

文章编号: 1671-251X(2010)06-0086-04

# 基于触摸屏技术的模拟静电场 测绘仪系统的设计

李江坤, 李吉春

(中国地质大学(武汉)机械与电子信息学院, 湖北 武汉 430074)

**摘要:** 针对传统的模拟静电场手工测绘方法存在数据测量不准确、误差大的问题, 提出了一种新型的基于触摸屏技术的模拟静电场测绘仪系统的设计方案。该系统硬件由检测与控制主机系统、触摸屏、探针移动机械系统及其驱动模块、新型导电板组成; 软件由测控系统软件及仿真与分析软件包组成, 仿真与分析软件包既可读取、处理实测数据, 又可提供“虚拟”的静电场测绘实验平台, 通过鼠标的点击和拖动显示静电场的分布情况。试验结果表明, 与旧型号的测绘仪相比, 该新型测绘仪的检测精度可提高1个数量级, 同时, 新型导电板的最大误差只有8.90%。

**关键词:** 模拟静电场; 测绘仪; 触摸屏; 导电板

**中图分类号:** TD672; O441.3

**文献标识码:** A

## 0 引言

静电场分布的研究在各个领域有着广泛的意义, 如各种电子管、示波器、电子显微镜的电子枪等多种电子束器件的设计和研制, 化学电镀、静电喷漆、静电除尘、静电分离等工艺技术的应用, 均需要了解各电极或导体间的电场分布<sup>[1]</sup>。在确定静电场分布时, 通常采用理论计算和实验测量2种方法, 对于较复杂的电极系统, 因为很难找到合适的模型进行计算, 采用实验测量的方法来描绘实际静电场的分布就成为一种有效的方法。

由于对静电场进行直接测量不方便, 一般利用在给定边界条件下导电介质中稳恒电流场与静电场服从拉普拉斯方程的规律, 用稳恒电流场来模拟静电场, 从而对电极及其电场分布进行研究<sup>[2]</sup>。

而模拟静电场的技术难点主要集中在导电介质的选择和测量方法的选择两个方面。目前模拟静电场的描绘主要采用导电纸打点法和以水为导电介质的双层探针打点法, 一般是目测读取数据、人工处理数据和手工绘图, 观测精度不高。本文结合自动检测技术、触摸屏技术、软件与系统仿真技术以及材料

加工新工艺等技术, 设计了一种新型的基于触摸屏技术的模拟静电场测绘仪系统, 同时配套设计了静电场仿真和分析软件, 既可读取、处理实测数据, 又可提供“虚拟”的静电场测绘实验平台, 通过鼠标的点击和拖动显示静电场的分布情况。对同轴电缆和平行板电极的测量结果表明, 该系统测绘静电场比传统方法方便、快速, 测量精度有大幅提高。

## 1 系统硬件设计

基于触摸屏技术的模拟静电场测绘仪系统的硬件部分由检测与控制主机系统、触摸屏、探针移动机械系统及其驱动模块、导电板4个部分构成, 实物图如图1所示。



图1 基于触摸屏技术的模拟静电场测绘仪系统实物图

### 1.1 检测与控制主机系统构成

检测与控制主机系统以单片机为核心, 主要包

收稿日期: 2010-02-05

作者简介: 李江坤(1983-), 男, 河北邢台人, 中国地质大学(武汉)机械与电子信息学院在读硕士研究生, 主要研究方向为检测技术与自动化装置。E-mail: li\_jiangkun@163.com

