

高等学校試用教科書

# 化工机器及設備

下 册

天津大学等院校合編



中国工业出版社

“化工机器及设备”课程阐述了主要类型的化工机器及设备，共四篇十八章，分上、下两册出版。本书是该课程的下册，包括两篇，共十章，阐述主要类型的化工机器及设备的原理、设计计算、结构设计、机械计算等。

下册内容为：换热设备、塔设备、反应设备、沸腾床设备、喷雾干燥器、过滤器、离心机、回转圆筒设备、破碎及细磨机械、固体物料的运输机械。

本书可作大学五年制（或四年制）化工机器及设备专业的教材，也可供有关的工程技术人员参考。

参加本书选编的，有大连工学院、天津大学、天津化工学院、北京化工学院、成都工学院、华东化工学院、华南化工学院、河北工学院、浙江大学和南京化工学院等十个院校。

## 化工机器及设备

### 下 册

天津大学等院校合编

\*

化工部图书编辑室编辑（北京安定门外和平北路四号楼）

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

536工厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

\*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ ·印张 $31\frac{1}{4}$ ·字数672,000

1961年8月北京第一版·1962年6月北京第三次印刷

印数6,324—10,366·定价(10-5)3.70元

\*

统一书号：K15165·334（化工-29）

## 前 言

本书是根据化工部指示，由大連工学院、天津大学、天津化工学院、北京化工学院、成都工学院、华东化工学院、华南化工学院、河北工学院、南京化工学院、浙江大学、十所院校化工机械专业的代表組成的教材选編小組集体选編而成。

本书是为高等院校化工机械专业“化工机器及設備”課程而編写的。选編小組根据化工部关于选編教材的指示和原則，經過研究和討論后，决定以苏联专家杜馬什涅夫（А.Д. Домашнев）著“化学生产机器及設備”（化学工业出版社出版，1958年）一书为骨干，并参考成都工学院、华东化工学院、华南化工学院、南京化工学院、浙江大学、天津大学所編的教材进行了修改和补充，編成本书。本书有部分章节則主要取材于苏联专家尼古拉耶夫（А.М. Николаев）著“无机物工厂机械装备”、М.В. Лыков 著“Сушка распылением”等书。

本书共計四篇十八章，各篇章的講授順序可根据各院校的課程設置，教学学历，教学安排等具体情况作必要的更动。例如第一篇化工机械力学基础的内容可以在“材料力学”或“化工机械設計計算基础”或本課程中講授。某些章（如第八章管道及第十八章固体物料的运输設備）可以不講授或由学生自学，也可采取現場教学、实物、模型参观等办法解决。书中的附录是有关篇章的参考資料，可以不講授。

本书可以作为高等院校化工机械专业試用教科书，以五年制为主，四、五年制通用。在四年制的高等院校使用本教材时，第一篇化工机械力学基础可以根据具体情况予以删减或全部删除。

选編小組在选編本书时，力求作到編后的教材观点正确，反映最新科学技术成就，内容和份量适当，符合教学要求。但因時間短促，教材来自各处，改編的部分比較多，前后語法、符号、名詞定有許多不一致的地方，改編的内容也不免有不妥之处。因此，恳切希望各院校使用本书后，提出意見，使本书再版时，質量能够进一步提高。

