对万有引力的再考察

（再评广义相对论）

谭天荣

青岛大学物理系青岛 266071

内容提要：在考察加速系的物理学时，我们在狭义相对论的框架内找到了的惯性力的协变规律，以及惯性系的物理学方程在加速系的变形。在这一基础上，本文重新表述了“等效原理”，并展开了一个新的引力场论，它具有如下特征：第一，等效原理是它的逻辑结论；第二，通过“引力场张量”的概念，它与牛顿引力理论紧密衔接；第三，它的数学结构简单，与其他自然力的场论相比并没有特别迥异之处。此外，还在此基础上指出广义相对论的几个逻辑上的漏洞。

[谭天荣. **对万有引力的再考察.** Academia Arena 2010;2(10):62-66]. (ISSN 1553-992X).

关键词：曲线坐标；加速系；惯性力；爱因斯坦；等效原理；引力场论

1. 引言

牛顿的万有引力定律与静电学的库伦定律相似，都具有反平方力的形式，但在物理学史上，引力场论与电磁场论的发展进程却迥然不同：在建立库仑定律之后，电磁场论突飞猛进，积累了极为丰富的实验资料与理论成果，例如，安培环路定律，电磁感应定律以及关于电磁波的理论与应用等等，终于建成为一个优美而完整的理论体系；相反，引力场论在牛顿引力定律之后却长期踏步不前。直到上世纪 20 年代，爱因斯坦才借助于逻辑推理建立一个像电磁场论一样完整的引力场论——广义相对论。

然而，广义相对论立足于“广义协变性”。我们已经证明：加速系物理学实际上不是遵循“广义协变性”，而是遵循“准洛伦兹协变性”。本文将在此基础上，提出一个比广义相对论更简单、更自然的引力场论。

事先声明，我假定读者没有学过广义相对论，或者，虽然学过，但还能容忍有异于广义相对论的观点。因此，在本文中我采用先立后破的顺序，先提出一个新的引力场论，然后再批判广义相对论。

2. 引力场与电磁场的比较

库仑定律（真空中的）一方面给出高斯方程

$$\nabla\cdot\mathbf{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0},$$

另一方面给出静电力方程

$$\mathbf{f} = \rho\mathbf{E}。$$

此外，静电场的无旋性方程

$$\nabla\times\mathbf{E} = 0$$

表明可以引进静电势ϕ，使得

$$\mathbf{E} = -\nabla\phi。$$

于是高斯方程给出静电学的泊松方程

$$\Delta\phi = -\frac{\rho}{\varepsilon_0}。$$

借助于相同的数学步骤，从牛顿的引力定律也可以得出一组形式上完全相同的场方程。但引力场论与电磁场论的相似性只能到此为止。

对于电磁场，电磁力（洛伦兹力）的密度与电功率密度组成一个四维时空的一阶张量（矢量）f^λ，它电

荷电流密度矢量J_μ的关系是$f^\lambda = F^{\lambda\mu}J_\mu$，其中$F^{\lambda\mu}$是电磁场的强度，它是一个二阶张量。

根据相对论（指狭义相对论，下同），正如电磁场的作用对象是一阶张量J_μ一样，引力场的作用对象是能量动量密度张量$T^{\mu\nu}$，它是一个二阶张量，于是引力场的作用对象比电磁场的作用对象J_μ高一阶。根据张量分析，引力场张量也应该比电磁场张量高一阶。对比电磁学方程$f^\lambda = F^{\lambda\mu}J_\mu$，我们得出结论：

A. 引力场的强度由一个三阶张量 $L^\lambda{}_{\mu\nu}$表示，引力作用于物质的规律表现为引力密度 f^λ与能量动量张量 $T^{\mu\nu}$的如下关系

$$f^\lambda = L^\lambda{}_{\mu\nu}T^{\mu\nu}。\tag{1}$$

另一方面，对比电荷电流激发电磁场的规律$\nabla_\mu F^{\lambda\mu} = \mu_0 J^\lambda$，我们得到：

B. 存在普适常量β，使得物质激发引力场的规律表成

$$\nabla_\lambda L^\lambda{}_{\mu\nu} = \beta T_{\mu\nu}。$$

到此为止，还有一个工作有待完成，那就是给出引力势与引力场之间的关系，它对应于电磁场论中的电磁势A^λ与场强$F^{\mu\nu}$的关系$F^{\mu\nu} = \nabla^\mu A^\nu - \nabla^\nu A^\mu$。为了完成这一工作，让我们转向另一思路。

