

中等专业学校教学用书

焦化工厂设备及原理

下 册

鞍山冶金专科学校 编

冶金工业出版社

中等专业学校教学用书

焦化工廠設備及原理

下 冊

鞍山冶金专科学校 編

冶金工业出版社

焦化工厂设备及原理 下册

鞍山冶金专科学校 編

1961年1月第一版

1961年1月北京第一次印刷 6,050 册

开本 $787 \times 1092 \cdot \frac{1}{16}$ · 字数 310,000 · 印张 14 · 定价 1.30 元

統一書号: 15062 · 2424

冶金工业出版社印刷厂印

新华书店科技发行所发行

各地新华书店經售

冶金工业出版社出版 (地址: 北京市灯市口甲45号)

北京市書刊出版业营业許可証出字第093号

內 容 簡 介

本书是根据鞍山冶金专科学校1959年制訂的“焦化工厂設備及原理”教学大綱編成的，可以作为黑色冶金中等专业学校炼焦化学工艺专业的教学用書，也可作为从事焦化工业生产与設計工作的技術人員的参考用書。

本書的任务是研究化学工业部門所特有的，而又在焦化工业生产中得到广泛应用的化工机械設備的原理、构造、操作及其計算方法。

本书分上、下两册。下册包括传热过程（传热学基础、冷却及冷凝設備、加热設備）、物质传递过程（传质过程的基本原理、气体的吸收及吸附、蒸餾及精餾、空气調理、凉水及干燥、結晶）、收集器及貯槽、溫度測量及自动調节技术等部分，共計十一章（十四章至二十四章）。其中十七至二十一章由李文禎同志負責編写，十四至十六及二十二至二十四各章由王奎敏同志負責編写，并經教研組审查討論。希望讀者在使用时，将所发现的缺点及錯誤提供給我們，深为感謝。

目 录

第三篇 传热过程

第十四章 传热学基础	7
§1. 概述.....	7
§2. 热传导.....	8
§3. 对流给热.....	13
§4. 热辐射.....	22
§5. 热交换的计算.....	29
§6. 损失于周围介质中的热量.....	38
复习题及练习题.....	39
第十五章 冷却及冷凝设备	41
§1. 概述.....	41
§2. 间接(管式)煤气冷却器.....	42
§3. 直接煤气冷却器.....	43
§4. 空气-水喷淋式冷却器.....	49
§5. 冷凝器与分缩器.....	50
复习题及练习题.....	50
第十六章 加热设备	52
§1. 概述.....	52
§2. 一般应用的加热器.....	56
§3. 列管换热器的计算.....	62
复习题及练习题.....	67

第四篇 物质传递过程

第十七章 传质过程的基本原理	68
§1. 概述.....	68
§2. 扩散原理.....	72
复习题及练习题.....	76
第十八章 气体的吸收及吸附	78
§1. 概述.....	78
§2. 气体吸收理论及设备.....	80
§3. 填料式吸收塔.....	87
§4. 筛板式吸收塔.....	95

§ 5. 吸附.....	98
复习題及練習題.....	102
第十九章 蒸餾及精餾	104
§ 1. 概述.....	104
§ 2. 液体混合物及其蒸汽的基本性質.....	104
§ 3. 混合物的沸点—組成 ($t-x-y$) 图及平衡图.....	109
§ 4. 蒸餾方法.....	111
§ 5. 精餾流程及精餾設備.....	116
§ 6. 二元液体混合物連續精餾的計算.....	122
§ 7. 間歇式精餾的計算.....	129
§ 8. 多元液体混合物的精餾.....	131
§ 9. 泡罩精餾塔主要尺寸的計算.....	134
复习題及練習題.....	139
第二十章 空气的調理、凉水及干燥	141
§ 1. 基本概念及定义.....	141
§ 2. 湿度图表.....	144
§ 3. 空气的調理及其設備.....	148
§ 4. 凉水塔.....	151
§ 5. 干燥及其設備.....	154
复习題及練習題.....	160
第二十一章 結晶	162
§ 1. 基本概念及結晶原理.....	162
§ 2. 結晶設備.....	165
§ 3. 結晶过程的計算.....	167
复习題及練習題.....	169
第二十二章 收集器及貯槽	170
§ 1. 液体收集器及貯槽.....	170
§ 2. 煤气貯罐 (气柜).....	177
复习題及練習題.....	182

