

3~35kV 交流金属封闭开关设备

代替 GB 3906—83

A. C. metal-enclosed switchgear for rated  
voltages of 3~35kV

本标准参照采用了国际标准 IEC 298(1990)《1kV 以上 52kV 及以下交流金属封闭开关设备和控制设备》。

### 1 主题内容与适用范围

本标准规定了金属封闭开关设备的使用条件、额定值、设计与结构、型式试验和出厂试验等方面的要求。

本标准适用于额定电压 3~35kV、频率为 50Hz、户内或户外的金属封闭开关设备。

本标准适用于以大气作为绝缘(包括复合绝缘)的金属封闭开关设备,同时也适用于充气隔室的设计压力不超过 0.3MPa(表压)的金属封闭开关设备;对于设计压力超过 0.3MPa(表压)的充气隔室按 GB 7674 的规定进行设计和试验;对于 35kV 以上 63kV 及以下的以大气作为绝缘的和充气隔室的设计压力不超过 0.3MPa(表压)的金属封闭开关设备,可参照本标准执行。

特殊用途的金属封闭开关设备,除应符合本标准的规定外,特殊要求的项目由用户与制造厂协商。

### 2 引用标准

- GB 762 电气设备 额定电流
- GB 763 交流高压电器在长期工作时的发热
- GB 1408 固体绝缘材料工频电气强度试验方法
- GB 1984 交流高压断路器
- GB 1985 交流高压隔离开关和接地开关
- GB 2706 交流高压电器动热稳定试验方法
- GB 2900.19 电工名词术语 高电压试验技术和绝缘配合
- GB 3309 高压开关设备常温下的机械试验
- GB 7354 局部放电测量
- GB 7674 六氟化硫封闭式组合电器
- GB 11022 高压开关设备通用技术条件
- GB 11023 高压开关设备六氟化硫气体密封试验导则

### 3 术语

本标准采用的术语的定义,除按 GB 2900.19 中的规定外,并作如下补充:

#### 3.1 金属封闭开关设备

除进出线外,完全被接地的金属外壳封闭的开关设备。

注:金属封闭开关设备分三种类型;

铠装式金属封闭开关设备;

国家技术监督局 1991-12-14 批准

1992-06-01 实施

间隔式金属封闭开关设备；  
箱式金属封闭开关设备。

### 3.1.1 铠装式金属封闭开关设备

某些组成部件分别装在接地的、用金属隔板隔开的隔室中的金属封闭开关设备。

注：金属隔板应符合 GB 11022 中 6.12 条表 6 所规定的防护等级，至少对下列元件应有单独的隔室：

- a. 每一个主开关；
- b. 联向主开关一侧的元件，如馈电线路；
- c. 联向主开关另一侧的元件，如母线。如果有多于一组的母线，各组母线应分设于单独的隔室内。

### 3.1.2 间隔式金属封闭开关设备(具有非金属隔板的)

间隔式金属封闭开关设备与铠装式金属封闭开关设备一样，它的某些元件也分设于单独的隔室内，但具有一个或多个非金属隔板，隔板的防护等级应符合 GB 11022 中 6.12 条表 6 的规定。

### 3.1.3 箱式金属封闭开关设备

除铠装式、间隔式金属封闭开关设备以外的金属封闭开关设备。

注：它适用于具有金属外壳和具有下列情况的开关设备：

- a. 间隔的数目少于铠装和间隔式金属封闭开关设备；
- b. 隔板的防护等级低于 GB 11022 中 6.12 条表 6 的规定；
- c. 没有隔板。

## 3.2 运输单元

不需拆开而适于运输的金属封闭开关设备的一部分。

## 3.3 功能单元

功能单元是金属封闭开关设备的一部分，它包括共同完成一种功能的所有主回路及其他回路的元件。

注：功能单元可以根据预定的功能来区分，如进线单元、馈出单元等。

## 3.4 外壳

外壳是金属封闭开关设备的一部分，在规定的防护等级下，保护内部设备不受外界的影响，防止人体和外物接近带电部分和触及运动部分。

## 3.5 隔室

金属封闭开关设备的一部分，除互相联接、控制或通风所必要的开孔外，其余均封闭。

注：① 隔室可以用内装的主要元件命名，如断路器隔室、母线隔室等。

② 隔室之间互相联接所必需的开孔，应采用套管或类似的方式加以封闭。

③ 母线隔室可以通过功能单元联通而无需采用套管或类似的其他措施。

## 3.6 充气隔室

金属封闭开关设备的一种隔室，它具有下面的一种系统(见附录 C)来保持气体压力：

- a. 可控压力系统；
- b. 封闭压力系统；
- c. 密封压力系统。

注：几个充气隔室，可以互相连接到一个公共的气体系统(气密性装配)。

## 3.7 元件

金属封闭开关设备的主回路和接地回路中完成规定功能的主要组成部分(如断路器、负荷开关、接触器、隔离开关、接地开关、熔断器、互感器、套管、母线等)。

## 3.8 隔板

金属封闭开关设备的一部分，它将一个隔室与另一个隔室隔开。

## 3.9 活门

金属封闭开关设备的一部分，具有两个可转换的位置。打开位置，它允许可移开部件的动触头插入

静触头,关闭位置,它成为隔板或外壳的一部分,遮住静触头。

### 3.10 套管

它是具有一个或多个导体通过外壳或隔板并使导体与外壳或隔板绝缘的一种结构,包括其固定的附件。

### 3.11 可移开部件

能够从金属封闭开关设备中完全移开并能替换的部件,主回路带电时也不例外。

### 3.12 可抽出部件

它还是一种可移开部件。它可以移动到使分离的触头之间形成隔离断口或分隔,此时,仍与外壳保持机械联系。

### 3.13 分隔

导体的一种布置方式,即将接地的金属板插在导体与导体之间,使得破坏性放电只能发生在导体对地之间。

分隔可以建立在导体与导体之间,也可以建立在开关的同极触头之间。

### 3.14 工作位置(接通位置)

为完成预定的功能,可移开部件处于完全接触的位置。

### 3.15 接地位置

可移开部件的一种位置。在此位置,可操动接地开关,使主回路短路并接地。

### 3.16 试验位置(可抽出部件的)

可抽出部件的一种位置。在此位置,主回路形成一个隔离断口或分隔,控制回路是接通的。

### 3.17 断开位置(可抽出部件的)

可抽出部件的一种位置。在此位置,主回路形成一个隔离断口或分隔,并与外壳保持机械联系(辅助回路可以不断开)。

### 3.18 移开位置(可移开部件的)

可移开部件的一种位置。可移开部件在外壳外面并与外壳脱离了机械联系和电气联系。

### 3.19 主回路

金属封闭开关设备中,用来传输电能的所有导电部分。

注:联接到电压互感器的连接线不作主回路考虑。

### 3.20 辅助回路

金属封闭开关设备中除主回路外的所有控制、测量、信号和调节回路的导电部分。

注:金属封闭开关设备的辅助回路包括开关的辅助回路。

### 3.21 额定值

本标准中所指的额定值为金属封闭开关设备在规定的工作条件下所给定的参数值,一般由制造厂提供。

### 3.22 防护等级

外壳、隔板及其他部分防止人体接近带电部分和触及运动部分以及防止外部物体侵入内部设备的保护程度。

### 3.23 破坏性放电

在电场作用下伴随绝缘损坏的放电。放电时,电弧跨接绝缘介质,电极之间的电压降到零或接近于零。

注:①该术语适用于固体、液体和气体介质以及它们的组合体的放电。

②破坏性放电使固体介质永远丧失绝缘强度(非自复绝缘)而在液体和气体介质中,绝缘强度的丧失仅是暂时的(自复绝缘)。

③“火花放电”是指发生在气体或液体介质中的破坏性放电。

“闪络”是指气体或液体中的固体介质的表面发生破坏性放电。

“击穿”是指通过一固体介质发生的破坏性放电。

### 3.24 设计压力(充气隔室的)

以 MPa(表压)表示,用来确定充气隔室的设计压力。

### 3.25 设计温度(充气隔室的)

在正常工作条件下,气体所能达到的最高温度。

## 4 正常使用条件

正常使用条件按 GB 11022 第 3 章的规定。对于严酷条件下的 3~35kV 交流金属封闭开关设备的附加要求,本标准在附录 E 中做了相应的规定。

## 5 额定值

本标准采用的额定值,除按 GB 11022 第 5 章的规定外,并作如下补充:

### 5.1 额定电流(功能单元的)

每一个功能单元内,各主回路元件中具有最小额定电流的元件的值,为该功能单元的额定电流。其值由 GB 762 的规定值中选取。

### 5.2 主母线的额定电流

主母线所能通过的最大额定电流。其值由 GB 762 的规定值中选取。

### 5.3 额定热稳定电流(功能单元的)

一个功能单元内,主回路各元件中具有的最小额定热稳定电流的元件的值,为该功能单元的额定热稳定电流。其值由 GB 11022 第 5.5 条的规定值中选取。

### 5.4 接地回路的额定动、热稳定电流

接地回路中的接地导体、接地连接、接地装置的额定动、热稳定电流值,应与主回路参数配合,或由用户与制造厂协商。

### 5.5 额定短路开断电流

3.15,4.0,5.0,6.3,8.0,10,12.5,16,20,25,31.5,40,50kA。

### 5.6 额定关合电流

8,10,12.5,16,20,25,31.5,40,50,63,80,100,125kA。

### 5.7 额定充气压力(对充气隔室)

制造厂规定的相对于温度为 20℃、大气压力为 0.101 3MPa 时的压力值,以 MPa(表压)表示,该压力值由产品技术条件规定。

## 6 设计和结构

金属封闭开关设备的设计,应使得正常运行、监视和维护工作能安全方便地进行。维护工作包括:元件的检修、试验、故障的寻找和处理。

对于额定参数和结构相同而需要替代的元件应能互换。

对于具有可移开部件的金属封闭开关设备,如果可移开部件的额定参数和结构相同,则应能互换。

如果可移开部件具有几种额定参数,且在金属封闭开关设备中是可以互换的,那么可移开部件与固定部分的任何组合,都应具有该设备固定部分的额定绝缘水平。

装在外壳内的元件,除应符合它们各自的标准外,在金属封闭开关设备的设计中,应考虑到下列因素的影响:

a. 外壳应有足够的机械强度,使得装在外壳内的开关、操动机构及其他元件具有它们原来的机械特性和电气性能。

b. 如果外壳内装有油浸式变压器等类似元件,当发生故障时,它不应影响相邻设备,在运行中也应便于巡视、检查。

## 6.1 外壳

### 6.1.1 总则

外壳必须是金属的(通风窗、排气口除外),不得用网状编织物或类似的材料制造,外壳必须满足 GB 11022 第 6.12 条表 6 所规定的一种防护等级并遵照下述条件以保证其防护性能。

地板的表面虽不是金属的,也可作为外壳的一部分,但如果电缆沟连通或电缆进入,则必须封闭,且应满足 GB 11022 中 6.12 条表 6 所规定的一种防护等级。

房子的墙壁不能作为外壳的一部分。

充气隔室应能耐受在使用中遇到的正常的和瞬态的压力,这些隔室在使用中承受持续压力时,与压缩空气的容器和类似的压力容器是不同的,这些不同的条件是:

a. 充气隔室封闭了主回路,不仅防止接触到带电部分和运动部分,而且结构要求在最小功能压力时(或大于)具有额定的绝缘水平(在确定其形状以及选用材料时,优先考虑电气性能而不是机械性能)。

b. 充气隔室通常充以干燥、稳定、惰性的无腐蚀气体。为了保证开关设备的可靠运行,已采取措施使得满足上述条件的气体仅有很小的压力波动。又由于隔室内壁不会遭受腐蚀。故在确定隔室的设计时毋需考虑这些因素。

c. 运行时的压力,相对来说比较低。

对户外金属封闭开关设备,在设计时应考虑到气候条件的影响。

### 6.1.2 充气隔室的设计

应根据本标准定义的设计温度和设计压力来设计充气隔室。

充气隔室的设计温度是周围空气温度的上限加额定电流流过时气体的温升。如果太阳的辐射有明显影响,也应予考虑。

外壳的厚度和结构的计算方法可按压力容器设计规定选择。

外壳的设计压力,至少应是在设计温度下外壳能够出现的压力的上限。

还要考虑以下问题:

a. 在隔室的壁或隔板的两边可能出现的最高压力差,包括可能采用充气过程的抽真空工艺;

b. 具有不同运行压力的相邻隔室之间的意外泄漏所引起的压力;

c. 产生内部故障的可能性(见 6.16 条)。

注: 为了确定外壳在型式试验和出厂试验的压力,设计压力的最大值由下式表达:设计压力最大值 MPa(表压)=  
 $(\text{额定充气压力(表压)}+0.1) \times 1.3 - 0.1$ 。

### 6.1.3 充气隔室的密封

制造厂应说明充气隔室采用的是何种压力系统和充气隔室允许的漏气率。

根据用户要求,需要进入封闭压力系统、可控压力系统的充气隔室,穿越隔板气体允许的漏气量也应由制造厂说明。

最小工作气压超过 0.1MPa(表压)的充气隔室,当周围空气为 20℃,压力下降到低于最小工作气压时,要给出指示。

充气隔室与充有液体的隔室(例如电缆盒、电压互感器)之间的隔板不应有影响到相互间两种介质的绝缘性能的任何泄漏。

### 6.1.4 充气隔室的压力释放

压力释放的设计应使操作者在正常操作时,由于压力释放出来的气体和蒸汽可能遭受到的危险是最小的。

压力释放可以这样设计,亦即使电弧在外壳某些指定的点上燃烧,被烧穿的孔使所产生的压力能够被释放。

### 6.1.5 盖板和门

当盖板和门是外壳的一部分时,应由金属制成,当它们关闭后应具有与外壳一样的防护等级。

盖板和门不应采用网状编织物、拉制的金属网以及类似的材料制造。

根据需要进入高压隔室的不同情况,对盖板或门分成两类:

a. 对在正常操作和维护时不需要打开的盖板(固定盖板),若不使用工具,此类盖板应不能打开、拆下或移动;

b. 对在正常操作和维护时需要打开盖板(可移动的盖板、门),打开或移动此类盖板时,应不需要使用工具。为了保证操作者的安全应装设联锁或备有锁定装置。

在铠装式或间隔式金属封闭开关设备中,其盖板或门仅当该隔室内可触及的主回路部分不带电时才能打开。对于箱式开关设备,也应采取措施(插入安全隔板或其他方式)使操作者不会触及带电部分。

### 6.1.6 观察窗

观察窗应达到外壳所规定的防护等级。

观察窗应使用机械强度与外壳相近的透明阻燃材料遮盖,并应有足够的电气间隙或静电屏蔽等措施防止危险的静电电荷的形成(如在观察窗的内侧加一合适的接地编织网)。观察窗布置的位置,应便于观察内部运行中的设备。

主回路带电部分与观察窗之间可触及的表面的绝缘,应能耐受住 GB 11022 中表 2 的对地试验电压。

### 6.1.7 通风窗、排气口

通风窗和排气口的布置或防护,应使它们具有与外壳相同的防护等级。通风窗可以使用网状编织物或类似的材料制造,但应具有足够的机械强度。

通风窗和排气口的布置,还应考虑到压力作用下排出的油气和蒸汽不致危及操作者。

### 6.1.8 外壳的温升

为了保证操作者不致被灼伤,对于可触及的外壳和盖板(包括充气隔室可触及的部分)的温升,应限制在人能够耐受的程度。对于设备在正常运行中无需触及的外壳或盖板,可适当增加。

