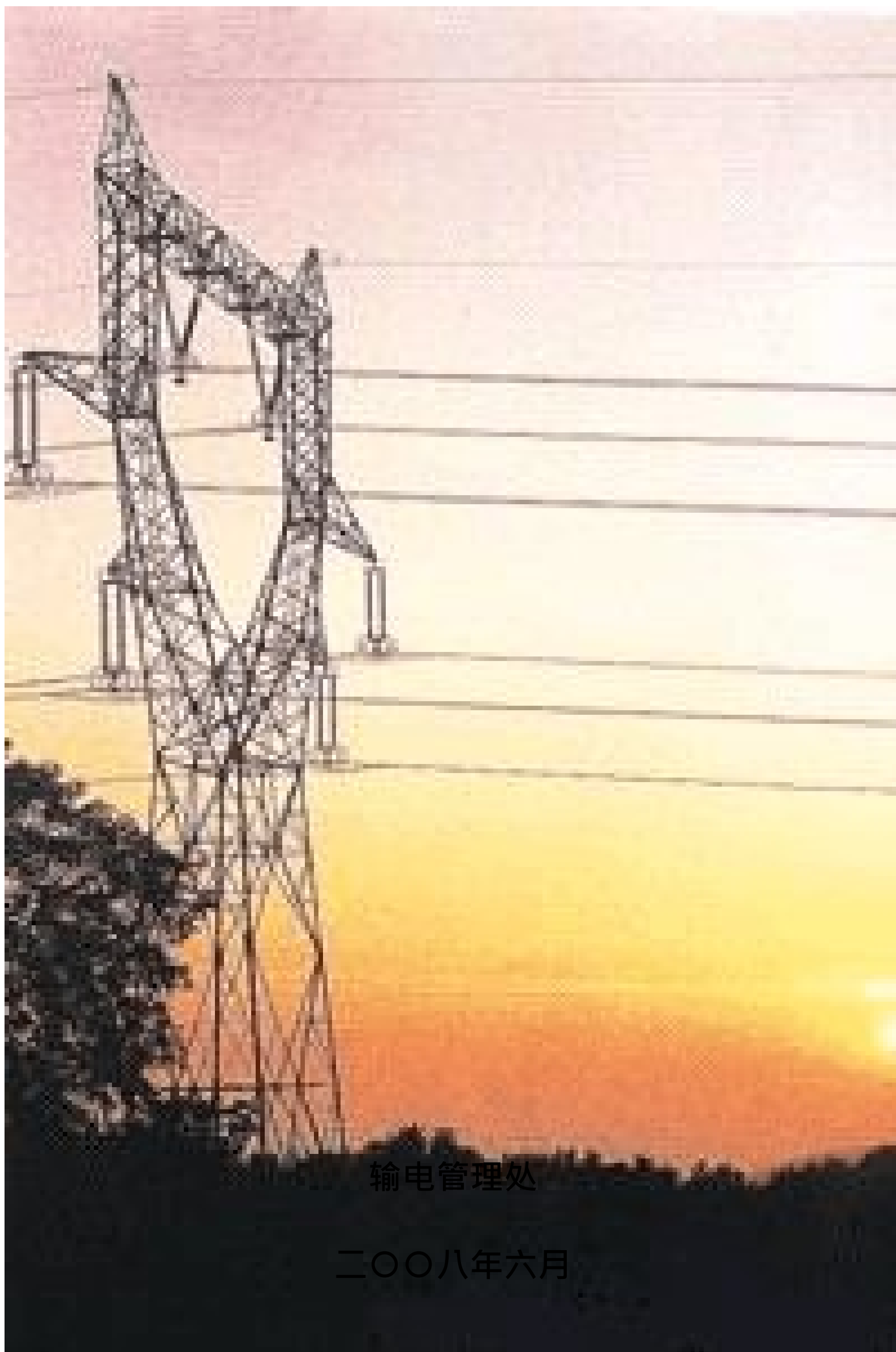

送电线路工人常用技术手册



输电管理处

二〇〇八年六月

目 录

第一部分 电工学基本知识

1 电流	1
2 电压	1
3 电阻	1
4 欧姆定律	2
5 电度	3
6 电功率	3
7 正弦交流电	3
8 三相交流电	4
9 感抗	4
10 容抗	5
11 阻抗	5
12 有功功率	6
13 无功功率	6
14 视在功率	6

第二部分 送电线路的基本知识

一、送电线路的主要设备

1. 导线	8
2. 架空地线	8
3. 绝缘子	8
4. 金具	8
5. 杆塔	9
6. 基础	10
7. 接地装置	10

二、送电线路专业术语

1. 档距	10
2. 弧垂	10
3. 限距	10
4. 水平档距	10
5. 垂直档距	10
6. 代表档距	11
7. 杆塔高度	11
8. 杆塔呼称高度	11
9. 悬挂点高度	11
10. 线间距离	11
11. 根开	11
12. 架空地线保护角	12
13. 杆塔埋深	12
14. 跳线	12
15. 导线的初伸长	12
16. 分裂导线	12

17. 导线换位	12
18. 导（地）线振动	12
三、送电线路过电压保护专业术语	
1. 雷暴日	13
2. 少雷区	13
3. 中雷区	13
4. 多雷区	13
5. 雷电活动特殊强烈地区	13
6. 反击	13
7. 绕击	13
8. 绕击率	13
9. 线路的耐雷水平	14
10. 雷电保护接地	14
11. 接地装置	14
12. 接地线	14
13. 接地极	14
14. 接地电阻	14
15. 工频接地电阻	14
16. 冲击接地电阻	14
17. 土壤电阻率	15
18. 跨步电压	15
19. 接触电压	15
20. 电晕现象	15
四、绝缘子机电及外绝缘特性术语	
1. 工频干放电电压	15
2. 工频湿放电电压	15
3. 工频击穿电压	15
4. 冲击放电电压	15
5. 一小时机电负荷	16
6. 有机复合绝缘子的额定机械负荷	16
7. 污闪	16
8. 泄漏距离	16
9. 泄漏比距	16
10. 等值附盐密度	16
11. 绝缘子表面积	16
五、线路带电作业术语	
1. 地电位作业	17
2. 等电位作业	17
3. 电场	17
4. 电场强度	17
5. 静电感应	17
6. 组合间隙	17
7. 绝缘电阻	17
8. 介质损耗	18

9. 绝缘强度	18
10. 泄漏电流	18
11. 绝缘工具的有效绝缘长度	18
12. 绝缘材料的密度	18
13. 绝缘材料的吸水性	18

第三部分 有关力学的基本知识

1. 力及力的三要素	19
2. 力偶、力臂和力矩	19
3. 力的平行四边形法则	19
4. 应力、破坏应力、容许应力	19
5. 效率	20
6. 振动系数、不平衡系数	20
7. 钢丝绳容许拉力计算	20
8. 白棕绳（麻绳）容许拉力计算	20
9. 滑轮应用计算	21

第四部分 送电线路的继电保护基本知识

1. 继电保护装置的定义	22
2. 继电保护在送电线路中的作用	22
3. 电流保护装置	22
4. 距离保护装置	22
5. 零序电流保护装置	22
6. 高频保护装置	23
7. 自动重合闸装置	23
8. 线路故障录波器	23

第五部分 常用数据

一、常用电工符号及其单位	24
二、常用法定计量单位名称与符号对照表	24
三、常用单位换算	1
. 公制与英制	25
2. 马力与千瓦	26
3. 几种常用重量单位换算表	26
4. 长度单位换算表	26
四、用电设备电流计算表	
1. 电动机的电流计算表	26
2. 电焊机、X 光机的电流计算表	27
3. 电灯、电热设备的电流计算表	27
五、送电线路常用数据	1
. 常用架空导（地）线的型号及其意义	27
2. 导线常用技术参数（74 和 83 标准）	27
3. 钢芯铝绞线导线的电阻及正序电抗	29
4. 钢绞线应用数据	30

5. 钢芯铝绞线连续容许输送容量.....	30
6. 裸导线的安全载流量（持续容许负荷）	31
7. 空载线路电容电流计算.....	31
8. 有地线的线路杆塔的工频接地电阻允许值.....	32
9. 放射形接地极每根的最大长度.....	32
10. 绝缘子	
(1) 常用电压等级杆塔绝缘子串的片数	32
(2) 线路和发电厂、变电所设备外绝缘各污秽等级和对应盐密、爬电比距.....	32
(3) 常用绝缘子主要数据.....	33
(自贡厂) 标准型钢化玻璃绝缘子型号和参数.....	33
(自贡厂) 耐污型钢化玻璃绝缘子型号和参数.....	33
(南京厂) 标准型钢化玻璃绝缘子型号和参数.....	34
(南京厂) 防污型钢化玻璃绝缘子型号和参数.....	35
普通型悬式瓷质绝缘子型号参数.....	35
防（耐）污型悬式瓷质绝缘子型号参数.....	35
棒形悬式复合绝缘子主要尺寸与特性.....	35 11
· 复合外套金属氧化物避雷器	
(1) DL/T815-2002 标准主要技术参数	39
(2) 北京伏安产品技术参数及外形尺寸.....	40
(3) 北京中能瑞斯特产品技术参数及外形尺寸.....	41
(4) 大连法伏安产品技术参数及外形尺寸	42
12. 悬垂线夹	43
13. 耐张线夹、接续管及相应压模	44
14. 拉线金具	47
15. 预应力钢筋混凝土水泥杆数据	48
16. 北京帕尔普线路器材有限公司预绞式接续条	48
六、送电线路施工及有关数据	
1. 弧垂观测	
(1) 弧垂观测档选择规定.....	50
(2) 弧垂观测的选择.....	50
(3) 弧垂的计算公式.....	50
悬挂点等高时的弧垂计算公式.....	50
弧立档的弧垂计算公式	51
用经纬仪在挡端观测弛度的角度计算公式.....	51
挡外观测的角度计算.....	52
等长法弛度观测.....	52
2. 定位模板曲线的制作.....	52
3. 钢丝绳插接接头长度及钢丝绳的拉力试验.....	53
4. 现浇混凝土配合比及沙浆配合比.....	55
5. 导、地线钳压、液压连接.....	55
6. 杆塔螺栓紧固.....	56
7. 导、地线断股损伤减少截面的处理.....	56
8. 防振锤的安装	

