《城镇污水处理厂污泥水热调理深度脱水

技术规程》

（征求意见稿）

编制说明

《城镇污水处理厂污泥水热调理深度脱水技术规程》编制组

二〇二三年四月

目 次

[1 任务来源 1](#_Toc30270)

[2 标准制定必要性、编制依据 、编制原则 1](#_Toc12596)

[3 主要工作过程 2](#_Toc27293)

[4 国内外相关标准研究 2](#_Toc32180)

[5 同类工程现状调研 4](#_Toc19431)

[6 主要技术内容及说明 4](#_Toc14999)

[7 标准实施的环境效益与经济技术分析 7](#_Toc21407)

[8 标准实施建议 7](#_Toc18027)

[9 征求意见处理情况说明（送审稿） 8](#_Toc11471)

[10 技术审查工作情况说明（报批稿） 8](#_Toc5120)

**《城镇污水处理厂污泥水热深度脱水技术规程》编制说明**

1. 任务来源

2022年6月，中华环保联合会下达了“中环联字[2022]128号中华环保联合会关于《乘用车整车制造业（涂装工艺）挥发性有机物排放分级控制指标要求》《城镇污水处理厂污泥沼渣好氧处理技术规范》《城镇污水厂污泥水热深度脱水技术规程》三项团体标准立项的公告”，批准《城镇污水处理厂污泥水热深度脱水技术规程》团体标准立项。标准主要起草单位为同济大学、长江经济带生态环境国家工程研究中心、长江生态环保集团有限公司、上海勘测设计研究院有限公司、深圳市环源科技发展有限公司、上海同济普兰德生物质能股份有限公司、北京汉能清源科技有限公司。

1. 标准制定必要性、编制依据 、编制原则
2. 标准制定的必要性

城镇污水处理厂污泥深度脱水减量是污泥处理处置的关键。城镇污水处理厂污泥产量大、有机物含量高、具有一定生物活性，细小颗粒造成的可压缩性强、有机质亲水基团对水的高亲和力使得污泥脱水性能较差，实现深度脱水存在困难。传统的化学调理工艺，通过添加有机高分子絮凝剂、无机混凝剂、无机骨架材料降低污泥可压缩性、释放胞外聚合物中水分提高污泥的脱水性能，但要实现深度脱水，药剂投加量大，不利于污泥减量，且大量加药也会影响污泥的后续处置与利用。

污泥水热调理是一种污泥热调理方式，通过高温高压反应，污泥破壁、絮体结构被破坏，有机质溶出、水解，污泥脱水性能得到极大改善，不需添加药剂即可实现深度脱水，同时可实现杀毒灭菌效果，在污泥减量化、无害化及资源化方面具有较大优势。污泥水热深度脱水工艺目前已实现工程应用，具有推广价值。为了提升污泥水热深度脱水工艺设计及运行管理水平，促进技术推广应用，依据国家和行业相关法律法规和标准规范，编制本标准。

1. 编制依据

本标准编制参考了国家及行业相关标准，编制依据如下：

|  |  |
| --- | --- |
| GB150.1~150.4 | 压力容器 |
| GB14554 | 恶臭污染物排放标准 |
| GB24188 | 城镇污水处理厂污泥泥质 |
| GB50014 | 室外排水设计标准 |
| GB50243 | 通风与空调工程施工质量验收规范 |
| GB/T23485 | 城镇污水处理厂污泥处置混合填埋用泥质 |
| GB/T23486 | 城镇污水处理厂污泥处置园林绿化用泥质 |
| GB/T24600  | 城镇污水处理厂污泥处置土地改良用泥质 |
| GB/T24602  | 城镇污水处理厂污泥处置单独焚烧用泥质 |
| GB/T25031  | 城镇污水处理厂污泥处置制砖用泥质 |
| CJJ60  | 城镇污水处理厂运行、维护及安全技术规程 |
| CJJ/T243 | 城镇污水处理厂臭气处理技术规程 |
| CJ/T314  | 城镇污水处理厂污泥处置水泥熟料生产用泥质 |
| CJ/T362  | 城镇污水处理厂污泥处置林地用泥质 |
| JB/T4333.1~4333.4 | 厢式压滤机和板框压滤机 |
| TSG08 | 特种设备使用管理规则 |
| TSG21 | 固定式压力容器安全技术监察规程 |
| 08R418-1 | 管道与设备绝热-保温 |

