

讲 座

流星群研究

周洪楠 王 龙 张国防

(南京师范大学物理系 南京 210097)

摘 要

对流星群的研究作了简明而系统的介绍。重点叙述流星天文学的历史与现状；流星群的地面和空间观测；流星雨观测和理论辐射点；流星群的轨道计算、运动速度和轨道演变；流星群与彗星和小行星的相互关系以及流星群研究中的新课题。

关键词 流星群 — 流星雨 — 彗星 — 小行星

分类号 P185.82

沿着大致相同的轨道绕太阳运行的大群流星体，称为流星群 (Meteoroid Streams)，它们通常在大致固定的日期和天区出现，有明显的周期性和一定的规律性。而当地球穿过流星群，亦即地球与流星群在距太阳大约 1AU 处交会时，流星群中大量的流星体会落入地球大气层，变得明亮可见，这就形成蔚为壮观的流星雨 (Meteor Showers)。本文拟对流星群的研究作系统而简明的介绍。

1 引 言

流星和流星群的观测可以追溯到远古时代。至今大量的古代流星观测资料和记录已被逐渐挖掘并出版成集了。其中最著名的有：1986 年北京天文台主编出版的《中国古代天象记录总汇》^[1]，其内包含有自春秋鲁庄公七年 (公元前 687 年) 至民国时期的大量流星和流星雨观测记录；1992 年日本天文学家 Hasegawa^[2] 汇集整理了中国和日本的流星观测记录并整理成“在中国和日本编年史中发现的流星雨记录及其历史变化”一文发表；1992 年 Rada 和 Stephenson^[3] 整理出版了《中古时代阿拉伯史中流星雨记录总表》。1993 年 Kidger^[4] 又对此表进行了修订补充。这些古代记录无疑是研究流星及流星群的物理和动力学特征以及演变的珍贵资料，同时，也为认证流星雨的变迁提供了重要的依据。

20 世纪中，流星天文学有了很大的充实和发展。在 50 年代以前的半个世纪中，主要研究内容集中于探寻流星群与母体彗星之间的联系，研究计算流星轨道的流星雨辐射点的方法以及提高观测精度等方面。1952 年英国天文学家 Porter^[5] 在他所著的《彗星和流星雨》一

书中对这一时期的流星天文学研究历史和进展以及流星群与彗星的关系做了全面的总结。特别值得一提的是, 在这一时期直至 20 世纪 80 年代, 前苏联和东欧国家(如波兰、捷克斯洛伐克等)有一些十分活跃的流星研究小组, 长期对流星和流星雨进行目视、照相等光学观测和小型雷达计数观测, 积累了丰富的资料, 做了很多研究工作, 对流星天文学作出了重要的贡献。遗憾的是, 他们的工作大都是用俄文发表的, 未能广为人知, 由于时局的变迁这些研究小组大部份无法维持下去, 很多资料也濒于流失。相比之下, 西方一些国家对流星研究工作没有引起足够的重视, 对流星群物理现象的认识仅限于表面, 没有更深入的理解。有些人甚至把流星科学归结为“成熟”的科学, 没有什么新课题值得研究。尽管在 1960 年美国哈佛—史密松天文台和国家宇航局曾提出哈佛流星雷达观测计划^[6], 下拨了研究经费, 但由于当时天体物理学上的许多新发现和新观点的提出, 使得整个计划转向那些热门的课题, 流星观测的经费一减再减, 最终导致这一计划的流产。

20 世纪 70 年代以来, 随着空间科学的迅速发展和电波通信技术的日新月异, 流星科学又重新引起了关注。由于流星群对宇宙飞行器的威胁和对电波传播电离层稳定性的干扰, 使得准确及时的预报流星和流星群的轨迹和位置成为急待解决的问题。为此, 1991 年成立了国际流星组织(The International Meteor Organization, 简称 IMO) 和 IAU 流星资料中心 (IAU Meteor Data Center, 简称 IAUMDC)^[7]。这样就把专业和业余的流星观测站点组成了一个全球性的观测网, 使观测资料和信息得以及时汇集和交流。

20 世纪 90 年代, 是空间科学和信息科学大发展的年代, 一批太阳系近地小天体(如, 小行星、彗星)的空间探测计划相继实施, 因而与这些小天体紧密相关的流星群的监视和研究也成为这些空间计划的组成部分。同时, 这一时期, 英仙座强流星雨、狮子座强流星雨的再次爆发和回归, 提出了一些深层次的流星群物理学问题并正在逐步揭开谜底, 流星科学并未“成熟”, 而是充满着勃勃生机。

