[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200610004940.3

[51] Int. Cl.
A61L 9/013 (2006.01)
A61L 9/00 (2006.01)
A61L 101/52 (2006.01)
A61L 101/56 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009 年 7 月 29 日

[11] 授权公告号 CN 100518834C

[22] 申请日 2006.1.12
[21] 申请号 200610004940.3
[73] 专利权人 香港理工大学
地址 香港九龙红磡
[72] 发明人 蔡 宏 余海虎
[56] 参考文献
CN1445013A 2003.10.1
JP2001037856A 2001.2.13
JP10085316A 1998.4.7
US5503738A 1996.4.2
CN2550047Y 2003.5.14
审查员 许超男

[74] 专利代理机构 隆天国际知识产权代理有限公司
代理人 高龙鑫 颜 薇

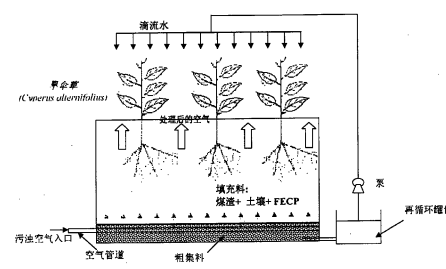
权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 1 页

[54] 发明名称

用于处理污浊空气中恶臭化合物的系统及其方法

[57] 摘要

一种用于处理污浊空气中恶臭化合物的系统，其是包括植物、微生物聚生体和填充床的植物－微生物共生系统，其中的微生物聚生体包括细菌、光合兼性异养藻和发酵性酵母，植物是湿地植物，填充床由适于植物生长和固定、微生物附着生长以及系统内气体和液体流分布的填充料构成。 利用该系统处理污浊空气中恶臭化合物的方法为：a. 将污浊空气引导到系统的底部并在底部进行分布；b. 在向上流经系统的填充床的过程中，污浊空气中的恶臭化合物在系统中微生物聚生体的作用下进行生化反应而发生降解；c. 经过处理的空气从系统的顶部释放出来。 该系统可用于处理各种工业生产过程产生的恶臭污浊空气，提高了生化反应的速率，具有优异的除臭效率和消除能力。



1. 一种用于处理污浊空气中恶臭化合物的系统，该系统是包括植物、微生物聚生体和填充床的植物-微生物共生系统，其中所述的微生物聚生体包括细菌、光合兼性异养藻和发酵性酵母；所述的植物是湿地植物；所述的填充床由适于植物生长和固定、微生物附着生长以及系统内气体和液体流分布的填充料构成。

2. 根据权利要求 1 所述的系统，其特征在于，所述的植物在填充床中生长，而所述的微生物聚生体则占据了整个填充床以及植物的根部。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的系统，其特征在于，所述的细菌选自兼性细菌、好氧异养菌、光能异养细菌、光能自养细菌以及硫和氮降解细菌构成的组中的一种或多种。

4. 根据权利要求 3 所述的系统，其特征在于，所述的细菌为乳酸菌、放线菌和红假单胞菌；所述的光合兼性异养藻为金藻门藻类；所述的发酵性酵母为酵母菌属酵母；所述的乳酸菌、放线菌、红假单胞菌、金藻门藻类和酵母菌属酵母之间的比例最初为 1：1：1：1：1，且该比例会依据被处理的恶臭化合物的组成而自行调节。

5. 根据权利要求 1 或 2 所述的系统，其特征在于，所述的植物选自旱伞草、美人蕉、水葱、香根草和芦苇构成的组中的一种或多种。

6. 根据权利要求 5 所述的系统，其特征在于，所述的植物是旱伞草。

7. 根据权利要求 5 所述的系统，其特征在于，所述系统每平方米的植物数目为 0.6-2 株。

8. 根据权利要求 1 所述的系统，其特征在于，所述填充料为 a、b、c 三组物质的混合物：

a. 煤渣、活性碳、泥炭、珍珠岩、蛭石或其混合物；

b. 土壤、堆肥、木屑、树皮或其混合物；

c. 耐火膨胀粘土颗粒、聚苯乙烯微珠、玻璃微珠、废胎胶或其混合物。

9. 根据权利要求 8 所述的系统，其特征在于，所述的填充料为 50%－70%的煤渣、15%－25%的土壤和 15%－25%的耐火膨胀粘土颗粒的混合物，上述百分比为体积百分比。

