

第十四篇

矿山输电线路施工设计 实用技术与图集

第一章 矿山输电线路设计的基本知识

第一节 矿山输电线路设计的特点

矿山企业是重要的电能用户。由于煤矿企业在生产上一些独有的特点。对输电线路的要求 ,比其它工业企业更为严格。

煤矿企业要求供电可靠 ,对煤矿物企业如果中断了供电 ,不仅会造成减产 ,而且有可能引起人身事故 ,或设备的重大破坏。严重时甚至会造成整个矿井的破坏。即使在电源发生故障的情况下 ,也必须保证供应一部分电能。以使设备和人身不受到危害。

根据用户的用电设备对供电可靠性的要求把用户分为三级 :

第一级 :如停止供电时 ,能造成下列严重后果 :危及生命 ,给国民经济带来重大损失。损坏设备 ,使大量产品报废。打乱复杂的生产过程 ,以及使市政生活中要害部门发生混乱。

第二级 :如停止供电时 ,将造成大量减产。工人及机械设备停止工作。工业企业内部 ,运输停顿 ,以及城市中大量居民的正常活动受到影响。

第三级 :凡不属第一级及第二级的所有其它用户设备(如非系列生产的车间及辅助车间小城镇等)。

对于煤矿企业来讲 ,应该属于第一级用户。

矿山企业的电源一般是来自电力网。从电力网到矿区降压站的输电线路。其电压等级与输送功率和供电距离有密切关系。三者之间的关系如表 14 - 1 - 1 所示。

表 14－1－1 各种电压等级与供电距离输送功率的关系

线路电压(kV)	供电距离(km)	最大输送功率(kW)
6	3 ~ 10	1000
10	5 ~ 15	2000
35	20 ~ 50	2000 ~ 10000

设计矿山输电线路的基本要求：

一、安全供电

要保证对用户可靠的 ,不间断的供电就要求保证线路架设的质量 ,加强运行维修工作 ,防止发生事故。线路供电的安全程度 ,一般以每年每一百公里线路平均发生事故次数(叫做事故频率)来衡量。

二、电压质量

电压的好坏直接影响着用电设备的安全和经济运行。电压过低不仅使电动机的出力和效率降低 ,而且常常造成电机过热烧毁 ,一般矿山输电线路从始端到末端的电压损失不准超过额定电压的 5%。

三、经济供电

送电过程中在输电线路路上 ,必然有的电能损失叫做线路损失。线路损失在全部输送电能中所占的百分数 ,叫做损失率(简称为线损率)它是衡量供电经济性的国家指标。在设计过程中要采取措施 ,降低线损率 ,提高供电的经济性。

第二节 矿山输电线路的设计程序

矿山输电线路的设计是一项细致复杂的工作 ,本书所介绍的是煤矿企业 10kV 或者 6kV 输电线路设计的程序。在进行设计工作以前 ,首先应了解输电线路安装地点的气象条件 ,根据我国的情况分成七个气象区 ,如表 14－1－2 所示。

表 14－1－2 典型气象区

气象区		I	II	III	IV	V	VI	VII
大 气 温 度 (℃)	最高	+ 40						
	最低	－ 5	－ 10	－ 5	－ 20	－ 20	－ 40	－ 20
	导线覆冰	－ 5						
	最大风速	+ 10	+ 10	－ 5	－ 5	－ 5	－ 5	－ 5
风 速 (m/s)	最大风速	30	25	25	25	25	25	25
	导线覆冰	10						
	最高最低气温	0						
覆冰厚度			5	5	5	10	10	15
冰的比重		0.9						

设计工作应包括以下内容：

踏勘确定线路的路径 ,地形测量确定杆位 ,选择导线 ,根据选定的杆位确定杆型和杆高 ,绘制设计图纸 ,编制器材表 ,做出预算等。现在分别叙述如下。

一、踏勘确定线路的路径

用电点和电源确定后 ,先在本地区的地形平面图上。确定线路的方向 ,然后到现场勘察比较。确定最好的方案。

路径选择的原则是：

(1)线路的路径应尽量走近路 ,直路。尽可能减少同公路、河流、输电线路、通讯线路等的交叉跨越。

(2)应避开靶场 ,飞机场 ,演习场 ,化工厂 ,炼铁厂 ,水泥厂和其它产生有害气体的工厂。

(3)尽可能避开果树林 ,防护林和较大的河流和渠道转弯处。

(4)尽量靠近公路

选择路线时应注意以下安全事项：

(1)导线对地面、水面和其它跨越物的垂直距离不得小于表 14－1－3 中所列的数值。

表 14－1－3 输电线路导线对地面、水面和跨越物的最小允许间隔距离(m)

经过地区跨越项目	线路电压(kV)	
	1 ~ 20	35
1.对地面(水面)		
1)居民区	6.5	7
2)非居民区	5.5	6
3)居民密度小 ,交通困难的地方	4.5	5
4)不能通航 ,不能浮运的河、湖(冬季至冰面)	5	5.5
5)不能通航 ,不能浮运的河湖至最高水位	3	3
2.对铁路		
1)公用及非公用标准轨铁路至轨顶	7.5	7.5
2)非公用窄轨铁路至轨顶	6.0	7
3. 对公路城市道路	7	7
4. 对河流		
1)长年洪水位(至水面)	6	6
2)至最高航行水位时的最高船柜顶和长年洪水位时的浮运物顶	1.5	2.0

(2)矿山输电线路应尽量避免跨越房屋建筑。在极个别的情况下 ,必须跨越时。导线与房屋建筑的最小间隔距离见表 14－1－4。并应取得当地领导机关的同意。禁止跨越以易燃材料为顶盖的建筑物。

表 14－1－4 输电线路对房屋建筑的间隔距离(m)

最小间隔距离(m)	线路额定电压(kV)	
	1 ~ 15	20 ~ 35
最大偏斜时 ,对最近部分的水平距离	1.5	2

(3)线路与电台接近时 ,其距离大小 ,应和有关部门取得联系 ,根据具体情况协商解决。

(4)输电线路应尽量避免开污秽地区。应根据运行经验确定污秽影响的范围 ,表 14－1－5 所列数值可供参考。如输电线路必须通过污秽地区时。应采用防尘绝缘子、高一级的绝缘子或增加绝缘子的个数等方法 ,以提高线路的绝缘水平。

(5)矿山输电线路导线在弧垂最大时 ,对被交叉的弱电流线路与输电线路导线的最小允许垂直距离如表 14－1－6 所示。

表 14－1－5 污秽影响范围

污源性质	有色矿	化工 化肥厂	炉烟	炼焦化学	冶金 与钢厂	碱厂	水泥厂	重机厂	烧窑
影响范围(km)	2	1~2	1~1.5	0.5~1	0.6~1	0.9	0.5~0.8	0.6	0.4

表 14－1－6 输电线路和弱电电流及其它电力线路最小垂直交叉距离(m)

输电线路额定电压 (kV)	弱电线路	被交叉的另一输电线路电压(kV)	
		10 及以下	35
1 ~ 10	2	2	3
35	3	3	3

(6) 矿山输电线路横跨河流时 , 需在输电线路的上下游两侧设拦江线。以防桅杆碰电力线造成触电停电事故。

二、地形测量确定杆位

路径确定之后就要进行测量工作来确定电杆的位置。用水平仪来进行测量 , 要测电杆间的高低差、水平距离、转角等记录。这些数据为将来绘制线路断面和线路平面图作准备。首先从线路的首端开始 : 首端的电杆是一根终端杆 , 从这根电杆开始 , 在路径的方向上再确定第一耐张段的耐张杆或转角杆。一个耐张段的长度 , 根据地形和施工放线 , 紧线时方便 , 一般为 500 ~ 600m 左右 , 最长不超过 800m。在已经确定的杆位处 , 打下标桩。然后在这两点间连成直线确定中间杆的位置。对于 6 ~ 10kV 线路的档距 , 一般为 80 ~ 120m。在山区要根据地形而定 , 另外要注意 :

- (1) 在平坦地区各个档距要均衡 ;
- (2) 遇有障碍时 , 电杆可前后移动 ;
- (3) 遇有跨越物时 , 新架设线路在被跨越上方通过电杆 , 应尽可能靠近被跨物 , 使不在导线最低点跨越 , 新架设线路在下方的 , 在保证导线对地面距离的条件下 , 交叉点尽可能在新建线路的档距中间 , 各杆位确定后 , 打下标桩。第一耐张段的杆位定了以后 , 其他耐张段依此类推。

三、选择导线

输电线路导线的截面 , 要根据输送的功率来选择 , 选好了的导线要满足以下各种条

件。

- (1) 保证电压质量即电压损失应在允许范围以内。
- (2) 导线的温升不能过高,即导线中通过的电流不应超过允许的安全电流值。
- (3) 从架线投资、运行费用等综合考虑,要达到经济合理。

四、确定杆型和杆高

根据每基电杆所处的地形和任务,可参照杆型谱确定应用那种杆型。应尽量选用简单杆型,以便降低线路造价。

电杆的高度要根据导线对地(或对被跨物)的最小允许距离和导线在最高温度时的弧垂等因素来决定。

当确定了电杆的类型和电杆的高度以后,还要绘制线路设计图,编制所需材料表,做出施工预算等。

五、绘制设计图纸

根据勘测的资料,绘制输电线路的设计图纸,主要是绘制线路平面图和断面图。

(1) 线路平面图——在地形图上用 1/10000 比例尺(图上 1cm 等于 100m)表示出高压线路的中心线,图上标明标号、电杆型式、线路转角。并详注与交叉的各障碍物等。

(2) 线路断面图——绘制在图纸上的沿未来线路中心线的大地的纵断面,在图上说明有测点的桩号、桩距、测点的标高、杆号、杆型、档距等。为了较清楚地表明地形在断面图上的情形,对纵坐标的比例尺和横坐标的比例尺采取不同的比例,横坐标的比例用 1/5000,纵坐标的比例尺采用 1/500。其它各种设计图纸可参考标准设计。

六、编制材料计划

根据输电线路的设计图纸,可编制出装杆明细表。根据装杆明细表再来编制详细的材料计划。

七、施工预算

根据设计图纸和材料计划可编出施工预算,材料价格按照国家的标准价格。

第二章 电气计算

第一节 概 述

在输电线路中进行电气计算的目的是为了经济合理的选择导线的截面。输电线路的经济性与线路上的电能损耗有关。输电线路在输送电能时,导线中由于有电阻存在,故要产生有功功率损耗,另外由于电感的存在,在线路中还有无功功率损耗。输电线路中的有功损耗和无功损耗使电费增加,同时浪费了电力。

为了要提高输电线路的经济性,要降低输电线路的损耗,但不能只从加大导线的截面来解决,因为这样做会过多的增加投资,使基本建设资金得不到充分合理的运用。因此在增加导线截面,减小电能损耗与减少投资之间,要找出一个最合理的方案,所以要进行电气计算。

第二节 导线电阻和电抗的计算

一、电阻的计算

导线电阻的存在,不但使导体在通过电流时要发热,消耗功率和能量,而且会造成电

压降落。为了不使导线因温度升高 ,而影响运行的安全性 ,因消耗能量太多 ,而影响运行的经济性 ,以及因电压降太大而影响供电质量。这样就必须采取措施来减少电阻。要想减少电阻 ,就得增大导线的截面 ,这样增加了金属的消耗量而不经济 ,因此必须通过计算 ,正确的掌握电阻对输电线路的影响 ,使导线的截面选择得最经济合理。

在交流电路中由于集肤作用的影响 ,其电阻应以有效电阻来计算。但在 50 周的情况下 ,集肤作用是不大的。因此可按直流电阻计算。

导线的电阻可按下式进行计算 ,即

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

(14 - 2 - 1)

式中 ρ ——导线材料的电阻系数 $\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{km}$ ；
 L ——导线长度 km ；
 S ——导线的截面积 mm^2 ；

在进行输电线路计算时 ,因考虑到输电线路所用的导线 ,大都是绞线制成 ,绞线中线的实际长度要较导线长度大 2 ~ 3 %。另外在进行输电线路计算时 ,各导线材料的电阻系数 ,较原有材料的电阻系数要大些 ,其数值如下。

表 14 - 2 - 1 电阻系数表

导线材料	$\rho (\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{km})$
铜	18.8
铝	31.5

在实用上 ,各种标号的导线电阻 ,制造厂已经给出 ,在进行输电线路计算时 ,可直接查表 14 - 2 - 2。

二、电抗的计算

在交流电路中 ,电抗是一个十分重要的参数。由于电抗的存在 ,引起输电线路电压损的增加 ,及功率因数的降低。

导线电抗的大小与导线的几何尺寸 ,三相导线的排列方法 ,及相间距离有关 ,其数值的大小 ,可按下式计算 ,即

$$x = 2\pi f \left(4.6 \lg \frac{D_{\text{op}}}{r} + 0.5\mu \right) \times 10^{-4} (\Omega / \text{km})$$

(14 - 2 - 2)

式中 f ——交流电的频率 ；

D_{OP} ——三相导线间的几何平均距离；

表 14－2－2 铝绞线及钢芯铝绞线每公里的电阻(r)及电抗(x)值

截面(mm ²)	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
电阻 r (Ω/km)	1.98	1.28	0.92	0.64	0.46	0.34	0.27	0.21	0.17	0.132
	电抗值 x (Ω/km)									
	铝绞线(LJ)									
计算直径(mm)										
几何均距(m)	5.1	6.4	7.5	9.0	10.7	12.4	14.0			
0.6	0.358	0.345	0.336	0.325	0.315	0.303	0.297			
0.8	0.377	0.363	0.352	0.341	0.331	0.319	0.313			
1.0	0.391	0.377	0.366	0.355	0.315	0.334	0.327			
1.25	0.405	0.391	0.380	0.269	0.359	0.347	0.341			
1.5		0.402	0.391	0.380	0.370	0.358	0.352			
2.0		0.421	0.410	0.389	0.388	0.377	0.371			
截面(mm ²)	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
电阻 r (Ω/km)	2.04	1.38	0.85	0.65	0.46	0.33	0.27	0.21	0.17	0.132
	电抗值 x									
	钢芯铝绞线(LGJ)									
计算直径(mm)			8.4	9.6	11.4	13.7	15.2	17.0	19.0	21.6
几何均距(m)										
2.0			0.403	0.392	0.382	0.371	0.365	0.358		
2.5			0.417	0.406	0.396	0.385	0.379	0.372	0.365	0.357
3.0			0.429	0.418	0.408	0.397	0.391	0.384	0.377	0.369
3.5			0.438	0.427	0.417	0.406	0.400	0.398	0.386	0.378
4.0			0.446	0.435	0.425	0.414	0.408	0.401	0.394	0.386
4.5					0.433	0.422	0.416	0.409	0.402	0.394
5.0					0.440	0.429	0.423	0.416	0.409	0.401
5.5					0.440	0.429	0.423	0.422	0.415	0.407
6.0										0.413

