中国乡村发展协会团体标准

《绿色增效肥料水肥一体化施用防堵塞技术规范》编制说明

一、工作简况

（一）任务来源

本标准由中国农业科学院农田灌溉研究所提出并负责组织，由中国乡村发展协会归口。项目已按《中国乡村发展协会团体标准管理办法》完成立项申请与技术审核，并由中国农业科学院农田灌溉研究所与中国乡村发展协会签订《团体标准制修订技术服务合同》，计划编制时间为2026年7月1日至2027年1月1日。

本标准的技术内容依托国家重点研发计划“西北华北主要粮食作物精准化施肥技术与装备研发”子课题“适用绿色增效产品的水肥一体化精准施用技术与装备研发”形成的研究基础，是课题成果标准化凝练的重要组成部分。

（二）项目背景与必要性

政策与项目依据。本标准的制定紧扣国家关于智慧农业、化肥减量增效和农业用能绿色低碳转型的战略部署：中央一号文件连续多年部署水肥一体化与节水农业推广；农业农村部《全国智慧农业行动计划（2024—2028年）》将精准水肥、智能装备列为重点任务；新一轮千亿斤粮食产能提升行动要求加快水肥一体化规模化应用，强化“新技术、新产品、新机具”三新集成；农业农村部推进的精准肥水行动已将腐植酸、微生物菌剂等生物增效肥料纳入重点推广目录，并同步要求规范水肥一体化装备标准与运维体系；《河南省加快建设农业强省规划（2025—2035年）》明确发展智慧农业与绿色低碳农业。除国家重点研发计划课题外，本标准还同步吸收了“绿色管控的水肥一体化移动式智能装备研发”项目（项目负责人：魏驰林，依托单位：中国农业科学院农田灌溉研究所）在多通道绿色肥料独立配施、“筛网＋叠片”二级复合过滤、压差联动脉冲反冲洗与压力-流量耦合堵塞在线预警等方面的研究成果，两项研究互为支撑，共同构成本标准的技术来源。

1. 绿色增效肥料在水肥一体化中的应用规模快速扩大。水肥一体化是提升灌区水肥利用效率的重要技术路径。随着腐植酸类产品、微生物菌剂、氨基酸类产品及可溶

性碳源等绿色增效肥料在大田作物、设施园艺和果园中的推广应用，其促根壮苗、改良根际环境、提高养分利用效率的作用日益受到重视。

2. 系统堵塞已成为制约绿色增效肥料随水施用的突出瓶颈。此类产品普遍具有胶体含量高、粘滞性强、颗粒粒径分布宽、易沉降团聚、对水质和温度敏感、与部分常规肥料混配后相容性变化大等特点，容易造成过滤器、施肥机、比例阀、支管和灌水器堵塞。堵塞不仅影响施肥均匀性和灌溉稳定性，还会增加清洗维护成本，直接削弱绿色肥料的施用效果。

3. 现行标准对堵塞风险管控的规定不够系统。现行水肥一体化相关标准多侧重系统设计、设备通用要求和作物水肥管理，对腐植酸类产品、微生物菌剂等绿色肥料的堵塞形成机理、风险分级、过滤单元选择、压差阈值设置、压力-流量耦合诊断、自动反冲洗控制、脉冲冲洗和移动式平台维护缺乏系统规定。

4. 制定本标准的意义。制定本标准有利于将绿色增效肥料水肥一体化系统的堵塞风险评价、过滤配置、在线监测、预警诊断、自动冲洗、施用后清洗和维护管理等关键环节规范化，提升系统长期运行可靠性；有利于支撑移动式智能首部装备、社会化水肥服务和灌区规模化推广应用；有利于减少因堵塞导致的肥液浪费、施用不均和作物长势差异，保障腐植酸、菌剂等绿色肥料精准到达作物根区，促进化肥减量增效和农业绿色发展。

（三）起草单位及主要起草人

本标准起草单位：中国农业科学院农田灌溉研究所、黄河水利委员会黄河水利科学研究院、中国农业科学院农业信息研究所、西北农林科技大学、中国水利水电科学研究院、黑龙江省水利科学研究院、北京城市学院、聊城市位山灌区管理服务中心、河套灌区水利发展中心、巴彦淖尔市水利科学研究所、江苏农林职业技术学院、江苏华源节水股份有限公司、安徽朔源农业节水科技有限公司、沃达尔（天津）股份有限公司、聊城浩伦农业服务有限公司。

