

95
F416.61
1
~

电站汽轮机

上海发电设备成套设计研究所 陆定原 主编

7AH81121



机械工业出版社



C

132048

第一章 综 述

本书为第四轮《国外机械工业基本情况》——《电站汽轮机》分册,内容主要介绍 1983—1990 年期间主要工业发达国家的电站汽轮机发展过程以及到本世纪末的发展趋势。

第一节 世界电力工业概况

1982—1990 年期间,全世界发电设备装机容量和发电量见表 1-1。1990 年末,全世界发电设备装机容量为 29 亿 kW,比 1982 年末增长 34.26%,年平均增长率为 3.75%。1990 年度全世界发电量为 117340 亿 kW·h,比 1982 年度增长 39.1%,年平均增长率为 4.2%。

表 1-1 1982—1990 年全世界发电设备装机容量和发电量

	发电设备(亿 kW)	发电量(亿 kW·h)
1982 年	21.60	84363
1990 年	29.00	117340
年平均增长率(%)	3.75	4.2

美国、原苏联、日本、原联邦德国、法国和英国在 1983—1990 年期间的发电设备装机容量、发电量和年平均增长率分别见表 1-2 和表 1-3。除法国外,其余五国的发电设备装机容量和发电量的年平均增长率均低于世界平均水平。

表 1-2 1983—1990 年六国发电设备装机容量(MW)

年份	美国	原苏联	日本	原联邦德国	法国	英国
1983	674950	293560	159230	86560	78000	66430
1984	690050	303690	163290	88620	84680	66900
1985	711650	314890	169400	92700	86550	67610
1986	733010	321670	173810	95320	92480	68510
1987	748070	332270	179110	95530	97610	67600
1988	755850	340000	181710	96490	100620	69420
1989	757593	346000	186230	98522	100100	
1990	772880	350000	188130	97700	103300	
年平均增长率(%)	1.95	2.54	2.41	1.74	4.09	0.9

注:摘自国家统计局工业交通统计司编,中国能源统计年鉴 1991,北京,中国统计出版社,1992.394 页。

表 1-3 1983—1990 年六国发电量(亿 kW·h)

年份	美国	原苏联	日本	原联邦德国	法国	英国
1983	23676	14191	6181	3720	2813	2756
1984	24793	14930	6486	3928	3072	2804
1985	25683	15441	6720	4067	3257	2779

续表 1-3

年份	美国	原苏联	日本	原联邦德国	法国	英国
1986	25993	15989	6764	4064	3431	2815
1987	27187	16649	7191	4163	3783	3025
1988	28566	16984	7537	4289	3919	3082
1989	29572	17220	7500	4406	4170	3112
1990	30311	17290	7576	4496	4299	3174
年平均增长率(%)	3.59	2.86	2.95	2.74	6.24	2.03

注:摘自国家统计局工业交通统计司编,中国能源统计年鉴 1991.北京:中国统计出版社,1992.378 页。

第二节 90 年代电站汽轮机市场预测

电站汽轮机属于高投资和高新技术的产品,所以电站汽轮机行业是一个高度集中化的行业。国外生产大型电站汽轮机的企业共 30 多家,汽轮机年生产能力合计约 140GW,其中主要的企业及其生产能力见表 1-4。加上中国的电站汽轮机年生产能力约 10GW,全世界的电站汽轮机年生产能力约 150GW。

表 1-4 国外主要的电站汽轮机制造商及其生产能力

企业名称	年生产能力(GW)
美国通用电气公司(GE)	20
美国西屋电气公司(WH)	12
原苏联列宁格勒金属工厂(JM3)	8
原苏联哈尔科夫透平厂(XT3)	6
英法合资 GEC ALSTHOM 公司	10
瑞典、瑞士合资 ABB 公司	10
德国 SIEMENS/KWU 公司	7
日本三菱公司	6.8
日本东芝公司	4
日本日立公司	4

80 年代全世界发电设备装机容量年平均增长率约 3.8%。预计 90 年代全世界发电设备装机容量年平均增长率仍将维持在 3.8%左右。按 1990 年末全世界发电设备装机容量 29 亿 kW 计算。90 年代平均每年新增发电设备装机容量约 1 亿 kW。扣除水轮机、燃气轮机、内燃机和风力机等发电设备外,90 年代电站汽轮机平均每年订货量不会超过 70GW。电站汽轮机的订货量不及生产能力的一半。因此,全世界电站汽轮机行业生产能力仍然严重过剩,市场竞争仍然非常剧烈。

据各国对 80 年代电网运行经济性分析,大多数认为最经济的电站汽轮机单机功率为 600~800MW。这个观点基本上符合近年来各工业国家电站汽轮机订货的实际情况。可以预测 90 年代世界电站汽轮机订货总趋势为:

火电站汽轮机单机功率以 300~800MW 机组为主,主要承担调峰任务,90 年代每年平均

订货量约 55GW;

核电站汽轮机单机功率以 500~1000MW 机组为主,承担基本负荷,90 年代每年平均订货量约 15GW。

第三节 80 年代投运的大型电站汽轮机产品达到的世界最高水平

一、最大单机功率

(一)火电站汽轮机产品的最大单机功率

1. 单轴汽轮机的最大单机功率

火电站最大单轴汽轮机是原苏联科斯特罗姆火电站的 1200MW 超临界压力汽轮机,1980 年 12 月投入试运行,1982 年 12 月正式投运,1983 年 5 月达到额定出力 1200MW,1985 年可用率 47.9%,1988 年可用率 85.1%,该汽轮机的主要参数为:23.5MPa/540℃/540℃,一次中间再热,设计热耗率 7650kJ/(kW·h),冲动式,五缸六排汽,低压末级动叶片高度 1200mm,3000r/min。该汽轮机由原苏联列宁格勒金属工厂制造,至今只造了 1 台,打算今后再造 1 台,装在同一电站。

2. 双轴汽轮机的最大单机功率

在 1980—1991 年期间投运的火电站最大双轴汽轮机是 4 台 1300MW 超临界压力汽轮机,其主要参数为:24.2~25.4MPa/538℃/538℃,一次中间再热。其中 3 台 1300MW 汽轮机转速为 3600/3600r/min,反动式,六缸八排汽,一个双流式高压缸与两个双流式低压缸串联组成一轴,一个双流式中压缸与另两个双流式低压缸串联组成另一轴,低压末级动叶片高度 760mm。另 1 台 1300MW 汽轮机(装在 Zimme 电站)转速为 3600/1800r/min,反动式,四缸四排汽,一个双流式高压缸与一个双流式中压缸串联组成一轴(由 ABB 公司制造,功率 900MW,转速 3600r/min),两个双流式低压缸串联组成另一轴(由美国西屋公司制造,转速 1800r/min,末级动叶片高度 1016mm);该 1300MW 超临界压力汽轮机是以 1 台 800MW 核电汽轮机(由美国西屋公司制造)改造而成,改造工作由 ABB 公司承担,ABB 公司重新设计制造高、中压缸,利用原有两个低压缸,改造工程于 1988 年 3 月开工,1991 年 3 月完工并顺利投运,成为世界首例这类改造工程。

