

# 饮 Yin Shui 水



农村饮水安全是指农村居民能够及时、方便地获得足量、洁净、负担得起的生活饮用水，其评价指标包括水质、水量、用水方便程度和供水保证率四个方面。农村饮水安全工程是一项推动实施乡村振兴战略、全面建成小康社会的重大民生工程。为解决石漠化地区农村饮水安全问题，20世纪90年代初，当地村民在政府的指导和资助下，修建收集雨水的分散供水工程（蓄水池）。2020年给蓄水池加盖，以减少水分蒸发，防止污染物掉入。已建成的蓄水池能够积蓄大量雨水，基本满足村民生活用水的需求，但由于未配套设置水质处理和消毒设施，无法保障饮用水安全。大数蓄水池水质指标中的色度、浑浊度、pH值、肉眼可见物、菌落总数、总大肠菌群等不能满足生活饮用水卫生标准的要求，严重影响村民的身体健康。为净化水质，保障饮用水安全，选择广西河池市东兰县三弄瑶族乡全洞村不同类型集流场的蓄水池所采用水质净化处理技术作为研究对象。

## 石漠化地区集雨饮用水水质安全 处理技术研究

文\_杨青（广西交通职业技术学院，教师，讲师）



东兰县三弄瑶族乡集雨水柜



露天地头水柜



藻类密布的地头水柜



集雨水柜水面漂浮物污染



集雨水柜容积小用途多

## 一、集雨蓄水池水质安全现状调查与评价

广西28个县的大石山区面积占全县面积的40%以上，正在使用的家庭水柜有6.5万多个，有50多万人使用集雨水柜。自2015年7月开始，选择广西河池市东兰县三弄瑶族乡全洞村进行集雨饮用水水质安全的调查和研究工作，根据集流方式、集流场地、蓄水池上沿与地面的高差、是否加盖等要求，选择20个水柜进行研究。水质监测频率为每年2次，监测时间分别为每年的7月（雨季）和1月（旱季），连续监测3年。

监测的水质指标包括感官性状指标——色度（铂钴色度）、浑浊度（散射浑浊度）及肉眼可见物，一般化学指标——pH值，微生物指标——菌落总数和总大肠菌群等6个指标，按照《生活饮用水卫生标准》（GB 5749—2006）评价水质情况，采用单因子指数法进行监测。监测数据表明，3种集流场20个水柜的色度、浑浊度、菌落总数、总大肠菌群均有不同程度的超标现象，个别水柜的pH值偏碱性。集流场为自然坡面的水柜水质最优，集流场为庭院的水质最劣。雨季水质的色度、浑浊度、肉眼可见物含量均高于旱季，无盖且集水面位于地下的水柜水质污染最为严重，尤其是色度、浑浊度和微生物学指标。

## 二、集雨蓄水池水质污染的原因及途径分析

集雨蓄水池的水质污染程度与大气环境质量、集流方式、集流场地及场地材料、集流口和地面的相对位置关系、是否加盖、用水习惯、日常维护管理等因素有关。

### （一）降雨时空气中的污染物流入蓄水池

大气相当于雨水的源头，大气环境质量影响降雨的质量。空气中的气态污染物（SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、NH<sub>3</sub>、H<sub>2</sub>S等）、颗粒态污染物（PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>等）、农药等挥发性有机物、气溶胶等污染物随着降雨进入蓄水池，雨水在落地前就被污染。

### （二）集流场上的污染物是造成蓄水池水质变差的主要原因

集流场分为庭院集流场、屋顶集流场和坡面集流场3种类型。偏远农村的庭院集流场通常具有多种功能，不下雨时晾晒谷物、衣物，堆放农具、化肥、农药等，降雨时雨水冲刷集流场上的污染物，携带生活垃圾、动物粪便、建筑施工材料废弃物、堆积肥料和农药残留物、草垛及落叶等有固态废弃物碎屑进入蓄水池导致水质变差，也导致雨水的水质因空间及时间的不同而有所差异。屋顶集流场又分为瓦屋面收集和混凝土屋面收集，瓦屋面因人为活动干扰小，所以雨水水质较好；混凝土屋面雨水水质相对复杂，人员活动频繁，人为干扰大。大石山区农村水柜大多分布在半山腰，调查样本中32%的水柜集流面是自然坡面，其中，90%的集流坡面较平缓，坡面有植被覆盖，坡面集流场的雨水水质较优。

