

Study on Water Quality Purification of Cellar Water in Huan County Qingyang City

Xiaoxia Wei, Xudong Zheng, Xiaowei Zhang, Le Zhao

Long Dong University Institute of Applied Chemistry, Qingyang Gansu
Email: xiaoxia9533@163.com

Received: Jun. 29th, accepted: Jul. 11th, 2018; published: Jul. 18th, 2018

Abstract

This paper studies the investigation of four farmers' water cellars in Qingyang Huan county. This paper briefly introduces the types and selection of rainwater harvesting water sources, the sources of main pollutants in rainwater harvesting cellar water, common rainwater harvesting cellar water treatment technologies and methods, expounds the reasons of selecting water sources, and the technologies and methods for treating cellar water from chemical and physical aspects, and analyzes that the water quality of cellar water is related to the collecting field and the surrounding environment of water cellar. According to the national drinking water sanitation standard (GB 5749-2006), the cellar water in Huan county was tested. The results showed that the better the environment around the rainwater harvesting field and cellar, the better the water quality of cellar.

Keywords

Huan County, Rainwater Harvesting Cellar Water, Treatment, Water Quality, Contaminant

庆阳市环县窖水水质净化研究

魏晓霞, 郑旭东, 张小伟, 赵 乐

陇东学院应用化学研究所, 甘肃 庆阳
Email: xiaoxia9533@163.com

收稿日期: 2018年6月29日; 录用日期: 2018年7月11日; 发布日期: 2018年7月18日

摘 要

本文通过对庆阳环县地区4个农户水窖的调查进行研究。简单介绍了集雨水源地的类型和选取、集雨窖水中主要污染物的来源、常见集雨窖水处理技术和方法, 阐述了选取水源地的原因以及从化学和物理两个方面处理窖水的技术和方法, 分析了窖水水质与集流场、水窖附近环境有关。结合国家饮用水卫生标

准(GB 5749-2006), 对环县窖水进行了检测, 结果显示集雨场、水窖附近环境越好, 水窖的水质越好。

关键词

环县, 集雨窖水, 处理, 水质, 污染物

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

雨水窖存利用可以有效缓解庆阳环县水资源短缺的问题, 并在经济上减少开支, 具有较大的开发潜力[1]。庆阳环县地区多年平均降雨量非常低, 地表水资源严重缺乏, 长期受干旱威胁, 虽然近几年政府投资实施雨水集流利用工程基本解决了饮水困难的问题, 但是集流雨水水质问题逐渐凸显出来[2] [3]。研究表明[4] [5] [6] [7], 不同的集雨方式对集流雨水水质有很大的影响。

农家屋顶、庭院以及靠近庭院开阔地带集雨模式为庆阳环县最主要的集雨模式, 该地区普遍一家或一个家族使用一个集雨水窖, 收集的窖水在降雨过程中会受到大气中各种污染物的直接污染, 经集流场收集的雨水流向水窖时, 又会受到地面及屋顶尘土、生活污染物、农药、化肥和家禽粪便等污染物的二次污染[8]。由于雨水收集利用工程规模小, 农户管理及经济水平低, 所以现在环县地区农户水窖一般采用可重复净水技术以及生态净水技术, 其中主要包括沉淀、粗滤、高温消毒和化学消毒处理等[9]-[15]。所以当前迫切需要适合用于集流窖水的水质处理方案。

2. 集雨水源地评价

2.1. 集雨水源地类型

本研究选择甘肃庆阳环县毛井乡龙柏山村阴庄自然村徐朝生农户水窖、二条砭村李耀雄农户水窖、杨东掌村芦草渠自然村李治江农户水窖和龙柏山村李洞子自然村王培学农户水窖为目标区域, 该地区的集雨窖水水源地类型多为土路面、水泥地面、瓦屋面, 如表 1 所示。

