

探究不同原水条件下水厂生产运行调整与水质保障

文 / 杨俊俊 深圳市水务（集团）有限公司

摘要：为了提高水厂中的出水水质，本文主要在不同原水条件下探讨水厂生产运行调整的方案，并提出水质保障措施。通过介绍不同原水条件对水厂生产工艺的要求，了解二者之间的紧密联系。最后选择广东省某自来水厂作为分析对象，制定生产运行调整方案，分别从优化生产工艺、调整药剂投入量、去除 2-甲基异莰醇三个方面做出调整，最终检测确定该水厂水质调整符合标准，证明调整方法切实可行。最后提出了实时监测水质、观察原水物理性质、加大微生物控制力度、规范使用处理工艺、防治供水管网污染五点建议，以期能够为今后水厂生产运行提供参考。

关键词：原水条件；水厂；生产运行；水质保障

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.15.112

引言

面对城市中水源紧张的问题，为缓解水资源供需紧张现状，并保证人们的用水安全，很多水厂采用增加备用水源的方式。但是通过对各个地区原水条件的了解，如果原水条件不同，水厂在生产运行和水质方面势必会面临挑战，增加水厂生产运行调整的难度。所以，为保障水质，本文在不同原水条件下，探讨水厂生产运行中的调整策略，提出保证水质的建议，一方面推动水厂的稳定运行，另一方面则通过新运行模式减少水厂能耗。

一、不同原水条件对水厂生产工艺要求

一旦原水水质发生变化，水厂必须调整生产工艺。如果原水是地下水，水厂生产运行中使用砂滤器搭配精密过滤器，对地下水展开预处理，随后采用反渗透、混床、EDI（Electrodeionization，连续电除盐技术）等工艺，能达到深度处理原水的效果^[1]。对原水进行预处理，技术人员使用精密过滤器、RO，深度净化原水，混合离子交换柱则是最后的处理环节，实现最终的精细除盐。如果原水为地表水，也需要进行过滤与净化才能保证最终的水质^[2]。

水厂的水处理工艺在实际应用中具有复杂性、专业性和多样性的特点，尤其是不同原水条件下处理方法的制定。水厂生产运行过程中，对于水处理工艺的选择和应用，还会用到不同的设备与工艺，其中设备包括多介质过滤器、活性炭过滤器和精密过滤器，处理工艺比较常用的有混合离子交换柱。关于设备、工艺的选择，技术人员还需按照原水的处理要求和特性等做出综合判断。

二、不同原水条件下水厂生产运行调整方案

（一）项目概况

为了能有效应对不同原水条件，下面以位于广东省某城市的自来水厂为例，该水厂在生产运行过程中，面对不同原水条件时做出的应对。鉴于该水厂原有水源已经不能满足当地居民全面用水需求，所以采用双水源供水模式，2023 年日均供水量是 $3.4 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 。处理工艺方面，该水厂将加速澄清池（池内同时集合了混合、絮凝、

沉淀水多项处理工艺）和虹吸滤池两种工艺组合，设计供水能力是 $9 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 。该厂为提升出水水质，2024 年进行了改扩建，在原有工艺基础上新增了预臭氧、活性炭滤池、V 型滤池等工艺，完成改扩建后，供水规模是 $9 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 。考虑到该水厂原水条件不同，设置指标为：①浑浊度；②总碱度；③耗氧量；④氨氮。所以，结合原水水质对生产运行做出调整，调整方案如下。

（二）生产运行调整方案

1. 优化生产工艺

该水厂供水过程中，技术人员检查发现原水的浑浊度比较低，同时原水中的臭味物质已经超出标准，导致供水风险。考虑到该水厂在改扩建之后新增了预臭氧这一项工艺，而且臭氧本身属于强氧化剂，可以消除水中细菌，有效控制藻类生长，还能起到助凝的效果。所以，该水厂面对差异化的原水条件，启动应用预臭氧工艺，使供水水质得到保障。

