

农村饮用水净化工艺研究及推广

项华昌

迪庆藏族自治州发电有限责任公司

DOI:10.12238/hwr.v9i2.6057

[摘要] 在浩瀚的中华大地上,农村作为国家的根基与命脉,承载着亿万农民的生活与希望。然而,随着农村经济的快速发展和农民生活水平的日益提升,一个不容忽视的问题逐渐浮出水面——农村饮用水安全问题。农村饮用水,作为农民日常生活中不可或缺的基本需求,其质量直接关系到农民的健康状况和生活质量。本文旨在全面梳理农村饮用水净化工艺的研究现状,深入分析水质问题及成因,介绍多种典型的净化工艺以及新兴净化技术,并针对不同地区的水质差异提出工艺选择建议和优化方向。

[关键词] 农村饮用水; 净化工艺; 水质问题; 膜分离技术; 纳米技术

中图分类号: E951.5 文献标识码: A

Research and popularization of rural drinking water purification technology

Huachang Xiang

Diqing Tibetan Autonomous Prefecture Power Generation Co., Ltd

[Abstract] On the vast land of China, rural areas, as the foundation and lifeblood of the country, carry the lives and hopes of hundreds of millions of farmers. However, with the rapid development of rural economy and the increasing improvement of farmers' living standards, a problem that cannot be ignored has gradually surfaced – the problem of rural drinking water safety. Rural drinking water, as an indispensable basic demand in the daily life of farmers, its quality is directly related to the health status and quality of life of farmers. This paper aims to comprehensively review the research status of rural drinking water purification process, in-depth analysis of water quality problems and causes, introduction of a variety of typical purification processes and emerging purification technologies, and put forward process selection suggestions and optimization directions according to water quality differences in different regions.

[Key words] rural drinking water; Purification process; Water quality problems; Membrane separation technology; nanotechnology

净化工艺的选择和优化,不仅关系到水质的提升,更关系到农民的健康和生命的安全。需要深入探索各种净化技术的原理、特点和应用范围,结合农村地区的实际情况,选择适合当地水质的净化工艺。同时,还需要加强政策扶持和资金投入,推动农村饮用水净化设施的普及和应用,让广大农民群众喝上安全、放心的饮用水。

1 农村饮用水水质问题

农村饮用水水质问题突出,主要表现在三个方面。首先,杂质含量多,水源中常混有泥土、沙粒等无机杂质,以及树叶、藻类等有机杂质,这些杂质不仅影响水的清澈度,还可能携带病菌,对饮用者的健康构成威胁。其次,微生物污染严重,由于水源保护措施不到位,细菌等微生物易在水体中滋生,通过饮用水进入人体,引发各种疾病。最后,化学物质超标也是一大问题,农药、化肥的过量使用,以及工业废水的排放,都可能导致水源中

化学物质含量超标,长期饮用这样的水,会对人体内脏器官造成损害。

2 农村饮用水净化工艺研究

2.1 净化工艺基本原理

2.1.1 物理净化方法

物理净化方法主要依赖于物理作用原理来去除水中的杂质。例如,采用过滤技术,通过不同孔径的过滤介质(如石英砂、活性炭、陶瓷滤芯等)来拦截水中的悬浮颗粒、有机物和部分微生物。一般来说,石英砂过滤器的过滤精度可达到几十微米,而活性炭过滤器则因其多孔结构,能有效吸附水中的余氯、异味、色素等小分子物质。此外,沉淀和离心分离也是常用的物理净化手段,通过重力或离心力作用,使较重的杂质颗粒沉降或分离出水体,进一步提高水质的清澈度^[1]。

2.1.2 化学净化技术

化学净化技术则是利用化学反应原理来去除或转化水中的污染物。混凝剂的使用是化学净化中的关键步骤,如投加铝盐、铁盐等混凝剂,它们能在水中形成胶体,吸附并聚集悬浮物、有机物和部分微生物,形成较大的絮体,随后通过沉淀或过滤去除。此外,消毒剂的应用也至关重要,如氯、二氧化氯等消毒剂能有效杀灭水中的细菌、病毒等微生物,保证水的微生物安全性。通常,消毒剂的投加量需根据水质和水量精确计算,以确保消毒效果并避免消毒剂残留超标。

