

《国外机械工业基本情况》参考资料

大电机 水轮机

哈尔滨大电机研究所

第一机械工业部情报所

出 版 说 明

在毛主席无产阶级革命路线指引下，在党的十大精神鼓舞下，我国机械工业形势一派大好。广大革命职工，高举毛泽东思想伟大红旗，深入开展批林批孔运动，狠抓革命，猛促生产，巩固和发展了无产阶级文化大革命的丰硕成果，毛主席关于“**中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平**”的伟大号召，正在胜利地实现。

“知彼知己，百战不殆”。为了介绍国外机械工业基本情况，我们组织有关单位，按机械工业各行业分别编写与出版一套《国外机械工业基本情况》参考资料。

毛主席教导我们：“……一切外国的东西，如同我们对于食物一样，必须经过自己的口腔咀嚼和胃肠运动，送进唾液胃液肠液，把它分解为精华和糟粕两部分，然后排泄其糟粕，吸收其精华，才能对我们的身体有益，决不能生吞活剥地毫无批判地吸收。”资本主义、修正主义国家的东西，必然打上资本主义的社会烙印和带有资产阶级的阶级偏见。因此，在参考国外情况的过程中，必须遵照伟大领袖毛主席的教导，采取分析、批判的态度。

本册为大电机、水轮机部份，编写的单位为：哈尔滨大电机研究所

由于我们水平有限，编辑工作中定有不少缺点和错误，请读者批评指正。

第一机械工业部情报所

一九七五年

2

目 录

第一章 行 业

一、大电机行业	1
(一) 概述	1
(二) 各国大电机行业情况	3
(三) 发展特点及趋势	9
二、水轮机行业	12
(一) 概述	12
(二) 水轮机制造业规模	15

第二章 企 业

一、美国	18
二、苏联	21
三、日本	24
四、英国	29
五、西德	30
六、法国	36
七、瑞士	38
八、意大利	41
九、瑞典	43
十、加拿大	47

第三章 产 品

一、汽轮发电机	57
(一) 汽轮发电机发展趋势	57
(二) 汽轮发电机的型式及结构特点	59
(三) 汽轮发电机标准化、系列化	59
(四) 汽轮发电机主要加工工艺	60
(五) 汽轮发电机主要材料	63
(六) 汽轮发电机试制年代与周期	70
二、水轮发电机	78
(一) 水轮发电机的生产情况	78
(二) 水轮发电机技术水平与发展趋向	79
(三) 水轮发电机的新结构、新技术和新材料	80
(四) 冷却方式的发展	81
(五) 推力轴承的进展	82
三、水轮机	83
(一) 水轮机发展的基本情况	83
(二) 国外重大新产品特点	86
(三) 典型部件先进加工工艺及机械化、自动化水平	89
(四) 新材料的采用	92

(五) 标准化、系统化、通用化情况	93
(六) 国外水轮机发展的几个问题	94
四、大型交流电机	96
(一) 结构跨入汽、水轮发电机结构的范畴	96
(二) 单机容量大大增长品种规格日益增多	96
(三) 具有代表性的最大容量级的交流电机	99
(四) 采用新结构提高通用性工艺性和性能	100
(五) 采用新工艺新材料缩小体积提高质量	101
(六) 采用电子计算机等设计测试生产新法	102
(七) 新建实验室开展改善电机噪音的研究	103
五、大、中型直流电机	103
(一) 特点、用途和发展趋势	103
(二) 品种成套水平	104
(三) 设计工作和标准化	105
(四) 新技术、新材料、新结构和新工艺	105
(五) 技术水平对比	106
(六) 科研和技术动向	110
第四章 科 研	
一、大电机方面	112
(一) 科研动向	112
(二) 基地建设	113
(三) 测试技术	114
(四) 新型冷却技术	115
(五) 大电机新品种	119
(六) 主要科研课题	120
二、水轮机	129
(一) 水轮机转轮的水力和汽蚀性能研究	129
(二) 水轮机结构设计、制造工艺及材料使用	130

第一章 行 业

一、大 电 机 行 业

(一) 概 述

国外一些工业发达国家，都重视电力工业的发展，和扩大发电设备的制造能力。

各国能源情况不同，发电方式也不一样。近年来，一些国家可开发的水力资源日趋枯竭，加之火电站具有建厂快投资少的特点，故都以火电为主。1960—1970年间，世界上发电量由23013亿度增至50000亿度，即十年增加1.17倍。目前，世界电站总装机容量已超过106600万千瓦（其中火电约占75—80%），十年增长了1.1倍。表1—1为一些国家的发电量、装机容量及发电设备产量。

表1—1 一些国家发电量、装机容量、发电设备产量及钢电比

		美 国	苏 联	日 本	英 国	西 德	法 国
发 电 量 (亿度)	1960年	8441.9	2922.7	1155	1369.4	1164.2	721.2
	1970年	16380	7400	3569	2459.7	2372	140
	平均年增长率(%)	6.88	9.75	11.93	6.03	7.36	6.92
装 机 容 量 (万千瓦)	1960年	18653.4	6672.1	2365.7	3670.2	2766.5	2185.1
	1970年	36120	16560	6734	6720	4953.4	3857
	其中火电(%)	84.6	81	74.5	96.4	90	60.6
	平均年增长率(%)	6.85	9.53	11.04	6.23	6.0	5.84
发 电 设 备 产 量 (万千瓦)	1960年	1156	791.5	223.4	598.1	431.8	207.1
	1970年	3064	1270	1380	689.7	420.9	354.1
	年均年增长率(%)	11.4		19.97	3.1	—	5.12
※1970年钢电比(千瓦/吨)		3.03	1.43	0.72	2.37	1.1	1.62

