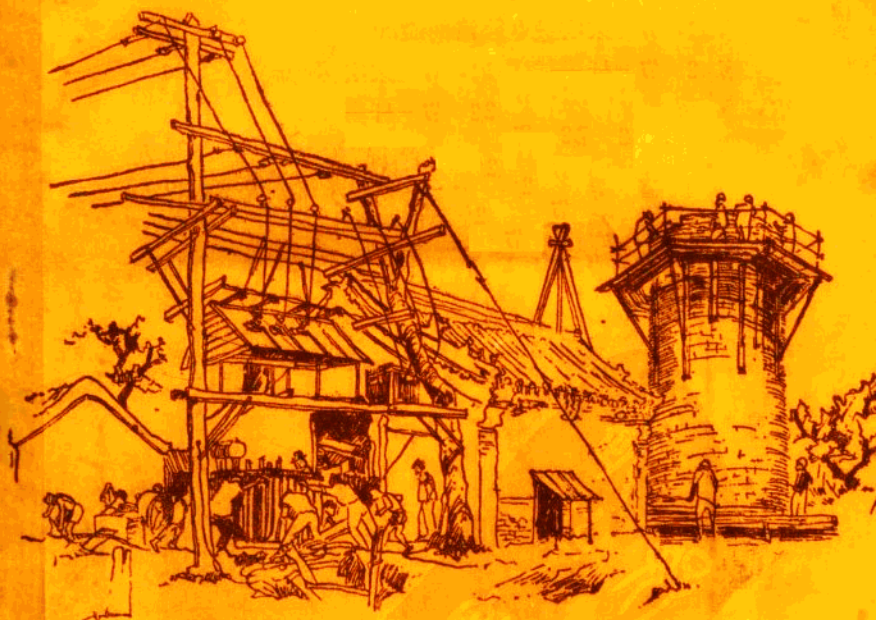


清華大學燃料綜合利用試驗電廠叢書

第 16 冊

農村架空送電綫的 設計和架設

電廠建設者集體編寫



水利電力出版社

目 录

第一章 高压电力網的一般介紹

- 第 1 节 导綫..... (2)
- 第 2 节 絕緣子..... (3)
- 第 3 节 电杆..... (4)

第二章 怎样設計农村高压架空送电綫路

- 第 1 节 架空送电綫路的設計..... (9)
- 第 2 节 杆塔試驗..... (20)

第三章 农村高压送电綫路的架設

- 第 1 节 电杆組立..... (25)
- 第 2 节 导綫的架設..... (39)
- 第 3 节 怎样登杆..... (44)
- 第 4 节 安全規程..... (45)

附录 1 弛垂曲綫

附录 2 鋁, 鉄綫在輸送不同負荷及不同距离时的电压降落

附录 3 导綫的电阻及电抗

第一章 高压电力網的一般介紹

电力比其它动力优点之一，在于能送到远处应用；但当所送电力较大，距离较远时，为了节约材料，减少损耗，須用高电压送电。小型发电机所發的电压，一般是380伏低压，必須通过变压器升压，經高压綫路，到应用处再用变压器降压。农村送电綫的輸送量一般不太大，距离也不太远，用6或10千伏高压比較合适。电压再高，要求严格，投資也較多。以下所介紹的是关于10千伏以下綫路的设计和施工。

第1节 导 綫

导綫是用来傳送电能的导电物体。电綫用的材料应该电阻小，电流容易通过，損失小。一般用来作电綫的材料有銅、鋁和鉄。如果这三种材料粗細長短都一样，那么銅电阻最小，鋁其次，鉄电阻最大。銅是很有用的金屬，因此，在农村中不采用銅綫。鋁在我国儲量多，也比較便宜可以采用，但是不能把它用在化学气体較多的地方，如沿海及化学厂附近。化学气体对鋁綫有腐蝕作用。鉄綫虽然电阻大，但是比銅綫、鋁綫都結实、便宜；尤其是現在全国各地建設了很多土法煉鉄高爐，如果能夠自己拉鉄絲，那么在农村送电量不多、送电距离短的条件下，采用鉄綫是最經濟、方便、安全的了。

