

工业 系统

概论

卢达溶 编著
傅水根 审校

• 能源

• 冶金

• 化工

• 机械

• 汽车

• 电子

• 轻工

• 建筑



清华大学出版社

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

962

F42

L82

工业系统概论

卢达溶 编著

傅水根 审校

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

本书针对当代科技与经济强劲的综合化趋势,及其对各类人员拓宽视野、加强沟通的新要求,将工程技术与经济管理相综合,正面展开工业系统,通过对能源、冶金、化工、机械、汽车、电子、轻工以及建筑等 8 个主要工业部门的介绍,并深入浅出地从生产过程中提炼出系统观、结构性、社会化、产业政策、管理沟通、市场开拓、文化传统和可持续发展等基本概念,使读者从技术过程到产业发展对整个工业体系形成一个比较全面的认识。本书作为清华大学综合基础课教材,已有多年实践,在加强学生通识素质方面取得了很好的教学效果;也适合于干部培训和各类人员的继续教育,以扩展知识面,了解周边学科,建立宏观视角;还可作为学习工业系统的科普读物。

图书在版编目(CIP)数据

工业系统概论/卢达溶编著. —北京:清华大学出版社,1999

ISBN 7-302-03779-5

I. 工… II. 卢… III. 工业经济-概况-中国 IV. F42

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 63283 号

出 版 者: 清华大学出版社(北京清华大学校内,邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

责任编辑:魏荣桥

印 刷 者: 北京昌平环球印刷厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 850×1168 1/32 印张: 13.75 字数: 357 千字

版 次: 1999 年 11 月第 1 版 1999 年 11 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-03779-5/F·246

印 数: 0001~3000

定 价: 22.00 元

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,我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我国的工业系统,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养成,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馆员和北京机械工业学院滕启副教授为本书作了很多文字工作,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。

为了配合课堂教学,本书还由清华大学音像出版社出版一套与之配合的幻灯片。

作 者

1999年9月9日

于清华园

上编 基础工业部门

第 1 章 能源工业

1.1 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。我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。为了实现我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,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。

1.1.1 能源、能源工业和能源系统

1. 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它种类和形式的能源)。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。

我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,还须利用部分国外资源。

2. 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、电动机等现代动力机械的广泛应用和相继替换,推动着主要能源也经历着由煤炭取代木材燃料和由石油、天然气取代煤炭的两次替换。每一次替换都大大提高了整个社会的劳动生产率。由于生产的需要,能源的加工和转换日渐成为能源工业发展的一种趋势,而迅猛发展的电力生产又使煤炭、石油和水力具有了现代能源的内涵,于是能源部门形成了完整的产业。由此可见,能源工业在国民经济中的战略地位,是由大机器工业本身的性质决定的。经济越发展,机械化自动化水平越高,对能源的需求量便越大,对能源的加工转化程度要求就越高。而且在现代社会,一种主要能源和主要动力机械设备的选定、

配置和更替,也必然关系到国民经济全局的稳定和长远发展。因此必须确保各类动力机械及人民生活所需能源的可靠供应,否则将给国民经济带来严重损失。

旧中国的工业基础十分薄弱,能源工业也不例外。到1949年全国仅年产原煤0.32亿吨,原油12万吨,电43亿千瓦时。发电装机容量全国仅六十几万千瓦,还不及战败后日本北海道一岛的发电能力(北海道在日本四岛中是最落后的,1949—1950年度发电装机容量为83.4万千瓦)。建国以来我国能源工业有很大发展,1996年生产的一次能源,包括原煤、原油、天然气、水电(不包括农家用的薪柴、沼气、风力等类能源),折合标准煤12.6亿吨,居世界前列。但是,我国人口众多,按人口平均每人每年所消耗的能源折合标准煤仅为1.14吨,仍低于世界平均水平。

3. 能源系统

能源必须组成能源系统才能发挥作用。这个系统包括一次能源的开发、运输、贮存或按照需要经加工、转换成二次能源,再传输、分配给用户使用的整个过程的各个环节。

能源的开发关系着整个能源系统构成、规模和布局的平衡,从而也影响到国民经济其它部门的构成、规模、布局和发展速度。一般说来,一次能源在一定时间内的产量及其比例,决定着社会总体和各个部门对各种能源消费的数量和比例。这是因为:第一,只有生产出来的能源才能消费;第二,各种能源的产量最终决定着消费量;第三,各种能源产量的比例,决定社会能源的消费比例。当然,能源消费的过程也对能源生产施以重大影响。

