

摇

# 工业系统概论(第 圆版)

陨则则岩总翻录土燥陨岩总翻录岩总翻录 (奈录岩总翻录)

卢达溶摇主编

蕴总翻录

傅水根摇审阅

云总翻录

清华大学出版社

北 京



# 序

当代经济增长越来越依靠科技,科学技术与经济的内在联系越来越紧密,尤其是工程科学技术,已成为经济增长的内在推动力。与之同时,工程实践的面越来越广,越来越具有综合性。因此,以培养未来工程师为己任的工程教育必须随形势的发展而变革。

工程的综合性表现在三个方面,一是每一项较大的工程实践都不会只涉及单一学科,而是要综合运用多个学科专业的知识,往往兼有机械、电气、化学、材料、能源等内容,而信息技术更是当代工程实践中不可缺少的,既包括在工程的内容中,又体现在工程的手段中。二是工程的纵向展开,从研究、开发、设计、制造(建造)、运行、维护直到市场营销都属于工程的内容。三是工程实践离不开经济和管理,没有经济分析论证,工程就没有了基础依据,而缺乏管理,工程实践就寸步难行。

相应的工程教育改革主要有三个方面,即从专业很窄的单科教育转向专业面较宽、综合性较强的宽口径教育,从单纯的自然科学和技术内容的教育转向兼有经济、法律、人文内容的综合工程教育,从单纯面向研究转向主要面向工程实践的教育。当然这是就教学内容来说的,改革还有体制、组织、学制等诸多方面的内容,这里不赘述。

从课程来看,迫切需要建立和开设工程学的课程。其内容应包括:(一)工程基础工具和方法类,如工程数学、工程经济(或技术经济)等;(二)工程实践各环节类,如工程设计、制造技术、工程管理(包括项目管理)等;(三)综合工程各专业并说明其相互关系和发展规律类。目前在不同学校针对不同内容已开设一些课程,但侧重面不一样,目的也不尽一致。有的至今还只是讨论,还未列入正式教学计划,有的还是空白。

卢达溶编著的《工业系统概论》就是对第三类内容的很好的尝试。书中对能源、冶金、化学、机械、汽车、信息、轻纺、建筑等几个产业的内容作了较系统的介绍,采用技术内容与产业发展交叉、结合,国内外情况兼容的方式论述,节约了篇幅,也便于学生接受这么广的知识。当然书中并未包括所有的工业,有些内容也已超出工业的范围,例如信息业中

已有大量内容属于服务业。由于叙述的面非常宽,介绍的某些论点也并非都已取得一致的看法,但这些都影响本书的基本价值,即使广大工科学生对整个工业体系,从技术到产业有一个比较全面的了解。相信通过教学实践,作者会对内容不断补充、修正、提高,为中国的工程教育改革和工程技术人才的成长作更大的贡献。

中国工程院院士、副院长朱高峰

1999年 7月

# 第 圆版前言

当今世界在向综合化发展 相应地工程教育和管理教育也在综合化。高校在转变教育观念和培养模式后 开始拓宽专业口径、加强通识教育、提倡学生自主学习、增加选修课比重。此时 如何帮助学生克服知识结构尚不完整且实践不足困难 把握总体 自觉地将各门课程内容有效地整合入自己的知识结构 并逐渐升华为统一的认识基础和思想方法 就成为教改中亟须解决的课题。通过“工业系统概论”课程的长期实践 我们探索在基础课中细分出一类新型的综合基础课。课程定位于工程本位 整体思维 并拓及经济人文视角 体系上由综合的产业知识阐释完整的工程文化 演绎认识论和方法论 再以认识论和方法论引导学生为学、为事、为人 从而实现完整的教育功能 内容上正面展开工业系统 使学生通过工程认识“文化是一个复杂的总体 包括知识、信仰、艺术、道德、法律、风俗以及人类在社会里所得一切的能力和习惯”(英国人类学之父泰勒语) 方法上以课堂案例讨论、参观考察实践、学生围绕主题任务合作探究式学习三条线并行推进。综合基础课用系统的教学环节对低年级学生作出综合思维的示范和引导 旨在起到脚手架和催化剂的作用 以活化学生思维 促进日后积累 引导通专结合 提高整体效率 逐渐培养起广阔的思维空间和处理复杂问题的能力。实践证明 这对学生后续学习和总体发展起着很好的促进作用。

