

附件 2

团 体 标 准

T/CAQI XXX-2024

黑水虻资源化处理餐厨垃圾技术规范

Technical specification for resource utilization of restaurant food waste by black soldier fly

(征求意见稿)

2024 - XX - XX 发布

2024 - XX - XX 实施

中国质量检验协会 发布

目 次

| | | |
|----|------------------|---|
| 1 | 范围 | 1 |
| 2 | 规范性引用文件 | 1 |
| 3 | 术语和定义 | 1 |
| 4 | 处理场地选择 | 2 |
| 5 | 设备设施 | 2 |
| 6 | 工艺流程 | 3 |
| 7 | 餐厨垃圾的收运与存放 | 4 |
| 8 | 餐厨垃圾的预处理工艺 | 4 |
| 9 | 黑水虻资源转化 | 5 |
| 10 | 废水废气废渣处理 | 7 |
| 11 | 安全管理要求 | 7 |
| | 附 录 A | 9 |

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》的规定起草。

请注意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专利的责任。

本文件由南京大学宜兴环保研究院提出。

本文件由中国质量检验协会归口。

本文件起草单位：南京大学、南京大学（溧水）生态环境研究院、万科公益基金会、南京国宁环保科技有限公司、南京大学宜兴环保研究院等。

本文件主要起草人：袁增伟、程祥、张诗文、程明今、谢晓慧、连娟、盛虎、杜涓等。

黑水虻资源化处理餐厨垃圾技术规范

1 范围

本文件规定了黑水虻资源化处理餐厨垃圾的处理场地选择、设备设施、工艺流程、餐厨垃圾收运与存放、预处理工艺、黑水虻资源转化、废水废气废渣处理以及安全管理的要求。

本文件适用于使用黑水虻转化技术的餐厨垃圾资源化处理工程。

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（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 3095 环境空气质量标准
GB 3096 声环境质量标准
GB/T 3797 电气控制设备
GB/T 5226.1 机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件
GB/T 8576 复混肥料中游离水含量的测定 真空烘箱法
GB 8978 污水综合排放标准
GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准
GB/T 12801 生产过程安全卫生要求总则
GB 14554 恶臭污染物排放标准
GB 16798 食品机械安全要求
GB/T 19168 蜜蜂病虫害综合防治规范
GB/T 20878 不锈钢和耐热钢 牌号及化学成分
GB/T 31962 污水排入城镇下水道水质标准
GB/T 40335 无损检测 泄漏检测 示踪气体方法
GB 50019 工业建筑供暖通风与空气调节设计规范
GB 55012 生活垃圾处理处置工程项目规范
GBZ 1 工业企业设计卫生标准
CJJ 184 餐厨垃圾处理技术规范
HJ 761 固体废物 有机质的测定 灼烧减量法
HJ 1222 固体废物 水分和干物质含量的测定 重量法
LY/T 1237 森林土壤有机质的测定及碳氮比的计算
NB/T 47003.1 常压容器 第1部分：钢制焊接常压容器

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 餐厨垃圾 *restaurant food waste*

相关企业和公共机构在食品加工、饮食服务、单位供餐等活动中，产生的食物残渣，食品加工废料和废弃食用油脂等。

3.2 黑水虻 *black soldier fly*

黑水虻学名亮斑扁角水虻（拉丁学名：*Hermetia illucens*. L），全生命周期经历虫卵、幼虫、蛹、成虫四个阶段，以畜禽粪便和餐厨垃圾等有机易腐物质为食的双翅目食腐性昆虫，详见附录A。