输电线路的排列可分为三种情况：

(1)如图 14-2-1 所示的排列方法 其 $D_{OP} = \sqrt[3]{D_1 \times D_2 \times D_3}$

(2)如图 14-2-2 所示的三角排列 其 $D_{OP} = D_1 = D_2 = D_3$

(8)如图 14-2-3 所示的水平排列 其 $D_{OP} = \sqrt[3]{D \cdot D \cdot 2D}$
 $= 1.26D$

r ——导线的外半径；

μ ——导线材料的相对磁导率 对于有色金属 $\mu = 1$ 如果 $f = 50$, $\mu = 1$ 代入 14-2-2 式 则有

$$x = 0.1441g \frac{D_{OP}}{r} + 0.016\Omega/\text{km}$$

(14-2-3)

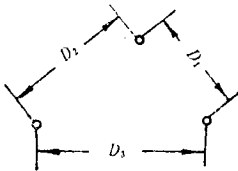


图 14-2-1 直角三角形排列

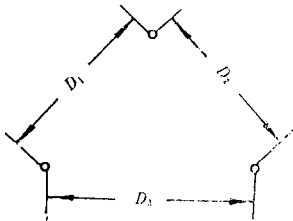


图 14-2-2 正三角形排列

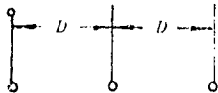


图 14-2-3 平行排列

为了使用上的方便 对各种几何平均距离的电抗值 已经预先算出 使用时 可直接查表 14-2-2。

例题 1 由某矿变电站向井口供电的 10kV 高压架空线路 导线是 LGJ-95 三角排列 每两线间距离均为 1m 线路总长度为 10km。试计算线路的电阻 R 和感抗 X 。

解 查表 14-2-2 得 $r = 0.34$; $x = 0.334$

10 公里导线的电阻 R 和电抗 X 为

$$R = r \cdot l = 0.34 \times 10 = 3.4\Omega$$

$$X = x \cdot l = 0.334 \times 10 = 3.34\Omega$$

第三节 输电线路电压损的计算

在计算输电线路的电压时,常常应用“电压降落”、“电压损失”这两个概念来说明沿线电压变化的情况。输电线路“电压降落”的定义是输电线路始端和末端的相量差,例如图 14-2-4 中,若 \dot{U}_1 是线路始端电压, \dot{U}_2 是线路末端电压,则相量 $\Delta\dot{U} = \dot{U}_1 - \dot{U}_2$ 即图 14-2-4 \overline{AB} 线段就是电压降落。电压损失是输电线路中始端和末端电压的算术差。如图 14-2-4 中的线段 \overline{AC} 就代表“电压损失”,为了计算方便使用线段 \overline{AD} 来代表“电压损失” \overline{AC} 这种近似计算所引起的误差是很小的。

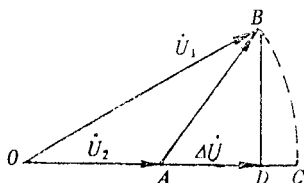


图 14-2-4 电压损失相量图

在实际应用中,用户所关心的是输电线路末端电压的大小。所以在日常工作中用“电压损失”的大小。作为判断电力网电压质量的指标,所以我们要重点讨论“电压损失”作为设计输电线路的依据。

每相输电线路的电压损失如图 14-2-5 所示。

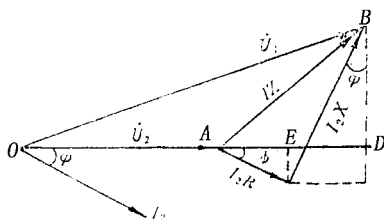


图 14-2-5 电压损失计算图

$$\begin{aligned}\Delta U_{\varphi} &= U_1 - U_2 \\ &= OD - OA = AD \\ &= AE + ED \\ &= I_2 R \cdot \cos \varphi_2 + I_2 X \cdot \sin \varphi_2\end{aligned}$$

线间电压损失

$$\Delta U = \sqrt{3} \Delta U_{\varphi} = \sqrt{3} I_2 R \cos \varphi_2 + \sqrt{3} I_2 X \sin \varphi_2 \dots \quad (14-2-3)$$

将(14-2-3)式变为

$$\begin{aligned}\Delta U &= \frac{\sqrt{3} U_2 I_2 \cos \varphi_2 R + \sqrt{3} U_2 I_2 \sin \varphi_2 X}{U_1} \\ &= \frac{P_2 R + Q_2 X}{U_2}\end{aligned} \quad (14-2-4)$$

式中 P_2 ——线路末端的有功功率 kW ;
 Q_2 ——线路末端的无功功率 kvar ;
 U_2 ——线路的额定电压 kV 。

例题 2 如前例题 ,当输送有功功率为 800kW ,无功功率为 600kvar 时 ,求线路的电压损失。

解 已知 $P = 800\text{kW}$; $Q = 600\text{kvar}$; $U_2 = 10\text{kV}$;
 $R = 3.4\Omega$; $X = 3.34\Omega$

代入(14-4)式得

$$\Delta U_2 = \frac{PR + QX}{U_2} = \frac{800 \times 3.4 + 600 \times 3.34}{10} = 472.4\text{V}$$

第四节 输电线路功率损失及电能损失的计算

在输送电能的过程中 ,因导线电阻 ,电抗的作用 ,产生功率损失和电能损失。其中有功损失变为热量使导线温度升高 ,将能量散播到空气中去 ,无功损失 ,则供给导线周围的交变电磁场。

一、功率损失的计算方法

输电线路的末端电压与功率为已知 ,并分别用 U_2 , P_2 和 Q_2 表示 ,那么输电线路中

的有功功率损耗为

$$\Delta P = 3 I^2 R \times 10^{-3} = 3 (I_a^2 + I_p^2) R \times 10^{-3} \text{ kW}$$

式中 I_a ——输电线路中电流的有功分量；

I_p ——输电线路中电流的无功分量。

$$\Delta P = \frac{(I_a^2 + I_p^2) R \cdot U^2}{U_2} \times 10^3 \text{ kW} = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_2} \cdot R \times 10^{-3} \text{ kW} \quad (14-2-5)$$

式中 U ——为输电线路的线电压, kV。

同理可证出输电线路的无功功率损耗

$$\Delta Q = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_2} \cdot \times 10^{-3} \text{ kvar} \quad (14-2-6)$$

二、电能损失的计算

在一定时间内,电能的损失 ΔW (kW·h),可用下式计算:

$$\Delta W = \Delta P \cdot t \quad (14-2-7)$$

式中 ΔP ——功率损失, kW；

t ——计算时间, h。

由于输电线路输送的有功功率 P 及无功功率 Q 都是变化的,故功率损失也是变化的,因此在计算电能损失时,须将计算时间分割成很小的时间间隔,分段计算,然后加在一起。则有

$$\Delta W = \Delta P_1 t_1 + \Delta P_2 t_2 + \dots + \Delta P_n t_n \quad (14-2-8)$$

式中 t_1, t_2, \dots, t_n 为分割成很小的计算时间间隔；

$\Delta P_1, \Delta P_2, \dots, \Delta P_n$ 分别与时间相应的功率损失。

三、线损率的计算

运行中的输电线路,在供电端及用电端都装有电度表时,线损率为

$$\Delta P \% = \frac{\text{供电量} - \text{用电量}}{\text{供电量}} \times 100 \quad (14-2-9)$$

式中 供电量——供电端电度表度数；

用电量——用电端各电度表度数之和。

要知道某一段线路的线损率时,也可以用下式计算:

$$\Delta P \% = \frac{\Delta P}{P} \times 100 \quad (14-2-10)$$

式中 ΔP ——线路的损失功率 kW ;
 P ——线路首端输送的有功功率 kW 。

例题 3 如前题的矿区输电线路 $P = 800\text{kW}$, $Q = 600\text{kvar}$,令 $U = 10\text{kV}$, $\cos\varphi = 0.8$, $L = 10\text{km}$,求有功功率损失 ΔP ,无功功率损失 ΔQ ,线损率 $\Delta P\%$ 以及每小时的电能损失各多少 ?

有功功率损失

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \cdot R \times 10^{-3} = \frac{800^2 + 600^2}{10^2} \cdot 3.4 \times 10^{-3}$$
$$= 34\text{kW}$$

无功功率损失

$$\Delta Q = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \cdot x \cdot 10^{-3} = \frac{800^2 + 600^2}{10^2} \cdot 3.34 \times 10^{-3}$$
$$= 33.4\text{kvar}$$

线损率

$$\Delta P \% = \frac{\Delta P \times 100}{P} = \frac{34 \times 100}{800} = 4.25 \%$$

每小时的电能损失

$$\Delta W = \Delta P \cdot t = 34 \times 1 = 34\text{kW} \cdot \text{h}$$

第五节 导线的经济电流密度

输电线路 ,增大导线截面 ,可以降低电能损耗 ,但需要的投资大 ;导线截面小 ,可节省投资和有色金属 ,但电能损耗将要增大。因此必须全面考虑 ,决定符合总的经济利益的导线截面 ,叫做导线经济截面。与导线经济截面相对应的电流密度叫做经济电流密度。

导线的经济电流密度与电能损耗、折旧费、检修费和维护管理费有关。而且是随着国家经济条件而变的。我国现行的经济电流密度如表 14 - 2 - 3 所示。

表 14 - 2 - 3 经济电流密度(A/mm^2)

每年工作时间(h) 导线种类	3000 以下	3000 ~ 5000	5000 以上
铜导线	3	2.25	1.75

每年工作时间(h) 导线种类	3000 以下	3000 ~ 5000	5000 以上
铝导线	1.65	1.15	0.9

第六节 选择导线截面

对于输电线路导线截面的选择 ,根据输电距离 ,电压损失 ,最大负荷使用时间的特点 ,首先是根据经济电流密度来初选导线截面 ,然后根据电压损和导线发热两个条件来进行校验。

一、按照经济电流密度来初选导线截面

已知输电线路中输送的有功功率和功率因数 ,求出通过导线的电流 ,根据表 14 - 2 - 3 中的经济电流密度 ,计算出所需要的导线截面。即

$$S = \frac{I}{J}$$

(14 - 2 - 11)

式中 S ——导线截面 , mm^2 ;
 I ——输电线路中通过的电流 , A ;
 J ——经济电流密度 , A/mm^2 。

二、按照允许电压损来校验导线截面

根据公式(14 - 2 - 4)计算出初选导线截面的电压损 ΔU ,按照架空配电线路技术规程规定 ,输电线路的允许电压损为

$$\Delta U = 5\% \times U$$

(14 - 2 - 12)

式中 ΔU ——输电线路的允许电压损 ;
 U ——输电线路的额定电压。

三、按照导线发热条件来校验导线截面

在表 12 - 2 - 4 中列出了各种截面长期允许通过的安全电流值 ,表 14 - 2 - 5 中列出了当导线处于不同空气温度下 ,对表 14 - 2 - 4 所列数值的校正系数。校正系数应根据当地最热月份的平均最高温度查表 14 - 2 - 5 确定。从表 14 - 2 - 5 查得的数值乘以安全电流值 ,即可得实际的安全电流值。

表 14－2－4 各种导线长期允许通过的安全电流

导线型号	安全电流(A)	导线型号	安全电流(A)
LJ—16	105	LGJ—16	110
LJ—25	135	LGJ—25	140
LJ—35	170	LGJ—35	170
LJ—50	215	LGJ—50	220
LJ—70	265	LGJ—70	275
LJ—95	325	LGJ—95	335
LJ—120	375	LGJ—120	380
LJ—150	440	LGJ—150	445
LJ—180	500	LGJ—180	515
		LGJ—240	610

表 14－2－5 在不同周围空气温度下的校正系数

导线材料	周围空气温度(℃)							
	5	10	15	20	25	30	35	40
铝	1.145	1.11	1.074	1.038	1	0.96	0.92	0.88

例题 4 如例题 2 ,3 中的矿区 ,10kV 输电线路长度为 10km ,输送的有功功率为 800kW ,无功功率 600kvar ,功率因数为 0.8 ,选择导线截面。

1. 计算负荷电流

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} U \cos\varphi} = \frac{800}{\sqrt{3} \times 10 \times 0.8} = 58$$

2. 根据经济电流密度初选导线截面

根据矿区输电线路的特点 ,取电流密度 $J = 1.15\text{A}$,则导线截面

$$S = \frac{I}{J} = \frac{58}{1.15} = 50\text{mm}^2$$

考虑将来的发展选用 LGJ－95 的导线。

3. 按允许电压损来校验导线截面

参照例题 2 ,已知电压损 $\Delta U = 472.4\text{V}$

所以

$$\Delta U \% = \frac{472.4}{10000} \times 100 \% = 4.72 \% < 5 \%$$

4. 根据发热条件来校验导线截面

查表 14－2－4 知 LGJ－95 导线的安全电流为 325A ,大于导线所通过的电流。

第三章 杆塔、横担、拉线的选择计算

第一节 杆塔计算

一、杆塔的水平荷载

杆塔所受的水平荷载由两部分组成：一是导线风压，二是导线拉力因水平角而产生的分力，如图 14-3-1 所示。电杆 A 为一转角杆，线路转角为 θ ，前档的档距为 S_1 ，后档的档距为 S_2 ，风速方向如图 14-3-1 所示。垂直于导线的风压为

$$P_1 = P \times \cos \frac{\theta}{2} \quad (14-3-1)$$

作用于电杆 A 与风速相同的风压为 P_2 ，如图 14-3-1 所示。

$$P_2 = P_1 \times \cos \frac{\theta}{2} = P \times \cos^2 \frac{\theta}{2} \quad (14-3-2)$$

$$P = g_4 \times S \times L_s \quad (14-3-3)$$

式中 g_4 ——风速比载；

θ ——风向与线路方向的夹角；

S ——导线截面；

L_s ——导线长度为两档的算术平均值，即

$$L_s = \frac{1}{2}(L_1 + L_2)$$

则
$$P_2 = g_4 \times S \times \frac{1}{2} (L_1 + L_2) \cos^2 \frac{\theta}{2} \tag{14-3-4}$$

电杆 A 所承受拉力的水平分力如图 14-3-2 所示。这水平分力为

$$2 T \sin \frac{\theta}{2} \tag{14-3-5}$$

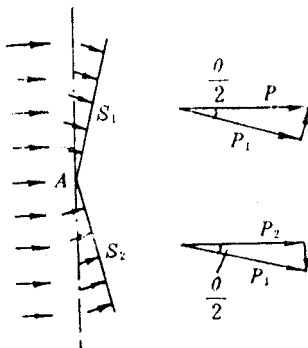


图 14-3-1 作用于电杆的风压

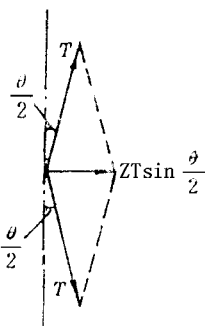


图 14-3-2 电杆承受拉力图

二、导线拉力

矿山输电线路导线中的拉力共分三种 ,一是导线最大使用拉力 T_{AO} ,这是在最严重的情况下导线悬挂点所出现的拉力。如果代表档距小于导电线的临界档距 ,则最大使用拉力出现在荷载最大的情况下。二是导线在最大风压时的拉力 T_F ,当风速很高时 ,将对导线作用很大的压力。三是事故时导线拉力 T_R ,当输电线路发生断线事故时 ,导线对电杆的拉力。这三种拉力对于设计和选择电杆是非常重要的 ,现举例说明如下。

