

从奇点物理到黑洞

——质疑黑洞探测及 2020 年 Nobel 物理奖

黄志洵^λ

(中国传媒大学信息工程学院, 北京 100024)

摘要: 黑洞是一种能吞噬任何东西的天体。它是否真的存在? 有无尽的争论。其理论预言的基础是奇点; 而狭义相对论 (SR) 和广义相对论 (GR) 均与奇点相关。在 GR 理论中, Einstein 引力场方程 (EGFE) 有一个奇点的经典解, 这时时空度规变为无限大。所谓奇异性黑洞即来源于此, 然而在此区域所有物理理论全都失效。因此, 在奇点附近一切计算均无意义。本文对所谓“奇点物理”提出批评, 指出它完全是荒唐的。

黑洞仅为数学分析和推测的产物。回顾历史, Einstein 在 1922 年、1939 年均表达了不支持黑洞的意涵。著名物理学家 S.Hawking(霍金)在 2004 年~2014 年作了自我批评, 说黑洞研究是他一生中所犯的最大错误, 黑洞是没有的。

理论是一回事, 而天文学家的好工作要靠观测和实证。黑洞科学家们说, 如果银河系中心有一个黑洞, 那里的星体快速运动就是黑洞存在的证据。但这只是间接证据, 即未证实的观念。又有科学家说, 每个类星体后面就有黑洞; 但这也是推测。在宇宙边际究竟发生了什么事, 我们真的不知道。这是非常怪诞的情况, 我们的认知似乎预测到了自己的失效。

关键词: 奇点; 黑洞; 广义相对论

1 引言

黑洞 (black hole) 是一个能吸吞任何物质的天体, 是一个怪物。宇宙中究竟有无黑洞, 争论已久。既然是天体, 它本身是否也应该是物质? 天文学家都回避这个问题。对它的研究是一个似乎只有天体物理学家才能进入的领域, 但事实上它引起了许多非天文专业人士的关注 (笔者也包括在内^[1,2])。这首先因为黑洞是一种非常奇怪、极端的事物, 十分难以理解;

作者简介: 黄志洵 (1936-), 中国传媒大学教授、博士生导师, 中国科学院电子学研究所客座研究员。

E-mail: huangzhixun75@163.com

这反而激起了人们的兴趣。其次，在黑洞那里现有的物理理论全都失效；人们似乎无法知道在该处发生的情况，仿佛预先知道会发生理论失效。显然，黑洞存在性问题成为争论的焦点；笔者的文章[2]强调指出，所谓黑洞是基于数学推演（而非物理实证）的产物。这样讲就与2020年的Nobel物理奖唱了反调。文章推出后受到某老科学家的赞扬，说“非常钦佩您的理性质疑和独到见解”。但笔者并非最先质疑黑洞存在的人，文献[3,4]早就作了有力的分析和驳斥。时至今日，我们感觉意犹未尽，想对这个黑洞物理学（Physics of Black Holes, PBH）再作讨论，看看黑洞究竟真的是代表一种“宇宙的出口”（an exit point from the universe）的天体，还是无法证明（也没有证明）其存在的空中楼阁。

2020年的Nobel物理奖的授予把PBH研究推向了高潮，现在来看一下3位获奖人被颁奖的理由和他们所做的工作。奖金的一半给予英国人Roger Penrose，“以表彰其给出的黑洞形成的证明，并成为广义相对论（GR）的有力证据”（另一说法是，Penrose“发现黑洞的形成是对广义相对论的有力预测”）。奖金的另一半由2人平分——德国人Reinhard Genzel和美国人Andrea Ghez，“以表彰他们发现了在银河系中央的一个超大质量的致密天体”，（另一说法是，Genzel和Ghez“在银河系中心发现超高质量高密度物质”）。我们注意到，在这些陈述中没有说“已经获得了黑洞确实存在的实验证据”。

在Nobel委员会的引领和暗示下，西方科学界掀起了对PBH作研究和预言的强大宣传。2021年1月5日至7日，媒体密集报道关于虫洞（worm hole，指两个黑洞之间的通道）的事，说“科学家找到星际穿越的门户”。大爆炸宇宙学（Cosmology of Big Bang）也展开宣传，1月5日美国《Scientific American》网站说，天文学家“已得到宇宙年龄准确数字，为137.7亿年”。1月10日，同一刊物开始讨论“平行宇宙的存在性”。1月13日，美国《科学日报》网站说，人类可以“利用来自黑洞的能量”，甚至将来可以“不依靠恒星能源，而居住在黑洞附近”。1月25日，另一个科学网站说外星人一定存在，而他们是由黑洞获取强大的能源。这哪里是搞科学？完全是一些不着边际的幻想！事态的发展促使笔者再写文章，重点仍是讨论黑洞这个怪物是否可能存在。

2 数学中的无限大与物理中的无限大

“奇点物理”是笔者为描述西方理论物理界的情况，而提出的一个词^[2]，其英文写作

Singularity Physics, 或 Physics of Singularities。这个问题需要作较深入详尽的讨论, 我们在这里先介绍及回顾物理学大师 Paul Dirac (1902-1984) 在晚年的一些观点^[5]。Dirac 的科学贡献是众所周知的, 他曾预言正电子(positron); 他推导了著名的量子波方程; 他发展了自旋电子理论(theory of the spinning electron); 等等。晚年时他到世界各地讲学, 表露的思想(包含对西方科学界现状的评论) 既深刻尖锐, 又与他年青时的想法常有不同。

