

# 架空送电线路测量

# 第一节 架空输电线路的基本知识

电厂发出的电能，是靠导线输送到顾客中心去的。架设在电厂升压变电站和顾客中心降压变电站之间的输电导线，一般经过绝缘子悬挂在杆塔上，称为架空输电线路。输电线路采用三相三线制，所以单回路杆塔上有三根导线。各导线之间的最小距离与电压等级有关。如35kV线路为3m，110kV线路为4m。

架空输电线路采用的导线，是由许多根钢芯铝裹线绞织而成的裸绞线，钢芯用以增长导线的机械强度。这种导线，称为钢芯铝绞线。

绝缘子俗称瓷瓶，它有两种形式：  
3—10 KV线路采用的是针式瓷瓶，立  
放在杆塔或横担之上，如图15—  
1(a)；35KV和更高的高压线路，采用  
悬式绝缘子串，如图15—1(b)，而且  
电压愈高，绝缘瓷片愈多。35KV一般  
采用3—4片，110 KV则采用7片左右。

杆塔在地面上的位置，根据地形情况和设计要求，整齐地排列成一条直线或折线。杆塔的形式主要有单杆、门形双杆和铁塔，根据受力情况不同，能够分为直线杆塔和耐张转角杆塔两种，各有不同的力学构造。

竖立在线路直线部分的杆塔，一般只承受导线和绝缘子等的垂直荷载和水平风压荷载，构造比较简朴，称为直线杆塔，竖立在线路转角点上的杆塔，须能承受相邻两档导线拉力所产生的合力，构造比较复杂，是一种耐张杆塔。为了将线路分段，以便施工和控制事故范围，在线路电线部分每隔一定距离，以及线路进出变电所时的第一种杆塔位置(均称为终端)，也都使用耐张杆塔。

