

73.2143  
XGDG

高  
1974

《国外机械工业基本情况》参考资料

# 高 压 电 器

西安高压电器研究所编

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”。为了了解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。

本册为高压电器部分，编写单位为西安高压电器研究所。参加国外产品概况部分编写的还有沈阳高压开关厂、上海开关厂、北京开关厂和平顶山高压开关厂等。

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

一九七四年

# 目 录

一、国外高压电器行业情况	1
(一) 概述	1
(二) 行业规模	7
(三) 产品进出口情况	7
(四) 若干国家近卅年的技术水平	8
二、国外电工企业情况	12
(一) 美国	13
1. 通用电气公司	13
2. 西屋电气公司	14
(二) 西德	16
1. 西门子公司	16
2. 通用电气公司	17
(三) 日本	18
1. 日立公司	18
2. 东芝公司	19
3. 三菱公司	21
4. 富士公司	21
5. 明电舍	22
6. 日本的产品质量管理	23
(四) 英国	26
1. 通用电气公司	26
2. 雷诺有限公司	28
(五) 法国	28
1. Merlin-Gerin 公司	28
2. Delle 公司	29
(六) 瑞士	30
1. BBC 公司	30
2. S & S	32
(七) 瑞典	32
通用电气公司	32
(八) 苏联	34
1. 列宁格勒电器厂	34
2. 乌拉尔重型电器厂	34
3. Нальчик 高压电器厂	34
4. Свободный город 高压电器厂	34
5. 罗夫诺高压开关厂	35
6. 奇姆肯特开关厂	35



187824

三、国外产品概况	36
(一) 交流高压断路器概况	36
(二) 空气断路器	38
(三) 多油断路器	48
(四) 110 千伏以上少油断路器	50
(五) 户内中压少油断路器	59
(六) 真空断路器	62
(七) 发电机断路器	70
(八) 磁吹断路器	74
(九) SF <sub>6</sub> 断路器	76
(十) 封闭式组合电器	85
(十一) 户外高压隔离开关	94
(十二) 高压防爆配电箱	101
四、国外科研设计情况	105
(一) 若干国家科研、设计的组织、体制、人员、投资及规模	105
1. 美国	105
2. 英国	106
3. 西德	107
4. 苏联	108
5. 日本	109
(二) 重大课题科研动向	111
1. 超高压交流输电的研究	111
2. 直流输电的研究	112
3. 电弧理论及其应用的研究	114
4. 新型高压断路器的发展	115
5. 绝缘材料的研究	115
(三) 科研试验方法、试验室规模及设备	116
1. 国外强电流试验	116
2. 国外高压试验	134
五、高压电器方面的国际性电工组织, 学术会议活动、出版刊物等方面资料	147
(一) 有关高压电器方面的国际性电工组织	147
(二) 超高压输电的合作研究	152
(三) 电工学术活动和出版刊物	152

# 一、国外高压电器行业情况

## (一) 概述

各国电工制造行业体系大体上可分为强电设备(亦称电力机械)与弱电设备两大类, 强电设备包括发电与输变电设备。弱电设备包括电子、自动控制与消费性等电气设备。

输变电设备是将电站发出的强大电能送往远处并分配给各用电中心所需的各种电气设备的总称。输变电设备主要是指: 变压器、断路器、隔离开关、负荷开关、互感器、避雷器、电容器、导线与绝缘子等。

由于输变电设备品种繁多, 需要量大, 因此在电力工业投资中占较大比重。如英国 1968~1972 年输变电设备的投资比发电设备的投资多 17%<sup>[1]</sup>, 美国 1965~1969 年间输变电设备的投资比发电设备的投资多 35%<sup>[2]</sup>, 西德 1968~1972 年间输变电设备的投资比发电设备多 74%<sup>[2]</sup>。日本 1971 年输变电设备的总产值比发电设备总产值多 94%<sup>[3]</sup>。

在输变电设备中开关设备(高压电器, 包括断路器、隔离开关、负荷开关等)占重要地位。如日本 1971 年开关控制设备总产值 3500 亿日元<sup>[3]</sup>(占输变电设备总产值的 61%)。又如美国 1969 年建设一座 765 千伏变电站, 总投资 4500 万美元, 其中断路器占 43%、电抗器占 27%、变压器占 18%、支架占 9%<sup>[4]</sup>。

国外开关设备重点是断路器与隔离开关。

各国高压电器制造业大致兴起于十九世纪九十年代前后。随着电力事业的发展高压电器制造水平亦不断提高。二次大战前后, 世界各国输电线路以 110~220 千伏为骨干。五十年代以后高压电器发展迅速, 为电力工业的发展提供了可靠基础。1952 年瑞典首先建成了一条 380 千伏输电线路, 随后苏联、美国、加拿大、西德、法国等都相继建立了电压为 300~500 千伏的输电线路。1965 年加拿大首先建设了一条 735 千伏输电线路, 接着美国与苏联亦建成 750~765 千伏输电线路。目前各国 735~765 千伏输电线路的总长已达 6090 公里<sup>[5]</sup>。美国、瑞典与苏联等正在研究 1000~1500 千伏的输电技术问题。

超高压输电输送容量大且经济。如美国电力公司研究表明: 一条 765 千伏输电线路的输送容量相当于四条 345 千伏或十条 230 千伏<sup>[5]</sup>, 而造价只相当于二条 345 千伏线路。765 千伏输送每兆瓦电能的投资仅为 138 千伏的 8%<sup>[4]</sup>。

七十年代初, 高压电器产品已具有较完善的技术性能和经济指标, 基本上能满足电力系统提出的各种要求。

在超高压断路器中空气断路器由于动作快、参数高、重合闸性能好, 历来处于领先地位, 目前在超高压系统中使用的断路器以空气最多。瑞士 BBC 于 1964 年制成 DMF 系列空气断路器, 电压达 750 千伏、容量达 60000 兆伏安, 1965 年用于加拿大。近十年获得迅速发展的 SF<sub>6</sub> 断路器, 电压与开断容量很快亦达到了最高等级, 并且开断近区故障的能力优于空气断路器, 它噪音小, 断口电压高, 故使用范围愈来愈广泛。美国西屋公司的 750 千伏双压式 SF<sub>6</sub> 断路器经改进, 结构简化, 每相三柱六断口, 容量达 54000 兆伏安, 现已用于国内电站<sup>[7]</sup>。少油断路器