括控制主板、触摸屏接口、伺服电动机控制接口、液晶显示屏、电源、按键、机箱等,如图 2 所示。

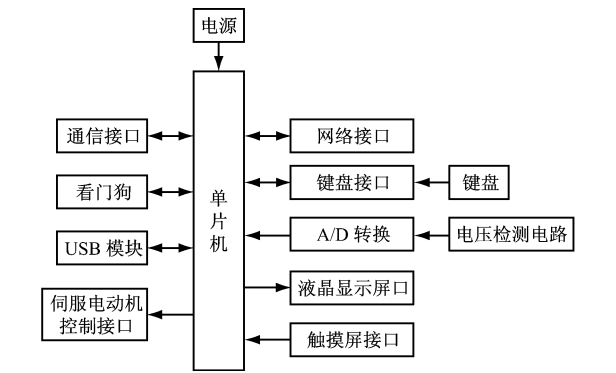


图 2 检测与控制主机系统组成

由于检测与控制主机系统需要具备高速的处理速度,完善的外设功能,所以采用 Silicon Laboratories 公司生产的 C8051F040 单片机作为核心。C8051F 系列单片机为 CIP51 处理器,在指令集上与 MCS-51 完全兼容;然而在系统架构、外围设备等方面有了很大的改进,使得集成度更高,运行速度更快。CIP51 工作在最大系统时钟频率 25 MHz 时,其峰值速度达到 25 MIPS。C8051F040 在 CIP51 内核的基础上新增了一些外设,提高了整体性能,更适合于实际应用,其接口配置电路如图 3 所示。

