

光电简史

自然科学的电磁原理
动电论

A BRIEF HISTORY OF OP
TOELECTRONICS

刘新进——著

红旗出版社

光电简史

自然科学的电磁原理
动电论

A BRIEF HISTORY OF OP
TOELECTRONICS



刘新进——著

红旗出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

光电简史 : 自然科学的电磁原理 : 动电论 / 刘新进著 .

— 北京 : 红旗出版社 , 2018.1

ISBN 978-7-5051-4300-5

I . ①光… II . ①刘… III . ①动电学 IV . ① O442

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 008149 号

书 名 光电简史 : 自然科学的电磁原理 : 动电论

著 者 刘新进

责任编辑 张明林

出版发行 红旗出版社

地 址 北京市沙滩北街 2 号

邮政编码 100727

编 辑 部 010-57274597

E - mail hongqi1608@126.com

发 行 部 010-57270296

印 刷 北京市玖仁伟业印刷有限公司

开 本 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

字 数 千字 印 张 15

版 次 2018 年 2 月第 1 版 印 次 2018 年 2 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5051-4300-5 定 价 38.00 元

欢迎品牌畅销图书项目合作 联系电话: 010-57274627

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 本社发行部负责调换



目录	1
简介	3
第一章 电荷与静电作用	17
第二章 静电场与电场的运动	29
第三章 动电场	49
第四章 运动电场与磁场	55
第五章 动电力	87
第六章 电磁感应与速变力	109
第七章 运动电荷与电磁作用力	171
第八章 麦克斯韦电磁理论	213
参考资料	225

光电简史

自然科学的电磁原理——动电论

牛顿力学创建了物理学理论的一座里程丰碑，牛顿经典力学规律作为大自然宏观上的基本规律，长期以来被投入研究与应用，将永留青史。

电磁学作为物理学理论的重要组成部分，数百年来经过人们一直不懈的研究，不断的丰富了和发展了其理论体系，并在应用技术上取得了巨大成就，推动了人类进步。

但是，绝大部分的经典电磁定律、定理并非普遍形式的最基本规律，既不能用来全面正确地认识和改造自然，也无法有效满足电磁规律的协变性，麦克斯韦方程组之中包涵着许多最简洁的答案，不会是只列出一个波动方程就可以达到目的。

经典的电磁理论需进一步发掘和发现并完善之。

两个电荷相对静止时，它们之间存在静电力的作用；但它俩相对运动时又会有什么样的作用呢？原来电荷相对运动时它们之间还有动电力的作用。

经典电磁规律的背后还存在着动电规律，动电规律才是最基本的电磁规律。

大自然既有静电作用又有动电作用，既有固有质量又有库仑质量，



库仑质量具有特殊的惯性，既有万有引力又有库仑引力；电荷间既有静电势能又有库仑动能，既有洛伦兹力又有隐磁力，电荷的宏观运动受动电平衡条件的限制，真空磁导率常数可能是随相对速度变化的动电系数；电场有着特定的运动和变化规律，并因此关系到了光与电磁波的传播性质……

这就是动电理论中新推出的动电规律的最基本内容。

动电论使静电学发展到了动电学，揭开了几百年来电磁规律之中和电磁现象背后的科学之迷，发掘出了久藏着的最深层、具有最普遍形式的自然规律，开创了动电理论的新篇章。从静电到动电是电磁理论的全新发展。

动电论中新推出的动电规律与牛顿力学中的宏观经典规律一样，都是物理学的、大自然的基本规律；动电论的推出终于使电磁学与静电学完成了接轨，也使得电磁学可以象牛顿力学那样简洁明快、准确细致、深入深奥、丰富全面的认识大自然，为人类改进大自然服务。

