

电瓷制造

第一机械工业部电瓷研究所
南京电瓷厂編著

江苏人民出版社

序 言

电瓷工业是电工部門的重要一环，为了配合全国电气事业的发展，各电瓷厂的职工們，和全国人民一样，以冲天的干劲和共产主义风格，积极地、創造性地劳动，使电瓷的生产力有了新的更大的跃进，但仍远远不能满足社会主义建設的需要；因此，各省市在党委的领导下均紛紛兴建新的电瓷厂。要使这些新建厂尽早生产出大批性能优良的电瓷制品，系統地介紹老厂生产經驗及技术知識，是件刻不容緩的工作。第一机械工业部电瓷研究所和南京电瓷厂有鉴于此，特組織了車間的老工人及有实际經驗的技术人員，以不到一个月的時間进行集体写稿，根据专长分工負責，最后經电瓷研究所加以汇編、整理及补充，遂成此书。本书共分十二章，約計三十余万言，內容自电瓷的应用及原料起，至产品檢驗包装止，都作了較詳尽的介紹。

本书主要部分都系工人同志所写，其中有許多生产实际經驗，尤其是南京电瓷厂在跃进后所出現的技术革新成就，也均列入有关章节之內，故本书既有理論，又有实际。但由于本书編写時間仓促，缺点难免，希望各兄弟电瓷厂职工、科学研究机关及广大讀者，提出改进意見，以便再版时修正。

苏 平

1958年11月写于南京电瓷厂

目 录

第一章 电瓷的应用和設計	1
第一节 电瓷的分类	1
第二节 电瓷設計的基本要求及注意事項	7
第三节 各种电瓷的一般結構	14
第四节 电瓷設計的計算	26
第五节 电瓷产品的新发展	29
第二章 电瓷原料	32
第一节 粘性原料	32
第二节 矽氧	37
第三节 长石	39
第四节 硫酸盐原料及滑石	43
第五节 金属氧化物	44
第六节 其他原料	44
第七节 原材料的质量检查	45
第三章 电瓷的坯料和釉料	62
第一节 对电瓷坯料的性能要求	62
第二节 坯料的配合和計算	63
第三节 坯料性能和瓷坯性能的測定	71
第四节 瓷坯的形成及其結構与性能的关系	73
第五节 釉的种类	80
第六节 釉的配方和計算	81

第七节	釉的性质	85
第八节	釉的制备及性能测定和试验	88
第九节	半导体釉	98
第四章	坯釉料的炼制与设备	100
第一节	坯料的炼制流程	100
第二节	原料粉碎前的处理	101
第三节	原料的粉碎与混和	105
第四节	榨泥	143
第五节	泥饼的存储与炼制	152
第六节	坏坯泥的处理	158
第七节	练泥过程工艺控制	159
第五章	电瓷的成型方法	166
第一节	拉坯	169
第二节	挤坯	170
第三节	车坯	172
第四节	热压	177
第五节	旋坯	182
第六节	修坯与修孔	189
第七节	快速成型(一次成型)	193
第八节	注浆	197
第九节	干压	204
第十节	大型套管成型	207
第十一节	刷毛边与上砂	212
第十二节	成型过程工艺控制	215
第六章	干燥	219
第一节	干燥的理论	219
第二节	干燥方法及制度	224
第三节	干燥设备及调节	231
第七章	石膏模与匣钵	238

第一节 石膏模	238
第二节 匣钵	244
第八章 工模具設計	255
第一节 挤坯用工艺装备的设计	255
第二节 热压鋼模及石膏模的设计	261
第三节 旋坯刀与湿修刀的设计	264
第四节 压制成型用模具的设计	266
第九章 釉装	272
第一节 抹水	272
第二节 上蜡	273
第三节 施釉	274
第四节 装鉢	278
第五节 装窰	283
第十章 烧成	290
第一节 焙烧电瓷制品的窰爐	290
第二节 焙烧用的烧料	305
第三节 瓷坯在焙烧过程中的变化	308
第四节 烧成过程中的具体操作法	314
第五节 影响烧成的各种因素	321
第六节 烧成所用的各种仪表	323
第十一章 电瓷的装配、涂漆和噴鍍	334
第一节 胶合剂	334
第二节 各类电瓷的胶装与装配	357
第三节 涂漆	368
第四节 电瓷的金属噴鍍	372
第十二章 电瓷的检查	381
第一节 生件检查(生坯检查)	381
第二节 陶检	383
第三节 电检	386

