

您的耐压测试仪(Hipot)安全吗？

电气安规测试的十个为什么？

作者：固纬电子实业股份有限公司 经营拓展处协理 吴俊贤

前言：

耐压(Withstanding)、绝缘(Insulation Resistor)、接地电阻(Ground Bond)是电气安规测试仪的测试功能，其中的耐压测试是用电设备出厂前的必测项目，虽然这些测试应用广泛，但是许多工程师还是存在着一些知其然却不知其所以然的问题，在这份应用白皮书中我们整理了十个最常见的问题，从基本面来探讨这些问题的解答。这十个问题分别是：

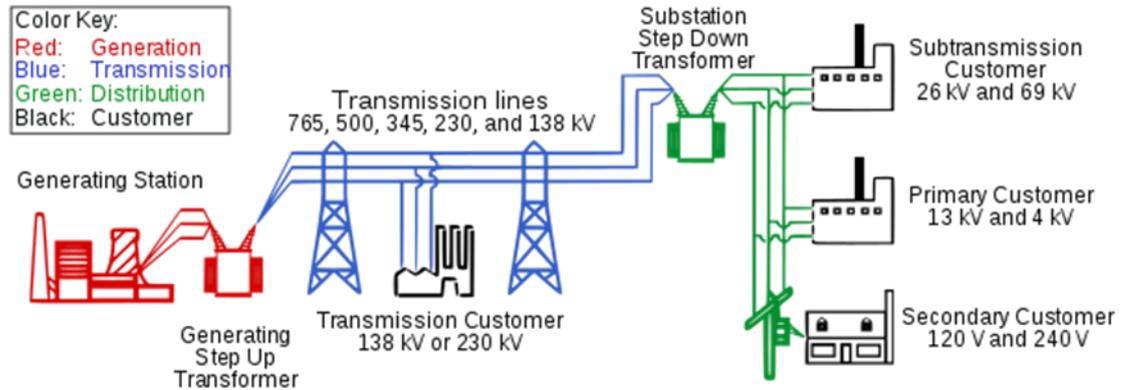
1. 耐压测试的电压要设置多少？为何耐压测试的电压比工作电压高那么多？
2. 为何有三种测试波形？
3. 测试时间要设定多久？
4. 耐压仪器的容量如何选择？
5. 绝缘体及绝缘崩溃的定义？
6. 按照绝缘崩溃的定义，如何避免误判？
7. 发现电弧ARC、闪络(Flashover)是否意味绝缘已崩溃？
8. 绝缘电阻与耐压的测试顺序，通过绝缘电阻测试后可以不测耐压吗？
9. 高压的耐压测试是否会损坏电路中昂贵的芯片？
10. 接地与导通性量测的差别？

除了这十个常见的问题外，**因为高压仪器**(用于绝缘电阻量测或耐压测试的仪器)**的安全隐患**，所以IEC 制定了对于高压仪器的最新规范IEC-61010-2-034 来确保工程师使用仪器的安全，本文也将探讨这些安全隐患以及仪器厂商的因应对策，让您在分析绝缘材料或产测时得以安全地完成测试任务，最后我们将从研发到产测的测试计划及设备布建提供有效的建议。

Hipot testing

电气安规测试的十个为什么？

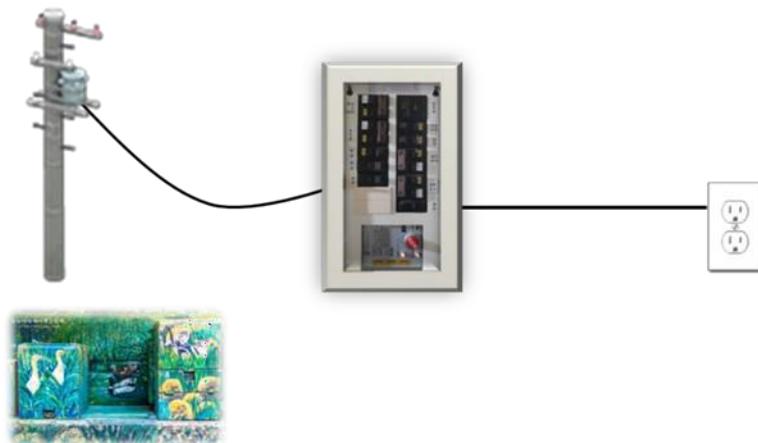
一、耐压测试的电压要设置多少？为何耐压测试的电压比工作电压高那么多？



此相片 (作者: 未知的作者) 已透过 CC BY-SA 授权

图一 输配电系统示意图 (图片授权方式如图下说明)

红色是发电设施(包含电厂的发电机组及升压变压器)；蓝色是输电设施(采取 765、500、345、230 及 135kV 高压传输的目的是为了减少输电线路上的损失)；绿色是配电设施；黑色是客户端(大型工厂为特高压用电 138、161 或 230kV；中型工厂为超高压用电 26、69kV；小型工厂为高压用电 4、11、13、22kV；住家、商家用电为 110、120、220、240V)。

