

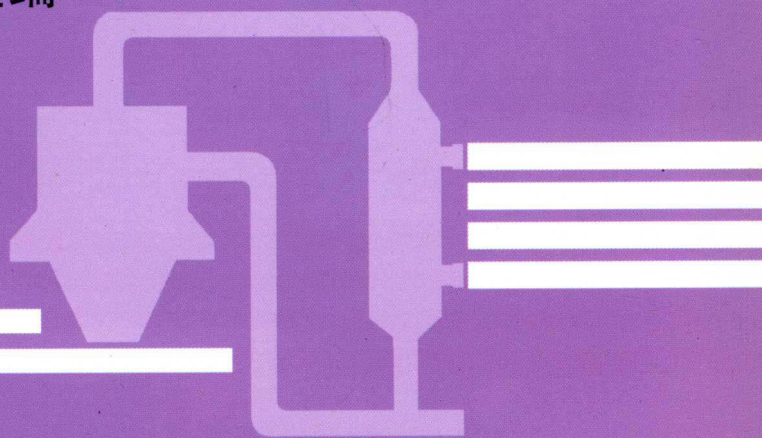
全国注册化工工程师考试培训教材

# 注册化工工程师 执业资格考试

## 专业考试 复习教程

(第2版)

天津大学化工学院 主编



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

(第2版)

天津大学化工学院 主编





## 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,覆盖了专业考试的全部内容,即包括物料、能量平衡,热力学过程,流体流动过程,传热过程,传质过程,化学反应过程,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。对每部分内容书中均设有考试大纲、复习指导、复习内容、仿真习题和习题答案。

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 / 天津大学化工学院主编. —2 版. —天津:天津大学出版社, 2016. 7

全国注册化工工程师考试培训教材

ISBN 978-7-5618-5586-7

I. ①注… II. ①天… III. ①化学工程—资格考核—自学参考资料 IV. ①TQ02

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 154400 号

出版发行 天津大学出版社

地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)

电 话 发行部:022-27403647

网 址 publish.tju.edu.cn

印 刷 天津泰宇印务有限公司

经 销 全国各地新华书店

开 本 185mm × 260mm

印 张 37

字 数 926 千

版 次 2004 年 8 月第 1 版 2016 年 7 月第 2 版

印 次 2016 年 7 月第 1 次

定 价 90.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请向我社发行部门联系调换。

版权所有 侵权必究

# 第2版前言

《注册化工工程师执业资格考试专业考试复习教程》自2004年问世以来,受到广大应试者的欢迎,他们对本书的总体评价是内容精练,主线清晰,深入浅出,便于复习。随着《注册化工工程师执业资格考试专业考试大纲》的修订,本书相应地对部分内容进行删减、调整、更新或充实,但总体框架和风格特色保持不变。

全书包括物料、能量平衡,热力学过程,流体流动过程,传热过程,传质过程,化学反应过程,化工工艺设计,化工工艺系统设计,工程经济分析,化工工程项目管理共10部分。每部分内容紧扣考试大纲,以专业工程师必须具备的专业知识和能力为主线,既照顾各知识点的连续性与关联性,又保持各知识点的针对性与独立性,精选大量具有工程背景的应用实例或案例,加深对知识点的理解与应用。

全书力求准确体现考试大纲中“掌握、熟悉、了解”三个层次的要求,各部分均包括考试大纲、复习指导、复习内容、仿真习题、习题答案等完整框架,形成“复习-检验-自测”的体系。

本次修订工作由各部分原执笔者完成,即

物料、能量平衡	天津大学	杨鸿敏
热力学过程	天津大学	马沛生
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	天津大学	贾绍义 夏清 王军 柴诚敬
化学反应过程	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	卞晓艳



# 前言

根据人事部、建设部颁发的《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》，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。

本书在编写过程中得到了清华大学、中国寰球工程公司等单

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)
复习指导 .....	(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 .....	(9)
1.1.4 带有化学反应过程的系统或设备的物料平衡 .....	(11)
1.2 能量平衡 .....	(19)
1.2.1 概述 .....	(19)
1.2.2 热量平衡计算方法 .....	(19)
1.2.3 热量计算中的数据 .....	(24)
1.2.4 化工设计中热量平衡的分析与计算 .....	(29)
1.2.5 过程的物料及能量平衡分析 .....	(39)
1.2.6 热量计算及化工设计中的几个问题 .....	(41)
仿真习题 .....	(42)
习题答案 .....	(54)
2 热力学过程 .....	(69)
考试大纲 .....	(69)
复习指导 .....	(69)
复习内容 .....	(69)
2.1 物质的物理性质和化学性质 .....	(69)
2.1.1 物理性质和化学性质的内容及分项 .....	(69)
2.1.2 物化性质的重要性 .....	(70)
2.1.3 物化性质的寻找和求取 .....	(71)
2.2 $pVT$ 关系 .....	(72)



