《高标准农田排灌系统生态化建设技术规范（征求意见稿）》编制说明

一、目的意义

（1）必要性

农田化肥的大量施用是农业面源污染的来源之一，农田退水的水量较大，通常养分含量也较高，直接排入受纳水体会对周围水环境造成污染。根据《第二次全国污染源普查公报》，2017 年我国农业源总氮、总磷排放量分别为 141.49 万吨与 21.20 万吨，占排放总量的 46.5%和 67.2%；其中种植业总氮排放量为 71.95 万吨，总磷为 7.62 万吨，已经成为水体富营养化的主要因素。为此，杨林章等(2013)提出了面源污染治理的总体思路及指导原则，总结提炼了面源污染治理的“4R”理论，即源头减量、过程阻断、养分再利用和生态修复，同时开展了系列研究与实践，为农田生态化建设进行了有益的尝试。

继 2012 年农业部和国土资源部分别发布了《高标准农田建设标准》（NY/T 2148-2012）和《高标准基本农田建设标准》（TD/T 1033-2012）之后，2014 年《高标准农田建设 通则》（GB/T 30600-2014）得以颁布和实施。然而，在推动高标准农田建设中，尚存在重视土地平整、田间道路和沟渠硬化等硬件建设，缺乏应用生态理念的设计和生态工程的建设。2021 年，中央一号文件提出要统筹布局生态、农业、城镇等功能空间，在实施新一轮高标准农田建设规划时，要提高建设标准和质量，特别是要做到“数量-质量-生态”的三位一体，成为

生态文明和美丽乡村建设的重要组成部分。

为贯彻落实国家相关文件要求，提升太湖流域高标准农田的质量，本标准的制定和实施具有重要的指导意义。

（2）可行性

我国现已制定了多项法律法规涉及农业面源污染防控。2016 年《农田水利条例》提出控制和合理利用农田排水以减少肥料流失，防治农业面源污染。2018 年农业农村部印发的《农业绿色发展技术导则（2018-2030 年）》提出了对农业面源污染治理技术的攻关要求；而《关于加快推进长江经济带农业面源污染治理的指导意见》对经济发达区域的农业面源污染问题提出具体要求。

为了加快发展现代农业，实现粮食和农产品的有效供给，我国逐步开展了高标准农田建设。2013 年，《全国高标准农田建设总体规划》颁布实施；2014 年《高标准农田建设通则》（GB/T 30600-2014）发布并实施。所谓“高标准农田”，即“土地平整、集中连片、设施完善、农电配套、土壤肥沃、生态良好、抗灾能力强，与现代农业生产和经营方式相适应的旱涝保收、高产稳产，划定为基本农田实行永久保护的耕地”。为了规范灌溉与排水系统建设，我国先后出台了多项排灌系统相关的标准:《灌溉与排水工程设计标准》(GB 50288-2018)、《节水灌溉工程技术规范》（GB/T 50363-2018）、《室外排水设计标准》(GB 50014-2021)、《农田排水工程技术规范》(SL/T 4-2020)、《水肥一体化技术规范 总则》（NY/T 2624-2014）等。然而，现有

高标准农田与排灌系统建设标准主要强调硬件设施的建设，缺乏生态学的设计理念。

目前，我国已经颁布或立项了多项农业面源污染防治的行业标准和地方标准：《农业面源污染综合防控技术规范》（NY/T 3821-2020）、《田沟塘协同防控农田面源污染技术规范》（NY/T 3823-2020）、《太湖流域果园面源污染综合防控技术规范》（DB 32/T 3793-2020）、《南方丘陵地区果园面源污染防治技术指南》（DB36/T 1047-2018）、《农田面源污染防治技术指南（试行）》（2015）、《江西省高标准农田面源污染防控工程技术指南（试行）》（2017）等。在生态沟渠、生态塘的建设方面，已出台了以下标准：《农田径流排水生态净化技术规范》（NY/T 3826-2020）、《农田径流氮磷生态拦截沟渠塘构建技术规范》（DB 32/T 2518-2013）、《农田面源污染控制氮磷生态拦截沟渠系统建设规范》（DB33/T 2329-2021）等。不过，尚未有针对我省高标准农田排灌系统生态化建设的系统研究和技术标准，现有的标准规范对该地区高标准农田生态化建设的指导性不足。