2. 调整药剂投入量

根据上文，该水厂改扩建新增了预臭氧这一项工艺，其中臭氧的投入量是 $0.9 \text{mg}/\text{L}$ 。除了该工艺外，还投入了其他药剂——聚合氧化铝、次氯酸钠，相比 2023 年这两项药剂的投入量减少，同比单耗下降了 45.6%、26.9%。基于此前提分析该水厂面临的低温低浊问题，为改善混凝成效，优化药剂投入后的沉淀性，该水厂经分析后，决定增加三氯化铁这一药剂的投入量，相比 2023 年投入量增加 7.2%。通过这一生产运行的调整，该水厂给水中增加预臭氧，一方面有效减少混凝药剂的投入，另一方面可以起到良好的助凝效果。

3. 去除 2-甲基异莰醇

该水厂原本使用工艺为加速澄清池和虹吸滤池组合，此工艺去除 2-甲基异莰醇的效果并不理想，统计去除率最大值仅为 26.2%。改扩建后对工艺做出调整，新增了预臭氧工艺之后，2-甲基异莰醇的去除率提升至 60.3%。水厂 2023 年与 2024 年 2-甲基异莰醇浓度对比见表 1。

表 1 2023 年与 2024 年 2- 甲基异茛醇浓度对比

原水水样	1	2	3	4	
2023 年检测 浓度	原水	12.3ng · L ⁻¹	9.3ng · L ⁻¹	17.2ng · L ⁻¹	13.1ng · L ⁻¹
	出厂水	7.8ng · L ⁻¹	7.4ng · L ⁻¹	7.3ng · L ⁻¹	6.4ng · L ⁻¹
	去除率	38.1%	43.6%	67.9%	53.7%
2024 年检测	原水	12.2ng · L ⁻¹	10.7ng · L ⁻¹	9.8ng · L ⁻¹	6.6ng · L ⁻¹
	出厂水	10.5ng · L ⁻¹	9.7ng · L ⁻¹	8.7ng · L ⁻¹	5.3ng · L ⁻¹
	去除率	9.5%	9.0%	25.6%	25.1%

注：表 1 中数据来源于该水厂 2023 年、2024 年发布年检数据。

4. 出水水质

水厂检测 2023 年和 2024 年水质，检测对象包括浑浊度、氯化物、余氯、总硬度、pH 值、耗氧量等。总结各项指标数值分别为：

2023 年水质指标：（1）浑浊度 0.13NTU；（2）氯化物 39mg · L⁻¹；（3）余氯 1.0mg · L⁻¹；（4）总硬度 51mg · L⁻¹；（5）pH 值 7.99；（6）耗氧量 1.2mg · L⁻¹。

2024 年水质指标：（1）浑浊度 0.12NTU；（2）氯化物 34mg · L⁻¹；（3）余氯 1.0mg · L⁻¹；（4）总硬度 49mg · L⁻¹；（5）pH 值 7.88；（6）耗氧量 1.4mg · L⁻¹。

分析以上指标与数值，确定符合标准，证明水厂出水水质达标。

三、不同原水条件下水厂水质保障建议

（一）实时监测水质

水厂原水条件不同，水厂为保证出水水质，必须实时监测水质。例如水厂中观察发现氨氮的波动明显，经分析后确定与自然、人为等因素有关。

（1）自然交替。因季节交替，地表径流在流动过程中，含氮物质也随之方式变化，导致原水氨氮浓度有明显的波动。夏天后气温急剧升高，降雨量与其他季节相比更大，在地表径流的作用下，土壤中包含的含氮物质被其冲到水源中，这样一来原水的氨氮浓度必然升高^[3]。待到冬天后气温下降，也降低了微生物的活跃度和含氮物质转化速度，氨氮浓度必然下降^[4]。另外，水体内部如果生长浮游植物、微生物，此类植物和微生物的代谢活动同样是氨氮浓度的关键影响因素。

（2）人为处理。水源上游如果有工业企业，那么工业生产排放的废水将会提升原水中的氨氮含量^[5]。污水处理厂负责工业生产排放废水的处理，处理效果不理想，或者农业生产施加氮肥有严重的流失情况，也会增加原水中的氨氮含量。