2.2.1	理想气体和真实气体的状态方程	(72)
2.2.2	对比态法计算 $pVT$	(73)
2.2.3	混合气体的 $pVT$ 关系	(74)
2.3	热力学第一定律和能量	(75)
2.3.1	热力学第一定律	(75)
2.3.2	能量的品位和分类	(76)
2.3.3	热能综合利用	(79)
2.4	热力学第二定律和熵	(79)
2.4.1	热力学第二定律	(79)
2.4.2	熵	(80)
2.4.3	理想功、损失功、有效能	(80)
2.5	偏摩尔性质、逸度和活度	(82)
2.5.1	偏摩尔性质和 Gibbs-Duhem 方程	(82)
2.5.2	逸度和逸度系数	(82)
2.5.3	活度和活度系数	(85)
2.5.4	标准态的选择	(86)
2.5.5	活度系数与组成关联式	(87)
2.6	相平衡和化学平衡	(89)
2.6.1	相平衡基础	(89)
2.6.2	汽液平衡相图	(90)
2.6.3	汽液相平衡计算	(91)
2.6.4	液液平衡	(95)
2.6.5	气液平衡	(96)
2.6.6	化学平衡	(97)
2.7	化学工业中的热功转换——压缩、膨胀、蒸汽动力循环、制冷循环、热泵	(99)
2.7.1	压缩	(99)
2.7.2	膨胀	(102)
2.7.3	蒸汽动力循环	(104)
2.7.4	制冷循环	(106)
2.7.5	热泵	(107)
	仿真习题	(108)
	习题答案	(113)
	参考书目	(113)
3	流体流动过程	(114)
	考试大纲	(114)

复习指导 .....	(114)
复习内容 .....	(114)
3.1 流体流动的工程概念 .....	(114)
3.1.1 概述 .....	(115)
3.1.2 流体力学基本方程 .....	(117)
3.1.3 流体在管内的流动阻力 .....	(128)
3.1.4 管路计算 .....	(135)
3.1.5 流量(流速)测量 .....	(138)
3.2 流体输送机械工艺参数的计算 .....	(140)
3.2.1 离心泵 .....	(140)
3.2.2 正位移(定排量)泵 .....	(147)
3.2.3 气体输送和压缩 .....	(149)
3.3 气流输送的化工工程应用 .....	(152)
3.3.1 固体流态化 .....	(152)
3.3.2 气流输送 .....	(155)
3.4 气、液、固分离设备的计算及在化工过程中的应用 .....	(159)
3.4.1 沉降过程 .....	(160)
3.4.2 过滤分离 .....	(166)
仿真习题 .....	(171)
习题答案 .....	(179)
4 传热过程 .....	(183)
考试大纲 .....	(183)
复习指导 .....	(183)
复习内容 .....	(183)
4.1 传热过程在化工过程中的应用 .....	(184)
4.2 三种基本传热方式的分析与计算 .....	(185)
4.2.1 热传导 .....	(185)
4.2.2 对流传热 .....	(188)
4.2.3 热辐射 .....	(194)
4.3 换热器的工艺计算 .....	(199)
4.3.1 间壁式换热器的传热过程分析 .....	(199)
4.3.2 间壁式换热器的计算方法 .....	(201)
4.3.3 管壳式换热器的设计与选用 .....	(212)
4.3.4 换热器传热过程的强化 .....	(215)
仿真习题 .....	(215)

习题答案	(221)
参考书目	(224)
<b>5 传质过程</b>	(226)
考试大纲	(226)
复习指导	(226)
复习内容	(226)
5.1 传质过程在化工过程中的应用	(226)
5.1.1 传质分离操作在化工过程中的重要性	(226)
5.1.2 传质分离方法的分类	(227)
5.1.3 传质设备	(229)
5.1.4 传质分离的研究重点	(229)
5.2 传质过程的分析和计算	(230)
5.2.1 吸收及解吸	(230)
5.2.2 吸附	(238)
5.2.3 蒸馏	(242)
5.2.4 干燥	(253)
5.2.5 萃取	(267)
5.2.6 蒸发	(270)
5.2.7 结晶	(274)
5.2.8 增湿和减湿	(279)
5.2.9 膜分离	(283)
仿真习题	(287)
习题答案	(294)
参考书目	(302)
<b>6 化学反应过程</b>	(304)
考试大纲	(304)
复习指导	(304)
复习内容	(304)
6.1 化学反应过程的定量描述	(304)
6.1.1 反应的转化率、收率和选择性	(305)
6.1.2 均相反应动力学	(305)
6.1.3 气固相催化反应本征动力学	(310)
6.1.4 反应速率方程的建立步骤	(313)
6.2 反应器的类型和选择	(313)
6.2.1 均相反应器和非均相反应器	(313)