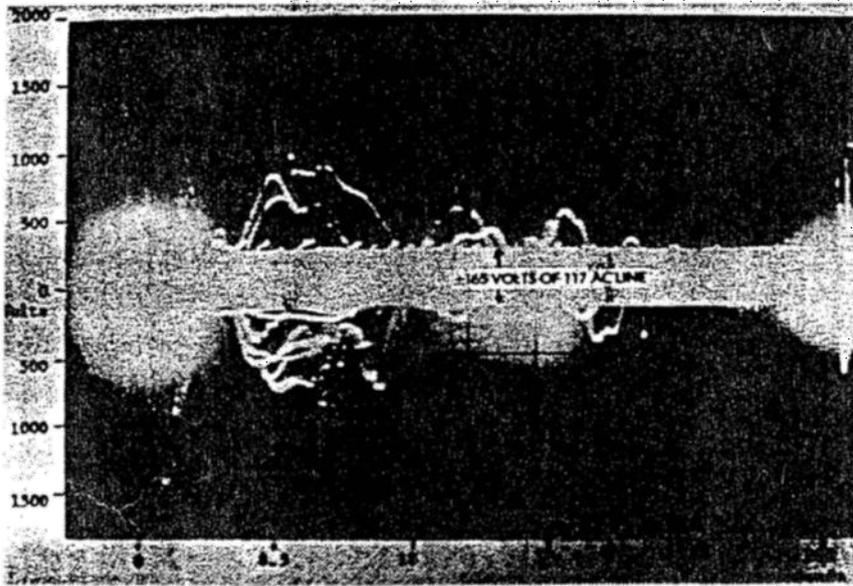


图二 家用、商用的配电示意图

绝缘材料的耐压测试是以材料所处的输配电线路位置可能产生的最大瞬变电压为依据，瞬变电压的来源包含雷击、线路中电感性负载切换的感应电压、接地不良、静电放电(ESD)、市电故障排除等，输配电系统每一段的最大瞬变电压皆

White Paper

不相同，以住家、商家的 110~240V 为例，瞬变电压会达 1000 伏特(图三)，GE 公司在住宅电力在线纪录 24 小时的瞬变电压结果。



Typical surge voltages on residential power line; recordings taken over 24-hour period (Photography courtesy F. Martzloff, General Electric Company)

图三 瞬变电压(本图参考自 GE 公司)

我们常见的耐压测试公式： $1000V + 2 \times \text{工作电压}$ ，便是基于图三的研究，绝缘材料须可承受配电位置可能的瞬变电压 1000V，而两倍的工作电压是工作电压再加上一个工作电压当余裕度(Margin)以确保用电设施的绝缘是安全无虞的。

另一个瞬变电压的线索可以从 EN61010-2-030 标准的量测类别得知，仪器的测量类别分为 CAT II(插座到用电设备一次侧)突波峰值电压 2500 伏、CAT III(插座到配电盘的无熔丝开关)突波峰值电压 4000 伏、CAT IV(配电盘到低压配电装置) 突波峰值电压 6000 伏。

二、为何有三种测试波形？

耐压测试的波形有三种：分别是交流，直流、还有冲击波(Impulse)。

使用交流波形测试最为标准单位接受，原因在于交流波形与我们实际的用电环境相同，正半周、负半周皆有测试，对于待测物(DUT)的杂散电容，交流波形没有充放电的议题，这些都是交流波形的优点，但交流波形也有缺点，缺点的部分我们会在第四题中以测试的等效电路来说明，产测时通常以泄漏电流作为合

Hipot testing

格(Pass)/不合格(Fail)的判断准则，使用直流波形的目的是为了了解决交流波形测试的泄漏电流量测误差较大的问题。

最后一种波形是冲击波(Impulse)，冲击波(Impulse)是模拟输配电线路上的实际波形样貌，瞬变电压分为脉冲型与震荡型，冲击波(Impulse)模拟雷击等脉冲型瞬变电压，变电、输配电系统中使用的装置，例如：断路器、隔离器，绝缘碍子等便需要用这种波形来测试。

总而言之：测试波形是为了还原真实使用环境的波形样貌或解决测试上的议题。

三、测试时间要设定多久？

耐压测试分为研发阶段的形式测试(Type test) 与量产时的例行性测试(Routine test)，形式测试在研发阶段从绝缘材料的选用、组成模块到雏型机等阶段都要进行测试，雏型机的形式测试时间是 60 秒，如果是对材料或模块进行余裕度验证(Margin verification)则会进行破坏性实验，测试电压与测试时间皆以实验到材料或模块发生绝缘崩溃为止。

例行测试(Routine test)因为考虑产能与测试成本，所以测试时间多半为 1~3 秒，为了弥补测试时间变短可能无法检出不良品的议题，通常会将测试电压提高 10~20%。对于一些不容出错的应用或是对自身质量要求高的厂商，还是会用形式测试的 60 秒作为例行测试的时间。

注意事项：以上的测试时间是指在待测物(DUT)上已建立足够的测试电压为前提。

建立足够的测试电压：交流耐压必须考虑从零点启动到建立设定的测试电压所需的时间；直流耐压必须考虑杂散电容与滤波电容的充电时间，电容器的特性是时变的电压会产生电流，电容不允许电压瞬间变化。

$$Q = C \cdot V = I \cdot t \dots (1) \quad dV/dt = I_{charge}/C \dots (2)$$

电容不允许电压瞬间变化，电压的变化从上式(2)中可以看出受到两个变量的影响，第一个变量是充电电流(I charge)、第二个变数是电容值(C)。

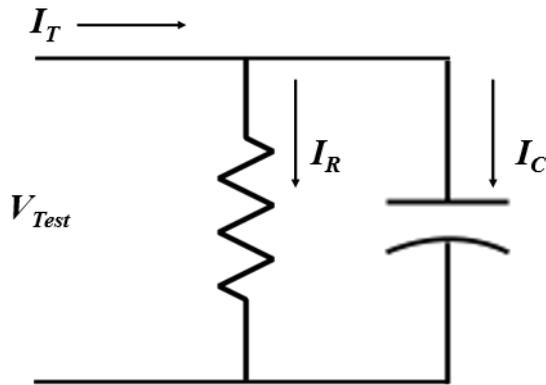
假设一个线路中充电电流是 1uA、杂散电容是 0.0025uF，如果我们要在这个电容上建立1500V 的电压，带入(2)式后计算得知每1 秒的上升电压为 400V，要建立一个 1500 伏特的时间需要花 3.75 秒，这是物理特性上的限制。

