

## 199 坡印亭矢量和麦克斯韦应力张量

### 主题

通常，我们是这样定义坡印亭矢量的：

坡印亭矢量  $\mathbf{S}$  用来描述电磁场在某一方向上的能流。它等于电场强度  $\mathbf{E}$  和磁场强度  $\mathbf{H}$  的矢积：

$$\mathbf{S} = \mathbf{E} \times \mathbf{H} \quad (1)$$

### 负担

为什么电磁场的能流密度需要有自己的名称和符号？一个物理量的意义在于，它可量度不同系统的同一种性质。它能让我们来比较不同系统的某一性质。例如，我们可以用质量来比较地球的惯性和电子的惯性。这样，我们可以说，地球的质量较大，而电子的质量较小。如果我们给地球的质量和电子的质量取上不同的名称，相应的表述就会变得很复杂。

另外，人们不禁要问，如果我们给电磁场的能流密度取上独特的名称，那么，我们是否也要给其他系统的能流密度取上自己的名称？例如，我们是否也要给挖土机液压管中的能流密度（它等于压强和速度的乘积  $p\mathbf{v}$ ）取上自己的名称？

当然，这种情况在一些地方是很普遍的。例如，通常叫作距离的这个量有时也叫作路程、长度、宽度、高度、位移、半径或直径。然而，这些名称所对应的测量容易与我们的感知相一致，并且这些名称已经固化在日常语言中了。

能量（特别是场的能量）的情况有所不同。人们总是强调，“场的概念”是难懂的概念。人们总是这样来引入场的概念，以至于使人产生这样的印象：场只不过是一个可以用来计算质点所受到的力的数学工具。<sup>[1]</sup>

实际上，场跟其他诸如气体、液体等物体一样是一种物质系统。与在其他系统中一样，在场中一些标准物理量（能量密度，即质量密度；能流密度；动量；动量流密度；电荷密度、熵密度；与状态有关的量也包括速度、温度和化学势）也具有确定的值。

我认为，坡印亭矢量这一名称会强化这样的观念：场是一个神秘的东西，对电磁场中的能流我们用不着很认真地对待，这种能流跟“真正”的能流是不同的。

## 历史

(1) 式被建立时正好是人们开始知道如何局域地描述能量的分布的时候。

对于能量，一个特别的情况是，在当时能量仍是一个新的物理量，人们还不知道它是量度什么性质的，它的值只能通过其他量的测量值推论或计算出来——尽管它的值以不同的方式取决于系统及其状态。只有到了 1905 年，即在坡印亭矢量被引入 20 年后，人们才清楚地认识到，能量和其他物理量一样也是用来量度一种性质的，这种性质就是惯性。

麦克斯韦应力张量也有同样的问题。人们并没有说麦克斯韦所建立的公式可用来计算场中的应力张量，而把这种应力叫做麦克斯韦应力，似乎这种应力不同于通常的“真正的”力学应力。

## 建议

将上面那个公式改为：

$$\mathbf{j}_E = \mathbf{E} \times \mathbf{H}$$

式中  $\mathbf{j}_E$  表示能流密度。

然而，把坡印亭这个名字放在什么地方？毕竟人们还是想用这个矢量的名称来纪念坡印亭。我们认为，将坡印亭作为这个公式的名称（而不是作为这个矢量的名称）是比较恰当的。这个公式最好叫作坡印亭-亥维赛（Poynting-Heaviside）公式（事实上，这个公式是他们俩独立地建立出来的）。[译者注：坡印亭（John Henry Poynting, 1852-1914）和亥维赛（Oliver Heaviside, 1850-1925）都是英国物理学家]

## 参考文献

[1] F. Herrmann, Historical Burdens on Physics, 3.8 The field as a region of space with properties,  
[http://www.physikdidaktik.uni-karlsruhe.de/download/historical\\_burdens.pdf](http://www.physikdidaktik.uni-karlsruhe.de/download/historical_burdens.pdf)

*Friedrich Herrmann*

（陈敏华，2021 年 6 月 19 日译毕于柯桥）