

《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

第一机械工业部科学技术情报研究所

9-3

内容简介 本资料为《国外机械工业基本情况》的高压
电器部分。内容主要介绍了国外高压电器生产技术的发展
概况；高压电器制造的企业概况；高压电器的产品发展以及
科研工作等情况。可供本行业的科研人员、管理人员以及大
专院校的教学工作者参考。

高 压 电 器

西安高压电器研究所

(内部资料)

第一机械工业部科学技术情报研究所编集出版

兴隆县印刷厂印刷

中国书店 上海市科技书店 重庆市新华书店

经 售

1982年5月北京

代号：80-12 · 定价：1.98元

173447

出版说明

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。本书为高压电器部分,主编单位是西安高压电器研究所,参加编写单位有西安高压开关厂、沈阳高压开关厂、平顶山高压开关厂、北京开关厂、上海开关厂、抚顺电瓷厂。主要执笔人员有李建基、彭孟方、汪涛、王璞、范崇志、游肇贵、胡天畏、钟友飞、郑成衍、吴维忠、崔成恕、屈培斌、姚有德、艾克邦、侯仲吉、金光祖、史文科、付增祜、刘秉辉、杨济三、雷炳华、秦文钝、王力法、屈东海、李重光、彭文达、黄奕庭、张文梅等同志。

第一机械工业部科学技术情报研究所

目 录

第一章 国外高压电器生产技术的发展概况

- 一 高压电器的技术水平..... (1)
- 二 高压断路器的产品更新..... (8)
- 三 高压电器的出口贸易..... (10)

第二章 国外高压电器制造的企业概况

- 一 美国..... (13)
- 二 西德..... (13)
- 三 英国..... (15)
- 四 法国..... (17)
- 五 瑞典..... (20)
- 六 日本..... (21)
- 七 瑞士..... (27)
- 八 苏联..... (30)

第三章 国外高压电器的产品发展

- 一 交流高压断路器..... (32)
- 二 空气断路器..... (33)
- 三 多油断路器..... (45)
- 四 110千伏以上少油断路器..... (49)
- 五 户内中压少油断路器..... (59)
- 六 SF₆断路器..... (67)
- 七 SF₆全封闭组合电器..... (94)
- 八 配电用SF₆断路器..... (113)
- 九 真空断路器..... (119)
- 十 发电机保护断路器及负荷开关..... (131)
- 十一 磁吹断路器..... (139)
- 十二 负荷开关..... (141)
- 十三 柱上开关..... (146)
- 十四 户外高压隔离开关..... (153)
- 十五 户内高压隔离开关..... (159)
- 十六 高压防爆配电装置..... (166)

第四章 国外高压电器的科研工作

- 一 重大课题及科研动向..... (171)
 - (一) 超高压、特高压交流输电..... (171)
 - (二) 直流输电..... (175)
 - (三) 电力系统过电压和电磁暂态过程的计算设备和计算方法..... (180)

(四) 交流电弧熄灭过程的研究及其应用.....	(208)
(五) 高电压测试技术中的光电测量系统.....	(214)
(六) 数字技术在高电压和强电流试验室的应用.....	(219)
二 国外科研试验方法、试验室规模及设备.....	(223)
(一) 强电流试验站.....	(223)
(二) 合成试验技术.....	(235)
(三) 高压试验.....	(241)

第一章 国外高压电器生产技术的发展概况

将电站的电能向远处输送并分配给各用电中心的高压电器装置和设备，主要有变压器、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。

在输变电系统中，这些设备和装置的品种多、需要量大，所占电力设备的投资比重较大。如英国1968~1972年输变电设备的投资，比发电设备的投资多17%〔1〕；美国1965~1969年间输变电设备的投资，比发电设备的投资多35%〔2〕；西德1968~1972年间输变电设备的投资，比发电设备的投资多74%〔2〕；日本1971年输变电设备的总产值比发电设备总产值多94%〔3〕。

在输变电设备中，高压电器开关的产值比重很大。如日本1971年高压电器开关总产值为3500亿日元〔3〕，占输变电设备总产值的61%。美国1969年建成的765千伏变电站，总投资4500万元，其中断路器占43%，电抗器占27%，变压器占18%，支架占9%。

输变电系统中的高压电器，指电压等级从3~765千伏、1100千伏和1500千伏及其以上的断路器、隔离开关、负荷开关、熔断器、互感器、避雷器等。在高压电器中，以高压断路器最能代表一个国家或公司的制造水平；因为它的制造技术复杂，难度大；并有控制和保护电力系统的功能；它执行正常的关合和开断外，当线路发生各种故障（特别是短路）时，还要以毫秒计的短时间，制服强大的短路电弧，确保线路安全；因此在电器和机械上，对它提出了极高的要求。