White Paper

所以在测试前最好用LCR表测量一下待测物的等效电容，这样有助于精准的确认所需的上升时间，从这个说明也可以理解到直流耐压测试的一个缺点，就是电容的充电与放电时间会影响产测的测试产能。

四、安规耐压仪器的容量如何选择？

图四为待测物的等效电路，接下来我们来讨论在问题二中留下的议题，为何需要直流耐压的测试？以及交流耐压测试泄漏电流测量误差大的原因？



图四：待测物的等效电路

I_R 是流过绝缘电阻的电流； I_C 是流过等效电容(包含杂散电容与滤波电容)的电流， I_T 是耐压机量到的泄漏电流， $I_C = V_{Test} / X_C$ ， $X_C = 1 / (2 \pi f C)$ ，在交流耐压测试时，频率 f 为 60Hz，当电容 C 越大时， X_C 便越小、 I_C 就越大，造成的泄漏电流 I_T 的误差就越大。

如果改采直流呢？频率 f 为 0Hz， X_C 为无穷大， I_C 为 0，所以量到的 I_T 泄漏电流 $= I_R$ ，不会造成误差。

在绝缘电阻上要建立足够的测试电压，用直流的波形测试所需的电流较小，相对交流而言便较为安全。

从等效电路解释完交/直流耐压在准确度上的议题后，接下来回到主题，耐压机的容量如何选择？目前市面上的耐压机有 100VA/200VA/250VA/500VA 等可选择，以 5000V 为例，500VA 可提供 100mA，200VA 可提供 40mA，要用多少容量其实是取决于要有多大的电流来维持测试电压，我们期待在待测的绝缘电阻上建立足够的测试电压来确认绝缘是否良好，但是当绝缘崩溃时，绝缘电阻会下降，此时的电流如果不足(容量不足)便无法在这个电阻值下降的电阻上建立足够的电压。

Hipot testing

这个现象类似直流电源从CV模式转到CC模式，当绝缘电阻很大时(负载电流小)，当绝缘崩溃时，绝缘电阻变小(负载电流变大)，此时便需要容量来支撑，所以在研发单位或第三方实验室需要做材料的破坏性实验会需要500VA的容量，而产测的例行测试最常选择100VA的机种，其原因在于到了大量生产时产品的良率是很高的，以绝缘电阻100MΩ为例，建立5000V的测试电压，负载电流不过50μA；建立1500V的测试电压，负载电流不过15μA，以100VA的容量来看绰绰有余，当然如果是交流耐压还需考虑等效电容的影响。

在此我们总结一下交流耐压与直流耐压测试的优缺点。

	交流耐压	直流耐压
优点	<ul style="list-style-type: none">与真实环境波形相同，因此受标准青睐正半周、负半周都测试对待测物的等效电容没有充放电时间的议题	<ul style="list-style-type: none">泄漏电流的量测准确度高整体的测试电流较小，购买时可能降低容量的成本，如果工程师误触输出端，相对于交流而言较为安全。
缺点	<ul style="list-style-type: none">因为等效电容的电流造成泄漏电流的量测误差整体的测试电流较大，可能需要购买更大的容量，如果工程师误触输出端相对而言较为危险。	<ul style="list-style-type: none">仅测试半周须对电容充电、放电，会增加测试的时间

表一：交流耐压、直流耐压的优缺点

五、绝缘体及绝缘崩溃的定义？

在电学的教科书中，常以电阻率来定义导体(低于 $10^{-5} \Omega \cdot m$)、半导体(电阻率介于导体与绝缘体之间)、绝缘体(高于 $10^8 \Omega \cdot m$)，在此定义下铜是导体，空气是绝缘体，但从自然界中的闪电/雷击现象，可得知绝缘是有条件的，只要电压够高，绝缘体也能变成导体，再从微观的角度观察，铜是导体，奈米铜却是绝缘体；碳是绝缘体，奈米碳却是导体，由此可见宏观与微观的物理特性可能改变。以下是维基百科对绝缘体的定义：绝缘体（英语：Insulator），又称介电质或绝缘子，是一种阻碍电荷流动的材料。在绝缘体中，价带电子被紧密的束缚在

White Paper

其原子周围。这种材料在电气设备中用作绝缘体，或称起绝缘作用。其作用是支撑或分离各个电导体，不让电流流过，这段描述可简化为放诸四海皆准的最佳定义：**绝缘体不让电流流过**。

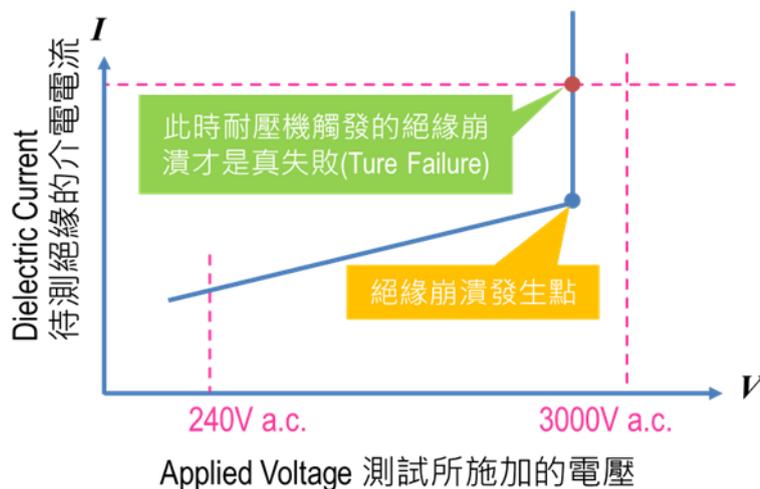
了解绝缘体的定义后，接着说明绝缘崩溃的定义，以下是 UL/IEC 60950-1 章节 5.2.2 对于绝缘崩溃的原文叙述如下：

Insulation breakdown is considered to have occurred when the current that flows as a result of the application of the test voltage rapidly increases in an uncontrolled manner, that is the insulation does not restrict the flow of the current.