3. 等效原理与引力势

一个处于电场中的带电粒子，其行为不仅与当地的电场强度有关，而且还与它自身的“荷质比”有关，但一个处于引力场中的质点，其对应的“荷质比”就是它的引力质量与惯性质量之比，而这个比值却是一个普适常量。从这一事实出发，爱因斯坦提出如下理想实验：如果一个升降机自由下落，则升降机作为一个加速系，其惯性力与重力相互抵消，从而升降机内的观察者处于失重状态。并由此得出了著名的“等效原理”。按照我们的理解，这个原理可表述如下：

C. 任意给定引力场，存在一个特殊的加速系，其惯性力场与该引力场相互抵消。

我们称这个特殊的加速系为该引力场的“特征参照系”。下面，我们进一步考察命题 C。

首先，把命题 A 应用于一个质点，可得出结论：

D. 对于洛伦兹坐标系（惯性系；笛卡尔坐标），一个质点在引力场 $L^\lambda{}_{\mu\nu}$中的运动方程为

$$\frac{d^2x^\lambda}{d\tau^2} = L^\lambda{}_{\mu\nu}\frac{dx^\mu}{d\tau}\frac{dx^\nu}{d\tau}。\tag{2}$$

根据我们对加速系物理学的理解，可得出两个结论：

第一，对于一个惯性力场为$\Gamma^\lambda{}_{\mu\nu}$的加速系，(2)式作为张量方程仍然成立，但有两点改变，其一是增加了一项惯性力，从而方程变为：

$$\frac{d^2x^\lambda}{d\tau^2} = (L^\lambda{}_{\mu\nu} - \Gamma^\lambda{}_{\mu\nu})\frac{dx^\mu}{d\tau}\frac{dx^\nu}{d\tau};\tag{3}$$

其二是方程的协变性改变了：(2)式遵循洛伦兹协变性，而(3)式则遵循准洛伦兹协变性。

第二，对于任意加速系，惯性力场与“度规”满足关系：

$$\Gamma^\lambda{}_{\mu\nu} = \frac{1}{2}g^{\lambda\rho}(\nabla_\mu g_{\nu\rho} + \nabla_\nu g_{\rho\mu} - \nabla_\rho g_{\mu\nu})。\tag{4}$$

这个关系显示，加速系的度规是惯性力的“势”。于是，等效原理可追溯到如下两个假定：

E. 引力势是一个二阶张量$\Phi_{\mu\nu}$，对于其特征参照系，有

$$\Phi_{\mu\nu} = \frac{1}{2}g_{\mu\nu}。$$

F. 如果一个引力场$L_{\lambda\mu\nu}$的引力势是 $\Phi_{\mu\nu}$，则有

$$L_{\lambda\mu\nu} = \nabla_\mu\Phi_{\nu\lambda} + \nabla_\nu\Phi_{\lambda\mu} - \nabla_\lambda\Phi_{\mu\nu}。$$

这一关系对于任意坐标系都成立；对于洛伦兹坐标系它具有洛伦兹协变性，对曲线坐标系它具有准洛伦兹协变性。

从命题 D、E 和 F 可以导出命题 C，证明如下：

根据命题F，引力势为 $\Phi_{\mu\nu}$ 的引力场张量可表成

$$L^\lambda{}_{\mu\nu} = g^{\lambda\rho}L_{\rho\mu\nu} = g^{\lambda\rho}(\nabla_\mu\Phi_{\nu\rho} + \nabla_\nu\Phi_{\rho\mu} - \nabla_\rho\Phi_{\mu\nu})。$$

这一方程也对任意参照系成立。根据命题 E，对于特征参照系，这个方程给出

$$L^{\lambda}{}_{\mu\nu} = \frac{1}{2} g^{\lambda\rho}(\nabla_{\mu} g_{\nu\rho} + \nabla_{\nu} g_{\rho\mu} - \nabla_{\rho} g_{\mu\nu})。 \quad (5)$$