表 8 南京线路器材厂防震锤规格表	57
表 9 杭州金塔电力线路器材有限公司防震锤规格表	57
表 10 防震锤安装个数表	58
表 11 防震锤安装距离一览表	58
9. 常用拉线的长度计算及拉盘定位.....	58
10. 拉线与拉棒选择	59
11. 常用结绳方法表	59
七、常用材料数据	
1. 扁钢尺寸重量表.....	60
2. 等边角钢重量表.....	60
3. 槽钢重量表.....	61
4. 圆钢重量表.....	61
5. 麻绳、棕绳、棉纱绳的允许荷重表.....	61
6. 绝缘绳的机械性能表.....	62
7. 普通结构钢丝绳使用数据.....	62
八、有关安全工器具预防性试验数据	1
1. 带电作业工具.....	62
2. 常用电气绝缘工具试验一览表.....	63
3. 登高、起重工具试验标准表.....	64
4. 常用电力安全工器具	
表 2 电容型验电器的试验项目、周期和要求.....	64
表 3 携带型短路接地线的试验项目、周期和要求.....	65
表 4 个人保护接地线的试验项目、周期和要求.....	65
表 5 核相器的试验项目、周期和要求.....	65
表 6 绝缘罩的试验项目、周期和要求.....	66
表 7 绝缘隔板的试验项目、周期和要求.....	66
表 8 绝缘胶垫的试验项目、周期和要求.....	66
表 9 绝缘靴的试验项目、周期和要求.....	66
表 10 绝缘手套的试验项目、周期和要求	66
表 11 导电鞋的试验项目、周期和要求	66
表 12 安全带的试验项目、周期和要求	67
表 13 安全帽的试验项目、周期和要求	68
表 14 脚扣的试验项目、周期和要求	68
表 15 升降板的试验项目、周期和要求	68
表 16 竹(木)梯的试验项目、周期和要求	68
表 17 绝缘杆的试验项目、周期和要求	68
九、常用安全距离一览表	
表 1. 人身与带电体的安全距离	68
表 2. 绝缘工具最小有效绝缘长度	68
表 3. 更换绝缘子或在绝缘子串上作业时,良好绝缘子最少片数.....	69
表 4. 等电位作业人员对邻相导线的最小距离	69
表 5. 等电位作业人员与组合间隙的最小距离	69
表 6. 转移电位时人体裸露部分与带电体的最小距离	69
表 7. 使用消弧绳断、接空载线路的最大长度	69

表 8 . 在带电线路杆塔上工作与带电导线最小安全距离	69
表 9 . 邻近或交叉其他电力线工作的安全距离	69
表 10 . 导线与地面的最小距离	69
表 11 . 导线与山坡、峭壁、岩石最小净空距离	70
表 12 . 导线与建筑物之间的最小垂直距离	70
表 13 . 边导线与建筑物之间的最小距离	70
表 14 . 导线在最大弧垂、最大风偏时与树木之间的安全距离	70
表 15 . 送电线路与铁路、公路、电车道交叉或接近的基本要求	70
表 16 . 送电线路与河流、弱电线路、电力线路、管道、索道交叉或接近的基本要求	71
表 17 . 线路绝缘子每串最少片数和最小空气间隙	72
表 18 . 风力分级	72

第一部分 电工学基本知识

1 电流

导体中的自由电子在电场力的作用下有规则的定向运动，就形成了电流。习惯上规定正电荷移动的方向为电流的方向，电流的速度为每秒钟三十万公里。电流的大小（即电流强度），是以每秒钟流过导体截面的电量的多少来表示。电流的单位为“安培”（用字母 A 表示）。1 安培的电流（I）即是每秒钟（T）流过导体截面为 1 库伦（计算电量的单位）的电量（Q）

$$\text{计算公式： } I_{\text{电流}} = \frac{Q_{\text{电量}}}{T_{\text{时间}}}$$

$$1 \text{ 安培} = \frac{1 \text{ 库伦}}{1 \text{ 秒}}$$

人体的组织对电流是非常敏感的，引起人的感觉的最小电流：成年男性平均为 1.1 毫安，成年女性为 0.7 毫安；人能自由摆脱电源的最大电流：成年男性平均为 16 毫安，成年女性为 10 毫安。如果有 0.1 安培的电流通过人体，通常会引起死亡。0.05 安培以上的电流，就能危害生命，只有 0.01 安培以下的电流，才认为没有危险性，通过人体的电流值与接触到的电压，人体的电阻以及与人体串联在一起的阻抗有关。人体的电阻大约为 1000~2000 欧。

2 电压

电场中任意两点间的电位差叫电压。电压用 U 表示，电压的计算单位为“伏特”（用字母 V 来表示）。1 伏特电压等于 1 库伦电量在导体间移动时所做的功为 1 焦耳。

$$\text{即： } 1 \text{ 伏特} = \frac{1 \text{ 焦耳}}{1 \text{ 库伦}}$$

$$U = \frac{W}{Q}$$

3 电阻

在电场作用下，电流在导体中流动时，所受到的阻力称为电阻。用字母 R 表示，其计算单位是欧姆（Ω）。

导体的电阻值与导体的长度 L 成正比，与导体的横断面积 S 成反比，并且与金属的种类有关。其关系式：

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

式中：R—导体电阻（Ω）

L—导体长度（m）

S—导体横截面积（cm²）

ρ—导体的电阻率，也称电阻系数（Ω²m）

电阻在闭合电路里联接的方式有三种

（1）串联：如图 1-1

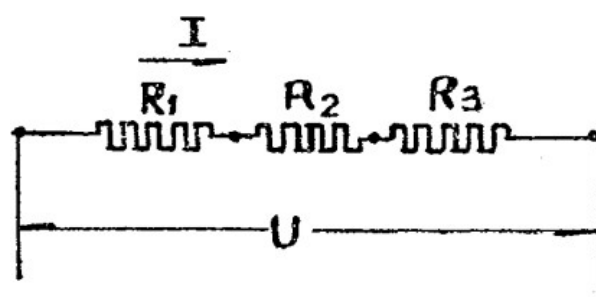


图 1-1 电阻串联

其总电阻值 $R = R_1 + R_2 + R_3$

(1) 并联: 如图 1-2

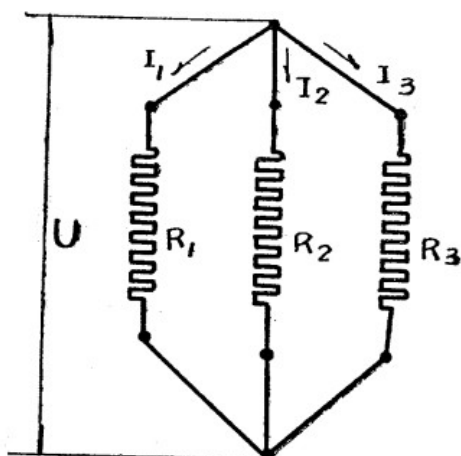


图 1-2 电阻并联

其总电阻值: $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

(2) 混联: 如图 1-3

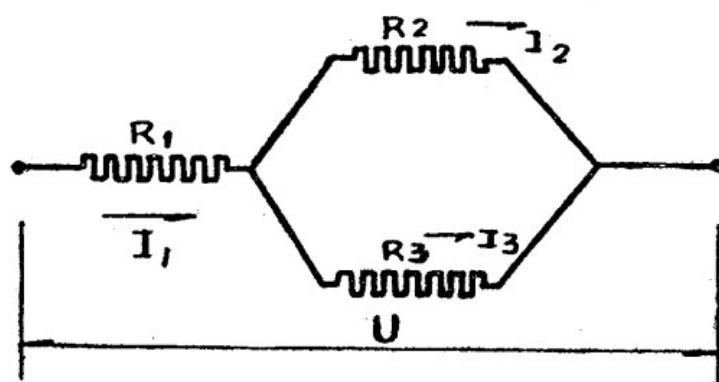


图 1-3 电阻混联

其总电阻值: 利用串联和并联的方法求 $R = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}$

2 欧姆定律

欧姆定律是用来说明电路中电压、电流和电阻这三个基本物理量之间关系的定律。它指出: 在一段电路中流过电阻 R 的电流 I 与电阻两端的电压成正比, 而与这段电路的电阻成反比。用公式表示为:

$$I = \frac{U}{R}$$

式中: U —电压 (伏);

I —电流 (安);

R —电阻 (欧);

欧姆定律还可以写成另外两种形式, 即

$$U = IR \text{ 或 } R = \frac{U}{I}$$

全电路欧姆定律是用来说明在一个闭合电路中，电压（电势）、电流、电阻之间基本关系的定律。即在一个闭合电路中，电流与电源的电动势成正比，与电路中电源的内阻和外电阻之和成反比。用公式表示为：

$$I = \frac{E}{R + r}$$

或 $E = U + U_0$

$$E = IR + Ir$$

式中：E—电路中电源的电动势（伏）；

I—电流（安）；

R—电阻（欧）；

U—电源端电压（伏）；

U_0 —电源内电阻上电压（伏）；

r—电源内电阻（欧）。

1 电度

在一段时间内电源力所作的功称为电功，用符号 W 表示，即：

$$W = IUt$$

式中：W—电功（千瓦²小时）；

I—电流（安）；

U—电压（伏）；

t—时间（小时）。

电度也叫千瓦²小时，就是电量的单位。一度电的意义就是表示为一个千瓦的用电设备开了一个小时所消耗的电能量。电度的计算单位是千瓦²小时。

2 电功率

单位时间内电场力所做的功叫电功率。电功率反映了电场力移动电荷做功的速度，用符号 P 表示即：

$$P = \frac{W}{t} = IU$$

式中：P—电功率（瓦）；

W—电功（千瓦²小时）；

t—时间（小时）。

电功率的计算单位是瓦（W）。

3 正弦交流电

大小和方向都随时间按正弦规律作周期变化的电压，和电流叫正弦交流电。正弦交流电三个最主要的因素：最大值（或有效值）、频率（或周期）及初相位（角）。

交流电的周期就是交流电完成一个循环所需要的时间。通常用字母 T 表示，单位秒。

频率：是单位时间（即 1 秒）内交流电重复变化的周期数，用字母 f 表示，单位是周/秒（或赫芝），我国频率定为 50 赫芝。周期和频率的关系为：

$$T = \frac{1}{f} \text{ 或 } f = \frac{1}{T}$$

角频率：交流电变化一周，就相当于变化了 2π 弧度（360度）。交流电的角频率，就是每秒变化的弧度数，用符号 ω 表示，单位是弧度/秒。它和周期、频率的关系为：

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

最大值：也叫振幅值，是指交流电在一个周期内出现的最大值。

有效值：一个交流电流和一个直流电流，分别通过同一电阻，如果经过相同的时间产生同样的热量，则直流电流的大小就称为交流电流的有效值。也就是指交流电一个周期所产生的热量的效果与直流电的效果作比较相等的量叫做正弦交流电的有效值。

