

《国外机械工业基本情况》参考资料

高压电器制造技术

第一机械工业部第七设计院编



第一机械工业部技术情报所

内容简介 本资料为《国外机械工业基本情况》的高压
电器制造技术部分，共九章。主要内容是介绍高压开关的制
造技术及其新工艺。可供从事高压开关的各级领导干部、工
程技术人员和教学工作者阅读和参考。

高压电器制造技术

第一机械工业部第七设计院

(内部资料)

*

第一机械工业部技术情报所编辑出版

机械工业出版社印刷厂印刷

北京中国书店 上海市科技书店 重庆市新华书店

经 售

*

1980年3月北京

代号79-38 • 定价：0.72元

出 版 说 明

以华主席为首的党中央向全国人民提出了新时期的总任务，全国从上到下一心一意搞四个现代化。机械工业要适应“四化”的要求，必须为国民经济各部门提供现代化的技术装备。为此，需要研究和学习国外机械工业的先进技术和经验。在这种形势下，我们组织有关单位编写一套《国外机械工业基本情况》参考资料。这项工作第一次开始于1973年，1975年基本完成。这次是第二轮，在内容和范围上都比上次有所充实和扩大。

这套参考资料按专业分册出版。本书为《国外高压电器制造技术基本情况》主编单位是一机部第七设计院，参加编写单位有沈阳高压开关厂、西安高压开关厂，平顶山高压开关厂，主要执笔人员有王亢、谢应洪、孟广毅、成先之、夏先梅等同志。

第一机械工业部技术情报所

目 录

第一章	概 述	1
第二章	行业概况	7
第三章	企业概况	11
第四章	钣金焊接工艺	26
第五章	涂漆工艺	37
第六章	金属切削及少无切削加工	45
第七章	绝缘件制造	57
第八章	装配工艺	66
第九章	高压电器的可靠性管理	76

第一章 概 述

在强电设备中，输变电设备很重要。各国对输变电设备投资都大于发电设备投资，如英国 1968~1972 年间输变电设备投资比发电设备多 17%，美国 1965~1969 年间输变电设备投资比发电设备投资多 35%，西德 1968~1972 年间输变电设备投资比发电设备投资多 74。

在输变电设备产值中，各类高压开关装置（高压电器）的产值所占比例：英国 1975 年为 63%，美国 1975 年为 61%，日本 1975 年为 62%。

高压电器产品的品种繁多，型式和结构原理也不完全相同。其中作为代表的产品是断路器和隔离开关。

瑞士生产高压电器已八十年，其产品性能较好，国际上评价较高。瑞士生产高压电器的工厂主要是勃朗·鲍维里公司（BBC）的巴登厂（BADEN）、比尔厂（BIRR）、奥立康厂（OERLIKON）和以生产少油断路器闻名的 S·&·S 公司。

法国的高压少油断路器、空气断路器、六氟化硫全封闭组合电器都具有很高水平。据法国德莱莱——阿尔斯通公司（Delle-Alsthom）声称，美国 765 千伏线路中的高压断路器几乎全部是由该公司提供。法国生产高压电器的主要厂家是梅林·格林公司（M·G）、德莱——阿尔斯通公司、法国电机公司（CEM）。

瑞典制造输变电设备历史也较长，而且着重发展少油断路器，近年来也着手发展六氟化硫电器。主要生产厂家是瑞典通用电气公司（ASEA）。

西德是世界上电工机械的主要生产国家，在发展六氟化硫全封闭组合电器方面走在前面。高压电器的主要制造厂是西门子公司（Siemens）在柏林的斯考文特工厂和慕尼黑工厂、通用电气公司（AEG）的卡塞尔工厂和萨克森中压开关厂，以及克莱·安马格公司（Calor-Emag）。

日本高压电器制造，由于大力引进国外先进技术进行仿制，发展很快。现已能自行设计并制造出 550 千伏的全封闭组合电器。生产高压电器的主要厂家是四大电工企业，日立公司，东芝公司、三菱电机公司、富士电机公司。

美国在高压断路器制造方面落后于西欧各国。以生产多油断路器为主，近年来开始大量采用六氟化硫全封闭组合电器和六氟化硫气体断路器。主要生产厂是通用电气公司（G·E）、西屋公司（W·E）、阿里斯·查摩公司（A·C）及古尔德公司（Gould Itc）等。

英国除生产多油断路器外，还发展真空断路器和六氟化硫断路器。英国生产高压电器的企业主要是通用电气公司（GEC）和雷诺尔公司（REYROLLE）。^{（注）}

苏联生产高压电器的历史比西欧各国短，发展缓慢。空气断路器做到 750 千伏，而六氟化硫电器尚处于研制阶段。苏联生产高压电器的主要工厂是列宁格勒电器厂、乌拉尔重型电机厂、纳里契克（Нальчик）高压电器厂、自由城（Свободный Город）高压电器厂、罗夫诺高压开关厂、奇姆肯特高压电器厂。据 1976 年报导，苏联在列宁格勒新建了一座生产 750 千伏及以上的高压电器厂，该厂号称苏联最大的高压电器生产厂。

上述各国生产高压电器的共同点可以归纳成如下几个方面：

一、生产比较集中

高压电器和其他强电设备生产通常是集中在几个大型企业里。如美国 1972 年开关装置

注：1977年和其他公司合并为北方工程工业公司（NED）。

的生产厂家共 462 家，总销售额为 21.24 亿美元，其中四家大公司的销售额占全部销售额的 51%，八家大公司的销售额占总销售额的 65%，二十家大公司占 79%，五十家大公司占 89%，而其他四百多家企业才占总销售额的 11% 成套开关装置和配电电器的销售额则全为通用、西屋、阿里·斯查摩、联合太平洋、古尔德等五个公司所垄断。