起草单位的支撑条件具体如下：

1. 平台条件。牵头单位中国农业科学院农田灌溉研究所设有农业部农业水资源高效安全利用重点开放实验室、农业农村部节水工程重点实验室、河南省节水农业重点

实验室、水利部节水灌溉设备质量检测中心和水利部节水灌溉试验总站，可为本标准的过滤性能、压差阈值、冲洗恢复率和堵塞率等条款提供检测与试验支撑。

2. 试验条件。牵头单位拥有节水灌溉实验厅 400 m² 以上，配备高效液相色谱仪、全自动激光粒度分析仪、电感耦合等离子体质谱仪、化学吸附分析仪、激光拉曼光谱仪等仪器，可完成绿色增效肥料粒径分布、粘滞性、沉降速率、胶体稳定性等理化特性测定；试验基地已建成大型平移式和指针式喷灌机，并依托“十四五”重点研发计划完成精准变量喷施水肥系统升级改造，具备水肥一体化变量施用自动化控制与台架试验条件。

3. 前期研究基础。起草组已采用 CFD 数值模拟分析不同肥料组合、配比浓度、流速和压力条件下过滤器、施肥机、管道弯头与变径处的流场特征与颗粒沉积过程，识别了堵塞形成的关键参数区间与关键工况；并结合罐试验、台架试验和河南典型农田多轮田间示范，取得了过滤精度组合、压差阈值、反冲洗与脉冲冲洗参数、堵塞率和灌水均匀度等成套试验数据，为本标准量化指标的确定提供了直接依据。

起草组按专业方向设置肥料适配组、过滤与冲洗组、在线诊断组、田间验证组和标准文本组，分工与主要工作见表 1。

表 1　起草组分工与主要工作

工作组	承担单位	主要工作
肥料适配组	中国农业科学院农田灌溉研究所牵头；江苏华源节水股份有限公司、安徽朔源农业节水科技有限公司、沃达尔（天津）股份有限公司、聊城浩伦农业服务有限公司参与	绿色增效肥料理化特性测定、混配相容性试验、堵塞风险分级规则拟定；肥料产品与施用装备适配性验证
过滤与冲洗组	中国农业科学院农田灌溉研究所、黄河水利委员会黄河水利科学研究院牵头；中国水利水电科学研究院、黑龙江省水利科学研究院参与	二级过滤组合配置、反冲洗与脉冲冲洗参数试验、过滤效率与压差阈值确定；相关参数复核与试验验证
在线诊断组	中国农业科学院农业	压力-流量耦合诊断方法、阈值判别与预警

工作组	承担单位	主要工作
	信息研究所牵头；北京城市学院、江苏农林职业技术学院参与	处置逻辑、数据记录要求；数据记录与信息化应用验证
田间验证组	西北农林科技大学牵头；聊城市位山灌区管理服务中心、河套灌区水利发展中心、巴彦淖尔市水利科学研究所、江苏农林职业技术学院参与	田间对照试验、示范系统堵塞率与均匀度测试；华北、西北灌区及设施园艺、果园场景田间试验验证与技术数据采集
标准文本组	中国农业科学院农田灌溉研究所牵头，各工作组派员参加	标准文本框架、条款协调、编制说明撰写与意见汇总处理

本标准主要起草人按标准文本前言所列名单执行，主要包括孙秀路、郭雷风、陈震、王艳华、余克强、黄修桥、段福义、程千、魏驰林等，具体名单以标准文本前言为准。牵头单位主要起草人分工为：孙秀路负责标准总体技术方案、起草组组织协调和文本统稿；魏驰林负责过滤与冲洗、堵塞诊断与自动处置、移动式智能首部装备等条款起草与试验验证；黄修桥负责技术路线审核与关键指标论证；其他起草人按专业方向参加相应章节起草、试验验证和应用示范。

