

中国农业节水和农村供水技术协会团体标准

《微灌系统加氯/酸处理技术规程》

编制说明

标准编制组

2020年9月

# 目录

一、工作简况，包括任务来源、主要工作过程、主要起草人及其所做的工作等	3
二、国内外主要标准调研情况.....	5
三、团体标准编制原则.....	6
四、团体标准主要条文或技术内容的依据；专利情况说明；修订团体标准应说明 新旧团体标准水平的对比情况.....	7
五、主要试验、验证及试行结果.....	15
六、与相关标准的关系分析.....	15
七、采用国际标准的程度及水平说明.....	16
八、重大分歧或重难点的处理经过和依据.....	16
九、贯彻措施及预期效果.....	16
十、其他应说明的事项.....	16

## 一、工作简况，包括任务来源、主要工作过程、主要起草人及其所做的工作等

现阶段，农业用水短缺及水肥料利用率低已成为制约我国农业发展的瓶颈。微灌灌溉施肥技术可将作物所需的水分及养分直接运送到作物根区，显著提高水肥利用效率，已在我国推广超过 7000 万亩。随着微灌技术的大面积推广，微灌系统系统安全越来越受到重视，而由于灌水器堵塞造成的系统问题是影响微灌系统安全的一个重要因素。微灌系统中，因灌水器流道狭小，灌溉水中通常存在的固体颗粒物、藻类、化学离子及微生物等会相互作用，形成成分及结构复杂的堵塞物质，进而影响灌水器出流及系统均匀性，甚至造成系统失效。灌水器堵塞问题已成为制约微灌技术应用、推广的主要障碍。因此，防止和减缓灌水器堵塞一直是微灌系统运行管理中面对的一个难题。

微灌系统加氯/酸处理技术是指在微灌过程中，向灌溉水中加入酸和具有强氧化性的氯，通过降低灌溉水 pH 及控制系统中微生物活性的方式减少灌水器堵塞物质形成的一种技术措施，该技术可应用于农业、林业、牧业及园林绿地等微灌工程规划、设计与运行管理领域。

微灌系统加氯/酸处理技术源于以色列、美国等微灌技术发展较早、水平较高的发达国家。我国学者在本世纪初开始着手该技术的应用研究，并提出了适应于我国微灌技术发展水平的技术参数和应用模式，并随即开展了该技术的应用推广工作。实践证明，微灌系统加氯/酸处理技术可以有效减缓或防止灌水器堵塞发生，大幅提高系统均匀性和安全性，微灌带使用寿命延长 1~2 倍，微灌系统运行管理成本降低超过 30%，为我国微灌技术的发展和水利资源高效利用提供了有力支撑。同时，通过微灌系统加氯/酸处理技术的应用，再生水和微咸水在微灌系统和作物灌溉的适宜性大幅提高，为缓解我国农业用水短缺做出了重要贡献。

微灌系统加氯/酸处理技术在引入我国农业、林业、牧业及园林绿地微灌工程应用之后，取得了良好效果。但由于目前农业节水行业还没有出台相关的应用技术标准，导致技术实施时系统配套装置适宜性及管理水平参差不齐，技术实施时也没有明确的技术参数依据，在一定程度上影响到该技术的推广应用。为了进一步规范微灌系统加氯/酸处理技术的使用，促进该技术在农业节水行业的推广，提高技术的应用效果，急需编制农业节水行业《微灌系统加氯/酸处理技术规程》。

中国水利水电科学研究院作为国内最早开展微灌系统加氯/酸处理技术的专业技术单位，长期致力于该技术的推广和应用，取得了丰富的应用经验。2015年，中国水利水电科学研究院提出的《再生水微灌系统防堵塞安全加氯技术》被列入由科技部、环境保护部、住房城乡建设部和水利部联合发布的《节水治污水生态修复先进适用技术指导目录》，使微灌系统加氯/酸处理技术在全国得到推广。

