

国外机械工业基本情况

高压绝缘子和避雷器

西安电瓷研究所
机械部第七设计院 合编

机械工业出版社

一九八六

出 版 说 明

机械工业肩负着为国民经济各部门提供技术装备的重任。为适应四化建设的需要，必须大力发展机械工业。上质量、上品种、上水平，提高经济效益，是今后一个时期机械工业的战略任务。为了借鉴国外机械工业的发展道路、措施方法和经验教训，了解国外机械工业的生产、技术和管理水平，以便探索我国机械工业具有自己特色的发展道路，我们组织编写了第三轮《国外机械工业基本情况》。这一轮是在前两轮的基础上，更全面、系统地介绍了国外机械工业的行业、企业、生产技术和科学研究等方面的综合情况，着重报道了国外机械工业七十年代末和八十年代初的水平以及本世纪末的发展趋向。

第三轮《国外机械工业基本情况》共一百余分册，参加组织编写的主编单位包括研究院所、工厂和高等院校共一百余个，编写人员计达一千余人。本书为高压绝缘子和避雷器部分，主编单位西安电瓷研究所和机械部第七设计院。编写人员有：靳宝丰、黄乃良、周义华、蒋冠珍、胡广义、朱谢仔、黎明曦、顾洪莲、李心敏等同志。责任编辑盛秀峰。

机械工业部科学技术情报研究所

目 录

第一篇 高压绝缘子

第一章 综述	1
一、当前世界电力发展概况	1
二、高压绝缘子的发展概况	2
三、主要电瓷制造设备和新技术的发展	5
四、电瓷国际贸易情况	7
第二章 行业和企业概况	9
一、电瓷行业概况	9
二、企业概况	12
第三章 电瓷产品	26
一、高压线路绝缘子	26
二、电站棒形支柱绝缘子	40
三、电器用瓷套和套管	45
四、直流绝缘子	50
五、钢化玻璃绝缘子	61
第四章 电瓷配方与瓷质性能	66
一、电瓷的基本配方	66
二、瓷质的晶相组成与物理特性	70
三、瓷质性能的研究	70
四、几个国家的配方	71
五、釉料	75
第五章 绝缘子制造	77
一、原料加工及泥料制备	77
二、制胚及上釉	91
三、烧成	101
四、切割、研磨与胶装	105
五、钢化玻璃绝缘子的制造	107
六、产品检查	107
第六章 产品试验及科研机构	109
一、产品试验	109
二、电瓷科研机构	113
第七章 有机绝缘子	114
一、概况	114
二、制造	127
三、试验	132

第二篇 避雷器

第一章 综述	137
第二章 行业与企业情况	138
第三章 产品、工艺和试验	140

第一篇 高压绝缘子

第一章 综 述

一、当前世界电力发展概况

七十年代上半期出现了世界范围的能源危机，猛烈地冲击了世界发达国家的经济体系，伴随而来的经济萧条，加上世界各国对环境的保护政策，使大容量电站和大电网的建设一度放慢了步伐。七十年代下半期和进入八十年代以来，世界电力建设速度又有了新的长足发展。据估计，近十年来世界发达国家的装机容量和发电量增长将近一倍。现在世界上发电机的最大输出功率已达1400兆瓦，电站的输出功率达2000~4000兆瓦。实践证明对上述输电容量采用800千伏电压等级输电是可以满足的。若建设1万兆瓦及以上更大容量的电站，则需采用1200千伏级的超高压输电较为适宜。如苏联拟从西伯利亚把近5万兆瓦的电力输送到苏联欧洲部分地区，其输电距离达2000~3000公里，以至需采用1200千伏的输电电压。故苏联对于1000~1200千伏这一电压等级已经研究近十年，现正在建设一条1200千伏的交流输电线路。而从现世界发达国家的电力事业发展情况来看，交流1600千伏等级输电已可满足近期电力发展的需要了，即作为当前超高压输电的最高电压等级。故1983年美国电力局与瑞典ASEA公司合作，开始研究1600千伏的交流输电系统。在本世纪末或下世纪初将需要1800~2000千伏的输电电压。然而由于受世界经济、技术、环境等因素的限制，采用这一最高电压等级仍需经相当长时间努力才能实现。

与此同时，高压直流输电也越来越为世界很多国家所重视，直流输电的研究和应用得到迅速发展。因直流电力系统在运行上不存在稳定性问题，线路造价低，适宜于大功率电网连线的建立。故对于大容量长距离输电，其技术经济效益更为明显，且直流系统具有线路损耗低，调节速度快等优点。近二十年来世界上已建成25项较大直流输电工程，线路总长近1万公里，输送容量达1500万千瓦。在建和将建的有30项工程，全长15000公里，容量3500万千瓦。粗略统计各主要发达国家的直流输电量约占总发电量的10%，第一条采用固体电路系统，设在扎伊尔的英加—沙巴线路，直流最高额定输出功率为560兆瓦，电压 ± 500 千伏，该线路利用光纤连接晶闸管门电路，总长为1760公里。在巴西建有 ± 600 千伏，输出功率为630万千瓦的线路。而在苏联中亚—西欧部分建有 ± 750 千伏的线路等。

根据目前世界直流输电发展趋势估计，采用 ± 800 千伏电压等级基本能满足各国近期发展的需要。

此外，伴随着世界能源开发和能源总危机的发展，许多国家为了开发新能源以解决能源短缺问题，核电工业则应运而生，并得到了相当规模的发展。各工业发达国家纷纷设计和建立了核能发电机组。目前提供电力的核电站有340个，发电能力为2191万千瓦，另外还有180个核电站在建设中。1984年有30座电站建成投入使用，使全世界的核电能力增加了

3100万千瓦。法国核电量占其总发电量的比例最高,为58.7%。比利时占50.6%,其他发达国家如芬兰、联邦德国、保加利亚、匈牙利,以及美国、瑞典、苏联、日本、英国、意大利、奥地利等国家核能发电也均占有相当大的比重。发展中国家也正在开发核电技术。

纵观世界电力发展趋势,其能源结构正在衍变,目前来看,仍以水电、火电、核电为主,以太阳能、地热、潮汐、风力和其它能源为辅。

二、高压绝缘子的发展概况

伴随世界电力的发展,为适应超高压、大容量、远距离输电的需要,必须提供高参数、高性能、高可靠性和经济合理的成套高压和超高压输变电设备,方能将这些大容量的电力输送到远离电厂的负荷中心。因而作为高压和超高压输变电设备至关重要的高压绝缘子和高压电器配套用的相应电瓷产品也获得迅速发展。高压电瓷是线路绝缘和输变电设备外绝缘的主要产品,对电力系统的开发和运行起着举足轻重的作用。

