

能源经济学及 电力系统规划

张 奔 编 著

**NENG YUAN
JINGJIXUE
JI DIANLI
XITONG
GUIHUA**

内 容 提 要

本书是能源经济和电力系统规划方面的综合性参考书。全书共分十一章并有附录。主要讲述了技术经济比较的原则和方法，能源资源的开发及能源平衡最优化问题，电力工业与国民经济发展的关系，电源类型及电源选择，能源运输及输煤输电比较，能源经济区划及耗电工业的布局，统一电力系统的形成和发展。最后一章简要介绍了改造我国能源自然面貌的几项伟大工程，以便使读者对我国的能源远景有一个概括的了解。

本书可供科研、设计、生产、管理、规划等部门从事这方面工作的工程技术人员和领导干部参考，也可作为高等院校教学用书或部分选用作为中等技术学校教材。

能源经济学及电力系统规划

张 奔 编著

责任编辑：孙秀桐、崔汝升

能源出版社出版 能源出版社发行部发行

妙峰山印刷厂印制

787×1092 $1/32$ 开本 12.5印张 280千字

1983年4月第一版 1983年4月第一次印刷

印数：1—3000

书号15277·11 定价：1.86元

目 录

前言	1
第一章 绪论	3
第二章 技术经济比较的原则和方法	7
第一节 能源技术经济比较的原则	7
第二节 能源技术经济比较的方法	13
第三节 可行性研究简介	19
第四节 对两种技术经济计算方法的评价	29
第五节 投资效果系数的分析计算	39
第六节 综合利用工程投资分摊	48
第七节 经济数学模型简介	56
第三章 能源资源的开发	65
第一节 能源资源的基本概念和分类	65
第二节 世界能源资源及其开发情况	68
第三节 我国能源资源	85
第四节 能源平衡及其特性	91
第五节 能源平衡的最优化问题	95
第四章 电力工业与国民经济发展的关系	98
第一节 电力工业在国民经济发展中的作用	98
第二节 我国能源发展的经济战略目标	102
第三节 具体能源政策	114
第四节 能源投资及电能成本	119
第五章 能源的需求预测及其方法	133
第一节 能源预测的重要性及特点	133
第二节 地区需电量的分析与计算	134
第三节 国民经济各部门用电分析	143

第四节	电力系统中负荷曲线的编制	170
第五节	能源需求预测方法简述	187
第六节	电力负荷及用电量的预测	194
第六章	电源类型	197
第一节	火电站	197
第二节	核电站	212
第三节	水电站	225
第四节	抽水蓄能电站	250
第七章	电源选择	255
第一节	地区电力系统中电源结构的选择	255
第二节	提高电站经济效益的途径	266
第三节	用数学模型决定电力系统中最优化电源结构	279
第四节	不同类型电站使用效果的技术经济比较问题	283
第八章	能源运输及火电厂厂址选择	287
第一节	能源运输	287
第二节	管道输煤简介	289
第三节	能源运输的技术经济计算	292
第四节	煤炭的洗选与坑口电站	304
第九章	我国能源经济区划及耗电工业的布局	309
第一节	我国能源经济区划及其特点	309
第二节	我国耗电工业的布局	315
第十章	统一电力系统的形成和发展	323
第一节	统一电力系统的经济效益	323
第二节	统一电力系统的效益计算	326
第三节	电力系统的电压选择和电网规划设计	327
第四节	输电线参数的技术经济论证	336
第五节	电站经济供电范围的确定	345
第十一章	改造我国能源自然面貌的几项伟大工程	351
第一节	我国水资源的开发与南水北调工程	351

第二节	长江流域规划及跨入世界行列的三峡工程	361
第三节	山西煤炭基地的开发和大型坑口火电站的建设	369
主要参考文献		371
附录一	到本世纪末我国能源的开发和电气化规划	373
附录二	有关能源的一些重要资料	392

