

新建大型化工厂开展概念设计 若干问题探讨

李安学^{1,2*}, 李志强³, 刘永健¹, 李春启⁴, 左玉帮⁴

(1. 中国大唐集团公司, 北京 100033; 2. 大唐能源化工有限责任公司, 北京 100030;
3. 中国石化工程建设公司, 北京 100101; 4. 大唐国际化工技术研究院有限公司, 北京 100070)

摘要:分析了新建化工厂可行性研究报告编制的过程, 阐述了新项目完整的研发与工程化开发范围应包括基础研究、过程研究及工程研究、工程设计三部分, 探讨了工厂概念设计的主要内容和目的。

关键词:化工厂设计; 概念设计; 工程研究

中图分类号:TQ08

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2016)05-0006-03

DOI:10.16606/j.cnki.issn.0253-4320.2016.05.002

Discussion on the conceptual design of new chemical plants

LI An-xue^{1,2*}, LI Zhi-qiang³, LIU Yong-jian¹, LI Chun-qi⁴, ZUO Yu-bang⁴

(1. China Datang Corporation, Beijing 100033, China; 2. Datang Energy Chemical Company Limited, Beijing 100031, China; 3. Sinopec Engineering Incorporation, Beijing 100101, China;
4. Datang International Chemical Technology Research Institute Company Limited, Beijing 100070, China)

Abstract: The preparation process for feasibility study report of new chemical plants is analyzed. A complete research & development and engineering development process is composed of basic research, process & engineering research and engineering design. Conceptual design is thought to be an important segment of engineering research and engineering design. According to the discussion on the main contents and purposes, the plant conceptual design is regarded as a detailed technical scheme whose depth should be equivalent to the pre-preliminary design. It is also pointed out that conceptual design should be carried out at project planning and decision making stage.

Key words: chemical plant design; conceptual design; engineering development

1 新建工厂开展概念设计十分必要

化工厂是由若干生产装置(或化工单元)组成、从事化工品生产的场所。由于原料性质、产品要求和建设条件等因素的影响,世界上一般不会存在一模一样的装置,也不会存在一模一样的工厂。因此,工厂建设应该是一个创新的过程,也是“制造”工厂这种“产品”的过程。

可行性研究报告是项目评价、企业决策、政府核准的关键文件。项目可行性研究报告编制以预可行性研究报告(或项目建议书,以下称预可研)及其批复文件等为依据^[1],一般来讲,装置预可研根据参考装置,或与装置工艺包(技术)提供方进行技术交流得到的资料来进行编制;工厂预可研根据参考工厂,或由设计单位在进行技术交流或掌握资料基础上进行编制。经验表明,根据有参考工厂预可研编制的可行性研究报告比较准确,反之,则编制的可行

性研究报告误差较大,近些年建设的部分大型化工厂出现的问题已经证明了这一点。为了使可行性研究报告更加准确,笔者建议要针对新建大型化工厂开展概念设计。在此之前,鲜有人开展化工厂概念设计,笔者认为这与我国化工建设的发展过程有关。过去在我国大型化工项目建设过程中,自主创新较少,自行设计工厂一般以引进消化吸收再创新为主,可参考引进或成熟的工厂技术流程,所编制的可行性研究报告也比较准确。近年来,随着我国综合国力的提升、技术创新能力的增强,原创性成果越来越多地被应用到新建大型化工厂中,由于没有同等规模的已建工厂或成功的项目可以参照,将实验室或中试技术直接用于工业化建设,若仍采用传统建厂模式,显然风险会很大。为此,有些企业采取了在可行性研究报告核准(批复)前就基本完成了总体设计等策略,如神华煤直接液化示范工程可行性研究报告于2002年8月获得国家批复,2002年10月

即完成了先期工程和一期工程的总体设计工作^[2]。

2 概念设计是化工新技术开发过程的必经阶段

化工新技术开发是从概念的形成,经过科研、设计、建设,使一项新技术、新工艺或新产品付诸实施的整个过程,其研究范围一般包括基础研究、过程研究及工程研究、工程设计3个部分,详见图1。对此,原化工部制定的新技术开发管理条例中有明确规定^[3],中国石化集团公司编写的手册也有介绍^[4]。

