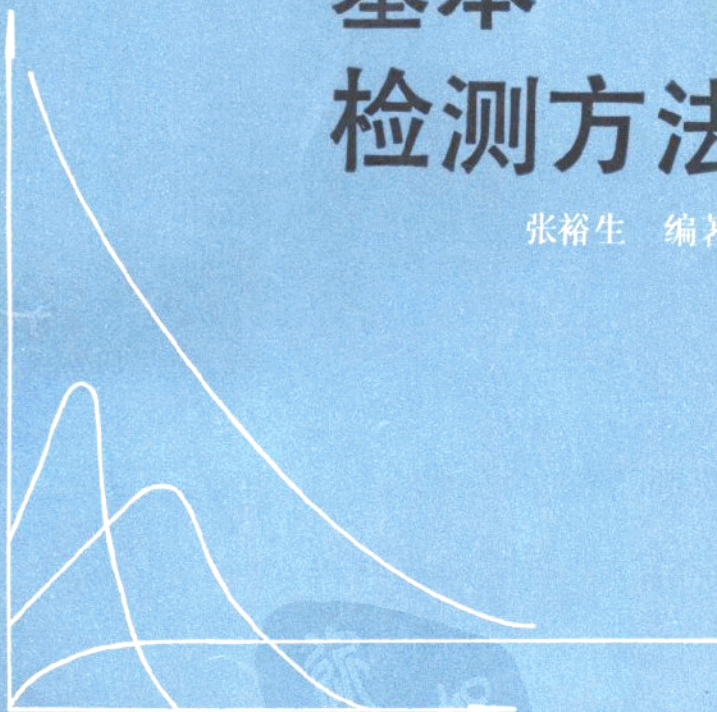


GAOYAKAIGUANJIBENJIANCEFANGFA

高压开关 基本 检测方法

张裕生 编著



农村读物出版社

高 压 开 关 基 本 检 测 方 法

张裕生 编著

农村读物出版社

1992年·北京

(京)新登字169号

高压开关基本检测方法

张裕生 编著

责任编辑 宋 雁

*

农村读物出版社 出版

德州地区新联印刷厂 印刷

各地新华书店 经销

*

787×1092毫米1/32 2.375印张 50千字

1992年7月第1版 1992年7月山东第1次印刷

印数：1—2120

ISBN 7-5048-1633-7/TM·3 定价：1.80元

前 言

电力是经济建设中不可缺少的重要能源之一，而电力工业的发展离不开高压输变电的主要设备——高压开关。

高压开关，特别是高压断路器，在电力网络中起着举足轻重的作用。在电力线路的接通、断开和各种保护中，高压断路器都首当其冲，因此电力系统对高压开关的可靠性要求高。在高压开关出厂和投运前都必须严格地对各种性能参数进行测试合格，以保证开关的性能。有的参数在运行中还要监测，确保安全运行。

高压开关的试验分：型式试验、出厂试验以及电力部门的例行试验。型式试验是在开关设计试制后按其技术条件、有关国家标准和专业标准对产品的性能进行全面考核的试验。通过型式试验来验证产品设计是否合理，验证性能、材质、工艺和加工质量是否达到设计要求。型式试验报告是产品鉴定的重要依据，型式试验是对产品进行全面的考核，所以新产品试制后和老产品进行重大改进后都必须进行型式试验。为了保证长期成批生产产品的质量，在一些产品的国家标准中还规定了某些型式试验项目在规定的年限内必须进行一次。例如在GB1985《交流高压隔离开关和接地开关》标准中规定每隔8~10年进行一次温升、机械寿命和动热稳定试验。

出厂试验是产品成批生产出厂前按其技术条件中规定的出厂试验项目进行的试验，其目的是考核产品的主要性能参

数是否合格，从而保证产品的质量。

电力部门的例行试验主要是按照电力部门的有关规程对产品进行的交接试验、预防性试验和大修后的试验，其目的也是保证产品的主要性能合格，满足安全运行的要求。

产品的全面型式试验要国家授权的检测中心才有资格进行，是每种产品鉴定前必须进行的试验。高压开关的型式试验方法基本上都有国家标准或专业标准（见附录 I）。出厂试验和例行试验则是每个高压开关制造厂和电力部门都必须进行的试验。本书主要是对高压开关的出厂试验和例行试验中的基本检测方法进行综述（包括一部分型式试验项目）。供高压开关制造厂的技术和试验人员、广大农村和工矿企业的电力运行、检修和测试人员参考，亦可作为职工的技术培训教材。

作 者

1991年2月

目 录

第一章 高压开关的机械试验..... (1)

- 一、高压开关机械试验的重要性和内容..... (1)
- 二、高压开关的速度测量..... (3)
- 三、高压断路器的体外测速..... (7)
- 四、高压开关的时间参数和行程测量..... (9)
- 五、高压开关的机械操作试验..... (11)