前 言

早在建国初期，我们就开始从事能源经济的研究和教学。后来，由于众所周知的原因被迫停止。党的十一届六中全会通过的《关于建国以来党的若干历史问题的决议》指出：

“社会主义经济建设必须从我国国情出发，量力而行，积极奋斗，有步骤分阶段地实现现代化的目标。我们过去在经济工作中长期存在的‘左’倾错误的主要表现，就是离开了我国国情，超越了实际的可能性，忽视了生产建设、经营管理的经济效果和各项经济计划、经济政策、经济措施的科学论证，从而造成大量的浪费和损失。……”为此，最近中央决定成立国务院技术经济中心，加强重大工程的技术经济论证。我们这次恢复试教这门课和编写此书就是在这种情况下开始的，目的是使广大工程技术人员在工程设计时不仅考虑技术上先进，更重要的还考虑到经济上合理。

本书系根据作者参加我国能源开发和电力系统的规划设计，特别是近几年参加山西能源基地开发及中国能源政策纲要的讨论论证的收获体会，结合多年的实际工作，并参阅了国内外有关资料文献编写而成的。

书中主要讲述技术经济基础理论和计算方法，能源资源及其开发政策，电力负荷及供需预测，电源选择，电力系统规划。为了改进我国耗电工业的布局，专门编写一章能源经济区划及耗电工业布局。此外，在有关章节中分别介绍系统工程中能源模型的一些基本概念。最后一章简要介绍改造我国能源自然面貌的几项伟大工程，以使读者对伟大祖国的能

源远景开发有一个概括的了解。

在本书编写、修改、试教和试用过程中，得到了国务院技术经济中心、中国能源研究会、中国社会科学院技术经济研究所、水电部及华北电力学院有关领导和同志们的关心和支持，书中引用了天津大学刘豹教授、清华大学核能研究所和东北电力学院的部分教材，并请张挺校对和审阅了全文，在此一并表示衷心的感谢。由于作者水平有限，书中难免有许多缺点和错误，恳请同志们批评指正。

1982年8月于北京

第一章 绪 论

能源是社会发展的物质基础，是国民经济建设中的主要问题。能源和交通问题解决不好，整个国民经济就难以前进，这从世界经济发展史上可以看得很清楚。

人类从原始的穴居生活，到现代的物质文明建设，能源的利用起到了非常重要的作用。当人们愈来愈多地使用能源作为动力来代替繁重的体力劳动时，就能提高劳动生产率，为社会创造更多的财富。在能源利用发展史上，经历过三次重大的能源变革，即薪草时期、煤炭时期和石油时期。以薪草为主要燃料的能源时期，延续了漫长的时间，至今在发展中国家农村能源中薪草所占比重仍然很大。十八世纪瓦特发明蒸汽机以来，逐步从依靠人力、畜力为动力，薪草为燃料转向以蒸汽为动力，以煤炭为燃料。产业革命推动了工业的发展。从十九世纪七十年代开始，电力逐步取代了蒸汽，成为主要动力，这标志着资本主义工业化的基本完成。二十世纪五十年代和六十年代，价廉质优的石油、天然气的大量开发和使用，使世界能源结构发生了重大的变革，从以煤炭为主转向以油气为主。它促使西方经济在六十年代进入黄金时代，被战争破坏的经济正是由于建立在廉价的石油基础上才得到迅速的恢复和发展。1950年世界能源消费总量是25亿吨标准煤，其中煤炭占61%，油、气占36.6%。到1973年，能源消费总量达78亿吨，其中煤炭比重降到32%，油、气上升到66%。整个六十年代，主要工业国家国民生产总值年平均增长4~5%，日本达11.9%。但是，1973年阿拉伯产油

国被迫以石油为武器展开了斗争，西方世界发生了石油危机，结束了廉价的石油时代。油价从每吨十几美元猛增17倍，高达230~240美元。另外，随着石油开采量愈来愈大，油气资源逐渐枯竭，人类被迫寻找新的替代能源，走向核能、太阳能、地热能、海洋能等新能源时期。但是核聚变能、太阳能、地热和海洋能等新能源到本世纪末还不能大规模地达到工业利用阶段，所以世界上能源进入了青黄不接的境地。为了过渡，煤炭将重新得到发展，到本世纪末将回升到60%左右。煤炭同核能一起被称为“走向新能源的桥梁”。

应该指出的是，煤、石油、天然气这些有限的并经过几亿年形成的矿物燃料，不仅是燃料能源，而且还是珍贵的化工原料。因此它们的综合利用价值远比单纯作为能源使用要高许多倍。象我们这样的发展中国家，不能照抄外国的经验和走工业发达国家的老路，必须根据我国国情来确定能源发展的战略目标。

