

化工原理课程设计教材

化工设备设计

潘国昌 郭庆丰 编著



清华大学出版社



化工原理课程设计教材

化工设备设计

潘国昌 郭庆丰 编著

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

本书为清华大学《化工原理》课程设计教材。

本书第一章介绍化工设计的基本知识,第二章介绍化工计算的基础——物料衡算与热量衡算,第三、四、五、六章重点介绍传热设备及气(汽)液、液液传质设备设计,第七、八章简要介绍化工设备材料、结构与机械设计知识。

本书强调了电子计算机在化工设计计算中的应用,并附有若干程序与计算机计算结果。作者开发与教材第四至六章配套的 CAI 软件。该软件为学生进行模拟与优化计算提供了良好的环境,并备有若干算例,供教师参考。

本书可作为高等院校化工、石油、生化、环境化工等专业的化工原理课程设计教材,也可用于上述专业的技术人员设计参考。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

化工设备设计/潘国昌,郭庆丰编著. —北京:清华大学出版社,1996

化工原理课程设计教材

ISBN 7-302-02299-2

I. 化… II. ①潘… ②郭… III. 化工设备-设计-教材 IV. TQ050.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 16170 号

出版者:清华大学出版社(北京清华大学校内,邮编 100084)

印刷者:北京大中印刷厂

发行者:新华书店总店北京科技发行所

开 本:787×1092 1/16 印张:20 字数:493 千字

版 次:1996 年 12 月第 1 版 1996 年 12 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-02299-2/O·172

印 数:0001—5000

定 价:16.80 元

前 言

《化工设备设计》是化工原理课程设计经改革和提高后,单独开设的课程。

《化工设备设计》课的目的是使学生了解化工设计的基本知识,训练化工单元设备的设计能力。

设计能力包括:

1. 决策能力:能正确评价各类化工装置或设备的优缺点,进行方案比较,从而选择合适的操作条件、设备型式和工艺流程等。

2. 计算能力:能正确获取实际操作数据和文献数据,会运用手册、规范和基础理论,正确进行化工工艺计算,并且掌握典型化工设备的设计计算方法。能运用电子计算机进行上述计算。

3. 结构与绘图能力:能根据生产实际与文献资料,设计合理的设备结构,并运用机械制图技能,绘制出合乎工程要求的化工设备图纸。

本课程的基本内容包括:

1. 化工设计概论

包括设计内容及步骤,设计项目的技术经济评价基础知识。

2. 化工单元设备设计

(1) 方案设计(流程设计、设备型式评比与选择,操作条件确定等);

(2) 物料衡算与热量衡算;

(3) 主要设备工艺计算;

(4) 辅助设备的选择;

(5) 主要设备结构与强度核算;

(6) 其他(选作研究提高课题)。

3. 制图

包括工艺流程图、设备总装图、零件图。

4. 编写设计说明书

为培养学生运用电子计算机的能力,设计中要求编制程序,上机时间约 30 小时。

本课是以实际训练为主的课程,设计前,学生应在认识实习及生产实习中到工厂了解设备结构,收集设计数据,而后在教师指导下完成一定的化工设备设计任务,以达到培养设计能力的目的。

本课程的设计任务要求每一学生作设计说明书一份、图纸两张、电子计算机程序及运行结果一份。各部分的具体要求如下:

1. 设计说明书内容与顺序

(1) 标题页:用粗体字写明设计题目;

(2) 设计任务书;

(3) 说明书目录;

- (4) 绪论：设计任务的意义、设计结果简述；
- (5) 装置工艺流程图及其说明；
- (6) 装置操作条件的确定；
- (7) 主要设备优缺点评述，选型理由；
- (8) 装置的工艺计算：物料与热量衡算，主要设备尺寸计算；
- (9) 主要设备材料选择；
- (10) 主要设备的结构设计与强度核算；
- (11) 辅助设备的选择：机泵规格，贮槽型式与容积，换热器型式与换热面积等；
- (12) 结束语：对本设计的总结、收获、改进和建议等；
- (13) 文献一览。

