

 21世纪工业工程专业规划教材

张绪柱 等 著

工业工程实验与实习教程

Handbook of

Industrial Engineering Experiment and Practice



机械工业出版社
China Machine Press

21 世纪工业工程专业规划教材

工业工程实验 与实习教程

张绪柱 崔鲁光 王 平 温德成 著
张丹羽 张宏林 许本忠
吴爱华 主 审



机械工业出版社

本书的特点是把学生应该掌握的工业工程知识和技能通过实验项目串起来,将实验项目、实验内容、实验设备、实验材料、实验信息、实验人员等纳入到统一的工业工程实验体系中,即在实现工业工程基本技能训练的基础上,突出实践性、综合性、系统性训练,体现了实验教学与理论教学的有机融合。

本书的主体部分是各实验模块的实验指导书,在工业工程实验体系的总体框架下,涵盖了工业工程专业的所有主干课程,即基础工业工程、人因工程、物流工程、生产计划与控制。此外还包括质量管理、工程经济、信息技术基础等实验和课程设计指导书,以及认识实习、生产实习、毕业实习指导书,并附有工业工程实验常用表格、高校实验室工作规程和工业工程实验室基本要求。

本书可用作工业工程专业本科、研究生和工业工程短期培训实验教材,也可供从事工业工程教学、研究与实践的人士参考。

图书在版编目(CIP)数据

工业工程实验与实习教程 / 张绪柱等著. —北京:机械工业出版社, 2006.7
21 世纪工业工程专业规划教材
ISBN 7-111-19444-6

I. 工... II. 张... III. 工业工程—高等学校—教学参考资料 IV. F402

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 069642 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
策划编辑: 张敬柱 责任编辑: 冯 铨 版式设计: 冉晓华
责任校对: 樊钟英 责任印制: 李 妍
三河市汇鑫印务有限公司印刷
2006 年 7 月第 1 版第 1 次印刷
169mm × 239mm · 7.875 印张 · 1 插页 · 306 千字
0001—4000 册
定价: 20.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68326294
编辑热线电话 (010) 88379539
封面无防伪标均为盗版



张绪柱

山东大学管理学院硕士研究生导师，工业工程硕士教育中心副主任，工业工程研究所所长。法国巴黎第五大学访问学者，山东省比较管理研究会理事。主要从事工业工程专业的教学和科研工作，主持并参与世界银行贷款项目、中国荷兰国际合作项目、省部级科研项目及企业委托项目多项，发表科研和教学论文数十篇，主编教材《工业企业管理》、《工业企业生产管理学》两部，副主编教材《生产管理》、《工业企业管理简明教程》两部，参编《现代工业企业管理学》等教材多部，有多项工业工程专业实验研究与开发方面的项目和论文获山东大学和山东省奖励。

