

团体标准

T/CAQI 427—2025

黑水虻资源化处理餐厨垃圾技术要求

Technical requirements for the resource-oriented treatment of
restaurant food waste by black soldier fly

2025-05-20 发布

2025-05-31 实施

中国质量检验协会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 设备设施	2
5 工艺流程	2
6 餐厨垃圾的收运与存放	3
7 餐厨垃圾的预处理	4
8 黑水虻资源转化	4
9 环境管理	5
10 日常管理	6
附录 A（资料性） 黑水虻	7
附录 B（资料性） 黑水虻饲喂方式	8

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、南京大学宜兴环保研究院、万科公益基金会、南京国宁环保科技有限公司、江苏华友生态环境研究院有限公司、牧原实验室、杭州市环境集团有限公司、南京环境集团有限公司、南京溧水环卫服务有限公司、江苏东方维德环保科技有限公司。

本文件主要起草人：袁增伟、程祥、许柯、张诗文、程明今、曹云、谢晓慧、朱巧莲、盛虎、潘振华、鞠峰、姚圣龙、连娟、李梦瑶、曾文超、庄裕杰、王玉梅、陆苗苗、权家薇、杜涓、潘名好、张明金、刘波。

黑水虻资源化处理餐厨垃圾技术要求

1 范围

本文件规定了黑水虻资源化处理餐厨垃圾的设备设施、工艺流程、餐厨垃圾的收运与存放、餐厨垃圾的预处理、黑水虻资源转化、环境管理以及日常管理的要求。

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。

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。

GBZ 1 工业企业设计卫生标准

GBZ 2.2 工作场所有害因素职业接触限值 第2部分：物理因素

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 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/T 19168 蜜蜂病虫害综合防治规范

GB/T 31962 污水排入城镇下水道水质标准

GB 40162 饲料加工机械卫生规范

GB 55012 生活垃圾处理处置工程项目规范

HJ 761 固体废物 有机质的测定 灼烧减量法

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、餐饮服务、单位供餐等活动中产生的食物、食品加工废料和废弃食用油脂，不包括家庭厨余垃圾等其他厨余垃圾。

3.2

黑水虻 black soldier fly

学名亮斑扁角水虻，拉丁学名：*Hermetia illucens* L.，双翅目腐生性昆虫。全生命周期经历卵、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。

3.3

黑水虻资源化处理 resource recovery by black soldier fly

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黑水虻虫体和虫粪。

3.5

预处理 pre-treatment

将餐厨垃圾进行分拣，去除物料中不可被黑水虻取食的杂质，并去除油脂，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取食的过程。

3.6

接种 inoculating

开始对孵化后 4 龄~6 龄的黑水虻幼虫喂食餐厨垃圾，进行餐厨垃圾的转化。

3.7

虫粪 larval frass

黑水虻资源化处理餐厨垃圾后排出体外的粪便。

4 设备设施

4.1 设备设施选择

4.1.1 所选择使用的设备应具有清晰的铭牌标识与应急操作标识。

4.1.2 所有设备应具有耐盐、耐腐蚀、耐负荷冲击性能。

4.2 设备设施要求

4.2.1 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。

4.2.2 饲喂、筛分、干化等可能与虫体、虫粪直接接触的设备应防止重金属附着，设备设施接触表面涂料成分及涂层工艺应符合 GB 40162 的规定。

4.2.3 分选设备应具有防粘、防缠绕、自清洁、耐磨等性能。

4.2.4 所有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，且应符合 GB/T 5226.1 的规定。

4.2.5 设备设施应避免电流与黑水虻虫体接触。

5 工艺流程

黑水虻资源化处理餐厨垃圾工艺应包含餐厨垃圾收运与存放（阶段 1）、预处理单元（阶段 2、3、4）、黑水虻资源转化单元（阶段 5、6、7、8、9、10、11、12）和环境管理单元（包括废气控制、杂质处理及多余污水处理），工艺流程见图 1。

