

浙江省农饮水达标提标消毒设备配备及使用效果

浙江省水利学会、浙江省水利科技推广与发展中心

一、调研基本情况

省水利科技推广与发展中心（以下简称“推广中心”）聚焦农村饮用水消毒问题，发挥智库作用，组织开展“浙江省农饮水达标提标消毒设备配备及使用效果”调研，了解我省农村供水工程的消毒设备配备和使用现状，分析不同工艺消毒设备在不同外部条件下的使用效果，查找存在的问题和困难，提出对策和建议，为基层水利部门科学选择消毒设备提供参考。

本次调研的对象为浙江省现状农村饮用水供水工程，包括单村供水工程、乡镇供水工程和城市管网延伸工程。重点关注农村饮用水供水工程的消毒环节。根据供水工程的不同，按照管网延伸采集只采集末梢水，乡镇供水以及单村工程采集水源水、出厂水以及末梢水的原则进行采样；目前项目组共走访农村饮用水工程 118 个（部分水样数据来自明查暗访），范围涉及省内 11 个设区市（见表 1-1），供水工程类型覆盖管网延伸、乡镇供水以及单村工程。

表 1-1：各市采集水样数量统计表

工程类型	设区市										
	杭州	宁波	温州	金华	嘉兴	湖州	丽水	绍兴	衢州	舟山	台州
管网延伸	1	0	3	5	3	3	0	5	3	1	6
乡镇供水	2	2	2	3	0	3	0	0	1	1	0
单村工程	12	6	6	21	1	6	3	6	8	3	2
合计	15	8	11	29	4	12	3	11	12	5	8

二、我省农饮水消毒设备使用现状

(一) 常用消毒技术及设备

1. 氯消毒

(1) 消毒特点

消毒优点：氯有较强的氧化能力，能持续发挥消毒作用；氯制作成本低，操作简单。

消毒缺点：氯消毒会产生致癌、致畸和致突的消毒副产物；运输和使用过程中存在诸多安全隐患。

(2) 消毒设备

氯消毒是将氯气压缩成液态氯进行储存和运输，消毒时通过挥发作用转发为气态氯在压力作用下投入水体。目前氯气投加设备主要使用自动真空加氯系统，该设备自动化程度

较高，设备较复杂，需配置专业技术人员进行维护管理，适用于城镇给水工程中。

2. 缓释消毒剂消毒

(1) 消毒特点

消毒优点：缓释消毒剂具有持续消毒效果；固体形态，便于运输和存储；保存周期长，使用和操作方便，安全性高。

消毒缺点：消毒过程中会产生对人体有害的有机卤代副产物；缓释消毒剂中的次氯酸钙为强氧化剂，遇水或潮湿空气会引起燃烧爆炸，与碱性物质混合能引起爆炸；受热、遇酸或日光照射会分解。

(2) 消毒设备

缓释消毒剂通过缓释消毒器进行杀菌消毒。能维持长时间的杀菌作用，运行无需电源，具有安装方便，不受场地限制，适应性强、使用安全的特点；消毒设备购置和运行成本相对低，采用固体药剂，存储和使用方便、安全。但是缓释消毒剂的释放速度难以控制，存在峰值现象；溶解过程中有大量的钙性物质沉淀，容易堵塞投药管道，消毒效果不稳定，同时在低温条件下工况不理想等问题。

3 次氯酸钠消毒

(1) 消毒特点

消毒优点：次氯酸钠消毒效果好；挥发性低、腐蚀性小，便于采购和运输；对环境无毒害，安全性高；它同水的亲和

性好，能与水以任意比例互溶，运行成本较低。

消毒缺点：次氯酸钠消毒效果受PH值影响大，在PH值低于7时的消毒效果明显优于PH值大于7的情况；同时长期储存过程中易分解而失去其消毒作用，因此次氯酸钠不易长期保存。

（2）消毒设备

次氯酸钠可购买成品投加，也可现场制备。成品投加次氯酸钠溶液具有操作安全、使用方便、易于存储、对环境无毒害、不存在跑气泄漏现象，可在任意环境工作状态下投加，但消毒过程中有结晶和沉淀物析出，容易造成输药泵和管道堵塞。

现场制备次氯酸钠较成品投加具有性质稳定、成分单一、消毒效果好的特点。目前在农村供水工程中主要采用的次氯酸钠发生器往往是通过电解低浓度食盐水生产次氯酸钠。次氯酸钠发生器将电解生产的次氯酸钠溶液低浓度进入储罐，通过计量泵可实现精确投加，并可实现缺水、欠压、缺药报警停机功能，可实现无人值守。

4 二氧化氯消毒

（1）消毒特点

消毒优点：消毒效果优于氯气和次氯酸钠；消毒不产生三卤甲烷和卤乙酸等副产物；消毒效果持久。

消毒缺点：二氧化氯具有较强的刺激性和毒性，在常温

常压下极不稳定，具有爆炸性，不利于存储、运输；二氧化氯现场制备原料亚氯酸钠、盐酸都存在安全隐患，因安全管理要求，采购困难；二氧化氯在消毒过程中会产生含有毒性的无机消毒副产物亚氯酸根 (ClO_2^-) 和氯酸根离子 (ClO_3^-)。

(2) 消毒设备

二氧化氯消毒设备主要有二氧化氯加药器和二氧化氯发生器两种形式。二氧化氯加药器是将二氧化氯消毒剂添加到供水管网中，设备具有原料采购方便，易于运输储存，根据水流量自动粗略调节消毒剂投加量，可实现无动力投加，安装简便，占地面积小等优点。二氧化氯发生器是通过化学法或电解法现场制备二氧化氯的设备。结合发生条件和效率，在农村供水工程中主要采用化学法高纯型二氧化氯发生器，该设备具有工艺简单，二氧化氯纯度高等优点。