2 如何研究流星群

2.1 流星雨的研究

流星雨的研究是流星群观测研究的最重要的组成部分。当地球穿过流星群时可以直接清晰地观测到大量流星体进入地球大气, 在大气中烧蚀发光, 据此可以进一步研究流星群的物理性质、化学组成、动力学轨迹等有关问题。

显然, 流星雨产生的必要条件是流星群或群内一部分星体必须在距太阳 1A U 附近与地球交会。由于交会点的位置与地球位置的偏离程度不同, 流星雨的强弱也不同。通常, 用流星的计数(即每小时可以观测到的流星数)来表征流星雨的强度。目前公认, 在某个天区流星的计数率 > 10 颗/h, 才可认为是发生了流星雨。大部分流星雨的计数率在几十到几百, 强流星雨可达几千甚至几万。

2.1.1 流星雨的观测

目前, 流星雨的观测手段仍以光学观测(包括目视、照相和 CCD)和雷达观测为主。由于雷达可以探测到直径更小的流星, 因此, 雷达计数观测已成为流星观测的重要手段。流星雨计数率的逐日变化反映了该流星雨结构的横向(即垂直于运动方向)变化轮廓, 而流星雨中

流星体质量的大小分布与可能观测到的持续时间是相关的。如双子座流星雨用雷达探测 1mm 左右的流星计数可长达 10d，而对 1cm 左右的流星计数只有几天，其计数率就急剧下降了。流星雨计数率的逐年变化可以提供流星雨结构的纵向（即平行于运动方向）变化轮廓。如果在每一年的同一天对同一流星雨观测，由于太阳黄经存在微小的差别，因而流星的计数率也可能有所差别。1986 年 Belkevich^[8] 就对这种差异进行了统计研究得出了流星群的空间结构。

许多流星雨相邻两年同一日的计数率基本上是相同的。如双子座流星雨就是一种比较典型的定型结构。与此相反，某些流星雨的计数率变化比较大，最明显的例子是狮子座流星雨本来预计应在 1998 年 11 月 17 日有强爆发，但那一天并没有很高的计数率，而是提前了 16~18h 就出现高潮^[9]。又如，1993 年英仙座流星群相当活跃，但并没有在预期的日子观测到流星雨^[10,11]。

2.1.2 影响流星雨观测的主要因素

流星雨的出现受到多种因素的制约，要成功观测到流星雨并非一件容易的事。研究发现，影响流星雨观测的最主要因素有两个：其一是大气的状态。大气的湍流和电离层的稳定对微流星的扩散速度、烧蚀时间、维持机制等有明显的影响。大气的标高也对流星计数率有影响，一般来说，当标高约改变 100km 时，雷达探测器的计数率变化达 10%^[12]。第二个因素是流星群轨道的共振和演变，这是一个关键的因素。由于太阳系天体（如大行星、天然卫星等）对流星群的引力摄动和太阳光的辐射压力等作用，流星群的轨道发生偏离，甚至有些流星体轨道与行星轨道发生共振，逃逸出流星群而变为偶发流星。这种变化也引起流星群轨道与地球公转轨道的两个交点位置发生变化。因此当一次流星雨被观测到，并不意味着它过去或将来都会在同一时刻、同一天区也被观测到。

2.1.3 流星雨的辐射点

由于地球上观测者的透视效应，使得每一次流星雨爆发时似乎成千上万颗流星都是从某一点附近的区域迸发出来的。这个点称为流星群的辐射点，而通常把辐射点所在的星座名或恒星名取作该流星群的名字。

(1) 观测辐射点是指通过观测确定的辐射点。因此确定观测辐射点的位置是证认流星喷发是否同一流星雨的最简便的方法，一些主要的流星群，如天琴座、宝瓶 η 、宝瓶 δ 、英仙座、猎户座、金牛座、狮子座、双子座、仙女座等都是采用这种方法确认的。在 19 世纪已经出版了一些观测辐射点的位置表，但精度很低。1973 年 Cook^[13] 利用哈佛—史密松天文台的照相巡天观测资料进行整理汇集，编制了流星群观测辐射点位置表。尔后，Jones 和 Morton^[14,15] 以及 Poole 和 Ronx^[16] 等人利用雷达观测资料，提供了相当精确的观测辐射点位置表。

(2) 理论辐射点是指通过对流星群的假想母体的轨道计算而确定的辐射点。事实上，许多流星群是与它们的母体相关的，如狮子座流星雨就是以 P/Tempel-Tuttle(1866I) 彗星为母体的。这颗短周期彗星的周期为 33yr，它的喷发流使其周围形成大量的彗星尘，即微流星体，每当地球穿过此彗星附近的流星群时就会出现以狮子座为辐射点的流星雨^[17,18]。而金牛座流星群的母体则是 P/Encke 彗星和几个 Appolo 群小行星^[19,20]。母体轨迹的计算与流星雨的观测密切相关。

