

電業工人
學習文選

19



孫 平編著

輸電綫對通信綫和 鐵道信號設備的 影 响

水利電力出版社

內 容 提 要

这本小册子說明輸电綫对通信綫和鉄道信号設備的影响，着重說明通信綫和鉄道信号綫受輸电綫的感应作用所引起的危害性，以及应如何防护等。最后介绍受感应电压最大的添架电话的保护方法。

本書对象为电力系統和工業企業中的有綫通信工人以及鉄道信号設備維護管理人員。

輸电綫对通信綫和鉄道信号設備的影响

孙 介編著

*

849D310

水利电力出版社出版(北京西郊科考路二里溝)

北京市書刊出版登記證出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印 新华書店發行

*

787×1092 $\frac{1}{2}$ 开本 * 32印張 * 19千字

1958年6月北京第1版

1958年6月北京第1次印刷(0001—2,000册)

統一書号: T15143·91 定价(第9类)0.12元

目 录

第一章 輸电系統的基本概念	2
第一节 电力網的分佈	2
第二节 輸电系統的运行方式	3
第三节 輸电綫路对通信綫路和鉄路信号設備的危害影响	6
第二章 輸电綫路的电磁感应影响	8
第四节 电磁感应影响的产生原因	8
第五节 决定电磁感应强弱的主要因素	10
第六节 防止通信綫路和信号設備遭受电磁感应影响的 措施	13
第七节 通信綫上感应电压的分佈	17
第三章 輸电綫路的靜电感应影响	21
第八节 靜电感应影响的产生原因	21
第九节 靜电感应影响的防护措施	24
第四章 和輸电綫同杆架設的添架电话綫	25
第十节 輸电綫对同杆架設的添架电话綫的干扰影响	25
第十一节 同杆架設的添架电话綫的保护装置	27

第一章 輸电系統的基本概念

第一节 电力网的分佈

在我国社会主义建設中，电力需要量日益增加。为了满足工农业的跃进以及人民生活的需要，新建設起来的大中小型水力发电站和火力发电站不断地增加。一般大型的火电站都筑在煤矿矿区附近，便于就地取用燃料；而大型和中型的水电站，往往由于天然水力资源的限制，建筑在离用电区很远的地方，依靠高压輸电綫把电能輸送到工矿地区和城市中去。

由于发电机构造上的限制，发电机不能直接发出很高的电压，在远距离輸送电力的系統中，为了要减少电能輸送綫路上的損耗，就必须升高电压。因为在一定的容量下，电压升高后电流必然减小，这样在輸电綫上的損耗就可以大大减少；同时，还可以减少有色金属的耗費量。电厂发出来的电，经过昇压变压器把电压升高后，再用高压輸电綫把电能送到远方去，到了用电地区再把电压降低，供給用户使用。图1表示：发电机发出来的电力經变压器将电压升高到220千伏或110千伏，用高压輸电綫把电力送到数百里外的用电地区。在那里設有一次变电所，一方面将超高压电力直接供給特別大的用戶，另一方面将电压降低到35千伏，供給地区电力网和大用戶，这时送电范围約为数十公里。在地区电力网內又設有二次变电所，把电压再降低到6000伏，以供中型用戶及城市和农村的高压配電綫。在配電綫上的适当地点，安装配電变压器，再把电压降低到380/220伏，直接供給小型工厂、农村用户使用。由以上发电、輸电和配電等組成的系

統，称为电力系统。

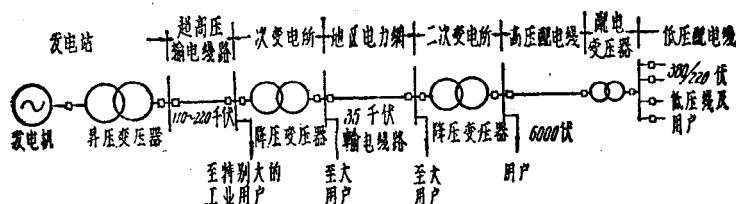


图 1 从发电站到各级用户的配电概况

第二节 输电系统的运行方式

我們常見到的高压输电綫路，电杆上一般掛有三条到八条的导綫，掛有三条导綫的为单回路输电綫路，双回路输电綫路就掛有六条导綫；另外，有的输电綫路在电杆頂上還有一条或二条絞綫，这是为了防止输电綫遭受雷击用的，由于它是接地的所以叫做架空地綫。