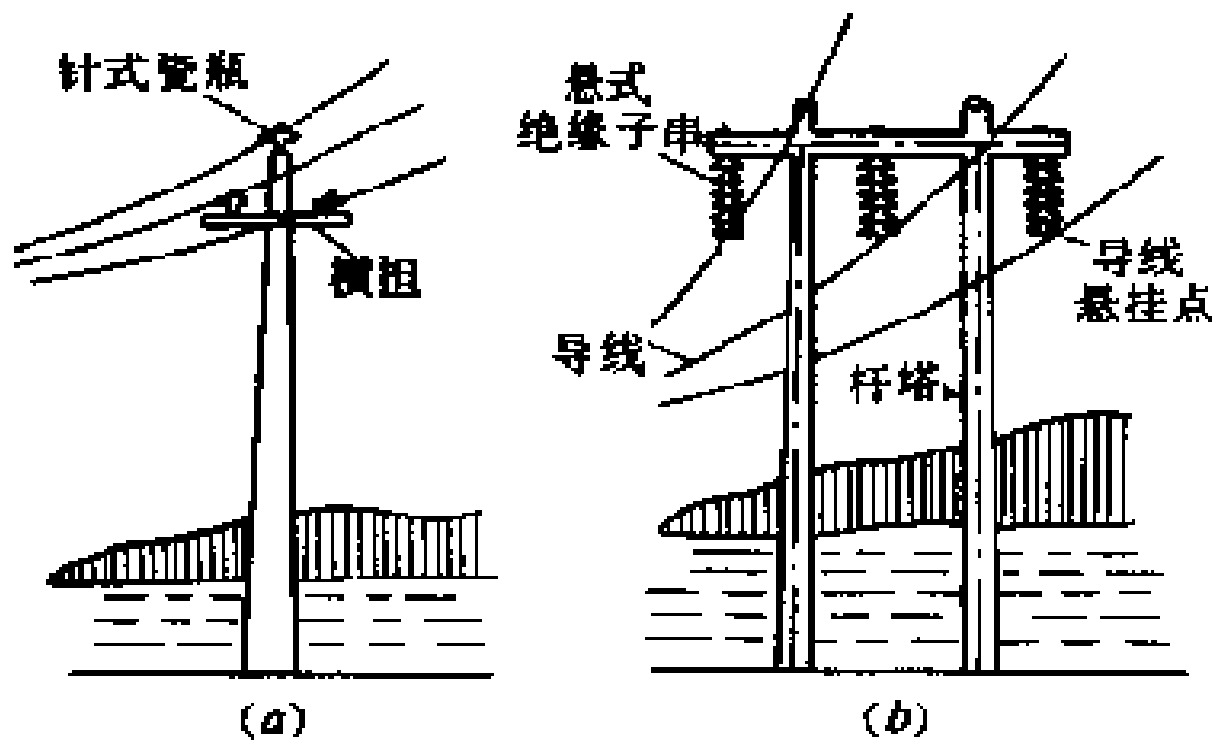


图 15-1 杆塔上针式瓷瓶和悬式绝缘子串的配置

- 竖立在地面上的杆塔，除自立式铁塔与锥形杆外，一般要靠拉线维持它的稳定。拉线的方向位置是由杆塔受力情况决定的。
- 相邻两杆塔导线悬挂点之间的水平距离，称为档距。相邻两耐张杆塔之间的水平距离，称耐张段长度。**35kV** 下列的线路，档距为**150m**左右；**110 kv**的线路，档距为**250m**左右。耐张段长度大约为**3—5km**。在一种耐张段内，因为各处地形情况不同，各杆塔间的档距互不相等；为了计算导线的应力和弛度，必须选得一种理想的档距，这个档距称为该耐张段的代表档距。设各杆塔间的相应档距为 $l_i$ ，则代表档距 $l_r$ 按下式计算

$$l_r = \sqrt{\frac{\sum l_i^3}{\sum l_i}}$$



悬挂在两杆塔之间的导线，是不可能拉成平直的，中间自然会向下垂；假如企图用力拉平，不是将导线拉断就是将杆塔拉倒。从悬挂点到导线下垂最低点的铅垂距离称为弛度，俗称弧垂，一般以 $f$ 表达。假如两悬挂点等高时，弛度恰好产生在档距中央；假如两悬挂点不等高时，则有两个弛度，加图15—2中的 $f_A$ 和 $f_B$ 。

在实际工作中，当两悬挂点不等高时，常以连接两悬挂点的直线 $AB$ 与导线所形成的曲线之间的最大铅垂距离代表弛度，称为斜弛度，如因15—2中的 $f$ 。在弛度理论中证明，斜弛度 $f$ 也产生在档距的中央，但不是导线的最低点。弛度的这一几何性质，能够用一种公式来表达，即

