

UDC

中华人民共和国行业标准



P

CJJ 131 - 2009
备案号 J891 - 2009

城镇污水处理厂污泥处理技术规程

Technical specification for sludge treatment
of municipal wastewater treatment plant

2009 - 07 - 09 发布

2009 - 12 - 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

中华人民共和国行业标准

城镇污水处理厂污泥处理技术规程

Technical specification for sludge treatment
of municipal wastewater treatment plant

CJJ 131 - 2009

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 0 9 年 1 2 月 1 日

中国建筑工业出版社

2009 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部 公 告

第 348 号

关于发布行业标准《城镇污水处理厂 污泥处理技术规程》的公告

现批准《城镇污水处理厂污泥处理技术规程》为行业标准，编号为 CJJ 131-2009，自 2009 年 12 月 1 日起实施。其中，第 3.3.6、4.1.11、6.1.10、6.3.3、7.1.6 条为强制性条文，必须严格执行。

本规程由我部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2009 年 7 月 9 日

前 言

根据原建设部《关于印发“二〇〇四年度工程建设城建、建工行业标准制订、修订计划”的通知》(建标 [2004] 66号)的要求,规程编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,制定本规程。

本规程主要技术内容是:1.总则;2.术语;3.方案设计;4.堆肥;5.石灰稳定;6.热干化;7.焚烧;8.施工与验收;9.运行管理;10.安全措施和监测控制。

本规程中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规程由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,由北京城市排水集团有限责任公司负责技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送北京城市排水集团有限责任公司(地址:北京市朝阳区高碑店甲1号,邮编:100022)。

本规程主编单位:北京城市排水集团有限责任公司

本规程参编单位:中国城镇供水排水协会排水专业委员会
北京市市政工程设计研究总院
国家城市给水排水工程技术研究中心
环境保护部华南环境科学研究所
中国科学院地理科学与资源研究所环境
修复中心

本规程主要起草人:王洪臣 甘一萍 周 军 王佳伟
陈同斌

本规程主要审查人:杭世珺 张 辰 李金国 贾立敏
李 军 汪慧贞 王秀朵 崔希龙
黄占斌

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	方案设计	4
3.1	一般规定	4
3.2	方案选择	4
3.3	设计要求	5
4	堆肥	7
4.1	一般规定	7
4.2	静堆式条垛堆肥	8
4.3	翻堆式条垛堆肥	11
4.4	仓内堆肥	11
5	石灰稳定.....	13
5.1	一般规定	13
5.2	工艺参数	13
6	热干化.....	14
6.1	一般规定	14
6.2	直接加热干化	15
6.3	间接加热干化	15
6.4	直接和间接联合加热干化	16
7	焚烧.....	17
7.1	一般规定	17
7.2	多膛焚烧炉.....	17
7.3	流化床焚烧炉	17
8	施工与验收.....	19
8.1	一般规定	19

8.2	施工	19
8.3	验收	20
9	运行管理	22
9.1	一般规定	22
9.2	堆肥	23
9.3	石灰稳定	24
9.4	热干化	24
9.5	焚烧	25
10	安全措施和监测控制	26
	本规程用词说明	27
	引用标准名录	28
	附：条文说明	29

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms	2
3	Process Design	4
3.1	General Requirements	4
3.2	Process Analysis	4
3.3	Design Requirements	5
4	Composting	7
4.1	General Requirements	7
4.2	Static Solids Bed Composting	8
4.3	Agitated Solids Bed Composting	11
4.4	In-vessel Composting	11
5	Lime Stabilization	13
5.1	General Requirements	13
5.2	Technical Parameters	13
6	Heat Drying	14
6.1	General Requirements	14
6.2	Direct Heat Drying	15
6.3	Indirect Heat Drying	15
6.4	Direct-indirect Heat Drying	16
7	Incineration	17
7.1	General Requirements	17
7.2	Multiple-Hearth Incineration	17
7.3	Fluidized-Bed Incineration	17
8	Construction and Acceptance	19
8.1	General Requirements	19

8.2	Construction	19
8.3	Acceptance	20
9	Operation Management	22
9.1	General Requirements	22
9.2	Composting	23
9.3	Lime Stabilization	24
9.4	Heat Drying	24
9.5	Incineration	25
10	Safety Measures, Monitoring and Control	26
	Explanation of Wording in This Specification	27
	Normative Standards	28
	Attachment; Explanation of Provisions	29

1 总 则

1.0.1 为科学合理处理城镇污水处理厂所产生的污泥，减少污泥对环境的不良影响，控制污泥所造成的污染，促进社会的可持续发展，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于城镇污水处理厂产生的初沉污泥、剩余污泥及其混合污泥处理的方案设计、施工验收、运行管理、安全措施和监测控制。

本规程不适用于城镇污水预处理中产生的砂砾和栅渣处理，以及城镇污水处理厂污泥的处置或利用。

1.0.3 城镇污水处理厂污泥处理除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 污泥处理 sludge treatment

对污泥进行稳定化、减量化和无害化处理的过程，一般包括浓缩（调理）、脱水、厌氧消化、好氧消化、石灰稳定、堆肥、干化和焚烧等。

2.0.2 污泥堆肥 sludge composting

污泥经机械脱水后，在微生物活动产生的较高温度条件下，使有机物进行生物降解，最终生成性质稳定的熟化污泥的过程。

2.0.3 污泥热干化 sludge heat drying

利用热能，将脱水污泥加温干化，使之成为干化产品。

2.0.4 污泥石灰稳定 sludge lime stabilization

污泥经机械脱水后，往泥饼中投加干燥的生石灰（CaO），进一步降低泥饼含水率，同时使其 pH 值和温度升高，以抑制病原菌和其他微生物生长的过程。

2.0.5 污泥焚烧 sludge incineration

利用焚烧炉将污泥加温，并高温氧化污泥中的有机物，使之成为少量灰烬。

2.0.6 条垛堆肥 windrow composting

将污泥和调理剂的混合料堆成长堆，通过空气的自然对流或鼓风机强制通风，并控制条垛温度和降低污泥含水率的堆肥过程。

2.0.7 仓内堆肥 in-vessel composting

指在反应器内进行的堆肥过程。

2.0.8 快速堆肥 high-rate composting

在定期翻堆和/或强制通风条件下，污泥中有机物经过高温发酵，基本达到稳定，形成腐殖质的堆肥过程。

2.0.9 熟化 curing

快速堆肥后，微生物以较低的速度分解较难降解有机物和中间产物的堆肥过程。

3 方案设计

3.1 一般规定

3.1.1 城镇污水处理厂污泥处理应以城镇总体规划为主要依据，从全局出发，因地制宜，以“稳定化、减量化、无害化”为目的，并宜利用污泥中的物质和能量，实现其“资源化”。

3.1.2 污泥处理工程建设之前，应进行污泥中有机质、营养物、重金属、病原菌、污泥热值、有毒有机物的分析测试；应进行处置途径的调查工作，明确处置方对泥质和泥量的要求，选择合适的处理工艺。

3.1.3 在污泥运输过程中，应保证安全，严禁造成二次污染。

3.1.4 污泥处理工艺方案应包括下列内容：

- 1 确定污泥性质、工程规模、选址、处理要求和处置途径；
- 2 确定污泥处理系统的布局、处理工艺方案和污泥输送方案；
- 3 提出污泥最终处置的配套设施；
- 4 进行相应的工程投资估算、日常运行费用计算、效益分析、风险评价和环境影响评价等。

3.2 方案选择

3.2.1 污泥处理方式应根据当地实际情况确定。

3.2.2 对已建成但无污泥处理系统的城镇污水处理厂，应根据现有污水处理厂的泥质和预计可能发生的变化情况综合确定污泥处理工艺方案；对新建的城镇污水处理厂，应在分析研究污水处理厂进水水质的基础上，参考同类污水处理厂泥质，并综合考虑可能发生的变化情况确定污泥处理工艺方案。

3.2.3 城镇污水处理厂的污泥可在污水处理厂内就地处理，也

可在污水处理厂外新建的专用污泥处理厂单独处理。确定方案时，应综合考虑环境影响、运输、管理、人员安排和经济比较等因素。

3.2.4 污泥处理厂的规模、布局、选址、数量和处理程度等，应根据最终处置的泥质、泥量要求和具体位置分布情况确定。

3.2.5 污泥处理厂可服务于一个或多个污水处理厂，并宜靠近污水处理厂或污泥产品处置方集中地区。

3.2.6 污泥处理备选技术方案不应少于两套，并应在对各种方案进行技术经济比选后，确定最佳方案。技术经济比选应符合因地制宜、稳定可靠、经济合理、技术先进的原则，综合评价社会效益、环境效益和经济效益。

