

自来水厂水处理工艺初探

杨志立 魏昊珂

菏泽市水务集团万福供水有限公司 山东 菏泽 274000

摘要：自来水厂水处理工艺是确保水质安全的关键环节。该工艺主要包括混凝反应、沉淀、过滤和消毒等基本流程，旨在去除水中的悬浮物、胶体杂质、有机物及致病微生物。随着技术进步，预氧化处理、活性炭吸附、膜滤法及生物处理等关键技术不断优化与创新，提升了水质处理效果。未来，智能化、新型高效技术及水资源循环利用将成为发展趋势，为自来水厂水处理工艺带来更加广阔的发展前景。

关键词：自来水厂；水处理工艺；关键技术

引言：自来水厂水处理工艺作为城市供水系统的重要组成部分，直接关系到居民的饮水安全和健康。随着水源污染的加剧和水质标准的提升，优化和完善水处理工艺显得尤为重要。本文将从自来水厂水处理的基本流程出发，探讨关键技术及其创新应用，同时分析当前面临的挑战，并展望未来的发展趋势，旨在为提升水质、保障公共健康提供理论与实践指导。

1 自来水厂水处理工艺的基本流程

1.1 混凝反应处理

混凝反应处理是自来水厂水处理工艺的第一步，其核心在于通过加入混凝剂使水中的悬浮物、胶体杂质等形成易于沉降的大颗粒絮凝体。（1）混凝剂的选择和作用原理：常用的混凝剂有聚合氯化铝（PAC）、硫酸铝、三氯化铁等。这些混凝剂在水中能迅速水解形成胶体微粒，这些微粒带有正电荷，能够中和水中的负电荷胶体杂质，从而使其失去稳定性并相互聚结形成絮凝体。此外，混凝剂还能吸附水中的悬浮物，增加絮凝体的重量，有利于后续的沉降。（2）混凝反应过程及影响因素：混凝反应通常包括混合和反应两个阶段。混合阶段要求混凝剂迅速均匀地分散于水中，形成微小的混凝剂微粒。反应阶段则是混凝剂微粒与水中杂质相互作用的过程，最终形成易于沉降的絮凝体。影响混凝效果的因素主要包括混凝剂的种类和投加量、原水的水质、水温、pH值以及混凝反应的时间等^[1]。

1.2 沉淀处理

沉淀处理是在混凝反应后进行的，其目的是使混凝形成的絮凝体通过重力作用从水中分离出来。（1）沉淀池的结构和功能：沉淀池通常采用平流式、斜管式或辐流式等结构。这些结构的设计原则都是确保水流在沉淀池内能够均匀分布并缓慢流动，以便絮凝体有足够的时间沉降到底部。沉淀池底部通常设有污泥斗或刮泥机，

用于收集并定期排出沉积的污泥。（2）沉淀过程及沉淀效率的影响因素：沉淀过程主要包括絮凝体的沉降和污泥的积累。影响沉淀效率的因素有沉淀池的结构、水流速度、絮凝体的密度和大小、水温以及水中杂质的种类和浓度等。为了提高沉淀效率，通常需要控制水流速度、调节混凝剂的投加量并优化沉淀池的设计。

1.3 过滤处理

过滤处理是在沉淀处理后进行的，其目的是进一步去除水中的细小悬浮杂质、有机物、细菌等。（1）过滤材料的种类和特点：常用的过滤材料有石英砂、活性炭、无烟煤等。石英砂因其硬度高、耐磨性好、化学性质稳定而被广泛应用。活性炭则因其具有强大的吸附能力而被用于去除水中的有机物和异味。（2）过滤过程及过滤效果的评价方法：过滤过程主要是水流通过过滤材料层时，利用过滤材料的孔隙截留水中的悬浮杂质。评价过滤效果的方法主要包括出水浊度、悬浮物含量、细菌总数等指标。为了确保过滤效果，需要定期对过滤材料进行反冲洗以清除堵塞物^[2]。

1.4 消毒处理

消毒处理是自来水厂水处理工艺的最后一步，其目的是杀灭水中的致病微生物以确保水质安全。（1）消毒剂的种类和作用原理：常用的消毒剂有氯气、次氯酸钠、二氧化氯、臭氧等。氯气因其消毒效果好、成本低而被广泛应用。次氯酸钠和二氧化氯则是氯气的替代品，具有相似的消毒效果但使用更为安全。臭氧则因其强氧化性而能迅速杀灭水中的微生物。（2）消毒过程及对水质的影响：消毒过程通常是将消毒剂加入水中并使其与水充分混合。消毒剂与水反应生成的消毒产物能够破坏微生物的细胞结构从而杀灭它们。然而，消毒剂的使用也可能对水质产生一定影响，如增加水的色度、嗅味以及可能产生消毒副产物等。因此，在消毒过程中需

