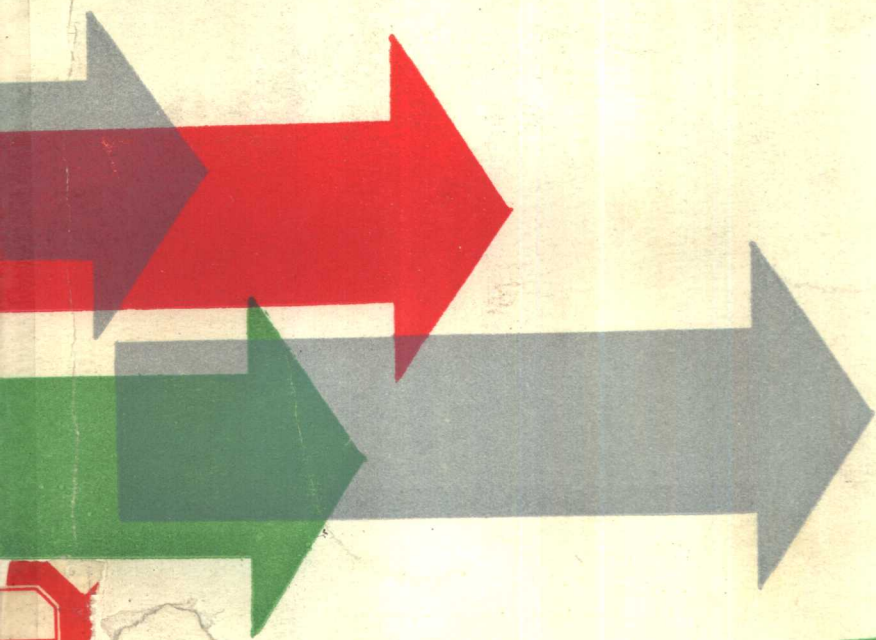


化工过程设计与经济

葛维寰 关 俶 王东平 周积翰 编



上海科学技术出版社

工
设
计
1

化工过程设计与经济

葛 维 袁
关 傲
王 东 平
周 积 翰
编

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本书包括化工过程设计与技术经济评价两部分。介绍了化工设计的全过程概况、工程项目可行性研究与经济评价、化工过程的设计、工艺用能过程分析及最优化在化工设计中的应用。

本书可作为大专院校化工工艺类专业有关课程的教材，也可供从事化工设计、化工工艺技术人员参考。

化工过程设计与经济

葛维寰 大 俣 编
王东平 周积翰

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

上海发行所发行 江苏如东印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 14.625 字数 322 000

1989年4月第1版 1989年4月第1次印刷

印数 1—5,000

ISBN 7-5323-0783-2/TQ·11

定价, 5.95元

前 言

从事化学工业(包括炼油工业)的工程技术人员, 不仅应掌握化工过程的基础理论及有关的工程科学, 如化工原理、化工热力学、反应工程学、化工工艺学、计算机技术等, 而且应学会在工程设计中如何运用这些知识, 并能预测所设计的工程项目对企业与国家可能产生的经济效益。因此, 就有必要学习化工过程分析与设计、经济学等方面的知识, 这正是本书的编写目的。据此目的, 本书包括两大方面内容, 即化工过程设计与技术经济评价。全书共分五章: 第一章, 概论, 除对全书内容作原则性介绍外, 还对化工设计中的一些共同问题进行了讨论。第二章, 工程项目可行性研究与经济评价, 介绍了可行性研究的概念与内容, 在可行性研究阶段进行技术经济评价的方法。第三章, 化工过程设计, 讨论了生产方案的产生与筛选、工艺过程设计的内容、在设计中如何运用各门学科的知识、设计中工艺专业与其他专业的关系。第四章, 工艺用能过程分析与设计, 主要介绍在化工过程的分析与设计中焓分析(或称有效能分析)方法的应用。第五章, 化工设计与经济评价中的最优化, 介绍了一些数学中的最优化方法在设计与经济评价中的应用。

