

通信线路对强电影响的防护

杜 錫 鈺 編

人民鐵道出版社

目 录

第 一 部 分

大气風暴放电时及輸电線路直接碰触通 信線路时对通信線路的影响

A. 大气电場的影响	1
§1. 大气靜电場	1
§2. 閃电的影响	1
B. 电力線路和通信線路直接碰触	5
B. 局內和用户防护过电压与过电流的装置	7
§1. 概述	7
§2. 防护装置及其电路圖	7
Г. 通信線路防护雷击的装置	9
Д. 地磁場对通信線路的影响	9

第 二 部 分

輸电線路的感应影响

第一章 一般概念	11
第二章 靜电影响	16
〔Г〕 对称輸电線路在故障时及不对称輸电線路在正常运行 时情况	
§2.1 通信線路上的被感应电位	16

— 2 —

§2.2 音响冲击.....	22
§2.3 对单線通信回路的干扰影响.....	23
§2.4 对双导線电话回路的干扰影响.....	25

〔II〕 对称輸电線路正常运行时情况

§2.5 通信線上的被感应电位.....	29
§2.6 对单線通信回路的干扰影响.....	32
§2.7 与通信回路交越时在通信回路內产生的干扰.....	34
§2.8 对双导線电话回路的干扰影响.....	36

第三章 电磁影响

§3.1 沿通信导線被感应电压的分佈.....	40
§3.2 線路間的互感系数.....	43
§3.3 輸电綫路的干扰电流.....	50
§3.4 交越段的感应电势.....	51
§3.5 电气鉄道在通信線路里的感应縱电势.....	53
§3.6 电磁干扰影响.....	57
§3.7 由于靜电与电磁感应在通信回路里的总干扰影响.....	59

第四章 通信線路对輸电線路感应影响的防护

§4.1 通信線路承受輸电線路影响的許可值.....	60
----------------------------	----

〔I〕 減低感应影响的措施

§4.2 电纜的防护作用.....	63
§4.3 架空地線的保护作用.....	67
§4.4 吸收变压器.....	69

〔II〕 防护危險影响的措施

§4.5 放电器分佈的計算.....	76
§4.6 音响冲击的防护.....	100

〔III〕 防止通信回路受影响的一般措施

§4.7 在电力装备方面採取的措施.....	106
§4.8 通信设备採取的措施.....	108

附 录.....	125
----------	-----

第 一 部 分

大气風暴放电时及輸电線路直接碰触通 信線路时对通信線路的影响

A. 大气电場的影响

由于大气电場的影响；常使通信导線上显示的电压，远超过其正常工作电压。这时，不仅有击穿通信裝置的絕緣的危險，对工作人員和使用电话人員的身体也有危害，甚致于危及生命。

§1. 大气靜电場

大气中的雪、雨或沙中都存在着电荷，这些电荷就能在通信导線里感应出电压。此外，随着日出和日落，地电場發生变动，也会在通信导線里感应出电压。

經測量得知，大气电場强度系随距地面的高度而異，其数值約为100~850伏 / 公尺。在丘陵地帶，电場强度較高。狂風、大雪的时候，也可以得到較高的电場强度。

§2. 闪电的影响

在暴風雨的区域里，由于闪电的影响，常使通信导線上显示过高电压。狂風时，由于摩擦作用，使空气中的灰塵細沙帶有电荷，它們进入云层中时，或者与云层中水滴摩擦，或者附着于其水滴上，遂使云层帶有大量电荷。

設云层帶有正电荷（圖1），則在云层下的地表面感应出負

电荷。这样，在云層和大地間就形成电场。設X点处的电位梯度达到使空气离化的程度，則空气中分子被离化成正离子和电子。



电子的动能很大，很快就鑽入云層中，附着于中性分子上，形成負离子，遂將該处云層电场减弱。



圖 1

正离子的动能較小，几乎仍留在所产生的地点。这样在繼續离化的过程中，大气中形成放电道，不断自云層向地面延伸，在延伸的过程中，放电道不断擴張，如圖2所示。当进入云層电子，