※为1969年数值

近十年来，一些工业发达国家的电力工业发展速度一般都高于整个工业发展速度。

就国外整个电工行业而言，在大电机特别是汽轮发电机技术领域内已形成以美国西屋和通用、西德联合发电设备公司(KWU)、瑞士勃郎鲍威利公司(BBC)四大技术体系(见表1—2)。

表1—2 四大技术体系

代 表	美通用公司(GE)	美西屋公司(WH)	西德发电设备联合公司 (KWU)	瑞 士 BBC
成 员	东芝、日立(日本) 阿尔斯托姆(法国) 阿斯金(意) 加拿大通用电气	三菱(日本) 日蒙(法国) 马列利(意) 比国沙城(ACEC)	日本富士	CEM(法国) BBC(西德) ASEA(瑞典)

在产品发展方面：五十年代末和六十年代初一些国家普遍制成了20—30万千瓦机组的火电设备；而在六十年代中期，50—60万千瓦机组已投入电网。七十年代初期，已分别制成80—130万千瓦的火电机组。特别是原子能电站发电机发展尤为迅速。

在水电机组制造中，水平比较先进的国家有苏联、美国、日本、加拿大、瑞士和瑞典等。苏联1961年制成22.5万千瓦布拉茨克电站机组后，1967年制成克拉斯诺亚尔斯克电站50万千瓦机组。目前拟制造80万千瓦水电机组。美国大古力第Ⅲ电站多台60万千瓦和70万千瓦机组，目前正由美国、日本和加拿大等一些国家承制。加拿大邱吉尔电站47.5万千瓦十一台水电机组是由加拿大几个企业合作制造的。苏联、瑞士、瑞典及日本等在水轮发电机上采用水冷技术。表1—3为国外发电机组制造和运行水平。

表1—3 国外发电机组制造和运行水平

	汽轮发电机(万千瓦)			水轮发电机组(万千瓦)		
	运 行	制 成	在 制	运 行	制 成	在 制
美 国	80(二极) 110(四极) (从瑞士进口) 130(双轴瑞士进口)	120(单轴四极)	125以上	22	60 (大古力)	70(大古力) 由美、加、日 合制)
苏 联	80		120(二极)	50.8(克拉斯诺 亚尔斯克)		80 (萨扬·申斯克)
日 本	60	70 82(四极)	117(四极)	26(新丰根)	34(美拉丁顿)	60(美大古力)
英 国	66		120		16.5	
西 德	30 63	67	125(四极)	26万千瓦安 (供阿根廷)		42.5万千瓦安 (供美国)
法 国	60	85(二极供美国)	97(四极)	25.5(供西班牙)		
加拿大	50	67万千瓦安		23.9万千瓦安 (泡太基山)	47.5(邱吉尔)	60, 70 (大古力供美国)
瑞 士	130(双轴供美国) 110(单轴四极供美 国)			19万千瓦安 (供挪威)		

大型交流电动机的应用范围较广，矿山、冶金、化工、电力等工业部门广泛采用。国外生产交流电机已有百年历史。目前，大中型交流电机向标准化、系列化和通用化方面发展。可拆式（或称组合式箱型）结构电机逐渐代替原来的传统结构。交流同步电动机最大已制成7万千瓦（11千伏3600转/分），鉴于容量太大对电力系统有干扰，多采用低频同步起动方式。异步电机日本三菱电机公司制成了710转/分1.8万千瓦绕线式异步电机。西门子公司制成5200千瓦2987转/分鼠笼式电动机。美国西屋公司制成13000马力240转/分鼠笼式电动机。瑞典制成34.5万千瓦同步调相机。

广泛用于冶金、化工、交通和军事等部门的大中型直流电机发展也较快。二十世纪六十年代以来，是世界钢产量增长较快的阶段，因此钢铁工业的主要动力——直流电机也有较快发展。比利时制成9800马力和2×5000马力初轧机电动机，用全套可控硅整流电源供电。另一方面，由于半导体技术的迅速发展，国外现已广泛采用可控硅整流电源来代替直流发电机。

（二）各国大电机行业情况

1. 美国

（1）概述

美国的电机制造业已有近百年的发展历史。电力工业和电机制造业，美国居世界首位。

美国的工业（包括电机工业）开始是靠引进欧洲技术发展起来的。电力工业一直领先于其它工业发展。目前，国外大型发电机组从产品设计到投入运行一般要5—7年。美国安排生产常在8—10年之前就着手计划。

到1970年美国电站装机容量增加到36120万千瓦，十年内的平均年增长速度为6.85%，并且在前后六十年时间里，平均每隔十年翻一番。发电设备产量1969年超过了3000万千瓦。目前，美国火电设备生产远高于水电，表1—4为美国近些年来发电设备产量增长情况。

