

两个代数公式取代两个相对论

——兼论牛顿与爱因斯坦的共同误区

王江祁

2026/5/1

Abstract

广义相对论用黎曼几何、度规张量、克里斯托费尔符号、曲率张量、爱因斯坦场方程和测地线方程等一整套复杂数学工具，计算了四个经典引力检验——光线偏折（ $1.75''$ ）、水星进动（ $43.0''/\text{世纪}$ ）、引力红移和夏皮罗延迟（ $\sim 240 \mu\text{s}$ ）。本文论证：这四个检验的数值可以用一个代数因子精确复现——

$$F = -\frac{GMm}{r^2} \cdot \underbrace{\left(1 + \frac{v^2}{c_0^2}\right)}_{\text{光速因子}} \cdot \underbrace{e^{-2GM/(c_0^2 r)}}_{\text{引力因子}}$$

乘到牛顿引力定律上即可，不需要黎曼几何。光速因子量化运动对引力响应的增强（静止物体为 1，光子为 2），引力因子量化引力场的自增强。狭义相对论的全部运动学推论可从光速恒等式 $c_{\text{local}}^2 + v^2 = c_0^2$ 直接导出，不需要洛伦兹变换和光速不变公设。

两个代数公式，取代两个相对论。

本文进一步揭示这两个因子背后的物理本质：水星进动的系数 3 不是铁板一块——它有内部结构 $3 = 1 + 2$ 。光速因子贡献 1，引力因子贡献 2，各有独立的物理来源和极限行为，无法被还原为“时空弯曲”这一个几何实体的投影。引力因子 $e^{-2GM/c_0^2 r}$ 在数值上严格小于 1，物理上却增强轨道弯曲——这在牛顿的“力 \times 因子”框架中构成逻辑悖论，在振动论的等势面矢量合成框架中自然消解。

牛顿力学与广义相对论各错一半：牛顿引入了虚构的力与质量，混淆了函数值与导数；广义相对论看到了效应，但把它错设为时空弯曲，将简单的物理包装在复杂的几何中。两个理论各绕了巨大的弯路。振动论把因果关系纠正过来：势场调制频率，频率决定一切物理量，物理量演化出运动。不需要力，不需要质量，不需要时间弯曲，不需要空间弯曲。

强场下，振动论与广义相对论给出不同的预言：广义相对论预言光子球在 $r = 3GM/c^2$ ，振动论导出光子球方程 $x = e^x$ ，该方程在实数范围内无解——光子圆轨道不存在，黑洞阴影边界为渐变过渡带而非锐利光子环。这场语言之争可由下一代事件视界望远镜（ngEHT）或空间 VLBI 裁决。

1. 四个数字，两种算法

引力理论有四个经典检验。它们的数值早已被测量到高精度：

检验	观测值
光线经过太阳的偏折角	1.75''
水星近日点每世纪进动	43.0''
引力红移	$\Delta\nu/\nu = -GM/(c^2r)$
雷达信号经过太阳的额外时间延迟	$\sim 240 \mu\text{s}$ （地球-水星上合日）

四个数字是同一个物理机制的不同表现。问题是：给出这四个数字，需要多复杂的数学？

2. 光速恒等式——狭义相对论运动学的代数来源

狭义相对论的全部运动学推论——时间膨胀、长度收缩、质能关系、光速极限——传统上依赖两个公设：相对性原理和光速不变。本节展示，这些推论可以从一个代数恒等式导出。

2.1 光速恒等式

$$c_{\text{local}}^2 + v^2 = c_0^2$$

c_{local} 是运动物体的内部光速， v 是外部运动速度， c_0 是静止时的内部光速。静止时内部光速为 c_0 ，运动时内部光速下降，以光速运动时内部光速为零。

2.2 全部运动学推论

1. **时间膨胀**：内部时间流逝率正比于内部光速——

$$\frac{d\tau}{dt} = \frac{c_{\text{local}}}{c_0} = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c_0^2}}$$