绝缘崩溃的认定是：待测绝缘所流经之电流已经可以随测试电压的上升而产生对应的电流（**失控地陡升**），也就是说，待测绝缘已经无法有效地于测试电场强度下限制电流的增长。气态与液态的绝缘物质具备绝缘崩溃的可逆性，当造成绝缘崩溃的高压消失后可恢复到绝缘的状态，而固态绝缘则不具备此可逆性，一旦绝缘崩溃对其绝缘能力便造成永久性的伤害。

六、按照绝缘崩溃的定义，如何避免误判？

大多数的标准在耐压测试的允收标准上仅说明测试的电压，在此电压及测试时间内不能造成绝缘崩溃，仅有少数的产测标准是定义泄漏电流不能超过多少电流。**绝缘及绝缘崩溃的简要口诀为：绝缘体不让电流流过，当绝缘体上的跨压越来越大时，导致电流失控的陡升称为绝缘崩溃**，所以这个叙述的 V-I 特性曲线如图五。



图五：绝缘崩溃的V-I特性曲线



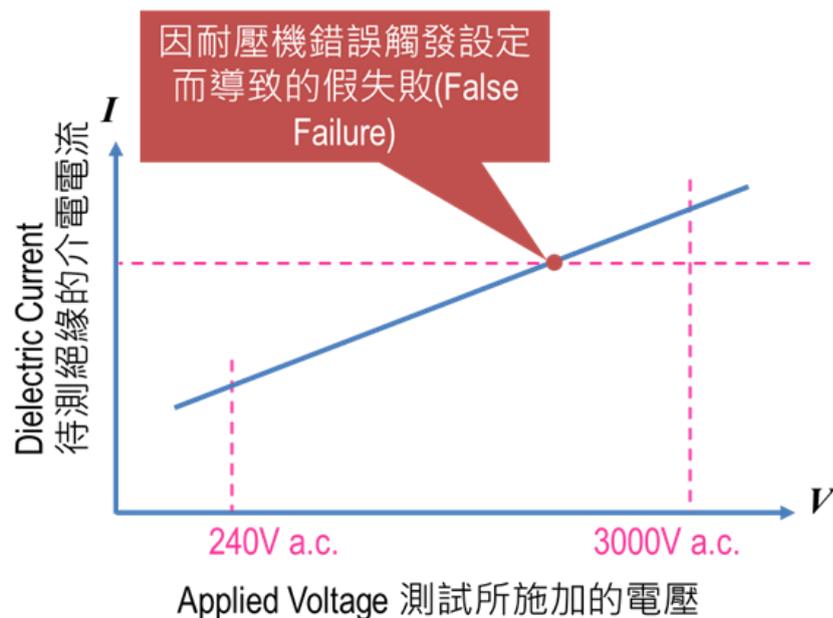
Hipot testing

传统采用绝对值泄漏电流可能的误判影响：产线的泄漏电流允收标准如何决定？有些公司是采用平均值法，透过样品的测试，计算平均值后加上 25% 作为允收上限，或以对体会产生危害的 30mA 泄漏电流值作为管制上限(配电上的漏电断路器一般也以 30mA 作为动作电流，人体感知电流的影响，请见表二)。

如果您的待测物价值不菲，采用绝对值泄漏电流的方式可能造成假失败，因为绝缘崩溃的定义是要看到电流失控的陡升，所以能够看到测试结果的 V-I 特性曲线对于研发阶段的材料验证与单价昂贵产品的产线测试非常重要，目前固纬电子的 GPT-9900 系列、GPT-12000/15000 系列电气安规分析仪皆具备 V-I 特性曲线扫描功能，不会造成误判的损失，实测结果请见图七。

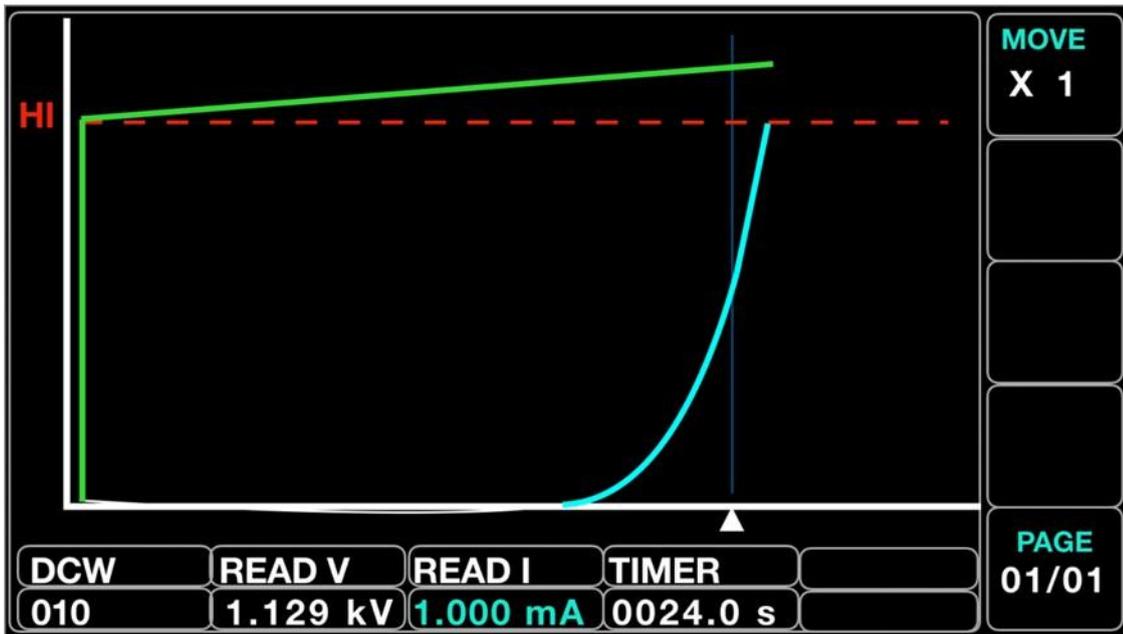
感电影响	电流值单位(mA)			
	直流		交流 60Hz	
	男性	女性	男性	女性
感知电流	5.2	3.5	1.1	0.7
可脱逃电流	62	41	9	6
不可脱逃电流	74	50	16	10.5
休克电流	90	60	23	15
心脏麻痹电流	500	500	100	100

