

黑洞及其研究简况

蒋耀庭

(海军航空工程学院基础部 烟台 264001)

姜海勋 肖海鹏

(海军航空工程学院十队)

1939年美国科学家奥本海默和余德尔从广义相对论出发提出具体黑洞的概念,从而翻开了人类对天体研究的新一页。短短几十年,黑洞一直成为天体物理学家研究和讨论的热点,形成了黑洞物理学。

一、经典黑洞

从1915年爱因斯坦广义相对论的建立而预言黑洞存在,许多科学家对其展开了研究,并认为它是由天体坍缩形成的超致密的区域(包括光在内的任何物质都不能从该区域逃逸)。根据黑洞的不同特性将黑洞分成各种不同类型。根据质量不同将其分为小型黑洞、中型黑洞、巨大黑洞。所谓巨大黑洞是指质量超过太阳质量的100万倍以上的黑洞,它在黑洞的研究中占有重要的地位,一度认为黑洞事件视界直径与黑洞质量成正比。

一类有代表性的黑洞是“史瓦西黑洞”,它只具有质量,并且包含一个奇点(在奇点处具有无穷大的密度和压力以及无穷大的时空曲率)。除黑洞的质量外,我们再能谈的就是电荷和旋转了,因而就有带电的黑洞,也就是里斯纳-诺兹特隆黑洞,它和史瓦西黑洞一样是球对称的,它的奇点位于中央。还有一类黑洞是克尔黑洞,这类黑洞不带电但旋转,它是轴对称的,在不同的方向上有着不同的时空性质,其重要结果之一就是克尔黑洞的奇点变成一个奇环,它位于黑洞赤道面内,旋转轴正好通过奇环中心,在奇区(环)里,引力变成斥力,黑洞把物质和光推开,所以该时空区域又叫“负宇宙”或“反引力宇宙”。最复杂的一类黑洞是既旋转又带电的那一类,即克尔-纽曼黑洞,但正如里斯纳-诺兹特隆黑洞一样,此类黑洞实际存在的可能性几乎微乎其微。

二、现代黑洞

30年以来,特别是量子理论广泛地应用于黑洞的研究,形成了现代黑洞理论。在现代黑洞理论中给出了黑洞的精确定义,即:设 M 为强渐近可预期时空,若 M 不包含在 $j^-(i^+)$ 中,则说 M 中包含黑洞,该 M 中黑洞区域 B 定义为: $B = [M - j^-(i^+)]$

M ,且 M 中的 B 的边界 $H = j^-(i^+)$ 被称为视界。

类比热力学规律,巴登、卡特和霍金于1973年建立起了黑洞热力学的4条定律,黑洞的事件视界(外视界)的面积 A 视作熵,而基于该理论定义的黑洞普朗克绝对熵仍不能很好地符合能斯特定理,故有人提出黑洞的热力性质不应仅由外视界参量表示,黑洞应看做由两个系统(外视界和内视界)组成的复合热力学系统,故黑洞的熵不仅与外视界面积有关还与内视界面积有关,该定义能很好地符合能斯特定理,黑洞的表面重力 K 被定义为黑洞的温度。1971年,霍金从理论上证明了黑洞热辐射,即稳定态黑洞的外视界会产生热辐射,辐射温度正比于视界表面重力 K 的存在,确认黑洞具有真正的温度。但认为极端黑洞(零温黑洞)与非极端黑洞是本质上(拓朴结构上)完全不同的两种时空,不能相互转化,尤其是极端黑洞的热辐射性质更有其特殊性。对应于热力学第二定律(熵增原理),霍金证明了面积定理:“黑洞的面积在顺时方向永不减少。”也就是说当附加的物质被吸入到黑洞时其视界总是增大的,至此黑洞热力学的理论比较完善和成功了。

三、黑洞的探测

“黑洞”是从预言中产生的理论,如果不能证实其存在的真实性,理论就成了“无源之水”,因此天体物理学家对其最首要的研究工作就是探测“黑洞”。我们知道,黑洞无毛定理表明,有关形成黑洞物体的大量信息在黑洞形成之后就消失了,这为科学家确认黑洞的形成带来一定的困难。那么怎样来寻找黑洞呢?由于黑洞极强的引力场,在周围“事件视界”内光几乎不能逃逸,因此无法直接观测到,那么可以设想的寻找方法是借助于黑洞巨大的质量及极强的引力导致的各种效应。可以知道,若星系中存在“巨大黑洞”,那么它周围的物质亦像绕太阳旋转的行星一样,遵循“开普勒行星运动三定律”,哈勃太空望远镜就在NGC4261、室女座M84星系、室女座M87星系等星系中发现了高速旋转的气体。