由于近地小天体的轨道运动受很多因素的摄动变得复杂而不稳定，导致理论辐射点位置难以精确确定。例如，按照英仙座流星雨母体 P/Swift—Tuttle(1982 III) 彗星的轨道计算，1993 年该流星雨会在英仙座附近再次强烈爆发，但它并没有出现^[21~22]。相反，1991 年 4 月天琴座

流星雨出现, 但按照计算此时它的母体 Thatcher(1986 I) 彗星却并不位于地球附近。目前, 计算理想辐射点的基本方法和原理是 1952 年由 Porter 提出的^[23], 后来经 Drummond^[24,25] 和 Olesson、Steal^[26] 等许多人修正和补充而趋于完善。然而, 这种方法是一种非物理的近似处理技巧, 只有当假设条件与真实情况偏离较小时才会得出合理的结果。日本天文学家 Hesagawa^[27,28] 在 20 世纪 90 年代初提出了一种改进的理论辐射点计算技巧, 他首先将假设母体的轨道拱线进行旋转, 使其位于 1AU 附近, 亦即在母体轨道的近日点或远日点附近, 母体与地球相接近。而后再进行坐标系的转换, 同时还考虑了部份引力摄动因素, 因此所得的结果精度有所提高。

近年来, 哈萨克斯坦的著名流星天文学家 Babadzhanov^[30,31] 提出了一种简单而又较为精确的方法。他运用运动方程的数值积分方法, 直接计算出母体与地球轨道相交时的轨道根数, 再由此推算流星雨的辐射点位置。这种方法目前已得到推广和应用。

理论辐射点是一个有用的标记, 它可以引导观测者在某些天区附近进行监测, 从而有效地观测流星雨。理论辐射点在检测母体与流星雨之间的原始关系中起着关键作用。例如, 确定宝瓶座 η 流星雨和猎户座流星雨与母体哈雷彗星之间存在原始联系的依据就是它们的观测辐射点位置与按哈雷彗星轨道计算所得的理论辐射点的值基本一致。

(3) 两个或多个辐射点是指一个流星群可能爆发两次或多次流星雨, 而这些流星雨的辐射点又不在同一位置, 因此出现双或多辐射点, 从而使辐射点的计算更为复杂。Drummond 等人^[32] 曾从理论上计算产生流星雨的两个以上辐射点的值, 他们发现由于流星群的轨道根数的变化使得它们在过近日点前后或者在穿越升交点或降交点前后都可能爆发从不同辐射点喷发出来的多支流流星雨。例如, 哈雷流星群就可能产生宝瓶座 η 流星雨和猎户座两个流星雨; 而金牛座流星群因其轨道倾角很小, 在计入其轨道演化后, 可以观测到金牛座 β 、英仙座 θ 等 12 个辐射点不相同但都是由金牛座流星群产生的流星雨^[33,34]。

2.2 流星群的空间观测

如果没有发生流星雨现象, 流星群是否也能观测到呢? 人类进入空间时代以来, 这种观测已经可以实现了, 这就是近年来发展起来的流星群空间观测技术。空间技术主要有两种: 一是宇宙飞船的直接探测技术, 也就是利用宇宙探测器直接对地球附近或更深层空间的彗星喷发物和微流星粒子进行大小、质量、撞击速度和数目等的测定^[35], 至今已得到许多有趣的结果。如, 从 Apollo 登月探测器测定结果可知大约有一吨量级的流星微粒撞击过月球^[36]; 哈勃空间望远镜也探测到有一些直径大约为 5~10m 的大质量流星与金牛座流星群的轨道相类似, 它们已被证认为与金牛座流星群相交的公里级小行星的碎片^[37]; 此外, 空间探测器还通过轨道和喷发速度检测确认了一些微流星体与流星群母体的原始关系^[38~40]。另一种空间观测技术是 1977 年由 Baggley 等人提出的^[41], 通过测定空间微粒子对太阳光的散射光谱来确定微流星的大小、质量和空间分布。这种技术在远红外天文卫星 (IRAS) 上天后得到了发展, 如, 利用 IRAS 探测到短周期彗星的尘埃尾对太阳光的散射得知, 尘埃尾是由大量毫米级大小的微粒子组成的。当地球穿过这种彗尾时就有可能出现流星雨^[42]; 用甚长波段的热辐射效应也可能推测出彗星附近的微尘埃粒子大小分布和空间结构^[43]。

2.3 流星群的轨道测定

为了验证各个流星群与某些彗星或小行星的相互关系, 必须比较两者的轨道, 为此首先要确认哪些流星体是属于同一流星群。通常的做法是先测定单个流星的轨迹, 然后再进行轨

