

# Centennial Review of General Relativity

Lingjun Wang

Department of Physics, University of Tennessee, Chattanooga USA  
Email: lingjun-wang@utc.edu

Received: Jul. 8<sup>th</sup>, 2016; accepted: Jul. 25<sup>th</sup>, 2016; published: Jul. 28<sup>th</sup>, 2016

Copyright © 2016 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

This article gives a systematic review of the theoretical framework, major predictions, experimental evidences of general relativity and its implications to other branches of science. It has been pointed out that, other than the (0,0) component of Einstein's tensor field equation which reduces to the Newtonian law of gravitation under linear approximation, all other components either lead to divergence, or are in conflict with the fundamental postulation of relativity that no speed should exceed the speed of light, or defies physical interpretation. The review gives a detailed analysis of the three classical evidences of general relativity and has shown that none of these experimental evidences can stand scrutiny. The article also analyzed the two recent experiments (BICEP2 and LIGO) that claimed to have found experimental evidences of gravitational wave and black hole, and demonstrated their fallacies. It has been pointed out that the principle of relativity demands that any viable theory must have translational as well as rotational relativity, which requires general relativity to have a rotational transformation that can transform the Schwarzschild metric into the Kerr metric and vice versa. Calculations show that a general rotational transformation is in conflict with one of the fundamental postulations of relativity—no speed should exceed the speed of light, *i.e.*, general relativity violates the principle of relativity. The article also gives a thorough analysis of one of the most important concept of general relativity—gravity comes from the curvature of space time, and gravity warps the space time. It has been pointed out that the curving of a geodesic is merely the bending of the trajectory of an object moving in gravitational field, which is not the curving of the space time itself. Moreover, the field equation describes the shape of equipotential, the curving of which is not the curving of space time either. The measure of curvature of space time is the Riemann curvature scalar  $R$ . Calculations show that the Riemann curvature and Ricci tensor of both the Schwarzschild metric and the Kerr metric—the only two known analytical solutions to Einstein's field equation, vanish, which means that the space time is flat. The concept that gravity comes from the curvature of space time and gravity warps the space time is invalid. The review concludes that the Newtonian law of gravity is built upon the Keplers laws that represent enormous results of observational astronomy and has stood hundreds of years' test by scientific research and engineering practice. It is still been checked every day by science and engineering, and has never failed the test. On the other hand, Einstein's general relativity has a multitude of unsolvable inconsistencies in its fundamental postulations, theoretical framework, experimental tests, and it is completely powerless in practical applications. It is therefore incorrect to say that the Newtonian law of gravitation is only

an approximation of the more accurate general relativity. As to the black hole and the Big Bang cosmology derived and developed from general relativity, these are astrological theories that violate scientific logic. The author is strongly against brain washing the younger generations with the astrological and theological concepts such as multiverse, reverse of causality, time travel, high dimension, creation of the universe and so on. Physical science needs nothing less than a renaissance in the new century, returning to classical science from astrological paradigm.

## Keywords

General Relativity, Big Bang, Black Hole, Gravitational Wave

# 广义相对论百年终评

王令隽

美国田纳西大学查塔努加分校物理系, 美国 查塔努加

Email: lingjun-wang@utc.edu

收稿日期: 2016年7月8日; 录用日期: 2016年7月25日; 发布日期: 2016年7月28日

## 摘要

本文系统地分析了广义相对论的理论架构, 主要预言, 实验检验及其对物理科学其他分支的影响, 指出爱因斯坦引力场方程除了 $(0,0)$ 分量能够在线性场近似下得到牛顿的万有引力定律, 张量方程的所有其他分量或者导致无穷大发散, 或者与光速极限原理相悖, 或者毫无物理意义。文章详细地分析了广义相对论的三个经典实验检验, 指出所有三个检验都站不住脚。同时, 本文也分析了最近宣布证实了引力波和黑洞的两个实验(BICEP2和LIGO实验)都经不起分析, 根本不能为广义相对论提供证据。文章指出, 由于相对性原理要求任何理论都必须具有平动和转动相对性, 必须存在一个施瓦兹查尔德度规和科尔度规之间的转动变换。计算表明, 这一变换和相对论的光速极限原理相悖, 因而广义相对论违背相对性原理。本文还详尽地讨论了广义相对论的一个重要概念: 时空弯曲造成引力, 或者引力使时空弯曲。文章指出短程线描述的是某一物体在引力场中的运动轨迹。轨迹的弯曲不是时空的弯曲。另一方面, 引力场方程描述的是等位面的形状。等位面的弯曲不是时空的弯曲。时空弯曲的量度是黎曼曲率 $R$ 。计算表明, 爱因斯坦场方程的两个解析解—施瓦兹查尔德解和科尔解的黎曼曲率和里奇张量都是零, 所以时空是平坦的。所谓引力使时空弯曲和时空弯曲产生引力的概念都是错的。本文得出结论说, 牛顿的经典引力理论是建立在开普勒实验定律所包含的无数实验观测结果之上的, 经过了几百年科学实验和工程实践的检验, 并且继续在科学和工程中接受广泛的检验, 从来没有一个例子证明牛顿万有引力定律的错误。相反, 爱因斯坦的广义相对论从基本假设, 理论框架, 实验检验和实际应用都存在根本性的不自洽或违背基本的物理事实。因此, 说牛顿引力理论只是近似正确, 广义相对论是比牛顿万有引力定律更精确的引力理论, 是不正确的。至于从广义相对论演变而来的黑洞理论和大爆炸宇宙学, 更是违背科学逻辑的星相学理论和数学创造论。作者坚决反对将一些违背科学的观念, 诸如将多重宇宙, 因果倒转, 时空穿越, 高维空间, 宇宙创生, 等等一系列星相学和创造论概念灌输给年轻的学子, 主张理论物理必须在新的世纪科学复兴, 从神学和星相学思维回归科学经典。

## 关键词

广义相对论, 宇宙大爆炸, 黑洞, 引力波

## 1. 引言

爱因斯坦于 1915 年发表广义相对论，至今已一百年了。这是物理学界见证翻天覆地变化的一百年。整个物理学的理论系统，逻辑系统和思维哲学在 20 世纪都经历了革命性的变化。此前的经典物理学的时空理论，波动理论，粒子概念，势场概念，质能观，宇宙观，因果率，认识论，形式逻辑，科学实证主义等等，全都被彻底颠覆了。这种翻天覆地的变化是由十几个理论明星造成的。爱因斯坦无疑是众多明星中的巨星。如果从物理理论本身的结构来看。20 世纪理论物理的两大支柱是相对论和量子理论，从中生长出了宇宙学和粒子物理。爱因斯坦只手撑起了相对论这根支柱，发展出了 20 世纪的宇宙学。同时，因为相对论的协变性原理和质能等价原理被引进到量子场论，其对微观物理的影响至深至巨。说爱因斯坦是对近代物理影响最大的里程碑性的人物，确实是实至名归。至于这种影响是功是过，则取决于 20 世纪理论物理的宏观理论和微观理论的对错，取决于对经典物理的彻底颠覆的对错。而是非对错的判断最终落实到 20 世纪理论物理对于科学的其他分支到底是否起到了基础理论的作用，对科学其他分支的发展有没有起到推动作用。我想在这篇文章中将广义相对论的基本脉络，主要预言，实验检验，存在的问题，以及对宇宙学和一般物理科学的影响作一个大致性的总结，希望抛砖引玉，邀请学界同仁一起来对一百年来来的理论物理做出认真的评估，使新世纪的物理学沿着健康的道路发展复兴。

对于广义相对论这个名词，有些学者有些异议[1][2]，认为应该称为几何动力学(Geometrodynamics)，理由是爱因斯坦的引力理论和狭义相对论没有太大关系。他们认为爱因斯坦引力场方程是基于空间弯曲产生引力的思想直接建立在黎曼几何之上的理论，不是从狭义相对论推广而来。这种看法有些偏颇。黎曼几何只不过是数学工具。如果以数学工具来命名一个物理理论，那牛顿的万有引力理论岂不是要称为“代数动力学”？爱因斯坦之所以将他的引力理论称为广义相对论，是因为他的广义相对论的一些关键概念是从狭义相对论继承推广而来的：1) 在广义相对论中，时间间隔不是由  $\Delta t$  来量度，而是由时空间隔  $\Delta \tau$  来量度。这是直接从狭义相对论继承下来的假定；2) 光速不变原理也是从狭义相对论继承下来的假定；3) 广义相对论的能动量张量是从狭义相对论的能动量矢量和相对论电动力学中的能动量张量继承而来。这对引力场方程的建立至关重要；4) 等效原理假定引力时空中的任何一点都可以定域地变换到平坦的闵可夫斯基时空。这些都说明从狭义相对论到广义相对论的基因传承。

## 2. 爱因斯坦引力场方程的建立

爱因斯坦的引力方程受到两个主要思想的启发。第一个是马赫原理，第二个是引力使空间弯曲的思想。马赫原理认为：一个物体的惯性行为由全宇宙的能量-动量所决定。这种将地球上的现象归因于远在宇宙边缘的物理量的“原理”本质上是星相学的，而且没有量化的表达式。所以有些学者为了维护相对论的声誉，尽量淡化马赫原理对广义相对论的影响。比如奥哈尼安说：“虽然爱因斯坦理论确实表明惯性对质量分布的某种依赖，事实上马赫原理对这一理论的影响是非常小的”[2]。但是奥哈尼安无法否认，爱因斯坦确实是根据马赫原理，将能动量张量放在他的引力方程的右边。至于方程式左边表示引力的张量，根据引力使空间弯曲的思想，他认为应该和时空的曲率张量有关。这就是他建立新的引力方程的基本思想。显然，这样的方程一定是一个张量方程。

但是曲率张量是一个反对称的四阶张量，有 256 个分量(21 个是独立的)，而能动量张量是一个对称的二阶张量，只有 16 个分量(10 个是独立的)。不同阶的张量显然不可能相等。所以必须把曲率张量收缩成一个二阶的张量，称为里奇张量。

不过，直接将里奇张量等于能动量张量也不行，因为能动量张量的散度等于零，而里奇张量的散度不等于零。为了满足方程式两边散度相等，可以将里奇张量减去度规张量乘以曲率的一半，得到一个新的二阶张量，叫做爱因斯坦张量。爱因斯坦引力方程就是：爱因斯坦张量等于能动量张量乘以一个常数：

$$G_{\mu\nu} = kT_{\mu\nu} \quad (1)$$

$$G_{\mu\nu} = R_{\mu\nu} - \frac{R}{2}g_{\mu\nu} \quad (1a)$$

此处  $R_{\mu\nu}$  为里奇张量,  $g_{\mu\nu}$  为度规张量,  $G_{\mu\nu}$  为爱因斯坦张量,  $T_{\mu\nu}$  为能动量张量,  $R$  为黎曼曲率。爱因斯坦是这样来确定常数  $k$  的: 在弱引力场的近似条件下, 他的张量方程应该能够给出牛顿万有引力公式。这个“线性近似”条件要求:

$$k = -\frac{8\pi G}{c^4} \quad (1b)$$

此处  $c$  为光速,  $G$  为万有引力常数。如果采用自然单位系统(光速和普朗克常数设定为 1), 方程式(1b)中的  $c$  就等于一, 比较简单。

### 3. 爱因斯坦引力场方程的解

方程式(1)形式上看似简单, 其实是一个非常复杂的二阶偏微分方程组。一个四维二阶张量有 16 个元素。但是因为方程式(1)中所有的张量都是对称的, 因此只有十个独立分量。另外, 里奇张量还必须服从四个毕安基恒等式的约束条件, 所以只有六个独立分量。也就是说, 爱因斯坦引力方程是一个包含六个独立非线性偏微分方程的方程组。这还不足以说明其复杂性。这个方程组包含一阶偏微分的平方(高度非线性)。如果把边界条件和初始条件的复杂性加进来, 任何数学家都只能望洋兴叹。简言之, 爱因斯坦建立的这么一个极其复杂的高度非线性的张量偏微分方程组不仅不存在一个一般的解析解, 就连寻求这样的解析解的一般方法都没有。难怪爱因斯坦建立了这个方程以后, 自己都找不到解。

不久, 施瓦兹查尔德找到了一个最简单的边界条件下的解: 球对称质量的静止引力场下的解。因为它是静止场, 因此所有对时间的微分都等于零; 同时又因为球对称, 所以对两个方位角的微分都等于零。这就使问题大大简化。求得施瓦兹查尔德解的演算过程, 在一般像样的广义相对论教科书上都能找到。施瓦兹查尔德解的结果是(用自然单位系统) [2]:

$$ds^2 = g_{\mu\nu} dx^\mu dx^\nu = \left(1 - \frac{2GM}{r}\right) dt^2 - \frac{1}{1 - \frac{2GM}{r}} dr^2 - r^2 (d\theta^2 + \sin^2(\theta) d\phi^2) \quad (2)$$