本书可作为化学工艺类专业有关课程的教材, 对从事化学工业的设计、生产的工程技术人员也有重要参考价值。

本书在编写过程中得到上海化工设计院、上海医药工业设计院、金山石化总厂规划设计院、上海焦化厂等单位的有关

专家的指导与帮助,在此深表谢意。

由于编者水平有限,书中错误在所难免,恳请读者指正。

编 者

1986.10

目 录

第一章 概论	1
一、工程项目开发程序	1
二、化工设计中的一些共同问题	5
第二章 工程项目可行性研究与经济评价	11
第一节 技术方案经济比较的原则	12
一、满足需要方面可比	12
二、消耗费用可比	14
三、价格指标可比	15
四、时间因素可比	16
第二节 工程项目的可行性研究	16
一、概述	16
二、可行性研究的内容	19
三、可行性研究的特点	24
第三节 方案的论证	26
一、论证目标和论证原则的确定	26
二、建立评价指标体系	28
三、方案评价	30
四、优化方案的缺陷与对策	30
第四节 工程项目经济评价的指标与方法	30
一、项目的经济评价程序	31
二、工程项目的现金流通	34
三、经济评价中常用的指标	38
四、评价方法	51
五、社会主义制度下经济效果的评价原则	57

第五节 盈亏分析、敏感性分析和概率分析	68
一、盈亏分析	68
二、敏感性分析	72
三、不定因素的概率分析	73
四、决策树的应用	75
第六节 费用与成本的估算方法	79
一、设备费用估算法	79
二、项目建设投资估算法	90
三、成本估算	100
思考题	105
参考文献	106
第三章 化工过程设计	108
第一节 化工过程的分析和综合	108
一、分析和综合的一些因素	108
二、化工过程的分析和综合	115
第二节 原料路线和生产方法的选择	130
一、原料路线的确定	131
二、生产方法的选择	134
三、工艺路线论证的有效能分析法	135
第三节 化工过程设计的内容和步骤	139
一、生产方法的选择和设计数据的收集	142
二、确定设计基准	144
三、化工工艺流程设计	147
四、物料衡算	156
五、能量衡算	163
六、设备的工艺计算与选型	176
七、生产装置的布置设计	178
八、向其它非工艺专业提交设计委托书	184
九、设计说明书	187

第四节 有效能衡算	189
一、有效能的基本概念	191
二、稳定流动系统的熵平衡方程式	197
三、过程或装置的熵效率	200
四、稳定物流熵的基本计算方法	204
思考题	211
参考文献	211
第四章 工艺用能过程分析与设计	213
第一节 概述	213
一、节能与合理用能的重要性	213
二、节能及合理用能的理论基础	213
三、本章主要内容	214
第二节 单元过程及设备的熵分析	215
一、流体流动及输送过程和设备	215
二、传热过程和设备	222
三、传质过程和设备	230
四、化学反应过程及设备	240
第三节 工艺过程用能分析	249
一、单元设备熵效率与系统熵效率的关系	
——杨东华-王灿模型	250
二、用能三环节模型(华贲模型)	261
第四节 合理用能	274
一、合理用能的判据	274
二、熵的成本	276
第五节 工艺用能过程设计	280
一、换热网络合成方法	280
二、换热网络与动力装置能量联合的适宜布置设计	301
三、蒸馏系统热能有效利用	314
思考题	320

参考文献	321
第五章 化工设计与经济评价中的最优化	323
第一节 概述	323
一、化工系统的最优化	323
二、最优化的特征	326
第二节 以微积分法寻找最优设计点	328
一、基本原理	328
二、应用实例	328
第三节 以直接搜索法寻找最优设计点	343
一、概述	343
二、全面搜索法	346
三、逐步搜索法	346
四、多峰值函数的最优化	368
第四节 多设计变量情况下最优条件的搜索	369
一、坐标转换法	369
二、梯度法	376
三、最速上升(或下降)法	379
四、最优的最速上升(或下降)法	385
五、模式搜索方法	388
第五节 线性规划在设计与经济评价中的应用	403
一、线性规划的一般形式	404
二、线性规划的运输问题在设计中的运用	406
三、以线性规划图解法寻找最优条件	410
四、单纯形法的应用	420
思考题	450
参考文献	451
附录 1 主要无机化合物的标准化学焓(日本国标)	452
附录 2 元素化学焓表(日本国标)	454
附录 3 主要有机化合物的标准化学焓(日本国标)	458

