

暗能量的多重探测

(中国原子能科学研究院 周书华 编译自 Nikhil Padmanabhan. *Physics*, May 1, 2019)

研究导致宇宙加速膨胀的暗能量是当今宇宙学最重要的任务之一。物理学家通过对更广大的宇宙进行研究,对暗能量的性质做出限制。如今暗能量巡天(DES)用四种观测测量作为探针:超新星、重子声学振荡、引力透镜和星系群集。多探针方法可使未来的研究将限制改进几个数量级,并可能破解暗能量之谜。

有两种暗能量测量方法。第一种是宇宙的几何膨胀。包括对超新星和重子声学振荡(BAO)的观测。Ia型超新星可用作“标准光源”,其已知的亮度可使天文学家估计它们离地球的距离。BAO也与空间距离有关,可用作标度宇宙长度的“标准尺”。其长度可根据宇宙微波背景(CMB)的测量估计。通过观测不同时间BAO尺的角大小,能够直接测量宇宙几何背景的膨胀。

第二种测量方法考虑暗能量对可见的以及暗的宇宙结构增长速率的影响。加速膨胀使得宇宙结构增长减缓。这种减缓可用观测物质的分布来表征。DES通过弱透镜效应

——由于前景物质的引力透镜效应引起的背景星系形状的轻微扭曲——追踪物质的分布。从这种扭曲可对前景物质(主要是暗物质)加以推测。由于弱透镜效应微弱,测量很困难而且易受观测系统误差的影响。

另外一种测量结构增长减缓的方法是,通过测出可见星系位置的分布来描绘出物质的分布。测量星系的距离需要通过光谱学方法确定星系的红移。DES不具有高分辨光谱学性能,但可通过五种光谱滤镜获得低分辨光谱。距离的误差使三维结构变模糊,然而所得到的分布图仍是引力结构的有效的探针。因为我们不清楚暗物质是如何相对于可见星系分布的,所以应用有限。DES合作组开发了一种基于与可见星系分布相关联的弱透镜效应技术,可以得到较高信噪比的星系图。

DES合作组利用位于智利的美洲际天文台的布兰科望远镜,对大面积的南方天空造影,首次将四种暗能量探针结合起来分析。得到对暗物质与暗能量的宇宙密度的独立

最后,四种探针同时表征,可以使巡天进行关联分析。

DES多探针的分析结果对于今后暗能量的研究非常有用。在这项工作中分析的数据只是DES已获取的全部数据中的一部分。最终的数据将有3倍多的弱透镜效应和星系集聚测量数据,并包括10倍多的超新星数据。统计上,对当前所给出的限制将有2—4倍的改进。随着限制收紧,不同观测量间的差别加剧,将给出现有的宇宙模型失败的信号。已发现哈勃常数的局部测量与CMB和BAO推导出的值不一致,以及CMB与弱透镜效应所揭示的结构数量上的矛盾。DES的完整分析可能有助于解决这些矛盾,但也可能使矛盾加剧。

长远来看,我们可以期待一些正在进行的巡天,以及计划中的下一年代更大规模的巡天结果。其中包括类似DES的光度测定巡天(如千平方度巡天、超级相机和大型综合巡天望远镜巡天),光谱学巡天(扩展的重子振荡光谱学巡天和计划中的4米多目标光谱学望远镜和暗能量光谱学仪器巡天),两个将光度与光谱观测结合的卫星实验(欧几里得望远镜和广域红外线巡天望远镜),CMB测量(西蒙斯天文台和第四阶段CMB实验),和使用新探针,如21 cm氢谱线和引力波巡天。项目的广度确保对诱人的宇宙学问题的探索。

更多内容详见 T. M. C. Abbott et al. *Phys. Rev. Lett.*, 2019, 122: 171301。

