

# 薯类酒精糟液处理及综合利用技术研究

王 涛

( 机械科学研究院 环保技术与装备研究所, 北京 100044 )

**摘 要:** 薯类酒精糟液具有浓度高、处理难度大、综合利用效益不明显等特点, 因此没有成熟有效的专门技术, PAFT 系统集成了先进固液分离技术、两相厌氧技术、多级 A/O 污水处理技术、高速好氧制肥技术, 适应薯类酒精糟液特点, 提供了一种良好而有效的治理选择。

**关 键 词:** 薯类酒精糟液; 固液分离; 两相厌氧; 多级 A/O; 高速好氧制肥

中图分类号: TS261.9 文献标识码: B 文章编号: 0254-5071( 2005 ) 08-0034-04

## Study on treatment and integrated utilization technology of potato alcohol wastewater

WANG Tao

( Institute of Machinery Industry Environmental Protection, Academia of Machinery Science and Technology, Beijing 100044, China )

**Abstract:** No mature and effective technique was used to treat potato alcohol wastewater, which was of high concentration, difficulty to treat and low benefit in integrated utilization. PAFT system, which consists of solid-liquid separation technique, biphasic anaerobic biosystem, multistage A/O technique and speediness aerobic compost technique, was suit to treat potato alcohol wastewater and was a good and effective selection.

**Key words:** potato alcohol wastewater; solid-liquid separation; biphasic anaerobic biosystem; multistage A/O; speediness aerobic compost

### 1 行业现状

酒精是一种重要的工业原料, 广泛应用于化工、食品饮料工业、军工、日用化工和医药卫生等领域, 同时又是最有希望全部或部分替代石油的可再生能源, 因此具有十分广泛的应用和发展前景, 但酒精工业同时又是一个污染十分严重的行业。我国酒精产量居世界酒精产量第三位, 1996 年我国酒精工业年排放高浓度有机废水超过 5000 万 m<sup>3</sup>, 排放 BOD 约 180 万 t, COD 约 360 万 t, 分别占全国工业废水 BOD 和 COD 排放总量的 1/8, 是我国排放有机污染物浓度最高, 造成水环境污染严重的第二大轻工行业。

根据“我国酿酒行业“十五”计划”:“十五”期间, 酒精的生产规模为 300 万 t(其中商品量为 200 万 t), 年增长速度为 4%, 其中玉米酒精 135 万 t、薯干酒精 120 万 t、糖蜜酒精 35 万 t。由于薯干酒精废液浓度高, 处理难度大且综合利用效益不明显, 国内专门针对薯干酒精废液治理尚无成熟有效的应用技术。国外对其处理方法: 一是农灌法, 将废液直接施放蔗地, 澳大利亚、巴西等国在这方面已有一套科学

的管理方法, 根据不同的土壤成分, 制订不同农作物生长期的单位面积施放量。二是厌氧发酵法, 废液经厌氧发酵, 消减大部分的 COD 并生成沼气。三是发酵生产蛋白饲料。四是蒸发浓缩法, 将废液蒸发浓缩至 60°Bx, 与糖蜜及其它饲料混合作饲料; 与滤泥和无机肥混合作有机复混肥; 或直接喷入焚烧炉焚烧。五是废液直接送城市污水处理厂集中处理。六是采用清洁型生产工艺 Biostil, 废液的排放量大为减少。

随着我国酒精行业的发展, 开发适合我国国情的薯类酒精糟液处理及综合利用技术具有广阔的应用前景和现实意义。

### 2 工艺流程

薯类酒精糟液处理及综合利用技术( PAFT 系统 ) 是对薯类酒精糟液中固液相分别处理及综合利用技术。主要集成先进固液分离技术、两相厌氧技术、多级 A/O 污水处理技术、高速微生物好氧制肥技术为一体, 流程见图 1。