2.2. 集雨水源地选取

环县属于西北地区, 但靠近秦岭以南的西南地区, 处在中国季风区与非季风区的分界线上, 属于严重缺水地区, 从图 1 和图 2 可以看出该地区使用水窖是一种可以缓解当地水资源短缺的有效措施。根据取样原则, 本研究选择甘肃庆阳环县毛井乡龙柏山村阴庄自然村徐朝生农户水窖(见图 3)、二条砭村李耀雄农户水窖(见图 4)、杨东掌村芦草渠自然村李治江农户水窖(见图 5)、龙柏山村李洞子自然村王培学农户水窖(见图 6)。

3. 集雨窖水中主要污染物分析

3.1. 集雨窖水中的浊度污染

集雨窖水的浊度是由于水中含有泥沙、粘土、有机物、浮游生物等污染物造成的。在降雨过程中, 初降雨水中含有大量的泥砂、灰尘及树叶碎片等, 降雨刚开始时雨水浊度较高, 随着降雨历时的延长, 雨水中的悬浮物经冲刷减少, 浊度值也随之减小。

Table 1. Types and characteristics of rain water source
表 1. 集雨水源地类型与特征

集雨地点	水源地类型	水源地材质	水源地外加污染源情况	特征
山坡边	水泥地面	普通硅酸盐水泥砂浆	无	多年修、表面光滑
农家庭院	土路面	黄土	有旱厕、家禽、秸秆	表面有浮土和少量家禽粪便
农家庭院	屋瓦面	青瓦	有秸秆、种植蔬菜	多年修
农家庭院	水泥地面	普通硅酸盐水泥砂浆	无	村民主要生活场所

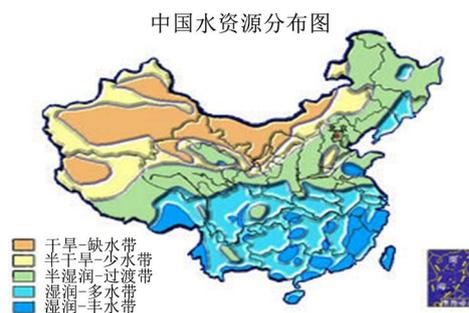


Figure 1. Distribution map of water resources in China
图 1. 中国水资源分布图

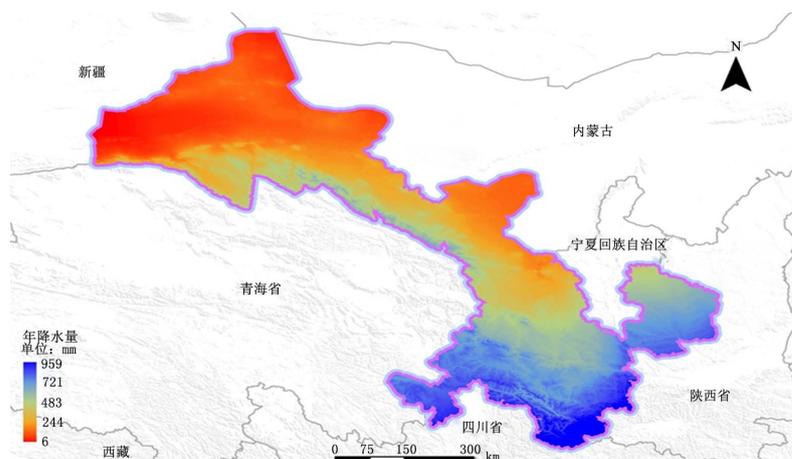


Figure 2. The average rainfall distribution in Gansu province for the last 10 years
图 2. 甘肃省近 10 年平均降雨分布图



Figure 3. Xu Zhaosheng village water cellar in Long Bai Shan village, Mao Jing Township, Huan County, Qingyang, Gansu
图 3. 甘肃庆阳环县毛井乡龙柏山村阴庄自然村徐朝生农户水窖



Figure 4. Li Yaoxiong village water cellar in Er tiao villages , Mao Jing Township, Huan County, Qingyang, Gansu
图 4. 甘肃庆阳环县毛井乡二条硷村李耀雄农户水窖



