



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105401552 B

(45)授权公告日 2018.01.26

(21)申请号 201510626838.6

C02F 9/14(2006.01)

(22)申请日 2015.09.29

审查员 谢伟魏

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105401552 A

(43)申请公布日 2016.03.16

(73)专利权人 中国环境科学研究院

地址 100012 北京市朝阳区安外北苑大羊坊8号

(72)发明人 胡小贞 储昭升 庞燕 杜劲冬  
邓占海

(74)专利代理机构 北京高沃律师事务所 11569

代理人 刘奇

(51)Int.Cl.

E02B 1/00(2006.01)

E02B 3/00(2006.01)

权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

一种将盐碱滩地改造成低污染水湿地深度处理系统的方法

(57)摘要

本发明属水污染控制与生态修复技术领域。公开了将盐碱滩地改造成低污染水湿地深度处理系统的方法。通过因地制宜地利用湖滨带外围现在的盐碱滩地,将其改造成表面流强化人工湿地和表面流半自然湿地的复合系统。该净化系统包括:(1)净化面积确定与功能区划分(2)进水系统(3)地形与基底改造(4)水动力优化(5)植被配置与修复(6)配套设施与管理。携带SS、盐分、BOD<sub>5</sub>、COD<sub>cr</sub>、TN、TP等污染负荷的工业尾水和低浓度农田排水截入复合湿地净化系统中进行强化净化和深度净化,净化后的水再外排经湖滨湿地入湖泊,改善入湖水质的同时修复湖滨盐碱滩地的生态环境。是一种投资较小、见效快的低污染水治理方法。

1. 一种将盐碱滩地改造成低污染水湿地深度处理系统的方法,其特征是将湖滨盐碱滩地改造成由表面流强化湿地和表面流半自然湿地组成的复合湿地净化系统,将携带氮、磷、COD<sub>cr</sub>、盐分污染物的工业尾水和低浓度农田排水截入复合湿地净化系统中进行强化净化和深度净化,净化水质的同时修复湖滨盐碱滩地的生态环境;该净化系统的设计由净化面积确定与功能区划分、进水系统、地形与基底改造、水动力优化、植被配置与修复、配套设施与管理内容组成;所述功能区划分为A表面流强化湿地净化功能区和B表面流半自然湿地净化功能区,所述A表面流强化湿地净化功能区,将盐碱地自然深水沼泽区改造成厌氧沉淀池,厌氧沉淀塘运行水深1.5m,同时改造盐碱高地,形成表面流强化湿地,湿地运行水深0.3-0.5m;所述B表面流半自然湿地净化功能区,通过微地形改造,将盐碱地的浅水洼地区改造成水陆交替的半湿型浅滩,形成表面流半自然湿地,运行水深0.3-0.5m。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征是通过进水水质与水量、复合湿地净化能力和出水水质目标确定设计净化区面积,从而确定需改造的湖滨盐碱滩地的面积与位置;通过将盐碱地自然深水沼泽区改造成厌氧沉淀池和改造盐碱高地,形成表面流强化湿地;通过微地形改造,将盐碱地的浅水洼地区改造成水陆交替的半湿型浅滩,形成表面流半自然湿地。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征是通过布设扬水泵站和引水渠引水系统,将工业尾水和农田排水低污染水截入湿地净化系统中,利用扬水泵站从低处引低污染水至引水渠,引水渠将出水引至湿地净化区内,净化后通过出水闸排入湖滨湿地。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征是根据湿地净化功能分区要求,充分利用现场地形条件,按照符合水流通畅、降低能耗要求,对盐碱滩地实施地形与基底改造,通过对地势较高的盐碱滩地进行土方开挖实施土地平整工程;通过对地势低洼区域合理填埋土方,营造水陆交替的半湿型浅滩;开挖后土方就地用于拦水围堰或者维护道路。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征是在湿地净化功能区内通过设置挡水围堰和水力涵闸实现水动力优化;通过改造区地形变化和功能分区界限布置围堰走向,利用开挖土石方修建斜坡式挡水围堰,实施湿地处理单元的分隔和人工调控;通过各处理单元进出水的需要合理设置涵闸位置,根据各功能分区的围水面积和水流通量设计涵闸数量,调节闸处设置手提钢板闸门和钢筋混凝土管输水管道,实施净化单元间输水和湿地处理单元水位的控制。