表1—4 美国发电设备产量（万千瓦）

	1962	1963	1964	1965
总 产 量	1245.6	1415.3	1479.1	1536.5
汽 轮 发 电 机		1201.1	1239.4	1549.2
水 轮 发 电 机	253.9	214.2	239.7	307.1
水 轮 机	273.5	217.5	306.3	237.8

	1966	1967	1968	1969	1970
总 产 量	1856.3	2321.3	2741.5	3064	
汽 轮 发 电 机	1549.2	2014.2	2544.2	2923.8	
水 轮 发 电 机	307.1	307.1	197.3	140.2	
水 轮 机	237.8	225.6	143.3	255.8	

(2) 发展的几个特点

美国火电机组开始是采用双轴。因为用电量不断增加,迫切需要发展大机组,但由于材料和技术的限制,不得不采用双轴机组的办法来达到当时单轴机组还不能达到的容量等级。这样就能在同容量等级的单轴机组出来之前的几年就造出该容量等级的双轴机组。例如30万千瓦机组的双轴机比单轴机早出来七年;40万千瓦的双轴机比单轴机早五年;50万千瓦双轴机比单轴机早七年。但是,双轴机组的造价较高,占用面积大,电站投资高,所以,美国现已重点发展单轴机组。

美国从1964年开始,单轴机组的容量从30万千瓦提高到80万千瓦用了六年时间,几乎每年都要提高一个等级(美国火电机组容量等级较密)。然而,美国通用电气公司在1964年前,为使单机容量从20万提高到30万千瓦,却花了十年的时间,技术上的主要原因是发电机冷却方式没定型,阻碍了单机容量的进一步提高。

应该指出,美国汽轮发电机的冷却技术虽然较成熟,但某些方面发展是不全面的,有的是比较保守的。美国迄今为止,还没有采用转子水冷和发电机全水冷技术。他们曾对几种不同冷却方式作了长期的摸索和研究,当他们认为目前的全氢冷和水氢冷系统只要稍加改进(如增加气隙隔板等)仍能满足目前(100万千瓦—150万千瓦)发展的需要后,所以就延缓了水冷转子的发展计划。

美国电工行业1968年职工人数为196.3万人,其中工人人数131.2万人,占总人数的68.8%。生产发电设备和大电机的有:美国通用电气(GE)公司、美国西屋电气(WH)公司、美国阿里斯——查摩(AC)公司等。平均年劳动生产率每人在2.0—2.4万美元(合人民币4.6—5.3万元)。

2. 日本

(1) 概述

日本的电力工业和电机工业在第二次世界大战后发展较快。1959年总发电量还落后于加拿大,而1960年就赶上并超过了加拿大,1961年超过了西德,1966年超过了英国,仅次于美国和苏联,居世界第三位。

日本近几年来电力的发展一直保持着较高的速度。例如1960—1970年的十年间,平均每年增长约12%。由于日本国内火主水从的电力方针,火电设备发展很快,年产已达1800万千瓦。从1960~1970年中,发电设备产量平均年增长率为19.97%,是世界上发展最快的国家之一。表1—5为日本近些年发电设备产量增长情况。

表1—5 日本发电设备增长情况

年 代	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1971	1972
总 产 量	226.2	223.4	273	474.3	510.3	331.6	403.2	373.7	1460	1450	1270	1739	1822
汽轮发电机	120.3	87.7	194.7	355.9	368.6	213.9	295.4	293	281.3	480.6	816.8	1278.1	1266.9
水轮发电机	105.9	135.7	78.3	118.4	141.7	117.7	107.8	82.7	153.3	213.8	283.3	462.4	555
水 轮 机	126.5	101	102.9	165.6	116.6	230.4	215.7	279.7	316.3	189.4	235.8	547	681.1

(2) 依靠引进外国技术

日本在火电设备方面,从1953年起进口第一台7.5万千瓦机组以来,至1964年进口45、50和60万千瓦机组为止,共进口17套不同容量的机组。在进口第一套机组时,便着手制造第一台国产的同容量机组,在制造时又不断进行改进和提高,以使产品适合本国特点。表1—6为日本首台机组引进时间及首台自产的年代。

表1—6 日本首台引进时间及首台自产时间

单机容量(万千瓦)	7.5	12.5	15.6	17.5	22	26.5	32.5	35	37.5	45	50	60
首台进口时间(年)	1953	1954	1956	1956	1957	1957	1960	1961	1961	1964	1964	1964
首台自产时间(年)	1955	1955	1957	1956	1957	1957	1961	1961	1962	1966	1964	1966

日本几个制造发电设备的厂家都与外国一些电气公司有技术关系。例如日立和东芝与美国通用公司有技术合同,三菱电机与美国西屋有技术关系,富士电机与西德 KWU 有技术关系。这几个大企业,所生产的主要产品——火电机组基本上是采用那些厂家的结构与型式。利用现成的技术资料,省去了一些科研工作似乎走了“捷径”,但对外的依赖性很大。

