

# 制药工业水污染物排放标准 中药类

## 编 制 说 明

（征求意见稿）

国家环境保护总局环境标准研究所

二〇〇七年九月

# 目 录

<b>1 项目背景</b>	<b>2</b>
1.1 项目来源	4
1.2 主要工作过程	4
<b>2 制订本标准的必要性</b>	<b>5</b>
2.1 环境保护的需要	5
2.2 中药工业发展的需要	5
2.3 现有相关标准的行业针对性较差	6
2.4 保护环境敏感区环境质量的需要	6
<b>3 标准制订的依据、原则和技术路线</b>	<b>6</b>
3.1 标准制订的法律法规和政策	6
3.2 标准制订原则	7
3.3 标准制订技术路线	8
<b>4 中药制药工业现状</b>	<b>9</b>
4.1 中药及其构成	9
4.2 与提取类的区别	9
4.3 中药产业结构	9
4.4 企业数量	10
4.5 工业产值和药品销售额	10
4.6 中药出口现状分析	10
<b>5 生产工艺和污染控制技术分析</b>	<b>11</b>
5.1 生产工艺与产污分析	11
5.2 控制技术	15
<b>6 国内外相关排放标准研究</b>	<b>25</b>
6.1 美国标准	25
6.2 世界银行	30
6.3 欧盟指令	31
6.4 国内现有相关标准	31

<b>7 标准的结构设计</b>	<b>32</b>
7.1 适用范围	32
7.2 本标准与其他现行标准的关系	33
7.3 水污染物排放先进控制技术限值	33
7.4 现有企业和新建企业的划分	33
7.5 执行时段	33
7.6 企业分类	33
7.7 浓度控制与总量控制相结合	33
7.8 主要技术内容	34
<b>8 废水排放标准制订依据</b>	<b>34</b>
8.1 标准项目的选择	34
8.2 标准值的形式	35
8.3 标准值的制订依据	35
<b>9 标准的技术经济可行性分析</b>	<b>40</b>
<b>10 本标准与相关标准的比较</b>	<b>46</b>
<b>参考文献</b>	<b>49</b>

# 制药工业水污染物排放标准 中药类

## 编制说明

### 1 项目背景

#### 1.1 项目来源

2005 年 1 月 11 日，国家环境保护总局以“关于下达《制药工业污染物排放标准》编制任务的通知”（环办函[2005]16 号）的形式向原中国环境科学研究院环境标准研究所（现为国家环境保护总局环境标准研究所）下达了《制药工业污染物排放标准 中药类》的制订工作计划。

#### 1.2 主要工作过程

##### （1）项目启动：成立标准编制组、标准开题

自标准制订工作任务下达后，国家环境保护总局环境标准研究所作为本标准的牵头单位立即组织成立了标准编制工作组。标准编制组由国家环境保护总局环境标准研究所、中国中药协会、北京同仁堂（集团）有限责任公司和石家庄神威药业集团组成，其中国家环境保护总局环境标准研究所作为主编单位，全面负责本标准的编制工作，其他三家单位作为参编单位，负责提供必要的技术支持与帮助，共同完成标准制订工作任务。

2005 年 4 月，标准编制组完成了《制药工业污染物排放标准 中药类》的开题报告，并于 4 月 29 日召开了开题报告专家论证会，与会专家对该标准的开题报告提出了如下意见：1）标准制订要体现促进清洁生产和资源循环利用的原则；2）选取具有代表性的企业进行调研，调查数据尽可能全面、深入，并对数据进行分析；3）标准的编制说明中应对标准值进行技术经济可行性论证。

##### （2）全国中药工业污染源调查

《制药工业污染物排放标准 中药类》是一项强制性环保技术法规，制订该标准是一件严肃的国家环保立法工作。为客观地了解各中药生产企业的生产工艺、污染物产生、治理与排放情况，使标准制订的技术依据更充分，标准的技术内容更加科学、合理、可行，标准编制单位对全国主要中药制药企业进行了书面调查，共收到回函 39 份；与此同时，对部分中药生产厂进行了实地调研，掌握了我国中药生产企业的生产、排污与治理现状。

### （3）编制标准草案

2006 年 2 月和 3 月，标准编制组在北京进行了两次内部的协调讨论。主要讨论标准的适用范围和标准文本中特征因子的确定以及确定依据。

2006 年 4 月 7 日-9 日，国家环境保护总局科技司在浙江台州主持召开了制药工业污染物标准标准暨污染防治技术研讨会，就标准的初稿进行了讨论和征求意见。

2006 年 5 月 14 日，标准编制组在北京针对企业座谈提出的意见进行了讨论和回答，并就标准的结构和标准的内容进行了确定。

2006 年 7 月 29 日，在河北石家庄，标准编制组内部进行了标准文本（征求意见稿）和标准编制说明（征求意见稿）的交流，就标准的适用范围、标准文本格式以及企业调研资料等进行了进一步的协商和讨论。

在上述工作的基础上，标准编制组通过对中药工业重点源污染物排放调查研究，我国中药生产工艺及污染治理技术评估，综合考虑生产工艺、污染预防、排放因子、处理技术、排放水平以及处理成本等方面的因素，结合中药工业概况与国家相关政策、标准研究成果，并参考国外制药工业环境管理法规与标准和企业意见，确定出标准排放限值，起草了《制药工业水污染物排放标准 中药类（征求意见稿）》和《制药工业水污染物排放标准 中药类（征求意见稿）编制说明》。

## 2 制订本标准的必要性

### 2.1 环境保护的需要

中药饮片与中成药的生产都涉及到环境保护问题。如：中药饮片生产中的浸泡水和漂洗水，含有大量有机污染物，能大量消耗受纳水体的溶解氧，形成变黑发臭水体；中成药生产过程中会产生大量的废水、废气和废渣，这些都对环境造成了不利影响。因此，有必要制订中药类制药工业污染物排放标准，以便有效制约企业排污行为，加强企业治污效率，促进企业的良性发展，减少污染物排放总量，保护环境。

### 2.2 中药工业发展的需要

中药工业有着漫长的发展历程，目前已成为相对独立和系统化的制药行业。其生产工艺和设备有其自身的行业特点，但其排放的废水等污染物却没有针对性的标准来制约。另外，在中药现代化的进程中，中药企业不断采用新的工艺和技术，渐进式地迈向清洁生产，需要

制订具有科学性、针对性和前瞻性的排放标准，以便促进中药行业的结构调整，推行清洁生产，推进企业的技术进步。

### **2.3 现有相关标准的行业针对性较差**

目前中药工业废水排放按《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)中的“其他排污单位”执行，该标准并未对中药类制药工业单独规定排放标准，因此，无法有效体现中药行业的污染特征和污染控制技术水平。另外，《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)控制指标达 69 种(针对 1998 年以后建设的企业)，对重点污染源的控制和管理，如果采用该标准进行考核，容易造成标准执行的复杂性和企业负担的增加，反而不利于控制和消除污染。

因此，对于中药类制药工业来说，上述标准缺乏针对性和可操作性，其指标及标准值已完全不能适应中药企业的发展和环境管理的需要。

### **2.4 保护环境敏感区环境质量的需要**

松花江水污染事故、太湖蓝藻事件、云南滇池、淮河流域等多方面的环境污染事故层出不穷，如何防患于未然，或者提高环境污染事故应急的能力是当前政府所面临的一个深刻的课题。作为源头控制的依据，污染物排放标准起到了关键的指导作用。但目前的环境敏感地区，如封闭或半封闭水域、水环境容量差的地区，有的污染物由于标准过于宽松而引发污染物的累积，产生持久性的环境污染。制定针对环境敏感区的行业污染物排放标准也是当前国家环境安全的重要方面之一。

## **3 标准制订的依据、原则和技术路线**

### **3.1 标准制订的法律法规和政策**

#### **3.1.1 中华人民共和国环境保护法**

该法第十条规定：“国务院环境保护行政主管部门根据环境质量标准和国家经济、技术条件、制定国家污染物排放标准”。

#### **3.1.2 中华人民共和国水污染防治法**

该法第七条规定：“国务院环境保护部门根据国家水环境质量标准和国家经济、技术条件、制定国家污染物排放标准”；第八条规定：“国务院环境保护部门和省、自治区、直辖市人民政府，应当根据水污染防治的要求和国家经济、技术条件、适当修订环境质量标准和污染物排放标准”；第十六条规定：“省级以上人民政府对实现水污染物达标排放仍不能达到国家规

定的水环境质量标准的水体，可以实施重点污染物排放的总量控制制度，并对有排污量削减任务的企业实施该重点污染物排放量的核定制度”；第二十条规定：“禁止向生活饮用水地表水源一级保护区内的水体排放污水”。

### 3.1.3 国家环境保护标准制修订工作管理办法

本办法第一章第三条规定：“本办法适用于各类国家环境保护标准（以下简称：标准）制修订工作全过程的管理，包括标准制修订项目立项、下达计划、开题论证、征求意见、技术审查、行政审查、批准、发布、出版等工作”；第五条规定：“本办法规定了国家环境保护总局标准制修订工作主管部门、技术支持单位、标准主编单位和标准出版单位在标准制修订工作中的职责”。

### 3.1.3 加强国家污染物排放标准制修订工作的指导意见

本指导意见总则规定：“本文件规定了国家污染物排放标准体系的设置原则、排放标准内容的设定要求及各类排放标准之间的关系等，适用于国家固定污染源水污染物排放标准、大气污染物排放标准、固体废物污染控制标准、噪声排放标准的制修订工作，……”；“承担国家污染物排放标准制修订计划项目的单位，应按本文件的规定开展相关工作”。

## 3.2 标准制订原则

标准制订主要遵循的基本原则如下：

（1）以我国环境污染防治法和污染物排放标准体系为指导，遵循国家有关的法律法规和技术政策，符合中药制药工业的产业结构调整和发展趋势，适应新形势下的环境管理需要。

（2）以当前我国推行的重点环保实用技术以及中药行业已采用的先进治理技术为基点，结合当前我国中药制药行业的产品种类、污染物排放现状和企业管理水平，同时借鉴国外有关排放标准的经验，尽可能与国际标准接轨，真正体现标准的科学性、前瞻性和可操作性。

（3）标准值的确定要以企业推行清洁生产为前提。新建项目（包括改、扩建项目）要采用新技术、新工艺，充分考虑循环利用，生产全过程控制污染物的产生，减少物耗，实行污染物产生最小量化的清洁生产。

（4）本标准中废水排放标准的制订不考虑受纳水体的功能类别，主要以中药制药行业的生产工艺与污染治理技术水平以及经济技术可行性为依据。水污染物标准限值的制订技术依据是废水治理必须采用好氧或厌氧-好氧处理技术。

（5）对于新旧污染源区别对待，分别制订现有企业和新建企业的污染物排放标准值。

（6）为了保护环境敏感地区，对环境敏感区内的生物工程类制药企业的污水排放制定更

为严格的标准，以确保环境敏感地区的环境质量、生态质量。

### 3.3 标准制订技术路线

制订本标准的技术路线如图 3.1 所示。

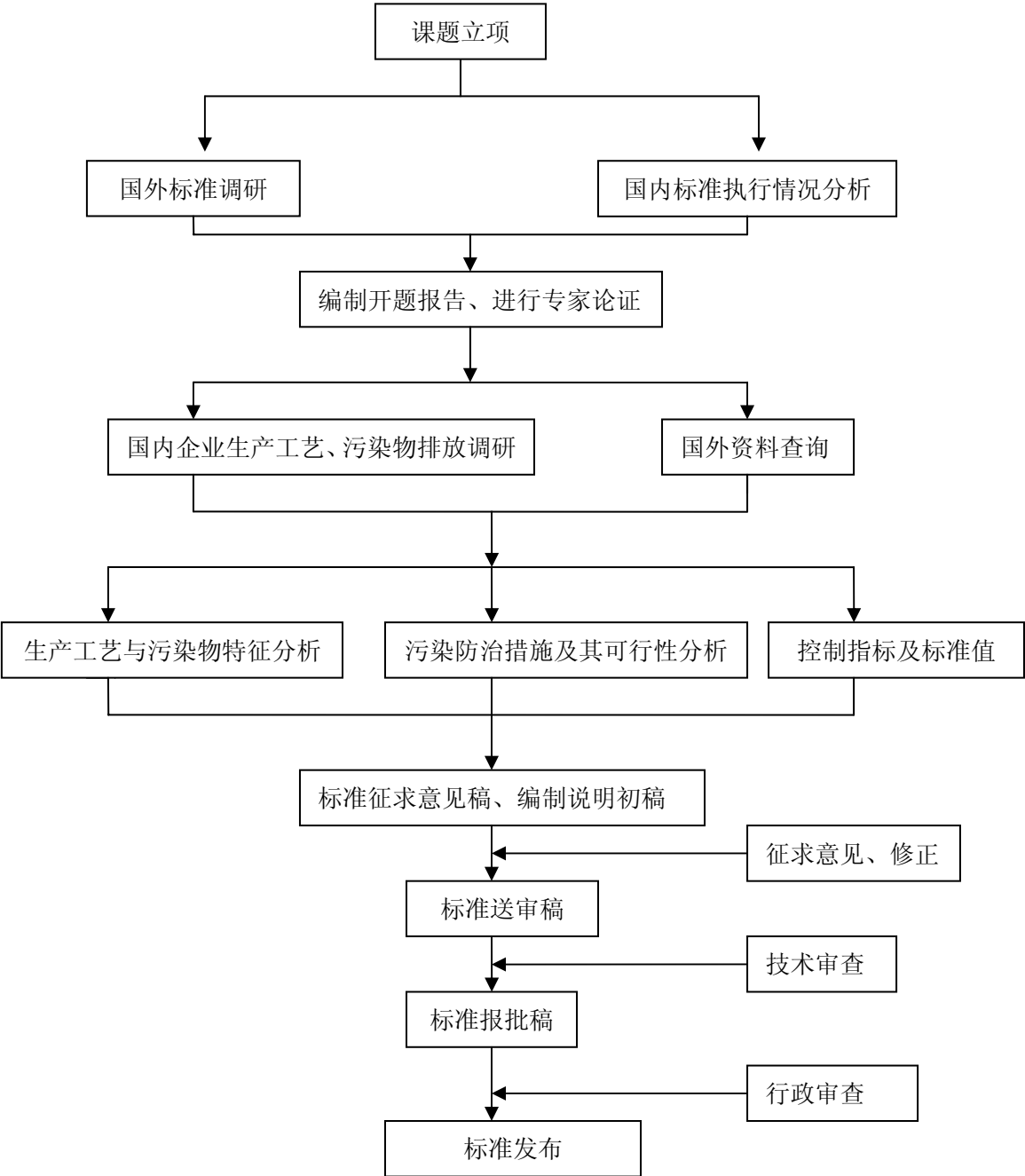


图 3.1 标准制订技术路线



## 4 中药制药工业现状

### 4.1 中药及其构成

凡是以中国传统的医药学理论（如四气五味、升降浮沉、归经、补泻润燥、配伍反畏等）为指导，来解释其作用和用途而用以防病、治病、保健的药物，均可称为中药。

中药分为中药材、中药饮片和中成药。中药材是生产中药饮片、中成药的原料。中药饮片是指根据辨证施治及调配或制剂的需要，对经产地加工的净药材进一步切制、炮制而成的成品。中成药是指任何用于传统中医治疗的任何剂型的药品，它是以中药饮片为原料生产的。

### 4.2 与提取类的区别

中药以药用植物和药用动物为主要原料，以中医药理论为指导生产的中药饮片或中成药产品，侧重于复方研究，注重疗效的高低。提取类药物则是在西医药或其它学科理论指导下，从药用植物和药用动物中提取比较单一的有用成分，侧重于药物某种或某类有效成分的含量高低，更注重质量控制而非药物的实际疗效。

