



FA GONG DIAN YUN XING
JING JI XUE

发供电运行 经济学

刘晨晖 著

武汉测绘科技大学出版社

发供电运行经济学

刘晨晖 著

武汉测绘科技大学出版社

鄂新登字(14)号

发供电运行经济学 刘展晖 著

责任编辑: 倚 农

※

武汉测绘科技大学出版社出版发行

武汉测绘科技大学出版社激光照排

武汉测绘科技大学印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 23.875 字数: 610 千字

印数: 0001—3000 册

ISBN 7-81030-139-X/F·16 定价: 14.00 元

前言

自 1986 年春季以来,受全国电力企业管理协会的委托,我为全国各大网局、省局、发电厂和供电局的厂长、经济师和工程师们,陆续举办了若干期发供电经济学讲习班,受到了参加者的普遍欢迎。根据各网局、省局和供电局的要求,该讲习班还将继续举办。本书就是在该讲习班讲授的讲义基础上增订而成的。

什么是发供电系统的经济效益? 什么因素影响发供电系统的经济效益? 可以采取什么措施来提高发供电系统的经济效益?毫无疑问,这正是我国电力工业企业目前最感兴趣的,也是最难解决的问题之一。

我们的大学生们在大学中学了很多关于电力系统分析、计算以及介绍各种电气设备技术性能与作用的课程,然而关于电力系统经济方面的知识却学得很少。因此,当他们从大学毕业,进入到电力系统的电能生产与管理部门工作以后,由于缺乏电力系统经济方面的知识,在工作中遇到了很多的困难。

而我们一些长期在网局、调度局、电厂和供电局工作的工程技术人员和经济管理人员,他们几乎天天接触到有关电力系统经济方面的问题,他们积累了大量的经验与数据,但又苦于缺乏系统的知识,当遇到一些需要进一步探讨的生产问题时,常感力不从心。

我们一些从事设计的技术人员,对电厂和输变电系统的技术设计很熟,但是,随着商品经济的发展,电力工业企业要成为一个相对独立的企业,因此电力系统的投资与经营必然要按照商品经济规律的要求来分析其经济效益,而这也正是我们广大设计人员所不熟悉的问题。

由于在全国范围内目前正在大力发展有计划的商品经济,电能是作为商品生产与供应,因此,研究在现代商品经济规律指导下,发供电系统的经济效益问题,无论在理论上与实践上,都显得愈加重要了。本书就是在这样的背景下写的。

从商品经济观点来看,发供电经济可以说是各类部门经济中最难研究的领域之一。这是因为发供电经济研究牵涉到宏观与微观;投资与运行;发电与供电;火电与水电;经济与技术;政策与管理;局部与全面。可见,要想全面论述发供电经济即将牵涉很多领域。本书主要是为发供电企业写的,因此主要是分析发供电企业的微观经济,尤其侧重于运行经济分析。关于投资经济,请读者参阅本书作者所著:《投资的经济决策与盈亏分析》、《企业经营经济学》、《企业投资经济学》等书,在这些书中对投资经济有很详细的论述。

本书主要是为那些在电力系统各生产和设计部门工作的管理人员、工程技术人员以及大学高年级学生写的。作者有三个宗旨:

- (一) 系统地介绍商品经济规律下发供电系统运行的有关经济知识与分析方法;
- (二) 紧密联系实际;
- (三) 语言精练简明,通俗易懂。

所以本书所选的材料都是与发供电部门直接生产有关的问题。没有任何抽象的理论讨论。我们举了大量的实际计算例子,使读者学过以后能立刻应用于实际。尽量用简明的叙述使读者

懂得。我相信,绝大多数工程技术人员阅读本书都不会有很大困难。

应当指出,我国各大学和电工学界过去从未写过一本讨论电力系统经济(尤其是从商品经济规律来讨论)的专著,因此,作为第一次尝试是很困难的。作者诚恳希望读者在读完本书以后提出宝贵的意见!

受一些供电部门的委托,我们将继续以本书对电力系统生产部门的经济管理和工程技术人员进行培训。各电力部门对此有兴趣者,可直接与我们联系。

本书的出版与发行得到了武汉电力企业管理协会的大力支持与帮助,作者深致谢意!

