

高等教育“十三五”规划教材



化工产品 生产工艺流程设计

主 编 刘立华
副主编 周智华

Huagong Chanpin Shengchan Gongyi Liucheng Sheji

Huagong Chanpin
Shengchan Gongyi Liucheng Sheji

非外借

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

高等教育“十三五”规划教材

化工产品生产工艺流程设计

主 编 刘立华

副主编 周智华



中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书介绍化工产品生产工艺流程设计在化工生产中的地位 and 作用, 生产工艺流程设计的任务、基本程序和方法, 生产工艺流程的设计, 工艺设计计算方法, 主要设备的设计与选型, 工艺流程图的绘制等内容。本书将工艺流程设计的基本原理、基本原则、基本方法和基本要求与设计实例相结合, 力求内容全面, 观点准确, 通俗易懂。

本书可以作为化学工程与工艺、应用化学、制药工程、材料化学、环境工程和能源化工等专业本科生教材, 也可以作为研究生和工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

化工产品生产工艺流程设计/刘立华主编. —徐州:

中国矿业大学出版社, 2017. 8

ISBN 978 - 7 - 5646 - 3556 - 5

I. ①化… II. ①刘… III. ①化工产品—生产工艺—
生产流程 IV. ①TQ062

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 128581 号

书 名 化工产品生产工艺流程设计
主 编 刘立华
责任编辑 周 红
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)
营销热线 (0516)83885307 83884995
出版服务 (0516)83885767 83884920
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
印 刷 江苏凤凰数码印务有限公司
开 本 787×1092 1/16 印张 24 字数 599 千字
版次印次 2017 年 8 月第 1 版 2017 年 8 月第 1 次印刷
定 价 39.80 元

(图书出现印装质量问题, 本社负责调换)

前 言

化工产品的生产过程就是原辅材料经过一系列的物理的、化学的变化转变成满足人们需要的产品的过程。化工产品生产的经济效益除与市场、管理和销售等非生产因素有关外,在很大程度上取决于所采用的生产方法和工艺是否先进、合理和优化,具体体现在设计的生产装置和工艺上,因此,化工产品生产工艺的设计是化工产品的生产及其取得良好经济效益的基础。生产工艺流程设计是化工产品生产工艺设计的核心,也是需要最先进行的一项设计内容。它不但能勾画出整个设计的概貌,决定整个设计的方向,而且还起着组织与协调各个非工艺专业互相配合的主导作用。当工艺设计原则确定后,土建、设备、仪表及公用工程等各项原则均随着工艺的确定而确定下来。因此,生产工艺流程设计对整个设计的水平和质量,以及项目投产能否取得成功并取得良好经济效益具有重要影响,在整个化工设计中居于核心和支配地位。合理、优化的生产工艺流程是生产合格化工产品并取得良好经济效益的基础和保证,因此,进行化工项目的设计,必须首先重视生产工艺流程的设计。

鉴于生产工艺流程设计在整个化工项目设计中的重要性,本书尝试对生产工艺流程设计所涉及的问题做较全面系统地介绍,注重内容阐述的系统性和完整性,强化了工艺流程设计的科学性、完整性、严肃性和规范性,给读者对化工产品生产工艺流程设计的过程与方法以完整、清晰的认识和了解,利于培养读者从事工程设计的全局观念、过程优化观念、生产实际观念和技术经济观念。

本书分为六章,包括化工产品生产工艺流程设计在化工生产中的地位和作用,生产工艺流程设计的任务、基本程序和方法,生产工艺流程的设计(工艺技术路线的选择、流程设计方法与原则),工艺设计计算(物料衡算和热量衡算),主要设备的设计与选型,工艺流程图的绘制等内容。本书可以作为化学工程与工艺、应用化学、制药工程、材料化学、环境工程和能源化工等专业本科生教材,也可以作为研究生和工程技术人员的参考书。

本书由刘立华教授担任主编,周智华教授担任副主编。全书由刘立华统稿,湖南科技大学化学化工学院应用化学与制药工程系部分老师参与了本书内容的讨论、审核,提出许多宝贵意见。在本书编写过程中参考了许多专家、学者的文献资料,引用了参考文献中的部分内容、图表和设计计算实例,在此特向文献作者致以诚挚的谢意!在本书编写过程中还得到了湖南科技大学和中国矿业大学出版社的大力支持,并得到了湖南省普通高校“十三五”专业综合改革试点项目(湘教通 2016[276]号)和“化工与材料”国家级实验教学示范中心建设项目(教高厅函 2016[7])的资助,在此一并表示感谢!