(4)式与(5)式给出结论：对于引力场$L^{\lambda}{}_{\mu\nu}$的特征参照系，有

$$\Gamma^{\lambda}{}_{\mu\nu} = L^{\lambda}{}_{\mu\nu}。$$

考虑到(3)式，这一等式表明命题 C 成立。

命题 B 与命题 F 给出：

G. 物质激发引力势的公式是

$$\nabla^{\lambda}(\nabla_{\mu}\Phi_{\nu\lambda} + \nabla_{\nu}\Phi_{\lambda\mu} - \nabla_{\lambda}\Phi_{\mu\nu}) = \beta T_{\mu\nu}。$$

上面诸命题可以分为两类，命题 A、B、D、E 和 G 对惯性系成立，从而其中的方程对洛伦兹变换保持协变，以这组方程为基本方程，可以展开一个新的引力场论，我们姑且称它为“自然引力论”。而命题 C 和 F 则涉及等效原理和特征参照系等概念，它们只不过是为建立新的引力大厦而支起的手足架，没有必要保留在已经建成的大厦之中。

4. 引力场论与黎曼几何

如果你问一位精通广义相对论的学者，为什么要用黎曼几何来描述万有引力，在绝大多数情况下，你得到的答复将是：“这是广义相对论的基本假设，不要问为什么！”或者回你一句俏皮话：“你问爱因斯坦去！”

这种回答实在令人沮丧。在考察加速系的物理学时，我们已经看到：惯性力由四维时空曲线坐标给出。虽然黎曼几何的某些公式与四维时空的曲线坐标的运算公式在形式方面颇为相似，例如，黎曼几何中的“短程线方程”和四维时空曲线坐标中的等速直线运动方程在形式上完全一样，但两者的现实意义迥然不同。例如黎曼几何短程线方程中有一个因子在一个称为“联络”，而在四维时空曲线坐标中却是“惯性力场”张量，两者不能彼此过渡。根据等效原理，与引力等效的是惯性力，因此描写引力的数学工具也应该是四维时空曲线坐标的运算而不是黎曼几何。既然如此，对广义相对论应用黎曼几何来描写引力，问一个“为什么”在所难免，不该用“你问爱因斯坦去”之类的遁词来搪塞。

事实上，对于刚才的问题，广义相对论的学者们也并不全都只会说“不要问为什么”，他们中的佼佼者会给出如下回答：

鉴于

第一，惯性力与引力不能分辨，因此，只有当惯性力场与引力场完全抵消时，才能在时空中引进“洛伦兹坐标系”；

第二，对于一个真实的引力场，不能找到一个加速系，其惯性力场在整个时空中完全抵消引力场，我们得出结论：“引力场所在的时空不能引进‘洛伦兹坐标系’”。

另一方面，根据黎曼几何，“在弯曲时空中不能引进‘洛伦兹坐标系’”。

因此，引力场所在的时空具有弯曲时空的特性。因此，广义相对论用黎曼几何来描写引力场。

这或许是我们所能期待的最满意的回答，然而这样的回答却经不起推敲，其中有太多的问题，限于篇幅，在这里我们仅仅对其中的两个主要的论据提出质疑：

第一个论据是“引力与惯性力不可分辨”。

引力的规律有两个方面：一方面是引力作用于物质的规律，另一方面是物质激发引力的规律。当引力作用于物质时，其效果与惯性力一样；但物质激发引力却并不激发惯性力，在这一点上，引力与惯性力截然不同。爱因斯坦固执地把他的“观察者”囚禁在“封闭系统”里，完全不让他知道他周围的物质激发引力的情况，另一方面却假定这位观察者能极为敏锐地感知引力或惯性力对物质的作用。诚然，经过这样精心选择的观察者确实不能分辨引力与惯性力。但是，我们能因此得出什么结论呢？如果颁布禁令：观察者只允许在夜色中见到猫，那么观察者们肯定会得出一致结论：“一切猫都是灰色的。”但这一结论并不是一条客观规律。同样，不论通过爱因斯坦精心选择的观察者有怎样的感受，都不能把“引力与惯性力不可分辨”变成一条客观规律。

另一个论据是“对于一个真实的引力场，不存在一个加速系，它的惯性力能在整个时空中完全抵消该引力场。”

