# 第 1 章 安培力与洛伦兹力 第 1 节 安培力及其应用

通过前面的学习，我们知道，磁场对通电导线会产生力的作用。那么，作用力的大小和方向遵循什么规律？本节我们将通过探究得出磁场对通电导线作用的规律。

## 1．安培力

物理学中，将磁场对通电导线的作用力称为安培力（Ampere force）。安培力的大小和方向可能由哪些因素决定呢？

下面，我们先通过实验来探究安培力的方向。

### 迷你实验室

**会动的铝箔“天桥”**

如图 1-1 所示，取一段铝箔条，把它折成天桥形状，用胶纸粘牢两端，将 U 形磁铁横跨过“天桥”放置。由电池向铝箔供电，观察“天桥”的变化；改变电流的方向或调换磁铁的磁极时，“天桥”有什么变化？设计表格记录电流、磁场和安培力的方向，尝试从中归纳出安培力方向的规律。

图 1-1 铝箔“天桥”实验装置示意图

胶纸

铝箔

胶纸

N

S

按

下

由上面的实验结果可知，当通电导线垂直于磁场放置时，导线受到安培力的作用；当电流方向变为反方向或将 N、S 磁极调换时，安培力的方向也变为反方向。仔细分析电流的方向、磁场的方向和安培力的方向之间的关系后发现，它们遵循左手定则（left-hand rule）：伸开左手，拇指与其余四指垂直，且都与手掌处于同一平面内，让磁感线垂直穿过手心，四指指向电流的方向，此时拇指所指的方向即为安培力的方向（图 1-2）。

*F*

N

S

*B*

*I*

图 1-2 左手定则示意图

安培力的大小怎样确定呢？研究表明，通电直导线电流方向与磁场方向平行时，导线所受安培力为零；在匀强磁场中，电流方向与磁场方向垂直时，通电直导线受到的安培力 *F* 跟电流 *I* 和直导线长度 *l* 的乘积成正比，比例系数就是磁感应强度 *B*。在此情况下，通电直导线受到的安培力可表示为

*F* = *IlB*

式中，电流的单位为安培（A），直导线长度的单位为米（m），磁感应强度的单位为特斯拉（T），安培力的单位为牛顿（N）。

在非匀强磁场中，上述公式可用于很短的一段通电直导线，因为导线很短时，可近似认为各点的磁感应强度相等。

### 迷你实验室

**两平行通电直导线间的相互作用**

在图 1-3 所示的实验装置中，给两平行直导线通以方向相反的电流，可观察到什么现象？给两平行直导线通以方向相同的电流，又会观察到什么现象？请解释观察到的现象。

图 1-3 实验装置图

### 拓展一步

**电流方向与磁场方向成 *θ* 角时安培力的计算**

当电流方向与磁场方向有一个夹角 *θ* 时，可把磁感应强度矢量分解为两个分量（图 1-4）：与电流方向平行的分量 *B*1 = *B*cos*θ*；与电流方向垂直的分量 *B*2 = *B*sin*θ*。*B*1 对通电直导线没有作用力，因此通电直导线所受的作用力 *F* 完全由 *B*2 决定，即 *F* = *IlB*2，由此可得

*F* = *IlB*sin *θ*

图 1-4 分析磁感应强度分量示意图

*B*

*I*

*l*

*B*1

*B*2

*θ*

当通电直导线和磁场方向平行（*θ* = 0° 或 *θ* = 180°）时，安培力等于零；当通电直导线和磁场方向垂直（*θ* = 90°） 时，安培力最大。

例题

某工程小组计划在赤道附近架设直流高压输电线路。其中一段长为 20 m 沿东西方向的直导线，载有 2.0×103 A 方向由东向西的电流。已知赤道附近地磁场的磁感应强度大小约为 5.0×10−5 T，且可视为南北方向的匀强磁场。地磁场对这段导线的作用力有多大？方向如何？