刘晨晖

于武汉水利电力学院

自动控制研究室

1990年6月

5107.61
0266

发供电运行经济学

FA GONG DIAN YUN XING
JING JI XUE

● 责任编辑：倚 衣 封面设计：张 权

● ISBN 7-81030-139-X/F·16 定 价：14.00 元



目录

§ 1	发电系统	(1)
§ 2	负荷曲线	(7)
§ 3	负荷基本特性描述	(10)
§ 4	负荷基本特性计算举例	(14)
§ 5	发电成本、税收与利润	(21)
§ 6	电能成本与用户	(24)
§ 7	我国电力系统现行经济指标体系及其不足	(28)
§ 8	边际分析	(30)
§ 9	有关成本的一般理论	(33)
§ 10	电力系统最大利润点及政府干预	(37)
§ 11	传统的投资回收观念及其存在的问题	(42)
§ 12	现时价值与拉平	(43)
§ 13	电力工程基建贷款偿还的安排	(47)
§ 14	商品经济规律指导下的企业经营	(50)
§ 15	折旧与折旧费用计算举例	(52)
§ 16	全部投资价值的回收	(59)
§ 17	发电成本计算举例	(67)
§ 18	基本负荷与峰值负荷	(74)
§ 19	电价的基本类型(1)	(77)
§ 20	电价的基本类型(2)	(81)
§ 21	电费计算举例	(85)
§ 22	负荷率和分散因数与发电成本	(93)
§ 23	负荷率提高时联合供电系统发电成本的降低	(98)
§ 24	对不同负荷率用户的收费	(102)
§ 25	高峰或低谷期用户容量边际成本与电能边际成本的分配	(103)
§ 26	高峰-低谷电价与单一电价的比较	(106)
§ 27	最优单一电价与高峰电价	(107)
§ 28	对常值负荷的收费	(109)
§ 29	发电设备的容量因数与发电成本	(110)
§ 30	线路损失率	(112)
§ 31	线损的计算	(115)
§ 32	凯尔文定律	(123)
§ 33	计及输配电成本及线损的发电成本	(127)

§ 34	发电能源的利用效率·····	(129)
§ 35	直接计及热效率时发电成本的确定·····	(133)
§ 36	影响火电厂煤耗率的各种主要因素·····	(137)
§ 37	投资分析考虑负荷与热效率·····	(140)
§ 38	功率因数·····	(143)
§ 39	用户怎样从经济上考虑功率因数·····	(148)
§ 40	功率因数改进后用户在经济上的受益·····	(150)
§ 41	使用调相设备以后的经济效益·····	(155)
§ 42	怎样对待产品税·····	(159)
§ 43	电能生产作为投资过程的经济分析·····	(164)
§ 44	挪用折旧费保证投资利润·····	(169)
§ 45	为保证投资收益率所必须具有的年销售收入·····	(171)
§ 46	怎样分析通货膨胀对投资过程的影响·····	(174)
§ 47	企业怎样应付通货膨胀·····	(178)
§ 48	企业可以将通货膨胀的影响转嫁给银行·····	(182)
§ 49	坚持早收晚付的原则·····	(185)
§ 50	处理闲置资金的重要方法——购买债券·····	(187)
§ 51	影响年度经营税前利润的各种因素·····	(189)
§ 52	我国电力工业发展的方向与电价制度存在的问题·····	(194)
§ 53	对负荷持续曲线的讨论·····	(200)
§ 54	水电厂的出力曲线·····	(206)
§ 55	电厂联合运行的优点·····	(209)
§ 56	关于各类电厂配合供电的一般原则·····	(214)
§ 57	基荷电厂按最大负荷最优运行小时·····	(218)
§ 58	由负荷持续曲线决定电厂发电容量与发电成本·····	(221)
§ 59	径流式水电厂与火电厂联合运行时负荷分配与经济分析(1)·····	(225)
§ 60	径流式水电厂与火电厂联合运行时负荷分配与经济分析(2)·····	(230)
§ 61	发电持续曲线·····	(235)
§ 62	电厂的运行特性·····	(238)
§ 63	怎样由实测数据决定电厂运行特性·····	(243)
§ 64	电厂运行特性应用举例·····	(251)
§ 65	电厂中发电机组负荷的经济分配·····	(254)
§ 66	发电机组负荷经济分配计算举例·····	(260)
§ 67	牛顿-拉夫逊方法的应用·····	(270)
§ 68	负荷变动时发电机组负荷的经济分配·····	(273)
§ 69	基点与分配系数·····	(276)
§ 70	联合供电系统电厂间的负荷经济分配·····	(278)
§ 71	电厂联合向同一负荷供电时怎样计及网损·····	(280)
§ 72	计及网损时联合供电系统出力的经济分配·····	(284)
§ 73	负荷经济分配的迭代解法·····	(292)

