

第一部分：HMCJ-300kV/15kJ雷电冲击控制系统

1. 概述

“GSPCSM-3.2”冲击控制系统软件适用于对冲击电压试验和冲击电流试验的雷击波、操作波、方波等发生器的控制动作。

“GSPCSM-3.2”冲击控制系统软件为冲击波形的控制提供了一个操作快捷,功能强大,科学稳定的操作环境。

2. 使用条件

1. 海拔高度不超过 1000 米
2. 环境温度：-10℃~40℃
3. 环境湿度：相对湿度不大于 85%
4. 无导电尘埃和腐蚀性气体
5. 接地线尽可能的短、粗且回路一点接地

3. 符合标准

GB7449	电力变压器和电抗器的雷电冲击和操作冲击的试验导则
GB1094.3	电力变压器第三部分 绝缘水平和绝缘试验
GB/T 311.1	高压输变电设备的绝缘与配合
GB/T 16927.1	高电压试验技术 第一部分 一般试验要求
GB/T 16927.2	高电压试验技术 第二部分 测量系统
GB/T 16896.1	高电压冲击试验用数字记录仪
ZBF 24001	冲击电流试验实施细则
GB/T11920	电站电气部分集中控制装置通用技术条件
GB/T191	包装储运图示标志
DL/T 846.1	高电压测试设备通用技术条件 第 1 部分：高电压分压器测量系统
DL/T 848.2	高压试验装置通用技术条件 第 2 部分：工频高压试验装置
DL/T 848.3	高压试验装置通用技术条件 第 3 部分：无局放试验变压器
DL/T 848.5	试验装置通用技术条件 第 5 部分：冲击电流发生器

4. 原理和电路

雷电冲击电压测试设备是采用电容储能的脉冲功率装置，其基本原理框图如下：

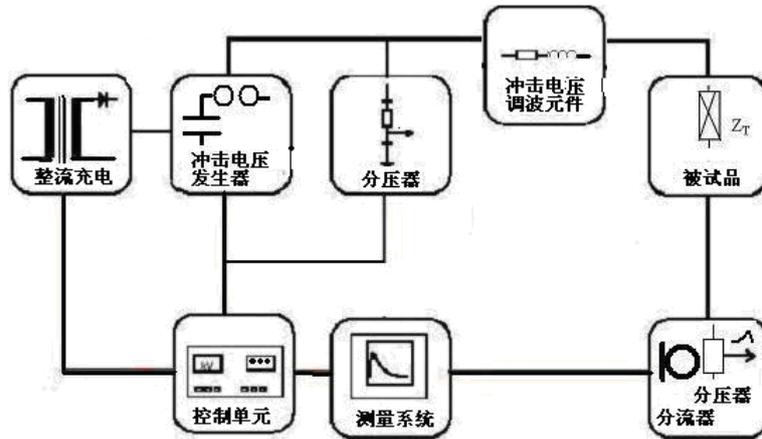


图 4-1 冲击电压测试装置框图

设备总共分为以下四个部分（单元）：

- 1) 高压直流充电单元；
- 2) 冲击设备本体：电容器/电阻和电感；
- 3) 触摸屏控制系统；
- 4) 计算机测控系统。

5. 触摸屏控制系统操作方法

5.1. 在测控系统机柜上有 1 个旋转按钮 和 1 个急停按钮，其功能分别如下：

- 1) **【控制电源】**：顺时针旋转开关，控制回路接通电源；逆时针旋转，则关断控制电源。
- 2) **【紧急停止】**：在任何紧急情况下，按下紧急按钮，系统停止切断电源，主回路接地系统处于安全状态。

5.2. 系统启动后自动进入触摸屏主控界面，在主控页面内可以通过简单的触摸操作完成对系统的所有控制，并且将系统的运行状态直观的以图形动画显示出来。主控界面主要包括三部分，图形显示区（1），状态信息显示区（2）和控制区（3）



图 7-2 主控界面

5.2.1. 【图形显示区】包括控制系统主要部件的动作，可以直观的以动画的方式检测到控制系统各个部件当前的状态。

- 极性状态：显示会根据当前的极性自动显示文字“正极性”或者“负极性”。无极性则显示“无”，并闪烁，提醒您需要先进行极性切换。
- 电容器：充电时指针会从左往右移动，说明正在充电，电容器根据充电电压与设置电压以百分比填入，可以直观看到充电情况，并以文字形式显示当前电压。
- 接地状态：当接地电磁铁打开时，图形化接地打开指示灯由绿色变为红色，表示危险。
- 触发球：可以直观的显示出当前触发球的距离并根据触发球的距离自动调整显示球的位置，并伴以数字显示当前球隙距离。