在开断性能(尤其是重合闸)上不如空气断路器与 SF<sub>6</sub> 断路器,但由于结构简单、造价低、维护方便,故仍在中压与高压系统上大量使用,但在超高压系统中使用不多。多油断路器由于尺寸大、钢铁与石油消耗量大,因而发展受到限制,它最高电压等级到 550 千伏。目前在英、美、苏联与日本仍有一定的产量,而西欧各国则已属淘汰。为适应城市变电站对高压电器提出的小尺寸、低噪音等要求,从六十年代中期开始各国积极发展 SF<sub>6</sub> 全封闭组合电器,日本由于地少、城市人口密集、公害严重,故对此特别关注。三菱和东芝公司已制出 525 千伏 SF<sub>6</sub> 全封闭组合电器,即将投入运行。真空开关用在电力系统中还只是十来年的事。它结构轻巧、噪音小、操作时对基础的反力小。它特别适用于开断小的容性电流,亦可频繁操作,目前主要用于配电系统。

生产高压电器的主要国家是瑞士、瑞典、法国、西德、日本、美国、英国与苏联等。比较这些国家的高压电器制造业可发现,它们既有共同点又有各自的特点。

主要共同点是:

1. 正如革命导师列宁所指出:“帝国主义是垄断的资本主义”。各国高压电器业的大型电工企业,为了攫取高额利润,通过排挤、倾轧并吞中小企业,资本更加集中于少数财团的垄断企业。如英国的通用电气公司建于 1900 年,以后吞并了 Fraser & Chalmers 公司, Osram 灯泡公司(于 1918 年), Peel Conner 电话公司(于 1920 年),英国电气公司(于 1967 年),联合电气工业公司(于 1968 年)。GEC 目前拥用职工 20 余万人。经管的工厂国内 150 多个,国外 30 多个。它是世界上 12 个最大的电气公司之一。又如瑞士的 BBC,职工人数占瑞士整个电机工业职工总数的 1/3<sup>[8]</sup>,瑞典的 ASEA 垄断了国内电工市场的 50%<sup>[9]</sup>。

这些垄断企业,生产多种产品,包括发电设备与输变电设备,甚至还制造弱电设备。高压电器大都由专门子公司或工厂生产。他们还向海外扩张,输出资本,通过“跨国公司”,剥夺当地的廉价劳动力与原料,榨取高额利润。如瑞士的 BBC 在加拿大、意大利、奥地利、西德与日本等地均设有大量子公司。71~72 年度 BBC 国内集团的营业额仅占整个公司总营业额的 20% 左右。

2. 虽然电力工业主要靠电工制造业来装备,但不少国家这两者的关系并不相称。某些国家由于资源条件与工业布局的特殊性,较早地建立超高压输电线路,而电工以及高压电器制造业水平并不高。如苏联,85% 的燃料和动力资源集中在亚洲部分,而电力负荷中心却在欧洲部分,为了从东向西输送大量电能,于 1957 年建成了世界上第一条 500 千伏输电线路,但它的电工与高压电器制造水平并不高,当时 500 千伏的空气断路器还不能自己制造,是向法国订购的。又如加拿大为了将北部魁北克水电站的强大电能送往南部,送往相距 800 公里的蒙特利尔,于 1965 年建成了世界上第一条 735 千伏输电线路。同样,加拿大的高压电器制造业水平也并不高,735 千伏线路的主要设备均靠进口,空气断路器由瑞士(BBC 的 DMF 型)、瑞典(ASEA 的 HVH 型)、法国(Delle 的 PK 型)提供,少油断路器也是瑞士(S & S 的 HPF-500 型)提供的。

与上述国家相反,瑞士与瑞典由于国土不大,国内输电 380 千伏已满足需要,目前尚未建设 750 千伏等级的输电线路,但其高压电器业水平较高,世界上最早的 750 千伏空气断路器与少油断路器均是它们制成,并且技术经济指标较先进,其产品大量出口。

3. 开关制造业相对于电机与变压器行业来说,理论研究与经验计算尚不成熟。特别是标志开关性能的主要指标的开断能力,虽然各国对开断过程进行了大量研究,从电学、热力学、气



体动力学等角度来分析高压电弧过程,但研究结果还只能定性尚不能定量,至今仍没有可供实用的计算开断能力的方法。开断容量还得由试验来确定,因而试验设备在很大程度上影响着新产品的发展。从事开关制造的几个主要国家都有庞大的高电压与强电流实验室。西德 Calor-Emag 公司,规模不大,在二次大战后(当时职工人数约千余人)为了发展高压电器,建立了强电流试验站,造价高达 300 万马克与该公司当时的总投资相等<sup>[10]</sup>。

4. 各国开关新产品的发展与其他工业提供的新材料、新工艺分不开。冶金工业发展的含钨触头合金,由于耐弧性能好,使开关的连续开断能力有显著提高。航空与机械工业的液压元件系列化,为高压开关采用液压操作机构提供了条件。法国的高压断路器液压机构用得较多,其主要液压元件均沿用航空工业的系列产品。化工合成的 SF<sub>6</sub>,绝缘与灭弧性能好、供 SF<sub>6</sub> 断路器与 SF<sub>6</sub> 全封闭组合电器,作绝缘与灭弧介质,为高压电器开辟了新的领域。聚四氟乙烯的应用,解决了 SF<sub>6</sub> 断路器绝缘喷口的耐弧性能,更推动了 SF<sub>6</sub> 断路器快速发展。六十年代初,采用环氧与聚酯玻璃布制品使油断路器的结构发生了重大的改革。由于这些材料机械强度高,所制灭弧室可使少油断路器的重量与尺寸大大减小。在工艺方面,精铸与压铸使开关产品既提高质量又省工时与材料。环氧树脂的浇注、卷压和浸渍工艺在多种断路器上得到广泛采用。户内断路器用环氧树脂浇注绝缘子代替瓷件,显著地改善了耐冲击负载与抗弯性能,从而提高了产品的机械寿命。

几个主要国家的各自特点是:

瑞士制造高压电器有七、八十年历史,其产品的电压等级与开断容量历来领先,性能较好,结构上有独到之处,在国际上评价较高。产品除供应国内外,并大量出口。瑞士国土 41000 平方公里,纵横不过 250 公里,最高输电系统为 380 千伏。却大力发展 750 千及伏及更高电压的电器产品,以争夺国际市场,欲继续保持它在国际电工制造业中的领先地位。