此处  $dx^0 = dt$ ,  $r$  为半径,  $\theta$  为极角,  $\phi$  为方位角,  $M$  为质量,  $G$  为万有引力常数。施瓦兹查尔德度规张量为:

$$g_{\mu\nu} = \begin{pmatrix} 1 - \frac{2GM}{r} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{1 - \frac{2GM}{r}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -r^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -r^2 \sin^2 \theta \end{pmatrix} \quad (3)$$

稍后, 科尔找到了旋转球对称质量的引力场的解析解[3]:

$$ds^2 = g_{00} dt^2 + g_{11} dr^2 - g_{22} d\theta^2 + g_{33} d\phi^2 + 2g_{03} d\phi dt \quad (4)$$

各度规张量元素为:

$$\begin{cases} g_{00} = \frac{c^2}{\rho^2}(\rho^2 - kr); & g_{11} = -\frac{\rho^2}{H}; & g_{22} = -\rho^2; \\ g_{33} = -(r^2 + a^2)\sin^2\theta - \frac{a^2kr}{\rho^2}\sin^4\theta \\ g_{03} = g_{30} = \frac{ackr}{\rho^2}\sin^2\theta \end{cases} \quad (5)$$

此处

$$\rho^2 = r^2 + a^2 \cos^2 \theta \quad (6)$$

$$H = r^2 + a^2 - kr \quad (7)$$

$$k = 2GM \quad (8)$$

$$a = \frac{J}{M} \quad (9)$$

其中  $J$  为角动量,  $a$  和  $k$  都是量纲为长度的常数。科尔解和施瓦兹查尔德解的最大不同是, 科尔度规除了对角线元素以外, 还有(0,3)和(3,0)分量不为零。如果角动量等于零, 科尔度规退化为施瓦兹查尔德度规。

科尔解和施瓦兹查尔德解是我们至今知道的现实的物理空间中仅有的两个爱因斯坦方程的解析解。其物理意义后面再讨论。现在我们先看看引力方程的一个近似解。这个近似解虽然不精确, 但是对建立引力场方程和剖析广义相对论的物理意义至关重要。

#### 4. 线性场近似

线性场近似又叫弱场近似。因为引力场很弱, 所以时空接近平坦, 引力场的度规张量应该非常接近平坦时空的闵可夫斯基度规:

$$g_{\mu\nu} = \eta_{\mu\nu} + h_{\mu\nu} \quad (10)$$

此处  $\eta_{\mu\nu}$  是闵可夫斯基度规,  $h_{\mu\nu}$  是  $g_{\mu\nu}$  与  $\eta_{\mu\nu}$  之差的无穷小张量。其次我们还加上一个近似稳态假设: 所有对时间的导数都忽略不计。在这种假定下, 短程线方程(运动方程)简化为(恢复 c.g.s. 单位系统):

$$\frac{d^2 \mathbf{x}}{dt^2} = -\frac{c^2}{2} \nabla h_{00} \quad (11)$$

将方程式(11)和牛顿定律相比较:

$$m \frac{d^2 \mathbf{x}}{dt^2} = \mathbf{F} = -\nabla \varphi \quad (12)$$

立即得到

$$h_{00} = \frac{2\varphi}{c^2} = -\frac{2GM}{c^2 r} \quad (13)$$

另一方面, 同样因为稳态近似, 速度可以忽略不计, 能动量张量的显着元素只有(0,0)分量, 所以只须考虑爱因斯坦方程的(0,0)分量:

$$R_{00} = \frac{4\pi G}{c^4} T_{00} \quad (14)$$

在线性近似条件下, 可以得到:

$$R_{00} = \frac{1}{2} h_{00,ii} = \frac{1}{2} \nabla^2 h_{00} \quad (15)$$

此处  $h_{00,ii}$  代表  $h_{00}$  对  $x_i$  二阶导数。由方程式(14)(15)得到

$$\nabla^2 h_{00} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{00} \quad (16)$$

将方程(13)代入(16)，我们有

$$\nabla^2 \varphi = \frac{4\pi G}{c^2} T_{00} = 4\pi G \rho \quad (17)$$

这和经典的牛顿万有引力定律的高斯定理表述完全一样。事实上，这种一致是因为建立张量引力方程时将自由参数  $k$  选择为如式(1b)所示而达成的，不是巧合。又因为这种选择，使得爱因斯坦引力场方程在线性场近似条件下对牛顿万有引力理论的修正小得实验无法测量。实际上修正等于零。

因为在线性近似条件下爱因斯坦引力场方程和牛顿万有引力定律完全一致，人们通常牟然以为这就证实了爱因斯坦引力方程的正确。有些相对论者居然因此宣称，牛顿万有引力定律只是近似正确的理论，只有爱因斯坦的引力理论才是精确的理论。这是喧宾夺主。如果一个新的理论仅仅在某种特殊条件下与个已经为实验证实的理论符合，只能说明新理论在此特定条件下正确，并不能证明它在一般情况下普遍正确。要证明爱因斯坦的引力方程正确，必须证明它在一般情况下的正确性，必须证明在线性近似不适用的强场条件下牛顿定律是错的而爱因斯坦的引力方程是正确的。可是我们没有这种证明。

理论家们可能会抱怨说，在一般的强场条件下要得到爱因斯坦场方程的精确解太难了。要证明爱因斯坦方程在一般条件下的正确性，有无法克服的数学困难。但是，他们说，我们可以找到一些实验证据来检验广义相对论的正确性。那么就让我们来看看教科书上所说的广义相对论的三个“经典检验”：

1) 水星近日点的移动；2) 引力使光线弯曲；3) 引力红移。

## 5. 广义相对论的第一个实验检验—水星近日点的移动

行星近日点的移动就是椭圆轨道长轴的移动。如果把太阳和行星都看成为质点，并且在计算行星轨道时，忽略所有其他行星的存在，那末行星轨道的近日点是不会移动的。可是这种理想的条件不符合实际情况。因为第一，太阳本身不是一个质点，而是一个扁球体；第二，太阳系里有九个行星和其他物质。它们的相互作用会影响到任何一个行星的运动。所以行星的近日点都会移动，水星近日点的移动比较大，最便于观察。实验观察到的水星近日点每一百年会移动 5600 弧秒[4]。其中大约 5025 弧秒(90%)是由于从事天文观测的地球坐标系本身的转动造成的[5]。剩下 575 弧秒(10%)基本上是由于其他行星的影响造成的。

精确计算其他行星对水星近日点的影响是几乎不可能的事情，因为这是一个非常复杂的多体问题。于是天文学家们就将问题简化，理论上将其他所有的行星打碎，变成围绕太阳的环形的均匀质量，而且这些质量落在同一个黄道平面上。根据这样的简化模型计算得到的水星近日点移动的理论值为每一百年 532 弧秒，居然非常接近实际观察的剩余量 575 弧秒，误差仅仅 43 弧秒，小于 575 弧秒的 8%，5600 弧秒的 0.8%。

广义相对论的辉煌成绩之一就是算出了这剩下的 0.8%。所以，说经典物理无法解释水星近日点的移动是不符合事实的。事实是，经典物理学能够解释水星近日点的移动。只是由于问题过于复杂，使得经典理论的计算数值只相当于实际观测值的 99.2%，而广义相对论计算的结果只相当于实际观测值的 0.8%。应该说，经典理论的成绩相当不错。

那么，广义相对论计算出来的 0.8%有没有意义呢？没有。除非实验观测和经典理论计算的误差大大

小于 0.8%，否则广义相对论计算出来的 0.8% 的修正量便没有丝毫意义，这是误差理论的常识。要想确立相对论对水星近日点移动的解释具有实质意义，就必须证明经典模型所引起的误差大大小于 0.8%。

可是从来没有任何人对实验观测到的 5600 弧秒和经典的理论计算做过误差分析。这种误差分析也没法做。按常理分析，这种过分简单的模型产生的误差非常可能超过 10%。理由是：1) 将行星简化为均匀的物质环是非常粗糙的模型，和绕太阳转的行星相差太大。行星的运动是动态的，集中的行星质量和水星的作用也是动态的不均匀的，而均匀的物质环是静态的；2) 我们对行星的质量的测量不精确，对水星和土星质量的测量值仅有两位有效数字，误差大于 1%；3) 将所有的质量环放在同一个黄道平面上和事实不符。到底误差多少很难估计，除非解决了多体问题得到精确结果后才能知道。有些教科书或网站上列出五位有效数字的计算结果，给人以误差不到万分之一的假象。其实这五位数字仅仅是计算时保留的有效数字，他不反映因为模型简单化带来的误差。

一般相对论教科书提到此事时都不谈误差分析，不提及数学模型问题。更多的书索性不提经典计算的那部分。只说“牛顿力学不能解释水星近日点移动问题，而广义相对论能够精确地计算出水星近日点的移动(43 弧秒)”。给不知情的读者的印象是，水星近日点的移动每百年只有 43 弧秒，而不是 5600 弧秒。比如托尔曼就说“实验观测的数值为 43 弧秒，正好与广义相对论计算的数值吻合” [6]。这是非常不诚实的报告。正确而公正的报告应该是：

实际观测到的水星近日点移动为每一百年 5600 弧秒；

用经典理论近似计算得到的数值为 5557 弧秒；误差为 43 弧秒，小于 0.8%；经典理论计算数值包括因地球坐标系转动造成的 5025 弧秒和因各行星造成的 532 弧秒；

用相对论计算得到的数值为 43 秒；相当于实际观测数值的 0.77%，误差为实际观测数值的 99.2%，误差等于相对论计算结果的 130 倍。

此外，还有其他可能造成水星近日点移动的因素，比如太阳本身并不是完美的球体，而是一个扁球体，而且因为不能假定太阳体内质量分布均匀，所以它的总体偏心率可能比观测到的光球面的偏心率大。这就很容易造成 1% 的贡献。有人认为广义相对论计算出的水星近日点移动的数值正好等于经典理论计算的微小误差不过是巧合 [5] [7]。总而言之，仅仅因为广义相对论算出了 0.8% 的移动，就把它当作实验证据，是非常不严肃的。

因为广义相对论的这个实验证据不太雄辩，所以有人建议发射一个人造行星围绕太阳转 [5]，其轨道必须设计得具有很大的偏心率。因为难度实在太大，无法付诸实施，否则又将是一个烧钱的超大型项目。

## 6. 广义相对论的第二个实验检验—引力使光线弯曲

广义相对论的另一个重要预言是引力能使光线弯曲。我们先考察一下这个概念本身是否有道理。

根据麦克斯韦电磁场理论，光就是电磁波。光波的传播速度取决于传播媒质的介电常数和磁导率，和引力是否存在毫无关系，因为在麦克斯韦电磁场方程组里面根本就没有万有引力的位置。如果强行在麦克斯韦电磁场方程组里面塞进万有引力，就将万有引力场和电磁场耦合起来了，因而它们也就不是独立的基本作用力了。可是无论从经典理论还是 20 世纪的理论物理的角度来看，万有引力和电磁力都是相互独立的基本作用力，万有引力场和电磁场耦合的概念都是没有根据的。

如果将光子看成是粒子而不是电磁波，万有引力会不会对光子的运动产生作用呢？也不会。因为万有引力和相互作用的粒子的质量成正比。光子的质量等于零，因此任何物体对它的万有引力都等于零，也就不可能影响其传播方向。

许多朋友误以为引力使光线弯曲是从黎曼几何严格推导出来的结果，而不知道这是根据两个基本假

设得出来的。第一个假设是：质量等于零的光子在引力场中的运动也像质量不等于零的物体一样，沿着引力场中的短程线运动。第二个假设是：在狭义相对论中没有引力存在的情况下的光线方程  $ds = 0$  也适用于引力场中的短程线方程。根据这两个假定，可以从短程线方程得出引力使光线弯曲的预言。

实验观测光线是否会被引力弯曲的最好办法是日全食的时候照相记录太阳附近的恒星位置的变化，因为日全食时天空一片黑暗，摄影效果好。1919年，爱丁顿派出两个实验组去巴西和圭尼亚作日食观测实验，宣布实验结果证实了广义相对论的预言[8]。泰晤士报立即在头版登出广义相对论被实验证实的消息，成为相对论为公众接受的最重要原因之一。

