

附件 2

环 境 保 护 技 术 文 件

味精工业污染防治可行技术指南

(征求意见稿)

**Guideline on Available Technologies of Pollution Prevention and Control
for Monosodium Glutamate Industry**

环 境 保 护 部

前言

为贯彻执行《中华人民共和国环境保护法》，防治环境污染，完善环保技术工作体系，制定本指南。

本指南可作为味精工业污染防治工作的参考技术资料。

本指南由环境保护部科技标准司提出并组织制订。

本指南起草单位：北京工商大学、中国环境科学研究院、中国轻工业清洁生产中心。

本指南由环境保护部解释。

目 录

1 总则	2
1.1 适用范围	2
1.2 术语和定义	2
2 生产工艺及污染物排放	2
2.1 生产工艺及产污环节	2
2.2 污染物排放	4
3 味精工业污染防治技术	4
3.1 工艺过程污染预防技术	4
3.2 大气污染治理技术	7
3.3 水污染治理技术	7
3.4 固体废物处理处置技术	100
3.5 噪声污染治理技术	100
3.6 味精工业污染防治新技术	100
4 味精工业污染防治可行技术	100
4.1 味精工业污染防治可行技术组合	100
4.2 工艺过程污染预防可行技术	111
4.3 大气污染治理可行技术	144
4.4 水污染治理可行技术	155
4.5 固体废物处理处置可行技术	177
4.6 技术应用中的注意事项	177

1 总则

1.1 适用范围

本指南适用于以玉米、淀粉为原料生产味精的工业企业，以小麦、糖蜜、大米等其他原料的味精生产企业可参照执行。

1.2 术语和定义

1.2.1 味精工业

指以碳水化合物（淀粉质、糖质等）为原料，经微生物发酵、提取、结晶等工艺生产谷氨酸（俗称麸酸）及精制生产味精的工业部门。

2 生产工艺及污染物排放

2.1 生产工艺及产污环节

味精生产工艺为：原料→处理→淀粉→液化→糖化→发酵→分离与提纯→精制→产品，主要包括水解糖制备、谷氨酸发酵、谷氨酸提取和味精精制等工序。味精（玉米）生产工艺流程及产污节点见图 1。

2.1.1 水解糖制备

生的淀粉加工废水和制糖过滤过程的滤布清洗废水；过滤有极少量的糖渣排放，可以作为饲料出售；玉米制备淀粉的磨碎分离过程中会产生机械噪声，制糖过程会产生灭酶放空的空气噪声。

2.1.2 谷氨酸发酵

谷氨酸发酵包括谷氨酸生产菌的育种和扩大培养、连消灭菌和发酵等过程。生产过程主要产生灭菌洗罐废水和灭菌放空的空气噪声。

2.1.3 谷氨酸提取

谷氨酸提取是使发酵液中积累的谷氨酸通过等电结晶析出，再通过离心分离将谷氨酸从发酵液中提取出来，发酵液提取谷氨酸后的废液称为尾液。

目前有等电离交工艺和浓缩等电工艺两种方法，采用等电离交工艺提取谷氨酸产生离交尾液和树脂洗涤水，采用浓缩等电工艺则产生分离尾液和污冷凝水，离交尾液或分离尾液进入尾液综合利用过程。

2.1.4 味精精制

精制过程将发酵液中提取得到的谷氨酸与适量的碱进行中和反应，生成谷氨酸钠溶液，经活性炭脱色除杂，再通过减压浓缩、结晶及分离，得到较纯的谷氨酸钠晶体即味精。

精制过程中主要污染物为废水，其中形成外排的废水有脱色时粒状炭柱冲洗废水，而脱色压滤洗滤布水经沉淀后全部返回中和工序，作为谷氨酸溶解水使用而不外排。固体废物主要为过滤产生的废活性炭滤饼，由活性炭生产厂家回收。

