

18

61-62

几何水准、三角水准和 GPS 水准的精度评价

p224
p228

水准测量即测定两点或多点之间的高差。测量高差的方法有多种,几何水准测量是人们最为熟悉的一种方法,此外是测距三角水准方法和更传统的视距三角测高方法。

GPS 水准是获得正高高差的一种新方法,正高高差由大地高高差和大地水准面高度计算而得。大地高高差即 GPS 测定的相对椭球体面的高差,直接由 GPS 相对定位获得。大地水准面高度可由以下几种方法获得:天文大地水准测量、地球重力场模型、利用地球重力资料或几何逼近等。

大地高高差与正高高差的关系式为

$$\Delta H = \Delta h - \Delta N \quad (1)$$

式中: ΔH 为正高高差; Δh 为大地高高差; ΔN 为大地水准面高度。

每种测量方法就精度、适用性及可行性等各有其优缺点,人们广为关注的是用 GPS 方法代替传统的高程测量方法的可行性。本文列出的试验情况,旨在讨论用 GPS 快速定位方法代替速度慢、劳动强度大的传统高程测量方法而在工程中应用的可能性。需要说明的是,GPS 水准、几何水准和三角水准都是分别在 20℃,30℃,40℃ 三种温度段情况下作测试并计算测试精度的。每一温度段里的温度变化很小,不超过 $\pm 2^\circ\text{C}$ 。

在一块较为平坦的场地上建立了一条 500 m 长的水准路线,将整条线分为 10 段,在每一段的端点均埋设一标志,用 N_3 精密水准仪按一等水准测量的技术要求测定各标志点的高程,并将其在后面的试验中当作是“真值”。

分别用几何水准方法、三角水准方法和 GPS 水准方法测量各标志的高程。首先,用一台 NAK-2 自动安平水准仪和一副装有水准器的木质水准标尺按三等水准测量技术要求测定各点间的高差。第二步,用一台经检校的 T_2 经纬仪和普通标尺测定标志点间的高差,其中水平距离用视距公式计算。接下来所做的是测距三角水准试验,用一台索佳 SET2 全站仪和一个固定高度的反射棱镜观测距离,再分别用全站仪和 T_2 经纬仪观测竖直角。在每点的观测,竖直角的测定都进行盘左盘右读数以消减仪器误差。为了减弱大气折光对观测竖直角的影响及其它的一些系统误差,采用了跳点法方式观测。

最后进行 GPS 观测试验。GPS 测量有几种观测方式,即静态方式、快速静态方式、停行动态方式(用两台接收机,其中一台固定在已知点上,另一台在其它点上流动观测)和完全动态方式。这次试验采用了静态和停行动态两种观测方式。采取停行动态观测方式的考虑,是因为各测试点彼此靠近且与已知点即参考站也不远(参考站距试验路线约 2 km),用此方法的另一个原因是为了能快速经济地采集 GPS 数据。

使用了两台 Leica SR 500 双频接收机进行观测。初始化测量后,用停行动态方法分别在测试路线的各点上对卫星的调制信号至少观测记录 5 min,之后将接收信号传入计算机,用 Leica-SKI 软件进行处理,用式(1)计算出 ΔH 。

分别计算出每一种观测方式测定的各水准点的高程与高程真值(精密水准高程)的差值,用式(2)计算均方差:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{n}} \quad (2)$$

式中: d_i 为某一观测方式测定的第 i 点高程与该点的高程真值之差; n 为测试点的个数。

用式(2)计算出每一种观测方式在 30℃,20℃,40℃ 几种温度段下的观测精度,列于表 1。

表 1 观测的均方差 mm

观测方法	$\sigma(30^\circ\text{C})$	$\sigma(20^\circ\text{C})$	$\sigma(40^\circ\text{C})$
几何水准	± 8.3	± 8.1	± 11.5
视距三角水准	± 35.3	± 33.2	± 37.9
EDM 三角水准(T_2 测角)	± 13.4	± 11.9	± 17.1
全站仪三角水准	± 10.1	± 9.5	± 14.7
静态 GPS 水准	± 8.6	± 8.5	± 8.6
停行动态 GPS 水准	± 19.2	± 18.1	± 19.6

由表 1 可见,视距三角水准的精度最差。几何水准测量的精度最高,其次是载波静态 GPS 方法,测距三角水准方法与这两种方法相比精度有所降低,这可能是因为大气折光对竖直角的影响以及仪器高和棱镜高的量测误差所致。

测距三角水准的两种方法中,用 T_2 经纬仪观测竖直角比用全站仪直接观测竖直角精度要略低一些,这可能是因为:①全站仪具有对温度和气压的自动改正功能;②用全站仪观测,竖直角和距离都直接