(3) 向“自主开发”过渡

日本虽每种容量的火电机组(60万千瓦以下)首台均系从外国进口,但政府也采取了一定限制性的政策。即规定“国内不能生产的电站设备只允许进口第一台,第二台后要使用本国产品”,在这种又进口又限制进口的措施下,发电设备订货大量集中在本国几家大电气制造企业中,从而对加速发展本国机组,起了一定的作用。诚然,日本依赖技术引进,在生产技术方面已达到欧美的先进水平,但今后在依赖技术引进已不能继续下去。因此引进的新技术比例越来越少,故日本自称今后要走所谓“自主开发”的道路。

(4) 发展情况及存在问题

日本发电设备生产重点是火电机组,目前运行水平是60万千瓦,制成的最大单机是70万千瓦(二极)和82万千瓦(四极)汽轮发电机,在制的是130万千瓦安约117万千瓦(四极)汽轮发电机。火电设备主要是国内需要,水电设备主要供出口。最大订货有:美国大苦力Ⅱ电站60万千瓦水电机组及美国芦丁顿电站34.3万千瓦蓄能机组。日本由于常规火电站能源困难,原子能发电逐渐上马,目前,日本运行中或建设中的原子能电站有20个。

日本所消耗的燃料大部分靠进口,由于能源危机的冲击,将影响各有关企业的生产前景。

(5) 主要企业

日本1967年全国电工行业总人数为85.7万人,其中工人为58.5万人(占总数的68.3%)。制造发电设备和大电机主要企业有:日立制作所、东芝电气公司、三菱电机公司、富士电机公司、安川电机公司、明电舍及神钢电机等企业。各大公司基本上具有成套供应的能力或按电站产品互相配套。如:日立的拨拍葛锅炉公司与日立的汽轮发电机组配套;三菱电机的汽轮发电机组与三菱重工的锅炉配套;东芝的汽轮发电机组与石川岛播磨公司的锅炉配套;富士的发电机组与川崎重工业公司的锅炉配套。表1—7为日本几家企业生产经济指标。

表1—7 日本几家公司生产经济指标1971年)

	日 立	东 芝	三 菱	富 士	安 川
总 人 数	92300	73300	56400	21600	7000
固定资产 (亿日元)	2789	(1980)	(1175)	(407)	2780 (万美元)
总销售额 (亿日元)	7746	6144	3998	1262	368
每人劳动生产率 (万日元/人民币万元)	840/6.22	839/6.22	710/5.26	584/4.3	525/3.86
单位固定资产的产值指标 (日元/日元·年)	2.8	3.1	3.4	3.1	(4.3)

注：1. 本表主要根据一机部情报所编《国外机械工业消息》1973年91期等资料整理而得。

2. 括号内系根据计算而得。

3. 苏 联

1946—1966年的战后二十年中，苏联电站装机容量从1230万千瓦增加到12500万千瓦。至1972年止其电站总装机容量为18600万千瓦，仅次于美国。

在苏修叛徒集团篡夺了领导权以后，在国内复辟资本主义，电力发展和电站装机容量增加率开始逐年下降，如从1959—1965年发电量平均每年增长11.6%下降到1966—1970年平均年增长7.9%。表1—8为苏联历年来发电设备产量。

表1—8 苏联历年来发电设备产量 (万千瓦)

年 代	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
产 量	518.6	651.2	791.5	945	1100	1180	128.0	1440
年 代	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	
产 量	1340	1460	1450	1270	1060	1145	1370	

六十年代以来，苏联水电设备的生产超过欧美。1960年《电力》厂为布拉茨克电站制成世界最大容量的22.5万千瓦水轮发电机组，1961年投入运行。到1962年底有十台机组投入。以后又制成了克拉斯诺雅尔斯克水电站50万千瓦机组。目前正在制造萨扬—舒申斯克电站80万千瓦的机组。

火电机组虽就单机容量上发展较快，但技术则落后于欧美。在五十年代和六十年代分别制成了16.5万、20万、30万千瓦机组。1964年制成了50万千瓦机组，1971年制成80万千瓦机组，目前正制造120万千瓦二级汽轮发电机。在发电机冷却技术上发展较全面，有全氢冷、水氢冷、油水冷系统。

苏联生产大电机的主要企业有：列宁格勒的《电力》工厂、哈尔科夫重型电机厂、乌拉尔重型电机厂、新西伯利亚重型电机厂等。为适应发展大机组，一些工厂曾进行了技术改造，增加了制造设备和试验设备。如《电力》厂和哈尔科夫厂扩建的试验站规模，均可对

200万千瓦以下的汽轮发电机进行各种型式的试验。

大型机组强调成套供应的重要性。近几年来，一些大型企业，互相组织生产联合公司。如以《电力》厂为主与几个工厂和科研部门成立了列宁格勒电机制造联合公司——基洛夫《电力》公司；又以乌拉尔重型电机厂为主成立了生产公司。