爱丁顿忘记了一个重要情况，就是太阳日冕对光线的折射。太阳表面结构比我们看到的图像复杂得多。我们看见的其实只是太阳的“光球面”。光球面外面是大约5000公里厚的“色球面”。色球面外面是“日冕”，日冕比色球面厚得多，可见部分约一万公里，不发光的部分一直延伸到星际空间几万公里。日冕外面还有太阳风。掠过太阳表面的光线会因为折射而弯曲。太阳的直径比地球大一百倍，日冕的物质密度也比地球上的空气大得多。掠过太阳的光线受日冕折射而弯曲的程度比地球大气层对太阳光的折射也要大得多。根据实验物理的原则，要得到光线因引力而弯曲的实验证据，应该在总的观测数据中减去因为色球和日冕折射而造成的弯曲并剔除其他可能的原因，或者找一个没有外层大气的天体(比如月亮)来做实验。否则这种所谓的“实验证据”就是假的。在爱丁顿和后来观测日全食的实验工作中，都完全没有对日冕折射造成的光线弯曲的独立测量和分析。

## 7. 广义相对论的第三个实验检验—引力红移

引力红移是根据广义相对论的等效原理提出来的。不同的作者对此有不同版本的说明[5] [6] [9]。我们这里采用托尔曼的经典说明[6]。

假定在一个高度为  $h$  的电梯的地板和天花板上放置两个全同的时钟，如果没有引力，电梯不动，这两个钟的快慢就是一样的。如果从天花板向地板发出一条光谱线，天花板上和地板上测出的谱线频率都一样，等于  $f_0$ 。如果电梯在引力场中自由落体，那么从天花板上发出的光线到达地板上时，电梯已经下落了一个时间  $t$ ，地板上的接收器已经具有速度  $v$ ，由于多普勒效应，地板上的接收器收到的光的谱线会发生红移。其红移量为：

$$-\frac{\Delta f}{f} = \frac{\Delta \lambda}{\lambda} = \frac{v}{c} = \frac{gt}{c} = \frac{gh}{c^2} \quad (18)$$

根据等效原理，加速运动等效于引力场中的运动。因此，

$$gh = -\Delta\phi \quad (19)$$

$$-\frac{\Delta f}{f} = \frac{\Delta \lambda}{\lambda} = \frac{-\Delta\phi}{c^2} \quad (20)$$

根据方程(20)，光谱线在引力势低的地方会产生红移。比如说，太阳表面的引力势比地球上低，所以我们在地球上测量到的太阳表面的氢原子光谱会比地球上实验室里的氢原子光谱的波长稍微偏长，产生红移。

精明的读者在这里一定会问一个非常关键的问题：因为太阳表面的势能比地球表面低，所以太阳表面相当于电梯的地板，地球表面相当于电梯的天花板。从太阳表面发射到地球的光相当于从电梯地板向天花板发出的光线，方向和上述托尔曼的电梯中的光线传播方向正好相反，因此光线到达地球表面被接收以后应该会产生蓝移，而不是红移。这岂不是和教科书上的结果正好相反？

现在我们将这理论问题和逻辑问题放下不管，来看看“低势能产生红移”的预言的实验检验问题。



广义相对论计算的太阳光谱红移的理论值是[5] [6]

$$\delta\lambda/\lambda = 2.12 \times 10^{-6} \quad (21)$$

最早观察太阳和恒星 Sirius 的伴星的光谱红移的是 Adams [10]。根据这两份报告，实验和理论符合得还好。但是这种符合存在很大的疑问。这里面有一些不确定因素会产生系统误差[5]: 1) 太阳与地球之间的相对运动可能产生红移。只要每秒 0.6 公里的相对运动速度就足以产生方程(21)预言的 0.000002 的红移; 2) 太阳表面温度会造成等离子体中电子和离子的高速运动。估计碳, 氮和氧离子的速度约每秒 2 公里, 将产生三倍于理论预言的红移值。这将使谱线宽度为理论红移的六倍, 使实验测量的可靠性大成问题; 3) 太阳表面不同地方的光谱红移不一样, 有些地方的谱线甚至会产生蓝移而不是红移。一般将这种谱线移动的不规则性归因于太阳大气中分子的高速对流。可我们对这种分子对流速度的具体分布没有任何信息。因为这个关系, 所谓的“红移的实验观测数值”就完全取决于实验者选择太阳表面的哪一点进行观测。“理论预言”的数值既可以是红移, 也可以是蓝移, 实验者都可以选择太阳表面的适当地方观测到理论“预言”的数值。

至于从白矮星 Sirius 来的光谱, 一个严重的困难是我们很难直接测量它的质量, 只能借助于天体物理理论间接估算, 红移的计算当然也就受质量不确定性的影响。实验观测的数值和理论预言也符合得不是太好。

因为这些原因, 人们并不认为太阳和白矮星光谱的红移足以证明广义相对论的正确。为了避免上述不确定性的影响, 1960 年, Pound 和 Rebka [11] 在 22.6 m 深的井口放置一个铁 57 同位素的 Gamma 射线源。Gamma 射线的能量为 14.4 keV。在井底还是以铁 57 同位素作为接收器, 通过莫斯鲍尔效应吸收 Gamma 射线。因为 23 米的井口和井底的势能相差很小, 理论红移值仅为:

$$\delta\lambda/\lambda = 2.46 \times 10^{-15} \quad (22)$$

我们看见  $10^{-15}$  次方的精度, 应该有一种本能的警惕。这条 Gamma 射线的相对谱线宽度约  $1.13 \times 10^{-12}$ , 比(22)式给出的相对红移高出 460 倍! 要从一条谱线中测出不到谱线宽度 460 分之一的谱线移动, 显然是不可能的事。

怎么办? 实验者发明了一个技术, 就是让 Gamma 射线源做上下正弦震荡进行调幅, 经过一些数据处理, 他们宣布测量到了精确的红移数值, 等于(22)式预言的 4 倍!

实验者提出了一种解释, 说红移的实验数值之所以等于广义相对论预言的 4 倍, 是由于射线源和接收器所用的晶体不同, 它们所处的温度也不同, 等等。经过一些“不对称性”的处理之后, 他们最终宣布: 实验测量到的结果和(22)式的理论值符合得非常好, 误差不到 5%。

对于这样的“实验证实”的过程, 人们不难想象, 如果实验者们测量到的红移不是等于理论预言值的四倍, 而是正好符合理论值, 他们就会立即宣布证实了广义相对论, 后面的所谓井口与井底的晶体不同造成实验值等于理论值的四倍的故事当然也就不会有了。如果加进这个故事以后, 仍然不能得到与相对论预言相符的结果呢? 他们会继续寻找各种各样的理由来解释, 直到与广义相对论符合为止。这些所谓的“实验证据”都是为了迎合权威理论而编织出来的“实验拥护”, 而不是独立的实验检验。最近一些实验组宣布测量到了引力波的证据, 也有类似的问题。这些我们稍后再分析。

## 8. 施瓦兹查尔德解的奇点, 黑洞, 白洞, 虫洞, 多重宇宙

从公式(2)可以明显看出, 如果半径等于(恢复 c.g.s.单位制)

$$r_s = \frac{2GM}{c^2} \quad (23)$$

则施瓦兹查尔德解(2)式的第二项分母为零, 时空间隔或度规张量无穷大发散, 整个解就没有意义。在施瓦兹查尔德半径  $r_s$  以内的物体, 即使速度等于光速也没有足够的能量克服引力而飞出。因为爱因斯坦认为光子也服从万有引力定律, 他认为即使光子也不能飞出这个区域, 所以这个区域叫“黑洞”。施瓦兹查尔德半径由天体的质量  $M$  唯一决定。太阳的施瓦兹查尔德半径约为 3 公里, 大大小于太阳的半径 (700,000 公里)。

但是, 没有光子飞出而一片黑暗并不是施瓦兹查尔德“黑洞”的最本质的特征。“黑洞”最本质的特征是时空翻转。如果  $r < r_s$ , 公式(2)的第一项和第二项会改变符号, 因此空间坐标微分  $dr$  变为时间坐标微分; 而时间坐标微分  $dt$  和  $d\theta$ ,  $d\phi$  一起构成三维空间坐标微分。如果测量不到时空翻转, 就不能说已经测量到了黑洞。黑暗只是表面的现象。黑体辐射的黑洞就不辐射光子, 但不是广义相对论意义上的黑洞。宇宙中看不见的物体多得很, 质量特别大密度特别高的物体也多得很, 但都不是黑洞。除非你能证明某一个天体中时间和空间翻转了, 否则就不能说已经观察到了黑洞。正如摸到了一根柱子, 不能说已经摸到了大象。闪光的不一定是金子, 不闪光的不一定是黑洞。

施瓦兹查尔德解在奇点无穷发散是爱因斯坦引力方程的一个根本性困难, 所以相对论理论家们便想尽各种办法回避或者挽救。采取回避策略的一个代表是温伯格([5], p. 207)。他根本否认施瓦兹查尔德奇点的存在, 理由是我们已知的宇宙中的物体的施瓦兹查尔德半径都小于它的实际半径, 因此不在真空中, 而施瓦兹查尔德解是真空中解。这种回避政策是无法令人信服的, 因为我们并不能说我们知道宇宙中所有物体的质量和半径。普林斯顿的物理教授约翰惠勒(John Archibald Wheeler)认为, 任何因引力坍塌形成的黑洞都可以用施瓦兹查尔德解描述。“黑洞”这个词就是他开始叫出来的。由于引力坍塌, 可能使一个足够重的天体的半径小于施瓦兹查尔德半径。所以, 施瓦兹查尔德解的奇点发散是一个无法回避的理论问题。

1960 年代, 克鲁斯科(Kruskal)提出一个说法, 认为爱因斯坦场方程的解之所以会无穷发散, 是因为坐标系选得不好[12]。如果我们选择一个适当的坐标系, 便可以消除这个奇点。他提出以下的坐标变换, 把时空坐标  $(r, t)$  变换到一对没有物理意义的克鲁斯科坐标  $(u, v)$ :

$$\begin{cases} u = \sqrt{\frac{r}{r_s} - 1} \exp\left(\frac{r}{2r_s}\right) \cosh\left(\frac{t}{2r_s}\right) \\ v = \sqrt{\frac{r}{r_s} - 1} \exp\left(\frac{r}{2r_s}\right) \sinh\left(\frac{t}{2r_s}\right) \end{cases} \quad (r > r_s) \quad (24a)$$

$$\begin{cases} u = \sqrt{1 - \frac{r}{r_s}} \exp\left(\frac{r}{2r_s}\right) \sinh\left(\frac{t}{2r_s}\right) \\ v = \sqrt{1 - \frac{r}{r_s}} \exp\left(\frac{r}{2r_s}\right) \cosh\left(\frac{t}{2r_s}\right) \end{cases} \quad (r < r_s) \quad (24b)$$

逆变换为:

$$\begin{cases} \left(\frac{r}{r_s} - 1\right) \exp\left(\frac{r}{r_s}\right) = u^2 - v^2 \\ t = 2r_s \tanh^{-1}\left(\frac{v}{u}\right) \end{cases} \quad (r > r_s) \quad (25a)$$

$$\begin{cases} \left(\frac{r}{r_s} - 1\right) \exp\left(\frac{r}{r_s}\right) = u^2 - v^2 \\ t = 2r_s \tanh^{-1}\left(\frac{u}{v}\right) \end{cases} \quad (r < r_s) \quad (25b)$$

将这一变换画成图像，就得到克鲁斯科变换的图像(图 1)。

从图 1 中我们看到克鲁斯科变换的几个特征：

- 1) 空间的原点  $r = 0$  从一个几何点变成了一条最上面的抛物线。(如果把极角和方位角坐标也考虑进去，其实是一个三维曲面。)
- 2) 施瓦兹查尔德半径被变换到了  $u - v$  坐标系中的两条对角线。但是奇点并没有消失。
- 3) 整个时空宇宙占据了  $u - v$  坐标系中以对角线  $u = -v$  为界的右上方和以抛物线  $r = 0$  为界的下面所界定的区域。
- 4) 施瓦兹查尔德半径以内的区域变换到了两条对角线以上，原点抛物线以下的区域 II。
- 5) 施瓦兹查尔德半径以外的空间变换到了两条对角线右面的区域 I。

从图表上我们看到，克鲁斯科变换并没有把施瓦兹查尔德半径变掉，而是变成了  $u - v$  坐标系中的两条对角线。 $u - v$  坐标系没有物理意义。真正有物理意义的是  $r - t$  坐标。时空坐标系中度规是否发散是可以观测到的物理现象(万有引力无穷大)。一个无穷发散的物理现象不应该仅凭坐标系的选择而消除，这是常识，也是常理。克鲁斯科认为一个坐标变换就可以改变物理现象，是对相对性原理的根本违反。

