

粉尘云最小点燃能量测试系统使用手册

东北大学工业爆炸及防护研究所

目录

目录	I
1 实验原理与设备简介	1
1.1 基本原理	1
1.2 点火系统	1
1.3 主要技术参数	2
1.4 设备与部件清单	2
1.5 场地和配套设备	3
2 安全注意事项	3
3 人机界面	3
3.1 主界面	3
3.2 电容标定界面	5
3.3 高压电源标定界面	6
4 实验方法与步骤	7
4.1 电容标定	7
4.2 高压电源标定	7
4.3 最小点燃能量测定实验	7
4.3.1 设备连接	8
4.3.2 移动电极触发	8
4.3.3 开关触发	8
4.3.4 粉尘触发	8
5 FAQs	8
6 联系方式	9

1 实验原理与设备简介

1.1 基本原理

粉尘云最小点燃能量(MIE)是粉尘云中可燃粉尘处于最容易着火的浓度时,使粉尘云着火的点火源能量的最小值。粉尘云最小点燃能量也称为最小点火能或最小点火能量。粉尘最小点燃能量从能量的角度反映粉尘点燃的敏感程度,适用于评价机械火花、静电放电等非热表面点燃源的危险性。

测试基本原理是在爆炸容器内将粉尘分散到空气中,用一定能量的电火花试点燃,如果火焰传播距离大于 60mm,或检测到明显的压力上升,则判断为点燃。改变实验条件,直到测得最小的点燃能量。测试可以基于原始样品,也可以基于标准样品。所谓标准样品就是粉尘粒径为 200 目筛下,粉尘含水量低于 1%。测试标准如下:

- IEC 61241-2-3 1994 Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust - Part 2: Test methods - Section 3: Method for determining minimum ignition energy of dust/air mixtures.
- GB / T 16428-1996 粉尘云最小着火能量测定方法。
- ASTM E2019-2002 Standard Test Method for Minimum Ignition Energy of a Dust Cloud in Air
- EN 13821-2002 Determination of minimum ignition energy of dustair mixtures

1.2 点火系统

点火系统是点燃能量测定系统的核心部件,其功能是产生不同能量的电火花。电火花由电容放电产生,调节能量的方式为改变电容组的电压和电容值。电火花能量与电压和电容的关系为 $E=0.5CU^2$,其中 E 为电火花能量,单位 J; C 为电容器电容值,单位 F; U 为电容器电压,单位 V。点火系统的放电原理如图 1-1,当开关 K1 处于 NO 位置时,高压电源给电容组 C 进行充电。当使用“开关触发”模式时, K2 用来触发电火花。K3 用来对电容组进行泄放。

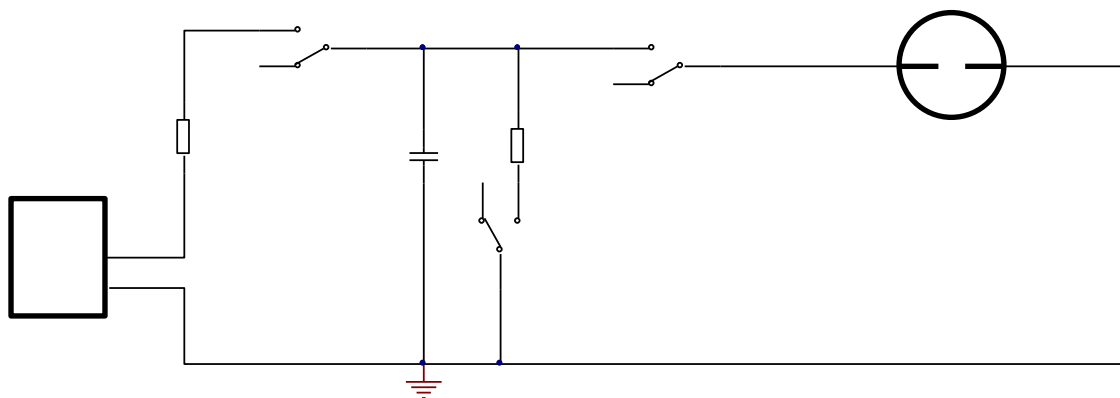


图 1-1 点火系统基本原理图

1.3 主要技术参数

粉尘云最小点燃能量测定系统分为 2 部分，分别为哈特曼爆炸测试装置 MIE-ETD-1.2L 和点火系统 MIE-SPG-3J/MIE-SPG-1J，设备参数见表 1。