以数字的形式显示因而可以排除读数的估读误差;
③前者测角测距分开进行要两次架设仪器,而后者仅需一次。

GPS 停行动态方法的精度比静态定位方法的精度约低 11 mm,这是因为停行动态方法在每个测试点上接收卫星信号的时间有限,且移站安装天线可能也会有影响,然而虽然精度降低了,但换来了外业工作的快速便捷。

温度的变化对传统方法的精度有明显的影响,由表 1 可见,温度升高使测距三角水准和几何水准的精度分别下降了 55% 和 42%,而视距三角水准的精度仅下降 14%,这是由于视距三角水准本身误差较大,是其它方法的 2 倍以上。温度升高使观测精度降低,可能是因为高温和强阳光使大气不均匀所致。

这次试验得到一个非常重要的发现,即较之那些传统的方法,GPS 方法对环境大气温度变化不敏感,其在几种温度段下的观测结果稳定不变。

再将 GPS 方法与传统方法在外业观测所花费的时间及人工方面进行比较,本次试验中,GPS 停行动态方法是最快的,是最经济的一种方法。事实上,GPS 方法比起其它任何一种传统的方法都起码要快 20% 并能节省一半的人力。

本次试验是为了在一定的精度和人工情况下对几何水准、三角水准和 GPS 水准几种方法进行比较和评价。结果表明,GPS 方法在不同的温度段情况下观测的精度是一致的,而传统的高程测量方法均随温度升高而使观测精度有所降低,尤其是测距三角水准方法最为明显。因此,对于许多工程建设,若知道当地的大地水准面高度,用 GPS 方法代替传统的高程测量方法将会有很好的效益。当然,为了获得传统水准测量方法能达到的精度,在 GPS 观测时还需要采取相应的措施。

(周国树摘自 Surveying and Land Information Systems, 1999, 59(1): 47 ~ 51)

(上接第 28 页)

1999 年我国已开始实施可再生能源商业化开发项目,由国家经贸委主持,资金总额 2 500 万美元,用以开发包括风电在内的可再生能源,计划用 5 年时间,使我国的可再生能源走上商业化和可持续发展的道路。

关于我国风电发展的近期目标,国家电力公司提出要在 2000 年实现风电装机 100 万 kW,计划在新疆和内蒙古各发展到 20 万 kW,沿海的浙江、广东和河北的张北与东北三省各发展到 10 万 kW,福建、山东、上海和甘肃各发展到 5 万 kW。由于时间紧迫,要从 1998 年的 23 万 kW 增加到 100 万 kW,完成这个目标、任务还是很艰巨的。即使开发到 100 万 kW,也只占我国可供开发量的 0.4%,所以我国可供开发的潜力还是很大的,21 世纪大力开发风电的前景也是极其美好的。

3.2 其他一些国家对风电的展望

据笔者 1999 年来收集到的资料如下:

美国能源与环境研究所 1999 年发表的一份报告,预计到 2000 年,世界风电装机将达到 1 200 万 kW,21 世纪将是新能源发展的世纪。美国世界观察研究所副所长弗莱文在一份报告中指出,自 1990 年以来每年以 20% 速度增长的再生能源将成为 21 世纪上半叶的主要能源。美国能源部制定的新能源开发计划要求到 2005 年,风电装机翻一番,2010 年再翻一番,达到 1 000 万 kW。

西班牙现正在修建世界上最大的风能园,位于

曼切加省阿尔瓦塞特地区,分两期建设,第一期从 1999 年开始,到 2001 年,安装风机 40.5 万 kW,第二期是 2002 ~ 2005 年,再增加 40 万 kW。

日本现正在北海道海边滩涂上修建一风电站,安装风机 30 台,单机容量 1 000 kW,预计 2000 年完工,并认为 21 世纪能源的增长主要考虑清洁的可再生能源,预计 2010 年日本风电总装机将达到 50 万 kW。

欧洲已有 5 个国家宣称,将在 2002 年前使其风电的年电量达到各自国内总电量的 10%。

欧洲风能协会和丹麦能源与发展论坛的一份研究报告指出,在今后 20 年内,世界风电的装机将达到世界电力总装机的 10%。

1998 年公布的欧盟能源战略白皮书宣布,到 2050 年,可再生能源在欧盟成员国能源供应结构中将达到 50%。

综上所述,不难得出如下结论,21 世纪将是可再生能源发展的世纪。风力发电是可再生能源的重要组成部分,它必然会在现有的基础上得到更加蓬勃的发展。

参考文献:

- [1] 前田佳太夫. 顺风满帆の风力发电[J]. ターボ机械, 1998 (7): 48 ~ 51.
- [2] 王达邦. 世界各国对风力发电的激励政策[J]. 华东水电技术, 1999(2): 12 ~ 15.
- [3] 张承来, 赵生校. 浙江省风能资源开发现状及发展规划[J]. 华东水电技术, 1999(2): 7 ~ 11.

(收稿日期: 1999-07-19 编辑: 熊水斌)