道区分。目前最常用的轨道区分方法是由 Southworth 和 Hawkins 提出^[44]，后经 Asher^[45] 等人改进的 D 判据：

$$D^2 = \left(\frac{a_1 - a_2}{3} \right)^2 + (e_1 - e_2)^2 + \left(2 \sin \left(\frac{i_1 - i_2}{2} \right) \right)^2$$

式中 a_1 、 e_1 、 i_1 表示所计算的流星体的轨道根数， a_2 、 e_2 、 i_2 表示假想母体的轨道根数， D 表征这两者之间的接近程度。要求 $D < 0.25$ 才可认为该流星体属于此特定母体的流星群。

过去几十年中，利用大量的流星观测资料已定出了许多流星群轨道，如，Cook 编制的观测辐射点表中也列出了流星群的轨道数据。但是，后来 Lindblad^[46] 通过仔细归算发现，由于观测精度的限制和计算方法的误差，Cook 表中许多流星群轨道误差很大，有一些流星群的轨道实际上只是采用同一颗流星体的轨道推算得出的。在 20 世纪 90 年代开始了新的流星巡天观测计划，并提出了考虑九大行星的引力和太阳光辐射压等诸多因素后新的流星轨道计算方法^[46,47]。Porubcan 等人^[48] 还提出了区分偶发流星和群内流星的有效方法，从而保证了流星群轨道测定的精度。迄今为止，已有大量有价值的流星轨道资料被保存在瑞典的 IAU 流星资料中心 (IAUMDC)^[49,50]，其中包括 6000 个光学 (照相或 CCD) 观测资料和 62000 个雷达观测资料。自 1992 年开始国际流星组织启动了新的流星巡天计划，观测资料的归算和处理将在新西兰进行，这个计划预计要收集 350000 颗以上的流星轨道资料，结果都将储存在 IAUMDC 的数据库中^[51]。

2.4 流星群物理学

2.4.1 流星群的主要物理参数

(1) Hughes 和 McBride^[52] 利用许多流星群的资料计算得出，流星群的总质量大体与其母体的估计质量相当。对于每一个具体的流星群，可以从通过其发生流星雨始末的时间和流星雨的计数率来求出该流星群的分布范围和空间密度，从而推算出它的总质量，如英仙座流星群的总质量约为 $5 \times 10^{11} \text{kg}$ 。

(2) 根据流星群的质量，不但可以估计出其原始母体的质量和大小，同时也可以推算出流星群形成所需的时段，或称流星群的年龄。Jones 等人^[53] 根据这个原理计算出猎户座流星群的年龄大约为 $0.25 \times 10^4 \sim 6.2 \times 10^4 \text{yr}$ ，最有可能的值是 $2.3 \times 10^4 \text{yr}$ 。同样，Gustafson^[54] 也将双子流星群与其母体小行星 3200 Phaethon 相比较，得出了此流星群的年龄约为 600 ~ 2000yr。

(3) 一般而言，流星体在流星群中的驻留时间，也就是流星体的寿命，主要与两个因素有关：一是流星群与大行星 (特别是木星和火星，尤其是木星) 相接近的程度，木星 (或火星) 的摄动可能使一些流星体从群内逃逸出去，而被木星俘获或散射到天空中成为偶发流星背景区中的一员。一旦这些流星偶然撞入地球大气层，就被烧蚀而消失。另一个因素是当流星群沿着母体的轨道散射开来运行并与地球轨道面相接近时，黄道面上许多小尘埃粒子的撞击也可能使流星群内的部分流星从群中逸出而变为偶发流星或碎裂成宇宙尘，对一些周期流星群这种碰撞作用更为明显。Bradley^[55] 和 Sandford^[56] 等人根据空间探测器收集到的宇宙尘样本和太阳宇宙线的爆发等资料详细推算得出，流星体在流星群内的平均驻留寿命约为 10^5yr 。当然这种推算还存在很多疑点，该结果并不十分可信^[57]。

2.4.2 流星群的物理来源

长期大量的研究证明，周期流星或流星群是由活动彗星或某些小行星群的喷发物或瓦解物形成的。最明显的例子是比拉彗星瓦解后的碎片逐渐形成了仙女座流星群^[58]，有趣的是，不少与流星群相关的小行星实际上是一些再发彗星，它们在爆发以前长期被视为小行星，一旦再活动，它们的喷发物就成为流星群的来源。如两个世纪以前，恩克彗星并没有被发现，然而，金牛座流星群及其产生的许多流星雨的出现使人们追溯到它们与短周期恩克彗星以及十多个近地小行星之间的原始关系。McIntosh^[59]等人的研究认为，恩克彗星在其没有被观测到以前就已存在了，只是它一直被视为小行星。在1986年发现的P/Machholz(1986 VIII)号彗星现在被确定为象限仪流星群的母体，但在它由于剧烈活动而显现为彗星之前很可能也一直被视为小行星。