对于不可能触及到的外壳的部位,其温升应限制在外壳内部的绝缘材料的温升不超过容许值。

## 6.2 隔板和活门

### 6.2.1 总则

隔板和活门应达到 GB 11022 第 6.12 条表 6 中所规定的一种防护等级。

隔板和活门可以是金属的,也可以是非金属的。若用绝缘材料制造,应满足下列要求:

a. 主回路带电部分与绝缘隔板、活门的可触及表面之间,应能承受 GB 11022 表 2 中规定的对地的试验电压;

b. 绝缘材料除应具有一定的机械强度外,还应能承受本条 a 项中规定的工频试验电压,试验方法见 GB 1408;

c. 主回路带电部分与绝缘隔板、活门的内表面之间,至少应能承受 1.5 倍的额定电压;

d. 如果有泄漏电流能经过绝缘表面的连续途径,或经过仅被小的气隙或油隙所隔断的途径达到绝缘隔板和活门的可触及表面,则在规定的试验条件下(见 7.8 条),此泄漏电流不应大于 0.5mA。

注:小的气隙或油隙在试验时要短接。

外壳上以及在铠装式和间隔式金属封闭开关设备的隔板上,有供可移开部件触头进入的开口,其开口应有可靠的活门遮盖,以确保人身安全。

若具有多组触头,如果需要检修其中一组不带电的静触头时,则其余组静触头应锁定在关闭位置或插入安全隔板。

注:通过金属隔板的导体,可以用套管或类似的方法绝缘,而开口可以由套管或绝缘的活门来提供。

### 6.2.2 隔板

铠装式金属封闭开关设备的隔板,由金属制成并接地。

间隔式和箱式金属封闭开关设备,如果在接地位置、试验位置、断开位置、移开位置都不会成为外壳的一部分,则隔板可以是非金属的;如果在上述任一位置隔板要成为外壳的一部分,则隔板应由金属制成并接地,且具有与外壳相同的防护等级。

注:① 如果在上述任一位置,都能够容易地被触及,则隔板即成为外壳一部分。

② 如果在上述任一位置,设有能够关闭的门,则门后的隔板不能认为是外壳的一部分。

两个充气隔室之间或者一个充气隔室与另一个隔室之间的隔板,如果它们不成为外壳的一部分,则可以用绝缘材料制造,但它们不能保证操作者的电气安全,可以采用其他的办法,例如设备所必须的接地来达到。绝缘隔板应能保证当相邻隔室在正常的气体压力时具有足够的机械强度。

### 6.2.3 活门

三种型式的金属封闭开关设备的活门,可以由金属或绝缘材料制成。

如果活门是绝缘材料制成的,则不能成为外壳的一部分。

如果活门是金属制成的,它应接地。

如果活门要成为外壳的一部分,它必须是金属制成的,并完全遮盖住带电体和绝缘体且应接地,同时还应具有与外壳相同的防护等级。

如果在接地位置、试验位置、断开位置和移开位置中的任一位置,设有能够关闭的门,则门后的活门不认为是外壳的一部分。

### 6.2.4 活门的打开与关闭

6.2.4.1 若金属封闭开关设备的可抽出部件,处在试验位置或断开位置时,如果活门是打开的,这时分两种不同情况:

a. 可抽出部件的主回路的导体是不可触及的(可抽出部件与固定部分之间具有 GB 11022 第 6.12 条表 6 中规定的一种防护等级),此时隔离断口的设计应是同相的两固定触头与活动触头之间组成的串联断口;

b. 可抽出部件的主回路导体有可能被触及,此时隔离断口的设计,应是固定触头与活动触头之间。

6.2.4.2 若金属封闭开关设备的可抽出部件,处在试验位置或断开位置时,如果活门是关闭的,此时可抽出部件与固定部分之间,不要求具有防护等级。

### 6.3 绝缘板

在金属封闭开关设备中,为了提高相间和相对地间的绝缘水平加设的绝缘板,应有足够的机械强度和电气强度,并具有良好的抗老化性能和阻燃性(可采用某些涂料来实现)。它的设置仍应保证相间和相对地间有较大的空气距离(例如:额定电压为 10kV 时,空气净距离不小于 60mm,相间绝缘板应设置在中间位置),否则,由于电场强度的影响,将使绝缘板很快破坏(本条不适合于在带电体上直接装设或涂敷绝缘物的复合绝缘结构)。

### 6.4 绝缘件的爬电比距

主回路元件,为了保证相间、相对地间的绝缘,都装有各种不同的绝缘结构件,这些绝缘件除了应满足相应的绝缘水平外,还应具有一定的爬电比距。对于正常环境条件使用的 10kV 金属封闭开关设备,推荐的爬电比距为:

瓷绝缘——爬电比距不小于 12mm/kV

有机绝缘——爬电比距不小于 14mm/kV

注:① 爬电距离=最高电压×爬电比距。

② 对于 35kV 金属封闭开关设备的爬电比距正在考虑中。

### 6.5 隔离开关(隔离插头)和接地开关

隔离开关和隔离插头是提供高压导体之间隔离断口的装置,隔离开关(隔离插头)和接地开关除机

械试验按本标准第 7.6 条和 8.2 条外,还应符合 GB 1985 的规定。

隔离开关(隔离插头)和接地开关的操作位置应能判定,如果能达到下列条件之一,则认为是满足的:

- a. 隔离断口是可见的;
- b. 可抽出部件相对于固定部分的位置是清晰可见的,并且对于接通和断开的位置具有标志;
- c. 隔离开关(隔离插头)或接地开关的位置由可靠的指示器显示。

任何可移开部件与固定部分的接触,在正常使用条件下,特别是在短路时,不会由于电动力的作用而被意外地打开。

## 6.6 主回路的设计

各功能单元主回路的导体(包括主母线和分支母线)和串联的元件(不包括由熔断器连到电压互感器或变压器的短连接线),应考虑该回路各元件参数的配合和该功能单元应能通过所规定的额定电流和动、热稳定电流。

在考虑母线的允许温度或温升时,应根据触头、连接和与绝缘材料接触的金属部分的温度或温升的情况而定。

## 6.7 联锁

为了保证可靠的运行和操作者的安全,金属封闭开关设备应具有:防止带负荷分、合隔离开关(隔离插头);防止误分、误合断路器、负荷开关、接触器(允许提示性);防止接地开关处在闭合位置时关合断路器、负荷开关等开关;防止在带电时误合接地开关;防止误入带电隔室等功能。

对具有可移开部件的金属封闭开关设备和不具有可移开部件的金属封闭开关设备分别加以规定。

### 6.7.1 具有可移开部件的金属封闭开关设备

断路器、负荷开关或接触器,当处在分闸位置时,可移开部件才可以抽出或插入。

只有当可移开部件处在工作位置、试验位置、断开位置、接地位置、移开位置时,断路器、负荷开关、接触器才可以进行分、合闸操作。

只有当接地开关(如果有的话)处在分闸位置时,可移开部件才可进入到工作位置。

只有当可移开部件抽出到试验位置及以后时,接地开关才允许合闸。

可移开部件的抽出或插入,应按一般正常人施加的正常操作力能够操动,正常的操作力由产品技术条件规定。

在工作位置,辅助回路若未接通,断路器、负荷开关、接触器不能合闸,但开关不用辅助回路而能自动分闸的情形除外。

### 6.7.2 没有可移开部件的金属封闭开关设备

只有当断路器、负荷开关、接触器处在分闸位置时,隔离开关才可以进行分、合闸操作。但如果在双母线系统,要实现不中断电流的转换,则上述规定可以不考虑。

如果隔离开关本身带有接地开关,则要有联锁保证它们动作的程序性,同时还要考虑它们在运动过程中能否满足绝缘水平的要求。

只有当断路器、负荷开关、接触器两侧的隔离开关均处于合闸、分闸或接地状态(如果有的话)的情况下,断路器、负荷开关、接触器才可以进行操作。

### 6.7.3 对联锁的其他要求

a. 只有当隔室的元件不带电并且接地(如果有的话)的情况下,隔室的门、盖板才能开启,若安装联锁不方便允许使用挂锁。

b. 若接地开关的短路关合能力小于该回路的额定动稳定电流时,建议与有关的隔离开关之间加装联锁。

c. 对于那些因误操作可能引起损坏,或用于建立保证检修工作安全的隔离断口的主回路元件,应装设锁定装置。



d. 若用户需要其他的附加联锁,可与制造厂协商加装,制造厂应提供联锁的特性及其必要的资料。

e. 在设计时,应优先考虑机械联锁。

## 6.8 接地

除金属封闭开关设备上各元件的接地应符合 GB 11022 中 6.3,6.4 条的规定外,本标准再作下列补充:

沿金属封闭开关设备排列的方向设置一接地导体,接地导体应能满足该回路动、热稳定电流的要求,如果是铜质的,其电流密度在规定的接地故障发生时不应超过  $200\text{A}/\text{mm}^2$ ,其截面不得小于  $30\text{mm}^2$ ,该接地导体应设有供与接地系统相连的接线端子。

注:如果接地导体不是铜质的,也应满足相同的热稳定和动稳定要求。

当通过的电流引起热和机械应力时,应保证接地系统的连续性,应考虑到接地故障电流的最大值与运行系统中性点接地的形式有关,用户应加以说明。

当接地导体通以三相短路电流时(如用于接地开关的短路连线),可参照附录 F 来计算接地导体的截面。

为了维护工作的安全,可触及的各主回路元件应能接地,但不包括可触及的可移开部件和可抽出部件,因为它们已从主回路中断开(不包括装有电容器的可移开部件)。

每个外壳都应接地,除主回路和辅助回路外,凡指定要接地的所有金属零件,也应直接或通过金属构件与接地导体相连接。

为了保证功能单元内骨架、门、盖板、隔板或其他结构间的电气连通,可采用螺钉或焊接的方法,隔室的门应采用软导线(截面不小于  $4\text{mm}^2$ )通过接地端子与骨架连通。

可抽出部件应接地的金属部件,在试验位置、断开位置以及当辅助回路未完全断开的任一中间位置时,应保持接地连接。

断路器、负荷开关、接触器如果由于隔离开关的分断,使得该元件和主回路完全断开并有接地的隔板使得该隔室具有与外壳相同的防护等级,则该隔室内元件的维护,可不必再进行接地连接。

注:如果该隔室内还有主回路与该隔室内的元件相连,则主回路必须接地。

## 6.9 辅助设备

按 GB 11022 中 6.6 条规定,并作如下补充:

辅助设备(包括各种仪表、继电器)应能承受由于开关的分、合闸产生的振动,而不会误动作。

## 6.10 对金属封闭开关设备中液体介质的要求

按 GB 11022 中 6.1 条的规定。

## 6.11 对金属封闭开关设备中气体介质的要求

按 GB 11022 中 6.2 条规定。

## 6.12 分闸操作

按 GB 11022 中 6.7 条规定。

## 6.13 合闸操作

按 GB 11022 中 6.8 条规定。

## 6.14 脱扣器的操作

按 GB 11022 中 6.9 条规定。

## 6.15 防护等级

按 GB 11022 中 6.12 条规定,并作如下补充:

对于铠装式和间隔式金属封闭开关设备,其防护等级对外壳和隔板可分别加以规定。

对于箱式金属封闭开关设备,仅需对外壳的防护等级加以规定。

对于充气隔室的主回路,防护等级不必要规定。

对于防止人触及辅助回路的带电部件和运动部件(平滑的轴和运动连杆除外)的防护等级也应按 GB 11022 中 6.12 条表 6 规定。

金属封闭开关设备对于有害的水的侵入,不规定防护等级。

#### 6.16 内部故障

由于金属封闭开关设备本身的缺陷,或异常的工作条件,或误操作等原因,造成外壳内部的故障,可能引燃内部电弧。当引燃内部电弧时,不应伤及人,同时也不应影响相邻的金属封闭开关设备的运行。要采取必要的防护措施,保证人身安全。但最重要的是应避免上述电弧的发生,就是万一发生也能够限制它的持续时间和后果。

经验证明,外壳内某些部位发生故障的可能性较其他地方多,对这些情况应特别注意。

在附录 A 表 A1 第一栏和第二栏中,列出了易于产生内部故障的部位和故障产生的原因,在第三栏中列出了降低内部故障的可能或减少这些危害的措施,这些可作为设计的指导。限制内部故障后果的措施见附录 A 表 A2。

如果认为这些措施,对解决内部电弧是不充分的,由制造厂和用户协商,可按附录 A 进行试验,验证设备是否符合商定的标准。此试验只包括发生在外壳内空气或绝缘气体中的电弧情况,而不是元件的壳内的电弧,如开关装置、熔断器或互感器等。

对于采用限流装置(如熔断器)保护的主回路来说,可不进行此试验。

注:应考虑到由于内部故障引起隔室内过压以及压力释放装置喷出气体的影响。

#### 6.17 铭牌

金属封闭开关设备及其所有元件和操动机构,均应具有耐久而清晰的铭牌。户外金属封闭开关设备的铭牌,应能防止气候条件的影响和腐蚀,铭牌上至少应包括下述内容:

- a. 制造厂名称或商标;
- b. 型号、名称、制造日期和出厂编号;
- c. 主要的额定参数;

一般来说,应包括:额定电压、额定电流、主母线额定电流、额定热稳定电流和时间、额定动稳定电流、额定短路开断电流、额定充气压力(如果有的话)。

- d. 防护等级;  
应对外壳和隔板的防护等级分别加以规定。
- e. 标准号。

在正常运行中,金属封闭开关设备的铭牌应能看清楚,若装有可移开部件,它应具有单独的铭牌,只要在移开位置能看清楚即可。

### 7 型式试验

型式试验的目的,主要是考虑主回路中各元件装于金属封闭开关设备上,由于安装条件的变化,致使机械特性和电气性能都有不同程度的改变,通过验证试验,证明元件的布置和结构是可行的,即达到目的。为此,它不需要具有与元件完全相同的试验要求。

又由于元件的组合具有多样性,不可能对所有的方案进行型式试验,所以型式试验只在具有代表性的功能单元上进行,其他类型方案的性能可借类似的实验数据来判定。

注:具有代表性的功能单元,可以采取一种可延伸单元的形式,必要时,可以由两个或三个这样的单元拼装在一起。

型式试验的试品应与正式生产的产品图纸和技术条件相符。在下列情况下,金属封闭开关设备应进行型式试验:

- a. 新试制的产品,应进行全部型式试验;
- b. 转厂试制的产品,应进行全部型式试验;
- c. 当产品在设计、工艺或使用的材料作重要改变而影响产品性能时,应作相应的型式试验;

- d. 正常生产的产品,每隔 8~10 年应进行一次温升、机械寿命和动、热稳定电流试验、基本的短路试验方式 4 的开断试验和异相接地短路开断试验(异相接地短路开断试验由用户和制造厂协商)。
- e. 不经常生产的产品(指停止生产间隔 5 年以上者),当再次生产时,应作 d 项规定的型式试验;
- f. 对系列产品或派生的产品,应进行相关的型式试验,部分试验项目,可引用相应的型式试验报告。

型式试验项目包括:

必试型式试验项目:

- a. 耐受电压试验(包括雷电冲击电压试验、工频耐压试验、辅助回路的工频耐压试验、充气隔室零表压 5min 的工频耐压试验)(7.1 条);
- b. 温升试验和主回路电阻测量(7.2 和 7.3 条);
- c. 主回路和接地回路的动、热稳定试验(7.4 条);
- d. 开关的开断和关合能力试验(7.5 条);
- e. 机械试验(7.6 条);
- f. 防护等级的检查(防止人体接近带电部分和触及运动部分的试验)(7.7 条);
- g. 泄漏电流测量(防止人体受到电效应伤害的防护性能的试验)(7.8 条);
- h. 充气隔室的压力耐受试验(7.9 条);
- i. 充气隔室的气体密封试验和水分测量(7.10 条);
- j. 操作振动试验(7.11 条);
- k. 防雨试验(7.12 条);
- l. 局部放电测量(7.13 条);
- m. 如果按 1 类设计或 2 类设计的产品,则应按附录 E 的要求进行试验。

根据供需双方协议进行的型式试验项目:

- a. 外壳的机械强度试验(7.14 条);
- b. 内部故障电弧效应的试验(7.15 条)。

## 7.1 耐受电压试验

### 7.1.1 试验时的周围大气条件

按 GB 11022 中 7.1.1 条规定。

### 7.1.2 湿试验程序

户外金属封闭开关设备进行湿试验时,试验方法按 GB 11022 中 7.1.2 条的规定。

### 7.1.3 绝缘试验对金属封闭开关设备的要求

绝缘试验应象正常使用时一样,在装配好的设备上,绝缘件的表面应仔细擦净。

当制造厂指出在使用时需要补充绝缘物(如绝缘遮栏)时,这些补充绝缘物在试验时也应加上。

注:要注意,装有真空开关的金属封闭开关设备进行绝缘试验时,应采取措施以保证可能发出的 X 射线在安全限度内。

### 7.1.4 试验电压的施加和试验条件

由于设计方案种数很多,要对主回路进行的试验作出专门的规定是不可能的,但原则上应包括下述试验:

#### a. 对地和相间

试验电压值应符合本标准 7.1.5 条,主回路的每一相应轮流与试验电源的高压接线端连接,而其他主回路导体和辅助回路导体则应与接地导体或支架相联,并与试验电源接地端连接。

对密封压力系统的充气隔室(见 3.6 条),当额定充气压力低于 0.05MPa 时,可以在额定充气压力下试验。

如果各相的导体是分隔的,仅需进行相对地的试验,相与相间不要试验。

此绝缘试验,应将所有的开关闭合,且所有的可移开部件处于工作位置下进行,但应注意到下述可能的情况:即在开关分闸时或可移开部件处于断开、移开、试验或接地位置时,若可以引起更为不利的电场条件,此时,试验应在该条件下再作一次。

注:当可移开部件处于断开、试验或移开位置时,本身不进行上述试验。

在进行本试验时,电缆终端盒(如不能规定最不利的情况,若有必要,应按几种不同的形式布设)、电流互感器、直动式过流继电器或过流指示器应按正常工作情况装设。

为检验是否符合标准 6.1.6 条及 6.2.1 条 a 项,试验时,在操作和维护时可触及的观察窗、绝缘隔板和绝缘活门表面上,在最不利的位置覆盖一块接地的圆形或方形金属箔,其面积应尽可能大些,但不超过 100cm<sup>2</sup>,当不能确定何处为最不利位置时,试验应在几个不同的位置重复进行。为便于试验,根据制造厂和用户的协议,可用几个金属箔同时覆盖于绝缘表面,或用更大的金属箔覆盖。

#### b. 隔离断口之间

主回路的各隔离断口间,应施以本标准 7.1.5 条所规定的隔离断口的电压进行试验。这里所说的隔离断口,可以是主回路中可抽出或移开的开关所连接的两个部分之间的距离。

如果在断开位置,有一个接地的金属活门插在被分开的两触头之间形成一个“分隔”,则在接地的金属活门与带电部分间的距离仅应承受对地的试验电压。

如果在断开位置,固定部分与可抽出部分之间,没有接地的金属活门或隔板,则规定的隔离断口之间的试验电压应按下列要求施加:

若可抽出部件的主回路导电部分被意外地触及,则电压加在固定触头与活动触头之间;

若可抽出部件主回路的导电部分不可能被意外地触及,则电压施加于同相的两固定触头之间,可抽出部件的开关是接通的。

#### c. 补充试验

为了检验是否符合本标准 6.2.1 条 c 项的要求,应用 7.1.4 条 a 项所规定的接地金属箔附于绝缘隔板、活门的内表面,朝向带电体,对主回路带电部分与绝缘隔板、活门内表面之间的绝缘进行工频耐压试验,试验电压为 1.5 倍额定电压,时间为 1min。

#### 7.1.5 试验电压

按 GB 11022 中表 2 规定。

#### 7.1.6 雷电冲击电压试验

按 GB 11022 中表 2 的规定进行,并作如下补充:

电压互感器、变压器或熔断器可由模拟品代替。

过电压保护元件应解开或移开,电流互感器二次侧应短路并接地,低变比的电流互感器也允许一次侧短接。

进行雷电冲击试验时,冲击发生器的接地端应与金属封闭开关设备的外壳相连。但当按照本标准 7.1.4 条 b 项进行试验时,若有必要,可使外壳与地绝缘,以使带电部分和外壳之间的电压不超过第 7.1.4 条 a 项的规定值。

#### 7.1.7 主回路的工频耐压试验

按 GB 11022 规定(如果用户有特殊要求时,可与制造厂协商),并作如下补充:

金属封闭开关设备的主回路只进行干耐压试验。

电压互感器、变压器或熔断器可用模拟品代替,过电压保护元件可以解开或移开。

进行工频电压试验时,试验变压器的一端应与金属封闭开关设备的外壳相连。但当按照本标准 7.1.4 条 b 项进行试验时,电源的中性点或中间抽头接地并与外壳相连,以便在任一带电部分和外壳之间的电压不超过本标准 7.1.4 条 a 项的规定值。

如果此试验不能实现,经制造厂同意,试验变压器的一端可以接地,必要时,外壳应与地绝缘。

#### 7.1.8 辅助回路和控制回路的耐压试验

金属封闭开关设备的辅助回路和控制回路应能经受 1min 工频耐压试验：

a. 将辅助回路和控制回路连接在一起，试验电压加在它和接地骨架之间；

b. 如有可能，正常使用中与其他部分绝缘的每一部分回路作为一极，其他部分连至接地骨架作为另一极，电压加于二者之间。

试验电压为 2 000V，若各次试验皆无击穿、放电现象，则为通过。辅助回路和控制回路中的电动机和其他设备，其试验电压应与回路相同，若这些元件确已按规定的技术条件进行过试验，在试验时可从回路中拆开。

注：辅助回路和控制回路中使用电子器件时，可根据制造厂与用户之间的协议采用不同的试验程序和耐压值。

电流互感器的二次侧应短接并与地断开，电压互感器的二次侧应断开。

#### 7.1.9 充气隔室零表压 5min 的耐压试验

耐压值按产品技术条件规定，试验方法按 7.1.4 条规定。

#### 7.2 温升试验

按 GB 11022 中 7.3 条规定，并作如下补充：

如果具有可供选择的元件和布置方案，则应选取其中工作条件最苛刻的元件布置方案进行试验。具有代表性的功能单元应尽量按正常使用条件来安装，包括所有正规的外壳、隔板、活门等，并且在试验时应将盖板和门关闭。

应在规定的相数下，通以额定电流进行温升试验，电流从汇流排的一端流经与电缆连接的末端。温升试验，应在寿命试验的前、后各进行一次。对于元件内部的温升，在寿命试验前应进行测量。

对某一功能单元进行试验时，主母线及相邻单元应通以电流，该电流所产生的功率损耗应与额定情况下相同。如果无法在与实际工作条件一致的情况下进行试验，则允许以加热或绝热的方法来模拟其等价条件。

金属封闭开关设备(包括元件)的温升，应以外壳外面的周围空气温度作为基准，各元件的温升不应超过各自标准的规定。如果周围空气温度不稳定，可在相同环境条件下，用另一个完全相同的外壳的表面温度，作为试验时的周围空气温度。

对于可触及的外壳和盖板，其温升不得超过 30K，对于可触及但在正常运行时无需触及的外壳或盖板，其温升不得超过 40K。

对于不可能触及的外壳的某些部位，若温升高于 65K 时，应采取措施以确保周围的绝缘材料不会损伤。

#### 7.3 主回路电阻测量

按 GB 11022 中 7.4 条规定并作如下补充：

跨越金属封闭开关设备接通的主回路所测得的电阻值，表明电流通路的固有的正常状况，其电阻值由产品技术条件规定。

#### 7.4 动、热稳定试验

金属封闭开关设备的主回路和接地回路应能承受规定的动、热稳定电流，其试验方法应符合 GB 2706 的规定，接地装置还应符合 GB 1985 的有关规定。

##### 7.4.1 主回路动、热稳定试验

应在规定的安装和使用条件下，对金属封闭开关设备的主回路进行动、热稳定电流试验(电压互感器的短连接线在本试验中不认为是主回路的一部分)。对于影响它的性能和限制短路电流的附属元件，应一起装在设备上进行试验。

具有很大的短路电流的回路和限流器之间的短连接线，在试验时，可以用较小的短路试验电流。

在试验中，除为限制短路电流值和短路持续时间而装设的保护装置外，应保证其他的保护装置不发生动作，电流互感器和脱扣装置应按正常运行条件装设，但脱扣器不得动作。

如果装有熔断器，应按最大额定电流值装设熔体。

试验后,外壳内的元件和导体,不应遭受有损主回路正常运行的变形和损坏。

#### 7.4.2 接地回路动、热稳定试验

应对金属封闭开关设备的接地导体、接地连接和接地装置按产品技术条件规定的动、热稳定电流进行试验。对于影响它的性能和限制短路电流的附属元件,应一并装在设备上上进行试验。

接地装置的动、热稳定试验,应在三相上进行。

当具有可移开部件时,应在接地故障条件下,对固定部分与可移开部件之间的接地连接进行试验,其故障电流应在接地导体与可移开部件的骨架之间流过(故障电流按产品技术条件规定)。若在两个可移开部件之间具有接地连接也应进行试验。

试验后,允许接地导体、接地连接或接地装置有某些变形,但必须维持接地回路的连续性,且接地装置仍应能操作。

#### 7.5 开断和关合能力试验

金属封闭开关设备主回路的开关,应根据各自的标准并在正常的安装和使用条件下,进行开断和关合能力的试验。对于影响它的性能的所有附件,如连接线、支持件、通风设备应一并安装在设备上上进行试验。

对于新研制的其内部装有真空、SF<sub>6</sub> 断路器的金属封闭开关设备,应按照 GB 1984 所规定的基本的短路试验方式 4 进行短路开断和关合试验。

对于新研制的其内部装有油断路器的金属封闭开关设备,应按照 GB 1984 所规定的基本的短路试验方式 1、2、3、4 进行短路开断和关合试验(对于转厂试制的产品,仅按基本的短路开断方式 4 进行短路开断和关合试验)。

根据供需双方意见,可进行异相接地短路开断试验。

对于新研制的其内部装有负荷开关、接触器、熔断器的金属封闭开关设备,应按照产品技术条件进行额定的开断和关合能力试验。

注:① 对产气式负荷开关还应进行 5% 的小电流试验。

② 在判定何种附件可能影响开关的性能时,应特别注意由于短路引起的机械力、电弧生成物的排出以及破坏性放电的可能性等。

#### 7.6 机械试验

##### 7.6.1 机械特性试验

金属封闭开关设备主回路中所装的开关在规定的操作条件下的机械特性,应符合各自技术条件的要求。

##### 7.6.2 机械操作试验

###### 7.6.2.1 开关及可移开部件

开关应按技术条件的规定分、合操作各 50 次,可移开部件应插入、抽出各 25 次以检验其操作是否良好。

###### 7.6.2.2 联锁

联锁装置处于防止开关操作和防止可移开部件插入抽出的闭锁位置,对开关进行分、合试操作各 25 次,对可移开部件进行插入、抽出的试操作各 25 次试验时,施加正常的操作力,且不允许对开关、可移开部件及联锁装置进行调整。

如果满足下列条件,则认为联锁是可靠的:

- a. 开关不能被操动;
- b. 可移开部件的插入与抽出被阻止;
- c. 开关、可移开部件及联锁装置具有正常的工作程序,并且试验前后的操作力基本相同。

##### 7.6.3 机械寿命试验

机械寿命试验的试验方法按 GB 3309 规定,并作如下补充:

金属封闭开关设备主回路中的开关以及与其有关的联锁,应按其操作程序操作 100 次(100 次包括在各自寿命试验次数内),隔离插头、随可移开部件动作的辅助隔离插头、接地开关和可移开部件(包括接地装置),均应能经受从工作位置到移开位置及从移开位置到工作位置推进与抽出各 500 次的机械寿命试验。对于断路器、负荷开关、接触器、隔离开关和它们的操动机构以及手插式的二次隔离插头均按产品技术条件的次数考核。对于它们在试验中的要求,均按各自产品技术条件的规定,随同断路器、负荷开关、接触器、隔离开关、可移开部件等联动的有关杆件,应一并进行考核。

具有可移开部件的设备,机械寿命试验前、后应检查可移开部件与骨架之间的接触电阻,其值应符合产品技术条件要求。测量位置是要求接地的各位置,即工作位置、断开位置、试验位置,测量点是可移开部件与固定部分的接地螺栓之间。

#### 7.7 防护等级的检查(防止人体接近带电部分和触及运动部分的试验)

按 GB 11022 中 7.7 条的规定进行。

#### 7.8 泄漏电流测量(防止人体受到电效应伤害的防护性能的试验)

当金属封闭开关设备有绝缘材料制成的隔板或活门时,检查是否满足本标准 6.2.1 条 a 项的要求,应进行下列试验。

将主回路接到电压等于设备额定值的三相电源上,而其中一相接地,或者将主回路的带电部分连接在一起接到电压等于设备额定值的单相电源上,对于三相试验,应在各相依次接地的不同情况下测量三次,单相试验只需测量一次。

试验时金属箔应置于防止触及带电部分的可触及的绝缘表面上的最不利的位置,若难于决定何处最不利,则试验应在不同的位置重复进行试验。

金属箔应近于圆形或方形,其表面积应尽可能大些,但不要超过  $100\text{cm}^2$ 。外壳和骨架应接地。应在干燥的、擦净的绝缘体上测量流过金属箔到地的泄漏电流。

如果测出的泄漏电流超过  $0.5\text{mA}$ ,则其绝缘表面未能达到本标准所要求的防护。

根据本标准 6.2.1 条 d 项所指出的,如果通过绝缘表面的电流途径被小的气隙或油隙隔断,则这些间隙应短接。

如果接地零件布置适当,保证泄漏电流不会流经绝缘隔板和活门的可触及部分,则上述试验可以不进行。

#### 7.9 充气隔室压力耐受试验

充气隔室承受二倍的设计压力 1min,试验后,隔室允许永久性变形。试验应尽可能在除掉压力释放装置后进行。替代压力释放装置的部件不应对其壳体的强度产生任何影响。

#### 7.10 充气隔室的气体密封试验和水分测量

充气隔室的气体密封试验按附录 C 的规定进行。

密封试验的测试应在每种类型的充气隔室上进行,检测它们在型式试验中因受热和机械的影响而产生的漏气率,不应超过容许的水平。

充气隔室的水分含量应不大于产品技术条件的规定值。

#### 7.11 操作振动试验

操作振动试验按附录 G 的规定进行。

#### 7.12 防雨试验

对户外金属封闭开关设备应进行防雨试验,试验方法按有关标准规定。

#### 7.13 局部放电测量

放电电量按相关标准或技术条件规定,试验方法按 GB 7354 和附录 B 规定,并作如下补充:

局部放电试验应与其他绝缘试验配合进行;

若进行该项试验,试验应在最小功能压力或额定气压(如果可行)下,并在冲击和工频耐压的前、后进行。

### 7.14 外壳的机械强度试验

外壳的机械强度试验按附录 H 的要求进行。

### 7.15 内部故障电弧效应的试验

本试验根据制造厂和用户之间的协议而定,试验程序按附录 A 进行。

注:该试验程序反映了当门和盖板关闭时,外壳内的空气或其他气体中产生电弧作用的情况,但不包括元件中或固体绝缘中发生电弧情况。

## 8 出厂试验

每一个运输单元都应在制造厂内进行出厂试验,这是制造厂为保证出厂的产品与通过型式试验的产品一致所必须进行的试验。通过协商,部分出厂试验也可在现场进行。

出厂试验项目:

- a. 结构检查(8.1 条);
- b. 机械特性和机械操作试验(8.2 条);
- c. 主回路 1min 工频耐压干试验(8.3 条);
- d. 辅助回路工频耐压试验(8.4 条);
- e. 主回路电阻测量(8.5 条);
- f. 局部放电测量(用户同制造厂协商)(8.6 条);
- g. 充气隔室的压力试验(8.7 条);
- h. 充气隔室的气体密封试验和水分测量(8.8 条);
- i. 辅助的电气、气动和液压装置的试验(8.9 条);
- j. 接线正确性的检查(8.10 条);