例题 1 有一矿山输电线路的一个耐张段如图 14-3-3 所示。其技术数据如表 14-3-1 所示。气象条件为Ⅳ级气象区 ,试计算出周围温度在 -20°C 时 ,事故时导线的拉

力 T_K 。

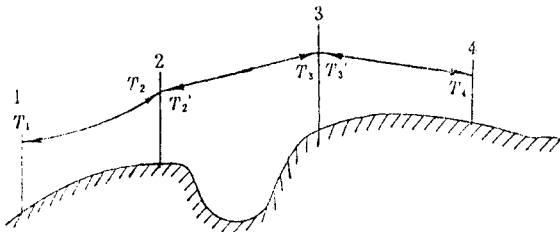


图 14-3-3 耐张段电杆

表 14-3-1 耐张杆技术数据表

杆号	标高	杆型代号	电杆长度	线路转角	档距
1	361.2m	NG ₁	12	0°	268m
2	369.4m	ZG ₂	12	0°	154m
8	386.8m	ZS ₁	15	0°	201.8m
4	382.4m	JG ₂	15	30°	223m

求代表档距：

$$l_0 = \sqrt{\frac{\sum l_3}{\sum l}} = \sqrt{\frac{154^3 + 201^3 + 151^3}{154 + 201 + 151}} = 174\text{m}$$

Ⅳ级气象区 ,LGJ-95 的临界档距为 186m ,代表档距小于临界档距。故最大应力发生在气温 -20℃ 风速为 0 时 ,其最大应力为 11.3kgf/mm² ,因此在这一代表档距中导线弧垂处的拉力。

$$t_A = A \cdot \sigma = 113 \times 11.3 = 1282\text{kgf}$$

最大风速 25m/s 发生在 -5℃ 时 ,其应力为

$$\begin{aligned} \sigma - \frac{l^2 g_4^2 E_0}{24 \sigma^2} &= \sigma_m - \frac{l^2 g_1^2 E_0}{24 \sigma_m^2} - x E (t - t_m) \\ \sigma - \frac{174^2 \times (6.01 \times 10^{-3})^2 \times 8.47 \times 10^3}{24 \sigma^2} \\ &= 11.3 - \frac{174^2 \times (3.57 \times 10^{-3})^2 \times 8.47 \times 10^3}{24 \times 11.3^2} \\ &\quad - 18.9 \times 10^{-6} \times 8.47 \times 10^3 (-5 + 20) \end{aligned}$$

得

$$\sigma = 11\text{kgf/mm}^2$$

导线最大风压时,导线弧垂处的拉力为

$$t_p = 113 \times 11 = 1243 \text{ kgf}$$

事故时导线的拉力:在直线杆塔中两边的拉力相等,所以是平衡的。事故时,是指发生了一相断线,导线中的拉力等于其不平衡力,等于导线中的最大使用拉力,即

$$T_B = T_A$$

以上这些拉力是代表档距为 174m 时的拉力。首先计算中间档。中间档的拉力等于代表档距的拉力。可求出图 14-3-3 中 T_1 、 T_2 、 T'_2 、 T_3 、 T'_3 、 T_4 各拉力。

这些拉力有如下的关系:

$$(1) T_2 = T'_2; T_3 = T'_3$$

$$(2) T_3 = t_A + Wf_h; f_h = f \left(1 + \frac{h_2^2}{4f} \right)^2$$

$$(3) T_2 = T_3 - Wh_2$$

$$T_4 = T'_3 - Wh_3$$

$$T_1 = T_2 - Wh_1$$

式中 W ——导线每米的重量;

f_h ——中间档导线的水平弧垂;

h_2 ——两电杆的高差;

f ——中间档导线的斜弧垂;

h_3 ——3 号杆与 4 号杆的高差;

h_2 ——2 号杆与 3 号杆的高差;

h_1 ——1 号杆与 2 号杆的高差;

中间档的斜弧垂:

$$f = \frac{g_1 l_2}{8\sigma} = \frac{3.575 \times 10^{-3} \times (201)^2}{8 \times 11.3} = 1.6 \text{ m}$$

中间档的水平弧垂:

$$f_h = f \left(1 + \frac{h_2^2}{4f} \right)^2 = 1.6 \left(1 + \frac{17.4}{4 \times 1.6} \right)^2 = 22.2 \text{ m}$$

导线每米的重量: $W = 0.4 \text{ kg/m}$

$$\text{则 } T_3 = t_A + Wf_h = 1282 + 0.4 \times 22.2 = 1290.9 \text{ kgf}$$

$$T_2 = T_3 - Gh_2 = 1290.0 - 0.4 \times 17.4 = 1283.9 \text{ kgf}$$

$$T_4 = T'_3 - Gh_3 = 1290.9 - 0.4 \times 4.4 = 1289.14 \text{ kgf}$$

$T_1 = T_2 - Gh_2 = 1283.9 - 0.4 \times 8.2 = 1280.6\text{kgf}$

上面计算的是各杆塔气温在零下-20℃时导线的最大使用拉力 T_A 。用同样的关系可计算出导线在最大风压时的拉力 T_F ,事故时导线的拉力 T_K ,与 T_A 相等 ,计算结果见表 14-3-2。

表 14-3-2 拉力计算表

	1 号杆	2 号杆		3 号杆		4 号杆
	$T_1(\text{kgf})$	$T_2(\text{kgf})$	$T'_2(\text{kgf})$	$T_3(\text{kgf})$	$T'_3(\text{kgf})$	$T_4(\text{kgf})$
T_A	1280.6	1283.9	1283.9	1290.9	1290.9	1289.14
T_F	1238.6	1241.9	1241.9	1248.9	1248.9	1747.1
F_R	1280.6	1283.9	1283.9	1290.9	1290.9	1289.14

三、直线单杆机械强度的计算

直线单杆包括杆型谱中的 ZG、ZKG、ZQG 型几种电杆 ,这些电杆所受到的力如下。

- (1)装在电杆顶端横担和绝缘子的重量。
- (2)导线的重量。
- (3)垂直于线路方向 ,作用于电杆上的风力。
- (4)垂直于线路方向 ,作用于导线上的风力。

前两种力是作用于电杆的垂直荷载。后两种力 ,垂直于沿线路方向。作用于电杆和导线上的风力 ,为水平荷载。主要是根据水平荷载的大小 ,来计算电杆的强度 ,验算电杆在地面处所受弯距的大小。设此弯距为 M_2 ,则

$$M_2 = 1.15(3PH_0 + M_0) \tag{ 14-3-6 }$$

式中 1.15——安全系数 ;
3——电杆上的导线数 ;
 P ——一相导线上的风压 ;
 H_0 ——电杆露出地面的高度 ;
 M_0 ——风压对杆根产生的弯距 ,可根据电杆尺寸、风速 V 及 H_0 值查图 4-4 中的曲线 ;

L_s ——水平档距 , $L_s = \frac{1}{2}(L_1 + L_2)$

L_1 ——前档的档距 ;
 L_2 ——后档的档距。

例 2 在例题 1 耐张段中的 2 号杆 ,杆型为 ZG₂ 型。直线杆选 12mE 型电杆许用弯距为 4700kgf·m ,试验算其强度。

根据 $H_0 = 10\text{m} ; V = 25\text{m/s} ; \phi = 190\text{mm}$ 。

查得 $M_0 = 340\text{kgf} \cdot \text{m}$

则一相导线上的风压 $P = g_4 \times S \times L_s$

$$g_{(25)} = 4.831 \times 10^{-3} \text{ kgf/m} \cdot \text{mm}^2$$

$$L_s = \frac{1}{2}(L_1 + L_2) = \frac{1}{2}(154 + 201.8) \\ = 177.9\text{m}$$

$$S = 113\text{mm}^2$$

得 $P = 4.831 \times 113 \times 177.9 = 97\text{kgf} \cdot \text{m}$

$$M_2 = 1.15(3PH_0 + M_0) = 1.15(3 \times 97 + 320)$$

$$= 3740\text{kgf} \cdot \text{m} < \text{许可弯距} = 4700\text{kgf} \cdot \text{m}$$

这座杆塔选用 12mE 型电杆是安全的。

四、耐张杆塔机械强度的计算

耐张杆塔有两种 ,第一种为 NG₁、NG₂ 型 ,其杆型图如图 14-3-4 所示。在电杆的前后有拉线。这种类型的耐张杆所受的弯距分做两部分。第一部分是作用于导线和电杆的风压 ,对杆根所产生的弯距 M_2 按 14-3-6 式计算。第二部分是横担处所受到的弯距 M_1 。在正常情况下只有中相导线所受到的风压对它产生弯距。

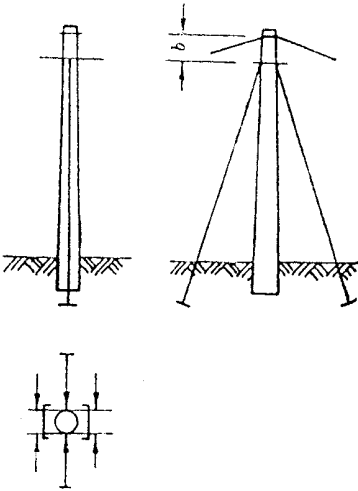


图 14-3-4 耐张杆塔

$$M_1 = P \times b \quad \text{kgf} - \text{m} \quad (14-3-7)$$

式中 b ——电杆杆顶到横担处的长度单位。(m)

在事故的情况下假如中相的导线有一侧断线则弯距为

$$M_1 = T_R \times b \quad \text{kg} - \text{m} \quad (14-3-8)$$

式中 T_R ——事故时导线拉力；

b ——电杆杆顶到横担处的长度单位(m)

第二种类型的耐张杆为 NG_3 、 NG_4 型,四个方向都有拉线,所以电杆的杆根不受弯距只有横担受弯距。

例题 3 在例题 1 中的 1 号杆为 NG_4 型电杆采用 12mE 型电杆。用弯距为 4700kgf-m,验算强度。这种类型的电杆,因四面有拉线,只有横担处受弯距的作用。

(一)正常情况下

$$M_1 = P \times b$$

$$P = g_4 \times L_s \times S$$

$$\angle_s = (L_1 + L_2) = \frac{1}{2}(268 + 154) = 211\text{m}$$

$$S = 113\text{mm}^2$$

$$g_4 = 4.83 \times 10^{-3}$$

得

$$P = 4.83 \times 10^{-3} \times 113 \times 211 = 114.2\text{kgf}$$

$$b = 0.3\text{m}$$

$$M_1 = P \times b = 114.2 \times 0.3 = 34.5 \quad \text{kgf} - \text{m}$$

(二)事故时

$$M_1 = T_R \times b$$

假如有一侧导线断线。这个事故发生在最严重的情况下,即零下 -20°C 时,查表 14-3-2 得导线拉力, $T_R = 1280.6\text{kg}$ 。则

$$M_1 = T_R \times b = 1280.6 \times 0.3 = 385 \quad \text{kgf} - \text{m}$$

从以上的计算可知例题 1 中的一号杆,无论是正常或事故情况下,横担处所受的弯距 M_1 均小于许可弯距。

五、转角杆塔机械强度的计算

(一) 45° 以下的转角杆

属于这种类型的杆塔有 JG_2 、 JG_4 型的电杆,如图 14-3-5 所示。因有两根拉线,作

用于这种型式的杆塔 ,电杆四个方向受拉力 ,故对杆根无弯距。

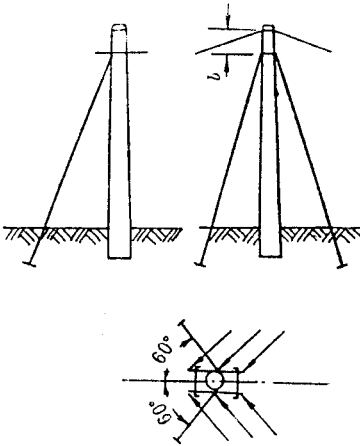


图 14-3-5 转角杆塔



图 14-3-6 转角杆塔受力图

$$M_1 = b \left(P \times \cos^2 \frac{\theta}{2} + T_{A1} \cdot \sin \frac{\theta}{2} + T_{A2} \cdot \sin \frac{\theta}{2} \right) \tag{14-3-9}$$

式中 T_{A1} ——转角杆前档的导线拉力；
 T_{A2} ——转角杆后档的导线拉力；
 θ ——线路转角。

事故情况下 $M_1 = b T_R$

式中 T_R ——中相断线时 ,导线拉力。

例题 4 例题 1 中的 4 号杆为 JG₂ 型电杆。为转角杆 ,转角为 30° ,为 15mE 型电杆求横担处所受弯距。

导线风压：

$$\begin{aligned} P &= g_4 S L_s = 4.831 \times 10^{-3} \times 113 \times \frac{1}{2} (151.4 + 223) \\ &= 102.3 \text{ kg} \end{aligned}$$

T_{A4} 查表 14-3-2 得 $T_{A4} = 1289.14 \text{ kgf}$

假定 4 号杆为纯转角杆, 则 $T_{A4} = T_{A4'}$, $b = 0.3 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \text{则弯距 } M_1 &= b \left(P \cos^2 \frac{\theta}{2} + T_{A1} \cdot \sin \frac{\theta}{2} + T_{A2} \cdot \sin \frac{\theta}{2} \right) \\ &= 0.3 \times 102.3 \times \left(\cos \frac{15^\circ}{2} \right)^2 + 1289.14 \times \sin \frac{30^\circ}{2} + 1289.14 \times \sin \frac{30^\circ}{2} \\ &= 226 \text{ kgf} \cdot \text{m} \quad \text{允许弯距} \end{aligned}$$

当中相导线发生断线事故时查表 14-3-2 得

$$T_R = 1289.14 \text{ kgf}$$

则 $M_1 = b T_R = 0.3 \times 1289.14 = 387 \text{ kgf} \cdot \text{m}$

小于允许弯距。

2. 转角在 90° 以下的转角杆

90° 以下的转角杆如图 14-3-7 所示。因有两根拉线, 四个方向受力, 故杆根不受弯距作用, 只有横档处受弯距作用, 按下式验算

$$\begin{aligned} M_1 &= b_1 \left(P_1 \cos^2 \frac{\theta}{2} + T_{A1} \cdot \sin \frac{\theta}{2} \right) \\ &\quad + b_2 \left(\cos^2 \frac{\theta}{2} + T_{A2} \cdot \sin \frac{\theta}{2} \right) \end{aligned} \quad (14-3-10)$$

式中 P_1 ——转角杆前档导线的风压,

$$P_1 = g_4 \times S \times \frac{1}{2} L_1 ;$$

T_{A1} ——转角杆前档的导线最大使用拉力;

