



中国石油天然气集团公司统编培训教材

工程建设业务分册

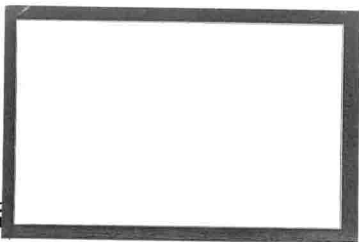
# 化工工艺系统设计

《化工工艺系统设计》编委会 编



石油工业出版社

中国石油天然气集团公司



工程建设业务分册

# 化工工艺系统设计

《化工工艺系统设计》编委会编



石油工业出版社

## 内 容 提 要

本教材主要叙述石化工程建设项目执行过程中, 化工工艺系统专业的主要工作任务、输出文件、常用工作方法等内容。介绍了化工工艺系统专业主要设计文件的编制和工艺系统的计算, 对相关标准进行了简介, 对工艺工程危险性分析的方法进行了介绍。本教材还列举了多套典型的石化装置的工艺技术特点、关键设备、风险识别方法以及主要污染源与污染物的处理方案。

本教材适合中国石油天然气集团公司工程建设分公司所属的设计单位及从事化工工艺系统设计工作的技术人员学习和培训使用。

### 图书在版编目 ( CIP ) 数据

化工工艺系统设计 / 《化工工艺系统设计》编委会编.  
北京: 石油工业出版社, 2013.9  
(中国石油天然气集团公司统编培训教材)  
ISBN 978-7-5021-9590-8

- I . 化…
- II . 化…
- III . 化工设计 - 技术培训 - 教材
- IV . TQ02

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 096795 号

---

出版发行: 石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: [www.petropub.com.cn](http://www.petropub.com.cn)

编辑部: (010) 64523735 发行部: (010) 64523620

经 销: 全国新华书店

印 刷: 北京中石油彩色印刷有限责任公司

---

2013 年 9 月第 1 版 2013 年 9 月第 1 次印刷

787×960 毫米 开本: 1/16 印张: 48 插页: 7

字数: 834 千字

---

定价: 168.00 元

(如出现印装质量问题, 我社发行部负责调换)

版权所有, 翻印必究

# 《中国石油天然气集团公司统编培训教材》 编 审 委 员 会

主任委员：李万余

副主任委员：金 华 白泽生

委 员：王志刚 连建家 胡宝顺 马晓峰

卢丽平 杨大新 吴苏江 杨 果

方朝亮 王同良 刘江宁 卢 宏

周国芳 雷 平 马新华 戴 鑑

上官建新 陈健峰 秦文贵 杨时榜

何 京 张 镇

秘 书：张玉文 王子云

## 《化工工艺系统设计》编委会

主 任：贾 明

副 主 任：李艳辉 赵 明

成 员：陈 萍 黄云松 黄志恭 吉京华

景立新 劳国瑞 李利军 李卓燕

廖君谋 林 珩 刘灿刚 刘檀祺

罗静仁 马明燕 舒小芹 盛 力

王 红 王 勇 吴德娟 隰春争

许贤文 易 珂 张 晶 张旭辉

朱为明

# 序



企业发展靠人才，人才发展靠培训。当前，集团公司正处在加快转变增长方式，调整产业结构，全面建设综合性国际能源公司的关键时期。做好“发展”、“转变”、“和谐”三件大事，更深更广参与全球竞争，实现全面协调可持续，特别是海外油气作业产量“半壁江山”的目标，人才是根本。培训工作作为影响集团公司人才发展水平和实力的重要因素，肩负着艰巨而繁重的战略任务和历史使命，面临着前所未有的发展机遇。健全和完善员工培训教材体系，是加强培训基础建设，推进培训战略性和国际化转型升级的重要举措，是提升公司人力资源开发整体能力的一项重要基础工作。

集团公司始终高度重视培训教材开发等人力资源开发基础建设工作，明确提出要“由专家制定大纲、按大纲选编教材、按教材开展培训”的目标和要求。2009年以来，由人事部牵头，各部门和专业分公司参与，在分析优化公司现有部分专业培训教材、职业资格培训教材和培训课件的基础上，经反复研究论证，形成了比较系统、科学的教材编审目录、方案和编写计划，全面启动了《中国石油天然气集团公司统编培训教材》（以下简称“统编培训教材”）的开发和编审工作。“统编培训教材”以国内外知名专家学者、集团公司两级专家、现场管理技术骨干等力量为主体，充分发挥地区公司、研究院所、培训机构的作用，瞄准世界前沿及集团公司技术发展的最新进展，突出现场应用和实际操作，精心组织编写，由集团公司“统编培训教材”编审委员会审定，集团公司统一出版和发行。

