

# 浙江省制药行业挥发性有机物 污染防治可行技术指南

浙江省生态环境厅

2020年9月

# 目次

|                        |    |
|------------------------|----|
| 前言.....                | 1  |
| 1 适用范围.....            | 2  |
| 2 规范性引用文件.....         | 2  |
| 3 术语和定义.....           | 2  |
| 4 生产工艺与 VOCs 产排情况..... | 4  |
| 5 污染预防技术.....          | 4  |
| 6 污染治理技术.....          | 6  |
| 7 环境管理措施.....          | 9  |
| 8 VOCs 污染防治可行技术.....   | 11 |
| 附录 A.....              | 13 |
| 附录 B.....              | 14 |

# 前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国大气污染防治法》《浙江省大气污染防治条例》，防治挥发性有机物（VOCs）污染，推动制药行业污染防治技术进步，制定本指南。

本指南以当前技术发展和应用状况为依据，可作为浙江省制药行业污染防治工作的参考技术资料。

本指南由浙江省生态环境厅组织制定。

本指南起草单位：台州市环境科学设计研究院有限公司、浙江工业大学、浙江恒诺环保科技有限公司。

## 1 适用范围

本指南适用于制药行业生产过程中产生的挥发性有机物污染控制。

## 2 规范性引用文件

本指南引用了下列文件或其中的条款。凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本指南。凡是未注明日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本指南。

|                |                                |
|----------------|--------------------------------|
| GB14554        | 恶臭污染物排放标准                      |
| GB 16297       | 大气污染物综合排放标准                    |
| GB 37822       | 挥发性有机物无组织排放控制标准                |
| GB 37823       | 制药工业大气污染物排放标准                  |
| GB/T 4754-2017 | 国民经济行业分类                       |
| GB/T 16157     | 固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法        |
| HJ 944         | 排污单位环境管理台账及排污许可证执行报告技术规范总则（试行） |
| HJ 2000        | 大气污染治理工程技术导则                   |
| HJ 2026        | 吸附法工业有机废气治理工程技术规范              |
| HJ 2027        | 催化燃烧法工业有机废气治理工程技术规范            |
| HJ 1093        | 蓄热燃烧法工业有机废气治理工程技术规范            |
| AQ/T 4274      | 局部排风设施控制风速检测与评估技术规范            |
| DB 33/2015     | 化学合成类制药工业大气污染物排放标准             |
| DB 33/923      | 生物制药工业污染物排放标准                  |

《浙江省化学原料药产业环境准入指导意见》

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本指南。

### 3.1 制药行业

GB/T 4754—2017 中规定的化学药品原料药制造（C271）、化学药品制剂制造（C272）、中药饮片加工（C273）、中成药生产（C274）、兽用药品制造（C275）。

### 3.2 工艺废气

制药行业生产工艺过程中排放的废气，包括配制、合成、提取、结晶、离心、过滤、干燥、精制、包装、溶剂回收等工艺排气，以及真空泵等辅助设备排气等。

### 3.3 发酵废气

发酵类化学原料药（医药中间体）生产过程中，从微生物发酵罐排出的含生物代谢物质的废气，也包括发酵罐清洗、消毒过程中向外排放的含污染物的蒸汽。

### 3.4 挥发性有机物（VOCs）

参与大气光化学反应的有机化合物，或者根据有关规定确定的有机化合物。

在表征 VOCs 总体排放情况时，根据行业特征和环境管理要求，可采用总挥发性有机物（以 TVOC 表示）、非甲烷总烃（以 NMHC 表示）作为污染物控制项目。

### 3.5 密闭

污染物质不与环境空气接触，或通过密封材料、密封设备与环境空气隔离的状态或作业方式。

### 3.6 密闭空间

利用完整的围护结构将污染物质、作业场所等与周围空间阻隔所形成的封闭区域或封闭式建筑物。该封闭区域或封闭式建筑物除人员、车辆、设备、物料进出时，以及依法设立的排气筒、通风口外，门窗及其他开口（孔）部位应随时保持关闭状态。

