

电 瓷 制 造

中国科学院
电子学研究所



电子学研究
73.1731
179
造

電 瓷 製 造

江 宏 編 著



电子学研究

科學技術出版社

內 容 提 要

本書包含電瓷的使用與設計；電磁原料的配合，試驗方法及其粉碎與製作過程；電瓷成形、乾燥與焙燒；電瓷檢驗等四個主要部分是理論與實際互相結合的著作。

本書可供電瓷工廠技術人員，中等電瓷專業學校等作為學習與參考之用。

電 瓷 製 造

編 著 者 江 宏

*

科 學 技 術 出 版 社 出 版

(上海趙國西路 336 弄 1 號)

上海市書刊出版業營業許可證出○七九號

中科藝文聯合印刷廠印刷 新華書店上海發行所總經售

*

書號：72

開本 787×1092 紙 1/32·4 3/4 印張·91,000 字

一九五六年四月第一版

一九五六年四月第一次印刷·印數 1—3,535

定價：(10) 六 角

电子学研究所



序

舊中國的社會使我們勞動人民受盡了重重的剝削與束縛，雖然我們有無窮的智慧與創造性，也無從發揮。因之，瓷雖為我國所發明，但怎樣利用科學原理與方法來把它製造成電器、電力和電訊工業上廣泛應用的絕緣材料——電瓷，却是歷史既短而基礎又非常薄弱的。

解放後，在共產黨和毛主席的正確領導下，經我們工人階級的努力，幾年來電瓷工業在配合電器、電力和電訊工業的恢復與建設中相應地得到了飛速的進展。

在我國發展國民經濟的第一個五年計劃中，明確地規定了在五年內電力工業的高速發展，全部建成後增加的發電能力將為四百零六萬瓩。五年內進行建設的電站有九十二個，其中火力電站七十六個，水力電站十六個。這些發電能力的利用，就需要製造各種相適應的配電、變電設備以及高壓輸電綫路。而所有這些設備和高壓輸電綫路都需要應用數量多、質量高的電瓷。因此，我們可以想像到電瓷工業在今後工業發展中的地位。然環顧國內，有關電瓷參考書籍寥若晨星，且內容簡單，不足以資深入研究，恐我電瓷工作人員均有同感！

同事江君，理論與實踐結合，實有獨到之處，工餘著述“電瓷製造”一書，稿成見示，囑為之序。該書對於電瓷之使用與設計、原料之配合與煉製、以及電瓷之製造與檢驗等，敘述甚詳。對電

瓷在製造過程中可產生廢品的原因作了詳細分析，且提出改善意見，尤為可貴，實可為我電瓷工作人員之良好參考讀物。

姚羅星

醴陵電瓷廠，一九五五年十月

自序

解放前，品質較高的電瓷製品大多仰給于國外。解放後，新中國的工業擺脫了帝國主義的桎梏，許多新型高壓製品與時俱增，電瓷工業在日益前進的行列中與其他工業提携并進，趕上了新的時代。

因此，我懷着極愉快的心情，在工餘根據個人學習電瓷工業有關資料和現場工作時所做的筆記編寫了這本小冊子，獻給同志們作為學習電瓷設計與工藝時的參考。

本書內容包括：電瓷的使用與設計，電瓷原料的配合、試驗方法及其粉碎製造過程，電瓷成形、乾燥與焙燒，電瓷檢驗等四個主要部分，分為七章敘述。不消說，是以理論與實際相結合為本旨的。

本書所涉及的知識較為廣泛，編者學殖荒疏，且係工餘匆促屬稿，因之于歸納邏輯上，不免有所謬誤或不妥當之處，翹望海內同志不吝指正。

最後讓我向在編寫本書時所參考的各書之著者、譯者表示謝意。

江宏于湖南醴陵

一九五五年十月

參考書目

1. Theory of Dielectrics A. Schwaiger
2. 高電壓工程 M. A. Бабинов 等著, 解廣潤譯
3. 配電用電器與開關設備 樊元武編
4. 耐火材料廠機械裝備 B. Г. 巴依索格洛夫等著
重工業部工業教育司譯
5. 特殊窯業製品 戴亮儕著
6. 窯業計算習題詳解 張澤堯著
7. 電用瓷器 葉錫嘏著
8. 電工材料 楊學濬著
9. 鑄工車間設備 Н. 阿克謝諾夫等著
歐陽暉等譯
10. 電工手冊 С. В. 阿勒克謝也夫等著
張楚盞等譯
11. 耐火粘土 奧根斯基著; 中央地質部編譯室
12. 化學瓷製造的研究 中國科學院
冶金陶瓷研究所等編輯
13. 中國工業 1953 年若干卷
14. 電世界 1954 年若干卷

