

# 西门子S120滤波器6SL3000-0BE25-5DA0

产品名称	西门子S120滤波器6SL3000-0BE25-5DA0
公司名称	浔之漫智控技术（上海）有限公司
价格	.00/件
规格参数	品牌:西门子 型号:模块 产地:德国
公司地址	上海市松江区广富林路4855弄88号3楼
联系电话	158****1992 158****1992

## 产品详情

根据三相鼠笼异步电动机容量，选择空开、接触器、热元件及导线的计算方法如下：1、电动机的容量设为N KW，则电动机的额定电流为：2N A，一般情况下，和电动机铭牌上的额定电流相差无几！如果不相信的话，可下，这个公式可以说是非常准确的！例如：电动机功率7.5KW，则额定电流为15A；电动机功率55 KW，则额定电流为110A；额定电流是选择空开、接触器、导线的\*主要依据！2、选择空开如下：电动机的容量KW，则电动机的额定电流为：2N A，一般情况下，选择空开的容量是4N A左右；例如：电动机功率7.5KW，则额定电流为15A；空开的容量应该是32 A；电动机功率55 KW，则额定电流为110A；空开的容量应该是250 A；注意：风机、泵类的空开和接触器选择要大一些，因为它启动转矩较大；3、接触器选择同上，即（3.5—4）N A；4、导线选择：根据电动机的额定电流来选择，一般是要考虑铺设环境，铺设方式等，在乘以适当的系数。

保险丝对于我们电工

初哥来说很容易，小功率就用几根细铜丝，大点就用粗铜丝。爆了就换大的，不爆就用。我们纺织厂这几年用就拿我们厂来说吧！高压配电室用2种保险丝，高压电压互感器用的RN2

0.5A的熔断器，30KVA配电室用变压器用\*\*\*\*ARN2熔断器。低压配电室只有二次控制回路用的1A RT14熔断器和50/63A电容保护熔断器。车间也仅有配电柜RT0 200A熔断器及二次控制2-10A

RT14熔断器。HY492变频器

用的晶体管保护用速断熔断器。其他的熔断器都被高压真空断路器、低压100-3200A高性能低压断路器以及1-32

## 1 引言

提起保险丝，你一定不会感到陌生，家用电器不工作了，你首先会想到“是不是保险丝烧断了？”这几乎成了。但是，打开现代生产设备的电控柜，特别是国产的设备，保险丝几乎越来越少了，取而代之的是各式各样的断路器、保护开关等等。再去问问身处生产一线的年轻的电气

工程师，提到“保险”二字似乎已经太落伍，那是上世纪以前的遥远事情。保险丝是否真的成了昨日的黄花？它的用途还是很广泛的，而且对它你未必有你想象的那么很了解，甚至可以说是熟视无睹。不信，你可以拷问一下：保险丝上的t\*\*\*\*a/250v是什么含义？f5a和t5a的保险丝可以相互代换吗？你知道限流保险丝和温度保险丝的含义吗？“不太确定”，那么何不让我们来认识一下保险丝呢？！

## 2 保险丝的特点和工作原理

保险丝也被称为熔断器，iec标准将它定义为“熔断体（fuse-link）”。\*早的保险丝于一百多年前由爱迪生发明。由于当时工业技术不发达白炽灯很贵重，所以，\*初是将它用来保护价格昂贵的白炽灯的。正如它\*初的设计，它是一种安装在电路中，当电路中的电流超过一定时间会牺牲自己，从而保证电路安全运行的电器元件。图1是一些有关它的典型照片。