本书是“工业系统概论”课程的基本支撑。借用北京大学哲学系教授汤一介先生所集三条古句 可以说明本书写作的指导思想：①知常曰明——通识是当代理想的大学毕业生必须具备的重要素质。工程文化是文化在近代的重要发展。学生把握总体并了解前后左右 可以更好地学习专业 因此本书正面接触工业系统 对能源、冶金、化工、机械、汽车、电子、轻工、建筑等 愿个产业分章作了较系统的介绍；②下学上达——采用技术内容与产业发展交叉、工程与经济综合、国内外情况兼容的方式论述 由部门联系成系统 从过程概括出规律 将知识上升为认识 以期演绎出一种由微观到宏观的大逻辑；③转识为智——本书以知识、方法论、为学为人为主线 意在培养学生一种“大器”的思维。这样做 体系

完整又留有足够的思维空间,较好地解决了深刻性与通俗化的统一。本书除弥补国内外此类教材的空缺,还是一本介绍工业系统的科普书。

本书第 4 版对所涉及的工程技术发展、政策环境沿革、产业生态变化,在数据和表述上进行了尽可能的更新,以期做到与时俱进。教材编排上还体现了我们在组织教学时的一些做法,供读者参考。如在每章前面都指明了应在该章中重点建立的概念,这些概念在这一章内容中比较容易说清,但同时也是观察思考整个工业系统的一些基本原则,在其他章节学习中要运用其分析问题,学会知识的迁移,各章的基本概念合成起来就构成整体的思维框架,各章前面的导学用脑图的形式给出了展开中心概念的思路,意在培养多通路的立体思维,各章后面的问题与思考,在提出问题的同时给出了思维的框架,增加了一些交互的成分。建议读者以讨论的心态对待这些内容。读书本是仁者见仁、智者见智的事情,教学更是个性化的过程。衷心地希望大家能公开自己的思维,加强交流和整合,以便共建共享,把这门综合基础课建设好。

第 4 版修订由卢达溶、蒋耘中、李双寿共同完成,仍由傅水根教授审校。博士生助教何梦杰、汪进、马兆瑞,现代教育技术研究所的研究生宋述强同学,清华大学经管学院叶桐同学,还有杂糅小组的同学们协助进行了大量数据收集核对工作,在此一并表示感谢。

最后,在此教材付印之际,再次向给予我们极大支持和帮助的清华大学经济管理学院和基础工业训练中心的同事们、同学们致谢;向本书调研过的企业和参考过的文献资料的中外作者、译者致意。编著中借鉴引用之处,恕未一一标出,一并列于书后参考文献。书中不足之处,恳请读者批评指正。

卢达溶

2015 年 1 月于清华园

# 第 1 版前言

为适应现代科技与经济发展综合化的时代特征,培养学生具有解决复杂问题的能力,高等教育课程改革的综合化趋势已成为世界性潮流。所谓课程的综合化,就是打破原有的课程界限和框架,实行跨学科的综合研究,创设综合的新兴课程,使基础教育与专业教育,自然科学与人文科学相互交叉渗透。如在工程教育方面,强调工程对社会的服务,利用工程理论解决生产管理和都市建设问题,维护环境,发展经济,从而使工程教育与社会科学、自然科学建立起前所未有的密切联系。为迎接知识经济的挑战,中国高校的宽口径专业目录已经确定,课程的重组正在进行。重新提炼基础课程的内容,是时代发展的迫切要求。