第五篇 温度測量及自动調节技術

第二十三章 温度測量	183
§ 1. 概述.....	183
§ 2. 膨胀溫度計.....	184
§ 3. 压力計式溫度計.....	189
§ 4. 热电高溫計.....	193
§ 5. 电阻溫度計.....	200

§6. 輻射高溫計.....	205
复习題及練習題.....	210
第二十四章 自动調节技术	211
§1. 概述.....	211
§2. 液压調节器.....	213
§3. 气动調节器.....	217
§4. 电动調节器.....	221
§5. 自动（直接作用）調节器.....	223
复习題及練習題.....	224
参考文献	224

中等专业学校教学用书

焦化工廠設備及原理

下 冊

鞍山冶金专科学校 編

冶金工业出版社

焦化工厂设备及原理 下册

鞍山冶金专科学校 編

1961年1月第一版

1961年1月北京第一次印刷 6,050 册

开本 $787 \times 1092 \cdot \frac{1}{16}$ · 字数 310,000 · 印张 14 · 定价 1.30 元

統一書号: 15062 · 2424

冶金工业出版社印刷厂印

新华书店科技发行所发行

各地新华书店經售

冶金工业出版社出版 (地址: 北京市灯市口甲45号)

北京市書刊出版业营业許可証出字第093号

內 容 簡 介

本书是根据鞍山冶金专科学校1959年制訂的“焦化工厂設備及原理”教学大綱編成的，可以作为黑色冶金中等专业学校炼焦化学工艺专业的教学用書，也可作为从事焦化工业生产与設計工作的技術人員的参考用書。

本書的任务是研究化学工业部門所特有的，而又在焦化工业生产中得到广泛应用的化工机械設備的原理、构造、操作及其計算法。

本书分上、下两册。下册包括传热过程（传热学基础、冷却及冷凝設備、加热設備）、物质传递过程（传质过程的基本原理、气体的吸收及吸附、蒸餾及精餾、空气調理、凉水及干燥、結晶）、收集器及貯槽、溫度測量及自动調节技术等部分，共計十一章（十四章至二十四章）。其中十七至二十一章由李文禎同志負責編写，十四至十六及二十二至二十四各章由王奎敏同志負責編写，并經教研組审查討論。希望讀者在使用时，将所发现的缺点及錯誤提供給我們，深为感謝。

目 录

第三篇 传热过程

第十四章 传热学基础	7
§1. 概述.....	7
§2. 热传导.....	8
§3. 对流给热.....	13
§4. 热辐射.....	22
§5. 热交换的计算.....	29
§6. 损失于周围介质中的热量.....	38
复习题及练习题.....	39
第十五章 冷却及冷凝设备	41
§1. 概述.....	41
§2. 间接(管式)煤气冷却器.....	42
§3. 直接煤气冷却器.....	43
§4. 空气-水喷淋式冷却器.....	49
§5. 冷凝器与分缩器.....	50
复习题及练习题.....	50
第十六章 加热设备	52
§1. 概述.....	52
§2. 一般应用的加热器.....	56
§3. 列管换热器的计算.....	62
复习题及练习题.....	67

第四篇 物质传递过程

第十七章 传质过程的基本原理	68
§1. 概述.....	68
§2. 扩散原理.....	72
复习题及练习题.....	76
第十八章 气体的吸收及吸附	78
§1. 概述.....	78
§2. 气体吸收理论及设备.....	80
§3. 填料式吸收塔.....	87
§4. 筛板式吸收塔.....	95

§5. 吸附.....	98
复习題及練習題.....	102
第十九章 蒸餾及精餾	104
§1. 概述.....	104
§2. 液体混合物及其蒸汽的基本性質.....	104
§3. 混合物的沸点—組成 ($t-x-y$) 图及平衡图.....	109
§4. 蒸餾方法.....	111
§5. 精餾流程及精餾設備.....	116
§6. 二元液体混合物連續精餾的計算.....	122
§7. 間歇式精餾的計算.....	129
§8. 多元液体混合物的精餾.....	131
§9. 泡罩精餾塔主要尺寸的計算.....	134
复习題及練習題.....	139
第二十章 空气的調理、凉水及干燥	141
§1. 基本概念及定义.....	141
§2. 湿度图表.....	144
§3. 空气的調理及其設備.....	148
§4. 凉水塔.....	151
§5. 干燥及其設備.....	154
复习題及練習題.....	160
第二十一章 結晶	162
§1. 基本概念及結晶原理.....	162
§2. 結晶設備.....	165
§3. 結晶过程的計算.....	167
复习題及練習題.....	169
第二十二章 收集器及貯槽	170
§1. 液体收集器及貯槽.....	170
§2. 煤气貯罐 (气柜).....	177
复习題及練習題.....	182