1. 编制原则

统一性原则：标准内文体、术语保持一致。

协调性原则：标准与现行基础标准内容相协调；标准与上级或同级标准之间相协调；标准与非本专业、非本行业标准之间相协调。

适用性原则：所制定标准条款考虑可操作性、易于实施；标准的内容便于被其他文件如其他标准、法律、法规或规章所引用。

规范性原则：确定标准的整体结构、层次和相应内容，将相对独立的技术内容用独立的部分来规定，并应将每部分标准的名称、内容、关系、顺序等做好安排；按照标准制、修订工作程序制定标准；符合有关的法律法规及标准编写的规定。

1. 主要工作过程

1）2022年4月成立标准编制组，2022年4月24日召开组内讨论会，并形成标准编制框架，提交中华环保联合会审查。

2）2022年5月31日中华环保联合会组织召开立项评审会，根据专家意见标准名称修改为《城镇污水处理厂污泥水热深度脱水技术规程》。

4）2022年6月10日，中华环保联合会发布中环联字[2022]128号文件，公告《城镇污水厂污泥水热深度脱水技术规程》通过立项审查，批准立项。

5）2023年4月25日，编制组完成标准编制，召开专家审查会。

1. 国内外相关标准研究

目前国内已发布的污泥深度脱水相关标准包括《室外排水设计标准》GB50014、《城镇污水处理厂污泥深度脱水工艺设计与运行管理指南》TCECS20005-2021、《城镇污水处理厂污泥隔膜压滤深度脱水技术规程》TCECS 537-2018。《室外排水设计标准》GB50014是住房与城乡建设部与国家市场监督管理总局联合发布的用于全面指导室外排水工程设计的国家标准。污泥处理和处置是污水处理的重要环节，标准第8章规定了污泥处理处置相关技术要求。其中8.5章节污泥机械脱水提出了压滤机脱水、离心机脱水的设计规定、技术要求及相关参数，并特别强调用于深度脱水时压滤机的设计参数。《城镇污水处理厂污泥深度脱水工艺设计与运行管理指南》TCECS20005-2021是中国工程建设标准化协会发布的行业标准，用于指导城镇污水厂污泥深度脱水工程的工艺设计和运行管理。该标准介绍了污泥深度脱水的原理、特点、主要技术和设备，并从污泥调理、深度脱水、滤液臭气泥饼处置等方面提出了设计要求及运行管理规定。其中污泥调理分为化学调理、物理调理、生物调理三类主流技术，化学调理是应用较为广泛、设计参数较为完善。物理调理中提到了高温热调理，即高温高压的水热反应，标准中介绍了高温热调理的基本原理，对于高温热调理的工艺设计仅提供了反应条件、压力，对于水热深度脱水集成工艺的设计指导不足。《城镇污水处理厂污泥隔膜压滤深度脱水技术规程》TCECS 537-2018是由中国工程建设协会发布的行业标准，用于指导采用隔膜压滤深度脱水工程的设计、施工验收和运行管理。标准重点对隔膜压滤环节的设计、施工、运行管理相关参数、要求做出规定，压滤前采用化学调理方式调理污泥。

目前国内已发布的涉及到水热调理（热水解）的相关标准包括《城镇污水处理厂污泥处理技术标准》（征求意见稿）、《城镇污水处理厂污泥高级厌氧消化处理工艺设计规范》T/CSUS29-2021。《城镇污水处理厂污泥处理技术标准》（征求意见稿）给出了污泥热水解反应温度（160-200℃）、压力（0.6-1.6 MPa）、进泥含固率（14-16%）等参数，水热调理后污泥进入厌氧消化池。《城镇污水处理厂污泥高级厌氧消化处理工艺设计规范》T/CSUS29-2021是中国城市科学研究会发布的团体标准，其中污泥高温热水解作为厌氧消化前的预处理工艺，旨在提升厌氧消化处理效率，因此相关设计规定以提升厌氧消化效率为目标。