3.3 资源化处理 **resource utilization**

利用黑水虻幼虫喜食餐厨垃圾等有机易腐物质的生物习性和生长代谢机制，将餐厨垃圾等有机易腐物质转化为昆虫自身生物质和昆虫排泄物的过程。

3.4 资源化产物 **resource product**

在黑水虻资源化处理餐厨垃圾过程中获得的昆虫蛋白和虫体排泄物。

3.5 预处理 **pre-treatment**

通过将餐厨垃圾分拣去除物料中无法被黑水虻采食的杂质，并经过破碎、压榨和浆化，使餐厨垃圾物料特性更适合黑水虻生长和采食的过程。

3.6 种虫 **breeding insect**

预留做繁育的黑水虻幼虫。

3.7 接种 **grafting larvae**

将孵化后的适龄黑水虻幼虫放入到相关设备或设施中，进行下一步的餐厨垃圾饲喂的过程。

3.8 虫粪 **frass**

黑水虻资源化处理有机易腐物质后排出体外的粪便。

4 处理场地选择

4.1 场地选择综合考虑黑水虻资源化处理技术的负载能力、服务单位、餐厨垃圾收集运输能力、运输距离、产品流向、预留发展等因素，符合 GB 55012 及 CJJ 184 中要求。

4.2 坑式、皮带式、盆式等开放式养殖场地应远离水源地、学校、居民区等人居住或生产区域，且处于地区下风向位置；具有良好密闭措施的养殖场地充分考虑餐厨垃圾物料来源距离，优先选择空旷、周边无居民位置。

4.3 充分考虑黑水虻的气候适应性，建设区域整体环境与所选用的黑水虻种虫生存环境相差较大时，应添加人工环境设施/设备进行调整。

5 设备设施

5.1 设备设施选择

5.1.2 应选择具有清晰的铭牌标识与应急操作标识的设备。

5.1.3 设备应优先选择不锈钢材质，材质选型应符合 GB/T 20878 中的要求。

5.2 设备设施要求

5.2.1 设备/设施连接处、易堵塞处及频繁运行处应设置人工检修口或自动维护装置。

5.2.2 餐厨垃圾粉碎制浆设备内部材质应具有耐盐、耐酸腐蚀性能。

5.2.3 饲喂、筛分、干化等可能与虫体、虫粪直接接触的设备应注意其表面涂料成分及涂层工艺，防止重金属附着，设备设施接触表面的结构材料符合 GB 16798 中要求。

5.2.4 分选设备应具有防粘、防缠绕、自清洁、耐磨和耐腐蚀的性能，并加装密闭装置，以保证分选系统封闭，无喷溅和气体逸散，设备气体漏率按照 GB/T 40335 中方法进行测定。

5.2.5 黑水虻资源化处理相关设施/设备电控装置应具有防潮湿性能，电力设施应设置自动保护漏电开关及接地措施，符合 GB/T 5226.1 中要求。

5.2.6 设备/设施应具有相关机械加工及电气控制方面检验, 制造、检验及验收符合 NB/T 47003.1 中要求, 电气控制设备技术验证试验符合 GB/T 3797 中规定。