瑞典的高压输电与高压电器亦有较长历史与较高水平。1952 年建成世界上第一条 380 千伏输电线路,1954 年建成世界上第一条高压直流输电线路(100 千伏 200 安培 2 万千瓦)。上述线路的主要设备均自给。它在近十年研制超高压设备竞争中,亦处于前列。为世界上第一条 735 千伏线路(加拿大)提供 HVH 型空气断路器。瑞典的高压断路器着重于发展空气与少油。基本上不生产多油。SF<sub>6</sub> 断路器与全封闭组合电器还未见报导。

法国的高压断路器,如在少油、空气与 SF<sub>6</sub> 全封闭电器均具有先进水平。尤其在高压少油断路器,很多新的技术措施往往是首先在法国大规模采用,如标准单元组合式结构、液压操作机构,悬挂式等。在历来的最高电压输电系统中,它均提供了产品。1949 年为世界上第一条 380 千伏线路(瑞典)提供了少油断路器,1957 年为世界上第一条 500 千伏线路(苏联)提供了 AE 型空气断路器,1963 年为世界上第一条 735 千伏线路(加拿大)提供了 PK 型空气断路器。1975 年拟向美国提供 765 千伏 SF<sub>6</sub> 全封闭电器。法国的少油和空气断路器都有悬挂式结构。

西德的高压电器在战前的水平较高,二次大战中遭受严重打击。AEG 公司生产面积损失 90%,十个工厂被炸,高压研究所亦被炸毁。Siemens 公司亦损失严重,战后重建 Siemens 城。由于美帝的扶植,战后恢复较快。AEG 独创的自由喷射式空气断路器有四十余年历史,72.5~400 千伏已成系列,近来还在向上发展。近十多年,致力于改进该产品的技术经济指标。Siemens 公司的 SF<sub>6</sub> 开关水平较高,1964 年制成 H 904 型 220 千伏 15000 兆伏安双压式断路器(我国已进口三台)。1973 年又研制成 BK 系列单压式 SF<sub>6</sub> 断路器新系列,技术经济指标较先进。同年在汉诺威博览会上展出了 BK 型 525 千伏 SF<sub>6</sub> 断路器的一相<sup>[6]</sup>,这种产品结构简单,

维护方便, 造价较低, 很有发展前途。

西德在 1957 年左右建成 380 千伏输电系统, 由于国土不大已能满足需要, 故十多年来未再提高。它参加西欧联合电网, 计划于 1980 年跨越 500 与 750 直上 1100 千伏。

日本的高压电器战前较落后, 二次大战中工业遭到严重破坏。由于美帝的扶植, 以及在美帝侵朝战争与印度支那战争中接受美国大批军事订货, 工业逐步恢复。日本的高压电器的经历是: 引进、仿制、自行设计。富士公司 1966 年从西德 Siemens 公司引进 SF<sub>6</sub> 断路器, 并与它合作制造 T 型少油断路器。三菱公司早期的 SF<sub>6</sub> 断路器是从美国西屋公司引进的。东芝公司于六十年代后期从瑞士 BBC 引进 SF<sub>6</sub> 全封闭组合电器。现今由 BBC 设计, 东芝制造的 525 千伏 SF<sub>6</sub> 全封闭组合电器已制成, 已在日本使用。日本由于土地少、城市人口集中、公害严重对这种尺寸小、噪音低的全封闭组合电器特别感兴趣。日本研制这种产品起步较晚, 但发现这种产品的重大优越性后急起直追。富士、三菱、日立、东芝四大企业均积极开展这方面工作, 三菱与东芝已做出 550 千伏等级的产品, 跨入世界先进行列。

美国的石油与钢铁产量大。在断路器方面, 早期传统地沿用多油断路器。二次大战中, 它发了战争财。近二十年来它积极发展空气与 SF<sub>6</sub> 断路器。美国从五十年代初就开始研究 SF<sub>6</sub>, 走在其它各国前面。它的空气断路器具有世界水平, 但对少油断路器不很重视。对 SF<sub>6</sub> 全封闭组合电器亦重视不足, 1975 年拟建的 765 千伏封闭式变电站, 设备不能自给, 只得向法国 Delle 公司订制。美国最高输电电压为 765 千伏, 总长 2150 公里。

英国电工行业有七、八十年历史, 有生产多油断路器的传统, 不仅在早期多油断路器占很大比例, 而且到七十年代, 在高压系统中多油开关仍占相当比重。这种状况近期内不会大改变<sup>[11]</sup>。英国由于技术较守旧, 二次大战后在高压电器领域内的优势逐步丧失, 不少产品落后于瑞士、法国、西德与日本。它在近十年的两个主要趋势 ((1) 超高压 (2) 发展全封闭组合电器) 中均显露出赶不上步伐。

苏联的高压电器业起家比西欧晚。1909 年在 Siemens 公司设在沙俄彼得堡分公司的基础上建起了电器厂。十月革命后电器制造业有很大发展, 但由于原有基础薄弱仍不能自给, 1930 年前主要靠进口。1941 年开始研制 380 千伏高压电器, 后因战争而中断。战后恢复较快。

修正主义上台后, 倒行逆施, 对内实行法西斯专政, 对外奉行炮舰政策、扩军备战。使整个国民经济比例严重失调。军事工业恶性膨胀, 民用工业得不到重视。近年来又在“经济改革”、“新体制”的掩护下加紧推行资本主义经营方式, 贯彻“利润法则”对外搞“联合企业”, 实质上就是“跨国公司”的翻版。许多企业为了追求利润, 不顾质量、粗制滥造。在高压电器方面亦有很多这样的实例。如 BBH-110 型空气断路器铭牌数据为 4000 兆伏安, 但使用部门普遍反映达不到此容量。制造该产品的列宁格勒电器厂不得不于 1963 年宣布 BBH-110 只能按 2000 兆伏安使用。我国曾进口不少此种产品, 亦受其害。又如 MI-110 型少油断路器铭牌数据为 2500 兆伏安。由于该产品在运行过程中多次爆炸, 我国于 1965 年对 MI-110 型少油断路器容量进行多次核实证明, 其开断容量仅 600 兆伏安, 为铭牌数据的 1/4。