运动时钟变慢——不是来自坐标变换，而是内部光速降低的直接结果。

2. **全方位尺缩**：内部光速降低导致内部空间尺度全方位同步缩小。因为内部光速是各向同性的标量，它的降低均等地影响所有方向。传统理论中“只在运动方向收缩”是坐标变换效应；本体系的收缩是物理的、各向同性的。迈克尔逊-莫雷实验的零结果是内部光速与尺度同比例变化的自然结果。

3. **质能关系**：由频率第一性原理 $E = h\nu$ ，运动时 $E = E_0/\sqrt{1 - v^2/c_0^2} = \gamma m_0 c_0^2$ ，即 $E = mc^2$ 。

4. **光速极限**： $v \rightarrow c_0$ 时 $c_{\text{local}} \rightarrow 0$ ，内部振动停止，无法再加速。光速极限不是公设，是推论。

5. **光速不变的表现性**：本地观测者用变慢的钟和缩短的尺去测量，测得的光速恒为 c_0 ——这是测量系统自相似性的结果，不是绝对物理事实。

2.3 小结

狭义相对论的全部运动学推论，来自一个代数恒等式。不需要洛伦兹变换，不需要光速不变公设。狭义相对论的运动学被一个代数公式收编。

3. 广义相对论为引力建造了什么

为了从“质量弯曲时空”走到“行星轨道进动”，广义相对论需要：

- 几何基础：4 维伪黎曼流形、度规张量 $g_{\mu\nu}$ （10 个独立分量）
- 联络与曲率：克里斯托费尔符号（64 个分量，40 个独立）、黎曼曲率张量（256 个分量，20 个独立）、里奇张量、里奇标量、爱因斯坦张量
- 场方程： $G_{\mu\nu} = (8\pi G/c^4)T_{\mu\nu}$ （10 个耦合的二阶非线性偏微分方程）
- 运动方程：测地线方程（4 个耦合的二阶非线性常微分方程）

求解过程（水星进动为例）：假设静态球对称 → 导出史瓦西度规 → 写出测地线方程 → 降阶 → Binet 变换 → 微扰求解 → 代入参数 → 得到 $43.0''$ 。一个物理系研究生需要一个学期的课程才能独立走完这七步。

4. 振动论的回答：一个因子

定义引力增强因子：

$$\mathcal{F}_{\text{完整}} = \left(1 + \frac{v^2}{c_0^2}\right) \cdot e^{-2GM/(c_0^2 r)}$$

乘到牛顿引力定律上： $F = -\frac{GMm}{r^2} \cdot \mathcal{F}_{\text{完整}}$ 。

4.1 光线偏折

光子 $v = c_0$ ，光速因子 = 2。指数因子在太阳表面偏离 1 仅 4.24×10^{-6} ，可忽略。牛顿偏折角 $0.875'' \times 2 = 1.75''$ 。计算量：一步乘法。

所谓“空间弯曲贡献一半、时间弯曲贡献一半”，不过是将因子 2 拆成两半，各起了一个几何名字。这不是强场效应——纯粹是光子跑得快。

4.2 水星进动

展开到 $1/c_0^2$ 阶：

$$\mathcal{F}_{\text{完整}} \approx 1 + \frac{v^2}{c_0^2} - \frac{2GM}{c_0^2 r}$$

三项在 Binet 方程中汇聚为系数 3：

项	系数	物理来源	进动贡献
1	1	牛顿引力	基础轨道
v^2/c_0^2	1	光速因子（运动调制）	$\sim 14.3''/\text{世纪}$
$2GM/c_0^2 r$	2	引力因子（引力势自调制）	$\sim 28.6''/\text{世纪}$
总计	3	—	$\sim 42.98''/\text{世纪}$

微扰求解得 $\Delta\varphi = 6\pi GM/(c_0^2 a(1 - e^2)) = 42.98''/\text{世纪} \approx 43.0''/\text{世纪}$ 。

4.3 引力红移与夏皮罗延迟

引力红移： $\mathcal{F}_{\text{完整}}$ 在 $v = 0$ 时的静态极限给出 $\nu/\nu_0 = e^{-GM/(c_0^2 r)}$ ，红移量 $\Delta\nu/\nu = -GM/(c_0^2 r)$ 。