1933 年, 在他 31 岁时的 Nobel 讲演词中, Dirac 流露出的是欣慰和得意, 认为自己解决了 Schrödinger 没有做、Klein 和 Gordon 没做好的问题, 即“在相对论指导下导出微观粒子波方程”。但到了后来, 在 1964 年(62 岁) 时他明确地指出, 建立相对论性量子力学有不可克服的困难。在 1978 年(76 岁) 时他表现出强烈的困惑和不满^[6]: 从根本上不再着迷于“相对论与量子力学的一致和协调”。他说, 所谓“相对论性量子力学”, 必须满足若干条件, 然而为满足它们却需要碰运气。例如在曲面上不可能建立相对论性量子理论。Dirac 说, 即使达到了关于相对论性量子理论的自洽性要求, 仍有一些十分令人畏惧的困难。这是因为在场的情形下有无限多个自由度, 求解方程时未知量波函数 Ψ 包含无限多个变量, 微扰法会陷入困境, 面临发散积分。此外还有一些其他困难。

我们知道, 在物理学中, 量子场论(QFT) 和量子电动力学(QED) 的短板是著名的发散问题, 根源在于这是一种点粒子场论。例如, 在 1940 年 R.Feynman 就注意到“电子自作用能无限大”给电磁场理论造成了突出的问题, 而这是由于描述电子的模型是点粒子。这就是说, 点电荷的自作用存在发散困难。如把电子看成没有结构的点, 它产生的场对本身作用引起的电磁质量就是无限大。

Dirac 在关于 QED 的演讲中谈到重整化, 他首先论述的正是这个电子质量问题。电子质量当然不会是无限大, 不过电子与场相互作用的这个质量会有变化, Dirac 指出, 无法对无限大质量赋予什么意义; 虽然对由 Coulomb 场围绕的点电子(电荷集中于一点) 来说, 如对这个场积分就会得到无限大能量。人们在“去掉无限大项”的情况下继续计算, 得到的结果(如 Lamb shift 和反常磁矩) 都与观测相符; 因此就说 QED 是个好理论, 不必为它操心了。Dirac 对此极为不满, 因为所谓“好理论”是在忽略一些无限大时获得的——这既武断也不合理。

在今天, 笔者对 Dirac 晚年思想的引述是有意义的。因为这个“无限大”问题实即奇异性

问题、奇点问题，在物理理论（尤其是与相对论相关的理论）中比比皆是。仔细阅读 P.Dirac 的晚年著作，如《Diractions in Physics》（1978）等，你会看到他不断地与相对论拉开距离，与年青时很不相同。

然而，已有物理学家用简单明了的语句表达了对“无限大”问题的看法。例如 2014 年王令隽^[3]说：“Einstein 场方程的经典解中有一个奇点，在这里时空度规发散为无穷大。一个发散的解是失败的数学表述。避免无限大是一个科学家的常识。黑洞就是 Schwarzschild 半径内的时空；黑洞里的时空反转决定了整个黑洞理论毫无价值”。又如，2015 年梅晓春^[4]说：“有许多数学上有理、物理上却莫名其妙的东西。为何那么多物理学家对奇异性黑洞感兴趣？需知除了宇宙本身，现实世界没有无限大。在奇点附近，一切计算均无意义。那种奇点无处不在的理论一定有问题。”

（在以上引文中，着重点为笔者所加）。

那么是否有头脑不清醒的物理学家？笔者认为不但有，而且很多。他们或是躲避这个无限大（如 Dirac 所说），或是欣赏、利用这个无限大。这涉及两个相对论——狭义相对论（SR）和广义相对论（GR）。先看 SR，物理学中有一个著名的质速公式，设 m 为动体质量， m_0 为静止时物体质量，则 m 与 m_0 的关系为：

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\beta^2}} \quad (1)$$

式中 $\beta = v/c$ （动体速度 v 与光速 c 之比）；其实 Einstein^[7]1905 年并未导出上式，是 H.Lorentz^[8]针对电子的电磁质量导出了上式（1904 年）。但 SR 把此式外推到中性粒子和中性物体，并据此得出“光速不可能超过”的结论，因为当 $\beta=1$ 时质量（以及能量）均为无限大。这就是光传播中的奇点，宋健院士称之为光障（light barrier）^[9]。他对这个问题作了详细讨论，认为这个奇点并不能证明未来的宇宙飞船不可能以超光速航行。

在流体力学中，或说在声波传播中，也有类似的公式：

$$\rho = \frac{\rho_0}{\sqrt{1-\beta^2}} \quad (2)$$

式中 ρ 是气体密度， ρ_0 是静止密度， $\beta = v/c$ （ c 是声速）。宋健说，在航空工程实现超声速飞行之前，这个在奇点时产生的声激波也被认为是奇点造成的不可克服的声障（sonic barrier）。但事实证明，即使 $\beta=1$ 也不会出现无限大密度， ρ 的增高不超过 6 倍（ $\rho=6\rho_0$ ）。因此，经

艰苦努力后超声速飞行于 1947 年终获成功。这就是说,对奇点不要夸大,更不要恐惧——“关于光障问题是否有类似前景,我们拭目以待”。

3 从奇点物理到黑洞

1798 年,著名的法国数学家、天文学家 P.Laplace^[10]写道:

“如果一颗发光的星球,其密度和地球相等,其体积比太阳大 250 倍,那么由于星球的引力,它的光线将到达不到我们这里,因此,宇宙间最大的一些发光的星球有可能是看不见的。”

