

## 物理学咬文嚼字之二十二

# 如何是电？

曹则贤

(中国科学院物理研究所 100190 北京)

一切有为法 如梦幻泡影 如露亦如电 应作如是观。

——《金刚经》

They can try tearing us apart , but they can ' t break our electricity.

——Anonymous

闪电作为自然现象,各处地球人的老祖宗都早已注意到。在中文里说“闪电是电”象是废话,但若用英文表达“lightning is electricity”就没有这种效果。不过“闪电是电”这句话传递一个重要的信息,就是“电”作为科学概念是被传播到中国的,而非中国人自己倒腾出来的。“闪电是电”不仅不是废话,它还是人类认识自然过程中的一个里程碑式的事件。

在早先,中国话里的“电”是什么?电的繁体字为“電”,形象上是下雨时出现的弯弯曲曲的东西(图1),即闪电。“三月癸酉,大雨震電”,震=雷声,電=霆,霹雳,即是光。这些显然都是和下雨这个现象相联系的。所以中文古意里“電”是和光、快速等概念联系在一起的,比如:电光雷(强调光)、电光石火、风驰电掣(强调快)。金刚经中“如露又如电”的意思是消失得快,都是闪电的特征!闪电带光,就有明的意思,所以电作为动词在电烛、电矚等词中,都是明察的意思,如“仰冀渊涵,俯垂电矚(不是发电报嘱咐)”,“法眼电矚,不辱下尘”;“双目如电”等等。

那么,关于闪电的发生机理古人是怎么认识的呢?《说文解字》云:“電,阴阳激耀也。”这句话逐字翻译成英文,就是“lightning(电) is an emission of light(耀) arising from excitation(激) in between two opposite(一阴一阳)plates”,这基本上是非常科学的关于平行板放电的近代物理描述了。鉴于此,我们古人还给出了闪电发生设备的示意图(图2)。图2(中)里的电母,手执铜钹,正是“以金发其气”,这不是告诉我们那平行板应该是金属的,而其间应有



图1 中文電(电)的形象:雨天出现的自上而下弯弯曲曲的那东西。它强调的是闪光

气体?猛一看,我们的老祖宗关于平行板放电连机理带设备都有了,那么,为什么没能实现人工放电(discharge)呢?因为他们不懂现代意义上的“电”,或者说在那时电的概念还不具有物理实质。

西文的电,electricity,来自拉丁语electricus。这个词是1600年由William Gilbert造的,其拉丁语electrum原意为amber,即是树、树脂的意思。Amber作为树的意思,在罗曼语族的语言里是非常明显的,在英文里体现在umbrella(伞)一词中(想一想,为什么)。又一说,拉丁语electrum来自希腊语elektron(ηλεκτρον),同elektor相近,是放光、太阳的意思,未敢确认。那么近代物理意义上的电为什么同树脂相联系?这是因为1600年左右的欧洲人认识到了,琥珀同皮毛摩擦后,可以吸起微小的颗粒。这当然很神奇,所以他们就将其命名为electricity,意思



图2 (左图)自右至左为风婆婆、雨神、雷公、电母。电母两手之间为“Z”字形放电;(中图)两手执铜钹的电母(右图)平行板放电

是“琥珀上带的那种东西”(图3)。什么东西?不知道。这个时候 electricity 还没有具体的形象和理论上的内容。



图3 琥珀同鸡毛摩擦后会获得把鸡毛吸起的能力,人们猜测那是因为存在 electricity (琥珀上带的东西)

关于电现象的新知识在不断增加。首先,人们发现,琥珀同皮毛摩擦后,琥珀同毛皮间有吸引力,但是同一种参与摩擦的物质之间有斥力。这让人们猜测电也许有两种极性,即正电和负电。后来,我猜测,从摩擦生电发光过程——这点在夜间很容易观察到<sup>1)</sup>——人们猜想天上的闪电(lightning)就是我们所说的电(electricity,琥珀上带的那东西)。第一个提出这个猜想的荣誉,文献中被归于美国政治家、科学家富兰克林(Benjamin Franklin),认为是他于1750年正式提出了“lightning is electricity”的猜测。有些宣传品中会出现富兰克林用风筝导引lightning以证明其是electricity的画面(图4)。实际上,用风筝做验证实验的是法国青年Dalibard,于1752年首次获得成功。当然,是富兰克林首先想到了用风筝将金属线送到高空,而他更早的想法是建立一个高塔,或在某个高地上,将带尖端的铁棒置于闪电之下,希望在金属棒的另一端观察到“electricity”的现象,

比如出现火花(spark)。可以说,在1752年“lightning is electricity”被证明以后,electricity,这种琥珀上带的东西,才开始获得了一些实质性的内容。等到阴极射线被确定为一束粒子流,人们将之称为电子(electron),并认为其上有电荷才使得一束电子表现出电流。电荷,electric charge<sup>[1]</sup>,字面本意还是琥珀上带的东西。有趣的是,认识到天上的闪电和地面上的电是同一的,并没有如认识到天体的运行和地面上的运动规律是同一的那样,引起人类思想认识上的一大革命!可能的原因是,这样的认识革命一次就已经够彻底了。



图4 富兰克林从天上引电。左图为油画“Benjamin Franklin Drawing Electricity from the Sky”(Benjamin West 约于1816年作)

人们从闪电(lightning)现象得到了关于电(electricity)的知识,因此在一开始人们关于电的认识还有闪电的成分。我们知道,闪电是伴随雷声的。声速约是340m/s,光速约是 $3 \times 10^8$ m/s,而闪电(作为气体放电,gas discharge)在大气中的传播速度,根