### 3.7 污染预防技术

为减少污染物排放，在生产过程中采用避免或减少污染物产生的技术。

### 3.8 污染治理技术

在污染物产生后，为了消除或者降低对环境的影响而采用的处理技术。

### 3.9 环境管理措施

企事业单位内，为实现污染物有效预防和控制而采取的管理方法和措施。

### 3.10 污染防治可行技术

根据一定时期内环境需求和经济水平，在污染防治过程中综合采用污染预防技术、污染治理技术、环境管理措施，使污染物排放稳定达到污染物排放标准、规模应用的技术。

## 4 生产工艺与 VOCs 产排情况

### 4.1 生产工艺

#### 4.1.1 化学合成制药

化学合成制药生产过程主要以化学原料为起始反应物，以化学反应及萃取、浓缩、精制、固液分离、干燥等后处理为主。其中化学反应类型包括酰化反应、裂解反应、硝基化反应、缩合反应和取代反应等，精制过程包括溶解、脱色过滤、结晶、离心等过程。工艺流程见附录 A-图 A.1。

#### 4.1.2 生物发酵制药

生物发酵制药生产工艺流程一般为：种子培养、微生物发酵、发酵液预处理和固液分离、提炼纯化、精制、干燥、包装等步骤。种子培养阶段通过摇瓶种子培养、种子罐培养及发酵罐培养连续的扩增培养，获得足够量健壮均一的种子投入发酵生产。发酵液预处理的主要目的是将菌体与滤液分离开，便于后续处理，通常采用过滤法处理。提取包括从滤液中提取和

菌体中提取两种不同工艺过程，产物提取的方法主要有萃取、沉淀、盐析等。产品精制纯化主要有结晶、喷雾干燥、冷冻干燥等几种方式。工艺流程见附录 A-图 A.2。

## 4.2 VOCs 产排特征

### 4.2.1 化学合成制药

化学合成制药产生的废气种类主要包括有机废气、无机废气、恶臭和粉尘。其中有机废气主要来自蒸馏、蒸发浓缩工段产生的有机不凝气，合成反应、分离提取过程产生的有机溶剂废气，根据企业使用产生的挥发性有机物质不同，排放的大气污染物主要包括酯类、醇类、酮类、醚类、卤化烃、烷烃类、烯烃类等溶剂废气；无机废气主要来自使用酸、碱调节 pH 值时产生的酸性或碱性废气，排放的大气污染物主要包括氯化氢、硫酸烟雾、氨气等；恶臭主要来自于污水站、固废堆场等，粉尘主要来自于粉碎、干燥等工序。废气产排特征见附录 A—表 A.1。

### 4.2.2 生物发酵制药

发酵类药物生产过程产生的废气主要包括发酵尾气（工艺恶臭）、有机废气、含尘废气、无机废气及废水处理装置产生的恶臭气体。发酵尾气气量大，主要成分为空气和二氧化碳，同时含有少量培养基物质以及发酵后期细菌产生抗生素时的菌丝气味，直接排放对厂区周边大气环境质量影响较大。有机废气主要产生于分离提取等生产工序。废气产排特征见附录 A—表 A.2。

## 5 污染预防技术

### 5.1 原辅料替代技术

#### 5.1.1 无毒无害原料替代技术

采用无毒、无害或低毒、低害的原料替代高毒和难以去除高毒的原料，减少 VOCs 的产生量和降低 VOCs 特征组分的毒性。

在化学合成中，采用水性洗涤液取代其他溶剂、溶液；选择毒性低的或活性保持时间长的、不易流失的催化剂等；使用未经暴露（氧化、蒸发）和无杂质与未受到污染的原料；设备清洗时选用不腐蚀设备且本身易被清除的清洁剂等。

#### 5.1.2 酶促、无溶剂技术

适用于抗生素类等药物的生产，使用生物酶作为催化剂制药，减少原辅材料种类，提高原辅材料利用效率，减少有机化学品在运输、贮藏和使用过程中的 VOCs 产排。

### 5.2 物料储存过程

#### 5.2.1 储罐气相平衡管技术

在储罐和槽车之间设置气相平衡管，采用气相平衡原理使呼吸尾气形成闭路循环，消除

因压力变化产生的呼吸气，避免废气外排。

### 5.2.2 储罐氮封技术

氮封系统结合呼吸阀，自动调节罐内压力的变化，根据设置的压力自动补充氮气和排出废气，确保系统内压力平衡，减少直接外排。

## 5.3 物料分离过程

### 5.3.1 液膜分离技术

利用混合物各种成分渗透性能的差异来实现分离、浓缩或是提纯。在液膜法中提取和解吸同时完成，提高分离效率，降低有机原辅料消耗量。

### 5.3.2 双水相萃取技术

依据物质在两相间的选择性分配，从发酵液中直接提取药物，工艺简单，收率高，避免了发酵液的过滤预处理和酸化操作，减少有机溶剂使用量。

### 5.3.3 无机陶瓷组合膜分离技术

以氧化铝、氧化钛、氧化锆等材料经特殊工艺制备而成的多孔非对称膜，其过滤精度涵盖微滤和超滤，可代替板框过滤等传统工艺设备，提高设备密闭性，减少有机原辅料挥发。适用于各类制药行业生产过程的分离、精制与浓缩，尤其是发酵类制药。

