**ICS编号**

**CCS编号**

**团体标准**

**T/LNHES XXX—XXXX**

**硝酸盐超标水生物法处理技术规范**

**Technical specification for biological treatment of nitrate excess water**

**（征求意见稿）**

**20XX-XX-XX发布 20XX-XX-XX实施**

**辽宁省水利学会 发布**

目 次

[1 范围 2](#_Toc29646)

[2 规范性引用文件 2](#_Toc4544)

[3 术语和定义 2](#_Toc6240)

[4 工艺选择原则 3](#_Toc8989)

[5 工艺设计 3](#_Toc7771)

[6 设备选型 5](#_Toc32447)

[7 运行管理 5](#_Toc25292)

[8 监测 6](#_Toc31250)

[9 质量控制 6](#_Toc28934)

[条文说明 10](#_Toc22518)

**前言**

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定编写。

本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件共9章，主要技术内容有：

——工艺选择原则

——工艺设计

——设备选型

——运行管理

——监测

——质量控制

**本文件起草单位：**辽宁省水利事务服务中心，中国水利水电科学研究院，辽宁嘉龙兴水科技有限公司，辽宁服膺科技有限公司

**本文件主要起草人：**孙毅 李斌 解中辉 马俊芳 吕育锋 王俊达 邹添丞 李岫霖 陈丽敏 孙放 刘宝印 刘克俭 牟昊 王健骁 李晓玲 王伟奇 徐佳宁 李化 胡艳江 宋岩 吴迪 赵莹 孙丽娜

**硝酸盐超标水生物法处理技术规范**

**1 范围**

**1.1** 本文件规定了采用生物法处理硝酸盐超标水的净化处理工艺设计、设备选型、运行管理、监测与控制等技术要求，旨在保障经处理后的水符合GB 5749-2022中硝酸盐氮（以N计）限制要求。

**1.2** 本文件适用于以硝酸盐超标地下水为原水，采用异养生物法处理硝酸盐的水处理设施或系统。

**2 规范性引用文件**

下列文件对于本文件的应用是必不可少的，凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 37528 脱氮生物滤池通用技术规范

GB 5749 生活饮用水卫生标准

GB/T 5750 生活饮用水标准检验方法

GB/T 43824 村镇供水工程技术规范

GB/T17219 生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准

GB50013 室外给水设计标准

GB/T 10002.1给水用聚氯乙烯（PVC-U）管材

GB/T 10002.2给水用聚氯乙烯（PVC-U）管件

SL/T825 小型农村供水工程规范化提升技术规程

HG/T 5926 水处理用生物药剂 硝化菌剂和反硝化菌剂

HG 20520 玻璃钢/聚氯乙烯（FRP/PVC）复合管道设计规定

CECS 265 曝气生物滤池工程技术规程

CJJ/T 229 城镇给水微污染水预处理技术规程

GB/T 7701.4 水处理用活性炭

**3 术语和定义**

下列术语和定义适用于本文件。

**3.1** 硝酸盐超标地下水 nitrate exceeding groundwater

硝酸盐（以N计）的含量超过了GB 5749《生活饮用水卫生标准》规定的安全标准限值（以N计，不得超过10mg/L）的地下水。

**3.2** 生物反硝化 biological denitrification process

在缺氧条件下，异养型反硝化细菌以有机碳源为电子供体，将硝酸盐逐步还原为氮气的微生物代谢过程。

**3.3** 自养反硝化 autotrophic denitrification

部分微生物利用还原态无机物（如硫化物、氢气等）作为电子供体，把硝酸盐转化为氮气，无需外加有机碳源的反硝化方式。

**3.4** 生物膜法 biofilm process

微生物附着在载体表面形成生物膜，废水流经生物膜时，污染物在微生物作用下得以降解和转化。

**3.5** 硝酸盐处理功能菌 nitrate removal bacteria

具有高效还原硝酸盐为氮气能力的微生物菌群。

**3.6** 碳源 carbon source

用于构成微生物细胞和代谢产物中碳素来源的营养物质，硝酸盐超标地下水生物高效处理设备中常用的碳源为葡萄糖、乙酸钠、甲醇等。

**3.7** 碳源投加装置 carbon source dosing device

通过计量泵或其他计量装置定时定量向设备内投放碳源的一种投加装置。

**4 工艺选择原则**

**4.1** 依据原水硝酸盐超标程度、有机物含量、浊度、酸碱度等关键水质指标来挑选工艺。例如，原水有机物匮乏但硝酸盐浓度高，宜选择能补充碳源的工艺；若浊度高，需前置高效的预处理工艺组合生物处理单元。

**4.2** 宜选用处理效能高、稳定性强、抗冲击负荷能力强的工艺。

**4.3** 评估长期运维成本，包括能耗、药剂添加、设备检修更换等费用，选择经济可行的方案。操作复杂、需专业人员频繁维护的工艺，若无对应人力支撑，应谨慎选用。

**4.4** 工艺必须成熟可靠，处理后水质稳定达标，无潜在风险，例如微生物泄漏、副产物生成等安全隐患。

**4.5** 优先选用成熟、稳定且运行成本合理的工艺，新工艺的应用需经小试、中试充分验证其处理效能、稳定性和安全性后，方可应用于实际工程。

**5 工艺设计**

5.1 预处理

**5.1.1** 采用机械细格栅，栅条间隙2-5 mm，过栅流速0.4-0.8 m/s，拦截水中粗大悬浮物、漂浮物，降低后续设备磨损与堵塞风险。

5.1.2 当原水含有泥沙等大颗粒悬浮物时，应设置沉淀池，停留时间一般为1-2 h，表面负荷率控制在1.5-3.0 m³/(m²·h)，以去除大部分可沉淀杂质。

5.1.3 可采用砂滤、活性炭过滤等方式进一步去除细小悬浮物与部分有机物，一般砂滤滤速为8-12 m/h，活性炭滤速6-10 m/h，滤料粒径0.5-1.2 mm，进一步截留未沉淀的微小颗粒，使出进水浊度小于1 NTU，保障后续生物处理单元进水水质良好。

5.2 生物反硝化单元

5.2.1 反硝化生物接触池

1. 弹性填料反硝化生物接触池，挂膜宜在水温高于10℃时进行，当生物膜增厚时，应及时冲洗。

填料用量计算公式为：$V=\frac{Q}{q×a}$，其中*V*为所需填料体积(m³)，*Q*为处理水量(m³/h)，*q*为调料容积负荷，设计时取*q*=2.5 m³/(m²·h)，运行中可在2.5-4.0 m³/(m²·h)间调控，*a*为弹性填料的比表面积(m²/m³)。

池容计算公式为：$V\_{0}=\frac{Q}{t}$，*t*为有效水力停留时间，设计取*t*=1.5 h，运行中可在1.0-1.5 h间调控。池体底面积$A=\frac{V\_{0}}{h\_{1}+h\_{2}}$，*h1*为有效水深，可取4-5 m，*h₂*为池体超高，可取0.3-0.5 m。