第 四 节	电瓷制品废品种类及其产生原因与处理···	400
第 五 节	瓷件微小缺陷的修补·····	413
第 六 节	电瓷产品的包装·····	416

第一章 电瓷的应用和設計

电瓷又称隔电子,或絕緣子,是瓷制的絕緣体。它是用在电气設備各部分的絕緣及机械支持或連接的一种絕緣元件。在高低压輸电綫路的架空綫上,它是不可缺少的絕緣支持物。

电瓷是由瓷件与金属附件所构成的。电瓷設計是使电瓷具备一定的尺寸、适当的結構及形状,从而得到性能优良、工艺最简单、价值最經濟、使用安全可靠电瓷制品。

第一节 电瓷的分类

电瓷的种类很多,范围很广,它包括电灯、电訊、电力所用的各式瓷絕緣子。至于无綫电工业所用的滑石質瓷器、金紅石質瓷器,及汽車、拖拉机、飞机工业用的火花塞等,都属于特种电瓷,均不在本书討論之內。

电瓷大致可分成下列四类:

(一)电照电瓷——低压(500伏以下)装灯布綫用。

(二)电訊电瓷——通訊綫路及設備用。

(三)特种电瓷——机械工程及其他特种用途。

(四)电力电瓷——一般高压电力設備及綫路用。电力电瓷按其用途又可分成下列三类:

(1)綫路类——輸配电綫路电杆上支持导綫用。有針式絕緣子(图 1)与悬式絕緣子(图 2)之分。

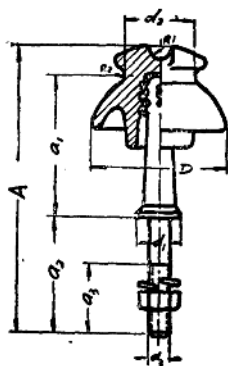


图1a. ИИС-6、ИИС-10
针式绝缘子(单只瓷件)

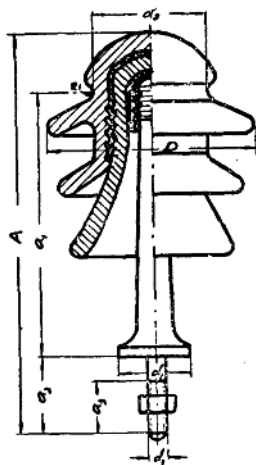


图1b. ИИД-20、ИИД-35针式绝缘子(由几只瓷件胶装而成)

针式绝缘子规定性能如表1所示。

表1 针式绝缘子规定性能

绝缘子 型 式	额定 电压 (仟伏)	基本尺寸(公厘)			电气特性(仟伏)			机 械 特 性 (公 斤)			每件 重量
		全高 A	直径 D	支 脚 直 径	干弧 电压	湿弧 电压	击穿 电压	试验 荷重	破坏 荷重	允许 荷重	
ИИС-6	6	90	120	22/24	50	25	65	800	1400	560	0.9
ИИС-10	10	105	140	22/24	60	33	78	800	1400	560	1.4
ИИД-20	20	190	185	25/30	85	52	111	1200	2000	800	3.5
ИИД-35	35	275	255	37/40	120	82	156	1800	3000	1200	9.8

