新转动动力学

—— 惯性-转矩原理和力矩的静力学性质

庚广善
(Harbin · Macro · Dynamics Institute. 150066, P. R. China)
E-mail:sxzyu35@hotmail.com

(2014.8.17—2014.9.20)

摘要: 本文的论点，产生于一系列的转动动力学实验. 最初的研究，是想找到一种克服动量守恒的方法. 而进一步的研究,又发现了经典力学中，力矩原理的错误. 然后一系列的，已有理论中的重大错误，都被发现出来. 动量守恒定律是错的；牛顿第三定律是错的；能量守恒定律也是能够超越的. 纠正了这些错误之后，新的理论即必然提出. 这将涉及到经典物理学和力学的基础部分，物理学基础部分的教科书应该进行重大的修改.

关键字: 刚体；惯性-转矩；质心矩；质心臂；静力学；静力；动力学；守恒定律

PACS: 45.20.Dd, 45.40.àf, 45.50.àj, 45.50.Dd

0 引言

本文的论点是基于几项简单的物理学实验，这些实验通过两个视频文件来进行演示. 这两个视频是：1.实验验证--动量不守恒(experiment testify momentum is not conservation)；2.关于惯性转矩的物理学和力学的实验(The experiment of physics of mechanics of the Inertia-torque). 并且还有相应的文章进行说明和论述[1,2].

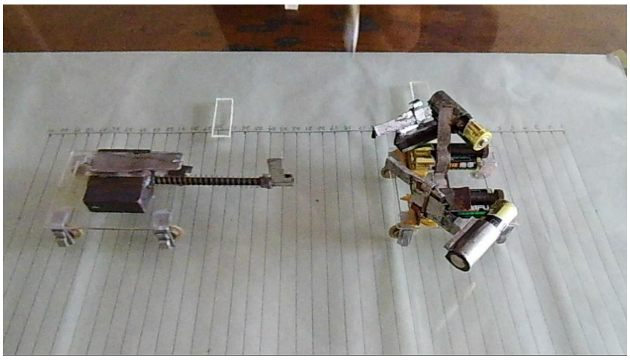

图 1 实验验证动量不守恒

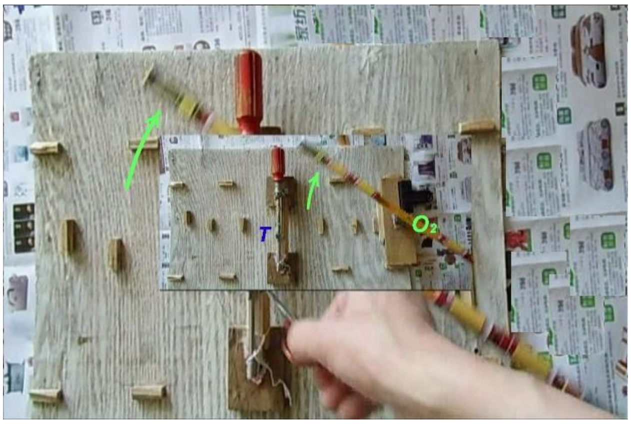

图 2 关于惯性转矩的物理学和力学的实验

图 1 和图 2 分别是这两个视频的截图．图 1 所示的实验，是关于动量不守恒所进行的最早的实验．在此基础上经过深化研究，才形成本文所述的观点，并且陆续完成了如图 2 所示的实验．本文的论点主要就是由图 2 和图 1 的实验所产生．因此本文的论点是有实验的佐证和支持的，不是简单的推理或假设或猜想.

1　惯性-转矩的概念

惯性-转矩是物体的惯性质量与力臂的积.

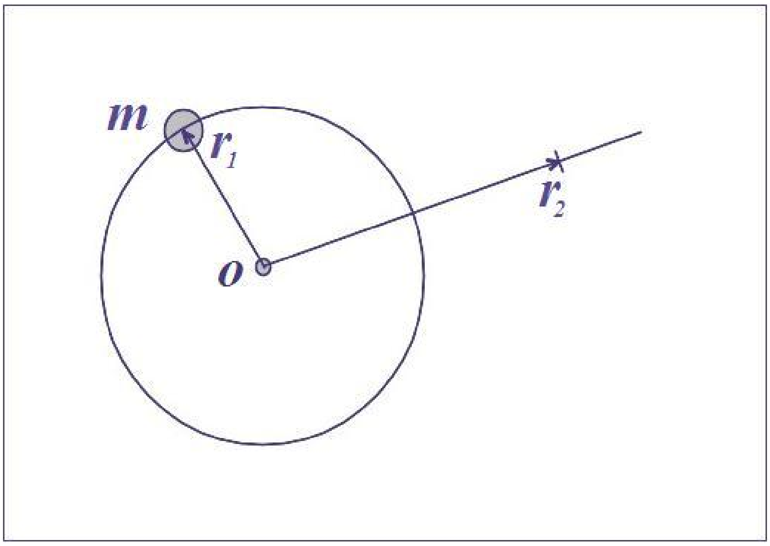

图 3 关于惯性-转矩

为什么杠杆能够省力？力矩真的是使力发生变化吗？难道它不是使物体的负荷质量发生变化？惯性-转矩简称惯性矩，如图 3 所示，质点 $\boldsymbol{m}$($\boldsymbol{m}$ 即是其质量)对 $\boldsymbol{O}$ 的位置矢量是 $\boldsymbol{r_1}$，则它的惯性矩是：

$$I = m \cdot r_1 \tag{1.0.1}$$

惯性矩与力矩类似，对同一个原点，它是一个恒量．那么由该原点引出的其它失径，例如图中的 $\boldsymbol{r_2}$，即须进行变化.

若　$r_2 = qr_1$　则

$$I = m \cdot r_1 = \frac{m}{q} \cdot r_2 \tag{1.0.2}$$

因此这时 $\boldsymbol{m}$ 即减小 $\boldsymbol{q}$ 倍．是失径 $\boldsymbol{r}$ 变化倍数的反比.

那么，惯性矩是物体的质量与力臂的积．它的真实意义，其实就是在力臂的端点处，向两侧切线方向上的，物体的惯性质量．因此，由惯性矩可以求出，物体在切线方向上的质量.