建国三十多年来，我国能源工业发展有一定的成就。在能源地质勘探、规划设计、建设开采、加工转换等方面都取得了很大的成绩。但也存在着一些问题：

一、资源储量较大，但人均占有量低。建国以来，大量进行普查勘探和规划设计，发现了许多煤、石油、天然气资源；两次普查和核定了水力资源。我国是能源资源较丰富的国家，煤炭储量仅次于苏联和美国，居世界第三位，水力资源占世界第一位，石油和天然气资源也很有发展前途。但是由于我国人口众多，按人口平均计算的可采储量远低于世界水平，如下表所示。

由此可见，我国按人口平均计算能源并不富裕，因此，我们今后制定长远能源外贸政策时对此应有足够的认识。

	平均每人资源量(按可采储量计)		
	我 国	世 界	我国占世界%
煤 炭(吨)	145.0	164.0	88.4
石 油(吨)	1.44	21.7	6.6
天 然 气(立方米)	26.6	1781.7	1.5
水 力(度)	1955.0	2427.0	80.7

二、能源工业发展很快，但还存在供需矛盾。解放初期能源产量很低，而且主要是煤炭。经过三十多年来能源工业的建设，煤炭产量增长8倍多，原油增长240倍，天然气增长1780倍，电力增长40倍。我国煤炭产量已跃居世界第三位，电力第六位，石油第六位，天然气第十二位。能源工业的生产结构也发生了非常显著的变化：原煤从1952年的96.8%下降到1980年的69.5%，石油、天然气则从1.3%迅速上升到26.8%，水电从1.9%上升到3.7%。但是，能源建设中还存在着两个突出的问题：一是三十多年来能源供应一直处于比较紧张的局面，尤其近十多年，能源供需矛盾尖锐，已影响了国民经济的发展，而且还将持续一段时间。因为能源建设需要一个过程，目前主要是煤炭和电力在建规模小，今后五年也不可能大幅度增长。二是石油、天然气探明储量小，后备储量不足，而且开采条件愈来愈坏，今后石油的开采主要还得靠海上和西部交通不便的地区。

三、我国独立完整的能源工业体系已基本建成，但能源大量远运的现象将长期存在。经过三十多年来的建设，能源工业已具有相当规模，部门齐全，布局又比较合理，一个独立完整的能源工业体系已经基本建成。这是我国国民经济发

展的重要基础。我国能源资源和消费地区分布不均，全国64%的煤炭资源集中在华北，石油资源主要分布在东北、山东和河北，而西南和黄河上游的水力资源又占全国的三分之二。但主要的消费地区却在东北和东南沿海地区，即沪宁杭、京津、辽宁、广东四个缺能区。这就决定了我国北煤南运、西电东送，而且运量大、运距长的形势将长期存在下去（苏联和美国也同样存在类似问题）。

四、电力在能源工业中的作用日益增大，但电源结构不尽合理。电能在国民经济发展中，无论在生产和生活中的利用都愈来愈普遍。这也是我国向工业化、现代化发展和提高生产率的重要标志。建国以来，电力工业的发展速度高于整个能源工业的增长速度。电能增长率按发电装机容量计算为12.5%，按发电量计算为15%，其中水电为15.2%，火电为14.9%。这是电力工业超前发展的客观规律。但是，烧油、烧煤比重过大，从1960年开始不恰当地发展油电，造成了今天往回收缩的困难处境（这些油电设备大部分为新增的大容量烧油锅炉，又不能改）。1978年电力工业消耗的一次能源，其构成为煤炭占64.5%，石油占19.9%，水力占15.6%。发电用煤炭消耗在国民经济各部门用煤中的比重逐渐增大，从1953年的9.7%上升到1978年的20.1%。水电比重从1952年的17.8%降到15.6%，水电开发仅占水力资源的3%，而油电由零上升到19.9%，因而在电源能源构成方面造成水电比重过低的不合理现象。