21 世纪工业工程专业规划教材

编 审 委 员 会

名誉主任：汪应洛 西安交通大学

主 任：齐二石 天津大学

副 主 任：

夏国平 北京航空航天大学

薛 伟 温州大学

易树平 重庆大学

李泰国 首都经济贸易大学

钱省三 上海理工大学

吴爱华 山东大学

苏 秦 西安交通大学

许映秋 东南大学

郭 伏 东北大学

邓海平 机械工业出版社

秘 书 长：易树平 重庆大学

秘 书：张敬柱 机械工业出版社

委 员（按姓氏笔画排序）：

方庆琯 安徽工业大学

周跃进 南京大学

王卫平 东莞理工学院

姜俊华 南昌航空工业学院

王德福 东北农业大学

徐人平 昆明理工大学

卢明银 中国矿业大学

徐瑞园 河北科技大学

李兴东 山东科技大学

海 心 南京工程学院

任秉银 哈尔滨工业大学

龚小军 西安电子科技大学

齐德新 辽宁工程技术大学

曹国安 合肥工业大学

刘裕先 北京机械工业学院

曹俊玲 机械工业出版社

李 萍 黑龙江科技学院

傅卫平 西安理工大学

陈友玲 重庆大学

韩向东 南京财经大学

陈 立 东北农业大学

程国全 北京科技大学

张绪柱 山东大学

蒋祖华 上海交通大学

张新敏 沈阳工业大学

鲁建厦 浙江工业大学

周宏明 温州大学

戴庆辉 华北电力大学

序

每一个国家的经济发展都有自己特有的规律，而每一个国家的高等教育也都有自己独特的发展轨迹。

自从工业工程（Industrial Engineering，简称 IE）学科于 20 世纪初在美国诞生以来，在世界各国得到了较快的发展。工业化强国在第一、二次世界大战中都受益于工业工程。特别是战后经济恢复期，日本、德国等均在工业企业中大力推广工业工程的应用和培养工业工程人才，获得了良好的效果。美国著名企业家艾柯卡先生，是美国福特和克莱斯勒汽车公司的总裁，他就是毕业于美国里海大学工业工程专业。日本丰田生产方式从 20 世纪 80 年代创建以来，至今仍风靡世界各国，其创始人大野耐一的接班人——原日本丰田汽车公司生产调查部部长中山清孝说：“所谓丰田生产方式就是美国的工业工程在日本企业的应用。”亚洲“四小龙”——韩国、新加坡、中国台湾和香港特别行政区均于 20 世纪 60 年代起步工业工程，当时正值亚太地区经济快速发展时期（中国大陆因文化大革命而错过此次发展机会）。中国台湾的工业工程发展与教育是相当成功的，经过 30 年的努力，建立了工业工程的科研、应用和教育系统。20 世纪 90 年代初，全台湾 60 所大学有 48 所开设了工业工程专业，至今人才需求仍兴盛不衰。更重要的是于 1992 年设立了工业工程学门。目前，在大陆的台资企业都设有工业工程部和工业工程工程师岗位。在亚太地区的学校都广泛设立工业工程专业。工业工程高水平人才的培养，对国内外经济发展和社会进步起到了重要的推动作用。

1990 年 6 月中国机械工程学会工业工程研究会（现已更名为工业工程分会）的正式成立，以及首届全国工业工程学术会议在天津大学的胜利召开，标志着我国工业工程学科步入了一个崭新的发展阶段。人们逐渐认识到工业工程对中国管理现代化和经济现代化的重要性，并在全中国范围内自发地掀起了学习、研究和推广工业工程的活动。更重要的是在 1993 年 7 月由原国家教委批准，天津大学、西安交通大学首批试办工业工程专业并招收本科生，由此开创了我国工业工程学科的先河。而后重庆大学等一批高校也先后开设了工业工程专业。时至今日，全国开设工业工程专业的院校至少有 140 所。发展速度之快，就像我国经济发展一样，令世界各国瞩目。我于 2000 年 9 月应邀赴美讲学，2001 年应台湾工业工程学会邀请到台湾清华大学讲学，2003 年

应韩国工业工程学会邀请赴韩讲学，其题目均为《中国工业工程与高等教育发展概况》。他们均对中国大陆的工业工程学科发展给予了高度的评价，并表达了与我们保持长期交流与往来的意愿。

虽然我国工业工程高等教育自 1993 年就已开始，但教材建设却发展缓慢。最初，大家都使用由北京机械工程师进修学院组织编写的“自学考试”系列教材。至 1998 年时，全国设立工业工程专业的高校已达三四十所，但仍没有一套适用的专业教材。在这种情况下，工业工程分会与中国科学技术出版社合作出版了一套工业工程专业教材，并请西安交通大学汪应洛教授任编委会主任。这套教材的出版有效地缓解了当时工业工程专业高等教育教材短缺的压力，对我国工业工程专业高等教育的发展起到了重要的推动作用。

然而，近年来我国工业工程学科发展十分迅猛，开设工业工程专业的高校数量直线上升，同时教育部也不断出台新的政策，对工业工程的学科建设、办学思想、办学水平等进行规范和评估。在新的形势下，为了适应教学改革的要求，满足全国普通高等院校工业工程专业教学的需要，机械工业出版社推出的这套“21 世纪工业工程专业规划教材”是十分及时和必要的。在教材编写启动会上，编审委员会组织国内工业工程专家、学者对本套教材的学术定位、编写思想、特色进行了深入研讨，力求在确保高学术水平的基础上，适应普通高等院校教学的需求，做到适应面广、针对性强、专业内容丰富。同时，本套教材还将配备 CAI 课件，相应的实验、实习教程，案例教程以及企业现场录像，实现立体化。尽管如此，由于工业工程在我国正处于快速成长期，加上我们的学术水平和知识有限，教材中难免存在各种不足，恳请国内外同仁多加批评指正。

