

《国外机械工业基本情况》参考资料

# 高压绝缘子和避雷器

西安电瓷研究所  
一机部第七设计院<sup>编</sup>

第一机械工业部科学技术情报研究所

## 高压绝缘子和避雷器

西安电瓷研究所

一机部第七设计院

(内部资料)

第一机械工业部科学技术情报研究所编辑出版

技术标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

北京市中国书店 上海市科技书店 重庆市新华书店

经 售

1981年8月北京

代号: 80-16 · 定价: 2.15元

# 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。本书为高压绝缘子和避雷器部分，主编单位是西安电瓷研究所和一机部第七设计院，参加编写单位有南京火花塞研究所，主要执笔人员有靳宝丰、黄乃良、王双龙、罗广能、张懋良等同志。

第一机械工业部科学技术情报研究所

# 目 录

## 第一部分 高压绝缘子

|                            |        |
|----------------------------|--------|
| <b>第一章 综述</b> .....        | ( 1 )  |
| 一、输电线路的发展.....             | ( 1 )  |
| 二、高压绝缘子的发展.....            | ( 1 )  |
| 三、直流输电与绝缘.....             | ( 3 )  |
| 四、高压绝缘子制造技术.....           | ( 3 )  |
| 五、质量管理与工艺控制.....           | ( 4 )  |
| <b>第二章 行业和企业概况</b> .....   | ( 6 )  |
| 一、行业概况.....                | ( 6 )  |
| 二、企业概况.....                | ( 11 ) |
| (一) 日本绝缘子公司.....           | ( 11 ) |
| (二) 美国.....                | ( 15 ) |
| (三) 苏联.....                | ( 16 ) |
| (四) 西德.....                | ( 17 ) |
| (五) 英国.....                | ( 19 ) |
| (六) 法国.....                | ( 20 ) |
| (七) 瑞典.....                | ( 21 ) |
| <b>第三章 产品</b> .....        | ( 22 ) |
| 一、高压线路绝缘子.....             | ( 22 ) |
| 二、棒形支柱绝缘子.....             | ( 27 ) |
| 三、高压套管.....                | ( 32 ) |
| 四、高压电器大型瓷套.....            | ( 37 ) |
| 五、高强度瓷套.....               | ( 38 ) |
| 六、钢化玻璃绝缘子.....             | ( 39 ) |
| <b>第四章 电瓷配方与瓷质性能</b> ..... | ( 46 ) |
| 一、几个主要国家的配方.....           | ( 46 ) |
| 二、釉料.....                  | ( 50 ) |
| 三、高强度瓷质性能的研究.....          | ( 50 ) |
| 四、高强度瓷的发展.....             | ( 52 ) |
| <b>第五章 绝缘子制造</b> .....     | ( 55 ) |
| 一、原料加工及泥料制备.....           | ( 55 ) |
| (一) 原料加工.....              | ( 55 ) |
| (二) 称量与配料.....             | ( 57 ) |
| (三) 球磨.....                | ( 58 ) |
| (四) 过筛.....                | ( 60 ) |

|                    |         |
|--------------------|---------|
| (五) 除铁             | ( 61 )  |
| (六) 搅拌             | ( 62 )  |
| (七) 抽浆             | ( 62 )  |
| (八) 脱水             | ( 65 )  |
| (九) 国外几个电瓷厂的泥料制备简介 | ( 77 )  |
| 二、制坯及上釉            | ( 84 )  |
| (一) 可塑法成形工艺及装备     | ( 84 )  |
| (二) 等静压成形技术与装备     | ( 109 ) |
| (三) 干燥             | ( 114 ) |
| (四) 上釉             | ( 115 ) |
| 三、烧成               | ( 120 ) |
| (一) 工艺             | ( 120 ) |
| (二) 烧嘴             | ( 123 ) |
| (三) 窑炉             | ( 126 ) |
| (四) 筑炉材料与窑具        | ( 131 ) |
| (五) 燃料             | ( 136 ) |
| (六) 窑炉操作与控制        | ( 136 ) |
| 四、切割、研磨与胶装         | ( 140 ) |
| (一) 切割与研磨          | ( 140 ) |
| (二) 胶装             | ( 142 ) |
| 五、钢化玻璃绝缘子的制造       | ( 144 ) |

|                      |       |
|----------------------|-------|
| <b>第六章 产品试验和科研机构</b> | (172) |
|----------------------|-------|

## 第二部分 电力避雷器

|                       |         |
|-----------------------|---------|
| <b>第一章 概 述</b>        | (184)   |
| <b>第二章 阀式避雷器</b>      | (185)   |
| 一、阀式避雷器的分类和主要参数       | ( 185 ) |
| 二、普通阀式避雷器             | ( 185 ) |
| 三、磁吹阀式避雷器             | ( 185 ) |
| 四、限流型磁吹阀式避雷器          | ( 187 ) |
| 五、保护旋转电机用避雷器          | ( 189 ) |
| 六、SF <sub>6</sub> 避雷器 | ( 189 ) |
| 七、直流避雷器               | ( 189 ) |
| <b>第三章 氧化锌避雷器</b>     | (192)   |
| <b>第四章 结 论</b>        | (218)   |

# 第一部分 高压绝缘子

## 第一章 综 述

### 一、输电线路的发展

世界电力的发展,大约每十年增长一倍。1965年总装机容量约为七亿千瓦,而1974年几个工业发达国家的装机容量已达十亿千瓦以上,发电量共五万亿度以上。预计1980年世界总装机容量可达19亿千瓦。

