

引力与电磁力的统一

——包含一个新引力理论

张正华

(zhangzhsec@126.com)

摘要: 在目前的物理学中, 不仅电磁力与引力是两种不同的力, 而且电场力与磁场力也是明显不同的。从对磁场力的讨论开始, 认为物质之间的相互作用不仅缘于物质的内禀性质, 而且还与周围物质堆积的某种影响有关。由此静止的带电体和电中性物体被合乎逻辑地赋予了运动速度。扩展了动量概念, 将电中性物体质量与运动速度的乘积叫做质量动量; 将带电体电量与运动速度的乘积叫做电量动量。假定: 运动物体之间存在相互作用力, 作用力的大小与它们动量的乘积成正比, (在它们可以被当做质点处理时) 与它们距离的平方成反比, 作用力的方向与被作用者的运动方向垂直。基于以上假设, 导出了包含运动速度的引力方程以及旋转物体的磁场。而且, 基于以上假设对电磁力进行梳理和阐释, 对电场力给出了新的说明, 使电场力与磁场力成为同一种力; 也使电磁力与导出的引力方程具有了相同的形式。对引力的表述包含吸引力和排斥力, 排斥力观测不到 (所谓引力没有排斥力) 也能得到合乎逻辑的解释。也提出了可供检验的预测。

关键词: 电场力; 磁场力; 引力; 统一; 新引力理论; 周围物质堆积的影响

Unification of Gravitation and Electromagnetic Force: Including a New Theory of Gravitation

Zheng-hua Zhang

Abstract: In the current physics, not only the electromagnetic force and gravity are two different forces, but also the electric force and the magnetic force are obviously different. Starting from the discussion of magnetic force, it is believed that the interaction force between matter is not only due to the intrinsic properties of matter, but also related to some influence of the accumulation of surrounding matter. Thus charged and neutral bodies at rest are logically assigned velocities. The concept of momentum is extended, and the product of the mass of an electrically neutral body and its velocity is called mass momentum. The product of the charge of the charged body and its velocity is called charge momentum. It is assumed that there is a force between moving body, that the magnitude of the force is proportional to the product of their momenta, that (when they may be treated as mass points) is inversely proportional to the square of their distance, and that the direction of the force is perpendicular to the direction of motion of the body being acted upon. Based on the above hypothesis, the gravitational equation including the motion velocity is derived, and the magnetic field of the rotating object is also derived. Moreover, based on the above hypothesis, the electromagnetic force is sorted out and explained, and the electric force is given a new explanation, so that the electric force and the magnetic force become the same force. It also is same that the form of the electromagnetic force as the derived equations of gravity. The expression of gravity includes both attractive and repulsive forces, and the repulsive force cannot be observed (what is called gravity has no repulsive force) can be logically explained. Testable predictions are also presented.

Key words: electric force; Magnetic force; Gravity; Unity; The new theory of gravity; The effect of the buildup of surrounding material

1 引言

物理学研究表明, 自然界存在四种相互作用力: 强力、弱力、电磁力和引力。物理学家相信四种力其实是同一种力在不同情形下的表现, 因此希望建立作用力的统一理论, 对四种力做出统一的表述。对电磁

[作者信息] 张正华。中国, 山东, 济南 250021, 济南铁路公安局济南公安处。zhangzhsec@126.com。
(Zheng-hua Zhang. Jinan Police Division, Railway Police Bureau of Jinan, Jinan 250021, Shandong, China)

力，其实观测到的是并不相同的电场力和磁场力。史称麦克斯韦电磁理论统一了电和磁，但是事实是，麦克斯韦对电场力和磁场力并未做出更深刻的说明，未将两种力表述为同一种力。20 世纪 60 年代^[1]，Glashow、Weinberg 和 Salam 建立了弱电统一理论。此后，又产生了希望统一强力、弱力和电磁力的大统一理论。但是到现在为止，这些理论尚不能令物理学家满意。在统一理论的建立中，引力与其他作用力的统一是一个难题。梅晓春^[2]和 LJ Wang^[3]各建立了一种电磁力与引力的统一理论，但是未对电磁力、引力给出更深刻的说明。

单就引力来说，牛顿引力理论^[4]取得了巨大的成功，但是这一理论不能描述运动物体产生的引力，还不是引力的普遍规律。广义相对论^[5]在弯曲时空中描述物体的运动，将引力引向几何化，是否是正确的方向仍然是一个问题，而且该理论也存在其他问题。此外，其他三种力既有吸引力也有排斥力，而引力观测不到排斥力，对此现有理论无法给出说明。

本文从对磁场力的讨论开始，发现将磁场力仅仅解释为物质的内禀性质不合乎物理学事实。认为引力与电磁力不仅与物质的内禀性质有关，而且还与周围物质堆积的某种影响有关。扩展了动量概念，定义带电体电量与速度的乘积为带电物体的动量。基于此，认为物质之间的相互作用力由它们的动量和距离决定。由这些前提出发进行逻辑推演，得出了一系列的结果。

2 对运动物质相互作用规律的假定

这一部分给出运动物质相互作用规律的基本假设以及提出假设的理由，并进一步给出这一规律的数学表述。

电磁学研究已经反复证明，运动带电体之间磁场力的大小由两者所带的电量和运动速度决定。对于给定的两个带电体，它们之间的磁场力完全由其运动速度决定。但是，运动速度是必须以周围物质为参照才能确定的，也就是，两个给定的带电体之间的磁场力是由它们与周围物质的位置关系决定的！磁场力完全缘于带电体的内禀性质么？如果认为是，那么，两个带电体之间磁场力的大小却要由它们与周围物质的位置关系决定，这是费解的！物质所显示的性质离不开它与周围物质的关系这个问题，哲学家黑格尔讨论过^[6]。在物理学中典型的问题如物质的惯性。从马赫^[7]开始，物理学家认为惯性不是完全由物质的内禀性质决定的，而是还与周围物质堆积的某种影响有关。至此，本文希望提出，运动带电体之间的磁场力不是仅由带电体的内禀性质决定的，而是还与周围物质堆积的某种影响有关。在本文中，将这种影响暂时理解为带电体所在处空间的某种性质。由于这种影响不能是瞬时的，因此有理由认为这种空间性质是以某一速度传播过来的。

物理学将物体的质量（理论力学一般未强调是惯性质量还是引力质量，本文使用的是引力质量）与运动速度的乘积叫做物体的动量。为了给后文的研究做准备，本文需要对动量概念做一下扩展。我们把电中性物体质量与运动速度的乘积叫做质量动量，把带电体电量与运动速度的乘积叫做电量动量。

于是，我们假定：

一、运动物质之间存在相互作用力，作用力的大小与它们动量的乘积成正比，（当两个物体可以被当作质点处理时）与它们距离的平方成反比，作用力的方向与被作用者的运动方向垂直。（相互作用的上述特征及其他细部特征在磁场力上得到了体现，因此，后文将以毕奥-沙伐尔-拉普拉斯定律和安培定律为基础给出相关数学表述）

二、运动物质之间的相互作用除了与物质的内禀性质有关，还与周围物质堆积以某种机制造成的空间性质有关。（在此基础上静止的引力体和静电荷将被赋予运动速度，静止引力体之间的引力和电场力将得到新的阐述）