分析

电流方向由东向西，磁场方向由南向北，运用左手定则可判定安培力的方向。由于电流方向跟磁场方向垂直，安培力的大小可直接用 *F* = *IlB* 进行计算。

解

由题意可知，*B* = 5.0×10−5 T，*l* = 20 m ，*I* =2.0×103 A ；电流方向与磁场方向的夹角为 90°。根据安培力计算公式

*F* = *IlB* = 2.0×103×20×5.0×10−5 N = 2.0 N

按照左手定则，让磁感线垂直穿过手心（手心朝南），并使四指指向西，则拇指所指方向向下（竖直指向地面），这就是安培力的方向。

讨论

由计算结果可知，地磁场对输电线的作用力很小，可忽略不计。

### 策略提炼

分析计算安培力，需要先确定电流 *I* 与磁感应强度 *B* 的方向关系。若 *I* 与 *B* 平行，则导线所受安培力 *F* = 0 ；若 *I* 与 *B* 垂直，则导线所受安培力 *F* = *IlB*。

确定地磁场磁感应强度 *B* 的方向，可借助地磁场磁感线的分布图。赤道附近地磁场磁感线的方向可视为与地面平行。

### 迁移

如图 1-5 所示，一段导线 abcd 位于磁感应强度大小为 *B* 的匀强磁场中，且与磁场方向（垂直于纸面向里）垂直。线段 ab、bc 和 cd 的长度均为 *l*，且∠ abc= ∠ bcd=135°。流经导线的电流为 *I*，方向如图中箭头所示。求导线段 abcd 所受到的磁场作用力的合力。

*a*

*b*

*I*

*c*

*d*

*B*

图 1-5 导线位于匀强磁场示意图

**参考解答**：（ + 1）*IlB*

## 2．安培力的应用

安培力在生活中的应用非常广泛。当你使用电风扇、吹风机、洗衣机，或者玩电动小车、用电钻打孔时，安培力都在发挥作用。正是安培力使这些电器里的一个重要部件——电动机的转子转了起来（图 1-6）。

图 1-6 安培力让生活的世界“转”起来


### 物理聊吧

请根据安培力的有关内容，结合图 1-7 讨论电动机的转动原理。

图 1-7 电动机转动原理示意图

*F*

*c*

*a*

*d*

*F*

S

S

S

S

N

N

N

N

*b*

1

2

-

+

*b*

*a*

*c*

*d*

1

2

-

+

*c*

*b*

*F*

*d*

*a*

*c*

*d*

*b*

*a*

1

2

-

+

2

1

-

+

*F*

（a）

（b）

（c）

（d）

多用电表是检修电气设备必不可少的工具，其核心部分由电流计及与其并联或串联的电阻构成。电流计能发挥作用，也应归功于安培力。

电流计等磁电式电表是利用永久磁铁对通电线圈的作用原理制成的。电流计的指针为什么会发生偏转？其指针偏转角度为什么可表示电流的大小？

如图 1-8 所示，在电流计中，有一圆柱形铁芯固定于 U 形磁铁两极间，铁芯外面套有缠绕着线圈并可转动的铝框，铝框的转轴上装有指针和游丝（又称螺旋弹簧）。当电流流入线圈时，线圈受安培力作用而转动，使游丝扭转形变，从而对线圈的转动产生阻碍。当安培力产生的转动与游丝形变产生的阻碍达到平衡时，指针便停留在某一刻度。电流越大，安培力越大，指针偏转角度越大。可见，正是安培力的作用才使电流计的指针发生偏转，而通过指针的偏转角度便可知道电流的大小。

S

N

铁芯

线圈

游丝

图 1-8 电流计结构示意图

### 科学书屋

**用电流天平“称”安培力**

如图 1-9 所示，天平左盘放砝码，右盘下悬挂线圈，线圈处于磁场中。当线圈没有通电时，天平处于平衡状态。

*I*

*I*

*n*匝

*F*

*B*

*b*

*a*

*c*

图 1-9 电流天平原理示意图

线圈通电后，在磁场中的导线 a、b、c 段分别受安培力作用。由左手定则可知，a、c 段的安培力大小相等、方向相反，互相抵消，而 b 段导线的安培力方向向上，从而使天平的平衡被破坏。通过在右盘加砝码（或移动游码）使天平重新平衡，根据砝码的质量可推知线圈所受安培力的大小。进一步由线圈的匝数、电流的大小、磁场中导线的长度，还可确定磁感应强度的大小。

