

注册 化工工程师 执业资格考试 专业考试

ZHUCE HUAGONGGONGCHENGSHI

ZHIYE ZIGE KAOSHI ZHUANYE KAOSHI

复习教程与 模拟试题

FUXIJIAOCHENG YU MONI SHITI

天津大学化工学院 主编



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

组稿编辑/宗 洁
责任编辑/宗 洁
装帧设计/郭 泉
技术设计/油俊伟

注册化工工程师 执业资格考试 专业考试

ZHUCE HUAGONG GONGCHENGSHI
ZHIYE ZIGE KAOSHI ZHUANYE KAOSHI

复习教程与 模拟试题

FUXI JIAOCHENG YU MONI SHITI

ISBN 7-5618-1960-9



9 787561 819609 >

定价：80.00 元
(附赠光盘)

全国注册化工工程师考试培训教材

注册化工工程师执业资格考试专业考试 复习教程与模拟试题

天津大学化工学院 主编

 天津大学出版社
Tianjin University Press

内容提要

本书完全按照注册化工工程师执业资格考试专业考试的考试大纲编写,内容覆盖了专业考试的全部内容,即包括物料和能量平衡、热力学过程、流体流动过程、传热过程、传质过程、化学反应动力学及反应器、化工工艺设计、化工工艺系统设计、工程经济分析、化工工程项目管理 10 部分。对每部分课程书中均设有考试大纲、复习点拨、复习内容、仿真习题和习题答案;所附光盘中有仿真习题及解析和与正式考试题型、题量完全相同的二套模拟试题,光盘具有检索、自测、筛选、自动判卷功能。

本书适用于参加注册化工工程师执业资格考试专业考试的应试人员,同时也是相关人员日常工作的一部重要参考书。

图书在版编目(CIP)数据

注册化工工程师执业资格考试专业考试复习教程与模拟试题/天津大学化工学院主编. —天津:天津大学出版社, 2004.8

ISBN 7-5618-1960-9

I. 注… II. 天… III. 化学工程—工程师—资格考核—自学参考资料 IV. TQ02

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 078009 号

出版发行 天津大学出版社
出版人 杨风和
地址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)
网址 www.tjup.com
电话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742
印刷 昌黎太阳红彩色印刷有限责任公司
经销 全国各地新华书店
开本 185mm × 260mm
印张 34
字数 849 千
版次 2004 年 8 月第 1 版
印次 2004 年 8 月第 1 次
印数 1—3 000
定价 80.00 元(附赠光盘)

注册化工工程师执业资格考试
复习教程与模拟试题

编撰人员名单

物料、能量平衡	天津大学	杨鸿敏	
热力学过程	清华大学	于养信	
	天津大学	马沛生	陈明鸣
流体流动过程	天津大学	夏清	柴诚敬
传热过程	天津大学	王军	
传质过程	清华大学	蒋维钧	
	天津大学	贾绍义	柴诚敬
		夏清	王军
化学反应动力学	天津大学	辛峰	
化工工艺设计	天津大学	徐艳	
化工工艺系统设计	天津大学	徐艳	
工程经济分析	中国寰球工程公司		姚桂华
化工工程项目管理	中国寰球工程公司		姚桂华

前 言

根据人事部、建设部关于《勘察设计注册工程师制度总体框架及实施规划》，2004 年在全国勘察设计化工工程行业(包括化工、石化、纺织、医药、轻工 5 个工程行业)首次建立注册化工工程师执业资格注册制度。在这一领域从事勘察设计、咨询、项目管理的专业工作者,通过参加注册化工工程师执业资格考试,取得执业资格,使自己的真才实学、创新能力和科学素养得到验证和认可,并可以平等的资格参与国内、国际竞争,为我国和世界化工事业的发展施展才华。

天津大学化工学院作为我国化工类学科专业齐全、特色鲜明的学院之一,具有国内外公认的学科优势,是培养化工高等专门人才的摇篮。在注册化工工程师执业资格考试制度即将实施之际,天津大学化工学院为引导广大专业人员做好考前复习,帮助应试者顺利通过考试,组织了本院富有教学经验和教材编写经验的教师,并邀请了清华大学、中国寰球工程公司等单位的专家,集体编撰了涵盖 10 门专业科目的《注册化工工程师执业资格考试专业考试复习教程与模拟试题》,以飨应试者。

