第 21 卷 第 1 期 天 文 学 进 展 Vol.21, No.1
2003 年 3 月 PROGRESS IN ASTRONOMY Mar., 2003

国际地球自转服务 (IERS) 评介

金文敬 [1] 唐正宏 [1,2] 黄乘利 [1] 王叔和 [1]

(1. 中国科学院上海天文台 上海 200030)
(2. 中国科学院紫金山天文台 南京 210008)

摘 要

回顾了建立国际地球自转服务 (IERS) 的历史过程, 简述了 IERS 机构各部门的设置及其作用。着重介绍了 IERS 重建的理由和过程以及新 IERS 机构的组成。最后给出 IERS 成果对现有科学研究的作用和意义。

关 键 词 天体测量与天体力学 — 国际地球自转服务 — 评论 — 国际天球参考架 — 国际地球参考架 — 地球定向参数 — 全球地球物理流

分 类 号 P12, P13

1 历史背景

地球自转参数 (Earth Rotation Parameters , 简称 ERP) 是天文研究、大地测量、航海、航空以及星际导航等必不可少的参量。为了测定地极在地面的位置, 1895 年由位于北纬 39° 08′ 的 6 个纬度站组成了国际纬度服务 (International Latitude Service , 简称 ILS) , 并在 1899 年开始工作。后来, 参加的台站发生变动, 仅 5 个台站维持了长期观测。科学的发展对地极坐标的精度提出了更高的要求。 1962 年 ILS 中央局从意大利迁到日本水泽时, 在原有 ILS 工作基础上, 改组和扩建为国际极移服务 (International Polar Motion Service , 简称 IPMS) 。除了继续做好 ILS 的传统工作外, 还广泛地用全球的时纬观测资料计算地极坐标。其最大的贡献是给出了 1899 年以来的纬度测定的一个均匀序列 [1] , 使人们拥有 80 年的实测纬度观测资料。

时间服务从 1910 年 5 月 23 日法国埃菲铁塔发播时号开始, 随后各国相继发播时号, 精度为 s 量级。 1912 年 10 月 15 日在巴黎召开国际学术会议, 讨论提高时号发播的精度, 并决定成立国际时间局 (Bureau International de l'Heure , 简称 BIH) , 以统一发表各国的授时资料。因为第一次世界大战的缘故, 直到 1922 年 BIH 才正式成立。它综合各仪器的结果给出统

国家自然科学基金项目 (19833010 、 19833030 和 10073015) 资助课题 中国科学院知识创新重要方向项目 (KJCX2-SW-T1) 和重点项目 (971142) 资助课题 上海市科技发展基金项目 (01JC14058) 资助课题
2002-07-12 收到 2002-08-15 收到修定稿

一的高精度的 $UT0$ 。 1967 年 BIH 局长 Guinot 在归算方法上作了很大改进，用时间和纬度观测同时解算 $UT1$-UTC 、极坐标 X 和 Y (天极位置由岁差和章动模型给出)，并建立了 BIH 1968 系统 [2]，在此系统中用全球的时纬观测重新计算了 1962 年以来的 ERP 值。

20 世纪 70 年代末，由于空间技术：激光测月 (Lunar Laser Ranging，简称 LLR) 、卫星测距 (Satellite Laser Ranging，简称 SLR) 和甚长基线干涉测量 (Very Long Baseline Interferometry，简称 VLBI) 的迅速发展，ERP 的测定精度比运用经典技术时提高 1 个多量级。多普勒和 LLR 观测资料分别在 1972 年和 1976 年正式用于计算 ERP 值，1978 年和 1980 年 SLR 、VLBI 的观测资料也先后应用于 BIH 综合解中。1983 年 9 月 1 日 ~ 1984 年 10 月 31 日的国际地球自转联测 [3]，不仅推动了新技术的发展，也促使新技术进入常规观测，而且还使新老技术得到了充分的比较。为此，国际天文联合会 (International Astronomical Union，简称 IAU) 、国际测地和地球物理联合会 (International Union of Geodesy and Geophysics，简称 IUGG) 决定设立国际地球自转服务 (International Earth Rotation Service，简称 IERS) 。1987 年 3 月在美国喷气推进实验室 (JPL) 召开了 IERS 成立的筹备会议，会上选举了 IERS 主席团主席，讨论了成员组成和机构的设置，并决定从 1988 年以后只采用空间技术观测资料来计算 5 个地球定向参数 (Earth Orientation Parameters，简称 EOP) [4]。1988 年 1 月 IERS 正式成立并替代了分别成立于 1922 年的 BIH 和 1962 年的 IPMS 。