图1 保险丝示例图片

我们都知道，物理学中讲到电流具有热效应，即电流流过导体时，因导体存在一定的电阻，导体将会发热，且发热量与电流的平方成正比，这个公式： $q=0.24i^2rt$ ；其中 $q$ 是发热量， $i$ 是流过导体的电流， $r$ 是导体的电阻， $t$ 是电流流过导体的时间。当制作保险丝的状况确定了，其电阻 $r$ 就相对确定了（若不考虑它的电阻温度系数）。当电流流过它时，它就会发热，随着时间的增加而发热量增加。电流与电阻的大小确定了产生热量的速度，保险丝的构造与其安装的状况确定了热量耗散的速度，若产生热量的速度大于热量耗散的速度时，保险丝是不会熔断的；若产生热量的速度等于热量耗散的速度时，在相当长的时间内它也不会熔断；若产生热量的速度小于热量耗散的速度时，那么产生的热量就会越来越少，又因为它有一定比热及质量，其热量的增加就表现在温度的升高，当温度升高到保险丝的熔点以上时保险丝就发生了熔断，这就是它的工作原理。

## 3 保险丝的分类

人们往往有种错误的概念，认为只要保险丝的额定电压和额定电流一致就可以相互代换使用，其实这是错误的。我曾遇到这样的例子：有一台[制冷](#)设备的管道循环泵电机的熔断器烧毁了，一看是16a的，就找了一只同样也是16a的熔断器换上，刚开机就又烧毁了。检查发现该组没有相间短路和[接地](#)现象，三相之间也是平衡的，[电源](#)电压也是平衡的，这些都已经反复检查过的，换一只20a的吧，同样也是上电就烧毁。我们怀着忐忑不安的心情换了一只20a的，这样应该很保险了吧！结果也是同样让我们莫名其妙地发现又烧毁了。

其实这没有什么奥妙，尽管保险丝的额定电压和额定电流是一样的，但他们的特性并不一样，它有不同的种类。按用途可分为：过电流保护与过热保护。用于过电流保护的保险丝就是平常说的保险丝（也叫限流保险丝）。用于过热保护的保险丝被称为“温度保险丝”。温度保险丝又分为低熔点合金形与感温触发形，还有记忆合金形等等。温度保险丝是专门用于防止家用电器温度过高而进行保护的，例如：电吹风、电熨斗、电烙铁、电焊机等。温度保险丝具有体积小、响应速度快、熔断时发出响声、便于熔断等优点，它广泛应用于家用电器、工业设备、汽车、船舶、航空、航天等领域。

其工作原理不同于“限流保险丝”。我们知道，一般三相[异步电动机](#)启动时的电流会达到其额定电流的5-7倍，如此大的电流普通保险丝早就熔断了，这可能就是以上例子中频繁烧毁的原因。

还有一种分类比较常用，就是按熔断速度分，可分为：特慢速保险丝（一般用tt表示）、慢速保险丝（一般用t表示）、中速保险丝（一般用m表示）、快速保险丝（一般用f表示）、特快速保险丝（一般用ff表示）。我们在保险丝的表面通常可以看到一些文字，如“f5a/250v”这样的字体，它的含义是额定电流为5a、额定电压为250v的快速保险丝。

图2 电容输入式滤波电路

对电路中含有过电流特别敏感的元件时，使用快速或特快速保险丝；而一些浪涌电流比较大的电路常使用慢速或特慢速保险丝。有必要多说两句，我们一般认为保险丝是起短路保护用的，而不能作过载保护用，但慢速保险丝就不同，它也叫延时保险丝，其延时特性表现在电路出现非故障脉冲电流时保持完好而能对长时间的过载提供保护。有些电路的浪涌电流大于几倍正常工作电流，尽管这种电流峰值很高，但是它出现的时间很短，我们称它为脉冲电流也有称它为冲击电流。普通的保险丝是承受不了这种电流的，这样的电路中若使用的是普通保险丝恐怕就无法正常开机了，若使用更慢速的保险丝，当电路过载时又得不到保护。延时保险丝的熔体经特殊加工而成，它具有吸收能量的作用，调整能量吸收量就可

电流又能对过载提供保护。还是以图2的电容输入式滤波电路作为例子吧：

在该电路中，由于**电容器**

两端的电压不能跃变，在整流器上电瞬间，滤波电容电压几乎为零，等效为整流输出端短路。若在\*不利情况（值为电源电压峰值）上电，则会产生远高于整流器正常工作电流的输入浪涌电流，如图3所示。当滤波电容为4700μF，50V，1000小时，第一个电流峰值将超过100a，为正常工作电流峰值的10倍。