一、工程项目开发程序

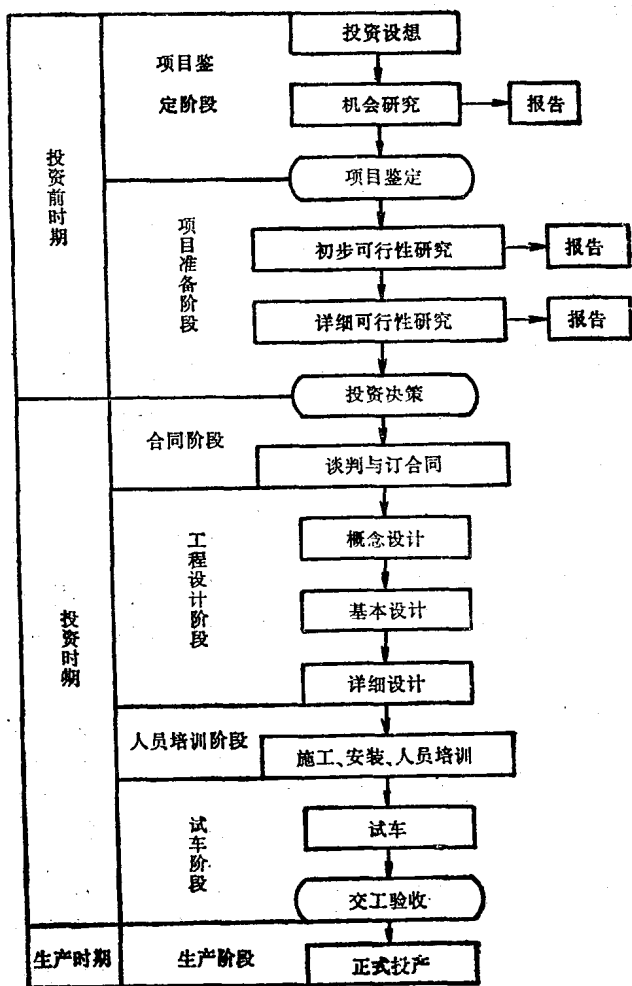
工程项目从规划(或投资设想)到最后正式投产需经过一系列步骤,整个步骤称之为工程项目的开发程序。其中每一个阶段由于目的不同,对过程设计与技术经济评价的内容、要求、深度及精确程度也都各不相同。各国由于社会制度与经济体制的不同,工程项目的开发程序也有所不同。

1. 西方国家类型

西方资本主义国家是以市场经济为主。资本家进行投资时,对其拟投资的项目,首先考虑的是自己的利害得失和风险。在这样的前提下,对于大型工程项目的开发程序,一般可划分为三个时期,即投资前时期、投资时期及生产时期,每个时期又可分为几个阶段,如图 1-1 所示。

假定该工程项目是新产品的开发过程,则投资设想可能是一项研究计划的结果,也可能是销售部门根据市场信息而提出的建议。假定是新工艺的开发,则投资设想可能来自企业工程部门的创造或对现有工艺的改进。

当经过初步分析,认为该投资设想有可能开发成为一项有价值的工程时,则将进行投资机会研究。这阶段将着重进行市场需求及资源的调查、研究有关政策和了解投资所在地区的经济概况等。若机会研究的结果表明投资机会良好,则转入项目准备阶段。这一阶段主要是投资决策前的可行性研



■ 1-1 西方国家工程项目开发程序

究,其过程设计与技术经济评价是为投资决策服务的,如进行多种生产方法及工艺路线的比较,以便选择技术上先进和经济上合理的方案。投资者根据可行性研究报告,作出投资决策。一旦决定投资,则转入投资时期。此时投资者将委托设计部门进行工程设计。工程设计一般分为概念设计、基本设计和详细设计三个阶段。工程设计结束后即可进行施工及人员培训,接着进行试车、制订运行管理规程,验收合格后便可正式投产。