在高压断路器中（指110千伏以上），则以开断电流集中地反映断路器的技术经济指标，因为开断电流的大小，影响到断路器的各部分和整体，首先是影响断路器的灭弧系统。因为开断电流大，要求熄弧更强烈，对灭弧系统的尺寸和机械强度，提出了更高的要求。开断电流大，也直接影响导电系统的发热，为此，要增大导电截面积或采取散热措施。断路器的热稳定电流，要相当于开断电流。开断电流大，作用在载流导体上的电动力也大，对导电系统的机械稳定性及强度，提出了相应的要求。断路器的动稳定电流，约等于额定开断电流的2.55倍。另外，开断电流大，对操动机构亦提出了高的要求，即要求开断速度快和操作功大（由于操作质量加大）。由此可以看出，开断电流的参数，影响到断路器的电、机械及动作特性，以至整个断路器的技术经济指标。对于电力系统，最严重的是短路故障，此时，短路电流高达额定电流的数十倍；故断路器必须具有相当于短路电流的开断电流，才能开断短路，排除故障，确保线路安全。因而，开断电流也是电力系统对高压断路器要求的最重要的参数。综合上述，可见开断电流对断路器和电力系统的重要性，也代表断路器的制造水平。

一、高压电器的技术水平

全世界的电力需要量，每年平均增长7%，约十年翻一番〔4〕。到本世纪末，装机容量

将达到50~70亿千瓦。

在高压电器中，断路器的开断电流，平均每年增长10%，约7年翻一番^[8]。断路器开断电流的增长，满足了电力系统短路电流的要求。

高压电器是随同电力系统高速发展起来的。六十年代，加拿大、美、苏出现了735千伏、750千伏和765千伏电压等级的线路；美、苏、加拿大、日本、埃及、阿根廷、澳大利亚建成500千伏线路。到七十年代中期（1976年），苏联建成1150千伏工业试验性线路，美国和瑞典建成1500千伏试验性线路。

在输电容量的增大下，提高输电电压的经济效益很大。如美国电力公司765千伏线路的输送容量，相当于四条345千伏或十条230千伏线路^[9]，而造价只相当于两条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%^[4]。

电力系统对断路器的电压等级和开断电流，提出了相应高的要求。现有高压断路器最高的水平是：

额定电压：1150~1500千伏（美、苏、瑞典试验线路）；

额定开断电流：50~63千安，个别达到80千安，最高达到100千安及以上（如法国PKS型空气断路器）；

额定电流：4000~6300安，日本有的做到8000~12000安；

全开断时间：≤40毫秒（二周波）；如法国的PKS型和日本富士的一周波空气断路器达到20毫秒（一周波）；

满容量开断次数：10次（如西门子公司SF₆断路器）；

额定电流下操作次数：3000次；

检修周期：10年；

单位容量的重量：0.28公斤/兆伏安（如瑞士BBC公司的DLP和DLFK型空气断路器）

高压断路器一般是先满足输电电压和容量的要求，然后经运行考验，来改善技术经济指标，如BBC公司的断路器，四十年代初，电压为300千伏，开断电流在10千安以下；五十年代初，提高到420千伏20千安；五十年代中期，开断电流升高到40千安。六十年代初，又提高到550千伏50千安；六十年代中期，提高到765千伏63千安；到1975年，开断电流达80千安。

在七十年代中，要求断路器达到规定的参数同时还要求达到高度可靠性，从而迫使断路器制造厂家采取各种有效措施。国际电工委员会还在第17技术委员会（开关设备）设有专门工作组，研究断路器的可靠性问题。国际大电网会议（CIGRE）第13组（开关设备），每届会议也讨论断路器的可靠性问题。

许多国家统计表明，断路器故障的80%以上，都是机械的原因；再加辅助和控制回路的机械、电气故障，则上述故障率共达90%。日本统计表明^[10]，97.5%的故障，是机械原因造成的，其中拒合占35.7%，拒分占11.2%，分、合不顺利占10.1%，漏气占15%，漏油占11.3%，破损占14.1%，仅1.5%为电气绝缘损坏，其他占1%。美国和西德的统计（1976年国际大电网会议）表明，在断路器故障中，50%以上都不是设计的原因，而是制造质量的原因。在1978年的国际大电网会议上，某厂家对123千伏及其以上电压等级的5000台断路器，就30000个运行年的台事故，所进行的统计和分析表明，因设计差错造成的事故占30%，其他事故均由制造质量所致。因而，断路器的可靠性问题，在制造厂引起强烈反响。为了推销产

品，西德、法国、瑞士和日本，都制定了从原材料进厂到制成产品的全过程的质量管理程序和方案，其中包括简化设计，采用标准件，扩大检修周期；针对造成事故主要是机械的原因，将研究性机械试验次数，提高到比IEC标准高10倍的规定，即从规定的1000次提高到10000次。1971年IEC断路器可靠性工作组，也认为规定的1000次，对机械试验不够严格，也提出应增加到10000次的建议。

