

# Research and Practice on Water Purification Technology for Rainwater Collection and Storage Tanks in Rocky Desertification Area

Xiaming Lu Qing Yang

Guangxi Transport Vocational and Technical College, Nanning, Guangxi, 530021, China

## Abstract

The rocky desertification area in southwest China is a typical arid area in our country, and the shortage of drinking water resources is one of the main water resources problems in this area. The region's economy is relatively backward, there is no special fund to drill deep wells, secondary or tertiary pumping and other ways to obtain drinking water, local residents can only rely on rainwater collection and storage tanks to store rainwater as drinking water. However, the water quality of existing reservoirs does not meet the standards and cannot meet the requirements for drinking water. In this paper, a representative reservoir in Quandong Village, Sanong Township, Donglan County, Hechi City, Guangxi Province, is taken as the research object to study water purification technology, and effective treatment measures are proposed from the aspects of source prevention, process control and end treatment, so as to provide users with an economical and feasible drinking water safety solution.

## Keywords

rocky desertification; rainwater collection and storage tank; initial rainwater abandonment; ecological water retention ditch; slow filtration technology

# 石漠化地区集雨蓄水池水质净化技术研究与实践

陆夏铭 杨青

广西交通职业技术学院, 中国·广西南宁 530021

## 摘要

西南石漠化地区是中国典型的干旱地区, 饮用水资源匮乏是该地区的主要水资源问题之一。该地区经济相对落后, 无专项资金通过钻探深井、二级或三级抽水等途径获取饮用水, 当地居民只能依赖集雨蓄水池蓄积雨水作为饮用水。然而, 现有蓄水池水质不达标, 无法满足饮用水的要求。论文以广西河池市东兰县三弄乡全洞村具有代表性的蓄水池作为研究对象进行水质净化技术的研究, 从源头防治、过程控制及末端治理等方面提出有效的治理措施, 为用户提供经济可行的饮用水安全解决方案。

## 关键词

石漠化; 集雨蓄水池; 初期雨水弃流; 生态拦水沟; 慢滤技术

## 1 引言

西南石漠化地区是中国西南地区的一个重要地理区域, 也是典型的干旱地区之一。由于地理环境和气候条件的限制, 该地区的水资源非常匮乏, 居民生活和农业灌溉都面临着严重的水资源短缺问题。为了解决这一问题, 当地居民通

常依靠集雨蓄水池来获取水源。然而, 由于缺乏有效的水质净化技术, 现有蓄水池的水质达不到饮用水卫生标准, 无法满足当地居民对达标饮用水的需求。因此, 研究石漠化地区集雨蓄水池水质净化技术对于改善当地水资源短缺问题具有重要的现实意义。

## 2 集雨蓄水池水质现状

### 2.1 石漠化缺水地区集雨蓄水现状

为收集季节性降水或者其他水源, 保证集流量以满足饮用水量的要求, 往往要建设集流场, 集流场通常分为屋顶集流场、庭院集流场和坡面集流场等三种类型。因屋顶集流场和庭院集流场受人为生产活动影响比较大, 污染物多且复杂, 慢慢地被坡面集流场取代。现有的坡面集流场一般在半

【基金项目】2020年度广西高校中青年骨干教师科研基础能力提升项目《助力精准扶贫——石漠化地区集雨饮用水水质净化技术研究》(项目编号: 2020KY34023)。

【作者简介】陆夏铭(1979-), 女, 壮族, 中国广西南宁人, 硕士, 副教授, 从事水环境监测与治理、环境影响评价等研究。

山腰以上, 远离人为活动干扰, 坡缓且地表植被丰富。

坡面集流场是坡面集水蓄水工程的重要组成部分。坡面集水蓄水工程一般由坡面集流场、拦水沟、蓄水池、水窖、沉沙凼、排灌渠等组成, 通过对坡面地表径流的合理收集、管理和应用, 实现水土保持的同时进行生态保护, 是一个综合水利工程。但是石漠化地区由于经济条件限制, 很多用户的蓄水工程没有拦水沟、沉沙凼和排灌渠, 直接将坡面集流场的雨水收集到蓄水池静置使用, 无净化、消毒和杀菌措施, 具体如图1所示。

