



(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 211170072 U

(45)授权公告日 2020.08.04

(21)申请号 201921975100.0

(22)申请日 2019.11.15

(73)专利权人 中国科学院南京地理与湖泊研究所

地址 210008 江苏省南京市玄武区北京东路73号

(72)发明人 晏再生 江和龙

(74)专利代理机构 江苏致邦律师事务所 32230
代理人 徐蓓 邵林

(51) Int. Cl.

C02F 3/32(2006.01)

C02F 3/28(2006.01)

C02F 3/34(2006.01)

C02F 101/32(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

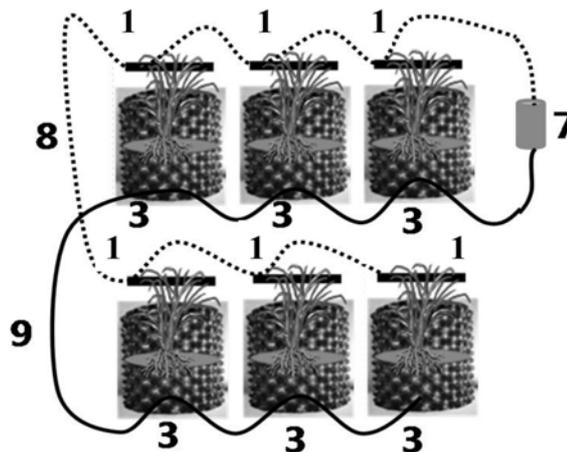
权利要求书1页 说明书4页 附图7页

(54)实用新型名称

一种可移植与模块化应用的湖湾污染修复装置

(57)摘要

本实用新型公开一种可移植与模块化应用的湖湾污染修复装置,包括若干含阴极和水生植物控根系统的修复模块,水生植物控根系统包括外壳、阳极、控根板和基质,阴极漂浮于上覆水体,外壳为上下开口的筒状,其内由上至下依次为基质、控根板和阳极,水生植物定植于基质中,外壳上设置有气孔,控根板为配合外壳内径的网状板。植物根系在控根板的作用下可以深入到污染沉积物中,同时携带着基质中的具有导电特性的活性炭灵活地分散到污染沉积物中,增强沉积物内部的导电特性,提高系统生物电流修复性能。在控根板的作用下形成独立的、有机的具有强修复性能的单体,这些单体通过并联方式在沉积物内部形成导电网络,强化湖湾复合污染的生物电流修复性能。



1. 一种可移植与模块化应用的湖湾污染修复装置,其特征在于,包括若干修复模块,所述修复模块包括阴极和至少部分设置于沉积物中的水生植物控根系统,所述水生植物控根系统包括外壳、阳极、控根板和基质,所述阴极与所述阳极之间通过外电路连接,所述阴极漂浮于上覆水体,所述外壳为上下开口的筒状,所述外壳内由上至下依次为所述基质、所述控根板和所述阳极,水生植物定植于所述基质中,所述外壳上设置有气孔,所述控根板为配合所述外壳内径的网状板,所述控根板以下设置于沉积物中。
2. 根据权利要求1所述的可移植与模块化应用的湖湾污染修复装置,其特征在于,所述的外壳为圆筒状。
3. 根据权利要求1所述的可移植与模块化应用的湖湾污染修复装置,其特征在于,所述外壳的表面具有凹部和凸部,所述凹部和凸部相间排列呈波纹状,所述凸部的顶端设置所述气孔。
4. 根据权利要求1所述的可移植与模块化应用的湖湾污染修复装置,其特征在于,所述的阳极或所述阴极为碳毡或石墨毡。
5. 根据权利要求1所述的可移植与模块化应用的湖湾污染修复装置,其特征在于,所述阳极环绕于所述水生植物控根系统的底部。
6. 根据权利要求1所述的可移植与模块化应用的湖湾污染修复装置,其特征在于,所述水生植物为沉水植物或挺水植物。
7. 根据权利要求6所述的可移植与模块化应用的湖湾污染修复装置,其特征在于,所述沉水植物为狐尾藻或苦草,所述挺水植物为菖蒲或芦苇。
8. 根据权利要求1所述的可移植与模块化应用的湖湾污染修复装置,其特征在于,所述基质为导电的椰壳活性炭。
9. 根据权利要求8所述的可移植与模块化应用的湖湾污染修复装置,其特征在于,每个所述植物控根系统内的基质的铺设量为 $1.5\sim 3.5\text{ kg/m}^2$ 。
10. 根据权利要求1所述的可移植与模块化应用的湖湾污染修复装置,其特征在于,所述的修复模块并联连接。