根据开普勒定律,气体的旋转速度应与其围绕

天体的质量的平方成正比,与旋能半径的平方根成反比。如果能确定旋能速度和半径,就能求出这个天体的质量。NGC4261 的旋转半径为 300 光年以内,质量约为太阳的 20 亿倍;M84 星系的旋能半径为 30 光年以内,质量约为太阳的 3 亿倍。计算结果应该说是让人吃惊的!10 亿倍太阳质量的黑洞的半径大约只有 10 天文单位,也就是 1 光年的万分之一。

1995 年,有关科学家与美国密森尼安天文台合作,使用超长基线干涉仪观察了猎犬座 NGC4258 星系中心区域,在其中心仅 0.3 光年的区域内,就存在相当于太阳质量 3600 万倍的质量,而且获得了迄今为止最精确的旋能速度。由此,星系中心存在巨大黑洞的推测瞬间便具有了几乎成为事实的可能。同年,科学家们进行了对确认巨大黑洞具有决定意义的观测,证明是通过日本的 X 射线天文卫星观测到的,观测对象名为“MCG-6-30-15”的一个活跃星系。观测结果表明,来自这个星系中心的 X 射线发生了“引力红移”,这是非黑洞无法解释的。所谓“引力红移”是在强引力的作用下,时间似乎变慢了,可用广义相对论解释,在这种现象中光的波长变长。这个现象被确认为其意义相当于直接观测到黑洞。科学家从此得到了巨大黑洞存在的强有力的证据。

另一种有效的方法是由于黑洞巨大的引力,作用下吞噬周围的物质时,温度会升得极高。释放出大量 X 射线,通过观察这些 X 射线,也可以确认黑

洞的存在,现代对于黑洞的探测几乎都基于该办法,科学家普遍认为,银河系中心附近的一个特殊射电源——半人马座 A* 可能是一个大型黑洞,它的质量约为太阳的 260 万倍,离地球约为 26 万光年。美国加利福尼亚大学洛杉矶分校的科学家在 2000 年 9 月 21 日出版的英国《自然》杂志上报告说,他们找到了表明半人马座 A* 射电源是黑洞的新证据。就是利用设在夏威夷冒纳阿火山上,口径为 10 米的“克”望远镜,对该射电源附近的 3 颗恒星进行了历时 4 年的观测得到的。该证据进一步证明了银河系中心附近存在一个大型黑洞。

科学家们认为,宇宙中每个星系的中央一般都盘踞着一个巨大的黑洞。以上就是星系中央存在大型黑洞的新证据。目前发现中心可能存在黑洞的星系只占星系总数目的 1%,据此认为任何星系中央存在巨大黑洞还为时过早。另外,在多伦多举行的美国天文学第 189 次会议上,科学家同时证明了每个黑洞的大小与它所在的星系的大小成正比。

在短短几十年内有关黑洞的研究取得了上述诸多进展,但目前还有许多问题尚未解决,如黑洞和它的内容最终会发生什么仍不清楚,黑洞的熵的定义仍有争议,尚未捕捉到更多更直接的黑洞信息,等等。我们有理由相信,随着科学技术的发展和探测技术的进步,对黑洞的研究会不断深入,不断丰富。随着我们的努力,终会揭开黑洞神秘的面纱。

科学家职业声望最高

据《科技日报》2001 年 10 月 23 日报道,2001 年我国公众科学素养调查数据显示,科学家在我国公众心目中的职业声望最高。

这项覆盖全国不同区域、人群的调查显示,我国公众对各种职业的态度发生了较为明显的变化。在我国公众的心目中,科学人员的职业声望最高,得分为 20.1,而在 1996 年的相关调查中,得分最高的是企业管理人员,科学家仅排在第 3 位,得分为 12.5。

调查显示,5 年来,我国公众科学素养整体提高,比例已经由 1996 年的 0.2% 提高到 2001 年的 1.4%,平均每年增长 0.24 个百分点。

据专家介绍,发达国家公众科学素养百分比一

般的增长速度是每 10 年左右才提高 1—2 个百分点。而我国在 5 年时间就提高了 1.2 个百分点,这表明了我国公众科学素养有了明显提高,也说明我国科普工作取得了重大成效。

所谓科学素养主要是指对科学知识、科学方法、科技对社会和个人所产生的影响的基本了解程度。专家指出,虽然从数据上看,近几年我国公众科学素养的比例有较大提高,但与发达国家相比,仍有较大差距,美国 1996 年公众达到基本科学素养水平的比例就已达 6.9%,而北欧国家的比例还要高。由此可见,提高我国公众的科学素养仍是一个长期而艰巨的工作。

(卞吉 编)