

电场（电信号）在闭合导体中的速度

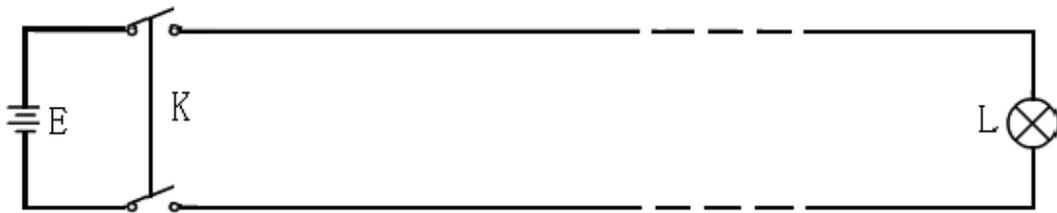
罗爱波

15924070808@163.com

内容提要：光（电磁波）在真空中的传播速度被视为所有速度的极限。本文分析了速度的极限对电信号的大小及方向的影响及速度的极限与电能在实际应用中的矛盾，继而根据电路的性质及简单的逻辑分析了电信号包括电场在导体中的形成与传播速度，论述了光速不是速度的极限，速度是没有极限的，同时阐述了导体中电信号无穷大速度的内在原因。

关键词：导体，电路，电信号，无穷大速度

前言：本文以直流电为电源（电源性质另有注明除外），线路为任意长度的简单电路，如下图。为了便于讨论，忽略外部电、磁场以及线间电容、电感对电路的影响，以纯电阻电路形式研究电信号在导体中的形成及传播速度。



图（1）

1.速度有限的困惑

1.1.电信号速度有限无法确定电路闭合时电场（电流）强度

电路中负载（包括线路电阻）的大小及负载的性质（电阻、电容、电感），决定了电流的大小及其变化。以图（1）电路为例，开关 K 闭合时，电场从电源正极以光速经导体向电源负极方向传播，电场前进中线路电阻逐渐增大，以及电场经过负载电阻，电场强度如何变化？

电场强度与电流强度成正比，一定的电压下电流强度与电阻成反比。电场传播过程中随着电阻的增加，假如电场强度变小（或变大），则引起

电源流出电流（电荷）与流入电流（电荷）不等。如果电场前进中电场强度始终保持不变，相应的电流强度如何能在电路形成闭合回路时就能按全电路欧姆定律传播？

电场的速度就是“感知”电路性质的速度。当开关 **K** 闭合电路形成闭合回路，有限速度的电信号的传播未覆盖整个电路时负载大小及负载的性质是未知的，此时电场（电流）的强度（大小）无法确定，这与习惯上电路一闭合电流（电场）强度就确定相矛盾，在此时电路不适用全电路欧姆定律。

1.2.电信号速度有限无法确定电场（电流）方向

图（1）中，电路中的负载若是与电源 **E** 同为上正下负的一个直流电源，两电源的电场（电流）方向如何变化？

双电源电路之中单独电源在整个电路中电位的高低判断是通过另外一个电源电动势的高低决定的，因此电路只能产生一个方向的电场（电流）。如果电信号速度有限，当电路闭合时双电源电路的电场（电流）方向是未知的。

单电源电路各种（阻性、容性、感性）负载在电信号未覆盖全电路时，电路的性质未知，同样不能判别电场（电流）的方向。 -

1.3.如果光速是一切速度的极限，将严重影响输电效率

1.3.1.传统分析电信号的形成与传播在方法上的错误

分析电信号的形成与传播时，通常认为电路一闭合就有电流（电场）从电源的正极沿导体流向负极，没有考虑电信号的传播速度及电路的长度对电流（电场）的形成与传播的影响。当图（1）中开关 **K** 闭合时，电路中任意一点断路都将造成电路不能产生电流。由于线路长度不能忽略，速度是有限的，所以电信号“判断”电路是断开还是闭合是需要时间的，因此开关 **K** 闭合时电路能立即产生电流（电场）与光速是速度的极限是相互矛盾的。