（3）环境污染。环境污染是破坏原水来源地的关键原因之一，增加了原水中的有害物质含量。特别是激素类有机物质，在原水中占比过高，势必增加后续处理难度。

解决上述水质问题，水厂需对原水水质进行实时监测，并采用以下几种方法做出调整：（1）投入活性炭。活性炭本身的吸附性强，将其投入原水中，能快速去除原水中的氨氮，达到降低氨氮含量的目的；（2）灵活调整 pH 值。技术人员控制氨氮含量，监测水质的过程中还需灵活调整 pH 值。如果有氨气不溶于水，当 pH 值得到调整后便可有效控制氨氮浓度；（3）氨氮氧化处理。技术人员控制原水中的氨氮含量，建议投入臭氧和二氧化氯一类的化学物质，此类物质能快速实现氨氮氧化。（4）具备双水源的水厂，可采取切换水源的措施。

（二）观察原水物理性质

水厂生产运行中存在低温低浊的问题，原水受低温低浊影响，将会改变物理性质。这一问题的出现，不仅会增加混凝剂水解的难度，还会弱化颗粒布朗运动，导致碰撞机会下降，从而影响到最终的混凝效果，沉淀池出水的水质无法满足标准。

为解决低温低浊问题，结合水厂生产运行调整方案，建议采用以下方法：（1）采取预氧化工艺处理原水，使水中包含污染物性质以及结构得到优化，这有利于改善可混凝性，增强可生物降解性；（2）技术人员在生产运行过程中，在原水中投入聚硅酸金属盐混凝剂以及聚合氯化铝，此类药剂能强力吸附污染物，保证低温低浊水质的处理效果。

（三）加大微生物控制力度

原水水质在高藻期如果不加以控制，将会有大量藻类繁殖，增加营养物质的消耗量，而且伴有异味，还会滋生一些有害物质，降低出水水质，混凝效果与沉淀效果受到影响。针对此问题，建议水厂投入消毒剂，如二氧化氯、臭氧等，起到消杀藻类的作用^[6]。以二氧化氯为例，投入后能进一步提高杀菌效率，并将铁锰氧化，达到脱色、除臭的目的，在所有水质消毒剂是最佳选择。

（四）规范使用处理工艺

水厂的技术人员为提升水质，选择合适的处理工艺，并规范操作非常重要。例如混凝工艺，该工艺能优化水

质混凝效果,若技术人员混淆混凝剂种类,或者用量不合理,对原水条件的了解较少,可能引发絮体异常的情况,而且这种影响也会体现在沉淀上。要想增强混凝工艺使用的规范性,在水处理中需要做到以下几点:

(1) 优化混凝工艺使用条件。为保证混凝工艺的应用效果,技术人员应创建稳定的应用环境,尤其要对周围的温湿度和光照等进行控制。通过自动化控制系统,增强各项条件与参数控制的精准性。前期准备阶段,技术人员按照混凝工艺的基本要求准备相应的设备,而且要保证工艺条件一致。

(2) 安排工艺技能培训。水厂应定期组织技术人员专业培训,使技术人员能熟练掌握包括混凝工艺在内的所有水处理工艺。一方面能够熟知各项工艺的操作步骤与方法,另一方面则需要严格控制混凝处理过程,保证混凝效果。

(3) 选择精度高的处理设备。技术人员在选择混凝工艺相关的设备时,技术人员关注设备性能是否稳定,并且选择高精度的仪器设备,包括一体化净水处理设备、全自动自清洗过滤、数据分析与管理系统,保证测量数据精准,这也是优化混凝效果的重要条件之一^[7]。

(4) 灵活调整参数。水处理最终混凝效果所有的影响因素中,pH值与碱度尤为重要。如果这两项参数存在差异,则要选择适合的混凝剂。一般碱盐pH值的使用范围比较广,相比之下铝盐在混凝处理中的应用则存在诸多限制,若水质碱度无法满足要求,建议技术人员投入碱盐,起到调节pH值的作用。

(五) 防治供水管网污染

水厂向所有用户提供水源,运输自来水的途中,如果供水管道老化或者面临二次供水污染问题,必然会造成严重的后果。所以,为保证水质,水厂在不同的原水条件下,还需要加强供水管网污染的防治。主要防治方法如下:

(1) 大力推广智能化数据采集技术。水厂在数字化背景下积极建设先进技术实现水务工作模式升级,利用大数据、物联网以及人工智能相关技术,实现供水管网全天候监测,并对其展开智能管理。例如水厂可安装智能传感器,该设备具有实时采集供水管网参数的功能,通过获取的水质、水压以及流量的数据,经过大数据分析后能精准预测供水管网是否面临污染。如果水厂已经发现水质指标存在异常,会由系统向技术人员发出预警,通过对运行参数的调整、改进供水管网冲洗计划一系列措施,有效控制供水管网污染问题,保证出水水质。

(2) 创新供水管网清洗技术。水厂在供水管网清洗时建议应用CACS智能脉冲清洗系统、冰浆冲洗技术、螺旋生物酶清洗技术。CACS智能脉冲清洗系统主要利用螺旋脉冲、智能调控、生物软化将水垢清除,不仅具有较高的清洗效率,而且能够节约水资源;冰浆冲洗技术是利用冰浆同时具备流体、固体的属性,实现管道沉淀物

的有效回收与清洗^[8];螺旋生物酶清洗技术则是通过枯草芽孢杆菌制剂,将供水管网中比较顽固的生物膜分解,该技术不会有较高的毒性残留,并且能够将管网中的生物膜以及垢化及时清除,保证供水管网清洁性。

(3) 定期组织供水管网的维修。技术人员定期检修供水管网,能及时发现老化现象,并且更换更高品质的管道材料。如果水厂选用的是金属材质管道,建议更换耐腐蚀性更强的材料,譬如全面更换3PE防腐钢管。除此之外,在维修管道过程中必须展开管道的冲洗与消毒处理,以免进一步滋生微生物或者是杂质,造成二次水质污染。

(4) 管控二次供水设施。水厂中的水池、水箱属于二次供水设施,对于此类设施技术人员应做好清洁、维护工作。另外,供水管道连接的自备蓄水设备,必须在有隔断的状况下才能投入使用,这是避免回流污染的有效措施。

结语

综上所述,水厂面临差异化原水条件,必须及时调整生产运行方案,并通过切实有效的基础手段保证出水水质。通过本文对广东省某自来水厂生产运行过程的分析,探讨了不同原水条件下该水厂做出的生产运行调整,最终检测确定水质符合标准。由此可见,水厂在生产运行中采取优化生产工艺、调整药剂投入量等措施,能够保证出水水质。

参考文献

- [1] 张晓林. 现代化水厂生产管理的优化策略研究[J]. 水上安全, 2024, (21): 31-33.
- [2] 冯小海, 赵平, 程松涛. 基于亚控WOS云操作系统实现水厂的数字孪生以及生产管理系统[J]. 软件, 2024, 45(09): 46-48+51.
- [3] 肖峰, 魏月华, 王连弟. 超滤膜在天津市某水厂短流程工艺中的运行实践研究[J]. 城镇供水, 2024, (03): 108-115.
- [4] 周小丹. 武汉市再生水厂工程设计——以谡家矶再生水厂为例[J]. 广州化工, 2024, 52(02): 212-214+227.
- [5] 盛铭军, 张雪, 林涛, 等. 陶粒-超滤组合工艺处理水厂生产废水[J]. 净水技术, 2023, 42(10): 54-63.
- [6] 缪柳. 净水厂生产废水零排放对水质安全性的影响[J]. 资源节约与环保, 2023, (08): 1-4.
- [7] 方芳. 奉贤第一水厂生产废水处理特性研究[J]. 供水技术, 2022, 16(01): 38-42.
- [8] 范力杰, 郭金鹏, 王仕豪, 等. 现有供水管道冰浆冲洗技术应用案例分析与探讨[J]. 净水技术, 2024, 43(06): 204-209.

作者简介: 杨俊俊(1991-08), 女, 汉族, 河南商丘人, 硕士研究生, 工程师, 研究方向: 给排水。