三、物质的运动速度以周围物质堆积造成的空间性质为参照。这应该是第二个假设的推论。

为了给后文的研究提供一个基础，基于以上假设，对运动物质之间相互作用的规律严格表述如下：

运动的物质在其周围形成一个力场。力场的方向可以使用安培定则确定。实际观测表明，地球磁场相当于带负电荷的物质旋转时产生的磁场。因此有理由假定，电中性物质力场的方向为安培定则确定的方向的反方向。至于带电物质磁场的方向，在电磁学中已经很明确。静电场与上述假设如何统一，将在§4 给出分析。由于牵扯带正电荷、负电荷的物质以及电中性物质，因此为节省篇幅，后文对力场、磁场的方向以及受力方向一般不一一讨论。有正在运动的物体 i_1 ，它的与我们关心的某种性质相关的量为 i_1 。在带电物质 i_1 即为其所携带的电量，在电中性物质即为其引力质量。其运动速度为 \vec{v}_1 。有一点 D 与 i_1 相距 l 。由于 i_1 的尺度与 l 相比极小，因此可以把 i_1 当做“质点”处理。基于上文，有理由根据毕奥-沙伐尔-拉普拉斯定律（其中的 Idl 可以分析变换成 qv ，即电量与速度的乘积），对 i_1 在 D 点的力场的场强给出下式

$$F_1 \propto \frac{i_1 v_1 \sin \varphi_1}{l^2} \quad (1)$$

其中 φ_1 为 i_1 指向 D 的矢径 \vec{l} 与 \vec{v}_1 所夹的角。写进一个比例系数 j ，得到

$$F_1 = j \frac{i_1 v_1 \sin \varphi_1}{l^2} \quad (2)$$

j 包含的内容之一即为周围物质堆积在 i_1 和 D 所在处造成的空间性质。有理由认为带电物质与电中性物质形成力场所依赖的空间性质不同，于是 j 对于带电物质和电中性物质将不同，需要在具体问题中具体定义。所谓空间性质后文会专门讨论。

安培定律的前一半即毕奥-沙伐尔-拉普拉斯定律。在电磁学中，根据安培定律可以推得运动电荷 1 对运动电荷 2 的磁场力

$$f_{B21} = \frac{\mu_0 q_1 u_1 \sin \gamma_1}{4\pi s^2} q_2 u_2 \sin \epsilon \quad (3)$$

本文使用国际单位制。式中 q_1 、 q_2 为两电荷的电量， u_1 、 u_2 为两电荷的运动速率， γ_1 为两电荷连线与 \vec{u}_1 所夹的角， s 为两电荷的距离。 ϵ 为 q_2 所在处 q_1 磁场的方向与 \vec{u}_2 所夹的角。

根据式(2)和式(3)，可以给出处于 D 点的运动物质 i_2 所受的作用力：

$$f_{21} = j \frac{i_1 v_1 \sin \varphi_1}{l^2} i_2 v_2 \sin \sigma = j v_1 v_2 \sin \varphi_1 \sin \sigma \frac{i_1 i_2}{l^2} \quad (4)$$

式中 i_2 为运动物质 i_2 的相关性质的量， \vec{v}_2 为其运动速度， σ 为 i_2 所在处 i_1 力场的方向与 \vec{v}_2 所夹的角。 \vec{f}_{21} 在 \vec{v}_1 与 i_1 、 i_2 连线决定的平面上，方向与 \vec{v}_2 在这个面上的投影垂直。 \vec{v}_1 、 \vec{v}_2 是 i_1 、 i_2 相对它们所在处空间性质的速度，关于这一点在后文中会具体讨论。 i_1 的受力情况不再写出。

当 i_1 、 i_2 的运动速率、方向均相同时，两者的受力由下式决定

$$f = jv^2 \sin \varphi_1 \frac{i_1 i_2}{l^2} \quad (5)$$

v 为两物体的运动速率。为节省篇幅，后文只讨论运动速度大小、方向均相同的情形，其他情形只在需要时适当涉及。

\vec{f}_{21} 在 i_1 、 i_2 连线方向的分量和与此垂直的分量分别为

$$f_{21\parallel} = jv_1 v_2 \sin \varphi_1 \sin \sigma \sin \varphi_2 \frac{i_1 i_2}{l^2} \quad (6)$$

$$f_{21\perp} = jv_1 v_2 \sin \varphi_1 \sin \sigma \cos \varphi_2 \frac{i_1 i_2}{l^2} \quad (7)$$

其中 φ_2 为 \vec{v}_2 在 i_1 、 i_2 连线和 \vec{v}_1 决定的平面上的投影与 i_1 、 i_2 连线所夹的角。

可以确定的是，作用力的方向与被作用者的运动方向垂直。但是由于相互作用力产生于电中性物体、正电荷或负电荷之间，相互作用的两方其运动方向可能相同（包括大致相同）或相反（包括大致相反），也由于其他原因，因此作用力的方向呈现复杂的规律。总之，如果两个物体运动方向相同时相互吸引（排斥），则运动方向相反时相互排斥（吸引）。以上的表述是为叙述方便，其中运动方向相同、相反包含了大致相同、大致相反，相互吸引包含了受力方向仅指向对方一侧，受力方向相反包含了仅背向对方一侧。

3 宇宙局部区域运动电中性物质的相互作用

这一部分讨论电中性物质的平行移动（平移）和定轴转动（转动）。电中性物质同向运动时相互吸引，异向运动时相互排斥。在后文的讨论中会看到，电中性物质的运动主要是同向运动，我们一直在谈的引力就是电中性物质平移产生的，转动产生磁场。事实上两者是同一种作用力在不同情形下的表现。本文认为旋转的宏观物体与宇观天体一样会产生磁场。

在宇宙学中根据光速和宇宙的年龄可以确定一个宇宙范围，称作“可观测宇宙”。本文的研究也涉及一个很大的宇宙范围，这个范围与“可观测宇宙”不一定相同，因为§2提到的空间性质不一定是按光速 c 传播的。在本文中，将这个宇宙范围暂称作“需研究宇宙”。为了行文的简化，后文会将“需研究宇宙”中的物质直接称作宇宙物质。“宇宙局部区域”指与“需研究宇宙”相比尺度极小的区域，如太阳系范围、银河系范围，或更大一些的区域。由于宇宙局部区域相比“需研究宇宙”尺度极小，因此在涉及宇宙局部区域与“需研究宇宙”的关系时，会根据需要将局部区域作为一个点来研究。强调局部区域，是因为依据本文，大尺度上物质之间的相互作用可能与局部区域不同，这一点作者将另文研究。

3.1 宇宙物质在宇宙局部区域造成的空间性质

根据§2，在研究宇宙局部区域物质之间的相互作用时，需要考虑宇宙物质在局部区域造成的空间性质。

宇宙物质在宇宙中是如何分布的？对于我们来说宇宙是各向同性的已经得到观测证实^[8]。当观测距离达到 3 亿光年远时，宇宙物质在任何方向上都是相同的。但是在 3 亿光年内，仍然不能忽略物质的结团特征，即不是各向同性的。因此将宇宙物质区分为宇宙深处的物质与近处呈现结团特征的物质并分别研究是合理的。

宇宙物质造成的空间性质的强弱，应该与宇宙物质的某种性质成正比，这种性质应该类似于引力质量与惯性质量。本文暂且以加引号的质量即“质量”称呼之，以区别于以往的质量概念。而且假定，在使用合适的单位时，“质量”与引力质量、惯性质量相等。不然，我们将无法进一步研究。此外，这种空间性质的强度应该随与宇宙物质距离的增加而衰减。也就是，宇宙物质造成的空间性质应该与下式成正比

$$\frac{M}{r^n} \quad (8)$$

M 为宇宙物质的“质量”。无论宇宙是否是膨胀的，定义 r 是上述空间性质从宇宙物质传播至局部区域所经过的路程是合理的。但是这个传播速度不一定是光速 c 。此外，有理由认为 n 应该取 1 或 2。本文不便轻易涉及所谓空间性质的具体性质以及传播规律，因此此处不再叙述理由。既然认为“质量”与引力质量、惯性质量相等，那么我们可以根据目前天文学研究确定的天体质量以及宇宙物质密度等资料进行计算和比较。具体计算方法和计算结果见附录I。从附录I可以看到， n 取 1 时，近处物质造成的空间性质与宇宙深处物质造成的空间性质相比前者极小，即宇宙局部区域的空间性质是由宇宙深处的物质决定的。如果 n 取 2，则前者远大于后者。如果引力所依赖的空间性质由近处的物质决定，那么引力将是无法想象的。因此，本文假定电中性物质相互作用所依赖的空间性质由宇宙深处的物质决定，即 n 取 1。

