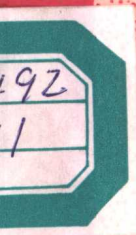


化工工人技术理论培训教材



加热与冷却

化学工业部人事教育司 组织编写
化学工业部教育培训中心



化学工业出版社

81.7492
2491

化工工人技术理论培训教材

加 热 与 冷 却

化学工业部人事教育司组织编写
化学工业部教育培训中心

化 学 工 业 出 版 社

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

加热与冷却/化学工业部人事教育司, 化学工业部教育培训中心组织编写. —北京: 化学工业出版社, 1997. 12

ISBN 7-5025-1905-X

I. 加… II. 化… III. ①加热-化工过程 ②冷却-化工过程 IV. TQ025

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 24886 号

化工工人技术理论培训教材

加热与冷却

化学工业部人事教育司 组织编写
化学工业部教育培训中心

责任编辑: 赵玉清

责任校对: 李 丽 顾淑云

封面设计: 于 兵

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

新华书店北京发行所经销

北京云浩印制厂印刷

北京云浩印制厂装订

*

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 11 $\frac{1}{2}$ 字数 326 千字

1997 年 12 月第 1 版 1997 年 12 月北京第 1 次印刷

印 数: 1—6000

ISBN 7-5025-1905-X/G · 511

定 价: 20.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换

前 言

为了适应化工系统工人技术等级培训的需要,提高工人的技术理论水平和实际操作技能,我们依据《中华人民共和国工人技术等级标准》和《化工系统工人技术理论培训教学计划 and 教学大纲》的要求,组织有关人员编写了这套培训教材。

在教材编审过程中,遵循了“坚持标准,结合实际,立足现状,着眼发展,体现特点,突出技能,结构合理,内容精炼,深浅适度”的指导思想,以“等级标准”为依据,以“计划和大纲”为蓝图,从有利于教师教学和方便工人自学出发,力求教材内容能适应化工生产技术和现代化生产工人培训的要求。

按照“中华人民共和国工人技术等级标准”规定的化工行业 168 个生产工种的有关内容,在编制教学计划和划定大纲时,在充分理解等级标准的基础上,吸取了国外职业教育的成功经验,对不同工种、不同等级工人围绕技能所要求掌握的技术理论知识进行分析和分解,作为理论教学的基本单位,称之为“单元”。在计划和大纲中,168 个工种按五个专业大类(及公共课)将不同等级的全部理论教学内容分解为 301 个教学单元。为了方便各单位开展培训教学活动,把教学计划中一些联系较为密切的“单元”合在一起,分成 112 册出版。合订后的全套教材包括以下六部分。

无机化工类单元教材共 25 册:《流体力学基础》、《管路的布置与计算》、《物料输送》、《气相非均一系分离》、《液相非均一系分离》、《物料混合》、《固体流态化与应用》、《加热与冷却》、《蒸发》、《结晶》、《浸取与干燥》、《制冷》、《焙烧与工业炉》、《粉碎与筛分》、《电渗析》、《吸附分离》、《离子交换》、《常见的无机化学反应》、《电解及其设备》、《物料衡算与热量衡算》、《合成氨造气》、《合成氨变换》、《合成氨净化》、《合成氨压缩》和《氨的合成》。

