

## 首次精确预测全质量区间暗物质晕内部结构

由国家天文台研究员领导的国际合作团队，首次获得了宇宙中最小的类似地球质量大小到具有最大质量的超级星系团（跨越 20 个数量级）的暗晕内部结构的清晰图像。相关成果以“Universal structure of dark matter haloes over a mass range of 20 orders of magnitude”为题，2020 年 9 月 3 日发表在《自然》（Nature, 2020, 585, 39）。

宇宙中约 85% 的物质成分是暗物质，其物质属性和组成恒星、行星等普通物质截然不同。气体通过冷却、聚集于暗物质团块——暗物质晕的中心，从而形成璀璨的星系。天文学家可以通过大质量暗晕内部星系和气体的性质来推测其结构。但对于不能形成星系的小质量暗晕，一直以来没有任何手段去了解它们。它们在整个宇宙演化历史里一直保持“黑暗”。它们数量极多，人类却对其知之甚少。根据目前流行暗物质属性模型推测，宇宙中最小的暗晕质量可能和地球相当。如果需要预测它们的演化和结构，必须借助数值模拟。

而在动态范围达 30 个量级去模拟这些小结构，是一个巨大的挑战。该团队利用中国和欧洲的超级计算机，耗时 5 年，开发、测试模拟程序并运行了一系列超级放大宇宙模拟，完成了这一挑战，获得以下发现：

（1）所有质量的暗晕均具有极为相似的内部结构——中心致密、往外逐渐稀疏、有大量的更小的暗物质团块在其相对靠外的空间环绕。前人的工作只获得了最大质量的前十个数量级的结果。这是人们首次对于所有 21 个量级暗晕的内部结构给出精准的理论预测；

（2）根据目前的一些理论推测，大量的暗物质粒子会在致密的暗晕中心相互碰撞，从而湮灭产生伽马辐射能爆，该工作预测大部分

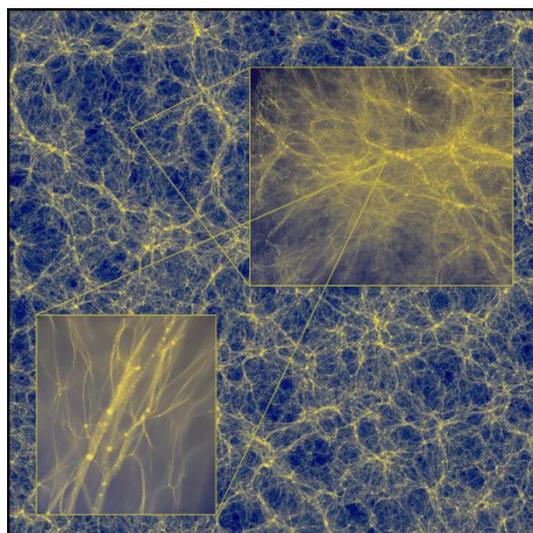


图 1. “超级放大”宇宙模拟里暗物质密度分布示意图。该图展示了其中两次方法过程，解析了背景图片里质量为 1.e15 太阳质量左右的星系团（图中最大的亮点结构）到左下角里质量为 1.e-6 太阳质量类似地球大小的暗晕（图中亮点结构）所有质量区间暗晕的内部结构。

辐射来自于那些因为太小而不能形成恒星的小质量暗晕，这为将来的暗物质探测实验提供了指导性意见，为验证暗物质本质的一个假设提供了可能。

根据该成果所展示的理论预言，研究人员还将有可能通过这些微小暗晕对可见天体的引力作用（引力透镜、动力学扰动）等从天文观测上找到限制暗物质本质的新途径。这将大大加速我们对暗物质本质的探索进程，让我们得以早日揭示这一宇宙主导者的真面目。成果发表后，得到广泛关注，目前已经被引用 30 余次。该成果也得到国内外媒体，包括新华社，人民日报，中央电视台，俄通社等的广泛关注。

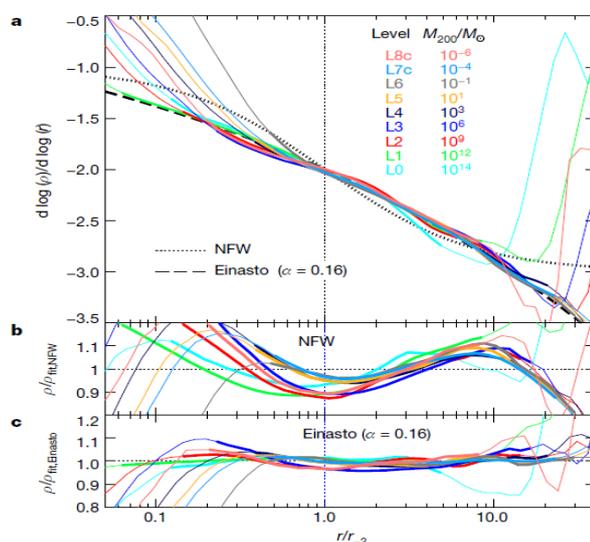


图 2. 从地球质量到星系团质量的暗晕的内部暗物质密度轮廓分布。所有质量的暗晕的密度轮廓都趋近相似，可以被双参数的 Einasto 轮廓（上图黑色短折线）拟合的很好。

发表论文链接: <https://www.nature.com/articles/s41586-020-2642-9>

国内媒体报道:

1. 央视新闻直播间:

[http://tv.cctv.com/cctv3/zgmgdh/shipin\\_yidong\\_gbjdghsf/index.shtml?guid=9a006b875d9b402fb12594e0704cd1db](http://tv.cctv.com/cctv3/zgmgdh/shipin_yidong_gbjdghsf/index.shtml?guid=9a006b875d9b402fb12594e0704cd1db)

2. 人民日报: <https://wap.peopleapp.com/article/5917340/5835853>

3. 新华社: [http://www.xinhuanet.com/2020-09/03/c\\_1126448447.htm](http://www.xinhuanet.com/2020-09/03/c_1126448447.htm)

4. 人民网: <http://scitech.people.com.cn/n1/2020/0903/c1007-31847242.html>

5. 光明网: [https://share.gmw.cn/kepu/astro/2020-09/03/content\\_34149702.htm](https://share.gmw.cn/kepu/astro/2020-09/03/content_34149702.htm)

国外媒体报道:

1. Phys.org: <https://phys.org/news/2020-09-dark.html>

2. Universe Today:

<https://www.universetoday.com/147654/new-simulation-shows-exactly-what-dark-matter-would-look-like-if-we-could-see-it/>