6 工艺流程

黑水虻资源化处理餐厨垃圾工艺流程见图 1。

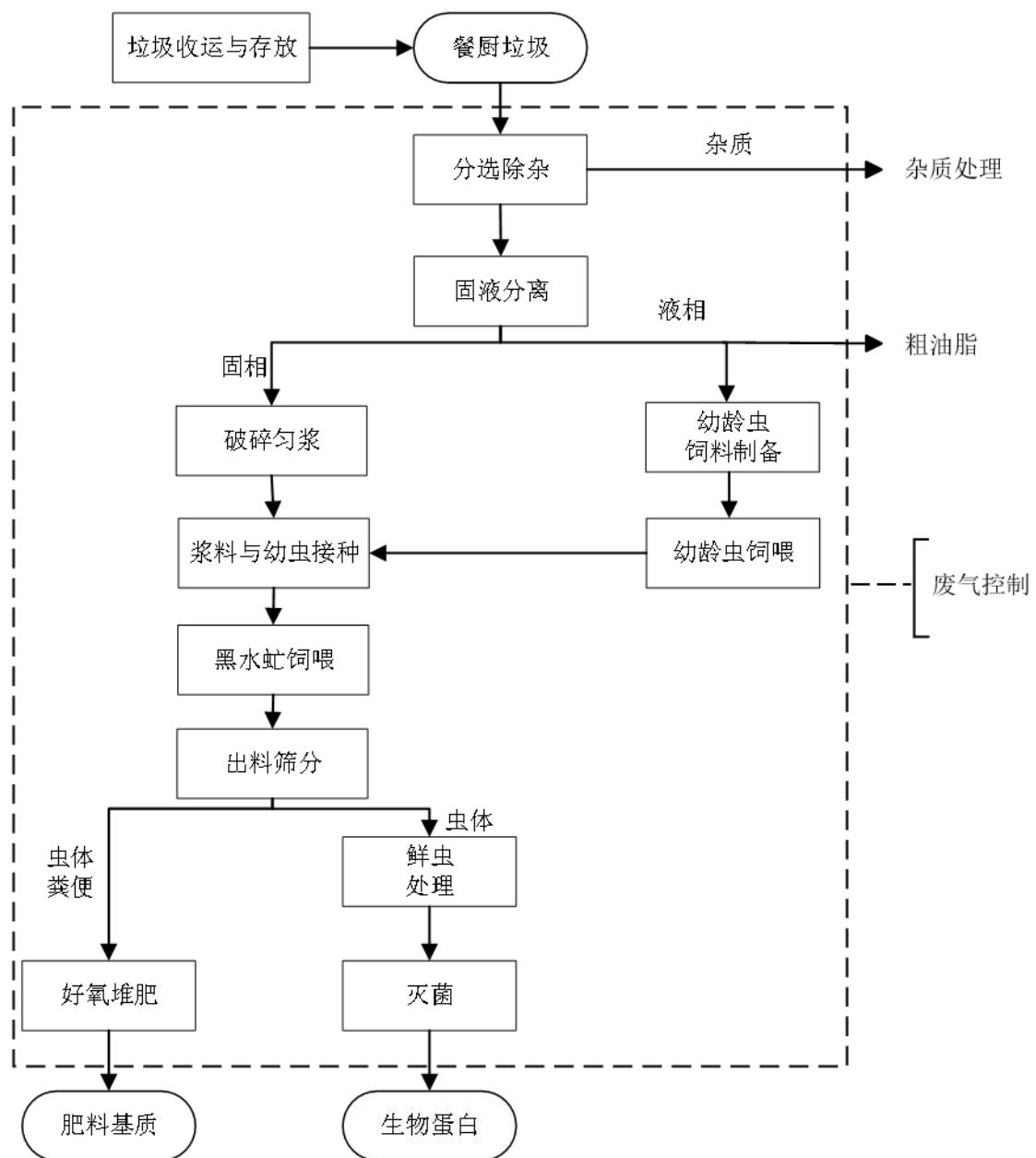


图 1 黑水虻资源化处理餐厨垃圾工艺流程图

7 餐厨垃圾的收运与存放

7.1 收集容器及存放

- 7.1.1 餐厨垃圾应采用密闭、防腐专用容器收集，符合当地收运车具体要求，不应随意自行更换。
 - 7.1.2 餐厨垃圾在存放、运输过程中应采取防止滴漏的措施，保证餐厨垃圾存放与运输过程清洁。
 - 7.1.3 餐厨垃圾存放点根据当地具体情况可设定独立区间，无法设置独立区间的应有固定标识，便于收运工作进行。

7.2 收运系统要求

- 7.2.1 煎炸废油应单独收集和运输，不应与餐厨垃圾混合收集。
 - 7.2.2 餐厨垃圾的收运应做到日产日清，在储存容器内存放时间不超过 24 小时。
 - 7.2.3 餐厨垃圾应直接从收集点全量运输至处理场地。
 - 7.2.4 餐厨垃圾运输收料装车、卸料应为机械操作。