2.1.5 尾液综合利用

味精企业目前均全液回收谷氨酸提取过程产生的分离（或离交）尾液，普遍采用加氨中和、蒸发浓缩、喷浆造粒的方法，生产复合肥或者先提取菌体蛋白饲料后再生产复合肥。

蒸发浓缩过程会产生污冷凝水，喷浆造粒过程会产生颗粒物和气溶胶型挥发性/半挥发性有机废气（VOCs/SVOCs）。

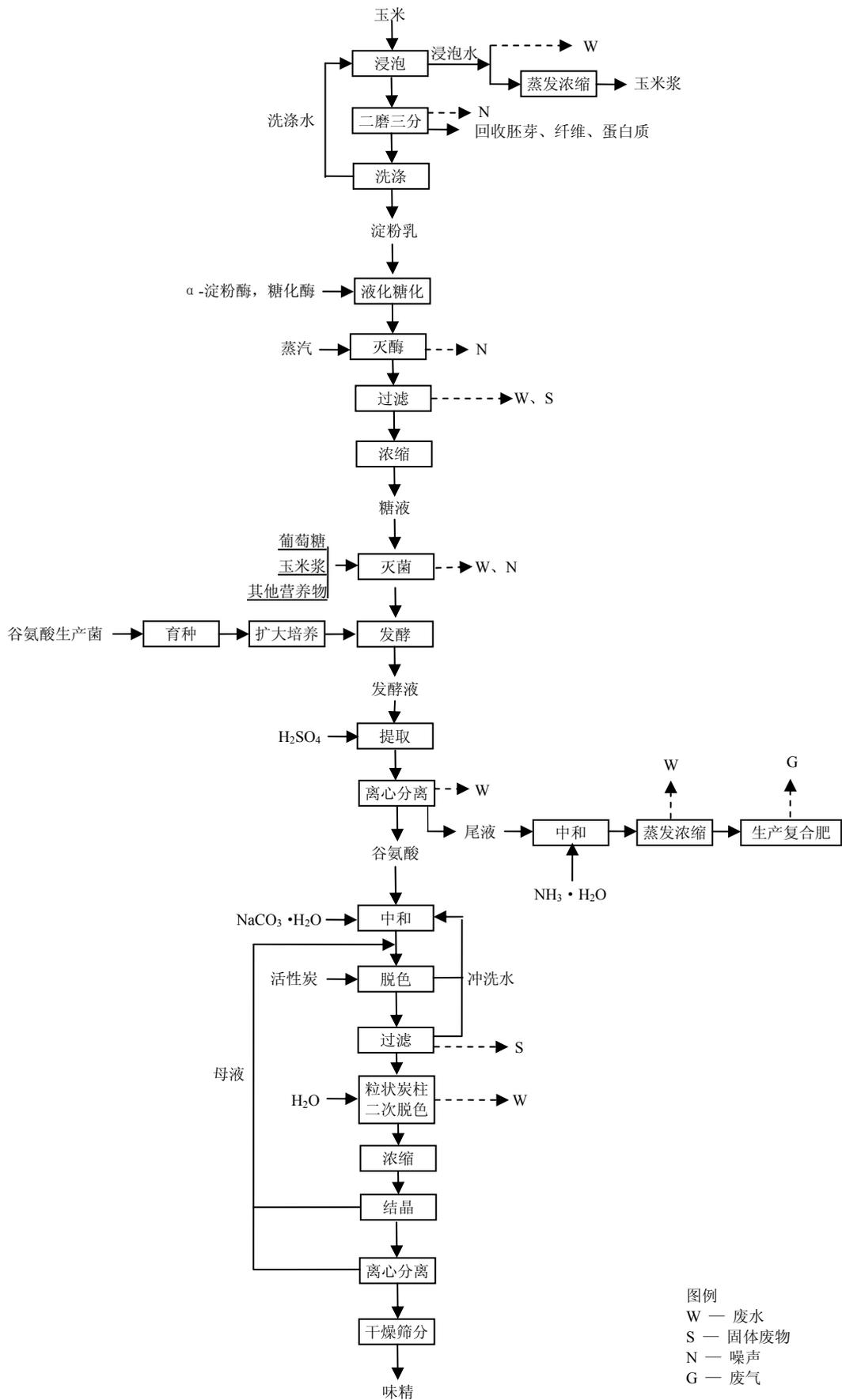


图 1 味精（玉米）生产工艺流程及产污节点

2.2 污染物排放

味精生产工艺产生的污染包括大气污染、水污染、固体废物污染和噪声污染，其中水污染是主要环境问题。

2.2.1 大气污染

味精生产产生的大气污染物主要来源于尾液综合利用，当采用喷浆造粒制取复合肥时将会产生废气，其中含有颗粒物和 VOCs/SVOCs，废气产生量约为 20000~25000 Nm³/t 复合肥，其中水蒸汽（含少量有机物）约为 50~70g/Nm³ 废气。

2.2.2 水污染

味精废水有机污染物浓度高，易于生化降解，其中含有残糖、菌体蛋白、氨基酸、铵盐及硫酸盐等，综合废水产生量约为 50~60 m³/t 味精。

味精生产各类废水典型指标见表 1。

表 1 味精生产各类废水典型指标

名 称	主要污染物/ (mg/L, pH 除外)				
	pH	COD _{Cr}	BOD ₅	NH ₃ -N	SS
淀粉加工废水	3.5~6	8000~15000	5000~8000	60~230	800~1500
制糖清洗废水	4.0~6.0	8000~12000	4500~5500	100~150	1000~1500
灭菌洗罐废水	6.5~7.5	12000~14000	6000~7500	450~600	800~1000
分离（或离交）尾液①	2.0~3.5	38000~40000	22000~24000	11000~12000	10000~12000
树脂洗涤剂②	3.5~4.5	14000~16000	6000~7000	2000~3000	1000~1200
炭柱冲洗废水	6.5~7.0	700~1200	300~700	20~50	200~400
污冷凝水	6.5~7.0	300~500	150~250	80~150	③

①：此废水应进入尾液综合利用工序；②：此废水可进入尾液综合利用工序或综合废水处理系统；③：数值较低，一般不作为监测指标。

2.2.3 固体废物污染

味精生产固体废物产生较少，在水解糖制备过程会产生少量的糖渣；谷氨酸精制生产味精过滤过程会产生废活性炭滤饼；味精末端废水处理站会产生污泥。

2.2.4 噪声污染

味精生产中产生的噪声分为机械噪声和空气动力性噪声，主要噪声源包括粉碎机、离心机、空压站以及发酵罐的排气口，噪声为 90~100 dB(A)。

3 味精工业污染防治技术

3.1 工艺过程污染预防技术

3.1.1 水解糖制备工序污染预防技术

3.1.1.1 全闭环湿法粉碎淀粉（玉米）生产技术

该技术采用封闭式湿法工艺将玉米用含亚硫酸的温水浸泡，经粗磨、细磨，分离胚芽、玉米皮（纤维）和蛋白质，得到高纯度的淀粉乳或淀粉。该技术是以水环流为主线包括物环流和热环流在内的全闭环逆流循环工艺。

该技术可大大降低水解糖制备过程废水排放和 COD_{Cr} 排放。

该技术适用于以玉米为原料生产淀粉。

3.1.1.2 传统湿法粉碎淀粉（玉米）生产技术

该技术一般采用半封闭式湿法工艺将玉米以含亚硫酸的温水浸泡，经粗磨、细磨，分离胚芽、玉米皮（纤维）和蛋白质，而得到高纯度的淀粉乳或淀粉。该技术在水循环及废弃物利用方面仅实现半闭环逆流循环。

该技术可适当降低水解糖制备过程废水排放和 COD_{Cr} 排放。

该技术适用于以玉米为原料生产淀粉。

3.1.2 谷氨酸发酵工序污染预防技术

3.1.2.1 高性能温敏型谷氨酸产生菌生产谷氨酸工艺

该工艺采用谷氨酸温度敏感菌种进行发酵，仅通过物理方式（转换培养温度）就可以完成谷氨酸产生菌由生长型细胞向产酸型细胞的转变，实现谷氨酸向细胞膜外分泌，积累于发酵液中。

该工艺菌株能够利用粗制原料（粗玉米糖、糖蜜等）发酵生产谷氨酸，发酵过程表现出高产酸水平、高转化率等特性，发酵稳定且周期短，设备利用率高。该技术不仅可降低味精生产过程中粮耗和能耗，并可通过提高菌种产酸率和糖酸转化率达到降低水耗、减少 COD_{Cr} 排放的目的。

该工艺适用于以淀粉、糖蜜为原料的谷氨酸发酵。

3.1.2.2 生物素亚适量法谷氨酸产生菌生产谷氨酸工艺

该工艺采用生物素缺陷型谷氨酸产生菌进行发酵，通过控制发酵培养基中的生物素含量达到控制磷脂的目的，从而形成磷脂合成不足的不完全的细胞膜，使细胞变形并促成谷氨酸向膜外分泌，积累于发酵液中。

该工艺发酵周期短，并可通过提高菌种产酸率和糖酸转化率达到降低水耗、减少 COD_{Cr} 排放的目的。

该工艺适用于以淀粉为原料的谷氨酸发酵。

3.1.3 谷氨酸提取工序污染预防技术

3.1.3.1 等电交工艺

该工艺指发酵液经等电点分离提取谷氨酸后，发酵液再经过离子交换树脂二级提取谷氨酸，进行二级提取的离子交换树脂需用浓硫酸进行再生，工艺流程如图 2。

该技术谷氨酸提取收率在 95% 以上，但用水量大、浓硫酸和氨水消耗大。离子交换分离谷氨酸后的离交尾液进入尾液综合利用工序，离子交换树脂的再生过程会产生含高浓度硫酸盐的树脂洗涤水。