教育部管理科学与工程类专业教学指导委员会主任
中国机械工程学会工业工程分会主任
天津大学管理学院院长



于天津

前 言

工业工程是一门实践性很强的学科,需要有大量的实验来辅助教学。工业工程作为技术与管理相结合的边缘学科,其本身涵盖的内容就非常多。按照现代工业工程专业的培养目标,所需要的实验内容和实验项目也相当多而且非常复杂。以往传统的实验教学模式难以满足现代工业工程专业的实验教学要求。因此,需要用系统的思想和方法,设计一个工业工程专业教学实验体系来有效地规划和组织,在课堂理论教学的基础上,把学生应该掌握的工业工程基本知识和技能通过一系列实验和实践项目加以强化和贯通。而实验项目、实验内容、实验设备、实验材料、实验信息、教师、学生等组成了一个复杂的系统。为了使这个复杂系统有效地运转,又需要建立一个高效的工业工程实验管理系统,借助计算机和网络将实验设备、人员、实验内容、实验信息等纳入到整个实验管理体系中,以发挥工业工程教学实验体系的整体效能。

本实验教程的编写遵循这样的思路:首先简要介绍工业工程的学科特点、实践环节设置和工业工程专业教学实验体系;主体部分是各实验模块的实验指导书,具体包括基础工业工程实验、人因工程实验、生产计划与控制实验、质量管理实验、工程经济学课程设计、设施规划与物流分析综合实验、信息技术基础实验等,以供师生选用;随后,简要介绍了工业工程实验管理的相关内容;然后是认识实习、生产实习、毕业实习指导书。最后,附有 IE 实验常用表格、高校实验室工作规程和工业工程专业实验室建设基本要求,以供参考。

本教程是山东大学管理学院工业工程研究所各位教师和工业工程实验室人员在多年开发实验项目和积累的实践教学经验基础上整理完成的。它涵盖了工业工程专业的所有主干课程及部分其他课程的实验。书中涉及到的所有实验和课程设计都至少经过一届工业工程专业本科学生的检验,有些实验已经过十届学生的检验和逐步改进。

本书可用作工业工程专业本科生实验和实习教程,也可用作研究生实验和工业工程短期培训的教材,还可供从事工业工程教学、研究与实践的人士参考,以及作为高校建立工业工程专业教学实验体系和实验管理系统的参考。作为我国第一本正式出版的工业工程专业实验与实习指导书,很多内容都是新的尝试,缺点错误在所难免,请读者批评指正,以便修订时改进提高。

本书由张绪柱、崔鲁光、王平、温德成、张丹羽、张宏林和许本忠合著。

全书先由张绪柱副教授拟定写作大纲,经过全体作者反复讨论和修改后,最终确定写作体系,各位作者分工编写相关章节的实验指导书,最后由张绪柱统纂而成。具体分工如下(按章节先后排列):第1、4章(张绪柱副教授)、第2章(王平副教授(实验一至实验七和实验十一)和崔鲁光副教授(实验八至实验十))、第3章(张宏林副教授)、第5章(温德成副教授)、第6章(张绪柱和许本忠副教授)、第7章(张绪柱和张丹羽副教授)、第8章(崔鲁光副教授)、第9~12章(张绪柱副教授)。本书由吴爱华教授主审。

感谢山东大学管理学院、山东大学实验室与设备管理处的领导对本教程的关心以及管理学院实验中心工作人员的大力支持,还要感谢全国五十多所兄弟院校来山东大学管理学院工业工程实验室进行参观指导的同仁,是诸多专家、学者们的关心、鼓励和支持才使本教程得以出版。书中吸收了一些工业工程同仁已发表或未发表的观点,恕不能一一列出,在此一并表示感谢。