表二：人体感知电流的影响



图六：假失败的影响

White Paper



图七：固纬GPT-12000/15000 系列电气安规分析仪的V-I 绝缘崩溃案例

七、发现电弧ARC、闪络(Flashover)是否意味绝缘已崩溃？

UL/IEC 60950-1 章节 5.2.2 对于绝缘崩溃的原文还有一段关于ARC 与 Flashover 的叙述，原文如下：Corona discharge or a single momentary flashover is not regarded as insulation breakdown. **电晕放电（Corona Discharge）与单一瞬间的闪络（Flashover）并不会被认定为绝缘崩溃。**

各位一定要有正确的观念，ARC 的测试其实是一种行业标准，并非国际法规，侦测到ARC 与绝缘崩溃是两回事。

过去的耐压机无法显示 V-I 特性曲线来判断绝缘崩溃时，传统的做法是看与听，看看有没有电弧发生，认为绝缘损坏与电弧为因果关系，由于室内的采光与照明会影响电弧的观测，甚至会特别打造一间暗室来观察电弧；或是听听看有没有电弧吱吱的声响，有些电弧的声响发生在人耳听不到的超音波频段，还会买一个超音波转换器，将它转为人耳听得到的音频。但从标准的定义得知电弧与绝缘崩溃是两件事，我们应该思考为何会产生电弧以及电弧可能造成的危害，电弧的产生是电压与距离的关系，以生活应用为例，打火机上的压电材料，通过压力产生电压进而产生电弧来点燃瓦斯，从这个例子可以得知，电弧可能造成的危害是用电设施附近是否有可燃性气体或粉尘而导致火灾或尘爆。第二个危害是高温，例如：工业用的电焊机，便是特意透过高压产生电弧，以便应用它的高温特性来切割坚硬的金属，此应用电弧

Hipot testing

最高温度可能是太阳表面温度的四倍(摄氏 2 万度), 电弧闪光产生的弧光能量单位一般以 cal/cm^2 或 J/cm^2 表示, Cal/cm^2 (每平方公分卡路里) 系指一单位面积上的总能量, 它是作为电弧量级的单位, $1 \text{ cal}/\text{cm}^2$ 的能量, 相当于一个点燃的烟头在指尖上 1 秒钟。只要 $1\text{-}2 \text{ cal}/\text{cm}^2$, 就会使人的皮肤造成二级灼伤。

八、绝缘电阻与耐压的测试顺序, 通过绝缘电阻测试后可以不测耐压吗?

许多的标准要求测试的顺序为绝缘电阻(IR)+耐压(ACW 或 DCW)+绝缘电阻(IR), 首先要思考的是绝缘电阻为什么要测两次? 再者是如果绝缘电阻很高, 是不是就意味着绝缘没有问题, 所以就不用测耐压?

绝缘电阻是以一般的工作电压去测量 (非破坏测试), 耐压测试则是以高过数倍工作电压的方式去测量泄漏电流(破坏性测试)。接下来量到很高的绝缘电阻时千万不要高兴得太早!



图八绝缘瑕疵与其等效电路

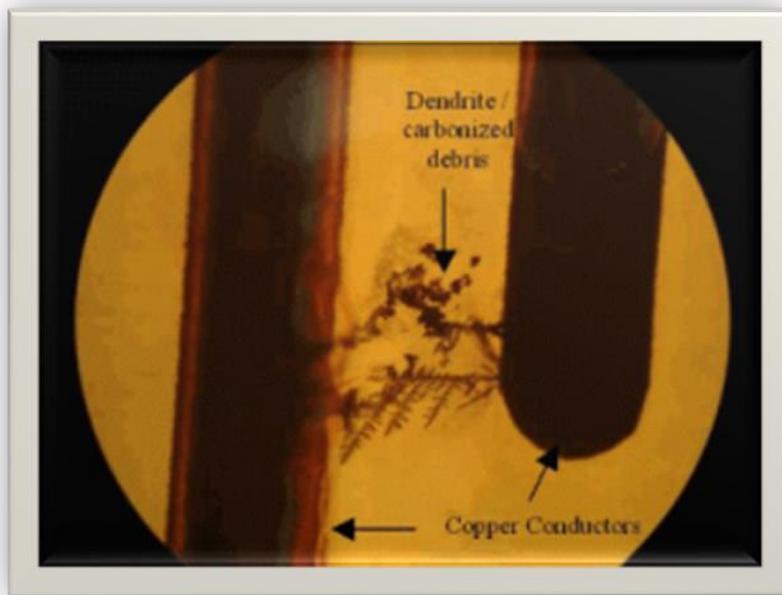
图八的左图(a)为绝缘材料有瑕疵产生气隙的示意图, 这个气隙在绝缘电阻测量时会反应出一个很大的绝缘电阻, 但是当我们量完绝缘电阻后执行耐压测试, 从图八的右图(b)的等效电路得知, 绝缘瑕疵的气隙因为电阻高, 串联分压的结果大多数的电压会分压在其上, 所以会先被破坏, 等到第二次量测绝缘电阻时又会呈现出一个较低的绝缘电阻。所以测试的顺序为绝缘电阻(IR)+耐压(ACW 或 DCW)+绝缘电阻(IR)是很有意义的, 两次绝缘电阻的差异如果太大, 便表示之前有绝缘瑕疵, 经过耐压的破坏性测试后有瑕疵的绝缘材料被破坏, 所以第二次绝缘电阻与第一次测量结果差异大。