人们通过举例来证明这一论据：地球的重力场在无穷远点为零，而任何加速系的惯性力在无穷远点却是有限的，甚至趋向无穷大。因此，没有一个参照系的惯性力场能抵消地球的重力场。

这种推理使我想起一句趣话：“例子并不骗人，但骗人的人常举例子。”

当人们提出“任何加速系的惯性力在无穷远点是有限的甚至趋向无穷大”的论据时，他们所考虑的加速

系总是以等加速运动的或旋转的刚性标架，但对于相对论，每一个四维时空的曲线坐标系表示一个“参照系”（诚然，这里忽略了某种不言而喻的数学条件），除了惯性系以外，每一个参照系给出一个惯性力。有谁证明过这种一般意义下的惯性力在无穷远点总是有限的甚至趋向无穷大吗？要知道，四维时空的曲线坐标系可以任意给定，我们想要什么样的惯性力就能有什么样的惯性力。

或许，“通过四维时空的曲线坐标系可以给出任何惯性力”这一论据还有待数学方面的严格证明，不妨暂时搁置不用。我想不会有人否认爱因斯坦的自由下落的升降机给出了一个有限的时空区域，在这个区域里爱因斯坦自己已经引进一个能抵消引力的惯性力，因此，即使我们不能在整个四维时空给出一个能抵消引力场的惯性力场的统一的分析表达式，总归可以把四维时空分成足够多的（或许是可数个）区域，并为每个区域给出一个能抵消引力的惯性力。这样，我们也就在该引力场中引进了一个能抵消引力的惯性力场（尽管这个惯性力场没有统一的分析表达式），从而对每一个引力场都可以引进能够完全抵消它的惯性力。

诚然，即使承认对每一个引力场都可以引进能够完全抵消它的惯性力，从而承认描写引力场的数学工具实际上是四维时空的曲线坐标而不是黎曼几何，爱因斯坦也完全有权采用黎曼几何来描写引力。但如果这样，等效原理与广义相对论就没有逻辑上的关联；刚好相反，只有对逻辑施以暴力，才能从等效原理过渡到广义相对论。

5. 爱因斯坦与广义相对论

回到爱因斯坦的命题“惯性力与引力不可分辨”，或许有人问，把这一命题比喻作“一切猫都是灰色的”是不是太刻薄？其实这个比喻并没有什么特殊之处，我们可以信手拈来一堆类似的比喻。例如，如果把观察者终身囚禁在井底，这位可怜的观察者肯定会得出结论：“天与井口的大小相等。”如果在红绿色盲中挑选观察者，则观察者们将会异口同声地说：“红色与绿色不可分辨！”，等等。实际上，“惯性力与引力不可分辨”并不比“一切猫都是灰色的”、“天与井口的大小相等”或者“红色与绿色不可分辨”等结论更高明，它们是同一水平的错误。只是由于爱因斯坦至高无上的权威，才使得如此低级的错误登上了“物理学规律”的大雅之堂。但是，为什么爱因斯坦会犯如此低级的错误呢？这实在是一个令人苦恼的问题！

爱因斯坦有一种特殊的思维方式，在物理学家中或许是独一无二的。我们姑且称它为“唯新”思维方式，其外在特征是主要靠个人灵感白手起家而不是靠分析、综合和整理前人已经获得的成果来思考物理学问题，其表达方式则显得艰深、晦涩而且超越逻辑。在建立狭义相对论的时期，这种思维方式显示过巨大的创造性。然而对于爱因斯坦来说，成也“唯新”、败也“唯新”。到了考虑加速系的物理学方程特别是考虑万有引力的问题时，爱因斯坦已经江郎才尽，他的“唯新”思维已经是一种非逻辑、不合逻辑乃至违反逻辑的思维方式；一言以蔽之，已经是一种错误的思维方式。

其实爱因斯坦从来就不很重视逻辑推理，他更心爱的是“新颖观念”。这是他的“唯新”思维方式的主要的表现方式。“弯曲时空”这一新颖观念实在太可爱了，用它来描述引力场是再惬意不过的。由于有了这一先入为主的意向，爱因斯坦不自觉地在这里应用了一个循环论证：一方面，因为引力场具有黎曼几何的特性，所以在引力场中不能引进一个“洛伦兹坐标系”；另一方面，因为在引力场中不能引进一个“洛伦兹坐标系”，所以引力场具有黎曼几何的特性。认识到这一点，当我们追溯爱因斯坦的思路时，就会省去很多烦恼。