（四）主要编制过程

1. 第一阶段（第 1 个月）：成立标准起草组，明确任务分工，收集国家重点研发计划课题资料、绿色肥料理化特性测试数据、装备样机资料、过滤与冲洗试验数据、田间运行记录和现行标准，形成标准编制工作方案和大纲。

2. 第二阶段（第 2 个月）：开展腐植酸类产品、微生物菌剂、可溶性碳源及常规水溶肥料混配相容性、堵塞风险因子、典型水质条件、过滤器配置和维护流程调研，形成关键技术参数清单。

3. 第三阶段（第 3—4 个月）：编写标准草案，重点形成堵塞风险评价、系统配置、过滤预处理、压力-流量耦合诊断、阈值预警、自动反冲洗、脉冲冲洗、运行维护、效果评价和档案管理等章节；组织起草组内部研讨和专家咨询。

4. 第四阶段（第 5 个月）：依托实验室检测、台架试验、移动式智能首部装备样机和田间示范系统开展条款验证，重点核验过滤精度、压差变化、冲洗恢复率、连续

作业稳定性、堵塞发生率和维护便捷性。

5. 第五阶段（第 6 个月）：形成征求意见稿，面向科研院所、推广部门、装备企业、肥料企业、种植主体和社会化服务组织征求意见；完成意见汇总处理、标准送审稿、编制说明和验证材料。

6. 第六阶段（第 7 个月及以后）：根据协会审查意见修改完善，形成报批稿；配合完成专家论证、发布实施和宣贯培训。

截至本编制说明形成之日，起草组已完成第一至第四阶段工作，形成本征求意见稿。

二、确定标准主要技术内容的论据

（一）标准结构与总体思路

本标准按照 GB/T 1.1—2020 的规定起草，采用“范围—规范性引用文件—术语和定义—基本要求—肥料选用与配制—过滤系统配置—灌溉制度与操作—诊断与自动处置—运行维护与管理”的结构。总体思路是以“源头适配、分级过滤、过程监测、及时冲洗、全程记录”为主线，将堵塞防控由末端被动清洗前移为全过程主动管理，形成从风险识别到实时预警的闭环。

（二）范围与适用对象的确定

范围与适用对象依据《团体标准制修订技术服务合同》第二条约定确定，即适用于以绿色增效肥料（含有机水溶肥、生物液体肥、功能性水溶肥等）为施用对象的大田作物、设施园艺作物及果园等场景的水肥一体化灌溉系统，其他类型液体肥料的水肥一体化防堵塞管理可参照执行。技术验证以西北、华北典型灌区小麦、玉米等主要粮食作物滴灌系统为重点，同时兼顾设施园艺和果园的适用性。

（三）主要技术指标的确定依据

1. 水源堵塞风险分级（第 4.3 条、表 1）。以灌溉水悬浮物、总溶解固体、pH、总硬度、总铁、总锰、硫化物和细菌数 8 项指标划分低、中、高三级风险，指标阈值参照国内外微灌水质堵塞危害分级的通行做法，并结合课题在西北、华北灌区井灌与渠灌水源的实测数据校核。设置该表的目的是使过滤配置和冲洗周期的选择有客观依据，

而非凭经验判断。

2. 肥料入场适配性检验项目（第 5.2 条、表 2）。检验项目取自课题绿色增效肥料理化特性测试的实际测项，重点保留与堵塞直接相关的参数。其中：颗粒粒径 D90 ≤ 55 μm 与二级精过滤精度相匹配，确保未溶颗粒可被拦截；动力黏度 ≤ 5 mPa·s 依据课题黏度-流量衰减试验结果，超过该值后注肥比例波动和管内附着显著加剧；静置 24 h 沉降率 ≤ 5 % 用于排除储存期已发生不可逆凝聚的产品；生物液体肥有效活菌数 6 h 保持率 ≥ 80 % 与第 5.4.4 条“配制后 6 h 内施用完毕”相互对应。

3. 相容性试验方法（第 5.3 条）。采用国际通行的罐试验（烧杯法），要求加料顺序与现场施肥顺序一致、分别在 2 h 和 24 h 观察，兼顾短期作业与过夜存放两种工况。将“黏度增幅 > 20 %”纳入不相容判据，是因为课题试验中部分腐植酸与含钙水源混合后虽无可见沉淀，但黏度上升已导致注肥比例失稳。

