

# 帶電沖洗絕緣瓷瓶

鄭代雨編著

水利電力出版社

## 內 容 提 要

本書講解了載流部分在帶電的情況下用水沖洗絕緣瓷瓶時，水柱漏泄電流對人體安全和設備安全的影響。書中介紹了沖洗瓷瓶用的噴嘴的直徑、水電阻、沖洗距離和水的壓力等參數的決定；着重介紹了帶電沖洗絕緣瓷瓶的方法、注意事項和組織分工。

書末附有鞍山供電局的“用水沖洗帶電瓷瓶專用規程”，供參考。

## 帶電沖洗絕緣瓷瓶

鄭代雨編著

\*

1579D451

水利電力出版社出版（北京西郊科學路二里溝）

北京市書刊出版業營業許可證出字第105號

水利電力出版社印刷廠排印 新華書店發行

\*

787×1092 $\frac{1}{2}$ 開本 \*  $\frac{3}{4}$ 印張 \* 13千字

1958年11月北京第1版

1958年11月北京第1次印刷（0001—7,100冊）

統一書號：T15143·303 定價（第9類）0.08元

# 目 录

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 序言.....                      | 2  |
| 一、絕緣瓷瓶的污穢和消除.....            | 3  |
| 二、通过水柱的漏泄电流对人身安全的影响.....     | 4  |
| 三、冲洗中瓷瓶表面漏泄电流对設備安全的影响.....   | 7  |
| 四、各种参数的决定.....               | 10 |
| 五、用水冲洗帶电瓷瓶的方法、注意事項和組織分工..... | 16 |
| 附录 用水冲洗帶电瓷瓶專用規程.....         | 18 |

## 序 言

根据历年来供电系統瓷瓶事故的經驗教訓，我們認為除必須对輸电綫路与变电所裝用的瓷瓶加强選擇、試驗外，在日常工作中應該加强和提高运行中的檢查与維護，保持瓷瓶的清潔，只有这样，才能消灭或减少因瓷瓶髒污而造成的停电事故。

由于輸电綫路与变电所分佈很广；地域与气候条件不同、瓷瓶使用数量又大，所受內、外部过电压冲击影响也較多，所以如果瓷瓶不清潔，就很容易发生瓷瓶閃絡事故。由于一串瓷瓶，甚至只因一个瓷瓶閃絡击穿，就致使整个地区造成停电事故。这种严重事故已經不止一次。在东北沈阳、鞍山、旅大、錦州等供电地区都发生过由于瓷瓶髒污造成多条綫路跳閘的惡性事故。显而易見它給生产帶來的損失是严重的。

为了积极地防止瓷瓶髒污事故，保証安全供电，从而更好地完成工农业生产的电力供应，胜利地实现社会主义建設任务。为此，我們在这里介紹一种用水冲洗帶电瓷瓶的方法。我們在編写中結合了在鞍山供电局的实际冲洗經驗，特別着重实际操作方法和实用的試驗数据。

編写的材料，力求通俗实用。它适合于綫路和变电所工作的电工和技术人員实际工作中参考。

由于我們理論水平和技术能力的限制，很难作到滿足讀者的要求，不当之处在所难免，甚望讀者給予批評和指导。

作 者

一九五八年九月

## 一、絕緣瓷瓶的污秽和消除

在工业地区，在具有鹽分土壤的平原地区以及靠近海岸处所，我們常常观察到瓷瓶的表面被半导体尘垢狀的雜質所包复，这样对于輸电綫路和变电所的瓷瓶絕緣就成为一項困难的問題。

在实际遇到的情况下，所有尘垢狀的雜質在干燥状态下尚不危險，因为它们仍有足够高的电阻。当污穢雜質受潮以后，积污的导电率將剧烈增大，如此泄漏电流將伴随着增加，并且不論工頻电压下以及冲击电压下，其放电电压均將降低。一般被閃絡或击穿的瓷瓶，表面上經常堆积了一层煤烟或者是灰尘或含有鹽分的髒污沉淀物；事故当时的天气多为起霧，下毛毛細雨，下雪，降露或冰雪融化。由此可見，造成瓷瓶髒污閃絡事故，不仅与尘埃的性質及結垢的程度有关，周圍气象条件也是一个决定因素。因此，掌握发生事故的季节性規律，保持瓷瓶的清洁是防止瓷瓶事故的根本办法。

