

深圳海岸线修测及数据处理

王志豪*

(深圳市勘察测绘院有限公司, 广东 深圳 518028)

摘要:深圳经济发展迅速,特别是沿岸段海岸线的开发与利用,使得部分海岸线变迁较快,依据实际现状对现今海岸线进行全面、系统的测量、修正、补充、绘制和分析,确保海岸线的现势性具有重要意义。论文介绍深圳全市海岸线的定测以及海岸线两侧的地形测量方法,即采用GPS RTK、GPS等方法进行全市现状海岸线定测工作,采用GPS动态测量(RTK)配合PDA方法对陆域方向300米、GPS配合测深仪采用无验潮测深法向海域方向500米进行1:2000水下地形测绘工作。给出了海岸线数据转换、地形图转换、陆域高程转换、水域高程转换等方法 and 结果,为今后的各项用海提供了科学、精准的海岸线数据。

关键词:海岸线测量;水下地形测量;数据处理

1 引言

深圳拥有丰富的海洋资源,科学地规划其海岸资源,建设好东西部海岸沿线重点工程,是提高城市吸引力和人们生活水平的关键所在。在2008年,深圳市农业和渔业局辖区海岸线数据显示,深圳市当前海岸线约长282 km,该数据一致沿用至今。基于近几年深圳的经济发展,不仅对于其沿岸段的海岸线开发、利用较为频繁,同时其部分海岸线也发生较快的变迁,因此,对现今深圳海岸线进行系统测量、修正,不仅可以确保深圳海岸线数据的实时性,同时也可今后我市海洋海岸线管理以及海监执法提供有效数据参考。

2 测区概况

深圳市农业和渔业局辖区海岸线长约282 km,包括东宝河口与伶仃岛牛利角灯桩联线以东(不含矾石水道),内伶仃岛牛利角灯桩与鸡翼角灯桩联线至北纬 $22^{\circ}09'$ 纬线以东,北纬 $22^{\circ}09'$ 纬线以北和东经 $115^{\circ}13'$ 经线以西的沿海水域(香港管辖水域除外)。深圳的东部海岸线上半岛和海湾的海拔绝对高度相差很大,大鹏半岛七娘山主峰海拔高达867.4 m,大鹏湾水深18 m~24 m,构成槽形海湾、陡峭海岸的地貌特征。深圳的西部海岸线不具备东部岸线那种天然的山海条件,岸线上已经有了很多大型交通基础设施和港口集聚,拥有独特的河口湿地滩涂景观。如图1所示:

3 测量图根控制点

由于本项目作业区域沿海岸线呈狭长带状,已有

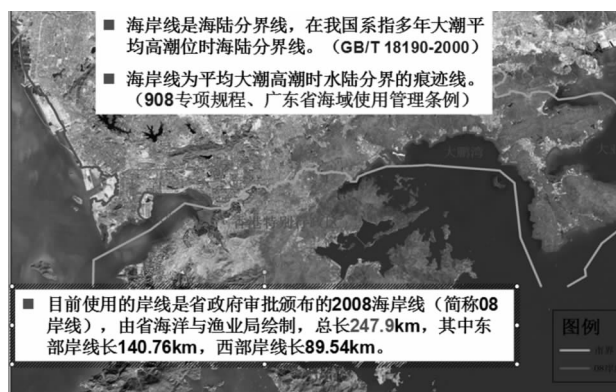


图1 深圳市海岸线示意图

等级控制点不能满足地形图测量的密度要求,因此进行图根控制点加密测量。图根控制点测量前,首先进行转换参数的求解工作,在测区选取均匀分布的4个以上已有一级导线点,实测其WGS84坐标,然后输入其深圳独立坐标系下成果,由仪器自带点校正软件解算出该测区WGS84坐标系-深圳独立坐标系转换参数,平面坐标转换的残差绝对值均不大于2 cm。转换参数设定后在测区内选取已有控制点进行检查测量,东部检测点为0310100、03108、031C94、031C97等;西部检测点为I2-1023、I2-660、I2-661、I2-693等,其所测三维坐标(X、Y、H)与部分成果较差如表1所示:

本测区共布设图根控制点585个,采用钢钉标志。已知点检核平面位置较差最大为48 mm(限差 ± 50 mm),高程较差最大为41 mm(限差 ± 100 mm),由此可见求解的转换参数满足规范要求。检核无误后进行图根控制点测量,作业仪器为中海达V8型双频GPS

* 收稿日期: 2015-10-13

作者简介: 王志豪(1978-)男,高级工程师,主要从事工程测量、3S应用等技术工作。

接收机[仪器标称精度为 $\pm(1.0\text{ cm}+1\text{ ppm})$],其作业主要技术参数为:同步观测卫星数 ≥ 5 ;HGOP < 6 ;卫星截止高度角 $\geq 15^\circ$;在每个图根控制点观测两个测回,在得到RTK固定解且收敛稳定后开始记录,每测回自动观测值均在10个以上,测回间仪器重新初始化且间隔60s,测回间平面坐标分量较差不超过2cm,垂直坐标分量较

差不超过3cm时,取平均值作为该点最终观测结果。本次作业测回间点位互差最大为编号T4的图根控制点,其平面坐标分量较差为 $\Delta X = -1.9\text{ cm}$ 、 $\Delta Y = +0.5\text{ cm}$ (限差为 $\pm 2.0\text{ cm}$);测回间高程互差最大为编号T16的图根控制点,其垂直坐标分量较差为 -2.9 cm (限差为 $\pm 3.0\text{ cm}$)均满足规范要求。

图根控制点测量结果

表1

点号	检核成果			原测成果			ΔX	ΔY	ΔS	ΔH
	X/m	Y/m	H/m	X/m	Y/m	H/m				
0310100	19 423.605	158 182.415	5.746	19 423.630	158 182.435	5.745	-0.025	-0.02	0.032	0.001
03108	12 477.075	164 297.369	4.892	12 477.098	164 297.334	5.011	-0.023	0.035	0.042	0.041
031C94	26 576.678	147 964.256	5.095	26 576.660	147 964.248	5.082	0.018	0.008	0.020	0.013
031C97	26 485.520	147 218.988	19.827	26 485.506	147 218.990	19.829	0.014	-0.002	0.014	-0.002
I2-1023	16 783.770	103 882.320	5.525	16 783.801	103 882.342	5.544	-0.031	-0.022	0.038	-0.019
I2-660	17 573.449	106 918.258	4.898	17 573.452	106 918.258	4.863	-0.003	0.000	0.003	0.035
I2-661	17 578.087	106 507.008	5.118	17 578.065	106 507.025	5.097	0.022	-0.017	0.028	0.021
I2-693	17 268.506	103 955.352	14.949	17 268.509	103 955.331	14.968	-0.003	0.021	0.021	-0.019

4 深圳海岸线判定和测量

4.1 海岸线判定

海岸线测量是本项目的重点,对于海岸线判定中能够根据人工岸以构筑物的外沿线为主;对于自然岸判定中根据海岸的植物边线、土壤和植被的颜色、湿度、硬度以及流木、水草、贝壳等冲积物来确定其位置。河流出海口根据岸边构筑物情况直接连线将河口段封闭作为海岸线。所有判定依据、方法均与测量人员详细交代明确后开始海岸线数据采集。并且在深圳海岸线测量中运用GPS数字测绘,定位精度在实际应用中,先建立深圳海岸线区域内的GPS控制网,根据深圳海岸线测量测绘区内的控制点分布情况,确保网形点位误差值均匀,根据GPS的卫星定位可见预报图,并选取最佳的观测时段,进行深圳海岸线测量工作。

4.2 海岸线测量方法

在卫星信号良好的区域采用GPS-RTK模式进行直接测量,其他区域采取全站仪进行测量。而针对部分悬崖峭壁无法到达区域采用免棱镜全站仪采集坐标,保证了所有海岸线特征点的连接关系和数学精度。

