根据微生物存在形式,废气生物处理技术可分为悬浮型和附着型两类,附着型因系统压降小而率先在废气净化领域得到推广应用,如生物过滤,生物滴滤,生物转鼓等。这些技术都有各自的特点,但存在一个普遍性的问题是填料层厚(单层高度通常2m左右),填料层上的污染负荷、营养物质、水分和生物量等分布不均,填料床层堵塞引起的沟流现象严重,这直接影响了系统的处理效率。众多的实践和研究表明,附着型生物过滤系统运行不良的原因75%是由于气流、生物量、养分分布不均造成的。

近10年国内外公开发表文献资料检索显示,养分(包括水分)控制不均、引起局部生物量过大是填料床层堵塞的主要原因,而沟流现象的出现则导致了气液接触不均,进一步恶化了系统整体效果。因此,填料层养分均匀控制是一个关键。大量研究结果表明,附着型生物过滤系统养分和生

物量沿填料层高度（轴向）呈不均匀分布，在研究生物过滤甲苯废气时发现，填料层湿分随系统运行时间推移逐渐减小，湿分降低区域从气流进口逐渐扩展到整个填料层，单位高度填料层污染负荷差异很大。另外，实践应用发现，生物滴滤系统出口气流带水现象严重（为使养分分布均匀，要求养分雾化喷淋），管道脱水器经常堵塞（生物堵塞），清洗强度大。

专利申请号 200420037051.3、专利名称自控废气净化器提供了一种多层填料层的废气净化装置，该装置通过喷淋碱液达到去除废气中酸性污染物的目的。由于生物处理的特殊性，装置设置需要考虑生物膜附着、微生物养分供给、以及废气成分、温度、浓度、湿度等物性参数等多种因素，多层填料层的结构目前还尚未应用于生物氧化处理设备中。

（三）发明内容

为解决现有生物氧化处理设备填料层厚、填料层上的污染负荷、营养物质、水分和生物量等分布不均、管道脱水器容易堵塞等不足，本发明提供了一种气液接触充分均匀、填料层支撑强度小、集脱水系统于一体的板式结构废气生物过滤塔及其废气处理工艺。

为达到发明目的本发明采用的技术方案是：

一种板式生物过滤塔，主要包括塔体、位于塔体底部的进气口、位于塔顶的出气口、置于塔内的生物膜载体填料层、以及养分循环系统。所述生物膜载体填料层设置为多层，层厚与塔径比为 0.2~0.5，所述塔径是指塔体的内直径；顶层生物膜载体填料层为脱水器，上部设置清洗液喷淋管；除顶层外的其它生物膜载体填料层上部设置养分喷淋管、底部设置养分收集管；所述养分喷淋管均设置有流量控制计；所述养分喷淋管与养分收集管分别与位于塔体底层的养分循环槽相连，通过循环泵构成养分循环系

统。

这样，每层生物膜载体填料层为一块“塔板”，整个生物过滤塔由若干块“塔板”组成，构成一个板式结构废气生物过滤系统，养分液直接喷淋在每块“塔板”上，与从塔底进入的废气呈逆向接触，去除废气中的污染物质，使污染物被氧化分解成 CO_2 、 H_2O 及其它简单化合物。顶层“塔板”作为气流脱水器（板），不喷淋养分，而改作喷淋清洗液，视脱水“塔板”压降情况，间隙性对生物膜载体填料“塔板”进行清洗。所述的养分是指维持微生物生长活性的物质，组成随分解污染物的生物种类不同而变化；清洗液指清洗附着在固体填料表面生物膜的溶液，通常为质量百分浓度 1% 的稀碱溶液，如氢氧化钠溶液、氢氧化钾溶液等；生物膜载体填料是指供微生物层附着的载体。通常的，所述生物膜载体填料层为 3~6 层。优选的，所述生物膜载体填料层为 4 层，层厚与塔径比为 0.2~0.5。