表 1-1 粉尘最小点燃能量测试装置型号和参数

设备	项目	参数及说明
哈特曼爆炸测试装置 MIE-ETD-1.2L	气动活塞驱动气体压力	0.6MPa
	粉尘分散气体压力	0.4~0.6MPa
	粉尘分散气室容积	50mL
	电极间距	0.5mm~10mm
	爆炸管材质	玻璃
点火系统 MIE-SPG-3J /MIE-SPG-1J	能量范围	MIE-SPG-3J: <1mJ~3J MIE-SPG-1J: <1mJ~1J (其他能量范围可定制)
	环境湿度限制	<70%
	环境温度限制	10~25℃
	额定电压	AC220V50Hz
	额定电流	5A
	高压继电器	设计耐压 20kV，工作电压 15kV
	充电电压	≤12kV ^①
	放电负载	无负载，电感负载(1.0~1.5mH)
	触发方式	移动电极触发，开关触发，粉尘触发
	电容选择方式	自动

注①：高压电源的满量程为 20kV，但为了系统的可靠性，许用电压为 12kV。

1.4 设备与部件清单

表 1-2 设备与部件清单

设备与部件	单位	数量
哈特曼粉尘爆炸测试装置	套	1
点火系统(不包含放电电压电流检测系统)	套	1
高压管路	套	1
控制电缆和点火电缆	套	1
测试软件	CD	1
哈特曼管 (玻璃管, 备用)		1
点火电极 (耗材)	双	2

1.5 场地和配套设备

表 1-3 安装需求(最终用户提供)

项目	描述
场地尺寸	3m×4m
接地	接地电阻小于 5Ω
通风厨	放置哈特曼粉尘爆炸测试装置
电源	AC220V, 50 Hz, 5A
移动式除尘器	用于清理残余粉尘
计算机	用于实验过程控制和数据库管理，非必须

2 安全注意事项

应严格按本说明使用测试设备，特别注意以下事项：

(1) 在充电、放电和电容泄放的过程中不应用手（或通过导体）接触高压点火电极、电缆、插头、插座的金属部分。在接触点火电缆之前，应确保电容上的电压已经泄放。清理哈特曼粉尘爆炸测试装置前，应拔出控制箱一端的高压点火插头。在拔出高压电缆插头时，应把持在插头绝缘部分，不应在电缆上操作，否则插头和电缆容易脱焊断开。