为了使从事通信工作的工人能对三相交流电有一个简单的概念，在此作一简单介绍。

三相交流电与电流、电压方向都不变的直流电相反，交流电的电压、电流，在每个瞬間都有大小、方向的变化。图 2 所示它們是按正弦波形作反复的变化的。图中 Δ - Δ (或 O - O , X - X) 叫一个波，每秒钟內有五十个波的(变化五十次的)叫 50 週波，也叫 50 赫茲，变化一个波所需要的时间是 $1/50$ 秒，在 $1/100$ 秒时出現一次高峰值(向上或者向下时的最大值)。图中横軸为基綫，电压由这根基綫向上(正的)或者向下(負的)变化。图中 Δ 、 X 点都是零。 $\circ$ 点是正值的高峰， $\square$ 点是負值的高峰。对交流输电綫来說，它的每个瞬間的电压是对大地变化的(通常把地作为零电位)，也可以說这个基綫就是大地。

三相交流电压虽然是在不断地变化，但是三条线的电压最高值却不同时产生，如图 2 中的 A、B 和 C 三条曲线，各个波的同样性质的点是：B 曲线比 A 曲线迟 $(1/300 \text{ 秒}) \times 2 = 1/150 \text{ 秒}$ ，C 曲线比 B 曲线迟 $1/150 \text{ 秒}$ ，A 曲线比 C 曲线又迟 $1/150 \text{ 秒}$ ，这样的交流叫三相交流（严格地说，叫对称三相交流）。输送三相交流电的电线叫三相交流输电线。

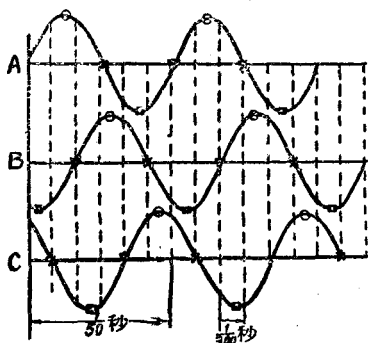


图 2 三相交流电压曲线

输电线路的运行方式可以分为两种，一种是中性点直接接地，在我国新建电力网中，一般在 110 千伏以上采用；另外一种中性点不直接接地，而是经过消弧线圈或高电阻后再接地，一般在 110 千伏以下的线路中采用。这两种接地方式各有各的优缺点，在正常运行中，由中性点流向大地的电流在两种方式中都接近零，但是当有一条或几条输电线发生接地故障时，或者是磁瓶发生击穿或碎裂事故时，这两种接地方式就不相同了。

在图 3 甲中表示了中性点直接接地方式的故障情况。当 P 点发生接地事故时，除了有虚线所表示的正常负荷电流以外，还有用实线来表示的故障电流，其路径是：变压器 C 端—

输电线路的运行方式可以分为两种，一种是中性点直接接地，在我国新建电力网中，一般在 110 千伏以上采用；另外一种中性点不直接接地，而是经过消弧线圈或高电阻后再接地，一般在 110 千伏以下的线路中采用。这两种接地方式各有各的优缺点，在正常运行中，由中性点流向大地的电流在两种方式中都接近零，但是当有一条或几条输电线发生接地故障时，或者是磁瓶发生击穿或碎裂事故时，这两种接地方式就不相同了。

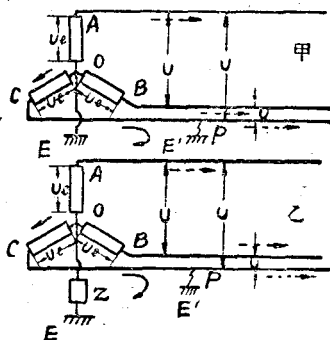


图 3 输电线路的接地短路故障

甲—中性点直接接地方式；

乙—中性点不直接接地方式。

C相輸電綫—故障点 P —大地 E' —大地 E —变压器中性点 O 。即变压器 C 相被短路，由于該回路中的阻抗很小，所以产生的故障电流很大。如果繼續的时间較长，变压器就会被燒坏，因此必須立即停止送电。