为了进一步加大和规范微灌系统加氯/酸处理技术在全国农业节水行业的应用，提高这一实用技术的使用效果，中国水利水电科学研究院于2020年7月向中国农业节水和农村供水技术协会提交了《微灌系统加氯/酸处理技术规程》立项申请书。2020年7月8日~2020年7月31日，中国农业节水和农村供水技术协会组织相关专家对团体标准《微灌系统加氯/酸处理技术规程》进行了立项审查，全体专家一致同意标准立项。2020年8月19日，中国农业节水和农村供水技术协会以中农水协【2020】12号文《中国农业节水和农村供水技术协会<微灌系统加氯/酸处理技术规程>立项公告》对协会团体标准《微灌系统加氯/酸处理技术规程》予以立项。

为完成《微灌系统加氯/酸处理技术规程》（以下简称《规程》）的编制工作，2020年8月，中国水利水电科学研究院成立了标准编制工作组，制定了《规程》编写工作大纲，明确了参编单位、编制人员、编制内容、工作分工、编制进度计划等工作。《规程》主编单位由中国水利水电科学研究院担任，为使《规程》更具权威性、科学性、适用性和可操作性，还邀请了国内相关经验较为丰富的单位参与《规程》编制。

《规程》编制组由中国水利水电科学研究院李久生研究员担任主编，编制组成员名单见表1。

**表1 编制组成员名单**

姓名	单位	职称	学历	分工
李久生	中国水利水电科学研究院	研究员	博士	全面负责标准编制相关工作
王珍	中国水利水电科学研究院	高工	博士	条文编制
王军	中国水利水电科学研究院	高工	博士	条文编制

栗岩峰	中国水利水电科学研究院	教高	博士	技术参数和指标确认
赵伟霞	中国水利水电科学研究院	教高	博士	标准格式规范

根据《中国农业节水和农村供水技术协会团体标准管理办法(试行)》(2019)的要求,依据 GB/T 1.1-2009 《标准化工作导则 第一部分:标准的结构和编写》,《规程》编制组在《节水治污水生态修复先进适用技术指导目录—再生水滴灌系统防堵塞安全加氯技术》的基础上,结合工程实践经验,经讨论、修改与完善,于 2020 年 9 月编制完成《规程》(征求意见稿)。

## 二、国内外主要标准调研情况

根据标准编写要求,编写组收集并分析了有关国内外微灌系统加氯/酸处理技术的相关标准和文件,详见表 2。

表 2 有关微灌系统加氯/酸处理技术条文的标准与文件

序号	标准/文件名称	编号
1	微灌工程技术规范	GB/T 50485-2009
2	Design and installation of microirrigation systems	ASAE EP405.1 APR(R2014)
3	Safety devices for chemigation	ASAE EP409.1 MAR1989(R2013)

上述已收集标准涉及微灌系统加氯/酸处理技术的说明与分析如下:

### 1. 《微灌工程技术规范》(GB/T 50485-2009)

《微灌工程技术规范》(GB/T 50485-2009)是由住房和城乡建设部于 2009 年颁布实施的用于微灌工程规划、设计、施工、安装及验收的国家标准。该标准涉及加氯/酸处理技术内容主要在 6.2.8、6.2.9、6.2.10 中体现,其中 6.2.8 条中提到“施肥(药)注入装置应根据设计流量大小、肥料和化学药物的性质及其灌溉植物要求选择”;6.2.9 和 6.2.10 条文主要对加肥(药)装置的耐腐蚀性及安全防护进行了规定。经过查证和分析,本编制组认为《微灌工程技术规范》主要从整体上关注微灌系统的规划、设计、施工和验收,对微灌系统加氯/酸处理技术的描述较少。由于微灌系统加氯/酸处理技术涉及微灌系统性能、环境安全及人身安全