在众多的基础教学中,使学生了解推进社会发展与进步,并作为现今社会生产力主体的工业系统是至关重要的。本书取名为《工业系统概论》,正因为工业本身就是一个系统,它植根于国民经济的广袤大地上,自身又可分为上游产业、中游产业和下游产业,各部门之间存在着千丝万缕的联系,各自和整体又有着特定的发展规律性。本书主要面向经管类专业低年级学生,亦可逐步扩展到工程类专业。希望通过对本书的学习,使学生在入学早期就能在工业生产和工程实践的基础上对工业系统有一个虽然初步但却是较为全面的认识,以便将他们由对社会缺乏了解的状态正确导入对工程技术、管理和社会经济规律的学习和研究,为其自觉地积累起合理的知识结构搭上脚手架。

为了比较全面地介绍中国的工业系统,本书分别列章介绍了作为基础部门的能源工业、材料工业和化学工业,作为核心部门的机械工业、电子工业和高新技术产业,以及作为应用部门的轻工业和建筑业。各章由具体的生产过程入手,着眼于从生产中找出经济问题,最终落实到管理上去,以期使学生在了解各个工业部门的同时,对社会工业系统的整体面貌和规律有一定认识。

本书在介绍社会生产与工业系统的同时,也着眼于学生正确思维方式的培养,引导学生在本专业之外再涉猎其他学科,学工程的也要关心农业、商业和服务业,在学习理论的

同时亦注重产业的运作,在学习具体业务知识中加入宏观思考,这样就有可能对事物形成新的认识视角,从而提高系统综合能力和辩证思维能力。本书力求技术与经济融合,国内外情况兼顾,为介绍工业系统的综合基础课提供基本思路和依托。与此同时,建议通过多种教学实践环节,使学生观察到不同种类实际典型的工业系统,以便加深学生对书本内容的理解,同时也有助于综合素质的提高。

中国工程院副院长朱高峰院士特为本书作序,支持和推动工程教育综合化改革,在此特别致以敬意。

本书由清华大学傅水根教授担任主审,北京大学兰琼副研究员和北京机械工业学院滕启副教授为本书做了很多文字工作,在此一并致谢。

最后,在此教材付印之际,谨向给予我极大支持和帮助的清华大学经济管理学院和工业基础训练中心的同事们、同学们致谢。谨向本书调研过的企业和参考过的文献资料的中外作者、译者致意。书中不足之处,恳请读者批评指正。

作译者

2009年 9月 9日于清华园

# 目录

1 能源工业 .....	员
导学 .....	员
能源概述 .....	圆
能源、能源工业和能源系统 .....	圆
开发能源工业的基础 .....	缘
煤炭生产 .....	远
煤炭资源 .....	远
煤炭的开采 .....	苑
煤炭生产新观念——洁净煤技术 .....	圆
煤炭生产的系统观 .....	源
石油和天然气生产 .....	愿
石油资源 .....	愿
石油的开采 .....	怨
石油的运输 .....	圆
石油的加工 .....	圆
非常规石油的生产 .....	愿
天然气的生产 .....	愿
石油工业生产的经济观 .....	圆
电力生产 .....	猿
火力发电 .....	猿
水力发电 .....	源
核能发电 .....	缘
电力系统 .....	缘

员缘瑶开源节流 走可持续发展之路 .....	缘
员缘瑶发展是硬道理 .....	缘
员缘瑶中国能源的发展必须走上良性循环之路 .....	缘
员缘瑶依靠改革开放和科技进步 加速能源开发 .....	缘
员缘瑶能源的开发与节约 .....	远
员缘瑶能源的开发与可持续发展 .....	远
问题与思考 .....	远
2 冶金工业 .....	远
导学 .....	远
圆园瑶概述 .....	远
圆园瑶材料工业 .....	远
圆园瑶冶金工业在国民经济发展中的地位 and 作用 .....	远
圆园瑶中国冶金工业的发展 .....	苑
圆园瑶冶金工业的一般生产过程及典型生产部门 .....	苑
圆园瑶炼铁生产 .....	苑
圆园瑶原料准备 .....	苑
圆园瑶高炉炼铁 .....	苑
圆园瑶炼铁生产技术的发展 .....	苑
圆园瑶炼钢生产 .....	愿
圆园瑶炼钢目的和过程 .....	愿
圆园瑶氧气顶吹转炉炼钢 .....	愿
圆园瑶铸锭与连续铸坯 .....	愿
圆园瑶炼钢生产技术的发展 .....	愿
圆园瑶钢材的生产 .....	愿
圆园瑶钢材的品种 .....	愿
圆园瑶轧钢设备 .....	愿
圆园瑶钢材轧制工艺过程 .....	愿
圆园瑶轧钢生产技术的发展 .....	愿
圆园瑶钢铁生产的环境保护和综合利用 .....	怨
圆园瑶钢铁联合企业 .....	怨
圆园瑶钢铁生产的特点 .....	怨
圆园瑶合理组织钢铁生产过程的基本要求 .....	怨
圆园瑶钢铁联合企业 .....	怨