该技术适用于发酵液中谷氨酸的分离提取。

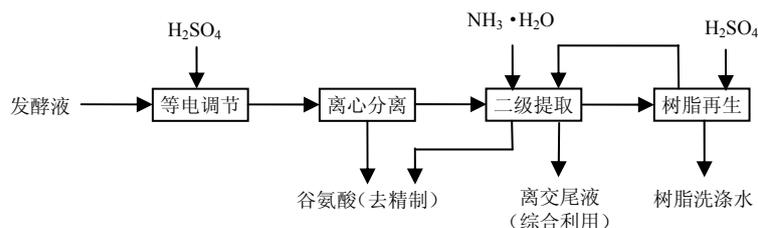


图 2 等电交工艺提取谷氨酸生产工艺流程

3.1.3.2 浓缩等电结晶工艺

该工艺将发酵液经浓缩至谷氨酸一定浓度后,再进行连续等电分离提取谷氨酸的过程,工艺流程如图3所示。

该技术谷氨酸提取收率在90%以上,与等电交工艺相比可节约用水,且节约浓硫酸40%~50%,不使用氨水,大大降低了水污染物的产生。分离谷氨酸后的分离尾液进入尾液综合利用工序,发酵液浓缩过程会产生污冷凝水。

该技术适用于发酵液中谷氨酸的分离提取。

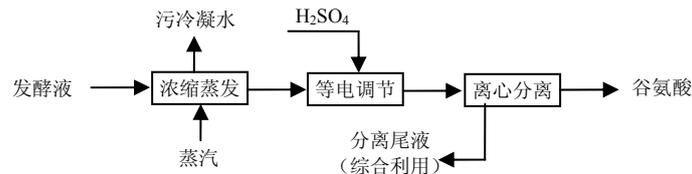


图3 浓缩等电结晶工艺提取谷氨酸生产工艺流程

3.1.4 味精精制工序污染预防技术

3.1.4.1 味精传统精制技术

该技术将从谷氨酸发酵液中提取的谷氨酸加水溶解,用碳酸钠或氢氧化钠中和,经脱色、除铁、钙、镁等离子,再经蒸发、结晶、分离、干燥、筛选等单元操作,得到高纯度的谷氨酸钠(味精)晶体或粉体味精。

该技术新鲜水耗、活性炭用量、蒸汽消耗与电耗都较高,废水排放量3~5 m³/t味精。

该技术适用于未进行谷氨酸转晶的味精精制生产,一般适用于等电离交工艺提取的谷氨酸精制生产味精。

3.1.4.2 味精间歇结晶技术(谷氨酸转晶)

该技术采用间歇单效浓缩结晶的方式实现味精的精制生产,谷氨酸经转晶后质量有所提高,结晶速率快、周期短,味精质量和收率有明显提高。

该技术在取水量、蒸汽消耗与电耗方面较味精传统精制技术有大幅降低,活性炭用量降低66%,废水产生量降低近50%,运行成本降低近一半。

该技术适用于转晶谷氨酸的味精精制生产。

3.1.4.3 味精连续结晶技术(谷氨酸转晶)

该技术采用两段脱色,精制母液循环到脱色工序,母液连续结晶、分离生产味精,提高了精制罐的利用率,谷氨酸钠结晶可连续自动化进行。

该技术在取水量、蒸汽消耗与电耗方面较味精传统精制技术有大幅降低,活性炭用量降低66%,废水产生量降低近60%,运行成本降低近40%。

该技术适用于转晶谷氨酸的味精精制生产,对来料质量要求较高,一般适用于生产小颗粒味精。

3.1.5 尾液综合利用工序污染预防技术

3.1.5.1 絮凝气浮法生产菌体蛋白技术

该技术采用热絮凝和化学絮凝剂双重作用使分离(或离交)尾液中的菌体絮凝,再通过气浮过程将菌体与清母液分离,分离出的湿菌体经烘干后即为菌体蛋白,作为蛋白饲料出售。

该技术可回收尾液中的蛋白质，实现了部分尾液的资源化和高值化。

该技术适用于尾液中蛋白质的分离提取。

3.1.5.2 浓缩结晶制备硫酸铵技术

该技术将提取菌体蛋白后的分离（或离交）尾液蒸发浓缩至硫酸铵的饱和溶液，再蒸发析出硫酸铵晶体，通过离心分离制备硫酸铵。

该技术可回收尾液中的硫酸铵，实现了部分尾液的资源化和高值化。蒸发浓缩过程会产生污冷凝水。

该技术适用于尾液中硫酸铵的分离提取。

3.1.5.3 喷浆造粒制造复合肥技术

该技术将分离（或离交）尾液或提取菌体蛋白或硫酸铵后的尾液经蒸发浓缩、高温喷浆造粒后制成复合肥。

该技术可使尾液全部转化为复合肥，实现了尾液的资源化和高值化，大大降低了排放废水中的 COD_{Cr} 和氨氮浓度。蒸发浓缩过程会产生污冷凝水，喷浆造粒过程会产生含有颗粒物和 VOCs/SVOCs 的废气。

该技术适用于尾液的全部综合利用，也可与絮凝气浮法生产菌体蛋白技术和浓缩结晶制备硫酸铵技术结合形成组合工艺用于尾液的综合利用。

3.2 大气污染治理技术

味精生产大气污染治理技术主要针对尾液喷浆造粒制取复合肥过程产生的颗粒物和 VOCs/SVOCs 有机废气，一般采用湿法喷淋技术去除颗粒物，采用静电处理器去除 VOCs/SVOCs 有机废气。

3.2.1 湿法喷淋技术

该技术将水喷淋使废气与水充分接触，使得废气中的很多可溶物溶解于水，或者通过增加烟气的湿度，使得烟气中的固体小颗粒逐步凝结，并随水漂流形成悬浊液。

该技术颗粒物去除率可达 80%~90%，但对有机气溶胶去除效果差，仅为 20%~30%。湿法喷淋产生的悬浊液经沉降分离得到上清液和沉渣，上清液经浓缩后进入复合肥系统制备复合肥。

该技术适用于喷浆造粒制取复合肥过程产生的废气中颗粒物的治理。

3.2.2 高效有机气溶胶烟气治理技术

该技术采用多级洗涤和静电分离的处理方法，其流程为：气溶胶烟气经文丘里洗涤、一级喷淋塔洗涤、二级喷淋塔洗涤、静电处理器处理，其中文丘里洗涤去除烟气中的颗粒物并降低烟气温度；喷淋塔洗涤去除残余的颗粒物和大颗粒液滴，继续降低烟气温度；气溶胶静电处理器实现将气溶胶烟气有效分离，最终实现达标排放。