(2) 进行点火之前，应确保哈特曼粉尘爆炸测试装置周围没有其他易燃易爆物质，并关闭通风厨的防护罩。

(3) 测试实验之前必须检查机箱接地是否完好，必须确认接地电阻小于 5Ω。

(4) 哈特曼材质为玻璃，属于易碎物品，使用时应轻拿轻放。

(5) 实验结束后，应关闭高压电源，并对全部电容进行泄放后再关机。

3 人机界面

3.1 主界面

人机界面的主界面如图 3-1 所示。项目功能如表 3-1 所示。

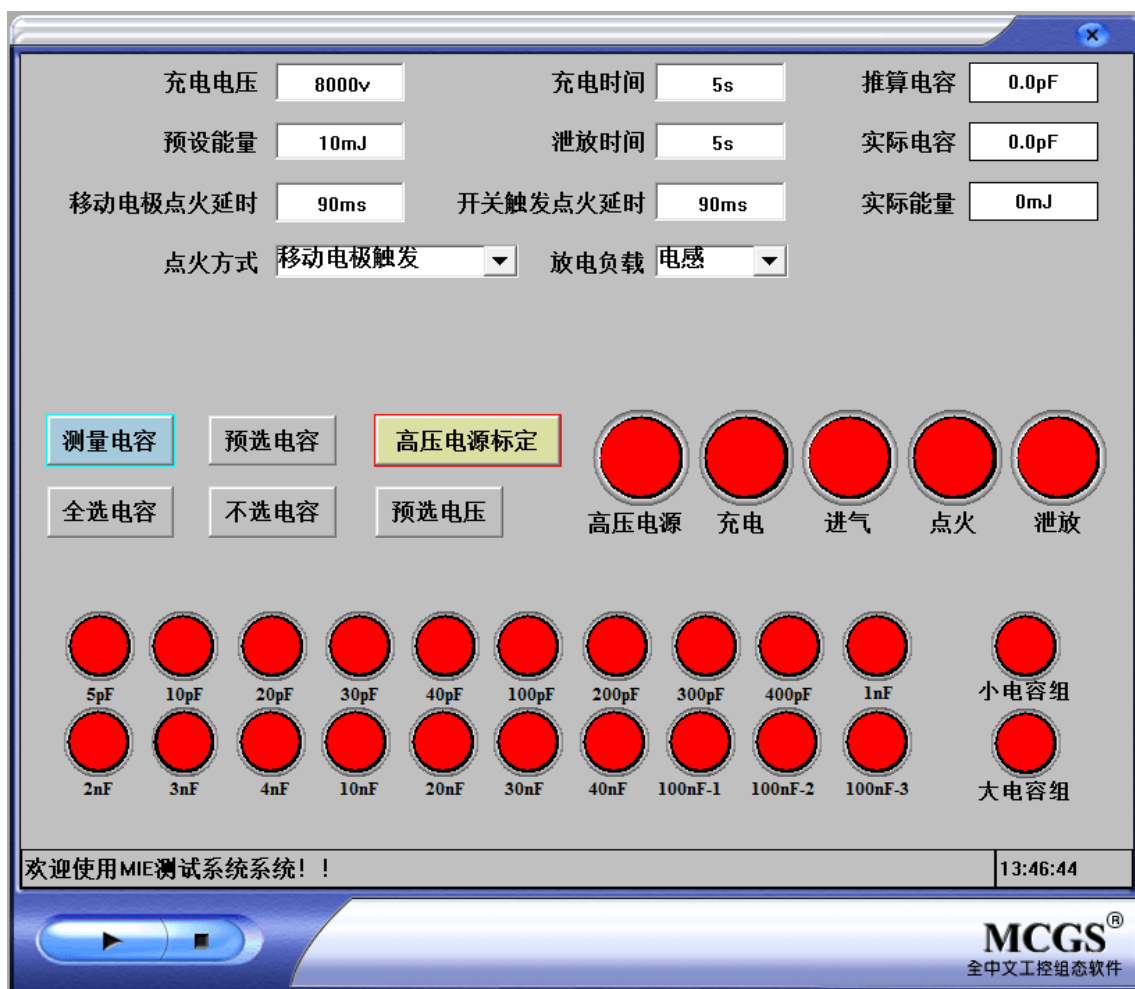


图 5-1 人机界面的主界面

表 5-1 项目功能

项目名称	功能及意义
充电电压	设置高压电源对电容组充电的电压，即点火放电电压。
预设能量	预先设定放电火花的火花能量，点击“预选电容”后系统会根据“充电电压”和“预设能量”自动选最有匹配的电容组。
移动电极点火延时	设置移动电极触发时的点火延时。
点火方式	设置点火触发方式：移动电极触发，开关触发和粉尘触发。
充电时间	设置高压电源对电容组充电的时间，充电期间“点火”按钮失效。
泄放时间	设置电容组电量泄放的时间，泄放期间“充电”按钮失效。
开关触发点火延时	设置开关触发时的点火延时。
放电负载	选择电火花放电时回路中的负载：电感负载，无负载。
推算电容	系统根据“预设能量”和“充电电压”计算出需要接入的电容值。
实际电容	系统根据标定后接入回路中的电容组计算出的实际电容值。

实际能量	系统根据标定后接入回路中的电容组计算出的实际电火花能量值。
测量电容	打开电容标定控制界面。
全选电容	将所有电容器全部接入到放电回路中。
预选电容	系统会根据“充电电压”和“预设能量”自动选择最匹配的电容组。
不选电容	将所有电容器全部从放电回路中断开。
高压电源标定	打开高压电源标定控制界面。
预选电压	系统会根据“实际电容”和“预设能量”自动选择最匹配充电电压。
高压电源	打开高压电源
充电	使用高压电源对放电电容组充电
进气	将用于分散粉尘的压缩空气通入到储气室
点火	触发电火花, 使用压缩空气分散粉尘样品, 测试粉尘样品是否被点燃。
泄放	对放电电容组进行泄放。
n pF	n 代表电容器的电容值, 每个按钮控制一个电容器是否接入放电回路。
小/大电容组	将所有的电容器进行分组, 30pF 以下的电容器为小电容组, 以上的电容器为大电容组, 每个按钮控制该组是否有电容器接入放电回路。