苏联为了将顿巴斯的火力发电送往西部的里沃夫, 继加、美之后于 1967 年亦建立了 750 千伏输电线路。BBB 型空气断路器在同年形成了 110~750 千伏的整个系列。总的来说, 苏联的产品傻、大、黑、粗。BBB 系列空气断路器结构粗笨、尺寸庞大。(750 千伏, 每相长达 19 米, 比瑞士 BBC 的 DMF 型长一倍)。技术经济指标落后。BBB-750 型的单位兆伏安的重量是 2 公斤, 比西欧同类产品高一倍。



表 1 若干国家高压电器行业的有关经济指标

国家	主要企业 (创办年代)	职工人数	投 资	营 业 额 或 总 产 值	主要企业的 劳动生产率	高压电器的基本系列和品种
瑞士	1. BBC (1891) 2. S & S	1972.3 BBC 国内集团 20821 人 世界范围 92800 人 [13]	1972.3 BBC 综合投资 364 百万瑞士法朗 [13]	1972.3 BBC 营业额 国内集团 1260 百万瑞士法朗; 世界范围 6411 百万瑞士法朗 其中输配电设备 2443 百万瑞士法朗 占 38%	1972.3. BBC 平均每人每年营业额 国内集团 61000 瑞士法朗	(1) 空气断路器: DMF 系列 72.5~765 千伏 DLF 系列(中容量) 72.5~765 千伏 (2) 高压少油断路器: FT 系列 72.5~765 千伏 FR 系列 145~1050 千伏(样品) (以上均由 BBC 生产) HPP500 系列 72.5~735 千伏 (S&S) (3) 10 千伏少油断路器: M 型; SBK 型 (4) SF <sub>6</sub> 封闭电器: EBK 系列 72.5~145 千伏 ELK 系列 145~525 千伏
瑞典	1. ASEA (1883)	1971 年 ASEA 37911 人 (包括国外 6166 人) [13]	1971 年 ASEA 综合投资 315.2 百万克朗 [13]	1971 年 ASEA 营业额 4001 百万克朗 [13]	1971 年 ASEA 平均每人每年营业额 10 万克朗	(1) 空气断路器: HVH 系列 60~735 千伏 (2) 少油断路器: HLR 系列 60~420 千伏
法国	1. Delle- Alsthom (1913) 2. Merlin et Gerin (1922) 3. OEM (1885)	1971 年三企业 职工人数总和 32300 人 [13]	1971 年三企业 综合投资总额 5.02 亿法朗 [13]	1971 年三企业 营业额总共 26.16 亿法朗 [13]	1971 年三企业 平均每人每年营业额 8.15 万法朗	(1) 空气断路器: PK 系列 132~765 千伏 (Delle) PP 系列 72.5~735 千伏(M&G) (2) 少油断路器: OE 系列 100~420 千伏 (Delle) HPGE 系列 17.5~420 千伏 (Delle) (3) SF <sub>6</sub> 封闭电器: 225 千伏(M&G 与 Delle 均有)
西德	1. AEG (1838) 2. Siemens 西门子 (1897) 3. BBC (1900) 是瑞士 BBC 的分公司 4. Calor-Elmag (1925)	71/72 年度 四企业 职工人数 总 共 51 万人 [13]	1972 年全国输配电 设备投资 38 亿马克 (占电力设备总投资 的 49%) [2]	1970 年全国 1 千伏 以上开关设备总产值 6.48 亿马克,是 1960 年的 2.5 倍。 [14] 1972 年四企业 营业额总额 290 亿马克 [13]	1972 年四企业 平均每人每年营业额 为 5.7 万马克	(1) 空气断路器: 自由喷射式 72.5~420 千伏 (AEG) (2) 高压少油断路器: H801E 110 千伏 5000 兆伏安 (西门子) H 型 110 千伏 5000 兆伏安 (AEG) (3) 10 千伏少油断路器: T 型 (西门子) (4) SF <sub>6</sub> 断路器: BK 系列单压式 100~765 千伏 H914 系列双压式 220~420 千伏 (西门子) (5) SF <sub>6</sub> 封闭电器: 123~765* 千伏 (西门子) 110~275 千伏 (AEG) * 765 千伏等级只见样本报导,未见试验与使用。

国家	主要企业 (创办年代)	职工人数	投资	营业额或 总产值	主要企业的 劳动生产率	高压电器的基本系列和品种
日本	1. 三菱 (1921) 2. 日立 (1911) 3. 富士 (1923) 4. 东芝 (1875)	1967年全国 电工行业职工 共 85.7 万人 [15] 1971年四企 业共 22 万人	1969年全国输配电设 备投资 4890 百万美元 发电设备投资 4230 百 万美元 1965~1969年输配电 设备投资的总额比发 电设备投资的总额多 15% [12]	1971年全国开关闭 制设备总产值 3500 亿日元 (占输变电设备总产 值的 61%) [3] 1971年四企业 营业总额 18000 亿日元	1971年四企业 平均每人每年营业额 820 万日元	(1) 空气断路器: OPK系列 72~550 千伏 (日立) RF系列 245~550 千伏 (富士) ABM系列 72~550 千伏 (东芝) (2) SF <sub>6</sub> 断路器与封闭电器: 单压式 SF <sub>6</sub> , SFHT 系列 72~300 千伏 (三菱) 双压式 SF <sub>6</sub> , SFHT 系列 72~550 千伏 (日立) 单压式 OFPPT 系列 72~300 千伏 双压式 OFDIT 系列 168~300 千伏 双压式 GBF, GBFC 系列 120~300 千伏, 全封闭 500 千伏 单压式 GSF, GSFC 系列 72~240 千伏 (东芝) 单压式 BAP 系列 72~300 千伏 双压式 HF 系列 72~300 千伏 (富士)
美国	1. GE 通用电气公司 (1892) 2. Westing- house 西屋公司 (1886) 3. Allis- Chalmers (1913) 4. ITE	1968年 四企业共 57.5 万人 [16]	1969年全国输配电设 备投资 4890 百万美元 发电设备投资 4230 百 万美元 1965~1969年输配电 设备投资的总额比发 电设备投资的总额多 15% [12]	全国开关闭 制设备 总产值 1970年 1930 百万美元 1971年 2046 百万美元 [17]	1968年四企业 平均每人每年营业额 22000 美元	(1) 多油断路器 34.5 千伏 1500 兆伏安 161 千伏 25000 兆伏安 (A.C) (2) 空气断路器 ABM 系列 145~765 千伏 (A.C) ATB 系列 230~765 千伏 (G、E) SF <sub>6</sub> 断路器 SFV 系列 115~345 千伏 EHV 系列 362~765 千伏 (西屋)
英国	1. GEC 通用电气公司 (1900) 2. Reyrolle- Parsons (1901)	71/72年 两企业共 20.37 万人 [13]	71/72年 两企业综合投资共 75.5 百万英镑 [13]	71年全国开关闭 制设备总产值 191.3 百万英镑 [18] 71/72年两企业营业 总额 1154 百万英镑 [13]	71/72年 两企业平均每人每年 营业额 5700 英镑	(1) 多油断路器 JB 型 83 千伏 1500 兆伏安 JV 型 130~300 千伏 (20000 兆伏安) (G.E.O) (2) 空气断路器 T 型 132~750 千伏 (R-P) S 型 170~765 千伏 (G.E.O) (3) 少油断路器 OSM 型 33~230 千伏 (R-P)
苏联	1. 列宁格勒 电器工厂 2. 乌拉尔重 型电机厂	58年 3000人 58年 高压车 间 400人				(1) 多油断路器 MKII 系列 85~500 千伏 苦油型 V 与 O 系列 110~220 千伏 (2) 空气断路器 BBB 系列 110~750 千伏 BBB 系列 110~750 千伏