$$f = \frac{H_A + H_B}{2} - H_C$$

式中 $H_A$ 、 $H_B$ 、 $H_C$ —分别为悬挂点和档距中点上导线的高程。

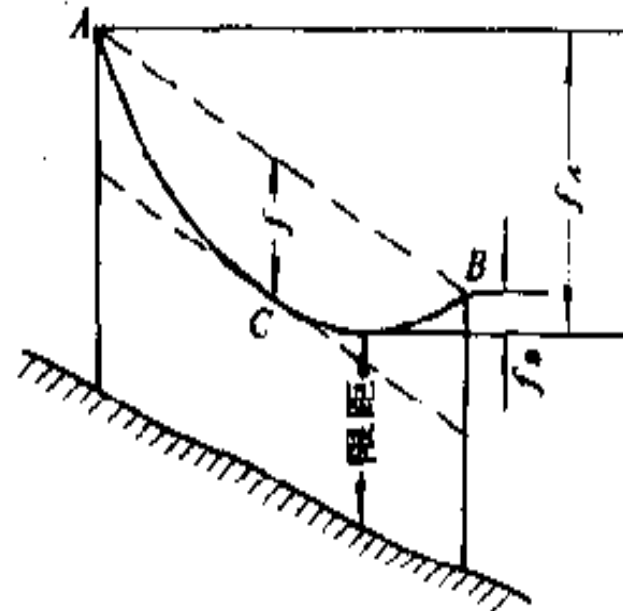


图 15-2 导线的弛度和限距

斜弛度(或称档距中点的导线弛度) $f$ 和导线最低点的弛度 $f_A$ 和 $f_B$ 有如下关系, 即

$$f = \left( \frac{\sqrt{f_A} + \sqrt{f_B}}{2} \right)^2$$

弛度的力学意义与档距 $f$ 、导线的单位重量 $g$  (涉及额外负荷如复冰、风力等)以及导线的应力等原因积关, 它是用另一种公式计算的, 即

$$f = \frac{gl^2}{8\sigma}$$

导线对地面和其他设施必须保持一定的距离。其允许最小安全距离称为限距。如图15—2所示。限距的大小与电压等级有关，在送电线路规范中有明确的要求，见表15—1。不大于要求限距的地面点称危险点。一般危险点应予铲除，假如不易铲除时，则应提升导线的悬挂高度使之满足限距要求。导线的悬挂高度与杆塔的横担高度有关，从地面到最低横担面的高度称为杆塔呼称高，如图15—3。

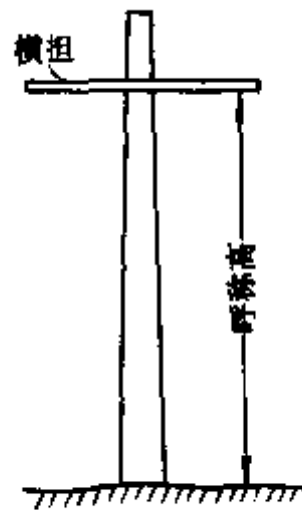


图 15-3 杆塔呼称高

架空输电线的途径、杆塔的排列、拉线的方向位置、弛度和限距的大小，都必须根据设计要求，经过测量拟定。这种测量涉及选线、定线、平断面测量、杆塔定位和施工放样等项内容和工序。前面四道工序都由电力勘测设计部门担任，能够分期完毕，也能够一次连续完毕，根据任务要求和技术力量而定。施工放样(括施工基面测量、拉线及弛度放样则由线路施工单位担任，在施工开始时和施工过程中进行。

表 15-1

导线最大弧垂时, 对地面及其它设施的最小安全距离(限距)

地物名称	电压 (kV)		
	6~10kV	35~110kV	220kV
居民区	6.5	7.0	7.5
非居民区地面	5.5	6.0	6.5
行人少到的山坡	4.5	5.0	5.5
铁路	7.5	7.5	8.5
公路	7.0	7.0	8.0
河流常年洪水位	6.0	6.0	7.0
至通航河流的最高船桅	1.5	2.0	3.0
导线摆动时对地物的平距	1.5	3.0~4.0	5.0
对建筑物垂直距离	3.0	4.0~5.0	6.0
对树顶的高度	3.0	4.0	4.5
对电力线和通讯线的高度		3.0	4.0

测量工作在送变电线线路工程建设中起的主要作用：

- 一、在工程规划阶段要根据地形图拟定线路的基本走向，得到线路长度、波折系数等基本数据，用以编制投资框算，进行工程造价控制，论证规划设计的可行性。
- 二、在工程设计阶段要根据地形图和其他信息进行选择和拟定线路途径方案，实地对途径中心进行测定，测量所经地带的地物、地貌，并绘制成具有专业特点的送电线路平断面图，为线路电器、杆塔构造设计、工程施工及运营维护提供科学根据。
- 三、在施工阶段，要根据上述平面图，对杆塔位置进行复核和定位，要根据杆塔中心桩位精确地测设杆塔基础位置，对架空线弧垂要精确测量。
- 四、施工完毕后，对基础、杆塔、架空线弧垂的质量须进行检测，确保施工质量符合设计要求，以确保送电线路的运营安全。