6.2.2	间歇反应器和连续反应器	(313)
6.2.3	反应器的其他操作方式	(315)
6.3	化学反应器的工程计算与分析	(316)
6.3.1	理想反应器	(316)
6.3.2	真实反应器	(321)
6.3.3	反应器的变温操作	(326)
6.4	化学反应过程工艺控制方式的选择	(329)
6.4.1	主要控制参数	(329)
6.4.2	主要控制方法	(329)
6.4.3	控制对象类型	(330)
6.4.4	基本控制方案	(330)
	仿真习题	(330)
	习题答案	(335)
7	化工工艺设计	(339)
	考试大纲	(339)
	复习指导	(339)
	复习内容	(340)
7.1	化工工艺设计的内容和深度要求	(340)
7.1.1	概述	(340)
7.1.2	工艺设计的内容和深度	(340)
7.2	化工工艺方案优化设计	(343)
7.2.1	化工过程系统优化的类型	(343)
7.2.2	工艺流程方案的优化	(344)
7.2.3	反应流程的优化	(345)
7.2.4	精馏流程的优化	(346)
7.2.5	换热网络的优化设计	(346)
7.3	化工工艺设备选择、设计及操作条件的确定,化工设备特殊制造要求、材料性质及防 腐蚀要求	(347)
7.3.1	泵	(347)
7.3.2	换热器	(349)
7.3.3	储罐	(351)
7.3.4	塔设备	(351)
7.3.5	压缩机	(353)
7.3.6	设备材质的选择	(354)
7.3.7	工艺设备的特殊制造要求	(354)



7.4 综合能耗的分析和计算	(356)
7.4.1 综合能耗计算的能源种类和范围	(357)
7.4.2 综合能耗的计算	(357)
7.4.3 各种能源折算标准煤的原则	(358)
7.5 过程控制(检测、分析、指示和控制)方案的确定	(358)
7.5.1 化工测量、显示仪表	(358)
7.5.2 控制系统	(362)
7.5.3 典型化工单元的控制方案	(364)
7.6 工艺装置安全设计要点,消防、环境保护、安全设施设计、劳动安全卫生等相关法规和 和应用	(371)
7.6.1 工艺装置安全设计要点	(371)
7.6.2 消防	(371)
7.6.3 环境保护	(372)
7.6.4 安全设施设计	(374)
7.6.5 劳动安全卫生	(375)
仿真习题	(377)
习题答案	(380)
参考资料	(382)
8 化工工艺系统设计	(383)
考试大纲	(383)
复习指导	(383)
复习内容	(384)
8.1 管道及仪表流程图和管道数据表	(384)
8.1.1 概述	(384)
8.1.2 施工版工艺管道仪表流程图的基本内容	(384)
8.1.3 装置内工艺管道仪表流程图 PID 的设计	(384)
8.1.4 公用工程管道仪表流程图 UID	(387)
8.1.5 管道数据表	(387)
8.2 系统阻力降分析和计算	(389)
8.2.1 管路系统的压力降	(389)
8.2.2 圆形截面管的压力降计算	(390)
8.2.3 管路系统压力降分析	(391)
8.3 阀门与管道组件的设置及有关数据表编制	(391)
8.3.1 阀门的设置	(391)
8.3.2 安全阀的设置原则	(394)

8.3.3	爆破片的设置	(396)
8.3.4	限流孔板的设置	(398)
8.3.5	阻火器的设置	(399)
8.3.6	疏水阀的设置	(400)
8.4	设备和机泵的安装设计	(401)
8.4.1	设备相对安装高度的确定	(401)
8.4.2	泵的安装高度	(402)
8.4.3	泵和压缩机压差分析	(402)
8.5	设备布置设计	(403)
8.5.1	设备布置设计的一般原则	(403)
8.5.2	装置布置设计的一般要求	(405)
8.5.3	设备布置设计的主要原则	(405)
8.6	管道布置设计、管道阀门的噪声控制、设备和管道绝热	(409)
8.6.1	管道布置设计	(409)
8.6.2	管道、阀门的噪声控制	(411)
8.6.3	设备、管道绝热	(413)
8.7	危险与可操作性(HAZOP)分析的应用	(416)
8.7.1	HAZOP(危险与可操作性)分析	(416)
8.7.2	HAZOP(危险与可操作性)分析的应用	(416)
	仿真习题	(419)
	习题答案	(421)
	参考资料	(424)
9	工程经济分析	(425)
	考试大纲	(425)
	复习指导	(425)
	复习内容	(425)
9.1	工程造价知识,工程建设投资构成和估算方法	(425)
9.1.1	概述	(425)
9.1.2	工程造价基本知识	(426)
9.1.3	我国现行工程造价的构成	(429)
9.1.4	建设项目的投资估算	(429)
9.1.5	费用划分和工程费用分类及计算	(433)
9.1.6	建设投资的估算方法	(438)
9.1.7	资金筹措	(439)
9.2	成本和各类费用构成	(440)