这是原始的 PBH 理论(或猜想),产生于相对论诞生前 107 年(按 SR 计算)或 117 年(按 GR 计算)。因此,如果 Laplace 说的东西是黑洞,那么它和相对论扯不上关系。这显然与现时流行的 PBH 不同。现在流行的说法,无论教材(例如刘辽^[11])或媒体宣传,都说 PBH 建基于 GR 和恒星演化原理,即一颗质量超过某种上限值的晚期恒星,会无限地塌缩从而成为黑洞。因此,所谓奇异性黑洞理论的基础有两方面:首先是 Einstein^[12]引力场方程(即 EGFE)的解,有时直接称之为黑洞解;其次是大质量物体会塌缩的原理。前者如 Schwarzschild^[13]、Reissner^[14]、Kerr^[15];后者如 Oppenheimer-Snyder^[16]。所以,目前如果你不提相对论, PBH 专家根本不会与你讨论(注: Einstein 本人其实没有这态度,详后)。另一方面,重要的教材却根本不提 Oppenheimer(例如[11]、[17]),笔者不知道这是什么原因。

就这样,一个早期科学家 Laplace 的朴素想法,到今天必须和某个理论系统(相对论)绑在一起。对此有人会解释说,这是因为相对论(主要指 GR)预言了黑洞。但查遍 GR 的基本著作文献,你并找不到这个预言。即以多次重版(重印)的刘辽著作而论^[11],其第八章黑洞物理(本文称为 PBH)的逻辑系统如下:

——先讲“静态荷电球外部解 Reissner-Nordstrom 度规”,是说对静态荷电球外求 EGFE 的解,即 RN 度规。取电荷为零时应得 Schwarzschild 解;

——再讲“Kerr-Newman 度规”,这是说匀速转动球体外的引力场由 KN 度规给出;

——续讲“事件视界和能层”,其中讨论了 Schwarzschild 时空的视界和 Kerr 时空的视界;在这里断言说“黑洞的反演即白洞”,故有 S 黑洞、S 白洞之分, K 黑洞、S 白洞之分。又讲了“时空坐标互换”。

——又讲“Kerr 度规的奇异性”，说 Kerr 时空的奇区不是盘而是环；

——再讲“Kerr 度规中的测地线”；

——又讲“Penrose 图（时空流形的共形表示）”，说由 Penrose 图可知，“有两个宇宙、1 个白洞、1 个黑洞”；

——续讲“黑洞的参量”，包括无毛定理；

——再讲“Hawking 面积不减定理”；

——又讲“黑洞热力学”；

——续讲“Starobinsky 过程”；

——最后讲“Hawking 辐射”，给出辐射公式。在叙述中，把黑洞区分为“一颗星正塌缩从而形成黑洞”和“完成塌缩的永久黑洞”。

笔者认为这种 PBH 叙事方式有典型性：从头到尾都是数学，重要的物理概念反而没有。这违反科学研究的规则，缺少理论与实际（实验、实践）的密切结合。某人（××）只要对 EGFE 搞出点求解的名堂，他就可以贯名为××度规、××时空、××黑洞、××白洞。OS 论文^[16]不是求解 EGFE，故不提 Oppenheimer 的名字，仿佛对 PBH 而言此人不存在。

笔者并非一般地反对命名。天文学界确有这样的传统。但那是为了表扬做出突出发现的人（如“张钰哲与小行星”），或是用命名以彰显某位科学大家的贡献（例如美籍中国物理学家吴健雄）。而且这种命名也是由国际天文学机构决定和施行的。但在 PBH 研究著作中，却充斥着 Schwarzschild 黑洞、Schwarzschild 白洞、Kerr 黑洞、Kerr 白洞之类的说法^[11]。这是很不严肃的，因为首先我们根本不知道黑洞、白洞是否真的存在（没有这些东西的可能性非常大）；其次，Schwarzschild 本人（如未在一战的前线死亡）或许认为自己只不过求解了一道数学题，为什么要把不了解（或许也不同意）的概念安到自己头上？后面将要说明，其实 Einstein 本人也从未表示过对 PBH 的支持，更不要说白洞了。

回过头来说 Oppenheimer：其实在 PBH 发展过程中，不引入恒星塌缩的理论学说，奇异性黑洞从何而来？必须为这事找一个出路，因此提出了恒星塌缩（或崩塌）的假定。1939 年的 OS 论文认为^[16]，从 GR 出发可以推得以下结论：一个物质球体在自身引力作用下可能塌缩到引力半径（ $r_g = 2GM / c^2$ ）以内，此时球的粒子或光辐射不能逃出到 r_g 球以外，从而形成黑洞。后来都说 OS 论文是一个塌缩恒星的理想化模型；近年来中国科学家指出^[18]：

OS 论文存在问题,用 GR 并不能证明质量足够大的星体会塌缩成密度无限大的奇异性黑洞。尽管不同意 OS 论文,梅晓春并不认为 Oppenheimer 不存在。

笔者并非反对理论物理学家使用数学做分析研究。我们反对的是,数学越多越好、越复杂越好。用数学复杂性吓唬人,让人们误以为这是物理正确的保证,这是错误的。在 PBH 中最突出的问题就是以数学分析结果代替(代表)物理实在,他们根本不管宇宙中究竟有没有黑洞这种东西。其实无论黑洞、白洞都是杜撰出来的。无论如何,数学推导即使成功,也不等于现实中的发现成功。

为什么 PBH 理论离不开奇点?因为奇点能提供无限大物质密度,因而又有了无限大引力。1916 年 Schwarzschild^[13]对 1915 年的 Einstein 引力场方程(EGFE)^[12],提出一个简单情况(球状结构)下的解析解,这完全是以数学家的姿态去做工作;而他本人不久后即死于第一次世界大战的德俄前线,并未提供过物理思想。但后来 Schwarzschild 解被当作 PBH 的第一个象征;他们说, Schwarzschild 解表示时空中是一个奇点,密度无限大,在 Schwarzschild 半径处这个曲面就叫做事件视界(event horizon),也就是说只要物质(包括光),进入到事件视界以内,就出不来了。黑洞比较特殊,它内部的时空坐标是互换的,就是半径从表面一直延伸到奇点。这是一个时间坐标,只要进入到黑洞内部,就必须往奇点方向掉,所以严格说事件视界以内的等半径曲面是一个等时面,奇点处就是时间的终点。假如有一艘宇宙飞船掉进黑洞的事件视界,那无论向哪个方向加大动力,都只能更快地奔向奇点。

