
产品安全试验讲座 (中级)

菊水电子工业株式会社

目录

1. 电器产品的安全性
2. 绝缘耐压试验
3. 绝缘电阻试验
4. 接地导通电阻试验
5. 泄漏电流试验

1. 电器产品的安全性

- 1.1 电器产品安全性能的确保
- 1.2 电气安全的概念
- 1.3 有关安全规格
- 1.4 安全规格的出发点（危险源的定义）
- 1.5 对规格发生影响的现象①
- 1.6 对规格发生影响的现象②
- 1.7 规格的一般原则
- 1.8 型式试验与生产线常规试验
- 1.9 有关产品的安全试验的4种试验方法

1.1 电器产品安全性的确保

所有的电器产品都必须是安全的。
绝对不可以有危害用户的生命安全
或造成财产受到损失的危险。

特别是一般用户所使用的家用电器等对产品的安全要求非常重要，一定要避免发生触电、火灾、负伤、爆炸等事故。

1.2 电气安全的概念

防止由于电气或者电器产品的原因而造成的
生命和财产的损害

缺陷为零的追求

与产品成本的关系

1.3 有关安全规格

为了从电器产品里潜在的触电、火灾、负伤、爆炸等危险中保护用户的生命和财产的安全，各国都制定了有关的安全标准。

- GB (Guojia Biaozhun: 中国国家标准)
- CCC (China Compulsory Certification: 中国的认证制度)
- JIS (Japanese Industrial Standard: 日本)、电器用品安全法 (法律)
- IEC (International Electrotechnical Commission : 国际电气标准会议) ⇒ 国际标准
- UL (Underwriters Laboratories: 美国的民间认证机构)
- CSA (Canadian Standards Association: 加拿大国家标准)
- BS (British Standards: 英国国家标准)

以上的规格很多是以产品的种类进行分类（例如照明灯具、测量仪器等），也有规定各种试验方法等的规格。最近各国独自的规格有向IEC国际规格统一的动向。

1.4 安全规格的出发点 (危险源的定义)

例如IEC61010（测量、控制和试验室用电气设备的安全要求）里有以下的定义：

- 触电或者火伤
- 机械的危险
- 过度的高温
- 火灾时来自机器的火焰的蔓延
- 液体和液压的影响
- 辐射（包含激光源）、声压力以及超声压力的影响
- 气体的释放、爆炸和炸裂

1.5 对规格发生影响的现象①

受各种自然环境的影响

- 气温 . . . 有低致 -40°C
- 湿度 . . . 有高致近100%
- 气压 . . . 有高原地带

1.6 对规格发生影响的现象②

受社会环境的影响···各国很难统一

■社会基础设施建设

供电系统的不同（不接地等）

供电电压的不同

供电系统的电压变动不同

■教育水平的不一样

⇒ 各国根据自己的实际情况制定规格

1.7 规格的一般原则

- 通常使用条件下的危险
- 单一故障条件下的危险
- 可预测的错误使用条件下的危险

等条件下的进行保护

1.8 型式试验与生产线常规试验

- 型式试验 (Type Test)

在设计上为了证明对规格的适合性而实施的试验
⇒ 设计时实施

- 生产线常规试验 (Routine Test)

型式试验中被证明的对规格的适合性，确认其在生产过程中也得到维持而实施的试验
⇒ 全产品实施

1.9 有关产品安全试验的 4种试验方法

为了防止由于电器产品而引起的触电、火灾、负伤、爆炸等事故，对电器产品进行安全性能的确认是非常重要的。确认安全性能的试验方法主要有以下4种。

- 绝缘耐压试验（耐电压试验）
- 绝缘电阻试验
- 接地导通电阻试验
- 泄漏电流试验

2. 绝缘耐压试验

- 2.1 绝缘耐压试验的概述
- 2.2 绝缘耐压试验的原理
- 2.3 过压类别
- 2.4 冲击耐压
- 2.5 交流测试与直流测试
- 2.6 绝缘耐压测试仪的要求事项

