



高职高专“十一五”规划教材

# 环保设备选择、运行与维护

▶ 王继斌 宋来洲 孙 颖 主编



化学工业出版社

## 高职高专“十一五”规划教材

## 环保设备选择、运行与维护

王继斌 宋来洲 孙 颖 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是为高职高专环境类专业编写的教材。全书系统介绍了环保设备的工作原理、选择方法及运行与维护方面的相关知识,对分离设备,吸收设备,吸附、混凝与反应器设备,水的生化处理设备,噪声与振动控制设备,环保输送设备,管道及管配件,环保土建构筑物,监测监控仪器仪表设备等的选用与维护做了细致解析。每章均配有习题,部分章节附有工程应用实例,配备了现场教学指导,以便于教学使用。

本书实用性强,具有突出工程职业技术能力培养的特色。既可作为高职高专环境类专业教材,也可供环保设备技术人员、相关机械设备运营及操作人员使用。

#### 图书在版编目(CIP)数据

环保设备选择、运行与维护/王继斌,宋来洲,孙颖  
主编. —北京:化学工业出版社, 2007.7  
高职高专“十一五”规划教材  
ISBN 978-7-122-00377-5

I. 环… II. ①王…②宋…③孙… III. 环境保护-  
设备-高等学校:技术学院-教材 IV. X505

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 059979 号

责任编辑:王文峡  
责任校对:凌亚男

文字编辑:刘 艳  
装帧设计:于 兵

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 刷:大厂聚鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市延风装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张22 1/2 字数561千字 2007年7月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:36.00 元

版权所有 违者必究

# 前言

前言

2005

环保设备在环境污染防治系统工程中起着关键作用。做好环保设备的选择、运行与维护管理工作是污染防治系统工程正常运行的重要保证。目前开设环境类及相关技术专业的高等职业技术学院都在摸索以不同的方式培养社会急需的环保设备技术人才。本教材是针对高等职业技术教育的特点,为适应近几年高等职业教育的发展态势和社会需求而编写的。在内容结构安排上力求简明、实用、系统、全面,体现规范、必需、够用的原则,具有适时的先进性和较好的教学适用性。

本教材具有如下特点。

1. 突出高等职业技术教育特色。本教材注重对基本概念的讲解,理论知识以实际够用和必需为度,简明实用;编排上力求纲目清晰、条理分明。
2. 注重知识点间的相互联系,理论推导少,技能应用多。部分章节后插列有工程应用实例,配备了现场教学指导,并辅以必需的思考题和习题,针对性强,有助于学生理解、消化教材内容,且有利于读者检查并巩固所学知识,以便更好地满足教学需求。
3. 注重应用性和实用性。本教材对传统相关教材中环保设备的选择等大型计算和一些不必要的公式推导进行了删减,增加了便于学生在学习的同时进行实习实训的实用性内容,使本教材更适合高职教育的需求。
4. 针对性强。为适应高职高专毕业生就业市场的需求,专门对常用的环保主体设备及配套设备的选型进行了详细讲述,提高了教材内容的可读性和趣味性,使学生能更好地消化、吸收,并学以致用。

本书共有11章,包括绪论,环保设备的基础知识,分离设备的选择、运行与维护,吸收设备的选择、运行与维护,吸附、混凝与反应器设备的选择、运行与维护,水的生化处理设备的选用与维护,噪声与振动控制设备的选择、运行与维护,环保输送设备的选择、运行与维护,管道及管配件的选择、运行与维护,环保土建构筑物的维修与防护,监测监控仪器仪表设备的选择、使用与维护。

本书由王继斌负责总体设计。王继斌编写第一章至第四章,宋来洲编写第五至六章、第三章的第八节,孙国芬、凌绍华编写第七章,孙颖编写第八章,孙奇娜编写第九章、第八章的第五节,陈恺立、塔莉、王彩虹编写第十章,刘旭东编写第十一章的第一节,王秀丽编写第十一章的第二节。全书由王继斌、宋来洲负责统稿。

本书的编写得到了中国环境管理干部学院、燕山大学环境与化学工程学院、秦皇岛市环境保护局等单位的热情支持与帮助，化学工业出版社对本书的出版给予了极大的关心和支持，在此一并表示感谢。

尽管我们希望能在教材特色建设方面有更大的突破，但由于编者水平有限、时间仓促，缺点和不足在所难免，诚望广大读者批评指正。

编者

2007年4月

本书的编写得到了中国环境管理干部学院、燕山大学环境与化学工程学院、秦皇岛市环境保护局等单位的热情支持与帮助，化学工业出版社对本书的出版给予了极大的关心和支持，在此一并表示感谢。

本书的编写得到了中国环境管理干部学院、燕山大学环境与化学工程学院、秦皇岛市环境保护局等单位的热情支持与帮助，化学工业出版社对本书的出版给予了极大的关心和支持，在此一并表示感谢。

