

目 录

目 录	I
1 使用注意事项	II
2 脉冲群的产生和IEC61000-4-4 脉冲群抗扰度测试标准	III
2.1 设备的电磁兼容性	III
2.2 脉冲群的形成原理和GB/T17626.4 标准	III
2.3 IEC61000-4-4 标准简介	V
2.3.1 脉冲群发生器	V
2.3.2 试验配置和布局	VI
2.3.3 试验的严酷度等级	VII
3 SKS-0404IB脉冲群发生器	1
3.1 SKS-0404IB技术指标	1
3.1.1 脉冲波形	1
3.1.2 脉冲群波形	1
3.1.3 网络输出	1
3.1.4 仪器概述	1
3.2 仪器功能操作	3
3.2.1 前面板功能描述	3
3.2.2 后面板功能描述	5
3.2.3 液晶显示界面功能描述	6
3.3 仪器组成结构	14
3.4 装箱清单	16
4 试验方法	16
4.1 实验室试验条件	16
4.2 试验步骤	16
5 试验配置	18
5.1 试验设备	18
5.2 实验室进行型式试验的试验配置	19
5.2.1 试验条件	19
5.2.2 把试验电压耦合到受试设备的方法	21
5.3 安装后试验的试验配置	23
5.3.1 对供电电源端口和接地端口的试验	23
5.3.2 对输入/输出和通信端口的试验	24
6 参考标准	25
7 实验结果评估	25
附 录	26

使用注意事项

本仪器是精密高压仪器，为确保您的人身安全及预防对测试装备的破坏，请在使用时遵守以下预防措施：

1. 本仪器的工作电源为AC 220V \pm 10%，50/60 Hz。
2. 注意使用本仪器时应接地状况良好，仪器不能倒置，防止震动。
3. 进行试验前务请仔细接线，要确认接线无误时再接入电网。
4. 仪器工作期间，不要用手触摸面板上“MONITOR”端子（包括由该端子引出的电缆端头），防止高压脉冲对人体造成的伤害。
5. 内带高压，请勿随意拆卸或敞开机壳工作。
6. 为保证试验的可比性和可重复性，试验配置必须规范。严格按照IEC61000-4-4标准（与我国的电磁兼容国家标准GB/T 17626.4相对应）的要求。
7. 由于仪器内部有去耦网络，以及试品的不确定因素，会在电路上产生微量漏电流，所以在使用此类干扰模拟器时，需使用不带漏电的空气断路器或在试品供电前端加装与仪器相匹配的隔离变压器。

1 脉冲群的产生和 IEC61000-4-4 脉冲群抗扰度测试标准

1.1 设备的电磁兼容性

当前电子产品小型化和高频化的趋势十分明显，最典型的例子莫过于像电子计算机和通信终端设备了。计算机的时钟频率已经提高到几百MHz，甚至更高；数字无线传输的频率也达到2GHz以上；无绳电话的频率已从45MHz提高到2700MHz，今后还将进一步提高。与此同时，设备的工作电压却一低再低，目前已低至1点几伏。因此，设备的小型、高速和低电压化所带来的设备电磁兼容问题就显得越发严重了。

国内和国际标准化组织已经或正在发行一些指导性手册提供给工程人员，以保证电子设备和系统的电磁兼容性。

1.2 脉冲群的形成原理和 GB/T17626.4 标准

日常生活中，当人们在拖线板上插拔一个用电设备的插头、用开关切断一个用电设备时，在此瞬间所产生的电火花情况，和它对收音机、电视机以及对个人计算机的干扰都是司空见惯的，但是很少有人会去考虑它的形成过程和干扰的实际大小。

图1是供电线路、机械开关和电感性负载（图中用一个继电器带铁芯的电感线圈作代表，其中L2是铁芯线圈本身的电感量，R是电感线圈的内阻，C2是线圈匝间和层间的集中参数等效电容）组成的小系统。

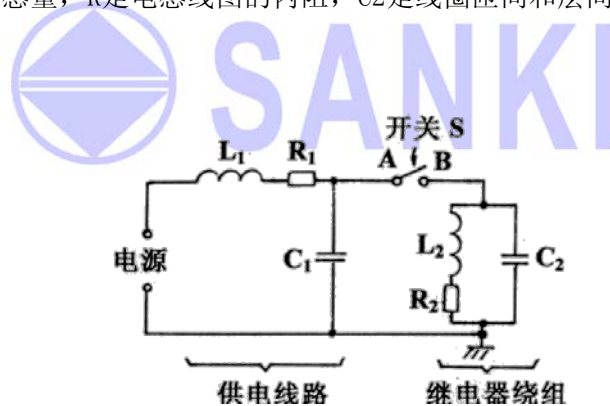


图1 用于说明脉冲群形式原因的等效电路

正常工作时，开关S闭合，继电器铁芯线圈有稳态电流流过，使继电器处在工作状态。一旦开关S断开，上述现象将不复存在。但考虑到继电器铁芯线圈本身是一个电感，根据电感性负载电流不能突变的原理，开关S的断开使主回路的电流实际上是被切断了，这时继电器铁芯线圈的电流连续性问题只能靠自身来解决，亦即继电器的铁芯线圈中的能量通过向分布电容转移的方式来保持铁芯线圈中电流的连续性。这一过程应当符合能量守恒的原理。即有（计算中未计入铁芯线圈的内阻R），

$$1/2 \times L_2 I^2 = 1/2 \times C_2 U^2$$

另外，转换中的自谐振频率为

$$f = 1 / [2 \pi (L_2 C_2)^{1/2}]$$

今假定继电器铁芯线圈流过的稳态电流I为70mA，线圈的电感L₂为1H，存在于继电器绕组的层间和匝间的分布电容C₂为50pF。则可以算得开关S断开瞬间可能出现在铁芯线圈两端的电压峰值为

$$U=I(L_2/C_2)^{1/2}=3130.5V$$

转换中的自谐振频率为

$$f=1/[2\pi(L_2C_2)^{1/2}]=7.118kHz$$

分析表明，开关S断开瞬间，可在继电器的铁芯线圈上产生高频衰减振荡（因绕组本身存在电阻）。电压的幅值非常高，与供电电压相比，后者可以不计，因此，感应出来的高电压将直接出现在开关动静触点的两边。

进一步分析可以知道，在开关触点刚打开的瞬间，动静触点间的距离还很近，实际上用不着达到3130.5V，只要在继电器绕组感生出较低电压，就可以引起刚被打开的动静触点间的空气击穿，这便是第一次电弧的形成过程。一旦在开关触点间产生电弧，动静触点瞬间变为等电位，亦即在供电线路上产生一个高电压。与此同时，继电器绕组的分布电容C₂要通过电弧、供电线路和供电电源进行放电，由于放电的时间常数很小，因此放电很快结束，本次放电的电弧也就阻断，而在供电线路上可以见到一个非常短暂的小脉冲。这时整个电路又回复到继电器绕组电感L₂中能量向分布电容C₂的转移，继电器绕组两端第2次出现高压。由于动静触点的距离在逐渐拉大，尽管第2次触点间的放电可以形成，但放电电压要适当提高，放电的等待时间将适当增长。以上情况将要一次次继续，放电电压一次次提高，放电间隔时间一次次增长，直到触点间的距离大到使分布电容C₂上的电压不能击穿为止。

所以，平时在机械开关切换电感性负载时看到的电弧放电，实际上是在供电线路中产生一连串的高压窄脉冲。这里，供电线路的分布电感L₁起到阻挡脉冲、不被电源短路的作用。这些高压窄脉冲将直接耦合被干扰设备的到电源线和地线，并且可以通过电感和电容的耦合，间接耦合到信号电缆，形成严重的干扰。

图2是实测的开关断开过程中的瞬变干扰的形成情况。可见“尖刺”电压一次比一次大，“尖刺”的间隔时间一次比一次长，与分析中提到开关触点距离在逐渐拉大的解释是一致的。

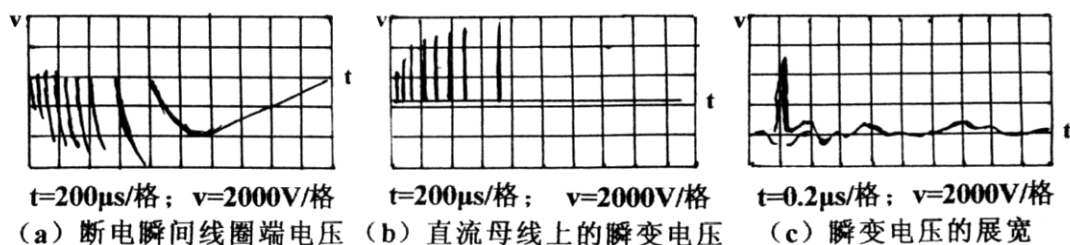


图2 开关切断电感性负载时在电网中产生的电压瞬变过程

根据国外专家的研究，认为成群出现的脉冲干扰之所以会造成设备的误动作，是因为脉冲群对线路中半导体器件结电容的充电，当结电容上的能量积累到一定程度，便会引起线路（乃至设备）的误动作。

由于这类尖峰脉冲串对电网中电子设备的干扰作用是明显的，所以在国际上专门用一个 IEC61000-4-4标准来模拟电网中机械开关对电感性负载切换时所引起的干扰，从而完成对电气和

电子设备在抗击电快速瞬变脉冲群性能方面的考核。在我国与IEC61000-4-4相等同的标准是GB/T17626.4《电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验》。

1.3 IEC61000-4-4 标准简介

1.3.1 脉冲群发生器

脉冲群发生器的基本线路及其波形见图3所示。

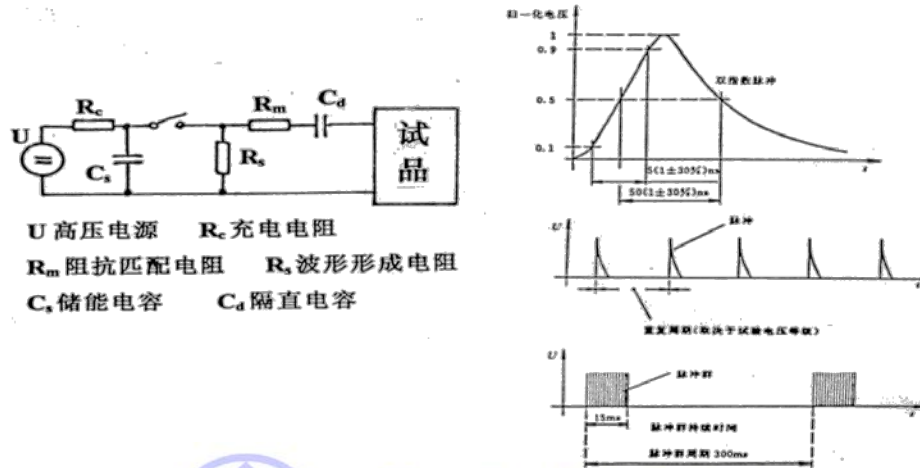


图3 脉冲群发生器的基本线路及其输出波形

在图3中，右侧的放电波形分别给出了单个脉冲波形的的前沿及脉宽的定义（见右上图）；一群脉冲中的重复频率概念（见右中图）；以及一群脉冲与另一群脉冲之间的重复周期（见右下图）。

