

架空线路电气机械计算

一、架空线路电气计算



电力内外线



一、 架空配电线路电气计算

在电力网的建设中，无论新建的还是现有的架空线路，都需要进行一系列的电气计算，如线损计算、电压损耗计算和导线截面选择等。电压损耗计算用于了解户外的电压变化是否在允许范围内，以决定采取什么调压措施；线损计算是为了减少功率损耗，也就是减少电能损耗；导线截面选择正确与否，不仅影响着线路建设投资费用，还影响线路的电压和电能损耗。因此，正确计算线损、电压损耗和选择导线截面对线路建设和运行的经济性以及供电的可靠性都具有重要意义。



(一) . 电能质量指标

衡量电能质量的指标主要有频率、电压、波形、电压波动与闪变和三相不平衡度等。

1、电压变化超出允许范围时的危害性

绝缘老化、铁芯发热、电流过大（一般不超过 $\pm 5\%$ ）

2、频率变化超出允许范围的危害性

电机转速变化（一般不超过 $\pm 0.5\text{Hz}$ ）

3、电压波形也是衡量电能质量标准之一

衡量波形畸变的指标为正弦波形畸变率



4、电压变动与闪变

供电电压在两个相邻的、持续1s以上电压方均根值U1和U2之间的差值，称为电压变动。

闪变是指负荷急剧产生的频繁电压变动。通常供电系统中电压闪变多由用户波动性负荷引起。

5、三相不平衡度

在不平衡的三相电力系统中，电压负序分量与正序分量的方均根值之比，称为不平衡度。



(二) 电力线路的参数和等值电路

1. 线路的参数

电力线路的电气参数包括导线的电阻、电导，以及由交变电磁场而引起的电感和电容四个参数。

(1) 线路的电阻

(2) 线路的电抗

(3) 线路的电导

(4) 线路的电纳



(1) 线路的电阻

$$r_0 = \rho \frac{1}{S} = \frac{10^3}{\gamma \bullet S} \quad (\Omega/\text{km})$$

式中 r_0 ——每相导线单位长度的电阻值
(Ω/km);

γ ——导线材料的电导率($\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$)

ρ ——导线材料的电阻率 ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{km}$)

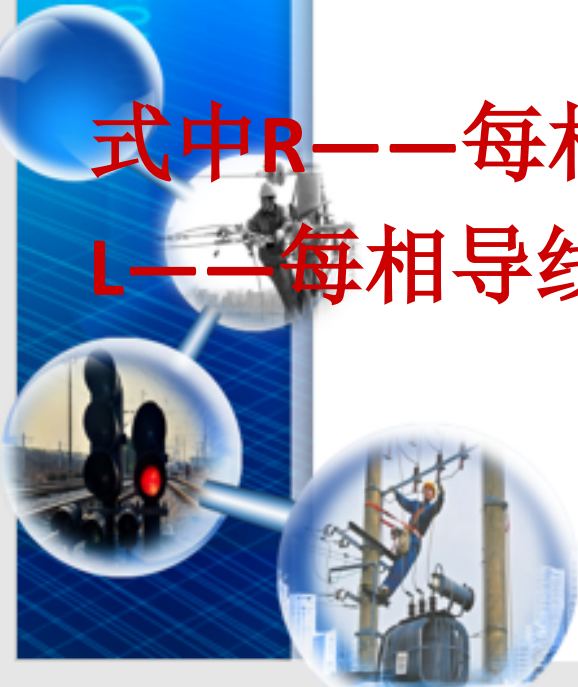
s ——导线载流部分的标称截面，对钢芯铝绞线只计铝部截面 (mm^2)。

(1) 线路的电阻

$$R=r_0 \times L$$

式中R——每相导线的总电阻(Ω);

L——每相导线长度 (km) 。



(2) 线路的电抗

交流电流流过导线时，就会在导线周围空间产生交变磁场，电流变化时将引起磁通的变化，而磁通的变化将在导线自身内感应出自感电动势，而在邻近的其他导线上感应出互感电动势，无论自感时势还是互感时势都是阻止电流流动的。这种度量阻碍电流流动的能力称为电抗。导线电抗的大小与导线的几何尺寸、排列方式及相间距离有关。



