

小行星网络数据库发展评述

关 敏^{1,2} 朱 进² 高 健¹ 马文章¹

(1. 北京师范大学天文系 北京 100875)

(2. 中国科学院国家天文台 北京 100012)

摘 要

评述了近年来国际上与小行星相关的网络数据库的发展概况和意义。概要介绍了小行星轨道数据库、小行星测光数据库、小行星红外数据库、近地小行星数据库和小行星综合数据库的开发成果和应用价值, 以及基于小行星数据库的历表服务; 展望了小行星网络数据库的发展趋势。

关键词 数据处理 — 数据库 — 评述 — 小行星 — 历表服务

分类号 P185.7, N37

1 引 言

小行星是太阳系中最主要的一类小天体。对它的研究, 不仅可以提供太阳系起源和演化的线索, 了解早期太阳系的物质组成, 而且对其中的近地小行星的研究有着更加重要的意义。一方面近地小行星可能会对地球带来威胁, 另一方面由于其距离地球较近, 也为我们对小行星进行空间探索提供了可能。

自从 1801 年意大利天文学家皮亚齐 (Piazzi) 发现第一颗小行星——谷神星 (Ceres) 起, 至今已发现了数以万计的小行星, 同时对小行星的观测也越来越多。截止 2002 年 5 月 26 日, 已发现的小行星的总数为 184692 颗, 其中有正式编号的小行星 42463 颗^[1]。当前国际上正在进行许多有关小行星 (特别是近地小行星) 的巡天计划, 还有相当多的空间计划也在接踵而出, 因此小行星的发现数目在迅速增长, 其物理化学面貌也越来越清晰。2001 年 2 月 12 日, 美国的 NEAR 飞船在近地小行星爱神星 ((433)Eros) 上着陆, 从此小行星的研究进入到了一个前所未有的阶段。

随着观测技术和手段的提高, 小行星的观测数据和资料越来越多, 也越来越详尽, 从小行星最基本的编号、轨道根数、绝对星等, 到直径、光变曲线、分类、热辐射和偏振特性等。2002 年 5 月 26 日止, 有正式编号的小行星的观测资料已达 6873821 个, 暂定编号的小行星的

观测记录也已有 6798690 个, 彗星的观测资料已达 149377 个^[1]。在小行星信息量非常庞大的情况下, 有力地组织和管理这些信息, 合理地利用它们, 将会有效地推动小行星的研究。数据库系统的本质就在于它是一种用来管理信息列表的手段, 在庞大或复杂的信息面前, 数据库系统充分展现了它在组织和管理信息方面的能力。将数据库的特点用于小行星研究, 建立小行星数据库, 不仅能够很好地组织和管理小行星资料, 还可以利用数据库为小行星的研究和观测提供指导和帮助。小行星资料的数据库已经成为小行星研究工作的有力工具, 而网络数据库又提供了数据共享的条件, 更加方便人们对资料的获取。目前国际上有一些功能强大的小行星相关网络数据库正在工作, 另有一些项目也在酝酿之中。

2 小行星网络数据库现状

目前国际上的小行星网络数据库所存储的数据大致可分为: 小行星轨道数据、小行星物理数据以及两者的综合, 还有当前小行星研究领域的热点——近地小行星的数据。通常通过对小行星轨道数据库的查询可以获得小行星的轨道信息, 例如: 小行星名称、编号或暂定编号、轨道根数、轨道类型、近日点距离、远日点距离、轨道计算的时间、观测次数、历表不确定度等。小行星物理方面的数据库提供小行星的物理数据, 常见的有小行星测光数据库、红外数据库和光谱数据库, 它们分别提供相应方面的数据。小行星综合数据库不但包含有小行星轨道方面的数据, 还给出小行星的物理参数, 如半径、星等、分类、色指数、光谱型、反照率、自转周期等等, 也有相应的测光数据、光变曲线振幅、自转轴方向、雷达观测情况、光谱观测情况、红外观测情况等数据。近地小行星数据库不仅收录了近地小行星的轨道数据、物理参数, 而且提供了它们与地球最接近时刻的信息, 对于有潜在危险的小行星, 还给出了可能发生的碰撞事件的概率。