編 者 1961年4月于天津



# 目 录

## 第三篇 化工设备

### 第九章 换热设备..... 7

#### 第一节 影响热交换器结构的因素 ..... 7

#### 第二节 热交换器的分类 ..... 8

#### 第三节 表面传热的热交换器的主要类型 ..... 9

##### 一、沉浸式蛇管热交换器 ..... 9

##### 二、喷淋式蛇管热交换器 ..... 10

##### 三、套管热交换器 ..... 12

##### 四、列管式热交换器 ..... 14

#### 第四节 温差应力的决定及采用刚性结构的可能性 ..... 15

#### 第五节 列管式热交换器的计算与设计 ..... 19

##### 一、管子 ..... 19

##### 二、管子的固定方法和管距的大小 ..... 20

##### 三、管板上管子的排列 ..... 21

##### 四、热交换器的壳径 ..... 22

##### 五、管板 ..... 23

##### 六、管板的加强 ..... 26

##### 七、管板与壳体的联接 ..... 27

##### 八、造成扰流的挡板 ..... 28

##### 九、纵向隔板 ..... 30

##### 十、补偿器 ..... 31

##### 十一、盖子与接口管 ..... 33

#### 第六节 板式热交换器 ..... 36

##### 一、螺旋状热交换器 ..... 36

##### 二、平板式热交换器 ..... 40

###### 1. 传热板的板型 ..... 40

###### 2. 板式热交换器的传热系数 ..... 42

###### 3. 板式热交换器的叠板 ..... 42

#### 第七节 热交换器的流体力学计算 ..... 43

#### 第八节 有关热交换器流程的意见 ..... 46

#### 第九节 各种类型的热交换器之比较 ..... 47

#### 第十节 热交换器的设计程序 ..... 49

#### 第十一节 蒸发设备 ..... 51

##### 一、决定蒸发设备结构的因素 ..... 51

##### 二、蒸发设备的结构特点 ..... 52

##### 三、分离器 ..... 54

### 第十章 塔设备 ..... 60

#### 第一节 概论 ..... 60

#### 第二节 填料塔 ..... 61

##### 一、填料塔的特性和设计要点 ..... 61

##### 二、填料塔的流体力学 ..... 62

##### 三、填料塔的传质 ..... 68

##### 四、乳化石料塔 ..... 71

##### 五、塔身及液体再分布装置 ..... 73

##### 六、支承结构 ..... 74

##### 七、喷淋装置 ..... 77

##### 八、气体和液体的进出口 ..... 81

#### 第三节 泡罩塔 ..... 82

##### 一、泡罩塔的特性和设计要点 ..... 82

##### 二、泡罩塔板的流体力学 ..... 83

##### 三、压力降 ..... 84

##### 四、齿缝开度 ..... 84

##### 五、塔板上的液层阻力 ..... 88

##### 六、液面落差 ..... 89

##### 七、塔板的稳定性 ..... 92

##### 八、降液管中液层高度 ..... 93

##### 九、雾沫夹带 ..... 93

##### 十、气体与液体的流量 ..... 94

##### 十一、溢流装置 ..... 96

##### 十二、塔板布置 ..... 97

##### 十三、例题 ..... 98

##### 十四、泡罩塔板的改进 ..... 102

##### 十五、泡罩塔结构 ..... 103

#### 第四节 孔板塔 ..... 105

##### 一、孔板塔的特性 ..... 105

##### 二、泡沫塔的传质 ..... 106

##### 三、泡沫塔的流体阻力 ..... 108

##### 四、临界气速及带沫损失 ..... 109

##### 五、塔径的决定 ..... 110

##### 六、孔板的设计 ..... 110

##### 七、溢流装置 ..... 111

##### 八、筛板塔设计 ..... 111

##### 九、淋降板塔设计 ..... 114

### 第十一章 反应设备 ..... 118

#### 第一节 反应锅 ..... 118

##### 一、反应锅的物料衡算与热量衡算 ..... 118

##### 二、反应锅主要尺寸的决定 ..... 119

##### 三、反应锅的壳体 ..... 119

##### 四、反应锅的盖子 ..... 121

##### 五、工艺用的接管 ..... 121

###### 1. 加料管 ..... 121

###### 2. 压出管 ..... 121

|                                        |     |                           |     |
|----------------------------------------|-----|---------------------------|-----|
| 3. 排料管.....                            | 122 | 二、流化时所需压强降及流化速度的计算.....   | 188 |
| 六、传热面.....                             | 122 | 三、流态化的流体动力学.....          | 189 |
| 1. 载热体.....                            | 122 | 1. 流态化动力过程的基本规律.....      | 189 |
| 2. 传热面的结构.....                         | 123 | 2. 沸腾层高度的计算.....          | 192 |
| 3. 传热面的计算.....                         | 125 | 3. 飞翔速度的计算.....           | 193 |
| 七、搅拌器.....                             | 127 | 第三节 沸腾床的传热与传质.....        | 194 |
| 1. 搅拌器的作用和应用.....                      | 127 | 一、沸腾床传热的特点及床层温度的控制.....   | 194 |
| 2. 搅拌器的类型.....                         | 127 | 1. 沸腾床传热的特点.....          | 194 |
| 3. 搅拌器的功率计算.....                       | 130 | 2. 沸腾床传热的基本型式.....        | 194 |
| 4. 搅拌器的机械计算.....                       | 135 | 二、沸腾床的传热计算.....           | 195 |
| 5. 搅拌器的传动装置.....                       | 139 | 1. 沸腾床层与器壁表面间的热传递.....    | 195 |
| 八、填料盒.....                             | 140 | 2. 插入床层内部的换热器表面的给热计算..... | 197 |
| 第二节 催化反应设备.....                        | 144 | 3. 沸腾床中固体颗粒与介质间的给热.....   | 199 |
| 一、关于催化过程的一般概念.....                     | 144 | 三、沸腾床的传质.....             | 201 |
| 二、催化过程最适宜操作条件之选择及固定床催化反应器的主要尺寸的计算..... | 145 | 1. 研究传质问题的目的.....         | 201 |
| 1. 决定最适宜条件的一般方法.....                   | 145 | 2. 沸腾床传质的机理.....          | 201 |
| 1) 温度的选择.....                          | 145 | 3. 传质的计算.....             | 201 |
| 2) 压力的选择.....                          | 148 | 第四节 沸腾床设备的操作系统及结构设计.....  | 204 |
| 3) 触媒的作用.....                          | 148 | 一、单段式沸腾床设备的操作.....        | 204 |
| 4) 空间速度.....                           | 150 | 1. 非循环操作.....             | 204 |
| 2. 触媒容积的计算.....                        | 151 | 2. 循环操作.....              | 204 |
| 1) 等温过程.....                           | 151 | 二、多段逆流式沸腾床接触设备.....       | 205 |
| 2) 以最适宜温度进行的过程.....                    | 151 | 三、沸腾床设备主要部件的设计.....       | 208 |
| 3) 绝热过程.....                           | 152 | 1. 反应床的设计.....            | 208 |
| 4) 一般情况.....                           | 152 | 1) 床身的型式及尺寸.....          | 208 |
| 三、催化反应器的类型和结构.....                     | 155 | 2) 流体分布板.....             | 209 |
| 1. 中间换热式催化反应器.....                     | 155 | 3) 风帽(喷嘴)的型式.....         | 211 |
| 2. 具有中间换热式的三层和四层催化反应器.....             | 156 | 2. 直立管.....               | 211 |
| 3. 内部换热式催化反应器.....                     | 160 | 3. 升举管.....               | 213 |
| 四、催化反应器工艺计算的概略程序.....                  | 161 | 4. 颗粒物料的进料器及流率控制阀.....    | 213 |
| 五、氨合成炉的类型及结构.....                      | 165 | (1) 螺旋进料器.....            | 214 |
| 1. 制造氨合成炉用的材料的选择.....                  | 165 | (2) 转盘进料器.....            | 214 |
| 2. 典型合成炉的结构.....                       | 166 | (3) 星形进料器.....            | 214 |
| 3. 合成炉结构的简单分析.....                     | 175 | (4) 移动阀.....              | 214 |
| 第十二章 沸腾床设备.....                        | 181 | 5. 固粒回收器.....             | 214 |
| 第一节 概论.....                            | 181 | 四、循环系统的流体力学计算.....        | 216 |
| 一、流化作用及流化床(沸腾床)的特点.....                | 181 | 第十三章 喷雾干燥器.....           | 218 |
| 1. 流化作用.....                           | 181 | 第一节 概述.....               | 218 |
| 2. 沸腾床的特点.....                         | 181 | 一、喷雾干燥的优缺点.....           | 218 |
| 二、沸腾床设备在化学工业中的应用及成就.....               | 182 | 二、喷雾干燥装置.....             | 218 |
| 1. 化学反应方面.....                         | 183 | 第二节 溶液的喷雾装置.....          | 219 |
| 2. 化工过程方面.....                         | 184 | 一、机械喷嘴.....               | 220 |
| 第二节 固体流化的流体力学.....                     | 185 | 1. 机械喷嘴的计算.....           | 221 |
| 一、流体流过固定床层的压强降.....                    | 186 | 2. 机械喷嘴的结构.....           | 223 |
|                                        |     | 3. 机械喷嘴的优缺点.....          | 225 |