3.2.7 污泥处理方案应根据最终处置的要求，按照技术先进、经济合理的原则，进行技术单元优化组合。

3.3 设计要求

3.3.1 城镇污水处理厂的污泥处理系统应由浓缩、稳定、脱水、堆肥、干化或焚烧等子系统组成，污泥处理工程设计应按系统工程综合考虑。

3.3.2 污泥处理厂应设置污泥储存设备，并应采取防渗漏措施。

3.3.3 污泥处理厂产生的污水，可由本厂自行处理，也可就近排入污水处理厂集中处理。

3.3.4 城镇污水处理厂污泥处理宜选用下列基本组合工艺：

- 1 浓缩—脱水—处置；
- 2 浓缩—消化—脱水—处置；
- 3 浓缩—脱水—堆肥/干化/石灰稳定—处置；
- 4 浓缩—消化—脱水—堆肥/干化/石灰稳定—处置；
- 5 浓缩—脱水—堆肥/干化/石灰稳定—焚烧—处置。

3.3.5 污泥浓缩、消化、脱水工艺的设计应符合现行国家标准《室外排水设计规范》GB 50014 的相关规定。

3.3.6 污泥处理厂必须按相关标准的规定设置消防、防爆、抗

震等设施。

3.3.7 污泥处理厂的噪声和卫生指标应符合相关环境标准的规定。

3.3.8 污泥厌氧处理过程中产生的污泥气应优先作为能源综合利用。

4 堆 肥

4.1 一 般 规 定

4.1.1 堆肥可采用条垛堆肥和仓内堆肥，并应符合下列规定：

1 条垛堆肥可采用静堆式或翻堆式；

2 根据污泥流态，仓内堆肥可采用垂直流动式、水平流动式或单箱静堆式。

4.1.2 堆肥宜分成快速堆肥和熟化两个阶段。仓内堆肥和条垛堆肥宜作为快速堆肥阶段，条垛堆肥宜作为仓内堆肥的后续工艺用于污泥熟化。

4.1.3 堆肥湿度宜符合下列规定：

1 混合污泥初始含水率宜为 55%~65%，可通过添加蓬松剂和返混干污泥调节含水率；

2 快速堆肥阶段，含水率应保持在 50%~65%。

4.1.4 堆肥过程中，堆内温度应为 (55~65)℃，持续时间应在 3d 以上。

4.1.5 堆肥初始碳氮比应为 20:1~40:1，可通过添加调理剂调节营养平衡，调理剂宜采用锯木屑、稻草、麦秆、玉米秆、泥炭、稻壳、棉籽饼、厩肥、园林修剪物等。

4.1.6 堆肥宜添加蓬松剂增加料堆的孔隙率。蓬松剂宜采用长 (2~5) cm 的木屑、专用蓬松材料、花生壳、树枝等。

4.1.7 返混干污泥和蓬松剂添加量应按下列公式确定：

$$X_R = (1 - f_2) \times f_1 \times X_C \quad (4.1.7-1)$$

$$X_B = f_1 \times X_C - X_R \quad (4.1.7-2)$$

式中 X_R ——每天返混干污泥的湿重 (kg/d)；

X_B ——每天添加蓬松剂的湿重 (kg/d)；

f_1 ——蓬松剂和返混干污泥的湿重与进泥泥饼的湿重比

例，取值范围：0.75~1.25；

f_2 ——蓬松剂添加量占蓬松剂和返混干污泥总添加量的比例，取值范围：0.20~0.40；

X_c ——每天进泥泥饼的湿重 (kg/d)。

4.1.8 堆肥过程中，堆体中空气含氧量宜控制在 5%~15% (按体积计)。

4.1.9 堆肥必须设置臭味控制设施，宜采用生物滤床等方式。滤料可采用筛分后的熟化污泥等材料。

4.1.10 堆肥后的污泥可作为土壤调理剂、覆盖土、有机基质等使用。

4.1.11 污泥接收区、快速反应区、熟化区、储存区的地面周边及车行道必须进行防渗处理。

4.1.12 堆肥厂必须设置渗滤液的收集、排出和处理设施。

4.1.13 堆肥产品储存区不宜设置供暖设施。

4.2 静堆式条垛堆肥

4.2.1 静堆式条垛堆肥的断面形状宜为梯形，并应根据污泥性质和鼓风方式经过试验确定具体尺寸。

4.2.2 静堆式条垛堆肥的时间要求应符合下列规定：

1 快速堆肥时间必须大于 10d，宜为 (14~21) d；在土地条件允许的情况下，可适当延长；

2 当快速堆肥后的污泥含固率小于 50%时，应重新分堆进一步干化，持续时间宜大于 7d；

3 熟化前应筛分回收添加材料，熟化处理持续时间宜为 (30~60) d。

4.2.3 静堆式条垛堆肥通过污泥堆的气体阻力损失可按下式计算：

$$D = k \times (V^n) \times (H^j) \times 3.28^{m+j} \quad (4.2.3)$$

式中 D ——堆肥中气体阻力损失 (m)；

k ——堆肥中气体阻力系数，取值范围为 1.2~8.0；

V ——堆肥中气体的速度 (m/s);

n ——堆肥中气体速度阻力系数, 取值范围为 1.0~2.0;

H ——堆肥高度 (m);

j ——堆肥高度阻力系数, 取值范围为 1.0~2.0。

4.2.4 静堆式条垛堆肥的通风量应按下列三种方法计算, 取其中最大值的 3~5 倍作为设计依据。

1 有机物氧化需气量应按下列式计算:

$$Q_1 = \frac{a \times q_1 + b \times q_2}{F} \quad (4.2.4-1)$$

式中 Q_1 ——标准状态下堆肥过程中有机物氧化需气量(m^3/d);

a ——城镇污泥中生物可降解有机物的需氧量, 取值范围: (1.0~4.0) kgO_2/kg 干污泥, 典型值为 2.0 kgO_2/kg 干污泥;

b ——调理剂中生物可降解有机物的需氧量, 取值范围: (0.5~3.0) kgO_2/kg 干污泥, 典型值为 1.2 kgO_2/kg 干污泥;

q_1 ——每日处理城镇污泥中的生物可降解量(kg 干污泥/ d);

q_2 ——每日添加调理剂中的生物可降解量(kg 干污泥/ d);

F ——常数, 取 0.28, 标准状态(0.1MPa, 20°C)下的每立方米空气含氧量(kgO_2/m^3)。

2 除湿需气量应按下列式计算:

$$Q_2 = \frac{\frac{1-s_s}{s_s} - \frac{1-v_s}{1-v_p} \times \frac{1-s_p}{s_p}}{\rho \times (w_o - w_i)} \times q_1 + \frac{\frac{1-s_T}{s_s} - \frac{1-v_T}{1-v_p} \times \frac{1-s_p}{s_p}}{\rho \times (w_o - w_i)} \times q_2 \quad (4.2.4-2)$$

式中 Q_2 ——标准状态下堆肥过程中除湿需气量(m^3/d);

w_o ——出口空气饱和湿度(kgH_2O/kg 干空气);

w_i ——进口空气湿度(kgH_2O/kg 干空气);

s_s ——生污泥固体含量, 取值范围: (0.15~0.30) kg 干

- 污泥/kg 生污泥；
- s_T ——调理剂固体含量，取值范围：(0.30~0.50)kg 干污泥/kg 调理剂；
- v_s ——生污泥中挥发性固体含量，取值范围：(0.6~0.8)g 挥发性固体/g 干污泥；
- s_p ——堆肥产品中固体含量，取值范围：(0.55~0.75)kg 干污泥/kg 堆肥污泥；
- v_T ——调理剂中挥发性固体含量，取值范围：(0.6~0.8)g 挥发性固体/g 调理剂干物质；
- v_p ——堆肥产品中挥发性固体含量，取值范围：(0.3~0.5)g 挥发性固体/g 干污泥；
- ρ ——常数，取 1.18，标准状态下(0.1MPa, 20℃)空气密度(kg/m³)。

3 除热需气量应按下列式计算：

$$Q_3 = \frac{(a \times q_1 + b \times q_2) \times C}{(w_0 - w_i) \times c_H + w_0 \times c_v \times (T_0 - T_i) + c_g \times (T_0 - T_i)} / \rho \quad (4.2.4-3)$$

式中 Q_3 ——标准状态下去除堆肥过程中产生热量的需气量 (m³/d)；

C ——常数，取 13.63，单位耗氧产热量 (kJ/kgO₂)；

c_H ——常数，温度 T_i 时，水的汽化热 (kJ/kg)；

c_v ——常数，取 1.84，101.33kPa、水蒸气的定压比热 (kJ/kg·℃)；

c_g ——常数，取 1.01，101.33kPa、干空气的定压比热 (kJ/kg·℃)；

T_0 ——出口的温度 (℃)；

T_i ——进口的温度 (℃)。

4.2.5 通风设施应符合下列规定：

1 宜选用布气板或穿孔管进行环形布气，上部铺(15~30)cm 厚的蓬松剂；当采用穿孔管布气时，支管间距宜为(0.8~

2.5)m;

2 应根据堆内温度和含氧量调整风量;

3 风机的运行方式可采用向堆内鼓风和从堆内吸风两种形式。当从堆内吸风时,应在风机前设置渗滤液和浓缩液的收集设施并进行处理。

4.2.6 条垛表层应覆盖(0.1~0.2)m的熟化污泥。

4.2.7 当从堆内吸风时,宜将臭气引入筛分后的熟化污泥堆进行除臭。每(4~6)t堆肥污泥(按干物质计)可采用1m³筛分熟化污泥进行除臭,用于除臭的熟化污泥含水率应小于50%,并应定期进行更换。