一些小行星数据库在提供小行星数据的同时, 还能够直接为小行星历表计算提供服务。

2.1 小行星轨道数据库

Lowell 天文台的小行星轨道根数数据库^[2] 是世界上最著名的小行星轨道数据库之一。该数据库提供了所有有编号和部分有暂定编号的小行星的高精度切切轨道根数、历表不确定度以及其它一些相关数据, 另外还包括 18 万多条小行星的轨道数据。所有这些轨道数据都基于小行星中心收到的小行星天体测量的观测结果, 由 Edward Bowell 计算得到。该数据库的特色是: (1) 每天更新。数据库于每天世界时 8 时开始更新, 整个更新过程一般于世界时 10 时结束; (2) 所提供的文件版本中所有轨道数据都很新; (3) 给出了当前和未来的历表不确定度, 观测者可据此判断小行星是否可能出现在所用望远镜的视场内, 从而确定测量目标的主次。Lowell 天文台的小行星轨道数据库有较全面的小行星轨道数据, 而且提供数据文件的下载, 任何使用者均可通过互联网下载到完整的小行星轨道数据。

SLOP (Select List of Orbital Parameters) 是 Lowell 天文台的一个在线小行星轨道参数数据库^[3]。通过它, 使用者可以得到与某种轨道或其它查询标准相匹配的小行星列表。该数据库里的日期数据和时间数据均使用的是协调世界时, 轨道计算采用的是地球力学时。为确保计算机资源的合理使用, 对于每一个查询请求数据库服务器分配 4 min 的处理时间。使用者从这里获得的小行星轨道根数, 是用于计算历表最好的数据。SLOP 中大多数的轨道根数是

由 Lowell 天文台计算得出的, 另一些则是从小行星中心得到的。关于计算误差, 由于那些由小行星中心提供轨道根数的小行星的数据没有观测误差和协方差矩阵, 所以无法计算得出那些小行星的历表不确定度, 因此当查询那些小行星时无相应的返回值。

MPCORB (MPC Orbit Database) 是小行星中心 (MPC) 的一个小行星轨道数据库^[4]。它包含了所有已计算出轨道的小行星的轨道数据, 这些数据可以通过 <ftp://cfa-ftp.harvard.edu/pub/MPCORB> 下载。MPCORB 的主要部分是两个文件: MPCORBCR.DAT 和 MPCORB.DAT。这两个文件的内容基本一致, 但前者是 PC 格式, 后者是 Unix 格式。这些文件每天更新。MPCORB 的优点在于: 定期完全更新, 数据库中存储的是小行星中心计算出的小行星最新轨道数据。由于是当前观测到的小行星资料, 更新较快, 因此 MPCORB 更适合观测者使用。MPCORB 存在的不足之处在于它只给出距查询日起 100 d 以内的数据。如果想从当前某时刻开始计算长时间以后的小行星位置, 结果的精度会逐渐恶化。而且使用 MPCORB 会较慢, 因为每变换一个时间, 系统就要重新计算初始值, 从而降低了查询速度。

美国海军天文台有一个小行星轨道根数数据库^[5]。这是一个基于互联网、为使用者提供在线查询的小行星轨道根数数据库。该数据库包含有近地天体、主带小行星、脱罗央群小行星、半人马座天体和海王外天体 (TNO) 的数据。其中所有的根数数据都是相对于日心的, 所有的根数和直径数据均来源于近期 Lowell 天文台的小行星轨道根数数据库。目前该数据库中有 17 多万个天体的可用资料。小行星的分类信息来自“小行星分类, 第 3 版”。这个数据库运行起来相当快, 数据库服务器处理 1000 个天体的查询大约只需 3~4 s。

2.2 小行星物理数据库

(1) 小行星测光数据库

1984 年 Maris Teresa Capria 等人开始收集和数字化所有公布的小行星光变曲线, 随后创建了一个小行星测光数据库^[6]。该数据库中除光变曲线外还包括观测得到的有关数据, 并收入了 1990 年和更早公布的所有光电和 CCD 光变曲线, 以及照相和红外光变曲线。