人们感到好奇的是 Penrose 做了什么从而获得奖金之半。真实情况下,恒星塌缩很有可能不是高度对称的,恒星可能是奇形怪状的,每个地方坍塌的速度不一样,所以最终有可能不是坍塌成一个点。1965 年 R.Penrose^[19]证明,对于 Schwarzschild 黑洞,即使不对称,恒星原来可能奇形怪状的,最终都会坍塌成一个密度无限大的奇点,这就是 Penrose 的“主要贡献”。现在我们看到,玩“奇点物理”也能得大奖;据说,正是 Penrose 的这个奇点定理保证了奇点的存在,这个奇点就是时间结束的地方,所有物质只进不出。那会不会存在时间开始的地方所有物质只出不进?理论上存在,就是白洞,在 20 世纪中的时期,Stephan Hawking(霍金)其实一直相信上述内容,并与 Roger Penrose 保持密切的学术联系。1966 年, Hawking 在其博士论文中把 Penrose 的奇点定理推广到了任意黑洞。1970 年两人又合作了一篇论文,认为大爆炸就是开始于一个奇点,这个奇点就是一个白洞,并且在宇宙大爆炸初期还会形成一

些质量很小的黑洞。1972年至1973年提出PBH的视界面积不减定理。1971年至1974年提出黑洞有辐射。PBH成了Hawking的标志和事业^[20-24]。但在2004年至2014年间他对这一切作了反思，令人惊异地宣称：“根本不存在黑洞边界，视界线与量子理论矛盾，黑洞是没有的。”他在2014年1月22日贴出的文章中说：“黑洞理论是自己一生中的最大错误(biggest blunder)”。这个态度是Hawking晚年的大转变，其剧烈程度远超P.Dirac晚年的宣示。当然，他严重冒犯了西方主流物理界，甚至引起了憎恨。2013年英国BBC曾拍摄一部关于黑洞研究历史的记录片^[25]，这工作不仅未请Hawking参与，而且其解说词由头至尾都未提到这位名人。Hawking逝世于2018年3月14日；今天他如在世，Nobel委员会也不会奖励他，因为他竟与主流决裂。

总之，奇点从一个数学概念变成了什么都有的物理实在：它可以产生宇宙；是时间的起点和终点；具有无限大密度和吸引；造成奇怪的天体(黑洞)；提供取之不尽用之不竭的能量；……等等。越来越荒谬的情况迫使人们思考，根子究竟在何处？2020年11月28日，英国刊物《New Scientist》的一段话是这样讲的：

“我们对宇宙的理解出现严重问题。当我们计算宇宙扩张速率时，通过早期宇宙推算的结果与观察附近星系恒星爆炸得出的结果并不相同。宇宙学家一直在为此寻找答案，但始终无功而返。这使得一些研究人员主张，迈出最后一步，根据修正后的引力观从头建立全新的标准模型。如果将量子学说引入Einstein时空理论，我们或许最终能解开万物之谜”。

(着重点为笔者所加)。

这段话一方面承认以GR为核心的宇宙学研究已走不下去了。我们看到，依靠GR的日子似乎即将结束，西方物理学家在彷徨四顾寻找出路。另一方面又不愿放弃Einstein时空理论(当然也不放弃奇点物理)；这是不会有结果的。所谓“全新的标准模型”是什么？真是言不由衷。

4 类星体研究中的黑洞假说

在笔者所谓的“奇点物理”中，由“原初大爆炸产生了宇宙”和“黑洞存在”其实都是推测性假说；前者是无法直接用观测和实验来证实(或证伪)的，后者却不同。宇宙中究竟有没有被命名为“黑洞”的这种天体，必须(也可以)由观测和实验来决定。这就是人们不断地核查

的意义。对 PBH 而言，“提供实验证据”是其软肋，一直乏善可陈。现在我们特别关注所谓发现“银河系中心的一个超大质量致密物体”的事情；这个东西是黑洞吗？但是我们先要讨论类星体(quasar)。20 世纪六十年代，天文学家发现了一种奇特的天体，从照片看来如恒星但肯定不是恒星，光谱似行星状星云但又不是星云，发出的射电波如星系又不是星系，因此称它为“类星体”。故类星体是一种在极其遥远距离外观测到的高光度天体，80%以上的类星体是射电宁静的。类星体比星系小很多，但是释放的能量却是星系的千倍以上，类星体的超常亮度使其光能在 100 亿光年以外的距离处被观测到。总之，类星体离我们最远，能量却最高。例如距地球可达接近 130 亿光年，亮度是太阳的几百万亿倍。

但是，近年来天文学界有时会把类星体与黑洞混为一谈。这在逻辑上说不通，因为黑洞是吸纳一切物质(包括光线)的天体，完全“黑”，不具有可视性。为什么要把它与最明亮的 quasar 联系起来（甚至等同）？例如 2015 年 5 月曾有如下报道：“德国天文学家发现了 4 个类星体齐聚的场景，这 4 个活跃的黑洞彼此距离非常接近”。这是让人莫明其妙的说法，难道观测到类星体就等于观测到黑洞？