4. 英 国

英国水力资源十分缺乏，火电比重约占总电力装机的 96.4 %（1970年总装机6720万千瓦），以火电为主。

英国生产的汽轮发电机：四十年代最大单机容量为 6 万千瓦；五十年代为10万、12万、20万千瓦；七十年代为30万、50万千瓦；七十年代初期为66万千瓦。英国把50万千瓦机组做为标准机组在本国大量采用，到1972年约有38台在电网中运行。但由于技术没有完全掌握，1970年投运的24台50万千瓦机组中，经常有 8 台因故障停机，运行很不正常。最大的66万千瓦机组目前已有 3 台投运，英国原子能发电目前是世界上占全国发电比重最多的国家，1969年占全国的11.5%。

英国的工业发展缓慢。发电设备产量最高的是1967年为1080万千瓦，以后逐年下降。表 1—9 为英国历年来发电设备产量。

表1—9 英国发电设备产量（万千瓦）

	1 9 5 9	1 9 6 0	1 9 6 1	1 9 6 2	1 9 6 3	1 9 6 4
总 产 量	509.2	598.1	523.5	450.2	546.3	581.8
汽轮发电机	383.3	514.6	476	401.2	448.5	547.8
水轮发电机	125.9	83.5	47.5	49.0	57.8	34
水 轮 机	125.9	83.5	44.3	40.9	47.8	58.2

	1 9 6 5	1 9 6 6	1 9 6 7	1 9 6 8	1 9 6 9	1 9 7 0	1 9 7 1	1 9 7 2
总 产 量	705.1	101.2	1080	689.9	689.7	571.2	627	
汽轮发电机	679.1	985.5	1068.7	686.7	679.3	571.2	627	
水轮发电机	26	26.5	11.5	12.2	10.4			
水 轮 机	101.6	15.9	72.9	145.4	24.9		25.9	

英国电机工业是欧洲第一个开始进行机构调整的工作部门。出于资本主义相互竞争的需要，在老的英国通用电气公司(GEC)基础上，又把英国联合电气公司(AEI)，英国电气公司(EEC)合并进来，成为欧洲第四个最大的发电设备制造公司之一，即新的英国通用电气公司(GEC)。该公司 1971 年完成了相当于1220亿法郎（相当于人民币540.4亿元）的交易额。这样，现在垄断英国发电设备生产的只有 GEC 和派生斯两大集团。

英国1970年火电生产能力为1000万千瓦，估计1975年将增至1800万千瓦。1971年底英国电机制造业有职工约80万人。电工产品在欧洲名列第二（仅次于西德）。电工产品的出口额占总工业产品出口额的17%。

5. 西 德

西德由于电网容量较小，过去不搞大机组。第一台 30 万千瓦机组于 1965 年才投运。1970 年 30 万千瓦以下机组仍占 80%。现在由于电网容量扩大，开始转向大机组生产，并且在制造部门进行改组和合并，以适应发展大机组的需要。

目前西德发电设备年生产能力约 1400 万千瓦（其中火电设备约 1200 万千瓦），产量还没有达到最高水平。表 1—10 为西德历年来发电设备产量。

表1—10 西德历年来发电设备产量

	1959	1960	1961	1962	1963	1964
总 产 量	461.7	431.8	439.2	522.3	425.6	462.2
汽轮发电机	402.8	368.9	289.1	448	309	383.9
水轮发电机	58.9	62.9	150.1	74.3	116.6	78.3
水 轮 机	58.3	52.1	54.3	82.7	91.4	52.2

	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972
总 产 量	479.3	453.2	385.3	418.6	420.9	877.1	530.5	
汽轮发电机	458.4	365.2	333	390.1	373.4	726.2	469.8	
水轮发电机	20.9	88	52.3	28.5	47.5	150.9	60.7	
水 轮 机	49.6	69.8	103.1	68	44	38.7	123.6	

西德生产发电设备的企业原有西门子公司和通用电气公司(AEG)以及西德勃朗 鲍 威 利公司(BBC)。近年，西门子和通用电气公司火力发电设备部分合并，成立了发电设备联合制造公司(KWU)。并生产原子能电站设备，使用美国西屋和通用电气公司的许可证。现在，该公司作为世界上一个独自技术系统，向世界市场提供产品和技术。另外，还与美国阿里斯——查摩公司，创立了旨在美国推销 KWU 技术和产品的合作企业。

6. 法 国

法国的电力以火电为主（火电约占 60%）以上。从 1948 年实行电力工业的资本主义“国有化”成立法国电力公司后，电力和电机工业才进一步发展起来。初期，仅能制造容量 4—11 万千瓦机组。在积累运行经验和引进外国技术后，第一台 60 万千瓦机组首先由法国电气机械公司(CEM)制成，并于 1968 年投入运行。

法国火电机组容量等级较少，只有 12.5 万、25 万和 60 万千瓦三个等级。1970 年的火电生产能力为 590 万千瓦，估计 1975 年将增至 970 万千瓦。

表1—11 法国历年来发电设备产量

	1959	1960	1961	1962	1963	1964
总 产 量	213.1	207.1	132.3	165.7	235.6	253.2
汽轮发电机	143	117.3	107.7	105.7	113	191.3
水轮发电机	72.1	89.8	24.6	60	122.6	61.9
水 轮 机	137.6	154.5	126	109.5	126.3	120.8

