

# 硬币“爆炸”的物理学原理

张怀华

据 2007 年 12 月 18 日中央电视台《走近科学》栏目报道，在 2007 年 1 月 14 日的下午，在浙江省温州市千石村的教堂外，人民币一元硬币居然在一个 6 岁的男孩手里爆炸了，男孩手指被炸出血泡，手套、衣服都被烧焦，硬币上也“炸”出了一个明显的豁口。

报道指出，硬币是在孩童把硬币塞进电动自行车充电接口中的瞬间发生“爆炸”的。那么在这一瞬间，到底发生了什么呢？

原来，在孩童手持硬币靠近充电电源的电极时，硬币和电极相当于电容器的两个极板，两者之间存在一个恒定电压。由电场强度公式  $E=U/d$  可知，在硬币逐渐靠近电极的过程中，由于板间距逐渐减小，两者之间的电场强度逐渐增强。位于两极板之间的空气分子，因为外层电子与原子核电性相反而受到相反方向的电场力的作用，当电场强度增强到  $E=3 \times 10^6 \text{V/m}$  时，空气分子中的外层电子和原子核就会因为电场力过大而分离，原本绝缘的空气中迅速充满了能够自由移动的正负离子，瞬间转变为具有良好导电性的等离子体，电源因此发生了短路。

设等离子体导电通道的长度为  $l$ 、半径为  $r$ 、导电通道内等离子体的电阻率为  $\rho$ 、通电电流为  $I$ ，由电阻定律和焦耳定律可得导电通道内等离子体的发热功率为

$$P=I^2\rho\frac{l}{\pi r^2}, \quad (1)$$

由于发热功率大，等离子体的温度迅速升高，形成电弧。

考虑到时间很短，通过传导和对流方式散失的能量很少，能量主要以热辐射形式放出，电弧此时可以抽象为一个向外辐射能量的黑体。由斯忒藩-玻尔兹曼定律可知，一个黑体表面单位面积在单位时间内辐射出的总能量（称为物体的辐射度）与其热力学温度的四次方成正比，即  $M=\sigma T^4$ （其中  $\sigma$  为斯忒藩常量）。电弧的表面积乘以电弧的辐射度，可以得到电弧的辐射功率为

$$P=l\pi r^2\sigma T^4. \quad (2)$$

根据能量守恒定律，电弧的辐射功率等于其发热功率，由 (1)、(2) 两式可得电弧的温度为

$$T=\sqrt[4]{\frac{I^2\rho}{\pi^2 r^4\sigma}}. \quad (3)$$

将斯忒藩常量  $\sigma=5.6 \times 10^{-8} \text{Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$ 、等离子体电阻率  $\rho=4.8 \times 10^{-7} \Omega\text{m}$ 、典型短路电流  $I=200\text{A}$  和典型电弧半径  $r=1 \times 10^{-3}\text{m}$  带入 (3) 式，可得电弧的温度为  $T=13608\text{K}$ ，相当于  $13335^\circ\text{C}$ 。这一温度已经远远超过了铁的熔点  $1535^\circ\text{C}$  和沸点  $2750^\circ\text{C}$ ，烧蚀硬币是轻而易举的。

显然，硬币根本没有爆炸，是男孩用硬币接触蓄电池充电接口时引发了上万摄氏度的高温电弧，也正是电弧高温导致了硬币的熔化和金属熔液的溅射，也使自身遭受了严重的烧伤。

目前，我国电动自行车保有量已经高达一亿二千万辆，几乎每一辆都存在这样的安全隐患。笔者借此机会呼吁有关部门给电动自行车的充电接口采取必要的保护，避免短路电弧对天真好奇的孩童产生伤害。

（河南省焦作市第十一中学 454000）