二、高压断路器的产品更新

在110千伏及以上电压等级的高压断路器中，先是多油，后是少油和压缩空气断路器占统治地位。到六十年代末，凡有独立设计能力的大中小公司（至少16家），都先后采用SF₆技术。还有许多厂家引进其他公司的生产许可证进行生产。尤以法国的Delle公司、西德的西门子公司和瑞士的BBC公司的SF₆技术水平最高，销售量最大。它们的户外式SF₆断路器和SF₆全封闭组合电器，一般做到：额定电压72.5~765/800千伏，额定开断电流20~63千安，额定电流2000~4000安（日本做到8000~12000安）。法国Delle公司的800千伏4000安63千安（开断电流）SF₆全封闭组合电器于1979年在美国投入运行。^[7]

SF₆的熄弧特性好，在15气压下的开断能力，相当于压缩空气在50气压下的能力；因而，可使SF₆断路器在较低气压或提高单断口的容量下工作。在单压力式结构中，一般绝缘压力为0.5~5气压，熄弧压力约10气压。由于它的压力低，可简化结构和减轻对承压件机械强度的要求，而便于设计、制造和维护；同时，SF₆气体在较低压力（3巴）下，其绝缘强度相当于油或空气在10巴下的绝缘强度，故可缩短SF₆绝缘体表面的爬电距离；当SF₆气压为3巴时，其沿面耐压强度达50千伏/厘米以上。如420千伏SF₆（4巴）封闭母线，其导体直径为150毫米，壳体直径为530毫米时，基本耐压水平达到1450千伏，而对于1500千伏SF₆全封闭电器，其绝缘压力也不过18巴。SF₆全封闭组合电器与常规电器相比，其特点如下^[8]：

1. 设备不受大气条件的影响，运行可靠。SF₆绝缘的可靠性，与常规电器可靠性之比约为10:1。另外，从根本上消除了变电所的污秽闪络事故，消除了大风、降雨、冰雪、雾露、潮湿、气压变化，以及雷击以及小动物等引起的绝缘闪络事故。由于全封闭电器的外壳已接地，对人无触电危险，也不必采取防止直雷击的避雷措施。高海拔和空气污秽，对电气设备的绝缘、载流能力和设备容量的影响，也都不复存在。因此，采用全封闭电器，有利于电网的“安全、稳定”运行。

2. 维护工作量小，检修周期长

常规的电器，在运行中处理漏油、漏气以及清扫绝缘子的工作量皆大；而全封闭电器的年漏气量仅1~2%，也不用清扫绝缘子，维修工作量小。

SF₆断路器的触头不易烧损，据称10~20年才检修一次。日本日立、东芝公司的断路器，可连续作40次额定开断电流的开断。全封闭电器的检修周期，同常规电器之比为10:1，而有利于减少维修人员，实现变电所的自动化和无人化。

3. 不燃烧、不爆炸、安全性高

开断电流时，气体被电弧加热引起的压力上升缓慢，上升幅度小，因而一般没有爆炸的

危险。为防万一，有的全封闭电器的外壳上，装有防爆膜盒。

4. 占地面积小，占用空间小，能实现变电所的小型化。据称，66~500千伏变电所的面积缩小，约为原有的1/10~1/20。全封闭电器的各级电压变电所全所占占地面积缩小率如下：

U _n 千伏	60	110	154	220	330	500	150
μ%	16	12.8	12	8.4	6.3	5	4

据西门子和AEG等公司称：在电压300千伏时，SF₆全封闭电器的造价与敞开式的相当；当电压等级更高时，SF₆全封闭电器的造价比常规电器的为低。据法国称，当电压为765千伏时，采用SF₆全封闭电器的变电所，比常规的节约基建总投资30%。

在为了加强SF₆断路器、全封闭电器同常规空气断路器和少油断路器的竞争，西德Siemens公司的柏林开关厂，以1/3的作业面积和人力生产SF₆断路器和全封闭电器。英国的GEC公司以4百万英镑的投资，用于工厂改造和更新设备，减少传统少油、空气断路器的生产，扩大SF₆的产品。西德的Calor—Emag公司原生产配少油断路器的全封闭组合电器，现改为SF₆断路器的全封闭组合电器。

法国Delle公司已放弃著名的OR型少油断路器，而以SF₆断路器代替之；同时，大力发展SF₆全封闭组合电器。瑞士BBC公司取消了高压少油断路器的发展计划。^[9] 法国梅兰、热兰公司也放弃著名的PP型空气断路器，而发展SF₆断路器和全封闭组合电器。苏联要求全苏电工研究院等单位，为苏联750千伏网提供SF₆全封闭组合电器。