作 者

目 录

序 前言

第 1 章 概论	1
1.1 工业工程的特点	1
1.2 工业工程专业的培养目标	1
1.3 工业工程专业实践环节设置	2
1.4 工业工程专业实验体系	2
1.5 网络实验	6
第 2 章 基础工业工程实验	9
实验一 工艺程序分析	9
实验二 人机操作分析	13
实验三 双手操作分析	18
实验四 动作研究	21
实验五 工时评价	24
实验六 秒表测时	27
实验七 模特排时法	31
实验八 工作抽样(一)工作抽样的方案设计	34
实验九 工作抽样(二)工作抽样的观测与记录	37
实验十 工作抽样(三)工作抽样观测结果的分析、统计	41
实验十一 工作抽样(四)自主抽样实验	42
第 3 章 人因工程实验	45
实验一 环境照明与生产效率关系测定	45
实验二 环境噪声测定	49
实验三 简单反应时测定	51

实验四	人体测量实验	54
实验五	心率与耗氧量相关关系测定	57
实验六	劳动强度测量	61
实验七	微气候测定	64
实验八	工作空间与工作效率的测定	66
实验九	视觉显示器编码设计	68
第 4 章	生产计划与控制实验	71
实验一	产品结构 BOM 设计实验	71
实验二	物料编码实验	75
实验三	用友 ERP-U8 软件熟悉实验	78
实验四	基础信息的设置及录入实验	86
实验五	物料清单和工艺路线设置实验	97
实验六	库存管理、销售管理和采购管理实验	106
实验七	主生产计划与粗能力计划实验	117
实验八	物料需求计划、能力需求计划、生产订单与生产订单工序计划实验	126
第 5 章	质量管理实验	133
实验一	质量数据测定	133
实验二	质量数据处理	139
第 6 章	工程经济学课程设计	143
第 7 章	设施规划与物流分析综合实验	147
综合实验 A	喷油泵装配车间的平面布置设计	147
综合实验 B	物流工程系列实验	154
实验一	物流技术装备认知实验	154
实验二	仓库货位管理实验	162
实验三	输送系统规划与设计实验	168
实验四	业务流程模拟实验	173
第 8 章	信息技术基础实验	175
实验一	组装台式计算机综合实验	175
实验二	应用服务器架设综合实验	180

实验三 网络参数配置综合实验	184
实验四 网络硬件和局域网认识实验	195
实验五 RJ45 制作和对等网组建实验	199
第 9 章 工业工程实验管理制度	206
9.1 本科生实验教学管理规定	206
第一部分 总则	206
第二部分 实验教学任务管理	206
第三部分 实验教学过程管理	207
第四部分 实验考核与成绩评定	209
第五部分 实验教学质量监控	210
第六部分 附则	210
9.2 工业工程实验室管理人员职责	210
9.3 实验指导教师规范	212
9.4 工业工程实验室学生实验守则	213
9.5 学生实验报告上传 FTP 服务器规定	214
9.6 实验报告的批改及成绩评定	215
第 10 章 认识实习	218
第 11 章 生产实习	221
第 12 章 毕业实习	224
附 录	226
附录一 IE 实验常用表格	226
附录二 高校实验室工作规程	233
附录三 工业工程专业实验室建设基本要求	238
参考文献	242

@ 1.1 工业工程的特点

工业工程 (Industrial Engineering, 简称 IE) 是研究由人员、物资、设备、能源和信息等组成的集成系统的规划、设计、评价和创新的一门学科。它运用数学、物理学和社会科学的专门知识与技能以及工程分析与设计的原理和方法, 对上述系统可能获得的成果予以阐述、预测和评估。工业工程应用非常广泛, 不仅用于工业部门, 还扩大到服务业 (如商业、银行、医院、建筑和运输等部门), 几乎涉及一切有组织的活动。近几年来, 工业工程的应用引起了我国工业界的重视, 一些企业应用工业工程已取得了初步成效。可以预测, 工业工程将在我国得到广泛应用, 并将给企业带来显著的经济效益和社会效益。

工业工程起源于美国, 经历了近百年的产生、发展、应用和推广过程, 内容越来越丰富, 已经成为一种跨学科性质的交叉科学和一门实践性很强的学科。

工业工程的目标就是使生产系统投入的要素得到有效利用、降低成本, 保证质量和安全, 提高生产率, 获得最佳效益。

工业工程是既包括自然科学和工程技术, 又包括社会科学及经济管理知识应用的一门边缘学科。和所有其他工程学科一样, 工业工程具有利用自然科学知识和其他技术进行观察、实验、研究、设计等功能和属性, 其主要特点之一就是它的实践性。所以, 实验和实习环节在工业工程专业教学中起着举足轻重的作用。