2）颗粒填料反硝化生物接触池，严格控制溶解氧在0.5mg/L以下，宜采用机械搅拌等方式维持污泥悬浮于传质；反冲洗分为两步，先气冲，再水冲，具体时间需根据规范或试验确定。

池体底面积计算公式为：$A=\frac{Q}{v}$，*v*为滤速，设计时取*v*=4 m/h，运行中可在4-6 m/h间调控。池体高度*h*应控制在4.5-5.0 m之间，其中颗粒填料层高度*h1*可取1.5-2.0 m，承托层高度*h₂*可取0.4-0.6 m，填料层以上的淹没水深*h₃*可取1.5-2.0 m，为防止填料逸出而设计的保护高度*h4*可取0.3-0.5 m。反冲洗时，填料膨胀率为30%-50%，反冲洗排水槽与填料上表面应保持1.0-1.5 m的间距。反洗泵流量计算公式为：$Q\_{b}=q\_{b}×A$，$q\_{b}$为水反冲洗强度，可取10-15 L/(m²·s)；

反洗风机风量计算公式为：$Q\_{air}=q\_{air}×A$，$q\_{air}$为气反冲洗强度，可取10-20 L/(m²·s)。

3）蜂窝管填料反硝化生物接触池，池子宜设计成正方形结构，有效水深在4至6m之间，填料高度在3.0至4.0 m之间。

池容计算公式为：$V\_{0}=\frac{Q}{t}$，设计时取*t*=3.0 h，运行中可在2.5-3.0 h间调控。

5.2.2 硫自养滤池

以硫磺等作为电子供体，水力负荷一般为2至5 m³/(m²·h)，反硝化速率为0.1至0.3kg NO₃⁻-N/(m³·d)。

需严格控制作为电子供体的硫化物等物质的含量，避免硫化物残留影响出水水质，同时要严格控制运行条件，减少副产物的生成。

5.2.3 膜生物反应器法

采用膜生物反应器（MBR）进行反硝化时，反应器内应设置缺氧区。膜通量一般为15至40 L/(m²·h)，水力停留时间为3至8 h，污泥停留时间为10至30 d，具体参数应根据处理规模和水质要求进行设计。

定期进行物理和化学清洗，以防止膜组件堵塞。控制生物反应池内缺氧区的微生物浓度、活性及运行条件，确保反硝化过程高效进行；同时控制膜分离单元的运行参数，确保膜分离过程稳定运行。

5.3 后处理

5.3.1 采用氯消毒方式，灭活处理后水中残留微生物。

5.3.2 若需进一步提升水质，可选用超滤、反渗透等膜过滤技术，超滤膜通量50-150 L/(m²·h)，反渗透脱盐率>95%。

**6 设备选型**

6.1 曝气设备用于好样单元，小型处理站可选旋涡风机，大型处理厂用罗茨鼓风机，风压30-60 kPa，风量依处理水量与溶解氧需求精确计算，搭配微孔曝气盘，氧利用率达20%-35%。

6.2 碳源投加系统采用高精度计量泵，流量精度±1%，配备耐腐碳源储存罐，容积按7-15天用量设计，有防泄漏、防晒、防雨措施，宜具备自动控制功能。

6.3 砂滤池配自动反冲洗装置，活性炭滤池定期更换活性炭，超滤膜过滤可选截留分子量为5-10万的膜组件，保障过滤效果稳定。

6.4 反冲洗泵流量和反冲洗风机风量根据滤池或填料的面积以及反冲洗强度确定，如颗粒填料反硝化生物接触池的水反冲洗强度可取10-15 L/(m²·s)，气反冲洗强度可取10-20 L/(m²·s)。反冲洗水源水水质应符合要求。

6.5 在线监测设备包括溶解氧监测仪、水质分析仪等，实时监测处理过程中的水质参数，如溶解氧、硝酸盐浓度、有机物含量等，以便及时调整运行参数。

**7 运行管理**

7.1 启动与调试

7.1.1 向处理系统接种驯化好的硝化菌、反硝化菌，接种量按反应器有效容积计算，一般为5%-10%。

7.1.2 启动初期，以低流量进水，逐步提升进水量至设计流量，此过程约持续1-2周，同步监测水质变化。

7.1.3 生物膜法启动初期，低流速进水，添加适量营养物质，1-2周实现生物膜挂膜成功。

7.2 日常运行

7.2.1 通过调节进水阀门等手段，维持稳定的进水流量，偏差控制在±10%以内。

7.2.2 每日监测进水、出水硝酸盐浓度等关键指标，根据监测结果及时调整运行参数，如有机碳源投加量。

7.2.3 每2-4小时巡检一次曝气设备、水泵等关键设备，检查运行声音、温度等，及时排除故障隐患。

7.2.4 定期检查格栅的运行状况，及时清理栅渣，防止格栅堵塞影响进水。一般每2-4小时检查一次，若进水杂质较多，应增加检查频率。

7.2.5 过滤设备运行期间，需密切关注过滤阻力的变化，当阻力达到一定值时及时进行反冲洗。反冲洗周期一般为12-24小时，具体根据进水水质和过滤效果确定。反冲洗强度应适中，避免滤料流失。

7.3 生物反硝化系统运行管理

7.3.1 定期观察生物膜的生长情况，如颜色、厚度、均匀性等，若发现生物膜异常应及时采取措施。反冲洗周期一般为10-20天，反冲洗强度要适宜，防止生物膜过度脱落。

7.4 后处理系统运行管理

7.4.1 若采用好氧处理设备，应将溶解氧浓度控制在2-4mg/L，通过调节曝气设备实现。定期检测出水的有机物含量、氨氮等指标，根据检测结果调整运行参数。

7.4.2 二沉池运行时，要确保表面水力负荷符合设计要求，一般为0.5-0.9 m³/(m²·h)，定期排泥。深度过滤设备如活性炭滤池，要根据过滤效果和水头损失情况，及时进行反冲洗或更换活性炭，反冲洗周期一般为7-15天。

7.5 其他配套设备运行管理

7.5.1 定期检查曝气设备的运行状况，包括曝气头的堵塞情况、风机的运行电流和压力等，确保曝气均匀、稳定。一般每周检查一次，若发现曝气不均匀或气量不足，应及时清理曝气头或维修风机。

7.5.2 加药设备要保证药剂的准确投加，定期校准计量泵，确保投加量的误差在±5%以内。同时，要及时补充药剂，防止药剂短缺影响处理效果。

7.5.3 反冲洗设备在运行前应进行检查和调试，确保反冲洗泵和风机的正常运行。反冲洗结束后，要检查设备的恢复情况，如滤池的过滤性能、填料的状态等。

7.5.4 在线监测设备要定期校准和维护，确保监测数据的准确性和可靠性。一般每周校准一次，若发现数据异常应及时检查和维修。

7.5.5 自动化控制系统要定期检查和维护，确保各设备的远程控制功能正常，报警系统灵敏可靠。同时，要及时更新控制系统的软件和程序，提高系统的稳定性和安全性。

7.6 故障处理

7.6.1 出水硝酸盐超标时，应排查碳源供应、反硝化时间、微生物活性等因素，针对性整改；设备故障时，迅速启用备用设备，并及时维修。

7.6.2 当原水硝酸盐浓度突然大幅升高时，可临时加大有机碳源投加量至1-2倍，同时降低进水流量30%-50%，保障处理效果。

**8 监测**

8.1 进水监测每日不少于1次，包括硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、化学需氧量（COD）、pH、水温等指标，水质波动大时增加频次。

