

第 24 届 IAU 大会决议和 天体测量的前沿课题

金文敬¹ 夏一飞² 韩春好³

(1. 中国科学院上海天文台 上海 200030)

(2. 南京大学天文系 南京 210093)

(3. 信息工程大学大地系 郑州 450052)

摘 要

阐明了 IAU 决议对天文学发展的作用, 并扼要地介绍了第 24 届 IAU 大会通过的三项决议。简要评述了 2000~2003 年基本天体测量的前沿课题, 并对我国基本天体测量未来的优先发展领域提出了几点建议。

关键词 天体测量 — IAU 决议 — 前沿

分类号 P129

1 IAU 决议对天文学发展的作用

根据 IAU 决议的重要性、应用的范围和不同的提出部门, 决议分为 A、B、C 三种类型, 以区分 IAU 执委会、提案委员会和专业委员会的决议。由于新技术的使用和 20 世纪 90 年代空间技术的蓬勃发展, 天文观测精度得到了进一步的提高, 人类对自然规律的认识更接近于客观实际。IAU 通过决议把这些认识推广至天文、空间研究和其他相关的研究领域, 以便在今后的研究和观测中能更深入地探索宇宙的奥秘。

众所周知, 描述天体的运动必须在一个固定的参考系中进行。天文学家曾采用过 FK3、FK4 及 FK5 等作为参考架来研究天体的运动, 但是这些参考架本身存在旋转, 如 FK5 的剩余旋转为 0.7mas/yr , 因此天文学家需要进一步寻找准惯性参考架。1985~2000 年间, 历届 IAU 大会都对参考系提出了决议, 包括参考系工作组的建立、河外射电参考系的定义及其在射电和光学波段的实现等。然而现在采用的以河外射电源为基准的国际天球参考架 (ICRF) 仍然存在 $10\ \mu\text{as/yr}$ 的旋转, 因此还需要进一步的深入探索。IAU 也在关注着这项研究工作, 今后一旦有更好的准惯性参考系出现, IAU 也将作出决议以

其代替现在使用的 ICRF。章动和天文常数也有类似的情况。

为了解决天文学中一些具体的前沿课题,在 IAU 各个部门和一些专业委员会中成立了一些专门工作组,如:参考系、相对论天体测量和天体力学、等高仪、大视场巡天、近地球天体工作组等。这些工作组在 IAU 决议的形成中起了重要作用。当任务完成后,有些工作组就被取消,而在新的任务下,又成立新的 IAU 工作组。这种组织机制不断把研究工作推向新阶段,使天文学研究不断有新的发现和创新。

2 第 24 届 IAU 大会的决议

大会通过了由 IAU 提案委员会提议的三条决议,现逐条介绍于下:

(1) 第一条决议中又分了 9 小点,现在根据其内容从 4 个方面叙述。

(i) 参考系

1997 年 8 月在日本东京召开的第 23 届 IAU 大会通过了采用国际天球参考系的定义。国际地球自转服务 (IERS) 通过 VLBI 观测资料分析得到的国际天球参考架 (ICRF) 在射电波段上的实现,光学波段由依巴谷星表给予实现。为了维持这些参考架,建议天测和测地 VLBI 观测 (特别是南天的观测) 在选源和观测网的组织上要考虑 ICRF 的维持和与依巴谷星表联系的需要;地面和空间观测要优先安排维持依巴谷参考架和其他波段参考架以及与 ICRF 联系的观测。为了保证这些建议的实现,基本天体测量部要继续支持天球参考系工作组的工作。

(ii) 天极和原点的定义

天极可以区分为地球的瞬时自转轴、角动量轴和形状轴与天球的交点。在 1982 年第 18 届 IAU 大会上决定采用天球历书极 (CEP),并定义它在天球参考系中没有近周日自由章动,在地面参考系中没有近周日受迫极移。该极由 IAU 1980 年章动理论给予实现,也就是指地幔平均形状极 (Tisserand 轴与天极的交点)。通过 VLBI、SLR 等技术可以得到 CEP 相对于地面参考架的地极坐标。然而 20 世纪 90 年代中期人们在 VLBI 观测中发现,CEP 在天球参考系 (CRS) 中存在近周日章动,在地面参考系 (TRS) 中存在近周日极移。这显然与定义不合。另外,CEP 在 CRS 和 TRS 中的运动还存在高频成分,这些成分属于章动还是极移并不清楚。因此这次大会定义了天球中间极 (CIP)。它是地球的 Tisserand 极,在 CRS 中的运动包括了周期大于 2d 的受迫章动,并由 IAU 2000A 模型中周期大于 2d 的受迫章动加上 IERS 从天文观测得到的随时间变化的改正所确定。CIP 在 TRS 的运动包括由天文观测得到的极移加上周期小于 2d 的受迫章动,其值由 IERS 提供。