可是在中性点不直接接地方式中情况又不同，从图3乙的回路中可以看到多了一个高阻抗 Z ，所以故障电流較小，而 Z 两端的电压大約相当于变压器 C 相的电压 U_0 ，此时 C 相变压器的端子和 C 相輸電綫被接地，和大地同电位，因此使中性点反而比大地高出了 U_0 。因为中性点本来是没有电压的，现在升高到 U_0 ，所以 A 、 B 两相都升高到綫电压 U 的数值，也就是平时对地和对变压器外壳的电压，这时即升高了1.732倍。在中性点直接接地方式的輸電綫路中，因为中性点是直接接地的，所以当一相发生接地故障时其他两相的电压就不会升高了。

从供电的观点来看，在中性点不直接接地的輸電綫路发生故障时，相电压将升高1.732倍，每条导綫的絕緣不但要达到运行相电压的要求，同时也要考虑到故障时电压升高的水平。所以磁瓶需要增多，电杆也要加高。对中性点直接接地的运行方式來說，絕緣水平只要能达到相电压的水平就够了，这就說明中性点直接接地的运行方式比較經濟。另外从变压器、油开关和其他附屬设备的絕緣水平看也是一样，中性点直接接地方式比中性点不直接接地方式要求較低，比較經濟。而且由于中性点直接接地运行方式在发生故障时，中性点电流的变化較大，因此对繼电保护来講也是有利的。

从上面的比較来看，中性点直接接地有很多优点，但是它也有缺点：第一，虽然它是直接接地的，但是还是有一定的接地电阻的(約0.2~0.5歐)，因此当发生接地故障时，

接地装置上的电压降可达数千伏；故障电流就特别大（約5000~8000安），在变电所工作的人和在外操作的調度人員在使用电话时，就有触电的危險。第二，对通信綫和信号綫会产生电磁危險影响，这种危險影响在以后还要詳細說明。当然，这些危險是可以用各种預防措施来消除的。所以中性点直接接地方式在今后高压輸电系統中还会逐渐发展。

第三节 輸电綫路对通信綫路和 鉄路信号设备的危害影响

从輸电綫路对通信綫路和鉄路信号设备的危害影响的性質来看，可以将危害影响分成两大类：一种是危險影响；另一种就是干扰影响。

什么叫做危險影响呢？当通信綫或信号綫受到輸电綫感应产生的电流、电压会危害維护、使用通信和信号设备人員的生命，会损坏和綫路相連接的机器和仪器，会造成通信和信号所(局)房屋的火灾，以及引起鉄路閉塞信号装置的錯誤动作等各种严重的影响都称为輸电綫路的危險影响。这种危險影响可能在下列几种情况下产生：

（一）在中性点直接接地的輸电系統中，輸电綫发生单相接地时；

（二）在中性点不直接接地的輸电系統中，輸电綫有两相在不同地点同时发生接地故障时；

（三）“双綫-大地”三相輸电系統在正常运行情况下，以及有一相发生接地时；

（四）中性点不直接接地的輸电系統发生单相接地时。

上面四种产生危險影响的原因又可分成两类，前三种情况都是由于电磁感应所造成，所以統称为电磁危險影响，而

第四种情况是由于靜电感应所造成的，因此称为靜电危險影响。这些原因在以后都要詳細說明。

什么叫做干扰影响呢？在通信回路中，由于受到輸电綫的感应而产生的电流和电压会破坏通信设备的正常工作；在电话回路中引起杂音，因而降低了通信質量；使电报信号失真等，都称为輸电綫路的干扰影响。

現在再談談什么是鐵路閉塞信号装置，为什么它发生錯誤动作是属于危險影响的問題。

閉塞信号装置是鉄道安全行車的信号装置。有半自动的与自动的两种。

半自动閉塞信号装置是把車站与車站間分为一个或几个閉塞区間，在一个閉塞区間內不容許同时开进两列列車，以免发生碰車事故。当甲乙两站之間沒有列車时，就可以发出容許列車开进的信号，当列車从甲站向乙站开时，甲站值班員操縱出站信号机，此时乙站的受信机上的电鈴就响了，表示列車已开进这个閉塞区間。列車开到乙站后——列車开出这个閉塞区間，乙站值班員就发出信号通知甲站，表示此区間內已无列車。甲站才可以将下一列列車开进此区間。