4.3 翻堆式条垛堆肥

4.3.1 翻堆式条垛的断面形状宜为梯形,高度宜为(1~2)m,底部宽宜为(3~5)m,上部宽宜为(0.5~1.5)m,条垛间距宜大于0.5m。

4.3.2 翻堆式条垛堆肥的温度、时间、翻垛要求应符合下列规定:

1 快速堆肥时间宜为(21~28)d,每周应翻垛(3~4)次,垛内温度宜控制在(45~65)℃;

2 当(2~3)条的小垛形成一条大垛时,熟化阶段时间应大于21d,每周应翻垛(1~3)次。

4.3.3 当翻堆式条垛堆肥设置鼓风或吸风设施时,可按本规程第4.2.4、4.2.5条的规定进行设计。

4.4 仓内堆肥

4.4.1 仓内堆肥应符合下列规定:

1 仓内堆肥可采用机械水平翻垛的矩形槽、机械圆周翻垛的圆形槽、“达诺”(Dano)转筒等形式;

2 仓内堆肥的停留时间应根据堆肥仓的形式进行调整,宜为(8~15)d;

- 3 仓内堆肥完成后，熟化时间应为(1~3)月。
- 4.4.2 当仓内堆肥设置吸风或鼓风设施时，可按本规程第4.2.4、4.2.5条的规定进行设计。
- 4.4.3 仓内堆肥宜采用自动监控设施。

5 石灰稳定

5.1 一般规定

- 5.1.1 石灰稳定工艺中宜采用生石灰。
- 5.1.2 石灰稳定设施的车间、除尘设备、混料设备、石灰储存库等均应密闭。
- 5.1.3 机械设备应采取隔声措施。
- 5.1.4 石灰储料筒仓的顶端应设有粉尘收集过滤装置。
- 5.1.5 石灰储存容积应按照大于 7d 以上的运行供给量确定。
- 5.1.6 石灰进料装置应位于储料筒仓的锥斗部分，并宜采用定容螺旋式进料装置。
- 5.1.7 石灰混合装置应设在收集泥饼的传送装置末端。
- 5.1.8 石灰投加设施应采用自动控制。
- 5.1.9 石灰稳定设施必须设置废气处理设备，可采用湿式除尘设备。
- 5.1.10 石灰稳定污泥应主要用于酸性土壤的改良剂、路基基材，以及填埋场的覆盖土等。当采用后续水泥窑注入法生产水泥时，可替代水泥烧制的原材料。

5.2 工艺参数

- 5.2.1 石灰稳定过程中的 pH 值及其持续时间应符合下列规定：
 - 1 反应时间持续 2h 后，pH 值应升高到 12 以上；
 - 2 在不过量投加石灰的情况下，混合物的 pH 值应维持在 11.5 以上，持续时间应大于 24h。
- 5.2.2 石灰投加量应符合下列规定：
 - 1 投加石灰干重宜占污泥干重的 15%~30%；
 - 2 石灰污泥体积增加量宜控制在 5%~12%。

6 热干化

6.1 一般规定

6.1.1 热干化可采用直接加热、间接加热、直接和间接联合加热三种方式。

6.1.2 热干化的热源应充分利用污泥自身的热量和其他设施的余热，不宜采用优质一次能源作为主要干化热源。

6.1.3 应设置不小于干化系统 3d 生产能力的湿污泥储存场地。

6.1.4 干化系统的规模应符合下列规定：

1 当按湿物料被干燥成为干物料后，从湿物料中去除的水分量确定时，应按下式计算：

$$E = D \times (1/d_i - 1/d_o) \times 100 \quad (6.1.4-1)$$

式中 E ——蒸发量，单位时间内蒸发的水的质量 ($\text{kgH}_2\text{O}/\text{h}$)；

D ——污泥干重 (kg/h)；

d_i ——进入干化系统的污泥含固率 (%TS)；

d_o ——排出干化系统的污泥含固率 (%TS)。

2 可按每天处理的湿污泥量确定。

3 间接干化系统应按下式计算：

$$SER = E/S \quad (6.1.4-2)$$

式中 SER ——比蒸发速率，即单位时间单位传热面积上蒸发的水量 [$\text{kgH}_2\text{O}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$]；

E ——系统的总蒸发量，即单位时间干化系统蒸发的水量 (kg/h)；

S ——间接干化系统的热表面积 (m^2)。

6.1.5 干化系统单位耗热量可按下式计算：

$$STR = Q_r/E \quad (6.1.5)$$

式中 STR ——系统单位耗热量 ($\text{kJ}/\text{kgH}_2\text{O}$)，即蒸发单位水

量所需的热能，平均值宜小于 $3300\text{kJ/kgH}_2\text{O}$ ；

Q_T ——干化系统所需的总热能 (kJ/h)；

E ——干化系统的蒸发量 (kg/h)。

- 6.1.6 热干化系统产泥的含固率宜在 60% 以上。
- 6.1.7 污泥干化气体温度应在 75°C 以上。
- 6.1.8 当干化系统内的氧含量要求小于 3% 时，必须采用纯度较高的惰性气体。
- 6.1.9 热干化污泥在利用前应保持干燥。
- 6.1.10 热干化系统必须设置烟气净化处理设施，并应达标排放。

6.2 直接加热干化

- 6.2.1 直接加热干化设备宜采用转鼓式。
- 6.2.2 直接加热干化工艺可采用空气湿度图进行计算，并结合试验数据及经验数据进行设计。
- 6.2.3 直接干化所产生烟尘中的臭味和杂质必须处理。
- 6.2.4 直接加热转鼓干化的设计，应符合下列规定：
 - 1 宜采用干化污泥返混方式，混合污泥的含固率应达到 50%~60%；
 - 2 污泥投加量宜占整个圆筒体积的 10%~20%；
 - 3 圆筒转速宜为 $(5\sim 25)\text{ r/min}$ ；
 - 4 正常运行条件下氧含量应小于 6%；
 - 5 污泥与温度为 700°C 的热气流在转鼓内接触混合时间宜为 $(10\sim 25)\text{ min}$ ；
 - 6 直接加热转鼓干化宜采用冷凝器充分回收利用分离出来的水汽所携带的热量。

6.3 间接加热干化

- 6.3.1 间接加热干化宜采用转鼓式、多段圆盘式。
- 6.3.2 间接加热干化的热交换介质宜为蒸汽或热油，对于介质

温度要求在 200℃ 以上的干化系统，其加热介质宜为热油。

6.3.3 当热交换介质为热油时，热油的闪点温度必须大于运行温度。

6.3.4 比蒸发速率(SER)宜为(7~20)kgH₂O/(m²·h)

6.3.5 转鼓式间接加热干化的设计，应符合下列规定：

- 1 宜采用湿泥直接进料；
- 2 热油温度应大于 300℃；
- 3 转鼓转速不得大于 1.5r/min。
- 4 干化过程的氧含量应小于 2%；
- 5 转鼓经吸风，其内部应为负压。

6.3.6 多段圆盘式间接加热干化的设计，应符合下列规定：

- 1 进泥含固率应为 25%~30%；
- 2 所需的能量应由热油传递，温度应为 (230~260)℃；
- 3 干化和造粒过程的氧含量应小于 2%；
- 4 间接多盘干化系统应设置涂层机。

6.4 直接和间接联合加热干化

6.4.1 直接和间接联合加热干化宜采用流化床式。

6.4.2 流化床污泥干化的设计，应符合下列规定：

- 1 宜采用湿泥直接进料；
- 2 氧含量应小于 6%；
- 3 床内干化气体温度应为(85±3)℃；
- 4 干化出泥温度不应大于 50℃；
- 5 热交换介质温度应为(180~250)℃。

7 焚 烧

7.1 一 般 规 定

- 7.1.1 焚烧炉宜采用多膛炉、流化床等形式。
- 7.1.2 焚烧前宜将污泥粉碎。
- 7.1.3 焚烧炉内温度宜大于 700°C
- 7.1.4 焚烧时间宜为 $(0.5\sim 1.5)$ h。
- 7.1.5 焚烧时过剩空气系数宜为 $50\%\sim 150\%$ 。
- 7.1.6 污泥焚烧必须设置烟气净化处理设施，且烟气处理后的排放值应符合现行国家标准《生活垃圾焚烧污染控制标准》GB 18485的相关规定。
- 7.1.7 污泥焚烧的炉渣与除尘设备收集的飞灰应分别收集、储存和运输。
- 7.1.8 污泥焚烧产生烟气所含热能必须回收利用。

7.2 多 膛 焚 烧 炉

- 7.2.1 进泥含固率必须大于 15% 。
- 7.2.2 当进泥含固率在 $15\%\sim 30\%$ 时，宜补充燃料。
- 7.2.3 当进泥含固率超过 50% 时，应采取降温措施。
- 7.2.4 湿泥负荷宜为 $(25\sim 75)\text{kg}/[\text{m}^2(\text{有效炉床面积})\cdot \text{h}]$ 。
- 7.2.5 应设置二次燃烧设备，减少燃烧排放的烟气污染。