国际标准通过在ISO、HIS、BSI等标准检索网站搜索“sludg”、“thermal hydrolysis”、“hydrothermal”、“dewater”等关键词，检索到目前国际上涉及到水热调理的技术标准有ISO 19388、ISO/TR 20736，关于脱水的技术标准ISO/CD TR19995正在编制中还未发布。ISO 19388是2023年发布的关于污泥厌氧消化设施操作的要求和建议。在厌氧消化预处理章节， ISO 19388提到水解是厌氧消化的限速步骤，可以通过热预处理的方式提升厌氧消化速率。其中高温热水解是在污泥水解池中通入热蒸汽，使污泥升温至140-170℃，反应压力为4-6 bar（0.4-0.6 MPa），反应时间30 min，反应通常包括三个反应器，分别为预热均质、热水解反应、冷却和热回收。此外还可以通过碱热水解的方式调理污泥，70℃左右，调节pH10-12，也可达到提升厌氧消化速率的目的。ISO 20736是污泥热处理指南，其中热水解作为一种热处理方式，在7.3章节提供了该技术指南。该技术的优势在于提高厌氧消化速率、去除挥发性固体、改善脱水性能等技术指南提供了热水解处理的工艺流程，包括污泥预热浆化、泵送至水热反应器、水热反应（温度不超过170℃）、闪蒸热回收，系统产生的不凝气体冷却压缩后通入厌氧消化进料系统管道中。

综上所述，目前国内、外已发布污泥水热调理相关技术标准提供的流程方法、工艺参数是以提升厌氧消化效率为目标，而脱水相关标准，污泥预处理均以化学调理为主。本标准是以深度脱水为目标，通过水热调理改善污泥脱水性能，无需添加化学药剂实现深度脱水，利于后续处置与资源化利用。水热脱水工艺目前已有工程应用，但尚未有针对该工艺全流程的技术规程，现编制本标准，提升污泥水热深度脱水工艺设计及运行管理水平，促进技术推广应用。本标准中关于水热预处理的一般规定、机械深度脱水设备及相关设计要求与上述国内相关标准保持一致。

1. [同类工程现状调研](#_Toc234978610)

深圳盐田污水处理厂污泥深度脱水项目（150t/d）采用水热深度脱水工艺，工艺流程为污泥储存—水热调理—隔膜板框压滤，该工艺已推广应用至广州海滔、深圳蛇口等项目。深圳盐田项目占地1500㎡，总投资4300万元。脱水压滤液回流污水处理厂，脱水泥饼外运处置，用于园林绿化、电厂掺烧。项目采用浆化水热一体化系统，80%含水率污泥直接通过螺杆泵泵送至水热反应器，反应器内装有大功率搅拌设备，同步实现浆化和水热调理。蒸汽由反应器上部进入，与污泥充分接触，水热反应温度为170-180℃，最高时可达到200℃。标准编制组于2022年3-6月采集了工程运行相关数据如下，脱水泥饼平均含水率低于40%，实现较好的减量化效果。

| 采样日期 | 样品来源 | 检测报告编号 | 含水率（%） | VS/TS（%） | 总氮含量 mg/g TS | 总磷含量mg/g TS |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2022年3-6月 | 原泥（离心污泥） | ZYHJ2200657-1 | 82.1-82.7 | 40.1-46.7 | 31.4-32.2 | 16.19-168 |
| 原泥（离心污泥）平均值 | 82.4 | 43.4 | 31.8 | 92.1 |
| 2022年3-6月 | 脱水泥饼 | ZYHJ2200657-2 | 29.8-38.6 | 30.6-33.4 | 18.5-19.1 | 39.5-216 |
| 脱水泥饼平均值 | 34.2 | 32.0 | 18.8 | 127.3 |

标准编制组还对脱水滤液、臭气成分进行了检测。滤液中CODCr浓度3.15×104 mg/L、总氮3.40×103 mg/L、总磷15.3 mg/L。根据测算，滤液回流污水处理厂对进水CODCr、总氮、总磷的增加分别为17.4%、11.7%、0.4%，未影响污水厂出水水质达标。不凝气体中含有高浓度甲硫醇、甲硫醚、二甲二硫醚、硫化氢等，采用化学洗涤+催化氧化技术可以实现较好的处理效果，达到臭气处理要求。

