

電工技術問答

第四輯

106

3

電

G-6

水利電力出版社

內 容 提 要

在这本防雷專輯里,共选編了 53 个防雷方面的技术問答。其中絕大部分属于发电厂、变电所、发电机和綫路等方面的防雷保护問題;另一部分是关于避雷器、接地装置和雷电常識方面的問題。这些問題一部分已公开发表,原載“电业工人”报“技术問答栏”,另一部分是經有关单位的专业人員解答后尚未发表的。

本書可作为电业工人学习业务和解决工作中的問題的参考材料。

电工技术問答 第四輯

*

709D260

水利电力出版社編輯、出版(北京西郊科学路二里内)

北京市書刊出版业营业許可証出字第 105 号

新华印刷厂印刷 新华書店发行

*

$787 \times 1092 \frac{1}{36}$ 开本 * $1 \frac{5}{18}$ 印张 * 27 千字

1957 年 11 月北京第 1 版

1959 年 5 月北京第 5 次印刷(28,661—100,690 册)

統一書号: T15143·65 定价(第 9 类)0.16 元

出版者的話

防雷措施虽然不断地在改进中，但是目前雷害事故仍然很严重。全国电業設備事故在逐年下降，而雷害事故却在逐年上升，在去年，还發生了击毀發电机和主变压器的严重事故。因此，在电力系统里进一步加强防雷保护工作就显得十分迫切了。

防雷工作是一件新的工作，在具体执行防雷措施的时候，难免会遇到許多新問題和新困难，所以讀者在这方面提出的問題也就較多。“电業工人”报技术問答欄曾連續解答了来自現場的有关防雷方面的技术問題。这些問題对解决今后防雷工作中的困难和提高工人的技术水平会有一定的帮助。为此，我們請陆錦球，戴庆渠，董振亞三位同志把另星發表在报上的和限于篇幅而沒有發表的防雷問題，作了系統整理，选編成电工技术問答第四輯——防雷專輯。由于篇幅有限，本書所选編的內容一定还不能滿足讀者的要求，今后我們当陸續补充。

这本小册子里，一共有53个技术問答，其中主要是关于發电厂、变电所、發电机和綫路方面的防雷保护問題，另外也包括有避雷器、接地裝置以及雷电常識等方面的問題。

目 录

出版者的話

一、發电厂和变电所的防雷保护.....	3
二、發電机的防雷保护.....	19
三、綫路的防雷保护.....	25
四、避雷器和接地裝置.....	36
五、一般雷电常識及其他.....	41

一、發電廠和變電所的防雷保護

1. 問：避雷針有單支和雙支的，我們的變電所是用雙支的。解放前只用一支避雷針，現在改為雙支了，這是什麼原因？用雙支避雷針為什麼比單支的好？怎樣來確定用雙支的和單支的？有沒有用三支或四支的？

答：避雷針的應用是根據被保護物的情況來決定的，如果用一支可以保護全部建築物的話，那來就不必用雙支避雷針了，以免浪費。

至於來信中間起為何在解放後把原來的一支避雷針改用雙支避雷針的問題，這可能是因為在解放後，該變電所有了發展。由於設備的發展，原來的那一支避雷針無法全部保護了，所以必須加高避雷針或者用雙支避雷針。還有可能是因為過去該變電所的避雷針的保護範圍沒有算正確，這裡就牽涉到一個保護範圍的確定問題，也就是來信中間的雙支和單支避雷針怎樣在具體情況下確定應用的問題。

(1) 單支避雷針的保護範圍是怎樣確定的呢？請看下面：

圖1的 h_v 為設備的高度，這時避雷針的高為 h （假定 h 不高過60公尺），則設備剛好在保護區的界限上，由於設備在保護範圍內（圖中打斜綫的範圍），所以打雷時，變電所內的一切設備就不會遭受雷擊。

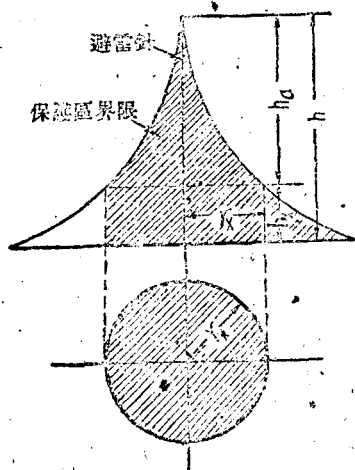


圖 1

当然，要使設備不遭受雷击，只有把它放在避雷針的保护範圍內，也就是在保护半徑內。保护半徑就是避雷針的中心点到保护区界限的距离，避雷針在各种不同的高度时，就有各个不同的保护半徑。像圖1，設備最外点的高度是 h_x ，那么，这时的保护半徑就可以用下面的公式来计算。