意大利 Uppsala 大学天文台和芬兰赫尔辛基大学天文台正在合作建立一个新的基于互联网的标准小行星测光星表 (SAPC)。目标在于建立交互式的网络数据库, 为用户提供方便快捷的上载和下载小行星光变曲线的服务, 并且建议观测目标。原计划该数据库的最初工作版本于 2002 年推出^[7]。除了数据文件以外, 该网站还包括星表的索引和指南、提供数据的天文台列表和一些常用的观测手册、需要进一步观测的小行星列表, 以及推荐的观测时间。

(2) 小行星红外数据库

红外天文卫星 (IRAS) 的主要用途是在中心波长分别为 12、25、60 和 100 μm 的 4 个波段上进行巡天观测。美国 NASA 的红外天体物理中心根据 IRAS 的小行星和彗星巡天观测结果, 建立了一个小行星和彗星红外数据库^[8]。该数据库中有 25 颗彗星数据和 1811 颗小行星的 7015 个高质量数据。此外还包含有 IRAS 小行星导星星表、IRAS 小行星星表、小行星统计数据库、IRAS 彗星数据库、小行星名称数据库、小行星地基观测数据库等等。

IRAS 小行星巡天结果数据库 (IMPS)^[9] 是对 IRAS 小行星和彗星巡天结果的补充, 但它不包含彗星数据。该数据库包括所有于 1992 年出版的 IRAS 小行星巡天星表。

荷兰 Seterrewacht Leiden 天文台参与了在南天使用近红外波段进行天文巡天观测的项目 DENIS (DEep Near Infrared Survey of the Southern Sky)^[10], 并根据这一巡天结果建立的小

行星红外数据库, 主要存储了已知轨道根数的小行星 (大约 4500 颗) 的近红外测光数据。

(3) 小行星光谱数据库

美国麻省理工大学的地球、大气和行星科学系于 1990 年开始了小型主带小行星光谱巡天 (SMASS) 观测^[11]。这一观测获得了小的主带小行星 (直径小于 20 km) 在波长为 4000~10000 Å 范围内的低色散光谱数据, 并由此建立了小行星光谱数据库。

首次巡天的数据于 1996 年 3 月 29 日释放, 共有 316 颗小行星的光谱数据, 其中包括小行星在不同波长的反射率。第二阶段的巡天是对近 1500 颗主带小行星和近地小行星进行光谱测量。SMASS 数据的最大优点在于这些数据的连贯性, 因为它们完全是由 Michigan Dartmouth MIT (MDM) 天文台通过同样的观测手段和仪器获得的。这些数据可以用于小行星的光谱分类研究, 进而为小行星物理性质的研究提供信息^[12]。

2.3 小行星综合数据库

AstDys (Asteroids Dynamic Site) 是意大利 Pisa 大学建立维护的一个小行星综合信息在线服务站点。这个网站提供了小行星的轨道根数和它们的本征根数等资料, 并且每月进行更新。如果小行星有了新的观测数据, 它的轨道就会被重新计算。目前 AstDys 提供的在线小行星动力学数据库^[13] 中含有 112554 颗小行星的数据。其中有永久编号的小行星 42463 颗, 有暂定编号的小行星 70091 颗, 还包括有 954 个观测站的资料。另外, 该网站还提供小行星光学观测的信息, 包括首次观测时间、观测次数等等。对于小行星的观测, 网站提供了当前历元下该小行星的赤经、赤纬、V 星等、距太阳的距离、距地球的距离、视运动的速率、方向、椭圆轨道长短半轴的不确定度、轨道的倾斜方向等信息, 以及小行星轨道根数表、本征根数表的下载。

