



SSEC

中石化上海工程有限公司
工程硕士实践教学用书

石油化工装置设备设计

SHI YOU HUA GONG ZHUANG ZHI SHE BEI SHE JI

吴德荣 主编



华东理工大学出版社
EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS



SSEC

中石化上海工程有限公司

石油化工装置设备设计

吴德荣 主编



华东理工大学出版社
EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

· 上海 ·

图书在版编目(CIP)数据

石油化工装置设备设计 / 吴德荣主编. —上海:华东理工大学出版社,2017.6

ISBN 978-7-5628-5072-4

I. ①石… II. ①吴… III. ①石油化工设备-设计
IV. ①TE960.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 111436 号

内容提要

全书共 5 章,主要介绍石油化工装置中的静设备设计、机泵设计、工业炉设计、固体物料处理系统等内容。本书资料翔实,内容丰富;具有应用性强,章节分明、解释准确等特点;既可作为相关领域工程硕士实践教学用书,亦可供从事石油化工装置设备设计的工程技术人员作参考。

.....
策划编辑 / 徐知今

责任编辑 / 徐知今

装帧设计 / 戴晓辛 靳天宇

出版发行 / 华东理工大学出版社有限公司

地址:上海市梅陇路 130 号,200237

电话:021-64250306

网址:www.ecustpress.cn

邮箱:zongbianban@ecust.press.cn

印 刷 / 上海展强印刷有限公司

开 本 / 787mm×1092mm 1/16

印 张 / 26.25

字 数 / 682 千字

版 次 / 2017 年 6 月第 1 版

印 次 / 2017 年 6 月第 1 次

定 价 / 78.00 元
.....

版权所有 侵权必究

工程硕士实践教学用书

全国工程硕士教指委“加强实践基地建设，提升实践教学质量”课题立项支持
上海市教委“专业学位研究生实践教学基地建设（中石化上海工程有限公司）”课题立项支持

SHI YOU HUA GONG ZHUANG ZHI SHE BEI SHE JI



编 委 会

主编

吴德荣

编委(按姓氏笔画排序)

王江义	王 刚	王祖真	叶文邦
许 燕	汪 扬	宋 扬	宋黎明
沈江涛	周景芝	谷 峰	李艳明
陈 伟	杨 芳	赵凯烽	钱小燕
夏庭海	崔文钧	黄正林	蒋 国

序

为了适应我国经济建设和社会发展对高层次专业人才的需求,培养具有较强专业能力和职业素养、能够创造性地从事实际工作的高层次工程人才,国务院学位委员会于1997年第十五次会议审议通过了《工程硕士专业学位设置方案》,由此拉开了我国工程硕士专业学位研究生教育的序幕。

15年来,我国工程硕士专业学位教育获得了快速发展,培养高校不断增加、培养规模迅速扩大、培养领域不断拓展。从上海的情况来看,目前有11所高校开展工程硕士研究生培养,涉及现有40个工程领域中的35个,共有150个工程领域授权点。随着工程硕士专业学位研究生教育的发展,国外的办学模式、办学理念及实践教材被不断引进国内。同时,国内各地区、各部门积极推进工程硕士培养的实践教学环节改革,已取得了一定成效。但总体而言,目前工程硕士专业学位研究生的实践应用能力与实际岗位需求仍有一定差距,高校的实践教学工作仍需大力加强,特别紧迫的是要构建起具有特色、符合岗位需求的实践教材和课程体系,更好地指导和开展工程硕士专业学位研究生实践能力的培养与教学。

为此,上海市学位办组织相关高校从事工程硕士教育的专家和管理干部,多次召开加强实践教学的工作研讨会,旨在推动高校在构建实践教材和课程体系方面取得积极进展,以不断满足工程硕士专业学位研究生培养的实践教学需求。华东理工大学作为全国首批工程硕士培养单位之一,根据多年工程硕士培养的经验,结合行业岗位的实际要求,与中石化上海工程有限公司合作编写了这本工程硕士实践教学用书。该书具有实践性强、应用面广、内容通俗易懂的特点,可供相关领域工程硕士研究生开展实践学习时选用,也可为广大从事工程实践的工程技术人员提供相关参考。

