

# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102432108 A

(43) 申请公布日 2012.05.02

(21) 申请号 201110332001.2

(22) 申请日 2011.10.27

(71) 申请人 中国科学院水生生物研究所  
地址 430072 湖北省武汉市东湖南路7号

(72) 发明人 过龙根 倪乐意 曹特 张萌  
张静 张霄林

(74) 专利代理机构 武汉华旭知识产权事务所  
42214

代理人 刘荣 周宗贵

(51) Int. Cl.  
C02F 3/32 (2006.01)

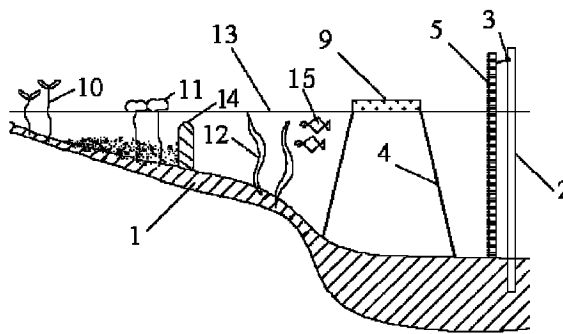
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 2 页

## (54) 发明名称

一种超富营养化湖泊水体的立体生态修复方法

## (57) 摘要

本发明公开了一种超富营养化湖泊水体的立体生态修复方法,该方法包括以下步骤:采用若干根固定桩插入湖底硬质层中,固定桩顶部和中部横向间用钢索连接形成围栏结构,以耐水性的帆布作为围隔布与固定桩连接,围隔布的底端与石笼缝合后固定于湖底,构建成围隔;对围隔内基底进行改造;根据要配置的水生植物,对水面进行层次划割;移植水生植物;构建生态浮岛;进行生物控藻;围隔生态系统运行后进行维护及管理。本发明方法可以使水质得到明显改善,水体透明度显著提高,营养盐含量也显著降低,具有明显的生态效益和景观效应。



1. 一种超富营养化湖泊水体的立体生态修复方法,其特征在于该方法包括以下步骤:

(1) 构建围隔使围隔内的水体与围隔外的水体隔离:

彻底清除待建围隔的湖底的杂物;将若干根固定桩插入湖底硬质层中,插入硬质层中的深度不少于1米,且固定桩的顶部不低于待修复水域的栈桥高度,所有固定桩的顶部和中部横向间用钢索连接形成围栏结构;选择不透水且具耐水性的帆布作为围隔布,将围隔布用钢索固定连接于固定桩的内侧,围隔布的拦水高度与待修复水域的栈桥高度齐平,使围隔布包围住待修复的水域,围隔布的底端通过石笼固定于湖底硬质层上,使围隔内的水体与围隔外的水体完全隔离;

(2) 立体生态系统构建:

A. 基底改造:

去除围隔内水域基底的尖锐物,然后用熟石灰按180~225千克/公顷的用量将熟石灰用水分散后全面喷洒进行清塘处理;

B. 分层次布设水生植物:

i. 在水深低于1.5米的近岸处采用沙袋或木桩布设高度30~50cm的水下护堤,用于构建挺水植物和浮叶植物的生存条件;

ii. 基底改造结束5~7天后,实施分层次布设水生植物种类:水深低于1.5米的水域布设挺水植物和浮叶植物,水深1.5~2米的水域布设沉水植物,水深2米以上的水域构建面积为60~100m<sup>2</sup>的生态浮岛,生态浮岛的总面积占围隔内水域面积的5%~10%;

iii. 水生植物移植:

在每年3月底至4月上旬连根带泥土移植挺水植物,移植密度为每平方米2~3株;每年的4月中下旬带根移植浮叶植物,移植密度为每平方米4~6株;在每年的5月中下旬移植沉水植物,移植密度为每平方米5~8株;

C. 生物控藻:

在水生植物分层次布设完成后,投放体长3~5cm的鲢鳙鱼类对藻类进行控制,投放时间为每年的6月下旬,数量为每平方米5~10尾,鲢鱼类与鳙鱼类的投放比例为1:1,形成围隔水体立体生态系统;

(3) 围隔水体立体生态系统运行维护:

在围隔水体生态系统运行期间,定期监测水体氮磷浓度变化;定期监测浮游生物和水生植物的生长状况,每年3月~6月维护水生植物,7月份进行补充维护;定期维护生态浮岛的植物,进行清理或更换死亡植物及植物残渣,保持浮岛植物正常生长;每年冬季监测鱼类生长状况,每年2月~6月根据鱼类生长状况对鱼类进行新旧更替;对围隔水体立体生态系统的维护工作循环进行,直至其进入自我维持阶段。

2. 根据权利要求1所述的超富营养化湖泊水体的立体生态修复方法,其特征在于:步骤(1)中所述固定桩为钢管或木桩,其中钢管为镀锌无缝国标钢管,相邻钢管或木桩之间的间隔为3~6米;帆布的耐水性为5年以上;固定桩的内侧固定有挂钩,围隔布用钢索固定连接于钢管或木桩的内侧的固定挂钩上。

3. 根据权利要求1所述的超富营养化湖泊水体的立体生态修复方法,其特征在于步骤(2)中所述生态浮岛的构建方法为:选用木质材料构建圆形或方形框架,框架四周用钢索固定于湖底,框架上部固定有硬质泡沫材料,硬质泡沫材料上每平方米布设9~12个孔径

为 5 ~ 8cm 的孔 ;根据季节选择适合栽种的植物,将植物栽种于孔内,构建成生态浮岛。

4. 根据权利要求 3 所述的超富营养化湖泊水体的生态修复方法,其特征在于:生态浮岛上春夏季节栽种的植物为三叶草或菊花,秋冬季节栽种的植物为黑麦草或苏丹草。

## 一种超富营养化湖泊水体的立体生态修复方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种水体修复方法,具体涉及一种超富营养化湖泊水体的生态修复方法。

### 背景技术

[0002] 湖泊生态系统主要功能为净化功能(营养、有机物和污染物)、载体功能(生物多样性和珍稀濒危动物)、调蓄功能(洪水和干旱)、生产功能(渔业和水源),其他还有调节功能(温室气体)、社会文化功能。而日益广泛发生的湖泊富营养化则导致湖泊生态系统退化(生物多样性下降和功能退化)、水质性缺水(水质下降和劣Ⅴ类水增加)和环境灾难(蓝藻水华爆发等)。富营养化是浅水湖泊水生植被退化与消失的主要驱动因素。营养过剩不仅导致的夏季水生生物大量生长破坏水体景观,并导致夜间缺氧等严重问题。因此,研究适应严重富营养水体水生植被恢复、生态系统恢复的技术,最终提高水体的净化能力,实现持续改善水质的目标,具有重要意义。但目前,现有的降低湖泊富营养化,恢复湖泊正常生态系统的治理工程均存在措施单一,实施以后生态系统的恢复较慢,而且治理成本较高、容易出现治理后的湖泊再次富营养化的问题。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的在于弥补现有技术之不足,提供一种超富营养化湖泊水体的立体生态修复方法。

[0004] 本发明提供的技术方案是:一种超富营养化湖泊水体的立体生态修复方法,该方法包括以下步骤:

[0005] (1) 构建围隔使围隔内的水体与围隔外的水体隔离:

[0006] 彻底清除待建围隔的湖底的杂物;将若干根固定桩插入湖底硬质层中,插入硬质层中的深度不少于1米,且固定桩的顶部不低于待修复水域的栈桥高度,所有固定桩的顶部和中部横向间用钢索连接形成围栏结构;选择不透水且具耐水性的帆布作为围隔布,将围隔布用钢索固定连接于固定桩的内侧,围隔布的拦水高度与待修复水域的栈桥高度齐平,使围隔布包围住待修复的水域,围隔布的底端通过石笼固定于湖底硬质层上,使围隔内的水体与围隔外的水体完全隔离;

[0007] (2) 立体生态系统构建:

[0008] A. 基底改造:

[0009] 去除围隔内水域基底的尖锐物,然后用熟石灰按180~225千克/公顷的用量将熟石灰用水分散后全面喷洒进行清塘处理;

[0010] B. 分层次布设水生植物:

[0011] i. 在水深低于1.5米的近岸处采用沙袋或木桩布设高度30~50cm的水下护堤,用于构建挺水植物和浮叶植物的生存条件;

[0012] ii. 基底改造结束5~7天后,实施分层次布设水生植物种类:水深低于1.5米的

水域布设挺水植物和浮叶植物,水深 1.5 ~ 2 米的水域布设沉水植物,水深 2 米以上的水域构建面积为 60 ~ 100m<sup>2</sup> 的生态浮岛,生态浮岛的总面积占围隔内水域面积的 5% ~ 10% ;

[0013] iii. 水生植物移植 :

[0014] 在每年 3 月底至 4 月上旬连根带泥土移植挺水植物,移植密度为每平方米 2 ~ 3 株 ;每年的 4 月中下旬带根移植浮叶植物,移植密度为每平方米 4 ~ 6 株 ;在每年的 5 月中下旬移植沉水植物,移植密度为每平方米 5 ~ 8 株 ;

[0015] C. 生物控藻 :

[0016] 在水生植物分层次布设完成后,投放体长 3 ~ 5cm 的鲢鳙鱼类对藻类进行控制,投放时间为每年的 6 月下旬,数量为每平方米 5 ~ 10 尾,鲢鱼类与鳙鱼类的投放比例为 1 : 1,形成围隔水体立体生态系统 ;

[0017] (3) 围隔水体立体生态系统运行维护 :

[0018] 在围隔水体生态系统运行期间,定期监测水体氮磷浓度变化 ;定期监测浮游生物和水生植物的生长状况,每年 3 月 ~ 6 月维护水生植物,7 月份进行补充维护 ;定期维护生态浮岛的植物,进行清理或更换死亡植物及植物残渣,保持浮岛植物正常生长 ;每年冬季监测鱼类生长状况,每年 2 月 ~ 6 月根据鱼类生长状况对鱼类进行新旧更替 ;对围隔水体立体生态系统的维护工作循环进行,直至其进入自我维持阶段。

[0019] 其中,步骤 (1) 中所述固定桩为钢管或木桩,其中钢管为镀锌无缝国标钢管,相邻钢管或木桩之间的间隔为 3 ~ 6 米 ;帆布的耐水性为 5 年以上 ;固定桩的内侧固定有挂钩,围隔布用钢索固定连接于钢管或木桩的内侧的固定挂钩上。

[0020] 其中,步骤 (2) 中所述生态浮岛的构建方法为 :选用木质材料构建圆形或方形框架,框架四周用钢索固定于湖底,框架上部固定有硬质泡沫材料,硬质泡沫材料上每平方米布设 9 ~ 12 个孔径为 5 ~ 8cm 的孔 ;根据季节选择适合栽种的植物,将植物栽种于孔内,构建成生态浮岛。春夏季节栽种的植物为三叶草或菊花,秋冬季节栽种的植物为黑麦草或苏丹草。

[0021] 由上述技术方案可知,本发明充分认识到超富营养化水体具有明显清晰的层次感的立体空间结构,而且浅水湖泊沿岸带所占比例大,水生植物是生态系统主要结构组分,水生植物通过固定营养、抑制藻类、提供栖息地功能和抑制底质再悬浮功能净化水质和稳定环境 ;通过自养生物生物量累积和食物链功能构建系统生物多样性和资源库。水生植被的稳定和可持续发展是湖泊生态系统功能和稳定的基础。因此本发明的技术方案中特别强调首先实施围隔构建和底质改造,目的是利用物理措施创造水生植物生长的环境条件 ;然后考虑到不同水生植物的生存环境需求,从近岸到深水区根据不同植物的习性配置不同类型的水生植物以及水面生态浮岛的植物,即分层次布设水生植物,以促进水生植物群落结构的恢复,并结合超富营养化水体的生态特征和植物的生长习性,严格控制水生植物的移植过程 ;再就是实施生物控藻,排除藻类生长对水生植物生长的干扰影响 ;使超富营养化湖泊水体得到综合的、全方位的立体生态修复,最后通过实施围隔水体立体生态系统运行维护,直至生态系统进入自我维持阶段,完成对超富营养化湖泊水体的生态修复。通过对采用本发明方法修复水体的实验区内外水质的监测数据进行比较,发现实验区内水质得到明显改善,水体透明度显著提高,营养盐含量也显著降低。且超富营养化水体生态的修复时间短,围隔生态系统运行 1 ~ 2 年后就可以进入自我维持阶段。没有出现反复富营养化的状