7.3 流 化 床 焚 烧 炉

- 7.3.1 砂床静止时的厚度宜为 $(0.8\sim 1.0)\text{m}$ 。
- 7.3.2 流化床焚烧的空气喷入压强宜为 $(20\sim 35)\text{kPa}$ 。
- 7.3.3 流化风速宜取流化初始速度的 $(2\sim 8)$ 倍，空塔风速应为 $(0.5\sim 1.5)\text{m/s}$ 。

- 7.3.4 炉排燃烧率宜为 $(400\sim 600)\text{kg}/[\text{m}^2(\text{流化床单位截面积})\cdot\text{h}]$ 。
- 7.3.5 砂床在注入污泥前宜预加热至 700°C 左右。
- 7.3.6 炉内的温度宜控制为 $(760\sim 820)^{\circ}\text{C}$ ；当温度高于 870°C 时，应采取降温措施。
- 7.3.7 流化床的导热油循环系统必须有可靠的冷却系统。
- 7.3.8 当污泥不能自燃时，应补充燃料。
- 7.3.9 燃烧室热负荷宜为 $(3.3\times 10^5\sim 6.3\times 10^5)\text{kJ}/(\text{m}^3\cdot\text{h})$ 。

8 施工与验收

8.1 一般规定

8.1.1 污泥处理工程必须按设计施工，变更设计必须经过设计单位同意。施工与验收必须遵守国家和地方有关安全、劳动保护、环境保护等方面的规定，并应符合国家现行有关标准的规定。

8.1.2 施工前，应进行施工组织设计或编制施工方案，明确施工单位负责人和施工安全负责人，经批准后方可实施。

8.1.3 污泥处理工程的施工项目经理、技术负责人和特殊工种操作人员，以及监理人员应取得相应资格，并持证上岗。

8.1.4 施工单位应文明施工，采取有效措施控制施工现场的各种粉尘、废气、废水、废弃物以及噪声、振动等对环境造成的污染和危害。

8.2 施 工

8.2.1 污泥处理工程采用的各种材料与设备，其品种、规格、质量、性能均应符合设计文件要求，并应符合国家现行相关标准的规定。

8.2.2 材料和设备进场时，应具备订购合同、产品质量合格证书、说明书、性能检测报告、进口产品的商检报告及证件等，否则不得使用。

8.2.3 进场的材料和设备应按规定进行复验，复验材料和设备的各项指标应符合设计文件要求及国家现行相关标准的规定。

8.2.4 承担材料和设备检测的单位，应具备相应的资质。

8.2.5 所用材料、半成品、构件、配件、设备等，在运输、保管和施工过程中，必须采取有效措施防止损坏、锈蚀或变质。

8.2.6 现场配制的混凝土、砂浆、防水涂料、胶粘剂等材料，应经检测或鉴定合格后方可使用。

8.2.7 施工过程中使用的原材料、成品或半成品等应列入工程质量过程控制内容。

8.2.8 施工过程中应做好材料设备、隐蔽工程和分项工程等中间环节的质量验收，隐蔽工程经过中间验收合格后方可进行下一道工序施工。

8.2.9 施工单位在冬期、雨季进行施工时，应制定冬期、雨季施工技术和安全措施，保证施工质量和安全施工。

8.2.10 水、电、气的计量仪表，能耗控制装置、各种监测及自动化控制系统应严格按其说明书安装，并应符合设计文件要求。

8.3 验 收

8.3.1 污泥处理工程验收程序应按下列规定划分：

- 1 单位工程的主要部位工程质量验收；
- 2 单位工程质量验收；
- 3 设备安装工程单机及联动试运转验收；
- 4 污泥处理工程交工验收；
- 5 试运行；
- 6 污泥处理工程竣工验收。

8.3.2 污泥处理厂工程的单位、分部、分项工程划分应按现行国家标准《城市污水处理厂工程质量验收规范》GB 50334 中的相关规定执行，验收记录和报告亦应按其相关要求填写。

8.3.3 污泥处理工程的混凝土强度检验评定应符合现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GBJ 107 的有关规定。

8.3.4 污泥处理工程交工验收时，在办理交工手续后，建设单位应及时组织试运行。施工单位应在试运行期内对工程质量承担保修责任。试运行期后，建设单位应组织竣工验收。

8.3.5 工程竣工验收后，建设单位应将有关设计、施工和验收的文件立卷存档。

8.3.6 堆肥工程的车间地面、周边及车行道应做水泥砂浆或混凝土防渗水层。水泥砂浆或混凝土层必须坚固、密实、平整；坡度和强度应符合设计要求，不应有起砂、起壳、裂缝、蜂窝麻面等现象。平整度应采用 2m 直尺检查，允许空隙不应大于 5mm。

8.3.7 污泥输送管道内不应有可限制物料流动的螺钉、焊接隆起、连接键等，污泥管线应按现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的相关规定进行施工与验收。

8.3.8 石灰投加和混合设施、干化和焚烧设施必须进行气密性试验。气密性试验压力宜为工作压力的 1.5 倍；24h 的气压降不应超过试验压力的 20%。气密性试验方法应符合现行国家标准《给水排水构筑物施工及验收规范》GB 50141 的相关规定。

9 运行管理

9.1 一般规定

- 9.1.1 污泥处理过程的运行管理应保证污泥处理设施设备的正常安全运行，并逐步实现最优化工艺和低成本运行。
- 9.1.2 各岗位应建立工艺系统网络图、安全操作规程等，并应标示于明显部位。
- 9.1.3 运行管理人员必须熟悉本厂污泥处理工艺和设施设备的运行要求和技术指标。
- 9.1.4 操作和维修人员必须经过培训合格后方可上岗；应严格按照对应岗位的安全操作规程从事操作和维修；发现异常情况应及时上报，并采取相应措施。
- 9.1.5 应定期进行巡视，检测关键部位的温度、氧含量、风压等，认真填写报表和交接班记录。
- 9.1.6 应定期对设施设备进行养护和维修，保持设施设备及周围清洁。
- 9.1.7 操作和维修时必须正确佩戴劳动保护用品。
- 9.1.8 在有毒、有害、易燃、易爆区域操作必须禁止烟火并进行通风，环境检测合格后方可操作。
- 9.1.9 厂区应定点配备消防器材、紧急救护等安全物资。
- 9.1.10 厂内不得拉接临时电线，厂内供配电系统应定期进行遥测。
- 9.1.11 设备检查、维护和维修时必须断电，并在配电柜上明确警示。拆卸零件时必须已经失压、接地和短接，并隔离相邻的带电零件。
- 9.1.12 在干污泥区域严禁使用压缩空气吹扫设备。
- 9.1.13 泥车装载干泥前，必须用地线电缆将干污泥料仓与运干

泥的车辆进行等电位联结。

9.1.14 干污泥料仓温度持续升高时，应彻底清空。

9.1.15 除臭设施抽吸气失效时，应进行人员疏散以保证安全。

9.1.16 技术经济指标考核宜包括：日处理泥量，进出厂的泥质指标及达标率，包括含水率、有机物分解率、大肠杆菌、有机质含量、pH 值等；设备完好率和使用率；电耗、药耗、油耗、气耗；正常维护和污水处理成本等。

9.1.17 日均处理泥量应达到设计规模的 60% 以上。

9.1.18 堆肥和石灰稳定系统年运转天数应达到 90% 以上，干化和焚烧系统年运转时间应达到 7500h 以上。

9.1.19 运行过程中，污泥处理设施设备完好率应达到 90% 以上。

9.2 堆 肥

9.2.1 堆肥过程的时间和温度控制应符合下列规定：

1 应通过选择高热容、高比表面积 of 的调理剂，尽量减少热量的损失，使温度尽快提高，并应控制温度和维持时间在设计范围之内；

2 当温度超过 60℃ 时，应对堆体搅拌或通气。

9.2.2 堆肥过程的调理剂和蓬松剂管理应符合下列规定：

1 调理剂和蓬松剂应尽量干燥，并保存在专门的储存间；

2 宜选择可生物降解性能好的材料。

9.2.3 堆肥过程的水分控制应符合下列规定：

1 堆肥过程中含固率不应超过 55%；

2 应使蒸发的水分及时排出；

3 熟化和储存地点应避免地表水流入。

9.2.4 堆肥过程的营养物控制应符合下列规定：

1 应定时分析测定进料各组分的碳氮比，混合后物料的碳氮比应控制在设计范围之内；

2 当堆肥过程中氨味较明显时，应调整碳氮比。

9.2.5 堆肥过程的通风控制应符合下列规定：

- 1 当污泥所含的挥发性成分高时，应增加通风量；
 - 2 通风和翻堆宜结合进行，减小局部过热区域的产生；
 - 3 采用自动控制的堆肥设施可用温度和溶解氧传感器控制鼓风量和通风频率；
 - 4 较大的堆肥系统宜使用鼓风机强制通风；
 - 5 应定期监测堆肥产品堆场的温度。
- 9.2.6 生物滤池的空气相对湿度应控制为 80%~95%。

