

团 体 标 准

T/CUWAXXXXX-202X

城镇污水资源与能源回收利用技术规程

Technical specification for resource and energy recovery from urban wastewater

(征求意见稿)

XX-XX-XX 发布

XX-XX-XX 实施

中国城镇供水排水协会 发布

团体标准

城镇污水资源与能源回收利用技术规程

Technical specification for resource and energy recovery from urban wastewater

T/CUWA ***-20**

批准部门：中国城镇供水排水协会

施行日期：20** 年 **月 ** 日

中国 XX 出版社

2022 北 京

前 言

根据《关于印发 2020 年中国城镇供水排水协会团体标准制订计划的通知》（中水协〔2020〕10 号）的要求，编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内外标准，并在广泛征求意见的基础上，编制了本规程。

本规程主要技术内容为：总则、术语、基本规定、回收利用途径、资源回收与利用、能源回收与利用、运行管理等。

本规程的某些内容可能直接或间接地涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任，对所涉专利的真实性、有效性和范围无任何立场。

本规程可能涉及必不可少的专利，编制单位承诺已确保专利权人或者专利申请人同意在公平、合理、无歧视基础上，免费许可任何组织或者个人在实施该规程时实施其专利。

本规程由中国城镇供水排水协会标准化工作委员会归口管理，由中国市政工程华北设计研究总院有限公司负责技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送中国市政工程华北设计研究总院有限公司（地址：天津市河西区气象台路 99 号，邮编 300074）。

本规程主编单位：中国市政工程华北设计研究总院有限公司

北京工业大学

本规程参编单位：同济大学

天津创业环保集团股份有限公司

北控水务（中国）投资有限公司

本规程主要起草人员：

本规程主要审查人员：

目次

1 总则.....	1
2 术语.....	2
3 基本规定.....	3
4 回收利用途径.....	4
5 资源回收利用.....	6
5.1 一般规定.....	6
5.2 碳源回收利用.....	6
5.3 磷回收利用.....	7
5.4 蛋白质回收利用.....	8
5.5 污泥处理产物利用.....	9
6 能源回收利用.....	11
6.1 一般规定.....	11
6.2 污水热（冷）能回收利用.....	11
6.3 污泥生物质能回收利用.....	11
6.4 余热利用.....	13
7 运行管理.....	15
7.1 一般规定.....	15
7.2 资源回收利用.....	15
7.3 能源回收利用.....	16
本规程用词说明.....	18
引用标准名录.....	19
附：条文说明.....	20

Contents

1 General provisions	1
2 Terms.....	2
3 Basic requirements.....	3
4 Recovery and utilization process	4
5 Resource recovery and utilization.....	6
5.1 General requirements	6
5.2 Carbon source recovery and utilization	6
5.3 Phosphorus recovery and utilization.....	7
5.4 Protein recovery and utilization	8
5.5 sludge treatment residue recovery and utilization	9
6 Energy recovery and utilization	11
6.1 General requirements	11
6.2 Wastewater thermal energy recovery and utilization	11
6.3 Sludge biomass energy recovery and utilization.....	11
6.4 Afterheat utilization	13
7 Operation and management	15
7.1 General requirements	15
7.2 Resource recovery and utilization.....	15
7.3 Energy recovery and utilization	16
Explanation of wording in this standard	18
List of quoted standards	19
Addition: Explanation of provisions	20

1 总则

1.0.1 为推动污水处理绿色低碳循环发展，提高我国城镇污水资源与能源回收利用的工程技术水平，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于城镇污水资源与能源回收利用工程的规划、建设和运行管理。

1.0.3 城镇污水资源与能源回收利用技术选择应遵循先环境安全后效益可持续、先稳定达标后回收利用、先技术可行后经济合理的原则。

1.0.4 城镇污水资源与能源回收利用技术，除应执行本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语

2.0.1 资源回收利用 **resource recovery and utilization**

对污水、污泥中的碳源、磷、蛋白质等物质进行提取和利用，以及对污泥处理产物综合利用的过程。

2.0.2 能源回收利用 **energy recovery and utilization**

对污水、污泥中的热（冷）能、生物质能等进行提取和利用的过程。

2.0.3 碳源回收利用 **carbon source recovery and utilization**

对污水、污泥中的碳源进行提取并用于污水生物除磷脱氮的过程。

2.0.4 磷回收利用 **phosphorus recovery and utilization**

对污水污泥、厌氧消化液、焚烧灰渣中的磷进行提取并形成磷产品或化肥原材料的过程。

2.0.5 蛋白质回收利用 **protein recovery and utilization**

对污泥中蛋白质进行提取和分离纯化生成微生物蛋白等产品的过程。

2.0.6 污泥处理产物 **sludge treatment residue**

污泥经浓缩、脱水、消化、堆肥、干化、焚烧等工艺处理后的产物。

2.0.7 初沉发酵池 **primary sedimentation and fermentation tank**

集进水悬浮固体无机组分去除和初沉污泥水解发酵于一体的改进型初沉池。

3 基本规定

3.0.1 应结合社会经济发展水平，区域污水专项规划，资源能源利用途径等，对城镇污水资源与能源回收利用工程统筹规划，合理布局。

3.0.2 已建工程宜根据已有污水处理工艺，因地制宜制定资源能源回收技术方案。新建工程宜根据污水稳定达标、资源能源回收等多目标统筹制定建设时序。

3.0.3 应加强源头管控，严禁有毒有害工业废水排入城镇污水管网，并强化管网清水倒灌和入渗控制，提升污水处理厂进水浓度。

3.0.4 回收的资源与能源产品应安全可靠，并应处理回收利用过程中产生的副产物，避免造成二次污染。

3.0.5 应根据当地资源情况和经济发展水平充分利用污水中的资源与能源。

3.0.6 宜采用验证后的新技术、新工艺、新材料和新设备。

4 回收利用途径

4.0.1 城镇污水资源与能源回收利用系统应包括资源回收利用与能源回收利用，资源回收利用指污水处理与污泥处理处置过程中碳源、磷、蛋白质及污泥处理产物的回收利用；能源回收利用指污水处理与污泥处理处置过程中污水热（冷）能、生物质能、余热及出水势能的回收利用。