8.2 在生物反硝化池进出口、好氧池出口等关键部位安装在线监测仪，实时监测硝酸盐氮、溶解氧等关键参数，数据传输至中控室。

8.3 严格按照《生活饮用水卫生标准》，每日检测硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、浊度、pH、消毒剂余量及微生物指标。

8.4 监测点宜设置在进水口、生物处理各单元进出口。

**9 质量控制**

9.1 微生物质量控制

9.1.1 选择具有高效反硝化能力、适应处理水质和环境条件的微生物菌种。对菌种进行定期的筛选、鉴定和复壮，确保其活性和稳定性。同时，采用适宜的保存方法，如低温保存、冻干保存等，防止菌种退化和变异。

9.1.2 定期对处理系统中的微生物数量进行监测，包括反硝化细菌、硝化细菌等关键微生物的数量。可采用平板计数法、MPN法等方法进行检测，确保微生物数量维持在有效处理所需的水平。

9.1.3 通过检测微生物的代谢活性来评估其处理能力，如测定反硝化酶的活性、硝化速率等。及时发现微生物活性下降的情况，并采取相应的措施，如调整营养物质投加量、改善处理环境等。

9.1.4 维持适宜的运行条件，定期监测微生物数量与活性。当监测发现活性持续显著下降且通过调整运行参数无法恢复时，补充接种活性良好的功能菌剂。

9.2 水质质量控制

9.2.1 处理全过程严格控制各环节水质，防止二次污染，确保最终出水硝酸盐氮含量符合标准，其他各项指标也满足饮用水要求。

9.2.2 在原水进入处理系统之前，对硝酸盐含量、pH值、溶解氧、温度、有机物含量等指标进行全面监测。根据进水水质的变化，及时调整处理工艺参数，如生物反应池的停留时间、有机碳源的投加量等。

9.2.3 在生物处理的各个环节，如缺氧区、好氧区等，设置监测点，实时监测水质的变化情况。重点监测硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮、溶解氧、pH值等指标，确保处理过程按预期进行，及时发现并解决处理过程中出现的问题。

9.2.4 严格按照GB 5749等相关标准，对处理后的出水进行全面检测。除了硝酸盐氮等常规指标外，还需监测微生物指标、毒理指标等，确保出水水质安全达标。同时，建立出水水质的长期监测机制，定期对出水进行抽检和复查。

9.2.5 一旦水质超标，立即停止供水，排查原因并整改，直至水质达标。

9.3 运行参数质量控制

9.3.1 根据进水硝酸盐含量和微生物的需求，精确控制有机碳源的投加量。避免有机碳源投加不足导致反硝化不完全，或投加过量造成出水有机物超标和处理成本增加。可通过在线监测设备实时监测水质变化，结合处理效果反馈，调整有机碳源的投加策略。

9.3.2 合理确定生物反应池的水力停留时间，并通过流量控制等手段确保实际运行中的水力停留时间符合设计要求。水力停留时间过短可能导致反硝化反应不充分，过长则可能导致处理成本的增加和占地面积的增大。

9.3.3 在生物法处理过程中，严格控制好氧区和缺氧区的溶解氧浓度。通过曝气设备的调节、水流控制等措施，确保好氧区溶解氧充足，以满足硝化反应的需要；缺氧区溶解氧浓度低于0.5 mg/L，为反硝化反应创造适宜的环境。

9.4 设备与设施质量控制

9.4.1 定期校准流量、溶解氧等监测仪表，误差控制在±5%以内，依据准确数据调整运行参数。

9.4.2 定期对生物处理系统中的设备进行维护和保养，如曝气设备、搅拌设备、泵等。检查设备的运行状况，及时更换磨损的部件，确保设备正常运行，避免因设备故障影响处理效果和水质。

9.4.3 定期对生物反应池、管道、阀门等设施进行检查，确保设施的完整性和密封性。防止因设施泄漏、破裂等问题导致水质污染以及处理效果下降。

9.4.4 使用的所有药剂、滤料、填料等均符合相关国家标准，妥善储存，有质量追溯体系。

9.4.5 操作人员定期培训，熟悉工艺原理、设备操作与维护；完整记录运行数据、水质监测结果、设备维修情况，便于追溯与工艺优化。

9.4.6 详细记录运行数据、监测结果等，纸质记录保存3年以上，电子记录应长期保存，具体保存期限应符合相关档案管理规定。

9.4.7 每月向主管部门提交处理系统运行报告，内容涵盖水质达标情况、设备运行状况等。

**本文件用词说明**

1 为便于在执行本文件条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1）表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2）表示严格，正常情况下都应该这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3）表示允许稍有选择，在条件许可时首先应该这样做：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4）表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行时，写法为“应按……执行”或“应符合……的规定”。

**条文说明**

1. 范围

1.1 本条款明确规定了本文件的核心目标，即针对硝酸盐超标水的净化处理，运用生物法提供全面的技术指导，涵盖工艺设计、设备选型、运行管理、监测与控制等关键环节。其旨在确保经处理后的饮用水符合国家饮用水卫生标准中硝酸盐含量的严格要求。

1.2 此条款进一步细化适用范围，聚焦于以硝酸盐超标地下水为原水，并采用异养生物法处理硝酸盐的水处理工程。地下水作为重要饮用水源，在某些地区易出现硝酸盐超标现象，而异养生物法在该领域应用广泛。通过对这类工程设计及运行的规范，确保在地下水处理过程中，设备性能可靠、运行稳定，有效去除硝酸盐，为地下水饮用水源的安全利用提供支撑。

3. 术语和定义

3.1 “硝酸盐超标地下水”的定义明确了本文件所针对的原水水质问题核心。以《生活饮用水卫生标准》GB 5749为依据，规定硝酸盐（以N计）含量超过10 mg/L的地下水为超标水。这一清晰界定为后续工艺选择、设计及处理效果评估提供了明确的水质基础，确保所有处理措施均针对该特定水质状况开展，保障处理后的水质能达到标准规定的安全限值，维护饮用水安全。

3.2 “生物反硝化”定义详细阐述了在缺氧条件下，异养型反硝化细菌利用有机碳源作为电子供体将硝酸盐还原为氮气的微生物代谢机制。这是生物法处理硝酸盐的关键核心过程，理解该过程有助于在工艺设计中合理配置有机碳源、优化缺氧环境条件，以及在运行管理中调控微生物生长与代谢，确保反硝化反应高效进行，实现硝酸盐的有效去除。

3.3 “自养反硝化”定义介绍了部分微生物利用还原态无机物进行反硝化的独特方式，与异养反硝化形成对比。在特定水质条件下，自养反硝化可作为一种无需外加有机碳源的处理选择，为工艺设计提供了更多灵活性。例如，在原水有机物含量极低且存在适宜还原态无机物时，可考虑采用自养反硝化工艺，降低处理成本与有机碳源带来的潜在风险。