如对应于惯性矩：　$I = m \cdot r_1$　的切向质量即是

$$m = \frac{I}{r_1} \tag{1.0.3}$$

而对应于式(1.0.2)的 $\boldsymbol{r_2}$ 的切向质量是：

$$m_2 = m \cdot \frac{1}{q} = \frac{I}{r_2} \tag{1.0.4}$$

不难看出，式(1.0.3)和式(1.0.4)并不太一样．两者区别的关键是，式(1.0.3)的质量 $\boldsymbol{m}$，是物体中真实的质点的质量；而式(1.0.4)的质量 $\boldsymbol{m_2}$，是在不同的力臂处，对质点 $\boldsymbol{m}$ 的质量的反比例映射．因此在一个物体中，任意失径的力臂处的惯性矩的切向质量，都是既可能是物质的真实质量，也可能是非真实质量的映射质量.

映射质量与真实质量，性质是不同的．真实质量体现的是物质的真实存在，因而它在物体中，对物体的惯性有实际的影响．而映射质量，它本身并不是真的存在．它只在，当物体受到力矩的作用时，呈现为一种惯性的负荷．因此它决定了在力的作用下，从该力矩处对力会有多大的惯性抵抗.

因为力矩上的映射质量，实际只在有外力作用时，表现为惯性的负荷．所以它是惯性矩的负

荷质量的一部分．惯性矩的负荷质量，是指在物体的任意力臂上的，真实质量与映射质量的总和．惯性-转矩是对物体转动的惯性的标注．

1.1 惯性-转矩的实验

图 2 是一种动力学实验的视频截图[2]，该实验对惯性-转矩的理念形成了支持．

在这一图像中，外圈的是一幅大图，中间是一幅小图．两幅图是用同样的设备拍摄，叠加在一起是为了相互比较，以显示实验效果．

两起实验是用的同样的装置．即一个长条形的具有一定质量，能够灵活转动的旋转臂；和一个可以瞬间释放产生推力的弹簧．实验时将弹簧突然释放，产生一个冲力，推动旋转臂迅速转动起来．

两次实验，经过准确调整，使弹簧推动两个旋转臂的距离，是相同的．因此弹簧对两个旋转臂的推力，也是相同的．所不同的，是两个旋转臂的其中一个是在 1/2 臂长处推动，而另一个是在全部臂长处推动．

实验的结果，从图中可直观地获得．两个旋转臂以同样的角加速度和角速度旋转起来．这是对惯性-转矩理论的直接的和可靠的支持．

$$F_1 = m_1 a_1 = m \cdot \frac{R\theta}{t^2} = m \cdot R\beta \tag{1.1.1}$$

$$F_2 = m_2 a_2 = \frac{m}{2} \cdot \frac{2R\theta}{t^2} = \frac{m}{2} \cdot 2R\beta \tag{1.1.2}$$

式中 $\boldsymbol{\theta}$ 是旋臂转过的圆心角，$\boldsymbol{\beta}$ 是角加速度．可见两次实验，弹簧的冲力是一样的．而其负荷质量相差 2 倍，线加速度反比相差 2 倍，而角加速度是相同的．

说明实验与惯性-转矩的公式(1.0.1)和(1.0.2)等对应，证明了惯性-转矩理论的正确．而更重要的和需由物理学界所高度重视的，是该实验还否定了，已有理论中的“转动惯量”和“刚体定轴转动的转动定律”等理论！物理学的转动动力学，需进行重大的修改．

1.2 旋转刚体的总惯性矩

定轴转动的刚体，有确定的惯性矩．即式(1.0.1)和式(1.0.2)等．

而一般的刚体，通常都是由很多质点构成．当然其中每一个质点，无论处于多大失径，也必然有一个确定的惯性矩．亦如式(1.0.1)等．而刚体中每一个质点的惯性矩，都是一个恒量．即当失径变化时，其映射的质量将按反比变化．所以其惯性矩，不因失径的变化而变化．因此由于这一原因，将一个刚体中全部质点的惯性矩，直接相加起来，就能得到该刚体的总惯性矩．这时无论是质点直接的惯性矩，还是映射质量的惯性矩，在任何失径都将符合其总惯性矩．

所以当一个定轴转动的刚体，是由若干质点构成．而其每一个质点，都有各自的质量 $\boldsymbol{m_i}$，和与转轴之间的力臂 $\boldsymbol{r_i}$．那么这一刚体的总惯性矩为：

$$I_{all} = m_1 r_1 + m_2 r_2 + \cdots\cdots + m_n r_n = \sum m_i r_i \tag{1.2.1}$$

1.3 转动刚体的质心矩

转动刚体的总惯性矩是： $I_{all} = \sum m_i r_i$ (1.3.1)

而转动刚体的质心矩，是指刚体的总质量 $\boldsymbol{M_{all}}$，与力臂 $\boldsymbol{R_x}$ 的积，等于总惯性矩 $\boldsymbol{I_{all}}$．

即： $I_c = M_{all} \cdot R_x = \sum m_i r_i$ (1.3.2)

式中 $\boldsymbol{I_c}$ 即代表质心矩．

我们显然有：　　$$R_x=\frac{\left(\sum m_i r_i\right)}{M_{all}} \tag{1.3.3}$$

即总惯性矩 $\boldsymbol{I}_{all}$ 被总质量 $\boldsymbol{M}_{all}$ 除，所得力臂 $\boldsymbol{R}_x$，即是刚体质心矩 $\boldsymbol{I}_c$，所对应的唯一的力臂. 因为 $\boldsymbol{R}_x$ 是唯一的，所以将其定义为质心臂. 由质心臂的端点，所划出的圆或弧线，即代表刚体的转动质心线.

刚体的总惯性矩，是个恒量. 因此对应于质心臂 $\boldsymbol{R}_x$ 以外的，任何其它力臂 $\boldsymbol{r}_i$.