如果火車还在閉塞区間开，閉塞信号綫上由于輸电綫路的感应而产生了电压，使信号机发生誤动作；甲站值班人員就会錯誤地認為列車已离开这个閉塞区間，而使另一列車开进該区間，这就可能发生碰車的危險，严重地影响了行車的安全。

自动閉塞信号装置是在車站与車站之間每隔0.8~2.5公里分一个閉塞区間，每个区間不容許同时开进两列列車，因此列車的运输量可以增加很多。

图4是自动閉塞装置的簡單原理图。它利用軌道做信号

綫，相鄰閉塞區間的軌道都用夾有絕緣物(如木材)的魚尾板連接起來，使它們互相絕緣。在閉塞區間，一端設有繼電器，另一端供給電源後才能動作。繼電器在動作狀態下接通綠燈的電路，所以綠燈經常亮着，表示前方沒有列車。當列車開

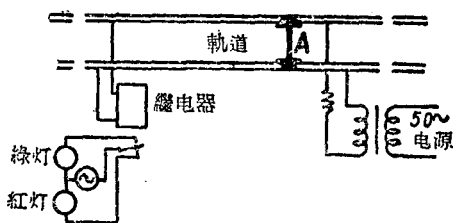


圖 4 自動閉塞信號裝置簡單原理圖

進這個區間時，它的輪軸把兩條鋼軌連接起來了，使從變壓器流向繼電器去的電源發生短路；這時繼電器還原，綠燈滅紅燈亮，

表示該區間內有列車在開動。自動閉塞信號裝置還有採用紅、綠、黃三色顯示方式的和紅、綠、黃、白四色顯示方式的。它們的構造比較複雜，這裡不再介紹。

如果在閉塞區間內正有一列列車在開動(如圖 4，A 表示輪軸將鐵軌連接起來了)，繼電器還原，紅燈亮着。可是因為輸電綫路的感應影響產生了電壓，使繼電器動作，這時綠燈又亮了，因此後面開來的列車就有可能要開進該區間里去，因而就有發生追尾事故的危險。所以說輸電綫路的感應影響促使鐵路閉塞信號裝置錯誤動作也是屬於危險影響。

第二章 輸電綫路的電磁感應影響

第四節 電磁感應影響的產生原因

從上面我們已經知道，當中性點直接接地系統的輸電綫路發生單相接地短路時，會使通信綫路由於電磁感應產生危險影響。為了更好地了解電磁危險影響產生的原因，不妨再

講一下電磁現象。

當導線有電流通過時，在導線周圍就會有磁場產生。電流越大，導線周圍的磁場越強；隨著離開導線的距離的加大，磁場也會減弱。了解了電流通過導線，在導線周圍產生磁場後，我們再拿變壓器作例。當輸電綫發生單相接地短路時，綫路上會出現很大的短路電流，所以導線周圍的磁場也很強。

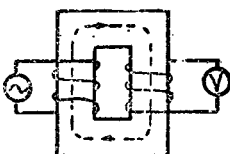


圖 5 變壓器原理圖

變壓器的鐵心上一般都繞有兩種綫捲，向一個綫捲通電時(如圖 5)，另一個綫捲(二次綫捲)就會感應出電壓；這是因為一次綫捲通電產生變化的磁束(磁力綫)穿過了二次綫捲，而產生電壓。我們知道，如果一導體(如導線)在磁場中切割磁力綫的話，導體兩端就會產生電壓。磁場越強、磁力綫被切割得越快，此電壓越大。此外，導線的方向和磁力綫運動的方向垂直時，產生的電壓也是最大。從這裡我們再回想到交流高壓輸電綫，它們的周率為 50 赫茲，它的磁力綫方向隨着電流方向的變化，每秒中要換 50 次，因此磁力綫不斷地被附近的通信綫和信號綫等導綫切割着。當然在通信綫和信號綫上就會產生感應電壓。