4.0.2 碳源回收利用应包括但不限于下列途径：

1 可从沉砂池、初沉池、初沉发酵池等单元通过强化物化分离与水解发酵等方式提取碳源；

2 初沉污泥、回流污泥中水解、发酵提取碳源；

3 回收的碳源宜用于污水生物除磷脱氮单元。

4.0.3 磷回收利用应包括但不限于下列途径：

1 生物处理单元厌氧区和回流污泥的侧流磷回收；

2 污泥厌氧消化液（消化池混合液和消化污泥脱水液）、污泥碳化和焚烧灰渣中回收磷；

3 回收的羟基磷灰石、鸟粪石等可作为磷产品或化肥原材料。

4.0.4 蛋白质回收利用包括但不限于下列途径：

1 剩余污泥蛋白质回收；

2 回收的蛋白质产品可作为工业产品原材料。

4.0.5 污泥处理产物利用应包括但不限于下列途径：

1 污泥经厌氧消化或好氧发酵后宜用于土地利用；

2 污泥经焚烧或工业窑炉协同焚烧后宜用于建材利用。

4.0.6 污水热（冷）能回收利用应包括但不限于下列途径：

1 污水处理厂原污水、出水的热（冷）能回收；

2 回收的热（冷）能优先厂内利用，余量可供厂外利用。

4.0.7 污泥生物质能回收利用应包括但不限于下列途径：

1 污泥经厌氧消化生物质能转化为沼气，回收的沼气可直接用于沼气锅炉、驱动动力机械、沼气发电或净化提纯后进入城市燃气管网或加气站等；

2 污泥炭化或焚烧后生物质能转化为热能，可供热、蒸汽或发电等。

4.0.8 余热回收利用应包括但不限于下列途径：

1 污泥碳化或焚烧产生的余热回收；

2 热水解和沼气产能利用过程中的余热回收；

3 余热可用于厂内厌氧消化池保温，污泥水解、干化、碳化及焚烧等单元预热。

5 资源回收利用

5.1 一般规定

5.1.1 应在污泥泥质泥量、污水水质水量分析测算的基础上，结合处理工艺、处理规模、环境条件、回收成本、利用途径等因素，制定资源回收利用技术方案。

5.1.2 应在强化污水生物除磷脱氮功能的基础上，充分利用已有处理设施，优化布局资源回收单元，兼顾处理工艺运行效能与资源回收水平。

5.1.3 应对资源回收工艺全过程进行监控，建立回收产品质量管理体系。

5.2 碳源回收利用

5.2.1 沉砂池的强化有机无机分离技术措施应符合下列规定：

1 曝气沉砂池水力停留时间不宜低于 9min；

2 曝气沉砂池的曝气系统宜单独控制；

3 旋流沉砂池表面水力负荷宜为 $(100\sim150) \text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ，宜选择搅拌转速可调节的旋流沉砂池，并结合出砂情况进行合理调控；

4 应减少沉砂池出水端的跌水复氧，降低碳源损耗。

5.2.2 进水 SS 大于 150 mg/L 或 SS/BOD₅ 大于 1.5 的城镇污水处理厂宜设置初沉池；进水 SS 大于 150 mg/L 且 SS/BOD₅ 达到 2.0 时，宜设置初沉发酵池替代初沉池，并宜设置超越管线。

5.2.3 初沉池的降低碳源损耗技术措施应符合下列规定：

1 以生活污水为主的污水处理厂，初沉池水力停留时间不宜超过1.5h，必要时可缩短至1h以内；

2 应减小初沉池出水端及汇水井的跌水复氧，降低碳源损耗；

3 宜采用机械排泥，强化排泥能力和灵活性。

5.2.4 初沉发酵池的降低碳源损耗技术措施应符合下列规定：

1 固体停留时间宜为 $(1\sim5) \text{ d}$ ，水力停留时间宜为 $(0.5\sim1.0) \text{ h}$ ，表面负荷宜为 $(2.0\sim2.5) \text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ；

2 泥位宜按有效水深的60%~80%设计，条件允许时可设置泥位监测系统；

3 宜在刮吸泥机或池壁上设置水下推进器，搅拌功率不宜超过 0.5 W/m^3 ，强化污泥分层效应，减少池底污泥板结；

4 宜采用机械排泥，强化排泥能力和灵活性；

5 应降低初沉发酵池出水端的跌水复氧，降低碳源损耗。

5.2.5 初沉污泥水解池的 SRT 宜为 (3~6) d, 搅拌功率宜为 (5~10) W/m³。

5.2.6 二沉池回流污泥水解池的 SRT 宜为 (4~10) d, 搅拌功率宜为 (5~10) W/m³, 可通过超声、热处理、碱处理、酸处理等方式提升污泥中碳提取效率。

5.3 磷回收利用

5.3.1 为提升污泥厌氧生物释磷、厌氧消化释磷效果, 保障磷回收效益, 宜强化生物系统厌氧释磷, 宜降低化学除磷及污泥脱水无机药剂的使用量。

5.3.2 回流污泥侧流磷回收包括释磷单元、泥水分离单元、磷反应单元和污泥回流单元, 厌氧区侧流磷回收包括泥水分离单元、磷反应单元和污泥回流单元。

5.3.3 回流污泥和厌氧区侧流磷回收应符合下列规定:

1 回流污泥和厌氧区释磷单元宜配置氧化还原电位 (ORP) 在线仪表, ORP 值宜小于 -250 mV;

2 可采用间歇或连续的运行方式, 连续运行时厌氧区侧流流量不宜超过进水量的 30%, 回流污泥侧流污泥量不宜超过回流污泥总量的 30%;

3 厌氧区侧流磷回收的泥水分离单元可采用沉淀方式, 为提高产品纯度, 沉淀上清液 SS 宜在 200mg/L 以下, 磷反应单元宜投加钙盐进行化学沉淀回收磷;