本书的编写得到了中国环境管理干部学院、燕山大学环境与化学工程学院、秦皇岛市环境保护局等单位的热情支持与帮助，化学工业出版社对本书的出版给予了极大的关心和支持，在此一并表示感谢。

本书的编写得到了中国环境管理干部学院、燕山大学环境与化学工程学院、秦皇岛市环境保护局等单位的热情支持与帮助，化学工业出版社对本书的出版给予了极大的关心和支持，在此一并表示感谢。

本书的编写得到了中国环境管理干部学院、燕山大学环境与化学工程学院、秦皇岛市环境保护局等单位的热情支持与帮助，化学工业出版社对本书的出版给予了极大的关心和支持，在此一并表示感谢。

# 目 录

|     |                      |    |
|-----|----------------------|----|
| 第一章 | 绪论                   | 1  |
| 第一节 | 环境工程与环保设备            | 1  |
| 一、  | 环境工程与环保设备的关系         | 1  |
| 二、  | 环保设备的组成              | 3  |
| 第二节 | 环保设备业发展综述            | 5  |
| 一、  | 环保设备业的范围             | 5  |
| 二、  | 环保设备业的现状             | 5  |
| 三、  | 环保设备业的发展趋势           | 6  |
| 四、  | 环保设备业发展将给资本市场带来潜在的机会 | 8  |
| 第三节 | 环保设备相关的法律法规要求        | 9  |
| 一、  | 环境保护法律法规的发展与现状       | 9  |
| 二、  | 环保设备的法律法规要求          | 9  |
| 三、  | 完善现有环保设备法律法规的建议      | 11 |
|     | 习题                   | 11 |
| 第二章 | 环保设备的基础知识            | 12 |
| 第一节 | 环保设备的分类              | 12 |
| 一、  | 环保设备的概念              | 12 |
| 二、  | 环保设备的分类              | 13 |
| 三、  | 环保设备的特点              | 13 |
| 第二节 | 环保设备的常用材料            | 14 |
| 一、  | 力学性能                 | 14 |
| 二、  | 常用的金属材料              | 15 |
| 三、  | 金属材料的腐蚀与防护           | 22 |
| 四、  | 橡胶和陶瓷材料              | 25 |
| 第三节 | 环保设备的技术指标            | 29 |
| 一、  | 设置技术指标的意义与原则         | 29 |
| 二、  | 技术指标的构成              | 30 |
| 三、  | 技术指标的应用              | 31 |
| 第四节 | 环保设备的主要经济指标          | 35 |
| 一、  | 环保设备经济指标的分类          | 35 |
| 二、  | 环保设备经济指标的构成          | 36 |

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 习题 .....                       | 37 |
| <b>第三章 分离设备的选择、运行与维护</b> ..... | 38 |
| 第一节 格栅分离 .....                 | 38 |
| 一、格栅的构造与工作原理 .....             | 38 |
| 二、格栅的选择 .....                  | 39 |
| 三、格栅的设计原则 .....                | 40 |
| 四、格栅的运行与维护 .....               | 41 |
| 第二节 沉砂分离 .....                 | 41 |
| 一、平流式沉砂池 .....                 | 41 |
| 二、曝气沉砂池 .....                  | 42 |
| 三、多尔沉砂池 .....                  | 42 |
| 四、钟式沉砂池 .....                  | 44 |
| 五、沉砂池的设计原则 .....               | 44 |
| 第三节 沉淀分离 .....                 | 44 |
| 一、平流式沉淀池 .....                 | 45 |
| 二、竖流式沉淀池 .....                 | 46 |
| 三、辐流式沉淀池 .....                 | 47 |
| 四、斜板(管)沉淀池 .....               | 48 |
| 五、沉淀池的设计原则 .....               | 49 |
| 六、沉淀池的选择 .....                 | 49 |
| 七、沉淀池的运行与维护 .....              | 50 |
| 第四节 气浮分离 .....                 | 51 |
| 一、电解气浮设备 .....                 | 51 |
| 二、布气气浮设备 .....                 | 52 |
| 三、溶气气浮设备 .....                 | 53 |
| 四、气浮池的类型 .....                 | 53 |
| 五、气浮分离的特点和适用领域 .....           | 54 |
| 六、气浮池一般设计原则 .....              | 54 |
| 七、调试与运行 .....                  | 54 |
| 第五节 滤池过滤分离 .....               | 55 |
| 一、普通快滤池的基本结构及工作原理 .....        | 55 |
| 二、无阀滤池 .....                   | 57 |
| 三、虹吸滤池 .....                   | 57 |
| 四、移动罩滤池 .....                  | 57 |
| 五、压力滤池(罐) .....                | 57 |
| 六、滤池投产前准备 .....                | 59 |
| 七、滤池的操作运行 .....                | 59 |
| 第六节 离心分离 .....                 | 59 |
| 一、离心机的分类及工作原理 .....            | 59 |
| 二、离心机的运行与维护 .....              | 60 |

