

案例 8 矢量磁位 A ——电磁场理论的丰富与发展

【所属课程】 电磁场理论与应用。

【教学内容】 磁场的计算与分析。

【案例意义】 讲解恒定磁场的计算与分析，教导学生理论联系实际的工程计算方法，充分意识到科技是第一生产力。案例从磁感应强度、磁场强度、标量磁位和矢量磁位等角度出发解析电磁理论的科学发展历程。通过加强学生对科学持续发展的认识，培养献身科学和科技强国的精神，促使其服务于社会主义建设发展中。

【教学过程】

1. 问题导入

对磁感应强度、磁场强度、标量磁位和矢量磁位等进行研究，重点对这些理论的继承与突破进行分析，解决科学理论不断突破问题。

2. 讲授正文

(1) 矢量磁位。

矢量磁位在电磁学里又称磁矢、磁矢势(magnetic vector potential)，通常标记磁矢势的旋度为磁场，以方程表示其中是磁场。

直观而言，磁矢势似乎不及磁场来得“自然”“基本”，而在一般电磁学教科书亦多以磁场来定义磁矢势。以前很多学者认为磁矢势并没有实际意义，只是人为的物理量，除了方便计算，别无其他用途。但是，詹姆斯·克拉克·麦克斯韦颇不以为然，他认为磁矢势可以诠释为“每单位电荷储存的动量”，就好像电势被诠释为“每单位电荷储存的能量”。

1959 年，阿哈罗诺夫—玻姆效应阐明，假设一个带电粒子移动经过某零电场、零磁场、非零磁矢势场区域，则此带电粒子的波函数相位会有所改变，导致出现可观测到的干涉现象。越来越多学者认为，电势和磁矢势比电场和磁场更基本。不单如此，有学者认为，在经典电磁学里，磁矢势也具有明确的意义和直接的测量值。

磁矢势与电势可以共同用来设定电场与磁场。许多电磁学的方程可以电场与磁场写出，或者以磁矢势与电势写出。较高深的理论，像量子力学理论，偏好使用的是磁矢势与电势，而不是电场与磁场。因为，在这些学术领域里所使用的拉格朗日量或哈密顿量，都是以磁矢势与电势来表达，而不是以电场与磁场来表达。

(2) 标量磁位与矢量磁位的关系。

$$\text{全电流定律: } \nabla \times H = J + \frac{\partial D}{\partial t}$$

$$\text{法拉第电磁感应定律: } \nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}$$

$$\text{磁通连续性原理: } \nabla \cdot B = 0$$

$$\text{磁通连续性原理: } \nabla \cdot D = \rho$$

因为磁场 B 是无源场，所以可引入一个矢量函数 A ，使得 $B = \nabla \times A$ 。这样磁场的基本方程 $\nabla \cdot B = \nabla \cdot (\nabla \times A) = 0$ 恒成立。

根据法拉第电磁感应定律，可以推出电场 E 和矢量函数 A 应该满足：

$$\nabla \times (E + \frac{\partial A}{\partial t}) = 0 \quad (8-4)$$

这个结果表明，存在一个标量函数 ϕ ，它满足：

$$E + \frac{\partial A}{\partial t} = -\nabla \phi \quad (8-5)$$

这样便把电磁场 E 和 B 用矢量函数 A 和标量函数 ϕ 表达了出来，一般称为 A 磁位、 ϕ 电位。这样做的目的是简化计算。

3. 课后自主讨论

课后让学生对磁场矢量磁位和标量磁位等实际问题进行工程计算，通过在解决复杂工程问题过程中运用所学方法，让学生认识到科学方法论和认识论的价值作用。同时，培养学生的辩证思维，认识到科学方法的多样性，自觉培养批判性思维。在掌握好理论的基础上，培养创新意识，激发创新兴趣。

4. 分析总结

(1) 每个科研工作者都要有理论联系实际的意识。

(2) 工程人员要树立科学的方法论和认识论，设计时要充分考虑经济效益等因素。