P_2 ——转角杆后档导线的风压;

$$P_2 = g_4 \times S \times \frac{1}{2} L_2 ;$$

T_{A2} ——转角杆后档的导线最大使用拉力。

事故情况下按下式验算

$$M_1 = b_2 T_R$$

六、终端杆塔机械强度的计算

终端杆所受的弯矩有两部分, 即主杆横担处所受弯矩 M_1 和主杆地面处所受弯矩

M_2 。 M_1 要在两种情况下进行校核。

第一种情况 ,中相导线上的风压与导线上最大风压时的拉力的合成。中相导线上的风压垂直于线路 ,最大风压时导线上的拉力与线路平行 ,因此这个合力为

$$R = \sqrt{P_2 + T_F^2}$$

则

$$M_1 = bR = b \sqrt{P^2 + T_F^2} \tag{14-3-111}$$

第二种情况 利用导线的最大使用拉力 进行校验 , $M_1 = bT_A$ 主杆地面处的弯距按式(14-3-6)计算 ,即

$$M_2 = 1.15(3PH_0 + M_0)$$

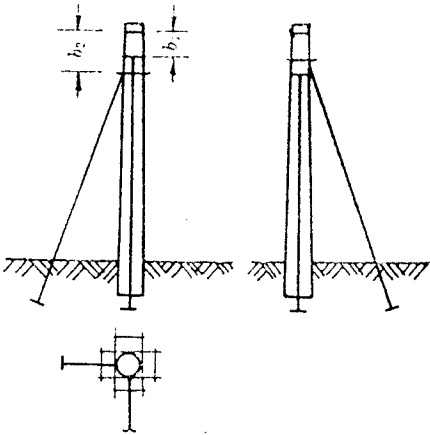


图 14-3-7 转角杆

七、直线双杆的选择计算

(一) ZG₂₁、ZG₂₂型双杆

这种类型的双杆如图 14-3-8 所示 ,用于大档距垂直荷载不大的地方 ,使用针式瓷瓶。导线和杆身表面受风压作用后而使杆根产生弯距。每根电杆杆根所受的弯距为 M_2 则

$$M_2 = 0.6(3Ph_2 + 2M_0) \tag{14-3-12}$$

式中 P ——一相导线上的风压 ;

M_0 ——杆身所受风压。

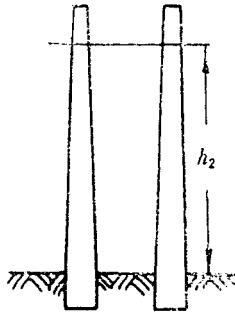


图 14-3-8 直线双杆

(二) ZG₂₃₋₂₆ 型双杆

这种类型的直线双杆用于大档距,垂直荷载大的地方,使用悬式瓷瓶,如图 14-3-9 所示。在正常情况下每根电杆,杆根所受弯距为

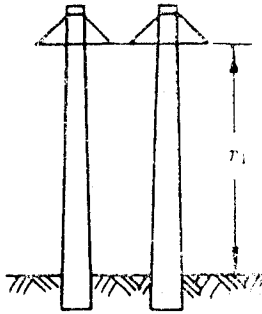


图 14-3-9 直线双杆

$$M_2 = 0.6 (3Ph_2 + 2M_0)$$

在发生事故,考虑发生一相断线的情况,为

$$M_2 = 0.5 h_2 T_R \quad (14-3-13)$$

式中 T_R ——导线事故时拉力。

例题 5 有一 ZG₂₅ 型的直线双杆,前档的档距为 336m,后档的档距为 313m。电杆为 12mE 型,电杆稍径 $\phi 190$ 。许可弯距为 4700kgf-m。为一级气象区, $h_2 = 9.5$ m。其它条件,同例题试验算电杆的强度。事故的导线拉力 $T_R = 1182$ kgf。

根据稍径 = 190mm, $V = 25$ m/s, $H_C = 10$ m,查曲线得 $M_0 = 340$ kgf-m。一相导线上的风压:

$$P = g_4 L_s S = 4.831 \times 10^2 \times 113 \times \frac{1}{2} (336 + 313)$$

$$= 177\text{kgf}$$

正常情况下

$$\begin{aligned} M_2 &= 0.6(3Ph_2 + 2M_0) \\ &= 0.6(3 \times 177 \times 9.3 + 2 \times 340) \\ &= 3400 \quad \text{kgf} \cdot \text{m} < \text{许可弯距} \end{aligned}$$

事故情况下 $T_R = 1182\text{kgf}$

$$M_2 = 0.5h_2 T_R = 0.5 \times 9.3 \times 1182 = 5500 \quad \text{kgf} \cdot \text{m}$$

略大于许可弯距,因电杆的安全系数 $K = 2$,故还可应用。

八、终端双杆的选择计算

终端双杆如图 14-3-10 所示,终端杆因有拉线,所以杆身弯距,只受风压的作用。用作用于导线和杆身表面的风压来进行计算,与式(14-3-13)相同。即

$$M_2 = 0.6(3Ph_2 + 2M)$$

用这个弯距来校验电杆的强度。

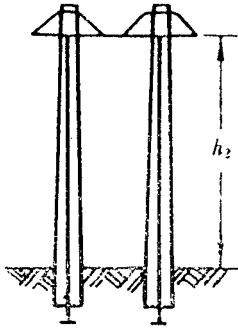


图 14-3-10 终端双杆

第二节 横担的选择计算

一、横担的分类

横担是输电线路中一个很重要的组成部分,在矿山输电线路中横担可分成为三种。

(1)瓷横担——瓷横担是近年来新发展起来的一种新型横担,具有防雷水平高,节约钢材的优点,多使用在重雷地区。可提高输电线路的耐雷水平,减少停电事故,多用于平原丘陵地区,用于山区时要注意控制前后档距的最大拉力差。国产的10kV瓷横担的技术规格如附表14-3-3所示。

表 14-3-3 10kV 瓷横担技术规格

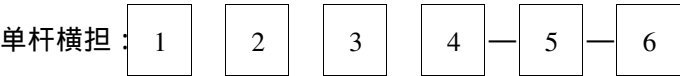
型 号	绝 缘 距 离 (mm)	泄 漏 距 离 (mm)	(50 %) 全 波 冲 击 (mm)	闪 络 电 压(不 小 于)			抗 弯 破 坏 (不 小 于) (kgf)	重 量 (kg)
				工 频(千 伏、有 效 值)				
				干	湿			
					垂 直	水 平		
DDC ₃ – 230/250	365	380	230	140	65	75	400	4.75
DC ₃ – 230/250	365	380	230	140	65	75	400	4.75

注 :DC——瓷横担绝缘于 ;
DDC——顶相瓷横担绝缘子 ;
3——设计顺序 ;
230——表示 50%全波冲持闪络电压 ;
250——抗弯破坏负荷值。

(2)钢横担——一般多用于轻雷地区,或不重要的输电线路。其优点是不用木材,使用寿命较久。缺点是耐雷水平较低。但是目前用的较广泛。

(3)木横担——用于雷电活动频繁地区,可以提高耐雷水平,减少雷害停电事故。缺点是木材使用时间短,目前应用较少,多为瓷横担所代替。

输电线路的横担,为了制造和应用上的方便,都编有一定的型号,这些型号中的字母意义如下：



其中 1——横担用字母“ H ”表示；
2——杆型代号,用下列文字区分：

杆型	直线	跨越	加强	耐张、转角及终端
符号	Z	Z	ZQ	N

3——横担系列,用下列文字区分：

横担系列	瓷横担	钢横担	木横担
符号	C	G	M

4——横担材料规格 :二位数为角钢宽 ,三位数为木材梢径 ;
5——线间距离用(cm)表示 ;
6——横担与主杆安装孔距离用三位数值(mm)表示孔距 B 。例如 ,钢横担直线杆 ,角钢宽 63mm , $D = 1400\text{mm}$, $\phi 190$ 杆时 , $B = 203\text{mm}$ 。则横担的型式用下面符号表示 :
HZG63—140—203

双杆横担 :

1

2

3

4

5

 —

6

 —

7

 的意义如下 :

- 其中 1、2——为双杆横担用‘ HS ’表示 ;
 3——为杆型代号与单杆相同 ;
 4——为横担系列与单杆相同 ;
 5——为横担材料规格 ;
 6——为线间距离 ;
 7——为横担与主杆安装孔距离 ,表示方法与单杆相同。

例如 ,双杆耐张杆 ,木横担 $\phi = 160$, $D = 2400$, $\phi 150$ 杆。其符号表示如下 :
 HSNM 160—240—208

二、垂直荷载

输电线路的垂直荷载是作为横担选择计算的依据。如图 14 - 3 - 11 所示 , A 处杆塔横担所承受导线的垂直荷载 ,如 A 处杆塔与左右两边杆塔无高度差时 ,则 A 处杆塔横担所承受一相导线的垂直荷载 ,可以按下式计算 :

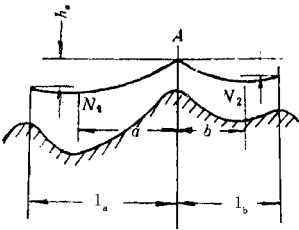


图 14 - 3 - 11 线路的垂直荷载

$$W(L_1 + L_2) \approx \frac{1}{2} W(l_a + l_b) = \frac{1}{2} Sg(l_a + l_b) \quad (14-3-14)$$

式中 S ——导线的截面；

g ——导线的比载,根据输电线路安装地点的气象条件,考虑导线自重与冰雪的重量。

当导线的悬挂点,到两侧档距里的杆塔有高度差时,计算导线的垂直荷载就不能按照式(14-3-14)计算,而要重新推导出计算公式。在图 14-3-11 中

$$a = \frac{1}{2} \left(l_a + \frac{2\sigma}{gl_a} h_a \right) = \frac{1}{2} l_a + \frac{\sigma h_a}{gl_a} \quad (14-3-15)$$

$$b = \frac{1}{2} \left(l_b + \frac{2\sigma}{gl_b} h_b \right) = \frac{1}{2} l_b + \frac{\sigma h_b}{gl_b} \quad (14-3-15)$$

$$\begin{aligned} a + b &= \frac{1}{2} (l_a + l_b) + \frac{\sigma}{g} \left(\frac{h_a}{l_a} + \frac{h_b}{l_b} \right) \\ &= \frac{1}{2} (l_a + l_b) + \frac{T}{W} \left(\frac{h_a}{l_a} + \frac{h_b}{l_b} \right) \end{aligned} \quad (14-3-17)$$

这是作为垂直荷载作用于悬挂点 A 的导线的档距的计算式。我们把这个档距叫做垂直档距。

现在将导线的实际长度和水平距离近似地认为相等,将上式乘以 W 就是导线的垂直荷载。

$$\begin{aligned} W(a + b) &= \frac{W}{2} (l_a + l_b) + T \left(\frac{h_a}{l_a} + \frac{h_b}{l_b} \right) \\ &= \frac{Sg}{2} (l_a + l_b) + T \left(\frac{h_a}{l_a} + \frac{h_b}{l_b} \right) \end{aligned} \quad (14-3-18)$$

式中 T ——导线弧垂处的水平张力。

式(14-3-18)是计算垂直荷载所使用的近似公式,是有误差的,只能在一定条件下才能使用。当计算输电线路的垂直荷载时,可按以下几种情况,运用不同的公式。

(1)当高差与档距之比 $h/l \leq 0.05$ 时,可运用式(14-3-18)计算垂直荷载。

(2)当高差与档距之比 $h/l \leq 0.2$ 时,可运用式(14-3-18)计算垂直荷载。

(3)当高差与档距之比 $h/l > 0.2$ 时,就必须计算出 a 、 b 段导线的实际长度,再乘导线重量,来求垂直荷载。

例题 6 如例题 1,求 3 号杆横档处所承担的垂直荷载。该输电线路安装的地方为 IV 级气象区,覆冰厚度 5mm。该输电线路的导线 LGJ—95 导线。截面 $S = 113\text{mm}^2$,比载 $g_3 = 5.917 \times 10^3 \text{kgf/m} \cdot \text{mm}^2$ 。

导线弧垂处的张力 $T = 1282 \text{ kgf}$

利用式(14-3-17),有

$$\begin{aligned} \text{重直荷载} &= \frac{S \times g}{2} (l_a + l_b) + T \left(\frac{h_a}{l_a} + \frac{h_b}{l_b} \right) \\ &= \frac{113 \times 5.917 \times 10^3}{2} (201.8 + 151.4) \\ &\quad + 1282 \left(\frac{17.4}{201.8} + \frac{4.4}{151.4} \right) \\ &= 120 + 149 = 269 \text{ kgf} \end{aligned}$$

三、直线单杆横担的选择计算

直线单杆如果选用瓷横担时,首先根据垂直荷载,验算其安全系数。

$$K = \frac{R}{G} > 2$$

式中 K ——瓷横担的安全系数;

R ——瓷横担的最低抗弯破坏强度, kgf ;

G ——瓷横担的计算垂直荷载。

瓷横担在水平装置时,不考虑覆冰的情况下,瓷横担上的最大荷载是悬挂点前后两档导线重量的一半,即

$$G = \frac{1}{2} W (l_1 + l_2) \text{ kgf}$$

式中 W ——导线每米的重量;

l_1 ——悬挂点前档的档距;

l_2 ——悬挂点后档的档距。

瓷横担在水平装置的气象条件在覆冰的情况下,瓷横担上的最大荷载是悬挂点前后两档导线重量及覆冰重量的一半,即

$$G = \frac{1}{2} g_3 (l_1 + l_2)$$

式中 g_3 ——导线考虑覆冰时的比载;

S ——导线的截面, mm^2 。

直线单杆,直线单杆加强杆。直线单杆跨越杆如果选用钢横担。其弯曲应力可当作悬臂梁来计算。如图 14-3-12,图 14-3-13 所示。

这些钢横担都是用角钢制成,其弯曲应力可按式计算,即

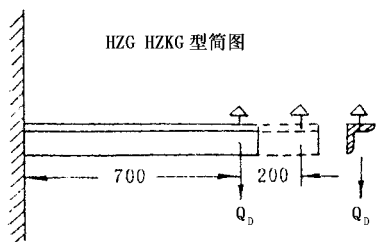


图 14-3-12 钢横担的弯曲应力

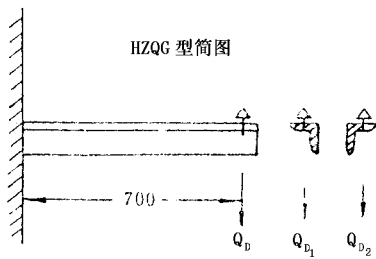


图 14-3-13 钢横担的弯曲应力

$$\sigma_u = \frac{Me}{J_x} \tag{14-3-19}$$

式中 M ——横担所受的弯矩 $M = Q_D \cdot l$;
 e ——角钢的一侧到中性轴的距离,查表 14-3-4 ;
 J_x ——角钢的惯性距,查表 14-3-4。

表 14-3-4 角钢的惯性距表

角钢规格	$J_x(\text{cm}^4)$	$e(\text{cm})$
50×50×5	11.2	1.42
63×63×6	27.1	1.78
75×75×7	53.3	2.10
80×80×8	73.4	2.27