如果輸電綫和通信綫是平行架設(圖 6)，輸電綫一端接地，另一端接電源，同時通信綫的一端接地，另一端接上電壓表，這時電壓表就有讀數，表示通信綫已產生了感應電壓。

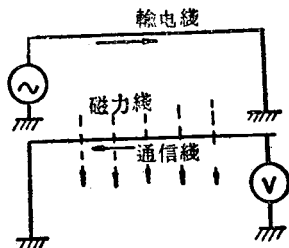


圖 6 輸電綫和通信綫
平行架設

由於感應電動勢是順着導線產生的，它均勻地分佈在全綫，

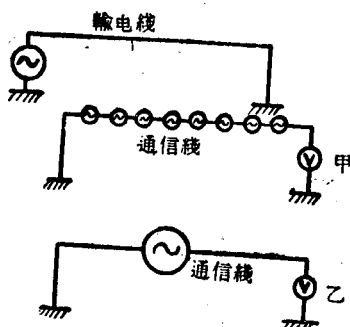


图 7 通信綫上的感应电势

而不是集中在某一点上，如图 7 甲；如用一个总的符号来表示它(图 6 乙)，这感应电势我們叫它为縱电势。这个縱电势对通信綫來說会产生对地电压，如果这种对地电压超过一定数值，譬如超过 500 伏，还是有危险的。

上面所說的是单方向供电的情况。如果是双侧供电，那么当中間发生接地故障时，从两端来的故障电流 I_1 和 I_2 的方向相反，所以在通信綫上感应出两组方向相反的縱电势(图 8)，这时甲乙上的电压是

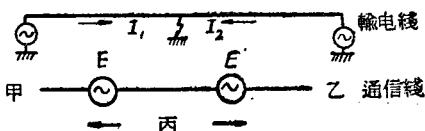


图 8 两侧供电的輸電綫发生接地故障时，通信綫上感应出方向相反的縱电势

$$|(E_1 + E_2 + E_3 + \dots) - (E'_1 + E'_2 + E'_3 + \dots)|.$$

如果按图 8 的等值图来表示，甲乙間的电压就是 $|E - E'|$ ，当 $E = E'$ 时甲乙間的电压等于零，但是甲丙和乙丙之間仍旧各有各的电压 E 和 E' 。

第五节 决定电磁感应强弱的主要因素

(一) 通信导綫上所感应到的縱电势与輸電綫的接地短路电流的大小成正比。如果輸電綫路是两端供电，也就是两端都有发电厂，当輸電綫上的某一点发生单相接地故障时，故障电流由輸電綫两侧流向接地故障点。故障电流 I_1 和 I_2 的方向相反、大小和短路地点离开两端电厂(或变电所)的

距离和电源容量有关：距离越远故障电流就越小，反之，就越大；电源容量越大故障电流就越大。图9是两端供电的故障电流曲线图，横坐标表示两个发电厂（或变电所）之间的距离，

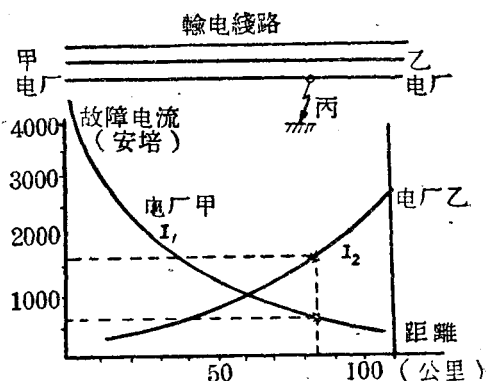


图9 输电线的故障电流

纵坐标表示故障电流的数值。左面的曲线 I_1 表示从甲厂来的故障电流。右面的曲线 I_2 ，是表示从乙厂来的故障电流。假如在离开电厂甲85公里的丙点上发生了接地故障，从曲线上就可以看出由电厂甲来的 I_1 有650安，由电厂乙来的 I_2 有1600安。这样大的故障电流，是使通信线上产生纵电势的主要因素。

