

国外机械工业基本情况

电 站 锅 炉

上海发电设备成套设计研究所 宋汉武
机械工业部第二设计研究院 夏秋江 主编

机 械 工 业 出 版 社

1993 年 12 月

出版说明

机械工业肩负着为国民经济各部门提供实用、先进的技术装备的重任。为适应社会主义市场经济体制的发展要求,必须大力发展机械工业。上质量、上品种、上水平,提高经济效益,是今后一个时期机械工业的战略任务。为了借鉴国外机械工业的发展道路、措施、方法和经验教训,了解国外机械工业的生产、技术和管理水平,以便探索我国机械工业在社会主义市场经济体制下自我完善的发展道路,我们组织编写了第四轮《国外机械工业基本情况》。这一轮是在前三轮的基础上,围绕我国机械系统各行业和专业的发展战略,针对我国机械工业的技术发展的实际要求,全面系统地介绍国外机械系统各行业、企业、生产技术和科学研究等方面的综合情况,着重报道了国外机械工业80年代中后期到90年代初期的水平及到本世纪末的发展趋向。

第四轮《国外机械工业基本情况》共50余分册,参加组织编写的主编单位包括研究院所、工厂和高等院校共50余个,编写人员达500余人。本书《电站锅炉》分册,上海发电设备成套设计研究所、机械部第二设计研究院为主编单位,主编 宋汉武,副主编 夏秋江。编写者:第一章 宋汉武;第二章 李道林、王汉英;第三章 黄耀祖、史隽青、夏秋江;第四章 吴 蓓、陈汉明;第五章 吴继高、夏秋江;第六章 赵之军、夏秋江;第七章 宋汉武;第八章 徐域栋、黄志敏、陈鑫林。责任编辑为路继广。

机械工业部机械科技信息研究院

前 言

为了借鉴和学习国外机械工业的发展道路、措施方法和经验教训,进一步了解国外机械工业的生产、技术和管理水平,以便探索我国机械工业在社会主义市场经济下的发展道路,机电部科技情报所组织我们编写第四轮《国外机械工业基本情况》。

第四轮《国外机械工业基本情况》共有五十余分册,本分册《电站锅炉》为其中之一。

第四轮《电站锅炉》分册是在前三轮的基础上编写而成的,内容主要介绍1983~1990年国外电站锅炉的发展情况以及到本世纪末的发展趋势。与第三轮相比,本分册首先是第三轮的继续,同时作了适当调整:在编写各国情况时已分别介绍了该国电站锅炉的科研情况,因此不再单独设“国外电站锅炉的科学研究”这一章。另外,第三轮中仅介绍了美、原苏联、日、原联邦德国、英五国情况,第四轮中考虑到西欧的法国、意大利和东欧的捷克等均既具有一定的代表性,又具有较大的电站锅炉生产能力,故新编了法、意、捷的电站锅炉情况。第三轮中第八章专门介绍了“国外电站锅炉制造工艺”,这一轮中由于各章在介绍各国企业时已介绍了一般的制造工艺,因此在第四轮第八章中仅对某些专题进行介绍。

本分册编写过程中,由于时间仓促、人力有限,所编内容定有不全之处,甚至还会有某些错误,恳请读者批评指正。

主编单位 上海发电设备成套设计研究所
机械工业部第二设计研究院

目 录

第一章 综 述

一、电力工业一般概况.....	(1)
二、电站锅炉发展趋势.....	(2)

第二章 美国的电站锅炉

第一节 产品.....	(9)
一、概况.....	(9)
二、电站锅炉制造业新动向.....	(15)
三、超临界参数锅炉的性能改造.....	(19)
四、电站锅炉新技术发展动向.....	(22)
第二节 行业及企业.....	(25)

第三章 原苏联的电站锅炉

第一节 产品.....	(45)
一、概况.....	(45)
二、电站锅炉的设计与结构.....	(52)
三、煤粉制备.....	(59)
四、材料.....	(61)
五、动力工业的发展趋势.....	(63)
第二节 行业及企业.....	(66)

第四章 日本的电站锅炉

第一节 产品.....	(71)
一、电力工业概况.....	(71)
二、电站锅炉产品.....	(72)
第二节 行业及企业.....	(85)

第五章 原联邦德国的电站锅炉

第一节 产品.....	(98)
一、概况.....	(98)
二、锅炉设计与结构.....	(101)
第二节 行业及企业.....	(119)

第六章 英国的电站锅炉

第一节 产品.....	(126)
-------------	---------

一、英国电力工业的发展概况.....	(126)
二、英国的电站锅炉.....	(128)
第二节 行业及企业.....	(132)

第七章 其他几国的电站锅炉

第一节 法国.....	(137)
一、容量和参数.....	(137)
二、燃料和煤粉直接点火燃烧器.....	(138)
三、炉型.....	(138)
第二节 意大利.....	(139)
第三节 原捷克斯洛伐克.....	(141)

