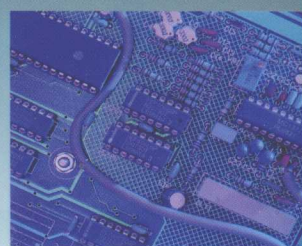
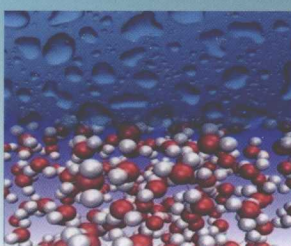
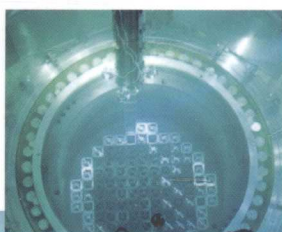


高等学校教材

过程装备与控制工程概论

涂善东 编著

INTRODUCTION OF PROCESS EQUIPMENT
AND CONTROL ENGINEERING



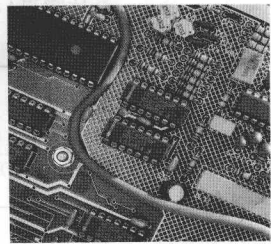
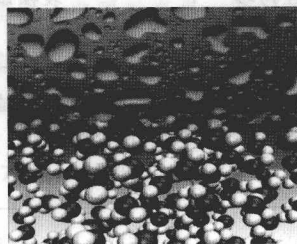
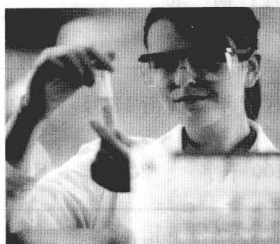
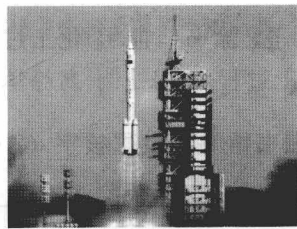
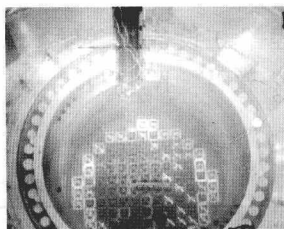
化学工业出版社

高等学校教材

过程装备与控制工程概论

涂善东 编著

INTRODUCTION TO PROCESS EQUIPMENT
AND CONTROL ENGINEERING



化学工业出版社
· 北京 ·

本书介绍过程装备与控制工程学科所涵盖的内容及大学教育状况,致力用通俗易懂的科学原理阐释现代过程装备与控制工程的概念,简要介绍了六大过程与设备原理,重点介绍了过程装备与物质转化和能源生产的关系,并就本科生教育、研究生教育与本科生就业状况做了较全面的介绍。

本书以全面工程教育理念为指导,努力沟通科学与工程,激发学生的创新能力和工程意识,可作为一年级大学生的工程通识教材,或作为工程文化普及的阅读资料,也可作为高中学生填报高考志愿的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

过程装备与控制工程概论/涂善东编著. —北京:化学工业出版社, 2009. 8

高等学校教材

ISBN 978-7-122-05951-2

I. 过… II. 涂… III. ①化工过程-化工设备-高等学校-教材②化工过程-过程控制-高等学校-教材 IV. TQ02

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第099599号

责任编辑:程树珍
责任校对:王素芹

装帧设计:杨北

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:化学工业出版社印刷厂

720mm×1000mm 1/16 印张7½ 字数100千字 2009年8月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 15.00 元

版权所有 违者必究

过程装备与控制工程学科发展与振兴我国制造业

代 序

工程是人类将现有状态改造成所需状态的实践活动，而工程科学是关于工程实践的科学基础。现代工程科学是自然科学和工程技术的桥梁。工程科学具有宽广的研究领域和学科分支，如机械工程、化学工程、材料工程、信息工程、控制工程、能源工程、冶金工程、建筑与土木工程、水利工程、采矿工程科学和电子/电气工程科学等。现代过程装备与控制工程是工程科学的一个分支，严格地讲它并不能完全归属于上述任何一个研究领域或学科。它是机械、化学、电学、能源、信息、材料工程乃至医学、系统工程学等学科的交叉学科，是在多个大学科发展的基础上交叉、融合而出现的新兴学科分支，也是生产需求牵引、工程科技发展的必然产物，过程装备与控制工程学科因此具有强大的生命力和广阔的发展前景。