首先讨论宇宙深处的物质在局部区域造成的空间性质。

上文已述及，宇宙深处的物质是各向同性的。如果宇宙物质在空间的分布是均匀的，且宇宙不在膨胀，那么下文只考虑一个平均密度 ρ 即可。由于要考虑宇宙的膨胀，因此随着式(8)中 r 值的增大，相关联的物质密度会增大。此处以随 r 的增大物质密度线性增加处理，这个持续增加的密度应为

$$\rho + \frac{r}{r_0} w\rho \quad (9)$$

其中 ρ 为目前宇宙物质的平均密度。我们所在处 3 亿光年半径这个体元内目前的平均物质密度应为 ρ 。 r_0 为需研究宇宙的“临界半径”。由于“需研究宇宙”与“可观测宇宙”不一定相同，因此此处“临界半径”加引号以区别，它与宇宙学上的临界半径不一定相同。 $w > 0$ 。显然“视界”处($r = r_0$ 处)物质密度为 $\rho + w\rho$ 。 w 的数值在附录I中讨论。以物质密度随 r 的增大线性增加处理，需要考虑的问题有两个：一个是对本文理论的建立会有什么影响；一个是这样计算出的空间性质是否能给我们提供可靠的信息。对第一个问题在§3.2.1 进行分析。对第二个问题，在附录I会看到这并不影响宇宙物质与相关天体空间性质的对比。

假定空间是平直的。在我们希望研究的那个时刻，我们所在处有一个相对于“遥远的天体背景”不动且无转动的点。为叙述方便将这个点叫做O点，我们基于这个点进行研究。前文已经定义 r 是从宇宙物质到

我们所在处空间性质传播的距离。面对宇宙深处的所有物质， r 是一个变值。如果物质造成的这种空间性质是可以直接叠加的，那么距离 r 处一个半径为 r 、厚度为 dr 的球壳在上述这个点造成的空间性质为

$$p_o = \delta 4\pi r^2 dr \left(\rho + \frac{r}{r_0} w \rho \right) / r = \delta 4\pi r dr \left(\rho + \frac{w \rho}{r_0} r \right) \quad (10)$$

δ 为比例系数。于是，宇宙深处所有物质在上述这个点造成的空间性质为

$$p_d = \delta 4\pi \left(\rho \int_0^{r_0} r dr + \frac{w \rho}{r_0} \int_0^{r_0} r^2 dr \right) = \delta 4\pi \left(\rho \frac{1}{2} r_0^2 + \frac{w \rho}{r_0} \frac{1}{3} r_0^3 \right) \quad (11)$$

$$= \delta \frac{6+4w}{3} \pi r_0^2 \rho \quad (12)$$

由于近处的物质要关注它们的结团特征需要单独讨论，因此上面的积分不应该从0而应该从3亿光年开始。但是从附录I的计算可知，这3亿光年对总数的贡献在小数点后第3位，不影响与其他天体的比较，故此处将这一点忽略。

以下讨论近处3亿光年内的物质。

在近处，除银河系物质外，还有大量星系的分布对我们来说不是各向同性的。其中少数最近的星系其光线表现出蓝移，不像宇宙中的无数星系表现出红移。宇宙学家基于红移认为宇宙在膨胀。需要考虑的问题是，宇宙物质是依赖于什么造成这种空间性质的？尽管有些物理学家对“宇宙膨胀”持不同意见，但仍然需要考虑，宇宙物质造成空间性质与宇宙膨胀是否有关。如果与宇宙膨胀有关，那么，银河系物质以及近处蓝移星系的物质将不会造成这种空间性质。此处以近处所有天体都会造成这种空间性质来讨论。

假定近处某天体的尺度相比它与O点的距离足够小，那么可以把它作为质点研究。于是，它在O点所造成的空间性质为

$$p_{s1} = \delta \frac{m_{s1}}{\tau_1} \quad (13)$$

m_{s1} 是该天体的“质量”， τ_1 是空间性质从该天体传播至O点所走过的距离。近处所有天体所造成的空间性质叠加在一起为

$$p_s = \sum_{i=1}^n p_{si} \quad (14)$$

3.2 宇宙局部区域电中性物质平移产生的相互作用——宇宙局部区域的引力

正如前文，宇宙局部区域电中性物质平行移动时的相互作用，就是物理学一直在谈的引力。

3.2.1 宇宙深处物质造成的空间性质参与的引力

上文已选定我们所在处一个相对于“遥远的天体背景”不动且无转动的点，此处仍然基于这个点进行研究。见图1，其中的O点就是这样一个点。有理由认为，宇宙物质所造成的空间性质都是以一个确定的速度传播到O点的，把这个速度记为 \vec{c} 。于是可以认为，相对于各个方向传播过来的这种空间性质，处于O点的物体都有一个方向恰好相反的速度 \vec{c} 。此外，相对于O点，物体还都有一个空间漂移速度，记为 \vec{v} 。 \vec{v} 可以表述为相对于整个宇宙的运动速度，使用微波背景辐射确定的速度是合理的。对地球实验室实验物体来说，空间漂移速度其实是银河系空间漂移速度、太阳系在银河系中的轨道速度、地球公转速度以及实验

室所在处地球自转线速度的矢量和。主要由于后面两个速度的方向持续改变，准确地说 \vec{v} 是变量。

以上文选定的 O 点作为参照系是否靠得住呢？本文不适宜轻易触及所谓空间性质的性质、传播规律等，

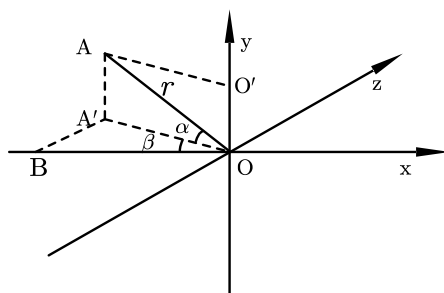


图1 分析宇宙深处物质参与的这部分引力

但是因需要考虑 O 处的空间性质，因此需要有以下讨论。如果这种空间性质的产生与宇宙膨胀有关，由于宇宙物质的退行速度在每个方向都是相同的，那么这一点不影响 O 点作为参照系的合理性。如果空间性质的传播速度与辐射源的运动有关，那么由于天体空间漂移速度的大小、方向都是随机的，而且观测表明这种速度一般不大，最大在几百千米每秒，而天体的退行速度会很大，因此这一点将不影响 O 点作为参照系的合理性。如果空间性质的传播速度与辐射源的速度无关，那么以 O 点作为参照系其结果就更是可信的。

以下对两个引力体的速度 \vec{c} 和空间漂移速度 \vec{v} 分别讨论。以 \vec{c} 和 \vec{v} 的合速度进行讨论所得结果也相同。首先讨论与 \vec{c} 有关的这一部分。

见图1。A 是宇宙深处的一个点。A'是 A 在 x-z 平面的投影。A'B 垂直于 x 轴。AO' 垂直于 y 轴。A 处宇宙物质质元的“质量”为

$$m_A = r d r \cos \alpha d \alpha d \beta \left(\rho + \frac{w \rho}{r_0} r \right) = r^2 d r \cos \alpha d \alpha d \beta \left(\rho + \frac{w \rho}{r_0} r \right) \quad (15)$$

写进系数 δ ， m_A 在 O 处造成的空间性质为

$$p_A = \delta r d r \cos \alpha d \alpha d \beta \left(\rho + \frac{w \rho}{r_0} r \right) \quad (16)$$

参考图2。O₁、O₂是我们研究其相互作用的两个物体。由于它们与宇宙深处 A 点的距离极远，因此可以认为两者的速度 \vec{c} 方向相同，于是两物体受力相同。依据式(16)和式(5)，两个引力体因速度 \vec{c} 所受的 A 处宇宙物质参与的这部分作用力为

$$f_A \propto \delta r d r \cos \alpha d \alpha d \beta \left(\rho + \frac{w \rho}{r_0} r \right) C^2 \cos \alpha \frac{m_1 m_2}{l^2} \quad (17)$$

即

$$f_A \propto \delta r d r \cos^2 \alpha d \alpha d \beta \left(\rho + \frac{w \rho}{r_0} r \right) C^2 \frac{m_1 m_2}{l^2} \quad (18)$$

其中 m_1 、 m_2 为 O₁、O₂两个物体的引力质量（在本文完成后，引力质量与根据牛顿引力理论定义的引力质量会稍有不同）。 f_A 与 m_1 、 m_2 连线平行的分力为

$$f_{A \parallel} \propto \delta r d r \cos^3 \alpha d \alpha d \beta \left(\rho + \frac{w \rho}{r_0} r \right) C^2 \frac{m_1 m_2}{l^2} \quad (19)$$