2025/6

有机化工类单元教材共 7 册:《吸收》、《蒸馏》、《萃取》、《有机化学反应(一)》、《有机化学反应(二)》、《有机化学反应(三)》和《化学反应器》。

化工检修类单元教材共 43 册:《电镀》、《腐蚀与防护》、《机械传动及零件》、《液压传动与气动》、《金属材料热处理知识》、《机械制造工艺基础》、《化工检修常用机具》、《工程力学基础》、《测量与误差》、《公差与配合》、《化工机器与设备安装》、《化工压力容器》、《展开与放样》、《化工管路安装与维修》、《钳工操作技术》、《装配和修理》、《钢材矫正与成型》、《电工材料及工具》、《焊工操作技术》、《焊接工艺》、《阀门》、《化工用泵》、《风机》、《压缩机》、《化工分析仪表(一)》、《化工分析仪表(二)》、《化工测量仪表》、《电动单元组合仪表》、《化工自动化》、《集散系统》、《仪表维修识图与制图》、《仪表常见故障分析与处理》、《过程分析仪表》、《化工检修钳工工艺学》、《化工检修铆工工艺学》、《化工检修管工工艺学》、《化工检修焊工工艺学》、《化工防腐橡胶衬里》、《化工防腐金属喷涂》、《化工防腐金属铅焊》、《化工防腐砖板衬里》、《化工防腐塑料》以及《化工防腐玻璃钢》。

化工分析类单元教材 6 册:《化学分析的一般知识及基本操作》、《化学分析》、《电化学分析》、《仪器分析》、《化验室基本知识》和《有机定量分析》。

橡胶加工类单元教材共 11 册:《橡胶、配合剂与胶料配方知识》、《再生胶制作机理、工艺及质量检验》、《橡胶加工基本工艺》、《轮胎制造工艺方法》、《力车胎制造工艺方法》、《胶管制造工艺方法》、《胶带制造工艺方法》、《橡胶工业制品制造工艺方法》、《胶鞋制造工艺方法》、《胶乳制品制造工艺方法》和《炭黑制造工艺方法》。

另外还有公共课及管理课类单元教材共 20 册:《电工常识》、《电工基础》、《电子学一般常识》、《电子技术基础》、《机械识图》、《机械制图》、《化工管路识图》、《工艺流程与装备布置图》、《工厂照明与动力线路》、《电气识图与控制》、《电机基础及维修》、《工厂电气设备》、《工厂电气技术》、《安全与防护》、《三废处理与环境保护》、《化工计量常识》、《计算机应用基础知识》、《化工应用文书写作》、《标准化基础知识》和《化工生产管

理知识》。

按照“单元”体系组织编写工人培训教材,尚是一种尝试,由于我们经验不足和教材编审时间的限制,部分教材在体系的合理性、内容的先进性、知识的连贯性和深广度的准确性等方面还不尽如人意,为此建议:

一、各单位在组织教学过程中,应按不同等级的培训对象,根据相应的教学计划和教学大纲的具体要求,以“单元”为单位安排教学。

二、工人技术理论的教学应与操作技能的培训结合起来。技术理论的教学活动除应联系本单位生产实际外,还应联系培训对象的文化基础、工作经历等实际情况,制订相应的教学方案,确定相应的教学内容,以提高教学的针对性和教学效率。

三、在教学过程中发现教材中存在的问题,可及时与我们联系,也可与教材的编者或出版单位联系,使教材中的问题得到及时更正,以利教学。

本套教材的组织编写,得到全国化工职工教育战线各方面同志的积极支持和帮助,在此谨向他们表示感谢。

化学工业部人事教育司

化学工业部教育培训中心

1996年3月

065740

内 容 提 要

本书是化学工业部人事教育司,化学工业部人事教育培训中心组织编写的“化工工人技术理论培训教材”之一。

本书分为加热和冷却与换热器两个单元。加热和冷却部分介绍了热传导、对流传热和热辐射三种传热方式及其它们的传热计算等理论知识。换热器部分介绍了管式、板式等各类换热器的结构,性能指标及其它们的工作原理、方法和特点,此外,对传热设备的操作和保养维修方面也作了详细的说明。

本书适用于职工培训,也可用于中等专业学校的教学参考书。

目 录

加热与冷却 (无 018)	1
绪论	2
第一节 传热在化工生产中的应用	2
第二节 工业上常用的换热方法	3
一、混合式换热	3
二、蓄热式换热	3
三、间壁式换热	4
第三节 传热的三种基本方式	4
一、热传导	4
二、对流传热	5
三、辐射	6
习 题	6
答 案	7
第一章 热传导	9
第一节 热传导的基本概念和傅立叶定律	9
一、热传导在化工中的应用	9
二、温度场和温度梯度	9
三、傅立叶定律	10
第二节 导热系数	11
一、固体的导热系数	12
二、液体的导热系数	13
三、气体的导热系数	14
第三节 单层及多层平壁的热传导	15
一、单层平壁的稳态热传导	15
二、多层平壁的稳态热传导	18
第四节 单层及多层圆筒壁的热传导	22
一、单层圆筒壁的热传导	22