近年来,各种特高压和超高压等级的高档电瓷产品纷纷投入市场,如:

(1) 悬式绝缘子 日本生产的特高压和超高压线路用高强度瓷质圆柱头盘形悬式绝缘子,以其产品性能可靠、劣化率低而著称,现已能成批生产机电破坏负荷42吨、54吨级的产品,并已试制成功和部分投产特高强度70吨和84吨级的盘形悬式绝缘子,其有效高分别为280和290毫米,盘径为 $\phi 440$ 和 $\phi 460$ 毫米。又美国可生产额定抗拉负荷40000磅(约18000公斤)的盘形悬式绝缘子和抗拉负荷36000磅(约16000公斤)的防雾型悬式绝缘子,并可提供带半导体釉的“RG”型绝缘子。

线路悬式绝缘子国外主要制造厂家的年平均劣化率为十万分之二~三,而日本可达十万分之一以下,居于世界领先地位。其产品品种等级和性能也是世界最高的。

(2) 棒形悬式绝缘子 联邦德国可生产高3米、杆径 $\phi 105$ 毫米、抗拉强度为30吨的棒形悬式绝缘子,并可生产高1975毫米,杆径 $\phi 115$ 毫米,抗拉强度为35吨的产品。而日本生产的高强度棒形悬式绝缘子高1775毫米,杆径 $\phi 210$ 毫米,其抗拉强度达100吨。

瓷质棒形悬式绝缘子除联邦德国、日本、苏联发展较快外,其他国家由于工艺制造和电力设计等原因发展速度较慢,甚至有的国家尚未正式开发。而近年来各项性能优异的合成材料制成的线路棒形悬式绝缘子,已崭露头角,部分取代了瓷绝缘子,成为超高压线路绝缘子发展的一个新分支。

(3) 线路柱式绝缘子 以美国和日本发展较快,美国生产的线路柱式绝缘子分顶部绑扎线式、垂直线夹式及水平线夹式三种。最大高度25吋(约635毫米),弯曲强度2800磅(1270公斤),均为实心结构。而日本生产的有普通型(顶侧设绑扎线槽)和顶部线夹式两种。最大工作电压77千伏级,最大高度1040毫米。线路柱式绝缘子在77千伏以下的线路中使用比较多,更高电压线路则仍使用悬式绝缘子串。与普通线路绝缘子比较,其优点是单个元件耐电强度高,并可防止无线电干扰;缺点是挠性差。但根据不同的线路强度要求,该种线路绝缘子仍具有广泛的市场吸引力。

(4) 棒形支柱绝缘子 目前国外几乎完全以棒形支柱绝缘子取代了针式支柱绝缘子,成为支柱绝缘的主要结构。除个别国家或旧有的电站维修仍采用少量针式支柱绝缘子以外,新型输配电设备和电站设计施工已均使用实心棒形支柱绝缘子。故棒形支柱绝缘子在各国外

压电瓷生产中占的比重很大，其产品性能参数，强度水平不断提高，系列发展很快。以日本的500千伏输电系统用高强度棒形支柱元件为例，其底部元件高1150毫米、杆径 $\phi 165$ 毫米、抗弯负荷额定值为3700公斤、实测达4500公斤；弯曲强度额定值为965公斤/厘米²、实测1181公斤/厘米²。其220千伏棒形支柱绝缘子单个产品，杆径为 $\phi 200$ 毫米，弯曲负荷可达5000公斤，单位面积弯曲强度达1000公斤/厘米²。

日本棒形支柱绝缘子的强度设计值，取瓷材试条强度的40~50%，而实际达到的水平则为75~80%。

法国生产的500千伏等级棒形支柱绝缘子，杆径 $\phi 170\sim 230$ 毫米，弯曲力矩为4.2吨·米。245千伏等级，抗弯400公斤的产品，杆径为 $\phi 145$ 毫米，瓷件弯曲强度设计应力为800公斤/厘米²以上。

联邦德国所生产的棒形支柱绝缘子，其单节元件高2100~2500毫米，杆径最大为 $\phi 220$ 毫米，额定弯曲破坏力矩高达9吨·米。

现除发展高参数的普通棒式支柱系列外，各国还大力发展各种防污型棒形支柱绝缘子系列；采用加大伞径、大小伞结合、加深伞下棱、增加伞数等措施，使爬电比距可达4.0cm/kV以上，提高了污闪电压。

(5) 电容式套管 目前国外高压电器用套管基本上分为油纸套管和胶纸套管两大类。胶纸电容式套管为六十年代发展起来的，其主要优点是尾部短、易密封、强度高、易维护。但胶纸套管工艺复杂，其芯子制造质量不良时，易于开裂，造成高温下介质损失增大、游离起始电压低，在相电压下游离放电有时甚至可达1000微微库仑，使检测变压器游离放电造成困难。电压高于380千伏时成本较高，不受用户欢迎。目前国外220千伏及以下的，使用胶纸套管尚较多，因其制造和维护方便。在380千伏以上时，不倾向于发展胶纸套管。胶纸套管以瑞士和意大利等国生产的产品，在国外享有较高声誉。瑞士可制造最大额定电压500千伏，额定电流1000安培等级的产品，其局部放电电压大于最大工作相电压。总长为6500毫米，爬电距离8600毫米，重2850公斤。而意大利可生产最高电压750千伏，额定电流670安培的胶纸套管产品。总长7000毫米，爬电距离12075毫米，重2000公斤。

油纸电容式套管国外的产量较大，其材料若选用恰当，干燥和浸渍工艺处理较好时，介质损失较小，游离起始电压高，热稳定性能也较好。经过改进的短尾油纸套管可与胶纸套管尾部大小接近。目前国外已有几个国家可成批生产最高电压525千伏、765千伏等级的油纸套管。并已试制或小批量生产出1000千伏等级到1500千伏等级的超高压油纸套管产品。

油纸套管以美国、瑞典、日本及前述瑞士和意大利等国家生产的产品较出名，瑞典生产的525千伏油纸套管，浸油部分最大直径为428~430毫米左右，长980毫米（不包括均压球）采用与变压器油分离系统密封（Hermitically Sealed with Separate Tail System），其局部放电起始电压按IEC要求均达到1.5倍相电压，并在高的运行温度下，具有低的介质损失。而国外有些厂家的产品，实际上局部放电则高于线电压，乃至在工频耐受试验电压下都不产生游离。

