

# 磁场中闭合回路中杆的受力与运动分析

贾一凡

(河北正中实验中学1817班 河北 石家庄 050800)

**[摘 要]** 电磁感应现象是高中物理课程中必不可少的问题,在物理解答题中会常常结合受力分析与运动分析进行考察;针对这现象,通过以下两道例题详细分析并讲解了磁场中闭合回路中杆的受力与运动情况。

**[关键词]** 物理;电磁感应;受力分析

## 引言

磁场中闭合回路中杆的运动有多种情况,不管是哪一种情况只要出现在考题中就和设计到受力分析以及电动势的判断;这其中就会涉及到左手定则以及右手定则,在考试中同学们往往难以区分。本文结合我的学习心得体会,通过两道例题详细介绍了这两种定理的区分以及详细讲解了对“阻碍”的理解。下面是具体例题分析。

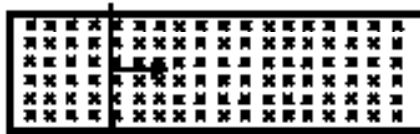
**例题1:** 如图所示,在磁场强度为 $B$ 的磁场中放一个边长为 $a$ 的导体线框,其电阻为 $R$ ;如果磁场强度 $B$ 随时间的变化关系式为 $B=Kt+B_0$  ( $B_0>0$ ),判断线圈中感生电动势产生的电流的方向,以及线圈每条边所受到的磁场力的方向。

**分析:** 本题考查的是我们对电磁感应现象中电动势的产生以及带电导体在磁场中受力情况的分析能力。这类题型的解答需要我们能够区分“左手定则”和“右手定则”,以及对“阻碍”这个词语的理解。首先我们来介绍一下“右手定则”和“右手定则”,在书本中已经对这个定则做出了详细的解释;我在这里就不加详细解释,只做一些区分。在区分方面,同学们只需要记住一条,那就是与力的判断相关的情况就有左手定则,与力无关就用右手定则。至于对“阻碍”的理解笔者在这里通过一个例子就可以详细说明,这个例子就是:“如果我们出去逛街,而父母打算阻碍我们去逛街的话就会想办法阻碍我们(比如要求做完作业再去);虽然父母阻碍了我们去逛街,但是我们依然去逛街了。”因此我们要注意,“阻碍”只是一种“阻力”,并没有阻止,该发生的还是要发生。接下来我们来看看这道题吧,这里告诉了我们磁场强度的变化关系式为 $B=Kt+B_0$  ( $B_0>0$ ),因此我们需要分类讨论,讨论 $K$ 的正负问题,因为这直接影响到磁场的变化是变大还是变小。首先我们来讨论当 $K>0$ 时,这时磁场强度是随时间的增加而增强的,因此线圈中的感生电动势所产生的磁场就会阻碍原来的磁场的变大,因此感生电动势产生的磁场方向是垂直于纸面向外的;通过右手定则我们就可以判断出感生电动势产生的电流的方向是逆时针的。因此在通过左手定则就可以判断出每条边所受到的磁场力的方向都是指向线圈内部的;同学们可以把这种受力情况理解为是“阻碍”的一种表现,也就是说线圈受到的力指向线圈内部是为了减小线圈的面积,进而阻碍原来的磁场强度增大而引起的磁通量的变大。接下来讨论当 $K<0$ 时的情况,这时磁场强度是随时间的变化而减小的,线圈为了阻碍这一变小趋势将产生于原来磁场方向相同的磁场,通过右手定则可以判断出线圈中产生的电流的方向是顺时针的;然后再通过左手定则就能判断出线圈中每条边受到的磁场力的大小都是指向线圈外部的。我们也可以将其理解为是一种“阻碍”的具体表现;也就是说线圈受到的力指向线圈外部是为了增大线圈的面积,进而阻碍原来的磁场强度变小而引起的磁通量的变小。下面是具体答案,供同学们参考。

**解:** 当 $K>0$ 时,电流方向为逆时针;线圈受到的力指向线圈内部。当 $K<0$ 时,电流方向为顺时针;线圈受到的力指向线圈外部。注:同学们可以利用这道题计算产生的感生电动势的大小以

及线圈受到的力的大小,锻炼计算能力。

**例题2:** 如图所示,两条平行相距距离为 $L$ 且足够长的导体轨道左端用导体连接(电阻均不计、光滑);在两条轨道中间施加一磁场强度为 $B$ 的磁场,并垂直于导轨放一电阻为 $R$ 质量为 $m$ 的导体棒。如果现在对导体棒施加一如图所示的水平向右的外力 $F$ ,请同学们判断导体棒在运动过程中的电流方向,以及导体棒的运动情况以及最终导体棒的运动速度。



**分析:** 在磁场中产生电动势的情况分为两种,一种是依靠原来磁场强度的变化而引发磁通量的变化而引起的电动势,我们将这种电动势称为感生电动势;另一种是依靠外部导体围城的线圈面积的变化而引发其磁通量的变化进而产生的电动势,我们将这种电动势称为动生电动势。在一定条件下这两个产生电动势的公式是可以相互推导的,同学们在课余时间可以尝试推导一下,由于篇幅原因这里就不做详细推导了。这道题就是动生电动势的一种情况,接下来我们对其进行详细分析。当施加外力的一瞬间,此时导体棒还没有运动,因此没有电动势的产生,因而导体棒只受到了外力、重力、以及支持力的作用。通过分析可知,其合外力为施加的外力,因此此时导体棒的加速度为 $F/m$ 。随着时间的增加,导体棒的速度慢慢变大,这是导体棒在做“切割磁感线”运动,因此产生了动生电动势;通过右手定则我们可以判断出导体棒中的电流的方向是向上的,然后通过左手定则可以判断出导体棒受到的磁场力的方向是向左的;因此产生的磁场力将阻碍导体棒的运动趋势,这也是一种阻碍的表现。这里我们可以判断出,当导体棒刚刚开始运动的时候其速度减小,因此产生的电流也较小,进而磁场力的大小也较小;因此随着时间的增加导体棒的加速度会降低。当速度增加到一定的时候,导体棒产生的电动势足够大时,产生的电流也较大,因此受到的磁场力也会变大。慢慢的当磁场力的大小等于外力的大小时,导体棒受到的合外力为0,因此其加速度也为0,最终导体棒以恒定的速度运动。这就是导体棒的受力情况与分析过程,下面是详细的解答过程,供同学们参考。

**解:** (1) 电流方向为向上

(2) 导体棒先做加速度减小的加速运动直线运动,最后以恒定速度做匀速直线运动。

(3) 加速最后稳定时的速度为 $v$ ,这电动势为 $E=BLv$ 。则电流为 $I=BLv/R$ ,此时导体棒受到的磁场力为 $f=BIL=B^2L^2v/R=F$ ;进而解出最后稳定的速度为 $v=FR/B^2L^2$ 。

## 参考文献

[1] 杨浩天.高中物理电磁感应单元知识学习及建议[J].科技经济导刊, 2018, 26(26): 167-149.

[2] 霍一帆.从2017年高考物理看电磁感应部分的复习[J].中学物理教学参考, 2017, 46(24): 28.