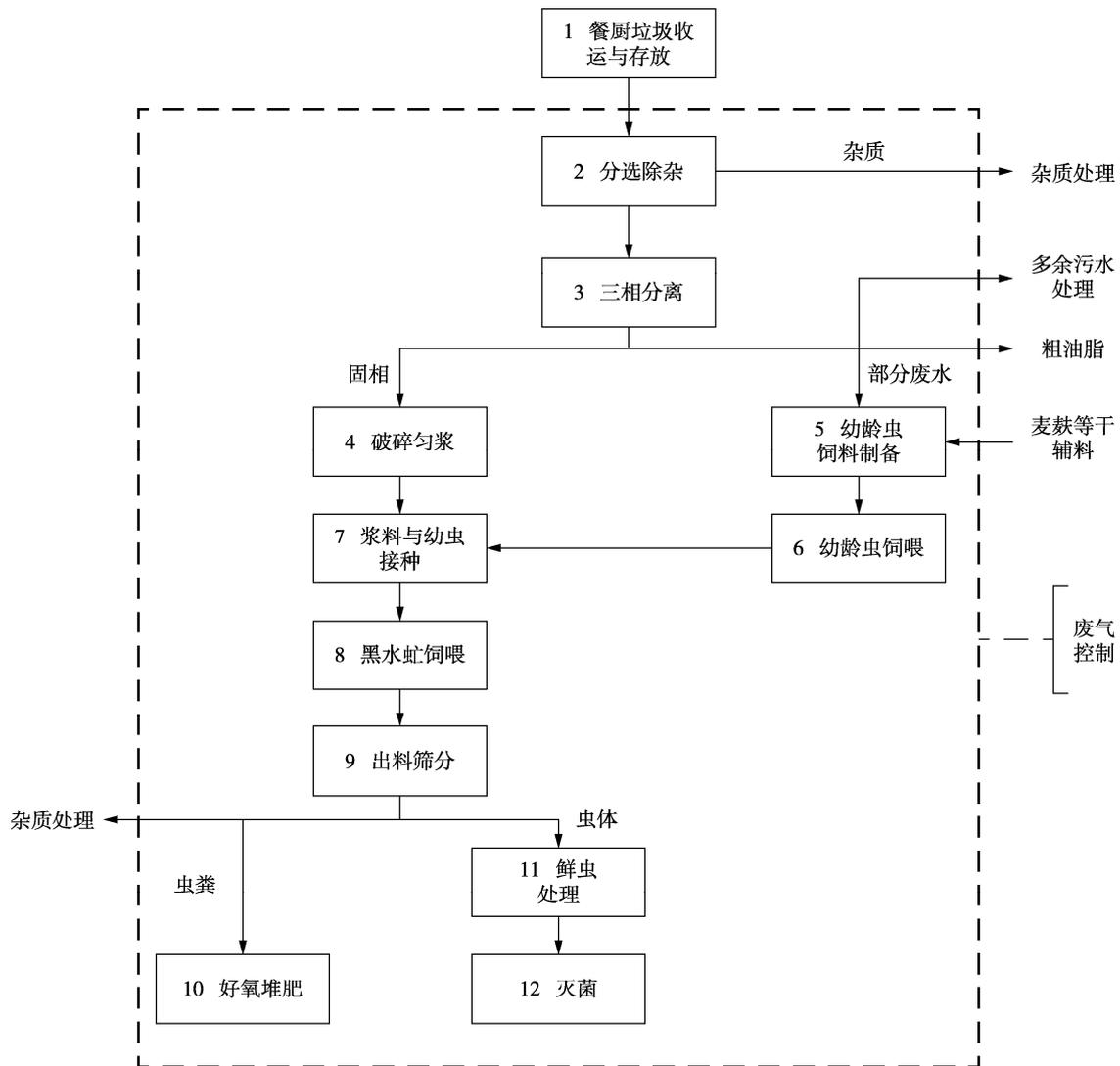


图 1 黑水虻资源化处理餐厨垃圾工艺流程图

6 餐厨垃圾的收运与存放

6.1 收运系统要求

- 6.1.1 餐厨垃圾应采用密闭、防腐专用容器收集，收集容器应符合当地收运车的装载要求，不应随意自行更换。
- 6.1.2 餐厨垃圾转运应避免跑、冒、滴、漏。
- 6.1.3 煎炸废油应单独收集和运输，不应与餐厨垃圾混合收集。
- 6.1.4 餐厨垃圾的入场一般由收运单位通过专用容器或车辆直接倒入预处理系统的接收容器中。
- 6.1.5 餐厨垃圾的收运应做到日产日清，在黑水虻资源化处理场地的储存容器内存放时间不应超过 24 h。

6.2 存放要求

餐厨垃圾在黑水虻资源化处理场地应设定独立区间存放，无法设置独立区间存放的应有固定标识，便于运输卸料工作进行。

7 餐厨垃圾的预处理

7.1 一般要求

7.1.1 餐厨垃圾预处理一般包括分选除杂、三相分离、破碎匀浆等流程。

7.1.2 采用带式或螺旋输送时应设置防硬物卡死功能或预留人工检修口，并整体设置密封连接装置，防止气体外泄。

7.1.3 处理现有运行中的餐厨垃圾处理厂预处理之后的餐厨垃圾浆料时，可不再设置相同的预处理工艺。

7.2 分选除杂

7.2.1 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分选除杂。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。