White Paper

九、高压的耐压测试是否会损坏电路中昂贵的芯片？

如果你的耐压测试是通过的，一定不会造成损坏，因为要损坏芯片要么是过电压，要么是过电流，当绝缘良好时，这两者都不会发生。

但是在耐压测试的应用中，有一种很特别的测试，称为离子迁移(Ion migration)，离子迁移的测试方式是通过环测设备将环境的相对湿度设为 85%，温度通常是 80° C 或以上，再把高压打在 PCB 的铜箔上，图九在电子显微镜下所看到两条走线(Trace)间的绝缘层出现树枝状突触造成的短路现象便称为离子迁移。



图九：电子显微镜下的离子迁移现象 本图参考自 NTS 公司网站

在 PCB 关键组件的周遭进行此测试有助于即早发现布局(Layout)上的议题，一旦关键组件周遭发生图九的问题，便可能造成短路进而烧毁关键组件。

十、接地与导通性测量的差别？

绝缘良好是对设备使用者的第一道防线(不漏电、不电到人)，当第一道防线出现问题时，良好的接地便是保护使用者的第二道防线(漏电后，将电导引到地)，当设备出现漏电时，人摸到产品的外壳，对地而言，人体如果相对是一个高电阻时，从等效电路得知，两个电阻并联，大电阻的分流较小，这便是第二道防线的意义。所以用电设备的地线必须正确安装，漏电时可以很快地把电流导到地。

Hipot testing

接地电阻(GB)的测试，它是透过 25 到 40 安培的大电流，在接地在线产生的压降为 4~12 伏特，通过欧姆定律的换算得知，此接地电阻为m Ω等级，GB的测试时间有些标准要求要测两分钟，至少也需要测 5 到 10 秒。

安规测试有具备交流耐压(ACW)的单一功能机种或交流耐压(ACW)/直流耐压(DCW)的二合一机种，交流耐压(ACW)/直流耐压(DCW)/绝缘电阻(IR)的三合一机种以及交流耐压(ACW)/直流耐压(DCW)/绝缘电阻(IR)/接地电阻(GB)的四合一机种，如果有接地电阻GB测试功能就要选择四合一的机种，所以价格会比较贵，但是有一些耐压分析仪，例如固纬的GPT12000/15000系列电气安规分析仪，它的导通性测试(GC)为标配，导通性测试(GC)是用一个小电流去测电阻，与三用电表的导通性测试原理相同，也就是测量接地的路径是不是导通，测试时间快(1秒左右)，但是测量准确度(为Ω等级)就没有GB那么好，当您的设备没有GB功能时，有GC的测试功能至少能对接地的导通性进行评估。

用于绝缘电阻测量或耐压测试的仪器是透过输出高电压，测量小电流，再通过欧姆定律换算电阻，过去的标准未思考到许多客户端的安全隐患，这些隐患包含：

1. 原本基本绝缘的要求不足以保证使用者的安全
2. 意外输出：操作仪器高电压输出的按钮可能被误触
3. 电力系统断电、电力恢复后仪器可能处于自动输出的危险状态
4. 设备未能有效地将测试的残余电压放电至安全电位
5. 后面板输出时在后面板并未提供警告

IEC/EN 61010-1:2010 测量，控制和实验室用电器设备的安全要求 - 第 1 部分：通用要求。仪器本身要符合 IEC/EN61010 的标准，因为以上的安全隐患，对于绝缘电阻和耐压测试设备于 2017 年新增了 IEC 61010-2-034:2017 测量，控制和实验室用电器设备的安全要求 - 第 2-034 部分：绝缘电阻测量设备和耐压测试设备的特殊需求，但凡输出电压超过 50 伏特(交流)或 120 伏特(直流)的绝缘电阻测量设备和耐压测试设备的仪器须适用此新标准，标准公布后于 2021 年生效，UL 于 2019 年 7 月 12 日参照 IEC 标准发布 UL61010-2-034 标准，中国于 2020 年 12 月 24 日国家标准化管理委员会下达 2020 年

White Paper

年第四批推荐性国家标准计划(文件号 国标委发[2020]53 号)序号 115 将 IEC61010-2-034 编列计划号 20204746-T-604，由此可见此安全议题已受到主要国家的重视。

固纬电子于 2020 年 4 月 16 日发表全球第一台符合 IEC-61010-2-034 标准的 GPT-12000 系列电气安规分析仪，针对上述的安全隐患提出了完整的对策。

1. 高压继电器、高压变压器改采符合双重绝缘的零件，高压板的走线距离亦符合双重绝缘的要求，测量回路变更设计，加入保护阻抗，隔离高压侧危险电压，以符合双重绝缘要求。
2. IEC 新规范对于意外输出的规定，可采取以下对策的其中之一来因应。
 - 2-1 高压输出开关要长按 1 秒后才可以有输出 (考虑安全与产测的便利与效率，固纬 GPT12000/15000 系列采取此对策)
 - 2-2 输出开关需要钥匙才能启动
 - 2-3 输出开关需在弹簧盖之下，启动时需打开弹簧盖才能按输出开关
 - 2-4 需要使用两只手同时按压两个开关才能输出
3. 设备输入端电源供应失效再回复后，即便输出开关是按下的，设备还是要处在安全的情况(无危害)，固纬的 GPT12000/15000 系列在侦测输入电源消失 10 个周期后便会停止输出。
4. 在放电回路加上 56k 欧姆的放电电阻，确保直流模式下针对大电容测试完成后的放电机制必须要在 10 秒内放电至低于 30%的安全电压。
5. IEC 的标准要求使用闪烁(50-300 次/分钟，亮起的时间至少 40%)或恒亮的红色警示灯号。或可采用高对比度色的可见/可变指示器，或采用高音量的声音警示(70 dBA 以上/小于 5kHz)。固纬采用前、后面板皆设置输出警示灯方式处理。