§ 74	网损系数(B 系数)的确定	(296)
§ 75	考虑网损时电网负荷经济分配的近似解析解	(301)
§ 76	具有多台机组的火电厂的等值机组	(305)
§ 77	水-火电力系统短期经济调度	(309)
§ 78	水-火电力系统短期经济调度的一般处理	(320)
§ 79	水-火电力系统经济调度中网损的处理	(325)
§ 80	厂用电率及经济调度中对厂用电的处理	(330)
§ 81	抽水蓄能电厂的经济效益	(332)
§ 82	抽水蓄能电厂运行的一般分析	(340)
§ 83	两种调峰电厂的经济效益分析	(345)
§ 84	小水电站经济效益分析	(349)
§ 85	110 千伏直降变电所经济容量的确定	(353)
§ 86	35 千伏降压变电所经济容量的确定	(355)
§ 87	变电站经济效益的确定	(359)
§ 88	变压器合理容量的选择	(360)
§ 89	降低农村配电网线损的可能措施	(362)
§ 90	降低低压配电网线损的措施	(365)
§ 91	深入进行经济体制改革加速电力工业发展	(368)
主要参考资料		(374)

§ 1 发电系统

电力系统包括发电、输电与配电。电能可以由电力系统中不同的电厂发出,通过各级电压的输电网与配电网,供给不同类型的用户,而且供电的方式可能是各种各样的。

电能是二次能源,它是一次能源通过某些技术装置转化而成的。一次能源包括:煤炭、石油、天然气、核能、水能、地热能、潮汐能、风能、太阳能等。从而,目前在一个电力系统中参予供电的电厂类型也很多,主要是火电厂(燃煤、燃油、燃气)、水电厂(水库式、径流式、抽水蓄能式)、核电厂、内燃机电厂与燃气轮机电厂。其他一些类型的发电厂,如风力电厂、潮汐电厂、太阳能电厂与地热电厂,有的尚处于实验阶段,有的虽已可以应用,但容量一般不大,所以目前还不是电网中的主要供电电源。

火力发电厂是最常见的电厂,它的基本特点如下:

(1)火力发电厂的锅炉与汽轮机都有一个技术最小负荷。锅炉的技术最小负荷约为其额定负荷的 25~70%,因锅炉类型与燃料类型而异。汽轮机的技术最小负荷约为其额定负荷的 10~15%。凝气式火电厂总的技术最小负荷为额定负荷的 30%左右,运行负荷以 85~90%额定负荷为最佳。

(2)火力发电厂锅炉设备与汽轮机的退出运行和再投入要耗费起动能量,而且要花费时间,又易于损坏设备。

(3)火力发电厂的锅炉与汽轮机承受急剧变化的负荷时,与退出或投入时相似,既要额外耗费能量,又耗费时间。

(4)火力发电厂的锅炉与汽机有超临界参数、亚临界参数、超高压、高温高压、中温中压与低温低压之分。

临界点是指温度 374.15℃,压力 225.56(Ata);超临界参数指 240~250 大气压,容量 600~1000(MW);亚临界参数指 165~175 大气压,容量 300~600(MW);超高压指 130~135 大气压,容量 120~200(MW)。

火电厂的优点是:

(1)燃料一般不太贵。随着煤质的不同与电厂本身设备效益的差异,因此,发一度电(1kWh)所需的煤量是不相同的。一般以每公斤发热量为 7000kCal(大卡或千卡)的煤为标准煤。

(2)与水电厂相比,要求的厂区空间较小。

(3)只要燃料与冷却水没有问题,污染问题与排灰问题能够得到解决,原则上说它可以在任何地方建厂。

(4)从而,它可以建造在靠近负荷中心处。假如同时供热,还可以提高发电经济效益,即降低发电煤耗率。

(5)与同等容量的内燃机电厂与燃气轮机电厂相比,它的运行成本较低。

(6)与核电厂和水电厂相比,其一次投资较少,建设周期也较短。不过关于这个问题,下面还将进一步讨论。

它的缺点是:

(1)与水电厂相比,运行成本较高,因为它要烧煤、烧油或烧天然气。以烧煤来说,我国七十年代火力发电用煤量占国内全部消费量的 18.3%,进入八十年代后,1981~1982 两年中火力发电用煤占全国原煤总消耗量的 20.87%,仅次于全国生活用煤,居工业各主要耗煤行业的首位。1983 年全国发电及供热耗油量占全国原油产量的 13.4%。由此可见,火力发电的煤、油消耗量都是很大的。

(2)对环境造成污染。尤其是排烟、排灰所造成的污染比较突出。

(3)在很多情况下,煤的运输是个大问题。不但如此,煤渣的处理有时亦成问题,即必须准备有相当的贮灰场。

(4)它的效率一般不很高。

火电厂效率=(发电机效率)×(汽轮机效率)×(锅炉效率)