学科交叉、融合和用信息化改造传统的“化工设备与机械”学科产生了过程装备与控制工程学科。化工设备与机械专业是在建国初期向苏联学习在我国几所高校首先设立后发展起来的，半个多世纪来，毕业生几乎一直供不应求，为我国社会主义建设输送了大批优秀工程科技人才。1998年3月教育部应上届教学指导委员会建议正式批准建立了“过程装备与控制工程”专业。这一专业在美欧等国家本科和研究生专业目录上是没有的，而在我国已有近百所高校开设这一专业，是适合我国国情，具有中国特色的一门新兴交叉学科。过程装备与控制工程是加工制造流程性材料的由过程单元设备和机泵群通过管路、阀等连成的机电仪监控一体化的连续性复杂系统。过程装备与控制工程学科作为研究上述复杂系统关键技术及其

相关工程科学的一门新兴学科，具有如下主要特征。

① 过程装备：与生产工艺即加工流程性材料紧密结合，有其独特的过程单元设备和工程技术，如传质过程、传热过程、流动过程、反应过程、热力过程、机械过程及其设备等，与一般机械设备完全不同，有动和静，通用和专用，标准和非标准，流体和粉体等设备之分。

② 控制工程：对过程装备及其系统的状态监测检测、故障诊断预测、控制、安全保护，以确保生产工艺有序稳定运行，提高过程装备的可靠度和功能可利用度。

③ 过程装备与控制工程：是指机、电、仪一体化连续运行的复杂系统，它需要长周期稳定运行；并且系统中的各组成部分（机泵、过程单元设备、管道、阀、监测仪表、计算机系统等）均互相关联、相互作用和互相制约，任何一点发生故障都会影响整个系统；又由于加工的流体和粉体材料有些易燃、易爆、有毒或是加工过程要在高温、高压下进行，系统的安全可靠性十分重要。因此，过程装备与控制工程是过程生产线过-装-控集成的成套装备工程，作为一门学科，又要研究装备的全生命周期中的问题：研制、设计、建造、运行、维修、废弃、回收、再制造。

过程装备与控制工程的上述特点就决定了过程装备与控制工程学科研究的领域十分宽广，涉及机械、化工、材料、动力、电、信息、控制与自动化、腐蚀与防护等多个专业领域。

过程装备与控制工程除了少数几个研究领域如混合工程、反应工程、分离工程及设备和密封技术为本学科的独有外，其它研究方向几乎也都是其它相关学科的研究方向。举例如下：

过程装备的压缩机、风机、泵属于流体机械与工程学科；压力容器设计计算属于工程力学学科；焊接对过程装备至关重要，属于机械制造及其自动化学科；过程装备选材和腐蚀防护属于材料科学与工程学科；过程装备检验属于检测技术与自动化装置学科；过程装备控制又属于控制理论与控制工程学科等。

由此可见，过程装备与控制工程学科的特点与绝大多数学科是

不同的：

一是要以机电工程为主干与工艺过程密切结合，研究和创新单元工艺装备；

二是与信息技术和知识工程密切结合，实现智能监控和机电一体化；

三是不仅研究单一的设备 and 机器，而且更主要的是要研究与过程生产融为一体的机、电、仪连续复杂系统，在工程上就是要设计建造过程工业大型成套装备。因此，要密切关注其它学科的新的动向，博采众长、集成创新，把诸多学科最新研究成果之他山之石为我所用；要善于把相关学科开的花移植到过程装备与控制工程学科结出果；

四是要以现代系统论为指导，研究本学科过程装备与控制工程复杂系统独特的工程理论，要把整个复杂系统作为研究对象，应用系统论研究过-装-控系统总成（过程成套装备设计制造）、过程生产装置长周期有序稳定运行以及监控和可靠性问题。