防止瓷瓶結垢，保持瓷瓶清洁，一般是采用定期停电清扫的办法，这种方法不但時間和人力上不經濟，同时因为停电对生产有很大影响。鞍山供电局职工在总路綫的光輝照耀下，試驗成功了220千伏及以下电压的水洗帶电瓷瓶的方法。这种方法，設備簡單，效果良好，可以在不停电下进行，不但对电业和厂矿生产有利，同时大大提高了工作效率（6倍以上），改善了工人劳动条件。

## 二、通过水柱的漏洩电流对人身安全的影响

水冲帶电瓷瓶，对水的質量是需要严格的保証，一般要求用导电率較低的清洁的水。水并不是一种純絕緣的介質，所以在冲洗帶电瓷瓶中，有一部分漏泄电流通过水柱和噴咀流入大地(如图1)。这种泄漏电流的大小直接威胁着人身的安全。所以

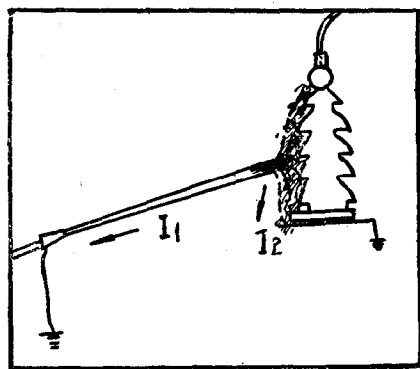


图1 冲洗中的漏泄电流

表 1

| 电 流 值<br>mA | 人 的 感 受 程 度   |
|-------------|---------------|
| 1           | 感到有电的程度       |
| 5           | 有相当的痛感        |
| 10          | 感到忍受不了的苦痛     |
| 20          | 筋肉剧烈收缩失去了动作自由 |
| 50          | 已相当危险         |
| 100         | 致死            |

在做水冲帶电瓷瓶时，必須对經过水柱的漏泄电流加以測量。

人身对电流的感受程度見表 1。

根据国外資料(美国和日本)以及我們实际冲洗試驗，認為水柱漏泄电流不超过 1 毫安对人身是保証安全的。在冲洗試驗中的測量方法，一般用小刻度的电流表，串接在噴咀的接地綫中間(如图2)，在仪表接綫的兩端，須裝有保护放电間隙，預防有高电压时。保护人身安全和仪表不致損坏。

水柱漏泄电流的大小，与冲洗距离，噴咀口徑，水电阻，水压力有着密切关系。冲洗距离越近，或水电阻越低，則水柱漏泄电

流就随之增加。反之，水柱漏泄电流就随之降低。喷嘴口径越大，或水压越高，则水柱漏泄电流也随之增加。反之，水柱漏泄电流也随之降低。在我们实际冲洗工作中，水柱和漏泄电流是极小的，用一般乾淨的井水和自来水（水电阻在 $2,000\Omega\text{—cm}$ 左右），采用 6.5 公厘口径喷嘴， $4\text{kg/cm}^2$  水压力，距离 3 公尺远，冲洗 44 千伏带电瓷瓶时，水柱

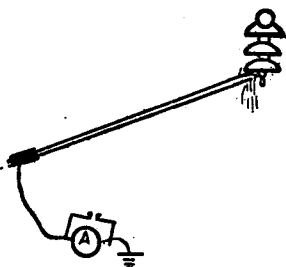


图2 测量仪表接綫方式

表 2

| 冲洗距离<br>(公尺) | 水柱漏泄电流<br>(mA) |
|--------------|----------------|
| 12           | 0              |
| 10           | 0              |
| 8            | 0              |
| 6            | 0              |
| 5            | 0.05~0.07      |
| 4            | 0.1~0.18       |