@ 1.2 工业工程专业的培养目标

本专业的培养目标, 是为培养适应社会主义现代化建设需要的, 德、智、体等全面发展的, 具有现代工业工程和系统管理等方面的知识、素质和能力, 获得工业工程师基本训练, 懂技术、懂经济、懂管理、能应用计算机、会外语的, 宽基础、高素质、具有创新精神和实践能力的高级复合型人才。

实践能力的培养在工业工程专业教育过程中占有非常重要的地位。这可以通过一系列实践环节来完成。

@ 1.3 工业工程专业实践环节设置

为了培养学生的实践能力,除军训、基础课实验和社会实践外,其主要实践环节包括:金工实习、专业认知实习(认识实习)、机械设计基础课程设计、各专业模块实验和专业课程设计(包括基础工业工程、人因工程、设施规划与物流分析、生产计划与控制、质量管理、工程经济学、信息技术基础、管理信息系统分析与设计等)、生产实习、毕业实习和毕业设计等。

@ 1.4 工业工程专业实验体系

工业工程专业实验教学在我国起步较晚,没有现成的模式可以借用。为加强实验教学,很多学校在实验教学方面进行了有益的探索和尝试。山东大学管理学院于1996年提出了建立工业工程专业教学实验体系的设想,经过十年的努力,该实验体系已日渐成熟和完善,得到了全国多数开办工业工程专业院校的好评,目前已有五十多所兄弟院校到该校参观学习。

1.4.1 建立 IE 专业教学实验体系的基本指导思想

过去,我国高校传统的教学实验大多是按课程来安排的,每门课程单独设立实验项目。实验项目大多是为了验证某个理论或训练某个知识点或技能点而设计的。由于没有建立统一的专业教学实验体系,使各实验项目之间基本上是相互独立的,缺乏必要的联系,各门课之间的实验内容就更谈不上相互联系了。这样,即使完成了所有的实验,同学们头脑中仍然建立不起一个专业的总体的系统概念。

根据现代工业工程专业的性质和特点,我们认为,建立其专业教学实验体系的基本指导思想应该是:在实现工业工程专业基本技能训练的基础上,突出综合性、系统性训练的特点;通过一个共同的实验载体,将各项实验联系起来,形成一个有机的整体,并且还要体现实验教学与理论教学的有机融合。

实现这种指导思想的基本方法是:选择一个或少数几个比较典型的工业产品为主要实验对象,各门专业课根据工业工程专业总体培养要求,结合该课程本身的知识点,围绕统一的实验对象来开发实验,使整个工业工程专业实验体系能够模拟企业的设施规划与布局、物流系统设计、生产计划与控制、质量管理、流程改进、人因工程等包括物流、信息流、资金流和人员流的全部或大部分 IE 活动。

实验对象的选择是件颇费周折的工作,需要考虑多方面的因素。既要考虑基础工业工程的实验,让学生在进进行方法和时间研究的实验时容易掌握其生产和装

配流程,所以实验对象不能太复杂;又要考虑流水线的设计与平衡、物流系统的设计、BOM表的设计、生产计划与控制等,所以实验对象也不能太简单;还应考虑实验消耗要少,所以实验对象要比较耐用,能够供学生反复拆装而不损坏。经过反复论证和探索,山东大学管理学院在建立工业工程专业教学实验体系时选择了柴油机喷油泵为主要对象,围绕它开发的实验项目贯穿了该实验体系中基础工业工程系列实验、流水线设计、车间平面布局设计等主要实验项目。但是,考虑到喷油泵的构成零件太少,不能完全适应生产计划与控制实验中BOM表的设计、物料需求计划等实验的复杂性要求,同时为了使淘汰下来的微机能够“变废为宝”以节省实验费用,该校又选择了微机作为研究对象,并在保持实验体系整体功能的基础上围绕微机拆装开发了一系列实验。需要说明的是,只要不影响工业工程专业教学实验体系的功能,各校可根据自身情况选择合适的研究对象。