该技术能实现 VOCs/SVOCs 去除效率在 95%以上，颗粒物去除率在 99%以上。

该技术适用于喷浆造粒制造复合肥过程产生的废气治理。

3.3 水污染治理技术

水污染治理技术主要针对味精生产过程及尾液综合利用过程产生的废水。由于从原料（玉米或小麦）生产淀粉水解糖过程产生的废水 COD_{Cr} 浓度高、可生化性好，一般先进行预处理，通常采用厌氧生物处理为主体的处理工艺回收沼气并降低废水 COD_{Cr} 浓度，经预处理后的出水再和其他废水一起进入一级处理及二级处理系统，若达不到排放指标则需要进行三级处理，最终实现达标排放。具体工艺流程如图 4。

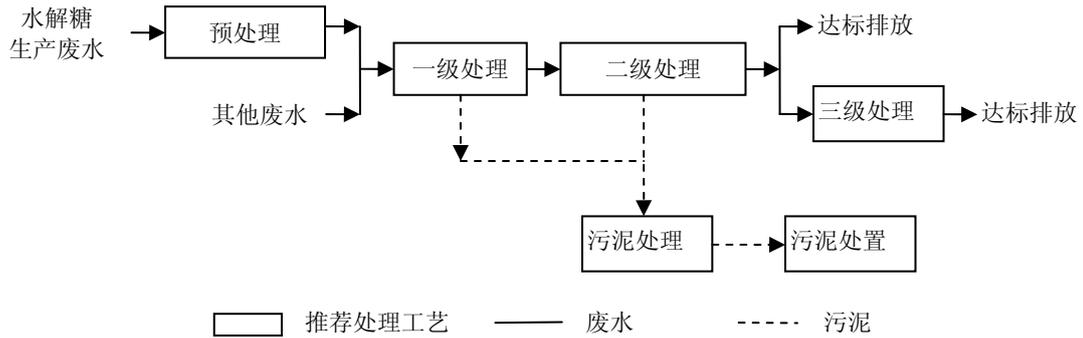


图 4 味精生产水污染治理工艺流程

3.3.1 预处理技术

以玉米等淀粉质原料生产淀粉水解糖过程产生的废水，主要包括淀粉加工废水和制糖清洗废水，废水水质 COD_{Cr} 为 8000~15000mg/L， BOD_5 为 5000~8000mg/L。一般先采用厌氧为主体的预处理工艺后，方可与其他废水混合进入综合废水一级处理。预处理工艺主要工艺流程包括格栅、提升泵房、调节池、pH 调节、水温调节和厌氧处理单元，厌氧处理主要包括如下处理技术。

3.3.1.1 UASB（上流式厌氧污泥床反应器）厌氧生物处理技术

该技术将整个反应器主体分为反应区和气、液、固三相分离区，在三相分离区下部，是由沉淀性能良好的颗粒污泥形成的厌氧污泥反应区。

该技术可将废水中的 COD_{Cr} 降低到 750~1500mg/L，并可回收沼气。

该技术适用于水解糖制备过程生产废水的预处理。

3.3.1.2 IC（内循环厌氧反应器）厌氧生物处理技术

该技术 IC 反应器的内部有一个依靠自身产生的沼气来驱动的内循环系统。这个内循环系统使 IC 反应器内既能保持较高的污泥浓度，又能通过提高水力负荷来提高传质速率，故反应器容积效率很高，可达 UASB 的 2~2.5 倍。

该技术可将废水中的 COD_{Cr} 降低到 750~1500mg/L，并可回收沼气，厌氧出水中不含污泥，出水水质好，对后续好氧处理十分有利。

该技术适用于水解糖制备过程生产废水的预处理。

3.3.2 一级处理技术

预处理后的出水与其他生产过程废水，如灭菌洗罐废水、树脂洗涤水、炭柱冲洗废水和污冷凝水混合，进行以均质调节等措施为主体的一级处理过程，主要包括格栅、提升泵房、调节池、pH 调节设施等。

该技术主要对不同来源及水质废水进行均质调节，以适应后续二级处理的要求。

3.3.3 二级处理技术

综合废水经一级处理后进行以二级生化处理为主体的净化过程，进入二级处理的综合废水水质一般 COD_{Cr} 为 1000~1200mg/L、总氮 200~300 mg/L、氨氮 150~250 mg/L、总磷 10mg/L 左右、悬浮物（SS）200~800mg/L。由于味精工业生产废水具有较高的氨氮浓度，因此二级处理生化单元宜选用抗冲击负荷能力强、具有脱氮功能的处理工艺，主要包括如下处理技术。

3.3.3.1 A/O（缺氧/好氧）生物脱氮处理技术

该技术为缺氧/好氧分段式处理工艺，在 O 段（好氧段）发生硝化反应， $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 浓度下降，但总氮浓度基本不变；实际脱氮是依赖内循环回流到 A 段（缺氧段）发生反硝化反应来完成，通常采用两级或两级以上的 A/O 法，第二级 A/O 普遍需要添加碳源，pH 需跟踪控制。

该技术 COD_{Cr} 去除率 75%~85%， BOD_5 的去除率 75%~95%，氨氮的去除率 $\geq 90\%$ 。

该技术适用于除淀粉水解糖制备废水之外的味精综合废水的处理，但总氮脱除达标困难，且占地面积大，运行成本高。

3.3.3.2 新型 ASND（好氧同步硝化反硝化）生物脱氮处理技术

该技术的生化菌群由异养硝化和好氧反硝化菌强化构建，反应特征是一段曝气反应池在有氧条件下同时进行碳氧化、氨氮硝化和反硝化，进入水中的有机物可直接作为异养硝化和反硝化的碳源，脱除有机物和脱除氨氮、总氮同时进行。

该技术可实现 COD_{Cr} 和氨氮的去除率 $\geq 90\%$ ，总氮去除率 75%~85%。

该技术适用于除淀粉水解糖制备废水之外的味精综合废水的处理，总氮脱除效果好，可承受更高进水有机物和总氮负荷，可达到更高效率的脱氮率和有机物去除率。

3.3.3.3 接触氧化法生化处理技术

该技术属于好氧生物膜法的一种，在传统活性污泥的基础上增加填料载体，既具有传统活性污泥的特点，且生物量比活性污泥多，在有限的动力供给条件下生物活性高，底物的传质速度快。

当进水 COD_{Cr} 为 500~800mg/L，氨氮 100~150 mg/L， COD_{Cr} 去除率 $\geq 80\%$ ，氨氮去除率 $\geq 90\%$ ，但该技术承受污染物负荷能力较弱。

该技术适用于除淀粉水解糖制备废水之外的味精综合废水的处理，尤其适合于仅进行味精精制生产的企业废水。

3.3.4 三级处理技术

当综合废水二级处理出水不能达标排放时应进行三级处理，当有更高的水质要求时，可增加吸附技术、膜分离技术和强氧化等技术中的一种或几种组合。

3.3.4.1 常规物化法处理技术

常规深度处理技术是指采用物化法将生化法处理后的出水进一步处理，降低废水中的污染物浓度，通常采用混凝沉淀法、过滤法等。

混凝沉淀法是向废水中投加混凝剂和絮凝剂，与废水中污染物形成大颗粒絮状体，经沉淀与水分离，可实现 COD_{Cr} 去除率 40%~50%、SS 去除率 70%~90%、总磷去除率 $\geq 80\%$ 。