2.1.3 生物净化途径

生物净化途径则是利用微生物的代谢活动来去除水中的有机物和氮、磷等营养物质。生物滤池是生物净化的典型应用,它通过在滤料表面培养一层生物膜,膜中的微生物能够分解水中的有机物,将其转化为二氧化碳、水和生物质。同时,生物滤池还能通过硝化和反硝化作用去除水中的氮元素,以及通过磷的吸附和沉淀作用去除磷元素。生物净化途径具有处理效果好、运行成本低、环境友好等优点,特别适用于农村地区的分散式饮用水处理。

2.2 典型净化工艺介绍

2.2.1 混凝沉淀工艺

混凝沉淀工艺是农村饮用水净化中的首要步骤,其主要目的是去除水中的悬浮物、胶体物质以及部分有机物。该工艺通过向原水中投加混凝剂(如铝盐、铁盐等),使水中的微小颗粒相互聚集形成较大的絮体,随后在重力作用下沉降到底部,从而实现水质的初步净化。具体来说,混凝剂的选择和投加量是影响混凝沉淀效果的关键因素。一般而言,铝盐混凝剂(如硫酸铝)的投加量约为每吨水10~30毫克,而铁盐混凝剂(如硫酸亚铁)的投加量则可能稍高一些。混凝过程中,水体的pH值、温度以及搅拌强度等也会影响混凝效果。通常,混凝沉淀池的设计会考虑这些因素,以确保最佳的混凝沉淀效率。经过混凝沉淀处理后的水,其浊度可显著降低,一般可达到5NTU以下,为后续的过滤和消毒处理创造有利条件。

2.2.2 过滤技术工艺

过滤技术工艺是混凝沉淀工艺后的进一步净化步骤,其主要目的是去除水中的悬浮颗粒、胶体以及部分微生物。过滤技术通常采用砂滤、炭滤或组合滤料等方式。砂滤器是过滤技术中的常见设备,其滤料层由不同粒径的石英砂组成,能够有效拦截水中的悬浮颗粒。炭滤器则利用活性炭的吸附性能,去除水中的余氯、异味、色素等小分子物质。组合滤料则结合了砂滤和炭滤的优点,提高过滤效率。过滤器设计需考虑过滤速度、滤料层厚度、反冲洗频率等因素。一般来说,砂滤器的过滤速度可控制在5~10米/小时,滤料层厚度约为0.8~1.2米。反冲洗是保持过滤器性能的关键步骤,通过反向水流冲洗滤料层,去除截留的杂质,恢复过滤器的过滤能力。经过过滤处理后的水,其浊度和微生物指标可进一步降低,为消毒处理提供良好基础。

2.2.3 消毒处理工艺

消毒处理工艺是农村饮用水净化的最后一道防线,其主要

目的是杀灭水中的细菌、病毒等微生物,保证水的微生物安全性。常用的消毒方法包括氯消毒、二氧化氯消毒、紫外线消毒等。氯消毒是最传统的消毒方法,通过向水中投加氯剂(如液氯、次氯酸钠等),产生次氯酸等强氧化剂,杀灭微生物。二氧化氯消毒则具有更强的氧化能力,对细菌、病毒以及部分有机污染物都有良好的去除效果。紫外线消毒则是利用紫外线光的照射,破坏微生物的DNA结构,使其失去繁殖能力^[2]。消毒效果受消毒剂投加量、接触时间、水体温度以及pH值等因素的影响。一般来说,氯消毒的投加量需根据水质和水量确定,接触时间不少于30分钟。二氧化氯消毒的投加量相对较少,但也需要根据具体情况进行调整。紫外线消毒则需确保足够的照射强度和照射时间。经过消毒处理后的水,其微生物指标应达到国家饮用水卫生标准的要求。