10. 根据权利要求 9 所述的系统，其特征在于，所述的填充料由煤渣：土壤：耐火膨胀粘土颗粒=3：1：1 的混合物构成，上述比例为体积比。

11. 根据权利要求 8－10 中任意一项所述的系统，其特征在于，所述填充床的孔隙率为 0.4－0.8。

12. 根据权利要求 11 所述的系统，其特征在于，所述填充床的孔隙率为 0.65－0.70。

13. 根据权利要求 1 所述的系统，其特征在于，所述的系统还包括再循环液体。

14. 根据权利要求 13 所述的系统，其特征在于，所述的再循环液体是水或矿物缓冲液。

15. 根据权利要求 13 或 14 所述的处理系统，其特征在于，所述的循环液体的流速范围为 0.1-5$m^3/m^2/h$。

16. 根据权利要求 1 或 2 所述的系统，其特征在于，所述的系统是长：宽：高=5：3：2 的罐体。

17. 一种利用权利要求 1－16 中任意一项所述的系统处理污浊空气中恶臭化合物的方法，其包括：

a. 将污浊空气引导到所述系统的底部并使其在底部进行分布；

b. 在向上流经所述系统的填充床的过程中，污浊空气中的恶臭化合物在所述系统中微生物聚生体的作用下进行生化反应而发生降解；以及

c. 经过处理的空气从所述系统的顶部释放出来。

18. 根据权利要求 17 所述的方法，其特征在于，所述的方法还包括下列步骤：

将再循环液体引导至所述填充床的顶部，使其进行滴流并从底部释放出来。

用于处理污浊空气中恶臭化合物的系统及其方法

技术领域

本发明涉及一种用于处理污浊空气中恶臭化合物的系统。尤其是，本发明涉及采用一种新型植物-微生物共生系统对空气流中的恶臭化合物进行生物处理的系统。通过该系统，携带恶臭化合物混合物，即挥发性有机化合物（VOCs）、含硫化合物以及含氮化合物的污浊空气可得到有效的和同时的处理。此外，本发明也提供了利用该系统对污浊空气中恶臭化合物进行处理的方法。

背景技术

在工业日趋发达的同时，也带来了一系列环境污染问题，其中的恶臭气体污染是一种感觉公害，已成为世界上的七大环境公害之一。随着人们对环境质量要求的提高，恶臭污染治理显得越来越迫切。传统处理恶臭气体的方法是化学洗涤法、活性碳吸附法、热氧化法、药液喷洒法等，但这些方法存在投资成本高，设备繁多，工艺复杂，处理性能有限，治标不治本等缺陷。为此，人们开始研究并提出了生物过滤除臭方法。

例如，美国专利 No. 6,403,366 公开了一种除去空气中的污染物，如挥发性有机化合物、臭气和生物可降解的气溶胶/粒子，并将它们转换为二氧化碳和水的和生物反应器和生物方法。

美国专利 No. 6,019,810 公开了一种从气体流中除去废气的废气处理系统，该系统内的填充材料中具有多个随机排列的石灰质材料单元，该单元中的液体滞留部分可形成储液池，在部分储液池中保留有合适的细菌，从而使该系统可充当生物滤器或生物净化器。

美国专利No. 5,891,711 公开了一种从污染空气流中除去挥发性有机化合物（VOC's）的生物矫正装置，该装置包括地上多层生物滤器，其中的每一层都装有具有生物活性的介质。

美国专利 No. 5,869,323 公开了一种空气过滤设备和方法，该设备包括将

被纯化的空气从其中穿过的至少一个生物反应器床。

美国专利 No.5,821,114 公开了一种通过过滤器处理污染空气的装置和方法，其中该过滤器包括框架部件，位于该框架部件所限定的开口中的气体渗透支撑物，以及设置在该支撑物中的生物过滤材料，该生物过滤材料包括过滤基质和微生物群体。在污染物流经过滤器时，由于污染物和生物过滤材料中的湿气接触并被微生物群体降解，从而除去了污染物。

美国专利No. 5,503,738 公开了使含有一种或多种污染物的气体流流经包括多个生物活性体的生物反应器而除去气态污染物的方法，其中所采用的生物活性体包括由抗分解的材料制造的大孔基质和一种或多种能除去一种或多种所述污染物的微生物。