克鲁斯科变换不是 1-1 对应的变换。从逆变换式(25)可以看出，如果  $u$  和  $v$  同时乘以一个负号， $r$  和  $t$  的数值不变。也就是说，变换式(24)也可以写成：

$$\begin{cases} u = -\sqrt{\frac{r}{r_s}-1} \exp\left(\frac{r}{2r_s}\right) \cosh\left(\frac{t}{2r_s}\right) \\ v = -\sqrt{\frac{r}{r_s}-1} \exp\left(\frac{r}{2r_s}\right) \sinh\left(\frac{t}{2r_s}\right) \end{cases} \quad (r > r_s) \quad (26a)$$

$$\begin{cases} u = -\sqrt{1-\frac{r}{r_s}} \exp\left(\frac{r}{2r_s}\right) \sinh\left(\frac{t}{2r_s}\right) \\ v = -\sqrt{1-\frac{r}{r_s}} \exp\left(\frac{r}{2r_s}\right) \cosh\left(\frac{t}{2r_s}\right) \end{cases} \quad (r < r_s) \quad (26b)$$

其逆变换同样是公式(25a, b)。如果把变换(26)画成图表，就是一張由图 1 绕原点( $u = 0, v = 0$ )旋转 180 度的图。整个宇宙充满对角线  $u = -v$  的左下方，而对角线  $u = -v$  的右上方是空白。这两个图应该是等价的。选取哪一个只是个人喜好的问题。

可是克鲁斯科认为不应该只选一个，而是两个图应该同时存在。将公式(24)和(26)同时画在一个图表上，就成了图 2。这张图叫做“最大施瓦兹查尔德几何”(Maximal Schwarzschild Geometry)。

克鲁斯科以两条对角线为界将  $u - v$  空间分为 I, II, III, IV 四个区域(见图 2)。区域 I 和 II 属于一个宇宙，区域 III 和 IV 属于另一个宇宙。所以克鲁斯科通过一个坐标变换，一下子就变出了两个宇宙。他的理由是，只有同时保存两个宇宙，才能保持“拓扑完备性”。也就是说，他把曲面的某种拓扑性质置于物理现实之上，创造了另一个额外的宇宙。拓扑创造世界，拓扑创造宇宙。

虽然在  $u - v$  空间中这两个宇宙在对角线  $u = -v$  的两边，在现实的( $r, t$ )时空中却是重叠的。比如说，图 2 中的两个点 P 和 P' 的时空坐标都是一样的( $r = 0.7, t = 1.2$ )，在现实世界中是同一个时空点，应该被认为是同一个事件。可是在  $u - v$  坐标中，却是不同的两个宇宙中完全不同的事件。也就是说，当这个宇宙中的情侣们同窗共读之时，另外一个宇宙的好汉们可能正在同一个时刻同一个地点血溅鸳鸯楼。他们的身体和刀枪和我们的身体可以互相重叠穿透(相同的时间  $t$  和空间  $r$ )，但是您感觉不到疼痛，也看不见他们的身影。不过拓扑学家们却可以将两个宇宙的时空坐标精确地画在图表之中，分析其中的奇怪现象。拓扑学家的“物理学”就是这么神奇。

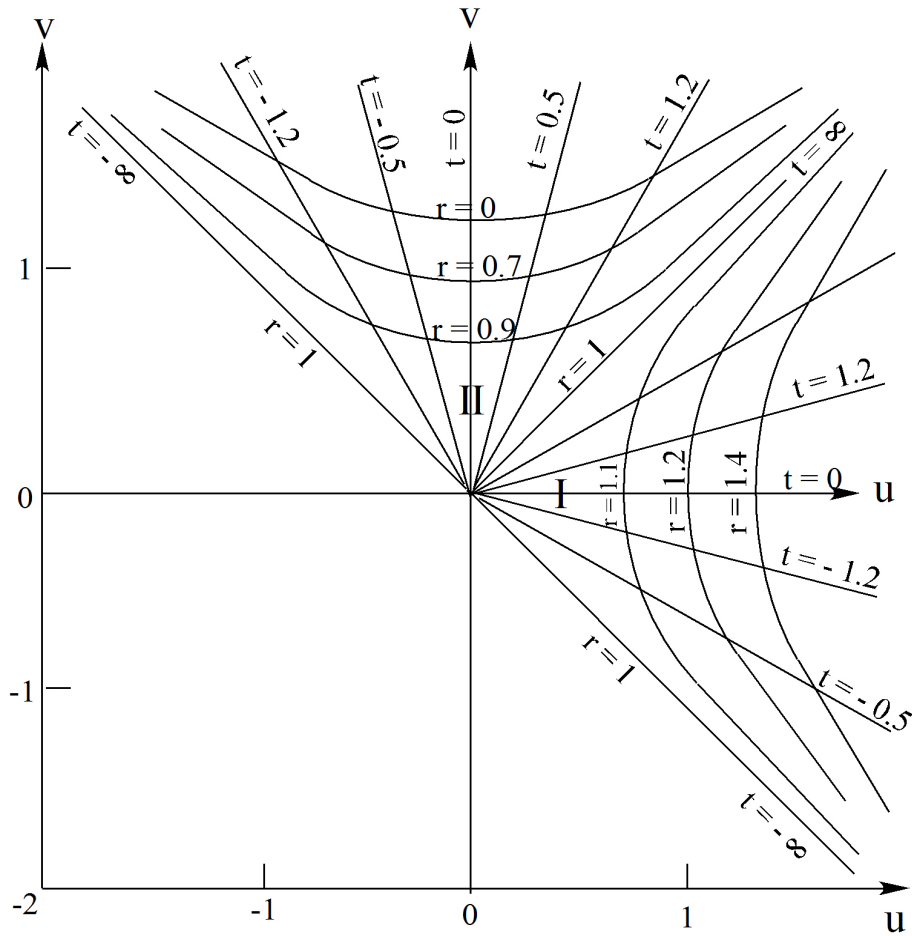


Figure 1. Kruskal transformation  
图 1. 克鲁斯科变换

克鲁斯科解释说，区域 II 是黑洞，与之对应的另一个宇宙中的区域 IV 是白洞，是这个宇宙的黑洞的时间反演。他把  $v$  坐标认定为  $u - v$  坐标系中的时间。最上面和最下面的两条双曲线是球体的质量中心 ( $r = 0$ )。和质量中心 ( $r = 0$ ) 相切的两条水平线分别是  $v = -1$  和  $v = 1$ 。这两条水平线之间的区域叫做“虫洞” (又叫时空隧道，宇宙脐带，爱因斯坦-罗申桥，施瓦兹查尔德喉管)。人们可以通过这个“虫洞”以超光速从一个宇宙走到另一个宇宙。

1963 年，科尔(Kerr)找到了爱因斯坦引力场方程的另一个解，适用于旋转的球对称场[3]。科尔解当然也有无穷大发散的问题。如果用克鲁斯科变换如法炮制，则会变出无穷多个宇宙。数学家们创造宇宙就这么容易。

在“最大科尔几何”(Maximal Kerr Geometry)中，旋转球体的半径居然可以为负数！宇宙的质量也可以为负数！在半径为负数的一些区域，世界线会是封闭的曲线，也就是说，现在的事情慢慢发展，会回到过去。因此时光可以倒流，这就是“时间旅行”“时空穿越”的始俑。克鲁斯科变换是理论物理中一个里程碑性的工作。除了因果律的倒转以外，他还在几个方面创造了先例：

1) 时空观上的第二次革命。爱因斯坦首先颠覆了经典的时空观，将时间和空间从绝对自变量变成了速度的因变量，从时空独立变成了时空相关。但是爱因斯坦的相对论至少还尽量保存时间和空间的物理意义。克鲁斯科变换实现了时空的第二次革命，使时间和空间完全蜕化成了数学方程式里的参数，被剥夺了任何物理意义。克鲁斯科用  $v$  坐标作为时间，取代了现实的时间。 $v$  时间在现实世界中没有任何物理意义。

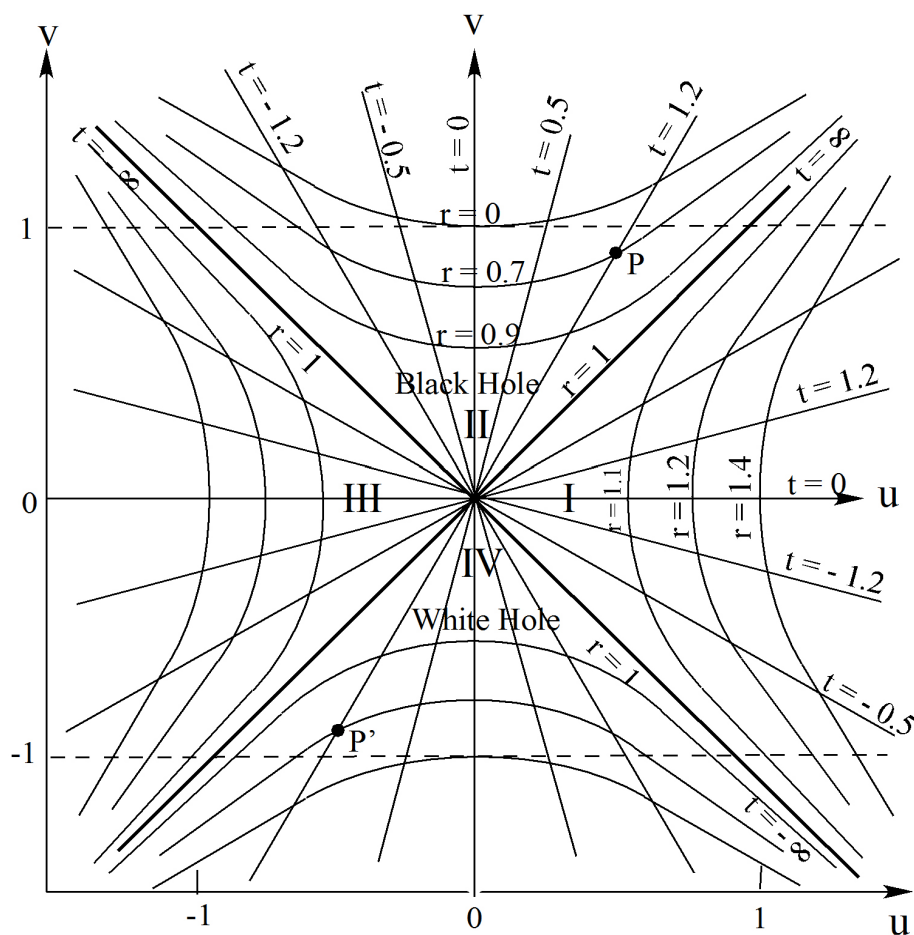


Figure 2. Maximal Schwarzschild geometry  
图 2. 最大施瓦兹查尔德几何

2) 克鲁斯科开了数学创造论的先河。从此，数学家们以几何图形的性质(比如拓扑完整性，方程式的对称性，协变性)作为大自然规律的基础，将之置于物理基本定律和科学逻辑(比如宇宙不能创生)之上，可以在草稿纸上创造多重宇宙，创造白洞黑洞虫洞等等。理论物理研究变成了数学游戏，与现实世界根本绝缘。

3) 技术上，将拓扑学引进到理论物理的时空研究和宇宙学中。理论物理成了应用拓扑学的分支。近年名噪一时的弦论和膜论是这种哲学思想体系的延伸。

自克鲁斯科以后，数学家们在草稿纸上创造宇宙就成了家常便饭了。宇宙从经典物理中包罗世间万事万物的实体蜕变成了拓扑流形(manifold)；理论物理蜕变成了应用拓扑学；时间和空间蜕变成了毫无实质意义的数学参数。时间可以变成空间，空间可以变成时间，因果律可以倒转，时间可以由实时间和虚时间组成的两维空间，等等，不一而足。

数学是高尚的，伟大的。理论物理没有数学绝对不行。牛顿和麦克斯韦都是数学巨匠。但是牛顿和麦克斯韦的数学从来都是为解决现实中的物理问题所用的工具。可是近代的一些数学家不是把数学当作解决物理问题的工具，而是把数学当作对现实的物理世界实行专政的工具。他们强行要求对他们的数学参量赋予物理意义(比如克鲁斯科的  $v$  时间)，强行剥夺真正物理量的物理意义(比如时间和空间)。他们可以根据“拓扑完备性”创造多重宇宙。他们可以在图表上划两条线就创造时空隧道而建立宇宙间的超光速旅行。他们可以因为时空线闭合就宣称时间可以倒转，历史可以循环。