应有：　　$$I_{all}=M_t\cdot r_t=\sum m_i r_i \tag{1.3.4}$$

∴　　$$M_t=\frac{\left(\sum m_i r_i\right)}{r_t} \tag{1.3.5}$$

式中 $\boldsymbol{r}_t$ 是 $\boldsymbol{R}_x$ 以外的某一力臂，$\boldsymbol{M}_t$ 是对应于总惯性矩 $\boldsymbol{I}_{all}$ 和力臂 $\boldsymbol{r}_t$ 的，力的等效的总负荷质量. 总负荷质量是指，对应于刚体的某一矢径(即力臂)，其圆周上的全部质点的质量，和刚体其它部分全部质点，所映射到该矢径上的全部质量之和.

$$M_t=\sum_{i=1}^{\text{all}} m_i+\sum_{r=1}^{\text{all}} m_r \tag{1.3.6}$$

式中 $\boldsymbol{m}_i$ 是圆周上的真实质点的质量，$\boldsymbol{m}_r$ 是刚体其它部分质点映射的质量.

由式(1.3.5)可知，在转动刚体上，取不同的力臂时，力臂端点处的总负荷质量，按力臂变化的反比例变化. 即力臂若变化 $\boldsymbol{Q}$ 倍，总负荷质量就变化 $1/\boldsymbol{Q}$ 倍. 力臂若增大，总负荷质量就减小. 反之亦然. 因此在刚体的不同力臂处，总负荷质量是不同的.

可见，当 $\boldsymbol{r}_t$ 在 $>\boldsymbol{R}_x$，或 $<\boldsymbol{R}_x$ 的两边变化时. 例如在 $\boldsymbol{r}_t > \boldsymbol{R}_x$ 并趋于无穷大时，$\boldsymbol{M}_t$ 趋近于零. 反之当 $\boldsymbol{r}_t < \boldsymbol{R}_x$ 并趋于无穷小时，$\boldsymbol{M}_t$ 趋于无穷大. 后一种情况，是力臂趋近于是 0 时，相当于力穿过转轴，因此无论多大的力，转轴也不会转.

式(1.3.5)还表明，在任意转动刚体中，取任意的力臂，对应于其力臂的端点，都有一个确定的转动负荷质量. 即如式(1.3.6)所示的该力臂的总负荷质量. 就此刚体的转动而言，这一负荷质量与物体的真实质量，完全等效. 并且是可以通过力学测量，测定出来的.

1.4 惯性-转矩原理

任意绕固定轴转动的刚体，都有一个确定的惯性-转矩参数 $\boldsymbol{I}_{all}$.

$$I_{all}=m_1r_1+m_2r_2+\cdots\cdots+m_nr_n=\sum m_i r_i \tag{1.4.1}$$

可见，它是刚体中全部质点与其所处矢径的积的总和. 它对这个刚体是一个恒量. 由它来除任意矢径的 $\boldsymbol{R}$，既得对应于该矢径的刚体的切向负荷质量

$$\frac{I_{all}}{R}=\frac{\sum m_i r}{R}=M_R \tag{1.4.2}$$

式中 $\boldsymbol{M}_R$ 就是对应于矢径 $\boldsymbol{R}$ 的，该刚体的切向负荷质量.

从动力学的层面上，$\boldsymbol{M}_R$ 在矢径 $\boldsymbol{R}$ 的切线方向上，符合于牛顿第二定律. 即：

$$F=ma=M_R\cdot\frac{R\theta}{t^2}=M_R R\cdot\frac{d^2\theta}{dt^2}=M_R R\cdot\beta \tag{1.4.3}$$

惯性-转矩是物体在转动动力学中的关于惯性的量度. 它是真实地存在，并对物体的动力学属性，有着明确的约束作用的参数.

2 力矩的静力学属性

力矩是一种静力学的概念，在动力学中使用就会导致错误.

例如一些简单的机械，比如称量重量的机械秤.

如图 4 所示，是一个机械秤或杠杆的原理的示意. 图中的杆 ***L*** 在支点 ***O*** 上，其杆 ***L*** 两边的长度和重物的重量，使其保持平衡.

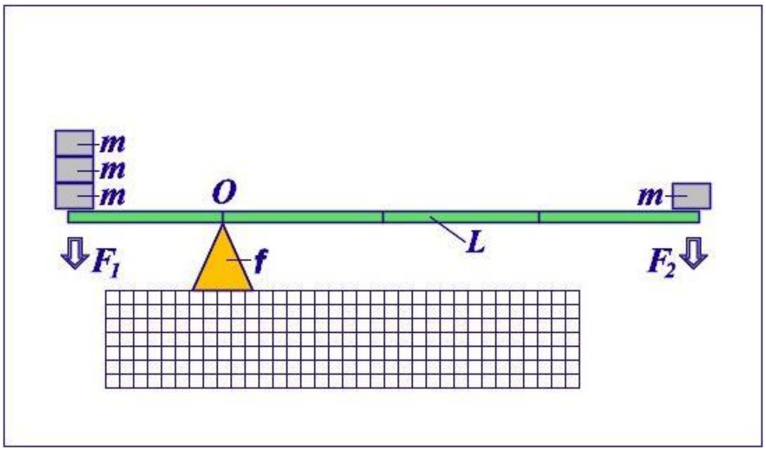

图 4 静力学中的力矩

力矩的原理，只适用于静力学中的静力.

当力在其作用点，形成压力(即压强)，而它在参考系中是静止的，它就是静力. 因此，静止的力即是静力. 即：

$$F_q = i\cdot(m\cdot a) = i\cdot(m\cdot\frac{d^2l}{dt^2}) \qquad (2.0.1)$$

因为，静力 $\boldsymbol{F}_q$ 能产生压力(或压强)，但没有位移，所以它是一个虚数的力[7,8].

但是，如果力的移动，符合静力平衡[9]的条件，即匀速的移动. 则它仍属于静力. 即：

$$F_q\cdot S = (i\cdot m\cdot a)\cdot S = (i\cdot m\cdot\frac{d^2l}{dt^2})\cdot S \qquad (2.0.2)$$

所以，静力与其移动距离的积，等于静力所做的功. 这与动力学中力的做功，是相似的. 只是它的移动过程，是匀速的. 静力做功在力学中并不鲜见，例如，当力推动物体，克服摩擦力而匀速移动时，就是静力做功.