### 8.1 结构检查

金属封闭开关设备应按照订货时用户提供的一次接线方案,检查其排列、一次配线连接、元件等是否符合要求,除此之外,设备还应符合正式的图样和技术文件。

### 8.2 机械特性和机械操作试验

机械特性试验按 7.6.1 条的要求进行。

机械操作试验是为了证明开关和可移开的部件能完成预定的操作功能,且机械联锁符合要求。

试验时主回路不通电。应对开关在规定的操作电压、气压、液压的极限范围内的分、合闸动作的正确性进行验证。

开关和可移开部件应按 7.6.2 条的规定进行试验,但试验次数改为分、合和插入、抽出各 5 次和有关联锁试操作 5 次,对于主回路中的开关以及与其有关的联锁,应按 7.6.3 条所规定的操作程序操作 5 次。

### 8.3 主回路 1min 工频耐压干试验

试验电压值按本标准 7.1.7 条的规定,试验时应依次将每一相的主回路导体与试验电源的高压连接,同时,其他各相回路的导体应接地,并应采用适当的方法(合上开关或别的方法),以保证主回路的连通。

注:① 用户如有特殊要求时,除制造厂进行出厂试验外,可以在现场安装后进行降低试验电压的绝缘试验(见附录 D)。

② 由于制造的原因,也可以以现场试验代替出厂试验。

③ 对于充气隔室,应在额定的充气压力下进行试验。

④ 对于充气隔室内的开关元件,应进行断口间的耐压试验。

### 8.4 辅助回路工频耐压试验

试验应在与本标准 7.1.8 条所规定的相同条件下进行,试验时间可以减至 1s。



### 8.5 主回路电阻的测量

测量主回路每一相的电阻或直流压降。测量的条件应尽可能与型式试验时的条件一致。

### 8.6 局部放电测量

该项试验由制造厂与用户协商进行。

对于检测制造和材料所存在的缺陷(尤其对于充气隔室),局部放电测量作为出厂试验项目是合适的。如果同意做该试验,则试验参照附录 B 的规定进行。

### 8.7 充气隔室的压力试验

压力试验应在生产出的所有的充气隔室上进行,每一个隔室应承受 1.3 倍设计压力 1min 的试验。试验后,隔室应无可能影响开关操作的任何永久变形和损坏。对于充气压力小于或等于 0.05MPa(表压)的密闭型隔室不适用。

### 8.8 充气隔室的气体密封试验和水分测量

密封试验按附录 C 的规定进行,水分应不大于产品技术条件的规定。

### 8.9 辅助的电气、气动和液动装置的试验

电气、气动和液动装置及其联锁,应与具有预定操作程序的控制装置在一起,在辅助能源不利的限制下,按规定的使用和操作条件连续试验 5 次,试验中不得调整。

如辅助装置能顺利地进行操作,试验后,它们仍处于良好的工作状态,试验前后操作力不变,则认为符合要求。

### 8.10 接线正确性的检查

应检查实际接线与电路图的一致性,还要对所有辅助开关、辅助回路里的各种表计进行通电动作试验。

## 9 现场试验

### 9.1 现场安装后的试验

现场安装后,开关设备应进行试验,以检查操作的正确性,对于现场安装的部件和现场充气的充气隔室,建议进行下列试验:

- a. 主回路耐压试验,见附录 D;
- b. 充气隔室的气体密封试验(如果适用的话);
- c. 现场充气后的气体状态测量。

### 9.2 现场充气后的气体状态测量

应确定充气隔室内气体的状态,并满足制造厂技术条件的规定。

若设备中所充的气体为六氟化硫,为了检查气体的状态可参照有关标准对该气体进行质量分析与检测。

## 10 订货和投标时应提供的资料

### 10.1 在订货时应提供的资料

#### 10.1.1 供电系统的特点

额定电压、系统中性点接地方式。

#### 10.1.2 运行条件

最高和最低周围空气温度,危及设备运行的各种因素,如蒸汽、潮气、烟雾、爆炸性气体、过多的尘埃或盐雾以及其他设备的振动。

#### 10.1.3 设备和元件的特性

- a. 户内或户外设备;
- b. 相数;

- c. 母线组数；
- d. 额定电压；
- e. 额定绝缘水平；
- f. 母线和馈线的额定电流；
- g. 额定热稳定电流；
- h. 额定热稳定时间；
- i. 额定动稳定电流(如果不等于 2.5 倍热稳定电流时,应给出)；
- j. 各元件的额定参数；
- k. 外壳和隔板的防护等级；
- l. 电路图；
- m. 金属封闭开关设备的型式(例如金属铠装式、间隔式还是箱式)。

#### 10.1.4 操动机构的特性

- a. 操动机构的类型；
- b. 额定操作电压(如果有的话)；
- c. 额定操作频率(如果有的话)；
- d. 额定操作压力(如果有的话)；
- e. 特殊联锁要求。

除以上所述的内容外,凡是可能影响订货的一切情况都应向制造厂提供。例如特殊的装配和安装条件、引入高压线的位置和有关压力容器的要求等。

如要求进行特殊的试验,在资料中也应提出。

#### 10.2 投标时应提供的资料

制造厂应用文字及图形的方式给出下列资料:

第 10.1.3 条中所列举的类型的额定参数；

型式试验报告(有要求时给)；

结构特征,例如:

- a. 可运输组件的最大重量；
- b. 设备的外形尺寸；
- c. 外部引入线的布置；
- d. 运输和安装所用的器材；
- e. 安装说明；
- f. 使用和维护说明书；
- g. 气体压力系统的类型；
- h. 额定充气压力和最小功能压力；
- i. 不同隔室的气体容积；
- j. 气体状态的详细说明。

##### 10.2.1 操动机构的特征

- a. 第 10.1.4 条中所列举的类型和额定参数；
- b. 操作电流或功率；
- c. 动作时间；
- d. 操作耗气量。

##### 10.2.2 向用户推荐的应订购的备件清单。

## 11 运输、贮存、安装和维护规则

金属封闭开关设备的运输、贮存、安装以及使用中的维护,应按制造厂的规定进行。制造厂应提供这方面的说明书等资料。运输贮存说明书在发货前一定的时间提供,而安装和维护说明书至迟应在交货时提供。

制造厂不可能给出设备中各类元件的全部的安装维护的详细规则,但应在说明书中给出下列各点:

### 11.1 运输、贮存和安装过程中的必要条件

如果在订货时,规定的温度和湿度条件在运输、贮存和安装时不能保证,应给出相应的说明。

### 11.2 安装

制造厂提供的说明书至少应包括下述内容:

#### 11.2.1 开箱和吊运

为开箱和安全吊运所属的资料,包括开箱、吊运所属的专用提升和定位装置的详细说明。

#### 11.2.2 组装

当金属封闭开关设备拆开运输时,所有部分应清楚地加以标志,这些部分间的装配图应随设备一起提供。

#### 11.2.3 装配

金属封闭开关设备的现场装配说明,应包括布置和基础设置(其中包括动、静载荷)的详细资料,以便根据它完成现场的准备工作。

这些资料应说明:

- a. 元件的总重量(包括灭弧或绝缘液体介质);
- b. 灭弧或绝缘液体介质的重量;
- c. 超过 100kg 的单独吊运件的最大重量。

#### 11.2.4 连接

应包括下列资料:

- a. 导体的连接,包括防止过热和不应有的应力的必要措施,以及保证合适的电气间隙的规定;
- b. 辅助回路的接线图;
- c. 液、气系统(如果有的话)的连接,包括管路的布设及管子尺寸;
- d. 接地连接。

#### 11.2.5 安装后的检查

应给出设备安装完毕和全部接线完成后的检查试验项目。

注:应特别注意设备在安装完毕后,并不立即投入使用这一情况。

### 11.3 维护

制造厂应给出有关维护措施的说明资料、操作次数、运行时间或其他合适的判据,即在达到上述规定的操作次数或运行时间后,设备的某些零件应进行检修。

如果为了维修而需要插入临时性的绝缘隔板,则该隔板应由制造厂提供,同时要说明使用的条件和办法,检修隔板应满足 6.2.1 条的要求,隔板及其支持件应有足够的机械强度,以免发生意外的触电事故。

注:仅用作机械防护的隔离体不按此规定。

制造厂给出的说明书还应包括下列内容:

#### 11.3.1 主回路

应给出触头的检修、调整和更换的有关数据和说明,弧触头允许的烧损限度(对开断或关合电流而言)、主回路电阻值和分、合闸时间的偏差。

#### 11.3.2 绝缘液体、灭弧液体或气体介质

制造厂应对下列项目提出建议：取样、试验、干燥和再充入程序，对介质特性和介质允许的杂质含量和所需用量应加以规定（对充六氟化硫的设备其要求见有关标准规定）。

注：若需要时，应包括安全要求。

### 11.3.3 操动机构

应提供操动机构的维修程序、调整值及误差范围。

### 11.3.4 辅助回路、辅助设备

应指出在辅助回路和辅助设备中哪些部分应进行检查。

### 11.3.5 轴承

应指出哪些轴承应进行检查。

### 11.3.6 连接

应指出哪些连接部位应进行检查。

### 11.3.7 气动和液压系统

应指出哪些气动和液压元件应进行检查。

### 11.3.8 润滑

应给出对润滑油的质量要求。

### 11.3.9 污染和腐蚀

应给出关于清洁和防腐蚀方法的有关说明。

### 11.3.10 备料和备件

应提供备料和备件表，用户按所列备料和备件进行贮备。

### 11.3.11 专用工具

若有拆装、检查必需的专用工具，制造厂应提供专用工具表。

**附录 A**  
**内部故障**  
(补充件)

表 A1 故障产生的部位、原因及降低内部故障的可能性或减少其危险的措施

易产生内部故障的部位	内部故障可能产生的原因	措施举例
电缆室	设计不当	选择合适的尺寸
	布置不当	避免电缆交叉连接,在现场进行质量检查
	固体或液体绝缘的损坏(缺陷或流失)	在现场进行质量检查和(或)绝缘试验,定期查视液面
隔离开关、负荷开关、接地开关	误操作	加联锁(见 6.7 条),延时在分闸;采用贮能操作;负荷开关和接地开关具有合能力,制定规程
螺钉连接和触头	腐蚀、装配不当	使用防腐蚀的被覆层和(或)油脂。如有可能则加以封闭。采用适当的方法,检查装配质量
互感器	铁磁谐振	采用合适的电路设计,避免该类电效应
断路器	维护不良	定期按规定进行维修。制订规程
所有的部位	工作人员的错误	用遮栏限制人员接近;带电部分以绝缘包裹;制订规程
	在电场作用下的老化	出场试验做局部放电测量
	污染、潮气、灰尘和小动物的进入等	采取措施保证达到规定的使用条件(见第 3 章);采用充气隔室
	过电压	防雷保护;合适的绝缘配合;现场进行绝缘试验

表 A2 限制内部故障后果的措施

项 号	措 施
1	利用光敏、压敏、热敏探测器或母线差动保护,加快消除故障,缩短故障时间
2	选用合适的熔断器与开关相配合,以限制故障电流和故障持续时间
3	遥控
4	装设压力释放装置

在内部故障引起电弧的条件下,试验金属封闭开关设备的方法

### A1 概述

金属封闭开关设备内部电弧的产生,伴随着许多物理现象。

例如:在大气或在外壳内的其他绝缘气体的条件下,产生的电弧能量将导致内部压力升高和局部过热,使设备产生机械的和热的应力,甚至使结构内的某些材料可能因受热而分解出气体或蒸汽,该类物质可能泄放至壳外。

本标准考虑到内部过压作用到盖板、门、视察窗等部件上,也考虑到电弧或弧根对外壳的热效应以及喷射出的灼热气体和灼热微粒的热效应,但以不损伤隔板和活门为限。因此,它不包括所有会造成危害的各种效应,如有毒的气体。故本试验的安排,仅模仿了门和盖板关闭并正确扣紧的这一情况。

## A2 可触及性的分类

按 A 5.3.2 与 A 5.3.3 条两种不同试验条件的规定,将可触及性分为两类。外壳的各个侧面可能具有不同类型的可触及性。

A 类: 仅限于经批准允许的人员方能触及的金属封闭开关设备。

B 类: 不限制其可触及性的金属封闭开关设备,包括一般公共场所用的设备。

## A3 试验的安排

功能单元类别、数量、在室内的位置以及电弧引燃的部位都根据协议决定,但应遵守下列各点:

- a. 试验应在未引燃过电弧的功能单元上进行;
- b. 安装条件尽可能接近正常工作条件,试验的场所至少应有和正常使用条件相当的地板、顶棚、两个垂直的墙和电缆沟;
- c. 功能单元应完全装配好,某些内部元件允许采用与它有相同几何尺寸、相同外层材料的模拟品代替;
- d. 试验单元应在规定的接地点接地;
- e. 不应采用与运行情况不符的方式引燃电弧。

## A4 施加的电压和电流

### A4.1 总则

金属封闭开关设备应进行三相试验,试验时施加的短路电流由制造厂规定,它可以等于或低于额定热稳定电流。

### A4.2 电压

试验回路的外施电压应等于金属封闭开关设备的额定电压,但如果满足下列条件,也可以选取较低的电压值:

- a. 电流的波形实际上是正弦形;
- b. 电弧不致过早地熄灭。

### A4.3 电流

#### A4.3.1 交流分量

针对内部电弧试验而规定的金属封闭开关设备的短路电流值允许偏差为+5%,该偏差值仅对外施电压等于额定电压时的预期电流而言。该电流应维持恒定。

注:如试验设备达不到上述要求,试验应延长,直到交流分量积分值等于规定值的 100%到 110%,此时至少在开始三个半波内,电流应等于规定值,而在试验终了时的电流应不少于规定值的 50%。

#### A4.3.2 直流分量

关合的瞬时应该这样选择,使得流过一个边相的预期峰值电流等于 2.5 倍交流分量的有效值(见 A4.3.1 的规定),并使得另一个边相正处于电流的大半波。如电压低于额定值,试验时通过金属封闭开关设备的短路电流峰值,应不低于预期的峰值电流的 90%。

### A4.4 频率

当额定频率为 50Hz 时,试验开始时的频率应在 48~52Hz 之间。当在其他额定频率时,不应偏离额定值的 ±10%。

### A4.5 试验持续时间

电弧持续时间选择与保护装置确定的电弧可能的持续时间有关,一般取 0.8~1s。

注:起始对称短路电流在 25kA 及以下时,该持续时间不超过 1s,25kA 以上时,它应与设备的使用条件相一致。

在试验具有压力释放帘板的金属封闭开关设备时,仅就验证它对压力的释放阻力而论,电弧持续时

间为 0.1s 一般已足够。这些不适用于充气隔室。

注：当电流值不同于规定的试验电流时，要计算该电流试验时的电弧允许持续时间，一般来说是不可能的。试验过程中的最大压力通常不会因较短的燃弧时间而降低，因而不存在由于试验电流的减少，电弧允许持续时间增加的这样一个通用法则。

## A5 试验程序

### A5.1 供电电路

当金属封闭开关设备使用于固定接地系统时，电源中线才予以接地。

注意不要因连接线而改变了试验条件。

一般说来，在外壳内，可以从两个方向供电，电弧应选择在最可能引起最严重效应的方向。

### A5.2 电弧的引燃

电弧应使用 0.5mm 直径的金属线在相间引燃，而当各相被分隔时，则在一相对地间引燃。

带电部分以固体绝缘材料覆盖的功能单元中，电弧应在相邻两相的绝缘覆盖件的接头或间隙处引燃，电源应是三相的，使故障可能发展为三相故障。

注：不应在固体绝缘上钻孔以引燃电弧。

电弧引燃点的选择，应使电弧作用在功能单元中产生最大的效应。如果不能肯定引燃点在何处能产生最大效应，则必须多作几次试验。

### A5.3 指示器(观察气体热效应的)

#### A5.3.1 总则

指示器是一些黑棉布片。布置时，它的切边不要朝向被试设备，并注意它们彼此不能相互引燃。例如将它们固定在钢板制的安装骨架上可以达到这个要求，见图 A1。指示器的尺寸约为 150mm × 150mm。