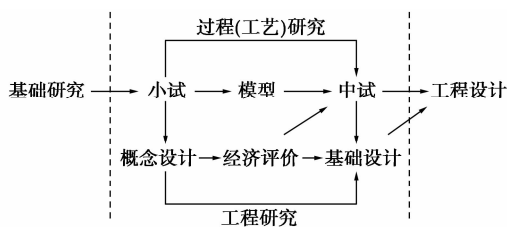


图1 开发工作程序示意图

在化工新技术开发阶段,概念设计是工程研究的一个环节,它是应用研究到一定阶段后,按未来的生产装置规模所进行的假想设计。它的工作内容主要是根据研究和提供的概念及数据,确定流程和工艺条件以及主要设备的形式和材质、“三废”处理设施等,最终得出基建投资和产品成本等主要技术经济指标。一般情况下,概念设计在中试以前进行。通过概念设计判断研究的工艺条件是否合理,数据是否充分,并在这个基础上提出对开发项目进行初步的经济评价,以确定技术路线的先进性和可靠性、开发项目需要改进之处、还需要补充的试验内容和课题、有无必要建立中试装置,以及确定中试的规模、范围和必须通过中试解决的问题和取得的数据^[5]。

研究过程中的基础设计(Basic Design,或Foundation Design)是一个完整的技术文件,是整个技术开发阶段的研究成果。一般情况下应在研究内容全部完成并通过鉴定后进行。基础设计的内容应包括建设生产装置的一切要点,合格的工程设计人员应能根据基础设计完成一个能顺利投产,达到一定产量和质量的生产装置。基础设计内容包括设计基础、工艺流程说明、物料流程图与物流表、带控制点管道仪表流程图、设备表和设备规格书、对工程设计的要 求、设备布置建议图、操作规程、消耗定额、有关技术资料 and 物性数据等,还应包括安全技术、环保技术和劳动保护说明。

工程研究过程中的基础设计不是工程建设阶段

的基础工程设计(Basic Engineering Design),它仅仅是基础工程设计的依据,依基础设计所建设的工业装置还需要实践检验;任何一个装置都不是孤立的,都是全厂的一部分,采用新技术会改变工厂现状,对全厂会产生什么影响,也需要验证。因而在采用新技术、新方案建厂时,常常要求建设示范工程。

3 新建工厂开展概念设计已有先例

示范工程是新技术或新方案第一次工业化应用的工程,带有试验的性质,目的是总结出某种可供借鉴、参考的经验或典范,在此基础上对原示范工程设计进行完善,成为今后同类工程建设设计的基础;示范工程的新技术或新方案,可以是有一定风险的新技术、新工艺、新材料、新设备、新原料、新厂址、新规模、新组合等一种或几种的应用,所取得的成果具有推广价值。示范工程可以是一套生产装置(示范装置),也可以是一个综合工厂(示范工厂)。从某种意义上讲,示范工程在工程建设阶段相当于技术开发过程中进行的工业规模的“中试”,示范工程的工程设计可看作是“中试设计”,示范工程运行后所进行的完善设计可看作是技术开发过程中的“基础设计”。从技术开发过程研究规定需要开展概念设计来看,对有开发作用、示范作用的新型化工厂建设,在开展可行性研究之前,应开展工程建设项目的概念设计。

我们有时可以选取一个已经建成、运行良好、相关参数相同的工厂作为“参考工厂”。有“参考工厂”的工程设计看上去比较简单,似乎可以“翻版设计”,但实际上,由于厂址条件不同、技术改进,以及新规范、新标准的颁布带来的设计改变,新建工厂与“参考工厂”不可能完全相同,这就需要在正式开展工程设计之前进行概念设计,在参考工厂的基础上找出变化的内容对工厂建设的影响,制定设计原则。

众所周知,工程具有“一次性”和“成果不可挽回性”的特点,这意味着工程是一次性的,而工程成果的使用是重复、长期的,所以工程建设前期需要花大力气,对工程进行全方位的研究,理顺与外围各种需求关系,理顺内部各主要装置与系统、辅助装置、公用工程的关系和配套需求,优化全厂工艺流程和各生产装置工艺流程,否则在工程实施阶段进行修改或既成事实,均会增加工程投资或影响工程的使用。工程成果的不可挽回性决定了工程不能像其他事情那样做坏了可以重来,也不可试着做,工程必须确保成功,一旦工程失败就永远失去了重新实施原