在国家“十一五”、“十二五”水专项实施期间，研究团队在农田面源污染防控方面开展了系列研究，研发了农田氮磷污染物拦截阻断技术、氮磷养分农田回用技术以及氮磷污染物全过程控制技术等，包括原位阻拦技术、生态沟渠净化技术以及渗滤池管控技术等，并通过示范应用，取得了较佳的氮磷削减效果。为本标准编制奠定了良好的基础。

表 1 农业面源污染控制相关的标准/规范

标准/规范名称	标准/规范编号	标准/规范类型
地表水环境质量标准	GB 3838-2002	国家标准
农田灌溉水质标准	GB 5084	国家标准
农药合理使用准则（九）	GB/T 8321.9-2009	国家标准
农药田间药效试验准则(一)除草剂防治果园杂草	GB/T 17980.44-2000	国家标准
农业面源污染综合防控技术规范 第 1 部分：平原水网区	NY/T 3821.1-2020	农业行业标准
农业面源污染综合防控技术规范 第 2 部分：丘陵山区	NY/T 3821.2-2020	农业行业标准
田沟塘协同防控农田面源污染技术规范	NY/T 3823-2020	农业行业标准
生态稻田建设技术规范	NY/T 3825-2020	农业行业标准
农田径流排水生态净化技术规范	NY/T 3826-2020	农业行业标准
人工湿地污水处理工程技术规范	HJ 2005-2010	环境行业标准
农田径流氮磷生态拦截沟渠塘构建技术规范	DB 32/T 2518-2013	江苏省地方标准
太湖流域果园面源污染综合防控技术规范	DB 32/T 3793-2020	江苏省地方标准
南方丘陵地区果园面源污染防治技术指南	DB 36/T 1047-2018	江西省地方标准
水稻肥料面源污染防控技术规程	DB37/T 1665-2010	山东省地方标准
农田生态缓冲带建设管护技术规程	DB4105/T 145-2020	安阳市地方标准
农田面源污染控制氮磷生态拦截沟渠系统建设规范	DB33/T 2329-2021	浙江省地方标准
农田面源污染防治技术指南（试行）	环办[2014]111 号	湖泊生态环境保护系列技术指南
江西省高标准农田面源污染防控工程技术指南（试行）	赣高标准农田组字[2017]5 号	江西省高标准农田建设指导文件

表 2 高标准农田与排灌系统建设相关的标准/规范

标准/规范名称	标准/规范编号	标准/规范类型
高标准农田建设通则	GB/T 30600-2014	国家标准
高标准农田建设评价规范	GB/T 33130-2016	国家标准
灌溉与排水工程设计标准	GB50288-2018	国家标准
室外排水设计规范	GB 50014-2006	国家标准
喷灌工程技术规范	GB/T 50085-2007	国家标准
节水灌溉工程技术标准	GB/T 50363-2018	国家标准
微灌工程技术规范	GB/T 50485-2009	国家标准
高标准农田建设技术规范	NY/T 3826-2020	农业行业标准
高标准基本农田建设标准	TDT 1033-2012	土地管理行业标准
农田排水工程技术规范	SL/T 4-2013	水利行业标准
太湖农区高标准农田土壤肥力指标	DB32/T 2271-2012	江苏省地方标准
亿亩生态高产标准农田 生态标准	DB23/T 1671.2-2015	黑龙江省地方标准
水肥一体化技术通则	DB 33/T 2070-2017	浙江省地方标准
现代农田灌溉与排水技术标准	DB37/T 3488-2019	山东省地方标准