美国生产的额定电压500千伏，额定电流为1600安培的油纸套管总高为7150毫米。瑞典成批生产最高电压765千伏，额定电流3150~5000安培的油纸套管，局部放电均 < 10 微微库仑，其总高8400毫米，总重约2700~3000公斤。并生产大小伞交替的防污型套管，其正常爬电距离与轴长的比率可达3.43。还试制出最高系统电压1500~1800千伏等级套管。

日本生产的额定电压 525 千伏，额定电流 2000 安培的油纸套管，总长为 7880 毫米，总重 4500 公斤，其局部放电大于额定电压。

(6) 大型瓷套 为了满足特高压和超高压输电的要求，电器瓷套的设计结构越来越大。现在日本已制成 $\phi 1500 \times 12000$ 毫米的超大型瓷套。对于此种巨大的瓷套，仍要求其尺寸精确、外表美观、表面缺陷减至最少，并满足一定性能和规格要求，其制造难度之大是可想而知的。而对于空气断路器和其它充压电器设备瓷套，则还要求相当高的机械强度和内压破坏强度。现在国外大型瓷套制造水平：日本除试制成上述高 12 米大瓷套外，还正常生产 500 千伏变压器用瓷套；直径为 $\phi 940$ 毫米，高度 6700 毫米，爬电距离 20400 毫米，内压破坏强度 24 公斤·力/厘米²，单重为 2100 公斤，加附件重 2580 公斤。

联邦德国生产的单节整体瓷套高约 4.7 米，直径最大为 $\phi 930$ 毫米。

高强度瓷套是超高压输变电设备所需的关键部件。目前日本制 SF₆ 断路器用高强度瓷套制造水平：高度 5.4 米，(单节无接口，总高可达 2.3 米) 内径 $\phi 700$ 毫米，破坏强度 60 公斤/厘米²，弯曲破坏负荷超过 10 吨。美国制 SF₆ 瓷套高 4000 毫米、内径 $\phi 300$ 毫米、试验压力 48 公斤/厘米²。法国制 500 千伏用 SF₆ 断路器灭弧室瓷套高 1560 毫米、破坏弯曲力矩为 4.86 吨·米，其根部为 7.86 吨·米。其支柱瓷套抗弯达 8 吨·米。日本生产的空气断路器用高强度灭弧室瓷套，其内径为 $\phi 110$ 毫米，外径 $\phi 215$ 毫米，瓷件破坏应力额定值为 505 公斤/厘米²，实测值为 748 公斤/厘米²。

法国生产的高强度 SF₆ 断路器瓷套最大外径可达 $\phi 850$ 毫米，高 2500 毫米，内径 $\phi 700$ 毫米。鼓形瓷套内径 $\phi 275 \sim \phi 450$ 毫米，额定内压破坏强度 37 公斤/厘米²、实测 90 公斤/厘米² 未坏。其大小内径比为 1: 2.5~4，瓷件直径与高度比值可达 1:5~10。

随着输变电设备向高参数发展，预计大型瓷套的单个元件制造工艺水平目前已渐趋饱和，今后除进一步选用高强度瓷材料，设计结构采用大爬距大小伞结合外，将向分节多段成型技术的组合元件方向发展。

(7) 钢化玻璃绝缘子 盘形悬式钢化玻璃绝缘子在高压和超高压交、直流输电线路上的应用数量逐年增多，而使传统的瓷质线路悬式绝缘子需要量相对地逐步减少。在法国和意大利甚至全部(新建线路)或大部输电线路均采用钢化玻璃绝缘子代替瓷质绝缘子。

钢化玻璃绝缘子，由于其材料经处理后具有蠕变能力，受外力或局部应力时不易脆裂，可零值自破，抗拉强度高(约比瓷高三倍)，抗冲击强度比瓷约高一倍和重量轻等一系列优点，而得到推崇和发展。截至八十年代初，全世界运行的钢化玻璃绝缘子已超过 2 亿多片，有 100 多个国家的输电线路安装了钢化玻璃绝缘子。线路电压等级交流最高 500~750 千伏，直流 $\pm 400 \sim \pm 500$ 千伏，世界上几乎有 80% 的直流输电线路采用了钢化玻璃绝缘子。绝缘子的机电破坏强度最高为 50~55 吨级。现正研制更高强度产品。

目前制造钢化玻璃绝缘子的主要国家有法国、苏联、意大利、英国、西班牙、巴西、民主德国、罗马尼亚和美国。他们均建有生产高压和低压玻璃绝缘子的生产线。此外在挪威、南非及墨西哥还建有钢化玻璃绝缘子装配厂，其玻璃件由法国进口。

反映钢化玻璃绝缘子质量的一个重要指标是“零值自破率”。据统计，世界各地的 35~750 千伏输电线路经 20 多年运行的钢化玻璃绝缘子，其自破率在 0.01~0.03%。法国的钢化玻璃绝缘子年自破率平均为 0.005%~0.03% 范围。其质量水平很高。目前钢化玻璃绝缘子除生产线路悬式绝缘子外，还制造配电装置用支柱绝缘子，电气化铁道用悬式钢化玻璃绝

缘子和钢化玻璃针式绝缘子等。

(8) 合成绝缘子的发展 合成绝缘子是六十年代末期陆续开发的采用有机硅聚合物和玻璃纤维芯棒等合成材料制成的新型绝缘子。由于其本身的许多优异特性,如(i)合成绝缘子可制成六米以上的整体单一元件结构,很少用连接金具,因无显著电晕和无线电电视干扰问题,故可降低线路绝缘子的噪音干扰水平;(ii)绝缘体具有高弹性和高抗张强度;(iii)重量轻,仅为相同等级瓷绝缘子的10~20%,携带方便;(iv)线路合成绝缘子可防枪击等一系列优点,故合成绝缘子有着辽阔的发展前景,现已发展成为高压和超高压绝缘装置的另一个分支。若耐漏电性和耐劣化性能提高,则将与瓷绝缘子相抗衡。