第二章 高压开关绝缘的耐压试验..... (14)

- 一、高压开关绝缘配合的基本知识..... (14)
- 二、高压开关的耐压试验方法..... (17)
- 三、操动机构线圈的匝间绝缘试验..... (23)
- 四、绝缘电阻测量..... (24)

第三章 高压开关的温升测量..... (25)

- 一、高压开关长期发热的温升试验..... (25)
- 二、热电偶法测温及精度保证..... (27)
- 三、电阻法测量温度..... (32)

第四章 高压开关的主回路电阻测量…………… (34)

一、基本概念…………… (34)

二、主回路电阻测量方法…………… (35)

第五章 电容套管介损 ($\text{tg}\delta$) 的测量…………… (37)

一、基本概念…………… (37)

二、 $\text{tg}\delta$ 的测量方法…………… (38)

三、影响 $\text{tg}\delta$ 测量结果的主要因素及消除…………… (40)

第六章 电容套管的泄漏电流试验…………… (45)

一、概述…………… (45)

二、电容套管泄漏电流的测量方法…………… (49)

三、影响泄漏电流试验结果的因素…………… (49)

第七章 高压断路器的交接试验与预防性试验

…………… (53)

一、新装断路器的交接试验…………… (53)

二、预防性试验及分析…………… (54)

三、高压油断路器的试验标准…………… (59)

四、高压开关试验的有关要求…………… (61)

附录	(63)
I 高压开关的试验方法标准 (目录)	(63)
II 3~220 kV 高压开关设备的额定绝缘水平	(64)
III 高压开关设备各部位温升标准.....	(65)
主要参考文献	(67)

第一章

高压开关的机械试验

一、高压开关机械试验的重要性和内容

1. 高压开关机械试验的重要性

高压开关的主要功能是在电力线路正常的情况下分合电路，在异常情况下分断电路。断路器还可以在短时故障后重合电路。国内外断路器运行的经验表明，绝大部分断路器的事故都是由于机械缺陷所造成的。由于机械故障造成的事故率日本统计为90%；国际电工委员会统计为88%；我国电力部门统计为80~85%。当电力系统出现异常时，断路器的拒动、误动、慢分和三相不同期等机械故障都可能造成恶性事故，甚至可以引起开关爆炸，给人民的生命和国家的财产带来巨大的损失。所以，高压开关的机械可靠性就显得十分重要，因此对高压开关必须进行常温下的机械试验，对一些特殊用途的产品还要求进行高温和低温下的机械试验。

2. 高压开关机械试验内容

高压开关的机械试验包括机械特性试验、机械操作试验和机械寿命试验（含机械可靠性试验）。

（1）机械特性试验：测量机械特性参数是否达到产品技术条件所规定的数值。机械特性参数主要包括各种与开关机械运动有关的尺寸、速度、时间、操作力矩以及机构的机

械运动参数等。

(2) 机械操作试验：在产品技术条件规定的各种特定情况下，开关与机械配合的操作试验。

(3) 机械寿命试验或机械可靠性试验：是按照有关标准规定的方法和产品技术条件所规定的次数进行的连续的操作试验，属于产品的型式试验项目。在我国国家标准 GB1984《交流高压断路器》中，等效采用了国际电工委员会(IEC)标准规定机械寿命连续操作次数为2000次，其试验操作顺序见表1。

表1 断路器机械寿命的操作顺序

操 作 顺 序	操作电压或压力	自动重合闸	非自动重合闸
合— t_a —分— t_a	最 高 值	500	500
	额 定 值	500	500
	最 低 值	500	500
分— θ —合分— t_a —分 合分— t_a	额 定 值	250	—
		—	250

注：1. 表中 t_a 为两次操作之间的间隔时间，按产品技术条件的规定，如无规定时按照 GB3309的规定，即：35kV及以下，2次/min，63kV及以上，1次/min。

2. 表中 θ 为0.3s或0.5s。

机械寿命试验属型式试验项目，本章不详述。本章主要研究机械特性中的速度和时间参数测量及机械操作试验。

二、高压开关的速度测量

1. 速度对开关性能的影响

开关的分闸速度是熄灭电弧的重要条件之一，直接影响其开断性能。开关的分闸速度如果下降，燃弧时间就会增长，触头烧损增大就可能造成开断失败而引起开关爆炸；开关的合闸速度下降，阻止动触头合上的电动力就会增大，可能使动触头产生振动和停滞而引起触头烧损严重，导致开关关合失败爆炸。如果开关的分合闸速度过高，开关所受的机械力和冲击力都较大，而使开关部件易于损坏，开关寿命就会降低，同时当速度高到某一数值时，对开断短路电流不是有利而是有害。所以每台高压开关（断路器和负荷开关）出厂试验中都必须进行速度测量，其值符合该产品技术条件的要求范围才能出厂。电力部门对投运前、检修后的高压开关也要进行速度测量。