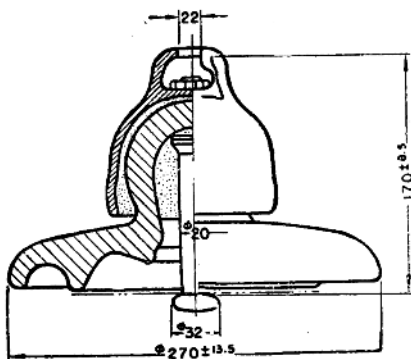


图2a. III—2、III—4.5、III—7
标准悬式絕緣子

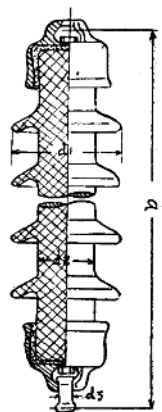


图2b. CH—110/5
棒形悬式絕緣子

悬式絕緣子規定性能如表 2 所示。标准型悬式絕緣子标准絕緣如表 3 所示。

表 2 悬式絕緣子規定性能

絕緣子 型 式	基本尺寸(公厘)			電 氣 特 性 (仟 伏)			機 械 特 性 (公 斤)			每件 重量 (公 斤)
	全高 A	直 徑 D	支脚 直徑	干弧 電壓	濕弧 電壓	击穿 電壓	試驗 荷重	破坏 荷重	允許 荷重	
III—2	110	180	11	60	25	85	2000	3000	1000	2.2
III—4.5	170	270	16	75	40	110	4500	6000	2250	6.7
III—7	185	300	20	86	45	125	7000	9500	3500	9.0
CH-110/5	1233	150 (16)	340	240	—	—	5000	6000	2500	23.6

表3 額定电压3—220仟伏标准型悬式絕緣子标准絕緣

額 定 电 压 (仟伏)	电 杆 型 式	絕緣子张挂方式及每串絕緣子数量				
		悬 式 串		耐 张 串		
		ΠΠ—2	ΠΠ—4.5	ΠΠ—2	ΠΠ—4.5	ΠΠ—7
220	金 屬 杆 塔	—	14	—	16	13
154	金 屬 杆 塔	—	11	—	12	—
110	金 屬 杆 塔	—	7	—	8	7
	木 杆	—	6	—	7	6
60	金 屬 杆 塔	—	4—6	—	5—6	5
	木 杆	—	4	—	5	4
35—20	金 屬 杆 塔	3—5	3—4	4—6	4—5	—
	木杆带木横担的金屬塔	3	2	4	3	—
10—3	—	—	—	1—2	1—2	—

〔注〕 在受烟灰及化学和冶金工厂有害物与海岸附近盐水浸渍影响的綫段，必需采用特种型式的絕緣子，在缺乏特种型式的絕緣子时，每一串絕緣子的数量增加1—3个使用。

(2) 电站类——电站内外配电布綫及电站設備用。有支柱絕緣子与穿墙套管之分。

(甲)支柱絕緣子：又可分为屋内式(图3)及屋外式(图4)两种。屋内式支柱絕緣子供屋内用，屋外式絕緣子供屋外或开放式配电机机构絕緣用。

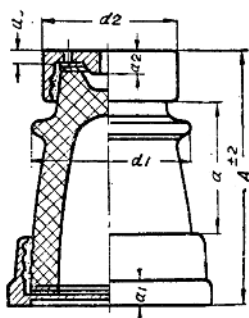


图3. 屋内式支柱絕緣子

屋內式支柱絕緣子規定性能如表4所示。

表4 屋內式支柱絕緣子規定性能

額定电压	絕緣子型式	干弧电压(仟伏)	机械破坏荷重 (公斤)
6	OA-6	35	375
6	OB-6	35	750
6	OM-6	35	500
10	OA-10	46	375
10	OB-10	46	750
10	OB-10	46	1250
10	OD-10	46	2000
35	OA-35	110	375
35	OB-35	110	750