|     |                                       |     |
|-----|---------------------------------------|-----|
| 131 | 第七节 除尘设备的选择、运行与维护 .....               | 61  |
| 131 | 一、除尘设备简介 .....                        | 61  |
| 131 | 二、机械式除尘器的选择、运行与维护 .....               | 64  |
| 131 | 三、湿式除尘器的选择、运行与维护 .....                | 67  |
| 131 | 四、袋式除尘器的选择、运行与维护 .....                | 71  |
| 131 | 五、电除尘器的选择、运行与维护 .....                 | 77  |
| 131 | 第八节 膜分离过滤 .....                       | 85  |
| 131 | 一、连续微滤膜 (CMF) 分离 .....                | 85  |
| 131 | 二、电渗析设备 .....                         | 88  |
| 131 | 三、反渗透设备 .....                         | 90  |
| 131 | 四、超滤分离 .....                          | 92  |
| 131 | 第九节 现场教学 .....                        | 92  |
| 131 | 习题 .....                              | 93  |
| 131 | <b>第四章 吸收设备的选择、运行与维护</b> .....        | 94  |
| 131 | 第一节 概述 .....                          | 94  |
| 131 | 一、吸收过程 .....                          | 94  |
| 131 | 二、吸收的分类 .....                         | 95  |
| 131 | 三、吸收设备的主要类型 .....                     | 96  |
| 131 | 第二节 常用吸收设备 .....                      | 96  |
| 131 | 一、表面式吸收器 .....                        | 96  |
| 131 | 二、填料式吸收器 .....                        | 97  |
| 131 | 三、喷液式吸收器 .....                        | 105 |
| 131 | 四、板式塔和填料塔的比较 .....                    | 106 |
| 131 | 五、常见塔型的设计 .....                       | 106 |
| 131 | 第三节 吸收设备的选择、运行与维护 .....               | 107 |
| 131 | 一、吸收设备的选择 .....                       | 107 |
| 131 | 二、吸收设备的运行与维护 .....                    | 109 |
| 131 | 三、典型吸收设备的应用——脱硫技术简介 .....             | 110 |
| 131 | 习题 .....                              | 113 |
| 131 | <b>第五章 吸附、混凝与反应器设备的选择、运行与维护</b> ..... | 114 |
| 131 | 第一节 吸附设备 .....                        | 114 |
| 131 | 一、概述 .....                            | 114 |
| 131 | 二、吸附设备的类型与结构特点 .....                  | 114 |
| 131 | 三、吸附设备的选择 .....                       | 118 |
| 131 | 四、吸附设备应用时的注意事项 .....                  | 119 |
| 131 | 第二节 混凝处理 .....                        | 119 |
| 131 | 一、混合与搅拌设备 .....                       | 119 |
| 131 | 二、反应设备 .....                          | 120 |
| 131 | 三、澄清池 .....                           | 122 |

|     |                               |     |
|-----|-------------------------------|-----|
| 10  | 第三节 化学反应器                     | 123 |
| 10  | 一、管式反应器                       | 124 |
| 10  | 二、釜式反应器                       | 124 |
| 10  | 三、塔式反应器                       | 124 |
| 11  | 四、固定床反应器                      | 126 |
| 11  | 五、流化床反应器                      | 127 |
| 18  | 六、移动床反应器                      | 127 |
| 18  | 七、滴流床反应器                      | 127 |
| 88  | 习题                            | 127 |
| 00  |                               |     |
| 50  | <b>第六章 水的生化处理设备的选用与维护</b>     | 129 |
| 50  | 第一节 活性污泥法污水处理设备               | 129 |
| 80  | 一、曝气池                         | 129 |
|     | 二、二沉池                         | 130 |
| 10  | 三、典型的活性污泥工艺                   | 131 |
| 10  | 四、活性污泥法污水处理设备的运行管理            | 134 |
| 10  | 第二节 生物膜法水处理设备                 | 135 |
| 20  | 一、普通生物滤池                      | 136 |
| 30  | 二、高负荷生物滤池                     | 137 |
| 30  | 三、塔式生物滤池                      | 137 |
| 30  | 四、生物转盘反应设备                    | 138 |
| 10  | 五、生物接触氧化池                     | 139 |
| 101 | 六、生物流化床                       | 140 |
| 101 | 七、填料的性能及选用参数                  | 141 |
| 101 | 八、生物滤池的运行管理                   | 142 |
| 101 | 第三节 污水厌氧处理设备                  | 142 |
| 101 | 一、厌氧生物滤池                      | 143 |
| 001 | 二、厌氧接触法                       | 143 |
| 011 | 三、升流式厌氧污泥床反应器                 | 144 |
| 111 | 四、厌氧流化床反应器                    | 146 |
|     | 五、分段厌氧消化法                     | 147 |
| 111 | 第四节 污泥处理设备                    | 148 |
| 111 | 一、污泥的浓缩设备                     | 148 |
| 111 | 二、污泥的脱水干化设备                   | 149 |
| 111 | 第五节 现场教学                      | 151 |
| 181 | 习题                            | 151 |
| 011 |                               |     |
| 011 | <b>第七章 噪声与振动控制设备的选择、运行与维护</b> | 152 |
| 011 | 第一节 噪声的基础知识                   | 152 |
| 101 | 一、声强与声压                       | 152 |
| 101 | 二、声强级与声压级                     | 152 |