克鲁斯科发明他的变换，本来是想为爱因斯坦场方程解的无穷发散找一条出路以挽救广义相对论。克鲁斯科变换所引出来的一系列荒唐结果恰恰证明了这条路是走不通的。爱因斯坦引力场方程的解的无穷发散揭示了爱因斯坦广义相对论的本质困难和不自洽。这种本质困难是不可能通过数学变换解决的。也就是说，施瓦兹查尔德解和科尔解的不自洽证明了爱因斯坦引力场方程在一般条件下是不成立的。之所以在线性场近似条件下能够过渡到牛顿引力公式，是因为这些无穷大发散的奇点在“近似”过程中被不知不觉地忽略不计了。这种线性近似只考虑度规张量的(0,0)分量。无穷大发散的(1,1)分量和(0,3),(3,0)分量被绕过去了。

如上所述，施瓦兹查尔德解在黑洞半径的无穷大发散和半径以内的时空翻转是广义相对论的一个根本性困难。所谓黑洞白洞虫洞多重宇宙因果倒转时空穿越等等离奇概念，是克鲁斯科希望解决这一根本困难而想出来的数学把戏，从假定到结论都是荒唐的违背科学的。学界对此不仅没有质疑，反而掀起了研究黑洞虫洞和时空穿越的高潮，居然形成了一个国际性的黑洞产业。霍金成了这一高潮中的弄潮儿和这一产业中的最大受益者。他的成名，就是所谓的“霍金辐射”和“霍金蒸发”。2004年，霍金首次对他的黑洞理论认错。黑洞研究中的另一个著名问题是火墙悖论(Firewall paradox)。这个悖论起因于一个杞人忧天的假想实验。设想一位宇航员不幸掉入黑洞，根据“经典相对论”，他会穿过黑洞边界进入黑洞，越掉越深，并被越来越强的引力拉成意大利面条，最终撞到奇点(singularity)。这种杞人忧天的问题却正是玄学家们的本职工作。2012年，加利福尼亚州卡佛里理论物理研究所的一位弦论专家珀尔钦斯基(Joseph Polchinski)和他的两个学生阿尔姆海瑞(Ahmed Almheiri)和苏里(James Sully)开始认真思考宇航员在黑洞里的数学死亡方式。根据他们的弦论计算，黑洞的边界将因为量子力学效应而变成一堵由高能粒子组成的高温漩涡。任何东西碰到这堵火墙都会立即烧为灰烬，在被黑洞引力撕成意大利面条之前早就被黑洞火墙烧成了汉堡包。这和霍金和惠勒的预言——宇航员会进入黑洞并且被引力撕成意大利面条——显然互相矛盾。这就是黑洞理论中的所谓“火墙悖论”。

珀尔钦斯基的火墙理论还有一个忤逆爱因斯坦的大问题，那就是违背广义相对论的等效原理。珀尔钦斯基深知兹事体大，于是打算想出一个没有火墙的方案来避免根本冲突。可是代价太大：如果他想顾全广义相对论，就必须放弃量子力学。霍金是一个弦论的坚定支持者。他认为M—理论就是最终的万能理论，所以不愿意看到自己的黑洞理论和弦论相左，选择了抛弃黑洞理论。他认为黑洞和量子力学不相容，说黑洞理论是他一生铸成的“大错”。2014年他在arXiv上贴出的文稿中说“不存在黑洞边界(event horizon)就意味着没有黑洞”。

霍金是近几十年来黑洞研究的领军人物。在他的旗帜下已经训练了一支庞大的理论队伍。而今霍金突然认错，使得一直追随他的黑洞专家们陡然失去了战斗目标，失落了战斗的意义。黑洞理论和大爆炸理论面临着崩盘破产的局面。霍金认错从一个特定的角度有力地揭示了20世纪理论物理中严重的不自治，对现今占统治地位的主流意识形态大厦的破坏力自不待言。

## 9. 爱因斯坦空间的转动问题

物理理论之所以必须服从相对性原理，是基于真理的唯一性。比如说，我们要研究木星的卫星相对于木星的运动。我们必须知道这种相对运动的速度，加速度，角速度，角加速度等等。我们可以在地球坐标系对这些参数进行测量，也可以在太阳坐标系中对这些参数进行测量。不管观察者在哪个坐标系，都必须得到木星卫星相对于木星的运动参数的客观数值。也就是说，不同观察者必须得到相同的答案，因为真理是唯一的。可是因为地球围绕太阳转动，同时又围绕自己的轴自转。因此地球上的观察者测量到的木星和卫星的运动参数和太阳系的观察者测量到的运动参数数值是不一样的。不过，因为我们知道地球坐标系相对于太阳坐标系的运动，就可以通过坐标变换把地球上测量到的木星和卫星的运动参数变

换成太阳系中的数值。这样变换出来的数值应该和太阳坐标系观察者测量到的数值一样。如果将地球坐标系里测量的数值变换到太阳坐标系以后和太阳坐标系里直接测量的数值不同，那就说明坐标变换不对。所以，一个物理理论必须有正确的坐标变换，也必须有逆变换，否则真理就不是唯一的，否则运动就不是相对的，否则就只有某一个特定的坐标系中测量的数值是对的，其他坐标系中测量的数值都是错的，这显然荒谬。

因为不同坐标系的相对运动既可以是平动，也可以是转动。所以一个完备的理论必须既有平动变换和逆变换，也必须有转动变换和逆变换。在经典理论力学中，平动变换就是伽利略变换，转动变换就是欧拉变换。缺一不可。

相对论的一个重要问题就是不可能有转动变换。我们以地球的引力场为例来说明这个问题。

对于地球上的观察者来说，地球是不动的，所以地球的引力场应该由施瓦兹查尔德解，也就是方程式(3)的  $g_{\mu\nu}$  来描述。可是，对于外层空间中相对于恒星系静止的观察者，地球是转动的，因此地球的引力场应该由科尔解，也就是方程式(4)来描述。其度规张量  $g'_{\mu\nu}$  显然和(3)式不同的。可是地球的引力场是不依赖于观察者的客观存在，所以必须存在一个转动变换  $A$ ，能够把施瓦兹查尔德解变换到科尔解，当然也必须存在逆变换，这两个解才能相恰。也就是说，必须有一个转动坐标变换  $A$ ：

$$x' = Ax \quad (27)$$

将施瓦兹查尔德解变换到科尔解：

$$g'_{\lambda\rho} = A^T g_{\mu\nu} A \quad (28)$$

此处  $A$  是一个  $4 \times 4$  的矩阵， $g'_{\lambda\rho}$  和  $g_{\mu\nu}$  分别是科尔度规和施瓦兹查尔德度规张量， $x'$  和  $x$  分别是旋转的和静止的坐标四矢量。

2000 年，我证明了这个变换矩阵  $A$  存在的条件是：半径和角速度的乘积不能大于光速，否则就和光速不变原理直接相悖[13]。即是说，广义相对论不具有转动相对性。

我们可以用一个中学生都能懂的问题说明转动和光速极限原理相悖。在我们地球上观测，所有的天体都围绕地球以同一个角速度旋转，这是因为地球自传造成的相对运动，并不是宇宙在转。也就是说，是观察者的坐标系在转，所以天体的角速度才会是一样的。这个相对角速度就是每天转一圈。因为这个转动，天体相对于我们的线速度也可以算出来，就是将角速度乘以从天体到地球的距离。这个速度是多少呢？数值非常之大。从地球到最近的恒星是 4.3 光年。将这个距离乘以地球自转角速度，得到的线速度是光速的 9861 倍！至于离我们多少亿光年的星星的线速度就更大了。在经典物理里面，这根本就不是问题。可是在相对论里面，可就是关系到相对论基本前提是否正确的根本问题了。

有些不理解相对性原理的朋友可能会说，星星的运动只是我们在地球上观察的感觉而已，实际上宇宙并没有运动啊！这样的相对运动速度能算吗？这些朋友不了解什么是“相对速度”。所谓“相对”，就是不一定是“绝对”速度(如果绝对速度可以定义的话)，也就是说，不管谁在“真正”地运动，只要他们之间的相对位置变化就算。比如说，您坐在火车上，火车以每小时 100 公里的速度行进，因此，整个宇宙相对于火车上的乘客的相对速度都是每小时 100 公里，只不过方向相反而已。所有的相对论教科书都以这个例子解释相对性原理：即使宇宙本身并没有运动，可是整个宇宙对于火车上的乘客的相对速度都是每小时 100 公里。难道您推动了整个宇宙？没有。既然平动有这样的相对性，为什么转动就没有相对性呢？

## 10. 如何从理论上检验广义相对论的对错？

从前面的讨论我们已经看到，广义相对论的三个经典实验检验都站不住脚。那么，可不可以通过理

论分析来证明广义相对论的对错呢？完全可以。事实上，要想在理论上证明广义相对论在非线性近似条件下的正确不太容易，可是要证明其谬误却并不太难。

只要比较一下爱因斯坦引力方程和牛顿引力公式就知道它们之间的差别。牛顿公式是一个单一的标量方程，而爱因斯坦引力方程是一个四维二阶对称张量方程。线性场近似只是将爱因斯坦引力方程的(0,0)分量和牛顿万有引力定律的泊松方程比较。即使这种比较成功，也只涉及到十个方程中的一个，即爱因斯坦张量方程的(0,0)分量而已，并没有检验其他分量。除了(0,0)分量以外的其他几个分量方程是牛顿理论里面没有的，这几个方程正是牛顿理论与爱因斯坦理论的差别，也正是检验爱因斯坦引力方程真伪优劣的最好地方。

有没有人讨论过这些剩下的分量方程呢？只有两个分量被认真讨论过，那就是(1,1)和(0,3)分量。施瓦兹查尔德解给出了度规张量对角线上的四个元素。其中(1,1)分量告诉我们，爱因斯坦引力场方程将导致度规无穷大发散和施瓦兹查尔德半径以内的时空翻转。这些是牛顿理论中没有的问题，却是广义相对论的致命困难。

科尔讨论了爱因斯坦引力方程的(0,3)分量。(0,3)分量的物理意义是引力源的单位质量的角动量。(0,3)分量的讨论使我们认识到广义相对论转动变换与光速极限原理直接相悖。这是广义相对论的又一个致命困难，但是牛顿理论没有这种困难。

所以，对于爱因斯坦引力场方程的(1,1)和(0,3)分量的分析不仅不能证明广义相对论比牛顿的经典引力理论更正确，反而证明了其自身的背理与荒唐。至于其他分量呢？还没有人认真考虑过。所以，爱因斯坦将引力理论复杂化到一个四维二阶的张量微分方程以后，除了(0,0)分量可以通过线性近似过渡到牛顿理论以外，其他所有分量或者证明着爱因斯坦引力方程的谬误，或者给不出物理意义。

## 11. 引力时空的平坦性

爱因斯坦广义相对论的一个广为传播的概念，就是引力使时空弯曲，或者时空弯曲产生引力。时空弯曲概念的理由之一是，物体的运动轨迹由短程线方程描述，而短程线方程是曲线，所以时空是弯曲的。另一个理由是，广义相对论的数学基础是黎曼几何-曲面几何。爱因斯坦的引力场方程中的里奇张量就是从时空曲率张量收缩而成的。

第一个理由显然不能成立，因为运动轨迹的弯曲并不意味着时空的弯曲。物体的运动轨迹可以是直线，也可以是曲线。垂直落下的物体的运动轨迹是一条直线；炮弹的运动轨迹是抛物线，行星的运动轨迹是圆或椭圆。描绘这些不同的曲线方程就是运动方程-规定某一物体在某一时间所在的空间坐标关系的方程。显然，运动方程式中所规定的时空关系仅仅是某一物体可能经过的时空坐标点的关系，而不影响整个宇宙的时空结构。在广义相对论中，运动方程就是黎曼空间中的短程线方程。这一短程线方程中的空间和时间变量只是受引力作用的物体所能经历的空间和时间坐标，而不是整个宇宙的空间和时间。短程线方程规定的时间和空间坐标的关系，只描述物体运动轨迹的几何性质，不描述宇宙空间的几何性质。

认为引力使时空弯曲的另一个理由也不成立。爱因斯坦的引力场方程中的时间和空间变量描述的是引力场的势的空间分布和时变特性。这一点，在上述爱因斯坦场方程的线性近似中看的十分清楚：引力场的时空度规元素中的引力修正量  $h$  在线性近似下过渡到经典的引力势。爱因斯坦场方程中规定的时空关系和曲面几何特性，可以联系于等位面的弯曲的几何特性和时变特性，但等位面的弯曲不是宇宙时空的几何特性。