对于此问题倒是有一种解释：类星体实际上是银河系外能量巨大的遥远天体，其中心是猛烈吞噬周围物质的、在千万太阳质量以上的超大质量黑洞。这些黑洞虽然自身不发光，但由于其强大的引力，周围物质在快速落向黑洞的过程中以类似“摩擦生热”的方式释放出巨大的能量，使得类星体成为宇宙中最耀眼的天体。天文学家通过大型巡天已经发现了 20 多万颗类星体，然而其中距离超过 127 亿光年的类星体只有 40 个左右。

这种说法仍是把类星体与黑洞绑在一起，并且把中心黑洞作为类星体高能、强光的原因。这是一种解释，但我们作为渺小的人类并不能确定在极为遥远的地方发生的过程就是如此。天文学家们作了大量研究，对此应当尊重；但矛盾的说法比比皆是，例如说“目前所知最远的类星体，约 150 亿光年”，但 Big Bang 宇宙学一直说宇宙寿命约为 137 亿年，这两种观点有矛盾。又如美国天文学家发现某个类星体不再活跃，就说这是因为其中央黑洞已“无食物可吃”所造成；这些都是胡乱猜测。天文学界提出了太多的假说。又有人说类星体是大爆炸后最先形成的星系前身。以下列出的是众多理论假说的一部分：

①黑洞假说：类星体的中心是一个巨大的黑洞，它不断地吞噬周围的物质，并且辐射出能量。

②白洞假说：与黑洞一样，白洞同样是广义相对论预言的一类天体。与黑洞不断吞噬物质相反，白洞源源不断的辐射出能量和物质。

③反物质假说：认为类星体的能量来源于宇宙中的正反物质的湮灭。

④巨型脉冲星假说：认为类星体是巨型的脉冲星，磁力线的扭结造成能量的喷发。

⑤近距离天体假说：认为类星体并非处于遥远的宇宙边缘，而是在银河系边缘高速向外运动的天体，其巨大的红移是由和地球相对运动的 Doppler 效应引起的。

⑥超新星连环爆炸假说：认为在原初宇宙的恒星都是些大质量的短寿类型，所以超新星现象很常见，而在星系核部的恒星密度极大，所以在极小的空间内经常性地有超新星爆炸。

⑦恒星碰撞爆炸说：认为原初宇宙较小时期，星系核的密度极大，所以常发生恒星碰撞爆炸。

⑧活动星系核说：越来越多的证据显示，类星体实际是一类活动星系核(AGN)。而普遍认可的一种活动星系核模型认为，在星系的核心位置有一个超大质量黑洞。在黑洞的强大引力作用下，附近的尘埃、气体以及一部分恒星物质围绕在黑洞周围，形成了一个高速旋转的巨大的吸积盘。在吸积盘内侧靠近黑洞视界的地方，物质掉入黑洞里，伴随着巨大的能量辐射，形成了物质喷流。而强大的磁场又约束着这些物质喷流，使它们只能够沿着磁轴的方向，通常是与吸积盘平面相垂直的方向高速喷出。如果这些喷流与观测者成一定角度，就能观测到类星体。

以上这些，可谓众说纷纭；但无人知晓何者是事实（或者全都不是事实）。据说第⑧假说获得较多认可；但它仍然只是众多猜测之一，我们无法确知事实是否如此。

5 银河系中心有什么 ^[24]

类星体在科学界引起的震惊是巨大的；有的类星体能释放比 10^{12} 个太阳还多的能量，它从何而来？天文学家热衷于研究用射电望远镜发现的神秘天体。英国剑桥大学的研究员 D. Lynden-Bell 从理论上思考，认为体积极小而质量极大的天体，应为尚未观测到的一种东西：超大质量黑洞。可能每个大型星系都有超大质量黑洞，它位于星系中央。这个预测虽大胆，但却极端化，显得很牵强。宇宙中每个大型星系中心都藏有一个超大质量黑洞？如果是，那么在银河系数千恒星中央也会有一个。但人类甚至不知道地球是在银河系的何处，又如何确

定银河系中央的位置？幸好在 20 世纪初期，一位美国天文学家 Harlow Shapley 率先在人马座的方向上确定了银河系的中心。后来在那里发现了一个强大的射电波源，并将那里标记为人马座 A*。20 世纪 60 年代末人们发现，人马座 A* 不仅占据了银河系的中心，并且银河系轨道上的所有恒星都围绕着它。

Shapley 的方法是利用一种叫做球状星团的天体。最终，确定银河系中心离我们太阳系距离为 $2.7 \times 10^4 \text{ly}$ (ly 是光年)。但在银河系中心恒星非常多，密度比太阳附近大数百倍；而且，从地球无法观测银河系中心，因为巨大的旋转气体和尘埃云阻断了可见光的传播。这样一来，人们无法验证“银河系中心有大黑洞”的猜想。美国加州大学洛杉矶分校 (UCLA) 的 Andrea Ghez 教授的团队，建造了一种新的天文望远镜；使用了红外技术，又尽量消除大气扭曲效应，使观测银河系中心成为可能。结果发现在那里有很多恒星运行速度非常快。这被认为是“黑洞存在”的证据，认为是黑洞使它们快速地运动。