过程装备与控制工程的学科特点决定了它与过程工业、装备制造业和服务型制造业密切相关。

过程工业是国民经济的支柱产业；是发展经济提高我国国际竞争力的不可缺少的基础；过程工业是提高人民生活水平的基础；过程工业是保障国家安全、打赢现代战争的重要支撑，没有过程工业就没有强大的国防；过程工业是实现经济、社会发展与自然相协调从而实现可持续发展的重要基础和手段。

装备制造业是为国民经济和国防建设提供技术装备的基础产业，振兴装备制造业，是提高我国国际竞争力，实现国民经济全面、协调和可持续发展的战略举措。

服务型制造业有助于使中国经济高投入的增长模式转变为高附加价值的增长模式；服务型制造有助于实现“中国代工”向“中国制造”转变；缓解中国区域经济发展不平衡，促进大中型企业的国际化，带动中小企业的快速发展；提升企业创造价值的能力和成套服务能力，从而提升装备制造业的整体水平和国际竞争力。

显而易见，过程装备与控制工程在国民经济的建设中具有十分重要的地位。作为应用科学和工程技术，它的发展会立竿见影，直接促进国民经济的发展。过程装备的现代化同时也促进了机械工程、材料工程、热能动力工程、化学工程、电工程、信息工程等工程技术的发展。

我们不仅要看到过程装备与控制工程是一个新兴的学科，是博采诸多自然科学学科的成果而综合集成的一项工程技术，而忽略了反过来的一面，一个反馈作用，也就是过程装备与控制工程学科也应对自然科学的发展做出贡献。实际上，早在18世纪末期，自然科学的研究就超出了自然界，而是包括了整个世界即自然界和人工自然物。过程装备与控制工程属人工自然物，它也理所当然是自然科学研究的对象之一。工程科学能把过程装备与控制工程在工程实践中的宝贵经验和初步理论精练成具有普遍意义的规律，这些工程科学的规律就可能含有自然科学现在没有的东西。所以对工程科学研究的成果即工程理论再加以分析，再加以提高就可能成为自然科学的一部分。如蒸汽机的发明引发了工业革命，从研究蒸汽机所引伸出来的卡诺循环原理，再进而形成的热力学理论，不仅奠定了现代热机创新的理论基础，也成为自然界遵循的基本规律。因此对现代过程装备与工程的研究也有可能创造出新的工程科学的理论或自然科学的理论，为自然科学的发展做出应有的贡献。

但是过程装备与控制工程是应用于大型过程工业的复杂系统，抑或在今后应用于微型化学机械系统，对它的研究不会是向牛顿观察落下来的苹果发现万有引力或是法拉弟与他的弟子应用磁铁和导线在实验室里创造电磁学说那么简单，而是需要有诸多学科专门人才的学术团队的共同协作和努力，需要现代化的实验装备和测试手段，需要计算机和先进的软件。

我国科技部和国家自然科学基金委员会在本世纪初发表了《中国基础学科发展报告》，其中分析了世界工程科学研究的发展趋势和前沿，这也为过程装备与控制工程学科的发展指明了方向，值得借鉴和参考。

① 全生命周期的设计/制造正成为研究的重要发展趋势。由过去单纯考虑正常使用的设计，前后延伸到考虑建造、生产、使用、维修、废弃、回收和再利用在内的全生命周期的综合决策。过程装备的监测与诊断工程、绿色再制造工程和装备的全生命周期费用分析、安全和风险评估以及以可靠性为中心的维修等正在流程工业开始得到应用。

② 工程科学的研究尺度向两极延伸。过程装备的大型化是多年发展方向，近年来又有向微小型化集成的发展趋势。

③ 广泛的学科交叉、融合，推动了工程科学不断深入、不断精细化，同时也提出了更高的前沿科学问题，尤其是计算机科学和信息技术的发展冲击着每个工程科学领域，影响着学科的基础格局。学科交叉导致传统的生产观念和 production 模式发生了根本转变，随着需求个性化，制造信息化的进程，传统的生产观念由单纯的物质制造向与信息融合制造转变。过程装备与控制工程学科发展必须依靠学科交叉和信息化。过程装备复杂系统的监控一体化和数字化是发展的必然趋势。