70 年代全世界共投运 5 台 1300MW 超临界压力汽轮机,3600/3600r/min,反动式,六缸八排汽,低压末级动叶片高度 760mm。

到 1992 年末,全世界共有 9 台 1300MW 双轴汽轮机在运行,全部安装在美国,全部由 ABB 公司制造(除 Zimme 电站 1 台 1300MW 汽轮机的两个低压缸外)。另外,ABB 公司还有 1 台 1300MW 双轴超临界压力汽轮机订货在制造中,用户也是美国的电厂。

(二)核电站汽轮机产品的最大单机功率

最大的核电站汽轮机是 1531MW 汽轮机,其主要参数为:7.1MPa/286.8℃/286.3℃,两级再热,1500r/min,冲动式,四缸六排汽,单轴,低压末级动叶片高度 1450mm。该汽轮机由 GEC-ALSTHOM 公司制造,有 3 台订货,用户是法国 Chooz 核电站,首台机组已于 1992 年投运,第 2 台机组计划于 1993 年投运,第 3 台机组在制造中。

二、最高蒸汽参数

80 年代投运的采用最高蒸汽参数的汽轮机是日本川越火电站 700MW 超超临界压力汽轮机,共 2 台,新汽参数为 11MPa/566℃,两次中间再热温度都为 566℃,3600r/min,冲动式。

四缸四排汽,单轴,低压末级动叶片高度 851mm,2 台 700MW 机组分别于 1989 年和 1990 年投运。这 2 台超超临界压力汽轮机均由日本东芝公司制造。

三、最佳的设计热耗率

(一)超超临界压力汽轮机

日本东芝公司制造的安装在日本川越火电站的 700MW 超超临界压力汽轮机的设计热耗率为 7452kJ/(kW·h),或 1782kcal/(kW·h)。

(二)超临界压力汽轮机

日本日立公司制造的安装在日本苫东厚真火电站的 600MW 超临界压力汽轮机(2 号机组)的设计热耗率为 7555kJ/(kW·h),或 1807kcal/(kW·h)。该汽轮机主要参数为:24.1MPa/538℃/566℃,一次中间再热,3000r/min,冲动式,三缸四排汽,单轴,低压末级动叶片高 1016mm,1985 年 10 月投运。

(三)亚临界压力汽轮机

英法合资 GEC-ALSTHOM 公司制造的新型 600MW 级亚临界压力汽轮机的设计热耗率为 7716kJ/(kW·h),或 1846kcal/(kW·h)。该汽轮机主要参数为:17.75MPa/540℃/540℃,一次中间再热,3000r/min,冲动式,四缸四排汽,单轴,低压末级动叶片高度 1080mm。

四、最佳的可靠性

ABB 公司制造的电站汽轮机的可靠性名列世界前茅。在 1985—1989 年期间,ABB 公司的电站汽轮机平均可用率和平均强迫停机率的实绩分别见表 1-5 和表 1-6。

表 1-5 ABB 公司的电站汽轮机平均可用率(%)

单机功率(MW)	100~200	200~400	400~600	600 以上
1985 年	92.2	92.5	96.5	91.4
1986 年	89.5	91.8	96.0	90.8
1987 年	89.8	88.5	94.9	92.9
1988 年	92.1	92.8	96.7	93.6
1989 年	94.6	92.7	96.1	95.9

表 1-6 ABB 公司的电站汽轮机平均强迫停机率(%)

单机功率(MW)	100~200	200~400	400~600	600 以上
1985 年	0.51	0.38	0.16	0.18
1986 年	1.26	0.37	0.45	0.78
1987 年	0.41	0.10	0.07	0.09
1988 年	0.35	0.24	0	0.04
1989 年	0.27	0.30	0.05	0.09

ABB 公司制造的电站汽轮机创造了两项吉尼斯世界纪录:安装在德国的 1 台 300MW 亚临界压力汽轮机在 108000 运行小时内(约 12 年),与电网解列的时间仅 8000 小时,创造了 1987 年吉尼斯世界纪录;安装在美国的 1 台 1300MW 超临界压力汽轮机连续运行 607 天,创造了 1988 年吉尼斯世界纪录。

五、联合循环用汽轮机

1. 最高净发电效率的燃气-蒸汽联合循环发电装置

德国 KWU 公司制造的 1 台 173MW 汽轮机(无中间再热)与 2 台 V94 型 150MW 燃气轮机、2 台余热锅炉配套组成的 450MW 燃气-蒸汽联合循环发电装置,装在土耳其的 Alimani 电站(共 3 套,总功率 1350MW),于 1991 年投运。装置净发电效率的设计值为 52.5%,实际为 53.17%,创当年同类型电厂的世界纪录。

2. 世界最大的 2000MW 燃气-蒸汽联合循环电站

美国 GE 公司和日本日立公司联合为世界最大的日本 2000MW 富津联合循环电站提供配套的汽轮机。该汽轮机功率为 60MW,无中间再热。该电站共装 14 套 165MW 联合循环发电装置,每套装置由 1 台 105MW 燃气轮机、1 台余热锅炉和 1 台 60MW 汽轮机配套组成。该电站于 1988 年 11 月全部投运。

3. 燃气-蒸汽联合循环发电装置配套用汽轮机的最大功率

各大汽轮机制造商制造的用于燃气-蒸汽联合循环发电装置配套的汽轮机最大功率:

ABB 公司为 335MW;

日本三菱公司为 322.5MW;

美国 GE 公司为 268.2MW;

德国 KWU 公司为 260MW;

GEC-ALSTHOM 公司为 245MW;