二、任务来源

根据 2022 年 10 月 9 日江苏省农学会下达的《关于征集 2022 年江苏省农学会团体标准（第三批）立项项目的通知》，标准牵头单位向江苏省农学会提交立项申请；根据 2023 年 1 月 18 日江苏省农学会下达的关于 2022 年江苏省农学会团体标准（第三批）立项的公告（苏农学字[2023] 2 号），批准本标准立项。

三、编制过程

（1）预研阶段

自 20 世纪 80 年代以来，研究团队开展了一系列农田养分管理，面源污染发生机制与控制技术等研究。近年来，先后获得水体污染控制与治理科技重大专项课题“竺山湾农田种植业面源污染综合治理技术集成研究与工程示范”（编号：2012ZX07101-004）、“农业面源污染控制治理技术集成与应用”（编号：2017ZX07401002），国家重点研发计划课题“径流易发区农田氮磷流失规律与流失负荷强度研究”（编号：2017YFD0800101），与江苏省农业科技自主创新项目“农业面源污染综合治理技术方案”（编号：CX（15）1004）等经费的支持。

2020 年 12 月，项目成立《高标准农田排灌系统生态化建设技术规范》研究工作组，并于 2020 年 12 月-2021 年 2 月，查阅相关文献，梳理现有的农田面源污染治理、高标准农田建设、农田排水系统相关的政策标准、技术规范等文件资料。

2021 年 3 月-2021 年 5 月，赴常州武进区雪堰镇、南京汤山、苏州太仓等农田面源污染治理基地开展调研，详细了解高标准农田生态化建设技术体系、资金投入、运行效果等情况。

（2）起草阶段

2021 年 6 月-2022 年 9 月，先后多次召开高标准农田生态化建设技术标准研究讨论会，根据专家意见以及前期调研结果，开展生态化

建设工程设计、施工阶段主要技术指标参数研究，确定合理的参数指标，明确生态化建设设计、施工、管护等不同阶段的实施要求和管理要求。

2022 年 10 月至 2022 年 11 月，完成《高标准农田排灌系统生态化建设技术规范（草案）》初稿，及编制说明。

（3）征求意见阶段

2023 年 1 月 16 日，江苏省农学会组织相关专家召开 2022 年第三批团体标准立项评审会。会后，根据专家的意见标准编制小组对标准初稿进行了修改，增强了标准的科学性和可操作性，形成《高标准农田排灌系统生态化建设技术规范》（征求意见稿）及编制说明。

四、主要内容技术指标确立

（1）目标与原则

本标准主要针对高标准农田生态化建设过程中排灌系统的生态化建设。在高标准农田基本工程建设的基础上，对农田退水或面源污染物排放的路径进行优化，建设生态沟渠、生态湿地塘、农田排水净化缓冲区等生态工程，从而提升高标准农田的生态服务功能。

目标是在保证农田正常生产功能的前提下，以基本农田灌排单元为单位，通过排灌系统生态化改造开展灌溉、防洪、除涝、水环境与水生态保护综合治理，优化农田排水路径，拦截净化农田排水中的氮磷等污染物，减少其向河湖的排放。

应遵循因地制宜的原则，优先对已有灌排水系进行疏通链接与生态化建设，尽量不额外占用土地，保证排水通畅的同时有效削减农田面源污染物。同时，充分利用泵、闸对水资源进行科学调度和管理，促进农田排水在排灌单元内的有效蓄滞与循环利用。

（2）技术流程

排灌系统的规划要结合实际水系情况进行，农田灌溉渠道和排水渠道宜分开；泵站应建在有稳定水源的天然河浜或水塘边，农田排水经排水沟渠引流汇入泵站所在的汇水区。灌溉体系应采用水泥沟渠或管道，确保灌溉效率。

