

欧几里得太空望远镜获得百亿年前宇宙图像

暗物质探索燃起新希望



欧几里得太空望远镜拍摄的马头星云(左)、螺旋星系 IC 342(右上)和英仙座星系团(右下)的彩色图像。均新华社发

日前，欧洲航天局公布了欧几里得太空望远镜获得的第一批全彩宇宙图像。通过深入研究这些图像数据，科学家有望从中寻找出暗物质与暗能量存在的蛛丝马迹。约占宇宙物质总量95%的暗物质被称为宇宙的神秘“引力胶”。寻找暗物质是当今物理研究最前沿的探索之一。为此，科学家们正竭尽所能寻找问题答案，尽管暗物质如此扑朔迷离，但为了通向认识浩瀚宇宙的新境地，他们不会放弃。

■方陵生/编译

据估计，宇宙中大约95%的物质是一种非常奇特的存在，它不会反射光、不会发射光，也不会吸收光，因此它被称为“暗物质”。这种存在于假设中的物质是宇宙中唯一能与引力相互作用的力量，因此对它的探测非常困难。

美国得克萨斯大学奥斯汀分校的天体物理学家凯瑟琳·弗里兹说：“上世纪80年代，我在发表关于暗物质的演讲时，曾预言人类将在10年内找到这个问题的答案。如今几十年过去了，我们仍在寻找答案。”

多年来，科学家们一直在试图确定暗物质究竟是什么、它是由什么组成的，好像一群黑暗丛林中期待捕获猎物的猎人。面对这一宇宙之谜，暗物质“猎人”的搜寻工作也变得越来越有创意。他们寻找暗物质的方法包括将液态氦大桶深埋于地下，测量闪电的平直度，探测矿物的纳米级爆炸，检测古老岩石中留下的暗物质痕迹，以及分析欧几里得、韦伯等太空望远镜对暗恒星、矮星系的观测结果。

谜般暗物质 宇宙星系的神秘“引力胶”

宇宙中存在暗物质的最早线索发现于上世纪30年代。当时，天文学家注意到了一些奇怪的现象：一些星系的旋转速度远远超过了它们应有的速度。

根据物理学家对引力和动力学的理解，在如此快速的旋转速度下，星系的中心部分或许会被抛到太空深处，而事实上，它们却一直紧紧相依在一起，并不会分开。瑞士天文学家弗里茨·兹威基认为，宇宙间可能有一些我们看不见的物质，它将所有物质“粘”在了一起。

虽然有此推测，但在兹威基的那个时代，寻找暗物质的工作并没有真正开始，因为“宇宙存在暗物质”的假设一直受到很多质疑。直到上世纪70年代，美国华盛顿卡内基科学研究所的维拉·鲁宾和肯特·福特在研究仙女座星系时得到了一个惊人发现。

这两位科学家注意到，正如兹威基所观察到的那样，仙女座星系围绕中心旋转的速度比预期的要快得多。按照这样的旋转速度，一些星际物质会被甩出来，但它们实际上却仍然稳稳地守在原先的位置上——显然，太空中有什么东西将它们“粘”在了一起。

科学家搜寻暗物质的努力也从这时正式启动。鲁宾曾预测，科学家将在十年内找到这种神秘的宇宙“粘合剂”。可直到现在，人们仍然没能揭开这种神秘物质的面纱。

在这几十年间，科学家已经排除了一些可能的候选者。例如，通过对宇宙

遥远深处的探测可以确定，暗物质不可能由被称为“大质量致密光晕天体”的大质量行星或黑洞组成。因为假如是这样的话，我们就有可能看到这些物体会以可预测的方式弯曲光线。

过去40年间，物理学家花费大量时间寻找另一位暗物质候选者：弱相互作用大质量粒子(WIMPs)，一种可能是粒子物理学标准模型中未被发现的粒子。

WIMPs似乎拥有人们想象中的暗物质的所有属性。除此之外，它们还有一个非常可取的优点：如果这些粒子的轨道碰巧与原子核相撞，那么这种相撞正好可以被专门建造的探测器捕捉到。也就是说，如果给予WIMPs一个合适的推力，那么原子核的反冲能量就会以人们可以观测到的闪光形式释放出来。