说明书必须书写工整、图文清晰。

说明书中所有公式必须写明编号，所有符号必须注明意义和单位。

2. 设计图纸要求：

(1) 流程图

本设计要求画“生产装置工艺流程图”或“单元设备物料流程图”一张，图纸大小为 210×297 (或 148×210) mm^2 。本图应表示出装置或单元设备中所有的设备和机器，以线条和箭头表示物料流向，并以引线表示物料的流量、组成和温度等。

设备以细实线画出外形并简略表示内部结构特征，大致表明各设备的相对位置。设备的位号、名称注在相应设备图形的上方或下方，或以引线引出设备编号，在专栏中注明各设备的位号、名称等。

管道以粗实线表示，物料流向以箭头表示（流向习惯为从左向右）。辅助物料（如冷却水、加热蒸汽等）的管线以较细的线条表示。

(2) 设备图

本设计要求画主要设备总装配图一张，表示其结构形状、尺寸（表示设备特性的尺寸，如圆筒形设备的直径，装配尺寸等）、技术特性，各零部件之间的装配联结关系等。

设备图基本内容有：

① 视图：一般用主（正）视图、剖面图或俯视图表示设备主要结构形状和零部件间的装配关系；

② 尺寸：图上应注明设备直径、高度以及表示设备总体大小和规格的尺寸，表示各零部件装配关系的尺寸等；

③ 零部件明细表：列出各零部件的编号、名称、规格、材料、数量、质量等；

④ 技术特性表：列出设备操作压力、温度、物料名称、设备特性等；

⑤ 管口表：设备上所有接口（物料接管、仪表接口、人手孔、液面计接管等）应编号，管口表中列出管口编号、名称、公称直径、公称压力等；

⑥ 技术要求：说明设备在制造、检验、安装方面的技术要求；

⑦ 标题栏：说明设备名称、图号、比例、设计单位、设计人、审校人等。

本设计标题栏规定如图 0-1 所示。

图纸要求：投影正确、布置恰当、线型规范、字迹工整。

3. 电子计算机程序要求：

要标明每一字符串的意义及单位,并在说明书中给出其数学模型及框图。

18 8 8 8 8	设计单位名称			图 号	
	职责	签 名	图 名	阶段	
				比例	
				日期	
	15	25	70	15	25

图 0-1 设计标题栏格式

目 录

前言	Ⅱ
第一章 化工设计概论	1
第一节 化工设计的内容及分类	1
1-1-1 设计阶段与内容	1
1-1-2 设计范围与对象	2
第二节 化工设备设计方法与步骤	3
1-2-1 对化工设备设计的要求	3
1-2-2 设计方法与步骤	4
第三节 化工过程及设备的技术经济评价	5
1-3-1 技术经济评价的指标	5
1-3-2 基建投资估算	6
1-3-3 产品成本与设备生产费用的估算	7
第四节 化工设备设计的最优化	8
第五节 电子计算机在化工设计中的应用	9
参考文献	10
第二章 物料衡算与热量衡算	11
第一节 物料衡算方程式	11
第二节 物料衡算的一般分析	11
2-2-1 几个基本概念	11
2-2-2 物料衡算的步骤	14
第三节 用电子计算机进行物料衡算	14
第四节 能量衡算(热量衡算)	25
2-4-1 热量衡算式	25
2-4-2 常用热力学数据的计算	25
2-4-3 热量衡算	27
参考文献	31
第三章 传热设备设计	32
第一节 概述	32
3-1-1 换热设备的分类	32
3-1-2 换热设备设计与选型的原则	33
3-1-3 换热设备设计步骤	34