中国专利申请 No. 02114976.3 公开了一种利用生物滤料进行生物除臭的方法和装置，其中该生物滤料以耐腐植物纤维物或多孔性物料其混合物为填料，并在填料中接种有酵母菌、细菌以及放线菌等微生物。

中国专利申请 No. 200410056981.8 公开了一种利用特定的生物滤料进行除臭的方法，该方法通过使恶臭污染气体经过特定的生物滤料而在微生物的生化作用下达到降解污染物的目的，其中所采用的生物滤料是以植物性纤维质物质为主的多种物质的混合物，而微生物菌属则包括硫杆菌以及梭状芽胞菌属、假单胞菌属和硝化杆菌属。

由此可见，现有技术的生物过滤除臭方法中，大多是着眼于改进生物滤器或生物反应器的结构，或者是采用载有微生物，尤其是细菌的新型生物滤料来提高除去气态污染物的效果。然而，迄今为止，尚未有采用植物-微生物共生系统来处理污染空气中的恶臭化合物的报道。为此，申请人在广泛的实验中发现采用植物-微生物共生系统能高效地除去污染空气中的恶臭化合物，在此基础上，申请人提出了本发明。

发明内容

本发明提供了一种用于处理污浊空气中恶臭化合物的系统，该系统是包括植物、微生物聚生体和填充床的植物-微生物共生系统，其中所述的微生物聚生体包括细菌、光合兼性异养藻和发酵性酵母，所述的植物是湿地植物，所述的填充床由适于植物生长和固定、微生物附着生长以及系统内气体和液

体流分布的填充料构成。

在本发明的系统中，所述的植物在填充床中生长，而所述的微生物聚生体则占据了整个填充床以及植物的根部。尤其是，植物的根为微生物生长提供了停泊点，同时也集中了将被生物降解的恶臭化合物。因此，植物的根促使微生物朝着根的方向进行自然迁移而形成根瘤，从而建立了稳定的共生系统。

在本发明系统的一个方面，所述的微生物聚生体由可降解恶臭化合物的微生物构成，其包括细菌、光合兼性异养藻和发酵性酵母。其中，所述的细菌优选自兼性细菌、好氧异养菌、光能异养细菌、光能自养细菌、硫/氮降解细菌和其混合物构成的组中。例如，所述的细菌可以为乳酸杆菌（*Lactobacillus*）、放线菌（*Actinomycetes*）、红假单胞菌（*Rhodopseudomonas*）；所述的光合兼性异养藻可以为金藻门藻类 (*Chrysophyta*)；所述的发酵性酵母可以为酵母菌属酵母（*Saccharomyces*）。其中，乳酸杆菌（*Lactobacillus*）是好氧异养菌，酵母菌属酵母（*Saccharomyces*）是发酵性酵母，它们的作用是将 VOCs 在有氧的情况下转化为水，二氧化碳和新生命体；放线菌 (*Actinomycetes*) 是兼性细菌，其作用是提高 VOC 的降解程度，并产生抑制致病的和不希望的腐生微生物的益生菌；红假单胞菌（*Rhodopseudomonas*）是光能自养细菌，金藻门藻类 (*Chrysophyta*) 是光合兼性异养藻，它们都是硫/氮降解微生物，作用是降解含硫化合物 (如硫化氢和硫醇) 以及含氮化合物(如氨和胺) ，它们的光合性质也使它们能生成氧气，以供给其它共栖微生物进行需氧降解。可降解恶臭化合物的微生物的其它例子有：硫杆菌 (*Thiobacillus spp.*), 假单胞菌(*Pseudomonas spp.*), 诺卡氏菌(*Nocardia spp.*), 节杆菌(*Arthrobacter spp.*), 亚硝化单胞菌(*Nitrosomonas spp.*), 以及来自于废水处理厂的淤泥中的微生物等等。

优选地，所述的细菌由乳酸杆菌（*Lactobacillus*）、放线菌（*Actinomycetes*）、红假单胞菌（*Rhodopseudomonas*）构成；所述的光合兼性异养藻为金藻门藻类(*Chrysophyta*)；所述的发酵性酵母为酵母菌属酵母（*Saccharomyces*）；在这种情况下，所述的乳酸杆菌、放线菌、红假单胞菌、金藻门藻类和酵母菌属酵母之间的初始比例优选为 1：1：1：1：1，它们之间的比例会依据被处理的恶臭化合物的组成而自行调节。例如，在适应新环境之后，微生物的数量