所述生物膜载体填料为下列之一：①天然堆肥类，②天然碎木块类，③塑料类填料，④陶瓷类填料。

一种运用所述的板式生物过滤塔的废气生物处理工艺，生物膜载体填料层上附着有微生物优势菌，所述工艺为：在空床气速 0.05~0.2m/s，空床停留时间 10~30s，填料层温度 25~35℃，液相 pH 值 3.0~7.5 条件下，将废气由进气口通入板式生物过滤塔，处理后的废气经出气口排出。

具体的，当处理的废气为含甲苯 $0.1\sim 1.0\text{g}/\text{m}^3$ 的气体污染物时，微生物优势菌为假单胞杆菌属，在空床气速 0.05m/s，空床停留时间 20s，填料层温度 25~30℃，液相 pH 值 6.5~7.5 条件下，将废气由进气口通入板式生物过滤塔，处理后的废气经出气口排出。

当所述废气为含 H_2S $0.1\sim 0.5\text{g}/\text{m}^3$ 的气体污染物时，微生物优势菌为

氧化硫杆菌属, 在空床气速 0.05m/s, 空床停留时间 20s, 填料层温度 25~30℃, 液相 pH 值 3.0~4.0 的条件下, 将废气由进气口通入板式生物过滤塔, 处理后的废气经出气口排出。

本发明所述的板式结构废气生物塔及其工艺的有益效果主要体现在:

(1) 填料层呈“板式结构”, 每个“塔板”养分强度可依据处理负荷单独控制, 提高了单位填料处理负荷; (2) 改善填料层堵塞问题, 避免了沟流现象, 气液接触均匀、充分; (3) 单层填料厚度下降, 填料支撑架强度要求降低; (5) 顶层填料“塔板”作脱水器, 实现了生物过滤系统脱水器内置, 无需另设管道脱水器; (6) 因采用“塔板式”结构, 填料更换更为方便。

(四) 说明书附图

图 1 为本发明所述生物过滤塔结构示意图;

图 2 为不同填料层的生物过滤塔结构示意图; a 为一层填料层, b 为两层填料层, c 为 4 层填料层。

(五) 具体实施方式

本发明重点是一种板式结构的废气生物过滤塔, 对不同废气具有通用性, 能被微生物分解的废气污染物均适用; 对不同填料也通用, 如前所述的凡是用于生物处理的可散装填料均适用。故实施例以两类有代表意义的污染物进行试验, 这两类物质分别是 H_2S (代表污水站臭气)、甲苯 (代表 VOCs); 为不同试验结果有可比性, 填料均选用塑料扁三角。

所述板式生物过滤塔结构参见图 1, 主要包括塔体、位于塔体底部的进气口 1、位于塔顶的出气口 2、置于塔内的生物膜载体填料层 3、以及养分循环系统, 所述生物膜载体填料层设置为多层, 层厚与塔径比为 0.2~0.5, 顶层生物膜载体填料层上部设置清洗液喷淋管 4, 除顶层外的其它生物膜载体填料层顶部设置养分喷淋管 5、底部设置养分收集管 6, 所述养

分喷淋管均设置有流量控制计 7，所述养分喷淋管与养分收集管分别与位于塔体底层的养分循环槽 8 相连，通过循环泵 9 构成养分循环系统。

系统启动时，需先对填料进行挂膜，获得生物填料。事先准备的菌悬浊液（质量浓度约 10%）由养分液喷淋系统呈雾状喷洒在每个填料层上，与废气逆向接触，废气中污染物作为微生物碳源或能源。启动期，废气污染负荷（由浓度和气量控制）从低逐渐升高（具体数值视污染物种类而定），填料层温度 25~30℃，液相 pH 值范围视微生物种类而定。对于天然类填料，菌悬液采用间隙性喷淋（3 天一个周期，每次时间以填料层底部透水为准），保持填料层湿度 55% 以上；对于人工填料（塑料类和陶瓷类），因填料孔隙较大，建议采用连续喷淋。当污染物去除率维持在 85% 以上时，显示系统处于稳定。

下面接合具体实施例对本发明进行进一步描述，为便于描述清楚，指出试验填料层具体厚度，实际工程上应以层厚与塔径比确定更合适：

实施例 1:

本发明的实施方案和工作原理为：含甲苯 0.75~1.00g/m³ 废气的板式生物过滤处理工艺，空床气速 0.05m/s，空床停留时间 20s，填料层温度 25~30℃，液相 pH 值范围 6.5~7.5（微生物优势菌为假甲胞杆菌属，生物膜载体填料为塑料扁三角）。塔体内径均为 800mm，生物膜载体填料按一层（厚度 1.0m）、两层（厚度各 500mm）、四层（厚度各 250mm）三种方式放置，养分与甲苯废气逆向接触，养分喷淋强度控制一样，即 20L/m².h，如图 2 所示。废气处理结果见表 1。

表 1 甲苯废气处理结果

数据 \ 指标	进气浓度 (mg/m ³)	出口浓度 (mg/m ³)	去除率 (%)	总压降 (mmH ₂ O)	单位填料污染负荷 (g/m ³ .h)
1 层填料放置	750~1000	42~150	80.0~94.4	12	108~157

	(875)	(112)	(87.2)		(137)
2层填料放置	750~1000 (875)	34~86 (70)	88.5~95.5 (92.0)	12	120~165 (145)
4层填料放置	750~1000 (875)	18~36 (31.5)	95.2~97.6 (96.4)	12	128~174 (152)

表1结果表明,同样操作条件下,板式填料层结构有利于废气污染物的去除,四层“塔板”生物过滤塔单位填料污染负荷最高(平均 $152\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$)。另外,养分喷淋强度相同情况下,“板式结构”生物过滤塔总压降与单体填料结构基本相同。

实施例2:

本发明的实施方案和工作原理为:含 H_2S $0.175\sim 0.228\text{g}/\text{m}^3$ 废气的板式生物过滤处理工艺,空床气速 $0.05\text{m}/\text{s}$,空床停留时间 20s ,填料层温度 $25\sim 30^\circ\text{C}$,液相pH值范围 $3.0\sim 4.0$ (微生物优势菌为氧化硫杆菌属,生物膜载体填料为塑料扁三角)。塔体内径均为 800mm ,生物膜载体填料仍按一层(厚度 1.0m)、两层(厚度各 500mm)、四层(厚度各 250mm)三种方式放置,养分与 H_2S 废气逆向接触,养分喷淋强度控制一样,即 $20\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{h}$,如图2所示。废气处理结果见表2。

表2 H_2S 废气处理结果

数据 \ 指标	进气浓度 (mg/m^3)	出口浓度 (mg/m^3)	去除率 (%)	总压降 (mmH_2O)	单位填料污染负荷 ($\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$)
1层填料放置	175~228 (202)	10.2~15.0 (12.9)	91.4~94.8 (93.6)	11	29.7~38.9 (34.0)
2层填料放置	175~228 (202)	6.8~11.2 (9.3)	93.6~96.5 (95.4)	11	30.3~39.6 (34.7)
4层填料放置	175~228 (202)	4.3~8.6 (6.7)	95.1~97.8 (96.7)	11	30.7~40.1 (35.2)

表 2 结果表明, 同样操作条件下, 板式填料层结构同样有利于 H_2S 废气的净化, 四层“塔板”生物过滤塔单位填料污染负荷仍然最高 (平均 $35.2g/m^3 \cdot h$), 总压降仍相同 ($11mmH_2O$)。

实施例 3:

本发明的实施方案和工作原理为: 操作条件同实施例 1, 塔体内径均为 $800mm$, 生物膜载体填料塔板共四层, 每层厚度 $250mm$, 养分喷淋按三种模式控制: 模式一, 四层喷淋强度一样, 均为 $20L/m^2 \cdot h$; 模式二, 顶层塔板不喷淋, 其余三层喷淋强度一样, 即 $20L/m^2 \cdot h$; 模式三, 顶层塔板不喷淋, 其余三层从底层进气端开始, 喷淋强度依次按 30% 递减, 即底层 $20L/m^2 \cdot h$, 二层 $14L/m^2 \cdot h$, 三层 $9.8L/m^2 \cdot h$ 。废气处理结果见表 3。