二、多层圆筒壁的热传导	24
三、保温层的临界厚度	28
四、具有内热源的热传导	32
习 题	35
答 案	38
第二章 对流传热	39
第一节 对流传热的基本概念	39
一、对流传热的分析	40
二、壁面和流体间的对流传热速率	41
三、对流传热系数	42
四、热边界层	43
第二节 传热膜系数的影响因素	45
一、影响传热膜系数的因素	45
二、传热膜系数的处理方法	46
第三节 无相变时的对流传热膜系数	52
一、流体在管内作强制对流	52
二、流体在管外作强制对流	62
三、自然对流传热系数	71
四、关于换热管壁温的估算	72
第四节 沸腾与冷凝	75
一、冷凝	75
二、沸腾	82
三、影响相变传热的因素	97
第五节 提高传热膜系数的途径	98
习 题	99
答 案	101
第三章 热辐射	103
第一节 热辐射的基本概念	103
一、黑体、镜体、透热体和灰体	105
二、斯蒂芬-波尔茨曼定律	105
三、克希霍夫定律	109
第二节 固体与气体的热辐射	110
一、两固体间的相互辐射	110

二、气体的热辐射	117
第三节 设备热损失的计算	121
习 题	125
答 案	126
第四章 传热计算	127
第一节 间壁两侧流体热交换与传热基本方程式	127
一、间壁两侧流体热交换过程的分析	127
二、传热基本方程式	130
第二节 热负荷的计算	131
一、常用的参数	133
二、热负荷的计算	136
第三节 平均温度差的计算	145
一、平均温度差的计算	145
二、流体流动方向的选择	159
第四节 传热系数的计算与确定	162
一、传热系数 K 的计算	162
二、传热系数 K 值的确定	174
第五节 传热面积	181
第六节 强化传热的措施与方法	185
一、增大传热面积	185
二、增大传热平均温度差 Δt_m	186
三、增大传热系数 K	186
习 题	192
答 案	194
参考文献	195
附录	196
换热器 (无 019)	209
第一章 概述	210
一、换热器在化学工业中的应用	210
二、换热器的类型	212
三、换热器常用的材料	215
四、换热器设计的一般要求	217
思考题	220

第二章 管壳式换热器	221
第一节 管壳式换热器结构形式	221
一、管壳式换热器的总体结构及主要部件的分类和代号	221
二、几种常用的管壳式换热器	221
三、管壳式换热器的主要零部件	227
第二节 管壳式换热器系列的说明	238
第三节 管程结构	249
一、管箱结构形式	249
二、分程	249
第四节 壳程结构	252
一、折流板、支承板	253
二、滑道	255
三、双壳程结构	257
四、防短路结构	258
五、防冲板与导流筒	260
六、接管	262
第五节 管壳式换热器的选用和设计	262
一、管壳式换热器的选用	262
二、管壳式换热器的设计	263
思考题	268
第三章 板式换热器	269
第一节 螺旋板式换热器	269
一、概述	269
二、螺旋板式换热器的结构	270
三、螺旋板式换热器的分类	271
四、螺旋板式换热器的计算	272
五、螺旋板式换热器的选材和制造工艺	274
六、螺旋板式换热器的应用	275
七、螺旋板式换热器的系列标准	278
第二节 板式换热器	278
一、概述	278
二、板式换热器的结构	279
三、板式换热器辅助装置	286