由于编者水平有限,书中的缺点、错误和不当之处在所难免,恳切希望广大读者和同行不吝批评指正。

编 者
2017 年 4 月

目 录

第 1 章 生产工艺流程设计概述.....	1
1.1 化工设计概述	1
1.2 工艺流程设计在化工生产中的地位和作用	6
1.3 生产工艺流程设计的基本内容与步骤	6
1.4 对设计人员的要求	8
第 2 章 生产工艺流程设计的任务、基本程序和方法.....	10
2.1 生产工艺流程设计的任务.....	10
2.2 生产工艺流程设计的内容.....	10
2.3 生产工艺流程设计的基本要求.....	17
2.4 生产工艺流程设计的基本程序和方法.....	17
第 3 章 生产工艺流程设计	21
3.1 生产工艺技术路线的选择方法与原则.....	21
3.2 生产工艺流程的设计方法与应考虑的问题.....	24
3.3 生产工艺流程设计的基本原则.....	27
3.4 工艺流程设计和示意图的绘制.....	28
第 4 章 工艺设计计算	34
4.1 设计任务.....	34
4.2 计算依据.....	35
4.3 设计计算方法与要求.....	35
4.4 物料衡算.....	36
4.5 热量衡算.....	75
第 5 章 主要设备的工艺设计与选型.....	110
5.1 概述	110
5.2 流体输送设备	113
5.3 气固分离设备	133
5.4 液固分离设备	144

5.5	热交换设备	166
5.6	蒸发设备	193
5.7	吸收设备	223
5.8	精馏设备	260
5.9	萃取设备	287
5.10	干燥设备	310
第 6 章 工艺流程图的绘制		333
6.1	工艺流程图的分类	333
6.2	工艺流程图的表达内容与要求	338
6.3	工艺流程图绘制的基本规范	344
6.4	工艺流程图的绘制方法与步骤	345
6.5	管道及仪表流程图的绘制	347
附录		369
参考文献		374

第1章 生产工艺流程设计概述

1.1 化工设计概述

1.1.1 化工生产过程的本质

化工产品是指通过一系列化学反应和化学工艺过程或物理过程将原辅材料制成能满足人们某些要求的工业产品,是现代生产和人们生活不可或缺的物质,对推动人类社会的发展和人们生活的不断改善具有重要作用。与淀粉、蛋白质和纤维等天然产物相比,化工产品是为人为创造和发明的,是自然界所没有的物质,具有创造性、产品的结构和性能的可设计性和可控制性,以及功能化等特点。从事化工产品生产的产业即化学工业,是国民经济的支柱产业之一,在现代工业生产中占有重要地位。

化工产品生产过程的本质就是人为地创造条件使原辅材料通过一系列的化学或者物理的变化转变成具有某种(些)功能、能够满足人们某些要求的产品的过程。由原料到产品的生产过程需经过一系列的程式化的变化过程,这种过程即是通常所说的生产工艺流程。

1.1.2 化学工业的主要特点

化学工业包括的范围非常广泛,既包括制造最基本化工产品的“三酸两碱”的酸碱工业、生产新的合成材料的有机合成和高分子材料工业、为农业生产服务的化肥和农药工业,也包括为人民生活制造日用品的化学轻工业等诸多部门。虽然门类繁多,但具有以下共同的特点:

(1) 生产流程长、设备多,产品和动力输送由管道运输,自动化程度高

化学工业所采用的设备大都是结构复杂、材料性能要求高的密闭式的机械,车间或界区之间的半成品与动力运输,都以各种管道进行输送。主要机械设备有:① 作为化学反应场所的反应设备;② 调节温度用的各种传热设备,如换热器、加热器或冷却器等;③ 使反应物料充分接触和使容器内物质形成均匀物相的搅拌装置;④ 用于物质分离、提纯和精制的蒸发、蒸馏、萃取、吸收、结晶、过滤、干燥等设备;⑤ 为了改变物料形态和便于生产操作的粉碎设备和固体流态化设备等。由这些单元操作设备和相关的机器设备、控制仪表按照某产品的生产工艺流程组合起来就构成了一套化工生产装置。现代化工生产装置一般都具有生产能力大、效率高,生产连续化,自动化水平高,有完备的热回收系统,采用新设备、新结构、新材料,联合企业内各装置之间的关系很密切等特点,因而生产比较稳定,经济效益显著。

(2) 知识技术密集,技术更新换代快,新技术、新工艺、新产品不断出现

化学工业是技术密集型行业,化工生产技术不仅涉及化学化工技术,还包括机械、电子、计算机和自动控制等方面的技术,因此,化工生产技术实质上是把化学反应与操作方式有机结合的技术。由于化学反应技术、机械电子和自动控制技术的飞速发展,推动化工生产技术不断更新,新产品、新工艺不断涌现,原有产品和原有生产工艺淘汰加快,整个化学工业呈现不断创新、蓬勃发展的局面。如酚生产的最重要工艺过程在近 40 年内就改变了多次:① 传统的异丙苯法的生产工艺改进主要集中在开发新型烷基化催化剂、完善分解和提纯工序及降低能耗等方面,Corma 等开发的 ITQ-30 催化剂使苯的转化率高达 99%,苯酚选择性达 90%;UOP 公司开发了用于分解反应的固体酸催化剂可使苯酚的纯度接近 100%,从而达到生产聚碳酸酯的要求;Mitsui 公司开发了不联产丙酮的苯酚生产工艺,有效地解决了生产过程中丙酮过剩的问题;② 甲苯-苯甲酸法是以甲苯为原料生产苯酚的工艺,其优点在于原料甲苯来源广泛且价格便宜,一次性投资和生产费用较低等,因此,受到广泛重视,近年来通过开发新型催化剂,如 $\text{CuO-MnO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 复合氧化物,可使苯酚的选择性大于 99%,多次循环后苯酚的总收率可达到 70% 以上;③ 苯一步氧化法工艺的开发和应用进展迅速,如以 N_2O 、 H_2O_2 和 O_2 等为氧化剂的一步氧化法工艺已相继开发成功并实现工业化;④ 仲丁基苯法工艺的开发已取得了明显进展:该法以乙烯装置和炼厂气的 C_4 副产物中的正丁烯为原料,与苯发生烷基化反应生成仲丁基苯,再经氧化生成过氧化氢仲丁基苯,然后进行分解得到产物苯酚和甲乙酮。其优点在于开辟了利用正丁烯的新途径,有效提高了 C_4 的化工利用率,将成为高油价背景下石化企业降低生产成本和提高竞争力的重要手段,并且该工艺还联产甲乙酮,有效解决了丙酮过剩的问题。目前该法已开始小规模的应用,如 ExxonMobil 公司通过对 MCM-22、MCM-49、ITQ-1 等分子筛进行改性,获得的 MCM-22 改性分子筛可使仲丁基苯的选择性达到 90% 以上,收率可达 80%;Shell 公司开发了“Spam”工艺,拟在新加坡建苯酚生产能力为 300~400 kt/a、甲乙酮生产能力为 130~140 kt/a 的生产装置。