|                       |     |                            |     |
|-----------------------|-----|----------------------------|-----|
| 二、气动喷嘴.....           | 225 | 二、脉动卸料式离心机.....            | 310 |
| 1. 气动喷嘴的结构.....       | 225 | 三、自动连续螺旋卸料离心机.....         | 313 |
| 2. 气动喷嘴喷雾的机理.....     | 228 | 1. 概述及结构分析.....            | 313 |
| 3. 气动喷嘴的尺寸计算.....     | 232 | 2. 螺旋卸料离心机的工艺计算.....       | 321 |
| 4. 能量消耗.....          | 233 | 3. 螺旋卸料离心机的功率计算.....       | 321 |
| 5. 气动喷嘴的优缺点.....      | 233 | 四、离心力移动沉淀物的离心机.....        | 323 |
| 三、离心圆盘式喷雾器.....       | 233 | 第四节 离心机的零件.....            | 325 |
| 1. 概述.....            | 233 | 一、转筒.....                  | 325 |
| 2. 离心圆盘的计算.....       | 234 | 1. 转筒的机械计算.....            | 326 |
| 3. 关于雾焰.....          | 235 | 2. 轮箍的近似计算.....            | 327 |
| 4. 能量消耗.....          | 236 | 二、轴.....                   | 328 |
| 5. 离心圆盘的结构.....       | 237 | 1. 轴的强度计算.....             | 328 |
| 6. 迴轉圆盘喷雾器的优缺点.....   | 238 | 2. 轴的临界转速、刚性轴及挠性轴.....     | 328 |
| 第三节 干燥室的尺寸计算.....     | 239 | 3. 转子的平衡.....              | 332 |
| <b>第四篇 化工机器</b>       |     |                            |     |
| <b>第十四章 過濾機</b> ..... | 243 | 第五节 高速离心机.....             | 334 |
| 第一节 概論.....           | 243 | 一、管式高速离心机.....             | 334 |
| 第二节 过滤过程的分析.....      | 244 | 二、多室式高速离心机.....            | 336 |
| 第三节 板框式压滤机.....       | 246 | 三、盘式分离机(碗盖式离心机).....       | 343 |
| 一、板框式压滤机的应用范围.....    | 246 | <b>第十六章 迴轉圓筒設備</b> .....   | 347 |
| 二、板框式压滤机的结构.....      | 246 | 第一节 概述.....                | 348 |
| 三、板框的支撑.....          | 252 | 一、迴轉圓筒的作用.....             | 348 |
| 四、生产能力的校核.....        | 253 | 二、物料在迴轉圓筒內的停留時間.....       | 348 |
| 第四节 連續式过滤机的主要型式.....  | 255 | 三、迴轉圓筒主要尺寸的決定.....         | 351 |
| 一、真空連續式过滤机.....       | 255 | 1. 干燥器主要尺寸的決定.....         | 352 |
| 二、加压連續式过滤机.....       | 263 | 2. 水泥迴轉窑主要尺寸的決定.....       | 353 |
| 第五节 轉筒真空过滤机.....      | 263 | 第二节 迴轉圓筒設備的结构.....         | 354 |
| 一、轉筒.....             | 263 | 一、概述.....                  | 354 |
| 二、分配头.....            | 266 | 二、筒体.....                  | 356 |
| 三、工艺计算.....           | 271 | 三、滾圈.....                  | 357 |
| 四、功率计算.....           | 273 | 四、托輪与挡輪.....               | 359 |
| 五、真空泵及压气机容量的決定.....   | 274 | 五、传动装置.....                | 362 |
| <b>第十五章 離心機</b> ..... | 275 | 六、密封装置.....                | 363 |
| 第一节 一般概念.....         | 275 | 第三节 迴轉圓筒設備的强度计算.....       | 367 |
| 第二节 人工卸料离心机.....      | 276 | 一、筒体的强度计算.....             | 367 |
| 一、立式离心机.....          | 276 | 1. 筒体在各支座处弯矩及反力计算.....     | 368 |
| 二、三足式离心机.....         | 276 | 2. 筒体横断面上最大弯矩及最大弯应力校核..... | 368 |
| 三、上悬式离心机.....         | 279 | 3. 焊接縫的强度校核.....           | 370 |
| 四、上悬式离心机的计算.....      | 284 | 二、滾圈的强度计算.....             | 371 |
| 1. 工艺计算.....          | 285 | 1. 自由座落于鞍座上的滾圈.....        | 371 |
| 2. 上悬式离心机的功率计算.....   | 286 | 2. 固定在筒体上的滾圈.....          | 379 |
| 3. 离心联轴节的设计.....      | 290 | 三、托輪及挡輪的计算.....            | 379 |
| 4. 离心机的刹车设计.....      | 291 | 1. 托輪的计算.....              | 379 |
| 第三节 自动离心机.....        | 291 | 2. 挡輪的计算.....              | 382 |
| 一、刮刀卸料离心机.....        | 291 | 四、需要功率的计算.....             | 383 |
|                       |     | 附录: 接触应力.....              | 386 |

|                            |     |                             |     |
|----------------------------|-----|-----------------------------|-----|
| 一、概說.....                  | 386 | 2. 球磨机的功率.....              | 440 |
| 二、弹性理論平面問題的基本方程式.....      | 388 | 3. 球磨机的生产能力.....            | 446 |
| 三、蒲新尼斯克解案.....             | 392 | 四、球磨机筒体强度的計算.....           | 449 |
| 四、两圆柱体互相接触的应力情况.....       | 392 | 第六节 超細磨設備.....              | 451 |
| <b>第十七章 破碎及細磨機械</b> .....  | 395 | 一、概說.....                   | 451 |
| 第一节 总論.....                | 395 | 1. 流能微粉磨.....               | 451 |
| 一、破碎及細磨的意义.....            | 395 | 2. 流能縮粒磨.....               | 452 |
| 二、破碎机及細磨机的分类.....          | 397 | 3. 流能喷射磨.....               | 452 |
| 三、破碎及細磨的能量消耗假說.....        | 399 | 二、振动磨.....                  | 453 |
| 1. 表面积假說——雷廷智假說.....       | 399 | 1. 概說.....                  | 453 |
| 2. 体积假說——克尔皮乔夫假說、基克假說..... | 399 | 2. 振动磨的构造及工作流程.....         | 455 |
| 四、破碎及細磨的基本作业程序.....        | 402 | 3. 振动磨的振动分析.....            | 457 |
| 第二节 顎式破碎机.....             | 404 | 4. 振动磨的操作及功率計算.....         | 460 |
| 一、概說.....                  | 404 | <b>第十八章 固體物料的運輸機械</b> ..... | 464 |
| 二、顎式破碎机的构造.....            | 405 | 第一节 带式运输机.....              | 464 |
| 1. 简单摆动頂部悬挂式的顎式破碎机.....    | 405 | 一、概說.....                   | 464 |
| 2. 复杂摆动式顎式破碎机.....         | 407 | 二、带式运输机的主要組成部分.....         | 466 |
| 3. 組合摆动式顎式破碎机.....         | 409 | 1. 带.....                   | 466 |
| 三、顎式破碎机主要参数的确定.....        | 410 | 2. 托架.....                  | 467 |
| 1. 顎板間的最大有效作用角(掛角).....    | 410 | 3. 鼓輪.....                  | 468 |
| 2. 顎板的摆动次数及偏心軸的有效轉速.....   | 411 | 4. 传动装置.....                | 469 |
| 3. 顎式破碎机的生产能力.....         | 412 | 5. 张紧装置.....                | 469 |
| 4. 顎式破碎机需要的功率.....         | 413 | 6. 加料設備.....                | 471 |
| 四、顎式破碎机的主要零件及其計算.....      | 415 | 7. 卸料設備.....                | 471 |
| 1. 連杆.....                 | 415 | 三、带式运输机的选型計算.....           | 472 |
| 2. 推力平板.....               | 416 | 1. 运输能力.....                | 472 |
| 3. 活动顎板.....               | 417 | 2. 运输带速度.....               | 473 |
| 4. 偏心軸.....                | 419 | 3. 运输带寬度.....               | 473 |
| 5. 飞輪.....                 | 420 | 4. 阻力及功率.....               | 475 |
| 6. 机架.....                 | 421 | 第二节 斗式提升机.....              | 479 |
| 第三节 滾筒破碎机.....             | 422 | 一、斗式提升机的构造及应用.....          | 479 |
| 一、概說.....                  | 422 | 二、斗式提升机的选型計算.....           | 482 |
| 二、双滾筒破碎机的构造.....           | 423 | 1. 运输能力.....                | 482 |
| 第四节 錘式破碎机.....             | 425 | 2. 功率.....                  | 483 |
| 一、概說.....                  | 425 | 第三节 螺旋运输机.....              | 484 |
| 二、錘式破碎机的构造.....            | 425 | 一、概說.....                   | 484 |
| 1. 单軸定向轉动錘式破碎机.....        | 425 | 二、螺旋运输机的主要組成部分.....         | 485 |
| 2. 单軸可逆式錘式破碎机.....         | 427 | 三、螺旋运输机的选型計算.....           | 487 |
| 3. 双軸錘式破碎机.....            | 428 | 1. 运输能力.....                | 487 |
| 第五节 球磨机.....               | 430 | 2. 功率.....                  | 488 |
| 一、概說.....                  | 430 | 第四节 粉末狀物料的风动式輸送設備.....      | 489 |
| 二、球磨机的构造.....              | 433 | 一、概說.....                   | 489 |
| 1. 带有卸料篦板的球磨机.....         | 433 | 二、风动式輸送料槽.....              | 490 |
| 2. 管磨机.....                | 433 | 三、风动式輸送泵.....               | 491 |
| 三、球磨机主要参数的确定.....          | 439 | 1. 螺旋式輸送泵.....              | 491 |
| 1. 球磨机的轉速.....             | 439 | 2. 仓式空气輸送泵.....             | 496 |