酒精糟液进入 PAFT 系统, 首先经过浓缩脱水一体机进行固液分离; 之后与出水回流混合进入两相

收稿日期: 2005-01-10; 修回日期: 2005-05-24

作者简介: 王 涛( 1974- ), 男, 辽宁人, 工程师, 主要从事水、固废处理工艺方面的研究以及工程设计等工作。

厌氧反应器, 采用好氧出水回流稀释高浓度废水主要实现以下目的: 将高浓度有机废水的污染物浓度降低到进入厌氧反应器所允许的范围内, 大幅度降低废水中有害物质对厌氧菌活性的抑制作用; 废水经过两相厌氧反应器中酸化和厌氧 2 个阶段后, 污染物浓度大幅度降低, 直接进入多级 A/O 反应池, 生化处理后的废水经过沉淀池达标排放或者回用。

在水处理过程中产生大量有机质含量较高的污泥, 经过 UASFB 和沉淀池分离进入浓缩脱水一体机分离后进入高速发酵机, 经过 24h~48h 发酵堆肥制成有机肥料。

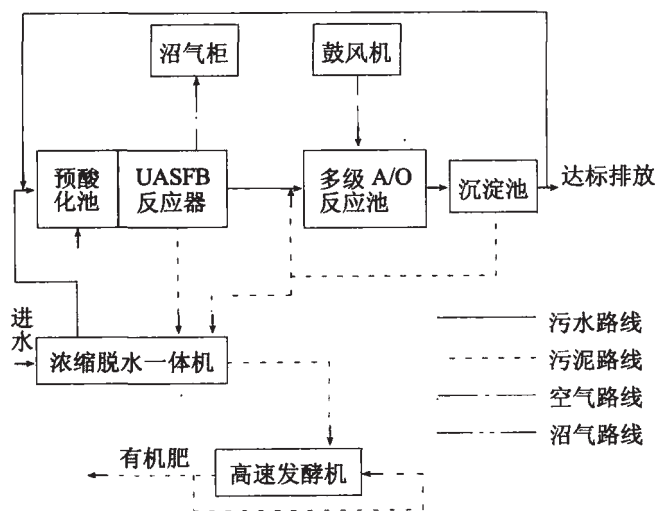


图 1 PAFT 系统工艺流程

### 3 关键技术

#### 3.1 先进的固液分离技术

酒精糟液综合利用和深度处理的关键之一是对酒精糟液进行有效的固液分离。薯类酒精糟液的脱水处理具有很大难度, 过去采用离心脱水机和箱式压滤机 2 种脱水设备进行脱水试验, 由于薯类酒精糟液粘度大、粒度小, 容易将离心脱水机的滤网和箱式压滤机的滤布堵塞, 结果均不成功。通过对酒精糟液脱水工艺进行深入研究, 新型带式压滤机具有与之相适应的特点: 超长的重力脱水区, 超长的斜式楔形区, 结构紧凑、压力递增的压榨区, 独创滤带偏移检测方式和双端纠偏机构, 性能好、效率高的反冲洗方式。

在山东平渡酒厂进行的应用结果显示: 进料酒糟液含水率为 96%~96.5%, pH 值为 4.0, 温度为 70℃。脱水处理后酒糟滤饼含水率 72%。利用带式压滤机进行酒精糟液脱水是一种尝试和突破。技术关键是针对性地调节等电点和相应的絮凝处理工艺,

可以提高糟渣回收率, 提高糟液 COD 去除率 74%, 对减轻后部滤液深度处理负荷具有明显效果。经过带式压滤机对酒糟废液进行固液分离以后, 滤液的 COD 可降低 50% 左右, SS 也大幅度降低, 有利于废水的厌氧和好氧的生化处理。

#### 3.2 两相厌氧消化技术(预酸化池+UASFB 厌氧反应器)

厌氧消化技术适于处理高浓度有机废水。在 20 世纪末期, 国内外通常使用的厌氧反应器是不分相的, 主要的 2 大类厌氧菌群——产酸菌和产甲烷菌是在同一个反应器中生存、繁殖的。由于这 2 种菌群对生存条件的要求不同, 因此在同一个反应器内很难同时满足二者最佳生存、繁殖条件, 存在二者相互竞争基质, 相互干扰的问题, 从而影响厌氧反应器的处理效率和稳定运行。