2.3 新兴净化技术探索

2.3.1 膜分离技术

膜分离技术是一种高效、节能的分离技术,它利用具有特定孔径和选择透过性的膜材料,将水中的杂质、微生物、溶解性固体等分离出去,从而得到纯净的水。在农村饮用水净化中,常用的膜分离技术包括微滤、超滤、纳滤和反渗透等。微滤膜孔径较大,一般能截留0.1~10微米的颗粒,如悬浮物、细菌等,适用于农村饮用水的初步净化。超滤膜孔径更小,能截留0.001~0.1微米的物质,如病毒、大分子有机物等,进一步提高水质。纳滤膜则能截留纳米级别的物质,如部分盐类、小分子有机物等,适用于对水质要求较高的场合。反渗透膜则具有极高的选择透过性,能几乎完全去除水中的溶解性固体、重金属、农药残留等,得到接近纯水的出水。在实际应用中,膜分离技术通常与其他净化工艺组合使用,以发挥各自的优势。例如,先通过混凝沉淀和过滤去除大颗粒杂质,再通过膜分离技术进一步净化水质。膜分离技术的处理效率高,出水水质好,但膜材料易受污染和堵塞,需要定期进行清洗和更换,且运行成本相对较高。目前,市场上已有多种膜分离设备适用于农村饮用水净化,其处理规模可从几吨/天到几百吨/天不等。以超滤膜为例,其典型处理效率可达到99%以上,对细菌的去除率几乎为100%,对病毒的去除率也可达到较高水平。

2.3.2 纳米技术应用

纳米技术是一种在纳米尺度上操纵物质的技术,其在农村饮用水净化中的应用主要体现在纳米材料的开发和应用上。纳米材料具有独特的物理和化学性质,如高比表面积、强吸附能力等,使得它们在去除水中污染物方面表现出色。例如,纳米银颗粒具有优异的抗菌性能,可以杀灭水中的细菌、病毒等微生物。将纳米银颗粒负载在载体上,如活性炭、陶瓷滤芯等,可以制备出具有抗菌功能的净化材料。此外,纳米二氧化钛等光催化材料也能在光照条件下分解水中的有机物,如农药、染料等,将其转化为无害物质。纳米技术在农村饮用水净化中的应用还处于起步阶段,但已展现出巨大的潜力。未来,随着纳米材料的不断研发和应用技术的不断成熟,纳米技术有望在农村饮用水净化领

域发挥更重要的作用。目前,已有一些纳米净化材料开始进入市场,如纳米银活性炭滤芯、纳米二氧化钛光催化净化器等,这些材料的应用可以显著提高净化效率,延长设备使用寿命,降低运行成本。

2.3.3 智能净化系统

智能净化系统是一种集自动化、智能化于一体的饮用水净化系统。它通过集成传感器、控制器、执行器等设备,实现净化过程的自动监测、控制和调节,从而提高净化效率和出水水质。智能净化系统可以实时监测水质指标,如浊度、pH值、溶解氧、余氯等,并根据监测结果自动调整净化工艺的参数,如混凝剂投加量、过滤速度、消毒时间等。此外,智能净化系统还可以实现远程监控和管理,方便运维人员随时了解设备运行状态和水质情况,及时进行维护和保养。智能净化系统的应用可以大大提高农村饮用水净化的自动化水平和智能化程度,减少人工干预和操作失误,提高净化效率和出水水质。同时,它还可以降低运行成本和维护难度,提高设备的可靠性和使用寿命^[3]。目前,市场上已有一些智能净化系统开始应用于农村饮用水净化领域,这些系统通常采用模块化设计,可以根据实际需求进行灵活组合和扩展。例如,一些系统集成了混凝沉淀、过滤、消毒等多种净化工艺,可以实现一站式净化处理;而另一些系统则侧重于特定工艺的智能化控制和优化,如智能混凝沉淀系统、智能过滤系统等。