5 臭氧消毒

(1) 消毒特点

消毒优点：臭氧消毒效果显著，用量少，杀菌作用快，消毒能力受水体 PH 值影响小；消毒后饮用水无氯酚味，不产生含氯消毒副产物。

消毒缺点：臭氧消毒会产生副产物甲醛和溴酸根离子；臭氧消毒需现场制备，发生装置复杂；不易储存，投加量调节较困难；无持久消毒能力。

(2) 消毒设备

臭氧需通过臭氧发生器现场制备使用。目前臭氧发生器主流使用无声放电法生产臭氧，该方法具有技术成熟、工作稳定、低浓度臭氧量大等优点。

6 紫外线消毒

(1) 消毒特点

消毒优点：消毒效率高，广谱性好；无二次污染，不会产生对人体有害的消毒副产物；消毒效果受 PH 值、温度影响小。

消毒缺点：紫外线消毒最主要的问题是无消毒持续性，并且对原水浑浊度要求较高。

(2) 消毒设备

UV 灯管是紫外线消毒设备最重要的组成部分，UV 灯管的工作周期、使用寿命和消毒效果受进水水质影响大，需定期对石英套管进行清洗，以免结垢影响消毒效果，因紫外线消毒设备处理水量较小，运行成本较高，在农村饮水工程中还没有获得广泛应用。

7 超滤膜分离

(1) 技术特点

技术优点：广谱性好，细菌去除率高；出水水质安全，超滤膜分离技术是一种物理技术，在处理过程中不增加新的污染物。

技术缺点：超滤膜分离技术分离效果没有持续性；产生

的废水较多、成本较高；对源水水质要求高；需要进行反冲洗，长时间使用需要对超滤膜进行化学清洗；化学清洗和耗材更换等需专业人士进行。

（2）分离技术设备

在饮水工程中采用超滤膜设备以超滤膜机组为核心，在水处理领域应用最为普遍的是中空纤维超滤膜组件，具有冲洗方便彻底，滤芯不易堵塞；安装、操作简单；产水衰减率低，水通量恢复迅速；水的利用率高；常温低压下可实现自动分离，能耗低，运行费用相对低，维护简单等特点。

（二）常用消毒设备特点对比

将上述消毒设备消毒效果、安全性、显著优势和主要特点等进行对比，具体对比情况见表 2-1。

表 2-1：消毒设备性能对比

消毒技术	适用条件和要求	消毒设备	消毒设备特点分析					消毒设备比较	
			制取工艺	消毒效果及持续性	运行成本	投加量可控性及可检测性	安全性	显著优势	主要缺点
液氯	具有专业化技术人员进行维护管理的大中型供水工程	加氯机投加	液态氯通过加氯机转化为气态在压力作用下投入水体	较好,有持续性	液氯货源充足,价格低廉,运行成本较低	气体投加,不易控制,消毒剂余量易检测	气态投加,存在漏氯隐患,安全性低	原料易得,运行成本低	安全性低,设备复杂,投加精度不易控制
缓释消毒剂	对原水水质有一定要求,常年平均气温高于 0℃,设有水池(水井)的小型供水工程	缓释消毒器	成品消毒剂投加,简单	较好,有持续性	运行成本高于次氯酸钠,略低于二氧化氯	固体投加,投加量易控,但不能实现定水量投加,消毒剂余量易检测	原料为缓释剂,固态投加,安全性较好	原料易得,可无动力运行,操作简便	释放速度难以控制,有钙性物质沉淀,投加量不易控制,低温效果不理想

消毒技术	适用条件和要求	消毒设备	消毒设备特点分析					消毒设备比较	
			制取工艺	消毒效果及持续性	运行成本	投加量可控性及可检测性	安全性	显著优势	主要缺点
次氯酸钠	对原水水质有一定要求，PH值不高于8.0，水质较好、未受污染；水厂需有调节建筑物	次氯酸钠发生器	现场电解，较复杂	较好，有持续性	运行成本与液氯相当	低浓度液态投加，易控制，消毒剂余量易检测	原料为食盐，液态投药，安全性好	原料易得，运行成本低	设备相对复杂
		次氯酸钠溶液及其投加装置	成品消毒液投加，简单		运行成本比液氯略高	低浓度液态投加，不易控制，投加孔易结垢，消毒剂余量易检测	液态投药，安全性较好	设备简单，运行成本低	次氯酸钠溶液不易采购，储存时易降解，运输麻烦，消毒过程有沉淀物析出

消毒技术	适用条件和要求	消毒设备	消毒设备特点分析					消毒设备比较	
			制取工艺	消毒效果及持续性	运行成本	投加量可控性及可检测性	安全性	显著优势	主要缺点
二氧化氯	适用于中小型供水工程，原水 PH 值及其他水质的适应性较强，水质较差时可选用；水厂需有调节构筑物	二氧化氯加药器	成品消毒粉投加，简单	好，有持续性	运行成本高于次氯酸钠，低于二氧化氯发生器	固态投加，易控制，产物余量不易检测	固态投加，使用方便，安全性较好	原料易购，运输和储存，可实现无动力投加	对设备、药剂的工艺和质量要求高，操作管理需有一定专业
		复合型二氧化氯发生器	现场发生，反应条件复杂		运行成本高于次氯酸钠，但低于高纯型发生器；由于产物中二氧化氯纯度低，总体性价比较低	气态投加，不易控制，产物为 ClO_2 和 Cl_2 的混合物，不易检测	发生器反应条件控制不当易发生爆炸，原料盐酸腐蚀性强，不安全	原料氯酸钠较易购，运行成本较低	设备复杂，技术要求高，盐酸购买麻烦，产物不易检测

消毒技术	适用条件和要求	消毒设备	消毒设备特点分析					消毒设备比较	
			制取工艺	消毒效果及持续性	运行成本	投加量可控性及可检测性	安全性	显著优势	主要缺点
		高纯型二氧化氯发生器	现场发生，较复杂		因亚氯酸钠原料价格高，运行成本高于液氯	气态投加，不易控制，消毒剂余量检测难度比次氯酸钠高	原料亚氯酸钠储存不当有爆炸危险，原料盐酸腐蚀性较强，不安全	二氧化氯纯度高，设备管理相对简单	亚氯酸钠购置较难，安全管理要求高，盐酸购买麻烦
紫外线	无清水池、管网较短的小型集中供水或分散供水工程	紫外线消毒设备	由荧光灯内汞等离子区放电时释放	好，无持续性	运行成本显著高于液氯	可控制紫外灯的强度，消毒效果不易检测	安全性较好	不需购置原料	对原水水质要求高，无持续消毒效果，需定期清洗石英套管