两相厌氧反应器是将产酸菌群和产甲烷菌群分成两相, 各自在独立的反应器内, 最佳的生存条件下繁殖, 因此可以最大限度地发挥作用。产酸相即为预酸化池, 该池在产酸菌的作用下, 废水中的可生化有机物大部分被转化为挥发性脂肪酸(VFA), 为产甲烷相(即 UASFB 厌氧反应器)提供充足的营养基质, 同时将废水中的 pH 值降到进入产甲烷相的最佳范围, 为 UASFB 反应器的正常运行创造了有利条件。因此, 两相厌氧反应器是非常适合于处理高浓度有机废水的微生物技术。

#### 3.3 多级 A/O 好氧生物处理

多级 A/O 工艺是利用活性污泥同时存在好氧、兼氧和厌氧生物菌群的特点, 通过人为控制, 在一个处理系统中形成多段 A 和多段 O 的生物环境, 使 A 段和 O 段按工艺要求进行交替组合。它是由若干 A 段(缺氧段)和 O 段(好氧段)所组成的 A/O 周期, 最终使污水得到净化的工艺技术。多级 A/O 工艺流程如图 2 所示。

由图 2 可知, 污水经过曝气池中若干个反硝化区、硝化区后进入沉淀池, 沉淀后的污水进入稳定池稳定后排放; 沉淀池中污泥一部分作为回流污泥回到曝气池前端与进水混合后进入曝气池, 另一部分作为剩余污泥排入污泥处理构筑物。

多级 A/O 污水处理工艺的氧变化曲线呈连续近似正弦/余弦曲线, 每个周期可以根据工艺要求设为等值和不等值, 波峰和波谷值随时间为递减。就是污水经过连续多个 A/O 周期的处理, 即多个 A/O 处理过程的叠加, 最终达到氮和 COD、BOD 的有效去除。在研究中发现, 由于活性污泥的增殖以及性能的优化, 在构筑物中各周期耗氧量按照一定规律(根据温

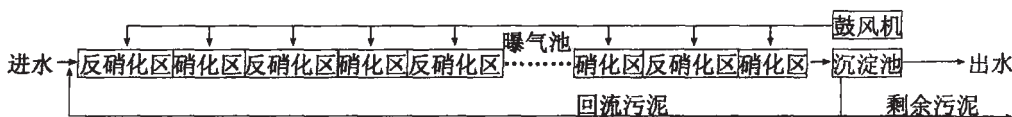


图2 多级A/O工艺流程

度条件、水深、污泥浓度的变化，规律不同）依次递增变化。水中溶解氧呈有规律正弦/余弦曲线分布（如图3），A/O周期和各A/O周期内的A/O比都可以通过自动控制或人工控制来调节。污水经过曝气区（好氧段）时溶解氧水平逐渐升高，到达波峰后进入停气区（缺氧段），溶解氧水平逐渐降低，到达波谷后又进入曝气区，……周而复始。此外多级A/O工艺与传统A/O工艺不同之处还在于采用相对低的污泥负荷[0.05kgBOD~0.2kgBOD)/kgMLSS]，抗冲击负荷能力加强，在高且稳定的除氮效率的前提下保证COD去除效率较高。