过滤法是将经混凝沉淀处理后的废水进一步处理，采用石英砂、无烟煤、陶粒和瓷砂等多孔物质将废水中的残余有机物和 SS 吸附脱除，与混凝沉淀法结合后 SS 的去除率可达 80%~90%。

该技术可进一步去除味精废水中的 SS、磷和有机污染物。

3.3.4.2 双膜法处理技术

双膜法是利用天然或人工合成膜，以浓度差、压力差及电位差等为推动力，对二组分以上的溶质和溶剂进行分离提纯和富集的方法。味精废水常见的膜分离法包括超滤和反渗透。

该技术分离效率高，出水水质好，易于实现自动化；但膜的清洗难度大，投资和运行费用较高。经双膜法深度处理后的出水可用于锅炉和其他工艺用水，一般不作为味精生产过程工艺用水。

该技术可进一步去除味精废水中的 SS、有机污染物和氮、磷。

3.4 固体废物处理处置技术

原料处理及水解糖制备过程会产生极少量的粉渣或米渣，一般作为饲料出售。

味精精制生产过程所产生的废活性炭滤饼一般由原活性炭生产厂家回收。

末端废水处理中所产生的剩余污泥经浓缩、离心脱水后可与尾液合并，经喷浆造粒制造复合肥。其中的厌氧污泥也可压滤形成泥饼后直接作为肥料出售。

3.5 噪声污染治理技术

噪声污染主要从声源、传播途径和受体防护三个方面进行防治。尽可能选用低噪声设备，采用消声、隔振、减振等措施从声源上控制噪声；采用隔声、吸声、绿化等措施在传播途径上降噪。

3.6 味精工业污染防治新技术

3.6.1 氨基酸植物营养液制备技术

该技术指将分离（或离交）尾液经提取菌体蛋白及硫酸铵后的脱盐液，用 CaO 固定部分硫酸根离子后，用液氨调节 pH 值制得。该营养液除 N、P 外，还富含谷氨酸及各种衍生氨基酸等多种营养成分，可作为生态农业的有机肥料。

该技术可使脱盐液直接转化为液态肥料，消除了喷浆造粒制造复合肥的二次污染，但肥料运输及储存的成本较高。

该技术适用于与絮凝气浮法生产菌体蛋白技术和浓缩结晶制备硫酸铵技术结合形成组合工艺用于尾液的综合利用，尤其适用于建立工农业相结合的循环经济。

4 味精工业污染防治可行技术

4.1 味精工业污染防治可行技术组合

按整体性原则，从设计时段的源头污染预防到生产时段的污染防治，依据生产工序的产污节点和技术经济适宜性，确定可行技术组合。

味精工业污染防治可行技术组合见图 5。

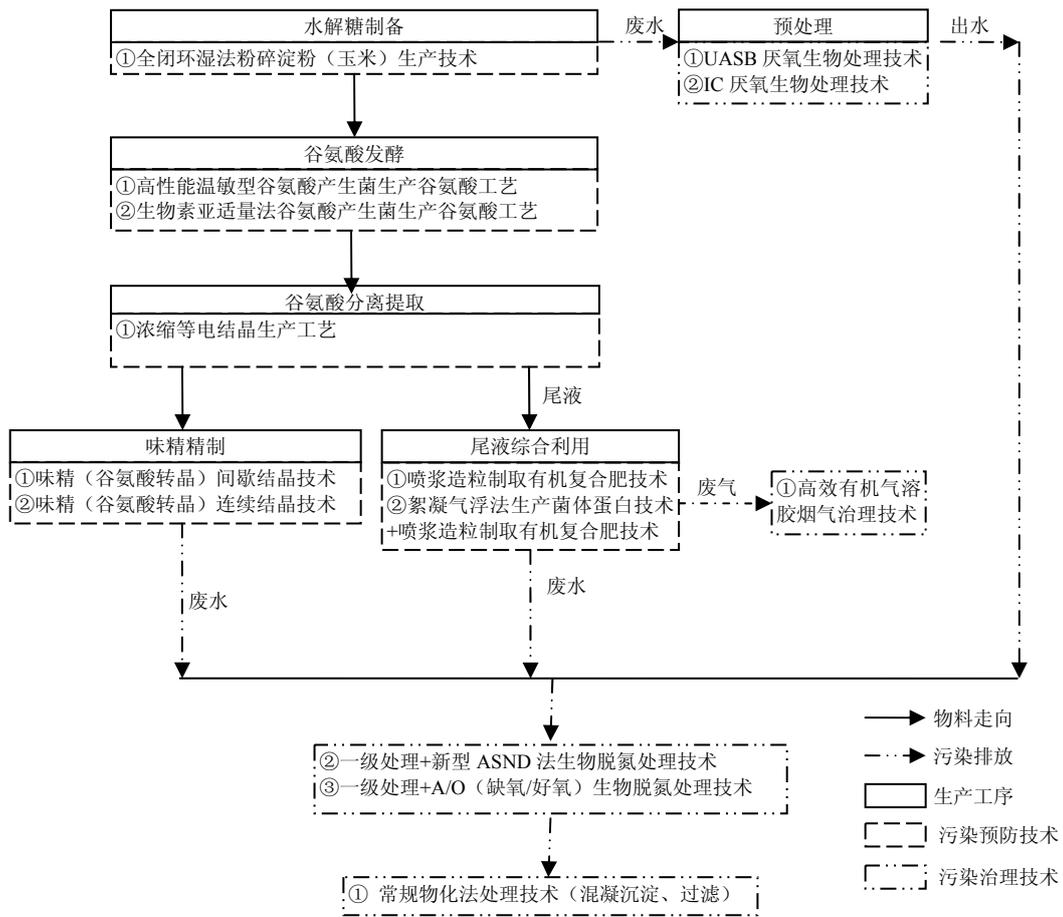


图 5 味精工业污染防治可行技术组合

4.2 工艺过程污染预防可行技术

4.2.1 水解糖制备工序污染预防可行技术

4.2.1.1 全闭环湿法粉碎淀粉（玉米）生产技术

(1) 可行工艺参数

取水量 $\leq 4.5\text{m}^3/\text{t}$ 淀粉，水重复利用率 $\geq 70\%$ ，玉米淀粉收率 $\geq 68\%$ ，总产品干物收率 $\geq 95\%$ ，硫磺用量 $\leq 2.2\text{kg}/\text{t}$ ，电耗 $\leq 220\text{kwh}/\text{t}$ 淀粉。