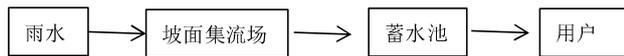


图1 现有集雨蓄水工程工艺流程图

## 2.2 农村饮用水安全评价准则

中国水利协会在2018年发布的《农村饮用水安全评价准则》对农村饮用水安全进行了界定。农村饮用水安全指的是农村居民能够及时取到足够的生活饮用水且长期饮用不影响人身健康, 评价指标有水量、水质、用水方便程度和供水保证率四个方面, 四项指标全部达标才能评价为安全, 四项指标中全部基本达标或者基本达标以上才能评为基本安全, 四项指标中只要有一个指标达不到基本安全指标的即为饮用水不安全。水质指标又从四个方面来评价: 分散式供水水质通过肉眼观察无颜色和可见物, 鼻子闻水中无异味, 嘴尝无涩涩感觉, 摸水无稠度, 可初步判断为饮用水水质安全<sup>[1]</sup>。

## 2.3 集雨蓄水池水质质量状况

为调查集雨蓄水池水质质量状况, 选择广西壮族自治区河池市东兰县三弄瑶族乡全洞村的具有代表性的蓄水池作为研究对象, 根据水源、集流方式、集流场地、蓄水池上沿和地面的高差、是否加盖等20个指标对蓄水池进行调查和研究工作。根据研究地降雨季节性分布情况, 选择丰水期和枯水期两个时期分别对水质进行监测, 雨季一般集中在5月到10月, 旱季一般集中在11月到次年的4月, 水质监测时间的特征月份分别为1月和7月。在根据监测结果, 大部分蓄水池水质基本满足T/CHES18—2018《农村饮用水安全评价准则》中关于分散式供水水质指标的要求, 基本安全; 按照GB5749—2006《生活饮用水卫生标准》进行评价<sup>[2]</sup>, 三类蓄水池的色度(铂钴色度)、浊度(散射浊度)、菌落总数、总大肠菌群等指标均有不同程度的超标现象, 坡面

集流场及有山泉水补充的蓄水池水质较优, 庭院集流场的水质较差, 雨季水质的色度、肉眼可见物含量、浊度均高于旱季, 无盖且集水面低于地面的蓄水池水质污染最为严重, 尤其是浊度、色度和微生物学指标。

## 3 集雨蓄水池水质污染的原因及途径分析

蓄水池水质污染的原因主要包括以下几个方面: 首先, 雨水下降过程中溶解和携带空气中的污染物如酸性气体, 挥发性有机物等, 导致雨水落地时已经被污染, 空气质量决定雨水质量, 空气中污染物及含量少, 则雨水的污染物就少, 反之, 雨水就越脏; 其次, 雨水冲刷集流场的污染物, 如枯枝败叶、土壤胶体、牛羊粪便和动物尸体等, 这些污染物进入蓄水池, 导致水质进一步受到污染; 最后, 由于长期储存在蓄水池内, 细菌得到了滋生和繁殖的机会, 进一步恶化了水质。此外, 蓄水池的底泥未定期清理, 也会导致水质污染。这些因素共同作用, 导致了石漠化地区集雨蓄水池水质遭受不同程度的污染。

村民对饮用水卫生安全的认识不到位, 未能按照地方政府指导意见对水质进行清洁和消毒再使用, 用水习惯不够科学, 如雨季水质浑浊时未使用明矾沉淀净化后再使用, 或者煮沸消毒后再饮用。缺乏相应资金, 对蓄水池日常维护和管理的投入较少, 缺乏水质自我管理和自我监测的能力, 无应对措施。