为了把大电站发出的电能更经济合理地输送到远离电站的负荷中心,各国都在提高其输电电压等级,苏联1955年建立了400千伏输电线路,1965年美国第一条400千伏输电线路也投入运行,加拿大魁北克水电公司于1965年建成世界第一条735千伏输电线路,其后不久,美国和苏联也分别建成750千伏及765千伏输电线路。

七十年代,各国正朝着超高压(330~750千伏)和特高压(750千伏以上)输电方向发展。

目前美国、瑞典、苏联、意大利已有1000~1500千伏试验线路,日本拟于1985年前在东京电力系统建设1000千伏外环主干电网。美国、苏联、西德、英国、法国、加拿大,瑞典和比利时等国都能制作750千伏级的输变电成套设备。法国已制成1000千伏变压器,苏联制成1150千伏变压器,并拟在1980年前后探索2000千伏技术。而美国和瑞典则合制了1500千伏变压器,并共同研究2250千伏特高压等级产品。此外,高压断路器也在向高压大容量发展,开断电流增长很快。瑞典380千伏线路用断路器的开断电流为50~63千安,预计1980年可达100千安。法国正研制开断容量高达100~200千安的灭弧室。

### 二、高压绝缘子的发展

随着输电电压的提高,容量的增大,距离的增长,作为架空输电线路的主要绝缘构件和电器、电站设备外绝缘的电瓷产品,其电压等级也在不断提高;产品外形的高大化,对机械强度,热稳定性,耐弧性能和耐震强度等的要求也越来越高。如日本生产的500千伏耐盐雾用套管,全长8米,直径约1.0米,最大弯曲破坏负荷约8000多公斤,其弯曲应力平均值约达300公斤/厘米<sup>2</sup>以上,耐震试验的响应倍率约10倍以上。目前正研制更高电压等级的大套管,以供特高压电器使用。架空线路用盘形悬式绝缘子,日本已生产最高强度为54吨级产品,并已研制超高压和特高压输电线路用更高强度等级的盘形悬式瓷绝缘子。现各国拟议中的1000千伏以上的特高压线路,准备大量用40~50吨级产品或高至70吨级产品。有的国家要求试制更高强度等级的耐污秽型绝缘子。目前与瓷质绝缘子相抗衡的是钢化玻璃绝缘子。英、法、意大利和苏联等都大批生产钢化玻璃绝缘子,法国塞拉维尔公司(GE公司电瓷与塞狄维尔合并)发展的钢化玻璃绝缘

子有8,14,16,21,30和55吨级的,苏联也制成了50吨级以下的产品,现钢化玻璃绝缘子已逐渐占据国际市场。由于钢化玻璃有较高的机电性能,其热膨胀系数与金属和水泥接近,自爆后残垂强度仍相当高,不会发生掉线事故,以及制造工艺简便、维护检测方便等许多优点,很多国家已得到广泛应用。目前在超高压400~500千伏和特高压1000千伏线路上,试运行的钢化玻璃绝缘子占的比率也不少。法国供给美国1000千伏试验线路的钢化玻璃绝缘子,是强度55吨级的。据称法国国内新的输电线路玻璃绝缘子已占90%,英国、意大利和苏联等已占40%~60%,有取代瓷质线路绝缘子的趋势。

西德生产的棒形悬式绝缘子,有杆径为 $\phi 105$ 毫米,高8米的元件,抗拉强度为30吨的棒形悬式;对330千伏等级线路用单节绝缘子即可满足要求。由于工艺制造技术等各种原因,棒型悬式绝缘子目前各国发展得较慢。而近年来由美国OB公司,拉普公司、法国塞拉莱普公司等研制的塑料绝缘子,和由西德罗森塔技术陶瓷公司研制的架空线路新型棒式绝缘子——Rodurflex绝缘子,或称塑料复合绝缘子,是由玻璃纤维与环氧树脂固化成芯棒和硅橡胶浇注成伞形结构的单根元件,其长度可达6米,杆径 $\phi 25$ 、 $\phi 37$ 和 $\phi 50$ 毫米数种。与普通棒形悬式绝缘子相比,其重量轻,为同类型绝缘子的十分之一,绝缘性能极高,尤其在污秽条件下,交直流、耐弧、耐污性能均佳。据称1967~1975年已有8000只以上,各种电压等级的Rodurflex绝缘子已投入运行。看来此种塑料复合绝缘子将发展成为线路绝缘子的一个组成部分。

电站支柱绝缘子的发展系列,以棒形支柱为主。为了提高棒形产品的抗弯机械强度,各国都在加大其直径,尽量保持材料的比强度不降低,以及改用高强度料方。如西德已制成最大杆径 $\phi 250$ 毫米、长度2000毫米、抗弯力矩为100千牛顿·米(约核10200公斤·米)的高强度铝质瓷户外支柱绝缘子。

国外高压和超高压电器套管仍以采用电容式套管为主。一些国家已掌握1000~1500千伏系统电力变压器套管的制造技术;500千伏以上超高压胶纸套管的主绝缘较突出的问题仍是其热稳定性和局部放电水平等关键技术问题。瑞士Micafil公司与日本日立公司曾研究利用积木式电容芯子结构原理,以降低胶纸材料的介质损耗等。1964年Micafil宣称制成第一根胶纸电容式变压器套管,即采用积木式结构电容芯子。但终因工艺复杂,成本较高迄未推广于生产。目前胶纸套管生产已采用自动上胶涂复工艺,自动卷制芯子,采用半导体印刷电极和铝箔作均压屏。当前生产的胶纸套管,在420千伏以上时成本较高,且按IEC规定的1.5倍工作相电压下不产生局部放电也较困难。故各国对500千伏以上套管不倾向于发展胶纸,而推荐用油纸。

