

人工湿地在农业面源污染治理中的应用探究

赵坤 周海燕 周业凯

中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司

摘要：人工湿地在农业面源污染治理中有广泛的应用，它是一种自然而生态友好的处理方式，可以有效减少农业活动引起的水体污染。人工湿地可以通过物理、化学和生物方法，如湿地植物根系的作用、特殊材质的过滤层等，滞留和沉淀农业面源污染物，这些污染物包括化肥、农药残留、氮、磷、悬浮物、有机物等。湿地中的水体、水生植物可以提供更多的表面积和生物质，从而增加沉积和降解的效果。湿地系统可以去除农业活动中产生的有机和无机物质，减少水体的浑浊度和异味，提供可供灌溉、饮用和生态系统的水源。需要注意的是，人工湿地的设计和建设需要考虑具体的地理、气候、水质和农业特点等因素。不同类型的人工湿地，如湿地过滤带、人工湿地池塘、人工湿地湖泊等，在农业面源污染治理中有不同的适用性和效能。因此，在实际应用中需要进行综合考虑，并结合当地的具体情况进行规划和建设。

关键词：人工湿地；农业面源污染；治理

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.19.117

一、人工湿地治理农业面源污染的应用工艺流程

（一）设计和规划

首先需要 对农业面源污染的现状进行详细调查和评估。这包括水质分析，了解污染物的种类、浓度和污染区域的范围。还需要确定污染物的来源，例如农田的农药和化肥使用、畜禽养殖的粪便等。此外，也需要考虑附近的地形、地理位置和水文条件等因素。根据调查和评估的结果，设计和规划人工湿地的位置、形状、大小和流动方式等。合理选择湿地的位置是至关重要的，应考虑到入流水和出流水的路径，以最大限度地减少污染物通过。湿地的形状和大小应与农业面源污染的情况相匹配，以确保足够的处理能力。同时，也需要根据当地的气候条件、土壤类型和水文特征等因素来选择湿地植物，适当选择适应当地气候、土壤和水质条件的植物，如芦苇、香蒲、菖蒲等。这些植物具有较强的吸收营养物质和降解污染物的能力。同时，湿地植物的根系和叶面提供了生物吸附和过滤的表面，有助于去除悬浮物和污染物。通过对农业面源污染进行调查和评估，设计和规划人工湿地，选择适宜的湿地植物，并合理维护和监测，人工湿地可以成为一种有效的治理农业面源污染的工艺流程。

（二）进水预处理

预处理设施在人工湿地设计中起着重要的作用。这

些设施可以有效地降低进入湿地的固体悬浮物和杂质的浓度，从而减少对湿地生态系统的不良影响。下面是一些常见的进水预处理设施：

引流沟：引流沟是一种开放的水流通道，用于引导入流水进入湿地。引流沟可以帮助控制入流水的流速和 水位，以防止湿地过载或水流速度过快。它也可以在一定程度上截留和沉淀固体悬浮物，使得进入湿地的水质更优。

沉淀塘：通过沉淀和分离的过程去除污水中的悬浮颗粒物和污染物，当废水进入沉淀塘时，由于水流减速，悬浮颗粒物会逐渐沉降到塘底，从而实现了悬浮颗粒物与废水的有效分离。

格栅和滤网：格栅和滤网常用于过滤入流水中的较大杂质，如树枝、叶子和垃圾等。它们通常安装在引流沟的入口或在沉淀塘池的入口，防止大颗粒杂质进入湿地。

这些预处理设施的选择和设计应根据入流水的特点和人工湿地的要求来确定。它们的应用可以减少进入湿地的固体悬浮物和杂质，提高人工湿地的处理效率，并保护湿地中的生态系统。此外，定期的清理和维护这些预处理设施也是必要的，以确保其正常运行和有效性。

（三）水流调节和分布

湿地中的水流调节和分布对其生态功能至关重要。以下是一些常用的水流调节和分布方式：

土坝围护：可以用于围起湿地的边界，并控制水体的流入和流出。可以保持湿地内的水位稳定，避免水体过度流失或过度积聚。通过调节土坝的高度和结构，可以实现水位的调节和维持湿地的水平面。