本书包括物料和能量平衡、热力学过程、流体流动过程、传热过程、传质过程、化学反应动力学及反应器、化工工艺设计、化工工艺系统设计、工程经济分析、化工工程项目管理 10 部分,其编写内容、编撰体例和运用手段等方面有以下特点:

(1)内容紧扣考试大纲。书中每一章节均严格按照大纲要求编写,以注册工程师应掌握的专业基础知识为重点,既照顾知识的相关性与连续性,又保持各自的相对独立性和针对性。

(2)体例适应考试需要。全书力求准确体现考试大纲中“掌握、熟悉、了解”三个不同层次的要求,每一科目的编写层次均包括考试大纲、复习点拨、复习内容、仿真习题、习题答案。

(3)手段注重应试效果。所附光盘与书配套使用,互补、互动,利用现代手段提高复习效率。

在本书编写过程,得到了清华大学、中国寰球公司工程等单位的协助和支持;化工学院的马沛生教授、柴诚敬教授、辛峰教授做了大量的组织、协调及指导工作;各位作者以认真负责的精神,反复推敲,付出了辛勤的劳动。在此,对他们表示深切的谢意!

由于本复习教程为首次编写,加之时间仓促,如存在不妥之处,恳请读者不吝指正,以便再版时修改完善。

天津大学化工学院

目 录

1 物料、能量平衡	(1)
[考试大纲]	(1)
[复习点拨]	(1)
[复习内容]	(1)
1.1 物料平衡	(1)
1.1.1 过程物料平衡分析及计算方法	(1)
1.1.2 物料平衡计算中的基本参数	(3)
1.1.3 系统或设备中物理过程的物料平衡	(8)
1.1.4 带有化学反应过程的系统或设备的物料平衡	(10)
1.2 能量平衡	(17)
1.2.1 概述	(17)
1.2.2 热量平衡计算方法	(18)
1.2.3 热量计算中的数据	(22)
1.2.4 化工设计中热量平衡的分析与计算	(27)
1.2.5 过程的物料及能量平衡分析	(36)
1.2.6 热量计算及化工设计中的几个问题	(38)
[仿真习题]	(40)
[习题答案]	(45)
[参考资料]	(45)
2 热力学过程	(46)
[考试大纲]	(46)
[复习点拨]	(46)
[复习内容]	(46)
2.1 物质的物理和化学性质	(46)
2.1.1 物质的物理性质的估算和换算	(46)
2.1.2 理想气体和混合气体	(47)
2.1.3 溶液性质	(49)
2.2 热力学第一定律和能量	(55)
2.2.1 pVT 数据及其关系	(55)
2.2.2 逸度和逸度系数	(60)
2.2.3 相平衡	(61)
2.2.4 相图	(65)
2.2.5 潜热	(68)

2.2.6	化学平衡	(68)
2.2.7	热力学过程	(70)
2.2.8	热能综合利用	(72)
2.2.9	蒸汽和冷凝水平衡	(72)
2.3	热力学第二定律和熵	(74)
2.3.1	热力学第二定律的表述	(74)
2.3.2	卡诺循环和卡诺定理	(75)
2.3.3	熵和熵变	(75)
2.3.4	熵变与不可逆性	(76)
2.3.5	有效能的定义和有效能效率	(77)
2.4	动力循环	(78)
2.4.1	蒸汽动力装置循环	(78)
2.4.2	燃气轮机动力装置循环	(79)
2.4.3	制冷	(79)
2.4.4	热泵	(82)
[仿真习题]		(83)
[习题答案]		(84)
[参考资料]		(84)
3	流体流动过程	(85)
[考试大纲]		(85)
[复习点拨]		(85)
[复习内容]		(85)
3.1	流体流动基础	(85)
3.1.1	概述	(85)
3.1.2	流体静力学原理	(86)
3.1.3	流体流动的基本原理	(90)
3.1.4	流体在管内的流动规律及流动阻力	(97)
3.1.5	管路计算	(104)
3.1.6	流量(流速)测量	(107)
3.1.7	流体通过颗粒床层的流动	(109)
3.1.8	两相流	(114)
3.2	流体输送机械工艺参数的计算	(117)
3.2.1	离心泵的操作特性	(117)
3.2.2	正位移(定排量)泵的工艺参数计算	(123)
3.2.3	气体输送和压缩	(125)
3.3	气流输送	(127)
3.4	气、液、固分离的一般过程	(131)
3.4.1	沉降过程	(131)
3.4.2	过滤分离原理及设备	(137)