四、板式换热器的计算·····	287
五、板片的制造·····	287
第三节 板翅式换热器·····	287
一、概述·····	287
二、板翅式换热器的特点·····	288
三、板翅式换热器的结构·····	289
四、板翅式换热器的计算·····	291
五、板翅式换热器的选材及制造·····	294
六、板翅式换热器的应用·····	295
第四节 伞板换热器·····	295
一、概述·····	295
二、伞板式换热器的结构形式及分类·····	296
三、伞板式换热器的计算·····	300
四、伞板式换热器的选材和制造·····	301
五、伞板式换热器的应用·····	301
六、伞板式换热器的系列介绍·····	301
思考题·····	302
第四章 其它换热器·····	304
第一节 套管式换热器·····	304
一、概述·····	304
二、套管式换热器的分类及结构·····	304
三、套管式换热器的计算·····	305
四、套管式换热器的选材和制造·····	307
五、套管式换热器的应用·····	307
第二节 蛇管式换热器·····	307
一、沉浸式蛇管换热器·····	307
二、喷淋式蛇管换热器·····	312
第三节 特殊换热器·····	316
一、热管及换热器·····	316
二、钎制换热器·····	316
三、石墨换热器·····	317
四、氟塑料换热器·····	318
思考题·····	319

第五章 换热器的操作和保养	321
第一节 换热器的操作	321
一、概述	321
二、传热的基本原理	321
三、换热器的基本操作	323
第二节 换热器的维护和保养	326
一、维修方法(管壳式换热器)	326
二、清洗	327
三、列管式换热器的维护和保养	328
思考题	330
第六章 保温和保冷	331
第一节 常用的隔热材料	331
一、隔热材料应满足的基本要求	331
二、隔热材料的分类	331
三、隔热材料的性能	332
第二节 绝热层厚度	343
一、说明	343
二、绝热层厚度计算	344
第三节 绝热的方法	353
一、总原则	353
二、绝热层	354
三、防潮层	355
四、保护层	356
思考题	358
参考文献	359

加热与冷却

(无 018)

太原化学工业集团公司化工厂	胡志成	编 审
太 原 市 四 十 四 中 学	双燕萍	
太原化学工业集团公司化工厂	张汝明	

参与编审本单元教材的人员

李文堂、熊昭义、于志先、朱心玲、周应文、沈刚、张伯平。在教材编审过程中受到太原化学工业集团公司有关领导何玮、李铁瑞和公司教委副主任方岩威等同志的支持和关心。

绪 论

第一节 传热在化工生产中的应用

在日常生活中,人们都知道一杯热水置于空气中过一段时间就会变凉,这是因为热量从热水传给周围的空气,热水因失去热量而变凉,周围空气则得到热量,但因热水放出的热量很少且空气量很大,所以空气变热得不明显。可见,在自然界里热量总是从高温物体自动地传给低温物体,这是一种普遍的自然现象。这种热量的传递过程称为传热过程。

传热过程,就是对某一物体供给热量,或者从其中移走热量的过程,也就是热量的传播过程。在很多工业中,特别是化学工业生产中,传热过程占有很重要的地位。首先是因为所有的化学反应都要求在一定的温度条件下进行,而反应的过程中不是放出热量,就是吸收热量,为了使化学反应过程能维持一定的温度,就必须及时地供给所需要的热量或移走所放出的热量。因此,在化工厂中反应器的外部或内部常装有换热设备(加入热量或移走热量所用设备统称换热设备),而反应器本身也常常需要保温。例如,氮肥生产中,氮气与氢气的混合气体要在 500°C 左右的高温下(加上一定的压力)才能在催化剂的作用下合成氨,而氨与未反应的氮、氢气体的分离,则需要通过冷却与冷凝的办法把混合气体中的氨以液体的形式分离出来。可见,这一生产过程中就有原料气体的被加热和反应后气体冷却、冷凝等过程。又如,在酒精生产中,酒精精馏塔在操作时,原料液需要预热,釜内液体需在再沸器中加热,塔顶产生的蒸气需冷凝,这些都属传热过程。其次,因为化学工业是耗能较大的工业之一,注意节约能源会使生产成本下降,为此,常常将排出的高温气体或液体中的热量加以回收,这些过程都需要通过传热过程来完成。近几年来低品位能源的利用日益被人们所重视,如 $80\sim 100^{\circ}\text{C}$