图3 上电后输入浪涌电流

由于浪涌电流冲击整流器的输入保险丝，使其在若干次上电过程的浪涌电流冲击下非过载性熔断。为避免这种现象，不得不选用更高额定电流的熔断器，但这将出现过载时不能熔断的现象，起不到保护整流器及用电路的作用。

当然，保险丝还有其它分类方法。按使用范围分，可分为：**电力**

保险丝、机床保险丝、电器仪表保险丝（**电子**保险丝）、汽车保险丝；按体积分，可分为：大型、中型、小型及微型；按额定电压分，可分为：高压保险丝、低压保险丝；按分断能力分，可分为：高、低分断能力保险丝；按形状分，可分为：平头管状保险丝（又可分为：直插式保险丝）、尖头管状保险丝、铡刀式保险丝、螺旋式保险丝、插片式保险丝、平板式保险丝、裹敷式保险丝、贴片式保险丝等。4 保险丝的分断能力

看看许多教科书对分断能力电流是怎么解释的：介于常规不熔断电流与相关标准规定的额定分断能力（的电流）作用于保险丝时，保险丝应能满意地动作，而且不会危及周围环境。保险丝被安置的电路的预期故障电流必须小于其额定分断能力电流，否则，当故障发生保险丝熔断时会出现持续飞弧、引燃、保险丝烧毁、连同接触件一起熔融、保险丝变形等。当然，劣质保险丝的分断能力达不到标准规定的要求，使用时同样会发生上述的危害。

还是从一个例子讲起，来理解一下熔断器的这个指标。有次我们发现加热炉的温度升不上去，打开电控柜的门，大吃一惊：柜内早已一片狼藉，塑壳熔断器的外壳烧得变形，散发出的浓烟熏得柜子一片漆黑，**接触器**也已经粘连。经过仔细检查，我们确认与加热管连结的导线因熔断碰触外壳造成单相对地短路致使事故的发生。时起保护作用的保险丝自身为什么却燃烧起来呢？这应该说是因为选用的保险丝分断能力不足，无法切断故障电流。

## 5 保险丝的优缺点

保险丝的优点不少，比如说：限流特性好，分断能力高；相对尺寸较小；价格较便宜；选择性好。所谓选择性好是指下级某一支路出现故障不会影响到上级及其它支路的正常工作。上下级保险丝的熔断体额定电流只要符合国家标准规定的选择性配合要求，即上级熔断体额定电流不小于下级的该值的1.6倍，就视为上下级能有选择性切断故障电流。

我们也不要忽视保险丝的缺点：故障熔断后必须更换熔断体；保护功能单一；不能实现遥控，需要与电动刀开关配合使用才有可能；发生一相熔断时，对三相电动机将导致缺相运行的不良后果。

瑕不掩瑜，只要我们能扬长避短，是会让这个成本不高但功能不错的小东西为我们日常的生产和生活服务的。

## 6 保险丝的选用原则

### 6.1 选用总则

保险丝的选用，我觉得首先应该了解我们被保护的电路的特性以及所需要做的保护种类（短路保护或过载保护），再与保险丝的种类对号入座，是选用特慢速保险丝、慢速保险丝、中速保险丝、快速保险丝、还是特快速保险丝。

其次要注意选用的保险丝的额定电压，对于这点常常有个误解，就是认为保险丝是否熔断取决于流过它的电流，与工作电压无关，所以更换保险丝时只要标称电流一致就可以了，电压等级无所谓。其实保险丝的额定电压是厂家提出的，它是保险丝处于安全工作状态所安置的电路的\*高工作电压。这说明保险丝只能安置在工作电压小于额定电压的电路中。只有这样保险丝才能安全有效地工作，否则，在保险丝熔断时将会出现持续飞弧和被电压击穿而危及人身和设备安全。

\*后也是\*重要的一点是确定保险丝的额定电流。保险丝的动作特性是反时限特性，就是说保险丝的动作是靠热效应实现的，当电流较大时，熔体熔断所需的时间就较短。而电流较小时，熔体熔断所需用的时间就较长，甚至不会熔断。有图4的曲线形象地看出。