2. 高压开关速度测量的基本方法

目前国内高压开关制造厂和用户测量开关速度常用以下几种仪器：电磁振荡器、转鼓测速仪、行程记录器加光线示波器、专用的速度参数测量仪。

（1）电磁振荡器测量开关速度：电磁振荡器的振动频率为 50×2 周/s，故它所绘出的曲线中每一个波长所需时间为 0.01s 。国家标准中规定：“高压开关在刚合前，刚分后 0.01s 内动触头的平均速度（ U ）作为开关的刚合、刚分速度”。所以刚合、刚分速度即为波长（ S ）除以振动周期（ $T_{振} = 0.01\text{s}$ ）：

动触头带动的记录笔上下运动所画出的合闸或分闸曲线如图2所示。图中纵坐标为开关行程，横坐标为时间。从刚分刚合点起10 ms (0.01 s) 内曲线所走的垂直距离除以0.01即为开关的刚分或刚合速度。

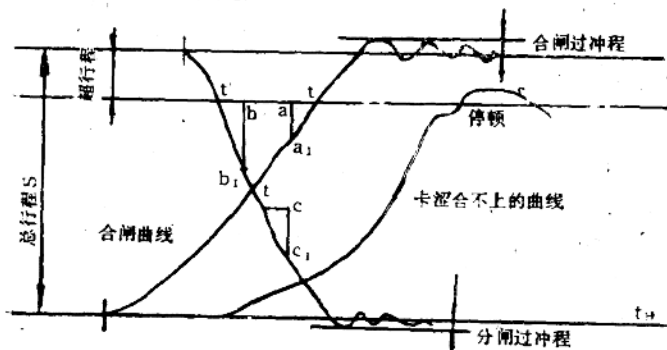


图2 转鼓测速仪测出的分合闸曲线示意图

图2中：a——刚合点 b——刚分点

$$t = 10 \text{ ms} = 0.01 \text{ s}$$

$$U_{\text{刚合}} = \frac{aa_1}{t} \quad (\text{m/s}) \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$U_{\text{刚分}} = \frac{bb_1}{t} \quad (\text{m/s}) \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$U_{\text{最大}} = \frac{cc_1}{t} \quad (\text{m/s}) \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：CC₁为分闸曲线陡度最大的一段垂直距离。

用转鼓测速仪测量开关速度比较直观，也较准确。从在坐标纸上绘出的行程与时间曲线中不但可以测算出开关动触头在运动中任意位置的速度，而且还可以通过对曲线分析，

了解开关的缓冲特性和有无停顿或机械卡滞现象。

(3) 行程记录器配光线示波器测速法：行程记录器由行程块和滑动触头两部分组成，有直线和圆弧两种类型（图3为直线型原理和接线方法示意图）。行程块由厚度相等的绝缘片和导电片交叉叠装而成。滑动触头与导电杆（操作杆或拐臂）相连接。当滑动触头运动时通过示波器振子的电流依次改变，在示波图上显示出若干组高低不一的波形，按行程块间隔宽度来确定禁区间和所对应的时间计算出速度。这种测速法比较准确，但要求滑块平整，每片尺寸误差小，滑动触头接触要好，无弹跳才能避免波形失真，减小误差。

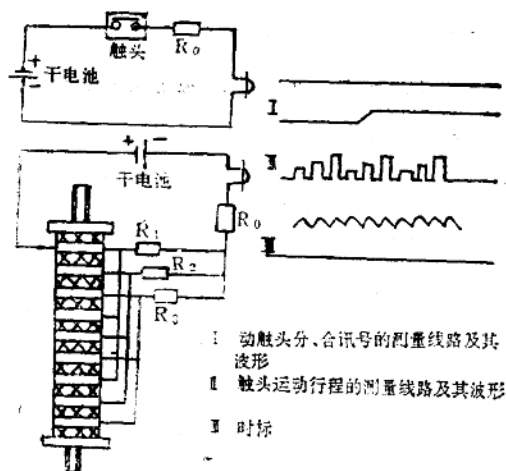


图3 行程记录器测速线路图

(4) 其他测速仪：高速开关的测量可以用WF—1型微分测速仪。目前国内比较先进的有WT801型测速仪，该仪器采用专用微机系统、红外线传感器和光栅尺、8个7段

数码显示和打印机，可以对高压开关的速度进行自动测量和记录。以上两种仪器的使用方法可以参见各自的使用说明书，本章不作介绍。

三、高压断路器的体外测速

上述测量方法基本上都是在动触头上固定一根测量杆进行测量，所以在测速时必须将开关拆开。目前国外发达国家已基本上淘汰了多油断路器，少油断路器也逐渐淘汰，取而代之的是真空和SF₆断路器。我国近几年来真空和SF₆断路器发展也比较快，这两种断路器都只能用体外测速法来测量其分合闸速度，而电网运行中的监测也必须使用体外测量法，因此研究断路器的体外测速法有现实意义和价值。

