

避雷针的发明与发展

董建敏 孙美坤

(山东大学物理与微电子学院 济南 250100)

历史上关于避雷针的发明,有一段广为人知的故事。1752年,46岁的美国科学家富兰克林用绸子做了一个风筝,并在一个风雨交加的天气里用麻线把风筝放上天空,麻线下端系了一把金属钥匙,当雨水把麻线浇湿以后就变成了导体。这时,他把手靠近钥匙,突然看到电火花在钥匙和手指之间跳过,同时,手指感到一阵刺痛。这个实验证明了天空中打雷实际上就是一种大规模的放电现象。由此,使富兰克林想到,如果在高大的建筑物上装一根金属导线,导线下端接地,根据尖端放电的原理,就可避免建筑物遭到雷击的危险。这就导致了避雷针的发明。由于避雷针的发明,人类生活的世界就多了几分安全。关于避雷针的发明,似乎是一个偶然事件。一个巧合提醒了一位伟人突发奇想,导致了发明和创造。如同传说中,由于一个苹果落到了在树下乘凉的牛顿头上,导致了万有引力的发现。其实都是寓于必然中的偶然而已。因为这些大科学家和大发明家们早已具备了踏实的理论功底,他们的发现和发明,不过是对其所学理论的灵活运用之具体结晶。

根据电磁理论,若设放电电场为 E ,用 σ 代表放电体的电荷面密度,用 R 代表放电体的曲率半径,则有 $E = \sigma / \epsilon_0$,而 $\sigma = Q / S$,可见,在放电体携带等量总电量 Q 的情况下,越尖的导体,应当有更高的避雷效果。因此,避雷针应做成圆锥形状。但有趣的是,对电学一窍不通的英国国王乔治三世,可能出于民族尊严,强制英国的避雷针统统装了一个金属小圆头,并延续使用到今。究竟是尖头还是圆头避雷效果好呢?近代美国物理学家查理·摩尔,经过许多年的观察,发现圆球状顶端的避雷针其避雷效果要比尖头的高一倍。为了验证避雷效果,摩尔在自己住所附近安装了好几根避雷针,有尖头的,也有圆头的。他发现圆头避雷针经常有雷电通过,相反,尖头

的避雷针却没有雷电通过。因此摩尔认为,圆头避雷针比尖头避雷针更易截获雷电。看来圆头避雷针的避雷效果要更好些,而且得到了实验的验证。这就似乎明显地与电磁学上的尖端放电理论产生了矛盾。而电磁学尖端放电不仅有理论基础,更有实验证实是完全对的。那么,上述出现的矛盾应如何解释呢?其实,根据电磁理论并不难解释。由于电场 $E \propto 1/R$,所以在圆锥的尖端,可能形成极强的局部电场,导致尖端周围产生很强的一层电离“外壳”,成为屏蔽层,把云中携带的电荷“推开”,其结果是使雷电落在周围的其他物体上。

由于避雷针在引雷过程中,在导体中必然产生强大的瞬间电流,因此,仍会对室内的许多设备、精密仪器或通讯信号等造成破坏。我国防雷科技工作者在我国古塔自身半导体消雷效果的启发下,改进了富兰克林“引雷入地”的传统理论。他们根据限流理论研制成功形似半球形辐射状的避雷器,将雷电消除在周围空间里。这一国际领先的技术被誉为“中国式的消雷器”。实际上,这种消雷器是尖端放电理论与英国圆头式避雷器的巧妙结合,它兼有两种避雷器的优点,而避过了各自的缺点。圆锥形尖端放电避雷针与圆头式避雷器相比,前者在总电量 Q 较小的情况下,就能达到放电的临界电场,即这种避雷器在引雷过程中产生较小的瞬间电流,可以有效避免对室内设备的损坏。圆头式避雷器能有效地消除尖端避雷针周围的电离层“外壳”,提高避雷效果。

自然界是千变万化的,任何理论和原理都不可能是孤立的和绝对的。当然,人们对雷电的认识还很全面,对于避雷针的研究,已经引起了各国科学家的高度重视。随着科学理论和技术的发展,避雷技术必然会得到不断的创新与完善。