3.4 “生物膜法”定义解释了微生物附着于载体表面形成生物膜并降解转化污染物的原理。在硝酸盐超标水的处理中，生物膜法应用广泛，如反硝化生物接触池等工艺均基于此原理。了解生物膜法有助于在设备设计中合理选择填料、确定池体结构与水力条件，以及在运行管理中掌握生物膜生长规律，通过控制水力负荷、反冲洗等操作，维持生物膜活性与处理效果。

3.5 “硝酸盐处理功能菌”定义明确了能够实现硝酸盐去除的关键微生物类别。在实际处理过程中，筛选、培养和保持这类功能菌的活性与数量是确保处理效果的关键因素。通过微生物质量控制措施，如菌种选择、保存、数量与活性监测等，保障硝酸盐处理功能菌在处理系统中高效发挥作用，持续稳定去除水中硝酸盐。

3.6 “碳源”定义指出其作为微生物细胞和代谢产物碳素来源的重要作用，并列举了葡萄糖、蔗糖、乙酸钠等常用碳源。在生物反硝化过程中，碳源的选择与投加量直接影响处理效果与成本。根据原水水质、微生物特性及处理工艺要求，合理选择碳源并精确控制投加量，是保障反硝化反应顺利进行、避免出水有机物超标和降低处理成本的关键环节。

3.7 “碳源投加装置”定义描述了其通过计量泵等装置定时定量投放碳源的功能。在处理系统中，精确的碳源投加至关重要。碳源投加装置的设计与选型需考虑碳源特性、投加精度要求及处理规模等因素，确保在不同运行条件下稳定、准确地向处理设备内输送碳源，满足微生物代谢需求，维持反硝化反应稳定高效进行。

4. 工艺选择原则

4.1 原水水质指标是工艺选择的关键依据。当原水有机物匮乏但硝酸盐浓度高时，反硝化所需电子供体不足，选择能补充碳源的工艺可保障反硝化反应顺利进行。若浊度高，大颗粒悬浮物易堵塞生物处理单元，前置高效预处理工艺（如沉淀池、砂滤等）可有效去除悬浮物，降低后续生物处理负荷，提高整体处理效果与设备运行稳定性，确保处理工艺与原水水质特性相适配。

4.2 农村供水工程由于存在季节性水质、水量变化等问题，需应对不同季节水质、水量变化幅度较大的冲击，要求处理效能高、稳定性强的工艺，如采用高效生物反应器、完善的自动化控制系统等，确保在高流量波动下仍能稳定达标供水，满足大量用户的用水需求。

4.3 长期运维成本评估涵盖能耗、药剂添加、设备检修更换等多方面费用。操作复杂且需专业人员频繁维护的工艺，若无相应技术人力支持，易出现设备故障、处理效果不稳定等问题，增加运维成本与供水风险。因此，选择经济可行且运维简便的工艺方案，可保障处理系统长期稳定运行，降低供水总成本。

4.4 工艺的成熟可靠性是保障供水安全的基础。成熟工艺经过大量实践验证，处理后水质稳定达标，能有效避免微生物泄漏、有害副产物生成等安全隐患。在饮用水处理领域，任何潜在风险都可能危及公众健康，因此优先选用成熟可靠工艺，确保处理过程安全可控，出水水质符合国家标准，为用户提供安全优质的饮用水。

4.5 新工艺在应用前需经小试、中试充分验证。小试可初步探究工艺在实验室条件下对特定水质的处理效果与可行性，中试则进一步模拟实际工程规模与运行条件，评估工艺的稳定性、可靠性及潜在问题。只有经过严格试验验证且证明处理效果良好、安全性高的新工艺，才能应用于实际工程，防止因工艺不成熟导致的处理失败、水质超标等问题，保障饮用水处理项目的成功实施。

5. 工艺设计

5.2 生物反硝化单元

5.2.1 反消化生物接触池

挂膜宜在水温高于10℃时进行，因为低温会抑制微生物生长与代谢活动，影响挂膜效果和生物膜活性。当生物膜增厚时及时冲洗，可防止生物膜过厚导致内层微生物缺氧死亡、传质阻力增大等问题，保持生物膜良好的活性与处理能力。填料用量、池容、进气量等计算公式中的参数设定，是依据处理水量、水力负荷、气水比等因素综合确定的。例如，生物氧化水力负荷设计值及运行调控范围，是在保证处理效果的前提下，结合微生物代谢需求和实际工程经验确定的，确保在不同运行条件下，微生物都能充分利用水中硝酸盐进行反硝化反应，实现高效处理。

反冲洗分两步进行，先气冲后水冲，气冲可松动填料层，水冲则有效冲走截留杂质，确保填料层清洁，维持良好的水力条件和处理效果。池体底面积、高度及反冲洗相关参数计算公式，是根据滤速、填料特性、反冲洗强度要求等确定的。合理的池体结构设计和反冲洗参数设置，保证了颗粒填料反硝化生物接触池在长期运行中稳定运行，避免填料堵塞、流失等问题。

蜂窝管填料反硝化生物接触池，池子设计成正方形结构且确定有效水深、填料高度和进气量等参数，是基于蜂窝管填料特性和水流流态优化设计的。正方形结构有助于水流均匀分布，合适的水深和填料高度保证了微生物与污染物充分接触，进气量按填料体积的2倍设计可提供充足氧气，促进微生物代谢，提高反硝化效率，确保处理效果稳定。

5.2.2 硫自养滤池

以硫磺等作为电子供体的硫自养滤池，其水力负荷和反硝化速率的参数范围是根据硫自养微生物的代谢特性和实际工程应用效果确定的。严格控制进水硫化物含量至关重要，因为过高的硫化物可能导致出水硫化物超标，影响水质安全。同时，严格控制运行条件（如温度、pH值、水力停留时间等），可减少副产物（如硫酸根离子等）生成，防止二次污染，确保处理后的水符合饮用水标准，保障供水安全。

5.2.3 膜生物反应器法

膜组件的膜通量、水力停留时间和污泥停留时间等参数根据处理规模和水质要求设计。膜通量影响处理效率和膜污染程度，合理的通量可在保证处理水量的同时，减少膜堵塞风险。水力停留时间和污泥停留时间的设定是为了确保微生物有足够时间进行反硝化反应和污泥稳定化，防止因停留时间不当导致反硝化不完全或污泥膨胀等问题。定期物理和化学清洗是维持膜组件性能的关键措施，通过去除膜表面的污染物，保持膜的渗透性，确保反硝化与膜分离协同进行，稳定出水水质。

5.3 后处理

5.3.2 深度过滤（可选）

超滤、反渗透等膜过滤技术在提升水质方面具有重要作用。超滤膜通量50-150 L/(m²·h)的选择是在考虑去除目标污染物和膜污染控制的基础上确定的，能够有效去除大分子有机物、胶体等杂质。反渗透脱盐率>95%，可进一步去除水中的溶解性盐类，显著降低水的硬度和盐分含量，满足对水质要求更高的用户需求，提升饮用水的品质和口感。