一般常用的鋁綫、鉄綫有以下几种：

鋁綫有A-16, A-25, A-35, A-50, A-70, A-95, A-120, A-150, A-185, A-240。

鉄綫有PC-25, PC-35, PC-50, PC-70, PC-95。

其中A和PC表示導綫的材料，鉄綫也有用X來表示的；后面的數字表示導綫的截面，單位是平方公厘。

以上幾種導綫都是多股的，隨用幾根細導綫摺成，它的好處比單根的柔軟，容易拉直。如果是單股的，則在數字前加上符號 Φ ，這時數字表示綫的直徑，單位是公厘。

銅導綫用M表示。

裝在屋內的電綫，容易被人碰上，碰上後，輕的受傷，重則死亡，所以電綫要用絕緣綫，就是在光導綫外面包上一層不能通電的布或橡皮。裝在露天的電綫，架在高的木杆上，人不易碰到，因此，可以採用較便宜的光導綫。

第2節 絕緣子

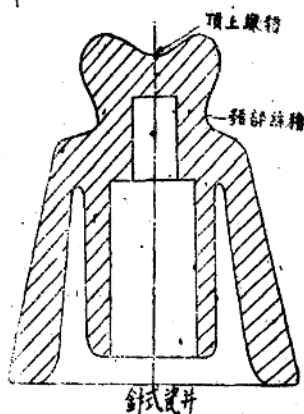


圖1-1a 絕緣子

絕緣子是一種不通電的材料，它用來支持架在木杆上的電綫，防止電流到木杆上。如果電流過木杆，有可能使木杆着火燒壞。

一般在市場上買到的絕緣子是用瓷做的，它的型式有如下幾種：

針式瓷瓶：起支持導綫的作用，用在直綫杆上。

拉式瓷瓶（又稱茶台瓷瓶）：主要是承受電綫的拉

力，用在耐張杆上。圖1-1。

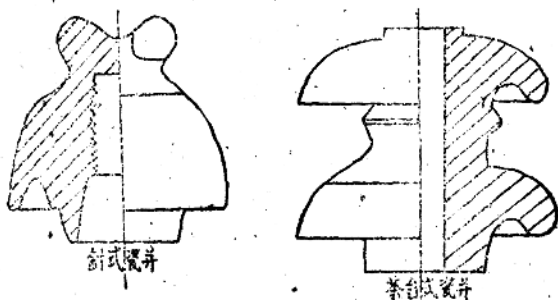


圖 1-16 絕緣子

在我們建設我廠燃料綜合利用電廠時，考慮用木材浸瀝青當做緣絕子，經過試驗，性能完全適合要求。關於這一部分請看本書第14冊。

第3節 電 杆

整個電杆一般地由主杆、橫担、斜撐、綁腿、地橫木、地拉木和拉綫等組成，如圖1-2所示。

(一)主杆：可以應用木杆也可以用竹杆，直綫杆不太吃力可以細一些，耐張杆受力很大要粗一些。主杆的長短根據對地面需要距離決定。

電杆按它的用途可分為直綫杆，耐張杆，轉角杆，終端杆等。架一條送電綫路要用很多杆子，每一條送電綫分成幾段，每段叫做一個耐張段。耐張段兩端的杆子叫耐張杆，耐張段中間的杆子僅起支持導綫的作用叫直綫杆。電綫轉彎的地方所用的杆子叫轉角杆。綫路最末端的杆子叫終端杆。下面把各種杆子介紹一下：