(2) 污染物削减和排放

废水产生量 $\leq 4.0\text{m}^3/\text{t}$ 淀粉， COD_{Cr} 产生量 $\leq 24\text{kg}/\text{t}$ 淀粉，氨氮产生量 $\leq 0.24\text{kg}/\text{t}$ 淀粉。比传统湿法粉碎淀粉（玉米）生产技术吨淀粉废水产生量降低 20%，吨淀粉 COD_{Cr} 产生量降低 25%，吨淀粉氨氮产生量降低 20%。

(3) 二次污染及防治措施

该技术产生的淀粉加工废水是高浓度有机废水，一般先采用厌氧为主体的处理工艺进行预处理后，方可与其他废水混合进入综合废水一级处理。

(4) 技术经济适用性

投资成本 0.8 亿~1 亿元/30 万 t 淀粉，运行成本 1000~1500 元/t 淀粉。

该技术适用于以玉米为原料的淀粉生产。

4.2.2 谷氨酸发酵工序污染预防可行技术

4.2.2.1 高性能温敏型谷氨酸产生菌生产谷氨酸工艺

(1) 可行工艺参数

葡萄糖消耗 1.3~1.5t/t 谷氨酸，蒸汽消耗 1.7~4.3t/t 谷氨酸，电耗 750~950kWh/t 谷氨酸，综合能耗 0.31~0.67 (标煤/t 谷氨酸)，产酸率：17%~18%；糖酸转化率：65%~68%；发酵周期：32 小时。

(2) 污染物削减和排放

比生物素亚适量法吨谷氨酸综合能耗降低约 14%，通过产酸率和糖酸转化率提高从而减少整个味精后续生产工序废水和 COD_{Cr} 产生量。

(3) 二次污染及防治措施

该工艺过程主要产生灭菌洗罐废水，应进入综合废水末端处理系统；发酵罐灭菌放空时的噪声可采用隔声、吸声等措施降噪。

(4) 技术经济适用性

投资成本：1 亿~1.5 亿元/5 万 t 谷氨酸；运行成本：1000~1100 元/t 谷氨酸。

该工艺适用于以淀粉、糖蜜为原料的谷氨酸发酵。

4.2.2.2 生物素亚适量法谷氨酸产生菌生产谷氨酸工艺

(1) 可行工艺参数

葡萄糖消耗 1.5~1.7t/t 谷氨酸，蒸汽消耗 2~5t/t 谷氨酸，电耗 870~1100kWh/t 谷氨酸，综合能耗 0.36~0.78 (标煤/t 谷氨酸)，产酸率：13%~14%，糖酸转化率：58%~60%，发酵周期：30 小时。

(2) 污染物削减和排放

为大多数味精企业所采用，比高性能温敏型生产工艺易于管理和控制。

(3) 二次污染及防治措施

该工艺过程主要产生灭菌洗罐废水，应进入综合废水末端处理系统；发酵罐灭菌放空时的噪声可采用隔声、吸声等措施降噪。

(4) 技术经济适用性

投资成本 1 亿~1.5 亿元/5 万 t 谷氨酸；运行成本 1500~2000 元/t 谷氨酸。

该工艺适用于以淀粉为原料的谷氨酸发酵。

4.2.3 谷氨酸提取工序污染预防可行技术

4.2.3.1 浓缩等电结晶工艺

(1) 可行工艺参数

硫酸消耗量 0.4~0.5 t/t 谷氨酸，无液氨和新鲜水消耗，蒸汽消耗 2~4 t/t 谷氨酸，电耗 400~600 kWh/t 谷氨酸，综合能耗 0.31~0.59 标煤/t 谷氨酸。

(2) 污染物削减和排放

废水产生量 3~5 m³/t 谷氨酸，COD_{Cr} 产生量 0.9~2.5kg/t 谷氨酸，氨氮产生量 0.3~1kg/t 谷氨酸。比等电离交生产工艺吨谷氨酸综合能耗降低约 50%，吨谷氨酸废水产生量降低约 65%，吨谷氨酸 COD

和氨氮产生量分别降低 90%和 95%以上。

(3) 二次污染及防治措施

该工艺过程主要产生分离尾液和污冷凝水，分离尾液进入尾液综合利用工序，污冷凝水进入综合废水末端处理系统。

(4) 技术经济适用性

投资成本 0.8 亿~1 亿元/5 万 t 谷氨酸，运行成本 1000~1500 元/t 谷氨酸。

该工艺适用于发酵液中谷氨酸的分离提取。

4.2.4 味精精制工序污染预防可行技术

4.2.4.1 味精间歇结晶技术（谷氨酸转晶）

(1) 可行工艺参数

活性炭消耗 0.006~0.015t/t 味精；纯碱消耗 0.36~0.37t/t 味精；取水量 3~5t 水/t 味精；蒸汽消耗 2~3t/t 味精；电耗 80~110 kWh/t 味精；综合能耗 0.27~0.39 标煤/t 味精。

(2) 污染物削减和排放

废水产生量 2~3 m³/t 味精；COD_{Cr} 产生量 0.6~1.5kg/t 味精；氨氮产生量 0.04~0.15kg/t 味精。比味精传统精制技术吨味精综合能耗降低约 50%，吨味精废水产生量降低约 37%，吨味精 COD_{Cr} 和氨氮产生量分别降低 38%和 47%以上。

(3) 二次污染及防治措施

该工艺过程主要产生炭柱冲洗废水和废活性炭滤饼，废水进入综合废水末端处理系统，废活性炭滤饼一般由原活性炭生产厂家回收。

(4) 技术经济适用性

投资成本 0.3 亿~0.4 亿元/5 万 t 味精，运行成本 500~800 元/t 味精。

该工艺适用于转晶谷氨酸的味精精制生产。

4.2.4.2 味精连续结晶技术（谷氨酸转晶）

(1) 可行工艺参数

活性炭消耗 0.006~0.015 /t 味精；纯碱消耗 0.36~0.37 t/t 味精；取水量 1.2t 水/t 味精；蒸汽消耗 3t/t 味精；电耗 130kWh/t 味精；综合能耗 0.4 标煤/t 味精。

(2) 污染物削减和排放

废水产生量 1.5 m³/t 味精；COD_{Cr} 产生量≤3kg/t 味精，比味精传统精制技术吨味精综合能耗降低约 40%，吨味精废水产生量降低约 62%。

(3) 二次污染及防治措施

该工艺过程主要产生炭柱冲洗废水和废活性炭滤饼，废水进入综合废水末端处理系统，废活性炭滤饼一般由原活性炭生产厂家回收。

(4) 技术经济适用性

投资成本 0.2 亿~0.25 亿元/5 万 t 味精，运行成本 500~800 元/t 味精。

该工艺适用于转晶谷氨酸的味精精制生产，对来料质量要求较高，一般适用于生产小颗粒味精。

4.2.5 尾液综合利用工序污染预防可行技术

4.2.5.1 喷浆造粒制造复合肥技术

(1) 可行工艺参数

电耗 70~90kWh/t 复合肥，综合能耗 0.3~0.4t 标煤/t 复合肥。

(2) 污染物削减和排放

该技术可使分离（或离交）尾液全部转化为复合肥，实现了全部尾液的资源化和高值化，大大降低了排放废水中的 COD_{Cr} 和氨氮浓度。废水产生量 0.8~1m³/t 复合肥；COD 产生量 0.24~0.4kg/t 复合肥；氨氮产生量 0.16~0.24kg/t 复合肥；废气产生量：20000~25000 m³/t 复合肥；VOCs/SVOCs 有机废气产生量为 1~1.75t/t 复合肥。