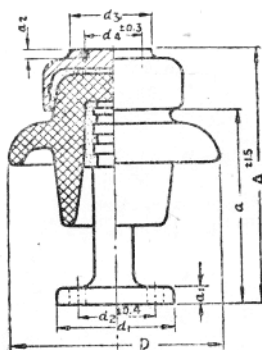


图4a. II H-6型屋外式
支柱絕緣子

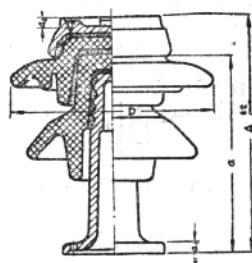


图4b. III E-35型屋外式
支柱絕緣子

屋外式支柱絕緣子規定性能如表 5 所示。

表 5 屋外式支柱絕緣子規定性能

額定电压	絕緣子型式	干 弧 电 压 (仟 伏)	湿 弧 电 压 (仟 伏)	机械破坏負荷 (公斤)
6	ШН—6	38	28	975
10	ШН—10	50	34	500
35	ШТ—35	120	80	1250
35	ИШД—35	120	80	2000
110	ЗШТ—35	315	220	325
154	4ИШД—35	440	305	325
220	5ИШД—35	610	430	250

(乙)穿牆套管：电站用穿牆套管分屋內式和屋外式两种。其构造的不同主要表现在伞盘方面(见图 5 a及b)。

屋內穿牆套管按机械强度又分 ПА、ПБ、ПВ及ИПШ四种，按电压分 6、10、20及35仟伏，按使用电流分200、400、630、1000、1500、2000及3000安培。

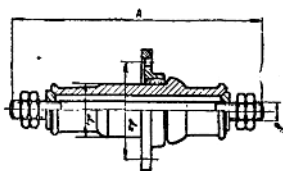


图5a. 屋內式穿牆套管

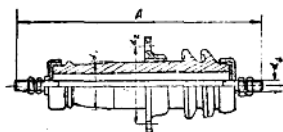


图5b. 屋外式穿牆套管

机械强度的符号为：

A—375公斤，B—750公斤，B—1250公斤，

ИПШ-I—2000公斤，ИПШ-II—3000公斤。

ИПШ-III—4000公斤。

屋外穿牆套管有ПНБ、ПНВ两种，按电流分为400、630、1000、

1500、2000、2500安培，按电压分为6、10、20及35千伏。

(3) 电器类——可以分为瓷套管及电器杂件。

(甲)瓷套管：按其用途又可分为变压器套管、断路器套管、互感器套管及电缆套管等。屋外变压器套管如图6所示。

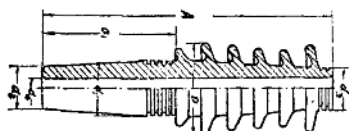


图6. 屋外变压器套管

(乙)电器杂件：有避雷器瓷套、高压保险器以及其他等各种杂件。电车用瓷件如图7所示。

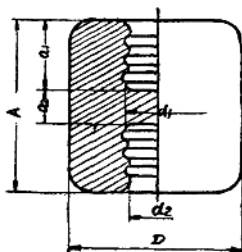


图7. 电车用瓷件

第二节 电瓷设计的基本要求及注意事项

(一) 电瓷设计上常用名词解释

(1) 介質常数 某物質的介質常数，是以該物質为介体所构成容电器的电容，除此同一容电器而以空气代替后的电容，所得的商，即为該物質的介質常数。

(2) 絕緣强度(介电强度) 絕緣强度即絕緣物体在均匀电场中能承受的最高电位梯度(如超过此电位梯度，絕緣体将被击穿)，以千伏/公厘表示。

(3) 干弧电压 当周围空气的气压、湿度和温度均是正常状态(760公厘水银柱，11克/公尺³，+20°C)情况下，在清洁而干燥的电瓷表面上，呈现出一种連續而强烈的放电现象(又称閃絡)，在两极間产生此种放电的最低电压，即称为干弧电压。通常以三次測定值平均計算，并以千伏表示。