图4 保险丝反时限特性曲线

每一熔体都有一\*小熔化电流。相应于不同的温度，\*小熔化电流也不同。虽然该电流受外界环境的影响，但在工程计算中一般可以不加考虑。一般定义熔体的\*小熔断电流与熔体的额定电流之比为\*小熔化系数，常用熔体的熔化系数一般在1.25~1.5之间，为大于1.25，也就是说额定电流10a的熔体在电流12.5a以下时不会熔断。

## 6.2 选用方法

保险丝熔体的额定电流可按以下方法选择：

- (1) 保护无起动过程的平稳负载如照明线路、电阻、电炉等时，熔体额定电流略大于或等于负荷电路中的额定电流。
- (2) 保护单台长期工作的电机熔体电流可按\*大起动电流选取，也可按下式选取：

$$I_r = (1.5 \sim 2.5) I_e$$

式中 $I_r$ ——熔体额定电流； $I_e$ ——电动机额定电流。如果电动机频繁起动，式中系数可适当加大至3~3.5，具体应用时参照有关标准。

- (3) 保护多台长期工作的电机（供电干线）

$$I_r = (1.5 \sim 2.5) I_{e \max} + \sum I_e$$

$I_{e \max}$ ——容量\*大单台电机的额定电流。  $\sum I_e$ 其余电动机额定电流之和。

保险丝的级间配合，为防止发生越级熔断、扩大事故范围，上、下级(即供电干、支线)线路的熔断器间应有良好的配合，应使上级(供电干线)保险丝的熔体额定电流是下级(供电支线)的1.6倍左右。

## 7 结束语

充分地认识了保险丝这个像是很熟悉其实还不太了解的小东西的特性，就能让它为我们更好更合格地服务了。

一、地电位作业工作原理地电位作业的位置示意图及等效电路如图1-2所示。作业人员位于地面或杆塔上，人体与带电体保持同一电位。此时通过人体的电流有两条回路：1、带电体—绝缘操作杆（或其他工具）—人体—大地，构成回路；2、空气间隙—人体—大地，构成电容电流回路。这两个回路电流都经过人体流入大地（杆塔）。严格地说，不仅在工作相导线与人体之间存在电容电流，人体与带电体之间也存在电容电流。但电容电流与空气间隙的大小有关，距离越远，电容电流越小，所以在分析中可以忽略不计，或者把电容电流作为一个等效的参数来考虑。由于人体电阻远小于绝缘工具的电阻，即 $R_r \ll R$ ，人体电阻 $R_r$ 也远小于绝缘杆的容抗，即 $R_r \ll X_C$ 。因此在分析流入人体的电流时，人体电阻可忽略不计。图1-2（b）电路可简化为图1-2（c）。流过绝缘杆的泄漏电流， $I''$ 为电容电流，那么流过人体总电流是上述两个电流分量的矢量和，即 $I = I' + I''$  其中 $I' = U / R$ ， $I'' = U / X_C$ 带电作业所用的环氧树脂类绝缘材料的电阻率很高，如3640型绝缘管材的体积电阻率在常态下均大于 $10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ ，其绝缘电阻均在 $10^{10} \sim 10^{12} \Omega$ 以上。对于10kV配电线路，泄露电流 $I''$ 为 $I'' = 5.77 / 10^7 \times 0.5 (\mu\text{A})$ 也就是说

级。间接作业时，当人体与带电体保持安全距离时，人与带电体之间的电容约为 $2.2 \times 10^{-12} \sim 4.4 \times 10^{-12} \text{F}$ ，其容  
= $1/(2 \text{ fC}) = 0.72 \times 10^9 \sim 1.44 \times 10^9$  ( ) 则电容电流为 $I = 5.77 \times 10^3 / (1.44 \times 10^9) = 4 (\mu\text{A})$  即间接作业时  
微安级。故 $I + I$  的矢量和也是微安级，远远小于人体电流的感知值1mA。以上分析计算说明，在应用地电位  
人体与带电体保持足够的安全距离，且采用绝缘性能良好的工具进行作业，通过工具的泄露电流和电容电流都  
样小的电流对人体毫无影响。因此，足以保证作业人员的安全。但是必须指出的是，绝缘工具的性能直接关系到  
果绝缘工具表面脏污，或者内外表面受潮，泄露电流将急剧增加。当增加到人体的感知电流以上时，就会出现  
此在使用时应保持工具表面干燥清洁，并注意妥当保管防止受潮。