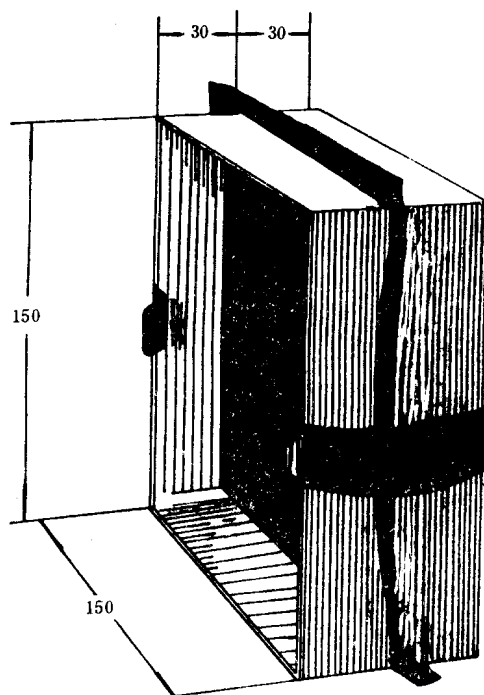


图 A1 指示器安装框架

#### A5.3.2 A 类可触及性

指示器应垂直固定,面对金属封闭开关设备的操作面。必要时,应同时装设在易被人触及的各面。

它应装设在高度为2m及以下,且与设备相距 $30\pm 1.5\text{cm}$ ,面对气体可能喷出的各点(如接缝、观察窗、门)。在距地面2m高、距设备30~80cm处还应布设水平放置的指示器。

指示器应使用黑色窗帘布(棉纤维制品,单位面积质量约为 $150\text{g}/\text{m}^2$ )。

### A5.3.3 B类可触及性

指示器应垂直装设于金属封闭开关设备所有可触及侧的附近。

它应装设在高度为2m及以下,与设备相距 $10\pm 0.5\text{cm}$ ,面对所有气体可能喷出的各点(例如接缝、观察窗、门)。在距地面2m高,距设备10~80cm处,还应布设水平放置的指示器。如果设备低于2m,指示器应水平装于顶盖上,并与垂直指示器靠近。

当设备高于2m时,顶盖上的水平指示器可以不装,而将水平指示器装在高度为2m,距设备10~80cm远的所有各侧面。

指示器应使用黑色棉麻细布(单位面积质量约为 $40\text{g}/\text{m}^2$ )。

## A6 试验的评价

下列的判据,考虑了在A.1中所列的电弧效应,如果金属封闭开关设备满足下列判据,则认为通过了内部故障试验。

### 判据 1

门、盖板等仍应正确地固定好而没有开启。

### 判据 2

在设备中可能产生危险的零件不应飞出,这些零件包括较大或边缘锐利的金属或塑料零件,例如观察窗、压力释放帘板、盖板等。

### 判据 3

不应由于燃烧或其他效应,致使电弧将设备易触及的外壳表面烧穿。

### 判据 4

垂直布置的指示器(A.5.3条)不应点燃,如因涂料或粘合剂的燃烧导致点燃指示器,可不计入。

### 判据 5

水平布置的指示器(A.5.3条)不应点燃,如果在试验中由于灼热微粒而不是气体导致指示器燃烧,可认为符合标准。这可由高速摄影机拍摄的照片作为判断的证据。

### 判据 6

所有的接地连接仍是可靠的。

## A7 试验报告

在试验报告中应提供下列资料:

A7.1 额定值;用图表示的被试单元的主要尺寸;与机械强度有关的零部件;压力释放帘板的布置和设备在地面或墙上的固定方法。

A7.2 试验线路的布设和电弧的引燃点。

A7.3 根据可接触性分类而规定的指示器的材料和布设。

A7.4 对于预期电流或试验电流:

- a. 在最初三个半波内交流成分有效值;
- b. 最大峰值;
- c. 试验实际持续时间内交流成分的平均值;
- d. 试验持续时间。

A7.5 电流、电压波形的示波图。



A7.6 试验结论。

A7.7 其他有关意见。

## 附录 B

### 局部放电测量

(补充件)

#### B1 总则

局部放电测量是一种检测正在试验中设备某些缺陷的适宜的方法,同时也是对绝缘试验的有效的补充。经验表明,局部放电可在某些布置中引起绝缘的介电强度下降,尤其是对固体绝缘。另一方面,由于金属封闭开关设备中所使用的绝缘系统的复杂性,还不可能在局部放电测量结果和设备的预期寿命间建立一种可靠的关系。

#### B2 应用

局部放电测量适用于使用有机绝缘材料的金属封闭开关设备,并推荐用于充气隔室。

由于设计的多样化,对于试品不可能提出通用的试验规程。一般,试品应包括与设备的完整装配中具有相同的绝缘强度的组件和部件。

注: ① 应优先选择完整装配成的试品,在积木式的开关设备设计中,特别是对于嵌入在固体绝缘内的各种带电部件和连接件,必须对完整装配进行试验。

② 由一般常用元件组合的设计中(例如仅用互感器、套管),可根据有关的标准对这些元件分开试验,这种局部放电试验的目的是检验这些元件在装配中的布置。

由于技术和经济上的原因,建议局部放电试验在必作绝缘试验的同一组件或部件上进行。

注: 此试验可在一些组件或部件上进行,测量时,必须注意外部的局部放电对测量的影响。

出厂试验也可以在元件上进行。

决定局部放电试验必要性的判据是:

- a. 在整个生产周期中试验的结果和在运行中实际的使用经验;
- b. 固体绝缘在最高电场区域下的电场强度值;
- c. 设备中,主绝缘部分的绝缘材料类型。

#### B3 试验回路和测量仪器

在 GB 7354“局部放电测量”中给出了推荐的试验回路和测量仪器及检验方法。三相设备可在单相试验回路,也可在三相试验回路中(见表 B1)试验。

##### a. 单相试验回路

###### 程序 A

作为一般的方法,适用于中性点接地或不接地系统中运行的设备。

为测量局部放电量,每相将相继接到试验电压源上,其它二相和所有工作时接地的部件都接地。

###### 程序 B

仅适用中性点接地系统中运行的设备。

为了测量局部放电量,将采用两种试验布置。

首先,应在  $1.1U$  ( $U$  是额定电压) 试验电压下进行测量,每相应相继接到试验电压源上,其余两相接地。测量时必须隔离或移去在使用中正常接地的所有的金属部件。

其次将试验电压降到  $1.1U/\sqrt{3}$  进行测量,在测量过程中,运行中接地部件均接地,同时三相桥接后接到试验电压源上。

**b. 三相试验回路**

当试验设备合适和许可时,局部放电试验可按三相布置进行。

在此情况下,推荐使用三个耦合电容器按图 B1 联接,可用一个放电检测器相继接到三个测量阻抗上去。

为了给检测器在三相布置的一个测量位置上定标,将已知电量的短时电流脉冲被依次注入到每一相和地间。则给出的最小偏转的刻度用来确定放电量。

**B4 试验程序**

根据试验回路(见表 B1),将工频电压升高到至少等于  $1.3U$  或  $1.3U/\sqrt{3}$ ,而且在此值下至少保持 10s。

注:局部放电试验也可在工频电压试验后降压进行。

然后,按照试验回路连续地将电压降到  $1.1U$  或  $1.1U/\sqrt{3}$ ,且在这些电压下测量局部放电量。

注:  $U$ ——设备的额定电压。

应尽可能考虑实际背景噪音水平,并记录局部放电的起始电压和熄灭电压作为补充资料。

通常,试验是在开关装置处于闭合位置在其组件或部件上进行,由于局部放电可能损坏隔离开关在分闸位置触头间的绝缘,因此,应对隔离开关在分闸位置的情况下,补充进行局部放电测量。

**B5 最大允许的局部放电量**

在  $1.1U$  和/或  $1.1U/\sqrt{3}$  电压下的最大允许局部放电量,由制造厂和用户商定。

注:在进一步取得可靠数据之前,不规定局部放电量的极限值。目前,这些值由制造厂确定或在接受试验的情况下,由制造厂和用户协商确定。

局部放电量以库伦(C)表示。

在  $1.1U/\sqrt{3}$  下测得的最大允许的局部放电量和根据实际经验可接受的值给出如下(仅供参考):

树脂浇注绝缘的套管:  $20 \times 10^{-12}C$ ;

固体绝缘的仪用互感器:  $50 \times 10^{-12}C$ 。

注:这些值不适用于开关设备的其他组件或部件。

一般说来,对于组件或部件的许可值应为其元件中许可的最高值。

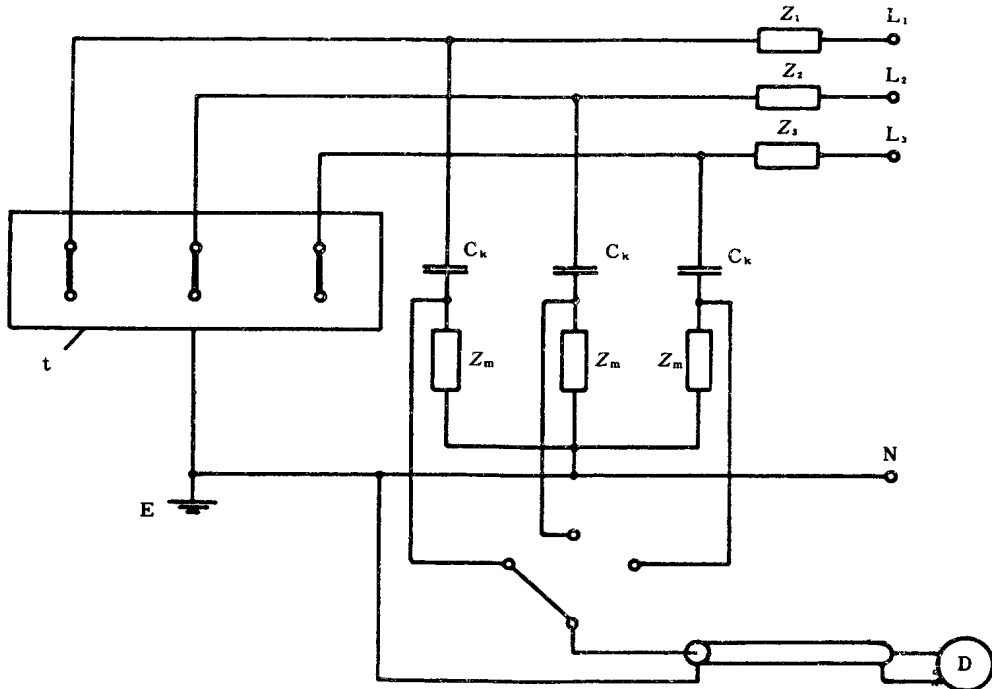


图 B1 局部放电试验回路(三相布置)

N—中性点连接;E—接地连接;L<sub>1</sub>、L<sub>2</sub>、L<sub>3</sub>—三相电源的联接端子;  
 Z<sub>1</sub>、Z<sub>2</sub>、Z<sub>3</sub>—试验回路阻抗;C<sub>k</sub>—耦合电容器;Z<sub>m</sub>—测量阻抗;  
 D—局部放电检验器;t—试品

表 B1 局部放电试验回路和程序

	单相试验			三相试验
	程序 A	程序 B		
电压源接到	依次联到每相	依次联到每相	同时联到三相	三相(图 B1)
接地联接的元件	其它相和工作时接地的所有部件	其它两相	工作时接地的所有部件	工作时接地的所有部件
最低预施电压	1.3U	1.3U	$1.3U/\sqrt{3}$	1.3U <sup>1)</sup>
试验电压	1.1U	1.1U	$1.1U/\sqrt{3}$	1.1U <sup>1)</sup>
基本图				

注: 1) 相间电压。

2) 中性点不接地系统的补充试验(仅用于型式试验)。

**附录 C**  
**气体密封的技术要求和试验**  
(补充件)

**C1 适用范围**

本附录适用于以气体(大气压下的空气除外)作为绝缘、绝缘和灭弧兼用的介质的金属封闭开关设备的气密装置和充气隔室,其目的是确定气体密封有关的参数及其试验方法(以及与之有关的密封试验见 GB 11023 的规定)。

**C2 术语**

按 GB 11023 第 2 章的规定,并作如下补充:

**C2.1 可控压力系统**

从外部或内部气源自动补气的一种组件。

**C2.2 每天补气次数  $N$** 

每天补偿绝对漏气率  $F$  的充气次数。

该参数适用于可控压力系统。

**C2.3 总泄漏测量法**

考虑给定装配所有的泄漏,以确定漏气率的测量法。

**C2.4 检漏**

检漏仪的探头,围绕设备缓慢移动,以检测泄漏点的操作。

**C3 对气体密封度的要求****C3.1 可控压力系统**

可控压力系统的密封度以每天的补气操作次数( $N$ )或每天的压力降( $\Delta P$ )表示。其允许值应由制造厂提供。

**C3.2 封闭压力系统**

封闭压力系统的密封度以两个量表示:

- a. 相对漏气率,优选值为每年 1% 和 3%;
- b. 补气间隔时间  $T$ ,优选值为 3 年和 10 年。

**C3.3 密封压力系统**

密封压力系统的密封度以其预期工作寿命表示。优选值为 10、20 和 30 年。

**C4 试验**

密封度试验的目的是验证总的系统漏气率  $F$  不超过规定值  $F_p$ 。

如有可能,应在充气压力为  $P_r$ (或密度  $D_r$ )的整体气密装置上进行试验。如果在整体气密装置上试验有困难,可在单个充气隔室上进行,此时,试品的允许漏气率与整体气密装置的漏气率的关系见图 C1,还应考虑不同气密装置隔室之间可能出现的泄漏。

一般仅允许以总泄漏测量法来计算漏气率。

型式试验报告应包括下列内容:

- a. 试品说明,包括试品内腔的容积和充入气体的类别;
- b. 试验开始和结束时记下的压力和温度以及补气次数;

- c. 压力(或密度)控制或监视装置的投入和切除压力整定值;
- d. 仪表的校准读数;
- e. 测量结果;
- f. 如果使用的话,检验用的气体和用以确定检验结果的换算系数。

#### C4.1 压力系统的型式试验

##### C4.1.1 型式试验

在机械操作试验和温升试验的前和后均应进行密封试验。

注:温升试验时,试品上通常接上传感元件及测量线,这有可能影响到密封测量的正确性,在这种情况下,必须在原来的外壳上再做一次附加的温升试验,来保证密封测量的正确性。

在极端温度下和/或操作期间,漏气率增加是允许的,只要温度恢复到正常周围空气温度和/或完成操作以后该漏气率恢复到原有值。暂时增加的漏气率不应超过三倍规定的允许漏气率  $F_p$ 。

##### a. 可控压力系统

测量一段时间  $t$  内的压力降  $\Delta P$ ,以检验相对漏气率  $F_r$  ( $t$  要长到足以确定  $\Delta P$ ),并应考虑周围空气温度变化加以校正,在该段时间内补气装置不工作。

$$F_r = \frac{\Delta P}{P_r} \times \frac{24}{t} \times 100 (\% \text{每天}) \dots\dots\dots (C1)$$

$$N = \frac{\Delta P}{P_r - P_m} \times \frac{24}{t} \dots\dots\dots (C2)$$

$t$ ——检验时间, h。

注:为了保持公式线性,  $\Delta P$  应与  $(P_r - P_m)$  具有相同的数量级。

作为替代办法,也可直接测出每天的补气次数以确定漏气率。

##### b. 封闭压力系统和密封压力系统

可使用任何办法(例子见图 C2)测量漏气率  $F$ ,它和密封对应图一起用来计算:

——相对漏气率  $F_r$  和充气间隔时间  $T$  (对于封闭压力系统);