比例将会依据污浊空气中恶臭化合物的组成进行自我调节，当 H_2S 浓度较高时，则存在更多的红假单胞菌和金藻门藻类。

在本发明系统的另一方面，所述的植物是湿地植物，例如选自旱伞草(*Cyperus alternifolius*，英文名称为伞莎草（Umbrella Plant）)、美人蕉（*Canna indica*，也称为 Indian-shot），水葱（*Scirpus validus*，也称为软茎香蒲（softstem bulrush）），香根草（*Vetiveria zizanioides*，也称为岩兰草（Vetiver）），以及芦苇（*Phragmite spp.*，英文名称为 Reed），和其混合物构成的组中。这些都是湿地上常用于养殖场废水处理的植物，湿地植物(如旱伞草(*Cyperus alternifolius*))的根部为微生物的生长提供了停泊点，并且也集中了恶臭化合物以进行生物降解。如上所述，结果是湿地植物的根部引起微生物自然地向植物根部迁移而形成了根瘤，因此建立了稳定的共生体系。本发明处理系统中采用的植物优选为旱伞草。

在本发明的系统中，植物和微生物之间没有固定比例，相反，植物的数目应该是与系统的表面积有关的。优选地，系统的每单位面积上植物的数目为 0.6－2.0 株/m^2。

在本发明系统的另一方面，所述填充料构成的填充床应提供足够大的表面积，以有利于附着的微生物生长和植物固定；所述填充料构成的填充床能保持足够大的孔隙率，以有利于气体流动和污染物转移；此外，还要求构成填充床的填充料的材料是耐用的，不发生堵塞，而且抗分解和抗压实。适于本发明的填充料的选择是广泛的，前提是所选择的填充料能满足上述要求。填充料的具体组成和颗粒尺寸分布也应按照上述要求进行选择。

例如，本发明的填充料可为下列 a、b、c 三组物质的混合物：

a. 煤渣、活性碳、泥炭、珍珠岩、蛭石或其混合物；

b. 土壤、堆肥、木屑、树皮或其混合物；

c. 耐火膨胀粘土颗粒(FECP)、聚苯乙烯微珠、玻璃微珠、废胎胶或其混合物。

由填充料构成的填充床的孔隙率的优选范围为 0.4－0.8，进一步优选为 0.65－0.70。

优选地，所述的填充料中包括 50%－70%的煤渣、15%－25%的土壤和 15%－25%的耐火膨胀粘土颗粒(FECP)。上述百分比为体积百分比。进一步

优选地，所述的填充料由煤渣：土壤：FECP=3：1：1（体积比）的混合物构成。在这种情况下，优选填充料的颗粒中值粒径（D50）为 6.2mm，均匀度系数为 15.5；填充料的曲率系数为 1.9，所构成的填充床的孔隙率则为 0.68。

优选地，本发明的系统还包括再循环液体。再循环液体用于保持填充床内的最佳湿度，以有利于微生物的生长并除去由于恶臭污染物发生生物降解而产生的有毒副产物。此外，再循环液体也补充了恶臭释放物中所缺乏的营养，从而有利于微生物生长和维持了系统的正常性能。再循环液体可以是水，也可以由其它矿物缓冲液构成，矿物缓冲液中可包括有 NH_4Cl, KH_2PO_4, K_2HPO_4, $MgCl_2 \cdot H_2O$, $CaCl_2$ 以及痕量物质如 Na_2-EDTA, $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, $MnCl_2 \cdot 4H_2O$, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 和硫代硫酸盐等以促进微生物的生长。本发明的处理系统每单位面积上再循环液体的流速范围优选为 0.1-5$m^3/m^2/h$。

优选地，本发明的系统可设计成长：宽：高=5：3：2 的罐体。

本发明还提供了一种利用本发明的处理系统处理污浊空气中恶臭化合物的方法，该方法包括：

a. 将污浊空气引导到处理系统的底部并使其在底部进行分布，

b. 污浊空气中的恶臭化合物在所述系统中的微生物聚生体的作用下进行生化反应而发生降解；

c. 经过处理的空气从处理系统的顶部释放出来。

优选地，所述的方法还包括下列步骤：

将再循环液体引导至填充床的顶部，使其进行滴流并从底部释放出来。释放出的再循环液体返回到再循环罐体中，并在泵的作用下再次被引导至填充床的顶部。

本系统可用于处理各种工业生产过程，如化学品制造厂、市政污水处理厂、垃圾转运站、农业生产企业、堆肥工厂和食品加工厂所产生的恶臭污浊空气。与传统的生物处理系统相比，该系统是植物-微生物聚生体共生系统，植物的根部可以使填充床中将被降解的恶臭化合物得以集中，同时，植物的根部也可促使微生物朝着根的方向进行自然迁移而形成根瘤，从而提高了生化反应的速率，具有优异的除臭效率和消除能力。