## 第二节 途径方案的选择

## 选线：线路途径的选择

选线的目的：要在线路起讫点间选出一种全方面符合国家项目建设的有关规范，处理所涉及与其他建设项目相互地理位置之间的协调关系，充分研究比较线路所经区域的地形、水文、地址条件，在满足上述条件的情况下，选择线路长度最短、施工以便、运营安全、便于维护的途径方案。



架空输电线所经过的地面，称为途径。

为了节省建设资金和便于施工、运营，在输电线路的起迄点间必须选择一条合理的途径。这条途径的基本要求是短而直、转弯少而转角小、交叉跨越不多，当导线最大弛度时，对地面建筑物具有一定的安全高度(即不不大于限距)。另外，在选择途径方案时，还必须考虑下列各点：

(1)当线路与公路、铁路以及其他高压线路平行时，至少应与它们隔开一种安全倒杆距离(等于最大杆塔高度加3m)。而与主要通讯线尤其是国际线平行时，其最小允许间距必须经过大地导电率测量和通讯干扰计算来拟定。

(2)当线路与公路、铁路、河流以及其他高压线、主要通讯线交叉跨越时、其交角应不不大于 $30^{\circ}$ 。

(3)线路应尽量设法线过居民区和厂矿区，尤其应该远离油库、火药库等危险品仓库和飞机场。线路离飞机场的允许最小距离应和有关主管部门共同研究拟定，并订出协议。

(4)线路应尽量防止穿过林区，尤其是主要的经济林区和绿化区。假如不可防止时，应严格遵守有关砍伐的要求，尽量降低砍伐数量。

(5)杆塔附近应无地下坑道、矿井和滑坡、塌方等不良地质现象；转角点附近的地面必须坚实平坦、有足够的施工场地。

(6)沿线应有可通车辆的道路或通航的河流，便于施工运送和维护、检修。

选线工作一般先在小百分比尺(最佳是**1: 10000**或**1: 25000**)地形图上进行。根据图上反应的地貌、地物情况和有关地质资料, 全方面考虑国家各项建设的利益, 选择一条合适的途径方案, 再到实地进行踏勘, 插旗标定线路起迄点、转角点和主要交叉跨越点的大致位置。在踏勘过程中, 如发觉图上的方案有不**符合实际情况的地方**。能够在进一步调查研究的基础上进行必要的修改, 重新选定一条比较合理的途径。

这里值得提到的是: 近几年来, 有的电力勘测设计单位利用相应百分比尺的航空摄影像片进行选线, 已取得良好的效果, 今后的线路勘测工作将朝着直接利用航测资料的方向发展。

## 第三节 定线测量

途径方案拟定之后，在实地标出了线路的起迄点、转角点和主要交叉跨越点的大致位置。定线测量的任务，除了正式标定这些点的中心位置外，还必须定出方向桩和直线桩，测定转角大小，并在转角点上定出分角桩，如图15—4所示。