简 介

真空中两个点电荷之间相互作用的静电力，跟它们的电荷量的乘积成正比，跟它们距离的二次方成反比，作用力的方向在它们的连线上。

$$f = k \cdot \frac{Q \cdot q}{R^2} \dots\dots\dots (1)$$

这个规律后来就叫做库仑定律。静电荷之间的相互作用力，叫做静电力或库仑力。

相对运动的电荷之间还存在动电力。

如果用 Q 和 q 分别表示两个点电荷的电荷量， r 表示它们之间的距离， F 表示相互作用力，库仑定律就可如下进行表述。

两个点电荷若分别携带有 Q 和 q 库仑的电量，在真空中相距 R 米远，这两个点电荷之间的静电作用力就可以用库仑定律来计算：

$$F_0 = \frac{Q \cdot q}{4\pi\epsilon_0 \cdot R^2} \cdot R \dots\dots\dots (2)$$

上式中 $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$ [C²/(N·m²)]，被称为“真空介电常数”，它代表了真空中的一种性质。

静电作用力的大小用“牛顿”为单位来进行定量表示。

若两个点电荷分别携带有 Q 和 q 库仑的电量，在真空中相距 R 米远，这两个点电荷之间的静电能就可以用下式来计算：

$$W_0 = \frac{Q \cdot q}{4\pi\epsilon_0 \cdot R} \dots\dots\dots (3)$$

静电能的单位是焦耳，1 焦耳 = 1 牛顿 · 米。

静电场也可以运动。

静电场运动起来后就变成了“动电场”。

在一个电荷产生的静电场中运动着的另外那个电荷看来，该静电场是相对于自己在运动的动电场。

动电场对电荷具有动电力的作用。

根据运动的相对性，静电场与运动电荷之间的运动速度可以确定，一个相对于另外的静止电荷运动的“动电场”与另一个运动速度不同的“动电场”之间的运动速度，可以通过速度的叠加合成来确定；一个相对于参照系运动的“动电场”，与另一个运动速度不同的电荷之间的运动速度，也可以通过速度的叠加合成来确定。

与我们相对静止的静电场对运动电荷而言却是相对运动的电场，在静电场中运动的电荷会既感受到静电力的作用，又可感受到与“匀速运动速度”有关的、以及与“变速运动的加速度”有关的动电力的作用。

而最常见的动电力就是我们最熟悉的常规磁力。

我们最熟悉的常规磁力就是动电力。

动电力还包括与相对运动速度有关的“隐磁力”，包括与相对运动速度大小有关的“平动力”，包括与相对运动速度方向有关的“速动力”，

包括与加速度有关的“速变力”。

平动力可以表达为：

$$F_p = \mu_0 \epsilon_0 (v - V)^2 F_0 / 2 \quad (5)$$

式中， F_0 是静电力， v 和 V 是电荷 q 与 Q 相对于参照系的相对运动速度， $\mu_0 \epsilon_0$ 是真空磁导率常数与真空电导率常数的乘积， F_p 表示平动力。

速动力的表达式是一个点乘的形式：

$$F_s = \mu_0 \epsilon_0 \{ - (v - V) \bullet [(v - V) \bullet F_0] \} \quad (6)$$

如果电荷 Q 与 q 之间的速度是 V ，那么两者之间的动电力就是：

$$F = \mu_0 \epsilon_0 [V^2 F_0 / 2 - V \bullet (V \bullet F_0)] \quad (7)$$

两者之间的电力当然还包括静电力 F_0 。

因为电荷之间的相对运动，使得电荷 Q 与 q 之间产生了动电力的作用，现在已经知道了平动力和速动力（又可以称之为质变力），两者能够叠加成磁力即洛伦兹力。

速变力可用下式表达：

$$F_a = - \mu_0 Qq (dV/dt) / (4 \pi r) \quad (8)$$

在速变电场中，电荷 q 会受到动电力的作用，我们可以命名这种力为“速变力”，从这名词上可以知道是与电荷的加速度有关的力，只要电荷 Q 改变它的运动状态，就会对另外的电荷 q 产生此作用力。

还可以这样理解，电荷 Q 改变它的运动状态，带动它的电场也改变了运动状态，使得电荷 Q 的电场相对于另外的电荷 q 产生了加速运动，就对电荷 q 产生了动电力的作用，也就是产生了速变力作用。

电荷不仅具有它的固有质量，在电场中它还具有电场质量，电荷的电场质量分为正电场质量和负电场质量，具有正惯性与负的惯性。



对驱动电荷加速运动的外力而言，正惯性力是阻力，负的惯性力是助力，正惯性力阻止受力电荷的加速运动，负的惯性力有助于受力电荷的加速运动，两者正好相反。

电荷的电场质量与它所具有的静电势能直接相关，也就是说：正静电势能产生正质量，负静电势能产生负质量；正静电势能越大则正电场质量就大，负静电势能的绝对值越大则负质量的绝对值越大，电场质量与此电荷的静电势能成正比。