第八章 国外电站锅炉的某些制造工艺

一、锅筒制造工艺.....	(145)
二、空气预热器制造工艺.....	(151)

第一章 综 述

一、电力工业一般概况

1983年以来世界发电设备趋于十分缓慢地发展阶段。到1990年全世界的发电设备装机容量达到20亿kW,其中美国仍遥遥领先于世界各国,其装机容量为7.7288亿kW,占世界装机容量三分之一强,其次是原苏联3.4亿kW、日本1.7335亿kW。中国1990年达到1.3789亿kW,为世界第四位。美、原苏联、日、原联邦德国、英、法六国的装机容量和发电量见表1-1和表1-2。

表 1-1 六国装机容量发展情况(MW)

年 份	美 国	原 苏 联	日 本	原联邦德国	英 国	法 国
1983	674949	293560	159230	86560	66431	78000
1984	690050	303690	163290	88620	66902	84180
1985	711653	314880	169400	92700	67607	86550
1986	733005	321670	173810	95320	66512	92480
1987	748071	332270	179110	95530	67601	97610
1988	755852	330500	181710	96490	69421	100620
1989	757593	333100	186230	98522	69880	99800
1990	772880	340000	188130	97700		103300

表 1-2 六国发电量增长情况

($\times 10^6$ kWh)

年 份	美 国	原 苏 联	日 本	原联邦德国	英 国	法 国
1983	2367.6	1419.1	618.1	372.0	275.6	281.3
1984	2479.3	1493.0	648.6	392.8	280.4	307.2
1985	2568.3	1544.1	672.0	406.7	277.9	325.7
1986	2599.3	1598.9	676.4	406.4	281.5	343.1
1987	2718.7	1664.9	719.1	416.3	302.5	378.3
1988	2856.6	1698.4	753.7	428.9	308.2	391.9
1989	2957.2	1722.0	750.0	440.6	311.2	417.0
1990	3031.1	1860.0	757.6	449.6	317.4	429.9

1983~1990年间,世界主要工业国家的电力增长速度明显下降。美国1983年各锅炉制造厂竟然没有一台国内订货,1990年也只订购了1400MW;原苏联原计划在第12个五年(1985~1990)中年平均新增机组13520MW,但由于国内政局动荡,致使原计划严重受挫;日本虽有发展,但增长也比过去减缓,据统计1985~1989年间年平均新增机组仅3752MW;原联邦德国一再减少电力建设投资,1987年为144亿马克(其中火电90亿马克),1988年减至121亿马克(其中火电59亿马克)^[1]。这些国家之所以发展缓慢,据称是电力富裕,部分电网的装机已

经过剩。

发电设备中核电继续得到稳步发展,当然其增长速度在80年代后期也有所减弱。1991年底全世界共有核电机组442台,计346748MW。据国际原子能机构(IAEA)统计,1989年世界上已有4个国家的核电装机超过该国总装机容量的一半以上,他们是:法国(核电占74.6%)、比利时(核电占59.7%)、西班牙(核电占56.1%)和韩国(核电占50.1%)^[2]。

核电所以能得到发展是由于随着核电技术的发展,核电的安全性大大增加而经济性已优于煤电。国外曾对电站所用的燃料和矿物的开采、加工、贮存、运输、以及电站建设的危险性作了系统比较,证明核电站的安全性优于煤电、油电和水电。各类电站危险性比较见表1-3^[3]。

表 1-3 各类电站危险性比较表(负荷因子65%)

电 站 名 称	平 均 死 亡 人 数
煤 电 站	10~25
油 电 站	2~15
水 电 站	2~4
核 电 站	0.2~0.8或1~1.5
天 然 气 电 站	<1

据大多数国家和地区对核电成本的统计,核电成本已低于煤电。以1987年1月币值计算,各国核电与煤电的发电成本见表1-4^[4]。统计时的贴现率取5%。

表 1-4 核电与煤电发电成本比较

国 家	发 电 成 本 [美分/(kW·h)]	
	煤 电	核 电
比 利 时	5.22	2.91
加 拿 大	2.60	1.96
法 国	3.30	2.75
联 邦 德 国	3.96	2.74
原 意 大 利	5.67	3.99
荷 兰	5.04	4.04
日 本	3.24	3.46
西 班 牙	5.57	4.33
英 国 (东 部)	4.13	4.26
美 国 (中 西 部)	3.83	3.60
美 国 (中 西 部)	4.15	3.87
巴 西	3.54	3.87
印 度	3.64	3.10
韩 国	4.64	3.23
	3.38	2.82

二、电站锅炉发展趋势

在各国电力工业发展缓慢的形势下,80年代世界电站锅炉的发展趋势具有如下特点:

- 锅炉容量不再增大
- 锅炉参数有新的突破
- 锅炉调峰能力增强
- 发展加压沸腾床燃烧的联合循环
- 对锅炉的环保要求更加严格
- 注意发展垃圾锅炉

(一) 锅炉容量不再增大

60年代末开始,世界各国的火电机组单机容量迅速发展。美国1965年在Ravenswood电厂投运了1000MW机组(锅炉为2950t/h)、1966年在Bull-Run电厂投运了900MW机组(锅炉2900t/h)、1969年在Paradise电厂投运了1150MW机组(锅炉3635t/h)、1972~1975年相继在Cumberland、Amos和Gavin电厂投运了5台1300MW机组(锅炉为4227~4389.8t/h)。日本从1974年鹿岛电厂首台1000MW机组(锅炉3180t/h)投运到1982年已投运了5台同容量机组。原苏联1978年制造了一台1200MW机组(锅炉3950t/h)、1980年投运。原联邦德国及英、法、意等国70年代的单机容量也都达到600~700MW。

但是,进入80年代以来这种发展速度明显下降,锅炉容量没有增大。美国继5台1300MW机组投运后,在1980~1991年间又有4台1300MW机组投运。据调查,美国1982~1992年间新增机组的平均容量为626MW,锅炉容量为1990t/h左右。原苏联不再制造第二台1200MW机组,80年代主要建造500MW和800MW机组,锅炉为1650t/h和2650t/h,1986~1990年间共建造14台800MW机组、5台500MW机组。日本在这五年中只投运了3台1000MW的机组,即富津1号、东扇岛1号、广野3号,未建造更大容量的机组。原联邦德国1985~1989年共投运了9台大机组,其中1台为800MW,2台为740MW,其余的均为600MW机组。英国首台660MW机组1972年投运,此后再无更大的机组投运,并将该容量定为标准系列。法、意等国也都如此。

综观80年代来世界电站锅炉的发展情况,各国大机组的单机容量多在600~700MW级,比70年代有所降低。

(二) 锅炉参数有新的突破

80年代以来,大多数国家的锅炉参数几乎没有变化。欧洲各国大多数为亚临界压力,原苏联、日本采用超临界压力。而且这些参数都已列为锅炉标准系列。

但是,一些国家为了提高机组热效率,开始考虑进一步提高锅炉参数,着手研制超-超临界压力的机组。据认为这档参数的机组可比通常的超临界机组的热效率提高3~4%。在1985~1990年间日本、原苏联、美国、原联邦德国、法国均进行了此项工作,在日本已取得了实际效果。这是最近五年中世界电站锅炉参数的重大动向。

原苏联首先在CKP-100工业试验电站中投运了一台超-超临界机组,锅炉为710t/h、30MPa、650/650℃。根据原苏联的计算,若以两台800MW机组为例,超-超临界机组将比超临界机组的热耗降低471kJ/(kW·h),即降低5.9%。两台机组的计算热耗比较列于表1-5^[5]。

锅炉参数有突破性进展,并达到实际效果的是日本川越火电站2台700MW超-超临界

表 1-5 两种机组的热耗比较

	超 临 界 机 组	超-超 临 界 机 组
机组容量 (MW)	800	800
蒸汽压力 (MPa)	23.5	30
蒸汽温度 (°C)	540/540	650/650
热耗 (kJ/kWh)	7963	7493

机组。1号机于1989年7月投运,2号机于1990年7月投运。这两台机组的锅炉容量为2150 t/h,采用二次再热,蒸汽参数为31.9/10.15/2.83MPa、571/569/569°C。末级过热器管子($\phi 38.1 \times 8.3$)材料采用SA213TP347H、联箱($\phi 470 \times 102$)材料为SA335P91。这些材料均为美国新近开发,在570°C下的许用应力可达85.26MPa。炉膛水冷壁采用垂直布置的4头内螺纹管($\phi 28 \times 5.9$)、管材为1.25Cr0.5Mo。该炉燃用液化天然气,可滑压运行、早晚启停,最低负荷为10%。机组解列时,可带厂用电运行。据称,该厂的热效率达41.9%,比同容量的超临界机组电厂(39.6%)高5%^[6]。

美国的锅炉参数经历了马鞍形的发展过程。五十年代美国就发展了超-超临界机组,1957年第一台超-超临界机组投运(12.5MW、30.9MPa、621/566/566°C),1959年又投运一台超-超临界机组(325MW、34.3MPa、649/566/566°C)。但由于当时经验不足,出现了泄漏、高温腐蚀和辅机等诸多问题,迫使锅炉参数迅速降低,70年代后期用户订货中90%是亚临界机组。80年代来又开始发展超临界机组和研究超-超临界机组。近几年来对超-超临界机组作了详细研究,其结果列于表1-6。^[7]

表 1-6 超-超临界机组的经济效益

机 组 容 量 (MW)		350~700	
蒸 汽 压 力 (MPa)		31	34.5
蒸 汽 温 度 (°C)		566~593/566/566	649/593/593
与亚临界机组相比	热耗降低(%)	8	12~13
	费用增加(%)	25~30	75~80

