

系列灵敏静电计创新

奚天敬 / 上海市南洋中学

◎ 发明背景和创新原因

静电计是学习研究各种静电现象必不可少的实验工具。目前,学校实验室虽已配备多种示教静电计,但它们的结构模式都很陈旧,工艺及材料选用均较差,所以现有各种示教静电计在实际使用时指针最大偏角均不足 30° ,而且受天气湿度影响极大。最近市场上出现了各种新的多用表,但它们不仅同样存在偏转角度小、上课演示效果差等缺点,而且无法直接测量内阻大且电压高的静电电压。这是因为目前电子仪器采用的电子放大模块电路的输入阻抗和耐压指标远不能满足超高内阻静电实验的需要。

为了提高静电教学仪器的水平和质量,我已进行了近半个世纪的创新和改进探索,现介绍从低级到高级、从学生实验到课堂演示、从小学到大学、从定性到定量的4项有关灵敏静电计的研究成果。

◎ 工作原理与结构特点

本项目推出的系列灵敏静电计共有4个子项目。

① 简易不对称灵敏静电计

图1是其结构装置实物图。表面上看,它也是由动片和定片组成,但与传统静电计不同的是,其动片由一小片铝箔片和一段不对称

且很细的铜丝组成。在带电工作时,动片重力合力作用点到转轴的距离远小于静电力作用点到转轴距离,这样重力阻碍动片偏转的作用将大为减小,也就意味着动片的偏转灵敏度将大为提高。另外,因为动片左侧是一段很细的铜丝,有效静电作用面积很小,这样就使动片实验时左侧承受的静电力很小,就能使整个动片偏角非常容易达到或超过 90° 。这就是本静电计很有实效的创新点。

这种简易静电计由于取材容易,结构制作简单,带电偏转成功率高,易激发学习兴趣,故特别适宜初次接触静电知识的学习者。这种简易静电计也是科普活动的好工具。在活动时,参加者可以用它比创意、比灵敏偏角、比静电保存时间。

② 双力组合灵敏示教静电计

双力(斥力和引力)组合灵敏示教静电计比现有的具有更高的灵敏度、更大的可视度以及更可靠的效果。我查阅国内外各种有关文献资料尚未见到同类装置。

在图2可看到传统示教静电计和我们独创示教灵敏静电计的实验效果对比。2静电计均加上相同静电电压1200V,从图2中可见,左边的传统示教静电计指针仅偏转了 25° 左右,而右边的自创示教灵敏静电计指针的偏转幅度达到了

120° 以上,可见它们的静电偏转灵敏度相差约5倍。

演示效果如此显著的原因有以下2点。

◆ 特殊的创新结构。自创灵敏静电计有2组带不同性质静电的定片和1组上下不对称的动片,动片上安装了2对特别处理过的轴尖和轴座。上定片的下端还安装了1对仪表宝石轴承并通过游丝连接,经过仔细配重调节,几乎可消除重力的力矩,仅靠游丝回复力矩进行回零。而传统示教静电计仅靠指针重力力矩回零,摩擦阻力大,演示效果就差。

◆ 利用静电感应异种电荷相吸原理设置了新的引力工作区。自创灵敏静电计在带有适量静电时,指针(动片)在左上方的斥力工作区域受到斥力的作用开始偏转,同时斥力随偏角增大而减少,但由于另一组接地的定片对带电动片的静电感应作用,在左下方形成了新的引力工作区,吸引指针和动片使动片偏角进一步扩大,直到与游丝回复力矩平衡为止。下定片组的上端还安装了1块强磁铁,这是1个特别添加的磁电阻尼系统,作用是使动片稳定迅速到位。

③ 高灵敏智能静电计

传统静电计除了存在不稳定、不灵敏的缺点之外,还有一个通用



图1 简易不对称灵敏静电计外观

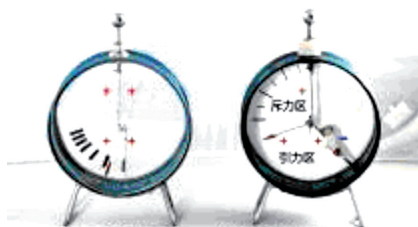


图2 传统示教静电计与自创灵敏静电计实验效果比较



图3 高级激光灵敏静电计

问题，就是这类静电计无法表达所带电荷的性质。我们制作了1种高灵敏智能静电计，因为这种静电计具有特别高的灵敏度以及判别静电性质的能力，所以不仅解决了上述问题，还帮助我们开拓出一系列有趣的静电实验研究课题。它有2个探头，若用右端探头接触静电计上端能发光发声，可知它带正电，反之相反。它使用了1片低功耗的5 mm × 5 mm 特殊电子芯片，在几伏特低电压输入时就能工作。为了防高压击穿，我们还增加了一些有效的保护电路。用这种静电计鉴别真假毛料是很有用、很奇特的静电实验。

高级激光灵敏静电计

图3所示是最新制作完成的、可以正确、方便地读出静电电压的静电计。它的基本工作原理与静电库仑扭秤非常近似，都是用1束很细的平行光照射到1个小平面镜，平面镜与静电偏转系统组合在一起，这样就能从镜子反射光线形成的亮点位置，读出相应的静电电压值。由于我们采用了微型高亮度可调激光头，光路十分简单易调，需要使用的透镜和反射镜也很少，制作成本大大降低，效果也非常好。

这台静电计有4个突出亮点：

- ◆ 超亮。在白天强光背景下也有很好的可视效果。
- ◆ 宽频。它不仅直接测直流高压，也能直接测高频交流电压（最大可达50 MHz）。
- ◆ 精密。测量误差1.5%。
- ◆ 自保。即便使用者不小心接错了10万伏电压，也丝毫不会损坏它。本仪器主要用于需要精密静电电压测量和高内阻高电压精密测量，在中学物理教学中还可以用于带电体周围静电场电势的演示。

项目主要创新点

- ◆ 创新和改进的亮点多而突出，解决了部分静电学实验领域的高难度实验问题，科学价值高，具有推广价值。
- ◆ 可动手、可观察、可研究记录，内容丰富多彩。本项目有4件作品，可满足不同年龄、不同学历层次、不同研究学习目的的需要，还十分适宜充当科普活动用设备。
- ◆ 灵巧便携的各种奇特创新设计，一目了然，有趣有用，使用者均感特别有趣、方便和易上手。
- ◆ 处处注意变废为宝，微功耗和不耗能的创新设计符合绿色环保新潮流。

保新潮流。

项目的使用情况和进一步完善的设想

本项目的研究内容和成果经历了多年多次的创新—实践—改进—再创新的过程，成果真实有效，是经得起各种考核和检查的。当然，这些成果还有值得进一步改进的地方，如制作工艺等。

该项目获得第28届全国青少年科技创新大赛科技辅导员创新成果物理教学类一等奖。

专家评语

该项目原理科学，概念清晰，构思巧妙，设计合理。作品教育性强。项目选题新颖，具有实质性创新，对传统方法有突破。作品效果显著，制作规范，具有示范推广价值。项目资料齐全，研究报告书写规范。希望该项目在制作工艺方面做出改进与提升。■