直綫杆：用來支持架空輸電綫。在直綫杆的橫担上裝

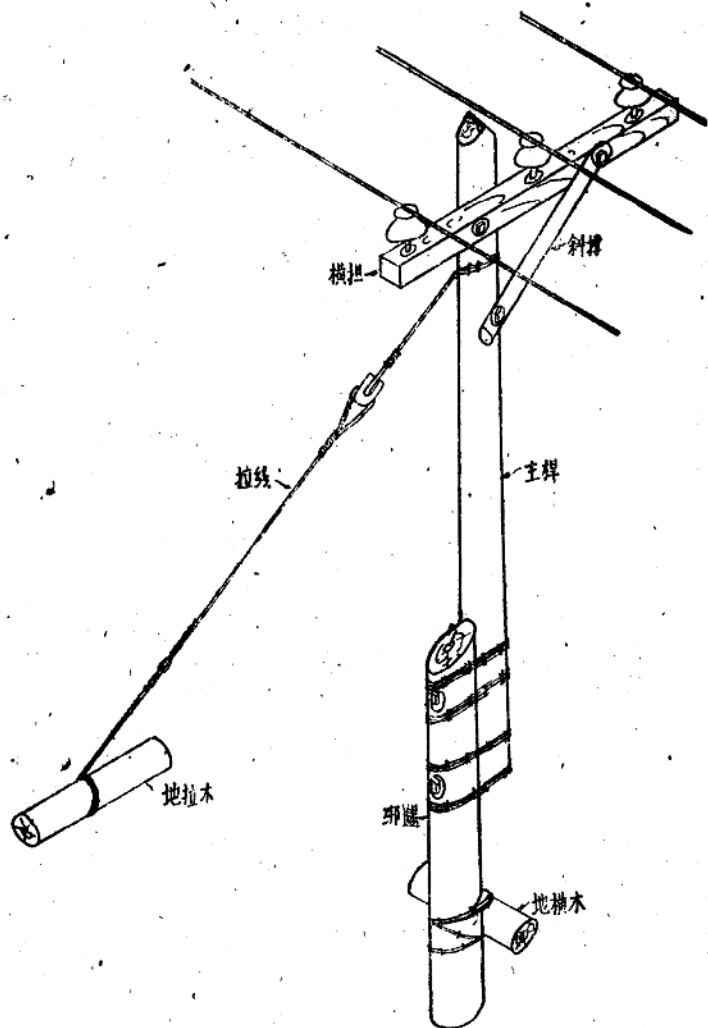


圖1-2 电杆

有針式瓷瓶。正常情况下杆子只承發導線的壓力。

耐張杆：它的作用是把一個耐張段內的導線拉緊。在耐張杆的橫担上裝有拉式瓷瓶，承受導線的拉力。一般在穿過公路、鐵路及橋樑時兩旁都要用耐張杆。耐張杆結構見圖1-3。

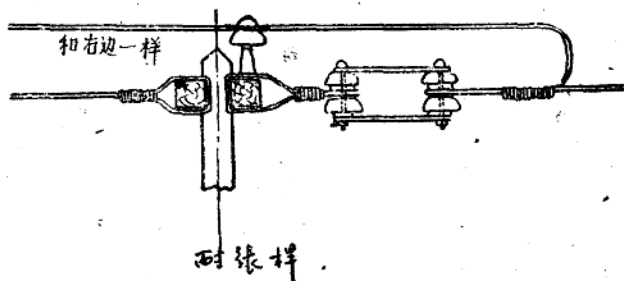


圖1-3 耐張杆結構

轉角杆：用在線路轉彎的地方。當轉角不超過 $1\sim 3^\circ$ 時可以用直線杆。當轉角在 30° 左右時，主杆上可以只裝一個橫担，它的方向是在線路的內角分角線上，不過橫担要比較長，以保證導線間的距離。如果線路轉的角度比較大，則在杆子上須要裝兩個橫担做成抱担。在轉角杆上要打拉綫，以平衡二根導線的合力。轉角杆結構見圖1-4。

終端杆：是支持電綫最末端的杆子，它的作用是拉住電綫。終端杆受的是單方向的拉力，為了保持杆子的平衡，也就是說使杆子不致被拉倒，要在杆子後面拉一條拉綫把木杆拉住。終端杆結構見圖1-5。

(二) 橫担：導線間要有一定的距離，這個距離稱為綫間距，為了使導線排列在一定的距離上，就要在主杆上裝一個橫担。橫担是用木头或是角鉄做的，長約 $1.6\sim 2$ 公