### 5.3.4 纳滤分离浓缩技术

介于超滤与反渗透之间的一种膜分离技术，可对小分子有机物与水、无机盐等进行分离，使脱盐和浓缩过程同时进行。具有常温无破坏、低成本、收率高等特点。适用于各种制药生产中的分离、精制与浓缩。

### 5.3.5 移动式连续离子交换技术

由一个带有多个树脂柱的圆盘和一个多孔分配阀组成，通过圆盘的转动和阀口的转换，使分离柱在一个工艺循环中完成吸附、水洗、解吸、再生的全部工艺过程。与传统固定床式离子交换柱法相比，减少树脂和洗涤水用量，洗脱剂消耗相应减少，产品总收率有所提高，单位产品原料消耗减少。适用于制药过程分离及精制工艺。

### 5.3.6 高效动态轴向压缩工业色谱技术

采用活塞装柱，并在操作过程中保持柱床压缩状态，所填装的色谱柱柱床均匀、性能稳定、密度高、柱效高、柱性能的再现性好。与传统多次结晶工艺相比，单位产品溶剂消耗减少，产品质量提高，单位产品运行成本下降。适用于理化性质相近的天然产物和生物大分子产品的分离制备。

## 6 污染治理技术

### 6.1 一般原则

应加强对制药行业生产工艺过程废气的收集，减少 VOCs 无组织排放。VOCs 无组织废气的收集和控制应符合 GB 37822 的要求，废气收集技术可参考附录 B。

高浓度 VOCs 废气，优先采用冷凝、吸附回收等技术对废气中的 VOCs 回收利用，并辅以催化燃烧、热力燃烧等治理技术实现达标排放及 VOCs 减排。采用燃烧法 VOCs 治理技术产生的高温废气宜进行热能回收。

中、低浓度 VOCs 废气，有回收价值时宜采用吸附技术回收处理，无回收价值时优先采用吸附浓缩 - 燃烧技术处理。

含非水溶性组分的废气不得仅采用水或水溶液洗涤吸收方式处理，原则上禁止将高浓度废气直接与大风量、低浓度废气混合后处理。

## 6.2 吸附法

该技术利用吸附剂（活性炭、活性炭纤维、分子筛等）吸附废气中的 VOCs 污染物，使之与废气分离，简称吸附技术，主要包括固定床吸附技术、移动床吸附技术、流化床吸附技术、旋转式吸附技术。制药行业常用的吸附技术为固定床吸附技术和旋转式吸附技术。配套吸附处理单元的含尘、含气溶胶、高湿废气、高温废气，应事先采用高效除尘、除雾装置、冷却装置等进行预处理。

### 6.2.1 固定床吸附技术

该技术适用于低浓度、无回收价值工艺废气的治理。吸附过程中吸附剂床层处于静止状态，对废气中的 VOCs 污染物进行吸附分离。制药行业一般使用活性炭颗粒、活性炭纤维作为吸附剂。应根据污染物处理量、处理要求等定时再生或更换吸附剂以保证治理设施的去除效率。入口废气 VOCs 浓度宜低于  $8000\text{mg}/\text{m}^3$ ，颗粒物浓度宜低于  $1\text{mg}/\text{m}^3$ ，温度宜低于  $40^\circ\text{C}$ ，相对湿度（RH）宜低于 80%。若废气中的污染物易在活性炭存在时发生聚合、交联、氧化等反应，不宜采用活性炭吸附技术。该技术的技术参数应满足 HJ 2026 的相关要求。活性炭吸附材料通过解吸而循环利用，脱附的 VOCs 可通过冷凝技术进行回收或通过燃烧技术进行销毁。