附图说明

图 1 是本发明用于处理污浊空气中恶臭化合物的系统的示意图；

图 2 是本发明用于处理污浊空气中恶臭化合物的系统的真实图片。

具体实施方式

虽然上文已经描述了本发明的内容，但为了使技术人员能够更加清楚地理解本发明的各个技术细节及其优点，从而能够根据本文的描述来实施本实用新型的技术方案，后文将进一步参照附图对本实用新型的具体实施方式展开描述。

实施例 1

采用长方形的罐体构成本实施例用于处理污浊空气中恶臭化合物的处理系统，该系统的长：宽：高=5：3：2。

如图 1 和图 2 所示，该系统是一个植物-微生物共生系统，其中的植物为旱伞草；微生物聚生体由包括细菌类的乳酸菌、放线菌、红假单胞菌，发酵性酵母类的酵母菌属酵母以及藻类的金藻门藻类在内的 5 种微生物组成。每一种微生物在降解恶臭化合物方面的特殊功能如下列的生物化学反应所述：

$$VOCs + O_2 + N + P \xrightarrow{\text{乳酸杆菌+酵母菌属酵母}} \text{新生细胞(fresh cell)}+CO_2+H_2O+\text{能量}$$

$$VOCs+O_2+N+P \xrightarrow{\text{放线菌}} \text{新生细胞+益生菌（probiotics）}$$

$$CO_2+H_2O \xrightarrow{\text{红假单胞菌+金藻门藻类}} O_2+\text{葡萄糖}+\text{新生细胞}$$

$$H_2S+N+P \xrightarrow{\text{红假单胞菌+金藻门藻类}} \text{S-蛋白} \longrightarrow \text{新生细胞}+S+SO_4^{2-}$$

$$NH_3+P \xrightarrow{\text{红假单胞菌+金藻门藻类}} \text{新生细胞}+NO_3^-$$

在这一平衡的生态系统中，乳酸菌和酵母菌属酵母对 VOCs 进行需氧型降解。放线菌所产生的益生菌除进行 VOCs 降解之外，还对致病的和不需要的腐生微生物起到抑制作用。在红假单胞菌和金藻门藻类降解硫化氢和硫醇（含硫化合物）以及氨和胺（含氮化合物）的同时，它们的光合性质也使它们能生成其它共栖物进行的 VOCs 需氧降解所需的氧气。旱伞草的根为微生物生长提供了停泊点，同时也集中了将被生物降解的恶臭化合物。因此，根促使微生物朝着根的方向进行自然迁移而形成根瘤，从而建立了稳定的共生系统。

微生物聚生体中乳酸杆菌、放线菌、红假单胞菌、金藻门藻类和酵母菌

属酵母之间的初始比例优选为 1：1：1：1：1，它们之间的比例依据将被处理的恶臭化合物的组成而自行调节。例如，在适应新环境之后，微生物的数量比例将会依据释放出的恶臭化合物的组成进行自我调节，当 H_2S 浓度较高时，则存在更多的红假单胞菌和金藻门藻类。系统的每单位面积上旱伞草的数目为 0.6－2.0 株/m^2。

长方形的罐体中装有由 3 种物质，即煤渣、土壤和耐火膨胀粘土颗粒（FECP）完全混合而成的填充料，其中，煤渣：土壤：FECP=3：1：1（体积比）；填充料的颗粒中值粒径（D50）为 6.2mm，均匀度系数为 15.5；填充料的曲率系数为 1.9；而填充料所构成的填充床的孔隙率则为 0.68。该填充料所构成的填充床是植物固定和生长，也是微生物附着生长以及在系统内分布气体和液体流的基质。植物在土壤中生长，而微生物聚生体占据了整个填充床中以及植物的根部。