实际上，电荷的固有质量也是它自身的静电势能来决定的，比如正负电子放出能量后合成一个几乎没有质量的小微粒（如中微子），电子的质量也是由于自身的电荷相互作用产生的静电势能而确定的。

下面我们列出具有一定静电势能的一个电荷的电场质量与此静电势能的数学关系式，就是质能关系式：

$$m = \mu_0 \cdot \epsilon_0 \cdot W_0 \quad (9)$$

此式之中， m 代表电场质量， w 代表静电势能，真空磁导率与真空介电常数的乘积作为比例系数与静电势能相乘，这样就得到了质能关系式了。但是要注意，此电场质量对应着这个静电势能，相互作用的两个电荷各自具有一个电场质量。

例如，相互作用的两个电荷之间具有一个静电势能 W ，但此时两个电荷总共有两个电场质量。

对于具有一定的静电势能 W 的一个电荷而言，质能关系式可以具体表达如下：

$$m = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{Q \cdot q}{r} \quad (10)$$

但要注意，这只是一个电场质量，与此电荷相互作用的其它电荷也

同样具有一个同样大小的电场质量，正负也一样。

电场质量是两电荷之间产生的质量，克服电场质量惯性力所做的功应与两个电荷之间的总位移有关，两个电荷之间的总位移与电场质量惯性力的乘积就是克服电场质量惯性力所做的功。

如果电荷受力加速运动，计算推动它的电场质量所付出的功时应考虑它与另一个电荷之间的总位移，这是因为它的电场质量是与另一个电荷产生的，所以要考虑两电荷之间的总位移，这是电场质量的特性。

由于电场质量的这个特性，使得电磁作用可以通过电磁感应传递能量，可以通过电磁波传递能量；使得电磁作用可以通过电磁感应传递动量和作用力，可以通过电磁波传递动量和作用力；人们可以通过真空传递信号。

例如外力向左推动一个电荷 Q ，通过真空中的电场使另一个电荷 q 向右移动，电荷 q 所受到的力可由外力感受到，对电荷 q 所做的功也是外力付出的。

这时，外力向左推的力有一部分变成了向右推电荷 q 的力，部分外力通过真空中的电场转了一百八十度的方向作用在电荷 q 之上。

这时，外力向左推所付出的功也部分变成了向右推电荷 q 所付出的能量。

这是因为电荷 Q 的电场质量的惯性好像变大了，外力推它时要多用力，多出的这部分力所做的功等于电荷 q 所得到的能量，就像外力直接推了电荷 q 那样的通过动电力推动了电荷 q 。

电荷受力加速运动，计算推动它的电场质量所付出的功时，应考虑它与另一个电荷之间的总位移，而不是只采用它相对于外力的分位移，这是由电场质量的惯性特点所决定的。



此种情况下，外力推电荷 Q 时好像遇到了一种阻力，可以认为是感应电阻。

通过动电力和电场质量的惯性力的共同作用，在电磁感应过程中实现了能量的传递，动量的传递，力的传递，信号的传递。

电磁作用中，动电力和电场质量的惯性力共同发挥了作用，两者各有特点缺一不可。所以，静电力与动电力和电场质量的惯性力三个作用力才是电荷所承受的总作用力。

我们早已发现，不论导体中通过多大电流，或者把物体加热到高温都不会改变它们的电中性，这说明正负电荷的动电力大小相等，不然就会因为电荷运动产生动电作用。

例如任何物体在加热和冷却时，电子的速度比带正电荷的原子核的速度更容易受到影响。虽然每个电子的速度可能变化不大，但是物体中电子的数量极大，如果运动确实对电量有影响的话，它可以在物体上获得可观察的电量。然而事实上，中性物体在任何温度下总是保持宏观上的电中性，实验中从来没有观察到仅仅通过加热或冷却的方式在物体上获得电量的事实。