要得到这样的探测结果，就需要大量的“大个子”原子核。为此，物理学家设计和建造了许多超冷液态氦大桶，准备并等待来自WIMPs的冲击。这类实验被广泛认为是寻找暗物质的最佳选择。意大利格兰萨索实验室的达尔文探测器计划是这类研究中最新的一个，该计划将使用50吨氙气，而氙气的全球年产量大约也只有70吨。

寻找WIMPs的棘手之处在于，它们越轻，就越难被发现。目前大多数检测方法的主要依据是，WIMPs拥有一定的最小质量，大约为10个电子。英国伦敦的马丁·鲍尔说：“探测器在地下等待暗物质粒子撞击氙原子并使其摆动，但如果粒子实在太轻，氙原子就不会产生反作用。”

但鲍尔提到，这种检测方法有一个问题，太阳产生的中微子以每秒数万亿的数量穿过地球，它们也会在氙气中留下痕迹，“这些痕迹会与极轻的WIMPs混杂在一起，很难将它们分清，也没有办法可以屏蔽掉太阳发射的中微子”。

考古混搭天文 寻找暗物质奇招迭出

为了寻找暗物质，科学家可谓奇思妙想频出。从地球过往历史中寻找线索，这可以说是自从古代巨石阵考古发现以来，考古学与天文学最具影响力的结合。

这个构想其实很简单，WIMPs偶尔会将地幔深处岩盐或矿石晶体中的原子核撞离原位。这类事件如果在历史上曾经发生过，那么这些原子间的位移会在古代岩石中留下虽然非常微小但可识别的痕迹，而科学家有可能利用X射线或氦离子束显微镜等现代技术看到这些位移。

对暗物质打破常规的探索途径，将多学科的科学聚集到了一起。“地球物理学家会告诉我们应该寻找哪些岩石，然后我们从中寻找暗物质留下的痕迹，但有这种痕迹的岩石不会太多。”弗里兹说。而且，这样的岩石一旦被提取出来，宇宙射线即刻也会开始在其上留下纳米级的类似轨迹，虽然仍有可能将这些痕迹与WIMPs以及自然产生的轴释放裂变产物留下的痕迹区别开来，但暗物质考古“猎人”也必须迅速采取行动，以减少这些“噪声”的影响。

作为一名暗物质“猎人”，弗里兹热爱寻找暗物质的工作，并已坚持几十年。她一直致力于发现各种粒子的研究和探索，“大体上我们什么都没看到，但按照我们的方法是最容易找到它们的。我不会放弃，寻找暗物质的过程充满了乐趣”。

一些研究人员开始对另一些暗物质假设粒子进行研究，例如轴子。与WIMPs不同，轴子起初受到关注，并不是因为被纳入暗物质探索的视线范

围，而是因为要解决实验数据和量子理论不太匹配的某种异常现象。不过，轴子应该也具备一些与暗物质相关的特性。目前，科学家正在利用强磁场将电子转化为微波光子，同时也在观察来自太阳的光子或轴子对磁力计的影响等。

此外，还有一些人开始对标准模型中的粒子“暗领域”进行搜索。例如，研究人员向目标粒子发射高强度电子束，期待它们发射出无质量的“暗光子”。虽然这不等同于暗物质，但却可以说明“暗领域”是真实存在的，并促使人们去寻找其他暗物质粒子。

事实上，粒子并不是暗物质“猎人”们的唯一目标。弗里兹搜寻的目标还有“暗星”，它们可能是早期宇宙中形成的暗物质球。有一种假说认为，暗物质粒子相互作用会导致湮灭，但如果暗物质这种相互作用即使非常小也能够释放出足够的能量，那么在我们所熟悉的恒星开始发光前很久，它们就已形成了“暗星”。