Figure 5. Li Zhijiang village water cellar in Yang Dong Zhang village, Mao Jing Township, Huan County, Qingyang, Gansu
图 5. 甘肃庆阳环县毛井乡杨东掌村芦草渠自然村李治江农户水窖



Figure 6. He Zhengfu village water cellar in Yang Dong Zhang village, Mao Jing Township, Huan County, Qingyang, Gansu
图 6. 甘肃庆阳环县毛井乡杨东掌村芦草渠自然村何正富农户水窖

3.2. 集雨窖水中有机物污染

集雨窖水中的有机物主要为天然有机物。COD_{Mn} 是反映水域受还原性物质污染的一个重要指标[16]。UV₂₅₄ 是衡量水中有机物指标的一项重要控制参数, 可以作为总有机碳(TOC), 溶解性有机碳(DOC)、以及三氯甲烷(THMS)的前驱物(THMFP)等指标的替代参数。

3.3. 集雨窖水中氨氮污染

集雨窖水中氨氮的来源主要为雨水中含氮有机物受微生物作用的分解产物, 氨氮虽然对人体健康没

有直接影响,但是也反映了集雨窖水的污染程度。集雨窖水中较高的氨氮含量,会促进集雨窖水中的亚硝化细菌滋生,导致水中的细菌超标。

3.4. 集雨窖水中微生物污染

集雨窖水中微生物污染是集雨窖水污染的主要污染物之一。细菌总数是大肠菌群数、病原菌、病毒及其他细菌数的总和。大肠菌群数是每升水样中所含有的大肠菌群的数目,是水体被粪便污染程度的卫生指标。因为集流场周围的卫生条件普遍比较差,经常有牲畜和家禽活动,或者有的距离厕所垃圾堆较近,集雨窖水受到不同程度的微生物污染。

3.5. 集雨窖水中氟元素污染

集雨窖水中氟元素的来源主要有地下水中氟元素、地表水中氟元素和雨水中氟元素组成。1) 地下水中氟主要来自与之接触的含氟矿物中氟经复杂的物理-化学过程进入水中并在相应的水化学环境保持平衡。2) 地表水中(主要是地面径流)氟受黏土、矿物中氟的吸附-溶出过程控制。3) 雨水中的氟则来源于大气中的氟。

3.6. 集雨窖水水质检测报告

所取得水样是在2018年1~4月份,此时正是环县地区枯水时期,水样1取样地为环县毛井乡龙柏山村阴庄自然村徐朝生农户水窖(见图3),送检单位西安国联质量检测技术股份有限公司;水样2取样地为环县毛井乡杨东掌村芦草渠自然村李治江农户水窖(见图5),送检单位甘肃馨宝利环境监测有限公司。窖水水样1号和水样2号相比对有28个检测项目,水质指标及检测结果见表2。通过表2可以明显看出2号水样水质比1号水质水样水质差,从图5和图3相比较,水窖周边环境对水窖水质的影响很大。

集雨窖水水质检测分析仪器

- 1) 酸度计 PHS-ZF;
- 2) 离子色谱仪 IC1010;
- 3) 紫外可见分光光度计 UV5200
- 4) 紫外可见分光光度计 UV2600;
- 5) 原子吸收分光光度计 WFX-210;
- 6) 原子荧光分光光度计 AFS-830。

4. 常见的集雨窖水处理技术及方法

4.1. 处理过滤装置及沉淀构筑物

4.1.1. 粗慢滤系统净水装置

初期弃流后的集雨窖水已经除去了降雨刚开始时所汇集污染物,刘玲花[17]等许多专家提出的生物慢滤技术适用于农村小型集雨窖水处理。慢滤对进水的的水质要求较高[18],而粗滤可以有效降低水浊度,且运行管理简单,无需投加任何化学药剂,具有成本低、易于小型化等优点。武福平[19]等在粗慢滤系统净水装置对集雨窖水污染物去除的试验中发现粗慢滤净水系统对集雨窖水常见的污染物如浊度、有机物、氨氮等微生物学指标有良好的去除效果,同时粗滤设备结构简单,无需投药,操作管理方便,适用于庆阳市环县以户为单位的分散式。