从生产工艺上讲，提取类药物的生产流程长于中药生产，在提取工艺后一般还需要进行精制。从追求的产品组分上讲，中药多为混合多种组分，而提取类药物多为单一有效组分。

### 4.3 中药产业结构

目前整个中药产业的年产值约 700 个亿，其中中成药、保健品约 500 个亿，中药材约 150 个亿，中药饮片约 50-60 个亿（如图 4.1 所示）。

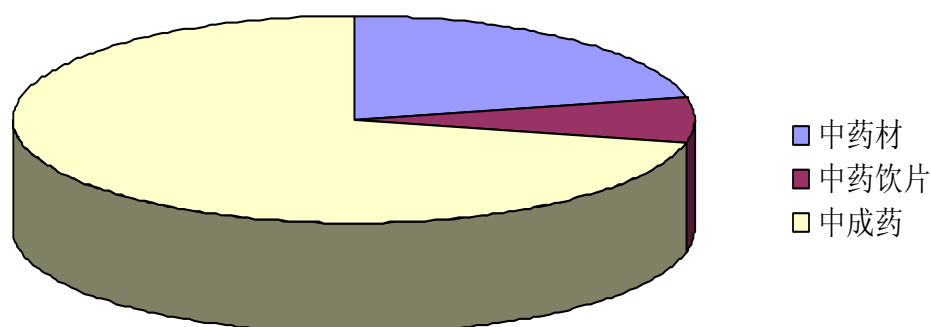


图 4.1 中药产值分配图

我国的传统中药已逐步走上科学化、规范化的道路，能生产包括滴丸、气雾剂、注射剂在内的现代中药剂型 40 多种，品种 8000 余种，总产量已达 37 万吨。中药三大支柱产业中，中成药的发展势头比较好，成为我国国民经济中优势明显、发展迅速、市场前景广阔的朝阳产业。

中药材 GAP 的实施，近几年也受到各方面的重视。但中药饮片存在问题很多，如饮片加工生产工艺落后，处于散、小、乱、差的状态；法规体系欠完善，质量标准存在“一药多法、各地各法”的局面，药品质量可控性差；市场流通混乱，监督体制乏力，监管难度大等，严重滞后于中药材和中成药的发展。

#### 4.4 企业数量

根据原国家经贸委经济运行局统计数据，2002 年我国中药企业（包括中成药工业企业和中药饮片工业企业）纳入统计口径的总计 1150 家。截止 2004 年 11 月，我国中药制造工业企业有 1468 家，其中中成药企业 1048 家，中药饮片企业 420 家。中药企业数量逐年增长。

#### 4.5 工业产值和药品销售额

中药行业是医药行业中增长最为强劲的产业。近几年，中药工业经济运行平稳，保持比较稳健的发展态势。截止到 2004 年 11 月，实现工业总产值（现价）840 亿元，占医药制造业工业总产值（现价）27.9%。总资产合计 1525 亿元，同比增长 15%以上。

2002 年，中药工业完成销售收入 698.91 亿元；2003 年，中成药的销售收入达 577 亿元，同比增长 17%；到 2004 年 11 月，中药工业实现销售收入 772 亿元，其中中成药制造业实现销售收入 611 亿元，同比增长 15.3%；中药饮片加工业实现销售收入 161 亿元，同比增长 13.2%。

#### 4.6 中药出口现状分析

亚洲、北美和欧洲是中药出口的主要市场。尤其是亚洲市场约占中药出口总值的 2/3。这几个市场的中药出口近几年都稳步增长。去年中药对亚洲出口 4.86 亿美元，占出口总额的 68.19%，同比增长 5.71%；对北美出口 1.05 亿美元，同比增长 3.64%；对欧洲出口 9270 万美元，同比增长 12.58%；对非洲出口 1049 万美元，同比增长 8.16%；对大洋洲出口 889 万美元，同比增长 2.19%；对南美洲出口 975 万美元，同比下降了 1.72%。目前，全球四个主要中药市场为东南亚及华裔市场、日韩市场、西方市场、非洲及阿拉伯市场。

2003 年，中国中药出口总值达到了 7.12 亿美元，同比增长 6.11%。其中，中药材出口 4.2

亿美元，同比增长 7.75%，占中药出口总值的 59%；提取物出口 1.81 亿美元，增长 5.18%，占总值的 25.3%；中成药（含保健品）出口 1.12 亿美元，增长 1.75%，占总值的 15.7%。中药出口数量为 24 万吨，其中中药材出口数量为 20 万吨。

从中药出口结构来看，中国出口的中药大多为中药材。

根据以上数据，中药材出口数量约占中药材整体采收量的 20%，中药出口总值约占中药工业产值的 8%，如剔除中药材以后计算，中药制品及提取物的出口约占中药工业产值的 3%。中药出口规模增长的潜力仍然很大。

## 4.6 中药产业发展政策

虽然中药产业发展优势明显，但还存在一些问题。总体上看，中药产业的厂家多、规模小、设备陈旧；中药的质量标准体系还不够完善，质量检测方法及控制技术比较落后；中药生产工艺及制剂技术水平较低；中药研究开发技术平台不完善，创新能力较弱；中药企业管理水平普遍较低，市场竞争力不强，缺乏国际竞争力。因此推进中药现代化的发展势在必行。

国家经贸委在《医药行业“十五”规划》中提出中药行业应重点做好以下几项工作：（1）正确处理继承与创新的关系，借鉴国际天然药物的发展经验，积极采用现代科学技术改进质量控制指标和方法，完善质量、技术标准体系，进一步与国际接轨。（2）积极推进中药材生产规范化、产业化和集约化进程，建立中药材生产质量管理标准体系，推广中药材的规范化种植。应用先进的栽培技术和生物技术，提高中药材质量和产量。加强野生药材资源保护，开展野生药材变家种、家养和代用品研究。规范道地中药材的种植和经营，实现产业化。鼓励和支持中药提取物的标准化、商品化生产。（3）逐步制定全国统一的饮片炮制规范。加快中药饮片浓缩颗粒和优质饮片的研究，建立饮片质量标准体系。加强毒性中药饮片的生产管理。（4）中成药生产要积极推广应用先进的提取、纯化和制剂技术，提高产品的技术含量。加快现代技术在中药生产中的应用。开发新的中药剂型。争取有 2—3 个中成药正式进入国际药品市场。（5）加强重点中药企业技术改造。中药企业的技术改造要以市场为导向，注重发挥已有的基础，通过自主开发和技术引进，切实提高中药生产技术和装备水平。

## 5 生产工艺和污染控制技术分析

### 5.1 生产工艺与产污分析

#### 5.1.1 中药饮片

##### 5.1.1.1 生产工艺

传统的中药饮片是将中药材加工炮制成一定长短、厚薄的片、段、丝、块等形状供汤剂

使用，其传统工艺通称为中药炮制。中药炮制工艺实际上包括净制、切制和炮制三大工序，不同规格的饮片（如表 5.1 所示）要求不同的炮制工艺，有的饮片要经过蒸、炒、煨等高温处理，有的饮片还需要加入特殊的辅料如酒、醋、盐、姜、蜜、药汁等后再经高温处理，最终使各种规格饮片达到规定的纯净度、厚薄度和全有效性的质量标准。

一般工艺流程为：原料（药材）→ 除杂 → 挑选 → 制片 → 包装

表 5.1 饮片的分类

类型		规格	适用药材	举例
极薄片		厚 1mm 以下	木质类、动物骨、角质类药材	鹿角、松节、苏木、降香等
薄片		厚 1—2mm	质地致密坚实、切薄片不易破碎的药材	白芍、乌药、槟榔、当归、天麻、木通、三棱等
厚片		厚 2—4mm	质地松泡、粘性大、切薄片易破碎的药材	茯苓、山药、天花粉、泽泻、丹参、升麻、南沙参等
斜片		厚 2—4mm	长条形而纤维性强的药材。斜度小的称瓜子片；斜度稍大而体粗者称马蹄片；斜度大而较细的称柳叶片	桂枝、桑枝（瓜子片）、大黄（马蹄片）、甘草、黄芪、银柴胡、木香（柳叶片）、苏梗、鸡血藤等
直片 （顺片）		厚 2—4mm	形状肥大，组织致密，色泽鲜艳和突出鉴别特征的药材	大黄、天花粉、白术、何首乌、升麻等
丝	细丝	宽 2—3mm	皮类、果皮类	合欢皮、陈皮、黄柏、桑白皮等
	宽丝	宽 5—10mm	叶类、较薄的果皮类	荷叶、枇杷叶、冬瓜皮等
段 （咀、节）		长 10—15mm	全草类和形态细长有效成分易于煎出的药材长段称节，短段称咀	薄荷、益母草、党参、青蒿、麻黄、白茅根、木贼、忍冬腾、古精草等
块		8—12mm3 的立方块	煎熬时易糊化的药材	阿胶丁

#### 5.1.1.2 产污分析

（1）废水：主要来自药材的清洗和浸泡水、机械的清洗水以及炮制工段的其它废水，一般为轻度污染废水，COD 大约在 200mg/L 左右。但是如果在炮制工段需要加入特殊辅料如酒、醋、蜜等的中药饮片，其废水的 COD 浓度一般较高，可达到 1000mg/L 以上。

（2）废气：主要是切制等工序产生的药物粉尘和炮制过程中产生的药烟。

（3）固体废物：主要来自药材筛选、清洗过程中产生的泥沙等杂质。

（4）噪声：主要来自筛药机、风选机、切药机、风机等生产设备的运转。

#### 5.1.2 中成药

##### 5.1.2.1 生产工艺

中成药生产是间歇投料，成批流转。在生产过程中，一批投料量的多少一般由关键设备的处理能力决定。其生产过程是以天然动植物为主要原料，采用的主要工艺有清理与洗涤、浸泡、煮炼或熬制、漂洗等。中药材进行炮制（前处理）后，经提取、浓缩，最后根据产品的类型制成片剂、丸剂、胶囊、膏剂、糖浆剂等。生产工艺大致包括以下主要工序（图 5.1）：



图 5.1 中成药生产工艺流程

其中，核心工艺是有效成分的提取、分离和浓缩。根据溶剂不同分为水提和溶剂提取，其中溶剂提取以乙醇提取为主。图 5.2 和图 5.3 分别为水提和醇提工艺流程。

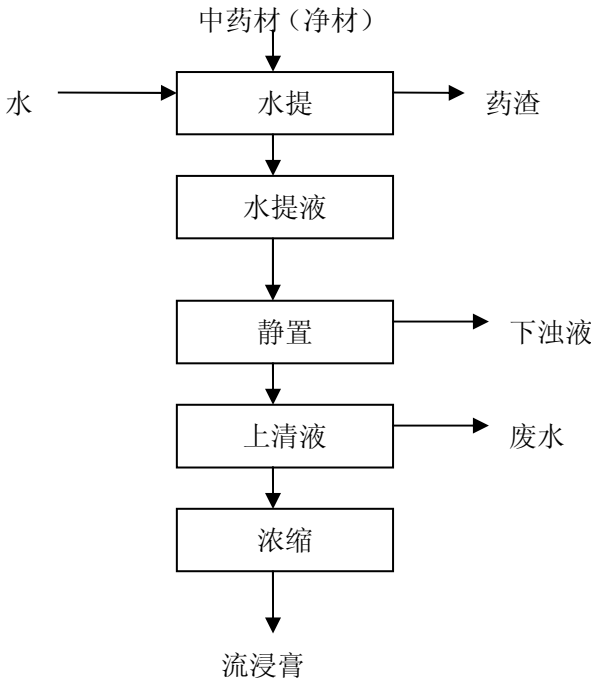


图 5.2 水提生产工艺流程

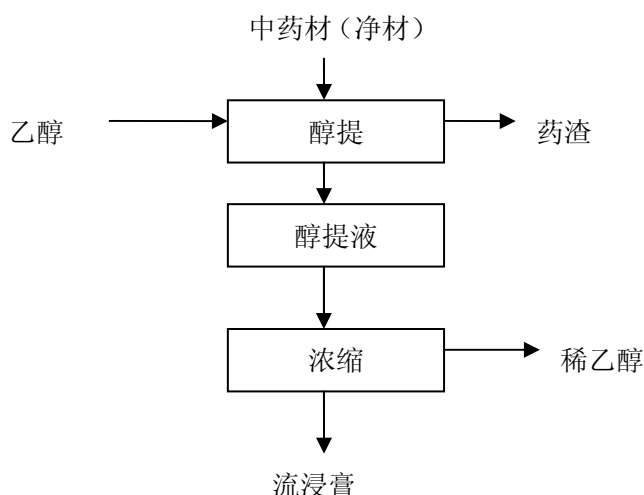


图 5.3 醇提生产工艺流程

#### 5.1.2.2 产污分析

##### (1) 废水:

##### 1) 主要来源:

①设备清洗水: 每个工序完成一次批处理后, 需要对本工序的设备进行一次清洗工作, 清洗废水一般浓度较高。

②下脚料废液清洗水: 在口服液生产中, 醇沉过程中产生一定量的下脚料, 水量不多, 浓度极高, 是重要污染源。

③提取工段废水: 这部分废水主要来自各个设备的清洗和地面冲洗, 由于提取、分离、浓缩的环节和设备多, 因而废水较多, 浓度高, 是重要污染源。

④辅助工段的清洗水及生活污水: 如成品工序中, 安瓶的清洗水。

2) 主要特征: 中药制药主要原料均系天然有机物质, 含有木质素、木质蛋白、果胶、半纤维素、脂蜡以及许多其他复杂有机化合物, 在生产过程中, 胶体的成分互相起乳化、水解、复分解和溶解等作用, 最终产物有木糖、半乳糖、甘露糖、葡萄糖等碳水化合物。在漂洗过程中, 这些有机物部分进入废水中, 使中药废水水质成分复杂, 废水中溶解性物质、胶体和固体物质的浓度都很高。其主要特征如下:

①中药生产的原材料主要是中药材, 在生产中有时须使用一些媒质、溶剂或辅料, 因此, 水质成分较复杂;

②废水中 COD 浓度高, 一般为 14000~100000mg/L, 有些浓渣水甚至更高;

③废水一般易于生物降解, BOD/COD 一般在 0.5 以上, 适宜进行生物处理;

④废水中 SS 浓度高, 主要是动植物的碎片、微细颗粒及胶体;

- ⑤水量间歇排放，水质波动较大；
- ⑥在制造过程中要用酸或碱处理，废水 pH 值波动较大；
- ⑦由于常常采用煮炼或熬制工艺，排放废水温度较高，带有颜色和中药气味。

（2）废气：主要为二氧化硫、烟尘、粉尘和挥发性有机物，主要来自某些提取工段因煎煮而产生的锅炉烟气，药材粉碎等工序产生的药物粉尘以及制药过程中使用的部分挥发性有机物的泄漏。

（3）固体废物：主要为提取过药物后的药材废渣以及锅炉炉渣和污水污泥。

（4）噪声：主要来自粉碎机、空压机、包装机、压片机、风机等生产设备的运转。

5.2 控制技术

5.2.1 废水污染控制

5.2.1.1 废水特征与控制技术

中药制药过程中用水量大，有机污染严重，COD 较高，且胶体体系非常稳定。因此，在中药废水处理过程中，一般先采用混凝、破乳、电凝聚或气浮等方法，将废水中固体有机物凝聚沉降或上浮分离，尽可能地减少后续生化处理的有机负荷。由于中药制药废水的可生化性较好，采用各类生化处理方法都容易取得较好的有机物去除效果。

