

高等学校交流讲义

无机物工厂设备计算

华东化工学院等编



中国工业出版社

81.11
235
12

高等学校交流讲义



无机物工厂设备计算

华东化工学院等编

中国工业出版社

本书系根据天津大学、华东化工学院的“无机物工厂设备计算”讲义选编而成，作为高等学校交流讲义。参加选编工作的有华东化工学院、天津大学、大连工学院、成都工学院、华南化工学院、北京化工学院、山西化工学院、乌溪江化工学院、大连工业专科学校及上海化学工业专科学校等十个院校。

本书共分四篇：工艺计算基础、气固相过程与设备、气液相过程与设备及液固相过程与设备，分属十三章。当中着重讨论了无机物工厂中一些主要的化学反应过程与设备的计算方法，以培养学生对工艺过程与设备的分析能力，为进行工艺设计打下基础。

本书可供高等学校五年制的无机物工学专业使用，篇幅和内容是按照讲课60小时的份量安排的。如课时数较少的五年制或四年制的无机物工学专业采用本书时，可作适当删减。

无机物工厂设备计算

华东化工学院等编

中国工业出版社出版（北京东黄城根西10号）

（北京市书刊出版业营业登记证出字第119号）

化工印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168^{1/8}$ ·印张 $10^{7/16}$ ·字数262,000

1961年7月北京第一版·1961年7月北京第一次印刷

印数0001—3,033·定价(10—6)1.50元

统一书号：15165·956（化工—66）

目 录

第一篇 工艺计算基础

第一章	物质的重要物理化学常数的选择与近似计算	9
1-1	粘度	9
(一)	气体的粘度	9
(二)	液体的粘度	15
1-2	热容	16
1-3	导热系数	17
1-4	重度	21
	参考文献	22
第二章	物料平衡与热量平衡	23
2-1	绪言	23
2-2	物料平衡和热量平衡的计算步骤	25
2-3	连续过程的物料平衡与热量平衡	31
2-4	循环过程物料平衡的计算实例	33
	参考文献	36

第二篇 气固相过程与设备

第三章	接触反应器计算的基本原理	37
3-1	工业接触反应器的分类	37
3-2	气固相接触反应动力学	41
3-3	填充床的流体力学	44
(一)	填充床的阻力	44
(二)	填充床的空隙度	48
(三)	填充床层径向流速分布	51
3-4	流体通过填充床时的传热问题	57
(一)	填充床的传热机理	57

(二) 气流对壁的给热系数 α_t	58
(三) 有效导热系数 λ_e 与壁给热系数 α_w	60
(四) 床层温度分布的计算	62
(五) 填充床内流体与颗粒间热传导	69
参考文献	69

第四章 接触反应器触媒用量的计算.....71

4-1 动力学控制过程时触媒用量的计算	71
4-2 外扩散控制过程时触媒用量的计算	75
4-3 内扩散控制过程时触媒用量的计算	77
4-4 根据反应器高度的决定来计算反应器	87
4-5 反应在过渡区范围内进行时所需触媒量的计算	91
参考文献	93

第五章 中间换热式接触反应器的计算.....94

5-1 中间间接换热式接触反应器的计算	94
(一) 计算步骤	94
(二) 一氧化碳转化器的计算	100
5-2 中间直接换热接触反应器的计算	107
(一) 过程的基本原理	107
(二) 炉气冷激式二氧化硫转化器的计算	108
(三) 空气冷激式二氧化硫转化器的计算	111
参考文献	114

第六章 内部换热式接触反应器的计算.....115

6-1 单管内部换热式接触反应器的计算	115
6-2 当 Δt_m 为不定值时单管内部换热式接触反应器的计算	118
6-3 单管内部换热式接触反应器的分区算法	123
6-4 双套管内部换热式接触反应器的计算	129
6-5 氨合成塔的计算	134
(一) 物料衡算	134
(二) 热量衡算	134
(三) 动力学方程式的积分	136
参考文献	139