目前世界生产合成绝缘子的厂家较多,主要有联邦德国可生产单个元件高六米、最大杆径 $\phi 50$ 毫米、额定电压750千伏的棒形合成悬式绝缘子。美国生产高3.5米、额定电压345千伏的棒形悬式绝缘子和环氧树脂制作的断路器套管、穿墙套管及支柱绝缘子。美国拉普公司电瓷厂生产的Polypace绝缘子,可制造系统最高电压345~765千伏以下的各类合成绝缘子和138千伏相间间隔棒。该厂所有出厂的合成绝缘子均经受额定工作强度160%以上的例行拉力试验。美国OB公司尼威尔(Newell)电瓷厂生产合成棒形悬式和350~750千伏的棒形支柱绝缘子,以及Hilitee系列铁道棒形绝缘子。美国Plastigage公司生产Hether-Lite系列合成棒形悬式绝缘子等。又日本的日立公司和瑞士的契巴佳机(CIBAGAGI)公司等也相继开发了环氧树脂制有机绝缘子。此外联邦德国菲尔特-圭劳姆能源技术公司(Felten & Guilleaume Energie-technik GmbH)还研制成110千伏有机硅聚合物伞和玻璃纤维加强塑料圆筒相结合的短尾电容式套管和SF₆套管。

三、主要电瓷制造设备和新技术的发展

除已熟知的传统电瓷制造技术和新产品开发外,近年来国外电瓷生产设备发展得很快。如:

(1) 大型立式真空练泥机 由联邦德国首创的大型立式真空练泥机的问世,对挤制大直径空心管状(如瓷套管)电瓷产品具有很多优点:克服了卧式练泥机挤制大直径空心毛坯易产生偏心和弯曲变形的弊病;并因挤制出毛坯立放阴干、立修、干燥,故占作业面积小,可提高单位面积产量;而且各工序间便于组织机械化生产。联邦德国罗森塔技术陶瓷公司和西门子雷德维茨电瓷厂均拥有 $\phi 750$ 毫米立式真空练泥机,可挤直径 $\phi 800$ 毫米、壁厚140毫米、长2500毫米的空心毛坯和 $\phi 450$ 毫米、长3500毫米的实心泥段。美国西屋公司德利电瓷厂和美国拉普公司电瓷厂采用螺旋直径为 $\phi 400$ 毫米的立式真空练泥机。苏联和瑞典埃卓公司也采用大型立式真空练泥机挤制套管,据称联邦德国已研制出螺旋直径 $\phi 1000$ 毫米的大型立式真空练泥机,以满足超高压大型产品的生产。

(2) 立式光电跟踪修坯成形机 该设备为联邦德国首创,其各电瓷厂生产棒形绝缘子所采用的二工位自动修坯机结构,可加工毛坯最大直径 $\phi 350$ 毫米,最大长度2000毫米。修坯机外形尺寸长×宽×高=5050×3100×4100毫米,重7000公斤。其他国家也相继创制出光电和数控等单工位和多工位各类自动和半自动成型机床。

(3) 大型套管内外仿型修坯机 目前联邦德国乃气陶瓷机械公司(原海茵里希-蔡德勒陶瓷机械厂并入该公司)已能制造修制5米高毛坯的自动内外仿型修坯机。加工范围为毛坯尺寸 $\phi 1500 \times 5000$ 毫米,可修最大内径 $\phi 1100$ 毫米,最小内径 $\phi 300$ 毫米。其机体外形尺

寸为3220×2360×14000毫米。日本、美国、苏联等国也均发展了该仿型机。

(4) 窑炉的发展 近十多年来窑炉在等温高速喷射技术发展的基础上,由钟罩式窑演进而来的等温高速喷射式快烧车底窑(也称抽匣窑)和单一烧成用组合式蒸笼窑得到飞速发展。快烧车底窑的工作原理与传统的倒焰式窑有着根本的区别。它打破了传统窑炉中气体以其自然流动为主的工作状态,成功地利用了高速调温烧嘴的喷射循环作用,有效地组织窑中气体流动,强化了传热过程。并以其轻质耐火材料为内衬,减少了窑炉的蓄热损失,在焙烧制度的稳定方面比普通隧道窑更易于实现自动控制。

喷射式快烧车底窑的优点是:灵活机动,调节精确、温度均匀、产品质量高,烧成时间短、节省燃料,便于自动化。克服了传统间歇窑燃料消耗大的缺点,其单位产品燃料消耗可接近于隧道窑水平。并兼有隧道窑装卸方便和间歇窑烧成制度调节灵活的优点。

目前国外已将这种窑炉广泛用于电瓷、陶瓷和耐火材料等烧成领域,成为当前烧成窑炉发展的重要方向。远在六十年代美国比克莱窑炉公司(BICKLEY FURNACES INC)首先在陶瓷窑炉上使用ISO-JET高速调温烧嘴,该公司设计的60米³喷射式快烧车底窑,烧成110千伏棒形绝缘子,可将烧成时间由原来用煤气倒焰烧成的72~96小时,缩短到36小时,燃料消耗约为4000千卡/公斤瓷。联邦德国莱茵-维斯特华伦电瓷厂有一座由比克莱公司建造的有效容积60米³车底窑,每窑可装110千伏棒形产品600根,烧成合格率达99%。

到七十年代,联邦德国、英国、法国、比利时、苏联、日本等国也相继研制出多种高速烧嘴。目前全世界已有200座以上,以气体或轻油为燃料的喷射式快烧车底窑。

蒸笼窑则适于单一烧制超大型瓷套,每窑烧一只产品,其窑体结构系沿高度方向分成若干节,依次组合选加构成一整体立式窑炉。现日本绝缘子公司知多工场已拥有高10米和高14米的大型蒸笼窑六座,日立化成石神电瓷厂有一座用来烧制特高压和超大型瓷套。由于高速调温烧嘴的出现,创造了快速均匀加热制品的条件,并为扩大窑炉截面,大幅度提高窑炉产量,提高周转期带来革命性的变化。

(5) 专业生产线的建立 日本绝缘子公司组织了专业生产棒形绝缘子的自动化生产流水线。加工范围:坯件最大直径 ϕ 225毫米、长为1900毫米,生产能力可修 ϕ 125×1200毫米毛坯,班产200只。该公司还拥有一条机械化自动化程度较高的大套管生产线,拥有龙门式自动切泥机,倾斜式皮带运输机与真空练泥机联线,和一整套挤坯起立装置、干燥毛坯装置和自动仿型修坯机等。美国、苏联、联邦德国、瑞典等国家也建有多条类似的高效能专业生产线。