断路器及其机构都有旋转主轴，转速测量实质上是测角速度。大多数断路器都采用连杆机构，利用角速度和线速度的关系，通过计算可以在机构转轴上间接测量断路器的分合闸速度。

以DW13—35型断路器为例，根据提升机构和操作机构各连接转动拐臂的半径，可以计算出加在机构主轴上测量附件的半径，其联结示意图4。

已知： $R_1 = 192\text{mm}$ $R_2 = 62\text{mm}$ $R_3 = 70\text{mm}$

$R_4 = 105\text{mm}$ $R_5 = 134\text{mm}$

令： $U_1 = U_4$

求： R_x

解： $U_1 = R_1\omega_1$ (6)

$U_2 = R_2\omega_1 = R_3\omega_2$ (7)

$U_3 = R_4\omega_2 = R_5\omega_3$ (8)

$$U_4 = R_x \omega_3 = R_1 \omega_1 \quad \dots\dots\dots (9)$$

根据式(8) $\omega_2 = R_5 \omega_3 / R_4 \quad \dots\dots\dots (10)$

根据式(7) $\omega_1 = R_3 \omega_2 / R_2 \quad \dots\dots\dots (11)$

将式(10)代入式(11)得

$$\omega_1 = \frac{R_3 \cdot R_5 \omega_3 / R_4}{R_2} = \frac{R_2 R_5 \omega_3}{R_4 R_2} \quad \dots\dots\dots (12)$$

又根据式(9) $R_x = R_1 \omega_1 / \omega_3 \quad \dots\dots\dots (13)$

将式(12)代入式(13)得:

$$R_x = \frac{R_1 \cdot R_3 R_5 \omega_3 / R_4 R_2}{\omega_3} = \frac{R_1 R_3 R_5}{R_2 R_4} \quad \dots\dots\dots (14)$$

将已知数值代入式(14)得:

$$R_x = \frac{192 \times 70 \times 134}{62 \times 105} = 276.645 \text{ (mm)}$$

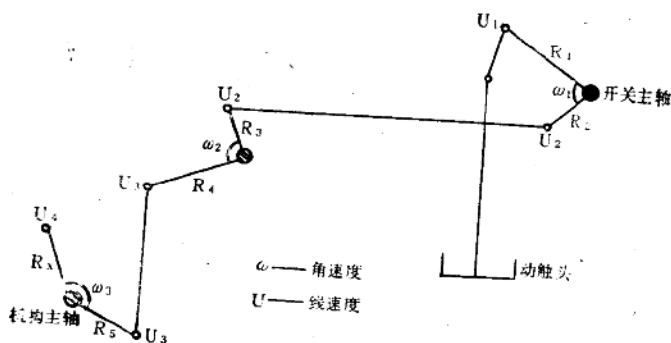


图4 DW13-35开关与机构联结示意图

通过以上计算得出加在机构主轴上测量附件Rx的半径。只要将半径为276.6 (mm) 的附件的一端固定在机构主轴上, 另一端固定在行程记录器或光电行程传感器上, 就可以进行断路器的体外测速。也可以用半径固定的测量附件测量后进行计算得出开关速度。在 ω_2 转轴上也可以进行间接测速, 原理和计算方法同上, 因为在 ω_2 转轴上存在一块分合标志件, 将其拆下另装测量附件比较方便。(安装时开关不能带电)

如果使用光电行程传感器, 配上微机和打印机或数显装置就可以进行断路器速度的自动测量和记录, 也可以实现在运行中对开关的速度和行程进行监测。

真空和SF₆断路器也可以用以上方法进行体外测速。

四、高压开关的时间参数和行程测量

1. 高压开关时间参数的重要性

无论配用何种机构的高压开关, 在合闸和分闸时都需要一定的时间。高压开关固有分闸和合闸时间与开关的速度密切相关, 直接影响开关的开断和关合性能。如果开关的分闸时间过长, 速度自然降低, 燃弧时间就会增长而导致开关分断失败; 如果开关合闸时间过长, 合闸速度自然降低, 电动力就会增大而导致开关关合失败; 如果三相同期性时间差过大, 会使线路和变压器非全相投切而产生危害绝缘的操作过电压。所以在每种开关的技术条件里都明确规定了固有分、合闸时间, 三相同期性等时间参数, 并作为每台开关出厂的必试项目。因此高压开关的时间参数也是开关重要的机械特性之一。