分析电信号的形成、传播速度、方向及其大小变化应该抛弃电路既有的电路性质及电路是否已经形成闭合回路的人的思维，让“有限速度”

的电信号“判断”电路有无形成闭合回路及电路的性质。

因此，当电路闭合时，电路产生电流将有两种可能，一是电路不能立刻产生电场（电流），由某种电信号以光速判断电路的通断后，再产生电场（电流）；二是按传统说法电路瞬间产生电场（电流），但是这种情况电信号必须有无穷大的速度判断电路的通断；

1.3.2.外部能量（其它形式的能）与电能转换时电信号所需要的速度

设图（1）的电源为一在磁场中垂直切割磁力线的导体。闭合电路中导体切割磁力线与外力做功是同时的，导体切割磁力线时同时受到磁场力的阻碍，外力克服磁场力同时做功。假如让有限速度的电信号判断电路是否闭合（包括当电源电动势回零时电信号重新判断电路是否闭合的情况），然后电路产生电流，这种情况必将引起导体切割磁力线少做功或不做功的现象。如果要保证导体切割磁力线与做功的同时性，电信号必须达到无穷大的速度判断电路的闭合情况。

1.3.3.电信号的速度影响电路中电能的输送

电能 在电源及电路中不能储存。导体切割磁力线做功在电路中同时以电流的形式表现能量的转化。若电流以某一速度（光速）从电源正极沿导体流向电源负极，当电源电动势以一定的频率变化时，将引起电流流过负载的时间少于电源产生电流的时间，使线路上消耗过多电能而负载得不到或少得到电能的现象。

1.3.4.极限速度对输电效率的影响实例

设图（1）线路长度 3000km，负载在线路的中部（实际输电距离是 1500 km），电源为市电，频率 50HZ，电路为纯电阻电路性质，则导体中（包括负载）将要流过的电流与电压（电动势）的相位同相。在半波 0.5HZ（0.01s）时间内光可以传播 3000 km，如果电流从电源沿导体也只传播了 3000 km，则负载实际接受电源的功率（电能）只有电源输出功率（电能）的一半。若加上电信号判断电路是否闭合所消耗的时间，负载上将得不到电能，电能全部消耗在线路上。

电信号的有限速度限制着电流（电场）的产生，更限制电力的输电

距离与效率，实际电力输电距离及效率远超出上述的假设，电信号的速度必将远远超过光速。

2.导体中电势、电势差、电场、电流的形成及传播速度

以下以电路一闭合电场（电流）的大小、方向就确定的传统习惯分析电路中电信号的形成与传播速度。

2.1.导体内部电场的形成

当线路两端在电源电动势作用下输入直流电压即线路两端有电势差，如果导体内部没有形成电势差，即使因某种扰动使线路的正端产生沿导体向线路负端方向的电场，由于金属对电场的屏蔽作用，这种电场不能沿闭合回路传播形成稳定的电流。即通电线路两端之间不能像充电电容极板之间的空间一样能产生电场，金属导体只能以导体内部电势差的形式在导体内部形成电场。

因此，导体内部电势差的传播速度决定电场的形成速度，导体中电场的传播速度不能简单地比照电磁场在真空中的传播速度。

2.2.速度无极限——电信号在导体中的速度

2.2.1.电势的传播速度

图（1）当开关 K 闭合时，根据纯电阻电路特性，纯电阻电路在电路形成闭合回路时电流同时产生。形成电流的条件，电源正极与导体开始形成电流的地方首先要形成电势差才能产生电场，形成电势差必须有电位的高低之差——电势，即电势能。与正极形成电势差的负电势不能由电源内部经正极传递，负电势是从电源负极经由导体传递到正极处的导体的，电路中任意一点的断路都不能产生电流（电场）就是这个原因。在电路闭合瞬间，负电势已经走完了整个闭合回路与电源正极形成电势差，因此电势的传播速度必定是无穷大的。