加拿大 1974 年生产强电设备的厂家有 184 个，总产值 764509 千加元，其中 100 人以上的工厂 60 家，产值为 642358 千加元，约占总产值的 85%。

法国强电设备的制造厂家有 488 家，其中生产高压电器的只有 87 家，占 17.8%。

日本日立、东芝、三菱、富士等四家公司的强电设备产值占全日本强电设备总产值的 50% 以上。

这种集中和垄断反映了竞争的需要和结果。为了保持市场占有率以及产品的竞争能力，就必须不断地提高产品质量，加速产品的改型换代，因此要耗费巨额投资和发挥极大的技术能力，高压电器产品尤其是这样。由于高压电器的研制周期较长，而且需大量投资建设高电压和强电流试验室，力量薄弱的企业无法胜任。因此，企业合并和吞并屡见不鲜。例如英国 GEC 公司建立于 1900 年，先后吞并了好几个电机公司，到目前成为世界第十二位电气公司。瑞士 BBC 公司也是如此，直至 1968 年还吞并了著名的奥立康电工机械制造公司，成为近十万人大型跨国企业。

二、工艺和产品分工的专业化

国外高压电器生产一般都按专业化分工进行，主要表现在一个大型电工机械制造企业中，高压电器和其他输变电设备往往在一个或几个专业化的分工厂中生产，一些辅助工艺（例如铸、锻、表面涂饰等）则由一些辅助专业工厂承担，这就是所谓“公司内部的专业化分工”。

以日本为例，生产输变电设备的专业厂日立公司的国分工厂，主要生产变压器、互感器和高压断路器以及其他各种高压电器。而中压配电电器、低压电器以及开关板全部集中在大瓮工厂生产。东芝公司生产输变电设备（高压电器）的工厂是滨川崎工厂，生产中压配电电器和开关板是府中工厂。三菱电机公司生产高压电器的主要工厂是伊丹制作所，但开关装置及开关板生产却比较分散，除三田工厂外，伊丹工厂也生产开关板。为了改善这种状况，提高专业化程度，该公司于 1977 年 11 月在四国丸龟市开始兴建丸龟工厂，把分散生产的 6~30 千伏配电盘及六氟化硫断路器、磁吹断路器和真空断路器集中生产。计划 1980 年建成投产，投资 60 亿日元，占地约 20 万平方米，建筑面积 39000 平方米，年产开关板 4000~5000 面，产值约 200 亿日元。

除上述产品按专业化分工生产外，从零件和加工工艺也按专业化协作进行。

如日本日立公司的国分工厂，有职工 2093 人，占地 964000 平方米。但并非工艺俱全的工厂，电瓷件、橡胶件、化学品、绝缘材料、标准件、铸锻件（包括精密铸锻件）均靠协作。日立公司的专业铸锻厂——胜田工厂是 1962 年把日立工厂、国分工厂的铸铁部门集中到茨城县胜田市建立起来的，1970 年把国分工厂的有色铸造移入至此，1973 年把龟有工厂的铸铁、铸钢、有色金属铸造部门转移到胜田工厂。这个工厂生产的铸锻件 50% 为日立公司自用，50% 外供和出口。其合金部门的建筑面积约 4000 平方米，设在第二铸造车间内。整个公司的铜、铝等合金铸件特别是断路器用的高导电性铸件都集中在该厂生产。

另外，三菱电机公司的旭工厂、安川电机公司的中间铸造工厂等都是专业化的铸工厂，为高压电器和各类电气机械提供铸件。

英国通用电气公司 (GEC) 在比利时的温可尔公司, 由于专门生产电器材料和零件, 营业额五年内增加了一倍, 1972 年达 1600 百万比利时法郎。温可尔公司在比利时的根特工厂有职工 1900 人, 在荷兰、法国、西德都有其代理机构。该厂主要产品有全绝缘模压塑料开关柜及塑料压制零件, 年产热固性塑料零件 2640 吨, 热塑性塑料零件 480 吨, 胶木粉月产 800 吨, 75% 外销到西德西门子及通用电气公司等。

根特厂设有模具车间, 制造冷冲模、热压模及密封零件, 有 120 名熟练工人, 模具制造能力较强, 40% 的任务是对外加工。塑料成形车间有 132 台塑料成形机械 (包括热固性注射机), 大部分自动操作, 一个工人可看管 8~10 台; 热塑性注射机 32 台。机械加工车间: 大量生产触头、接线座及其他产品零件, 有 120 台自动车床加工生产批量大的零件, 若干台多工位机床加工形状复杂的零件, 30% 任务是对外加工。装配车间: 有部分自动拧螺钉机, 但大部分产品仍采用一般装配方式。

南斯拉夫米纳尔公司高压电器制造有装配厂和加工厂两部分。零件加工厂负责断路器的机械零件加工, 包括工具、小零件、大零件冷冲压、下料、表面处理等六个车间, 共有机床约 100 台。对加工好的零件进行严格检查, 经包装后送往装配工厂。

法国电机公司没有大型热加工厂, 其勒阿弗尔高压电器厂和加尔迪高压电器厂所需热加工件全部由克鲁索·鲁瓦尔公司协作。

法国高压断路器多采用液压机构, 其中液压元件是由法国航空工厂提供。此外, 环氧树脂浇注浸渍、卷压等工艺是由公司内部和外部的协作解决。机床大修等也实行专业化协作, 不是每个工厂都设置机修部门。象数控机床之类复杂设备往往由制造厂包修。如日本富士通法纳克工厂, 生产机床和其他设备控制用计算机, 对使用该厂配套的数控机床的用户, 富士通法纳克工厂负责计算机部分的大修, 还通过厂办专业学校为用户培养维护和操作人员。