$$\frac{r_x}{h_a} = \frac{1.5}{1 + \frac{h_x}{h}}$$

$$r_x = 1.5h \frac{h - h_x}{h + h_x}$$

式中 r_x ——保护半徑；

h ——避雷針的高度；

h_x ——被保护物的高度；

$h_a = h - h_x$ 为避雷針的有效高度。

根据上面的公式，就可以求得避雷針的保护範圍了。

如果你們变电所里面的建筑物离避雷針最远的电气設備的高度是 14 公尺，避雷針高度是 30 公尺，避雷針和最外点的距离是 20 公尺的話，那末这支避雷針是否可以保

护这个建筑物呢？利用上述公式就可算出保护半径：

已知： $h=30$ 公尺， $h_x=14$ 公尺，

$$\begin{aligned} \text{則} \quad r_x &= 1.5 \times 30 \frac{30-14}{30+14} \\ &= 45 \frac{16}{44} = 16.4 \text{ 公尺。} \end{aligned}$$

这样看来，30 公尺高的避雷针是不能保护距离它本身20公尺和高14公尺的建筑物的。如果这样，在雷击时设备就会遭到损害。

(2) 双支避雷针的保护范围确定

利用双支避雷针，可以扩大其保护范围。在同样的情况下，它的保护范围比两根单支避雷针的保护范围相加还大，所以，在配合应用时，两支避雷针的保护作用就较好。双支避雷针的保护范围如图2所示。

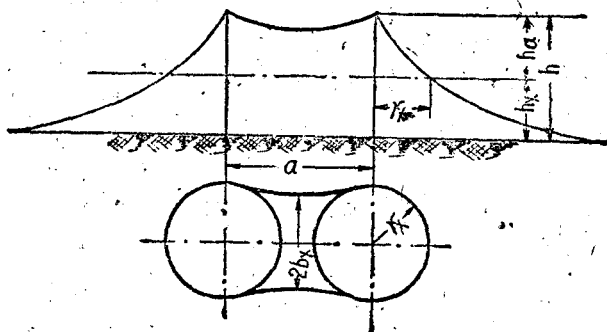


图 2

$2b_x$ —在 h_x 水平面上保护范围的宽度； a —避雷针之间的距离。

$$r_x = \frac{1.6h_a}{1 + \frac{h_x}{h}} P$$

式中的 P 在 $h \leq 30$ 公尺时等于 1；在 $h > 30$ 公尺时等于

$$\frac{5.5}{\sqrt{h}} \cdot$$

当保护半径 r_x 已知时，可以求 $2b_x$ 。

$$2b_x = 4r_x \frac{7h_a - a}{14h_a - a} \cdot$$

根据地形的特点，可以确定用單支的或双支的避雷針，如果設備的排列是圓形的，或到中点的距离相差不大，那末用單支比較合适；当然，在过分大的場合里，用單支的也不見得經濟，所以常采用三支的或多支的用三支的或者多支的。当地形是長方形时，則用双支的避雷針比較合适。总之要看具体情况，可以經過計算来决定。

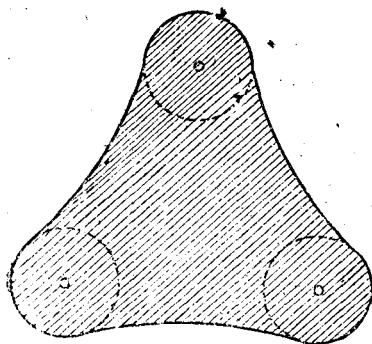


圖 3 三支避雷針的保护范围

避雷針不光是有單支和双支的兩種，也有三支的、四支的或更多支的。保护的範圍也比同数目的單支之和大大增加。圖 3 表示三支和五支避雷針的保护範圍。至于互相之間应怎样配合才好，那就必須經過很好的計算才可确定。

(奇)