2012年正逢华东理工大学建校60周年,很高兴看到华东理工大学能够结合学校学科特色,与企业合作编写“工程硕士实践教学用书”,这在提升工程硕士实践教学水平、提高工程实践能力方面是一次有益的探索。相信经过努力,华东理工大学在工程硕士实践教学方面必然会取得更多的成就,工程硕士培养质量会更上一层楼。

上海市教委高教处



2012年10月

前 言

中石化上海工程有限公司(以下简称上海工程公司)的前身是上海医药工业设计院,创建于1953年。60多年来,公司不断发展壮大的历程铸就了企业深厚的文化底蕴,在诸多工程技术领域创下了永志史册的“全国第一”。众多创新成就在各个领域跻身先进行列,为我国国民经济发展做出了积极贡献。

上海工程公司本次受全国工程硕士教指委、上海市教委和华东理工大学的委托,负责编写工程硕士实践教学用书《石油化工装置设备设计》。上海工程公司集60多年企业工程建设实践与理念为一体,组织多名设计大师和国家注册资深设计专家,融入了多年工程建设的智慧和经验,吸收了工程技术人员最新创新成果,依据既注重基本理论,更着力实践的应用原则,使教材基于理论、源于实践、学以致用;力求将专家、学者等在长期工程实践活动中积累的心得体会和经验介绍给广大的青年学子;借此希望能对工程硕士培养和工程实践企业基地建设工作有所启发、借鉴和指导。

全书共5章,主要介绍石油化工装置中的静设备、机泵、工业炉、固体物料处理系统等内容。本书资料翔实,内容丰富;具有应用性强,章节分明、解释准确等特点;既可作为相关领域工程硕士实践教学用书,亦可供从事石油化工装置设备设计的工程技术人员作参考。

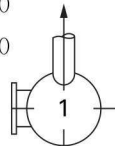
本书编写获得了全国工程硕士教指委“提升实践教学质量,培养社会需求人才”课题和上海市教育委员会“专业学位研究生实践教学基地建设”课题立项支持,在此表示感谢。本书编写过程中参考了许多文献,引用了一些行业资料和数据,亦在此向相关作者致谢。本书编委会的各位专家在编写过程中付出了辛勤的劳动和努力,在此表示衷心的感谢!

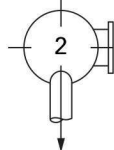
由于石油化工装置设备设计博大精深,涉及知识浩如烟海,且在工程建设实践中不断充实、完善和发展,因此书中的不足之处在所难免,希望广大师生、同行专家和读者提出宝贵的意见和建议,以便我们提高水平,持续改进。

编者
2016.10

目 录

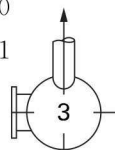
第 1 章 绪 论	1
1.1 设备的基本类型	1
1.2 工程设计中设备专业与其他相关专业的关系	2
1.2.1 静设备专业与其他相关专业的关系	2
1.2.2 机泵专业与其他相关专业的关系	3
1.2.3 工业炉专业与其他相关专业的关系	6
1.2.4 机运专业与其他相关专业的关系	7
1.3 工程设计各阶段中设备设计的主要工作	9
1.4 设备设计的基本要求	10
第 2 章 静设备	11
2.1 材料选用	11
2.1.1 静设备选材基本原则	11
2.1.2 静设备材料性能要求	13
2.1.3 材料分类	16
2.1.4 钢材	17
2.1.5 有色金属	20
2.1.6 非金属材料	23
2.1.7 焊接材料	24
2.1.8 化工设备常用国内金属材料与国外金属材料相同或相近牌号对照	26
2.1.9 化工设备常用金属材料新旧牌号对照	36
2.2 设计计算	37
2.2.1 设计准则	37
2.2.2 常用设计软件	39
2.2.3 典型结构设计	40
2.3 图面要求	58
2.4 制造技术要求	59
2.4.1 制造技术要求的主要内容	59
2.4.2 制造技术要求的格式	60
2.4.3 制造技术要求示例	60