原联邦德国KWU和法国A-A公司均有计划开发30.97MPa、580/580°C或600/565/565°C的超-超临界机组,但尚无实际产品。

(三) 锅炉调峰能力增强

由于电网中核电比例增大(到1989年底核电已占世界发电量的17%),大多数工业发达国家的水电已达到开发极限,因而对大型火电的调峰要求就越来越高。这五年中各国新建的大型火电机组均要求有较高的调峰能力,锅炉可以昼夜启停或夜间低负荷运行,最低负荷可达

10%，负荷变化速度达7%/分，热态启动时间小于90分钟。欧洲600MW级的亚临界锅炉和美国、日本的超临界锅炉均可达到上述水平。例如：日本1987年和1991投运的东扇岛1、2号机组的3120t/h锅炉就具备这样的调峰能力。另外，美国和日本最近推出的超-超临界机组也均按调峰要求设计。例如日本新投运的川越电厂1、2号超-超临界机组，锅炉可变压运行，昼夜启停，最低负荷为10%。

原苏联则采用另一种办法，大容量超临界机组按基本负荷设计，另外专门设计了一批较低参数的专用调峰机组。如1800t/h的半尖峰负荷锅炉的参数为14MPa、515/515°C，热态启动时锅炉点火到汽机冲转时间仅为20分钟，冷态启动时也只有40分钟。

为了适应这种调峰要求，各国的锅炉在结构上多采用螺旋上升管圈。这种水冷壁管圈与垂直管圈相比，其吸热偏差得到根本性改善，炉膛高热负荷区也不需要中间混合，不存在两相分配问题，被公认为是调峰锅炉的合适管圈。

为了适应调峰要求，对一部份按基本负荷设计的老机组也进行改造，以适应调峰要求。这些锅炉经改造后，最低负荷也可达到15%~20%，负荷变化速度达到5%~7%。例如日本新仙台电厂2号机组，功率为600MW，锅炉为1940t/h、25MPa、543/571°C，原设计为定压运行的基本负荷机组，经改造后锅炉可变压运行，最低负荷可降到15%。

(四)发展加压沸腾床燃烧的联合循环

在常压沸腾炉基础上，80年代来一些国家积极发展加压沸腾床燃烧(简称PFBC)的联合循环机组(国内又称加压流化床燃烧)。这种沸腾炉的炉内压力达到1MPa以上，因此炉膛是一个水冷压力容器。沸腾炉所产生蒸汽进入蒸汽循环装置发电，加压燃烧产生的烟气则送至燃气循环装置发电，燃气轮机的排气又用来加热沸腾锅炉的给水，如图1所示。据称，这种联合循环的热效率可达44%。这是近几年来火电设备的重大革新，受到一些工业发达国家的普遍重视。

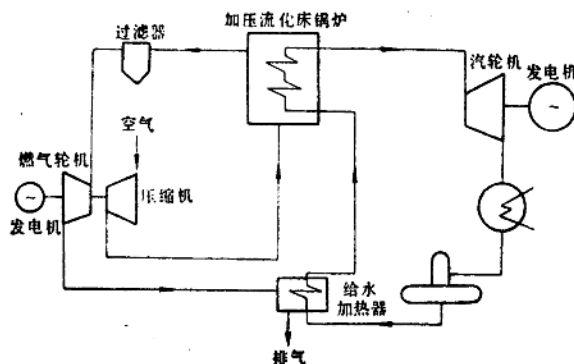


图1 加压沸腾床燃烧的联合循环系统图

英国最先建立了一台试验性机组，并于1980~1984年间进行试运行，功率为80MW、炉膛压力壳直径为4m、高14m，沸腾床面积2m×2m。接着原联邦德国、美国、瑞典、西班牙等国均着手建造工业性示范机组，1990年有3台机组投运，其参数列于表1-7^{[8][9]}。

ABB公司投入的力量最多，表1-7中Värtan电厂的机组是该公司设计的P200系列，表示

表 1-7 1990年投运的加压沸腾床燃烧联合循环机组

国 家	瑞 典	西 班 牙	美 国
电 厂	Vartan	Escatron	Tidd
制造厂	ABB Carbon	ABB Carbon-BWE	ABB Babcock
总功率(MW)	130	76.4	71.5
蒸汽循环功率(MW)	108	62.5	57
机组净效率(%)	44	34.7	34.5
锅炉蒸发量(t/h)	2×205.2	216	201.6
蒸汽参数(MPa/℃)	14/540	9.4/515	9/496
燃料	波兰烟煤	褐煤	烟煤
添加剂	石灰石/白云石	石灰石	白云石
添加剂量(kg/s)	1.5	7.1	2.3
Ca/S (mol/mol)	1.3	1.8	1.6
炉膛压力壳直径(m)	12	14	3.4
炉膛压力壳高度(m)		22	20.7