6. 设备选型

6.1 曝气设备

小型处理站选择旋涡风机、大型处理厂采用罗茨鼓风机，并搭配微孔曝气盘，是根据处理规模和供气量需求确定的。风压30-60 kPa可满足不同水深和曝气要求，确保氧气在水中的良好传递与分散。风量依处理水量与溶解氧需求精确计算，能保证生物处理单元中微生物获得充足氧气进行代谢活动，提高处理效率，同时氧利用率达20%-35%，可降低能耗，提高能源利用效率，减少运行成本。

6.2 碳源投加系统

高精度计量泵（流量精度±1%）能精确控制碳源投加量，避免因投加过量或不足影响处理效果和水质。耐腐碳源储存罐容积按7-15天用量设计，并配备防泄漏、防晒、防雨措施，可保证碳源稳定供应，防止碳源变质和泄漏对环境造成污染，确保处理系统连续稳定运行，降低因碳源问题导致的处理故障风险。

6.3 过滤设备

砂滤池配自动反冲洗装置可及时清除滤料截留的杂质，维持稳定的过滤效果，减少人工操作强度。活性炭滤池定期更换活性炭，是因为活性炭在吸附过程中会逐渐饱和，定期更换可保证对有机物等污染物的持续有效吸附。超滤膜过滤选择截留分子量为5-10万的膜组件，能有效去除特定分子量范围的污染物，保障过滤效果稳定，满足处理水质要求，确保出水水质达标。

6.4 反冲洗设备

反冲洗泵流量和反冲洗风机风量根据滤池或填料面积及反冲洗强度确定，如颗粒填料反硝化生物接触池的水反冲洗强度10-15 L/(m²·s)、气反冲洗强度10-20 L/(m²·s)，是为了确保在反冲洗过程中能够有效清除滤料或填料表面的截留物，同时避免因反冲洗强度过大导致滤料或填料损坏、流失，保证滤池或填料在反冲洗后能迅速恢复过滤性能，维持处理系统稳定运行。

6.5 在线监测设备

溶解氧监测仪、水质分析仪等在线监测设备实时监测处理过程中的水质参数，如溶解氧、硝酸盐浓度、有机物含量等。通过及时反馈水质信息，操作人员可根据监测数据迅速调整运行参数，如调节曝气设备、碳源投加量等，确保处理过程始终处于最佳运行状态，提高处理效果和稳定性，防止因水质波动未及时发现和处理而导致出水水质超标。

6.6 自动化控制系统

自动化控制系统实现设备的自动化运行和监控，包括设备启停、运行参数调节、故障报警等功能。其可减少人工操作误差，提高处理效率和稳定性，实现远程控制和管理，便于及时发现和解决设备故障，降低运行成本，保障处理系统长期可靠运行，适应现代化水处理厂的运行管理需求。

7. 运行管理

7.1 启动与调试

7.1.1 接种菌种

向处理系统接种驯化好的硝化菌、反硝化菌，接种量按反应器有效容积5%-10%计算，是为了在处理系统中快速建立起具有高效反硝化能力的微生物群落。驯化好的菌种能更好地适应处理水质和环境条件，适当的接种量可确保微生物在较短时间内达到一定数量，启动生物处理过程，缩短系统启动周期，提高处理系统的运行效率。

7.1.2 逐步进水

启动初期低流量进水并持续1-2周逐步提升至设计流量，是为了给微生物提供一个逐渐适应进水水质和负荷的过程。在低流量下，微生物可充分利用水中营养物质进行生长繁殖，避免因进水流量过大、水质冲击导致微生物生长受抑制或流失，同步监测水质变化可及时了解微生物适应情况和处理效果，为后续运行参数调整提供依据。

7.1.3 生物膜法启动

生物膜法启动初期低流速进水并添加适量营养物质，有助于微生物在载体表面附着生长形成生物膜。1-2周实现挂膜成功是基于微生物生长繁殖规律和实际工程经验确定的，在此期间，合适的水流速度和营养条件可促进生物膜快速形成且保证其活性，为后续生物处理过程奠定良好基础。

7.2 日常运行

7.2.1 流量控制

通过调节进水阀门等手段将进水流量偏差控制在±10%以内，可保证处理系统在稳定的水力负荷下运行。稳定的流量有助于维持生物处理单元中微生物的生长环境稳定，确保处理效果的一致性。若流量波动过大，可能导致水力停留时间变化、生物膜脱落或微生物代谢紊乱等问题，影响处理效果和出水水质稳定性。

7.2.2 水质监测调控

每日监测进水、出水硝酸盐浓度等关键指标，能及时掌握处理效果变化情况。根据监测结果调整有机碳源投加量等运行参数，可确保反硝化反应所需碳源充足且不过量。例如，当进水硝酸盐浓度升高时，适当增加碳源投加量；当出水硝酸盐浓度接近标准限值时，精细调整碳源投加量，防止出水超标，保障处理系统始终高效运行，出水水质稳定达标。

7.2.4 格栅

定期检查格栅运行状况并及时清理栅渣，一般每2-4小时检查一次，若进水杂质较多则增加频率。反硝化生物接触池格栅是防止大颗粒杂质进入后续处理单元的第一道防线，栅渣堆积会阻碍水流通过，降低进水效率，甚至可能导致格栅损坏。及时清理栅渣可保证格栅正常运行，维持进水稳定性，保护后续设备免受堵塞和磨损。

7.2.5 过滤设备

过滤设备运行期间密切关注过滤阻力变化，当阻力达到一定值时进行反冲洗，反冲洗周期一般为12-24小时，具体根据进水水质和过滤效果确定。随着过滤过程进行，滤料截留杂质增多，过滤阻力增大，若不及时反冲洗，会导致过滤效率降低、出水水质变差。合理确定反冲洗周期可保证过滤设备持续高效运行，反冲洗强度适中可避免滤料流失，确保过滤效果稳定。

7.3 生物反硝化系统运行管理

7.3.1 生物膜法设备

定期观察生物膜生长情况，如颜色、厚度、均匀性等，可及时发现生物膜异常（如老化、中毒等）并采取相应措施，如调整运行参数、增加冲洗频率等。反冲洗周期10-20天及适宜的反冲洗强度，可有效清除老化生物膜，促进新生物膜生长，维持生物膜活性和处理效果稳定。

7.4 后处理系统运行管理

7.4.1 好氧处理设备（可选）

若采用好氧处理设备，将溶解氧浓度控制在2-4 mg/L 是满足好氧微生物代谢需求的关键。通过调节曝气设备实现精确控制，可确保好氧处理过程中有机物的有效降解和氨氮的转化。定期检测出水有机物含量、氨氮等指标，根据检测结果调整运行参数，如曝气时间、曝气量等，可保证好氧处理效果稳定，防止因运行参数不当导致出水水质超标，保障整个处理系统出水达标。