(2) 线路的电抗

当三相导线对称排列时，导线单位长度的电抗 x_0 可按下列公式计算

$$x_0 = 2\pi f \left(4.61g \frac{D_{av}}{r} + 0.5\mu \right) \times 10^{-4} (\Omega / km)$$

$$D_{av} = \sqrt[3]{D_{ab} D_{bc} D_{ca}}$$

式中： f 为交流电频率， r 为导线外半径， μ 导线材料的相对导磁率，铜和铝 μ 取1； D_{av} 为三相导线间的几何平均距离，简称几何均距； D_{ab} 、 D_{bc} 、 D_{ca} 分别为ab相之间、bc相之间、ca相之间的距离。

(2) 线路的电抗

将 $\mu=1$ 、 $f=50$ 代入上式可得

$$x_0 = 0.01451g \frac{D_{av}}{r} + 0.0157 = 0.01451g \frac{D_{av}}{r'}$$

式中 x_0 ——每相导线单位长度的电抗值(Ω/km);

D_{av} ——三相导线间的几何平均距离 (mm) ;

r ——导线的计算半径 (mm) 。

$$r' = 0.779 r$$

总电抗

$$X = x_0 \times L$$





- (3) 线路的电导

- 线路的电导主要是由绝缘子的泄漏电流和电晕现象决定。在高电压线路中，当电压超过一定值时，导线会发生电晕。电晕是气体局部导电现象，主要是导线周围电场强度较高时，周围气体被电离。导线出现电晕后，不仅消耗电能，影响线路安全、经济运行，而且影响通信。

- (4) 线路的电纳

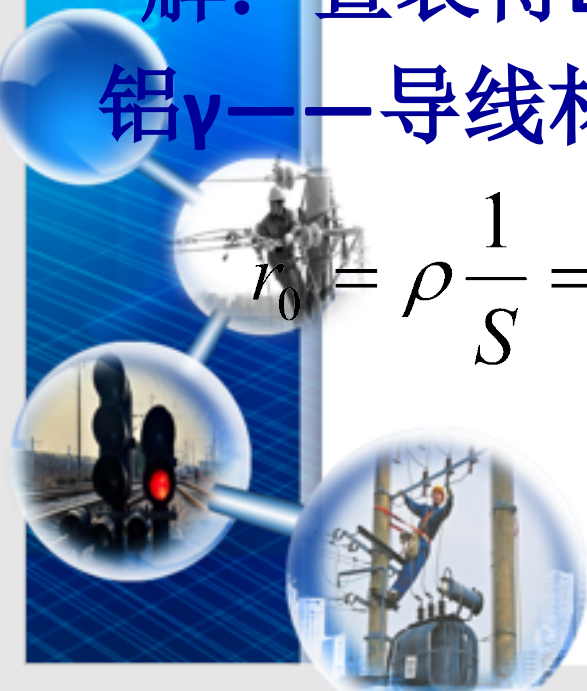
- 线路的电纳是导线之间的电容或导线

例题：

例1-3-1：一条长度为14kM的10kV架空线路采用LJ-70铝绞线，三角形排列线间距1.4m计算导线的电阻和电抗。

解：查表得LJ-70铝绞线直径为： $d=10.8\text{mm}$ ，
铝 γ ——导线材料的电导率为32

$$r_0 = \rho \frac{1}{S} = \frac{10^3}{\gamma \cdot S} = \frac{10^3}{32 \times 70} = 0.446$$



例题3-1-1

• 几何均距

$$D_{av} = \sqrt[3]{D_{ab} D_{bc} D_{ca}} = 1.4$$

$$x_0 = 0.01451g \frac{D_{av}}{r} + 0.0157 = 0.01451g \frac{1400}{\frac{10.8}{2}} + 0.0157 = 0.37 \Omega / km$$