5 修测海岸陆地区域地形

在实际中,可以可以缩编原有地形图,最新已有形图数据资料按《1:500、1:1000、1:2000地形图图式》(GB/T20257.1-2007)进行缩编和整饰,标记原图或接边区域矛盾和问题,以备野外核查使用。其次,现场进行100%巡查,实地调查地形地貌变化情况。对变化量较小可以通过几何处理的在实地量测后用图解法处理,对变化量大的地形区域可在地图中注明变化情况、圈定修测

范围、为后续图根控制和地形图测量提供依据。

本次地形图修测采用全野外数字化测量的方法,在加密的图根点上设站,使用全站仪或GPS动态测量(RTK)按全要素数字化采集模式,对房屋、道路、输变电设备、涵洞等主要地物和陡坎、斜坡、沟渠等主要地形都做了详细测量并绘制草图;内业成图时,先将野外采集的数据传输到计算机中,并采用我公司与南方测绘仪器有限公司合作研发的“CASS7.0深勘版”数字化成图软件进行展点,形成AutoCAD系统下的DWG图形文件,再对照绘制的草图进行图形编辑。编辑时,遵循了以下原则:严格执行有关规范及图式;高程注记到0.1m,等高距为2m;按照50cm \times 50cm正方形标准分幅,共计1:2000地形图303幅。

6 深圳海岸线水下地形测量

6.1 应用无验潮测深法测量水下地形

对于海岸线水下地形测量中,使用GPS配合测深仪采用无验潮测深法进行测量,可以消除了波浪、潮汐、水位落差对测量的影响,发挥积极应用价值。采取数字化测深仪配合GPS RTK无验潮测深法,当GPS接收机与数字化测深仪连接后,以RTK测量模式实测接收机当前平面坐标与高程,并实时传输到测深仪中,测深仪同时测量水深数据,内置测量软件计算出当前水深点的平面坐标与高程。

6.2 水中声速及水深测量

采用广州市中海达测绘仪器有限公司生产的HD-380型双频数字测深仪,其标称精度为 $\pm 1\text{ cm}+0.1\%D$,D为所测之深度。作业开始前采用“检查板”直接校对法

对测深仪进行综合改正 深度改正数按下式求取。

(1) 水中声速按下式计算:

$$C = 1450 + 4.206t - 0.0366t^2 + 1.137(S - 35) \quad (1)$$

其中: C ——水中声速(m/s), 可根据水温、含盐度由“水温、含盐度与水中声速关系曲线图”查得;

t ——水温($^{\circ}C$);

S ——含盐度(‰)。

(2) 深度改正值按下式计算:

$$\Delta H_c = (C/C_0 - 1) H \quad (2)$$

其中: ΔH_c ——深度改正值(m);

H ——水深读数(m);

C_0 ——水中标准声速(m/s), 其值为 $1500 m/s$ 。

测深点的高程中误差: 水深 $\leq 20 m$ 时, 高程中误差为 $\pm 0.2 m$; 水深大于 $20 m$ 时, 高程中误差为 $\pm 0.01H$ (H 为水深值, 单位为 m)。本次检查结果如表 2 所示:

水深检查结果

表 2

点号	测深仪读数/m	检查板读数/m	改正数/m
1	2.33	2.30	-0.03
2	3.09	3.10	0.01
3	4.25	4.24	-0.01
4	2.00	1.98	-0.02
5	3.06	3.05	-0.01
平均值			-0.01

6.3 定位测量

对于海岸线地下水形测量中, 在测深仪主机上通过测深软件布置好互相平行的测量航迹线, 外业测船沿设计航迹线行驶, 采用 GPS RTK+测深仪+数字测图系统软件进行数据采集, 数据采集工作由测量软件自动控制, GPS 数据与测深仪数据实时同步采集。水深测量作业前, 首先对 GPS 平面定位及实时高程进行检查, 检测已有控制点平面较差最大值为 $-4.6 cm$ (限差 $\pm 5 cm$) 高程较差最大值为 $4.0 cm$ (限差 $\pm 10 cm$) 如表 3 所示:

控制点平面数据

表 3

点号	理论值			检查值			ΔX	ΔY	ΔS	ΔH
	X/m	Y/m	H/m	X/m	Y/m	H/m				
IV083	25 927.9	142 796.53	6.959	25 927.564	142 796.552	6.923	-0.028	0.016	-0.036	0.032
E16	22 850.4	154 263.38	13.38	22 850.421	154 263.354	13.350	-0.022	-0.032	-0.032	0.039
E17	21 857.1	154 797.51	21.44	21 857.642	154 797.488	21.410	0.025	-0.026	-0.030	0.036
031057	17 455.3	159 148.60	9.836	17 455.342	159 148.623	9.793	-0.024	0.017	-0.043	0.029
I2-979	11 537.8	97 193.996	4.685	11 537.855	97 194.018	4.642	-0.031	0.022	-0.043	0.038
I2-781	14 981.4	95 597.579	3.727	14 981.456	95 597.563	3.697	0.025	-0.016	-0.030	0.030
IAB836-1	22 080.6	94 893.101	3.810	22 080.622	94 893.098	3.764	-0.018	-0.003	-0.046	0.018
IAB760	26 839.6	92 087.265	4.035	26 839.627	92 087.294	4.018	0.022	0.029	-0.017	0.036

在海岸线水形测量中, 在测船上将 GPS 接收机与测深仪连接后, 在静止状态下测量出水深数据, 然后通过测杆实测水深进行比对, 较差均小于 $0.1 m$ 。水深测量结束后, 检查程序按照相反次序进行。外业数据采集完毕后, 使用中海达水深资料处理软件, 结合 GPS 坐标测量数据和测深仪测深数据, 计算出水下地形测量数据。

6.4 编绘水下地形图

可以将得到野外采集的数据传输到计算机中, 并采用我公司与南方测绘仪器有限公司合作研发的“CASS7.0 深勘版”数字化成图软件进行展点, 形成 Autocad 系统下的 DWG 图形文件。并且, 在海岸线水下地形图编辑时, 遵循了以下原则: 严格执行有关规范及图式; 并对高程可按照《中国海图图式》(GB12319-1998) 进行注记, 高程注记到 $0.1 m$, 等高距为 $2 m$, 按照《中国海图图式》(GB12319-1998) 进行注记。并且, 当海岸线水下高程起算面为当地理论深度基准面时, 为避免在水陆交界处混淆, 所有水下高程注记均采用水深注记形式, 以便与陆域高程进行区别, 水下高程

点的定位点处于整数注记的几何中心。

7 坐标和高程转换

7.1 转换参数

深圳市海岸线修测, 可以在深圳独立坐标系下, 获得深圳独立坐标与 WGS84 坐标。采用 GPS 测量方法, 对全市的测量控制网进行全面改造, 共布设 B 级 GPS 框架网点 5 个和二等 GPS 点 77 个; 同时, 对于上述控制点, 均有 WGS84 坐标系。采用布尔莎模型求解 WGS84 坐标系实现参数转换; 再采用六参数仿射变换法进行 1954 年北京坐标系及深圳独立坐标系间的成果转换。

7.2 海岸线数据转换

可针对深圳独立坐标系下, 其海岸线数据 41 169 个(2002 年海岸线坐标 11 709 个, 现状海岸线坐标 29 460 个) 的平面直角坐标, 采用不同模型独立计算, 将其转换为 WGS84 坐标系下的大地坐标, 并将其转换为深圳独立坐标系的平面直角坐。对于大地坐标以及

深圳独立坐标进行比对检查,证实其点位较差最大值为 3.6 cm,最小值为 0.6 cm,中误差为 2.4 cm,小于本次海岸线平面位置测量精度的 ± 2 m。

7.3 地形图转换

对于深圳市海岸线修测中,本次测量的深圳独立坐标系下地形图经转换为 WGS84 坐标系,图形变形量约为 2 ppm,经综合考虑,电子版数据提供深圳独立坐标系与 WGS84 坐标系下成果,分幅图在深圳独立坐标系下(图框按照 WGS84 坐标分幅并转换至深圳独立坐标系)打印白纸图,避免图形失真。