(3) 二次污染及防治措施

蒸发浓缩过程会产生污冷凝水，喷浆造粒过程会产生含有颗粒物和 VOCs/SVOCs 有机废气。污冷凝水进入综合废水末端处理系统，烟气一般采用高效有机气溶胶烟气治理技术。

(4) 技术经济适用性

投资成本 600 万~800 万元/5 万 t 谷氨酸，运行成本 300~500 元/t 复合肥。

该技术适用于尾液的全部综合利用。

4.2.5.2 絮凝气浮法生产菌体蛋白技术+喷浆造粒制造复合肥技术

(1) 可行工艺参数

电耗：76~100kWh/t 复合肥；综合能耗 0.306~0.409t 标煤/t 复合肥。

(2) 污染物削减和排放

该技术可提取分离（或离交）尾液中的菌体蛋白作为蛋白饲料出售，剩余尾液可全部转化为复合肥，实现了全部尾液的资源化和高值化，大大降低了排放废水中的 COD_{Cr} 和氨氮浓度。废水产生量 0.8~1m³/t 复合肥；COD_{Cr} 产生量 0.24~0.4kg/t 复合肥；氨氮产生量 0.16~0.24kg/t 复合肥；废气产生量：20000~25000 m³/t 复合肥；VOCs/SVOCs 有机废气产生量为 1~1.75t/t 复合肥。

(3) 二次污染及防治措施

蒸发浓缩过程会产生污冷凝水，喷浆造粒过程会产生含有颗粒物和 VOCs/SVOCs 有机废气。污冷凝水进入综合废水末端处理系统，烟气一般采用高效有机气溶胶烟气治理技术。

(4) 技术经济适用性

投资成本 1600 万~1800 万元/5 万 t 谷氨酸，运行成本 320~530 元/t 复合肥。

该技术适用于尾液中蛋白质的分离提取及尾液的全部综合利用。

4.3 大气污染治理可行技术

4.3.1 高效有机气溶胶烟气治理技术

(1) 可行工艺参数

该技术流程为气溶胶烟气的文丘里洗涤、一级喷淋塔洗涤、二级喷淋塔洗涤和静电处理器处理。其中文丘里洗涤采用发酵废液直接洗涤，静电处理工序中采用同极距为 250~600mm 间距的六角蜂窝型阳极管高压电场，其静电处理设备使用导电非金属复合材质材料。

(2) 污染物削减和排放

能够实现 VOCs/SVOCs 去除效率 $\geq 95\%$ ，颗粒物去除率 $\geq 99\%$ ，并且去除烟气造成的烟带。

(3) 二次污染及防治措施

静电处理器捕集的有机溶剂和洗涤废液回到浓缩工序，进行蒸发浓缩，浓缩冷凝液到废水处理厂处理或回用生产，浓缩液进行喷浆造粒生产复合肥。

(4) 技术经济适用性

该技术投资成本为 130 万~170 万元/万 t 复合肥，运行成本 27~35 元/t 复合肥，可降低废气排放对环境的影响，实现废气的达标排放。以单台 10 万 m^3/h 风量的造粒机为例，可以喷浆固含物为 40%~46%的浓缩料液 9~10 m^3/h 。每天可以生产复合肥 96t 以上，每天可以减少排放工业气溶胶烟气污染物 120t 以上。

该技术适用于喷浆造粒制造复合肥过程产生的废气治理。

4.4 水污染治理可行技术

4.4.1 UASB 厌氧生物处理技术

(1) 可行工艺参数

容积负荷宜为 5~10 $\text{kgCOD}_{\text{Cr}}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ ，污泥浓度宜为 10~20 g/L ，水力停留时间宜为 12~20h；有效高度一般为 5~10m，单座体积不宜超过 2000 m^3 ；厌氧进水的 pH 值宜为 6.5~7.5， $\text{COD}_{\text{Cr}}/\text{SO}_4^{2-}$ 的比值宜不小于 10，SS 的含量宜小于 1500 mg/L ；厌氧处理宜采用中温厌氧技术，温度宜为 32 $^{\circ}\text{C}$ ~35 $^{\circ}\text{C}$ ；厌氧出水为满足后续二级生化脱氮处理， BOD_5/TN 比值宜大于 4。

(2) 污染物削减和排放

当味精原料（淀粉）废水中的 COD_{Cr} 低于 15000 mg/L 时， COD_{Cr} 去除率为 80%~90%， BOD_5 去除率为 90%~95%，产沼气量 0.4~0.5 $\text{m}^3/\text{kg COD}$ 。

(3) 二次污染及防治措施

厌氧出水需和其他味精废水混合后进入二级生物处理。

厌氧生物处理产生的沼气应妥善收集，经脱水脱硫等净化过程用于锅炉燃烧或其他用途，防止沼气排放对环境的污染。

厌氧生物处理产生的剩余污泥应输送至综合废水处理工程污泥系统处理。

(4) 技术经济适用性

该技术有机物处理效率高，适用于水解糖生产废水的预处理。

4.4.2 IC 厌氧生物处理技术

(1) 可行工艺参数

容积负荷宜为 10~25 $\text{kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ ，污泥浓度宜为 20~40 g/L ，水力停留时间宜为 6~12h；高度不宜超过 25m，单座体积不宜超过 1500 m^3 ；厌氧进水的 pH 值宜为 6.5~7.5， $\text{COD}_{\text{Cr}}/\text{SO}_4^{2-}$ 的比值宜不小于 10，SS 的含量宜小于 1500 mg/L ；厌氧处理宜采用中温厌氧技术，温度宜为 32 $^{\circ}\text{C}$ ~35 $^{\circ}\text{C}$ ；厌氧出水为满足后续二级生化脱氮处理， BOD_5/TN 比值宜大于 4。

(2) 污染物削减和排放

同 4.4.1 (2)。

(3) 二次污染及防治措施

同 4.4.1 (3)。

(4) 技术经济适用性

该技术有机物处理效率高，是 UASB 厌氧生物处理技术的 2~2.5 倍，厌氧出水中不含污泥，出水水质好，对后续好氧处理十分有利，适用于水解糖生产废水处理。投资成本 800~1000 元/t 废水，运行成本 0.6~1.0 元/t 废水。