(3) 化工生产广泛采用催化、高温高压和深冷等工艺

催化剂技术是化工生产中普遍采用的技术。通过催化剂的使用可使化学反应往一定方向进行,加快或者延缓它的进程,从而可使化学反应过程具有可控性,以达到简化工序改进流程的目的。正确选择催化剂是促进新的化工生产部门建立和强化现有的化学工艺工程的重要环节,并取得良好经济效益的根本保证。

化学工业广泛采用高温高压技术。温度的增加,有利于加快反应速度,提高成品的生产率,化工生产中反应温度多在 400~600 $^{\circ}\text{C}$,有的要求更高温度。如石油裂解制乙烯的温度一般在 800~1 000 $^{\circ}\text{C}$,甲烷裂解制乙炔需在 1 000~1 200 $^{\circ}\text{C}$,甚至 1 400~1 600 $^{\circ}\text{C}$ 下进行。许多化工产品的生产在 10 MPa~100 MPa,甚至 100 MPa 以上的压力下进行,如氨合成塔的压力一般为 25 MPa~35 MPa(大氮肥装置合成压力一般为 15 MPa),其他如合成甲醇、一氧化碳、尿素和甲酸、聚乙烯等产品的制造都只有在高压下才能实现。此外,化工产品的生产除采用高温外,有些反应采用低温才能实现,通常采用冷却、冷冻或深冷的方法来实现,如以烯丙基氯和二甲胺合成氯化二甲基二烯丙基铵时常需在 10 $^{\circ}\text{C}$ 以下进行;氯化氰是以 CCl_4 为溶剂采用氰化钠和氯气为原料在 -10~-5 $^{\circ}\text{C}$ (冰盐冷剂)下合成。

1.1.3 化工设计

化工生产装置的兴建首先必须根据项目任务书的基本要求,通过充分调研、分析产品的

应用市场前景,按照产品制造的原理和方法,设计出科学合理且经济性优良的工艺技术方案和生产工艺技术,然后才能进行化工生产装置的建设。因此,化工设计是在化学工业的范畴内把某一设想变成现实的一系列程序过程中的一个关键工作过程,是化工工程建设中的一个重要环节,也是需最先进行的一项工作。一个国家化学工业的发展水平,首先体现在化工设计的水平上。它涉及的面非常广,从宏观上来说,它涉及政治、经济、技术、资源、产品、市场、环保、水文、气象、地质地理以及国情、国策、资源、标准、法规等诸多方面;在专业上,它涉及化工工艺、化学工程、机械、设备、电气、土建、自控、仪表、环保、安全卫生、仓储运输、给排水、动力和采暖通风等多个专业领域。

1.1.3.1 化工设计的内容

化工设计的内容主要包括厂址选定、总图布置、生产流程的拟定、设备装置的确定、公用工程设计,以及仪表控制设计、厂房设计、建筑设计、工程概算与预算等方面。

1.1.3.2 化工设计的特点

① 化工设计是一项政策性很强的工作,化工设计工作必须遵循国家有关方针政策和法令规范,如产业政策、国家经济发展战略及发展方向、工业经济法规、环保法规和安全生产等相关法律法规。要进行化工设计,必须要了解国情,并有对国家对人民负责的态度,保障企业经济效益和社会效益,结合国情尽可能采用先进技术和先进的设计手段进行设计。

② 化工设计是一门多学科、多人手的集体性劳动,是多专业综合性很强的创造性工作。化工设计涉及化学化工、机械、电气、控制和土建等多个专业,要完成相应的化工工程设计任务,必须有多专业集体协作,相互支持相互配合,主要包括工艺、机械、自控、电气、土建、通风采暖和给排水等专业分工合作;需要设计人员在外部约束条件的制约下,以化工工艺专业为龙头,设计人员紧密配合、精心设计,具有高度的责任心,构思各种可能的方案,经过反复比较,选择出最优的设计方案。其中工艺专业起着协调各专业设计工作的作用。