3 流星群的运动速度和轨道演化

3.1 流星群的运动速度及加速机制

长期以来，流星群的形成和相对其母体的运动速度问题一直引人关注。流星体刚从母体释放出来时，其相对速度是比较低的，此后立即开始加速，以致当地球在这些流星群附近穿过时测定的流星群相对地心的速度高达 $30 \sim 70 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ 。是什么机制产生了流星体并使其运动加速呢？这一系列的问题，一直困扰着流星物理学家。

1951年，Whipple^[60]在气体动力学基础上建立了流星体的喷发模型。他认为彗星喷发的气体和尘埃的主要来源是彗核，因此气体的动力牵引是流星体加速的原因。此后，不少人根据他的理论进行了深入研究，结果发现，这种气体动力牵引不可能提供很高的加速度而促使流星体迅速加速，必须寻找其它的机制。

近十年中，这方面的研究取得了很大的进展。对宇宙飞船发回的哈雷彗星图像资料进行仔细处理归算后发现，彗核活动中分离出大团大团的冰和尘埃组成的固体物质，这些物质可以看成是一个小彗核，它们不断地蒸发汽化产生彗发中的气体。因此，这些挥发物质组成的大量团块才是彗发中气体的主要来源。显然，在这些团块不断蒸发的过程中会产生一种喷发力，这种彗星尘埃物或流星体的连续释放产生的作用力会对母彗星的轨道运动产生扰动并促使母体及其周围的流星体不断加速，这种力被称为非引力力。目前，对于非引力力的研究已成为一个热门课题^[61]。

3.2 流星群的轨道演化

流星群从他们的母体中以较低的相对速度被释放后，在非引力力的作用下不断加速运动，而且逐渐沿着母彗星的运动轨道疏散开来。造成流星群疏散的原因主要有三个：(1) 由于流星体的大小不同，因而受到的加速作用大小也不相同，这就造成运动速度和位置的差异；(2) 由于太阳辐射压的作用，使连续喷发的流星体逐渐离散，最终布满整个母彗星轨道；(3) 由于玻印廷-罗伯逊效应而引起的流星体物质离散^[62]。流星群的轨道演化是一个长时间的过程，一般来说，流星群自母体喷发到最终散布于母体轨道的特征时标大约为 10^4 yr ，有一些流星群甚至更长些^[63]。

流星群的轨道演化特征研究目前也是一个十分令人瞩目的课题，由这个课题的研究可以得到许多流星群与其母体之间的相关结果。例如，1993年William和Wu^[10]利用轨道演化资

料仔细分析 P/Machholz(1986 VIII) 彗星, 发现它不仅是象限仪流星群的母体, 还可能是宝瓶座 δ 流星群和小熊座流星群等的母体。同时, 这些复杂的流星群体与 1491 I 号彗星的轨道有着明显的相似之处, 因此也不能排除 1491 I 号彗星是这些流星群的母体的可能。由此, 他们认为这个复杂的母体和流星群组合是由一颗彗星分裂而成的。这一结论引起了很大的争议。其中最主要的反对依据是这些流星群与彗星的轨道根数相差甚远, 仅就近日距 q 而言, 象限仪流星群、小熊座流星群、宝瓶座 δ 流星群、白羊流星群、P/Machholz 彗星和 1491 I 彗星的 q 值分别为: 0.977、0.968、0.07、0.07、1.0127 和 0.761 AU^[64]。至今, 这仍然是一个悬而未决的问题。

另外一个十分有趣的课题是金牛座流星群。现已探明, 这个流星群轨道与短周期 P/Encke 彗星和十多个近地小行星的轨道相类似^[64], 它们都有较低的轨道倾角。流星群与地球的轨道的交点处有较宽的交叉区域, 从而引发出 12 个流星雨而且产生偶发流星的比率较高。

目前, 有关流星群轨道演化的研究, 特别是 Halley 型的木族流星群的研究都是建立在比较简单模型的基础上的, 而且大多数的工作集中在与短周期彗星相关的流星群。近年来, Emelyanenko^[65] 开始对大偏心率长周期彗星与流星群之间的轨道相关性和演化进行探索, 并取得了可喜的成绩, 扩展了流星群研究的新课题。

4 流星群与彗星和小行星的相互关系

流星群的形成和演化与母体彗星或小行星有紧密的关系。在此将几个主要流星群的特征及与母彗星的关系列表于表 1。表 2 列出了迄今为止已知的小行星与流星雨之间的相互关系, 以作为进一步探索的参考。