NASA 行星数据系统 (PDS) 的小天体数据网站 SBN (The Small Bodies Node) 是一个存储了关于小行星、彗星和行星际尘埃物质数据的分布式网站^[14]。该网站提供多种数据的在线浏览和下载。它所提供的小行星数据和服务有: (1) 有可能是近地小行星的天体的轨道; (2) 小行星的光变曲线; (3) 分光光度测量星表; (4) 小行星偏振和雷达观测数据; (5) 小行星的物理参数, 包括小行星的绝对星等、直径、旋转向量等等; (6) 小行星分类星表; (7) 小行星名称及相关信息; (8) 有关小行星的科学论文索引表; (9) 其它一些关于小行星的信息, 包括 Gaffy 彗星光谱、冥王星和查龙交食的数据、TNO 测光数据。SBN 拥有一个小天体数据库 (SBDB)^[14]。正在发展中的小天体数据库包含了 SBN 所有的在线星表数据, 其主要用途是通过小天体的特征查询, 从 SBN 在线文档中返回该小天体的主要相关数据列表, 同时还给出小行星详细的特征数据, 包括分类、IAU 星等、UBV 测光、IRAS 小行星巡天结果、TRIAD 偏振测量结果、分光光度测量结果等, 以及与其相关的书目、科学文献。

JPL 的小行星和彗星数据库 DASTCOM (Database of ASTeroids and COMets)^[15] 由 JPL 的太阳系动力学组维护。它收集了有永久编号的小行星、有暂定编号的小行星、周期彗星和其它一些挑选出来的彗星的轨道参数和物理特性, 并把这 4 类天体分成 4 部分, 每部分均有自己的记录。其中轨道根数是相对于日心黄道的, 彗星部分的数据还包括: 非引力参数 A1 和 A2、整体的绝对星等、核心的绝对星等。JPL 的太阳系动力学网站 (包括 HORIZONS 系统) 都是将 DASTCOM 提供的数据作为它们的小行星和彗星资料的。

小行星 II 电子版数据库^[16] 是由 JPL 的 Tedeso 于 1988 年 3 月建成的。它包括了小行星

的名称、被发现的时间和发现者、本征根数、分类、光变曲线参数、自转、绝对星等、UBV色指数,以及由 IRAS 小行星和彗星巡天得到的小行星反照率和直径。

2.4 近地小行星数据库

NEODys (Near Earth Objects Dynamic site) 是意大利 Pisa 大学建立维护的近地小行星信息在线服务站点^[17]。它提供了所有近地小行星的目录列表、轨道计算和未来运动情况,以及时发现未来可能发生的碰撞。为增强在线服务的稳定性,在西班牙的 Valladolid 大学有另一套 NEODys 系统。两套系统同时运行,保障了用户不会因为网络故障而无法使用。目前 NEODys 包含有 1908 颗小行星的数据资料,其中有永久编号的小行星 275 颗,有暂定编号的小行星 1633 颗,还有 954 个观测站的资料。这里每颗近地小行星都有自己的主页,查询结果全部显示在其主页上。同时 NEODys 也给出了近地小行星轨道与地球轨道的最小距离,包括轨道的数据和图表;近地小行星的本征根数和它与行星可能相遇的数据和图表,以及对该小行星进行观测的信息,包括光学观测、射电观测和观测弧段的详尽信息。此外 NEODys 还提供了所有近地小行星的轨道根数表,这些数据可以直接被 OrbFit^[18] 读取。NEODys 提供下载的数据有:开普勒根数、分至根数、本征根数和碰撞条件。对于已知的可能会碰撞地球的小行星,在相应的查询输出页面中,NEODys 给出了所有可能与地球碰撞的小行星的列表、可能与地球发生碰撞的时间、其轨道与地球轨道的最小距离、碰撞概率,以及碰撞可能释放出的能量等信息。这些信息以已有的观测为依据,时间跨度从当前到 2080 年。NEODys 的优点在于资料十分全面,它包括了所有近地小行星的各方面资料,尤其是有潜在危险的小行星的碰撞信息,提供了最为详细的小行星碰撞概率数据,而且查询非常方便快捷。由于有两套系统同时运行,所以它的性能也十分稳定。