况。

[0022] 与现有技术相比,本发明具有以下优点:

[0023] (1) 充分考虑超富营养化水体的立体空间结构,具有明显清晰的层次感,考虑到不同水生植物的生境需求,从近岸到深水区配置不同的水生植物类型以及水面生态浮岛植物的配置,具有明显的生态效益和景观效应。

[0024] (2) 本技术在实施过程中围绕水生植物的恢复过程的每一个环节进行,如首先实施围隔构建和底质改造,目的是利用物理措施创造水生植物生长的环境条件,其次是浅水区的不同植物配置和深水区的生物浮岛构建,进一步促进水生植物群落结构的恢复;再次是实施生物控藻,排除藻类生长对水生植物生长的干扰影响;最后实施生态系统的维护和管理,直至生态系统进入自我维持阶段。

[0025] (3) 本技术特别适用于中小型或大型富营养化水体的局部水域的生态系统恢复,能够显著改善水质,提高景观效果。

### 附图说明

[0026] 图 1 为围隔布、石笼及钢钎的连接状态示意图;

[0027] 图 2 为围隔结构示意图;

[0028] 图 3 为围隔水体立体生态系统示意图;

[0029] 图中,1-湖底硬质层;2-钢管;3-扣环;4-钢索;5-围隔布;6-石笼;7-钢钎;8-钢绳套;9-生态浮岛;10-挺水植物;11-浮叶植物;12-沉水植物;13-湖面;14-护堤;15-控藻鱼类。

### 具体实施方式

[0030] 下面通过具体实施例对本发明作进一步的说明,但本发明的保护内容不局限于以下实施例。

[0031] 实施例 1:

[0032] 以某湖泊生态站的沿岸带的富营养化区域为实验区,面积共为 1140m<sup>2</sup>,分为 A、B 两个区域构建围隔以作为实验重复,围隔面积:A:588m<sup>2</sup>和 B:552m<sup>2</sup>。

[0033] (1) 构建围隔:

[0034] 事先用间距 5cm 的脱耙等工具进行杂物打捞,彻底清除待建围隔内湖底的杂物。然后采用若干根直径为 80mm、厚度为 3-4mm 的镀锌无缝国标钢管 2 作为固定桩(也可以采用木桩作为固定桩,钢管或木桩的数量根据待建围隔面积确定)每隔一段距离(通常 3~6 米即可,本实施例中钢管或木桩的间距为 3 米)插入湖底硬质层 1 中,插入的深度可以根据水深、淤泥厚度而定,要求插入硬质层中至少 1 米的深度,且使钢管 2 的顶部不低于待修复水域的栈桥高度,所有钢管 2 的顶部和中部焊接扣环 3,通过扣环 3 将钢管 2 的顶部和中部横向间用钢索 4 连接形成围栏结构。选择不透水且耐水性为 5 年以上的帆布作为围隔布 5,围隔布 5 之间的连接可以用不锈钢片相扣缝合。在围隔布 5 上设若干个孔(也可以采用固定扣环等其他方式),钢索 4 穿过围隔布 5 顶端的孔将围隔布 5 固定连接于钢管 2 的内侧,围隔布 5 的高度可以根据水深和地形特点确定,使围隔布 5 的拦水高度与 A 或 B 区域内的栈桥高度齐平,包围住待修复的水域。如图 1,围隔布 5 的底端与石笼 6 缝合后每隔 1.5

米左右套设直径 1cm 左右的钢绳套 8, 钢绳套 8 通过直径 1cm 左右的卜型钢钎 7 固定于湖底硬质层 1 上, 使围隔内的水体与围隔外的水体完全隔离, 构建成围隔 A 和围隔 B, 围隔结构见图 2。石笼 6 最好采用硬度较高的石子制成, 本实施例中石笼 6 的直径为 8cm。

[0035] (2) 立体生态系统构建:

[0036] A. 基底改造:

[0037] 去除围隔内水域基底的尖锐物, 然后用熟石灰按 180 ~ 225 千克 / 公顷的用量将熟石灰用水分散后全面喷洒进行清塘处理。

[0038] B. 分层次布设水生植物:

[0039] i. 距离湖面 13 的高度低于 1.5 米的湖底近岸处采用沙袋或泥袋或木桩布设高度 30 ~ 50cm 的水下护堤 14, 以积累一些沉积物, 用于构建挺水植物 10 和浮叶植物 11 的生存条件。

[0040] ii. 基地改造结束 5 ~ 7 天后, 围隔水体透明度有较大提高, 根据围隔水体近岸特点, 实施分层次布设水生植物种类: 水深低于 1.5 米的水域布设挺水植物 10 和浮叶植物 11, 水深 1.5 ~ 2 米的水域布设沉水植物 12, 水深 2 米以上的水域构建面积为 60 ~ 100m<sup>2</sup> 的生态浮岛 9, 生态浮岛 9 的总面积占围隔内水域面积的 5% ~ 10%。生态浮岛 9 的构建方法为: 选用木质材料构建圆形或方形框架, 框架四周用钢索环扣斜拉固定于湖底, 框架上部固定硬质泡沫材料, 硬质泡沫材料上每平方米布设 9 ~ 12 个孔径为 5 ~ 8cm 的孔; 根据不同季节选择适合栽种的植物, 春夏季节栽种的植物为三叶草或菊花, 待进入秋冬季, 选择黑麦草或苏丹草进行更换, 将所选植物的根系栽种于孔内, 构建成生态浮岛。

[0041] iii. 水生植物移植:

[0042] 在每年 3 月底至 4 月上旬连根带泥土移植挺水植物 10, 移植密度为每平方米 2 ~ 3 株; 每年的 4 月中下旬带根移植浮叶植物 11, 移植密度为每平方米 4 ~ 6 株; 在每年的 5 月中下旬移植沉水植物 12, 移植密度为每平方米 5 ~ 8 株。

[0043] C. 生物控藻:

[0044] 在水生植物分层次布设完成后, 由于富营养化水体营养负荷高, 因此, 在围隔水体运行初期, 容易出现藻类滋生 (尤其是蓝藻占优势, 甚至出现水华等局面) 的现象, 此时期投放体长 3 ~ 5cm 的鲢鳙鱼等控藻鱼类 15 对藻类进行控制, 投放时间为每年的 6 月下旬, 数量为每平方米 5 ~ 10 尾, 鲢鱼类与鳙鱼类的投放比例为 1 : 1, 形成围隔水体立体生态系统, 其结构见图 3。

[0045] (3) 围隔水体立体生态系统运行维护:

[0046] 在围隔水体生态系统运行期间, 定期监测水体氮磷浓度变化; 定期监测浮游生物和水生植物的生长状况, 每年 3 月 ~ 6 月维护水生植物, 7 月份进行补充维护; 定期维护生态浮岛 9 的植物, 进行清理或更换死亡植物及植物残渣, 保持浮岛植物正常生长; 每年冬季监测鱼类生长状况, 每年 2 月 ~ 6 月根据鱼类生长状况对鱼类进行新旧更替; 对围隔水体立体生态系统的维护工作循环进行, 直至其进入自我维持阶段。一般来说, 围隔生态系统运行 1 ~ 2 年后就可以进入自我维持阶段。

[0047] 以距离上述实验区距离约 200m 的站点 I 作为对照。分别在 1 个月和 2 个月后对围隔 A、围隔 B 和站点 I 进行水质监测, 具体监测数据见表 1。此外, 3 个月后经过检测, 围隔 A 和围隔 B 的叶绿素 a 含量分别为 28.47  $\mu$ g/L 和 27.54  $\mu$ g/L, 而站点 I 的叶绿素 a 为