二、中间电位工作原理中间电位作业的位置  
图1-3所示。当作业人员站在绝缘梯上或绝缘平台上，用绝缘杆进行的作业即属中间电位作业，此时人体电位是  
于地电位的某一悬浮的中间电位。采用中间电位法作业时，人体与导线之间构成一个电容 $C_1$ ，人体与地（杆塔）  
容 $C_2$ ，绝缘杆的电阻为 $R_1$ ，绝缘平台的绝  
缘电阻为 $R_2$ 。作业人员通过两部分绝缘体分别与**接地**  
体和带电体隔开，这两部分绝缘体共同起着限制流经人体电流的作用，同时组合空气间隙防止带电体通过人体  
合间隙由两段空气间隙组成。一般来说，只要绝缘操作工具和绝缘平台的绝缘水平满足规定，由 $C_1$ 和 $C_2$ 组成的  
流限制到微安级水平。只要两段空气间隙达到规定的作业间隙，由 $C_1$ 和 $C_2$ 组成的电容回路也可将通过人体的电  
水平。需要指出的是，在采用中间电位法作业时，带电体对地电压由组合间隙共同承受，人体电位是一悬浮电  
是有电位差的，在作业过程中：（1）地面作业人员是不允许直接用手向中间电位作业人员传递物品的。这是因  
传递金属工具，由于二者之间的电位差，将可能出现静电电击现象；若地面作业人员直接接触中间电位人员  
台，是绝缘平台的电阻 $R_2$ 和人与地之间的电容 $C_2$ 趋于零，不仅可能使泄露电流急剧增大，而且因组合间隙变为  
空气间隙击穿，导致作业人员电击伤亡。（2）当系统电压较高时，空间场强较高，中间电位作业人员应穿屏蔽  
引起人的不适感。但在配电线路带电作业中，由于空间

场强低，且配电系统**电力**  
设备密集，空间作业间隙小，作业人员不允许穿屏蔽服，而应穿绝缘服进行作业。（3）绝缘平台和绝缘杆应定  
绝缘性能，其有效绝缘长度应满足相应电压等级规定的要求，其组合间隙一般应比相应电压等级的单间隙大20%  
作业的原理由电造成人体有麻电感甚至死亡的原因，不在于人体所处电位的高低，而取决于流经人体的电流的  
当人体不同时接触有电位差的物体时，人体中就没有电流通过。从理论上讲，与带电体等电位的作业人员全身  
的电流为零，所以等电位作业是安全的。当人体与带电体等电位后，假如两手（或两足）同时接触带点导线，  
，那么作用在人体上的电位差即该段导线上的电压降。假如导线为LGJ-150型，该段电阻为 $0.00021$  ，当负荷电  
电位差为 $0.042\text{V}$ ，设人体电阻为 $1000$  ，那么通过人体的电流为 $42 \mu\text{A}$ ，远小于人的感知电流 $1000 \mu\text{A}$ ，人体无任  
人员是穿屏蔽服作业，因屏蔽服有旁路电流的作用，那么，流过人体的电流将更小。在等电位作业中，\*重要的  
过程中的安全防护。我们知道，在带点导线周围的空气中存在着电场，一般来说，距带点导线的距离越近，空  
导体置于电场之中时，在靠近高压带电体的一面将感应出与带电体极性相反的电荷，当作业人员沿绝缘体进  
体本身的绝缘电阻足够大，通过人体的泄露电流将很小，但随着人与带电体的逐步靠近，感应作用越来越强烈  
部电场越来越高。当人体与带电体之间距离减小到场强足以使空气发生游离时，带电体与人体之间将发生放电。  
时，就会看见电弧发生并产生啪啪的放电声，这是正负电荷中和过程中电能转化成声、光、热能的缘故。当人  
中和过程完成，人体与带电体达到同一电位，在实现等电位的过程中，将发生较大的暂态电容放电电流，其等  
中， $UC$ 为人体与带电体之间的电位差，这一电位差作用在人体与带电体所形成的电容 $C$ 上，在等电位的过渡过  
回路，放电瞬间相当于开关 $S$ 接通瞬间，此时限制电流的只有人体电阻 $R_r$ ，冲击电流初始值 $I_{ch}$ 可由欧姆定律求得  
 $10\text{kV}$ 或更高等级的输电线路，冲击电流初始值一般约为十几至数十安培。由此可见，冲击电流的初始值较大，