消毒技术	适用条件和要求	消毒设备	消毒设备特点分析					消毒设备比较	
			制取工艺	消毒效果及持续性	运行成本	投加量可控性及可检测性	安全性	显著优势	主要缺点
臭氧	管网较短的小型集中供水或分散供水工程，最好有调节构筑物	臭氧发生器	对空气（氧气）高压放电或电解纯水产生	好，基本无持续性	耗电量高，运行成本显著高于液氯	气态投加，不易控制投加量，消毒剂余量不易准确检测	当环境空气中 O_3 含量超过 $1 \square g/m^3$ ，会对人体健康造成危害	不需购置原料	耗电量高，无持续消毒效果，臭氧容易泄漏，臭氧检测相对复杂
超滤技术	对原水水质有一定要求，重金属离子不超标	超滤膜设备	专用超滤膜生产设备	好，无持续性	运行成本较高	不投加药物或很少投加，可检测性高	物理过滤，安全性高	物理消毒，设备简单，规模控制灵活，可实现无人值守	设备成本较高；产废水，需相对专业人士进行维护

(三) 调研数据分析

1. 消毒设备的配备情况

本次调研通过资料收集和典型走访，共收集 118 处农村饮用水工程消毒设备相关数据，除台州和丽水地区外，其他设区市均存在供水工程未配备消毒设备的情况，具体见图 2-1：

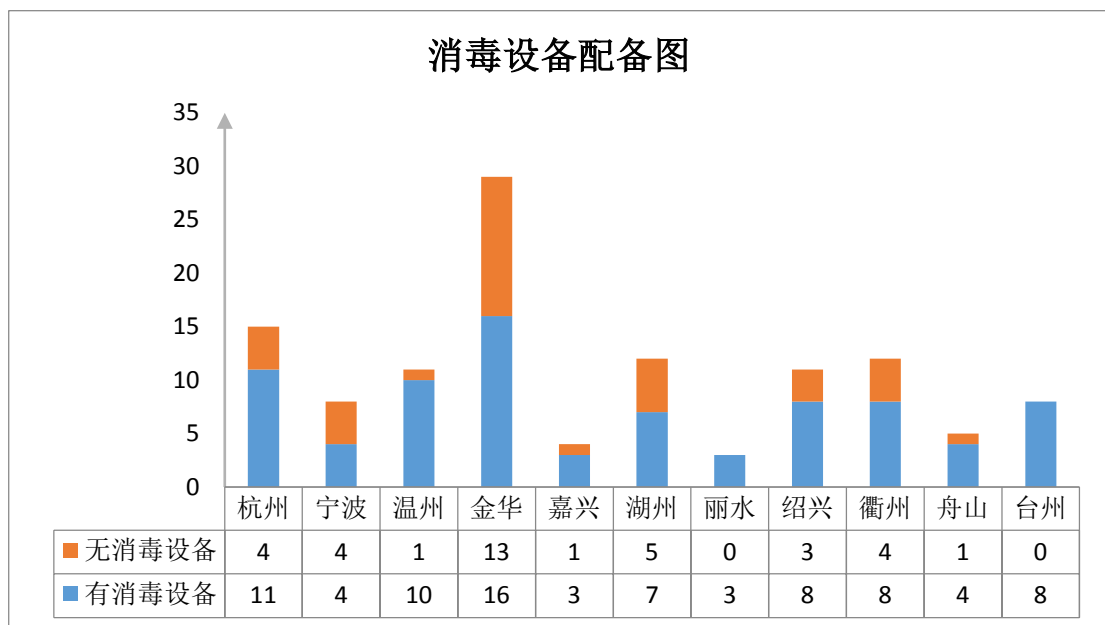


图 2-1：采集水样消毒设备配备情况图

全省无消毒设备的农村供水工程占比约为 30.5%（分析以本次调研数据为依据）；不同供水规模的水厂，消毒设备的配备率差异较大（见表 2-2），其中城市管网延伸工程、乡镇水厂消毒设备全覆盖，而单村水站的消毒设备的配备率只有 51%。由此可见，我省农村饮用水工程消毒设施配备主要

问题集中在单村农村饮用水工程中，未使用消毒的设备的现象较为常见。

表 2-2：不同供水类型消毒设备配备率

工程类型 \ 消毒设备配置	管网延伸、乡镇供水工程	单村水站
有消毒设备	44	38
无消毒设备	0	36

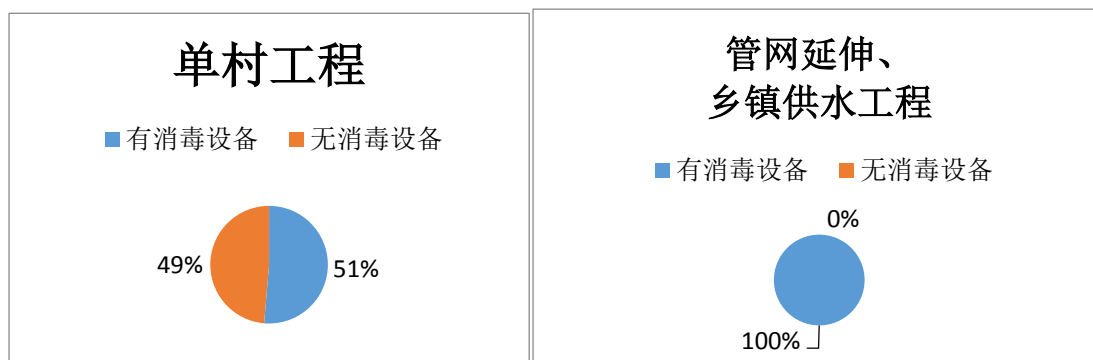


图 2-2：不同类型农村供水消毒设备配备率

2. 消毒设备的主要类型

根据调研，我省目前主要采用的消毒设备有商品次氯酸钠投加器、二氧化氯发生器、二氧化氯投加器、商品液氯投加器、缓释消毒器、紫外线消毒设备、电解食盐次氯酸钠发生器以及膜处理等类型。根据面上统计数据的整理结果，我省新建和 100 多家完成技术改造的大型水厂，主要采用投加商品次氯酸钠消毒；乡镇水厂和单村水站则以缓释消毒器和