## 前 言

本书是根据化工部指示，由大连工学院、天津大学、天津化工学院、北京化工学院、成都工学院、华东化工学院、华南化工学院、河北工学院、南京化工学院、浙江大学、十所院校化工机械专业的代表组成的教材选编小组集体选编而成。

本书是为高等院校化工机械专业“化工机器及设备”课程而编写的。选编小组根据化工部关于选编教材的指示和原则，经过研究和讨论后，决定以苏联专家杜马什涅夫（А.Д. Домашнев）著“化学生产机器及设备”（化学工业出版社出版，1958年）一书为骨干，并参考成都工学院、华东化工学院、华南化工学院、南京化工学院、浙江大学、天津大学所编的教材进行了修改和补充，编成本书。本书有部分章节则主要取材于苏联专家尼古拉耶夫（А.М. Николаев）著“无机物工厂机械装备”、М.В. Лыков 著“Сушка распылением”等书。

本书共计四篇十八章，各篇章的讲授顺序可根据各院校的课程设置，教学学历，教学安排等具体情况作必要的更动。例如第一篇化工机械力学基础的内容可以在“材料力学”或“化工机械设计计算基础”或本课程中讲授。某些章（如第八章管道及第十八章固体物料的运输设备）可以不讲授或由学生自学，也可采取现场教学、实物、模型参观等办法解决。书中的附录是有关篇章的参考资料，可以不讲授。

本书可以作为高等院校化工机械专业试用教科书，以五年制为主，四、五年制通用。在四年制的高等院校使用本教材时，第一篇化工机械力学基础可以根据具体情况予以删减或全部删除。

选编小组在选编本书时，力求做到编后的教材观点正确，反映最新科学技术成就，内容和份量适当，符合教学要求。但因时间短促，教材来自各处，改编的部分比较多，前后语法、符号、名词定有许多不一致的地方，改编的内容也不免有不妥之处。因此，恳切希望各院校使用本书后，提出意见，使本书再版时，质量能够进一步提高。