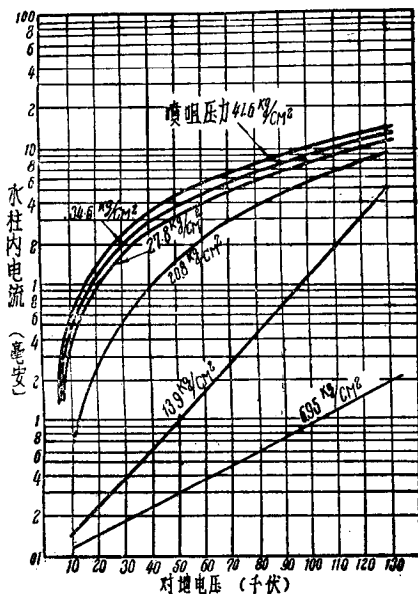


图 3 A

冲洗距离 3 公尺 喷嘴口径 6.25 公厘  
水电阻  $2540\Omega\text{—cm}$

漏泄电流小到用一般小刻度电流表读不出数值。

(1) 冲洗 220 千伏瓷瓶时，不同距离的水柱漏泄电流（水电阻  $3.100\Omega$  欧姆一公分喷嘴口径 9 公厘，水压  $6\text{kg/cm}^2$ ）见表 2。

(2) 不同压力不同距离时各种电压的水柱漏泄电流见图 3。

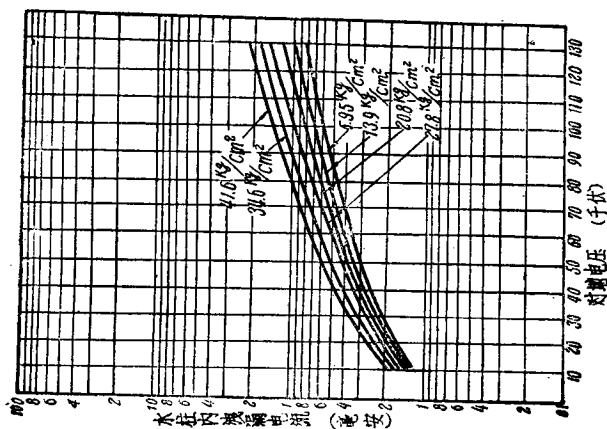


图 3C

冲洗距离6公尺 喷嘴口径6.25公厘  
水电阻2540Ω—cm

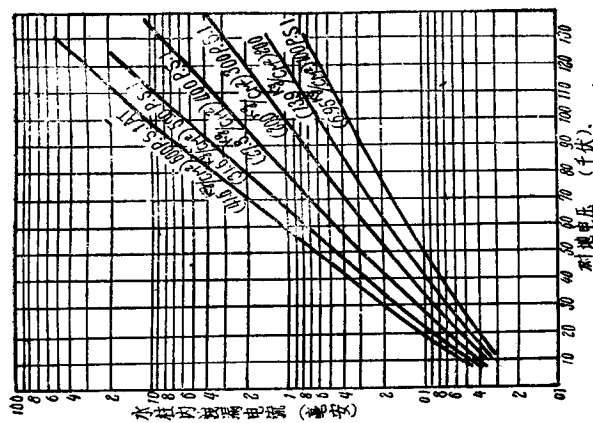


图 3B

冲洗距离4.5公尺 喷嘴口径4.5公厘  
水电阻2540Ω—cm

### 三、冲洗中瓷瓶表面漏洩电流 对设备安全的影响

瓷瓶表面的髒污雜質，在干燥中并无閃絡的危險，只是在表面受潮时(如霧、露、毛毛雨的情况下)閃絡电压才显著下降。因之，以水冲洗瓷瓶时，

瓷瓶表面电阻將降低，漏泄电流將增加，閃絡电压也随之降低。图4表示瓷瓶串表面漏泄电流与閃絡电压的关系。例如154千伏瓷瓶串(对地电压89千伏)有9个悬垂瓷瓶，图4中找出其临界閃絡电流为300毫安。在我們实际冲洗一般尘土和烟灰的瓷瓶中，瓷表面漏泄

