

加速度相同的连接体问题——内力公式进阶应用

王超

(新疆生产建设兵团第二中学 新疆乌鲁木齐 830002)

摘要：以加速度相同的连接体为例，通过寻找一个外力作用时，内力与外力之间的关系到多个外力存在时内力与外力的关系，探寻内力与外力之间的规律，更深刻认识力的独立作用原理和内力的叠加原理，达到知识整合、思维提升的目标。

关键词：连接体；内力；外力

一 教学背景分析

进阶学习是指在一段时间跨度内进行某一主题学习时连贯且逐渐深入的学习方式，符合学生的思维发展规律，对于高三复习学生而言习题进阶教学是对知识进行巩固和应用的重要途径，从基本问题出发，引导学生逐层深入对问题进行探究，有助于学生构建并深化知识内在的逻辑认知，形成严谨的思维习惯，在学习进阶理论指导下，试卷讲评习题教学课堂更能够促进学生的科学思维能力的发展。

二 学情分析

学生已经知道对于连接体常采用整体法与隔离法这些基本方法，形成了解决问题的基本思想，但缺乏对知识的整合和简化，应用不够灵活，认识不够深刻，因此教学中引导学生逐级深化，找到连接体之间的共性和联系，熟练运用相关规律解决实际问题。

教学过程：

三 核心素养目标

物理观念	熟练应用整体法和隔离法分析连接体问题
	熟练掌握连接体在特殊情况下的结论
	知道连接体使用的条件
	知道连接体的力学本质拓展应用.
科学思维	对于一般的连接体问题，知道其按照质量分配的规律；
	灵活使用连接体在外在动力和阻力同时存在的处理方法和拓展应用.
科学探究	从理论推导到合理外推，体验科学探究思路的建立和过程.
科学态度与责任	通过推理分析，体会力与运动的本质联系；
	通过探究过程体会严谨求实的科学观，在今后的生活学习中，遇到未知问题也能够有正确的科学探究态度.

四：教学过程

连接体模型是高中典型物理模型之一，连接体是指运动中的几个物体或叠放在一起，或并排挤放在一起，或用细绳、细杆联系在一起的物体组。解决这类问题的基本方法是整体法和隔离法，对于连接体问题，系统内物体之间的的相互作用力是我们避免不了要讨论的话题，今天我们就来讨论物体之间的内力与外力之间的规律。

问题 1：什么是连接体，处理连接体的基本方法是什么呢？

学生讨论回答：整体法和隔离法

1、模型建立：

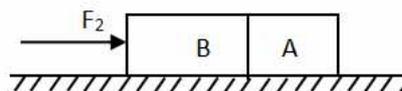
连接体：是指运动中的几个物体或叠放在一起，或并排挤放在一起，或用轻绳、轻杆连在一起的物体组

处理方法：整体法和隔离法

问题 2：这些就是我们常见的连接体模型，对于连接体问题，系统内物体之间的的相互作用力是我们避免不了要讨论的话题，那么这些物体组内物体之间的作用力与外力之见有什么样的规律呢？下面我们进行深入的分析探讨。

2、一个外力作用时内力与外力间关系

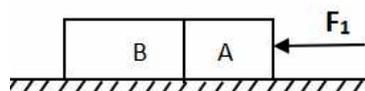
例 1：如图示：质量分别为 m_A 和 m_B 的物块放置在光滑水平桌面上，现用恒力 F_2 水平向右作用在物块 B 上，使整体向右做匀加速直线运动.求:B 对 A 的推力



学生活动：请用整体法和隔离法求 A、B 之间的推力。

$$\text{得推力为：} F_{BA} = \frac{m_A F_2}{m_A + m_B}$$

变式 1：质量分别为 m_A 和 m_B 的物块放置在光滑水平桌面上以速度 v_0 向右运动，现用恒力 F 水平向右作用在物块 A 上，使整体向右做匀减速直线运动.求:B 对 A 的推力



学生活动：请用整体法和隔离法求 A、B 之间的推力

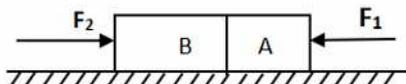
$$\text{得推力为：} F_{AB} = \frac{m_B F_1}{m_A + m_B}$$

F_1 、 F_2 分别是物体组受到的外力，那么物体组内的一部分物体受到的外力由物体之间的内力提供，根据牛顿第二定律可知，当系统具有共同加速度时，当系统总质量一定时，被推的物体质量越大，则物体之间的内力越大，即物体组内一部分物体受到的合力与这一部分的质量成正比，受力方向与外力方向相同，即物体组内各部分之间的内力满足质量分配原理。

问题 3：当系统同时受到两个外力时又有什么规律呢？

3、两个外力作用时内力与外力间关系

例 2：质量分别为 m_A 和 m_B 的物块放置在光滑水平桌面上，现用恒力 F_2 水平向右作用在物块 B 上，恒力 F_1 水平向左作用在物块 A 上使整体向右做匀加速直线运动.求:A、B 之间的推力。



学生活动：请用整体法和隔离法求 A、B 之间的推力

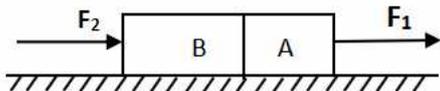
得推力为： $F_{BA} = \frac{m_B F_1 + m_A F_2}{m_A + m_B}$ 我们可以把这个力拆