9.3 石灰稳定

- 9.3.1 石灰稳定过程持续时间和 pH 值控制应符合下列规定：
- 1 当污泥含固率大于 30%时，应增加停留时间来完成反应和提高温度；
 - 2 宜选用 CaO 活性和百分比含量高的生石灰。
- 9.3.2 石灰投加量控制应符合下列规定：
- 1 应监测 pH 值变化，防止石灰投加量不足引起 pH 值降低；
 - 2 当需加速石灰稳定过程时，可采用补充加热或投加过量生石灰的方法；
 - 3 当只需要控制异味时，可减少石灰投加量。
- 9.3.3 生石灰和稳定后的污泥输送和储存管理应符合下列规定：
- 1 生石灰在输送和储存过程中应注意防潮，储存时间不宜超过 2 个月；
 - 2 污泥储存 3d 以上不应产生腐败和恶臭；
 - 3 应保持石灰稳定场所的清洁，防止产生粉尘。

9.4 热干化

- 9.4.1 热干化系统启动应符合下列规定：
- 1 应在程序控制下启动，不宜手动操作启动；
 - 2 在启动时应补充惰性热气；
 - 3 为防止启动时发生堵塞，对于流化床污泥干化可投加干

料充填筛板和布风板之间的导热管间隙，干料可采用干化后的污泥；

4 应根据污泥干化机内的工况确定启动时的运行参数。

9.4.2 热干化过程操作应符合下列规定：

1 在输送过程中应防止反应器堵塞，应使污泥保持一定的湿度；

2 应严格控制流化床内温度均匀；

3 流化床内氧含量应维持在 5% 以下；

4 当流化床上下层的温差小于 3℃ 时，可通过调节风机风量，疏通流化床；

5 流化床加热蒸汽温度宜控制在 (180~220)℃；

6 流化床的入口和出口的流体温度应低于 100℃；

7 干化污泥应冷却至 50℃ 以下。

9.4.3 热干化系统停运应符合下列规定：

1 干化系统停运时应补充惰性热气；

2 系统停运时应防止堵塞；

3 维护维修停运时，必须采取措施防止其启动。

9.5 焚 烧

9.5.1 焚烧炉启动应符合下列规定：

1 应在程序控制下启动，不宜手动操作启动；

2 应根据焚烧炉内的工况确定启动时的参数；

3 启动时应防止堵塞。

9.5.2 焚烧过程操作应符合下列规定：

1 应保持进料的均匀和稳定；

2 应根据所用燃料确定相应风量；

3 导热油循环系统必须有可靠的冷却保护系统；

4 可采用石灰和污泥混合的方法在炉内脱硫。

9.5.3 焚烧炉停运时应防止堵塞。

10 安全措施和监测控制

10.0.1 污泥资源化利用时，污泥中的有害物质含量应符合国家现行有关标准的规定。

10.0.2 污泥热干化工程应采取降噪、防噪、降尘、除臭措施。

10.0.3 热干化工艺必须防止粉尘爆炸及火灾的发生，并应有相应的预防及控制措施。

10.0.4 污泥处理厂(场)与最终处置场所之间的信息传输应保持畅通。

10.0.5 污泥处理厂(场)的主要设施应设故障报警装置。

10.0.6 污泥处理厂(场)应设置泥质和周围环境监测设施，监测项目和监测频率应符合国家现行有关标准的规定。

10.0.7 污泥处理厂(场)主要处理构筑物 and 最终处置设施应设置取样装置。污泥处理过程和厂区环境宜采用仪表监测或设置自动控制系统。

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，非这样做不可的用词：

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用词：

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用词：

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的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《生活垃圾焚烧污染控制标准》 GB 18485
- 2 《室外排水设计规范》 GB 50014
- 3 《混凝土强度检验评定标准》 GBJ 107
- 4 《给水排水构筑物施工及验收规范》 GB 50141
- 5 《给水排水管道工程施工及验收规范》 GB 50268
- 6 《城市污水处理厂工程质量验收规范》 GB 50334

中华人民共和国行业标准

城镇污水处理厂污泥处理技术规程

CJJ 131 - 2009

条文说明

制 订 说 明

《城镇污水处理厂污泥处理技术规程》CJJ 131 - 2009 经住房和城乡建设部 2009 年 7 月 9 日以第 348 号公告批准发布。

本规程制定过程中，编制组对欧洲、美国等地区和国家在污水处理厂污泥处理方面的经验进行了调查研究，总结了堆肥、干化、焚烧等污泥处理工艺在我国的实际应用情况，通过开展石灰干化等试验，测试验证了有关先进工艺的可靠度和相关参数。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定。《城镇污水处理厂污泥处理技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明，还着重对强制性条文的强制性理由作了解释。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1	总则	33
2	术语	34
3	方案设计	35
3.1	一般规定	35
3.2	方案选择	36
3.3	设计要求	37
4	堆肥	39
4.1	一般规定	39
4.2	静堆式条垛堆肥	40
4.3	翻堆式条垛堆肥	42
4.4	仓内堆肥	42
5	石灰稳定	43
5.1	一般规定	43
5.2	工艺参数	43
6	热干化	45
6.1	一般规定	45
6.2	直接加热干化	46
6.3	间接加热干化	46
6.4	直接和间接联合加热干化	47
7	焚烧	48
7.1	一般规定	48
7.2	多膛焚烧炉	48
7.3	流化床焚烧炉	48
8	施工与验收	49
9	运行管理	50

9.1	一般规定	50
9.2	堆肥	51
9.3	石灰稳定	52
9.4	热干化	52
10	安全措施和监测控制	54

1 总 则

1.0.1 本条是编制本规范的宗旨。在城市污水处理过程中，无时无刻不在产生着大量的污泥。这些污泥的不断产生，使污染物与污水分离，从而完成污水的净化。但是，对于产生的污泥，如果不予以有效的处理和处置，仍然会污染环境，使污水处理厂的功能不能完全发挥。另一方面，污泥又是一种特殊的垃圾，经适当处理又可以作为资源加以利用，从而符合可持续发展的战略方针，有利于建立循环型经济。

1.0.3 污泥处理技术，是跨学科技术，涉及污水处理、固体废物处理、农业利用等内容。本规程未尽事宜，可参照《室外排水设计规范》GB 50014、《城市污水处理厂运行、维护及其安全技术规程》CJJ 60、《农用污泥中污染物控制标准》GB 4284、《生活垃圾填埋污染控制标准》GB 16889 等。

2 术 语

2.0.1 对污泥处理和污泥处置目前有两个主导性观点：一是以污泥稳定化为界限，稳定化前为污泥处理，稳定化后为污泥处置；另一观点则认为以污水处理厂厂界为准，厂内为污泥处理，厂外为污泥处置。本规程考虑到很多单元工艺（如焚烧）既可以看成处理也可看成处置，因而从污泥最终处置途径来考虑，把最终处置前的所有处理方式都看作是对污泥的处理。

2.0.2 目前堆肥是大家积极探索的一种污泥处置方式，但往往被人联想为肥料制造，把污泥处置与赚钱盈利联系在一起，认为是一种解决污泥问题的低成本、高效益的手段，但实际上污泥资源化产品的生产利用还难以达到盈利的状态。

3 方案设计

3.1 一般规定

3.1.1 污泥处理应该以“稳定化、减量化、无害化”为目的，“资源化”并不是最终的目的，但应尽可能利用污泥中的能量和物质，以实现经济效益和节约能源的效果，实现其资源价值。

3.1.2 不同城市的城市污泥泥质差异很大，特别是重金属的含量，对确定最终处置有决定性作用。但通过多年的研究，以及对工业废水排入下水道监管的逐步到位，重金属目前已经不是污泥进行土地应用的主要制约因素。污泥中重金属的含量逐步降低，大部分已达到国家标准，部分未达标的项目也能够满足欧美的污泥标准（见表1）。不存在重金属的迁移和淋溶风险。

表1 污泥标准中的重金属含量限值 (mg/kg)

序号	项目	中 国		欧盟	美国	太原	天津	广州	上海	北京
		酸性土壤 (pH值 <6.5)	中性和碱性土壤 (pH值 ≥6.5)							
1	镉, Cd	5	20	20~40	85	0.95	5	—	2.54	—
2	汞, Hg	5	15	16~25	57	7.4	8.5	—	3.08	46.8
3	铅, Pb	300	1000	750~ 1200	840	69.5	699	245	72.5	149
4	铬, Cr	600	1000	—	—	145	565	1550	23.2	190
5	砷, As	75	75	—	75	9.7	17.9	—	11.7	—
6	镍, Ni	100	200	300~ 400	420	26.2	200	452	42.6	43
7	锌, Zn	2000	3000	2500~ 4000	7500	831	1355	1790	2110	1234
8	铜, Cu	800	1500	1000~ 1750	4300	174	486	2200	282	202