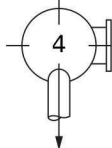




2.5 其他设计文件	69
2.5.1 工程图	69
2.5.2 请购书	72
2.5.3 风险评估报告	73
2.6 静设备主要类型	73
2.6.1 反应器	73
2.6.2 热交换器	82
2.6.3 塔器	106
2.6.4 储罐	130
2.6.5 固体料仓	143
第3章 机泵	146
3.1 机泵工程设计	146
3.1.1 工作范围及内容	146
3.1.2 机泵一般规定	147
3.2 机泵材料	147
3.2.1 通用机泵材料要求	147
3.2.2 泵材料	148
3.2.3 搅拌器材料	149
3.2.4 压缩机材料	149
3.2.5 汽轮机材料	149
3.2.6 膨胀机材料	150
3.3 机泵的辅助设备	150
3.3.1 驱动器	150
3.3.2 齿轮变速箱和液力耦合器	164
3.3.3 联轴器和护罩	164
3.3.4 密封及其系统	164
3.3.5 润滑、冷却系统	176
3.3.6 润滑油、密封油和控制油系统	179
3.3.7 底座	180
3.3.8 控制和仪表	180
3.3.9 辅助管道及其附件	192
3.4 机组的振动与噪声控制	192
3.4.1 机泵的振动及其控制	192
3.4.2 噪声	193
3.5 机泵的检验与试验	193
3.5.1 机泵的检验	193
3.5.2 机泵的试验	194

3.6	机泵询价技术文件的编制	195
3.6.1	询价书	195
3.6.2	数据表	195
3.6.3	工程技术规定	195
3.7	机泵报价技术评比	196
3.8	机泵主要类型	196
3.8.1	泵	196
3.8.2	真空泵	247
3.8.3	压缩机	251
3.8.4	风机	273
3.8.5	工业汽轮机	275
3.8.6	燃气轮机	278
3.8.7	膨胀机	280
3.8.8	离心机	281
3.8.9	过滤机	286
3.8.10	搅拌器	288
第4章	工业炉	298
4.1	主要材料的选用	298
4.1.1	金属材料的选用	298
4.1.2	耐火和隔热材料的选用	311
4.2	设计要点	320
4.2.1	设计原则	320
4.2.2	原始资料的收集及有关专业互提条件	320
4.2.3	设计步骤及工业炉设计若干要点	322
4.3	热效率和燃料消耗量	324
4.3.1	工业炉热效率	324
4.3.2	燃料消耗量的计算	325
4.4	主要的节能技术	326
4.4.1	工业炉节能主要措施	326
4.4.2	余热回收技术	330
4.5	主要设计计算及软件应用	336
4.5.1	主要设计计算	336
4.5.2	工艺计算机软件程序介绍	337
4.5.3	模拟计算程序框图	338
4.6	设计图纸要求	340
4.6.1	工业炉本体部分的图纸	340
4.6.2	余热回收系统图	341





4.6.3	复用图	342
4.6.4	图纸幅面及图框格式	342
4.6.5	图样的绘制	342
4.7	制造技术要求	342
4.7.1	编写制造技术要求的目的	342
4.7.2	制造技术要求的基本内容	342
4.8	其他主要设计文件	343
4.8.1	基础设计阶段	343
4.8.2	详细设计阶段	344
4.9	工业炉主要炉型	344
4.9.1	工业炉主要炉型	344
4.9.2	主要零部件	360
第5章 固体物料处理系统		362
5.1	固体物料处理系统设计	362
5.1.1	工作范围	362
5.1.2	一般规定	362
5.1.3	设备选择	362
5.2	固体物料的基本性质和特性	363
5.2.1	物理性质	363
5.2.2	化学性质	363
5.2.3	粉粒料特性	364
5.3	机械输送设备	365
5.3.1	一般规定	365
5.3.2	带式输送机	366
5.3.3	螺旋输送机	370
5.3.4	斗式提升机	371
5.3.5	埋刮板输送机	374
5.3.6	板式输送机	375
5.3.7	振动输送机	376
5.3.8	刮板输送机	377
5.4	气力输送系统	380
5.4.1	气力输送原理	380
5.4.2	气力输送特点	380
5.4.3	气力输送流动状态	381
5.4.4	气力输送状态分类	382
5.4.5	气力输送装置类型	383
5.4.6	气力输送主要设备选择	384