4. 分级过滤配置（第 6.1 条、表 3）。规定一级 80 μm ~ 120 μm 筛网（或旋流、砂石）粗过滤加二级 55 μm 左右自动反冲洗叠片精过滤的组合，为课题“二级过滤系统”研究成果的直接固化。过滤精度不大于灌水器最小流道尺寸 1/7、对含胶体和菌剂的肥液取 1/10，采用微灌工程设计的通行准则并适度加严。施肥装置布置于一级粗过滤之后、二级精过滤之前（第 6.1.3 条），使肥液中的未溶颗粒和絮凝产物经精过滤拦截后再进入输配管网，是本标准防堵设计的关键构造要求。

5. 过滤器压差阈值与反冲洗参数（第 6.2、6.3 条）。清洁压差≤0.02 MPa；压差达到 0.05 MPa 时实施反冲洗；压差超过 0.07 MPa 且反冲洗后不能恢复时停机拆检，依据课题自动反冲洗台架试验中压差-过滤效率-恢复率关系曲线确定；反冲洗流量不小于单元额定流量 15 %、压力不低于 0.15 MPa、时长 15 s ~ 60 s 为样机稳定实现压差恢复率 ≥ 95 % 的参数区间。

6. 施肥灌溉三段制（第 7.1 条）。“清水—施肥—清水”按 1/4、1/2、1/4 分配时长，并规定后段清水冲洗不少于 20 min 且不少于管网输水时间的 2 倍，目的是确保末端毛管内残余肥液排尽，这是田间试验中末端灌水器堵塞的主要成因控制措施。施用高风险肥料时后段延长至 30 min 以上。

7. 管道冲洗与脉冲冲洗（第 7.3、7.4 条）。毛管末端冲洗流速不低于 0.45 m/s 为微灌工程冲洗设计的通行下限；脉冲冲洗“通 3 min ~ 5 min、停 1 min ~ 2 min”循环不少

于 3 次，为课题脉冲冲洗试验中附着物剥离效果与水量消耗的平衡取值，同时规定瞬时压力不超过额定工作压力 1.2 倍以保障管材安全。

8. 压力-流量耦合诊断与分级处置（第 8.2 条、表 6）。以同一轮灌组、同一设定压力下的流量比 Kq 结合过滤器压差，划分正常、轻度（预警）、中度（报警）、严重（故障）四级并对应处置措施，是课题“压力-流量耦合诊断”成果的标准化表达。Kq 分界值 0.95、0.90、0.80 依据田间实测流量衰减与灌水器解剖检查的对应关系确定。

9. 自动处置响应要求（第 8.3 条）。规定自动处置响应时间不大于 30 s、处置后自动复检并记录、具备手动优先与断电保护，依据移动式智能首部装备样机的控制能力确定，同时避免因自动动作掩盖故障而延误检修。

10. 化学清洗参数（第 8.4 条）。酸洗将管内 pH 调至 2～3 并保持 15 min～30 min、氯化处理采用有效氯 5 mg/L～10 mg/L 连续处理，或有效氯不低于 50 mg/L 冲击处理 30 min～60 min，为滴灌系统维护的通行做法。特别规定施用微生物菌剂前后 48 h 内不进行氯化处理、酸与氯不同时施入，以保护菌剂活性并避免产生有害气体。

11. 效果评价指标（第 9.4 条、表 8）。灌水器堵塞率 ≤5 % 为立项申请书中明确的示范系统控制目标；灌溉均匀度 Cu ≥ 85 %、流量偏差率 Dra ≤ 20 %、过滤效率 ≥ 90 %、冲洗流量恢复率 ≥ 95 % 与前述章节的技术要求逐一对应，形成可检验、可比较的评价口径。

三、采用国际标准和国外先进标准情况

本标准未采用国际标准，也未等同或修改采用国外标准。

起草过程中查阅了国际灌溉排水委员会及主要滴灌设备生产国关于灌水器抗堵性能、过滤器选型、灌溉均匀度和自动控制的技术资料。国际上水肥一体化系统重视过滤器配置、灌水器抗堵、灌溉均匀度和自动控制，但针对腐植酸、微生物菌剂等活性、胶体型绿色增效肥料的专门防堵塞技术指南较少，尚无可直接采用的国际标准或国外先进标准。本标准在借鉴上述通行做法的基础上，突出绿色增效肥料的堵塞风险识别、精准过滤配置、在线监测诊断和自动冲洗维护，具有自主性和针对性。