正如弗里兹和她的同事所报告的那样，韦伯太空望远镜(JWST)可以发现这些被称为“暗星”的恒星，但由于它们在膨胀的宇宙中离我们很远，发出的光比不那么古老的恒星更红。“JWST已经在高红移区发现了许多明亮的天体，一旦我们能够获知这些天体的光谱信息，当相关数据传回时，我们也许会问，这会是一颗暗星吗？”她说。

最近，欧洲航天局发布的欧几里得太空望远镜所获得的首批全彩图像也表明，在百亿年前的宇宙深处找到暗物质踪迹的各种可能性非常大。不过，也有专家认为这都是徒劳。例如，美国俄亥俄州凯斯西储大学的萨西·麦高几年前就放弃了对暗物质的搜寻，如今他正在寻找另一种解释星系旋转速度异常

探寻前路未卜 天文学家仍将坚持

麦高是“修正牛顿动力学(MOND)”理论的支持者，该理论提议重新定义牛顿万有引力定律。麦高认为，在许多情况下，它比暗物质更能与观测数据相匹配，“你可以观察星系及其质量分布，可以用MOND来预测天体的运动方式，但暗物质做不到。”

但大多数天体物理学家并不认同这个观点，因为MOND不足以解释大爆炸遗留辐射的特征，即宇宙微波背景辐射。“他们从来没有证明MOND可以解释我们所有的观测结果。”美国加州理工学院的凯瑟琳·楚雷克说。

和楚雷克一样，大多数天文学家并不打算放弃寻找暗物质的努力。英国天文学家罗亚尔·马丁-里斯说，一些可能性被排除了，但还有更多可能性。去年底，科学家在南极释放飞艇，在35天的飞行中，它所搭载的设备会从太空流向地球的宇宙射线流中发现反质子——相当于质子的反物质。根据暗领域模型预测，在这种粒子流中应存在低能反质子，科学家若能从任何探测结果中有所发现，都将令人兴奋。

楚雷克说，即使什么都没发现，也不用太失望。寻找暗物质的研究规模相对较小，这方面投入远远少于高能物理或量子计算研究。“另外，在探索暗物质的过程中，我们也在学习一些东西，比如不要对大自然的行为作出太武断的判断，这种态度很有用，可以让我们始终保持开放的心态。”

没有人知道暗物质何时、如何被发现，甚至是否最终会被发现。但楚雷克对此持乐观态度，“我想如果运气好的话，我们有可能会找到它。但如果我们不去寻找，我们肯定不会有机会发现”。

延伸阅读

更多“探暗”奇思

季节性闪光

意大利DAMA/LIBRA实验的科学家声称观察到一种季节性闪光的信号：他们的探测晶体在6月比12月更频繁地发出闪光。他们说，这可能是地球绕太阳公转时暗物质相互作用强度变化的结果。但其他一些物理学家认为有充分理由质疑这一说法。最关键的是，参与该研究的科研人员一直未公布用来供独立审查的原始数据。

纳米级炸弹

纳米级炸弹是种能被暗物质引爆的金属薄片，可作为探测暗物质粒子的液体氙大桶的替代品。2014年，美国密歇根大学研究人员指出，如果被假想的暗物质粒子WIMPs撞击，纳米级金属薄片就会升温，将这种金属薄片嵌入氧化矿物中，其热量可引发铝热剂反应，产生微弱但可检测的爆炸。

直线闪电

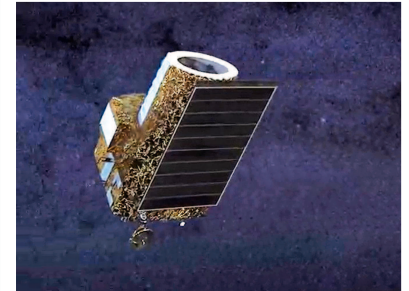
加拿大多伦多大学的纳撒尼尔·斯塔克曼等认为，暗物质可能会在不寻常的闪电形态中显露。这种观点认为，暗物质是“正常”粒子不寻常的聚集，比如构成原子核的夸克和胶子，可能在早期宇宙中以小而密集的团块聚集在一起，在今天的宇宙中可能会加速移动。如果它们与地球大气层碰撞，会与任何相撞分子产生电离现象。如果在暴风雨中发生这种情况，我们可能会看到直线闪电，与通常的锯齿状闪电看起来是非常不同的。不过，迄今为止，没人亲眼见到过直线闪电。