工程的机会。这也说明在工程建设实施前,需要深入开展前期工作的必要性。工程概念设计正是在工程前期研究、论证过程中,整体上深层次研究所要建设工程的一个环节,或者说机会,缺少这个环节带来的影响在以后的建设中无法弥补。虽然对于化工工程建设阶段的概念设计在国内尚无规定,但在国内外的工程规划或研究中均有先例。20世纪70年代,美国能源部(United States Department of Energy)在组织煤炭资源利用技术开发时,曾组织过部分项目的概念设计,如格雷斯公司(W. R. GRACE & CO.)在部分专利商(设备供应商)的支持下,组织编制了“合成气示范工厂项目的商业化工厂概念设计与评价”(Synthesis Gas Demonstration Plant Program, Phase I. Commercial Plant Conceptual Design and Evaluation, 1979)^[6],该报告包含基础数据、商业化工厂设备清单及参数、工艺流程、区域平面布置图、技术经济比较研究、风险提示等内容;20世纪末,中国石化工程公司完成了“21世纪千万吨炼油厂概念设计(研究)”^[7],指导了中石化镇海炼化、中海油惠州炼化、中石油广西石化等多个工厂的设计;辽宁大唐国际阜新煤制天然气公司组织完成了“面向城镇用户的现代煤制天然气工厂概念设计(研究)”^[8],通过了中国石化联合会组织的评审并得到了应用。另外,在核电站设计过程中,尽管概念设计也不是规定的必经工程设计程序,但得到了高度重视,认为是初步设计的准备阶段,要从前期准备阶段开始^[9]。

4 工厂概念设计的基本内容

我们认为,工程设计阶段的工厂概念设计,其内容可以比照技术开发阶段概念设计的内容讨论全厂性问题,它通过分析设计需求和技术现状,找出满足需求的技术策略并在设计中体现,是设计者综合已有成果(如开发成果、文献数据以及类似的工程、操作数据和工作经验等),通过分析研究之后,按未来的工厂规模,从工程角度出发进行的预设计。通过这样一个设计,以暴露提出拟定的全厂流程、主要化工单元(装置)、设备结构、材质、控制方案、安全和环保等在工程设计中将会存在的问题,同时提出解决途径及方案,并进行经济评价,调整技术策略。其主要内容应包括:原料和成品的规格,生产规模的估计,工艺流程图简要说明,物料衡算和热量衡算,主要设备的尺寸、型号和材质的要求,检测方法,辅助工程和配套工程初步方案、全厂总图布置初步方案,主要技术指标和包括投资、成本的估算,投资回收预

测的经济指标,“三废”治理的初步方案,对下一步工作的建议。工厂概念设计是较为详细的技术方案,其深度应相当于预初步设计,对于不同的项目,其要求可有所不同。

工厂的概念设计主要用以解决以下问题:一是对开发的新技术进行深入的分析 and 讨论,提出工业化中可能出现的问题及对全厂的影响,并分析其中哪些技术是可靠的,还缺哪些数据和需要验证的技术,对新技术有一个明确的认识;二是用系统的观点,吸收、集成有关技术成果,研讨改进技术方案,争取转化率、收率、能耗、设备投资、安全、环保、占地、配套等的总体最优;三是做出认真的技术经济分析和市场预测,分析产品及目标市场并提出对策,分析设备、材料的可获得性,哪些技术和设备由自己开发,哪些用已有的,哪些需要进口;四是提出工厂建设条件和运营的要求,以及厂址的满足情况,做出技术比较;五是找出工厂的特点对社会可能产生的影响,厂址所在地对工厂的要求,提出相互适应的措施;六是明确全厂性辅助工程和公用工程配套要求,提出初步方案;七是对全厂总图布置进行论证和分析,提出满足要求的基本条件;八是暴露设计工作中存在的问题和不足之处,从而能及时解决问题,以便集中力量解决最关键的问题。

概念设计应在可行性研究之前进行。没有依托项目的示范工程的概念设计属于一个假想设计,应由开发单位联合设计单位完成,为投资方决策提供依据,或据此寻找投资方。有依托项目的示范工程的概念设计是一个预设计,应结合项目实际,由建设单位组织设计单位和开发单位共同完成,从项目前期准备阶段开始进行,该项工作可以作为预可研阶段的专题研究,其成果可以作为可行性研究的依据,也可以作为总体设计的内容,为后续的初步设计或基础工程设计奠定基础。概念设计进行得越早,后续工程设计越主动。

5 结语

大型化工厂建设投资大,技术复杂,存在很大的不确定性。如何做好顶层设计,从技术、经济、社会发展的角度把最有希望的方案设计出来作为设计工作的方向,这是一种系统化的分级决策过程,也正是概念设计的真谛,是工程设计过程中十分关键的一项工作。

目前尽管工厂概念设计还不是规定的工程设计
(下转第10页)

3 000 t 左右;合同资源公司,每年 2 200 t 左右;其他的有关东天然瓦斯开发公司、日本天然气公司、日宝化学公司、INPEX(原帝国石油)公司、东邦地球公司和日本能源石油开发公司。