一般在 18~40%。

燃料的发热量一般以 kCal(千卡、大卡)表示。1 千卡的热量等于把 1 公斤的水提高温度 1℃ 所需的热量,而电能一般用 kWh(千瓦一小时或度)来表示。它们之间的关系是:

$$1(\text{kWh}) = 860(\text{kCal})$$

如某火电厂发 1(kWh)电能耗煤 0.7 公斤,若电厂效率 20%,求煤的发热量。

设每公斤煤的发热量为 X 卡,所以 0.7 公斤煤的发热量 $0.7X$ (卡),但是:

$$1(\text{卡}) = 4.2(\text{焦耳})(\text{或瓦秒})$$

所以,0.7 公斤煤的发热量相当于:

$$(0.7X) \times 4.2 = 2.94X(\text{焦耳})$$

$$1(\text{kWh}) = 1000 \times 3600(\text{焦耳})$$

热效率 $\eta=20\%$,所以:

$$\frac{1000 \times 3600}{2.94X} = \frac{20}{100}$$

$$X = \frac{100 \times 1000 \times 3600}{20 \times 2.94} = 6122(\text{kCal/kg})$$

在我国电力系统中,目前仍以火电厂占主要地位,但近年来,我国各种类型的水电厂也发展很快,尤其是已建成或正在建设一些大型水电厂。

众所周知,当一个物体从高处落下时,它的位能不断减少,如果这个物体的重量是 G 公斤,降落高度是 H 米,则这个物体位能的减少量,或者说重力作功量为:

$$E = GH(\text{公斤} \cdot \text{米}) \quad (1-1)$$

流动的水可以放出的水能的大小与上述落体一样,是由水的重量与重心下降高度的乘积来决定的,因此,若某一河段落差为 H 米,在 T 秒中通过的水量为 V 立方米,则水流流经该河段所能放出的位能是:

$$E = \tau VH(\text{公斤} \cdot \text{米}) \quad (1-2)$$

这里, τ 是水的容重(1000 公斤/米³)。

水流的功率,也就是每秒所作的功,在水力发电工程中常称为出力,为:

$$N = \frac{E}{T} = \frac{1000VH}{T} = 1000QH(\text{公斤} \cdot \text{米} / \text{秒})$$

这里:

$$Q = \frac{V}{T}(\text{米}^3 / \text{秒}) \quad (1-4)$$

在水力发电工程中,出力通常用千瓦或马力作为计算单位,而电能(发电量)则以千瓦一小时(kWh)作为计算单位,它们的关系是:

$$1(\text{千瓦}) = 102(\text{公斤} \cdot \text{米} / \text{秒})$$

$$1(\text{马力}) = 75(\text{公斤} \cdot \text{米} / \text{秒})$$

$$\begin{aligned} 1(\text{kWh}) &= 1(\text{度}) = 1(\text{千瓦} \cdot \text{小时}) \\ &= 102(\text{公斤} \cdot \text{米} / \text{秒}) \times 3600(\text{秒}) \\ &= 367200(\text{公斤} \cdot \text{米}) \end{aligned}$$

所以:

$$N = \frac{1000QH}{102} = 9.81QH(\text{千瓦}) \quad (1-5)$$

$$E = \frac{1000VH}{367200} \approx \frac{VH}{367}(\text{kWh}) \quad (1-6)$$

利用水能来发电,由于导流设备的水力阻力和机电设备的效率,不可避免地要损失一部分能量,所以,实际上得到的发电能力为:

$$N = 9.81\eta QH = AQH \quad (\text{kW}) \quad (1-7)$$

$$E = \frac{\eta VH}{367}(\text{kWh}) \quad (1-8)$$

一般大型水轮机的效率为 0.96~0.98,中型的为 0.85~0.96,小型的为 0.65~0.85。

(1-7)式中的 A 值大体是:大中型水电厂 A 为 8.0~8.5,小型水电厂 A 为 6~8。

水电厂在枯水期保证能发出的相应于设计保证的出力,称为它的保证出力。水电厂的最大工作容量是水电厂在电力系统最大负荷时它所能承担的最大出力,而水电厂的装机容量则是由水电厂最大工作容量、备用容量(负荷备用、检修备用和事故备用)以及重复容量(专为丰水期准备的)所组成,因此,装机容量总是数倍于水电厂保证出力,其倍数约为 1.5~4.0。例如长江葛洲坝水电厂设计装机容量为 271.5 万千瓦,而保证出力为 76.8 万千瓦,其倍数为:

$$\frac{271.5}{76.8} \approx 3.5$$

不要错误地以为,水电厂的保证出力就是枯水期间水电厂的实际出力。实际上,保证出力给出的是最枯水时可发出的功率的概念,即在最枯水时经过水库调节,水电厂每天 24 小时运行发电的出力,但是在枯水季节,水电厂一般作为调峰电厂运行,每天只运行几小时,从而此时它的实际工作容量可远大于其保证出力。例如拟议中的三峡水电厂,按 150 米的低坝方案,装机容量可达 1300 万千瓦,保证出力约为 300 万千瓦,而在枯水期间实际调峰工作容量可达 1000 万千瓦,视枯水期的水量不同当然还有些差异。若采用中坝 175 米的方案,装机容量可达 1768 万千瓦,保证出力与实际调峰工作容量将更大一些。