4 泥水分离单元可设置在厌氧区内部或在旁路单独设置;

5 回流污泥侧流磷回收的释磷单元可投加回收的碳源或外部碳源, 促进磷的释放, 停留时间不宜低于 1h; 磷反应单元可采用化学沉淀或结晶方式进行磷回收;

6 磷反应单元提取后的上清液宜回到生物系统缺氧区;

7 污泥回流点宜优先设置在生物系统缺氧区, 用于反硝化除磷, 也可设置在生物系统好氧区, 用于好氧吸磷;

5.3.4 污泥厌氧消化液磷回收应符合下列规定:

1 宜采用结晶工艺进行磷的提取;

2 磷回收反应器应设置可调节强度的搅拌设备;

3 应设置药剂存储罐、投配罐和加药泵等附属设施, 药剂包括酸、碱、pH 调节剂和金属盐溶液等;

4 消化液磷回收系统的管材、罐体等材料应光滑且耐酸碱腐蚀;

5 磷回收过程中产生的废水应回流至污水处理厂前端。

5.3.5 污泥焚烧灰渣磷回收主要以湿法回收为主, 应符合下列规定:

1 湿法磷回收工艺应由提取单元、纯化单元和制备单元组成;

2 提取单元宜选用 H_2SO_4 、 HCl 和 HNO_3 等进行溶解；

3 纯化单元可采用化学连续沉淀法、液相萃取法、离子交换法和电渗析法等，应依据提取液成分进行选择；

4 制备单元可采用化学沉淀法、化学结晶法和直接回收法；

5 产生的重金属残留液和酸碱废液应进一步安全处理。

5.3.6 鸟粪石结晶反应器应符合下列规定：

1 宜选择流化床模式；

2 反应器内上升流速应小于 400 cm/min ，流速应均匀渐变；

3 沉淀区宜设置为锥形渐变，倾角宜为 $45^\circ\sim 75^\circ$ ，避免流化床反应器的沉淀区和进水区存在死区、涡流等不利情况；

4 进料点应远离搅拌叶轮，防止对叶轮造成的污染和冲击，各进料点之间应保持一定距离，减少涡流的产生，减弱对晶体形成的影响；

5 宜设置预处理单元去除悬浮物以提高产品纯度；

6 反应器进水 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 浓度不应低于 50mg/L ；

7 镁盐投加量宜满足构晶离子（ Mg^{2+} 、 NH_4^+ 和 PO_4^{3-} ）三者的化学计量比为 1:1:1；

8 反应时间宜大于 3d，pH 值范围宜为 8.0~10.0，反应温度宜为 $25^\circ\text{C}\sim 35^\circ\text{C}$ ；

9 反应器内应设置曝气设备去除 CO_2 。

5.3.7 羟基磷灰石结晶反应器应符合下列规定：

1 宜选择搅拌式、流化床或固定床等形式的反应器；

2 反应器进水的 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 浓度不应低于（10~20） mg/L 的含磷废水；

3 反应器内 Ca/P 摩尔比宜为 2~4，pH 值宜控制在 9.0~10.0；

4 可添加石英砂、方解石、矿渣、珊瑚砂等晶种，提高结晶除磷效率。

5.4 蛋白质回收利用

5.4.1 蛋白质回收利用应包括污泥碱热水解、固液分离、纯化分离等单元。

5.4.2 污泥碱热水解技术要求应符合下列规定：

1 由污泥存储、预热、水解等单元组成，罐体设备应符合现行国家标准《压力容器》GB 150.1-150.4 的有关规定；

2 污泥存储单元应设置格栅、过滤器等；

3 污泥存储单元应设置保温措施；

- 4 预热单元宜采用蒸汽直接或间接加热方式；
 - 5 水解单元药剂宜采用粉末状氧化钙，可投加生物酶加快水解；
 - 6 水解单元 pH 宜控制在 11.5~13.0，温度范围宜为 80℃ ~90℃，水解时间宜为 1.5 h ~3 h；
 - 7 水解液宜在降温后进入固液分离单元。
- 5.4.3 固液分离单元宜采用压滤工艺，可投加聚丙烯酰胺、硅藻土等药剂提高污泥脱水性能。
- 5.4.4 纯化分离可采用盐析沉淀法、等电点沉淀法，应符合下列规定：
- 1 盐析沉淀法宜采用硫酸铵作为沉淀试剂，pH 宜为 3.0 左右；
 - 2 等电点沉淀法 pH 值宜控制在 3.0~3.5，温度宜为 5℃~25℃，提取液蛋白质浓度宜为（2000 ~6000）mg/L；
 - 3 宜采用离心方式对压滤清液进行沉淀。

5.5 污泥处理产物利用

- 5.5.1 经稳定化处理的污泥应符合现行国家标准《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB18918 的有关规定，可用于土地利用、建筑材料等，应根据后续用途选择药剂种类与污泥处理方式。
- 5.5.2 进行土地利用时，应加强环境安全性的风险控制，植物营养分和有机质含量应达到土地利用要求，且所选择的污泥处理工艺不得掺入影响土地利用的外来污染物。
- 5.5.3 进行建材利用时，污泥应经高温焚烧，实现无机化，应优先利用当地窑炉资源对污泥进行协同焚烧。
- 5.5.4 土地利用的方式应包括土壤改良、园林绿化、农业利用及垃圾填埋场封场用土等，用于土壤改良应符合现行国家标准《城镇污水处理厂污泥处置土地改良用泥质》GB/T 24600 的有关规定，用于园林绿化应符合现行国家标准《城镇污水处理厂污泥处置园林绿化用泥质》GB/T 23486 的有关规定，用于农业利用应符合现行国家标准《农用污泥污染物控制标准》GB 4284 的有关规定，用于垃圾填埋场封场用土应符合现行国家标准《城镇污水处理厂污泥处置混合填埋用泥质》GB/T 23485 的有关规定。
- 5.5.5 建材利用的方式应包括制水泥、制砖、制轻质骨料（陶粒等）等，用于制水泥应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥标准》GB 175 的有关规定，用于制砖应符合

