

邻近国家大地基准的现代化

陈俊勇  
(国家测绘局, 北京 100830)

Modernization of Geodetic Datum in the Neighboring Countries  
CHEN Jun-yong

摘要: 综合介绍中国邻近国家如日本、韩国、蒙古、新西兰、马来西亚对本国的大地基准的更新和现代化。  
关键词: 大地基准; 日本; 韩国; 蒙古; 新西兰; 马来西亚

为了迎接 21 世纪经济和社会的持续发展, 为了适应和提供高科技发展的一个基础地理平台, 我国的邻近国家如日本、韩国、蒙古、新西兰、马来西亚都对本国的大地基准进行了更新和现代化。现综合介绍如下。

一、日本大地基准现代化

从 2000 年 4 月开始日本新的大地基准 JGD2000 正式取代了具有百年历史的东京大地基准<sup>[1]</sup>。JGD2000 采用国际地面参考系统 (ITRS) 的定义, 历元定为 1997. 0。大地常数, 包括椭球参数, 取众所周知的《大地参考系统 1980》(GRS80) 所给定的值。东京大地基准坐标转换为 ITRS 时的坐标转换参数 ( $x_0, y_0, z_0$ ) 分别为 -146 m, 507 m, 681 m。维持 JGD 的大地坐标框架是由 1 200 个 GPS 连续运行站 (GEONET) 协同 64 000 个一等、二等、三等经典大地点组成。基于重力和 GPS 水准数据, 日本推算了新的大地水准面 (GE2000)。它和 JGD2000 一起被日本认为对日本的空间数据基础设施是一个极为重要的进步 (参见图 1 ~ 图 3)。

二、蒙古大地基准现代化

蒙古近年建立了新的国家大地坐标框架 MON-REF97<sup>[2]</sup>。该大地框架是在瑞典支援下, 采用 GPS 观测完成的, 因此该框架的大地坐标系统和 WGS84 保持一致。MON REF97 这一新的国家地心 3 维坐标框架, 取代了原来的蒙古国家 2 维平面坐标系 MSK42 (采用克拉索夫斯基椭球), 坐标系统和原苏联普尔科伏 (Pulkovo) 1942 系统保持一致 (类似于中国 20 世纪 70 年代以前的老北京 54 坐标系)。蒙古