## 节练习

1．下列图中标出了电流 *I*、磁感应强度 *B*、安培力 *F* 这三个物理量中的两个物理量的方向。已知导线垂直于磁场摆放，请标出另一物理量的方向。

*B*

*F*

*F*

*I*

*B*

（a）

*B*

*I*

（b）

（c）

**参考解答**：（a）导线所受安培力垂直于导线斜右向下；

（b）电流方向垂直于纸面向外；

（c）磁场方向竖直向下。

2．某同学探究磁场对通电导体的作用的实验装置如图所示。当闭合开关后，请在图中标出导体所受安培力的方向。若要使导体受到的安培力更大，可采取哪些措施？

N

S

*a*

*b*

电源

**参考解答**：安培力方向水平向右。可适当提高电源电压、选用更强的磁铁，选用沿 ab 方向磁场范围更宽的磁铁等措施。

3．在电流计中，当电流通过线圈时，线圈在安培力的作用下转动，游丝被扭动，线圈停止转动时满足 *NBIS* = *kθ*，式中 *N* 为线圈的匝数，*S* 为线圈围成的面积，*I* 为通过线圈的电流，*B* 为磁感应强度，*θ* 为线圈（指针）偏角，*k* 是与游丝有关的常量。若线圈中通以如图所示的电流时，线圈将如何转动？线圈转动过程中受到的安培力的大小是否变化？该电流计的刻度是否均匀？

N

S

**参考解答**：根据左手定则时，可判断线圈左端受到的安培力方向向上，线面右瑞受到的安培力方向向下，故线圈将沿顺时针方向转动。由于磁场方向是辐向均匀分布的，所以在任何位置磁感应强度大小不变，在线圈转动过程中受到的安培力大小不变，由公式 *NBIS* = *kθ* 可知，电流|和线圈（指针）偏角 *θ* 成正比，故电流表刻度均匀。

4．自制的简易电动机示意图如图所示。为了使电池与两金属支架连接后线圈能连续转动，一位同学将左、右转轴下侧的绝缘漆刮掉，另一位同学将左、右转轴上下两侧的绝缘漆都刮掉。哪位同学的方法可行？为什么？

漆包线绕制的线圈

金属支架

金属支架

右转轴

左转轴

电池

永磁铁

N

**参考解答**：将左、右转轴下侧的绝缘漆都刮掉的可行。通电线圈在磁场中受到安培力而转动，本题中所用电源为直流电源，若将左、右转柚的上下两侧绝缘漆都刮掉，则因电流方向始终不变，线圈转动半周后所受安培力方向将使转子反转，线圈无法连续转动。而将左、右转轴下侧的绝缘漆都刮掉后，线圈转动半周后不再通电，线圈靠惯性继续转动，再经过半周恢复通电，安培力推动线圈朝同一方向继续转动。

5．如图（a）所示，扬声器中有一线圈处于辐射状磁场中，当音频电流信号通过线圈时，线圈带动纸盆振动，发出声音。俯视图（b）表示处于辐射状磁场中的线圈（线圈平面即纸面），磁场方向如图中箭头所示。下列选项正确的是

（b）

线圈

磁感线

（a）

纸盆

线圈

环形磁体

N

S

S

A．当电流沿顺时针方向时，线圈所受安培力的方向垂直于纸面向里

B．当电流沿顺时针方向时，线圈所受安培力的方向垂直于纸面向外

C．当电流沿逆时针方向时，线圈所受安培力的方向垂直于纸面向里

D．当电流沿逆时针方向时，线圈所受安培力的方向垂直于纸面向外

**参考解答**：BC

6．如图所示，两根平行放置的长直导线 a 和 b 中通有大小相同、方向相反的电流，a 受到的安培力大小为 *F*1。当加入与两导线所在平面垂直的匀强磁场后，a 受到的安培力大小变为 *F*2，则此时 b 受到的安培力大小变为

*a*

*I*

*I*

*b*

A．*F*2 B．*F*1 – *F*2

C．*F*1 + *F*2 D．2*F*1 – *F*2

**参考解答**：A

7．如图所示，将一根质量为 10 g、长为 10 cm 的铝棒 ab 用两个完全相同的细弹簧水平悬挂在匀强磁场中。磁场的磁感应强度大小为 0.2 T，方向垂直于纸面向里。弹簧上端固定，下端与铝棒绝缘，铝棒通过开关与电池相连。已知开关断开时两弹簧的伸长量均为 0.5 cm，闭合开关，系统重新平衡后，两弹簧的伸长量与开关断开时相比均改变了 0.3 cm，取重力加速度 *g* = 10 m/s2。试判断安培力的方向，并求出电流的大小。

*a*

*b*

*B*

**参考解答**：向下，*I* = 3 A。