### 6.2.2 旋转式吸附技术

该技术适用于工况相对连续稳定的工艺产生的无组织废气或混合废气收集后的预浓缩。吸附过程中废气与吸附剂床层呈相对旋转运动状态，对废气中的 VOCs 污染物进行吸附分离，一般包括转轮式、转筒（塔）式。制药行业一般使用分子筛作为吸附剂，用于低浓度 VOCs 废气的预浓缩，脱附废气一般采用催化燃烧或蓄热燃烧技术进行治理。入口废气颗粒物浓度宜低于  $1\text{mg}/\text{m}^3$ ，温度宜低于  $40^\circ\text{C}$ ，相对湿度（RH）宜低于 80%。该技术的技术参数应满足 HJ 2026 的相关要求。转轮中沸石分子筛含量不宜低于 50%（wt%），设计风速不宜高于  $3.5\text{m}/\text{s}$ ，转轮厚度不宜低于 400mm。

## 6.3 燃烧法



通过热力燃烧或催化燃烧的方式，使废气中的 VOCs 污染物反应转化为二氧化碳、水等物质，简称燃烧技术，制药行业常用的燃烧技术包括热力燃烧技术（TO）、蓄热燃烧技术（RTO）、催化燃烧技术（CO）。处理含腐蚀性废气，应采用高效水喷淋装置、酸/碱喷淋吸收装置等进行预处理。应控制进入燃烧系统的废气中卤化物的含量，可采用大孔树脂吸附等工艺进行预处理。

### 6.3.1 热力燃烧技术（TO）

该技术适用于中、高浓度且无回收价值的工艺废气治理。该技术采用燃烧的方法使废气中的 VOCs 污染物反应转化为二氧化碳、水等物质。该技术产生的高温废气宜进行热能回收，并用于烘干工序。

### 6.3.2 蓄热燃烧技术（RTO）

该技术适用于废气成分变化较大的中、高浓度工艺废气治理。采用燃烧的方法使废气中的 VOCs 污染物反应转化为二氧化碳、水等物质，并利用蓄热体对燃烧产生的热量蓄积、利用。低浓度的无组织废气收集后，宜采用吸附技术进行预浓缩，再经 RTO 治理。采用固定换热床的 RTO 装置宜设计不少于三室，技术参数应满足 HJ 1093 的相关要求。

### 6.3.3 催化燃烧技术（CO）

该技术适用于中、高浓度常规工艺废气的治理。在催化剂作用下，废气中的 VOCs 污染物反应转化为二氧化碳、水等物质。该技术反应温度低、不产生热力型氮氧化物。制药行业采用的典型治理技术路线为“活性炭吸附/旋转式分子筛吸附浓缩+CO”。当废气中含有硫化物、卤化物、有机硅、有机磷等可能致催化剂中毒物质时，不宜采用此技术。该技术的技术参数应满足 HJ 2027 的相关要求。

## 6.4 冷凝法

该技术适用于高浓度废气或具备回收价值的工艺废气治理。利用物质在不同温度下的饱和蒸汽压不同，通过降低温度或提高压力，使废气中的挥发性有机成份冷凝分离。在处理高浓度有机废气时可直接采用冷凝工艺，在处理中、低浓度具备回收价值的废气时采用的典型治理技术路线为“活性炭吸附+氮气再生+冷凝回收”。采用该技术能够产生经济效益，回收溶剂使量越大，经济效益越明显。

## 6.5 喷淋吸收法

该技术适用于水溶性或酸碱废气的治理。使废气中的污染物与吸收剂充分接触，从而达到污染物去除的目的，根据吸收原理的不同，喷淋吸收法可分为物理吸收和化学吸收。制药行业常采用的喷淋吸收技术包括水喷淋吸收与化学喷淋吸收。

### 6.5.1 水喷淋吸收法

该技术适用于水溶性工艺废气的治理。利用有机醇、有机酸等组分易溶解于水的特点，

在废气通过水喷淋塔时，易溶解组分被喷淋液吸收，达到净化目的。

### 6.5.2 化学喷淋吸收法

该技术适用于酸性、碱性工艺废气的治理。利用有机酸、有机胺等组分易与吸收剂发生化学反应的特点，在废气通过化学喷淋塔时，VOCs 组分与吸收剂反应，达到净化目的。

## 6.6 生物法

该技术适用于污水站废气的治理。利用污水站废气中的 VOCs 及恶臭组分易生物降解的特点，在废气通过负载微生物的装置时，利用微生物降解废气中的 VOCs 及恶臭组分。制药行业采用的典型治理技术路线包括生物滤池、生物滴滤、生物洗涤等。生物法能耗低、运行费用少，其局限性在于污染物在传质和降解过程中需要有足够的停留时间，增加了设备的占地面积和投资成本。