$$R = r_0 \times L = 0.446 \times 14 = 6.2 \Omega$$

$$X = x_0 \times L = 0.37 \times 14 = 5.18 \Omega$$

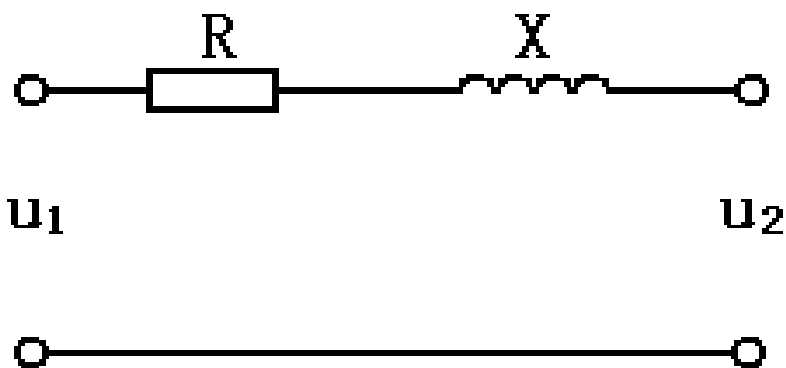


2. 线路的等值电路

(1) 短距离配电线路的等值电路

所谓短距离的配电线路是指额定电压在35kV以下，线路长度不超过50km的架空线路。

其



(三) 线路中电压损失计算

1、电压降落、电压损耗和电压偏移

(1) 电压降落。供电线路上任意两点的电压向量差，称为该两点的电压降落。

(2) 电压损失。供电线路内任意两点电压绝对值的差，称为该两点的电压损失。

(3) 电压偏移。在配电系统中，某指定点的实际电压与额定电压的代数差，称为该点的电压偏移。



(3) 电压偏移

$$m\% = \frac{U - U_N}{U_N} \times 100\%$$

式中： $m\%$ —电压偏移百分值；

U —配电系统中某点电压实际值；

U_N —配电系统额定电压；

为保证用户的电压质量，电压偏移量一般规定为额定电压的 $\pm 5\%$ 范围内。

2、线路中电压损失计算

线路中的电压损失的计算公式为

$$\Delta U = \frac{\sum (PR + QX)}{U_N}$$

式中：P为线路上通过的有功功率kW

；

Q为线路上通过的无功功率

kvar；

R为线路电阻 Ω ；

X为线路电抗 Ω ；

U_N 为线路额定电压kV。



例题1-3-2

已知导线为LJ-70的10kV架空配电线路，单位长度导线的电阻为 $0.45(\Omega/\text{km})$ ，电抗为 $0.345(\Omega/\text{km})$ ，线路长为5km，

输送有功功率 $P=800\text{kW}$ ，

无功功率 $Q=400\text{kvar}$

试校验配电线路的电压损失。



例题1-3-2

• 解：总电阻和总电抗为 $R=r_0L=0.45\times 5=2.25\Omega$ ， $X=x_0L=0.345\times 5=1.725\Omega$ 。电压损失为

$$\Delta U = \frac{PR + QX}{U_N} = \frac{800 \times 2.25 + 400 \times 1.725}{10} = 249(V)$$