对于与 $\vec{f}_{A||}$ 垂直的分力，可以进行如下的分析。见图2。A、B 是 y 轴两侧对称的两个点，为分析方便选取了 x 轴上方的两个点。z 轴重合在 O 点。 f_A 、 f_B 是 O_1 因 A、B 两处宇宙物质造成的空间性质所受到的作用力。由于对称关系，无疑 f_A 、 f_B 垂直于 y 轴方向的分力大小相等方向相反从而抵消，因此只考虑 $\vec{f}_{A||}$ 即可。由此知，宇宙深处物质造成的引力都在连线方向。

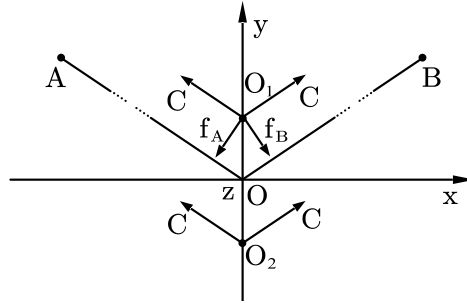


图2 分析垂直于两物体连线方向的作用力

因为方向相同，所以式(19)表述的力可以直接叠加。将式(19)分解为两项，分别以 r 、 α 、 β 为积分变量积分， r 的积分区间为 $[0, r_0]$ ， α 和 β 的积分区间均为 $[0, \frac{\pi}{2}]$ 。最后取结果的 8 倍。于是得到所有宇宙深处的物质参与的、与速度 \vec{C} 相关的作用力，为

$$f_C \propto \delta \frac{6+4w}{3} \pi r_0^2 \rho \frac{2}{3} C^2 \frac{m_1 m_2}{l^2} \quad (20)$$

写进一个系数 k_d ，将空间性质 $\delta \frac{6+4n}{3} \pi r_0^2 \rho$ (参式(12)。从上面的式(16)开始计算空间性质，也能得出式(12)) 包含在内，再写进 f_C 的单位矢量 \vec{f}_{C0} ，得到

$$\vec{f}_C = k_d \frac{2}{3} C^2 \frac{m_1 m_2}{l^2} \vec{f}_{C0} \quad (21)$$

k_d 只与宇宙深处的物质相关。 \vec{f}_{C0} 在矢径 \vec{l} 方向。计算表明（本文不再写出），抵消掉的垂直于连线方向的力总数为 1/3。显然，上式中的 2/3 是这种抵消带来的。

对比这些计算过程，在计算作用力时式(17)只是比式(16)增加了 $C^2 \cos \alpha \frac{m_1 m_2}{l^2}$ 。单就计算过程论，对力的计算只牵扯变量 α 。因此，在式(21)将空间性质放进 k_d 后，无论前面怎么设定与 r 对应的物质密度，都不影响给出的作用力公式。

当两物体的空间漂移速度大小、方向均相同时，依据式(5)，与空间漂移速度 \vec{v} 有关的这部分引力为

$$\vec{f}_v = k_d v^2 \sin \varphi_1 \frac{m_1 m_2}{l^2} \vec{f}_{v0} \quad (22)$$

φ_1 为两物体连线与 \vec{v} 所夹的角。 \vec{f}_{v0} 为 \vec{f}_v 的单位矢量，方向与 \vec{v} 垂直。 \vec{f}_v 是基于空间性质 $p_d = \delta \frac{6+4w}{3} \pi r_0^2 \rho$ 的，故使用系数 k_d ，可参式(12)和式(21)。显然， \vec{f}_v 可以看做引力，同时也与带电粒子的磁场力完全类似。 \vec{f}_v 在两物体连线方向的分力和与此垂直的分力分别为

$$f_{v||} = k_d v^2 \sin^2 \varphi_1 \frac{m_1 m_2}{l^2} \quad (23)$$

$$f_{v\perp} = k_d v^2 \sin \varphi_1 \cos \varphi_1 \frac{m_1 m_2}{l^2} \quad (24)$$

3.2.2 近处物质造成的空间性质参与的引力

上文已说明，近处物质指 3 亿光年以内，未达到各向同性的这一部分。如果宇宙膨胀是宇宙物质造成空间性质的条件，那么引力的发生将与 3 亿光年内距离最近的少数蓝移星系无关。此处基于 3 亿光年内所有天体进行讨论。

近处物质造成的引力同样应该考虑两部分，即分别与空间性质传播速度 \vec{C} 和物体空间漂移速度 \vec{v} 相关的。基于式(13)之 p_{s1} 发生的、与 \vec{C} 有关的引力为

$$f_{sc1} \propto p_{s1} C^2 \sin \varphi_1 \frac{m_1 m_2}{l^2} \quad (25)$$

φ_1 是 \vec{C} 与两引力体连线所夹的角。 \vec{C} 在该释放空间性质的天体与两引力体连线方向。由于两个引力体距离极近，因此此时认为两者处在一个点上。加进一个系数 k_1 ，将 p_{s1} 包含在内，得到

$$f_{sc1} = k_1 C^2 \sin \varphi_1 \frac{m_1 m_2}{l^2} \quad (26)$$

k_1 显然只对应于该天体。由于两物体连线与 \vec{C} 不一定垂直，因此 f_{sc1} 不一定在两物体连线方向。

缘于近处所有相关天体、与 \vec{C} 相关的力为

$$\vec{f}_{sc} = C^2 \frac{m_1 m_2}{l^2} \sum_{i=1}^n k_i \sin \varphi_i \vec{f}_{sci0} \quad (27)$$

其中 k_i 对应于第 i 个天体。 φ_i 是两物体连线与对应的 \vec{C} 所夹的角。 \vec{f}_{sci0} 为 \vec{f}_{sci} 的单位矢量。 \vec{f}_{sc} 不太可能在两物体连线方向。

基于式(14)中的 p_s ，两物体因空间漂移速度 \vec{v} 发生的作用力为

$$f_{sv} \propto p_s v^2 \sin \varphi_1 \frac{m_1 m_2}{l^2} \quad (28)$$

φ_1 与式(22)中的 φ_1 相同。写进一个系数 k_s ，将空间性质 p_s 包含在内，得到

$$\vec{f}_{sv} = k_s v^2 \sin \varphi_1 \vec{f}_{v0} \frac{m_1 m_2}{l^2} \quad (29)$$

k_s 对应于 3 亿光年内所有天体。 \vec{f}_{sv} 与式(22)中 \vec{f}_v 皆因 \vec{v} 而得，方向相同，因此式(29)使用式(22)中的单位矢量 \vec{f}_{v0} 。

3.2.3 宇宙局部区域引力的总结

根据式(21)、式(22)、式(27)和式(29)，宇宙局部区域的引力为

$$\vec{f}_g = \vec{f}_C + \vec{f}_v + \vec{f}_{sc} + \vec{f}_{sv} \quad (30)$$

$$= \left(k_d \frac{2}{3} C^2 \vec{f}_{C0} + k_d v^2 \sin \varphi_1 \vec{f}_{v0} + C^2 \sum_{i=1}^n k_i \sin \varphi_i \vec{f}_{sci0} + k_s v^2 \sin \varphi_1 \vec{f}_{v0} \right) \frac{m_1 m_2}{l^2} \quad (31)$$

$$= k_d \frac{2}{3} C^2 \left(\vec{f}_{C0} + \frac{3v^2}{2C^2} \sin \varphi_1 \vec{f}_{v0} + \frac{3}{2k_d} \sum_{i=1}^n k_i \sin \varphi_i \vec{f}_{sci0} + \frac{3k_s v^2}{2k_d C^2} \sin \varphi_1 \vec{f}_{v0} \right) \frac{m_1 m_2}{l^2} \quad (32)$$

其中 \vec{f}_v 与 \vec{f}_{sv} 方向相同可以合并，以

$$k = k_d + k_s \quad (33)$$

k对应于所有宇宙物质，于是有

$$\vec{f}_g = \left[k_d \frac{2}{3} C^2 \vec{f}_{c0} + kv^2 \sin \varphi_1 \vec{f}_{v0} + C^2 \sum_{i=1}^n k_i \sin \phi_i \vec{f}_{sci0} \right] \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (34)$$