由于资本主义国家是市场经济,故工程项目的开发必然从市场调查和市场预测着手,又由于投资者是私人资本,故项

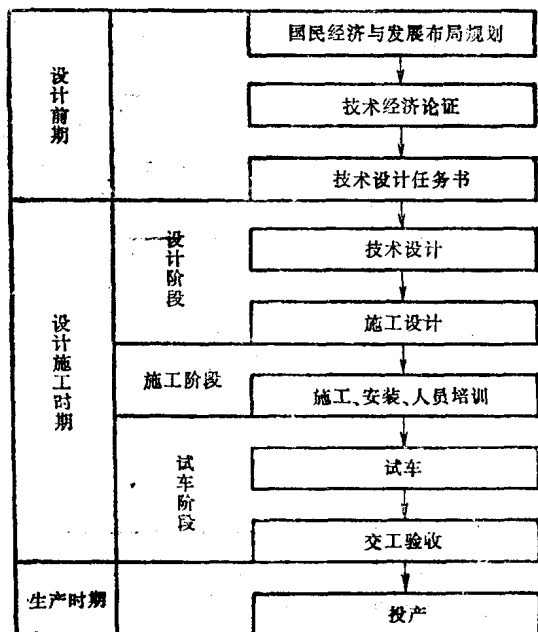


图 1-2 苏联工程项目开发程序

目评价的核心必然是财务评价。

2. 苏联类型

社会主义国家是以计划经济为主,任何工程项目的投资必定要服从国民经济生产发展规划。苏联七十年代以来工程项目的开发程序如图 1-2 所示。

开发程序中的技术经济论证是在国民经济发展和布局规划的指导下,对具体工程项目进行技术经济分析,是设计前文件,故在工程项目开发程序中的地位大致与资本主义国家的可行性研究类似。在论证的基础上,一旦项目被批准,则编制技术设计任务书。因此,在设计阶段不再重新论证项目的经

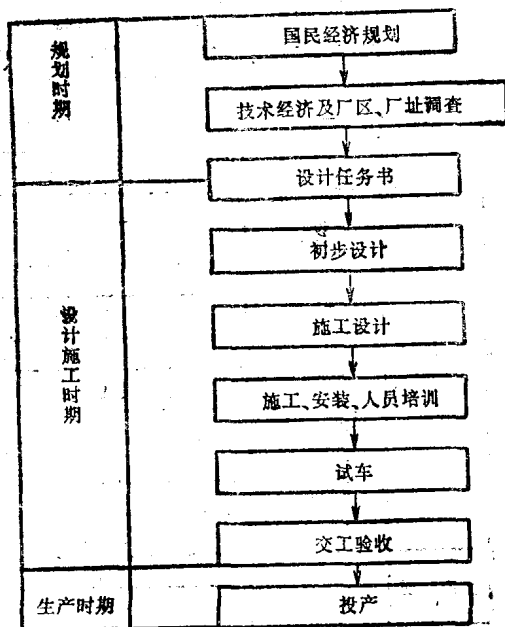


图 1-3 我国八十年代前工程项目开发程序

济合理性等重大问题。

3. 我国的开发程序

我国在五十年代,由于全面学习苏联,工程项目的开发程序与苏联的大致相同。直至八十年代前我国的开发程序如图1-3所示。

技术经济调查的目的在于确认拟建项目的合理性,故在工程项目开发程序中的地位与作用类似于可行性研究。但是过去长期来我国的基建投资由国家拨款,企业不存在资金筹措和资金偿还的问题,因而不注意投资经济效果的科学分析。根据国家计划规定的指标确定工厂规模、产品品种,而全部产品又由国家包产包销,产品入库就报产值。实际上,无论产品是积压或畅销,对产值毫无影响。因此,在确定建设工程项目时,不注意市场调查和预测。

设计阶段的初步设计,其一部分相当于可行性研究的部分内容,另一部分则相当于基本设计的内容,是为施工图设计作准备。在下达设计任务书之后的初步设计中进行项目经济合理性的论证。因此,这可谓是一种事后的分析论证,对项目的建设与否不起任何作用。

这些问题是我国过去工程项目开发程序中的症结所在。如今随着我国经济建设的发展,我们正逐步吸取国外有益的经验,完善与建立我国自己的开发程序。

二、化工设计中的一些共同问题

一个大型化工厂往往是由许多车间(装置)组成的联合企业。新建化工厂的设计先要有总体规划设计,包括厂址选择、化工车间及公用工程的组成与规模、全厂总平面布置、各车间之间的关系、全厂总物料平衡及能量平衡以及全厂性的技术

经济指标等。在此我们将对工厂设计及车间设计中的几个共同问题进行探讨。

1. 厂区及厂址选择

厂区及厂址的合理选择对工程项目建设的成功与否具有重大影响。西方国家一般是在初步可行性研究阶段选定厂区，在详细可行性研究阶段确定厂址。我国过去在技术经济调查之后专门有厂区、厂址调查，并要有厂区、厂址选择报告。故厂区、厂址在设计任务书中已确定，工程设计阶段并不存在选厂区、厂址问题。目前我国推行可行性研究，则选择厂区、厂址是可行性研究的组成部分。