苏联的高压断路器,早期亦以多油为主,四十年代中期开始研究空气断路器。少油断路器多用于配电系统,而高压少油断路器则电压不超过220千伏。SF<sub>6</sub>断路器与SF<sub>6</sub>全封闭组合电器尚处于研究阶段,与西欧相比的差距很大。

## (二) 行业规模

国外高压电器是电工行业的一个组成部分。而不是一个独立的行业。要单独列出高压电器行业的各经济指标较困难。但为提供参考起见,表1列出了若干国家主要企业有关高压电器行业的经济指标与基本系列和品种,并作必要的说明如下:

(1) 主要企业大都生产多种电工产品,因而职工人数与劳动生产率等指标是该企业多种产品的综合性指标,并不单指高压电器。(2) 投资与总产值除列出综合指标外,尽可能将高压电器(或输变电设备)所占比例列出。

## (三) 产品进出口情况

帝国主义,特别是超级大国利用在国际市场上的垄断地位,提高它们自己的产品出口价格,压低发展中国家原料价格,争取暴利。

西欧、美国与日本各电工垄断企业在其营业额中出口均占相当比重。

如瑞士BBC国内集团(不包括资本输出)70~71年度的出口额占营业额的65%,71~72年度的出口额占营业额的72%。瑞典ASEA国内集团71年出口额占营业额的50%左右。

表2列出若干国家开关设备与电工产品近年的进出口情况。

英国1972年1~12月开关设备进出口按国家与地区分配如下:

出口总额69.174百万英镑,其中英联邦占33%,欧洲经济共同体(EEC)占15.4%,欧洲自由贸易区(EFTA)占8.4%,南非占10.7%,美国占2.7%。

进口总额56.296百万英镑,其中英联邦占5.2%,EEC占40%,EFTA占17.7%,南非占极少,美国占29.2%。<sup>[19]</sup>

英国的开关设备贸易,从欧洲经济共同体与美国进口额为向该地区出口额的3倍,出现巨大赤字。由此可知,在这些国家与地区英国的开关设备的竞争能力已大为削弱,英国的开关设备只能向工业不太发达的英联邦各国倾销。这反映出英国这个老牌帝国正日趋衰弱的侧面。

表2 若干国家开关设备与电工产品进出口情况<sup>[17][18][19][20][21]</sup>

国家	单位	年代	开关设备		电工产品	
			进口	出口	进口	出口
瑞士	百万瑞士法郎	1966	114.6	220.5	1062.5	990.1
		1967	121.9	237.2	1099.8	1077.8
		1968	143.0	296.4	1221.5	1312.9
日本	亿日元	1969	电力机械 3.2		1411	7151
		1970			2150	8558
美国	百万美元	1968	50	1968~1970年 平均每年75~80 (断路器占1/3)		
		1970	95			
英国	百万英镑	1970	45	55	342.9	579.7
		1971	45	70	374.9	649.7
		1972	56	69		

#### (四) 若干国家近卅年的技术水平

表 3 列出了若干国家四十~七十年代初的技术水平。

纵观各国开关行业的发展,可按两个方面:

##### 1. 按电压等级

大致是 110 千伏开关设备开始于廿世纪十年代初; 220 千伏开始于廿年代初; 380 千伏的开始于五十年代初; 500 千伏开始于五十年代后期; 750 千伏开始于六十年代中期。七十年代初已开始研究 1000~1500 千伏的开关设备。

作为一个例子,图 1 示出瑞士 BBC 开关设备参数按年代的发展。

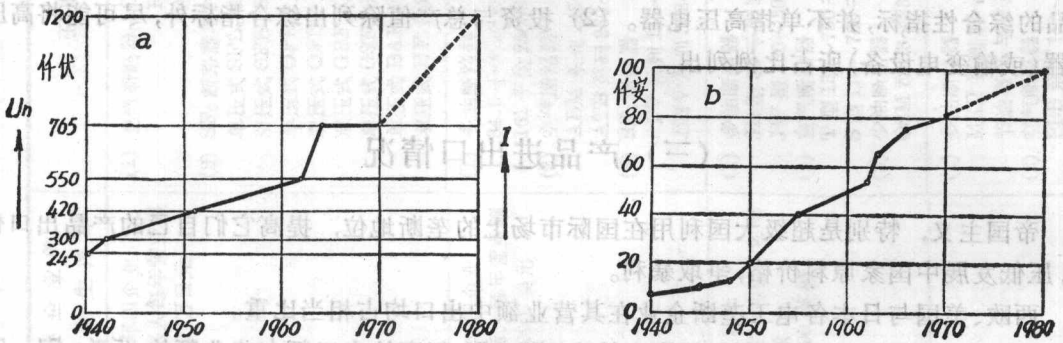


图 1 瑞士 BBC 开关设备参数按年代的发展

##### 2. 按产品类型

多油断路器从十九世纪末开始制造,少油断路器开始于廿世纪初,空气断路器始于廿世纪卅年代, SF<sub>6</sub> 断路器始于五十年代中期, SF<sub>6</sub> 全封闭组合电器始于六十年代中期。真空断路器的灭弧研究早在卅年前已开始,但由于当时材料与工艺未过关,故进展不大。二次大战后这些问题获得解决,真空断路器才付诸实用。