化工工艺专业人员进行设计工作的主要内容包括工艺流程设计、化工设计计算、化工设备的工艺设计和选型、车间平面布置、管网布置、设备和管道材料的选择,以及防腐、保温、三废治理及综合利用的设计等,设计工作量比较大,质量和水平要求高。一般地,当工艺设计原则确定后,土建、设备、仪表及公用工程等各项原则均随着工艺的确定而确定下来。工艺专业人员有义务向其他专业设计人员交底,提出满足工艺要求的设计条件。如果工艺设计有所变动,势必影响设计条件的变动。设计条件可能发生反复变更,就需要参加设计的各方面充分协调。各专业施工图设计完成后,还需进行会审和核查,以给施工部门提供完整而正确的施工依据。

做好一项化工设计任务,对设计人员的专业知识、技术能力和综合素质提出了很高的要求,不仅要求设计人员具有扎实的专业基础知识、深厚的专业技术能力和较丰富的工程实践经验,而且需要具备与本项设计相关的本专业以外的其他专业的相关知识和技术,以便正确理解和把握本专业与其他专业的协同关系,并能够正确地向其他专业提出设计条件,与其他专业设计人员较好地配合和协调,更好地完成各项设计任务。例如,工艺专业设计人员不仅要熟悉工艺专业的知识和技术,熟悉化工生产的特点及产品的工艺流程,了解先进的生产技术,掌握各种化工设备的性能及计算方法,对设计中所涉及的规范标准了如指掌,还须对非工艺专业的有关知识有必要的了解和掌握,如懂得一些财务、土建、机械、自控和管理等方面

的知识,能做一些初步的经济分析,从本专业的角度向其他专业的设计提出更合理的设计条件和初步评价。

③ 化工设计既是一种创造性的劳动,又是一种严肃的科学工作。进行化工设计,要求设计人员具备高度的责任心和良好的专业素养;既要有深厚的专业理论知识、熟练的技能,还要有丰富的实践经验和运用先进设计手段的能力。在设计中,尽量采用先进技术,及时消化吸收一切有用的先进技术,并结合实际,综合应用,而不照搬照抄;及时借鉴和吸收先进的设计理念和方法,善于总结别人设计的经验并运用到自己的设计中,不断提高设计水平,保证设计出的工程更完善,更先进,更有效,达到一次性开车成功,取得更好的技术经济效果。

1.1.3.3 化工设计的分类

通常,化工厂的建设包括新建厂和原有厂的改建或扩建两种情况。新建厂是从无到有新建一套生产装置;原有厂的改扩建则是在原有生产装置的基础上进行改建,改掉原有装置不合理部分,使生产装置更趋合理,效率更高;或在原有生产装置的基础上增加设备和设施,扩大规模,提高产品的生产能力。无论是哪一种情况,其建设都需要进行设计。根据上述情况,化工设计也可分为新建厂的设计和原有厂的改建或扩建设计两种。

对于新建厂的设计,由于其采用的工艺技术来源不同,设计的难度、采用的方法和实施的效果也不同。一种情况是已有成熟且比较先进的工艺,即有正在正常生产的工厂可以作为参考,因地制宜地或在规模上地改变进行重新设计,设计难度较小,实施的效果比较可靠,具有较高的可预见性;另一种情况是将实验室的实验结果转变为工业化的小试、中试直至工业规模的新产品或新工艺的开发设计,也就是根据国家建设或市场的需要和发展,把科研成果转化为生产力,实现产业化的工程设计。这种情况的设计,由于没有成功的先例做参考,因此,设计的难度较大,实施的成功率相对较低。其投产的成功率不仅取决于工业化试验确定参数的可靠性,也取决于工程设计的质量与水平。在工业化试验参数可靠的情况下,出现产品生产难于稳定进行或存在这样那样问题,不外乎是设计上的问题、施工方面的原因和生产本身(按设计要求)的操作缘故等方面的原因。其中设计是最关键的,它是先决条件。因为施工是按设计要求进行的,生产操作是按设计的条件进行的。

对于改建或扩建的生产厂,随着商品经济或市场经济的发展,原有企业的产品产量(如供不应求)或产品品种(滞销或脱销)不符合市场要求,就迫使企业进行改建或扩建。这就需要用设计知识和方法对现有生产工艺进行分析评价。对原有单元设备进行生产能力和技术经济性评定,在生产实践中革新、挖潜、改造以及吸收先进厂家的经验,推广新技术、新工艺,都需要依靠化工设计。设计工作的质量、水平和速度对化工产品的生产质量、效率和取得的经济效益起着极为重要的作用。

1.1.3.4 化工设计的阶段

化工项目设计,在项目建议书和可行性研究报告得到主管部门认可并下达设计任务书后,即可开始着手进行设计。一个化工工程项目的设计阶段一般要根据工程规模的大小、技术的复杂程度和有无设计经验来定,可分为三个阶段、两个阶段和一次完成设计等三种情况。