静力的作用，是符合力矩原理的. 例如，当全部外力矩的矢量和为零时[3]，物体是处于平衡状态(就转动而言)，也就是静止状态，因此这时的力的性质是静力. 所以：

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 + \cdots\cdots = F_1r_1 + F_2r_2 + \cdots\cdots = 0 \qquad (2.0.3)$$

而假如 $\tau_1 + \tau_2 = F_1r_1 + F_2r_2 = 0$ 那么 $\tau_1 = F_1r = -\tau_2 = -F_2r_2$ (2.0.4)

说明力矩 $\boldsymbol{\tau}_1$ 和 $\boldsymbol{\tau}_2$ 方向相反，而当力矩方向相反时，力(力矩)是相互对抗的，因此其作用是静止，即表明是静力状态的作用.

所以说明，力矩原理其实是一种静力学原理. 它只适用于静力. 因此通过力臂的变化，能够改变力的大小的，其实只有静力.

符合静力学的静力，物理力学中有很多. 只要是在静止或平衡状态，能够产生压强的力，都是静力. 例如重力，摩擦力和电磁力，以及水的压强等，这些力都是静力. 都能通过改变力臂，而改变力的大小. 但它是在静止中，或平衡态中(即匀速运动状态)实现的.

所以，力矩原理只在，正反向力矩相对抗时，或静力通过力矩以平衡态运行时，才适用.

物体的惯性，即惯性质量. 在动力学中，等于是一种空间约束力. 显然也是一种静力. 所以物体的惯性和质量，符合于力矩原理. 这时它的实际表现，就是惯性-转矩. 即惯性和质量，因力臂的变化而变.

当力的作用，使物体的运动状态发生改变．即在动力学作用中，力矩原理是否仍适用？回答是，在静力学中适用的，在动力学中不一定适用．因为力学的条件，这时已经发生了本质的和很大的变化．因此，经典力学中的刚体转动定律，实际上是错的．

3 惯性-转矩原理的动力学特点

因为惯性矩原理，任何转动物体都具有了新的动力学特性．

3.1 转动刚体的线动量和角动量

转动刚体的总惯性矩是： $I_{all}=m_1r_1+m_2r_2+\cdots\cdots+m_nr_n=\sum m_ir_i$ (3.1.1)

如果转动刚体的角速度是 ω．那么其转动线动量是：

$$P_x=(M_{all}\cdot R_x)\cdot\frac{d\theta}{dt}=(M_{all}\cdot R_x)\cdot\omega=(\sum m_ir_i)\cdot\frac{d\theta}{dt}=(\sum m_ir_i)\cdot\omega \qquad (3.1.2)$$

我们知道，$\boldsymbol{M_{all}}\cdot\boldsymbol{R_x}$ 等于总惯性矩 $\boldsymbol{I_{all}}$，是个恒定量．那么对于一个转动刚体，在它的角速度 ω 确定时，则它的转动线动量是 $\boldsymbol{P}$x，也是一个确定量．即如以上式（3.1.2）所示．

在一个转动刚体上，其惯性-转矩是个恒定量．因此，无论取多大的力臂 $\boldsymbol{R}$，其所对应的转动体负荷质量 $\boldsymbol{M}$，都按反比例变化．因此惯性矩保持不变．所以在角速度 ω 一定时，其转动线动量也是保持不变的．无论是在这一转动刚体的，任意力臂(即半径 $\boldsymbol{R}$)处，其转动线动量都一样．

即：

$$P_x=(\frac{1}{\rho}\cdot M_{all})\cdot(\rho\cdot R_x)\cdot\omega \qquad (3.1.3)$$

转动刚体的角动量，等于力臂与其对应的圆周的线动量的积．即：

$$P_xR_x=mr^2\omega \qquad (3.1.4)$$

表面上，它与经典力学中的计算方法相同．但因为刚体的转动线动量，在其任意力臂和半径 $\boldsymbol{R}$ 处都相同．所以当 $\boldsymbol{R}$ 变化时，刚体的角动量其实是与 $\boldsymbol{R}$ 等比例变化的．

$$P_xR=(\sum m_ir_i)R\cdot\omega \qquad (3.1.5)$$

因此根据惯性-转矩的原理，在一个转动刚体上，其角动量在其不同的力臂和半径 $\boldsymbol{R}$ 处，是不一样的．任一转动刚体，实际上拥有不同的，多重的角动量．当它的 $\boldsymbol{R}$ 越是大时，它的角动量也就越大．反之，当它的 $\boldsymbol{R}$ 变小时，它的角动量也变小．

3.2 新刚体转动定律及力在不同力臂所做的功

当外力作用于转动刚体的任意力臂，那么它的角加速度会怎样变化？在经典力学中，此种情况被表述为刚体的转动定律[4]，即：

$$F\cdot R=I\cdot\beta=m\cdot\frac{du}{dt}\cdot r=m\cdot r^2\cdot\frac{d\omega}{dt} \qquad (3.2.1)$$

式中的 $\boldsymbol{I}$ 是指转动惯量，与本文的惯性-转矩是不一样的．按照刚体的转动定律，刚体的角加速度，与其所受的合外力矩的大小成正比．即如式(3.2.1)所示．但这是错的．

根据本文所提出的惯性-转矩的原理，当一个刚体的总惯性矩确定以后，对应于其不同的失径(即力臂) $\boldsymbol{R}$，它的负荷质量 $\boldsymbol{M}$ 是与 $\boldsymbol{R}$ 成反比例变化的．如式(1.4.2)．

$$\frac{I_{all}}{R}=\frac{\sum m_ir}{R}=M_R$$

根据质点做圆周运动时的，线量和角量的转换关系[4]．

$$U=R\cdot\omega=R\cdot\frac{d\theta}{dt} \qquad 和 \qquad a=R\cdot\beta=R\cdot\frac{d\omega}{dt} \qquad (3.2.2)$$

力使质点产生线加速度和角加速度是:

$$F = m \cdot a = m \cdot \frac{du}{dt} \quad 和 \quad F = m \cdot a = m \cdot R \cdot \beta = m \cdot R \cdot \frac{d\omega}{dt} \tag{3.2.3}$$

可见，质点的线速度和加速度与角速度及角加速度，是与失径 $\boldsymbol{R}$ 密不可分的. 那么对于一个转动的刚体，当它的角速度和角加速度确定时，对应于不同的失径 $\boldsymbol{R}$，其线速度和线加速度将是不同. 即这时其线速度和加速度，将与失径 $\boldsymbol{R}$ 成正比例地变化.