$$\Delta U\% = \frac{249}{10 \times 10^3} \times 100\% = 2.49\% < 5\%$$

• 满足电压损失要求。

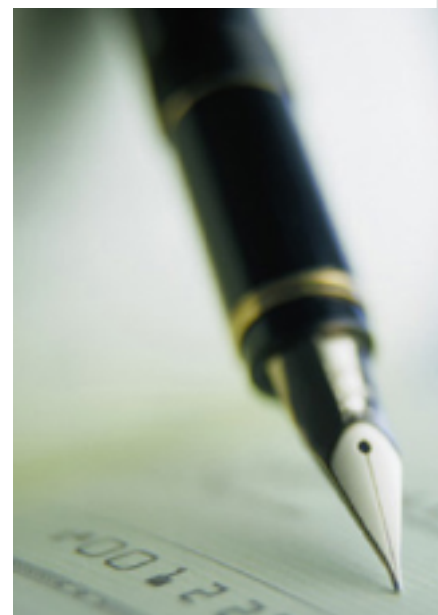
小结

等值电路及参数
术语

电压损失；电压偏移

电压缺失计算

作业：P59 1、2



(四) 配电线路导线截面选择

1、导线截面选择的基本要求

(1) 应满足机械强度的要求：要求它必须具备足够的机械强度，即必须满足最小允许截面的要求

(2) 应满足热稳定的要求：按规定，裸导线在正常情况下的允许温度为 70°C ，事故情况下不超过 90°C ，若超过此值将严重影响线路的安全可靠供电。

(3) 应满足电压损失的要求：当前对配电线路的允许电压损失，一般为 $\pm 5\%$ 以内。

2、导线截面选择方法

(1) 按发热条件选择导线截面

①按发热条件选择导线截面的必要性

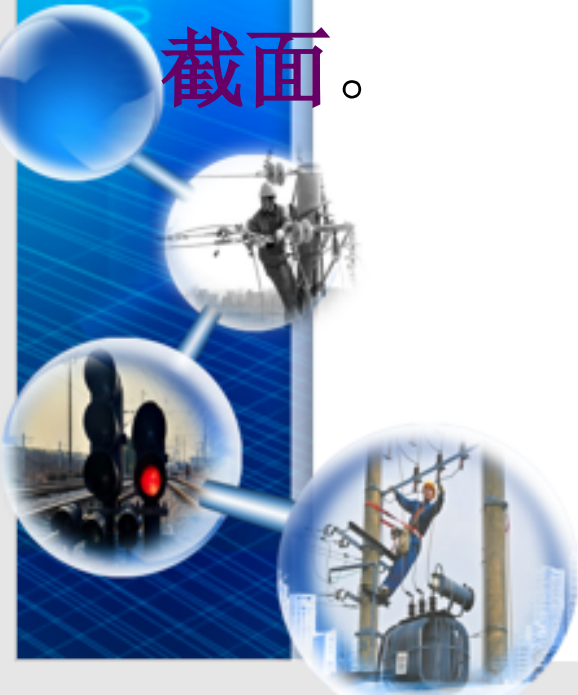
裸导体的温度升高时，会使接头处氧化加剧，增大接触电阻，使之进一步氧化，如此恶性循环，甚至可发展到断线。绝缘导线和电缆的温度过高时，可使绝缘损坏，甚至引起火灾。

②按发热条件选择导线截面

按发热条件选择导线截面时，应使其允许载流量不小于通过导线的最大计算电流值，即： $I_{al} \geq I_c$

例题1-3-3

有一条额定电压为10kV的架空线路，通过非居民区，采用铝绞线架设，线路所供负荷为200kW，功率因数为0.8，导线架设处的环境温度为25℃，试按发热条件选择导线截面。



解:

$$P_C = \sqrt{3} I_C U_N \cos \varphi$$

$$I_C = \frac{P_C}{\sqrt{3} U_N \cos \varphi} = \frac{1200}{\sqrt{3} \times 10 \times 0.8} = 86.6 A$$

查表: LJ-16型导线的载流量 $I_{al}=83A$

而实际温度为 $25^{\circ}C$, 查表得修正系数 $K_t=1.22$,

故实际载流量 $I_{al}=83 \times 1.22=101.26 A > 86.6 A$

所以, 选择LJ-16型导线, 发热条件满足要求。

校验机械强度:

查表: 10kV的架空线路, 通过非居民区, LJ型导线的最小允许截面为 $25mm^2$, 显然 $16mm^2$ 不满足机械强度要求。故改选LJ-25型导线。



(2)按经济电流密度选择导线截面

①经济电流密度

根据经济条件选择导线截面，要考虑两方面的情况。为了满足机械强度要求降低功率损耗和电能损耗，导线截面选择越大越好；为了压缩投资和节省有色金属，导线截面则越小越有利。这两方面是互相矛盾的。综合考虑了各方面的因素，定出符合总的经济利益的导线截面，称为经济截面。



②按经济电流密度选择导线截面

当已知计算年限内的最大负荷电流和相应年最大负荷使用时间后，可在表中查出不同材料的经济电流密度 J_{ec} ，并按下式计算导线截面：

$$S_{ec} = \frac{I_C}{J_{ec}}$$

式中 S_{ec} ——经济截面(mm^2)； I_C ——线路最大计算电流(A)； J_{ec} ——经济电流密度(A/mm^2)。

线路最大电流按下式确定：

$$I_C = \frac{P_C}{\sqrt{3}U_N \cos \varphi}$$



例题1-3-4

某城市变电站，其最大负荷为10MW，
 $\cos\phi=0.8$ ，高压侧额定电压为35kV，
最大负荷使用时间 $t_{\max}=4500\text{h}$ ，导线
为钢芯铝绞线，试按经济电流密度选
择导线截面。