三、广泛的技术交流和技术引进

在国际各类技术交流活动中, 与高压电器行业有关的主要国际组织, 是“国际电工委员会”(IEC) 和“国际大电网会议”(CIGRE), 以及工艺性的“国际触头会议”等。

国际电工委员会的宗旨, 是促进各国电工科学技术的交流及统一各国标准, 消除国际贸易的技术障碍。

国际大电网会议定期交流经验与研究成果, 主要包括:

1. 发电机、变压器和断路器;
2. 架空线与地下电缆和线路的安装、绝缘和维护;
3. 电网运行、保护与联接;
4. 220 千伏以上电压的专门技术。

全会每两年举行一次, 按专业划分为三个部、十五个专业组。与高压电器行业有关的专业组是第 13 小组: 断路器; 第 23 小组: 变电站; 第 33 小组: 过电压与绝缘配合。

除上述国际性组织外, 还有一些地区性组织, 如 PEHLA 高压大容量试验协会、欧州短路线网等; 各国都有全国性的电工组织, 如日本的电气学会、西德的电工学会等, 这些学会都发行各种技术刊物, 刊载技术论文和研究报告。同时, 这些学会还组织各种讲座、考察和学术会议, 进行技术交流。另外, 各大型电工企业都办有厂刊, 随时报导各企业的研究成果和生产情况。从各种技术贸易和技术引进中, 获得和利用彼此最新科技成果。如西德的西门子公司向英国 GEC 公司提供全套 420 千伏六氟化硫全封闭组合电器的制造技术, 英国

GEC公司向西门子公司提供真空开关制造技术作为交换条件。西门子公司和日本富士电机公司合作研制T型中压少油断路器，富士公司采用西门子公司提供的制造六氟化硫全封闭组合电器的技术。日本东芝公司从瑞士BBC公司引进制造空气断路器的技术。日本明电舍公司和美国GE公司合作制造真空灭弧室，而且还合作投资兴建一个生产真空灭弧室的工厂。日本安川电机公司从法国引进六氟化硫断路器制造技术。日本日新电机公司由法国梅林-格林公司引进技术制造各种断路器、开关和高压试验设备等。

象南斯拉夫、罗马尼亚等国也采取多种形式引进国外技术。南斯拉夫和罗马尼亚生产的高压断路器几乎全部是引进国外技术的。南斯拉夫米纳尔公司高压电器装配厂的PU型中压少油断路器，电压7.2千伏~38千伏是按意大利马格里尼公司的许可证生产的，现在已是第五代产品了。该厂的110千伏到170千伏单断口VPS型少油断路器是按瑞士S & S公司许可证生产。南斯拉夫动力投资公司高压电器厂的7.2~38千伏HK、HG型中压少油断路器采用法国德莱公司的技术进行生产。南斯拉夫拉得·康察尔公司开始是按西德西门子公司许可证进行生产，1965年开始按法国梅林-格林公司的许可证生产72.5~420千伏PP型空气断路器。罗马尼亚“电力”制造中心，克拉约瓦电工厂电器分厂按法国德莱公司许可证生产中压少油断路器。南斯拉夫米纳尔公司还从意大利引进了三条少油断路器装配生产线。

许多企业在引进技术以后，进行消化、研究并有所提高后，转让给他国，如日本三菱公司从美国西屋公司引进六氟化硫电器制造技术，经研究发展以后，又向美国出口六氟化硫断路器制造技术。

四、采用先进的制造技术

国外高压电器制造业中，在生产和管理方面，由于广泛采用电子计算机及各种自动化设备，不断应用最新制造技术，使得生产技术面貌发生了很大变化。

1. 加工和装配技术的发展

高压电器的制造主要有：机械加工（金属成形加工和金属切削加工）、焊接加工（包括板材切割加工）、表面处理（包括油漆、涂敷和电镀等表面处理）、绝缘加工和装配等部分。

为了改善劳动条件，提高生产效率和产品质量，降低材料消耗和生产成本，各厂家都很注意工艺方法的改革和提高设备的自动化。

（1）不断改进工艺方法，发展制造技术。如焊接工艺，在四十年代到五十年代一直沿用手工电弧焊，而现在普遍用自动焊机。日本川崎公司用氩气保护焊焊接开关板骨架，美国西屋公司的多油断路器的油箱底，是以二氧化碳气体保护焊进行焊接。在铝和不锈钢的焊接中，还应用等离子束焊和自动埋弧焊。虽然各类自动焊的品种很多，但由于手工电弧焊有设备简单、投资少、维护费用少、没有辅助机械等优点，所以至今仍广泛应用。

在绝缘加工中，塑料压制已逐步为塑料注射所取代，环氧浇注件的常温、常压固化，已为加压和离心固化所替代，从而加速了固化周期，提高效率十几倍。在油漆工艺中，手工喷漆为静电喷漆和电泳涂漆所取代，并更多地采用环氧粉末涂敷。

在机械加工工艺中，一部分切削加工的零件，逐渐改成成形加工。如日本安川电机公司把OGR型六氟化硫气体中压断路器的触指，由切削加工改成冷挤压成形。在切削加工中广泛用各种先进刀具和自动机床，提高了切削加工的效率 and 劳动生产率，加速了产品更新的周期。