式(31)或式(34)即本文提出的引力方程。正如前文已说明的，为了表述简洁，这里只给出了两个引力体空间漂移速度大小、方向均相同时的引力方程。由于 \vec{f}_c 外其他各项的存在，无疑引力不完全在两物体连线方向，即有一个垂直分量。式中 $\frac{m_1 m_2}{r^2}$ 之外的部分相当于牛顿引力公式中的常数G，为叙述方便，将它命名为 G' ，显然 G' 已经不是常量。

式(31)形式复杂，这是造成空间性质的宇宙物质其存在状态的复杂造成的。如果宇宙物质全部是均匀分布的，则只有前面两项，引力的结构和形式就十分清晰了。另外正如早已谈到的，如果宇宙膨胀是宇宙物质造成本文提出的空间性质的前提条件，则近处蓝移星系不造成所谓空间性质，那么两式需要剔除与这些蓝移星系相关的部分。从后文的分析看，如果这些蓝移星系不造成空间性质，那么第3项导致的 G' 的波动将极微，第4项本来数值极微，于是只考虑前两项即可。为免信息遗漏，此处也需考虑到，如果宇宙的年龄比现有研究结论更大，如果 $C > c$ ，那么后3项的数值相比第1项也会更小。需要指出，在不考虑物体的空间漂移速度 v ，也不考虑近处非各向同性的宇宙物质时，本文的引力公式只余第一项，即还原到牛顿引力方程。

以下仍基于式(31)，以处于地球表面的两个物体（测G实验中的两个物体一般属于这种情形）为例，分析式中后3项的变化以及各项的数值对比。

地球在公转中运动方向的变化，会使 v 数值发生变化；主要由于地球的自转，会使 φ_1 与 ϕ_i 从 0° 到 90° 持续变化。于是，式(31)后3项是持续变化的。 v 和 φ_1 的变化使第2、4两项发生变化； ϕ_i 的变化使第3项发生变化。

由于C未知只能以c代之，而且宇宙物质密度、宇宙年龄、天体质量等资料未必是最后的结论，因此以下对这些变化的量的分析只有参考意义。

我们暂且以 $C = c$ ，以 $v = 369\text{km/s}^{[9]}$ 。 $\sin \varphi_1$ 的最大值为1，最小值为0。于是，第2项的最大值与第1项的比值为 $\frac{3v^2}{2c^2} \approx \frac{2.27}{1000000}$ 。第2项应在 $0 \sim \frac{2.27}{1000000}$ 之间变化。

那么第3项呢？观测延伸至3亿光年远宇宙物质已经各向同性。如果宇宙物质是均匀的，那么半径3亿光年的这个体元可以代表宇宙的物质密度特征，即3亿光年内的平均物质密度为目前宇宙的平均物质密度。我们先假定3亿光年内物质均匀分布以测算一个数值。基于式(10)，将式中的 $\left(\rho + \frac{w\rho}{r_0}\right)$ 易为 ρ ，积分区间为 $[0, r_1]$ ，计算得到

$$\delta 2\pi r_1^2 \rho \quad (35)$$

采用文献[10]使用的数据，即 $\rho = 4.08 \times 10^{-28} \text{kg/m}^3$ （原文为 kg/cm^3 ，应是 kg/m^3 之误），以 r_1 为3亿光年，不计入系数 δ ，计算式(35)得到 2.06×10^{22} 。即如果3亿光年内的物质均匀分布，这个数值即为

它们在我们所在处造成的空间性质。参照表I-1,它是宇宙深处物质产生的空间性质的 $1.37/100000$ 。无疑,由于 3 亿光年内物质的结团特征,即由于银河系、本星系群、本超星系团物质的集聚,3 亿光年内物质造成的空间性质一定会大于这个数值。首先考虑银河系物质。银河系的总质量尚无最后结论,表I-1 根据银河系质量的上下限给出了空间性质的最小和最大值。于是知银河系物质造成的空间性质是宇宙深处物质的 $0.47\sim 2.6/100000$ 。表I-1 中对银河系的计算使用了近似方法,不过误差会远远小于一个数量级。银心以及近处的大星系由于都是处于一个特定的方向,因此它们的存在和 φ_i 的变化会导致第 3 项的变化。但是最近的大麦云和 M31 造成的空间性质已经比银河系小两个数量级。较远的星系数量多且随机处在不同方向,而且会远远小于大麦云和 M31 的值,因此不会使第 3 项出现大的波动。因为一个方向的质量导致数值减小时,侧向的质量会导致数值增大。到 3 亿光年附近,物质已经接近各向同性,更不会导致第 3 项的明显波动。因此,导致第 3 项波动的应该主要是银河系物质和近处的星系。第 3 项与第 1 项都是基于C发生的引力,因此将这个比值 $0.47\sim 2.6/100000$ 乘 $\frac{3}{2}$ 得到 $0.71\sim 3.9/100000$,此即因银河系物质发生的引力与第 1 项的比值,是第 2 项最大值的 $2.07\sim 11.45$ 倍。此即第 3 项在银心方向上造成的引力的变化,其他方向上的变化一定小于这个值。不过,如果银河系和近处的蓝移星系不造成空间性质,那么第 3 项的影响一定会比第 2 项小。

对第 4 项,基于上文计算得到银河系造成的空间性质是宇宙深处物质的 $0.47\sim 2.6/100000$,我们假定 $\frac{k_s}{k_d} = \frac{3}{100000}$,于是有 $\frac{3k_s v^2}{2k_d c^2} = 6.81 \times 10^{-11}$,即比第 2 项小 5 个数量级。相比第 2 和第 3 项,这一项可以不计。

2002 年国际物理学基本常数委员会 (CODATA) 推荐的引力常数 G 的值为 $(6.6742 \pm 0.0010) \times 10^{-11} \text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-2}$ 。这个推荐值是参照实验确定的。从世界范围测 G 实验所得结果看^[11],前三位 6.67 是确定的,不确定性从第 4 位开始,最大差值约为万分之 5。实验结果所以不一致,实验精度的影响以及一些不确定因素的影响是存在的。但是,依据本文,无疑还与 v 、 φ_1 和 ϕ_i 的变化有关。请实验物理学家在测 G 的实验中给予关注!

根据本文,显然引力既有吸引力也有排斥力。排斥力观测不到的原因其实已经清楚,即多数情况下两个引力体都是同向运动的。如太阳和地球,面对各个方向传播过来的空间性质都是以速度 C 同向运动。地球的公转速度 30km/s 有时会与太阳的空间漂移速度方向相反,但此速度与日地的空间漂移速度相比很小,其效应早已被淹没。再如行星 A 与行星 B,当它们处于太阳对侧时,两者公转方向相反导致排斥力。但是由此形成的排斥力极微,早已淹没在太阳的引力中。

3.3 宇宙局部区域电中性物质转动产生的力场-磁场

这一部分仍然基于§3.1 讨论的空间性质。依据本文,磁现象一定是物质之间的相互作用在某种情形下的表现,球形质量的定轴转动即其一。下文即讨论这种情形。

对于作定轴转动的球形的宏观物体或宇观天体，其内各个质元都在作圆运动。在我们研究的那一时刻，可以认为这些质元都在作平动。于是，可以用式(2)研究转动的球形质量的力场，这个力场即其内各质元力场的矢量和。

肖立业假定^[12]：运动的物体和运动的电荷一样会产生磁场，并且两者都遵循毕奥-沙伐尔定律。这与本文是一致的，所不同的是：肖立业认为运动物体的磁场由两部分组成，一部分缘于运动物体的自转，一部分缘于运动物体相对观测者的运动。而正如前文，本文认为运动物质之间的相互作用只与运动物质相对第三方物质造成的空间性质的速度有关。所谓观测者也就是检验运动体或检验运动电荷。电磁学实验表明，实验室中的静止电荷不产生磁场，即其磁场与观测者的运动无关。当然，从经典力学开始，参照系问题就是一个棘手的问题。