5.2.2. 【状态信息显示区】显示当前系统的设置参数，故障信息，以及各部分的运行状态。



- 启动条件：备妥、急停按钮及试品门以界面指示灯的方式显示，当系统启动的条件未达到时，该部分会显示为红色。
- 主回路状态：主电源与接地打开指示灯的红灯分别表示主接触器合闸到位与接地打开到位。
- 故障状态：当异常指示灯闪烁时说明有故障发生。
- 设置参数显示：当前电压与充电次数前面的数字为当前的实际测试数据，斜杠后面为设置参数；充电时间前面的数字为当前的充电时间，斜杠后面为设置的充电间隔时间；
- 运行状态：上面一行为现实系统运行流程状态，显示当前系统运行的步骤。右侧一行显示 PLC 运行状态，有故障时，显示故障信息。

试验参数栏			
当前电压	0/0	放电次数	0
充电时间	0/0	充电次数	0/0
当前球隙	94mm	极性状态	无极性
运行状态	请先设置试验参数		
故障信息	PLC未启动		

- 5.2.3. 【控制区】主界面总共有 5 个按钮，分别为“准备”、“试验开始”、“手动触发”、“故障复位”、“试验参数”，其功能分别为：
- 准备：开始试验前，先设置试验参数，检查硬件回路，确定无误后，按下备妥按钮，表示准备完成。
 - 试验开始：系统处于停止状态时，显示“开始试验”，当试验开始后，显示为“停止试验”，按下可以停止正在进行的试验。
 - 手动触发：手动触发点火脉冲。
 - 试验参数：设置试验常用参数，包括实验流程，测试位置，系统设置等。
 - 故障复位：当系统出现故障时，点击后可以复位系统故障。
- 5.3. 试验参数设置：在测试主页面点击【试验参数】按钮，进入实验参数设置界面（图 7-3），可根据试验要求设置测试流程，由系统自动进行测试。



图 7-3 试验参数设置

5.3.1. 冲击试验设置:

- 设定充电电压: 设置电容器的预期充电电压, 单位为 kV (千伏)。可设置的最低充电电压为 0.5kV, 额定充电电压为 150kV, 最高不得超过 150kV, 设置精度为一位小数点 (即 100V)。不同波形最高电压不同。
- 设定放电间隔: 设置每次冲击的间隔时间, 单位秒 (S)。
- 设定冲击次数: 在当前的极性下, 总共自动冲击的次数。
- 极性切换: 单击正极性按钮, 系统会切换到正极性, 负极性是一样操作方式。
- 完成设置: 点击触摸按钮【确定】, 系统自动设置相关动作, 并进入预备测试模式, 保存设置参数, 下次启动页面显示为本次设置的参数。

5.3.2. 系统参数设置: 设置控制系统的组成, 个功能模块的动作方式, 以及系统硬件参数设置, **一旦设备调试好, 严禁随意改动系统参数**。进入方式: 在参数设置页面点击【系统参数】切换到密码输入界面 (图 7-4)。由于系统调试涉及重要的参数调整, **必须输入正确的授权密码才可进入高级调试界面**。