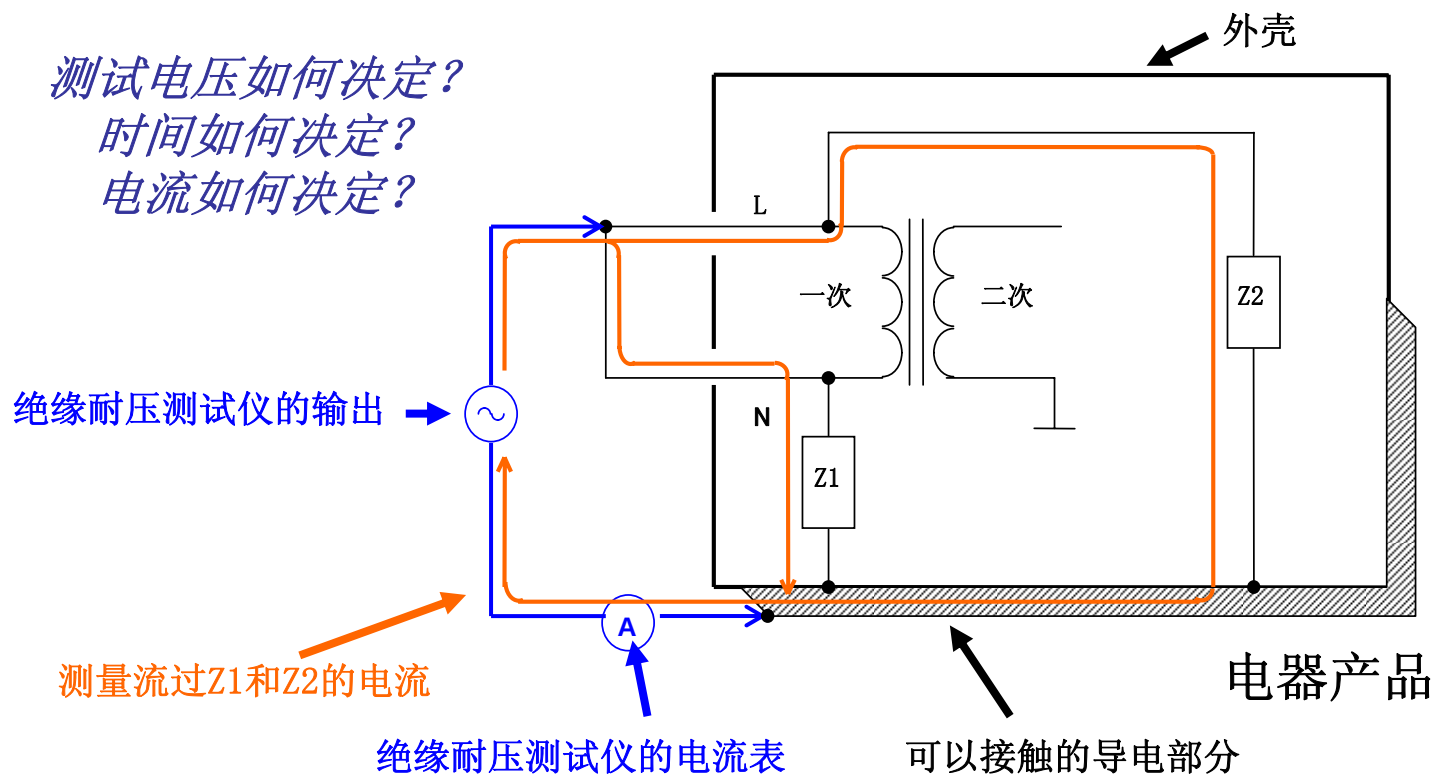
2.1 绝缘耐压测试的概述

绝缘耐压试验又叫耐电压试验或者Hi-Pot Test、是为了评价电器产品或零部件的绝缘部分对其所承受的工作电压，**[是否有足够的绝缘能力]**而实施的试验。

对绝缘成分施加一个比正常的工作电压**高很多的检验电压**，在**规定的是时间内**进行测试。确认绝缘**成分有没有发生绝缘击穿的现象**。

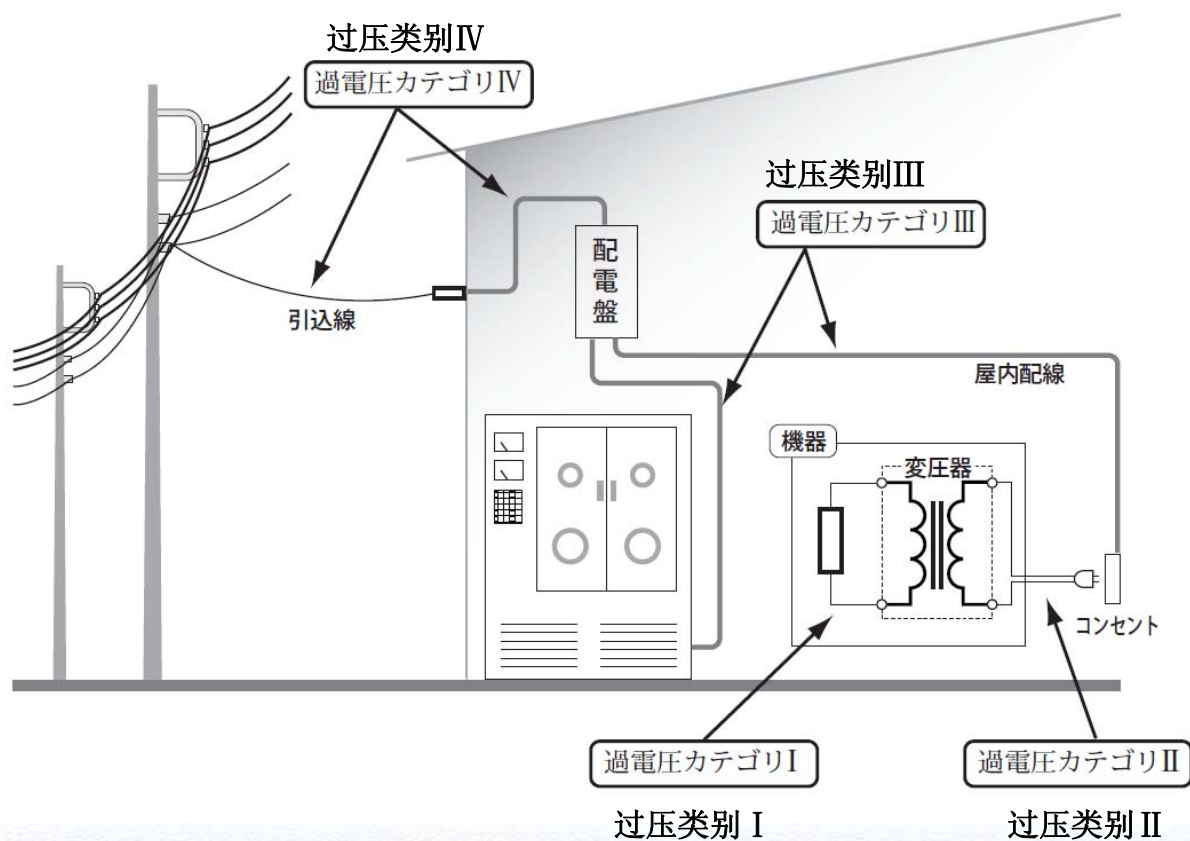
在测试期间中，在绝缘成分上流过的**电流如果超过规定的限度值**，就被看作为**绝缘击穿**。如果没有发生绝缘击穿，就可以把绝缘成分判定为**有足够的绝缘耐压能力**。