二者之间的关系为：有效值是最大值的 $1/\sqrt{2}$ 倍或最大值 = $\sqrt{2}$ 有效值。

在正弦电压的瞬时值表达式 $u = \sqrt{2}U \sin(\omega t + \varphi)$ 中， $(\omega t + \varphi)$ 是一个角度，它是一个时间的函数，对应于确定的时间就有一个确定的角度，说明在这个时间内交流电变化了多少角度。它是表示正弦交流电变化进程的一个量，所以我们把某一时间交流电的角度称为相位。

初相位：当 $t=0$ 时的相位叫初相位，用 φ 来表示。

相位差（相角差），是指两个频率相等的正弦交流电的相位之差，相位差实际上说明两交流电之间在时间上超前或滞后的关系。

4 三相交流电

三个具有相同频率，相同振幅，在相位上彼此相差 120 度的正弦交流电势、电流、电压称为三相交流电。

三相电源中，每根相线对地间的电压称为相电压。流过每一相线的电流称为相电流。

三相电源中，任意两根相线间的电压称为线电压。三相线之间流过的电流称为线电流。

（1）三相负载星形连接时：

$$\begin{aligned} \text{相、线电压的关系是：} U_{\text{相}} &= \frac{U_{\text{线}}}{\sqrt{3}} \\ \text{或} U_{\text{线}} &= \sqrt{3} U_{\text{相}} \end{aligned}$$

$$\text{相、线电流的关系是：} I_{\text{相}} = I_{\text{线}}$$

（2）三相负载三角形连接时：

$$\text{相、线电压的关系是：} U_{\text{相}} = U_{\text{线}}$$

$$\begin{aligned} \text{相、线电流的关系是：} I_{\text{相}} &= \frac{I_{\text{线}}}{\sqrt{3}} \\ \text{或} I_{\text{线}} &= \sqrt{3} I_{\text{相}} \end{aligned}$$

5 感抗

交流电通过电感线圈时，线圈中会产生感应电动势来阻止电流的变化，因而有一种阻止交流电流过的作用，我们把它叫感抗。感抗在数值上是电感线圈上的电压和电流有效值之比。即：

$$X_L = \frac{U_L}{I_L}$$

式中： X_L —感抗（欧姆）；

U_L —电感线圈上电压的有效值（伏）；

I_L —流过电感线圈上电流的有效值（安）。

感抗与电源的频率 f 、线圈的电感 L 有关，它们的关系是：

$$X_L = \omega L = 2\pi fL$$

式中： L —线圈的电感；

电感常用的单位的是亨（H）

6 容抗

交流电通过电容器时，电容器有阻止交流电流流通的作用，我们把这种阻碍作用叫容抗。容抗在数值上是电容器上的电压和电流有效值之比。即：

$$X_c = \frac{U_c}{I_c}$$

式中： X_c —容抗（欧姆）；

U_c —电容器上电压的有效值（伏）；

I_c —通过电容器中的电流有效值（安）。

容抗 X_c 、电源频率 f 及电容器的电容量 C 之间的关系为：

$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC}$$

式中： C —电容器的电容量。

电容量 C 常用的单位是法拉（F）。

7 阻抗

交流电通过具有电阻、电感、电容的电路时，由于电阻、电感、电容都具有阻碍电流流通的作用，我们把它们的总的效果称为阻抗。

阻抗在数值上等于具有 R 、 L 、 C 元件的交流电路总电压与通过该电路总电流之比。即：

$$Z = \frac{U}{I}$$

式中： Z —阻抗（欧姆）；

U —交流电路总电压的有效值（伏）；

I —交流电路总电流有效值（安）。

在交流电路中，阻抗包含电阻 R 、电抗 X 两部分，电抗 X 在数值上等于感抗与容抗的差值，即： $X = X_L - X_c$ ，电阻、电抗和阻抗的关系为：

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

根据上述公式， Z 、 R 、 X 在数值上可以构成一个三角形，如图 1-4 所示，我们称为阻抗三角形。图中角 φ 为阻抗角。

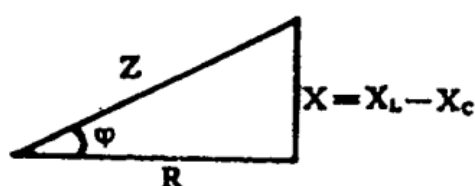


图 1-4 阻抗三角形

8 有功功率

交流电路中，电阻所消耗的功率叫有功功率，用字母 P 来表示，计算单位用瓦（W）表示：

单相： $P = UI \cos\varphi$

式中： P —有功功率（W）；

U —相电压（伏）；

I —相电流（安）；

$\cos\varphi$ —功率因数。

三相： $P = \sqrt{3} UI \cos\varphi$

式中： P —有功功率（W）；

U —线电压（伏）；

I —线电流（安）；

$\cos\varphi$ —功率因数。

功率因数的大小与电路的负荷性质有关，如白炽灯泡，电阻炉等电阻性质的负荷，其功率因数为 1；一般具有电感性质的负载，其功率因数小于 1；电容性质的负载，功率因数大于 1；功率因数反应了做有用功的电力在总电力所占的比率。

9 无功功率

在交流电路中，电感（电容）是不消耗功率的，它只是与电源之间进行能量交换，而并没有真正消耗能量，我们把与电源交换能量的功率叫无功功率，用符号 Q 表示，计算单位用乏（var）表示。

单相： $Q = UI \sin\varphi$

式中： Q —无功功率（var）；

U —相电压（伏）；

I —相电流（安）。

三相： $Q = \sqrt{3} UI \sin\varphi$

式中： Q —无功功率（var）；

U —线电压（伏）；

I —线电流（安）。

10 视在功率：

视在功率是指电路中电压与电流的乘积，用符号 S 表示，计算单位：伏安（VA）、千伏安（KVA）。变压器的容量是用视在功率表示。

单相： $S = UI$

式中： S —容量（伏安）

U —相电压（伏）；

I —相电流（安）。

三相： $S = \sqrt{3} UI$

式中： S —容量（伏安）

U —线电压（伏）；

I —线电流（安）。

视在功率与有功功率、无功功率的关系为：

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

$$\text{或 } S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

功率三角形为图 1-5 所示。其中：S 是三角形的斜边、P 和 Q 是三角形两个直角边。

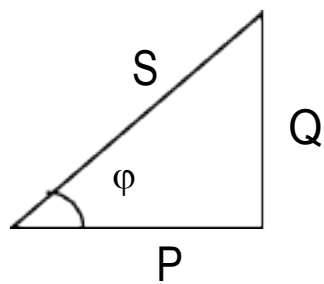


图 1-5 功率三角形

第二部分 送电线路的基本知识

一、送电线路的主要设备：

送电线路是用绝缘子以及相应金具将导线及架空地线悬空架设在杆塔上，连接发电厂和变电站，以实现输送电能为目的的电力设施。主要由导线、架空地线、绝缘子、金具、杆塔、基础、接地装置等组成。

1. 导线：其功能主要是输送电能。线路导线应具有良好的导电性能，足够的机械强度，耐振动疲劳和抵抗空气中化学杂质腐蚀的能力。线路导线目前常采用钢芯铝绞线或钢芯铝合金绞线。为了提高线路的输送能力，减少电晕、降低对无线电通信的干扰，常采用每相两根或四根导线组成的分裂导线型式。

2. 架空地线：主要作用是防雷。由于架空地线对导线的屏蔽，及导线、架空地线间的耦合作用，从而可以减少雷电直接击于导线的机会。当雷击杆塔时，雷电流可以通过架空地线分流一部分，从而降低塔顶电位，提高耐雷水平。架空地线常采用镀锌钢绞线。目前常采用钢芯铝绞线，铝包钢绞线等良导体，可以降低不对称短路时的工频过电压，减少潜供电流。兼有通信功能的采用光缆复合架空地线。

3. 绝缘子：是将导线绝缘地固定和悬吊在杆塔上的物件。送电线路常用绝缘子有：盘形瓷质绝缘子、盘形玻璃绝缘子、棒形悬式复合绝缘子。

(1) 盘形瓷质绝缘子：国产瓷质绝缘子，存在劣化率很高，需检测零值，维护工作量大。遇到雷击及污闪容易发生掉串事故，目前已逐步被淘汰。

(2) 盘形玻璃绝缘子：具有零值自爆，但自爆率很低（一般为万分之几）。维护不需检测，钢化玻璃件万一发生自爆后其残留机械强度仍达破坏拉力的 80% 以上，仍能确保线路的安全运行。遇到雷击及污闪不会发生掉串事故。在 I、II 级污区已普遍使用。

(3) 棒形悬式复合绝缘子：具有防污闪性能好、重量轻、机械强度高、少维护等优点，在 III 级及以上污区已普遍使用。

4. 金具

送电线路金具，按其主要性能和用途可分为：线夹类、连接金具类、接续金具类、防护金具类、拉线金具类。

(1) 线夹类：

悬式线夹：用于将导线固定在直线杆塔的悬垂绝缘子串上，或将架空地线悬挂在直线杆塔的架空地线支架上。

耐张线夹：是用来将导线或架空地线固定在耐张绝缘子串上，起锚固作用。耐张线夹有三大类，即：螺栓式耐张线夹；压缩型耐张线夹；楔型线夹。

螺栓式耐张线夹：是借 U 型螺丝的垂直压力与线夹的波浪形线槽所产生的摩擦效应来固定导线。

压缩型耐张线夹：它是由铝管与钢锚组成。钢锚用来接续和锚固钢芯铝绞线的钢芯、然后套上铝管本体，以压力使金属产生塑性变形，从而使线夹与导线结合为一整体，采用液压时，应用相应规格的钢模以液压机进行压缩。采用