(6) 等静压成型工艺 这个工艺的兴起,并用于高压电瓷制造,标志着高压电瓷坯生产工艺跨进了粉体成型的技术领域,这是近一个世纪来传统高压电瓷成型工艺的一大变革,等静压技术原理袭用帕斯卡定律,将待压粉料装入弹性软模内,放进液体或气体介质,对这种流体介质施加一定压力,则压强便均等地作用在模具的各个面上,使粉料均匀受到挤压,而被压成与模具相似的压实物体。

等静压成型是电瓷制造的一项新工艺,它抛弃了传统工艺中泥料反复加水除水的耗能作业,改变了螺旋式加压,给坯件带来的颗粒定向排列结构和泥料质地不均等严重缺陷。其优点:①工序少;②生产周期短;③在制品数量少,生产同样数量瓷件的条件下,半成品数可减少2/3~3/4,从而使半成品的运输量减少;④生产作业面积小;⑤过程损失少,瑞典埃阜公司用等静压成型棒形绝缘子,全过程合格率可达到90%,而过去采用传统工艺只有50%

左右；⑥产品性能好，分散性小，用等静压法制造的坯体均匀致密。

瑞典埃卓公司从1965年即开始研究等静压工艺，用来生产高强度棒形绝缘子。七十年代先后在该公司的布罗莫拉（Bromolla）电瓷厂和奥地利的弗劳恩特尔（Frauenthal）电瓷厂建立了生产线，并投入使用。目前已能制造杆径 $\phi 240$ 毫米的棒形，其抗弯应力保证值仍能达到500公斤/厘米²，取得了较好的经济效益。1978年苏联列宁格勒无产者电瓷厂，从瑞典引进了等静压生产技术和设备，仅在短短的二、三年内即形成了年产4万只高强度棒形绝缘子的生产能力。

四、电瓷国际贸易情况

根据资料统计，截至1980年止，世界绝缘子的总出口量为14万吨/年，合3.55亿美元（FOB价）；其中瓷绝缘子总出口量为11万吨，合3亿美元；玻璃绝缘子总出口量为3万吨，合0.55亿美元。绝缘子的主要出口国家有日本、美国、联邦德国、英国、法国、意大利、中国、苏联、南斯拉夫等国。其中日本是最大的绝缘子出口国；年出口量为5万吨，合1.36亿美元，约占世界瓷绝缘子出口量的45%；法国是最大的玻璃绝缘子出口国，出口量为2.2万吨，合0.4亿美元，占玻璃绝缘子出口总量的百分之七十以上。

世界电瓷出口额从1976年到1980年，平均每年递增18%，增长速度较快，1981年以后受世界经济危机和美元升值的影响，有所减缓。

世界各电瓷出口国家的电瓷出口价格一般都较高，各国平均价格（1980年FOB价）：日本2720美元/吨，美国3500美元/吨，意大利5470美元/吨，南斯拉夫1268美元/吨（1977年价）。

各绝缘子出口国家在世界市场的占有率：日本为38.3%、美国15.2%、联邦德国10.1%、英国9.4%、法国14.7%（主要指玻璃绝缘子），其他出口国家合计为12.3%。

日本主要出口地区是亚洲，约占50%，其次为美洲占25%以上。日本每年大约向80~100个国家出口，但出口金额较大的（100万美元以上）约有26个国家。

美国绝缘子国内市场消耗较大，其出口不是很多，从其出口地区分布来看，美洲最多，约占35%以上，其次是亚洲约占30%左右，欧洲居第三位，约占17~20%，大洋洲6~8%。美国瓷绝缘子每年向大约40多个国家和地区出口，出口额比较大的有十几个国家，其中加拿大、比利时、墨西哥、澳大利亚和沙特阿拉伯，是美国电瓷最重要的贸易伙伴。

联邦德国是电瓷制造技术比较先进的国家，尤其在棒形悬式、电站棒形支柱等棒形产品和大型瓷套的制造方面比较擅长。欧洲是联邦德国电瓷出口的主要地区，约占其出口总额的65%，其次是亚洲约占出口总额的18~20%，联邦德国每年大约向40多个国家出口瓷绝缘子，金额较大的有14个国家。其中瑞士、法国、荷兰、瑞典、沙特居前列。

法国是玻璃绝缘子最大出口国，但瓷绝缘子也有相当数量出口。法国的瓷绝缘子每年向20多个国家出口，大部分集中在欧洲。美洲、亚洲则仅有少数国家，其中出口金额较大的有8个，联邦德国、意大利、比利时、卢森堡、波兰、瑞士、美国等是其主要贸易伙伴。其玻璃绝缘子向大约40多个国家和地区出口，出口额较大的有17个国家。

英国、意大利和南斯拉夫的绝缘子出口情况是：英国主要向欧洲和其英联邦国家出口。意大利瓷绝缘子年出口约2000吨，出口地区为欧洲。南斯拉夫主要出口国是东欧以及一些第三世界国家。

而苏联电瓷除对其经互会国家出口外，国际市场贸易数字不详。

东南亚地区近几年来是日本、美国电瓷市场，如1980年销往东南亚的电瓷中，日本销售额为2380.2万美元，市场占有率为74.5%，美国销售额为427.8万美元，市场占有率为13.4%。南亚地区电瓷销售情况以日本占绝对优势，其市场占有率为92.4%，美国占0.5%，联邦德国占5.0%。

北美洲、美国、加拿大既是电瓷的输出国也是电瓷的进口国，每年都分别进口1000万美元以上的绝缘子。美国电瓷和法国玻璃绝缘子在加拿大占了很大优势，其次是日本瓷绝缘子。

中南美洲许多国家都进口绝缘子，但数量都不很大，其中比较大量的是墨西哥、委内瑞拉、哥伦比亚。这几个国家是日本、美国占优势。

欧洲电力工业比较发达，耗用绝缘子数量较大，欧洲制造绝缘子的国家也较多，因此欧洲各国绝缘子贸易也比较活跃，联邦德国、英国、法国、意大利、比利时及卢森堡等国的绝缘子出口大部分集中于欧洲，外部国家日本、美国也有一定数量销往欧洲。

非洲电力事业比较落后，绝缘子耗用量较少，货源较杂，在非洲市场上占比例较大的是法国的玻璃绝缘子。

第二章 行业和企业概况

一、电瓷行业概况

国外发达的资本主义国家的电瓷行业，由于电力工业的发展速度近几年来趋于缓慢，电瓷产量的增长速度也缓慢，如日本电瓷出口占其总产量40%左右这样高水平的国家，从1978年至1982年的五年内，产量增长只有5.6%，美国及西欧国家电瓷产量基本上没有增长。但由于产品更新、质量提高及通货膨胀等原因，电瓷产品价格提高，因而销售额还有较大提高，如日本从1978年至1982年销售额增长达62.6%，