要严格控制消毒剂的投加量以确保水质安全。

2 自来水厂水处理工艺的关键技术

2.1 预氧化处理

(1) 预氧化处理的目的和意义。预氧化处理是自来水厂水处理工艺中的一项关键技术,旨在通过氧化剂的氧化能力,分解破坏水中污染物的结构,达到转化或分解污染物的目的。这一步骤有助于强化后续处理工艺,减轻其负担,同时提高整体水质。预氧化不仅能有效去除水中的有机污染物,还能控制藻类、微生物的生长,改善水的感官性质,如去除臭味等。(2) 预氧化剂的选择和作用效果。预氧化剂的选择直接影响处理效果。常用的预氧化剂包括高锰酸钾、臭氧等。高锰酸钾主要用于防止藻类生长、除铁、锰,脱色及减少三卤甲烷(THMs)产成,其预氧化作用能促进有机物在后续工艺中的吸附性能,降低出水中有机卤代化合物的生成量。臭氧作为一种强氧化剂,能有效去除水中的有机物、色度、异味等,还能杀灭细菌、病毒,提高水的生物稳定性。相比传统的氯预氧化,臭氧预氧化能显著减少消毒副产物的生成,提升水质安全性。

2.2 活性炭吸附法

(1) 活性炭的吸附原理和特性。活性炭是一种多孔的碳材料,具有极大的比表面积和丰富的孔隙结构,这使得它能有效吸附水中的各种污染物。活性炭的吸附原理主要基于物理吸附和化学吸附,能够去除水中的有机物、重金属离子、异味、色度等。(2) 活性炭在水处理中的应用及效果评价。活性炭在自来水处理中主要用于去除有机物,如农药、溶剂和挥发性有机化合物(VOCs)等,去除率可达90%以上。同时,活性炭还能有效去除水中的异味分子,如氯气、硫化氢等,改善水的口感。此外,活性炭还能通过表面化学反应去除部分重金属离子,如铅、汞等。在实际应用中,活性炭常作为深度处理工艺的一部分,用于提高水质安全性^[1]。

2.3 膜滤法

(1) 膜滤法的基本原理和分类。膜滤法是一种高效的水处理技术,其基本原理是利用膜的选择透过性,使污水透过膜而污染物质则被膜截住。膜的种类多种多样,大致分为有机膜和无机膜。有机膜如聚乙烯、聚四氟乙烯等,无机膜如陶瓷膜、玻璃膜等。(2) 膜滤法在水处理中的优缺点及应用前景。膜滤法具有处理效率高、出水水质稳定、占地面积小等优点。然而,膜污染是膜滤法面临的主要问题之一,长时间处理污水会导致膜截留的污染物对膜本身造成污染,堵塞膜孔,降低处理效果。此外,膜滤法的运行成本相对较高,需要定期

清洗和更换膜组件。尽管如此,膜滤法在市政污水处理、工业废水处理等领域仍有广泛应用前景,尤其是在中水回用方面展现出巨大潜力^[4]。

2.4 生物处理工艺

(1) 生物处理工艺的原理和类型。生物处理工艺是利用微生物的新陈代谢作用,去除水中的有机污染物、氮、磷等物质。生物处理工艺主要包括生物滤池、生物接触氧化池等类型。生物滤池通过滤料表面附着的生物膜降解有机物;生物接触氧化池则利用悬浮填料上的生物膜去除污染物。(2) 生物处理在水处理中的应用实例及效果。生物处理工艺在自来水处理中常用于深度处理阶段,以提高水质安全性。例如,生物陶粒滤池是一种常用的生物处理方法,通过滤池表面生成的生物膜降解有机物。实际应用中,生物处理工艺能有效去除水中的有机物、氨氮等污染物,同时减少消毒副产物的生成。在蚌埠二水厂、广州西洲水厂等案例中,生物处理工艺均取得了良好的应用效果。

3 自来水厂水处理工艺的优化与创新

3.1 传统工艺的改进

3.1.1 传统工艺存在的问题和不足

传统自来水厂水处理工艺主要包括混凝、沉淀、过滤和消毒四个环节,虽然在一定程度上保障了水质安全,但仍存在一些问题和不足。首先,混凝效果受混凝剂种类、投加量及pH值等因素影响,难以达到最佳状态。其次,沉淀过程中水流流态不佳、沉降距离过长,导致沉淀效率不高。此外,传统过滤工艺对有机物、氨氮等污染物的去除效果有限,难以满足日益提高的水质要求。最后,消毒环节常用的氯化消毒工艺易产生消毒副产物,影响水质安全。

3.1.2 改进传统工艺的方法和措施

针对上述问题,可以采取以下方法和措施进行改进:一是强化混凝工艺,通过合理投加新型有机及无机高分子助凝剂、改善混凝条件、优化混凝搅拌强度等,提高混凝效果。二是强化沉淀工艺,通过改善沉淀水流流态、减小沉降距离,提高沉淀效率。三是强化过滤工艺,采用活性滤池等技术,在滤料表面培养微生物,利用生物作用去除水中有机物、氨氮等污染物。四是改进消毒工艺,采用次氯酸钠、臭氧、紫外线等多种消毒剂联合消毒技术,减少消毒副产物的产生。