美国西屋公司为 194MW。

第四节 各国单轴大型电站汽轮机典型产品的技术经济水平

各国单轴大型电站汽轮机典型产品的技术经济水平见表 1-7。

表 1-7 各国单轴大型电站汽轮机典型产品的技术经济水平

制造厂	功率 (MW)	转速 (r/min)	蒸汽参数		结构特点	末级叶高 (mm)	设计热耗率 [kJ/ (kW·h)]	可用率 (%)	安装电厂 投运年份
			压力 (MPa)	温度 (℃)					
(超临界)									
东芝	700	3500	31	566/566/566	冲动式,四缸四排汽	851	7452	>90	川越/1989
日立	600	3000	24.1	538/566	冲动式,三缸四排汽	1016	7555	>90	苦荣原真/1985
三菱	600	3500	24.1	538/566	反动式,三缸四排汽	787	7660	>90	赤松/1989
列宁格勒金属工厂	900	3000	23.5	540/540	冲动式,五缸六排汽	950	7631	89.1	钱江/1987
哈尔科夫透平厂	320	3000	23.5	540/540	冲动式,三缸两排汽	1030	7622	89.0	1986
(亚临界)									
GE	500	3000	16.8	538/538	冲动式,四缸四排汽	851	7875	91	1989
KWU	600	3000	16.7	538/538	反动式,四缸四排汽	875	7792	91	1985
ABB	600	3000	18.1	540/540	反动式,四缸四排汽	867	7758	91	1988
GEC-ALSTHOM	600	3000	16.55	537/537	冲动式,四缸四排汽	1080	7806	91	北仑港/1991
GEC-ALSTHOM	330	3000	17.75	540/540	冲动式,三缸两排汽	1080	7750	91	上油/1990
(核电)									
GEC-ALSTHOM	1500	1500	7.1	286.3/268.3	冲动式,四缸六排汽	1450	10073	81	吕宋/1987
GEC-ALSTHOM	1300	1500	6.95	285.3/266.9	反动式,四缸六排汽	1450	10188	81	巴丹/1984
KWU	1000	1500	6.72	284.5/266	反动式,三缸四排汽	1338	10262	82.7	1988
西屋	900	1800	6.44	280/265	反动式,三缸四排汽	1118	10424	82	1987

第五节 电站汽轮机的发展趋势

在市场导向下,电站汽轮机发展的两大趋势是改造现役汽轮机和开发适销对路的新产品。

一. 改造现役汽轮机

根据成本—效益分析,对已有二三十年役龄的现役汽轮机进行现代化改造,使老机组在延长寿命的同时又增大出力和提高性能,其每千瓦功率的改造投资还不到新建电站投资的一半,改造周期少则一两个月多则一二年,投资省,收效快,这使改造现役汽轮机成为一些工业发达国家电力工业求发展优先考虑的方案。因此,世界上几乎所有的大型汽轮机制造商都在积极开拓这项业务,并且都有大量成功的范例。

美国 GE 公司调查了该公司制造的役龄在 25 年以上的 500 台现役汽轮机,这些机组的用户都表示愿意进行下列一项或几项改造内容:换用现代化的零部件以提高效率、延长寿命、增大出力、提高可靠性、基本负荷机组改为调峰机组、改善运行监督等。例如,1 台役龄 20 年的 520MW 汽轮机于 1988 年换上现代化的 660mm 低压末级动叶片后,使汽轮机实测的热耗率比改造前降低了 1.2%。该现代化的 660mm 动叶片于 1984 年开发成功,到 1989 年末,已接到 90 列的现代化 660mm 动叶片的订货,全部用于现役汽轮机的改造。

美国 GE 公司于 1984 年开发了数字式“更新汽轮机自动控制系统(RTAC)”,专用于现役汽轮机的改造,RTAC 系统上的接口与老机组上原有的机械—液压控制系统或电—液控制系统相连,使老机组具有现代化汽轮机自动起动、加速、带负荷和减负荷等各项功能。起动时,可以自动选择适当的加速度值。带负荷时,用速度保持值和负荷上升速率来控制高温转子的热应力大小,使机组到达预定的负荷。RTAC 系统使电厂在合理的费用下使老机组实现自动化,大大改善了老机组的运行经济性。

美国西屋公司到 1989 年底已完成了 80 台大型现役汽轮机的现代化改造研究。据西屋公司的经验,现役汽轮机通过现代化改造,汽轮机可用率可以提高 15% 而达到 98% 的水平,汽轮机强迫停机率可以降低到 0.5% 以下,每千瓦功率的改造费用仅 30~60 美元。

德国 KWU 公司于 1988 年为 1 台役龄 20 年的 616MW 核电汽轮机换上现代化的低压转子和低压内缸,使该汽轮机功率净增 10MW (1.6%)。KWU 公司于 1988 年为 1 台役龄 20 年的 1300MW 核电汽轮机换上现代化的凝汽器,使汽轮机背压下降,汽轮机功率净增 11.3MW (0.87%)。

ABB 公司于 1987 年为 1 台役龄 22 年的 73MW 汽轮机换上现代化的高压缸和中压缸(包括阀门),改造历时 8 个星期,改造后高压缸效率提高 4.4%,中压缸效率提高 5.9%,汽轮机热耗率降低 1.8%。ABB 公司于 1987 年为 1 台 250MW 汽轮机换上现代化的低压缸(采用 1050mm 末级动叶片),使低压缸效率提高 2%,汽轮机热耗率降低 0.7%。

原苏联到 1987 年为止,已在 10 台现役 300MW 超临界汽轮机的调节阀阀杆上采用液态金属密封以消除阀杆处漏汽,又不恶化阀杆的工作条件,这项改造使汽轮机热耗率降低 0.3%。列宁格勒金属工厂为现役 200MW 超高压汽轮机换上现代化的高压缸和中压缸,使汽轮机热效率提高 1.8%。哈尔科夫透平厂计划将其早期生产的 36 台 300~500MW 汽轮机换上现代化的低压缸,这项改造可使汽轮机热耗率降低 1%~1.5%。

捷克斯柯达公司于 1988 年开始对 3 座电厂的 200MW 亚临界凝汽式汽轮机(蒸汽参数 16.18MPa/535℃/535℃,一次中间再热,低压末级动叶片 840mm,三缸两排汽)改造为热电联

产式汽轮机,改造内容为换上现代化的中压缸、中压调节阀和低压缸(采用末级动叶片715mm)。

日本日立公司制造的首台 1000MW 双轴超临界汽轮机(3000/1500r/min, 24.1MPa/538℃/566℃, 冲动式, 四缸四排汽, 低压末级动叶片 1041mm), 装在袖浦火电站, 1977 年投运。1985 年, 日立公司对该汽轮机的高压缸和中压缸内老化部件进行了现代化改造, 换上现代化的动叶片、喷嘴、隔板、叶顶汽封和轴封等。改造前后的对比试验结果表明, 在负荷分别为 1000MW、750MW、500MW、300MW 时, 汽轮机热耗率分别相对降低 2.04%、3.17%、3.07%、2.87%。

日本东芝公司从 1985 年起, 采用新技术对 170~600MW 功率范围的现役汽轮机进行了现代化改造。东芝公司采用的新技术包括新叶型、多齿式叶顶汽封、新的低压末级动叶片和高性能排汽缸等。改造后的汽轮机热效率相对提高 1.4%~2.6%。

日本三菱公司于 1986 年开发了新型全围带式 851mm 末级动叶片。该 851mm 新型低压末级动叶片已应用于 350MW 现役汽轮机的现代化改造, 使 350MW 汽轮机的热效率提高约 1%。

为了指导电力公司改造老机组的工作, 美国电力研究所(EPRI)在 80 年代后期组织主要的发电设备制造商研究制订了一系列供现有电站改造用的“通用准则”和“手册”。这些指导性的“通用准则”和“手册”, 使现役汽轮机的现代化改造从更换个别关键零部件发展到对整台汽轮机进行升级改造, 使已运行二三十年的老机组再继续安全高效地运行二三十年, 而改造投资只有新建机组的一半左右。