编 者 1961年4月于天津





# 目 录

## 第三篇 化工设备

### 第九章 换热设备..... 7

#### 第一节 影响热交换器结构的因素 ..... 7

#### 第二节 热交换器的分类 ..... 8

#### 第三节 表面传热的热交换器的主要类型 ..... 9

##### 一、沉浸式蛇管热交换器..... 9

##### 二、喷淋式蛇管热交换器.....10

##### 三、套管热交换器.....12

##### 四、列管式热交换器.....14

#### 第四节 温差应力的决定及采用刚性结构的可能性 .....15

#### 第五节 列管式热交换器的计算与设计 .....19

##### 一、管子.....19

##### 二、管子的固定方法和管距的大小.....20

##### 三、管板上管子的排列.....21

##### 四、热交换器的壳径.....22

##### 五、管板.....23

##### 六、管板的加强.....26

##### 七、管板与壳体的联接.....27

##### 八、造成扰流的挡板.....28

##### 九、纵向隔板.....30

##### 十、补偿器.....31

##### 十一、盖子与接口管.....33

#### 第六节 板式热交换器 .....36

##### 一、螺旋状热交换器.....36

##### 二、平板式热交换器.....40

###### 1. 传热板的板型.....40

###### 2. 板式热交换器的传热系数.....42

###### 3. 板式热交换器的叠板.....42

#### 第七节 热交换器的流体力学计算.....43

#### 第八节 有关热交换器流程的意见.....46

#### 第九节 各种类型的热交换器之比较 .....47

#### 第十节 热交换器的设计程序 .....49

#### 第十一节 蒸发设备 .....51

##### 一、决定蒸发设备结构的因素.....51

##### 二、蒸发设备的结构特点.....52

##### 三、分离器.....54

### 第十章 塔设备 .....60

#### 第一节 概论.....60

#### 第二节 填料塔.....61

##### 一、填料塔的特性和设计要点.....61

##### 二、填料塔的流体力学.....62

##### 三、填料塔的传质.....68

##### 四、乳化填料塔.....71

##### 五、塔身及液体再分布装置.....73

##### 六、支承结构.....74

##### 七、喷淋装置.....77

##### 八、气体和液体的进出口.....81

#### 第三节 泡罩塔.....82

##### 一、泡罩塔的特性和设计要点.....82

##### 二、泡罩塔板的流体力学.....83

##### 三、压力降.....84

##### 四、齿缝开度.....84

##### 五、塔板上的液层阻力.....88

##### 六、液面落差.....89

##### 七、塔板的稳定性.....92

##### 八、降液管中液层高度.....93

##### 九、雾沫夹带.....93

##### 十、气体与液体的流量.....94

##### 十一、溢流装置.....96

##### 十二、塔板布置.....97

##### 十三、例题.....98

##### 十四、泡罩塔板的改进.....102

##### 十五、泡罩塔结构.....103

#### 第四节 孔板塔.....105

##### 一、孔板塔的特性.....105

##### 二、泡沫塔的传质.....106

##### 三、泡沫塔的流体阻力.....108

##### 四、临界气速及带沫损失.....109

##### 五、塔径的决定.....110

##### 六、孔板的设计.....110

##### 七、溢流装置.....111

##### 八、筛板塔设计.....111

##### 九、淋降板塔设计.....114

### 第十一章 反应设备 .....118

#### 第一节 反应锅.....118

##### 一、反应锅的物料衡算与热量衡算.....118

##### 二、反应锅主要尺寸的决定.....119

##### 三、反应锅的壳体.....119

##### 四、反应锅的盖子.....121

##### 五、工艺用的接管.....121

###### 1. 加料管.....121

###### 2. 压出管.....121

|                                   |     |                      |     |
|-----------------------------------|-----|----------------------|-----|
| 3. 排料管                            | 122 | 二、流化时所需压强降及流化速度的计算   | 188 |
| 六、传热面                             | 122 | 三、流态化的流体动力学          | 189 |
| 1. 载热体                            | 122 | 1. 流态化动力过程的基本规律      | 189 |
| 2. 传热面的结构                         | 123 | 2. 沸腾层高度的计算          | 192 |
| 3. 传热面的计算                         | 125 | 3. 飞翔速度的计算           | 193 |
| 七、搅拌器                             | 127 | 第三节 沸腾床的传热与传质        | 194 |
| 1. 搅拌器的作用和应用                      | 127 | 一、沸腾床传热的特点及床层温度的控制   | 194 |
| 2. 搅拌器的类型                         | 127 | 1. 沸腾床传热的特点          | 194 |
| 3. 搅拌器的功率计算                       | 130 | 2. 沸腾床传热的基本型式        | 194 |
| 4. 搅拌器的机械计算                       | 135 | 二、沸腾床的传热计算           | 195 |
| 5. 搅拌器的传动装置                       | 139 | 1. 沸腾床层与器壁表面间的热传递    | 195 |
| 八、填料盒                             | 140 | 2. 插入床层内部的换热器表面的给热计算 | 197 |
| 第二节 催化反应设备                        | 144 | 3. 沸腾床中固体颗粒与介质间的给热   | 199 |
| 一、关于催化过程的一般概念                     | 144 | 三、沸腾床的传质             | 201 |
| 二、催化过程最适宜操作条件之选择及固定床催化反应器的主要尺寸的计算 | 145 | 1. 研究传质问题的目的         | 201 |
| 1. 决定最适宜条件的一般方法                   | 145 | 2. 沸腾床传质的机理          | 201 |
| 1) 温度的选择                          | 145 | 3. 传质的计算             | 201 |
| 2) 压力的选择                          | 148 | 第四节 沸腾床设备的操作系统及结构设计  | 204 |
| 3) 触媒的作用                          | 148 | 一、单段式沸腾床设备的操作        | 204 |
| 4) 空间速度                           | 150 | 1. 非循环操作             | 204 |
| 2. 触媒容积的计算                        | 151 | 2. 循环操作              | 204 |
| 1) 等温过程                           | 151 | 二、多段逆流式沸腾床接触设备       | 205 |
| 2) 以最适宜温度进行的过程                    | 151 | 三、沸腾床设备主要部件的设计       | 208 |
| 3) 绝热过程                           | 152 | 1. 反应床的设计            | 208 |
| 4) 一般情况                           | 152 | 1) 床身的型式及尺寸          | 208 |
| 三、催化反应器的类型和结构                     | 155 | 2) 流体分布板             | 209 |
| 1. 中间换热式催化反应器                     | 155 | 3) 风帽(喷嘴)的型式         | 211 |
| 2. 具有中间换热式的三层和四层催化反应器             | 156 | 2. 直立管               | 211 |
| 3. 内部换热式催化反应器                     | 160 | 3. 升举管               | 213 |
| 四、催化反应器工艺计算的概略程序                  | 161 | 4. 颗粒物料的进料器及流率控制阀    | 213 |
| 五、氨合成炉的类型及结构                      | 165 | (1) 螺旋进料器            | 214 |
| 1. 制造氨合成炉用的材料的选择                  | 165 | (2) 转盘进料器            | 217 |
| 2. 典型合成炉的结构                       | 166 | (3) 星形进料器            | 214 |
| 3. 合成炉结构的简单分析                     | 175 | (4) 移动阀              | 214 |
| 第十二章 沸腾床设备                        | 181 | 5. 固粒回收器             | 214 |
| 第一节 概论                            | 181 | 四、循环系统的流体力学计算        | 216 |
| 一、流化作用及流化床(沸腾床)的特点                | 181 | 第十三章 喷雾干燥器           | 218 |
| 1. 流化作用                           | 181 | 第一节 概述               | 218 |
| 2. 沸腾床的特点                         | 181 | 一、喷雾干燥的优缺点           | 218 |
| 二、沸腾床设备在化学工业中的应用及成就               | 182 | 二、喷雾干燥装置             | 218 |
| 1. 化学反应方面                         | 183 | 第二节 溶液的喷雾装置          | 219 |
| 2. 化工过程方面                         | 184 | 一、机械喷嘴               | 220 |
| 第二节 固体流化的流体力学                     | 185 | 1. 机械喷嘴的计算           | 221 |
| 一、流体流过固定床层的压强降                    | 186 | 2. 机械喷嘴的结构           | 223 |
|                                   |     | 3. 机械喷嘴的优缺点          | 225 |