瑞士 BBC 近来列出了各种开关适用的电压范围,可供参考,见表 3。

表 3 各种开关的电压范围

额定电压 (千伏) $U_n$	空气	SF <sub>6</sub>	少油	多油	磁吹	真空	半导体
$U_n \leq 1$					✓	✓	✓
$1 \leq U_n \leq 24$	✓	(✓)	✓	✓	✓	(✓)	(✓)
$24 \leq U_n \leq 230$	✓	✓	✓	✓			
$230 \leq U_n \leq 500$	✓	✓	✓				
$U_n > 500$	✓	✓	✓				

注: ( ) 表示使用不多



表4 若干国家四十~七十年代初的技术水平

年代 国家	四 十 (以及四十年代以前)	五 十	六 十	七十年代初 (以及今后规划)
瑞 士	<p>1898年制成世界上第一台少油开关。</p> <p>1902年制成世界上第一台多断口油开关。</p> <p>1943年制成DBF型245千伏, 2500兆伏安空气开关。</p> <p>四十年代开关设备电压等级为245千伏。</p>	<p>五十年代开关设备电压等级最高为420千伏。</p> <p>1951年制成半充气式空气开关DCF与DOVF型, 245千伏, 5000兆伏安, 结构上首创无刀闸。</p> <p>1955年改型为DHVF, 245千伏, 容量达12000兆伏安, 首创了大容量记录。</p> <p>1958年开始研究SF<sub>6</sub>灭弧结构。</p> <p>1959年制成245~420千伏单柱式(剪刀式)隔离开关。</p>	<p>六十年代开关设备电压等级最高为550~750千伏。</p> <p>1964年制成DMF系列空气开关, 765千伏, 60000兆伏安, 次年用于加拿大。</p> <p>1966年制成245千伏SF<sub>6</sub>封闭式组合电器。</p> <p>1967年制成适用于中等容量的DLF系列72.5~765千伏(40000兆伏安)。</p> <p>同年制成550千伏TF型剪刀式隔离开关。</p>	<p>1970年开始生产SF<sub>6</sub>封闭式组合电器, EBK系列72~145千伏, ELK系列145~525千伏。</p> <p>同年制成水冷式发电机保护用空气开关DR型36千伏电流12~36千安。</p> <p>近来正在研究DLF型1100千伏, 50000兆伏安空气开关。</p> <p>并正在研究1100~1500千伏输电问题。</p>
瑞 典	<p>1895年建成一条9.5千伏的输电线, 长15公里。</p> <p>1922年建成第一条132千伏输电线。</p> <p>1933年开始生产差动式少油开关。</p> <p>1936年建成第一条220千伏输电线。</p> <p>1940年开始发展空气开关。</p>	<p>1952年建成世界上第一条380千伏输电线, 长800公里, 设备自给。</p> <p>1954年建成世界上第一条高压直流输电线(从本土到果特兰岛)。</p> <p>1957年制成HVH型420千伏常充气式空气开关。</p> <p>1958年接受英法订货, 为英伦海峡海底直流输电提供成套设备, 61年投入运行。</p>	<p>1964年制成HVH型735千伏空气开关, 次年用于加拿大。</p> <p>1967年制成可控硅换流伐装于果特兰岛系统。</p> <p>1969年ASEA与美国AEP开始合作研究750~1500千伏输电问题。</p>	<p>1970年果特兰岛高压直流输电系统, 进入第二期发展工程。</p> <p>在空气开关方面研究光电控制。</p>
法 国	<p>1924年建成150千伏电网。</p> <p>1929年采用压缩空气灭弧制成60千伏空气开关。</p> <p>1931年建成220千伏电网。</p> <p>1949年Delle为瑞典的第一条380千伏输电线提供少油开关。</p>	<p>1957年Delle为苏联的第一条525千伏输电线提供AE型空气开关。</p>	<p>1963年Delle的PK型空气开关形成132~735千伏的整个系列, 735千伏开关用于加拿大。</p> <p>1966年Delle为美国的第一条765千伏输电线提供PK型空气开关。</p> <p>1966年Delle与Merlin-Gerin均制成245千伏SF<sub>6</sub>封闭式组合电器。</p>	<p>Delle正研制PK型1200千伏, 100000兆伏安空气开关。</p> <p>Delle-Alsthom已接受美国订货, 于1975年提供765千伏SF<sub>6</sub>全封闭组合电器。</p>
西 德	<p>1930年西门子公司首创膨胀式少油开关。</p> <p>1939年AEG开始试制自由喷射式空气开关。</p> <p>1942年AEG提出合成试验用的Weil-Dobke回路。</p>	<p>1955年开始研究SF<sub>6</sub>的绝缘与灭弧性能。</p> <p>1957年AEG的A. Hochrainer提出确定恢复电压波形的四参数法。</p>	<p>1964年西门子制成双压式H904型SF<sub>6</sub>开关220千伏, 15000兆伏安。</p> <p>1965年Calor-Emag公司展出世界上第一台110千伏封闭式组合电器(少油开关+SF<sub>6</sub>绝缘)67年投入运行。</p> <p>1967年AEG的自由喷射式空气开关, 自称形成72.5~750千伏的整个系列。(实际上, 只做到420千伏)</p>	<p>1973年西门子单压式BK型SF<sub>6</sub>开关, 自称形成220~750~1200千伏的整个系列。(但750千伏及以上的未见试验报告与使用)。</p> <p>计划于1980年跨过500与750千伏, 直接上1100千伏, 以与西欧联合电网配网。</p>