笔者认为这样的判断很勉强，因为是依靠一种间接推理。考虑到被研究区域距离非常遥远，而宇宙又如此复杂，不能说只有这样一种可能。但黑洞科学家们 (black hole scientists) 说，只有黑洞才有如此强大的引力，迫使行星绕其旋转。只要确实肯定恒星在绕着转，这个东西必定是黑洞，其位置应处在轨道的焦点。因此，他们认为 Lynden-Bell 的预测已经证实，“超大质量黑洞确实存在于他预言的地方”(Here indeed, just where he had predicated, was a supermassive black hole)。这样讲法令习惯于严格证明的科学家 (包括笔者) 吃惊，天文学家们难道都是这样做研究和轻率下结论的？我们不得不说，对于“银河系中心有什么”的问题，恐怕至今并未解决。当然，笔者无意贬低 A. Ghez 教授，以及另一位 (德国 Max Planck 研究院的) R. Genzel 教授，他们长期在银河系中心恒星混杂的环境中观测恒星。他们不断开发和完善其技术，并配备了更加灵敏的数字光传感器和更好的自适应光学器件，使图像分辨率提高。笔者认为，这两位科学家率领各自团队做了非常有价值的工作。但他们是否“发现了在银河系中心的大黑洞”，仍是一个不确定的问题。据说，那个黑洞质量约为 $4 \times 10^6 M_s$ (M_s 是太阳质量)，体积则约为我们太阳系的大小。结论很惊人，说服力却不足。2020 年的 Nobel 物理奖的授予，对他们二人 (各获 1/4 奖金) 的评语，无论是“发现了银河系中央的一个超大质量致密天体”，或是“在银河系中心发现了超高质量高密度物质”，都不是“发现了一个大黑洞”。这就保留了 Nobel 奖传统上的冷静和客观。

结论是，尽管黑洞科学家们认为“在银河系中心的某处应有一个超大质量黑洞”(There should be a super massive black hole somewhere at the center of the Milky Way Galaxy)，但观测和事实还不能提供可靠的证据，仍然是一个未证实的猜想(an unproven idea)。

然而他们后来又说，发现了一团巨大气体云以 2000km/s 的高速向认为有黑洞的地方推进，认为这是黑洞引力造成的“投食”。但有人说这是恒星运动。无论如何，摩擦生热会造成高温和强光，故又出来一种说法：“黑洞并不黑”。回过头来，他们说每个类星体背后都有一个黑洞；又说银河系中的黑洞可能“为人类诞生做出过贡献”。总之，充满了胡乱的猜测，PBH 已不是科学了。

6 讨论

本文的观点是，具有无限大密度和无限大引力的奇异性黑洞（也叫 GR 黑洞）的理论出发点有问题。这种建筑在奇点物理沙滩上的东西缺乏坚实基础，黑洞并不是一种真实的存在；由此派生出来的概念(如白洞、虫洞以及“黑洞不黑”等)也就没有意义。此外，在思考 PBH 问题时我们注意到一个历史现象或悖论：相对论的提出者 Einstein 并不认同黑洞。

近年来西方科学界有一个不好的作法：把 Einstein 未说过也不曾主张的某些理念强加到他的头上。为了严肃和清晰，这里举例说明 1922 年 Einstein 在《The Meaning of Relativity》书中所论述的一些观点^[26]；该书是他在美国 Princeton 大学演讲的汇编，不仅他本人重视，而且也被研究人员认为是最清楚地阐明了 Einstein 的思想。4 次讲演中 GR 是重点（讲了两次）；他首先讲“等效原理”，解释了惯性质量与引力质量在数值上相等，并说这使 GR 大大优越于经典力学。然后他讲 4 维时空连续统，说 GR 建基于 Gauss 的曲面理论与 Riemann 几何，又说明了使用张量和张量微积分的必要性，详细解释这些数学工具，包括 Riemann 张量和测地线。然后他考虑质点在引力和惯性作用下的运动方程，同时思考与 Newton 运动方程的关系。他说 Newton 理论中的 Poisson 方程（引力势 Φ 的 2 阶线性偏微分方程）：

$$\nabla^2\Phi = 4\pi G\rho \quad (3)$$

在 GR 中也要用上，只是把物质密度标量（ ρ ）用单位体积的能量张量取代。经过诸如此类的描述（而非推导），Einstein 写出他的引力场方程（EGFE）：

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}R = -\kappa T_{\mu\nu} \quad (4)$$

式中 $T_{\mu\nu}$ 是物质源的能量动量张量， $g_{\mu\nu}$ 是度规张量； κ 是相对论引力常数，是与 Newton 引力常数 G 相关的系数。此后，Einstein 说他的理论包含了 Newton 的理论；只是引力势“有张量性质”（对此他未详谈）。

在后面的演讲中，Einstein 逐步把理论与现实相联系；这也是人们最感兴趣的部分。先考察量杆和时钟的行为，即从 GR 出发研究尺缩与时间延缓。首先他认为空间不再是 Euclid 式的，而是弯曲的；其次，对时间而言，一个钟附近有质量物质的质量越大，则时钟越慢。因此，太阳表面的光谱与地球上的光谱相比，前者红移约 2×10^{-6} 。他说这一结果虽与实验不符，未来将会证实。

然后，光传播定律在广义坐标中可写作 $ds^2 = 0$ ，由此得到的公式（编号 107）表示光经过质量巨大物体附近时会偏折，例如对太阳而言引起的偏折角为 1.7。

Einstein 说，此结果已由英国的日食观测队在 1919 年所证实^[27]。随后，他论述了水星近日点运动问题，并说此问题已困惑天文学界百年之久。

在讲了三个可以用观测检验 GR 的例子之后，Einstein 转向了宇宙学问题。从这部分内容可以看出，他对 1916 年出现的对 EGFE 的 Schwarzschild 解^[13]相当重视，认为它帮助了对水星近日点运动的解释。但是仅此而已，完全没有与黑洞之类暗天体的联系或叙述。Einstein 对 GR 的介绍和论述，也很少提到奇点（singularities）。