横担的弯曲应力求出后,再求横担的安全系数,其数值大于 3 便可。安全系数按下式计算,即

$$K = \frac{[\sigma_u]}{\sigma_u} \tag{14-3-20}$$

例题 7 HZKG50—140—□型的钢横担允许多大荷载？

HZKG50—140—□可以看成跨度为 800 的悬臂梁(图 14-3-14)。

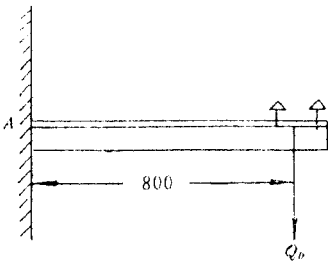


图 14-3-14 钢横担的弯矩图

在 A 点所受的弯距 $M = lQ_D$ 横担所允许的弯曲应力

$$\begin{aligned}\sigma_u &= \frac{[\sigma_u]}{n} = \frac{18}{3} = 6\text{kgf/mm}^2 \\ &= 600\text{kgf/cm}^2\end{aligned}$$

从式 14-3-15 得

$$\begin{aligned}M &= \frac{\sigma_u \cdot J_x}{e} = \frac{600 \times 11.2}{1.42} \\ &= 4800\text{kgf}\cdot\text{cm}\end{aligned}$$

则

$$Q_D = \frac{M}{l} = \frac{4800\text{kgf}\cdot\text{cm}}{80\text{cm}} = 60\text{kgf}$$

同样可以计算出其它几种类型横担的荷载,如表 14-3-5 所示。

在设计中为了方便,常根据每种型号的导线和根据式(14-3-17)计算和用垂直档距的距离来选择横担的型号,如图 14-3-13 所示。

表 14-3-17 横担许可荷载(单角钢)

	横担型号		角钢 宽度	许可荷载 Q_D
HZG50-140—□	HZKG50—140—□	HZQG50—140—□	50mm	80kgf
HZG63—140—□	HZKG63—140—□	HZQG63—140—□	63mm	115kgf
HZG80—140—□	HZKG75—140—□	HZQG75—140—□	75mm	190kgf
HZG80—140—□	HZKG80—140—□	HZQG80—140—□	80mm	295kgf

例 LGJ—95 导线每米重 $W = 0.4\text{kg/m}$ 。横担选用 $50 \times 50 \times 5$ 的角钢,其允许荷载

$Q_D = 60\text{kg}$ 求最大垂直档距。

$$l_Q = \frac{Q_D}{W} = \frac{60\text{kgf}}{0.4\text{kgf/m}} = 150\text{m}$$

则最大使用垂直档距为 $l_G = 150\text{m}$ 。

表 14-3-6 的方法是这样,假如导线是 LGJ—95 的导线,安装地点不覆冰,如果垂直档距(重直档距等于线路的水平档距,即根据式(14-3-16)计算出来的档距)是 150m,可采用 $50 \times 50 \times 5$ 角钢制成的横担。如果重直档距为 180m,就要采用 $63 \times 63 \times 6$ 角钢制成的横担。

四、单杆耐张杆横担的选择计算

单杆耐张杆如图 14-3-15 所示。是一种组合构件,共有两种型式,即 HNG—200 型和 HNG—140 型,每种类型里,根据角钢的宽度不同又有三种。我们在选择耐张杆的横担时,根据横担在线路上的受力情况,按照图 14-3-16、图 14-3-17 进行选择。

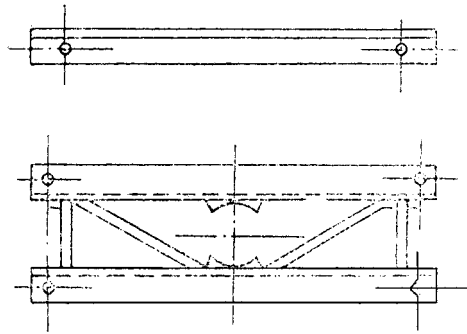


图 14-3-15 单杆耐张杆横担

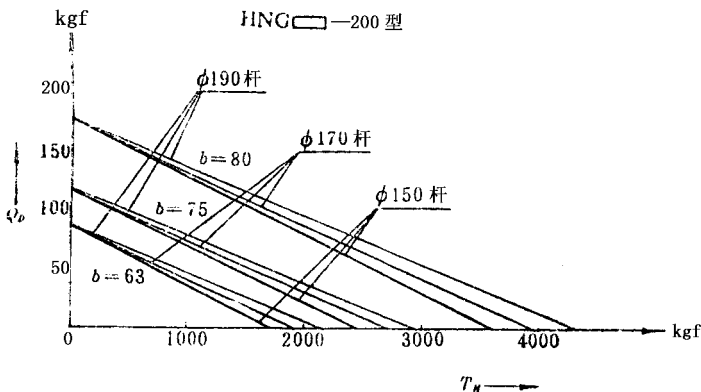


图 14-3-16 单杆耐张杆横担选择图

耐张杆横担 ,即要承受该耐张段导线的拉力 ,又要承担导线的垂直荷载。图 14 - 3 - 16、图 14 - 3 - 17 的横坐标 T_H 代表横担的许可拉力。纵坐标 Q_D 代表耐张杆一侧导线的垂直荷载 , b 为横担负钢的宽度。这两张图的使用方法 ,可参看下面的例题。

例题 8 LGJ - 150 导线 ,梢径为 $\phi 190$ 型的电杆 ,杆塔最大一侧的垂直荷载 $Q_D = 207\text{kgf}$,导线拉力 $T = 1265\text{kgf}$,试选择横担。

选 200 型横担时 , Q_D 超出范围 ,不能用。

可选 140 型横担如图 14 - 3 - 17 所示。首先在纵坐标找到和横坐标平行划一条平行线 ,与角钢宽度 $b = 80$,电杆梢径 $\Phi = 190$ 的那条直线相交 ,然后从这交点开始 ,划一条与纵坐标平行的平行线 ,交于横坐标得 $T_H = 1230\text{kgf}$; $Q_D = 207\text{kgf}$,许可使用应力 $T_H = 1230 \leq 1265\text{kgf}$ 。可选 HNG - 140 型横担。

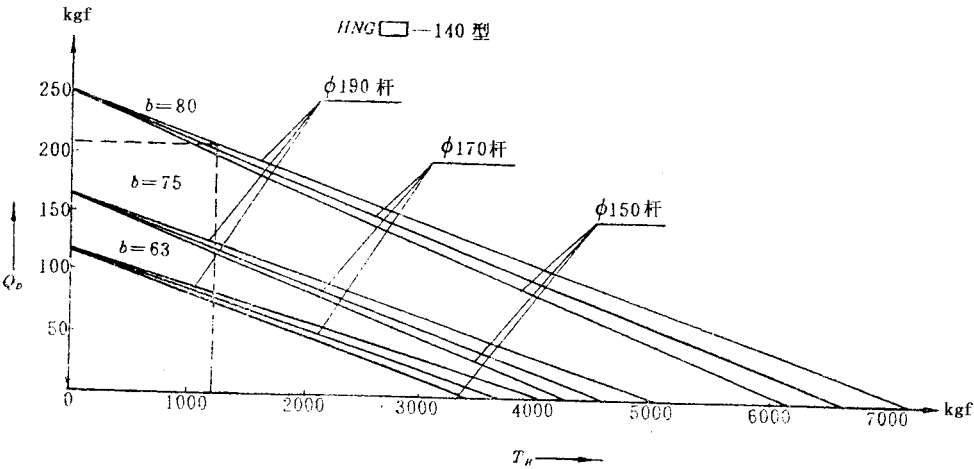


图 14 - 3 - 17 单杆耐张杆横担选择图

表 14 - 3 - 6 角钢横担材料表

导线型号 垂 直 档 距 (m) 覆 冰		LGJ					
		35	50	70	95	120	150
b = 0	100			50			
	120						
	150						
	180						
	225					63	75

<div>导线型号</div> <div>垂 直 档 距 (m)</div> <div>覆 冰</div>		LGJ					
		35	50	70	95	120	150
b = 5	100		50		63		
	120						
	150				75	80	
	180						
	225						
b = 10	100		63		75		
	120						
	150				80	80	
	180						
	225						

五、双杆直线杆钢横担的选择计算

双杆直线杆钢横担 ,有两种 ,一种是用于档距较小的有 HSZG63、75、80 型 ,是由双角钢组成。一种是用于档距较大的 ,有 HSZG50 型。这是由 50 角钢制成的桁架。下面我们首先介绍 HSZG63、75、80 型的钢横担。HSZG80 型的钢横担如图 14 – 3 – 18 所示。是由双角钢组成。用针式瓷瓶。其线间距离有 . 1.2m 和 1.8m 两种。我们用悬臂梁的办法来计算其抗弯强度。

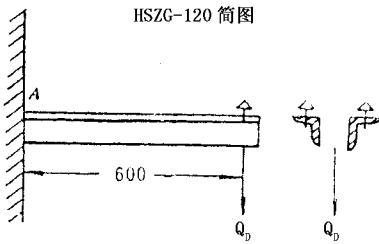


图 14 – 3 – 18 横担弯曲应力图

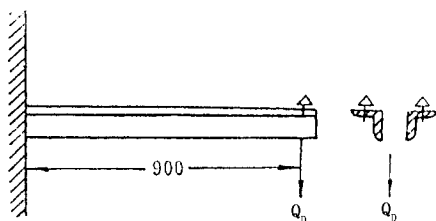


图 14-3-19 横担弯曲应力图

如图 14-3-18 所示 横担所允许的弯曲应力为

$$\sigma_u = \frac{[\sigma_u]}{K} = \frac{1800}{3} = 600\text{kgf/cm}^2$$

A 点所允许的弯矩

$$M = \frac{\sigma_u \cdot J_x}{e} = \frac{600 \times 27.1}{1.78} = 9100\text{kgf}\cdot\text{cm}$$

HSZG63-120 型一根角钢所允许的荷载为

$$Q_D = \frac{M}{e} = \frac{9100}{60} = 152\text{kgf}$$

HSZG63-120 型二根角钢所允许的荷载为

$$Q_D = 2 \times \frac{M}{l} = 2 \times \frac{9100}{90} = 230\text{kgf}$$

其它几种类型的横担同理可算出 其许可荷载如表 14-3-7 所示。

根据导线型号和垂直档距来选择横档 如表 14-3-8 所示。

表 14-3-7 许可荷载表(双角钢)

横担型号	角钢宽度	许可荷载 Q_D
HSZG63—120	63mm	304kgf
HSZG75—120	75mm	150kgf
HSZG63—180	63mm	230kgf
HSZG75—180	75mm	340kgf
HSZG80—180	80mm	485kgf

用于档距较大的直线双杆横但是 HSZG-50 型的 如图 14-3-20 所示。它是一个桁架结构 横担的承载力按照表 14-3-9 进行验算。

杆型	导线型号		LGJ							
	垂直覆冰	档距	35	50	70	95	120	150		
ZG21	b=0	150	HSZG63-120							
		180								
		225								
	b=5	150	HSZG 63-120							
		180								
		225								
	b=10	150	HSZG 63-120				HSZG75-120 ↓			
		180								
		225								
ZG22	b=0	180	HSZG 63-180							
		225								
		300								
	b=5	180	HSZG 63-160				HSZG75-180 ↓			
		225								
		300								
	b=10	180	HSZG 63-180			HSZG75-180 ↓				
		225								
		300								
		HSZG 75-180	HSZG80-180		✕					

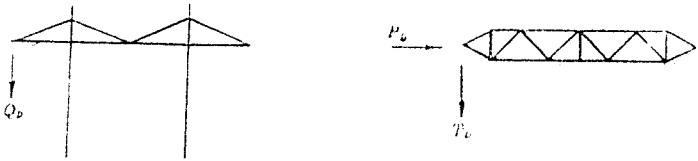


图 14-3-20 直线双杆横担

表 14-3-9 横担承载力表

情况	横担型号	主材受力计算公式	许可承受力 kgf	
			正常	事故
正常	HSZG50—120	$N = 0.5 P_D + 0.8 Q_D$	7080	
	HSZG50—180	$N = 0.5 P_D + 0.8 Q_D$	7130	
	HSZG50—240	$N = 0.5 P_D + 0.8 Q_D$	7280	
	HSZG50—300	$N = 0.5 P_D + 0.8 Q_D$	7280	
事故	HSZG50—120	$N = 0.5 P_D + 0.8 Q_D + 1.5 T_D$		9730
	HSZG50—180	$N = 0.5 P_D + 0.8 Q_D + 2.25 T_D$		9800
	HSZG50—240	$N = 0.5 P_D + 0.8 Q_D + 3.0 T_D$		10000
	HSZG50—300	$N = 0.5 P_D + 0.8 Q_D \pm 3.37 T_D$		10000

例题 9 有一 HSZG50-300 型横担用来架设 LGJ-150 导线。档距 $L = 400\text{m}$,水平档距 $L_s = 400\text{m}$,垂直档距 $L_Q = 600\text{m}$,故情况发生在覆冰厚度 $b = 15\text{mm}$,风速 $V = 0$, P_0

$= 0, Q_D = 592\text{kgf}, T_D = 980\text{kgf}$,验算该横担是否可用。

$$N = 0.8 \times 592 + 3.75 \times 980 = 4150 < 10000\text{kgf} \text{ 故可用。}$$

六、双杆耐张杆钢横担的选择计算

双杆耐张杆只有 HSN50 型一种型式 ,如图 14 - 3 - 21 所示。用于耐张杆。按照表 14 - 3 - 10 中的公式进行验算。

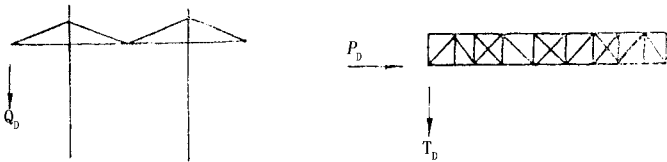


图 14 - 3 - 21 双杆耐张杆横担

表 14 - 3 - 10 横担承载力表

情况	横担型号	主材受力计算公式	许可承载力 (N)
正	HSNG50—120	$N = P_D + 1.6 Q_D + 1.5 T_D$	7070
	HSNG50—180	$N = P_D + 1.6 Q_D + 2.25 T_D$	7130
常	HSNG50—240	$N = P_D + 1.6 Q_D + 3 T_D$	7310
	HSNG50—300	$N = P_D + 1.6 Q_D + 3.75 T_D$	7310

例题 10 有一 HSN50 - 300 型横担安设在终端杆上 ,架设 LGJ - 120 型导线 ,档距 $L = 400\text{m}$,水平档距 $L_S = 200\text{m}$,垂直档距 $L_Q = 300\text{m}$ 。在最严重的荷载情况下 ,覆冰厚度 $b = 10\text{m}$,风速 $V = 15\text{m/s}$ 。

$$P_p = 152\text{kgf}, Q_D = 532\text{kgf}, T_D = 1533\text{kgf}$$

$$\begin{aligned} N &= P_D + 1.6 Q_D + 3.75 T_D \\ &= 152 + 1.6 \times 532 + 3.75 \times 1533 \\ &= 6750\text{kg} < 7110\text{kgf} \end{aligned}$$