2.2 绝缘耐压试验的原理



2.3 过压类别

图1



2.4 冲击耐压

表1

電圧 [V]		电压 相-地 [V]	冲击耐压 [V]			
			过压类别			
3相4线	3相3线		I	II	III	IV
230/400 277/480 400/690 1000	120-240	50	330	500	800	1500
		100	500	800	1500	2500
		150	800	1500	2500	4000
		300	1500	2500	4000	6000
		600	2500	4000	6000	8000
		1000	4000	6000	8000	12000

2.5 交流测试与直流测试

如图所示一次电路与可接触导电部分之间的测试，基本上是施加交流电压进行测试。

但是如果Z1、Z2是消除电波干扰用的滤波器，由于其容量成分较大，这样就很难把发生绝缘击穿时的电流区分出来。

在这样的情况下，可以采用与规定的交流电压的峰值一样的直流电压进行测试。

2.6 绝缘耐压测试仪的要求事项

短路电流为200mA

这要求在[IEC60065音频、视频及类似电子设备安全要求]里有记载。其目的与[输出功率为500VA]一样，是为了准确地检出不良品而要求有足够的输出功率。

对电压表的要求

IEC60065的10.3项[绝缘电阻以及绝缘耐压]中，有[要注意对施加的测试电压的值在 $\pm 3\%$ 以内进行测量]的记载。

3 绝缘电阻试验

- 3.1 绝缘电阻试验的概述
- 3.2 绝缘电阻试验的原理
- 3.3 绝缘电阻试验为什么用直流？
- 3.4 绝缘电阻测试仪的要求事项

3.1 绝缘电阻试验的概述

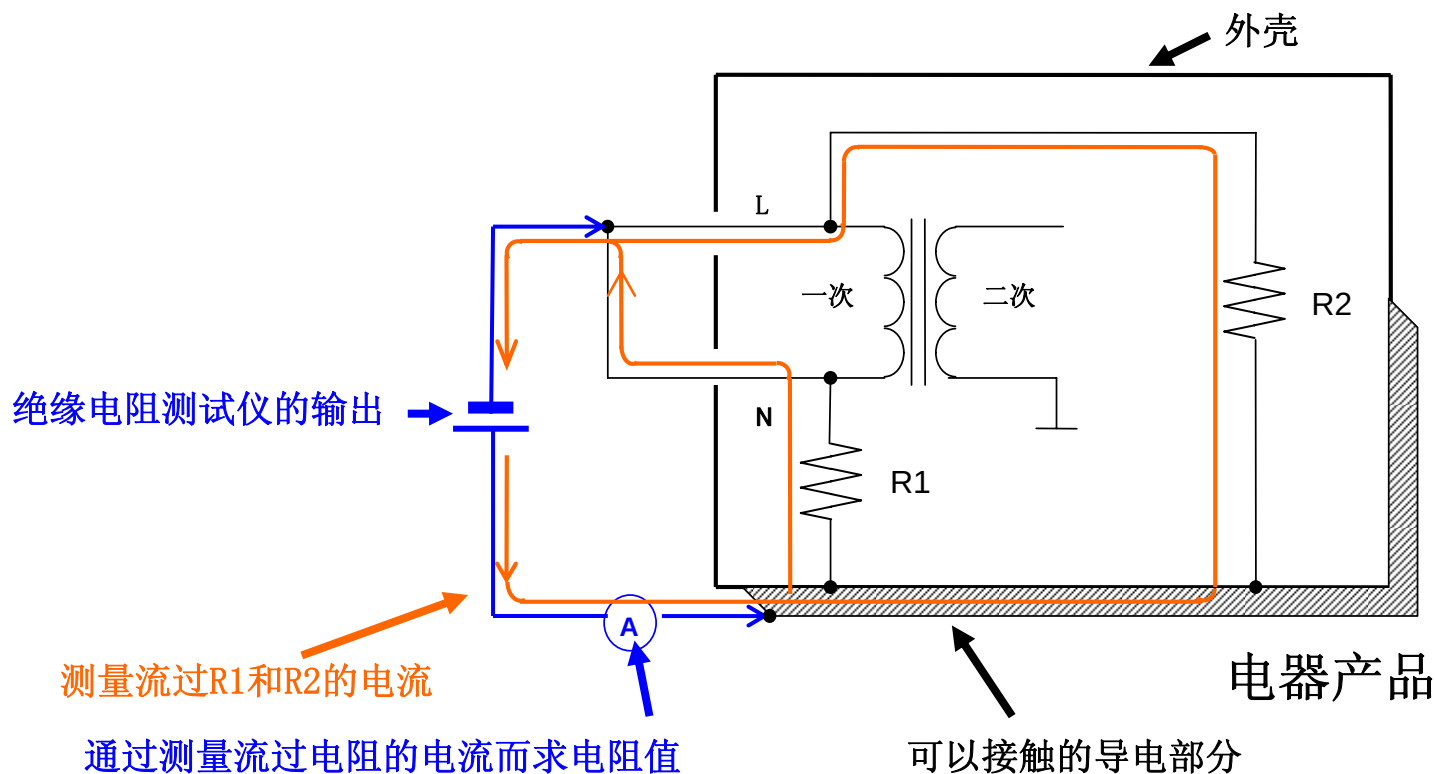
与耐电压试验同样，绝缘电阻试验是为了防止产品的触电事故、火灾事故、以及对绝缘物的绝缘功能、性能进行确认而实施的试验。