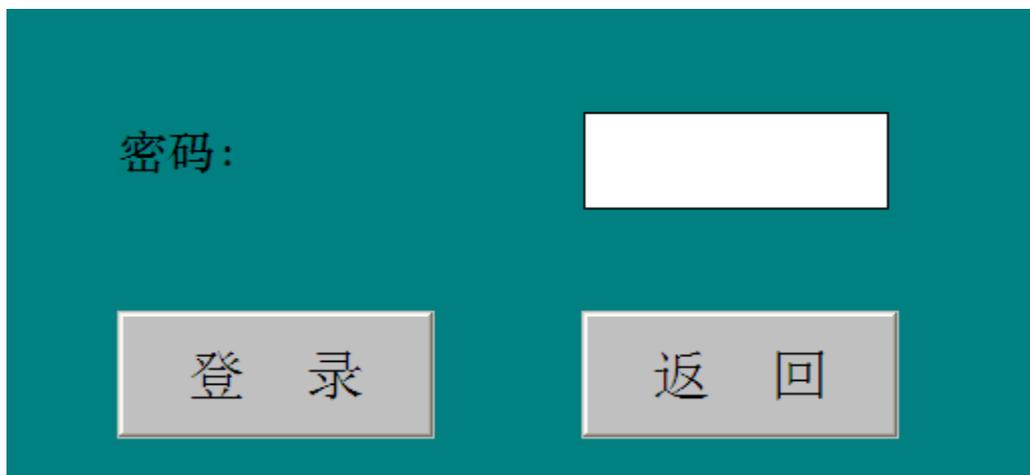


图 7-4 密码输入界面

5.3.3. 输入正确的密码后，点击“确定”按钮，进入系统参数设置界面（图 7-5）

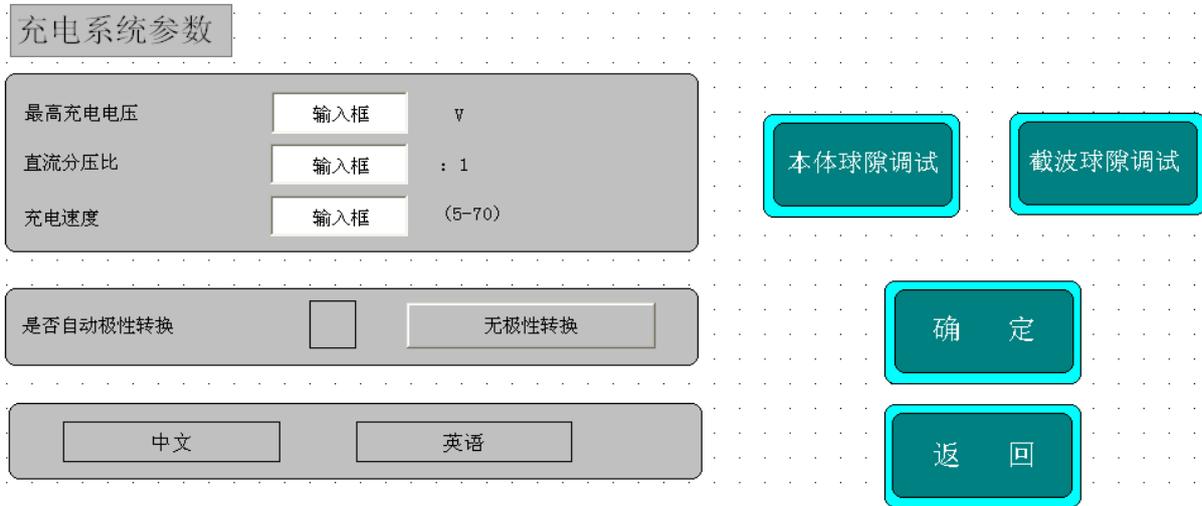


图 7-5 系统参数设置

5.3.4. 充电回路参数：也就是设置主回路的参数。

- **【最高充电电压】**：用来设置系统最高设置电压，防止在设置参数是设置电压过高情况。
- **【直流分压比】**：设置充电电压的采样分压器分压比值，正确的分压比可以直观的以数字方式准确的检测（和设置）到充电电压。
- **【充电速度】**：数值越小速度越慢。变压器原边输入电压控制值。
- **【中文】&【英文】**：切换系统语言，红色为当前系统模式。
- 本体球隙、陡波球隙参数设置：球隙的自动调整与设置的充电电压对应表；
- 完成设置：点击**【确认】**按钮完成参数的设置。

5.3.5. 球隙对应电压设置

【自动球隙 1 参数】 点击进入间隙调整页面

- 自动球隙距离：下图，根据在实际测试中的结果，记录下充电电压从小到大，所对应的球隙距离。输入完毕后，点击**【确认并返回保存】**按钮。返回到**【系统参数设置界面】**。