在图3的左侧则给出了脉冲群发生器的基本线路。其中储能电容 C_s 的大小决定了单个脉冲的能量（标准规定，在阻抗匹配的情况下，在 50Ω 的匹配负载上， $2kV$ 脉冲的能量为 $4mJ$ ）；波形形成电阻 R_s 与储能电容的配合，决定了脉冲波的形状（特别是脉冲的持续时间）；阻抗匹配电阻 R_m 决定了脉冲群发生器的输出阻抗（标准规定是 50Ω ）；隔直电容 C_d 则隔离了脉冲群发生器输出波形中的直流成分，免除了负载对脉冲群发生器工作的影响。

脉冲群发生器的基本技术指标是：

- 脉冲上升时间（指10%至90%）： $5ns \pm 30\%$ （ 50Ω 匹配时测）；
- 脉冲持续时间（前沿50%至后沿50%）： $50ns \pm 30\%$ （ 50Ω 匹配时测）；
- 脉冲重复频率： $5kHz$ 或 $100kHz \pm 20\%$ ；
- 脉冲群持续时间： $15ms$ （ $5kHz$ ）， $0.75ms$ （ $100kHz$ ） $\pm 20\%$ ；
- 脉冲群重复周期： $300ms \pm 20\%$ ；
- 发生器开路输出电压： $0.25 \sim 4kV$ ；

发生器动态输出阻抗： $50\ \Omega \pm 20\%$ ；

输出脉冲的极性：正/负；

发生器与电源的关系：异步。

1.3.2 试验配置和布局

试验配置的正确性影响到试验结果的重复性和可比性，因此，正确的试验配置是保证试验质量的关键。对于脉冲群抗扰度试验的这种高速脉冲试验，结果尤其如此。

1.3.2.1 电源线耦合/去耦网络

电源线耦合/去耦网络的线路见图4所示。

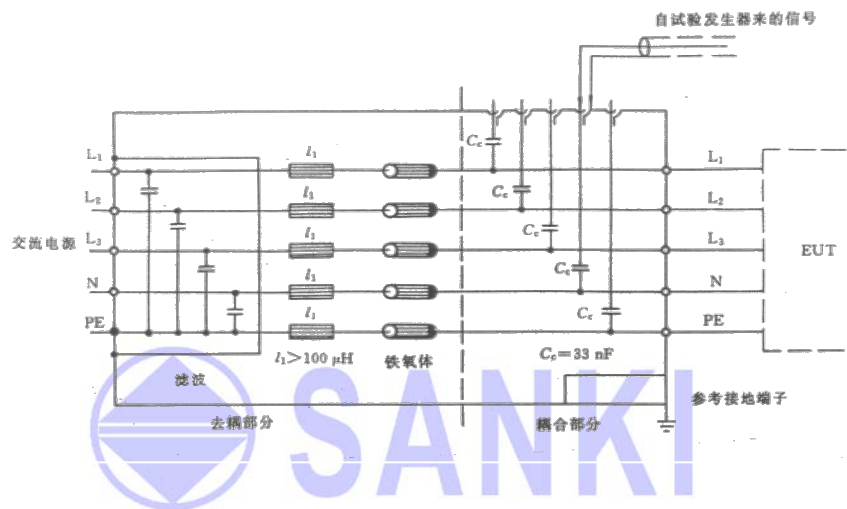


图4 电源线耦合/去耦网络

这个网络提供了在不对称条件下把试验电压施加到受试设备的电源端口的能力。这里所谓不对称干扰是指线（电源线）与大地之间的干扰。作为佐证，图4中可以看到从试验发生器来的信号电缆芯线通过可供选择的耦合电容加到相应的电源线（L1、L2、L3、N及PE）上，信号电缆的屏蔽层则和耦合/去耦网络的机壳相连，机壳则接到参考接地端子上。这就表明脉冲群干扰实际上是加在电源线与参考地之间，因此加在电源线上的干扰是共模干扰。

1.3.2.2 电容耦合夹

标准指出，耦合夹能在受试设备各端口的端子、电缆屏蔽层或受试设备的任何其他部分无任何电连接的情况下把快速瞬变脉冲群耦合到受试线路上。

电容耦合夹的结构见图5所示。受试线路的电缆放在耦合夹的上下两块耦合板之间，耦合夹本身应尽可能地合拢，以提供电缆和耦合夹之间的最大耦合电容。

耦合夹的两端各有一个高压同轴接头，用其最靠近受试设备的这一端与发生器通过同轴电缆连接。从图中可以看出，高压同轴接头的芯线与下层耦合板相连，同轴接头的外壳与耦合夹的底板相通，而耦合夹放在参考接地平面上。这一结构表明，高压脉冲将通过耦合板与受试电缆之间的分布电容进入受试电缆，而受试电缆所接收到的脉冲仍然是相对参考接地平面来说的（耦合夹是放在参考接地平面上的）。因此，通过耦合夹对受试电缆所施加的干扰仍然是共模性质的。

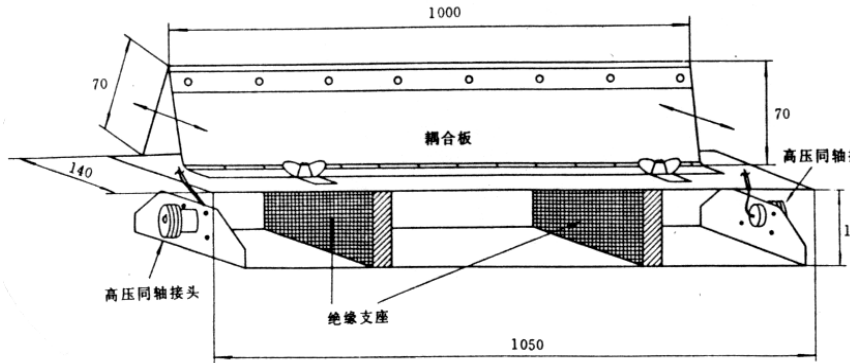


图5 电容耦合夹

1.3.3 试验的严酷度等级

表1列出了对设备的电源、接地、信号和控制端口进行电快速瞬变试验时应优先采用的试验等级。

表1 试验的严酷度等级

开路输出试验电压和脉冲的重复频率				
等级	在供电电源端口, 保护接地 (PE)		在 I/O (输入/输出) 信号、数据和控制端口	
	电压峰值, kV	重复频率, kHz	电压峰值, kV	重复频率, kHz
1	0.5	5 或 100	0.25	5 或 100
2	1	5 或 100	0.5	5 或 100
3	2	5 或 100	1	5 或 100
4	4	5 或 100	2	5 或 100
X	特定	特定	特定	特定

“X” 是一个开放等级, 在专用设备技术规范中必须对这个级别加以规定。

被试设备的试验严酷度等级通常由产品标准定, 或者由产品制造商与用户协商来规定。对于每一等级所代表的现场安装和环境条件可参见本说明书的附录。

2 SKS-0404IB 脉冲群发生器

SKS-0404G、SKS-0404GA、SKS-0404GB、SKS-0404IA、SKS-0404IB 系列电快速瞬变脉冲群发生器是上海三基电子工业有限公司研制的产品，这是针对电磁兼容试验中的电快速瞬变脉冲群抗扰度试验特点和要求而专门设计的高可靠性测试系统，具有可靠性好、瞬变脉冲波形好、性能稳定、使用方便、试验电压连续可调等优点。适用于电快速瞬变脉冲群抗扰度试验场合，是电磁兼容试验的理想干扰源。在性能上完全符合并超过最新国家标准 GB/T17626.4-2008，及国际电工技术委员会标准 IEC61000-4-4: 2004 和欧洲电气标准 EN601000-4-4 的相关规定。

2.1 SKS-0404IB 技术指标

2.1.1 脉冲波形

- 1) 50 Ω 负载—— $U = 125 \sim 2250V \pm 7\%$
- 2) 1k Ω 负载—— $U = 250 \sim 4500V \pm 13\%$
- 3) 波形——50 Ω 时：上升沿 $5ns \pm 30\%$ 脉宽 $50ns \pm 20\%$
1k Ω 时：上升沿 $5ns \pm 30\%$ 脉宽 $35 \sim 150ns$
- 4) 极性——正、负、正负交替
- 5) 波形——见图 6

2.1.2 脉冲群波形

- 1) 群周期—— $t_d = 100ms \sim 10s \pm 3\%$
- 2) 重复频率—— $f = 0.1kHz \sim 1MHz \pm 5\%$
- 3) 脉冲个数：1~250
- 4) 运行时间：1s~99999s
- 5) 波形——见图 7

2.1.3 网络输出

- 1) 直接输出——MONITOR 同轴端子直接输出
耦合网络——耦合方式 L1, L2, L1.L2, L3, L1.L3, L2.L3, L1.L2.L3, N,
L1.N, L2.N, L1.L2.N, L3.N, L1.L3.N, L2.L3.N, L1.L2.L3.N, PE,
L1.PE, L2.PE, L1.L2.PE, L3.PE, L1.L3.PE, L2.L3.PE, L1.L2.L3.PE,
N.PE, L1.N.PE, L2.N.PE, L1.L2.N.PE, L3.N.PE, L1.L3.N.PE, L2.L3.N.PE,
L1.L2.L3.N.PE
- 2) 被试设备——三相五线 AC 电源：690 V / 30 A 50 / 60 Hz
DC 电源：560 V / 30 A