5.4.7	气力输送装置设计	387
5.4.8	气力输送技术开发	388
5.5	其他	390
5.5.1	破碎及筛分	390
5.5.2	干燥及冷却	392
5.5.3	均化及掺混	392
5.5.4	成品包装及储存	394
5.5.5	化学品及危险品储存	398
5.5.6	仓储设备	399
参考文献		403

第1章 绪论

走进石油化工装置区,首先进入我们眼帘的是各种各样的设备,高耸的塔器、硕大的工业炉、鳞次栉比的容器;而伴随在我们耳边的是轰轰隆隆的压缩机和泵的转动声。石油化工装置是由成百上千台设备串联组合而成的。在石油化工装置的工程建设中,设备投资费用占整个装置投资的50%左右,因此设备设计工作在石油化工装置工程建设中突显其重要性。

1.1 设备的基本类型

石油化工装置中的设备有多种类型,在工程建设中,通常将设备分成几个大类:静设备、机泵、工业炉、固体物料处理系统等,由不同的专业人员承担这些设备的设计、采购、安装、试车等工作。

1. 静设备

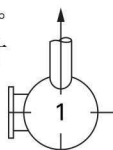
静设备主要是指容器类设备,如:反应器、换热器、塔器、球罐、储罐等。在生产过程中,这些容器自身是静止的,物料流经容器,在容器中发生了物理或化学变化,如反应、热交换、分离等,或不发生变化,仅是储存或缓冲。

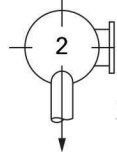
容器类设备又可分为常压容器和压力容器,由于压力容器有一定的危险性,因此压力容器的安全管理要求比常压容器高得多。压力容器从设计、制造、检验、验收到使用、维修等各个阶段均受到严格控制。

常压容器通常指工作压力小于0.1 MPa的容器,当压力较小时,容器的危险性比较小,无须受严格监管,可以降低设备投资和使用管理费用。常压容器通常用于储存原料和产品,如:立式圆筒形储罐、矩形容器、圆筒形料仓等。

压力容器涉及生命安全,属于危险性较大的特种设备。2013年国家公布了《中华人民共和国特种设备安全法》,2014年1月1日起实施。其中所称特种设备是指锅炉、压力容器(含气瓶)、压力管道、电梯、起重机械、客运索道、大型游乐设施和场(厂)内专用机动车辆。《特种设备安全法》第二条规定:特种设备的生产(包括设计、制造、安装、改造、维修)、经营、使用、检验、检测和特种设备安全的监督管理,适用本法。《特种设备安全法》第十八条规定,国家按照分类监督管理的原则对特种设备生产实行许可制度。

石油化工装置中的静设备大部分属于压力容器。根据《特种设备安全法》的分类监督管理的原则,压力容器由国家质量监督检验检疫总局特种设备局归口管理,压力容器设计按国家质量监督检验检疫总局颁布的TSG21—2016《固定式压力容器安全技术监察规程》的要求执行。从事压力容器设计、校核、审核的人员,需经过培训、考试,取得上岗资格,方可从事相应的设计





工作。

在工程项目设计中,容器类设备的设计属于静设备专业工作范围。

2. 机泵

机泵主要是指压缩机、风机、泵、汽轮机、搅拌机、离心机等转动设备,以及一些成套设备,如制冷机组、化学药剂注入系统等。

压缩机通常是一套机组,除了压缩机本身,还有驱动机、润滑油系统、底座、控制和仪表、辅助管道及其附件等,压缩机是装置中最重要也是最昂贵的设备之一,有人把压缩机比喻成装置的心脏,它给装置提供动力。

泵是一种液体输送设备,种类很多,有离心泵、往复泵、转子泵、计量泵等。

在工程项目设计中,压缩机、泵及一些转动设备的设计选型属于机泵专业工作范围。

3. 工业炉

当石油化工生产过程中涉及高温反应或高温加热时,需要用到工业炉。在石油化工装置中,虽然工业炉数量不多,但是价值不菲。工业炉也可作为一个独立的系统单元,也可以说是一个小装置。常见的工业炉有:裂解炉、蒸汽过热炉、转化炉、焚烧炉、热载体炉、加热炉等。