8 餐厨垃圾的预处理工艺

8.1 一般要求

- 8.1.1 黑水虻资源转化餐厨垃圾的场地应配备餐厨垃圾预处理系统,预处理系统包括但不限于餐厨垃圾的接收、分选除杂、渣油水分离、破碎制浆、餐厨浆料的储存等。
 - 8.1.2 预处理工艺整体应处于密闭环境、无异味散出或配备废气收集处理设施。
 - 8.1.3 应建立完善的餐厨垃圾收运记录管理制度,保证餐厨垃圾原料溯源可查。
 - 8.1.4 采用带式或螺旋输送时应设置防硬物卡死功能及人工检修方式,并整体设置密封连接装置,防止气体外泄。
 - 8.1.5 直接接收现有运行中餐厨垃圾处理厂预处理之后的餐厨垃圾浆料时可不再设置预处理系统。

8.2 分选除杂

- 8.2.1 餐厨垃圾分选前应对其进行预处理,清除有毒有害成分或大块难破碎物质,将大块固体废物(大骨头、筷子、厨具、塑料制品、玻璃制品、陶瓷制品、金属制品等)通过有效手段提前筛出。

8.2.2 应根据餐厨垃圾的理化特性和后续处理要求,对收集的餐厨垃圾进行针对性分选,并对分选设备进行选择与组合。

8.2.3 常规的餐厨垃圾分选技术包括人工分选、水力分选、风力分选、重力分选、磁力分选、浮力分选等。

8.2.4 餐厨垃圾分选后其杂质含量应低于3%,餐厨垃圾杂质含量可按式(1)计算:

武中：

X —杂质含量(%)；

A ——非餐厨垃圾质量（刀叉、塑料、筷子等），单位为千克（kg）；

B—收运的餐厨垃圾总质量, 单位为千克 (kg)。

- 8.2.5 除杂后餐厨垃圾有机质含量应高于50%，有机质含量按照HJ 761中的方法进行测定。

8.3 存储与废物外运

- 8.3.1 设置餐厨垃圾暂存缓冲容器，容器的容积应与餐厨垃圾转化工艺和处理规模相协调，宜

为总存量的 10%~20%，且应有防臭气逸散的措施。

8.3.2 当日接收物料应在 2 d~3 d 内处理完毕，部分特殊工艺需发酵或静置时，延长存储时间，同时应保证无恶臭气体逸散或蚊虫滋生。

8.3.3 分选出的不可被黑水虻资源化处理的物质（如塑料、金属制品等）应进行回收利用、焚烧或填埋。

8.4 固液分离

8.4.1 餐厨垃圾固液相分离设备应设有螺旋推送器和不锈钢格栅（孔径应小于 6 mm），进料口应设置大块干扰物排除功能，保护螺旋装置正常运行，分离后的油脂和污水流入油水分离腔。

8.4.2 固液分离腔中分离出来的固相物质应能自动输送进黑水虻资源化处理系统或餐厨垃圾暂存容器中。

8.4.3 固液分离设备应能根据设置的温度范围自动启停加热装置，加热温度不低于 15 ℃，可满足将餐厨废弃物固态油脂融化成液态油脂。

8.4.4 油水分离区应能自动进行油水分离。经分离后的出水中的动植物油脂含量应符合 GB/T 31962 的规定。

8.4.5 分离出的餐厨废油脂应预设连接管道通过重力自动排入专用油桶内。收集后的油脂含水率应不大于 50%。

8.4.6 固液分离设备的进料腔和油水分离腔应具备自动收集和排放沉积物的功能。沉积物应排放到收集桶内，排放阀门应操作方便、灵活安全可靠。

8.5 破碎匀浆

8.5.1 餐厨垃圾破碎技术包括剪切破碎、旋转刀叶破碎等。

8.5.2 应对动物骨头等体积较大的餐厨垃圾破碎制浆前对其进行单独破碎处理。

8.5.3 餐厨垃圾破碎制浆工艺根据输送工艺等级要求制成浆料，粒度宜不超过 6 mm，水分宜不高于 75%。

9 黑水虻资源转化

9.1 一般要求

9.1.1 黑水虻资源化处理餐厨垃圾工艺应保证系统循环稳定、生产连续、废水废气排放达标、生产噪音达标、转化产物达到直接使用或深加工产品要求、非有机物质回收处置妥当。