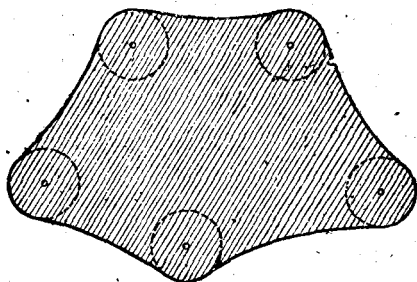


圖 3 五支避雷針的保護範圍

2. 問：我們發電廠里有一個大煙囪，高80公尺，上面裝有一支獨立避雷針（單支避雷針），它比煙囪還高出2公尺。現在我們想在離煙囪50公尺的地方，放一台升壓變壓器，供電給電網，這台變壓器高12公尺，不知道在不在這支避雷針的保護範圍內，請作一解答。變壓器最外相的套管高1.3公尺，離變壓器邊緣有50公分，具體情況如圖4所示。

答：根據來題，首先要求出避雷針和變壓器套管之間的距離。現在不知道避雷針是否裝在靠變壓器的一邊。我們假設避雷針是裝在另一邊的（這是最不利的情況下），那末，避雷針和變壓器套管之間的距離就等于：

$$a = \left[50 - 0.5 \right] + \left[5 - \left(\frac{5-3}{2} \right) \right] = 53.5 \text{ 公尺,}$$

而根據公式 $r_x = 1.5h \frac{h-h_x}{h+h_x}$

$$= 1.5 \times (80+2) \cdot \frac{(80+2) - (12+1.3)}{(80+2) + (12+1.3)} \approx 89 \text{ 公尺.}$$

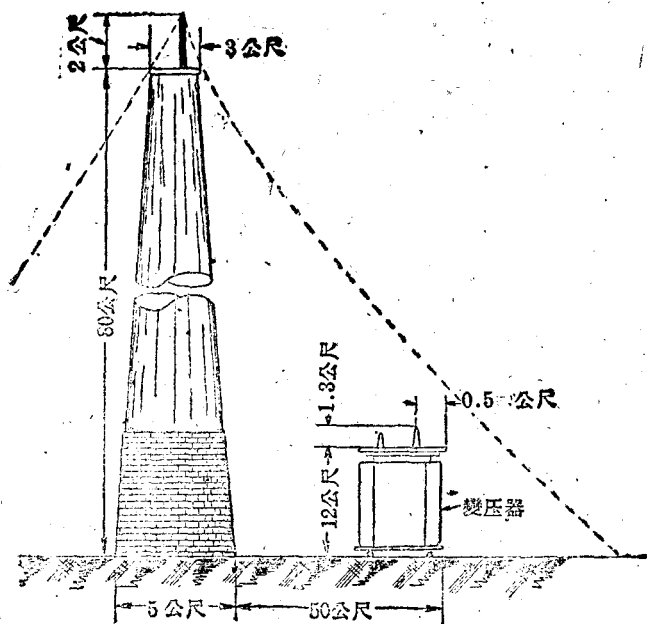


圖 4

也就是說，把这台變壓器放到离避雷針89公尺远的地方，也可以保护，不受直接雷击。在你們的电厂里安裝这台變壓器来防止直接雷击是完全可靠的。

(奇)

3. 問：我們厂里至今已經設置了直击雷的防雷保护，保护的對象是配电裝置的屋外構架部分和生产厂房，是不是在發电厂里只需要对这二个部分进行直击雷的保护？

答：在發電廠里應該裝設對直擊雷的防雷保護裝置，你們發電廠已經對露天配電裝置和生產廠房兩個部分，設置了直擊雷保護，這是對的。但是，僅這二個部分還是不夠的。佈置在發電廠（或變電所）範圍內的下面各項設備，都應對直擊雷進行保護：

1. 露天配電裝置包括母綫橋及軟母綫；
2. 油務設備；
3. 可燃材料及油類材料的倉庫；
4. 變壓器修理間與油務設備的建築物；
5. 露天油箱；
6. 煙囪。

聯結于母綫橋與軟母綫的露天配電裝置可用避雷針對直擊雷進行保護。對於2~4項所述房屋與建築物的直擊雷保護，其具有金屬頂結構或金屬屋頂者，則將其金屬部分進行接地就可以了。對於金屬油箱及金屬煙囪的直擊雷保護也應將其接地。至於磚的或洋灰的（洋灰鋼筋的）煙囪，可在它的頂端裝置避雷針對直擊雷進行保護。2~4項中所述各種房屋與建築物沒有金屬結構或金屬屋頂時，則可用避雷針保護。

（光 翟）

4. 問：我們新安裝的鍋爐煙囪有30公尺高，是鉄板制成的，請問安裝避雷針時要不要另用銅綫？從煙囪的頂部避雷針處引下入地，是不是可以直接利用煙囪本身作導體？

答：根據過電壓保護導則規定：金屬煙囪可以不需要

另裝避雷針，只要將烟囪下端作集中接地。接地引下綫截面不應小於 30 平方公厘，集中接地之接地電阻不應大於 10 歐姆。

(電力工業部技術改進局)