3.2 电容标定界面

电容标定界面如图 3-2 所示。项目功能如表 3-2 所示。

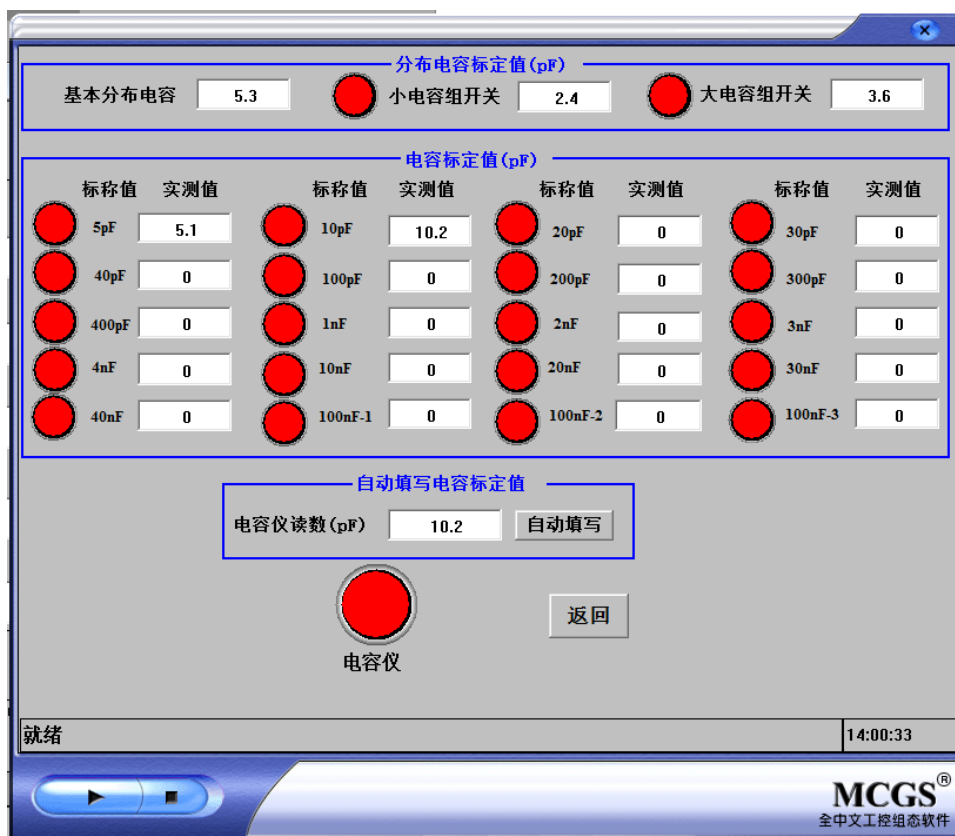


图 3-2 电容标定界面

表 3-2 项目功能

项目名称	功能及意义
基本分布电容	所有电容器均从放电回路中断开后放电回路中的电容值。
小电容组开关	按钮控制小电容组是否接入到放电回路中。 输入框标定该开关附带的电容值。
大电容组开关	按钮控制大电容组是否接入到放电回路中。 输入框标定该开关附带的电容值。
n pF	n 代表电容器的电容值。 按钮控制该电容器是否接入到放电回路中。 输入框标定该开关附带的电容值。
电容仪读数(pF)	输入电容仪的读数，单位为 pF。
自动填写	系统根据电容仪读数和接入到放电回路中的电容器自动标定电容器的电容值
电容仪	打开电容仪
返回	返回主界面

3.3 高压电源标定界面

高压电源标定界面如图 3-3 所示。项目功能如表 3-3 所示。



图 3-3 高压电源标定界面

表 3-3 项目功能

项目名称	功能及意义
实际电压	高压电源显示的实际电压值
标定电压	在触摸屏界面上设置需要标定的电压值
高压电源	打开高压电源
返回	返回主界面

4 实验方法与步骤

4.1 电容标定

电容器件本身会有微小的误差，设备的整个线路以及各个开关甚至导线也会存在分布电容，所以在实验之前有必要对电容进行标定。设备在出厂前已经完成电容标定，但是系统电容会随着时间和环境的变化产生微小的浮动，建议长时间不使用或出现明显误差时进行电容标定。

电容标定主要由电容仪来完成。开机后在触摸主界面上依次点选“不选电容”和“测量电容”按钮，触摸屏跳转到电容标定界面(图 3-2)。在触摸屏上点选“电容仪”按钮启动电容仪，电容仪上会显示出系统的分布电容，将电容仪的读书填写到触摸屏“电容仪读数(pF)”上，然后点击“自动填写”按钮，系统会将电容仪读数上的数值自动传送到设定位置。点选“小电容组开关”，对小电容组进行标定，标定方法同分布电容类似，然后依次对大电容组开关和电容进行标定。