此外Micafil公司还发展了一种树脂浸渍纸绝缘的电容套管(简称胶浸纸绝缘),提高了起始游离电压,可用在某些特殊场合,如要求气密式较高的SF<sub>6</sub>电器。目前瑞士Micafil公司的胶纸套管和意大利的泊松尼与维拉公司的产品,在国际上的声誉较高。

油纸套管制造工艺较简单,对于超高压产品采用芯子内增设油道等措施后,热稳定性也较好,成本较低。美国GE公司的油纸套管已做到1500千伏电压等级,是目前的最高等级。

随着开关开断容量的增大,要求电器瓷套能在较高工作压力下运行,就需要配用高强度瓷套。瑞士BBC公司,法国Dele—Alstom公司等的高强度瓷套其破坏压力为150大

气压。西德斯蒂玛公司生产高1.5米的瓷套，破坏压力为175大气压。法国GE公司高强度瓷套的额定破坏压力为200公斤/厘米<sup>2</sup>。美国也用充气式高强度瓷套作为开关设备的主绝缘。

随着750~1000千伏超高压输电技术的发展，各国都在进行特高压技术的研究，建有大型高压试验室，便于研制超高压和特高压电瓷产品，并对超高压输电的各种电气物理现象作解析，以及对外绝缘的冲击水平，污秽闪络，长间隙放电等一系列问题的试验研究，促进了超高压产品的发展。

### 三、直流输电与绝缘

近十年来，不少国家都在积极研究和发展高压直流输电，直流输电比交流输电有很多优点。直流输电无电容电流限制，不存在稳定性问题，不受输电距离和容量的影响，可提高每根回线的经济输送容量。对超远距离，大容量输电有其特具的优越性。又直流输电为两根导线，电缆造价低，可节省线材和线路走廊，且便于实现系统的自动化和高速控制。目前各国直流输电线路发展较快，1970年前直流输电总容量约250万千瓦，1970~1978年间已增到1240万千瓦、预计1980年可达到2000万千瓦，现输电电压已达±500千伏，最大输送距离将增到1414公里。随着直流输电技术的发展和设备特性的提高，要求直流输变电成套设备的绝缘必须与其电压水平相适应。直流输电的过电压比交流输电的低，一般能控制在1.7倍以内，但极性价应较为明显，且正极性比负极性要严重得多，极性效率可使绝缘子的耐压强度降低15~20%。为防止线路经过污秽地区时直流离子放电的腐蚀现象，故绝缘子和套管要进行特殊设计，需加强绝缘，始能满足要求，这也是当前直流系统绝缘设计的研究课题之一。美国为适应这一要求，将悬式钢脚中间局部加粗，并加大产品的泄漏距离，以防止离子放电和腐蚀现象的发生。

### 四、高压绝缘子制造技术

国外电瓷的生产技术水平，不论在配方与制造技术方面，均以日本，西德居首位，机械化程度以日本为高。日本绝缘子公司在盘形瓷质悬式绝缘子，大套管及大棒形产品方面，都建立了机械化程度较高的生产线，并有面积达数万平方米，年产量在万吨以上的专业生产厂房。西德则在单机方面机械化自动化程度较高，其制造过程的产品质量，即总合格率均高达90%以上。苏联，美国电瓷制造水平亦较高。

美国通用电气公司（GE公司）电瓷厂已使用电子计算机自动配料。西德有的陶瓷厂亦使用了电子计算机自动配料。

日本、西德、美国在大套管成形方面都发展了用真空练泥机整体挤制泥段，整体内外仿形修坯成型的方法，以提高机械化程度与产品质量。真空练泥机有卧式、立式两种。日本用卧式真空练泥机，其螺旋直径达1300毫米。西德用立式真空练泥机，其螺旋直径达1000毫米。美国则二者都采用。立式真空练泥机挤制的泥段很少变形和偏心，便于加工，产品质量较好，内外仿形修坯机有光电控制、数字控制、靠模样板多种。西德采用光电跟踪内外仿形修坯机，日本采用数字控制及靠模样板内外仿形修坯机，美国采用数控修坯机。泥段之阴干，日本与美国都采用工频电阴干。坯件的干燥，日本采用工频电流与热风循环联合干燥，西德和美国仍用传统的蒸汽干燥室。大型瓷套烧成方面，高5米以下者，一般都采用间歇窑一次烧成。西德，日本，美国大都采用抽屉窑，燃料

多用石油气和天然气,用等温高速喷嘴烧成。也有用小型方窑,每窑装1只或几只产品烧成的。高度在5米以上者,日本分段制成瓷件,然后用高温釉接,在蒸笼窑中2次烧成,每次烧1只。美国、瑞典、瑞士也有将分段瓷件用环氧树脂粘结而成的,但环氧树脂长期受气候影响易于老化。