宇宙尽头的深幽，有着耀眼边缘

■杨霞溪/编译



发射升空前的欧几里得太空望远镜，6月29日摄于美国佛罗里达州卡纳维拉尔角。新华社发



欧几里得太空望远镜示意图。(ESA官网)

直在紧张地测试和校准欧几里得上的科学仪器。目前，该团队正在对航天器进行最后一次微调，欧几里得将于2024年初开始例行科学观测。

欧几里得太空望远镜项目科学家雷内·劳雷斯介绍，这个任务可以看作是欧洲航天局的盖亚(Gaia)任务的延续。盖亚正在绘制银河系及其恒星和卫星星系的地图，而欧几里得的视野更加广阔，“它可以回溯到100亿年前，观测宇宙中最古老的一些星系，从而创建一个反映宇宙物质分布的地图，以帮助我们寻找那些难以探测的物质和能量”。

ESA科学主任卡罗尔·蒙代尔教授解释，暗物质使星系的旋转速度比可见物质本身所能解释的要快，暗能量也正在推动宇宙的加速膨胀。欧几里得望

望远镜让宇宙学家首次得以研究这些“相互竞争的黑暗奥秘”。

未来六年，欧几里得望远镜将以前所未有的精度和灵敏度，观测100亿光年外的数十亿个星系的形状、距离和运动，并由此创建有史以来最大的宇宙3D地图。

据ESA介绍，欧几里得太空望远镜能够创建视野广阔且非常清晰的可见光和红外图像。此次公布的首批宇宙观测图像不仅视觉效果震撼，而且极具科学价值。它展示了欧几里得太空望远镜及其所携带载荷的优异性能，天文学家可以借此来研究宇宙中的物质分布及其在最大尺度上的演化，由此可能揭示宇宙中未知的暗物质与暗能量。

欧几里得获取的每张图像都包含

了大量宇宙深处的新信息。欧几里得联盟负责人亚尼克·梅利耶表示，接下来的几个月里，欧几里得联盟的科学家将分析这些图像，并发表一系列科学论文。

据悉，欧几里得的数据库将每年发布一次，并将通过位于西班牙的欧洲空间天文学中心的天文科学档案馆提供给全球科学界。

欧几里得所拍摄下的英仙座星系团可谓是天文学的一场革命。该图像显示了属于英仙座星系团的约1000个星系，以及背景中更远的10万个星系，每个星系都包含多达数千亿颗恒星。通过绘制这些星系的分布和形状，天文学家将能够更多了解暗物质是如何塑造我们今天所看到的宇宙的。

英仙座星系团距离地球2.4亿光年，

所包含的数千个星系浸泡在巨大的热气体云中。天文学家认为，像这样的星系团只有在宇宙中存在暗物质的情况下才能形成——如果没有暗物质存在，星系将均匀地分布在整个宇宙中。

引力导致暗物质形成丝状结构，通常被称为“宇宙网”。暗物质细丝之间的交叉点使星系紧密地“粘”在一起，形成星系团。这种宇宙网广布在整个宇宙中。

欧几里得拍摄到了大量被称为“矮星系”的光芒极其微弱的星系，主要由较古老的恒星组成，距离我们约100亿光年。根据宇宙学模拟，宇宙中应该包含比我们迄今为止发现的更多的矮星系。

这些暗弱星系在星系团和背景中表现出的明显扭曲形状，将会透露出暗物质在星系团和整个宇宙中的分布情况，这种效应称为“弱透镜”。

此外，这张英仙座图像还拍摄到了星系团核心星系之间的微弱光。通过研究这种星系团内的光，科学家们可以追溯星系团的历史，也可了解暗物质的分布方式。