在扩大SF₆产品的生产中，一些厂家皆重新安排少油和空气断路器的生产规划，例如：

以SF₆断路器取代少油断路器；将少油断路器取消（如BBC公司）或仅用于240千伏以下（Delle公司还保留少量的245千伏以下产品），或限于420~500千伏级（如ASEA公司的HLR型），将SF₆断路器部分地代替空气断路器，即420千伏以下的空气断路器，以SF₆断路器取代之；此外，空气断路器向500千伏、750千伏、1150~1500千伏和特大容量发展。有的公司作过750千伏级以上等级的空气断路器（如瑞典ASEA的HVH型和梅兰、热兰公司的PP型等都做到750千伏），但现在在750千伏及以上等级的空气断路器，多集中在法国的Delle公司和瑞士BBC公司；它们空气断路器的参数高，销售量大；如法国Delle公司除PK型空气断路器外，又制成PKS型，开断电流达到100千安以上，开断时间减至一周波（20毫秒）。装在美国和加拿大的735 / 765千伏空气断路器中，80%都是法国Delle公司的^[10]。为什么目前空气断路器向750千伏以上特高压大容量发展，而SF₆断路器限制在500/420千伏及以下，开断电流63千安以下；这是由这两种断路器的技术特性所决定的：提高气体断路器的开断电流^[11]，一是靠增大喷嘴直径，二是靠提高气压，这对空气断路器都易做得到，而对于SF₆断路器，则受到限制，因为，提高气压会出现低温的要求，因为在一定压力下，SF₆气体的温度低于某一限度时会液化，压力愈高，要求温度也愈高，因此，对于SF₆的压力不能任意提高，至于增大喷嘴的直径，则会打乱压力特性和操作机构的能量平衡，如所周知，SF₆断路器已由双压方式过渡到单压方式，对于单压方式来说，熄弧压力是靠操动机构带动活塞式气缸产生的；增大喷嘴的直径，就意味着加重操动机构的负担，增大操作功；因此，增大喷嘴直径受操动机构操作功的限制。正是由于SF₆断路器的开断电流受限制，特别是在

要求容量特大时，只有继续发展空气断路器。西德AEG公司的自由喷射式空气断路器，局部断口加并联电阻，已做到420千伏、80千安；英国雷诺公司提高气压至60大气压，做到开断电流80千安；但这只是个别的需要，一般用SF₆断路器完全能够代替之。

SF₆压气式断路器发展的新动向是不用压气^[11]。压气是使气体相对电弧运动，因而需要操动机构提供操作功。新的办法是，使电弧相对气体运动，同样达到熄弧的目的，而不需机构提供操作功，开断容量也不受操作功的限制。在中小容量的SF₆断路器中，这一办法已有使用，如许多公司新制的旋弧式SF₆断路器，即属此种原理。在旋弧式SF₆断路器中，靠电弧电流本身的能量产生磁场，驱使电弧相对SF₆气体作相对运动，从而达到熄弧的效果。因此，对于压气式SF₆断路器，重点是进一步提高容量。

SF₆全封闭组合电器的结构独特，加上使用的场合独特，因而一直在同超高压发展，其中，用于封闭电器的单压式SF₆断路器比敞开式的结构更有利，例如，灭弧室的容积可做得比敞开式大，导泄电弧能量和吸热能力均强，因而开断容量比敞开式的更大，如法国Delle公司的敞开式开断电流，做到40千安，而全封闭式做到63千安；BBC公司的敞开式(ELF/ELFS型)可到63千安，而全封闭式达到80千安^[12]。SF₆全封闭组合电器现已做到800千伏63千安。法国Delle公司的800千伏SF₆全封闭电器于1970年供给美国电力公司的Joshua Falls^[13]。瑞典ASEA公司不发展敞开式SF₆断路器，而坚持发展HLR型少油断路器，间主张发展SF₆全封闭组合电器，并已做出800千伏的样品。

在中压方面，中压断路器发展趋向是无油化。如美国、英国和日本坚持发展中压真空断路器，苏联拟将少油和磁吹断路器向真空开关过渡，一向坚持发展少油断路器的西欧各国，也向无油化过渡。法国Delle和瑞士BBC公司由少油转向SF₆，而Siemens公司则自少油转向真空^[14]。法国Delle公司的SF₆断路器，得到“不检修断路器”的评价。瑞士BBC的电子管厂研究过真空开关，认为真空开关累计开断电流小，且有截流问题，而SF₆开关累计开断电流大，且无截流问题，故选用SF₆断路器。西德Siemens由少油转向真空，引进英国GEC公司技术，为形成扩散型电弧和解决截流问题，对触头结构型式和材料配方（采用铜—铬烧结成型），作了一系列工作。英国GEC公司坚持生产11~24千伏的真空断路器，并已解决截流问题；在35千伏级，仍采用多油断路器，并为英国电气铁道提供了24千伏真空断路器^[15]。

日本三菱公司的中压无油化产品，原有真空、SF₆、压缩空气和磁吹的四种，今后打算淘汰后两种。对于8~30千伏电压级，真空用于开断电流8~40千安，而SF₆用于25~60千安。即真空满足小容量的要求，而SF₆满足大容量的要求^[16]。法国的梅兰、热兰公司，在发展SF₆断路器的同时，保留它的名牌产品——DSE型螺旋式磁吹断路器，把磁吹用于电压3.3千伏—24千伏级，而SF₆断路器用于电压10~36千伏级^[17]。

若干国家的高压电器产品的发展，见表1-1。

为了产品的更新，西德AEG公司向意大利Magrini公司引进SF₆技术；英国GEC公司向西德Siemens公司引进SF₆技术，而Siemens公司又向GEC公司引进真空断路器技术。意大利的Magrini引进美国西屋公司的SF₆技术。美国的GE公司向日本的明电舍合作，于1978年研制出145千伏户外真空断路器。日本的富士公司从西德Siemens公司引进SF₆断路器和T型少油断路器。日本的东芝同瑞士的BBC公司引进SF₆全封闭组合电器技术。日本的三菱公司从美国西屋公司引进SF₆技术。