4.1.2. 水力旋流除砂器

水力旋流除砂器[20]是一种利用离心沉降原理将非均相混合物中具有不同密度的相分离开来的高效

Table 2. Report on water quality detection of pit water in Huan County
表 2. 环县窖水水质检测报告

序号	检测项目	技术指标	1 号水样检测结果	2 号水样检测结果	检测方法
1	色度/(铂钴色度单位)	≤15	0.2	3	GB/T 5750.4-2006
2	浑浊度(散射浑浊度单位)/NTU	≤1.0	0.0	1.0	GB/T 5750.4-2006
3	溶解性总固体(mg/L)	≤1000	72	347	GB/T 5750.4-2006
4	耗氧量(mg/L)	≤3	0.9	0.59	GB/T 5750.7-2006
5	氰化物(mg/L)	≤0.05	未检出	0.004	GB/T 5750.5-2006
6	氯化物(mg/L)	≤250	1.30	14	GB/T 5750.5-2006
7	硫酸盐(mg/L)	≤250	6.06	25	GB/T 5750.5-2006
8	溴酸盐(mg/L)	≤0.01	未检出	0.008	GB/T 5750.10-2006
9	硝酸盐(mg/L)	≤10	0.76	1.33	GB/T 5750.5-2006
10	氟化物(mg/L)	≤1.0	0.43	0.28	GB/T 5750.5-2006
11	硫化物(mg/L)	≤0.02	未检出	0.005	GB/T 5750.5-2006
12	氨氮(以 N 计)/(mg/L)	≤0.5	未检出	0.021	GB/T 5750.5-2006
13	氯苯(mg/L)	≤0.3	未检出	0.008	GB/T 5750.8-2006
14	硼(mg/L)	≤0.5	未检出	0.2	GB/T 5750.6-2006
15	钡(mg/L)	≤0.7	0.046	0.05	GB/T 5750.6-2006
16	六价铬(mg/L)	≤0.05	未检出	0.004	GB/T 5750.6-2006
17	钠(mg/L)	≤200	62.7	133.2	GB/T 5750.6-2006
18	铁(mg/L)	≤0.3	未检出	0.03	GB/T 5750.6-2006
19	锰(mg/L)	≤0.1	未检出	0.01	GB/T 5750.6-2006
20	锌(mg/L)	≤1.0	未检出	0.05	GB/T 5750.6-2006
21	砷(mg/L)	≤0.01	未检出	0.0003	GB/T 5750.6-2006
22	镉(mg/L)	≤0.005	未检出	0.0001	GB/T 5750.6-2006
23	铅(mg/L)	≤0.01	未检出	0.002	GB/T 5750.6-2006
24	汞(mg/L)	≤0.001	未检出	0.00004	GB/T 5750.6-2006
25	硒(mg/L)	≤0.01	未检出	0.0004	GB/T 5750.6-2006
26	铜(mg/L)	≤1.0	0.010	0.001	GB/T 5750.6-2006
27	镍(mg/L)	≤0.02	未检出	0.005	GB/T 5750.6-2006
28	银(mg/L)	≤0.05	未检出	0.0025	GB/T 5750.6-2006

分离装置。应用于集蓄雨水处理的水力旋流除砂器即是利用泥水混合物在高速旋转运动产生的离心力，去除集雨窖水中大颗粒污染物的一种水力分离装置，对集雨窖水中悬浮物的去除效果比较理想，旋流中存在较高的剪切力，可以破坏颗粒间的凝聚，有利于固相分级。水力旋流除砂器结构简单，成本低廉，