在社会主义经济条件下，选择厂区、厂址，首先应服从于国民经济布局规划，在此前提下，应考虑如何使生产费用及分配费用最小，此外还要考虑以下一些因素：

(1) 原料：该地区原料供应的可靠性、厂区离原料供应点的距离及运输费等。若生产过程的原料处理量大，则厂区应尽量接近原料产地。

(2) 市场：若产品运输不便，则厂区应尽量接近市场。因销售地点位置影响产品运输所需时间及运费，从而影响产品分配费用。

(3) 能源供应：包括电力及燃料等的供应，必须有充分保证。

(4) 气候条件：气候条件对基建投资及操作费都有影响。例如寒冷地区必须建泵房，而气温较高的地区，则泵可置于露天；寒冷地区设备的散热量大，从而能耗也大；湿度高的地区影响物料干燥速度等，故选择厂区时必须考虑气候条件。

(5) 交通运输：水路、铁路及公路是工厂通常采用的交通运输手段。只要有可能，所选厂址应尽量接近这三种交通运

输枢纽,至少应有可能采用其中两种交通运输手段。

(6) 水源:化工厂是大量用水的企业。故厂址应选在供水充足的地区。若该地区供水呈季节性波动,则应建立水库。选择水源时,还应充分掌握水温、水中矿物质含量、泥沙含量、微生物含量等数据。此外还要考虑水费和净化处理费。

(7) “三废”处理与环境保护:化工厂是产生大量“三废”的企业,必须考虑所选厂区、厂址是否有条件进行合适的三废处理以满足环境保护法的要求。所选厂区应避开旅游地区及考古发掘地区。

(8) 劳动力来源:该地区是否有熟练工人,还是需经长期培训,这也是选择厂区时应考虑的问题之一。

(9) 法律限制:必须了解该地区是否有特殊法律限制,例如自然保护区禁止设厂等情况。

(10) 地理特点:应了解所选地区的地形、地势、土壤结构,该地区是否多地震、震级大小等,这些因素对基建费用有很大影响。

(11) 社会因素:应了解所选厂区附近的其他企业状况、生活供应设施、文化娱乐设施等。

在具体选择厂区、厂址时,要全面满足这些条件往往很困难,因此常是选若干个方案进行技术经济评价,选取最优方案。

2. 车间布置

车间布置设计是在工程设计阶段,工艺流程图完成之后进行的。我国初步设计阶段只做车间平面布置,它仅表明设备之间、设备与建筑物、构筑物之间的基本位置关系。它们的间距与方位要符合安全防火规范及施工安装规定。施工图设

计阶段,要在平面布置图、工艺管线及自控流程图基础上进行配管设计。

3. 自控流程

化工过程的变量(如温度、压力、流量、液位、密度、pH值)通常都需严格控制,以保证产品质量及过程顺利进行。现代化的化工装置都采用自动调节或自动控制进行操作。我国在初步设计阶段(西方国家在基本设计阶段)由工艺专业及仪表专业设计人员共同进行自控流程的设计。

4. 公用工程

公用工程一般包括工业用水、动力和蒸汽的供应。

工业用水可以有两个来源:工厂自备或市政用水。对于大型化工厂一般需水量很大,工厂自备水源比较经济合理。

化工厂中所需动力主要依靠电力。通常最好有两个独立的电源,以保证当其中之一不能供电时工厂能继续运转。若工厂建立自己的发电装置,则可以得到副产蒸汽,此蒸汽可用于加热、汽提及保温等工艺用途。

蒸汽可来自热电站或由专设的锅炉房产生。一般总是先产生高压蒸汽,经过蒸汽透平膨胀做功得到动力,然后乏汽用于加热或其他工艺用汽。热电联产以及蒸汽的逐级合理利用对节能有重要意义,设计时应按总能系统设计原则进行考虑。

5. 土建设计

土建设计中最重要的一环是重型设备及震动机械的地基设计。地基形式主要取决于载荷及土壤性质,不同性质的土壤容许承压不同,故在设计之前必须对厂址所在地的土壤进行检验,在不同深度检验其承压特性。

土建设计中应特别注意建筑物的地板及屋顶对维修可能