等多方面要素，有必要针对微灌系统加氯/酸处理技术编制团体标准，以对其使用的安全性和有效性进行规范。

## 2. 《Design and installation of microirrigation systems》(ASAE EP405.1 APR(R2014))

《Design and installation of microirrigation systems》(ASAE EP405.1 APR(R2014))是由美国农业工程师学会于1988年颁布的关于微灌系统设计和安装的标准，现版本修订于2014年。该标准对微灌系统的术语、设计、安装和评价进行了详细规定。经查证，现版本中涉及微灌系统加氯/酸处理技术描述主要分布于3.8.1和3.8.2条文中。其中，3.8.1条文主要定性指出加酸浓度应以能够防止灌溉过程中钙镁沉淀为准；3.8.2条文中指出次氯酸钙、次氯酸钠和氯气可用于微灌系统加氯，并指出用微灌系统加氯时毛管末端余氯浓度最低应为0.1 mg/L。经分析，ASAE EP405.1在微灌系统加氯/酸处理技术的涉及内容多于我国《微灌工程技术规范》(GB/T 50485-2009)，但该标准中微灌系统加氯/酸部分占比较小，并未就微灌系统是否需要加氯/酸、如何加氯/酸、如何保障安全等方面内容进行细致阐述。因此，在借鉴国外标准的基础上，仍应完善发展我国微灌系统加氯/酸标准。

## 3. 《Safety devices for chemigation》(ASAE EP409.1 MAR1989(R2013))

《Safety devices for chemigation》(ASAE EP409.1 MAR1989(R2013))是由美国农业工程师学会于1989年颁布的关于施加化学药品灌溉系统设计、安装、管理的标准，现版本修订于2014年。该标准适应于喷灌、微灌等通过灌溉系统施加药品或农药的系统。该标准规定在施化学药品系统中，应设置止回阀、真空破坏阀、联锁控制装置等安全防控设施，并列举了部分加化学药品的安全防护措施。与我国《微灌工程技术规范》(GB/T 50485-2009)相比，ASAE EP409.1在系统加化学药品灌水施肥的设计和安全防护方面更为详细，可为本《规程》的制定提供部分参考。

### 三、团体标准编制原则

《规程》按照《标准化工作导则 第一部分：标准的结构和编写》(GB/T 1.1-2009)的要求进行编制，属于中国农业节水和农村供水技术协会团体标准，是国内首个全国范围内的微灌系统加氯/酸处理技术标准。《规程》规定了微灌系统加氯/酸处理适用范围、应用条件、系统组成、技术要求和运行管理要求等内容，适

用于农业、林业、牧业及园林绿地等微灌工程规划、设计与运行管理。

《规程》的编制原则是：

#### 1) 规范性

按照《标准化工作导则 第一部分：标准的结构和编写》（GB/T 1.1-2009）和《中国农业节水和农村供水技术协会团体标准管理办法（试行）》（2019）的要求编制，具有较好的规范性。

#### 2) 科学性

为适应国内微灌系统加氯/酸处理技术推广应用要求，规定了本标准的适用范围，对微灌系统加氯/酸处理技术术语、定义、适用范围、应用条件、系统设计、管理的技术要求等内容进行了较为科学的规定。

#### 3) 先进性

《规程》结合微灌系统加氯/酸处理技术在国内的推广应用现状，充分考虑我国微灌系统发展现状及趋势，针对性提出了适应于我国的微灌系统加氯酸处理技术要求，具有明显的先进性。

#### 4) 可操作性

参考国内已发布的《节水治污水生态修复先进适用技术指导目录—再生水滴灌系统防堵塞安全加氯技术》以及中国水利水电科学研究院多年的推广应用经验和具体操作方法进行编制，具备较强的可操作性。

### 四、团体标准主要条文或技术内容的依据；专利情况说明；修订团体标准应说明新旧团体标准水平的对比情况

#### 4.1 《规程》主要条文及其依据

《规程》共分 8 章和 2 个附录，主要内容包括：范围、规范性引用文件、术语和定义、总则、加氯处理、加酸处理、加氯/酸装置、运行管理和有关附录。

《规程》对微灌系统加氯/酸处理相关技术要求进行了较为全面的规定，主要包括微灌系统加氯/酸处理技术的应用条件、系统设计、技术要求和运行管理要求等方面。《规程》主要条文及依据说明如下：

### 4.1.1 总则

4.1.1.1 微灌加氯/酸处理设置必要性应根据灌溉水质进行判定。因微灌系统堵塞机制与灌溉水质密切相关，因此本条主要说明微灌系统加氯/酸设置应通过对水质情况进行判断而后决定。

4.1.1.2 加酸处理可单独进行，加氯处理应与加酸处理配合进行。因氯在弱酸性水（pH 6.0~7.0）中有效性较高，从经济角度考虑，本规定对加氯和加酸处理的使用条件进行了限定。