## 7 环境管理措施

### 7.1 一般原则

企业应根据实际情况优先采用污染防治技术，若仍无法稳定达标排放，应采用适合的末端治理技术。

加强生产设备的使用、维护和维修管理，保证设备正常运行。

持续开展清洁生产，建立健康安全环境管理体系。

### 7.2 环境管理制度

企业应按照 HJ 944 的要求建立台账，记录含 VOCs 原辅材料的名称、采购量、使用量、回收量、废弃量、去向、VOCs 含量，污染治理设施的工艺流程、设计参数、投运时间、启停时间、温度、风量，过滤材料更换时间和更换量，吸附剂脱附周期、更换时间和更换量，催化剂更换时间和更换量等信息。台账保存期限不少于三年。

制定开停车、检维修、生产异常等非正常工况的操作规程和污染控制措施。加强操作管理，减少非计划停车及事故工况发生频次。

建立健全各项环境保护管理制度，包括环保设施运行管理制度、废气处理设施定期保养制度、废气监测制度、危废处理处置制度。

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。

### 7.3 无组织排放控制措施

#### 7.3.1 储存和贮存过程控制措施

储存真实蒸气压 $\geq 76.6\text{kPa}$ 的挥发性有机液体储罐，应采用低压罐、压力罐或其他等效措施。

储存真实蒸气压 $\geq 10.3\text{kPa}$ 但 $< 76.6\text{kPa}$ 且储罐容积 $\geq 30\text{m}^3$ 的挥发性有机液体储罐，应符合

下列规定之一：

a) 采用浮顶罐。对于内浮顶罐，浮顶与罐壁之间应采用浸液式密封、机械式鞋形密封等高效密封方式；对于外浮顶罐，浮顶与罐壁之间应采用双重密封，且一次密封应采用浸液式密封、机械式鞋形密封等高效密封方式。

b) 采用固定顶罐，排放的废气应收集处理并满足 GB 37823 的标准。

c) 采用气相平衡系统。

d) 采取其他等效措施。

车辆中转、装卸过程应设置密闭充装设施，充装设施应设有快速鹤管接头或平衡管等方式。

鼓励采用先进的装卸系统，油罐车可配备相应的油气回收系统，油气回收系统可采用深冷、吸附-回收、膜分离等技术或组合技术。

推行 LDAR 技术，对全厂挥发性有机物料的储罐及配套的管线、阀门、法兰、泵、密封件、机泵、压缩机等易发生泄漏的点位，开展定期检测并及时修复。

加强新型密封材料的引进和使用，并加强密封管理。

### 7.3.3 物料输送过程控制措施

液体物料采用管道输送与投料，在储罐和反应釜之间实现管道化送料，并设流量计量装置，物料计量后输送至反应釜。易燃、易爆、易挥发的物料，除工艺要求外，不宜采用高位槽计量，宜采用定量输送方式。对于工艺要求必须使用高位槽计量的，易燃、易爆、易挥发物料的高位槽宜设置氮封设施，高位槽与中间槽、罐区储罐应设置气相平衡管，高位槽与料桶间宜设置气相平衡管，尾气应接入废气处理系统。

淘汰水冲泵，优先使用液环泵、无油立式机械真空泵等密闭性较好的真空设备，安装缓冲罐并设置两级冷凝装置。输送易燃及有毒、有害液体化工物料，采用屏蔽泵、隔膜泵、磁力泵等无泄漏的泵或管道输送液体物料。间歇生产单元应采用全过程氮气保护自动控制系统，单元系统内的设备之间输送介质宜在避免交叉污染的情况下采用气相平衡管技术。

固体物料采用密闭式重力输送与投料，在直接投料的基础上增加设备，并进行密闭化改进，加料时打开反应系统连接废气收集系统的阀门，使物料在重力作用下自动加入至反应系统。

### 7.3.4 离心分离过程控制措施

淘汰敞口压滤机、板框式的明流压滤机，选用密闭式、自动化程度较高的压滤机。可根据物料的特性选用如“过滤-洗涤”二合一机、“过滤-洗涤-干燥”三合一机、立式全自动压滤机等。