第五篇 温度測量及自动調节技術

第二十三章 温度測量	183
§1. 概述.....	183
§2. 膨胀溫度計.....	184
§3. 压力計式溫度計.....	189
§4. 热电高溫計.....	193
§5. 电阻溫度計.....	200

§6. 輻射高溫計.....	205
复习題及練習題.....	210
第二十四章 自动調节技术	211
§1. 概述.....	211
§2. 液压調节器.....	213
§3. 气动調节器.....	217
§4. 电动調节器.....	221
§5. 自动（直接作用）調节器.....	223
复习題及練習題.....	224
参考文献	224

第三篇 传热过程

第十四章 传热学基础

§1 概 述

热是能量的一种形式，它能借助于温度差的推动，从某一物质传至另一物质。

焦化工厂中的许多生产过程都伴有能量的传递，例如，炼焦炉炭化室中的煤从燃烧室吸收热量变成焦炭；在煤气初步冷却器中焦炉煤气的冷却；富油的预热；粗苯蒸汽的分缩与冷凝等等。这些过程的进行都是借助于热的传递而达到的，并且过程进行的速度决定于放出或传入热量的速度。此类过程称为传热过程。

此外，在焦化工厂中有许多生产设备，例如炼焦炉的上升管、蒸馏塔和各种热交换设备，需要很好的保温，即尽量避免热量的传递，以减少热损失或避免温度的变化对生产过程造成不良的影响。

对于传热过程要求热量尽快的传递，以达加热或冷却的目的，而对于设备的保温，则要求热量的传递越少越好。只有掌握了传热的规律，才能设法实现上述目的。

根据热力学第二定律，热只能由具有较高温度的物体传向具有较低温度的物体。热由空间的一部分传到另一部分，有以下三种基本方式。

1. **热传导**：靠物体的各个分子间的密切接触，物体较热部分的分子因振动而与相邻的分子碰撞，并将其动能的一部分传于后者。借此，热量即从物体的一部分传至另一部分，直至整个物体中的温度完全相同为止。热传导时，物体分子的相对位置不变。燃烧室的热量经过炉墙向炭化室的传递即属此种传热方式。

2. **对流**：依靠液体或气体的分子互相变动位置，将热量由空间的一部分传至其他部分。此种现象只在液体或气体的分子运动时方始存在，其运动发生的原因或因在物质内不同位置上具有不同的重度（由于各处温度的不平衡），或因外部机械（如搅拌）作用的结果。在各种热交换设备（如富油预热器）中，主要是靠此种方式进行热量传递的。

3. **热辐射**：以辐射能的形式而传播热量。高温物体所放出的热量转变为辐射能而散播于空间，然后在受热物体处重新全部或部分地变为热能。在焦炉的立火道中，燃烧的火焰向炉墙的传热，就主要靠热辐射而进行的。

事实上，以上三种热传递的基本方式很少单独存在，多数情况下，是两种或三种方式相互关联，同时并存的。

§2 热 传 导

1. **傅立叶定律**: 当物体内部各点之间有一定的温度差存在时, 即产生热的流动(热传导), 流过热量的大小可由傅立叶经验定律来确定。

根据傅立叶定律, 若有一厚度为 δ 米的平壁, 壁的面积 F 米², 壁两侧的温度差为 Δt °C, 则通过此壁的热流速度 $\frac{Q}{\tau}$ (单位时间内流过的热量 Q) 与温度差 Δt 和壁面积 F 成正比, 而与壁厚 δ 成反比, 即:

$$\frac{Q}{\tau} \propto \frac{\Delta t \cdot F}{\delta}$$

或

$$\frac{Q}{\tau} = \lambda \frac{\Delta t \cdot F}{\delta} \quad (14-1)$$

式中 λ ——比例常数, 称为导热系数。

式 (14-1) 即为傅立叶定律的数学式。在应用此式时应注意以下两点: (1) 所取的面积 F 应与热流方向垂直; (2) 壁厚 δ 应与热流方向一致。

2. **导热系数**: 导热系数 λ 表示物质的导热能力, 为物质的主要物理性质之一。由式 (14-1) 可得:

$$\lambda = \frac{Q \cdot \delta}{F \cdot \tau \cdot \Delta t} \quad (14-2)$$

若式 (14-2) 中, Q 的单位为仟卡; δ 的单位为米; F 的单位为米²; τ 的单位为小时; Δt 的单位为 °C, 则导热系数 λ 的单位为:

$$[\lambda] = \frac{\text{仟卡} \cdot \text{米}}{\text{米}^2 \cdot \text{小时} \cdot \text{°C}} = \frac{\text{仟卡}}{\text{米} \cdot \text{小时} \cdot \text{°C}}$$