水位调节设施：水位调节设施如闸门、水泵等可以主动调节湿地的水平面。通过控制水位，可以调节湿地内的水流速度和停留时间。这有助于增加污染物与湿地中的生物和植物的接触时间，提高湿地的净化效果。

布水系统：湿地设计中通常会考虑设置一些水流分布结构，如堰槽、水流分流器等。这些结构可以改变水流的方向和速度，使水体均匀分布在湿地的不同区域。通过合理设计水流分布，可以确保污染物被充分接触和处理，并为湿地中的植物和微生物提供适宜的生存环境。

通过合理的水流调节和分布，湿地可以实现较长的停留时间，提供更多的生物和植物生长空间，并增加污染物与湿地生态系统之间的接触机会。这对于湿地的净化效能和生态功能的发挥都非常重要。然而，水流调节

和分布的设计需要考虑多种因素，包括湿地的尺度、水流量和水质特征等。

（四）植物种植和生物处理

选择适宜的湿地植物对人工湿地治理非常重要。湿地植物在水中和土壤中生长，它们具有吸收营养物质和降解污染物的特殊能力。以下是湿地植物在人工湿地治理中的一些关键作用。湿地植物通过其根系吸收水体中的营养物质，例如氮和磷，防止这些营养物质进入水体中造成富营养化。过多的营养物质可以导致藻类过度生长，形成赤潮等环境问题，湿地植物的作用有助于减少这种问题。湿地植物的叶面和根系可以吸附水体中的污染物质，例如重金属、有机物、悬浮物等。植物表面的根毛和刚毛结构可以增加污染物与水体的接触面积，促进吸附过程。这有助于净化水体中的污染物。湿地植物的根系与根际微生物之间形成共生关系，根际微生物可以分解和降解吸附在植物根系上的污染物质。这种相互作用可以加速污染物的降解过程，提高湿地的净化效率。在选择适宜的湿地植物时，需要考虑以下因素：

适应性：植物需要适应湿地环境的特殊条件，包括水深、湿度和土壤环境等。因此，选择具有良好适应性的湿地植物非常重要。

污染物处理能力：不同的植物物种对不同类型的污染物具有不同的处理能力。因此，在选择湿地植物时，需要考虑目标污染物的类型和浓度，并选择相应的植物物种。

生长特性：湿地植物的生长速度、根系发达程度和植被密度等因素会影响其在湿地中的污染物处理效果。因此，需要选择生长迅速、根系丰富、植被密度适宜的植物物种。

综上所述，选择适宜的湿地植物是人工湿地治理的关键。通过植物的吸收和降解作用以及与根际微生物的相互作用，可以有效净化水体中的污染物质，提高湿地的生态系统功能。

（五）沉淀和过滤

湿地中的沉水植物和沉积物在水体处理中扮演着重要的沉淀和过滤角色，有助于隔离和降解悬浮物和污染物。沉水植物如香蒲、浮萍等生长在浅水区域，它们的茎、叶和根系形成稠密的植物群落，在水中形成一种天然的过滤层。这些植物可以通过截留和沉淀的方式，有效地隔离和拦截悬浮物质。它们的根系也提供了附着表面供微生物附着和生长，从而促进了降解过程。湿地中的沉积物可以通过物理和化学过程对污染物进行沉淀和吸附。当水流通过湿地时，其中携带的悬浮物和溶解物会在沉积物表面沉淀下来，从而使污染物得到隔离。此外，沉积物中的有机质和微生物也可以对有机污染物进行分解和降解。湿地底泥和沉积物中存在丰富的微生物群落，这些微生物具有分解和降解有机物质的能力。通

过微生物的作用，湿地底泥中的有机物可以被降解成较简单的物质，从而减少了污染物的浓度并提高了水体的质量。综上所述，湿地中的沉水植物和沉积物发挥着重要的沉淀和过滤作用，在去除悬浮物和污染物上起到了至关重要的作用。同时，湿地底泥中的微生物也对有机物质的分解和降解起到了重要的促进作用，实现了污染物的降解和处理。这些过程共同作用，提高了湿地的净化效果和水体的质量。