第二节 设计方案的确定	34
3-2-1 换热器的选择	35
3-2-2 换热器内流体通入空间的选择	36
3-2-3 流体流速的选择	37
3-2-4 加热剂、冷却剂的选用	37
第三节 管壳式换热器的工艺计算	38
3-3-1 计算步骤	38
3-3-2 无相变的壳程传热膜系数的计算	38
3-3-3 管程与壳程的流体阻力的计算	41
3-3-4 设计题例	43
3-3-5 混合蒸气冷凝器的设计法	52
第四节 管壳式换热器的结构设计	61
3-4-1 管束及壳程分程	61
3-4-2 传热管	62
3-4-3 管子布置	63
3-4-4 管板	65
3-4-5 管子与管板的连接	65
3-4-6 管板与壳体的连接	66
3-4-7 折流板	67
3-4-8 管箱与壳程接管	68
3-4-9 壳体直径及厚度	70
3-4-10 概略质量	71
参考文献	72
本章符号说明	72
附录 3-1 固定管板式换热器基本参数(摘录)	74
附录 3-2 浮头式管壳换热器工艺参数(摘录)	75
附录 3-3 固定式换热器管板尺寸(mm)(摘录)	77
 第四章 气(汽)液传质过程计算	 78
第一节 概述	78
第二节 泡点和露点计算	79
4-2-1 设计变量和计算类别	79
4-2-2 泡点方程的简化计算	80
第三节 多元分离的操作型计算	82
4-3-1 矩阵法	83
4-3-2 逐板法和不稳定方程法	97
4-3-3 精馏计算方法总结	100
第四节 焓及进料焓的计算	100
4-4-1 焓的计算	100

4-4-2 部分汽化及进料焓的计算	102
第五节 多元精馏的简捷法	104
4-5-1 多元精馏计算的任务	104
4-5-2 最小回流比 R_m 的确定	105
4-5-3 最小理论板数 N_m , 理论板数及总塔效率 E_T 的求取	105
4-5-4 简捷法解算多元精馏塔步骤	107
4-5-5 多元精馏简捷法在复杂塔中的应用	108
第六节 THPRO 与计算示例	109
4-6-1 关于“THPRO”软件	109
4-6-2 设计示例——醋酸精馏塔设计	110
参考文献	112
本章符号说明	112
附录 4-1 三对角矩阵法进行精馏模拟计算的子程序清单(含 UNIFAC 法求取活度系数子程序)	113
附录 4-2 WILSON 模型求算活度系数子程序清单	120
附录 4-3 松弛法解精馏塔子程序清单	121
附录 4-4 三对角矩阵法解醋酸精馏塔的结果	125
附录 4-5 程序及框图中符号说明	127
第五章 气(汽)液传质设备设计	129
第一节 概述	129
5-1-1 塔型选择	129
5-1-2 塔设备结构设计的基本要求	130
5-1-3 满意设计与优化设计(最佳设计)	131
第二节 填料塔设计	131
5-2-1 填料塔的特点和构造	131
5-2-2 填料的选择	133
5-2-3 填料塔的设计计算	136
5-2-4 填料塔的结构设计	144
第三节 板式塔设计	153
5-3-1 板式塔简介	153
5-3-2 板式塔设计计算	157
5-3-3 塔板的结构设计	182
参考文献	191
本章符号说明(一)	192
本章符号说明(二)	193
附录 5-1 浮阀塔结构设计源程序清单(C 语言编程)	195
附录 5-2 筛板塔结构设计子程序清单(FORTRAN 语言编程)	199
附录 5-3 塔板结构设计程序及框图中符号说明	206

第六章 液液传质过程及设备设计	208
第一节 概述.....	208
第二节 液液相平衡.....	210
6-2-1 分配系数	210
6-2-2 液液平衡关系的关联	210
第三节 多级逆流萃取过程的计算.....	212
6-3-1 逐级计算法	212
6-3-2 矩阵法	214
第四节 连续(微分)逆流萃取过程的计算.....	216
6-4-1 活塞流模型	217
6-4-2 扩散模型	218
6-4-3 理论级和理论级当量高度(HETS).....	223
第五节 萃取设备设计.....	223
6-5-1 萃取设备的分类	224
6-5-2 萃取设备的性能及其评价	224
6-5-3 萃取设备型式的选择	227
6-5-4 典型萃取设备的设计	228
参考文献.....	249
本章符号说明.....	250
 第七章 化工设备材料与防腐	254
第一节 概述.....	254
7-1-1 材料的分类	254
7-1-2 材料的性能	254
7-1-3 选择材料的原则	255
第二节 金属材料.....	256
7-2-1 碳钢	256
7-2-2 合金钢	258
7-2-3 有色金属	260
第三节 非金属材料.....	260
7-3-1 无机非金属材料	261
7-3-2 有机材料	261
第四节 化工设备的腐蚀及防护.....	263
7-4-1 腐蚀概述	263
7-4-2 化工设备的防腐	264
参考文献.....	266
 第八章 化工设备的结构与机械设计	267
第一节 概述.....	267