对中药废水的处理大多采用的工艺为：悬浮物预处理、好氧生化（或水解—好氧生化）、物化处理法，其工艺过程如图 5.4 所示。

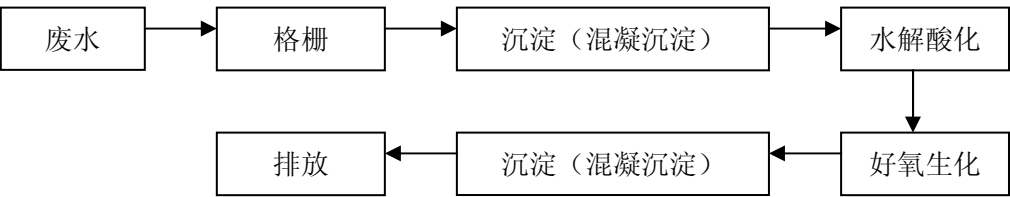


图 5.4 中药废水处理工艺示意图

5.2.1.2 调研资料分析

在本标准的编制过程中，我们进行了大量的调研工作，向部分中药制药企业发放调查函，并对某些企业进行了现场调查，现将调研结果汇总于表 5.2。

从表 5.2 可以看出，中药制药企业生产废水的污染物主要是常规污染物，即 COD、BOD<sub>5</sub>、SS、pH、氨氮等。大多数厂家采用厌氧-好氧处理工艺，厌氧处理主要采用 UASB、水解酸化等

工艺，生化处理装置主要采用活性污泥法、生物接触氧化法以及序批式活性污泥法等，对废水的处理效果比较好。

进水 COD 浓度范围为 63.9~3800 mg/L，大多数厂家在 1800 mg/L 以下，平均进水浓度约为 950 mg/L；出水 COD 浓度范围在 3.623~275 mg/L，大多数厂家在 150 mg/L 以下，平均出水浓度约为 80 mg/L。

进水 BOD<sub>5</sub> 浓度范围为 29.3~1260 mg/L，大多数厂家在 300 mg/L 以下；出水 BOD<sub>5</sub> 浓度范围在 1.83~87.82 mg/L，大多数厂家在 50 mg/L 以下。

进水 SS 浓度范围为 29~1643.8 mg/L，大多数厂家在 250 mg/L 以下；出水 SS 浓度范围在 12~80 mg/L，大多数厂家在 60 mg/L 以下。

进水 NH<sub>3</sub>-N 浓度范围为 0.1~28.2 mg/L，出水浓度在 10 mg/L 以下。

进水磷酸盐浓度范围为 0.201~6.02 mg/L，出水浓度在 1mg/L 以下。



表 5.2 中药企业废水处理与排放情况汇总表

企业名称	水质	COD mg/L	BOD <sub>5</sub> mg/L	SS mg/L	pH	NH <sub>3</sub> -N mg/L	磷酸 盐 mg/L	色度	氰 化 物	处理 工艺	工程投资 万元	设计 处理 能力 m <sup>3</sup> /d	实际 处理 能力 m <sup>3</sup> /d	运行 费 元/m <sup>3</sup>
广东××制药有限公司	进水	732	243	50	7.4	2.43				气浮	66	600	132	3.16
	出水	167	42.75											
山东××股份有限公司	进水	681	136	321	7.8			97		UASB-好氧	320	3500	3300	0.35
	出水	87	21.6	70	7.8			40						
吉林××制药有限公司	进水			100	6.7			50		沉降	30	15	15	10
	出水			20	6.7			10						
××药业××制药厂	进水	63.9	29.3	31	6.6	28.2				厌氧滤池- 接触氧化	60	500	155	1.7
	出水	16.2	2.7	6.4	6.5	9.21								
湖北××药业有限公司	进水	122	150	100	6~9	15		50		WSZ 一元 化污水处理 设备	2	12	12	
	出水	90	20	60	6~9	9		20						
浙江××药业有限公司	进水	582		245	5.1					接触氧化- 气浮	265	200	40	30
	出水	65.3		58	6.3									
黄山市××药业有限公司	进水	96	56.5	45	7.2					水解-好氧	4.3	300	300	0.4
	出水	19	12.2	30	7.4									
南京××药业有限责任公司	进水	1000~ 3000								气浮-好氧	240	480	480	1.8
	出水	60	5	30	6.9	3		20						
黑龙江××药业股份有限公司	进水	2536	1260	560	6.6					UASB-接 触氧化	220	450	210	2.7
	出水	3.623	1.83	36	7.2									

企业名称	水质	COD mg/L	BOD <sub>5</sub> mg/L	SS mg/L	pH	NH <sub>3</sub> -N mg/L	磷酸 盐 mg/L	色度	氰化 物	处理 工艺	工程投资 万元	设计 处理 能力 m <sup>3</sup> /d	实际 处理 能力 m <sup>3</sup> /d	运行 费 元/m <sup>3</sup>
武汉××药业 集团股份有限公司	进水	163.39		29	7.0					厌氧-好氧	60	480	480	0.25
	出水	22.03		12	8.0									
成都××科技 实业有限公司	进水	401.1	165.4	118.2	7.7			23.3		酸化-生物 滤池	174	300	200	3.51
	出水	26.1	6.05	14.2	7.6			2						
石家庄××制 药有限责任公司	进水	1200	680	400	5~7					水解酸化- 三级氧化	69.2			1.5
	出水	143	47.95	59	7.2~7.5									
山西××制药 集团股份有限公司	进水	400~ 1000	80~ 100	100~165	6.1~6.8			100		生物曝气	110	300	180	1.7
	出水	40~100	18~30	30~50	7.1~7.9			10~ 25						
咸阳××制药 有限公司	进水	430	116.8	75	7.9					延时曝气	318	100	80	0.57
	出水	133	87.82	63	7.6									
兰州××药业 股份有限公司	进水	1000	670	90	6.1	0.1	1	100	1	SBR 法	280	720	720	1.3
	出水	100	20	30	6.8	0.1	0.5	40	0.25					
××制药集团 制剂有限公司	进水	576	296	200	6~9					水解-接触 氧化	20.5	72	9	50
	出水	51.2	7.96	22	7.8									
××药业集团 有限公司	进水	1333.9	387.2	109.3	8.1			200		水解酸化- 生物接 触 氧化	32	144	125	5
	出水	80	15.5	21.9	8.1			20						

企业名称	水质	COD mg/L	BOD <sub>5</sub> mg/L	SS mg/L	pH	NH <sub>3</sub> -N mg/L	磷酸 盐 mg/L	色度	氰化 物	处理 工艺	工程投资 万元	设计 处理 能力 m <sup>3</sup> /d	实际 处理 能力 m <sup>3</sup> /d	运行 费 元/m <sup>3</sup>
昆明××制药 股份有限公司	进水	1738~ 513			6~9	1.879	6.02			水解-SBR	520	1500	1200	3.58
	出水	145~40			6~9	0.437	0.79							
广州××中药 厂	进水	1800	750	150	5.4	2.68	0.201	320		厌氧-好氧	90	360	305	2.06
	出水	72.2	36.5	19	6.0	0.114	0.157	16						
厦门××中药 厂有限公司	进水	915.8		213.8	6.4					厌氧-好氧	100		450	2.79
	出水	11.1		22.25	7.5									
湖南××制药 集团股份有限 公司	进水	325	116.3	71	8.5	16.4				厌氧-好氧	12		5	10.3
	出水	210	75.2	68	6.3	9.5								
桂林××药业 股份有限公司	进水	680	275	281	6.8					厌氧-好氧	241		300	1.5
	出水	32	16	52	7.4									
哈药集团×× 制药四厂	进水	500		75	7.9					厌氧-好氧	76.8		245	1
	出水	75.3		24	7.5									
北京××西分 厂	进水	358.5	218.3	55.1	10.2	5.1		6		好氧	107	150	146	1.05
	出水	59	10	7.5	7.5	0.87		8						
北京××北分 厂	进水	650	310	100	5.5~8.5					好氧	118	150	145	1.13
	出水	60	7.1	5	8.4	0.89		5						
北京××药酒 厂	进水	3800								好氧	280	550	130	2.5
	出水	52	18	33	7.6		0.86							

企业名称	水质	COD mg/L	BOD <sub>5</sub> mg/L	SS mg/L	pH	NH <sub>3</sub> -N mg/L	磷酸 盐 mg/L	色度	氰 化 物	处理 工艺	工程投资 万元	设计 处理 能力 m <sup>3</sup> /d	实际 处理 能力 m <sup>3</sup> /d	运行 费 元/m <sup>3</sup>
吉林××药业股份有限公司	进水	800~900		60~120	6.5~7.5					活性污泥法	130	80	120	0.7
	出水	30~90		20~50	6.5~7.5									
广西××制药有限责任公司	进水	932								水解-接触氧化	40	1200	800	0.6
	出水	275												
贵州××药业有限公司	进水									中和沉淀	5	30	15	0.8
	出水													
四川××制药有限公司	进水	2500	500	500	6.5			500		厌氧-微孔曝气	420	400	360	1.8
	出水	120		80	6~9			80						
黄石市××生物制药厂	进水	952	346	85	7.5	2.9				气浮-ICEAS池	95	300	200	0.98
	出水	98	28.8	36	7.4	1.34								
通化××实业集团有限公司	进水	984.9	153.9	1643.8						水解-生物接触氧化	365	480	480	1.1
	出水	82.7	12.5	57.5										
河北××医药集团有限公司	进水									二级接触氧化				
	出水	72~124	11.2	6	7.6	0.595								
石家庄××药业有限公司	进水													
	出水	31.5	3.36	6	7.9	0.6								
辽宁××有限公司	进水	374	240	259.1	7.7~8.1	1.82				CASS池				
	出水	66.7	15.0	24.1	8.1~8.3	0.482								

5.2.2 废气污染控制

5.2.2.1 废气特征与控制技术

中药制药企业排放的大气污染物除二氧化硫、烟尘外，主要为中药粉尘和挥发性有机物。主要来自：锅炉烟气，切制、粉碎等工序产生的药物粉尘和炮制过程中产生的药烟以及提取工序使用的有机溶剂。

目前通常使用的治理方法是在筛选、切制、粉碎等易产尘的操作车间安装除尘设施，在炮制车间安装除烟装置或安装烟气净化装置，如图 5.5 所示，其中，药烟和煤烟在各自的泡沫除尘器中分别从下部向上部流动，而除尘器上部形成水帘和泡沫，并向下喷淋，对烟气进行清洗。

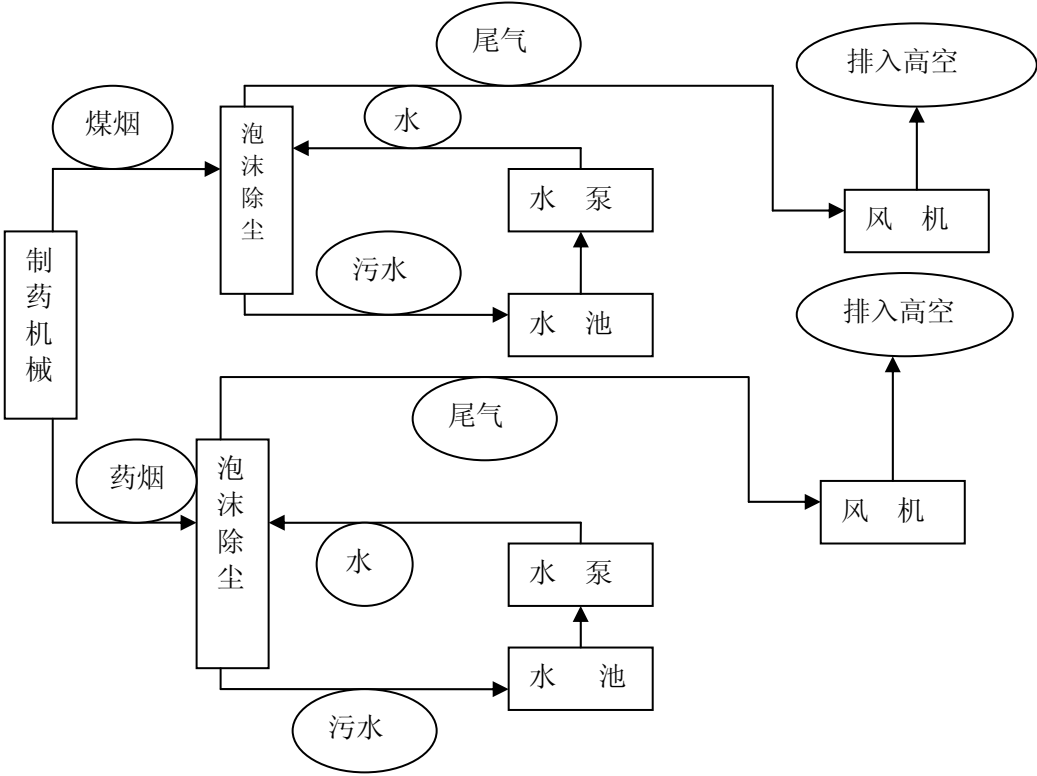


图 5.5 中药企业大气污染治理

5.2.2.2 调研资料

中药制药企业废气调研结果见表 5.3。从表 5.3 可以看出，中药制药企业产生的废气主要是烟尘、二氧化硫、中药粉尘以及有机物泄漏。对烟尘、二氧化硫的处理一般包括水膜除尘、多管除尘、湿式脱硫除尘等，有些厂家利用脱硫塔和脱硫剂。对于工艺过程中产生的废气和尘粒，一般采用袋式除尘、旋风除尘和机械除尘等设施，个别厂家采用冷凝净化工艺处理工艺废气。

此外，在调研中发现，在中药生产工艺中，有时需使用大量的有机溶剂乙醇，二氯甲烷、丙酮、异丙醇、甲醇、乙酸乙酯等也有应用。为了实现经济利益最大化和资源的充分有效利用，企业对这些有机溶剂均设有回收利用设施，回收率一般在 90%以上，最高可达 96%。

表 5.3 中药企业废气调研资料汇总

企业名称	污染物种类	处理前浓度 mg/Nm <sup>3</sup>	处理后浓度 mg/Nm <sup>3</sup>	处理方法	工程投资 万元	运行费
广东××制药有限公司	烟尘	43.5				
	SO <sub>2</sub>	1525				
山东××股份有限公司	烟尘		151	水膜除尘	80	15 万/年
	SO <sub>2</sub>		286			
佳木斯××中药有限公司	烟尘	862.44	714.28	陶瓷多管旋风除尘器	5.2	1.5 元/万 Nm <sup>3</sup>
	SO <sub>2</sub>	674.17	609.52			
黄山市××药业有限公司				旋风除尘器	3	
黑龙江××药业股份有限公司	烟尘	124.1	110	湿式脱硫除尘	10	
	SO <sub>2</sub>	348	279			
成都××科技实业有限公司	工艺粉尘			袋式除尘器		
江苏××制药有限公司	烟尘		111	多管除尘器	6	
	SO <sub>2</sub>		957			
	含铝废气		0.3	冷凝净化	12	
石家庄××制药有限责任公司	中药粉尘			粉碎机自带除尘装置；车间内的粉尘经引风机引至空调系统，设有初、中、高效过滤器		
山西××制药集团股份有限公司	烟尘	1980	200	多管除尘器	8	43 万/年
	SO <sub>2</sub>	2200	1000	碱液脱硫塔	12	
	中药粉尘		70~95	空调机组+离心除尘装置+布袋除尘器	800	60 万/年
通化××药业股份有限公司	烟尘		2762	机械除尘	6	7.5 元/万 Nm <sup>3</sup>
兰州××药业股份有限公司	烟尘			麻石水浴除尘器		
	工艺粉尘			麻石水浴除尘器		
华北制药集团××有限公司	中药粉尘	170	67	扁布袋除尘器	6.5	95 元/万 Nm <sup>3</sup>
××药业集团有限公司	烟尘	3160	158			
	SO <sub>2</sub>	318	318			
广州××中药厂	烟尘		59.3	麻石水膜除尘	6	0.7 元/万 Nm <sup>3</sup>
	SO <sub>2</sub>		190	脱硫剂、加碱	6	
贵州××药业有限公司	烟尘	1196	158	水浴	30	20 元/万 Nm <sup>3</sup>
	SO <sub>2</sub>	3097	11.47	脱硫		
四川××制药有限公司	工业粉尘			除尘器	24	