六十年代初，环氧树脂加玻璃丝卷制的灭弧筒，提高了灭弧室的承压能力，从而提高了少油断路器的开断能力。液压机构为少油、SF₆断路器，提供了强大的平衡操作功。少油断路器的灭弧室充压，解决了切小电流无复燃的问题。聚四氟乙烯和石墨的应用，解决了空气和SF₆断路器的喷口耐弧性能，並有利于开断电流的提高。采用数控机床和加工中心，提高了机械的加工精度。在SF₆断路器和SF₆全封闭组合电器中，对密封面的高精度加工，以及采用双道密封等措施，使年漏气量从5%减为1%或以下。采用压铸和精密铸造，减轻了零件的重量，提高了零件的强度。环氧树脂的浇注、卷压和浸渍工艺在断路器中应用日益广泛。户内断路器中，环氧绝缘子代替了瓷件，改善了耐冲击负荷和抗弯性能，並提高了产品的机械寿命。

近年来，对各种灭弧介质中的开断过程和开断电弧理论，一直进行着研究，並有不少成果，但尚未突破。断路器的结构设计，尚不能达到完全靠计算的程度，特别是作为断路器核心的灭弧室，还要靠经验和大量的试验来完善之。因此，为发展高压开关，必须要有物质基础及相应的试验手段。西德有个小公司，规模不大，比起Siemens公司和AEG公司小得多，设有自己的强电流试验站，其造价达300万马克，与该公司当时的总投资相当（Calor-Erag）。西德西门子公司为发展超高压产品，几经扩建试验设备，1960年在柏林开关厂新建高压强电流试验站，1976年又扩建，增加户外高压试验场。

表1-1 若干国家高压电器的产品发展

国 别	五 十	六 十	七 十	十	
日 本	<p>1952年建造成370千伏输电线路。</p> <p>1953年三菱研究SF₆的灭弧性能。</p>	<p>初期与中期仍引进国外技术为主，后研制出自己的开关产品。</p> <p>1964、1968年分别制成200、550千伏、E型—E型油浸少空气开关(富士)</p> <p>1967年开始制造500千伏输电线路，至1968年已架设644公里，但使用电压为276千伏。</p> <p>1969年富士制造两断路器用于专利，制造110千伏、SF₆断路器(组合绝缘)。</p>	<p>日立、三菱和东芝均转向SF₆技术，产品做到500千伏级开断电流40—61千安。</p> <p>在中压方面，日立、三菱、东芝和明电合泰制造真空开关，其中，明电合泰1978年研制出145千伏(31.5千安)产品，富士、日立、三菱和安川三菱SF₆断路器，做到7.2—30千安(40千安)。</p>	<p>日立、三菱和东芝均转向SF₆技术，产品做到500千伏级开断电流40—61千安。</p> <p>在中压方面，日立、三菱、东芝和明电合泰制造真空开关，其中，明电合泰1978年研制出145千伏(31.5千安)产品，富士、日立、三菱和安川三菱SF₆断路器，做到7.2—30千安(40千安)。</p>	<p>日立、三菱和东芝均转向SF₆技术，产品做到500千伏级开断电流40—61千安。</p> <p>在中压方面，日立、三菱、东芝和明电合泰制造真空开关，其中，明电合泰1978年研制出145千伏(31.5千安)产品，富士、日立、三菱和安川三菱SF₆断路器，做到7.2—30千安(40千安)。</p>
英 国	<p>从1953年起，采用345千伏输电，五十年代内长电压350公里。</p> <p>1950年西屋公司开始研制SF₆的绝缘与灭弧性能。1955年110千伏100兆伏SF₆开关投入运行。</p> <p>1957年GE制成ATB型148千伏、额定气室空气开关。1959年西屋公司制造230千伏、15000兆伏安、超高压SF₆开关(是世界上最早的)</p>	<p>从1953年起，采用360千伏输电标准，六十年代内，并长电压500公里。</p> <p>1959年Joulynn等两公司合作制成世界第一相500千伏、多断口真空开关。</p> <p>1964年G、E公司从ITH系列空气开关发展至765千伏、54000兆伏安。</p> <p>1967年A、C公司制成ABM系列空气开关145—765千伏105000兆伏安。</p> <p>1969年建成765千伏输电线路长112公里，投入运行。</p>	<p>西屋制造用公司从空气开关SF₆，西屋1959年做出230千伏15000兆伏安产品。1960—1970年做出500—700千安产品，通用公司制造安流真空断路器，走了弯路，现转向SF₆技术。</p> <p>在中压方面，通用真空开关做到13.5—46千伏。12.5—4.0千安，西屋SF₆断路器做到34.5千伏、15000兆伏安。</p>	<p>西屋制造用公司从空气开关SF₆，西屋1959年做出230千伏15000兆伏安产品。1960—1970年做出500—700千安产品，通用公司制造安流真空断路器，走了弯路，现转向SF₆技术。</p> <p>在中压方面，通用真空开关做到13.5—46千伏。12.5—4.0千安，西屋SF₆断路器做到34.5千伏、15000兆伏安。</p>	<p>西屋制造用公司从空气开关SF₆，西屋1959年做出230千伏15000兆伏安产品。1960—1970年做出500—700千安产品，通用公司制造安流真空断路器，走了弯路，现转向SF₆技术。</p> <p>在中压方面，通用真空开关做到13.5—46千伏。12.5—4.0千安，西屋SF₆断路器做到34.5千伏、15000兆伏安。</p>
美 国	<p>多油开关OF型110、132千伏(1500兆伏安)(GEC)。</p> <p>多油开关、OS型33—220千伏(7500兆伏安)(Reynolds)空气开关，G型122—155千伏，容量2800—3400兆伏安(IEC)。</p> <p>固定液为M型220—345千伏、容量7505—10000兆伏安(IEC)。</p> <p>G型与M型均带内障刀。</p>	<p>1991年IEC制成R型气室真空开关，400千伏。</p> <p>1968年IEC的真空开关发展为170—705千伏的整个系列。</p> <p>(IEC现属GEC)</p>	<p>GEC放弃空气和少油转向SF₆技术，SF₆断路器和中压断路器做到420千伏40千安，Reynolds SF₆断路器做到420千伏，40—63千安，其空气断路器400千伏35000兆伏安，比此方面，水力发电真空开关，如11千伏级用真空，而35千伏级采用多油。</p>	<p>GEC放弃空气和少油转向SF₆技术，SF₆断路器和中压断路器做到420千伏40千安，Reynolds SF₆断路器做到420千伏，40—63千安，其空气断路器400千伏35000兆伏安，比此方面，水力发电真空开关，如11千伏级用真空，而35千伏级采用多油。</p>	<p>GEC放弃空气和少油转向SF₆技术，SF₆断路器和中压断路器做到420千伏40千安，Reynolds SF₆断路器做到420千伏，40—63千安，其空气断路器400千伏35000兆伏安，比此方面，水力发电真空开关，如11千伏级用真空，而35千伏级采用多油。</p>