可燃烧200MW热功率的燃料。目前已设计了P800系列,配GP140P燃气轮机(80MW),当配1台GP140P时,联合循环机组的总功率为350MW,配2台时为705MW,机组净效率达44%。美国West Virginia将安装该机组,计划1995年投运^[10]。

原联邦德国已于1988年投运了1台15MW的试验机组。现准备建造330MW机组,将于1995年投运。锅炉为640t/h、19MPa、540/540℃;汽轮机功率为270MW,燃气轮机功率为~60MW。与同容量的蒸汽机组相比,这种联合循环机组的基建投资可降低10%,热效率可提高4%^[11]。

所述联合循环中的关键技术之一是高温加压烟气的除尘问题(图1中的过滤器)。国外最新的研究成果是DIA-Schumalith型陶瓷过滤器。它是以碳化硅为基本的过滤材料,制成空心圆柱形的过滤元件,具有多孔性、高强度和耐高温耐压性能。烟气以5cm/s左右的速度穿过滤元件,几乎所有的粉尘都捕集在元件外表面。然后由压缩空气定期进行反吹扫,吹扫下来的粉尘再集中排出。这种过滤器允许烟温可达1000℃、烟压达50bar,除尘效率在99.9%以上,烟气阻力仅有4~7kPa,烟气温降小于10℃。因此,这是一种较为理想的高温加压烟气的除尘设备。

(五)对锅炉的环保要求更加严格

国外对电站锅炉的环境污染极为重视。并认为进入80年代以来,灰尘污染问题已经解决,已有高效的除尘设备。目前的主要任务是解决SO₂和NO_x的污染。

欧洲共同体各成员国的环境保护部长于1988年6月共同下令,“限制大型燃烧设备向大气排放污染物”。命令中以1980年的SO₂和NO_x排放量为基数,规定了逐年必须降低的百分率。为此欧洲各国不惜重金,投资解决电站锅炉的污染问题。

原联邦德国的环保投资逐年增加,历年的投资额列于表1-8^[12]。1988年的投资已占国民收入的3%,到1990年计划共投资2000亿马克。而且还规定了电站锅炉逐年应达到的排放标准。1982年原联邦德国电站锅炉的SO₂总排放量为1.86Mt,到1988年应降到40%、即0.74Mt,到1993年应降到20%;1982年NO_x的排放量为0.86Mt,1993年要降到20%。^[12]

表 1-8 原联邦德国历年的环保投资

年 份	环保投资(马克/年)	占国民收入份额(%)
1975	15×10^9	1.9
1983	30×10^9	2.3
1988	50×10^9	3

英国皇家污染调查局提出,要除去烟气中90%的 SO_2 ,并将 NO_x 降到390ppm以下。具体的目标是到1993年电站锅炉的 SO_2 排放量比1980年降低20%、到1998年降低40%、到2003年降低60%。英国政府还规定,所有新建机组都应装有烟气脱硫装置,所有600MW级老机组均须加装烟气脱硫装置。为此,英国最大的Drax电厂(4000MW)投资5亿英镑,加设脱硫装置^[10]。

目前,欧洲共同体的规定已扩展到东欧各国,例如捷克就有义务,到1993年全国 SO_2 的排放量必须降低30%。^[13]

日本政府对电站锅炉的 SO_2 和 NO_x 排放量有严格要求。为此,日本近五年来建造的大型电站锅炉上都采用炉内外同时进行脱硫和脱硝,即炉内采用低 NO_x 燃烧器、分段燃烧和喷射石灰石等,炉外加装排烟脱硫和脱硝装置。

美国联邦政府正在制订酸雨法和清洁空气法,限制电站锅炉的 SO_2 和 NO_x 的排放量,目前已有七个州通过了酸雨法。在技术上为了降低 SO_2 污染,已采用了第二代的湿式烟气脱硫工艺;为了降低 NO_x ,也采用低 NO_x 燃烧器和分段燃烧,据称可降低80%的 NO_x 排放量^[14]。

(六)积极发展垃圾锅炉

近几年来世界各国对发展城市垃圾锅炉颇为重视,其着眼点是既改善了环境、解决了垃圾的出路(垃圾焚烧后的灰渣体积约为原垃圾体积的十分之一),又可利用一部份能源,垃圾热值一般为3344~10450kJ/kg,每吨脱水垃圾可发电140~400kW·h。

目前各国垃圾发电主要有两种方式:一种是垃圾作为燃料,直接在锅炉中燃烧;另一种是由垃圾厌氧细菌先进行生物分解,生成沼气后再送入锅炉燃烧。每1千克垃圾可生成0.19~0.5m³的沼气。