河北××医药集团有限公司	中药粉尘			粉碎机自带袋式除尘器除尘，然后经15米高排气筒排放，车间内的微量粉尘由引风机引至袋式除尘器除尘；中药粉尘回收利用		
	中药气味			粉碎、烘干工序产生的中药味通过水和活性炭吸附，均由15米高排气筒排放		
辽宁××有限公司	烟尘	2172	221	振动式除尘器，麻石除尘器		

### 5.2.3 固体废物污染控制

#### 5.2.3.1 排放特征与控制技术

中药生产过程中产生的固体废物主要为提取过药物后的药材废渣、锅炉废渣和污水处理站污泥。

药材废渣：其主要成分为残余的天然植物或动物体，一般含有大量的粗纤维、粗脂肪、淀粉、粗蛋白、粗多糖、氨基酸及微量元素等。这类固体废物处置方式主要是作饲料添加剂、农肥、锅炉燃料或送垃圾场处置。

锅炉废渣：主要用作建材原料。

污水处理站污泥：运送生活垃圾堆放场堆放或处置。

#### 5.2.3.2 调研资料

中药企业固体废物调研结果汇总于表 5.4。从表 5.4 可以看出，中药制药企业产生的固体废物主要是药渣、炉渣、污泥以及废包装材料、塑料垃圾、废活性炭、玻璃瓶等。生产厂家一般对这些固体废物进行了合理的处理处置，如药渣主要用作饲料、有机肥或燃料，有些厂家则交由环卫部门处理。

表 5.4 中药厂固废调研资料

企业名称	废物种类	产生量 吨/年	处理处置措施
广东××制药有限公司	药渣	1414	运往垃圾场填埋
山东××股份有限公司	阿胶毛渣	1500	用作饲料
	复方阿胶浆药渣	1530	
	炉渣	3200	用作建筑材料
××药业××制药厂	中药渣	35	送环卫部门
	包装物	0.6	
	生产垃圾	10	
湖北××药业有限公司	溶剂颗粒	324	环卫清运
	活性炭	36	生产厂家收购

企业名称	废物种类	产生量 吨/年	处理处置措施
	污泥泥饼	12	环卫清运
江西××药业有限公司	药渣	752	锅炉房烧毁
××中药有限公司	中药残渣	100	干燥后烧锅炉
	炉渣	426	铺路
浙江××药业有限公司	药渣	800	作饲料产品原料或深埋作肥料
黄山市××药业有限公司	药渣	122	填埋
黑龙江××药业股份有限公司	药渣	800	民用燃料
成都××科技实业有限公司	药渣	1500	送环卫部门集中处理
江苏××制药有限公司	中药渣	270	集中处置
	煤渣	693	综合利用
石家庄××制药有限责任公司	药渣	50	当地农民提走
山西××制药集团股份有限公司	药渣	700	集中沤肥
	煤渣	3000	作建材原料
咸阳××制药有限公司	药渣	60	作有机肥料
	炉渣	100	作建筑材料
通化××药业股份有限公司	中药渣	8.1	掺煤焚烧
	炉渣	150	外运制砖
湖南××制药有限公司	药渣	500	垃圾回收站
	炉渣	360	
兰州××药业股份有限公司	药渣	1500	用作饲料
	炉渣	3100	用作建筑材料
华北制药集团××有限公司	药渣	240	发酵作花肥
××药业集团有限公司	药渣		用作农肥
	煤渣		外售制砖
昆明××制药股份有限公司	污泥	90	综合利用与填埋
	煤渣	1778.4	
	废纸制品	76.8	
	废塑料制品	50	
广州××中药厂	药渣	2143	外运集中处置
	炉渣	1968	
湖南××制药集团股份有限公司	包装材料	0.35	烧毁
	玻璃瓶	0.4	粉碎
桂林××药业股份有限公司	废包装材料	4.98	回收利用
	桂花渣	280	作生态肥
北京××西分厂	煤渣	385	外运利用
北京××北分厂	煤渣	278	外运利用
北京××药酒厂	药渣	485	外运养殖
吉林××药业股份有限公司	药渣		焚烧或作肥料
	煤渣	2600	烧砖
广西××制药有限责任公司	药渣	1823	居民生活燃料
	粉煤灰	2099	红砖原辅料
	炉渣	402	水泥原辅料
贵州××药业有限公司	药渣	29	环卫集中处理
	炉渣	69	外运制砖
广州××药业有限公司	药渣	200	环卫部门运走
四川××制药有限公司	药渣	897	制肥料
	炉渣	1008	筑路、造田



企业名称	废物种类	产生量 吨/年	处理处置措施
黄石市××生物制药厂	药渣	260	饲料或肥料
河北以××医药集团有限公司	浓废液、药渣、动物尸体等	72	送环保服务公司焚烧处理
石家庄××药业有限公司	药渣	576	送至农村作肥料
辽宁××有限公司	药渣	2100	作肥料、制沼气
	炉渣	1200	制砖

#### 5.2.4 噪声污染控制

在中药制药过程中，一些制药机械如粉碎机、压片机、包装机、空压机等会产生一定的噪声，厂家一般安装有消声、减震或隔音装置。另外，厂房周围一般种植高大的树木，以降低噪音。

## 6 国内外相关排放标准研究

### 6.1 美国标准

#### 6.1.1 美国制药工业点源废水排放标准

##### 6.1.1.1 历史沿革

根据美国《清洁水法》(Clean Water Act)有关规定的要求，美国环保局于1976年11月17日首次发布了制药企业点源排放基于BPT(现行最佳实用控制技术)的暂行规定(41 FR 50676, CFR40 第439部分)，只规定了生化需氧量、化学需氧量、总悬浮物和pH 4项指标。

1982年11月26日，美国环保局发布了标准首次修订稿(47 FR 53584)，增加了基于BAT(经济上可行的最佳可得技术)、BCT(最佳常规污染物控制技术)的排水限值以及NSPS(新源执行标准)、PSES(现有源预处理标准)和PSNS(新源预处理标准)，除上述4项指标外，增加了总氰化物指标。

1983年10月27日，美国环保局再次发布修订稿(48 FR 49808)，在该标准的前言中提出了对有毒挥发性有机物(TV0s)的排水限值指南的讨论，1985年9月9日美国环保局发布了有关TV0s的实施通知(50 FR 36638)。

1986、1995又分别发布了标准修订稿，主要修订内容是对标准值进行了调整(51 FR 45094、60 FR 21592)。

美国制药工业点源水污染物排放现行标准是1998年9月发布的标准版本(63 FR 50424)。

##### 6.1.1.2 企业分类

EPA根据制药工业的生产工艺特点和产品类型，将企业分为五个类别，即：

①发酵产品类(A类)：通过利用活的生物或酶特别是细菌或单细胞生物中存在的微生物

物例如酵母、霉菌或真菌引起的化学变化来生产特定产品的工艺操作。

②提取产品类 (B 类): 通过化学和物理提取法从自然资源如植物的根和叶、动物腺体、寄生真菌中获得药物活性成分的工艺操作。

③化学合成类 (C 类): 在某一特定产品的制造工艺中采用一种或一系列的化学反应。

④混装制剂类 (D 类): 将药品以剂量形式配置在一起的工艺。

⑤研究开发类 (E 类): 对药物产品的研究和开发活动。

分类的目的是把具有相似特征的设施集中在一起,以便建立该类设施的排放限值指南和标准。EPA 为以上五类制药设施分别建立了各自的排放限值指南,该指南充分考虑了各类别的工艺水平 and 经济影响。

常规污染物和非常规污染物的统计资料显示:A 和 C 类设施的进水和出水中常规污染物、COD 浓度、出水流量和对废水的处理能力很相似,B 和 D 类设施的这些特征也具有相似性。但是 A 和 C 类设施与 B 和 D 类设施的这些特征是不具有相似性的。因此,EPA 为 A 和 C 类、B 和 D 类设施建立了相同的废物排放限制准则。

制药企业为了参与市场竞争,往往从事多种类型的生产,例如一个制药厂可能同时或间歇生产几个类别的产品。如图 6.1 所示。

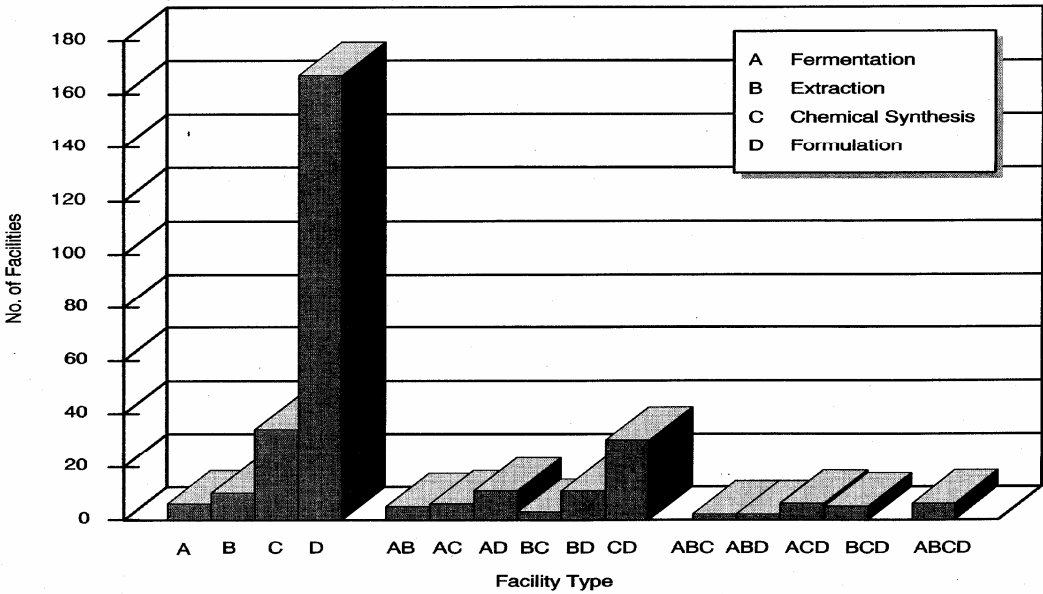


图 6.1 制药企业生产类型的数量分布

从图中可知,制药企业并不是单纯从事某一类型的生产工艺。为了便于排放标准的执行,EPA 做了多种调查,得出结论,当多种类型的制药操作同时运行时,A 和 C 类的废水排放和污染程度占优势地位,B 和 D 类污染相对较轻。因此,从事多种生产工艺的制药厂家应遵守 A 和 C 类的标准限制。B 和 D 类标准限制只适用于从事 B、D 和 B&D 类生产工艺的设施。

6.1.1.3 标准的分类

标准根据出水的出路分为排放标准和预处理标准。其中，排放标准适用于废水经处理后的出水最终排放到自然水体的情况；预处理标准则适用于废水经过预处理而排放到污水处理厂进行集中处理的情况。

排放标准中分为现有点源和新点源两种情况，现有点源按废水处理技术不同而分为三类标准，所以排放标准共分四类，分别为 BPT（应用现有最佳实用控制技术的排放标准）、BCT（应用最佳常规污染物控制技术的排放标准）、BAT（应用最经济可行技术的排放标准）、NSPS（新点源排放标准）。

预处理标准指出水进入污水处理厂时需要达到的进厂标准，分为两类，即 PSES（现有点源预处理标准）、PSNS（新点源预处理标准）。

废水排放标准的分类如图 6.2 所示。

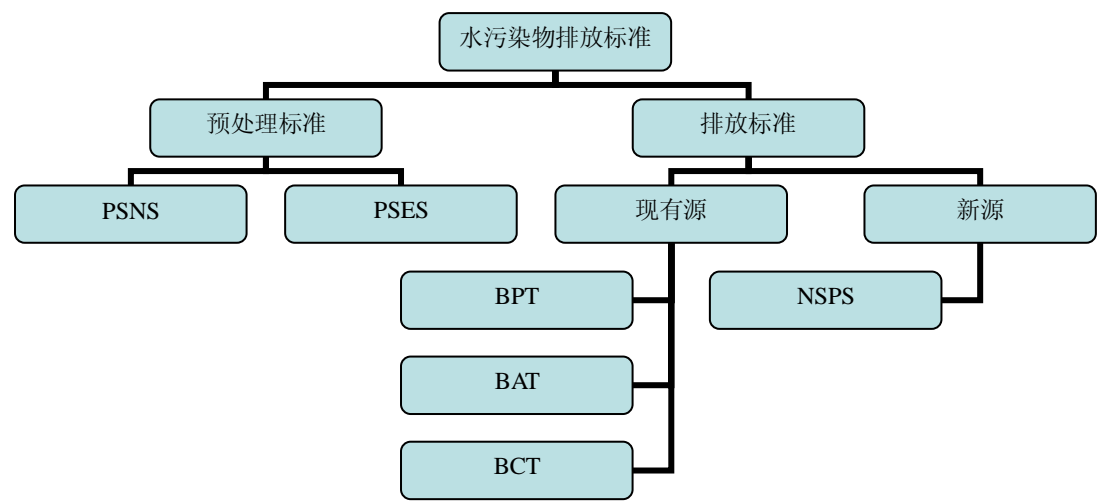


图 6.2 美国制药工业水污染物排放标准分类图

6.1.1.4 废水处理技术

(1) 现有最佳实用控制技术（BPT）

BPT标准以高级生物处理技术为基础，主要集中于常规和非常规污染物的控，也能控制优先污染物，例如氰化物。在制药工业点源排放标准中，它的控制指标有COD、总氰化物、BOD<sub>5</sub>、TSS和pH值。

(2) 现有最佳经济可行控制技术（BAT）

BAT标准以最经济可行的控制技术为基础，对于A和C类，BAT标准的技术基础是汽提和高级生物处理技术以及硝化技术（针对氨）；对于B和D类，BAT标准的技术基础是高级生物处理技术。

BAT标准是控制有毒污染物和非常规污染物的主要手段。对于A和C类设施，EPA选择的BAT标准控制选项包括有机物、氨、COD、氰化物；对于B和D类设施，EPA选择的控制选项为COD。由于EPA选择了BPT处理技术（高级生物处理）作为B和D类的技术基础，因此，BAT标准与BPT标准中的COD限值相同。

### （3）最佳常规污染物控制技术（BCT）

BCT 标准是以最佳常规污染物控制技术为基础，以一组工厂的现有最佳平均水平为依据的，因此，BCT 标准和 BPT 标准的排放限值一样严格。

BCT标准规定了BOD<sub>5</sub>和TSS的排放限值，同时标准中的pH限值等同于BPT标准中的pH限值。

### （4）依据现有最佳示范技术（BADT）制订的新源控制实行标准（NSPS）

NSPS的指定依据是最佳示范技术（BADT）。新建立的生产厂家都有条件安装最好和最有效的生产工艺和废水处理技术。企业可以在新的制药设施中设计和安装最佳的和最有效的工艺设备和废水处理系统。NSPS针对常规、优先、非常规污染物建立了排放限值。

对于A和C类，NSPS标准的技术基础是管道末端高级生物处理技术与硝化技术相结合的综合技术。就COD限值而言，其水平等同于BPT标准；就优先、非常规有机污染物和氨而言，其水平等同于BAT标准。

对于B和D类，NSPS标准的技术基础是管道末端高级生物处理技术。就COD限值而言，其水平等同于BPT标准。

### （5）PSES标准和PSNS标准

预处理标准是用来防止污染物“穿透”和“干扰”污水处理厂（POTWs），从而限制了与POTWs不兼容的污染物的排放。《清洁水法》要求对“穿透”POTWs，且总量超过直接排放限值或POTWs污泥处理方案的污染物，需要进行预处理。

预处理标准基于一定的技术基础，类似于BAT标准，主要去除优先和非常规污染物。对于A和C类，PSES标准和PSNS标准的技术基础是去除有机物和氨的厂内汽提技术；对于B和D类，这两个标准的技术基础也是去除有机物的厂内汽提技术。