目 錄

第一章 電瓷的分類及其用途	1
1-1. 緒言	1
1-2. 電瓷的分類及其用途	2
第二章 電瓷設計	4
2-1. 電瓷的要求與基本性能	4
2-2. 圖形設計	5
2-3. 有關電瓷試驗及設計上常用術語的解釋	6
2-4. 基本理論介紹	8
介體電場 介質損失 介質損失的測量 固體電介質的擊穿 同心球形電容器 同心圓柱形電容器	
2-5. 高壓綫路絕緣子	32
送電綫之電綫絕緣子和金屬附件的公稱安全係數 針式絕緣子 錨式絕緣子	
2-6. 電站類絕緣子	44
2-7. 高壓套管	49
純瓷套管 套管的閃弧電壓 套管的擊穿電壓 純瓷套管設計舉例	
3-8. 避雷器	55
2-9. 針式、套管、支柱絕緣子及避雷器等參考數據	60
第三章 電瓷原料及其試驗	65
3-1. 電瓷原料的分類	65
1. 可塑性原料 2. 非可塑性原料 3. 媒熔性原料 4. 釉原料	
3-2. 電瓷原料之試驗	66
物理試驗 化學分析	
第四章 電瓷配料	71

4-1. 電瓷的成分.....	71
坯的化學成分 釉的化學成分	
4-2. 電瓷配料.....	72
三角式 用元素分析以求粘土類之礦物組成 用示性分析以求粘土類之礦物組成 坯的配合舉例 釉的配合計算 釉的計算舉例	
4-3. 電瓷坯體內所含礦物的數量對於電瓷性能之關係.....	82
4-4. 電瓷配料所用各種原料與耐電力的關係.....	83
關於礦物成分的粘土質物 關於礦物成分的長石 關於礦物成分的砂石	
4-5. 電瓷坯質的改進.....	84
第五章 原料煉製與粉碎機械.....	86
5-1. 粉碎的目的與意義.....	86
5-2. 泥、釉料之煉製過程.....	86
配料之要求 水分與粒度的影響 鐵分雜質	
5-3. 粉碎機械.....	88
輪碾機 球磨機	
第六章 電瓷製造.....	107
6-1. 成形方法.....	107
1. 拉坯法 2. 旋坯法 3. 熱壓法 4. 車坯法 5. 注漿法	
6-2. 乾燥.....	108
粘土製品的乾燥過程 粘土製品乾燥中所產生的缺點 粘土製品的乾燥方法	
6-3. 施釉.....	113
施釉之目的 施釉之方法	
6-4. 電瓷的灼燒與冷卻.....	114
灼燒過程中的現象 電瓷的灼燒方法 灼燒過程中直接產生的缺點 電瓷的冷卻	
第七章 電瓷試驗與附件膠合.....	119
7-1. 電瓷的試驗.....	119

1. 型式試驗 2. 驗收試驗 3. 例行試驗	
7-2. 電瓷的試驗項目	119
I. 陶檢(外觀檢查)及其不合格項目之成因與改善意見 II. 電氣檢 驗 III. 機械性能檢驗 IV. 冷熱試驗 V. 孔率試驗	
7-3. 瓷瓶與附件接合	127
膠合劑的性能 膠合劑的種類 絕緣子膠裝方法	
7-4. 增加瓷瓶與附件間膠合強度的研討	136
7-5. 金屬附件的防銹	138
防銹的辦法 鍍鋅方法	

第一章 電瓷的分類及其用途

1-1. 緒 言

共產主義社會的遠景已經清晰地顯現在我們腦海中。列寧同志曾經這樣教導過我們：共產主義——蘇維埃政權加上電氣化。由此可見，電氣事業與國家社會主義工業化的關係是何等密切。

隨着國家工業的迅速發展，電氣事業擔負了極其重大而光榮的任務——供給工業需用的動力以及各種電器設備等。可以想像得到，今後遠距離高壓綫路的架設，是會隨着工業發展的需要而大量地增加，各種電器設備會大量地製造。我們知道，電瓷是用在各種電位下電氣設備各部分的電氣絕緣及機械連接的一種結構，這個結構是由電介質的一種——瓷和金屬附件所構成的。附件的作用就是將電瓷機械地固定在電器設備、配電設備和輸配電綫路電杆上。

從上面我們可以知道，任何電氣事業的發展，需要大量而且品質較高的電瓷製品來支援。倘若沒有電瓷工業與之密切配合，那麼電氣事業的發展將會在某種不同的程度上受到限制。因之電瓷工業在國民經濟的發展中，同樣地擔負着極其重大的任務。