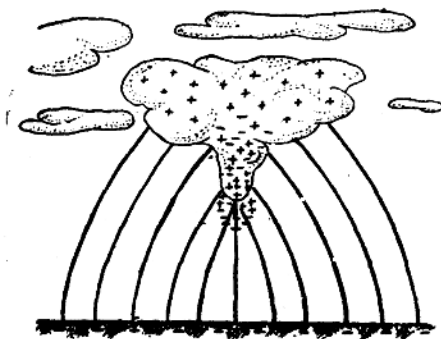


圖 2

形成負离子的数目足够多时，云層电场乃逐漸减弱，最終，發生閃电而消失。

云層如帶負电荷（圖3），空气中分子被离化时，产生的电子不再移向云層，而向大地移动。由于大地的导电性，在电道里的电子，沿电道

流向地中，並很快在地內扩散。因此，电道出口不受負电荷限制，电道自地面起，很快就延伸到云層，也不分支（圖4）。

比較上述两种閃电，看出，帶正电荷云放电系自接近云層处开始，分支入地。这样，通信線路受到的作用面大，而受冲击力較小。相反，帶負电荷云放电系自接近地面处开始，並不分支。

这样，通信线路受到冲击机会较小，但受影响时，作用力较大。

每次闪电放电，约具有 $10\sim 50$ 库电量，平均可认为20库。设平均放电时间为 10^{-3} 秒，则平均放电电流为20000安。有的地方达到过100000安。

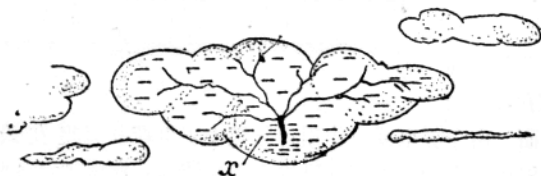


圖 3

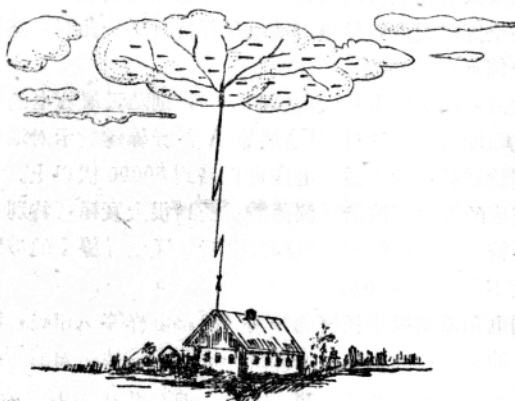


圖 4

由于云层电荷的感应，或者由于闪电的冲击，都会使通信导线上显示电压。

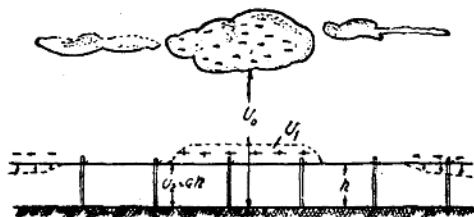


圖 5

圖 5 輸出通信導線在負電荷

云层下面。由于静电感应作用，导线中正电荷就聚集在云层下面，而线中剩余的负电荷就沿线向两端流开，逐渐地经各阻抗流入地中。这时，可以认为导线上只有被感应电荷 $+Q$ 。由于电荷 $+Q$ 的作用，使导线具有电位 U_1 。

如果云层与大地间的电场是均匀的，则导线电位等于电位梯度 G ，乘导线悬挂高度 h ，即

$$U_1 = Gh.$$

显然， U_1 和 U_2 应彼此相等，而彼此抵消。

如果云层逐渐自线路离开，则导线上电荷也随之沿导线移动。在全部时间内，导线对地电位保持为零。此时，空间电场力线的分佈如图6,a所示。

设云层很快放电到大地(图6,b)，则随云层放电的中止，其电场也随即消失，这时， U_1 将等于零。导线遂显示对地电压等于 U_1 。測驗結果，这个感应电压可以高到50000伏以上。

感应的过电压波沿导线传播，受到很大衰减，特别是在铜线中。經統計結果，強烈暴風雨放电时，通信导线上的被感应电量一般不超过8~10焦。

闪电和通信线路任何部分(导线，电杆等)相碰，称为直接冲击。冲击时，闪电电流全部或一部流经零件。如前所述，闪电电流很大，约为20000~100000安。例如，有50000安的闪电电流在线路杆距中间冲击导线，则向每一方向流通的电流为25000