第七章 气固相反应设备的计算140

7-1 气固相化学反应及其反应设备的分类140

(一) 气固相化学反应的分类140

(二) 气固相化学反应设备的种类141

7-2 气固相反应器的计算原理142

7-3 固定床气固反应设备的计算144

(一) 氢氧化铁法脱硫设备的计算144

(二) 竖式石灰窑的计算145

(三) 煤气发生炉的计算149

7-4 固体颗粒作间歇运动的气固相反应设备158

(一) 物料在迴轉圓筒中的停留时间及生产能力159

(二) 迴轉圓筒主要尺寸的决定162

(三) 迴轉圓筒所需功率的决定168

参考文献164

第八章 沸腾床反应器的计算165

8-1 沸腾床的流体力学计算165

(一) 临界速度168

(二) 带走速度172

(三) 沸腾床的阻力173

(四) 沸腾床的空隙度174

8-2 沸腾床的传热174

(一) 沸腾床内颗粒与流体间的传热175

(二) 沸腾床与换热表面间的传热176

(三) 辐射对沸腾床给热系数的影响183

8-3 沸腾床的热交换过程计算183

(一) 连续向沸腾床内加入物料时热交换过程的计算183

(二) 浸没于沸腾床中换热设备的计算187

8-4 沸腾床内的传质过程190

8-5 沸腾层接触反应器的计算191

(一) 固定床及沸腾床进行气—固系接触反应过程的优缺点191

(二) 沸腾床接触反应过程中触媒的内表面利用率192

(三) 沸腾床接触反应过程中触媒的外表面利用率194

(四) 沸腾床中气泡的生成对接触反应过程的影响194

(五) 沸腾层内气相及固相的混合196

(六) 工业沸騰床接触反应过程	199
(七) 多程沸騰床接触反应器各层轉化率及触媒体积的分配	203
(八) 二氧化硫沸騰轉化器各段最适宜轉化率及反应溫度的分配	206
参考文献	208

第三篇 气液相过程与設備

第九章 填料吸收塔的計算

9-1 計算填料塔的基本数据的选择	211
9-2 填料高度的計算	213
(一) 气相阻力控制过程时填料高度的計算	214
(二) 液相中进行飞速化学反应时填料高度的計算	216
(三) 当吸收剂活潑組份濃度为常数时填料高度的計算	219
(四) 銅氨液吸收一氧化碳的吸收塔的計算	222
9-3 液体分布器的計算	224
(一) 分布板	224
(二) 蛛网器	225
(三) 管式噴淋器	225
(四) 分布槽	226
(五) 压头型噴淋器	227
(六) 碰击式噴淋器	229
(七) 噴淋星	231
9-4 气体的分布	233
9-5 填料支架	233
参考文献	235

第十章 填料洗滌塔的計算

10-1 填料洗滌塔的傳热系数	236
(一) 不飽和气体在填料洗滌塔中的傳热系数	236
(二) 飽和气体在填料洗滌塔中的傳热系数	237
10-2 平均溫度差的逐段測定	238
10-3 填料洗滌塔的計算步驟	241
10-4 根据傳质方程式計算洗滌塔的方法	245
(一) 图解积分法	246
(二) 簡化的解析計算法	248
10-5 煤气洗滌塔的計算	249

(一) 原始数据.....	249
(二) 初步计算.....	249
(三) 洗涤塔直径的初步选择.....	250
(四) 传热系数的决定.....	251
(五) 平均温度差的逐段解析计算.....	252
(六) 填料表面积和洗涤塔填充高度的计算.....	255
参考文献	255
第十一章 泡沫塔的计算	256
11-1 泡沫塔的流体力学计算	256
(一) 泡沫层高度的计算	256
(二) 泡沫塔的流体阻力	260
(三) 筛板的漏液量	262
(四) 气体的雾沫夹带	263
11-2 泡沫层内的传热与传质过程	263
(一) 传热与传质过程推动力	264
(二) 传热与传质系数	266
11-3 泡沫除尘过程	272
(一) 泡沫除尘设备的单板效率	272
(二) 多级泡沫除尘器的板效率	274
11-4 泡沫塔的计算步骤	274
(一) 单板泡沫塔的计算步骤	274
(二) 多板泡沫塔的计算步骤	283
参考文献	287
第十二章 高端流设备的计算	288
12-1 液体的雾化及气体的高效率洗涤降温和吸收过程	288
(一) 液体的雾化	288
(二) 气体中尘粒(雾粒)的分离	289
(三) 液滴的蒸发	293
12-2 文丘里洗涤器	294
(一) 文丘里洗涤器的除尘(雾)作用	295
(二) 文丘里洗涤器的降温作用	300
(三) 文丘里洗涤器的气流阻力	302
(四) 文丘里洗涤器的吸收作用	303
12-3 喷射泵	304
参考文献	310

第四篇 液固相过程与设备

第十三章 液固相过程与设备的计算311

13-1 完全混合的槽式反应器中的反应动力学311

(一) 单一反应器中的化学反应312

(二) 数个串联反应器中的化学反应315

13-2 反应体积的计算318

13-3 搅拌器的类型与选择319

13-4 传热面的计算321

13-5 用液体浸取或洗涤固体的计算322

13-6 浸取磷酸的计算328

(一) 浸取器的计算328

(二) 在增稠器内倾析与逆流洗涤的计算329

(三) 沉降面积的计算330

参考文献333

81.11
235
12

高等学校交流讲义



无机物工厂设备计算

华东化工学院等编

中国工业出版社

本书系根据天津大学、华东化工学院的“无机物工厂设备计算”讲义选编而成，作为高等学校交流讲义。参加选编工作的有华东化工学院、天津大学、大连工学院、成都工学院、华南化工学院、北京化工学院、山西化工学院、乌溪江化工学院、大连工业专科学校及上海化学工业专科学校等十个院校。