（2）生产过程和设备的自动化

在机械加工中，普遍采用数控机床。美国西屋公司特拉费尔德断路器厂、英国通用电气公司金伯尔厂、法国德莱·阿尔斯通公司维莱班厂、西德西门子公司柏林斯考文特开关厂、日本日立公司国分工厂、富士电机公司吹上工厂、三菱电机公司伊丹制作所、高岳制作所名古屋工厂等，都以各类数控机床加工断路器的零部件。日本富士电机公司吹上工厂的机械加工车间，1974年统计共有数控机床16台，在加工过程中，上下工件、工具和夹具的更换是由一套机械手自动来完成。该厂各车间之间的零部件传递是由一个自动运输系统来完成，采用一种新型电磁车装载各种零部件和成品入库。另外，在加工和装配的生产管理上广泛用电子计算机，如日本三菱电机公司在伊丹制作所生产断路器、全封闭组合电器的机械加工车间，采用小型电子计算机进行管理。三菱电机公司神户制作所1969年建成开关柜生产线，分为主干生产线和辅助生产线，整个生产线的管理和生产指挥是由电子计算机进行。目前已由单机自动化过渡到全自动化的生产线，日本正在设计和建立一个完全无人化机械工厂的模型；大规模的自动生产线在电器制造行业已有雏型。如日本川崎电气公司，于1975年建立完整的无公害的开关板外壳制造自动生产线，可以进行各种钣金加工，并能自动点焊，最后自动进行表面处理和粉末喷涂，全线长195米，全由电子计算机控制；由一人在中心控制室内发布各种操作指令，控制全线的生产。

2. 电子计算机广泛用于设计和数据处理

在高压电器的设计和试制过程中，已用电子计算机进行设计和处理试验数据，并用自动制图机来绘制图纸。

美国通用电气公司在高压电器强电流试验室中，采用电子计算机作数据记录整理。日本东芝公司、日立公司、富士电机公司、川崎电气公司等都用计算机系统来自动设计开关板，电子计算机，可以根据客户提出的要求进行计算，再把计算结果输入自动制图机制成所要求的图纸，如东芝公司的开关板设计，由电子计算机和自动制图机设计出接线原理图、布线图和板面开孔图，在装配时，又使用自动排线机，因此，从设计到产品制成的周期短，节约人力。

3. 重视装配环境

各主要高压电器制造厂都普遍重视装配环境，特别是对六氟化硫电器和真空开关的装配环境更加关注。

日本日立制作所的国分工厂，装配厂房约1500平方米，积极的采取了各种防尘措施。按美国洁净标准，该厂房相当于Ⅲ级防尘室，即每立方呎空气中所含直径0.5微米以下灰尘颗粒不多于10万个，通常称为10万级。房间内保持0.2厘米水柱正压，防止灰尘侵入，500千伏级电器装配厂房进出的大门采用气幕防尘。厂房温度保持在28℃以下，相对湿度在65%以下。工作人员进入车间必须更衣、更鞋和戴帽。各类零部件进入车间要经超声波清洗，并保持干燥，待装配的零部件和产品，在暂时不装配时用塑料布覆盖，以防积灰。在吊车的滑线和轨道下，装有“V”形槽收集吊车在运动中产生的粉尘，“V”形槽内的灰尘每月清理一次。

法国德莱公司维莱班开关厂装配车间1300平方米，整个空间体积10000立方米，关窗生产。室内保持正压50毫米水柱，通风量每小时40000立方米，过滤灰尘的范围为 5×10^{-6} 米，利用效率达95%，其中新风量占75%，每个吹风装置及内外吹气装置都以调节器调节空气的消耗量。车间内工作人员必须保持清洁，并严禁吸烟。

瑞士 BBC 公司、西德的西门子公司、英国的 GEC 公司和雷诺公司、美国的西屋公司和古尔德公司、日本东芝、三菱、富士、安川、明电舍、日新等公司以及奥地利、意大利、挪威等国的制造厂都有不同的防尘措施。

必须指出，在高压电器的装配中，真空开关的真空灭弧室装配，也要求很清洁的环境来保证装配质量。如英国通用电气公司的真空灭弧装置公司，灭弧室的装配车间要求十分清洁，进入装配车间的操作人员，要通过一段密封的长廊，并穿上从头到脚包括面罩的罩衣；所有零件或工具都通过机械手来夹取。装配车间内设有分光计，分析真空炉中排出的气体，以检验工艺的正确性和保持洁净标准。

上述情况说明，保持装配车间的洁净和文明生产，是保证产品的质量和可靠性的重要条件。

4. 较高的劳动生产率

国外机械工业的劳动生产率平均约 20000 美元/人·年，见表 1-1。

表 1-1 主要国家机械工业 1975 年全员劳动生产率

国 别	劳动生产率 (美元/人)	国 别	劳动生产率 (美元/人)
美 国	50300	西 德	29800
苏 联	13500	英 国	14900
日 本	24900	法 国	23100

国外高压电器制造厂的平均劳动生产率，一般略高于整个机械行业的平均劳动生产率。如西门子公司柏林开关厂 1975 年劳动生产率为 37860 美元/人，日本高岳制作所名古屋工厂 1976 年劳动生产率为 29340 美元/人，西德克莱-安马格公司劳动生产率约 23950 美元/人。

国外各制造厂家非常重视技、职人员和生产工人的培训。把质量管理、科学研究和整个企业或公司的活动紧密地联系在一起，并由公司周密地进行组织和安排。

第二章 行业概况

一、国外高压电器发展概况

在五十年代初期，断路器电压还没有超过 380 千伏，断流容量没有超过 10000 兆伏安，切断时间为 3 周波（0.05 秒）或更长。1970 年断路器电压已高达 765 千伏，断流容量达 60000 兆伏安，切断时间已缩短到 2 周波（0.033 秒），最近又有 1 周波的断路器出现。更高电压等级和更大容量的高压断路器样机有瑞士生产的 1100 千伏，50000 兆伏安及 765 千伏，60000 兆伏安的空气断路器；美国生产的 765 千伏，54000 兆伏安六氟化硫断路器^[1]。瑞典 380 千伏线路用断路器的开断电流，1952 年为 12 千安，目前可达 50~63 千安，预计 1980 年可达 100 千安；法国正在研究开断电流高达 100~200 千安的灭弧室^[2]。关于电压等级，国外估计，二十五年以后最高电压等级的断路器可能为现在的两倍^[3]。