爆压时，可采用一次爆压或二次爆压的方式，将线夹和导线（架空地线）压成一个整体。

楔型线夹：用来安装钢绞线，紧固架空地线及拉线杆塔的拉线。它利用楔的劈力作用，使钢绞线锁紧在线夹内。

（2）连接金具类：连接金具是用来将绝缘子串与杆塔之间，线夹与绝缘子串之间，架空地线线夹与杆塔之间进行连接的金具。常用的连接金具有：球头挂环、碗头挂板、U型挂环、直角挂板等。

（3）接续金具类：用于导线的接续及架空地线的接续，耐张杆塔跳线的接续。定型的接续金具有：钳压接续金具、液压接续金具、螺栓接续金具、爆压接续金具。

（4）防护金具类：用于防护导线，架空地线振动的防震锤、护线条、阻尼线；用于抑制次档距振动的间隔棒；用于防护绝缘子串产生电晕的屏蔽环及均压环等。

（5）拉线金具类：用于调整和稳固杆塔拉线的金具有：可调式 UT 型线夹；钢线卡子、及双拉线联板等。

5. 杆塔：

杆塔是支承架空线路导线和架空地线，并使导线与导线之间，导线和架空地线之间，导线与杆塔之间，以及导线对大地和交叉跨越物之间有足够的安

常规杆塔型号表示方法：

（1）按杆塔用途分类代号含义：

Z——直线杆塔ZJ—	D——终端杆塔
一直线转角杆塔N—	F——分支杆塔
—耐张杆塔	K——跨越杆塔
J——转角杆塔	H——换位杆塔

（2）按杆塔外形或导线布置型式代号含义：

S——上字型C——	S _Z ——正伞型
叉骨型（鸟骨型）M—	S _D ——倒伞型
—猫头型	T——田字型
V——V字型	W——王字型
J——三角型	A——A字型
G——干字型	Me——门型
Y——羊角型	Gu——鼓型
B——酒杯型	

（3）杆塔材料和结构代号含义：

G——钢筋混凝土电杆
T——自立式铁塔X—
—拉线式铁塔

（4）分级代号含义

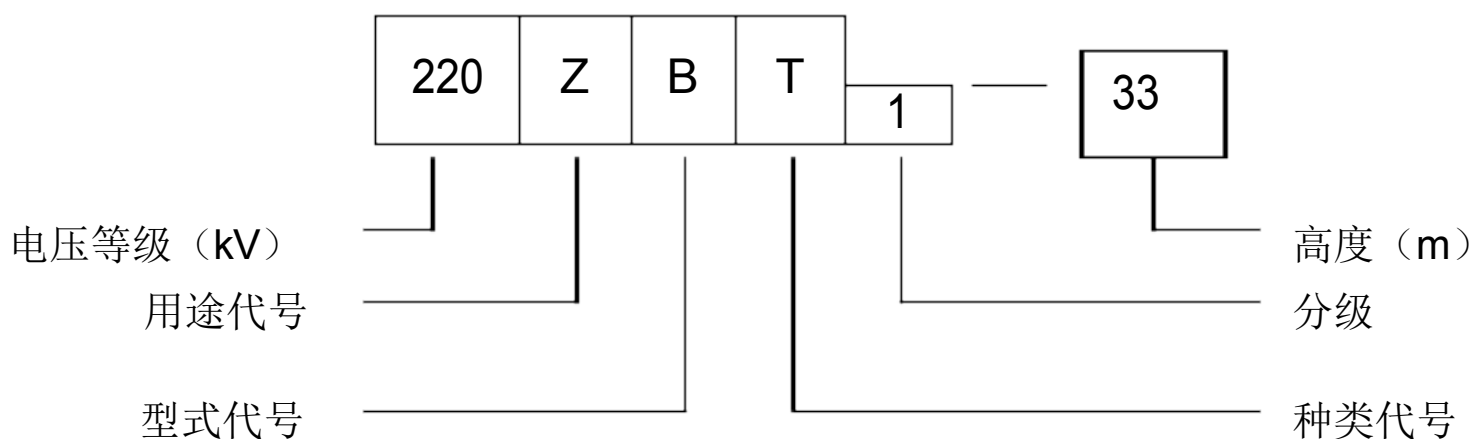
同一种杆塔型式按荷重不同进行分级，其分级代号用角注 1、2、3,,,表示。

（5）高度代号含义

杆塔高度是指横担对地面的距离（m），称为呼称高，一般用数字表示。

(6) 铁塔型号表示方法

铁塔型号由字母及数字共六个部分组成：



上例中表示，该塔为 220kV 直线酒杯型自立铁塔，第一级呼称高 33m。

(7) 钢筋混凝土杆型号表示方法

钢筋混凝土电杆型号与铁塔型号的表示方法基本相同，通常不写出线路电压等级的代号。例：NM_eG₂—21，表示无拉线耐张门型钢筋混凝土电杆，第二级呼称高为 21m。

6. 基础：

基础的作用主要是稳定杆塔，能承受杆塔、导线、架空地线的各种荷载所产生的上拔力、下压力和倾覆力矩。

电杆及拉线宜采用预制装配式基础。铁塔宜采用现浇钢筋混凝土基础或混凝土基础。有条件时，应优先采用原状基础。包括有：岩石基础、机扩桩基础、掏挖（半掏挖）基础、爆扩桩基础和钻孔桩基础等。

7. 接地装置：

主要由连接架空地线的接地引下线及埋入杆塔地里的接地体（极）所组成。接地装置的主要作用是，能迅速将雷电流在大地中扩散泄导，以保持线路有一定的耐雷水平。杆塔接地电阻值愈小，其耐雷水平就愈高。

二、送电线路专业术语

1. 档距：相邻两基杆塔之间的水平直线距离，称为档距，一般用 L 表示。

2. 弧垂：对于水平架设的线路来说，导线相邻两个悬挂点之间的水平连线与导线最低点的垂直距离，称为弧垂或弛度。用 f 表示。

3. 限距：导线对地面或对被跨越设施的最小距离。一般指导线最低点到地面的最小允许距离，常用 h 表示。

4. 水平档距：相邻两档距之和的一半，称为水平档距，常用 λ_h 表示，即 $\lambda_h = \frac{(L_1 + L_2)}{2}$ 。

5. 垂直档距：相邻两档距间导线最低点之间的水平距离，称为垂直档距，常用 λ_n 表示，如图 2-1 所示。

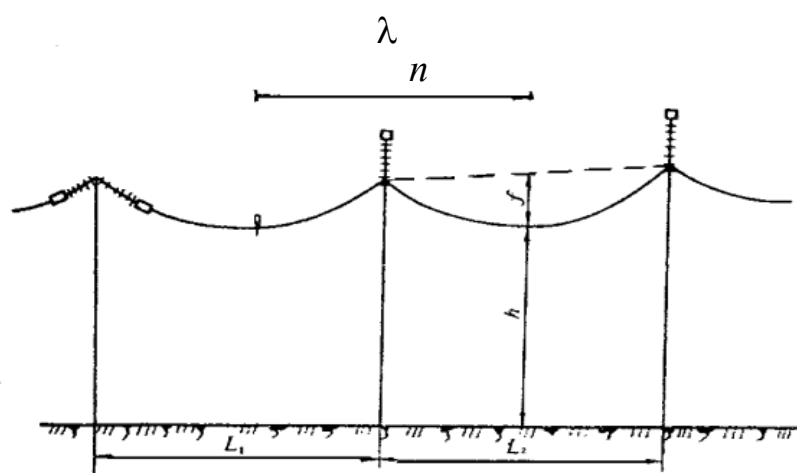


图 2-1 档距、限距、弛度等示意图

1. 代表档距：一个耐张段里，除弧立档外，往往有多个档距。由于导线跨越的地形、地物不同，各档距的大小不相等，导线的悬挂点标高也不一样，各档距的导线受力情况也不同。而导线的应力和弧垂跟档距的关系非常密切，档距变化，导线的应力和弧垂也变化，如果每个档距一个一个计算，会给导线力学计算带来困难。但一个耐张段里同一相导线，在施工时是一道收紧起来的，因此，导线的水平拉力在整个耐张段里是相等的，即各档距弧垂最低点的导线应力是相等的。我们把大小不等的一个多档距的耐张段，用一个等效的假想档距来代替它，这个能够表达整个耐张力学规律的假想档距，称之为代表档距或称为规律档距，用 L_o 表示。

$$\text{导线悬挂点等高情况: } L_o = \sqrt{\frac{\sum L_n^3}{\sum L_n}} = \sqrt{\frac{L_1^3 + L_2^3 + \Lambda \Lambda + L_n^3}{L_1 + L_2 + \Lambda \Lambda + L_n}}$$

导线悬挂点不等高情况：

$$L_o = \sqrt{\frac{\sum L_n^3 \cdot \cos Q_n}{\sum L_n / \cos Q_n}} = \sqrt{\frac{L_1^3 \cdot \cos Q_1 + L_2^3 \cdot \cos Q_2 + \Lambda \Lambda + L_n^3 \cdot \cos Q_n}{L_1 / \cos Q_1 + L_2 / \cos Q_2 + \Lambda \Lambda + L_n / \cos Q_n}}$$