6. 根据权利要求1所述的方法,其特征是在复合湿地净化系统中,根据改造后地形与土壤盐碱状况,因地制宜配置与修复去盐碱植物,采用多层次交错的植物布置,体现生物多样性;通过在各净化功能区水深0.3~0.5m的浅水区和低洼地区,沿岸线采用条块状种植挺水植物;在水深1m左右的深水区,种植浮叶与沉水植物;在隆起微地形区域,种植乡土灌木和恢复植被。

## 一种将盐碱滩地改造成低污染水湿地深度处理系统的方法

### 技术领域

[0001] 本方法提供了一种将盐碱滩地改造成湿地深度处理系统的方法,通过表面流强化湿地与表面流半自然湿地相结合的方式净化以工业尾水和低浓度农田排水为对象的低污染水,SS、BOD<sub>5</sub>、COD<sub>cr</sub>、TN、TP、盐分等主要污染物的去除率达到80%以上,本方法属水污染控制与生态修复技术领域。

### 背景技术

[0002] 人类活动加强和温室效应的影响,使部分湖泊水位下降、湖滨湿地生境被破坏,大量荒滩地裸露,失去湿地应有的净化能力。流经湖滨荒滩地的工业尾水和低浓度农田排水,未经有效地净化直接排入湖区,对湖泊水体造成严重污染。因地制宜地对湖滨荒滩地进行湿地改造和生境修复,一方面提高其对低污水的净化能力,削减入湖污染负荷,另一方面有效改善荒滩地生态环境。

[0003] 我国在湿地净化方面开展了一定的研究。中国科学院地理科学与资源研究所的晏维金等于1995年公开了“多水塘系统净化技术”,该系统通过利用沟渠联结村庄附近及农田间的多个单一水塘,降低面源氮磷对湖泊的污染负荷。同济大学的徐祖信等于2006年公开了“生物化学强化絮凝+序批式垂直流人工湿地”修复技术,通过强化预处理和优化湿地浸润线,使出水达到GB 18918-2002一级A标准。而因地制宜地利用湖滨带外围现有的盐碱荒滩地,将其改造成对低污染水具有净化作用的复合湿地系统,在我国尚无报道与应用的先例。

### 发明内容

[0004] 本发明基于复合湿地修复以削减湖泊入湖污染负荷,利用湖滨盐碱荒地和浅水洼地,因地制宜地将其改造成表面流强化湿地和表面流半自然湿地,将携带SS、BOD<sub>5</sub>、COD<sub>cr</sub>、TN、TP、盐分等污染负荷的工业尾水和低浓度农田排水截入复合湿地净化系统中进行强化净化和深度净化,净化后的水再外排经湖滨湿地入湖泊,改善入湖水质的同时修复湖滨盐碱滩地的生态环境。具体包括如下6部分内容:

[0005] 1、净化面积确定与功能区划分

[0006] 针对以工业尾水和低浓度农田排水为主要对象的低污染水的水质与水量特征,根据湖滨盐碱滩地的地质与地形地貌条件,利用现有地势走向及工程区现有植物及湿地,将一定面积的湖滨盐碱地改建成复合湿地系统,该系统包括表面流强化湿地和表面流半自然湿地2大净化功能区,低污染水经两大净化功能区净化后满足入湖水质目标的要求。

[0007] ①净化面积确定

[0008] 根据进水水质与水量情况,及复合湿地净化能力,按照出水水质目标为优于IV类水,确定净化区面积:

[0009] 湿地面积: $A=Q/q_{hs}$

[0010] 式中:A——湿地面积, $m^2$ ;

[0011] Q——湿地设计水量,  $m^3/d$ ;

[0012]  $q_{hs}$ ——表面水力负荷,  $m^3/(m^2 \cdot d)$ , 盐碱滩地面积一般较大, 按照国际惯例,  $q_{hs}$ 取  $0.004-0.006m^3/(m^2 \cdot d)$ 。

[0013] 根据净化区面积确定需改造的湖滨盐碱滩地的面积与位置。

[0014] ②净化功能区划分

[0015] A. 表面流强化湿地净化功能区

[0016] 工业尾水和低浓度农田排水虽为低污染水, 但其水质仍为劣V类水, 需经表面流强化湿地净化。将盐碱地自然深水沼泽区改造成厌氧沉淀池, 厌氧沉淀塘运行水深1.5m, 同时改造盐碱高地, 形成表面流强化湿地, 湿地运行水深0.3-0.5m。水流进入表面流强化湿地, 通过厌氧沉淀池使来水中大颗粒物质得到沉淀, 湿地的厌氧功能降低来水的污染负荷。表面流强化湿地主要可去除SS、盐分、 $BOD_5$ 、 $COD_{cr}$ 、TN、TP等指标, 出水达到IV类水质标准。