## 电气

烧伤或引发二次事故。当然，由于冲击电流是一种脉冲放电电流，持续时间短，衰减快，通过屏蔽服可起到良  
流入人体的冲击电流非常小，而且屏蔽服的持续通流容量较大，暂态冲击电流也不会对屏蔽服造成任何损坏。  
一套接触带电导线，由于身穿屏蔽服的人体相距带电导线较近，

### 相当于电容器

的两个极板较近，感应电荷增多，因此其冲击电流也较大。如果作业人员用电位转移线（棒）塔接，人体可以  
，使感应电荷减小，中间电流也减小，从而避免等电位瞬间冲击电流对人体的影响。在作业人员脱离高电位时  
有一空气间隙时，相当于出现了电容器的两个极板，静电感应现象同时出现，电容器复被充电。当这一间隙小  
气发生游离时，带电体与人体之间又将发生放电，就会出现电弧并发出啪啪的放电声。所以每次移动作业位置  
体保持同电位的话，都要出现充电和放电的过程。当等电位作业人员靠近导线时，如果动作迟缓并与导线保持

临界距离，那么空气绝缘时而击穿，时而恢复，就会发生电容C与系统之间的能量反复交换，这些能量部分转化为电手套的部分金属丝烧断，因此，进入等电位和脱离等电位都应动作迅速。等电位过渡的时间时非常短的，当大约经过零点几微秒，冲击电流就衰减到\*大值的1%以下，等电位进入稳态阶段。当人体与带电体等电位后，就与导线上一致。即使人体有亮点与该导体接触，由于两点之间的电压降很小，流过人体的电流是微安级的水平。

从以上作业原理的分析来看，等电位作业是安全的，但在等电位的过程中，应注意以下几点：（1）作业人员借（梯、软梯、吊篮、吊杆等）进入高电位时，该绝缘工具应性能良好且保持与相应电压等级相适应的有效绝缘长度，使电流控制在微安级的水平。（2）其组合间隙的长度必须满足相关规程及标准的规定，使放电概率控制在 $10^{-5}$ 以下。脱离等电位时，要防止暂态冲击电流对人体的影响。因此，在等电位作业中，作业人员必须穿戴全套屏蔽用具，且人体电阻 $R_r$ 也远远小于人体与导线之间的容抗，即 $R_r \ll X_C$ 。因此在分析流入人体的电流时，人体电阻可忽略不计，可简化为图1-2（c）电路。设 $I'$ 为流过绝缘杆的泄漏电流， $I''$ 为电容电流，那么流过人体总电流是上述两个电流之和，即 $I = I' + I''$ 。其中 $I' = U_{PH}/R$ ， $I'' = U_{PH}/X_C$ 。带电作业所用的环氧树脂类绝缘材料的电阻率很高，如3640型绝缘管的电阻率在常态下均大于 $10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ ，制作成的工具，其绝缘电阻均在 $10^{10} \sim 10^{12} \Omega$ 以上。对于10kV配电线路， $I' = 77/10^7 = 0.5 (\mu\text{A})$ 也就是说，泄露电流仅为微安级。间接作业时，当人体与带电体保持安全距离时，人与带电体之间的电容 $C = 10^{-12} \sim 4.4 \times 10^{-12} \text{F}$ ，其容抗为 $X_C = 1/(2\pi fC) = 1/(2\pi \times 50 \times 4.4 \times 10^{-12}) = 0.72 \times 10^9 \sim 1.44 \times 10^9 (\Omega)$ 则电容电流为 $I'' = 500/10^9 = 0.5 (\mu\text{A})$ 即间接作业时，人体电容电流也是微安级。故 $I' + I''$ 的矢量和也是微安级，远远小于人体电流的感知电流。以上分析计算说明，在应用地电位作业方式时，只要人体与带电体保持足够的安全距离，且采用绝缘性能良好的绝缘工具的泄露电流和电容电流都非常小（微安级），这样小的电流对人体毫无影响。因此，足以保证作业人员的安全，绝缘工具的性能直接关系到作业人员的安全，如果绝缘工具表面脏污，或者内外表面受潮，泄露电流将急剧增大，当感知电流以上时，就会出现麻电甚至触电事故。因此在使用时应保持工具表面干燥清洁，并注意妥当保管防止受潮。