瑞典埃阜(Ifo)公司在六十年代开始研究用等静压法制造棒形绝缘子的工艺,现已生产多年。等静压法是用喷雾干燥将泥浆制成的泥粉,在等静压机上用1600个大气压的高压将泥粉压成泥柱,然后修坯烧成。比起传统的方法来,可以省去压滤、真空挤制及干燥等工序,生产周期约两周,只有传统方法的1/4。且无干燥过程损失,故生产过程的总合格率高。从国外文献看,这种工艺将是今后发展的趋势。

盘形瓷质悬式绝缘子的成形,日本绝缘子公司(NGK)是采用自动化程度较高的压旋工艺,并与干燥上釉联成机械化生产线。美国采用机械化程度较高的热压工艺,也与干燥联成机械化生产线。苏联斯拉维扬斯克电瓷厂采用半自动冷压成型工艺。烧成都在隧道窑中进行。产品的胶装,日本绝缘子公司组成了机械化生产线,并与电气试验联线,机械化程度较高。

钢化玻璃悬式绝缘子生产自动化程度较高,法国与苏联都发展了以配料、熔制、压型、钢化,直至热冲击试验全自动化的生产线。玻璃件与帽、脚的胶装,在自动的高频振动胶装机上进行。法国塞拉维尔公司有4条这样的钢化玻璃悬式绝缘子自动化生产线,年产26000吨。苏联南乌拉尔绝缘子厂也建成了一条自动化生产线,年产玻璃件200万片。

各类产品焙烧窑炉所用燃料,主要是天然气,石油液化气及重油,日本在六十年代以重油为主,现多采用石油液化气。美国主要用天然气。西德用石油液化气、轻油。英国用城市煤气及天然气。近年来已在发展用电焙烧电瓷,电力发达的国家,如美、英、法、瑞典等国,都在逐渐采用电焙烧电瓷。

为了使大套管与棒形绝缘子尺寸准确,满足使用的要求,各国都采取研磨切割的方法。例如,西德专制的大套管研磨机(既可磨端面也可磨锥度)和棒形绝缘子双头切割研磨机(可以对棒形绝缘子的两头同时进行切割与研磨),日本的大套管高温釉接的“V”形接口研磨机。国外生产大套管与棒形绝缘子的电瓷厂,都具备了数量较多的这种研磨切割机。

## 五、质量管理与工艺控制

在日本,对于企业管理工作从政府到企业都有一系列重要措施,其中最主要的是加强产品质量管理,从战后到五十年代中期,日本引进和普及了美国企业管理法,1950~1954年曾邀请美国质量管理专家戴明博士和朱兰到日本讲课。主要对象是企业上层管理人员和技术人员。五十年代中期到现在,除吸收欧美国家的一些管理技术(如IE管理、QC管理)和方法外,还创造了适合日本特点的做法,如广泛动员组织工人参加质量管理活动,在企业内普遍建立半自发的质量活动小组(QC小组)等,截至1975年,这类小组在日本科技联盟注册的已有12万个,其成员加上未注册的约达1000万人以上。同时大力开展宣传奖励活动,如1951年设立了“戴明奖”(日本质量管理最高奖)。1962年出版了以车间工段长、班组长为对象的《现场与质量管理》刊物,以普及质量管理知

识。从1960年起，将每年11月定为“质量月”。日本最大的电瓷制造企业“日本绝缘子公司”，在不断改进生产管理、提高产品质量方面也推行了一套严密的质量管理制度，在全公司系统实行QC管理，应用统计、控制图等对生产过程的稳定性，和对每批产品的质量作出正确判断和评价。

五十年代，质量管理的概念发生了重大变化，即单纯的产品检验不能算是质量管理，因为（1）可能有漏检，（2）有些性能和产品寿命不可能在厂内检验出，要送至使用运行部门接受考验。在这种情况下，日本企业提出了“在生产过程中保证质量”，

“在设计和工艺过程中保证质量”和“保证研制新产品的质量”的口号。此外，国外还提出了不但保证产品的出厂质量，而且要保证使用质量的“质量保证制度”。这样，现代工业产品的质量管理，已由单纯的检验发展为“全面质量管理体系”“TQC (Total quality Control)”。

现在，日本、美国、苏联和其他国家都在推广应用这种管理制度，并已贯穿于广义的生产全过程，即工序过程的全面质量管理。美国和欧洲国家的质量管理组织已开展了全国性的和国际性的活动，如美国的质量控制学会，欧洲各国的欧洲质量控制组织（EOQC）。英国由国家质量和可靠性委员会组织“质量可靠性年”活动。捷克、南斯拉夫也开展全国性的质量管理活动。苏联把第十个五年计划订为“质量的五年计划”，并对质量好的产品授予“国家质量标兵”等。

“在生产过程保证质量”进行工序过程的全面质量管理，以提高产品质量与制造过程的产品合格率，主要是对生产过程各个工序进行严格的工艺控制与测定。日本绝缘子公司从原料到成品每道工序都进行工艺控制与测定以达到工艺规程的要求，控制与测定的项目近100项。

## 第二章 行业和企业概况

### 一、行业概况

电瓷行业最发达的国家是日、美、苏、西德，其年产量：日本约10万吨，美国约15万吨，苏联约20万吨，西德约6万吨。此外是英、法、印度、瑞典等国。

日本的电瓷业属于窑业部分。国内陶瓷原料较多，陶瓷工业较发达，但其优质原料如高岭土等近年来却依赖进口，向圭亚那、南朝鲜等国购买或开采。在引进国外技术的同时，大力发展了本国生产技术，产品质量较高。六十年代，电瓷出口额巨增，1953年以前电瓷出口额仅居资本主义国家第四位，1955年升为第二位，1962年跃居第一位。1975年电瓷出口达5万吨，出口金额达300亿日元，合人民币2.4亿元。日本电瓷生产的主要企业是日本绝缘子公司，其高压电瓷产量占全国80%以上，其中约三分之一出口，出口量约占全国90%。该公司从事电瓷生产的职工约占全国电瓷行业职工总数的20%。该公司在美国和加拿大都设有分公司。