式中： L_o — 规律档距（米）

L_n — 各档档距（米）

Q_n — 悬挂点高差角（度）

2. 杆塔高度：杆塔最高点至地面的垂直距离，称为杆塔高度。用 H_1 表示。

3. 杆塔呼称高度：杆塔最下层横担至地面的垂直距离称为杆塔呼称高度，简称呼称高，用 H_2 表示。

4. 悬挂点高度：导线悬挂点至地面的垂直距离，称为导线悬挂点高度，用 H_3 表示。

5. 线间距离：两相导线之间的水平距离，称为线间距离，用 D 表示。

6. 根开：两电杆根部或塔脚之间的水平距离，称为根开。用 A 表示。

6. 架空地线保护角：架空地线和边导线的外侧连线与架空地线铅垂线之间的夹角，称为架空地线保护角。用 α 表示。

7. 杆塔埋深：电杆（塔基）埋入土壤中的深度称为杆塔埋深。用 h_0 表示，如图 2-2 所示。

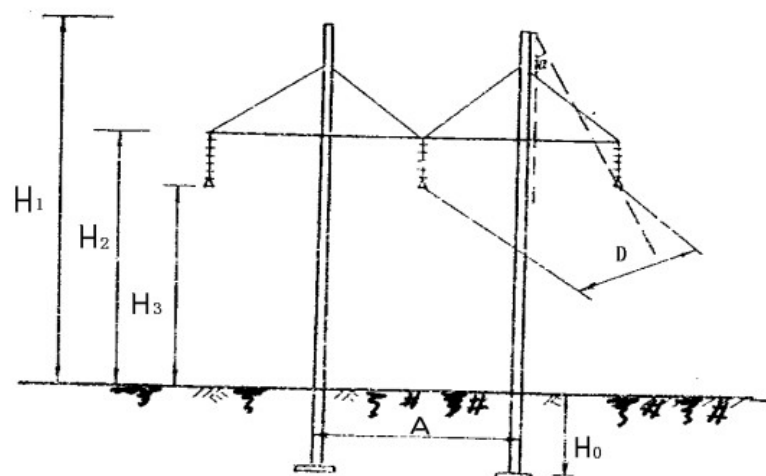


图 2-2 杆塔高度、线间距离、根开、避雷线保护角等示意图

8. 跳线：连接承力杆塔（耐张、转角和终端杆塔）两侧导线的引线，称为跳线，也称引流线或弓子线。

9. 导线的初伸长：当导线初次受到外加拉力而引起的永久性变形（延着导线轴线伸长），称为导线初伸长。

10. 分裂导线：一相导线由多根（有 2 根、3 根、4 根）组成型式，称为分裂导线。它相当于加粗了导线的“等效直径”，改善导线附近的电场强度，减少电晕损失，降低了对无线电的干扰，及提高送电线路的输送能力。

11. 导线换位：送电线路的导线排列方式，除正三角形排列外，三根导线的线间距离是不相等。而导线的电抗取决于线间距离及导线半径，因此，导线如不进行换位，三相阻抗是不平衡的，线路愈长，这种不平衡愈严重。因而，会产生不平衡电压和电流，对发电机的运行及无线电通信产生不良的影响。送电线路设计规程规定“在中性点直接接地的电力网中，长度超过 100km 的送电线路均应换位”。一般在换位塔进行导线换位。

12. 导（地）线振动：在线路档距中，当架空线受到垂直于线路方向的风力作用时，就会在其背风面形成按一定频率上下交替的稳定涡流（如图 2-3 示），在涡流升力分量的作用下，使架空线在其垂直面内产生周期性振荡，称为架空线振动。



图 2-3 架空线背风面
涡流示意图

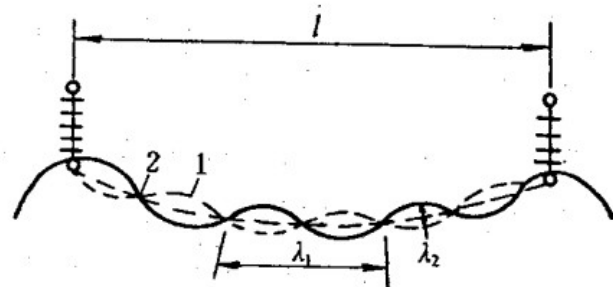


图 2-4 架空线振动波示意图
1—波峰；2—波节； λ_1 —振动全波； λ_2 —波幅

当涡流的频率恰好与架空线的自振频率相同时，将会形成架空线的稳定振动波，这种稳定的振动波将在架空线内部产生交变应力，长期作用会造成架空线的损伤。最严重的地方是架空线线夹出口处。

架空线振动时的最高点（如图 2-4 中 1 点）叫做波峰，当导线邻近的另外的一点停留在原有位置（如 2 点）时，便形成了所谓的波节。两个相邻波节之间的距离叫做振动的半波长。两个相邻的半波则称为振动全波长。两个波峰之间的垂直距离称为波幅（振幅）。因风力作用而引起的周期性振荡，一般每秒几到几十个周波。振幅一般不超过几个厘米的“静止波”。

均匀的风速和风向是引起架空线振动的基本因素，其振动的频率，波长和振幅还与架空线的档距长度，年平均运行应力及架空线的材料、直径和张力等因素有关。

架空线的防振措施，主要是安装防振锤，护条线、阻尼线等，用其来吸收振动能量。以达到减轻架空线振动的效果。

防振锤的安装位置最好在“波峰”点处，使其上下甩动幅度最大，从而起到消耗最大振动能量的作用。其公式如下示：

$$S = \frac{\frac{\lambda_{\min}}{2} \times \frac{\lambda_{\max}}{2}}{\frac{\lambda_{\min}}{2} + \frac{\lambda_{\max}}{2}}$$

式中：S—防震锤安装距离（线夹中心线至防震锤夹板中心线距离）

$\lambda_{\min}$ —振动的最小半波长

$\lambda_{\max}$ —振动的最大半波长

三、送电线路过电压保护专业术语：

1. 雷暴日：一天内只要听到雷声就算一个雷暴日。

2. 少雷区：平均年雷暴日数不超过 15 的地区。

3. 中雷区：平均年雷暴日数超过 15 但不超过 40 的地区。

4. 多雷区：平均年雷暴日数超过 40 但不超过 90 的地区。

5. 雷电活动特殊强烈地区：平均年雷暴日数超过 90 的地区。

6. 反击：雷电直击于线路架空地线或杆塔时，雷电流一部分经架空地线流向线路两侧，大部分经杆塔及接地装置流入大地，引起塔顶电位升高，而造成绝缘子串的闪络放电，这种现象称为反击。雷电反击过电压与雷电参数，杆塔型式、高度和接地电阻等有关。

7. 绕击：雷电绕过架空地线直击于导线，而造成绝缘子串的闪络放电，这种现象称为绕击。

8. 绕击率：雷电绕过架空地线直击导线的概率，称为绕击率。用 P_{α} 表示：

$$\lg P_{\alpha} = \frac{\alpha \sqrt{h}}{86} - 3.9 \quad (\text{对平地线路})$$

$$\lg P_{\alpha} = \frac{\alpha \sqrt{h}}{86} - 3.35 \quad (\text{对山区线路})$$

式中： P_{α} — 绕击率（%）

α — 保护角（度）

h — 杆塔高度（米）

绕击率的大小与架空地线的保护角，杆塔高度及线路经过地区的地形、地貌、地质条件等有关。

9. 线路的耐雷水平：线路遭受雷击时，绝缘子串不发生闪络的最大雷电流幅值，称为该线路的耐雷水平。用 I_0 表示，（KA）。雷电流幅值一般不超过 100KA，雷电的极性有正、有负。负极性的雷电占 85% 左右。线路的耐雷水平与绝缘子串的 U50% 雷电冲击电压，杆塔的冲击接地电阻，杆塔塔型及对地高度等有关。

10. 雷电保护接地：为雷电保护装置（避雷针、避雷线和避雷器等）向大地泄放雷电流而设的接地。

11. 接地装置：接地线与接地极的总和。

12. 接地线：电气装置、设施的接地端子与接地极连接用的金属导电部分。如连接杆塔架空地线与接地极之间的连线，叫接地线。

13. 接地极：埋入地中并直接与大地接触的金属导体，称为接地极。

兼作接地极用的直接与大地接触的各种金属构件、金属井管、钢筋混凝土建（构）筑物的基础，金属管道和设备等称为自然接地极。

14. 接地电阻：接地极或自然接地极的对地电阻和接地线电阻的总和，称为接地装置的接地电阻。

15. 工频接地电阻：接地装置流过工频电流时所表现的电阻值。

16. 冲击接地电阻：接地装置流过冲击电流时所表现的电阻值。冲击接地电阻与工频接地电阻的关系为：

$$R_{cb} = \alpha R$$

式中： R_{cb} — 冲击接地电阻

R — 工频接地电阻

α — 冲击系数（宜 < 1 ）

线路反击与杆塔的冲击接地电阻值的大小关系较大。采用工频值（用摇表测量杆塔接地电阻值指的是工频值），经过 < 1 的冲击系数的换算后，可以满足线路防雷的要求。用工频值作规定，是便于杆塔接地电阻的测量检查。

17. 土壤电阻率：所谓土壤电阻率就是 1 立方米土壤的电阻值。单位是：欧² 米（ $\Omega^2 \text{ m}$ ）。它反映土壤流散雷电流的能力，其值越大，流散雷电流能力就越差。

18. 跨步电压：接地短路（故障）电流流过接地装置时，地面上水平距离为 0.8m 的两点间的电位差，称为跨步电位差，即跨步电压。（如图 2-3 左侧所示）。

19. 接触电压：接地短路（故障）电流流过接地装置时，大地表面形成分布电位，在地面上离设备水平距离为 0.8m 处与设备外壳，架构或墙壁离地面的垂直距离 1.8m 处，两点间的电位差，称为接触电位差，即接触电压。（如图 2-3 右侧所示）

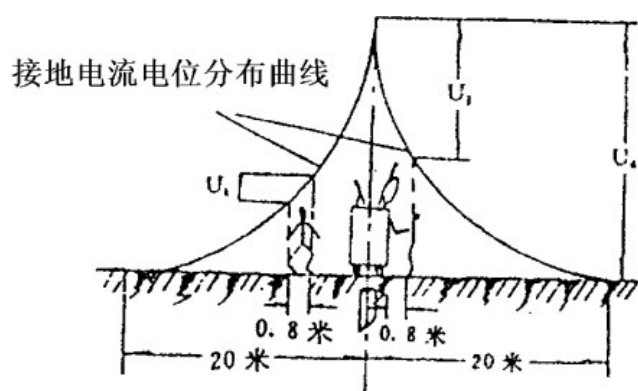


图 2-3 跨步电压和接触电压示意图

20. 电晕现象：在带电的高压导线周围会产生电场，如果电场强度超过了空气击穿强度时，就使导线周围的空气电离而呈现局部放电现象，这种现象叫电晕现象。

四、绝缘子机电及外绝缘特性术语

1. 工频干放电电压：是指沿干燥而清洁的绝缘子表面发生火花放电时的最小工频电压。

工频干放电电压是在标准大气条件下（温度+20℃、气压 760 毫米水银柱、湿度为 11 克/米³）定义出来的，当不是标准大气条件时应进行换算。干放电电压与绝缘子的形状和大气条件关系较小，而主要决定于放电距离（是指两电极之间绕过裙边的最小距离）。