安，因为一般线路的特性阻抗等于 600 欧，这就构成 15000 千伏的电压。

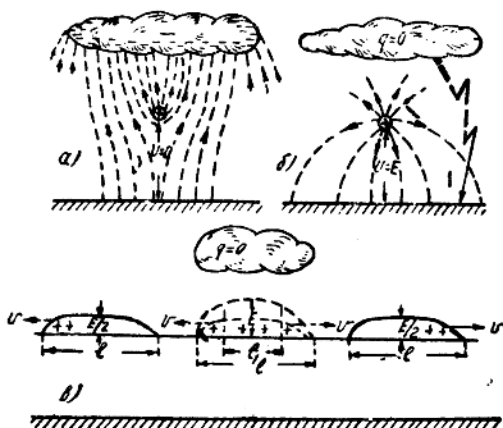


圖 6.

試驗証明，击毀 1 公尺長电桿約需 330~990 千伏，就是击毀 6 公尺長电报电话线路电桿要 1480 到 5840 千伏电压。上面已算出，冲击到線路上的电压远超过这个数值，所以电桿將被击毀，有时閃电也会击破磁瓶，甚至于熔化导線。

6. 电力線路和通信線路直接碰触

当电力線路和通信線路相交越或隣近架設时，如果一条电力导線自線路中断开，將會碰触通信导線。这时，会对通信机件有損害，損害程度依电力線路的工作电压而定。如人体和通信导線接触时，必受很大电击。当有 0.1 安电流通过人体，就有死亡的危險。

圖 7 就是人体碰触导線的最危險情形，通过人体的电流等于

$$I = \frac{U R_2 R_3}{R(R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1) + R_1 R_2 R_3},$$

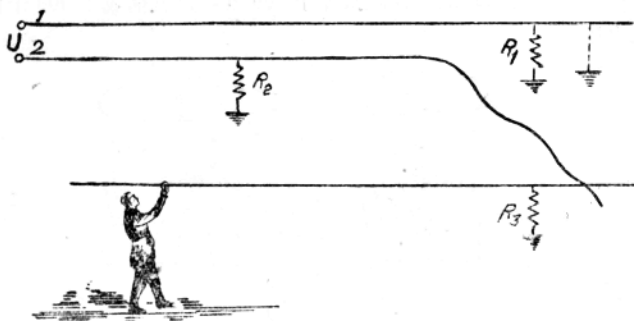


圖 7

当导线 1 接地时，就是 $R_1 = 0$ 时，则

$$I_1 = \frac{U}{R},$$

这时，电力线路的线电压全部加到人体上。

为了避免电力导线和通信导线的直接碰触，因此规定：

(1) 通信线路和高压线路接近时，两线路相邻导线间的水平距离应在 7—10 公尺以上，其确值依电压大小而定。同时应将电杆加固，减小杆距。

在弯曲地段，应使外侧线路脱线时，导线间距离维持上述数值。同时也应加固电杆，减小杆距，并用双重绑紮法固着导线。

当通信线路和低压电力线路接近时，上述各项距离均改为 1.25 公尺以上。

(2) 通信线路和电力线路尽量以 90° 角交越，不得已时，也应大过 45° 。

一般地均在杆档中间交越，但和低压线路可在同杆交越。通信线路在下面通过。

交越时，两线路导线间垂直距离应在 0.6 公尺（和低压线路交越）或 1.25 公尺（和高压线路交越）以上，具体数值依电压大

小而定。

交越桿距要适当縮短，加固其电桿，導線用双重綁紮。电力線路应採用絞線，安全系数要大於3。通信線路或用电纜，或仍用明線。用明線时，中間不得有接头。

(3) 通信線路和电气铁道饋电線接近或交越时，要求和上述各項相同。只是接近时，最近一根軌道和導線間距离应大于桿高加3公尺。交越时，兩線路導線間垂直距离应大于2公尺。

B. 局內和用戶防护过电压与过电流的裝置

§1. 概 述

已知一般電話的工作电压是24伏，48伏和120伏。选号電話工作电压是220伏。电报设备的电压是100—160—240伏。市内電話回路里的工作电流是10—20毫安，長途是几微安，而电报回路里是15—25毫安。