4.1.1.3 微灌系统加酸必要性根据灌溉水 pH 值、溶解性总固体、总铁含量判定，参照表 3 进行。

4.1.1.4 加酸必要性为“中”时宜采取加酸处理，必要性为“高”时应采取加酸处理。因为，加酸处理主要用于减缓微灌系统灌水器化学堵塞物质生成，从可操作的角度考虑，本《规程》规定加酸必要性依据灌溉水 pH 值、溶解性总固体和总铁含量进行判断，选取指标及取值主要参照微灌灌水器堵塞研究的部分经典文献（Bucks 等，1979；Pitts 等，1990；Nakayama 等，1991）。

表 3 微灌系统加酸处理必要性评价

水质指标		加酸必要性		
pH 值		5.5-7.0	7.0-8.0	>8.0
溶解性总固体/总铁 (mg/L)	<500 / <0.2	低	中	高
	500-2000 / 0.2-1.5	中	中	高
	>2000 / >1.5	高	高	高

注：1、溶解性总固体和总铁含量判别结果不一致时，取较高级别；2、当土壤 pH<5.5 时，不宜进行加酸处理（本条注释主要对酸性土壤上加酸处理进行约束，以避免出现土壤进一步酸化的发生）；3、相同灌溉水质条件，灌水器标称流量<1 L/h 时加酸必要性可提高一个级别（因小流量灌水器发生堵塞的风险更高，故本条注释依据李久生等（2010）研究结果指出当标称流量<1 L/h 时加酸必要性可提高一个级别）。

4.1.1.5 微灌系统加氯必要性应按照灌溉水中细菌总数参照表 4 判定；当没有细菌总数检测资料时，可参照表 5 按灌溉水源进行判定。本条规定从可操作性的角度规定微灌系统加氯必要性应根据灌溉水中细菌总数或灌溉水源进行判定。

4.1.1.6 加氯必要性为“中”时宜采取加氯处理，必要性为“高”时应采取加氯处理。本条规定中涉及细菌总数标准来源于部分经典文献（Bucks 等，1979；Pitts 等，1990；Nakayama 等，1991）

表 4 微灌系统加氯处理必要性评价（细菌总数判定法）

	灌溉水细菌总数（CFU/mL）
--	-----------------



	<10000	10000-50000	>50000
加氯必要性	低	中	高

表 5 微灌系统加氯处理必要性评价（灌溉水源判定法）

	灌溉水源		
	地下水	地表水	再生水
加氯必要性	低	中	高

注：1、当灌溉水氯离子含量>350mg/L 时，不宜进行加氯处理；2、相同灌溉水质条件下，灌水器标称流量<1 L/h 时加氯必要性可提高一个级别。

#### 4.1.2 加酸处理

##### 4.1.2.1 加酸处理技术参数

1) 微灌系统加酸可采用持续注入、定期注入或强化注入模式。加酸必要性为“高”时，宜采用持续注入模式；加酸必要性为“中”时，宜采用定期注入模式。化学堵塞严重的微灌系统，可采用强化注入模式。本条规定了加酸模式的使用条件，主要参照 Lamm（2007）和 Drip irrigation system-maintenance handbook（Netafim，2014）设定。

2) 采用持续注入和定期注入模式加酸时，加酸处理设计 pH 值为 6.0~7.0，单次加酸历时应控制在 1~2 h。因持续注入和定期注入计算模式可能在作物生育期内进行，为避免加酸后灌溉水 pH 过低对土壤环境和作物生长造成影响，设定加酸处理设计 pH 为 6.0~7.0，该取值也符合《农田灌溉水质标准》（GB 5084-2005）中关于灌溉水 pH 的要求。

3) 定期注入模式的加酸间隔可按照灌溉季节内灌水器平均相对流量不低于 90% 的原则确定。本条文对定期注入模式的加酸间隔判断准则进行了规定，有助于提高定期注入模式加酸间隔取值的科学性。