一种可移植与模块化应用的湖湾污染修复装置

技术领域

[0001] 本实用新型属于水环境生态修复技术领域,具体涉及一种强化修复湖湾复合污染的生物-生态集成的装置,特别涉及一种可移植与模块化应用的利用生物电流强化进行湖湾复合污染修复的装置。

背景技术

[0002] 目前对水体沉积物中复合污染的控制,主要采用疏浚、原位覆盖以及强化生物修复方式。疏浚虽见效快,但成本高,且存在对污染底泥后续异地处置等二次污染问题。原位覆盖是指投放惰性或活性材料覆盖于污染底泥表面,能快速控制污染,但是存在底泥污染物随环境条件变化向水体释放的风险。而采用铁氧化物、硝酸盐等电子受体强化生物修复的成本虽低,但投加无机盐会对水生态系统带来负面的影响。目前,利用生物电流强化修复水体中污染物的技术与工艺主要为:微生物电化学工艺和植物-微生物燃料电池耦合工艺。植物-微生物燃料电池耦合工艺作为一种新型、高效的污染物原位生物修复技术与工艺具有广阔的应用前景。然而,现有的植物-微生物燃料电池耦合工艺在原位应用中存在以下缺陷:(1)对于具有双室结构的微生物电化学工艺或者耦合工艺,需要采用昂贵质子交换膜作为隔膜,不具备实用价值和现场规模化应用;(2)对于空气阴极单室微生物电化学工艺或者生物阴极微生物电化学工艺,其与植物修复技术相结合的报道比较缺乏;然而,与生态浮床进行耦合同样存在修复效果有限、植物类型单一,且无法对深层污染底泥进行有效生物修复的缺点;(3)已有的工艺结构存在可移植性差、难以在湖湾现场进行规模化应用等缺点。

实用新型内容

[0003] 针对现有技术存在缺陷或者不足,本实用新型的目的在于提供一种可移植的、可规模化、模块化应用的植物-微生物燃料电池装置且利用生物电流强化修复湖湾复合污染的方法,该生物-生态集成装置能够强化修复湖湾复合污染,解决现有的植物-微生物燃料电池装置无法高效修复污染底泥、无法移植且无法规模化应用于湖湾现场的问题。

[0004] 为实现上述目的,本实用新型具体通过以下技术方案来实现:

[0005] 一种可移植与模块化应用的湖湾污染修复装置,包括若干修复模块,

[0006] 所述修复模块包括阴极和至少部分设置于沉积物中的水生植物控根系统,

[0007] 所述水生植物控根系统包括外壳、阳极、控根板和基质,所述阴极与所述阳极之间通过外电路连接,所述阴极漂浮于上覆水体,所述外壳为上下开口的筒状,所述外壳内由上至下依次为所述基质、所述控根板和所述阳极,水生植物定植于所述基质中,所述外壳上设置有气孔,所述控根板为配合所述外壳内径的网状板,所述控根板以下设置于沉积物中。

[0008] 进一步的,所述的外壳为圆筒状,其直径优选为30 cm。

[0009] 进一步的,所述外壳的表面具有凹部和凸部,所述凹部和凸部相间排列呈波纹状,所述凸部的顶端设置所述气孔,气孔数量优选为190个。该结构有助于水生植物根系的增根、控根作用以及规模化移植。