根据式(1.4.2)，一个转动刚体，它的任意失径上的负荷质量 $\boldsymbol{M}$，都是与失径 $\boldsymbol{R}$ 成反比例变化. 即其惯性矩是一个恒定的量.

$$I = M \cdot R = \text{constant} \tag{3.2.4}$$

而由式(3.2.3)还可得，在 $\boldsymbol{M}$ 和 $\boldsymbol{R}$ 确定时，确定大小的力，形成确定的角加速度.

$$F = m \cdot a = M_R \cdot R \cdot \frac{d\omega}{dt} \tag{3.2.5}$$

这是非常奇特的，因为这说明对于一个刚体，其在外力矩的作用下，所产生的角加速度，是与其所受到的切线方向的外力的大小成正比的，而与其力臂的大小并无关系. 这完全颠覆了经典力学中，刚体的转动定律. 这是惯性-转矩原理下的，新的刚体转动定律. 式(3.2.5)是这种新刚体转动定律的公式.

因此，无论在任何力臂处(当然它不等于零或无穷大)，要使一个刚体产生某一特定的角加速度，所需的力的大小都是一样的.

当然，作用力使转动刚体形成角加速度. 虽然在不同的力臂处，力的大小是一样的. 但对应于同样的冲量，力所做的功显然也是不同的.

例如: $dP = \int F dt$ 和 $dP_\omega = \int \left(M_R \cdot R \cdot \frac{d\omega}{dt} \right) dt = M_R \cdot R \cdot d\omega$ (3.2.6)

这是冲量和角冲量. 而: $A = \int F dL$ (3.2.7)

这是力所做的功. 而式中的 $\boldsymbol{L}$ 应为: $L = \int U dt$ 和 $U = \frac{d^2 l}{dt^2} \cdot t = \frac{dl}{dt}$ (3.2.8)

与式(3.2.5)相对应，说明当失径 $\boldsymbol{R}$ 大时，负荷质量 $\boldsymbol{M_R}$ 小，而线速度就应该大. 线速度 $\boldsymbol{U}$ 决定力 $\boldsymbol{F}$ 的移动量 $\boldsymbol{L}$ 的大小，两者实际上是正比关系(3.2.8). 因此虽然力是一样大的，但在失径 $\boldsymbol{R}$ 大时，力 $\boldsymbol{F}$ 的移动量 $\boldsymbol{L}$ 也更大. 所以，力所做的功也将更大.

所以，力使刚体转动，在不同的力臂，力的大小是一样的. 但力所做的功，在力臂越是大时，也越大.

3.3 转动刚体的多重角动量和多重转动动能

任一转动刚体，都如本文第 3.1 节所述. 当其具有一个确定的角速度时，那么对应于它的任一半径 $\boldsymbol{R}$ 处的，转动线动量都是一样的. 而其转动的角动量，则是与半径 $\boldsymbol{R}$ 等比例变化的.

$$P_x R = (\sum m_i r_i) R \cdot \omega$$

因此一个转动刚体，具有多重的角动量. 经典力学中的角动量守恒，对于一个质点或一个物体，绕圆周运动时的情况，可能是适用的. 那是因为由于向心力的作用，当质点的运动半径变化时，向心力使其线速度变大或变小. 而根据惯性-转矩原理，一个转动刚体具有多重的角动量，因此这时角动量守恒，就没有意义了(何况由于牛顿第三定律已被证明是错的[5,6]，所以即使类似质点圆周运动这样的角动量守恒，也不是绝对的).

一个转动刚体，当它的转动角速度$\boldsymbol{\omega}$一定时，它的转动线动量，在任意失径 $\boldsymbol{R}$ 处都一样.

$$P_x = (\frac{1}{\rho} \cdot M_{all}) \cdot (\rho \cdot R_x) \cdot \omega = m_r \cdot u_r \tag{3.3.1}$$

它说明，当失径 ***R*** 变化时，对应于该失径的刚体的负荷质量，与失径 ***R*** 按反比例变化.

$$(\frac{1}{\rho}\cdot M_{all})\cdot(\rho\cdot R_x)\cdot\omega=(\frac{1}{\rho}\cdot M_{all})\cdot(\rho\cdot U_x)=m_r\cdot u_r \qquad (3.3.2)$$

所以，一个转动刚体，在它的不同失径 ***R*** 处，其负荷质量 $\boldsymbol{m_r}$ 与线速度 $\boldsymbol{u_r}$，也是以反比例变化. 当失径 ***R*** 越大时，线速度 $\boldsymbol{u_r}$ 也越大，而负荷质量 $\boldsymbol{m_r}$ 则越小. 反之亦然.

这时有一个情况，则是不容忽视. 根据物体的动能的定义，物体的动能是：

$$E=\frac{1}{2}mu^2 \quad 和 \quad E=\frac{1}{2}mr^2\omega^2 \qquad (3.3.3)$$

那么比较式(3.3.2)和(3.3.3)，转动刚体的负荷质量 ***m*** 与失径 ***r*** 和线速度 ***u***，以反比例变化. 而在动能的计算中，质量 ***m*** 是一次函数，失径 ***r*** 和线速度 ***u*** 却是二次函数. 因此，在条件相同时，即同一转动刚体和同样的转动角速度 $\boldsymbol{\omega}$ 时，其对应于不同的失径 ***r***，转动动能是不一样的.

$$\frac{1}{2}m\cdot r^2\cdot\omega^2 < \frac{1}{2}\cdot\frac{1}{\rho}\cdot m\cdot\rho^2\cdot r^2\cdot\omega^2 \qquad (3.3.4)$$

可见，因为失径 ***r*** 的变化倍数，被乘方. 所以，在一个转动刚体上，当它的转动半径越大时，其转动线速度的平方也越大，因此其转动动能也越大.