例题1-3-4

[解]最大计算电流为：

$$I_C = \frac{P_C}{\sqrt{3}U_N \cos \varphi} = \frac{10 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 35 \times 0.8} = 206 A$$

查表得，当 $t_{\max}=4500\text{h}$ 时， $J_{\text{ec}}=1.2\text{A}/\text{mm}^2$

则 $S_{\text{ec}}=I_C/J_{\text{ec}}=206/1.2=171.7 \text{ mm}^2$

查附表，选择LGJ-185型。

校验发热条件：

查表得，LGJ-185型导线的载流量 $I_{\text{al}}=510\text{A}>206\text{A}$

故发热条件满足要求。

(3)按允许电压损失选择导线截面

线导线电压损失的计算公式为

$$\Delta U = \frac{\sum (P_i r_i + Q_i x_i)}{U_N} = \Delta U_r + \Delta U_x$$

ΔU_r —线路电阻上的电压损失；

ΔU_x —线路电抗上的电压损失；

一般配电架空线路，单位长度电抗为
 $0.35 \sim 0.4 \Omega/\text{km}$ ，我们取 $0.38 \Omega/\text{km}$ 。



$$\Delta U_x = x_0 \frac{\sum_{m=1}^n Q_m l_m}{U_N}$$

式中 ΔU_x ——线路电抗上的电压损失 (V) ;

l_{mm} ——各段线路长度(km);

x_0 ——线路单位长度的平均电抗值, 取
0.38(Ω /km);

Q_m ——各段线路通过的无功功率、各负荷的无功功率(kvar);

U_N ——线路额定电压(kV)。

线路允许电压损失为 ΔU_{xu} , 则电阻上的电压损失为:

$$\Delta U_r = \Delta U_{xu} - \Delta U_x$$



导线计算截面为:

$$S_c = \frac{10^3 \cdot \sum_{m=1}^n P_m l_m}{\gamma \cdot \Delta U_r \Delta U_N}$$

S_c ——导线计算截面(mm^2);

γ ——导线材料的电导率 ($\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$)

;

ΔU_r ——线路电阻上的电压损失 (V);

P_m ——各段线路通过的有功功率 (kW)

l_m ——各段线路长度 (km)