考虑半径为 R 、旋转角速度为 ω 的球形质量绕自身一条直径旋转而产生的力场。它产生力场依赖的是所有宇宙物质造成的空间性质，即 $p_d + p_s$ 。假定球形物质的密度是均匀的。于是，根据式(2)和式(33)，球体一个质元在轴线延长线上某点的力场的场强为

$$F_{b1} = k \frac{m_1 v_1}{l^2} \quad (36)$$

其中 m_1 为质元的引力质量， \vec{v}_1 为 m_1 因球体旋转得到的线速度， l 为该质元与场点的距离。由于质元指向场点的矢径 \vec{l} 与 \vec{v}_1 垂直，因此未写入本有的三角函数。通过积分，可以得到球体在旋转轴延长线上力场的场强为

$$\vec{F}_b = k \frac{8}{15} \pi \rho \omega \frac{R^5}{l_0^3} \vec{F}_{b0} (l_0 \geq R) \quad (37)$$

其中 ρ 为引力质量密度， l_0 为球体旋转轴延长线上某点到球心的距离， \vec{F}_{b0} 为轴线方向的单位矢量。计算过程见附录II。天体物质都有中聚现象。对有中聚现象的球体的力场，本文不再计算。

式(37)仍是以电中性物质的受力定义的，此受力是电中性物质之间的相互作用。电磁学能检测到天体的磁场，说明带电物质在电中性物质形成的力场中也会因带有电荷而受力。此时天体的磁场是以带电粒子的受力定义的。将式(37)的系数 k 易为 $\frac{\mu_0}{4\pi} \lambda$ ($\frac{\mu_0}{4\pi} \lambda \neq k, \lambda \neq 1$)，则式(37)成为

$$\vec{B}_b = \frac{\mu_0}{4\pi} \lambda \frac{8}{15} \pi \rho \omega \frac{R^5}{l_0^3} \vec{F}_{b0} (l_0 \geq R) \quad (38)$$

式(38)即为密度均匀球形电中性物质旋转时旋转轴延长线上的磁场。

也可以将式(38)写成下面三种形式：

$$\vec{B}_b = \frac{\mu_0}{4\pi} \lambda \frac{2}{5} m \omega \frac{R^2}{l_0^3} \vec{F}_{b0} \quad (39)$$

$$= \frac{\mu_0}{4\pi} \lambda \frac{I \omega}{l_0^3} \vec{F}_{b0} \quad (40)$$

$$= \frac{\mu_0}{4\pi} \lambda \frac{J}{l_0^3} \vec{F}_{b0} \quad (41)$$

其中 m 为旋转球体的引力质量， I 为球体的转动惯量， J 为球体的动量矩。

可以用实验室中的旋转物体检验式(38)，并确定 λ 值。但是，物体旋转角速度应该以“遥远的天体背景”为参照确定。请实验物理学家进行实验！

4 基于本文对电磁力的阐释

前文中的引力方程其实是基于磁场力的规律导出的，因此前文已经对引力与磁场力给出了统一的表述。但是，基于本文对电场力应该如何表述？引力与电磁力应该如何统一？电磁力依赖于什么样的空间性质？以下详细讨论。

库仑定律为 $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{s^2}$ 。由麦克斯韦方程组可以导出电磁波方程，由电磁波方程可以得到电磁波的波速 $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$ ，于是有 $\frac{1}{\epsilon_0} = c^2 \mu_0$ 。因此，库仑定律成为

$$E = \frac{\mu_0}{4\pi} c^2 \frac{q_1 q_2}{s^2} \quad (42)$$

于是，在两带电物体运动速率和方向均相同时，两者之间的电场力和磁场力为

$$\vec{f}_{EB} = \left(\frac{\mu_0}{4\pi} c^2 \vec{s}_0 + \frac{\mu_0}{4\pi} u^2 \sin \gamma_1 \vec{u}_0 \right) \frac{q_1 q_2}{s^2} \quad (43)$$

其中 \vec{s}_0 为电场力的单位矢量，方向与矢径 \vec{s} 方向相同； \vec{u}_0 为磁场力的单位矢量，方向与 \vec{u} 垂直。上式是根据目前的电磁学写出的，已被实验反复证实。依据本文，式中的 $\frac{\mu_0}{4\pi}$ 无疑包含了某种空间性质， c 无疑是这种空间性质的传播速度。参照前文对引力的讨论，显然电场力可以理解为带电物体因速度 c 发生的相互作用，而磁场力是带电物体因速度 u 发生的相互作用。于是，本文在更深的层次上对电场力和磁场力做出了统一的表述！

正如§3.2.3 已经提到的，式(31)形式复杂，是造成空间性质的宇宙物质其存在状态的复杂造成的。在仅考虑宇宙深处的物质或仅考虑3亿光年内的物质时，式(31)就只有前两项或后两项，引力的结构和形式就十分清晰了。于是对比式(31)和式(43)，可以看到引力与电磁力有相同的结构和形式。无疑，本文在更深的层次上对引力与电磁力做出了统一的表述，引力与电磁力得到了统一！

至此，本文将电场力、磁场力和引力都统一在了“作用力大小与动量的乘积成正比、与距离的平方成反比，作用力方向与运动方向垂直”之下。但是仍应该说明以上的统一是初步的，因为：1. 我们仍然无法知道为什么电场力、磁场力和引力在作用力的方向上呈现不同的规律。2. 引力的第一项有因子 $2/3$ ，电场力没有对应的因子。对第2个问题，在后文讨论空间性质时稍作推测。对第1问题，也许解决的契机就在微观粒子自身。到目前为止，物理学还没有对“物质显示电性”和“物质显示两种不同的电性”给出最后的说明。再者，微观粒子的自旋到底有什么物理实质？微观粒子有没有真正的自转？如果微观粒子有高速自转，那么它的自转角动量在方向上会不会有特定的取向？对这些只能寄希望于将来的物理学。

电磁力依赖于什么样的空间性质呢？目前的电磁学实验都是在地球实验室完成的，磁场力中电荷的运

动速度是相对实验室（地面）的速度。此外，特鲁顿-诺伯实验的 0 结果也说明，静止在实验室中的电荷之间没有磁场力。因此，有理由认为电磁力是依赖于地球质量造成的空间性质的。于是，式(8)中的 n 取 2，才能使宇宙物质造成的空间性质尽快衰减，使地面附近的空间性质由地球质量决定。见附件I的计算。带电物质与电中性物质性质不同，依赖的空间性质不同并不奇怪。存在的问题是，对地面附近的某一个点来说，地球物质传播过来的空间性质不可能是球对称的。此问题很明显，详细的计算不再写出。这导致的结果是，即使处在地面附近某点的电荷 q_1 、 q_2 电量不变、距离不变，只要两者连线方向变化，两者之间的电场力就会变化，这与物理学事实不符。物理学家在研究宇宙射线时设想一种机制，即认为行星际空间和星系际空间存在磁场，会使带电粒子的轨迹发生弯曲。于是，即使宇宙射线不是各向同性的，这个机制也会导致宇宙射线各向同性。那么对电磁力来说，会不会存在一种机制，使对地面附近的带电体来说，不各向同性的空间性质变得与各向同性等价呢？有些问题目前物理学仍然没有给出最后的说明，如微观粒子的自旋到底是什么？微观粒子是否存在真正的自转？如果微观粒子存在高速自转，也许会有意想不到的结果。对电场力没有 $2/3$ 数字因子也可作此推测。这些问题都有待于未来的研究。

本文得出的结果是奇妙的！因此，作者认为上文中提到的诸问题均不足以成为放弃本文的思想的理由！

目前电磁学实验都是在地面实验室完成的。如果在高空实验室做电磁学实验，由于地球物质造成的空间性质会衰减，因此在地面实验室定义的电荷在高空实验中电场力和磁场力可能会减小。这是本文提出的预测。但是需要考虑到，体现这个特征的高度不能无限制增加。因为随着高度的增加，会进入太阳质量决定的空间性质所控制的空间。