夏皮罗延迟：光速因子在 $v = c$ 时的效应等效为坐标光速调制，额外时间延迟 $\Delta t \approx 240 \mu\text{s}$ 。

4.4 小结

检验	牛顿力学 $\times \mathcal{F}_{\text{完整}}$	广义相对论
光线偏折	$1.75''$	$1.75''$
水星进动	$43.0''/\text{世纪}$	$43.0''/\text{世纪}$
引力红移	$\Delta\nu/\nu = -GM/(c_0^2 r)$	同
夏皮罗延迟	$240 \mu\text{s}$	$240 \mu\text{s}$

四个检验，同一个因子，全部正确。

5. GPS 时间修正：两个公式协同

GPS 卫星同时受两个效应影响：

效应	来源公式	修正量
引力红移	引力增强因子（静态极限）	$+45 \mu\text{s}/\text{天}$
运动钟慢	光速恒等式（ \rightarrow 洛伦兹因子）	$-7 \mu\text{s}/\text{天}$
净修正	—	$+38 \mu\text{s}/\text{天}$

两个公式，各司其职。不需要洛伦兹变换，不需要时空弯曲。

6. 系数 3 的内部结构：时空弯曲无法容纳

广义相对论中，水星进动的系数 3 来自史瓦西度规展开——3 就是 3，没有内部结构。为什么是 3？因为度规说它是 3。

振动论中， $3 = 1 + 2$ 。两个不同来源的贡献，在近日点叠加。

如果光速因子和引力因子只是“时空弯曲”这同一个实体的两种投影，它们应该无法独立开关，比例应在所有极限下保持恒定。事实是：

- **静止物体**：光速因子 = 1（关闭），引力因子仍在工作。如果只有时空弯曲，为什么一个“投影”消失了，另一个还在？
- **光子**：引力因子在弱场下几乎不工作（偏离 1 仅 10^{-6} ），光速因子独立翻倍偏折角。为什么另一个“投影”消失了？
- **水星进动**：两者贡献份额不同（1/3 与 2/3）。这个比例不是任何单一几何实体的对称性所要求的。

两个因子各自独立地、可分离地产生物理效应。它们不能是同一个实体的两个投影。“时空弯曲”至多是覆盖在两种独立物理机制之上的一个共同标签。标签不是解释。

6.1 广义相对论叙事的不自洽：1 : 1 的失踪

广义相对论对经典检验的物理叙事存在一个被长期忽略的逻辑不一致。

在光线偏折中，广义相对论明确拆分明细：牛顿值 $0.875''$ ，完整值 $1.75''$ 。多出的 $0.875''$ ，一半来自“空间弯曲”，一半来自“时间弯曲”——比例 1 : 1。这个叙事在教科书和科普中反复出现，被视为时空弯曲理论的标志性胜利。

但在水星进动中，这个 1 : 1 消失了。

水星进动的系数 3，如果要按“空间/时间弯曲”拆分，实际的贡献比大约是 1 : 2——“时间弯曲”贡献约 1 份，“空间弯曲”贡献约 2 份。从光子到水星，同一个小质量太阳，同一个史瓦西度规，同一个“时空弯曲”——贡献比例却从 1 : 1 变成了 1 : 2。

如果“空间弯曲”和“时间弯曲”是时空几何的固定属性，它们的贡献比例应该是固定的。如果比例随粒子的运动状态而变，它们就不是时空本身的属性，而是粒子与引力场相互作用的动力学响应——等于承认是物理机制而非几何本质。

广义相对论对此的处理是沉默。它在光线偏折中高调拆分明细，在水星进动中只报总账（系数 3）。读者看到 $43.0''$ 精确符合便不再追问。

这不是一个自洽的物理叙事。这是在能讲对称故事的地方讲对称故事，在讲不了的地方放弃故事——只保留方程的正确性。而方程的正确不依赖于叙事正确。

振动论不需要这种按需拼凑的叙事。光速因子和引力因子各有清晰的物理来源、独立的参数依赖和可追踪的贡献份额。在光子那里，光速因子 ≈ 2 ，引力因子 ≈ 1 （弱场极限），总效果 $\times 2$ ——不需要“空间弯曲”和“时间弯曲”各贡献一半。在水星那里，光速因子贡献 1 份，引力因子贡献 2 份，在 Binet 方程中汇聚为系数 3——不需要沉默，不需要隐藏明细。两个因子使用同一套规则，在所有物理情境下贡献透明、比例自明、逻辑一致。