为： $\frac{m_B F_1}{m_A + m_B} + \frac{m_A F_2}{m_A + m_B}$ ，其中第一项是外力 F_1 的存在让

A、B 接触面上产生的内力，第二项是外力 F_2 的存在让 A、B 接触面上产生的内力， F_2 的存在使 B 对 A 的内力方向向右， F_1 的存在使 A 对 B 的内力方向向左，那么 B 对 A 的力仍然向右，因此接触面间

弹力为： $F_{BA} = \frac{m_B F_1 + m_A F_2}{m_A + m_B}$ 。

我们可以理解为：当物体系统内各物体加速度相同时，任意一个外力都独立作用于物体系统并按质量分配给各个部分（即：质量分配原则）。当有多个外力作用于物体系统时，物体之间的内力等于每个外力单独作用时引起内力的矢量和。



变式 1：质量分别为 m_A 和 m_B 的物块放置在光滑水平桌面上，现用恒力 F_2 水平向右作用在物块 B 上，恒力 F_1 改为水平向右作用在物块 A 上使整体向右做匀加速直线运动。求 A、B 之间的推力。

学生活动：请用整体法和隔离法求 A、B 之间的推力

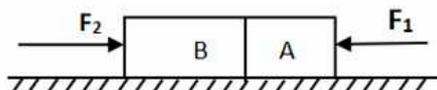
得推力为： $F_{BA} = \frac{m_B F_1 - m_A F_2}{m_A + m_B}$ 我们可以把这个力拆

为： $\frac{m_B F_1}{m_A + m_B} - \frac{m_A F_2}{m_A + m_B}$ ，其中第一项是外力 F_1 的存在让

A、B 接触面上产生的内力，第二项是外力 F_2 的存在让 A、B 接触面上产生的内力， F_2 的存在使 B 对 A 的内力方向向右， F_1 的存在使 A 对 B 的内力方向向右，那么 B 对 A 的力向左，因此接触面间弹力

为： $F_{BA} = \frac{m_B F_1 - m_A F_2}{m_A + m_B}$

问题 4：当系统同时受到多个外力时又有什么规律呢？



4、多个外力作用时内力与外力间关系

例 3：若有一恒力 F_1 向左作用在物体 A 上，恒力 F_2 向右作用在物体 B 上，使得 A 和 B 紧靠在一起向右做加速运动，A、B 与水平面之间的动摩擦因数分别为 μ_A 、 μ_B 试求此时 A、B 之间的作用力？

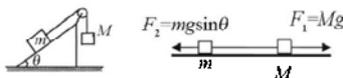
学生活动：利用整体法和隔离法得表达式：

$N = \frac{m_A F_2 + m_B F_1 + (\mu_A - \mu_B) m_A m_B g}{m_A + m_B}$ 然后将表达式拆开后的表达式

为： $F_{BA} = \frac{m_A F_2}{m_A + m_B} + \frac{m_B F_1}{m_A + m_B} + \frac{m_B \mu_A m_A g}{m_A + m_B} - \frac{m_A \mu_B m_B g}{m_A + m_B}$ 引导学生分析其

本质原因即为每个外力独立作用于系统，然后按照质量分配在作用在这个物体之外得其余部分上。其中物体组内的物体之间的相互作用力方向由作用力和反作用力原理判断。

问题 5：那么将物体组用轻绳或轻杆连接、或将连接体置于斜面上，是不是也可以可以用此规律分析问题呢？下面我们就一些常见连接体模型拓展分析。



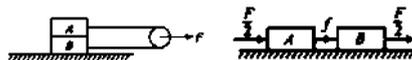
融会贯通 拓展应用

例 4：光滑固定斜面上，质量为 M 的物体 B 物体拉着质量为 m 的 A 物块加速上滑，求绳上的拉力 T？

将上图受力分析后转换为右侧图，利用结论得到绳中拉力为：

$$T = \frac{Mmg \sin \theta + Mmg}{M + m}$$

变式 2：如图示，质量分别为 m_A 、 m_B 的两个物体 A、B 在水平拉力 F 的作用下，沿光滑水平面一起向右运动，已知 $m_A > m_B$ ，光滑滑轮及细绳质量不计，物体 A、B 之间的动摩擦因数为 μ ，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，重力加速度为 g，要使 AB 之间不发生相对滑动，求 F 的最大值。



将模型转化为如下图所示情形，刚好滑动时 A、B 之间的摩擦

力为 $\mu m_A g$ ，利用规律直接得到表达式： $\mu m_A g = \frac{m_A F}{2} - m_B \frac{F}{2}$ 得

$$F = \frac{2\mu m_A g (m_A + m_B)}{m_A - m_B}$$

五：教学小结

对于学生熟悉的模型进行“深入进阶式”教学，通过模型搭建—探寻规律—深化认识—融会贯通，将连接体中力学问题层层深入，以培养学生思维为中心、以巧设问题为导向的进阶式教学。通过让学生自主解题、发现规律、动脑质疑，引导学不断深入理解物理规律，同时提高学生的思维能力和力与运动的物理观念形成。通过一不同的连接体问题分析，让学生经历知识探究和物理规律得出的过程，并通过拓展应用让学生理解力的独立作用原理和叠加原理。

参考文献

[1] 吴玉琴 杨荣生 高中物理连接体模型的巧变研究 数理化学学习（高三版）.2015（12）
 [2] 李鹏飞 连接体问题中力的分配规律 - 动力分配原理中学生数理化 2021 年 1 月
 [3] 周胜 逐级进阶学习 打造高效课堂 - 以“连接体”问题的解决为例 中学物理教学参考[b]G632.4 2021 年 5 月