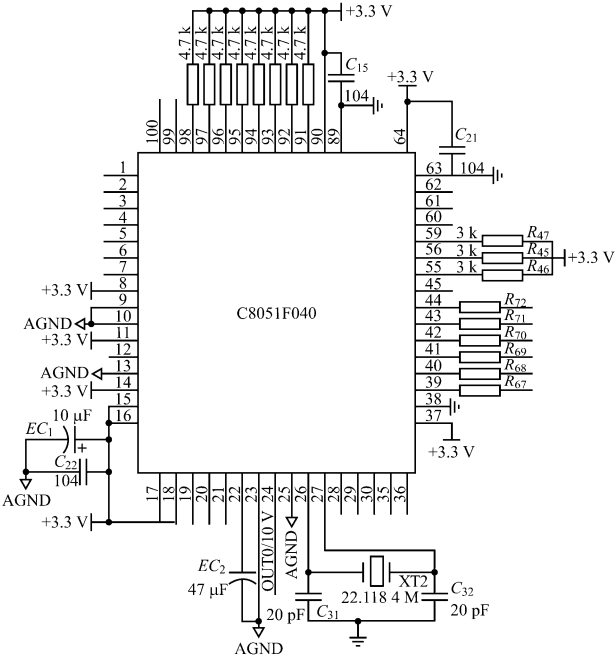


图 3 C8051F040 接口配置电路

USB 作为大批量的数据存储和传输设备,使用方便,可以解决传统静电场测绘仪无法自动存储数据的问题。检测与控制主机系统采用 Cypress 公司

生产的 SL811HS 芯片作为 USB 的主机/设备控制器,如图 4 所示。

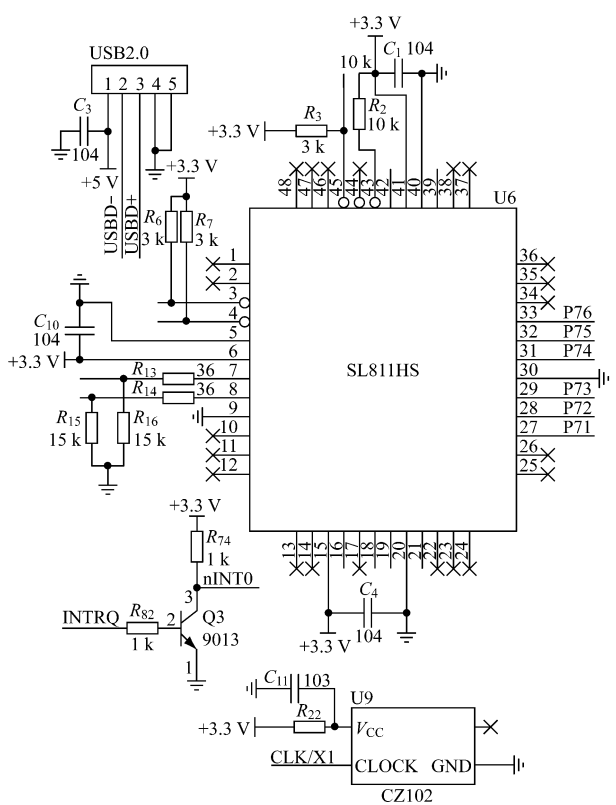


图 4 SL811HS 作为 USB 的主机/设备控制器的连接电路

1.2 触摸屏构成

触摸屏具有坚固耐用、反应速度快、节省空间、易于交流等优点,用户只要用探针轻轻地碰导电膜就能实现数据采集功能,从而使人机交互更为直接。触摸屏按其技术原理可分为 5 类:矢量压力传感式、电阻式、电容式、红外线式、表面声波式,其中电阻式触摸屏在嵌入式系统中应用得较多。

笔者选用了美国 ELO-TOUCH 公司生产的 AccuTouch 五线电阻式触摸屏。它采用一块带统一电阻外表面的玻璃板,一个厚厚的聚酯表层贴近悬挂在玻璃面上面,通过小的透明的绝缘颗粒与玻璃面分开。聚酯层外表面坚硬耐用,内表面有一个传导层。当屏幕被触摸时,传导层与玻璃面表层进行电子接触,产生的电压就是所触位置的模拟表示。采用高密度集成电路设计的单片 ASIC 触摸屏芯片组将这些电压数字化,并将信号传至单片机进行处理。柔韧的聚酯表层仅仅作为一个电压测量探针,即使聚酯表层上的传导层出现不均匀平整的情况,触摸屏也可以继续正常运行。聚酯表层和玻璃面之间用工业级填物密封,避免了 2 个表面之间的液体毛细现象。另外,该触摸屏是不通气的,避免

了液体从排气孔进入的可能。

### 1.3 探针移动机械系统及其驱动模块

探针移动机械系统在检测与控制主机系统的控制下,要带动探针实现对导电板的自动或者点动扫描和数据采集。

该系统由  $X$  方向和  $Y$  方向的两向精密移动机构组成,主要部件有步进电动机、精密滚珠丝杠、线性轴承、支撑板、底座等,移动精度最高可达到  $0.01\text{ mm/步}$ 。底座上设有  $X$  轴向导向轨,在  $X$  轴向导向轨上运行的平台、用于驱动平台的步进电动机;平台上设有  $Y$  轴向导向轨、在  $Y$  轴向导向轨上运行的滑块、用于驱动滑块的步进电动机;探针设置在滑块上。探针移动机械系统驱动装置还包括一个连杆,连杆的一端与滑块连接,另一端设有探针连接头,探针通过连接头、连杆固定在滑块上。其实物图如图 5 所示。



图 5 高精度探针移动机械系统实物图

电动机驱动模块由电动机驱动器和电源组成,主要实现检测与控制主机系统的电动机控制信号的驱动放大,从而实现对电动机的运动控制。

### 1.4 导电板

导电板具备的功能:当电极在导电板上通电之后能在电介质区域形成具有某种可测分布的电流场,从而实现以稳恒电流场模拟静态静电场的功能,为测绘仪提供被测对象。

笔者根据触摸屏的尺寸大小,研制了一种新型的导电板。该导电板采用层状结构,主要包括基膜、导电层、电极层和引出线 4 个部分;以树脂板作基体材料,导电碳油墨为电介质,首先按照印刷电路板的制造工艺,在树脂板上腐蚀出电极,再参照手工油印的方法在附有电极的硅板上均匀涂上导电油墨即可。该导电板导电性能优良,成本低廉。其实物图如图 6 所示。

## 2 系统软件设计

从功能角度而言,基于触摸屏技术的模拟静电场测绘仪系统软件分为测控系统软件及仿真与分析



图 6 新型导电板实物图

软件包 2 个部分,如图 7 所示。测控系统软件采用汇编和 C 语言开发,分析和仿真软件包采用高级语言 Visual C++ 语言编程。

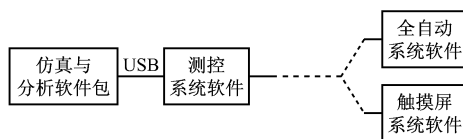


图 7 基于触摸屏技术的模拟静电场测绘仪系统软件总体构成

### 2.1 测控系统软件构成与功能

测控系统软件需要满足 7 种不同界面的操作需求,分别为开机界面、设置界面、自动采集界面、手动采集界面、触摸屏界面、人机交互界面和存储界面。因此,该软件的操作全部采用菜单化驱动方式实现,操作简单、人机交互界面友好。