	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972
总 产 量	224.4	245.7	366.8	302.2	354.1	389.6	365	
汽轮发电机	152.6	165	258.9	244.9	281.3	314.4	245.7	
水轮发电机	71.8	80.7	107.9	57.3	72.8	75.2	119.3	
水 轮 机	109.8	52.2	87.0	133.2	47	66.8	16.5	

垄断法国电机工业的企业有法国通用电气公司—阿尔斯托姆公司、法国电气机械公司 (CEM)、日蒙——施奈德公司 (J—S)。阿尔斯托姆公司与美国通用电气公司有技术合同, 日蒙公司与美国西屋公司有技术合同, 电气机械公司实际上是瑞士 BBC 的子公司 (瑞士 BBC 占法 CEM 股份的38%)。

(三) 发展特点及趋势

1. 持续发展大机组

发电设备单机容量不断增大。其中, 火电机组和原子能机组发展较快。

发展大机组能提高劳动生产率、降低产品造价及降低电站建筑、安装和运行费用。例如装 4 台 50 万千瓦机组电站, 每千瓦成本比装 5 台 20 万千瓦机组电站成本低 25—26%。而前者电站的全部效率, 将提高约 1.5%。如苏联 80 万千瓦机组的单位成本比 50 万千瓦机组低 0.5 卢布/千瓦, 即降低了 17%。而 120 万千瓦机组单位成本又比 80 万千瓦机组低 15—20%。此外大机组可减少电站布点, 有利防止公害。图 1—1 为火电单机容量与电厂单位造价的关系。

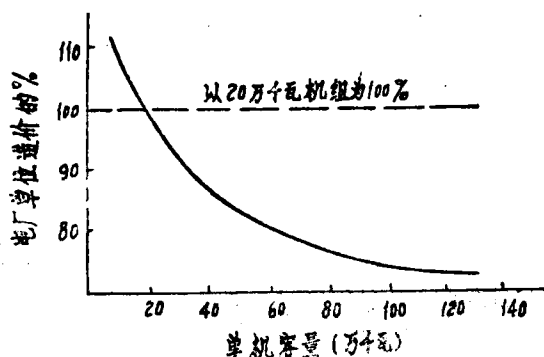


图 1—1 机组容量与电厂单位造价的关系

目前, 火电机组国外 60—80 万千瓦机组已普遍投入运行, 美国运行的最大机组为 130 万千瓦的火电机组及 110 万千瓦原子能电站用四极汽轮发电机组。正在制造 120 万千瓦机组, 西

德、英国、法国、日本等国也在制造百万千瓦以上的巨型原子能机组。

水电机组单机容量越来越大。例如，加拿大邱吉尔电站47.5万千瓦机组、苏联克拉斯诺雅尔斯克电站50万千瓦机组、美国大古力60万千瓦水电机组都已运行。

2. 企业之间“合并”或“联合”

在六十年代中和末期，一些厂家在垄断和竞争下相继合并。

英国原有四家制造大型发电设备的公司，即通用(GEC)、联合(AEI)、英电(EEC)和派生斯(Parsons)。其中，前三家在1967—1968年进行了合并，成立新的英国通用电气公司(GEC)。这样就由原来四家变成GEC和派生斯两大集团。

西德原西门子和通用(AEG)也在1969年将其火力发电设备部门合并，成立发电设备联合公司(KWU)。

瑞士勃朗鲍威利公司(BBC)几年来分别兼并了本国的奥利康·爱雪维斯公司和雪浪公司。

除合并外，各公司又互相联合。如意大利的九家发电设备制造企业组织一个叫“电气设备出口集团(GIE)”的组织。苏联也以《电力》厂、乌拉重型电机厂等为主联合几个有关工厂和研究部门成立旨在成套供应和提高劳动生产率的联合公司。日本除个别公司能自行配套外，是按电站配套联合。

3. 不断扩大再生产能力

为了加强竞争能力，许多企业在六十年代相继进行了工厂扩建、设备更新和技术改造。

美国通用电气公司在过去二十年里以斯坎内克塔迪总厂为中心，不断进行调整，扩充火电生产面积已达28万平方米。

美国西屋公司于1971年完成对东巴兹堡工厂的技术改造。扩建1.2万平方米，改建3万平方米，使其能够制造150万千瓦及其以上的汽轮发电机组。

西德发电设备联合公司，在1970—1971年米耳海姆港口建设哈芬(Hafen)厂。先建了1.6万平方米的主厂房，吊车能力600吨，可以生产200万千瓦及以下的火电机组。

苏联《电力》厂调整了一些车间和设备，新建了一些车间和跨栋，以及一座设计大楼和试验室。“电力”厂和哈尔科夫厂均新建了大型试验站，以供200万千瓦以下汽轮发电机进行各种试验。

日本三菱电机公司在1971年，新建了定子、转子和线圈三个大型车间，最大吊车为450吨（定子）和300吨（转子）。东芝公司也在1972年新建了火电机组厂房，最大吊车400吨，使年生产能力达到了600万千瓦。

瑞士BBC公司1966年在比尔菲尔德兴建了一个新厂（比尔工厂）。主跨吊车225吨两台。英国派生斯公司1970—1972年对希登工厂进行技术改造，并关闭了Erith厂将该厂的主要设备集中到希登工厂。