现行国家标准《城镇污水处理厂污泥处置制砖用泥质》GB/T 25031 的有关规定，用于制轻质骨料（陶粒等）应符合现行国家标准《轻集料及其试验方法 第 1 部分：轻集料》GB/T 17431.1 的有关规定。

5.5.6 污泥处理产物利用过程中的泥质、取样和监测要求应符合现行行业标准《城镇污水处理厂运行、维护及安全技术规程》CJJ 60 的有关规定。

6 能源回收利用

6.1 一般规定

6.1.1 应结合污水水质水量、污泥泥质泥量、污泥处理工艺、环境条件、回收成本、能源利用方式、余热利用等因素，在对工艺系统能量衡算的基础上，制定能源回收利用技术方案。

6.1.2 应做好防爆、防火、防毒、防尘等安全防护工作，并应处理处置回收利用过程中产生的尾气、废渣、飞灰等废弃物。

6.1.3 应强化污水管网源头管控和污水预处理与生物处理，提升污泥有机质含量，提高污泥生物质能产量。

6.1.4 可充分利用厂内厌氧消化设施协同处理厨余垃圾、农业废弃物等高有机质含量物质，提高污泥生物质能产量。

6.1.5 污泥宜与垃圾焚烧厂、发电厂、工业窑炉等设施共建或协同焚烧。

6.2 污水热（冷）能回收利用

6.2.1 污水源热泵系统的取水水源应包括原污水和污水处理厂出水，应结合水质水量水温、气候条件、服务范围内建筑物热（冷）能负荷等，在能量衡算及技术经济分析的基础上，确定污水源热泵系统的取水水源。

6.2.2 污水源热泵系统的运行不应影响低温季节污水处理和再生水处理系统的运行效能。

6.2.3 污水热（冷）能利用的温差不宜小于 3℃，原污水作为水源时的取水量不宜超过管渠最小流量的 50%。

6.2.4 污水源热泵系统的水源水质，应符合现行行业标准《城镇污水热泵热能利用水质》CJ/T 337 的有关规定。

6.2.5 通过污水源热泵系统回收的热（冷）能，应优先用于厂内综合办公区域和附属生活设施的供热或供冷，余量可就近用于厂外供热或供冷。

6.3 污泥生物质能回收利用

6.3.1 污泥厌氧消化产能应符合下列规定：

1 厌氧消化前可采用碱处理、热水解、超声等方式进行预处理；

2 高温热水解温度宜在 160℃~180℃，压力宜为 600 kPa ~2500kPa，水解时间宜为 30min~60min。低温热水解温度宜为 60℃~70℃，水解时间宜为 90min 以上，为减少水解时间，可采用碱热联合处理方式；

3 应设置冷却塔或换热器对热水解后的污泥进行冷却降温，进入消化池的污泥温度应符合要求；

4 厌氧消化池的进泥不宜含有粒径大于 0.2mm 的粗砂和长度大于 40mm 的纤维，污泥中油脂含量不宜大于 15%；

5 中温厌氧消化的温度宜为 34℃~38℃，高含固中温厌氧消化的温度可提高为 40℃，高温厌氧消化的温度宜为 50℃~56℃；

6 传统中、高温厌氧消化含固率宜为 3%~5%，高含固厌氧消化含固率宜为 8%~12%，采用热水解预处理的厌氧消化池含固率可为 10%~15%；

7 传统中温厌氧消化池固体停留时间宜为 20d~30d，高温厌氧消化池固体停留时间宜为 10d~15d，高含固厌氧消化固体停留时间宜为 20d 以上，采用热水解预处理时停留时间可采用 15d~18d；

8 厌氧消化池的 pH 值应控制在 6.4~7.8，挥发性脂肪酸/总碱度（VFA/ALK）比值宜为 0.1~0.3；

9 宜建设独立的消化液处理设施，处理出水可回流至污水处理厂前端，处理设施对氮、磷的去除率宜达 80%以上；

10 污泥与厨余垃圾协同厌氧消化时，掺混比宜低于 3：1。

6.3.2 污泥厌氧消化产能利用应符合下列规定：

1 厌氧消化的产能利用方式包括沼气并网或装罐、沼气锅炉、沼气驱动动力机械、沼气发电等；

2 用于沼气锅炉燃烧产热时，沼气宜采用生物脱硫、淋洗等净化处理方式，硫化氢含量不应大于 150mg/m³；

3 沼气并网或装罐利用前宜采用生物脱硫、碱液淋洗、吸附等方式净化和提纯处理，并宜设置存储和输配系统，处理后的沼气低位发热值应大于 18MJ/m³，硫化氢含量应小于 20mg/m³；

4 沼气作为锅炉燃料燃烧后可为厂内厌氧消化、热水解、热干化等工艺的增温、保温提供热能及为厂区提供生活热水等，沼气锅炉的能源综合利用效率不宜低于 80%；

5 沼气驱动的动力机械包括鼓风机、水泵，热泵系统压缩机等，驱动过程同时输出余热，沼气驱动动力机械的能源综合利用效率不宜低于 55%；

6 沼气发电利用包括上网售电、并网抵消自用电和独立驱动负荷，鼓励有条件的

污水处理厂采用上网或并网方式，沼气发电宜采用热电联产方式，充分利用污泥生物质能发电过程中产生的废气的热量，能源综合利用率不宜低于 60%。

6.3.3 污泥焚烧单元应符合下列规定：

- 1 污泥焚烧前含水率宜控制在 60%以下，宜采用机械脱水的预处理方式；
- 2 污泥进入焚烧系统前绝干污泥低位热值低于 3500kcal/kg 时，应补充辅助燃料；
- 3 污泥焚烧宜采用流化床工艺；
- 4 应确保污泥焚烧产生的烟气在 850℃以上高温区域停留时间 $\geq 2s$ ；
- 5 污泥焚烧设施的设计年运行时间 $\geq 8000h$ ；
- 6 应设置污泥焚烧烟气净化处理设施，处理后的烟气排放值应符合现行国家标准《生活垃圾焚烧污染控制标准》GB18485 的有关规定；
- 7 污泥焚烧的炉渣和除尘设备收集的飞灰应分别收集、储存和运输，鼓励利用炉渣和飞灰继续提取有价值资源；
- 9 污泥与垃圾协同掺混焚烧时，应对污泥进行干燥，使其热值接近生活垃圾，垃圾和污泥的掺混比为 5~10: 1。