7.4.2 沉淀与过滤设备

二沉池运行时确保表面水力负荷符合设计要求（0.5-0.9 m³/(m²·h)）并定期排泥，可保证沉淀效果，防止污泥上浮和出水悬浮物增加。深度过滤设备如活性炭滤池，根据过滤效果和水头损失情况及时反冲洗或更换活性炭，反冲洗周期7-15天。水头损失增加表明滤料堵塞，过滤效果下降，及时反冲洗或更换活性炭可维持过滤设备的过滤性能，确保后处理系统有效去除残留污染物，保障出水水质稳定。

7.5 其他配套设备运行管理

7.5.1 曝气设备

每周检查一次曝气设备运行状况，包括曝气头堵塞情况、风机运行电流和压力等，可确保曝气均匀、稳定。曝气头堵塞会导致曝气不均匀，影响氧气传递效率和微生物代谢；风机运行电流和压力异常可能预示风机故障或供气系统问题。及时清理曝气头或维修风机可保证曝气设备正常运行，维持生物处理单元良好的溶解氧环境，提高处理效果。

7.5.2 加药设备

加药设备保证药剂准确投加并定期校准计量泵（误差在±5%以内），可确保处理过程中化学药剂（如碳源、消毒剂等）的投加量精确控制。及时补充药剂可防止因药剂短缺导致处理效果下降，如碳源不足会使反硝化不完全，消毒剂不足会增加微生物风险。精确投加和充足供应药剂是保障处理系统稳定运行和出水水质达标的关键环节。

7.5.3 反冲洗设备

反冲洗设备运行前检查调试，运行后检查恢复情况，可确保每次反冲洗过程顺利进行且不影响设备后续运行性能。若反冲洗设备故障或反冲洗效果不佳，会导致滤池或填料堵塞，影响处理系统运行效率和出水水质。通过严格的检查和调试程序，保障反冲洗设备可靠运行，维持整个处理系统的稳定运行。

7.5.4 在线监测设备

每周校准一次在线监测设备，可保证监测数据的准确性和可靠性。在线监测设备提供实时水质信息，数据不准确会误导运行参数调整，影响处理效果。及时检查维修数据异常的设备，可确保监测数据始终真实反映处理过程水质情况，为科学管理和运行决策提供可靠依据。

7.5.5 自动化控制系统

定期检查维护自动化控制系统，确保远程控制功能正常和报警系统灵敏可靠，可实现处理系统的高效自动化运行。及时更新软件和程序，可适应处理工艺改进、设备升级等变化，提高系统稳定性和安全性，降低人工管理成本，保障处理系统长期稳定运行。

7.6 故障处理

7.6.1 出水硝酸盐超标处理

出水硝酸盐超标时排查碳源供应、反硝化时间、微生物活性等因素，是因为这些因素直接影响反硝化效果。碳源不足会限制反硝化反应进行；反硝化时间过短可能导致反应不完全；微生物活性下降会降低处理能力。针对性整改措施如调整碳源投加量、优化水力停留时间、补充菌种或改善微生物生长环境等，可有效解决出水硝酸盐超标问题，确保出水水质达标。设备故障时迅速启用备用设备并及时维修，可减少因设备停机对供水的影响，保障供水连续性。

7.6.2 原水硝酸盐浓度突然大幅升高处理

原水硝酸盐浓度突然大幅升高时，临时加大有机碳源投加量至1-2倍并降低进水流量30%-50%，是为了在短时间内调整处理系统运行参数，适应原水水质变化。增加碳源可提供更多电子供体促进反硝化反应，降低进水流量可延长水力停留时间，保障处理效果，防止因原水水质突变导致出水硝酸盐超标，维持处理系统的稳定性和可靠性。

8. 监测

8.1 进水监测

每4小时测定一次硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、化学需氧量（COD）、pH、水温等指标，是因为这些参数能全面反映原水水质状况及其波动情况。硝酸盐氮和亚硝酸盐氮含量直接关系到处理目标的实现；COD可表征水中有机物含量，影响生物处理过程中微生物的代谢与碳源需求；pH 和水温对微生物活性及化学反应速率有显著影响。频繁监测有助于及时掌握原水水质变化趋势，为后续处理工艺调整提供及时、准确的基础数据，确保处理工艺始终适配原水水质特性，保障处理效果稳定。

8.2 过程监测

在生物反硝化池进出口、好氧池出口等关键部位安装在线监测仪实时监测硝酸盐氮、溶解氧等关键参数，并传输至中控室，这是实现处理过程严格控制的关键措施。通过实时监测这些参数，操作人员可即时了解各处理单元的运行状态和处理效果，如生物反硝化池内硝酸盐氮的去除情况、好氧池的硝化效果及溶解氧是否满足微生物需求等。一旦发现参数异常，能迅速采取调整措施，避免因处理过程失控导致出水水质恶化，保障处理系统高效稳定运行，提高处理效率和可靠性。

8.3 出水监测

严格按照《生活饮用水卫生标准》每日全分析检测水质，涵盖硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、微生物指标、感官性状、毒理学指标等，这是确保饮用水安全达标的核心环节。出水水质直接关乎公众健康，全面检测各项指标可严格把控处理后水的质量，杜绝任何潜在风险。微生物指标检测可防止致病微生物污染；感官性状指标确保水无异味、异色和浑浊等不良现象；毒理学指标保障水中无有害化学物质残留。通过每日全分析检测，持续监督出水水质，为公众提供安全可靠的饮用水。

8.4 监测点

8.4.1 进水口

进水口监测原水水质状况，其数据是整个处理工艺调整的基石。原水水质的变化可能要求对处理工艺参数（如预处理强度、碳源投加量、水力停留时间等）进行相应调整。通过对进水口水质的持续监测，能及时发现原水水质的异常波动，为提前采取应对措施提供依据，确保处理系统在不同原水水质条件下都能稳定运行，有效去除硝酸盐及其他污染物，保障处理效果。

8.4.2 生物处理各单元进出口

在生物处理各单元进出口设置监测点，有助于深入了解各处理单元的处理效果和运行效率。通过对比进出口水质参数，可直观判断该单元对污染物的去除能力和可能存在的问题环节。例如，生物反硝化池进出口硝酸盐氮浓度的变化能直接反映反硝化反应的进行程度；好氧池进出口氨氮、溶解氧等指标的差异可评估硝化反应效果。及时掌握这些信息，便于针对性地优化各处理单元运行参数，提高整个处理系统的处理效能，确保各单元协同工作，实现达标排放。

8.4.3 出水口

出水口监测确保出水水质符合饮用水标准，出水水质达标的最终保障。只有经过严格检测且达标后的水才能进入供水系统供用户使用。持续监测出水口水质，一旦发现水质超标，立即启动应急处理程序，停止供水并排查原因，防止不合格水进入供水管网，避免对公众健康造成潜在威胁，保障供水安全。

8.5 监测频率

进水硝酸盐氮每4小时一次的监测频率，既能及时捕捉原水硝酸盐氮含量的变化，又在一定程度上平衡了监测成本与数据时效性。出水硝酸盐氮每2小时一次的监测频率相对较高，是因为其直接反映处理效果，对保障出水水质至关重要，更频繁的监测可快速发现处理过程中的异常并及时调整。微生物指标每日一次的监测频率是基于微生物生长繁殖和传播的特性确定的，在保障及时发现微生物风险的同时，合理分配了监测资源。其他水质常规指标每日一次的监测频率可全面掌握出水水质的综合情况，确保各项指标符合饮用水标准，为公众提供安全的饮用水。

