

整体法与隔离法在力学中的应用

四川省达州中学

陈龙

摘要：受力分析贯穿于整个力学部分，是解决力学问题的前提和基础，受力分析最常用的方法是整体法和隔离法。高中物理中经常遇到多个物体相互作用的问题，什么时候用整体法，什么时候用隔离法成了学生解题的拦路虎，本文就整体法与隔离法及关系和它们在静力学和动力学中结合应用谈谈笔者的一些见解。

关键字：受力分析，整体法，隔离法，连接体

高中物理中经常会遇到有多个物体相互作用的问题，这部分问题对学生来说处理起来很是困难；对于这些相互作用问题的解决必不可少的就是受力分析，如果能够恰到好处地将整体法和隔离法结合应用在受力分析中，那么将会使得问题变得非常容易。

一、整体法、隔离法及关系

（一）隔离法

将研究对象从其周围的环境中隔离出来单独研究，（这个研究对象可以是一物体，也可以是物体的一部分）最终得出结论的方法称为隔离法。

（二）整体法

将几个物体看作一个整体，或将看上去具有明显不同性质和特点的几个物理过程作为一个整体过程来处理的方法称为整体法。

（三）整体法与隔离法的关系

整体法与隔离法，不是相互对立的，在一般问题的求解中，随着研究对象的转化，往往两种方法交叉运用，两者在本质上是统一的，因为将几个物体看作一个整体之后，还是要将它们与周围的环境隔离开来。两种方法的取舍，并无绝对界限，必须具体分析，灵活运用。但如果计算物体系

内部不同部分间的作用力，就必须取隔离体来研究。

二、整体法和隔离法在静力学中的应用

静力学是指研究对象处于静止或匀速直线运动状态的力学问题。通常在分析外力对系统的作用时用整体法；在分析系统内各物体（各部分）间相互作用时，用隔离法。解题中应遵循“先整体、后隔离”的原则。

典例 1. 一个直角支架 AOB，AO 水平放置，表面粗糙，OB 竖直向下，表面光滑，AO 上套有小环 P，OB 上套有小环 Q，两环质量均为 m ，两环间由一根质量可忽略、不可伸展的细绳相连，并在某一位置平衡，如图。现将 P 环向左移一小段距离，两环再次达到平衡，那么将原来的平衡状态和移动后的平衡状态比较，AO 杆对 P 环的支持力 N 和细绳上的拉力 T 的变化情况是（ ）

A. N 不变， T 变大 B. N 不变， T 变小

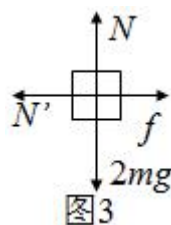
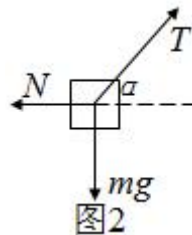
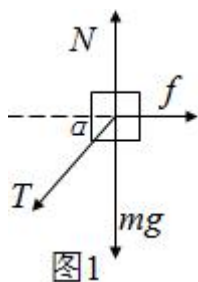
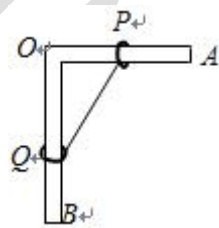
C. N 变大， T 变大 D. N 变大， T 变小

解析： I. 隔离法：设 PQ 与 OA 的夹角为 α ，对 P、Q 受力分析分别如图 1，图 2 所示。对 P 有： $mg + T\sin\alpha = N$

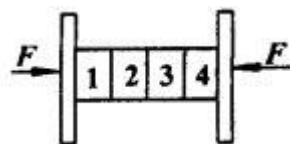
对 Q 有： $T\sin\alpha = mg$

得： $N = 2mg$ ， $T = mg/\sin\alpha$ 。随 P 点左移， α 将增大，故 N 不变， T 变小。答案为 B。

II. 整体法：选 P、Q 整体为研究对象，受力分析如图 3，在竖直方向上受到的合外力为零，得 $N = 2mg$ ，再选 P 或 Q 中任一为研究对象，受力分析可得 $T = mg/\sin\alpha$ 。接下来的分析同上。



典例 2. 如图，在两块相同的竖直木板间，有质量均为 m 的四块相同的砖，用两个大小均为 F 的水平力压木板，使砖静止不动，则左边木板对第一块砖，第二块砖对第三



块砖的摩擦力分别为()