所以，任意的一个转动刚体，它的转动动能，并不是一个单一的数值. 如同它是具有多重的角动量一样，它也具有着多重的转动动能. 它的转动动能，在它的转动半径由小到大的不同位置，将显示出是越来越大.

转动刚体具有多重的转动动能. 此种情况挑战了能量守恒定律. 因为，当要通过碰撞，来使转动刚体停止转动，则在转动半径小处和转动半径大处，将释放出少的和多的两种热能. 一个物体，它的动能有少的和多的，不同情况. 这与能量守恒定律的，能量不能创造也不能消失，只能从一种形式转换为另一种形式是相矛盾的. 因为当物体的能量，有多重的数值，那么当它转换成别的能量形式时，当然就是可多可少了. 所以这时的能量守恒定律，显然也就是无从谈起的了.

4 刚体被多重力矩作用时

一个刚体可能在同一时间，被多重力矩作用. 这些力矩可能是动力的力矩，也可能是静力的力矩；可能是不同大小的力臂，还可能是方向彼此相反. 这是复杂的情况. 那么在刚体受到多重力矩作用的复杂状态，应该怎样计算呢？

4.1 刚体多重力矩的计算

首先应该计算，刚体所受到的单一方向全部力矩的矢量和.

$$-\tau=-\left(\tau_1+\tau_3+\cdots\cdots=F_1r_1+F_3r_3+\cdots\cdots=\sum_{i=1+2n}^{\infty}F_i\cdot r_i\right) \qquad (4.1.1)$$

$$+\tau=+\left(\tau_2+\tau_4+\cdots\cdots=F_2r_2+F_4r_4+\cdots\cdots=\sum_{i=2+2n}^{\infty}F_i\cdot r_i\right) \qquad (4.1.2)$$

如式(4.1.1)和式(4.1.2)，以 － 号和 ＋ 号分别代表力矩的左旋和右旋.

接下来计算，阻止刚体转动的静力力矩(例如摩擦力的力矩). 因为此种静力力矩，也可能具有方向性，所以计算也以 － 号和 ＋ 号，区分其方向.

$$-\sigma=-\left(\sigma_1+\sigma_3+\cdots\cdots=F_{q1}r_1+F_{q3}r_3+\cdots\cdots=\sum_{i=1+2n}^{\infty}F_{qi}\cdot r_i\right) \qquad (4.1.3)$$

$$+\sigma=+\left(\sigma_2+\sigma_4+\cdots\cdots=F_{q2}r_2+F_{q4}r_4+\cdots\cdots=\sum_{i=2+2n}^{\infty}F_{qi}\cdot r_i\right) \tag{4.1.4}$$

式中 σ 代表静力力矩．静力力矩可能具有方向性，也可能不具有方向性．如果不具有方向性，那么正号和负号的静力力矩，将是同一个．

因为静力力矩可能有方向性，也可能没有方向性．所以刚体转动的左旋和右旋力矩，应分别计算．即：

$$(-\tau)+(+\tau)+(+\sigma)=\left(-\sum_{i=1+2n}^{\infty}F_i\cdot r_i\right)+\left(\sum_{i=2+2n}^{\infty}F_i\cdot r_i\right)+\left(\sum_{i=2+2n}^{\infty}F_{qi}\cdot r_i\right) \tag{4.1.5}$$

$$(+\tau)+(-\tau)+(-\sigma)=\left(\sum_{i=2+2n}^{\infty}F_i\cdot r_i\right)+\left(-\sum_{i=1+2n}^{\infty}F_i\cdot r_i\right)+\left(-\sum_{i=1+2n}^{\infty}F_{qi}\cdot r_i\right) \tag{4.1.6}$$

即左旋力矩减去右旋力矩和静力力矩，或右旋力矩减去左旋力矩和静力力矩．分别得到左旋动力力矩和右旋动力力矩．根据以上条件和算式，即可确定刚体在多重力矩作用下，它的角加速度是左旋的还是右旋的．亦或是静止的，或匀速的无角加速度的转动．

4.2 刚体多重力矩的最终作用结果

因为只有动力的力矩，才能推动刚体转动．所以左旋和右旋的动力总力矩，即决定了刚体可能的转动方向．这时可暂不考虑静力力矩．

$$(-\tau)+(+\tau)=\left(-\sum_{i=1+2n}^{\infty}F_i\cdot r_i\right)+\left(\sum_{i=2+2n}^{\infty}F_i\cdot r_i\right) \tag{4.2.1}$$

在左旋和右旋的两个总力矩之间，绝对值大的减去绝对值小的，然后以绝对值大的符号为符号．即决定了对刚体所实际产生作用的力矩，是左旋和右旋哪一个方向．

$$\left(-\sum_{i=1+2n}^{\infty}F_i\cdot r_i\right)+\left(\sum_{i=2+2n}^{\infty}F_i\cdot r_i\right)=\pm\tau_f \tag{4.2.2}$$

式中 τ_f 代表左旋和右旋力矩相减后，所得的真实力矩．它实际的正负符号，即代表它的作用方向．然后用其减去作为转动阻力的静力力矩：

$$\pm\tau_f\mp\sigma=(-\tau)+(+\tau)\pm\sigma \tag{4.2.3}$$

就是总力矩和总静力力矩相作用的总结果．刚体中类似摩擦力矩等静力力矩，起的是阻止转动的作用．因此当总静力力矩大于总作用力矩时，刚体将保持静止而不能转动．而当作用力矩等于静力力矩时，刚体将克服静力力矩的阻力作用，而保持转动状态．这时它是匀速的转动．

即：　$(\tau_f<\sigma)\Rightarrow 0$　　和　　$(\tau_f-\sigma=0)\Rightarrow m\cdot R\cdot\omega$　　(4.2.4)