### （三）雨季路面污染物流入蓄水池

部分蓄水池边沿位于地下或半地下，雨水携带地面垃圾、动物粪便等污染物流入蓄水池，导致色度、浑浊度、有机物及微生物超标。

### （四）长时间储水水质变差

由于蓄水池的水是不流动的，属于“死水”，水中含氧量降低，厌氧菌大量繁殖，水中的有机物得不到有效降解，最后发酵、变质，使水体发臭。



露天水柜水质检测现场

### 三、水质净化技术研究

现有的净水设备对集雨蓄水池的水质净化能力不足。西部偏远地区用水农户居住分散，一户一个小山头，这决定了水质净化设备的研制方向主要是针对以单个家庭为用水单元的小型或者微型设备，需解决的集雨水质污染问题则是水体浑浊和微生物超标问题。尽管目前市场上已有许多供家庭使用的净水器，但这些净水器对城市自来水进行二次净化，主要去除水中重金属物质、矿物质等，雨水处理效果无法体现，且初期投入及日常维护费用较高，农户难以承受。为解决该问题，项目组成员就蓄水池水质净化技术进行现场试验，因地制宜，形成“物理处理技术+化学处理技术+生物处理技术”的集雨蓄水池水质净化处理方案。

#### （一）水质净化处理技术

##### 1. 源头预防、卫生防护是关键

地处偏远山区的农村受工业污染影响较小，雨水中的污染物大部分来源于农业生产和生活污染，设置卫生防护距离是保护饮用水源的有效途径。在蓄水池周围划定防护距离，防护距离内不允许建化粪池、禽舍等，不能堆放农具、农药、化肥和生活垃圾，蓄水池池沿应高出地面30~50厘米。集流场应保持清洁卫生，定期打扫枯枝落叶和清除鸟粪。密闭蓄水池可以有效拦截流入蓄水池的污染物，还能减少水分蒸发，既能保护水质又能调节水量。

##### 2. “弃流”初期雨水

冲刷集流场的初期雨水污染物浓度最高，应做“弃流”处理以降低蓄水池污染物的原始浓度，弃流的雨水可用来冲洗厕所等。弃流量根据集流场面积和3毫米降水量来确定，在集流口安装“弃流”装置来控制弃流量。弃流装置及其工作原理：初期雨水弃流装置是一个带有控制阀的弃流池，设置浮球控制阀，浮球控制阀随着弃流池水位的增加而上升，当达到设定水位的高度时，浮球阀进入雨落管内堵住雨落管出口，弃流池被完全关闭，后续的雨水沿着雨水收集管道进入水质预处理构筑物内进行处理。

##### 3. 物理处理技术

在蓄水池前设沉砂池，蓄水池底部安装慢滤系统。沉砂池及慢滤系统工作原理：在蓄水池前增设一个沉砂池，雨水在沉砂池停留一定的时间后，雨水中粒径大于0.20毫米，密度大于2650千克/立方米的沙粒将沉降到沉砂池的底部，雨水的浑浊度可降低到3度。在蓄水池底部安装慢滤系统，慢滤系统由两层滤料组成，上层为30~40厘米厚的纯石灰岩中粗颗粒，下层为50~80厘米厚且粒径为0.30~1毫米的石英砂或普通河砂。通过慢滤系统的水质浊度近乎零，有机物、微生物等均得到降解。慢滤系统不需要额外的动力装置和化学药剂，管理简单，运行稳定可靠，净化成本低，可应用于经济水平、管理水平低和技术落后的广大农村地区。



家庭水柜



农村集中供水工程

#### 4. 化学处理技术

(1) 加混凝剂使水质澄清。水质净化用的混凝剂大致可以分为无机混凝剂、有机混凝剂和高分子混凝剂3类。混凝过程就是在水处理过程中加入混凝剂，使杂质产生凝聚、絮凝的过程，达到去除浊度和细菌的效果。絮凝剂有很多品种，根据水柜水质情况选择混凝效果好、无毒害作用、成本低和管理方便的混凝剂，通过混凝试验计算混凝剂的投加量，避免过度使用从而引入其他污染物。