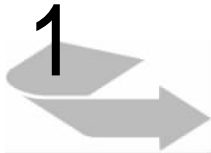
圆瑶钢铁生产的内部结构问题.....	怨苑
圆瑶结构问题的重要性 .....	怨苑
圆瑶钢铁生产结构的几个重要指标 .....	怨苑
圆瑶钢铁生产和其他工业部门的关系 .....	员园
圆瑶有色金属工业生产简介 .....	员源
圆瑶有色金属的分类及用途.....	员源
圆瑶有色金属生产的特点.....	员缘
圆瑶有色金属生产的布局.....	员愿
问题与思考.....	员怨
<b>3 摇化学工业 .....</b>	<b>员缘</b>
导学.....	员缘
猿瑶概述 .....	员远
猿瑶化学工业.....	员远
猿瑶化学工业在国民经济中的地位.....	员远
猿瑶中国化学工业的发展.....	员苑
猿瑶化工生产的基本原理和特点 .....	员怨
猿瑶化工原料.....	员怨
猿瑶化工生产的基本过程.....	员园
猿瑶化工生产单元操作方法.....	员员
猿瑶化工项目的开发.....	员圆
猿瑶化工生产过程的优化.....	员源
猿瑶化学灾害.....	员缘
猿瑶基本无机化工原料生产 .....	员苑
猿瑶硫酸生产.....	员苑
猿瑶纯碱生产.....	员怨
猿瑶化工生产厂址的选择.....	员园
猿瑶化肥工业 .....	员员
猿瑶化肥的作用、种类和品种 .....	员员
猿瑶合成氨技术发展的历史.....	员猿
猿瑶合成氨的生产方法和技术发展方向.....	员缘
猿瑶目前中国化肥行业技术水平和差距.....	员员
猿瑶根据国情发展化肥生产.....	员圆
猿瑶有机合成生产.....	员缘



源缘瑶生产方式的变革与现代制造技术 .....	员愿
源缘瑶从单件生产到大量生产 .....	员愿
源缘瑶从大量生产到多样化生产 .....	圆园
源缘瑶制造工业的信息化 .....	圆园
源缘瑶发展适应国情的机械制造技术 .....	圆园
源缘瑶中国机械工业的技术创新之路 .....	圆园
问题与思考 .....	圆猿
<b>5 瑶汽车工业</b> .....	圆远
导学 .....	圆远
缘瑶概述 .....	圆苑
缘瑶汽车的基本生产过程 .....	圆愿
缘瑶汽车的结构和设计 .....	圆愿
缘瑶汽车制造的基本生产过程 .....	圆园
缘瑶汽车生产的特点 .....	圆猿
缘瑶汽车工业的规模生产 .....	圆原
缘瑶汽车产业的生产管理 .....	圆苑
缘瑶大规模生产与科学管理 .....	圆苑
缘瑶科层制的有效控制 .....	圆怨
缘瑶现代管理体制的诞生 .....	圆怨
缘瑶精益生产方式与日本的崛起 .....	圆园
缘瑶美国汽车工业的反思和赶超措施 .....	圆猿
缘瑶即将到来的汽车大规模定制生产 .....	圆远
缘瑶中国汽车工业发展的历程 .....	圆苑
缘瑶汽车工业与交通运输业 .....	圆怨
缘瑶汽车工业与运输结构的关系 .....	圆园
缘瑶公路运输系统的组成和优化 .....	圆园
缘瑶城市交通系统的改善和优化 .....	圆员
缘瑶人—汽车—环境的协调发展 .....	圆圆
问题与思考 .....	圆猿
<b>6 瑶电子工业及信息产业</b> .....	圆苑
导学 .....	圆苑
远瑶概述 .....	圆怨
远瑶电子工业的发展和成熟 .....	圆怨