9.1.2 黑水虻资源化处理餐厨垃圾工艺应包括黑水虻虫卵及孵化、餐厨料浆与幼虫接种、黑水虻饲喂、出料筛分、资源化产物处理步骤。

9.1.3 应建立黑水虻种虫来源及流向台账，保证每批生物来源可靠，流向可查。

9.1.4 应提前培育/预留种虫，设立应急措施，不应因黑水虻幼虫量不足影响转化能力。

9.1.5 应充分预留养殖转化空余量，空余量为每日设计处理量的 10%，保证餐厨垃圾转化能力充足。

9.1.6 黑水虻养殖设施/设备应具有防止昆虫外逃和外界物种入侵的措施。

9.2 虫卵及孵化

9.2.1 黑水虻资源化处理用幼虫应来自自然或人工种虫繁育，不应使用实验室基因改造等非自然进化生产的幼虫。

9.2.2 应建立虫卵/幼虫稳定供给渠道，进行黑水虻资源化处理的幼虫应具有生产来源说明，每一批建立台账。

9.2.3 虫卵可放入冷藏环境中保存，冷藏温度应不低于 8 ℃，冷藏时间宜不超过 5 d。

9.2.4 虫卵孵化可在自然环境/人工培育房内进行，环境温度宜控制在 28 ℃~35 ℃。

9.2.5 虫卵存放及孵化空间应保证空气循环及异味处理，换气次数应不低于 5 次/小时。

9.2.6 虫卵孵化可采用餐厨垃圾固液分离出的油水液混合麦麸、豆渣、秸秆等作为基质和前期营养来源，增加餐厨垃圾中养分的资源化利用。

9.3 餐厨垃圾与幼虫接种

- 9.3.1 用于接种的黑水虻幼虫规格宜大于 10 mg/条, 虫群大小均匀, 处于 2 龄期以上, 具有较强的抗逆性和生命活力, 应规避接种蜕皮期的蛹。
- 9.3.2 利用餐厨垃圾养殖黑水虻设备设施应结合黑水虻本身生物特性, 确保幼虫的成活率和餐厨垃圾转化率满足工艺设计要求。
- 9.3.3 接种黑水虻幼虫的数量应根据饲喂料量和养殖密度限制确定, 幼虫接种重量可参考 8t~15t 餐厨垃圾接种 1 kg 虫卵。具体接种比例应根据不同设备/设施情况和物料实际情况决定。
- 9.3.4 餐厨垃圾的投放不应有喷溅、滴漏等外泄情况。
- 9.3.5 对于已产生霉变、腐败的餐厨垃圾不应继续使用黑水虻进行处理, 应采取厌氧发酵、焚烧等处理措施进行处置。

9.4 黑水虻饲喂

- 9.4.1 餐厨垃圾饲喂黑水虻可有多种形式, 包括地坑式、盆架式、层架式、皮带式、旋转仓式等方式, 所选择方式应有利于黑水虻快速生长和最大化餐厨垃圾转化所需。
- 9.4.2 接种黑水虻幼虫进行餐厨垃圾饲喂时, 应适应该地气候, 自然/人工饲养环境温度在 25 °C~35 °C 之间, 湿度在 60%~85% 之间。
- 9.4.3 每批次黑水虻资源化处理餐厨垃圾周期不宜超过 10 d, 另做种虫的除外。
- 9.4.4 餐厨垃圾(浆料)投放厚度均匀, 一次投放厚度应不超过 10 cm, 一天可多次饲喂。
- 9.4.5 餐厨垃圾每天饲喂量应根据餐厨成分情况、虫体活跃度、生长周期、单位体积内虫体数量综合判断, 避免前期饲喂餐厨垃圾未转化完全再饲喂新的餐厨垃圾而造成积压。表面有大量明显未转化完全的餐厨垃圾时, 减少饲喂量并迅速排查原因。
- 9.4.6 虫体生长环境温度应在 25°C~45 °C, 避免逃虫、死虫、采食速度慢等问题。
- 9.4.7 应根据环境温度和饲喂料的被取食程度进行及时翻料。
- 9.4.8 整体过程避免幼虫外爬现象, 及时清理设施/设备死角等处脱离养殖区间的幼虫。