4.2 高压电源标定

高压电源标定界面如图 3-3 所示。预期电压是指根据 AO(analog signal output)与电压的线性关系的理论电压值。但是电源实际输出的电压值同 AO 控制信号的关系式非线性的，所以会由一定的偏移。此表用于设置 PLC 的 AO 输出值。标定方法如下：在高压电源标定界面下方“标定电压”的输入框中填入上方列表中的给出的电压值，如 500,1000……在控制箱上的电源电压表头中读出电源电压后填入到对应的“实际电压”输入框中。依次标定至 20000V。只有当人机界面设置的高压电源电压同表头上测量到的电压不同时才需要对高压电源进行标定。

4.3 最小点燃能量测定实验

在使用哈特曼管进行实验时，点火方式有移动电极触发，开关触发和粉尘触发两种方式。其中，移动电极触发效果最好；开关触发主要用于演示实验，因为点火时开关会消耗能量导致测量不准确；粉尘触发适用于导电的金属粉尘。在需要准确测量粉尘最小点燃能量时，推荐使用移动电极。

放电负载有无负载，电感负载两种方式，国际标准中的标样测试选择无负载方式，电感负载虽然会降低放电能量，同时使能量释放的更均匀，同粉尘接触更好，所以往往会降低最终测得的最小点燃能量。

4.3.1 设备连接

实验前，必须检查控制箱是否接地，确保接地牢靠，接地电阻控制在 2Ω 以下，将控制箱的高压电缆连接到哈特曼实验装置上，将气瓶或空压机通过软管连接到哈特曼实验装置上，打开气瓶或启动空压机调整气压至 0.6MPa 。接通电源启动设备准备实验。

4.3.2 移动电极触发

(1) 在触摸屏主界面选择“点火方式”为“移动电极触发”，根据需求选择“放电负载”。

(2) 设置“喷粉时间”和“移动电极点火延时”，点火延时根据粉尘质量进行设点，确保粉尘均分分散在电极周围时点火。

(3) 在“充电电压”中设定电容充电电压，一般为 $6000\text{V}\sim 9000\text{V}$ ，推荐 8000V ，在能量较小的情况下，可能电极间的空气有可能不容易被击穿，需要将电极磨尖，缩短电极间距(比如 3mm)，提高充电电压(比如 9000V)。

(4) 在“预设能量”中设置实验的能量，然后点击“预选电容”按钮，系统会根据设定的电压和能量自动选择最匹配的电容组。“推算电容”中显示的为理论电容值，“实际电容”中显示的为系统实际产生的电容值。如果“实际能量”与“预设能量”差距较大，可以点击预选电压按钮，对充电电压进行微调。

(5) 设置“充电时间”和“泄放时间”。通常充电时间为 $10\sim 15\text{s}$ ，泄放时间为 10s 。

(6) 点击“高压电源”按钮启动高压电源，等输出电压稳定后按下“充电”按钮和“进气”按钮，等充电结束后按下“点火”按钮，系统会进行喷粉，点火。如果需要继续实验可以重复“充电”“进气”“点火”，如需清理设备，要按下“泄放”按钮，同时关闭高压电源，完成一组实验。

4.3.3 开关触发

开关触发操作同以上方法类似，需要选择“点火方式”为“开关触发”，并设置“开关点火延时”。开关触发的原理是用过继电器通断控制电极放电，由于继电器的动作需要一定的响应时间，同时会消耗一部分能量，导致实际释放的能量同预设能量相差较大，所以当能量较小精度要求较高的情况下不适用。

4.3.4 粉尘触发

粉尘触发操作同移动电极触发操作类似，需要选择“点火方式”为“粉尘触发”。粉尘触发仅对一些导电性的金属粉尘适用。其原理是，点火之前，电极间距过大，点火时，由于导电性粉尘分布在电极中间，改变了电极间的场强，降低了电极间的空气电阻，从而引发电极放电。

5 FAQs

1. 设备维护

可以使用吸尘器清理控制箱内部灰尘，并用蘸了酒精的干净抹布擦拭设备，尤其应保证控制箱内陶瓷继电器表面的干净。

6 联系方式

联系人：钟圣俊

通讯地址：110004 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号东北大学冶金馆 314

电话：024 83687757，13072498962

传真：024 23906316

电子邮件：zhongsj@smm.neu.edu.cn

网站：<http://iepi.neu.edu.cn>