二氧化氯投加器消毒为主。

本次调研获得的 82 处农村供水工程的消毒设备配备情况中以商品次氯酸钠投加器采用的比例最高，为 36.6%；采用缓释消毒器和二氧化氯投加器的工程较多，分别为 26.6% 和 13.4%；部分工程采用了二氧化氯发生器和商品液氯投加器，分别为 9.8%和 7.3%；电解食盐次氯酸钠发生器、膜处理和紫外线消毒设备在我省农村供水工程中应用较少，分别仅为 3.7%、2.4%和 1.2%。由此可见，我省农村饮用水工程消毒设施类型的选择，正在逐步向城市水厂对标看齐，商品次氯酸钠投加器的比例达到 36.6%；但是，发展不平衡现象仍然存在，一是落后淘汰的缓释消毒器和商品液氯投加器比例仍然很高，另一方面先进的膜处理、紫外线消毒技术应用的很少。

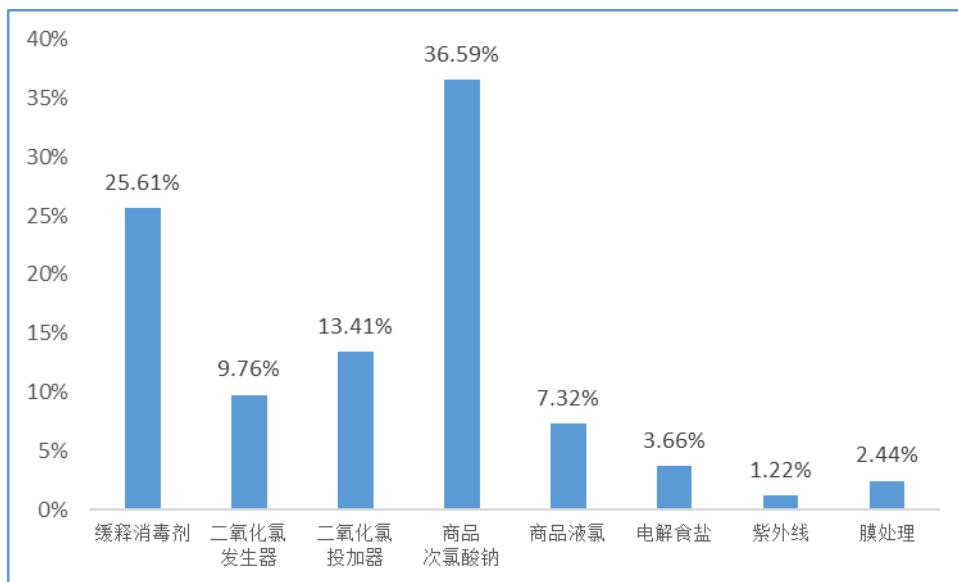


图 2-3： 农饮工程消毒设备类型图

3. 消毒设备的分布特点

(1) 不同区域消毒设备配备特点分析

如图 2-4 所示，我省平原区农村饮用水工程普遍采用了商品次氯酸钠投加器消毒，比例达到 86.3%，少部分工程采用了二氧化氯发生器，占比 13.7%；丘陵区农村饮用水工程主要采用缓释消毒器、二氧化氯投加器和商品次氯酸钠投加器，占比分别为 32.8%、21.9%和 14.1%，部分采用二氧化氯发生器、次氯酸钠投加器和液氯投加器，占比分别为 7.8%、10.9%和 9.4%；海岛区则主要采用二氧化氯发生器和膜处理设备，分别占 40%和 60%。

通过数据分析可以发现，我省不同区域，由于自然条件和经济水平的差异，所采用的消毒设备具有显著的地域特色：一是平原河网区由于地形条件和经济条件，多采用与城市水厂相同的消毒设备，商品次氯酸钠投加器占比达到 86.3%，城乡同标同质初步实现；二是丘陵区消毒设备类型存在多元化的趋势，其中技术相对落后的缓释消毒器和城市水厂已经淘汰的液氯投加器合计尚占 42.2%以上，尤其是缓释消毒器全部集中在丘陵区，达标提标任重道远；三是海岛区由于独特的自然条件，成为了膜处理技术的先行先试地。