的高程基准目前仍沿用原苏联波罗的海高程基准, 目前不考虑用 MON REF97 的大地高来替代。

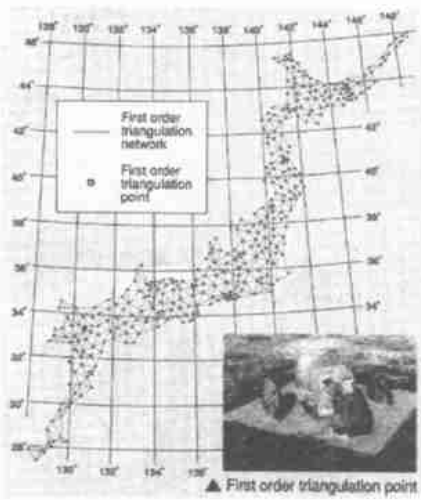


图 1 日本一等三角网

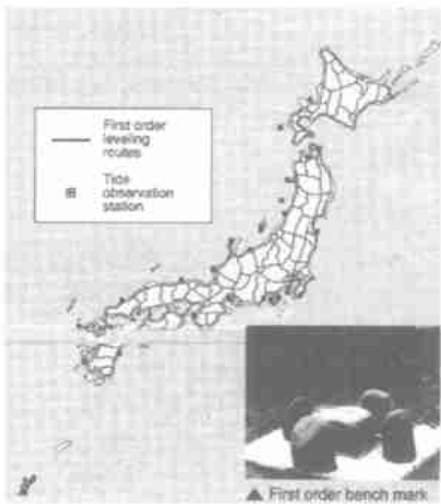


图 2 日本一等水准网

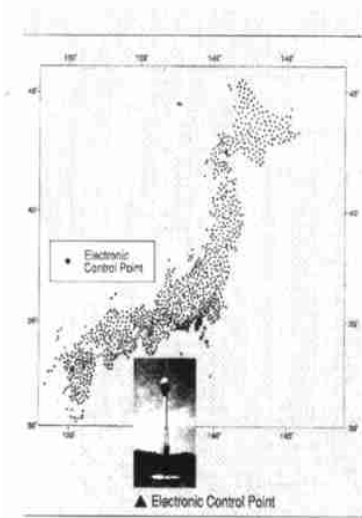


图 3 日本 GPS 连续运动网

### 三、新西兰大地基准现代化

新西兰于 1998 年建立了一个新的大地坐标系 NZGD2000<sup>[3]</sup>。它是 3 维地心坐标系, 参考历元为 2000.01.01。坐标框架是以半动态方式定义, 也就是框架点坐标和速度是在上述历元时一次给定, 并假设其速度场是恒定的。

现在几年过去了, 即使不顾及框架点坐标的测量误差, 但由于速度场的误差以及可能的非线性变化, 使得与参考历元时间相距愈远坐标的精度和可靠性就会降低。因此现在正在考虑以下问题: ① 一个给定参数历元的坐标框架, 其合理的更新期是多长? ② 给出的恒定速度场可以容许多大的误差? ③ 速度场的非线性变化如何模型化? ④ 相对于水平形变模型更为困难的是如何给出 3 维坐标的垂直形变模型?

### 四、韩国大地基准现代化

朝鲜半岛大地坐标系统的第一次确定是日本东京 1892 年大地坐标系 (JTD1892) 的延伸<sup>[4]</sup>。JTD1892 是以原东京天文台 (Azabu) 为大地原点, 相应的经纬度和方位角分别为  $\varphi_0 = 35^\circ 19' 17.515''$  (N),  $\lambda_0 = 139^\circ 44' 30.097''$  (E),  $\alpha_0 = 156^\circ 25' 28.44''$ 。JTD1892 以白塞尔 (Bessel) 1841 椭球为参考椭球 ( $a = 6\,377\,397.155\text{ m}$ ,  $\alpha = 299.152\,8$ )。

朝鲜半岛大地坐标系统的第二次确定采用了日本东京 1918 年大地坐标系 (JTD1918)。朝鲜半岛在当时采用 JTD1918 进行重新定位时, 原点的纬度和方位角 ( $\varphi_0$  和  $\alpha_0$ ) 基本不变, 主要是原点的经度  $\lambda_0'$  与原来的  $\lambda_0$  不同, 即  $\lambda_0' = 139^\circ 44' 40.502''$ 。

相对于 JTD1892 的  $\lambda_0$  而言经度增加了  $d\lambda = 10.405''$ 。在这第二次大地定位时, 所有朝鲜半岛上三角测量点的地理坐标都因此而作了相应改变, 即都改为 JTD1918 系统。

20 世纪 50 年代朝鲜战争后, 韩国于 1975 年至 1994 年重建了该国大地控制网 (PPGN)。PPGN 包括 1 155 个一等、二等三角测量点, 平均边长为 11 km, 于 1994 年完成 PPGN 的整体平差。参考椭球仍采用白塞尔 1841 椭球。

韩国 1994 年建成了该国的大地控制网 (PPGN) 后, 应该说该国的大地基准是确定的, 统一的。但使用不久后就发现, 这一坐标系和空间技术存在一些问题, 特别是和卫星定位的结果所对应的坐标系不一致, 二者差异有时竟达 600 余米。为了满足 21 世纪各类用户的需求, 韩国于 1998 年推出一个完全新型的国家 3 维地心大地坐标系统 (KGD2000), 以替换现行的 PPGN 所定义的坐标系。KGD2000 以 ITRF97 为参照, 历元采用 2000.0。这是韩国大地测量工作面向 21 世纪的一项重大决策。它将向用户提供精确的, 附有时相的 3 维地心空间坐标, 而且 KGD2000 与国际坐标框架保持一致 (或有确定的、精确的连接), KGD2000 是一种重要的、基本的地理空间数据基础设施, 将为韩国的经济和社会可持续发展, 为韩国的高科技发展做出贡献。