重大工程项目,技术要求严格,工艺流程复杂,设计又往往缺乏经验,为了保证设计质量,一般分为三个阶段设计,即初步设计、技术设计和施工图设计三个阶段。技术成熟的中小型工程,为了简化设计步骤,缩短设计时间,可以按两个阶段设计。两个阶段设计又可分为

为两种情况:①分为技术设计和施工图设计两个阶段;②将初步设计和技术设计合并为扩大初步设计,分为扩大初步设计和施工图设计两个阶段。对于技术既简单又成熟的小型工程或个别生产车间可以一次完成设计。

此外,对一些大型化工联合企业,为了解决总体部署和开发问题,还要进行总体规划设计或总体设计。

总而言之,一个具体工程项目的设计阶段如何划分,要根据主管部门的要求、工程项目的具体情况、设计力量的强弱和有无设计经验来抉择。就目前来说,一般都采用两个阶段设计,即扩大初步设计和施工图设计。

(1) 初步设计阶段

初步设计的任务是将设计材料和文件提供给主管部门或建设单位,组织审查论证用。初步设计应根据设计任务书,对设计的项目进行全面分析研究,不断完善,力求设计出技术先进、安全适用、经济合理和三废治理得到有效解决的最佳设计。它主要解决各专业的设计原则和主要解决的问题。初步设计阶段中工艺专业的责任较重,其他各专业,包括土建、设备、仪表、公用工程等,都以工艺设计为中心和依据,围绕工艺设计确定各相关专业的技术原则。

初步设计的内容,一般应包括如下方面:①总论;②总图运输;③工艺设计;④建筑设计;⑤供排水设计;⑥供电设计;⑦供汽设计;⑧生产控制设计;⑨综合利用、三废治理措施和评价等。

初步设计的深度要能满足以下要求:①设计方案的比较、选择和确定;②主要设备材料的订货和生产安排;③土地征用;④建设投资的控制;⑤施工图设计的进行;⑥施工组织设计的编制;⑦施工准备和生产准备等。

初步设计最终要提出的相关设计文件,主要包括图、表和必要的文字说明。

(2) 技术设计

对于技术比较复杂而又缺乏设计经验的项目可以增加技术设计阶段。技术设计一般是根据已经批准的初步设计,解决初步设计中无法解决而需要进一步研究解决的一些技术问题。技术设计的内容与初步设计大体相同,着重解决如下方面的一些技术难题:①特殊工艺流程方面的试验、研究和确定。即在初步设计指导下进行扩大实验或模拟实验,获得最佳工艺条件、必要的物性数据和工程数据。然后将数据进行处理,并进行技术经济评价,得出是否继续进行开发的结论。在扩大实验和模拟实验基础上进行中试,验证初步设计中的一些设想和结果(包括数学模型),并提供一定数量的产品供实验用。中试后进行基础设计,做出较详细技术经济评价。②新型设备的试验、制造和确定。③重要代用材料的试验和确定。④某些技术复杂,需要慎重对待的问题的研究和确定。

对于技术设计的内容,要根据工程项目的具体情况而定,一般不作硬性规定。

(3) 扩大初步设计

扩大初步设计就是将初步设计和技术设计合并为一个阶段的设计。对于技术上比较成熟,又有设计经验的项目,为了简化设计程序,加快设计进度,可采用扩大初步设计。扩大初步设计所承担的任务要能满足初步设计和技术设计两个阶段的要求,但其内容深度可浅于或同于技术设计而深于初步设计。例如,工艺部分应有各车间主要设备的选择说明和计算依据,较为详细的车间平剖面的布置图,详细的设备一览表和设备总图等。建筑部分要说明设计中采用的建筑结构、基础工程和施工条件等基本技术的决定,全厂各建筑物和构筑物的

技术设计图纸等。扩大初步设计经过审批后即可着手施工图的设计。

(4) 施工图设计

施工图设计是把已经主管部门审定批准的初步设计或技术设计或扩大初步设计进一步具体化,具体到形成真正能反映该工程的图纸,并可根据图纸进行施工准备,破土动工,厂房建设,设备制造安装和其他设施的建造、试车投产等,是进行施工的依据。

施工图设计阶段的主要任务是,要完成正确、完整和尽可能详尽的各类施工、安装图纸以及工程设计概算书。施工安装图纸包括:① 带控制点的工艺流程图;② 厂房平、立面布置图;③ 设备制造与设备安装图;④ 管道布置与安装图;⑤ 土建施工图;⑥ 供电、供热、供排水、仪表控制线路和弱电装置线路安装图等。此外,还有设备一览表、管道安装材料明细一览表和施工说明等。

施工图设计应满足以下要求:① 设备、材料的安排;② 各种非标准设备的制作;③ 土建、安装工程的要求;④ 施工、安装预算的编制。

1.2 工艺流程设计在化工生产中的地位和作用

总体来说,化工设计包括厂址选定、生产工艺流程的设计、工艺设备设施的选定、总图布置、公用工程设计、仪表控制设计、厂房设计、建筑设计、工程概算与预算等多个方面的内容。而生产工艺流程设计是其中最重要、也是需要最先进行的一项设计内容。它不但能勾画出整个设计的概貌,决定整个设计的方向,而且还起着组织与协调各个非工艺专业互相配合的主导作用。当工艺设计原则确定后,土建、设备、仪表及公用工程等各项原则均随着工艺的确立而确定下来。因此,生产工艺流程设计对整个设计的水平和质量,以及项目投产能否取得成功并取得良好经济效益具有重要影响,在整个化工设计中居于核心和支配地位。开展化工项目的设计,必须首先重视生产工艺流程的设计。