2. 工频湿放电电压：是指绝缘子受雨量为 3 毫米/分钟，水电阻率为 9500~10500 $\Omega^2 \text{ m}$ ，水温为 20℃ 的均匀的与水平面成 45° 角的雨水作用下，沿绝缘子表面引起火花放电的最小工频电压。绝缘子的工频湿放电电压与绝缘子的形状，绝缘子的放电距离，下雨时间等有关。

3. 工频击穿电压：是指引起绝缘子两极间本体绝缘击穿的最小工频电压。一般击穿电压为干放电电压 1.2~1.5 倍。绝缘子的击穿电压与其电介质的质量好坏，电介质薄厚及电极形状有关。

4. 冲击放电电压：指绝缘子的 U50% 放电电压。它与绝缘子的放电距离、轮缘、裙边、空气密度及湿度等有关。但由于冲击电压作用时间很短，绝缘子

的冲击干放电和湿放电电压相差不多，因此，冲击放电电压只有干放电电压而无湿放电电压。

1. 一小时机电负荷：即对绝缘子施加 **75%**额定机械破坏负荷，同时施加 **50%**的工频击穿电压，此条件下保持一小时，绝缘子不丧失其机械及电气性能。

2. 有机复合绝缘子的额定机械负荷：对有机复合绝缘子平稳地施加某一机械负荷值耐受 **1**分钟，然后在 **30~90**秒时间内将负荷升到 **100%**额定机械负荷耐受 **1**分钟。此时有机复合绝缘子不应发生抽芯、端部附件的伞套裂纹、伞套与附件分离现象。

3. 污闪：指绝缘子的电瓷（玻璃）表面沉积了带有导电物质的污秽层，当遇到雾、露和毛毛雨等潮湿气候条件时，污秽层受潮，表面电导增大，泄漏电流增加，产生局部放电，在工频电压作用下，这种局部放电发展成为电弧闪络。这种现象称为绝缘子污闪。

4. 泄漏距离：指绝缘子承受正常运行工频电压的二电极间沿绝缘件处表面轮廓的最短距离。如图 2-5 示的 A~B 之间虚线所示的距离。

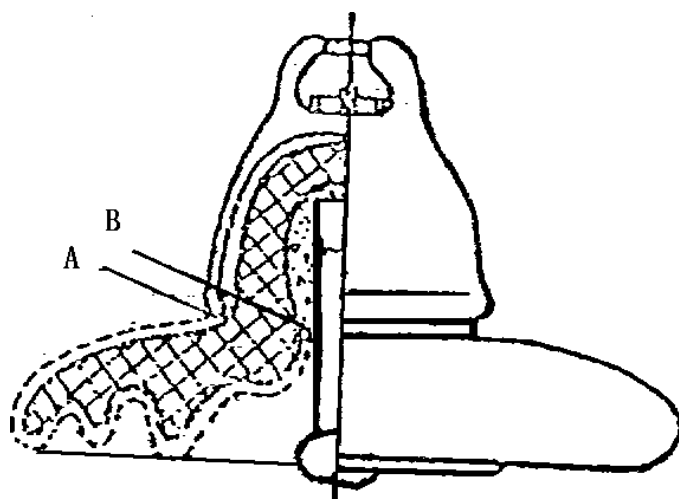


图 2-5 绝缘子泄漏距离意义

泄漏距离是绝缘子重要特征之一。在一定的合理的伞棱条件下，绝缘子的污秽闪络电压，随泄漏距离的增加而直线上升。

5. 泄漏比距：指单位电压（每千伏）在绝缘子表面上的泄漏距离。即绝缘子外绝缘的泄漏距离对系统最高工作电压有效值之比。泄漏比距是表示绝缘子抗污闪能力的重要技术指标。

$$\text{绝缘子串泄漏比距} = \frac{\text{每串绝缘子片数} \times \text{每片绝缘子的泄漏距离(cm)}}{\text{电力系统最高工作电压(kV)}}$$

6. 等值附盐密度：以绝缘子表面上每平方厘米的面积上有多少毫克 **NaCl**（氯化钠）来等值绝缘子表面上导电物质的含量。是目前划分污区等级的重要技术指标。单位：（**mg/cm²**）。

7. 绝缘子表面积：指绝缘子绝缘件外露表面积。是计算绝缘子等值附盐密度一个重要定量参数。

五、线路带电作业术语：

1.

地电位作业：地电位作业是指作业人员站在大地或杆塔上用绝缘工具（指绝缘操作杆、检测杆、吊杆、拉杆、绝缘绳等）对带电体进行的作业。

2. 等电位作业：等电位作业是指作业人员通过绝缘物（包括绝缘子和绝缘工具）对大地绝缘后进入高压电场，人体与带电体保持相等电位的作业。

3. 电场：在电荷（带电体）的周围空间存在着一种特殊形式的物质，它对放在其中的任何电荷（带电体）均表现为力的作用。这种特殊形式的物质，就称之为电场。

4. 电场强度：在电场中某一位置上受到的作用力 F 与电荷 q_0 的比值，称之为某点的电场强度。法定单位：伏（特）每米（v/m）

$$\text{即： } E = F / q_0$$

式中：E—电场强度（牛顿/库仑）

F—电场力（牛顿）

q_0 —试验电荷的电量（库仑）

5. 静电感应：一个不带电的物体，如果移近带电的物体（但没有接触），在不带电的物体上接近带电体的一面产生与带电体异性的电荷；而在另一面产生同性的电荷，这种现象叫静电感应。

如杆塔上的带电作业人员，由于穿用绝缘胶底鞋，使人体与接地体具有一定的绝缘，人体上就会产生一定的静电感应电压。作业人员离带电体愈近，感觉愈强烈。防静电感应措施是穿静电防护服及导电鞋。

6. 组合间隙：作业人员由绝缘子串或绝缘梯进入电场过程中，人对接地体的空间距离（ S_1 ）和人对带电体的空间距离（ S_2 ）之和称为组合间隙（S）。如图 2-6 所示。

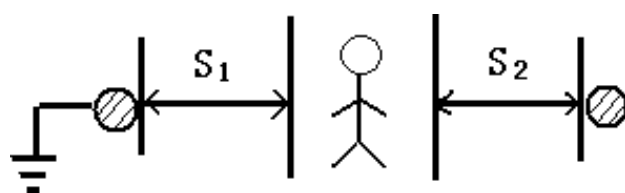


图 2-6 组合间隙

即：组合间隙 $S = S_1 + S_2$

式中：S—组合间隙（米）

S_1 —人体对接地体间隙（米）

S_2 —人体对带电体间隙（米）

7. 绝缘电阻：电介质在直流电压作用下，内部通过稳定的泄漏电流，此时电压值与电流值的比值，称为该电介质的绝缘电阻。

绝缘电阻由体积电阻和表面电阻两部分并联构成。体积电阻是对通过绝缘体内部的电流而言的电阻；表面电阻是对沿绝缘体表面流过的电流而言的电阻。如平常使用绝缘摇表，摇测绝缘工具的绝缘电阻就是表面电阻值。

1. 介质损耗：在交流电压作用下，绝缘体要消耗一定的电能而发热。单位时间内所消耗的电能，称为介质损耗。

介质损耗的大小用 $\tan\delta$ 来表示， $\tan\delta$ 大表示功率损耗大，发热量也大，即介质的质量差。

2. 绝缘强度：表明绝缘材料击穿电压大小的数值叫绝缘强度，也叫击穿强度。单位以 Kv/mm 表示。如在预防性试验中，规定对带电绝缘工具做 1min 工频耐压试验，就是检验绝缘工具能否在规定时间内耐受一定的工频电压，以判断其绝缘性能。

3. 泄漏电流：绝缘介质在施加电压的情况下，总有一定的电流流过，这种微小的电流称之为绝缘介质的泄漏电流。

泄漏电流在介质中分二个途径，一是沿表面流过的称表面泄漏电流；二是沿介质内部流过的称体积泄漏电流。二者之和为介质的总泄漏电流。

4. 绝缘工具的有效绝缘长度：是指绝缘工具的全长减掉握手部分及金属部分的长度。

5. 绝缘材料的密度：表示在相同强度，相同体积的条件下，某种材料与水质量之比叫密度，单位为： g/cm^3 。带电作业使用的绝缘材料，要求有较小的密度。

6. 绝缘材料的吸水性：表示材料放在温度为 $20\pm 5^\circ\text{C}$ 的蒸馏水中，经若干时间（一般为 24 小时）后材料质量增加的百分数。带电作业使用的绝缘材料，吸水性越低越好。