如令 $\delta = 1$ 米², $F = 1$ 米², $\Delta t = 1$ °C, 则在数值上 $\lambda = Q$ 。

因此, 导热系数 λ 等于当厚度为 1 米和温度差为 1 °C 时在 1 小时内穿过 1 米² 面积的壁面所传导的热量 (仟卡)。

导热系数随物质的状态、湿度、温度和压强等因素而不同, 可由实验方法确定。兹将固体、液体和气体的导热系数分述于后。

1) **固体的导热系数**: 表 14-1 中分别列出了某些建筑材料、绝热材料和金属材料的导热系数。

由表中所列数据可知, 各种固体的导热系数彼此差别很大, 其中以金属的导热系数为最大, 而某些用做绝热材料的物质如软木、石棉等为最小。

物质的导热系数均因温度而异, 大多数固体的导热系数与温度约成直线关系, 可由下式表示:

$$\lambda_t = \lambda_0 (1 + Kt) \quad (14-3)$$

式中 λ_t ——固体在温度 t °C 时的导热系数;

λ_0 ——固体在温度 0°C 时的导热系数；

K ——温度系数，对大多数固体为正值，而对大部分金属则为负值。

表 14—1

某些固体物料在 $0^\circ\text{—}100^\circ\text{C}$ 时的平均导热系数

物料名称	重度 γ (仟克/米 ³)	导热系数 λ (仟卡/米·时)	物料名称	重度 γ (仟克/米 ³)	导热系数 λ (仟卡/米·时)
石 棉	600	0.13	玻 璃	2600	0.6~0.7
混 凝 土	2100	1.1	玻 璃 棉	200	0.03~0.06
絨 毛 氈	300	0.04	泥 煤 砖	220	0.05~0.06
横 紋 松 木	600	0.12~0.15	矿 渣 砖	250	0.065
順 紋 松 木	600	0.33	金 属		
普 通 砖	1700	0.6~0.7	鋁	2650	175
耐 火 砖	1840	0.9	紫 銅	8000	55
絕 緣 砖	600	0.1~0.18	黃 銅	8600	80
冰	920	2	銅	8800	330
85% 錳 粉	216	0.06	銅 鉛	11400	30
鍋 垢		1~3	鋼	7900	40
鋸 木 屑	230	0.06~0.08	鑄 鐵	7500	40~80
干 沙	1600	0.3~0.7			
軟 木 片	160	0.04			

2) 液体的导热系数：較固体的导热系数为小，并且多数情况下均随温度的升高而降低，只有水与甘油的导热系数随温度升高而增加。图 14—1 所示为几种常用液体的导热系数及其与温度的关系。

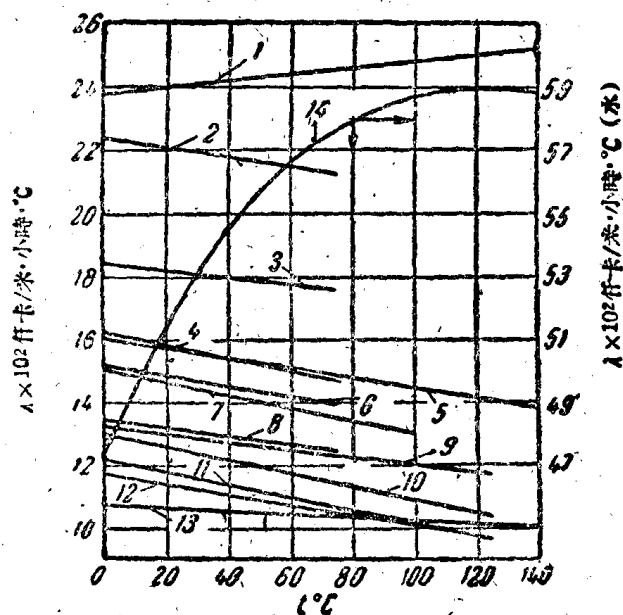


图 14—1 液体的导热系数

1—甘油；2—蚁酸；3—甲醇；4—乙醇；5—苯胺；
6—醋酸；7—丙酮；8—丁醇；9—硝基苯；10—苯；
11—甲苯；12—二甲苯；13—凡士林油；14—水(图中右座标)