3 净化工艺适用性分析与优化

3.1 不同地区水质差异与工艺选择

3.1.1 山区与平原地区对比

山区与平原地区的水质存在显著差异,这对净化工艺的选择提出了具体要求。山区水源多来自山泉、溪流,水质相对清澈,但可能含有较高的矿物质和微量重金属,如铁、锰等。因此,在选择净化工艺时,应重点考虑能有效去除这些特定污染物的技术,如采用锰砂过滤或高锰酸钾氧化等工艺,确保出水中铁、锰含量低于0.3mg/L和0.1mg/L的国家标准。相比之下,平原地区的水源多受农业面源污染和工业废水影响,有机物和氮磷含量较高。针对这种情况,建议采用生物处理与膜过滤相结合的工艺,通过生物降解作用降低有机物浓度,同时利用超滤或纳滤膜技术有效截留氮磷等小分子污染物,保证出水水质达到地表水IV类及以上标准。

3.1.2 干旱与湿润地区分析

干旱地区水资源稀缺,水质往往因蒸发浓缩而含盐量高,硬度大。在此类地区,净化工艺需特别强调脱盐和软化处理。例如,采用反渗透技术,其脱盐率可达97%以上,有效降低水质的含盐量,同时结合离子交换树脂进行硬度去除,确保出水硬度低于17.1mg/L(以CaCO₃计)。而在湿润地区,由于降水充沛,水源更新快,但可能因雨水冲刷带入较多泥沙和悬浮物。因此,净化工艺应侧重于物理过滤和沉淀处理,如设置多级格栅和沉砂池,有效

去除大颗粒杂质,随后通过混凝沉淀进一步降低水中悬浮物含量,保证出水浊度低于1NTU。

3.2 工艺优化方向与建议

3.2.1 技术集成与创新

针对当前净化工艺中存在的单一技术局限性,建议进行技术集成与创新。例如,将臭氧氧化与生物活性炭吸附技术相结合,臭氧作为强氧化剂能有效分解有机污染物,提高水的可生化性,随后生物活性炭利用其上的微生物进一步降解残留有机物,同时吸附去除部分重金属和有机氯等难降解物质,整体提升净化效率20%以上。

3.2.2 能源节约与环保

在工艺优化中,应充分考虑能源节约和环境保护。对于能耗较高的泵站和曝气系统,可采用变频调速技术,根据实际水量和水质需求动态调整运行频率,节能率可达30%-40%。同时,推广使用太阳能光伏板为部分设备供电,减少化石能源消耗。此外,对于产生的污泥和废渣,应实施资源化利用,如通过厌氧消化产生沼气作为能源,或作为农业肥料,实现废弃物的减量化、资源化和无害化处理^[4]。

3.2.3 操作简便化设计

为了降低运行维护难度,净化工艺应向操作简便化方向发展。采用智能化控制系统,集成在线监测、数据分析、自动调节等功能,实现净化过程的自动化控制。操作人员只需通过触摸屏或远程终端即可监控设备运行状态,及时调整工艺参数,大大减少了人工干预,提高了运行效率和安全性。同时,设备设计应考虑模块化、标准化,便于快速安装、拆卸和维修,降低对专业人员的依赖,使净化工艺更加易于推广和应用。

4 结束语

农村饮用水净化工艺的研究与推广对于保障农民群众的身体和生活质量具有重要意义。未来,需要继续深入探索新的净化技术,优化现有工艺,提高净化效率和效果。同时,加强政策扶持和资金投入,推动农村饮用水净化设施的普及和应用,为农村地区提供更加安全、可靠的饮用水源。

[参考文献]

- [1]薛祝缘.村镇饮用水净化工艺效能评价方法研究[D].天津大学,2020.
- [2]陈浩,马慧珍,李运娥,等.江汉平原农村饮用水净化工艺研究[J].人民长江,2015,46(15):46-50.
- [3]李运娥.农村饮用水集成式净化装置研究[D].西南石油大学,2014.
- [4]游文书,游诚元,林彩法,等.农村饮用水净化工艺及其设备的选择[J].城镇供水,2007,(04):93-96.

作者简介:

项华昌(1987--),男,汉族,浙江衢州人,本科,水利工程师,研究方向:农村饮用水工程建设与管理。