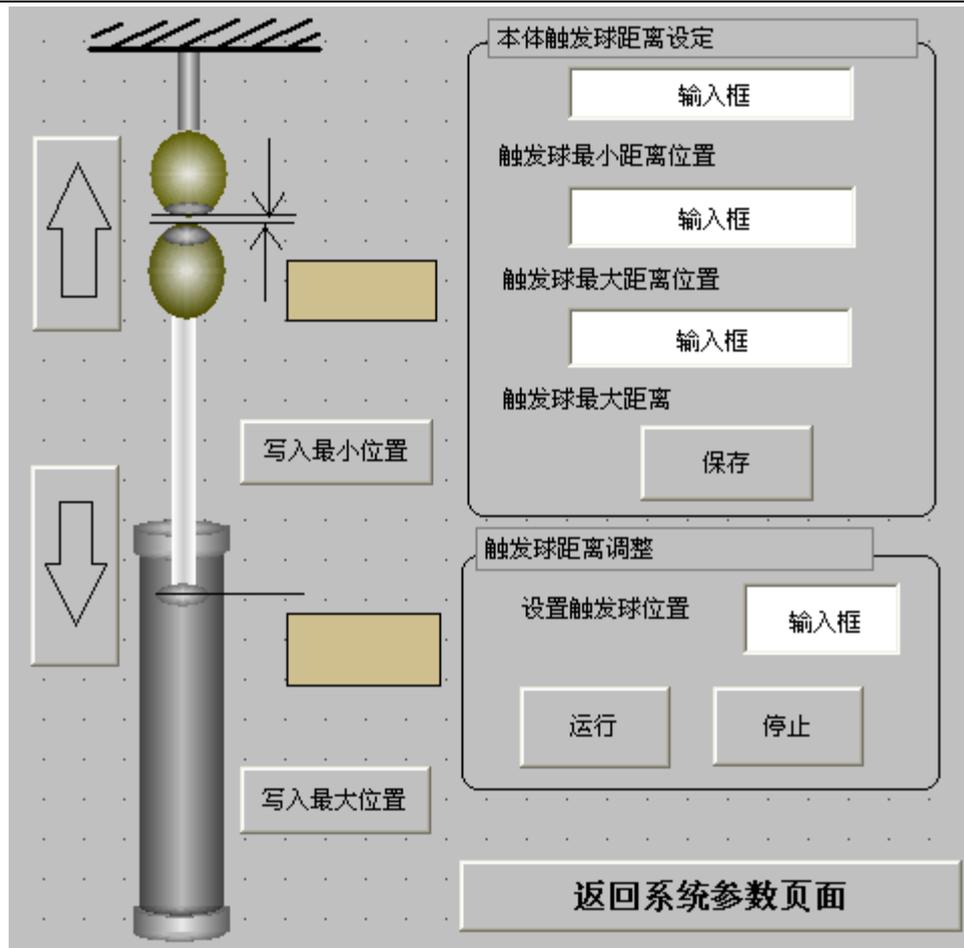
自动球隙设定
+ -

1	电压 (kV)	输入框	距离 (mm)	输入框	输入框
2	电压 (kV)	输入框	距离 (mm)	输入框	输入框
3	电压 (kV)	输入框	距离 (mm)	输入框	输入框
4	电压 (kV)	输入框	距离 (mm)	输入框	输入框
5	电压 (kV)	输入框	距离 (mm)	输入框	输入框
6	电压 (kV)	输入框	距离 (mm)	输入框	输入框
7	电压 (kV)	输入框	距离 (mm)	输入框	输入框
8	电压 (kV)	输入框	距离 (mm)	输入框	输入框
9	电压 (kV)	输入框	距离 (mm)	输入框	输入框
10	电压 (kV)	输入框	距离 (mm)	输入框	输入框

保存

5.3.6. 触发球间隙调试

在【参数设置】页面中，点击【球隙调试】进入触发球间隙调试，该页面总共包括 3 部分，触发球状态显示、触发球参数设置和触发球控制设置。



5.3.7. 触发球状态显示：右图，以动画的方式显示当前触发球检测信号的位置、距离差和控制方式。

- 图中“上下箭头”为手动控制触发球距离增大、减小。
- “31.3mm”显示的是当前参数下触发球的距离。
- “0 量值”该值显示的是实际信号检测到的数值，也就是我们所需要调试的值
- “最小值”“最大值”按钮是用来将当前量程值写入最小位置，和最大位置。

5.3.8. 触发球距离设置：右图，将调试结果输入在这里。

- 触发球最小位置：将触发球运行至最小距离处，记录当前触发球位置的量值，写入【触发球最小距离位置】，或者将触发球运行至最小距离处后，点击【写入最小位置】按钮，数值自动记录。
- 触发球最大位置：将触发球运行至最大距离处，记录当前触发球位置的量值，写入【触发球最大距离位置】，或者将触发球运行至最大距离处后，点击【写入最大位置】按钮，数值自动记录。

