# 第六讲 匀强电场中场强与电势差的关系

在基础型课程和拓展型课程Ⅰ中，我们对电场的基本性质已有了一定的认识，学习了电场强度、电势等物理概念。在本讲中我们将进一步学习电场强度与电势差的关系。以匀强电场为例，利用力和功的内在联系，推导出*E*＝的关系，并认识电势变化与电场方向之间存在的联系。在本讲中我们将综合应用力学、电学等知识，解决一些简单的实际问题，认识利用场强与电势差的关系解决相关物理问题的一般方法，为今后学习带电粒子在电场中运动等相关内容，打好基础。

如图6-1（a）所示是现代纺织业常用的一种静电植绒机。它的关键部件是一个静电植绒室，其原理如图6-1（b）所示。静电植绒室由上下两个金山属极板组成，在下极板上铺有细小的绒丝，把用粘合剂画好图案的织布贴在上极板内侧（画有图案的一面朝向下极板）。然后将上下两极金属板分别与高压静电发生器的正、负极连接，在两极板间产生电场，此时在下极板上的绒丝会带有与下极板同号的负电荷。在极板间电场力的作用下，绒丝笔直地跃向上极板。一旦绒丝与上极板接触而位置又处于用粘合剂画好的图案上，也就粘贴在用粘合剂画好图案的织布上了；换用不同颜色的绒毛，用粘合剂逐次画上图案，重复以上植绒过程，就能形成具有漂亮图案的植绒织物了！



同学们不妨在老师的指导下，用实验室里的器材，制作一个“2008北京奥运”的图标。。在实验中，你会发现调节两极板间的电压，可以使不同质量的绒丝跃向上极板，这是什么道理呢？在本讲中，我们将学习电场强度与电压（电势差）的关系。

## 一、电场的基本性质及其描绘方式

我们通过基础型课程和拓展型课程Ⅰ的学习，认识到电场是存在于电荷周围的一种物质，它有两个基本性质。

### 大家谈

回顾电场的性质，简要叙述电场强度、电势等概念。

性质之一是对放入其中的电荷产生力的作用。这种性质在物理学中用电场强度*E*来描述：

*E*＝。

电场强度单位：牛/库（N/C）。

性质之二是放入电场中的电荷具有电势能。这种性质在物理学中用电势*φ*来描述：

*φ*＝。

电势单位：焦/库（J/C）。

为了形象而且直观地描绘电场，物理学中引入了用电场线和等势面来描绘电场的方法。图6-2列举了几种典型电场的电场线和等势面分布，其中实线代表电场线，虚线代表等势面。



## 二、电场强度与电势差的关系

电场强度和电势都是描绘电场性质的物理量，它们之间有什么关系呢？

我们以匀强电场为例来研究它们的关系。

图6-3中，沿着电场线的方向，从A到B，电场的电势越来越低，如果不是沿着电场线的方向，而是沿着斜向下的AC方向，从A到C，电场的电势也是越来越低，这两种情况有什么差别呢？从图6-3中可以看出，**沿着电场强度方向单位长度上电势降落最大**。

A

B

C

*E*

*d*

**图6-3**

### 自主活动

把*q*＝2×10-6C的正电荷，从如图6-3所示的电场线上的A点移到B点，电场力做了6×1015J的功。试判断A、B两点的电势高低，算出A、B两点的电势差。

设A、B间的距离为*d*，A、B间的电势差为*U*AB，电场强度为*E*。把正电荷从A移到B时，电场力做的功可以有两种表示方法：

*W*＝*qEd*，

或

*W*＝*qU*AB。

由以上两式得

*U*AB＝*Ed*。

这就是说，**在匀强电场中，沿电场强度方向上的两点间的电势差等于电场强度和两点间距离的乘积**。上式可以改写为

*E*＝。

这个等式表明，**在匀强电场中，电场强度等于沿电场强度方向单位长度上的电势差**。式中电势差*U*的单位用V表示，距离*d*的单位用m表示，则电场强度的单位可用V/m表示。