|                       |     |                            |     |
|-----------------------|-----|----------------------------|-----|
| 二、气动喷嘴.....           | 225 | 二、脉动卸料式离心机.....            | 310 |
| 1. 气动喷嘴的结构.....       | 225 | 三、自动連續螺旋卸料离心机.....         | 313 |
| 2. 气动喷嘴喷雾的机理.....     | 228 | 1. 概述及结构分析.....            | 313 |
| 3. 气动喷嘴的尺寸计算.....     | 232 | 2. 螺旋卸料离心机的工艺计算.....       | 321 |
| 4. 能量消耗.....          | 233 | 3. 螺旋卸料离心机的功率计算.....       | 321 |
| 5. 气动喷嘴的优缺点.....      | 233 | 四、离心力移动沉淀物的离心机.....        | 323 |
| 三、离心圆盘式喷雾器.....       | 233 | 第四节 离心机的零件.....            | 325 |
| 1. 概述.....            | 233 | 一、轉筒.....                  | 325 |
| 2. 离心圆盘的計算.....       | 234 | 1. 轉筒的机械計算.....            | 326 |
| 3. 关于雾焰.....          | 235 | 2. 輪箍的近似計算.....            | 327 |
| 4. 能量消耗.....          | 236 | 二、軸.....                   | 328 |
| 5. 离心圆盘的结构.....       | 237 | 1. 軸的强度計算.....             | 328 |
| 6. 迴轉圆盘喷雾器的优缺点.....   | 238 | 2. 軸的临界轉速、刚性軸及挠性軸.....     | 328 |
| 第三节 干燥室的尺寸计算.....     | 239 | 3. 轉子的平衡.....              | 332 |
| <b>第四篇 化工机器</b>       |     |                            |     |
| <b>第十四章 過濾機</b> ..... | 243 | 第五节 高速离心机.....             | 334 |
| 第一节 概論.....           | 243 | 一、管式高速离心机.....             | 334 |
| 第二节 过滤过程的分析.....      | 244 | 二、多室式高速离心机.....            | 336 |
| 第三节 板框式压滤机.....       | 246 | 三、盘式分离机(碗盖式离心机).....       | 343 |
| 一、板框式压滤机的应用范围.....    | 246 | <b>第十六章 迴轉圓筒設備</b> .....   | 347 |
| 二、板框式压滤机的结构.....      | 246 | 第一节 概 述.....               | 348 |
| 三、板框的支撐.....          | 252 | 一、迴轉圓筒的作用.....             | 348 |
| 四、生产能力的校核.....        | 253 | 二、物料在迴轉圓筒內的停留時間.....       | 348 |
| 第四节 連續式过滤机的主要型式.....  | 255 | 三、迴轉圓筒主要尺寸的決定.....         | 351 |
| 一、真空連續式过滤机.....       | 255 | 1. 干燥器主要尺寸的決定.....         | 352 |
| 二、加压連續过滤机.....        | 263 | 2. 水泥迴轉窑主要尺寸的決定.....       | 353 |
| 第五节 轉筒真空过滤机.....      | 263 | 第二节 迴轉圓筒設備的结构.....         | 354 |
| 一、轉筒.....             | 263 | 一、概 述.....                 | 354 |
| 二、分配头.....            | 266 | 二、筒体.....                  | 356 |
| 三、工艺計算.....           | 271 | 三、滾圈.....                  | 357 |
| 四、功率計算.....           | 273 | 四、托輪与挡輪.....               | 359 |
| 五、真空泵及压气机容量的決定.....   | 274 | 五、传动裝置.....                | 362 |
| <b>第十五章 離心機</b> ..... | 275 | 六、密封裝置.....                | 363 |
| 第一节 一般概念.....         | 275 | 第三节 迴轉圓筒設備的强度計算.....       | 367 |
| 第二节 人工卸料离心机.....      | 276 | 一、筒体的强度計算.....             | 367 |
| 一、立式离心机.....          | 276 | 1. 筒体在各支座处弯矩及反力計算.....     | 368 |
| 二、三足式离心机.....         | 276 | 2. 筒体横断面上最大弯矩及最大弯应力校核..... | 368 |
| 三、上悬式离心机.....         | 279 | 3. 鉚接縫的强度校核.....           | 370 |
| 四、上悬式离心机的計算.....      | 284 | 二、滾圈的强度計算.....             | 371 |
| 1. 工艺計算.....          | 285 | 1. 自由座落于鞍座上的滾圈.....        | 371 |
| 2. 上悬式离心机的功率計算.....   | 286 | 2. 固定在筒体上的滾圈.....          | 379 |
| 3. 离心联轴节的設計.....      | 290 | 三、托輪及挡輪的計算.....            | 379 |
| 4. 离心机的刹車設計.....      | 291 | 1. 托輪的計算.....              | 379 |
| 第三节 自动离心机.....        | 291 | 2. 挡輪的計算.....              | 382 |
| 一、刮刀卸料离心机.....        | 291 | 四、需要功率的計算.....             | 383 |
|                       |     | 附录: 接触应力.....              | 386 |

|                       |     |                       |     |
|-----------------------|-----|-----------------------|-----|
| 一、概說                  | 386 | 2. 球磨机的功率             | 440 |
| 二、弹性理論平面問題的基本方程式      | 388 | 3. 球磨机的生产能力           | 446 |
| 三、蒲新尼斯克解案             | 392 | 四、球磨机筒体强度的計算          | 449 |
| 四、两圆柱体互相接触的应力情况       | 392 | 第六节 超細磨設備             | 451 |
| <b>第十七章 破碎及細磨機械</b>   | 395 | 一、概說                  | 451 |
| 第一节 总論                | 395 | 1. 流能微粉磨              | 451 |
| 一、破碎及細磨的意义            | 395 | 2. 流能縮粒磨              | 452 |
| 二、破碎机及細磨机的分类          | 397 | 3. 流能噴射磨              | 452 |
| 三、破碎及細磨的能量消耗假說        | 399 | 二、振动磨                 | 453 |
| 1. 表面积假說——雷廷智假說       | 399 | 1. 概說                 | 453 |
| 2. 体积假說——克尔皮乔夫假說、基克假說 | 399 | 2. 振动磨的构造及工作流程        | 455 |
| 四、破碎及細磨的基本作业程序        | 402 | 3. 振动磨的振动分析           | 457 |
| 第二节 顎式破碎机             | 404 | 4. 振动磨的操作及功率計算        | 460 |
| 一、概說                  | 404 | <b>第十八章 固體物料的運輸機械</b> | 464 |
| 二、顎式破碎机的构造            | 405 | 第一节 带式运输机             | 464 |
| 1. 简单摆动頂部悬挂式的顎式破碎机    | 405 | 一、概說                  | 464 |
| 2. 复杂摆动式顎式破碎机         | 407 | 二、带式运输机的主要組成部分        | 466 |
| 3. 組合摆动式顎式破碎机         | 409 | 1. 带                  | 466 |
| 三、顎式破碎机主要参数的确定        | 410 | 2. 托架                 | 467 |
| 1. 顎板間的最大有效作用角(掛角)    | 410 | 3. 鼓輪                 | 468 |
| 2. 顎板的摆动次数及偏心軸的有效轉速   | 411 | 4. 传动装置               | 469 |
| 3. 顎式破碎机的生产能力         | 412 | 5. 张紧装置               | 469 |
| 4. 顎式破碎机需要的功率         | 413 | 6. 加料設備               | 471 |
| 四、顎式破碎机的主要零件及其計算      | 415 | 7. 卸料設備               | 471 |
| 1. 連杆                 | 415 | 三、带式运输机的选型計算          | 472 |
| 2. 推力平板               | 416 | 1. 运输能力               | 472 |
| 3. 活动顎板               | 417 | 2. 运输带速度              | 473 |
| 4. 偏心軸                | 419 | 3. 运输带寬度              | 473 |
| 5. 飞輪                 | 420 | 4. 阻力及功率              | 475 |
| 6. 机架                 | 421 | 第二节 斗式提升机             | 479 |
| 第三节 滾筒破碎机             | 422 | 一、斗式提升机的构造及应用         | 479 |
| 一、概說                  | 422 | 二、斗式提升机的选型計算          | 482 |
| 二、双滾筒破碎机的构造           | 423 | 1. 运输能力               | 482 |
| 第四节 錘式破碎机             | 425 | 2. 功率                 | 483 |
| 一、概說                  | 425 | 第三节 螺旋运输机             | 484 |
| 二、錘式破碎机的构造            | 425 | 一、概說                  | 484 |
| 1. 单軸定向轉动錘式破碎机        | 425 | 二、螺旋运输机的主要組成部分        | 485 |
| 2. 单軸可逆式錘式破碎机         | 427 | 三、螺旋运输机的选型計算          | 487 |
| 3. 双軸錘式破碎机            | 428 | 1. 运输能力               | 487 |
| 第五节 球磨机               | 430 | 2. 功率                 | 488 |
| 一、概說                  | 430 | 第四节 粉末狀物料的风动式輸送設備     | 489 |
| 二、球磨机的构造              | 433 | 一、概說                  | 489 |
| 1. 带有卸料篦板的球磨机         | 433 | 二、风动式輸送斜槽             | 490 |
| 2. 管磨机                | 433 | 三、风动式輸送泵              | 491 |
| 三、球磨机主要参数的确定          | 439 | 1. 螺旋式輸送泵             | 491 |
| 1. 球磨机的轉速             | 439 | 2. 仓式空气輸送泵            | 496 |