必须充分认识到能源是有限的。煤炭、石油、天然气等矿物能源,其形成需要久远的年代和特定的地质地理条件。不仅分布不均衡,而且不可能再重新生成,用一点就少一点。其中很多种类,还是化学工业不可缺少的极好原料。即使对于可再生能源,如森林、农作物、水力等,再生也是有条件的,其积蓄需要时间,如果消耗速度

超过它们的再生速度,就会破坏其再生条件,甚至还会引起生态破坏的恶性循环。另一个不可忽视的问题是,能源消费同时产生污染。环境容量将成为决定未来能源种类及产量的焦点。因此,能源利用必须有长远眼光,应采取合理的能源政策,尽量节约使用,同时努力开拓出新的能源领域。

能源加工是把能源经过机械、物理、化学或生化等方法加工成更便于使用的形式,但并不改变能量的种类。例如煤先经过洗选加工成精煤后再加工成煤气,但还是化学能量的载体。能源转换则指能量种类也加以改变,例如煤经过燃烧将化学能转换成热能,继而通过蒸汽推动机械转换为机械能,再经过发电机将机械能转换成电能等。随着国民经济的发展,使用二次能源愈来愈多,能源加工和转换的任务也愈来愈重。能源的加工和转换是综合性很强的工业,并且不可能百分之百地转换过去。所以,提高能源加工和转换的效率,降低费用,对国民经济具有重大意义。图 1-1 表示目前各种主要能源及其转化和应用情况。

能源的运输和贮存在能源系统中通常不只一次。开发、加工、转换、分配和使用各环节是靠储运来进行连接和调节的。由于运输量极大,故使运输、贮存的费用和耗损往往在能源成本中占有可观的部分。这就使能源运输问题有时成为制约国民经济发展的重要因素。

使用是能源系统中的最后一个环节。如何使能源的利用既合理又有效?如何使能源消费同经济发展间达到综合的最优化?这便是节能问题。20 世纪 70 年代初发生世界石油危机后,人们开始认识到节约能源的潜力很大,节能被誉为继石油、煤炭、水力、核电之后的“第五能源”。近 20 年来,工业发达国家采用成熟的节能技术和行之有效的节能政策手段,在提高能源利用率方面取得重大成果。我国能源使用效率不高,存在很多浪费现象。节能对我国经济发展具有不可低估的战略意义。

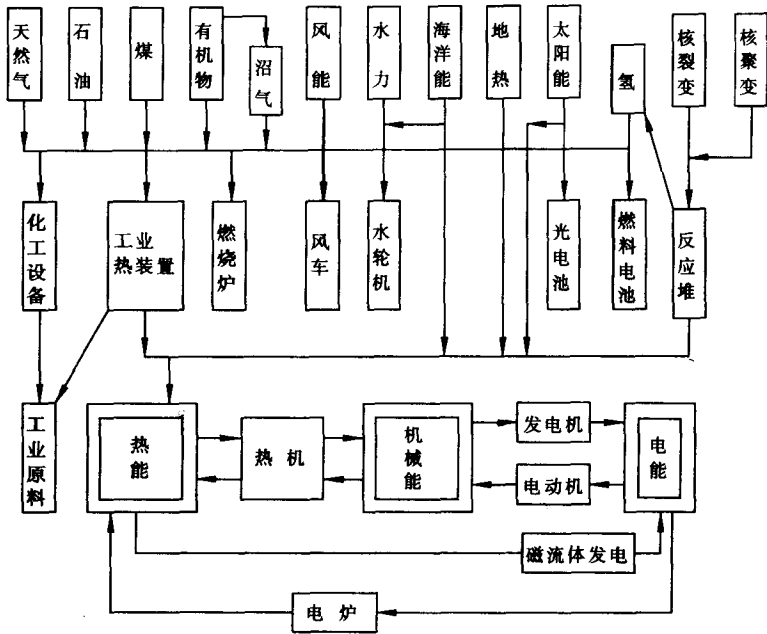


图 1-1 主要能源及其转化和应用

1.1.2 开发能源工业的基础

能源开发的目的是为了满足不同使用部门的需要。但是，能源开发有其内在的规律性和发展的基础。例如，在何时何地开发何种能源，开发出来的能源如何输送，如何加工转换，如何贮存分配，如何利用，才能与国民经济发展相协调，并取得最大的经济效益，诸如此类都是一些很大的系统工程问题。

1. 前期工程

要开发煤炭、石油、天然气和水能，首先必须进行开发准备工作，其工作量和投资都很大。工作的一般程序如图 1-2 所示。

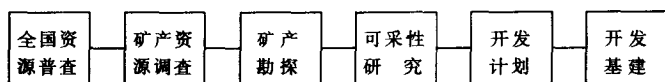


图 1-2 前期工程的主要程序

这些工作必须在基建开始前完成,所以称为“前期工程”。前期工程是不可逾越的,这是因为煤、石油、天然气等矿物资源都埋藏在地下,要开发它,首先必须找到它,弄清储量、品位、生成状态和地质条件,提供完整的地质勘察资料并进行认真的可行性论证,确认它的工业价值,使基建和生产建立在可靠的基础上。