5 一点展望

物理学家认为，依据牛顿引力，宇宙会发生坍缩，物质会集聚于一处。而牛顿认为^[13]，如果宇宙是有限的，这种塌缩就不会发生。但是，这样引力就成为瞬时的。基于本文，宇宙大尺度上的引力与局部区域会有所不同。如果基于本文对大尺度上的引力进行研究，有希望对这个问题给出说明。基于此，宇宙学提出的宇宙演化初期的引力不稳定性问题也有希望得到更好的说明。另外，如果引力与宇宙的膨胀有关，那么基于本文对宇宙大尺度上的引力进行研究，可能使我们找到物理学的一种新的对称关系。

附录 I 计算相关天体和宇宙物质造成的空间性质

前文讨论引力所依赖的空间性质时已经提到，如果宇宙膨胀是物质释放这种空间性质（ n 取 1 时）的条件，那么银河系物质以及近处蓝移星系的物质就不会释放这种空间性质。此处假设它们都能够释放这种空间性质给出计算。§3.1 已假定，可以基于引力质量或惯性质量对相关天体造成的空间性质进行比较。此处将基本数据和计算结果列入表I-1，并对相关问题说明于后。明显影响较小、足可判断的天体，如土星比木星距离远、质量小，小麦哲伦云比大麦哲伦云距离远、质量小，均不再列入。

表I-1 相关天体造成的空间性质的计算方法及计算结果

天体	质量 (kg)	距离(m)	N 取 1 时	N 取 2 时

			计算方法	计算结果	计算方法	计算结果
地球	5.97×10^{24}	6371004	$\frac{4}{3}\pi r^2 \frac{\rho_0 + 3\rho_r}{4}$	9.09×10^{17}	M/r^2	1.47×10^{11}
月球	7.35×10^{22}	384401000	M/r	1.91×10^{14}	M/r^2	4.97×10^5
水星	3.33×10^{23}	(1-0.39) AU	M/r	3.63×10^{12}	M/r^2	39.6
金星	4.87×10^{24}	(1-0.72) AU	M/r	1.18×10^{14}	M/r^2	2.84×10^3
火星	6.42×10^{23}	(1.52-1) AU	M/r	8.2×10^{12}	M/r^2	1.05×10^2
木星	1.9×10^{27}	(5.2-1)AU	M/r	3.02×10^{15}	M/r^2	4.8×10^3
太阳	1.99×10^{30}	1.496×10^{11}	M/r	1.33×10^{19}	M/r^2	8.89×10^7
银河系	$8 \times 10^{11} \sim 4.5 \times 10^{12} M_{\odot}$	2.4×10^4 ly	M/r	7.01×10^{21} $\sim 3.94 \times 10^{22}$	M/r^2	$0.31 \times 10^2 \sim$ 1.74×10^2
人马座星系	银河系质量 $\times 10^{-4}$	24kpc+ 2.4×10^4 ly	M/r	9.25×10^{17}	M/r^2	9.56×10^{-4}
大麦哲伦云	$1.8 \times 10^{11} M_{\odot}$	50kpc	M/r	2.32×10^{20}	M/r^2	0.15
仙女座星云(M31)	$1.5 \times 10^{12} M_{\odot}$	2.5×10^6 ly	M/r	1.26×10^{20}	M/r^2	5.34×10^{-3}
宇宙深处物质	临界半径 138×10^8 ly 物质密度 $4.08 \times 10^{-28} \text{kg/m}^3$		$\frac{6 + 4w}{3} \pi r_0^2 \rho$	1.5×10^{27}	$(4 + 2w) \pi r_0 \rho$	17.36

一、关于资料来源:

行星（包括地球）、太阳的资料依据文献[14]。其中行星距离值使用其轨道半长径与天文单位 AU 两者的差,指其与地球距离最近的时候。地球距离值取地球平均半径,指地球表面。月球的资料依据文献[15]。银河系资料据文献[10]。人马座星系资料据文献[10]和[16]。因为人马座星系大致在银心对面,因此其距离使用了它与银河系的距离与太阳、银心距离之和。大麦哲伦云资料据文献[17]。仙女座星云 M31 资料据文献[10],距离 250 光年应是 250 万光年之误。宇宙物质密度据文献[10],原文为 kg/cm^3 ,应是 kg/m^3 之误。

二、关于计算方法:

因为意在比较,所以 n 取 1 时的空间性质不再计入比例系数 δ ,n 取 2 时的空间性质也不考虑比例系数。行星、太阳以及比邻星系、大麦哲伦云以及仙女座星云因其尺度相比距离极小,因此直接使用 M/r 和 M/r^2 。对地球, n 取 1 时的计算方法从质元积分得来,计算过程本文不再写出。n 取 2 时,以“质量”完全在球心,则有 M/r^2 ;以质量均匀分布,从质元开始积分得到 $1.5M/r^2$ 。由于地球质量有中聚现象,因此实际必然在 $1 \sim 1.5M/r^2$ 之间。由于地球的值最大,因此表中以最小的值 M/r^2 列出。对银河系的计算,把质量放在

了质心，直接使用了 M/r 和 M/r^2 ，是一种粗略的估算。按照文献[10]采用的数据，银河系的质量在 $8 \times 10^{11} \sim 4.5 \times 10^{12} M_{\odot}$ ，表中给出了最小值和最大值。宇宙深处物质的计算， n 取1时的计算方法即正文导出的式(12)。 n 取2时的计算方法用同样的方法导出，计算过程不再写出。以下计算 w 的值。

需研究宇宙某处的物质密度见式(9)。距离 r 处半径为 r 、厚度为 dr 的球壳的“质量”为

$$M_o = 4\pi r^2 dr \left(\rho + \frac{w\rho}{r_0} r \right) \quad (I-1)$$

于是，需研究宇宙中物质的总“质量”为

$$M = 4\pi \left(\rho \int_0^{r_0} r^2 dr + \frac{w\rho}{r_0} \int_0^{r_0} r^3 dr \right) = 4\pi \left(\rho \frac{1}{3} r_0^3 + \frac{w\rho}{r_0} \frac{1}{4} r_0^4 \right) \quad (I-2)$$

$$= \left(\frac{4}{3} + w \right) \pi r_0^3 \rho \quad (I-3)$$

已经假定可以使用物质的质量代替“质量”进行测算。使用文献[10]采用的数据， $M = 1.46 \times 10^{53} \text{kg}$ ， $\rho = 4.08 \times 10^{-28} \text{kg/m}^3$ 。 r_0 采用138亿光年。于是

$$w \approx 49.89 \quad (I-4)$$

三、简单的分析：

上面虽然采用了一些近似的计算方法，但是足可比较：

从 n 取1的计算结果看，银河系的比宇宙物质的至少小5个数量级，大麦哲伦云和M31至少比银河系小1个数量级，其他都更小。对银河系的近似计算其误差会远小于1个数量级。因此，对银河系的粗略计算不会影响“空间性质由宇宙深处物质决定”的总体结论。对宇宙深处物质的计算直接使用了138亿光年，未考虑近处3亿光年内的物质已经另做计算。因为近处物质占比很小，其影响在省略掉的小数点后第3位。

从 n 取2的计算结果看，太阳的比地球的小4个数量级，其他都小得多。因此对银河系的近似计算不影响总体结论。

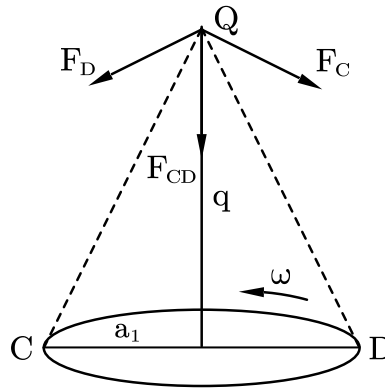
式(I-1)是以宇宙物质密度随 r 的增加线性增加考虑的。如果宇宙物质密度实际有偏离，在 n 取1时由于银河系的数值比宇宙深处物质的小至少5个数量级，因此不会影响比较结果。在 n 取2时宇宙深处物质的极小，更不会影响。