KGD2000 与原来经典的大地坐标系统或大地基准不同, 它有以下一些特点: ① 以地心为大地坐标系的原点; ② 与国际通用的地面坐标参考系统 (ITRS) 和相应的椭球参数 (GRS80) 保持一致; ③ 和 ITRS 的联系是通过 KGD2000 中连续运行的若干个 GPS 工作站与国际地面参考框架 (ITRF97) 的不断连测来实现的; ④ KGD2000 的历元确定为 2000.0, 即该系统中的坐标框架点的坐标值都是以此历元为准; ⑤ 表征 KGD2000 坐标框架点的标石是会移动的, 也就是这些点的坐标值是变化的, 因此通过长期观测后, 对 KGD2000 中的一部分点位移量相对平稳的点, 将提供年运动速率, 以保持 KGD2000 中坐标框架点的坐标值的现势性。

KGD2000 的核心部分是有足够数量和分布合理的 GPS 连续运行站 (COS)。目前在韩国国土地理院 (NGI) 运行的 COS 有 14 个 (参见图 4)。韩国国土地理院 (NGI) 对上述各 COS 所接收的 GPS 追踪数据, 每周计算 1 次, 计算的主要内容是对各个 COS 在一周内每日在 ITRF97 内的坐标。用以监测各个 COS 的运行稳定性和点位稳定性。NGI 正在利用 KGD2000 努力开拓业务, 为韩国的其他部门

提供广泛服务,受到有关部门特别是地质、地震、大气、导航等单位的青睐。

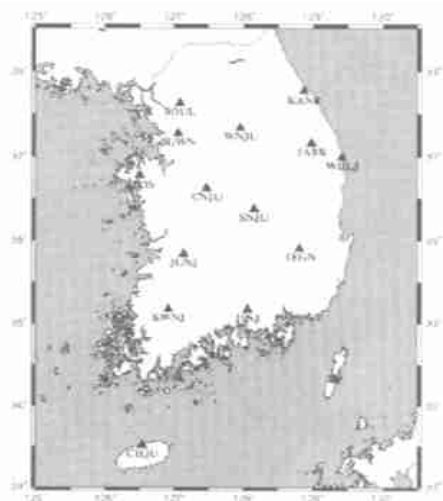


图 4 韩国的 GPS 连续运行网

## 五、马来西亚大地基准现代化

马来西亚采用 3 维地心坐标的考虑大致有 4 个方面<sup>[5]</sup>:① 今后卫星定位技术会越来越广泛的应用,但其定位(或导航)结果和现行马来西亚的大地坐标系不匹配,相差较大(达 200 余米);② 东西马来西亚的大地联结原来是通过经典大地测量技术进行的,精度较差;③ 迅猛发展的各种类型、各种地理范围的 GIS,只有采用一个最符合地球真实情况的大地坐标系才能相互配适和便于交换;④ 马来西亚的周边国家如阿联酋和新西兰都已趋向于采用 3 维地心大地坐标系。