表 1-1 (1)

国 家	五	十	六	七	十
荷 国	<p>1952年制成BB-4000空气开关。 1954年自己研制BBHP型空气开关。 1957年制400千伏输电线路并压到500千伏。 1958年制成MKJ1-500多抽开关。 1960年制成BBHP-500空气开关，并投入运行。</p>	<p>1952年制成BB-4000空气开关。 1954年自己研制BBHP型空气开关。 1957年制400千伏输电线路并压到500千伏。 1958年制成MKJ1-500多抽开关。 1960年制成BBHP-500空气开关，并投入运行。</p>	<p>1960年列宁格勒电工厂的BBA型空气开关，额定110~750千伏整个系列。 1967年750千伏试验线路（96公里）投入运行。</p>	<p>1975年做出BBH型1150千伏31.5千安空气断路器样品。 1974年做出110千伏SF₆全封闭产品。 1976年做出320千伏SF₆全封闭产品，额定电压400~750千伏SF₆全封闭组合电器。</p>	
瑞 士	<p>五十年代电压等级最高420千伏。 1951年制成充气空气开关DCF与DCVF型，246千伏，6000兆伏安，结构上首创无刀闸。 1953年制成为DHVF，246千伏，容量达12500兆伏安。 1958年研究SF₆灭弧结构。 1959年制成245~450千伏单柱式（剪刀式）隔离开关。</p>	<p>五十年代电压等级最高420千伏。 1951年制成充气空气开关DCF与DCVF型，246千伏，6000兆伏安，结构上首创无刀闸。 1953年制成为DHVF，246千伏，容量达12500兆伏安。 1958年研究SF₆灭弧结构。 1959年制成245~450千伏单柱式（剪刀式）隔离开关。</p>	<p>六十年代开发设备电压等级最高为650~750千伏。 1964年制成DMF系列空气开关700千伏，60000兆伏安，次年用于加拿大。 1966年制成245千伏SF₆封闭式组合电器。 1967年制成适用于中等容量的DIF系列72.5~765千伏（4000兆伏安），以及500千伏TF型剪刀式隔离开关。</p>	<p>DLP型空气断路器做到750千伏80千安，SF₆断路器达到650千伏83千安。全封闭组合电器做到550千伏80千安，DR型变电设备保护断路器，做到24千伏350千安，中压实行无油化，SF₆断路器做到3.5~10千伏12.5~40千安。</p>	
日 本	<p>1952年建成世界第一套580千伏输电线路，长800公里。 1954年建成世界第一套高压直流输电线路（从本土到得鲁岛）。 1957年制成HVH型240千伏充气式空气开关。 1958年与英伦海峡海底直流输电电源供应设备安装。</p>	<p>1952年建成世界第一套580千伏输电线路，长800公里。 1954年建成世界第一套高压直流输电线路（从本土到得鲁岛）。 1957年制成HVH型240千伏充气式空气开关。 1958年与英伦海峡海底直流输电电源供应设备安装。</p>	<p>1954年制成HVH型735千伏空气开关（用于加拿大）。 1957年制成可控硅换流器。 1960年ASEA与美国AEP合作，研制750~1500千伏直流系统。</p>	<p>生产空气断路器，发展HLR型少油断路器SF₆全封闭电器，少油断路器420千伏4.9千安，SF₆全封闭断路器400千伏样机。 420千伏31.5千安全封闭已投入本国运行。</p>	