8-1-1 化工设备的结构与机械设计要求	267
8-1-2 化工设备结构的分析	267
8-1-3 化工设备零部件的标准化	267
8-1-4 化工设备的结构与机械设计	268
第二节 化工容器设计.....	269
8-2-1 内压圆筒的强度计算	270
8-2-2 封头设计	272
8-2-3 外压容器设计	275
8-2-4 容器的开孔补强	278
8-2-5 综合计算举例	280
第三节 化工设备的联接.....	281
8-3-1 法兰联接	281
8-3-2 焊接简介	289
第四节 化工设备零部件的选用.....	291
8-4-1 接管与接口	291
8-4-2 人孔与手孔	295
8-4-3 视镜	296
8-4-4 液面计	297
8-4-5 支座	298
8-4-6 动密封装置	302
参考文献.....	305
本章符号说明.....	306

第一章 化工设计概论

为了建设新的或改造旧的化工装置或设备,必须事先作出周密的计划、方案,绘制精确的施工图样,以求高速度、高质量、高效益地完成建设任务,这就需要对建设项目进行精心的设计。

正确的设计必须从我国社会主义建设的根本利益出发,切合客观实际,技术上先进,经济效益良好。设计人员必须深入掌握有关的基础理论和专业知识,了解国内外先进科技成果,详细调研国内外有关的经验教训,了解项目所处的自然条件等等。根据从实际调研中所获得的大量资料,结合有关专业知识和计算结果,进行多方面的方案比较,才能做出比较合理的设计。

第一节 化工设计的内容及分类

1-1-1 设计阶段与内容

设计工作按进行顺序有下列几个阶段:提交项目建议书,可行性研究,基础设计,详细设计,配合施工和开工。

1. 项目建议书

各部门根据国民经济和社会发展规划的要求,经过调查、预测、分析,提出项目建议书,报请各级计划部门批准。项目建议书应包括以下内容:

- (1) 项目提出的必要性和依据;
- (2) 产品方案、拟建规模和建设地点的初步设想;
- (3) 资源情况、建设条件、协作关系、引进技术的初步分析;
- (4) 投资估算和资金来源的设想;
- (5) 经济效益和社会效益的初步估计。

2. 可行性研究(或设计任务书)

按照批准的项目建议书,组织可行性研究,对项目在技术上、经济上是否合理和可行,进行全面分析和论证。认为项目可行后,推荐最佳方案,编制设计任务书或可行性研究报告上报。

可行性研究报告或设计任务书的内容:

- (1) 根据经济预测、市场预测确定项目规模和产品方案;
- (2) 资源、原材料、燃料以及公用设施的落实情况;
- (3) 建厂条件和厂址方案;
- (4) 确定技术路线、主要设备型式和技术经济指标;
- (5) 全厂布置,总运输图,原料产品储运,土建工程量估算,水、电、汽等公用工程,能耗分析与节能措施;
- (6) 环境保护与城市规划、防洪防震等措施;

- (7) 企业组织、定员、管理体制、生活福利设施;
- (8) 建设工期和实施进度;
- (9) 投资预算和资金筹措;
- (10) 经济效益和社会效益,包括生产成本估算,财务评价,国民经济评价等;
- (11) 综合评价与结论。

3. 基础设计(初步设计)

基础设计或初步设计是项目决策后,根据设计任务书所作的具体实施方案,包括:

(1) 完成工艺设计,绘制工艺流程图,进行物料平衡与能量平衡,计算设备尺寸,确定各种操作条件等;

- (2) 绘制非标准设备草图,提出设备一览表;
- (3) 绘制装置的平面和立面布置图;
- (4) 自控、供电、供水、三废处理、土建工程等方面的设计方案,提出材料表;
- (5) 投资概算;
- (6) 成本计算与经济评价;
- (7) 编写基础(初步)设计说明书;
- (8) 编写工程概算书;
- (9) 其他。

4. 详细设计(施工图设计)

准备施工所需的各种施工图及详细的设计文件,包括:

- (1) 施工流程图,包括各管线编号、尺寸,各种阀门、仪表及开停工与事故管路;
- (2) 所有非标准设备的制造图;
- (3) 所有标准设备和机泵的型号、规格、尺寸、安装位置、安装图等;
- (4) 所有管道的材质、规格、尺寸、保温、防腐以及管道安装图,管架图等;
- (5) 所有土建、给排水、供电、仪表、自控装置、供热、供气等公用工程的施工图;
- (6) 施工用一切材料的规格、数量,材料汇总表;
- (7) 卫生、环境保护、安全措施等;
- (8) 各种施工说明书。

5. 设计代表

设计单位应派出代表参加施工与试车,解释图纸,提出制造规范与质量要求,参加设备制造与安装的验收,对设计中存在的问题进行修改和补充,提出试车程序、工艺参数,主持考核、验收、标定,协助生产单位进行故障诊断和排除等。

应根据工程规模大小,重要性,技术复杂程度,设计水平高低等条件,针对具体的设计项目,确定设计的阶段。对专业设计部门承担的大型工程项目,需包括上述所有设计阶段。而对小型的、技术上较成熟的设计项目,为了缩短设计时间,通常只进行可行性研究、初步设计和施工图设计,甚至还可以进一步精简。

1-1-2 设计范围与对象

按设计对象的规模可分为工厂设计、装置设计(或车间设计)、化工单元设备设计。

1. 工厂设计

解决工厂建设的总体规划与全局性问题,包括:

- (1) 原料来源,产品品种规格,生产规模与发展远景;
- (2) 厂址选择;
- (3) 生产工艺:全厂生产流程,全厂物料平衡,各产品的生产方法与工艺流程;
- (4) 公用工程,全厂能量平衡;
- (5) 辅助设施,包括机修、电气、仪表车间,中央分析室,仓库,料场,罐区等;
- (6) 工厂机构,定员,车间配置;
- (7) 厂区建筑;
- (8) 工厂总平面图设计:全厂各建筑物,生产设备、辅助设施、道路绿化等的合理布置,厂内外运输条件、货物流通量与运载能力的平衡;
- (9) 三废处理与环境保护;
- (10) 生产安全与防火、防洪、防震设施;
- (11) 全厂的经济分析,建厂投资,产品成本,劳动生产率,利润率,投资回收期等。

2. 车间设计

化工车间(包括一个或几个装置)设计由化工工艺设计和非工艺设计(包括土建、自控、给排水、电气、供热、采暖通风等专业)所组成。化工设计人员承担工艺设计,并向非工艺设计部分提出要求,供给设计依据,所以工艺设计是整个设计的核心。

车间(装置)工艺设计的内容与步骤大致为:

- (1) 方案设计:根据技术经济指标,确定生产方法,研究过程的热力学与动力学,得出最佳操作条件,确定单元设备的型式,进行工艺流程设计,绘制工艺流程图;
- (2) 全车间(装置)的物料衡算,绘制物料流程图;
- (3) 全车间(装置)的能量衡算,确定蒸汽、电力、冷却水等的消耗量;
- (4) 设备工艺计算,绘制设备制造图;
- (5) 车间(装置)的布置,设备平面和立面布置图;
- (6) 管路设计,管径计算,绘制管路布置图、管架图、管段图;
- (7) 给非工艺专业提供设计条件与要求;
- (8) 编制概算书;
- (9) 编制设计说明书、设备一览表、材料汇总表等。

