

团 体 标 准

T/HAEPI XX—XXXX

城镇污水处理厂污水深度脱氮与资源化技术指南

（征求意见稿）

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

河南省环境保护产业协会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 城规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总体要求	2
5 技术指标	3
6 城镇污水不同用途的深度脱氮技术	4
7 其他	8

前 言

为贯彻落实《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国水污染防治法》、《河南省水污染防治条例》、《关于推进污水资源化利用的指导意见》等法律法规，保护和改善水生态环境质量，推动污水资源化利用，规范和指导城镇污水处理厂污水深度脱氮与资源化的工作，结合河南省实际，制定本文件。

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》的规定起草。

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。

本文件由河南省环境保护产业协会组织提出并归口。

本文件起草单位：知和环保科技有限公司、郑州大学环境技术咨询工程有限公司

本文件主要起草人：

城镇污水处理厂污水深度脱氮与资源化技术指南

1 范围

本标准根据城镇污水的去向，规定了城镇污水不同用途的深度脱氮技术，包括城市污水再生利用（工业、城市杂用、景观环境、绿地灌溉、生态补水）和排放到河湖流域的深度脱氮技术。

本标准适用于城镇污水处理厂进行深度脱氮、总氮提标改造、资源化利用的工作。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改）适用于本文件。

HJ 346 水质 硝酸盐氮的测定 紫外分光光度法
HJ 535 水质 氨氮的测定 纳氏试剂分光光度法
HJ 576 厌氧-缺氧-好氧活性污泥法污水处理工程技术规范
HJ 577 序批式活性污泥法污水处理工程技术规范
HJ 578 氧化沟活性污泥法污水处理工程技术规范
HJ 636 水质 总氮的测定 碱性过硫酸钾消解分光光度法
HJ 2014 生物滤池法污水处理工程技术规范
GB 3838 地表水环境质量标准
GB 11891 水质 凯氏氮的测定 硒催化矿化法
GB 11901 水质 悬浮物的测定 重量法
GB 18918 城镇污水处理厂污染物排放标准
GB/T 9923 城市污水再生利用 工业用水水质
GB/T 11894 水质 总氮的测定 碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法
GB/T 18919 城市污水再生利用 分类
GB/T 18920 城市污水再生利用 城市杂用水水质
GB/T 18921 城市污水再生利用 景观环境用水水质
GB/T 19772 城市污水再生利用 地下水回灌水质
GB/T 25499 城市污水再生利用 绿地灌溉水质
GB/T 37528-2019 脱氮生物滤池通用技术规范
DB 41/2087 河南省黄河流域水污染物排放标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

深度脱氮

指对城镇污水处理厂尾水中硝态氮的脱除。

3.2

预处理单元

指为使进水满足生化反应单元的进水设置的处理措施，包含预处理单元及前处理单元。如格栅装置、絮凝装置、气浮装置、沉砂池、初沉池、水解酸化池、中和池、混凝沉淀池等。

3.3

重点流域

是指流域水污染物排放标准中总氮提标至12 mg/L的重点流域，如河南省黄河流域、江苏省太湖流域、安徽省巢河流域、广东省沙河与岐江河流域等。

3.4

环境敏感区

是指依法设立的各级各类自然、文化保护地，以及对建设项目的某类污染因子或者生态影响因子特别敏感的区域。

3.5

容积负荷

指深度脱氮装置在单位时间内单位滤料层容积反硝化的硝态氮量。

3.6

构筑物占地面积

指深度脱氮装置使用的土地水平投影面积。

3.7

反硝化深床滤池

指 Leopold elimi-NITE®反硝化深床滤池与 Tetra Denite 反硝化深床滤池。

3.8

活性自持深度脱氮

指以硫基复合活性生物载体为填料，通过自身提供电子（自活自持）驱动微生物进行反硝化脱氮，该过程中无需外源投加药剂（碳源）。

3.9

ZHDN 深度脱氮

是指由耐寡营养的反硝化菌剂、活性填料、柔性电子传感器、流态模拟反馈系统和总氮精细化控制系统等要素共同组成高效脱氮装置。

3.10

混合营养深度脱氮

是指通过异养反硝化和硫自养反硝化协同作用，利用异养耗 H^+ 和硫自养产 H^+ 的反应特征，建立了清洁高效的混合营养脱氮路径，减少外部碳源投加量是一种深度脱氮装置。