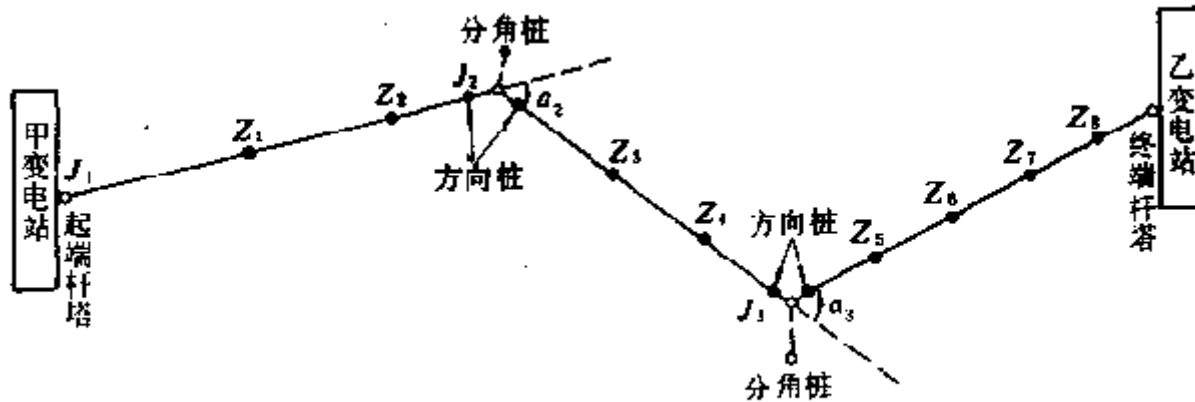


图 15-4 定线测量应该标定的各种桩位

转角桩在图上和实地上都要在编号前冠一种“J” (即“角”字的第一种拼音字母)表达，一般称为J桩。线路转角的大小，以来线方向的延长线(图15—4中的虚线所示)转至去线方向的角值表达。在图15—4中， $J_2$ 是右转一种 $a_2$ 角； $J_3$ 是左转一种 $a_3$ 角。在J桩附近要标出来线和去线的方向，表达这个方向木桩称为方向桩，一般钉在离J桩5m左右的途径中线上，并在木桩侧面注上“方向”二字。分角桩钉在J桩的外分角线(不小于 $180^\circ$ 的钝角分角线)上，也离J桩5m左右，桩侧注上“分角”二字。分角桩与两边导线合力的方向相反，杆塔竖立后来，要在分角方向打一条拉线，使其与两边导线拉力所产生的合力抗衡，确保杆塔不致偏倒。转折点的角度要用正倒镜观察一测回，入定线手簿中。

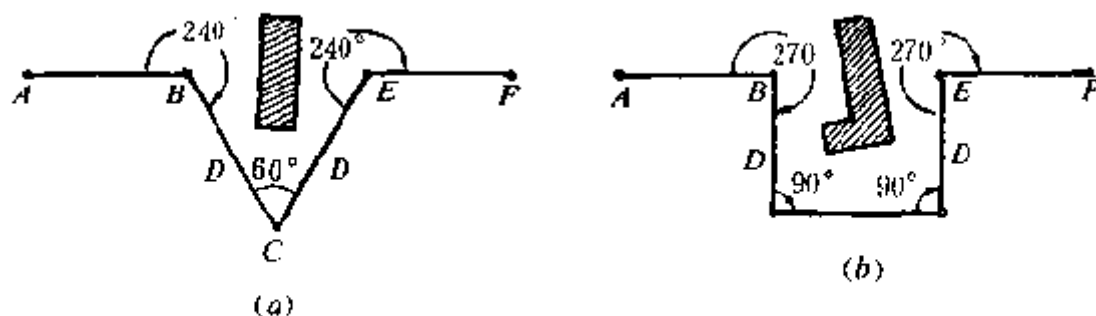
不在转角点附近的途径方向桩，一般称为直线桩。它位于两个转角桩中心的联线上，是平断面测图和施工定位的根据，起着测站的作用。直线桩应选在途径中心线上突出明显，能够观察地形的地方；相邻两直线桩之间的距离，一般不应超出400m。直线桩以在编号前冠一种“Z”(即“直”字的第一种拼音字母)表达。

线路定线是一种十分主要的环节。直线部分假如定得不直，杆塔竖立后来，不但看去很不整齐，而且会使直线杆塔承受额外的扭力，影响工程质量。所以，定线测量精度要求较高，必须采用性能良好的经纬仪进行工作。