NASA 的 JPL 近地天体网站提供了一个基于互联网的近地小行星数据库^[19]。它包含有 1942 颗近地小天体的轨道根数数据,可以根据所需的近地小天体的类型进行查询和分类显示。同时,还给出了近地小行星的发现数量随时间变化的图表,并且根据小行星中心公布的数据每月统计更新。另外,该数据库也提供近地天体与地球最靠近时的数据表,其中包括天体的名称、最接近地球的时间和距离、估计直径、相对速度等,这些数据每日更新。这个数据库的一个最大特色在于:根据所输入小行星或彗星的名称,显示出该天体的三维轨道图,或者也可以根据已知的小行星编号,直接从所提供的有潜在危险的小行星列表选取,并且对每个天体都提供它在 NEODyS 网站相关信息的链接。

位于欧洲小行星研究网 (EARN) 的近地小行星物理性质和动力学性质的网络数据库,由德国空间中心 (DLR) 的空间传感技术和行星探索学会维护^[20],定期更新。该数据库不仅包括所有已公布的近地小行星的信息,还包含有与这些小行星有关的科学文献,以及每颗近地小行星在小行星电子通报 (MPEC) 和 NEODyS 上的相关信息的链接。同时,该网站还有 Aten-Apollo-Amor 型小行星的发现统计图 (1900~2000 年);所有近地小行星的星等分布图;潜在危险小行星的发现统计图;潜在危险小行星的绝对星等分布图等。上述这些图表均每天更新。除此之外,该网站也提供一些关于近地小行星大小分布的最基本的统计,特别是对那些具有潜在危险的小行星。

意大利天体物理和空间物理学会 (IASF) 创建了一个近地小行星动力学演化的电子版资料集^[21]。该资料集收录了截止到 1995 年 4 月 15 日止所发现的 349 颗近地小行星的短

期轨道演化资料, 时间跨度为 821.4 yr, 从 1585 年 2 月 1 日 (JD 2300000.5) 到 2406 年 6 月 17 日 (JD 2600000.5)。这个数据库中每颗小行星的资料除常规信息外, 还有: 交会信息, 包括其所有与外行星距离小于 0.5 a.u. 和与内行星距离小于 0.05 a.u. 的交会时间和最小距离、小行星的日心轨道根数表、交食图、会合图、距离图、能量图、行星心根数表; 天平动信息, 包括由行星从金星到木星引起的所有可能的天平动; 能量图表; 近日点纬度图; 近日点经度图; Tisserand 参数图; 远日点距离图和近日点距离图; 行星的共振、方向图、会合图、振动图表和天平动图表。

除上述几个数据库之外, 还有其它一些近地小行星数据库, 如: DLR 的 DANEOPS (DLR-Archenhold Near Earth Objects Precovery Survey) 系统, 它提供了近地小行星的照相观测资料^[22]; 意大利 Sormano 天文台的近地小天体列表^[23], 它包括了经过观测和认证得出的非常重要的有潜在危险的天体资料, 但没有提供该天体的轨道数据和动力学参数。

2.5 基于小行星数据库的历表服务

上述小行星数据库中有些还能够直接为小行星历表计算提供服务^[24]。

对于小行星中心的历表服务网页^[25], 使用者可以通过它同时查询得到任意少于 30 颗的小行星的历表和根数, 并且可以令输出结果直接为 html 格式。

JPL 在拥有 DASTCOM 数据库的同时, 还提供 HORIZONS 在线太阳系数据和历表计算服务^[25]。利用它可以查询得到太阳系内天体包括太阳、大行星、大行星的卫星, 以及小行星、彗星的根数和历表值^[26]。使用者可以通过 http 和 telnet 两种方式对其进行访问。JPL 的历表计算服务比较实用, 得到的数据也比较全面。

另外, AstDys 小行星动力学网站也有小行星的历表查询服务^[13]。

3 小行星网络数据库发展展望

目前国际上的这些有关小行星的网络数据库, 各有特色。有的侧重于小行星不同方面的性质, 针对性地建设数据库; 有的则综合小行星各方面的数据, 发展综合性小行星数据库。随着对小行星越来越多的观测和对其日益深入的研究, 势必会产生更多的小行星数据。所以利用数据库组织和管理数据的特点, 合理有效地组织小行星数据, 建设小行星网络数据库, 实现资源的合理使用与共享, 将对小行星的研究提供有力的帮助。

