# 9．弹力的方向总垂直于物体间的接触面吗？

压力、支持力属于弹力，它们的方向总是垂直于两物体间的接触面：但弹力不只限于压力和支持力，凡是发生弹性形变的物体都会产生弹力。弹性形变可以分为四大类：伸长和压缩（长度的改变）、弯曲、切变和扭转形变。当物体发生后面两类形变，即发生切变或扭转形变时，产生的弹力的方向都与接触面平行。

压力和支持力是常见的力，属于弹力，方向垂直于接触面，但不能说弹力的方向总是垂直于接触面。

## 一、什么是弹力？

弹力，是弹性力的简称，物体在受力发生形变时，有恢复原状的趋势，这种抵抗外力、试图恢复原状的力就是弹性力。

它有如下特点：

①物体只有在受到外力作用而发生形变时，才会产生弹力。

②物体发生的形变是弹性形变，即它有恢复原来形状和体积的趋势。

③物体产生的弹力作用在与它接触的物体上，弹力的方向与受到的外力方向相反，起到抵抗外力的作用。

弹力的本质是电磁力，在力学中它是一种常见的接触力。

## 二、弹性形变的种类

我们只讨论物体处于受力平衡状态下的形变，一般把它们分成四类：

①长度的改变。这类形变主要对一些棒状物体而言。物体两端受到大小相等、方向相反的拉力，长度变长称为拉伸；物体两端受到大小相等、方问相反的推力，长度缩短称为压缩。如图 1（a）所示。

②弯曲形变。这类形变主要对一些板状物体而言。两端受到大小相等的支持力，中间受到方向相反的压力，从而发生弯曲，如图 （b）所示：

③切变。物体相对的两个面，分别受到方向相反、大小相等、平行于接触面的作用力，二者组成一对力偶，此时发生的形变称为切变，它的特点是相邻各层间发生平行移动，如图 1（c）所示。

④扭转形变。物体的两端分别受到两个大小相等、方向相反的力偶的作用而发生的形变，它的特点是相邻各层间发生转动，如图 1（d）所示。

（a）拉伸与压缩形变

*F*1

*F*2

*F*1

*F*2

*F*1

*F*2

（c）切变

（d）扭转形变

*F*1

*F*2

*F*3

*F*4

（b）弯曲形变

*F*1

*F*2

*F*3

图 1 常见的四类形变

切变和扭转形变受到的外力都不在同一直线上，因此形成力偶，切变的发生是一对力偶作用的结果。扭转形变是两对力偶作用的结果。这两种形变的共同点是：设想把物体分割成平行的薄层，形变是由于相邻各层间发生了相对位移而产生的。二者的不同点是：切变时相邻各层间发生的是平行移动，而扭转形变则是相邻各层间发生相对转动。

## 三、弹性力的方向

弹性物体发生弹性形变时，会产生抵抗外力的弹力，就是说，弹力是与使它产生形变的外力相反的。

对于拉伸形变，产生的弹力是从两端向里拉的力；对于压缩形变，产生的弹力是向外推的力。

对于弯曲形变，图 1（b）中中央的力 *F*3 称为压力，中央产生的弹力方向与 *F*3 大小相等、方向相反，称为支持力。支持力和压力都垂直于接触面。

对于切变，图 1（c）中上下两个表面产生的弹力分别与 *F*1 和 *F*2 大小相等、方向相反，它们都与接触面平行。

对于扭转形变，图 1（d）中两端接触面分别受到两个弹力的作用，它们对接触的表面分别施加一对力偶的作用。

柔软的绳索只能产生拉伸形变，因此弹力方向只能是沿绳索向里收缩的方向。

杆的弹力方向问题比较复杂，这是因为杆的形变比较复杂，常常既发生沿长度方向的形变，也发生弯曲或扭转形变，因此其弹力的方向常常不沿杆。实际上，当坚硬的杆件在受到的作用力不是很大时，其形变量往往很小，称为微小形变，在很多问题中可以忽略杆件的形变而将它看作刚体，但在讨论弹力的产生及方向等问题时，又必须考虑其形变。

当一个杆件（直杆）本身重力可以忽略不计，且只在两端分别受到一个外力的作用时，这种杆称为二力杆。图 2 所示的“轻杆”上端悬挂在摩擦可以忽略不计的水平转动轴上，下面连接一个重球，这个杆就是二力杆。二力杆只能发生长度的改变，不可能发生弯曲或扭转形变，因此杆的弹力方向一定沿杆。如果推动一下重球，使它绕水平轴在竖直平面内转动，转到任意位置时，杆对重球的弹力方向都沿杆，但重球受到的合力一般不指向圆心，因此重球做变速圆周运动。（如果转轴处的摩擦不能忽略，则杆就不是二力杆。）

图 2 无摩擦水平轴上的轻杆是二力杆

如图 3 所示，插在竖直的墙壁中并支撑着重球而使它保持静止的杆不是二力杆，因为杆插入墙壁中的部分受到的不是一个力，杆既发生压缩形变，也发生弯曲形变，它对重球的弹力方向为竖直向上，与重球的重力平衡。

图 3 支撑着重球的杆不是二力杆

如图 4 所示，一个轻杆的一端连接一个重球，另一端固定在一根水平转轴上，转轴在机器的带动下匀速转动，带动重球在竖直平面内做匀速圆周运动。这时的杆不是二力杆，因为机器通过转轴对杆施加一个转动力矩，杆会因此发生微小的弯曲形变，使得杆的弹力一般不沿杆。当重球转到如图 4 所示的位置时，重球受到的重力大小为 *mg*，方向竖直向下，由于重球做匀速圆周运动，其所受的合力方向一定指向圆心，大小为 *F*向心 = *mω*2*r*，由此可以确定杆对重球的弹力大小为 *F*弹 = ，方向如图 5 所示。

图 4 重球在杆带动下做匀速圆周运动

图 5 杆对重球的弹力方向

*F*向心

*F*弹

*mg*