高压电器除向超高压、大容量方向发展外，尚有以下一些动向：

1. 六氟化硫断路器及六氟化硫全封闭组合电器。

六氟化硫气体断路器及全封闭组合电器发展很快。六氟化硫全封闭组合电器是把断路器本身以及与之相连的设备，如母线、隔离开关、互感器、接地开关、电缆头和避雷器等组装在一个金属密闭容器中，结构很紧凑，占地面积和占空间体积小，可大大减少变电所占面积。同时由于六氟化硫气体灭弧性能好，使高压电器的检修周期延长，因此有的制造厂已停止生产多油断路器或少油断路器。如 1976 年，英国通用电气公司的脱赖福特帕克工厂和斯塔福特工厂，已在生产 132 千伏/22 千安和 272 千伏/31.5 千安多油断路器的生产线上，换上了生产六氟化硫断路器^[4]。有的国家也生产中压六氟化硫断路器，如法国梅林-格林公司过去是生产磁吹空气断路器，最近将 10~36 千伏六氟化硫断路器，装成手车式开关柜。法国电力公司所属电站装设的断路器中，六氟化硫断路器占 80%。法国德莱公司也在大力发展中压六氟化硫断路器（原先中压为少油断路器）^[5]。

2. 空气断路器

当前高压输电使用最多的是空气断路器，其性能比较完善，能承受很高电压和可靠地切断大电流，但由于噪音和体积都较大，将逐渐为六氟化硫气体断路器所代替。

目前美、苏、法、西德、瑞士、瑞典等国都已制成 735~765 千伏级产品，额定电流达 4000 安，最大开断电流达 70 千安，全开断时间为 0.033 秒，断流容量达 60000 兆伏安。1968 年美国电力公司提出开断电流要求达 100 千安以上。法国用 PKS 型特大容量空气断路器满足了这一要求。PKS 型 145 千伏 25000 兆伏安（100 千安）空气断路器，已于 1971 年装在美国电力公司的 AMOS 电站^[5]。1970 年瑞士、苏联已制成 1100~1150 千伏级原型产品。

3. 真空开关

真空开关原为中压级（3~33 千伏）负荷开关，已发展到高压范围。真空开关的主要优点是尺寸小、重量轻、灭弧时间短、宜于频繁操作、使用寿命长。日本、英国有用真空开关代替油断路器的趋势。英国生产电压为 15 千伏，电流为 26000 安大容量真空开关，用于电弧炉和冶炼场所等环境条件很差的地方。英国于 1968 年用 8 个断口串成 132 千伏，3500 兆伏安的真空开关已投入运行。美国佛吉尼亚电气和电力公司联合发展的真空开关，单个灭弧

室的电压范围增加到 22 千伏，允许在 34.5 千伏 Y 系统中操作〔7〕。

4. 少油断路器

少油断路器的优点是制造简单，用料、用油少，安装面积小，价格便宜。著名的法国 OR 型少油断路器六十年代最高做到 420 千伏级，到七十年代末再向上发展，目前多用于 110、170、245 千伏电压等级。

过去在 10~35 千伏配电电压内，少油断路器应用很广泛，由于六氟化硫断路器与六氟化硫全封闭组合电器的发展，在配变电所一次侧的开关设备中已经采用。因此，要求二次侧的中压开关设备也要相应的缩小体积、可靠性高、无油、检修周期长、适于频繁操作等特点。因此，在中压电器上积极发展真空开关，用以取代少油断路器。

5. 多油断路器

多油断路器近年来正在逐步淘汰，但由于制造与维护都很简便，仍有一定市场，故 1979 年美国西屋公司还在改进这种多油断路器，新设计的多油断路器其额定电压为 121 千伏和 145 千伏，开断电流 40 千安，油量 575 加仑（1200 公升）〔6〕。

6. 直流输电及高压直流断路器

国外直流输电主要用于以下几种情况：跨越海峡的电缆线路，这种情况占已有直流输电线路的一半；长距离输电一般都超过 400 公里；用作二个交流系统之间的联络线；联接两个不同频率的交流系统等。

德国-瑞典-瑞士正在合作发展高压直流断路器〔9〕。美国电力开发研究协会（ERDA）估计：在七十年代末期，直流输电电压将升到 ±800 千伏，本世纪末将达到 ±1200 千伏。美国和西欧国家正在从基础理论和实验着手，大搞高压直流断路器，以便使直流输电能从“线路”发展到“电网”，有可能局部地取代超高压交流输电系统〔10〕。

二、国外高压电器产量概况

高压断路器需要量逐年新增台数应与输电容量逐年增长数相适应。美国在 1966~1969 年

表2-1 美国 110 千伏及以上断路器的产量

单位：台（1974 年以前为统计数，1975 年起为预测）

千 伏	1966年	1967年	1968年	1969年	1970年	1971年	1972年	1973年	1974年	
115~161	12740	14300	14820	15470	12350	14690	13780	13910	11700	
230	2756	4316	4732	3900	3744	5824	4264	4680	4368	
345	433	888	1451	2188	2101	1827	2708	1668	2318	
500	769	823	780	769	574	971	1246	1030	628	
765	0	0	0	42	120	104	42	52	145	
总 计 予 测	16698	20327	21783	22369	18889	23416	22040	21340	19159	
千 伏	1975年	1976年	1977年	1978年	1979年	1980年	1981年	1982年	1983年	1984年
115~161	11180	11440	10530	11440	9750	10660	8710	9230	8320	8060
230	2964	3068	3016	4368	3796	3692	3848	3432	3120	3536
345	2123	1908	2015	1993	2015	3051	3120	3661	2290	3033
500	693	585	736	845	715	1365	1279	1484	1149	1224
765	52	145	93	15	171	208	130	197	327	145
总 计	17012	17146	16390	18661	16447	18976	17087	18004	15206	18998