2　IERS 机构的设置和作用

IERS 主席团下设中央局 (包括两个快速服务分局：地球定向参数快速服务和大气角动量分局；国际天球参考架、国际地球参考架、地球定向参数和规范部门) 和 3 个技术协调中心 (包括 VLBI 、LLR 和 SLR) 。以后又在 3 个技术协调中心中增加了全球定位系统 (Global Positioning System，简称为 GPS) 、星载多普勒测轨和无线电定位系统 (Doppler Orbit determination and Radiopositioning Integrated on Satellite，简称 DORIS) 。

主席团由中央局、3 个协调中心、IAU 、IUGG 和 FAGS (Federation of Astronomical and Geophysical Data Analysis Services) 各推选出 1 名代表，再加 1 名主席共 8 人组成 (以后 GPS 、DORIS 等协调中心以及中央局中各分部都派代表参加，1998 年后主席团成员增加至 14 人) 。由提名委员会提出主席团人选，且每隔 4 年推选新的主席，1988~2000 年先后由 Yokoyama (日本) 、Yatskiv (乌克兰) 和 Reigber (德国) 担任主席。

中央局的职责是：

(1) 提供国际天球参考架、国际地球参考架、地球定向参数和规范；

(2) 组织新技术的联测，如 1992 年组织了 SEARCH'92 联测，目的在于监测地球自转的快速变化 [5]；

(3) 组织一些课题的特别研究，如 1997 年 1 月组织地心运动研究 [6]，1997 年 9 月组织厄尔尼诺、地球自转与相关现象的研究 [7]；

(4) 负责出版各种 IERS 刊物：Bulletin-B 、Bulletin-C 、Bulletin-D 、年报、规范和技术报告、Bulletin-A (它是快速服务的刊物，由美国海军天文台负责出版)，以及不定期的简讯 Gazette 。

3 IERS 的重组 [8]

1996 年 IERS 工作组会议是一个以 “ IERS 使命、现状和未来 ”[9] 为专题的讨论会，会上提出了重组 IERS 的建议，该建议在以后主席团会议上又议论过多次。重组的原因是： (1) 空间技术 GPS 、 SLR 、 LLR 和 VLBI 都重新成立了新的国际组织，如 1994 年国际全球定位系统服务 (International GPS Service ，简称 IGS) 成立， 1999 年国际甚长基线测量服务 (International VLBI Service ，简称 IVS) 和国际激光测距服务 (International Laser Ranging Service ，简称 ILRS) 成立，以及不久国际星载多普勒测轨和无线电定位系统服务 (International DORIS Service ，简称 IDS) 也将成立； (2) 1998 年 1 月在 IERS 组建十周年之际，成立了全球地球物理流 (Global Geophysical Fluids ，简称 GGF) 协调中心，它负责给出地球各层流体的运动，并研究它与地球自转和参考架之间的关系； (3) 中央局不适合既要开展科学研究又要处理行政事务。 1998 年 9 月在德国波兹坦召开 IERS 工作组会议，会上讨论了 IERS 重组的具体步骤，并成立了以 Muller 为首的提案评议委员会。

1999 年 11 月 15 日 IERS 主席 Reigber 发出了有关重组事项以及邀请有关单位参加新的 IERS 的信件，至 2000 年 3 月 23 日共收到 13 个国家 24 个提案。 2000 年 4 月在法国尼斯和 6 月在美国华盛顿，提案评议委员会分别对这些提案进行了讨论，并把它们提交给 2000 年 6 月 3~4 日在华盛顿召开的第 30 次 IERS 主席团会议。会上与会者对这些建议逐条进行讨论，并要求 IGS 、 IVS 和 ILRS 各推选 2 人参加新的 IERS 主席团。 2000 年 9 月在德国法兰克福当新 IERS 主席团成员全部到会时，提案评议委员会主席宣布了最后的讨论结果。实际上，这次会议是老的 IERS 开始向新的 IERS 过渡的标志。期间中央局已从巴黎天文台迁至法兰克福的测量及制图研究所。

2000 年 12 月 18 日在旧金山召开第 32 次 IERS 主席团会议，捷克 Vondark 当选为新的 IERS 主席团的主席。

4 新 IERS 机构各部门的组成及作用 [8]

