



徐春娴 苑克伟

“四方上下谓之宇，古往今来谓之宙。”我们的祖先给宇宙赋予了科学的定义。宇宙在时间和空间上都是无限的，它是时间和空间的不可分隔的统一体，是运动物质存在的形式。

然而广袤的宇宙决不是时间和空间的虚空。在宇宙空间中点缀着形形色色的星球、星团、星系这些庞然大物。引力场、电磁场充斥其间。能量极高的宇宙线粒子纵横穿行。而 $2.7^{\circ}\text{K}$ 微波背景辐射场的存在使天体好像泡在低能光子场中。此外，宇宙空间还飘浮着大量的星际气体和如烟似雾的固体尘埃——宇宙尘。

### 一、什么是宇宙尘

宇宙尘是指那些在地球外形成，存在于宇宙空间或者散落到地球上，直径为百分之几微米到几米的固体颗粒。这样划分就把流星和小游星也纳入了“尘”的范围。与巨大的星球相比，这是一点儿也不过分的。宇宙尘不仅弥漫在太阳系、银河系里，就是在星系间也发现了它的踪迹。但是，宇宙尘的分布并不均匀，主要集中在星系的旋臂之中。在太阳系所处的猎户旋臂里，每立方公里的空间中平均有25至50个宇宙尘颗粒。在稠密的尘埃云中尘粒密度比平均值也不过高出一千倍。即使如此，这样的密度在地球上也是无法实现的超高真空。然而，从宇宙的大范围来看，这样的物质总量以及由它们引起的一些效应就不可忽视了。虽然宇宙尘的总质量只是宇宙气体的几十分之一，但是由于它的一些特殊效应人们早就觉察到它的存在了。

### 二、宇宙尘的发现

天气晴朗时，在春天傍晚的西方天空或秋天黎明的东方天空，沿着黄道面（地球运动轨道平面）可以用肉眼看到一条微弱的光带，这就是所谓的黄道光。它是由于密集在黄道面上的宇宙尘反射太阳光的结果。

天文学家还发现，具有相同谱型的两颗恒星，较远

的星比较近星的颜色偏红，犹如浓雾之夜，街灯发红那样，这就是星光红化现象。1930年，人们在研究银河系内星团距离和大小之间的关系时，发现了星际的消光现象。为什么会产生红化和消光现象呢？我们知道气体分子对光的散射与波长的四次方成反比，而尘埃对光的散射与波长的一次方成反比。实际观测的结果表明红化现象不是由星际

气体而是由宇宙尘引起的。且由于它只散射波长较短的紫色光，而对波长较长的红光不散射，所以估计对红化有贡献的宇宙尘的大小为5000埃左右。另外，宇宙尘对星光的吸收能力比同样质量的气体大十万倍以上，要产生同样的吸收效应，所需的巨大质量的星际气体，足以对星球的运动产生明显的引力作用。但是实际上并没有观测到这种作用。可见消光现象也是宇宙尘引起的。此外，日照、夜光云、星光极化以及一些恒星在红外波段显示出异常强的辐射等现象，都是宇宙尘存在的间接证据。而落在地球上的陨石则是“天赐”的大尺度宇宙尘样品。这是长期以来人类能够得到的关于宇宙尘确实存在的唯一直接的证据。从这个意义上讲，对宇宙尘的观测从我们的祖先就已经开始了。

### 三、对宇宙尘的“全波段”观测

如今人们已经不怀疑宇宙尘的存在了。虽然对大尺度的宇宙尘——流星、陨石的观测、研究已有几千年的历史，但是对微小尘粒的发现和认真研究仅仅是最近一百多年的事情。1821年一位西班牙人在冰雹中发现了铁质小颗粒。随后，一位英国人在深海的海泥中发现了一些直径为十微米至几毫米的球形颗粒，从它们奇特的外观，他推断这些颗粒是天外来客。这些发现引起了越来越多的人的兴趣，一百多年来，很多人相继在深海堆积物中搜寻宇宙尘。在人迹罕至，地球杂尘极少混入的格陵兰岛和极地的古老冰层中，在高山的积雪里和太平洋的孤岛上也都留下了科学工作者的足迹。人们对于不同大小的宇宙尘采用了多种不同手段进行观测。除了对陨石继续进行收集和分析之外，对于直径为几米的宇宙尘还可利用月球上的环形山和被动月震来研究。而对直径为几十毫米的尘粒则借助于它落入地球大气层并与其摩擦发光，用望远镜和米波雷达对它进行观测。随着空间技术的发展，人们开始利用飞机、高空气球、火箭、卫星来收集宇宙尘。

他们在飞机、气球上装上涂有硅油的膜片来集尘。或者通过电子学方法记录下宇宙尘撞击卫星上的仪器发出的声音或者分析宇宙尘撞击特制的金属板留下的洞和坑的数目、大小来计算尘粒的密度大小和运动速度。可以肯定,将来,宇宙飞船可以在太阳系甚至银河系里宇宙尘聚集的天区,收集更为原始的、纯净的宇宙尘样品供我们研究。总之,随着科学技术的发展,人们对宇宙尘已经实现“全波段”的观测了。

#### 四、宇宙尘研究概况

宇宙尘不仅是研究天体演化的重要素材,而且正在引起其他领域的科学工作者越来越大的兴趣。

目前,对宇宙尘的研究主要有以下几个方面:

**空间分布** 现在对宇宙尘空间分布的有效测量只能局限于日地空间。在黄道面上,距太阳 0.7—0.8 天文单位(1 天文单位= $1.5 \times 10^8$  公里)处密度呈现极小值,然后密度稳定上升,在 2.6 天文单位处密度达到极大值,然后又减少。在 5 天文单位处接近近地空间密度,约为  $4 \times 10^{-22}$  克/厘米<sup>3</sup>。

**质量谱** 质量大于  $m$  克的尘粒数目  $N$  关于  $m$  有关系  $N \propto m^{-s}$  ( $0.5 < s < 1.5$ )。

**通量测量** 不同纬度,不同季节,宇宙尘在地球表面的沉降量都不同。特别在海底堆积物中测量过去几十万年宇宙尘的沉积速度也不尽相同,并且发现地球经历过的几次冰河时期宇宙尘的沉积速度相应地都是极大,这是偶然的巧合吗?

**形态** 从已经获得的宇宙尘粒来看,外形有的呈球形,有的不规则;有的外壳松软,核心密实;表面有的粗糙并有烧蚀的痕迹,有的则光滑而且晶莹透明呈现出五颜六色。不同的颜色说明它所含元素的丰度不同。黑色尘粒中铁、钴、锰的含量较高。

**化学组成** 宇宙尘从成分上主要分为四大类:金属质球粒、硅酸盐球粒、玻璃质球粒和冰晶。用粒子束辐照宇宙尘颗粒,根据不同元素放出不同的特征 X 射线,可以判断尘粒中所含的元素及其丰度。测量结果发现宇宙尘中所含的某些元素的丰度明显和地球上同种元素的丰度不同。这说明它们的演化过程和地球的演化可能不同。

**放射性同位素的测量** 通过对放射性同位素的测量不仅可以知道尘粒的年龄,而且还发现尘粒中含有由宇宙线与之相互作用而生成的放射性同位素 <sup>26</sup>Al, <sup>53</sup>Mn, <sup>59</sup>Ni, <sup>56</sup>Co 等,从而可以为我们提取古代以及宇宙空间中宇宙线的信息。

由于我们得到的尘粒既少又小,且其中元素及其同位素的含量极微,测量分析工作非常困难,需要精度极高、本底极低的仪器和高超的微量元素分析技术。

与宇宙尘实验研究的同时,有关宇宙尘理论的研究也相当活跃,如尘粒在引力场、辐射场中的运动规律

怎样?它在中性气体和电离气体中的运动有何不同?它的凝聚和破碎机制如何?它的起源和在天体演化中的地位怎样?都是宇宙尘科学工作者极感兴趣的问题。

由于宇宙尘和星际气体的空间分布相似,所以有人认为宇宙尘的凝聚过程分为三个阶段:(1)简单分子的形成(如 CH, CN, 等)。(2)由简单分子聚合成更大的分子团,这些分子团成为尘粒的凝结核。(3)凝结核继续生长,最后成为宇宙尘。

粗略地讲太阳系中的宇宙尘主要受两种力,一种是太阳引力,二是太阳辐射场的斥力。由于引力和斥力不平衡,使尘粒旋转起来,结果尘粒破碎成更小的颗粒。还有人认为由于辐射场的光致电离使尘粒表面带电,在静电作用下使其破碎。当然尘粒间的碰撞,尘粒和星际气体分子以及和宇宙线粒子的碰撞都会使尘粒破碎。

#### 五、研究宇宙尘的意义

宇宙尘的起源与天体演化密切相关。如果宇宙尘是原始太阳星云凝聚成太阳系的遗留物,那么由于它不像地球和其他行星那样内部有高压高热过程,外部有地质变迁,故较多能保留它早期的信息,而成为太阳星云凝结过程的见证。在观测中发现,当彗星接近地球的时期,地面宇宙尘的沉积速度较快。因此有人认为宇宙尘是彗星掠过时流落出来的彗尾物质,所以,对它的研究能为彗星起源和演化提供依据。也有人认为宇宙尘是类星体或超新星爆发时喷射出来的物质,这样,它会带来这类天体演化过程的重要线索。另外,有人认为星光极化现象是由于条形尘粒规则取向所致,而这种取向是星际磁场对它作用的结果。因此宇宙尘的研究对宇宙磁场的分布和星系结构也是很重要的。

在宇宙空间已发现了 47 种星际气体分子,其中有有机分子的探查与生命起源息息相关。而宇宙尘的形成与星际气体分子密切相关。所以对宇宙尘的研究将会提供更多的关于星际气体分子的“指纹”。

此外,由于宇宙尘长期在宇宙空间飘浮,它必然会和宇宙线、电磁场、辐射场相互作用,在它上面一定会留下大量高能反应及其产物。特别是在地球上无法实现但在宇宙空间中存在的各种极端条件下(如超真空,超低温,超高压或其相反)所进行的高能反应能否更深刻地揭示基本粒子相互作用的本质?能否产生物质的下一阶层的粒子?这些人们极感兴趣的问题有可能在宇宙尘的研究中找到一些蛛丝马迹。

总之,宇宙尘的研究与天体演化,物质结构,生命起源三大基础学科都有一定的关系。可以相信随着对宇宙尘更为广泛深入的研究,定会对上述基础学科的发展起积极的推动作用。

(题头图: 微力)