4) 强化注入加酸方式宜在作物收获后进行，加酸处理设计 pH 值为 4.0~6.0，加酸历时应控制在 0.5~1.0 h，加酸反应（静置）时间应控制在 12~24 h，之后应进行毛管冲洗，冲洗流速应控制为约 0.5 m/s，冲洗时间应大于 10 min。压力补偿式灌水器不宜采用强化注入加酸方式。本条文考虑到强化注入加酸模式需要较低的设计 pH 值，故规定强化注入加酸模式宜在作物收获后进行，以避免加酸过程对作物生长造成影响。同时，为了保障强化加酸效果，本条文规定了加酸后应是酸液与堵塞物质充分反应 12~24 h，尽量使堵塞物质脱落。最后，为保障加酸后脱落堵塞物能排出微灌系统，本条文规定强化加酸后应进行毛管冲洗，并参照

闫大壮（2010）研究结果将冲洗流速设定为约 0.5 m/s。因为压力补偿式灌水器中压力补偿装置多为金属弹片，故本条文还规定压力补偿式灌水器不宜采用强化加酸模式，以避免较低的设计 pH 值对灌水器内金属弹片造成影响。

#### 4.1.2.2 酸液原料及浓度

1) 微灌系统加酸可采用工业级盐酸(推荐浓度 33%)、磷酸(推荐浓度 85%)、硝酸(推荐浓度 60%)和硫酸(推荐浓度 65%)。本条文选择酸性原料的原则为成本低、易购买及易操作，综合考虑选择了盐酸、磷酸、硝酸和硫酸 4 种酸作为酸液原料。

2) 微灌系统加酸时，注入稀释酸液浓度宜为 0.5~1%。从安全性及加酸后系统稳定的角度考虑，本条文规定加酸时应采用稀释酸液注入系统，而不能采用高浓度酸直接加入系统。

#### 4.1.2.3 加酸流量计算

加酸流量根据加酸处理设计 pH 值、管道流量及注入酸液 pH 值按式 5.3 计算：

$$Q_{\text{酸}} = Q_{\text{水}} \times C_d \times 10 \quad (5.3)$$

式中：

$Q_{\text{酸}}$ ——加酸流量，L/h；

$Q_{\text{水}}$ ——灌溉系统管道流量，m<sup>3</sup>/h；

$C_d$ ——达到加酸处理设计 pH 值时，稀释酸液加入量占灌溉水总量的质量分数，%。测定方法及计算过程见附录 A。

### 4.1.3 加氯处理

#### 4.1.3.1 加氯处理技术参数

1) 微灌系统加氯可采用持续注入、定期注入或强化注入模式进行。加氯必要性为“高”时，宜采用持续注入模式；加氯必要性为“中”时，宜采用定期注入模式。生物堵塞严重的微灌系统可采用强化注入模式。本条规定了加酸模式的使用条件，主要参照 Lamm（2007）和本《规程》编制组多年来研究成果（李久生等，2010；Hao 等，2017；Hao 等，2018）设定。

2) 采用持续注入和定期注入模式加氯时, 加氯历时应控制在 1~2 h, 末端余氯控制浓度下限一般不低于 0.5 mg/L, 末端余氯控制浓度上限值根据表 5 作物对氯的敏感性选取。加注点加氯浓度应小于 20 mg/L。为保障加氯效果, 基于国内外相关文献及多年实践, 本条文规定持续注入和定期注入时加氯历时应为 1~2 h, 且应保证毛管末端余氯浓度不低于 0.5 mg/L, 用以保障加氯过程能对整个系统产生作用。同时, 考虑到氯的强氧化性可能对作物生长产生影响, 表 6 规定了毛管末端余氯浓度控制上限值, 该表设定值参考文献包括 (Zheng et al., 2008; 栗岩峰和李久生, 2010; Hao 等, 2018; Song et al., 2019)。与此同时, 因为以毛管末端余氯为控制目标时, 余氯浓度会随距离毛管末端距离呈现持续减小趋势, 为了保障距加氯点较近毛管处流处余氯浓度不对作物产生负面影响, 本《规程》规定加氯点加氯浓度不宜超过 20 mg/L。

表 6 不同种类作物末端余氯控制浓度上限值参考值 (mg/L)

对氯敏感性	作物种类代表	苗期	其他生育期
高	草坪、花卉、烟草等	0.5~2	2~4
中	蔬菜、瓜类等	1~2	2~4
低	粮、棉、油料、果树等	1~3	5~8