的热水的利用、海水温差发电、地下热水的发电等,这些过程的进行都离不开换热器,而且多数情况均需要高效换热器。因此,传热过程的研究,高效换热器的研制,均是化学工业中不可缺少的一项重要工作。

在化工生产过程中,经常遇到的传热问题有以下两种情况。一种是要要求传热过程情况良好,即要求热量传递的快,这样可使完成某一换热任务时用的换热器面积少,从而换热体积小,制造该设备的费用也就低些;众所周知,一个化工厂里要用很多换热器,设法降低换热器的制造成本,会减少整个建厂的投资;另一种情况是要求传热情况“不好”,即要求热量传递速度要慢,这是因为化工厂里有高温设备及输送高温流体的管道,这些设备及管道的外部皆需穿上“棉衣”进行保温,以防热量散失;还有些低温设备及输送低温流体的管道,其外部也需包上一层厚厚的隔热材料,防止外界的热量传进去。

怎样才能根据生产上的需要使能量传递的快些或慢些呢?这就要求我们通过理论学习,掌握热量传递的基本原理,了解影响热量传递快慢的因素,熟悉强化传热的各种措施与方法,从而能掌握一般换热器的运行规律,以维持换热器的正常运转;能对现有的换热设备进行一定的改进;对一些较简单的传热问题具有一定的分析和计算能力。

第二节 工业上常用的换热方法

在化工生产中遇到的换热过程大多为两股流体之间的换热。尽管各自的换热目的不同,具体换热的工作条件亦不一样(流体的种类、操作压力及温度等),但就其工作原理和所用的换热设备的类型来说,通常可分为以下三类。

一、混合式换热

这种换热过程是使冷、热流体直接接触,在混合过程中进行传热。例如酒精精馏塔,塔釜中液体采用直接蒸汽加热时,即将蒸汽直接通入釜内液体中,以蒸汽冷凝释放出的热量来加热液体。生产中常用的混合式换热器有冷水塔、湿式混合冷凝器等。

二、蓄热式换热

这种换热过程是在一个蓄热器内进行的,蓄热器内装有耐火砖之

类的蓄热介质(填充物)。通常是两个换热器(蓄热器)交替使用,即切换操作,对其中一个蓄热器来讲是属于间歇操作的换热设备。操作时一会儿热流体通过蓄热器将固体蓄热介质加热,蓄热介质温度升高,贮存了热量,一会儿再通入冷流体,把热量从填充介质中取走,这样反复进行,利用蓄热介质来蓄积和释放热量而达到冷、热两股流体交换热量的目的。蓄热式换热器在石油裂解和冶金工业中多见,而在化工生产中应用的并不广泛,其主要原因是在化工生产中多数情况下,不允许两种流体在换热过程中有混合现象发生。

三、间壁式换热

采用间壁式换热的换热器又称为表面式换热器或间接式换热器。在这类换热器中,冷、热两种流体被一个固体壁面隔开,而热量是通过固体壁面由一侧传至另一侧,这样既可避免两种流体相混合,又能达到两种流体换热的目的,所以此种换热器在化学工业和石油工业中应用极广。间壁式换热器种类很多,其中应用最多的是列管式换热器,又称为管壳式换热器。它主要由壳体、平行排列的管束(换热管)、固定管束的管板、折流板及端盖(又称封头)等组成。在操作时,假定热流体在管内流过放出热量由管壁传至管外,冷流体在管外流过将热量取走,这样在两种流体不混合的条件下进行了热量交换。这种换热方式将在以后详述。

第三节 传热的三种基本方式

热的传递是由于物体内部或系统内的两部分之间的温度差而引起的,热量传递的方向总是由高温处向低温处传递。

根据传热机理的不同,热的传递分为三种基本方式:传导、对流和辐射。

一、热传导

热量从物体内部温度较高的部分传递到温度较低的部分或者从高温的物体传递到与之接触的温度较低的另一物体的过程称为热传导,简称导热。在纯导热过程中,物体各部分之间不发生相对位移。如把一根长铁丝的一端插入炉火中,不一会,铁丝的另一端就有烫手的感觉,这就是热传导的结果。