2.2.2.电势差的传播速度

金属导体中带负电的自由电子在电场力作用下形成电流，自由电子从电源负极经导体向电源正极方向传播。电路闭合后在电场力的作用下，

负极处导体中的自由电子源源不断沿导体向正极方向移动形成电流。由于电源自身不产生自由电子，在电流未形成闭合回路时，如果没有自由电子的补充，自由电子的定向移动将使电源负极处导体失去电子产生异常电压。原子中的自由电子是有限的，自由电子流失到一定程度导体中甚至没有导电的自由电子，电流将逐渐减小甚至中断，这与纯电阻电路闭合后能产生恒定的电流相悖。

根据克希荷夫定律，闭合回路任何地方都没有电荷的堆积或不足。电源正极电势经导体传递到电源负极处导体，使之与电源负极处导体产生电势差，此电势差产生了沿导体向电源负极方向的电场，使电源负极处的一段导体在电场力作用下运送一定数量电荷沿导体向电源正极方向移动，使此段导体带正电。电源负极电势沿导体传递到电源正极处导体与电源正极产生导体内部电势差，形成由电源正极沿导体向负极方向的电场，使电源正极处导体的自由电子向电源正极方向移动。在电源电动势作用下，正极处导体的自由电子经电源运送到负极处导体，使负极处导体不带电，电源电动势起运送自由电子的作用。

电势瞬间同时传递到电源正负极处的导体形成电势差产生电场，导体内部电场不是从电源正极以光速经导体向负极方向传播到电源负极才有电场，当电源正极处导体有电场存在时，电源负极处导体同时有电场存在。

电路闭合时正负电势使电源正负极处导体均同时有电势差存在，其电势差之和小于等于电源电压；若电势差之和等于电源电压，没有形成电势差的部分导体就不会形成电势差，电流无法形成。因此电源正负极处导体形成的电势差之和是小于电源电压的，且形成电势差的正极端导体负电势总是高于形成电势差的负极端导体正电势，因为电势可以以无穷大速度在导体内传播，所以整个电路导体内部可以瞬间产生电势差。

从整体看，正负电势是经过电源以外的导体传播到电源负极与电源正极形成电势差的，正负电势必定同时经过了闭合电路的中间段部分及其它任意位置，使电路中的导体内部任意位置都有电势差产生，即整个电路的导体内部任意位置都产生了从电源正极沿导体至电源负极方向的

电势差，电势差的传播速度是无穷大的。

2.2.3.电场的形成速度

电路闭合时导体内每一部分都有从电源正极沿导体向电源负极方向连续存在的电势差，在导体内部电势差的作用下，导体任意部分都可以同时产生电场，因此整个导体内部以无穷大速度形成了电场。

2.2.4.电流的传播速度

整个闭合回路导体中任意位置都有电场存在，导体中的任意位置的自由电子都会在电场力的作用下定向移动形成电流，即闭合电路中电流传播速度是无穷大的，电路中任意时刻任何地方都没有电荷的堆积或不足。

3.电路中电信号无穷大速度的内在原因——等势体以无穷大速度传播电势、电势差

为便于讨论，忽略导体寄生电容、电感及外部电磁场对电路的影响。当两根任意长的呈电中性的导体（等势体）分别连接在电源正、负极上，导体连接在电源正、负极前后，任意时刻导体中的自由电子均保持无规则运动，每根导体均处于原来的静电平衡状态，单根导体中任意两点之间电势、电势差为零。即单根导体中的任意地方任何时刻电势、电势差相同没有变化，每根导体可以瞬间分别与电源正、负极形成等势体。

电源电动势未改变两根导体的等势体状态，但两导体间任意两点电势、电势差均为电源电压，导体间电势能瞬间提高。此时电源只传播导体间的电势、电势差，导体中没有电场的传播。