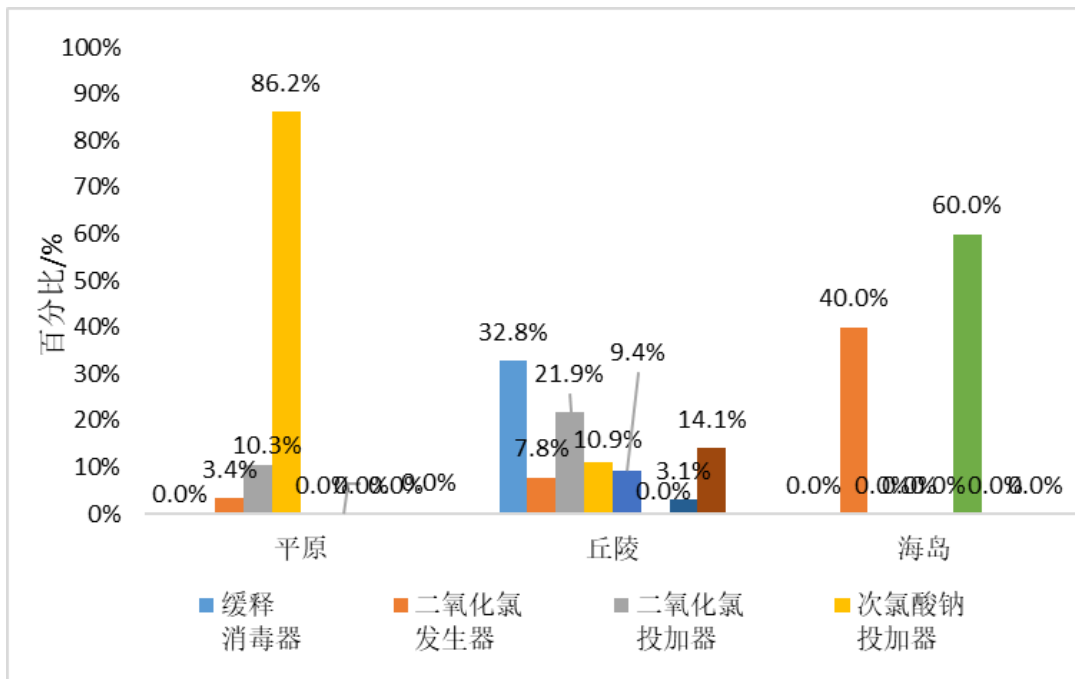


图 2-4：不同地形分区农饮工程消毒设备类型图

(2) 不同类型水厂消毒设备配备特点分析

由表 2-3、图 2-5 可知，在不同类型水厂中采用消毒设备存在差异，城市管网延伸供水的普遍采用商品次氯酸钠投加器消毒，比例达到 80%，同时，尚有部分城市水厂采用液氯投加器消毒，占比 13.3%，另有少部分工程采用了二氧化氯发生器和二氧化氯投加器，占比均为 3.3%。乡镇水厂主要采用缓释消毒器、二氧化氯发生器、二氧化氯投加器、次氯酸钠投加器和液氯投加器 5 种消毒设备，占比分别为 14.28%、28.57%、14.28%、28.57%和 14.28%；单村水站采用缓释消毒器比例最高，达到 50%，其次采用二氧化氯投加器，占比 21.05%，究其原因，可能是因为缓释消毒器和二氧化氯投加器都固态成品投加，具有操作管理便捷，原料易得，运输、

储存方便的特点；采用电解食盐、二氧化氯发生器、次氯酸钠投加器、膜处理设备和紫外线设备的，分别占 7.89%、7.89%、5.26%、5.26%和 2.6%。

调研的结果显示，由于单村水站中缺少对设备专业化的管护，所以选择简单易操作的消毒工艺和设备，而乡镇水厂以及大型水厂的设备维护、原料供应以及专业技术人员配备较为完善，会更加侧重考虑设备的消毒效果和成本。

表 2-3：饮用水不同供水类型中消毒设备类型统计表

供水类型 \ 消毒设备	缓释消毒器	二氧化氯发生器	二氧化氯投加器	商品次氯酸钠投加器	商品液氯投加器	膜处理	紫外线	电解食盐
管网延伸	0	1	1	24	4	0	0	0
乡镇供水	2	4	2	4	2	0	0	0
单村工程	19	3	8	2	0	2	1	3
合计工程	21	8	11	30	6	2	1	3

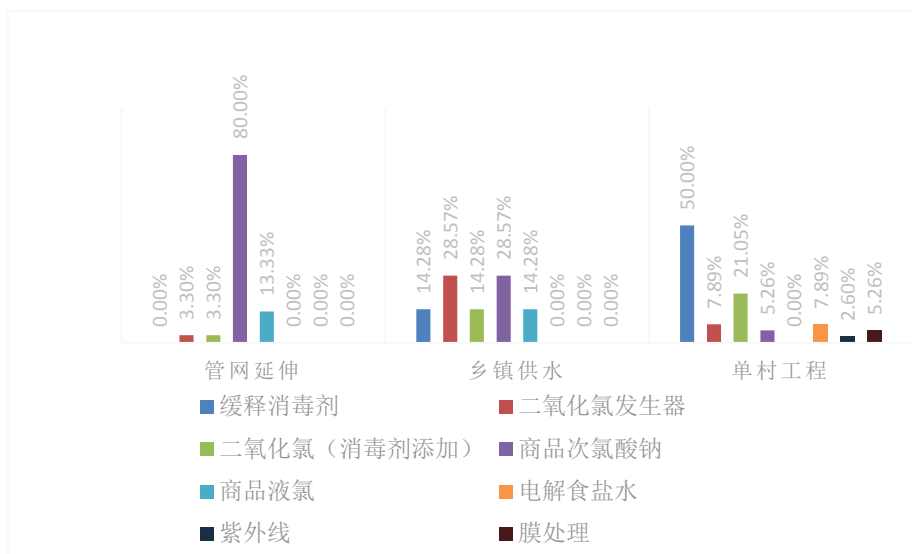


图 2-5 不同规模水厂农饮工程消毒设备类型图

4. 消毒设备应用效果分析

(1) 评价指标及权重赋分

本次调研除对现有设备的配备情况、主要类型以及分布特点进行聚类分析之外，重点对消毒设备的消毒效果进行了调研分析。由于设备使用效果的评价涉及出水水质情况、消毒设备硬件情况、消毒设备使用管理等不同方面的内容，且存在部分难以定量的指标，是复杂的多准则决策问题，考虑运用层次分析法解决使用效果评价问题。

根据层次分析法规定，项目组邀请省内农村饮用水领域相关专家，共同建立了消毒设备使用效果评价的三级指标体系，指标体系目标层为消毒设备使用效果的综合评价；准则层分三级指标，一级指标分为出水水质、设备硬件和运行维护 3 类，二、三级指标在一级指标基础上，细化为 18 项指标。指标体系建立之后，项目组邀请专家对指标权重进行赋分。赋分采用 9 级评分法进行赋值计算，具体指标和权重见表 2-4。