7.2.2 分选除杂后的餐厨垃圾不应含有大骨头、筷子、厨具、塑料制品、玻璃制品、陶瓷制品、金属制品等杂质，杂质含量应低于 3%，有机质含量应高于 50%，有机质含量应按照 HJ 761 规定的方法进行测定。

7.2.3 分选出的杂质应定期外运处理，并按 GB 55012 的要求在现场设置暂存设施。

7.3 三相分离

7.3.1 三相分离设备应根据设置的温度范围自动启停加热装置，加热温度应不低于 60℃，能将餐厨垃圾中的固态油脂融化成液态油脂。

7.3.2 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，收集的油脂含水率应不大于 50%。

7.3.3 三相分离后的污水如果直排下水道，应符合 GB/T 31962 的规定。

7.3.4 餐厨垃圾三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。

7.4 破碎匀浆

7.4.1 餐厨垃圾破碎技术包括剪切破碎、旋转刀叶破碎等。

7.4.2 应在破碎制浆前对动物骨头等体积大、硬度高的餐厨垃圾进行单独破碎处理。

7.4.3 餐厨垃圾破碎制浆形成的浆料粒度宜不超过 6 mm，水分宜不高于 75%。

8 黑水虻资源转化

8.1 一般要求

8.1.1 黑水虻资源转化应包括黑水虻卵孵化及幼虫培育、幼虫接种与饲喂、出料筛分、产物资源化处理等步骤。

8.1.2 黑水虻资源转化过程包含黑水虻从卵到五龄期幼虫之间的全部阶段，黑水虻生命周期见附录 A。

8.1.3 孵化卵及接种幼虫时应预留总处理能力所需 10% 的数量，确保处理能力充足。

8.2 卵孵化及幼虫培育

8.2.1 黑水虻虫卵应来自自然或人工种虫繁育，不可使用基因改造等非自然进化生产的幼虫。

8.2.2 卵孵化环境宜控制在温度 28℃~35℃，空气湿度 65%~75%。

8.2.3 卵可放入冷藏环境中保存，冷藏温度应不低于 8℃，冷藏时间不宜超过 5 d。

8.2.4 卵孵化后成为黑水虻幼虫，幼虫培育时间不宜超过 5 d。

8.2.5 幼虫培养基质可采用麦麸、秸秆或豆渣混合餐厨垃圾污水，基质湿度宜控制在 70%~75%。

8.3 黑水虻幼虫接种与饲喂

8.3.1 用于接种的黑水虻幼虫规格宜大于 10 mg/条，虫群大小均匀，处于二龄期（第二次蜕皮之后，第三次蜕皮前），具有高抗逆性和生命活力，应规避接种蜕皮期的幼虫。

8.3.2 餐厨垃圾与幼虫（以初始孵化虫卵质量计）接种质量比宜为（8 000~15 000）：1。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。

8.3.3 餐厨垃圾饲喂黑水虻有多种方式，包括地坑式、盆架式、层架式、皮带式、自动化设备等，不同方式区别见附录 B。

8.3.4 餐厨垃圾投放厚度应均匀，可一次投放或多次投放，一次投放厚度应不超过 150 mm，不应有喷溅、滴漏等外泄情况。

8.3.5 幼虫进行饲喂时，空气温度宜控制在 25℃~45℃，空气湿度宜控制在 60%~85%。

8.3.6 虫体堆体温度宜在 25℃~45℃，堆体温度超过 45℃时应采用通风、翻堆等措施进行降温，避免逃虫、死虫、采食速度减缓等问题。

8.3.7 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时饲喂新的餐厨垃圾而造成积压。

8.3.8 饲喂过程应避免幼虫外爬现象，期间应周期性清理脱离养殖区间的幼虫。

8.3.9 每批次黑水虻饲喂周期不宜超过 10 d。

8.4 出料筛分

8.4.1 黑水虻虫体、虫粪宜采用强光刺激法、缺氧法、水分离法和机械筛分法等方法进行分离。

8.4.2 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：五龄虫，体表白色，体长大于 1.5 cm，体重大于 80 mg，大小均匀。