### 拓展联想

我们从匀强电场中得出了电势差和场强的关系，对于非匀强电场，当所取的两点间的距离极小时，可以把这个小范围的电场近似看作匀强电场，则这一关系也可适用。

### 自主活动

试推导证明此处得出的电场强度单位V/m（伏/米），与基础型课程中学习的电场强度单位N/C（牛/库）相同。

【示例1】在寻常的日子里，平坦的旷野或海洋上，在地球表面附近每升高1m，电势将升高100V。试根据以上信息推断地球表面带何种电荷，并估算地球表面附近电场强度的大小。

【解答】地球表面是一个大球面，在较小的范围内可以近似看作是平面，地球表面电荷产生的电场可以看作是匀强电场，地面附近电场的等势面是一系列平行的平面。

根据题中提供的信息，画出地表附近电场的等势面，如图6-4中虚线所示；电场线垂直等势面，由高电势指向低电势，即指向地面，如图6-4中实线所示。由电场线的特点可以推知地球表面带负电。

400V

4

海拔高度/m

300V

200V

100V

3

2

1

**图6-4**

根据匀强电场的场强与电势差关系，得地球表面附近电场强度

*E*＝＝100V/m＝100N/C

【示例2】如图6-5所示，A、B、C为一等边三角形的三个顶点，边长*l*为2cm。某匀强电场其电场线平行于该三角形所在平面。现将*q*1＝1×10-8C的正点电荷从A点移到C点，电场力做功3×10-6J，将另一负点电荷（*q*2＝－1×10-8C）从A点移到B点，克服电场力做功3×10-6J。试求电场强度的大小，并在图中画出该电场的电场线。

A

B

C

**图6-5**

【解答】因为正点电荷从A移动到C电场力做功，即*W*AC＞0，说明A点电势比C点电势高。

*U*AC＝＝V＝300V。

负点电荷从A移动到B克服电场力做功，即*W*AB＜0，说明A点电势比B点电势高。

*U*AB＝＝V＝300V。

由此可知，*φ*B＝*φ*C，即B、C在同一等势面上，电场线垂直等势面，由高电势指向低电势，如图6-6所示。

A

B

C

**图6-6**

过A点作△ABC的高*h*，则*h*＝*l*cos30°＝3×10-2m，由*U*＝*Ed*得

*E*＝＝＝V/m＝1×104V/m。

【讨论】在运用公式*E*＝时，要注意式中的*d*是两点间距离在沿电场强度方向上的投影。当两点不在同一电场线上时，不能直接将两点间的距离代入公式。

【示例3】水平放置的彼此靠近的两平行金属板分别与电源的正负极相连接，两极板相距5cm，如图6-7所示。有一质量为1.0×10-9kg、带电量为－5.0×10-12C的带电物体悬浮其中，若不计空气浮力，要使带电物体处于平衡状态，则：

**图6-7**

高压电源

*F*＝*Eq*

*G*＝*mg*

A

B

（1）应在两极板上加多大的电势差？

（2）AB两极板分别带何种电荷，哪块板的电势高？

【解答】带电体在匀强电场中受到电场力和重力的作用，要使其处于平衡状态，则应使两力大小相等、方向相反。为使带负电的物体受到竖直向上的电场力，电场线的方向必须竖直向下。运用电场强度与电势差的关系可以列出计算电场力大小的关系式。

（1）设A、B两极板间的电势差为*U*AB，则匀强电场的电场强度

*E*＝，

带电体所受电场力

*F*＝*qE*＝，

带电体所受重力

*G*＝*mg*，

根据两力平衡条件可以列出

＝*mg*，

由以上各式可得

*U*AB＝，

将已知数据*m*＝1.0×10-9kg，*d*＝5×10-2m，*q*＝5.0×10-12C代入得

*U*AB＝V＝98V。

（2）由于带负电的带电体所受电场力方向必须竖直向上，所以电场线方向竖直向下，A板电势较高，带正电。

【讨论】通过对该题的分析，我们可以对静电植绒的原理有进一步的认识。通过改变加在两极板上的电压，可以改变两极板间匀强电场的场强大小，从而改变绒丝受到的电场力。当电场力大于绒丝所受重力时，可以使带负电的绒丝加速飞向正极板，植入涂有粘合剂的基布。