根据《清洁水法》的规定，上述六个标准都是通过许可证来执行的，它们不要求企业应用某种指定技术，制药厂或制药设施可以选择合适的处理技术来满足其许可限值。

#### 6.1.1.5 标准的污染物指标体系

标准的控制指标共确定了43个控制因子，分为七大类，分别为COD、BOD<sub>5</sub>、TSS、pH、氰化物、氨氮、特征有机物。根据产品种类和点源状况的不同各项指标的控制值有所不同。

控制指标因产品类别和点源状况的不同而有所不同，但如上所述，A和C类之间、B和D类之间也有一些类似的特点。也就是说，发酵产品类与化学合成类的控制指标相同，均为COD、BOD<sub>5</sub>、TSS、pH、氰化物、氨氮、特征有机物七类；提取产品类与混装制剂类的指标相同，均为COD、BOD<sub>5</sub>、TSS、pH、特征有机物五类。

从处理技术看，BPT 类的控制指标为 COD、BOD<sub>5</sub>、TSS、pH、氰化物（提取产品类与混装制剂类不含氰化物）；BCT 类的控制指标为 BOD<sub>5</sub>、TSS、pH；BAT 类的控制指标为 COD、pH、氰化物、氨氮、特征有机物（提取产品类与混装制剂类只为 COD）；NSPS 的控制指标为 BOD<sub>5</sub>、TSS、COD、pH、氰化物、氨氮、特征有机物（提取产品类与混装制剂类为 BOD<sub>5</sub>、TSS、COD、pH）。

现有点源和新点源的预处理标准相同，控制指标为氰化物、氨氮和特征有机物（提取产品类与混装制剂类只控制特征有机物），当接受的污水处理厂具有硝化能力时，不含氨氮指标。研究开发类的控制指标为 COD、BOD<sub>5</sub>、TSS、pH。

#### 6.1.1.6 与中药类有关的排放标准

由于中药类和提取类在原材料、生产工艺等方面有某些相似之处，本文在此主要介绍美国提取类制药工业水污染物排放标准。该标准规定：提取类制药工业点源执行标准只控制 COD、BOD<sub>5</sub>、TSS、pH 四项常规指标，标准值见表 6.1。该标准还规定：提取类制药工业预处理标准控制丙酮、乙酸正戊酯、乙酸乙酯、乙酸异丙酯、二氯甲烷五项指标，标准值见表 6.2。

表 6.1 美国提取类制药工业点源排放标准 单位：mg/L，pH 除外

序号	指标	任何一日最大值	月均值
1	COD	228	86
2	BOD <sub>5</sub>	35	18
3	TSS	58	31
4	pH	6.0~9.0	6.0~9.0

表 6.2 美国制药工业提取类预处理标准 单位：mg/L

序号	指标	任何一日最大值	月均值
1	丙酮	20.7	8.2
2	乙酸正戊酯	20.7	8.2
3	乙酸乙酯	20.7	8.2
4	乙酸异丙酯	20.7	8.2
5	二氯甲烷	3.0	0.7

#### 6.1.1.7 监测要求

美国标准是通过许可证来执行的，许可证将受控污染物的标准限值转化为质量限值，但保持氰化物的浓度限值。许可证的质量限值是以前标准中受控污染物的管道末端浓度限值和企业长期平均排水量为基础的。许可证中要求制药企业非工艺废水量不超过总排放口废水量的 25%，若非工艺废水量超过 25%，则需要重新确定质量限值。

标准中受控污染物（除氰化物）的监测点在管道末端。EPA 通过调查发现 A 和 C 类的含氰废水量一般不超过总工艺废水量的 2.1%，在管道末端检测氰化物浓度是不切合实际的。因此，EPA 规定氰化物的监测点应该在厂内含氰废水与非含氰废水混合前的某一点，除非制

药企业能够合理地证明在该厂管道末端可以检测出氰化物浓度。

对污染物的监测频率由颁布许可证的环保部门来确定。一般对COD、BOD<sub>5</sub>和TSS采取日监测，对氨氮及有机污染物采取周监测。监测浓度必须转化为质量负荷。转化方法为取样测得的受控污染物浓度乘以相应的变化系数（日变化系数或30天变化系数），再乘以取样期间废水排放总量。如果转化后的质量负荷超过许可证中的质量限值，就视为超标。

6.1.1.8 测试方法

EPA为制药工业污染物建立了测试方法，即《制药工业废水污染物的分析方法》（EPA-821-B-98-016，1998）。该方法中包括三种方法：方法1666同位素稀释质谱/色谱法分析挥发性有机污染物、方法1667 衍生化高性能液体色谱法分析甲醛、糠醛和异丁醛和方法1671火焰电离检测法分析挥发性有机污染物。

同时，EPA允许使用饮用水测试方法和ASTM（American Society for Testing and Materials）中的部分方法（如，D3371、D3695和D4763），来检测受控污染物。EPA之所以允许使用多种方法是为了在监测中保持更大的灵活性，企业可以以废水性能为基础确定合适的测量方法，同时与饮用水和废水管理项目中应用的方法保持一致。

6.2 世界银行

世界银行于1998年7月生效的《污染预防与消除手册》中规定了制药企业废气、废水及固体废物的排放指南。此部分排放指南只具有指导性，并不具备强制性。

6.2.1 废水排放指南

制药企业出水排放应满足表6.7中的最大限值。其中，生物试验应确保出水的毒性在可接受的范围内：对鱼类的毒性=2；对大型蚤的毒性=8；对藻类的毒性=16；对细菌的毒性=8。

表 6.7 制药工业出水限值 单位：mg/L，pH 除外

项 目	最大值
pH	6~9
生化需氧量（BOD <sub>5</sub> ） <sup>1</sup>	30
化学需氧量（COD）	150
可吸附有机卤化物（AOX）	1
总悬浮性固体（TSS）	10
矿物油和油脂	10
苯酚	0.5
砷	0.1
镉	0.1
六价铬	0.1
汞	0.01
活性成分（每种）	0.05

注：1. BOD<sub>5</sub>测试的前提条件是出水中不含有对测试中使用的微生物产生毒害的物质。

### 6.2.2 固体废物排放指南

固体废物应在控制条件下焚烧，控制条件为最低温度 1000℃ 及液体停留时间 1 秒，以使有毒有机物的削减率达到 99.99%。卤化有机物通常不焚烧。在焚烧这些有机物的地方，二噁英和呋喃的排放限值应小于 1ng/Nm<sup>3</sup>（以 2,3,7,8-TCDD 计）。

### 6.3 欧盟指令

欧盟在环境标准和污染控制方面的政策法规都是以指令形式给出的。其中《污染综合防治指令》（简称 IPPC 指令）针对六大行业（能源工业、金属制造及加工、矿产采掘加工业、化学工业、废物管理和其它）建立了排放限值，目前还没有针对制药工业的污染控制指令，但是欧盟在《应用有机溶剂的工业的挥发性有机化合物排放限值》（on the limitation of emissions of volatile organic compounds due to the use of organic solvents in certain activities and installations, 1999/13/EC）中，对制药工业有机溶剂的排放作出了规定，见表 6.8。在该指令中，挥发性有机化合物（VOCs）是指在温度为 293.15 K 的条件下，蒸汽压大于或等于 0.01 KPa，或在特殊条件下具有相应挥发性的任何有机化合物。

表 6.8 制药工业 VOCs 排放限值

溶剂消耗量 (吨/年)	废气排放值 (mgC/Nm <sup>3</sup> )	瞬时排放值 占溶剂的百分比		总排放限值	
		新建企业	现源	新建企业	现源
制药工艺 (>50)	20*	5 **	15 **	溶剂总量的 5%	溶剂总量的 15%

注：\*如果工艺中存在溶剂的回收和再利用技术，以废气形式排放的有机溶剂应为 150 mg/m<sup>3</sup>。

\*\*瞬时排放值不包括以密封的产品或制剂形式出售的溶剂。

### 6.4 国内现有相关标准

#### 6.4.1 废水排放标准

目前，我国中药工业废水排放执行《污水综合排放标准》（GB 8978 - 1996）的有关规定，该标准未对中药类制药工业进行特殊规定，只按“其他排污单位”或“一切排污单位”执行，具体控制指标及标准值见表 6.9。此外，该标准未对中药类制药企业的单位产品排水量做出任何规定。

表 6.9 《污水综合排放标准》中规定的中药类制药工业废水排放标准

类别	COD	BOD <sub>5</sub>	SS	氨氮	pH
1997 年 12 月 31 日前建设的单位					
级标准	100	30	70	15	6~9
二级标准	150	60	200	25	
三级标准	500	300	400	—	
1998 年 1 月 1 日后建设的单位					
一级标准	100	20	70	15	6~9
二级标准	150	30	150	25	
三级标准	500	300	400	—	

#### 6.4.2 大气污染物排放标准

目前，我国中药工业大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB 16297）的有关规定。

对于拥有自备火电厂、锅炉和污水处理站的中药企业，其大气污染物的排放则分别执行《火电厂大气污染物排放标准》（GB 13223）、《锅炉大气污染物排放标准》（GB 13271）和《恶臭污染物排放标准》（GB 14554）的规定。

随着我国中药制药工业的快速发展，现有标准已不能适应本行业废水、废气等污染物排放控制与环境管理的需要，因此，有必要制订能够科学地体现中药制药行业特点与环境保护监督管理需要的污染物排放标准。

#### 6.4.3 地方相关行业污染物排放标准

上海市发布了专门的《生物制药行业污染物排放标准》（DB 31/373-2006）。在该标准中，根据上海制药工业的地方特色，分为发酵类、生化提取类、生物技术制药、生物制剂四大类，没有涉及到中药类。

### 7 标准的结构设计

#### 7.1 适用范围

本标准拟规定中药类制药工业废水污染物排放限值排放限值以及标准的实施与监督等内容。

本标准适用于现有中药类制药工业企业的水污染物排放管理，以及新（扩、改）建中药类制药工业建设项目的环境影响评价、环境保护设施设计、竣工验收及其建成后的污染控制与管理。

本标准适用于以药用植物和药用动物为主要原料，按照国家药典，生产中药饮片和中成药产品的制药工业企业，包括中药提取和中药制剂加工。由于藏药、蒙药等我国传统医药制药工业企业与中药类制药工业企业在产品原材料、生产工艺、污染物排放等方面有某些相似之处，因此，建议藏药、蒙药等我国传统医药制药工业企业的污染物排放也可参照本标准执行。

本标准适用于法律、法规允许的污染物排放行为；新设立污染源的选址和特殊保护区域内现有污染源的管理，按照《中华人民共和国大气污染防治法》第十六条、《中华人民共和国水污染防治法》第二十条和第二十七条、《中华人民共和国海洋环境保护法》第三十条和《饮用水水源保护区污染防治管理规定》等法律、法规、规章的相关规定执行。



## 7.2 本标准与其他现行标准的关系

本标准属行业性排放标准，与综合性排放标准不交叉执行。

自本标准实施之日起，我国中药类制药工业的水污染物排放执行本标准，不再执行《污水综合排放标准》（GB8978—1996）。

## 7.3 水污染物排放先进控制技术限值

为促进地区经济与环境协调发展，推动经济结构的调整和经济增长方式的转变，引导工业生产工艺和污染治理技术的发展方向，根据环境保护工作的要求，在国土开发密度已经较高、环境承载能力开始减弱，或环境容量较小、生态环境脆弱，容易发生严重环境污染问题而需要采取特别保护措施的地区，应严格控制企业的污染物排放行为，在上述地区的企业执行水污染物排放先进控制技术限值，其地域范围、时间，由省级人民政府规定。

## 7.4 现有企业和新建企业的划分

考虑到现有企业和新建企业的特点与差别，初步拟定按现有企业和新建企业区别对待，新建企业标准从严，给现有企业一个合理的时间段，以便过渡到执行新建企业标准。初步考虑现有企业的过渡期为3年。

## 7.5 执行时段

根据项目建设时间分为两个时间段。现有企业和新建企业（包括改、扩建）的项目建设时间，以环境影响评价报告书（表）批准日期为准。初步拟定：自2008年1月1日起执行本标准，现有企业自2011年1月1日起，过渡到执行新建企业的排放标准。

## 7.6 企业分类

为了便于调研等标准制订工作的开展，我们根据企业的生产工艺、产品特点，将中药类制药企业分为两种类型：中药饮片和中成药。

但是经过调研与分析发现，中药饮片在炮制工段，有的饮片需要加入特殊的辅料如酒、醋、盐、姜、蜜、药汁等进行处理，这样造成其废水的COD浓度一般较高，与中成药废水在污染程度上几乎相当，因此，本标准将中药饮片和中成药作为一类进行考虑，制定统一的排放标准。

## 7.7 浓度控制与总量控制相结合

本标准拟对废水排放设置两种控制指标，即最高允许排放浓度和单位产品基准排水量。最高允许排放浓度规定了废水中各项污染物允许排放的最高浓度限值，该指标可控制废水瞬时排放的浓度，但仅有这个指标，无法对污染物排放总量进行控制。为控制排放总量，本标

准同时规定了单位产品基准排水量，以避免企业简单地采用稀释的方式来达到浓度限值。每一制药生产企业的废水排放都必须同时符合这两种限值要求。

## 7.8 主要技术内容

通过调研与分析，发现中药类企业的污染控制对象以废水为重点，大气污染物以及恶臭、固体废物和噪声污染与其它类型企业有相似性，可以按《大气污染物综合排放标准》（GB 16297）、《恶臭污染物排放标准》（GB 14554）、《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB 18599）和《工业企业厂界噪声标准》（GB 12348）等规定执行。因此，本标准对大气污染物、固体废物和噪声污染控制不予考虑，本标准提出的主要技术内容是对废水的污染控制要求。

## 8 废水排放标准制订依据

### 8.1 标准项目的选择

#### （1）常规综合性控制指标

中药生产的原材料主要为中药材，在生产过程中有时需使用一些媒质、溶剂或辅料，废水主要来自设备清洗水、下脚料废液清洗水、提取工段废水、地面冲洗水、辅助工段的清洗水及生活污水等。废水中多为天然有机物质，如木质素、木质蛋白、果胶、半纤维素、脂蜡以及木糖、半乳糖、甘露糖、葡萄糖等碳水化合物。因此，中药废水主要为有机废水，可采用某些综合指标加以控制。本标准除选定 COD、BOD<sub>5</sub>、SS、氨氮等常规污染物指标外，还选定总有机碳指标以有机物中碳的含量作为表征废水中有机物总量的综合性指标，以便使标准逐步从 COD 指标过渡到总有机碳指标。

#### （2）总氰化物

根据调查得知，某些厂家在生产过程中，使用了含氰的化合物作为原材料，废水出水中也可能有氰化物存在，所以，有必要对氰化物进行控制。

#### （3）急性毒性

考虑到废水成分复杂，且可能存在某些药物成分等有毒有害物质，排放到水环境中，可能对生态环境造成不良的影响，因此，本标准选择急性毒性 96h LC<sub>50</sub> 值（半致死浓度）作为废水毒性控制指标。

#### （4）本标准不控制的指标

根据现场调研发现，多数企业采用水提工艺进行生产，醇提工艺相对少些。采用醇提工艺的中药企业都建有乙醇回收蒸馏塔对乙醇进行了回收，回收率一般在 90%以上，最高可达 96%，所以废水中的乙醇含量不是很高。即使废水中含有少量乙醇，由于乙醇易于挥发和降解，因此，没有必要对乙醇加以控制。其他溶剂也是如此。

此外，根据调研得知，企业废水出水中的磷酸盐含量都在 1 mg/L 以下（见表 5.1），所以，也没有必要控制磷酸盐指标。

综上所述，本标准根据中药废水主要为有机废水的特点和大量调研工作结果，确定本标准采用 pH、COD、BOD<sub>5</sub>、SS、氨氮、总有机碳、总氰化物、急性毒性等指标作为水污染物控制指标。