保存参数：调试结束后，点击【保存】按钮，保存调试结果。

5.3.9. 故障信息：

1. 当前充电电压大于设定电压的 10%：

- 1.1 检查直流分压器的高压端与低压端的连接是否可靠连接；
- 1.2 检查直流分压器的 BNC 插头是否可靠连接，重新插拔一次；
2. 急停按下，请旋开按钮：
 - 2.1 该信息表示急停按钮按下，设备处于待机状态，若要重新启动设备，请先旋开急停按钮；
3. 试验过程中，接地闭合：
 - 3.1 检查接地打开到位的传感器在接地打开的时候是否能够可靠地检测到信号。若接地打开到位时，传感器没有亮或者介于亮和不亮之间，请调整该传感器与铁块之间的距离，使之可靠感应到信号；
4. 合闸命令发出 3s 后，接地没有打开到位：
 - 4.1 检查对应的接地电磁铁有没有打开这个动作，若没有，则检查控制信号有没有输出；若有，则按照第 3 条方法检查。
5. 门联锁接地棒未到位：
 - 5.1 检查门是否关好，接地棒是否放置在指定的位置。
 - 5.2 检查行程开关的信号是否有效，按下开关，人机界面上对应的指示灯会亮。
6. 原边过流：
 - 6.1 检查过流继电器与电流互感器的整定值是否正确（不同的设备对应的值不一样，请在专业人员指示下进行检查）
 - 6.2 按下“故障复位”按钮，恢复初始状态。
7. 原边过压：
 - 7.1 检查过压继电器与电压互感器的整定值是否正确（不同的设备对应的值不一样，请在专业人员指示下进行检查）
 - 7.2 按下“故障复位”按钮，恢复初始状态。
8. 若以上处理方案没有解决问题，请联系相关客服。

6. 设备操作须知

本设备为特殊的高电压设备，为确保人身安全和设备正常运行，操作和使用此设备的人员都必须具有一定的高电压知识和高电压试验技术，且懂得高电压试验的安全知识，在阅读本说明书，熟悉该高压电试验设备后，看懂有关电路，根据要求准确调整好回路元件，方可进行试验。

- 试验进行前，将接地棒从发生器移开且把试区门关闭。合上主电源。
- 开始试验时，如启动后主电源无电，则检查急停开关和连锁开关；
- 按“开始试验”按钮打开接地装置，有充电电流而没有电压，检查是否在发生器上有不正常接地。
- 冲击电流发生器应用金属网隔开，防止试品的爆裂，伤害人员。若要换调元件，需要用接地棒短接电容器，确保电容器上无剩余电荷。

- 放电电极定期清洁、更换。充电变压器定期常规试验。电容器需要定期测量电容量和介损。
- 进入本体区域，必须用接地杆将充电电容上的剩余电荷释放，电容器连接端上均需要放电，各点反复多次，直至任何一段未见到明显火花，尤其要注意的是，检查高压部件时接地杆必须始终挂在需要检查的位置上。
- 更换试品时将接地棒接触到试品非接地端，确保人员接触到的部位安全接地。
- 高电压试验须至少两名操作人员方可进行，禁止单人进行操作实验。
- 在整个实验过程中，严谨操作人员远离设备，时刻注意设备运行状况。
- 有任何故障或异常现象，立即停止试验，并做好异常现象记录，联系我们。
- 安全第一。

7. 维护须知

1. 日常维护程序

- a、应定期清洁。建议一周一次。
- b、检查绝缘是否良好
- c、检查电气连接是否有不良。
- d、地线是否连接完好。
- e、检查接线端子有无松动现象，各电气连接接触是否良好。