2. 开发基建

能源基地建设一般都属大型项目。从开始基建到投产(开始出煤、出油),从投产到达到生产能力,一般要 3~5 年,大型矿区要 6~7 年以上。有的大型水电站建设甚至需要十几年时间。如我国淮南煤矿建一个年产量为 300 万吨的煤井(600 米深),需要一对主井,一对副井。20 世纪 70 年代建井,井筒工期 2 年。井上、井下全部工程完工需 7~8 年,全部投资 4.5 亿元(1970 年不变价格,下同)。投产后 3~4 年达到设计能力,开采期为 100 年。又如,黄河上游的龙羊峡水电站 1976 年开工,1989 年完工,为期 13 年;第一台机组 1986 年发电,为期 10 年。白山水电站,1971 年开工,1986 年完工,为期 15 年;第一台机组 1982 年发电,为期 11 年。江西九江火电厂,装机容量 2×12.5 万千瓦,投资 2.2 亿元,工期 7 年。正常情况尚且如此,如果计划不周,发生异常情况,工期还要拖长,其浪费是惊人的。

3. 配套工程

开发大型能源基地,相应的配套工程必须跟上,才能使之发挥应有的效益。这些配套工程的工作量也是相当大的。例如,淮南煤矿煤炭外运的配套工程,仅铁路复线淮河大桥造价就高达 2 亿元,工期 2 年,这还未计入沿途枢纽站的扩建费用和时间。

4. 队伍建设

为了达到上述要求,要有强大的普查、勘探、规划设计和基建施工等队伍,要有足够的先进设备(从钻机到资源卫星)和充分的后勤供应保证,要有一整套稳定队伍的政策规定等。更为重要的是,要有强大的科学与工程技术方面的教育机构和和技术培训机构,以保证不断输送高质量的工程技术人员、研究人员和技术工人。

5. 资金保证

能源开发的工期长、规模大,为此必须投入大量的资金。这些资金是国家积累的重要组成部分。

上述诸方面是开发能源工业的基础,对长期的发展具有深远的影响。

1.2 煤炭生产

1.2.1 煤炭资源

我国一次商品能源以煤为主,煤炭提供了75%的工业燃料,76%的发电能源,80%的民用商品能源和60%的化工原料。在一次能源探明储量中,煤炭占90%。可见在相当长的时期内,煤炭在中国一次能源结构中占据不可替代的重要地位。

1. 煤的品种、质量和工业分类

在远古成煤年代,植物遗体由于水、沙的覆盖与空气隔绝,因此不至全部腐朽,大部分被保留下来而形成泥炭。由于水、沙、压力和温度的作用,含碳物质相对富集,形成褐煤层。长期高温高压作用,使褐煤变成烟煤。烟煤含碳量进一步富集、变化,就形成无烟煤。不同种类的煤,在灰分、挥发分、发热量、胶质层厚度以及硫分和磷分等主要技术指标上均差别很大。为了充分合理地使用煤炭资源,必须对煤进行工业分类。如按大类可分为无烟煤、烟煤和褐

煤。其中烟煤又可分为贫煤、瘦煤、肥煤、焦煤、气煤、弱粘煤、不粘煤、长焰煤等。不同工业部门对煤种和煤质都有各自的要求。根据煤炭的不同质量和品种,即可以论证不同地区煤炭资源利用的方向,以便在国民经济各个时期,根据不同的需要,确定其开发次序,经济合理地利用煤炭资源。

2. 我国煤炭的储量、产量和用量

我国预测煤炭资源总量为 4.3 万亿吨,根据普查概算煤炭地质储量为 1.44 万亿吨,约为世界地质储量的 13%。原煤炭部地质局实测的煤炭保存量 1991 年为 0.87 万亿吨。其中华北占 66% (山西最集中),西南占 11%,西北占 9%,华东占 7%,中南占 4%,东北占 3%。全国煤炭实测储量中经精查的约在 1/4 以上。我国露天矿储量很多,几乎占可采储量的一半,60%在内蒙、山西和辽宁。另外,埋藏更深的储量估计全国还有 2 万亿吨。我国煤炭储量品种齐全,已经探明的炼焦煤占 36%,化工用无烟煤占 17%,动力煤占 45%。