更深层的问题在于：广义相对论将光线偏折定性为纯粹的时空几何效应——光沿弯曲时空的零测地线运动，偏折角只取决于经过区域的曲率，与光子自身的运动状态无关。光子永远以 c 运动，没有可调的运动参数，因此“运动”这一维度在光线偏折的几何叙事中是完全缺席的。

但在振动论中，光线偏折翻倍恰恰是运动效应。光速因子 $1 + v^2/c_0^2$ 在 $v = c$ 时取值为 2——光子偏折从 $0.875''$ 翻倍至 $1.75''$ ，是因为它跑得快，动势被压缩，引力势在等势面矢量合成中占据更大权重。这与水星进动中光速因子贡献的那 1 份（系数 3 中的“1”）来自完全相同的物理机制。同一光速因子，在光子那里贡献翻倍，在水星那里贡献约 $14.3''/\text{世纪}$ ——差别仅在于速度不同。偏折角随速度连续变化：水星 \approx 牛顿值， $0.5c$ 粒子 ≈ 1.25 倍， $0.9c$ 粒子 ≈ 1.81 倍，光子 = 2 倍。光线偏折和水星进动是同一个运动调制效应的不同速度表现。

广义相对论用一个“与运动无关”的几何叙事来描述一个本质上是运动效应的现象。它在光线偏折中高调拆分“空间弯曲一半、时间弯曲一半”，却没有意识到那个翻倍的因子 2 根本不需要被拆分成两个几何标签——它是一个完整的、独立的运动调制因子。把它拆成两半，各贴一个几何标签，不是揭示了本质，而是遮蔽了本质。

7. 引力因子悖论：牛顿与爱因斯坦各错一半

7.1 数值与效果的表面矛盾

引力因子 $e^{-2GM/c_0^2 r}$ 在数值上严格小于 1。

牛顿力学框架中，因子 < 1 意味着引力被削弱 \rightarrow 加速度减小 \rightarrow 轨道更直 \rightarrow 进动更少甚至反向。但物理事实是：水星进动多了 $43''$ ，轨道更弯了。

一个数值上小于 1 的因子，产生了“增强”的物理效果。这在牛顿的“力 \times 因子 = 加速度”逻辑中是自相矛盾的。

7.2 牛顿力学的误区：混淆了值与导数

牛顿预设“力决定加速度，加速度决定轨道弯曲，修正因子乘在力上， > 1 增强， < 1 减弱”——这个预设本身是错误的。

轨道的弯曲不由力的绝对值决定，而由势场的梯度——即势随距离的变化率——决定。引力因子的值小于 1，但它在近日点的导数——势阱的陡峭程度——比牛顿的 $1/r$ 势更大。函数值和它的导数是两回事。一个处处小于 1 的函数，完全可以有处处比参照函数更大的导数。

因子真正改变的是势的形状。它在近日点制造了一个比牛顿预期更深、更陡的势阱。物体滑过这个更陡的势阱时，路径偏转得更多。不是力变大了，是势变陡了。

牛顿引入了虚构的力与质量，把因子放在力上，所以看到“小于 1”就认为是减弱——悖论由此产生。

7.3 广义相对论看到了效应，但把它神话了

广义相对论正确地捕捉到了这个更陡的势阱——它藏在史瓦西度规的 $1/(1 - 2GM/c^2 r)$ 展开中。但它没有把这个效应归因于势场本身的非线性，而是归因于“时空被质量弯曲”。

当你把势场的非线性重新解释为时空的弯曲，你就把一个物理问题变成了一个几何问题。几何是精确的——广义相对论的数学没有错——但它掩盖了效应的真实来源。你不再追问“为什么势在近日点更陡”，而是满足于“因为时空在那里更弯”。