续表 1

序号	项目	中 国		欧盟	美国	太原	天津	广州	上海	北京
		酸性土壤 (pH 值 <6.5)	中性和碱 性土壤 (pH 值 ≥6.5)							
9	硼, B	150	150	—	—	10	—	—	—	140
10	矿物油	3000	3000	—	—	146	—	—	1300	3680
11	苯并(a)芘	3	3	—	—	—	—	—	—	—
12	PCDD/ PCDF (ngTE/kg 干污泥)	100	100	—	—	—	—	—	—	—
13	AOX	500	500	—	—	—	—	—	—	—
14	PCB	0.2	0.2	—	—	—	—	—	—	—
15	钼	—	—	—	75	—	—	—	—	—
16	硒	—	—	—	100	—	—	—	—	—

做好污泥最终处置方的调查,取得用户理解和支持,使用户愿意接受污泥产品,是落实污泥资源化利用的重要环节。

3.1.4 风险评价主要是从卫生学、生态学和安全角度,就污泥最终处置途径对人体健康、生态环境、用户的设备和产品等方面的影响作出评价。

3.2 方案选择

3.2.4 污泥最终处置是决定污泥处理工艺路线的基础,最终处置途径的确定可分为调查、筛选和确定三个阶段。

1 调查阶段:主要工作是收集现状资料,确定全部污泥产量以及可作为最终处置途径的全部潜在处置方。这一阶段需要和当地农林部门、国土资源部门、水泥厂和制砖厂等工业厂商、垃圾填埋场等讨论主要潜在处置方的情况,然后与这些处置方联系。

这个阶段应予回答的问题主要有：

- 1) 污泥最终处置途径在当地有哪些潜在处置方？
- 2) 与污泥资源化利用相关的公众健康问题，如何解决？
- 3) 污泥的最终处置途径有哪些潜在的环境影响？
- 4) 哪些法律、法规会影响污泥的最终处置途径？

2 筛选阶段：按处置泥量的大小、泥质要求，从经济上考虑对上阶段被确认的潜在处置途径分类排队，筛选出若干个候选处置途径。筛选处置途径的主要标准应是：

- 1) 处置泥量大小，这是因为大的处置方常常决定污泥处理的工艺和布局，甚至规模也可大致确定。
- 2) 处置方的稳定程度，处置方应不会轻易受天气、经济、政策的影响。

3 确定最终处置途径阶段：这个阶段应研究各个处置方对污泥产品的要求；对不同的筹资进行比较，确定最终处置途径的处理成本。需要处理的问题有：

- 1) 处置方对污泥产品有何特殊要求？
- 2) 每个处置方处置泥量的日、季变化情况。
- 3) 区域内工业污染源控制措施如何？
- 4) 每个潜在处置途径的“稳定性”如何？
- 5) 土地利用是否需要相应污泥施用设备？
- 6) 潜在资助机构进行资助的条件和要求是什么？

3.3 设计要求

3.3.4 为了保证污泥处理工艺设计科学合理、经济可靠，这里根据国内外工程实例，提出了污泥处理的基本工艺供选用。

1 厌氧消化作为经济合理的一种污泥稳定化处理工艺和能量回收方式，应在大中型污水处理厂的污泥处理中推广应用。

2 污泥处置是确定污泥处理程度的依据，合理确定处置途径有助于经济合理地选择污泥处理工艺。污泥中的物质包括营养物质（氮、磷、钾等）、有机质、重金属、病原菌、有毒有害有机

物等，因而在确定处置途径时应充分消除重金属、病原菌、有毒有害有机物对人体和环境的不利影响，并尽可能地利用污泥中的营养物（氮、磷、钾等）、有机质等。所选用的污泥处理工艺应经济合理，满足处置途径的要求，一般而言污泥的土地利用所需的处理成本小于能量利用的处理成本，因而应优先选择土地利用作为污泥的处置途径，有条件的地方应积极考虑基质利用，多样化的利用方式可以经济、稳定地实现污泥的最终处置。地表处置可作为一种在紧急情况下的备选方案，不宜作为长期的处置途径。对于重金属含量超过有关标准而不适合进行资源化利用时，宜按照危险废物的要求进行处置。

3.3.5 浓缩、消化、脱水工艺的工程设计已有丰富的经验，在《室外排水设计规范》GB 50014 中有详细规定。

3.3.6 污泥处理厂存在粉尘和易燃易爆气体，粉尘与空气混合，能形成可燃的混合气体，若遇明火或高温物体，极易着火，顷刻间完成燃烧过程，释放大量热能，使燃烧气体骤然升高，体积猛烈膨胀，引起爆炸，造成人员和财产损失，因此污泥处理厂必须按相关标准的规定设置消防、防爆、抗震等设施。

4 堆 肥

4.1 一 般 规 定

4.1.2 堆肥在快速阶段中，具有很高的氧利用速率和产生较高的温度，熟化阶段的氧利用速率较低，温度逐步下降。条垛堆肥作为仓内堆肥的后续工艺用于污泥熟化，从而完成整个堆肥过程。

4.1.3 含水率 55%~65%时，堆肥很容易渗水并且有足够的孔隙允许适量的空气进入堆肥过程中，可通过返混干污泥和添加蓬松剂调节含水率。条垛的含水率会随着水分的蒸发而减小，为了保持堆肥微生物的活性，在整个堆肥过程中，含水率不得低于 45%（含固率不得超过 55%）。必要时应在堆肥过程中加水。

4.1.4 堆内温度应维持在(55~65)°C达到 3d 以上，以保障污泥产品性能满足病原菌的标准要求。

4.1.5 碳和氮是影响堆肥的重要营养物。最为适宜的生物可降解的碳氮比 (C : N) 在 20 : 1~40 : 1 之间。过低的碳氮比 (小于 20 : 1) 会导致因氨的挥发而引起的氮的流失，并且会产生强烈的氨气味。堆肥添加调理剂用于增加可生物降解的有机质量，调节营养平衡 (碳氮比)。理想的调理剂应是干燥、堆密度小、相对容易生物降解的物质。

4.1.6 堆肥添加蓬松剂用于提供结构性的支撑并增加空隙率以适合通气，通常的蓬松剂为长(2~5)cm 的木屑，以及废旧轮胎、花生壳、修剪下来的树枝等均可以作为蓬松剂使用。当采用有机物作蓬松剂时，同时可以提高污泥的热值。

4.1.7 返混污泥用于调理生污泥， f_1 和 f_2 必须根据试验或现有污泥处理工艺的运行经验确定，推荐参考值根据 Roger Haug 所著《Compost Engineering》中美国的工程经验和试验结果

确定。

4.1.8 更高的含氧量需要更高的空气流量，从而导致堆内温度的下降。含氧量下限可以保证堆内不存在厌氧区。

4.1.9 堆肥的设计中必须考虑臭味控制系统，以避免对周围环境的影响。

4.1.10 干化污泥作为维持和构建土壤腐殖质的来源，可以保持土壤的正常结构和保水能力。

4.1.11 污泥堆肥过程中会产生大量的渗滤液，渗滤液中的COD、BOD、氨氮等污染物浓度较高，如果直接进入水体，会造成地下水和地表水的污染。因此污泥堆肥工程的地面周边及车行道必须进行防渗处理，设置渗滤液收集系统，防止污染地下水和地表水。

4.1.13 堆肥产品储存区不宜设置供暖设施，防止堆肥产品过热自燃。

4.2 静堆式条垛堆肥

4.2.1 高大的条垛有利于获得较高的温度，并产生较少的臭味。静堆式条垛剖面示意图见图1。

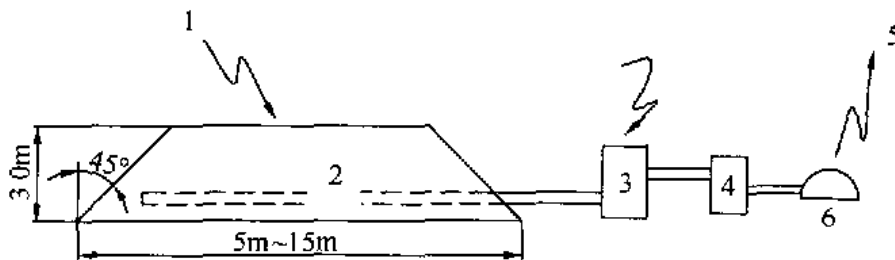


图1 静堆式条垛剖面示意图

1—空气；2—垛；3—收集渗滤液和浓缩液；

4—风机；5—脱臭气体；6—生物滤床

4.2.2 静堆式条垛堆肥工艺过程如下：首先按比例混合好湿污泥和木屑，然后在风管上铺上(15~30)cm厚的木屑或干化污泥用于布气，再在上面堆置混合好的污泥，最后在污泥堆上覆盖干

化污泥。通风发酵的时间宜为(14~21)d, 在土地条件允许的情况下, 可以适当延长。接着进行筛分回收木屑, 筛分后的污泥作进一步的熟化处理, 持续时间宜为(30~60)d。当通风干化的污泥含固率小于 50%时, 应重新分堆进一步干化, 持续时间宜大于 7d, 以利于筛分回收木屑。

4.2.3 静堆式条垛堆肥一般由木屑支撑层、混合污泥层、熟污泥覆盖层组成, 每层的 k 、 j 、 n 不同 (参考表 2)。风机压力应克服堆中各层的阻力、输送管道的阻力损失, Roger Haug 所著《Compost Engineering》中美国的工程经验和试验结果表明, 风机压力一般为(0.5~2.5)kPa。