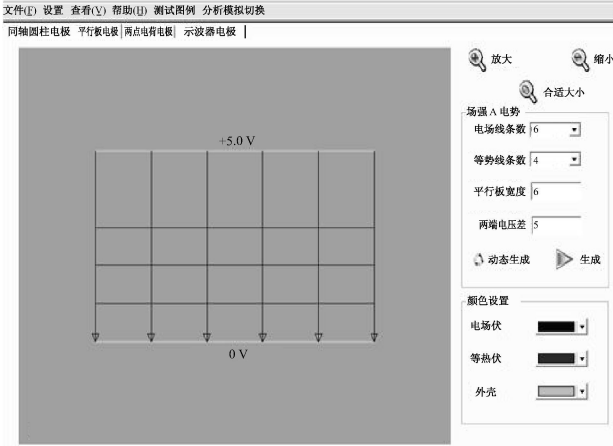
### 2.2 仿真与分析软件包构成与功能

仿真与分析软件包主要由主界面、数据分析界面和模拟仿真界面组成。

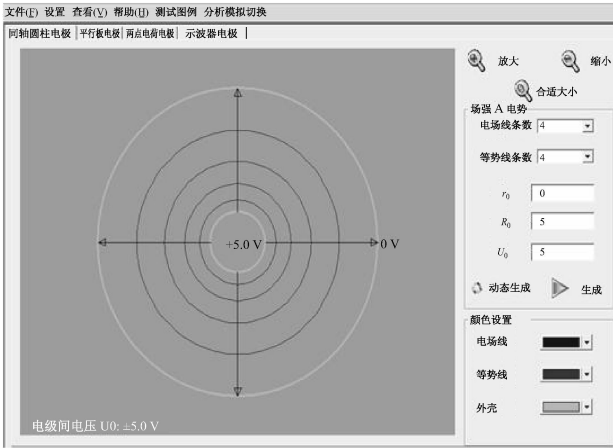
数据分析界面是该软件的默认界面,通过 U 盘将实验数据传输到 PC 机上之后,操作者打开该数据文件后就可直接在界面的左侧观察到电场的等势线分布,在界面的右侧可进行界面外观设置、拟合算法设置、界面切换等。

在模拟仿真界面下,操作者可通过动画、曲线等形式直观地观察同轴圆柱电极、平行板电极、两点电荷电极和示波器电极的电场分布情况。在界面的右侧,可进行图形的放大、缩小处理。通过设置边界条件、电力线与等势线条数后可直接生成图形。例如:对同轴圆柱电极而言,操作者可以输入内导线半径  $r_0$ 、外导线内径  $R_0$ 、电极之间电场电压  $U_0$ ,然后设置要观察的电力线和等势线条数后,点击“动态生成”观测电场分布情况,鼠标拖动也可观察各个点的坐标以及电压情况。