本书共分四篇：工艺计算基础、气固相过程与设备、气液相过程与设备及液固相过程与设备，分属十三章。当中着重讨论了无机物工厂中一些主要的化学反应过程与设备的计算方法，以培养学生对工艺过程与设备的分析能力，为进行工艺设计打下基础。

本书可供高等学校五年制的无机物工学专业使用，篇幅和内容是按照讲课60小时的份量安排的。如课时数较少的五年制或四年制的无机物工学专业采用本书时，可作适当删减。

无机物工厂设备计算

华东化工学院等编

中国工业出版社出版（北京东黄城根西10号）

（北京市书刊出版业营业登记证出字第119号）

化工印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168^{1/8}$ ·印张 $10^{7/16}$ ·字数262,000

1961年7月北京第一版·1961年7月北京第一次印刷

印数0001—3,033·定价(10—6)1.50元

统一书号：15165·956（化工—66）

目 录

第一篇 工艺计算基础

第一章	物质的重要物理化学常数的选择与近似计算	9
1-1	粘度	9
(一)	气体的粘度	9
(二)	液体的粘度	15
1-2	热容	16
1-3	导热系数	17
1-4	重度	21
	参考文献	22
第二章	物料平衡与热量平衡	23
2-1	绪言	23
2-2	物料平衡和热量平衡的计算步骤	25
2-3	连续过程的物料平衡与热量平衡	31
2-4	循环过程物料平衡的计算实例	33
	参考文献	36

第二篇 气固相过程与设备

第三章	接触反应器计算的基本原理	37
3-1	工业接触反应器的分类	37
3-2	气固相接触反应动力学	41
3-3	填充床的流体力学	44
(一)	填充床的阻力	44
(二)	填充床的空隙度	48
(三)	填充床层径向流速分布	51
3-4	流体通过填充床时的传热问题	57
(一)	填充床的传热机理	57

(二) 气流对壁的给热系数 α_t	58
(三) 有效导热系数 λ_e 与壁给热系数 α_w	60
(四) 床层温度分布的计算	62
(五) 填充床内流体与颗粒间热传导	69
参考文献	69

第四章 接触反应器触媒用量的计算.....71

4-1 动力学控制过程时触媒用量的计算	71
4-2 外扩散控制过程时触媒用量的计算	75
4-3 内扩散控制过程时触媒用量的计算	77
4-4 根据反应器高度的决定来计算反应器	87
4-5 反应在过渡区范围内进行时所需触媒量的计算	91
参考文献	93

第五章 中间换热式接触反应器的计算.....94

5-1 中间间接换热式接触反应器的计算	94
(一) 计算步骤	94
(二) 一氧化碳转化器的计算	100
5-2 中间直接换热接触反应器的计算	107
(一) 过程的基本原理	107
(二) 炉气冷激式二氧化硫转化器的计算	108
(三) 空气冷激式二氧化硫转化器的计算	111
参考文献	114

第六章 内部换热式接触反应器的计算.....115

6-1 单管内部换热式接触反应器的计算	115
6-2 当 Δt_m 为不定值时单管内部换热式接触反应器的计算	118
6-3 单管内部换热式接触反应器的分区算法	123
6-4 双套管内部换热式接触反应器的计算	129
6-5 氨合成塔的计算	134
(一) 物料衡算	134
(二) 热量衡算	134
(三) 动力学方程式的积分	136
参考文献	139