注: 应避免在作物苗期进行加氯处理。

3) 定期注入加氯模式的加氯间隔可按照灌溉季节内灌水器平均相对流量不低于 90% 的原则确定。本条文对定期注入模式的加氯间隔判断准则进行了规定, 有助于提高定期注入模式加氯间隔取值的科学性。

4) 强化加氯方式宜在作物收获后进行, 设计加氯浓度应控制在 20~50 mg/L, 加氯时间应控制在 0.5~1 h, 加氯反应 (静置) 时间应控制在 12~24 h; 之后应进行毛管冲洗, 冲洗流速应控制为约 0.5 m/s, 冲洗时间应大于 10 min。本条规定主要对强化加氯模式的设计加氯浓度、加氯时间、加氯后反应时间进行了规定, 以使其能够发挥祛除堵塞的效果。冲洗流速设定依据及数值与加酸条件下一致。

5) 加氯前, 应先测定灌溉水 pH 值。当灌溉水 pH>7.0 时, 应同时采取加酸处理, 将灌溉水 pH 值降至 5.5~6.0。因氯在弱酸性 (pH 值 6.0~7.0) 条件下的有效性较高, 为了提高加氯的有效性, 本条文对加氯前应判断灌溉水 pH 的操作进行了规定。

#### 4.1.3.2 加氯原料及浓度

1) 加氯原料可参照表 7 选用液态氯(次氯酸钠,有效氯含量 7%-13%)和固态氯(次氯酸钙,有效氯含量 60%-85%)。同酸液选择依据一样,考虑将价格低、易购买、易操作的次氯酸钠和次氯酸钙选做加氯原料。

表 7 不同类型加氯原料性能

类型	优点	缺点
次氯酸钠	容易操作,适用范围广	易变质,不易储存
次氯酸钙	易保存,易运输	加氯时操作复杂,安全培训要求高

2)加氯时,注入微灌系统的稀释氯溶液有效氯浓度应控制为 1000~2000 mg/L。为了减少高浓度加氯时系统中氯浓度的波动,本条文规定加氯过程中应将稀释氯液注入微灌系统。

#### 4.1.3.3 加氯流量计算

1) 以末端余氯控制浓度为控制条件

持续注入和定期注入加氯模式下,加氯流量按式 6.3.1 计算:

$$Q_{\text{氯}}=Q_{\text{水}}\times(C_r+C_s)/C_{\text{氯}}\times 1000 \quad (6.3.1)$$

式中:

$Q_{\text{氯}}$ —加氯流量, L/h;

$Q_{\text{水}}$ —灌溉系统管道流量,  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

$C_r$ —微灌系统距加氯点最远端灌水器出流余氯控制浓度, mg/L;

$C_s$ —微灌系统有效氯消耗量(包括灌溉水消耗和管壁消耗), mg/L,测定方法及计算方法见附录 B;

$C_{\text{氯}}$ —稀释氯液有效氯浓度, mg/L。

2) 以设计加氯浓度为控制条件

强化注入加氯模式下,加氯流量计算按式 6.3.2 计算:

$$Q_{\text{氯}}=Q_{\text{水}}\times C_a / C_{\text{氯}}\times 1000 \quad (6.3.2)$$

式中:

$Q_{\text{氯}}$ —加氯流量, L/h;

$Q_{\text{水}}$ —灌溉系统管道流量,  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

$C_a$ —微灌系统加氯点设计加氯浓度, mg/L;

$C_{\text{氯}}$ ——直接注入微灌系统的稀释氯液有效氯浓度，mg/L。

#### 4.1.4 加氯/酸装置

4.1.4.1 加氯、加酸装置应独立设置，分别包括储存装置、注入装置、流量控制装置、安全防护装置等。

4.1.4.2 加氯、加酸装置应耐酸和耐氯腐蚀。

4.1.4.3 氯和酸储存装置应密封，液氯储存装置外部应涂装白色漆。

4.1.4.4 加氯、加酸可采用水动式比例泵、机械柱塞泵、隔膜泵等具有流量精确调节功能的加注装置。

4.1.4.5 加氯和加酸注入口均应设置在过滤器上游；加酸注入点应设置在加氯注入点上游，且两个注入点应间隔 2 m 以上。

4.1.4.6 加氯和加酸管路注入口应安装逆止阀，防止灌溉水回流进入加酸和加氯管路中；微灌系统加酸和加氯注入口上游干管上应安装逆止阀，防止加酸和加氯后的水回流到水源中。