3. 化工单元设备设计

这是装置设计的一部分,解决其中主要非标准设备如反应器、精馏和吸收设备等。内容同车间设计。

第二节 化工设备设计方法与步骤

化工设备种类很多,每种设备的设计方法不同。本节阐述主要化工设备的共同设计方法与步骤。

1-2-1 对化工设备设计的要求

1. 满足工艺过程对设备的要求,如精馏吸收等分离设备达到规定的产品纯度、收率,热

交换设备达到要求的温度等；

2. 技术上先进、可靠，如热交换器有较高的传热系数，较少的金属用量，精馏塔有较高的传质效率，较高的液泛气速等；

3. 经济效益好。如投资省、消耗低、生产费用低；

4. 结构简单，节约材料，易于制造，安装、操作和维修方便；

5. 操作范围宽、易于调节、控制方便；

6. 安全、三废少。

1-2-2 设计方法与步骤

1. 明确设计任务与条件。

(1) 原料(或进料)与产品(或出料)的流量、组成、状态(温度、压力、相态等)、物理化学性质、流量波动范围；

(2) 设计目的、要求，设备功能；

(3) 公用工程条件，如冷却水温度，加热蒸汽压力，气温、湿度等；

(4) 其他特殊要求。

2. 调查待设计设备国内外现状及发展趋势，有关新技术及专利状况，设计计算方法等。

3. 收集有关物料的物性数据，腐蚀性质等。

4. 确定方案。

(1) 确定设备的操作条件，如温度、压力、流比等；

(2) 确定设备结构型式，评比各类设备结构的优缺点，结合本设计的具体情况，选择高效、可靠的设备型式；

(3) 确定单元设备的流程。

5. 工艺计算。

(1) 全设备物料与热量衡算；

(2) 设备特性尺寸计算，如精馏吸收设备的理论级数、塔径、塔高、换热设备的传热面积等，可根据有关设备的规范和不同结构设备的流体力学、传质传热动力学计算公式来计算；

(3) 流体力学计算。如流动阻力与操作范围计算；

6. 结构设计。在设备型式及主要尺寸已定的基础上，根据各种设备常用结构，参考有关资料与规范，详细设计设备各零部件的结构尺寸。如，填料塔要设计液体分布器、再分布器、填料支承、填料压板、各种接口等；板式塔要确定塔板布置、溢流管、各种进出料口结构、塔板支承、液体收集箱与侧线出入口、破沫网，等等。

7. 各种构件的材料选择、壁厚计算，塔板、塔盘等的机械设计。

8. 各种辅助结构如支座、吊架、保温支件等的设计。

9. 内件与管口方位设计。

10. 全设备总装配图及零件图绘制。

11. 全设备材料表。

12. 制造技术要求与规范。

要做好设备设计，除了要有坚实的理论基础和专业知识外，还应了解有关本设备的新技术、新材料，了解设计规范与有关规定，熟悉有关结构性能，具有足够的工程、机械知识。在确

定方案时还应了解必要的技术经济知识与优化方法。在工艺计算时,要能运用计算机软件或自编程序进行计算。

设计人员要有高度的责任心与细致的科学作风,否则将给建设工作带来重大的损失。

以上设计步骤并不是简单地顺序进行,有时工艺计算的结果要求重新进行方案确定,有时要选择几个方案进行技术经济评比,择优而取。

第三节 化工过程及设备的技术经济评价

技术经济评价是化工过程与设备设计、生产管理中的重要概念与方法。设计人员不仅要懂技术,还要有经济观点,能从技术、经济等方面综合考虑。

技术经济评价的任务就是判断某化工过程(或某产品生产)或某设备在技术上是否先进,经济效益是否高。有关经济效益分析的知识,详见《化工技术经济》课程及有关专著,本节仅粗浅地介绍一些基本概念与方法,供在化工单元过程及设备设计中参考。