表 2-4： 评价指标及专家权重赋分结果表

目标层	一级指标	二级指标	三级指标	一级指标	二级指标	三级指标
消毒设备使用情况综合评价	水质情况	出厂水监测情况	菌落总数合格率	50	19	8.36
			总大肠菌群检测合格率			10.64
		末梢水监测情况	菌落总数合格率		31	13.64
			总大肠菌群检测合格率			17.36
	硬件情况	设备经济性情况	一次性投入成本	20	3.8	1.672
			使用寿命			2.128
		设备使用的便捷性情况	设备运行时是否需要电		16.2	2.43
			设备运行时是否全自动			3.726
			产品工艺情况*			2.106
			是否有设备平台监控系统			3.402
			加药是否与流量建立相关性			1.944
			原料运输是否便利			1.296
		原料购买是否便利	1.296			
		使用情况	消毒设备运行维护方便度		消毒效果是否维持 3 天以上	30
	运维周期*			3.864		
	消毒设备安全性		设备运行中是否会产生有毒有害物质	18.9	13.608	
			设备运行管理时是否需要穿戴防护装备		5.292	
	设备运行成本情况		一吨饮用水费用情况	4.2	4.2	

(2) 措施层指标权重赋分

此次评价措施层为本次调研获取的缓释消毒器、二氧化氯发生器、二氧化氯投加器、商品次氯酸钠投加器、商品液氯投加器、膜处理、电解食盐次氯酸钠发生器以及紫外线 8 种主要消毒设备。措施层同样采用 9 级评分法，按照准则层的 18 条评价标准，依次对 8 种消毒设备进行两两比较和赋分，赋分过程中水质相关指标基于水质分析合格率进行赋分，其他指标由专家参考调研结果进行赋分。最终，获得措施层赋分结果如表 2-5。

表 2-5： 措施层专家权重赋分结果表

指标	缓释消毒器	二氧化氯发生器	二氧化氯投加器	商品次氯酸钠投加器	商品液氯投加器	膜处理	电解食盐	紫外线
菌落总数合格率	45.5	20	40	80	100	100	100	100
总大肠菌群检测合格率	45.5	100	70	100	100	100	100	100
菌落总数合格率	52.4	62.5	47.1	90.6	83.3	100	100	100
总大肠菌群检测合格率	28.6	100	88.2	90.6	100	100	100	100
一次性投入成本	90	50	70	70	70	30	50	50
使用寿命	30	70	80	80	80	60	50	50
设备运行时是否需要电	90	10	10	10	10	10	10	10

指标	缓释 消毒 器	二氧化 氯发生 器	二氧化 氯投加 器	商品次 钠投加 器	商品液 氯投加 器	膜 处 理	电解 食盐	紫 外 线
设备运行时 是否全自动	10	90	90	90	90	90	90	90
产品工艺情 况*	40	80	80	80	60	90	80	70
是否有设备 平台监控系 统	10	50	50	50	50	50	50	50
加药是否与 流量建立相 关性	10	90	90	90	90	90	90	90
原料运输是 否便利	90	30	90	50	30	90	90	90
原料购买是 否便利	90	10	90	70	10	90	90	90
消毒效果是 否维持3天 以上	50	70	70	90	90	10	90	10
运维周期*	20	60	50	70	80	50	30	30
运行中是否 会产生有毒 有害物质	30	90	90	90	20	90	70	90
设备运行管 理时是否需 要穿戴防护 装备	90	90	90	90	20	90	90	90
一吨饮用水 费用情况	75	60	70	75	90	40	80	50

通过自编 excel 软件，对准则层和措施层的专家赋分结果分别进行一致性检验；一致性检验通过后，软件将自动通过矩阵模型计算缓释消毒器、二氧化氯发生器、二氧化氯投加器等 8 项措施对应准则层 18 项标准分项权重值，以及综合权重值（综合权重总值 1），计算得到的综合权重最高的措施为推荐措施，结果如表 2-6。

表 2-6： 措施层综合权重计算结果表

项目	缓释消毒器	二氧化氯发生器	二氧化氯投加器	商品次氯酸钠投加器	商品液氯投加器	膜处理	电解食盐	紫外线
权重	0.1092	0.1152	0.1267	0.1386	0.1218	0.1276	0.1355	0.1254

(3) 评价结果与分析

如表 2-6 所示：

①采用商品次氯酸钠投加装置消毒的方式，综合权重计算结果为 0.1386，为消毒效果、设备硬件和运行维护总体最优的设备。该设备也是目前城市水厂消毒设施改造所采用的主流方法，具有技术成熟、运行可靠、效果稳定等优点。但是，设备的运行对水厂的交通、电力等基础设施有要求。

②采用电解食盐设备消毒的方式，综合权重计算结果为 0.1355，为消毒效果、设备硬件和运行维护总体效果排名第二的设备。该设备运行安全、原料易得，是适应分散式供水水厂消毒的较好设备。但是，设备存在使用寿命和运维周期

较短，运行成本相对较高问题。

③采用膜处理设备消毒的方式，综合权重计算结果为 0.1276，为消毒效果、设备硬件和运行维护总体效果排名第三的设备。该设备是目前欧美、日本等国家解决分散式供水问题的主流方法，具有绝对安全、运行可靠、效果稳定等优点。但是，设备具有投资偏高、消毒持续性较差的问题，还需辅助其他手段，以维持消毒效果。

④采用二氧化氯投加器、紫外线、商品液氯投加器和二氧化氯发生器的消毒方式，综合权重计算结果为 0.1267、0.1254、0.1218 和 0.1152，为消毒效果、设备硬件和运行维护总体效果排名第四挡的设备。其中，商品液氯投加器消毒由于运行安全问题和消毒副产物问题，二氧化氯发生器由于原料购买限制和安全问题，均已逐步淘汰。二氧化氯投加器是目前值得推荐的消毒方式，具有消毒效果好、原料稳定易得等优点，但是，设备的运行受成本相对较高。紫外线消毒设备效果较好，但是存在使用寿命较短、持续消毒时间较短（没有余氯），适合特定条件下使用或者与其他消毒设备配合使用。