附录 1-1(3)

年代	五	十	六	十	七	十
西		1957年Delle为苏联的第一套225千伏输电线路提供A型空气开关。	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。 1966年Delle为美国仿第一套765千伏输电线路提供PK型空气开关。 1966年Delle与Merlin-Germain制成245千伏SF ₆ 封闭式组合电器。	空气断路器做到750千伏级, Delle公司于1978年做出650千伏一流波空气断路器, 封闭电器做到800千伏63千安, 中压实行无油化和SF ₆ 技术, Delle做到7.2~24千伏, 12.5~31千安, MotG公司在3.3~24千伏高压断路器开关。		
西	1958年研究SF ₆ 的绝缘与灭弧性能。 1957年AEG的A. Hochrainer提出确定恢复电击波形的四参数法。		1964年西门子制成双压双式H90型SF ₆ 开关230千伏, 1500兆伏安。 1966年Calor-Emag制成世界第一台110千伏封闭式组合电器(少油开关+SF ₆ 绝缘)。 1967年AEG的自动启动式空气开关, 目前形成22.5~750千伏的整个系列(实际为420千伏)。		Siemens公司于1976年做出AS4型(36.5~525千伏, 40, 90兆安), 1978年做出420千伏40千安断路器, SF ₆ 全封闭做到600千伏63千安, 中压从少油转向真空, 做到12~24千伏25千安。 AEG公司于1976年空气做到420千伏80千安, SF ₆ 做到625千伏级。 Calor-Emag公司于1978年做出110千伏SF ₆ 全封闭断路器和10千伏SF ₆ 断路器	
德						

三、高压电器的出口贸易

采用超高压输电(500~765千伏)的美国,加拿大、巴西、埃及、阿根廷和澳大利亚等,其输变电设备主要靠进口。

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1967年建成500千伏输电线,向法国进口500千伏设备。它的BBG-750型空气断路器单位容量的重量(公斤/兆伏安)为2,而瑞士BBC公司同类型产品为0.28。

美国西屋公司制造的550千伏双压式SF₆断路器,于1966~1967年初,在美国电网中多次发生事故,造成严重损失,美国通用电气公司曾制造超高压真空断路器,将数十个真空开关管串联装在用SF₆气体绝缘的钢筒内,后发现不行,而走了弯路,仍回过头来集中做SF₆全封闭组合电器^[15]。这迫使美国电力公司,在建设765千伏线路时,进口765千伏断路器等设备。

法国的Delle公司,瑞士的BBC和西德的Siemens公司是目前出口高压电器(特别是高压断路器和SF₆全封闭组合电器)的最大厂商,它们的产品,以参数高,技术经济指标先进出名。

法国Delle公司的高压、中压和测量仪表继电器,1977年销售总额为810百万法郎,其中出口占49.3%^[7]。该公司的超高压空气断路器和SF₆全封闭组合电器,具有国际第一流的水准。1965年,该公司为世界上第一条加拿大735千伏线路提供了PK型空气断路器,1968年,为世界上第一条美国的765千伏线路提供了PK型空气断路器,1978年为美国提供了全开断时间为20毫秒的550千伏空气断路器样品,受到1978年国际大电网会议代表的称赞。1978年底为美国电力公司(CAEP)所属的Joshua Falls电站,提供了世界第一个800千伏全封闭组合电器。Delle公司向加拿大提供500~735千伏空气断路器共达300台,占这些线路需用量的80%以上,向美国共提供500~765千伏空气断路器达350台,其中,占765千伏断路器的80%,占500千伏的50%。巴西的460~550千伏断路器,其中70%也是Delle公司提供的。该公司高压产品的出口额达全部出口的80%^[21]。

瑞士BBC公司的名牌产品,有DLF型和DR型空气断路器以及SF₆产品。该公司1977年输变电设备的销售额达125百万英镑,其中出口占94%,国内只占6%。在国外销售额中,44%出口亚洲(约55百万英镑),11%出口非洲(14.3百万英镑),9%出口共同体国家和自由贸易区联盟国家(11.7百万英镑),其余出口欧洲和北美。在总销售额中,高压断路器和SF₆全封闭组合电器以及电流互感器的出口占34%^[19]。该公司为加拿大的735千伏,美国的765千伏以及一些国家的500千伏级线路提供了设备。1973年日本500千伏线路运行的SF₆全封闭组合电器,是日本东芝公司按BBC公司图纸制造的。