4.1.4.7 加氯、加酸装置与微灌系统水泵应安装联锁控制装置，以保证水泵因故障突然关闭时加酸和加氯装置能同时关闭。

#### 4.1.5 运行管理

##### 4.1.5.1 加氯/酸流程

1) 采用强化注入模式加氯/酸时，加氯/酸流程应包含加氯/酸过程、静置过程和冲洗过程；采用持续注入和定期注入模式加氯/酸时，可不设置静置和冲洗过程。

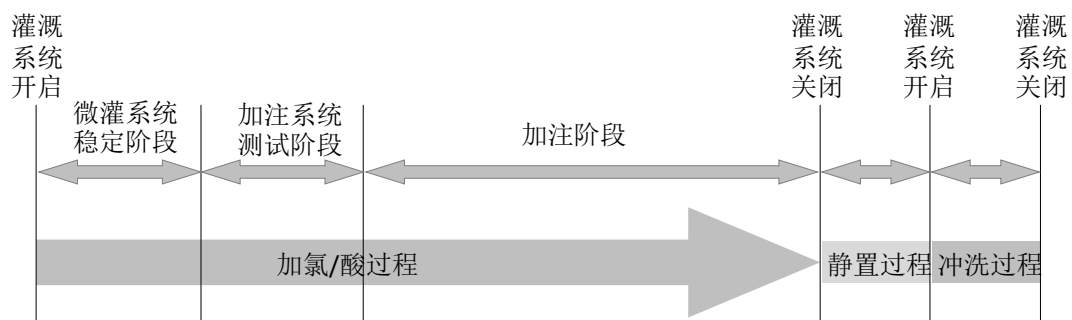


图 1 微灌系统加氯/酸防堵塞技术流程示意图

2) 加氯/酸过程应分为 3 个阶段：

①微灌系统稳定阶段：首先使微灌系统压力稳定；

②加注系统测试阶段：打开加氯/酸装置，检测装置稳定性，调节加注装置流量至设计流量，通过测试加氯/酸后的灌溉水 pH 值和有效氯浓度，确认加氯/酸流量的准确性；

③加注阶段：正式开始加氯/酸，对于控制末端余氯加注模式（持续注入和定期注入），需在氯运移至最远端毛管末端后采集灌水器出流，测试余氯浓度。如果余氯浓度低于末端余氯控制浓度，可适当增加注入流量；如果余氯浓度高于末端余氯控制浓度，可适当减小加注流量。