(4) **湿弧电压** 当电瓷经受喷射角为 45° , 喷射力为每分钟5公厘的人造雨的情况下, 两极间发生放电现象的最低电压, 称为湿弧电压。通常以六次平均值计算, 并以仟伏表示。

(5) **干弧距离** 电瓷在干燥状态下, 通过绝缘子表面或穿过空气, 两极间的最短距离(见图8), 即为干弧距离, 等于 $a+b+c$, 以公厘表示。

(6) **湿弧距离** 当电瓷作湿弧电压试验时, 电瓷经受人造雨一部分表面失去绝缘性, 而剩下一部分是在干燥状态, 此时通过绝缘子表面和空气两极间最短距离(见图8), 即为湿弧距离, 等于 $a'+b'+c'$, 以公厘表示。

(7) **漏电距离** 绝缘子在干弧试验时, 由电极至接地极, 沿其表面量得的最短距离, 即为漏电距离(见图8虚线部分), 以公厘表示。

(8) **跳火花** 绝缘子在试验时, 两电极间加以相当电压, 使其间的空气分子部分击穿, 而发生火花放电现象, 其电压值以仟伏表示。

(9) **闪弧** 绝缘子在试验时, 两电极间加以相当电压, 使其间的空气分子被击穿, 而发生连续且强烈的放电现象, 其电压值以仟伏表示。

(10) **击穿电压** 绝缘子被击穿时, 两电极间所加的最低电压值, 以仟伏表示。

(11) **电晕** 在高压电极的周围, 出现一层微弱的紫光, 并有臭氧气味, 叫做电晕现象。其发生原因是由于电极附近电场的电

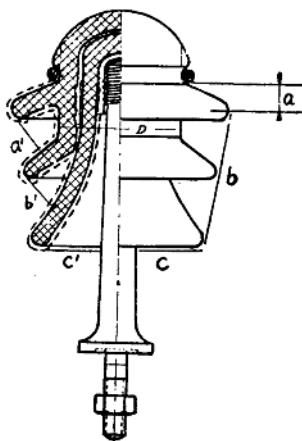


图8.

位梯度增大到一定值，使周围空气中的离子动能增大，则可能将其他数个空气中性分子碰撞游离（即将其电子碰动），但此时又因原子核的吸力，电子被吸到原来的电子轨道上去，而以光与热的形态放出因碰撞而获得的能量，于是电极的四周有光层现象发生。

(12) 絕緣电阻与洩漏电流 当絕緣子在两电极間加上电压时，有微小的电流流过，此微小的电流通过絕緣子所产生的电阻，即为絕緣电阻。而該微小的电流称洩漏电流。此种电流又可分为两部分，一是通过絕緣实体的洩漏电流，一是通过絕緣体表面的洩漏电流，前者是取决于絕緣子本身質量，后者除本身質量外，与表面情况有很大的关系。

(二) 設計的基本要求

(1) 須有足够的絕緣强度，使其在最大电压下长期工作，不被击穿。

(2) 須有足够的面积，使电极与接地之間，不致沿其表面而击穿。

(3) 須使电瓷本身有足够的机械强度，以承受在工作中所受到的各种外力而不致破坏。

(4) 注意絕緣配合。絕緣配合就是电气系統內各項耐冲击設備的絕緣强度相互間的关系，以及設備中保护装置的标准时性与各項設備絕緣强度的关系。絕緣配合使雷电波經由設備的保护装置，先行导入大地中，以避免設備发生閃絡或絕緣被击穿等現象。