二、开发适销对路的新产品

根据世界汽轮机市场的预测, 90 年代的用户要求电站汽轮机具有更高的可靠性、经济性、灵活性和可修性, 单机功率一般在 1000MW 以下。为此, 各大汽轮机制造商竞相开发适销对路的新产品。在新产品开发中, 各国的开发重点不同。日本和原苏联以开发新型超临界汽轮机为主, 亚临界汽轮机次之(主要供出口)。其他国家一般都以开发新型亚临界汽轮机为主, 超临界汽轮机次之。至于蒸汽压力在 31MPa 以上的新型超超临界汽轮机, 目前只有日本东芝公司已经制造出 2 台 700MW 样机, 装在日本川越火电站。

ABB 公司于 80 年代中期开发了功率范围为 100~1000MW、新汽压力范围为 16~25MPa、温度可达 565℃的现代化中间再热式汽轮机新系列。该新系列中已投产的 3000r/min 汽轮机采用 790、930、1050mm 3 种低压末级动叶片高度; 3600r/min 汽轮机采用 770、880mm 2 种低压末级动叶片高度。该新系列中的现代化高压缸、中压缸和低压缸积木块还能直接应用于现役汽轮机的现代化改造, 以新换旧, 达到延长现役汽轮机寿命和提高其运行性能的目标。

美国 GE 公司在 1988 年开发了快装式 10~60MW 热电联产式汽轮机新系列, 适用于自备热电站。首台产品 28MW 快装式汽轮机于 1989 年投运。由于该快装式汽轮机整体装运, 其运行可靠性高、安装时间短、维修费用低, 深受用户欢迎。

日本三菱公司于 1989 年开发了功率在 150MW 以下的新型冲动式汽轮机。三菱公司以往是以制造反动式汽轮机而著称于世的。现在为了迎合市场对中小功率汽轮机的需求, 三菱公司依靠自身的先进技术, 运用最新的流场分析技术和进行全面的试验研究, 为该冲动式汽轮机新系列开发了高效率、高可靠性的冲动式高压级、中压级和低压级。

美国西屋公司于 80 年代后期开发了两种新型两缸两排汽亚临界汽轮机: ①功率范围 130~280MW, 其高中压合缸积木块编号为 BB245, 低压缸积木块编号为 BB470/471; ②功率范围

280~430MW,其高中压合缸积木块编号为BB243,低压缸积木块编号为BB72R/73R。该两种新型汽轮机融合了西屋公司过去10年内开发的先进的设计、制造和维修技术,具有效率高、调峰能力强、结构简单、大修期长和适用范围广等优点。

GEC-ALSTHOM公司于80年代后期开发了新型300MW级亚临界汽轮机,两缸两排汽。该汽轮机的低压缸采用最佳流动设计,即在低压缸的前几级采用单流设计,当蒸汽膨胀到足够大的容积流量后才开始分流,采用双流设计。该新产品与老的三缸两排汽300MW级亚临界汽轮机相比,在保持原有的经济性和灵活性的前提下,使汽轮机重量减轻14%,汽轮机长度缩短18%。首批2台新型330MW两缸两排汽的亚临界汽轮机出口摩洛哥于1992年底投运。

GEC-ALSTHOM公司于1987年开始研制尤里卡型300MW级两缸单流轴向排汽的亚临界汽轮机,这是在已有高中压合缸的基础上,开发单流轴向排汽式低压缸,该低压缸采用1360mm钛合金末级动叶片。该新产品与老的三缸两排汽300MW级亚临界汽轮机相比,汽轮机重量减轻32%,汽轮机长度缩短33%,汽轮机热效率提高0.6%(绝对值)。

原苏联列宁格勒金属工厂在80年代先后开发了现代化的K-215-130型215MW超高压汽轮机和K-225-12.8型225MW超高压汽轮机(采用960mm低压末级动叶片)以取代老的200~210MW超高压汽轮机。

原苏联哈尔科夫透平厂在80年代先后开发了现代化的K-220-170型220MW亚临界汽轮机(17MPa/540℃/540℃)和T-190/220-170型220MW热电联产式亚临界汽轮机(17MPa/540℃/540℃)。哈尔科夫透平厂于80年代后期开发了新型320MW三缸两排汽的超临界汽轮机,以取代老的300MW三缸三排汽的超临界汽轮机,使汽轮机热耗率降低1.4%,汽轮机重量减轻17%,汽轮机长度缩短8.3%。

日本日立公司于1984年制成600MW超临界汽轮机,其主要参数为:24.1MPa/538℃/566℃,一次中间再热,单轴,3000r/min,三缸四排汽,低压末级动叶片1016mm,冲动式。该汽轮机装在日本苫东厚真火电站,1985年10月投运。该汽轮机融合了日立公司所有的新技术,其设计热耗率为7555kJ/(kW·h),创世界同类型汽轮机的最佳水平。

日本东芝公司于1988年制成700MW超超临界汽轮机,其主要参数为:31MPa/566℃/566℃/566℃,两次中间再热,单轴,3600r/min,四缸四排汽,低压末级动叶片851mm,冲动式。该汽轮机共造2台,装在日本川越火电站,分别于1989年和1990年投运。该汽轮机融合了东芝公司所有的新技术,其设计热耗率为7452kJ/(kW·h),创世界纪录。

日本三菱公司从1981年开始开发1000MW超超临界汽轮机,其蒸汽参数创世界最高水平,为34.5MPa/649℃/593℃/593℃,两次中间再热,双轴,五缸四排汽。为此,三菱公司进行了大量的试验工作。为了验证最关键的超高温汽轮机技术,三菱公司利用若松火电站原有的75MW汽轮机并将其改建为50MW超高温汽轮机试验装置,其高压缸和中压缸为试验件,低压缸仍利用原有设备。这项试验分为两个阶段。第一阶段的新蒸汽温度/再热蒸汽温度为593℃/593℃,第二阶段为649℃/593℃。第一阶段试验从1986年开始进行,累计试验14302h。第二阶段试验从1990年开始进行,累计试验5130h。两阶段的试验都达到了预期目标。首台样机预计在90年代后期问世。三菱公司在开发这项新产品时所采用的新设计、新工艺、新材料和新技术均代表了当今汽轮机领域的世界最高水平。

GEC-ALSTHOM公司在80年代开发了1000MW级、1300MW级和1500MW级3种核电站汽轮机。首台1300MW级核电站汽轮机装在法国Paluel核电站,于1984年投运。首批2台1000MW级核电站汽轮机出口韩国,已于80年代后期投运。该1000MW级核电站汽轮机