电势、电势差从无到有，从电源到导体的任意地方，可以视为电势、电势差的传播速度。电源电动势在金属导体形成的等势体上以无穷大的速度传递电势、电势差，不消耗电能。

单一等势体可以消除等势体内寄生电容、寄生电感的影响，用单根导体方便地测量电势、电势差的传播速度。

当图（1）中双掷开关合上时，可以把电路中任意地方比如负载（或其它任意地方）看做是断开的，电源正负电势与断开处分别形成等势体

使此处瞬间产生电势、电势差，这两点之间就存在电势能。当此处接上一定阻值的电阻，这两点之间必定产生电流，导体本身不能产生电流，电流是电源通过导体传播的，电源电势能通过等势体瞬间可以把电场、电流等电信号传递到闭合电路任意的地方。

等势体使闭合电路中的电信号方向瞬间确定，电场、电流强度（大小）变化瞬间按全电路欧姆定律确定。

导体从等势体到电路闭合导体内部有电势差的不等势，是闭合电路导体内部电势、电势差传播速度无穷大的结果。

当开关 K 断开时，导体立即又变成等势体，作为物质的电场已有一个初速度，电场只能在有电势差的导体中传播，没有电势差的金属导体对电场起屏蔽作用，电场只做有限距离的移动。

4.电信号的传播与形成速度的区别——物质与物理现象的区别

传播是某一物质、物理现象从一点至另一点的位置移动，一般意义上的速度即传播速度。形成是某一整体或局部物质或物理现象的连续出现，速度的概念也应包括物质或物理现象的形成速度。

电路中电势、电势差是从高电位向低电位传播的，电势、电势差瞬间从电源正极沿导体传播到电源负极，可以认为电势、电势差的传播速度是无穷大的。电势、电势差的传播速度也等同于电势、电势差的形成速度。

导体内部瞬间形成的电场不是导体内部电场的传播速度，作为物质从一点至另一点的位置移动是其传播速度，导体内电场的传播速度有待实验测定。

电流是电场产生的，电流也在电场的作用下瞬间形成，倘若电流从高电位向低电位传播，则电流的传播速度是无穷大的，电流的传播速度亦等同于电流的形成速度。

电势、电势差、电流等是物理现象，物理现象传播速度可以无穷大。电场是物质，物质的传播速度有限，但绝不是以光速为极限。

5.导体中电信号形成及传播与真空中的电磁场传播的区别

电源电动势产生的电势、电势差、电流以无穷大的速度在导体中传播，电势、电势差的传播不消耗电能。

导体中的电场传播速度有限，但其在导体内形成速度无穷大。电势差是导体中电场传播的先决条件，导体中的电场（电流）的形成与传播需要持续的能量支撑。

光（电磁波）在真空中的传播速度是有限的，光（电磁波）发射后无需后续能量的支撑理论上可以在真空中传播到无限远的地方。

6.结论

综上所述，导体中电信号的形成与传播的速度与真空中的光（电磁场）的传播速度是有区别的。光速不是速度的极限，导体中的电势差、电势、电流传播速度为无穷大，在电势差的作用下电场的形成速度是无穷大的，电场可以在金属导体中以无穷大的速度传播。电能产生的能量沿导体可以瞬间传播到无限远的地方。

7.电信号速度的意义

电势、电势差、电场、电流的形成、传播速度虽然不是宏观物体的运动速度，但不影响其对宏观物体的空间运动的测量。

判断相对运动物体之间的同时性——用无穷大速度可以处于任意位置（相对运动、静止或处于比较同时性物体之外的任意运动或静止处）观察判断相互运动物体之间所发生的事件的同时性，都会得出相同的的同时的绝对性结果，符合相对性原理的普遍性原则，狭义相对论的同时的相对性原理失去理论基础。

如果不重新审视物理学上空的“两朵乌云”，物理学上空终将会遍布漫天乌云。

2011年11月11日 20:04:35