图 8 为同轴圆柱电极电场、平行板电极电场的模拟仿真分布情况。



(a) 同轴圆柱电极电场的模拟仿真分布界面



(b) 平行板电极电场的模拟仿真分布界面

图 8 同轴圆柱电极、平行板电极电场的模拟仿真分布界面

3 测试结果

该测绘仪样机完成之后, 笔者进行了多次实验, 分别应用新仪器、新导电板、旧仪器、旧导电板进行对比, 测试数据如表 1 和表 2 所示。

表 1 旧导电板的测试数据

		U/ V					
		0. 0	2. 0	4. 0	6. 0	8. 0	10. 0
同轴 圆柱 电极	$R_{理}/\text{cm}$	7. 500	4. 364	2. 539	1. 477	0. 859	0. 500
	新仪器 $R_{实}/\text{cm}$	7. 500	4. 342	2. 525	1. 468	0. 847	0. 500
	误差	0. 00%	0. 50%	0. 55%	0. 61%	1. 40%	0. 00%
	旧仪器 $R_{实}/\text{cm}$	7. 50	4. 63	2. 78	1. 54	0. 90	0. 50
	误差	0. 00%	6. 10%	9. 49%	4. 27%	4. 77%	0. 00%
	$R_{理}/\text{cm}$	0. 000	3. 000	6. 000	9. 000	12. 000	15. 000
平行 板	新仪器 $R_{实}/\text{cm}$	0. 000	2. 993	6. 017	8. 982	12. 013	15. 000
	误差	0. 00%	0. 23%	0. 28%	0. 20%	0. 11%	0. 00%
	旧仪器 $R_{实}/\text{cm}$	0. 00	2. 63	6. 01	9. 30	12. 38	15. 00
	误差	0. 00%	12. 33%	0. 17%	3. 33%	3. 17%	0. 00%

表 2 新导电板的测试数据

		U/ V					
		0. 0	2. 0	4. 0	6. 0	8. 0	10. 0
同轴 圆柱 电极	$R_{理}/\text{cm}$	7. 500	5. 012	3. 350	2. 239	1. 496	1. 000
	新仪器 $R_{实}/\text{cm}$	7. 500	4. 956	3. 322	2. 200	1. 465	1. 000
	误差	0. 00%	1. 12%	0. 85%	1. 75%	2. 05%	0. 00%
	旧仪器 $R_{实}/\text{cm}$	7. 50	4. 70	3. 15	2. 09	1. 36	1. 00
	误差	0. 00%	6. 21%	5. 77%	6. 61%	8. 90%	0. 00%
	$R_{理}/\text{cm}$	0. 000	3. 200	6. 400	9. 600	12. 800	16. 000
平行 板	新仪器 $R_{实}/\text{cm}$	0. 000	3. 144	6. 364	9. 534	12. 663	16. 000
	误差	0. 00%	1. 75%	0. 56%	0. 68%	1. 07%	0. 00%
	旧仪器 $R_{实}/\text{cm}$	0. 00	3. 01	6. 23	9. 33	12. 32	16. 00
	误差	0. 00%	6. 01%	2. 68%	2. 79%	3. 74%	0. 00%

测试结果表明, 与旧型号的测绘仪相比, 基于触摸屏技术的模拟静电场测绘仪在自动化程度方面有很大提高, 检测精度最大可提高 1 个数量级。同时, 新型导电板的最大误差只有 8. 90%, 低于旧型号的测绘仪导电板的最大误差 12. 33%, 可以在保证精度的情况下降低测绘仪系统的成本。

4 结语

该新型模拟静电场测绘仪系统具有可靠、方便快捷等优点, 减轻了观测人员的劳动强度, 大幅提高了测量精度。该系统还存在一些需要改进的地方, 如检测与控制主机系统、触摸屏、探针移动机械系统及电动机驱动模块均可进一步小型化, 以减小测绘仪的体积和重量; 采用手工研制的新型导电板的工艺性还不够完善, 在条件具备的情况下, 应实现自动化生产。

参考文献:

[1] 翟玉生,王 璞,王瑞平,等.ZD- 2 型静电场描绘仪的研制[ J]. 黄金学报,2000,2(1): 65- 66.

[2] 曹 慧. 模拟法测静电场实验探讨[ J]. 大学物理实验, 1994, 7( 2): 31- 32.

[3] 王应德,李宁湘. 模拟静电场实验中导电介质的选择[ J]. 物理实验,2001,21( 8): 40- 45.

[4] 许裕华. 用模拟法对静电场的计算机测绘[ J]. 太原理工大学学报,1999,30( 6): 672- 676.

[5] 张耀麒. 应用于电阻式触摸屏的 ADS7846 控制器[ J]. 电子科技,2006(9): 49- 53.

[6] 王党利,马保吉,宁生科. 电阻触摸屏误差分析及加速度模型的数据处理[ J]. 陕西理工学院学报,2009, 25( 4): 15- 19.