7.4 陆域高程转换

对于得到的大比例尺地形图以及控制点,可以采用 1956 年黄海高程系统,根据《深圳市基础测绘技术规程》,对陆域部分地形图高程统一加高 0.16 m,编绘等高线部分,从而可以获得当前深圳市海岸线的陆域高程。

7.5 水域高程转换

对于本次海岸线水下地形修测中,基于 1956 年黄海高程系统,根据收集的资料,证实深圳市海岸线水下地形理论深度基准面与系统准面相差 1.324 m;故此,可对本次所测水下高程数据,均加上 1.324 m,就可得出海岸线水下地形修测的基准面高程。

8 海岸线修测数据处理结果

在本次深圳市海岸线及地下水测量中,完成全市现状海岸线测定工作,并对陆域方向 300 m、海域方向 500 m 的 1:2 000 地形图进行修补测量;经过叠加海岸线矢量数据,可以找出产生变化的海岸线区域,并针对其变化原因进行分析,有助于更好的规划深圳海岸

项目,保护深圳海洋资源。

9 结论

综上所述,基于本次深圳海岸线修测工作中,采用 GPS-RTK 方法对陆域方向 300 m 测量海岸线特征点数据,并结合 GPS 配合测深仪采用无验潮测深法向海域方向 500 m 进行了 1:2 000 地形图测绘。对于深圳市海岸线修测中,通过数字化技术依据原始海岸线,结合本次实测现状海岸线矢量数据叠加,完成全市现状海岸线测定工作,有助于深圳市农林渔业局清查深圳市海岸资源,更好规划海岸重点工程项目,对保护深圳海洋资源,促进建设深圳滨海特色国际化城市,发挥积极应用价值。

参考文献

- [1] 欧阳仕元,时永桂,曹文生等. 凡口铅锌矿区地下水自动监测预警系统开发[J]. 金属矿山,2015(4):267~272.
- [2] 高梅,曾辉. 深圳市 1986-2020 年间海岸线动态变化特征及成因分析[J]. 热带地理,2012,32(3):274~279.
- [3] 李猷,王仰麟,彭建等. 快速城市化地区海岸线分维动态演变研究——以深圳市为例[J]. 热带地理,2009,29(5):429~433.
- [4] 赵玉灵. 珠江口地区近 30 年海岸线与红树林湿地遥感动态监测[J]. 国土资源遥感,2010(z1):178~184.
- [5] 陈保瑜,宋悦,管启杰等. 深圳湾景观类型转移强度分析[J]. 中山大学学报·自然科学版,2013(3):93~102.
- [6] 陈立军,刘斌. 嘉兴市建立沿海岸线资源有偿使用制度的思考[J]. 中国港口,2014(2):24~25,60.
- [7] 徐学哲. 深圳郊区的生态公园[J]. 中国环境管理干部学院学报,2013(3):94~94.

Survey and Data Processing of Shenzhen Coastline

Wang Zhihao

(Shenzhen Gotechnical Investigation & Surveying Institute Co., Ltd. Shenzhen 518028, China)

Abstract: Shenzhen's economic development rapidly and, in particular, the development and utilization of coastal shoreline segments making some shoreline change rapidly. This study was based on the actual status of the coastline of Shenzhen today a comprehensive measurement system, amend, supplement, drawing and analysis is important in ensuring that the coastline in terms of reality. This paper introduces the coastline on both sides of a given method of measuring and topographic survey of the city of Shenzhen coastline. That use of GPS RTK, GPS and other methods to Shenzhen coastline fixed measurement work. And the use of GPS dynamic measurements (RTK) method with the PDA direction of land 300 meters, GPS with sounder use Tide sounding, direction to the sea 500 meters at the beginning of 1:2000 Underwater Topographic works. It also gives the coastline data conversion, topographic maps, land elevation conversion, water elevation conversion methods and results, the use of the sea for future decision-making provide a scientific, accurate data shoreline.

Key words: measurement coastline; underwater topography measurement; data processing