广义的生产工艺流程设计包括生产工艺技术方案和技术路线的选定、工艺流程的设计、设计计算(物料、热量衡算)、设备的工艺设计与选型以及与流程设计相配套的管道布置设计等内容。做好化工项目生产工艺流程设计,必须首先充分调研该产品的性能、用途、产品的市场,该产品的制备原理与方法,目前存在的生产技术方案与路线及其存在的优缺点,为工艺技术路线和设计方案的正确选定提供依据和保证。

1.3 生产工艺流程设计的基本内容与步骤

化工产品生产工艺流程设计的内容一般包括:确定设计方案和工艺流程,工艺设计计算,主要设备的设计与选型,绘制图表,编写设计说明书。其中编写设计说明书是设计工作中最主要的任务之一。

1.3.1 设计说明书的基本内容与要求

(1) 产品介绍

要求简要说明所设计产品的理化性质、特点、技术规格和用途等。

(2) 设计方案简介, 工艺流程的选择、设计与论证

要求在设计说明书中列举该产品常见的生产方法和工艺流程并进行评述; 对所选工艺流程进行设计与论证, 画出所选工艺流程的方框图, 对其进行简要的叙述, 要特别说明所选工艺流程特点、优点; 说明生产原材料的技术规格、产品的技术经济指标和原辅材料的消耗。

(3) 工艺设计计算

这是工艺流程设计的计算核心部分, 也是后段设备设计选型的基础和依据, 包括详细的物料衡算和热量衡算。要求首先说明设计计算的依据, 然后要画出物料和热量进出每一道工序或设备时示意框图, 再根据质量守恒定律和能量守恒定律进行设计计算, 计算完成后要列出每一道工序或每一个设备的物料或热量平衡表, 最后列出总的物料或热量衡算表。

(4) 主要设备的设计与选型

以物料衡算和热量衡算的计算结果为依据, 分工序或单元操作进行设备选择、设计与选型。这部分包括对给定或选定的主要设备的型式进行简要论述; 主要设备的工艺设计计算, 包括工艺参数的选定、物料衡算、热量衡算、设备工艺尺寸计算及结构设计、流体力学验算等。此外, 还包括典型辅助设备的选型和计算, 包括主要工艺尺寸计算和设备型号规格的选定。最后列出主要设备与辅助设备一览表。

(5) 设计结果的讨论与说明

针对设计过程存在的问题、处理方法、结果的可靠性、值得注意的事项等做一个分析、讨论和说明, 对设计结果简要评价。

(6) 参考文献

引用或引述文献资料上的参数、观点, 要列参考文献, 使整个设计说明书有理有据, 有说服力。

(7) 设计图纸

工艺流程设计图纸主要有工艺流程草图、物料流程图和带控制点的工艺流程图或管道及仪表流程图。要求设计的工艺流程完善, 各种表达、标注正确, 图线规范, 层次清楚, 采用CAD绘制。

整个设计的设计文件由设计说明书和设计图纸两部分构成。设计说明书是设计思想、设计方案的集中表达, 是设计结果的综合描述, 一般由论述、计算和图表三个部分组成。其中论述应该条理清晰, 观点明确; 计算要求方法正确, 误差小于设计要求, 计算公式和所有数据必须注明出处; 图表应能简要表达计算的结果。

较完整的工艺流程设计说明书编排顺序如下:

- ① 标题页;
- ② 设计任务书;
- ③ 目录;
- ④ 设计方案简介、工艺流程的设计与选择;
- ⑤ 工艺设计计算;
- ⑥ 主要设备和辅助设备的设计与选型;
- ⑦ 设计结果概要(列表)或设计一览表;
- ⑧ 设计结果的讨论与说明;

⑨ 参考文献;

⑩ 附图及主要符号说明。

要求设计说明书的论述、说明有理有据;设计思路清晰、工艺计算准确有据;设备选型得当;说明书编写规范,文字通顺简明,结构清晰,层次清楚,图表完备、规范。

1.3.2 生产工艺流程设计的一般步骤

① 阅读设计任务书,了解设计内容与要求;

② 查阅技术资料及有关化工设计手册,采集数据、公式和各种工艺参数;

③ 拟定设计方案,进行设计计算;

④ 绘制相关图表;

⑤ 编制设计说明书。

在上述步骤中,有些是同步进行的。

1.4 对设计人员的要求

进行生产工艺流程设计,要求设计人员具备以下能力:

1.4.1 先进、全面的工程技术观点

(1) 技术经济观点

化工产品生产工程项目建设的目的在于:一方面,项目投产后能生产出该产品以满足社会的需要;另一方面,必须要能产生经济效益,而且是最大经济效益。因此,作为化工项目设计核心的工艺流程设计方案不仅要考虑技术上的先进性和可行性,还要考虑经济上的合理性。在化工工艺流程设计和设备选型中,几乎都涉及设备投资费、操作运行费和维修费,如何使三种费用之和——总费用最低或保持在一个较低的范围,是设计过程中每个步骤都必须考虑的。只有具备技术经济观点,且用该观点来指导工艺技术方案和工艺路线的选择、工艺流程设计和设备设计与选型,才能保证工程总费用最低,使设计方案更加合理、更具竞争力。