9.2.1	成本费用估算	(440)
9.2.2	销售收入、税金和利润的估算	(443)
9.2.3	固定资产折旧计算	(443)
9.2.4	无形资产和其他资产摊销	(444)
9.3	技术经济分析的有关数据及经济效果的评价方法	(444)
9.3.1	现金流量和资金等值计算	(444)
9.3.2	经济效果的经济评价指标	(449)
9.3.3	建设项目的财务评价	(453)
9.3.4	建设项目的国民经济评价的内容和评价指标	(456)
	仿真习题	(456)
	习题答案	(458)
	参考书目	(458)
10	化工工程项目管理	(459)
	考试大纲	(459)
	复习指导	(459)
	复习内容	(459)
10.1	工程项目管理的概念	(459)
10.1.1	项目和项目管理	(460)
10.1.2	项目管理过程和项目阶段	(461)
10.1.3	项目的管理模式	(461)
10.1.4	项目管理的知识领域	(461)
10.2	工程招标形式和程序,工程承包合同管理、成本控制、索赔程序和做法	(462)
10.2.1	工程招标形式和程序	(462)
10.2.2	工程承包合同管理	(463)
10.2.3	工程承包成本控制	(466)
10.2.4	工程承包索赔程序和做法	(467)
10.3	工厂设计知识(内容、程序和阶段),有关基本建设法律法规	(468)
10.3.1	工厂设计的阶段和主要内容	(468)
10.3.2	有关基本建设法律法规	(473)
10.4	工艺专业在工程项目实施各阶段(项目前期工作、报价、设计、采购、施工、开车等)的职责、工作内容和深度	(475)
10.4.1	工程项目前期工作的职责、工作内容和深度	(475)
10.4.2	项目实施阶段的职责、工作内容和深度	(476)
	仿真习题	(484)
	习题答案	(486)

模拟试题及参考答案 .....	(487)
模拟试题(一) .....	(487)
模拟试题(二) .....	(514)
模拟试题(一)参考答案 .....	(539)
模拟试题(二)参考答案 .....	(557)

# 物料、能量平衡

物料平衡与能量平衡是化工过程设计中的两个重要组成部分。物料平衡是指物料在过程中输入、输出及积累的关系，而能量平衡则是指能量在过程中输入、输出及转化的关系。两者相辅相成，缺一不可。

在物料平衡中，我们通常使用质量守恒定律。对于稳态过程，输入物料的质量等于输出物料的质量加上过程中积累的质量。而在能量平衡中，我们则使用能量守恒定律，即输入系统的能量等于输出系统的能量加上系统内部能量的变化。

物料平衡与能量平衡的计算通常涉及到复杂的物料流和能量流网络。通过建立平衡方程，我们可以求解出未知的物料流量和能量流量，从而为过程的设计和优化提供依据。

在实际应用中，物料平衡和能量平衡的计算往往需要借助计算机软件来完成。通过建立数学模型，我们可以快速求解出平衡方程，并分析不同操作条件下的物料和能量平衡情况。

物料平衡和能量平衡的计算是化工过程设计中的基础工作。只有准确地计算出物料和能量的平衡，我们才能对化工过程进行合理的设计和有效的控制。

通过物料平衡和能量平衡的计算，我们可以了解化工过程的物料和能量消耗情况，从而为降低生产成本、提高生产效率提供有力的支持。

总之，物料平衡和能量平衡是化工过程设计中的关键环节。只有掌握好物料平衡和能量平衡的计算方法，我们才能设计出高效、节能的化工过程。



## 1

## ● 物料、能量平衡

## 考试大纲

- 1.1 化工过程的物料质量关系及能量关系(包括损耗分析)。  
1.2 化工过程操作单元和设备的物料衡算和能量衡算。

## 复习指导

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,可以得到原料消耗定额、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,也是改进生产流程、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

$$\Sigma G_1 = \Sigma G_2 + \Sigma G_3 + \Sigma G_4 \quad (1.1-1)$$

式中: $\Sigma G_1$  为输入系统(或单元设备)的物料质量总和; $\Sigma G_2$  为从系统(或单元设备)中输出的物料质量总和; $\Sigma G_3$  为物料损失质量总和; $\Sigma G_4$  为物料在系统(或单元设备)中的积累量,在连续定态生产中  $\Sigma G_4 = 0$ 。