## 4 水质净化技术研究与实践

### 4.1 水质净化技术路线

集雨蓄水池水质污染主要来自三个方面, 即大气污染物、集流场污染物、长期储存在蓄水池内产生的污染物等, 需要分阶段分情况进行研究和处理。可以通过弃流初期雨水的方式去除或者减少大气污染物、集流场污染物对水质的影响, 降低浊度、水中有机物和微生物的含量; 通过慢滤技术进一步降低浊度、有机物和微生物的含量; 使用前一晚用小容量水桶进行絮凝沉淀, 然后用次氯酸钠进行消毒或者煮沸再使用。处理技术工艺流程如图2所示。

### 4.2 水质净化技术研究

#### 4.2.1 初期雨水弃流

①初期雨水弃流原理。

初期雨水除了在空中溶解空气中污染物之外, 降落到地面以后冲刷集流场携带集流场上的污染物, 如动物粪便、枯枝落叶、土壤等, 是最“脏”的水, 应当“弃流”处理,

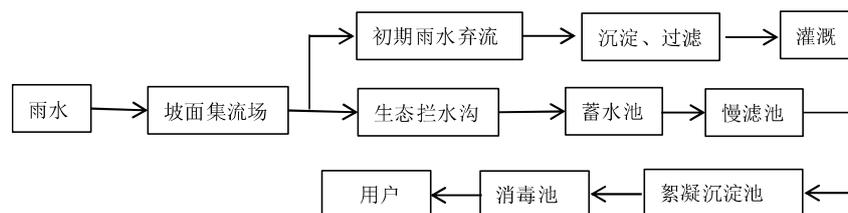


图2 水质净化技术路线图

弃流初期雨水可以大大降低蓄水池污染物原始浓度,降低水质净化压力。弃流初期雨水就得设置弃流过滤装置。初期雨水弃流过滤装置一般有时间控制和雨量控制两种,一般选用雨量控制器。初期雨水弃流过滤装置的工作原理是:弃流过滤装置设置有雨水收集管道和雨落管出口,设有一个悬浮控制阀门,随着弃流池内水位的上升悬浮控制球阀也随着上升,当达到设定水位高度时,悬浮控制球阀进入雨落管内,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到水质预处理单元中进行进一步的处理。弃流池内有隔栅过滤装置,可对初期弃流雨水进行初步过滤,初步过滤的雨水可以进行农业灌溉或者清洁打扫。污染物可以自动排出,能有效延长弃流装置的使用寿命。这种弃流过滤装置简单、高效、无需电源,适合分散于各个山头的集水点<sup>[1]</sup>。

#### ②初期雨水弃流量的设计。

水质监测数据表明初期雨水的浊度、BOD<sub>5</sub>、菌落总数的浓度远远高于后续来水,为研究雨水中的浊度、BOD<sub>5</sub>、和菌落总数和降雨深度的关系,取不同降雨深度的水质进行分析,1月基本是断流状态,无法取到相关的数据;7月是雨季雨水丰富,随着降雨深度的增加,收集雨水中的浊度、BOD<sub>5</sub>和菌落总数都有不同程度的降低,降雨深度为3mm时,雨水中的浊度仅仅为最初收集的雨水浊度的30%,随着降雨深度的继续增加,浊度降低得不是很明显;降雨深度为2mm时,BOD<sub>5</sub>和菌落总数仅为最初雨水的25%。随着降雨深度的继续增加,BOD<sub>5</sub>和菌落总数的变化不是特别明显。根据以上变化规律,初期雨水弃流量应不少于3mm。弃流池的容量根据弃流量来进行设计。