第二章 技术经济比较的原则和方法

第一节 能源技术经济比较的原则

一、应把技术经济比较或可行性研究列入能源基本建设和技术改造的法定程序

能源的布局、生产、运输、消费和节能的技术改造，都涉及到大量的技术经济问题。因此，在确定能源开发或节能项目之前，必须先提出综合性的技术经济分析报告。一些关系到国民经济全局的重大项目，如大型煤、油基地的选择，枢纽性水电工程的建设，大型原子能电站的布局，综合性节能技术改造措施的采用等，其投资大，工期长，情况复杂。因此，对项目的必要性和迫切性，对项目产品的市场需求情况，对项目的自然条件和社会影响，对项目的各个技术环节和最终经济效益，必须提出全面的和详细的可行性研究报告。并应严格按照国家规定，根据项目的大小，分别提交主管部门进行审查。审查时应有各方面的经济技术专家参加。只有当审查的结论表明，这个项目在技术上是可靠的，在经济上是有利的，在财务上是有保障的，对国民经济的全局是有益的，这时项目才能确定下来。

能源建设的实践证明，凡是在项目确定之前，没有提出技术经济比较或可行性研究报告，或没有请各方面的专家对报告进行广泛的审议，就匆匆忙忙“拍板定案”的，就都给以后的设计、施工，甚至长期的生产运行带来难以想象的困

难和被动，都给国家造成巨大的浪费和损失。因此，为了使过去经常发生的这种“盲目蛮干”的错误不再重演，必须在能源建设决策程序上建立一套完整的管理和监督制度，必须把做好项目的技术经济比较或可行性研究明确列入能源基本建设和技术改造的法定程序。任何项目，在没有批准技术经济分析报告或可行性研究报告之前，都不准列入计划，更不准任意动工建设。

二、计算能源建设投资时必须考虑时间因素和因技术进步引起的设备无形损耗

能源建设的多数项目投资大，建设周期长，而且各种能源开发方案的建设周期又大不相同。因此，在计算能源建设项目的投资时，都应考虑投资的时间因素。这在基本建设投资由拨款改为贷款的条件下或在引进外资进行能源建设时尤其重要。必须充分考虑投资利息对项目经济效果的影响。利率越高，建设工期越长，利息对工程经济效果的影响也越大。因此，无论是计算一个能源建设项目本身的绝对经济效果，还是在多方案比较中计算各个方案的相对经济效果，除计算出静态的（不考虑利息）投资效果系数和投资回收期等一般指标外，还必须详细地计算出动态的（按复利计算）投资效果系数和投资回收期，以反映投资的实际效果。计算所用的利率，一般应不低于国内定期存款的利率，或国际资金市场的平衡利率，但考虑到当前能源供应特别紧张，能源项目可按优惠利率计算。

对一些技术进展比较快（如核电）的项目进行技术经济比较时必须计入因技术进步而使设备提前淘汰报废引起的无形损耗。无形损耗可用加速折旧的方法计入。水电要考虑投

资积压，至于火电，对煤矿、运输同样也要考虑。

三、对有综合效益的项目必须坚持投资分摊的原则；计算投资时，还要计算配套工程的投资

在能源建设项目的技术经济比较和可行性研究中，处理好有综合效益项目的投资分摊问题，计算好项目的配套投资问题，对于择优确定能源建设方案、合理利用我国能源资源有着重要的现实意义。

能源建设中的有些项目，如大型水电站，除了发电外，常常还具有防洪、灌溉和航运等综合性效益。因此，在计算这种工程的投资时，应该根据各种效益的实际情况，将总投资实行分摊，而不应将全部投资都放在某一个项目上。许多实例表明，防洪、灌溉等综合利用部门应分摊的投资常常占到工程总投资的15~20%，甚至更多。因此，在能源技术经济比较和可行性研究中，只有按照综合效益的投资分摊原则进行计算，才能科学地反映水电建设项目的实际经济效益。这种情况在石油、煤炭综合利用等项目中同样存在，也需要研究投资分摊问题。

在进行能源建设项目的技术经济比较和可行性研究中，还必须计算配套工程的投资。例如，在地区电源选择中，在满足地区用电需要的同样条件下，建设水电厂方案，除计及水电厂本身的投资外，还必须计及输变电的投资；建设火电厂，除计及电厂本身投资外，还必须计及电厂所需燃料的开采、运输以及处理三废的投资。各电厂发电成本的计算同样应按这一原则进行，应包括配套工程的运行费用，在计算燃料费用时，应只计算燃料的成本。但计算配套工程投资时要避免重复。