[仿真习题]	(143)
[习题答案]	(147)
[参考资料]	(147)
4 传热过程	(148)
[考试大纲]	(148)
[复习点拨]	(148)
[复习内容]	(148)
4.1 换热器的热量衡算	(148)
4.2 三种传热方式的分析计算	(150)
4.2.1 热传导	(150)
4.2.2 对流传热	(152)
4.2.3 辐射传热	(158)
4.2.4 三种传热方式的组合及工程应用	(161)
4.3 换热器的计算	(162)
4.3.1 概述	(162)
4.3.2 平均温度差法	(163)
4.3.3 传热单元数法	(171)
4.3.4 换热器传热过程的强化	(174)
4.3.5 管壳式换热器的设计与选用	(174)
[仿真习题]	(177)
[习题答案]	(181)
[参考资料]	(181)
5 传质过程	(182)
[考试大纲]	(182)
[复习点拨]	(182)
[复习内容]	(182)
5.1 质量传递与化工分离过程概述	(182)
5.1.1 传质分离方法的分类	(182)
5.1.2 分离操作中的质量衡算	(184)
5.1.3 传质设备	(185)
5.2 传质分离过程的分析和计算	(186)
5.2.1 吸收及解吸	(186)
5.2.2 吸附	(194)
5.2.3 蒸馏	(197)
5.2.4 干燥	(208)
5.2.5 萃取	(222)
5.2.6 蒸发	(225)
5.2.7 结晶	(229)
5.2.8 增湿和减湿	(234)

[仿真习题]	(237)
[习题答案]	(244)
[参考资料]	(244)
6 化学反应动力学及反应器	(245)
[考试大纲]	(245)
[复习点拨]	(245)
[复习内容]	(245)
6.1 化学反应动力学基本原理及工业应用	(245)
6.1.1 均相反应动力学	(246)
6.1.2 气固相催化反应本征动力学	(257)
6.1.3 反应速率方程的建立步骤	(262)
6.2 化学反应器类型比较和选择	(262)
6.3 化学反应器的工程计算与分析	(265)
6.3.1 理想反应器	(266)
6.3.2 真实反应器	(273)
6.3.3 反应器的变温操作	(280)
6.4 反应器的工艺控制	(286)
6.4.1 反应过程的主要控制参数	(286)
6.4.2 主要控制方法	(287)
6.4.3 控制对象类型	(287)
6.4.4 基本控制方案	(287)
[仿真习题]	(287)
[习题答案]	(294)
[参考资料]	(294)
7 化工工艺设计	(295)
[考试大纲]	(295)
[复习点拨]	(295)
[复习内容]	(295)
7.1 工艺方案优化设计	(295)
7.1.1 化工过程系统最优化问题的类型	(295)
7.1.2 优化问题的基本概念	(296)
7.1.3 最优化问题的建模方法	(298)
7.1.4 最优化方法分类	(298)
7.1.5 反应器的选型及优化	(299)
7.1.6 换热网络的优化设计	(300)
7.1.7 精馏流程的优化	(301)
7.2 工艺流程图	(302)
7.2.1 工艺流程图	(302)
7.2.2 方框图和工艺流程草图	(303)