按允许电压损失选择配电线路导线截面的步骤：

- (1) 将给定的负荷化为复数的代数形式；
- (2) 求线路电抗中的电压损失；
- (3) 求线路允许电压损失：

$$\Delta U_{xu} = m\% \cdot UN;$$

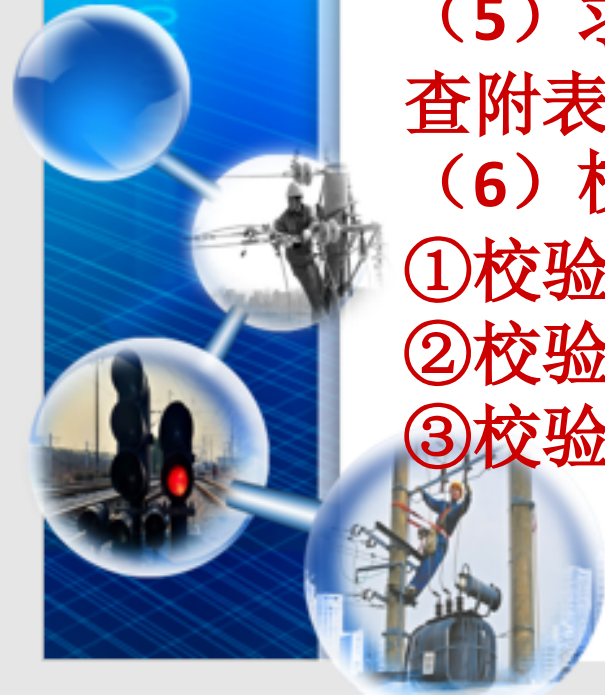
- (4) 求线路电阻上的电压损失：

$$\Delta U_r = \Delta U_{xu} - \Delta U_x;$$

- (5) 求导线计算截面，并选择标称截面：
查附表，选择标称截面；

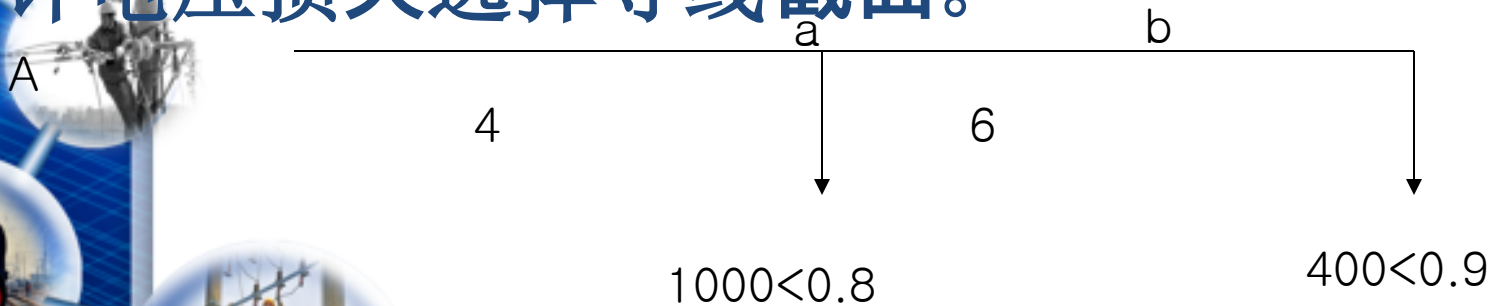
- (6) 校验：

- ① 校验电压损失；
- ② 校验发热条件；
- ③ 校验机械强度。



例题1-3-5

有一条用铝绞线架设的10kV配电线路，供给动力用电，线路的几何均距为1米，允许电压损失为5%，线路每段长度的千米数、负荷的千伏安数和各负荷的功率因数均标于图中，全线采用同一截面的导线，试按允许电压损失选择导线截面。



例题1-3-5

解：（1）将给定的负荷化成复数的代数形式：

$$\begin{aligned} S_b &= P_b + jQ_b = 400 \times 0.9 + j400 \times 0.436 \\ &= 360 + j174.4 \text{ kV}\cdot\text{A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_a &= P_a + jQ_a = 1000 \times 0.8 + j1000 \times 0.6 \\ &= 800 + j600 \text{ kV}\cdot\text{A} \end{aligned}$$

$$S_{ab} = P_{ab} + jQ_{ab} = S_b = P_b + jQ_b = 360 + j174.4 \text{ kV}\cdot\text{A}$$

$$\begin{aligned} S_{Aa} &= P_{Aa} + jQ_{Aa} = S_a + S_{ab} = (P_a + jQ_a) + (P_{ab} + jQ_{ab}) \\ &= (800 + j600) + (360 + j174.4) = 1160 + j774.4 \\ &\text{kV}\cdot\text{A} \end{aligned}$$

例题1-3-5

• (2) 求线路电抗中的电压损失：

$$\Delta U_X = \frac{x_0 \cdot \sum Ql}{U_N} = \frac{0.38(174.4 \times 6 + 774.4 \times 4)}{10} = 157.5V$$

(3) 求线路允许电压损失：

$$\Delta U_{xu} = m\% \cdot U_N = 5\% \times 10 \times 10^3 = 500$$

V



例题1-3-5

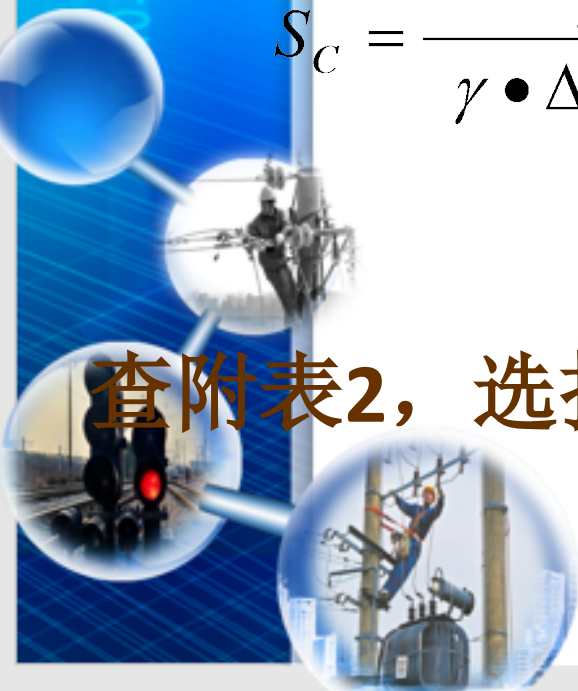
(4) 求线路电阻上的电压损失:

$$\Delta U_r = \Delta U_{xu} - \Delta U_x = 500 - 157.5 = 342.5 \text{ V}$$

(5) 求导线计算截面, 并选择标称截面:

$$S_C = \frac{10^3 \cdot \sum_{m=1}^n P_m \cdot l_m}{\gamma \cdot \Delta U_r \cdot U_N} = \frac{(1160 \times 4 + 360 \times 6) \times 10^3}{32 \times 342.5 \times 10} = 62 \text{ mm}^2$$

查附表2, 选择LJ-70型导线。



例题1-3-5

(6) 校验： ①校验电压损失：

查附表6，得LJ-70型导线： $r_0=0.46\Omega/\text{km}$; $x_0=0.345\Omega/\text{km}$
线路实际电压损失为：

$$\Delta U = \frac{\sum (P_m r_0 l_m + Q_m x_0 l_m)}{U_N}$$
$$= \frac{0.46 \times (1160 \times 4 + 360 \times 6) + 0.345 \times (774.4 \times 4 + 174.4 \times 6)}{10} = 458.8V$$

456.8 > 500V；所以电压损失满足要求。



例题1-3-5

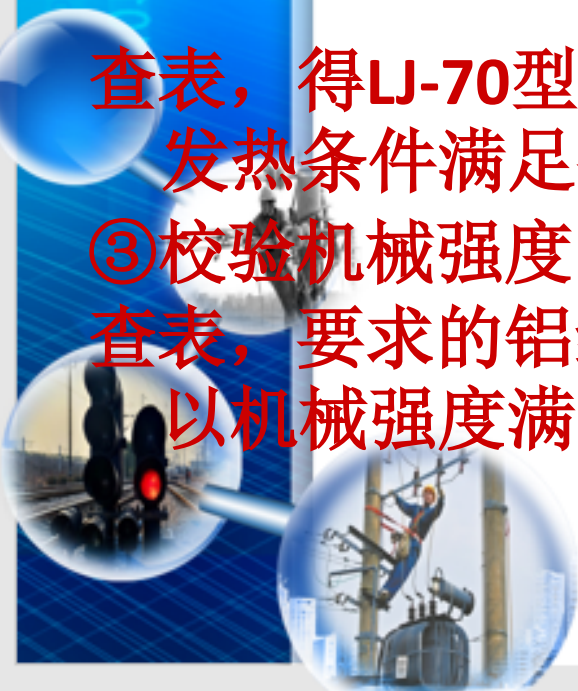
② 校验发热条件：因Aa段电流最大，故只校验Aa段即可。

$$I_{Aa} = \frac{\sqrt{1160^2 + 774.4^2}}{\sqrt{3} \times 10} = 80.62 A$$

查表，得LJ-70型导线的允许载流量为204A>80.62A所以发热条件满足要求。

③ 校验机械强度：

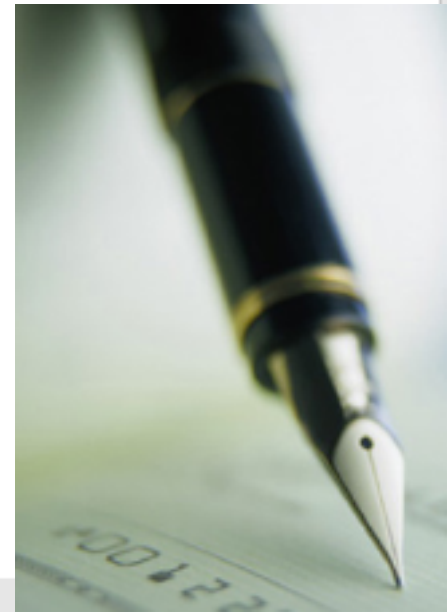
查表，要求的铝绞线最小导线截面为35mm²<70mm²所以机械强度满足要求。



小结

按电压损失选择导线截面的步骤？

作业：P60 3、4、5



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/488017047062007001>