表 1 与彗星相关的几个主要流星群及其特征

流星群	母彗星	轨道和计算	活动性	周期	相关流星雨数
双子	3200 phaeon	大量的轨道和计算资料	老群	很短	4
英仙	P/Smitt-Tuttle	同上	活动群	长	1
金牛	P/Encke 和十多个 Applo 群小行星	同上	活动群	中等	12
狮子	P/Temple-Tuttle	有较多的轨道和丰富的计数率资料	年轻的再发性活动群	中等	1
象限仪	P/Machholz, 1491I 彗星及一些小行星	同上	老群	短	8
哈雷	P/Halley	同上	木族老群	短	2

表 2 与小行星相关的流星雨

小行星	流星雨	小行星	流星雨
433 Eros	ξ -Cygnids	1959 LM=1987 MB	June Aurigids, Taurids
1221 Amor	Camaleopardalids	1973 NE	Cassiopeids
1566 Icarus	Arietids, Taurids-Perseids	1973 EC	Geminids, Aurigids
1580 Betulia	June Draconids	1978 CA	Bootids
1620 Geographos	March Virginids, ϕ -Bootids	1980 AA	15 meteors
1627 Ivar	μ -Draconids	1983 LS	Scorpiids
1685 Toro	January Aquarids	1983 VA	December Phoenicid
1862 Apollo	ν -Librids, χ -Scorpiids	1984 KB	Day, Perseids
2062 Aten	ω -Draconids, ϕ -Bootids	1984 KD	Corvids
2101 Adonis	Capricornids χ -Sagittarids, χ -Capricornids, Scorpiids-Sagittarids, σ -Capricornids, α -Capricornids	1986 JK	Librids, Corvids, Leonids, 13 meteors
2201 Oljato	Canids, χ -Orionids	1987 SJ3	Herculids, Hune Bootids
2212 Hephaistos	δ -Cancrids	1988 TA	14 meteors
3200 Phaethon	Germinids, Day. sextantids, δ -Leonids	1988 VP	Arietids
3288 Seleucus	Camaleopardalids	1989 DA	Arietids
1989 DA	Camaleopardalids		
3361 Orpheus	Meteors	1989 JA	Meteors
3671 Dionysius=1984KD	τ -Herculids, June Bootids	1989 VB	14 meteors
1937 UB(Hermes)	χ Piscids, ε -Arietids, δ -Arietids, δ -Piscids	1990 HA	23 meteors
4179 Toutatis	κ -Auarids, 32 meteors	1990 OS	14 meteors
4197 1982 TA	3 meteors	1990 UA	12 meteors
4450 Pan	4 meteors	1991 BA	10 meteors
4486 Mother	2 meteors	4788 P-L	Canes Venaticids, June Bootids, Corvids, Herculids
4660 Nereus=1982 DB	19 meteors	5025 P-L	Taurids
1950 DA	April Ursids, Leonids-Ursids, μ -Leonids	6344 P-L	Day.z-Perseids, December Phoenicid
1968 AA	α -Cygnids χ - Draconids	6743 P-L	Arietids

5 结 束 语

综上所述, 流星群的研究对深入探索太阳系天体的空间分布、运动状态及起源和演化有着重要的意义。在人类进入空间时代的今天, 流星群的研究在航天、无线电通讯、电离层异常和等离子体宇宙尘埃等方面都很有科学价值。特别是, 流星群的研究与近地小天体的巡天观测和研究有着密不可分的联系。

迄今, 在流星群的研究中最关键的问题是: 如何使观测和理论相一致, 准确地预报流星雨的发生时间和位置。过去几个世纪以来, 许许多多研究者为此花费了大量的精力。得到了丰富的资料和结果。但正如 Padevet^[66]所指出的那样: “即使我们用各种不同的流星物理理论, 仍然只可能达到理论与观测之间的某些一致性”。显然, 高精度的观测可为理论研究提供基本保证; 高速计算机和新的理论数值分析方法可以使理论模型更趋完善; 近地空间探索计划的实施更为流星群研究开拓了广阔的前景。