在品种方面，由于高工资，工资在成本中的比重大，如日本绝缘子公司1982年工资占成本的42%，对劳动密集、价格低的针、悬式等线路电瓷产品逐步减产、转产或停产，如美国O·B公司要拆除悬式绝缘子生产线，并出卖。拉普电瓷厂正在发展线路棒式组合绝缘子及树脂复合绝缘子减少悬式及针式绝缘子的生产。西欧与日本也在试制与生产树脂复合绝缘子。

在制造技术方面，原料基本上都在专业加工厂加工成粉料供电瓷厂使用，泥浆脱水发展了喷雾干燥技术，代替传统的压滤技术，产品成型发展等静压成型技术，代替传统的真空挤制技术，大型产品整体挤制仿形修坯技术大为提高。改革窑炉结构，使用高速喷嘴更新烧成工艺，使用高强度重结晶碳化硅窑具，提高窑炉装载容量，节约能源，降低成本等革新正在大力进行，成为当前电瓷行业技术改造的核心。电子计算机的应用，正在这些制造技术中发展以提高自动化水平及提高产品质量与节约劳动力。

几个主要国家的电瓷行业概况如下：

(一) 日本电瓷行业概况

1. 产量与销售额情况

按照日本工业年鉴，电工陶瓷包括线路绝缘子、电器电站绝缘子与电子工业用特种陶瓷。电工陶瓷属陶瓷工业中的工业陶瓷类，其产值占陶瓷总产值的28%，而产量只占8.5%。在电工陶瓷中电子工业用陶瓷的产值占电工陶瓷的50%，而产量约占15%。

1976年至1982年电瓷的产量、销售额及出口情况见表2-1。

表2-1 电瓷产量、销售额与出口情况

年份	产量(千吨)	销售额(亿日元)	出口(千吨)	占%	亿日元	占%
1976	99	360				
1977	107	445				
1978	125	535				
1979	126	680	42.4	33.6	280	41.2
1980	135	815	49	36.3	329	40.0
1981	133	825	53.3	40.0	334	40.5
1982	132	870	56.2	42.6	381	43.8
1983			61.5		417	

日本绝缘子公司1982年绝缘子销售额为652亿日元，占全国绝缘子销售额的74.9%。
日本电工陶瓷出口地区，按1981年统计见表2-2。

表2-2 日本电工陶瓷出口地区

单 位	亚 洲	欧 洲	北 中 美	南 美	非 洲	大 洋 洲	合 计
千 美 元	64387	10516	27452	9382	5455	15079	132271
%	48.7	7.9	20.8	7.1	4.1	11.4	100

2. 陶瓷原料和燃料

日本的陶瓷泥石原料，粘土（木节土与蛙目粘土）产于爱知和岐阜地区，天草瓷土与泉山瓷土产于九州地区，但优质高岭土及石膏依赖进口。高岭土主要来自朝鲜与新西兰、石膏来自中国及摩洛哥。

陶瓷窑炉焙烧燃料主要用重油、轻油、煤油和液化气，高压电瓷主要用轻油和液化气。1978~1981年窑炉燃料消耗量见表2-3。

表2-3 窑炉燃料消耗量

燃 料 名 称	单 位	1978	1979	1980	1981
重 油	k l	391304	360927	320048	270835
轻 油	k l	162138	152820	148400	136943
煤 油	k l	113035	109782	103283	107585
液 化 气	吨	128147	150250	155864	155565

从上表看出，重油、轻油的消耗量在逐渐减少，液化气在逐渐增加。

3. 今后发展方向

由于输电电压向特高压发展，在日本已实现了500千伏，以1000千伏作为基准的输电电压是必然的趋势。为适应这种需要，提高电瓷的技术水平是迫切要解决的问题。

在陶瓷工业中，工资占产品成本的40~50%，日本绝缘子公司，工资占产品成本的42%，因此要力争实现机械化与自动化，同时要培养技术工人。

在燃料与窑炉方面，由于石油类热源能否保证稳定供应及价格是否稳定的问题，要注重利用天然气和煤的液化来取代石油类热源。同时要研究提高电炉的性能，和利用氢及原子能，要研究烧成方法，促进节能窑炉的开发，研究使用电子计算机节能的窑炉。

在环保方面，集中于窑炉排出的废气处理，从提高产品质量的要求，要使用优质燃料。

由于世界能源紧张，生产成本提高是不可避免的事实。因此必须树立以能源对策为中心的全新观点。同时，必须通过提高产品质量、开发新产品、加强培养技术力量来提高商品的价值。更应开辟电子工业精密陶瓷的领域。

大型企业要谋求各自的发展前途，进行投资研究和使已生产的产品多样化和系列化。中小企业要发挥企业的独立性，通过企业间的协作来提高生产效率和共同研究开发新的市场。

(二) 美国电瓷行业概况

美国电工陶瓷企业有62家，生产高压绝缘子（包括套管）约有25家，大型企业约9家，

其中有O.B公司，拉普电瓷厂，西屋公司电瓷厂，洛克电瓷公司，北美罗森塔尔公司，联合电瓷公司，莫特帕斯公司，电气陶瓷公司，布朗包阜内电气公司电瓷厂等。大型电气公司的电瓷厂如西屋公司电瓷厂只生产电器电站电瓷供本公司内部配套使用。1983年电瓷销售额为1.74亿美元。

电瓷用铁帽等金属附件，一般在电瓷公司内部设铸造分厂供应。但拉普电瓷厂认为本公司铸造厂的铸件成本高，不如外购，已停止铸件生产。

陶瓷泥石原料都是由原料公司加工成粉料及销售给电瓷厂使用。细度可达到工艺要求，不需经球磨机细磨，直接进混合池混合搅拌使用。陶瓷原料公司主要有34家，大型企业约10家如长石公司，高岭土公司，田纳西粘土公司，密索里矿物加工公司，菲利普兄弟 樊土公司等。

专用设备制造厂有各类设备如真空练泥机、搅拌机、成型机、粉碎机等专业厂上百家，窑炉、窑炉设备、窑具企业也有上百家。窑炉公司主要有比克莱窑炉公司，哈罗普工业公司等，窑具有联合碳化硅公司，诺顿公司等。