水电厂的基本型式有:

- (1)坝后式水电厂(水库式);
- (2)径流式水电厂(河床式);
- (3)引水式水电厂(有压和无压);
- (4)坝与引水道结合的混合式水电厂;
- (5)抽水蓄能式水电厂。

水电厂的优点是:

- (1)与火电厂相比,水电厂的运行成本要低得多,因为它没有昂贵的燃料费用,在某种不统

一的管理体制下,水电厂发电要向水库交水费,然而即令如此,水费也比燃煤(燃油、燃气)的费用少得多。此外,它的厂用电率也低。

(2)火电厂的发电成本受负荷率变化的影响很大,如以 80% 的负荷率为标准,则当负荷率降到 60% 时,发电成本将增加 20% 左右,而当负荷率降到 40% 时,发电成本将增加 65% 左右;而水电厂的发电成本受负荷率变化影响较小。

(3)火电厂的使用年限一般为 20 年~30 年,而水电厂的使用年限为 100 年~120 年,但火电厂的每年运行与维修费用几乎是同等容量的水电厂的 5~6 倍。

(4)火电厂的燃料要买,而水电厂几乎没有什么燃料费。火电厂的供电连续性很大程度上取决于运煤的保障。因此,当煤是由外地输入,尤其是从国外输入时,它的供电安全度就会相对降低。我国有些火电厂,不但有时遇到供煤数量上有缺额,而且供煤质量上常常得不到保证,这当然就影响电厂的实际出力。

(5)水电厂无燃料贮存及灰渣处理问题,也无烟尘与煤灰的污染问题。

(6)水轮机转速一般很低(300 转/分~400 转/分),而汽轮机转速为 3000 转/分,因此,对于水轮机来说,没有很严重的机械问题、合金问题、高温高压问题,从而水轮机(或一般说水电厂)的可靠性要比火电厂高得多,而可靠性高就可以更适宜于用大机组,发电成本就更低。

(7)一般水电厂都处于远离城市的地区,因此,建厂征用土地价格比火电厂(一般靠近城市)建厂征用土地价格要低得多。

(8)水电厂起动很快,又能调节出力很快适应负荷的变化,这是火电厂与核电厂所办不到的。因此,变化的负荷用水电厂配合作为基荷电厂运行的大型火电厂与核电厂来满足,是比较理想的。尤其是抽水蓄能电厂,它能把负荷低谷时火电厂可以发出的而用户又不需要的电能吸收过来,在负荷高峰时放出以满足负荷的需要,这样不但创造了更高的电能价值,而且又保证了大型基荷电厂(如核电厂、大型径流式水电厂、大型火电厂)的平稳运行。

(9)水电厂的效率一般不随使用年限而变,而火电厂的效率却随使用年限而下降。

(10)水电厂的操作与检修人员,比同等容量的火电厂所需的数量要少得多。

(11)某一水电厂的修建,同时可能带来一些其它辅助的受益,如居民的用水供给、洪水控制、航道通航能力改善、水产繁殖、灌溉等等。当然,大型水库或大江高坝截流也会带来一些需要认真考虑与对待的问题,如大批可耕地的淹没、大批移民的安置、生态的变化、库区内可能发生的淤积、诱发地震的可能性等,都是一些不可忽视的大问题。

(12)火电厂作为发电系统热备用电厂时,必须消耗能量,而以水电厂作为备用电厂,则无此能量损耗。

(13)水电厂的使用不但提供了一个经济的能源,而且当水-火电厂或水-核电厂的联合运行系统中,由于利用了水电厂,可以实现整个系统的经济运行,将大型火电厂与核电厂作为基荷电厂,使它们有高的负荷率。

(14)水能是可以再生的、用不尽的能源,充分利用水资源和发展水电事业,可以节省煤和油的使用,同时减轻了交通负担。

然而,水电厂也有它的缺点,主要是:

(1)每 kW 的投资成本高于火电厂。一般大中型水电厂每 kW 的投资为 1600 元,而火电厂为 800 元左右,这都是按 1980 年不变价格的近似标准估价。

(2)水电厂所发电力与可用于发电的水量很有关,而这在很大程度上决定于自然条件,因此,在干旱年或枯水季节,由于水电厂的出力受到限制,因此,水电比重较大的电网就会常常感

到供电紧张。

(3)水电厂的建设受水资源及地理条件的限制,一般远离负荷中心,因此,电能由水电厂发出送到负荷中心,需要相当长的输电线路,从而必然有相应的输电损失,有可能达到发电量的5~6%。