2.1.4 仪器概述

- 1) 尺寸——480 mm × 470 mm × 185 mm
- 2) 重量——20kg

3) 工作电源——220V $\pm 10\%$ 50/60Hz

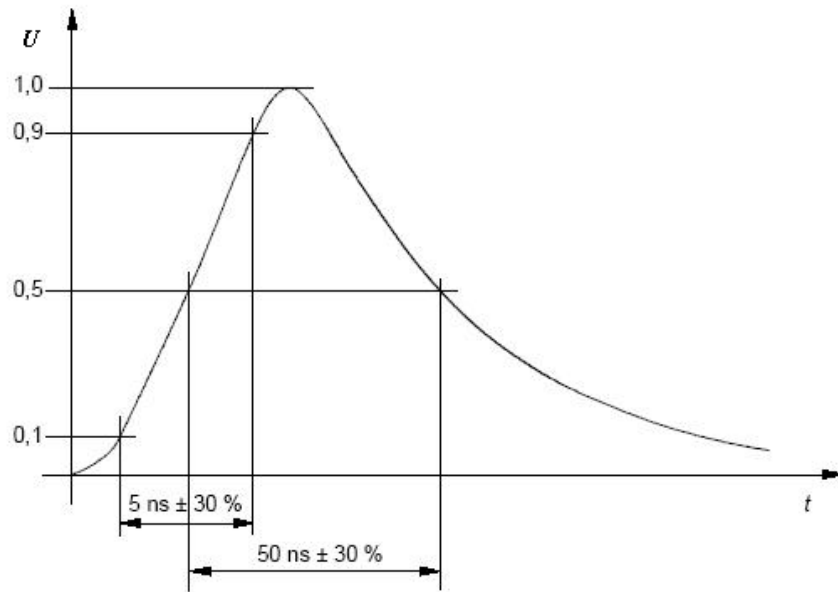


图6 接 50 Ω 负载时单个脉冲波形

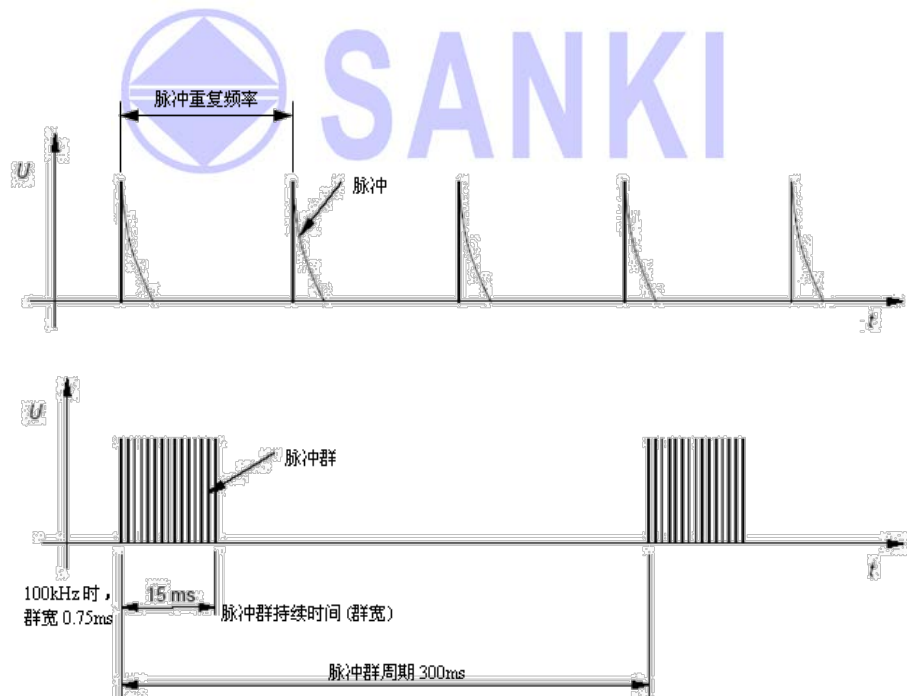


图7 快速瞬变脉冲群波形

2.2 仪器功能操作

2.2.1 前面板功能描述

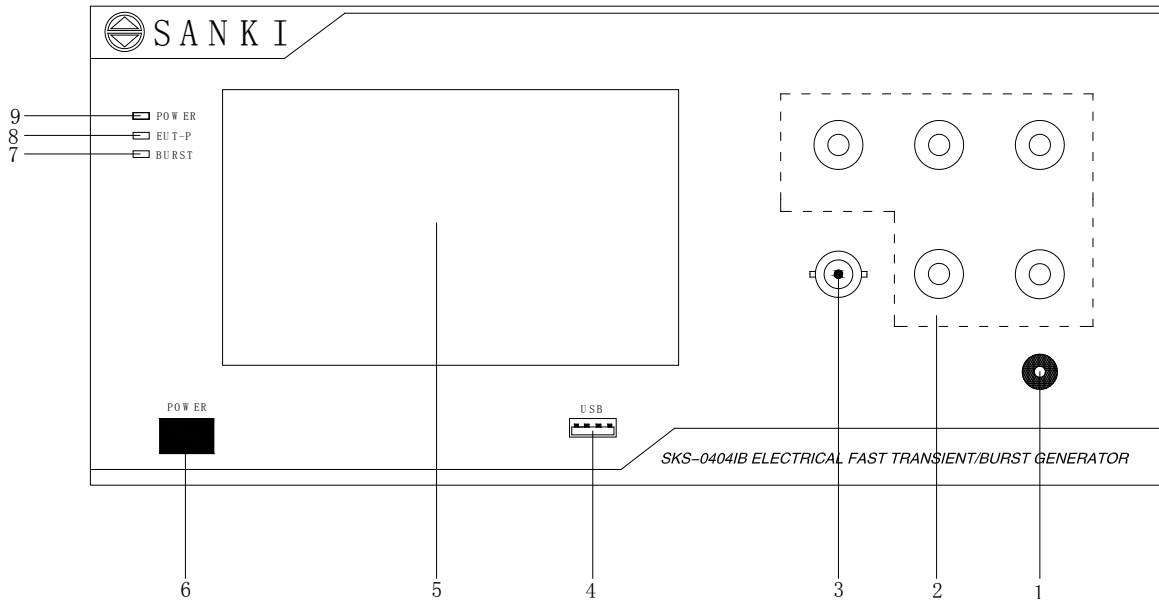


图8 前面板示意图

1) 接地端子

2) EUT被试品电源输出端“L1、L2、L3、N、PE”

用于被试设备的电源输出连接端口，供被试设备工作的输入电源。通过设定“EUT-P”参数控制EUT电源的通与断。当需要群脉冲迭加到单项电源的某一相，设置耦合方式为相应的相位。用于与参考接地平面进行连接。

3) “MONITOR”脉冲同轴输出端

脉冲波形输出连接端子，可用于观察波形或连接电容耦合夹进行信号线试验，观察波形时必须在端口通过同轴线连接50Ω或1kΩ衰减器连接到500M示波器，耦合方式“OUTPUT”设置为“MONITOR”方式。

观察或校准脉冲波形时，须在该MONITOR端口通过附件中的同轴线连接50Ω或1KΩ高压衰减器再接到带宽为400M以上示波器。

4) USB Host接口

可用于系统软件更新（IAP），方便用户升级系统软件，此外该接口还可将用户自定义参数从U盘导入或导出到外部U盘。

5) 真彩色LCD（带四线电阻式触摸屏），友好的人机交互界面。

6) 电源开关“POWER”

打开电源开关，仪器主电源接通，仪器进入待机状态，同时相应的指示灯亮。关闭开关，仪器立刻切断电源，停止工作。

- 7) 脉冲输出指示灯“BURST”
当仪器有脉冲输出时，该指示灯闪烁。
- 8) 被试品电源指示灯“EUT-P”
提示设置被试品电源开关状态；当被试品电源开时，灯亮。
- 9) 仪器工作指示灯“POWER”
当本仪器电源接通时，指示灯亮。



2.2.2 后面板功能描述

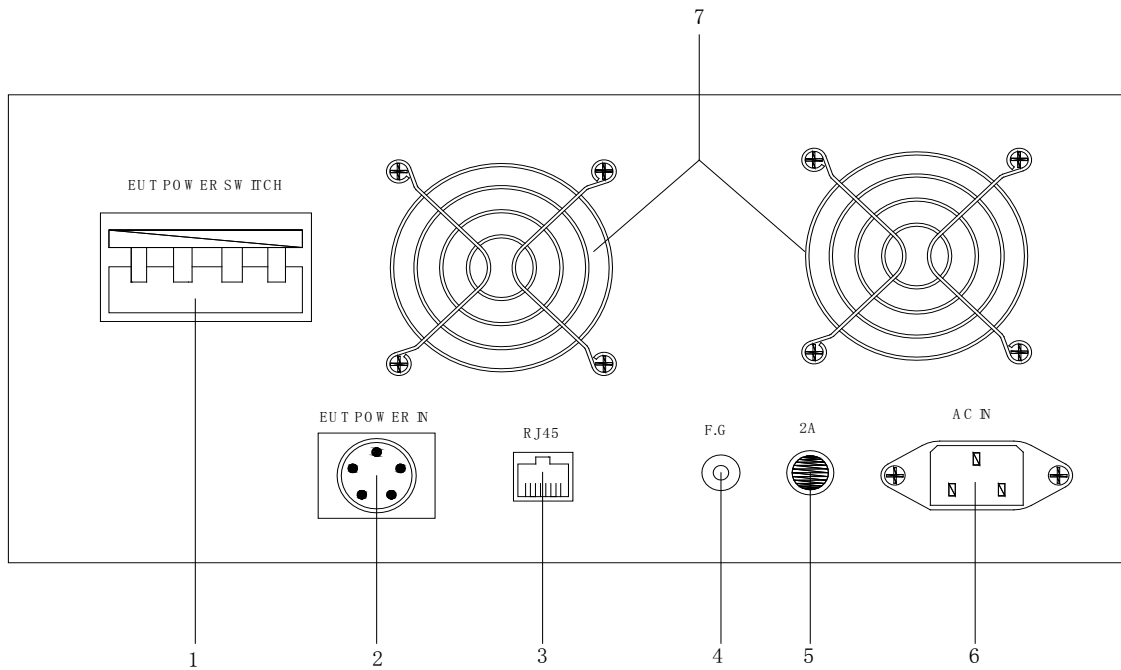


图9 后面板示意图

- 1) 被试设备电源开关“EUT POWER SWITCH”
控制EUT被试设备电源的通断
- 2) 被试设备电源输入端“EUT POWER IN”
被试设备的工作电源输入端（五芯），经过仪器内部的耦合/去耦网络，从前面板的被试设备工作电源输出端口输出到被试设备。
- 3) 以太网接口“RJ45”
通过平行网线连接HUB或通过交叉线直接连接PC机并与PC机进行通讯，实现远程控制（需配套的上位机软件）。
- 4) 风扇罩
仪器内部热量散热孔。
- 5) 机箱接地端
仪器主机箱安全接地端子。
- 6) 保险丝“2A”
本机工作电源的熔断器，2A。
- 7) 仪器电源输入端“AC IN”
是本仪器工作所用交流电源线的输入端口。