[0010] 进一步的,所述的阳极为碳毡或石墨毡,厚度优选为2~3mm,高度优选为8cm。

[0011] 进一步的,所述阳极环绕于所述水生植物控根系统的底部。

[0012] 进一步的,所述的阴极为碳毡或石墨毡,厚度优选为2~3mm,长度优选为86cm,宽度优选为8cm。

[0013] 进一步的,所述阴极利用浮杆漂浮于水面。

[0014] 进一步的,所述水生植物为沉水植物或挺水植物。

[0015] 进一步的,所述沉水植物为狐尾藻或苦草,所述挺水植物为菖蒲或芦苇。

[0016] 进一步的,所述的控根板的网状空格为1cm的正方形。

[0017] 进一步的,所述基质为导电的椰壳活性炭。

[0018] 进一步的,所述的椰壳活性炭,导电性能为50~100 W/cm。

[0019] 进一步的,每个所述植物控根系统内的基质厚度为3~5cm。

[0020] 进一步的,每个所述植物控根系统内的基质的铺设量为1.5~3.5 kg/m²。即以控根板面积计算,每平方米控根板上铺设基质1.5~3.5kg。

[0021] 进一步的,所述的修复模块并联连接。

[0022] 本实用新型所提供的可移植与模块化应用的湖湾污染修复装置,水生植物根系在控根板的作用下可以深入到污染沉积物中,同时携带着具有导电特性的基质灵活地分散到污染沉积物中,形成炭基复合体,增强沉积物内部的导电特性,提高系统生物电流修复性能。系统内的控根板可以有效地协调阳极与植物根系的距离,避免植物根系直接与阳极接触,从而减少水生植物根系泌氧对阳极区厌氧分解有机物性能的影响。当湖湾污染物有效去除之后,可以快速移植与模块化应用到其他受污染区域。

[0023] 湖湾表层沉积物内的复合污染可以通过水生植物控根系统的阳极形成的生物电流高效修复;而对于湖湾深层沉积物内的复合污染,可以通过水生植物控根系统将水生植物的根系有效地定植到深层污染底泥中,借助于水生植物根系对污染物的富集、提取与净化改善污染物的性能去除。同时,在水生植物根系分泌物的作用下,可以提高底泥中污染物的生物有效性,强化污染物的生物电流修复性能。炭基复合体不仅可以高效锁定水体中复合污染物,而且对水生植物根系生长起促生作用。

[0024] 采用上述技术方案的积极效果:本实用新型采用水生植物控根系统将沉积物微生物燃料电池技术、水生植物修复技术以及活性炭覆盖三大技术集成于一体。系统内控根板的使用,有效地耦合了沉积物微生物燃料电池技术与水生植物修复技术,使得水生植物根系与微生物燃料电池的阳极能够有效耦合,降低了水生植物根系泌氧对阳极区厌氧分解有机物性能的影响。系统内被炭基复合体的泥炭高效锁定复合污染物,在阳极被沉积物中微生物分解转化,同时,水生植物的根系在控根板作用下深入到深层沉积物,对深层沉积物中埋藏的污染物进行富集、提取与净化。系统内形成的发达植物根系生长同样可以推动着具有导电性能的活性炭在沉积物内部的扩散,增强了沉积物内部的导电性能,极大提高了系统生物电流修复效果。此集成技术体系在水生植物根系的紧密交错缠绕下形成了一个独立的、有机的具有强修复性能的修复模块单体,这些单体将其阳极和阴极通过并联方式进行模块化组配,形成可移植与规模化应用的强化修复湖湾复合污染的装置。