(4)它的建设周期较长。

水电厂应当看作是火电厂的一个最重要的补充供电者。它并不是取代火电厂,所以,电力系统规划与运行总是力求最有效地使得水电厂与火电厂具有最好的配合,以实现最经济的供电。

在这里,有必要对水电厂的经济性的评价问题,作更进一步的讨论。尤其有必要从全社会角度,即宏观的角度来进行评价。

从电力部门来看,水电与火电都是发电企业,任务都是发电。但从社会角度来看,两者是不相同的。水电自成系统,它将水能资源的开发与加工成电力合在一起,而火电则是一个不完整的发电系统,实质上它是把煤加工成电力的能源加工企业。它必须有能源开采企业的煤矿同它配套协作,以及相应的运输能力才能完成发电任务,因此,进行经济效益评价时,火电厂应当连同相应的煤矿、运输加在一起和水电厂进行比较。

一般所说的水电投资比火电投资贵一倍是不对等的比较所得出的结论。只从电力部门来看,水电厂1(kW)的投资约为1600元,而火电厂约为800元左右,水电确实比火电贵一倍,但从全社会角度来看,火电厂1(kW)出力每年要烧3吨多煤,配套协作的煤矿每kW要投入600多元,估且不论运输方面的投资,加在一起也已达1400元左右,同水电厂每kW投资相差不多。

其次,水电与火电的社会效益也不同。除发电以外,水电厂还给社会带来防洪、灌溉、养殖、旅游等各方面的经济效益,然而这些项目一般并未分摊必要投资,也就是把全部投资都算在发电身上,这样作本身对水电经济效益评价就是不公平的。而火电给社会带来的则是大气污染,例如我国污染程度已达五十年代末西方公害高峰时的水平,甚至更严重。然而,过去火电并未为此付出应有的赔偿。若按环境保护法所规定的“谁污染谁治理”的原则,火电厂应当增设烟气脱硫等环保装置,每1kW的环保投资又要增加约300元。

因此,火电投资再加上煤矿与环保,从社会来看,实际上每kW投资约需1700元比水电还高。

第三,水电与火电的投入产出效益是不相同的。以发电100万(kW)的水、火电厂为例,从电力部门看,水电厂的生产人员为1200人左右,而火电厂约为3000人,是水电厂的两倍半。

从全社会的角度来看,一个100万(kW)的火电厂需要年产300万(吨)的煤矿配套协作,相应的煤矿的生产人员又要17000人,合计20000人左右,是同容量水电厂的16倍。

实际的运行费用也很能说明问题。例如,西北的刘家峡水电厂(116万千瓦),1984年发电量为50亿度,运行费用为700多万元;而秦岭火电厂(设计为100万千瓦),1984年实际投入功率为60万千瓦,发电32亿度,但运行费用为7200万元,为刘家峡水电厂的10倍。

第四,认为水电建设比火电慢,远水不解近渴,这种看法也有片面性。

从电力部门来看,大型水电厂建设工期约为8年,而大型火电厂的建设工期约为4年,看来火电建设是比水电快。但从全社会角度来看,与火电配套的大型煤矿建设周期出大约是8年,因此,若水电与火电同步建设,火电投产发电并不会比水电快很多。我国就出现过一些大型火电厂建成以后没有煤烧,或者供应煤不足不能满发等情况。可见,煤矿、铁路、火电厂环环相

扣,稍有不周就会造成火电厂发电出现问题。

水电是一种可以再生的、成本低廉的、不污染环境的常规能源,因而世界各国无不竞相开发水电。到目前为止,发达国家的水电开发利用程度都在40%以上,高的达到80%~90%,一些发展中国家也开发利用了10%到20%。我国水力资源丰富,理论蕴藏量有六亿七千六百万千瓦,年发电量可达19200亿度,其中可开发利用的有三亿七千九百万千瓦,目前仅开发利用了不到10%。

所以,正确地评价水电的经济性,纠正只重视火电而不重视水电的认识,对于扭转我国长期缺电的被动局面,是很重要的。

此外,还要注意,水电厂与火电厂相比,厂用电率低,事故备用与检修备用的容量占有率也低,但输电的线损较高,因此,对于供电网同样的容量与同样的电量来说,水电厂与火电厂各自应有的装机容量与年发电量也是不一致的,常常火电厂的装机容量要比水电厂多出10%左右,发电量要多6%左右。