日本可以焚烧的垃圾总量达4000万吨/年,平均发热值为5852kJ/kg。到1988年底,用焚烧垃圾的发电机组已达1300MW。一般采用双锅筒自然循环锅炉,容量为13.1t/h,蒸汽参数为1.8MPa、203℃。每台锅炉焚烧垃圾150t/d^[15]。石川岛播磨公司还研制成带有旋转式前置燃烧室的垃圾锅炉。在炉膛前设置倾斜式旋转预燃室,垃圾在其中不断翻转和搅拌,得到充分的预热、干燥,并部分燃烧,然后进入炉膛,在阶梯炉排上燃尽^[16]。另外日本还在设计沸腾炉燃烧垃圾和建造750kW的垃圾沼气电站。

英国电力公司1990年宣布,英国利用垃圾产生沼气发电的能力已达18MW。今后十年内计划拨款1.5亿英镑,以建造更多的垃圾沼气电厂。^[17]

美国一些州已制订了垃圾管理规划,主要内容就是利用垃圾发电。新泽西州已建造了日

处理垃圾360吨的发电厂, 机组功率达13.63MW。锅炉为自然循环, 蒸汽参数为 4.28MPa、399°C。垃圾在多级阶梯炉排上燃烧。为了有效地分解有害气体, 燃烧烟气应在 900°C左右的环境中滞留 1~2s^[18]。在加利福尼亚州已有两台垃圾沼气锅炉的机组投运, 功率分别为 1200kW 和 5700kW。^[19]

联邦德国每年产生2500万吨垃圾。其中已有30%用来发电, 向企业供电和供热。全国有42家企业就是依靠垃圾的热、电维持生产。1987年6月 Essen-Karnap 垃圾电厂投运, 一期工程为3台68.5t/h垃圾锅炉, 参数为4.1 MPa、400°C。3台锅炉配一台汽轮机, 功率为39MW。3台锅炉处理垃圾 3×21t/h(垃圾热值为 10450 kJ/kg)。当垃圾热值降低到 8360 kJ/kg时, 3台锅炉的最大处理垃圾能力可达 3×26.5t/h。^[20]

欧洲一些工业发达国家利用垃圾发电已相当普遍。法国早年就利用垃圾发电, 机组功率有6.5MW, 锅炉为10.2t/h、4.7MPa、395°C。全法国有34家企业依靠垃圾发电和供热维持生产。丹麦已有70%的垃圾用来发电, 瑞典有80%垃圾用来发电。其中W+E公司的工艺流程最受欢迎。^[19]

参 考 文 献

- [1] 原苏联《商情报》.1990, (4)
- [2] 世界电力信息. 1990, (7)
- [3] 世界能源博览1985~1990. 能源部综合计划司等编
- [4] Nuclear Engineering International. 1989, (1)
- [5] Теплоэнергетика. 1987, (8)
- [6] 火力原子力发电. 1987, (8)
- [7] Теплоэнергетика. 1988, (6)
- [8] 发电设备. 1990, (3)
- [9] Stojirenstvi. 1990, (5)
- [10] Power Engineering. 1990, (1)
- [11] Warmetechnik. 1989, (4)
- [12] 发电设备. 1988, (6)
- [13] Strojirenstri. 1990, (4)
- [14] Power Engineering. 1988, (12)
- [15] 锅炉技术. 1990, (6)
- [16] 余热锅炉. 1987, (1)
- [17] 文汇报. 1990年11月7日
- [18] Modern Power Systems. 1987, (2)
- [19] 发电设备. 1990, (1)
- [20] VGB. 1988, (10)

第二章 美国的电站锅炉

第一节 产 品

一、概 况

七十年代初石油危机迫使美国电力消费增势减慢，每年用电增长率一下子从7%减到2%~3%，造成80年代初国内装机容量备用额一度过剩。当时大批核电站与燃煤电站纷纷建成，电力生产一时的富足带来许多已订购的电站合同被取消，几乎没有新合同签订。但从长远观点来看，美国即使以2.2%的速度发展电力生产，每年也要新添近9000MW的装机容量，还不算旧机组老化退役留出的空缺。可以说过去的五年多中，承担美国主要电力供应的公用电力事业面临剧烈的竞争与严峻的挑战，其表现为：

- 美国政府对有害物排放的控制日趋严格，不仅控制 SO_x 、 NO_x ，还可能要加上 NO_2 、CO和 CO_2 ，对于燃化石燃料电站排放出的大量 CO_2 ，尚无经济上可行的办法使其吸收、捕获或化解，唯有提高燃烧效率一招可循。虽然增添燃天然气的燃气-蒸汽联合循环机组可以暂时缓冲这一矛盾。

- 大量核电站的投运构成美国基本负荷机组的主力。因此某些燃煤机组、甚至是大型超临界参数机组要求能带调峰负荷，至少一年中有部分时间带调峰负荷。

- 美国现有的火电机组正在迅速老化，预计到2000年有54000MW装机到了寿命线，因而这类机组除了要作改变运行方式的改造外，还要分批地执行“延长寿命”更新计划。