2.3 碘标准

日本碘目前是世界上最好的工业化碘,其产品质量稳定,杂质含量(质量分数,下同)低,能满足多行业对高品质碘的需求。日本碘标准及分析方法见表 1。

表 1 日本碘标准及分析方法

序号	分析项目	标准规格/%	分析方法
1	碘含量	≥99.700	硫代硫酸钠法
2	不挥发物	≤0.020	质量分析法
3	氯、溴	0.003	离子分析法
4	硫酸盐	0.005	离子分析法
5	水分	0	红外线分析法

2.4 碘生产方法

日本碘的生产方法主要有活性炭吸附法、离子交换法和空气吹出法。

2.4.1 活性炭吸附法

日本早期碘的生产主要从海藻浸泡液中提取。用氧化剂把海藻浸泡液的碘氧化成分子碘,然后用活性炭吸附。吸附饱和后的活性炭用碱液洗涤,把碘洗涤到碱液中,洗涤到碱液中的碘用氧化剂氧化,即可得到粗碘,粗碘精制后得到精碘。

被活性炭吸附后的废水返回到海藻浸泡工段,用于浸泡海藻。用碱洗涤后的活性炭可重复吸附使用。工艺流程见图 1。

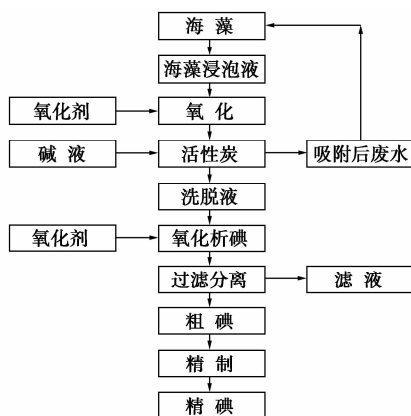


图 1 活性炭吸附法生产工艺流程图

2.4.2 离子交换树脂法

离子交换树脂法是利用强碱型阴离子交换树脂吸附溶液中的碘,在树脂上形成多碘离子,从而使碘与其他成分分离。离子交换树脂法制碘的流程如图 2 所示。

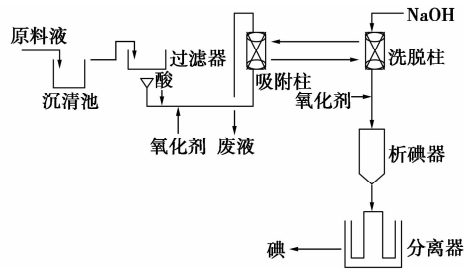


图 2 离子交换树脂法生产工艺流程图

首先使原料液进入澄清池并经过滤除掉机械杂质,以免造成离子交换柱堵塞。经酸化、氧化后的原料液进入吸附柱,已吸附碘的饱和树脂在洗脱柱中用 NaOH 溶液 Na₂SO₃ 溶液作为洗脱液。洗脱液把

(上接第 8 页)

阶段,但设计是“制造”的基础,因而对于大型化工厂这样复杂的工程项目,在项目早期开展概念设计,以新的视角、科学定义项目内容、研究和制定建设策略、明确项目目标并对其给出初步评价,是十分必要的。通过概念设计可以寻找最佳工艺流程(即选择过程单元以及这些单元之间的相互连接)和估算最佳设计条件,使全厂辅助工程、公用工程配置最优化、全厂布置最佳化。成功的概念设计不但可以节省大量的人力和物力,还可以加快新技术的开发和推广速度,提高开发的技术水平和工厂的运营价值。

参考文献

[1] 中国石化咨询公司. 中国石油化工集团公司暨股份公司石油化

工项目可行性研究报告编制规定,2005:1.

[2] 张玉卓. 煤洁净转化工程[M]. 北京:煤炭工业出版社,2011:77.
 [3] 化学工业部. 化工新技术开发管理条例. 1986.
 [4] 中国石油化工股份有限公司科技开发部. 最新石化工程创新设计与技术改造实施手册(第一卷)[M]. 北京:中国石化出版社,2006:7-9.
 [5] 倪进方. 化工过程设计[M]. 北京:化学工业出版社,1999:5-8.
 [6] W. R. GRACE & CO. Synthesis Gas Demonstration Plant Program, Phase I. Commercial Plant Conceptual Design and Evaluation[R]. 1979. DOE/ET-77-C-01-2577.
 [7] 张维忠. 21 世纪千万吨/年级炼厂概念设计(研究)通过技术鉴定[J]. 石油化工设备技术,2003,(3):11.
 [8] 李安学. 现代煤制天然气工厂概念设计研究[M]. 北京:化学工业出版社,2015: I-V.
 [9] 孙丹. 设计过程. 中广核工程技术及管理系列培训教材. http://www.docin.com/p-62349934.html,2015-11-22. ■