在同一书中有 2 个附录，头一个是出第二版时补充的，其中提到 Hubble 发现星系在膨胀（谱线红移随距离增大而变大）；由此讨论了带宇宙学项的 EGFE。Einstein 说，当场、物质密度很高，场方程（EGFE）不再适用。但不应认为膨胀之初必定意味着数学上的奇点。尽管如此，他仍说“世界之初构成了一个起点，其时恒星和星系都未出现”。这似乎表明 Einstein 对大爆炸宇宙学的认可，不过他从未提到过发生大爆炸的可能。

笔者曾指出^[28]，其实这个被视为圣经的 EGFE 并非无懈可击。GR 认为有引力场时这个 space-time 是弯曲的 Riemann 空间，其度规张量体现引力场的物理性质。既如此，必须找出度规场的物理规律，即推广的引力势所满足的微分方程。问题在于根本没有实验观测数据和规律可作遵循，这一致命弱点导致 EGFE 只是猜测性推理的产物。对此，在大学讲授 GR 课程的教授也是承认的^[17]。又例如，Einstein 所说的 1919 年英国日食观测队的报告书^[26]，容易看出有许多漏洞；曹盛林教授指出，在日食时观测太阳引力场导致的远处恒星光线的偏折，

其不确定性远远超出公众的想象。他认为 Eddington 宣布的对 GR 的证实并不可靠^[28]；在 1919 年，是科学界、公众、媒体以及 Eddington 共同构建了后来进入教科书的神话。实际上，后来的与 GR 计算值严重不符的论文、报告，几乎都被忽略了。在 1919 年 Einstein 在一夜间成了世界名人，特别得力于《泰晤士报》的大力宣传。

总之，Einstein 的 Princeton 演讲稿，以及第二版附录（写于 1945 年），第三版附录（写于 1954 年），均无一字提到黑洞（或暗星）；1939 年 Einstein^[30]的论文也绝非对黑洞的支持，实际上是唱反调。值得注意的是，虽然 1939 年的 OS 论文^[16]在研究 PBH 的科学家中备受推崇，但上述两个附录都无一语提及。这件事与本世纪（2004 年至 2014 年）发生的另一件事（即 Hawking 认错）联系起来看，两位重要人物对 PBH 的态度值得我们深思。

7 结束语

宇宙中某个（或某种）天体的有无必须由观测决定，这是常识。以太阳系中的第 8 行星，即海王星（Neptune）的发现为例；1846 年法国天文学家由计算预告其存在，并通知柏林天文台。后者立即观测，在与预报相差不到 1° 的地方找到了这个行星。所以，仅有推测和估计是远远不够的，天文学要求的实证性非常突出。那么，对黑洞否有观测证明？回答是到现在仍然没有。因此，无论是 2016 年美国 LIGO 宣布发现了“两个黑洞碰撞产生的引力波^[31-33]，或是 2019 年 4 月媒体报道说“拍到了位于 M87 星系中心的黑洞照片”^[1]，其实都不是直接的“黑洞存在”的证明。特别是，奇异性黑洞（GR 黑洞）在理论上的两个特征要求（边界上的无限大发散和内部的时空反转）在实际观测对象中并不能证实。正如王令隽教授所指出的，如不能证实这两点本质性的特征，仅仅展示一张“黑圈照片”，并不足以说明那就是黑洞，更不能认为验证了广义相对论。

2020 年的 Nobel 物理奖的授予，其引导和暗示的含意是明显的——首先，黑洞不但存在，而且在我们银河系中央就有一个，还是超大质量的；其次，GR 理论绝对正确，不容讨论更不容反对。然而“黑洞存在”和“大爆炸产生宇宙”一样都只是“奇点物理”的推论。R.Genzel 和 A.Ghez 这两位实验物理学家，尽管率领各自的团队做了许多努力，不容随意贬低；但无论他们自己或 Nobel 委员会，都不敢说“已在银河系中心位置观测到超大质量黑洞”，这就是一个明显的例子。观测与实验的结论必须经得起考验，和理论上作论述时的相对自由完全不

同。况且，如何解释 Einstein 本人的保留态度（起码是不认同）和 PBH 大家 Hawking 的认错？也是 Nobel 委员会难以回避的问题。

因此，笔者仍然坚持“黑洞只是一种理论性推测，实际上可能不存在”的观点。本文如有不妥之处，欢迎指出。

致谢：笔者感谢吕晓丹、王雨两位女士的帮助。

参考文献

- [1] 黄志洵. 几年前的“霍金认错”有道理吗？——对所谓“黑洞照片”的一点看法[J]. 中国传媒大学学报（自然科学版），2019, 26(6): 1~5
- [2] 黄志洵. 黑洞真的存在吗？——质疑黑洞概念及 2020 年 Nobel 物理奖[J]. 中国传媒大学学报（自然科学版），2020, 27(4): 1~8. 又见：<http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&uid=13548938.do=blog&quickforward=1&id=1257329>, Nov. 2020
- [3] 王令隽. 物理哲学文集（第 1 卷）[M]. 香港：东方文化出版社，2014.
- [4] 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.
- [5] 黄志洵. “相对论性量子力学”是否真的存在[J]. 前沿科学，2017, 11(4): 12~38
- [6] Dirac P. Directions in physics[M]. New York: John Wiley, 1978
- [7] Einstein A. Zur elektrodynamik bewegter körper[J]. Ann d Phys. 1905, 17:891~921. (English translation: On the electrodynamics of moving bodies, reprinted in: Einstein's miraculous year[C]. Princeton: Princeton Univ Press, 1998). 中译：论动体的电动力学. 范岱年、赵中立、许良英译，爱因斯坦文集，北京：商务印书馆，1983, 83~115.
- [8] Lorentz H. Electromagnetic Phenomana in a system moving with any velocity less than that of light[J]. Konin. Akad. Weten. (Amsterdan), 1904, 6: 809~831
- [9] 宋健. 航天、宇航和光障[C]. 第 242 次香山科学会议论文集. 2004 年，7~22 页
- [10] Laplace P. Exposition du Système du Monde. Volume II: Des Mouvements Réels des Corps Célestes[M]. Paris: 1796. Published in Einstein as The System of the World
- [11] 刘辽，赵峥. 广义相对论(二版)[M]. 北京：高等教育出版社，2004