2. 长期停放时的维护保养措施

长期停放时，应注意绝缘、防潮、防锈等；

长期停放后重新使用，应对电气性能进行检测，尤其是绝缘和接地，合格后方可使用。

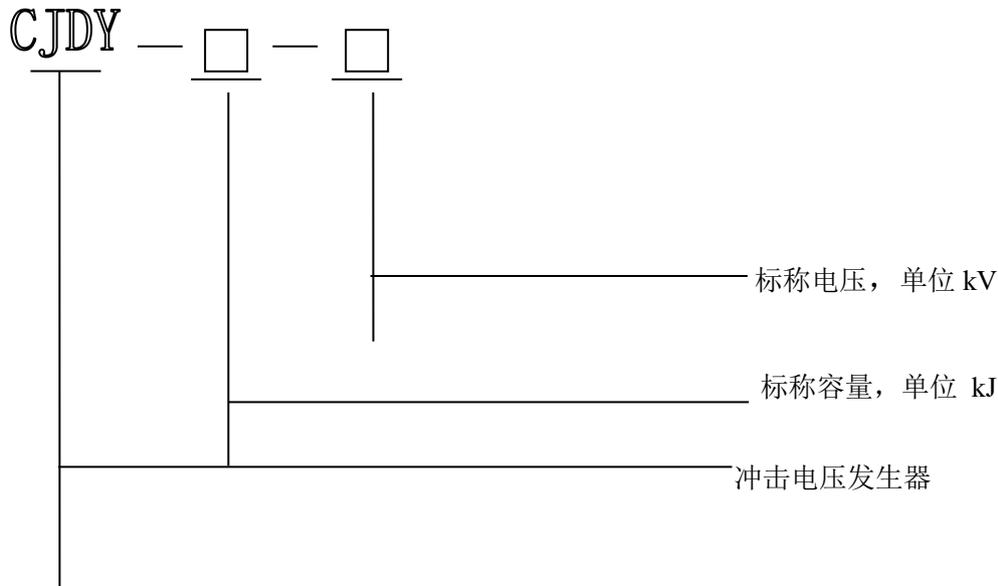
第二部分：HMCJ-300kV/15kJ雷电冲击发生器

一、概述

冲击电压发生器是产生冲击电压波的装置，用于检验电力设备耐受大气过电压和操作过电压的绝缘性能，冲击电压发生器能产生标准雷电冲击电压波形、雷电冲击电压截波，标准生操作冲击电压波形等及用户指定非标冲击电压波包括陡波。

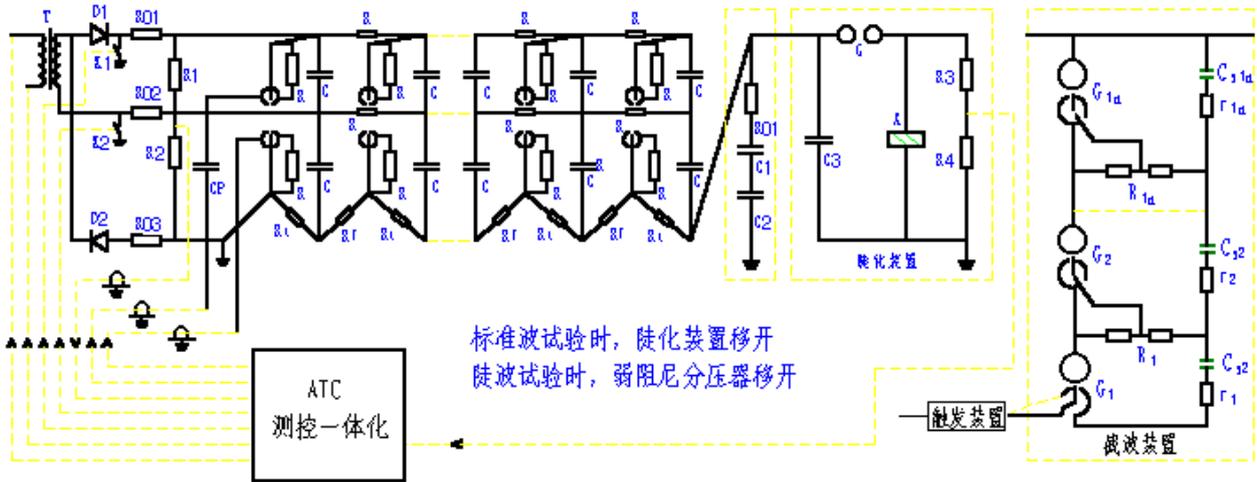
本系列冲击电压发生器可对绝缘子串、长空气间隙、套管、互感器、变压器等试品进行冲击电压试验和其它科学研究。

二、产品型号编制说明



HMCJ 系列冲击电压发生器主回路电路如下：

HMCJ-I 型



T: 充电变压器

D₁ D₂: 高压硅整流器

K₁ K₂: 自动接地开关

R₀₁ R₀₂ R₀₃: 充电保护电阻

R₁、R₂: 直流电阻分压器

C_p: 耦合电容器

R₀: 触发电阻

C: 主电容器

R: 充电电阻

R': 充电箱位电阻

R_t R_t: 波尾电阻

R_f R_f: 波头电阻

R'_f: 操作波外波头电阻

C₁'C₁'': 截波触发电容分压器

C'_{s0}: 点火电容

C₀: 串联放电球隙

R₀': 触发电球箱位电阻

- G'_0 : 隔离球
 R_0 : 分压器阻尼电阻
 $C_0 C'_0$: 弱阻尼电容分压器
 C''_0 : 电容分压器低压臂
 C_3 : 陡化电容
 r_1 : 截波均压电容器的阻尼电阻
 C'_1 : 截波均压电容器
 $R_2 R'_2$: 截波触发分压电阻
 G''_0 : 截波球隙
 G : 试品
 Z_0 : 截波延时器