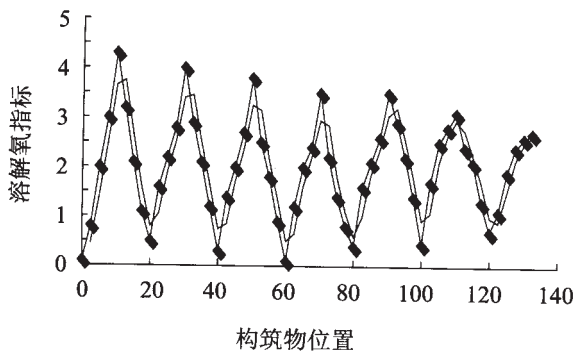


图3 构筑物溶解氧分布状况

废水在曝气区处于好氧条件下，好氧菌团（硝化细菌、亚硝化细菌等）占优势，使含氮有机物被细菌分解为氨，然后在亚硝化细菌的作用下进一步转化为亚硝酸盐，再经硝化细菌作用转化为硝酸盐；硝酸盐进入到停气区，兼性菌团逐渐占优势，在兼性异氧细菌的作用或部分利用废水中原有的有机物碳源为电子供体，以硝酸盐替代分子氧作电子受体，分解有机质，同时，将硝酸盐中氮还原为气态氮（ $N_2$ ,  $NO_2$ 等）；再进入到曝气区时，好氧菌团又一次占优势而且能力增强；同理进入到停气区时，兼性菌团又一次占优势而且能力增强；周而复始。多级A/O反应刚开始处于营养物质多、菌团数量少的状况（“供过于求”状态）；随着反应的进行，营养物质减少而菌团数量和质量都在增加，很快达到“供求平衡”状态；之后是“供小于求”状态，营养物质被彻底干净的分解，而且一些难降解的物质也在此时被性能优异的污泥菌团分解。经多级A/O对各类污染物的去除都是有效的，从统计学角度来看，如果每个A/O周期的污染物去除效

率为E，那么n个周期后总的污染物去除效率为：

$$E_n = 100\% \{ 100\% - E \}^n$$

式中： $E_n$ ——污染物总处理效率；

E——每个A/O周期污染物处理效率；

n——A/O工艺周期的个数。

此外，多级A/O工艺与传统活性污泥工艺相比可以有效避免了污泥膨胀现象的发生，这对于负荷较大的生化处理系统具有十分重要的意义。污泥膨胀是指活性污泥质量变轻，沉降性能恶化，最直接的表现污泥指数SVI升高。造成污泥膨胀的原因很多（如水温、水质的变化等），就曝气池本身来讲高污泥负荷、高污泥浓度、单一运行方式都容易在水质突然恶化的时候发生污泥膨胀。有实验证明，针对同一种有机化工废水，传统曝气和间歇曝气2种方式平行运行比较，当传统曝气系统内因溶解氧不足造成丝状菌大量繁殖时，间歇曝气系统内几乎无丝状菌。由于多级A/O工艺采用间断曝气，混合液经过多次好氧区和缺氧区的交替作用，并且整个工艺采用低污泥负荷，可以有效避免污泥膨胀现象的发生。

### 3.4 有机固废高速好氧制肥（发酵）技术

好氧制肥过程是有机物在有氧的条件下，利用好氧微生物所分泌的外酶将有机固体废物分解为溶解性有机物质，再渗入到细胞中。微生物通过代谢活动，把其中一部分有机物氧化成简单的无机物，为生物生命活动提供所需的能量，另一部分有机物转化为生物体所必需的营养物质，形成新的细胞体，使微生物不断增殖，其机理如图4所示。

制肥反应是利用微生物使有机物分解、稳定化的过程，制肥微生物可以来自自然界，也可利用经过人工筛选出的特殊菌种进行接种，以提高制肥反应速度。制肥微生物主要有细菌、真菌和放线菌等，在制肥过程中微生物的数量和种群不断发生变化。

制肥过程大致可分以下几个阶段：制肥初期常温细菌（或称中温菌）分解有机物中易分解的糖类、淀粉和蛋白质等产生能量，使堆层温度迅速上升，称为升温阶段。但当温度超过50℃时，常温菌受到抑制，活性逐渐降低，呈孢子状态或死亡，此时嗜热性微生物逐渐代替了常温性微生物的活动。有机物中易分解的有机质除继续被分解外，大分子的半纤维素、纤维