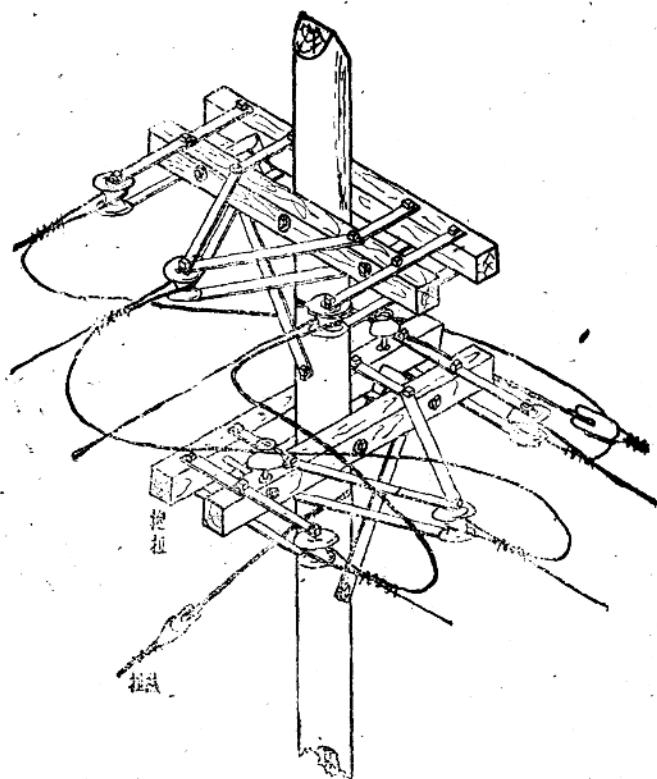


圖1-4 轉角杆結構和跳綫

尺，用穿釘固定在主杆上距杆頂20~30公分的地方。

用在直綫杆上的橫担要求與導綫方向相垂直。

在綫路尽头，只从电杆的一边拉出導綫，这时应当用粗一些的橫担，或是用兩個細的橫担合在一起，裝在电杆的另一边，这种橫担叫做背担。見圖1-5。

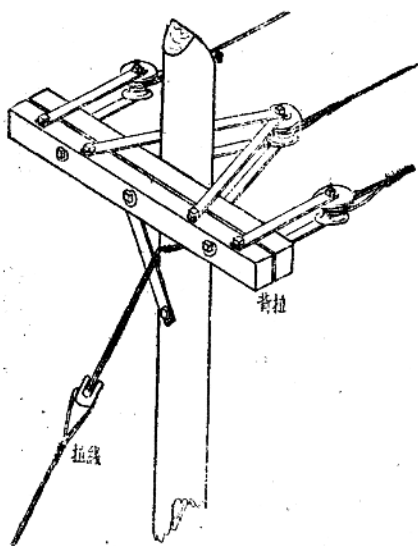


圖1-5 終端杆結構(用背担)

在轉角及耐張杆上時常用橫担承受兩個方向的拉力，見圖1-4，這時通常用兩根橫担分別放在主杆的兩側，這種橫担稱為抱担。

(三) 斜撐：

用來支持橫担以免受力不均勻而被壓歪。斜撐可以用鐵板，也可以用木條。如果用鐵板，斜撐的位置是夾在橫担和主杆之間的。如果用木材，

那麼斜撐的位置是在橫担和主杆的同一邊。

(四) 地橫木：電綫杆因上端有橫担和電綫，受力很大，當刮大風時，可能把杆子從土中拔出來或是吹歪，因此，在杆子根部要裝一個地橫木。地橫木一般長60~100公分。地橫木是沿着導綫的方向埋入土中的。當杆子高度小於8公尺時，也可以不用地橫木。

(五) 拉綫和地拉木：當杆子受力不平衡或是受力很大，如轉角杆、終端杆等；為了不致被拉倒，常常在杆子上拉一條鐵綫。綫的一端捆在橫担下面主杆上，另一端捆在長約60~100公分的木杆，即地拉木上。將鐵綫拉直與

主杆成 45° 角，將地拉木埋入土中。地拉木埋的方向与拉綫相垂直。

第二章 怎样設計农村

高压架空送电綫路

第1节 架空送电綫路的設計

在这里介紹一下怎样設計一条高压送电綫路？大致的順序怎样？應該考虑些什么問題？介紹时基本上按照一般設計的步驟进行。

(一) 确定負荷大小和輸送距离。

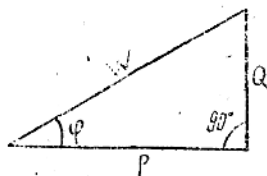
这一步实际上是設計的准备工作，因为建造了發电厂以后，就要把电送到用戶去，所以應該知道用戶在什么地方？离开發电厂有多远？总共要用多少电？然后才能設計一条合适的綫路。大家知道电是不能儲藏起来的，必須隨發隨用，送来多少就用多少，少送了就不夠，多送了也沒用，所以要很好的調查用电情况。