牛顿问错了问题（“力变大了吗”），爱因斯坦给错了答案（“因为时空弯了”）。两个理论各错一半。

8. 物理本质：势场非线性与运动非线性的矢量合成

振动论不经过“力”和“质量”。轨道的弯曲程度由等势面的矢量合成决定。

8.1 两个因子的角色

等势面由引力势 Φ_g 与动势 Φ_{motion} 矢量合成构造：

$$\Phi_g(r) + \Phi_{\text{motion}}(v, \alpha) = C, \quad \mathbf{v} \cdot \nabla(\Phi_g + \Phi_{\text{motion}}) = 0$$

光速因子 $1/(1 + v^2/c_0^2)$ 的作用是压制动势——同样速度下，动势在矢量合成中的权重减小，引力势权重相对增大，等势面更弯。在光子极限下，动势被压缩一半，偏折角翻倍。

引力因子 $e^{-2GM/c_0^2 r}$ 的作用是加深势阱——改变引力势的形状，近日点处势阱比牛顿预期更深、更陡，在矢量合成中引力势权重更大，等势面更弯。它在静止物体上也工作——即使光速因子关闭，近日点的势阱仍然比牛顿预期更陡。

两个独立机制，从不同方向推动同一个结果：让引力势在等势面矢量合成中占据更大的相对权重。结果就是水星进动 $43''$ ，光线偏折 $1.75''$ 。

8.2 悖论的消解

- **牛顿框架**：因子乘在力上 \rightarrow 因子 $< 1 \rightarrow$ 力变小 \rightarrow 加速度变小 \rightarrow 轨道更直。矛盾。
- **振动论框架**：因子改变势的形状 \rightarrow 因子 < 1 但导数更大 \rightarrow 势阱更陡 \rightarrow 等势面更弯。自洽。

悖论的根源在于牛顿把“力”和“质量”当作基本概念，而没有看到轨道的本质是势场的几何。“引力增强”不需要力的增强，需要的是势阱的加深和动势的压缩。

9. 三者的核心差异

	牛顿力学	广义相对论	振动论
引力被增强了吗	无法解释	解释为时空弯曲	动势被压缩 + 势阱被加深
机制	—	几何效应	两个独立因子协同
因子 < 1 意味着什么	引力减弱（矛盾）	—（不使用因子语言）	势的导数增大（不矛盾）
核心概念	力	时空曲率	等势面矢量合成
根本误区	虚构了力与质量	错设了时空弯曲	—

10. 强场裁决：光子球方程 $x = e^x$

在弱场下，振动论与广义相对论等价。在强场下，两者给出不同的预言。

10.1 光子球的存在性

广义相对论预言光子球在 $r = 3GM/c^2$ 。

振动论用完整引力增强因子求光子圆轨道：光子 $v = c_0$ ，圆轨道 $R_{\text{等效}} = r$ ， $\sin \alpha = 1$ 。代入完整 R 公式：

$$r = \frac{c_0^2 r^2}{2GM} \cdot e^{2GM/(c_0^2 r)}$$

令 $x = 2GM/(c_0^2 r)$ ，化简得：

$$\boxed{x = e^x}$$

证明无解：令 $f(x) = e^x - x$ 。 $f(0) = 1$ 。 $f'(x) = e^x - 1 > 0$ 对所有 $x > 0$ 。 $f(x)$ 严格单调递增， $f(x) > 1$ 对所有 $x > 0$ 。 方程 $f(x) = 0$ 在 $x > 0$ 无解。
光子圆轨道不存在。

10.2 物理图像与对比

	广义相对论	振动论
光子球半径	$r = 3GM/c^2$	无解
轨道性质	不稳定圆轨道	无圆轨道
光子行为	可暂时绕行多圈	始终螺旋运动
阴影边界	锐利光子环	渐变过渡带

