

● 经验交流 ●

真空灭弧室的储存期、存放期和起始真空度

西安高压电器研究所 钟武福



国家标准《高压真空开关设备用真空灭弧室》的附录A，规定了真空灭弧室允许储存期的测试和计算方法。并给出了允许储存期的计算公式

$$T = \frac{6.6 \times 10^{-2} - p_1}{p_2 - p_1} \times \frac{t}{365} \quad (\text{年})$$

它对灭弧室制造厂和整机制造厂控制产品质量非常有用。

下面，通过一些计算来讨论这几个量之间的关系，以找出控制工艺和质量的途径。为方便起见，先就几个参数的意义作简单介绍。

1. 允许储存期 T 它是真空灭弧室从制造厂出厂至因真空度降低而失去功能之间的允许最长的时间，以年表示。在此期间，真空灭弧室应能满足产品技术条件规定的各项技术指标。超过这个期限，无论在存放或是在使用的真空灭弧室，真空度降低到 $6.6 \times 10^{-2} \text{ Pa}$ 以下，此灭弧室就不能保证绝缘和开断性能了。

2. 存放期 t 它是指灭弧室在排气台封离后，两次测试真空度的间隔时间。工厂一般以天表示。显然这两次测试必然是以磁控真空计进行的静态测试，而不是在排气系统上进行的动态测试。

3. 真空度 p_1 它定义为存放期 t 前测试的真空度。单位为 Pa。

4. 真空度 p_2 它为存放期 t 后的测试真空度。单位为 Pa。

5. 漏气速率 Δp 它为单位时间内由于漏气产生的真空度变化量。通常以 $\text{Pa} \cdot \text{l/s}$ 表示。此处 l 代表灭弧室容积，单位为 L。

6. 工频耐压 U 它为灭弧室技术条件中规定的工频耐压。单位为 kV。

国家标准《高压真空开关设备用真空灭弧室》规定了允许储存期 T 为 15~20 年。下面，假定几组数据来进行计算。

设 $p_1 = 6.6 \times 10^{-4} \text{ (Pa)}$

$p_2 = 8.0 \times 10^{-4} \text{ (Pa)}$

$t = 10 \text{ 天}$

则 $T = 12.8 \text{ (年)}$

若将 p_2 提高至 $7.5 \times 10^{-4} \text{ (Pa)}$

则 $T = 19.9 \text{ (年)}$

同理，真空度 p_2 提高到 $7.4 \times 10^{-4} \text{ (Pa)}$ 可算出

$$T = 22.3 \text{ (年)}$$

在 p_1 不变条件下，提高 p_2 意味着降低了漏气速率，减少了漏气量。存放期不变，允许储存期就延长。相反，在 p_2 和存放期，不变条件下，如 p_1 大，则允许储存期就缩短。

以上是允许储存期的常规计算，下面我们将从规定的允许储存期来推算需要的存放期。

假设：(1) 工厂制造的真空灭弧室，大部分真空都在 $7.5 \times 10^{-4} \text{ Pa}$ 以上，并把它作为出厂真空度。则在以下计算中可将它视为 p_2 ；

(2) 允许储存期 T 大于 20 (年)；

(3) 存放前真空度 $p_1 = 6.6 \times 10^{-4} \text{ Pa}$ 可推出存放期 $t = 10.1 \text{ (天)}$

若工厂生产的灭弧室，真空度大部分在 $7.5 \times 10^{-3} \text{ Pa}$ ，存放前的真空度也只有 $6.6 \times 10^{-3} \text{ Pa}$ ，这时的存放期为

$$t = 123 \text{ (天)}$$

很明显,在保证允许储存期的条件下,真空灭弧室真空度愈高,则灭弧室所需存放的时间就愈短。相反,真空度低,要保证允许储存期就需要长的存放期。

下面来看,在保证20年允许储存期和最短的7天存放期内,生产的真空灭弧室真空度要求的范围。

$$\text{根据 } T = \frac{6.6 \times 10^{-2} - p_1}{p_2 - p_1} \times \frac{t}{365} \text{ 可得}$$

$$p_2 - p_1 = \frac{6.6 \times 10^{-2} - p_1}{1042.9}$$

把起始真空度 p_1 定为 6.6×10^{-3} 、 6.6×10^{-4} 和 6.6×10^{-5} Pa 进行计算。附表给出的是计算结果。

附表	计算结果 (Pa)		
p_1	6.6×10^{-3}	6.6×10^{-4}	6.6×10^{-5}
$p_2 - p_1$	0.063×10^{-3}	0.63×10^{-4}	6.3×10^{-5}
p_2	6.663×10^{-3}	7.23×10^{-4}	12.9×10^{-5}

从附表列出数据可以看出,真空度在 10^{-3} Pa 数量级时, p_2 和 p_1 的差值在百分位

上;真空度在 10^{-4} 、 10^{-5} Pa 数量级时, p_2 和 p_1 的差值分别在十分位和个位上。对一般以毫米刻度的测试仪只有后两种数据才能读出。但最易直观读数的只有 10^{-5} Pa 数量级的灭弧室。也就是说,要在7天的存放期内,要判别20年以上的允许储存期,灭弧室的真空度应高于 6.6×10^{-4} Pa。

下面,我们再讨论漏气速率 Δp 。根据定义,并排出容积因素,则一种确定的灭弧室的漏率为

$$\Delta p = \frac{p_2 - p_1}{t}$$

$p_2 - p_1$ 仍以上述 6.3×10^{-5} (Pa) 计算。代入得

$$\begin{aligned} \Delta p &= \frac{p_2 - p_1}{t} \\ &= \frac{6.3 \times 10^{-5}}{7 \times 24 \times 60 \times 60} \\ &= 1 \times 10^{-10} \text{ (Pa/s)} \end{aligned}$$

这个结果表示:要用漏率来判别真空灭弧室20年的允许储存期时,其漏气速率应小于 1×10^{-10} Pa/s。

(上接第19页)

是当电流增加到某一值时,电弧的旋转速度将不再增加,即达到“饱和”。

2. 通过试验研究了电弧旋转速度对灭弧性能的影响,发现如果电弧在电流峰值附近出现持续高速地旋转,并不有利于电弧的熄灭,因此,对此类装置应有一合适的电弧旋转速度。电弧的轴向运动速度也是提高开断性能的主要因素。

致 谢

慈溪高压开关厂的王旭东和电器专业85

届学生刘军在本文的模型调整和测速装置制作中参加了部分工作,在此表示感谢。

参 考 文 献

- 1 Campbell I.G. et al. Multi-Channel Optical Fiber System for Velocity Measurement of a Rotating Arc in SF₆. Proc. of ECAAA, 1989
- 2 Ma Z.Y. et al. Current Zero Region of an SF₆ Rotating Arc, GD-88 Venice.