耐电压试验是通过确认**是否发生绝缘击穿**来检出绝缘不良，而绝缘电阻试验则是通过**测量电阻值**从而检出绝缘不良。

在一般的情况下，先对被测试物进行吸湿处理后（也有不吸湿的），施加500V等规定的直流电压、通过测量流过的电流而计算电阻值。

如果绝缘电阻值足够大，就可以说产品已具备了防止触电事故和火灾事故的必要条件。

3.2 绝缘电阻试验的原理



3.3 绝缘电阻试验为什么用直流？

绝缘电阻试验只是测量绝缘物的电阻成分，而不考虑电容成分。

电器产品的绝缘电阻值如果不能保持在一定的值以上，就不能说该产品是安全的。绝缘电阻试验就是为了确认绝缘电阻值。

如果绝缘电阻试验用交流电压，则被测物的电容的阻抗成分也被测量，不能得到正确的绝缘电阻值。所以绝缘电阻试验是用直流电压进行。

3.4 绝缘电阻测试仪的要求事项

例如绝缘电阻测试仪的规格[JIS C 1302 绝缘电阻测试仪]

JIS C 1302的主要要求事项

电阻测试的误差容许范围	对于测量值、第1有效范围 $\pm 5\%$ 、第2有效范围 $\pm 10\%$ 。
电路开路电压的容许范围	不超出额定测定电压的1.3倍。
额定测定电流的容许范围	额定测定电流为1mA时，不超出 $+20\%$ (-0%)。 已知额定电流值时，不超出其值的 $+20\%$ (-0%)。
短路电流的容许范围	短路电流不超过15mA。

4 接地导通电阻试验

- 4.1 接地导通电阻试验的概述
- 4.2 接地导通电阻试验的原理
- 4.3 2端子测试与4端子测试
- 4.4 接地导通测试仪的要求事项

4.1 接地导通电阻试验的概述

具有完整的基本绝缘并装有保护接地线以确保安全性的机器（I类安全机器），对其**接地保护的完全性**进行确认而实施的试验。

一般是在接地线上以60秒～数分钟的时间，流过AC10A～60A的电流通过测量其电压降而计算电阻值。测试电流由供电系统的电流而定，一般为系统电流的1.5或者2倍。

很多的规格一般把接地导通电阻值规定在 $0.1\ \Omega$ 以下（也有规定电压降的）、开路电压规定在6V或者12V以下。

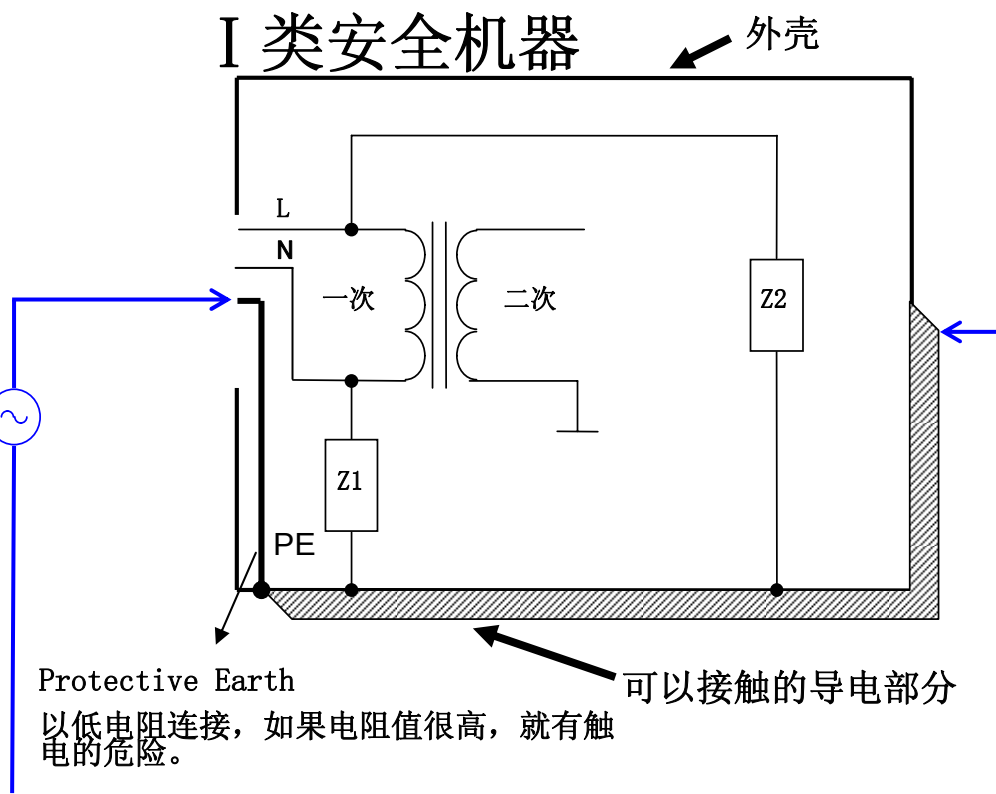
只要能确保保护接地线的完全性，就算一次电路与可接触导电部分之间的绝缘物发生故障，故障电流也可以流回到供电系统去，这样就具备了防止触电的必要条件。

