# 38．什么是碰撞？

碰撞，一般指两个物体间直接发生的短时间的、激烈的相互作用过程。由于碰撞过程两物体间的相互作用时间短而激烈，相互作用力会很大，如果其他外力与它们间的相互作用力相比较可以忽略，则系统的总动量可以认为保持不变，即系统的总动量守恒。

碰撞是高中物理教学中重点讨论的一种相互作用过程，它在实际生活中很常见，也很重要。

## 一、碰撞最基本的特点

碰撞一般是指一种直接的相互作用，它的基本特点是作用时间短暂而激烈。所谓激烈，是指相互作用前后，物体的运动状态都要发生较大的改变。对参与碰撞的每个物体而言，运动状态发生较大的变化，说明受到外力的冲量较大，而物体间的相互作用时间很短，说明它们之间的相互作用力很大。

我们讨论的碰撞基本上都是在地面附近发生的，碰撞过程常常会有其他力的作用，例如竖直方向的重力、水平方向的摩擦力、介质阻力等，但这些力往往比碰撞过程中的相互作用力小很多，并且由于碰撞过程经历的时间很短，这些外力的冲量很小，因此常常可以忽略它们的影响，而认为碰撞过程中系统的总动量是守恒的。

爆炸也是持续时间短暂、相互作用激烈的过程，同样可以忽略其他外力的影响而认为动量守恒。但爆炸与碰撞不同，它需要借助于其他物质（例如炸药等），从能量转化的角度看，二者也不相同，碰撞过程中的能量转化是在机械能内部进行的，而爆炸是其他能量与机械能之间的转化。

两个物体间夹着一根弹簧的相互作用，一般不称其为碰撞，因为它们间的相互作用经历的时间较长，不具备碰撞的基本特点，并且通过弹簧的相互作用，相互作用力不是很大，如果还有其他外力存在，很可能不满足动量守恒的条件。

## 二、从能量的角度对碰撞进行分类

根据碰撞过程中机械能是否守恒，可以把碰撞分为三类：①弹性碰撞，碰撞过程中机械能总量保持不变，相应地碰撞过后物体完全恢复原来的形状和体积；②完全非弹性碰撞，碰撞后参与碰撞的两个物体结合在一起，以相同的速度运动，碰撞过程中机械能损失最大；③非弹性碰撞，介于上述两种碰撞之间，碰后二者分开运动，机械能有一定的损失。

碰撞过程所经历的时间虽然很短，却也是一个过程，在这个短暂的相互作用过程中，参与碰撞的两个物体都不能看作质点，它们要发生形变，并伴随着动能与势能间的转化。以弹性碰撞为例，从开始接触到碰后分离，可分为两个阶段。从图 1（a）开始接触到图（b）压缩形变最甚的时刻，称为压缩阶段；图（c）是二者即将分离的时刻，从图（b）到图（c）两物体脱离接触为止，称为恢复阶段。压缩阶段两物体的质心的相对速度逐渐减小直到减为零，系统的总动能减少而转化为弹性势能；恢复阶段两物体的质心的相对速度从零开始逐渐增大，系统的弹性势能减少而转化为动能。如果只谈碰撞前与碰撞后这两个时刻，则系统的总动能保持不变。

图 1 弹性碰撞过程

甲

乙

（a）刚接触时刻

*v*甲

*v*乙

压缩阶段

恢复阶段

甲

乙

（c）即将分离时刻

*v*ʹ甲

*v*ʹ乙

甲

乙

（b）压缩最甚时刻

*v*甲乙

完全非弹性碰撞可以认为只有第一阶段，即压缩阶段，没有恢复阶段，二者黏合在一起共同运动，不同的是这个第一阶段减少的动能并没有转化为势能，而是转化为内能。

介于弹性碰撞和完全非弹性碰撞之间的非弹性碰撞，有第二阶段，但只能部分恢复原来的形状。第一阶段减少的动能，一部分转化为势能，而另一部分转化为内能；第二阶段，一部分的势能转化为动能，而另一部分转化为内能。

## 三、有可能多个物体同时发生碰撞吗？

理论上是有可能的，但由于碰撞过程持续的时间很短，特别是硬金属制品间的弹性碰撞过程更是短暂，故一般情况下都是两个物体发生碰撞，多个物体同时发生碰撞的可能性很小，一般不予讨论。

一些看起来是多个物体同时发生的碰撞，实际上往往是不同时发生的，下面举两个常见的使学生感兴趣的演示实验作为例子。

**例 1** 如图 2 所示，甲、乙两球上下叠在一起，甲球较大而乙球较小。甲球用实心橡胶的弹性球、乙球用质量较小的乒乓球会使实验效果较好。如图所示，把它们同时从高处释放落向地面，与坚硬的地面发生弹性碰撞，碰后甲球静止在地面而乙球向上弹起，乙球可以上升到比下落前更高的位置。

乙

甲

图 2 两球与地面的弹性碰撞

甲、乙两球在空中自由下落的过程中，虽然接触但没有相互作用，直到甲球与地面接触时甲球才对乙球有力的作用。甲球与坚硬的地面发生弹性碰撞，乙球并未参与这个过程，即甲球的底部与地面局部发生弹性形变，产生较大的相互作用力，而甲球的顶部并未发生形变，甲球与乙球仍没有相互作用。甲球与地面的碰撞过程非常短暂，碰后甲球获得向上的动量，即具有了向上的速度，速度的大小与接触地面前的瞬时速度大小相等，而乙球仍然具有向下的速度，向下运动的乙球与向上弹起的甲球发生相互作用，即甲球的上部与乙球的下部都会发生弹性形变而产生较大的相互作用力，二者的碰撞过程也非常短暂，碰后甲球静止在地面，而乙球获得较大的动量从而可以上升到更高的位量。

**例 2** 在一个固定的支架上并排悬挂 5 个完全相同的钢球，它们静止时相互接触但没有相互作用。用手把 1 号球向左边拉起，然后释放，1 号球自由摆下而与 2 号球发生弹性碰撞，看到的结果是最右边的 5 号球摆起而其余 4 个球都静止，5 号球摆起的高度与 1 号球释放时的高度基本相等。

图 3 连续发生的弹性碰撞

1

2

3

4

5

如果同时把 1 号和 2 号两个球向左边拉起后释放，与静止的球发生碰撞后右边弹起 4 号和 5 号两个球。同样，如果同时拉起左边挨着的 3 个或 4 个球，右边弹起的也是 3 个或 4 个球。

只拉起左边 1 号球时，1 号球摆到最低点与 2 号球发生弹性碰撞，而右边的 3 号、4 号、5 号球都没有参与，即只有 1 号球的右边与 2 号球的左边发生弹性形变并产生相互作用，该过程非常短暂，瞬间完成。碰后 1 号球静止，而 2 号球具有向右的速度，它将与 3 号球发生弹性碰撞。接下来，同样的过程发生在 3 号球与 4 号球、4 号球与 5 号球之间，最后的结果就是只有 5 号球向右弹起，而其余球都静止不动。整个过程，真是“说时迟那时快”，人的眼睛和耳朵都不能区分这诸多复杂的碰撞过程，而只看到最后的结果。

如果同时把左边的 1 号和 2 号两个球拉起，那么首先发生碰撞的是 2 号和 3 号，碰后 2 号静止而 3 号向右运动，随后又有后面的 1 号与 2 号的碰撞，前面则有 3 号与 4 号的碰撞……最后的结果是右边的 4 号和 5 号球被弹起而左边的 3 个球静止。

总之，这些碰撞都是按一定顺序进行的两两碰撞，而不是多个物体的同时碰撞。