43.27  $\mu\text{g/L}$ 。由以上结果可知,实验区内水质得到明显改善,水体透明度显著提高,营养盐含量也显著降低。

[0048] 表 1 实验区内外水质监测结果

监测时间	项目	实验区		对照
		围隔 A	围隔 B	站点 I
1 个月后	水色 (度)	21	22	47
	透明度 (cm)	-	-	-
	pH	7.67	7.72	8.05
	电导率 ( $\mu\text{s/cm}$ )	39.1	39.2	41.4
	COD (mg/L)	4.73	4.90	5.08
	BOD (mg/L)	3.16	2.72	4.78
	TOC (mg/L)	-	-	-
	TN (mg/L)	1.482	1.316	1.546
	TP (mg/L)	0.055	0.058	0.078
	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	0.005	0.006	0.010
	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	0.090	0.053	0.140
	硅酸盐 (mg/L)	1.530	2.368	3.476
	2 个月后	水色 (度)	20	21
透明度 (cm)		110	115	55
pH		7.33	7.32	7.85
电导率 ( $\mu\text{s/cm}$ )		41.7	41.4	41.2
COD (mg/L)		5.08	4.73	6.02
BOD (mg/L)		—	—	—
TOC (mg/L)		8.764	8.181	12.100
TN (mg/L)		1.031	0.921	1.298
TP (mg/L)		0.078	0.069	0.084
PO <sub>4</sub> -P (mg/L)		0.014	0.016	0.014
NH <sub>4</sub> -N (mg/L)		0.107	0.089	0.127
硅酸盐 (mg/L)		3.476	3.287	5.151