——预期使用寿命(对于密封压力系统)。

由于这些系统漏气率较小,压力降测量法是不适用的。

如果试品充入的检验气体不同于运行中使用的气体和/或试验时的压力不同于正常运行压力,则在计算时应使用制造厂提供的校正系数。

注:实际上,漏气率的测量可能有  $\pm 50\%$  的误差。

##### C4.1.2 压力系统出厂试验

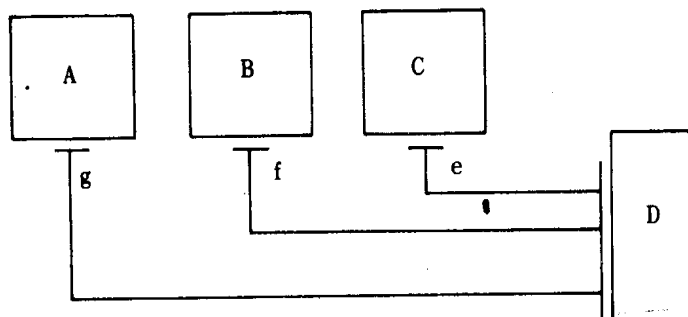
在正常周围空气温度下进行出厂试验,装置的充气压力应与制造厂实际的试验压力相同,在可控的条件下进行检漏。

##### a. 可控压力系统

试验见 C4.1.1 条 a 项。

##### b. 封闭压力系统和密封压力系统

按图 C1,在制造过程中的几个阶段,对单独的隔室,按 C4.1.1 条 b 项进行试验。



(气体绝缘的金属封闭开关设备,单相封闭,三相连于同一系统的断路器隔室)

系统的漏气率(MPa×m<sup>3</sup>/s)

隔室 A	$1.4 \times 10^{-12}$
隔室 B	$1.4 \times 10^{-12}$
隔室 C	$1.4 \times 10^{-12}$
控制箱 D	
(包括阀门、表计、监测装置)	$2.0 \times 10^{-12}$
管路 e	$0.2 \times 10^{-12}$
管路 f	$0.2 \times 10^{-12}$
管路 g	$0.2 \times 10^{-12}$

---

整体系统  $6.8 \times 10^{-12}$

额定充气压力  $P_r$ : 0.05MPa(表压)

最小功能压力  $P_m$ : 0.03MPa(表压)

总的内部容积 0.03m<sup>3</sup>:


$$F_v = \frac{6.8 \times 10^{-12} \times 31.5 \times 10^6}{(0.05 + 0.1) \times 0.03} \times 100 = 4.8\% \text{ 每年}$$

$$T = \frac{(0.05 - 0.03) \times 0.03}{6.8 \times 10^{-12} \times 31.5 \times 10^6} = 2.8 \text{ 年}$$

图 C1 密封对应图 TC 举例

泄漏灵敏度 bar × cm <sup>3</sup> /s	泄漏 1kg SF <sub>6</sub> 的时间	超声波压力降	肥皂液染色手电光	热导率	氨气检漏	卤素检漏器		电子捕获检漏器	质谱仪	
10 <sup>-1</sup>	18天									
10 <sup>-2</sup>	24周									
10 <sup>-3</sup>	5年	任何气体								
10 <sup>-4</sup>	48年									
10 <sup>-5</sup>	480年		气泡试验 任何气体	SF <sub>6</sub> , 氟里昂12						
10 <sup>-6</sup>	4800年					SF <sub>6</sub>				
10 <sup>-7</sup>	48000年				NH <sub>3</sub>					
10 <sup>-8</sup>	480000年									

氟里昂12 SF<sub>6</sub> 任何气体  
1<sup>1)</sup> 1<sup>1)</sup> 2<sup>2)</sup> 3<sup>3)</sup>

 可靠的


 勉强的

图 C2 检漏方法的比较

- 注：1) 是表示在好的条件下检漏，用积分检漏能达到更高的灵敏度。  
 2) 是表示积分检漏。  
 3) 是表示定性检漏。

### 附录 D 在现场安装后的耐压试验规定 (补充件)

可对现场安装后的金属封闭开关设备进行工频耐压干试验，试验方法按本标准 8.3 条的规定。  
 工频试验电压值按本标准 8.3 条的规定，对有机绝缘的元件和充气隔室，只耐受 80% 的工频试验电压值。试验电压应依次加到金属封闭开关设备主回路的每一相，其他各相接地，试验变压器的一出线端应接地并与金属封闭开关设备的外壳相连。  
 根据制造厂的要求如果以现场试验代替制造厂的出厂试验，则应施加全值的工频试验电压。  
 直流电压试验正在考虑中。

### 附录 E 用于严酷气候条件下的 3~35kV 交流金属封闭开关设备的附加要求 (参考件)

#### E1 适用范围

本附录适用于按照本标准的规定并在凝露和污秽方面比正常使用条件更严酷的使用条件中使用的户内金属封闭开关设备，但气体绝缘的金属封闭开关设备除外。

注：虽然象机构、联锁和外壳等机械部件的特性也很重要，但在本附录中详细规定的试验主要是研究电气绝缘性能。

## E2 适用对象

本附录提出了凝露和污秽二方面严酷使用条件的两个等级的定义。确定了金属封闭开关设备在规定条件下的性能的试验程序,以便得出它们在这些严酷使用条件下,能否适应的结论。

## E3 凝露和污秽运行条件下的严酷度

安装在建筑物或房子内的户内设备,通常能免遭户外气候条件的危害,但可能要承受由于温度快速变化引起的凝露以及建筑物内环境的污染。

金属封闭开关设备周围的凝露和污秽的使用条件分类如下:

C<sub>0</sub>: 通常不出现凝露(每年不超过两次)

C<sub>1</sub>: 凝露不频繁(每月不超过两次)

C<sub>h</sub>: 凝露频繁(每月超过两次)

P<sub>0</sub>: 无污秽

P<sub>1</sub>: 轻度污秽

P<sub>h</sub>: 严重污秽

注: ① P<sub>0</sub> 认为是不现实的。

② 对于包含有腐蚀性沉积物使用条件,应向制造厂询问。

考虑到设备特别受到湿度和污秽联合作用的情况,三个使用条件的严酷等级定义如下:

0级: C<sub>0</sub> P<sub>1</sub>

1级: C<sub>1</sub> P<sub>1</sub> 或 C<sub>0</sub> P<sub>h</sub>

2级: C<sub>1</sub> P<sub>h</sub> 或 C<sub>h</sub> P<sub>1</sub> 或 C<sub>h</sub> P<sub>h</sub>

## E4 金属封闭开关设备的分类

定义了0、1、2三个设计等级。实质上它们对应于E3章所述的使用条件严酷度的三个等级。按照这些设计等级,设备使用的典型实例如下:

### E4.1 0类设计

设备用于温度可控制的地点,可以周期性地加温或冷却。建筑物或房屋提供防护使设备免受户外气候条件日变化的影响。采取预防措施,使沉积物减到最少。

### E4.2 1类设计

存在两种可能性:

a. 设备用于没有温度控制的地点。建筑物或房屋提供防护使设备免受户外气候条件日变化的影响,但凝露不能排除。采取预防措施,使沉积物减到最少。

b. 设备装于温度可控制的地点,装设地点无专门预防措施使沉积物减到最少,或设备处在极接近于尘源的地方。

### E4.3 2类设计:

存在三种可能性:

a. 设备用于没有温度控制的地点。建筑物或房屋提供防护使设备免受户外气候条件日变化的影响,但凝露不能排除。装设地点无专门预防措施使沉积物减到最少,或设备处在极接近于尘源的地方。

b. 设备用于没有温度控制的地点。建筑物或房屋使设备免受户外气候日变化影响的防护很少,以致凝露可能频繁出现,采取预防措施使沉积物减到最少。

c. 设备用于没有温度控制的地点。建筑物或房屋使设备免受户外气候日变化影响的防护很少,以致凝露可能频繁出现。装设地点无专门的预防措施使沉积物出现减到最少,或设备处在极接近尘源的地方

十



- 注：① 通过选择金属封闭开关设备合适的防护等级可使设备外壳内沉积物的数量减到最少，或对金属封闭开关设备采取加热、通风等措施，使凝露不易产生，也可选用1类设计或2类设计的金属封闭开关设备来满足特殊的使用环境条件。
- ② 对于在严酷气候条件下，需要选用按1类设计或2类设计的金属封闭开关设备，也可通过改变装设地点的气候条件，例如装设空调、去湿设备和加强建筑物的防尘等措施，使得0类设计的产品可以适用，在某些情况下，可能更为安全可靠、经济合理。
- ③ 对于按照1类设计的10kV金属封闭开关设备，其相间和相对地间的爬电比距推荐下列数值：电瓷—14mm/kV、有机绝缘—16mm/kV。若由于设计、工艺、材料改善，也可不按上述规定的条件进行设计。对于35kV的金属封闭开关设备，其爬电比距正在考虑中。

## E5 分类程序

对于按本标准规定的正常使用条件，不要求作附加试验。符合本标准的金属封闭开关设备应认为属于0类设计。

通过试验来验证设备满足1类设计或2类设计的严酷使用条件下的性能。

进行老化试验的必要性可以预先进行穿透性试验来判定。如果成功地通过此项试验，则设备可直接地归为2类设计。

如果穿透性试验被省略或没有通过，则按1类设计的金属封闭开关设备将按照E9章承受1级老化试验。按2类设计的金属封闭开关设备将按照E10章承受2级老化试验。

穿透性试验由一周周期性变化的气候周期组成，在这周期中应进行相关的测量。然后设备暴露在温度周期变化的盐雾中，继之按照第E8.3条规定的诊断程序在接着的气候周期期间进行。

1级和2级的老化试验要求重复采用同一气候周期并继之进行E11章中规定的诊断程序。除了2级老化试验采用多个气候周期数外，2级老化试验等同于1级老化试验。

穿透性试验所选用的参数(温度、湿度、污秽)足以代表2类设计定义的使用条件：即频繁的凝露和严重的污秽导致外壳内绝缘件的表面电导约 $10\mu\text{S}$ 。

分类程序按图E1所示的流程图进行。

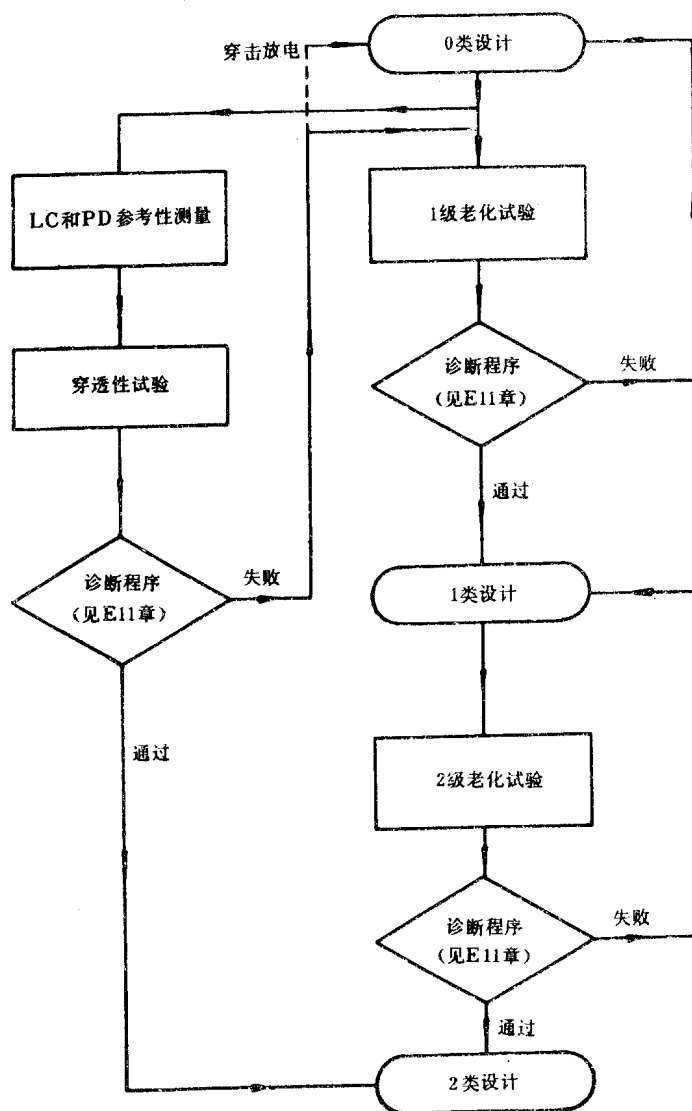


图 E1 分类程序流程图

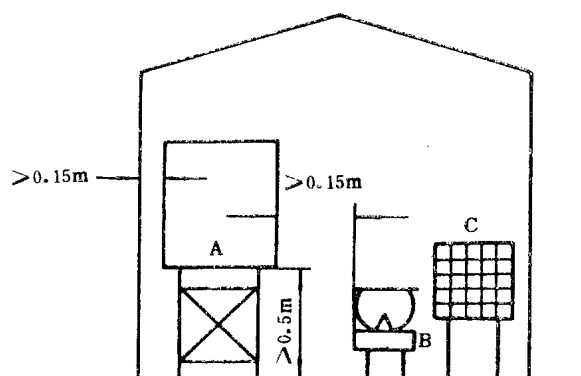
## E6 试验设备及有关的要求

### E6.1 气候试验室

气候试验室要求有足够的容积以便容纳被试设备。设备装于气候试验室多孔的基架上，离地面高度不小于 0.5m。气候试验室的容积应是被试设备容积的 5~15 倍。被试设备外壳壁及顶部与试验室墙壁及天花板的距离以及与喷雾器之间的距离应大于相间距离且不小于 0.15m(见图 E2a)。然而，对于试验程序 A(参看 E9.1 条)，试验室墙壁与被试设备外壳之间的距离最好不小于 1.5m。

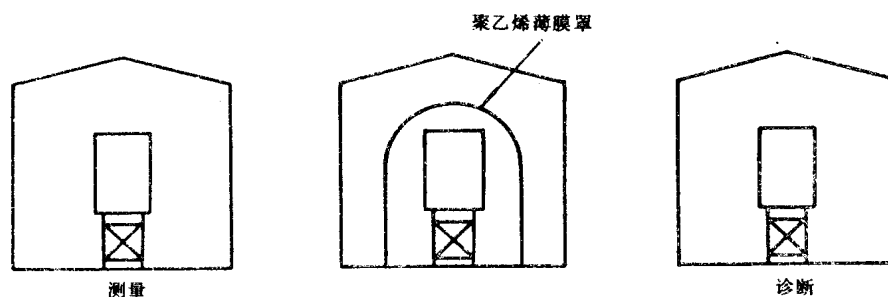
此外，需要有一个能按穿透性试验和试验程序 B(见 E9.2 条)所要求的水滴大小和送给率向试验室喷射盐污的雾化云的方法。

由于某些试验程序中使用的污秽(盐雾)对试验室内的某些器材及其与功能有关的重要部分功能有潜在危害，在用这些腐蚀性材料进行试验时，建议采用聚乙烯薄膜罩将设备罩上(参看图 E2b)。



a 气候试验室

A—试品；B—喷雾装置；C—加热装置



b 污秽处理试验的可能布置

图 E2

### E6.2 控制设备

为了产生至少  $20\sim 50^{\circ}\text{C}$  范围的周期性温度变化,需要控制温度以及能快速地改变温度。控制温度的偏差小于  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ,保持温差  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  的公差也是重要的。

对湿度也需要从低于 80% 到高于 95% 的相对湿度范围内进行相当好的控制。

为了获得上述这些结果,要求有向气候试验室注入蒸气云的设备以便同时增加温度和湿度,还要求有注入冷的干燥空气的设备以便进行逆过程。

为了保持整个试验室的状态是均匀一致的,要求采取一些空气循环的措施,还要求有能对试验室进行干燥加热的装置。

### E6.3 测量设备

要求提供一个或几个高压电源以便在进行某些试验时能对被试设备施加电压,为此电源应能在气候周期性变化过程中保持额定电压偏差为  $0\sim -5\%$ 。

为了施加诊断试验电压(其值至少达到被试设备的额定电压的 3 倍),要求有短路容量至少 1A 的电源。这个电源应有保护装置,在闪络或击穿放电的情况下,其动作时间小于 0.1s。

如果适用的话,按照本标准附录 B 的规定采取措施对被试单元的每相进行局部放电测量。

如果适用的话,还要采取措施测量被试单元的每相的泄漏电流的有功分量(R)的有效值。金属封闭开关设备的主回路应连接到电压等于额定电压而一相接地的三相电源上,或者最好是连接到电压等于