(2) 过程优化观点

在产品生产工艺流程设计中,实现该产品的生产往往有多种技术方案和技术路线,因此,工艺流程的设计与选择、物流的空间走向、工艺参数选定、进出料方式、设备的设计与选择等,都会有不同的设计方案。对这些方案应该进行全面分析比较,最后从中选出最佳方案。只有对每一项内容做到了优化设计,才能保证整个设计的优化,因此,设计人员在设计中要自始至终贯彻过程优化的观点,以过程优化的观点指导各项设计工作。

(3) 生产实际观点

工程项目的最终目的是在设计的指导和规范下进行工程项目的建设,最终能进行工业生产,因此,设计中的每个过程、每一个方案的确定、每一种设备的设计与选型等,都要从生产实际出发,既要满足生产工艺要求,又要具备实施的可行性,安装、操作和检修的便捷性。因此,在设计中要求设计人员树立并始终坚持生产实际观点,克服脱离生产实际,一切

想当然、理想化的倾向。

(4) 工程全局观点

化工产品生产工艺流程设计是化工设计项目的核心和基础,它的设计必须综合考虑国家的产业政策、行业的发展趋势、技术上的先进性与可行性、经济上的合理性等多方面的因素,因此,设计时必须树立工程全局观念,要求设计方案在技术上是先进的,在实施过程中是可行的,在经济上是合理的,在安装、操作和检修上是便捷的,在环境保护上是允许的,在安全性和可靠性上是有保障的。忽略任何一个方面都会给设计方案留下隐患,影响工程全局。

1.4.2 综合应用各方面知识和技术的能力

(1) 技术资料的查阅、分析整理和应用能力

设计任务书往往只对设计任务、设计要求和主要工艺技术参数进行了规定,设计中涉及的各种理化参数、计算方法与公式、设计规范、技术设备的性能特征等都需要设计者自行查阅、收集、整理和选取。这就要求设计者要具备较强的查阅获取各种技术信息的能力,较强的分析整理有用信息的能力,以及准确选取和应用信息的能力。如设计中经常出现对某一对象有多种理论公式、经验公式、半理论半经验公式,且每一个公式都有相应的应用范围和条件,该如何选择就要求设计者仔细分析公式的含义、适用范围和条件,进行综合比较,做出判断;设计中涉及的各种参数在任务书中是没有给出的,因此,要求设计者利用各种可以利用的手段来获得这些参数,如通过查阅有关设计手册和文献资料,有些工艺参数还需通过相关手册给出的经验或半经验公式进行估算,还有一些参数需运用相关知识,并结合生产实际综合考虑或反复比较后自行确定。因此,要求设计者具有较强的信息获取、分析整理和应用的能力。

(2) 工程或工艺计算能力

化工产品生产工艺流程设计涉及大量的工程或工艺计算,如物料衡算、热量衡算和主要设备的设计与选型等。任何一个工艺过程,任何一台设备的设计选型,都必须进行设计计算,而且往往是多次反复计算,因此要求不仅参数、公式选用正确,工艺过程确定合理,而且还要计算迅速准确,才能既保证设计方案正确,又能在规定的时间内完成。这就要求设计者熟悉工程设计计算的程序与方法,设计参数、计算公式的选用及各种计算方法,大大提高工程设计计算能力。

(3) 设计的文字、图表表达能力

进行工程设计要求编写设计说明书,需对产品的理化性质、国内外的生产现状和发展趋势、生产方法、主要技术经济指标、原辅材料及消耗、设计思想与方案、设计方案的论证、工艺流程的设计与选择,设计计算过程、设备的设计与选型等进行说明,有设计结果的概述和讨论,有对有关技术指标的评价,有设备与装置的说明。这就要求用简单明了的语言把设计的相关设计内容准确、清楚地表达出来,力求内容全面,表达规范,数据可靠,形式新颖,标题连贯,层次分明,文字流畅,图表清晰。因此,要求设计具有较强的文字、图表表达能力。

(4) 综合应用理论知识和技能的能力

进行化工产品工艺流程设计不仅要应用化学、化工的基本理论与知识,还要应用相关技术参考书和资料的基本理论与知识,各种计算方法和计算工具,如工程制图、数学、计算机和电子电工等,以及应用各种设计手册、数据手册、化工图表。因此,要求设计者具有较强的综合应用理论知识和技能的能力。

第2章 生产工艺流程设计的任务、基本程序和方法

2.1 生产工艺流程设计的任务

化工项目的设计就是在化学工业的范畴内把某一设想变成现实的一系列程序过程,包括厂址选定、总图布置、生产流程的拟定、设备装置的确定、公用工程设计、仪表控制设计、厂房设计、建筑设计、工程概算与预算等。其中生产工艺流程设计是一个关键工作过程,它不仅决定整个设计的方向,而且还起着组织与协调各个非工艺专业互相配合的作用,影响整个设计的水平和质量,以及项目投产能否取得成功并取得良好经济效益,在整个化工设计中居于核心和支配地位,是最重要、也是需要最先进行的一项设计内容。