9. 质量控制

9.1 微生物质量控制

9.1.1 菌种选择与保存

选择具有高效反硝化能力、适应处理水质和环境条件的微生物菌种是确保处理效果的关键因素。不同的水源水质和处理工艺环境对微生物菌种的要求各异，只有适配的菌种才能在处理系统中良好生长和发挥作用。定期对菌种进行筛选、鉴定和复壮，能够保持其优良的性状和活性。例如，通过筛选可以去除活性降低或发生变异的菌种，确保处理系统中微生物种群的高效性。采用低温保存、冻干保存等适宜的保存方法，可以减缓菌种的代谢速率，防止其因环境因素导致退化和变异，延长菌种的使用寿命，保证在需要时能够提供高质量的菌种用于处理系统的启动、补充或优化，维持处理系统的稳定运行和处理效果。

9.1.2 微生物数量监测

定期对处理系统中的微生物数量进行监测，包括反硝化细菌、硝化细菌等关键微生物的数量，是保障处理效果的重要手段。微生物数量直接影响处理效率，数量过少可能导致处理能力不足，无法有效去除硝酸盐等污染物；数量过多则可能引发微生物代谢失衡、竞争加剧等问题，影响处理效果和系统稳定性。采用平板计数法、MPN法等科学的检测方法，可以准确测定微生物数量，为判断处理系统的运行状态提供量化依据。根据监测结果，当微生物数量偏离有效处理所需的水平时，可以及时采取相应措施，如补充菌种、调整营养物质投加量等，确保微生物数量维持在适宜范围内，保障处理系统的高效稳定运行。

9.1.3 微生物活性检测

通过检测微生物的代谢活性，如测定反硝化酶的活性、硝化速率等，能够更深入地评估微生物的处理能力。微生物活性是反映处理系统运行状况的敏感指标，活性下降可能预示着微生物受到环境因素（如温度、pH值、毒性物质等）的抑制，或者营养物质供应不足、代谢产物积累等问题。及时发现微生物活性下降的情况，并采取调整营养物质投加量、改善处理环境等针对性措施，可以迅速恢复微生物的活性，确保处理系统的处理效果不受影响。例如，当检测到反硝化酶活性降低时，可以适当增加碳源投加量或优化碳源种类，为微生物提供更充足的能量和电子供体，促进反硝化反应的进行。

9.1.4 活性检测频率及应对措施

每月至少检测一次反硝化细菌、硝化细菌活性，这是基于微生物活性变化的一般规律和处理系统的运行周期确定的。在这个时间间隔内，能够及时捕捉到微生物活性的显著变化，又不会造成过高的检测成本。当活性降低20%以上时，表明微生物处理能力已受到较大影响，需要及时补充菌种或调整运行条件。补充菌种可以引入具有更高活性的微生物，增强处理系统的处理能力；调整运行条件，如优化水力停留时间、调节溶解氧浓度、改善营养物质配比等，可以为微生物创造更适宜的生长环境，恢复其活性，保障处理系统的稳定运行和处理效果的持续性。

9.2 水质质量控制

9.2.1 全过程水质控制目标

处理全过程严格控制各环节水质，防止二次污染，这是保障最终出水硝酸盐氮含量符合标准且其他各项指标满足饮用水要求的核心原则。从原水进入处理系统开始，每一个处理步骤都可能对水质产生影响，如果在某个环节出现疏忽，可能导致污染物的积累、交叉污染或处理效果的逆转。例如，在生物处理过程中，如果微生物代谢产物不能及时清除或处理设备发生泄漏，可能会使水中的有机物、微生物或其他有害物质增加，影响出水水质。因此，通过严格控制各环节水质，确保每一个处理单元都能按照设计要求运行，实现对水质的有效净化，最终为用户提供安全、健康的饮用水。

9.2.2 进水水质监测与工艺调整

在原水进入处理系统之前，全面监测硝酸盐含量、pH值、溶解氧、温度、有机物含量等指标，是为了准确了解原水的水质特性，为后续处理工艺参数的确定提供依据。不同的原水水质需要不同的处理策略，例如，原水有机物含量高时，可能需要在预处理阶段增加除有机物的措施，或者在生物处理过程中合理调整碳源投加量；原水pH值异常时，可能需要进行酸碱调节预处理，以确保微生物生长环境适宜。根据进水水质的变化及时调整处理工艺参数，可以使处理系统始终处于最佳运行状态，提高处理效率，降低处理成本，保障出水水质达标。

9.2.3 处理过程中的水质监测

在生物处理的各个环节设置监测点，实时监测硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮、溶解氧、pH值等指标，是为了确保处理过程按预期进行。这些指标的变化反映了处理过程中微生物的代谢活动和化学反应的进程。例如，硝酸盐氮和亚硝酸盐氮浓度的降低表明反硝化反应正常进行；氨氮浓度的变化反映了硝化反应的效果；溶解氧浓度的高低影响微生物的呼吸作用和代谢途径；pH 值的稳定是微生物生长和酶活性维持的关键。通过实时监测这些指标，一旦发现处理过程中出现异常情况，如反硝化反应受阻、硝化反应过度或微生物生长受抑制等，可以及时采取措施进行调整，如调整曝气设备、补充营养物质、调节水力停留时间等，确保处理过程的稳定性和有效性，保障最终出水水质达标。

9.2.4 出水水质监测与长期机制

严格按照《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2022）等相关标准对处理后的出水进行全面检测，包括微生物指标、毒理指标等，是保障出水水质安全达标的最后把关环节。微生物指标的检测可以防止致病微生物的传播，毒理指标的检测可以避免水中有害物质对人体的慢性危害。建立出水水质的长期监测机制，定期对出水进行抽检和复查，是为了确保处理系统的长期稳定性和可靠性。随着时间的推移，处理系统可能会受到设备老化、微生物群落变化、原水水质波动等因素的影响，导致处理效果出现波动。通过长期监测，可以及时发现这些潜在问题，采取相应措施进行修复和优化，保障出水水质始终符合标准要求，为公众提供持续可靠的饮用水供应。

9.2.5 水质超标应急处理

一旦水质超标，立即停止供水，排查原因并整改，直至水质达标。这是保障公众健康的紧急措施。水质超标可能是由于设备故障、工艺参数失控、原水水质突变或其他突发情况引起的。停止供水可以避免不合格水进入供水管网，防止对公众健康造成危害。迅速排查原因，如检查设备运行状况、分析工艺参数设置、检测原水水质变化等，可以确定问题的根源。针对问题采取整改措施，如修复设备、调整工艺参数、优化预处理措施等，确保处理系统恢复正常运行，出水水质达标后再恢复供水，切实保障公众的饮用水安全。