额定电压的单相电源上,主回路的带电部分相互联结在一起(见 E12 章的规定)。

## E7 试验设备的选择和布置

### E7.1 设备的选择

试验应该在一个完全装配好的配有其全部元件并与运行状态一致的典型功能单元上进行。被试功能单元及其元件应是新的、干净的。

注:对于各相分装的开关设备允许进行单相单元试验。

### E7.2 设备的布置

被试设备应装在 E6.1 条中所述的气候试验室中,并使其处于正常位置。功能单元的试验布置不应比正常运行布置有利,特别是关于外部联接应是如此。

设备的联接应使得功能单元根据所选择试验程序的要求能以三相电源对其施加额定电压。

考虑到泄漏电流的检测,金属封闭开关设备的接地部分应联接到保护导体上。如果适用,金属封闭开关设备应与地绝缘(见 E12 章的规定)。

## E8 穿透性试验

这项试验是用来检查设备的外壳防止污秽和凝露侵袭的效应,以便能估计被试设备暴露于严酷气候条件下的这种效果。

采取的方法是将被试设备置于盐雾环境中承受温度和湿度周期性变化。

用比较试验系列的前、后在同一条件下的局部放电及泄漏电流来评价封闭的绝缘的污染程度。

### E8.1 参考性测量

装于气候试验室中的功能单元(参看 E6.1 条)应施加额定电压,并按下列规定承受一个气候周期(参看图 E3)。

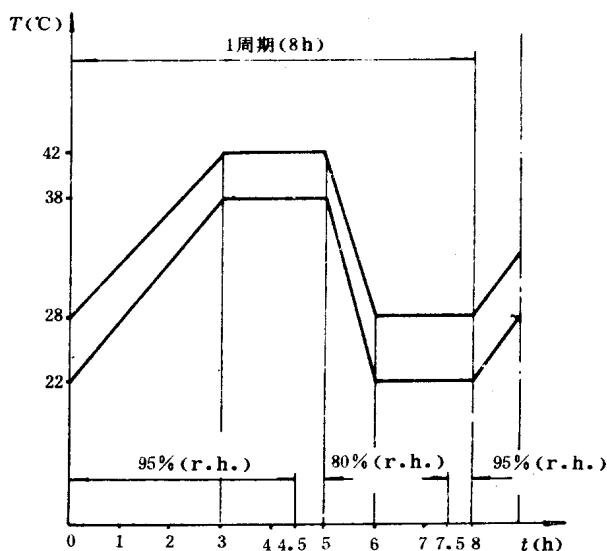


图 E3 穿透性试验·参考性测量·诊断程序(设备带电)

(r. h.)—相对湿度

气候试验室内的温度应在 3h 内从  $25 \pm 3^\circ\text{C}$  上升到  $40 \pm 2^\circ\text{C}$ 。温度在  $40 \pm 2^\circ\text{C}$  保持 2h,然后在 1h 内降到  $25 \pm 3^\circ\text{C}$ 。最高温度和最低温度之差应保持在  $15 \pm 2^\circ\text{C}$  内。然后温度在  $25 \pm 3^\circ\text{C}$  保持 2h。

温度周期性变化过程中的初始相对湿度为 95% 并保持 4.5h。然后相对湿度在 0.5h 内降到 80% 并保持此值 2.5h。最后,相对湿度应在 0.5h 内升高到 95%。

注：某些气候试验室降低湿度至 25℃ 时伴随有干燥效应，以致此时的湿度降低到规定的 80% 以下，在这种情况下应增长周期时间使湿度在周期结束前上升到规定值。

在整个气候周期中，应对被试单元的每相进行局部放电及泄漏电流的有功分量(R)有效值的测量，最好是连续地进行记录。若无连续记录装置，记录局部放电及泄漏电流的时间间隔应不超过 1min。对于循环中的每一分钟，平均值是以该 1min 的值前面两个值和后面两个值进行平均计算而得。将这些综合平均值描绘成局部放电及泄漏电流随时间变化的曲线图。

## E8.2 污秽处理

被试品将不施加电压。

暴露试验室，气候试验室或聚乙烯薄膜室内的温度根据情况需在 1h 内由周围空气温度上升到  $40 \pm 2^\circ\text{C}$ ，并保持此温度 1h。然后切除热源，设备承受来自喷雾装置的盐溶液的喷淋，盐溶液的浓度为  $5\text{kg}/\text{m}^3$ 。喷雾的流量率应是  $1\text{m}^3$  暴露室容积为 0.3L/h 至 0.5L/h。喷雾 1h 后停止喷雾。这个穿透性试验周期应重复进行 8 次(参看图 E4)。

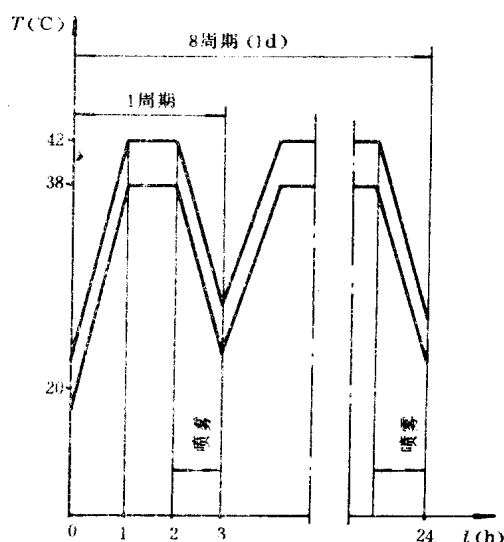


图 E4 穿透性试验·污秽处理(设备不带电)

## E8.3 诊断程序

污秽处理后，去掉保护罩(如果有的话)，被试功能单元再次带电，然后按 E8.1 条的规定再进行 6 个试验循环。在这些循环的最后一个循环中，按 E8.1 条的规定测量局部放电和泄漏电流。

紧接着最后一个气候周期，温度保持在  $25 \pm 3^\circ\text{C}$ ，相对湿度保持在 95%。进行单相工频电压试验：一相施加  $U/\sqrt{3}$  的电压， $U$  是设备的额定电压，其余两相接地并连接到设备的保护导体上。电压一直升到设备的额定工频耐受电压(电压上升率为  $0.5 \sim 0.7\text{kV}/\text{s}$ )，并在此值下保持 30s。试验应连续地依次在三相上重复进行，两次试验之间的时间间隔应根据实际情况尽量短。

## E8.4 评定

应对穿透性试验开始和结束时测量同期的每分钟所测得的综合平均值进行比较。计算每一最终测量值与相应的每一起始测量值之比，从而确定出泄漏电流和局部放电水平的最大比值。

如果局部放电之比值及泄漏电流之比值均未超过 2，而且在绝缘试验中未出现闪络或击穿，则设备就可以定义为 2 类设计，无需作进一步的试验。

然而，应检查被试设备及其元件的功能特性不应受到影响，腐蚀性程度应予记录(如果有的话)。

注：① 目前提出比值为 2，但为了验证这个值的有效性，需作进一步研究。

② 如果局部放电或泄漏电流记录的起始值非常低，则可采用较高的比值。

③ 验证机械性能的附加试验由用户同制造厂协商进行。

如果被试设备不满足关于局部放电及泄漏电流的上述判据,但绝缘试验中未出现闪络或击穿,则设备可以按照下述规定分类。

- a. 已通过 E9 章规定的 1 级老化试验后的设备,定义为 1 类设计;
  - b. 已通过 E10 章规定的 2 级老化试验后的设备,定义为 2 类设计。
- 如果在绝缘试验中出现闪络或击穿,则设备被定义为 0 类设计。

## E9 1 级老化试验

1 级老化试验的目的是验证设备是否满足 1 类设计的要求。

按照 E7 章规定选择被试设备及进行试验准备。

进行老化试验过程中,建议监测泄漏电流以收集关于设备性能的资料。

对于这些老化试验,提出了两个试验程序。在进一步实践期间,认为这二个程序是等价的。

### E9.1 试验程序 A

功能单元及其元件应该是新的和干净的,绝缘零部件不再进行任何表面处理。

功能单元装于气候试验室,在两个为期 9d 的完全相同的试验周期中按下列规定多次反复承受 2h 湿热循环试验(参见图 E5)。

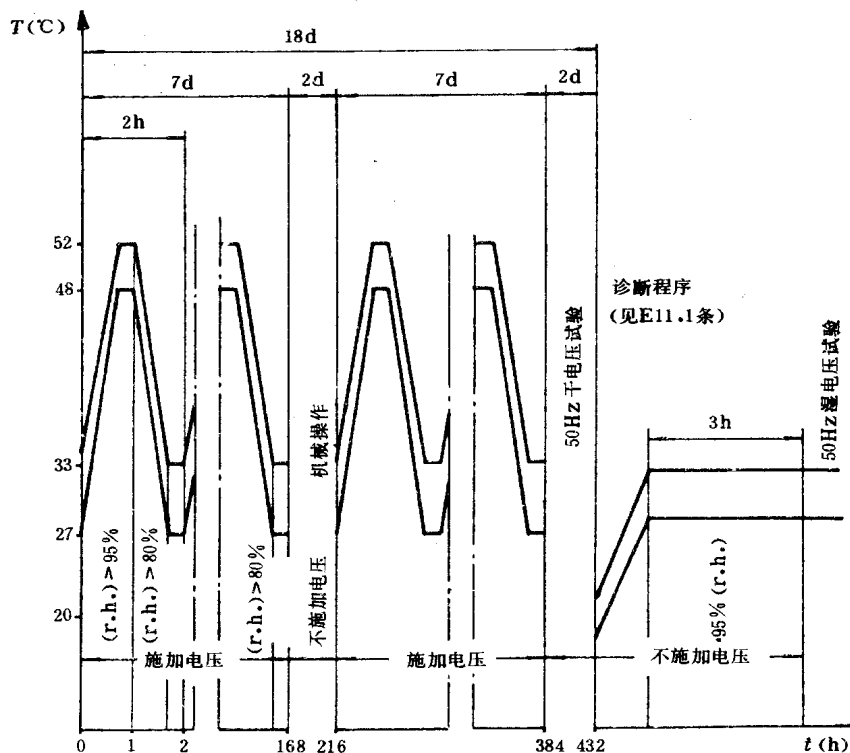


图 E5 1 级老化试验·试验程序 A(见 E9.1 条)

(r. h.)—相对湿度

气候试验室的相对湿度保持在 95% 以上,其温度在 40min 内由  $30 \pm 3^\circ\text{C}$  上升到  $50 \pm 2^\circ\text{C}$ 。这些条件维持 20min,然后温度在 40min 内下降到  $30 \pm 3^\circ\text{C}$ ,此时不规定湿度值。随后温度在  $30 \pm 3^\circ\text{C}$  保持 20min,这整个期间的相对湿度保持在 80% 以上。此外,高低温之差应保持在  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  范围以内。

为了使温度升高,可以直接向气候试验室注入蒸气云(包含悬浮状的细水滴);温度  $30^\circ\text{C}$  增加到  $50^\circ\text{C}$  是由于注入的蒸气云产生热交换的结果。注入没有蒸气的干燥空气可以使温度降低。 $30 \pm 3^\circ\text{C}$  和  $50 \pm 2^\circ\text{C}$  之间的变化调节可以通过相继地喷入蒸气云和随后注入冷的干燥空气到试验室中而获得。

时间为 9d 的试验周期,按照以下规定分配时间:

在头 7d,对被试设备施加其额定电压,承受 84 个湿热循环试验。7d 试验后,停止试验 2d,温度保持在最后一个湿热循环结束时的 30℃。去掉蒸气和冷空气源,停止施加电压,打开功能单元的门。

在中断试验两天的最后数小时,对操动装置和功能单元的门进行机械操作。应对动作时间、触头速度、联锁动作等的变化进行记录。

完成两个 9d 的试验周期后,应按照 E11.1 条规定的诊断程序对被试设备的性能进行评定。

## E9.2 试验程序 B

功能单元的绝缘零部件应采用不损伤绝缘材料的合适方法清洗干净(即用温水和磷酸三钠)。

对被试功能单元施加额定电压,并按照以下程序多次反复进行周期为 12h 的温度-湿度试验循环(参看图 E6)。

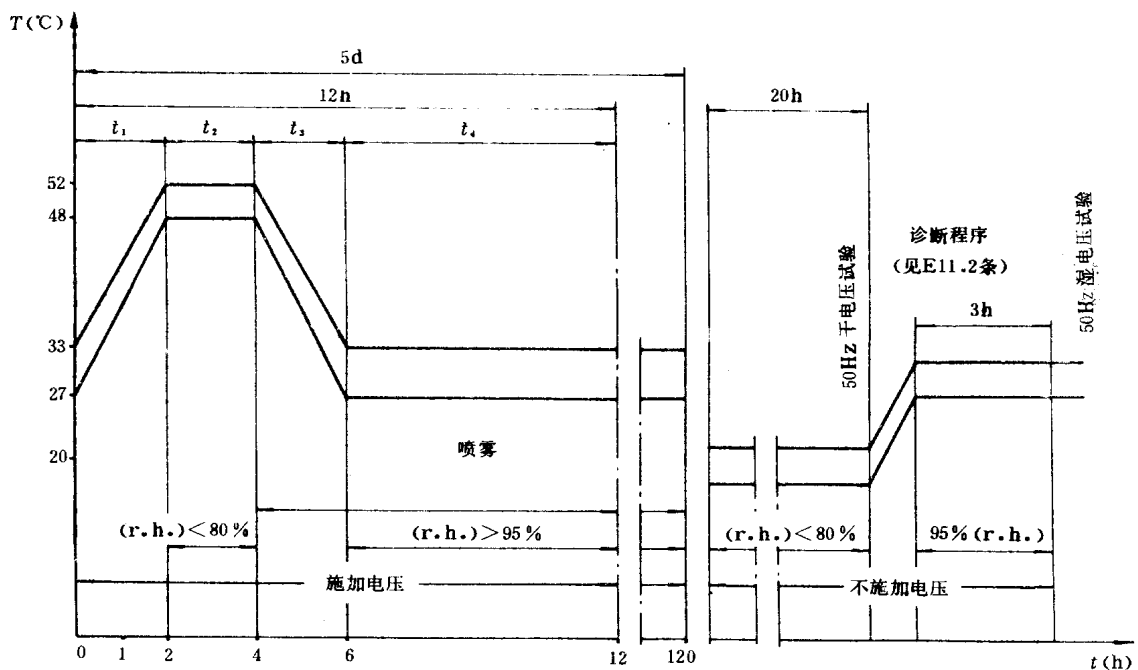


图 E6 1 级老化试验·试验程序 B(见 E9.2 条)

(r. h.)—相对湿度

气候试验室或聚乙烯薄膜室的温度根据情况按约 10℃/h 温度变化率从 30±3℃至 50±2℃进行周期性变化。此外,高低温之间的温度差应保持在 20±2℃范围内。

在  $t_1$  及  $t_3$  的 2h 温度过渡期间,不规定相对湿度值,但在  $t_2$  的 2h 期间,湿度应在 80% 以下而温度维持在 50±2℃。在  $t_4$  的 6h 期间,湿度在 95% 以上而温度维持在 30±3℃。

采用连续喷盐水溶液雾和加热的方法获得温度和湿度的变化。盐水溶液由每立方米不含矿物的水加入 0.176kg 盐(氯化钠)获得。合成湿度应是这样,即在试验室收集到的水的电阻率在 20℃时应近似等于 30Ω·m。喷盐水溶液雾的流量率应是每立方米试验室容积 0.3~0.5L/h。雾滴的直径应在 5~10μm 范围内。

注:根据试验室的设备,时间  $t_1$  和  $t_3$  可能不得不缩短,但此时时间  $t_2$  和  $t_4$  应增长,以保持  $t_1+t_2+t_3+t_4$  等于常数。