6.3.4 污泥碳化工艺应符合下列规定：

- 1 污泥进入碳化系统前绝干污泥低位热值低于 2000kcal/kg 时，应补充辅助燃料；
- 2 脱水后的污泥应先进行加热干化，干化前的污泥含水率不宜大于 60%，进入碳化炉的污泥含水率宜小于 20%；
- 2 污泥碳化反应温度宜控制在 450℃~600℃，碳化时间不小于 45 min；
- 3 碳化过程产生的烟气最终应进入烟气处理系统进行脱硝、脱硫和除尘，处理达标后排放；
- 4 应严格做好污泥碳化工艺的设备管理工作，使设备、仪表处于完好、准确、灵敏可靠的状态，并进行检验和维护保养工作。

6.4 余热利用

6.4.1 应充分利用污泥干化焚烧系统排出的烟气余热，补充污泥干化系统热需求，降低污泥干化能耗。

6.4.2 应充分利用污泥碳化炉排出的烟气余热，为污泥干化系统提供热量，干化过程产生的废气可进入燃烧系统对空气进行加热。

6.4.3 污泥碳化过程的热解气，应进入燃烧装置产生高温烟气并返回碳化炉，为污泥干燥和碳化提供热量。

6.4.4 应充分利用沼气锅炉余热、沼气发电机的排烟余热等，为厂内热水解、厌氧消化等设施进行保温、增温及提供生活热水等。

6.4.5 可充分利用热水解后污泥冷却过程中产生的余热，为消化池的保温、增温提供热量。

7 运行管理

7.1 一般规定

7.1.1 应建立涵盖污水污泥处理与资源能源回收利用的总体运行管理体系，兼顾稳定达标和回收利用效率。

7.1.2 应建立线上线下相结合的管理模式，线上通过数字化运行平台实时监控，线下运行操作人员完成工艺运行维护和异常情况的解决。

7.1.3 宜按实施方案开展污水处理和资源能源回收利用系统的运行效能评估，调整运行工况。

7.1.4 运行管理人员应培训合格后上岗，并严格按照相关安全规程操作。

7.1.5 应建立与地理信息系统、物联网、云平台等现代信息技术耦合的资源能源回收利用系统数字化档案，覆盖建设、运行、管理全过程，并动态更新档案数据。

7.1.6 污水处理厂的运行、维护及其安全操作应符合现行行业标准《城镇污水处理厂运行、维护及安全技术规程》CJJ 60的有关规定。

7.2 资源回收利用

7.2.1 碳源回收利用系统的运行管理应符合下列规定：

1 应结合排砂量、出砂的有机组分含量和实际运行情况调整沉砂池运行参数；

2 初沉池或初沉发酵池应定期监测分析进出水碳氮比、SS、SS/BOD₅等指标，进水SS小于150mg/L或SS/BOD₅小于1.5时，宜超越运行；出水碳氮比大幅度变低时，可适当提高水力负荷，缩短水力停留时间；

3 初沉池或初沉发酵池应根据排泥浓度确定排泥频次和排泥量，防止排泥管堵塞；排泥管道宜设冲洗设施，防止泥沙、油脂等在管道内淤积。

7.2.2 磷回收利用系统应符合下列规定：

1 应监测磷反应单元进水磷酸盐浓度、氨氮、SS、pH、有机物等指标，调整释磷、泥水分离、提取等单元运行参数；

2 应监测磷反应单元磷酸盐浓度、金属盐投加量、氨氮、pH、温度等指标，核算磷回收效率，调整运行参数；

3 应分析鸟粪石、羟基磷灰石等磷回收产品的性状、纯度等质量指标。

4 应每半年对pH测试系统进行校核标定；

5 可通过控制鼓风机曝气量大小调节污泥厌氧消化液鸟粪石结晶反应器内pH值；

6 可在鸟粪石结晶反应器配置泡沫监视器和全自动消泡剂投加装置，出现泡沫现象时，自动投加消泡剂。

7.3 能源回收利用

7.3.1 水源热泵系统的运行管理应符合下列规定：

- 1 应监测源水水质、水量、水温等指标；
- 2 应实时监测源水水泵进出口压力、运行电流，并加强取水口、取水设施的检查，清理漂浮物、泥沙、颗粒物等；
- 3 对多台机组构成的水源热泵系统，应根据季节、使用时段、室外环境温度变化、负荷变化等因素，及时调整主机设备的运行台数；
- 4 应设置自动筛滤器和换热管自动清洗装置并根据水质情况设置清洗次数，自动筛滤器反冲洗时间宜为 60s，间隔时间宜为 8h；换热管清洗频率宜为每日 4~6 次；
- 5 对冷热水系统的管网、阀门、水泵等设备应每班巡查和处理；
- 6 水源热泵系统的运行、维护应符合现行国家标准《水源热泵系统经济运行》GB/T 31512、《水（地）源热泵机组》GB/T 19409 的有关规定。

7.3.2 污泥厌氧消化的运行管理应符合下列规定：

- 1 应定期分析消化池运行数据，评估运行效果，合理调整运行参数；
- 2 氨氮浓度超过 2000mg/L 时，宜通过投加氨氮去除剂、微生物生长促进剂或降低 pH 值等方式降低氨氮抑制；
- 3 进泥重金属含量较高时宜可投加熟石灰、液氨和硫化钠等；
- 4 出现酸性发酵时，宜采用稀释污泥、降低进料量、投加碱度等措施；
- 5 产气量偏低时，宜采用加温、加碱等措施；