#### 4.2.2 生态拦水沟

拦水沟是坡面水系工程的重要组成部分,为降低水流对土地的冲刷作用,对坡面的地表径流进行拦截而修建生态拦水沟,可以预防泥沙随地表径流下泄的同时有利于农业生产的发展和蓄积生活饮用水,有利于生态环境的保护。为有效进行水质污染源头控制,生态拦水沟的设计不仅能满足拦截地表径流的要求还能净化水质。拦水沟根据地势情况进行修建,因地制宜,充分考虑地形、土壤类型、植被覆盖情况等因素,应选择坡度适中,地表径流较大的地区,以达到最佳的拦截效果。

根据地表径流情况、水流速度等设计生态拦水沟的长度和宽度,拦水沟两侧或者底部种植适宜的植被以增加拦截效果,减少水土流失,降低雨水浊度,拦水沟上方有盖板或者设置覆盖拦污格栅,拦污格栅的材料应无毒有害物质析出、经久耐用,易更换和管理等。在偏远的石漠化地区,经济落后,推荐使用混凝土拦污格栅,混凝土拦污格栅强度高,耐腐蚀性好,经久耐用,根据研究当地的雨水性质及人工清渣方式,拦污栅条宽度宜在30~50mm之间,栅条净间隙在15~30mm之间。当雨水经生态拦水沟的拦污格栅时,雨水中的部分悬浮物、漂浮物、有害物质得以去除,这大大降低

拦水沟内水质的浊度。拦水沟两侧和底部的植被可以吸附雨水中的有机物、N、P等。

#### 4.2.3 集雨水生物慢滤处理技术

为研究生物慢滤处理技术对集雨水水质的处理效果,参考相关文献研究的成果设计生物慢滤试验装置,生物慢滤试验装置由进水箱和生物慢滤反应器组成,生物慢滤反应器是本次试验装置最核心的部分,是由透明的有机玻璃制成的圆柱体,有机玻璃柱内径为200mm,高为1.5m,由下而上分为承托层和滤料层,底部承托层由细碎石和粗砂组成,高度为0.1m;承托层上部铺设石英砂滤料,滤料层总高度为0.9m,滤料粒径为0.15~1.35mm<sup>[4]</sup>。通过改变不同的滤料粒径进行试验,研究滤料粒径对污染物去除效果、运行时间、微生物黏膜成型时间、产水量等途径之间的关系。

根据试验结果,结合课题研究的主要目的,在广西东兰县三弄乡全洞村进行现场试验,试验结果表明生物慢滤反应器运行初期主要是靠机械过滤作用降低浊度,对细菌总数的去除效果较差;运行20天后,滤料表面的微生物黏膜层形成并发挥过滤和吸附作用,对细菌的去除效果明显提升。滤料的粒径、滤料高度、滤速及温度等对浊度、细菌总数的去除效果均有影响,最佳的滤料粒径为0.3~0.6mm,滤料装填高度为0.6~0.8m,运行适合温度为18℃~35℃,滤速最优为0.2~0.5m/h。经生物慢滤技术处理后的集雨水的浊度达到生活应用水水质质量标准,若滤速小于0.4m/h集雨水的细菌总数也会达到《生活饮用水卫生标准》的限值要求<sup>[5]</sup>。

#### 4.2.4 絮凝沉淀

雨季水质浑浊是山区供水工程普遍存在的现象,使用絮凝剂是降低雨水浊度的有效办法,根据研究所在地的地势情况及日常用水情况,从慢滤处理器出来的水饮用前使用絮凝剂来清洁,去除悬浮物和颗粒物,提高水质的透明度。絮凝剂可以通过吸附和凝聚的方式将悬浮物和颗粒物聚集成较大的团块,从而便于沉淀和过滤处理。只要通过投放适量的混凝剂,再经过沉淀、过滤即可作为生活饮用水,不会对身体造成伤害。每户家中增设储水缸(桶),用食用明矾块直接对储水缸(桶)里的源水搅拌3~5min,然后再静置2~3小时后即可。储水缸(桶)必须每日清洗。

