# 11．平行四边形定则是求解合力与分力的唯一方法吗？

合力与分力是等效替代关系，这里的“等效”指的是改变运动状态的效果。平行四边形定则是共点力合成与分解的法则，求解平行力的分力与合力有另一个法则。两个力如果既不共点也不平行，则不能用一个合力来替代，而必须用一个主矢和一个主矩来替代。

平行四边形定则，又称矢量加法法则，但它并不是任意两个力的合成法则，只是共点力的合成法则。

## 一、什么是合力与分力？

一个力的作用效果与另外两个力的作用效果相同，则这个力称为那两个力的合力，那两个力称为这个力的分力。这里所说的效果仅指改变运动状态的效果。

力的效果有很多方面，在力学范围内，主要有改变运动状态的效果及产生形变的效果。改变运动状态又包括改变平动状态及改变转动状态。

对于质点而言，它的运动只限于平动。对于刚体而言，它的运动状态可分为平动和转动两种。平动，是指物体上各部分的运动情况都相同；转动，一般指定轴转动，转动物体的各部分绕轴转动的角速度都相同，但线速度一般不相同。刚体如果没有转动而只有平动，则可视为质点。若刚体没有平动而只绕固定轴匀速转动，它的运动状态则不会发生改变，这种状态称为转动平衡状态。

平动状态的改变，体现在产生平动加速度，它取决于所受的合外力；转动状态的改变，体现在产生角加速度，它取决于受到的外力的合力矩。

如果受力物体不能看作刚体，则需要考虑它因受力而发生的形变，若作用在它上面的两个力用一个力代替，产生的形变一般不相同。

## 二、共点力的合成法则——平行四边形定则

几个力作用于同一点，称为共点力。若干个共点力，不一定在同一平面内，但两个共点力一定在同一平面内。

作用在同一质点上的各个力都是共点力。作用在同一刚体上的力，如果它们的作用点不是同一点，但力的作用线交于一点，则它们也是共点力。这是因为刚体是不考虑形变的，把力的作用点沿力的作用线方向移动，不影响力的效果，但把力的作用点沿垂直于力的作用线的方向移动，一般该力的力矩要发生变化，从而会影响刚体的转动状态。

共点力的合成法则是平行四边形定则。

如图 1（a）所示，某刚体受到 *F*1 和 *F*2 两个力的作用，且这两个力的作用线交于一点 A（A 点可以在物体上，也可以在物体外），这两个力就是共点力。可以先把力的作用点移到 A 点，再按照平行四边形定则求出它们的合力 *F*，如图 1（b）所示。若用合力 *F* 替代 *F*1 和 *F*2 这两个分力，产生的效果相同，这里的效果指的就是刚体的运动状态改变的效果，包括平动状态的改变和转动状态的改变。前者指的是质心 *C* 的加速度大小为 *a*C = （*m* 为刚体的质量），方向与 *F* 的方向相同；后者指的是它产生的绕质心 *C* 转动的角加速度，其大小为 *β* = （*I* 为刚体的转动惯量，*L* 为合力 *F* 对质心的力臂），方向垂直纸面向里（沿顺时针方向转动）。

A

（a）*F*1和*F*2 是共点力

（b）*F*1和*F*2 的合力 *F*

*C*

*F*

*F*2

*F*1

*C*

*L*

A

图 1 运用平行四边形定则求共点力的合力

*F*2

*F*1

## 三、平行力的合成法则

如图 2（a）所示，某刚体受到 *F*1 和 *F*2 两个力的作用，这两个力是平行力，求平行力的合力的法则是：合力 *F* 的方向与两分力方向相同（若两分力方向相反，则合力方向与其中较大的力的方向相同），其大小等于两分力大小之和（或之差），其作用点位于两分力作用点的连线上，到两分力作用点的距离与两分力的大小成反比，如图 2（b）中的 B 点。

（a）*F*1和*F*2 是平行力

（b）*F*1和*F*2 的合力 *F*

*C*

*F*

*F*1

*C*

*d*

图 2 求平行力的合力

*F*2

*F*1

*F*2

B

若用合力 *F* 替代两分力 *F*1 和 *F*2，产生的效果相同，这里的效果指的是改变刚体运动状态的效果，包括平动状态改变和转动状态改变。前者指的是质心 C 产生的加速度，其大小为 *a*C = （*m* 为刚体的质量），方向与 *F* 的方向相同；后者指的是它产生的绕质心 *C* 转动的角加速度，其大小为 *β* = （*I* 为刚体的转动惯量，*d* 为合力 *F* 对质心的力臂），方向垂直纸面向外（绕质心 *C* 沿逆时针方向转动）。

## 四、既不共点也不平行的力没有合力

作用在刚体上的两个力，如果既不共点也不平行，即两力的作用线是异面直线，如图 3 所示的 *F*1 和 *F*2 就是这样的两个力。这两个力没有合力，就是说，无法用任何一个力代替这两个力产生的效果。对于这种情况，需要引入主矢和主矩这两个概念。主矢，是两个力的矢量和，它的大小和方向有意义，决定刚体质心的加速度的大小和方向，即决定刚体平动状态的改变；主矩，是两个力对质心的力矩的矢量和，它决定刚体绕质心转动状态的改变。

（a）*F*1和*F*2 没有合力

（b）*F* 表示主矢的大小和方向

*C*

*C*

图 3 既不共点也不平行的力可等效为一个主矢和一个主矩

*F*2

*F*1

*F*2

*F*1

*F*1ʹ

*F*2ʹ

*C*

*L*2

*L*1

*F*1

*F*2

（c）*F*1和*F*2 对质心的力臂

*F*

我们仍以图 3 所示的刚体为例予以说明。图 3（a）中刚体受到的 *F*1 和 *F*2 是既不共点也不平行的两个力。图 3（b）所示是求主矢的一种方法：把 *F*1 和 *F*2 的作用点都移到质心 *C*，保持力的大小和方向不变，按照平行四边形定则求出合力，即图中的 *F*，它的大小和方向就是主矢的大小和方向。

求主矩的一种方法是先求出各分力的力矩，再对各力矩求和。图 3（c）中分别画出了力 *F*1 和 *F*2 对质心的力臂：过质心 *C* 分别向两个力的作用线作垂线，这两个线段 *L*1 和 *L*2 就代表 *F*1 和 *F*2 对质心的力臂。其中力 *F*1 对质心的力矩的大小为 *M*1 = *F*1·*L*1，方向垂直于 *L*1 和 *F*1 决定的平面斜向上（图中未画出）；*F*2 对质心的力矩的大小为 *M*2 = *F*2·*L*2，方向垂直于 *L*2 和 *F*2 决定的平面斜向上（图中未画出）。这两个力矩的和就是主矩，但要注意，*M*1 和 *M*2 虽然都是“斜向上”，但并不在一条直线上，它们的和是矢量和而不是代数和，即必须用平行四边形定则求解。