### 8.2 标准值的形式

本标准的标准值形式设置两种控制指标，即浓度控制和总量控制，每个制药生产企业的废水排放都必须同时符合这两种限值要求。

浓度控制指标以水污染物最高允许排放浓度来表示。标准中规定了水污染物允许排放的最高浓度限值，以日均值计，用于控制废水排放的浓度，一般以 70~80% 的中药企业废水可以达标为准。

本标准中的总量控制指标以单位产品基准排水量来表示。通常污染物总量控制是以单位产品污染物排放量来表示，但考虑到本标准中涉及的中药产品种类较多，每个企业一般生产多种产品，且随着市场变化不断地改变产品种类，因此，本标准仍采用吨产品基准排水量作为总量控制指标。

### 8.3 标准值的制订依据

#### 8.3.1 废水排放标准

##### 8.3.1.1 化学需氧量（COD）

大多数中药企业采用的二级生化处理技术实际运行时，COD 去除率可达 90% 以上，一些企业通过强化管理，采取清洁生产和废水深度处理等防治措施，可进一步降低出水 COD 的浓度。目前，根据调研的情况分析得知（表 8.1），约 76% 的厂家出水 COD 值小于或等于 100 mg/L，约 6% 的厂家出水 COD 值在 100 到 130 mg/L 之间，约 18% 的厂家出水 COD 值大于 130 mg/L。因此，本标准拟定新建企业指标值为 100 mg/L，现有企业指标值为 130 mg/L。

也就是说，如果按本标准执行，大概有 76% 的现有企业是可以达到新建企业的 COD 标准 100mg/L 的；82% 的现有企业目前可以达到本标准规定的现有企业的 COD 标准 130mg/L 的；只有 18% 的企业是不能达标的，而这些企业是应该根据各企业的自身条件进行生产工艺和污水处理技术改造的，或面临关停而被淘汰的企业。

表 8.1 中药生产企业污水处理厂出水水质汇总表

指标范围	厂家数量 (个)	占厂家数量 的 %	指标范围	厂家数量 (个)	占厂家数量 的 %	指标范围	厂家数量 (个)	占厂家数量 的 %
COD≤100	25	76	BOD≤20	17	68	SS≤50	22	71

100<COD≤130	2	6	20<BOD≤30	3	12	50<SS≤60	5	16
COD>130	6	18	BOD>30	5	20	SS>60	4	13
合 计	33	100	合 计	25	100	合 计	31	100

#### 8.3.1.2 生化需氧量 (BOD<sub>5</sub>)

根据调研分析得知 (表 8.1), 约 68% 的厂家出水 BOD<sub>5</sub> 值小于或等于 20 mg/L, 约 12% 的厂家出水 BOD<sub>5</sub> 值在 20 到 30 mg/L 之间, 另有约 20% 的厂家出水 BOD<sub>5</sub> 值大于 30 mg/L。因此, 本标准拟定新建企业指标值为 20 mg/L, 现有企业指标值为 30 mg/L。

#### 8.3.1.3 悬浮物 (SS)

通过调研分析 (表 8.1), 上报 SS 数据的生产厂家为 29 家, 出水中 SS 浓度值小于或等于 50 mg/L 的厂家占 71%, 约 16% 的厂家出水 SS 值在 50 到 60 mg/L 之间, 而出水中 SS 浓度值大于 60 mg/L 的厂家占 13%。因此, 本标准拟定新建企业指标值为 50 mg/L, 现有企业指标值为 60 mg/L。

#### 8.3.1.4 氨氮 (NH<sub>3</sub>-N)

通过调查发现, 中药生产废水中 NH<sub>3</sub>-N 含量不高, 上报 NH<sub>3</sub>-N 数据的 13 个厂家, NH<sub>3</sub>-N 出水浓度均小于 10mg/L, 其中 10 个企业在 8mg/L 以下。因此, 本标准拟定新建企业 NH<sub>3</sub>-N 指标值为 8mg/L, 现有企业为 10 mg/L。

#### 8.3.1.5 总有机碳 (TOC)

对于性质稳定的排放废水来说, 其 TOC 浓度与 COD 值存在一个良好的相关关系。根据 TOC 在线监测数据与 COD 的比对结果分析, 发现 TOC/COD 比值一般在 0.3 左右。因此, 本标准中的 TOC 限值是以 COD 限值的 30% 作为标准限值, 即新建企业为 30mg/L, 现有企业为 40mg/L。

#### 8.3.1.6 总氰化物

在调研资料中, 个别厂家的出水中含有总氰化物, 其浓度控制在 0.25 mg/L 左右。因此, 本标准拟定现有企业的总氰化物标准值为 0.25 mg/L, 为体现对新建企业从严控制的原则, 拟定新建企业标准值为 0.2mg/L。

#### 8.3.1.7 急性毒性

传统的物理、化学分析方法能定量分析污染物中主要成分的含量, 但不能直接全面地反映各种有毒物质对环境及生物的综合影响, 而生物测试恰恰能够弥补理化监测方法的不足。目前, 控制工业废水水质的毒性已变得越来越重要了。通常采用的水质毒性测试方法有藻类生长抑制毒性、溞类活动抑制毒性、鱼类急性毒性、发光菌急性毒性和种子发芽毒性等。发光细菌法毒性实验是监测工业废水污染物综合毒性的一种简便易行的方法。本标准采用发光细菌法, 急性毒性以 HgCl<sub>2</sub> 计, 以此作为废水毒性控制指标。

世界银行规定制药企业出水排放除了应满足表 6.7 中的最大限值外, 还应符合生物试验的毒性在可接受的范围内, 即对鱼类的毒性=2; 对大型溞的毒性=8; 对藻类的毒性=16;

对细菌的毒性=8。

发光细菌法毒性实验是监测工业废水污染物综合毒性的一种简便易行的方法。本标准依据水质毒性分级标准（参见万家玲编著《环境微生物学实验》，张秀君的发光细菌法监测废水综合毒性研究）， $\text{HgCl}_2$  毒性指标值小于“0.07mg/L”属于低毒，大于“0.07mg/L”属于中毒，所以将一般地区及环境敏感地区的  $\text{HgCl}_2$  毒性指标值定为“0.07mg/L”，分析方法按 GB/T 15441-19951 中发光细菌分析方法标准执行。

#### 8.3.1.8 pH 值

在本标准的调研资料中，所有厂家的出水 pH 值均在 6~9 之间，废水 pH 值在此范围内对受纳水体和周围环境不会造成危害，因此，本标准拟定新建企业和现有企业 pH 值均为 6~9。

#### 8.3.1.9 单位产品基准排水量

对中药而言，单位产品废水排放量因产品类别不同产生的废水排放量不尽相同，如片剂与膏剂之间；即使是同一种类别的产品不同的产品其废水排放量也有很大差别，如有的片剂需要经过提取、精制等工序才能压片制成，而有的片剂只需经过粉碎、混匀等工序即可制成，所以，考虑到中药产品种类繁多，每个企业一般生产多个品种，且随着市场变化不断地调整产品种类，另外有些企业既生产中药饮片又生产中成药，因此，从标准实施的可行性和可操作性角度，本标准拟将中药类作为一个整体，制订单位产品基准排水量，作为核定水污染物排放浓度而规定的生产单位产品的废水排放量上限值。

水污染物排放浓度限值适用于单位产品实际排水量不高于单位产品基准排水量的情况。若单位产品实际排水量超过单位产品基准排水量，须按污染物单位产品基准排水量将实测水污染物浓度换算为水污染物基准水量排放浓度，并以水污染物基准水量排放浓度作为判定排放是否达标的依据。产品产量和排水量统计周期为一个工作日。

当企业同时生产两种以上、单位产品基准排水量的不同的产品，且将产生的污水混合处理排放时，按下式换算水污染物基准水量排放浓度：

$$C_{\text{基}} = \frac{Q_{\text{总}}}{\sum Y_i \times Q_{i\text{基}}} \times C_{\text{实}}$$

式中：

$C_{\text{基}}$ —水污染物基准水量排放浓度（mg/L）

$Q_{\text{总}}$ —排水总量（吨）

$Y_i$ — 某产品产量（吨）

$Q_{i\text{基}}$ —某产品的单位产品基准排水量（吨/吨）

$C_{\text{实}}$ —实测水污染物浓度（mg/L）

若  $Q_{\text{总}}$  与  $\sum Y_i \times Q_{i\text{基}}$  的比值小于 1，则以水污染物实测浓度作为判定排放是否达标的依据。

本标准结合调研结果（表 8.3）、厂家的建议及有关文献数据，最终确定吨产品基准排水量为 200 m<sup>3</sup>/吨产品。

表 8.3 中药厂废水排放量调研结果

企业名称	主要产品	年产量	单位产品排水量
山东××股份有限公司	阿胶	1800 吨	185 m <sup>3</sup> /吨产品
	复方阿胶浆	3400 吨	
	水晶枣	430 吨	
吉林××制药有限公司	痹饮片	2000 万片	5 m <sup>3</sup> /50 万片（粒）
	复方三七胶囊	1000 万粒	
	消炎止痢灵片	1000 万片	
××中药有限公司	胶囊剂	200 万瓶	69 m <sup>3</sup> /万瓶
	片剂	520 万片	1.04 m <sup>3</sup> /万片
	蜜丸	150 万丸	22.4 m <sup>3</sup> /万丸
黄山市××药业有限公司	鱼腥草注射液	90 万支	4.6 m <sup>3</sup> /万支
	香丹注射液	80 万支	
	六味地黄口服液	150 万支	3 m <sup>3</sup> /万支
武汉××药业集团股份有限公司	全部产品，主要产品有：中药鼻炎片、脉君安、全风藤糖浆	2576.4 吨	65 m <sup>3</sup> /吨
成都××科技实业有限公司	松龄血脉康胶囊	15000 万粒	3.03 m <sup>3</sup> /万粒
	一清胶囊	14000 万粒	
	镇咳宁胶囊	2500 万粒	
	玄麦柑桔胶囊	400 万粒	
江苏××制药有限公司	膏药	142 万盒	17.44 m <sup>3</sup> /万元
	金胆片	222 万瓶	
石家庄××制药有限公司	丸剂	120.9 吨	250 m <sup>3</sup> /吨产品
	片剂	27.8 吨	740 m <sup>3</sup> /吨产品
	胶囊	27.5 吨	150 m <sup>3</sup> /吨产品
	口服液	24.5 吨	580 m <sup>3</sup> /吨产品
兰州××药业股份有限公司	浓缩丸	1323 吨	167 m <sup>3</sup> /吨产品
××药业集团有限公司	莲蒲双清片	2500 万片	0.6 m <sup>3</sup> /万片
	板蓝根颗粒	170 吨	50 m <sup>3</sup> /吨产品
	川贝枇杷糖浆	200 万瓶	50 m <sup>3</sup> /万瓶
	川贝雪梨膏	180 万瓶	50 m <sup>3</sup> /万瓶
	小金丸	250 万支	5.7 m <sup>3</sup> /万丸
	熊胆丸	1700 万粒	
	麝香壮骨膏	8000 万贴	1600m <sup>3</sup> /万贴
北京××西分厂	乌鸡白凤丸	69 万丸	10764 m <sup>3</sup> /年
	牛黄上清丸	2687 万丸	6337 m <sup>3</sup> /年
北京××北分厂	乌鸡白凤丸	16000 千丸	1248 m <sup>3</sup> /吨产品
	康氏牛解丸	2070 千丸	161 m <sup>3</sup> /吨产品
	牛黄上清丸	4000 千丸	312 m <sup>3</sup> /吨产品
北京××药	国公酒	1562 吨	102935 m <sup>3</sup> /年

企业名称	主要产品	年产量	单位产品排水量
酒厂	骨刺酒	623 吨	
吉林××药业股份有限公司	血栓心脉宁胶囊	1.2 亿粒	12 m <sup>3</sup> /批
	返魂草颗粒	1500 万袋	10 m <sup>3</sup> /批
	脑蛋白水解物	200 万支	14 m <sup>3</sup> /批
	冠脉宁片	1.0 亿片	12 m <sup>3</sup> /批
广西××制药有限公司	所有中药	905 吨	174 m <sup>3</sup> /吨产品
贵州××药业有限公司	强力天麻杜仲胶囊	3840 万粒	胶囊类：0.47m <sup>3</sup> /万粒
	元胡止痛胶囊	130 万粒	
	藿香正气胶囊	22 万粒	
	通便灵胶囊	152 万粒	
	六味地黄胶囊	83 万粒	
	天麻胶囊	29 万粒	
	杞菊地黄胶囊	29 万粒	
	金喉健喷雾剂	152 万支	喷雾剂类：0.47m <sup>3</sup> /万支
	保妇康泡沫剂	3 万瓶	

### 8.3.2 水污染物排放先进控制技术限值

为促进地区经济与环境协调发展，推动经济结构的调整和经济增长方式的转变，引导工业生产工艺和污染治理技术的发展方向，本标准规定了污染排放先进控制技术限值。

根据环境保护工作的要求，在国土开发密度已经较高、环境承载能力开始减弱，或环境容量较小、生态环境脆弱，容易发生严重环境污染问题而需要采取特别保护措施的地区，应严格控制企业的污染物排放行为，在上述地区的企业执行水污染物排放先进控制技术限值。

执行水污染物排放先进控制技术限值的地域范围、时间，由省级人民政府规定。

**表 8.4 现有和新建企业水污染物排放先进控制技术限值**

序号	污染物	单位	排放限值	污染物排放监控位置
1	pH 值	—	6~9	常规污水处理 设施排放口
2	悬浮物（SS）	mg/L	10	
3	五日生化需氧量（BOD <sub>5</sub> ）	mg/L	10	
4	化学需氧量（COD）	mg/L	50	
5	氨氮（以N计）	mg/L	5	
6	总氮（以N计）	mg/L	15	
7	总磷（以P计）	mg/L	0.5	
8	总氰化物	mg/L	0.20	
9	总有机碳（TOC）	mg/L	15	
10	急性毒性（以 HgCl <sub>2</sub> 计）	mg/L	0.07	
11	单位产品基准排水量	m <sup>3</sup> /t 产品	200	

## 9 标准的技术经济可行性分析

### 9.1 废水处理常用技术

企业调研资料显示, 中药类制药废水的处理一般采用物化、生物处理方法。中药废水处理使用的物化方法主要是气浮法。生物处理方法包括好氧和厌氧两种处理方法。

#### (1) 气浮法

废水在有足够空气的条件下, 加压到 345~483 KPa, 达到饱和。加压后的气体—液体混合物在气浮设备释放到常压时, 细小的空气气泡吸附在颗粒物上, 当气固混合物升到表面时被撇出。气浮法可有效去除 TSS, 但对 COD、BOD<sub>5</sub>、氨氮的去除效果并不是很好, 因此, 在中药废水处理中, 常把气浮法作为预处理工序或后处理工序, 以提高处理效率。

#### (2) 厌氧生物处理

①水解酸化法: 在中药废水处理中, 水解酸化往往与好氧工艺联合使用。水解酸化主要用于使难以降解的大分子有机物开环断链, 变为易于生物降解的小分子物质, 改善废水的可生化性, 提高后续好氧生物降解的处理效率。

②上流式厌氧污泥床(UASB)法: UASB 反应器是具有推广前景的高效厌氧反应器, 具有处理负荷高、结构简单、运行稳定等优点。在中药废水处理中, 对 COD、BOD<sub>5</sub> 的去除效率较高。近年来, 中药企业将 UASB 与好氧法联合使用, 改善了反应器性能, 对 COD、BOD<sub>5</sub> 的去除率可达 95%以上。

#### (3) 好氧生物处理

好氧生物处理有活性污泥法和生物膜法两大类, 包括普通活性污泥法、深井曝气法、延时曝气法、生物接触氧化法、生物滤池、SBR、CASS 等。下文介绍制药企业常用的四种方法。