本着“因地制宜，生态处理，循环利用”的原则，结合当地地形地貌、气候特点以及水土条件等因素，沿农田退水路径建设生态沟渠（若为水泥沟渠，配置拦截植物箱）与生态湿地塘（包括汇水塘、净化区等）等生态工程，对农田径流水体中流失的氮磷等污染物进行拦截与消纳；对由暗管排至河浜的农田排水，在入河前因地制宜建设净化缓冲区，对排水进行拦截净化后再排放至河道。同时，利用汇水塘收集初期地表径流，通过提升泵站将其回灌于农田，使得农田退水的水分和氮磷养分得以循环利用。在汇水区后端建设净化区，对超过汇水塘调蓄容量的农田排水进行深度净化，达标后排入外河（图 1）。

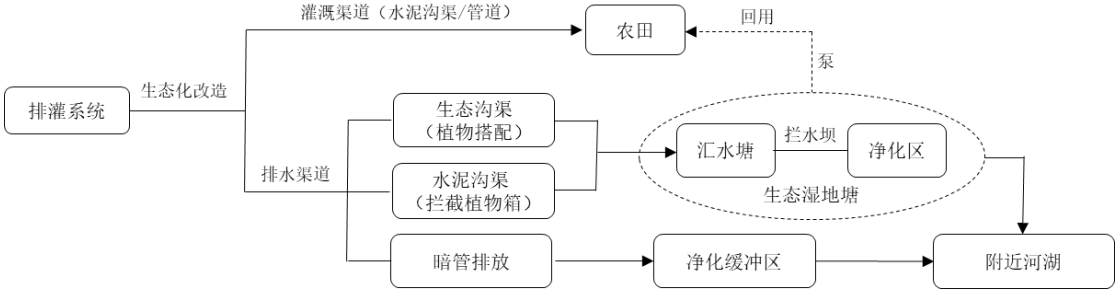

图 1 农田排灌系统生态化建设技术流程图

（3）生态沟渠

针对太湖流域年降雨量较高（多在 1000 mm 以上），夏季降雨强度与频率均较高的特点，可对现有的农田沟渠进行生态化建设，建成拦截型生态沟渠，以有效防止农田退水造成的面源污染问题。生态沟渠是由自然沟渠改造所成，保留了自然沟渠排涝防滞的功能，并兼具对氮、磷等营养元素的拦截转化和去除能力。这一过程伴随着物理吸附、化学反应和微生物转化等方式，其去除效率很大程度上又取决于环境条件和管理措施。其中，水生植物不仅能直接从水体和底泥中吸收氮、磷等营养物质，还能提高水力停留时间、增加对氮、磷的拦截量，且其发达的根系能为微生物的生长提供有力的附着点，在面源污染控制、氮磷拦截方面发挥着重要的作用(Kumwimba et al., 2017; Vymazal, 2010)。

生态沟渠的渠体设计可参考 DB 32/T 2518 进行设计，断面宜为等腰梯形，沟壁一般采用蜂窝状水泥板或镂空的八角砖等铺设，如条件不具备，可采用全土质。农田排水系统生态化建设涉及的沟渠主要是从田间到大沟的治理，生态沟渠的参考尺寸为：上宽 1.5 m，底宽