我国在小行星方面的研究也已取得了一定的成绩, 一直以来对小行星的巡天观测和物理观测积累了较多的小行星数据。小行星数据库作为虚拟天文台的一个重要组成部分, 它的建设工作在我国还刚刚起步。建设和发展我国自己的小行星特色数据库, 合理有效地组织利用数据和挖掘数据, 将会进一步推动我国在小行星领域的研究。

参 考 文 献

- 1 <http://cfa-www.harvard.edu/iau/lists/ArchiveStatistics.html>, 2002 年 5 月
- 2 <ftp://ftp.lowell.edu/pub/elgb/astorb.html>, 2002 年 3 月
- 3 <http://asteroid.lowell.edu/cgi-bin/koehn/slop>, 2002 年 5 月
- 4 <http://www.projectpluto.com/mpcorb.htm>, 2002 年 5 月

- 5 <http://arnold.usno.navy.mil/murison/asteroids/OrbitalElements.html>, 2002 年 4 月
- 6 Tedesco E F. In: Lagerkvist C I, Rickman H eds. Asteroids, Comets, Meteors II. Uppsala, Sweden: Astronomiska Observatoriet, 1986: 13
- 7 <http://www.astro.helsinki.fi/~spa/aps/>, 2002 年 4 月
- 8 <http://space.gsfc.nasa.gov/astro/iras/comet.html>, 1986 年 10 月
- 9 <http://space.gsfc.nasa.gov/astro/iras/minor.html>, 1992 年 12 月
- 10 <http://www.strw.leidenuniv.nl/denis/Bluebook/subsection2.8.3.6.html>, 2002 年 5 月
- 11 <http://web.mit.edu/thb/www/smash/back.html>, 2002 年 4 月
- 12 <http://www.aas.org/publications/baas/v31n4/dps99/354.htm>, 1999 年 10 月
- 13 <http://hamilton.dm.unipi.it/cgi-bin/astdys/astibo>, 2002 年 5 月
- 14 <http://pdssbn.astro.umd.edu/>, 2002 年 5 月
- 15 <http://ssd.jpl.nasa.gov/dastcom.html>, 2002 年 5 月
- 16 <http://adc.gsfc.nasa.gov/adc-cgi/cat.pl?/catalogs/7/7108C/>, 1997 年 10 月
- 17 <http://newton.dm.unipi.it/cgi-bin/neodys/neoibo>, 2002 年 4 月
- 18 <http://newton.dm.unipi.it/~neodys/astinfo/orbit/>, 2002 年 4 月
- 19 <http://neo.jpl.nasa.gov/index.html>, 2002 年 5 月
- 20 <http://earn.dlr.de/nea/database.htm>, 2002 年 5 月
- 21 <http://www.ias.rm.cnr.it/ias-home/carusi/short/neacat.htm>, 1997 年 4 月
- 22 <http://earn.dlr.de/daneops/>, 2002 年 4 月
- 23 <http://www.brera.mi.astro.it/sormano/mbpl.html>, 2002 年 5 月
- 24 朱进, 高健, 关敏等. 云南天文台台刊, 2002, 91(3): 17
- 25 <http://cfa-www.harvard.edu/iau/MPEph/MPEph.html>, 2002 年 5 月
- 26 <http://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.html>, 2002 年 5 月

Asteroid Database

Guan Min^{1,2} Zhu Jin² Gao Jian¹ Ma Wenzhang¹

(1. Department of Astronomy, Beijing Normal University, Beijing 100875)

(2. National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100012)

Abstract

The development and significance of asteroid database are reviewed in this paper. Some of online database of asteroid are presented and compared briefly, including asteroid orbital elements database, asteroid photometric database, asteroid infrared database, near earth asteroid database and asteroid database. Ephemeris service based on asteroid database is mentioned. The trend of development of asteroid database has also been discussed.

Key words data processing—database—review—asteroid—ephemeris service