根据集团公司员工队伍专业构成及业务布局，“统编培训教材”按“综合管理类、专业技术类、操作技能类、国际业务类”四类组织编写。综合管理类侧重中高级综合管理岗位员工的培训，具有石油石化管理特色的教材，以自编方式为主，行业适用或社会通用教材，可从社会选购，作为指定培训教材；专业技术类侧重中高级专业技术岗位员工的培训，是教材编审的主体，

按照《专业培训教材开发目录及编审规划》逐套编审，循序渐进，计划编审300余门；操作技能类以国家制定的操作工种技能鉴定培训教材为基础，侧重主体专业（主要工种）骨干岗位的培训；国际业务类侧重海外项目中外员工的培训。

“统编培训教材”具有以下特点：

一是前瞻性。教材充分吸收各业务领域当前及今后一个时期世界前沿理论、先进技术和领先标准，以及集团公司技术发展的最新进展，并将其转化为员工培训的知识和技能要求，具有较强的前瞻性。

二是系统性。教材由“统编培训教材”编审委员会统一编制开发规划，统一确定专业目录，统一组织编写与审定，避免内容交叉重叠，具有较强的系统性、规范性和科学性。

三是实用性。教材内容侧重现场应用和实际操作，既有应用理论，又有实际案例和操作规程要求，具有较高的实用价值。

四是权威性。由集团公司总部组织各个领域的技术和管理权威，集中编写教材，体现了教材的权威性。

五是专业性。不仅教材的组织按照业务领域，根据专业目录进行开发，且教材的内容更加注重专业特色，强调各业务领域自身发展的特色技术、特色经验和做法，也是对公司各业务领域知识和经验的一次集中梳理，符合知识管理的要求和方向。

经过多方共同努力，集团公司首批39门“统编培训教材”已按计划编审出版，与各企事业单位和广大员工见面了，将成为首批集团公司统一组织开发和编审的中高级管理、技术、技能骨干人员培训的基本教材。首批“统编培训教材”的出版发行，对于完善建立起与综合性国际能源公司形象和任务相适应的系列培训教材，推进集团公司培训的标准化、国际化建设，具有划时代意义。希望各企事业单位和广大石油员工用好、用活本套教材，为持续推进人才培训工程，激发员工创新活力和创造智慧，加快建设综合性国际能源公司发挥更大作用。

《中国石油天然气集团公司统编培训教材》

编审委员会

2011年4月18日

# 前 言

中国石油天然气集团公司作为特大型国有企业，对国家的经济发展和能源安全承担着重大的经济责任、政治责任和社会责任。工程建设分公司作为集团公司工程建设的主管部门，高度重视从整体上提升所属工程设计单位的业务能力，更好地为实现集团公司建设综合性国际能源公司的总体目标服务。而加强工程建设板块所属设计单位的人员培训，是实现上述总体目标的关键环节，培训教材的编制更是重中之重。

《化工工艺系统设计》分册的编制，是根据中国石油天然气集团公司《关于做好集团公司员工培训教材（课件）开发工作的通知》文件（人事函〔2009〕3号）开展的，是在集团公司工程建设分公司领导的直接指导下，由工程建设分公司专业技术培训处组织实施，由中国寰球工程公司任主编单位，中国纺织工业设计院为参编单位。

本教材主要叙述石化工程建设项目执行过程中，化工工艺系统专业的主要工作任务、输出文件、常用工作方法等内容。在教材编制中力求突出以下特点：

- 符合专业技术业务实际；
- 突出中、高级专业技术特点；
- 体现专业领域普遍应用性；
- 解决工程建设领域实际问题；
- 体现专业技术业务前瞻性；
- 突出 HSE 相关内容。