广东东莞市污泥深度脱水项目也采用水热深度脱水工艺，设计规模300吨/天，工艺流程为污泥储存—水热调理—离心脱水—干化热解。项目采用序批式系统，浆化设备、水热反应器、闪蒸释压反应器，反应温度170-180℃，采用离心机脱水，需投加少量PAM，脱水泥饼含水率不能达到60%以下。该工程不凝气体采用热处理工艺，利用热解系统进行处理。

综合上述两项工程调研，为实现深度脱水效果，降低泥饼含水率，本标准提出水热深度脱水应采用隔膜板框压滤设备进行脱水。同时对工程脱水滤液、臭气进行分析检测，提出脱水滤液宜回流污水处理厂，对于水热系统产生的不凝臭气可采用化学洗涤+催化氧化、热处理的处理工艺。

1. [主要技术内容及说明](#_Toc234978613)
2. 标准框架结构及主要内容

标准分为12个章节，包括“1.范围、2.规范应引用文件、3.术语和定义、4.工艺流程、5.总体要求、6.污泥储存和输送、7.污泥水热调理、8.污泥换热系、9.污泥深度、10.滤液收集与处理系统、11.臭气处理、12.运行与管理”。第1章规定了标准适用范围为新建、改建和扩建城镇污水处理厂污泥水热调理深度脱水项目的设计和运行管理；第2章列出了本标准引用的规范性文件；第3章定义了标准中提到的专业术语；4~5章提供了工艺流程及总体要求；6~11章提供了水热调理深度脱水各工艺环节的技术要求，分为一般规定、工艺设计、设备构造，一般规定提供了工艺设计通用性的原则，工艺设计提供了工艺设计技术要求及参数，设备构造提出了工艺设备技术要求及参数；12章提供了项目运行管理方面的要求。

1. 主要技术内容说明

5.1.1 设计泥量：城镇污水处理厂污泥包括初沉污泥、剩余污泥、化学污泥等，在设计时首先要考虑哪些污泥进入水热深度脱水系统。此外，污泥水热深度处理设施宜集中建设，可能处理一个或多个污水处理厂产生的污泥，应综合考虑污泥处理工艺、进水水量和水质、季节性变化等因素对污泥产量的影响，设计泥量应综合考虑并留有20%左右的安全系数。

5.1.2 水热调理深度脱水工艺所处理的污泥有机质含量宜＞35%，有机质含量过低的污泥中含有大量砂石，易对水热调理设备造成磨损，影响处理效果。

5.1.3 设计泥质：进入污泥水热深度脱水的污泥一般是机械脱水后的污泥，比如采用叠螺脱水机、离心脱水机、带式脱水机等，其含水率约80%~85%，如含水率过高，一是污泥脱水减量不明显，集中处理时污泥运输成本较高；二是水热预处理时，蒸汽耗量高，不经济。

5.2.2 污泥水热深度脱水的滤液污染物浓度含量高，单独建设滤液处理设施时投资和运行成本较高，可考虑利用现有污水处理厂处理余量处理滤液。

5.2.4 根据已建工程调研情况，采用浆化水热一体化系统，设备布置紧凑，占地面积大约10 ㎡/t。考虑到序批式系统包括浆化设备、水热反应器、闪蒸释压反应器，系统占地面积稍大，同时随着环保要求升高，应为臭气、滤液储存等环保设施预留足够的空间，因此用地指标适当扩大。

5.3.2 水热调理深度脱水工艺优势在于仅需少量化学药剂或不需药剂实现深度脱水，适宜土地利用，在污染物含量达标、有土地利用条件的情况下应优先土地利用，在利用前应进行稳定化处理。

6.1.4 根据项目情况，污泥可能通过管道泵送或车辆运输至水热调理深度脱水处理项目，如采用管道泵送，可采用流量计对污泥进行计量；如采用车辆运输，可设置称重磅进行计量。

6.3.2 脱水污泥的粘性较大，进入污泥料仓后，脱水污泥易板结、成团，在料仓与输送泵连接口之前经常会出现污泥架空导致污泥无法顺利落入输送泵泵腔的情况，这种现象称之为“架桥”，可通过设置刮板、螺旋的方式防止污泥架桥。