- A. $4mg$ 、 $2mg$ B. $2mg$ 、 0 C. $2mg$ 、 mg D. $4mg$ 、 mg

解析：本题应先考虑整体法分析，再隔离分析单个物体。设左、右木板对砖摩擦力为 f_1 ，对四个物体组成的整体受力分析如图 4；第 2 块砖对第 3 块砖摩擦为 f_{23} ，在前面基础上对 3、4 组成的整体受力分析如图 5。

四块砖整体有： $2f_1=4mg$ ， $\therefore f_1=2mg$ 。

3、4 块砖整体平衡有： $f_1+f_{23}=2mg$ ， $\therefore f_{23}=0$ ，故 B 正确。

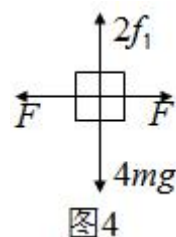


图4

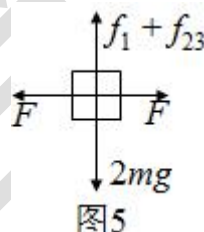


图5

三、整体法和隔离法在动力学中的应用

动力学是指研究对象有共同的加速度或对象中的某些物体有加速度，某些物体没有加速度的力学问题。当系统内各物体具有相同的加速度时，应先把这个系统当作一个整体（即看成一个质点），分析受到的外力及运动情况，利用牛顿第二定律求出加速度。如若要求系统内各物体相互作用的内力，则把物体隔离，对某个物体单独进行受力分析，再利用牛顿第二定律对该物体列式求解。隔离物体时应对受力少的物体进行隔离比较方便。

典例 1.如图所示的三个物体 A、B、C，其质量分别为 m_1 、 m_2 、 m_3 ，带有滑轮的物体 B 放在光滑平面上，滑轮和所有接触面间的摩擦及绳子的质量均不计。为使三物体间无相对运动，则水平推力的大小应为 $F=$ _____。

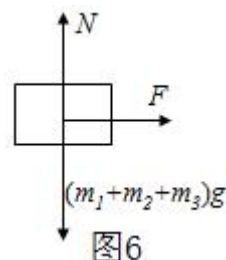
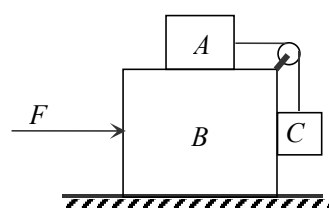


图6

解析：本题依然需用整体法与隔离法相结合分析解决。首先将三个物体视为整体受力分析如图 6，由于三物体无相对滑动，所以有相同的加速度。然后隔离单一物体受力分析，写出它的牛顿第二定律方程。

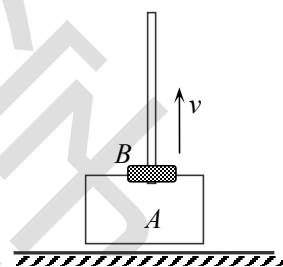
则有：整体： $F=(m_1+m_2+m_3)a \cdots \cdots \textcircled{1}$

物体 A： $T= m_1a \cdots \cdots \textcircled{2}$

物体 C： $T= m_3g \cdots \cdots \textcircled{3}$

解得： $F=(m_1+m_2+m_3) \cdot \frac{m_3}{m_1} g$

典例 2.如图，底座 A 上装有一根直立竖杆，其总质量为 M，杆上套有质量为 m 的环 B，它与杆有摩擦。当环从底座以初速向上飞起时（底座保持静止），环的加速度为 a，求环在升起的过程中，水平面对底座的压力是多大？