4.2 接地导通电阻试验的原理

如何确定测试电流？
判定值、限度值？

接地导通测试仪的输出 →
AC 50Hz/60Hz
10A~60A

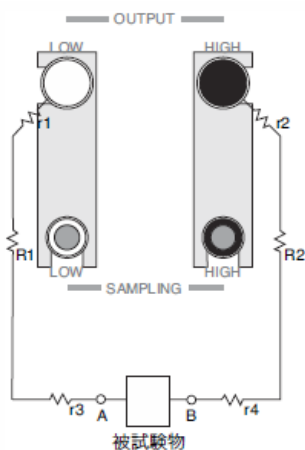
测量两端的电压计算电
阻值。



4.3 2端子测试与4端子测试

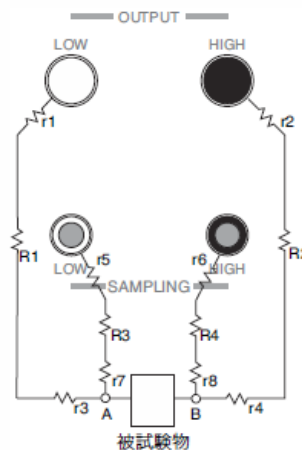
2端子测试会把不需要的测试导线的电阻、接触电阻等全部测量进去。而4端子测试可以把上述不需要的电阻值除去进行测量。

接地导通试验的测试电流比较大，而被测量的电阻值却很小，所以采用4端子测试是有效的。



2端子测试

把接触电阻 $r_1 \sim r_4$ 、测试线电阻 $R_1 \sim R_2$ 和A-B之间的电阻值全部测量。



4端子测试

通过对A-B间的电压进行采样检测，可以不受接触电阻 $r_1 \sim r_8$ 和测试线电阻 $R_1 \sim R_4$ 的影响而对A-B间的电阻进行测量。

4.4 接地导通电阻测试仪的要求事项

对无负载时的输出电压有规定：

IEC60065[音频、视频及类似电子设备安全要求]中：
[使用无负载时电压为12V以下的电源…]的要求。

IEC60598[灯具的一般安全要求与试验]中：
[最小10A的电流在6~12V的电压下…]的要求。

UL60950-1[信息类设备的安全]中：
[不高于12V] 的要求。

5 泄漏电流试验

- 5.1 泄漏电流试验的概要
- 5.2 与绝缘耐压试验、绝缘电阻试验的不同点
- 5.3 保护导体电流试验的原理
- 5.4 接触电流的试验原理
- 5.5 什么是触电?
- 5.6 人体模拟网络
- 5.7 泄漏电流测试仪的要求事项

5.1 泄漏电流试验的概要

在国际规格IEC60990里并不使用泄漏电流这一术语，而把它分为**接触电流**（Touch Current）和**保护导体电流**（Protective Conductor Current）。

接触电流是当人体接触到机器时，流过人体的电流。

保护电流是指有保护接地线的机器的保护接地线里流过的电流。

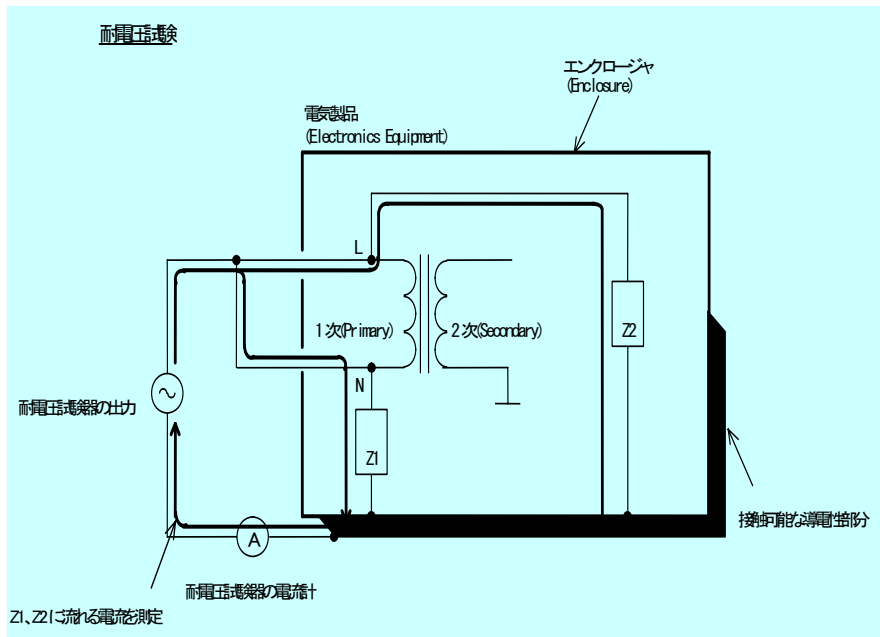
对接触电流进行试验，只要不超出安全规格里规定的对人体有危险的值，就可以说具备了防止触电的必要条件。