7.1.1 水热反应的原理简单来说类似高压锅，即污泥在高温高压的过程中，胞外聚合物和大分子有机物发生水解，污泥中微生物的细胞壁破碎，可有效改善污泥的脱水性能，利于后续的脱水。工程中，为确保污泥输送系统、水热反应系统、换热系统、蒸汽供应系统等连续运行，一条水热生产线可能配置多个水热反应器，每个水热反应器依次经历进泥、加热、保温、闪蒸释压、排泥等工序，而整个水热系统可实现连续进泥，连续反应，连续排泥等。

7.2.1 反应温度是水热预处理过程中一个非常重要的控制参数，根据编制组前期的研究结果，污泥脱水性能随着反应温度的升高而改善，温度超过200℃，通过机械脱水，不添加药剂可将含水率降低到40%以下。但过高的反应温度（200℃以上）容易使水解出来还原糖的醛基和氨基酸中的氨基会发生美拉德反应(Maillard Reaction)，生成难降解的褐色多聚氮，不利于脱水滤液的处理。此外，过高的反应温度，对蒸汽压力（蒸汽锅炉）、水热反应设备、管道、阀门、仪表等的压力等级要求也相应较高，可能会增加设备系统投资以及操作运行难度。从项目整体的技术经济角度考量，不追求更低的含水率情况下，推荐反应温度为170~200℃。

7.2.2 水热反应过程中，蒸汽需求量是波动的，前期污泥温度低，反应器压力也较低，蒸汽通入后，污泥快速吸收通入的蒸汽；随着加热过程的不断进行，污泥温度不断升高，反应器内的压力也不断升高，污泥吸收的蒸汽速度也相应较低。为保证水热系统的稳定运行，锅炉的蒸汽供应量要有一定的富裕量。

7.2.4 单批次运行时间包括进泥、加热、保温、闪蒸释压、排泥等过程，保温时间是指污泥达到设计反应温度后的时间。设计反应温度越高，保温时间越短。当设计反应温度为170℃时，保温时间约为20-30 min，当设计反应温度为200℃时，保温时间约为5min。

7.2.9饱和蒸汽消耗量是衡量水热调理能耗的重要参数。水热调理深度脱水的优势之一在于不发生水的相变，调理后通过机械方式进行脱水，减少能耗。根据前期调研，水热调理过程中回收闪蒸释放的二次蒸汽热量的情况下，1t污泥（含水率80%）消耗的蒸汽小于250 kg，能耗低于热干化工艺。污泥粘度表征了污泥的流动性能，它影响到污泥的热传导、输送、搅拌、传质等特性，高温水热会显著降低污泥的粘度。水热调理后污泥经过机械脱水，泥饼含水率可低于60%。

7.3.1 根据压力容器设计压力（p）大小分为四个压力等级，其中低压(代号L)容器 0.1 MPa≤p＜1.6 MPa；中压(代号M)容器 1.6 MPa≤p＜10.0 MPa。当水热反应温度为200℃时，进入水热反应器的蒸汽温度约210℃左右，相应的蒸汽压力约2.0MPa，此时，水热反应器为中压容器，需按II类压力容器设计。

8.1.2 深度脱水系统一般采用隔膜板框压滤机，当污泥温度较高时，滤板、滤布在工作时容易发生变形，从而影响脱水效率。因此，水热反应后的温度应换热降温后进入后续脱水系统。

9.1.1 污泥最终处置包括填埋、焚烧及建材利用、土地利用等，不同的处置方式对污泥含水率有不同要求，污泥深度脱水设备应考虑污泥最终处置含水率要求。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准号 | 标准名称 | 含水率 | 备注 |
| 1 | GB 4284-2018 | 农用污泥污染物控制标准 | ≤60% |  |
| 2 | GB/T 25031-2010 | 城镇污水处理厂污泥处置 制砖用泥质 | ≤40% |  |
| 3 | GB/T 24600-2009 | 城镇污水处理厂污泥处置 土地改良用泥质 | ＜65% |  |
| 4 | GB/T 24602-2009 | 城镇污水处理厂污泥处置 单独焚烧用泥质 | ＜60% | 自持燃烧 |
| 5 | GB/T 23485-2009 | 城镇污水处理污泥混合填埋泥质 | ＜60% | 混合填埋 |
| 6 | GB/T 23486-2009 | 城镇污水处理厂污泥处置 园林绿化用泥质 | ＜40% |  |
| 7 | CJ/T 314-2009 | 城镇污水处理厂污泥处置水泥熟料生产用泥质 | ≤80% |  |
| 8 | CJ/T 362-2011 | 城镇污水处理厂污泥处置林地用泥质 | ≤60% |  |