表 3 甲苯废气处理结果

数据 \ 指标	进气浓度 (mg/m^3)	出口浓度 (mg/m^3)	去除率 (%)	总压降 (mmH_2O)	单位填料污染负荷 ($g/m^3 \cdot h$)
模式 1	750~1000 (875)	18~36 (31.5)	95.2~97.6 (96.4)	12	128~174 (152)
模式 2	750~1000 (875)	18~36 (31.5)	95.2~97.6 (96.4)	10	128~174 (152)
模式 3	750~1000 (875)	18~36 (31.5)	95.2~97.6 (96.4)	8	128~174 (152)

表 3 结果表明, 板式结构的废气生物过滤塔有利于废气污染物的去除, 每块“塔板”养分喷淋强度可以进行合理调整, 基本不会对污染物去除效果构成影响, 而且总喷淋量可以得到有效削减, 塔总压降也可以得到有效控制, 这再次验证了养分的作用主要是维持生物活性, 养分过多导致生物大量繁殖, 引起填料层压降上升。

实施例 4:

本发明的实施方案和工作原理为：含甲苯 $1.8\sim 2.0\text{g}/\text{m}^3$ 废气的板式生物过滤处理工艺，空床气速 $0.05\text{m}/\text{s}$ ，填料层温度 $25\sim 30^\circ\text{C}$ ，液相 pH 值范围 $6.5\sim 7.5$ （微生物优势菌为假甲胞杆菌属，生物膜载体填料为塑料扁三角）。塔体内径均为 800mm ，生物膜载体填料塔板数量分别为四层（每层厚度 250mm ）、五层（每层厚度 250mm ）、六层（每层厚度 250mm ），相应空床停留时间为 20s 、 25s 、 30s ，养分按实施例第三种模式喷淋控制，即顶层塔板不喷淋，其余三~五层从底层进气端开始，喷淋强度依次按 20% 递减，即底层 $20\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ ，二层 $16\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ ，三层 $12.8\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ ，四层 $10.2\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ ，五层 $8.2\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 。废气处理结果见表 4。

表 4 甲苯废气处理结果

数据 \ 指标	进气浓度 (mg/m^3)	出口浓度 (mg/m^3)	去除率 (%)	总压降 (mmH_2O)	单位填料污染负荷 ($\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$)
四层塔板	1800~2100 (1950)	407~434 (421)	77.4~79.3 (78.4)	12	251~300 (275)
五层塔板	1800~2100 (1950)	175~187 (181)	90.3~91.1 (90.7)	14	234~275 (255)
六层塔板	1800~2100 (1950)	27.7~30.7 (29.2)	98.4~98.6 (98.5)	16	213~248 (230)

表 4 结果表明，对于较高浓度废气（废气浓度大于 $1500\text{mg}/\text{m}^3$ ），可以通过增加塔板的方式提高去除效果。在本实施例中，当填料塔板增至六层时，去除效率达到 98.5% ，出口甲苯浓度维持在 $27.7\sim 30.7\text{mg}/\text{m}^3$ 之间，满足 GB16297-96《大气污染物综合排放标准》要求，即甲苯有组织排放浓度小于 $40\text{mg}/\text{m}^3$ ，而总喷淋强度仅为 $67.2\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 。当然，随着塔板数增

加，塔总压降也相应上升。

注：本发明涉及的气相甲苯、 H_2S 浓度监测方法采用国家环保总局编著的《空气和废气监测分析方法》中规定的相应方法。

综上所述，本发明所述的板式结构废气生物过滤塔有利于废气污染物的去除，填料层呈“板式结构”，每个“塔板”养分喷淋强度可依据污染处理负荷灵活控制，大大减少了养分喷淋强度，降低了塔总体压降，实现了生物过滤层系统模块化设计。与现有技术相比，本发明所述的板式结构废气生物过滤塔气液接触充分、均匀，填料层支撑强度小，内置式脱水系统，市场应用前景广阔。