被试功能单元应承受 10 个相同的温度-湿度循环。

完成这 10 个循环后,应按照 E11.2 条所规定的诊断程序对被试设备的性能进行评定。

## E10 2 级老化试验

2 级老化试验的目的是验证设备是否满足 2 类设计的要求。

2级老化试验按照程序 A 或程序 B 组成更多的气候循环试验。

按程序 A,总的试验持续时间是由 5 个周期为 9d 的相同的试验循环组成,接着就是进行 E11.1 条中规定的诊断程序。

按程序 B,总的试验持续时间是由 20 个相同的温度-湿度循环组成,接着进行 E11.2 条中规定的诊断程序。

注:对于按照程序 A 已成功地通过 1 级老化试验的设备,允许即继续进行 3 个周期为 9d 的相同的试验循环。然而 1 级老化试验后进行诊断程序之前,试验程序 B 要求进行清理,按照刚才叙述的程序 A 方式继续进行试验是不可能的。

## E11 老化试验后的诊断程序

老化试验结束后,被试设备应按照下列规定进行绝缘试验:

### E11.1 试验程序 A 后

被试品首先承受 1min 额定工频干耐受电压试验。

然后,气候试验室的温度增高到  $30\pm 2^{\circ}\text{C}$ ,湿度近似到 95%。在试品不施加电压条件下经 3h 后,进行以下绝缘试验(参看图 E7)。

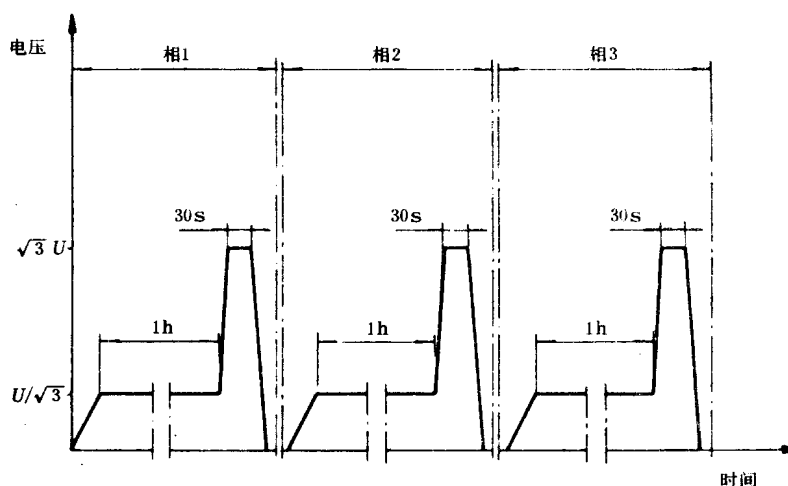


图 E7 按照程序 A 或 B 老化试验后工频湿耐压试验

对一相施加  $U/\sqrt{3}$  的电压 ( $U$  是设备的额定电压),其他两相接地并且连接到设备的保护导体上。1h 后,电压升到  $\sqrt{3}U$  且保持 30s (电压上升率在 0.5kV/s 和 0.7kV/s 之间),应连续依次地在其他两相上重复此试验,试验间隔应尽可能短。

### E11.2 试验程序 B 后

整个被试品用不含矿物的水清洗净,然后在试验室不施加电压下干燥 20h,此时试验室温度为  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度小于 80%。

按照 E11.1 条中规定的条件,被试设备应承受工频干、湿耐受电压试验。

### E11.3 评定

如果满足下列条件,则被试品通过了 1 类设计或 2 类设计所规定的老化试验:

- 按照程序 A 或程序 B 进行气候试验循环中未出现电击穿或闪络;
- 在诊断程序中未出现电击穿或闪络;
- 试品的功能特性即动作时间、触头速度、联锁动作等无明显变化。机械零部件的腐蚀程度(如果



有的话)应记录在试验报告中。

### E12 泄漏电流的测量

在相间及相对地间具有大的电容的设备中,泄漏电流的无功分量可能有很大的幅值。在与绝缘的体积电导及表面电导有关的泄漏电流幅值中,仅仅泄漏电流的有功部分是有用的。因此仅要求一种测量泄漏电流有功部分的方法,但详细综述合适的测量技术已超出本文的范围。

试验回路内测量装置的布置对于泄漏电流的有效值的测量是关键。图 E8 至图 E11 表示了 4 种布置方式,表 E1 概述了它们的特点。

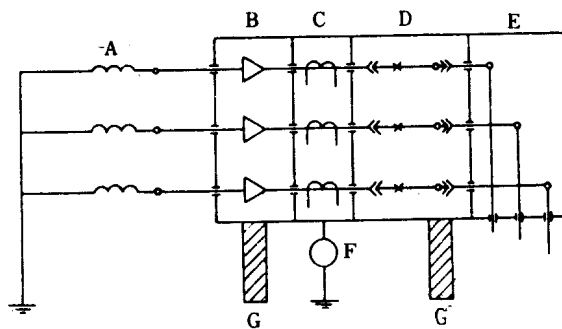


图 E8 泄漏电流测量:布置方式 1

A—电源变压器;B—电缆盒;C—电流互感器;  
D—断路器(已合闸);E—母线排;F—测量装置;  
G—支柱绝缘子

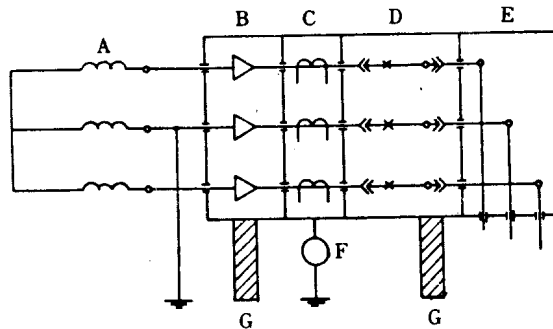


图 E9 泄漏电流测量:布置方式 2

A—电源变压器;B—电缆盒;C—电流互感器;  
D—断路器(已合闸);E—母线排;F—测量装置;  
G—支柱绝缘子

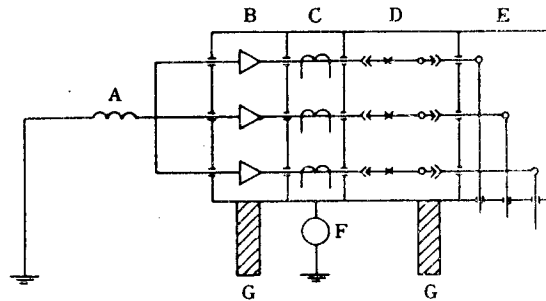


图 E10 泄漏电流测量: 布置方式 3

A—电源变压器; B—电缆盒; C—电流互感器;  
D—断路器 (已合闸); E—母线排; F—测量装置;  
G—支柱绝缘子

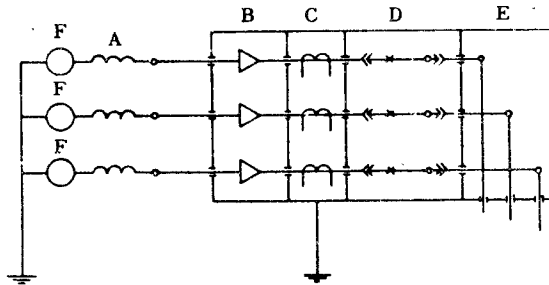


图 E11 泄漏电流测量: 布置方式 4

A—电源变压器; B—电缆盒; C—电流互感器;  
D—断路器 (已合闸); E—母线排; F—测量装置;  
G—支柱绝缘子

表 E1 泄漏电流测量

	图 E8(布置方式 1)	图 E9(布置方式 2)	图 E10(布置方式 3)	图 E11(布置方式 4)
电压负荷与运行时的相同	是	非	非	是
适于老化试验时监测	非	非	非	是
适用于诊断程序	非	是	是	是
相间电压负荷	是	是	是	是
指示相间电流	非	非	非	是
测量装置与支持绝缘子并联	是	是	是	非

E13 严酷气候条件对长期工作电流的影响

在严酷气候条件下使用的金属封闭开关设备, 由于污秽、凝露、老化等不良影响, 其长期工作电流负

荷应降低到额定负荷的 90%。

附录 F

根据短时持续电流的热效应计算裸导体截面的方法

(参考件)

下面给出的公式可用以计算裸导体截面,它是从电流持续时间为 0.2~5s 的电流热稳定性要求得出的。

$$S = \frac{I}{a} \sqrt{\frac{t}{\Delta\theta}} \dots\dots\dots (F1)$$

式中: S——导体截面, mm<sup>2</sup>;

I——电流有效值, A;

a 的量纲为  $\frac{A}{mm^2} (\frac{s}{K})^{\frac{1}{2}}$ , 并按下列规定取值;

铜——13

铝——8.5

铁——4.5

铅——2.5

t——电流通过时间, s;

Δθ——温升, 以开尔文(K)表示, 对裸导体取 180K, 如果时间超过 2s 但小于 5s, Δθ 值可增加到 215K。

本式考虑了温度升高的过程并非严格的绝热过程。

附录 G

操作振动试验

(参考件)

操作振动试验, 推荐按下列方法进行:

- G1 应对同一型号金属封闭开关设备可能用到的易受振动影响的各种类型继电器均作试验;
- G2 应选择同一类型中最容易误动作的继电器作试验;
- G3 通过被试继电器线圈的电流或电压应按表 G1 所列数值进行调整, 在此数值下, 继电器不应发生误动作;

中间继电器在吸合或释放状态下, 进行操作试验不应发生误动作;

信号继电器及接地继电器在不通以任何电流(或电压)下, 进行操作试验不应发生误动作。

表 G1

序号	继电器类型	通过继电器的电流 (或电压)	继电器的时延时间 (s)	备注
1	过电流继电器	0.7I <sub>zd</sub>	0	
2	过电流继电器	0.8I <sub>zd</sub>	5	过负荷保护
3	过电流继电器	0.6k · I <sub>zd</sub>	0	1)
4	过电压继电器	0.7U <sub>zd</sub>	0.5	
5	低电压继电器	1.4U <sub>zd</sub>	0.5	
6	中间继电器	吸上或释放状态	—	
7	信号继电器	0	—	
8	接地继电器	0	—	

注：1) 采用感应式继电器,用于电动机速断保护。

$I_{zd}$ 和  $U_{zd}$ 为继电器的整定电流和整定电压,  $k$  为感应式过流继电器瞬动电流倍数。

**G4** 应选用振动大的主开关和机构的金属封闭开关设备对装于邻柜上的继电器进行操作振动试验,若邻柜的继电器可能装于本柜时,应对本柜的继电器进行操作振动试验,试验时,应按实际运行条件将开关设备固定在槽钢上。

**G5** 被操动的主开关,分、合闸速度按产品技术条件尽可能调到上限值,如果主开关可由不同的机构操作时,应选取振动大的机构。

**G6** 主开关的操作次数

a. 如果主开关不具有重合闸性能,分、合闸各 16 次,每次操作都不应发生误动作;

b. 如果主开关具有重合闸性能,应按主开关技术条件规定进行三个重合闸操作循环,但总的分、合闸次数各为 16 次,每次操作都不应发生误动作。

注: 机构的分、合闸电压(如果有的话)均为额定值。

**G7** 试验方法及其过程可参考下列步骤进行:

a. 按照上述 G1、G2、G4、G5 条进行准备工作;

b. 按照表 G1 所列数值,计算通过被试继电器的电流或电压,并参考图 G1 连接线路调整电流或电压。

在作 GL-10 型继电器瞬动机构试验时,可将感应机构卡住,不使其参与动作;

c. 参考图 G2 进行接线,以观察被试继电器触点误动作试验情况;

d. 进行操作试验,当被试点接为动断(常闭)触点时,先按“SB<sub>1</sub>”预备按钮,进行振动操作试验,观察“HL<sub>1</sub>”信号灯,当“HL<sub>1</sub>”信号灯全熄表示动断触点发生误动作。当被试点接为动合(常开)触点时,进行振动操作试验,观察“HL<sub>2</sub>”信号灯,当“HL<sub>2</sub>”信号灯全亮表示动合触点发生误动作,然后通过“SB<sub>2</sub>”按钮解除信号。所需设备和表、计见表 G2。

表 G2 设备和表、计名称

符 号	名 称	符 号	名 称
T <sub>ADJ</sub>	调压器	PV	电压表
KA	被试电流继电器	KZ <sub>1</sub> 、KZ <sub>2</sub>	中间继电器
KV	被试电压继电器	SB <sub>1</sub>	预备按钮
R <sub>ADJ</sub>	电阻器	SB <sub>2</sub>	解除按钮
PA	电流表	HL <sub>1</sub> 、HL <sub>2</sub>	信号灯

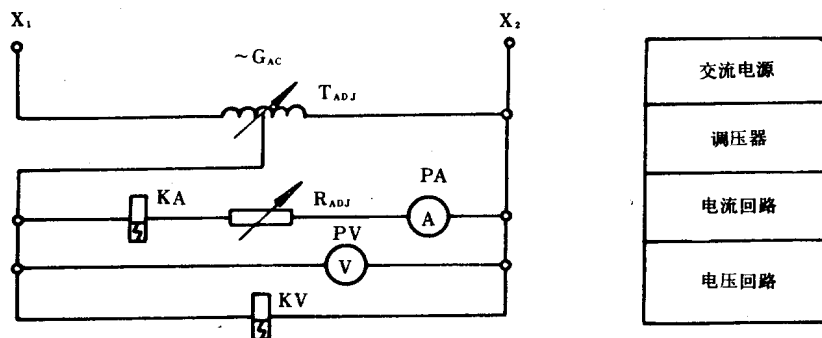


图 G1 电流及电压调整电路

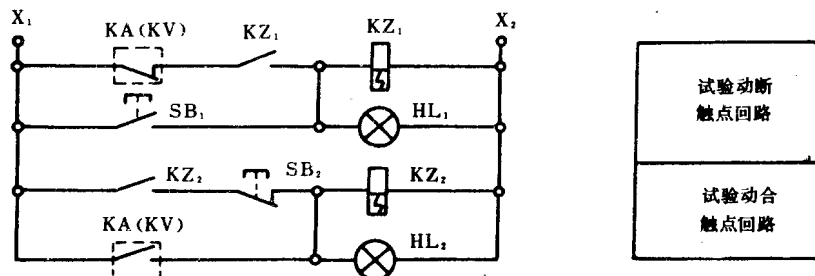


图 G2 继电器误动作指示电路

**附录 H**  
**外壳的机械强度试验**  
(参考件)

金属封闭开关设备外壳的机械强度应当用冲击试验来核实,试验的目的主要是检验外壳有可能出现的最薄弱的构件(例如观察窗)的机械强度。在冲击试验时,打击应加在外壳很可能是最薄弱的点上,每个受试点打击三次。除制造厂和用户之间另有协议外,应使用  $2\text{N}\cdot\text{m}$  的冲击(对户外的金属封闭开关设备由用户和制造厂之间协商)。

用于冲击的锤头,具有一个洛氏硬度 R100,半径 10mm 的聚酰胺半球面。推荐采用图 H1 所示的弹簧冲击试验器。

试验后,外壳应无裂缝,表面几乎无损伤。

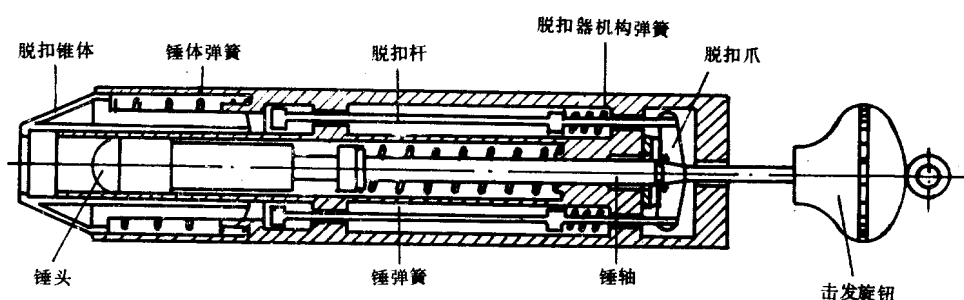


图 H1 弹簧冲击试验器

**附加说明:**

本标准由中华人民共和国机械电子工业部提出。

本标准由全国高压开关设备标准化技术委员会归口。

本标准由西安高压电器研究所负责起草。