由于电力增长速度缓慢及工资高等原因，电瓷市场不畅，成本高，对于只够本的悬式绝缘子将停产，如O.B公司要拆除经营几十年的悬式绝缘子生产线，拉普公司亦在减少产量而生产线路棒式组合绝缘子、树脂复合绝缘子等。据了解，西屋公司已建了机械化程度很高的树脂复合套管生产线，而将原有的电瓷厂出让。

（三）联邦德国电瓷行业概况

联邦德国的电瓷企业主要有三家。即罗森塔尔工业陶瓷公司，西门子雷德维茨材料与电瓷厂及莱因-威斯特华伦电瓷厂。前二者均属于大的电气公司，罗森塔尔属AEG电气公司，雷德维茨属西门子电气公司，其产品主要为其内部电器设备配套，也生产一部份线路用棒形悬式。总生产能力约20000吨。此外还有中小电瓷厂生产35千伏以下及低压电瓷。

陶瓷泥石原料，基本由国内供应，都是采取在矿上加工成粉料供应电瓷厂。几家原料公司如施特芬施密特公司，富克斯公司，阜新鲁译公司等都是开矿后进行加工，附有原料加工厂。还可配成合乎要求的泥料，供应陶瓷、砖瓦工厂。联邦德国原料其质量并不高，但原料公司进行分析研究，经过加工处理后成为合乎标准的原料，以充分利用本国资源。

陶瓷、电瓷专用设备制造企业主要有两家，即乃气机械制造公司与道斯特陶瓷机械制造公司。这两个公司都是按设备种类设专业性分厂，分厂的规模不大，但水平高，效率高，设计力量雄厚，并有为研究用的完整的陶瓷试验室。

窑炉、窑具企业方面，窑炉公司有三家，即路德维希雷得哈姆工业炉公司，比克莱窑炉公司及维斯特拉窑炉公司。比克莱窑炉公司系美国比克莱窑炉公司在联邦德国的分公司，现已并入雷得哈姆工业炉公司。这些公司都进行窑炉的设计与建造，向外承包窑炉。窑具厂家有高温陶瓷公司及诺顿公司联邦德国分公司制造重结晶碳化硅窑具。

（四）法国电瓷行业概况

法国的绝缘子生产包括玻璃与陶瓷两大部分。玻璃部分主要是钢化玻璃悬式绝缘子。陶瓷部分主要是电器电站电瓷。前者由塞迪维尔（Sediver）公司生产，后者为塞拉莱普（Ceralap）公司生产。此二公司均为法国CGE集团所属塞拉维尔（Ceraver）和阿尔斯通（Alsthom）公司的子公司，产品供阿尔斯通公司及MG公司配套。塞拉维尔公司还包括英国皮尔金顿公司的玻璃绝缘子部份，实际为一跨国公司。该公司还在巴西、西班牙、意大

利、美国出卖许可证，实行许可证贸易。该公司拥有8条钢化玻璃悬式绝缘子生产线，其中法国5条，巴西2条，美国1条。还在意大利与西班牙以许可证专利生产各建有生产线1条。还在英国与加拿大进行装配生产。每条生产线的年生产能力为200万片，机械化自动化程度很高。总计年生产能力为2600万片，主要供出口，年出口量达2.2万吨，约4000万美元，占全世界玻璃绝缘子出口总量的70%。

1978~1981年，法国绝缘子（玻璃与陶瓷绝缘子）企业的人员、销售额、当年投资等情况下：见表2-4

表2-4 法国绝缘子企业情况

年份	人员	销售额(除税)(百万法郎)	当年投资(百万法郎)
1978	2373	439.6	11.6
1979	2445	521.9	24.3
1980	2434	682.4	26.6
1981	2391	690.3	40.0

由表可见，人员在逐渐减少，销售额及投资都在逐年增加，主要是更新工艺装备及提高机械化程度来提高产量，增加销售额。

二、企业概况

(一) 联邦德国原料矿及加工厂概况

1. 施特芬施密特公司 (Stephan Schmidt KG)

该公司位于威斯特渥(Wester Wald)的东堡(Dornburg)，于1947年成立。主要开采粘土矿及加工，系联邦德国一大粘土矿公司。至1983年累计销售粘土42万吨以上，投资约900万马克。该公司有九个露天矿，还有地下矿，但由于工资高等原因地下矿将关闭。该公司始终遵循保证质量的方针，开采粘土采用新的采掘技术，大容量储仓与均匀的搅拌设备等，以提供多种成分与高度均匀的标准原料，主要用于建筑陶瓷、日用瓷、电瓷及化学制品等。年产量58500吨，多半出口中欧等22个国家，最多是意大利。

1983年该公司又投资900万马克扩充企业，在色丹(Sedan)新建一个矿及在缅恩堡(Maienburg)新建一个加工厂。色丹矿化费250万马克采用新的采掘系统及双辊破碎机在采掘坑内破碎原料，并用传送带送至容量为8000吨的储仓。

为配合色丹矿，在缅恩堡新建一加工厂，投资600万马克，12个月建成，1983年年底投产。该厂厂区面积44400平方米，结构体积38000立方米，采用双辊破碎机、干燥机、研磨干燥机、叶片式细度分级器、旋风分离器及除尘器等一套加工设备，使粉料水份达到1%，平均细度从 $100\% < 200\mu$ 降到 $100\% < 60\mu$ ，产量为15吨/小时。粉料用螺旋输送机送至8个料仓储存，其中四个每个容量为210立方米，直径6米，高12米。另四个，每个容量为80立方米，直径5米，高12米。全部用计算机控制，可控制九种成分的配料。

以三班计，该厂月产7500~8000吨，可供应干粘土块料，粉料及粗陶与细瓷用坯料。

该公司由于扩充上述原料矿及加工厂，全公司职工增加到120人。预计1984年的销售额

将比1983年增加13~15%。

2. 富克斯 (Fuchs) 粘土公司

该公司于1964年建立。是将威斯特的瘠性粘土处理后提炼成成份合格质量均匀的标准粘土。1973年该公司在盖根费罗 (Geigenflur) 建设了一个露天矿, 采用一套机械化的粘土处理设备。粘土矿用载重汽车运来, 通过卸料槽, 双链运输机、破碎机、带磁选机的皮带运输机、活动式皮带运输机进行破碎, 吸铁处理后进入储料仓。破碎机的产量为200吨/小时, 储料仓有14个贮料箱, 每箱可储料300吨。该矿月开采能力为10000吨。该系统采用摄像机电视监测进行控制。