1.0 m，深 0.6 m（图 3）。最小边坡系数可参考 GB 50288 对土质排水沟最小边坡系数的要求确定（表 3）。

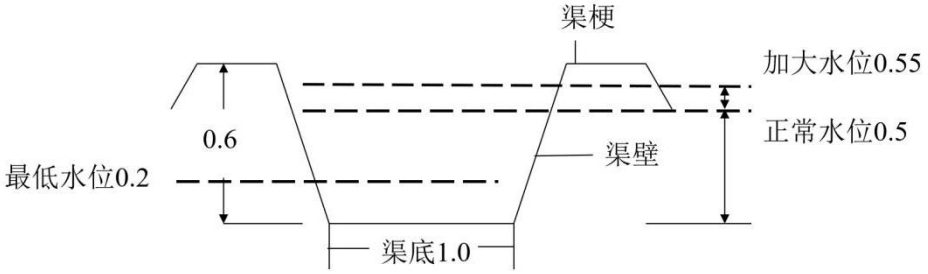

图 2 典型生态沟渠断面示意图（单位：m）

表 3 最小边坡系数表

土质	最小边坡系数
黏土、重壤土	1.0
中壤土	1.5
轻壤土、沙壤土	2.0
沙土	2.5

注：表中最小边坡系统为排水沟开挖深度<1.5 m 时数值。

沟渠植物宜选择具有高效吸收氮磷且不影响沟渠正常排水的水生植物。结合文献报道以及前期研究，沟渠植物配置宜为：沟壁以自然演替为主，人工辅助种植狗牙根（春夏季）、黑麦草（秋冬季）等；沟渠中可选择多年生的景观型挺水水生植物如梭鱼草、鸢尾等，也可选择经济型水生作物如水芹、茭白等，水底可搭配种植菹草、狐尾藻、金鱼藻等沉水植物（杨林章等，2005; Faust et al., 2018; Kumwimba et al., 2017）。

生态沟渠主干沟排涝模数的确定、流量与水位设计应按照 GB

50288 的规定执行。太湖流域平原地区生态沟渠建设的其他要求应按照 DB 32/T 2518 要求进行；丘陵地区可参考 DB 36/T 1047 执行，其生态沟渠一般在坡脚建设，等高开挖，对于地势起伏较大的沟段，可依据地势将生态沟渠分为若干段或支渠，两端之间用透水坝相连以控制沟段水位，适当延长进水停留时间，提高对排水中氮磷污染物的净化效果。

根据 DB 32/T 2518-2013 标准的推荐值，每公顷农田宜配置 150 m^2 生态沟渠。而 DB 33/T 2329-2021 指出，生态拦截沟渠系统主干沟长度应在 300 m 以上，具有承纳 10 公顷以上农田汇水和排水的能力，即每公顷农田宜配置 30 m 生态沟渠。根据团队前期研究结果，结合经济性和实用性分析，本标准推荐每百亩农田至少建设 180 m 的生态沟渠。

图 3 生态沟渠田间示范图

（4）硬质沟渠的生态化改造

农田排水沟渠除了生态沟渠和土质沟渠外，还存在一些已硬化的水泥沟渠。这部分沟渠硬质化表面无法直接种植植物，对面源污染物拦截净化功能缺失。针对这类水泥沟渠，可在沟渠中间隔配置拦截植物箱，进行生态化改造。拦截型净水箱中内置高效吸氮除磷能力的基质材料与高性能环境复合材料，其上可种植多年生氮磷高效吸附植物，通过环境材料-植物-微生物的联合作用实现对农田退水中悬浮颗粒物、氮、磷等污染物的拦截去除。

在低污染水处理过程中，吸附氨氮的常见环境材料为黏土矿物，包括沸石、蒙脱石、高岭土、珍珠岩、硅石、凹凸棒土等(Bhatnagar and Sillanpaa, 2011; Rozic et al.,2000)。除了吸附法外，水体中的氨氮还可通过光催化氧化技术来降解去除，常用的光催化材料有 TiO_2、ZnO、CdS、Fe_2O_3 等。去除水体中硝氮的吸附剂主要有天然黏土矿物吸附剂、炭基材料吸附剂、农业废物吸附剂等(Bhatnagar and Sillanpaa, 2011)，还可通过化学还原法去除(Yang and Lee, 2005)。磷吸附剂有纤维素、天然黏土矿物、水合金属氧化物、活性炭、改性黏土等，其中，Fe 和 Al 的氧化物和氨氧化物及稀土金属对水中磷酸盐具有极强的选择吸附性。目前市场上应用于水处理的环境材料有天然矿物材料（沸石等）、活性炭、TiO_2、铁基材料和镧系材料，但这些材料在农业面源污染治理方面的应用较少（杨林章等，2022）。