④ 产品的个性化、多样化和标准化已经成为工程领域竞争力的标志，要求产品更精细、灵巧并满足特殊的功能要求，产品创新和功能扩展/强化是工程科学研究的首要目标，柔性制造和快速重组技术在大流程工业中也得到了重视。过程装备与控制工程学科的发展要十分重视发明专利和标准，这样才能结束我国重大过程装备“出不去，挡不住”的局面。

⑤ 先进工艺技术得到前所未有的广泛重视，如精密、高效、短流程、虚拟制造等先进制造技术对机械、冶金、化工、石油等制造业产生了重要影响。这些先进的工艺技术同样会促进过程装备的制造。

⑥ 可持续发展的战略思想渗透到工程科学的多个方面，表现了人类社会与自然相协调的发展趋势。制造业和大型工程建设都面临着有限资源和破坏环境等迫切需要解决的难题，从源头控制污染的绿色设计和制造系统为今后发展的主要趋势之一。

高素质的工程师源于高质量的工程教育。要培养高素质的工程师，工科高等教育特别是过程装备与控制工程学科必须改革和创新。将军是战场上打出来的，一流的工程科技人才是在大的工程实践中磨练出来的。高等工程教育目标只提培养高级专门人才、学校不注重培养工程师、大学毕业生不能适应工程实际需要的状况应该改变。

(1) 科学研究要与工程实践相结合

科研工作应从过去只重视文章和鉴定成果的状态下，变成开放的同经济建设主战场密切联系的大系统中去定位。科研成果转化率低的可怜的状况必须改变。开展科研选题，既要重视搜索文献，跟踪国际先进水平，又要重视从工程实践中，从人工自然物的复杂系统中去提炼新的课题，创新工程理论。创新之根在实践，既要在学校的实验室研究，又要重视在工厂、城市、社会大实验室中的实践。工科院校的教师，特别是专业课教师应有工厂实践经验，必要时从工厂工程师中选派教师。学生光有书本知识，从校门到校门不利于工程师的培养。

(2) 应鼓励学科交叉与团队协作

那些在专业知识之外，能掌握并广泛了解不同学科为基础的各个领域知识的人是明天的获奖者。在知识环境中需要有广度和深度思维，非常专业化已经不够。拆除那些隔离传统大学院系之间的围墙是至关重要的。

(3) 培养有终生学习能力的人才

知识新陈代谢越来越快，工程师知识必须不断更新。学校教育的根本是教人如何学习，才能适应社会的快速变化。正规教育不仅要提供专业教育，而且要培养学生有终生学习能力。

纵观历史，世界上的一流大学，都是在不同历史时期为本国经济和军事的振兴作出突出贡献，使其走上世界经济发展的前列，从而称雄世界。我们国家要建设世界一流大学，首要的标志也应该是为中国经济发展和国防建设作出杰出成就。我国和世界最发达的国家处于不同的经济发展阶段，不去解决我国经济发展主战场的理论和科学技术问题，而去和现在世界一流大学比论文，比 SCI，只关注

“他引”，不关心“己用”这样“拔苗助长”创世界一流大学值得深思。工程教育应该以培养工程师为主要目标，要坚持产学研相结合，鼓励毕业生到生产第一线去。高等院校特别是过程装备与控制工程等相关学科应成为企业自主创新的同盟军，研发出具有自主知识产权的国际一流技术并且在我国的工厂应用，在世界装备市场竞争中争当强者，让中国制造的装备走向世界，让中华品牌誉满全球，为我国从制造大国变成制造强国作出贡献。