保护导体电流的试验，也有确认机器是否适合于该供电系统的目的。

5.2 与绝缘耐压试验、绝缘电阻试验的不同点

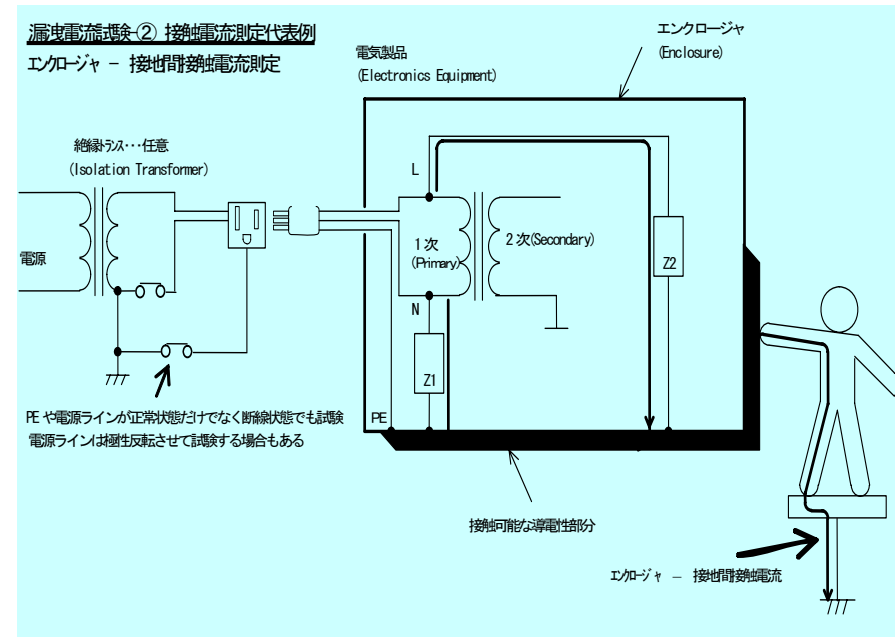
● 耐压/绝缘电阻试验

- 通过测试绝缘物中流过的电流来检出不良



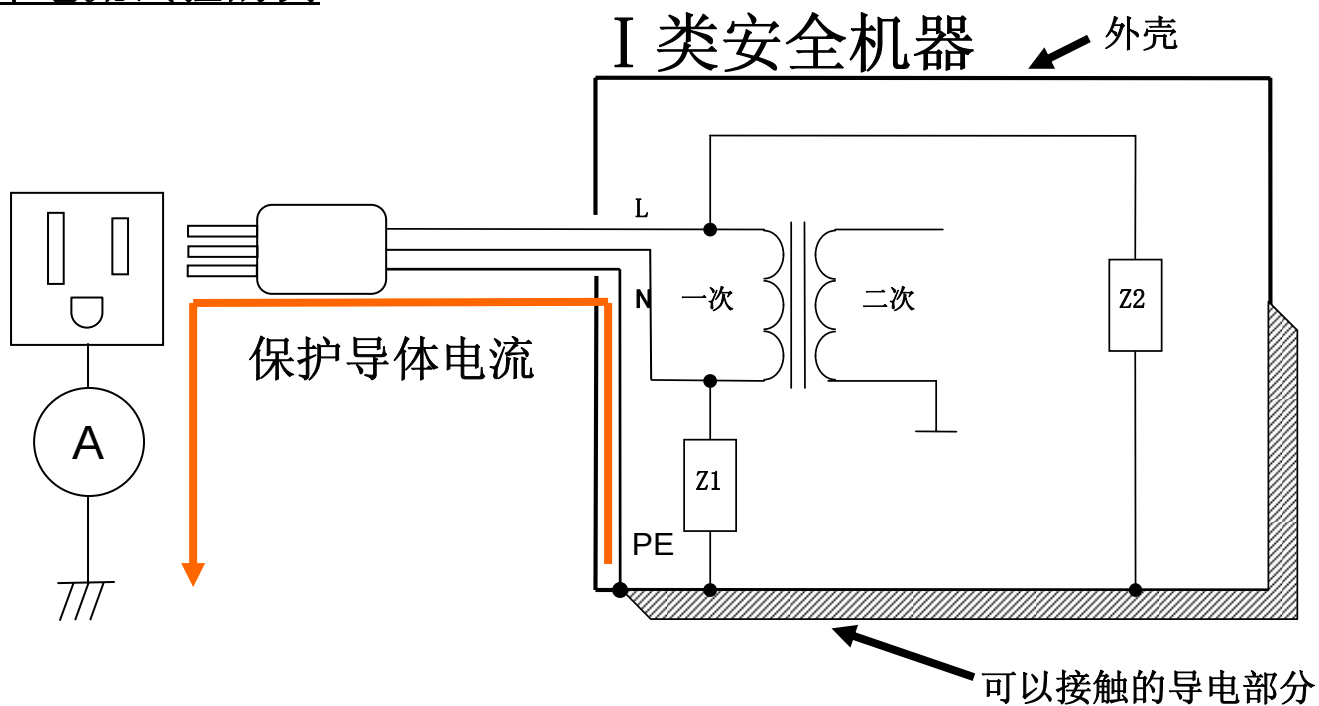
● 泄漏电流试验

- 模拟当人体接触到机器时在人体上流过的电流



5.3 保护导体电流试验的原理