8.4.3 虫粪应达到一定标准再进行分离，推荐虫粪标准为：松散颗粒，水分宜低于 60%。

8.4.4 筛分后除黑水虻虫体、虫粪外其他杂质（塑料碎屑等）应外运进行焚烧或填埋处理。

8.5 产物资源化处理

8.5.1 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毒、冷冻、烘干处理。

8.5.2 虫粪收集后宜及时进行堆肥处理，堆肥碳氮比宜调节为（25~30）：1，堆肥时间不少于 10 d，其中堆体温度超过 55℃的持续时间不少于 5 d。

9 环境管理

9.1 一般要求

9.1.1 场地应监测工作场所、污水排口、废气排口、厂界的污染物排放情况，监测内容如下。

——工作场所环境：噪声、有害气体（H₂S、NH₃等）、臭气浓度、蚊虫密度。

——污水排口：BOD₅、COD_{Cr}和氨氮等污染因子。

——废气排口：有害气体（H₂S、SO₂、NH₃等）、臭气浓度。

——厂界环境：厂界噪声、有害气体（H₂S、SO₂、NH₃等）、厂界无组织排放浓度、蚊虫密度。

9.1.2 工作环境噪声应符合 GBZ 2.2 的规定，厂界噪声应符合 GB 12348 的规定。

9.2 污水废渣处理

9.2.1 餐厨垃圾三相分离污水应优先用于黑水虻幼虫孵化及培养阶段的养分补充，不能达标直排

下水道的多余污水应进行收集处理，执行 GB 8978 规定的排放标准。地方排放标准高于 GB 8978 规定的，按照地方标准执行。

9.2.2 全部废渣应进行分类回收和卫生化、无害化处理。

9.3 废气处理

9.3.1 全过程产生的废气应全部收集并处理，避免造成二次污染。

9.3.2 NH_3 、 H_2S 和臭气浓度厂界排放限值应根据黑水虻资源化处理餐厨垃圾场地所在环境空气功能区分类，按照 GB 14554 规定的标准执行。

9.3.3 散发少量挥发性气体和臭味的设备设施部位或房间，可采用全面通风工艺。全面通风换气时间不应小于 3 h/天。

10 日常管理

10.1 日常管理制度

10.1.1 应保证系统循环稳定，生产连续，污水、废气和厂界噪声排放达标，转化产物达到直接使用或二次加工产品要求。

10.1.2 在所属部门登记过的黑水虻处理餐厨垃圾项目，未经当地监管部门批准，不应擅自停业、歇业，应保证作业的连续性。

10.1.3 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。

10.1.4 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。

10.1.5 应建立虫卵稳定供给渠道，并设立虫卵供应应急措施。

10.1.6 劳动卫生应符合 GBZ 1 的规定。

10.2 黑水虻昆虫日常管理要求

10.2.1 应定期巡查幼虫繁育设施，检查环境温度，虫体活性，防止成虫逃逸。

10.2.2 应定期对黑水虻培育空间清理消毒，消毒方法应符合 GB/T 19168 的规定。

10.2.3 应定期清理死虫，对清理出的死虫用焚烧法、高温法等进行处理。

10.3 安全管理要求

10.3.1 应有专人对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。

10.3.2 安全生产应符合 GB/T 12801 的规定。

10.3.3 应具有防止昆虫外逃和外界物种入侵的措施。

10.3.4 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。

附 录 A
(资料性)
黑水虻

亮斑扁角水虻 *Hermetia illucens* L. 俗称黑水虻，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 a)；
- 幼虫：虫体呈乳白色，有毛，进食活跃，共经历六个龄期，末龄幼虫（预蛹）表皮变为棕褐色，见图 A.1 b)；
- 蛹：暗棕色或黑色，不再活动，见图 A.1 c)；
- 成虫：从蛹壳中飞出，灰黑翅，体长 15 mm~20 mm，身体主要为黑色，见图 A.1 d)。



图 A.1 黑水虻生命全周期图

附 录 B
(资料性)
黑水虻饲养方式

黑水虻饲养存在多种方式，主要包括以下五种。

- 地坑式：一般以水泥在硬化地面浇筑 4 m × 4 m（面积也可以不固定）网格，深度 20 cm 左右，将虫体置于其中投加餐厨垃圾进行饲养。此法属于开放式饲养，自动化程度低，人工需求量大，现场有刺激性气味。
 - 盆架式：以单个转运盆为饲养单元，此法属于开放式饲养，规模化程度有限，多数以人工每日投喂餐厨垃圾，少数以机械臂等自动方式工作。
 - 层架式：运转方式与盆架式类似，容器换成单层货架，可垂直布置多层，目前多以自动化机械叉手对单个容器进行提取—垃圾投放—放回操作，可规模化运行，存在开放式与封闭式两种设计。
 - 皮带式：以多层可运动的皮带为支撑，放置黑水虻幼虫和餐厨垃圾，在其设定的运动周期内从一边运行至另一边，从顶层皮带一层层落下至不同层皮带，直至出料，存在开放式与封闭式两种设计。
 - 自动化设备：单体集成自动化设备，密闭式运行，通过自动程序控制餐厨垃圾投放、环境控制等，自动化程度高。
-