本教材的培训对象是工程建设分公司所属设计单位从事化工工艺系统设计的中、高级专业技术岗位员工。教材内容紧密围绕工程建设业务的中、高级专业技术岗位员工的工作需要。

本培训教材的内容，取自教材编制单位在项目执行的实践过程中的经验



总结，教材编制的目的是沟通交流、共同提高。对于各设计单位化工工艺系统设计工作的开展，并不具备如同标准、规范、工程规定、设计手册等文件的约束力。同样，也不应作为各设计单位专业界面划分、工作程序协调的依据。由于自身水平所限，以及不同公司对化工工艺系统设计工作的分工、职责范围、项目执行模式等的不同，加之对具体培训需求的理解与把握的程度等诸多原因，本教材在培训内容的针对性、深度上肯定还需要在其使用过程中不断完善。您的任何意见和建议，都会对我们改进工作起到重要作用。

我们愿以高昂的热情和百倍的努力，为提升工程建设板块的核心竞争力，为推进集团公司建设综合性国际能源公司的战略贡献绵薄之力。

编者

2013年1月

# 目 录

第一章 化工工艺系统专业的职责	1
第一节 专业职责及分工	1
第二节 设计阶段划分及文件编制内容	4
第二章 主要设计文件的编制	16
第一节 工艺说明	16
第二节 工艺流程图	26
第三节 管道和仪表流程图	31
第四节 工艺数据表、一览表	40
第五节 管道数据表	78
第六节 操作手册	82
第七节 设计文件的校审	87
第三章 主要工艺系统计算	94
第一节 设计温度、设计压力的确定	94
第二节 流程模拟计算	106
第三节 换热器计算	131
第四节 精馏塔计算	182
第五节 管道阻力降计算	217
第六节 安全泄放系统计算	228
第四章 相关标准规范简介	267
第一节 标准规范的概念、特点与分类	267
第二节 化工工艺系统专业常用标准规范	270
第五章 工艺过程危险性分析	274
第一节 概述	274

第二节	安全检查表·····	280
第三节	故障假设分析·····	287
第四节	危险与可操作性分析·····	293
第五节	故障类型与影响分析·····	307
第六节	事故树分析·····	311
第七节	事件树分析·····	324
第八节	定量风险分析·····	329
附录	·····	339
附录 1	乙烯装置·····	339
附录 2	聚丙烯装置·····	384
附录 3	聚乙烯装置·····	429
附录 4	环氧乙烷/乙二醇装置·····	490
附录 5	精对苯二甲酸装置·····	541
附录 6	聚酯装置·····	612
附录 7	合成氨装置·····	643
附录 8	尿素装置·····	702
参考文献	·····	756

# 第一章 化工工艺系统

## 专业的职责

### 第一节 专业职责及分工

#### 一、职责范围

在化工工程建设项目执行过程中，化工工艺系统专业可以说是最接近核心技术的专业，被称为“龙头”专业。在项目执行的各阶段，负有向各下游专业及项目各参与方解释工艺技术、提出工艺要求的责任。同时，工艺系统专业的设计思想，只有通过下游专业的设计图纸、文件才能体现在工程实体中，最终向业主交付一个满足合同要求的化工生产装置。另外，对于石化行业的工程公司，化工工艺系统专业还承担着拓展公司业务、开发自有技术的使命，关系着公司的核心竞争力。

#### 二、工作内容

化工工艺系统专业，按照具体的工作内容，可分为化工工艺专业和工艺系统专业。化工工艺专业的工作主要围绕工艺过程的设计和系统的物料平衡、能量平衡的计算及工艺条件的控制方案的确定，其最主要的输出产品为“工艺流程图”(PFD)。工艺系统专业则是在化工工艺专业完成的工作基础上，具体确定工艺系统的设备参数、管道尺寸、仪表控制的实现，以及系统的超压保护措施等工程细节，为下游专业开展设计工作创造条件。其最主要的输出

产品为“管道仪表流程图”(PID)。因不同公司对具体的工作分工有不同的考虑,故本书不再具体展开。

化工工艺系统专业所承担的主要工作内容包括如下几个方面。

(1) 承担项目各设计阶段的工艺系统设计,并及时发布设计产品,向下游专业提出设计要求。

(2) 参与有关项目的合同谈判等设计前期工作中化工工艺系统专业的工作。

(3) 参与工艺技术开发工作,承担应用科研成果进行工艺系统设计的任务。

(4) 工程总承包(EPC)项目模式下,除完成工艺系统设计文件的编制外,还应配合采购、施工、项目执行等方面的工作。例如,按合同规定负责编制相关请购文件、技术评标报告,参与技术谈判;对供货厂商图纸资料进行评阅。在施工阶段参与施工现场技术服务、试运行保障(试运行操作的要求、操作使用手册和人员培训等)。