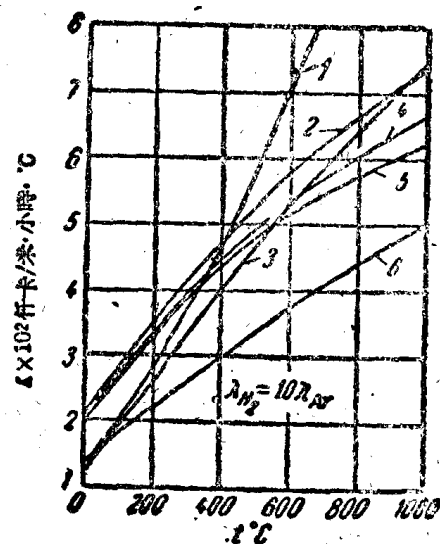


图 14—2 气体的导热系数

1—水蒸汽；2—氧；3—二氧化
化碳；4—空气；5—氮；6—氢

3) 气体的导热系数: 较固体的导热系数为更小, 随温度的增加而增加, 且实际上与压强的关系不大。某些常用气体的导热系数如图14—2所示。

气体混合物的导热系数需由实验另行测定, 但工业上的近似计算中, 可由相加法计算求得, 若以 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ 表示各种单组分气体的导热系数, $a_1, a_2, \dots, a_n$ 为各气体组分的体积百分数, 则气体混合物的导热系数 λ 可由下式计算。

$$\lambda = \lambda_1 a_1 + \lambda_2 a_2 + \dots + \lambda_n a_n$$

工业计算中, 通常得取导热系数在不同温度下 (在一定温度范围内) 的平均值, 而假定在传热过程中其值不变。

3. 稳定热流中的热传导: 稳定热流的意思是指在整個传热过程中, 沿热流的方向, 各处的温度不随时间而变。

如图14—3所示, 在多层间壁的热传导中, 沿热流方向, 各层界面处的温度 t_1, t_2, t_3 和 t_4 均保持不变, 因此单位时间内穿过各层间壁的热量 q 均相等, 否则将在某处形成热量的聚集, 而使该处的温度升高, 而其他位置的温度降低, 这就不符合稳定热流的概念了。

稳定热流是传热过程中的一个特殊情况, 实际所遇到的也有不是稳定热流的情形, 即系统内各处温度随时间而变化, 例如, 一个高温的物体, 置大气中自然冷却, 由于其本身热量不断地向外散失, 故其表面与内部各点的温度均随时间而下降, 为不稳定热流的传热情况。但是稳定热流是工业生产特别是连续操作的生产过程中最常遇到的情况。下面分述常见的平壁与圆筒壁在稳定热流中的热传导。

1) 稳定热流中平壁的热传导 (图14—4): 根据傅立叶定律, 经过单层平壁的稳定热传导公式为:

$$q = \frac{Q}{\tau} = \frac{\Delta t}{\delta / \lambda F} \quad (14-4)$$

式中 q ——单位时间内传导的热量 (仟卡/小时);
 Q ——传导的总热量 (仟卡);
 τ ——时间 (小时);
 δ ——壁厚 (米);

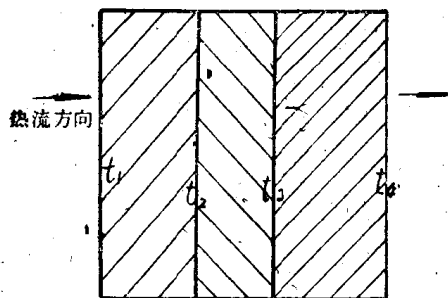


图 14—3 稳定热流中的热传导

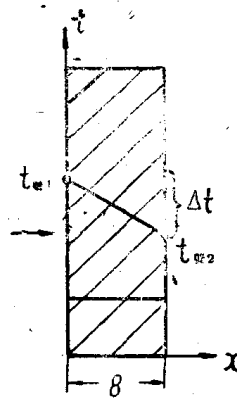


图 14—4 单层平壁的热传导