

惯性质量和引力质量相等的条件

付昱华

(中国海洋石油研究中心, 北京, 100027, E-mail: fuyh@cnooc.com.cn)

摘要 考虑质速关系和质能关系可以得出结论: 并非在任何条件下一个物体的惯性质量和引力质量都相等; 在等速、等温、等压等条件下, 一个物体的惯性质量和引力质量可以相等。此外, 如果引起质量变化的几种因素可以抵消或产生等效的结果, 一个物体的惯性质量和引力质量也可以相等; 例如一个物体在高温低压状态下的惯性质量和低温高压状态下的引力质量也可以相等。由此可见, 惯性质量和引力质量是否相等, 是一个极为复杂的问题, 需要进一步深入研究。

关键词 牛顿力学, 相对论, 惯性质量, 引力质量, 相等, 条件

The conditions that an object's inertial mass is equal to its gravitational mass

Fu Yuhua

(China Offshore Oil Research Center, Beijing, 100027, China)

(E-mail: fuyh@cnooc.com.cn)

Abstract: Considering the mass-velocity relation and mass-energy relation, an object's inertial mass isn't equal to its gravitational mass in some cases; under the conditions of equality of velocity, temperature, pressure and the like, an object's inertial mass may be equal to its gravitational mass. In addition, if the several factors that cause the change of mass can be counter-balanced or create the equivalent result, an object's inertial mass will be equal to its gravitational mass. For example, an object's inertial mass with high temperature and low pressure may be equal to its gravitational mass with low temperature and high pressure. Thus, whether or not an object's inertial mass is equal to its gravitational mass, is an extremely complicated problem, and it should be the further topic.

Key words: Newtonian mechanics, theory of relativity, inertial mass, gravitational mass, equal, condition

无论是牛顿力学, 还是相对论, 都根据一些实验结果, 无条件地声称: 一个物体的惯性质量和引力质量相等。然而, 检验物体的惯性质量和引力质量相等的那些实验, 无论是数量还是种类, 都是极为有限的。考虑更多的情况, 我们发现在一些条件下, 一个物体的惯性质量和引力质量并不相等, 因此需要研究一个物体的惯性质量和引力质量相等的条件。

- 1 质速关系导出的惯性质量和引力质量相等的条件
狭义相对论的质速关系为

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

由于质量与速度有关，所以当其他条件相同、但是速度 $v_1 \neq v_2$ 时，我们不能说：一个物体在速度等于 v_1 时的惯性质量和速度等于 v_2 时的引力质量相等；我们只能说：速度等于 v_1 时的惯性质量和速度等于 v_1 时的引力质量相等，以及速度等于 v_2 时的惯性质量和速度等于 v_2 时的引力质量相等。因此，考虑一个物体的惯性质量和引力质量是否相等时，如果仅考虑速度状态，则要加上等速的条件，物体的惯性质量和引力质量才相等。

2 质能关系导出的惯性质量和引力质量相等的条件

狭义相对论的质能关系为

$$E = mc^2$$

由于质量与能量有关，所以在等速条件下，只有在能量相等时，一个物体的惯性质量和引力质量才相等，然而，能量又与许多因素有关，下面我们讨论几个普通的因素。

首先是温度条件。当温度变化时，物体的能量也变化，因此物体的质量随之变化。当其他条件相同、但是温度 $T_1 \neq T_2$ 时，我们不能说：一个物体在温度等于 T_1 时的惯性质量和温度等于 T_2 时的引力质量相等；因此，考虑一个物体的惯性质量和引力质量是否相等时，如果仅考虑温度状态，则要加上等温的条件，物体的惯性质量和引力质量才相等。

其次是压力条件。当物体周围的压力变化时，物体的能量也变化，因此物体的质量随之变化。当其他条件相同、但是压力 $P_1 \neq P_2$ 时，我们不能说：一个物体在压力等于 P_1 时的惯性质量和压力等于 P_2 时的引力质量相等；因此，考虑一个物体的惯性质量和引力质量是否相等时，如果仅考虑压力状态，则要加上等压的条件，物体的惯性质量和引力质量才相等。

限于篇幅，我们不再讨论其他能够引起能量变化的因素。

3 其他情况下一个物体的惯性质量和引力质量相等的条件

前面已经指出，存在多种因素可以引起质量的变化。现在，如果引起质量变化的几种因素可以抵消或产生等效的结果，那么一个物体的惯性质量和引力质量也可以相等。为简便计，我们只讨论两种因素可以抵消或产生等效的结果的情况。为了说明问题，我们先选定一个参考状态，亦即在某种温度、压力和速度等条件下，一个物体的惯性质量和引力质量相等。例如，厄缶验证惯性质量和引力质量相等的实验状态，就可以选取为参考状态。在参考状态下，假设一个物体的惯性质量和引力质量都等于 m_1 之值。

先考虑温度和压力引起的质量变化可以抵消的情况。

假设另外存在两种状态。第一种状态与参考状态相比，是高温低压状态；第二种状态与参考状态相比，是低温高压状态。如果与参考状态相比较，第一种状态的高温引起的惯性质量增加与低压引起的惯性质量减少正好抵消；第二种状态的低温引起的引力质量减少与高压引起的引力质量增加正好抵消；在这种情况下，一个物体在第一种状态的惯性质量与第二种状态的引力质量也相等。换句话说，一个物体在高温低压状态下的惯性质量和低温高压状态

下的引力质量也可以相等，而且都等于参考状态的 m_1 之值。

下面再考虑温度和压力引起的质量变化产生等效的结果的情况。

如果与参考状态相比较，第一种状态（高温低压状态）引起的惯性质量变化为 Δm ；第二种状态（低温高压状态）引起的引力质量变化也为 Δm ；在这种情况下，一个物体在第一种状态的惯性质量与第二种状态的引力质量仍然相等。但是不再等于参考状态的 m_1 之值，而是等于 $m_1 + \Delta m$ 之值。

类似地，我们还可以说：一个物体在高速低温条件下的惯性质量和低速高温条件下的引力质量也可以相等。如此等等，不一而足。

4 结论

（1）前面只讨论了两种因素的情况；对于多种因素的情况，惯性质量和引力质量是否相等，是一个极为复杂的问题，需要进一步深入研究。

（2）正如狭义相对论质能关系经过核对以后需要改进一样，由于可能出现惯性质量和引力质量不相等的情况，因此广义相对论的等效原理也需要进行相应改进。对此我们将在另文中讨论。

参考文献

[1] 付昱华，质能关系 $E=mc^2$ 的核对和改进，（香港）新科技, 2007, No.8, 69~71