|     |                                  |     |
|-----|----------------------------------|-----|
| 325 | 三、声功率与声功率级 .....                 | 153 |
| 325 | 第二节 泵与风机的噪声来源 .....              | 153 |
| 345 | 一、风机噪声的产生 .....                  | 153 |
| 445 | 二、泵噪声的产生 .....                   | 154 |
| 245 | 第三节 泵与风机的消声途径 .....              | 154 |
| 325 | 一、降低风机噪声的措施 .....                | 154 |
| 325 | 二、降低泵噪声的措施 .....                 | 155 |
| 325 | 第四节 消声器的应用 .....                 | 155 |
| 325 | 一、消声器的选用方法 .....                 | 156 |
| 425 | 二、消声器的安装 .....                   | 157 |
|     | 三、消声器的评价 .....                   | 157 |
| 325 | 四、典型的消声器 .....                   | 158 |
| 325 | 第五节 振动的基础知识 .....                | 164 |
| 325 | 一、机械设备振动隔离的要点 .....              | 164 |
| 325 | 二、机械设备的隔振示例 .....                | 166 |
| 175 | 三、隔振元件 .....                     | 167 |
| 375 | 四、隔振元件的选择原则 .....                | 172 |
| 375 | 五、隔振设计的基本原则 .....                | 174 |
| 375 | 第六节 现场教学 .....                   | 176 |
| 475 | 习题 .....                         | 177 |
| 375 |                                  |     |
| 075 | <b>第八章 环保输送设备的选择、运行与维护</b> ..... | 178 |
| 385 | 第一节 环保输送设备简介 .....               | 178 |
| 025 | 第二节 液体输送设备的选择、运行与维护 .....        | 179 |
| 025 | 一、泵的分类 .....                     | 180 |
| 125 | 二、各类水泵的工作原理 .....                | 180 |
| 325 | 三、离心泵的性能参数 .....                 | 183 |
| 325 | 四、离心泵的基本构造 .....                 | 184 |
| 325 | 五、离心泵的性能曲线 .....                 | 187 |
| 325 | 六、离心泵运行工况与调节 .....               | 187 |
| 325 | 七、泵内汽蚀与汽蚀余量 .....                | 187 |
| 325 | 八、常用离心水泵型号及选择 .....              | 188 |
| 325 | 九、离心泵的运行与维护 .....                | 193 |
| 425 | 十、离心泵的检修 .....                   | 197 |
| 425 | 十一、其他泵 .....                     | 202 |
| 425 | 第三节 气体输送设备 .....                 | 210 |
| 225 | 一、风机的分类及用途 .....                 | 210 |
| 325 | 二、离心通风机 .....                    | 212 |
| 005 | 三、鼓风机 .....                      | 224 |
| 005 | 四、压缩机 .....                      | 228 |
| 305 | 第四节 固体输送设备的选择、运行与维护 .....        | 232 |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 一、带式输送机 .....                    | 232 |
| 二、螺旋输送机 .....                    | 239 |
| 三、斗式输送机 .....                    | 242 |
| 第五节 通用电机的选择、运行与维护 .....          | 244 |
| 一、通用电机基本知识 .....                 | 245 |
| 二、电动机的选择、运行与维护 .....             | 250 |
| 第六节 现场教学 .....                   | 262 |
| 一、离心泵的拆装 .....                   | 262 |
| 二、离心风机的拆装 .....                  | 262 |
| 习题 .....                         | 264 |
| <b>第九章 管道及管配件的选择、运行与维护</b> ..... | 266 |
| 第一节 管道的选择、运行与维护 .....            | 266 |
| 一、管道的分类 .....                    | 266 |
| 二、管道的基本构成 .....                  | 266 |
| 三、管道的布置与安装 .....                 | 271 |
| 四、管道常见故障及处理 .....                | 272 |
| 第二节 阀门的选择、运行与维护 .....            | 272 |
| 一、阀门的分类 .....                    | 272 |
| 二、阀门参数意义 .....                   | 274 |
| 三、阀门产品型号 .....                   | 276 |
| 四、常用阀门的原理、结构及用途 .....            | 279 |
| 五、阀门的选用 .....                    | 288 |
| 六、阀门的安装 .....                    | 290 |
| 七、阀门的操作 .....                    | 290 |
| 八、阀门的运转维护 .....                  | 291 |
| 九、典型设备选择实例 .....                 | 292 |
| 第三节 现场教学 .....                   | 292 |
| 习题 .....                         | 292 |
| <b>第十章 环保土建构筑物的维修与防护</b> .....   | 293 |
| 第一节 环保土建构筑物的基本要求及运行方式 .....      | 293 |
| 一、环保土建构筑物的基本要求 .....             | 293 |
| 二、构筑物的运行方式 .....                 | 294 |
| 第二节 防渗漏构筑物的维修与防护 .....           | 294 |
| 一、防水工程概述 .....                   | 294 |
| 二、常用堵漏方法 .....                   | 295 |
| 三、灌浆堵漏法 .....                    | 298 |
| 第三节 防腐蚀工程的维修与防护 .....            | 300 |
| 一、防腐蚀工程的概述 .....                 | 300 |
| 二、埋地管道腐蚀的原因及防腐途径 .....           | 303 |