（六）微生物处理和生物降解

人工湿地中存在着丰富的微生物群落，包括细菌、藻类、真菌等。这些微生物具有强大的降解能力，可以将有机物质和污染物转化为较为稳定和无害的物质。微生物在湿地中通过代谢活动降解有机物质和污染物，将它们分解为更简单的化合物。细菌是湿地中最重要的降解微生物之一，它们通过分泌酶类去降解有机物质，以获取能量和养分。藻类和真菌也能降解有机物质，但相对来说它们的降解能力较弱。湿地中的微生物还参与着氮循环过程。氮是水体中的常见污染物之一，在有机物降解和排放过程中产生。湿地中的微生物通过硝化和反硝化过程将氮转化为不同的形式，从而完成氮的转化和去除。湿地中的一些微生物群体，特别是一些蓝藻，对水体中的蓝藻具有控制作用。这些微生物通过竞争营养物质、产生抗生素或释放毒素等方式，抑制蓝藻的生长和繁殖，从而减少水体中蓝藻水华的发生。总体而言，人工湿地中的微生物通过生物降解和转化污染物的过程，发挥了重要的生态净化作用。它们能够将有机物质和污染物转化为较为稳定和无害的物质，从而提高了水体的质量和生态系统的健康。因此，在湿地的规划和设计中，保护和促进湿地微生物的生态功能是非常重要的。

（七）净化和出水控制

经过人工湿地处理后的水体确实可以得到一定程度的净化。但为了确保出流水质满足相关标准和要求，根据实际情况需要进一步对其进行处理和控制在，包括投加混凝剂、活性炭或者采取其他深度处理的方式。

除了进一步处理出水，还需要对人工湿地进行监测和管理，以确保其持续有效运行。这包括监测湿地的进出水质量、湿地植物的健康状况、水层深度和流速等参数。根据监测结果，可以进行适当的调整，例如增加有机负荷、调整植物组成或增强湿地的氧化还原条件，以提高湿地的处理效果。此外，运营和管理人工湿地的过程中，应采取适当的措施来防止污染物的输入和其他不利因素的影响。这包括控制和监测进水的水质、避免使用有害的农药和化学物质、定期维护和清理湿地结构，以确保其正常运行和长期稳定性。综上所述，确保人工湿地的持续有效运行和出流水的水质符合相关标准和要求，需要综合考虑多个因素，并进行适当的处理、监测和管理。这样可以最大程度地利用人工湿地的净化能

力, 保护水资源并维护生态系统的健康。

二、农业面源污染治理中人工湿地生态系统的构建原则与方法

(一) 设计原则

为了模拟自然湿地的功能, 人工湿地应尽量包含多样的生态组成, 包括不同类型的湿地植物、微生物和动物。这样可以提供丰富的生物多样性, 并促进生态系统内的互动和相互依赖关系。选择适应当地气候和土壤条件的湿地植物种类, 以确保它们能够在湿地中良好生长和发挥生态功能。植物的根系、叶面积和生长特性等属性也需要考虑, 以最大限度地提高湿地的水质净化效果。合理的水流管理是人工湿地设计的重要考虑因素。通过设计合适的水流方向、流速和水层深度等措施, 可以促进湿地内的水体循环, 确保水体在湿地中停留足够的时间, 提高净化效果。设置适当的水质监测系统, 定期监测湿地进出水质量, 以评估湿地的净化效果, 并及时采取必要的管理措施。根据监测结果, 可以调整湿地的操作管理, 并及时处理可能的问题。人工湿地设计应该具备一定的灵活性, 以应对不同环境条件和运行需求的变化。此外, 它应该具备可持续性, 考虑长期运营维护和生态系统的持续稳定性。人工湿地的设计和建设应注重公众的参与和教育。通过提供解释和教育活动, 可以提升公众对湿地的认识和理解, 并促进其保护和可持续利用。综上所述, 人工湿地生态系统的设计应遵循多样性和复杂性原则, 选择适应性强的湿地植物, 合理管理水流, 进行水质监测和管理, 具备灵活性和可持续性, 并注重公众参与和教育。这些原则可以帮助确保人工湿地的生态功能和水质净化效果。