- 近些年来美国银根较紧，利息高，加上对电负荷需求的不迫切性，使得公用电力事业只得选择容量较小、建设周期较短的机组作为新建机组，一般容量在350~650MW。

1985~1989年美国装机容量和发电量见表2-1和2-2。

1985~1990这五年间美国电力工业(不包括水电)的发展特点可用以下三方面来概括。

(一)大起大落、核电独秀

1. “大起”指1985~1987年一些建成的核电与火电站陆续投入运行，如1985年全美共投

表 2-1 美国电站总装机容量 (MW)

年 份	火 电	水 电	核 电	地热发电	总装机容量
1983					674947
1984					688430
1985	543888	84070	80397	3298	711653
1986	550450	86447	92417	3691	733005
1987	555171	87530	101604	3766	748071
1988	559950	88613	103397	3892	755852
1989					757593
1990					772880

表 2-2 美国历年发电量 ($\times 10^9 \text{kWh}$)

年 份	火 电	水 电	核 电	地热发电	总发电量
1983					2367.6
1984					2472.3
1985	1887.7	285.4	833.7	11.4	2568.3
1986	1875.5	295.9	414.1	13.8	2599.3
1987	1992.4	255.5	455.3	15.5	2718.7
1988	2085.3	229.1	526.9	15.3	2856.6
1989					2957.2
1990					3031.1

运火、核电站30座, 装机总容量23544MW, 其中核电站投运12(16)座, 历史上仅有1974年可与其媲美。“大起”的另一层意义也可解释为核电站建造成本大大涨起, 与初期价格相比涨了14倍, 而通货膨胀率只有150%, 另外也是在1985年间核电电价在历史上第一次超过燃煤电站电价, 核电4.1美分/kWh, 煤电3.4美分/kWh。

表2-3为1985~1990年美国火、核电新机组装机计划, 表中每栏分子为台数、分母为容量(MW), 括号内分别为台数与容量占当年总额的百分比(%)。

表 2-3 美国 1985~1990 年火、核电装机计划 (台/MW)

年份	油/气	褐 煤	煤	核 能	总 计
1985	1/375(3.3/1.6)	2/1080(6.7/4.6)	11/5098(36.7/21.7)	16/16991(53.3/72.3)	30/23544
1986	1/300①(5.3/2.0)	2/1360(10.5/8.8)	6/3405(31.6/22.2)	10/10306(52.6/67.1)	19/15371
1987	0/0(0/0)	1/720(4.8/3.5)	6/3483②(28.6/16.9)	14/16410(66.7/79.6)	21/20613
1988	4/425③(36.4/6.0)	1/415(9.1/5.8)	2/1900(18.2/26.7)	4/4371(36.4/61.5)	11/7111
1989	3/325(30/4.6)	0/0(0/0)	4/3178(40/45)	3/3560(30/50.4)	10/7063
1990	1/585(17/17.2)	1/150(17/4.4)	2/733(33/21.5)	2/1935(33/56.9)	6/3404

注: ①包括燃气-蒸汽联合循环机组;

②包括流化床锅炉;

③包括燃气轮机发电装置。

表中可见在五年间新投产核电计划有49座, 总装机容量达54000MW。这显示美国核电发展的顶峰, 恐怕今后无以为继, 因为从1978年以来已没有订购一座核电站。相反1974年后所有的核电站的订单都已取消, 据统计从1974~1984年共取消了108座核电站的建造合同, 美国所有核电站建造完成后共约有122~125台, 1990年会全部投用其中90%。核电建造的“终结”既有公众舆论的心理因素, 也是造价高涨、电价上升的经济性因素, 1989年便有17座核电站未获准开工投产。

2. “大落”指火电建造数、特别是电站锅炉订单数逐年跌落, 有些著名锅炉制造厂家生意冷清跌入低谷, 1991年美国CE公司被瑞士ABB集团兼并便是一例。表2-4列举美国几家大公司1985~1989年电站锅炉和反应堆压力容器供货情况可见一斑。

表 2-4 美国九家公司 1985-1989 年电站锅炉及反应堆压力容器供货情况 (台/MW)

厂 家	年份	1985	1986	1987	1988	1989
	类别					
Westinhouse	锅炉 容器	/	/	/	/	/
		24/27211	20/22710	18/20410	10/11890	9/10640
Combustion Eng. (CE Canada)	锅炉 容器	28/15924 5/6215	25/10075 2/3780	20/9866 3/3715	20/9321 1/1240	19/7694 1/1240
B&W	锅炉 容器	20/12755 7/6222	16/11015 6/6124	13/9375 /	10/7430 3/3914	9/7130 3/3914
GE	锅炉 容器	/	/	/	/	/
		11/12037	9/10352	5/5540	4/4590	3/3510
Foster Wheeler	锅炉 容器	11/5350 /	7/3145 /	6/2425 /	1/600 /	/
Donimimig Eng	锅炉 容器	2/1762	/	2/1762	/	2/1762
Riley Stokev	锅炉 容器	1/580 2/1762	/	/	/	/
Pyropower	锅炉 容器	/	/	1/100 /	/	/
Hery Vagt	锅炉 容器	1/375 /	/	/	1/30 /	1/30 /