(5) 除了符合規定的电气机械性能要求外，还应考虑到設計需符合制造工艺要求，力求使成型、烧成及装配便利。

在設計时，可用下列数据作为計算依据：

瓷的絕緣强度	18—25 仟伏/公厘
瓷的体积电阻(20°C时)	$10^4—10^{15}$ 欧姆·公分
瓷的抗压强度(不少于)	1400 公斤/公分 ²

瓷的抗弯强度(不少于)	500公斤/公分 ²
瓷的抗拉强度(不少于)	350公斤/公分 ²
瓷的冲击强度(不少于)	20公斤/公分 ²

(三) 电瓷的特点及設計注意事項

(1) 电瓷表面一般都須上釉,因上釉不仅是为了外表美观,而主要是可以增加瓷絕緣子的机械与絕緣强度,且表面光滑,不易染污,可防止洩漏电流过大,又能使瓷体表面不吸收水分,防止老化。但为了工艺要求,必須留一不上釉的焙烧支承面,此支承面必須选择得适当,务須使重心平稳。

(2) 应尽量使电瓷的厚薄均匀,避免厚度的急剧改变(見图9),并且不宜太厚或太薄,厚則不易烧熟,薄則易变形。

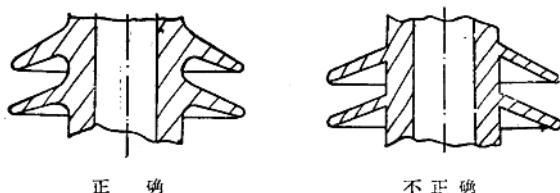


图9.

(3) 設計电瓷,必須熟习制造工艺,尽可能使工艺简单化。例如管套內孔应为直孔(适合真空練泥机挤出),不应是弯孔及鼓形孔。用干压、热压旋坯法成型的制品,就必须有一定的傾斜度,以便脱模。

(4) 电瓷应尽量避免尖銳边角,一般均以不小于R2的圓角制成,否則制品在制造过程中,容易开裂。

(5) 瓷的抗压强度,远大于他的抗弯及抗拉强度,而冲击强度特別差。故在設計受机械应力較大的电瓷时,尽可能使瓷件受抗压力,避免受冲击力。

(6) 瓷件的高度,应根据它在使用时所必須承担的电压大小

来确定。

当绝缘子的外径随着长度变化不大时,按照制造技术的要求,最好外径与高度之比不大于1:5。

瓷件的外形决定于它的使用环境条件。

户内装置用的绝缘子大都是有一个或若干个筋(伞)。筋是瓷件表面的环状突出物。常采用的筋的形式和尺寸如图10所示。筋高在25公厘以下,大致倾斜 60° ;而筋高在25公厘以上,则需倾斜 40° 。

为了增大户外装置绝缘子的放电电压,除增加瓷绝缘子的有效高度外,还可借助于侧面积的增加,有时两种方法并用。

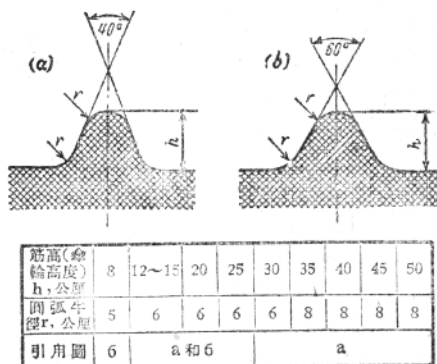
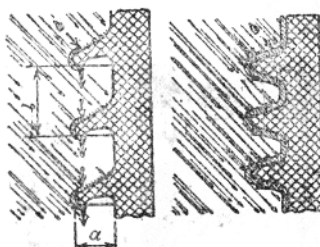


图10. 屋內裝置瓷件筋的外形和尺寸

为了增加侧面积,所有户外装置用的绝缘子都制成裙檐(图11a),因为筋(图11b)不能保护瓷碍子表面不被雨淋湿。



(a)有裙檐的瓷碍子 (b)有筋的瓷碍子

图11. 雨淋瓷碍子表面

裙檐是在瓷件表面上阻止雨水的伞状突出物。当绝缘子垂直安装而雨斜落时,只有瓷碍子的外部表面被打湿,雨沿着裙檐的边缘下落而不致在绝缘子表面上形成链状通道,裙檐的内侧和其他被保护的表面仍然是干的,或者在最坏的情况下,被个别雨滴飞溅上,那些