- [12] Einstein A. The Field Equations for Gravitation[J]. Sitzungsberichte der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Klasse für Mathematik, Physik und Technik, 1915: 844.
- [13] Schwarzschild K. Über das Graviationsfeld eines Massenpunktes nach der Einsteinschen Theorie[J]. Sitzungsberichte der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Klasse für Mathematik, Physik und Technik, 1916, 189 . 又见: Schwarzschild K. Über das Graviationsfeld einer Kugel aus inkompressibler Flüssigkeit nach der Einsteinschen Theorie[J], Sitzungsberichte der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Klasse für Mathematik, Physik und Technik, 1916, 424.
- [14] Reissner H. Über die eigengravitation des elektrischen felds nach der Einsteinschen theorie[J]. Ann der Physik, 1916, 50: 106~120
- [15] Kerr R P. Gravitational field of a spinning mass as an example of algebraically special metrics[J]. Phys Rev Lett, 1963, 11: 237
- [16] Oppenheimer R, Snyder H. On continued gravitational contraction[J]. Phys. Rev., 1939, 56: 455 ~ 459
- [17] 俞允强. 广义相对论引论[M]. 北京: 北京大学出版社, 1997
- [18] Xiaochun Mei. The calculations of general relativity on massive celestial bodies collapsing into singular black holes are wrong[J]. Inter Jour Astron & Astrop, 2014,4(4): 109~116.
- [19] Penrose R. Gravitational collapse and spacetime singularities[J]. Phys Rev Lett, 1965, 14(3): 57~59.
- [20] Hawking S, Penrose R. The singularities of gravitational collapse and cosmology[J]. Proc. Roy Soc(London), 1970, A314: 529~548.
- [21] Hawking S, Hartle J. Energy and angular momentum flow into a black hole[J]. Communications in Mathematical Physics, 1972, 27: 283~290.
- [22] Hawking S. Black holes in General Relativity[J]. Communications in Mathematical Physics, 1972, 25: 152~166.
- [23] Hawking S. Gravitational radiation from colliding black hole[J]. Phys Rev Lett, 1971, 26(21): 1344~1346.

- [24] Hawking S. Black Hole Explosions?[J]. Nature, 1974, 248: 30~31.
- [25] Horizon[N]. A BBC/Science channel co-production bbc.co.uk/science 2013
- [26] Einstein A. The meaning of relativity[M]. Princeton: Princeton Univ. Press, 1922 中译: 郝建纲等译, 相对论的意义. 上海: 上海科技教育出版社, 2001
- [27] Dyson F, Eddington A, Davidson C. A determination of the deflection of light by the Sun's gravitational field from observations made at the total eclipse of May 29, 1919[J]. Trans. Roy. Soc., 1920, 220A: 291~301
- [28] 黄志洵, 姜荣. 美国 LIGO 真的发现了引力波吗? ——质疑引力波理论概念及 2017 年度 Nobel 物理奖[J]. 中国传媒大学学报 (自然科学版), 2019, 26(3): 1~12
- [29] 曹盛林. 超光速[M]. 石家庄: 河北科学技术出版社, 2019
- [30] Einstein A. On a Stationary System with Spherical Symmetry Consisting of Many Graviting Masses[J]. Annals of Mathematics, 1939, 40: 922.
- [31] Abbott B, et.al. Observation of gravitational wave from a 22 - solar mass binary black hole coalescence[J]. Phys Rev Lett, 2016, 116: 241, 103 1~14.
- [32] Abbott B, et.al. Observation of gravitational wave from a binary black hole merger[J]. Phys Rev Lett, 2016, 116: 06112 1~16.
- [33] Abbott B, et.al. GW170814: A three-detector observation of gravitational waves from a binary black hole coalescence[J]. Phys Rev Lett, 2017, 119: 141101, 1~16.

From the Singularity Physics to the Black Hole

—Question the test of the black hole
and the 2020 Nobel Prize in physics.

HUANG Zhi-Xun

(Communication University of China, Beijing 100024)

Abstract: The black hole is a celestial body that can swallow anything. Does it really exist? There are endless arguments. The theory of the black hole is predicated on singularities, and both special relativity(SR) and general relativity(GR) relate to singularities. In the theory of GR, Einstein's Gravity Field Equation (EGFE) has a classical solution to the singularity, when the space-time metric becomes infinite, the so-called singular black hole comes from this. However, all physical theories in this area have failed. Therefore, there is no objection to all calculations near the singularity. This article criticizes the so-called singularity physics, pointing out that it is absolutely absurd.

The black hole are only the product of mathematical analysis and speculation. Historically, Einstein expressed his disapproval of the existence of the black hole in 1922 and 1939. The renowned physicist S. Hawking made self-criticism in 2004 and 2014, saying that the black hole research is the biggest blunder he made in his life, and the black hole do not exist.

Theory is only one thing. The excellent work of astronomers depends on observation and demonstration. Scientists studying the black hole say that if there is a black hole in the center of the Milky Way galaxy, the fast-moving stars there are evidence of the existence of the black hole. But this is only circumstantial evidence, that is an unproven idea. Some scientists say that there is a black hole behind every quasar, but this is also speculation. We really don't know what's going on at the edge of the universe. This is a very bizarre situation, where our cognition seems to be anticipating our own failure.

Key words: singularity; black hole; General Relativity(GR)