光子无法在任何半径处形成闭合圆轨道——要么螺旋向内坠入视界，要么螺旋向外逃逸到无穷远。不存在那个“刚好平衡”的半径。

10.3 观测前景

当前 EHT 对 M87* 和 Sgr A* 的观测已看到环状结构，但分辨率不足以区分锐利环和弥散带。ngEHT 和空间 VLBI 可能将分辨率提升到微角秒级，直接检验这一预言。强场观测将决定：哪个理论是物理真实，哪个只是弱场下的等效数学描述。

11. 任意速度粒子的偏折：统一公式

同一个引力增强因子覆盖从行星到光子的全部情形：

$$\theta(v) = \frac{2GM}{c_0^2 b} \cdot \left(1 + \frac{v^2}{c_0^2}\right)$$

粒子	v/c	偏折角	与牛顿值之比
光子	1	$4GM/c_0^2 b = 1.75''$	2
0.9c 粒子	0.9	$3.62GM/c_0^2 b$	1.81
0.5c 粒子	0.5	$2.5GM/c_0^2 b$	1.25
水星	1.6×10^{-4}	$\approx 2GM/c_0^2 b$	≈ 1

一个公式，全速度范围覆盖。

12. “革命之后，需要简化”

本文不是在攻击两个相对论。

爱因斯坦用几何语言揭示了牛顿力学在强场下的不足，用洛伦兹变换统一了力学和电磁学的运动学。这是革命性的。在此之前，没有人知道引力在强场下与牛顿力学有什么不同。两个相对论的几何表述和坐标变换是发现这些新物理的关键工具。

但革命之后，需要简化。一百年过去了，是时候问：这些修正的本质是什么？它们真的需要黎曼几何和洛伦兹变换吗？

振动论的回答是：不需要。两个代数公式——光速恒等式和引力增强因子——就够了。两个相对论的整个数学大厦，在弱场下可以被压缩为两个代数公式。这不是说两个相对论错了，而是说它们把简单的物理包装在了复杂的数学里。

振动论将狭义相对论从洛伦兹变换翻译回物理语言——运动降低内部光速。将广义相对论从几何语言翻译回物理语言——运动增强引力响应（光速因子），引力场自增强（引力因子）。计算中既没有时间也没有空间，只有势和频率。在翻译中，发现了振动论与广义相对论在强场下的差异：光子球存在与否。最终的裁判权属于观测。

13. 结论

1. 广义相对论的四个经典检验——光线偏折 $1.75''$ 、水星进动 $43.0''/\text{世纪}$ 、引力红移、夏皮罗延迟 $240\ \mu\text{s}$ ——都可以通过将牛顿引力乘以引力增强因子 $\mathcal{F}_{\text{完整}} = (1 + v^2/c_0^2) \cdot e^{-2GM/(c_0^2 r)}$ 来精确复现。
2. 狭义相对论的全部运动学推论可由光速恒等式 $c_{\text{local}}^2 + v^2 = c_0^2$ 直接导出，不需要洛伦兹变换和光速不变公设。
3. 水星进动的系数 3 有内部结构 $3 = 1 + 2$ ：光速因子贡献 1（运动调制），引力因子贡献 2（势场自调制）。两个因子各自独立可分离，不能是同一个几何实体的投影。“时空弯曲”至多是覆盖在两种独立机制上的标签。
4. 引力因子 $e^{-2GM/c_0^2 r}$ 数值上小于 1 却增强轨道弯曲——这在牛顿的“力 \times 因子”框架中是悖论，在振动论的等势面矢量合成框架中自然消解。牛顿混淆了函数值与导数，引入了虚构的力与质量；爱因斯坦看到了效应但把它神话为时空弯曲。两个理论各错一半。
5. 物理本质不是时空弯曲，而是势场非线性与运动非线性的矢量合成。计算中既没有时间也没有空间，亦无力与质量——这是直击物理本质的第一性原理。
6. 两个理论在强场下分岔：广义相对论预言光子球在 $r = 3GM/c^2$ ，振动论导出 $x = e^x$ 无解——光子圆轨道不存在，黑洞阴影边界为渐变过渡带而非锐利光子环。可由 ngEHT 或空间 VLBI 裁决。