(5) 其他任务:

① 承担化工工艺系统专业的专业基础工作和业务建设;

② 研究、改进化工工艺专业的设计方法,提高设计水平和工作效率,编制或二次开发有关的计算机软件;

③ 收集、了解国内外石油化工、精细化工、化肥等工艺技术发展状况及动态,提出工艺改进和开发新工艺的设想和建议,移植、消化、吸收新工艺、新技术;

④ 承担化工工艺系统专业人员的培训和技术水平的提高;

⑤ 估算和控制工程项目中本专业的工时消耗,制订并执行本专业工作计划等。

### 三、与其他各专业的的设计分工

#### 1. 与其他各设计专业的分工

作为石化工程项目的“龙头”专业,化工工艺系统专业在接收项目组提供的,包括合同约定的装置规模、原料及产品规格、工艺包、设计依据等设计输入条件后,需要根据项目执行的不同阶段的输出文件的深度要求开展工艺系统设计工作。并及时给管道、仪表、设备、安全、环保、电气、机泵、水工艺、热工、分析化验等专业提出设计要求,以便相关专业开展工程设计工作。并会签下游专业的设计成品,确保工艺条件的落实。

具体的专业分工、设计条件内容、设计文件的会签规定等，应按各设计单位相关规定执行。

### 2. 工程总承包项目（EPC）模式下，设计与采购、施工、试运行的分工

化工工艺系统专业，作为石化工程项目各设计专业的“龙头”，在以总承包模式（EPC）执行的石化工程项目中的各个阶段均起着重要作用。

#### 1) 与采购部门的分工

(1) 化工工艺系统专业向采购部门提出设备材料请购文件，包括安全阀、阻火器、呼吸阀、催化剂、化学品、塔设备内件和填料等，由采购部门加上商务文件后，汇集形成完整的询价文件，由采购部门发出询价。

(2) 负责对制造厂商的报价提出技术评价意见，供采购部门确定供货厂商。

(3) 应派员参加厂商协调会，参与技术澄清及协商。

(4) 由采购部门负责催交相关制造厂商返回的先期确认图纸及最终确认图纸，转交相关部门审查，化工工艺系统专业应将本专业的审查意见及时反馈给采购部门。

(5) 在设备制造过程中，应协助采购部门处理本专业有关设计的技术问题，并审查制造商提交的与本专业相关的制造图纸、制造工艺、加工程序、检验程序及相关数据、条件等。

(6) 设备材料的检验工作由采购部门负责组织，必要时配合参与关键设备材料与本专业相关的检验活动。

#### 2) 与施工部门的分工

(1) 在设计过程要考虑可施工性（constructability），在设计阶段配合参加可施工性审查，主要包括：综合考虑现场人员、设备和材料的进场、施工进度；确定能够预先加工、预先组装和提前施工的作业计划及方案；采用原有经过证明的施工技术。

(2) 项目设计文件完成后，负责向施工部门提供项目设计图纸、文件及技术资料，并向施工和监理人员进行设计交底。

(3) 根据现场施工需要提出设计代表派遣计划，组织设计人员到施工现场，解决施工中与本专业相关的设计问题。

(4) 在施工过程中由于非设计原因产生的与本专业相关的设计变更，应征得专业设计人员的同意，由设计人员签认变更通知，按变更程序，经批准后实施。

### 3) 与试运行部门的分工

(1) 配合试运行部门提出装置试运行的操作原则和要求, 按合同规定提交装置操作使用手册及其他必要的设计资料。

(2) 试运行人员审查工艺设计和 PID, 向化工工艺系统设计人员提出与操作和试运行相关的需要注意的问题和意见。

(3) 根据试运行要求, 派本专业人员参加试运行, 负责处理试运行中出现的与本专业有关的设计问题。

## 第二节 设计阶段划分及文件编制内容

### 一、设计阶段的划分

对于设计阶段的划分, 我国现行的工程建设程序与国际通行的工程建设体制有不同的做法。一般把项目建议书、预可行性研究和可行性研究等统称为前期工作。在项目实施阶段, 国内的项目执行通常分为: 总体设计、初步设计和施工图设计阶段。而国际通行的做法是将项目执行划分为: 工艺包设计(通常由专利商完成)、基础设计、详细设计。具体的工作深度、文件的编制目的有所不同, 大体上基础设计基本与初步设计相当、详细设计与施工图设计相当。