5. 問：我們變電所的 35 千伏屋外配電裝置，是利用單獨設立的避雷針來保護的，而且避雷針具有本身單獨的接地裝置，但是供電給我們變電所的那個一次變電所，它的 110 千伏屋外配電裝置，是由裝設在構架上的避雷針來保護的，並且裝設避雷針的構架支柱與變電所總接地網相連接的。這二個變電所的防雷保護裝置，那一種對？為什麼？

答：這二個變電所的防雷保護，設置的都合乎要求。二個變電所所設置的保護裝置之所以不同，是它們所保護的配電裝置的電壓不同的緣故。因為 110 千伏的變電所的絕緣水平較高，通常在中性點直接接地的情況下運行，並且具有廣大的接地迴路，所以，避雷針能夠得到很低的沖擊接地電阻，是並不困難的。因此，110 千伏及其以上的變電所保護，採用的避雷綫或避雷針，允許安裝在變電所的構架上，以及避雷針的接地綫要與變電所總接地網連接起來。而 35 千伏及其以下的變電所就不同，它的絕緣水平較低，通常中性點是不接地或經高電阻接地，如避雷針裝在構架上時，由於接地系統簡單的關係，即使是比較小的雷電流也可能造成反擊，使絕緣發生閃絡。因此，它應該用足夠高度的獨立避雷針來保護，應該具有單獨的接地裝

置，同时从避雷針或接地引下裝置到帶电部分的距离至少应为5公尺，裝置之間的距离亦至少应保持在3公尺以上。

(光 翟)

6. 問：怎样对35千伏的屋外配电裝置进行防雷保护？

答：35千伏的屋外配电裝置，是利用单独設立的避雷針来保护的。避雷針本身的接地迴路应与变电所的接地迴路分开，且有相当距离。避雷針与配电裝置部分也应该有适当的空間距离和地中距离。这距离的选定方法如下：

避雷針本身接地裝置与其最近的变电所接地迴路处之間的地中距离 S_z ，可取为

$$S_z \geq 0.3Ru \text{ (公尺)}, \text{ 即 } S_z \text{ 不應該小于 } 0.3Ru.$$

式中 Ru ——独立避雷針接地冲击阻抗(欧姆)。

但在任何情况下， S_z 不得小于3公尺。

由独立避雷針到配电裝置导綫部分和变电所設备裝置以及与鉄構接地部分間的空間距离 S_b ，可取为

$$S_b \geq 0.3Ru + 0.1l.$$

式中 l ——所考虑点的高度。

在任何情况下， S_b 不得小于5公尺。

(陆 俊)

7. 問：我們在1954年新建的变电所是110千伏的一次变电所。保护露天配电裝置受直击雷的避雷針，裝置在鉄構上是不是可以？

答：在 110 千伏及其以上的露天配电裝置上，避雷針是可以裝置在鉄構上的。但是必須注意下列几点：（1）把安裝避雷針的鉄構支柱連接到配电裝置接地迴路上；（2）在避雷針的支柱附近，設置輔助的集中接地裝置；（3）避雷針与变电所接地迴路連接處至变压器与接地迴路連接處的距离不小于 15 公尺；（4）裝有避雷針的鉄構接地部分与导电部分之間的空气距离，不得小于絕緣子串的長度。但是，在变压器門型鉄構上裝置避雷針是不对的。

（陆 俊）

8. 問：在离开我們变电所 1 公里多的綫路段开始，就裝設了避雷綫，这条保护进綫的避雷綫（綫路电压为 110 千伏），是否能与配电裝置的結構連接？

答：保护进綫的避雷綫，可以連在配电裝置的結構上。但是，并不是所有保护进綫的避雷綫都可連于配电裝置的結構上的。如保护 35 千伏綫路进綫的避雷綫，就應該在接近配电裝置的杆塔處終止。那末所剩下沒有避雷綫的擋距应另用独立避雷針保护；它可以包括于配电裝置的避雷針保护範圍之內，或者另外裝設避雷針来保护。