当总力矩大于静力力矩时，其大于静力力矩部分，即对刚体形成冲量，使刚体产生角加速度．这时：　$\tau_f=\tau_d+\tau_s$　　而　　$\tau_s-\sigma=0$　　(4.2.5)

式中 τ_d 是大于静力力矩部分，τ_s 是等于静力力矩部分．

$$\tau_d+\tau_s=\left(M_R\cdot R\cdot\frac{d\omega}{dt}\right)R+(m\cdot R\cdot\omega) \tag{4.2.6}$$

所以，τ_d 造成刚体的角加速度．τ_s 支持刚体克服静力阻力而匀速转动．

4.3 力与力臂的大小和计算的顺序

刚体的左旋力矩和右旋力矩相减，力矩大的那一边，也可能是多重力矩．即如式(4.1.1)或(4.1.2)所示．因为力使刚体产生角加速度，主要由力的大小决定，而与力臂的大小并无关系．而当力矩在正反方向相对抗时，却又与力和力臂大小都有关系．所以这时就产生，力和力臂的大小，

究竟哪一个更重要？哪一个先起到作用？这样的问题.

因此首先应考虑，正反方向力矩相对抗时，决定刚体向哪一方向转动. 因为这时力臂的作用很大. 当力臂大时，可以用较小的力，抵抗较大的力.

设： $|-\tau| > |+\tau|$ (4.3.1)

那么：

$$(-\tau)+(+\tau)+(+\sigma)=\left(-\left(\overbrace{F_1r_1+F_3r_3+\cdots+F_{1+2n-2x}r_{1+2n-2x}}^{c}\ \overbrace{\cdots+F_{1+2n}r_{1+2n}}^{a}\right)\right)+\left(\overbrace{+\left(\sum_{i=2+2n}^{\infty}F_i\cdot r_i\right)+\left(\sum_{i=2+2n}^{\infty}F_{qi}\cdot r_i\right)}^{b}\right) \tag{4.3.2}$$

式中力矩的力臂 $\boldsymbol{r}$ 的大小排列，与 $\boldsymbol{r}$ 的下标数字大小的排列方向相同. 所以在 $\boldsymbol{r}$ 的下标数字越大时，$\boldsymbol{r}$ 的值也越大. 假设式中括线 $\boldsymbol{a}$ 中的力矩的矢量和，等于括线 $\boldsymbol{b}$ 中力矩和静力力矩的矢量和.

则：
$$(-\tau)+(+\tau)+(+\sigma)=-\left(\overbrace{F_1r_1+F_3r_3+\cdots+F_{1+2n-2x}r_{1+2n-2x}}^{c}\right)=-\tau_d \tag{4.3.3}$$

即左旋与右旋力矩和静力力矩的矢量和，等于括线 $\boldsymbol{c}$ 中力矩的矢量和. 因此在上面的计算中，是先以力臂大的力矩，将左旋和右旋和静力力矩相抵消. 这是因为力臂大，力即可以小，因此符合最佳的力的选择.

这时要来计算，力使刚体产生角加速度. 根据惯性-转矩原理，任一刚体都有确定的惯性矩参数. $I_{all}=\sum m_ir_i$

而使刚体产生角加速度，根据新的刚体转动定律，刚体的角加速度，与其转动的切向力的大小成正比. 而与力的力臂大小，并无关系. 假设这时力矩的矢量和即是式(4.3.3)，那么其力的矢量和即是：
$$F_f=F_1r_1\cdot\frac{1}{r_1}+F_3r_3\cdot\frac{1}{r_3}+\cdots=F_1+F_3+\cdots+F_{1+2n-2x}r_{1+2n-2x} \tag{4.3.4}$$

式中通过力矩乘上 $\boldsymbol{r}$ 的相同下标的倒数，来消去力臂 $\boldsymbol{r}$. 这一过程是必须的. 因为多重力矩，必须针对特定力矩，去除其力臂后得到所对应的特定的力.

根据新转动定律：
$$F=m\cdot a=M_R\cdot R\cdot\frac{d\omega}{dt}\qquad\therefore\qquad F_f=M_R\cdot R\cdot\frac{d\omega}{dt}$$
$$\therefore\quad\frac{F_f}{M_R\cdot R}=\frac{d\omega}{dt} \tag{4.3.5}$$

因此，这时用这些力的矢量和 $\boldsymbol{F_f}$ 除以刚体的惯性矩，即得刚体的角加速度. 所以对刚体的多重力矩的计算，就全部完成了.

在式(4.3.4)中，每一个力矩要去掉对应的力臂，而得到实际的力. 这很重要. 当在刚体上只有两个正反向力矩相作用时，可能也需要这样计算.

例如：$|-\tau| > |+\tau|$ 那么：$(-\tau)+(+\tau)=-F_ar_a+F_br_b=-F_xr_a$ (4.3.6)

去掉力臂 $\boldsymbol{r_a}$：
$$-F_xr_a\cdot\frac{1}{r_a}=-F_x=-M_r\cdot r_a\cdot\frac{d\omega}{dt} \tag{4.3.7}$$

两力矩的矢量和，所得新的力矩，其力臂与之前矢量的模大的那个力矩的力臂相同. 即式中的 $\boldsymbol{r_a}$. 去掉该参数，即得作用力，并且对刚体形成角冲量.

$$dP_x=-\int F_xdt=-\int\left(M_r\cdot r_a\cdot\frac{d\omega}{dt}\right)dt=-M_r\cdot r_a\cdot d\omega \tag{4.3.8}$$

以上的论述表明，在多重力矩同时作用于一个刚体时，由力学和物理学的规律决定. 首先这

些力矩，将自动地以力臂大的力矩，来相比较相对抗．以决定刚体是静止还是转动，和其转动将是向着哪一个方向．之后才由力臂较小的那部分力矩中(或正反向力矩相减后新的力矩)的全部力的和，来对刚体形成冲量．使刚体产生角加速度．因此，刚体的转动与否和向着某一方向产生角加速度，是两个不同的过程．前后有着显著的变化．