正是基于对过程装备与控制工程学科的深入认识，近年来涂善东教授带领其教学团队积极探索综合化工程教育，为一年级新生开设了过程装备与控制工程专业概论课程，旨在使大学生对本门学科有较全面的认识，激发他们的创新与实践的热情。涂善东教授还在繁重的教学、科研与管理之余，勤于笔耕，编著了过程装备与控制工程专业概论，致力用通俗易懂的科学原理阐释现代过程装备与控制工程的概念，并就本科生教育、研究生教育等做了较全面的介绍，相信本书的出版有助于年轻的学生们对本学科的全面了解，提升他们的工程意识和创新能力，同时作为工程文化普及的读物，起到提高公众工程科学素养的作用。

海阔天空任飞跃。中国正处在空前的举世瞩目的经济高速发展时期，振兴我国制造业的广阔天地，大有作为！建设创新型国家的历史重任已落在了现在的科学家和工程师们的身上，但也更有赖于今天的大学生——未来的科学家和工程师们，希望他们能自强不息，为中华复兴，为中华民族立足于世界民族之林做出新的更大的贡献！

高金吉

中国工程院院士

北京化工大学 教授

教育部高等学校过程装备与控制工程专业

教学指导分委员会主任委员

2009年7月

前 言

随着科学技术的进步，石油化工、能源、冶金、制药、食品、电子、生命科技等领域的迅猛发展给过程机械技术带来了新的发展机遇。更新相应的专业教育体系，拓宽教学内容，使培养的人才具有更宽的面向和更强的适应性，成了 20 世纪 90 年代工程教育改革的必然要求。通过充分的研讨，原“化工机械”专业纳入了相关专业的内容，于 1998 年经教育部批准正式更名为“过程装备与控制工程”专业。十余年的实践表明，过程装备与控制工程专业在复杂的市场经济条件下具有强劲的生命力，在国民经济建设中日显其重要性。

进入 21 世纪后，促进工程教育改革的呼声日益高涨，工程教育回归工程、强调多学科的综合与集成已成为大趋势。过程装备与控制工程作为一个集机械、化学、能源、控制、材料等多个学科知识体系于一体的典型综合性专业，所涉及的工业领域的产值占到了整个制造业的 50% 以上，显然其人才培养的质量直接影响着我国相关企业的创新能力和竞争力。这一特定的时代背景，要求过程装备与控制工程的教育能够面向建设创新型国家的目标，在工程教育改革中领先一着，处理好学科交叉与综合的教学问题，以全面提高学生的工程素质及工程创新能力。

正是本着这样的要求，笔者和他的同事们针对传统培养方案中大学一、二年级的教学缺乏工程通识教育的现状，于 2005 年秋面向一年级新生开出了“现代过程装备与控制工程概论”的公选课程，致力用通俗易懂的科学原理阐释现代过程装备与控制工程的概念。期望学生通过学习既见“树木”又见“森林”。即在大学之初先接触一定的面，了解过程装备与控制工程在国民经济建设、科学技术进

步与社会发展中的巨大作用，了解一定的过程机械原理和典型的应用，并对专业的培养目标、教学安排、实践训练及职业生涯的发展有所了解；进而在今后学习相关基础课程与单元设备及机器时，激发出更高的热情，更进而在大学后期，能够设计出相关单元（所谓“树木”）并集成为成套过程装置（所谓“森林”）。

本书是在笔者及其同事们教学讲义的基础上成稿的，共分五章进行论述。在第1章中论述过程装备学科对社会进步的巨大贡献，定义了过程装备与控制工程学科，介绍了历史上的过程装备技术以及面向高技术的过程装备与控制工程；第2章作为过程机械原理的入门，介绍了六大过程与设备原理，包括流体动力过程、热量传递过程、质量传递过程、动量传递过程、热力过程以及化学反应过程；第3章介绍典型的物质转化过程，包括炼油过程、乙烯裂解过程、化肥生产过程、煤气化过程、生物转化过程等，说明过程装备是物质转化的基础；第4章介绍各种发电过程和核心装备，如火力发电过程、原子能发电过程、生物质发电过程等，说明过程装备是当今社会能源生产的核心；第5章介绍过程装备与控制工程教育，包括本科生教育、研究生教育与本科生就业状况，期望学生通过阅读能对今后的学习和职业生涯尽早作出规划。