我国 1996 年原煤产量达到 13.7 亿吨,已成为世界第一产煤大国,其中以烟煤为主,占 3/4。我国煤的消费结构为:发电占 1/5,冶金、炼焦各占 1/10,其它工业约占 2/5,民用约占 1/5。我国煤的 84% 直接烧用,其中 3/4 是在分散低效的设备中燃用的,故综合利用程度低。全国所产煤的总量中 35%~50% 可以炼焦,但实际用于炼焦的只有 10%,其余可炼焦的煤均被作为其它用途烧掉了。粘结性强的炼焦煤是优质煤,是冶金工业的必需品,而且没有代用品,出口价格高,作为一般煤烧掉很可惜。

世界发电、冶金及其它工业对一次能源的需求增长很快,而节约措施和其他能源的开发还远跟不上来,因此要求煤的增长量要占到能源增长总量的 1/2 至 2/3。我国情况也大体如此。今后我们对煤的需求量大幅度增加,还需要妥善解决开采、运输、转化、环境保护以及有关这些项目的布局、投资等一系列问题,对此应给予特

别重视。

1.2.2 煤炭的开采

1. 煤田和井田

(1) 煤田

煤田是指处于地壳沉积岩层中的大面积含煤地带。一般含煤面积在几十平方公里到上千平方公里,煤的储量在亿吨以上。评价煤田的指标主要有煤层厚度、层数、埋藏深度、煤层倾角等地质条件。煤层厚、层次多、储量集中的煤田,有利于煤炭开采和提高矿井利用率。煤的埋藏深度直接关系到开采方法。煤层倾角对于煤炭开采也有很大的影响,倾角过大,容易滑动,建井困难,不易开采。此外,还有围岩(顶板、底板)、涌水量和瓦斯量等开采技术条件。

煤田所在地的地理环境对煤炭工业的发展也有很重要的影响。某些煤田地质条件、自然条件、煤炭质量虽不太好,但其所处地理位置优越,接近大城市或工业中心,交通方便,往往也会优先开发,并可达到相当大的规模,如北京的京西煤田、山东的新汶煤田。

(2) 井田(矿田)

为了合理、经济地开发煤田,通常将一个煤田划分为若干部分,由若干个矿井开采。划给一个矿井开采的部分叫作井田(或矿田)。矿井是煤田开发的基层单位。井田开发时应预先确定的主要指标有井田的储量和矿井的生产能力。

综上所述,煤炭资源和自然条件为煤炭工业发展与矿区规模、矿井布置提供了物质基础。而煤炭工业的规模、速度和开采次序,还要由国民经济各部门的发展规模及其结构具体地确定。

2. 煤田的采掘方式

(1) 露天开采法

对于那些埋藏不深、厚度比较大的煤层,先把覆盖在煤层上面的土石全部挖去,再进行采煤的方法叫做露天开采法。露天煤矿一

一般都低于地面呈凹陷状,从上到下,分成许多台阶,一层一层地往下开采,每个台阶约有10多米高。如我国抚顺露天煤矿,整个矿场像一个巨大的体育场,东西长6500米,南北宽1500米,深度现已超过200米。

露天矿随挖掘土石方,随开采煤炭。煤层上面的岩石往往比较坚硬,为了剥离它,首先需要打孔爆破,把岩石炸松碎,接着进行采装、运输等工序。运送土石和煤炭的工具,目前广泛采用的是汽车和电气火车。汽车灵活,爬坡能力大,有利深凹露天矿的运输;火车常用于大、中型露天矿。

露天矿采收率高,可达80%~90%,开采成本低,人工只需井下采煤的1/5至1/10,生产安全,建设周期短。为了充分发挥投资效益,迅速增加煤产量,可采取优先发展、集中开发露天优质煤矿的策略。

(2) 地下采煤法

对埋藏较深的煤层,不宜采用露天开采。为了打开通路达到煤层,首先要从地面向下打井,再在井下开凿许多巷道,然后由井下将煤采出。这些井叫做井筒,它们是联系井下和地面的咽喉。人员、材料、设备和新鲜空气都要经过井筒送往地下,开采出来的煤也要经过它们送往地面。一般矿井至少要有两个井筒:一个用来输送从地下采出来的煤,叫做主井,它也用来进风,又叫进风井;另一个用来向地下运送材料、设备和上下人员,叫做副井,它也用来出风,又叫出风井。

当井筒开凿到一定深度后,在井筒底部还要开凿一个巨大的平场——井底车场,它是井下调度车辆集中运输煤炭、矸石、材料、设备及输送人员的场所,如同一个火车站。井底车场里有许多峒室,在里面分别设置变电所、水泵房、水仓、煤仓、炸药库、调度室、等候室、医疗室等。井筒和井底车场开凿好以后,就沿着通达煤层的方向开凿巷道。纵横交错的巷道分割围起一块块的煤层,这就是