7.2.3 工艺物料流程图(简称物流图)	(304)
7.2.4 全厂、全界区物料平衡图	(306)
7.3 设计压力和设计温度	(306)
7.3.1 设计压力	(306)
7.3.2 设计温度	(308)
7.4 能耗计算	(310)
7.5 设备工艺设计	(316)
7.5.1 设备工艺设计	(316)
7.5.2 化工设备的选用	(316)
7.5.3 设备材料及防腐	(329)
7.6 过程控制(检测、分析、指示和控制)方案	(331)
7.6.1 检测、分析和指示方案	(331)
7.6.2 显示仪表	(336)
7.6.3 控制系统	(336)
7.6.4 流体输送设备的控制方案	(338)
7.6.5 换热设备的控制方案	(341)
7.6.6 精馏塔的控制方案	(343)
7.6.7 化学反应器的控制方案	(345)
7.7 消防、劳动安全卫生及环境保护	(348)
7.7.1 消防	(348)
7.7.2 劳动安全和卫生	(349)
7.7.3 环境保护	(352)
[仿真习题]	(364)
[习题答案]	(368)
[参考资料]	(369)
8 化工工艺系统设计	(370)
[考试大纲]	(370)
[复习点拨]	(370)
[复习内容]	(370)
8.1 管道及仪表流程图	(370)
8.1.1 管道及仪表流程图	(370)
8.1.2 PID 的设计	(371)
8.1.3 PID 的编号	(373)
8.1.4 公用工程管道及仪表流程图(UID)	(375)
8.2 管道系统设计	(376)
8.2.1 系统阻力降分析	(376)
8.2.2 管道中可压缩流体和不可压缩流体的阻力计算	(378)
8.2.3 设备的接管要求	(382)
8.2.4 管道、阀门的噪声控制	(388)

8.2.5 机泵压差要求	(390)
8.3 管路组件设计	(393)
8.3.1 常用阀门的选用	(393)
8.3.2 安全阀	(395)
8.3.3 爆破板	(400)
8.3.4 限流孔板尺寸设计	(402)
8.3.5 阻火器	(406)
8.3.6 疏水阀	(407)
8.4 设备标高与泵的安装	(409)
8.4.1 泵净正吸入压头(NPSH)计算	(409)
8.4.2 泵的允许吸上真空高度计算	(412)
8.4.3 泵的安装高度计算	(413)
8.4.4 常见管道系统设备安装高度	(414)
8.5 设备布置设计	(418)
8.5.1 设备布置设计的一般原则	(418)
8.5.2 设备布置设计的内容	(420)
8.5.3 常见设备的布置设计原则	(420)
8.6 管道布置设计与管道保温和涂漆	(424)
8.6.1 管道布置设计	(424)
8.6.2 设备管道的绝热	(427)
8.6.3 管道涂漆	(432)
8.7 系统安全分析方法	(435)
8.7.1 系统安全分析方法	(435)
8.7.2 HAZOP(危险与可操作性)分析	(440)
8.7.3 故障树分析	(441)
8.7.4 安全检查表分析	(445)
[仿真习题]	(452)
[习题答案]	(457)
[参考资料]	(457)
9 工程经济分析	(459)
[考试大纲]	(459)
[复习点拨]	(459)
[复习内容]	(459)
9.1 工程造价基本知识和投资估算	(459)
9.1.1 概述	(459)
9.1.2 工程造价基本知识	(460)
9.1.3 我国现行工程造价的构成	(463)
9.1.4 建设项目的投资估算	(463)
9.1.5 费用划分和工程费用分类及计算	(467)

9.1.6 建设投资的估算方法	(471)
9.1.7 资金筹措	(472)
9.2 项目财务评价	(473)
9.2.1 成本费用估算	(473)
9.2.2 销售收入、税金和利润的估算	(476)
9.2.3 固定资产折旧计算	(477)
9.2.4 无形资产和其他资产摊销	(478)
9.3 建设项目经济效果评价方法	(478)
9.3.1 现金流量和资金等值计算	(478)
9.3.2 经济效果的经济评价指标	(482)
9.3.3 建设项目的财务评价	(485)
9.3.4 建设项目国民经济评价的内容和评价指标	(488)
9.4 方案设计评价的要求和准则	(489)
9.4.1 概述	(489)
9.4.2 建设方案设计的要求	(489)
9.4.3 建设方案设计应遵循的法规	(489)
[仿真习题]	(490)
[习题答案]	(492)
[参考资料]	(492)
10 化工工程项目管理	(493)
[考试大纲]	(493)
[复习点拨]	(493)
[复习内容]	(493)
10.1 概述	(493)
10.2 工程项目管理概念	(494)
10.2.1 项目和项目管理	(494)
10.2.2 项目管理过程和项目阶段	(495)
10.2.3 项目的管理模式	(495)
10.2.4 项目管理的知识领域	(495)
10.2.5 项目经理	(495)
10.3 项目实施各阶段的管理	(499)
10.3.1 设计管理	(499)
10.3.2 采购管理	(507)
10.3.3 施工管理	(508)
10.3.4 开车管理	(510)
10.4 项目控制	(512)
10.4.1 费用/进度综合控制	(512)
10.4.2 项目进度计划和控制	(515)
10.4.3 项目费用估算和控制	(515)