2.2.3 液晶显示界面功能描述

1) 主菜单：仪器开机，进入系统主菜单如图10

主菜单位于屏幕上方，共有两个选项：“测试项目”和“系统设置”。点击主菜单可在两者之间来回切换，并在主菜单下方列出所有子项目。开机默认选中“测试项目”。



2) 系统设置：点击图10中的“系统设置”主菜单项，系统将列出所有关于系统设置的子项目（共8项），如图11。点击子项目图标将弹出相应的子窗口，如图12。



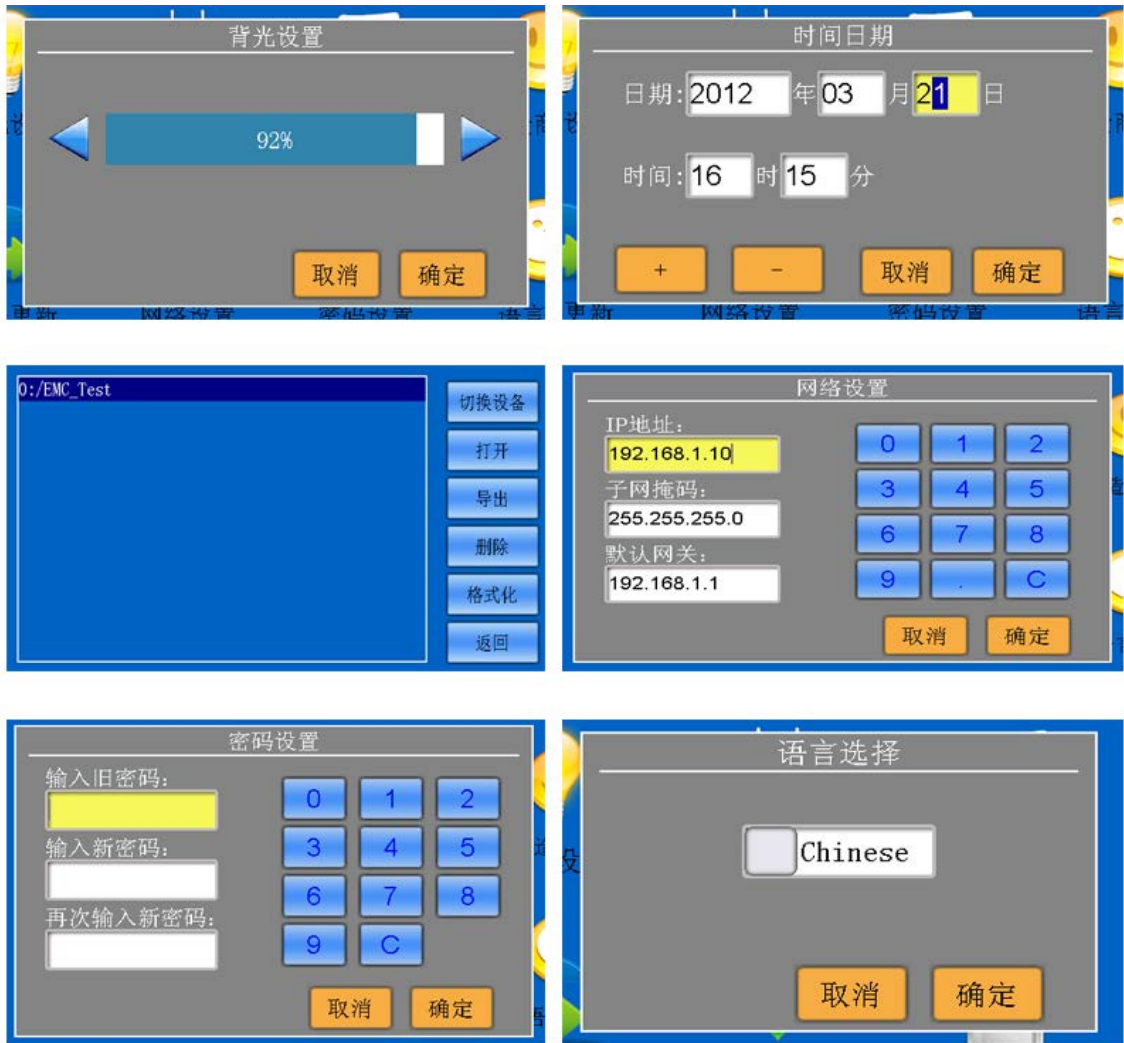


图12

- 背光设置：点击左右两箭头可分别减少或增加液晶背光亮度。按“确定”按钮保存设置并关闭子窗口，按“取消”则不做任何修改，直接关闭子窗口。
- 时间日期：点击要修改项目所在的文本框，待文本框中数字位的背景变成深蓝色后，点击“+”或“-”按钮可分别增加或减少相应的数值。按“确定”按钮保存设置并关闭子窗口，按“取消”按钮则不做任何修改，直接关闭子窗口。
- 文件管理：简单的文件管理器，用于管理内部存储器或外部U盘中存储的参数文件，目前支持以下操作：
 - ◇ 按“切换设备”按钮可在内部存储和外部U盘之间来回切换。
 - ◇ 目录及文件浏览。如果某个目录下子目录和文件数量过多，导致无法在一页中全部显示的时候，只需按住屏幕并上下拖动即可实现列表项的上下滚动。
 - ◇ 删除内部存储器或外部U盘中存储的参数文件。
 - ◇ 将内部存储器中的参数文件导出的外部U盘。

- ◇ 将外部U盘中的参数文件导入的内部存储器。
 - ◇ 格式化内部存储器。
 - 制造商信息：显示上海三基电子工业有限公司的相关信息。
 - 软件更新：如果软件有更新版本时，可将其拷贝到U盘并将U盘插入仪器前面板的USB主机接口中，点击“系统更新”子项目图标，仪器将自动从外部U盘中读取软件数据并固化到内部存储器中。系统更新过程中务必不要切断仪器供电电源，更新完后请拔出U盘并将其中的更新文件删除。
 - 网络设置：设置仪器与上位机通信的网络地址。首先点击左边相应的参数文本框，待文本框的背景变成黄色后，点击右边的数字键盘进行输入。如果误输入，可点击“C”键清除最后输入的字符。输入结束后按“确定”按钮保存相关设置并关闭子窗口，按“取消”按钮则不做任何修改，直接关闭子窗口。
 - 密码设置：用于设置系统密码保护。首先点击子窗口左边相应的文本框，待文本框的背景变成黄色后，点击右边的数字键盘进行输入（密码最大长度为15位）。如果误输入，可点击“C”键清除最后输入的字符。若用户想取消密码保护，只需要将新密码设置为空即可。输入结束后按“确定”按钮保存相关设置，按“取消”按钮则不做任何修改。

提示：如果用户设置了密码保护，打开仪器电源后，首先显示的将是密码输入窗口，用户输入正确的密码后才能进入系统主菜单。
 - 语言选择：目前只有两种语言可供用户选择：简体中文和英文。
- 3) 测试项目：如图10所示系统共列出了8个测试项目。
如果测试项目图标的右下角被打上红色的“X”说明该仪器内部硬件不支持做该试验。目前SKS-0404IB只支持做脉冲群抗扰度试验。
- 4) 脉冲群参数设置界面：在图10测试项目菜单下点击脉冲群子项目图标即可进入脉冲群参数设置主界面，如图13。点击参数名右边的文本框将弹出相应的参数设置子窗口，如图14、图15、图16。



图13

- 电压设置：设置浪涌输出电压与极性，如图14。



图14

- ◇ 电压值设置：首先点击子窗口左边相应的参数文本框，待文本框的背景变成黄色后，点击右边的数字键盘进行输入，最多支持两位小数。如果误输入，可点击“CLR”按钮清零后重新输入。
- ◇ 电压的设置范围为：0.25kv ~4.5kv。
- ◇ 输出电压支持递增或递减。如果起始电压值大于终止电压值且步进值不为0，那么执行递减操作；如果起始电压值小于终止电压值且步进值不为0，那么执行递增操作；如果步进值为0，禁止递增/递减操作。

- ◇ 极性设置：点击子窗口右侧“+/-/±”按钮进行输出电压极性设置。当前设置结果在起始电压文本框的最左侧显示。
- ◇ 输入结束后按“确定”按钮保存相关设置，按“取消”按钮则不做任何修改，直接关闭子窗口。
- EUT：如图13，点击EUT按钮可打开或关闭EUT供电电源。如果按钮上显示“打开”则表示当前EUT电源已打开（同时前面板的EUT-P指示灯亮），反之如果显示“关闭”则表示EUT电源已关闭。
- 耦合方式：耦合方式输出设置，如图15。



图15

- ◇ 耦合方式设置子窗口的左侧用于选择耦合方式。
 - ◇ 在子窗口的左侧选择好输出方式后，点击“=>”按钮即可将其添加到右侧的列表控件中。
 - ◇ 子窗口右侧的列表控件显示了当前已选择的所有输出方式，在运行过程中将按项目从上到下的先后顺序依次逐项耦合。
 - ◇ 选中右侧列表控件中的项目，点击“<=”按钮即可将其中列表控件中移除。
- 频率：脉冲重复频率设置，如图16。



图16

✧ 直接点击子窗口右侧的数字键盘进行输入。如果误输入，可点击“CLR”按钮清零后重新输入。

✧ 重复频率0.1kHz~1000kHz，最多支持两位小数。

✧ 输入结束后按“确定”按钮保存相关设置，按“取消”按钮则不做任何修改，直接关闭子窗口。

●群周期：脉冲群周期设置。

✧ 脉冲群周期100ms~10s连续可调，步长1ms。

✧ 操作同重复频率设置。

●脉冲数：脉冲个数设置。

✧ 脉冲个数即为一个群周期内的脉冲个数。用户可自行选择不同的脉冲个数，形成不同的脉冲群持续时间。当脉冲频率低于5kHz时，最大脉冲个数有限制，使最大脉冲群宽度不超过50ms。即0.5kHz：25个、1kHz：50个、1.5kHz：75个、2kHz：100个、2.5kHz：125个、3kHz：150个、3.5kHz：175个、4kHz：200个、4.5kHz：225个。

✧ 操作同重复频率设置。

●时间：运行时间设置。

✧ 时间1s~99999s连续可调，步长1s。

✧ 操作同重复频率设置。

- 参数调用：如图13，点击屏幕右侧的“调用”按钮屏幕将显示文件浏览窗口（同“系统设置”中的文件管理），待用户选择好将要导入的参数文件后点击“打开”按钮即可导入参数文件中的参数。
- 参数另存为：如图13，点击屏幕右侧的“另存为”按钮将弹出文件名输入子窗口如图17，待用户输入文件名后点击确定即可将参数保存到仪器内部的存储器中。



图17

- 5) 脉冲群试验运行界面：如图13，当用户设置完所有参数后，点击屏幕中的“运行”按钮系统将进入脉冲群试验运行界面，此时系统处于停止状态，如图18。



图18

- ◇ 系统进入脉冲群试验运行界面后共有三种状态：停止、运行和暂停。首次进入该界面是处于停止状态。

- ◇ 当系统处于停止状态时点击“运行/暂停”按钮，系统将处于运行状态。
- ◇ 当系统处于运行状态时，点击“运行/暂停”按钮，系统将处于暂停状态（仪器将停止脉冲输出，但此时内部高压仍然操作，请谨慎操作），再次点击“运行/暂停”按钮，系统将重新返回运行状态。
- ◇ 在系统处于运行或暂停状态时点击停止按钮，系统将返回停止状态（内部高压被切断）。
- ◇ 当系统运行完成后也将返回停止状态。