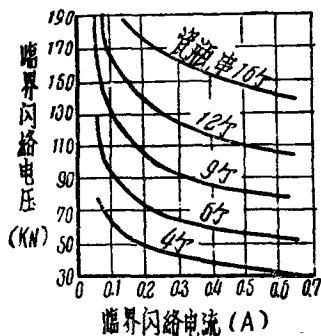


图 4

| 电压KV                 | 10   | 20   | 25.4 | 30  | 44   | 注                    |
|----------------------|------|------|------|-----|------|----------------------|
| 試驗部分                 |      |      |      |     |      |                      |
| 冲洗前                  | 1.5  | 3.8  | 4.85 | 5.8 | 8.6  |                      |
| 水柱冲在导線上              | 1.55 | 3.8  | 4.85 | 5.8 | 8.6  |                      |
| 水柱冲在一串6—5<br>×4悬垂上   | 1.5  | 3.8  | 5.2  | 6.6 | 10.2 | 以3公厘噴咀，距离4米          |
| 水柱冲在一串6—5<br>×4耐張瓷瓶上 | 5.8  | 13.4 | —    | —   | —    | 以8公厘噴咀，距离4米半，一个一个冲洗  |
| 水柱冲在一串6—5<br>×4耐張瓷瓶上 | 13.4 | —    | —    | —   | —    | 以8公厘噴咀、距离4.5米，来回連續冲洗 |
| 水柱冲在立瓶上              | 13以上 | —    | —    | —   | —    | 33公厘噴咀，距离3米          |

电流，都在图 4 表示的临界閃絡电流以下。以下为在某变电所冲洗試驗的記錄。

(1) 上表为利用表用变压器逐步升压冲洗中的試驗記錄。

(2) 实际冲洗中利用 44 千伏消弧綫圈中性点 CT 观察，冲洗中接地电流变化情况（見下表）。

| 設 备<br>变化情形  | 悬垂瓶 | CT.P.T<br>导 管 | OCB<br>套 管 | 立 瓶 | 注 |
|--------------|-----|---------------|------------|-----|---|
| 冲洗前中性点接地电流mA | 100 | 100           | 100        | 90  |   |
| 冲洗中中性点接地电流mA | 110 | 115           | 120        | 150 |   |

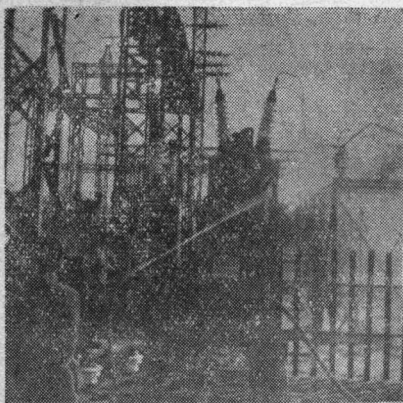
冲洗油开关套管及立瓶时曾有火花放电声，为时极短，不到 40 秒即消失。

(3) 在 150~220 千伏变电所母綫瓷瓶上冲洗試驗記錄。

A. 冲洗悬垂和耐張瓷瓶串的漏泄电流 (mA):

| 被冲洗的瓷瓶串    | 各种漏泄  | 150KV |     | 210KV    |      |     |
|------------|-------|-------|-----|----------|------|-----|
|            |       | 6 M   | 12M | 6 M      | 12M  |     |
| 耐張串 10"×17 | 水柱漏泄  | 0.05  | 0   | 0.12     | 0.05 | 无火花 |
|            | 瓷瓶漏泄  | —     | 17  | 无        | 17.5 |     |
| 悬垂串 10"×17 | 水柱漏泄  | —     | —   | 0.12(8M) | 0.05 |     |
|            | 中性点电流 | —     | —   | —        | 0    |     |