四、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

1. 本标准符合国家节水农业、化肥减量增效、农业绿色发展、农业机械装备智能化和标准化支撑科技成果转化的政策导向，与《中华人民共和国农产品质量安全法》《肥料登记管理办法》等法律法规及相关管理制度不相抵触。

2. 本标准规范性引用了 GB 5084《农田灌溉水质标准》，涉及的灌溉水质要求严格执行该标准的规定，未作降低。

3. 本标准与 NY/T 2624《水肥一体化技术规范　总则》、GB/T 43908《水肥一体化设备》、GB/T 50485《微灌工程技术标准》、NY/T 496《肥料合理使用准则　通则》、NY/T 1535《肥料合理使用准则　微生物肥料》等现行国家标准、行业标准相协调。上述标准为水肥一体化系统建设、设备通用要求、施肥原则和部分作物应用提供基础依据，本标准在其基础上就绿色增效肥料的堵塞风险管控作出细化补充，不重复、不冲突。

4. 本标准为团体标准，属推荐性文件，不替代任何强制性国家标准；涉及安全、环保的条款（如化学清洗作业防护、废液排放）均要求执行国家有关规定。

五、标准中涉及专利的情况

经起草单位核查，本标准不涉及必要专利。立项阶段已按协会要求填报《必要专利信息披露表》，披露结果为“不涉及”。

征求意见期间，如有单位或个人认为本标准涉及必要专利，请在反馈意见时一并提供专利权人、专利号、涉及的标准条款以及是否同意作出实施许可声明等信息，起草组将按《中国乡村发展协会团体标准管理办法》的规定处理。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

截至本征求意见稿形成之日，起草组内部及专家咨询过程中未出现重大分歧意见。对下列两项曾有不同认识，经研讨后达成一致：

1. 关于二级精过滤精度取值。部分意见认为精度宜提高至 40 μm 以增强拦截能力。经台架试验比较，40 μm 叠片在腐植酸胶体条件下压差上升过快、反冲洗频次显著增

加，反而降低连续作业能力；最终确定以 55 μm 左右为基准，并允许根据水质和肥料特性调整，同时通过第 5 章的入场适配性检验（D90 ≤ 55 μm）从源头控制颗粒粒径。

2. 关于是否将施肥装置布置于二级精过滤之后。部分意见认为置于精过滤之后可避免肥料损耗。经试验比较，该布置会使未溶颗粒和絮凝产物直接进入输配管网并在灌水器处累积，末端堵塞风险明显上升；最终确定施肥装置布置于一级粗过滤之后、二级精过滤之前。

征求意见期间收到的意见将按《团体标准征求意见汇总处理表》逐条记录采纳程度与理由，重大分歧意见将提交标准审查会审议。

七、其他应予说明的事项

1. 关于标准名称。本征求意见稿的标准名称按《团体标准制修订技术服务合同》第二条约定采用《绿色增效肥料水肥一体化施用防堵塞技术规范》。立项申请书中该项目名称为《绿色增效肥料水肥一体化防堵塞技术指南》，两者在“技术规范”与“技术指南”的表述上存在差异。建议在征求意见期内确认最终名称并保持立项文件、合同、标准文本和编制说明一致，报批前统一修订。

2. 关于规范性引用文件。第 2 章所列引用文件在报批前将逐一核对标准号、标准名称及最新有效版本，并根据正文实际引用情况增删。

3. 关于起草人名单。前言及本编制说明已列出牵头单位主要起草人及其承担的工作。参与单位（黄河水利科学研究院、西北农林科技大学、中国农业科学院农业信息研究所）派员名单按表 1 分工确定，将在征求意见结束后随送审稿一并确认公布。