第三节 拉线的选择计算

一、拉线的种类

拉线用于终端杆、转角杆、耐张杆和特殊的直线杆。用以平衡电杆所受的单向拉力；抵御横线路方向的风压荷载，保证输电线路杆塔的安全运行。拉线可分成以下几种。

(1) 直线杆塔的拉线 有两种直线杆塔，直线加强杆和直线转角杆（转角在 15° 以下）要装设拉线。直线加强杆是在杆塔的两侧，沿输电线路在横方向装设拉线用以平衡输电线路导线和电杆所受的风压荷载。直线转角杆是在转角的反方向装设拉线，用以平衡导线的不平衡力。

(2) 耐张杆塔的拉线 在输电线路电杆顺线路方向的前后加拉线或者在耐张杆塔的前后左右加四根拉线。用以平衡杆塔前后的不平衡力，或者抵御施工时所出现的单向拉力。

(3) 转角杆塔的拉线 因输电线路有转角，故杆塔前档和后档导线的拉力不能全部抵消，所以装设拉线加以平衡。除此之外，还考虑风压荷载对导线和杆塔的作用。防止杆塔歪斜。

(4) 终端杆塔的拉线 在终端杆塔上要装设拉线以平衡电杆所受的单向拉力。

二、单杆型杆塔拉线的受力计算

(一) 直线杆拉线

1. 直线加强杆的拉线（ZQG 型）

直线加强杆是用于垂直荷载、水平荷载较大或者相临两档高差较大的处所，防止倒杆或者杆塔歪斜。其拉线和受力情况如图 14-3-22 所示。拉线的方向是与导线的方向垂直的，与地面成 45° 角用拉线的水平分力 $T_L \times \cos\beta$ 来平衡风压荷载。

风压荷载对每根导线的作用力为

$$P = g_4 SL_s$$

式中 g_4 ——导线的风压比载；

S ——导线的载面；

L_s ——电杆的水平档距。

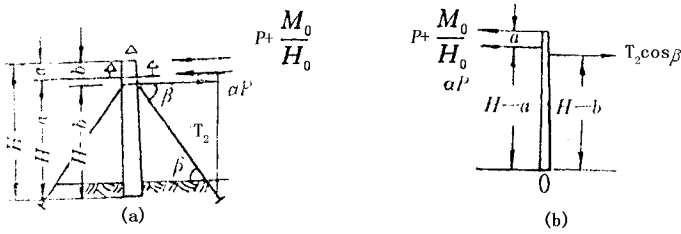


图 14-3-22 拉线受力图

作用于电杆的风压弯距为 M ,折算到电杆顶端的作用力为 $\frac{M_0}{H_0}$,电杆的受力情况如图 14-3-22(b)所示。中间导线的风压荷载与电杆的风压弯距 $\frac{M_0}{H_0}$ 作用于电杆顶端。两边相导线的风压 $2P$ 作用于 $H-a$ 的地方。拉线到电杆底部的垂直距离为 $H-b$ 。对电杆底部 O 点取力距则

$$T_L \times \cos\beta (H-b) = \left(P + \frac{M_0}{H_0} \right) H + 2P (H-a) = \left(3P + \frac{M_0}{H_0} \right) H$$
$$T_L = \frac{\left(3P + \frac{M_0}{H_0} \right) H}{\cos\beta (H-b)}$$

则

(14-3-21)

式中对于ZQG₃ 型电杆 $b=0.4$; $\beta=45^\circ$ 。

ZQG₄ 型电杆 $b=0.8$; $\beta=45^\circ$

2. 直线转角杆 (ZJG)的拉线

直线转角杆其转角是在 15° 以下的电杆只有一根拉线。这根拉线的作用除了平衡风压荷载以外 ,还要克服因线路转角所出现的不平衡拉力 ,拉线的拉力可按下式进行计算。即

$$T_L = \frac{\left(3P + \frac{M_0}{H_0} \right) H + 6 T_f \cdot \sin \frac{\theta}{2}}{\cos\beta (H-b)}$$

(14-3-22)

式中 T_f ——在最大风压时导线的拉力 ;

θ ——线路转角。

(二)耐张杆拉线

1. NG₁、NG₂ 型耐张杆拉线的计算

NG₁、NG₂ 型耐张杆沿线路导线方向在杆塔的前后埋设两根拉线。当发生断线事故

时,按断两根导线来考虑,一根中相导线和一根边相导线断线,这时拉线受力最大。

这时受力情况如图 14-3-23(b)所示,杆塔顶端中相导线的最大使用拉力为 T ,两边相导线的最大使用拉力为 $2T$,拉线的水平分力为 $T_L \times \cos\beta$ 。对 O 点取力矩,有

$$T_L \times \cos\beta(H-b) = T(H-a) + TH = 2TH$$

则
$$T_L = \frac{2TH}{\cos\beta(H-b)} \quad (14-3-22)$$

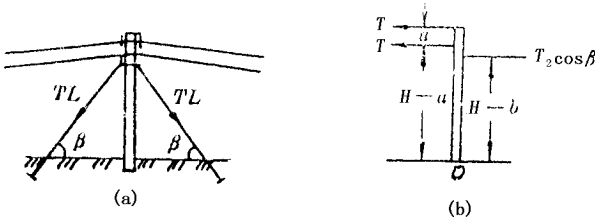


图 14-3-23 耐张杆拉线受力图

式中, T 为导线的最大使用拉力; $b = 0.4\text{m}$; $\beta = 45^\circ$

2. NG_3 、 NG_4 型耐张杆拉线的计算

NG_3 、 NG_4 型耐张杆有四根拉线分做两种情况来计算。拉线 1、2 是根据发生断线故障时出现的不平衡拉力,按式(14-3-23)进行计算,拉线 3、4 是按风压荷载,按式(14-3-21)进行计算。

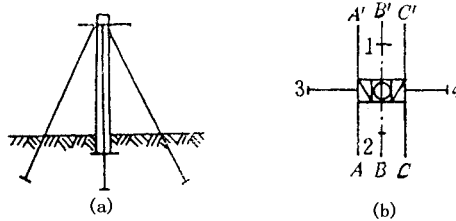


图 14-3-24 耐张杆拉线受力图

例题 11 如例题 1 中的 1 号杆为 NG_4 型耐张杆,杆长 12mE 型电杆,导线的最大使用拉力 $T_H = 1280.6\text{kgf}$,求各拉线上的拉力。

参考例题 13,求拉线 3、4 上的拉力。已知

$$M_0 = 340\text{kgf}\cdot\text{m}, H_0 = 10\text{m}$$

风压荷载

$$P = 114.2\text{kgf}$$

则

$$T_L = \frac{\left(3P + \frac{M_0}{H_0}\right) H}{\cos\beta (H - b)}$$
$$= \frac{\left(3 \times 114.2 + \frac{340}{10}\right) 12}{\cos 45^\circ (12 - 0.4)} = 533 \text{kgf}$$

假定 B', C' 导线断线求拉线 1 的拉力

根据(14-3-23)式,有

$$T_L = \frac{2 T_H}{\cos\beta (H - b)} = \frac{2 \times 1280.6 \times 12}{0.707 (12 - 0.4)} = 3700 \text{kgf}$$

(三) 转角杆拉线的受力计算

1. 转角在 45° 以下(JG_1JG_2) 转角杆拉线受力的计算

JG_1JG_2 型转角杆共有两根拉线,如图 14-3-25 所示,按以下几种情况来计算拉线上的力。

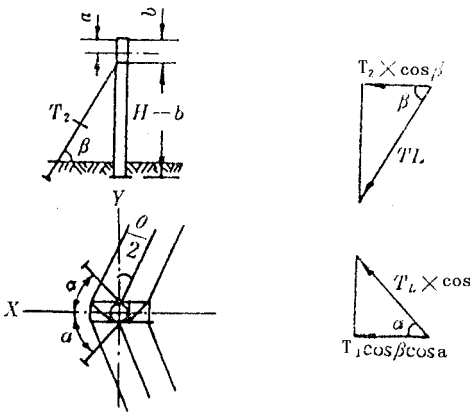


图 14-3-25 转角杆拉线受力图

(1) 在最大风压时拉线上所受的力

三根导线同电杆所受的风压荷载为 $3P + \frac{M_0}{H_0}$, 最大风压时六根导线的拉力。

$$6 T_F \cdot \sin \frac{\theta}{2}$$

式中 T_F ——最大风压时导线的拉力；

θ ——线路转角。

2 根拉线在 X 轴上的分力为 $2 T_{L1} \times \cos\beta \times \cos\alpha$

可写出下面的力距方程式

$$2 T_{11} \cos \alpha \cdot \cos \beta (H - b) = H \left(3P + \frac{M_0}{H_0} + 6 T_F \times \sin \frac{\theta}{2} \right)$$

$$T_{11} = \frac{H}{2 \cos \alpha \cdot \cos \beta} \cdot \frac{3P + \frac{M_0}{H_0} + 6 T_F \times \sin \frac{\theta}{2}}{H - b} \quad (14-3-24)$$

(2) 按导线最大使用拉力来计算拉线上的力

$$2 T_{12} \times \cos \alpha \cdot \cos \beta (H - b) = 6 T_A \times \sin \times \frac{\theta}{2} \times H$$

则

$$T_{12} = \frac{6 T_A \cdot \sin \frac{\theta}{2} H}{2 \cos \alpha \cos \beta \cdot (H - b)} \quad (14-3-25)$$

式中, T_A 为导线的最大使用拉力; $\theta = 45^\circ$; $\alpha = 60^\circ$; $b = 0.4\text{m}$ 。

(3) 在发生故障时拉线所受的拉力

在发生故障的情况下, 假定断了两根导线, 则出现了不平衡拉力, 如图 14-3-26 所示, 它所产生的力距为

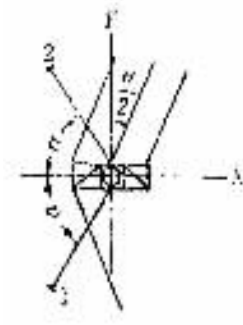


图 14-3-26 转角杆故障时拉线受力图

$$H \times T_R \cos \frac{\theta}{2} + (H - a) \times T_R \cos \frac{\theta}{2} = T_R \cos \frac{\theta}{2} (2H - a)$$

这个不平衡拉力, 由拉线 1 来平衡, 它产生的力距为

$$T_{13} \times \cos \beta \times \sin \alpha (H - b) = T_R \cos \frac{\theta}{2} (2H - a)$$

则

$$T_{13} = \frac{T_R \cos \frac{\theta}{2}}{\cos \beta \times \sin \alpha} \cdot \frac{2H - a}{H - b} \quad (14-3-26)$$

式中 T_R 为导线故障时的拉力; $b = 0.4\text{m}$; $a = 0.3\text{m}$; θ 为线路转角。

例题 12 参看例题 1 中的 4 号杆为 JG₂ 型转角杆, 转角为 30° 为 15m 电杆求拉线中

的拉力。

参考第一节例题 1 ,便题 4 ,已知 $P = 102.3\text{kgf}$,

$T_A = 1289.14\text{kgf}$, $T_f = 1247.14\text{kgf}$,

$H = 15\text{m}$, $H_0 = 13\text{m}$, $M_0 = 570\text{kgf}\cdot\text{m}$

$\theta = 30^\circ$; $\alpha = 60^\circ$; $\beta = 45^\circ$; $b = 0.4\text{m}$

(1)按最大风压来计算拉线上所受的力

$$T_{11} = \frac{H}{2\cos\alpha \cdot \cos\beta} \cdot \frac{3P + \frac{M_0}{H_0} + 6T_f \times \sin\frac{\theta}{2}}{H - b}$$

$$= \frac{15}{2\cos 60^\circ \times \cos 45^\circ} \cdot \frac{3 \times 102.3 + \frac{570}{13} + 6 \times 1247.14 \times \sin \frac{30^\circ}{2}}{15 - 0.4}$$

$$= 3200\text{kgf}$$

(2)按导线最大使用拉力来计算拉线上的力

$$T_{12} = \frac{6T_A \cdot \sin\frac{\theta}{2}H}{2\cos\alpha \cdot \cos\beta(H - b)}$$

$$= \frac{6 \times 1289.14 \times \sin 15^\circ \times 15}{2 \times \cos 60^\circ \times \cos 45^\circ (15 - 0.4)}$$

$$= 2820\text{kgf}$$

(3)按发生故障时来计算拉线上的拉力

$$T_{13} = \frac{T_R \cdot \cos\frac{\theta}{2}}{\cos\beta \cdot \sin\alpha} \cdot \frac{2H - a}{H - b}$$

参考例题 1

$$T_R = 1289.14\text{kgf}$$

则

$$T_{13} = \frac{1289.14 \times \cos\frac{30^\circ}{2}}{\cos 45^\circ \times \sin 60^\circ} \cdot \frac{2 \times 15 - 0.3}{15 - 0.4}$$

$$= 4050\text{kgf}$$

计算结果 $T_{13} > T_{11} > T_{12}$,按照 T_{13} 来选择拉线

2. 转角为 90° 转角杆(JG₃、JG₄)拉线拉力的计算:

90° 的转角杆有上下两根拉线 ,其方向分别与导线平行。

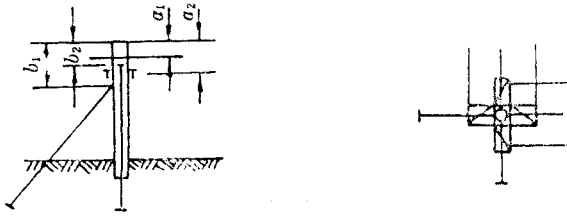


图 14-3-27 90 转角杆、拉线受力图

上导线拉线的拉力按下式计算

$$T_{11} \cos \beta (H - b_1) = T \{ H + \chi (H - a_1) \} = T (3H - a_1)$$

则

$$T_{11} = \frac{T}{\cos \beta} \cdot \frac{3H - a_1}{H - b_1} \quad (14-3-27)$$

下导线拉线的拉力为

$$T_{12} \cos \beta (H - b_2) = 3 T (H - a_2)$$

则

$$T_{12} = \frac{T}{\cos \beta} \cdot \frac{3H - a_2}{H - b_2}$$

式中 $b_1 = 0.4\text{m}$; $b_2 = 0.8\text{m}$; $a_1 = 0.3\text{m}$; $a_2 = 0.5\text{m}$; T 为导线最大使用拉力