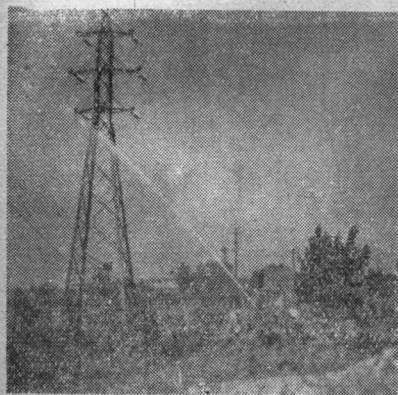
B. 冲洗隔离开关:



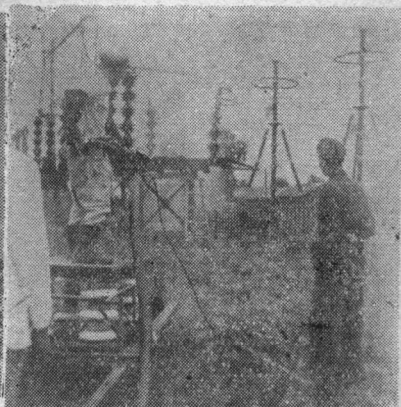
(1) 冲洗44千伏隔离开关



(2) 冲洗44千伏输电线路



(3) 冲洗220千伏母线瓷瓶



(4) 冲洗220千伏隔离开关

图 5 几种实际操作表演图

| 距 离 | 中 性 点 电 流<br>(mA) | 水 柱 电 流<br>(mA) | 瓷瓶表面漏泄电流<br>(mA) |
|-----|-------------------|-----------------|------------------|
| 12  | 0.11~0.6          | 0               | 0.2~120          |
| 10  | 0.2~0.25          | 0               | 0.4~120          |
| 8   | 0.1~0.35          | 0               | —                |
| 6   | 0.15~0.25         | 0               | —                |
| 5   | 0.1~0.25          | 0.05~0.07       | —                |
| 4   | 0.12~0.175        | 0.1~0.18        | —                |

冲洗中对瓷瓶表面漏泄电流的测量方法，如图 6 所示，在瓷瓶串后面再增加一瓷瓶，接一个毫安表就可以测量瓷瓶表面漏泄电流的变化。这样，测量的数值可以判断对设备的危险程度。

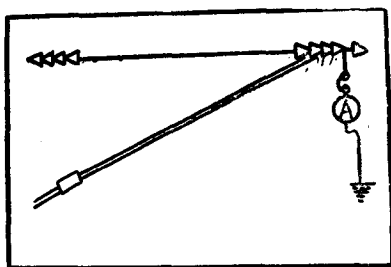


图 6 瓷瓶表面漏泄电的测量

## 四、各种参数的决定

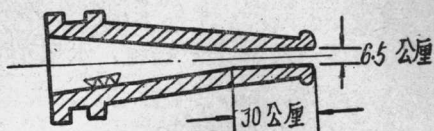
带电冲洗瓷瓶的效果是良好的；关于安全可靠性的正确选择各种有关参数。如：喷嘴型式与直径、冲洗距离、水电阻率、水的压力等，这些参数是相互关系着的。因此，在进行这项工作以前，可以在固定某些参数时，再考虑其他参数的范围。

1. 喷嘴的型式与口径 冲洗瓷瓶最理想的喷嘴，应使水柱射得足够远，且不散开水花，使水柱冲在瓷瓶上，会有足够力

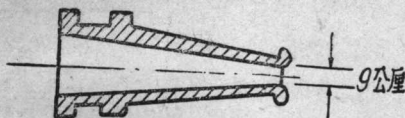
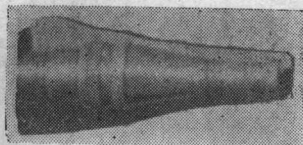
量洗滌污物，并消耗水量少。这除与水的压力有关以外与噴咀的内部型狀也有很大关系。噴咀口徑不宜太大，太大的口徑不仅要耗用較多的水量，而且会增加水柱的漏泄电流，所以尽量使噴咀口徑縮小到可能的地步。