将取代老的 900MW 级核电站汽轮机。首台 1500MW 级核电站汽轮机装在法国 Chooz 核电站,于 1992 年投运。

KWU 公司最大的核电站汽轮机是 1365MW 机组,首台产品装在德国 Brokdorf 核电站,于 1986 年投运。

美国西屋公司最大的核电站汽轮机是 1312MW 机组,首台产品装在美国 South Texas 核电站,于 1988 年投运。

美国 GE 公司最大的核电站汽轮机是 1303MW 机组,首台产品装在美国 Palo Verde 核电站,于 1986 年投运。

ABB 公司最大的核电站汽轮机是 1306MW 机组,首台产品装在德国 Mueheim Kaerlich 核电站,于 1987 年投运。

日本三菱公司最大的核电站汽轮机是 1180MW 机组,首台产品装在日本大饭核电站,于 1991 年投运。

日本东芝公司最大的核电站汽轮机是 1100MW 机组,首台产品装在日本福岛第二核电站,于 1982 年投运。

日本日立公司最大的核电站汽轮机是 1100MW 机组,首台产品装在日本福岛第二核电站,于 1984 年投运。

原苏联哈尔科夫透平厂最大的核电站汽轮机是 1000MW 机组,首台产品装在原苏联南乌克兰核电站,于 1982 年投运。

捷克斯柯达公司最大的核电站汽轮机是 1000MW 机组,首台产品装在捷克 Temelin 核电站,于 1992 年投运。该汽轮机主要参数为:6.27MPa/278.4℃,单轴,3000r/min,四缸六排汽,冲动式,低压末级动叶片 1085mm。

为了迎合市场需求,美国 GE 和西屋,日本三菱、日立和东芝,德国 KWU 等公司相继开发新型 600MW 级核电站汽轮机。

第二章 电站汽轮机行业和企业

电站汽轮机属于资金、技术密集型产品,电站汽轮机行业是一个高度集中化的行业。国外生产大型电站汽轮机的企业共 30 多家,汽轮机年生产能力合计约 140GW。本文主要介绍美国、原苏联、日本、原联邦德国、瑞士、法国和英国的汽轮机制造行业。

第一节 美 国

一. 概况

美国 1990 年末发电设备装机容量为 772880MW,居世界第一;其 1983—1990 年发电设备装机容量及构成见表 2-1。在 1983—1990 年期间,美国发电设备装机容量年平均增长率为 1.95%。美国 1990 年发电量为 30311 亿 kW·h,居世界第一。在 772880MW 发电设备装机容量。

表 2-1 1983—1990 年美国发电设备装机容量及构成

年份	火 电		核 电		水 电		地 热 电		合 计	
	(MW)	(%)	(MW)	(%)	(MW)	(%)	(MW)	(%)	(MW)	(%)
1983	527270	78.2	67070	9.9	79270	11.7	1340	0.2	674950	100.0
1984	534520	77.5	71860	10.4	82300	11.9	1370	0.2	690050	100.0
1985	543890	76.4	80400	11.3	84070	11.8	3300	0.5	711650	100.0
1986	550450	75.1	92420	12.6	86440	11.8	3690	0.5	733010	100.0
1987	555160	74.2	101600	13.6	87530	11.7	3780	0.5	748070	100.0
1988	559950	74.1	103400	13.7	88610	11.7	3890	0.5	755850	100.0
1989	560186	74.0	104467	13.8	89010	11.7	3930	0.5	757593	100.0
1990	568523	73.6	110207	14.2	90100	11.7	4050	0.5	772880	100.0

注:摘自国家统计局工业交通统计司编,中国能源统计年鉴 1991,北京:中国统计出版社,1992. 394 页。

中,电站汽轮机设备(包括火电站汽轮机、核电站汽轮机和地热电站汽轮机)装机容量达 6.1 亿 kW,占 79%。

美国在 1991—1999 年期间计划新增发电设备装机容量为 122518MW(平均每年 13613MW),其中计划新增电站汽轮机设备装机容量为 33000MW,占 27%。在 90 年代期间,美国平均每年新增电站汽轮机设备装机容量为 4000MW,仅占美国电站汽轮机年产能力的 1/8。美国电站汽轮机行业的生产能力严重过剩。

美国的电站汽轮机主要制造企业有 2 家:通用电气公司(GE)和西屋电气公司(WH)。

二. 美国通用电气公司(GE)

美国 GE 公司成立于 1878 年 10 月 15 日,经过不断地扩大和兼并,现已发展为美国最大的发电设备制造商。GE 公司 1991 年销售收入为 602 亿美元,其中出口为 86 亿美元(占 14.3%),科研经费约 30 多亿美元,占销售收入 6%左右。

GE 公司的总部设在美国康涅狄格州 Fairfield, 拥有 300 多家工厂, 职工 30 多万人, 在 40 多个国家设有制造厂、销售和服务机构, 与 150 多个国家和地区有贸易关系。

GE 公司的管理系统实行四级管理: 董事会、理事会、事业部(或分公司)和工厂。

董事会是公司最高领导机构, 设 19 名董事, 由股东大会选举产生。董事会主要负责制定公司的重大方针政策, 并检查执行情况。董事会下设审计、财务、管理发展与薪水、任免、经营、公共事务、科学技术等 7 个委员会, 分别负责研究和拟订相关的政策和建议等。

理事会、事业部(或分公司)和工厂是公司的直线指挥机构, 他们依据董事会制定的各项方针政策, 分级指挥公司的生产经营活动。理事会由总经理和副总经理共 11 人组成, 总理由董事长兼任, 下设若干职能机构, 处理日常文书及参谋等。事业部(或分公司)是按产品划分, 共 19 个事业部, 包括工业和动力系统部、配电和控制部、电动机部、航天航空部、飞机发动机部、塑料部、医药设备系统部等, 每个事业部是有一定自主权的自治经营单位, 负责产品的开发、生产和销售等工作。工厂是成本中心, 其主要任务是减少消耗、降低成本。

GE 公司管理系统的优点是: ①纵向高度集权和各级管理层的独立决策同时存在。总公司决定投资安排, 买进或卖出企业, 停止或投入某种产品的生产等。事业部(或分公司)、工厂以及工厂内部的各个管理层又有相应的决策权, 保证了企业具有相应的权力和灵活性。②重视控制幅度和横向协调, 广泛应用现代化管理手段和方法(包括计算机管理系统、全面质量控制系统、产品技术经济分析、生产成本分析、马斯特计划方法等)。③重视人的价值, GE 公司有一套完整的人事招聘管理、培训与考核制度。公司每年为一半以上的职工创造各种培训机会, 其中 5000 人脱产进入公司的培训中心学习。

GE 公司的工业和动力系统部负责生产电站汽轮机、燃气轮机和核动力设备等。GE 公司至今已制造 1000 多台大型电站汽轮机。GE 公司目前的汽轮机年生产能力约 20000MW。