四年中，以每增加一万千瓦输电容量需要增加4.8~6.0“等值”台断路器计算（“等值”台是按电压的一个折算值，如115千伏为0.10“等值”台，230千伏为0.25“等值”台等）。1975年美国电气制造协会根据美国电气公用事业电气设备需要量统计和推算美国110千伏及以上的断路器产量见表2-1。美国、西德、英国、日本、法国高压电器的实际生产值分别见表2-2，2-3，2-4，2-5，2-6。国外部分生产高压电器企业的全员劳动生产率见表2-7。

表2-2 美国高压电器的实际生产值

项 目	1971年	1972年	1973年	1974年	1975年
开关装置(百万美元)	1890	2100	2205	2340	2760
对前一年增长率(%)		11.1	5.0	6.1	17.9

表2-3 西德高压电器的实际生产值

品种名称	项目、年	数 量			金 额 (千马克)		
		单 位	1973年	1974年	1975年	1973年	1974年
1	2	3	4	5	6	7	8
60千伏以下隔离开关	台	20596	19270				
60千伏以下产气开关	台	88485	93894				
60千伏以下 SF ₆ 断路器	台	13830	14864				
60千伏以上隔离开关及产气开关	台	4572	5052	5384			
60千伏以上 SF ₆ 断路器	台	1062	1061	1203			
其他高压断路器	台	5275	14542	4805			
高压熔断器	台	463289	443033	315883			
过电压保护装置	台	38017	33460	125140			
敞开式高压开关柜	台	13922	11219		79641	71590	
封闭式高压开关柜	台			37966			442537
高压断路器开关装置零件	吨	22467	23123	21962	113244	119320	115763

表2-4 英国高压电器的实际生产值

项 目	1973年			1974年			1975年		
	销 售	进 口	出 口	销 售	进 口	出 口	销 售	进 口	出 口
开关装置	99203	8647	28554	117927	11992	35707	159255	13222	60433
控制屏				(18.9)	(38.7)	(25.1)	(50.2)	(10.3)	(69.2)

注：单位为千英镑。() 内为对前一年增长率。

《日本海外机械统计年报》1976年版报导：美国在1972年从事高压电器生产的总人员数为116000人。生产高压电器的产值为289300万美元。全员劳动率为25000美元/人。约合我国人民币40000元/人。

法国在1973年从事高压电器生产的总人员数为25631人。生产高压电器的产值为23770万法郎。全员劳动生产率为92000法郎/人。约合我国人民币32200元/人。

国外部分生产高压电器企业的全员劳动生产率情况见表2-7。

表2-5 日本高压电器的实际生产量和产值

产品类别	1971年		1972年		1973年		1974年		1975年		1976年	
	数量 (台)	金额 (百万日元)	数量 (台)	金额 (百万日元)	数量 (台)	金额 (百万日元)	数量 (台)	金额 (百万日元)	数量 (台)	金额 (百万日元)	数量 (台)	金额 (百万日元)
开关控制装置总计		352635*		367338*		508401*		585396*		486626*		542277*
配电盘	138384	93630	155462	99073	186472	126502	193820	160079	144857	155335	154204	153046
控制装置	411299	81782	263375	74160	341441	101493	303889*	117671	226776	105671	276729	116173
一般用	382540	72670	235701	61969	312060	86351	271342	100812	207512	91626	245550	99731
车辆用	28759	9112	28074	12191	29381	15142	32543	16859	19264	14045	31179	16442
高压开关					1802674	19536	1711653	28271	1103528	27459	1474289	33053
电力开关	649784	10721	659190	9966	1763919	14701	1675925	21575	1076779	19985	1460817	24824
高压配电箱					38755	4835	35728	6696	26749	7474	13472	8229
隔离开关	60233	30605	52475	27178	82259	32910	81283	41690	46441*	34335	49970	36370
油断路器	38662	8695	35276	7301	53362	9568	48114	10871	21689	7382	22924	9144
磁吹断路器	10371	5041	8148	4128	8556	4373	11380	5277	8156	5018	7836	4282
空气断路器	4163	8916	3440	8052	111312	7842	10177	10761	7538	9773	5936	5020
真空断路器	7037	7953	5611	7697	7728	3291	9876	4652	6556	3085	11585	5731
SF ₆ 断路器					1301	7836	1736	10129	1718	9077	1689	12193

*: 原文可能有误

表2-6 法国高、低压电器的实际生产值

项 目	1973年	1974年	1975年
配电装置	97.2	112.2	(15.4)
低压电器、继电器	147.9	197.7	(33.7)
工业用控制设备	52	77.2	(48.5)
			124.3
			198.0
			106.8
			(10.8)
			(0.2)
			(38.3)