大量电荷在导体中运动产生了宏观的电磁场，但电荷在导体中的宏观运动受下述条件的影响：

$$\rho_+ \cdot V_+^2 = -\rho_- \cdot V_-^2 \dots\dots\dots (11)$$

这就是动电平衡条件。

式中 ρ 是正负电荷的密度， v 是正负电荷相对于载流体——导体的速度。

之所以会出现这个动电平衡条件，是因为动电的“质变力”作

用可导致电荷间的电磁感应:

$$\nabla \times \vec{E}_V = \nabla \times \left[-\mu \cdot \varepsilon_0 \cdot (\vec{E}_0 \cdot \vec{V}) \cdot \vec{V} \right] \dots\dots\dots (12)$$

隐磁力是带电粒子在隐磁场中运动而受到的力, 这个力的方向与粒子的运动方向相同或相反:

$$\vec{F}_N = q \cdot B_N \cdot \vec{V} \dots\dots\dots (13)$$

隐磁力的大小与带电粒子所携带电荷的电量成正比, 与带电粒子的运动速度成正比, 与带电粒子所在之处的隐磁场绝对值的大小成正比。而且它与洛伦兹力的大小在同一个数量级上, 在宏观及微观领域都具有明显的观测效应。

电荷在隐磁场中运动时, 一定会受到隐磁力的作用。隐磁力的方向与电荷在常规磁场中的运动方向相平行, 即方向相同或相反。因此隐磁力不改变运动电荷的运动方向, 但会对电荷快速高效的作功和传递能量。

隐磁力可用下式表达:

$$F = \mu_0 \varepsilon_0 \cdot (F_0 \bullet v) \cdot V \quad (14)$$

V 是导线中运动电荷的速度, v 是导线外运动电荷的速度; 可以发现, 力的方向与电荷 Q 的运动速度的方向相同或相反, 也就是说隐磁力可以给电荷 Q 加速或减速, 可以给电荷 Q 增加动能或减少动能, 可以给加速器中的荷电粒子加速或减速, 可以使核外电子增加能量或放出



能量，做成隐磁力激光器。

在形成等速闭合电流的情况下，对于相对导线运动的电荷粒子而言，它所感受到的闭合回路中的隐磁力元的回路积分恒为零：

$$\frac{\mu}{4\pi} \cdot I \cdot \oint \frac{d\vec{l} \cdot \vec{R}}{R^3} = 0 \quad \dots\dots\dots (15)$$

所以，这个与洛伦兹力相垂直的且大小处在同一数量级的力，在经典电磁理论中一直没有被发现。

隐磁力的大小和数量级与已知的普通磁力相等，是在宏观和微观条件下都能有效使用的自然力。

电场质量就是库仑质量。

库仑质量分布于电荷的电场之间，乘载于电荷的质心之上，具备粒子和波动的双重性质。

库仑质量既表现出惯性性质——可被质谱仪测出，又具有万有引力的特性——可用分析天平称量；核反应的质量亏损、正负电子对的“湮灭”、以及真空中正负电子对的激发、产生，都暗示了库仑质量的存在。

库仑质量对外遵从牛顿定律和万有引力定律 [5]，受外力时有：

$$\dot{f} = d(m' \cdot \dot{V}) / dt \quad \dots\dots\dots (16)$$

库仑质量在两电荷之间生成了内部的“库仑引力”：

“库仑引力与电荷间距离的高次方成反比，并具有正负性——吸引或排斥的性质。”

库仑引力与电荷间距离的高次方成反比：

$$f \propto 1 / R^n \quad \dots\dots\dots (17)$$

库仑引力之所以与电荷间距离的高次方成反比，一是引力与距离的平方成反比，二是库仑质量的大小与电荷间的距离成反比；三是因库仑质量分布在两电荷之间，相距极近的电荷之间的库仑质量的密度，应与两电荷之间的体积成反比。

库仑质量为两电荷所共有，库仑质量与电荷本身原有的质量之间零距离相接触，密不可分；两电荷之间相距极近时实际存在的库仑引力，远大于用两电荷之间的距离 R 代入万有引力公式计算出的数值。