GE 公司制造汽轮机的工厂有 4 家: 斯堪奈克台迪厂、林思厂、却尔斯顿厂和南玻特兰德厂。斯堪奈克台迪厂主要生产大型汽轮机的高压缸和中压缸、汽轮机转子和叶片、调节部套及其他中小件等。林思厂主要生产小型汽轮机和船用汽轮机等。却尔斯顿厂主要生产大型汽轮机低压缸和隔板。南玻特兰德厂主要生产高、低压给水加热器、凝汽器等热交换设备。

三. 美国西屋电气公司(WH)

美国西屋电气公司(以下简称西屋公司)在 1886 年 1 月 8 日成立于美国宾夕法尼亚州的匹兹堡, 经过不断地扩大和兼并, 到 1991 年西屋公司已在 26 个国家和地区拥有 250 多家工厂, 生产 4000 多种产品, 1991 年销售收入为 127.94 亿美元, 其中出口为 14.41 亿美元(占 8.9%), 职工 11 万多人。

西屋公司总部位于匹兹堡, 设有董事会、咨询委员会和执行委员会。总公司原下设 5 个业务部门: 能源和先进技术(负责生产汽轮机等发电设备)、工业和国际业务、商业、广播和有线电视、信贷。1990 年西屋公司调整了机构, 总公司下设 7 个业务部门: 动力系统、工业、电子系统、环境、广播、办公室设备、金融服务。

西屋公司的动力系统业务部门又分为发电设备和能源系统两个总部, 负责生产电站汽轮机、燃气轮机、核电设备、控制系统、超导磁体、再生能源系统、海军核动力系统等。近几年的动力系统业务部门的销售收入占公司销售收入的 20% 左右。

面对电站汽轮机市场不景气, 电站汽轮机生产能力严重过剩, 西屋公司的动力系统业务部门在 80 年代中期对机构进行了大调整, 把发电设备总部从匹兹堡和费城迁移到奥兰多(Orlando), 关闭了莱斯特厂, 裁减多余人员, 节省开支, 保存技术核心力量。近期工作重点是开展

机组故障诊断,提高机组可用率。远期目标是致力于基础技术的开发,包括高背压、增强耐高温应力的能力等。一旦形势好转,西屋公司就能以高竞争力的产品来满足各种新订货的要求。

发电设备总部下设商务部和生产部。商务部约有 250 人,下设市场营销部门和用户服务部门。商务部的第一目标是发电量,鉴于新建机组很少,因此西屋公司和用户都致力于提高现役机组的发电量(千瓦小时数),即提高机组的可用率和可靠性,近年来,西屋公司化费的大部分战略资金是为了提高现役机组的可用率。生产部约有 5000 人,属下有 5 家制造厂和工程部门,组成发电设备制造网络,实现专业化生产,工厂规模虽然比以前缩小了,但目前汽轮机年生产能力仍保持在 12000MW 左右。生产部属下的 5 家工厂分别为:夏洛特厂、温斯顿赛伦厂、彭萨科拉厂、汉密尔顿厂和佩恩堡厂。

(1)夏洛特(Charlotte)厂

该厂位于美国北卡罗来纳州,投资 6500 万美元,1969 年投产。全厂是一座整体式具有空调的厂房,生产面积 46450m²,主要生产大型汽轮机高、中、低压缸,燃气轮机和发电机转子等。其高速转子动平衡试验台可试验的转子直径为 6m、长 19m、重 250t,最高的超速试验转速可达 4300r/min。

(2)温斯顿赛伦(Winston Salem)厂

该厂位于美国北卡罗来纳州,1970 年投产,生产面积约 4 万 m²,主要生产汽轮机叶片、燃气轮机的透平叶片和压气机叶片等,年生产能力为 30 万片叶片。

(3)彭萨科拉(Pensacola)厂

该厂位于美国佛罗里达州,1969 年投产,生产面积 22300m²,主要生产燃气轮机(包括最大的 501F 型燃气轮机)、发电机等。厂内设有全尺寸发电机试车台,最大吊车的起重能力为 450t。

(4)汉密尔顿(Hamilton)厂

该厂位于加拿大的安大略,1903 年投产,生产面积约 5 万 m²,主要生产中小型汽轮机、锅炉给水泵驱动用汽轮机和燃气轮机等。

(5)佩恩堡(Fort Payne)厂

该厂位于美国亚拉巴马州,生产面积约 1.1 万 m²,主要生产发电机。

第二节 原 苏 联

一. 概况

原苏联 1990 年末发电设备装机容量为 350000MW,居世界第二;其 1983—1990 年发电设备装机容量及构成见表 2-2。在 1983—1990 年期间,原苏联发电设备装机容量年平均增长率为 2.54%。原苏联 1990 年发电量为 17290 亿 kW·h,居世界第二。原苏联在 1983—1988 年期间发电设备平均每年新投运容量为 9600MW,1988 年以后每年新投运容量锐减,仅 5000~6000MW。原苏联 1990 年末,火电站中 150MW 以上的大机组共 501 台、131925MW,其构成见表 2-3。原苏联火电设备在 1983—1990 年期间的平均供电煤耗率见表 2-4。

表 2-2 1983—1990 年原苏联发电设备装机容量及构成

年份	火电		核电		水电		合计	
	(MW)	(%)	(MW)	(%)	(MW)	(%)	(MW)	(%)
1983	217400	74.1	19170	6.5	56990	19.4	293560	100.0
1984	220350	72.6	24100	7.9	59240	19.5	303690	100.0
1985	225060	71.5	28110	8.9	61720	19.6	314890	100.0
1986	229420	71.3	30110	9.4	62140	19.3	321670	100.0
1987	235170	70.8	34400	10.4	62700	18.8	332270	100.0
1988	241100	70.9	35400	10.4	63500	18.7	340000	100.0
1989	244840	70.8	36920	10.7	64240	18.5	346000	100.0
1990	246596	70.5	38424	11.0	64980	18.5	350000	100.0

注：摘自国家统计局工业交通统计司编，中国能源统计年鉴 1991，北京：中国统计出版社，1992，395 页。

表 2-3 原苏联 1990 年末火电大机组的容量构成

机组功率(MW)	台数(占百分比)	装机容量(MW) (占百分比)
150~165	88(17.6%)	13540(10.3%)
180~210	183(36.5%)	36785(27.9%)
250~300	193(38.5%)	56500(42.8%)
400~500	16(3.2%)	7900(6.0%)
800	20(4.0%)	16000(12.1%)
1200	1(0.2)	1200(0.9%)
合计	501(100.0%)	131925(100.0%)

表 2-4 原苏联 1983—1990 年火电设备平均供电煤耗率

年份	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
标准煤耗率[g/(kW·h)]	328.2	326.7	326.2	327.0	325.0	325.3	325.9	325.8

到 1990 年，原苏联累计出口 300 多台火电站汽轮机到 20 多个国家，总容量超过 50000MW；累计出口 39 台核电站汽轮机，总容量超过 10000MW。