新 IERS 主席团下设 5 个部分：技术中心 (包括 IGS 技术中心、 ILRS 技术中心、 IVS 技术中心和 DORIS 技术中心) ；成果中心 (包括地球定向成果中心、快速服务和预报成果中心、规范成果中心、国际天球参考系 (ICRS) 成果中心、国际地球参考系 (ITRS) 成果中心和全球地球物理流成果中心) ；联合研究中心；分析协调部和中央局。各技术中心推选 2 人 (其中 DORIS 技术中心为 1 人) ，其他中心推选 1 人参加主席团，现主席团由 20 人组成，如图 1 所示。各部分的作用如下：

IGS 技术中心：组织观测 GPS 、 GLONASS 和计划中的其他全球导航卫星。现全球约有 200 个 GPS 跟踪站； 几个跟踪网中心； 3 个全球资料分析中心； 7 个分析中心和 1 个分析协调中心。其中，分析协调中心的主要任务是对分析中心给出的结果进行比较和改进以及提供 IGS 的成果。 IGS 的科学成果包括 GPS 卫星的广播和精密星历表； GPS 跟踪台站的坐标、速度和其他 ITRF 有关的成果；地球定向参数的信息；同温层水汽的分布；电离层电子密度的

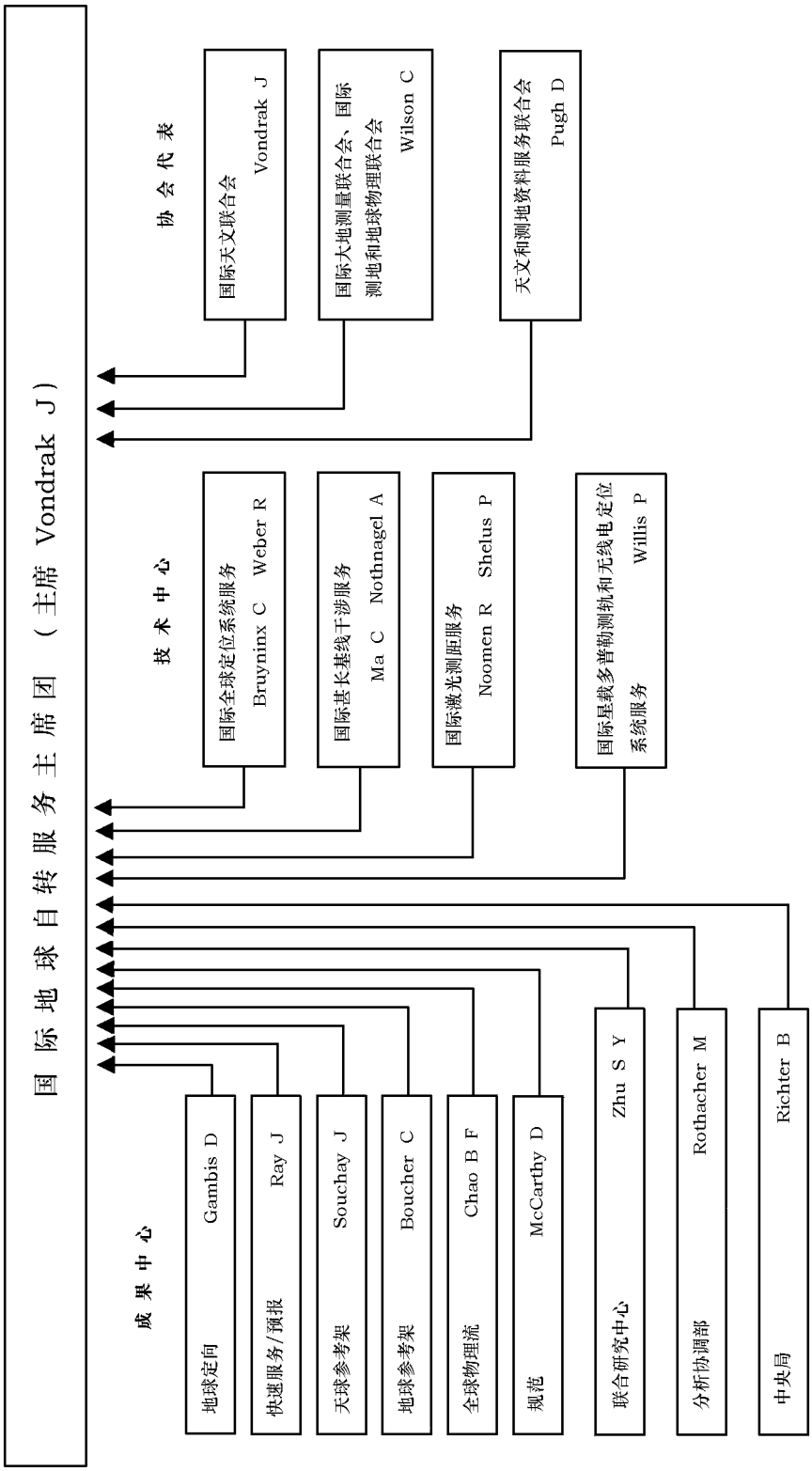

图1　新IERS机构框图[11]