在工程项目设计中,工业炉的设计除工艺计算外属于工业炉专业工作范围。

4. 固体物料处理系统

在石油化工装置中,生产过程中的物料一般是以气体或液体的形式存在,但在原料和产品中有些是以固体或粉体的形式出现,需要专门的设备和/或系统对固体物料进行储存、输送、破碎、筛分、包装、码垛、装卸等处理。固体物料的输送可分为气力输送和机械输送。气力输送是一个系统,由输送的管道管件和一整套设备组成。

在工程项目设计中,固体物料处理系统的工艺设计、设备选型属于机械运输专业工作范围。

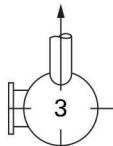
1.2 工程设计中设备专业与其他相关专业的关系

石油化工装置的建设需要各个专业协调配合共同完成设计。工艺专业是“龙头”,确定生产产品的工艺流程,生产过程中所需要的设备、仪表等;配管专业根据工艺流程中的设备数量、形式、尺寸等进行装置布置,确定各台设备上的物料进出口管线方位;土建专业要为装置提供基础,并设计装置的建(构)筑物,需要得到所有载荷的分布位置、载荷的大小、方向和性质;仪表专业需要在装置的各个控制点上布置测量仪器,收集生产过程中各个位置的温度、压力、流量等数据;在工程设计中,各专业之间以互相提交条件的方式实现协调配合。

1.2.1 静设备专业与其他相关专业的关系

1. 与工艺专业的关系

设备设计的基础数据来源于工艺专业,如设计参数(设计压力、设计温度、工作压力、工作温度、介质特性、腐蚀裕量等)、设备形式(塔器、换热器、反应器等)、静设备的结构尺寸(直径、长度、开孔大小、主要内件尺寸)等。



2. 与配管专业的关系

配管专业向静设备专业提出设备上的管口压力等级、密封面形式、方位及设备支座形式和方位、平台及梯子的设计条件等。

3. 与材料专业的关系

材料专业向静设备专业提出设备外保温、防火要求,保温材料和防火材料的厚度,油漆材料及涂敷要求等。

4. 与应力专业的关系

应力专业向静设备专业提出作用在设备接管上的局部应力和力矩、设备与外部结构连接所需的预焊件尺寸和位置等。

5. 与仪表专业的关系

设备上需要安装仪表,用于测量生产过程中各个位置的温度、压力、流量等参数,仪表专业要提出仪表接口的连接形式、位置等。

6. 与结构专业的关系

设备专业向结构专业提出设备的基础尺寸,地脚螺栓位置、数量、直径,设备总重,设备作用在基础的载荷大小、方向等。

7. 与采购部门的关系

在总承包项目或采购服务项目中,设备专业向采购部门提交设备请购文件,并向采购部建议询价的供货商名单,参加与供货商技术交流与协商的会议,对供货商的报价文件进行技术分析和评定,并将评定结果提交给采购部。

8. 与概算专业的关系

在工程项目的可行性研究或报价阶段、基础设计阶段,设备专业要向概算专业提出设备数量、品种、吨位、材质等作为概算依据。

9. 与其他专业的关系

其他专业对设备若有要求时,也可以与设备专业协商或互提条件。

1.2.2 机泵专业与其他相关专业的关系

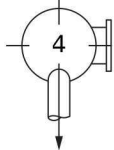
1. 与工艺专业的关系

1) 工艺专业应向机泵专业提供下列技术文件:

- (1) PFD图、P&ID图及工艺说明书;
- (2) 物料平衡表;
- (3) 设备一览表;
- (4) 机泵设备工艺数据表;
- (5) 初步的蒸汽和冷却水平衡;
- (6) 对机泵专业设计统一规定的意见;
- (7) 对机泵请购单/技术规格书的意见;
- (8) 对供货商报价资料的审查意见。

2) 机泵专业应向工艺专业提供下列技术文件:

- (1) 机泵专业设计统一规定的相关部分;
- (2) 预估的机泵能耗汇总表;



- (3) 机泵请购单/技术规格书;
- (4) 供货商报价资料的相关部分;

(5) 机组中不属于供货商范围内的其他要求(如改设集中油站、增加蒸汽伴管及油漆、保温要求等)。

2. 与配管专业的关系

1) 配管专业应向机泵专业提供下列技术文件:

- (1) 对机泵请购单/技术规格书的意见;
- (2) 对供货商报价资料的审查意见;
- (3) 设备布置图。

2) 机泵专业应向配管专业提供下列技术文件:

- (1) 机泵请购单/技术规格书;
- (2) 供货商报价资料的相关部分;
- (3) 供货商 ACF 及 CF 图纸资料的相关部分;
- (4) 对机组管道供货范围划分的意见;
- (5) 机泵对管道设计的特殊要求。

3. 与材料专业的关系

1) 材料专业应向机泵专业提供下列技术文件:

- (1) 管道材料等级表;
- (2) 供货商 ACF 及 CF 图纸资料的审查意见。

2) 机泵专业应向材料专业提供下列技术文件:

- (1) 供货商的管道支架汇总表;
- (2) 供货商 ACF 及 CF 图纸资料的相关部分。

4. 与应力专业的关系

1) 应力专业应向机泵专业提供下列技术文件:

供货商 ACF 及 CF 图纸资料的审查意见。

2) 机泵专业应向应力专业提供下列技术文件:

- (1) 作用在机泵主要接管法兰面上计算负荷的许用值和要求;
- (2) 供货商 ACF 及 CF 图纸资料的相关部分。

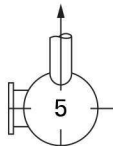
5. 与仪表专业的关系

1) 仪表专业应向机泵专业提供下列技术文件:

- (1) 仪表专业设计统一规定;
- (2) 对机泵专业设计统一规定的意见;
- (3) 对机泵请购单/技术规格书的意见;
- (4) 对供货商报价资料的审查意见;
- (5) 供货商 ACF 及 CF 图纸资料的审查意见;
- (6) 特殊机泵的仪表和控制系统的的设计技术文件。

2) 机泵专业应向仪表专业提供下列技术文件:

- (1) 机泵专业设计统一规定的相关部分;
- (2) 机泵请购单/技术规格书;



- (3) 供货商报价资料的相关部分;
- (4) 供货商 ACF 及 CF 图纸资料的相关部分;
- (5) 特殊机泵的仪表和控制系统的设计要求。

6. 与电气专业的关系

1) 电气专业应向机泵专业提供下列技术文件:

- (1) 危险区域划分图;
- (2) 电气专业设计统一规定;
- (3) 对机泵专业设计统一规定的意见;
- (4) 对机泵请购单/技术规格书的意见;
- (5) 对供货商报价资料的审查意见;
- (6) 供货商 ACF 及 CF 图纸资料的审查意见。

2) 机泵专业应向电气专业提供下列技术文件:

- (1) 机泵专业设计统一规定的相关部分;
- (2) 机泵请购单/技术规格书;
- (3) 供货商报价资料的相关部分;
- (4) 供货商 ACF 及 CF 图纸资料的相关部分;
- (5) 用电负荷汇总表。

7. 与结构专业的关系

1) 结构专业应向机泵专业提供下列技术文件:

- (1) 对供货商报价评审的意见;
- (2) 供货商 ACF 及 CF 图纸资料的审查意见。

2) 机泵专业应向结构专业提供下列技术文件:

- (1) 供货商报价资料的相关部分(机组);
- (2) 供货商 ACF 及 CF 图纸资料的相关部分;
- (3) 特殊机泵(通常指大型压缩机组、挤出机组、采用压力润滑油系统的泵组和蒸汽透平驱动的泵等)的土建基础设计条件。

8. 与采购部门的关系

1) 采购部门应向机泵专业提供下列技术文件:

- (1) 供货商的技术报价文件;
- (2) 选择的供货商名录;
- (3) 订货合同相关内容;
- (4) 供货商的 ACF 及 CF 图纸资料;
- (5) 供货商的产品试验记录和合格证。

2) 机泵专业应向采购部门提供下列技术文件:

- (1) 机泵请购单/技术规格书;
- (2) 选择询价供货商的建议;
- (3) 对供货商报价资料的审查意见及选择订货供货商的建议;
- (4) 采购技术风险备忘录(必要时);
- (5) 审查供货商 ACF 及 CF 图纸资料的汇总意见;