5　杠杆和力矩原理的新挑战

根据惯性矩原理，力矩的力臂变化所改变的，是旋转的负荷质量，而不是力．那么产生于古希腊时代的杠杆原理，和经典力学中的刚体转动定律，似乎将遭受挑战．

当用杠杆撬起重物时，它其实只是改变了力臂的负荷质量，而并不是改变了力？因为经典力学的转动定律是错的，因此现代机械中所广泛使用的，齿轮和滑轮传动装置，其实也并不是省力？是这样的吗？这一点其实也并不绝对．

杠杆和力矩的省力，在静力学层面，如正反向力矩相对抗时，是的确存在的．比如有一个物体，它以很大的力(可能是静力)抵抗运动．那么为了克服这个力，而使这个物体运动，所需的力是很不同的．

$$\left|-F_1\right| \geq \left|+F_2\right| \quad \text{或} \quad [F=(m\cdot a)] \geq [F_q = i\cdot(m\cdot a)] \tag{5.0.1}$$

不通过杠杆或力矩，就需要比这个力更大的力，才能起到作用和使其运动．

反之：

$$[\frac{F_1}{\rho}\cdot(\rho\cdot r)] \geq [F_2\cdot r] \tag{5.0.2}$$

或：

$$[\frac{F}{\rho}\cdot(\rho\cdot r)] \geq [F_q\cdot r = i\cdot(m\cdot a)\cdot r] \tag{5.0.3}$$

通过杠杆或力矩，只需比力臂反比略大的力即可．即通过杠杆或力矩，用较小的力即可抵抗较大的力，对物体起到作用或使物体动起来．

当然，在惯性状态，要使刚体获得同样的角加速度，所需的力在任意力臂，都是同样大的．

$$F = m\cdot a = M_R\cdot R\cdot\frac{d\omega}{dt}$$

因此，这是矛盾的．如果使机器的引擎，驱动着机械惯性地运动．即改变机械的运动状态，使其具有变速运动，则这时的机械实际上是不省力的．例如在用起重机吊起重物时，急速地加大起吊的速度．

但是，如果使机械的运行，保持在持续的匀速的状态．因此它是静力平衡的状态．这时引擎的推力，则是按照杠杆和力矩的原理，可能是省力或者是费力的．

$$\left(\frac{F_{q1}}{\rho}\cdot\rho\left(r\cdot S\right) = \frac{(i\cdot m\cdot\frac{d^2l}{dt^2})}{\rho}\cdot\rho\left(r\cdot S\right)\right) = F_{q2}\cdot r\cdot S \tag{5.0.4}$$

这种情况就是静力做功．当静力做功时，它主要是克服由静力所形成的阻力．例如摩擦力，重力等．当起重机吊起重物时，保持低速和匀速的运行，就能用持续的较小的力，吊起巨大的重物．使不可能的变成可能，这仍然是古老的杠杆原理的有效应用．

因此，杠杆原理并没有因为惯性-转矩原理，而完全失去其意义．它在静力学层面，仍具有价值．

6　结论

本文提出惯性-转矩原理，证明经典力学的刚体转动定律是错的，并且提出惯性矩原理的新刚体转动定律．本文证明，刚体的转动，具有多重的转动动能．在刚体的越是大的转动半径处，其转动动能越大．因此转动刚体，实际上是能量不守恒的．本文还证明，刚体被多重力矩作用时，力矩对决定其转动方向起着更大的作用，而力对其转动的冲量起更大的作用．两种情况有本质的不同．本文的新的发现，是古老的杠杆原理，并没有完全错误．在匀速运行状态，杠杆省力的原理，是仍然能够持续地实现的．因此通过本文的论证，关于杠杆和力矩，关于转动的刚体，有了一整套的新的认识．新的原理及其特点和本质．

致 谢

感谢编辑部．感谢参考文献作者．

感谢对我从事科技活动给予了有力支持的我的老师：关士续教授、朱新民主编、徐兰许校长．感谢曾帮助过我的大学：王书诠系主任、姜新德系主任、朴日胜副教授和很多的老师们．

感谢曾给予过我很多帮助的科学技术工作者和专家学者们．

参考文献（References）

[1]The experiment of physics of mechanics, GuagSan Yu, http://blog.sina.com.cn/u/2100834921 [2014-2-13 17:56]

[2]The experiment of the Inertia-torque,GuagSan Yu, http://blog.sina.com.cn/u/2100834921 [2014-02-23 13:25]

[3]D.Halliday, R.Resnick. 1979.5 Physics foundation. Zeng Yongling. Beijing: Higher education publishing organization (in Chinese)[D. 哈里德，R. 瑞斯尼克. 1979. 5 物理学基础(上册)．郑永令译．北京：高等教育出版社]

[4]Cheng Souzu, Jiang Ziyong.1961.8 Common physics. Beijing: People's education publishing organization (in Chinese)[程守洙，江之永. 1961. 8 普通物理学(第一册)．北京：人民教育出版社]

[5]Analyze Mistake of the Newton Third Law, GuagSan Yu, http://vixra.org/abs/1409.0115v2 [2014-09-14 23:22:57]

[6]The Newton third law is wrong!, GuagSan Yu, http://blog.sina.com.cn/u/2100834921 [2014-02-27 19:19]

[7]Stenphen Fletcher Hewson. 2010 A MATHEMATICAL BRIDGE An Intuitive Journey in Higher Mathematics. Shanghai: Shanghai Scientific & Technological Education Publishing House (in Chinese)[斯蒂芬.弗莱彻.休森. 2010 数学桥--对高等数学的一次观赏之旅. 邹建成等译 上海: 上海科技教育出版社]

[8]W. Shere, G. Love. 1974.3 APPLIED MATHEMATICS FOR ENGINEERING AND SCIENCE. Zou Huansan. Beijing: Science publishing organization (in Chinese) [W. 希尔，G.洛夫. 1974.3 应用数学基础 (下册)．周焕山译 北京: 科学出版社]

[9]William A. Nash. 2002 Schaum′s Outline of Theory and Problems of Statics and Mcchanics of materials. Guo Changming. Beijing: Science publishing organization (in Chinese)[W. 纳什. 2002 静力学与材料力学. 郭长铭译 北京: 科学出版社]