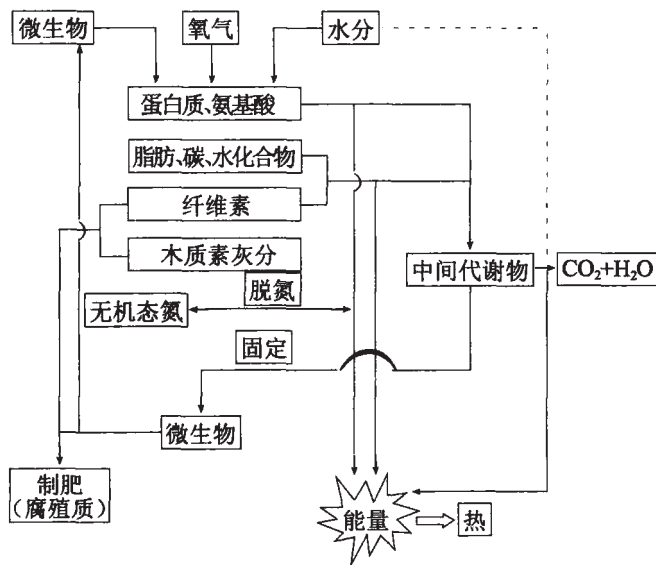


图 4 制肥（发酵）机理

素等也开始分解，温度为  $60^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$ ，称为高温阶段。温度超过  $70^{\circ}\text{C}$  时，大多数嗜热性微生物已不适宜，微生物大量死亡或进入休眠状态，在高温持续一段时间后，易分解的或较易分解的有机物已大部分分解，剩下的是难分解的有机物和新形成的腐殖质。此时，微生物活动减弱，产生的热量减少，温度逐渐下降，常温微生物又成为优势菌种，残余物质进一步分解，制肥进入降温和腐熟阶段。制肥技术关键如下。

#### 3.4.1 对制肥发酵温度的控制

制肥过程可分常温、中温、高温 3 个阶段。高速发酵就是人为造成高温条件，加快制肥发酵过程的进度，从而达到缩短制肥发酵的时间。因此热源、散热、保温等部分的设计与控制直接影响到工艺目的的实现和投资。

#### 3.4.2 菌种的培养与使用

在人为造成高温条件的同时，原有菌群无法迅速适应快速变化了的条件，因此必须添加已经经过培养的菌种，以完成制肥发酵过程，达到处理效果。菌种的培养包括菌种的筛选、驯化、培养、保存等。通过餐厨垃圾中分离好氧发酵细菌，在  $70^{\circ}\text{C}$  左右下进行一段时间的驯化，不适宜的细菌被杀灭，保存下来的就是被驯化的菌种，经过规模化增殖和干化过程就生产出成品。菌种是高速发酵过程的关键。

#### 3.4.3 物料含水率的控制

进入制肥发酵工序的物料含水率一般要求在 60% 左右，若高于这个指标，则制肥发酵工序将不得不增加能源消耗，用以蒸发分离部分水分，低于这个指标通过物理挤压无法实现，则必将造成前处理投资和运行费用的大幅度提高。

#### 3.4.4 2 次污染的控制

酒精糟由于有机物含量高，易腐烂变质。因此处理不好极易造成水、土壤和大气污染。本工艺通过核心设备封闭式设计，专门的污水处理系统，添加除臭系统等措施控制 2 次污染。

#### 4 对薯类酒精糟液处理的适用性分析

##### 4.1 对高浓度特点的适应性

薯类酒精糟液具有污染物浓度高，尤其体现在悬浮物和 COD 上。系统采用带式脱水，大大节省了生产成本，配合出水回流有效降低了悬浮物和 COD 浓度，为后续生化工艺打下良好基础。

##### 4.2 对不易生化降解特性的适应性

针对酒精糟液不易生化降解的特性，出水回流稀释后采用先预酸化，后厌氧的方式，充分发挥产酸菌和产甲烷菌的作用，降解污染物的同时，调节了污水的生化性。

##### 4.3 对资源综合利用的适应性

与玉米酒精糟液相比，薯类酒精糟液回收效益低，因此资源综合利用的难度和运行费用决定了工艺的可行性，高速好氧制肥技术占地省，运行费用主要在产热，利用酒精生产企业的废热资源减少了热污染，而且减少了资源综合利用的运行费用。

#### 5 结语

薯类酒精糟液处理及综合利用技术特点在于针对污染物和产生过程特点，考虑治理与利用相结合，技术与经济相结合，成熟技术与先进工艺相结合，国外经验与我国国情相结合，为薯类酒精糟液处理及综合利用提供了一种良好而有效的选择。

#### 参考文献：

- [1] 王 涛. 多级 A/O 工艺理论的研究[J]. 环境科学与技术, 2003, (4): 8-10.
- [2] 林援朝主编. 城市垃圾管理与处理处置技术标准规范应用实务全书[M]. 光明日报出版社, 2002. 8.

《 中国酿造 》 2006 年 广 告 征 订 中 ！