原苏联在解体之前制订的第 13 个五年计划(1991—1995 年)要求 1995 年发电量为 20800 亿 kW·h，其中火电为 15600 亿 kW·h。为此，在 1991—1995 年期间需投运新机组 60000MW，其中火电为 40000MW，核电和水电各为 10000MW。

原苏联的电站汽轮机主要制造企业有 4 家：列宁格勒金属工厂透平生产联合企业、哈尔科夫透平厂核电透平生产联合企业、乌拉尔透平发动机厂透平生产联合企业、列宁格勒透平叶片厂生产联合企业。

二．列宁格勒金属工厂透平生产联合企业(ЛМЗ)

列宁格勒金属工厂是原苏联最大的汽轮机制造厂，职工约 1.4 万人，其中工程技术人员约 4000 人，电站汽轮机年生产能力为 8000MW。该厂从 1904 年制造首台汽轮机以来，到 1990 年共制造 1500 多台、总容量达 2.07 亿 kW 的汽轮机，汽轮机最大的单机功率为 1200MW。该厂还

生产燃气轮机和水轮机等。

列宁格勒金属工厂分为老厂和新厂两部分。新厂建于 80 年代后期,与老厂相距约 15km,主要生产大型核电汽轮机和大型燃气轮机,职工约 1200 人。

老厂设有金加工车间、转子车间、热加工车间、冷作车间、工具车间和修理车间等。金加工车间面积约 5 万 m^2 ,承担高压缸、中压缸、隔板、叶片、蒸汽分配器、试车等生产任务。转子车间面积约 1.3 万 m^2 ,主要设备有转子叶根槽数控铣床($\phi 2500\text{mm} \times 12\text{m}$),数控车床 3 台($\phi 1400\text{mm} \times 8\text{m}$ 、 $\phi 2500\text{mm} \times 13\text{m}$ 、 $\phi 4600\text{mm} \times 24\text{m}$),数控卧式镗床 2 台(主轴 $\phi 160\text{mm}$),数控落地镗床(主轴 $\phi 220\text{mm}$),数控外圆磨床($\phi 1800\text{mm} \times 12\text{m}$),转子热跑炉 2 座(功率 300kW 和 470kW),申克公司 DH11 型高速动平衡机(15~160t),转子中心孔磁粉探伤台($\phi 1200\text{mm} \times 10\text{m}$)。

新厂设有汽轮机低压缸车间、燃气轮机车间、锻压车间、工具车间等。新厂主要承担汽轮机低压缸、凝汽器和燃气轮机的生产。新厂主要设备有进口数控龙门铣床($5000\text{mm} \times 12\text{m}$),国产龙门铣床($5000\text{mm} \times 16\text{m}$),数控铣镗床加工中心($\phi 220\text{mm}$),数控铣镗床 3 台(2 台为 $\phi 212\text{mm} \times 9\text{m}$ 、1 台为 $\phi 212\text{mm} \times 12\text{m}$),液压机(12500kN),自动门架式焊机 3 台($11600\text{mm} \times 7.6\text{m}$)。

列宁格勒金属工厂经过技术改造后,技术水平有了很大的提高。目前,汽轮机的所有转子和叶轮已全部在数控机床上加工,且生产准备工作全部自动化。叶片型面已广泛采用仿形铣工艺、多轴圆铣工艺和砂带磨床精磨工艺。毛坯采用数控等离子切割工艺和自动溶剂氧气切割工艺。叶片组采用电子束焊接工艺。工厂的 90% 毛坯切割工作是在数控设备上进行。低压缸有 2 条生产线,1 条生产线由数控加工中心铣镗床组成,另 1 条生产线由数控龙门铣床和数控钻床组成。低压缸排汽部分采用圆铣法替代镗削法。

三. 哈尔科夫透平厂核电透平生产联合企业(XT3)

哈尔科夫透平厂主要生产核电站汽轮机,职工约 1 万人,其中工程技术人员约 3000 人,电站汽轮机年生产能力为 6000MW。该厂从 1956 年制造首台 30MW 核电站汽轮机以来,到 1990 年共制造 130 多台、总容量达 60000MW 的核电站汽轮机,核电站汽轮机最大的单机功率为 1100MW。该厂还生产火电站汽轮机、水轮机和口径阀门等。该厂至 1990 年共出口 39 台核电站汽轮机,总容量超过 10000MW。

四. 乌拉尔透平发动机厂透平生产联合企业(TM3)

乌拉尔透平发动机厂主要生产热电联产式汽轮机,年生产能力约 3000MW,最大的热电联产式汽轮机功率为 500MW。原苏联国内热电站的热电联产式汽轮机大部分由该厂制造,其中包括 28 台 250MW 热电联产式汽轮机。该厂至 1988 年共出口 99 台、总容量为 4000MW 的热电联产式汽轮机,其单机功率范围为 25~110MW。该厂还生产 6~25MW 燃气轮机、柴油机和透平压缩机等。由于该厂离列宁格勒透平叶片厂较远,故厂内仍保留较强的叶片生产能力。

五. 列宁格勒透平叶片厂生产联合企业

列宁格勒透平叶片厂是原苏联唯一的叶片专业生产厂。该厂的建设分三个阶段:第一阶段 1964—1967 年,为一部分工厂提供汽轮机、燃气轮机叶片的毛坯和轧制件;第二阶段 1967—1975 年,建成能满足全国年产 36000MW 机组所需的全部汽轮机、燃气轮机叶片成品的专业厂,年生产能力为 150 万片叶片;第三阶段 1975—1990 年,以年产 200 万片叶片(50000MW)为目标进行技术改造。1986 年决定从原联邦德国进口 80000kN 和 140000kN 电动螺旋压力机各 1 台,并已分别于 1990 年和 1991 年安装就位。

列宁格勒透平叶片厂有职工 6500 人,其中工程技术人员和管理人员约 1600 人,生产的汽轮机叶片长度为 50~1650mm,叶片单件重量为 0.5~150kg,年产能力为 100 万片叶片毛坯商品和 100 万片叶片成品,共 200 万片,出口额不到总产值的 10%。

列宁格勒透平叶片厂的主要车间有备料车间、轧制车间、锻压车间、重型锻压车间、精铸车间和金加工厂房等。金加工厂房由大叶片车间、中小叶片车间、燃气轮机叶片车间、电加工车间和试验车间等组成。

备料车间,生产面积 4500m²,年产量 4 万 t,主要设备有 10000kN 冷剪机和热剪机各 1 台,以及专用车床和磨床等。

轧制车间,生产面积 24395m²,年产量 9000 t(其中叶片约 130 t,围带约 200 t)。车间分轧制和径向锻造—平锻两部分。轧制部分的主要设备有 2500kN、1000kN 和 800kN 辊锻机各 1 台,主要为等截面直叶片制坯。由于目前汽轮机中小叶片已大量改用扭曲叶片,故上述设备主要用来轧制型钢供外售。平锻部分的主要设备有 $\phi 160\text{mm} \times 2\text{m}$ 四锤头径向锻造机 1 台,20000kN、12500kN、8000kN 和 4000kN 平锻机各 1 台,主要为大中型叶片制坯。