爱因斯坦一直把惯性力与引力相互抵消的“特征参照系”称为“洛伦兹坐标系”，我们已经知道这一前提其实是错误的，因此他得出“引力场所在的时空具有黎曼几何的特性”这一命题的推理有双重的错误。

由于这一双重错误的推理，爱因斯坦得出了“广义协变性”这一“划时代的成果”。不幸的是，这一成果对于相对论却是灾难性的。

“洛伦兹协变性”是相对性原理表达式，而相对性原理则是相对论的灵魂。不幸的是，在“广义协变性”中连一个“洛伦兹协变性”的原子也没有。我们被迫得出结论：所谓“广义相对论”只剩下相对论的名称，却不再有相对论的灵魂，不论黎曼几何的数学公式多么美丽，不论“弯曲时空”的观念多么神奇，它们都与相对论毫不相干。

因此，从“洛伦兹协变性”过渡到“广义协变性”实在是一次致命的飞跃，这一飞跃不仅“伤筋动骨”，而且还“触及灵魂”。经过这一飞跃，本来意义下的“协变性”不是被“推广”而是被埋葬了。对于相对论，这种“推广”只不过是一次豪华的葬礼而已。

6. 结束语

物理学是一门实验的科学，“自然引力论”与广义相对论孰优孰劣，终究取决于实验。但是，仅仅纯粹

从逻辑的角度来看，自然引力论与广义相对论相比，已经有了明显的优势，例如：

第一，广义相对论作为一个引力场论，却没有一个“引力场张量”的概念，这无异于一个电磁场论没有“电磁场张量”的概念，怎么说都是很难令人满意的；而自然引力论则自始至终以引力场张量为中心，在这一点上，它与牛顿引力理论紧密衔接。

第二，尽管许多物理学家对广义相对论赞不绝口，但也有人略有微词，例如，波恩就说过：“广义相对论的形式复杂得可怕。”这很难说是它的优点。无论如何，广义相对论的古怪结构与物理学的其他分支格格不入是不争的事实。而自然引力论的数学结构简单，与自然界的其他场论相比并没有特别迥异之处。

第三，广义相对论的前提“惯性力与引力不可分辨”要求精心挑选观察者，说白了，它以无理地囚禁观察者为先决条件。但是难道在物理学领域里，观察者应该永远忍受自己被囚禁吗？只要有一位观察者离开他的囚禁地，看一看外面的世界，对比一下物质激发引力的规律，就可以分辨引力与惯性力了。这样，物理学家们就会认识到引力与惯性力是两种不同的力；认识到“引力势”与加速系的“度规张量”是不同的张量；认识到引力也像其他的自然力一样，是一部分物质与另一部分物质之间的相互作用，而不是一种只能通过坐标系的变化来表现自己“几何效应”。特别是，只要引力与惯性力可以分辨，人们就会认识到真正的“洛伦兹坐标系”表现的是没有惯性力的参照系，而不是惯性力与引力相互抵消的参照系（特征参照系）。这样，人们就必然放弃广义相对论而接受自然引力论。

总之，“自然引力论”遵循逻辑而广义相对论则违背逻辑。我们相信，实验的结果与逻辑的结果终究会是一致的。

An Examination for Gravitation

TAN Tianrong
(Department of Physics, Qingdao University, Shandong 266071, P. R. China.)

Abstract: In the paper “an examination for non-inertial physics”, the covariant law of inertia force is found and the physical equations in non-inertial system are given. Basing on this premise, equivalent principle is reformulated herein. As a result, a new gravitation field theory with the following characters is developed. Firstly, equivalent principle is its logical outcome; secondly, by means of the concept of “gravitation field tensor”, it is connected closely with Newton’s law of gravitation; thirdly, its theory structure is simple and nature, without specially different mathematical instruments in comparison with the other physical forces. Also, some logic holes of general relativity are pointed.

[Tan Tianrong. An Examination for Gravitation**.** Academia Arena 2010;2(10):62-66]. (ISSN 1553-992X).

Keywords: curve coordinates; non-inertia reference system; inertia force; Einstein; equivalent principle; gravitational field theory