易于安装和操作,几乎不需要维护和附属设备,而且体积小,处理能力大,可以节省现场空间。

张国珍[21]在对水力旋流除砂器去除浊度的试验中得出,旋流除砂器进口流量较小时,旋流除砂器的去除悬浮物效果较好。对集雨窖水中不同含量悬浮物(以SS计)的去除率随悬浮物浓度的增大而增大;旋流除砂器进口流量较大时,旋流除砂器的除砂效果降低,而且除砂效果既与悬浮物含量及其组成有关,也与进水量大小有关。张国珍等在对水力旋流除砂器去除污染物效果的试验中得出,当经历不同降雨强度时,旋流除砂器的除砂作用对浊度和悬浮物的去除效果发生改变。当降雨强度上升时,旋流除砂器的除砂作用对浊度和悬浮物的去除效率同时上升,反之,当降雨强度下降时,旋流除砂器对浊度和悬浮物的去除效率同时下降。

4.1.3. 迷宫式沉淀池

迷宫式沉淀池[22]是在传统斜板沉淀池的理论基础上经过设计改造而来的,近几年在国外发展起来的用于水处理的一种新型。高效沉淀工艺技术。它和常规的浅层沉淀理论有所区别,迷宫沉淀池依靠重力、流体阻力和惯性力等絮状粒子进行外部作用力强制分离,能有效的降低集雨窖水的浊度。试验研究表明,迷宫沉淀池在不同降雨程度时,对集雨窖水中的污染物的去除表现出一致性,对污染物的去除率均比较高。由于集雨窖水在迷宫沉淀池中水力停留时间差异,迷宫沉淀池在低流量的水流条件下对污染物的去除率好于高流量水流条件下污染物的去除率。

4.2. 集雨窖水处理的生态方法

人工生态系统[23]是一种新型的集雨窖水前处理技术,运用生态方法处理集雨窖水既可以满足人们对水的需求,又可对环境的质量有所提升,因此是一项拥有广阔研究前景的窖水前处理技术。人工生态系统投资低廉,推广价值高且应用范围广,运转维护及管理方便、工程基建和运转费用低,对于负荷变化适应能力强,特别适合环县地区以雨水为饮用水水源的农村集雨工程[24]。人工生态主要经过土壤及植物根系的吸附作用以及微生物对污染物的降解转化等诸多错综复杂的反应过程[25]来消减雨水中的污染物。人工生态系统前设气浮集雨窖水沟,汇集雨窖水流入人工生态系统。生态系统由单一生态廊道组成,植被通常选用红豆草和苜蓿混种。人工生态系统在降雨过程中生态沟中的植被带对各种径流污染物均有一定的消减作用,在进水水质和进水量稳定的条件下,人工生态系统工作稳定,在降雨期间,主要是以土壤和植物根系的吸附、过滤、截留以及微生物的分解作用为主去除雨水中的污染物。雨水在流经人工生态系统时,植物对污染物的消减作用随着生态廊道的长度而增强。在不同降雨强度条件下,植被带对水质指标的去除率差别很大,降雨强度越大,去除率越小。土壤含水率对于浊度、SS去除率影响较小,而对CODMn、氨氮、总磷影响较大。总体上冰草对雨水污染物的消减作用优于紫花苜蓿和红豆草。

根据陈现强所做关于不同廊道对集雨窖水径流污染物的消减的实验[26]可知,在2h的降雨过程中,浊度、SS的去除率主要依靠土壤及植物根系的吸附、过滤和截留作用,人工生态系统对集雨窖水径流中的浊度、SS的去除率很高,水中的悬浮物、泥土、砂粒、胶体等物质可以很好的被土壤吸附和截留,同时植物的根系作用也会增强过滤效果,而且人工生态系统对CODMn去除几乎处于稳定状态,对集雨窖水中氨氮的去除效果也比较理想。张国珍,杨远超的现场综合试验结果表明人工生态系统对集雨窖水中主要污染物浊度、CODMn、氨氮、及SS均有一定的消减效果,人工生态系统是集雨窖水前处理的有效手段,可有效去除雨水中的主要污染物,对集雨窖水水质起到有效的保护作用。