本团队前期研究发现，利用生物炭、沸石、硅藻土作为载体，固载 Fe_3O_4、$La(OH)_3$、TiO_2 和 ZnO 等形成的环境复合材料可强化水体

氮素去除（表 4）；通过共沉淀法、水热法制备的系列铁、镧基磷吸附剂可加强水体磷酸根去除（表 5）。因此，本研究拟将实验室研发的强化脱氮/除磷环境复合材料以及光催化材料装填于拦截型净水箱中，以实现对硬质沟渠 COD、NH_4^+、PO_4^{3+}等污染物的拦截去除。装置中的环境材料可定期回收，以实现“吸附—脱附—再生”。

表 4 氨氮去除材料

材料	去除能力
改性沸石	19.29 mg/g
TiO_2	22.5 mg/g
TiO_2-生物炭	35 mg/g
ZnO	19 mg/g
ZnO-PMMA	33 mg/g
Cu-ZnO-GO	40 mg/g

表 5 磷酸根去除材料

材料	去除能力
镧/镁改性沸石	87.3 mg/g
镧/镁改性生物炭	101.25 mg/g
PEI-Fe_3O_4	29.88 mg/g
Fe_3O_4-生物炭	31.22 mg/g
$La(OH)_3$-C_3N_4	148.35 mg/g

图 4 脱氮除磷高性能环境材料

（5）生态湿地塘

生态塘的建设应充分考虑当地的地形特点，可通过附近的低洼地改建，塘内种植适量水生植物以增强其景观效果。生态塘的前端宜设置汇水塘，用以汇集、储存农田排水的初期地表径流，经过汇水塘蓄集的水可通过泵提升回灌农田，形成水分和养分的循环利用。

生态湿地的建设要遵循因地制宜的原则，充分考虑园区的自然环境和地形水系分布进行设计建设，符合排水通畅、降低能耗、平衡土方的要求。同时，要兼顾生态性与景观性。平时需要经常对生态湿地进行检修与维护，特别是暴雨、洪水过后，应对进排水系统进行检修，避免系统堵塞、淤积，影响进排水及处理效果。该技术运行稳定，成本较低，出水水质好，在太湖流域污水处理中应用较多。

生态湿地塘中应配置多年生少维护的高效去除氮磷的经济型（水芹、茭白）或景观型水生植物（黄花鸢尾、菖蒲、再力花、美人蕉等）。技术应用时，应定期对生态湿地塘中的植物进行收获和补种更新，收获后的植物可作为果园地表的覆盖材料，不得任其腐烂分解，引起二次污染。

生态塘与生态湿地相关构筑物建设要求参见表 6。《江西省高标准农田面源污染防控工程技术指南（试行）》中规定，生态塘堰湿地与稻田的面积比按照 1:15~1:20 进行规划布置。本项目根据国家“十一五”、“十二五”水专项成果，生态塘与生态湿地面积之和宜为农田面积的 1/60~1/40。

表 6 相关构筑物建设规模要求

构筑物类型	构筑物面积或尺寸推荐	参考资料
汇水塘	参考集水池的设计，汇水塘容积不应小于最大一台水泵 30 s 的出水量。	GB 50014-2006 室外排水设计规范
生态塘	水深：1 m~2.5 m，长宽比：2:1~3:1，与生态湿地面积之和宜为农田面积的 1/60~1/40	国家“十一五”、“十二五”水专项成果
生态湿地*	长宽比：3:1~5:1，水深 0.3 m~0.5 m，水力坡度宜小于 0.5%，与生态塘面积之和宜为农田面积的 1/60~1/40	HJ 2005-2010 人工湿地污水处理工程技术规范 国家“十一五”、“十二五”水专项成果

*按表面流人工湿地设计。

（6）农田排水净化缓冲区

对于直排河道的暗管排口，如陆地有空间，宜在入河前建设促沉净化池（图 5）；如陆地没有空间，应利用排口周边的河浜建设半圆形的两级强化净化缓冲区（图 6）。对农田排水中颗粒态污染物及部分溶解态污染物进行进一步拦截和净化，减少入河氮磷污染负荷。