9.5 出料筛分

- 9.5.1 应在黑水虻幼虫达到一定体型规格后进行收获, 推荐虫体规格标准为: 四龄虫, 体表白色, 体长大于 1.5 cm, 每条体重大于 80 mg, 大小均匀。
- 9.5.2 如果超过接种时间三周后, 幼虫仍未达到收获体型大小或已出现黑褐色表皮虫体, 应迅速查明原因, 并及时更换幼虫。
- 9.5.3 虫粪及采食残留物应达到一定条件标准, 推荐标准为: 松散颗粒, 颜色明显不同于投入时的餐厨垃圾, 水分在 40%~60% 之间, 虫粪含水率按照 GB/T 8576 中的方法进行测定。
- 9.5.4 黑水虻幼虫和虫粪一同收集, 收集后虫料混合物堆积不能过高以免发生高温导致死虫, 推荐高度不超过 15 cm, 且应尽快进行分离处理。

9.6 资源化产物处理

- 9.6.1 黑水虻处理餐厨垃圾形成的虫体及虫粪为资源化产物, 宜经过后续处理后直接利用。
- 9.6.2 转化结束后黑水虻虫体、虫粪及其他杂质应进行筛分分离。
- 9.6.3 筛分后的黑水虻虫体应尽快进行灭活处理。处理方式包括但不限于高温消煮、冷冻、烘干处理。
- 9.6.4 虫粪收集保存及处理应符合以下规定:
- 收集的虫粪含水率在 40%~60% 之间, 不长时间自然堆放;
 - 虫粪处理包括进行二次堆肥、肥质检测等环节, 混合厨余垃圾、畜禽粪便等进行二次堆肥, 针对不同混合物进行碳氮比调节, 参考(25~30):1 比例调节, 碳氮比按照 LY/T 1237 中的方法进行测定;
 - 无法进行资源化利用的虫粪用深埋法、焚烧法等进行处理。

10 废水废气废渣处理

10.1 黑水虻资源化处理餐厨垃圾全流程中产生的不可直接利用的废水、废渣应进行妥善储存、收集及处理，餐厨垃圾逸散或资源化处理工艺过程产生的废气应全部收集并处理，避免造成二次污染。

10.2 无法完全就地消纳工艺中产生的废水及废渣时，应配备残渣和污水末端处理设施。预处理过程中多余废水应一并经过黑水虻资源化处理工艺或专业的废水处理工艺处理后排放，符合 GB 8978 的规定。地方排放标准高于 GB 8978 指标的按照各地地方标准执行。

10.3 产生的生产废水和生活污水应进行收集和处理。处理场地的污水处理设施应具备足够的抗冲击能力，污水处理工艺应根据污水特性和排污要求选择。

10.4 黑水虻资源化处理餐厨垃圾的生产废水宜零排放，主要通过黑水虻资源化处理过程中生物手段，包括：虫体对水分的吸收、黑水虻代谢产热蒸发、黑水虻繁育消耗及少量的外部物理手段（如通风排气等），可使餐厨垃圾流动水或浆料中水分减少 50%以上，剩余水分固定在虫体及虫粪中，整体质量减少 60%以上。

10.5 转化设备或设施应具备针对其排放气体的单独或整体空间内的废气处理设施，可设置 2 级~3 级空气收集处理系统，车间内通风换气次数应不小于 3 次 / 小时；转化空间换气次数不低于 5 次/小时。

10.6 利用地坑式、皮带式、货架式或设备化等不同方式进行黑水虻资源转化餐厨垃圾时，应注意在预处理工艺、输送过程、养殖转化过程及筛分过程等各个产生臭气的环节采取密闭措施，不能密闭的部位应设置局部抽风除臭装置。