7.3.3 沼气的利用的运行管理应符合下列规定：

- 1 应检测沼气中 CH₄、H₂S、CO₂ 等气体的含量，检测频率应符合现行行业标准《城镇污水处理厂运行、维护及安全技术规程》CJJ 60 的有关规定；
- 2 沼气管路应设置含氧量在线监测、自动报警和安全处理系统，报警阈值宜设为 5%；
- 3 应每日检查沼气脱硫净化系统进口和出口的 H₂S 浓度，H₂S 去除率应大于 90%；
- 4 应每班检查并排出脱水、脱硫装置中的冷凝水量，当室外温度接近 0℃时，应每日排出 2-3 次，排水时应防止沼气泄漏；

5 应根据在线含氧量数值判断沼气及其它辅助热源管路和设备的密封性，发生泄漏时应停气检修。

7.3.4 污泥碳化系统的运行管理应符合下列规定：

1 宜每周对污泥的有机物及热值进行检测；

2 宜每 3 个月对污泥干化机进行全面检查、记录并清洗维护；

3 污泥干化机不得超温运行；

4 污泥碳化炉启动前应进行全面检查，确认设备正常后应按操作规程进行点火工作；

5 污泥碳化炉运行满 3000h 应进行检验，做好堵漏、保温、清灰、清焦等维护，减少热损失。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，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，在正常情况下均应这样做的：

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这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件可以这样做的，采用“可”。

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

引用标准名录

- 1 《大中型沼气工程技术规范》 GB/T 51063
- 2 《压力容器》 GB 150.1-150.4
- 3 《通用硅酸盐水泥标准》 GB175
- 4 《农用污泥污染物控制标准》 GB 4284
- 5 《轻集料及其试验方法 第1部分：轻集料》 GB/T 17431.1
- 6 《生活垃圾焚烧污染控制标准》 GB18485
- 7 《城市污水处理厂污染物排放标准》 GB 18918
- 8 《水（地）源热泵机组》 GB/T 19409
- 9 《城镇污水处理厂污泥处置混合填埋用泥质》 GB/T 23485
- 10 《城镇污水处理厂污泥处置园林绿化用泥质》 GB/T 23486
- 11 《城镇污水处理厂污泥处置土地改良用泥质》 GB/T 24600
- 12 《城镇污水处理厂污泥处置制砖用泥质》 GB/T 25031
- 13 《水源热泵系统经济运行》 GB/T 31512
- 14 《城镇污水处理厂运行、维护及安全技术规程》 CJJ 60
- 15 《城镇污水处理厂污泥处置水泥熟料生产用泥质》 CJ/T 314
- 16 《城镇污水热泵热能利用水质》 CJ/T 337
- 17 《沼气工程技术规范 第2部分 供气设计》 NY/T 1220.2

团体标准

城镇污水资源与能源回收利用技术规程

Technical specification for resource and energy recovery from urban wastewater

T/CUWA ***-20**

条文说明

1. 总则

1.0.2 主要适用于集中式城镇污水处理设施以体现规模效益，有条件的分散式污水处理设施也可参考本规程。

3. 基本规定

3.0.1 根据不同流域地域特点，结合现有城镇污水处理厂现状及未来建设目标，分阶段分目标制定城镇污水资源能源回收战略规划与工程实施计划。

3.0.2 在城市污水资源化资源化利用设施规划中，应注重再生利用的系统性，污水处理工艺过程和污泥处理处置过程，应作为一个整体来考虑，进行系统布局。

资源与能源回收利用综合考虑技术可行性、政策要求和市场需求，明确产品的使用范围、销售渠道，保障回收利用工程的效益发挥和可持续性。

3.0.3 为保障污水物质回收产品的安全性，应加强源头管控，严禁工业废水进入污水管网。城镇排水主管部门应对已接入市政污水管网的工业企业排水户进行评估，未达到相关要求的应限期整改或退出。

资源能源回收效率与城镇生活污水收集效能相关。在进水有机物（COD 和 BOD）浓度高的条件下，污水生物处理系统污泥的活性即 MLVSS/MLSS 高，进而会提高剩余污泥的生物质产能。但由于混错接、施工质量差等原因，我国城市污水管网普遍存在河湖水、地下水等外水入渗问题，再加上高水位运行，导致我国大部分城市污水处理厂进水 BOD 浓度偏低，尤其南方城市表现更为明显。为此，2019 年，住建部、生态环境部和发改委联合发布了《关于印发城镇污水处理提质增效三年行动方案（2019-2021 年）的通知》，明确要求“城市污水处理厂进水生化需氧量（BOD）浓度低于 100mg/L 的，要围绕服务片区管网制定“一厂一策”系统化整治方案”。经过 3 年的污水处理提质增效行动，截止目前，我国仍有 50%的地级城市的城镇污水处理厂的进水 BOD 浓度低于 100mg/L。结合我国污水管网实际，持续开展污水管网提质增效工作，“挤外水、提浓度”将仍是地方各级政府的重要工作，为未来城市污水资源能源回收提供基础。

3.0.4 城镇污水资源与能源回收利用工程的规划、建设和运行应确保安全性与可持续性，回收利用过程应避免有毒有害有机物、致病微生物等对环境产生负面影响，密切结合当地的城镇污水及污泥时空变化特征。

对污水资源能源回收利用的生态风险进行评价，确保产品生产使用过程不会对环境造成不良影响；过程中产生的废水、废渣和废气等应合理处理处置。

3.0.5 污水中资源与能源的利用宜采用多种渠道进行工程层面推进。如充分利用现有污水处理设施，推动污水资源能源回收利用综合试点建设；积极探索与制定因地制宜的投资模式与市场机制，如财政和税收补贴或优惠，建立多元化投资与运营机

制，鼓励通过特许经营等多种商业模式，引导社会资金，推动资源回收利用水平；采用多种形式开展科普宣传和教育活动，提升公众对污水资源化能源化的科学认识，推动公众对工程项目的接受度和支持度；积极探索碳交易补偿方式，建立支持污水资源能源回收利用项目获取碳减排补偿方案，推动行业碳减排。