2.3 仪器组成结构

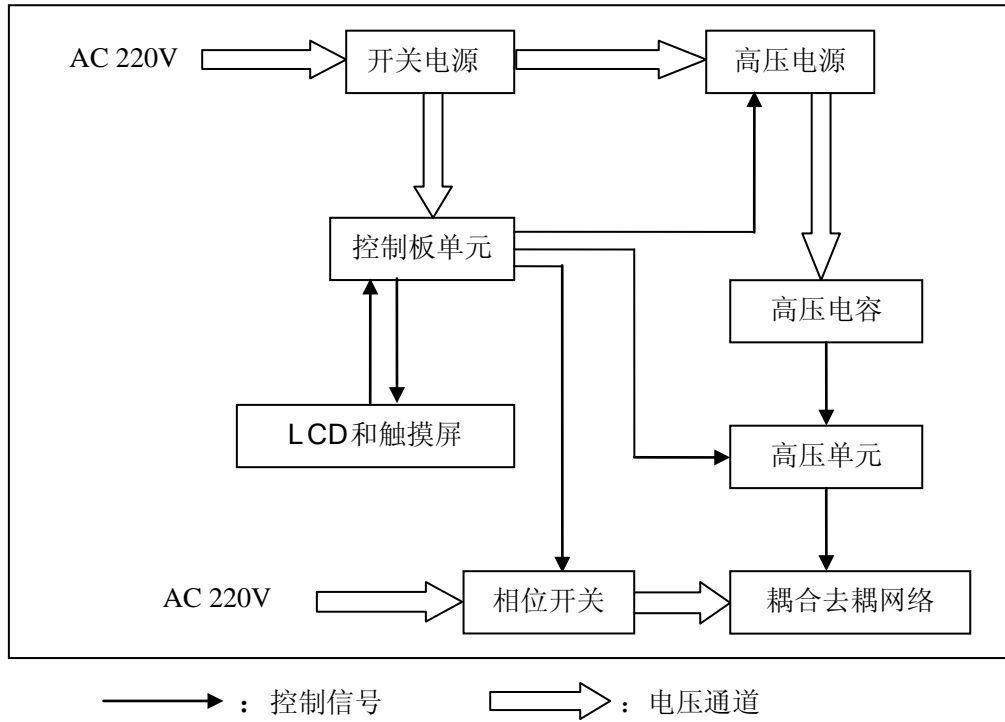
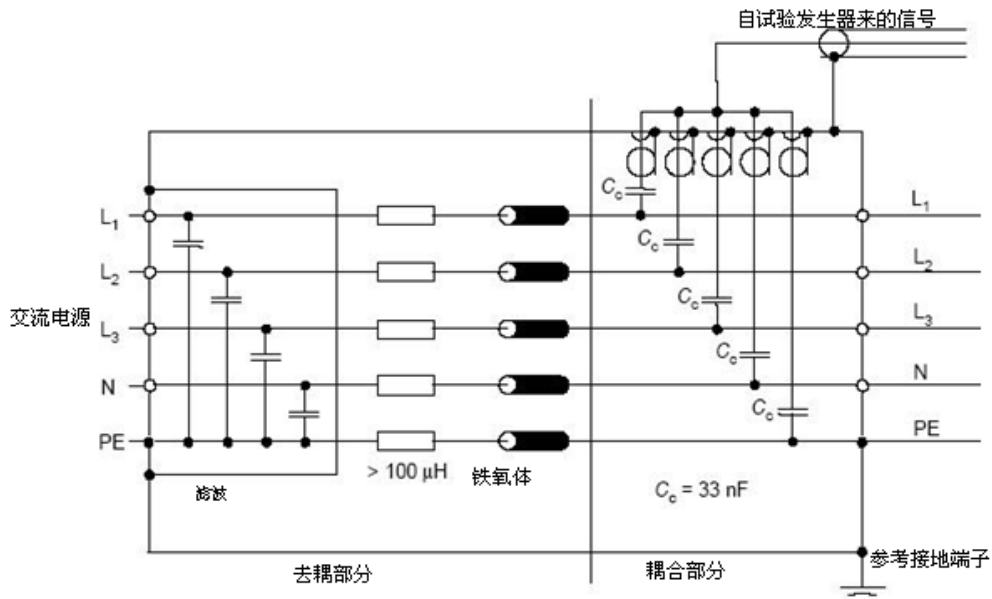


图19 仪器结构图

1) 三相五线耦合 / 去耦单元

耦合 / 去耦网络是使干扰脉冲注入到被试设备工作电源上，而不注入电网。SKS-0404IB有三相四线L1, L2, L3, N耦合 / 去耦合网络，使用电容耦合方式。



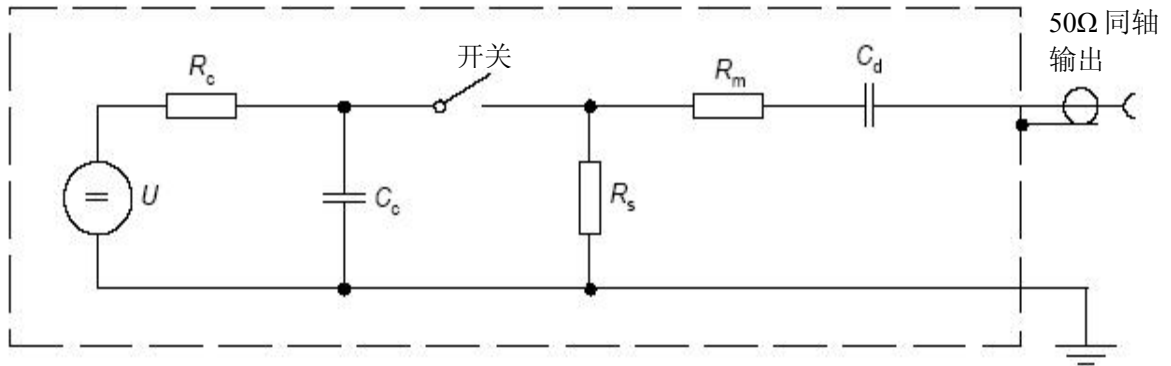
L1, L2, L3—相线; N—中线; PE—保护地; CC—耦合电容

图20 三相五线耦合去耦网络

2) 控制单元

控制单元主要是进行仪器内部动作处理，如放电开关与继电器动作和脉冲输出控制，此外还有人机交互等。

3) 高压及脉冲形成单元



U--高压源； R_c --充电电阻； C_c --储能电容器； R_s --脉冲持续时间成形电阻； R_m --阻抗匹配电阻； C_d --隔直电容

图21 快速瞬变脉冲群波形形成电路



2.4 装箱清单

1) 基本配置

- 群脉冲发生器SKS-0404IB
- 仪器供电电源线
- 被试设备供电电缆
- 被试设备供电连接线
- 使用说明书
- 检验报告

2) 可选附件

- 高压衰减器 (40dB / 50 Ω 、1k Ω)
- 电容耦合夹, 符合GB/T 17626.4及IEC61000-4-4标准要求
- 外部三相大功率耦合 / 去耦合网络(30A)

3 试验方法

3.1 实验室试验条件

1) 环境条件:

- 工作环境清洁, 不含腐蚀性气体
- 环境温度: 15 $^{\circ}$ C~35 $^{\circ}$ C
- 环境湿度: 25%~75%
- 大气压力: 86kPa~106kPa

2) 电磁条件:

实验室的电磁条件应能保证被试设备正确操作, 且不致影响试验结果。

3.2 试验步骤

1. 接通仪器电源

将附件中仪器供电电源线一端接入仪器后面板的仪器电源输入端“AC IN”, 另一端接入供电网络。

2. 接通被试设备电源

将附件中被试设备五芯供电电缆接入仪器后面板的被试设备电源输入端“EUT POWER IN”, 另一端连接到供电网络; 后面板安全接地端外接三相电源地线大地。

附件中被试设备供电连接线(3红、1黑、1绿五根连接线)连接头插入仪器前面板的被试设备工作电源输出端口“L1”、“L2”、“L3”、“N”、“PE”, 另一端直接接入被试设备。

3. 地线连接

将SKS-0404IB前面板的接地端接参考接地平面(接线短而粗)。

4. 打开仪器电源
打开前面板电源开关“POWER”，此时面板上POWER指示灯亮，同时液晶显示主界面。
5. 进入脉冲群主界面
选择所需IEC61000-4-4标准要求的脉冲等级试验，选择等级模式；或以前记忆或新试验的用户自定义模式。
6. 进入脉冲群主界面
点击主菜单“测试项目”下脉冲群子项目进入脉冲群参数设置主界面。
7. 被试设备电源开通
打开仪器下面板“EUT LINE ON”电源输入端开关。设置液晶界面“EUT”参数为“打开”状态，被试设备电源即可接通，同时前面板EUT-P指示灯亮。
8. 脉冲群参数设置
根据需要，设置脉冲参数：电压、极性、重复频率、耦合方式、群周期、脉冲个数、脉冲运行时间等。若要记忆当前的参数设置，按另存为按钮。
9. 群脉冲试验
按运行/暂停按钮，试验测试开始。若终止试验，可按停止按钮。
10. 试验结束
测试结束后，合上“EUT POWER SWITCH”电源输入端开关被试设备电源断开；再关本仪器的电源开关“POWER”，结束群脉冲测试试验。



4 试验配置

可以区分两种不同类型的试验：

- 在实验室进行的型式试验；
- 在设备最终安装的对设备进行的安装后试验。

优先采用的试验方法是在实验室进行的型式试验。

4.1 试验设备

试验配置包括下列的设备：（见图22）

—— 接地参考平面：

接地参考平面应为一块厚度不小于0.25mm的金属板（铜或铝）；也可以使用其它的金属材料，但它们的厚度至少应为0.65mm。接地参考平面的最小尺寸为1m×1m。其实际尺寸取决于受试设备的尺寸。接地参考平面的各边至少应比受试设备超出0.1m。