4 总体要求

4.1 位置布置

- 4.1.1 反硝化生物滤池的技术要点参考（GB/T 37528-2019）中的相关内容。
- 4.1.2 深度脱氮装置的总体布置应根据地形、气象、地质条件、运行和环境安全等因素选择，并符合 GB 50014-2006 中第 1 章的规定。
- 4.1.3 深度脱氮技术应用于具有深度脱氮需求的城镇污水处理工程。
- 4.1.4 深度脱氮装置位于二沉池后端。

4.2 进水水质要求

- 4.2.1 针对再生水用于城市杂用、地下水回灌、绿地灌溉等时，深度脱氮装置的进水要求满足 GB 18918-2002 一级 B 的水质指标。
- 4.2.2 针对其他再生水回用或污水排放场景，深度脱氮装置的进水要求满足 GB 18918-2002 一级 A 的水质指标。
- 4.2.3 进入深度脱氮装置的污水，悬浮物（SS）宜控制在 ≤ 60 mg/L，如超过次限定值，应将大颗粒固体 物等污染物进行拦截、阻隔等预处理。
- 4.2.4 深度脱氮装置进水的 pH 值宜为 6.5-9.6，水温宜为 15℃-30℃。
- 4.2.5 深度脱氮装置进水中溶解氧含量 ≤ 2 mg/L。

5 技术指标

5.1 总氮的单位容积去除负荷

单位滤料容积单位时间内去除总氮的量，计算公式如下：

$$RLV = \frac{Q \times (C_i - C_e)}{V} \quad (1)$$

式中：

RLV ——总氮的单位容积去除负荷， $\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ ；

Q——评价周期内平均日处理量， m^3/d ；

V——处理单元填料堆积的有效容积， m^3 ；

C_i ——总氮的进水浓度， kg/m^3 ；

C_e ——总氮的出水浓度， kg/m^3 。

5.2 滤料总体积

$$V = \frac{Q \times (S_0 - S_e)}{1000 L_V} \quad (3)$$

式中：

V——滤料总体积（堆积体积）， m^3 ；

Q——滤池的设计流量， m^3/d ；

S_0 ——滤池污染物进水浓度， mg/L ；

T/HAEP1 XX—XXXX

S_e ——滤池污染物出水浓度，mg/L；

L_v ——滤池污染物容积负荷，(kg/(m³·d))。

5.3 滤池的总截面积

$$A_n = \frac{V}{H_1} \quad (4)$$

式中：

A_n ——滤池的总截面积，m²；

V ——滤料总体积（堆积体积），m³；

H_1 ——滤料层高度，m。

5.4 滤速

$$\mu = \frac{Q}{A_n} \quad (5)$$

式中：

μ ——滤速，m/h；

Q ——滤池的设计流量，m³/d；

A_n ——滤池的总截面积，m²。

6 城镇污水不同用途的深度脱氮技术

6.1 技术路线

在进行深度脱氮时，城镇污水处理厂可采工艺流程如图 1 所示

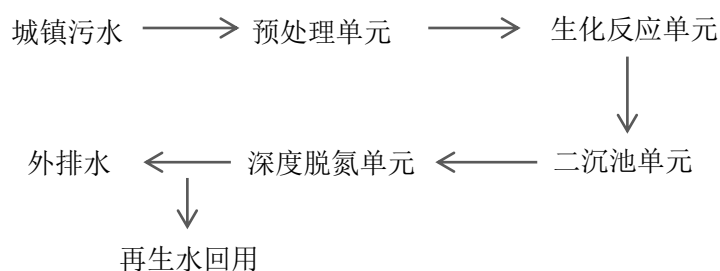


图1 工艺流程图

6.1.1 生化反应单元采用的是活性污泥法技术，包括但不限于：厌氧-好氧（AO）或多级厌氧-好氧（AO）技术、厌氧-缺氧-好氧（AAO）技术、氧化沟技术、序批式活性污泥技术（SBR）等。

6.1.2 深度脱氮单元采用的技术包含反硝化生物滤池、反硝化深床滤池、活性自持深度脱氮技术、ZHDN 深度脱氮技术、混合营养脱氮技术。

6.2 城镇污水再生利用于城市杂用、地下水回灌、绿地灌溉等的深度脱氮技术

6.2.1 城市再生水回用标准

根据 GB/T 18920 城市污水再生利用城市杂用水水质、GB/T 19772 城市污水再生利用地下水回灌水质、GB/T 25499 城市污水再生利用绿地灌溉水质等标准，对回用水中总氮或硝酸盐没有明确要求或要求小于 15 mg/L。因此，对于达到 GB 18918-2002 一级 B 的城镇污水处理厂排水进行再生水回用时需要进行深度脱氮。