该系统的工作过程是：在气体和液体流的逆流下，系统作为滴流生物滤器而工作。将污浊空气引导到系统的底部并使其在底部进行分布。在该系统中，恶臭化合物从气相转换为液相，并通过微生物居住者的生化反应而发生降解。经过处理的气体从系统的顶部释放出。同时，再循环液体在填充床的顶部进行滴流并从底部释放出而返回到再循环罐体中。

分别采集被引导至系统底部的污浊空气样品和从系统顶部释放出的处理后的空气样品，并在测定其中恶臭化合物的含量，以评价本发明用于处理污浊空气中恶臭化合物的系统的除臭效率和最大消除能力，结果如表 1 所示（测试条件：最佳空床保留时间为 15s）。

表 1 评价本发明系统除臭效率和消除能力的测试数据

恶臭化合物	除去效率(%)	最大消除能力 ($g/m^3/h$)	EBRT(s)
硫化氢	99	70	15
VOCs	99.9	100	15
氨	95	10	15

注：EBRT 是空床保留时间。

表 2 给出了本发明系统和现有生物过滤技术在除去恶臭化合物方面的比较结果。

表 2 本发明系统和现有生物过滤技术在除去恶臭化合物方面的比较结果

污染物	最低气体浓度	最高气体浓度	流速/EBRT	除去效率	参考文献
苯酚	50 mg/m^3	60 mg/m^3	20 $m^3/m^2/h$	93-96.6 %	Zilli *et al.* 1993[1]
丁醇	10 ppm	10ppm	100 $m^3/m^2/h$	86-97 %	Weckhuysen *et al.*, 1993[2]
H_2S	0 ppm	104 ppm	N/A	82-95 %	Yang and Alibeckoff, 1995[3]
苯乙烯	600 ppm	2400 ppm	4-8 min EBRT	92 %	Holt and Lackey, 1995[4]
H_2S 和 NH_3	5 ppm	65 ppm	50-150 $m^3/m^3/h$	96 %	Chung *et al.* 2001[5]
H_2S 和 NH_3	0 ppm	58 ppm (H_2S), 164 ppm (NH_3)	72 s EBRT	95 % (H_2S) 95% (NH_3)	Chung *et al.* 2000[6]
丁酸	130 mg/m^3	3000 mg/m^3	38.2-114.6 $m^3/m^2/h$	99%	Sheridan *et al.* 2003[7]
丁酸和 H_2S	1.03 g/m^3/h	8.78 g/m^3/h	N/A	99% (丁酸) 97% (H_2S)	Li *et al.* 1998[8]
H_2S	5 ppm	60 ppm	28 s EBRT	98.5%	Chung *et al.* 1996[9]
NH_3	0 ppm	200 ppm	32 s EBRT	95%	Liang *et al.* 2000[10]

参考文献：

[1] Zill M., A. Converti, A. Lodi, M. Del Borghi and G. Ferraiolo, 1993, Biotechnology and Bioengineering, 41, pp.693-699.
[2] Weckhuysen B., L. Vriens and H. Verachtert, 1993, Applied and Microbiology Biotechnology, 39, pp.395-399.
[3] Yang Y. and D. Alibeckoff, 1995, Conference on Biofiltration, an Air Pollution Control Technology, pp.165-180.
[4] Holt T. and L. Lackey, 1995, Control of gas contaminates in air streams through biofiltration. Tennessee Valley Authority: Environmental Research Center.
[5] Chung Y.C., C. Huang and C.P. Tseng, 2001, Chemosphere, 43, pp.1043-1050.
[6] Chung Y.C., C. Huang, C.P. Tseng, and J.R. Pan, 2000, Chemosphere, 41, pp.329-336.
[7] Sheridan B.A., T.P. Curran and V.A. Doff, 2003, Bioresource Technology, 89, pp.199-205.
[8] Li X.Z., J.S. Wu and D.L. Sun, 1998, Water Science and Technology, 38, pp.323-329.
[9] Chung Y.C., C. Huang and C.P. Tsang, 1996, Journal of Biotechnology, 52, pp.31-38.
[10] Liang Y.K., X. Quan, J.W. Chem, J.S. Chung, J.Y. Sung, S. Chen, D. Xue and Y.Z. Zhao, 2000, Journal of Hazardous Materials, B80, pp.259-269.