9.2.2 水热调理过程中有机质溶出水解，会造成干物质减量，脱水设备设置时应予以考虑。

9.2.3 隔膜板框压滤机过滤周期通常按照4h计算，水热调理后污泥流动性好、更易脱水，过滤周期缩短。根据现有工程调研，水热调理后用隔膜板框压滤机进行脱水，过滤周期大约2小时。

9.2.7 对于有机质含量较高的污泥，脱水性能较差，可根据最终泥饼含水率的要求，水热调理后少量添加药剂，使其达到脱水目标。

9.2.13 隔膜板框压滤机处理后的泥饼呈块状，为了方便运输及后续利用或处置，可在压滤机下方设置格栅或破碎装置，对泥饼进行破碎。

9.2.14 设置脱水泥饼料仓或堆棚，临时储存脱水泥饼，以应对泥饼不能及时外运的情况；此外，由于经过水热调理，污泥中的胞内水、结合水释放，脱水泥饼短期堆置有利于含水率进一步降低。

10.1.1设置滤液储存池，用于缓冲调节滤液回流污水厂，较少对污水厂运行的影响，同时有利于氮磷回收。

10.2.1 根据对现有工程的跟踪监测，脱水滤液中COD浓度＞30000 mg/L、总氮＞3000 mg/L、总磷＞10 mg/L，采用厌氧消化可回收滤液中的能源，可用于补充水热调理热源。滤液中的氮磷浓度也较高，具有回收价值。

10.2.3 脱水滤液如排入污水处理厂，需考虑负荷对污水厂的影响。

12.2.2 参考《城镇污水处理厂污泥深度脱水工艺设计与运行管理指南》TCECS20005中的相关规定。

12.2.3 （1）水热调理温度、蒸汽消耗量是水热调理重要的技术参数，温度应控制在170-200℃，蒸汽消耗量宜控制小于250 kg/t污泥（80%含水率），充分发挥水热调理强化脱水及节能降耗优势。监测出泥温度主要是为了延长隔膜板框压滤机的使用寿命、保障处理效果。

（3）根据《城镇污水处理厂运行、维护及安全技术规程》CJJ60规定，应定期对处理前、处理后的污泥性质进行检测。

1. [标准实施的环境效益与经济技术分析](#_Toc234978614)

污泥脱水减量是污泥处理处置的关键环节。水热调理作为深度脱水前的污泥调理手段，与传统的化学调理、热干化技术相比，具有低药耗、低能耗的优势。经测算，水热深度脱水工艺运行成本＜100元/t，如采用废热蒸汽作为热源成本可进一步降低。此外由于水热反应过程不发生相变深度脱水全过程能耗、碳排放均低于传统热干化工艺。水热深度脱水过程不添加化学药剂，对泥饼后续处置和利用的影响较小。本标准提供了对污泥水热深度脱水的工艺设计和运行管理标准化技术要求，有利于工艺技术的推广应用，为我国污泥深度脱水提供绿色、低碳、经济可行的技术解决方案。

1. [标准实施建议](#_Toc234978615)
2. 在本标准发布之前，水热深度脱水工程设计和运行管理可参考《室外排水设计标准》GB50014、《城镇污水处理厂污泥深度脱水工艺设计与运行管理指南》TCECS20005-2021、《城镇污水处理厂污泥隔膜压滤深度脱水技术规程》TCECS 537-2018、《城镇污水处理厂污泥高级厌氧消化处理工艺设计规范》T/CSUS29-2021中相关工艺环节的技术要求及参数。
3. 在本标准发布之后，及时针对标准内容开展宣贯，水热深度脱水工程设计和运行管理参照本标准要求执行。

1. [征求意见处理情况说明](#_Toc234978616)（送审稿）

1. [技术审查工作情况说明](#_Toc234978617)（报批稿）