(四) 终端杆拉线的计算

终端杆的拉线如图 14-3-28、图 14-3-29 所示 , 主要是平衡三根导线的拉力 , 根据这一原则来进行计算。

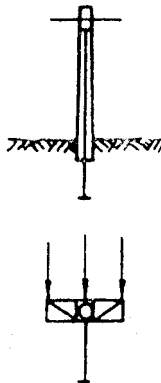


图 14-3-28 终端杆拉线受力图

1. 单拉线终端杆 (DG₁、DG₂ 型) 拉线拉力的计算

$$T_1 \times \cos \beta = 3 T_A$$

$$T_1 = \frac{3 T_A}{\cos \beta}$$

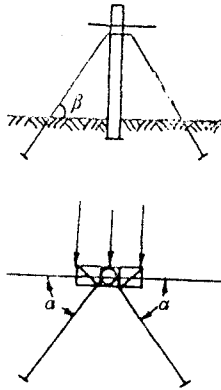


图 14-3-29 终端杆拉线受力图

式中 T_A ——导线的最大使用拉力。

2. 双拉线终端杆(DG₃、DG₄型)拉线拉力的计算

双拉线终端杆的两根拉线,除了平衡三根导线的拉力外,还平衡三根导线的风压荷载,多用在档距较大的终端杆,拉力的大小,按下式进行计算

$$2 T_1 \sin \alpha \cdot \cos \beta = 3 T_A$$

$$T_1 = \frac{3 T_A}{2 \sin \alpha \cos \beta} \quad (14-3-28)$$

式中 $\alpha = 60^\circ$ $\beta = 45^\circ$ 。

三、双杆型杆塔拉线的受力计算

(一) 直线加强双杆(ZQG₂₀)拉线的受力计算

(1) 在正常情况下考虑受风压荷载的作用,其方向如图 14-3-30 所示,是垂直于输电线路导线的方向。其载荷的大小为

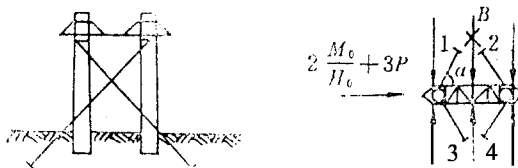


图 14-3-30 双杆拉线受力图

$$3P + 2 \frac{M_0}{H_0}$$

由拉线 2、4 平行于横担方向的水平分力来平衡。如果风向相反,拉线 1、3 起作用,其力学关系为

$$2 T_1 \cos \alpha \cdot \cos \beta = 3P + 2 \frac{M_0}{H_0}$$

$$T_1 = \frac{3P + 2 \frac{M_0}{H_0}}{2 \cos \alpha \cos \beta} \quad (14-3-29)$$

式中 $\alpha = 60^\circ$ $\beta = 45^\circ$ 。

(2) 在发生事故的情况下,考虑按一相断线米计算。断线后受力的方向与横担垂直。假定 B 相导线在 x 处断线,则 1、2 拉线受力有下面的力学关系,即

$$2 T_1 \sin \alpha \cos \beta = T_R$$

$$T_1 = \frac{T_R}{2 \sin \alpha \cos \beta} \quad (14-3-30)$$

式中 T_R ——导线发生故障时的拉力

(二)耐张杆(NG₂₀型)拉线的受力计算

(1) 在正常情况下,拉线受风压荷载,如果风压的方向如箭头所示,则 2、4 拉线受力,其力学关系如下

$$2 T_1 \cos \alpha \cos \beta = 3P + 2 \frac{M_0}{H_0}$$

则

$$T_1 = \frac{3P + 2 \frac{M_0}{H_0}}{2 \cos \alpha \cos \beta} \quad (14-3-31)$$

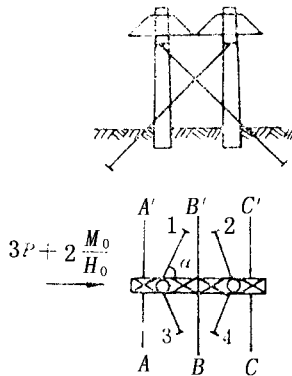


图 14-3-31 耐张双杆拉线受力图

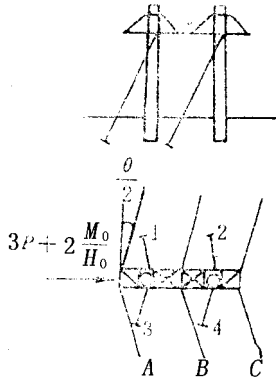


图 14-3-32 转角双杆拉线受力图

(2)在故障的情况下,假定两根导线发生断线,出现了不平衡拉力,用这不平衡拉力,来计算拉线上的拉力。假定 A' 、 C' 两根导线发生断线,这时 1、2 两根拉线受力。

$$2 T_1 \sin \alpha \cos \beta = 2 T_R$$

$$T_1 = \frac{T_R}{\sin \alpha \cos \beta} \quad (14-3-32)$$

式中 T_R ——导线事故时的拉力。则

(三)转角双杆(JG₂₀型)拉线受力的计算

1. 正常情况下拉线所受的拉力

转角杆共有四根拉线在正常情况下按最大风压和导线在最大拉力时计算拉线上的拉力。

(1)最大风压时四根拉线都起作用,其受力情况如下

$$4 T_1 \cos \alpha \cdot \cos \beta = 3P + 2 \frac{M_0}{H_0} + 6 T_f \sin \frac{\theta}{2}$$

$$T_f = \frac{3P + 2 \frac{M_0}{H_0} + 6 T_f \sin \frac{\theta}{2}}{4 \cos \alpha \cdot \cos \beta} \quad (14-3-33)$$

则 式中 T_f ——最大风压时导线的拉力;
 θ ——线路转角 $\alpha = 60^\circ$ $\beta = 45^\circ$ 。

(2)导线在最大拉力时,拉线上的拉力有下面的关系

$$4 T_f \cos \alpha \cos \beta = 6 T_A \cdot \sin \frac{\theta}{2}$$

$$T_1 = \frac{1.5 T_A \cdot \sin \frac{\theta}{2}}{\cos \alpha \cdot \cos \beta} \quad (14-3-34)$$

则

式中 T_A ——导线的最大使用拉力

2. 事故时拉线上所受的拉力

当发生事故时,考虑两根导线发生断线,假如 A、C 导线发生断线,则 3、4 拉线受力,该力为

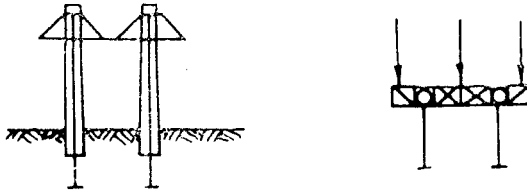


图 14-3-33 终端双杆拉线受力计算

$$2 T_L \sin \alpha \cos \beta = 2 T_R \cdot \cos \frac{\theta}{2}$$

$$T_1 = \frac{T_R \times \cos \frac{\theta}{2}}{\sin \alpha \cdot \cos \beta} \quad (14-3-35)$$

式中 T_R ——事故时导线上的拉力。

(四) 终端双杆(DG₂₀型)拉线受力的计算

终端双杆有两根拉线,主要是承担三根导线的不平衡拉力,其力学关系如下

$$2 T_1 \cos \beta = 3 T_A, T_1 = \frac{1.5 T_A}{\cos \beta}$$

式中 T_A ——导线的最大使用拉力。

四、拉线的结构

拉线的作用是要承受杆塔的不平衡拉力,以防止杆塔歪斜或倾倒,拉线的结构如图 14-3-34 所示。是由镀锌钢绞线、拉线金具及其它零件组成。其各部份的作用如下。

(一) 拉线的上端固定

拉线的上端固定是指拉线与杆塔上的拉板及抱箍的紧固。固定方法是上楔形线夹中的 U 形螺丝直接与拉板或抱箍联接,镀锌钢绞线绕在 UT 型线夹的楔子上,然后用直径为 1mm 的镀锌铁线将镀锌钢绞线的线头绑紧,如图 14-3-34 所示中的 1 就是不可调式 UT 型线夹。它的 U 形螺丝是不能调整长度的。共有 UT-11, UT-22, UT-33, UT-44 等四种规格,分别与不同规格的钢绞线配套使用,如表 14-3-11 所示。

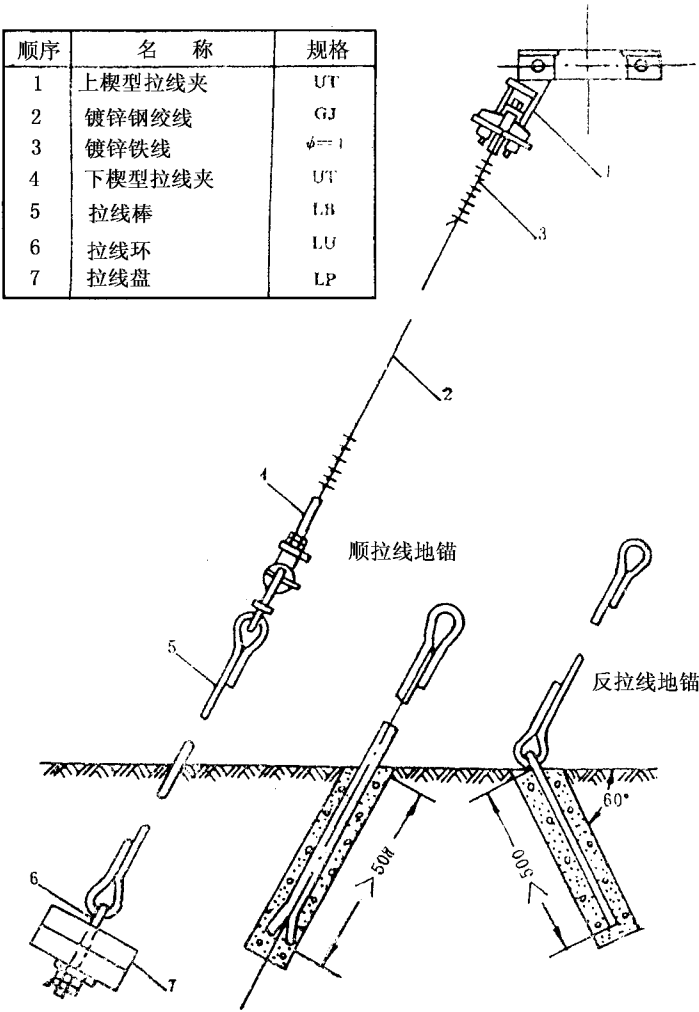


图 14-3-34 拉线结构图

(二)拉线下端的紧固与调节

拉线下端的紧固,是指拉线下端紧固后经调节金具联接到拉线棒上,如图 14-3-34 所示。图中的 4 为可调整的 UT 型拉线线夹。它是由 U 形螺丝,楔子等组成,可以调整其长度,共有 UT-1~UT-4 四种规格,与不同型号的钢绞线配套使用如表 14-3-11 所示。

UT 型线夹的 U 形螺丝,直接与拉线棒的钢环联接。镀锌钢绞线绕过楔子,并用镀锌铁线,将镀锌钢绞线的头绑紧。在安装时调整 UT 型螺丝上的螺帽。就可以调整拉线的拉力。使之达到设计要求。

表 14－3－11 单钢绞线拉线组装部件选择表

顺序	部件名称	GJ—35		GJ—50		GJ—70	
		部件规格	允许拉力 (kgf)	部件规格	允许拉力 (kgf)	部件规格	允许拉力 (kgf)
1	镀锌钢绞线	1×7－7、8－120	2050	1×7－9、0－120	2730	1×19—11—120	3850
2	下楔型拉线夹	UT—1	3000	UT—1	3000	UT—2	4500
3	上楔型拉线夹	UT—11	3000	UT—11	3000	UT—22	4500
4	拉线棒	SB16—L	2490	LB20—6	4420	LB20—6	4420
5	拉线环	LU20—280	5460	LU20—280	5460	LU20—280	5460
6	拉线盘	LP—6	5500	LP—6	5500	LP—6	5500
	顺拉线方向地锚	LM16—16	2490	LM20—17	4420	LM20—17	4420
	反拉线方向地锚	LM16—7	2490	LM20—7	4420	LM20—7	4420

(三)拉线基础

如图 14－3－35 所示。拉线基础是由拉线棒与拉线盘组成 ,根据镀锌钢绞线规格的不同 ,采用不同规格的拉线棒与拉线盘。拉线棒与拉线盘根据标准设计图纸进行加工。拉线盘是水泥的。如果拉线基础地区不是泥土 ,而是坚硬的岩石 ,可用拉线地锚 ;拉线地锚有两种 :一种是顺拉线地锚 ,一种是反拉线地锚 ,地锚孔用 100 号水泥沙浆浇注。

在单钢绞线拉线装置图 14－3－34 中 ,3 是 1mm 的镀锌铁线作绑绞绑线的长度不小于 200mm ,图中的 2 是镀锌钢绞线 ,其规格根据拉线的拉力而定 ,如果拉力很大 ,单钢绞线拉力不能满足设计要求还可采用双钢绞线拉线如图 14－3－35。

在图 14－3－35 中 ,1 是 U 形挂环 ,2 是双拉线联板 ,3 是不可调式 UT 形线夹 ,4 是镀锌钢绞线 ,5 是绑线 ,6 是可调式 UT 形线夹 ,7 是拉线棒 ,8 是拉线环 ,9 是拉线盘。

五、拉线部件的选择

根据拉线上的拉力 ,来选择拉线上的各部件按表 14－3－12 ,表 14－3－13 来进行选择 ,并且钢绞线与其它各部件要配套。

例题 13 已知例题 11 中 NG₄ 耐张杆拉线上的拉力 $T_1 = 3700\text{kgf}$,试选择拉线各部件。

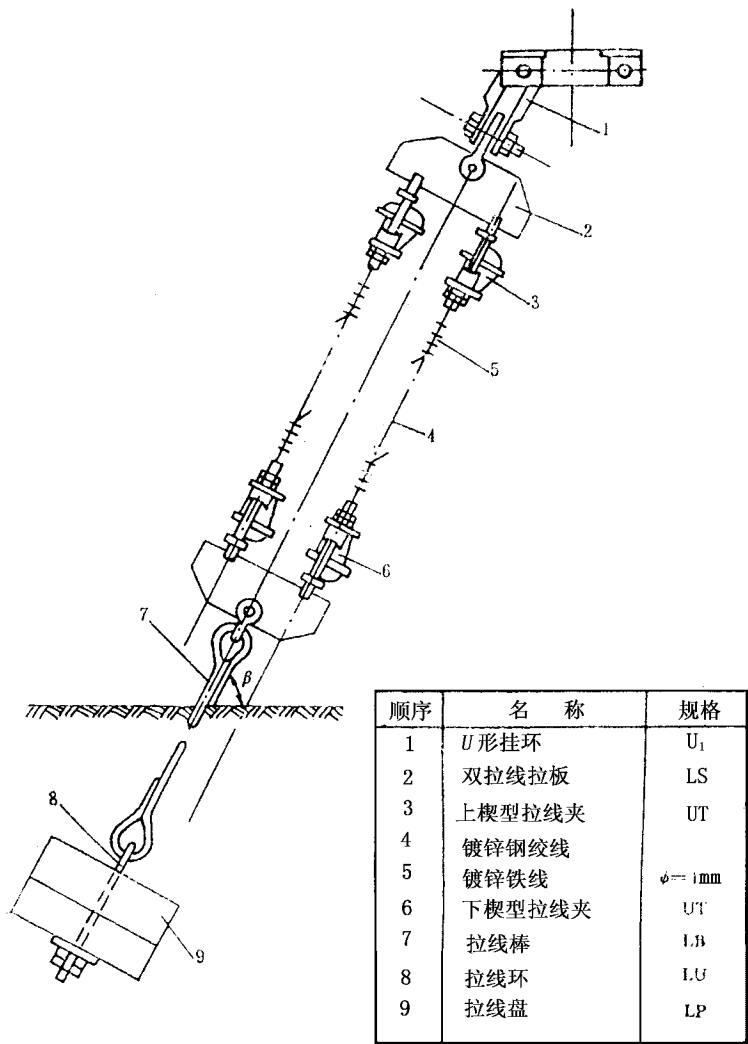


图 14 - 3 - 35 双拉线结构图

NG₄ 型耐张杆共有四根拉线 根据最大拉力选择 根据表 14 - 3 - 12 可选择 GJ - 70 的钢绞线 ,因 GI - 70 钢绞线的允许拉力为 $3850\text{kgf} > 3700\text{kgf}$,故可适用。选择其它部件的型号如下表 14 - 3 - 14 所示。