——耦合装置（耦合网络或耦合夹）；

——去耦网络；

——SKS-0404IB试验发生器

注：SKS-0404IB已内含三相耦合 / 去耦合网络。

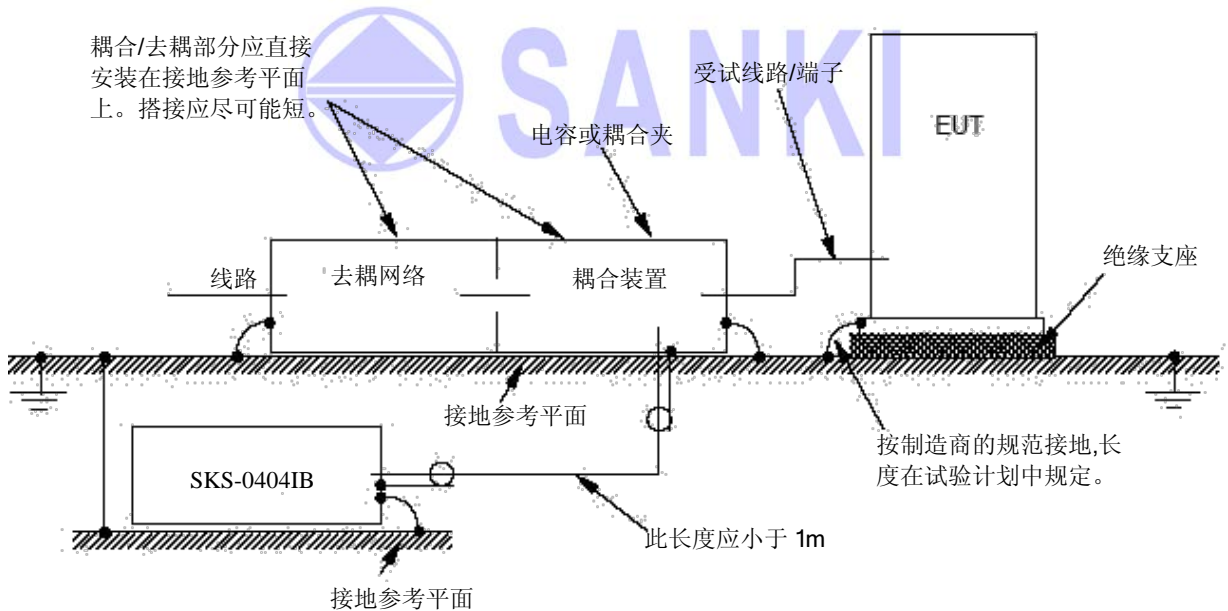


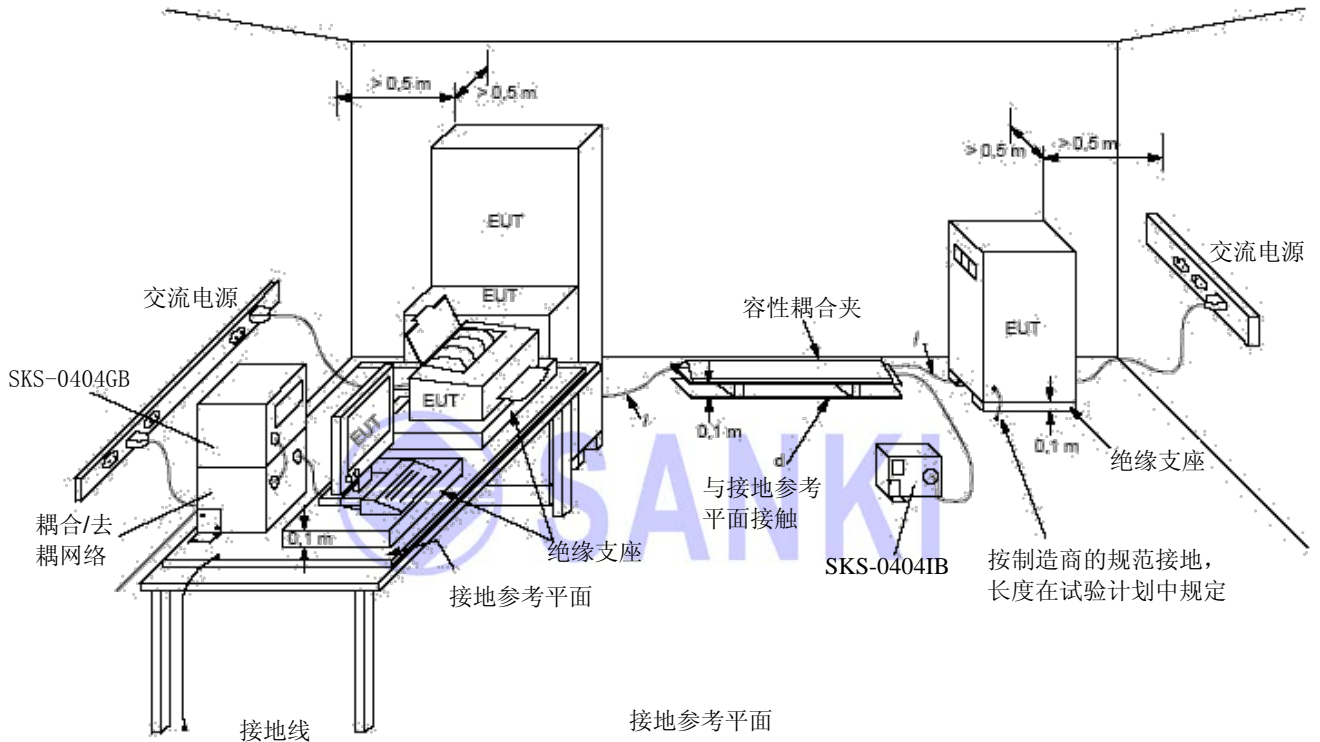
图22 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验配置

4.2 实验室进行型式试验的试验配置

4.2.1 试验条件

固定落地式安装或者台式受试设备和设计安装于其他配置中的设备，都应放置在接地参考平面上，并用厚度为 $0.1\text{m} \pm 0.01\text{m}$ 的绝缘支座将其隔开(见图23)。

对于台式设备，则受试设备应放置在接地参考平面上方 $0.1\text{m} \pm 0.01\text{m}$ 处(见图23)。通常安装于天花板或者墙壁的设备应按台式设备试验，并放置于接地参考平面上方 $0.1\text{m} \pm 0.01\text{m}$ 处。



L—耦合夹与 EUT 之间的距离 (应为 $0.5\text{m} \pm 0.05\text{m}$) (A)—电源线耦合位置 (B)—信号线耦合位置

图23 用于实验室型式试验的一般试验配置

试验发生器和耦合/去耦网络应直接放置在参考接地平面上，并与之搭接。接地参考平面应与实验室的保护地相连接。

受试设备应该按照设备安装规范进行布置和连接，以满足它的功能要求。

除了接地参考平面，受试设备和所有其他导电性结构（例如屏蔽室的墙壁）之间的最小距离应大于 0.5m 。

与受试设备相连接的所有电缆应放置在接地参考平面上方 0.1m 的绝缘支撑上。不经受电快速瞬变脉冲的电缆布线应尽量远离受试电缆，以使电缆间的耦合最小化。

受试设备应按照制造商的安装规范连接到接地系统上，不允许有额外的接地。

耦合/去耦网络连接到接地参考平面的接地电缆，及所有的搭接所产生的连接阻抗，其电感成分要小。

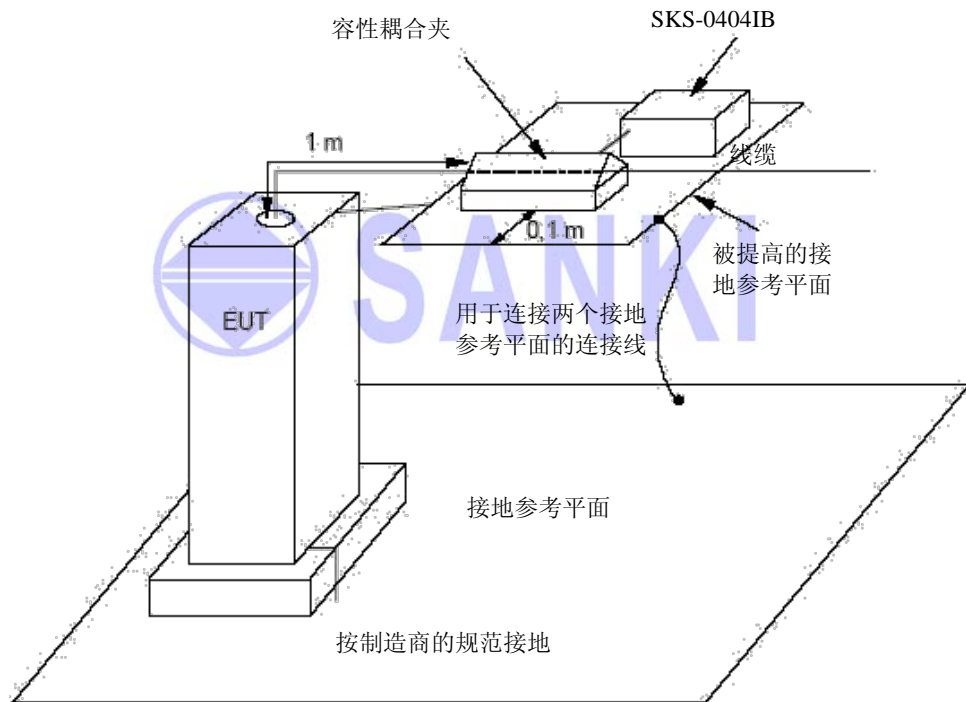
应采用直接耦合网络或容性耦合夹施加试验电压。试验电压应耦合到受试设备的所有端口，包括受试设备两单元之间的端口，除非设备单元之间互连线的长度达不到进行试验的基本要求。

应采用去耦网络保护辅助设备和公共网络。

在使用耦合夹时，除耦合夹下方的接地参考平面，耦合板和所有其它导电性结构之间的最小距离为0.5m。

除非其它产品标准或者产品类标准另有规定，耦合装置和受试设备之间的信号线和电源线的长度应为 $0.5\text{m} \pm 0.05\text{m}$ 。如果制造商提供的与设备不可拆卸的电源电缆长度超过 $0.5\text{m} \pm 0.05\text{m}$ ，那么电缆超出长度的部分应折叠，以避免形成一个扁平的环形，并放置于接地参考平面上方0.1m处。

用于实验室试验的配置实例见图23、图24。



注：耦合夹可安装在屏蔽室的墙壁上或者任何其它接地表面，并与受试样品搭接。电缆从顶部引出的大型、落地式安装的系统，耦合夹中心处于距离受试设备上方10cm处，电缆沿耦合夹平面的中心垂落布置。