（光 翟）

9. 問：来自綫路上的进行波是怎样产生的？进行波为什么能够在变电所中引起絕緣閃絡或击穿呢？

答：綫路上，当雷击导綫时，就發生具有極陡的过电压电波。当雷击避雷綫或杆頂时，如果雷电流超过了綫路的耐雷水平，从杆頂到导綫就会發生反击的危險，并且在

导綫上發生实际具有直角波形的电波。

假如杆塔的接地电阻大，那末在落雷地点导綫上的电压（即在接地电阻上的电压降），可能大大超过了导綫絕緣的冲击强度。然而，当这种电波沿着綫路傳播时，就引起隣近杆塔上的絕緣閃絡，因此，可以認為，进行波的电压振幅不超过杆塔上导綫絕緣的放电电压，而且进行波將沿着綫路导綫到达变电所。因为避雷綫和导綫上的冲击电量、大地电阻和其他因素的关系，进行波有了变形和逐漸衰減，因此，当进行波到达变电所以前，將有極傾斜的波尾和較小的振幅。是不是因此而不能在变电所引起絕緣閃絡或击穿了呢？不是的。因为变电所絕緣的冲击强度比充分利用木質絕緣的綫路要低2~3倍。此外，在終端变电所，其电压將要达到进襲波的兩倍，所以进行波完全能够在变电所中引起絕緣閃絡或击穿。从运行經驗中看，具有直接雷击正常保护的变电所，其所有因雷击而停电的情形，都是由于危險的侵襲波侵襲变电所而引起的。

（光 翟）

10. 問：我們現在值班的是一個又小又老的变电所，据老师傅說，很多年来，从来沒有遭受过直接雷击。本变电所里的防雷設備殘缺不全，如果維持現狀能不能保証变电所不遭雷击？标准变电所怎样进行防雷保护？

答：变电所与輸电綫路比較，它的面积很小，因而遭受直接雷击的可能性較小。你所很多年来，从来沒有遭受直接雷击也是有可能的。但是，沒有正規防雷保护或者

防雷保护装置得不合格的变电所，遭受直接雷击的现象也是有的，甚至不是很少。所以你所防雷设备残缺不全，是不能保证变电所不遭受雷击的。我们知道，变电所的雷击事故将会严重地损坏变电所的设备，致使贵重设备（如变压器）的长时间的修理和停用，同时破坏了电力系统的正常运行。这样无疑给国家带来了很大的损失。因此不能因为变电所遭受雷击的可能性小而不重视变电所的防雷保护，也就是说变电所对直接雷击的保护还是必要的，而且对变电所的防雷保护应该比线路所提出的要求还应严格得多。

标准变电所的防雷保护，有二个主要部分：一个是防止直接落雷的保护；另一个是对进行波的保护。这是因为变电所设备（特别是额定电压为3~35千伏的设备）的绝缘水平，通常较线路的绝缘水平低得多，因此在离变电所较远的线路落雷时，所产生的进行波能够在变电所中引起绝缘闪络或击穿。直接雷击的保护，是为了避免变电所内导线和设备直接雷击，它是依靠在变电所内装设避雷针来实现保护的，这种保护是极可靠的。至于对进行波的保护是为了防止线路传来的进行波，除了线路必须安装避雷线和管型避雷器外，在变电所母线上，还应安装阀型避雷器。

（陆俊）

11. 问：在露天变电所的高压母线上已装有阀型避雷器时，进线末端（离变电所40~50公尺）是否还应装管型

避雷器 PT_2 ?

答：变电所进线末端之 PT_2 主要是保护进线油开关在开路状态时的安全，所以即使变电所母线上已装有阀型避雷器， PT_2 仍应安装。因为当进线油开关开路，而进线上有雷电传来时，雷电电压会升高一倍，对油开关是很危险的，此时 PT_2 就能动作而起保护作用。但在油开关闭路时，就不希望 PT_2 动作，而使母线上的阀型避雷器动作，因此，在选择 PT_2 的外部间隙时应注意此点。

(董振亚)

12. 问：变电所运行人员，在防止变电所雷击的工作中，应该做些什么工作？

答：变电所运行人员的工作好坏，对于变电所的防雷保护工作是起一定作用的。为了保证变电所在雷电季节的安全运行，变电所运行人员应该熟悉：(1)被保护物的伏-秒特性曲线；(2)防雷保护设备的伏-秒和伏-安特性曲线；(3)侵入波的可能形状；(4)系统绝缘弱点；(5)土壤特性和接地电阻；(6)其他有关防雷设备的特性；(7)重合闸装置；(8)消弧线圈动作情况。

(陆俊)

13. 问：防止 35~220 千伏变电所受进行波侵袭，应该装些什么设备？这些设备的效用是什么？

答：保护 35~220 千伏变电所防止进行波的结线如下：

它的主要组成部分有：

1. 阀型避雷器 PBC ，装设于每组母线的每一相上，