这些企业在进行扩大再生产的共同特点是：工厂专业化程度高，工厂扩建周期短，尽量采用专用设备、加工中心和数控机床，加大吊车容量，采用完善的试验设备。还有的厂，将汽轮机和发电机主件加工、装配和试验安排在同一厂房和跨栋内。

4. 以产品质量为竞争手段

出于资本主义互相竞争的需要，都非常重视自己产品的“声誉”。

一些厂家一般的质量检查机构，独立于生产，有的还设有质量副经理。有的厂甚至负责

电站的安装和试车，以致大修都由制造部门负责（但转子超速在厂内进行）。有些厂（如日本），发电机线圈车间比较干净，不少还有空调设备。发电机下线均有防尘措施。

产品质量主要表现在运行可靠性上。例如美国通用电气公司声称，他们生产的七百台大型火电机组，事故停机率平均为 0.7 %，即可靠性为 99.3 %。

5. 注意产品科研和设计工作

各公司均有自己的科研机构。其中有直属公司的研究部门，其任务是规划整个公司的科研工作，及研究长远的尖端和方向性的课题（如原子能发电、超导、磁流体等新技术、新材料），此外，还有从属于工厂的研究部门，其任务是结合产品的研究。设计和试验人员一般约占全厂职工的三分之一。电子计算机和其它新式计算设备和工具，广泛用于设计和研究中。对技术情报也很重视。

6. 引进技术，搞技术“合作”

在引进国外技术方面，日本最为突出。其火电机组首台均从美国引进。各制造公司均与外国有关公司有技术合同。意大利的马列里和阿斯金公司分别购买美国西屋和通用电气公司的许可证。瑞典 ASEA 和法国 (CEM) 则引用瑞士 BBC 技术。法国阿尔斯托姆引进美国通用电气公司技术，法日蒙公司则引进美国西屋电气公司技术。

除了引用技术外还搞技术合作，如日本为委内瑞拉古尔电站订货的 23 万千瓦安水轮发电机三台机中转子、励磁装置由三菱电机公司承制，而定子和附属装置则由东芝公司制造。

7. 推行标准化、系列化

推行标准化和系列化，可使产品品种简化、技术易于成熟、产品定型过程短、成批投产日期相对提前、辅机品种少、便于配套。此外，电厂建设速度加快，制造厂生产率提高，其经济效益是极其明显的。所以，制造厂都尽力简化品种，减少容量等级。例如法国火电机组标准系列只有 12.5 万、25 万、60 万千瓦三个品种；意大利也只有 16 万、32 万、66 万千瓦三个品种。冷却方式基本定型，结构也不变，这对生产是有利的。当然，资本主义生产是无政府主义的，所以也有厂家火电机组品种及容量等级较繁杂；如日本、美国、瑞士等。大电机系列化程度较高，结构上向箱型结构发展。

表1—12 1955—1975年西欧各国汽轮发电机组安装与产量（万千瓦）

安 装 设 备 的 国 家		生 产 发 电 设 备 的 国 家								总 计
		英 国	法 国	西 德	意大利	瑞 典	瑞 士	其他国家	未 知	
英 国		6237.9								6237.9
法 国			1747.3						264.5	2011.8
西 德				3647.4			77		142.6	3864
意 大 利		21	48	69.6	1518.9	289.2		250.5*	64	1972
瑞 典		79.2		119.1			96		64	656.5
瑞 士							103.8		175	278.9
荷 兰			41.8	338.4		54.4	182	225.4	48	890.2
其 他 欧 洲 国 家		173.2	581.3	584.6	55	64.4	699.8	653 *	133	2944.3
欧 洲 以 外 国 家		3529.1	473.4	1276.8	44.3	30.1	1851.7			7205.4
总 计		100404	2891.8	6035.9	1618.2	447.1	3010.3	1129.1	891.1	26063.9
其 中 出 口		3802.5	1144.5	2388.5	99.3	148.9	2906.5			
出 口 率 (%)		38	38.9	39.7	6.17	33.3	96.7			

* 主要从美国进口

表1—23 国外电工行业中有关企业生产经济指标 (1971年计)

国别	公 司	固 定 资 产 (万美元)	职工人数	年 总 产 值	劳动生产率 (平均每人)	
					外 币	人民币 (万元)
美国	通 用 (GE)	574377	40万	838163万美元	20954美元	4.63
	西 屋 (WH)	227141	13.8万	329614万美元	23900美元	5.28
	阿 里 斯 查 摩 (AC)	70561	31483	76731万美元	24400美元	5.39
日本	日 立	2789亿日元	92300	7746亿日元	840万日元	6.18
	东 芝	(1980亿日元)	73300	6144亿日元	839万日元	6.18
	三 菱	(1175亿日元)	56400	3998亿日元	708万日元	4.25
	富 士	(407亿日元)	21600	1262亿日元	584万日元	4.3
	安 川	2780	7000	368亿日元	525亿日元	3.86
英国	通 用 (GEC)	251913	21.5万	975百万英镑	4535英镑	2.36
	派 生 斯		22000	86百万英镑	3910英镑	2.02
西德	发电设备联合公司 (KWU)	8.8千万马克	9000	62.5百万英镑 (1970)	6944英镑	3.61
	西 门 子	161113	30万	1241百万英镑	4135英镑	2.15
	通 用 (AEG)	91214	16.67万	1094百万英镑	6570英镑	3.42
	B B C	35695	40500	92500万美元	22839美元	5.0
法国	通 用 (CGE)	125252	11.8万	786百万英镑	6670英镑	3.48
	阿 尔 斯 托 姆 (Alsthom)	2230	44000	225百万英镑	5800英镑	3.02
	日 蒙 (J—S)		10000	73百万英镑	7300英镑	3.8
	电 气 机 械 (CEM)	1855	9646	11300万美元	11700美元	2.54
瑞士	B B C	88154	92800	650百万英镑	7100英镑	3.7
瑞典	通 用 (ASEA)		29800	323百万英镑	10900英镑	5.65
比利时	沙 城 电 气 (ACEC)		11800	60百万英镑	5080英镑	2.65