马来西亚建立国家 3 维地心大地坐标系 NGRF2000 时,采用了 3 个步骤。

1. 建立分布全国的数十个 GPS 永久性连续运行站(MASS)(参见图 5)。MASS 于 1999 年初开始运行后,用 2 年的 GPS 追踪数据(1999 年 1 月 1 日至 2000 年 12 月 31 日)计算出 MASS 各站的最终坐标。计算时用 2 种不同软件(BERNESE3.4 和 GIPSY)分别独立进行数据处理,以确保 MASS 坐标成果的可靠无误。MASS 各站坐标定义于 ITRF97,历元为 2000.0,其平差后精度的水平分量为  $\pm 1$  cm,高程分量为  $\pm 2$  cm。在解算 MASS 各站坐标值的同时解算了相应的平均移动量。MASS 网是定义了马来西亚 3 维地心大地坐标系,也是马来西亚大地坐标框架 NGRF2000 的骨干。这就是第一个步骤的实质所在。

2. 将马来西亚已有的 GPS 大地网(PGGN),共 238 个点拼接到 MASS 网上,以使马来西亚 3 维地

心坐标框架点的分布和密度实用、合理,以最终建成马来西亚国家的新的 3 维地心大地坐标系。具体做法是:在 PGGN 中选取精度良好,点位稳定和分布合理的 36 个点,这些点和 MASS 的 15 个站用 GPS 进行联测,然后将联测中算出的 PGGN 36 个点中的 34 个作为固定值,对上述 PGGN 的 238 个点进行全网再次平差。由此重新算得的 PGGN 各点的新坐标和 MASS 的点一起成为马来西亚国家 3 维地心坐标框架 NGRF2000 的点。

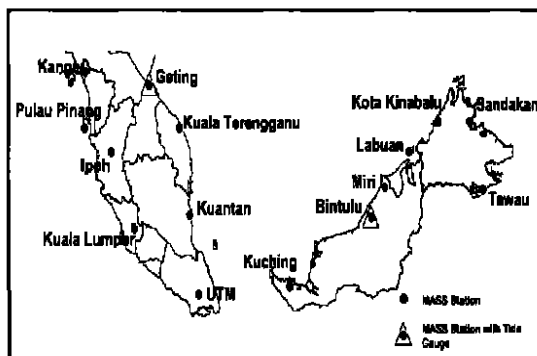


图 5 马来西亚的 GPS 连续运动网(MASS)

通过上述 2 个步骤,NGRF2000 确保了它所在的坐标系和 MASS 保持一致即由 ITRF97 定义,历元为 2000.0。

因此,马来西亚认为该国具有了这样一个与国际通用的高精度 3 维地心大地坐标系后,对精确统一该国的东西两大区域的坐标系统做出了贡献;为该国正在蓬勃发展的地理信息系统提供了一个统一的基础地理框架;在应用 GPS 等空间技术方面会得到最大的好处,并且为社会提供 GPS 在陆海动态实时定位(导航)、气象、海平面监测和地震预报等方面服务有了良好基础。

目前大地基准正处于从传统的模式向现代模式转变的过程中,各国前进的方向都是相同的,只是前进的速度不同而已。在最终的模式——足够密度的 GPS 连续运行参考站网加上足够精确的大地水准面模型建立起来以前,传统的大地控制网和水准测量还必须保持,以满足用户的需要。

## 参考文献:

- [1] KOMAKI K, TSUJI H, MURAKAMI M, *et al.* Evolution of Japanese Geodetic Reference System to Support Information Society on Dynamic Earth[ A]. Proceeding of IUGG General Assembly (G01/03A/C24-006)[ C]. Sapporo: IUGG, 2003.

(下转第 10 页)

表 2 单层映射函数与广播星历映射函数符合差异(表中数值均为百分数)