定线测量时，如在通视良好的情况下，应按经纬仪重转法(即正倒镜观察)延长直线。遇到障碍时，常用等边三角形法或矩形法绕过障碍。

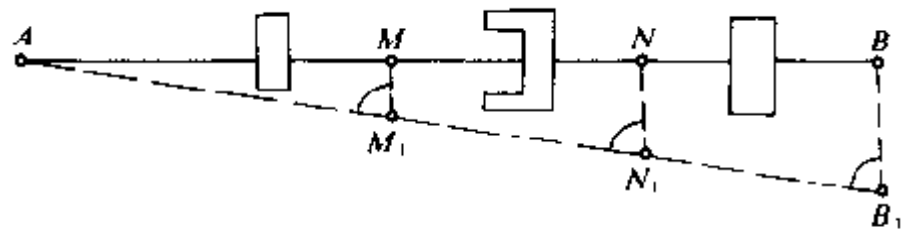
## 越障延长直线

如图，欲延长直线**AB**，但前面有房屋挡住视线，于是采用等腰三角形法或矩形法绕道障碍。这两种措施都要测角和量距。延长线的精度取决于测角和量距的精度。距离丈量应用同一条钢尺，以免不同钢尺有不同尺长误差的影响；绕经路线应选择在平坦地段，当有坡度时应注意进行距离改正；每边长度最佳不超出一整尺。



越障延长直线





按比例改正法

### 按百分比改正法

如图 **AB** 两点互不通视，今欲在两点之间插入 **M**、**N** 两点或更多的点。为此，大致朝着 **AB** 方向前后通视的地方选定一点 **M<sub>1</sub>**，在 **M<sub>1</sub>** 安顿经纬仪，用重转法延长 **AM<sub>1</sub>** 至 **N<sub>1</sub>**，并用钢卷尺细心测定平距 **AM<sub>1</sub>** 和 **M<sub>1</sub>N<sub>1</sub>**；然后在 **N<sub>1</sub>** 安顿经纬仪，又用重转法延长 **M<sub>1</sub>N<sub>1</sub>** 至 **B<sub>1</sub>**，用钢卷尺细心测定从 **N<sub>1</sub>B<sub>1</sub>**。**B<sub>1</sub>** 离开 **B** 的平距称为端点偏距，应用钢尺精确量出 **B<sub>1</sub>B**，并测定水平角 **B<sub>1</sub>**。再按百分比算出 **N<sub>1</sub>** 和 **M<sub>1</sub>** 的归线改正数

$$N_1 N = \frac{B_1 B}{AB_1} AN_1$$

$$M_1 M = \frac{B_1 B}{AB_1} AM_1$$

最终用仪器在 **N<sub>1</sub>** 和 **M<sub>1</sub>**，测设角 **N<sub>1</sub>** 和角 **M<sub>1</sub>**，使之等于同位角 **B<sub>1</sub>**，沿与 **B<sub>1</sub>B** 平行的方向用钢尺精确量出平距从 **N<sub>1</sub>N** 和 **M<sub>1</sub>M**，所定 **M**、**N** 点肯定位于 **AB** 直线上。

测设时应注意使直线 **AB<sub>1</sub>** 尽量接近 **AB**，端点偏距 **BB<sub>1</sub>** 不要超出一整尺长。

## 第四节 平断面测量

平断面测量的工作内容涉及：

测定各桩位高程及其间距，计算从起点至各桩位的累积距离；

测定途径中线上各碎部点对桩位的距离和高差，在毫米格纸(即坐标纸)上绘制纵断面图和平面示意图；

测绘可能不大于限距的危险点和风偏断面。

## 一、桩位高程和间距的测定

平断面测量之前，应先用水准测量从邻近的水准点引测线路起点的高程。线路上其他各桩位的高程和间距，可用视距高程导线测定。为了防止错误，视距要用三丝读数，天顶距应用正倒镜观察一测回、最大视距不应超出**400m**。高程导线测到线路终点后，应和邻近的水准点闭合。其闭合差 $f_h$ 不应超出下式要求

$$f_h = \pm (0.11\alpha + 0.1) \frac{L}{\sqrt{N}} \quad \text{m}$$

$\alpha$ ——线路上的平均竖直角(或平均地面坡度),可根据每边的天顶距按 $\sum |90 - Z|/n$ 求得,并以度为单位(当 $\alpha$ 小于 $2^\circ$ 时,按 $2^\circ$ 计);

$N$ ——边数;