三、使用条件

- 3.1 安装、使用处海拔高度不超过 1000 米
- 3.2 周围空气温度： $-20^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$ ，空气相对湿度不大于 85% (20°C)
- 3.3 无导电尘埃存在
- 3.4 无火灾及爆炸危险品
- 3.5 不含有腐蚀金属和绝缘的气体 and 蒸汽
- 3.6 无剧烈振动、碰撞和强烈颠簸
- 3.7 地平水平面不超过 3 度，移动式装置地面不平度 $\pm 1\text{mm}/\text{m}^2$
- 3.8 电源电压的波形为正弦波，波形畸变率小于 3%，频率 50Hz，电源侧不应遭受来自外部的过电压。
- 3.9 设有一可靠接地点，接地电网应有良好的冲击特性，稳态下接地电阻不应大于 0.5Ω ，且接地点应在本体附件。

四、主要技术参数

- 4.1 额定级电压 $\pm 100\text{kV}$
- 4.2 输出电压波形

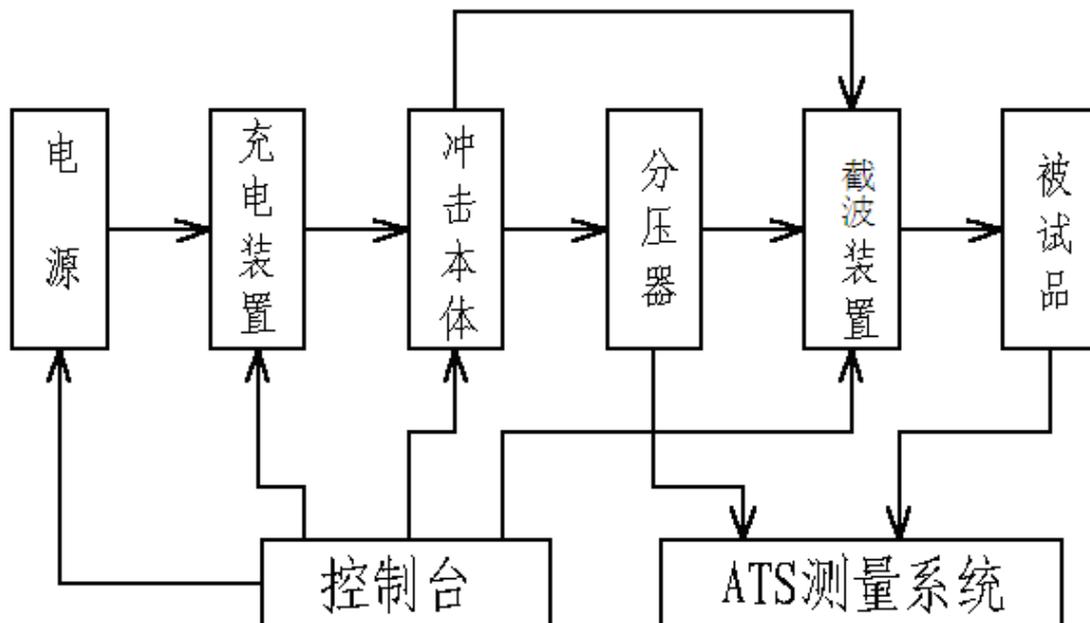
4.2.1 在不同额定电压下和一定负荷电容时，能产生 $1.2/50 \mu\text{S}$ 雷电冲击电压全波。