淘汰敞开式、人工卸料离心机，采用密闭式、自动化程度较高的离心机。涉及到易燃、易爆、有毒、有腐蚀物料的离心机，选用密闭式自动卸料离心机；不能选用自动卸料离心机

的，应设置独立离心区域，并设局部强制通风设施，排风应经收集处理后再排放。

采用隔膜式压滤机、全密闭压滤罐、“三合一”、自动下出料离心机等封闭性好的固液分离设备。

液液分离设备，采用连续密闭分离装置，优先采用萃取离心机、连续萃取塔等。淘汰采用普通釜式分离的设备。

### 7.3.5 干燥过程控制措施

物料干燥应在密闭设备中进行，工艺条件和厂房设施允许的情况下，宜优先选用过滤洗涤干燥三合一机，以减少物料的转移，降低有害物质泄漏和有机溶剂挥发。工艺条件或者厂房层高等客观原因不适合选用过滤干燥一体机的，宜优先选用干燥效率高的双锥真空干燥机，单锥螺旋干燥机、闪蒸干燥机等。

干燥设备的进料和出料应采取相对密闭的措施，进出料区域应设置强制通风设施，排风经除尘器除尘后再排放。含有机溶剂的物料避免使用热风循环烘箱。

### 7.3.6 开停工（车）过程控制措施

载有 VOCs 物料的设备及管道在开停工（车）、检维修和清洗时，应在退料阶段将残存物料退净，并用密闭容器盛装，退料过程废气应排至 VOCs 废气处理系统；清洗及吹扫过程排气应排至 VOCs 废气收集处理系统。

## 7.4 污染治理设施的运行维护

企业应按照相关法律法规、标准和技术规范等要求运行污染治理设施，并定期进行维护和管理，保证治理设施正常运行，污染物排放应符合 GB 16297、GB 37823、GB 14554 等的要求。

企业应按照 GB/T 16157 技术规范的要求，设计、建设、维护永久性采样口、采样测试平台和排污口标志。

## 8 VOCs 污染防治可行技术

### 8.1 污染预防可行技术

VOCs 污染预防可行技术见表 8.1。

表 8.1 VOCs 污染预防可行技术

| 类别    | 预防技术           | 技术适用条件                 |
|-------|----------------|------------------------|
| 原辅料替代 | 无毒无害原料替代       | 适用于化学合成制药、生物发酵制药过程     |
|       | 酶促、无溶剂技术       | 适用于抗生素类药品制造            |
| 物料储存  | 储罐气相平衡管技术      | 适用于储存易挥发有机原料的固定顶储罐     |
|       | 储罐氮封技术         | 适用于储存易燃易爆物料的固定顶储罐      |
| 物料分离  | 液膜分离技术         | 适用于化学合成制药、生物发酵制药物料分离过程 |
|       | 双水相萃取技术        |                        |
|       | 无机陶瓷组合膜分离技术    |                        |
|       | 纳滤分离浓缩技术       |                        |
|       | 移动式连续离子交换技术    |                        |
|       | 高效动态轴向压缩工业色谱技术 |                        |

### 8.2 污染治理可行技术

VOCs 污染治理可行技术见表 8.2。

表 8.2 VOCs 污染治理可行技术

| 类别    | 治理技术     | 技术适用条件                             |
|-------|----------|------------------------------------|
| 吸附法   | 固定床吸附技术  | 适用于低浓度、无回收价值工艺废气的治理                |
|       | 旋转式吸附技术  | 适用于工况相对连续稳定的工艺产生的无组织废气或混合废气收集后的预浓缩 |
| 燃烧法   | 热力燃烧技术   | 适用于中、高浓度且无回收价值的工艺废气治理              |
|       | 蓄热式燃烧技术  | 适用于成分变化较大的中、高浓度工艺废气治理              |
|       | 催化燃烧技术   | 适用于中、高浓度常规工艺废气的治理，或是吸附浓缩后的脱附废气处理   |
| 冷凝法   | 冷凝技术     | 适用于高浓度废气或具备回收价值的工艺废气治理             |
| 喷淋吸收法 | 水喷淋吸收技术  | 适用于水溶性工艺废气的治理                      |
|       | 化学喷淋吸收技术 | 适用于酸性、碱性工艺废气的治理                    |
| 生物法   | 生物处理技术   | 适用于易生物分解的废气治理，例如污水站废气的治理           |