通信设备的机件，如綫圈等的絕緣强度和通过电流全是从日常工作电压和电流来考虑。当然也要考虑到随着机件使用的日久而产生的絕緣程度的下降，和照顧到些微的过負荷現象。

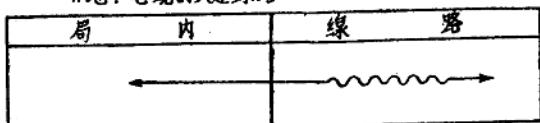
一般局內設備，应防止其承受500伏以上的对地电压，和通过250毫安以上的电流。否則，机件的絕緣会被击穿，或被燒燬。

§2. 防护裝置及其电路圖

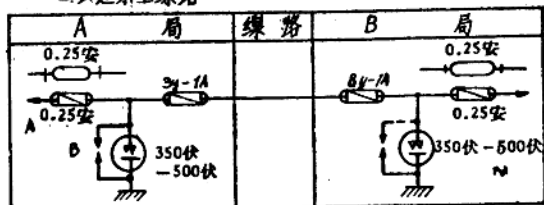
在引入建筑物的地方裝設放电器和保安器，以防止通信机件承受过高电压，或通过大电流。电压过高时，放电器就放电，等于將導線接地。电流过大时，保安器就被燒断，將回路断开。

圖8 輸出通信设备的几种防护裝置。

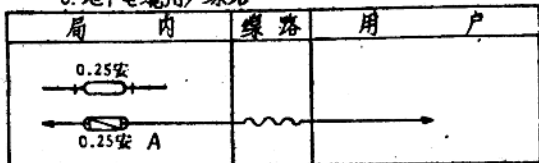
1. 地下电缆的长途线路



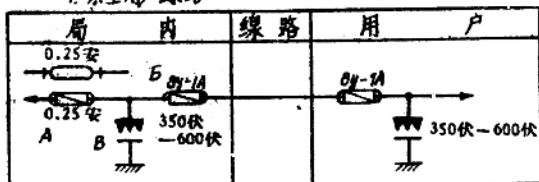
2. 长途架空线路



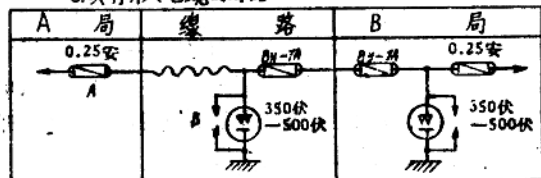
3. 地下电缆用户线路



4. 架空用户线路



5. 具有介入电缆的线路



Г. 通信線路防护雷击的裝置

为了避免雷击的損害，規定在終端桿，分線桿，試驗桿，角桿，丘陵地帶电桿，跨越桿，电纜桿，和强电線路交越处电桿全裝設避雷線。無論相隣电桿有無避雷線，每一根号被雷击的电桿，換裝新桿时，应裝設避雷線。

避雷線的选擇，可根据流經其中閃电电流的發热量来决定。一般說，採用4到5公厘直徑的鍍鋅鉄線可以合用。避雷線的安裝方法如圖9所示。其頂端应高过桿頂15到20公分，全線沿桿引下，並用鉄釘固着于桿上。底端埋入地中，接地电阻一般

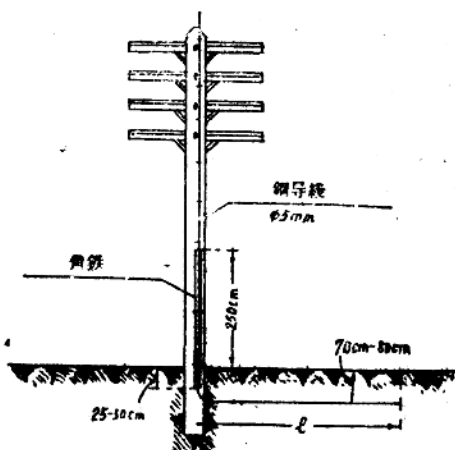


圖 9

不超过 100 欧。因为接地电阻較高时，避雷線的作用將要降低。

Д. 地磁場对通信線路的影响

地表面周圍有磁場，其强度在地表面各点不一样，和該点地理位置和地理条件有关。經過观察，地磁場强度时时在变化，它的日变化和年变化週期，平常是有节奏的，振幅不大，对通信線路的影响不显著。但常常在某一时期，这种有节奏的变化突然遭