1) 一个简易的演示实验可以这样进行。在干燥的冬天穿两件毛衣,在暗地里脱一件,就能观察到微小的闪电,并伴有毕毕剥剥的声音。——笔者注

据放电条件的不同,可以是  $10^4$ — $10^6$  m/s 不等<sup>[2]</sup>. 那么,一个有趣的现象是,对于一个非物理专业人士来说,光速(或曰电的速度)是多少?答案是,比声速要大一些,但不会如上述的数据告诉您的差别那样大<sup>2)</sup>. 在上世纪六、七十年代中国推广用电的时候,中国人关于电的知识远未普及,就有一个流传颇广的关于电的速度的笑话.说,一个电工,趁停电的机会爬上电线杆修理电线.电工告诉他的助手在小屋里看(kān)着,若是灯泡亮了就表明来电了,就向他招招手,他好赶紧停下来.这个笑话的依据是,那时我们许多人已经知道电的速度比雷声快得多.看到白炽灯亮的过程,电早已传到很远的地方了.

返回头再说摩擦生电(charging by friction).一般教科书或科普书中,对摩擦生电的解释可能就是通过摩擦,电子从一种材料转移到了另一种材料上,使得对电子有较大亲和力的材料(比如,橡胶与动物毛皮摩擦实验中的橡胶)带上负电.但是,什么是摩擦,摩擦怎么就造成了电荷的在两种物质之间的转移(并不总是这样),这些书都语焉不详,其根本原因是没把摩擦现象认真地当作一个深刻的问题来看待.应该看到,对摩擦的微观机理和材料摩擦性质(tribological properties)的研究是一门重要的科学分支,称为 tribology.近年来,纳米科学和微机电系统的研究日益蓬勃,粘连和摩擦(sticking and rubbing)是其中要认真对待的问题,相应地出现了纳米摩擦学(nanotribology).摩擦(friction)本身是电磁相互作用,这一点许多初学物理的朋友可能不太理解.关于摩擦的微观机理,这里不拟深入探讨,但提供一些最新研究报导<sup>[3-5]</sup>.当一个物体在另一个物体表面上滑动的时候,微观上看是微结构(原来是电中性的)之间的接近和分离的过程.接近(挤压)是外部做功达成某种新的电荷分布的过程,而分离在某些情况下会造成一侧带正电荷而另一侧带负电荷的结果,且分离并不是总发生在原来的两种物质的界面,而可能是发生在某一物质的内部(rubbing,会出现碎屑).前一种情况下若要发生摩擦生电,要求两种物质对电的亲合力有大的差异;后一种情况下则要求被撕裂的物质其微结构上是极性的,即其中被撕裂的化学键是相当非对称的.可见摩擦生电的本质是材料撕裂过程中的电荷再分布.若撕裂过程非常激烈,比如岩石的断裂,还能观察到电子的发射和发光.摩擦发光现象,英文为 triboluminescence.摩擦产生的电被称为 Triboelectricity.

现代生活离不开电,所以,“电”自然而然会侵

入日常生活表达.我们今天所说的两人之间过电或来电,即是相互吸引、有好感的意思.西方语言中,也有两人中间“有电”的说法,如题头中“他们可以把我们的人分开,却断不开我们之间的电”,这些都是在近代物理对电的理解基础上出现的新的表述.

本文想说的是,中文的“电”更多是关于 lightning 或 discharge 的,含有较多的光和放电的内容;而西文的 electricity,本意同 charging by friction 关联.关于电的近代物理知识,电场、电磁场、电磁波,电动势等等概念,是一步一步添加到电(electricity)这个概念上的.当然了,我们知道如今光(作为电磁波)和电统一了.但是,光和电统一了,也不可以把“电”字的本意,“电光石火”之类的成语,当作咱们的老祖宗已经窥透自然秘密的证据.我们中国人的老祖宗是对自然现象作了许多详细的记录和深入思考,但中国确实也没有产生近代意义上的科学.其中原因多多,怕不是李约瑟博士个人能分析清楚的.有一种观点是中文结构难究其责,笔者本人也一定程度上认可这种观点.但这不应成为责难中文甚至贬低中文的理由,谁用西文织出个回文锦我瞧瞧? Maxwell's equations(麦克斯韦方程组)我所欲也,苏蕙的回文锦也让我很欢喜(Ça me fait grand plaisir aussi).万物自有定数,无须抑也无须扬,尤其不要以马后炮式的精明来褒贬.

### 参考文献

- [1] 曹则贤. 物理 2008, 37: 746 [Cao Z X. Wuli( physics ), 2008, 37: 746( in Chinese )]
- [2] Yuri R P. Gas Discharge Physics. New York :Springer - Verlag, 1991
- [3] Rubinstein S M ,Cohen G ,Fineberg J. Nature 2004, 430 :1005
- [4] Park J Y ,Ogletree D F ,Thiel P A *et al.* Science ,2006 313 :186
- [5] Dowson D. History of Tribology. London :Longman ,1979

2) 这个现象,我将之暂时称为“标尺倚赖估算(Scale-dependent estimation)”现象,是我在思考人们之间的相互评价差异时想到的.设想一下,我们用一根标杆测量大海的深度,一杆子插下去,深不见底,我们会如何估算大海的深度呢?若标杆是一米长,我们的估算可能是这样的:一米多深,可能有两三米深,说不定有四五米深,大不了六七米深,最多也就八九米深吧.若标杆是一百米长,我们的估算则可能是这样的:一百多米深,可能有两三百米深,说不定有四五百米深,大不了六七百米深,最多也就八九百米深吧.作为对这个现象的切身经历,是我前后二十年间读 Dirac 的“the Principles of Quantum Mechanics”一书时关于 Dirac 学问的猜测.——笔者注