6.2.2 进出水水质指标

6.2.2.1 进水水质为二沉池出水，总氮满足 GB 18918-2002 一级 B 的水质标准，进水总氮小于 20 mg/L。

6.2.2.2 出水总氮满足 GB 18918-2002 一级 A 的水质标准，出水总氮浓度小于 15 mg/L。

6.2.3 不同技术的技术参数对比

分别罗列了该应用场景下深度脱氮技术的容积负荷、水力停留时间、滤速和构筑物占地面积等技术参数，其中构筑物占地面积以日处理10万m³污水的规模进行计算，如表1所示。

表1 城镇污水再生利用于城市杂用、地下水回灌、绿地灌溉等的深度脱氮技术参数

技术名称	容积负荷 (kg/(m ³ ·d))	水力停留时间 (min)	滤速 (m/h)	构筑物占地面积 (m ²)
反硝化深床滤池	0.6-3.0	15-25	8-12	450-670
反硝化生物滤池	0.5-3.0	15-20	10-15	360-550
活性自持深度脱氮技术	0.4-0.8	≥15	5-10	550-1100
混合营养脱氮技术	0.5-3	15-25	8-15	360-680
ZHDN 深度脱氮反应器	0.8-3.5	10-20	12-20	270-450

6.3 城镇污水排入到重点流域的深度脱氮技术

6.3.1 重点流域污染物排放标准

为了加强重点流域的生态环境的改善，缓解富营养化程度。部分地方对河湖流域污染物排放标准进行修订，如河南省黄河、江苏省太湖、安徽省巢湖等，降低污染物的排放限值。DB41/2087-2021、DB23/1072-2018、DB34/2710-2016、《广东省岐江河流域水污染物排放标准（送审稿）》和《广东省沙河流域水污染物排放标准（送审稿）》等中总氮提标至12 mg/L以下。要求辖域内的城镇污水厂执行该标准。

6.3.2 进出水水质

6.3.2.1 进水水质为二沉池出水，总氮满足 GB 18918-2002 一级 A 的水质标准，进水总氮小于 15 mg/L。

6.3.2.2 出水总氮满足《河南省黄河流域污染物排放标准》中总氮的限值，出水总氮浓度小于 12 mg/L。

6.3.3 不同技术的技术参数对比

分别罗列了该应用场景下深度脱氮技术的容积负荷、水力停留时间、滤速和构筑物占地面积等技术参数，其中构筑物占地面积以日处理10万m³污水的规模进行计算，如表2所示。

表2 城镇污水排入到重点流域的深度脱氮技术参数

技术名称	容积负荷 (kg/(m ³ .d))	水力停留时间 (min)	滤速 (m/h)	构筑物占地面积 (m ²)
反硝化深床滤池	0.5-2.5	20-30	8-10	550-680
反硝化生物滤池	0.5-2.5	16-25	8-14	390-680
活性自持深度脱氮技术	0.3-0.8	≥20	5-8	680-1800
混合营养脱氮技术	0.5-2.5	15-30	8-15	360-680
ZHDN 深度脱氮反应器	0.8-3	10-20	8-15	360-680

6.4 城镇污水排入到要求严格的流域、再生利用于景观用水的深度脱氮技术

6.4.1 标准要求

一些重点流域要求污水中总氮浓度低于10 mg/L，例如DB51/2311-2016将总氮排放限值提标至10 mg/L；DB13/2795-2018将核心控制区总氮排放限值提标至10 mg/L。

根据城市再生水回用的分类及标准，GB/T 18921中城市再生水的景观环境用水（湖泊、水景）要求总氮浓度低于10 mg/L。

6.4.2 进出水水质

6.4.2.1 进水水质为二沉池出水，总氮满足 GB 18918-2002 一级 A 的水质标准，进水总氮小于 15 mg/L。

6.4.2.2 出水总氮满足对总氮要求更严格的流域的污染物排放标准，出水中总氮浓度小于 10 mg/L。

6.4.3 不同技术的技术参数对比

分别罗列了该应用场景下深度脱氮技术的容积负荷、水力停留时间、滤速和构筑物占地面积等技术参数，其中构筑物占地面积以日处理10万m³污水的规模进行计算，如表3所示。

表3 城镇污水排入到要求严格的流域、再生水用于工业、景观用水的深度脱氮技术参数

技术名称	容积负荷 (kg/(m ³ .d))	水力停留时间 (min)	滤速 (m/h)	构筑物占地面积 (m ²)
反硝化深床滤池	0.5-2.5	20-30	8-10	540-680
反硝化生物滤池	0.5-2.5	16-25	8-14	390-680
活性自持深度脱氮技术	0.3-0.8	≥20	5-8	680-1100
混合营养脱氮技术	0.5-2.5	15-30	6-12	450-900
ZHDN 深度脱氮反应器	0.8-2.5	10-25	8-15	360-680

