

# 动生电动势一题多解解析

赵丽特

(五邑大学应用物理与材料学院 广东 江门 529020)

(收稿日期:2015-06-01)

**摘要:**对于高中和大学的学生,动生电动势都是非常重要的知识点,在教学中采取了一题多解的方法,使学生更容易掌握知识点,提高思维能力.

**关键词:**动生电动势 法拉第电磁感应定律 一题多解

## 1 引言

根据法拉第电磁感应定律,闭合电路中感应电动势的大小与穿过该回路的磁通量的变化率成正比,而磁通量变化的原因有两种可能,一种是闭合回路不变,磁场随时间变化产生电动势,称为“感生电动势”;一种是磁感应强度恒定,而回路所包围的面积发生变化,面积的变化一般指回路的局部或者整体在运动或形变,这种由于回路和磁场间的相对运动所引起的感应电动势称为“动生电动势”<sup>[1]</sup>. 一般计算动生电动势的方法主要有两种,一种是根据动生电动势的定义,一种是根据法拉第电磁感应定律.

因为电动势的定量计算是电磁学的重要内容,在中学的教学中对此知识点强化训练也比较多,所以很多大学生还是采用中学的解法,笔者认为试题应该鼓励和引导学生学习新的解法,但是题目中如果未要求必须采用什么方法,采用老方法或者简单方法也不应该扣分.

本文以五邑大学 2013 ~ 2014 学年度第 2 学期期末考试第 8 题为例,对动生电动势的大小和方向的求解方法进行了分析总结,可以为改卷或改作业碰见该题时提供参考;另外在教学中引入一题多解,也可以使学生更容易理解新的知识点.

## 2 实例分析

**【题目】**如图 1 所示,有一中心挖空的水平金属圆盘,内圆半径为  $R_1$ ,外圆半径为  $R_2$ . 圆盘绕竖直中心轴  $O'O''$  以角速度  $\omega$  匀速转动. 均匀磁场  $\mathbf{B}$  的方向

为竖直向上. 求圆盘的内圆边缘处  $C$  点与外圆边缘  $A$  点之间的动生电动势的大小和方向.

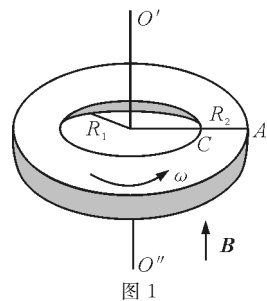


图 1

**解:**圆盘的内圆边缘处  $C$  点与外圆边缘  $A$  点之间的感应电动势可以认为是任意一沿两个同心圆径向方向的导体杆  $CA$  在磁场中运动的结果. 俯视图如图 2 所示.

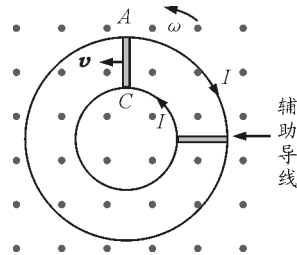


图 2

(1) 求大小

**解法 1:**根据动生电动势的定义,则

$$d\varepsilon = (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \cdot d\mathbf{l} = \omega B r dr$$

$$\varepsilon = \int_{R_1}^{R_2} \omega B r dr = \frac{1}{2} \omega B (R_2^2 - R_1^2)$$

**解法 2:**等效为长度为  $R_2 - R_1$  的金属棒以平均速度切割磁力线,平均速度取金属棒中点位置线速度(如图 2 所示)

$$\bar{v} = \omega \left( R_1 + \frac{R_2 - R_1}{2} \right)$$

$$\epsilon = Bl\bar{v} = \frac{1}{2} \omega B (R_2^2 - R_1^2)$$

**解法 3:** 根据法拉第电磁感应定律求解, 因为须先求  $\varphi$ , 遇到求一段导线中的动生电动势的问题, 必须先设法构成闭合回路, 回路中添加上去的辅助导线为不动的, 不切割磁场, 从而使闭合回路中的电动势等于需求的导线电动势, 本题以内外圆环导线及一条不动的直导线为辅助导线和导线 CA 构成闭合回路(如图 2 所示)

$$S = \frac{(R_2^2 - R_1^2) \omega t}{2\pi}$$

$$\epsilon = \left| - \frac{d\varphi}{dt} \right| = B \frac{dS}{dt} = \frac{1}{2} \omega B (R_2^2 - R_1^2)$$