锻压车间,附有热处理工段,生产面积为 17640m²,年产量 14200 t。主要设备有 160kN 和 250kN 模锻锤;63000kN、40000kN、25000kN、16000kN 压力机;50000kN 和 23000kN 电动螺旋压力机;40000kN 和 20000kN 精压机等。

重型锻压车间,系近年新建,包括机械化程度相当高的锻压工段和热处理工段,生产面积 8640m²,承担长度 600mm 以上的大叶片精锻。主要设备有 80000kN 螺旋压力机 1 台,配备转环外径 $\phi 10\text{m}$ 、1200℃、2000kg/h 加热炉 1 台,以及 16000kN 切边压力机 1 台;140000kN 螺旋压力机 1 台,配备转环外径 $\phi 12\text{m}$ 、3000kg/h 加热炉 1 台,以及 25000kN 切边压力机 1 台。叶片热处理不用井式炉,采用 1 台淬火电炉、1 台等温电炉、2 台回火电炉,均为 $\phi 12\text{m}$ 外径;还采用 1 套压力淬火装置,叶片经压力淬火后的变形可减少到 1.5~2mm。

精铸车间,生产面积 19270m²,年产量为 980 t,其中叶片 286 t,包括汽轮机静叶片和燃气轮机叶片,最大叶片长度为 820mm、重 60kg,最大铸件重 104kg。主要设备有 25kg、60kg 和 160kg 真空熔炼炉各 1 台,20kg 熔炼炉 3 台,电液清砂设备 1 套,奥地利进口制壳设备 1 套,型壳清洗设备 3 套,原联邦德国进口热处理炉 2 台,6300kN 校正压力机 1 台,400kN 淬火压床 1 台等。

金加工厂房总面积为 73270m²,年产量为 1980 t 叶片成品,主要设备有数控机床 81 台,其中单轴机床 61 台、双轴机床 5 台、3 轴机床 6 台、4 轴机床 2 台和 5 轴机床 7 台。叶片基础面加工设备除通用的立铣床和卧铣床外还有双轴龙门铣床 7 台。叶片型面加工设备有原联邦德国进口的液压仿形铣床 14 台,加工 500mm 以下叶片;瑞士进口的 RIBID 卧式 5 轴仿形铣床 3 台,加工 1520mm 叶片时只能当作 3 轴铣床使用;精铣用法国进口的 Forest 4 轴铣床 2 台、5 轴铣床 6 台;型面抛光用原联邦德国进口的 Nidobo 卧式砂带磨床 12 台,可加工 2000mm 长叶片。叶根加工设备有立式拉床 1 台,卧式拉床 2 台,双工位加工中心 2 台;原联邦德国进口的 ELB 强力磨床 5 台,其中直线枞树型叶根强力磨床 3 台、圆弧枞树型叶根强力磨床 2 台;国产平面强力磨床 4 台。叶顶加工一般是在叶片组装后用立车车削外形,叶顶内侧是用手工地磨的,如果叶顶是方形的,则用加工中心加工。对于难加工的高温合金模锻叶片毛坯,先进行电脉冲加工,留下单边 2mm 余量,再进行电解加工至抛光余量。

第三节 瑞典瑞士合资 ABB 公司

一、概况

瑞典 1990 年末发电设备装机容量约 20000MW,其中核电站设备装机容量为 10130MW。瑞典 1989 年发电量为 1392 亿 kW·h,其中核发电量为 628 亿 kW·h,占 45.1%。

瑞士 1990 年末发电设备装机容量约 9000MW,其中核电站设备装机容量为 3060MW。瑞士 1989 年发电量为 517 亿 kW·h,其中核发电量为 215 亿 kW·h,占 41.6%。

1987 年 8 月,瑞典 ASEA 公司与瑞士 BBC 公司联合宣布两公司将于 1988 年 1 月 1 日合并为 ASEA BROWN BOVERI 公司(简称 ABB 公司),两公司合并后各占 ABB 公司的 50% 股份。ABB 公司总裁为原 ASEA 公司总裁,第一副总裁为原 BBC 公司总裁,公司董事会由 12 人组成,公司总部设在瑞士苏黎世。

ABB 公司属下有子公司 1000 多家,遍布全球 140 多个国家和地区。ABB 公司 1991 年销售收入达 290 亿美元,职工达 21.5 万人,其中 1.7 万人从事研究开发工作,科研经费达 23 亿美元,约占当年销售收入的 7.9%。

ABB 公司下设 8 个业务部门:

(1)发电设备业务部(又称 ABB 发电设备公司) 业务范围包括汽轮机、燃气轮机、水轮机、发电机、锅炉、增压流化床、联合循环发电设备、核电站设备、电站控制系统、燃料燃烧系统等,该部门的销售收入占全公司的 17%;

(2)输电设备业务部 业务范围包括电缆、电容器、变压器、高压开关、网络监控、电工仪表、继电器等,该部门的销售收入占全公司的 16%;

(3)配电设备业务部 业务范围包括低压电器、低压系统、中低压配电设备等,该部门的销售收入占全公司的 10%;

(4)工业设备业务部 业务范围包括冶金、石油、油气输送等工业过程控制系统,工业过程自动化仪器仪表,功率半导体等,该部门的销售收入占全公司的 13%;

(5)交通运输设备业务部 业务范围包括铁路干线机车,地铁车辆,铁路用电气装置和监控系统等,该部门的销售收入占全公司的 6%;

(6)环境控制设备业务部 业务范围包括工艺过程的空气净化控制系统,空调设备,资源再生设备,环保服务等,该部门的销售收入占全公司的 12%;

(7)财务服务部 业务范围包括仓储中心,租赁及筹资,保险,贸易及贸易筹资,证券经纪业务及投资管理等,该部门的收入占全公司的 3%;

(8)其他业务部门 业务范围包括与电气工程行业有关的各种业务,如机器人(至今已制造 1.9 万多台机器人),电信,照明设备及总承包服务等,该部门的销售收入占全公司的 23%。

ABB 公司每一业务部门全权负责本身在世界各地的业务,在这 8 个业务部门之下再划分为 65 个业务分部。

在 1991 年的 290 亿美元销售收入中,按地区划分的比重为:欧洲共同体占 36%;欧洲自由贸易联盟占 24%;北美占 18%;亚洲、澳大利亚和阿拉伯半岛占 15%;非洲、东欧和南美占 7%。

ABB 公司 21.5 万名职工按地区分布的比重为:欧洲共同体占 37%;欧洲自由贸易联盟占