第七章 气固相反应设备的计算140

7-1 气固相化学反应及其反应设备的分类140

(一) 气固相化学反应的分类140

(二) 气固相化学反应设备的种类141

7-2 气固相反应器的计算原理142

7-3 固定床气固反应设备的计算144

(一) 氢氧化铁法脱硫设备的计算144

(二) 竖式石灰窑的计算145

(三) 煤气发生炉的计算149

7-4 固体颗粒作间歇运动的气固相反应设备158

(一) 物料在迴轉圓筒中的停留时间及生产能力159

(二) 迴轉圓筒主要尺寸的决定162

(三) 迴轉圓筒所需功率的决定168

参考文献164

第八章 沸腾床反应器的计算165

8-1 沸腾床的流体力学计算165

(一) 临界速度168

(二) 带走速度172

(三) 沸腾床的阻力173

(四) 沸腾床的空隙度174

8-2 沸腾床的传热174

(一) 沸腾床内颗粒与流体间的传热175

(二) 沸腾床与换热表面间的传热176

(三) 辐射对沸腾床给热系数的影响183

8-3 沸腾床的热交换过程计算183

(一) 连续向沸腾床内加入物料时热交换过程的计算183

(二) 浸没于沸腾床中换热设备的计算187

8-4 沸腾床内的传质过程190

8-5 沸腾层接触反应器的计算191

(一) 固定床及沸腾床进行气—固系接触反应过程的优缺点191

(二) 沸腾床接触反应过程中触媒的内表面利用率192

(三) 沸腾床接触反应过程中触媒的外表面利用率194

(四) 沸腾床中气泡的生成对接触反应过程的影响194

(五) 沸腾层内气相及固相的混合196

(六) 工业沸騰床接触反应过程	199
(七) 多程沸騰床接触反应器各层轉化率及触媒体积的分配	203
(八) 二氧化硫沸騰轉化器各段最适宜轉化率及反应溫度的分配	206
参考文献	208

第三篇 气液相过程与設備

第九章 填料吸收塔的計算

9-1 計算填料塔的基本数据的选择	211
9-2 填料高度的計算	213
(一) 气相阻力控制过程时填料高度的計算	214
(二) 液相中进行飞速化学反应时填料高度的計算	216
(三) 当吸收剂活潑組份濃度为常数时填料高度的計算	219
(四) 銅氨液吸收一氧化碳的吸收塔的計算	222
9-3 液体分布器的計算	224
(一) 分布板	224
(二) 蛛网器	225
(三) 管式噴淋器	225
(四) 分布槽	226
(五) 压头型噴淋器	227
(六) 碰击式噴淋器	229
(七) 噴淋星	231
9-4 气体的分布	233
9-5 填料支架	233
参考文献	235

第十章 填料洗滌塔的計算

10-1 填料洗滌塔的傳热系数	236
(一) 不飽和气体在填料洗滌塔中的傳热系数	236
(二) 飽和气体在填料洗滌塔中的傳热系数	237
10-2 平均溫度差的逐段測定	238
10-3 填料洗滌塔的計算步驟	241
10-4 根据傳质方程式計算洗滌塔的方法	245
(一) 图解积分法	246
(二) 簡化的解析計算法	248
10-5 煤气洗滌塔的計算	249

(一) 原始数据.....	249
(二) 初步计算.....	249
(三) 洗涤塔直径的初步选择.....	250
(四) 传热系数的决定.....	251
(五) 平均温度差的逐段解析计算.....	252
(六) 填料表面积和洗涤塔填充高度的计算.....	255
参考文献	255
第十一章 泡沫塔的计算	256
11-1 泡沫塔的流体力学计算	256
(一) 泡沫层高度的计算	256
(二) 泡沫塔的流体阻力	260
(三) 筛板的漏液量	262
(四) 气体的雾沫夹带	263
11-2 泡沫层内的传热与传质过程	263
(一) 传热与传质过程推动力	264
(二) 传热与传质系数	266
11-3 泡沫除尘过程	272
(一) 泡沫除尘设备的单板效率	272
(二) 多级泡沫除尘器的板效率	274
11-4 泡沫塔的计算步骤	274
(一) 单板泡沫塔的计算步骤	274
(二) 多板泡沫塔的计算步骤	283
参考文献	287
第十二章 高端流设备的计算	288
12-1 液体的雾化及气体的高效率洗涤降温和吸收过程	288
(一) 液体的雾化	288
(二) 气体中尘粒(雾粒)的分离	289
(三) 液滴的蒸发	293
12-2 文丘里洗涤器	294
(一) 文丘里洗涤器的除尘(雾)作用	295
(二) 文丘里洗涤器的降温作用	300
(三) 文丘里洗涤器的气流阻力	302
(四) 文丘里洗涤器的吸收作用	303
12-3 喷射泵	304
参考文献	310

第四篇 液固相过程与设备

第十三章 液固相过程与设备的计算311

13-1 完全混合的槽式反应器中的反应动力学	311
(一) 单一反应器中的化学反应	312
(二) 数个串联反应器中的化学反应	315
13-2 反应体积的计算	318
13-3 搅拌器的类型与选择	319
13-4 传热面的计算	321
13-5 用液体浸取或洗涤固体的计算	322
13-6 浸取磷酸的计算	328
(一) 浸取器的计算	328
(二) 在增稠器内倾析与逆流洗涤的计算	329
(三) 沉降面积的计算	330
参考文献	333