## 第三篇 化 工 設 备

### 第九章 換 热 設 备

使热量由一种流体(或称介質)传递給另一种流体的設備称为热交换器,或称换热器。溫度較高而給出热量的流体称为高溫載热体,溫度較低而吸收热量的流体称为低溫載热体。热交换器在化工厂中得到了广泛的应用,有的作为单独的設備,有的作为其他設備和装置的一部分。本章除介紹一般的热交换器外,对列管式热交换器作了細致的描述,并对蒸发設備的結構特点和分离室作了介紹。因为蒸发設備,如同汽化器一样都是以热交换器为其基础,然而在蒸发設備中所进行的过程的特点又使它与热交换器有显著的区别,因此也叙述了它的輔助装置。

#### 第一节 影响热交换器結構的因素

影响选择热交换器結構与类型及其流程的因素,除了在課程开始时所講过的一般要求外,还有下面一些:

- 1) 传热量;
- 2) 热力学参数——溫度, 压力, 体积以及載热体的相态;
- 3) 物理化学性質, 密度, 粘度等等;
- 4) 載热体对所采用的构造材料的腐蝕性;
- 5) 載热体的不清淨程度和沉淀的性質;
- 6) 构造材料及其强度性能和工艺性;
- 7) 设备的用途以及在其中所进行的过程; 仅能进行热交换或是同时有其他物理化学过程;
- 8) 由載热体的压力作用結果所产生的, 或是由热交换器各部分不同的热伸长所产生的应力;
- 9) 載热体所具有的靜压头。

传热量是决定传热面积的主要因素。并且还影响热交换器結構类型的选择。(例如, 简单的蛇管热交换器或列管式热交换器)。

热力学参数和物理化学性質对  $\alpha$  值与  $K$  值都有影响, 因此也影响着传热面的形状与大小。

載热体的溫度决定  $\theta$  值与  $F$  值, 并可作为选择載热体流向的根据。

載热体的体积决定热交换器的橫截面积, 因而决定了采用单程或多程的結構。

載热体的腐蝕性迫使采用不同的結構材料, 而結構材料又預先决定了热交换器的形状与結構。

載热体的不清淨需要采取措施来防止产生沉淀以及选择便于清洗积有污垢的传热面的結構。

设备的用途, 載热体的相态是否改变, 在設備中进行的仅仅是热交换过程还是当作反

应器用，这些因素都影响到结构，从而需要采用附加装置，例如强化传热与传质用的搅拌装置，蒸发设备中的分离装置等等。

由是否希望减少机械应力来决定是否需要温度补偿并选定温度补偿的方法，补偿装置的结构。操作压力决定设备各部分的强度尺寸，并且影响操作空间的选择，有关这方面的問題以后将会講到。

从經濟观点和載热体所具有的压头会影响載热体速度的选择，因此也影响着  $\alpha$ ,  $K$  和  $F$  值。

其中許多因素是互相矛盾的。所以正如选择所有其他设备类型的情况一样，选定合适的热交换器类型的任务是要找到一个折衷的办法，能最大限度满足最主要的要求，而放弃次要的要求。这个办法完全决定于具体的条件与要求。沒有一种热交换器是十全十美的。我們的任务往往是仔細分析所有的原因，从其中选出最重要的，并且选定或設計出在这一具体条件下最好的热交换器来。这一解决办法，如果作为选择所依据的最重要的具体条件不是永远恒定的，因为由于技术的发展以及对于在化学设备中进行的过程不断深入的了解，它是要改变的。

## 第二节 热交换器的分类

热交换器的分类方法有好几种。可按作用原理分，也可按用途分，但最普遍采用的分类法是按加热表面的形状和结构来分，大致可分成下列七类热交换器：

### 1) 沉浸式蛇管热交换器：

热交换器的表面是由弯曲的蛇管所組成，蛇管浸在具有液体冷却剂的容器內。

### 2) 噴淋式蛇管热交换器：

这一类热交换器是由許多直管和迴管联成的平板式蛇管的结构。管外用水噴淋。

### 3) 套管式热交换器：

这一类热交换器是由两根口径不同的管子相套而成的。一种載热体通过內管，而另一种載热体則通过两管間的环形空間。

### 4) 列管式热交换器：

这类热交换器是由一組两端被固定在特殊的管板中的管束，和一个壳体所組成。在其中一种載热体流經管內，另一种載热体流經管間(或壳內)。

列管热交换器又可按流体流过的方式分为单程式及多程式。或按结构形式分为：

#### (1) 固定板式；

#### (2) 浮头式；

#### (3) 具有热补偿的热交换器；

#### (4) 具有蒸发空間的加热器等类型。

### 5) 平板式热交换器：

这类热交换器的加热表面是平面。

### 6) 螺旋形式热交换器：

这类热交换器的加热表面呈螺旋形状。

### 7) 夹套式热交换器：

这类热交换器是由设备的間壁形成加热表面的热交换器；有机化工厂的反应器，多采

用夹套式热交换器。

在上述分类中以列管热交换器在化工厂中应用最为广泛。

### 第三节 表面傳热的热交换器的主要类型

#### 一、沉浸式蛇管热交换器

最古老的热交换器的类型是沉浸式蛇管热交换器(图 9—1)。它们是用管子制造的圆柱形或平板形的螺旋，放置在容器中。在容器内流过一种载热体；另一种载热体送入蛇管热交换器的管子中。