年代 国家	四 十 (以及四十年代以前)	五 十	六 十	七十年代初 (以及今后规划)
日本	战前, 开关制造业比较落后。系统中使用的高压开关以多油为主, 电压最高为 154 千伏。	1952 年建成 275 千伏输电线路。 1953 年三菱开始研究 SF <sub>6</sub> 的灭弧性能。	初期与中期仍以引进国外技术为主, 后期研制出自己的开关产品。 1964 年制成 300 千伏, 1968 年制成 550 千伏, RF 型, 一周波同步空气开关 (富士) 1967 年开始筹建 500 千伏输电线路, 至 1969 年已架设 644 公里, 但使用电压为 275 千伏。 1969 年富士根据西德西门子专利, 制造 110 千伏, SF <sub>6</sub> 封闭式组合电器。	独立研制, 已达相当高的水平。 七十年代初, 三菱、东芝、日立、富士先后制造双压式与单压式 SF <sub>6</sub> 开关并以此为基础制成 SF <sub>6</sub> 封闭式组合电器, 其中三菱与东芝已制成 500 千伏 SF <sub>6</sub> 封闭式组合电器, 330 千伏级的这种产品已投入运行。1971 年日立的 OPK 型空气开关形成 72~550 千伏的系列。同年, 明电舍制成 24 千伏, 1000 兆伏安真空开关。 1973 年将输电线路升压到 500 千伏。
美国	四十年代内, 最高输电线路电压为 237 千伏, 长度约 300 公里。 1898 年, 采用 61 千伏输电。1912 年起采用 132 千伏输电。 1923 年起采用 220 千伏输电, 廿年代, 其长度约 220 公里。	从 1953 年起, 采用 345 千伏输电, 五十年代内, 长度约 350 公里。 1950 年, 西屋公司开始研究 SF <sub>6</sub> 的绝缘与灭弧性能。 1955 年 115 千伏, 1000 兆伏安 SF <sub>6</sub> 开关投入运行。 1957 年 G.E 制成 ATB 型 138 千伏, 常充气式空气开关。 1959 年西屋公司制成 230 千伏, 15000 兆伏安, 双压式 SF <sub>6</sub> 开关 (是世界上最早的)。	从 1963 年起, 采用 500 千伏输电, 六十年代内, 长度约 500 公里。 1963 年 Joslyn 等两公司合作制成世界上第一相 500 千伏, 多断口真空开关。 1964 年 G.E 公司 ATB 系列空气开关发展到 765 千伏, 54000 兆伏安。 1967 年 A.O 公司形成 ABM 系列空气开关 145~765 千伏 165000 兆伏安 1969 年建成 765 千伏输电线路长 112 公里, 投入运行。	1970 年西屋公司的双压式 SF <sub>6</sub> 开关, 做到 765 千伏, 54000 兆伏安。 1972 年建成 765 千伏输电系统, 总长 1680 公里。
英国		多油开关 OF 型 110, 132 千伏 (3500 兆伏安) (GEO) 少油开关。OS 型 33~220 千伏 (7500 兆伏安) (Reyrolle) 空气开关。G 型 132~165 千伏, 容量 2500~3500 兆伏安 (E.E.C) 后发展为 M 型 220~345 千伏, 容量 7500~10000 兆伏安 (E.E.C) G 型与 M 型均带外闸刀。	1961 年 EEC 制成 r 型常充气式空气开关, 400 千伏。 1968 年 EEC 的空气开关发展为 170~765 千伏的整个系列。(EEC 现属 GEC)	Reyrolle 公司的空气开关形成 T 型系列 132~750 千伏。 GEC 制成 300 千伏 SF <sub>6</sub> 封闭式组合电器。
苏联	1940 年最高输电电压为 220 千伏。 1941 年以前已研制 380 千伏电器, 后因战争中断。 1944 年 BЭИ 开始研究空气开关, 46 年完成 110 千伏, 2500 兆伏安, 49 年开始生产。	1952 年制成 BB-400 空气开关。 1954 年 BЭИ 开始研究 BBHP 型空气开关。 1957 年将 400 千伏输电线路升压到 500 千伏。 1958 年制成 MKII-500 多油开关。 1959 年制成 BBHP-500 空气开关, 并投入运行。	1966 年列宁格勒电器厂的 BBB 型空气开关, 形成 110~750 千伏整个系列。 1967 年 750 千伏试验线路 (90 公里) 投入运行。	1972 年建成 750 千伏输电线路的一段 (计划总长为 1100 公里) 1970 年自称制成 BB-1200 型空气开关, 电压 1200 千伏, 容量 65500 兆伏安。 近来, 正研究 1150 千伏输电线路有关问题, 计划于 1980 年建设 1200 公里。



## 参 考 文 献

- [1] 《输变电设备知识》西安高压电器研究所编
- [2] 《ETZ-B》1973, No. 5.
- [3] 《电气年鉴》电气新闻, 1973.
- [4] 《ETZ-A》1969, No. 15.
- [5] 超高压输电线见《高压电器》1973, No. 2/3.
- [6] 《Экспресс-информация, Электрические машины и аппараты》1973, No. 40.
- [7] 《Westinghouse Engineer》1973, Vol. 33, No. 4.
- [8] 《国外机械工业主要企业介绍》1964, 一机部情报所编。
- [9] 《瑞典电机工业发展概况》1792, 12. 一机部情报所编。
- [10] Calor-Emag 样本
- [11] 英国高压电器考察小结 1972, 6.
- [12] 《Electrical World》1969, No. 11.
- [13] Jane's Major Companies of Europe》1973.
- [14] 《ETZ-B》1972, No. 7/8.
- [15] 《发电和输变电设备国外概况》1971年, 电器院编。
- [16] Moody's Industrial Manual 1972 版 <英文>
- [17] 《U. S. Industrial Outlook》1971.
- [18] 英国年度统计摘要 1972 版 <英文>
- [19] 《Electrical Review》1973, No. 6, p. 216.
- [20] 国际贸易统计年鉴, 联合国编 1970 版 <英文>
- [21] 日本电气年鉴、电气新闻。1971; 1972.
- [22] Brown Boveri Review 1970, Vol. 57, No. 12.