$L$ ——路线总长,以km为单位。

视距高程导线的记录计算如表15-2。由于高程导线采取跳站观测，每一站都应先观测后视桩号，根据后视桩号的已知高程按反觎法计算出测站桩号的高程，填写在与后视桩号同行的高程栏中，亦即在表15-2中高程栏内画有波纹线的数字为测站点的高程。高程栏内未画波纹线的数字是对应的前视桩号高程，它是根据已求出的测站高程按直（正）觎法观测计算出来的；这个前视桩号作为下一站的后视桩号，是下一站按反觎法观测计算求得测站高程的依据。这样，高程导线的起始点（即终端桩位）高程就不能记在与后视桩号同行的高程栏中，故单独记在上面一栏。后视和前视都占有两行，上行为正镜读数，下行为倒镜读数。截尺、高差和高程都取至小数点后第二位（即cm）；视距、平距和累距都取至小数点后第一位（即dm）。正、倒镜截尺应当相同（平截除外），以便计算指标差。采用平截（即便望远镜水平）时，指标差反映在正、倒镜所读取的截尺上，计算高差时应将截尺取中数。

岳阳至桥口 110 kV线路

测站桩号	后视桩号	前视桩号	视距读数			视距 (F~上)	竖盘读数 ° ' "
			下丝	中丝	上丝		
Z <sub>1</sub>	J <sub>1</sub> 终端杆		1800	1400	1000	80.0	90 18 12
1.40			1800	1400	1000		269 43 48
		Z <sub>2</sub>	2487	1490	0500	198.7	89 35 05
			2487	1490	0500		270 25 54
J <sub>2</sub>	Z <sub>2</sub>		2920	1510	0100	282.0	90 00 00
1.30			2920	1510	0100		270 00 54
		Z <sub>3</sub>	3500	2000	0500	300.0	86 59 30
			3500	2000	0500		278 01 30

指标差	天顶距	截尺	高差	高程	平距	果距	备注
"	° ' "						
				157.92		0+000	J <sub>1</sub> 终端
+60	90 17 12	1.39	-0.39	<u>158.31</u>	80.0	0+80.0	Z <sub>1</sub>
+30	89 34 36	1.45	+1.42	159.73	198.7	0+278.7	Z <sub>2</sub>
+27	89 59 33	0.78	+0.65	<u>159.08</u>	282.0	0+560.7	J <sub>2</sub>
+30	86 59 00	2.00	+15.16	174.24	299.2	0+859.9	Z <sub>3</sub>

## 二、途径纵断面图的测绘

架空输电线途径中线的纵断面图和其他纵断面图的绘制措施大致相同，但有某些不同的要求：

(1)在断面图上除了反应地面的起伏情况外，还应显示出线路跨越的地面突出建筑物的高度。假如地面建筑物恰好位于途径中线上，称为正跨，图中以实线表达；假如地面建筑物仅被输电线路的边线(即左右两边的导线)所跨，称为边跨，图中以虚线表达。