[0017] B. 表面流半自然湿地净化功能区

[0018] 表面流强化湿地净化后出水进入表面流半自然湿地系统。通过微地形改造, 将盐碱地的浅水洼地区改造成水陆交替的半湿型浅滩, 形成表面流半自然湿地, 运行水深0.3-0.5m。通过湿地植物根系微生物、植物和湿地土壤的协同作用, 对来水中的盐分、 $BOD_5$ 、 $COD_{cr}$ 、TN、TP等污染物进一步净化, 出水达到优于IV类水, 排入湖滨湿地。

[0019] 2、进水系统

[0020] 根据工业尾水和低浓度农田排水的来水分布, 进水系统主要包括扬水泵站和引水渠。

[0021] ①扬水泵站

[0022] 扬水泵站的主要功能是从低处引低污染水, 使进入引水渠。扬水泵站主要建筑物包括: 进水池、泵房、出水池、沉井节制闸。进水池采用混凝土矩形沉井, 进水池尺寸以水泵运行时, 池中流态稳定不产生漩涡为原则。出水池采用开敞式矩形混凝土池, 出水方式直接引水渠道。

[0023] 泵房为常规分基型机房, 选择卧式混流水泵。

[0024] ②引水渠

[0025] 引水渠主要功能是将扬水泵站出水引至湿地各净化区内。根据地形条件因地制宜设置水渠, 渠道结构为梯形断面形式, 引水渠宽和高根据引水量确定, 长度根据湿地位置与进水口合理设置。引水渠末端渠底与下接水渠渠底水平相接, 引水渠壁需进行夯实, 以加强引水渠的防渗效果。

[0026] 3、地形与基底改造

[0027] 盐碱滩地的地势多凹凸不平, 地势较高区域来水无法淹没, 植物无法生长; 部分低洼区域水较深, 不利于湿地功能的完善。因此, 需根据湿地净化功能分区要求, 充分利用现场地形条件, 按照符合水流通畅、降低能耗等要求, 对盐碱滩地进行地形改造。地形与基底改造内容主要包括土地平整和微地形改造。

[0028] ①土地平整

[0029] 针对地势较高的盐碱滩地实施土地平整工程, 按湿地不同功能区对高程的要求进行土方开挖, 开挖后土方就地用于拦水围堰或者维护道路。

[0030] ②微地形改造

[0031] 根据湿地功能分区,对地势较高区域合理填埋土方,营造隆起地形,隆起地形堆放高度为1.0-1.5m。对土方进行压实,防止水土流失,形成水陆交替的半湿型浅滩。

[0032] 4、水动力优化

[0033] 水动力优化系统主要包括挡水围堰和水力涵闸。

[0034] 挡水围堰起分隔湿地处理单元的作用,以便于人工调控,稳定水域面积,使水深控制在适宜植物生长的范围。充分利用改造区内土石方开挖修建挡水围堰,根据改造区地形变化和功能区界限布置围堰走向,围堰采用斜坡式结构,梯形断面,根据设计尺寸,进行夯实,平整。

[0035] 水力涵闸的作用是净化单元间输水和控制湿地处理单元水位。调节闸处设置闸门和输水管道,闸门为手提钢板闸,输水管采用钢筋混凝土管。根据各功能分区的围水面积和水流量设计涵闸数量,根据各处理单元进出水的需要合理设置涵闸位置。

[0036] 5、植被配置与修复

[0037] 植物是复合湿地系统中净化的主体。根据改造后地形,因地制宜配置与修复耐盐、去盐植物。在改造区的植物修复工程设计中采用多层次交错的植物布置,并尽量体现生物多样性。

[0038] ①挺水植物:沿岸线采用条块状进行修复工程,布设耐盐挺水植物于各净化功能区的浅水区和低洼地,水深0.3~0.5m。

[0039] ②浮叶沉水植物:布设耐盐植物于各净化功能区的深水区,水深1m左右。

[0040] ③乡土灌木:布设于隆起微地形,并自然恢复林下草被植物。

[0041] 6、配套设施与管理

[0042] 为便于工程区湿地管理,利用地形改造的开挖土方,在工程区建设维护道路,供湿地作业车辆通行。道路标高高于湿地泥面以上1.5m。湿地运行期调节闸全部开启,冬季维护期利用调节闸控制湿地水深。