中间电位作业的位置示意图及等效电路如图1-3所示。当作业人员站在绝缘梯上或绝缘平台上，用绝缘杆接触带电体进行等电位作业，此时人体电位是低于导体电位、高于地电位的某一悬浮的中间电位。采用中间电位法作业时，人体与带电体之间构成一个电容 $C_1$ ，人体与地（杆塔）之间构成另一个电容 $C_2$ ，绝缘杆的电阻为 $R_1$ ，绝缘平台的绝缘电阻为 $R_2$ 。作业人员必须与接地体和带电体隔开，这两部分绝缘体共同起着限制流经人体电流的作用，同时组合空气间隙防止带电体对人体的放电。组合间隙由两段空气间隙组成。一般来说，只要绝缘操作工具和绝缘平台的绝缘水平满足规定，由 $C_1$ 和 $R_2$ 组成的回路可将泄露电流限制到微安级水平。只要两段空气间隙达到规定的作业间隙，由 $C_1$ 和 $C_2$ 组成的电容回路也可将通过人体的电流限制到微安级水平。需要指出的是，在采用中间电位法作业时，带电体对地电压由组合间隙共同承受，人体电位是介于带电体和接地体之间的，在作业过程中：（1）地面作业人员是不允许直接用手向中间电位作业人员传递物品的，禁止直接接触或传递金属工具，由于二者之间的电位差，将可能出现静电电击现象；（2）若地面作业人员直接接触中间电位作业人员，是绝缘平台的电阻 $R_2$ 和人与地之间的电容 $C_2$ 趋于零，不仅可能使泄露电流急剧增大，而且因组合间隙减小可能发生空气间隙击穿，导致作业人员电击伤亡。（3）当系统电压较高时，空间场强较高，中间电位作业人员会感到不适感。但在配电线路带电作业中，由于空间场强低，且配电系统电力设备密集，空间作业允许穿屏蔽服，而应穿绝缘服进行作业。（4）绝缘平台和绝缘杆应定期检验，保持良好的绝缘性能，其有效绝缘长度应满足相应电压等级的要求，其组合间隙一般应比相应电压等级的单间隙大20%左右。

