



魏子卿,河南省睢县人,大地测量学家,中国工程院院士。现为西安测绘研究所研究员。长期从事空间大地测量和大地坐标系方面的研究,近期从事大地边值问题研究,在大地坐标系建立、卫星定位、卫星导航等方面均有建树。

## 卷首语 Foreword

科技导报 2013, 31(11)

# 关于国家大地坐标系统和高程系统

大地坐标系统和高程系统是一个国家最基本、最重要的两个大地测量基准,对于经济建设、国防建设和经济社会发展具有重要意义。大地坐标系统是地理坐标之参考基准,高程系统是海拔高之参考基准。大地坐标系统由坐标轴系和一参考椭球定义,由一批地面点的高精度坐标和速度体现;高程系统则由高程零面和一批高程控制点的高程体现。

大地坐标系是一种与地球固连的地球参考系,分为全球坐标系和局部坐标系。全球坐标系的原点与地球质心(简称地心)重合,又称地心坐标系;而局部坐标系的原点偏离地心可达数十米甚至数百米。以往受到测量技术限制,人们不得不采用局部坐标系。进入空间时代以来,地心坐标系兴起并迅速发展,已被许多国家或地区所采用。

新中国成立初期,中国采用了1954年北京坐标系,20世纪90年代又启用了1980西安坐标系。这2个坐标系都是采用常规测量技术建立的局部坐标系,现已不能适应经济社会发展的需要,正逐渐退出历史舞台。经国务院批准,从2008年7月起,中国启用了新一代国家大地坐标系——2000中国大地坐标系(China Geodetic Coordinate System 2000, CGCS 2000)。它是一个地心坐标系,其定义和采用的参考椭球符合国际标准,其实现具体表现为大约2500个GNSS大地点(其中包括25个连续运行站)再参考历元2000.0的坐标和速度,坐标精度为厘米级,速度精度一般好于3mm/年。

由一批地面点坐标和速度实现了的坐标系称为参考架。参考架不仅用来维持坐标系,也使坐标系便于使用。为维持坐标系,并使其保持必要的位置服务能力,CGCS 2000的参考架,从长远来看,应由数以万计的高精度空间测量站组成;从近期来看,应至少包括2500个GNSS连续运行站(大约平均每县1个)和部分定期复测站,这些站还应进行水准和重力联测。值得一提的是,一些省市目前已建不少GNSS连续运行站,若部分站给以改造利用,将有助于加强CGCS 2000的参考架。

一个大地坐标系的实现难免存在误差,当实现误差(参考历元的坐标和速度误差)引起的坐标变化超过应用要求的某一限度时,大地坐标系就到重新实现或参考架更新的时候了。历史上,参考架更新决定于地形测图精度。按照当前实现误差估计,1:1000比例尺测图要求CGCS 2000的参考架更新周期大约为30年。当今经济社会发展对大地坐标系提出了新的、更高的要求。笔者认为,综合考虑大比例尺测图、精密工程和卫星定位等应用的需求,近期参考架的更新周期以20年较为适宜。参考架更新,涉及诸多方面,诸多行业 and 部门,必须十分慎重。更新过快会引出麻烦甚至混乱。当然如确有需求,条件又许可,也应不失时机地进行更新。

中国高程系统是黄海高程系,现阶段的实现是1985国家高程基准,由青岛大港验潮站1952—1979年间的平均海水面(高程零面),和近10万个一、二等水准点的正常高体现。实践表明,中国采用黄海高程系是比较合适的。现在的问题是,1985国家高程基准已有20余年的历史,这期间高程零面是否发生了显著变化?是否到用验潮数据进行更新的时候了?这些问题值得研究。高程零面更新同样应慎重处理,若无显著变化,不应轻易进行。

人们常用的海拔高有2种:一种是由大地水准面起算的正高;另一种是由似大地水准面起算的正常高。大地水准面为一重力等位面,而似大地水准面没有任何物理意义。大地水准面与似大地水准面在平原地区相差几厘米,在高山地区相差多达几米。正高是本来的海拔高,有明确的几何和物理意义;而正常高则多少有点人造性质,几何和物理意义不明显。同一水准面上的正高不相等,正常高也一样。计算正常高不需要知道地壳密度,计算正高则要求假设地壳密度。两种海拔高都是通过水准测量得到的高差加改正得到,改正数的量级大约相同。从实用的观点来看,这一种高程并不比另一种高程更有明显优势。不同国家可能采用不同的高程。中国和俄罗斯等国采用正常高,西半球国家多采用正高。倘若现在提出中国采用正高如何?恐怕会有人提出质疑。不过,下面一点在学界是共识的,即大地水准面被认为是未来统一世界高程系统的理想基准面。全球高程系统的统一自然还有一段长路要走,但是随着经济全球化,全球高程系统的统一趋势日益明显,欧洲垂直参考系就是一个明证。笔者认为,着眼长远,面向未来,中国有必要审视采用正高的必要性和可行性。

精密水准测量,传统上是实现国家高程基准(又称垂直基准)的唯一手段。当今随着大地测量技术的进步,高分辨率、高精度的重力大地水准面正在成为定义垂直基准的替代手段。美国大地测量局提出到2020年实现用厘米级重力大地水准面重新定义美国的垂直基准就是一例,为此提出用GNSS进行高程测量现代化,用航空重力仪以“快拍”式进行重新普测重力等。用重力大地水准面定义垂直基准,无疑是我们应当研究的新课题。

魏子卿

(华中科技大学,武汉 430074)