

惯性力浅析

曹兆健

(盐城工专教务处,盐城,224003)

在一些理论力学教材中^{[1][2]},将惯性力描述为:因为外力作用使物体的运动状态改变时,由于其惯性而引起的运动物体对施力物体的反作用力,其大小等于运动物体的质量与加速度的乘积,方向与加速度相反,作用对象是施力物体。这样的定义将物体惯性力与其所受外力的反作用力等同起来,在概念上极易引起混淆。本文对有关惯性力的基本概念作粗浅分析。

一、惯性力的引入

我们知道,牛顿定律是适用于惯性参考系的运动定律,对非惯性参考系并不适用。那么适用于非惯性系的运动定律是什么形式呢?

设物体质量为 m ,所受合外力为 F_r ,它相对于惯性系的加速度为 a ,对于某一非惯性系的加速度为 a' ,根据相对运动的分析,有

$$a = a' + a_i \quad (1)$$

其中 a_i 由非惯性系相对于惯性系的运动决定(在非惯性系相对于惯性系转动时, a_i 还与所讨论的物体相对于非惯性系的位置及速度有关)。由牛顿定律,有

$$F_r = ma \quad (2)$$

将式(1)代入式(2),则有

$$F_r = ma' + ma_i$$

$$F_r - ma_i = ma'$$

又由于 $-a_i = a' - a$,故有

$$F_r - m(a' - a) = ma' \quad (3)$$

由式(3)可知,如果我们在非惯性系中讨论物体运动时,物体除了受到其它物体作用的合外力 F_r 外,还要受到一个力

$$F_i = m(a' - a) \quad (4)$$

则物体相对于非惯性系的加速度 a' 和物体所受的力的关系为

$$F_r + F_i = ma' \quad (5)$$

这仍是牛顿第二定律的形式。也就是在非惯性系中多引入一个 F_i 力后,牛顿第二定律仍然成立。这个在非惯性系中多引入的力 F_i ,称为惯性力,它等于物体的质量 m 乘以物体相对于非惯性系和惯性系的两个加速度 a' 与 a 之差。

由此可见,惯性力只是为了使牛顿定律能在非惯性系中适用而引入的一个“力”,它既不是通过其它物体与物体的接触产生,也不象万有引力那样来自另一物体的作用,它实际是物体本身的惯性在非惯性系中的反映。因此惯性力并不具有通常所理解的“力是物体间的相互作用”的性质,因而也找不到它的反作用力。

二、惯性力在工程力学中的应用

在工程力学中,研究非自由质点和非自由质点系的动力学问题时,常常利用惯性力的概念,将动力学的问题在形式上描述为静力学力系的平衡问题。

设有一非自由质点,质量为 m ,其瞬时受到主动力 F 和约束力 N 的作用,具有加速度 a 。如图 1 所示。由牛顿第二定律,有

$$F + N = ma$$

上式也可写为

$$F + N + (-ma) = 0 \quad (6)$$

将式中的 $(-ma)$ 看作为一个“力”,并用 F_i 表示,有

$$F_i = -ma \quad (7)$$

F_i 力的大小等于质点的质量与加速度的乘积,方向与加速度方向相反,称为质点的惯性力。

这样,式(6)可写成力的平衡方程的形式

$$F + N + F_i = 0 \quad (8)$$

式(7)表明,质点运动的任一瞬时,如果在质点上假想地加上它的惯性力,则此质点的惯性力与作用在质点上的主动力和约束反力组成一个平衡力系。于是可以用静力学平衡方程的形式来分析动力学问题。

这里也用到了惯性力的概念,其定义形式似乎与前述不尽相同。但是,若在质点上固连一相对于地面(惯性系)以加速度 a 运动的非惯性系,则质点相对于非惯性系的加速度 $a' = 0$,这样式(4)定义的惯性力 $F_i = m(a' - a) = -ma$,与式(7)定义的惯性力完全一致。由此可见,将动力学问题变成静力学力系的平衡问题只是惯性力的概念在工程力学中的具体应用,其实质是将惯性系中的动力学问题转化为非惯性系中的静力学力系平衡问题。只不过这里没有象理论物理中那样具体强调惯性系和非惯性系的概念。这正是工程中处理问题的特点。

三、惯性力与反作用力的区别

由以上讨论可见,惯性力是物体运动状态改变而引起的一种动力效应,是物体惯性在非惯性参考系中的反映,它与作用于施力物体上的反作用力在本质上是完全不同的。施力物体所受的反作用力不管在惯性系还是在非惯性系中都是存在的,而惯性力仅在非惯性系中讨论问题时才引入,同时惯性力的作用对象是所研究的物体,而反作用力是作用于施力物体的。即使在工程力学中不考虑非惯性系的概念,但在对惯性力的理解上也不能与反作用力混为一谈。

参考文献

- 1 张秉荣主编. 理论力学. 银川:宁夏人民出版社. 1986
- 2 谢传锋主编. 理论力学. 北京:中央广播电视大学出版社. 1987
- 3 夏学江等. 力学与热学(上册). 北京:清华大学出版社. 1984
- 4 西安交大理论力学教研室. 理论力学. 北京:人民教育出版社. 1979

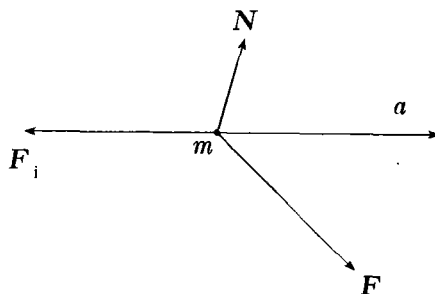


图 1