①生物接触氧化法: 生物接触氧化法兼有活性污泥法和生物膜法的特点, 具有较高的处理负荷, 能够处理易引起污泥膨胀的有机废水。但在实际运行中, 要保持其对废水中 COD 良好的去除率, 通常要求进水的 COD 不大于 1000 mg/L。因此, 中药企业通常在生物接触氧化工序前, 增加厌氧工序, 以降低 COD 进水负荷, 提高处理效率。

②生物滤池: 生物滤池工艺的污泥生成量少, 对进水水质、水量负荷的冲击有较强的适应能力。但此工艺易发生滤池堵塞和环境卫生问题。目前, 曝气生物滤池的应用比较广泛。其最大的特点是集生物接触氧化和截留悬浮固体于一身, 节省了二沉池, 具有负荷高、停留时间短、出水水质好的优点。

③序批式间歇活性污泥法(SBR 法): SBR 法具有均化水质、无需污泥回流、耐冲击、污泥活性高、结构简单、操作灵活、占地少、投资省、运行稳定等优点, 比较适合于处理间歇排放、水量水质波动大的废水。目前, SBR 法已成功应用于许多中药企业的废水处理。

④周期循环活性污泥工艺(CASS): CASS 工艺集曝气和沉淀两个反应过程于一身, 大



大减少了占地面积和工程造价，具有操作管理方便、运行维护费用低、污泥产生量低、出水水质好等优点。CASS 工艺对中药废水中 COD 的去除率可达 80%~90%，对 BOD<sub>5</sub> 的去除大约为 95%，同时具有较好的脱氮除磷效果。

根据调研可知，中药企业通常采用上述处理方法的组合工艺，部分企业应用现有的处理工艺，基本可以满足本标准对 COD、BOD<sub>5</sub>、TSS、pH 和氨氮的标准值，因此，标准限值的确定在技术上是可行的。

## 9.2 废水处理设施投资与运行成本

本标准的废水排放标准是基于废水治理必须采用好氧或厌氧-好氧处理技术的基础上。在调研过程中，我们对企业的废水处理设施的投资与运行成本进行了分析，见表 9.1。

表 9.1 废水处理技术调研结果

序号	企业名称	处理工程 投资万元	设计处理 能力 m <sup>3</sup> /d	吨废水 投资元	实际处理 能力 m <sup>3</sup> /d	运行 费 元/m <sup>3</sup>	废水 处理工艺
1	广东××制药有限公司	66	600	1100	132	3.16	气浮
2	山东××股份有限公司	320	3500	914	3300	0.35	UASB-好氧
3	××药业××制药厂	60	500	1200	155	1.7	厌氧滤池-接触氧化
4	湖北××药业有限公司	2	12	1667	12		WSZ 一元化污水处理设备
5	浙江××药业有限公司	265	200	13250	40	30	接触氧化-气浮
6	黄山市××药业有限公司	43	300	143	300	0.4	水解-好氧
7	南京××药业有限责任公司	240	480	5000	480	1.8	气浮-好氧
8	黑龙江××药业股份有限公司	220	450	4889	210	2.7	UASB-接触氧化
9	武汉××药业集团股份有限公司	60	480	1250	480	0.25	厌氧-好氧
10	成都××科技实业有限公司	174	300	5800	200	3.51	酸化-生物滤池
11	山西××制药集团股份有限公司	110	300	3667	180	1.7	生物曝气
12	咸阳××制药有限公司	318	100	31800	80	0.57	延时曝气
13	吉林通化××药业股份有限公司	137			15		水解酸化-接触氧化
14	兰州××药业股份有限公司	280	720	3889	720	1.3	SBR 法
15	华北制药集团××有限公司	20.5	72	2847	9	50	水解-接触氧化

序号	企业名称	处理工程 投资万元	设计处理 能力 m <sup>3</sup> /d	吨废水 投资元	实际处理 能力 m <sup>3</sup> /d	运行 费 元/m <sup>3</sup>	废水 处理工艺
16	××药业集团有限公司	32	144	2222	125	5	水解酸化-生物接触氧化
17	昆明××制药股份有限公司	520	1500	3467	1200	3.58	水解-SBR
18	厦门××中药厂	100			450	2.79	厌氧-好氧
19	湖南××制药集团股份有限公司	12			5	10.3	厌氧-好氧
20	桂林××药业股份有限公司	241			300	1.5	厌氧-好氧
21	哈药集团制药×厂	76.8			245	1	厌氧-好氧
22	广州××中药厂	90	360	2500	305	2.06	厌氧-好氧
23	北京××西分厂	107	150	7133	146	1.05	好氧
24	北京××北分厂	118	150	7866	145	1.13	好氧
25	北京××药酒厂	280	550	5091	130	2.5	好氧
26	通化××实业集团有限公司	365	480	7604	480		厌氧-好氧
27	吉林××药业股份有限公司	130	80	16250	120	0.7	普通活性污泥法
28	广西××制药有限责任公司	40	1200	333	800	0.6	水解-接触氧化
29	贵州××药业有限公司	5	30	1667	15	0.8	加碱中和沉淀
30	四川××制药有限公司	420	400	10500	360	1.8	厌氧-微孔曝气
31	黄石市××生物制药厂	95	300	3167	200	0.98	气浮-ICEAS池

由表 9.1 可以看出,按设计处理能力计算每吨废水的投资额,发现吨废水的处理投资成本在不同厂家之间差别较大,范围在 143~31800 元/吨之间,其中,吨废水投资在 3000 元以下的和 3000~6000 元之间的分别占 38%,吨废水投资在 7000 元以上的占 24%。从调查资料反映的实际情况看,延时曝气法、接触氧化气浮法等属于投资比较大的技术,而水解好氧法、UASB 好氧法、厌氧滤池接触氧化法等是投资比较低的技术。

由该表还可以看出,处理每吨废水的运行费一般在 5 元以下,但个别厂家较高,最高达到 50 元/吨,这样高的运行费似乎不太合乎情理,其数据不予采用;运行费在 2 元以下的约占 52%,2~5 元的占 34.8%。其中,UASB-好氧法、水解好氧法、延时曝气法等运行费较低,而水解接触氧化法、接触氧化气浮法等较高。

综合上述我们对厂家实际采用的废水处理技术的分析,从吨废水的处理投资成本和运行费均最佳的角度出发,本标准推荐中药厂家易采用的废水处理技术是水解好氧法、UASB-好氧法。对厂家来说,这两种技术无论是吨废水的处理投资成本和运行费都是最低的,也是企业的经济能力可以承受的。

从废水处理的实际效果看（表 9.2），这两种技术的废水处理效果也是非常好的，对 COD 等污染物的去除率比较高，出水 COD、BOD、SS、pH 等各项指标基本可达到本标准规定的要求。当然，企业在选择废水处理技术时，还应当结合企业自身的实际情况加以考虑，切实地选择适合本企业生产工艺与废水特点的处理技术。

表 9.2 推荐的两种废水处理技术应用实例

企业名称	水质	COD mg/L	BOD mg/L	SS mg/L	处理 工艺	工程 投资 万元	实际处理 能力 m³/d	运行 费 元/m³
山东××股份有限公司	进水	681	136	321	UASB - 好 氧	320	3300	0.35
	出水	87	21.6	70				
黑龙江××药业股份有限公司	进水	2536	1260	560	UASB - 接 触氧化	220	210	2.7
	出水	3.62	1.83	36				
黄山市××药业有限公司	进水	96	56.5	45	水解 - 好 氧	4.3	300	0.4
	出水	19	12.2	30				

9.3 达标案例分析

案例一：

黑龙江某制药公司生产片剂、胶囊剂、口服液、丸剂、膏剂、散剂等多种产品，其废水成分复杂，有机物浓度较高。废水处理工艺采用 UASB 和接触氧化的组合工艺，该工艺的处理负荷高，结构简单，运行稳定，处理效果较好。其工程投资为 220 万元，运行费为 2.7 元/m³，实际处理能力为 210m³/d。废水处理工艺如图 10.1 所示，进水和出水水质如表 10.3 所示。由表 10.3 可知，该工艺对 COD、BOD 的处理效率高达 99%，出水水质达到了标准的规定要求。

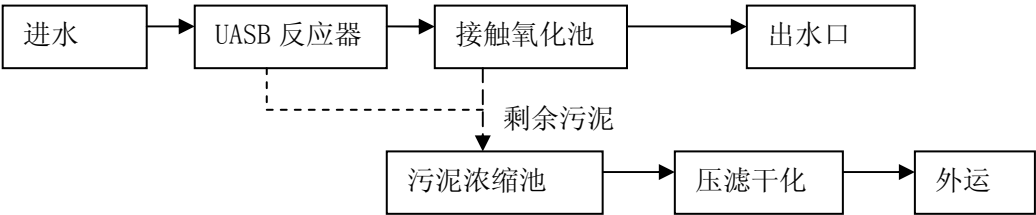


图 9.1 黑龙江某制药公司废水处理工艺

表 9.3 黑龙江某制药公司废水处理效果

项 目	COD	BOD <sub>5</sub>	SS	pH
进水, mg/L	2536	1260	560	6.6
出水, mg/L	3.623	1.83	36	7.2
去除率, %	99	99	94	

案例二：

辽宁某制药公司在生产中成药和中药制剂过程中产生大量的生产废水,为此该公司设有污水处理站。废水处理工艺采用循环式活性污泥(CASS)工艺,此技术有两大特征:第一,预处理选用机械格栅,去除较大杂质;第二,处理采用运行稳定的CASS工艺,该工艺适合高中浓度有机废水的处理,它集传统的初沉、曝气、二沉等工艺于一体,将反应过程和泥水分离过程集中在同一池内进行,此技术有较高的去除率。污水处理能力可达520 m<sup>3</sup>/d。处理工艺如图9.2所示。工艺进水和出水水质如表9.4所示。由表9.4可见,该公司废水可达到标准的规定要求。

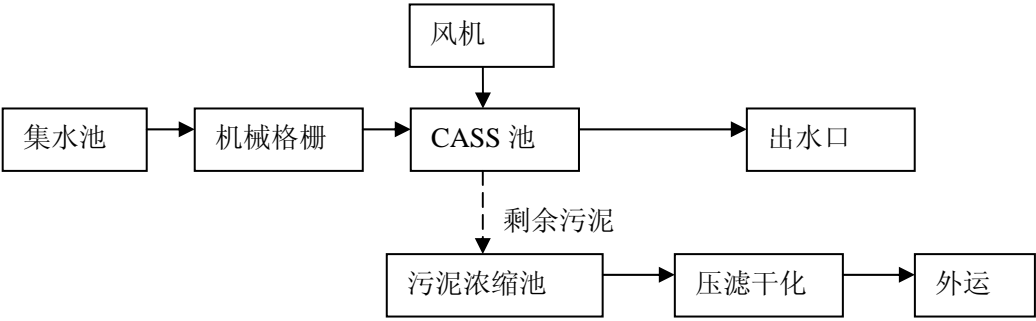


图 9.2 辽宁某制药厂处理工艺流程图

表 9.4 辽宁某制药厂废水处理效果 单位: mg/L

项目	COD	BOD	SS	氨氮	pH
进水, mg/L	374	240	259.1	1.82	7.69~8.08
出水, mg/L	66.7	15.0	24.1	0.482	8.08~8.25
去除率, %	82.2	94.8	90.7	73.5	

### 案例三:

湖北省某中药厂,该厂生产废水主要来源于洗瓶废水及洗中药材废水,废水量为40m<sup>3</sup>/d。废水处理工程采用SBR工艺,根据当地的实际情况和以往SBR工艺的运行经验,在某些关键部位作了必要的调整和改进,使该工艺在原有基础上有了较大的完善与提高。

(1) 设计依据: 废水水量25~40m<sup>3</sup>/d; 废水水质: pH 6~9, SS 60mg/L, COD 250mg/L, BOD<sub>5</sub> 120mg/L; 采用全自动程序做到无人监管; 尽量减少占地。

(2) 处理工艺: 采用SBR工艺,该工艺是在对传统活性污泥法的改造中发展起来的一种工艺,其构筑物仅为序批式反应池,简称SBR反应池,可理解为程序控制、批量处理反应池。工艺流程如下:

废水经格栅进入厌氧调节池,该调节池具有调节水量及厌氧水解的作用。再由泵提升至SBR反应池,即与池内空载期的污泥及填料上的微生物膜接触,污水中的有机物被菌胶团及微生物膜吸附,并开始降解。随着水位提高到一定高度,水下曝气机开始工作,为微生物充氧,处于边进水边充氧状态,当水位上升到预计高度时,水泵停止工作,继续充氧。进入反

应阶段，在同样条件下反应速度高于活性污泥法和接触氧化法，因反应速率和池内基质浓度成正比以及SBR池内基质浓度始终高于出水，这样就有更高的反应速率。当反应后，污水中基质浓度已达到排放要求时，即停止给污水充氧曝气。此时进入静止状态，污泥沉淀至底部，上部为清水。沉淀一定时间后上部清水通过滗水器开始排放。排水完成后又可重复进水，循环进行。工作一段时间后，池内多余污泥可回流至厌氧调节池。

其工艺特点：①由于没有初沉池、二沉池及污泥回流系统，因此可减少占地及降低造价30%以上。理想静沉，清污分离效果显著。耐冲击负荷强。运行可靠，操作灵活。本系统可调整运行周期和反应时间的长短，确保处理废水达标排放。当排放标准由二级升为一级时，只要延长反应时间即可达到，还可进行物化处理，深度处理及中水回用等。②除磷脱氮效果显著，SBR反应池内所有微生物都经历了完整的缺氧、厌氧、好氧过程。在污染物的去除方面，具有群体优势。而且，微生物在厌氧释磷后，立即进入好氧过程，过度吸磷动力得以有效充分利用。硝化、反硝化和释磷、吸磷在同一反应池内完成。③易于扩建，当水量增大时，仅增加SBR单元即可，毫不影响原构筑物的运行。同时，根据具体情况，也可将一个SBR单元拆分为多个SBR单元，而不影响其使用功能。由于是序批式批量处理，运行费用较低，为0.45元/吨废水。④本工程对SBR系统中主要设备滗水器中进行了优化设计，结合各类滗水器的优点，使其拥有工艺简单，运行可靠，管理简便，安装快捷，造价低廉等优点。在自动控制方面，由于电磁阀在使用方面的局限性，本工程采用了电动阀，使其运行更加安全可靠。在厌氧调节池安装了液位控制器，从而做到了全程自动化，无需专人管理。

### （3）主要构筑物及设备技术参数

- ①厌氧调节池：V=30m<sup>3</sup>， $\phi$ =6m；
- ②液下提升泵：Q=20m<sup>3</sup>/h，H=11m，P=0.75kW；
- ③SBR反应器： $\phi$ =3m，A3 防腐，H=4.5m，非标；
- ④风机：Q=20000m<sup>3</sup>/h，P=2.2kW；
- ⑤电动阀：DN 100；
- ⑥滗水器： $\phi$ =0.6m，V=0.25m<sup>3</sup>，非标。

（4）处理效果：SBR 系统的启动和正常运行是废水处理工程稳定合格运行的关键。在系统运行初期，进水采用间接进水方式，并逐步增加水量和 COD 浓度。同时增加曝气时间，以保证在系统启动初期微生物的培养。经过一段时间的调试运行，活性污泥形成良好，其比重和沉降性能以及生物活性均达到了工艺要求。出水水质趋于稳定，并且达到行业污水综合排放标准。经当地环保部门监测，出水水质指标：COD 为 49mg/L，BOD<sub>5</sub> 为 20mg/L。

## 9.4 污染物削减效益

据调研资料估算，目前中药类企业每生产一吨产品所产生的废水量在 118m<sup>3</sup> 左右，COD 浓度在 950mg/L 左右。目前中药企业的年生产量已达 37 万吨，则每年产生 COD 的量为 41477

吨。如果按处理后的废水 COD 限值都能达到 100 mg/L 计算，则每年排放的 COD 量为 4366 吨，每年削减 COD 37111 吨，占 COD 产生量的 89%。