参 考 文 献

- 1 北京天文台主编: 中国古代天象记录总集, 南京: 江苏科技出版社. 1988,
- 2 Hasegawa I. *Celest. Mech.*, 1992, 54: 129
- 3 Rada W S, Stephenson F R. *Q. J. R. Astron. Soc.*, 1992, 33: 5
- 4 Kidger M R. *Q. J. R. Astron. Soc.*, 1993, 34: 331
- 5 Porter J G. *Comets and Meteors Streams*, London: Chapman and Hall, 1952
- 6 Cook A F et al. *Meteor Research Program*, NASA CR-2109, Cambridge, Mass. USA: Smithsonian Astrophysical Observatory, 1972
- 7 Lindblad B A. In: Lvasseur-Regourd A C, Hasegawa H eds. *Origin and Evolution of Interplanetary Dust*, Proceeding of IAU Colloq. 126, Kyoto, Japan, 1990, Dordrecht: Kluwer, 1991: 311
- 8 Bel'Kovich O I. *Solar System Res.*, 1986, 20: 93
- 9 Rao J. *Sky & Telescope*, 1998, Nov: 38
- 10 Williams I P, Wu Z. *M.N.R.A.S.*, 1993, 164: 659
- 11 Wu Z, Williams I P. *M.N.R.A.S.*, 1993, 264: 980
- 12 Ellyett C D, Kennewell J A. *Nature*, 1977, 287: 521
- 13 Cook A F. *Evolutionary and Physical Properties of Meteoroids*, NASA.SP-319, 1973. 183
- 14 Jones J, Morton J D. *M.N.R.A.S.*, 1982, 200: 281
- 15 Morton J D, Jones J. *M.N.R.A.S.*, 1982, 198: 737
- 16 Poole L M G, Roux D G. *M.N.R.A.S.*, 1989, 236: 645
- 17 Wu Z, Williams I P. In: Harris A W, Bowell E eds. *Asteroids, Comets, Meteors 1991*, Proc. Int. Conf., Flagstaff, USA, 1991, Houston: Lunar and Planetary Institute, 1992: 661
- 18 Porubcan V, Stohl J. In: Harris A W, Bowell E eds, *Asteroids, Comets, Meteors 1991*, Proc. Int. Conf., Flagstaff, USA, 1991, Houston: Lunar and Planetary Institute, 1992: 469
- 19 Stohl J, Porubcan V. In: Fernaz-Mello S ed. *Chaos, Resonance and Collective Dynamical Phenomena in the Solar System*, Proceeding of IAU Symp. 152, Angra dos Reis, Brazil, 1991, Dordrecht: Kluwer, 1992: 315
- 20 Steel D I, Asher D J, Clube S V M. *M.N.R.A.S.*, 1991, 251: 632
- 21 Simek M, Lindblad B A. In: Lagerkvist C I, Rickman H, Lindblad B A et al. eds. *Asteroids, Comets, Meteors III*. Proc. 3. Meeting on Asteroids, Comets, Meteors, Uppsala, Sweden, 1989, Uppsala: Uppsala Univ., 1990: 567
- 22 Kresak L. In: Stohl J, Williams T P eds, *Meteoroids and their parent bodies*, Proc. Int. Astron. Symp. Smolenice, Slovakia, 1992, Bratislava, Slovakia: Astronomical Institute, Slovakia Academy of Sciences, 1993, 147