10.7 黑水虻资源化处理餐厨垃圾场地所应监测场景主要包括工作场所、排气口、厂界周边。

——工作场所环境监测内容应包括：噪声、有害气体（H₂S, NH₃等）、臭气浓度、蚊虫密度等。

——排气口监测内容应包括：有害气体（H₂S, SO₂, NH₃等）、臭气浓度。

——厂界环境监测内容应包括：噪声、有害气体（H₂S, SO₂, NH₃等）、蚊虫密度、排放污水水质指标（BOD₅、COD_{Cr}，氨氮等）。

10.8 NH₃、H₂S 和臭气浓度厂界排放限值等指标根据处理场地所在区域，分别按照 GB 14554 相应级别的指标值执行。

10.9 黑水虻资源转化过程无法处理的固渣应进行无害化处置；分选出的废物能够回收的应分类回收，具有一定热值的废渣可送生活垃圾焚烧厂焚烧处置。

10.10 黑水虻餐厨垃圾处理场地在生产运行中应采取必要措施防止恶臭气体的扩散。在处理场地周围环境敏感点方位的场界的恶臭污染物质质量浓度应符合 GB 14554 及 GB 3095 的规定。

10.11 易产生挥发气体和臭味的部位应设置通风除臭设施。散发少量挥发性气体和臭味的部位或房间，可采用全面通风工艺。全面通风换气时间不应小于 3 h。散发较多挥发性气体和臭味的部位或房间，应采用局部机械排风除臭的通风工艺。

11 安全管理要求

11.1 餐厨垃圾资源转化场地的安全生产应符合 GB/T 12801 的规定。

11.2 餐厨垃圾资源转化场地的劳动卫生应符合 GBZ 1 的规定。

11.3 餐厨垃圾资源转化场地的噪声应符合 GB 3096 的规定，厂界噪声应符合 GB 12348 的规定。

11.4 各建筑物的采暖、空调与通风设计应符合 GB 50019 中的有关规定，区分人居区间与生产区间。

11.5 餐厨垃圾处理场地从业人员进出工作区间时应进行消毒处理，同时设置必要的人员清洗及除味装置。

11.6 餐厨处理运营单位应对自身黑水虻资源转化场地的生物技术应用的安全负责，采取生物安全风险防控措施，制定周期性生物安全培训、跟踪检查、定期报告等工作制度，强化过程管理。

11.7 在所属部门登记过的餐厨垃圾处理项目，未经当地监管部门批准，不应擅自停业、歇业，保证作业的连续性。

11.8 黑水虻昆虫日常管理要求：

- 定期巡查繁育设施、环境温度控制、虫体活性，防止成虫逃逸；
- 每日定时检查黑水虻资源转化过程餐厨垃圾剩余量，记录幼虫生长情况，由负责运行操作人员每日手写或电子记录存档；
- 定期对黑水虻繁育空间清理消毒，消毒方法符合 GB/T 19168 规定；
- 及时清理病虫、死虫，对清理出病死虫用焚烧法、高温法等进行处理。

附录 A

(资料性)

黑水虻昆虫

黑水虻 (*Hermetia illucens*. L.) , 学名亮斑扁角水虻, 英文名Black soldier fly, 一种双翅目水虻科扁角水虻, 属腐生性昆虫。黑水虻生命周期可分为四个阶段:

- 卵: 长度约 1 mm, 长椭圆形, 初产时呈淡黄色到奶黄色, 后期逐渐加深, 见图 A.1 的分图 a) ;
- 幼虫: 虫体呈乳白色, 有毛, 体长 1.5 mm 左右, 进食活跃, 经历六个龄期, 末龄幼虫 (预蛹) 表皮变为棕褐色, 见图 A.1 的分图 b) ;
- 蛹: 暗棕色或黑色, 不再活动, 见图 A.1 的分图 c) ;
- 成虫: 从蛹壳中飞出, 灰黑翅, 口器退化, 体长 15 mm~20 mm, 身体主要为黑色, 见图 A.1 的分图 d) 。



图A.1 黑水虻生命周期图