美国电瓷行业主要有OB公司，通用电气公司电瓷厂，西屋电气公司电瓷厂，拉普电瓷厂等，年产量都在万吨以上。通用电气公司及西屋电气公司电瓷厂生产的电站电器电瓷主要用于内部配套。

苏联在六十年代末期成立了“电瓷、科研、生产联合公司”托拉斯，集中管理全国电瓷生产、工厂建设及科学研究。而线路绝缘子及线路金具则由水电部门“输电线路绝缘子”托拉斯所属各厂生产。目前共有电瓷厂30个左右，主要有列宁格勒“无产者”电瓷厂、阿尔基姆金具—绝缘子联合工厂、莫斯科市郊电瓷厂、斯拉维扬斯克高压电瓷厂、乌拉尔电瓷厂等，每个厂的年产量都在万吨以上。

西德的电瓷生产，素以质量精致著称。在国际市场上，它的高档产品有一定地位，而以棒形悬式绝缘子闻名于世。电瓷出口额每年3000余万马克，约合人民币3000万元。西德电瓷生产企业主要有罗森塔尔—斯蒂玛工业瓷公司的罗森塔尔电瓷厂及斯蒂玛电瓷厂、西门子公司雷德维茨电瓷厂、莱茵—西伐莱电瓷公司等，每个厂的年产量一般为6000吨。

英国是传统的电瓷出口国家，其陶瓷原料比较丰富，每年大量出口著名的英国球土及瓷土达数万吨。电瓷出口量约占其总产量的15—20%。主要品种为低压电瓷及中小型高压电瓷。由于其制造水平，特别是大型产品的制造技术水平不高，每年从西德、日本进口大型电瓷的数量增多。七十年代初，年出口电瓷约7700吨，出口金额247万英镑（合计690万美元）。进口电瓷为1800吨，金额达228.9万英镑（合610万美元）。

英国电瓷产量增长不大，是因广泛采用玻璃绝缘子。英国皮尔金顿公司曾在1935年制成首批钢化玻璃绝缘子，但在1970年该公司并入法国塞拉威尔（Ceraver）公司。而由法国供应玻璃件，在英国进行装配。从五十年代以来，英国广泛使用玻璃绝缘子，运

行电压达380千伏。

英国的电瓷生产主要企业有道尔顿绝缘子公司及联合绝缘子公司。

法国以生产钢化玻璃悬式绝缘子闻名于世。主要企业为塞拉维尔玻璃绝缘子公司，年产玻璃件在2万吨以上，大部份供出口，行销65个国家。由于陶瓷原料缺乏，电瓷产量较少，主要企业为塞拉莱普公司，下设三个厂，年产量一万余吨。

此外，还有瑞典、瑞士等国，年产量不大，但以某种专门技术而闻名。如瑞典埃阜公司首先用等静压法生产棒形支柱绝缘子。瑞士麦卡菲尔公司则已生产胶纸电容式套管而著称。

根据已有资料，将日本、西德、美国几个主要电瓷厂的情况列于表2-1。

### (一) 专业化生产情况

国外高压电瓷产品生产的专业化程度，以日本为最高。日本绝缘子公司有三个高压电瓷生产厂，小牧厂、知多厂和名古屋厂。苏联是按高压线路电瓷和电站电器电瓷组织专业厂，如莫斯科电瓷厂和列宁格勒电瓷厂都是生产电站电器电瓷的专业厂，阿尔基姆金具-绝缘子厂是生产高压线路电瓷的电瓷厂，年产量都在10000吨以上。美国一般是在一个厂内按产品以成形至烧成组成不同的厂房，年产量也在10000吨以上，如西屋公司德利电瓷厂，拉普电瓷厂等。在欧洲如西德，英国，法国的高压电瓷厂基本上是综合性生产，年产量4000~6000吨，玻璃绝缘子一般则在专门的玻璃绝缘子厂生产。金属附件除苏联有绝缘子与金属附件的联合工厂外，国外的电瓷厂所需的金属附件都是向外协作供应，或由公司的金属附件专业厂生产供应。从国外电瓷行业发展情况看是根据各国的需要情况，由综合性的中小规模的工厂逐步发展为大型的专业化厂。而电瓷厂的生产以瓷件为主，向外购买金属附件，并进行装配出厂。

国外对陶瓷泥石原料的加工，一般都在专门的原料加工厂进行。在日本，软质粘土原料均由矿山加工榨成泥饼，运往电瓷厂使用，硬质原料在电瓷厂加工。在西德，泥石原料大部份都由专门的加工厂加工，向电瓷厂提供成份、粒度合格的粉料，则电瓷厂仅从球磨开始进行加工。在美国，不论是软质原料和硬质原料都在专门的原料加工厂加工，软质粘土经过淘洗研磨消除大量杂质，做成符合要求的粉料。长石，石英等硬质原料也经过研磨加工做成符合要求的粉料。电瓷厂可直接在混合池中配料，而不经球磨。这样，设立专业化泥石原料加工厂，减少运输量，同时在电瓷制造厂不必各搞一套选料与加工设备，还可减少厂房及堆放原料的场地。