解析： I.隔离法：选环为研究对象受力分析，则：

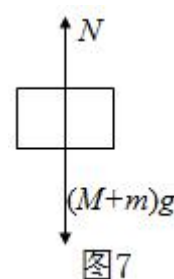
$$f+mg=ma \cdots \cdots \textcircled{1}$$

选底座为研究对象，有 $N+f'-Mg=0 \cdots \cdots \textcircled{2}$

又 $f=f' \cdots \cdots \textcircled{3}$

联立①②③解得： $N=Mg-m(a-g)$

II.整体法：选 A、B 整体为研究对象，其受力分析如图 7，A 的加速度为 a，向下；B 的加速度为 0。选向下为正方向，有：



$(M+m)g-N=ma$ 。解得： $N=Mg-m(a-g)$

四、整体法和隔离法在两类常见题型中的应用

（一）斜面体类型

对于本类型题目，当求解量未涉及物体内部各部分间的作用时，首选整体法分析，此时如若采用隔离法解题过程变得比较复杂。可见，用整体法求解非平衡态对象问题，然后再分析物体内部的作用可大大简化解题过程。

典例.如图所示，质量为 m 的物体 A 沿倾角为 θ 的光滑斜面滑下，而斜

面体 B 始终静止。设 B 的质量为 M ，则地面对 B 的支持力是多少？地面对 B 的摩擦力是多少？

解析：对 A 受力分析易知其沿光滑斜面下滑的加速度

为： $a = g \sin \theta$ ①

对 A、B 组成的整体受力分析如图 8，据牛顿第二定律得：

水平方向： $f = ma_x$ ②

竖直方向： $(Mg + mg) - N = ma_y$ ③

所以： $N = Mg - mg \cos^2 \theta$

$$f = mg \sin \theta \cos \theta$$

拓展.如右图所示，物块与斜面体的质量分别为 m 、 M ，物块在 F 作用下以 a 向上滑动时，斜面体仍保持静止，斜面倾角为 θ 。

试求地面对斜面体的支持力和摩擦力？

解析：由于题目中求解的物理量并不是物体与斜面间的作用力，所以应首先考虑用整体法求解。将物块和斜面体组成的整体进行受力分析，建立坐标轴并将加速度 a 沿坐标轴分解，如图 9 所示。可得：

水平方向： $F \cos \theta - f = ma_x$ ①

竖直方向： $F \sin \theta + N - (m + M)g = ma_y$ ②

$a_x = a \cos \theta$ ； $a_y = a \sin \theta$ ③

解得： $f = (F - ma) \cos \theta$

$$N = (m + M)g - (F - ma) \sin \theta$$

(二) 连接体类型

当处理多个连接物体，且有相同的加速度的情况下，一般先取整体为

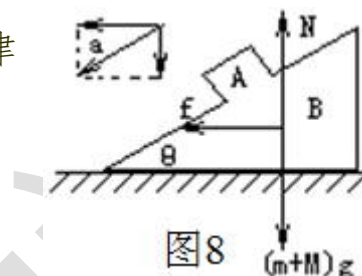
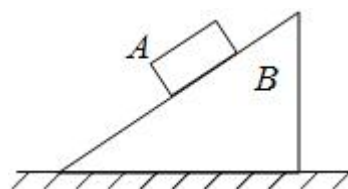


图 8

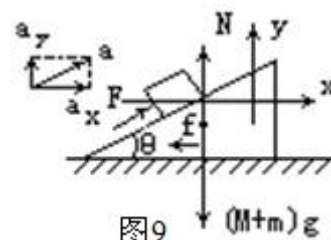
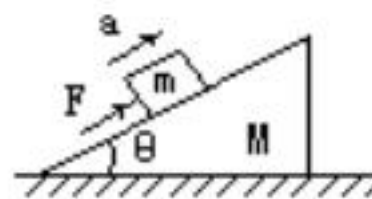
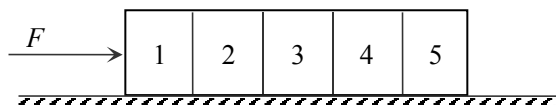