氮磷吸附填料宜采用对氮磷有较好吸附作用的沸石、火山岩、陶粒、生物炭及炭基强化吸附等材料，或其组合。此外，研究团队还以农业废弃物制备的生物炭、天然吸附材料沸石和硅藻土为载体，将纳米材料与载体材料结合，研发了新型功能化环境复合材料。目前，该技术对氮、磷的最佳处理效果为：氨氮去除达 60%，硝氮、磷酸根达到 90%；田间结果表明出水氨氮和总氮浓度可以在 0.5 mg/L 和 1.0 mg/L 以下。

图 5 农田排水促沉净化装置

图 6　农田排口的强化净化缓冲区

五、与相关法律法规和国家标准的关系

本标准的制定符合《中华人民共和国标准化法》和《国家标准管理办法》，标准的结构和编写符合 GB/T 1.1—2020 的要求。

六、实施推广建议

本标准适用于江苏省高标准农田排灌系统的生态化建设，尤其是太湖流域等水环境敏感区域或重点防控区域，其他区域农田排灌系统的生态化建设可参照执行。

建议由江苏省生态环境厅、江苏省农业科学院等有关单位，联合标准化研究机构、地方政府等统一组织标准的宣传，并提供技术咨询。

主要参考文献：

Bhatnagar A, Sillanpaa M. 2011. A review of emerging adsorbents for nitrate removal from water. Chemical Engineering Journal, 168: 493-504.

Faust D R, Kroger R, Moore M T, et al. 2018. Management Practices Used in Agricultural Drainage Ditches to Reduce Gulf of Mexico Hypoxia. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 100(1): 32-40

Kumwimba MN, Zhu B, Muyembe DK. 2017. Assessing the influence of different plant species in drainage ditches on mitigation of non-point source pollutants (N, P, and sediments) in the Purple Sichuan Basin. Environmental monitoring and assessment 189(6): 267

Rozic M, Cerjan-Stefanovic S, Kurajica S, et al. 2000. Ammoniacal nitrogen removal from water by treatment with clays and zeolites. Water Research, 34(14): 3675-3681.

Vymazal J. 2010. Constructed wetlands for wastewater treatment. Water 2(3): 530-549

Yang G C C, Lee H L. 2005. Chemical reduction of nitrate by nanosized iron: Kinetics and pathways. Water Research, 39: 884-894.

杨林章，薛利红，巨晓棠，等. 2022. 中国农田面源污染防控. 北京：科学出版社.

杨林章, 施卫明, 薛利红,等. 2013. 农村面源污染治理的"4R"理论与工程实践——总体思路与"4R"治理技术[J]. 农业环境科学学报, 32(001):1-8

杨林章, 薛利红, 施卫明,等. 2013. 农村面源污染治理的"4R"理论与工程实践——案例分析[J]. 农业环境科学学报, 32(12):1309-2315

刘福兴, 宋祥甫, 邹国燕,等. 2013. 农村面源污染治理的"4R"理论与工程实践——水环境生态修复技术[J]. 农业环境科学学报, 32(11):7

薛利红, 杨林章, 施卫明,等. 2013. 农村面源污染治理的"4R"理论与工程实践——源头减量技术[J]. 农业环境科学学报, 32(5):8

施卫明, 薛利红, 王建国,等. 2013. 农村面源污染治理的"4R"理论与工程实践——生态拦截技术[J]. 农业环境科学学报, 32(9):8

常志州, 黄红英, 靳红梅,等. 2013. 农村面源污染治理的"4R"理论与工程实践——氮磷养分循环利用技术[J]. 农业环境科学学报, 32(10):7

巫厚长, 孔海燕, 张震, 等. 2016. 安徽省高标准生态农田建设管理问题研究. 安徽农业大学学报(社会科学版) 25(2): 21-28

杨林章, 周小平, 王建国, 等. 2005. 用于农田非点源污染控制的生态拦截型沟渠系统及其效果. 生态学杂志 24(11): 1371-1374