近十年来,核电厂在世界上获得了巨大的发展。它在发电系统中所占的比重也越来越大,在我国,自己设计和自制设备的核电厂以及与国外合作的核电厂均在施工建设中。

核电厂是应用原子核裂变过程中释放出来的核能来发电的。核电厂的动力反应堆是核电厂的关键设备。核电厂的发展与反应堆的研究和发展有密切关系。

目前世界上所采用的核电厂动力反应堆主要有:轻水堆、重水堆和石墨气冷堆。正在研究和发展中的有快中子堆与高温气冷堆。

轻水堆是用含2%~3%的铀-235的物质作核燃料,以净化的轻水(即普通水)作中子慢化剂和冷却剂的一种反应堆。轻水堆按其产生蒸汽的方式不同,又分为压水型反应堆与沸水型反应堆两种。所谓压水型反应堆,是指强迫冷却剂在反应堆与蒸汽发生器之间循环流动,将核燃料裂变所产生的热量带到蒸汽发生器,并防止冷却剂在反应堆内沸腾,整个系统保持在高压(约为150个大气压)状态下工作的这样一类反应堆。沸水型反应堆是指允许冷却剂在反应堆内发生整体沸腾,并直接产生蒸汽,送往汽轮机作功的这样一类反应堆。压水堆与沸水堆均以轻水作为慢化剂与冷却剂。压水堆电厂目前已占投入运行的核电厂总功率的大部分。在压水堆核电厂中,高温高压的冷却水由主循环泵驱动流经反应堆,吸收核燃料裂变放出的热能后,流经蒸汽发生器,通过蒸汽发生器再将热量传递给在管外流动的二回路循环水,使它变成蒸汽,驱动汽轮机——发电机组发电,而后再由主循环泵将冷却剂重新驱动送到反应堆,如此循环往复。

核电厂的优点是:

(1)用核原料发电就节省了煤、油和天然气的消耗。其中特别是油和天然气,它们的储备是极其有限的。

(2)核电厂就其所需的燃料重量来说,十分有限,因此,这就免除了铁路运煤这一大问题。一公斤铀裂变所放出的能量大约等于2500吨优质煤所能放出的能量。

(3)核电厂除了能产生大量电能以外,它还能产生一些非常有用的裂变物质可供提炼。

(4)所需的空间和厂房体积,与同样容量的火电相比,要小得多。

(5)一次投资固然很高,但是运行费用很低,并且与电厂负荷无关。这类电厂一般用作基荷电厂,其负荷率常不低于80%。

(6)机组容量大。一般大于150(MW),大机组相对来说更经济。

核电厂的缺点是:

(1)投资成本高,约为同样容量的火电厂的投资成本的2倍到2.5倍,在我国这个比值更高一些,例如秦山核电厂估计每kW4000元,而大亚湾核电厂每kW约10000元。

(2)燃料很贵,虽然需求量不大。

(3)要求的技术知识水平很高,因此在核电厂工作的人员一般素质要求高。

(4)由于核反应堆不易控制,所以,对于快速变化的负荷不能迅速反应。因此,这类电厂只能作电网中的基荷电厂。

(5)核废料的处理比较麻烦。

(6)从技术上说,核电厂并非很容易出现泄露事故,虽然确实也出现过核电厂泄露的事故,如美国的三哩岛核电厂事故与苏联的切尔诺贝利核电厂事故,但是这些事故的造成并非由于核电技术本身的缺陷,而在于运行与操作技术上的失误所致。但由于人们对它的安全性在很大程度上的关切,所以不得不将核电厂建造在距负荷中心有相当距离的地方。

研究核能的基本公式就是爱因斯坦公式,即:

$$E = mc^2 \quad (1-9)$$

这里, c 是真空光速, m 是质量。

若参予该公式的物质具有1公斤的重量,则由(1-9)式得到:

$$E = mc^2 = 1 \times \frac{1}{9.8} \times (3 \times 10^8)^2 (\text{公斤} \cdot \text{米})$$

或者:

$$E = \frac{9 \times 10^{16}}{9.8 \times 102 \times 3600} = 25 \times 10^9 (\text{kWh})$$

§ 2 负荷曲线

负荷是指发电厂、供电地区或电网在某一时刻或某一段时刻所承担的工作负载。按电能的产、供、销生产过程,负荷可以分为:

(1)发电负荷:指电网或发电厂的实际出力(以kW或MW计)。

(2)供电负荷:指供电地区内各发电厂发电负荷之和减去发电及供热厂用电负荷,再加上从供电地区外输入负荷减输出负荷(kW或MW)。

(3)用电负荷:指地区供电负荷减去线损功率后的负荷(kW或MW)。

电力系统生产并供应电能是因为要满足用户的需要。用户对发供电系统的负荷要求,在一小时内、一天内或一月内都很难保持恒定,而是根据用户的实际需要而变动。研究负荷的变动特性是很重要的,因为发供电系统总是希望能以尽量低的成本生产并供应电能,而发电与电能传输成本不但与发电设备本身的效率和运行方式有关,而且与输电网的配置与投资及负荷要求有关,所以,研究负荷变化特性,是研究发供电经济的基本出发点之一。