解放前，品質較高的電瓷產品大多仰給于舶來。解放後，新中國的工業擺脫了帝國主義的桎梏，在全面學習蘇聯科學知識

的基礎上,以及我工人階級積極的創造下,幾年來我國電瓷工業的面貌大爲一新,許多新型高壓製品與時俱增,趕上了新的時代。在今後,它必定也將隨着新社會而發展。

1-2. 電瓷的分類及其用途

甲、依照其應用分類:

- (1) 電照電瓷——低壓裝燈布綫用。
- (2) 電訊電瓷——通訊設備及綫路用。
- (3) 特種電瓷——化工機械工程用特種電瓷。
- (4) 電力電瓷:

1. 綫路類——輸配電綫路電杆上支持導綫用。又分:

A. 針式絕緣子。

B. 懸式絕緣子。

2. 電站類:

A. 屋內式支持絕緣子——屋內或封閉式配電機構絕緣用。

B. 屋外式支持絕緣子——屋外或開放式配電機構絕緣用。

C. 穿牆套管——屋內外配電機構引導電流用。又分:

a. 屋內式 { 有空氣間隙(用于6~35仟伏).
 { 無空氣間隙(用于35仟伏以上).
 { 母綫型.

b. 屋外式 { 有空氣間隙.
 { 無空氣間隙.

3. 電器類:

- A. 變壓器套管——電力變壓器出綫用。
- B. 斷路器用套管——油斷路器或空氣斷路器出綫或消弧用。
- C. 互感器用套管——儀用電流或電壓互感器用。
- D. 電纜套管——電纜端盒接綫用。
- E. 電器雜件。

4. 保護設備:

- A. 避雷器——輸配電綫路及電氣設備限制過電壓用,又分:
 - a. 管型避雷器。
 - b. 閘型避雷器。
- B. 熔斷器——輸配電綫路及電氣設備限制過電流用,又分:
 - a. 插入式。
 - b. 閘刀式。
 - c. 跌落式。

乙、依照高低壓分類:

- (1) 低壓: 凡是使用在直流 600 伏以下, 交流 110、220、及 380 伏等電壓內的電瓷, 均稱為低壓電瓷。
- (2) 高壓: 凡使用在超過低壓限度, 而在 3,500 伏以下的電壓內的電瓷, 稱為高壓電瓷。
- (3) 特別高壓: 凡使用在超過高壓限度的電壓內的電瓷, 稱為特別高壓電瓷。

第二章 電瓷設計

2-1. 電瓷的要求與基本性能

由于電瓷用在戶內或戶外的各種電位設備下，有的用以引導電流，有的用以支持導綫等等，因之它必須具備較高的電氣、機械等性能，才能滿足實際使用的需要。

譬如以綫路電瓷來談，它在使用中不僅受着電場的作用，而且還負荷着由于電綫重量、電綫上結冰之重量、風力和振動力等等所組成的一系列的機械應力。電站類和電器設備用的電瓷，同樣地在短路時會遭受到由于導體之間的電磁相互作用所產生的機械衝動力的影響，這樣就使我們對電瓷提出了電氣、機械性能等的要求。

同時，用在戶外的電瓷會遭受到溫度的變化，如在夏季晒熱之電瓷，時常會遭受到突然降落之冷雨，使之驟然冷卻。在電瓷中尚存在着一種內部應力，這種應力是在燒製後冷卻時，由于瓷體和釉子的溫度膨脹係數不同而引起的，可能發展到開裂現象。另外，電瓷之金屬附件，如用水泥膠合的話，當溫度發生變化時，就可能由于瓷體、金屬和塗料三者的溫度膨脹係數不同，因而產生一些附加的應力。

我們知道，瓷品像一種不透明的物體一樣吸收陽光，并且其溫度可能超過周圍空氣溫度 $20^{\circ} \sim 25^{\circ}\text{C}$ 。同時瓷品是一種相當