三、等电位作业的原理由电造成人体触电的原因，不在于人体所处电位的高低，而取决于流经人体的电流的大小。根据欧姆定律，当人体不同时接触有电位的带电体，就没有电流通过。从理论上讲，与带电体等电位的作业人员全身是同一电位，流经人体的电流为零，所以等电位作业人员与带电体等电位后，假如两手（或两足）同时接触带点导线，且两手间的距离为1.0m，那么作用在人体上的电压降。假如导线为LGJ-150型，该段电阻为 $0.00021 \Omega$ ，当负荷电流为200A时，那么该电位差为 $0.042 \text{V}$ ，设人体电阻为 $1000 \Omega$ ，通过人体的电流为 $42 \mu\text{A}$ ，远小于人的感知电流 $1000 \mu\text{A}$ ，人体无任何不适感。如果作业人员是穿屏蔽服作业，屏蔽服的作用，那么，流过人体的电流将更小。在等电位作业中，\*重要的是进入或脱离等电位过程中的安全防护。我周围的空气中存在着电场，一般来说，距带点导线的距离越近，空间场强越高。当把一个导体置于电场之中时，导体的一面将感应出与带电体极性相反的电荷，当作业人员沿绝缘体进入带电体时，由于绝缘体本身的绝缘电阻足，感应电流将很小，但随着人与带电体的逐步靠近，感应作用越来越强烈，人体与导线之间的局部电场越来越高。当局部场强足以使空气发生游离时，带电体与人体之间将发生放电。当人手接近带电导线时，就会看见电弧发生，这是正负电荷中和过程中电能转化成声、光、热能的缘故。当人体完全接触带电体后，中和过程完成，人体与带电体等电位，在实现等电位的过程中，将发生较大的暂态电容放电电流，其等值电路见图1-4。图1-4中， $U_C$ 为人体与带电体之间的电位差作用在人体与带电体所形成的电容 $C$ 上，在等电位的过渡过程中，形成一个放电回路，放电瞬间相当于一个电容放电回路，限制电流的只有人体电阻 $R_r$ ，冲击电流初始值 $I_{ch}$ 可由欧姆定律求得，即 $I_{ch} = U_C/R_r$ 对于110kV或更高等级的输电线路，冲击电流初始值一般约为十几至数十安培。由此可见，冲击电流的初始值较大，因此作业人员必须身穿全套屏蔽服，用绝缘转移线（棒）去接触导线。如果直接徒手接触导线，则会对人体产生强烈的刺激，有可能导致电气烧伤或引发触电事故。冲击电流是一种脉冲放电电流，持续时间短，衰减快，通过屏蔽服可起到良好的旁路效果，使直接流入人体的电流很小，屏蔽服的持续通流容量较大，暂态冲击电流也不会对屏蔽服造成任何损坏。一般来说，采用导电手套接触带电

的人体相距带电导线较近，相当于电容器的两个极板较近，感应电荷增多，因此其冲击电流也较大。如果作业人员采用等电位作业（如登塔、塔接），人体可以对导线保持较大的距离，使感应电荷减小，中间电流也减小，从而避免等电位瞬间冲击电流。当作业人员脱离高电位时，即人与带电体分开并有一空气间隙时，相当于出现了电容器的两个极板，静电感应现象同时发生。当这一间隙小到使场强高到足以使空气发生游离时，带电体与人体之间又将发生放电，就会出现电弧并发生电击。每次移动作业位置时，若人体没有与带电体保持同电位的话，都要出现充电和放电的过程。当等电位作业人员进入等电位时，应迟缓并与导线保持在空气间隙易被击穿的临界距离，那么空气绝缘时而击穿，时而恢复，就会发生电容C与系统电压U之间的能量交换，这些能量部分转化为热能，有可能使导电手套的部分金属丝烧断，因此，进入等电位和脱离等电位都应动作迅速，动作时间非常短的，当人手与导线握紧之后，大约经过零点几微秒，冲击电流就衰减到\*大值的1%以下，等电位进入带电体等电位后，就好像鸟儿停落在单根导线上一样。即使人体有亮点与该导电体接触，由于两点之间的电压降很小，电流是微安级的水平，人体无任何不适感。从以上作业原理的分析来看，等电位作业是安全的，但在等电位的作业过程中，应注意以下几点：  
：（1）作业人员借助某一绝缘工具（硬梯、软梯、吊篮、吊杆等）进入高电位时，该绝缘工具应性能良好且保证有足够的适应的有效绝缘长度，使通过人体的泄露电流控制在微安级的水平。（2）其组合间隙的长度必须满足相关规程的要求，电晕放电概率控制在 $10^{-5}$ 以下。（3）在进入或脱离等电位时，要防止暂态冲击电流对人体的影响。因此，在等电位作业时应穿戴全套屏蔽用具，实施安全防护。