以往春分点和格林尼治零子午线与赤道的交点分别作为天球和地面参考系赤经和经度的量度起算点。在这次大会上定义在天球参考系中 CIP 赤道上的无旋转原点 (1979 年由法国 Guinot 提出,是赤道上与地球轨道运动无关的点) 为天球历书原点;定义在地球参考系中 CIP 赤道上的无旋转原点为地球历书原点。它们将作为新的赤经和经度起算点。采用上述定义的优点在于分点改正、岁差和章动模型改善时,可保证 UT1 的连续性,并且使世界时直接反映地球自转,又与 CIP 相匹配。这条决议将在 2003 年 1 月 1 日起实行。

(iii) IAU 2000 岁差章动模型

已发现 IAU 1980 年模型在时域上与观测相差 20 mas(从峰值至峰值), 在频域上有些项相差几 mas。经过 IAU 和 IUGG 非刚体地球章动工作小组 3yr 的工作, 提出采用 IAU 2000A 即 MHB 2000 模型, 该模型是基于 Mathews、Herring 和 Beffett 的转换函数和 REN 2000 的刚体章动序列, 并考虑了所有频率上海洋大气潮汐的影响所构成的, 其精度为 0.2 mas。对于只要求 1 mas 精度的观测可以采用 IAU 2000B 模型, 整个序列将发表在 IERS 规范 2000 版本上, 并在 2003 年 1 月 1 日起实行。

(iv) 质心坐标时 (TCB) 和地心坐标时 (TCG) 的精确表达式

1991 年第 21 届 IAU 大会决议 A4 中的第三条决议定义了时空框架, TCB 和 TCG 的转换公式中忽略了 c^{-4} 的高次项 (c 为光速), 其精度为 1×10^{-16} 。今后, 制冷的铷钟、空载铯钟, 如 SORT(Solar Orbit Relativity Test) 计划中的钟精度将好于 1×10^{-17} , 因此必须用扩展的后牛顿矩阵展开 TCB 和 TCG 之间的转换关系, 即包括 c^{-4} 的高次项, 由于公式复杂不在此列出。

(2) 协调世界时

1967 年第 13 届国际度量衡大会用铯原子超精细能级间的跃迁频率定义了 SI 秒, 1971 年采用国际原子时 (TAI) 即 BIH 的平均原子时作为时间计量尺度。为了使发播时刻与世界时接近, 1965 年发播协调世界时 UTC, 其频率与 TAI 有关, 而时刻接近 UT1。1972 年国际无线电咨询委员会第 458 号决议 UTC 的频率与 TAI 相同, 而 UTC 与 UT1 必须保持小于 0.9 s, 如果大于 0.9s 时, 就跳秒。在这次大会中有人认为跳秒的非预测性影响了现代通讯和导航, 大会决议在基本天体测量部成立重新定义 UT1 的工作组, 至 2003 年提出 UTC 的新定义和是否采用跳秒, 或根据地球自转长期变慢的规律预测跳秒的日期。

(3) 照相底片的保护

根据 1991 年 IAU 第 21 届大会决议 C13, 建立 20 世纪以来照相底片大量观测信息的档案材料。多年来通过大视场巡天工作组、天图底片工作组、分光资料存档组的努力, 特别是最近在比利时天文台又成立了欧洲底片中心, 使这方面的工作取得了较大进展。本次大会决议建议采用数字化技术把这些底片资料转至光盘等现代的介质上。这样有利于今后天文研究中应用这些宝贵的历史资料。

IAU 第 30 专业委员会 (即视向速度委员会) 也提出关于视向速度严格定义的提议。

3 2000~2003 年国际上基本天体测量的前沿课题

3.1 国际天球参考架 (ICRF) 的维持

从 1998 年 1 月 1 日起, IAU 采用了国际天球参考系的定义, 并在天文、空间研究、大地测量、地球物理等领域广泛应用 ICRF。它是国际地球自转服务分析全球甚长基线 (VLBI) 资料得到的。然而 ICRF 仅包括 608 颗河外射电源, 而且其光学对应体亮度在 17~18mag 左右, 无法直接应用。实际采用的是依巴谷星表, 它是 ICRS 在光学波段的实现。维持精度为 $\mu\text{as}/\text{yr}$ 级的国际天球参考架包括以下三项工作:

A. ICRF 的维持和加密

河外射电源是有结构的,而且一些源的结构随着时间而变化。如 OZ 287、4C 39.25、3C 278、3C 395 都是超光速源,其结构由于喷流的变化,产生了视自行。另外,由于银河系盘星和大质量致密晕的引力透镜和这些物质绕银心的运动和地球的轨道运动,也使遥远的河外射电源产生 $7\sim 30\mu\text{as}/\text{yr}$ 的视自行,因此必须考虑这些影响,最终其精度可达几 $\mu\text{as}/\text{yr}$ 。现在的 ICRF 仅 608 个射电源,因此需要扩充,特别是增加南天的射电源。1998 年已发表 ICRF-Ext.1, 包括 59 个源。这些工作还在继续进行中。

B. 依巴谷系统的维持和星表的扩充

依巴谷卫星的发射开辟了空间天体测量的新时代,用大视场方法观测得到的依巴谷星表是现在最好的光学基本星表。亮于 9mag 的依巴谷星,在 J1991.25 历元时位置精度为 mas 级,至 J2010 年位置,精度下降了一个量级以上。因此必须改进依巴谷的自行和不断监测依巴谷星表与射电、力学参考架之间的联系。另外,依巴谷星表包括了 118218 颗星的位置、自行和视差,星表的密度为每平方度 3 颗星,极限星等为 12.4mag,而暗于 9mag 星仅有 13000 颗,只占整个星表的 11%(理论上应为 94%),因此必须把依巴谷星表向暗星扩充,包括发射第二颗天体测量卫星和增加地面观测。DIVA、FAME、SIM、GAIA 等空间天体测量卫星将分别在 2002~2009 年期间发射。其中 SIM 可以观测到 20mag 的恒星和星系,其测定位置和自行精度将达到 μas 级,由暗星所构成的光学参考架精度将达到 $0.4\sim 1\mu\text{as}/\text{yr}$,从而将开创微角秒天体测量学的纪元。尽管空间天体测量精度高,但由于其运行时间受到限制和费用昂贵,并不能完全替代地面天体测量,如太阳系天体、双星和多星的观测,射电源光学位置的证实及小天区内疏散和球状星团成员星位置和自行的观测等。为了准备第二个天体测量卫星的发射,地面观测已实施 SDSS 和 UCAC 计划,为这些卫星观测提供输入星表。可见地面和空间天体测量是相辅相成、相互补充的。

C. 天文常数

随着太阳系宇宙飞船(如海盗号、先驱号)的发射和观测技术(VLBI、SLR、GPS 等)的发展,天文常数不断获得新的测定值。从 VLBI 和 LLR 观测得到 IAU 1976 岁差值有 $-3.0\text{mas}/\text{yr}$ 的误差。随着新技术的应用和观测时间的增加,更精确的天文常数值将逐年给出,如 1994 年和 2000 年 IAU 天文常数最佳估计值已提供使用。

3.2 天体测量资料在银河系结构和运动研究中的应用

1997 年 5 月 13~16 日在意大利威尼斯召开了 ESA 讨论会“Hipparcos-Venice'97”。会议第一次全面地展示了用依巴谷观测资料在天体测量和天体物理研究中的成果。其中包括了银河系的结构和运动、距离和年龄尺度、恒星物理等结果。用依巴谷资料测定的某些距离要比目前的大,如 LMC 和 M31 的距离比以前大 10%,太阳至银心的距离从原来的 8.1kpc 增加至 8.5kpc;从球状星团推导的宇宙年龄为 12Gyr 左右,要比原有的 15Gyr 年轻,哈勃常数也比原来公认的值小;鬼星团和昴星团在赫罗图上具有 0.5mag 原因不明的系统差,这些都需要用更大的样本继续进行研究。

3.3 相对论天体测量和天体力学

21 世纪在第二个天体测量卫星发射后,天体测量精度将达到 μas 量级,因此必须考虑相对论的影响,如质心坐标时和地心坐标时的精确表达式、光线的引力弯曲等。这些已逐渐形成了相对论天体测量学和天体力学这一分支学科。

3.4 多波段巡天资料的应用

要全面了解天体的过去、现在和未来需要对天体在各波段的辐射进行研究, 即多波段天文学。天体测量已给出天体精确的射电和光学位置, 近日美国海军天文台又发表了 33678 颗星的红外位置星表, 精度为 $0.2''$ 。关于 γ 暴的光学对应体的证认也已开始, 从各波段位置的比较可以了解天体发光的机制和演化的过程。