1.4.2 工业工程专业教学实验体系的基本功能

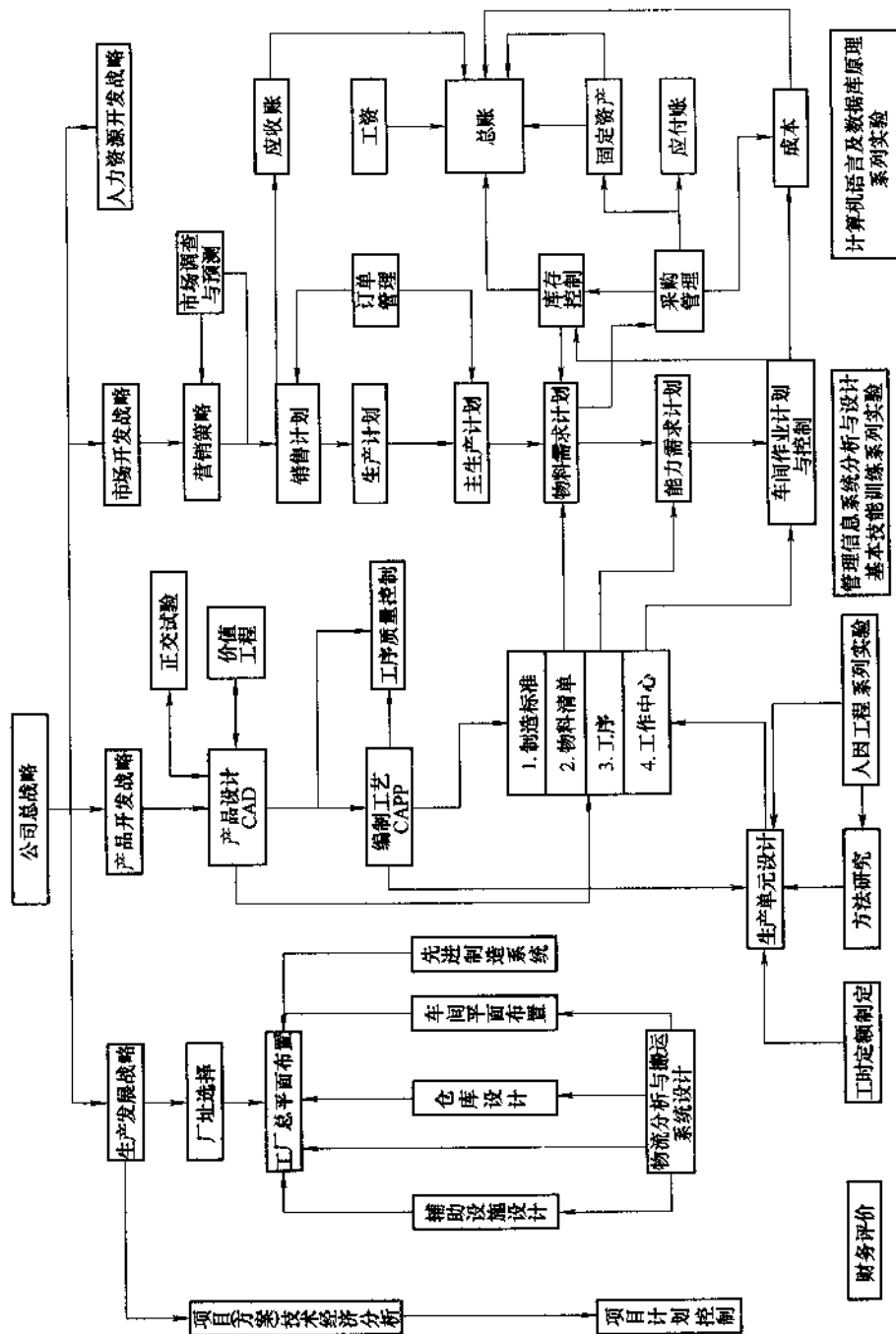
工业工程专业教学实验体系要能够根据不同的培训对象(工业工程专业本科生、研究生、自考生、短期培训学员,管理科学与工程学科中非工业工程专业的学生等)编制不同的实验方案及计划;能够让学生进行不同类型实验的训练,做到不同实验方式组合应用。工业工程专业教学实验体系的基本功能包括:

- 1) 验证所学专业理论,训练IE基本技能。
- 2) 模拟企业生产经营系统的设计与运行,提高学生综合分析与设计的能力。
- 3) 适用于本科生、研究生和工厂IE人员等不同训练对象和层次的需要。
- 4) 将案例教学、习题训练、课程设计纳入教学实验体系,实现实验教学与理论教学的有机融合。
- 5) 为教师和研究生提供实验、研究平台,并将其研究成果不断地更新和丰富教学实验体系的内容。

1.4.3 工业工程专业教学实验体系的基本结构

根据建立工业工程专业教学实验体系的基本指导思想和功能要求,山东大学管理学院选择了柴油机喷油泵为主要实验对象设计了IE教学实验体系,如图1-1所示。

图1-1体现了工业工程专业教学实验的总体思想,是一个概念模型。它涵盖了企业为实现其总体战略所从事的几乎所有的工业工程活动,包括设施规划与布局、工程经济评价、工时定额的制定、物流系统设计、生产计划与控制、质量管理、人因工程等,是工业工程专业教学实验体系的一个总的功能流程图。考虑到各门课程论教学的相对独立性和实验项目开发的可操作性,在保持工业工程专业教学实验体系的逻辑性和系统性的基础上,在具体开发实验项目时,该校基本上还是按照工业工程专业课程体系来划分实验模块的。



根据工业工程专业的培养目标和专业课程体系设置,该 IE 教学实验体系分为:基础工业工程、人因工程、物流工程(设施规划与物流分析)、生产计划与控制、质量管理、工程经济、管理信息系统分析与设计等主要实验模块。工业工程专业教学实验模块图如图 1-2 所示。该实验教程涵盖了其中大部分实验模块的实验指导书。其他模块如会计学的实验,由其他系(所)根据工业工程专业的要求单独编制。



图 1-2 IE 专业教学实验模块图

每一实验模块都有各自的实验系统图。现以基础工业工程模块实验系统图(图 1-3)为例来说明。图 1-3 中,未标颜色的各长方形框中的内容,如工艺程序分析、

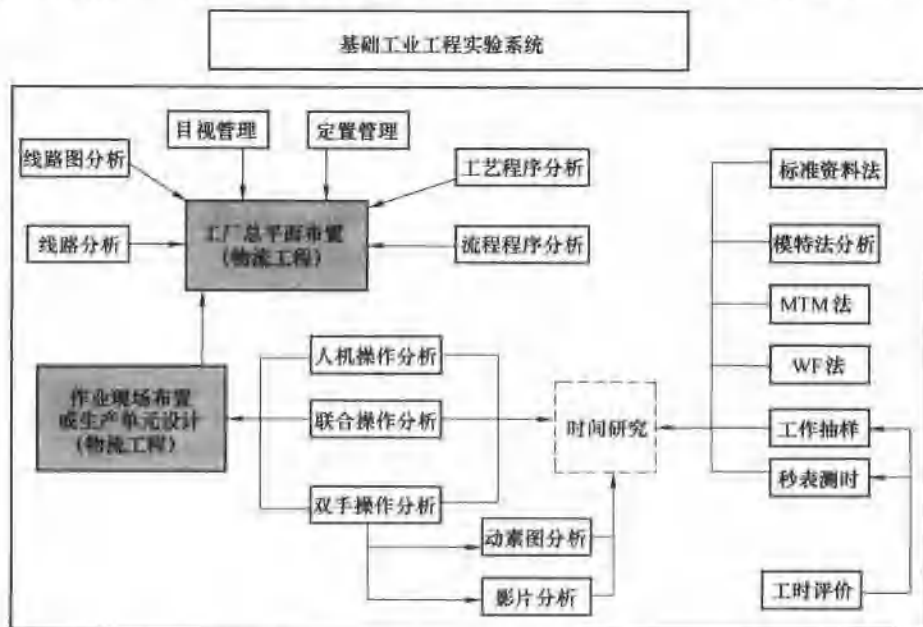


图 1-3 基础工业工程模块实验系统图