窑炉焙烧用的碳化硅棚板也是专业厂生产的。

国外对电瓷专用设备的设计制造和窑炉的设计建造都有专门的企业。西德乃气(Nelzsch)陶瓷机械厂及蔡德勒陶瓷机械厂生产球磨机、搅拌机、震动筛、压滤机、真空练泥机(立式及卧式)、光电修坯机、光电跟踪内外仿形修坯机、上釉机及研磨切割机等电瓷专用设备，并有长期从事各类设备的专门设计研究人员，积累了丰富的实践经验。西德还有窑炉公司设计建造各种隧道窑、钟罩窑、抽屉窑、高速喷嘴和窑车等窑炉机械。美国哈罗普(Harrop)公司及比克莱(Bickley)窑炉公司都设计建造隧道窑、抽屉窑及窑车、转运车等窑炉机械。比克莱公司曾为美国通用电气公司电瓷厂设计建造了58米<sup>3</sup>烧大套管的等温高速喷嘴抽屉窑，该公司还在西德和澳大利亚设有分公

表2-1 日本、西德、美

| 项<br>目                  | 厂<br>名                                | 日 本                                 |                             |                            | 日 立 化 成<br>石 神<br>电 瓷 厂 |
|-------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-------------------------|
|                         |                                       | 日 本 绝 缘 子 公 司                       |                             |                            |                         |
|                         |                                       | 名 古 屋 厂                             | 知 多 厂                       | 小 牧 厂                      |                         |
| 主要产品                    | 棒形绝缘子                                 | 大套管                                 | 悬式绝缘子                       | 大套管                        |                         |
| 年产量(吨)                  | 15000                                 | 11000                               | 36000                       | 2400                       |                         |
| 厂房建筑面积(米 <sup>2</sup> ) | 108000                                | 70000                               | 60000                       | 15000                      |                         |
| 职工总数(人)                 | 1200                                  | 1400                                | 1000                        |                            |                         |
| 主要设备                    |                                       |                                     |                             |                            |                         |
| 球磨机                     | 7吨, 1台<br>5吨, 9台<br>2吨, 9台<br>1吨, 15台 | 5吨, 10台<br>2吨, 22台                  | 7吨, 2台<br>5吨, 13台<br>2吨, 5台 | 4吨, 4台<br>2吨, 7台<br>1吨, 2台 |                         |
| 压滤机                     | φ750, 120片<br>19台                     | φ750, 120片<br>56台                   | φ800, 120片<br>13台           | 4台                         |                         |
| 真空练泥机                   | 卧式φ500, φ700<br>5台                    | 卧式φ1000, 1台<br>φ700, 8台<br>φ500, 3台 | 卧式φ500, 6台                  | 卧式φ1100, 1台<br>φ500, 1台    |                         |
| 隧道窑                     | 142米, 1条<br>90米, 1条                   | 134米, 2条                            | 146米, 2条                    | 120米, 1条                   |                         |
| 间歇窑                     | 抽屉窑63米 <sup>3</sup> , 3座              | 抽屉窑63米 <sup>3</sup> , 3座<br>蒸笼窑6座   |                             | 抽屉窑2座<br>蒸笼窑1座             |                         |

国几个主要电瓷厂情况

| 西 德                                                 |                                           | 美 国                                                         |                                                   |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 罗森塔尔斯蒂玛电瓷厂                                          |                                           | 西屋公司                                                        | 拉 普                                               |
| 罗森塔尔电瓷厂                                             | 斯蒂玛电瓷厂                                    | 德 利<br>电 瓷 厂                                                | 电 瓷 厂                                             |
| 棒形悬式绝缘子<br>5000~6000<br>35000<br>550<br>2T, 17台     | 棒形支柱及大套管<br>5000~6000<br>50000<br>550~600 | 西门子<br>雷德维茨<br>电 瓷 厂<br>大套管, 棒形绝缘子<br>4000<br>46000<br>1400 | 针、悬式绝缘子,<br>瓷横担<br>1100<br>—                      |
| φ800, 80片<br>7台(一分厂)                                |                                           |                                                             | 17台                                               |
| 立式φ800, 1台(一分厂)<br>φ750, 1台(一分厂)<br>卧式φ500, 1台(一分厂) | 立式 8台<br>最大的φ750                          | 立式φ750, 1台<br>卧式φ500, 5台                                    | φ220~400, 13台<br>φ230, 8台<br>φ300, 4台<br>φ400, 1台 |
| 93米, 1条<br>96米, 1条<br>110米, 2条                      | 110米 2条                                   | 120米, 1条                                                    | 127米, 1条<br>103米 1条<br>112.5米, 1条<br>82.3, 1条     |
| 方窑50~60米 <sup>3</sup><br>6座                         |                                           | 抽延窑40~60米 <sup>3</sup><br>4座                                | 方窑 13座<br>方窑30座                                   |