3) 对于强化注入加氯/酸模式，加氯/酸结束后，静置过程应持续 12~24 h，然后进行毛管冲洗，冲洗时间应大于 10 min。

4) 需同时加酸、氯时，应在达到设计 pH 值后进行加氯。

#### 4.1.5.2 安全防护

1) 加氯/酸之前，必须确认加氯/酸装置是耐氯或耐酸材料制造。

2) 加氯/酸之前，应使用灌溉水对加氯/酸装置（包括氯/酸储存容器、加氯/酸管道）进行冲洗，确认装置是否完好。

3) 制备加酸稀释液时，只能将高浓度酸加入水中，并充分搅拌稀释，不能将水加入高浓度酸中。

4) 加氯/酸过程中做好防护措施，穿戴好护目镜、手套、面罩、长裤、长袖衬衫及封闭式鞋子，避免酸液与眼睛和皮肤的任何接触。

5) 加氯/酸过程中，应避免吸入酸性气体和含氯气体，操作员需对装置运行状况进行全程监控，并确保无关人员远离加氯/酸装置，禁止所有未经授权的人员进行加氯/酸处理。

6) 加氯/酸不应与施肥同时进行。

7) 加氯/酸完成后，使用灌溉水对加氯/酸装置进行冲洗，有条件时冲洗水应排至田块之外。

8) 对于加氯/酸微灌系统，应制定加氯/酸操作流程和安全生产规定。

## 4.2 专利情况说明

《规程》制过程中部分参考了中国水利水电科学研究院为专利权人的中国发

明专利《防止滴灌灌水器堵塞的系统以及方法》、中国农业大学为专利权人的中国发明专利《防止滴灌灌水器堵塞的加酸氯控制方法及系统》。

## 五、主要试验、验证及试行结果

《规程》主编单位中国水利水电科学研究院中作为国内最早开展微灌系统加氯/酸处理技术的专业技术单位，长期致力于该技术的研究、推广和应用。早在2007年，《规程》主编李久生研究员即申请了国内第一个针对微灌系统加氯/酸处理技术研究的自然科学基金项目《灌水器堵塞对再生水滴灌系统水力特性的影响及其化学处理方法》(50779078)，通过3年时间，探究了不同加氯/酸处理技术参数对灌水器堵塞减缓的作用机制，评价了微灌系统加氯/酸处理技术对土壤环境及作物生长的影响，提出了适宜的微灌系统加氯/酸处理技术参数和模式。随着研究的深入，《规程》主编李久生研究员于2013年申请了国家自然科学基金重点项目《再生水灌溉对系统性能与环境介质的影响及其调控机制》(51339007)，利用5年时间，进一步对特殊水质条件下灌水器堵塞过程和机制进行了探索，丰富了微灌系统加氯/酸处理技术对系统性能和环境介质影响的研究成果，进一步完善、发展了微灌系统加氯/酸处理技术。

在以上理论和技术研究的基础上，《规程》主编单位中国水利水电科学研究院也积极推动微灌系统加氯/酸处理技术的推广和应用，结合由规程单位主持的“十二五”科技支撑课题《灌区高效节水灌溉标准化技术模式及设备》和“十三五”重点研发专项项目《城郊高效安全节水灌溉技术集成与典型示范》，在北京京郊再生水灌区开展了微灌系统加氯/酸处理技术的示范和应用，推广面积超过2000亩，取得了较好的效果。

在试验研究的基础上，《规程》主编单位于2015年整理前期微灌系统加氯/酸处理技术研究成果，成功申报了由科技部、环境保护部、住房城乡建设部和水利部组织颁布的《节水治污水生态修复先进适用技术指导目录》，极大地提高了微灌系统加氯/酸处理技术被微灌系统管理者的接受程度，使该技术在全国范围内得到了大面积推广。

## 六、与相关标准的关系分析

国家住房和城乡建设部与国家质量监督检验检疫总局于2009年发布了2009

版《微灌工程技术规范》，本《规程》是对这一规范的补充，需要与这一规范一致。经对照检查，本标准与规范不存在矛盾之处。

## 七、采用国际标准的程度及水平说明

在微灌系统加氯/酸处理技术规程方面，国际、国外尚无同类标准。为了更好的汲取现有国内外标准中涉及加氯/酸处理技术的相关内容，本《规程》制定时充分参考了我国标准《微灌工程技术规范》（GB/T 50485-2009）、美国农业工程师学会标准《Design and installation of microirrigation systems》（ASAE EP405.1 APR(R2014)）和《Safety devices for chemigation》（ASAE EP409.1 MAR1989(R2013)），借鉴内容占本《规程》总内容的5%以内。

## 八、重大分歧或重难点的处理经过和依据

无。

## 九、贯彻措施及预期效果

主编单位在微灌系统加氯/酸处理技术推广方面取得了不少经验，前期成果《再生水微灌系统防堵塞安全加氯技术》已被列入由科技部、环境保护部、住房城乡建设部和水利部联合发布的《节水治污水生态修复先进适用技术指导目录》，本《规程》是对现有工作经验的提炼总结，作为中国农业节水和农村供水技术协会团体标准发布，可以在整个农业节水领域贯彻实施。

编制组在前期成果基础上，进一步总结该技术现阶段推广应用经验，结合现阶段使用过程中的意见和建议，编制更合理可行的技术标准，有助于微灌系统加氯/酸处理技术在农业节水行业的推广应用，推动我国节水农业高质量发展。

## 十、其他应说明的事项

无。