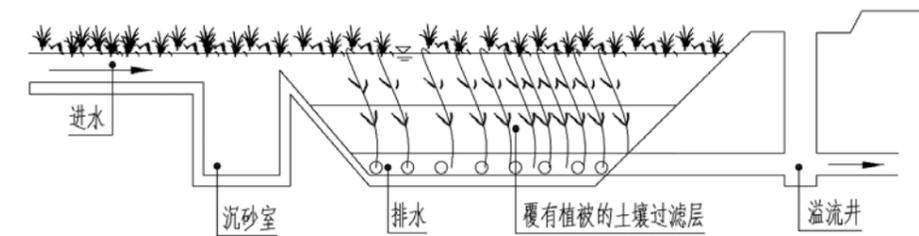
(2) 加醋酸调节pH值。石漠化地区饮用水的pH值在6.5~8.5范围，偏碱性的饮用水可以用食用醋进行调节，使水质的pH值降至安全范围。食用醋投加量根据水量和pH值来计算。食用醋调节pH值简单、方便、快捷，但是蓄水池内衬大多为碱性的水泥层，耐酸性差，醋酸不能直接投入到水柜中，但新建的水泥池在蓄水前可以用食用醋来除碱。

#### 5. 消毒技术

为解决菌落总数、总大肠菌群超标问题，杜绝传染病的发生和流行，保证人体健康，生活饮用水必须进行消毒处理。目前我国用于饮用水消毒的方法主要有漂白粉消毒、紫外线消毒和臭氧消毒。农村分散式供水适合用漂白粉消毒，每天的早晨和午后向蓄水池内投加漂白粉溶液，投加量根据蓄水量来计算，也可以根据蓄水池的直径计算漂白粉溶液和水面高度关系来选择投加量。

#### 6. 生物处理技术——土壤过滤技术

土壤过滤技术是生物处理技术之一，土壤过滤对于营养物质和重金属有较好的祛除效果，适合处理浑浊度和有机物含量较高的初期“弃流”雨水和农村生活污水，土壤中含有有机质、植物根系及微生物，这些物质对水质的色度、浊度及有机物的处理效果明显。经过土壤过滤系统的初期雨水和生活污水，可用于清洗厕所、清扫禽舍、浇花种菜等。

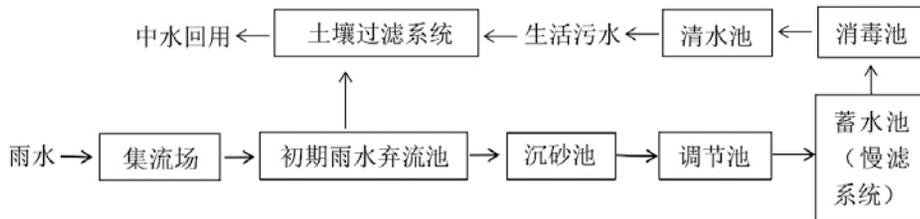


土壤过滤系统

#### (二) 水质处理工艺

采用“分质分类”水质处理原则，将“弃流”的初期雨水和弃流后的雨水分开处理，“弃流”的初期雨水和生活污水中的有机物含量较高，可采用土壤过滤系统处理，经土壤过滤系统过滤后，水中有机物降解率可达95%，细菌去除率达90%以上，达到“中水”水质质量标准，可作为景观用水、清扫农舍、禽舍用水，能有效缓解水量的不足的问题。弃流处理后的雨水水质处理，以使浑浊度、色度及微生物指标达标为主，可通过絮凝沉淀、慢滤技术和消毒工艺进行处理。雨水进入慢滤系统前已经在沉砂池、调节池进行预处理，过滤掉粒径较大的颗粒物，通过调节pH

值，缓解慢滤系统的处理压力。水经过慢滤系统后，水质浑浊度得到极大改善，有机物得到有效降解，大部分微生物得以去除。经过消毒池的漂白粉消毒杀菌，微生物被进一步处理，水质检测微生物指标满足《生活饮用水卫生标准》（GB 5749—2006）的要求。



雨水水质净化及利用工艺流程图

#### 四、结语

目前，我国西南偏远地区仍有300万人依靠收集雨水解决饮用水问题，饮用水水量安全已基本满足，但水质安全问题还比较突出，大部分集雨饮用水系统缺乏过滤和消毒装置，蓄水池的色度、浑浊度、pH值、微生物等指标超标。水质超标的原因和蓄水池的内衬材料、集流场地、水池边沿和地面的高度差及村民的卫生习惯等有关。大量的监测调查数据显示，偏远山区远离工业污染源，雨水水质良好，蓄水池水质污染受集流场、蓄水池周边环境的影响较大，蓄水池周边及集流场设置安全防护距离能够有效阻止污染物进入蓄水池。同时，长期储存在蓄水池的雨水容易滋生细菌，已建成的蓄水设备、场地不能改变，只能因地制宜，针对不同类型的家庭水柜开展水质净化消毒新技术试点工作，推广设备简单、管理方便、运行成本低的净水设备。🏠