#### 4.2.5 水质消毒技术

为消除水中细菌、病毒、原生动物胞囊等致病微生物,防止通过饮用水传播疾病,蓄水池的水使用前必须消毒,如果不消毒,可能会导致肠道疾病,甚至会引发传染性疾病事件发生。蓄水池水质消毒的常用方法有次氯酸钠消毒、二氧化氯消毒、臭氧消毒和紫外消毒等<sup>[6]</sup>。根据实际情况选择合适的消毒方法,并根据水质监测结果调整消毒剂的投加量,确保消毒效果。建议村民使用食品级漂白粉进行消毒,然后再煮沸使用。食品级漂白粉是一种有毒的化学物质,合适的浓度可以对食物进行漂白和处理,需严格按照使用说明进行正确使用,1t雨水加有效氯含量在25%~30%之间的食用级

漂白粉 10g。操作方法为：量取 10g 的漂白粉溶于少量水中调成糊状，再加水搅拌均匀静置，取上清液倒入待消毒水中并搅拌，30min 后可使用。切记不要干撒使用。水温高杀菌效果好，如果温度低可适当增加漂白粉的用量。

## 5 水质净化效果

保护集流场、弃流初期雨水和设置生态拦水沟等措施，可以有效降低进入蓄水池的污染物含量，从源头上有效控制污染物，减少水质污染的风险。实验结果显示，通过保护集流场、弃流初期雨水和设置生态拦水沟等措施，可以使蓄水池的浊度下降 50% 以上，明显改善水质。生物慢滤技术对水质进行进一步处理，大大降低浊度、细菌总数和大肠菌群等；使用絮凝剂清洁水质，可以有效去除悬浮物和颗粒物，提高水质的透明度。实验结果表明，使用絮凝剂后，蓄水池的悬浮物和颗粒物浓度明显降低，水质透明度提高了 30% 以上。消毒处理可以杀灭水中的细菌和病原体，确保水质安全，满足饮用水的要求。实验结果显示，经过适当的消毒处理，蓄水池的大肠杆菌和细菌总数明显下降，达到了国家饮用水卫生标准，煮沸再饮用更安全。

## 6 结语

本研究所提出的水质净化技术对于解决石漠化地区的水资源问题具有重要的意义。通过推广这些技术，可以改善蓄水池的水质，提供更高质量的饮用水。同时，这些技术还可以应用于其他干旱地区，为当地居民提供可靠的水源，改

善生活质量。实施水质净化技术的过程中，还应注意以下几个问题：首先，要加强对集雨蓄水池的管理和维护，定期清理底泥和污染物，保持水质的清洁。其次，要加强对水质的监测和检测，及时发现和处理水质问题，确保水质安全。最后，还需要加强对居民的水质安全教育，提高居民的水质意识和水质管理能力。综上所述，石漠化地区集雨蓄水池水质净化技术的研究具有重要的现实意义。通过采取适当的净化和消毒措施，可以有效改善蓄水池的水质，满足人们对高质量饮用水的需求。此外，推广这些技术还可以为其他干旱地区提供可靠的水源，促进当地的可持续发展。在未来的研究中，还可以进一步探索和优化水质净化技术，提高水质处理的效率和效果，为解决干旱地区的水资源问题做出更大的贡献。

## 参考文献

- [1] T/CHES18—2018 农村饮用水安全评价准则[S].
- [2] GB5749—2006 农村饮用水卫生标准[S].
- [3] 杨青.石漠化地区集雨饮用水水质安全处理技术研究[J].广西城镇建设,2022(3):54-62.
- [4] 刘来胜.生物慢滤技术研究及其在集雨水饮用安全保障中的应用[D].北京:中国水利水电科学研究院,2013.
- [5] 高雪,杨唯艺,雷培树.饮用水紫外线组合消毒技术发展现状[J].中国给水排水,2021(18):4-5.
- [6] 熊传龙,张永,陈志健,等.农村地区饮用水消毒质量及消毒前后微生物变化分析[J].现代预防医学,2021(11):5-6.