

Energy Conservation Equation of Gravitational

Retardation Potential Force

引力推迟势的能量守恒方程

段贤香

dxx36732@163.com

摘要 在类比费曼电磁推迟势公式后，需要推导能量守恒方程，这个需要用到“斥力”的概念。由引力、质量场力、向心力等四个力构成水星轨道的四个平衡力，并由此公式积分得到能量守恒方程。

关键词 推迟势，斥力，质量场力，相对加速度，牛顿第二定律

Abstract: Following the analogy with the Feynman electromagnetic retardation potential formula, it is necessary to derive the energy conservation equation, which requires the concept of "repulsion." The four equilibrium forces governing Mercury's orbit consist of gravity, mass field force, centripetal force, and another force; integrating this formula yields the energy conservation equation.

Keywords: retardation potential, repulsive force, mass field force, relative acceleration, Newton's second law

1. 费曼电磁场公式

费曼的电磁场公式是点电荷的公式，这个可以类比到引力场，可以把星球看作是点电荷。【1】

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{e_{r'}}{r'^2} + \frac{r'}{c} \frac{d}{dt} \left(\frac{e_{r'}}{r'^2} \right) + \frac{1}{r'^2} \frac{v^2}{c^2} \right] \quad (1.0)$$

“牛顿第二定律的加速度是相对加速度，有相对加速度就表明存在‘力’。”“运动状态的改变是力的原因。”【2】段对牛顿第二定律进行修改，他把牛顿第二定律的加速度改为施力物体和受力物体之间的“相对加速度”，他加速度看作是“力的作用的双方之间的相对加速度”而不是物体和绝对参考系之间的绝对加速度，我们可以根据这种力的新的定义，直接把费曼公式的第三项看作是测试粒子的加速度，或者看作是点电荷和场点之间的相对加速度。

汤克云先生在 2022 年已经提出了“相对加速度和相对作用力定律”，这个时间比我们更早。【3】但是，虽然汤克云已经发现了“相对加速度”，他的推迟势公式却并没有正确使用“相对加速度”。

在汤克云先生的《水星轨道异常：几种引力理论的比较》里，作者提出“相对源-观对”，他已经提出了牛顿定律的相对加速度问题。但是，他的引力推迟势公式和我们却不同。他的公式（9）【4】：

$$\Delta \vec{g}_\theta \approx -\frac{GM}{r^3} \left(\frac{-\vec{a}_\theta}{c^2} \vec{r} \cdot \vec{r}_* \right) \approx \frac{GM}{r^2} \left(\frac{a_\theta}{c^2} r \right) \hat{\theta} = \frac{GM}{r} \left(\frac{2\dot{r}\dot{\theta}}{c^2} \right) \hat{\theta} \quad (1.2)$$

他没有严格对应费曼公式，而是将速度项（第二项）和加速度项的径向部分混合在了一起，打包成了他公式里的“径向附加引力”。这导致他的径向项物理来源变得模糊，“对不上”标准公式。他又单独把加速度项的角向部分拎了出来，定义为“角向附加引力”。在最终呈现的引力修正中，原本费曼公式里独立的“速度项”似乎被淹没或合并了，不再作为一个独立可辨的修正项存在。因此，汤克云的推迟势是“新设定”而非“类比”，他并没有严格将电磁场的推迟势公式类比对到引力场。

2. 能量守恒方程

费曼公式的加速度原本可以分解为径向加速度和角向加速度，但是，因为本文假设圆周轨道，忽略椭圆轨道，因此，这一项只保留径向加速度，而径向加速度就是向心加速度。

把水星轨道近似为圆，公式（1.0）第二项为 0，可以得到修正的万有引力方程：

$$F = \frac{GMm}{r^2} \left(1 + \frac{v^2}{c^2}\right) \quad (2.0)$$

在引力场里，要维持水星的轨道，需要引力和斥力的平衡。斥力其实是水星的运动，而这个斥力有两部分，一部分是径向的力，也就是向心力，另一个是角动量的力，也被称为离心力（名称不重要，也可以把前者称为离心力，而后者可以另外取个名字。）。在牛顿力学的哈密顿量公式里：

$$E = \frac{1}{2} m \dot{r}^2 + \frac{L^2}{2mr^2} + V(r) \quad (2.1)$$

从这个公式等号右边的第一项和第二项，我们可以猜测到，水星的运动包含两种力，一种是径向的力，因为第一项它是径向动能，另一种力是一种切向的力，即角动量带来的力。而第一项它是由牛顿第二定律 $F=ma$ 积分来的，所以，我们可以得到这两个力：

$$F = ma \quad (2.2)$$

$$F = \frac{L^2}{mr^3} \quad (2.3)$$

这两个力是我们的理论所说的斥力，它们和引力一起产生平衡。但是，我们也能看到公式（2.2）和（2.3）的两个力一个是径向的，一个是可能是类似洛伦兹力公式里磁场的方向（方向本文暂不确定），但是，引力呢？引力只有径向的，它是万有引力。这是不平衡的，它和斥力无法平衡，因为少了一个类似（2.3）的力。