注：1. 本表系根据英文《电气评论》73年 192 卷 1 期 12 页及 1971 年电器院编《发电和输电设备国外概况》及一机部情报所编《国外机械消息》73 年 91 期资料整理而成。

2. 美国数字是 1971 年以前的。

3. 括号内数字是根据其它数字计算而得。

二、水 轮 机 行 业

(一) 概 述

国外水轮机制造业已有 140 多年历史。其中，混流式和冲击式出现在 19 世纪中末叶，转桨式出现在 1912 年，而斜流式则是近十几年才问世的。

从 19 世纪末叶至 20 世纪初期，资本主义世界钢铁、机床加工等工业的急剧膨胀，也促进了电力工业的发展，为了广泛开发廉价的水力资源，英、美、法、德、日、瑞典、瑞士等

国，争先从事水轮机的研究和制造，各国都开始生产水轮机。（见表1—14）

表1—14 世界各大公司开始生产水轮机时间

企 业 名 称	盖伯特盖茨 茨克哥吨	阿 里 斯 摩	奈 尔 皮 克	诺 哈 夫	埃雪维舍	伏衣特	日 立	多米宁	列宁格勒 金属工厂
国 家	英	美	法	瑞 典	瑞 士	西 德	日 本	加 拿 大	苏 联
开始生产水轮机时间	100多年 历史	1883	1911	1848	1840	1865	1910	1920	1924

到第二次世界大战前夕，由于水轮机结构和性能，得到不断地改进和完善，新型品种——转桨式、定桨式、贯流灯泡式、可逆式水泵水轮机等相继出现，使水轮机制造业在世界范围内，逐渐发展起来。到四十年代为止，美国电力工业靠剥削掠夺，大发战争横财，引进欧洲技术而发展起来，水轮机制造业一直领先，英法次之。据报道，早在1941年前，美国水电总装机容量已达820万千瓦，约占当时水电装机容量的三分之二，其制造水平也较高，在1930年，一些混流式转轮就采用了较先进的铸焊结构；1943年，纽波——纽斯公司制造的18200千瓦转桨式水轮机叶片轴颈上就装置有滚珠轴承；三十年代就出现了许多中型的无人管理的遥控电站。但就世界范围内来讲，水轮机制造业的发展速度还是较为缓慢的，一些国家制造水平较低，不仅结构设计古老复杂，而且转轮等各部件多用铸造结构，又笨又大，此外还有许多国家主要靠欧美输入。

第二次世界大战以后，苏联、捷克等东欧国家，利用国内水力资源，优先发展了水电，而日本、西德、加拿大、意大利等资本主义国家，在美帝扶植下，大量引进新技术，也随之发展起来。四十年代，最大单机容量水轮机为美国大古力第1电站水轮机，单机12万千瓦。

五十年代，世界水轮机制造业有了较大幅度的发展，混流式水轮机单机容量增长到15万千瓦，轴流转桨式提高到12.6万千瓦，冲击式达11.2万千瓦，1957年9月，加拿大亚当别克电站斜流式（可逆式）水轮机——世界第一台斜流式水轮机诞生了。

六十年代是水轮机制造业发展速度最快的十年，从1958年到1968年，仅10年内，水轮机单机容量从15万千瓦递增到50.8万千瓦。从单机容量来看，苏联超过欧美，挤入水轮机国际市场。而美国在水轮机制造业方面却不很景气，成就甚微。据报道，许多地区电站水轮机竟靠外国进口；如美国大古力第Ⅲ电站60万千瓦水轮机就是由日本东芝公司和加拿大多米宁公司与美国鲍温-莱米-哈密尔吨公司合作制造的。还有芦丁顿（单机34.3万）、毕尔斯旺甫、（单机32万）布兰亥姆及尔鲍娃（单机30万）盖斯太克（单机26.1万）等等可逆式水轮机均是由日本进口。

六十年代末和七十年代初，日本水轮机制造业发展速度最快，它是在钢铁工业和机加工的大幅增加和外耗电量猛增的刺激下，依靠欧美扶植和进口国外新技术而畸形发展起来。随着日本工业的畸形发展，其水轮机制造业超过英法跃居世界第三。见表1—15。