[0043] 对改造区内净化水进行定点跟踪监测,在进水渠和各功能区选取1~2处布设水质监测点。工程施工结束后,连续2年进行水质监测,监测频率为每月1次。水质监测主要指标为SS、BOD<sub>5</sub>、COD<sub>Cr</sub>、TN、TP、含盐量等。

[0044] 本发明具有如下优点:(1)因地制宜地利用盐碱滩地已有地形进行湿地改造,土石方量少,工程投资小。(2)采用表面流强化湿地和半自然湿地相结合的形式,在净化低污染水的同时,可改善荒滩区生态环境。(3)在削减入湖污染负荷的同时,通过湿地植物修复,改善盐碱滩地区土壤盐碱化现状。(4)湿地植物修复主要选为本地具较强净化能力的经济水生植物,成本低,耐成活,可通过经济水生植物收获获得一定的经济收入。

## 附图说明

[0045] 图1:低污染水湿地深度处理系统断面示意图

[0046] 图2:低污染水湿地深度处理系统平面布置图

[0047] 其中:(1)-扬水泵站 (2)-引水渠 (3)-厌氧沉淀池 (4)-浅水区域 (5)-挡水围堰 (6)-调节闸 (7)-深浅交替区域 (8)-维护道路

## 具体实施方式

[0048] 结合《城镇污水处理厂及工业尾水和低浓度农田排水湿地深度处理一期工程—金海湿地》项目,在博斯腾湖大湖西岸区的落霞湾开展了低污染水湿地深度处理系统的设计与实施。低污染水湿地深度处理系统平面布置见附图2。东大罕干排是博斯腾湖大湖西岸区的主要农灌渠,主要接纳博斯腾湖西岸区博湖县6000亩农田的农灌回水和农田排碱水,其水质为地表水劣V类,项目实施前直接排入博斯腾湖。通过因地制宜利用位于博斯腾湖大湖西岸东大罕排水渠入湖口的金海盐碱荒滩地,将其改造成复合系统,引东大罕干排中的低污染水入湿地系统净化,具体内容如下:

[0049] 1、净化面积确定与功能区划分

[0050] 东大罕干排来水量为9500m<sup>3</sup>/d,水质为地表水劣V类,由现场踏勘与湿地所需净化面积计算,确定将北起东大罕排渠、南至石油公路、总面积1万亩的金海公司盐碱荒滩地作为工程实施区域。该区北部为自然深水沼泽,南部多为浅水洼地,根据地质条件和地势走向,将其分为表面流强化湿地(设计面积200万m<sup>2</sup>)和表面流半自然湿地(设计面积467万m<sup>2</sup>)2个部分。

[0051] 2、进水系统

[0052] 在距离东大罕干排入湖口约840米处设置1座扬水泵站,主要建筑物包括:进水池、泵房、出水池、沉井节制闸:

[0053] 进水池采用矩形C20混凝土沉井,上下支撑梁支撑。出水池采用开敞式C20矩形钢筋混凝土池,整体式结构。出水方式直接接苇区灌溉渠道。在出水池外围设置一圈长约30米的金属围栏,围栏采用刺丝围栏形式,间隔3.5米设置混凝土桩。

[0054] 泵房为砖混结构,分基型机房,泵站平面尺寸为4.26m×17.2m。选择卧式混流泵,水泵型号为650HW-7、400HW-7,配套电机功率分别为110kw、30KW。共设置5座水泵。

[0055] 建设1条引水渠将东大罕干排水引至工程区内。开挖渠道长度650m,渠道为梯形断面形式,边坡比为1:1.75,底宽2m,渠深1.9m,渠堤顶宽8.65m。渠道设计纵坡为0.4‰。施工时对渠壁进行夯实,以加强引水渠的防渗效果。

[0056] 3、地形与基底改造

[0057] A. 表面流强化湿地净化功能区

[0058] 表面流强化湿地区面积200万m<sup>2</sup>,利用工程区现有深水区域,将其设计为厌氧沉淀池,对浅水区域中地势较高区域进行土地平整,保持水深0.3m。深水区平均水深1.2m,浅水区域水深0.3m。