注: 单位为百万法朗。() 内为对前一年增长率。

表2-7 国外部分高压电器厂全员劳动生产率

国名	公司名称	主要产品	年份	产 值	人 员	全员劳动生产率
1	2	3	4	5	6	7
美国	ITE公司	高压断路器、隔离开关、开关板、熔断器	1972	377649千美元	14186人	26621美元/人
西德	西门子公司柏林开关厂	SF ₆ 全封闭组合电器、高压断路器、中压断路器、低压电器	1975	4亿马克	3300人	121212马克/人 (约合37858美元/人)
西德	克莱·安马格公司	控制屏、柜、SF ₆ 全封闭组合电器	1972	1亿马克	2000人	50000马克/人 (约合23950美元/人)
法国	德莱公司	SF ₆ 全封闭组合电器、PK型空气断路器、OR型少油断路器	1971	900百万法郎	4300人	209300法郎/人 (约合45836美元/人)
日本	高岳制作所名古屋工厂	隔离开关、断路器、开关板、互感器	1976	6015百万日元	1040人	600万日元/人 (约合29340美元/人)

主要参考文献

- [1] 《电机》(日文)1970年, No1.
- [2] 一机部情报所《国外机械工业的水平动向和展望》(初稿)27页。
- [3] 《电气评论》1976年5月14日, VoL198, No19.
- [4] 《电气评论》1976年, VoL, 199, No19, 25页。
- [5] 西安高压电器研究所《高压电器》1977年4月, 44页。
- [6] 《机械工程》1976年VoL, 98, No8, 55页。
- [7] 《电世界》1974年VoL, 181, No11, 160页。
- [8] 《电世界》1974VoL, 181, No11, 124页。
- [9] 《瑞典通用电气公司》杂志1975年VoL, 148, No3, 75页。
- [10] 一机部情报所《国外机械工业基础理论研究的概况》。

第三章 企业概况

一、美 国

1. 美国通用电气公司 (GE)

1892年建立于纽约州，到1976年底，经营全国35个州及波多黎各的约224个制造厂，在24个国家还拥有113个制造厂。

1976年建设新厂及增添设备支出费（公司所属的世界范围内）总计为7.4亿美元，1975年为4.482亿美元，1974年为6.718亿美元。

1976年雇用人数平均为380000人（公司所属世界范围内），1975年为375000人。

生产断路器、开关设备的主要厂为：

费城工厂主要生产开关装置、线路开关、航天产品等。

2. 美国西屋公司

1886年在宾夕法尼亚州成立，当时的名称是Westinghouse Electric Co. 1945年改为现在的名称西屋公司。到1975年底，西屋公司有236个子公司及分支机构。主要业务范围是制造和销售发电、输电、用电设备和控制装置，称为世界第二大电工产品制造企业。

该公司在匹兹堡有一研究试验室，雇用近1700名科学家、工程师和助理人员，从事公司目前和将来有重要影响的研究计划，包括基础理论与应用的研究，先进技术及创造性技术的研究。

该公司在英国约有111个工厂，在其他国家有121个工厂。1975年基建投资为187517000美元，1974年为213274000美元，1976年为162940000美元。1975年雇用人员平均为166048人，1976年为160945人。主要生产高压电器、开关设备的工厂设在东匹兹堡（East Pittsburgh, Pa.）。

3. 美国古尔德公司 (Gould Inc)

1928年成立，1969年使用现在的名称。1974年取得了联合控制设备公司（Allied Control Co）的部分股份，1976年合并了I.T.E帝国公司（I.T.E Imperial Corp）。

该公司雇用人员1976年为36132人，1975年为20696人。公司在美国经营约49个工厂，在国外有8个工厂。主要生产高压电器的公司为I.T.E公司。

1972年I.T.E公司净销售额为377649千美元，职工人数为14186人。主要生产六氟化硫全封闭组合电器、隔离开关、变电站一次、二次回路用的开关装置；气体、油、空气及真空断路器；固体继电器、接地保护开关、开关板、控制屏、电动机控制中心、工业控制装置、船用控制板、塑料外壳开关、熔断器等。

1972年下半年，断路器部从以前的洛杉矶迁往多里，其建筑面积300000平方英尺。配电和控制设备部把装配和配电两个工作场地并入位于萨塔麻锐阿新建的100000平方英尺厂房。电机控制中心装配工场从豪斯顿迁往位于韦士德门士特的诺曼控制设备厂新增的62500平方英尺厂房内。

1972年该公司的辅助设施、新增设备和设备更新总投资为14505000美元，1971年为11462000美元。

该公司在 1972 年提供了美国第一条 345 千伏地下输电线及 345 千伏小型变电站用的六氟化硫组合电器及装备，并提供 138 千伏户内变电所用的输电设备都已投入运行。

二、西 德

1. 西德西门子电气公司 (Siemens)

西门子公司是西德最大的电工制造企业，1897 年建立。于 1966 年改为现在的公司名称。

该公司电工产品的生产厂大部分集中的西柏林、爱尔朗金、慕尼黑、法兰克福、昂姆堡及累根斯堡等地。

西门子公司 1974~1975 年定货额为 210 亿 4100 万马克，销售额为 189 亿 700 万马克，利润为 4 亿 5800 万马克，研究费用 16 亿 4500 万马克，比前一年增加 11%。1975 年西门子全公司工人为 105500 人，技术人员为 51100 人，管理人员为 32200 人，学习人员为 12500 人，总人数为 296400 人，其中国内 206900 人，国外 89500 人。