我们有非常基本的理由否认时空的弯曲。众所周知，在宇宙时空中，既有引力作用，也有电磁作用和核作用。引力场由万有引力场方程描述，电磁波由麦克斯韦场方程描述。麦克斯韦方程的度规张量是平坦的闵可夫斯基度规。如果时间和空间被弯曲了，则整个麦克斯韦方程组都要被扭曲了。即是说，时



空弯曲的理论本质上决定了引力和电磁作用力的耦合。可是我们没有任何万有引力和电磁力耦合的证据。

引力作用下的时空到底是弯曲的还是平坦的可以通过直接计算时空度规的黎曼曲率来决定。如果时空度规的黎曼曲率不等于零，时空就是弯曲的；如果时空度规的黎曼曲率等于零，时空就是平坦的。我们已经知道爱因斯坦的两个精确解，就是施瓦兹查尔德解和科尔解。2014年，我算出了这两个度规的黎曼曲率，结果发现，施瓦兹查尔德度规和科尔度规的黎曼曲率都等于零。不仅如此，这两个度规的里奇张量的所有分量也都等于零。所以，引力下的时空的平坦性是可以数学严格证明的。具体计算参看拙作[14][15]。

在论证科尔度规的平坦性一文中，我还纠正了一个许多教科书中长期传抄的一个错误概念，就是黎曼曲面的曲率必须由黎曼张量而不是由黎曼曲率来量度。我在论文中举了两个例子--三维空间中的二维球面和四维空间中的三维超球面--来具体说明黎曼曲率标量才是黎曼曲面的曲率的正确量度，而不是黎曼张量。

如果只考虑真空的情形，时空的平坦性很容易得到一般性的严格证明。在真空中，能动量张量为零，方程式(1)简单地成为：

$$R_{\mu\nu} - \frac{R}{2}g_{\mu\nu} = 0 \quad (29)$$

将方程式乘以  $g^{\mu\nu}$  并进行指标收缩，注意  $g^{\mu\nu}R_{\mu\nu} = R$  以及  $g^{\mu\nu}g_{\mu\nu} = 4$ ，我们有：

$$\begin{aligned} R - 2R &= 0 \\ R &= 0 \end{aligned} \quad (30)$$

将(30)代入(29)得

$$R_{\mu\nu} = 0 \quad (31)$$

方程式(30)(31)表示真空中的时空黎曼曲率和里奇张量严格地等于零。即是说，真空中的时空是严格平坦的。按照广义相对论的解释，时空曲率为零意味着引力场为零。可是我们知道的物理事实是，只要有质量在，它的引力场在真空中就不等于零。事实显然和广义相对论相矛盾。

许多学界同仁认为时空平坦的充要条件是黎曼张量等于零，这是不对的。黎曼张量等于零是时空平坦的充分条件，但不是必要条件。事实上，文献[14]和[15]证明了，施瓦兹查尔德度规和科而度规的黎曼曲率和里奇张量都等于零，但是黎曼张量有的分量不等于零。有的朋友认为，只要黎曼张量有的分量不为零，就说明时空在有的方向是弯曲的。这里似乎有一个问题：时空曲率到底应该以黎曼张量来量度呢，还是应该以黎曼曲率标量来量度？

首先，我们必须明白，一张平坦的黎曼曲面可以在某些方向弯曲。比如说，圆柱面就是弯曲的，一个主轴方向的曲率等于零，另一个主轴方向的曲率等于圆柱半径的倒数。可是它的高斯曲率和黎曼曲率都等于零。即是说，圆柱面在黎曼意义上是平坦的。这如何理解？原来曲面上某一点的曲率的量度是：以此点为中心，以某一无穷小弧长为半径的圆周长与半径的比值。将  $2\pi$  减去这个比值就是曲率。如果如此定义的曲率等于零，曲面在这一点就是平坦的；如果曲率大于零，曲面在这一点就是凸的(球面的)；如果曲率小于零，曲面在这一点就是凹的(双曲的)。

由以上曲率定义可见，黎曼曲面在任何一点的曲率是一个实数，一个标量，而不是矢量，张量。曲面某一点的曲率必须是一个唯一的数值，它或者大于零，或者等于零，或者小于零，而不可能是许多数值。四维时空中的黎曼张量有 256 个分量，其中有 20 个分量是独立的[5]。如果以黎曼张量来量度曲率，我们就没有一个唯一的数值来表示该点的曲率。不仅如此，黎曼张量的许多分量甚至量纲都不一样，不

是所有分量都有曲率的量纲。所以，黎曼张量不能用来量度曲面的曲率。

那如何理解“平坦”的黎曼曲面沿某一方向的弯曲？还是以圆柱面为例。如果将圆柱面剪开，我们可以将他摊开在一张欧几里得平面上而没有任何皱褶。如果曲面的某一点曲率不等于零，这一点周围的圆周长和直径之间就不符合圆周率，因此延展到欧几里得平面上就一定会产生皱褶。在数学上，曲面的这一特性还可以表示为：如果黎曼曲面上某一点附近的弧长微分服从勾股定理，这一点就是平坦的，否则就是不平坦的。

为什么不等于零的黎曼张量会得到等于零的黎曼曲率呢？这很容易从数学上理解。黎曼曲率是由二阶的里奇张量收缩而得到的，里奇张量又是由四阶的黎曼张量收缩而成。张量的收缩是由一对上下指标相同的张量元素相加求和得到的。黎曼张量里那些上下指标不成对的元素根本就没有包括在收缩过程之中。这是黎曼张量与里奇张量之间，里奇张量与黎曼曲率之间的第一个区别。其次，即使有一对相同上下指标而参与收缩的元素，也可能相互抵消，这是高阶张量和由其收缩而成的低阶张量之间的第二个区别。因为这个关系，平坦的黎曼曲面的黎曼张量不一定等于零。黎曼曲率是从黎曼张量两度收缩而成，但是黎曼张量不等同于黎曼曲率。条条道路通罗马，但是道路并不是罗马城。黎曼曲率是罗马，黎曼张量只是道路。度规张量也是通向曲率的更远一点的道路。

曲率的定义似乎带有一定的主观性。高斯曲率和黎曼曲率就不太一样。你说圆柱面是平坦的，我说是弯曲的。你说时空的弯曲由黎曼曲率量度，我说必须用黎曼张量来量度。你以是否服从微分勾股定理为曲直，我偏要坚持平坦曲面沿任何方向的短程线都必须是直的。这里到底有没有一个判断是非的合理原则  $\Omega$  数学上，曲率的定义确实有一定的主观性(但不是完全没有客观性)，但是在物理上，特别是在讨论广义相对论中的时空弯曲时，并不是一个主观的见仁见智的问题，而是有基本的根据，那就是爱因斯坦的引力场方程。在这场方程中，时空的曲率是由里奇张量和黎曼曲率而不是由黎曼张量来描述的。只要里奇张量和黎曼曲率等于零，爱因斯坦的时空就是平坦的。

时空曲率必须由一个实标量而不是张量来描述，一直是物理学界的常识共识。在现代宇宙学界，宇宙空间的曲率取决于物质密度参数  $\Omega$ 。如果  $\Omega = 1$ ，时空是平坦的开放的无限的稳定的；如果  $\Omega > 1$ ，时空是球面弯曲的，宇宙是封闭的有限的；如果  $\Omega < 1$ ，时空是双曲的开放的无限的膨胀的。显然，用黎曼张量来描述宇宙时空的曲直是不可能的。根据大爆炸宇宙学的计算，在大爆炸初始，物质密度参数与 1 的差别不能超过  $10^{-58}$ ，否则宇宙将不能生存 150 亿年至今。也就是说，现代宇宙学得到的时空与绝对平坦的时空之间的误差不到  $10^{-58}$ 。我们不妨将这一曲率和光学平坦作一个比较。一个光学平面镜要求凹凸误差在波长的 10% 以下。对于一个直径 1 米的平面镜(相当大了)，这就相当于不平坦程度控制在  $10^{-7}$ 。宇宙学要求的曲率比光学平面镜的误差要小 50 个数量级，空间还是弯曲的吗？

## 12. 额外维度与三维超球面

爱因斯坦希望将广义相对论应用到宇宙学，一开始就碰到几个困难。首先是方程式太复杂。爱因斯坦于是作了两条简单化假定：首先，假定引力场是均匀的各向同性的；第二，引力场不随时间改变(稳定场)。现在的大爆炸理论之所以一定要坚持宇宙是均匀各向同性的，苦衷就在于此。第二条简单性假定使我们在讨论空间弯曲时可以不考虑时间。

爱因斯坦接下来假定宇宙是有穷的，即宇宙的半径不能超过某一常数值  $R$ 。通常这种限定条件可以表述成一个不等式： $r < R$ 。此处小写的  $r$  表示宇宙中任何一点离宇宙中心的距离。可是爱因斯坦不喜欢这种不等式条件。他人为地引入一维额外的空间坐标  $w$ ，使空间变成四维的  $(x, y, z, w)$ ，并假定宇宙空间是这个四维的欧几里得空间中的一个三维超球面。这个超球面的半径等于  $R$ ，也就是宇宙的极限半径：

$$x^2 + y^2 + z^2 + w^2 = R^2 \quad (32)$$

由现实的空间坐标加上爱因斯坦假想的  $w$  坐标组成的本底坐标系统叫本底空间。本底空间是平坦的，服从欧几里得几何。“三维超球面”是弯曲的，服从黎曼几何。“超球面”的维数低于本底空间的维数。

如果把时间坐标也加进来，爱因斯坦宇宙模型的本底欧几里得空间总共有五维时空(包括  $w$  坐标)，而现实的时空是四维赝黎曼空间，或四维赝超柱面。这四维赝超柱面上的短程线时空间隔是时间的量度。只有假定时间不变的情况下(时间微分间隔等于零)，赝超球面上的短程线才是距离的量度。所以，如果假定时间是可变的，爱因斯坦的宇宙就成了“五维空间中的四维赝超柱面”，他的关于“三维超球面”上的所有现象都要面目全非了。

回到不包含时间的爱因斯坦宇宙模型。在引入一个假想的额外维度  $w$  并强加宇宙有限的约束条件(32)以后，每一个我们现实的三维平坦空间中的任何一点都对应着“三维超球面”上的两个点： $(x,y,z,w)$ 和 $(x,y,z,-w)$ ，一个在天上，一个在地下。那我们到底是在天上呢，还是在地下呢？我们不可能既在天上又在地下。所以，非一一对应的映射迟早要对发生在现实空间中某一时间和空间坐标的特定事件所对应的“三维超球面”上的两个点的物理意义做出解释。这将是一个理论上的定时炸弹，必将导致逻辑背理的多重宇宙的结论。

非一一对应的问题其实不难解决，只要规定宇宙为半个超球面就行，一如球面坐标的方位角的主值规定为  $0$  到  $360$  度，就避免了空间的重复。只是这样一来，宇宙就变成了一个三维半球面，赤道就变成了宇宙的边界了，而爱因斯坦是不喜欢边界的。一承认边界，人们就会追问：宇宙的边界以外是什么样子的呢？爱因斯坦选择了保留整个超球面，这样所谓的“赤道”就不是边界了。结果，爱因斯坦就给了我们一个有限但没有边界的宇宙。有限，因为这超球面的半径不能超过  $R$ ；无边，因为球面是一个封闭的光滑曲面，跨越球面上任何一条曲线都没有离开球面，因而任何曲线都不是“边界”。这就实现了“宇宙有限而无边”的奇迹。你也不能再问“宇宙边界以外是什么”这样的问题了。那如何解释对应于现实空间中的任何一点，超球面上有两个点呢？这两个点的 $(x,y,z)$ 坐标相同，是不是意味着在宇宙空间上是同一个点呢？爱因斯坦说不是，这两个点是宇宙空间中的不同的两个位置，其距离为连接这两点的球面上的大圆(短程线)的弧长。关于这个概念的详细解释，我在拙文“爱因斯坦宇宙模型与近小远大说”中有较为详细的讨论[16]。这篇文章还解释了“三维超球面”概念创造的一些奇迹：

1) 假定的  $w$  坐标已经不仅仅是一个数学符号了，它已经被赋予了和 $(x,y,z)$ 坐标同样的物理意义。 $w$  坐标直接参与短程线长度的量度。宇宙空间的长度应该由超球面上的短程线来量度，而不是本底空间的直线距离，更不是仅由  $x,y,z$  坐标值决定。