Hipot testing

高压仪器使用上的自保之道

即使采用了符合IEC61010-2-034 最新安全标准的仪器，如果在使用现场未能依据安全的安装及操作方法，仪器操作人员还是会有安全顾虑。

仪器一定要正确接地，本文的问题十已讨论过接地的重要性，但是建筑物的接地状况如何确定？看到插座有三孔就是有接地吗？



图十：为Amprobe公司的电源插座检查器(本图参考自Amprobe公司网站)

可用三用电表来检查或是用图十简易的电源检查器，这种检查器可确认接地是否正确接地，火线、水线是否反接等电源配电议题。固纬的GPT12000/15000系列后面板具备额外的接地连接端子，当电源的三插无正确接地时，可透过此端子另做接地，再者仪器本身具备接地失效侦测功能，当侦测到仪器接地失效时会停止输出以达到保护要求(此功能亦可关闭)。



图十一：固纬GPT-12000系列后面板

绝缘桌垫、绝缘地板、绝缘手套、护目镜等安全措施一个不能少，也由于操作时须戴绝缘手套，所以耐压测试仪器不建议采用触控屏幕的操作接口设计。

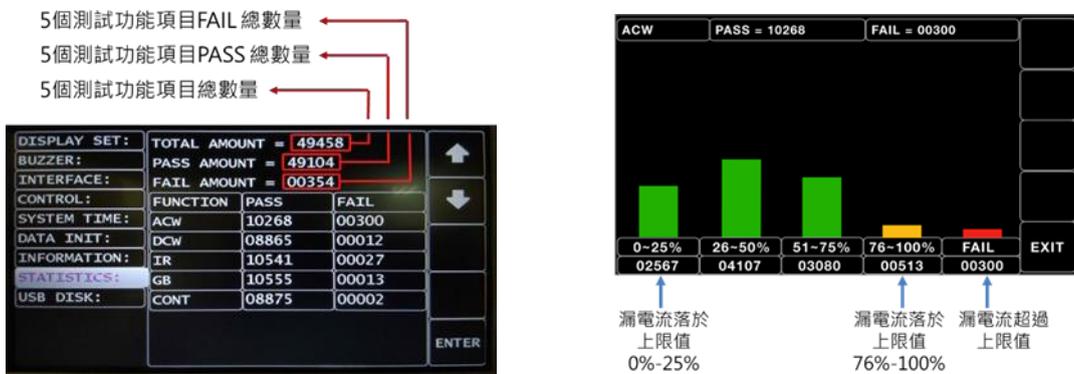
White Paper

从研发到产测的测试计划及设备布建

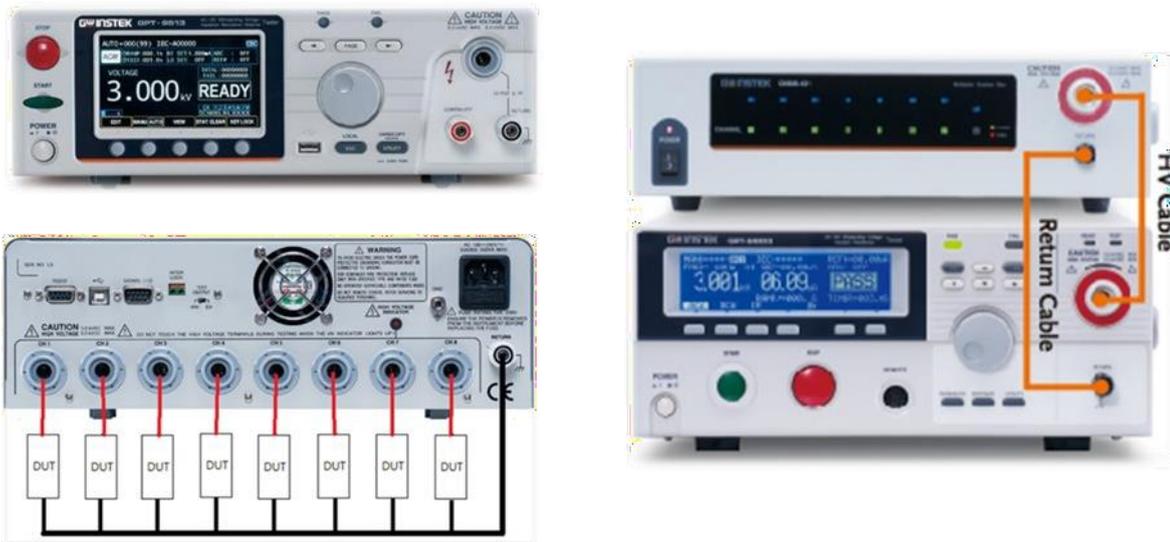
研发阶段：通过破坏性实验，了解绝缘材料余裕度。安规分析仪须具备V-I 曲线扫描功能，确认绝缘崩溃。接下来通过统计功能，计算平均值，设定产测允收标准。可回顾图七的绝缘崩溃V-I 曲线，统计分析请见图十二。

GPT12000/15000 系列提供屏幕快拍功能，可储存测试画面，简化您制作测试报告或产测的标准作业流程(SOP)的工作以节省时间，

产测的布建：当制程稳定、良率高时，可透过多信道的扫描盒或多信道的安规分析仪(请见图十三)来提高产测的效率，产测的安规分析仪若支持USB 拇指碟的设定复制功能，则可以节省产线的测试布建时间。