|      |                                   |     |
|------|-----------------------------------|-----|
|      | 三、酸、碱、盐类流体设备的防腐 .....             | 304 |
|      | 四、金属结构的锈蚀及防护 .....                | 304 |
|      | 五、砖砌体腐蚀原因及防治措施 .....              | 305 |
|      | 习题 .....                          | 306 |
| 第十一章 | 监测监控仪器仪表设备的选择、使用与维护 .....         | 307 |
|      | 第一节 常用仪器仪表监控设备的选择、使用与维护 .....     | 307 |
|      | 一、压力检测仪表 .....                    | 307 |
|      | 二、温度检测仪表 .....                    | 310 |
|      | 三、流量检测仪表 .....                    | 312 |
|      | 四、液位检测仪表 .....                    | 315 |
|      | 第二节 常用监测设备的选择、使用与维护 .....         | 318 |
|      | 一、生化需氧量测定仪 .....                  | 318 |
|      | 二、自动 COD 测定仪 .....                | 319 |
|      | 三、酸度计 .....                       | 320 |
|      | 四、二氧化硫监测仪器 .....                  | 322 |
|      | 五、氮氧化物监测仪器 .....                  | 325 |
|      | 习题 .....                          | 327 |
| 附 录  | .....                             | 328 |
|      | 附录一 有关除尘器的标准号和标准名称 .....          | 328 |
|      | 附录二 燃煤电厂电除尘器运行维护管理导则              |     |
|      | 中华人民共和国电力行业标准 (DL461—92 节选) ..... | 329 |
|      | 附录三 袋式除尘器分类及规格性能表示方法 GB 6719—86   |     |
|      | (节选) .....                        | 336 |
| 参考文献 | .....                             | 342 |

## 学习指南

本章主要介绍环保设备与环境工程的关系、环保设备的概念、环保设备的组成、环保设备业的发展状况及与环保设备有关的法律法规。通过学习,能熟悉环保设备与环境工程的关系,了解环保设备业的基本情况,掌握必要的涉及环保设备业的法律法规。

## 第一节 环境工程与环保设备

## 一、环境工程与环保设备的关系

环境工程是一门研究环境污染防治技术原理和方法的学科,是在人类与各种污染进行斗争和保护生存环境的过程中形成和发展起来的,其内容广泛而复杂,涉及化学、化学工程、物理学、医学、给排水工程、土木工程、机械工程、电气工程、交通工程、生物工程、食品工程等学科。

环境工程是运用工程、技术的方法和手段来控制环境污染及改善环境质量的学科。该学科以环境污染综合防治作为基本指导思想,不仅提供合理利用、保护自然资源的一整套技术途径和技术措施,而且研究废物资源化技术,革新生产工艺,开发无废或少废的闭路生产工艺系统,同时对区域环境系统进行规划与科学管理,以获得最佳的环境、社会 and 经济效益。

环境工程的主要任务包括:

- ① 保护自然资源和能源,消除资源的浪费,控制和减轻污染。
- ② 研究环境污染防治的机理和污染防治的有效途径,保护和改善生态环境,保护人民身体健康,保障人与自然的和谐发展。
- ③ 综合利用废水、废气、废渣,促进工农业生产的发展,积极推动循环经济体系的建立和完善。

环境工程所涉及的系统是一个利用工程、技术的科学方法来治理污染物,净化与改善环境质量的复杂系统工程。这个复杂的系统可分为许多个基本工序,这些基本工序可以称作污染防治设施。任何一个污染防治设施由若干个基本的单元操作,即基本的环保设备(污染防治设备)组成。

如用于火力发电厂锅炉烟气脱硫除尘的石灰/石灰石-石膏法的工艺流程见图 1-1。将配好的石灰浆液用泵送入吸收塔顶部，经过冷却塔冷却并除去 90% 以上的烟尘，含  $\text{SO}_2$  的烟气从塔底进入吸收塔，在吸收塔内部烟气与来自循环槽的浆液逆向流动，经洗涤净化的烟气经过再加热装置通过烟囱排空。石灰浆液在吸收  $\text{SO}_2$  后，成为含有亚硫酸钙和亚硫酸氢钙的混合液，将此混合液在母液槽中用硫酸调整 pH 值至 4 左右，送入氧化塔，并向塔内送入 490kPa 的压缩空气进行氧化，生成的石膏经稠厚器使其沉积，上层清液返回循环槽，石膏浆液经离心机分离得成品石膏。在该生产工艺流程中主要有烟气吸收脱硫系统、石灰浆液循环槽制备系统、石灰浆吸收液与石膏生成动力输送系统、管道传递系统、石膏制备系统和仪器仪表监控监测系统等。工艺流程中的环保主体设备包括吸收塔、氧化反应塔、离心分离机、池、槽等，环保输送设备包括输送泵、供氧风机、电机等，配套的监控操作单元配备的压力、温度、流量、监测化验等设备仪器属监测监控仪器仪表设备。所有这些设备还需要用管道和阀门等连接起来形成一套完整的污染防治设施系统。