到破坏，这种现象叫作磁暴。

有时每經27天，就是每当地表面对太陽处于同一位置时，磁暴重复一次。另外，每隔9到13年，達到太陽黑点最多时，会引起强烈的磁暴。

磁暴在單导線电报回路里产生很大电流，構成干扰。

由磁暴引起的干扰电流屬於低頻交流性質。电流波形是复杂的，具有各种不同周期，有的到几分鐘。

現行的电报回路对磁暴的防护有下列几种措施：

(1) 採用双导線回路。这种防护方法效果很好，但是不經濟，未被广泛採用。

(2) 提高电报回路的工作电流。如将工作电流提高，有一些干扰电流，不会显出影响来。但是，这时会对相鄰的电话回路構成很大感应作用。

(3) 採用轉电線圈。因为磁暴的干扰电流频率和电报的工作电流频率不一样。前者频率很低。如將电报回路按圖10連接，則磁暴引起的电流將經塞流線圈入地。傳送电报时，电报电流到变量

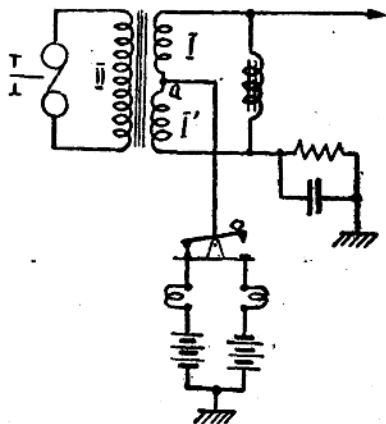


圖 10

器a点就分成兩部分，所以轉电線圈初級圈兩半繞組的磁通互相抵消，連在次級圈的继电器不动作。但由外線傳来的电报电流，在初級圈兩半繞組構成的磁通彼此重合，所以，继电器就發生动作。

第 二 部 分

輸電線路的感應影響

第一章 一般概念

當通信線路和輸電線路及電氣鐵道接觸網接近時，由於電磁感應和靜電感應，在通信線路上可能被感應產生超過容許數值的電流和電壓，以致對通信線路產生妨害的影響。

上面所述通信線路系指電話，電報和廣播網等其中廣播線路又對電話，電報線路產生干擾。輸電線路系指高壓輸電線路，和自動閉塞供電線路。雖然自動閉塞供電線路的最高電壓只有6千伏，但是它和鐵路通信線路距離很近，並且沿着鐵路線和通信線路平行幾百公里，所以它對通信線路的影響是很嚴重的。

隨着工業的發展，將在全國範圍內構成高壓輸電網。其線電壓有220, 160, 110, 35, 6.6千伏數種。按線路的連接方式分，有中性點絕緣和中性點接地兩種，當輸電線路有一相接地，仍能繼續供電時，該連接法稱為中性點絕緣，多用於35千伏以下的線路。當有一相接地，產生很大零序電流，線路能很快被切斷時，該連接法稱為中性點接地，多用於110千伏以上的線路。在三相輸電制中，以大地或鋼軌作一根導線時，稱為『雙線-地』輸電制。

中性點絕緣線路對於通信線路的影響，主要是由靜電感應引起。對這種線路，無論在正常運用，或發生故障時，都要計算在

通信線路上的被感應電位，進而求在電報回路中的干擾電流，和電話回路中的雜音電勢。

中性點接地線路對通信線路的影响，主要是由電磁感應引起。在線路正常運行時，可以不考慮這種感應。但在故障時，由於短路電流可高到數千安，則對通信線路的影响甚大。

直流電氣鐵道，干線上電壓為3500伏，近郊為1650伏。其電源系利用水銀整流器將50赫交流變成直流。但所得直流是脈動的，其中所包含的許多高次諧波中，有150到2100赫的諧波，這部分是對通信線路構成影响的主要諧波。

按影响的後果說，可分危險影响和干擾影响。

在通信線路上，因受感應而生的電流和電壓，能危害維護與使用通信設備人員的健康，甚至危害到人的生命；損壞與該線路相連接的機械和儀器；引起通信局、所房屋的火災等影响都叫做危險影响。

在通信線路中因受感應而產生的電流和電壓會破壞通信裝置的正常工；在電話回路中引起雜音，而降低其傳輸質量，使電報失真等影响，叫做干擾影响。

通信線路中所受干擾影响，不只和產生干擾的電壓或電流的振幅有關，而和其組成頻率也有關係。這是因為人的耳朵對各頻率的靈敏度不一樣的。表1列出振幅相同的各頻率的諧波在電話回路中顯示的相對干擾作用。