(二) 由于感应纵电势是顺着线路产生，纵电势的总值就等于沿线各点所感应到的纵电势的总和，所以双方线路平行架设的长度越长所产生的电磁感应也就越强。

(三) 输电线路与通信线路间的互感系数 M 也是决定电磁感应强弱的因素之一，而互感系数又决定于大地的导电率和线路间相隔的距离。若大地导电率和线路间的距离越小，则互感系数也就越大。互感系数越大，在通信线上所感应到的纵电势也就越大。

大地导电率的数值主要是由地质情况来决定，在同一地区内地层表面和深处有时也不一样，甚至有三四种不同地质层的地层。一般来说平原地带大地导电率比较大，高山地区比

較小；粘土、黑土比較大，砂土、岩石比較小。同時它和降雨量以及地下水位也都有關係。

(四) 如果在輸電綫附近添一條兩端接地的遮蔽綫，如

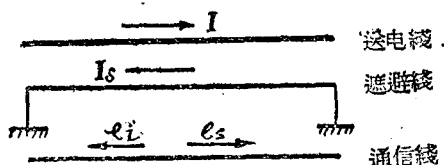


圖10，那末，當輸電綫發生單相接地故障時，遮蔽綫中就會產生和故障電流 I 方向相反的電流 I_s 。因此在通信綫上除了由於 I 所感应的縱電勢 e_i 外，還有由 I_s 感應得來的電勢 e_s ，因為 e_i 和 e_s 的方向相反，所以在通信綫上剩下的縱電勢 $(e_i - e_s)$ 顯然是比較小了。

圖 10 遮蔽綫（或架空地綫）的作用

輸電綫上的架空地綫也有上面講的遮蔽綫的作用。

從以上所講的主要因素我們可以得出縱電勢的計算公式

$$E = K \omega M I_k l_p P \text{ 伏。}$$

式中 K ——常數； $\omega = 2\pi f$ ($f = 50$ 赫茲)；

M ——互感係數，亨/公里；

I_k ——故障電流（又稱短路電流），安；

l_p ——輸電綫路和通信綫路平行架設的長度，公里；

P ——架空地綫或電纜包皮的屏蔽係數（也叫遮蔽係數）。

如果根據計算，縱電勢超過 750 伏時，在通信綫路上必須安裝保護設備。一般綫路上任何一點的對地電壓不能超過 500 伏。

由試驗證明：當輸電綫路離開通信綫路 500 公尺平行架設 50 公里時，如果大地導電率為 $10 \times 10^{-14} \text{ } \Omega/\text{公里}$ ，在進行小電流接地短路試驗時，電流只有 90 安，而在通信綫上就可產生 80 伏以上的電壓。但實際上短路電流要大得多，就算它是 2000

安的話，在通信綫上就会产生1760伏的高压，这样高的电压对設備和維護人員是很危險的。

第六节 防止通信綫路和 信号設備遭受电磁感应影响的措施

既然中性点直接接地系統的輸电綫路发生单相接地故障时，会使通信綫設備产生危險影响，那末我們應該怎样来防止呢？尤其今后超高压綫路将不断地建設起来，这問題迫切需要解决。根据苏联保护規程的規定，輸电綫路离开通信綫或信号綫的距离应使 ωM 值不超过0.007歐/公里。这样可以認為沒有危險性。若不能达到下述要求时，可以在通信綫上安装保护設備。譬如，由于地势的限制，如两面都是河，双方綫路都无法避讓，只好一起通过这条狹隘的地区；或者是两面都是高山，而通信綫或輸电綫繞过去又要化費很大的投資；又如在工业地区中輸电綫通信綫都会集中在一起无法避讓等情况下，根据計算如果超过了規定就应加装保护設備。