图24 架式安装设备的试验配置

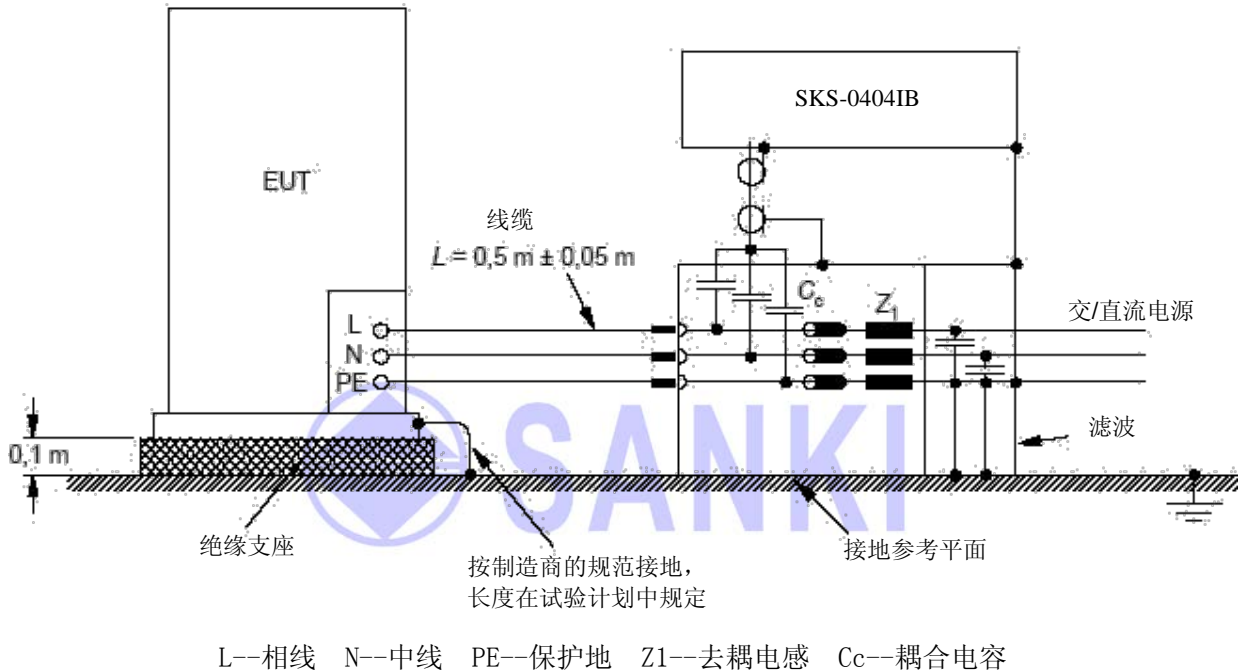
4.2.2 把试验电压耦合到受试设备的方法

把试验电压耦合到受试设备的方法取决于受试设备的端口类型（如下所述）。

4.2.2.1 供电电源端口

经过耦合/去耦网络直接耦合电快速瞬变脉冲群骚扰电压的试验配置如图25。这是耦合到供电电源端口首选的方法。

若没有适合的耦合/去耦网络，例如当交流电源电流大于100A，可采用替代方法；然而，不建议使用容性耦合夹的方法，因为在耦合脉冲群时，耦合夹的效率远低于用33nF电容直接注入的方法。



注 1：直流端子按类似方式处理。

注 2：若产品或产品类标准中有规定，耦合/去耦网络和受试样品之间的信号和电源线缆可长至 1m。

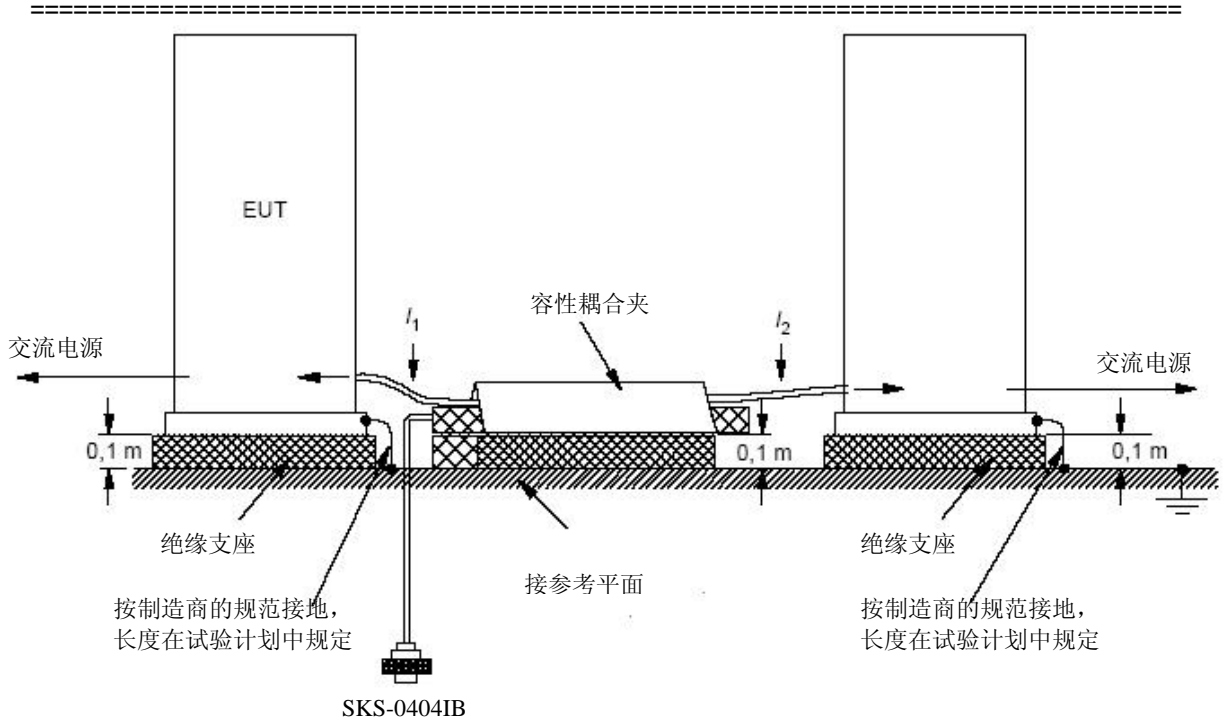
图25 用于实验室试验的试验电压直接耦合到交流/直流电源端口/端子的试验配置

4.2.2.2 输入/输出端口和通信端口

使用容性耦合夹把骚扰试验电压施加到输入/输出端口和通信端口如图24和图26。当采用容性耦合夹的方法时，连接受试设备的非受试或者辅助设备应适合去耦。

4.2.2.3 机柜接地端口

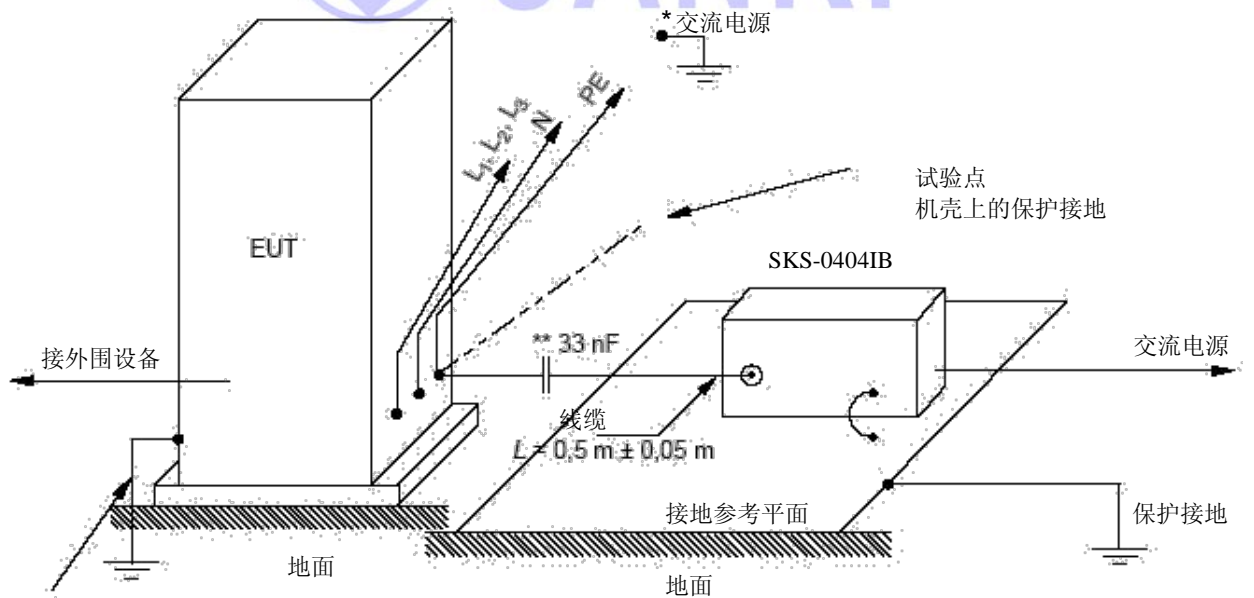
机柜上的测试点应是保护接地点的导电端子。应通过一个33nF的耦合电容将试验电压施加到保护地（PE）连接点，见图27。



当对两台受试设备同时进行试验时：受试设备与耦合夹的距离 $l_1=l_2=0.5\text{m}\pm 0.05\text{m}$ 。当只对一台受试设备进行试验时，容性耦合夹和非受试设备之间必须插入一个去耦网络。

注：电快速瞬变脉冲群发生器必需搭界到接地参考平面。

图26 用于实验室试验的利用容性耦合夹进行试验的试验配置



按制造商的规范接地，
长度在试验计划中规定

*直流接地端子按同样方式处理

**必要时使用隔直电容。

图27 固定的落地式受试设备交流/直流电源端口或保护接地端子安装后试验配置

4.3 安装后试验的试验配置

这些试验是可选用的。只有在制造商和用户同意后才可进行这些试验。必须考虑到试验本身可能对受试设备有破坏性，位于同一地点的其他设备可能会损坏或者受到不可接受的影响。

应该按照设备或系统的最终状态进行试验。为了尽可能地逼真模拟实际的电磁环境，在进行安装后试验时应该不用耦合/去耦网络。

在试验过程中，除了受试设备以外，如果有其它装置受到不适当的影响，经用户和制造商双方同意可以使用去耦网络。

4.3.1 对供电电源端口和接地端口的试验

4.3.1.1 固定的落地式设备

试验电压应同时施加在接地参考平面和所有交流或直流供电电源的接线端子，以及受试设备机框的保护接地或者功能接地端子之间。试验配置见图27。

尺寸最小为 1m^2 的接地参考平面应靠近受试设备安装，并与电源插座处的保护接地端连接。

电快速瞬变脉冲群发生器应该放置在接地参考平面上。从电快速脉冲群耦合装置的同轴输出到受试设备接线端子的“带电导线”长度应为 $0.5\text{m} \pm 0.05\text{m}$ 。这种连接线不应屏蔽，但应绝缘良好。如果需要使用交流/直流隔离电容，其电容量应为 33nF 。受试设备的所有其他连接应根据它的功能要求。