討論干擾影响時，必須考慮到頻率的影響。為方便起見，規定把各諧波的干擾影响全折合到800赫的影响。

如將一800赫電壓加到輸電線路，當其在電話回路中引起的雜音干擾，和由某一諧波的工作電壓加到輸電線路，所引起的雜音干擾相同時，則該800赫電壓稱為這個諧波電壓的等效干擾電壓。輸電線路內的等效干擾電壓和其額定電壓的百分比值，稱為該線路的電壓波形因數，用 F_v 表示之。相仿，可以定出電流波形因數的定義，用 F_i 表示。

表 1

頻 率 (赫)	電話回路里的 相对干扰作用	頻 率 (赫)	電話回路里的 相对干扰作用
16.7	0.115	1100	1770
50	2.48	1200	1260
100	15.0	1400	527
150	46.0	1500	419
180	80.0	1600	353
200	105	1800	289
300	300	2000	254
400	400	2200	225
500	472	2400	200
600	560	2600	177
700	705	2800	159
800	1000	3000	141
900	1405	3500	80
1000	1840	4000	45
1050	1880	4500	19

常用輸電線路的波形因數不應超過下列數值：

- (1) 供照明與電動機用輸電線路 0.7%。
- (2) 供裝有水銀整流器變電所的對稱輸電線路 2%。
- (3) 不對稱輸電線路 1%。
- (4) 電氣化鐵道變電所的饋電線 0.1%。
- (5) 自動閉塞供電線路 1%。

研究干擾影響，只考慮到輸電線路正常运行時情況，而研究危險影響時，應從最不利情況出發，也就是考慮到輸電線路發生故障的時候。

如電話回路兩終端均連接特性阻抗時，將雜音計連于一端，測得的端阻抗乘 2，稱為該電話回路的雜音電勢。雜音計的主要部分是濾波器和電壓表。濾波器的衰耗曲線應當是相應於各頻率的相對音響作用曲線，就是耳朵聽起來愈灵敏的頻率，受到的衰耗愈大。這樣，該電壓表的讀數，就能代表聽到的雜音。

當通信線路與輸電線路的相互位置，使得前者足以對通信線路產生危險影響或干擾影響時，這樣的相互位置稱曰接近。

当兩線路間距离的变化，不超过其算术平均距离的 5 % 时，叫作平行接近。

接近距离是以通过输电線路中心線和通过通信線路的垂直中心線的兩個垂直平面間的垂直距离来計算的（圖 1.1）。但在山地和丘陵地帶，上述垂直距离与地平面間形成的角度

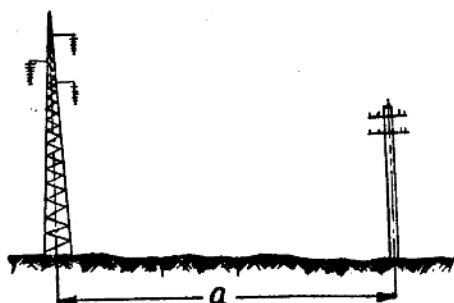


圖 1.1

超过 30° 时，則線路間距离取其垂直距离除以 $\cos \alpha$ （圖 1.2），即

$$a' = \frac{a}{\cos \alpha} \bullet$$

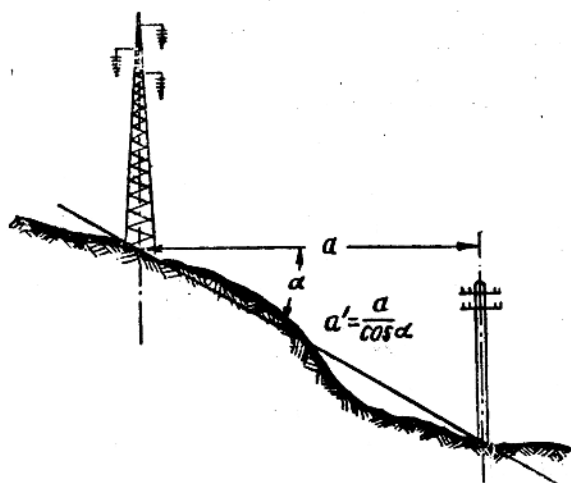


圖 1.2