調查用戶的用电情况时，要了解有多少电动机（馬达）、电灯、收音机、电爐等等的用电器具。因为將來抽水灌溉排澇，开动拖拉机，剪羊毛等都是要用电动机，所以电动机的用处最大，并且电动机用电也比較多，特別應該調查清楚。把所有电动机的額定功率，即名牌上的功率①

①發电机發出的电力，或电动机消耗的电力，都叫做功率。

电动机的功率表示电动机能做工作的本領。功率有三种：有功功率 P ，單位是“瓦”；无功功率 Q ，單位是“千乏”；視在功率 W ，單位是“千伏安”。他們之間

的关系用公式表示： $P = W \cos \varphi$ ， $Q = W \sin \varphi$ ， $\cos \varphi$ 叫功率因数。也可用三角形表示：



电动机的额定功率就是电动机能够做最大工作时的功率，一般是指有功功率。

总加起来就是电动机所需总的电力。电动机的功率一般用“瓩”或“馬力”計算，1馬力 = 3/4 瓩。也把其他的用电设备統計出来。这样算出来的总数目还不是应该送的电力，因为这些电动机，电灯，电爐等用电器具不一定会在同一時間一起都开的；而且电动机开起来也不一定全开到最大的，所以还必需很好的了解那些机器会一起开，开起来会开到多大，这样得到可能最大的用电情况才是应该輸送的电力。所以一般要把加起来的总数打上兩次折扣，如果用公式表示，即乘上二个系数“ m_1 ”“ m_2 ”。

$$P = P_{\text{总}} \cdot m_1 \cdot m_2$$

式中 P ——用戶真正可能用的最大功率，瓩；

$P_{\text{总}}$ ——用戶设备名牌功率总和，瓩；

m_1 ——同时率，即用电设备同时开的可能性，一般取0.7~1，机器多时取的小，机器少时取的大，应该根据具体情况决定；

m_2 ——負荷率，即开动的机器会开到多大，一般在0.7~0.9。

算出的 P 就作为設計的根据。

調查負荷時不僅要調查有功負荷 P ，還要調查負荷的功率因數 $\cos\varphi$ 。一般電動機 $\cos\varphi=0.8$ ；電燈，電爐 $\cos\varphi=1$ 。根據經驗，送電線路的 $\cos\varphi$ 一般是0.8。

調查負荷時不僅要知道現在用多少，還需要估計將來用多少；這可以結合農業社發展計劃來決定。

(二) 選擇電壓等級，導線牌號。

電壓愈高，能送的電力愈大，送的距離也愈遠。農村中高壓送電線常用電壓級是6千伏及10千伏。

選擇導線材料時，為了節約有色金屬如銅和鋁，所以在農村中最好採用鐵線，因鐵線比較便宜，如果有銅線或鋁線可利用當然更好。如果所選鐵線的牌號超出ΠС—50，則改用鋁線較好。

選擇適當的電壓級及導線牌號為的是使電力送到用戶時保證電壓降低不超過10%，因為電壓降的太低電動機會轉不起來。有時可能使電動機燒壞。

1. 鐵導線的選擇 根據已經算出的送電功率 P ，功率因數 $\cos\varphi$ ，送電距離 l ，並按照已經選定的送電電壓，從附錄2表1至表3中即可查得所需鐵導線的線號，所查得的線號保證電壓降低於10%。

表1的送電電壓是400伏，送電功率不能超過50瓩，如果功率大了，即使用截面35號的鐵線也只能送20公尺左右遠。表2的送電電壓是6000伏，送電功率可以高達800瓩，在這些條件下，如果採用35號鐵線，可送距離約800公尺。表3的送電電壓是10000伏，用同樣線號可送1500瓩到1公里距離。