4.2.2 利用多球截波装置可获得截波时间为 $2\sim 6 \mu\text{S}$ 的雷电冲击电压截波，截波时间分散性的标准偏差不大于 150nS 。

4.3 电压利用系数：在不同负荷电容配备一定的冲击电容，产生 $1.2/50 \mu\text{S}$ 雷电冲击电压波，利用系数分别不小于 0.85 。

4.4 使用持续时间：在 $2/3$ 额定电压以上每两分钟充放电一次，可连续运行，在 $2/3$ 额定电压以下，每分钟充放电一次，可连续运行。

五、设备组成



六、使用方法

6.1、准备工作

6.1.1 选择合适容量、电压的电源

6.1.2 按表 (1)、(2)、(3)、(4) 合理将设备就位

6.1.3 按项 5 “设备组成项” 选择合适导线，正确接好每一根线。

6.1.4 接好设备的接地线，设备的接地线应相互相联，最终一点接地且应在本体附近，特别应注意的是接地线应采用铜皮相联。

6.2 开机前准备工作

6.2.1 清除发生器各部分绝缘和球隙表面的灰尘、污垢、潮气

6.2.2 将手动接地棒放到方便操作

6.2.3 检查控制测量系统且将控制、测量系统调整预置好(参照“控制、ATS 测控一体化说明书”)。

6.2.4 重复查 6.1 项

6.2.5 关闭试区大门及防护门

6.2.6 不充电，将装置先动作一遍，查看动作是否灵活，接触是否良好。

6.3 调波方法

6.3.1 冲击电压发生器雷电冲击波空载(波头电容兼电容分压器约 300PF)波形调试或带被试品波形调试。

6.3.1.1 检查冲击发生器充电装置与本体及电容分压器相连部份是否正确连接，各部位是否良好接地。

6.3.1.2 根据波头电容估算波头电阻值和波尾阻值。

6.3.1.3 将估算合适的波头电阻和波尾电阻接入本体，用铝棒将操作波的外波头电阻短接。

6.3.1.4 根据估测冲击电压波幅值，适当选择冲击电压分压器低压臂电容，保证低压臂电压幅值不超过 1000V。

6.3.1.5 在低压情况下，对本体充电，充电到整定电压与充电电压相等时触发本体对波头电容放电，波头时间偏短增加波头电阻，半峰值时间偏短，增加波尾电阻，反之相反。

6.3.2 发生器雷电截波调试

6.3.2.1 在选好雷电全波参数下，根据试验电压调整多球截波装置的球间隙距离。控制台截波指示可作为参考；

6.3.2.2 根据本体的电压选择截波触发电压，由第一级波尾电阻中间抽头输出触发信号，电压幅值不得超过 20kV，经延时装置送至截波装置下一级点火球点火，截波动作，示波器测量截波波形，截断时间和过零系数均符合标准即可，如截断时间 $\leq 2 \mu S$ ，则适当增加截波球间隙，如 $\geq 6 \mu S$ ，则适当减少截波球间隙，一直调整到符合标准。

6.3.3 发生器操作冲击电压波调试

当产生操作冲击电压波时，拆除铝短接棒，将外波头电阻接入放电回路，拆除或调换各级雷电波尾电阻。当产生幅值较高的操作冲击电压波时，控制室观察走廊应有可靠接地的金属网遮栏，周围其它试验设备和物体应可靠接地。

6.3.3.4 测量仪器测出波形是否符合标准，如果波头时间偏小，增加外波头电阻阻值，反之相反。尽管在不同负荷电容下，一般操作波的半峰值时间均能符合标准偏差规定。

七、注意事项

7.1 主回路电源应满足最大容量

7.2 所有接地为实际上的一点接地

7.3 所有调波电阻严禁摔、跌、踩

7.4 绝缘筒支柱严禁碰撞、划伤、电容器严禁受重物撞击

7.5 变压器、电容器缺油时严禁使用

7.6 整体设备严禁在空气温度低于 -25°C 时使用或贮存

7.7 铜球表面均无划伤或受碰撞痕迹

7.8 设备严禁倾斜使用

7.9 全套设备严禁覆冰、水、雪、雾，室内使用设备严禁室外贮存使用

7.10 试验结束后，设备控制台钥匙应拔出由专人保管，且该设备由专人操作。

7.11 在使用本套装置前，必须**认真阅读此说明书，尤其是第六、七项中所规定的必须严格遵守。**

八、日常维护

8.1 本套设备应放置在干燥、清洁的场地，不用时应做好防雨、雪、水、尘的防护工作，户外型应做好防雷工作。

8.2 对长期不用的设备应定期检查所有紧固件，绝缘件及放电间隙的防尘、防潮、防锈的三防工作。

8.3 控制、测量设备的面板应妥善保护且做好防碰及防尘工作。

8.4 设备发生故障时，用户无法修理时，应及时通知供应商派人修理。