(2)当线路跨越其他高压线和通讯线时，除了以电杆符号表达出它们的顶高外，还应注明高压线的伏数和通讯线的线数，并注明上线高。

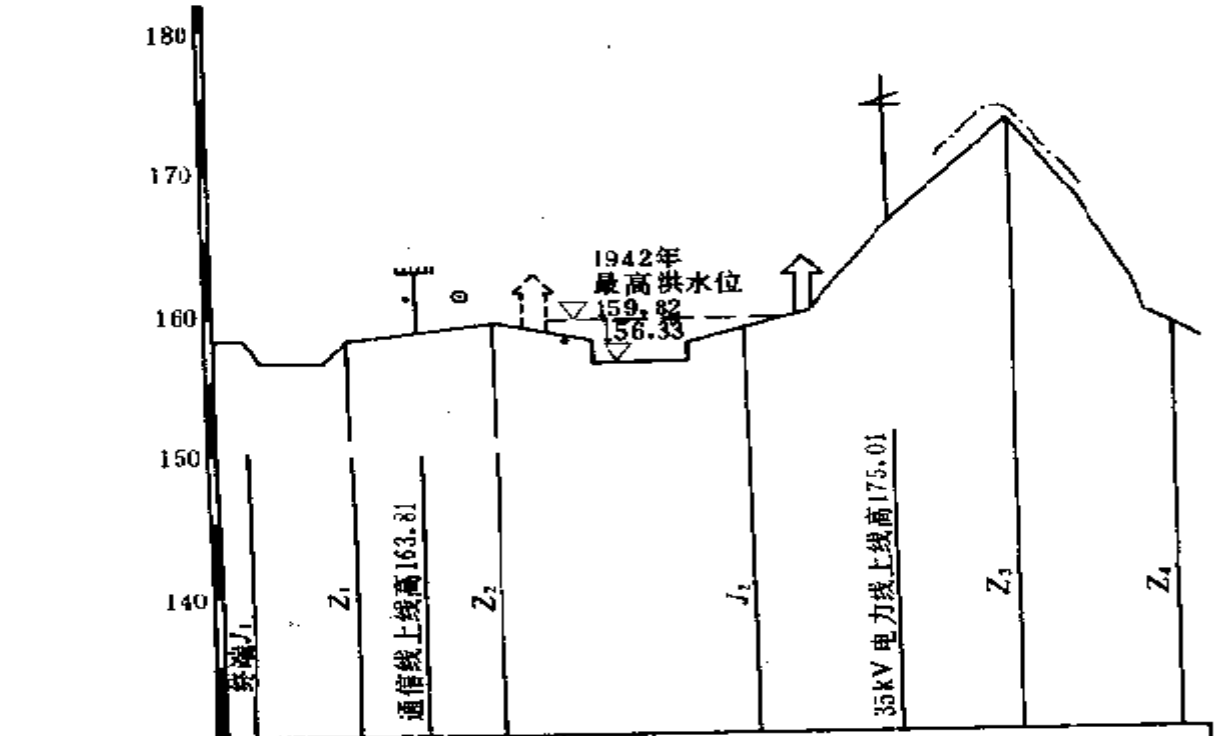
(3)被跨越的河流、湖泊、水库，应调查和测定最高洪水位，并在图中表达出来。

纵断面图的绘制一般在野外测站上进行。百分比尺的大小视详细要求而定；一般采用横向(平距)1: 5000，纵向(高程)1: 500，以便于设计人员用预制的弛度板在图上作排杆设计。在绘图之前，应根据图例从左至右定出里程标；里程标的零点就是线路的起点。然后在接近起点的左边绘出标高线，从下往上标出高程。每张图上标高线起点的高程应定得合适，尽量使这段途径上的最高断面点和最低断面点都不致于落到图外。在高程相差很大的地域，不得已时，能够在图中变更标高线的高程标数，将这段断面错开绘制。



纵断面图的详细绘法如下：

首先根据测站的累距和高程展出测站点，并从该点向下画一条**2cm**的线段表达。在测站线的下方，从图框的横线向上作一条**5cm**的垂线，在垂线的左侧注出桩号，字头朝左；然后在下面的相应栏内注出测站的累距、高程以及与相邻桩号的间距。然后根据途径上碎部点到测站点的平距和高差，展出碎部点。展绘碎部点时，应搞清前后方向和高差的正负。最终将全部地面点(涉及测站点)联成一条折线，即绘成断面图，如图所示。



平面图							
断面标高	157.92	158.31	159.73	159.08	174.24	159.07	
测桩间距	80.0	198.7	282.0	299.2	194.6		
累计距离	0	0+080.0	0+278.7	0+560.7	0+859.9	054.5	
公里标志							●
转角桩号,方向,度数	J <sub>1</sub> 左转9°10'			J <sub>2</sub> 右转50°15'			
转角间距离				560.7			
杆塔档距							
耐张段长/代表档距							

图 15-5 路径平断面图

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/388055076112006140>