附录II 计算球形质量转动产生的力场

沿与旋转轴垂直的方向将旋转球体平均分割成 n 层，让 n 趋近于无限大。先分析其中的一个物质层。该物质层的半径为 a_0 ，将其厚度记为 dh 。沿径向将该物质层平均分割成 m 个同心圆环，当 m 趋近于无限大时，将每个环的宽度（径向）记为 da 。选择其中一个环，将其半径记为 a_1 。见图II-1。轴线上一点 Q 与环中心点的距离为 q 。 C 、 D 为该环某一条直径的两个端点。物质环在这两点处的质元 C 和 D 其长度均为 ds 。可知，两个质元的质量均为 $dadhdsp$ 。 ρ 为旋转球体的质量密度。于是，根据正文式(36)，两物质元在 Q 点的力场的场强为

$$F_C = F_D = k \frac{dadhdspa_1\omega}{q^2+a_1^2} \quad (II-1)$$

方向见图示。 ω 为旋转球体的角速度。 F_C 和 F_D 的矢量和为图中的 F_{CD}



图II-1 分析物质元的力场

$$F_{CD} = 2k \frac{dhda\omega a_1}{q^2+a_1^2} \frac{a_1}{\sqrt{q^2+a_1^2}} = k \frac{2a_1^2\rho\omega}{(q^2+a_1^2)^{\frac{3}{2}}} dhda\omega \quad (\text{II-2})$$

单独对 s 积分，积分区间为 $[0, \pi a_1]$ ，得到整个物质环在 Q 点的力场，为

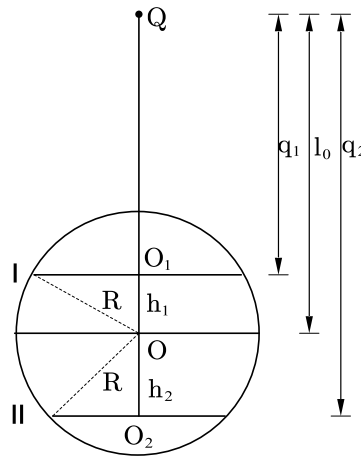
$$F_o = k \frac{2\pi a_1^3 \rho \omega}{(q^2+a_1^2)^{\frac{3}{2}}} dhda \quad (\text{II-3})$$

考虑整个物质层，将上式中的 a_1 易为变量 a ，对 a 积分，整个物质层在 Q 点的力场为

$$\vec{F}_o = k2\pi\rho\omega dh \int_0^{a_0} \frac{a^3}{(q^2+a^2)^{\frac{3}{2}}} da = k2\pi\rho\omega dh \frac{2q^2+a^2}{\sqrt{q^2+a^2}} \Big|_0^{a_0} \quad (\text{II-4})$$

$$= k2\pi\rho\omega dh \frac{(q-\sqrt{q^2+a_0^2})^2}{\sqrt{q^2+a_0^2}} \quad (\text{II-5})$$

考虑整个球体在 Q 点的力场。见图II-2，图中的圆代表整个球体。首先考虑球体上半部。 h_1 为球心与物



图II-2 分析球体的力场

质层I的垂直距离。此时式(II-5)中的 $a_0 = \sqrt{R^2 - h_1^2}$ 。 q 即此处的 q_1 ， $q_1 = l_0 - h_1$ 。 dh 在此处即 dh_1 。于是，

根据式(II-5)，天体上半部在 Q 点的力场为

$$F_1 = k2\pi\rho\omega \int_0^R \frac{\left(l_0 - h_1 - \sqrt{(l_0 - h_1)^2 + R^2 - h_1^2} \right)^2}{\sqrt{(l_0 - h_1)^2 + R^2 - h_1^2}} dh_1 \quad (\text{II-6})$$

$$= k2\pi\rho\omega \int_0^R \frac{\left(l_0 - h_1 - \sqrt{l_0^2 + R^2 - 2l_0 h_1}\right)^2}{\sqrt{l_0^2 + R^2 - 2l_0 h_1}} dh_1 \quad (\text{II-7})$$

$$= k2\pi\rho\omega \left\{ \left[-\frac{2l_0^2 + R^2}{l_0} - \frac{2(l_0^2 + R^2)^2 + 2l_0(l_0^2 + R^2)h_1 + 3l_0^2 h_1^2}{15l_0^3} + \frac{4(l_0^2 + R^2 + l_0 h_1)}{3l_0} \right] \sqrt{l_0^2 + R^2 - 2l_0 h_1} - 2l_0 h_1 + h_1^2 \right\} \Big|_0^R \quad (\text{II-8})$$

考虑球体下半部。 h_2 为球心与物质层II的垂直距离。此时式(II-5)中的 $a_0 = \sqrt{R^2 - h_2^2}$ 。q即此处的 q_2 ，

$q_2 = l_0 + h_2$ 。dh在此处即 dh_2 。于是，根据式(II-5)，天体下半部在Q点的力场为

$$F_2 = k2\pi\rho\omega \int_0^R \frac{\left(l_0 + h_2 - \sqrt{(l_0 + h_2)^2 + R^2 - h_2^2}\right)^2}{\sqrt{(l_0 + h_2)^2 + R^2 - h_2^2}} dh_2 \quad (\text{II-9})$$

$$= k2\pi\rho\omega \int_0^R \frac{\left(l_0 + h_2 - \sqrt{l_0^2 + R^2 + 2l_0 h_2}\right)^2}{\sqrt{l_0^2 + R^2 + 2l_0 h_2}} dh_2 \quad (\text{II-10})$$

$$= k2\pi\rho\omega \left\{ \left[\frac{2l_0^2 + R^2}{l_0} + \frac{2(l_0^2 + R^2)^2 - 2l_0(l_0^2 + R^2)h_2 + 3l_0^2 h_2^2}{15l_0^3} + \frac{4(l_0^2 + R^2 - l_0 h_2)}{3l_0} \right] \sqrt{l_0^2 + R^2 + 2l_0 h_2} - 2l_0 h_2 - h_2^2 \right\} \Big|_0^R \quad (\text{II-11})$$

计算式(II-8)和式(II-11)并将结果取和，得到旋转球体在其旋转轴延长线上的力场的场强

$$F_b = k \frac{8}{15} \pi\rho\omega \frac{R^5}{l_0^3} (l_0 \geq R) \quad (\text{II-12})$$

参考文献

- [1] 戴元本. 相互作用的规范理论[M]. 第2版. 北京: 科学出版社, 2005: 322, 413.
- [2] 梅晓春. 第三时空理论与平直时空中的引力和宇宙学[M]. 北京: 知识产权出版社, 2015: 269-273.
- [3] WANG Ling-jun. Unification of gravitational and electromagnetic fields[J]. Physics Essays, 2018, 31(1): 81-88.
- [4] 牛顿. 自然哲学之数学原理[M]. 王克迪, 译. 北京: 北京大学出版社, 2006: 8.
- [5] 爱因斯坦. 狭义与广义相对论浅说[M]. 杨润殷, 译. 北京: 北京大学出版社, 2006.
- [6] 黑格尔. 逻辑学(下)[M]. 北京: 商务印书馆, 1976.
- [7] 马赫. 力学及其发展的批判历史概论[M]. 李醒民, 译. 北京: 商务印书馆, 2014.
- [8] 转引自STEVENWEINBERG. 宇宙学[M]. 向守平, 译. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2013: 1.
- [9] 俞允强. 物理宇宙学讲义[M]. 北京: 北京大学出版社, 2002: 162.
- [10] 孙扬, 胡中为. 天文学教程(下)[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2020: 236, 248, 279, 281.
- [11] 涂良成, 黎卿, 邵成刚, 等. 万有引力常数G的精确测量[J]. 中国科学: 物理学 力学 天文学, 2011, 41(6): 691-705.
- [12] 肖立业. 天体和星系磁场起源的探索[J]. 电工电能新技术, 2003, 22(4): 53-59.
- [13] 塞耶. 牛顿自然哲学著作选[M]. 上海: 上海人民出版社, 1974: 54.
- [14] 胡中为, 孙扬. 天文学教程(上)[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2019: 83, 230, 424.

- [15] 余明. 简明天文学[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 376.
- [16] 李建云. 银河系吞食人马座矮星系[J]. 大自然探索, 2003 (12): 72.
- [17] 曹雅楠. 麦哲伦云对银河系的影响——CSST预研究[D]. 南充: 西华师范大学, 2003: 2, 8.