分布； GPS 卫星钟历元和有关时间的信息。

ILRS 技术中心：组织月球和卫星 Lageos-I 、Lageos-II 等的观测。现有 50 个卫星跟踪站；4 个运行中心； 3 个分析中心； 4 个月球测距资料分析中心； 18 个辅助分析中心； 2 个全球数据中心和 1 个地区数据中心。其成果支持测地和地球物理的研究以及维持 ITRF 。

IVS 技术中心：组织全球的 VLBI 观测。现有 30 个 VLBI 台站； 3 个运行中心； 7 个相关器； 6 个数据中心； 18 个分析中心； 9 个技术中心和 1 个协调中心。其成果是提供射电源的位置以实现 IAU 新定义的 ICRF 。它是目前唯一能给出 5 个地球定向参数 ($UT1$ 、 X 、 Y 和天极坐标) 的技术中心，今后将提供自洽的 EOP 和参考架的联合解。

DORIS 技术中心：正在用全球资料同时解算台站坐标和速度、台站坐标的时间序列 (每个星期解) 、极移和日长。已有 3 个低轨卫星配备 DORIS 接收器，以后将有更多的卫星配备 DORIS 设备。目前全球有 52 个跟踪台站，大部分与 GPS 台站并置。该中心由法国 CNES (Centre National of d'Etude Spatiale) 负责，其全球数据中心由美国 CDDIS (NASA Crustal Dynamics Data Information System) 负责。

地球定向成果中心：负责每月给出最佳的地球定向参数，且在分析数据过程中与分析协调和联合研究中心一起保证给出的成果与 ITRF 和 ICRF 一致；给出天文时与民用时之差值 $DUT1$ ，以使无线电时号发播台在时号中加入此值；估计 $UT1$-UTC 的差值，给出 UTC 时号的跳秒值。

快速服务和预报成果中心：直接从各技术中心得到观测成果，每星期 2 次提供地球定向参数，并预报 1 yr 后的值。为满足高精度用户的需要，采用如 GPS 轨道预测的方法，可以每天 (或根据观测结果的情况) 提供地球定向参数。

规范成果中心：维持各种技术归算中 IERS 的协议模型、常数和标准 (包括软件) ，并经常与有关专家联系，以了解这方面的研究进展。期望每 3 yr 给出一个新版本，然后通过电子方式提供给用户。

ICRS 成果中心：与 IVS 技术中心一起承担提供射电源坐标以及维持 ICRS 和 ICRF 的任务。具体作用如下：与 IVS 合作维持和扩充现有 ICRF ，定期更新 ICRF 星表；定量给出射电源天体测量的特征参数；负责监测与其他参考架的联系，使用户可以从其他参考架进入 ICRS ；根据对未来 ICRS 的研究，与 IVS 和 IAU 国际天球参考系工作组合作提出实现未来 ICRS 的建议；维持 ICRF 、 ITRF 和地球定向参数时间序列的一致性。

ITRS 成果中心：通过并置和本地大地测量的记录评估 ITRF 网，以维持现有的 ITRF 。用技术中心或分析中心提供的测地资料计算综合的 ITRF ，并分析和研究各分析中心给出的台站坐标之间存在差异的原因。

全球地球物理流成果中心：用全球观测资料和模型来计算地球物理流的角动量、力矩的变化等，以便研究由质量转移引起的地球自转、引力场和地心的变化。它包括 7 个分局：大气、海洋、海潮、水文、地幔、地核、重力和地心分局。 2002 年 2 月 1 日又成立了负荷分局 [10] 。

联合研究中心：向分析协调部提供联合解的方法和软件。联合解方法有 2 种：基于初始的观测资料；基于观测资料经过归算后由各技术中心向 IERS 提供的结果。

分析协调部：协调和保证 IERS 工作在各技术中心和成果中心顺利开展，并通过成果的质量评估来提高 IERS 各种成果的一致性和精度；综合各技术中心的成果，以便给出统一的

IERS 成果。

中央局：主席团的秘书处，安排各种会议；出版 IERS 各种刊物和简讯 Message ；也是 IERS 与用户之间的桥梁，把技术中心、成果中心和联合研究中心的成果送至用户。