4 2000~2003 年我国基本天体测量的优先发展领域

根据我国过去 50 年的工作基础和“八五”、“九五”基金委重点课题“天文参考系的研究”、“高精度天体测量学参数的测定及其动力学应用”取得的成绩和上述国际上基本天体测量的前沿课题, 结合基本天体测量的发展和其他学科研究的需要, 建议我国基本天体测量的优先发展领域如下:

(1) 依巴谷星表向暗星的扩充

利用佘山近百年的底片资料, 加上目前上海天文台 1.5m、云南台 1m、北台 2.16m 等望远镜的观测, 改进依巴谷星的自行精度以及监测射电和光学参考架的相对旋转, 并用已进行试验观测的低纬子午环(配有 CCD 可观测至 17.5mag), 为 LAMOST 建立精度好于 $0.05''$ 的 $5^\circ \times 5^\circ$ 的 12 个标准天区, 用于其光纤测量系统的校准和稳定性的研究。以 GSC-II 作为 LAMOST 输入星表时有关系统差、星等差等问题也需开展研究。

(2) 射电参考架的稳定性和多波段参考架之间的联系

上海与乌鲁木齐的 25m VLBI 系统已多次参加国际研究课题, 如 20 世纪 80 年代 NASA 的地壳动力学计划, 90 年代的固体地球计划和天体测量计划, 2002 年又将参加 CORE 计划。上海天文台作为 IVS 中 VLBI 分析中心之一, 每年提供由全球 VLBI 资料分析得到的天球参考架、地面参考架和地球指向参数。为了提供最佳的分析结果, 必须研究射电参考架的稳定性及其与光学、红外及其他波段之间参考架的联系, 包括观测太阳系天体和毫秒脉冲星、推算与力学参考架的联系等。

(3) 天体测量资料在银河系运动学中的研究

暗天体的天体测量参数, 加上测光和视向速度资料为银河系结构和运动学研究提供了大尺度和大样本的资料; 利用这些资料还可以研究不同星族恒星的结构特征、银河系质量和暗物质等。

(4) 太阳系天体的运动和物理特性研究

21 世纪人类将重新登上月球, 创建月球观测基地, 也将登上火星, 目睹火星的风貌。“神州 1 号”、“神州 2 号”的发射成功, 使我国发射载人飞行器跨出了重要的一步。CCD 天体测量的发展, 使人们能观测太阳系中更暗的卫星和近地小行星, 为今后安全发射新的飞船和预测近地小行星及空间垃圾撞击地球的事件提供资料。研究课题的内容涉及: 近地小行星和空间目标的监测研究, 大行星及其卫星的测地和物理特性研究等。

5 结 束 语

第 24 届 IAU 大会决议将在 2001~2003 年期间的天文、空间物理和测地等研究领域中得到贯彻执行。国际上前沿的研究课题和热点,也将通过 IAU 工作组(如参考系、相对论天体测量和天体力学、近地天体、地面天体测量未来的发展工作组等)的努力,不断取得新的研究成果。现在,中国科学院的改革已进入了一个新的阶段,创新工程的启动,其宗旨是使我国的科学研究工作在某些领域达到国际领先地位。因此我们必须重视和参加 IAU 工作组的活动,使我国的天文研究工作成为这些工作组的研究内容,并在其中发挥积极作用,把我国的天文学研究推上一个崭新的台阶,并积极争取 2009 年第 27 届 IAU 大会在中国上海召开。

参 考 文 献

- 1 Rickman H. ed. 2000 Transactions of IAU, Vol.24, Proceeding of the 24th General Assembly(in press)
- 2 Soffel M, Capitane N eds. Proceedings of Motion of Celestial, Astrometry and Astronomical Reference Frame, held in Dresen Germany, 1999, Paris: Observatoire de Paris, 2000
- 3 Johnston K J eds. Proceedings of IAU Colloquium 180 Toward on Models and Astronomical Constants for Astrometry, held Washington DC, USA, 2000
- 4 金文敬, 李东明等. 天文学进展, 18(4): 354

The Resolutions of 24th IAU General Assembly and Precedent Astrometric Research Fields

Jin Wenjing¹ Xia Yifei² Han Changhao³

(1. Shanghai Astronomical Observatory, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200030)

(2. Department of Astronomy, Nanjing University, Nanjing 210093)

(3. Department of Geodesy, Information Engineering University, Zhengzhou, 450002)

Abstract

The action of IAU resolutions for the development of astronomy are described and the three resolutions, which were passed at the 24th IAU General Assembly, are briefly introduced. The precedent Astrometric Research Fields during the period of 2000~2003 are evaluated and the prior research fields of fundamental astrometry in China are suggested.

Key words astrometry—IAU resolutions—Prior research field