远园期	电子工业的物质构成和发展环境 .....	圆园	
远园期	科学技术的积累与支撑 .....	圆员	
远园期	各国的产业化进程及成败得失 .....	圆远	
远园期	信息技术革命与信息产业革命 .....	圆圆	
远园期	信息技术革命 .....	圆圆	
远园期	信息产业革命 .....	圆猿	
远园期	根据国情规划中国信息产业 .....	圆源	
远园期	信息产业的民族性与战略性 .....	圆源	
远园期	中国信息产业发展面临的形势 .....	圆远	
远园期	抓住重点 培植基础 .....	圆苑	
远园期	重视向知识经济过渡的准备 .....	圆怨	
远园期	方法论在信息系统建设中的重要性 .....	圆圆	
	问题与思考 .....	圆猿	
7	轻工业 .....	圆愿	
	导学 .....	圆愿	
	苑园期	概述 .....	圆怨
	苑园期	轻工业 .....	圆怨
	苑园期	轻工业在发展国民经济中的作用 .....	圆怨
	苑园期	纺织和缝纫生产 .....	圆园
	苑园期	纺织原料 .....	圆员
	苑园期	棉纺织生产 .....	圆圆
	苑园期	化纤生产 .....	圆远
	苑园期	缝纫加工 .....	圆苑
	苑园期	食品加工 .....	圆愿
	苑园期	粮油加工、屠宰及肉类加工生产 .....	圆怨
	苑园期	制糖生产 .....	圆园
	苑园期	罐头、饮料生产 .....	圆员
	苑园期	卷烟、酿酒生产 .....	圆圆
	苑园期	家用机械、电子及轻化工生产 .....	圆圆
	苑园期	家用机械电子产品生产 .....	圆圆
	苑园期	轻化工产品生产 .....	圆源
	苑园期	其他轻工业部门生产 .....	圆远
	苑园期	综合平衡建立轻工业的原材料基础 .....	圆愿
	苑园期	轻工业的农产原料来源及其与农业的关系 .....	圆愿
	苑园期	轻工业的工矿原料及其与重工业的关系 .....	猿园

苑缘瑶完善轻工业原材料供应体系 .....	猿园
苑缘瑶建立循环经济的新观念 .....	猿园
苑缘瑶以市场促进轻工业发展 .....	猿猿
苑缘瑶市场开拓的重要性和方向 .....	猿猿
苑缘瑶调整结构是开拓轻工业市场的必由之路 .....	猿缘
苑缘瑶高附加值产品的开发 .....	猿远
问题与思考 .....	猿愿
<b>8 瑶建筑业</b> .....	<b>猿园</b>
导学 .....	猿园
愿缘瑶概述 .....	猿员
愿缘瑶建筑业 .....	猿员
愿缘瑶建筑业在国民经济中的地位和作用 .....	猿员
愿缘瑶建设程序与施工项目管理 .....	猿猿
愿缘瑶相对集中和科学管理的必要性 .....	猿猿
愿缘瑶建设程序 .....	猿源
愿缘瑶建设项目管理 .....	猿愿
愿缘瑶建筑工业化 .....	猿员
愿缘瑶建筑工业化的含义 .....	猿员
愿缘瑶建筑工业化的基本内容和途径 .....	猿圆
愿缘瑶重大的技术和组织变革 .....	猿猿
愿缘瑶建筑施工体制改革的探索 .....	猿缘
愿缘瑶改革的回顾与展望 .....	猿缘
愿缘瑶建立适应国际承包的施工管理新体制 .....	猿苑
愿缘瑶工程的质量、寿命和施工安全 .....	猿园
愿缘瑶问题的提出和必要性 .....	猿园
愿缘瑶解决问题的途径必须是综合的治理 .....	猿员
愿缘瑶建筑规划和城市建设 .....	猿源
愿缘瑶城市基础设施与经济社会发展 .....	猿缘
愿缘瑶城市改造与文化走向 .....	猿远
问题与思考 .....	猿愿
附瑶综合讨论 .....	猿员
参考文献 .....	猿苑