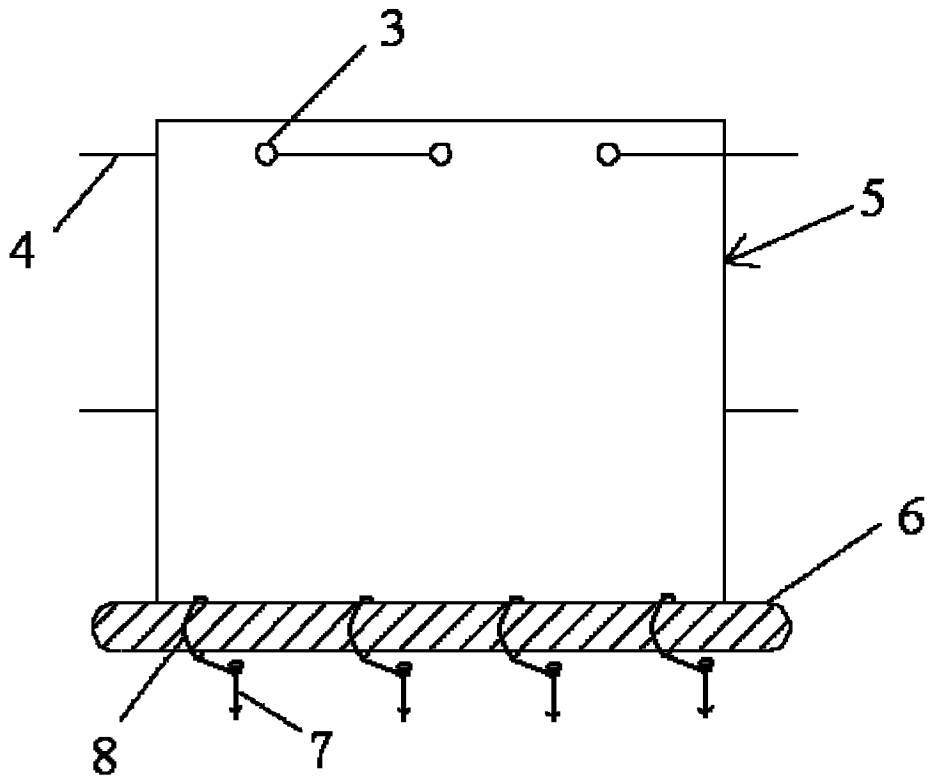


图 1

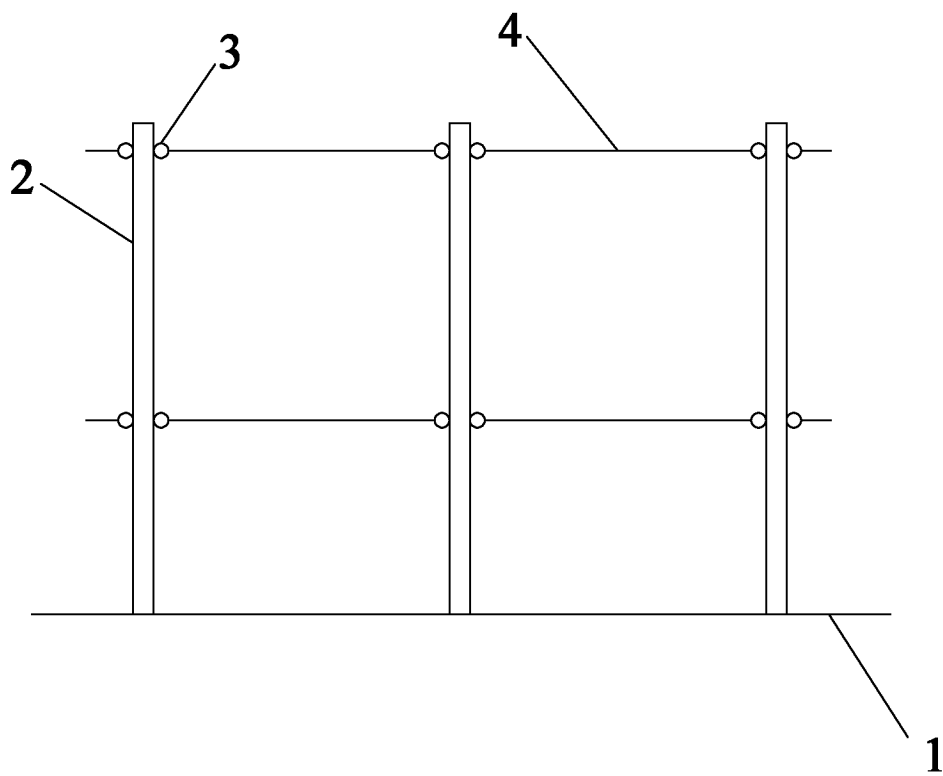


图 2

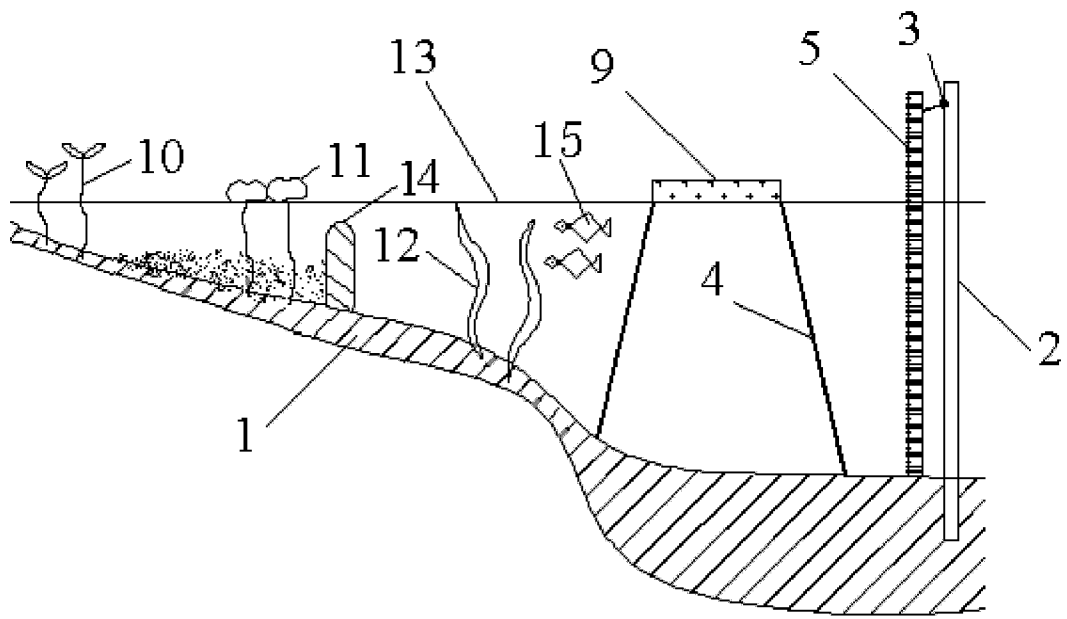


图 3