3.0.6 鼓励以科技项目的研究积累和技术成果为基础，对新技术和新工艺的实用性、可靠性、稳定性，对新材料和新设备的使用合理性、性能等各方面进行生产性验证确认，为工程应用提供依据。

4 回收利用途径

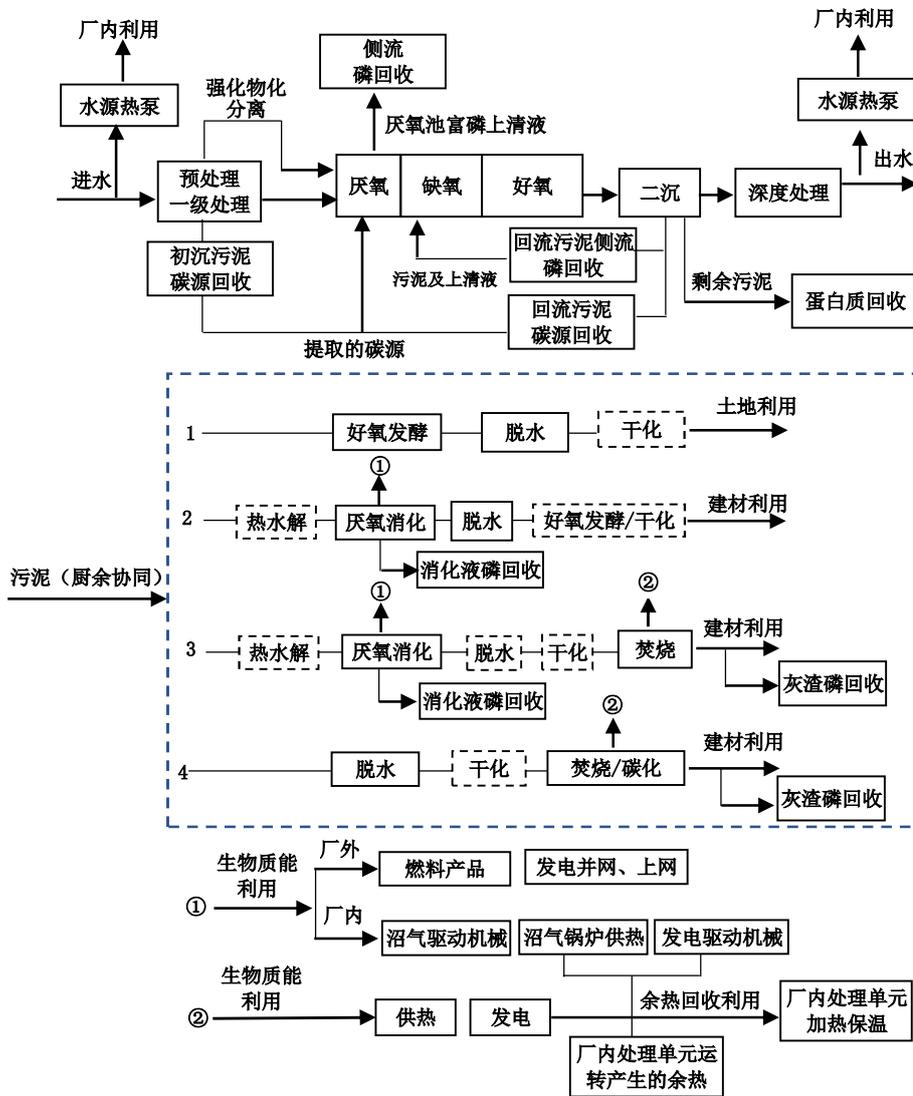


图 4.1 城镇污水资源与能源回收利用示意图

5 资源回收利用

5.1 一般规定

5.1.1 污泥泥质指标包括有机组分、热值、营养元素、有毒有害物质及病原体含量等；水质指标涉及进、出水和各工艺单元。

根据污水处理厂进水水质水量情况评估物质回收潜力，优化调控工艺运行参数，提升资源回收效能。

在对城市污水进行资源回收时，应进行合理规划及运行参数优化，确保生物处理系统污泥活性和受纳水体水质安全不受影响。

5.2 碳源回收利用

5.2.1 《室外排水设计标准》GB50014 中建议曝气沉砂池停留时间宜大于 5min，根据研究结果显示，曝气沉砂池停留时间大于 9min 时，可有效提高不同曝气量下的 SS 去除效率。

曝气量对 SS、无机组分去除效率有较大的影响，宜设置可单独控制曝气量的曝气系统，通过曝气量的调节优化曝气沉砂池运行效果。

预处理段的跌水复氧会消耗进水中的碳源，研究表明预处理段每次跌水会使水中 DO 增加 4~5mg/L，通过封闭渠道等工程措施，可将每次跌水的 DO 增量降低至 2~3mg/L，采用淹没出流则可以避免 DO 的增加，降低跌水复氧量可有效降低进水中碳源的损耗。

5.2.2 实际进水SS较低（小于150 mg/L）或初沉池出水BOD₅（或COD）出现较大幅度降低时，可部分或全部超越初沉池；实际进水SS较低（小于150 mg/L）或初沉发酵池出水BOD₅（或COD）出现较大幅度降低时，可部分或全部超越初沉发酵池。

5.2.4 传统初沉池对 COD 的去除率为 25%左右，初沉发酵池通过短水力停留时间控制，可降低初沉过程对进水中 COD 的消耗，研究表明初沉发酵池对进水 COD 的去除率约 15%；初沉发酵池通过长污泥停留时间、机械搅拌和高泥位控制，强化水力剪切作用，将悬浮颗粒外层包裹的有机物剥离的同时进行初步水解，研究表明在适当的工艺运行参数下，初沉发酵池出水 SCOD/COD 可提高约 10%，能有效改善出水碳源结构，提高碳源利用效率。