# 能源工业

本章重点建立的概念：生产的系统观

## 导学

归纳：

由煤炭工业教材、录像和相应的参观(例如煤矿、博物馆等)归纳出两个概念：

摇摇过程

摇摇条件

合成一个视角：生产的系统观

寻找：

在石油工业的教材中寻找支撑

摇摇过程——比较不同领域(如煤 轴)的异同

摇摇条件——由技术条件扩展到社会条件(如资源、地理、气候,市场、需求、布局,政策、法规等)

“磨”这个系统的逻辑,增强系统整合的功夫:经济上有何问题?管理上怎么办?宏观决策可能有何推进?

思考：

结合电力生产将认识扩展

摇摇过程——多系统协调的复杂过程

摇摇条件——潜质发挥的条件

继续“磨”系统观

摇摇向深度——由物理学基本原理探索提高生产效率的途径

摇摇向广度——火电,水电,核电,新能源(地热、潮汐能、太阳能、风能等)

摇摇向动态——建立像电力系统这样的动态大系统的初步概念

## 能源概述

能源问题是举世瞩目的大问题,关系到国家经济命脉的全局。中国工农业发展的快慢,在很大程度上取决于能源的供应状况。为了实现中国经济发展的战略目标,必须大力加强对能源等基础产业的投入,加强能源开发,提高能源利用率,减少能源消耗,把能源工业作为整个国民经济发展的战略重点。

### 能源、能源工业和能源系统

#### 能源

有用的能量必须是可控的。能源就是能够产生和提供这种可控能量的各种资源。能源为国民经济发展提供动力,也是人民生活所必需的,煤炭、石油和天然气还是重要的工业原料。国际上往往以能源人均占有量、能源构成、能源利用效率和对环境的影响,来衡量一个国家现代化的程度。

为了便于研究、规划和合理利用工业能源,常常从不同角度对众多的能源进行分类。如按加工程度划分为一次能源(直接来自自然界而没有经过加工或转换的能源)和二次能源(由一次能源经过加工转换为其他种类和形式的能源)。在一次能源中,根据它能否再生又可分为再生能源和非再生能源。此外,还可按开发和利用状况划分为常规能源和新能源,按是否有污染划分为清洁能源和污染能源,按能源的物理化学性质划分为燃料能源和非燃料能源等。不同能源提供能量的方式是不同的,但它们可以通过一定途径互相转化。另一方面,因各种能源品种和质量上的差异,人类对它们的需求程度各不相同,其价格也就各有差异,这些又都是随着生产的发展而变化的。

中国有着丰富的能源资源,但结构不尽合理,地域分布很不平衡,其中煤炭资源十分丰富,水力资源居世界第一位,而石油和天然气资源相对不足。随着经济的发展和水平的提高,人们对油气的需求必将大幅度增加。因此我们在努力开发本国石油和天然气资源的同时,还须从长远出发,利用部分国外资源。

#### 能源工业

能源属于社会基础结构,是人类从事各种经济活动的原动力。因此,它必然也必须与社会生产力的发展水平相适应。从某种意义上说,人类社会生产力的提高,是以在物质资料生产过程中所使用的动力不断增大为前提的。因此,必须有一个高度组织的现代能源工业与现代大机器工业生产相适应。现代能源工业的主要生产部门有煤炭工业、石油工业和电力工业。在整个国民经济中必须先行发展能源工业。

18世纪产业革命前,与农业和手工业相对应的动力是人力、畜力、风力和水力,木材燃料主要用于家庭。能源在经济发展中的地位并不显著。产业革命后,蒸汽机、内燃机、