在传统的生物处理系统中，由于硫化氢和氨对彼此的处理造成抑制作用，因此除去效率低下。然而，本发明平衡的生态系统能同时处理硫化氢和氨。本发明采用了植物-微生物共生系统，其中所采用的湿地植物，如旱伞草等具有高吸收能力，因此使填充床中将被降解的恶臭化合物可以得以集中；植物的根部可促使微生物朝着根的方向进行自然迁移而形成根瘤，从而提高整体的除臭气效率。此外，填充料的选择也对处理效率有所贡献，这样的设计为附着的微生物生长和生物过滤器建立提供了充足的表面。因此，大大提高了生化反应的速率（生化反应通常是处理方法中速度受限的步骤）。这种优异的除臭效率可减少系统的覆盖区域，从而与传统的生物臭气处理系统相比，资金投入降低了 30%。

此外，在工程硬件设计中可通过选择最佳尺寸比、特殊类型和组成的填充料以及最佳的有效颗粒尺寸，使所实现的孔隙率比传统的系统更高而压力下降更低，此外还获得了长期稳定性，于是解决了传统系统的老化和致密性问题。因此，与传统的生物系统相比，运行成本和维护费用可降低 25%。

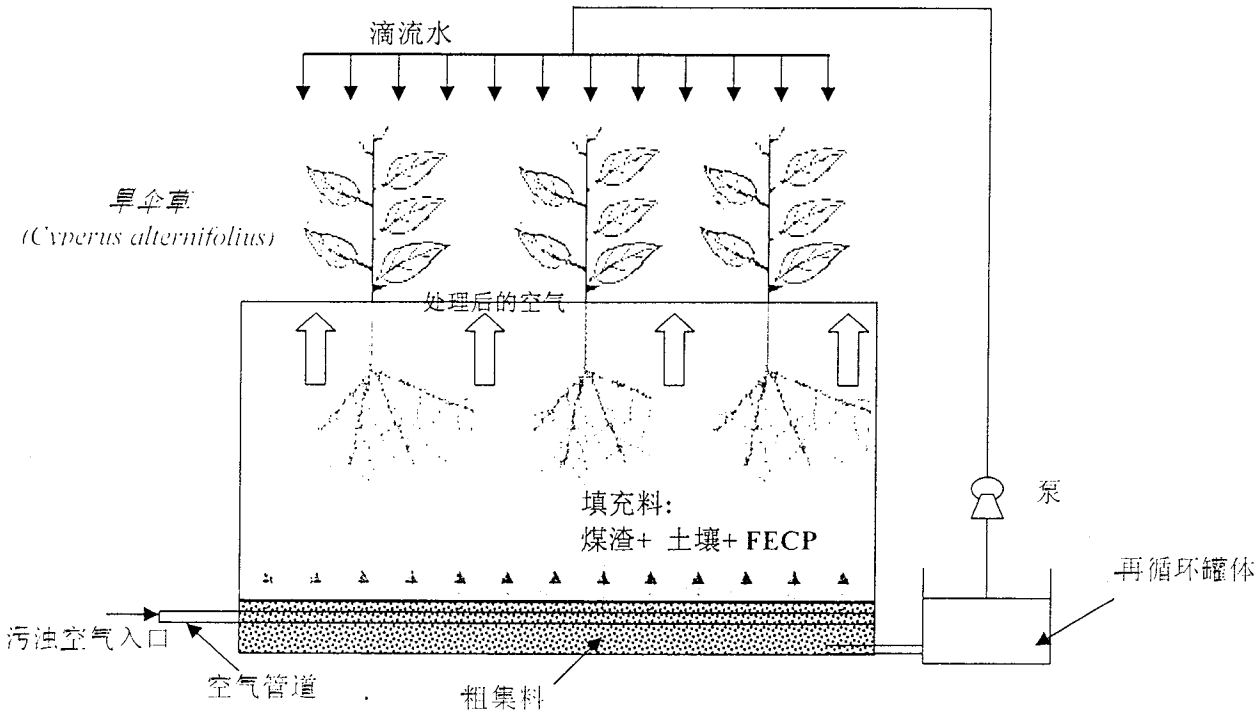

滴流水
旱伞草
(Cyperus alternifolius)
处理后的空气
泵
填充料:
煤渣+ 土壤+ FECP
再循环罐体
污浊空气入口
空气管道
粗集料

图 1

:

图 2