1-3-1 技术经济评价的指标

衡量技术经济效果需要有一套标准或指标,作为定量比较的尺度。

1. 技术指标

- (1) 原料质量、价格、安全性及加工复杂性等;
- (2) 产品质量;
- (3) 原料利用率(产品收率、反应转化率、原材料消耗定额等);
- (4) 能量消耗额;
- (5) 劳动生产率(每个工人生产的产品量或产值);
- (6) 技术复杂性,设备总数、总重、总投资额;
- (7) 生产安全性、三废数量浓度等;
- (8) 其他。

表 1-1 列举了各种高密度聚乙烯生产过程的技术指标,如反应器温度、压力,生产强度(单位体积反应器、单位时间的产量),催化剂效率,原料、溶剂、冷却水消耗定额,能耗指标等。显然,反应器的温度和压力愈高,对设备的要求愈苛刻;生产强度愈低,则达到一定产量所需的反应体积(质量)愈大,这些都使基本建设的投资增加。原材料、能量的消耗定额愈高,则生产消耗愈大,使产品成本提高。所以技术指标与经济指标是密切相关的。

2. 经济指标

(1) 基建投资额:建设一项工程所需用于建造厂房、购置机器设备、原材料等生产资料而投入的资金称为基建投资,包括设计对象的总投资,单位生产能力的投资,单位设备的造价等。

(2) 产品成本:它是生产某种产品所支付的资金的总和,是分析评价任何设计方案经济效益的综合性指标。以上所述的技术指标、基建投资等都直接或间接地反映在产品成本之中。

(3) 利润与利润率:利润是产品销售金额扣除生产成本与税金后的余额。利润率表示经济收益的效率,如投资利润率即年利润额占投资额的百分数。

表 1-1 各种高密度聚乙烯的技术指标比较表

生产方法 工艺指标	气相法	液相泥浆法			溶液法
	UCC 法	Phillips 法	MCI 法	Solvay 法	Stamicalbon
反应器	流化床	闭合双环管式	夹套式	环管式	搅拌槽
反应压力/MPa	2.07	3.45	3.45	3.69	2.93
反应温度/℃	85~100	110	80~90	80	
停留时间/h		1.5	2	2~5	1/12
产品产量/kg/h	5760	5753	5753	3830	11258
反应器体积/m ³	96	63	96.6	56.6	10
催化剂效率/kg 产品/kg	9000	3500	150000	11000	50~500
溶剂消耗/t/t 产品	无	异丁烷 0.04	正己烷 0.042	正己烷 0.025	正己烷 0.036
原料消耗/t/t 产品	1.023	1.026	1.027	1.04	1.03
助剂消耗/t/t 产品	0.013	0.012	0.001	0.0016	/
冷却水/t/t 产品	19.74	121.8	161.7	254.7	254
电耗/kW·h/t 产品	585.4	546.4	478.3	612.8	1066

(4) 投资回收期或还本期：工程的利润总额抵偿投资额所需要的时间。

(5) 年费用：对化工装置中的单元设备，难以计算其经济收益或利润，可以计算该设备（达到规定功能）每年投入的费用消耗。费用愈小，经济效益就越大。

(6) 其他经济学指标。以上指标没有考虑资金与时间的关系，由于资金是随时间而增值的，所以上述静态的经济指标还不能完全反映工程投资过程的经济效益，还有许多动态的经济指标，如动态还本期、内部收益率等。但静态指标简单、直观，使用方便，在建设前期中应用较多。

在化工设备设计中，基建投资与生产成本（生产费用）是两个最基本、最常用的指标，简单介绍如下：

1-3-2 基建投资估算

这里仅介绍化工设备的建设投资，即用于设备材料购买、加工、安装、辅助结构（如防腐、保温）等的资金。

化工设备分标准设备与非标准设备两类，前者如泵、鼓风机、压缩机、过滤机、离心机等定型的、市售的机械设备；后者如容器、塔、反应器等非定型的、需根据生产条件而设计的设备。

标准设备的价格可从商品目录及有关手册中查到。非标准设备无固定价格，一般由下式估算

$$C = WC_u \quad (1-1)$$