司。日本高砂公司也设计建造电瓷用隧道窑及抽屉窑。这些专业化企业，在满足其本国的需要外，还承接国外定货。

## (二) 产量、产值、人员、劳动生产率、固定资产概况

几个国家电瓷产量、产值、职工人数及劳动生产率，见表2—2，2—3，2—4。

表2—2 几个主要国家的电瓷、产量、产值

产值：人民币

| 品 种                 | 项 目 | 日 本   |       | 美 国   |       | 西 德   |       | 法 国   |                     | 英 国   |       | 印 度   |      |
|---------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------|-------|-------|-------|------|
|                     |     | 产量    | 产值    | 产量    | 产值    | 产量    | 产值    | 产量    | 产值                  | 产量    | 产值    | 产量    | 产值   |
|                     |     | (千吨)  | (万元)  | (千吨)  | (万元)  | (千吨)  | (万元)  | (千吨)  | (万元)                | (千吨)  | (万元)  | (千吨)  | (万元) |
|                     |     | 年份    | 年份    | 年份    | 年份    | 年份    | 年份    | 年份    | 年份                  | 年份    | 年份    | 年份    | 年份   |
|                     |     | 1976年 | 1976年 | 1972年 | 1974年 | 1973年 | 1973年 | 1974年 | 1973年               | 1972年 | 1973年 | 1971年 |      |
| 电气陶瓷 <sup>(1)</sup> |     | 126   | 71200 | 208   | 63100 | 62.7  | 31140 |       |                     | 30.4  | 11540 |       |      |
| 高低压电瓷               |     | 99.1  |       |       |       | 55.8  | 23710 |       | 16690               |       |       | 22.4  |      |
| 高压绝缘子               |     |       |       |       |       | 13.9  | 4040  |       | 9300 <sup>(2)</sup> |       | 5410  | 20.3  |      |
| 低压绝缘子               |     |       |       |       |       | 4.7   | 1900  |       |                     |       |       | 2.1   |      |
| 电气装置绝缘体             |     |       |       |       |       | 37.2  | 17850 |       | 7300                |       |       |       |      |
| 玻璃绝缘子玻璃件            |     |       |       |       |       |       |       | 20    |                     |       |       |       |      |

注：(1) 电气陶瓷包括高低压电瓷，滑石质瓷，高铝质瓷等。

(2) 包括钢化玻璃绝缘子产值

表2—3 几个国家电瓷工业的企业数与职工人数

| 国 别 | 年 份  | 企 业 数             | 职 工 总 数            | 工 人 数            |
|-----|------|-------------------|--------------------|------------------|
|     | (年)  | (个)               | (人)                | (人)              |
| 美 国 | 1972 | 全数 83<br>20人以上 64 | 13400              | 10900            |
| 法 国 | 1973 | 5人以上 26           | 2452<br>(不包括玻璃绝缘子) | 1706<br>不包括玻璃绝缘子 |
| 日 本 | 1970 | 151               | 14736              |                  |

表2—4 几个国家的行业和企业劳动生产率\*

| 国 家<br>及<br>企 业 | 年 份<br>(年) | 劳 动 生 产 率 |      |        |        |
|-----------------|------------|-----------|------|--------|--------|
|                 |            | 吨/人       |      | 人民币元/人 |        |
|                 |            | 全 员       | 工 人  | 全 员    | 工 人    |
| 美 国             | 1972       | 15.6      | 19.1 | 32200  | 39600  |
| 日 本             | 1970       | 8.6       | —    | 24000  | —      |
| 日本绝缘子公司         | 1976       | 21        | 31   | 120000 | 210000 |
| 英国道尔顿公司         | 1977       | 11.8      | 15.4 |        |        |
| 西德罗森塔尔电瓷厂       | 1976       | 10.9      | —    |        |        |

\* 根据产量、产值、人员计算而得。

美国电工陶瓷行业历年固定资产及新增固定资产的情况见表2—5及表2—6。

表2—5

| 年 份<br>(年) | 固 定 资 产 |         |      |         |      | 年 净<br>销 售 值<br>百万美元 | 每元固定资产<br>年净销售值<br>美 元 |
|------------|---------|---------|------|---------|------|----------------------|------------------------|
|            | 总 计     | 建 构 筑 物 |      | 机 器 设 备 |      |                      |                        |
|            |         | 百万美元    | 百万美元 | %       | 百万美元 |                      |                        |
| 1968       | 124.3   | 45.3    | 36.6 | 79.0    | 63.4 | 200.2                | 1.61                   |
| 1969       | 159.5   | 49.1    | 30.8 | 110.0   | 69.2 | 268.4                | 1.68                   |
| 1970       | 143.6   | 53.3    | 37.4 | 90.3    | 62.6 | 220.1                | 1.54                   |
| 1971       | 149.9   | 51.1    | 34.2 | 98.8    | 65.8 | 218.4                | 1.45                   |
| 1972       | 187.4   | 63.3    | 33.9 | 124.1   | 66.1 | 274.6                | 1.46                   |
| 1973       | 191.9   | 63.7    | 33.2 | 128.2   | 66.8 | 324.5                | 1.68                   |
| 1974       | 198.6   | 60.7    | 30.6 | 137.9   | 69.4 | 387.5                | 1.95                   |