本书是集体教学的结晶，潘家祯教授负责本书第2章的讲授并提供了相关素材，汪华林教授与轩福贞教授分别负责第3章和第4章的讲授并提供了部分素材，第5章由周邵萍教授讲授并提供素材。他们在科学研究中努力工作，卓有成就，保证了课程内容的先进性与前瞻性。笔者对他们的贡献表示衷心的感谢。

由于本书是“过程装备与控制工程”专业教学改革的尝试与探索，又限于笔者水平和写作时间，其中内容未免挂一漏万，错误观点在所难免，切望广大读者批评指正，并在教与学中作相应的纠正与完善。

涂善东

2009年5月16日

于华东理工大学

目 录

第 1 章	过程装备学科发展与社会进步	1
1.1	什么是过程装备与控制工程	1
1.2	历史上的过程装备技术	4
1.3	面向高技术的过程装备与控制工程	8
1.4	不断创新发展的过程装备与控制工程教育	13
	参考文献	14
第 2 章	过程机械原理入门	15
2.1	流体动力过程	15
2.2	热量传递过程	20
2.3	质量传递过程	22
2.4	动量传递过程	31
2.5	热力过程	35
2.6	化学反应过程	39
	参考文献	44
第 3 章	过程装备是物质转化的基础	45
3.1	石油化工过程与装备	45
3.2	化肥生产过程与装备	54
3.3	煤气化过程与装备	60
3.4	生物转化过程与装备	63
	参考文献	65
第 4 章	过程装备是能源生产的核心	67
4.1	火力发电过程与装备	67
4.2	原子能发电过程与装备	76
4.3	生物质发电过程与装备	84
	参考文献	92

第 5 章 过程装备与控制工程教育	93
5.1 本科教育与教学	93
5.2 研究生教育	102
5.3 大学生就业	104
参考文献	105

第 1 章

过程装备学科发展与社会进步

1.1 什么是过程装备与控制工程

在这个世界上，人们可以失去很多东西，但失去其中一些东西，将大大改变人们生存的方式和生活的含义。不妨设想一下：

——如果没有合成氨和尿素装置……，人类的粮食会大面积减产，世界上有大量的人群将因此忍受饥饿；

——如果没有炼油装置……，汽车将无法跑动，飞机将无法飞行；

——如果没有现代锅炉和发电装置……，空调、冰箱将无法使用，夜间的城市将处于昏黑之中；

——如果没有药物合成装置……，人类的平均寿命会大为缩短；

——如果没有电子材料的制造装置……，先进的计算机技术无法实现，人们或许不得不要靠传话通信；

——如果没有先进的制氢装置……，未来的氢能时代将无从谈起。

过程装备与控制工程是一门研究和实现上述装置的重要学科。它致力将先进的工艺或构想通过设计放大（或缩小）、制造而变成现实，并保障其高效、安全和集约运行（如图 1-1 所示）。

过程装备与控制工程服务并引领过程工业的发展。按照国际标准化组织（ISO/DIS9000:2000）的定义，社会经济过程中的全部产品可分为四类，即硬件产品、软件产品、流程性材料产品和服务型产品。“流程性材料”主要是指以流体（气、液、粉体等）形态存在的材料。过程