## 附录 A

### (资料型附录)

#### 制药工艺流程及主要产物环节

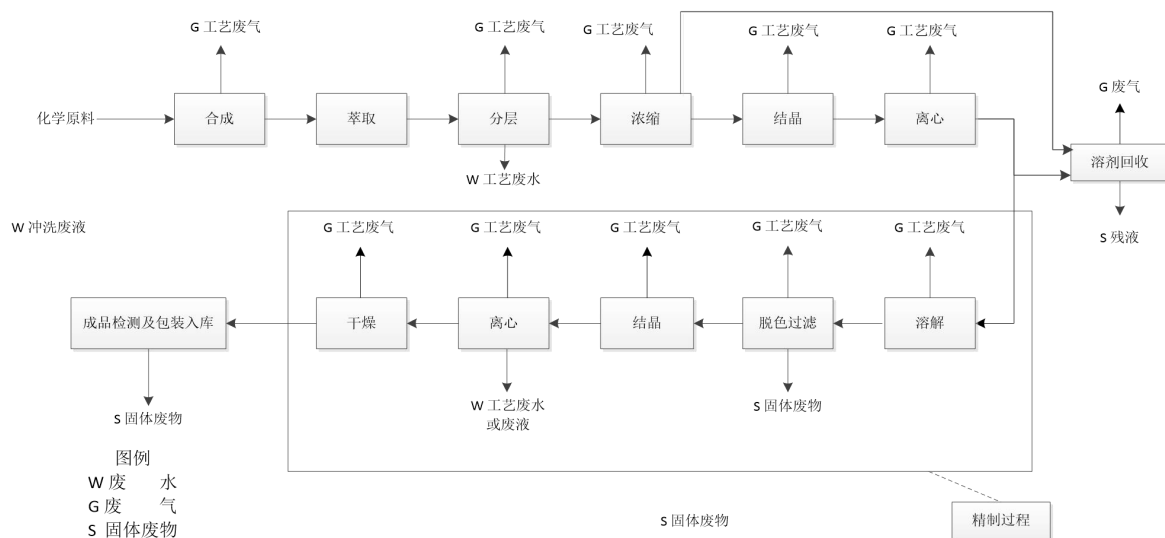


图 A.1 化学合成类生产工艺及排污环节

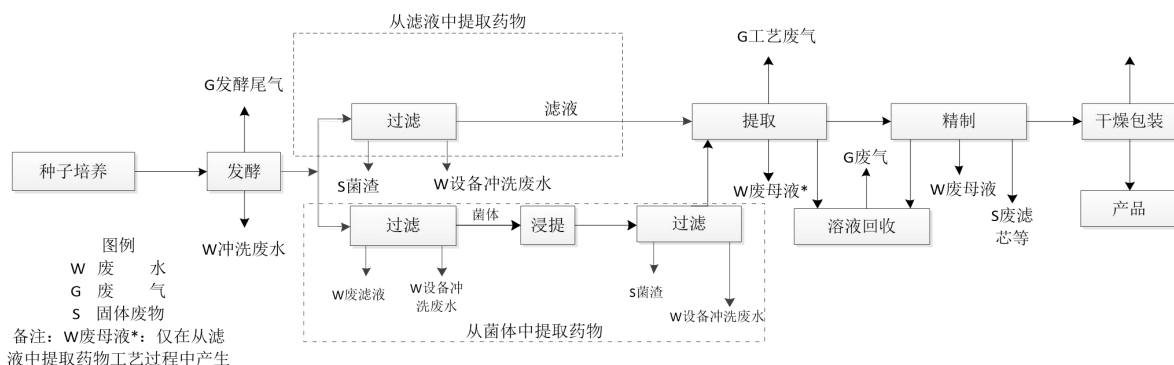


图 A.2 发酵类生产工艺及排污环节

表 A.1 化学合成类主要废气来源及特征

| 废气来源  | 产污环节    | 污染物类型        |
|-------|---------|--------------|
| 反应过程  | 投料卸料    | 粉尘、有机废气、无机废气 |
|       | 合成      | 有机废气、无机废气    |
| 后处理过程 | 溶剂回收    | 有机废气         |
|       | 固液分离    | 有机废气、无机废气、恶臭 |
|       | 干燥      | 有机废气、无机废气    |
|       | 出料      | 粉尘、有机废气、无机废气 |
| 物料输送  | 输送泵     | 有机废气、无机废气    |
|       | 真空泵     |              |
| 辅助设施  | 污水处理站   | 恶臭气体、无机废气、沼气 |
|       | 危险固废堆场  | 恶臭气体         |
| 物料储存  | 密闭储罐呼吸口 | 有机废气、无机废气    |
|       | 非密闭储槽   | 有机废气、无机废气    |