4.3. 集雨窖水处理消毒技术

超氯消毒是储水消毒方式中较为普遍的做法,然而由于人力、物力和技术上的原因,这种方式很难实现对存储的集雨窖水的持续消毒,不科学也不便于采用。目前,国内外正在兴起使用缓释消毒技术,

是一种较好的且适宜有效的方法, 逐渐成为储水消毒的新的研究方向。

缓释消毒技术[27]是将消毒剂的有效消毒基质和载体(普遍采用高分子材料)用特定技术结合在一起, 然后置于受体环境中。载体上有效消毒基质以主动扩散或者被动振荡等方式持续有效的释放消毒剂有效成分到需要消毒的水环境中, 受体水环境的有效消毒成分可在预先设定的浓度范围内实现稳定维持。根据杨远超的缓释消毒剂在模拟水窖中消毒的实验[28]可知: 装载缓释消毒剂的微型控释装置具有消毒杀菌的效果, 模拟窖水的细菌总数和大肠菌群数的杀灭率达到 100%, 同时降低了缓释制剂在水体内的总体余氯含量。微型控释装置有效的限制了缓释消毒剂释药量, 明显的降低了水体余氯含量, 延长了药剂的使用时间, 在避免药剂浪费的同时, 有效的减少了氯量超标产生的消毒副产物。

5. 结论与展望

本文通过对环县地区窖水现场调查及取样检测, 从表 2 可以明显看出, 集流场附近环境越干净, 集流的窖水水质越优越。其次, 从集流场收集的雨水径流到水窖这一过程中的环境对窖水水质也起到了一定的影响。针对环县窖水现状, 通过以下几点可以有效的提高窖水水质。希望环县农户注意集流场及水窖周边环境, 致使窖水水质符合或者接近国家饮用水卫生标准, 保护自身健康。

- 1) 每个水窖都应该建集雨场, 在经济条件允许的情况下尽量对集雨场硬化处理, 使雨水在入窖前的各种污染降低到最低程度。
- 2) 保持集流场及水窖附近的卫生清洁。如牲畜的活动都应离开集雨场及水窖; 厕所、牲畜圈这些都不能建在集雨场及水窖周边; 秸秆、生活垃圾等也不能堆放及扔在集雨场和水窖附近。
- 3) 经常清洗水窖, 定期进行消毒, 并在饮水前一定要煮沸。
- 4) 从集流场径流到水窖这一过程中应使用大口径 PVC 管, 不要随便挖一条小水沟代替。

基金项目

庆阳市环县农村饮用水(窖水)净化研究(17CX1FM071); 甘肃省应用化学省级重点学科(GSACK20130113)。

参考文献

- [1] Peters, E.J. (2006) Rainwater Potential for Domestic Water Supply in Grenada. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers Water Management*, **159**, 147-153. <https://doi.org/10.1680/wama.2006.159.3.147>
- [2] 冯慧芳. 典型岩溶山地农村分散供水饮用水水质研究[D]. 重庆: 西南大学, 2010.
- [3] Ouyang, Y., Nkedi-Kizza, P., Wu, Q.T., et al. (2006) Assessment of Seasonal Variations in Surface Water Quality. *Water Research*, **40**, 3800-3810. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2006.08.030>
- [4] Hart, C. and White, D. (2006) Water Quality and Construction Materials in Rainwater Catchments across Alaska. *Journal of Environmental Engineering and Science*, **5**, 19-25. <https://doi.org/10.1139/s05-026>
- [5] Kahinda, J.M., Taigbenu, A.E. and Boroto, J.R. (2006) Domestic Rainwater Harvesting to Improve Water Supply in Rural South Africa. *Physics and Chemistry of the Earth*, **32**, 1050-1057.
- [6] Meera, V. and Ahammed, M.M. (2006) Water Quality of Rooftop Rainwater Harvesting Systems: A Review. *Journal of Water Supply Research and Technology-Aqua*, **55**, 257-268. <https://doi.org/10.2166/aqua.2006.0010>
- [7] Sazakli, E., Alexopoulos, A. and Leotsinidis, M. (2007) Rainwater Harvesting Quality Assessment and Utilization in Kefalonia Island, Greece. *Water Research*, **41**, 2039-2047. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2007.01.037>
- [8] 张国珍, 杨浩, 武福平, 等. 黄土塬地区村镇集蓄雨水的水质特性分析[J]. 中国给水排水, 2009, 25(17): 85-87.
- [9] 中国水利水电研究院, 等. 雨水安全集蓄与利用技术及装置开发研究[R]. 2010.
- [10] 沙鲁生, 王永胜. 集雨水窖的水质及污染防治措施[R]. 第四次全国雨水利用技术研讨会论文, 2002
- [11] 中华人民共和国水利部. 雨水集蓄利用工程技术规范[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2001.
- [12] 刘洪亮, 俞振泰, 马蔚, 等. 简易持续饮水消毒器处理地窖饮用水的实验研究[J]. 中国公共卫生, 2000, 16(10):