卫星 高度角	SLM 300 km	SLM 350 km	SLM 400 km	SLM 450 km	SLM 500 km	SLM 550 km	SLM 600 km
0°	0. 04	0. 04	0. 04	0. 04	0. 04	0. 04	0. 04
5°	0. 04	0. 03	0. 03	0. 02	0. 02	0. 01	0. 01
10°	0. 4	0. 38	0. 36	0. 34	0. 32	0. 3	0. 28
15°	0. 85	0. 81	0. 76	0. 71	0. 67	0. 62	0. 58
20°	1. 25	1. 16	1. 08	0. 99	0. 91	0. 83	0. 75
25°	1. 48	1. 33	1. 19	1. 05	0. 92	0. 78	0. 66
30°	1. 47	1. 25	1. 03	0. 82	0. 62	0. 42	0. 23
35°	1. 22	0. 9	0. 59	0. 29	0	0. 28	0. 56
40°	0. 8	0. 36	0. 08	0. 5	0. 9	1. 29	1. 67
45°	0. 35	0. 27	0. 86	1. 43	1. 98	2. 51	3. 02
50°	0. 03	0. 81	1. 62	2. 38	3. 12	3. 82	4. 49
55°	0. 06	1. 08	2. 17	3. 2	4. 17	5. 1	5. 98
60°	0. 67	0. 91	2. 38	3. 76	5. 05	6. 27	7. 41
65°	2. 03	0. 15	2. 16	4. 01	5. 72	7. 31	8. 79
70°	4. 19	1. 14	1. 6	4. 08	6. 33	8. 38	10. 27
75°	6. 82	2. 57	1. 14	4. 4	7. 29	9. 88	12. 22
80°	8. 71	3. 01	1. 77	5. 86	9. 4	12. 5	15. 25
85°	7. 33	0. 46	5. 13	9. 78	13. 72	17. 12	20. 09
90°	0. 23	7. 12	12. 64	17. 18	21. 01	24. 28	27. 11
差异 均值	2. 0	1. 25	1. 928	3. 202	4. 326	5. 355	6. 285

从表 1,表 2 可以看出,当卫星高度角小于 50° 时,单层高度选取对单层映射函数值影响不大;反之,单层高度成为影响单层映射函数的重要因素,尤其是卫星高度角大于 80° 情况下。由表 2, 单层映射函数与广播星历映射函数符合差异可知,总的来说单层高度取值 350 km 时单层映射函数与广播星历映射函数符合程度较好。

三、结 论

在建立电离层模型时,需要利用电离层的映射函数将 GPS 信号传播路径倾斜方向上的电子含量 TEC 换算为天顶方向电子含量 VTEC。在卫星高

度角小于 80° 情况下,单层映射函数和广播星历映射函数符合差异比较小,使用的效果相当;如果采用电离层单层模型单层高度选取 350 km 较为适宜。

参考文献:

[ 1 ] 刘基余,李征航,等. 全球定位系统原理及其应用 [ M ] . 北京: 测绘出版社,1993.

[ 2 ] 袁运斌,欧吉坤. 利用 GPS 研究电离层延迟及电子浓度变化规律[ J ] .全球定位系统, 2001, 26( 1): 19-21.

[ 3 ] GEORGE C L. Ionosphere Weighted GPS Carrier Phase Ambiguity Resolution [ D ] . Calgary: University of Calgary, 2001.

(上接第 3 页)

[ 2 ] SAANDARI M, ENKHBA YAR M, JIVALL L, *et al.* The New National Reference System MONREF 97 in Mongolia[ A ] . Proceedings of IUGG General Assembly ( G01/ 03P/ D-043)[ C ] , Sapporo: IUGG, 2003.

[ 3 ] BLICK G, BEAVAN J, CROOK C, *et al.* Practical Limitations with the Implementation of a Semi-dynamic Datum for New Zealand[ A ] . Proceedings of IUGG General Assembly ( G01/ 03A/ C24-005 ) [ C ] . Sapporo: IUGG, 2003.

[ 4 ] YUN H S, CHO J. Establishment of the Korean GPS Fiducial Network Referred to ITRF97[ A ] . Proceedings of IAG Scientific Assembly[ C ] . Budapest: IAG, 2001.

[ 5 ] KADIR M, OMAR K, SES S, *et al.* Establishment of new Geocentric Reference Frame for Malaysia[ A ] . Proceedings of IAG Scientific Assembly [ C ] . Budapest: IAG, 2001.