(二) 程序和方法

人工湿地在农业面源污染治理中具有重要的应用价值, 可以被用作一种有效的治理工具来减少这些农业面源污染的影响。人工湿地是一种模拟自然湿地生态系统的人工构建湿地, 并利用湿地植物和微生物来净化水体的处理技术。在农业面源污染治理中, 人工湿地可以发挥重要的作用。主要的应用程序和方法包括:

植被带设计: 人工湿地通常由不同的植被带组成, 每个植被带有不同的功能。例如, 常用的植被带包括生物滤池、浅水区、芦苇带等, 它们可以根据水质特征和处理需求进行合理的设计和布置。

污水处理流程: 人工湿地的污水处理流程通常包括预处理、主处理和后处理。预处理主要包括沉淀和初级过滤, 用于去除大颗粒物和悬浮物。主处理包括湿地植物和微生物的作用, 通过吸附、降解和转化等机制, 去除废水中的氮、磷、有机物等污染物。后处理主要是通过深度处理方法进行最后的处理和净化。

适宜植物选择: 人工湿地的植物选择是关键因素之一。通常选择具有较高的生长速度和吸附能力的湿地植

物, 如芦苇、香蒲、菖蒲等。这些植物可以通过根系吸附和分解废水中的污染物, 提供氧气和微生物活动的生境, 从而促进水体的净化。

水文调控: 人工湿地的水文条件对其处理效果有重要影响。通过调控入口流量、平均停留时间等水文参数, 可以提高水体在人工湿地中的停留时间, 增加污染物的处理效率。此外, 适当的湿地水位管理和水质监测也是必要的措施。人工湿地需要定期的运维管理, 包括植被修剪、污泥清理、管道清洗等。确保湿地的正常运行和净化效果。

人工湿地作为一种自然而有效的农业面源污染治理方法, 可以减少农业排污对水体的负面影响, 提高水体的质量。然而, 具体的应用程序和方法需要根据不同的水质特征、农业活动和实际情况进行调整和优化。这需要综合考虑水体的特征、处理需求和经济可行性, 以制定合适的工程方案。

结束语

总的来说, 人工湿地在农业面源污染治理中扮演着重要的角色, 它能够减少农业排放对水体和生态系统的负面影响, 提供水质净化、水量调节和生物多样性保护等益处。因此, 在农业地区推广建设人工湿地是一项有益的措施, 有助于实现可持续农业和生态环境的保护与治理。

参考文献

- [1] 新形势下做好农业面源污染防治工作的探讨. 白山稳. 山西农经, 2020
- [2] 农业面源污染防治中湿地植物的应用分析. 李鹏飞; 李杰. 农业与技术, 2019
- [3] 湿地植物在农业面源污染防治中的应用研究进展. 纪晟莹; 陈友德; 向延平; 朱坚; 李胜男; 彭华; 简燕; 李崇君. 湖南农业科学, 2019
- [4] 农业面源污染治理存在的问题及建议[J]. 吴世芬. 畜牧业环境, 2020(01)
- [5] 关于农业面源污染治理的实践与思考——以云和县治水为例[J]. 毛金华; 毛忠和. 福建农业科技, 2014(06)
- [6] 农业面源污染治理: 政策实践、面临挑战与多元主体合作共治[J]. 沈贵银; 孟祥海. 云南民族大学学报(哲学社会科学版), 2022(01)
- [7] 芜湖市农业面源污染治理研究[J]. 陈娟. 乡村科技, 2022(07)
- [8] 多维社会资本视角下农户对农业面源污染治理机制的响应意愿研究[J]. 华春林; 张灿强. 广东农业科学, 2016(09)
- [9] 扬州市农业面源污染治理的现状与发展对策[J]. 戴敬; 严巧玲; 马丽丽. 环境与可持续发展, 2015(04)