附图说明

- [0025] 图1为本实用新型所述修复模块的结构示意图。
- [0026] 图2为本实用新型所述修复模块的底部仰视图。
- [0027] 图3为本实用新型所述可移植与模块化应用的湖湾污染修复装置的结构示意图。
- [0028] 图4为本实用新型所述修复模块移植的实物图。
- [0029] 图5为本实用新型所述水生植物控根系统的运行效果图。
- [0030] 图6为本实用新型模块化应用修复效果图。
- [0031] 图7为不同工艺条件下集成系统对湖湾污染物的去除性能。
- [0032] 图8为系统内植物不同生态位的微生物群落结构特征。
- [0033] 图中,1是阴极,2是外壳,3是阳极,4是控根板,5是基质,6是水生植物,7是电阻,8是阴极导线,9是阳极导线。

具体实施方式

[0034] 以下结合具体的附图和实施例进一步介绍本实用新型的技术方案。

[0035] 实施例1

[0036] 选择苏州东山镇大水港(31°4' N, 120°24' E)的常年处于溢油(机油、柴油等)污染的沉积物样品,对这些复合污染程度高且具有较高生态风险的沉积物开展现场修复试验(图6)。

[0037] 采用的可移植与模块化应用的湖湾污染修复装置,包括300套修复模块,所述修复模块包括阴极和至少部分设置于沉积物中的水生植物控根系统,所述水生植物控根系统包括外壳、阳极、控根板和基质,所述阴极与所述阳极之间通过外电路连接,所述阴极漂浮于上覆水体,所述外壳为上下开口的筒状,所述外壳内由上至下依次为所述基质、所述控根板和所述阳极,水生植物定植于所述基质中,所述外壳上设置有气孔,所述控根板为配合所述外壳内径的网状板,所述控根板以下设置于沉积物中。

[0038] 所述的外壳为圆筒状,其直径为30 cm。

[0039] 所述外壳的表面具有凹部和凸部,所述凹部和凸部相间排列呈波纹状,所述凸部的顶端设置所述气孔,气孔数量为190个。该结构有助于水生植物根系的增根、控根作用以及规模化移植。

[0040] 所述的阳极为碳毡或石墨毡,厚度为2~3mm,高度为8cm。

[0041] 所述阳极环绕于所述水生植物控根系统的底部。

[0042] 所述的阴极为碳毡或石墨毡,厚度为2~3mm,长度为86cm,宽度为8cm。

[0043] 所述阴极利用浮杆漂浮于水面。

[0044] 所述水生植物为沉狐尾藻、苦草、芦苇、菖蒲以及胶草。

[0045] 所述的控根板的网状空格为1cm的正方形。

[0046] 所述基质为导电的椰壳活性炭。

[0047] 所述的椰壳活性炭,导电性能为50~100 W/cm。

[0048] 每个所述植物控根系统内的基质厚度为3~5cm。

[0049] 每个所述植物控根系统内的基质的铺设量为1.5~3.5 kg/m²。即以控根板面积计算,每平方米控根板上铺设基质1.5~3.5kg。

[0050] 所述的修复模块并联连接。

[0051] 将选取的水生植物苗种进行移植(图4),将其种植于水生植物控根系统(图1)内的基质中,水生植物根系在控根器的作用下可以深入到污染沉积物中,且随着植物根系向下深入(图5),可同时携带着具有导电特性的基质灵活地分散到污染沉积物中,增强沉积物内部的导电特性,提高集成系统生物电流的修复性能。

[0052] 进而,对所述修复模块单体(图4)进行模块化装配(图3),将各个单体的阳极3采用阳极线9并联在一起,各个单体的阴极1采用阴极线8也并联在一起,阳极与阴极之间串联100欧姆的外电阻7。将模块化的集成系统整装成套安放于湖湾现场(图6)。试验结果表明,不同工艺条件下系统对沉积物中多环芳烃的去除率为62%-90%,其中组合系统2的方式下对沉积物中多环芳烃的去除率可达90%左右(图7)。图7中组合系统1、组合系统2以及组合系统3为本实用新型的实施例1处理组;而组合系统4、组合系统5以及组合系统6为传统的植物-微生物燃料电池的对照组(没有采用控根板的设置,水生植物直接种植于阳极区),其对沉积物中多环芳烃的去除率约为60.8%,显著低于组合系统1、组合系统2以及组合系统3的处理效果。