这里介紹几种噴咀的型狀(見图7)給大家参考。

图7(1)型是鞍山供电局仿消防水枪噴咀改进設計的，口徑为 6.5 公厘，咀長30公厘，它在水压 3~4 公斤/平方公分下，有效射程为 4 公尺。在这射程以后有較大的水花，这种噴咀对一般的灰尘能全部冲掉，效果良好。在35千伏~220千伏电压上可以采用。



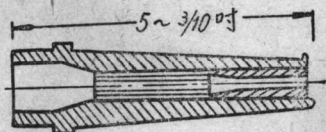
(1)



(2)



图7(2)是采用一般消防水枪噴咀，口徑 9 公厘，咀長3~5公厘，在水压4公斤/平方公分下，有效射程为4.5~5公尺，水柱較粗，在 3 公尺左右就有散花現象，一般灰尘能全部冲掉，效果良好。



(3)

图7(3)为美国太平

图 7 几种噴咀

洋煤汽电气公司所采用的标准型噴咀，为使有效射程更大，在管内中央部分排列一組小銅管子。噴咀口徑分  $1/4$ 吋 $3/16$ 吋，水压力 $6\sim 27$ 公斤/平方公分。

以上这些噴咀，都可以使用，效果也都很好。噴咀的材料可以用黃銅或不銹鋼制造，内部加工力求光滑。

輸送水用的帶，一般采用直徑 $50\sim 75$ 公厘密織帆布消防水龙帶。水泵采用 36 公尺揚程，水压  $4\text{kg}/\text{cm}^2$ ，4 瓩的离心水泵或消防水車等，都可以做水冲帶电瓷瓶的工具。

图 8 是鞍山供电局所采用的水枪。

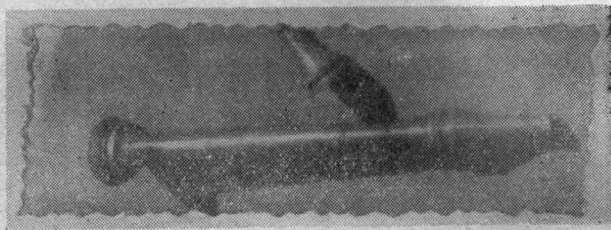


图 8 鞍山供电局采取的水枪形式

图9、图10是水柱射程的表演。

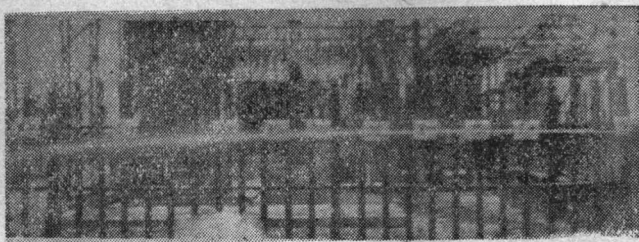


图 9

利用图7(1)6.5公厘口徑的噴嘴，水压力4公斤/平方公分的噴射水柱



图 10

利用图7(2)9公厘口径的消防喷嘴,水压力4公斤/平方公分的喷射水柱。

2.水电阻 在冲洗瓷瓶前,应先找好水源,作水电阻测定。因为水电阻数值的大小,直接影响着瓷瓶表面的閃絡电压和人身的安全。水电阻过低时,瓷瓶表面和水柱的电导增加,閃絡电压也随之降低,表3为关于在固定对地电压下,使瓷瓶发生閃絡的水电阻值,根据此值考虑现场宜采用的最低电阻值。

表3 可采用的最低水电阻值

| 瓷 瓶 型     | 工作綫电压<br>(kv) | 試 驗 綫 对<br>地 电 压<br>(kv) | 閃絡前最低水<br>电阻率的数值<br>(欧姆/公分) | 应用时宜采用<br>之最低电阻率<br>的 数 值<br>(欧姆/公分) |
|-----------|---------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| 三 层 針 式   | 66            | 38                       | 1524                        | 2286                                 |
| 四 层 針 式   | 66            | 38                       | 802                         | 1194                                 |
| 針 式       | 12            | 6.9                      | 445                         | 635                                  |
| 悬垂10"4个一串 | 66            | 38                       | 381                         | 571                                  |
| 悬垂10"9个一串 | 110           | 69                       | 508                         | 762                                  |