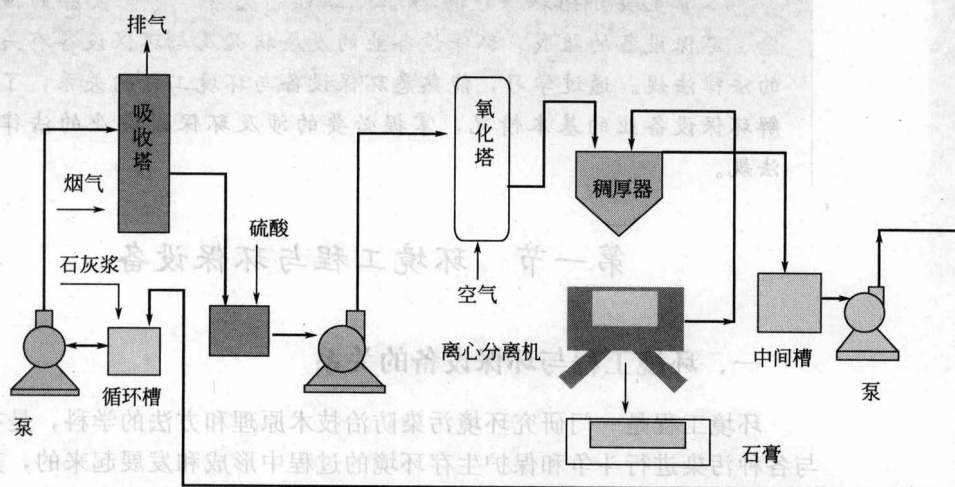


图 1-1 石灰/石灰石-石膏法的工艺流程

有些污染物的污染防治设施工艺流程系统看起来比较复杂，但可简化成由若干个基本的污染防治设备（环保设备）组合而成。

图 1-2 为某一大型炼油厂活性炭吸附处理生产废水的工艺流程。炼油污水经隔油、浮选、生化和砂滤处理后，自下而上流经吸附塔活性炭层，到集水井 4，由水泵 5 送到循环水场回用，部分水作为活性炭输送用水。其工艺流程中的环保主体设备包括吸附塔 1、冲洗罐 2、脱水罐 3、沸腾干燥床 9、旋风分离除尘器 11、再生炉 15、急冷罐 16 等；环保输送设备包括输送水泵 5、真空泵 6、引风机 10、进料输送机等；监测监控仪器仪表设备有压力、温度、流量、监测化验等设备仪器。这些设备通过管道和阀门等连接起来形成一套完整的环保设施。可以说，一套完整的污染防治设施系统大多数是由环保主体设备、环保输送设备、监测监控仪器仪表设备用管道和阀门等有机组合起来的。

2

环保设备是指用于控制环境污染、改善环境质量而由工业生产单位或建筑安装单位制造或建造出来的机械产品、构筑物及其系统。可以说，在环境工程学科里，利用工程、技术的科学方法来控制环境污染所用的任何一台工程设备都是为实现某种基本的工艺流程功能而设置的，每个污染防治设施的基本工艺流程可按其功能划分为几大类，这就为我们采用具有一定通用性的环保设备来满足基本污染治理任务提供了技术保证。绝大多数污染物是混合物。