1981年该公司又在冷斯巴赫 (Ransbach) 建立了一个制泥车间, 1982年1月投产, 生产各种坯料包括干粉料, 湿泥料与浆料。该车间有11个罐仓, 二台研磨机, 20个混合料筒 (容量900吨), 两台空气混料机, 四台真空练泥机, 一台带闸门的装料斗及6个浆料池。干料用研磨机粉碎, 细度小于 61μ 的可达99%。湿泥料用干粉配料经空气搅拌器混合后加水塑化, 再经真空练泥机练成泥料。该公司并可提供含水份10~12%的散装料, 用户使用时只要加入适量的水就可成型。

3. 阜新鲁译 (Hutschenreuther) 公司施迈里兹 (Schmelitz) 原料厂

该厂于1903年建立, 为高岭土洗矿厂, 开采高岭土及伟晶花岗岩。采用挖掘机和轮式装料机进行开采。之后选矿和洗矿, 先提取高岭土, 再提伟晶花岗岩。在分选中还有一种石英—长石—云母混合料用于生产瓷砖和瓷板。

1963年建了一套连续生产的伟晶花岗岩粉碎选矿装置, 1969年加了一台强磁场磁选机, 该装置用计算机进行程序控制。

该厂还有一套泥料制备设备。将伟晶花岗岩、高岭土、粘土进行配料。泥浆用喷雾干燥器脱水。喷雾干燥器为联邦德国道斯特 (Dorst) 公司生产的D600型, 其直径为8米、高25米, 每小时蒸发水6000立升, 一小时消耗天然气700立方米, 年生产粒料70000吨, 粒料可用于等静压成形。

4. 克伦伯克楞德公司泥料加工厂 (Kanenback-land GMBH CO)

该厂位于克伦伯克楞德镇, 为泥料加工的专业厂。由进厂原料加工成注浆料及泥料, 供陶瓷厂使用。

该厂厂区面积1.3公顷, 建筑面积约1万平方米, 职工25人, 其中工人20人, 月产注浆料及湿泥料2500吨, 一班制。1983年每吨料价格平均400马克。

该厂主要设备有: 10吨球磨机4台; 喷雾干燥器两台, 其蒸发水量每小时为2.4吨, 泥浆水份为40%, 粒料水份为3%、8%、12%, 细度为0.6毫米; 搅拌池7座; 振动筛5台, 其中 $\phi 1000$ 3台, 筛网300目。另有两条包括混练机、喂料机、真空练泥机等机械化生产线生产泥料, 用喷雾干燥器生产的粒料与浆料在混练机中混合成泥料, 经真空练泥机练成泥段, 用塑料布覆盖出售。注浆料用槽车运送出售。

(二) 电瓷制造企业

1. 日本 日本绝缘子公司 (简称NGK公司)

该公司于1919年由日本陶瓷公司的绝缘子部分分出来成立的。当时的资金为200万日元。1922年开始生产化工用产品。1942年建知多工厂, 1957年建热田工厂, 1961年建小牧工厂。1965年建美国NGK公司, 1968年建加拿大NGK公司, 1974年与美国G. E. 公司合办绝缘

子厂, 1977年建欧洲NGK公司。

生产的产品有:

绝缘子、电气设备类: 特高压绝缘子, 普通高压绝缘子, 低压绝缘子, 带电绝缘子清洗装置, 灭火装置, 树脂绝缘子, 线路开关, 配用电容器, 防噪音装置, 电缆分线盒等。

环境装置、化工用、窑业用设备类: 工业用水及其废水处理装置, 污泥处理装置, 除臭装置, 低标准放射性废弃物焚烧装置, 泵、阀、过滤器等耐腐蚀化工装置, 催化燃烧用蜂窝陶瓷, 各种耐火材料及窑业设备等。

金属产品、特殊窑业产品类: 铍钨产品, 铝瓷器, 氧化铍瓷器, 汽车排气用除臭蜂窝陶瓷。

该公司电瓷产品品种齐全。悬式绝缘子, 高强度者有33、42、54吨级产品, 特高强度者有70、84吨级产品, 防污型有12、16.5、21、33、42吨级产品。大型瓷套可生产 $\phi 1.5$ 米产品, 高8米瓷套可成批生产, 年产量可达600根, 重1400吨。1982年已研制成功高12米特高压瓷套。500千伏SF₆断路器瓷套高6.7米, 重2.1吨, 27.5千伏SF₆断路器瓷套 $\phi 167 \times \phi 400 \times 3495$ 毫米, 重605公斤, 内压破坏负荷为36公斤/厘米²。棒形悬式绝缘子有12、16.5、21、30、50吨级产品, 棒形支柱绝缘子单节产品可达220千伏级, 杆径 $\phi 200$ 毫米, 抗弯负荷达5吨。

产品水平居世界首位, 悬式绝缘子年劣化率在十万分之一以下。高强度瓷套及棒形破坏应力达900公斤/厘米², 产品的平均破坏负荷高于额定值15~40%, 减去三倍标准偏差仍高于保证值5~15%, 可靠性达99.85%以上。

产品制造机械化程度很高, 世界闻名。全过程合格率亦居世界首位, 其悬式、瓷套、棒形三大类产品的制造过程合格率见表2-5。

表2-5 日本NGK公司电瓷产品合格率

名 称	悬 式	瓷 套	棒 形
坏 检 %	97.1	97.1	96.6
瓷 检 %	98.5	95.7	97.4
试 验 %	98.8	99.5	98.1
全 过 程 %	94.5	92.3	92.3

该公司设有很强的科研与试验机构。研究所主要从事材料研究, 有建筑面积4000米², 人员95人, 并有电子计算机, 电子显微镜, 电子扫描显微镜, 自动记录式光学显微镜, X-光衍射仪, 原子吸收光谱仪, 荧光、X光光谱仪, 激光微分析光度计, 自动颗粒分析仪等现代理化测试设备, 每年研究费用约合人民币250~300万元。

高压试验室从事高压技术和产品性能测试与研究, 有40×40×30(高)米大厅, 装有1650千伏工频试验变压器, 4200千伏冲击电压发生器, 2500千伏操作波发生器, 1000千伏污秽试验装置, 动负荷60吨万能材料试验机, 露天试验场等。

机械事务部从事专用设备的研究、改进和制造, 还有从事新产品试制、工艺改进的中间试验工场。

该公司1982年的基本情况如下:

(1) 拥有资金1109.6亿日元合人民币9.08亿元, 其中流动资金719.7亿日元合人民