表2—6

| 年 份<br>(年) | 新 增 固 定 资 产 |         |      |         |      |
|------------|-------------|---------|------|---------|------|
|            | 总 计         | 建 构 筑 物 |      | 机 器 设 备 |      |
|            |             | 百万美元    | %    | 百万美元    | %    |
| 1968       | 11.3        | 3.7     | 33.3 | 7.6     | 66.7 |
| 1969       | 24.7        | 6.1     | 24.6 | 18.6    | 75.4 |
| 1970       | 10.7        | 3.6     | 33.6 | 7.2     | 66.4 |
| 1971       | 13.0        | 3.0     | 23.0 | 10.0    | 77.0 |
| 1972       | 7.2         | 1.2     | 16.7 | 6.0     | 83.3 |
| 1973       | 8.4         | 0.9     | 10.7 | 7.6     | 89.3 |
| 1974       | 14.7        | 2.0     | 13.6 | 12.7    | 86.4 |
| 年平均        | 12.3        | 2.4     | 16.6 | 9.9     | 83.4 |

从以上两表可以看出，美国电工陶瓷行业固定资产的构成是：建构筑物约占三分之一，机器设备约占三分之二；机器设备所占比例在逐渐增加。在新增固定资产中，机器设备的投资比重也在逐步升高。这都说明机器设备在逐步更新。设备更新的结果，使每年每美元固定资产创造的价值也在逐步提高。至1974年，每美元固定资产创造了1.95美元的价值，将近一倍。

## 二、企业概况

### (一) 日本绝缘子公司

日本绝缘子公司（简称NGK公司）是资本主义国家中最大的电瓷公司之一，它的

产量和出口量在资本主义国家中占第一位。生产技术水平较高。日本绝缘子公司属于森林十公司系统（包括从事原料制造及商业的公司，以日本陶器，东洋陶器，日本绝缘子及日本特殊陶业器公司为主，尚有日本石膏、共立窑业原料，大仓陶园，伊奈制陶，森林商事及日本陶器商事六个公司）。日本绝缘子公司1957年在瑞穗建成热田工厂，生产各种棒形绝缘子，在知多工厂建成大型瓷套车间及跌落式熔断器车间，1961年建成小牧工厂，专门生产悬式绝缘子。1962~1968年建成小牧高压试验室，1971年扩建知多工厂套管车间。到1973年资金已增至51亿日元，销售额达560亿日元。目前销售额增至1000亿日元（相当于7.06亿元人民币），其中电瓷销售额为600多亿日元（合4.5亿人民币）。现日本绝缘子公司的生产范围已超过电瓷乃至陶瓷领域，目前共有八个事业部。其中绝缘子事业部，生产各种高低压电瓷产品，以及其他特种绝缘子，还生产线路清洗设备，绝缘子污秽测定装置，不良绝缘子检测计等。电机事业部，包括有避雷器、浇注式树脂绝缘子，SF<sub>6</sub>电器用绝缘子，家用电器。日本绝缘子公司1957年与1968年相比，产值增加四倍多，产量增加二倍多，产品电压等级发展到500千伏，有棒形悬式及支柱绝缘子，30吨以上的高强度悬式绝缘子，瓷横担绝缘子，电容套管，大型瓷套制造技术等。向美、加出口额由1962年的120万美元，增至1967年的1000万美元。

七十年代初，日本绝缘子公司一方面对外包建工厂或技术输出，在南朝鲜、圭亚那投资开采粘土原料，同时先后在印度、巴基斯坦、委内瑞拉、阿根廷等国及我国台湾省建设电瓷厂（但规模都不大），生产一般高压电瓷产品。此外，在国外许多地方设立分公司或推销处，研究各国市场动向，产品需求情况，在生产方面，它的产品适应能力较大，在不使其生产复杂化的前提下，使产品符合不同国家的标准要求，而且最通用的产品有较大的储备量。如普通悬式绝缘子的正常储备量约为50万只，合同签订后就有现货供应。特殊订货可在3~4月内大量交货。

表 2—7 日本绝缘子公司历年生产情况

| 年 分  | 资 金<br>(亿日元) | 销 售 额<br>(亿日元) | 其中电瓷<br>(%) | 电瓷产量<br>(千吨) | 职工人数<br>(人) | 出口金额<br>(亿日元) | 出口金额占<br>销售总金额<br>(%) |
|------|--------------|----------------|-------------|--------------|-------------|---------------|-----------------------|
| 1965 | 30.0         | 142.7          | ~80         | ~55          | 4743        | 54.0          | ~38                   |
| 1967 | 30.0         | 243.0          | ~80         | ~72          | 5280        | ~96.0         | 40                    |
| 1968 | 30.0         | 261.0          | ~76         | ~75          | 5850        | ~89.0         | ~34                   |
| 1969 | 30.0         | 278.0          | ~74         | ~75          | 5562        | ~79.0         | 28.5                  |
| 1970 | 45.0         | 332.0          | ~72         | ~80          | 5550        | ~86.0         | ~27.0                 |
| 1971 | 45.0         | 359.2          | ~69         | ~82          | 5344        | ~96.5         | ~27                   |
| 1972 | —            | 412.8          | —           | —            | —           | —             | —                     |
| 1973 | —            | 560.9          | —           | —            | —           | —             | —                     |
| 1974 | —            | 695.9          | —           | —            | —           | —             | —                     |
| 1975 | —            | 767.7          | ~65         | ~52          | —           | —             | —                     |
| 1976 | 45.0         | 875.9          | —           | —            | —           | —             | —                     |
| 1977 | 45.0         | 940            | ~60         | ~52(瓷件)      | 5000        | —             | —                     |

注：①日本绝缘子公司会计结算月是3月至9月，故每年的数字是当年4月至次年3月的数字。

②电瓷产量系数估计数。

③1968~1971年出口所占百分比系上半年与下半年数值的平均值，出口金额包括非电瓷产品。