2) 这种“超球面”和经典的物理已经完全脱节了。经典物理中空间上重叠的点，在爱因斯坦的“三维超球面”理论中却是距离非常远的两点。

3) 爱因斯坦把“光线沿闵可夫斯基时空中的短程线传播”这一狭义相对论的结果“推广”到广义相对论中，成了“在引力场中，光线沿赝黎曼时空中的短程线传播”。光线的轨迹就是超球面上的大圆。从超球面上的任何一点沿任何方向，向宇宙深处射出一个光子，它都会沿着大圆转一圈，最后回到光源原来所在的点。这种预言和我们现实世界中观测到的现象完全相反。一个挣脱了地球引力和太阳系引力飞向宇宙深处的物体或光线是永远不会回来的。

4) 三维超球面假定和光子在引力场中沿短程线运动的假定产生了另一个奇迹：超球面远半球面上的“近小远大”现象。在远半球的物体离您越远，看上去越大。如果把一个天体放到宇宙的最远处，那它的角半径就是无穷大！

“宇宙有限无边”的概念对大爆炸宇宙学界有一个重要作用，那就是挡住了“有限宇宙的边界以外是怎么样的情形”这样的讨厌问题。可是，令人头疼的是，“三维超球面上有边无界”的概念实际上把“宇宙边界”问题变得更严重了。既然爱因斯坦给  $w$  坐标赋予了和三维物理空间坐标同等的意义以使

“远半球”具有“近半球”同样的实质，那也就赋予了整个四維本底空間 $(x,y,z,w)$ 以同样的实质意义。人们不仅要問：這三維超球面的里面和外面是怎么样的一個東西呢？我们生活在地球上的人们，其实就生活在二维的球面上。这个球面的里面有金子宝石煤炭石油，更深处有火热的岩漿。地球的外面有日月星辰，银汉宇宙。地球里面和外面的东西和地球面上的东西具有完全一样的物理意义。那么，“三維超球面”的里面和外面是什么呢？之所以说“宇宙外面是什么”的问题变得更加严重，是因为在此以前，“宇宙边界外面是什么”的问题还可以搪塞。你可以说宇宙边界远在 150 亿光年以外，你要是到了那里就知道边界外面什么也沒有。可是一旦把三維歐几里得空间变成了三維超球面以后，就无法如此搪塞了，因为我们空间中的任何一点都在这个三維超球面上，都与这个超球面的里面和外面直接接触。即是说，超球面上的每一点都是宇宙的边缘。与我们邻近的球面外或球面内的任何一点，哪怕只有无穷小的距离，都在我們的宇宙之外。所以，我们根本不要跑到 150 亿光年以外的“宇宙边界”，只要在家門口，都应该能夠观察到宇宙外到底是什么東西。可是我们谁也沒有看到任何東西。因为这第四維空間根本就不存在， $w$  坐标只是一个假设，绝对的虚无。

有了爱因斯坦任意增加空间维数的先例以后，后人把理论物理研究变成数学游戏的趋势变得一发而不可收拾。弦理论的空间可以高达 11 维，并且这人为的高维空间会在宇宙创生以后 10 的负 43 秒钟被关闭。霍金认为时间是二维的，一维实时间，一维虚时间，而且虚时间比实时间更为实在。爱因斯坦为这种时尚开了先河。

### 13. 爱因斯坦宇宙模型和大爆炸宇宙学的失败

有了宇宙均匀和各向同性假定和宇宙有限假定以及额外维度的假定之后，爱因斯坦得到了他的宇宙模型度规：

$$ds^2 = dt^2 - \frac{dr^2}{1 - \frac{r^2}{R^2}} - r^2 d\theta^2 - r^2 \sin^2 \theta d\phi^2 \quad (33)$$

上述爱因斯坦宇宙模型的解导致宇宙空间没有任何物质的荒唐结论，除非他在自己的引力方程中加上一个宇宙项  $\Lambda g_{\mu\nu}$ 。这个  $\Lambda$  叫宇宙因子。问题是，假定这个宇宙项的存在实际上是假定一个万有斥力的存在，而且这个假定的万有斥力与距离成正比。也就是说，我们感觉不到附近星球的斥力，却能感到遥远的宇宙深处的星球的斥力。这无疑星相学。爱因斯坦宇宙模型的另一个问题是不稳定。任何一点小的变动都将使宇宙无限制地膨胀或者收缩。所以，就连大爆炸宇宙学家，也不得不承认爱因斯坦的宇宙模型是失败的。可是，他人为地强加一个  $w$  坐标将现实的三维空间变成一个三维超曲面的操作和宇宙均匀各向同性的假定却一直被大爆炸宇宙学家们继承下来。只是他们允许宇宙半径  $R$  为虚数，因此宇宙可以是开放的，无限的。这样的宇宙空间的度规叫做“罗伯特逊-沃尔克度规”。假定宇宙半径为虚数，完全违背基本的物理事实 and 科学逻辑。大爆炸宇宙学比较根本的问题是，其一，假定宇宙中所有的物质和能量都是在 10 的负 43 次方秒的一瞬间无中生有地从真空中爆炸出来，因而极端地违反物质守恒定律和能量守恒定律；其二，本质上的地心说性质；其三，极端地违反麦克斯韦速度分布率；其四，地平问题，也就是宇宙膨胀速度超过光速几百倍，因而完全违背相对论的基本假定。宇宙大爆炸理论是建立在相对论基础之上的。大爆炸理论违背相对论，就是自相矛盾，就是根本性的不自洽，是自己否定自己。关于宇宙大爆炸理论的谬误，我在拙作“现代宇宙学的基本问题及 DET 理论”中有比较详尽的讨论[17]，兹不赘述。

### 14. 评所谓宇宙暴涨的证据

2014 年 3 月 17 日，由哈佛-史密斯逊中心的科瓦克领导的 BICEP2 团队在南极的观察站对微波本底

辐射进行分析，发现其极化方向呈现某种分布图形，立即宣布这是宇宙暴涨的引力波的实验证据。

什么是宇宙暴涨呢？根据古斯提出的暴涨理论，这是一个发生在宇宙大爆炸以后大约 10 的负 36 次方秒，并立即在 10 的负 33 次方秒终止的事件。在这个非常短暂的一瞬间，整个宇宙以超过光速二十几个数量级的速度从渺观的宇宙婴儿暴涨成为宏观宇宙。因为其暴涨速度之快和事件之短促匪夷所思，这一暴涨事件也称之为“宇宙相变”。科瓦克宣称他们在南极观测到的微波本底辐射的极化图案是暴涨造成的，那末他们就必须证明为什么这个图案不是其他事件造成的。为什么不是宇宙大爆炸这一创生事件造成的？为什么不是暴涨之后的去耦合时期造成的？为什么不是银河系形成时造成的？为什么不是太阳系形成时造成的？为了说明观察到的背景辐射图案是暴涨的证据，你的计算公式必须能够精确到 10 的负 36 次方秒。可是这样精确的公式是没有的。

还有一个可能的解释，那就是空间媒质在南极附近的某种极化图案，和宇宙深处的东西毫无关系。这里有一点技术细节，那就是科瓦克观察到的极化图案是一种立体角分布，其绝对尺寸等于立体角乘与微波源离地球的距离。如果这个距离只有一个天文单位，那你观测到的现象只不过是太阳系里面的现象，而不是宇宙深处的现象。如果这个距离是宇宙距离，那这种极化图案的尺度就将是几亿光年了。这么大的极化图案是引力波吗？引力波的波长是多少？引力波怎么会造成电磁波的极化呢？引力波是行波，不是驻波，怎么可能给你一个固定的极化图案？除非你用广角镜头照下一张瞬时照片，而且曝光时间必须小于引力波周期的百分之几，否则就不可能得到波动图案。可是科瓦克的微波本底辐射极化图应该是用射电望远镜而不是广角镜观测的，费时几年。那引力波的周期岂不是长达几百年？可是暴涨期总共才不过 10 的负 33 次方秒，是一个非常窄的时间脉冲。当时的宇宙的理论尺度也是渺观尺度，怎们能够形成一个波长几亿光年，周期几百年的引力波？另外，引力波怎么会造成微波本底辐射极化方向的空间分布呢？物理机制何在？

不久，普朗克空间望远镜的实验观测否定了 BICEP2 团队的结果。科瓦克小组宣布他们的实验存在技术问题，否定了他们宣称的结果。

## 15. 对 LIGO 实验组探测到引力波的质疑

无独有偶，2015 年 9 月，美国的 LIGO (Laser Interferometer Gravitational-wave Observatories) 团队宣布他们找到了引力波的“直接”证据[18]。这个团队在以 Abbott 为首的一千多人署名的发表在当年物理评论通讯的一篇文章中声称，他们在总共 16 天的观测数据中找到了一组数据，是前后长达约 0.4 秒钟的振荡波形。他们把这波形认定为远在 13.4 亿光年以外的一对互相旋转的黑洞合并以后产生的引力波。他们断定这两个黑洞的质量是太阳质量的 29 倍和 36 倍，总共 65 个太阳质量。合并以后，形成一个 62 个太阳质量的旋转黑洞，三个太阳质量转化为引力波的能量辐射出去，他们宣称这就是他们 2015 年 9 月 14 日测量到的信号。

令人非常难以置信的是，如此巨大的黑洞合并事件产生的引力波前后居然不到半秒钟，而且在经过 13 亿年的漫长传播之后，这么短暂的一个波包居然正好被 LIGO 实验组捕捉到了。他们这次实验总共才 16 天，相当于 13 亿年的  $3.27 \times 10^{-11}$ 。这也就是测量到引力波的几率。这么小的几率当然不可置信。

爱因斯坦广义相对论中的黑洞，理论上本来是毫无意义的无穷大发散和时空翻转，可是 LIGO 实验组怎么就可以对付无穷大发散问题呢？爱因斯坦引力场方程是一个具有十个独立的高度非线性的四变量二阶偏微分方程组。加上复杂的边界条件和初始条件，数学上根本没法解。可是实验组怎么就可以解这样的数学难题呢？关键就在于数值计算中可以通过选择边界条件和初始条件(积分限)来避开发散区。这种边界条件和初始条件的选择是非常随意的。这里除了解决高度非线性的六个二阶四变量偏微分方程所须的诸多自由参数，还有指定边界条件和初始条件所需的自由参数。自由参数一多，可能的产品(预言)也就

多得不可胜数，整个数学模型就没有什么意义。有什么样的自由参数，就会生产出什么样的预言(波形)。

作为理论基础，LIGO 组应用了：a) Vishveshvara, Press 和 Chandrasekhar 的准正则模式；b) Blanchet 的高阶后牛顿计算；c) Blanchet, Buonanno 和 Damour 的相对论两体动力学；d) Pretorius 和 Baker 等人的数值相对论。这些理论和数值计算方面的工作凑在一起得出了一个两个相互旋转的黑洞结合成一个大黑洞并且辐射引力波的图像，也就是这个引力波的理论波形。LIGO 组然后用这个理论波形去和 16 天中记录下来所有数据比较，找出一个最为接近的波形作为标准模型(template)来衡量其他数据的好坏，根据某一组数据与这一理论标准的差别来定义统计可信性参数。差别越大的可信度越差。如此定义的可信性自然就偏向所选定的理论模型。如果按照这样的定义，随便选择任何一组数据作为标准得到的统计结果都会偏向于那组数据。这样的统计可信性定义显然是荒唐的，也根本不足以证明干涉仪所收到的波形一定是他们推想的 13 亿光年以外的那个双黑洞合并“事件”。

## 16. 广义相对论彻底摧毁了时间概念

如果说，狭义相对论扭曲了经典的时间，至少它还保留了时间观念，只不过将时间与坐标系相联系。在同一个坐标系中还是假定有同一个时间的。可是广义相对论中，即使同一个坐标系中也不存在同一时间了，因为爱因斯坦将时间定义为“时空间隔” $ds$ 。由方程式(2)~(9)和(30)可以看出， $ds$  是位置坐标的函数。同一个坐标系不同地方的时钟的快慢是不同的。因此，任何坐标系中都没有一个统一的时间。大爆炸宇宙学家们也谈论什么“宇宙的年龄”，宇宙膨胀的“速度”和“加速度”。请问你们用的是哪一个地方的时钟呢？

既然广义相对论摧毁了任何坐标系统的统一时间，理论家们便提出诸如“局部时间”或“本地时间”(local time)的概念。惠勒设计了一种“几何动力钟”(geometrodynamical clock) [1] [2] [19] 测量引力场中的本地时间。这种“几何动力钟”的设计与操作之复杂超乎常人想像。首先你必须雇用两个“粒子”沿着平行的世界线运动并且始终保持标准距离，然后，这两个“粒子”(其实应该是至少具有本科理论物理和黎曼几何专业学位的实验物理学家)让光线在这两条世界线上来回发送并接受光子(他们当然应该知道对方将在什么地方接受光子)。他们接收到的光子数就是时间的量度。当然，这两个“粒子”必须懂得广义相对论并且知道引力场中每一点的各个方向的曲率，能够操纵他们的整个时钟系统在该点作自由落体运动。奥哈尼安也认为，“几何动力钟永远不过是理论家们的梦想” [2]。