四、能源技术经济比较中必须考虑价格因素

由于能源价格严重背离价值，以及能源各部门价格背离价值的程度各不相同，因此，在能源技术经济比较和可行性研究中，按照现行价格计算出的结论可能并不反映项目的真实经济效果。这样一来，在能源方案的比较中，特别是在一些重大项目的计算中，除按现行价格进行计算外，还应对按社会必要劳动消耗，考虑资源等因素计算出的能源价格进行核算，以使能源技术经济比较和可行性研究中的计算结论尽量接近实际的经济效果。必要时，要研究理论价格。在计算煤炭成本时，有时要采用边际成本（或影子价格）。

五、各比较方案必须具备可比条件

进行技术经济计算和比较的各相互替代方案，必须具备下述可比条件：

- 1.在同类方案中，应是经过优选，其经济指标先进，而且是现实可行的。
- 2.所拟各方案的运行方式与各项参数经济合理。
- 3.各拟定方案的设计深度与依据资料精度（如勘测、价格资料等）基本一致，要有可比性。

参与技术经济计算和比较的各方案，如果不可能在同等程度上满足用户要求，即在效用上有差别，则应考虑用其他替代措施来补平，或在计算费用上加入因其在数量、价格和供应时间上满足用户不同而引起的国民经济费用增值。如果这样做不可能，则在设计计算中应对质量不同的各个比较替

代方案作出质量上的评价。也就是必须具备以下四个可比原则和条件：

1. 满足需要上的可比；
2. 消耗费用上的可比；
3. 价格指标上的可比；
4. 时间上的可比。

我们知道，任何技术方案最主要的目的是为了满足不同需要，例如火电站与水电站都是为了满足用电的要求。实际上，没有一个技术方案不是以满足一定的客观需要为基础的。从技术经济观点来看，某一种方案若要和另一种方案比较的话，这两种方案都必须满足相同的需要，否则，它们之间就不能互相代替，就不能够互相进行比较。所以，满足需要上的可比是一个最重要的可比原则。

由于在技术方案的经济比较中，我们实际所要比较的是满足相同需要的不同方案的经济效果，而经济效果包括满足需要和消耗费用两个方面。所以，我们除了要求比较方案具有满足需要上的可比条件以外，还必须具有消耗费用上的可比条件。对于消耗费用必须采用统一的计算原则和方法，如果在计算甲方案时采用一种原则和方法，而计算乙方案时又采用另一种原则和方法，那么从技术经济观点来看，这两个方案就不可比。所以，消耗费用上的可比是一个决不可少的可比原则。

在社会主义制度下，由于价值规律还起着一定的作用，所以，在计算比较方案的经济效果（包括方案的经济效益和消耗费用）的时候，常常需要利用价格指标。如果对于不同的比较方案采用的价格指标不一致，不合理，那么，每个比较方案经济效果的计算和它们之间相互比较的结果就不正确。

所以，价格指标上的可比在技术方案经济比较中必须予以重视。

我们知道，技术方案的经济效果除了有数量的概念以外，还具有时间的概念。比如有两个技术方案，它们的产品产量、投资成本等都完全相同，但时间上有差别，一个投产早，一个投产晚，或者，一个早投资，一个迟投资，在这种情况下，这两个方案的经济效果就不相同，不能简单地进行比较，必须考虑时间因素以后，才能互相进行经济比较。

总之，在两个以上技术方案进行比较时，必须使每个方案具备上述四个可比原则和条件。否则，技术方案经济效果的计算和相互比较就会得出不正确的结论。

具体对于电力工业要考虑相邻国民经济部门，如煤炭燃料基地、交通运输等工程的投资和年费用影响。当考虑燃料基地和运输工程投资费用时，火电站运行费的煤耗部分应按所耗燃料成本与运输成本计算。考虑到燃料（煤炭）的价格和价值背离较大，经济计算中，可选择适合本系统特点的计算价格，进行投资与费用的统计计算。当单纯从国内市场考虑平衡时，可以采用：

1. 煤矿投资与进厂价格加国家补贴费；
2. 煤矿投资加开采成本以及运输费用之和。

若其在国际市场上还有进出口贸易交流情况时，还可选用：

1. 节约燃料可供出口时用出口离岸价格（扣除运输费用差值）；
2. 需进口燃料时用国际市场平均价格。

在水库农田淹没补偿及灌溉价值效益等投资费用计算中，亦有类似情况，可比照处理。