6.5 城市污水排入到生态环境敏感区、再生利用于工业用水的深度脱氮技术

6.5.1 生态环境敏感区的污染物排放要求

对于需要采取特别保护的环境敏感区域的污水排放情况，尽管污水在排入水体过程中具有一定的自净能力，但是对于静态水体或具有特定功能的地表水体，其排入的污水中总氮宜低于5 mg/L。

城市再生水利用的工业用水水质中对总氮没有明确要求，但是再生水进行工业回用后，外排水需要达到相关的标准。因此结合工业企业的实际情况及废水处理水平，其回用水水质中总氮的浓度宜低于5 mg/L。

昆明市针对城市污水处理厂中的污染物提出了“分区分级”的执行要求，DB5301/T43-2020 A级中将总氮提标至5 mg/L。

6.5.2 进出水水质

6.5.2.1 进水水质为二沉池出水，总氮满足 GB 18918-2002 一级 A 的水质标准，进水总氮小于 15 mg/L，凯氏氮≤3 mg/L。

6.5.2.2 出水中总氮浓度小于 5 mg/L。

6.5.3 不同技术的技术参数对比

分别罗列了该应用场景下深度脱氮技术的容积负荷、水力停留时间、滤速和占地面积等技术参数，其中构筑物占地面积以日处理10万m³污水的规模进行计算，如表4所示。

表4 城市污水排入到生态环境敏感区的深度脱氮技术参数

技术名称	容积负荷 (kg/(m ³ .d))	水力停留时间 (min)	滤速 (m/h)	构筑物占地面积 (m ²)
反硝化深床滤池	0.3-1.5	20-40	5-10	540-1100
活性自持深度脱氮技术	0.3-0.8	≥25	3-8	680-1800
混合营养脱氮技术	0.3-1.5	18-35	6-10	540-900
ZHDN 深度脱氮反应器	0.8-2	15-25	8-12	450-680

6.6 城镇污水再生利用于河湖库生态补水的深度脱氮技术

6.6.1 标准要求

GB 3838中IV类水的水质要求总氮（以湖库计）浓度≤1.5 mg/L。城市污水再生水水量稳定、水质可控、就近可得，可成为稳定可靠的第二水源，保障河湖库的生态流量。

6.6.2 进出水水质

6.6.2.1 进水水质为二沉池出水，总氮满足 GB 18918-2002 一级 A 的水质标准，进水总氮≤15 mg/L，凯氏氮≤0.75 mg/L。

6.6.2.2 出水总氮满足河湖生态补水的需求，出水中总氮浓度小于 1.5 mg/L。

6.6.3 不同技术的技术参数对比

分别罗列了该应用场景下深度脱氮技术的容积负荷、水力停留时间、滤速和占地面积和反冲洗水量等技术参数，其中构筑物占地面积以日处理10万m³污水的规模进行计算，如表5所示。

表5 城镇污水再生利用于河湖库生态补水的深度脱氮技术参数

技术名称	容积负荷 ($\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$)	水力停留时间 (min)	滤速 (m/h)	构筑物占地面积 (m^2)
ZHDN深度脱氮技术	0.8~1.5	20~32	8~12	450-680

7 其他

7.1 生化反应单元的辅助工程、电气自动化、设备材料，工程验收等内容参考 HJ 576、HJ 577 和 HJ 578 中的相关内容。

7.2 深度脱氮单元的仪表、自动化控制、安全等参考 GB/T 37528 中的相关内容。

7.3 深度脱氮单元的供电系统等内容参考 HJ 2014 中的相关内容。

7.4 检测项目，分别罗列了氨氮、凯氏氮、硝态氮、亚硝态氮和总氮的水质检测方法，如表 6 所示。

表6 相关水质指标检测方法

序号	检测项目	标准名称	标准编号
1	氨氮	水质 氨氮的测定 纳氏试剂分光光度法	HJ 535
2	凯氏氮	水质 凯氏氮的测定 硒催化矿化法	GB 11891
3	硝态氮	水质 硝酸盐氮的测定 紫外分光光度法	HJ/T 346
4	总氮	水质 总氮的测定 碱性过硫酸钾消解分光光度法	HJ 636