宇宙不需要时空弯曲。牛顿力学的平直空间，加上引力增强因子和光速恒等式，就是完整的引力理论和运动学。两个因子不包含时间，也不包含空间——它们是纯标量调制。钟慢、尺缩、光速不变，都不是基本事实，而是内部光速降低的推论。广义相对论把导出量当成公设，用几何包装了简单的物理。振动论把因果关系纠正过来：势场调制频率，频率决定一切物理量，物理量演化出运动。

引力理论的未来，不一定是更复杂的几何。它可能只是两个简单的代数公式——和一个等待被下一代望远镜回答的问题。

附录 A：四个检验的完整计算速查

A.1 光线偏折

光子 $v = c_0$ ，光速因子 = 2。牛顿偏折角 $\theta_{\text{牛顿}} = 2GM/(c_0^2 b) = 0.875''$ 。 $\theta = 0.875'' \times 2 = 1.75''$ 。

A.2 水星进动

$\mathcal{F}_{\text{完整}} \approx 1 + v^2/c_0^2 - 2GM/(c_0^2 r)$ 。三项汇聚为修正项 $3GMu^2/c_0^2$ 。微扰求解得 $\Delta\varphi = 6\pi GM/(c_0^2 a(1 - e^2)) = 42.98''/\text{世纪}$ 。

A.3 引力红移

$\mathcal{F}_{\text{完整}}$ 在 $v = 0$ 时给出 $\nu/\nu_0 = e^{-GM/(c_0^2 r)}$ 。GPS 卫星钟每天快 $+45 \mu\text{s}$ 。

A.4 夏皮罗延迟

光速因子在 $v = c$ 时等效为坐标光速调制。地球-水星上合日延迟 $\approx 240 \mu\text{s}$ 。

A.5 四项检验汇总

检验	核心公式	结果	广义相对论解释	振动论解释
光线偏折	$\theta = 4GM/(c_0^2 b)$	$1.75''$	空间弯曲 + 时间弯曲	光速因子 $\mathcal{F}(c_0) = 2$
水星进动	$\Delta\varphi = 6\pi GM/(c_0^2 a(1 - e^2))$	$43.0''/\text{世纪}$	史瓦西度规 + 测地线	三项汇聚，系数 3
引力红移	$\Delta\nu/\nu = -GM/(c_0^2 r)$	GPS $+45 \mu\text{s}/\text{天}$	时间弯曲，时钟变慢	e^Φ 直接调制频率
夏皮罗延迟	$\Delta t = (4GM/c_0^3) \ln(4r_E r_R/b^2)$	$\sim 240 \mu\text{s}$	弯曲时空路径变长	等效折射率，光速变慢
GPS 综合	引力 +45 + 运动 -7	$+38 \mu\text{s}/\text{天}$	时间弯曲 + 相对运动	引力增强因子 + 光速恒等式

附录 B：光子球方程无解的完整数学推导

B.1 用等效半径（ R 公式）推导

完整等效半径公式：

$$R_{\text{等效}} = \frac{v^2 r^2}{GM \sin \alpha} \cdot \frac{1}{(1 + v^2/c_0^2) \cdot e^{-2GM/(c_0^2 r)}}$$

代入光子条件 $v = c_0$ ，圆轨道条件 $R_{\text{等效}} = r$ ， $\sin \alpha = 1$ ：

$$r = \frac{c_0^2 r^2}{2GM} \cdot e^{2GM/(c_0^2 r)}$$

令 $x = 2GM/(c_0^2 r)$ ，得 $x = e^x$ 。

B.2 无解证明

$f(x) = e^x - x$ ， $f(0) = 1$ 。 $f'(x) = e^x - 1 > 0$ 对所有 $x > 0$ 。 $f(x)$ 严格单调递增， $f(x) > 1$ 对所有 $x > 0$ 。方程 $f(x) = 0$ 在 $x > 0$ 无解。

边界检验： $x \rightarrow 0^+$ 时 $e^x - x \approx 1 \neq 0$ ； $x \rightarrow \infty$ 时 $e^x - x \rightarrow \infty$ 。无实数解。