由于与蛇管的体积相比，容器的体积很大，在容器中载热体的流速很小。管子外边的给热系数 $\alpha_k$ 也就是传热系数 $K$ ，因而 $K$ 值很小。由于这个缘故，沉浸式蛇管热交换器，特别是当作冷却器或预热器用时，效率低而笨重，应该用更完善的结构来代替它。

在容器中液体体积很大，使容器内各处的温度趋于相同；因而平均温度差减小，这就增大必要的传热面积。如果蛇管外的液体有相变化，例如汽化，则问题就有所改善。

沉浸式热交换器的优点是结构简单，价格低廉，可以用任何材料来制造，能够承受高压以及在操作规程破坏时敏感性小。蛇管热交换器当作反应设备的传热面用是相当普遍的。在反应设备中搅拌装置是用作提高给热系数 $\alpha_k$ 的。

相互平行的蛇管的排数与管内流动介质的量有关。因为蛇管比直管的流体阻力大，所以介质的流速不希望取得过大。低粘度的液体流速大约为 $w = 0.5 \sim 1$  米/秒，常压下气体之流速 $w = 5 \sim 12$  米/秒。采用的管径大小不一从6毫米（制氧设备的铜管）到100毫米。为了使蛇管中经常充满液体，液体

从蛇管的下端送入；为了避免产生阻塞与水击，蒸气从顶端送入。冷凝液排除器应该尽可能的放得低于热交换器，否则蛇管热交换器的底部将充满凝液，并使之不能参与传热。

如果蛇管是平板式的——即由直管构成的。管子间用焊接或可拆卸的弯头来联结。从制造观点来看，管子的长度不希望做得大于下列数值：

钢管 $l \leq 6$  米；

铸铁管 $l \leq 3$  米；

高硅铁和陶瓷管 $l \leq 2$  米。

管子中心线间的距离取 $l = 2.5d_k \sim 5d_k$ 。热交换器管子的全长：

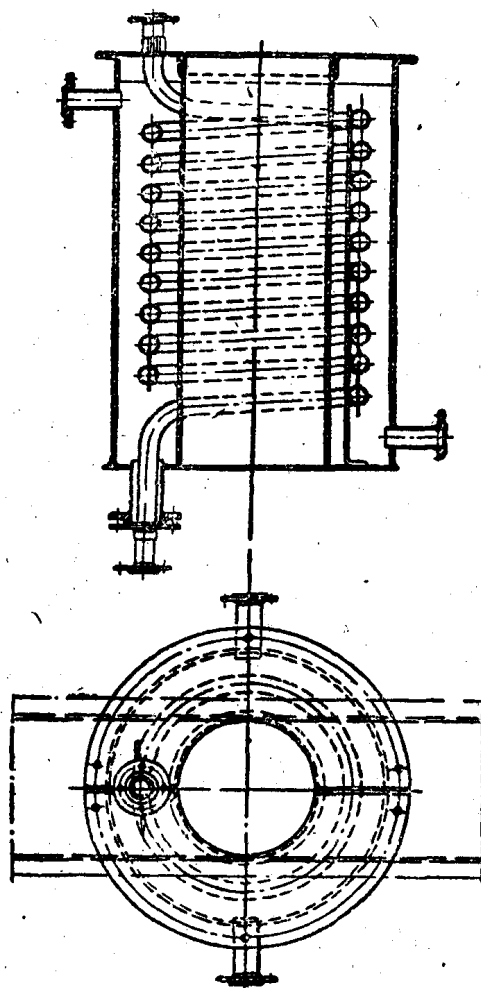


图 9—1 沉浸式蛇管热交换器

$$L = \frac{F}{\pi d_p} (\text{米})$$

如果在垂直方向相互平行的蛇管組数为  $m$ ，在每一个蛇管組中的管数为  $n$ ，每根管子的长度为  $l$ ，則

$$L = lmn (\text{米})$$

求得  $m$  后，从結構上来选定合适的管組长度  $l$ ，即可得  $n$ 。

对螺旋形蛇管热交换器而言：

$$L = \pi Dn$$

式中  $D$ ——蛇管的中心軸綫直径(米)；

$n$ ——螺旋的圈数。

螺旋形蛇管的高度：

$$H = nt$$

式中  $t$ ——螺旋圈間間隔(米)。

$$t = (1.5 \sim 2) d_{u0}$$

从制造方便的观点来看，弯蛇管的直径不能做得小于  $D = 8d_{u0}$ 。有关蛇管裝置的某些詳細結構問題将在第十一章(反应設備)中講述。

## 二、噴淋式蛇管热交换器

噴淋式蛇管热交换器——即冷却器和冷凝器——是一种比较常用的热交换設備。在結構上它們是做成平板式蛇管的式样，固定在鋼架上。在最上面的管子上，装有使冷却水均匀噴淋热交换管子用的裝置。在热交换器的下边則有鋼槽或水泥做的沟，以收集与排除流下来的冷却水。

与沉浸式的比較，噴淋式冷却器的主要优点是： $\alpha_u$ 和 $K$ 值大；所須要的传热面小；結構简单；材料消耗和成本都較少；检修和清洗简单。

噴淋式热交换器的另一优点是由于部分冷却水汽化的結果，以致降低冷却水的用量。

被汽化的水量可近似地根据公式：

$$G_1 = \varphi F (d_2 - d_1) (\text{公斤/小时})$$

来计算。

式中  $\varphi$ ——指湿含量之差等于 1 的时候的汽化系数(公斤/米<sup>2</sup>·小时)；

$F$ ——汽化面积，等于传热面积(米<sup>2</sup>)；

$d_1$ ——热交换器周围空气的湿含量(公斤/公斤)；

$d_2$ ——当溫度等于噴淋水的溫度时，饱和空气的湿含量(公斤/公斤)。

$\varphi$ 值的变化范围从 50(空气固定不流动时)到 250 或更大(有风时)的数值。

噴淋裝置或者由有孔的管子，或者由噴淋槽构成(图 9—2a, 6)，它安装在一排或两排管子之上。噴淋管的小孔会很快地堵塞，这就造成这种裝置在运轉上的不可靠。噴淋槽装在每一排或每相邻两排的管子上。它們操作得很好。槽的齿形周边，使它們在有不大的偏斜时敏感性較小。选择槽的截面积时应使水在流出时的速度不大于 0.25 米/秒。

噴淋式热交换器对供給的冷却水量的变化比沉浸式有更大的敏感性。噴淋密度取每米管长每小时为 250~1500 立升。当供給的水量小于 250 立升/小时，則要求将噴淋槽在水平方