**解法 4:** 根据高中教材中的法拉第电磁感应定律

$$\epsilon = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = B \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

根据题意, CA 边在一个周期  $T$  的时间内扫过的面积为  $\pi(R_2^2 - R_1^2)$  (构建闭合回路同上), 所以

$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{\pi(R_2^2 - R_1^2)}{T} \quad T = \frac{2\pi}{\omega}$$

联立以上各式得 
$$\epsilon = \frac{1}{2} \omega B (R_2^2 - R_1^2)$$

(2) 求方向

**解法 1:** 导体切割磁力线时产生感应电动势的那部分导体相当于电源, 在电源内部, 电流从负极流向正极, 不论回路是否闭合, 都可以设想电路闭合(如图 2 所示), 由楞次定律可得电动势方向由 C 指向 A.

**解法 2:** 若计算结果  $\epsilon > 0$ , 则动生电动势的方向和积分路径一致; 若  $\epsilon < 0$ , 则动生电动势的方向与积分路径相反.

1) 根据电动势定义式, 由 C 点积分到 A 点, 从计

算结果  $\epsilon > 0$ , 参看求大小中的解法 1, 说明沿着积分路径电势升高, 电动势为正, 电动势方向由 C 指向 A.

2) 根据利用法拉第电磁感应定律  $\epsilon = - \frac{d\varphi}{dt}$  判断

感应电动势方向时, 应先规定导体回路的绕行正方向, 当回路中磁力线的方向和所规定的回路的绕行方向有右手螺旋关系时, 磁通量为正值. 如图 2 所示, 本题中我们先规定 CA 边和辅助导线所组成的回路逆时针方向为正, 则  $\frac{d\varphi}{dt} > 0$ ,  $\epsilon < 0$ , 参看求大小中的解法 3, 表示此时感应电动势方向和规定的绕行方向相反, 即是顺时针的, 也可以得出电动势方向由 C 指向 A.

**解法 3:** 由电动势定义式  $\epsilon = \int_L (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \cdot d\mathbf{l}$  可得,

电动势指向沿  $\mathbf{v} \times \mathbf{B}$  方向, 可得电动势方向由 C 指向 A. 和解法 2 中同理.

**解法 4:** 由右手定则判断感应电流方向为从 C 指向 A.

### 3 结语

一题多解可以展示不同层次的解题思路, 引导学生对问题多角度进行探析, 并学会合理拓展、引申, 培养学生的发散思维和创新思维, 进而提高学生的思维能力<sup>[2]</sup>, 本文对动生电动势的大小和方向的求解方法进行了分析总结, 其中大小和方向的解法即相互独立又互相联系, 有利于学生从各个角度更好地理解 and 掌握电磁感应定律和动生电动势.

### 参考文献

- 1 张三慧编著. 大学物理学. 北京: 清华大学出版社, 2009. 411
- 2 杨培军, 王鹏. 从一题多解谈如何培养科学方法和提高思维能力. 物理通报, 2015(5): 64

## Resolution · on · Multi - Answer to One - Question of Motional Electromotive Force

Zhao Lite

(Wuyi University, Jiangmen, Guangdong 529020)

**Abstract:** Motional electromotive force is a pretty important knowledge node for high school and college students. In the teaching process, multi - answer question approach should make the student more easier to master the knowledge node and improve their thinking skills.

**Key words:** motional electromotive force; Faraday law of electromagnetic induction; multi - answer question.