4. 关于本标准与同期制定标准的衔接。本标准与同期制定的《水肥一体化绿色高效精准施用技术规范》为配套关系：本标准侧重堵塞的防范与治理，后者侧重多源精准配比、在线检测与闭环调控。两项标准的术语、绿色增效肥料分类、过滤配置参数和评价指标已作协调，避免概念不一致和要求冲突。

5. 关于附录性质。附录 A、附录 B 均为资料性附录，提供记录表推荐格式，使用单位可根据管理需要调整表格形式，但记录内容不应少于附录所列项目。

6. 关于封面标识。标准封面的 ICS 号、CCS 号已按本文件适用领域填写；标准编号中的顺序号及发布、实施的具体日期需由中国乡村发展协会统一编号和审查通过后

确定，故暂以占位形式表示，不影响技术内容的完整性。

7. 关于实施建议。建议本标准发布后由起草单位配合协会开展宣贯培训，并结合灌区示范应用持续收集使用反馈，视技术进展适时修订。

附　主要参考文献

本标准编制过程中主要参考了以下文献和政策文件。

[1] 黄友锐, 陆森, 韩涛, 等. 基于 GOHBA-Fuzzy-PID 算法的施肥控制系统优化研究[J]. 农业机械学报, 2025, 56(11): 320-328.

[2] 刘赛赛, 张晋, 吴俊, 等. 水肥一体化施肥装置研究现状及发展趋势[J]. 农机化研究, 2026, 48(7): 268-275.

[3] 善盈盈, 祝勇仁, 徐芬. 基于 PLC 的集成式智能穴盘喷淋灌溉系统设计与实现[J]. 节水灌溉, 2026(4): 26-30.

[4] 唐晨光, 张瑞金, 易辉君. 基于山地可移动式水肥一体控制系统首部设计[J]. 农业与技术, 2026, 46(1): 66-70.

[5] 朱德兰, 阮汉铬, 吴普特, 等. 水肥一体机肥液电导率远程模糊 PID 控制策略[J]. 农业机械学报, 2022, 53(1): 186-191.

[6] GUO P, YU J, ZHONG P, et al. Study on multi-phase flow characteristics and anti-clogging mechanism of liquid fertiliser distributors using CFD-DEM coupling method[J]. Biosystems Engineering, 2025, 260: 104324.

[7] LIU Z, XU L, BAI Y, et al. Mitigating emitter clogging in high-sediment water drip irrigation systems through selection of appropriate organic fertilizers[J]. Agricultural Water Management, 2026, 332: 110482.

[8] LI X, WANG H, YANG X, et al. Standard nutrient-solution-based water-fertilizer machine: design, control, and decision[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2025, 238: 110774.

[9] ZHANG W J, TONG J, ZHANG F, et al. Integrated irrigation of water and fertilizer with superior self-correcting fuzzy PID control system[J]. PLOS ONE, 2025, 20(5).

[10] LIU X, ZHOU J, XIAO J, et al. Application of fuzzy adaptive PID control in integrated water and fertilizer system[C]. 2018 IEEE CSAA Guidance, Navigation and Control Conference (CGNCC), 2018.

[11] DUAN X, WANG Q, MU W, et al. Optimizing water and fertilizer management for apple under organic fertilizer application based on entropy weight-TOPSIS[J]. Agricultural

Water Management, 2026, 327: 110292.

[12] LI Z, WANG X, LI C, et al. Fungal-mediated microbial carbon pump drives synergistic carbon sequestration in reclaimed soils amended with humic acid and straw[J]. Applied Soil Ecology, 2026, 225: 107206.

[13] SAIRAM A, LAL K, SINDHU V K, et al. Coupling subsurface drip irrigation and integrated crop management in a maize-wheat rotation for increased food, water, and energy security in northwest India[J]. Food and Energy Security, 2025, 14(6).

[14] MEENA M D, DOTANIYA M L, JAT R S, et al. Sustainable phosphorus management through enriched compost and mineral fertilizers improves soil biological indicators and mustard productivity[J]. Journal of Agriculture and Food Research, 2026, 27: 102783.

[15] 农业农村部. 全国智慧农业行动计划（2024—2028 年）[Z]. 2024.

[16] 河南省人民政府. 河南省加快建设农业强省规划（2025—2035 年）[Z]. 2025.