⑤消毒效果最差的为缓释消毒器，综合权重计算结果为 0.1092。

三、调研结论

(一) 农村饮用水达标提标任务较重

随着我省千万农民饮水工程的实施，我省农村饮用水状况得到较大的改善，饮水问题得到了基本的解决，但是与新时期人们对水质的高要求还存在差距。主要问题是供水保证率不足、水质达标率偏低，特别是乡镇水厂供水和单村水站供水工程中，还有 717 万人口饮用水不达标，占我省需达标人口的 89.3%。其中，单村水站因水质达标率低、规模化程度不高、建设标准不高、管护水平偏低等问题是我省农村达标提标工程的重点也是难点。

(二) 农村饮用水工程消毒设施现状不容乐观

微生物风险是威胁我省饮用水安全的最大风险，是影响农村供水工程水质合格率的主要原因，是广大农民喝上“放心水”的重要限制因素。消毒是控制微生物风险的有效手段，然而根据调查显示，我省农村供水工程存在消毒设备配备率不达标，消毒设备配置不均衡，消毒设施选择不科学，消毒设备使用不规范等问题，直接导致抽检水样“细菌学”指标成为主要超标项目。其中，城市管网供水工程，相应设备齐全，人员素质高，消毒设施配置和操作较为规范，供水水质显著高于乡镇和单村供水工程；乡镇供水工程基本也能够实现设备配备齐全、专人专管、制度上墙和常规水样监测工作；而单村水站消毒率较低，微生物指标的水质合格率不太理想，

出厂水和末梢水“生物学”指标合格率不到 40%。

(三) 全省农村饮用水工程消毒工艺呈现多样趋势

我省农村饮用水供水工程使用的消毒设备主要有缓释消毒器、二氧化氯发生器、二氧化氯投加器、商品次氯酸钠投加器、商品液氯投加器、紫外线消毒设备、电解食盐次氯酸钠发生器和膜处理等八种。其中，城市管网延伸供水工程中以商品次氯酸钠投加器消毒为主，占比 80%；乡镇供水工程中以二氧化氯发生器和次氯酸钠投加器消毒为主，各占 29%；单村供水工程中以缓释消毒器和二氧化氯投加器消毒为主，占比 71%。平原区普遍采用了商品次氯酸钠投加器消毒，比例达到 94%；丘陵区主要采用缓释消毒器、二氧化氯投加器和次氯酸钠投加器，占比 83%。

(四) 现有消毒设备使用效果评价结果

根据层次分析法评价结果，商品次氯酸钠投加装置的消毒效果、设备硬件和运行维护总体评价最优，该设备也是目前城市水厂消毒设施改造所采用的主流方法。电解食盐次氯酸钠发生器原材料易得、使用安全，适合分散式供水工程的消毒。膜处理设备是目前欧美、日本等国家解决分散式供水问题的主流方法。二氧化氯投加器、二氧化氯发生器、商品液氯投加器和紫外线的消毒方式第四，但是商品液氯投加器消毒存在运行安全问题和消毒副产物问题，二氧化氯发生器由于原料购买限制和安全问题，均已逐步淘汰，二氧化氯投

加器是目前值得推荐的消毒方式，紫外线在适合特定条件下使用，或者与其他消毒设备配合使用。在我省农村单村供水工程中应用最为普遍，但因为消毒效果不佳、自动化程度低，运维周期长、不能按流量投加等原因导致综合评价最低的是缓释消毒器。

四、存在的问题及建议

（一）存在主要问题

1. 管用水人员认识有待深入化。调研发现，少部分县级管水人员和技术人员由于专业限制和工作任务较多，对饮用水消毒工艺不了解、不重视，存在懈怠思想，不能主动学习和谋划消毒设施设备的建设管理；同时，在消毒设施设备的采购过程中也不能很好地结合地方实际选择合理的消毒工艺。较多的基层水厂管理员和农民用水户认为加了消毒剂的水有气味，不安全，对消毒设施的配置和使用存在错误的认知，抵触情绪较为明显。在调研过程中发现有近三分之一的饮用水工程因为口感问题，农户不愿意饮用经过消毒的自来水，导致工程配置有消毒设备而不运行的情况。

2. 消毒设施配备有待规范化。本次调研的结果显示，我省农村饮用水工程消毒设备的配备情况距离规范要求还有较大的差距，具体表现为消毒设备配备率不高、地区间发展不平衡、不同规模水厂发展不平衡。

①消毒设备配备率不高。根据调研，我省仍有 30.5%的

农村饮用水工程没有配置消毒设备，尤其是农村单村供水工程的消毒设备配置率为 51%。这一数据反映到上一阶段的“明查暗访”的结果就是“细菌学”指标成为各地水质不达标的主要超标项目。由此可见，我省农村饮用水消毒设施配置尚未达到规范提出的基本要求，出水水质不能得到有效的安全保障，离人民群众“喝好水”的目标还有较大的距离，重点工作应该是在实现消毒设备的全配备，并逐步对现有消毒设施进行提标改造。

②消毒设备配置地区间、工程间不平衡。根据调研，目前全省各地消毒设施的配置还存在发展不均衡的问题：一是不同区域消毒设备配置不均衡，平原区 94.4%的工程采用了与城市水厂相同的商品次氯酸钠投加器，而丘陵区尚有 42.2%的工程还在使用出水水质合格率低、工艺相对落后的缓释消毒器和城市水厂已经淘汰的液氯投加器；二是不同类型水厂消毒设备配置不均衡，城市管网延伸工程 80%采用了商品次氯酸钠投加器消毒，联村供水工程则尚有 33.3%的工程在使用缓释消毒器和液氯投加器，单村水站更是有 43.9%的工程在采用缓释消毒器。由此可见，我省不同地区、不同规模工程的消毒设施配置情况差异较大，要真正实现“城乡同质”标准还有较长的路要走，重点工作应该放在丘陵区的，量大面广的联村水厂和单村水站的消毒设备的提标改造上。