此外，标准中的 BOD<sub>5</sub>、TSS、总氰化物和氨氮浓度指标加严，同时增加急性毒性和 TOC 等指标，标准的执行将大大削减中药企业的污染物排放，有利于维持和改善水质。

10 本标准与相关标准的比较

本标准新建企业标准值与相关标准的比较如表 10.1 所示。从表中可以看出，中药企业执行的排放的 COD 值严于美国 B、D 类标准的日最大值和世界银行标准，但比美国标准的月均值略松；与我国《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）1998 年之后建设的项目相比，新建企业的标准与该标准的一级标准相当。

表 10.1 新建企业标准值的比较                      单位：mg/L，pH 值除外

标 准		COD	BOD	SS	NH <sub>3</sub> -N	总有机碳	总氰化物	急性毒性	pH
本标准	新建企业	100	20	50	8	30	0.2	0.07	6~9
	现有企业	130	30	60	10	40	0.25	0.07	6~9
美国标准 B、D 类	日最大值	228	35	58					6~9
	月均值	86	18	31					6~9
世界银行		150	30	10				2（无量纲）	6~9
污水 综合 排放 标准	一级	100	20	70	15	20	0.5		6~9
	二级	300	100	150	25	30	0.5		6~9
	三级	1000	600	400	—	—	1.0		6~9

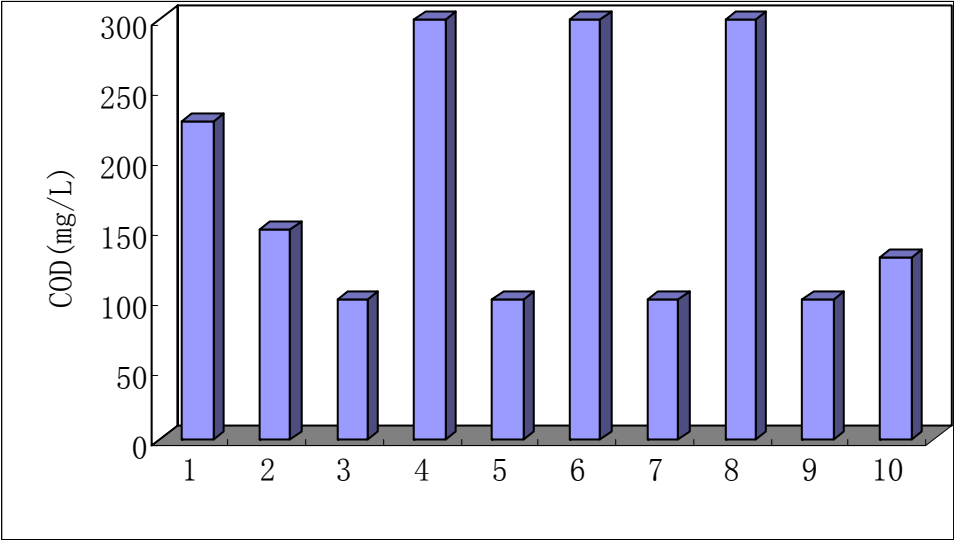


图 10.1 本标准与国内外标准的 COD 限值对比

1-美国标准; 2-世界银行标准; 3-国家污水综合排放标准 GB 8978 -1996 一级标准; 4-国家污水综合排放标准 GB 8978 -1996 二级标准; 5-山东省污水综合排放标准一级标准; 6-山东省

污水综合排放标准二级标准; 7-广东省污水综合排放标准一级标准; 8-广东省污水综合排放标准二级标准; 9-本标准中药类新建企业; 10-本标准中药类现有企业

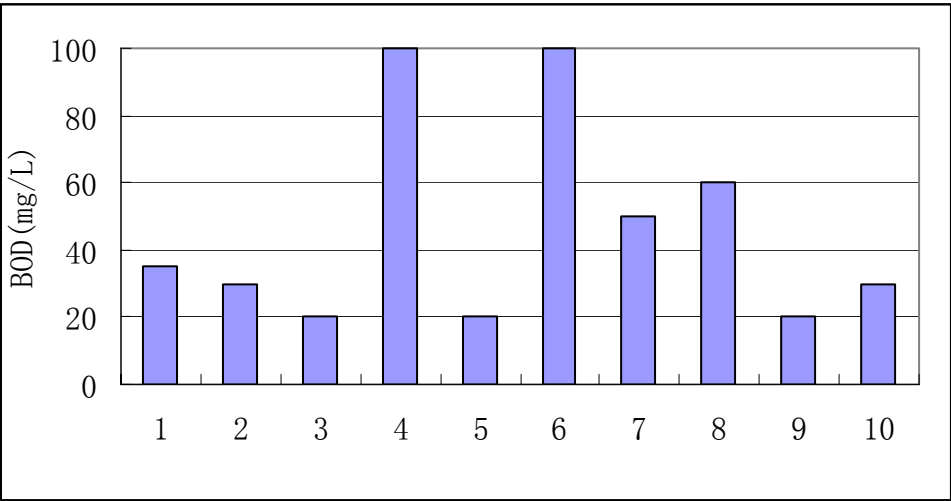


图 10.2 本标准与国内外标准的 BOD 限值对比

1-美国标准; 2-世界银行标准; 3-国家污水综合排放标准 GB 8978 -1996 一级标准; 4-国家污水综合排放标准 GB 8978 -1996 二级标准; 5-山东省污水综合排放标准一级标准; 6-山东省污水综合排放标准二级标准; 7-广东省污水综合排放标准一级标准; 8-广东省污水综合排放标准二级标准; 9-本标准中药类新建企业; 10-本标准中药类现有企业

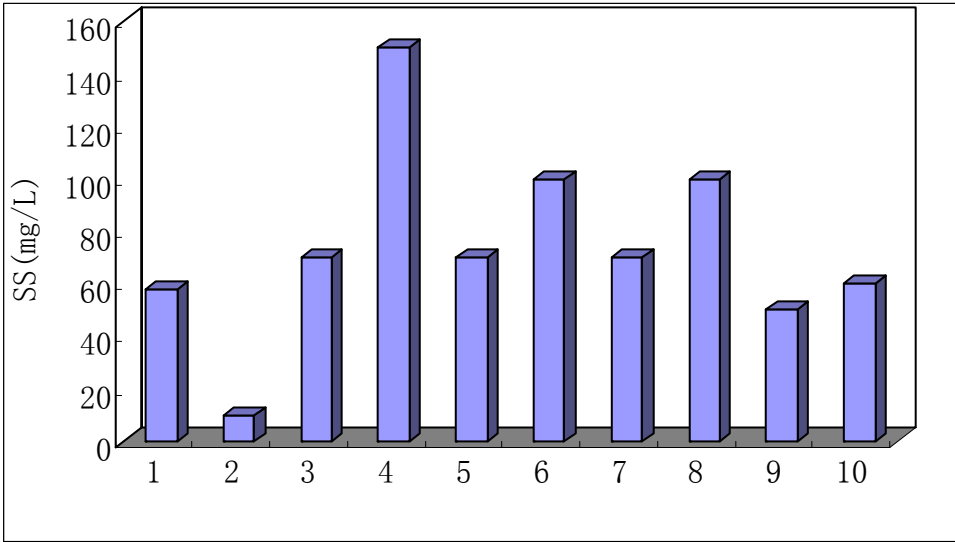


图 10.3 本标准与国内外标准的 SS 限值对比

1-美国标准; 2-世界银行标准; 3-国家污水综合排放标准 GB 8978 -1996 一级标准; 4-国家污水综合排放标准 GB 8978 -1996 二级标准; 5-山东省污水综合排放标准一级标准; 6-山东省污水综合排放标准二级标准; 7-广东省污水综合排放标准一级标准; 8-广东省污水综合排放标准二级标准; 9-本标准中药类新建企业; 10-本标准中药类现有企业

标准二级标准; 9-本标准中药类新建企业; 10-本标准中药类现有企业

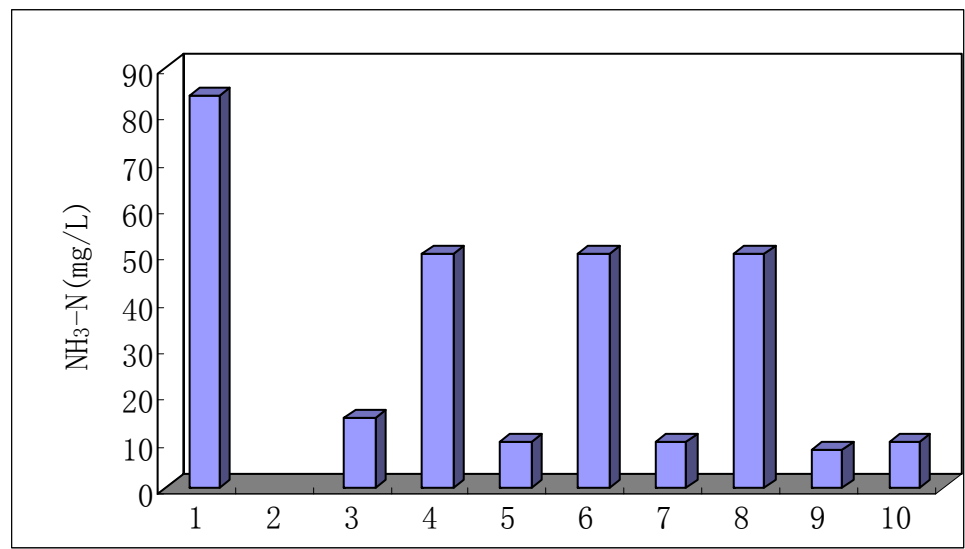


图 10.4 本标准与国内外标准的 NH<sub>3</sub>-N 限值对比

1-美国标准; 2-世界银行标准; 3-国家污水综合排放标准 GB 8978 -1996 一级标准; 4-国家污水综合排放标准 GB 8978 -1996 二级标准; 5-山东省污水综合排放标准一级标准; 6-山东省污水综合排放标准二级标准; 7-广东省污水综合排放标准一级标准; 8-广东省污水综合排放标准二级标准; 9-本标准中药类新建企业; 10-本标准中药类现有企业

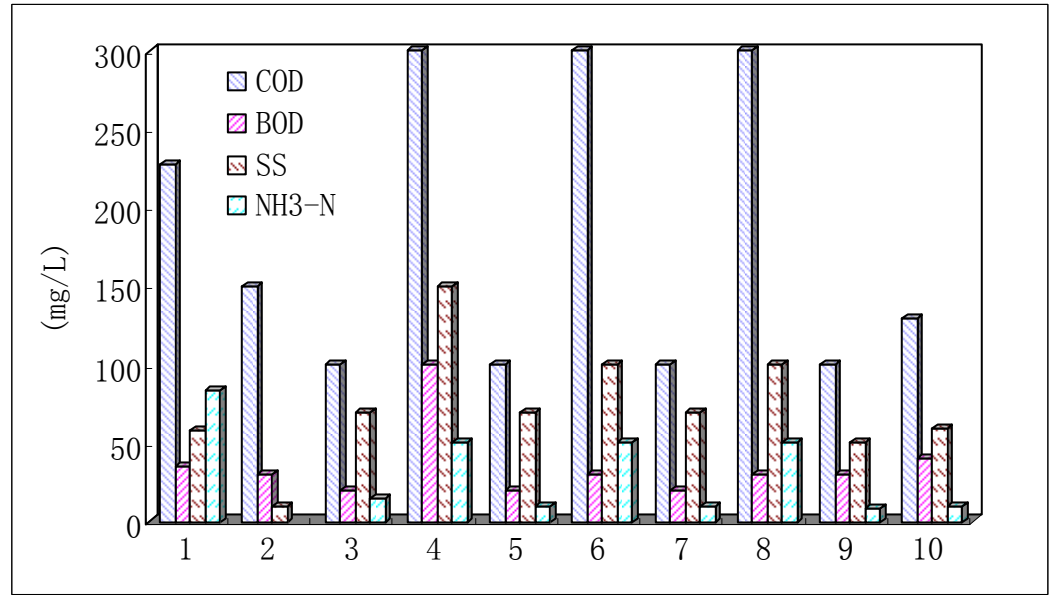


图 10.5 本标准与国内外标准的 COD、BOD、SS、NH<sub>3</sub>-N 限值对比

1-美国标准; 2-世界银行标准; 3-国家污水综合排放标准 GB 8978 -1996 一级标准; 4-国家污水综合排放标准 GB 8978 -1996 二级标准; 5-山东省污水综合排放标准一级标准; 6-山东省污水综合排放标准二级标准; 7-广东省污水综合排放标准一级标准; 8-广东省污水综合排放标准二级标准; 9-本标准中药类新建企业; 10-本标准中药类现有企业



## 参考文献

- [1] USEPA. Pharmaceutical Manufacturing Point Source Category. Code of Federal Regulations, 2003
- [2] USEPA. Final Effluent Limitations Guidelines and Standards for the Pharmaceutical Manufacturing Industry. Code of Federal Regulations, 1998
- [3] USEPA. Pharmaceutical Manufacturing Category Effluent Limitations Guidelines, Pretreatment Standards and New Source Performance Standards. Code of Federal Regulations, 1998, 50388—50437
- [4] USEPA. Analytical Methods for the Determination of Pollutants in Pharmaceutical Manufacturing Industry Wastewater. 1998
- [5] USEPA. National Emission Standards for Pharmaceuticals Production. Code of Federal Regulations, 1998
- [6] USEPA. Economic Analysis of Final Effluent Limitations Guidelines and Standards for Pharmaceutical Manufacturing Industry. 1998
- [7] World Bank Group. Pharmaceuticals Manufacturing. Pollution Prevention and Abatement Handbook Pharmaceuticals Manufacturing, 1998
- [8] EU. on the limitation of emissions of volatile organic compounds due to the use of organic solvents in certain activities and installations. Official journal of the European communities, 1999
- [9] 陆杰, 徐高田, 张玲等. 制药工业废水处理技术. 工业水处理, 2001, 21 (10): 10—15
- [10] USEPA. National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Source Categories: Pharmaceuticals Production. Code of Federal Regulations, 1998
- [11] 全国医药技校教材建设委员会. 中药炮制学. 中医古籍出版社, 2000, 1
- [12] 李钧, 李志宁. 药品的清洁生产与绿色认证. 化学工业出版社, 2004, 2
- [13] 丁忠浩. 有机废水处理技术及应用. 化学工业出版社, 2002, 5: 371—388
- [14] 雷宁霞. 中药炮制的烟气净化装置. 中成药, 1999, 6: 32—34
- [15] 吴锡康. 有机化工废水治理技术. 化学工业出版社, 1999, 7: 333—340
- [16] 金兆丰, 余志荣. 污水处理组合工艺及工程实例. 化学工业出版社, 2003
- [17] 黄泰康. 中药制药工业的现状与发展方向. 中成药, 1996, 18 (6): 43—45
- [18] 中国中药协会. 中药 GMP 实施手册. 中央广播电视大学出版社, 2001
- [19] 周章悟. 中成药生产废水排放基本规律及防治对策. 环境污染与防治, 1996
- [20] 楼霄, 张哲海, 王国详. 水生生物毒性试验在工业废水排放监测和管理上的应用途径探

讨. 中国环境监测, 1993, 9 (2): 29—32

[21] 孙晓怡, 王雅梅, 金福杰等. 用鱼类检测工业废水毒性的研究. 辽宁城乡环境科技, 2001, 21 (6): 28—32

[22] 赖月琴, 王香芬, 张小平等. 制药工业废水中 $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 与 $\text{BOD}_5$ 的相关性及应用研究. 化工时刊, 2001, 4

[23] 韩相奎, 崔玉波, 黄卫. 用SBR法处理中药废水. 环保技术, 2004

[24] 李建政, 任南琪, 刘艳. 中药废水高效生物处理技术的研究. 环保技术, 2004

[25] 曹国良, 姚萍萍, 毛欢庆. SBR法处理中药材有机废水工艺研究. 上海环境科学, 1996, 15 (2): 18—