9.3 运行参数质量控制

9.3.1 有机碳源投加控制

根据进水硝酸盐含量和微生物的需求，精确控制有机碳源的投加量至关重要。有机碳源是反硝化细菌进行反硝化反应的电子供体，投加不足会导致反硝化不完全，硝酸盐无法有效去除，出水硝酸盐氮超标；投加过量则会造成出水有机物超标，不仅增加处理成本，还可能引发后续处理单元的负担和微生物生长的失衡。通过在线监测设备实时监测水质变化，结合处理效果反馈，可以动态调整有机碳源的投加策略。例如，当进水硝酸盐含量升高时，适当增加碳源投加量；当出水硝酸盐氮接近标准限值时，精细调整碳源投加量，确保反硝化反应充分进行且出水水质稳定，在保证处理效果的前提下，实现资源的合理利用和成本的有效控制。

9.3.2 水力停留时间控制

合理确定生物反应池的水力停留时间，并通过流量控制等手段确保实际运行中的水力停留时间符合设计要求，是保障处理效果的重要因素。水力停留时间过短，微生物与污染物接触时间不足，反硝化反应无法充分进行，导致硝酸盐去除率低；水力停留时间过长，虽然可能提高处理效果，但会增加处理成本和占地面积，降低处理系统的经济性和实用性。根据处理规模、进水水质和处理目标等因素，科学设计水力停留时间，并在运行过程中严格控制，确保微生物有足够的时间进行代谢活动，实现对硝酸盐的高效去除，同时兼顾处理系统的经济合理性和运行稳定性。

9.3.3 溶解氧控制

在生物法处理过程中，严格控制好氧区和缺氧区的溶解氧浓度是实现硝化和反硝化反应顺利进行的关键。好氧区需要充足的溶解氧来满足硝化细菌的呼吸作用和硝化反应的需求，确保氨氮能够高效转化为硝酸盐。一般将好氧区溶解氧浓度控制在2-4 mg/L，在此范围内，硝化细菌能够保持较高的活性和代谢速率。缺氧区则需要将溶解氧浓度控制在低于0.5 mg/L，为反硝化细菌创造适宜的缺氧环境，促进硝酸盐的还原反应。通过曝气设备的调节、水流控制等措施，可以精确控制好氧区和缺氧区的溶解氧浓度，实现硝化和反硝化反应的协同作用，提高处理系统的整体处理效率，确保出水水质达标。

9.4 设备与设施质量控制

9.4.1 监测仪表校准

定期校准流量、溶解氧等监测仪表，误差控制在±5%以内，是为了确保监测数据的准确性和可靠性。这些监测仪表提供的实时数据是操作人员判断处理系统运行状态和调整运行参数的重要依据。如果监测仪表误差较大，可能导致操作人员对处理系统的运行情况产生误判，进而做出错误的决策，影响处理效果和水质。例如，不准确的溶解氧监测数据可能导致曝气设备的过度或不足运行，影响微生物的生长和代谢。通过严格的校准程序，保证监测仪表的精度，为处理系统的科学管理和高效运行提供准确的数据支持。

9.4.2 设备维护与保养

定期对生物处理系统中的设备进行维护和保养，如曝气设备、搅拌设备、泵等，是保障设备正常运行的关键措施。设备在长期运行过程中，由于机械磨损、腐蚀、疲劳等因素，容易出现故障。及时检查设备的运行状况，更换磨损的部件，可以延长设备的使用寿命，避免因设备故障导致处理系统停机，影响处理效果和供水连续性。例如，曝气设备的曝气头容易堵塞，定期清理可以保证曝气均匀性和氧气传递效率；泵的叶轮磨损会影响流量和扬程，及时更换叶轮可以确保泵的正常运行。通过定期维护和保养，确保设备始终处于良好的运行状态，提高处理系统的可靠性和稳定性。

9.4.3 设施完整性检查

定期对生物反应池、管道、阀门等设施进行检查，确保设施的完整性和密封性，是防止水质污染和处理效果下降的重要环节。生物反应池的裂缝或渗漏可能导致微生物泄漏或外界污染物进入，影响处理过程和水质安全；管道的破损或阀门的泄漏会造成水的流失和压力变化，影响处理系统的正常运行。通过定期检查设施的完整性和密封性，及时修复发现的问题，可以保证处理系统的正常运行，防止因设施问题导致的水质污染和处理效果下降，保障处理系统的安全性和稳定性。

9.4.4 药剂与材料管理

使用的所有药剂、滤料、填料等均符合相关国家标准，妥善储存，有质量追溯体系，这是保障处理效果和水质安全的基础要求。不符合标准的药剂可能无法发挥预期的作用，甚至可能对水质造成污染；滤料和填料的质量直接影响过滤和生物处理效果。妥善储存药剂、滤料和填料，可以防止其变质、损坏或受到污染。建立质量追溯体系，可以在出现问题时迅速追溯到问题源头，采取相应措施进行整改，确保处理系统的稳定运行和水质安全。

9.4.5 人员培训与记录

操作人员定期培训，熟悉工艺原理、设备操作与维护，是保障处理系统正常运行的关键因素之一。随着水处理技术不断发展和设备更新换代，操作人员需要持续学习新的知识和技能。培训内容包括生物处理工艺的微生物学原理、设备的结构和工作原理、操作规范和安全注意事项等。通过培训，操作人员能正确操作设备，如熟练启动和停止曝气设备、调节加药装置、进行设备巡检等；能准确判断设备运行故障并采取初步维修措施，如更换简单易损部件、排除电气故障等。完整记录运行数据、水质监测结果、设备维修情况等，便于追溯处理过程，分析处理效果波动原因，为工艺优化和设备改进提供数据支持。例如，通过对比不同时间段的运行数据和水质监测结果，可发现工艺参数是否需要调整，设备是否需要升级改造等，从而不断提高处理系统的性能和处理效果。

9.4.6 记录保存与管理

详细记录运行数据、监测结果等，纸质记录保存3年以上，电子记录永久保存，这是满足法规要求和保障处理系统可追溯性的必要措施。在处理系统运行过程中，产生的大量数据和信息对于评估处理效果、分析设备运行状况、解决潜在问题具有重要价值。纸质记录在一定期限内保存，方便随时查阅近期数据和信息，如在设备维修或工艺调整时可快速获取相关历史数据作为参考；电子记录永久保存则可确保长期的数据存储和分析，对于处理系统的长期性能评估和研究具有重要意义。同时，建立完善的记录管理系统，对记录进行分类、归档和备份，确保记录的安全性和完整性，防止数据丢失或损坏。

9.4.7 运行报告提交

每月向主管部门提交处理系统运行报告，内容涵盖水质达标情况、设备运行状况等，这是加强监管和保障公众知情权的重要手段。主管部门通过审阅运行报告，可及时了解处理系统的运行绩效，如出水水质是否稳定达标、设备是否正常运行、是否存在安全隐患等。对于不达标的情况，主管部门可督促运营单位采取整改措施，确保处理系统持续符合要求。同时，运行报告也可为行业管理提供数据支持，促进技术交流和经验分享，推动整个行业的发展和进步，保障公众饮用水安全。