3. 消毒设备选择有待科学化。目前，市场上饮用水消毒设备生产企业众多，消毒设施设备种类繁多，仅本次调研提出的常用消毒工艺就有 7 大类，通过调研获取数据进行对比的消毒设备有 8 种。不同消毒工艺和设备其适用条件和要求不同，但是，县级水行政主管部门因专业跨度较大、提标工作繁重、人员变动较大，在消毒设施设备招标和采购过程中，不能很好的根据供水工程的水源水质、经济条件、交通状况、供水工艺、配套工程、管理水平等状况确定消毒设备；而消毒设备企业往往以推销自身设备，追求利润为主线，不能完全科学、客观的根据供水工程实际制定消毒方案，推荐消毒设备。典型案例有，仍有 24.4%的工程采用了技术相对落后的缓释消毒器，并且相关建设和管理人员还坚持认为缓释消毒器便宜好用；部分采用成品次氯酸钠投加的水厂管理人员，并不清楚次氯酸钠使用条件为 pH8.0 以下；水厂设计人员并不清楚部分消毒设备需要充分的消毒混合时间，安装位置对消毒效果有很大的影响等。由此可见，由于消毒工艺与水厂特点不符，配置标准不高，导致供水工程消毒效果不稳定，重点工作应放在提高专业技术支撑服务方面。

4. 消毒设备运维有待专业化。本次调研发现，消毒设备使用的不规范也是导致消毒效果不理想的重要影响因素，具体表现为：一是消毒剂使用量不精准，未按规定时间投放消毒剂，过量投加和不足量投加消毒剂的问题同时存在。未按

规定时间投放消毒剂会造成消毒剂余量不足，过量投加容易造成消毒副产物的增加，投加量不足则难以发挥消毒效果。二是消毒剂存放不合理，消毒剂具有一定的腐蚀性和危险性，不合理存放和投加有爆炸、腐蚀、中毒的危险。三是设备操作不规范。目前我省单村供水工程中从事工程管理工作的人员在专业素质和业务能力等方面存在明显的不足，缺乏专业的培训，他们对消毒设备操作管理等方面知识掌握不够，加上在管理过程中没有良好的考核机制，导致消毒设备没有在实际运行过程中发挥出预期的效果，更是存在一定的安全隐患。因此，下阶段要结合县级统管任务的落实，重点要抓好运行维护工作，让专业的人来做专业的事。

5. 水质分析检测有待常态化。供水工程进行水质指标检测，特别是消毒控制指标检测，对于及时发现水质问题，保证饮用水安全至关重要。然而，在我省农村供水工程中，不同类型供水工程在水质检测方面差异较大。管网延伸水厂和乡镇供水厂往往能配备检测设备并正常开展水质检测工作，但单村水站基本没有配备检测设备，也不开展日常化验，主要由卫生医疗部门在丰、枯水期开展取样抽检，部分位于偏远山区的单村供水工程甚至在投入运行后就再没有进行水质化验，存在饮水安全隐患。因此，下阶段要重视饮用水安全问题，由县级统管单位牵头落实常态化水质检测。

(二) 意见建议

1、转变思想，提高群众接受度。建议各级水行政主管部门通过图片、数据、视频等多种方式积极向广大农民群众宣传饮水卫生安全方面的知识，让百姓能够对水质有更为准确的认识和了解，提高对消毒设施的重视，从被动接受到主动要求和监督消毒设施的配置和运行，发挥农民的主体作用。

2、典型引路，总结推广先进经验。建议地市县结合地区实践，及时总结好的经验和做法，省级水利部门通过网络专版、交流会议等形式搭建交流平台，做好典型做法的推广和宣传，以点带面，推动全省农村供水工程的全面提升。

3、因地制宜，科学选择消毒工艺。建议水厂建设时从经济、安全、有效、实用等方面充分考虑，选择先进适用的消毒工艺，并结合工程的交通运输条件和电力基础设施等，因地制宜选择适合的消毒设备。根据本次调研的消毒设备使用效果评价结果，建议①淘汰缓释消毒器且逐步更新液氯投加器；②供水规模 $200\text{m}^3/\text{d}$ 以上的农村供水工程优先选择商品次氯酸钠投加消毒技术及设备，以保证管网末梢消毒效果达标；③供水规模小于 $200\text{m}^3/\text{d}$ 的小型供水工程，交通运输条件和电力基础设施允许的可优先选用商品次氯酸钠投加装置；交通条件较差的，但是电力基础设施允许的，可以采用二氧化氯投加器和电解食盐次氯酸钠发生器；交通和电力条件都不具备的，可以考虑采用太阳能二氧化氯投加器，或

者微电解次氯酸钠发生器；④经济条件、水质允许的可以率先采用消毒效果好，不产生消毒副产物的膜处理、紫外线，并辅以配套消毒设施；原水溴离子浓度低，pH 值较低，供水管网较短，可采用臭氧消毒设备。

4、县级统管，落实管理专业化。建议我省农村饮用水工程建设要注重创新管理技术，实现供水工程消毒设备的三化建设，即信息化、可控化和自检化。另一方面要优化管护模式，全面建立健全农饮水县级统管长效管护机制，明确管护经费、组建管护队伍、强化日常监管，实现管理专业化。

5、多措并举，以水价计费促节约用水。我省农村饮用水达标提标工程需多措并举，进一步加强水源保护，完善工作制度，落实工作责任，加强工作指导，开展人员培训，降低用电、税收费用等。在保障消毒设备正常运行方面，建议县级统管部门和水行政主管部门尽快落实水费收缴，改变农村居民粗放式的用水习惯，收缴的水费也可补充保障供水工程的运维管理经费，提升供水水质和保证率，使农村供水工程步入良性循环轨道，在水价制定方面，建议管理部门结合实际制定灵活的水价制度，优先采用水费累进加价制。同时针对目前市场上饮用水消毒设备众多，相同消毒工艺的不同消毒设备型号、企业成千上万，质量和价格差异巨大，科学选择消毒设备较为困难的现状，建议相关部门尽快制定消毒设备标准，加强监督管理、控制产品准入，为消毒设备创造

一个公开、公正、公平的市场竞争环境，保证消毒设备的安全和质量。