[0053] 此外,采用分子生物学手段进一步分析系统内植物不同生态位的微生物群落结构特征,发现具有电化学生物活性微生物与水生植物根际微生物、根内微生物复杂的相互作用加快了沉积物中多环芳烃降解(图8)。

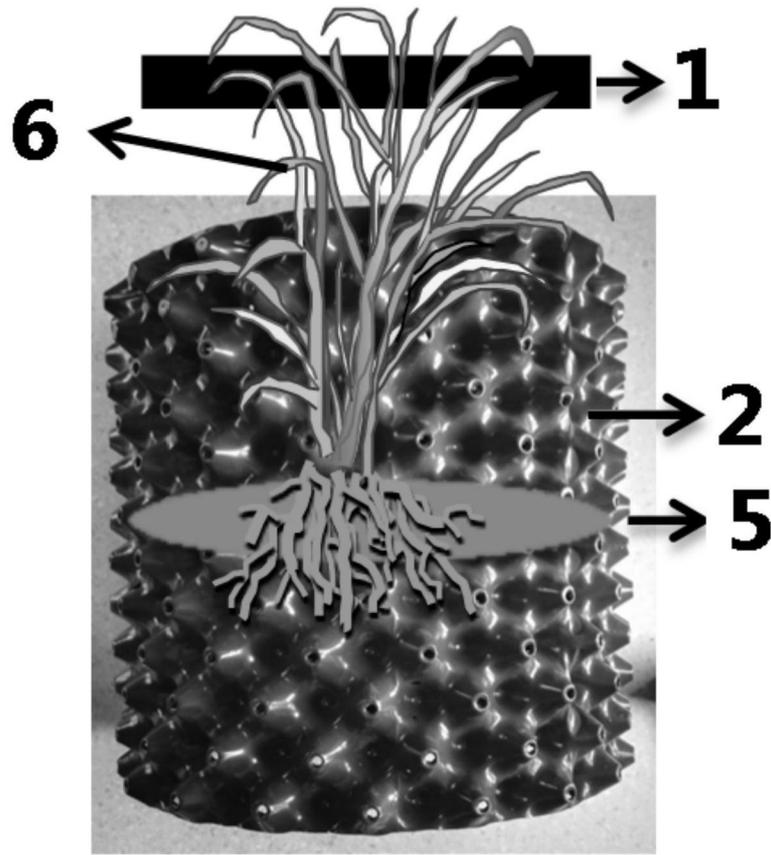


图1

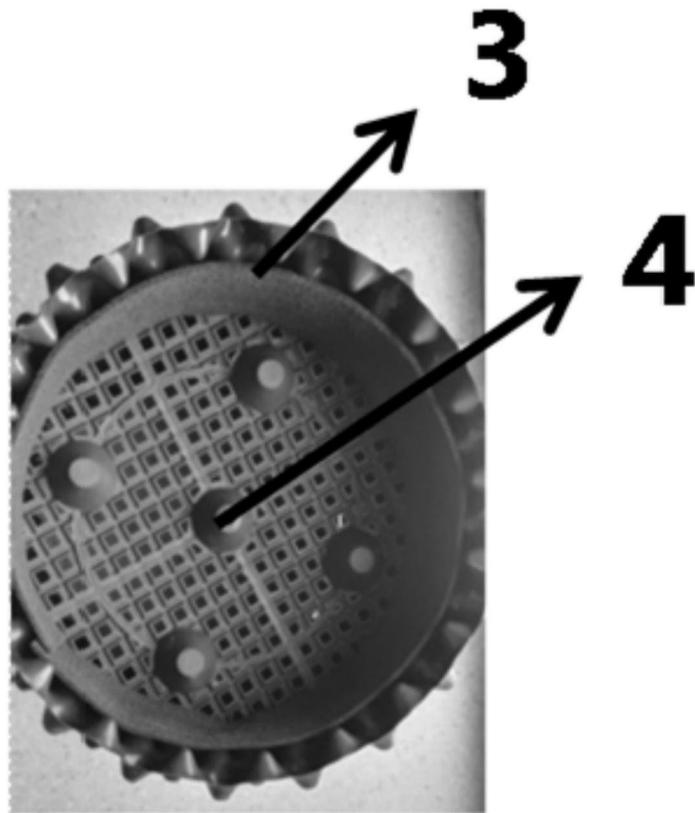


图2

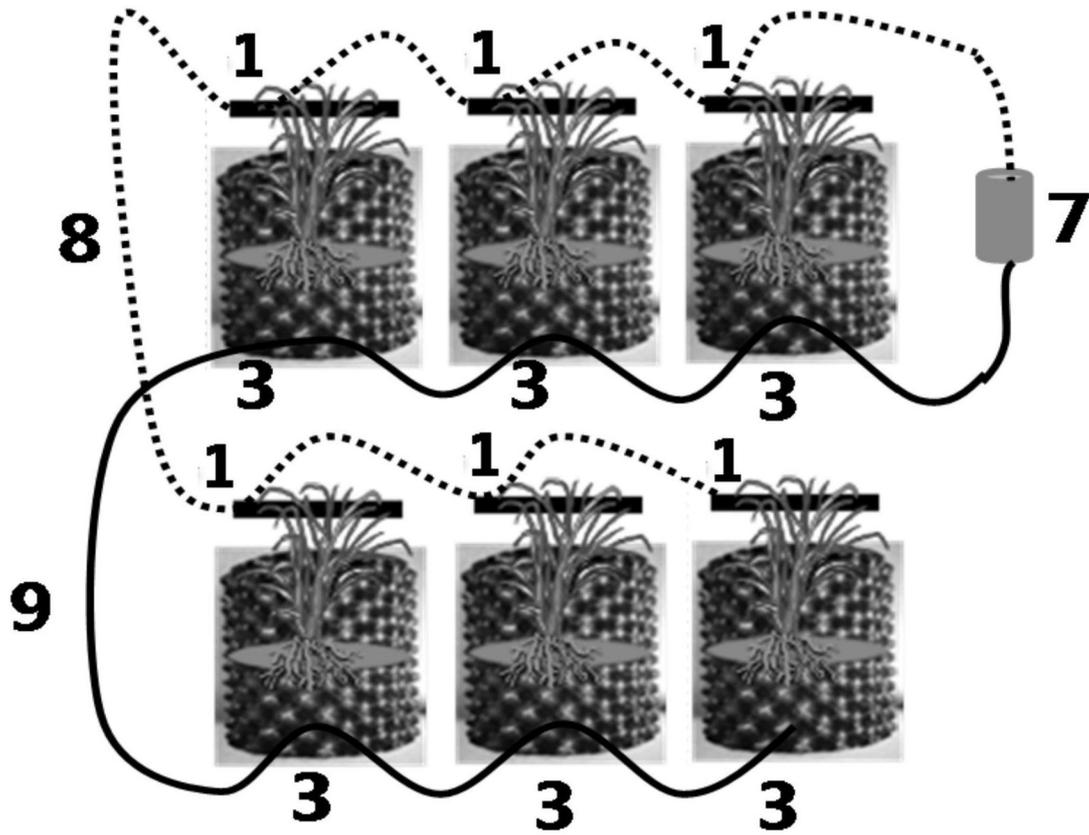