4.4.3 A/O（缺氧/好氧）生物脱氮处理技术

(1) 可行工艺参数

污泥回流比一般为 60%~100%，宜保证生化反应池中污泥浓度为 3000~5000mg/L；内循环回流比应大于 400%；反应池温度应控制在 15℃~30℃之间，pH 值宜为 7~8；有机容积负荷：0.1~0.3 kgCOD_{Cr}/m³d；推流式曝气池可采用两级或两级以上的 A/O 法，第二级 A/O 普遍需要添加碳源，pH 需跟踪控制。若采用 SBR 工艺可以通过增加缺氧运行时段达到生物脱氮的效果，运行周期宜为 6~12h，其中缺氧运行 1~2h，好氧运行 4~8h，充水比宜为 0.15~0.3。

(2) 污染物削减和排放

COD_{Cr} 去除率 75%~85%，BOD₅ 的去除率 75%~95%，氨氮的去除率 ≥90%。

(3) 二次污染及防治措施

废水处理产生的剩余污泥应输送至综合废水处理工程污泥系统处理。

二级生化处理后废水中磷若不能达标时，可进行化学除磷处理，亦可进行深度处理后回用。

废水处理过程中产生的少量恶臭气体，可通过设置与办公生活区合理的距离减少对人群的影响；亦可对产生臭气的调节池和生化反应池等主要设施采取密闭措施，统一收集臭气后进行除臭处理。

(4) 技术经济适用性

该技术适用于味精综合废水的处理，废水浓度范围宜为 COD_{Cr}（1000~1200mg/L）、BOD₅（400~700 mg/L）、氨氮（50~100mg/L）；总氮脱除效率受混合液回流比限制，占地面积大，投资成本 2000~2500 元/t 废水（全流程），运行成本 2.0~2.5 元/t 废水。

4.4.4 新型 ASND 法生物脱氮处理技术

(1) 可行工艺参数

污泥回流比一般为 60%~100%，宜保证生化反应池中污泥浓度为 3000~5000mg/L；反应池温度应控制在 15℃~30℃之间，pH 值宜为 7~8，有机容积负荷 0.38kgCOD_{Cr}/m³d，0.069 kgNH₃-N/m³d；采用 SBR 工艺时，反应池个数宜为 2 个以上，其运行周期宜为 6~12h，充水比宜为 0.15~0.3；采用推流式曝气池时可采用多点进水的灵活进水方式，以补充后段碳源不足。

(2) 污染物削减和排放

COD_{Cr} 去除率 ≥90%，BOD₅ 的去除率 75%~95%，氨氮的去除率 ≥90%，总氮去除率 75%~85%。

(3) 二次污染及防治措施

同 4.4.3 (3)。

(4) 技术经济适用性

该技术适用于味精综合废水的处理，废水浓度范围为 COD_{Cr}（1000~1200mg/L）、BOD₅（400~700 mg/L）、氨氮（150~250mg/L）、总氮（200~250mg/L）；该技术总氮脱除效果好，可承受更高进水有机物和总氮负荷，可达到更效率的脱氮率和有机物去除率。投资成本 2250~2500 元/t 废水（全流程），运行成本 1.0~1.5 元/t 废水。

4.4.5 常规物化法处理技术

(1) 可行工艺参数

混凝段常用的混凝剂有铁盐、石灰、铝盐及其高分子混凝剂，常用的助凝剂是聚丙烯酰胺（PAM），混凝剂和助凝剂的种类和投加量应通过试验确定，充分考虑混凝反应过程中pH值对药剂投加量和处理效果的影响；

沉淀池表面负荷 $0.8\sim 1.5\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ，水力停留时间 $2.5\sim 4\text{h}$ ，采用斜板(管)沉淀池其表面负荷可按比普通沉淀池的设计表面负荷提高 1~2 倍考虑；

当SS指标要求较严时，混凝沉淀后的废水宜进行过滤处理，其工艺要求如下：过滤的进水悬浮物宜小于 30mg/L ；过滤系统可采用各种过滤池和机械过滤器；可采用无烟煤、石英砂、陶粒滤料、聚苯烯泡沫滤珠、金刚砂、纤维球、纤维束等滤料。

(2) 污染物削减和排放

混凝沉淀法可实现 COD_{Cr} 去除率 40%~50%、SS 去除率 70%~90%、总磷去除率 $\geq 80\%$ ，“混凝+过滤”组合技术 SS 去除率可达 80%~90%。

(3) 二次污染及防治措施

由于该部分污泥、滤渣金属盐含量较高，为了减少对周边环境的影响，常用填埋的方法进行处理。

(4) 技术经济适用性

该技术可进一步去除水中有机物、磷及 SS，适用于味精综合废水的三级深度处理。投资成本 200~300 元/t 废水，运行成本 0.5~0.7 元/t 废水。

4.5 固体废物处理处置可行技术

原料处理及水解糖制备过程会产生极少量的粉渣或米渣，一般作为饲料出售；

味精精制生产过程所产生的废活性炭滤饼一般由原活性炭生产厂家回收；

末端废水处理中所产生的剩余污泥经浓缩、离心脱水后可与尾液合并，经喷浆造粒制取复合肥。其中的厌氧污泥也可压滤形成泥饼后直接作为肥料出售。三级处理产生的污泥常用填埋的方法处理。

4.6 技术应用中的注意事项

(1) 加强操作运行管理，建立并执行岗位操作规程，制定应急预案，定期对员工进行技术培训和应急演练；

(2) 加强生产设备及污染物治理设备的使用、维护和维修管理，保证设备正常运行；

(3) 按要求设置污染源标志，建立健全记录和档案制度，如主要设备的运行和维修情况记录；各种污染物排放数据和烟气连续监测数据记录、各种污染物处理处置情况记录等。

(4) 谷氨酸发酵及提取（等电离交）加入氨水设备宜安装密闭罩，减少污染物泄漏；氨水在转运过程中应加强密封措施；

(5) 喷浆造粒制造复合肥过程产生的废气处理设备应定期检查处理效率，加强对静电处理设备的管理；

(6) 废水处理过程产生的臭气可参照相关废水处理工程技术规范的要求执行。

(7) 味精生产过程应按照相关清洁生产标准要求采用清洁生产技术，提高资源、能源利用率，降低废水污染负荷；

(8) 在味精工业生产中，淀粉水解糖生产废水宜先进行厌氧预处理，再与其他味精废水混合处理，减少废水处理难度和成本；

(9) 对废水管线接口处和处理设施应进行防渗处理，防止有害污染物进入地下水；生产区和污水处

理区初期雨水应进行截流、调蓄和处理。

(10) 废水处理站污泥回用肥料应严格遵照农用肥料相关标准进行检测，避免产生二次污染。

(11) 味精生产中采用低噪声设备或采用隔声、减震措施，控制噪声源强；

(12) 对于发酵罐的排气口、灭菌排空及各类风机等噪声源，采用消声器等方式降低噪声。