5　新 IERS 的特点

新 IERS 的特点如下：

(1) 充分发挥各技术和成果中心的作用。在新 IERS 中，各成果中心不再通过中央局而直接受主席团的领导，理顺了各个部门之间的关系；

(2) 中央局只是主席团的秘书处；

(3) 成立了联合研究中心。各种技术的综合解是观测成果的重要体现，以前曾发表过 IERS 和 JPL 用各分析中心提供的 ICRF 、 ITRF 和 EOP 序列综合得到的联合解， 1996 年挪威国防研究所电子部开始用各种技术的观测资料推算联合解，随后德国大地测量所也进行了此工作，这项工作能从理论上分析和研究各种技术得到的 EOP 和台站坐标存在差异的原因；

(4) 分析协调部协调各部门工作，以保证得到高精度的 IERS 成果。

IERS 的成果除了第 1 节所述之外，还包括给出全球地球物理流，如全球质量和角动量分布的情况。这些成果可用于：提供天文和测地参考系；监测和模拟地球自转和指向；监测和模拟固体地球的形变；监测包括大气和水文在内的各种地球物理流中的质量变化；用于人造卫星的定轨；用于地球物理和大气的研究，如地球物理流与固体地球之间动力学作用的研究；用于空间导航。

6　结 束 语

IERS 通过重组，充分发挥和协调了各部门的作用，使其能提供相互一致、高精度的成果。同时又能开展新的观测和科学研究，如扩充射电源的观测；探讨 ICRF 、 ITRF 和 EOP 联合解的方法；研究全球地球物理流与地球自转的关系等，使 IERS 的服务提高至一个新水平。不仅如此， IERS 还在地球自转研究方面发挥着组织和领先作用。

以往的 BIH 、 ILS 和 IPMS 以及现在的 IERS 都是地球自转研究方面的国际合作组织，历来受到各国时间服务组织和现在天文地球动力学研究机构的重视。很多观测特别是 EOP 和全球地球物理流的观测，都需要合理分布在全球的各个观测台站的参加，这体现了国际合作的重要性。相信各国有关单位将继续参加 IERS 的各项科学研究工作，为地球自转以及天球和地球参考架的研究作出应有的贡献。

参 考 文 献

1　Yumi S, Yokoyama K. Publication of the Central Bureau of the IPMS and International Latitude Observatory of Mizusawa, Mizusawa: International Latitude Observatory of Mizusawa, 1980: 1∼199

2　Feissel M. BIH Annual Report for 1968, Observatoire de Paris: Center Bureau of BIH, 1969

3 Muller I I ed. Proc. of the International Conference on Earth Rotation and the Terrestrial Reference Frame, Columbus Ohio: Ohio University, 1985
4 Feissel M. 1988 IERS Annual Report, Observatoire de Paris: Center Bureau of IERS, 1989
5 Dickey J O, Feissel M eds. IERS Tech. Note No.16, Results From the SERACH'92 Campaign, Observatoire de Paris: Center Bureau of IERS, 1994
6 Rey J ed. IERS Tech. Note No.25, Analysis Campaign to Investigate Motions of the Geocenter, Observatoire de Paris: Center Bureau of IERS, 1999
7 Salstein D, Kolaczek B, Gambis D eds. IERS Tech. Note No.26, El Nino, Earth Rotation and Related Phenomena, Observatoire de Paris: Center Bureau of IERS, 1999
8 Richter B ed. IERS Annual Report 2000, Bundesamt fur Kartographie und Geodasie: Center Bureau of IERS, 2001: 121∼129
9 Reiger C, Feissel M eds. IERS Tech. Note No.22, IERS Mission, Present and Future, Observatoire de Paris: Center Bureau of IERS, 1997
10 Richter B. IERS Message No.21, Bundesamt fur Kartographie und Geodasie: Center Bureau of IERS, 2002
11 http://www.iers.org

Evaluation of International Earth Rotation Service

Jin Wenjing[1] Tang Zhenhong[1,2] Huang Chenli[1] Wang Shuhe[1]

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

(*2. Purple Mountain Observatory, Chinese Academy of Sciences, Nanjin 210008*)

Abstract

In this paper the history of establishing process for IERS is reviewed. The functions of each division in IERS are described. Especially the reason and process of "IERS retreat", and the structure of the new IERS organization are introduced. Finally the scientific significance and the role played by results from IERS are given.

Key words astrometry and celescial mechanics—international earth rotation service—review—international celestial reference frame—international terrestrial reference frame—earth orientation parameters—global geophysical fluids