第三部分 有关力学的基本知识

1. 力及力的三要素

力是物体间的相互作用。

力的大小、方向和作用点称为力的三要素。

在法定计量单位中：重量的单位是：克（g）、千克（kg）

力的单位是：牛（N）、千牛（KN）

重量与重力的换算：1 千克力=9.8 牛（吨）

2. 力偶、力臂和力矩

力偶：大小相等、方向相反，作用线不在一条直线上的平行力称为力偶。

力臂：力偶中两个力之间的垂直距离 h 称为力偶臂（力臂）。

力矩：力偶中力 F 和力臂 h 的乘积称为力矩。

$M=F^2 h$ 法定计量单位：牛（吨）² 米，（N² m）

3. 力的平行四边形法则

作用在物体同一点上的两个力的合力，其大小和方向由这两个力为邻边所构成的平行四边形的对角线来表示，其力也作用在该点上，叫力的平行四边形法则。如图 3-1 所示。

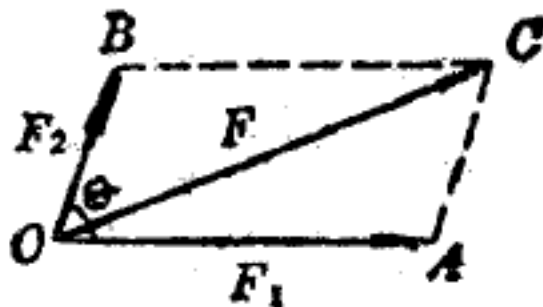


图 3-1 力的平行四边形

求合力的方法

(1) 作图法

a. 按一定的线段比例表示力的大小，如 1 厘米代表 10 牛顿。

b. 量两个力之间的夹角。

c. 以两个力为邻边作平行四边形。

d. 四边形对角线的长度，按线段比例算出合力的大小。

(2) 计算法

利用公式：

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 F_2 \cos\theta}$$

式中：F—合力

F_1 、 F_2 —两个分力的大小

θ —两个分力之间的夹角

4. 应力、破坏应力、容许应力

应力：对物体进行拉伸或压缩而作用在物体内部，单位截面积上的力称为应力。

$$\sigma = F/S$$

式中： σ —应力（牛/平方毫米）（N/mm²）

F —拉力或压力（牛）（N）

S —物体截面积（平方毫米）（mm²）

破坏应力：物体受力即刻要发生断裂或变形时的应力叫破坏应力或叫极限应力。

容许应力：物体的破坏应力除以一个大于 1 的安全系数，作为该物体工作时所能承担的最大应力，称为容许应力。

1. 效率：

由于能量在转换或传递过程中，不可避免地产生各种损耗，即输出功率 P_2 总是小于输入功率 P_1 。为了衡量能量在传递过程中损耗的程度，把输出功率 P_2 和输入功率 P_1 之比叫做效率，用百分数表示：

$$\text{即：}\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100\%$$

2. 振动系数（动荷系数），不平衡系数

振动系数：考虑起吊牵引过程中，遇有突然起动或停止的情况，均使到起重索具所承受的静负荷增大。在选择索具时，在安全系数中要乘以一个系数，这个系数称为振动系数。

不平衡系数：考虑起吊牵引过程中，各部索具受力不均衡的情况，在选择索具时，在安全系数中要乘以一个系数，这个系数称为不平衡系数。

3. 钢丝绳容许拉力计算

$$F = \frac{F_0}{K_0 K}$$

式中： F 为钢丝绳的容许拉力（N）

F_0 为钢丝绳的破断拉力（N）

K 为钢丝绳的安全系数

K_0 为钢丝绳的负荷系数，据起重方式及设备不同而决定

$$K_0 = K_1 \cdot K_2$$

K_1 为振动系数

K_2 为不平衡系数

一般起重牵引可取 $K=1.2$

表 1 钢丝绳 K 值表

工作方式	K	K_1
通过滑轮组绞磨立杆塔或紧线	3.5	1.1
直接用绞磨立杆塔或紧线	4	1.2
通过滑轮组用机动立杆塔或紧线	4	1.2
直接用机动立杆塔或紧线	4	1.4
制动绳	4	1.2

幌绳	3	
千斤套	8~10	1.2
架空索道起重的承载索	3.5	1.2
架空索道起重的索引索	3.0	1.2
一般的起重工作	4	

8. 白棕绳（麻绳）容许拉力计算：

$$F = \frac{F_0}{K \cdot K_1 \cdot K_2}$$

式中：F—白棕绳的容许拉力（N）
 F_0 —白棕绳的破断拉力（N）
 K —白棕绳的安全系数
 K_1 —不平衡系数
 K_2 —振动系数

表 2 白棕绳的 K 值表

工作方式	K_1	K_2	K
通过滑轮组整体立杆塔或紧线时的牵引绳	1.0	1.1	5.5
起立杆塔时的吊绳	1.1	1.2	6.0
起立杆塔时的临时拉线	1.1	1.2	4
其他起吊牵引用的牵引绳或吊点固定绳	1.0	1.2	5.5

9. 滑轮应用计算

(1) 定滑轮（定滑车）的效率（如图 3-2）：

$$\eta = \frac{Q}{F}$$

式中：η—定滑轮效率
 Q —被起重物的重量
 F —牵引绳拉力

(2) 动滑轮（动滑车）的效率（如图 3-3）：

$$\eta = \frac{Q}{n \cdot F}$$

式中：η—动滑轮效率

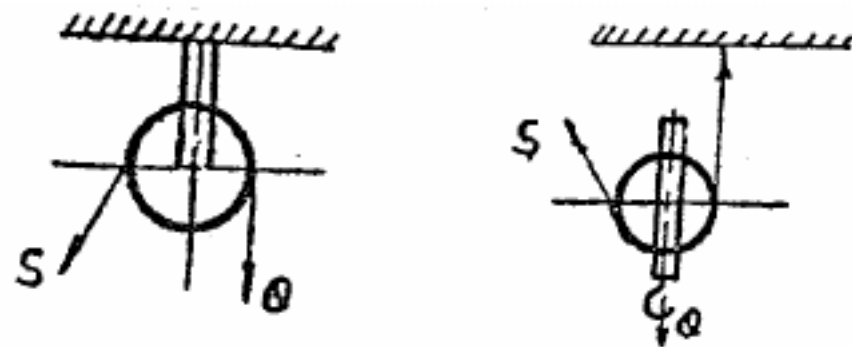


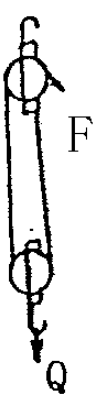
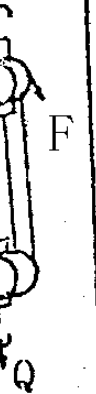
图 3-2

图 3-3

Q —被起重物的重量
 F —牵引绳拉力
 n —滑轮组有效绳数

(3) 滑轮组（滑车组）：一定数量动滑轮和一定数量定滑轮的组合叫做滑轮组。滑轮组的滑轮数（或工作绳索数）愈多，则牵引绳的拉力 F 愈小，但其效率也就愈低（即起重速度愈慢）。详见下图示：

表 3 滑轮组（绳索从定轮绕出）的主要性能

滑轮组的滑轮数 n	1	2	3	4	5	6
滑 联 轮 结 组 方 的 式						
滑轮组每单 滑轮的效率 η	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
滑轮组的 综合效率 $\eta_{\Sigma}\%$	95.0	93.0	90.0	88.0	86.0	84.0
提升时所 需的拉力 F	1.05Q	0.538Q	0.37Q	0.284Q	0.227Q	0.198Q

第四部分 送电线路的继电保护基本知识

1. 继电保护装置的定义：

当电力系统某元件发生异常或故障时，能迅速有选择地把异常和故障元件从系统中断开，保证其他良好设备继续正常运行的装置统称为继电保护装置。如：电流保护、距离保护、零序保护、高频保护等。

2. 继电保护在送电线路中的作用：

运行中的送电线路，由于大风、冰雪、雷击、外力破坏、绝缘损坏，及外绝缘污闪等原因，引起线路故障时，继电保护装置能快速并有选择性的动作使故障线路断路器（开关）跳闸。若故障是非永久性的，当瞬时性故障消失后则开关重合成功，恢复线路的安全供电，若故障是永久性的，则开关重合不成功，快速切除故障线路，保证其他正常运行的线路供电。

3. 电流保护装置

利用故障线路的电流显著增大的特点所构成的保护装置称为电流保护装置。当线路故障电流达到保护整定值（起动电流）时，电流保护装置立即动作。达到时间整定值时，使线路断路器跳闸。电流保护一般分有：电流速断保护、过电流保护和方向电流保护等。

无限时电流速断保护：其优点是装置简单、可靠、动作迅速，但只能保护本线路的一部分。

限时电流速断保护：指带有一个较短动作时限的保护装置，不单可以保护本线路的全长，还可以延伸至下一级线路的速断保护相配合。

过电流保护：是指其起动电流按照躲开最大负荷电流来整定的一种保护装置。它不仅能保护本线路的全长，也能保护下一级线路的全长。可作为本线路的后备保护。

方向电流保护：即在过流保护的基础上加一个功率方向判别元件，当短路功率方向由母线流向线路时，该元件动作，反之则不动作，从而保护在反方向故障时不致误动。

4. 距离保护装置：

能反应故障点至保护安装地点之间距离（阻抗）的一种保护装置。具有良好的方向性，被广泛用在电压较高的环网线路上，目前广泛采用三段式距离保护，即称为距离 I、II、III 段。

距离 I 段：瞬时动作。保护本线路全长 **80%~85%**

距离 II 段：保护本线路全长及下一段线路 I 段。

距离 III 段：保护本线路全长及下一段线路全长，作为 I、II 段的后备保护。

5. 零序电流保护装置：

在中性点直接接地的电网（又称大接地电流系统）中，发生线路单相接地故障时，将出现较大的零序电流。利用零序电流来构成接地短路的保护装置称为零序电流保护装置。常采用三段式。

零序 I 段：瞬时零序电流速断，保护本线路全长 **70%~80%**

零序Ⅱ段：带时限零序电流速断，保护本线路全长及下一段线路一部分。

零序Ⅲ段：零序过流保护，保护本线路全长及下一段线路的后备保护。

1. 高频保护装置：

是将线路两端的电流相位（或功率方向）转化为高频信号，由高频通道将此信号传送到对端，比较两端电流相位或功率方向的一种保护装置。

高频保护不反应被保护线路范围以外的故障，在定值设定上也不需和下一段线路相配合，是不带时限，快速切除被保护线路任何一点的故障。高频保护按其工作原理可分为高频闭锁保护（比较被保护线路两端的功率方向）和高频相差保护（比较被保护线路两端电流的相位）两大类。

2. 自动重合闸装置

线路断路器动作跳闸后，能够自动地将断路器重新合闸的装置，称为自动重合闸装置。

自动重合闸装置的作用：线路发生瞬时性故障跳闸时，当瞬时性故障消失后，自动重合闸装置能在极短的时限内重新合上线路断路器，恢复线路的正常供电。若线路发生永久性故障时，则自动重合闸不成功，故障线路再次跳闸，迅速切除故障线路，保证其他运行线路的供电。