B.3 用偏折率独立验证

完整偏折率公式： $\frac{d\phi}{ds} = \frac{2GM}{c_0^2 r^2} \cdot e^{-2GM/(c_0^2 r)}$ 。圆轨道条件 $d\phi/ds = 1/r$ 导出同样方程 $x = e^x$ 。两个独立推导给出相同结果。

B.4 与广义相对论的对比

广义相对论中，史瓦西度规有效势极值条件给出 $r = 3GM/c^2$ 。振动论中，引力增强因子的完整非微扰形式给出 $x = e^x$ ，无实数解。分歧根源在于对“引力场如何自增强”的数学描述不同——广义相对论用度规的非线性 ($1/(1 - 2GM/c^2 r)$ 形式)，振动论用指数调制 ($e^{-2GM/c_0^2 r}$)。弱场下两者展开的前两项相同 ($1 + 2GM/c_0^2 r + \dots$)，强场下分岔。

B.5 无解的物理含义

1. 黑洞周围不存在光子可以暂时绕行的圆轨道。光子始终在螺旋运动。
2. 黑洞阴影没有锐利的光子环边界，阴影边界是亮度连续变化的渐变过渡带。
3. 光变曲线中没有固定的光子轨道周期特征频率。

这些差异可在下一代 EHT 或空间 VLBI 的观测中检验。

References

- [1] Einstein, A. (1915). Erklärung der Perihelbewegung des Merkur aus der allgemeinen Relativitätstheorie.
- [2] Dyson, F. W., Eddington, A. S. & Davidson, C. (1920). A Determination of the Deflection of Light by the Sun's Gravitational Field. *Phil. Trans. R. Soc. A*, 220, 291-333.
- [3] Shapiro, I. I. (1964). Fourth Test of General Relativity. *Phys. Rev. Lett.*, 13, 789-791.

- [4] Pound, R. V. & Rebka, G. A. (1960). Apparent Weight of Photons. *Phys. Rev. Lett.*, 4, 337-341.
- [5] Le Verrier, U. (1859). Lettre de M. Le Verrier à M. Faye sur la théorie de Mercure.
- [6] Einstein, A. (1905). Zur Elektrodynamik bewegter Körper. *Annalen der Physik*, 322, 891-921.
- [7] Event Horizon Telescope Collaboration (2019). First M87 Event Horizon Telescope Results. I. *ApJL*, 875, L1.
- [8] 王江祁. (2026). 振动论方程体系 2.0——从频率第一性原理到经典物理的统一计算. Zenodo. DOI: 10.5281/zenodo.20421496.
- [9] 王江祁. (2026). 振动论方程体系 3.0——R 公式的结构性修正与几何工具层的高阶完备化. Zenodo. DOI: 10.5281/zenodo.20421496.
- [10] 王江祁. (2026). 光速因子：引力的运动增强效应——兼论引力增强因子与洛伦兹因子的收编. Zenodo. DOI: 10.5281/zenodo.20404645.
- [11] 王江祁. (2026). 两个公式，一个闭合的动力学体系——从局域光速可变到加速度公式. Zenodo. DOI: 10.5281/zenodo.20404645.
- [12] 王江祁. (2026). 等势面构造原理：从势场矢量合成到轨道几何. Zenodo. DOI: 10.5281/zenodo.20061595.
- [13] 王江祁. (2026). 势场论——引力与库仑力的统一描述. Zenodo. DOI: 10.5281/zenodo.20061595.

两个代数公式取代两个相对论。牛顿与爱因斯坦各错一半，振动论给出正确的物理本质：势场非线性与运动非线性的矢量合成。没有时间，没有空间，没有力，没有质量——只有势和频率。巨塔仍在，但因子说：你不需要走进那座塔，才能理解引力。你也不需要洛伦兹变换，才能理解运动。

本文的论证策略是站在牛顿力学的框架内，用牛顿的语言（力、质量、因子乘法）展示传统理论的冗余和矛盾。这不是振动论自身的计算方式——振动论不使用力和质量，而用等势面矢量合成。本文的论证是外部批判，振动论的正面建构见《振动论方程体系 2.0》。