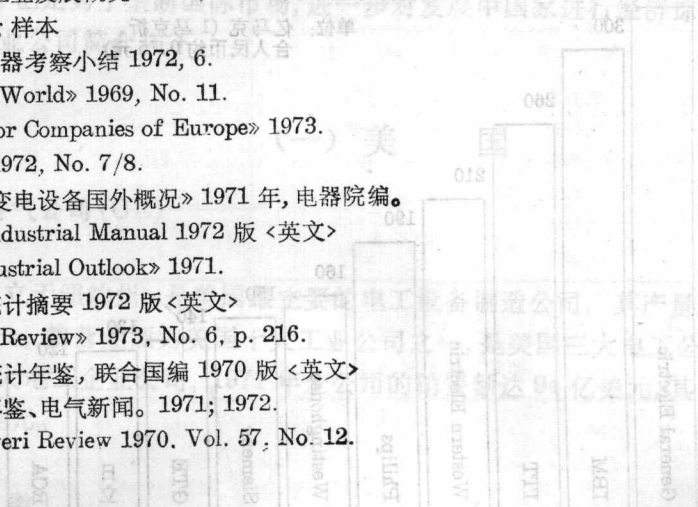


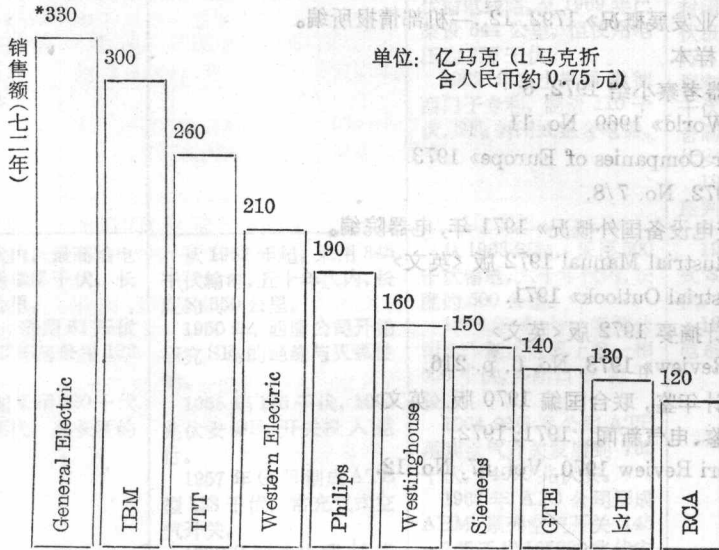
图 6 公司近几年来的人数表  
自 1971 年 10 月至 1973 年 9 月

图 6 公司近几年来的人数表。图 6 显示了 1971 年至 1973 年间，所列各公司的员工人数（以千人计）的变化趋势。从图中可以看出，所有公司的员工人数均呈现出逐年增长的趋势。其中，General Electric 的员工人数在 1971 年为 200 千人，到 1973 年增至 220 千人。而 LBN 公司的员工人数在 1971 年为 190 千人，到 1973 年增至 210 千人。其他公司的增长幅度也各不相同，但整体上都保持了稳定的增长态势。

## 二、国外电工企业情况

在资本主义国家，高压电器为垄断的几家大公司所控制。苏修仿效西方也搞以生产厂为主的联合企业。世界十大电工企业及其销售额如下：

表5 世界十大电工企业



资料来源：“Siemens today’ 73”  
\* 自 1971 年 10 月至 1972 年 9 月

从上表可看出：美国的通用电气公司(GE)为世界上最大的电工企业公司。1972年的销售额达330亿马克(约94亿美元)，折合人民币约247.5亿元，而该公司1962年的销售额为47亿美元，即10年内就增加一倍。更有甚者，战后西德、日本在美国的扶植下，经济恶性膨胀，资本高度垄断，如西门子公司(SMS)，62~63年度销售额为50亿马克，而71~72年度达150多亿马克，折合人民币为112.5亿元，不到10年增加了三倍，资本的高度垄断是十分惊人的。正如伟大导师马克思在“资本论”中所指出的：在资本主义制度下，“生产剩余价值或赚钱，是这个生产方式的绝对规律”。

目前世界上从事电力设备生产的大企业，如：美国的通用电气(GE)和西屋公司(WH)；英国的通用电气公司(GEC)；西德的西门子公司(SMS)；瑞士的勃朗·鲍威尔公司(BBC)；瑞典的通用电气公司(ASEA)；日本的日立、东芝公司等等，都通过下列手段走向资本的高度垄断：

第一在国内，一方面残酷地剥削、压榨广大劳动人民，刮尽民脂民膏；另一方面、是尔虞我诈，“大鱼吃小鱼”。已发展到大公司间的吞并，例如，1968年西德 AEG 公司吞併了有名的德律风根(Telefunken)公司；英国通用电气公司(GEC)继1967年吞併了英国第二大电工企业公司 EEC (英国电气公司)后，1968年吞併了 AEI (联合电气工业公司)，上升为世界上第12个最大的电气公司。

其次在国外，大搞“跨国公司”，通过资本、技术输出对中小国家进行疯狂的经济侵略，利用中小国家的廉价的劳动力、地皮、能沉及原材料，建立分公司、工厂，加工的成品又高价出售，榨取高额利润。例如，西德西门子公司在国外有 30 多个制造厂、子公司和洋行分布在 120 个国家的 450 多个城市。又如 1963 年统计，美国 GE 公司，共有 66 个子公司，其中国内 13 个，而国外 53 个。

第三，拼命抢夺国际市场。典型的例子是西欧瑞士 BBC、瑞典 ASEA、法国 Delle 等公司，它们国内并无 750 千伏等级的输电线路，但为争夺国际市场，却大力研究并生产 750 千伏等级的输变电设备；甚至 ASEA 公司最近已研究、试制出 1100~1500 千伏等级特高压输电的变压器样品，又如最近西德 SMS、AEG 和瑞士 BBC 三公司垄断了桑给巴尔——莫桑比克的直流输电的全部工程，也是为了垄断国际市场，进一步对发展中国家进行经济掠夺。

各电工企业公司简介如下。

## (一) 美 国

### 1. 通用电气公司 (GE)

#### (1) 简史

1892 年成立于纽约州，是美国最主要的电气设备制造公司，其产量占美国电工行业全部产量的四分之一，按营业额为美国十大工业公司之一，是美国三大电工公司中最大的一个，也是世界上最大的大电工企业公司，1971 年全公司的销售额达 94 亿美元，其中工业电力设备的销售额达 21 亿美元。

#### (2) 规模

##### 1) 职工人数

GE 公司近几年来来的职工人数见表 6。

表 6 GE 公司职工人数

年 份	1967	1968	1969	1970	1971
职工人数	385,000	396,000	410,000	397,000	363,000

##### 2) 工厂数

1971 年，全公司在美国 32 州，共有 210 家制造厂，在国外 23 个国家设有约 80 家制造厂。费城有三个工厂，专门从事开关、断路器及宇宙飞行用品的生产。

##### 3) 股东数

至 1971 年 12 月 8 日止，共有 514,000 股。

##### 4) 设备投资

1970 年 5.8 亿美元

1971 年 5.5 亿美元

##### 5) 产品种类

该公司主要研制、生产、销售供发电、输电和电力使用、控制用的各种设备和器材，有 5 大