4.3.1.2 经软线和插头连接到电源的非固定安装的受试设备

试验电压应同时施加到每根供电电源的每一根导线和供电电源的保护接地之间，见图28。

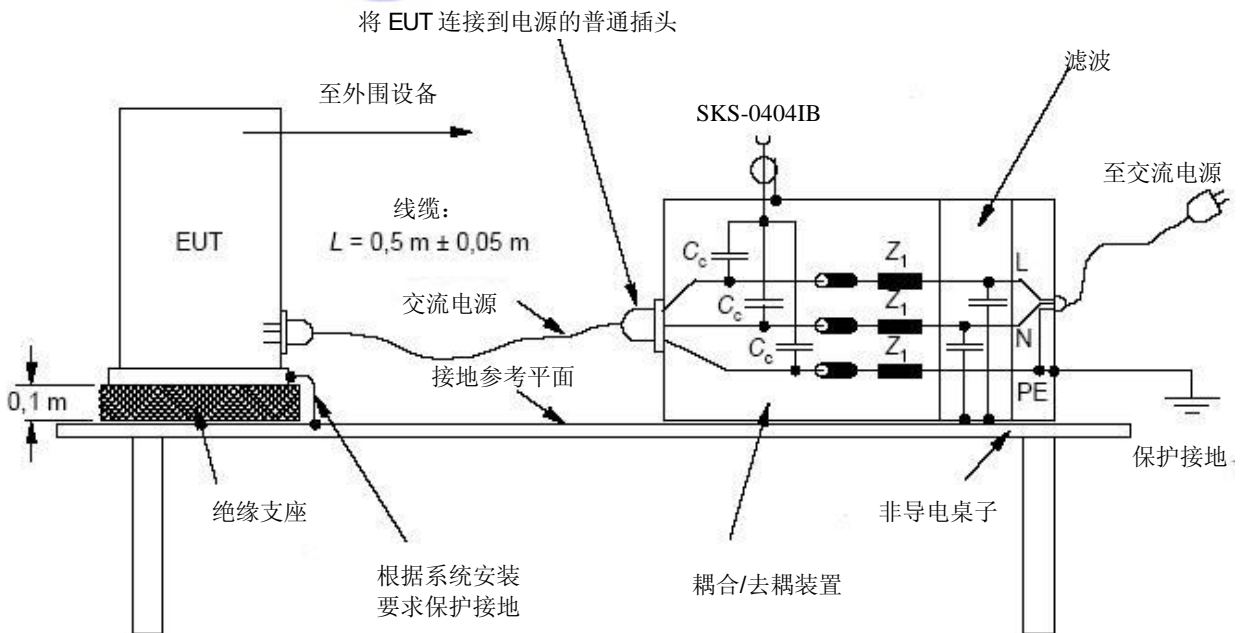


图28 非固定式受试设备交流电源端口和保护接地端子安装后试验配置

4.3.2 对输入/输出和通信端口的试验

将试验电压耦合到输入/输出和通信端口，容性耦合夹是优先的选择方法。但是，如果因为电缆敷设中机械方面的问题（尺寸、电缆布线）而不能使用耦合夹时，则可代之以金属带或导电箔来包覆被试的线路。这种带有箔或带的耦合布置的电容应该与标准耦合夹的电容相等。

一种替代的方法，就是用分立的100pF电容来代替耦合夹、金属箔或金属带的分布电容把电快速瞬变脉冲群耦合到线路的端子。

如果一个受试设备包含很多类似的端口，只要能确认这些端口是类似的，制造商可以选择测试有代表性的电缆。

从试验发生器引出的同轴电缆应在耦合点附近接地。不允许把试验电压施加到同轴电缆或屏蔽通信线路的接头（带电线）上。

在施加试验电压时，不应降低设备的屏蔽保护。试验配置见图29。

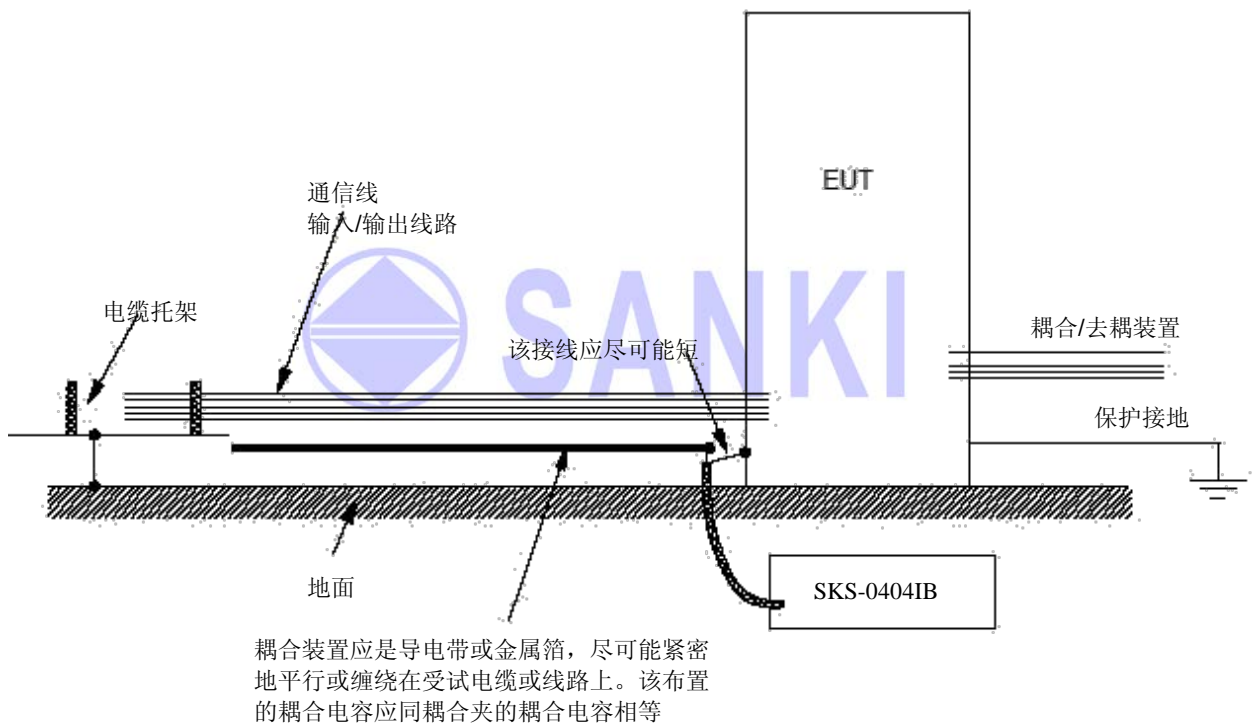


图29 不使用容性耦合夹的通信线路和输入/输出端口安装后试验配置

用分立电容的耦合布置所得到的试验结果与用耦合夹或箔耦合方式得到的试验结果很可能不同。因此，为了考虑设备的重要安装特性，产品标准的专业标准化技术委员会可能需要修改所规定的试验等级。

在安装后试验中，经制造商和用户的同意，对于外部电缆，可以将所有电缆同时放入耦合夹之内来进行测试。

5 参考标准

SKS-0404IB电快速瞬变脉冲群发生器符合基础性的电磁兼容国家标准GB/T 17626.4—2008和国际标准IEC61000-4-4: 2004, 以及欧洲电气标准EN601000-4-4。试验人员除了熟悉相关的产品标准外, 还要熟悉本产品使用说明书, 必要时还应当熟悉相应的基础性电磁兼容标准, 这是规范试验和保证试验结果重复性和可比性的一个基础。

6 实验结果评估

试验结果应依据受试设备的功能丧失或性能降级进行分类。相关的性能水平由设备的制造商或试验的需求方确定, 或由产品的制造商和购买方双方协商同意。建议按如下要求分类:

- a) 在制造商、委托方或购买方规定的限值内性能正常;
- b) 功能或性能暂时丧失或降低, 但在骚扰停止后能自行恢复, 不需要操作者干预;
- c) 功能或性能暂时丧失或降低, 但需操作人员干预才能恢复;
- d) 因设备硬件或软件损坏, 或数据丢失而造成不能恢复的功能丧失或性能降低。

由制造商提出的技术规范可以规定对受试设备产生的哪些影响是不重要的, 因而这些影响是可接受的。

在没有合适的通用标准、产品标准或产品类标准时, 这种分类可以由负责相应产品的通用标准、产品标准和产品类标准的专业标准化技术委员会制定, 用于作为明确表达性能判据的指南, 或作为制造商和购买方双方协商的性能判据的框架。

附录

试验等级的选择

试验等级应按照最真实的安装和环境条件来加以选择。

为了确定设备在预期工作环境中的性能等级，应根据表1所示的等级进行抗扰度试验。

对于受试设备的输入/输出、控制、信号和数据端口，试验电压为电源端口试验电压的一半。

根据通常的安装实践，建议按照电磁环境的要求来选择电快速瞬变脉冲群试验的试验等级，如下：

第1级：具有良好保护的环境

设施具有下列特性：

——在被切换的电源和控制电路中，电快速瞬变脉冲群被全部抑制；

——电源线（交流和直流）与来自属于较高严酷度等级的其他环境中的控制和测量电路分离；

——电源电缆带有屏蔽层，屏蔽层的两端都在设施的接地参考平面接地，并通过滤波进行电源保护；

计算机房可作为这类环境的代表。

采用此级别对设备进行试验时，只适用于型式试验中的电源电路及安装后试验中的接地线路和设备机柜。

第2级：受保护的环境

设施具有下列特性：

——仅采用继电器（无接触器）切换的电源和控制电路中，电快速瞬变脉冲群被部分抑制；

——较高严酷等级环境有关的其他电路和工业环境中的工业电路分离不完善；

——非屏蔽的电源电缆和控制电缆与信号电缆和通信电缆在结构上分离。

工厂和发电厂的控制室或终端室可作这类环境的代表。

第3级：典型的工业环境

设施具有下列特性：

——仅采用继电器（无接触器）切换的电源和控制电路中，对电快速瞬变脉冲群无抑制；

——工业线路与同较高严酷等级环境有关的其他线路分离不完善；

——电源、控制、信号和通信线路采用专用电缆；

——电源、控制、信号和通信电缆之间的分离不完善；

——存在由电缆托架（同保护接地系统相连）中的导电管道、接地导体和接地网提供的接地系统。

工业过程设备的使用场所可作为这类环境的代表。

第4级：严酷的工业环境

设施具有下列特性：

- 由继电器和接触器切换的电源和控制线路中，对电快速瞬变脉冲群无抑制；
- 严酷的工业环境中的工业线路与较高严酷等级环境有关的其他线路不分离；
- 电源、控制、信号和通信电缆之间不分离；
- 控制和信号线共用多芯电缆。

未采取特定安装措施的工业过程设备的户外区域，发电厂，露天的高压变电站的继电器房和工作电压达500kV的气体隔离的变电站（采用典型的安装措施）等区域可作为这类环境的代表。

第5级：需要加以分析的特殊环境

根据骚扰源与设备的电路、电缆、线路等电磁分离程度的优劣，以及安装质量，可能需要采用高于或低于上述等级的环境等级。应该指出，较高严酷等级的设备线路可以进入严酷等级较低的环境。