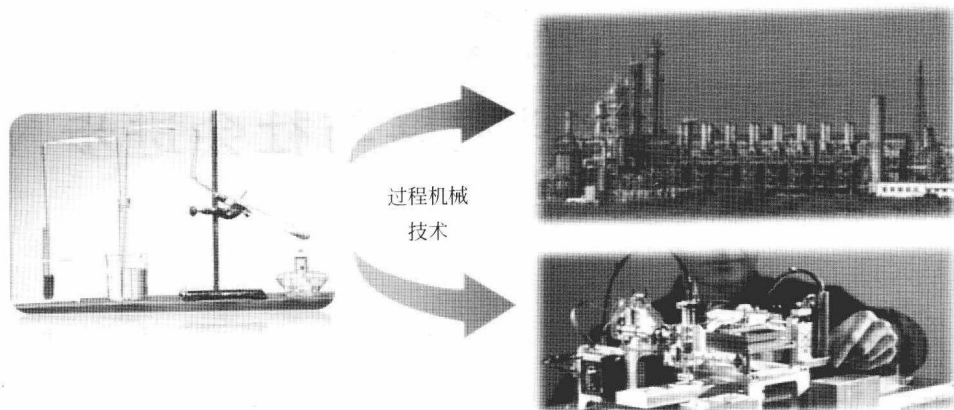


图 1-1 将工艺构想变成现实的过程装备与控制工程

工业因此可以定义为是加工制造流程性材料产品的现代制造业。一般的，装备制造业是以物件的加工和组装为核心的产业，根据机械电子原理加工零件并装配成产品，但不改变物质的内在结构，仅改变大小和形状，产品计件不计量。而过程工业（过程制造业）则是以物质的化学、物理和生物转化，生成新的物质产品或转化物质的结构形态，产品计量不计件，一般为连续操作（偶或间歇操作），生产环节具有一定的不可分性，涉及化学资源、矿产资源、生物资源利用的产业（石油化工、冶金、发电、制药）等；过程工业是国家的重要支柱产业，国家财税收入的主要来源，其发展状况直接影响国家的经济基础。在整个制造业中，过程工业的产值比重接近 50%，利税贡献更为显著，增值税达 52%（2001 年）^[1]。目前在各种工业领域所涉及的基本过程大体可以分解为：

- ① 流体动力过程（fluid dynamical process） 遵循流体力学规律的过程，它涉及泵、压缩机、风机、管道和阀门等；
- ② 热量传递过程（heat transfer process） 遵循传热学规律的过程，它涉及热量交换过程及设备，即换热器或热交换器；
- ③ 质量传递过程（mass transfer process） 遵循传质诸规律的过程，它涉及有关干燥、蒸馏、浓缩、萃取等传质过程及设备；
- ④ 动量传递过程（momentum transfer process） 遵循动量传递及固体力学诸规律的过程，它涉及固体物料的输送、粉碎、造粒等过程及设备；
- ⑤ 热力过程（thermodynamic process） 遵循热力学诸规律的动力

过程，它涉及发电、燃烧、冷冻、空气分离等过程及设备；

⑥ 化学反应过程 (chemical process) 遵循化学反应诸规律的过程，它涉及化学反应，如：合成、分解、生物反应等过程及设备。

现代过程装置是过程制造业的工作母机，一般涉及多种过程的集成，由一系列的过程机器和过程设备，按一定的流程方式用管道、阀门等连接起来的连续系统，再配以控制仪表和电子电气设备，即能平稳连续地把以流体为主的各种材料，让其在装置中历经必要的物理化学过程，制造出人们需要的新的流程性产品。其中单元过程设备（如换热器、反应器、塔、储罐等）与单元过程机器（如压缩机、泵、离心机等）统称为过程装备。

过程装备与控制工程学科与过程制造业和装备制造业同时相关，她一方面提供设计、制造和维护过程装备为过程工业服务，同时通过创新的过程装备改进过程工艺，起着引领过程工业发展的作用，并不断扩大过程装备的应用范围。现在过程装备已在石油、化工、冶金、发电、制药等诸多领域实现了广泛应用（见表 1-1）。先进的过程装备在不断装

表 1-1 过程装备在过程工业中的应用领域^[2]

按大行业分的过程工业	包含在其它大行业中的过程工业
石油加工及炼焦业	火力/核发电业
化学原料及化学制品制造业	煤气生产业
医药制造业	水的生产和供应业
化学纤维制造业	集成电路制造业(部分生产环节)
橡胶制品业	电子元件制造业(部分生产环节)
塑料制品业	金属表面处理及热处理业
食品加工业	铸件制造业
食品制造业	粉末冶金制品业
造纸及纸制品业	绝缘制品业
核燃料加工业	烟叶复烤业
饮料制造业	纤维原料初步加工业
非金属矿物制品业	棉纺印染业
黑色金属冶炼及压延加工业	毛染整业
有色金属冶金及压延加工业	丝印染业
农副食品加工业	废弃资源和废旧材料回收加工业
	管道运输业