水电阻的测量方法:以直径2.0公分,長一公尺的玻璃管注水(勿使其有气泡出現),二端夾上圓板电极(直径和玻璃管内徑一样),使用低压仪表如惠斯頓电桥或用电流电压法測量,

然后按公式算出电阻率（欧姆-公分）。

$$\rho = \frac{R \cdot S}{l} \text{ 欧姆-公分}$$

式中  $R$ ——测量的电阻，欧姆；

$S$ ——玻璃管内径截面，平方公分；

$l$ ——玻璃管长度，公分。

测量时不要用高压摇表，因为水在高电压下，容易极化，影响测量的正确性。

水电阻和温度成反比例的关系，我们对井水作了试验，利用加热和在冰房中进行试验，结果如图11。

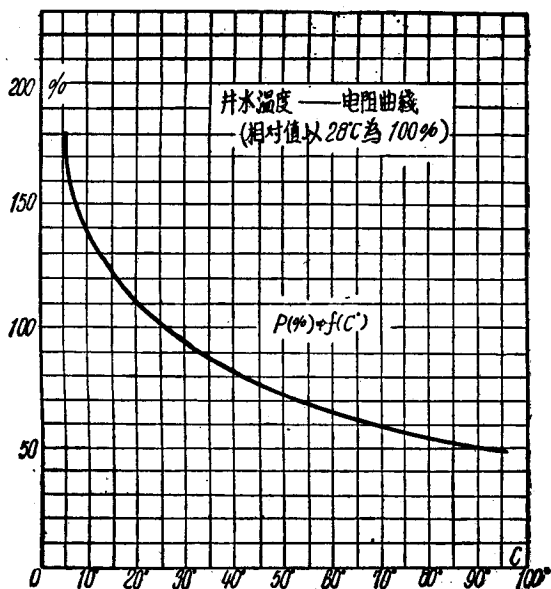


图11 水温度和水电阻的关系曲线

### 3. 冲洗距离的选择

当水的电阻数值已经测量出时,就可以选择冲洗距离,冲洗距离的大小对人身安全有着直接关系。同样的喷嘴,冲洗同样电压的设备,如果距离愈远,水柱电阻将愈大,通过水柱的电流将愈小,因而人身也就愈安全。这在图3中已经可以看出。为了冲洗效果,需要选择适当的距离。鞍山供电局实际冲洗经验中,认为采取以下距离对人身是足够安全的。

表4 鞍山供电局采取的安全冲洗距离

| 冲洗设备<br>工作电压(千伏) | 冲洗<br>距离<br>(公尺) | 喷嘴口径<br>水压、<br>水阻 | 喷嘴口径6.5公厘 水压4公斤/平方公分 |
|------------------|------------------|-------------------|----------------------|
|                  |                  |                   | 水电阻率2250欧姆-公分        |
| 22               |                  |                   | 3                    |
| 44               |                  |                   | 4                    |
| 66               |                  |                   | 4                    |
| 154              |                  |                   | 5                    |
| 220              |                  |                   | 6                    |

表5 美国太平洋煤汽电气公司采取的安全冲洗距离

| 电压<br>千伏 | 喷嘴口径<br>(mm) | 4.75 | 6.35 | 8    |
|----------|--------------|------|------|------|
|          | 距 离 m        |      |      |      |
| 12/1     |              | 1.83 | 2.52 | 3.75 |
| 23/12    |              | 2.13 | 3.00 | 4.30 |
| 44/25    |              | 2.43 | 3.35 | 4.60 |
| 66/38    |              | 2.74 | 3.75 | 5.00 |
| 110/66   |              | 3.00 | 4.00 | 5.20 |
| 220/127  |              | 3.75 | 5.00 | 6.00 |

水压力27.5公斤/平方公分电阻率1270欧姆-公分。