## 17. 狭义相对论与广义相对论对 20 世纪理论物理的不同影响

一般以为，广义相对论比狭义相对论数学更深，对近代理论物理的影响更大。其实不然。20 世纪的理论物理可以大致地分为微观物理和宏观物理。如果以涉及的大师级人物和诺贝尔奖以及从业人员的数量和消耗的科研经费作为量度，微观物理，也就是粒子物理，显然是起主导作用的。宏观物理是相对次要的。粒子物理之所以起主导作用还因为理论物理学家们一直把它作为基础科学，认为科学的未来发展必须建立在粒子物理理论之上，这就使粒子物理理论的社会地位具有不可动摇的主导作用。而宇宙学则还没有如此地位。狭义相对论对 20 世纪理论物理的影响至深至巨。这里最为关键的两条就是洛伦兹协变性和质能等价原理。洛伦兹协变性被量子场论当作最为重要的法律。从二次量子化中拉格朗日函数密度的构造，运动方程的建立和表示成对易关系的粒子场的量子化，都不能违背洛伦兹协变性。因此，没有洛伦兹协变性，整个量子场论根本就跨不出第一步，也跨不出后续的步伐。狭义相对论对粒子物理影响至深至巨的另一个概念是质能等价原理。根据这一假定的原理，散射截面能谱图上几百个共振峰被认定为“粒子”。这是基本粒子研究失控的最重要的一个转折[20]。没有这几百个不存在的“粒子”，也就不会有今天的标准模型。其重要性自不待言。

相比之下，广义相对论对粒子物理理论的影响几乎为零。广义相对论对基本粒子物理不仅毫无帮助，反而带来了一个极大的麻烦：引力场根本无法量子化。换句话说，引力场没有办法重整化。所以引力场是被量子场论和标准模型根本排斥在外的。这不仅对“大统一理论”是一个致命打击，它甚至直接挑战量子场论的“正则量子化”方法的合理性。

历史往往极具讽刺性。爱因斯坦终生不相信量子力学，可是量子理论家们却活生生地将相对论和量子论联姻，产生了量子场论。量子场论理论家们把相对论当作比质量守恒和能量守恒定律都还基本的不可违背的原旨教义，把爱因斯坦捧为 20 世纪最伟大的科学家，可是爱因斯坦的广义相对论偏偏告诉人们重整化方法的背理。

同样具有历史讽刺性的是，爱因斯坦开始构思宇宙模型的时候，他心目中的宇宙是有限的，封闭的，宇宙的有限半径是实数。因为他的宇宙模型是不稳定的，于是他就提出了万有斥力和宇宙因子的假设。又因为这种万有斥力的星相学性质，所以他不得不抛弃自己发明的宇宙因子。可是大爆炸宇宙学家们却捡起了他抛弃的宇宙因子，把宇宙半径变成虚数(半径怎么可以是虚数?)，把封闭宇宙变成了开放宇宙，宣布宇宙湮灭不会发生。他们继承着爱因斯坦的引力方程和理论武器，却一步步地否定爱因斯坦的理论构想，证明着有限宇宙思想之谬误。证明着引力使时空弯曲思想之谬误。

最具讽刺意味的是，曾经是爱因斯坦的忠实信徒，以研究黑洞成名，被捧为爱因斯坦以后最伟大的科学家的霍金在 2014 年宣布黑洞不存在，说相对论与量子理论不相容。难道理论物理学界还要将 20 世纪的历史讽刺剧继续演下去？

## 18. 百年终评——牛顿引力理论与爱因斯坦引力理论的比较

现在我们可以将爱因斯坦引力理论和经典的牛顿引力理论从理论框架，实验检验和实际应用三方面作一个比较。

经典引力理论与广义相对论的理论框架的差别首先是数学形式上的差别。牛顿的引力理论中描述势场的是一个标量方程。爱因斯坦引力场方程是一个四维二阶张量方程，是一个包含六个独立微分方程的方程组。其复杂性比之牛顿的引力理论无异天壤之别。它复杂到爱因斯坦自己都找不到一个精确解。物理学理论应该在能够描述物理现象的前提下越简单越好。爱因斯坦将引力理论弄得如此复杂，人们有理由期待这种复杂化会带来新的发现。期待将一个标量方程扩展到二阶张量方程以后，会发现五个此前物理学界不知道的新的物理规律。

令人失望的是，这种复杂化并没有带来新的正确的方程。除了(0,0)分量以外，爱因斯坦引力场张量方程中的其他分量的微分方程或者导致时空度规的无穷大发散和时空翻转，或者与相对论的光速极限原理直接相悖，证明广义相对论不具有转动不变性。

其次让我们比较一下经典引力理论与广义相对论的实验检验。

牛顿的万有引力经过了几百年科学实验和工程实践无以数计的检验，牛顿万有引力定律导出了开普勒三定律，而开普勒定律是无数天体观测的实验数据总结。牛顿引力理论的预言导致了海王星和冥王星的发现，可见其理论预言的威力。航天科学家可以提前三年预算行星的位置，误差不到一弧秒。这样的精度是惊人的。我们实在没有必要浪费笔墨在此列举牛顿万有引力的实验检验问题，因为他根本就不是问题。我们自己每天的饮食起居工作生活无时无刻不在检验着牛顿万有引力的真实与正确，根本就不必要昂贵而复杂的设备来拼凑证据。

广义相对论的实验证据却真是个大问题。广义相对论的三个经典检验没有一个站得住脚。所谓引力使光线弯曲的日全食实验根本就是笑柄。引力透镜问题和光线弯曲是同样的问题。行星近日点的移动的 99%可以用牛顿理论解释；广义相对论的所谓修正不过 0.8%，应该远小于经典模型的误差范围，因此毫

无意义。至于引力红移的实验检验，就连温伯格等许多物理明星都感觉底气不足。至于最近的所谓宇宙暴胀的实验证据和引力波实验证据，根本就经不起科学质疑，和爱丁顿实验一样，成了新的科学笑柄。

让我们再来比较广义相对论与牛顿的万有引力理论的应用。这种比较是必需的，因为我们从事科学研究的目的是要将科学知识应用到社会活动，推动文明进步。

牛顿万有引力的应用渗透到社会生活的一切方面，从摩天大楼和跨海大桥设计中的静力平衡，到火箭和航天器的轨道计算，从医学科学中的生理卫生，到体育训练中的举重跳高，没有不用到万有引力定律的。牛顿的万有引力定律无孔不入，无往不胜。其应用范围之广，理论之准确，只有麦克斯韦的电磁场理论可以媲美。

相比之下，广义相对论在所有这些社会生活和工程实践中毫无用处。他的用处何在呢？在于与人类福祉毫无关系的宇宙学。在杞人忧天都尚未忧到的百万光年以外的黑洞和引力坍塌，在某年某月宇航员们掉入黑洞时候到底是变成汉堡包还是意大利面条的死亡方式的问题，在宇宙到底会不会最终湮灭等等比国家大事和世界大事还要大  $N$  个数量级的宇宙大事，是解决人类如何穿越时光隧道或者通过高维空间超光速旅行到别的银河系去参加周末宴会或者渡蜜月的问题，是如何开发时间机器或时间武器巩固国防的问题，等等。广义相对论的所有这些应用都只存在于宇宙学家们的幻想之中，而不存在于现实之中。

可就是这样一个百无一用，一用就错的广义相对论，却被宣称为伟大的高深的正确的理论，要取牛顿万有引力理论而代之。相反，经过几百年科学和工程实践无休止的检验，被应用于所有的社会生活和工程实践，为全人类的文明进步默默奉献的牛顿理论，却被贬为近似的过时的理论，岂非黄钟毁弃，瓦釜雷鸣？

更为严重的是，20 世纪的理论物理在基本理论，科学逻辑，哲学认识论的诸多方面都已经严重地陷入星相学和神学道路。被无数实验证实了的基本科学理论，诸如物质不灭和守恒定律，能量不灭和守恒定律，因果律，部分小于整体，空间的三维性，时间的独立性，物理量的有限性等等，都被贬为过时的概念，而代之以一系列革命性的“新思维”(New Paradigm)。在这种革命性的新思维中，能量和质量不再守恒了，而且可以互相转换了。因此，宇宙中无穷的物质和能量就可以无中生有地从真空中创生出来了。因果律可以违背了，历史可以倒转了。空间不是三维的，而是十维的甚至是 26 维的了。人们对物理世界的认识已经不能靠实验研究，而要依赖于数学家们的理论构想和假设了。实验无法感知的东西，比如高维空间的“现象”，数学家们却可以精确地算出来。以科学实验为基础的物理学被应用拓扑学取代。这些革命性的新思维正在通过教科书和教室以及媒体灌输进一代又一代的年轻人和幼儿的脑袋里，使星相学概念和哲学一代又一代地永远传承下去，逐渐确立为物理学界占统治地位的思想。

科学需要一场真正的复兴。21 世纪将是物理科学复兴的世纪。

## 参考文献 (References)

- [1] Misner, C.W., Thorne, K.S. and Wheeler, J.A. (1970) *Gravitation*. W.H. Freeman and Company, New York.
- [2] Ohanian, H.C. (1976) *Gravitation and Spacetime*. W.W. Norton & Company Inc., New York.
- [3] Kerr, R.P. (1963) Gravitational Field of a Spinning Mass as an Example of Algebraically Special Metrics. *Physical Review Letters*, **11**, 237-238. <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.11.237>
- [4] Clemence, G.M. (1943) The Relativity Effect in Planetary Motions. *Reviews of Modern Physics*, **19**, 361.
- [5] Weinberg, S. (1972) *Gravitation and Cosmology, Principles and Applications of the General Theory of Relativity*. John Wiley & Sons, Hoboken.
- [6] Tolman, R.C. (1987) *Relativity, Thermodynamics and Cosmology*. Dover Publications, Inc., New York.
- [7] Dicke, R.H. and Goldenberg, H.M. (1967) Solar Oblateness and General Relativity. *Physical Review Letters*, **18**, 313-316. <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.18.313>
- [8] Dyson, F.W., Eddington, A.S. and Davidson, C. (1920) A Determination of the Deflection of Light by the Sun's Gra-



- vitational Field, from Observations Made at the Total Eclipse of 29 May 1919. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, **220A**, 291-333. <https://dx.doi.org/10.1098/rsta.1920.0009>
- [9] Ostlie, D.A. and Carroll, B.W. (1996) *Modern Stellar Astrophysics*. Adison-Wesley Publishing Company Inc., Upper Saddle River.
- [10] Adams, W.S. (1925) The Relativity Displacement of the Spectral Lines in the Companion of Sirius. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **11**, 382-387. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.11.7.382>
- [11] Pound, R.V. and Rebka, G.A. (1960) Apparent Weight of Photons. *Physical Review Letters*, **4**, 337-341. <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.4.337>
- [12] Kruskal, M.D. (1960) Maximal Extension of Schwarzschild Metric. *Physical Review*, **119**, 1743-1745. <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRev.119.1743>
- [13] Wang, L.J. (2000) Rotational Behavior of Einsteinian Space. *IL Nuovo Cimento*, **115B**, 615-624.
- [14] Wang, L.J. (2014) On the Flatness of Spacetime. *Physics Essays*, **27**, 356-364. <http://dx.doi.org/10.4006/0836-1398-27.3.356>
- [15] Wang, L.J. (2015) Flatness of Kerr Metric. *Physics Essays*, **28**, 138-151. <http://dx.doi.org/10.4006/0836-1398-28.1.138>
- [16] 王令隽. 《物理哲学文集》第一卷: 爱因斯坦宇宙模型与“近小远大”说[M]. 香港: 东方文化出版社, 2014.
- [17] 王令隽. 《物理哲学文集》第一卷: 现代宇宙学的基本问题及 DET 理论[M]. 香港: 东方文化出版社, 2014: 18.
- [18] Abbott, B.P., *et al.* (2016) Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger. *Physical Review Letters*, **116**, Article ID: 061102. <http://dx.doi.org/10.1103/physrevlett.116.061102>
- [19] Marzke, R.F., Wheeler, J.A., Chiu, H.Y. and Hoffman, W.F. (1964) *Gravitation and Relativity*. Benjamin, New York.
- [20] 王令隽. 《物理哲学文集》第一卷: 科学上有没有万能的最终理论? [M]. 香港: 东方文化出版社, 2014.

**期刊投稿者将享受以下服务:**

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网覆盖推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>