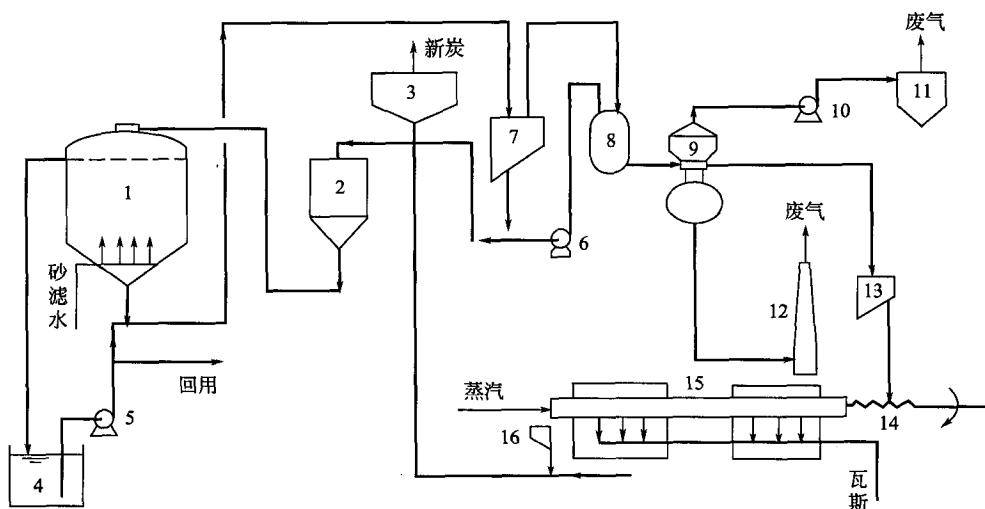


图 1-2 粒状活性炭三级处理炼油污水工艺流程

1—吸附塔；2—冲洗罐；3—新炭投加斗；4—集水井；5—水泵；6—真空泵；7—脱水罐；8—储料罐；

9—沸腾干燥床；10—引风机；11—旋风分离器；12—烟筒；13—干燥罐；

14—进料机；15—再生炉；16—冷急罐

混合物以两类形态存在，即均相混合物和非均相混合物。不难看出，整个工艺系统都是各种物质（污染物或净化产物）的均相混合物或非均相混合物相态间的转化过程，同时也是伴随着能量转化的过程。

通常，吸收塔、除尘器、吸附塔、分离机、沉降池、化学反应池、曝气池等属于环保主体设备，利用污染物中的气态、液态、固态物质相态间的物理或化学变化来消除或减低污染危害。噪声与振动控制设备一般利用能量的转化来实现污染的控制。输送液态物料的泵，输送二氧化硫和烟尘等气态污染物的风机、压缩机，以及连接这些设备的管道和阀门等属于环保配套设备。用来保证整个系统正常运行与科学管理的监控设备仪器仪表等是环保附属设备。任何一类设备都是为实现某一污染治理工艺流程而设置的，这些设备功能的好坏将直接影响某个具体环境工程工艺过程的实施。因此，选择技术可行、经济合理、便于操作的环保设备，保证其运行与维护可靠、方便，是十分必要的。

## 二、环保设备的组成

环保设备按工作状态可广义地分为静设备和动设备两大类。静设备包括吸收塔、吸附塔、分离沉降设备、构筑物、反应器、塔罐、消声器、连接管道与阀门部件等；动设备包括泵、压缩机、风机、输送机、破碎机、破碎机等。环保设备根据其所能实现的污染防治单元操作能力可归纳为以下几种通用的典型设备。

### 1. 分离设备

各种不同类型的分离设备是环境工程中非常重要的环保主体设备，它的作用是从受污染的混合物中分离出某种需要的组分，或者除去其中某些有害的杂质。根据污染物性质的不同，采用物理或化学的方法净化污染物质的设备，统称分离设备。分离设备按所处理物料性质的不同，分为以下几种。

(1) 液-固分离设备 这类设备利用固体物料的密度或粒度分离液体中含有的悬浮固体颗粒。由于分离的效果与固体物料的粒度有关, 在环境工程中常采用絮凝剂使微小颗粒絮

凝,然后再进行分离。这类设备主要有沉降槽(池)、沉砂池、气浮机、过滤机、湿式除尘器、离心机等。

(2) 气-固分离设备 这类设备也称为除尘设备。它的作用是分离气体中的悬浮颗粒物。这类设备主要有旋风分离器、过滤除尘器、沉降除尘器、电除尘器、超声除尘器等。

(3) 气-气分离设备 这类设备所要分离的混合物的各组分都是气体。分离这类物料主要利用不同气体露点及饱和蒸汽压的差异,或利用特定薄膜在压差作用下对不同气体的透过速率的差异。这类设备主要有冷凝器、气体膜分离器。

(4) 气-液分离设备 这类设备也称为除雾设备,其作用是除去气体中悬浮着的液体颗粒。这类设备的主要类型类似于气-固分离设备。

(5) 液-液分离设备 这类设备所要分离的混合物的各组分都是液体。分离的原理主要是利用不同组分的物理、化学性质的不同(如沸点、溶解度等)。这类设备主要有蒸馏塔、精馏塔、萃取设备等。

(6) 固-固分离设备 这类设备所要分离的混合物的各组分都是固体。分离的原理主要是利用物料物理性质的不同(如粒度、密度、溶解性等)。这类设备主要有筛选设备、浮选设备、浸取设备等。

## 2. 吸收设备

吸收设备是重要的气态污染物净化设备。气体的吸收是净化气态污染物、控制大气污染的方法之一,在烟气脱硫、氮氧化物净化、工业尾气治理方面应用非常广泛。吸收是利用液体处理气体中的污染物,使其中的一种或多种有害成分以扩散方式通过气、液两相的相界面而溶于液体或者与液体组分发生有选择性的化学反应,从而将污染物从气流中分离出来的操作过程。常用吸收设备包括表面式吸收器、填料式吸收器、板式鼓泡式吸收器、喷液式吸收器等。