西门子公司生产高压电器的工厂主要为斯考文特开关厂。柏林斯考文特开关厂面积为 275000 平方米，建筑面积 144000 平方米，生产和研制六氟化硫全封闭组合电器（110~420 千伏）、高压断路器（10~420 千伏）、1~3 千伏中压断路器、1 千伏以下低压电器和整流器。全厂人数为 3300 人，工人 2200 人（熟练工人占 44%），技术和事务部门合计约 1000 人。1974~1975 年销售额为 4 亿马克，技术研究经费为 4500 万马克。110~420 千伏高压开关占销售额的 45%。现在产品的最高电压等级为 765 千伏。设备年增长率为 4~5%。现有数控机床 23 台，到 1976 年要增加到 32 台，预计五年后将增加一倍，达到 60 台。现仅有 20% 的切削加工量用数控机床加工，五年后 40% 的切削加工量用数控机床加工，可实现一人操作两台机床。加工车间有 1000 台以上工作母机。从 1956~1962 年投资 2500 万马克，完成 500 千伏系统的耐压试验场，装设了 1000 千伏交流试验变压器，2000 千伏冲击电压发生器，今后将要装设 5000 兆伏安短路试验设备和 1800 千伏户外工频电压试验设备。

该厂的主厂房在欧洲为最高。产品从 0.4 克的小型整流器到 20 吨的六氟化硫全封闭组合电器。开关厂每年加工钢材 5000 吨、铜材 600 吨、银材 4 吨。该厂对断路器结构改进很注意。由于断路器的改进，其单位容量的重量显著降低，如 1928 年箱式多油断路器每兆伏安用材料 70 公斤；1948 年膨胀式少油断路器为 5 公斤/兆伏安；1974 年六氟化硫断路器仅为 0.3 公斤/兆伏安。

2. 西德通用电气公司 (AEG)

西德通用电气公司是西德仅次于西门子的综合电工产品制造企业，1883 年建于柏林。主要产品有蒸汽轮机、燃汽轮机、柴油机、发电厂及原子能电站设备、变压器、高低压电器、电缆、电动机、电动工具、数控装置、电线、测量仪器等，此外，还有广播装置、电视机及家用电器等。在国内有 30 余个有投资关系的公司，在海外 26 个国家还设有几十个制造及销售公司。

通用电气公司的主要工厂有 45 个，10 个设在西柏林，35 个在西德其他地区。在西柏林、法兰克福及乌尔穆有研究室，卡塞尔有化学中心试验室，法兰克福有材料试验室，西柏林有自动化研究室，卡塞尔有高压试验室，此外还有一个核能研究室。

该公司 1972 年营业总额为 120 亿马克，1971 年职工总数为 166700 人。

生产断路器、开关设备的主要工厂有：

(1) 卡塞尔开关厂

约有职工 3000 人，主要生产 110 千伏以上的全封闭组合电器、220 千伏以上的空气断路器、隔离开关及少数特种断路器。该厂从事高压空气断路器生产的职工约 200 人，每月可生产空气断路器约 100 极。该厂设有一个高压试验室与工厂并立，统属动力工程部的输变电设备部领导。在发展新产品上与工厂紧密合作，除进行高压大电流等试验外，还进行有关高压电器的理论研究。

(2) 萨克森中压开关厂

全厂现有 1000 人，主要生产 6~145 千伏的开关设备，30 千伏以下的产品有少油断路器、产气式负荷开关、隔离开关、熔断器等。大多组装成中压开关柜成套供应。每月生产各种开关柜约 1000 面，中压断路器约 350 台，负荷开关约 500 台 110 千伏断路器只生产少油型的一种，产量较中压为少（每月数十台，视订货而异）。工厂布置紧凑，有原材料试验、机械加工、焊接、绝缘件压制（中压开关的绝缘件与外壳都是自己用环氧树脂压制，日产各种压制件 1000 件）、电镀、喷漆、装配、试验等工作场地，还有试验研究部门。该厂现有设计人员约 80 人，试验人员 20~30 人，工具自行设计，但部分工具由外厂协作加工。

3. 西德克莱—安马格 (Calor-Emag) 公司

该公司的总公司是 Sprecher and schun。有职工 2000 人，1972 年销售额为 1 亿马克，作为开关的专门制造工厂有其独特的地位。六氟化硫开关设备（在西德最早把这种产品进入市场的是该公司），估计该公司与西门子公司各占有市场的 40%。

该公司主要产品是控制屏和柜，六氟化硫组合电器。

三、英 国

1. 英国通用电气公司 (GEC)

该公司是英国最大的综合电机公司，建于 1900 年，1967 年至 1968 年英国三家电机、电器公司（即 GEC、英国电气和 AEI）进行联合，并兼并了其他近百家的机械、电机工厂，成立通用电气公司（简称仍为 GEC），是英国最大的强电设备垄断资本组织，在西欧，GEC 公司仅次于荷兰的菲利浦公司、西德的西门子公司及 AEG 公司而居于第四位。

该公司生产的产品有电站及输配电设备、柴油机及燃气轮机、通信及电子仪器、自动化装置、电气机车、电线电缆及家用电器等。

公司有 220 个子公司，54 个有关系的公司。其中海外有 94 个子公司，36 个有关系的公司。现有制造厂 150 个，其中重型厂约 40 个，职工人数约 200000 人。

属于 GEC 公司领导的制造高压电器的工厂有以下几个：

(1) 帕尔克 (Trafford park) 工厂：生产开关板、油开关、少油开关、真空开关及电流互感器等。

(2) 查曼 (Bertram Thomas) 工厂：生产牵引及工业用中速及快速直流开关，大电流直流闸刀及重任务接触器等。

(3) 欧彭夏 (Higher Openshaw) 工厂：生产开关板、封闭式开关柜（电压至 33 千伏）等。

(4) 斯塔福德 (Stafford) 工厂：生产开关板及附件、高压空气断路器、六氟化硫开关、高压隔离开关等。

(5) 利物浦 (Liverpool) 工厂：生产中压空气自动开关、高压断路器。

1976 年 GEC 的欧彭夏工厂每年出口电压 33 千伏及以下断路器超过 2500 台、帕尔克工