[0059] B. 表面流半自然湿地净化功能区

[0060] 根据修复后植被覆盖状况分为I、II、III三个子区域,子区域I面积为200万m<sup>2</sup>,由于部分盐碱滩地地势较高,对其实施土地平整工程,开挖平均深度为1.5m,平整土地面积80万m<sup>2</sup>,土方量120万方。工程开挖土方用于湿地工程区挡水围堰建设,工程区内部土方基本保持平衡。修复后湿地平均水深0.3m。子区域II面积为127万m<sup>2</sup>,通过土地平整和微地形改造工程营造出深浅交替的水深变化,设计深水区深度1.5m,浅水区深度0.3m,平整土地面积40万m<sup>2</sup>,土方量60万方。子区域III湿地生态状况较好,不进行地形与基地改造。

[0061] 4、水动力优化

[0062] 在湿地各单元之间设置围堰,调节闸为手提钢板闸,输水管采用普通钢筋混凝土管。湿地运行期调节闸全部开启,冬季维护期利用调节闸控制湿地水深。

[0063] A. 表面流强化湿地净化功能区

[0064] 在建设区域内结合厌氧沉淀池的数量和大小设置挡水围堰,保留原有的1个挡水围堰,新建3个挡水围堰,建设长度为4000m,共设置2种类型:

[0065] 挡水围堰1:上宽4m,下宽6m,坝高2.2m,建设长度为750m。

[0066] 挡水围堰2:上宽6m,下宽8m,坝高2.5m,建设长度为3250m。

[0067] 在进水处布设1座调节闸,出水处布设2座调节闸,出水进入下一级的表面流半自然湿地。

[0068] B. 表面流半自然湿地净化功能区

[0069] 子区域I,新建2处挡水围堰,建设长度为3500m,共设置2种类型:

[0070] 挡水围堰1:上宽4m,下宽6m,坝高2.2m,建设长度为1680m。

[0071] 挡水围堰2:上宽6m,下宽8m,坝高2.5m,建设长度为1820m。

[0072] 在进出水处各设置1座调节闸,共计2座。

[0073] 子区域II,新建2处挡水围堰,建设长度为1760m,设置1种挡水围堰:

[0074] 挡水围堰1:上宽4m,下宽6m,坝高2.2m,建设长度1760m。

[0075] 在进出水处各设置1座调节闸,共计2座。

[0076] 子区域III,在进出水处各设置1座调节闸,共计2座。

[0077] 5、植被配置与修复

[0078] 本着因地制宜,提高湿地生境环境的原则,水深0.3m的浅水区域选择种植本土挺水、耐盐植物芦苇,水深1.0m以上的深水区域选择种植本地耐盐沉水植物茨藻、眼子菜等。

[0079] A. 表面流强化湿地净化功能区

[0080] 浅水区区内已有芦苇长势较好,仅对作为厌氧池的深水区补种植物。厌氧沉淀池水深大于1m,选择种植本地生沉水植物,沉水植物可分片种植物,水域种植覆盖度约为40~50%。

[0081] B. 表面流半自然湿地净化功能区

[0082] 子区域I,在工程区植被稀疏的浅水区域,种植挺水植物芦苇,采用条块状构建半自然湿地,4株/m<sup>2</sup>种植。子区域II,利用区域内深浅交替的水域面积,在浅水区域沿岸线种植挺水植物芦苇,深水区域种植本地耐盐沉水植物。子区域III,湿地现有挺水植物芦苇长势较好,设计保留并利用现有挺水植物湿地生态系统,仅对植物加强管理。

[0083] 6、配套设施与管理

[0084] 根据湿地改造区地形,建设3050m湿地维护道路,包括石子道路和苇田道路2种类型:

[0085] 石子道路:上宽6米,下宽8米,高2.5米,建设长度800米。

[0086] 苇田道路:上宽6米,下宽11米,高2.5米,建设长度2250米。

[0087] 在表面流半自然湿地子区域I铺设石子道路和苇田道路各1条,在子区域III铺设石子道路1条。

[0088] 工程区湿地分为运行期和维护期。4月-11月为湿地运行期,在运行期间,开启引水渠的水闸,湿地由表面流强化湿地进水;12月-3月为湿地维护期。对湿地内的水生植物进行定期收割和补种,主要根据所种植物的习性。一般一年收割1次,在12~2月份进行。

[0089] 该工程于2011年开工,2013年5月全面完成施工。通过运行一年多后的监测,湿地

对排渠水质(总进口)SS、BOD<sub>5</sub>、COD<sub>Cr</sub>、总氮、总磷的总去除率分别达到84.6%、95.0%、89.03%、93.39%、98.19%，减少盐分入湖约20.4~40t。从水质类别上，根据N、P等指标的评价，工程区进水水质为劣V类，而排口水质是III类，净化后可较好地满足排入博斯腾湖的要求。