为了計算簡化起見，对于双方綫路相距較远的地段可以忽略不計，但这个距离究竟須要多远呢？从前面講的公式来看，这个距离与大地导电率有关。图11是根据不同的

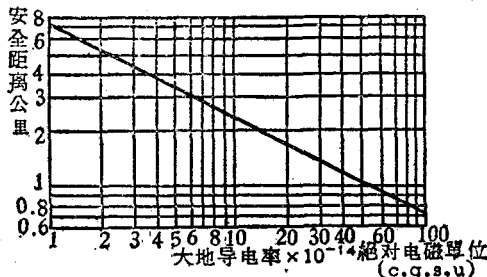


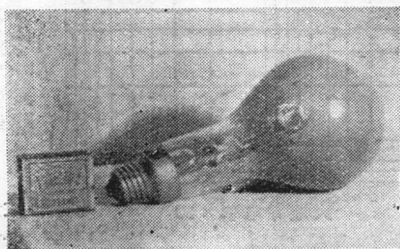
图 11 大地导电率和安全距离的关系

得的最小安全距离。从这距离可以看出如果单从避讓来解决問題，在大地导电率較低的地区，双方要避讓得很远，这样往往会造成技术上的困难和經濟上的不合理。

輸電綫对通信綫的电磁危險影响，可以用以下几种措施来預防。

(一) 因为通信綫上感应起来的縱电动势是順綫路产生，它的总值是等于各点縱电动势的和。如果我們利用絕緣变压器把綫路分成互相絕緣的若干段，这样縱电动势就不会很高。絕緣变压器的初級綫捲和次級綫捲的圈数是相同的，綫捲間和綫捲与鉄心間具有8~20千伏的絕緣强度。这种方法有一些缺点：由于它的絕緣强度要求比較高，所以兩綫捲間、綫捲和鉄心間的絕緣层比較厚，互相間的距离也就比較大，这样就会降低傳輸效率。因此在綫路上裝置的絕緣变压器較多时，就会使声音減輕很多，尤其是用在載波回路的情況下，由于頻带很寬效率更低，更不适用。联接絕緣变压器的綫路上，不能通过直流电，所以在自动式、共电式電話系統上以及电报回路上都能不使用。这样一来，它的适用范围就很小了，通常只是在广播綫路和磁石電話綫路中采用。

(二) 装設大容量放电器是目前采用較为广泛的一种方法。在輸電綫路有可能使通信綫产生危險影响的地方，可以



在通信导綫上每隔一定的距离装一大容量放电器。当通信綫上感应起一定的电压时，放电器就动作，使通信綫上的电压降低就可免去危險。目前我国是采用苏

式PB-280型鋇放电器，如图12。它的特性如下：

放电电压为 280 ± 30 伏，即标准放电电压为280伏，可允許有上下30伏的偏差；

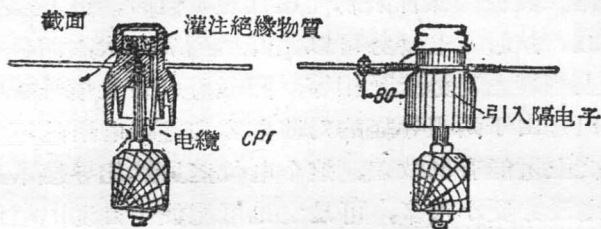


图 13 安装引入絕緣子

最大容許电流为30安，放电最长延續时间为10秒鐘，破坏电流为 100 安；电极为氧化鋇，极間电容为20微法；絕緣电阻为40兆歐。

放电器装在鉄箱里，将每根通信导綫用引入綫接到箱中放电器的底座上；如是載波綫，最好利用引入絕緣子和单心鉛包电纜来引接，如图13。为了減低对載波回路的衰耗和防止在放电器放电时对載波电极的影响还必须加装阻流綫圈，它的接綫图如图14。

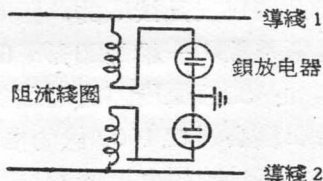


图 14 阻流綫圈接綫图

(三) 除了以上講的办法外，还可以把通信綫或輸电綫改为电纜来解决，不过这样做会使投資大大增加，在一般情况下是不做的。

現在再来談談半自动閉塞信号和自动閉塞信号的保护問題。

在半自动閉塞信号装置中也是利用架空綫傳輸信号电流的。当輸电綫发生单相接地事故时，信号綫上就会产生感应电动势。如果是单綫回路，則感应电流就完全通过信号机流入大地。因此縱电动势不得超过60伏，再大就会使信号机产