- 23 Porter J G: Comets and Meteor Streams, London: Chapman and Hall, 1952
- 24 Drummond J D. *Icarus*, 1981, 45: 545
- 25 Drummond J D. *Icarus*, 1981, 47: 500
- 26 Olsson-Stell D. *Aust. J. Astron*, 1987, 2: 21
- 27 Hasegawa I. *Publ. Astron. Soc. Jpn.*, 1990, 42: 175
- 28 Hasegawa I. *Publ. Astron. Soc. Jpn.*, 1992, 44: 45
- 29 Steel D. In: Levasseur-Regourd A C, Hasegawa H eds. *Origin and Evolution of Interplanetary Dust*, Proc. of IAU Colloq. 126, Kyoto, Japan, Dordrecht: Kluwer, 1991, 291
- 30 Babadzhanov P B. In: Lagerkvist C-I, Rickman H, Lindbrade B A et al eds. *Asteroids, Comets, Meteor III*, Uppsala, Sweden: Uppsala Univ., 1990, 197
- 31 Babadzhanov P B, Obrubov Yu V. *Celest. Mech. Dyn. Astron.*, 1992, 54: 111
- 32 Drummond J D. *Icarus*, 1982, 49: 135
- 33 Babadzhanov P B, Hajduk A, Obrubov Yu V et al. *Astron. Vestn.*, 1991, 25: 208
- 34 Babadzhanov P B, Obrubov Yu V. In: Harris A W, Bowell E eds. *Asteroids, Comets, Meteors*, 1991, 27
- 35 Belch M. *Earth, Moon and Planets*, 1988, 43: 187
- 36 Jones J, Mclutosh B A. *M.N.R.A.S.*, 1982, 200: 281
- 37 Gyssens M, Knofel A, Rendtel J et al. In: Levasseur Regvurd A C, Hasegawa H eds. *Origin and Evolution of Interplanetary Dust*, Proc. of IAU Colloq.126, , Kyoto, Japan, 1990, Dordrecht: Kluwer, 1991: 335
- 38 Froeschle C, Scholl H. *Astron. Astrophys.*, 1986, 158: 259
- 39 Ryabova G O. *Astron. Vestn.*, 1989, 23: 254
- 40 Wu Z, Williams I P. *M.N.R.A.S.*, 1996, 280: 1210
- 41 Baggley W J. *Observatory*, 1977, 97: 123
- 42 Baggley W J, Taylor A D, Steel D I. In: Fernandez J A, Rickman H eds. *Periodic Comets*, Montevideo, Uruguay: Uneversidad de la Republica, 1992, 115
- 43 Jenniskens P. *Astron. Astrophys.*, 1995, 295: 206
- 44 Steel D. In: Kozai Y, Binzel R P, Hirayama T eds. *Seventy-five Years of Hirayama Asteroid Families: the Role of Collisions in the Solar System History*. Proc. Int. Conf., Tokyo, 1993, ASP Conf. Ser., Vol.63, San Francisco: ASP, 1994, 97
- 45 Asher D J, Club S V M, Steel D I. *M.N.R.A.S.*, 1993, 264: 93
- 46 Lindblad B A. In: Lagerkvist C-I, Richman H, Lindbrade B A et al eds. *Asteroids, Comets, Meteors III*, Uppsala, Sweden: Uppsala Univ., 1990, 551
- 47 Yeomans D K, Yau K K, Weissman P R. *Icarus*, 1996, 124: 407
- 48 Porubcan V, Stohl J, Vana R. In: Harris A W, Bowell E eds. *Asteroids, Comets, Meteors 1991*, Proc. Int. conf., Flagstaff, USA, 1991, Houston: Lunar and Planetary Institute, 1992: 473
- 49 Lindbrad B A. In: Levasseur-Regourd A C, Hasegawa H eds. *Origin and Evolution of Interplanetary Dust*, Proc. of IAU Colloq. 126, Kyoto, Japan, 1990, Dordrecht: Kluwer, 1991: 311,
- 50 Steel D. In: Levasseur-Regourd A C, Hasegawa H eds. *Origin and Evolution of Interplanetary Dust*, Proc. of IAU Colloq. 126, Kyoto, Japan, 1990, Dordrecht: Kluwer, 1991: 291,
- 51 Sanderson R. *Sky and Telescope*, 1998, Nov: 30
- 52 Hughes D W, McBride N. *M.N.R.A.S.*, 1989, 240: 73
- 53 Jones J, McIntosh B A, Hawkes R L. *M.N.R.A.S.*, 1989, 238: 179
- 54 Gustafson B A S. *Astron. Astrophys.*, 1989, 225: 533
- 55 Bradley J P, Brownlee D E, Fraundorf P. *Science*, 1984, 226: 1432
- 56 Sykes M V, Walker R G. *Icarus*, 1992, 95, 180
- 57 Steel D. In: Milani A, Di Martino M, Cellini A eds. *Asteroids, Comets, Meteors 1993*, Proc. of IAU Symp. 160, Belgivate, Italy, 1993, Dordrecht: Kluwer, 1994, 111
- 58 Babadzhanov P B, Wu Z, Williams I P et al. *M.N.R.A.S*, 1991, 253: 69
- 59 McIntosh B A. *Icarus*, 1990, 86: 299
- 60 Whipple F L. *Ap. J.*, 1951, 113: 464

- 61 Yeomans D K. In: Milani A, Di Martino M, Cellini A eds. Asteroids, Comets, Meteors 1993, Proc. of IAU Symp. 160, Belgivate, Italy, 1993, Dordrecht: Kluwer, 1994: 241
- 62 Burns J A, Lamy Ph, L Sater S. *Icarus*, 1979, 40: 1
- 63 Olson-Steel D. *M.N.R.A.S.*, 1986, 219: 47
- 64 Jones J, Jones W. In: Harris A W, Bowell E eds. Asteroids, Comets, Meteors 1991, Proc. Int. Conf., Flagstaff, USA, 1991, Houston: Lunar and Planetary Institute, 1992: 269
- 65 Emel'yanenko V V. *Astron. Vestn.*, 1991, 24: 308
- 66 Padevet V. NASA SP-319, 1973, 169

Studies on Meteoroid Streams

Zhou Hongnan Wang Long Zhang Guofang

(*Department of Physics, Nanjing Normal University, Nanjing 210097*)

Abstract

Studies on meteoroid streams are briefly and systematically presented. Especially, the history and status of meteoroid astronomy, the ground-based and space observations of meteoroid streams, the observed and theoretical radiants about meteor showers; orbital calculation, kinetic velocity and orbital evolution of meteoroid steams; relationship among asteoids, comets and meteoroid streams, and new topics in meteoroidal researches are stated.

Key words meteoroid streams—meteor showers—comets—asteroids