## 3. 吸附设备

吸附设备是利用某些多孔性固体能够从流体混合物中选择性地在其表面凝聚一定组分的能力,使混合物中各组分分离的设备。它是分离和纯化气体与液体混合物的重要单元操作之一。由于吸附净化作用可以进行得相当完全,因此能有效地清除用一般手段难以处理的气体或液体中的低浓度污染物。在环境工程中,吸附净化常用于废气、废水的净化处理,如回收废气中的有机污染物、治理烟道气中的硫氧化物和一氧化碳,以及废水的脱色、脱臭等。常用的吸附设备有固定床吸附器、移动床吸附器、流化床吸附器、旋转床吸附器等。

## 4. 化学反应设备

化学反应设备的用途是实现化学反应过程。废水、废气中的污染物可以利用各种化学反应进行净化,如含酸或含碱废水的中和处理等。由于物料状态不同,反应的性质和条件不同,化学反应设备的形式和结构十分繁复。常用化学反应器的类别有以下几种。

(1) 塔式反应器 这是一种直立式反应的塔式反应器,反应器的类型随塔内构件的不同而种类繁多。根据塔的类型不同,这类反应器可适用于液相、气-液相和气-液-固相。塔式反应器由塔外壳和塔内构件组成。

(2) 搅拌釜式反应器 这种反应器适用于各种相态物料的反应。反应釜中设有各种不同形式的搅拌、传热装置,可适用不同性质的物料和不同热效应的反应,以保持反应物料在釜内的合理流动、混合与良好传热。搅拌釜式反应器的适用性广,操作弹性大,浓度容易控制。它通常由釜体、换热装置、搅拌器和传动装置等组成。

(3) 固定床反应器 这类反应器属非均相物料反应器,其中尤以气态反应物通过静止状

态的固体床层的气-固相催化反应器居多，也有用作液-固相催化反应的。大多数固定床反应器内使用的固体颗粒属于催化剂，如催化转化反应器等。这类反应器结构形式简单，主要由内装气体分布装置和热交换器的容器组成。

(4) 流化床反应器 这类反应器是利用固体颗粒流态化技术的优点而进行气体与气体(催化反应)或者气体与固体反应的一种设备。当原料气体通入反应器时，以气泡形式通过粒度很细的催化剂床层，并使催化剂颗粒悬浮起来，在反应器内剧烈运动，就像沸腾的液体一样，形成流态化的固体，因此将这类反应器称为流化床反应器。

#### 5. 物料输送设备

一套完整的污染防治设施系统大多数是由若干台(套)设备有机组合起来的。为保证物料在设备间的流动和物料在设备内的工艺条件，需要采用流体输送设备来达到这一要求。除噪声和振动等特殊污染物外，绝大多数含有污染物质的物料一般具有3种形态，即固态、液态和气态。由于液体和气体无固定的形状，能自由地流动，而且流动性质也都很相似，所以一般将含污染物质的液体和气体统称为流体。

流体污染物料在进行净化时，一般均在有一定容积的设备内进行，反应后再从设备内流出。因此，在污染治理工艺系统中，常需将流体从低处输送至高处，或从低压处送至高压处，或沿管道送至较远的地方。为达到此目的，必须外加动力给流体一定的能量以克服流动过程中的阻力，这种给流体一定能量的设备称为流体输送设备。用于气体物料输送的设备有送风机、鼓风机、压缩机；用于液体物料输送的设备则通称为泵；输送固体污染物料采用皮带运输机、螺旋运输机、风力输送机、斗式提升机等。

#### 6. 管道及管配件

管道本身并不属于环保设备，但单台环保设备实际上无法实现其自身的功能，一般情况下只有将多台设备用管道连接起来形成成套装备，才能完成相应的工艺使命。管道担负着输送介质的任务。完整的管道除管道本身外，还包括各种管配件，如各种阀门、弯头、法兰等。

## 第二节 环保设备业发展综述

### 一、环保设备业的范围

在我国，环保设备业是环保产业的重要子行业，环保产业的发展 and 壮大关键是靠环保设备业和环保服务业来支撑的。按环保设备的应用类别分，环保设备既包括废水处理设备、废弃物管理和循环利用设备、大气污染控制设备、噪声消除设备、监测仪器和设备、科研和实验室设备，又包括用于自然保护以及提高城市环境质量的设备等。环境服务业则从事废水处理、废弃物处理处置、大气污染控制、噪声消除等方面的服务(主要指环保设施运营)，技术与工程服务，环境研究与开发，环境培训与教育，环境核算与法律服务，咨询服务，以及其他以保护环境为目的的服务。在上述两个子行业中，前者为后者提供生产装备及手段。因此，环保设备业是环保服务业发展的基础，同时环保设备业的市场需求又受制于环保服务业的发展状况。

### 二、环保设备业的现状

为了实现国民经济的可持续发展，环境保护已成为我国的基本国策，环保设备业也将因