5.3 磷回收利用

5.3.1 本条保障磷回收效益的注意事项。生物除磷的基本原理是利用聚磷菌厌氧释放磷、好氧过量吸收磷的方式将污水中磷酸盐富集到微生物体内，再通过提取污泥中

的磷来进行回收。在生物除磷过程中，需要控制反应条件，以充分发挥聚磷菌的除磷活性。污水厂广泛采用化学除磷药剂如铁盐、铝盐等进行化学除磷，生成大量化学磷沉淀，化学磷沉淀中的磷较难释放，甚至会影响活性污泥的磷释放，导致污泥释磷率降低，此时宜采用强化措施，提升污泥释磷率。

5.3.3 侧流磷富集回收的基础是生物系统厌氧区的充分厌氧生物释磷，应在进水碳源充足或投加外碳源强化生物系统脱氮除磷过程中，充分发挥厌氧区的生物释磷能力，提升厌氧区的富磷混合液磷酸盐浓度，提升旁路磷回收的工艺效能。

过量可能导致生物脱氮除磷系统中磷的失衡，影响活性污泥功能菌群的正常生长代谢。

释磷时间受碳源和污泥种类影响，外加快速碳源的释磷时间最短，利用内碳源释磷时间相对较长，回流污泥中存在化学磷时，释磷速度更加缓慢。

厌氧生物释磷后的回流污泥胞内富含碳能源存贮物（PHB/PHV），在缺氧环境下反硝化聚磷菌分解 PHB，提供微生物生长代谢的能量，并以硝酸盐为电子受体进行过量吸磷和反硝化脱氮，实现“一碳两用”；在好氧条件下，PHB/PHV 易被氧化，造成浪费。

5.3.6 在实际操作中，可适当增大 Mg^{2+} 、 NH_4^+ 的投加量，以提高磷的回收率。

5.3.7 当废水中磷含量较低时，可以综合考虑提高 Ca/P 摩尔比或提高 pH 的方法降低该工艺的处理成本。

5.4 蛋白质回收利用

5.4.1 水解单元的主要作用是将污泥蛋白质转移至液相，将水解液固液分离取液相部分可获得富含蛋白质的混合液，纯化分离是对蛋白混合液进一步分离提取最终获得蛋白质产品。

污泥水解可采用物理（热解、超声等）、化学（酸法、碱法、臭氧等）、生物等多种模式联用，联用效果较优，碱热水解法过程简单，适宜工程应用。

纯化分离可采用混合液的浓缩和沉淀，浓缩法主要有蒸发浓缩法、泡沫法和膜法，沉淀法主要为盐析沉淀法和等电点沉淀法。

5.5 污泥处理产物利用

5.5.2 在实施污泥土地利用前，必须确保污水处理厂污泥中重金属及其他有毒有害物质总量不超标。应根据当地的土质和植物习性，提出包括施用范围、施用量、施用方法及施用期限等内容的污泥产物利用方案，防止对地下水与周围生态环境造成二

次污染，以及对植物或农作物造成损害。

在实施污泥土地利用后，应对施用地块的土壤、地下水等进行跟踪监测，同时还应对植物生长量和植物长势进行评价和持续监测。

6 能源回收利用

6.1 一般规定

6.1.3 污泥有机质含量是污泥生物质能产量的关键影响因素，结合我国污泥有机质含量偏低的实际，应从污水管网和污水处理两个方面开展工作，以强化污水中无机组分的去除或降低，在污水管网方面，应做好污水管网提质增效和泥砂的源头控制；在污水处理方面，应强化污水预处理和生物处理，可采取的技术措施包括优化沉砂池设计运行、设置初沉池或初沉发酵池、设置回流污泥超细格栅等。

6.2 污水热（冷）能回收利用

6.2.2 污水源热泵系统运行的前提是不能影响低温季节污水处理系统的实际运行效果，低温季节（尤其水温不高于 12℃）污水源热泵系统的运行，会影响污水生物处理系统好氧池氨氮的硝化效果，会导致 MBR 工艺系统膜过滤单元的膜通量下降，进而影响污水实际处理量，还会影响深度处理系统混凝单元的混凝反应效果。

6.2.3 根据供热系统的规模大小、间接或直接供热系统形式及执行可靠性的大小，供热系统利用的温差可在 3℃~5℃，制冷系统利用的温差可在 5℃~6℃。

6.3 污泥生物质能回收利用

6.3.3 污泥焚烧的预处理宜减少热干化等热法的使用，避免消耗过多热能。

7 运行管理

7.1 一般规定

7.1.1 污水污泥处理与资源能源回收利用的总体运行管理体系应包括管理制度、操作规程、运维手册、应急预案等，并应定期修订。

7.2 资源回收利用

7.2.1 当初沉池或初沉发酵池出水碳氮比出现较大幅度降低时，表明初沉池或初沉发酵池对进水碳源去除过多，进一步加剧后续生物系统碳源不足。实际工程中，当出水碳氮比降低 30%时，可适当提高水力负荷，缩短水力停留时间。

初沉池或初沉发酵池进出水水质检测频次不宜少于 1 次/月，降雨季节适当增加检测频次。当出水碳氮比出现较大幅度降低时，表明初沉池或初沉发酵池对进水碳源去除过多，进一步加剧后续生物系统碳源不足。实际工程中，当出水碳氮比降低 30%时，可适当提高水力负荷，缩短水力停留时间。

7.2.2 释磷单元可通过调整碳源投加量、pH 值等运行参数，保证释磷效果；可通过投加 Na_2S 、EDTA 等药剂强化化学污泥释磷。

7.3 能源回收利用

7.3.2 应每班巡视并记录池内温度、压力、液位，应每日监测池内污泥的沼气产量、进出泥有机成分、含水率、pH、脂肪酸、总碱度、氨氮等指标，分析污泥分解率、产气率、污泥负荷、停留时间等参数，评估消化池的运行效能，合理调整运行参数。

研究表明，当氨氮浓度超过 2000mg/L 时，易对微生物活性产生游离氨抑制，影响厌氧消化效能。