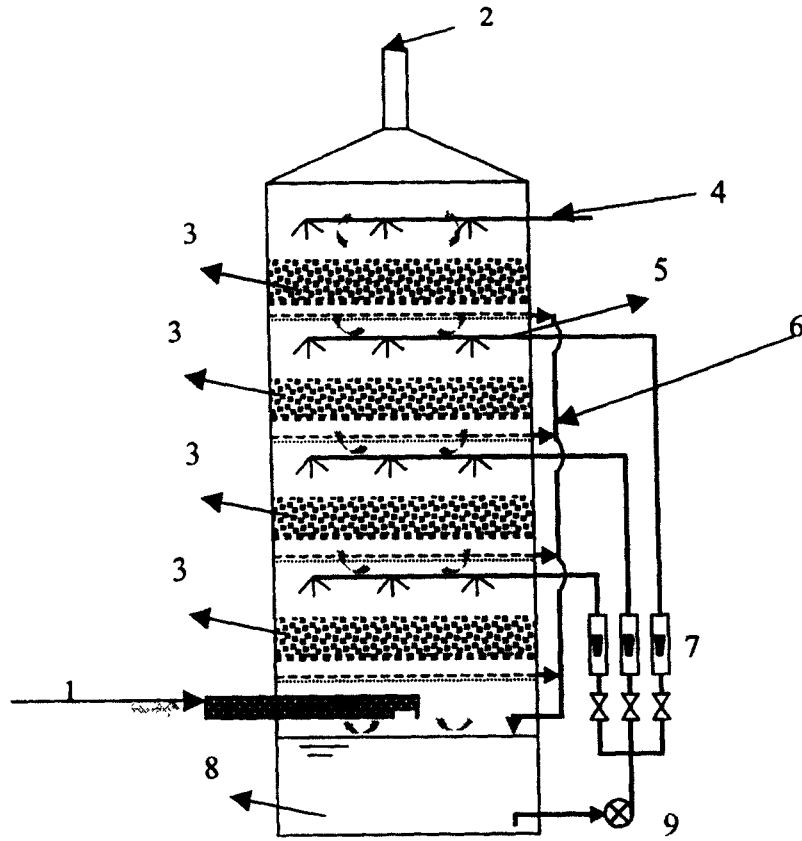


图 1

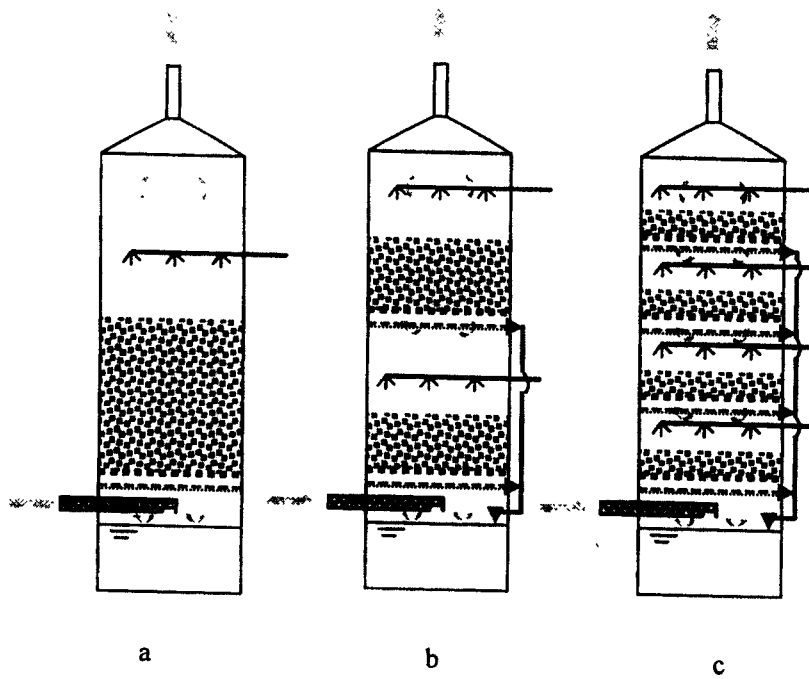


图 2