而这个力应该就是公式（2.0）里的质量场力。所以，要维持水星轨道，需要四个力：

$$F = -\frac{GMm}{r^2} \left(1 + \frac{v^2}{c^2}\right) + ma + \frac{L^2}{mr^3} \quad (2.4)$$

向心力 ma 是斥力，它和引力是一对相反的异性力，所以，它们的符号相反，而离心力和质量场力也一样，符号相反。

向心力是径向方向上的力，它和引力的方向是相反的，即径向朝外。而离心力和质量场力也是方向相反的力。向心力是如何产生的？水星在未受到太阳的引力前，它是做匀速直线的惯性运动（也可以看作是静止的，因为水星可能当初和太阳是同一星云），而被太阳的引力俘获后，它就获得一个加速度（负的加速度，也就是向心加速度），而根据我们的理论，加速度就是力。所以，这时水星就获得了一个向心力，即 ma 。这就像匀速直线运动的小车撞到一个物体，匀速直线运动没有“力”，但是，当小车撞到小车后，它的速度慢了下来，这时它就获得了一个负的加速度，小车就产生了一个力。因此，我们的理论认为，向心力是

真实存在的力，它是水星的惯性状态被太阳的引力改变之后产生的。

引力拉扯原本匀速直线运动的水星，然后水星获得一个反向的力，其实引力就是施力方啊，这和我们用手拉水星，或者我用绳子栓住水星并拉动它让它围绕我旋转，不是一样的吗？都是有施力方，关键是，承认水星因此获得的力是真实的。因为水星获得的这种反向的力就是牛顿的反作用力，区别是通常的反作用力施力物体是我们的手，而对水星的作用力是太阳的引力。牛顿的反作用力是真实的，那么，水星获得的反作用力即向心力，当然也是真实的。我们不能说这个力是虚拟力，因为这等于在说牛顿的反作用力是虚拟力。

我们积分公式（2.4），就得到：

$$E = -\frac{GMm}{r}\left(1 + \frac{v^2}{c^2}\right) + \frac{1}{2}[(v^r)^2 + (v^\phi)^2] + C \quad (2.5)$$

因为：

$$L = r^2 v^\phi$$

$$v^\phi = \frac{v}{r}$$

所以：

$$E - C = -\frac{GMm}{r} - \frac{L^2}{r^2} \frac{GMm}{c^2 r} + \frac{1}{2}m[(v^r)^2 + (v^\phi)^2] \quad (2.6)$$

而这个式子正好和相对论的能量守恒方程一样：

$$E = -\frac{GMm}{r} - \frac{L^2}{r^2} \frac{GMm}{c^2 r} + \frac{1}{2}m[(v^r)^2 + (v^\phi)^2] \quad (2.7)$$

我们计算这几项时事实上依旧采用的牛顿力学的 R 。修正因子修正 R 只是一种等价的说法，其实这是测试粒子或水星的运动产生磁场或质量场，所以，在计算这个公式时我们依旧用的是牛顿的 R 。

所以，根据这个方程（1.5.6）计算的水星进动的值和相对论的一样。计算星光弯曲也是一样，把公式（1.5.6）里修正因子里的 v 代入光速 c 就行了。

在我们计算水星进动的公式(1.9)里，是忽略了水星的径向速度，也就是忽略费曼公式的第二项，把它近似为 0 ，只考虑水星切割太阳引力场的情况。这是因为太阳的引力场太大了，而水星在其中运动。但是，如果是两个质量相当且相互接近或远离，这时径向速度比较大，费曼公式的第二项是需要考虑的，不能近似为 0 。这时问题会变得很复杂，因为两个星球质量相当，相对径向运动显著，我们需要考虑两颗星球的径向相对速度，还要考虑它们互相切割对方的引力场。

参考文献

- 【1】 R.P.费曼. 费曼物理学讲义[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2020年3月: 第21章.
- 【2】 段献祥. 类似于相对论的介质理论[M]. 2023年6月版.
- 【3】 汤克云, 《普适的相对加速度和相对作用力定律》, 2022, 原创力文档.
- 【4】 汤克云, 《水星轨道异常: 几种引力理论比较》, 2019-05-09, 原创力文档.