3.2 新型工艺的研发与应用

3.2.1 新型水处理工艺的研发进展和应用实例

近年来,随着水处理技术的不断发展,新型水处理工艺不断涌现。例如,预氧化处理工艺通过氧化剂破坏

水中无机颗粒表面稳定性,提高后续处理效果;活性炭吸附法利用活性炭的吸附功能去除水中有机物、改善水质;膜滤法通过超滤、微滤等技术去除水中的细菌、胶体等杂质;臭氧氧化工艺则利用臭氧的强氧化性快速氧化水中的有机物和微生物。这些新型工艺已在部分自来水厂得到应用,取得了良好的效果。

3.2.2 新型工艺对水质改善的效果和潜在价值

新型水处理工艺对水质改善效果显著。预氧化处理可以提高混凝效果、去除有机物和异味;活性炭吸附法可以有效去除水中的有机物、改善水质浑浊情况;膜滤法能够高效去除水中的细菌、胶体等杂质,保证水质安全;臭氧氧化工艺则可以快速氧化水中的有机物和微生物,减少消毒副产物的产生。这些新型工艺不仅提高了水质安全水平,还降低了水处理成本,具有广阔的应用前景和潜在价值。未来,随着技术的不断进步和创新,新型水处理工艺将在自来水厂水处理领域发挥更加重要的作用。

4 自来水厂水处理工艺的挑战与未来展望

4.1 面临的挑战

4.1.1 当前自来水厂水处理工艺面临的挑战和问题

当前自来水厂水处理工艺面临多重挑战。一方面,随着工业化和城市化进程的加快,水源污染问题日益严重,水中含有的有机污染物、重金属、微塑料等新型污染物不断增加,给传统水处理工艺带来了巨大压力。另一方面,随着人们对饮用水质量要求的不断提高,水质标准也日益严格,如何高效、经济地去除这些新型污染物,确保水质安全,成为当前水处理工艺亟待解决的问题。此外,传统水处理工艺还存在能源消耗高、污泥处理难度大、运行维护成本高等问题。混凝、沉淀、过滤等环节需要消耗大量的电力和水资源,同时产生的污泥量大,处理成本高,且可能对环境造成二次污染。

4.1.2 解决这些问题的策略和途径

为解决上述问题,可以采取以下策略和途径:一是加强水源地保护,减少污染物排放,从源头上减轻水处理压力。二是研发和推广新型高效、低耗的水处理技术和设备,如高级氧化工艺、膜分离技术、生物处理技术等,提高水处理效率和质量。三是优化水处理工艺,通过智能化、自动化手段提高工艺运行效率,降低能源消耗和运行成本。四是加强污泥处理和资源化利用研究,

减少污泥对环境的影响。

4.2 未来展望

4.2.1 自来水厂水处理工艺的发展趋势

未来自来水厂水处理工艺将呈现以下发展趋势:一是智能化、自动化水平不断提高,通过物联网、大数据、人工智能等技术手段实现水处理工艺的精准控制和优化运行。二是新型高效水处理技术和设备不断涌现,如纳米材料、生物反应器、光催化氧化等,为水处理工艺提供新的解决方案。三是水资源循环利用和污泥资源化利用将成为重要方向,通过提高水资源利用效率和减少污泥排放,实现水处理的可持续发展。

4.2.2 自来水厂水处理工艺的未来发展前景

展望未来,自来水厂水处理工艺将迎来更加广阔的发展前景。随着科技的不断进步和创新,新型高效、低耗、环保的水处理技术和设备将不断涌现,为水质安全保障提供更加有力的支持。同时,随着人们环保意识的增强和政府环保政策的加强,水资源保护和循环利用将成为社会发展的重要方向,为水处理工艺的未来发展提供更加广阔的空间和机遇。我们相信,在全社会的共同努力下,自来水厂水处理工艺将不断取得新的突破和进展,为人民群众提供更加安全、可靠、优质的饮用水。

结束语

自来水厂水处理工艺的研究与实践,对于保障民众饮用水安全具有重要意义。通过本次初探,我们认识到传统工艺与现代技术的结合,对于提升水质、确保供水安全至关重要。未来,持续的技术创新与工艺优化将是提升水处理效率的关键。我们期待,随着科技的不断进步,自来水厂水处理工艺能够更加高效、环保,为人们提供更加安全、可靠的饮用水资源,为社会的可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1]陈凯.自来水厂水处理工艺的发展与应用[J].四川建材,2021,(09):85-86.
- [2]孙燕燕.自来水厂的水处理工艺方法及检测设备管理[J].黑龙江科学,2020,(08):80-81.
- [3]何丽莎.自来水厂水处理工艺研究[J].现代盐化工,2020,(06):68-69.
- [4]杨鹏,杨坤明.自来水厂水处理工艺的应用探讨[J].居业,2020,(11):94-95.