表 2-4 充分表明火电、核电设备新订户告缺,使生产厂家大幅度减产情况,表中西屋和燃烧工程公司在五年间供货减少60%,B&W公司减少40%。

(二)库存用尽、储备告急

80年代头五年中美国许多地区的发电设备还有很大的备用余量,总计高达37%左右。由于1985年后燃煤电站新建数和1987年后核电站新建数大减,装机备用余量从1982年的30%跌到1988年的18%,仅比可靠供电需要的装机备用余量最低线17%略多1个百分点。特别是1988年夏天酷暑电功率需求增加6.7%,差不多把库存用尽。当时有人认为有10%概率会发生装机储备余量不足以应付1992年夏季用电高峰,有50%概率会在1997年引起用电短缺。

美国能源部预测在1989年~2000年间总数要兴建容量为110GW的公用电站机组(其中目前仅落实37000MW)才能满足每年用电增长2.6%的需要。与此同时能源部还希望非公用电力系统的独立电站装机27000MW,进口5000MW和延长164GW的老机组使用寿命(即1967年后建立的机组到1990年代不退役)。鉴于筹建新电站造价日益昂贵,公用电力系统寻求在现有核、燃煤火电机组上挖潜,使其装备利用率提高,而让燃气、油机组保持较低的利用率。

1982年曾计划在案的后廿年增加装机容量为219GW、1986年降为131GW,1987年又降为128GW、1988年更降为83GW,1989年才略有回升至84GW,说明发电装机储备告急已引起人们重视。1989年燃化石燃料电站建设有复苏迹象,燃煤电站装机有所增加。

表2-5为美国计划到2000年左右投运的常规汽轮发电设备及核电的统计表。表中列举在此期间共有廿多座电站增添机组,其中燃煤占大多数,燃气一油有两例(不包括小型的燃

气蒸汽联合循环机组),核电风有一例。

表 2-5 美国计划到2000年左右投运的火、核电机组汇总表(1989年统计、不包括燃气轮机电站)

序号	电 站 与 机 组	厂 址	容量 (MW)	燃料	锅炉供货	汽轮发电机供货	预定投运日期
1	Alabama 动力公司 Miller *3、*4机组	阿拉巴马州 W. Jefferson Co.	2×660	煤	B&W	GE	1989、1991
2	Arizona 公用事业公司 Cholla *5机组	Joseph 城	350	煤	CE	GE	2005
3	中央电力公司 Coletto Crook *2、Valley *1	德克萨斯州 Victoria 城	2×680	煤	CE	UPS (公用动力公司)	2002、2006
4	Cincinnati 煤气电力公司 Zimmer *1机组	俄亥俄州 Moscow 城	1300	煤	B&W	ABB	1991
5	Deimarva 电力公司 Nanncoke *1机组	马里兰州 Vienna 城	150	煤	/	/	1997
6	Deimarva 电力公司 Hay Road *1、*2机组	特拉华州 Eddy More 城	2×100	气/油	/	/	1989
7	East Kentucky 动力公司 J. K. Smith *1机组	肯塔基州 Trapp 城	600	煤	CE	GE	2001
8	Edmonton 动力公司 Genesee *1、*2机组	亚特兰大市 Genesee 城	2×400	煤	CE	GEC 汽轮发电机厂	1987、1991
9	Genea Public 公用电站 Coal *1、*2、*3、*4机组		4×625	煤	/	/	1993、1997 1999、2001
10	Georgia 动力公司 Schener *4机组	乔治亚州 Forsyth 城	818	煤	CE	GE	1989
11	Indiana & Michigan 电力 公司 Rockport *2机组	印第安那州 Spencer 公司	1300	煤	B&W	ABB	1989
12	Iowa 电力公司 Guthrie 公司 *1机组		650	煤	/	/	1989—92
13	Kansas 城公用电站董事会 Nearman *2机组	肯萨斯城	310	煤	/	/	1995
14	Louisville 煤气电力公司 Trimble *1机组	肯塔基州 Trimble 城	495	煤	/	/	1991
15	Nevada 动力公司 Harry Allen *1、*2、*3、*4机组	内华达州拉斯维加 斯城	4×250	煤	/	/	1997、1999 2000、2002
16	Nevada 动力公司 Clark *9、*10机组	同 上	2×90	天然气	Zurn 工业公司	西屋电气公司	1993、1994
17	俄克拉荷马公用事业公司 Coal *1、*2机组		2×660	煤	/	/	2001、2007
18	盐河工程项目 Coronado *3机组	亚利桑那州 盐河	350	煤		GE	2004
19	圣安东尼奥公用事业公司董 事会 J. K. Spruce 机组	圣安东尼奥	498	煤	CE	GE	1992
20	San Miguel 电力合作公司 San Miguel *2机组	德克萨斯州	400	褐煤	/	/	1997