图 9

研究对象分析问题；当要求解单一物体的情况时，再以个体为研究对象隔离法分析、解决问题。

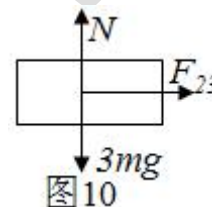
典例 1.如图所示，五个木块并排放在水平地面上，它们的质量相同，与地面的摩擦



不计。当用力 F 推第一块使它们共同加速运动时，第 2 块对第 3 块的推力为_____。

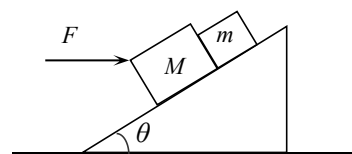
解析：五个木块具有相同的加速度，可以把它们当作一个整体。这个整体在水平方向受到的合外力为 F ，则： $F=5ma$ 。所以： $a=\frac{F}{5m}$ 。

要求第 2 块对第 3 块的作用力 F_{23} ，必须将 2 与 3 隔离开，此时将 3、4、5 当成一个小整体受力分析如图 10 所示，可得这一小整体在水平方向只受 2 对 3 的推力 F_{23} ，则： $F_{23}=3ma=\frac{3}{5}F$ 。



此题隔离后也可把 1 和 2 当成一小整体考虑，但稍繁些。做题时究竟选哪些物体为整体要视具体情况而定。

典例 2.如图所示，物体 M 、 m 紧靠着置于摩擦系数为 μ 的斜面上，斜面的倾角为 θ ，现施加一水平力 F 作用于 M ， M 、 m 共同向上作加速运动，求它们之间相互作用力的大小。



解析：两个物体具有相同的沿斜面向上的加速度，可以把它们当成一个整体（看作一个质点），其受力如图 11 所示，建立坐标系，则： $F_1=(m+M)g \cos \theta+F \sin \theta \dots\dots\dots ①$

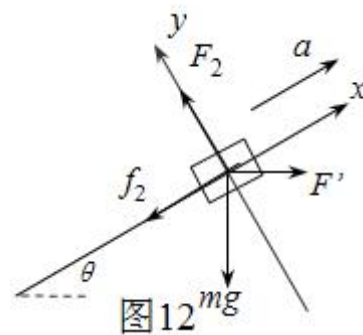
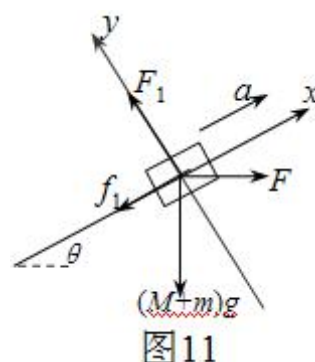
$$F \cos \theta - f_1 - (M+m)g \sin \theta = (M+m)a \dots\dots\dots ②$$

$$\text{且： } f_1 = \mu F_1 \dots\dots\dots ③$$

要求两物体间的相互作用力，应把两物体隔离开，

对 m 受力如图 12 所示，则：

$$F_2 - mg \cos \theta = 0 \dots\dots\dots ④$$



$$F' - f_2 - mg \sin \theta = ma \dots\dots\dots \textcircled{5}$$

$$\text{且: } f_2 = \mu F_2 \dots\dots\dots \textcircled{6}$$

$$\text{联立以上方程组, 解得: } F' = \frac{(\cos \theta - \mu \sin \theta)m}{(M + m)} F。$$

综上所述知：整体法和隔离法并不独立、相对，在多个物体作用时可将两种方法结合应用。整体法不适用的情况是：求解物体内部不同部分的作用的情况，此时必须对某单个物体隔离分析。对多个物体作用应用两种方法时注意应遵循“先整体，后隔离”的思想，这思想包括两方面：一方面：先考虑能否用整体法，如果不能，再考虑隔离单一物体分析。另一方面：先考虑整体法能否用，若能用，则先用整体法求出相关物理量，然后再隔离单一物体（部分物体）分析解题（此时应选受力较少的部分分析）。可见若将整体法和隔离法恰当结合可使问题变得容易解决。