例题 14 如例题 12 中 JG₂ 型转角杆 ,拉线上的拉力为 4050kgf ,选择拉线的部件。

JG₂ 型转角杆有两根拉线 ,每根拉线上的拉力为 4050kgf 根据表 14 - 3 - 13 选择 GJ

- 50 的双钢绞线拉线。其允许拉力为 5460kgf , > 4050kgf ,其它各部件的规格与数量如表 14 - 3 - 15 所示。

表 14 - 3 - 12 单钢绞线拉线组装部件选择表

顺序	部件名称	GJ—100		GJ—102		GJ—135	
		部件规格	允许拉力 (kgf)	部件规格	允许拉力 (kgf)	部件规格	允许拉力 (kgf)
1	镀锌钢绞线	1 × 19—13—120	5375	1 × 19—14—120	6225	1 × 19—15—120	7150
2	下楔型拉线夹	UT—3	8000	UT—3	8000	UT—4	9250
3	上楔型拉线夹	UT—33	8000	UT—33	8000	UT—44	9250
4	拉线棒	LB24—6	6910	LB24—L	6910	LB28—L	9950
5	拉线环	LU24—280	7840	LU24—280	7840	LU24—280	7840
6	拉线盘	LP—8	6250	LP—8	6250	LP—10	7750
	顺拉线方向地锚	LM24—19	6910	LM24—19	6910	LM28—21	9950
	反拉线方向地锚	LM24—7	6910	LM24—7	6910	LM28—7	9950

表 14 - 3 - 13 双钢绞线拉线组装部件选择表

顺序	部件名称	2GJ—35		2GJ—50		2GJ—70	
		部件规格	允许拉力 (kgf)	部件规格	允许拉力 (kgf)	部件规格	允许拉力 (kgf)
1	镀锌钢绞线	1 × 7—7、8—120	4100	1 × 7—9、0—120	5460	1 × 19—11—120	7700
2	T 楔型拉线夹	UT—I(2 个)	6000	UT—I(2 个)	6000	UT—Ⅰ(2 个)	9000
3	上楔型拉线夹	UT—I(2 个)	6000	UT—I(2 个)	6000	UT—2Ⅰ(2 个)	9000
4	U 型挂环	U ₁ —9	4500	U ₁ —12	6000	U ₁ —10	8000
5	双拉线职板	LS ₂ —12	6000	LS ₂ —12	6000	LS ₂ —10	8000
6	拉线棒	LB20—L	4420	LB24—L	6910	LB28—L	9950
7	拉线环	LU20—280	5460	LU24—280	7840	LU24—280	7840
8	拉线盘	LP—6	5500	LP—8	6250	LP—10	7750
	顺拉线方向地锚	LM20—17	4420	LM24—19	6910	LM28—21	9950
	反拉线方向地锚	LM20—9	4420	LM24—7	6910	LM28—7	9950

表 14－3－14 耐张杆拉线各部件选型表

部件名称	型号	数量	允许拉力 (kgf)
镀锌钢绞线	GJ—70	按设计长度	3850
下楔形拉线夹	UT—2	4	4500
上楔形拉线夹	UT—22	4	4500
拉线棒	LB20—6	4	4420
拉线环	LU20—280	4	5460
拉线盘	LP—6	4	5500

表 14－3－15 转角杆拉线各部件选型表

部件名称	型号	数量	允许拉力 (kgf)
镀锌钢绞线	GJ—50	按设计长度	5460
下楔型拉线夹	UT—1	4 个	6000
上楔型拉线夹	UT—11	4 个	6000
U 型挂环	U ₁ —12	4 个	6000
双拉线联板	LS ₂ —12	4 个	6000
拉线棒	LB24—2	2 个	6910
拉线环	LC24—280	2 个	7840
拉线盘	LP8	2 个	6250

第四章 输电线路的施工

第一节 测量放线

输电线路施工的第一步是根据已经绘制好的设计图纸进行测量放线。勘测时所设立的标桩到施工时已经大部份遗失。所以到施工时要根据设计图纸,重新定标桩。这项工作要用水平仪来测量。在杆塔基础的中心点设立标桩。这中心点应当很准确。立杆的位置定了以后,如果还有拉线坑,要把拉线坑的位置,也定出来打上标桩。在这些标桩的周围用白灰洒上线就可以挖坑了。

第二节 挖 坑

杆坑放好线以后,就可以开挖了,杆坑的深度应按设计开挖。在没有特殊要求时。各种高度杆坑的深度如表 14-4-1 所示。

双杆杆坑的底面应保持水平、不允许有目力能察觉到的深浅偏差。当地面有坡度时,两坑中较浅的应满足坑深的要求。

杆坑由主坑及马道组成,如图 14-4-1 所示,有马道便于立杆也便于挖坑。马道的级数可根据坑深确定。总的坡度应与地面成 45° 角

主坑中心线 ,应在设计杆位的中心 ,拉线坑应开挖在标定拉线桩位处 ,其中心线及深度均应符合设计要求。在拉线引入一侧应开挖斜槽 ,以免拉线不能伸直。

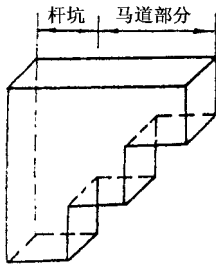


图 14 - 4 - 1 杆坑形式

表 14 - 4 - 1 电杆埋设深度

杆高(m)	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	15.0
埋深(m)	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.3

第三节 运输电杆

运输电杆是一件很繁重的工作 ,一般要分两步进行。第一次是用汽车把电杆从电杆厂运到离埋设电杆附近的公路边。第二次运输是组织人力。把电杆从公路边抬到电杆坑。要想顺利的完成运输任务。正确的估计他们的重量是关键。表 14 - 4 - 2 列出了各种类型电杆的重量。

表 14 - 4 - 2 圆锥形钢筋混凝土电杆重量表

梢径(mm)	φ150	φ170		φ190		
电杆高度(m)	10	10	12	10	12	15
重量(kg)	580	676	805	772	1010	1500

人力承运电杆时 ,要根据电杆的重量适当的组织人力。人力承运电杆一般都用抬杠和麻绳进行。其安全拉力如表 14 - 4 - 3 所示。

表 14－4－3 起重用白棕绳重量及安全拉力

直径(mm)	每公斤重的长度 (m)	安全拉力(tf) (安全系数为 8)	破断力 (tf)
5	24.3	0.065	0.195
6	16.7	0.085	0.254
8	1.4	0.136	0.408
11	5.62	0.257	0.771
12	4.00	0.316	0.95
16°	2.28	0.543	1.63
19	1.84	0.633	1.90
22	1.46	0.876	2.63
25	1.06	1.119	3.356
28	0.912	1.421	4.263
38	0.486	2.268	6.804
44	0.304	3.326	9.979
51	0.279	4.082	12.247
57	0.203	4.990	14.969
66	0.152	6.804	20.412
76	0.127	8.920	26.762

第四节 立 电 杆

在立电杆以前 ,首先立抱杆 ,把抱杆立在基础坑的旁边。抱杆四面用钢丝绳拉起防止它倾倒。然后将电杆的位置布置好 ,使它的重心在基础坑当中。然后将滑轮 1 固定在较电杆的重心略高一些的地方。滑轮 2 固定在抱杆的上端。抱杆底端固定一单滑轮 3 ,将钢丝绳 4 穿过滑轮 1、2 和单滑轮 3 在绞盘 5 上缠绕三圈。

一切工作准备好了以后用四个人慢慢的推动绞磨使其旋转。电杆就被慢慢的提起。最后电杆的整体全部被提起。把电杆的底部对准基础坑。再将电杆慢慢的降落立在基础上。在电杆的顶端四面要栓绳子。在电杆的四面用铅锤对准。拉动电杆四面的绳子。找正 ,应观察电杆沿线路方向是否正直 ,沿线路垂直方向 ,是否正直 ,横担是否与线路垂直。如有偏差应调正。

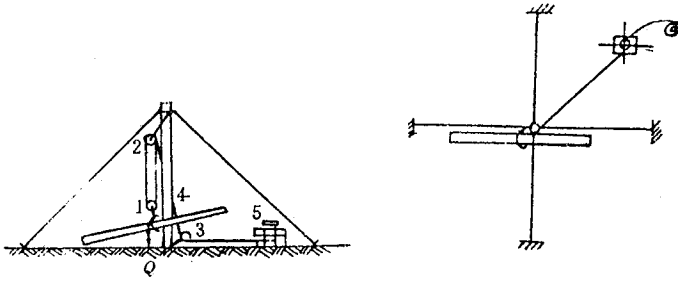


图 14-4-2 立电杆施工图

1—复滑轮 2—复滑轮 3—单滑轮 4—钢丝绳 5—绞磨

为了选择设备 ,需要作力学计算。在钢丝绳 4 上的拉力 F 按下式计算。即

$$F = \frac{Q}{n_1 \times \eta} \tag{14-4-1}$$

式中 Q ——电杆的重量 ;
 n_1 ——滑车组的滑轮数 ;
 η ——滑车组的机械效率。

我们立电杆用的滑车组一般是三轮滑车 , $n = 6$,机械效率 $\eta = 0.756$ 则

$$F = \frac{Q}{6 \times 0.756} = 0.22 Q \tag{14-4-2}$$

钢丝绳 4 绕过定滑轮缠绕在绞盘 5 上。推绞盘的人 ,每人所需要的力 ,可按下式计算 ,即

$$P = \frac{F \times r}{n_2 \times R \times \eta} \tag{14-4-3}$$

式中 n_2 ——推绞盘的人数 ;
 η ——机械效率 $\eta = 0.8$;
 R ——盘杆的半径 $R = 1.5\text{m}$;
 r ——盘心的半径 $r = 0.2\text{m}$
 F ——钢丝绳上的力。

一般用在 10kV ,6kV 输电线路的电杆高度在 15m 以下。因此抱杆的高度 12m 也就够了。1、2 动滑车可选用 3tf 的 3 轮动滑车。定滑车 3 可选用 1tf 的。手推绞盘 5 可选用 3tf 的绞盘。钢丝绳可根据电杆的重量按表 14-4-4 进行选择。

表 14-4-4 钢丝绳的安全拉力

直径(mm)	安全拉力(kgf)	直径(mm)	安全拉力(kgf)
10	800	16	1600
12	1200	18	2200
14	1400	20	3300

例题 1 有一 $\phi 190 \times 15\text{m}$ 的电杆重量为 1500kg ,用抱杆 ,三轮滑车组 ,手推绞盘立电杆 ,由四个人来推绞盘 ,求每个人需多大的力。

用三轮滑车组后 ,钢丝绳上的牵引力为

$$F = 0.22 Q = 0.22 \times 1500 = 330\text{kgf}$$

四个人推绞盘 ,每人所需的力为

$$P = \frac{F \times r}{n_1 \times R \times \eta} = \frac{330 \times 0.2}{4 \times 1.5 \times 0.8} = 13.8\text{kgf}$$

第五节 电杆组装

电杆的组装 ,包括安装横担、瓷瓶、拉线、接地装置等。全国各地区电杆的各部件结构的尺寸都不太一样 ,在实际工作中 ,矿山输电线路的组装。须以煤矿标准设计为准。为了便于说明问题 ,现举 ZG 型直线杆组装示意图作为参考。所需部件列表如下。

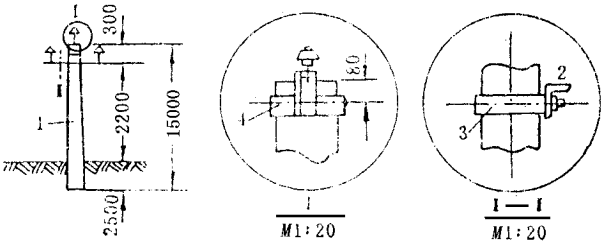


图 14-4-3 电杆安装图

部件表

序号	名称	单位	数量
1	主杆	根	1

序号	名称	单位	数量
2	横担	副	1
3	横担抱箍	副	1
4	顶座	副	1

第六节 放线和紧线

架线前 ,应检查导线规格是否符合要求 ,有无严重的机械损伤 ;有无断股、破股、背花等 ,特别是铝导线有无严重的腐蚀现象。

放线时要一条条地放 ,不要使导线磨损和断股 ,不要有压弯 ,如出现磨伤 ,断股等情况 ,应及时作出标志。放线时 ,最好在电杆或横担上挂铝制的或木制的开口滑轮。把导线放在轮槽内。这样即省力又不会磨损导线。放线若需跨过带电导线时 ,应将带电导线停电后再施工。如停电困难时 ;可在跨越处搭跨越架子。放线若通过公路铁路时 ,要有专人观看车辆及时通知 ,防止发生事故。

紧线前 ,先要做好耐张杆 ,转角杆和终端杆的拉线。然后分段紧线。紧线时是用绞盘紧线。为了防止横担扭转。可同时紧两边相导线。后紧中间导线。

紧线时要根据当时的气温和气象区查相关的曲线 ,确定导线的弧垂值 ,当使用新铝导线紧线时 ,要比弧垂的规定值多紧 15 ~ 20% 以便在导线受拉力发生初伸长时 ,仍保证弧垂合适。

紧线时应注意以下几个问题 :

(1)紧线前应检查导线是否都放在铝滑车中小段紧线 ,亦可将导线放在针式绝缘瓶的顶部沟槽内 ,不许将导线放在铁横担上以免磨伤。

(2)紧线时要有统一的指挥 ,明确松紧信号 ;指挥人员要根据观测档对弧垂观测的结果 ,指挥松紧导线。各种导线在不同温度下的弧垂值 ,因地区气象特点的不同 ,根据档距的大小 ,当地的气象条件和施工时的气温查相关的弧垂曲线。

(3)紧线时 ,一般应做到每基电杆有人 ,以便及时松动导线 ,使紧线接头能顺利越过滑轮或绝缘子。