西德西门子公司72.5~550千伏的SF₆产品,技术经济指标高,在世界上销路好,其产量占世界上相当大比例。

英国GEC公司于1974年引进SF₆技术,1977年,高压开关出口仅占23%,而到1978年底,由于大量出口SF₆全封闭组合电器,出口额增至70%^[18]。

1978年英国电工产品的出口总额达到3169百万英镑,而进口总额仅为2026百万英镑,贸

易盈额达1143百万英镑。从出口国家看，英国增强了在欧洲共同体和北美的竞争力，更重要的是打入中东和北非诸国市场，在电工产品中，又以开关和控制设备的出口额增加显著，如1978年12月的统计，开关和控制设备出口额达到24.7百万英镑，而同月进口仅为16.3百万英镑，顺差达到8.4百万英镑。英国的开关和控制设备，一度技术上落后瑞士、法国和西德等国。近年来，英国采用国外先进技术，更新产品，从而增强产品竞争能力。如英国最大的电气制造公司——英国通用电气公司（GEC）原生产传统的少油和压缩空气断路器，技术经济指标均落后，该公司为采用先进的SF₆技术，以4百万英镑用于工厂改造和更新设备，此外，同西德Siemen公司通过技术合作，引进西门子公司SF₆技术。

参 考 文 献

- [1] 《输变电知识》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] 超高压输电线 见《高压电器》1973, No 2/3
- [5] 《ETZ-A》, 74, No 5, 245~251
- [6] 《日立评论》1974, No 75~80
- [7] 《Electrical Review》1978, No 21 49~51, 60
- [8] 《变电—08》1978年总100期北京电力设计院编
- [9] 《BBM》1979, No 4, 288~297
- [10] 《Electrical Times》1978, No 4492, 4
- [11] 《Power circuit breaker theory and design》
- [12] 《Electrical Times》1978, No 4500, 1
- [13] 《Siemens—Zeitschrift》1977, No 4
- [14] 《三菱电机技报》1979, No 4
- [15] 《IEE News》1978, No 30
- [16] 《技术座谈记录。——与美洲华侨工程学会技术交流第六期座谈》沈阳高压开关厂编 1978年
- [17] 《BBR》1979, No 4, 288~297

（本章为李建基编）

第二章 国外高压电器制造的企业概况

在资本主义世界，高压电器为垄断的几家大公司所控制。例如：

英国十年前生产高压电器的厂家有8个，现并吞为2个^[1]。生产配电设备的厂家也由15个兼并成6个。英国通用电器公司（GEC）1967年吞并英国电气公司（EEC），1968年吞并联合电气工业公司，而成为英国最大的电气公司，列世界第12位。西德通用电气公司（AEG）兼并德律风根公司。法国的阿尔斯通（Alsthom）公司兼并德莱公司（Delle）。瑞士的BBC公司兼并奥立康（Oerlikon）公司等。

西德西门子公司有30多个分公司和制造厂，洋行和代销点分布在120个国家的450多个城市。英国GEC公司有30个工厂，分布在澳大利亚、新西兰、印度、加拿大、南洲以及欧洲。法国的Delle公司在17个国家设有分公司。瑞士的BBC公司在国外有26个分公司。

法国的阿尔斯通、萨瓦金公司与瑞士BBC公司合并。比利时的电气工业公司（EIB）于1975年加入瑞士Sprecher + Schuh公司。瑞士BBC公司与美国ITE（帝国公司）合资成立古尔德电气集团（Gould Electrical System Group）^[2]。西德西门子公司同美国的查理斯（Allis）公司，在美国成立西门子——查理斯合资公司（Siemens-Allis），以便充分利用一方的先进技术，树立名牌产品的牌子。合资的BBC公司、Sprecher + Schuh公司及Siemens等公司皆拥有先进的产品制造技术，为合资公司的另一方，如美国ITE公司、Allis公司和比利时E、I、B公司，直接提供先进技术。另一方面，建立合资公司，有利于名牌产品在该国畅销。据报导，古尔德合资公司和西门子——查理斯合资公司，均采用BBC和Siemens公司的SF₆技术（较先进、独具一格）。比利时E、I、B公司则引入瑞士Sprecher + Schuh公司的高压少油断路器技术，处于世界领先地位。

图2-1为世界十大电企及销售额统计，其中美国通用电气公司，1972年度的销售额为330亿西德马克，1977年度为410亿西德马克。西德西门子的销售额，1972年为150亿西德马克，1977年为250亿西德马克。日本的日立公司，1972年为130亿西德马克，1977年为197亿马克（从原来的第九位上升到现在的第六位）。

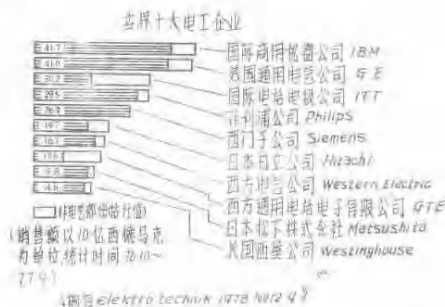


图2-1 世界上十大电企及其销售额