保护导体电流试验的例

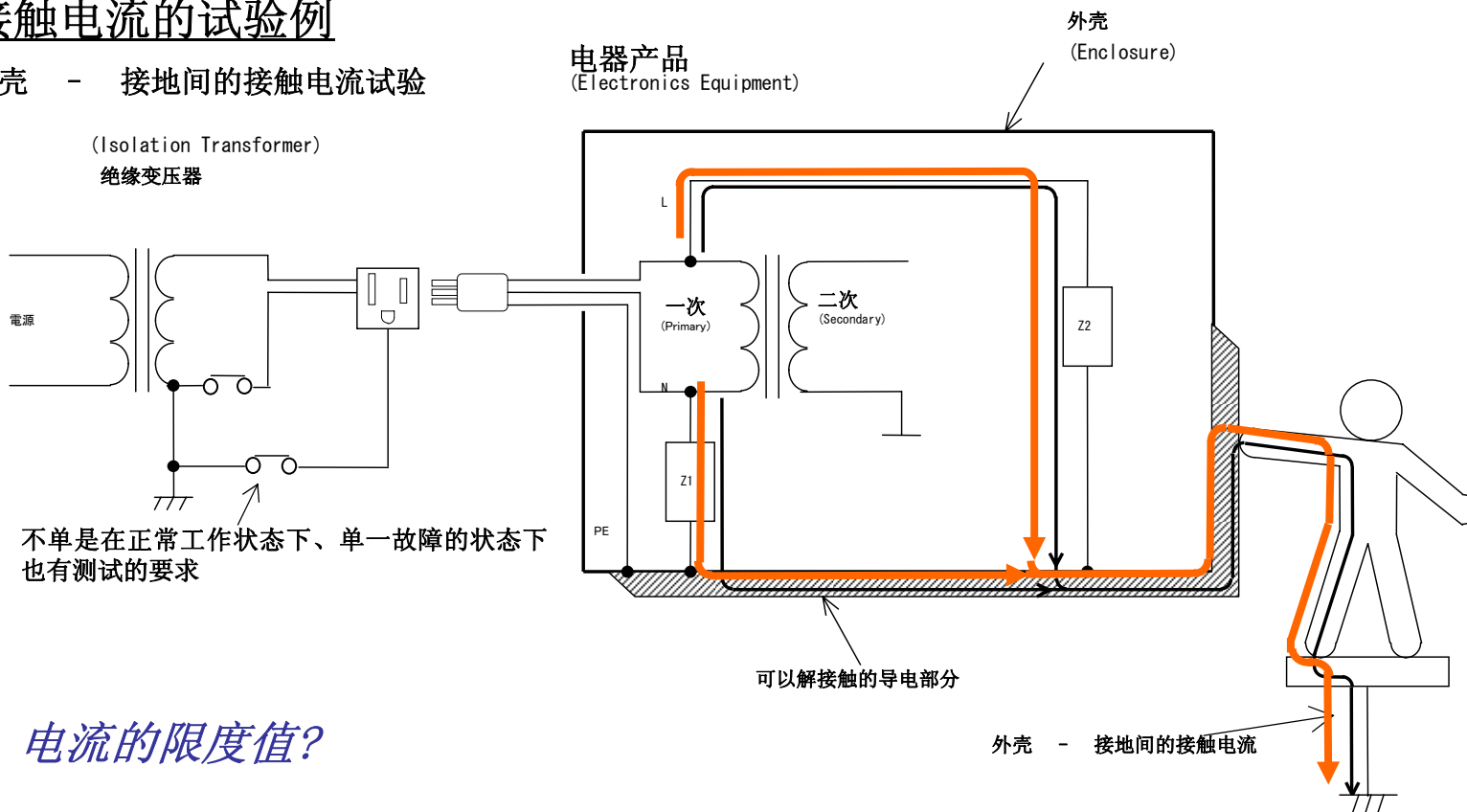


对被测试机器通电，在通常的工作状态下测量流过保护导体线的电流。

5.4 接触电流的试验原理

接触电流的试验例

外壳 - 接地间的接触电流试验



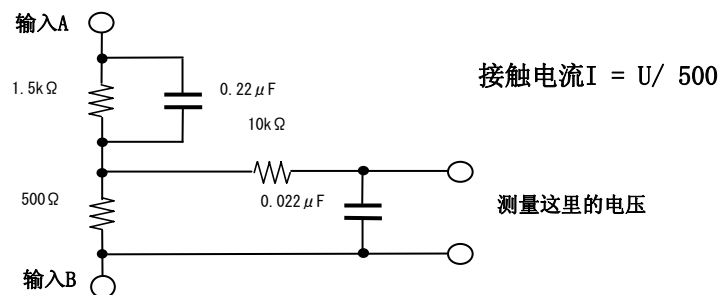
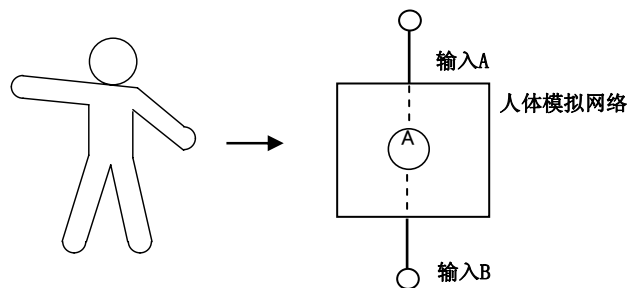
电流的限度值?