脆的材料，在溫度激烈變化的情況下，可能引起開裂。爲了確保電瓷在周圍環境不同的條件下長期工作，因之在熱穩定性這方面也提出了一定的要求。

再者，瓷品之外露氣孔是使電瓷逐漸老化的主要原因之一。在工程上用的電瓷製品總是含有一些氣孔的，這些氣孔可分爲：

外露的——與表面相通的氣孔，因此易于吸水。

隱閉的——與外部表面不相聯通，因此危險性比較少一些。

外露氣孔對電瓷性能是有害的，瓷件因氣孔而逐漸潮濕，并引起絕緣性能之降低。

隱閉的氣孔比外露的危害要小一些，但也是不希望有的，因爲它仍然能引起電氣性能的降低。

因此，我們認爲電瓷必須具備如下的性能：

1. 介質強度(絕緣強度) 18~25 仟伏/毫米
2. 介質常數 5~7.5
3. 介質損失角在 50 周波及 20°C 時 0.7~2.5%
4. 抗壓力(不少于) 1,400 仟克/平方厘米
5. 抗彎力(不少于) 500 仟克/平方厘米
6. 抗拉力(不少于) 350 仟克/平方厘米
7. 衝擊(不少于) 20 仟克/平方厘米
8. 須能忍受溫度差 60°C 急劇變化 5 次而不破壞。
9. 對水分滲透的抵抗力要強，加以 14 仟克/平方厘米的水壓，毫無滲透的痕迹。

2-2. 圖形設計

除了符合規定的電氣、機械性能要求外，尚必須結合製造工藝來進行，在保證符合電氣、機械性能的條件下，儘量使其便于製造，這才是完善的圖形。

2-3. 有關電瓷試驗及設計上常用術語的解釋

介質常數 某物質之介質常數爲以該物質爲介體所構成容電器之電容，除此同一容電器而以空氣代替該物質後之電容，其商即爲該物質之介質常數。

介質強度（絕緣強度） 介體在均勻電場中能忍受之最高電位梯度，通常以仟伏/毫米代表之。

乾弧電壓 電瓷的乾弧放電電壓，是在周圍空氣在正常的

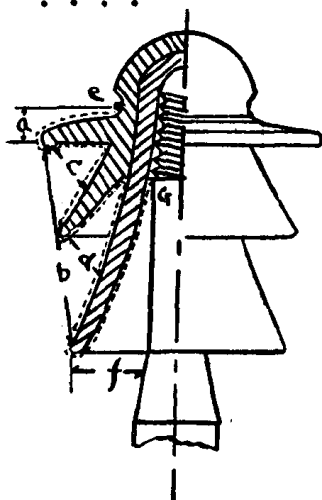


圖 2-1

乾弧距離： $a+b+f$

濕弧距離： $c+d+f$

漏電距離：虛綫部分自 e 至 g

氣壓、濕度、溫度（760 毫米汞柱、11 克/立方公尺、 $+20^{\circ}\text{C}$ ）之情況下，在潔淨而乾燥的電瓷表面上，呈現出一種火花放電的兩極間的最低電壓，通常取三次測定數字之平均值計算，而以仟伏表之。

濕弧電壓 電瓷的濕弧放電電壓是當電瓷在正常工作情況下，受到均勻水流之作用時（此水流是在每分鐘 5 公厘之雨力下噴射出，其噴射角度對水平綫爲 45° ）電極間產生的

放電最低電壓，通常以 6 次測定平均值計算，以仟伏表之。

乾弧距離 電瓷在乾燥狀態下，從帶電的電極通過絕緣子表面或穿過空氣而至接地電極間，量得之最短距離。

濕弧距離 在受雨水噴射下，絕緣子表面部分或導電部分，僅剩下一部分在乾燥狀態，在此情況下，由電極至接地極間量得之最短距離。

漏電距離 絕緣子在乾弧試驗時，由電極至接地極沿其表面量得之最短距離。

閃弧 絕緣子在試驗時之兩電極間，加以相當電壓，使其間之空氣分子破裂而發生連續且強烈之放電現象。

飛火花 絕緣子在試驗時之兩電極間，加以相當電壓，使其間之空氣分子破裂（部分破裂）而發生火花之放電現象。

擊穿電壓 絕緣子在擊穿電壓試驗時，被電擊穿時之均方根值。

電暈 電極（在高電位下）周圍一小部分已被游離的分子，受電極四周電場影響和空氣中其他“分子”、“原子”、“游子”及“電子”衝擊，在電場強度達到某一程度，電子撞擊中性原子的力強到足以使原子喪失一個或幾個電子。若不能使原子內電子完全脫離，而被具有正電荷的原子核吸取回去，該電子所受撞擊的能，以熱能光能的方式放出，于是電場的四周有光層的現象發生。

絕緣電阻與漏泄電流 當絕緣子在兩電極間加上電壓時，有微小的電流通過，此微小的電流通過絕緣子所產生的電阻，即為絕緣電阻；而此微小的電流，稱為漏泄電流。此漏泄電流又可分為兩部分：一是通過絕緣實體之漏泄電流，一是通過絕緣體表