电力系统中用户对电能的基本要求是:

(1)随时需要就随时有;

(2)电能质量(电压与周波)能满足要求;

(3)用电量由用户自身决定;

(4)希望能尽量廉价地使用电能。

为了研究用户的负荷要求变化,我们必须研究负荷曲线。通常是指供电负荷曲线。假如是研究发电厂,就是指发电厂作为一个供电单元向外供电,此时应考虑厂用电。

所谓负荷曲线就是指负荷要求在某一时间内随时间变化的曲线。最常见的有一天之内负荷按时变化的曲线。对于预测某一段时间内用户所需的电能,以及决定为满足峰值负荷要求必须有多大的装机容量,都必须研究负荷曲线。

对于一条负荷曲线,曲线下的面积就是这段时间内所需用的能量,以一天为例就是指 24 小时内所耗总电量,它等于:

$$E = \int_0^{24} P dt \quad (2-1)$$

这里, P 是负荷以 kW 计(当然也可以 MW 计); t 是时间,以小时计。

电力系统不但要考虑用户在一段时间需要多少电能,而且需要分析用户是怎样消耗这些电能,如图 2-1, A 与 B 是两类负荷,在一段时间内它们所需用的电能是一样的(即在时间区间 T 内,两曲线下的面积是相等的),但是耗用电能的方式却大不相同。

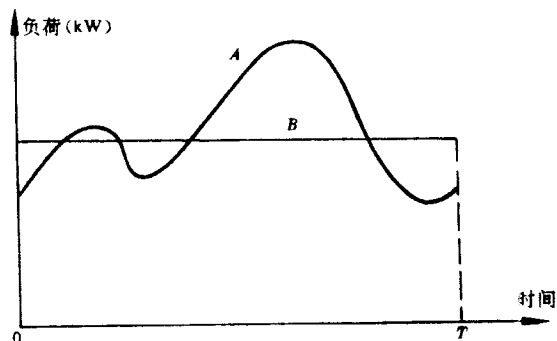


图 2-1

对于负荷 A 来言,它的最大负荷需求远大于负荷 B 的要求,由此可见,为满足负荷要求,对于负荷 A ,电厂必须安装的发电设备容量也必须大于负荷 B 所要求的电厂容量(这里都假定是孤立系统)。不但如此,按负荷 A 最大要求所选定的发电设备,在绝大部分时间内,都将以低于其额定容量条件运行,所以,按负荷 A 最大需求所设计的电厂,其发电成本必然远高于按负荷 B 要求所设计的电厂的发电成本,尽管它们所发的电量是相同的。

所以,为了能更经济地发电,当然希望负荷变化平稳。此外,负荷变化越平稳,则电力系统中一些控制与调节装置就可以简单或者不是很频繁地工作。这对电力系统的运行也有利。

供电部门一般总是对不同类型的用户供电,如工业用户、商业用户、居民用户等。不同类型的用户的用电特性不同,就表现为它们的负荷曲线不相同。下面给出了几种典型的用户负荷曲线。

图 2-2 是典型的居民负荷示意图。注意,这不是指某一户居民,而是指某一居民区用电的集中反映。

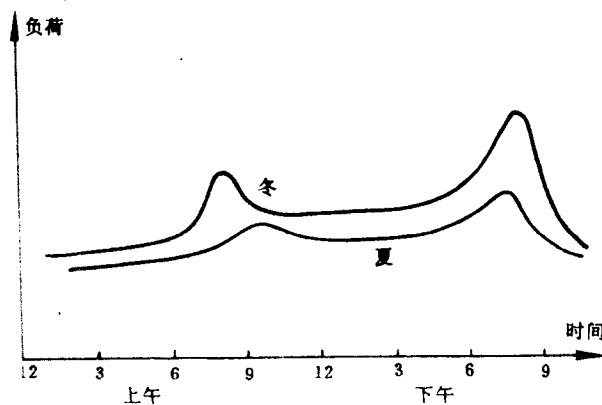


图 2-2

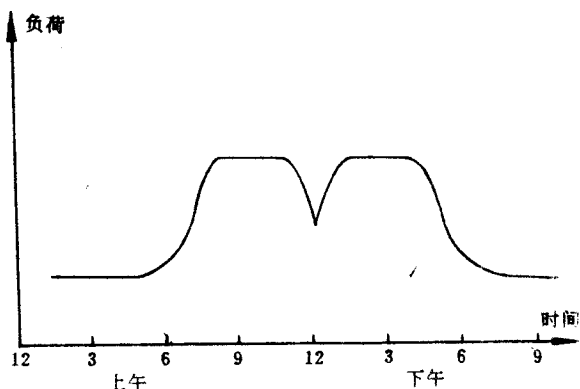


图 2-3