当生产方法确定以后,即可进行工艺流程设计。工艺流程设计与依此而确定的车间布置是决定整个车间(装置)基本面貌的关键步骤。它体现了把所选定的生产方法具体化到工艺流程中。工艺流程设计的目的是在确定生产方法后,以流程图的形式表示出由原料到成品的整个生产过程中物料被加工顺序以及各股物料的流向,并表示出生产中所采用的化学反应、化工单元操作及设备间的联系,以此为基础进一步制定化工管道流程和计量-控制流程,是化工过程技术经济评价的基本依据。具体包括以下两个方面的工作:

① 确定生产过程中各个生产环节的具体内容,过程需要的化工单元操作的组合方式。将原料、中间产物和成品以及排出物等物料的来去走向、顺序和组合方式完全确定下来,以达到据此流程由原料变成产品的目的。

② 绘制工艺流程图。以图示的形式表示出在生产流程中,即从原料到成品的流程中物料和能量发生的变化和走向以及生产中采用哪些化工工程和设备(包括化学工程和物理化学过程的设备),再进一步以图示形式表示出化工管道流程和计量控制流程。

2.2 生产工艺流程设计的内容

化工工程设计的核心内容是化工工艺设计。工艺设计决定了整个设计的概貌,是所有设计的基础。除了工艺设计以外,还有与之配套的非工艺设计,如总图运输、公用工程、土建、仪表及控制等。这些非工艺设计以工艺设计为依据,再按各专业要求进行。设计方案批准后,就可进行初步设计或扩大初步设计。就工艺设计而言,首先要进行生产工艺流程的设计。工艺流程设计是设计方案中规定的原则和主导思想的具体体现,也是

下一步工艺设计和其他各专业设计的基础,即决定了以后工艺设计和其他专业设计的内容和条件。

生产工艺流程设计就是如何把原料通过化工过程和设备,经过化学或物理的变化逐步变成需要的产品,即化工产品。或者说,是通过图解的方式体现出如何由原料变成产品的全部过程的设计。在复杂的化工生产过程中,原料不是直接变成产品的,而是通过一系列半成品或中间产品再转变成成品的。与此同时还会产生副产品、废渣、废液和废气等。有的副产品还要经过一些加工步骤才成为合格副产品,而产生的三废又必须经过严格处理后才能排放。因此,生产工艺流程的设计是一项非常复杂而细致的工作,除了极少数工艺流程十分简单之外,都要经过反复推敲,精心安排,不断修改和完善才能完成。

生产工艺流程设计除了产品生产方法选择与工艺技术方案设计、设计计算、设备的设计与选型和生产控制方案设计等项目外,另一个重要内容就是设计图纸,它是用图示的方式表达产品的生产工艺流程的,是设计人员设计意图的直观体现,展示了整个流程设计内容和设计成果,是项目建设施工、设备安装,以及项目投产后生产过程的组织与运行、设备的检修、技术改造的主要依据和主要档案性资料。生产工艺流程图设计在不同设计阶段,要求不一样。在初步设计阶段,工艺流程图主要有以下3种:

(1) 生产工艺流程示意图

一般在编制设计方案时,当生产方法和生产规模确定后就可以考虑设计生产工艺流程示意图了。这种图是用来表示生产工艺过程的一种定性图纸,是在生产路线确定后,物料计算前设计给出。绘制工艺流程示意图,要定性地标出物料由原料转化为产品的过程、流向以及所采用的各种化工过程及设备。在此基础上进行物料衡算、能量衡算以及部分设备的设计计算和选型。

工艺流程示意图一般有工艺流程框图和工艺流程简图两种表示方法。

① 工艺流程框图

工艺流程框图是用方框和圆框(或椭圆框)分别表示单元过程及物料,以箭头表示物料和载能介质流向,并辅以文字说明表示产品生产工艺过程的一种示意图,如图2-2-1所示。它是物料衡算、设备选型、公用工程(种类、规格、消耗)、车间布置等工作的基础,需在设计工作中不断进行修改和完善。

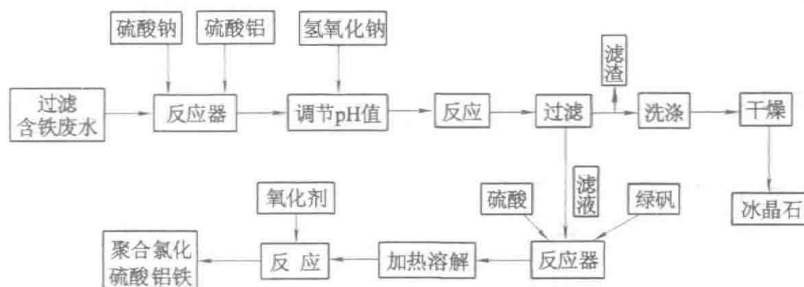


图 2-2-1 利用氟钛酸钾生产线含铁废水制备聚合氯化硫酸铁铝并联产冰晶石的流程示意图