#### 1. 总体设计阶段

总体设计阶段的主要任务包括五个方面。

一确定: 确定设计主项及设计分工。

二平衡: 提出工厂的物料平衡、燃料和能量平衡。

三统一: 统一设计指导思想; 统一原始资料、设计基础数据、技术标准; 统一公用工程设计原则和参数。

四协调: 协调工艺及公用工程参数; 协调设计内容、深度、规范、规定; 协调环境保护原则; 协调生活及辅助设施的规模。

五确定: 确定总体工艺流程图; 确定总体平面布置; 确定总定员数; 确定总进度; 确定总投资估算。

通常根据项目的具体情况，由主管部门决定是否需要进行总体设计工作。

### 2. 基础设计（初步设计）阶段

该阶段任务是，根据已批准的前一阶段（项目建议书、可行性研究报告或总体设计）的工程设计方案，确定全厂性设计原则、设计标准、设计方案和重大技术问题。提交阶段性设计文件、总概算供决策部门审查，批准后作为下一阶段的设计、控制的依据。

在我国，初步设计的另一主要内容是涉及公共利益的环境保护、劳动安全卫生、消防等专篇的编制，供政府主管部门审查。

设计文件的深度应满足以下要求：

- (1) 设计方案的比选和确定；
- (2) 长周期设备、材料的订货；
- (3) 土地征用；
- (4) 基建投资的控制；
- (5) 详细设计（施工图设计）工作的开展；
- (6) 施工准备和生产准备。

### 3. 详细设计（施工图设计）阶段

该阶段的任务是根据已批准的基础设计（初步设计）文件，以及主要设备订货情况进行详细的设计、计算，提交用于指导施工、安装的图纸、文件。

设计文件的深度应满足以下要求：

- (1) 设备、材料订货及非标设备制造；
- (2) 指导施工、安装；
- (3) 施工图预算的编制。

化工工艺系统专业在各设计阶段所编制文件的内容及深度，必须符合项目审批的需要，满足业主指定的相关深度规定的要求。通常在执行集团公司系统内项目，应首先考虑执行集团公司的相关标准、规定。当集团公司的标准、规定不能覆盖，或业主有具体要求时，可执行其他标准、规定，如中国石化的相关标准。

以下内容，仅作为概括性的介绍，并不具备上述的集团公司、中国石化等内容深度规定的约束力。



## 二、总体设计阶段文件编制内容及深度

### 1. 总体设计阶段文件编制内容

包括流程说明,全厂的物料、燃料和能量平衡。

### 2. 总体设计阶段文件深度

(1) 说明工艺装置规模、年操作小时数、生产班制以及专利来源。对于引进项目,应概括说明软、硬件引进和国产化情况;装置布置原则(联合布置还是单独布置);辅助设施(车间化验室、办公室、维修间等)设置情况。

(2) 简要说明装置的组成,简要叙述工艺流程和工艺特点。

(3) 说明产品、副产品、原料、催化剂、化学品、公用物料的技术规格。

(4) 列出消耗(或产出)定额和消耗(或产出)量。并说明开车用量或一次充填量,如为间断供料,应注明频率和时间,必要时应注明正常量和最大量。

(5) 说明本装置排放的废水、废液、废气及废渣的化学组成、流量,指明去向和处理方案。如有噪声,应说明噪声源及防治方案。

(6) 说明产品、副产品、原料、燃料、催化剂、化学品和公用物料在界区处的条件。

## 三、基础设计(初步设计)阶段文件编制内容及深度

### 1. 基础设计(初步设计)的内容

工艺部分基础设计(初步设计)文件包括:工艺设计基础,工艺说明,界区条件表,设备工艺数据表,仪表工艺数据表,安全阀数据表,工艺特殊件数据表,管道数据表,公用工程消耗一览表,特殊阀门、管件一览表,分析项目一览表,管道数据表,设备一览表,工艺流程图(PFD),公用物料流程图(UFD),管道和仪表流程图(PID)。

### 2. 基础设计(初步设计)文件的深度

#### 1) 工艺设计基础

包括装置设计能力、主生产线数、年运转率、产品方案;装置组成及其名称;原料、产品和副产品性质及技术规格;催化剂、化学品性质及技术规