因此，正电荷之间或负电荷之间还存在一种凝聚力，可以产生一定的集体效应。

在库仑引力的作用下，正电荷与负电荷之间还存在一种排斥力，可以产生一定的排斥效应；绕质子旋转的电子，既受库仑力的吸引又受库仑引力的排斥，形成了一个弹性的谐振系统。电子可以与质子保持在一定的距离之内，不会因库仑静电力的吸引而轻易产生“归核”现象。

绕质子旋转的电子，在库仑力的吸引和库仑引力的排斥下，所形成的弹性谐振系统的谐振频率受基本电荷量与电子质量等的影响，表现出了量子现象。

若两电荷其中之一变速运动，则它会乘载库仑质量内部的速变惯性：

$$\overset{1}{f}_a = m' \cdot \overset{1}{a} \dots\dots\dots (18)$$

在乘载这个库仑质量内部的速变惯性的同时，若对方是另一个电荷，该变速运动的电荷就给予对方——另一个电荷——相应的反作用“速变力”。

由于库仑质量的共有性，该变速运动的电荷不仅会乘载这个电荷库



仑质量内部的速变惯性，同时它还乘载着对方——另一个电荷相应的库仑质量内部的速变惯性；但要注意的，对这个变速运动电荷施力的施力者而言，克服这个库仑质量的速变惯性所做功的路程会有所不同。

对于任意运动状态下的外力施加者而言，克服库仑质量内部的速变惯性所需的任何外力做的功，是按惯性力与乘受外力的两电荷之间的总位移来计算的。

若两个电荷相对运动，其中一个电荷加速运动时它的电场质量就具有惯性，外力推动它加速时会感受到惯性力的反作用，外力所感受到的反作用力就是电场质量的惯性力。

若另一个电荷相对于外力的施加者静止，则惯性力就是电场质量与此电荷的加速度的乘积；若另一个电荷相对于外力的施加者运动，这个惯性力就会发生变化，外力的施加者所感受到的反作用力就会发生变化。

此时，若另一个电荷运动方向与此电荷的运动方向相反，就导致此惯性力变大，这是因为外力做功的路程小于两个电荷之间的位移，根据能量守恒定律，变大的惯性力与外力的施加者之间的路程的乘积就是外力所做的功，这个功的数值等于正常不变的惯性力与两个电荷之间的总位移的乘积。

变大的惯性力与正常不变的惯性力的比等于外力做功的路程与两个电荷之间的总位移的反比。

对于外力的施加者而言，相对运动的两个电荷之间的电场质量的惯性可以变化，电荷之间的总位移大于外力做功的路程时，惯性力变大；电荷之间的总位移小于外力做功的路程时，惯性力变小；电荷之间的总位移等于外力做功的路程时，惯性力不变。

$$F = \frac{S}{S_1} \cdot f \quad (19)$$

上式中 S 代表两个电荷之间的总位移, S_1 代表 A 电荷的运动路程, F 代表变化了的惯性力, f 代表没变化的惯性力:

$$f = -\frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{Q \cdot q}{r} \cdot a \quad (20)$$

就像杠杆那样可以省力或费力, 也像传动齿轮, 若外力做功的路程小于两电荷的总位移, 则惯性力 f 的绝对值被放大, 反之缩小。

在外力推动下, 电荷有一个加速度, 这个加速度导致惯性力的产生, 此惯性力对外力而言是个变化了的惯性力; 若外力做功的路程小于另一个电荷相对此电荷运动的总位移, 则此惯性力对外力而言变大了, 使得外力对这两个电荷都做功, 而且是通过克服其中一个电荷的电场质量的惯性来做功。

此时, 电荷受到外力和动电力的合力而做加速运动, 加速度包括两项, 一项与外力有关, 另一项与动电力有关; 所以, 因增大的惯性力与加速度有关, 也就与外力和动电力有关, 与另一个运动电荷对此加速电荷的动电力有关, 实际上都是外力在做功。

每个电荷都有自己的电场, 电荷运动电场也会跟随着运动。动电场的运动和变化有一定的规律性。

将电荷的电场以电荷为中心辐射出无数条射线, 在射线上等距的标出无数个场点。在电荷不改变自己的运动状态的情况下, 各场点的间距不变, 场强不变, 库仑电势的大小也不变。