表 A.2 发酵类药物生产主要废气来源及特征

| 废气来源 | 产污环节    | 污染物类型        |
|------|---------|--------------|
| 反应过程 | 发酵      | 发酵尾气（工艺恶臭）   |
|      | 提取      | 有机废气、无机废气    |
|      | 溶剂回收    | 有机废气         |
|      | 干燥      | 含尘废气         |
| 物料输送 | 输送泵     | 有机废气、无机废气    |
|      | 真空泵     |              |
| 辅助设施 | 污水处理站   | 恶臭气体、无机废气、沼气 |
|      | 危险固废堆场  | 恶臭气体         |
| 物料储存 | 密闭储罐呼吸口 | 有机废气、无机废气    |
|      | 非密闭储槽   | 有机废气、无机废气    |

## 附录 B

### (资料型附录)

#### 制药生产废气收集技术

##### B.1 废气收集的一般规定

应根据废气性质、排放方式及污染物种类、浓度等,分类收集制药生产过程产生的废气。

废气收集系统应与生产设备同步运行,当发生故障维修时,应同步停止生产设备的运行。

废气收集系统应采用技术经济合理的密闭方式,在负压下运行,具有耐腐、气密性好的特性,同时考虑具备阻燃和抗静电等性能,并结合其他专业设备的运行、维护需要,设置观察口、呼吸阀等设施。

采用整体收集并且有人员在密闭空间中作业时,废气收集系统风量应同时考虑控制风速和有害物质的接触限值;气流组织宜确保送风或补风先经过人员呼吸带,并保证空间内无废气滞留死角。

设置有采暖设备或空调的车间,废气宜优先采用局部收集措施。

废气排风量应纳入车间的风量平衡计算;对于有洁净度和压差要求的车间,压差控制应考虑排风量的影响。

废气收集系统的输送管道应密闭。废气收集系统应在负压下运行,若处于正压状态,应对输送管道组件的密封点进行泄漏检测,泄漏检测值不应超过  $500\mu\text{mol/mol}$ ,亦不应有感官可察觉泄漏。废气收集的管路系统宜设置用于调节风量平衡的调节阀门。

废气收集系统宜避免横向气流干扰。

##### B.2 工艺过程废气收集

以“分质分类、资源回收”为原则,首先应根据有机、无机废气的类别进行区分,废气混合后能够进行二次化学反应或者爆炸的废气须单独收集,其次对于有机废气含卤化物和不含卤化物有机废气进行分类收集、分类处置。

对于产生逸散有机废气的设备,宜采取密闭、隔离和负压操作措施,在确定密闭罩吸风口位置、结构和风速时,应使罩口呈微负压状态,罩内负压均匀,防止有害气体外逸,并避免物料被抽走。

制药行业工艺废气 VOCs 收集方式参考表 B.1。



表 B.1 制药行业工艺废气收集方式

| 工艺过程     | 产生位置     | 污染物排放方式    | 收集方式                          |
|----------|----------|------------|-------------------------------|
| 物料贮存     | 密闭贮罐受液时  | 间歇         | 溶剂储罐设置氮封、大呼吸采用平衡管             |
|          | 非密闭贮槽、贮罐 | 连续         | 设置氮封、呼吸阀+冷凝装置                 |
| 物料输送     | 泵输送      | 贮槽处间歇排放    | 设呼吸阀                          |
|          | 真空抽料     | 间歇         | 水环泵设置冷却装置，排气口接入废气管道、呼吸口接入废气管路 |
| 投料       | 高位槽投料    | 反应釜中物料连续排放 | 通过废气管路排放                      |
|          | 泵投料      |            | 通过废气管路排放                      |
| 反应过程     | 常压反应     | 间歇         | 两级梯度冷凝后、接入废气管路                |
| 反应后放空    | 常压反应     | 间歇         | 设呼吸阀门、接入废气管路                  |
| 减压回收     | 水环泵抽气    | 连续         | 水环泵排气口接入废气管道、呼吸口接入废气管路        |
| 减压回收     | 呼吸口，放空罐  | 连续         | 两级梯度冷凝后、接入废气管路                |
| 过滤、离心后卸料 | 挥发       | 间歇         | 吸风罩接废气管路                      |
| 车间       | 无组织散放    | 强力引风、引风负压  | 引风至总废气处理系统                    |
| 污水站      | 无组织散放    | 连续         | 引风至总废气处理系统                    |
| 危废转运     | 无组织散放    | 间隙         | 密闭容器，及时转运至固定场所                |
| 固废堆放     | 无组织散放    | 连续         | 密闭容器、固定场所                     |