
类星体几何距离测量研究获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/8008.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

自类星体发现半个多世纪以来，测量它们的宇宙学距离一直是天文学家面临的重大难题。近日，中国科学院高能物理研究所研究员王建民领导的团队发展了一种全新的几何测距方法，成功测量了类星体3C 273的宇宙学距离。相关文章“A parallax distance to 3C 273 through spectroastrometry and reverberation mapping”于2020年1月13日发表在《自然-天文》(Nature Astronomy)上。

类星体几何距离测量需要极高空间分辨率的观测，且只能通过干涉突破瑞利极限得以实现。在过去的十年中，欧洲南方天文台付出了巨大的努力，在世界上最先进的甚大望远镜光干涉阵列(VLTI)上首次成功实现对第一颗类星体3C 273高达10微角秒空间分辨率的观测。王建民团队利用干涉数据，巧妙地结合中科院云南天文台丽江2.4米望远镜和美国Steward天文台Bok 2.3米望远镜长达10年的反响映射数据，从而实现高精度测距。这种方法不依赖于任何已有的距离阶梯，也不依赖于传统工具必需的消光、红化以及标准化等改正，而且系统误差可进行观测检验，为精确丈量宇宙几何、研究宇宙膨胀速度和历史开辟了一个新途径。

宇宙学以高精度测量距离为观测基础。上世纪20年代，美国天文学家E.Hubble（哈勃）发现宇宙正在膨胀：大多数星系正在远离我们而去，且退行速度（红移）和星系的距离成正比。这一比例系数如今被称为哈勃常数，它表征了宇宙当前的膨胀速度。观测宇宙学的核心之一就是测量距离—红移关系，它描述了宇宙膨胀历史，可直接回答关于宇宙年龄、几何、组成成分等基本问题，甚至能够检验很多新物理的预言。在天文观测中，遥远天体的红移可以精确获得，但距离的精确测量从来都是天文学家的最大难题。

传统的距离测量工具以造父变星和Ia型超新星为主。在哈勃定律发现初期，距离测量主要基于美国天文学家H.S.Leavitt在1912年发现的造父变星中的周光关系，即光变周期和光度成正比。因此通过测量造父变星的周期就可以计算绝对光度，进而估计距离。这一方法具有强大的生命力，从100多年前到现在仍然是距离测量的主要工具之一。目前，天文学家观测到的最远的造父变星距离地球为29Mpc（约1亿光年），更远的造父变星由于太暗而无法观测，而且这一工具受到消光 and 红化的影响。幸运的是，以著名的Chandrasekhar白矮星质量极限为理论基础，人们发现Ia超新星可以作为标准烛光，为测量更远的距离打开了新的大门。超新星爆发时的光度很高，与整个星系相当，使天文学家可以测量比造父变星更远的距离。借助这一方法，S.Perlmutter, B.Schmidt和A.Riess测量了高红移超新星样本，获得了距离—红移关系，发现了宇宙的加速膨胀和暗能量。2011年他们获得了诺贝尔物理学奖。与造父变星测距类似，因涉及光度，这一方法也依赖于消光 and 红化改正，此外还受限于Phillips关系的标准化过程。

20世纪另一项重大突破性的发现是宇宙微波背景辐射，对它的测量使天文学进入“精确宇宙学”时代。给定一个参数化的宇宙学模型，就能由微波背景辐射的各向异性获得宇宙学参数，包括哈

勃常数。然而，随着观测精度的提升，传统方法和微波背景辐射给出的哈勃常数之间出现了高达4.4%的偏离。这称为“哈勃常数危机”。这一危机意味着要么观测存在未知因素的影响，要么宇宙学的标准模型需要修改，新物理很有可能蕴藏其中。在这样一个十字路口，天文学家对高精度新工具的需求日益紧迫。新工具应该既不依赖于已有的距离阶梯，也不依赖于标准宇宙学模型，还要有与已有测量可比拟的精度（2%左右）。

高空间分辨率是天文学家的永恒追求，也为几何方法高精度测量宇宙学距离提供了难得机遇。GRAVITY是欧洲南方天文台耗资近亿欧元、历时十年完成的终端仪器，装配在VLT上。它在近红外波段实现了高达10微角秒的空间分辨率，相当于一台口径130米的望远镜。在2017年投入使用以来，已经在系外行星、银心黑洞、微引力透镜等领域得到大量全新的结果，不断刷新人类对宇宙的认知。在2017年到2018年间，GRAVITY团队成功测量了类星体3C 273的宽线区角径为46微角秒，是目前人类对活动星系核宽线区所做的空间分辨率最高的观测。与此同时，王建民团队从2012年以来一直使用丽江的2.4米望远镜对活动星系核的宽线区进行长期的光谱监测。通过测量发射线相对连续谱光变之间的延迟，可直接获得宽线区的物理尺度。更为细致的分析还可以获得宽线区气体几何结构和动力学状态，测量中心黑洞的质量，这一观测技术被称为反响映射。该团队观测到超爱丁顿吸积的活动星系核具有特殊性质，发现延迟缩短、黑洞饱和光度等现象。这些现象获得了美国斯隆巡天计划观测证实。在近十年中，他们系统发展了各种必需的分析方法和软件，为高精度测量黑洞质量和宇宙学距离奠定了坚实基础。

此外，本项研究还将GRAVITY/VLT干涉与反响映射观测联合分析，实现了类星体距离的直接测量，为解决哈勃常数危机提供了新途径。在GRAVITY团队发布了类星体3C 273的干涉观测结果后，王建民团队敏锐地意识到两套独立观测数据之间的互补性：GRAVITY观测的是宽线区的张角，而反响映射观测的是物理尺寸。通过建模综合分析，他们获得了3C 273的角距离和哈勃常数。仅仅借助单个类星体的观测数据，哈勃常数测量的统计误差仅有16%。3C 273距离地球大约20亿光年，远远超出利用造父变星测量距离方法的极限。审稿人认为这项工作是提高黑洞质量和宇宙学距离测量精度的必经方案，十分及时和令人激动，将深受学界欢迎。

目前，GRAVITY团队和王建民团队正在积极协同观测，扩大样本。根据GRAVITY现有的观测能力，大约有50个活动星系核可以作为GRAVITY—反响映射协同观测目标，在未来几年内有望将哈勃常数的测量精度提高到2%以上，为解决“哈勃常数危机”提供独立和精确的测量。而在未来的5年，下一代GRAVITY的观测能力将大幅提高，届时将能够实现对红移高达 $z=3$ 的类星体进行距离测量，建立宽红移范围的距离—红移关系，直接测量哈勃参量、研究宇宙的膨胀历史以及检验宇宙学模型。这将开拓人们对宇宙学、暗物质和暗能量以及新物理的深刻认识。

这项研究得到国家自然科学基金委重大项目和科技部重点专项支持。

[论文链接](#)



图(a)为欧洲南方天文台甚大望远镜的照片；图(b)为云南天文台丽江2.4米望远镜照片，由王建民团队提供；图(c)为美国Steward天文台Bok 2.3米望远镜照片

图(a)为反响映射观测得到的连续谱、发射线光变曲线及其拟合结果；图(b)为GRAVITY观测得到的发射线轮廓、较差相位曲线及其拟合结果；图(c)为拟合得到的3C 273距离、宽线区半径和黑洞质量的概率分布。图片由王建民团队提供

研究团队单位：高能物理研究所

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://iikx.com)转发