10.4.4 质量控制	(516)
10.4.5 材料控制	(517)
10.4.6 文件控制	(518)
10.5 项目合同管理	(518)
10.5.1 项目合同管理	(518)
10.5.2 变更控制	(518)
10.5.3 工程索赔	(519)
10.6 工程招标方式和基本程序	(520)
10.6.1 工程招标方式	(520)
10.6.2 工程招投标基本程序	(521)
10.6.3 投标文件的组成	(521)
10.7 项目实施过程中业主、承包方和监理等各方的责任与义务	(521)
10.7.1 建设监理	(521)
10.7.2 业主、承包方及监理的责任与义务	(521)
10.8 我国基本建设法律及法规	(523)
[仿真习题]	(524)
[习题答案]	(526)
[参考资料]	(526)

1 物料、能量平衡

【考试大纲】

掌握工艺过程的物料、能量平衡设计分析方法及对系统和单元设备计算技能。

1.1 工业过程和化工过程的物料、能量(包括损耗)分析,化学反应式。

1.2 过程计算和物料平衡、能量平衡,过程质量守恒和能量守恒定律。

【复习点拨】

物料平衡和能量平衡计算是化工设计和化工生产管理的重要内容。通过物料和能量平衡计算,可以计算出原料消耗定额、能量消耗定额和三废排放量及组成,它们是设计中设备选择和计算的依据,也是改进生产、降低生产成本的依据。在注册化工工程师执业资格考试专业考试中本章内容占16%。本章共分两节,重点介绍物料平衡计算和能量平衡计算的基本方法,并通过例题、习题和模拟题的解析和演练,帮助大家掌握本章相关内容。

【复习内容】

1.1 物料平衡

1.1.1 过程物料平衡分析及计算方法

1. 质量守恒与物料平衡式

根据质量守恒定律可以写出如下几种平衡关联方程式,以计算物料平衡。

(1) 总质量平衡关联

任何体系对象,虽然某一组分的质量或摩尔数不一定守恒,但其总质量是守恒的。化学反应过程中,体系中的组分质量和摩尔数发生变化,而且许多情况下总摩尔数也发生变化,只有总质量是不变的。即

$$\Sigma G_1 = \Sigma G_2 + \Sigma G_3 \quad (1.1-1)$$

式中: ΣG_1 为输入系统(或单元设备)物料质量总和; ΣG_2 为从系统(或单元设备)中输出物料质量总和; ΣG_3 为物料损失质量总和。

(2) 组分平衡关联

在物理过程中,体系内各组分的质量和摩尔数都是守恒的。化学反应过程中,体系内不发生化学反应的惰性组分的质量和摩尔数也是守恒的,对参与化学反应的组分,须考虑该组分在反应过程中质量或摩尔数的变化,该组分进入体系的质量或摩尔数与离开体系的质量或摩尔数差额,等于组分质量或摩尔数增加或消耗。例如对某组分A来说即有:

加入系统(或单元设备)A的量 = 在系统(或单元设备)中转化的A量 + 离开系统(或单元设备)A的量 + 在系统(或单元设备)中积累的A量

对于加入系统(或单元设备)中每一个组分均可写出上述平衡方程式。对连续定态生产过

程,系统中无物料积累。

(3)元素平衡关联

元素平衡是物料平衡的一种重要形式,其包括元素质量平衡和元素的摩尔数平衡。无论是物理过程,还是化学反应过程,元素平衡都是成立的。对于化学反应过程,在进行物料平衡计算时,经常用到组分平衡和元素平衡,特别是当化学反应计量系数未知或很复杂,以及只有参加反应的各物质的化学分析数据时,用元素平衡最为方便,有时甚至只能用元素平衡才能解决。

2.物料平衡计算方法

物料平衡计算方法有3种:

(1)直接解法

直接解法用来求解单元设备的简单体系,根据已知数据,用四则运算直接算出结果。

(2)联系物解法

联系物解法在单元设备的简单体系和复杂体系中都有应用。由于化工过程中的惰性物质或惰性组分不发生化学反应,若一种或多种惰性物质由一股物流全部转入另一股物流,可由惰性物质将两股物流的流量联系起来,利用它们和物料总流量的比例关系,由已知物流的总量计算出未知物流的总流量。

当同一过程有数个惰性物质可以选作联系物时,可选择其中的一个或几个。选择数量大的惰性物质作联系物,可以减少计算误差。

(3)代数解法

代数解法对于单元设备的复杂体系和复杂化工过程的各种体系,及含有多个未知变量和多个方程式的情况都很适用。

3.物料平衡计算基准

平衡计算的基准选择很重要,基准选得适当可使计算简化。对一个系统,究竟采用什么作基准要看具体情况,不宜硬性规定,但可作如下建议。

①已知进料组成时,若进料组成用质量百分数表示,则用 100 kg/h 或 100 g/h 进料为基准;若进料组成用摩尔百分数表示,则用 100 mol/h 或 100 kmol/h 进料作基准。

②已知出料组成时,若出料组成用质量百分数表示,则用 100 kg/h 或 100 g/h 出料为基准;若出料组成用摩尔百分数表示,则用 100 mol/h 或 100 kmol/h 出料作基准。

③以 1 t 产品为基准。

④以 1 mol 某反应物为基准。

⑤以每一批生产量为基准。

4.物料平衡计算步骤

①画出物料平衡计算方框图。

②写出化学反应方程式(包括主反应和副反应)。

③写明指定年产量、年工作日或每昼夜生产能力、产率、产品纯度等。

④选定计算基准。

⑤收集计算需要的数据。

⑥进行物料平衡计算。

⑦将物料平衡计算结果列成物料平衡表,画出物料平衡图。

【例 1.1-1】 某尿素厂的生产能力为 6×10^4 t 尿素/年,年操作日 300 天,尿素的氨耗为

0.6 t 氨/t 尿素,生产过程的氨损失按 5%(质量百分数)考虑,已知以 1 t 氨为基准的某股气体的组成如表 1.1-1 所示。

表 1.1-1 例 1.1-1 物料组成

组 分	CO ₂	CO	H ₂	N ₂	CH ₄	合计
组成/% (mol)	28.56	1.20	52.61	17.05	0.575	100
摩尔数/kmol	54.30	2.29	100.04	32.43	1.093	190.153

算出完成生产任务所需的该股气体的流量。

解:根据题意,每小时产氨量为

$$\frac{60\,000 \times 0.6 \times 1.05}{300 \times 24} = 5.25 \text{ t/h}$$

以 1 t 氨为基准的各组分的摩尔质量乘以 5.25,所得结果即为流量(以 kmol/h 为单位),其结果列于表 1.1-2 中。

表 1.1-2 例 1.1-1 物料组成和流量

组 分	CO ₂	CO	H ₂	N ₂	CH ₄	合计
组成/% (mol)	28.56	1.20	52.61	17.05	0.575	100
流量/kmol	285.1	12.02	525.2	170.3	5.74	998.36

1.1.2 物料平衡计算中的基本参数

在物料平衡计算中常用到许多基本概念、参数和计量单位,下面将常用的有关参数及相关换算作一简单介绍,以准确进行物料平衡计算。

1. 流体的流量和流速

化工生产大多是连续操作,工程设计中最常遇到的是流动系统,因而流体的流量和流速是基本的设计参数。

(1) 体积流量 Q

单位时间内流经管道或设备的流体的体积称为体积流量,其单位为 m³/h、m³/min 或 m³/s 等。

(2) 流体的线速度 u

流体单位时间在流动的方向上所流经的距离称为线速度,单位常用 m/s 表示。工程上,一般把流体的体积流量除以截面积所得的商用来表示流体通过该截面的线速度,即

$$u = \frac{Q}{A} \quad (1.1-2)$$

(3) 质量流量 W

单位时间流经管道或设备的流体的质量称为质量流量,其单位为 kg/h、kg/min 或 kg/s 等。

(4) 质量流速 G

单位时间通过管道或设备的单位横截面积的流体的质量称为质量流速,质量流速计算公式为