表 2 不同基质的 k 、 j 、 n 值

基 质	k	j	n
木屑:生污泥(体积比)			
2:1	1.245	1.05	1.61
3:2	1.529	1.30	1.63
1:1	2.482	1.47	1.47
1:2	7.799	1.41	1.48
新木屑	0.539	1.08	1.74
使用后的木屑	3.504	1.54	1.39
筛分后的熟污泥	1.421	1.66	1.47

4.2.4、4.2.5 根据本规程公式(4.2.4-1)~(4.2.4-3)计算得到的是条垛堆肥全过程的需气量, 因此是整个堆肥过程的平均需气量, 但是由于受到有机物氧化速率、供气系统的开关控制方式的影响, 在堆肥过程中会形成一个峰值需气量, 根据相关的试验结果, 峰值需气量是平均需气量的(3~5)倍。风量应根据堆内温度进行调整, 以保证堆内温度在(55~65)°C之间, 风机的运行方式可采用向堆内鼓风和从堆内吸风两种形式, 一般来说从堆内吸风更有利于进行臭味控制。对于从堆内吸风的方式, 应考虑风管内渗滤液和浓缩液的收集和处理。Roger Haug 所著《Compost

Engineering》中美国的工程经验和试验结果表明，根据本规程第 4.2.3 条计算所得的通风量一般为 $(15\sim 60)\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{t 干污泥})$ 。

4.2.6 条垛表层覆盖熟化污泥层，以防止臭气扩散。

4.3 翻堆式条垛堆肥

4.3.1 翻堆式条垛尺寸依赖于污泥的性质和所使用的翻堆设备，一般堆成约 $(1\sim 2)\text{m}$ 高，底部 $(3\sim 5)\text{m}$ 宽的长堆，设计比容为 $(5000\sim 5700)\text{m}^3/\text{hm}^2$ 。翻堆式条垛剖面示意图 2。

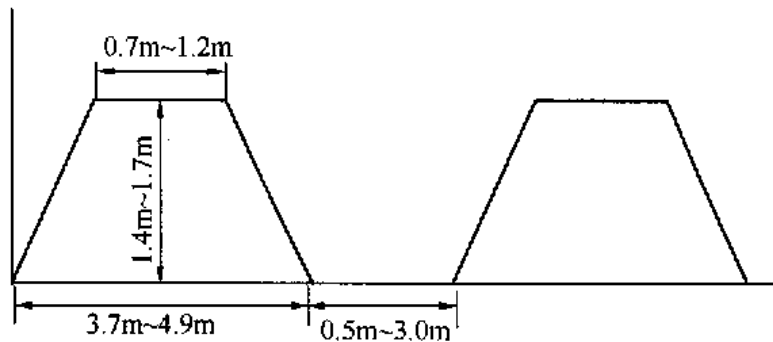


图 2 翻堆式条垛剖面示意图

4.3.2 翻堆式条垛堆肥的快速堆肥维持 $(2\sim 3)$ 周，以完成初步的干化、好氧呼吸，以及初步的巴氏杀菌；每周翻堆 $(3\sim 4)$ 次，以维持垛内温度在 45°C 以上。快速堆肥完成后， $(2\sim 3)$ 条的小垛形成一条大垛进行熟化，在垛内形成灭活病原菌所需的温度，进一步脱水干化，以及使污泥混合均匀；熟化阶段通常需要 3 周或更长的时间，每周翻堆 3 次，以维持垛内温度在 55°C 以上。

4.4 仓内堆肥

4.4.1 仓内堆肥的停留时间根据反应器结构的不同而有较大的差异。

5 石灰稳定

5.1 一般规定

5.1.1 多种碱性物质可以用来提高脱水水泥饼的 pH 值，并放出大量热量杀灭病原菌、降低恶臭和钝化重金属，其中包括生石灰 (CaO)、熟石灰 [Ca(OH)₂]、粉煤灰和水泥窑粉尘等。

5.1.2 石灰稳定设施应安装在密闭的车间内，车间内应安装引风除尘设备，混料设备应密闭，石灰和污泥储存库等应密闭，将粉尘和环境隔离开。

5.1.3 机械设备应安装在隔声车间内，以消除机械噪声对外环境的影响。

5.1.10 采用后续水泥窑注入法再处理，可彻底解决重金属污染问题，如采用农田施用，则应注意重金属污染等问题。

5.2 工艺参数

5.2.1 石灰稳定要维持较高的 pH 值水平并达到足够长的时间以控制微生物的活性，从而阻止或充分抑制微生物反应而产生的臭气和生物传播媒介，并保证污泥在发生腐败和恶臭之前能够储存 3d 以上，进而进行再利用和最终处置。

5.2.2 生石灰与污泥饼混合体积计算见表 3。

表 3 生石灰与污泥饼混合体积计算表

		重量(kg)	密度(kg/m ³)	体积(m ³)
15%生石灰(CaO)	干污泥	1000	720.0	1.389
	水分	3950	1000.0	3.950
	熟石灰[Ca(OH) ₂]	200	560.0	0.357
	总量	5150	—	5.696

续表 3

		重量(kg)	密度(kg/m ³)	体积(m ³)
	固体百分比	23.30%	体积增加(%)	5.7%
30%生石灰(CaO)	干污泥	1000	720.0	1.389
	水分	3900	1000.0	3.900
	熟石灰[Ca(OH) ₂]	400	560.0	0.714
	总量	5300	—	6.003
	固体百分比	26.42%	体积增加(%)	11.4%
60%生石灰(CaO)	干污泥	1000	720.0	1.389
	水分	3810	1000.0	3.810
	熟石灰[Ca(OH) ₂]	790	560.0	1.411
	总量	5600	—	6.610
	固体百分比	31.96%	体积增加(%)	22.7%

6 热干化

6.1 一般规定

6.1.4 宜设置备用干化系统或足够的生产能力余量，以保障因设施维护和突发事件时能及时处理全部污泥。

6.1.5 STR 值与下列因素有关：进口处物料温度、进口处加热介质的温度、出口处产物的温度、出口处加热介质的温度、干燥器生产能力及干燥器的设计等。干化系统的单位耗热量平均值宜为(2600~3300)kJ/kgH₂O。

6.1.6 当污泥以无害化为目的，为了减少病菌限值标准和生物传播媒介的影响，根据美国 US40CFR503 污泥条例，对于热干化工艺，如果污泥包含未经消化的部分，热干化工艺至少要达到 90% 的含固率；如果污泥是消化污泥，热干化后的含固率至少也要达到 75%。当污泥以减量化为目的，将含固率 20% 的湿泥干化到 90% 或干化到 60%，其减量比例分别为 78% 和 67%，相差仅 11 个百分点。根据最终处置目的的不同，事实上要求不同的含固率。比如填埋场的垃圾含固率平均低于 60%，我国《城镇污水处理厂污泥处置混合填埋泥质》CJ/T 249 要求含固率大于 40%，可见要求污泥达到 90% 含固率从经济上来讲没有实际意义。此外，含固率在 30%~50% 以上的干污泥不用添加任何辅助燃料就可以燃烧。含固率在 20%~25% 的泥饼需要补充热量使多余的水分蒸发。含固率在 90%~95% 的热干化污泥有更高的热值，相当于煤的 60%。灰分约占 35%，其成分与水泥相似。因此本规程中选用含固率为 60% 使污泥含固率与垃圾的含固率基本相当，以利于后续处理。

6.1.8 纯度较高的惰性气体如氮气等。

6.1.9 热干化污泥的有机物含量高达 65%~85%，可用作土壤

改良剂。但是，如果干化后的污泥重新变湿，会发生厌氧生物分解，发出难闻的异味。因此热干化污泥在用于农田前必须保持干燥。

6.1.10 在直接（对流）干化系统中，湿污泥直接与热交换介质——蒸汽接触，需要大量的气体进行热交换，交换后烟尘中含有大量的臭味和杂质，这些臭味和杂质的直接排放会对周围环境造成严重污染，因此必须处理后排放。可采用二次燃烧、机械式除尘、电除尘、袋式除尘和湿式除尘等控制技术。

6.2 直接加热干化

6.2.2 直接干燥工艺经常使用的空气湿度图有两种形式：湿空气焓—湿图、湿空气熵—湿图。

6.2.4 为了避免污泥在干燥器中粘结，干化过程需要进行干泥返混，污泥的过热增加了火灾的危险，干燥炉内氧含量过高，也增加了爆炸的危险。

6.3 间接加热干化

6.3.3 导热油是在连续高温条件下使用的，使用温度一般在(160~350)℃之间，为适应这一特殊条件，导热油必须选择热稳定性好的介质。液体蒸发生成的蒸气与空气的混合物和明火接触时，开始闪火并立即熄灭的温度，称为闪点。闪点是导热油的一个安全指标。由于导热油一旦泄露就会与空气接触，所以导热油的闪点温度应高于运行温度，这样才能保证干化过程的安全进行。