图3



图4



图5



图6

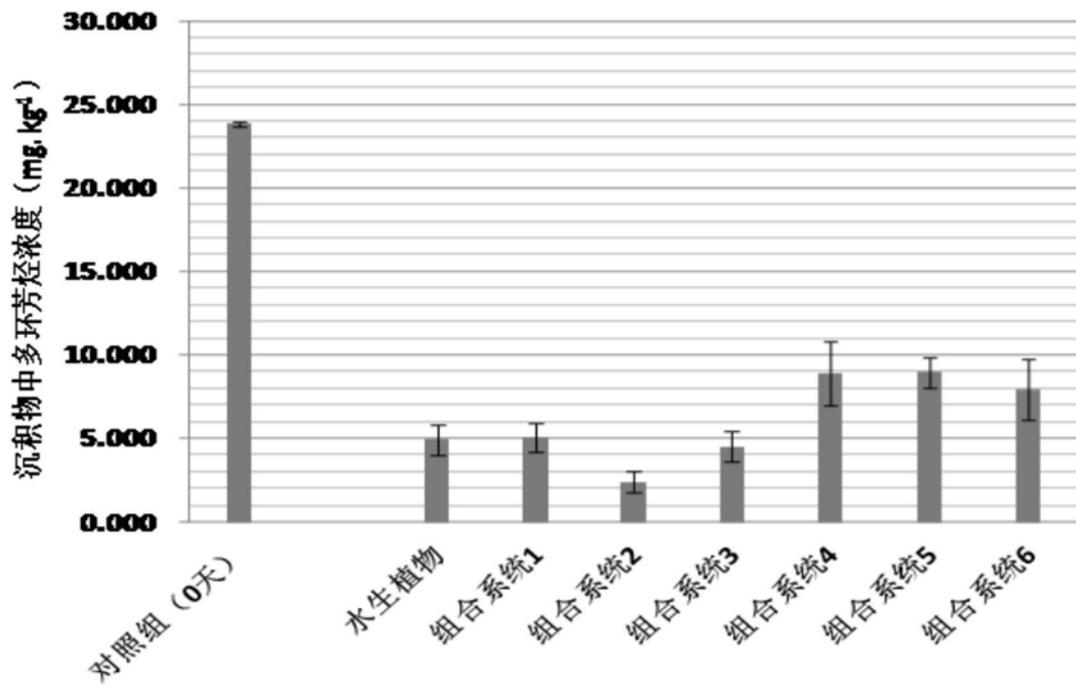


图7

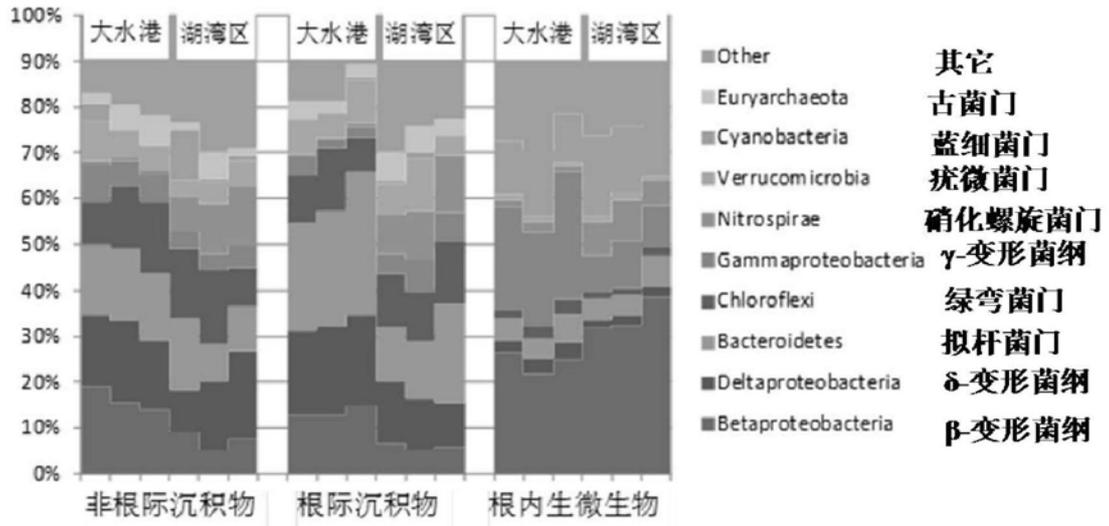


图8