图十二：统计分析



图十三：图左多信道GPT-9500 系列。图右GPT-9800 系列搭配扫描盒

Hipot testing

结论:

选择符合最新安全标准 IEC 61010-2-034:2017 的耐压/绝缘测试设备并正确的接地是保障使用安全的第一要务，应用层面的不二法门便是了解测试标准与仪器工作原理，透过这十个问题的释疑希望对安规工程师的工作有所帮助。而根据台北市 2017~2019 年的统计，电气因素造成的火灾占 20.1% (783 件/2560 件)，电气因素火灾造成的伤亡为受伤 29 人占 46.8%、死亡 15 人占 34.1%，从这些数据我们更期盼安规工程师能为产品的电气安全严格把关，让这些不幸事件可以降到最低。

如有测量的应用议题欢迎透过以下邮箱与笔者交流

stephen_wu@goodwill.com.tw 或 stephen.wu2006@gmail.com

参考文献:

1. 2013 年 2 月消防月刊：电气事故处理之探讨(上) 作者：徐忠贤
2. 世腾认证集团 Cerpas EN 61010 之安规简介
3. 2014 年 10 月 15 日 The Hipot test 作者：Richard Nute
4. 施耐德电机 — 数据中心科研中心 第 18 号白皮书 七种类型的电源问题 作者：Joseph Seymour 和 Terry Horsley
5. 维基百科 Wikipedia
6. 判别产品绝缘特性的电气强度测试 安规测试专栏 (4) 作者：UL
7. 电力人第 16 期 2014 年 11 月 电力技术专栏：绝缘电阻要高或要低 作者：黄圣禄、邱敏彦、李长兴、颜世雄
8. NTS 公司网站 <https://www.nts.com/services/testing/electrical/electrochemical-migration/>
9. Amprobe 公司网站
10. 中央通讯社报导：台北市火灾 3 年酿 44 死 电气肇因逾 3 成 记者黄丽芸
2020 年 4 月 26 日

White Paper

固纬电子安规测试方案



GPT-9600 系列产测经济型 100VA
耐压/绝缘测试器



GPT-9800 系列 200VA
耐压/绝缘/接地测试器



GPT-9900 系列 500VA
耐压/绝缘/接地分析仪



GPT-12000 系列 200VA
GPT-15000 系列 500VA
耐压/绝缘/接地分析仪



GPT-9500 系列 250VA
多通道耐压测试器



GLC-9000 泄漏电流测试器



GCT-9040 交流接地阻抗测试器



全球營運及支援據點

固纬全球营运总部

固纬电子实业股份有限公司

地址:236 新北市土城区中兴路 7-1 号

TEL:+886-2-2268-0389

FAX:+886-2-2268-0639

<http://www.gwinstek.com.tw>

Email: marketing@goodwill.com.tw

- 台中营业部 (苗栗、台中、彰化、南投、云林)

地址:403 台中市五廊街 124 号 9 楼之 2

TEL: +886-4-2372-2809

FAX: +886-4-2372-5802

Email: anita@goodwill.com.tw

- 高雄营业部 (高雄、屏东、嘉义、台南、台东)

地址: 806 高雄市前镇区新衙路 286 之 4 号 7 楼之 1

TEL: +886-7-831-7317

FAX: +886-7-831-7327

Email: mei@goodwill.com.tw

苏州(大陆营运)总部

固纬电子(苏州)有限公司

江苏省苏州市新区珠江路 521 号 (或) 鹿山路 69 号

TEL: +86-512- 6661-7177

FAX: +86-512- 6661-7277

<http://www.gwinstek.com.cn>

Email: marketing@instek.com.cn

固纬电子(苏州)有限公司深圳分公司

深圳市宝安区西乡街道共乐路西乡商会大厦 1105

TEL: +86-755-2919-0632

FAX: +86-755-2907-6570

固纬电子(上海)有限公司

上海市宜山路 889 号 2 号楼 8 楼

TEL:+86-21-6485-3399

FAX: +86-21-5450-0789

固纬电子马来西亚子公司

GOOD WILL INSTRUMENT (SEA) SDN. BHD.

地址: No.1-3-18, Elite Avenue, Jalan Mayang Pasir 3, 11950 Bayan Baru, Penang, Malaysia

TEL: +604-6111122 FAX: +604-6115225

固纬电子韩国子公司

GOOD WILL INSTRUMENT KOREA CO., LTD.

地址: #503, Ace Hightech-City B/D 1Dong, Mullae-Dong 3Ga 55-20, Yeongduengpo-Gu, Seoul, Korea

TEL: +82-2-3439-2205 FAX: +82-2-3439-2207

固纬电子印度分公司

GW INSTEK INDIA LLP

No. 2707/B&C, 1st Floor, UNNATHI Building, E-Block, Sahakara Nagar, Bengaluru 560 092, India

TEL:+91-80-68110600 FAX:+91-80-68110626

固纬电子日本子公司

TEXIO TECHNOLOGY CORP.

地址: 7F Towa Fudqsan Shin Yokohama Bldg, 2-18-13, Shinyokohama, Kohoku-ku, Yokohama, Kanagawa, 222-0033 JAPAN

TEL: +81-45-620-2305 FAX: +81-45-534-7181

固纬电子美国子公司

INSTEK AMERICA CORP.

地址: 5198 Brooks Street, Montclair, CA. 91763, U.S.A.

TEL: +1-909-399-3535 FAX: +1-909-399-0819

固纬电子欧洲子公司

GOOD WILL INSTRUMENT EURO B.V.

地址: De Run 5427A, 5504DG Veldhoven, THE NETHERLANDS

TEL: +31(0)40-2557790 FAX: +31(0)40-2541194

GW INSTEK

信赖超值 测量首选

WP-Hipot testing_V1_TW

2021/07/19