6.3.5 间接加热转鼓干化的转鼓经吸风，其内部应为负压，使水汽和尘埃无法外逸。

6.3.6 机械脱水后的污泥（含固率25%~30%）通过污泥泵送至涂层机，在涂层机中再循环的干污泥颗粒与输入的脱水污泥混合，干颗粒核的外层涂上一层湿污泥后形成颗粒，这种颗粒内核是干的（含固率大于90%），外层是一层湿污泥。

6.4 直接和间接联合加热干化

6.4.2 保证较低的干化出泥温度可以防止产生自燃和爆炸。

7 焚 烧

7.1 一 般 规 定

7.1.2 焚烧前宜将污泥粉碎，使投入炉内的污泥分布均匀，保障燃烧充分进行。

7.1.3 焚烧温度超过 700℃，才能使 CO 充分破坏，有机物充分分解。

7.1.4 焚烧时间越长，焚烧越彻底，但会增加能耗。

7.1.5 空气量不足，燃烧不充分；空气量过多，加热空气会消耗过多的热量，也不适宜。

7.1.6 污泥焚烧产生的烟气中含有烟尘、臭气成分、酸性成分和氮氧化物，直接排放会对环境造成严重的污染，必须进行处理达标排放，烟气净化可采用二次燃烧、机械式除尘、电除尘、袋式除尘和湿式除尘、接触脱臭、碱吸收、脱硝等控制技术。

7.2 多膛焚烧炉

7.2.3 加入的污泥固体含量超过 50%时，产生的温度可能超过标准炉子的耐火材料和金属的耐热极限，因此需要降温。

7.3 流化床焚烧炉

7.3.2 流化床焚烧的空气喷入压力宜为(20~35)kPa，使砂床流化起来。

7.3.8 当污泥不能自燃时，应补充油、煤、天然气等燃料。

8 施工与验收

8.3.6 堆肥工程的车间地面、周边及车行道应做水泥砂浆或混凝土防渗水层，防止渗滤液污染地下水。

8.3.7 污泥黏性较大，容易造成管道堵塞，因此必须保证输送管道的通畅，并避免管线长度超过设计要求而造成阻力过大，无法输送污泥。

8.3.8 石灰投加和混合设施的泄漏容易造成操作环境恶化，干化和焚烧系统必须保证较低的溶解氧，因此这两个系统必须进行气密性试验。

9 运行管理

9.1 一般规定

9.1.2 要遵守工艺系统网络图和安全操作规程的指令、警告和禁止标志。定期检查这些标志，保证其清晰、完整，任何时候严禁摘去或挡住。

9.1.4~9.1.6 运行人员进入干化和焚烧现场前，要接受健康和安全教育，并受过资格培训，要掌握寻找和使用紧急控制装置和应急设备。焊接、气割和打磨工作要由持证人员进行，进行工作前，要清洁设备及周围环境的粉尘和易燃物质，并保证现场充分通风以防爆炸。

任何维护工作必须在设备完全冷却下来后进行。高压设备和旋转的电机可能导致人员受伤甚至死亡，必须具备相应资格的人员才能对电机进行安装、操作和维护。必须在检测和确认容器内部的氧含量在安全范围内后，方可进入容器内部进行检修。定期检查并维护所有密封。检查维护工作时要使用低压聚光灯。维修液压和气体设备前应防止其动作，维修前必须把设施的每段压力管道（液压系统、压缩空气系统）泄压并防止有人无意启动。定期检查所有管道、软管和螺纹连接处，如有渗漏和明显损坏，应及时维修。地板和机器上有润滑油脂会使人滑倒，由此造成的伤害很常见，所以地板周围的地面应该做防滑处理，工作人员要穿防护鞋。所有应急通道应该时刻保持清洁。

在自动运行状态下，运行人员没有必要时不应在危险区域长时间停留。

运行时不得打开干化和焚烧设备的端盖。当必须打开时，只限于设计的检查盖板，并且检查人员应穿戴防护服，以免接触粉尘和其他有害气体。应定期检查接地设施，保证所有干化和焚烧

设备必须接地以防静电。

9.1.7 为了安全，运行人员的长发应扎到脑后或采用其他方法保证安全，必须系好外衣，严禁戴首饰，如手链等。对设备进行清洁工作时，所有人员要穿戴防护服以避免皮肤接触颗粒、粉尘、污泥或其他危险物质。电机的噪声会干扰人员交流并伤害听力，运行人员应佩戴听力保护装置。在充满化学物质的管道或设备上工作，管道和设备必须密闭，并事先保证泄压装置完好。

9.1.8 在污泥容器/储罐/料仓中工作时必须强制通风，并监测氧含量，保证氧含量大于 18%。

9.1.9 安全物资的位置明显，取用无障碍。

9.1.11 维护、清理或维修前，上下游的功能单元必须被断电关闭并锁定。

9.1.12 在干污泥区域（螺旋输送机、斗式提升机、灰仓和产品料仓）严禁使用任何压缩空气单元吹扫设备，以防止灰尘吸入肺中。

9.1.14 干料经长时间的储存，特别是有氧气进入时，易导致放热反应，使温度升高而形成燃烧。

9.1.15 臭气收集设施停止工作时，即使有保护措施，人员也必须立即撤离。设施恢复后首先通风 1h，进行硫化氢和甲烷气体的检测，以确认没有处于危险爆炸点。

9.2 堆 肥

9.2.1 堆肥过程中当温度超过 60℃ 时，通过对堆体搅拌或通气，以释放多余的热量。

9.2.3 堆肥过程中蒸发的水分及时排出，可以防止重新凝结，流回发酵仓内。

9.2.5 堆肥污泥所含的挥发性成分高时，需要精心管理，及时增加通风量，以防止过热。通风和翻堆宜结合使用，可减小局部过热区域的产生，防止自燃的可能性。较大的堆肥系统使用鼓风机强制通风，可以满足供氧要求，并降低厌氧状态和恶臭气体产

生的几率。定期监测堆肥产品堆场的温度，可以防止温度过高引起自燃。

9.3 石灰稳定

9.3.1 石灰稳定工艺中当污泥含固率大于 30% 时，可以通过增加停留时间来完成反应和提高温度。

9.3.2 石灰投加过程中通过监测 pH 值变化，可以防止投加量不足引起 pH 值降低。这是由于微生物活动如果不能被充分抑制，会产生二氧化碳和有机酸继续和石灰反应，随之降低 pH 值。采用补充加热或投加过量的生石灰的方法，可加速石灰稳定过程，从而使温度达到 70℃ 以上，并充分杀灭病原菌。

9.3.3 污泥应在发生腐败和恶臭之前能够被储存 3d 以上，便于被运输进行再利用和最终处置。

9.4 热干化

9.4.1 本条对热干化系统启动规定作出说明：

1 每一次启动干化系统，必须是在可控的情况下。没有采取适当的措施和报警下，严禁操作设施设备；手动操作的执行机构，必须防止正常运行时无意识被运行；除进行维护保养外，不允许在非自动状态下操作干化和焚烧系统或其中的部分设备；

2 湿泥进入前必须使用惰性气体启动干泥输送设施；

3 间接干燥器在正常运行时不会由于高氧含量而爆炸，但在启动时有爆炸的可能，因此启动时需补充惰性热气，通常是低氧水平的循环燃气或氮气。

9.4.2 本条对热干化系统过程操作作出说明：

1 必须时刻监测湿污泥的特性，当湿泥特性改变时（含水率、流动性、絮凝剂类型等），及时调整混合器的操作条件；

3 严格控制干化炉内氧含量浓度，防止因浓度升高产生爆炸的危险；流化床内氧含量控制在 5% 以下，实际运行时维持在 3% 左右；

4 如在流化床内设置上下两层各 3 个的温控探头，通过流化床上下层的温差判断流化床是否堵塞，一般温差在(1~3)℃时，可通过调节风机风量，疏通流化床；

7 干化产品的低温度保证了干颗粒后续处理的安全性。

9.4.3 本条对热干化系统停运规定作出说明：

1 干化系统停运时补充的惰性热气通常是低氧水平的循环燃气或氮气；

2 干化系统停止运行四周后，清空和清洗全部装置（包括螺旋管道和所有仓体）；

3 维护维修停运时，必须采取以下措施防止其启动：锁定主控元件并拔掉钥匙；在主控开关上贴上警告标志；就地断路开关锁定；按下全厂的急停按钮。

10 安全措施和监测控制

10.0.1 处理后的污泥产品施入农田、林地、苗圃和草地中，因堆肥产品中含有重金属，尤其是 Cd、Hg（酸性土壤）超标，在施用时要特别给予注意，以防堆肥农用时对土壤造成重金属污染。

10.0.2 设置降噪防噪、降尘除尘和除臭设施和措施，消除污泥干化过程中产生的噪声、粉尘和臭味等主要影响。

10.0.3 粉尘爆炸的预防和控制措施包括：对含氧量、温度、湿度、压力进行连续自动监测，并进行预报。建立干预设施，能够在最短的时间内，采取有效的手段控制、改善、排除和避免危险的发生，包括增湿（蒸汽）、注射氮气、二氧化碳等气体（不能给系统重启增加维护问题）。在关键位置安装爆炸压力的减压、泄压设施。