5.5 什么是触电？

当有电流流过人体时，对人体有可能发生危害。IEC60990[接触电流和保护导体电流的测量方法]里，把电流流过人体时的人体效应分为以下4种：

- 感觉 (Perception)
- 反应 (Reaction)
- 摆脱 (Let-go)
- 电灼伤 (Electric Burn)

5.6 人体模拟网络



●人体模拟网络的例

以人体模拟网络代替“人体”，测量流过此网络的电流。

另外，不单是测量外壳与接地之间的接触电流，也有要求测量外壳与电源之间、外壳与外壳之间的接触电流的规格。

5.7 泄漏电流测试仪的要求事项

[IEC60990 接触电流和保护导体电流的测量方法]

- 直流测量
- 真有效值测量
- 峰值测量
- 输入电阻不小于 $1\text{M}\Omega$
- 交流测量时输入电阻不大于 200pF
- 交流测量时频率范围 $15\text{Hz}\sim 1\text{MHz}$
- 浮动或者差动输入、共模抑制 40dB 以上

IEC61010(GB4793)[测量、控制和试验室用电气设备的安全要求]中对绝缘耐压试验的要求

6.8.4 电压试验

用附录 D 规定的电压值进行电压试验,不应出现击穿或重复飞弧,电晕放电效应和类似现象忽略不计。

交流、直流和峰值脉冲试验是任选的试验方法,设备能通过三者之一即可。例如:为了简便选择交流,为了避免容性电流选择直流,或者为了减小元器件的功耗而选择脉冲试验。

脉冲试验是 IEC 60 规定的 $1.2/50 \mu\text{s}$ 的试验,在每个极上至少进行 3 个脉冲,最小间隔时间为 1 s。

在进行交流或直流电压试验时,为避免瞬态跳变,电压应在 10 s 或 10 s 以内逐渐升到规定值,然后保持 1 min。

注

- 1 在对电路进行试验时,可能难以将对电气间隙的试验和对固体绝缘的试验分开。
- 2 试验设备的最大试验电流通常要加以限制,以避免由于试验而发生的触电危险和由于试验失效而损坏设备。
- 3 使绝缘材料的局部放电可以觉察也许是有效的(见 IEC 270)。
- 4 试验后释放储存的能量时应小心。

21

表 D1 基本绝缘或附加绝缘

工作电压 (有效值或直流) V, ≤	1 级污染 设施类别(过压类别) I					
	电气间隙 mm	爬电距离 mm		试验电压 V		
		设备内 CTI>100	印制板上 CTI>100	冲击电压峰值 1.2/50 μs	交流有效值 50/60 Hz 1 min	直流或交流峰值 50/60 Hz 1 min
50	0.1	0.18	0.10	330	230	330
100	0.1	0.25	0.10	500	350	500
150	0.1	0.30	0.22	800	490	700
300	0.5	0.70	0.70	1 500	820	1 150
600	1.5	1.70	1.70	2 500	1 350	1 900
1 000	3.0	3.20	3.20	4 000	2 200	3 100

IEC61010(GB4793)[测量、控制和试验室用 电气设备的安全要求]中对接地导通电阻试验的要求

6.5.1 保护接地

如果可触及导电零部件在 6.4 条的初级保护装置处于单一故障条件下会危险带电时,则应连到保护导体端子上,或者用接到保护导体端子的保护屏或挡板将其与危险带电件隔离。

对于测量和试验设备,允许用间接连接来作为直接连接的一种替换(见 6.5.1.4 条)。

如果可触及导电零部件由双重绝缘或加强绝缘与所有危险带电件隔离,则不必将其连到保护导体端子上。

用目视检查。

6.5.1.1 保护连接

保护连接可由直接连接到结构件上或由分离的导体或由二者的组合组成,它应能承受某一过流保护装置(见 9.6 条)将设备从电源上断开之前所产生的高温和动态应力。

目视检查,如有必要时,测量连接导体的截面积进行检查。

6.5.1.2 插头连接设备的连接阻抗

保护导体端子和有保护连接的每个可触及零部件间的阻抗都不得超过 $0.1\ \Omega$, 不包括电源线的阻抗。

施加试验电流 1 min, 然后计算阻抗进行检查, 试验电流是下面较大者;

—— 25 A 直流或在额定电源频率下的交流有效值;

—— 设备额定电流值的二倍。

如果设备在电源各极上都有过流保护装置,且在单一故障条件下电源与过流保护装置之间的导线不可能连到可触及导电零部件上去,则连接阻抗的测量电流不应超过内部过流保护装置额定电流的二倍。

[back](#)

IEC61010(GB4793)[测量、控制和试验室用 电气设备的安全要求]中对泄漏电流试验的要求

6.3.1 正常条件下的值

在正常条件下超过 6.3.1.1~6.3.1.3 条限值即为危险带电。

6.3.1.1 电压

电压限值为 30 V 有效值和 42.4 V 峰值或 60 V 直流。

6.3.1.2 电流

如果电压超过 6.3.1.1 中的一个值,则电流限值应为:

——用附录 A 中的 A1 电路测量时,正弦波为 0.5 mA 有效值;非正弦波或混合频率为 0.7 mA 峰值或 2 mA 直流值。如果频率不超过 100 Hz,可用 A2 电路测量;

——用 A3 电路测量时,为 70 mA 有效值,这与可能的较高频率烧伤有关。

6.3.1.3 电容量

如果电压超过 6.3.1.1 中的一个值,则电容量限值应为:

——电压等于或低于 15 kV 峰值或直流,45 μC 电荷;

——电压超过 15 kV 峰值或直流,350 mJ 贮存能量。

6.3.2 单一故障条件下的值

超过下面单一故障条件下的限值即为危险带电。

6.3.2.1 电压

电压限值为 50 V 有效值和 70 V 峰值或 120 V 直流。

当电压为瞬时电压时,其限值见图 1,跨接 50 k Ω 电阻测量。

6.3.2.2 电流

如果电压超过 6.3.2.1 中的一个限值,则电流应为:

——当用 A1 测量电路测量时,正弦波为 3.5 mA 有效值;非正弦波或混合频率为 5 mA 峰值;或 15 mA 直流。如果频率不超过 100 Hz,则可用 A2 测量电路进行测量;

[back](#)

谢谢！