3. 线路故障录波器

能自动记录线路故障前和故障过程中的电流，电压等变化的波形，时间和断路器动作情况的一种装置。通过所记录的有关波形，能较准确分析和确定故障类型，并计算出故障点的大致距离。为故障分析，排除故障，恢复正常供电提供重要的依据。

第五部分

常用数据

一、常用电工符号及其单位：

名称	符号	单位及其代号	辅助单位及其代号
电流	I	安培（A）	1 安=1000 毫安（mA），1 毫安=1000 微安（ μ A）
电压	V	伏特（V）	1 千伏=1000 伏（V），1 伏=1000 毫伏（mv）
电阻	R	欧姆（ Ω ）	1 兆欧（ $M\Omega$ ）=1000 千欧（ $k\Omega$ ），1 千欧=1000 欧（ Ω ）
电容	C	法拉（F）	1 法拉=1000 毫法（mF），1 毫法=1000 微法（ μ F）
电感	L	亨利（H）	1 亨=1000 毫亨（mH），1 毫亨=1000 微亨（ μ H）
感抗	X_L	欧姆（ Ω ）	
容抗	X_C	欧姆（ Ω ）	
有功功率	P	瓦特（W）	1 千瓦（kw）=1000 瓦（W）
无功功率	Q	乏（Var）	1 千乏（kVar）=1000 乏（Var）
视在功率	S	伏安（VA）	1 千伏安（kVA）=1000 伏安（VA）
电度	W	千瓦时 （ kW^2 h）	1 kW^2 h=1 度电
功率因数	$\cos\phi$		（注：即力率）
频率	f	赫兹（HZ）	1 千赫（kHz）=1000HZ
转速	n	转/分（r/min）	
电场强度	E	伏（特）每米 （v/m）	

二、常用法定计量单位名称与符号对照表：

量的名称	中文符号	国际符号	非法定单位与法定单位换算
长度（ l ，L） 宽度（ b ） 高度（ h ） 厚度（ δ ） 半径（ r ， R ） 直径（ d ， D ）	米	m	3 市尺=1 米
	厘米	cm	1 公分=1 厘米=10 ⁻² 米
	毫米	mm	1 公厘=1 毫米=10 ⁻³ 米
	微米	μ m	1 公微=1 微米=10 ⁻⁶ 米
	纳米	nm	1 毫微米=1 纳米=10 ⁻⁹ 米
	千米（公里）	km	1 千公尺=1 千米
			1 海里=1.852 公里=1852 米 1 英寸=2.54 厘米 1 英尺=30.48 厘米 1 码=91.44 厘米 1 英里=1609.344 米
质量（ m ）	千克（公斤）	kg	1 吨=1000kg
	兆克	Mg	1 市斤=0.5kg
	克	g	1 市担=50kg
	毫克	mg	
	微克	μ g	
面积（ A ， S ）	平方米	m ²	1 市亩=666.67 平方米
	平方千米	km ²	1 公顷=100 平方米
	平方分米	dm ²	1 公顷=10000 平方米
	平方厘米	cm ²	1 平方市里=2.5 ³ 10 ⁵ 平方米
	平方毫米	mm ²	
压力、压强（ P ）	帕[斯卡]	P_a	1 标准大气压=1.01325 ³ 10 ⁵ P _a
	吉帕[斯卡]	GP _a	1 毫米汞柱=133. 322P _a

	兆帕[斯卡] 千帕[斯卡] 毫帕[斯卡] 微帕[斯卡]	MP _a KP _a mP _a μP _a	1 毫米水柱=9.806375P _a 1 工程大气压=9.8065 ³ 10 ⁴ P _a 1 巴=10 ⁵ P _a 1 托=133.322P _a
正应力 (σ) 切应力 (τ) (剪应力)	帕[斯卡] 或牛(顿)每 平方米	P _a 或 N/m ²	千克力每平方米=9.80665P _a 吨力每平方米=9.80665 ³ 10 ³ P _a
力 (F)	牛(顿) 兆牛(顿) 千牛(顿) 毫牛(顿) 微牛(顿)	N MN KN mN μN	1 达因=10 ⁻⁵ N 1 克力=9.80665 ³ 10 ⁻³ N 千克力=9.80665N 吨力=9.80665 ³ 10 ³ N 磅力=4.448N
力矩 (M)	牛(顿)米 兆牛(顿)米 千牛(顿)米 毫牛(顿)米 微牛(顿)米	N ² m MN ² m KN ² m mN ² m μN ² m	1 达因厘米=10 ⁻⁷ N ² m 1 千克力米= 9.80665N ² m 1 英吨力英尺=3.037 ³ 10 ³ N ² m
功 (W) 热量 (Q)	焦(耳) 兆焦(耳) 千焦(耳) 毫焦(耳)	J MJ KJ mJ	可应用非国际单位与法定单位换算: 1 瓦(特小)时=3.6 ³ 10 ³ J 1 千瓦(特小)时=3.6 ³ 10 ⁶ J 1 兆瓦(特小)时=3.6 ³ 10 ⁹ J 1 电子伏=1.602 ³ 10 ⁻¹⁹ J 废除单位与法定单位换算: 1 尔格(达因厘米)=10 ⁻⁷ J 1 马力小时=2.648 ³ 10 ⁶ J 1 千克力米=9.80665J 1 牛(吨)米=1J 1 升标准大气压=101.325J
热力学温度 (T) 摄氏温度 (°C) 华氏温度 (t) F	开(尔文) 摄氏度 华氏度	K °C °F	
时间 (t)	秒 毫秒 微秒 纳秒 天(日) (小)时 分	S mS μS nS d (1d=36400S) h (1h=3600S) min (1min=60S)	
功率 (P)	瓦特 兆瓦特 千瓦特 毫瓦特	W MW KW mW	(米制) 1 马力=735W =0.736KW 1KW=1.36 马力
电场强度 (E)	伏(特)每米	v/m	1 牛顿每库仑= v/m

三、常用单位换算：
1、公制与英制

(一)

公制	英制
1 米=10 分米（公寸）	1 英尺=12 英寸
1 分米=10 厘米（公分）	1 英寸=8 英分
1 厘米=10 毫米（公厘）	
1 寸=25.4 毫米（公厘）=2.54 厘米（公分）	
1 毫米=0.03937 寸	

(二)

寸	习惯称呼	毫米	寸	习惯称呼	毫米
1/16	半分	1.587	9/16	四分半	14.287
1/8	一分	3.175	5/8	五分	15.875
3/16	一分半	4.762	11/16	五分半	17.462
1/4	二分	6.350	3/4	六分	19.050
5/16	二分半	7.937	13/16	六分半	20.637
3/8	三分	9.252	7/8	七分	22.225
7/16	三分半	11.112	15/16	七分半	23.812
1/2	四分	12.7	8/8	1 寸	25.4

2、1 马力=735.5 瓦=0.376 千瓦 1 千瓦=1.36 马力

3、几种常用重量单位换算表：

名称	吨	公斤	市斤	英磅	克
吨	1	1000	2000	2204.6	1000000
公斤	0.001	1	2	2.205	1000
市斤	0.0005	0.5	1	1.103	500
英磅	0.00045	0.4536	0.9072	1	453.6
克	0.000001	0.001	0.002	0.0022	1

4、长度单位换算表：

名称	米	厘米	毫米	市尺	英尺	英寸	英分
米	1	100	1000	3	3.281	39.37	315
厘米	0.01	1	10	0.03	0.03281	0.3937	3.15
毫米	0.001	0.1	1	0.003	0.00328	0.0394	0.315
市尺	0.3333	33.33	333.3	1	1.0936	13.123	105
英尺	0.3048	30.48	304.8	0.9144	1	12	96
英寸	0.0254	2.54	25.4	0.0762	0.08333	1	8
英分	0.00317	0.31746	3.1746	0.0095	0.01042	0.125	1

四、用电设备电流计算表：

1、电动机的电流计算表：

相数	功率 (千瓦)	每相电流 (安)	计算公式
单相电动机	1	8	$\text{电流(安)} = \frac{\text{功率(千瓦)} \times 1000}{220(\text{伏}) \times \text{功率因数} \times \text{效率}}$
三相电动机	1	2	$\text{电流(安)} = \frac{\text{功率(千瓦)} \times 1000}{1.73 \times 380(\text{伏}) \times \text{功率因数} \times \text{效率}}$

注：计算公式中如功率因数，效率无数据时，单相电动机功率因数、效率均以 0.75 计算；三相电动机功率因数，效率均以 0.85 计算。

2、电焊机、X 光机的电流计算表：

相数	功率 (千伏安)	每相电流 (安)	计算公式
单相	1	4.5	$\text{电流(安)} = \frac{\text{功率(KvA)} \times 1000}{220(\text{伏})}$
三相	1	2.6	$\text{电流(安)} = \frac{\text{功率(KvA)} \times 1000}{380(\text{伏})}$

3、电灯、电热设备的电流计算表：

相数	功率 (千瓦)	每相电流 (安)	计算公式
单相	1	4.5	$\text{电流(安)} = \frac{\text{功率(千瓦)} \times 1000}{220(\text{伏})}$
二相	1	2.6	$\text{电流(安)} = \frac{\text{功率(千瓦)} \times 1000}{380(\text{伏})}$
三相	1	1.5	$\text{电流(安)} = \frac{\text{功率(千瓦)} \times 1000}{3 \times 220(\text{伏})}$

五、送电线路常用数据：

1、常用架空导地线的型号及其意义：

L—铝； G—钢； J—绞； Q—轻型； J—加强； F—防腐； X—稀土；
LJ—硬铝绞线； LGJ—钢芯铝绞线； LGJQ—轻型钢芯铝绞线
LGJJ—加强型钢芯铝绞线； LGJF—防腐型钢芯铝绞线；
GJ—钢绞线

2、导线常用技术参数（74 和 83 标准）

（1）产品标准：GB1179-74

表 1 LJ 与 LGJ 参数

标称截面 (mm ²)	线芯结构		根/直径 (mm)	参考重量 (kg/km)	
	LJ	LGJ			
	铝	铝	钢	LJ	LGJ
25	7/2.12	6/2.20	1/2.2	68.4	93.0
35	7/2.50	6/2.80	1/2.8	95.2	150.6

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/517054163033006065>