例如我們設計的土電線路： $P=700$ 瓩， $\cos\varphi=0.8$ ， $l=628$ 公尺；選擇6000伏電壓比較適合。從附錄2表2中查出ΠС—35導線

可送664瓩达820公尺，現在用以送700瓩到628公尺远，估計电压降落大約为8%，所以滿足要求。

2. 銅或鋁导綫选择 根据綫間几何均距 d^* 查附录3表1得到 R_0 ， X_0 ①。如果导綫水平排列时綫間距为 d ，它的几何均距为：

$$d^* = 1.26d。$$

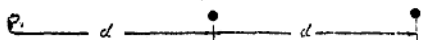


圖2-1 綫間距离

算出綫路总电阻、电抗： $R = R_0 l$ ； $X = X_0 l$ ，

式中 R_0 ——綫路每公里电阻，欧姆/公里；

X_0 ——綫路每公里电抗，欧姆/公里；

l ——綫路总長，公里；

R ——綫路总电阻，欧姆；

X ——綫路总电抗，欧姆。

$$\text{計算电压降落：} \Delta U = \frac{PR + QX}{U^2} \times 1000$$

式中 P ——有功負荷，瓩；

Q ——无功負荷，千乏， $Q = P \tan \varphi$ ，当 $\cos \varphi = 0.8$ 时，

$$Q = 0.62P；$$

R ——总电阻，欧姆；

X ——总电抗，欧姆；

U ——綫路額定电压，仟伏。

①我們知道水在管中流过，管子会有阻止它流的力量，所以愈往管子后面流，水就流的愈慢；电在导綫中流过也有阻力，这个阻止电流流过去的东西叫它为电阻和电抗，所以电流經過一段距离后电压就会降低。

如果 ΔU 超过10%，那末应该提高电压或增大导线牌号或增加导线迴路数目。

为了方便起见，计算 ΔU 可以查附录2表4至表6，方法同铁线。

(三) 定线。

在确定怎样走线前，必须到现场去勘查，选择线路怎样走最好；一般应尽量走直线，这可以缩短距离；在线路旁边不要有障碍物；尽量少或不跨过房屋，也要使将来搬运杆子、施工时最方便。这样使建造起来又快又省。

(四) 定杆位。

大致把走线方向确定后，再确定每根杆子按放在什么地方最好，这时应考虑到下列各方面：

1. 土质好，将来杆子装得牢；如果土质不好，就要填石塊，或用好土来填，增加工作量。

2. 尽量选高一些的地势，可以用比较短的杆子。

3. 二根杆子之间的距离（档距）在60~100公尺之间；人少的地方选大些，人多的地方选小些，如果人特别多的地方选50公尺比较合适。选时尽可能使杆子间距离都差不多。

4. 杆位周围没有妨碍将来立杆的障碍物，使立杆时比较方便。

下面简单的介绍一下我们建造的土电线路的走线及杆位，和测量中的几种方法。

土电线路的出线及杆位：

*1~*9杆是一直线，沿途避开了房屋及二旁的小树。

*9以后线有曲折，是为了避开房屋，同时选比较高的地势，所以越过铁路转弯后再走直线。*9杆选了比较高的地势，

便于跨铁路。#3杆原来打算放在石桥旁边，后来挖坑时發現土質不好，有流沙，所以往前移到現在的位置。中間的直綫杆大約每隔50公尺立一根。

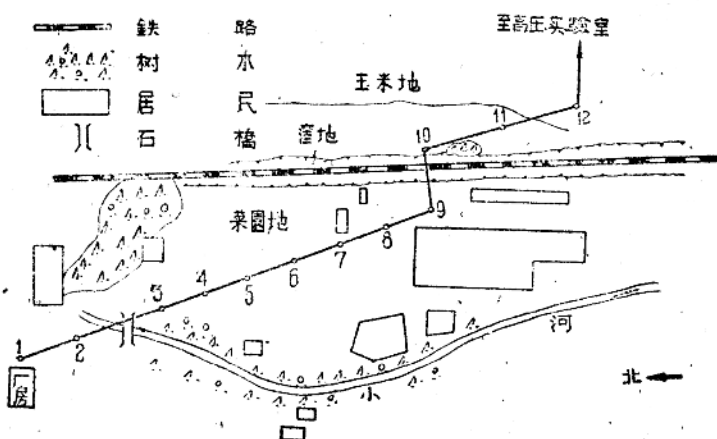


圖2-2 土电綫路的出綫及杆位

定綫定杆位时用到的几种簡單的測量方法:

(甲)定直綫 先确定直綫二头的二根电杆的位置，把电杆立好。在一头已立的杆頂插上一面小紅旗，这是为了觀看清楚。人站在另一电杆那里观测，另一人到中間要測定杆位的地方去也立上一根，听从观测者的指示，調整这根杆的位置，使三根杆重合，即在一條直綫上。

(乙)測标高 导綫架起来总希望是平的，但是地势常常高低不平，所以要測定标高，有时为了跨越铁路或交通道也要測定标高，才能决定杆高。

測量时要預备一条平的木板，一个水准仪（农村中木匠都有），几根比較直的竹杆和一个木支架。把木板放在

支架上，水准放在木板上，调正木板使水平作为基准面。另外在被测的地方立上一根竹竿，竿子的高度要高出基准面。

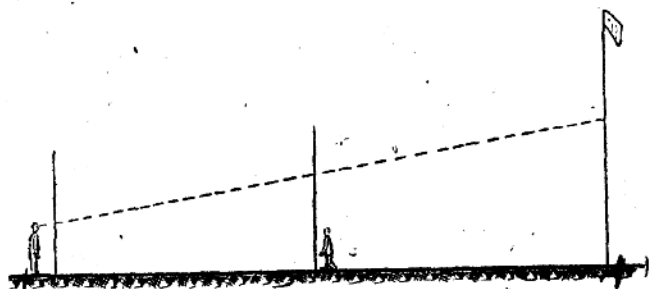


圖2-3 測定路線

开始测量时，一个人握着另一根竹竿，使它的一端沿已立好的竹竿由上往下移，移动的一端最好做上一个明显的记号，便于从远处观看；另一个人沿着木板的平面看移动的竹杆，并指挥他上下移动。当这移动端和木板水平一样高时停止移动，记下这点位置，然后再校对一次，如果二次都在同一位置便可以了。

把立竿放下，测出地面到被记下记号处的距离，这便

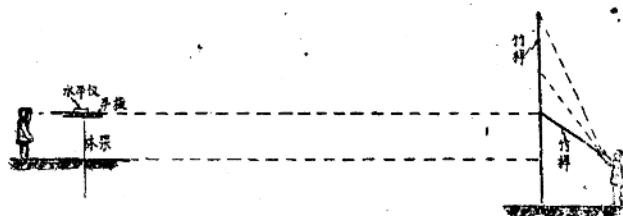


圖2-4 測标高

是木板平面与被测杆位之间的高度差。同样的可以测出临

近的另一杆位与木板平面之間的高度差；比較這兩高度差，即可得出兩相鄰杆位之高度差。

(五) 杆塔選擇

1. 选杆塔結構

甲) 每隔400~500公尺应有一个耐張杆，这距离在人少的地方可选的大些，人多的地方选小些；

乙) 轉弯时要用轉角杆；

丙) 綫路开始及末尾要用終端杆；

丁) 跨过铁道或者重要的交通要道，二旁要用耐張杆。

2. 杆子選擇

甲) 材料：农村中一般可以找到的材料有梧桐、樺木、槐木、榆木、落叶松、紅松、馬尾松、杉木、柳树、楊树、毛竹等。这些材料最常見的高度約3~6公尺，高度不夠时需要接腿。

乙) 梢徑選擇：終端杆、轉角杆、承力杆最好選擇較好的材料。例：落叶松、榆木、槐木等，梢徑^①要求150公厘或更大。直綫杆因受力較小，可用梧桐、槐木、樺木、榆木、落叶松等，梢徑80公厘就足夠了。

如果用杉木，紅松等較次的材料，則梢徑要求100公厘或更大。

竹杆当做电杆时，用梢徑70公厘或更大的二根交叉綁或并綁而成。

丙) 杆子高度 导綫最低点离开地面最高点要有一定的距离，这个距离在一般的綫路安裝手册中都有規定。自己

^① 杆子有二端，一端粗，一端細，細的一端的直徑称梢徑。