927-928.

- [13] 宋小三, 张国珍, 王三反, 等. 中国西北地区集雨窖水水源地水质评价[R]. 环境污染与大众健康学术会议, 2010.
- [14] 唐小娟. 农村雨水集蓄系统的水质问题与防治措施[J]. 人民黄河, 2011, 33(2): 66-68.
- [15] 刘玲花, 周怀东, 金旸, 等. 农村安全供水技术手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 139-140.
- [16] 袁东海, 任全金, 高士祥, 等. 几种湿地植物净化生活污水 COD、总氮效果比较[J]. 应用生态学报, 2004, 15(12): 2337-2441.
- [17] 刘玲花, 周怀东, 王卫红, 等. 生物慢虑技术用于农村饮用水处理的研究[J]. 安全与环境学报, 2004, 4(1): 12-17.
- [18] 武福平, 齐海英, 丁俊宏, 等. 活性炭石英砂生物过滤处理微污染窖水的挂膜实验研究[J]. 水处理技术, 2011, 37(7): 70-72.
- [19] 张国珍, 李旭, 李舜, 等. 粗滤技术在西北村镇集雨窖水处理中的预处理研究[J]. 兰州交通大学学报, 2012, 31(3): 92-94.
- [20] 王家权, 蒋文韬, 王淦, 等. 新型高效旋流沉砂池除砂效果研究[J]. 中国给排水, 2007, 23(15): 98-100.
- [21] 李悦. 西北黄土塬地区集雨窖水处理现场实验应用研究[D]. 兰州: 兰州交通大学, 2011.
- [22] 关伟平, 纪取文, 陈纯辉, 等. “迷宫”沉淀池与斜管沉淀池应用比较[J]. 工业用水与废水, 2000, 31(2): 14-15.
- [23] 王家福. 绿地系统处理城市雨水径流的实验研究[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 兰州交通大学, 2013.
- [24] 王宝山, 黄延林. 生态绿地控制初期雨水径流污染的研究[J]. 中国给水排水, 2010, 26(2): 11-12.
- [25] 孟飞琴, 李秀艳. 绿地系统对径流污染物净化机理的研究[J]. 上海化工, 2009, 34(7): 1-5.
- [26] 张国珍, 陈现强, 韩猛, 等. 不同植被带的人工生态系统对集雨窖水污染物消减作用研究[J]. 环境工程, 2014, 3(3): 10-14.
- [27] 杨忠委, 王华然, 孙欣, 等. 饮水缓释消毒片杀灭水中大肠杆菌及控制菌落总数的效果评价[J]. 环境与健康杂志, 2011, 6(28): 483-485.
- [28] 杨远超. 前处理设施与缓释消毒技术处理集雨窖水的实验研究[D]. 兰州: 兰州交通大学, 2011.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2164-5507, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: hjas@hanspub.org