

# 寿光市排水规划地形图测绘和 排水管线普查项目方案设计

胡晓东<sup>1</sup>, 王瑞臣<sup>2</sup>

(1. 寿光市建设局, 山东 寿光 262700; 2. 寿光经济开发区管委会, 山东 寿光 262703)

**摘要:**通过对已有成果资料的分析利用和合理选用起算数据,按照技术要求,采用GPS静态测量技术、四等水准测量方式布设控制网和RTK动态测量技术、全站仪进行地形和管线测量,以及内外业一体化成图方式进行方案设计,并对作业中的技术指标及注意事项作了阐述,从而有效指导了项目的顺利实施,加快了作业进度,提高了成果质量。

**关键词:**地形图测绘;排水管线;雨污分流;规划方案;山东寿光

中图分类号:P238.8;TU992.01

文献标识码:A

地下管线(尤其是排水管线)作为最基础的城市设施,是城市经济的命脉,在城市规划与建设中具有十分重要的地位。为加快向现代化中等城市迈进的步伐,进一步提升城市环境,寿光市决定在规划区内开展1:1000比例尺排水规划地形图测绘和排水管线普查,查明各类排水管线现状<sup>[1]</sup>,实现城市排水管网的优化整合和管线数据的动态管理,进行雨、污分流规划设计并分期实施,从而实现城市雨、污水的分流排放。

## 1 项目区概况

项目范围是以寿光市城区为中心,东至丹河,南至南二环路,西至益寿新河,北至北三环路,面积约260 km<sup>2</sup>,内有潍高路、寿济路、羊临路、羊田路等道路约600 km,现状排水管道约800 km,主要河流有丹河、弥河、张僧河东西支、岳家沟、工业污水沟、益寿新河等,总长度约160 km。

项目主要任务:一是针对城区建设发展需要,在城区新规划范围内建立一级GPS控制网和四等水准高程控制网;二是测绘新四环路内所有道路地形图,以及丹河、益寿新河、张僧河、工业污水沟等河道地形图;三是对所有道路上的排水管线检修井及暗渠进行

调查,测绘管底高程及埋深,测绘暗渠断面等。

## 2 已有资料的分析利用

### 2.1 平面控制资料

测区外围存有国家二等控制点十里铺、后古河、后牟城、屯田4点,点位保存完好,从山东省地理信息中心收集到1980年西安坐标系成果,作为控制网的起算点。原城区四等、一级GPS控制网,坐标为1980西安坐标系,中央子午线118°44',高程为1985国家高程基准。四等GPS网控制面积约210 km<sup>2</sup>,网内最弱点点位中误差为±0.7 cm(限差±5 cm),最弱边相对中误差≤1/44.9万(限差1/4.5万),最弱方向中误差为±0.49"(限差±2.5"),能够满足本次排水规划测绘需要,作为本次测绘的首级控制。原城区一级GPS控制点共269个,系2003年由寿光市建设局采用GPS静态测量和RTK测量方法布设完成,点位精度小于±1.5 cm(限差±5 cm),点间精度满足城市一级导线要求,可选择利用<sup>[2]</sup>。

### 2.2 高程控制资料

测区内有国家一等水准点柳沙18,二等水准点寿沂1,经踏勘点位保存完好,高程为1985国家高

\* 收稿日期:2008-05-15;修订日期:2008-06-17;编辑:陶卫卫

作者简介:胡晓东(1971-),男,山东寿光人,工程师,主要从事市政工程测量及规划测量工作。

程基准,作为高程起算点和检核点。原城区高程控制网,起算点采用柳沙18,网内每千米高差全中误差为 $\pm 3.1\text{ mm}$ (限差 $\pm 10\text{ mm}$ ),最弱点高程中误差为 $\pm 0.8\text{ cm}$ (限差 $\pm 2\text{ cm}$ ),最弱点间高差中误差为 $\pm 0.7\text{ cm}$ (限差 $\pm 2\text{ cm}$ ),各精度指标均满足规范要求,可直接利用,同时对于外围或城区破坏处,采用四等水准布设高程控制网,并与原有观测资料进行重新平差后作为本次控制资料。

### 3 主要技术要求

- (1)一级GPS控制网中最弱点点位中误差小于 $\pm 5\text{ cm}$ ,最弱边边长中误差小于 $1/20000$ 。
- (2)四等水准每千米高差的权中误差 $M_w \leq \pm 10\text{ mm}$ ,四等水准网最弱点的高程中误差(相对于起算点)小于 $\pm 2\text{ cm}$ 。
- (3)管道主线成图比例尺为1:1000,断面图比例尺为1:100。
- (4)图根点相对于起算点的点位中误差不大于 $\pm 0.05\text{ m}$ ,高程中误差不大于 $\pm 0.05\text{ m}$ 。
- (5)对工程具有制约作用的地物点,如检修井、暗渠汇交口等,相对于邻近图根点的点位中误差和高程中误差应小于 $\pm 5\text{ cm}$ ;一般地物点相对于邻近图根点的点位中误差,在图上应为 $\pm 0.5\text{ mm}$ 之内,邻近地物点间中误差在图上应为 $\pm 0.4\text{ mm}$ 之内。

## 4 方案设计

### 4.1 平面控制测量

设计采用GPS卫星定位测量技术静态方式布设一级GPS控制网,作为测区平面控制的加密。

#### 4.1.1 布设

一级GPS控制点在原城区四等GPS控制点基础上,采用边连式与点连式结合的原则布设。一级GPS控制网设计共由436点组成,其中已知控制点13个。整网由117个6点同步环和87个异步环组成,异步环中最多边数为8条。网内最长边约为7 km,最短边约为0.2 km,网内平均边长约为1.3 km,相邻通视点间平均距离约为560 m。一级GPS控制网布设应充分考虑与原有控制成果的衔接和检核,应联测部分原有四等和一级GPS控制点。

#### 4.1.2 观测

(1)四等GPS网设计使用8台(套)美国天宝双

频GPS接收机5700,采用静态方式观测(仪器标称精度 $5\text{ mm} + 1 \times 10^{-6}$ ),观测时段数应大于1.6,时段中任一卫星有效观测时间大于15 min;每站观测时间应大于45 min,数据采样间隔为15 s,同时观测有效卫星数和有效观测卫星总数 $\geq 4$ 颗,点位几何强度因子PDOP $\leq 6$ 。

(2)作业前根据星历预报编制观测计划,保证各条观测基线的模糊倍率因子在1.5以上。

(3)观测时,天线安置采用脚架对点器精确对中,对点误差应小于2 mm;每站观测前后各量取天线高1次,2次量高之差应小于2 mm,取平均值作为天线高。天线高的测定采用倾斜测量方法:测量天线高测量基准面至标志的距离 $L$ ,设量测部位至仪器中心的距离为 $R$ ,则天线高为 $h = \sqrt{L^2 - R^2}$ ,各种数据均应做好现场记录。

#### 4.1.3 数据处理

采用天宝公司随机商用软件“TGO1.6”进行GPS网数据处理,步骤为基线处理 $\rightarrow$ 闭合差验算 $\rightarrow$ 无约束平差 $\rightarrow$ 约束网平差。

(1)基线处理:在WGS-84坐标系下,采用广播星历按单基线双差固定解进行解算,处理过程中卫星高度角应大于 $15^\circ$ 。各条基线应加入对流层延迟改正,基线长度大于5 km时应加入电离层改正。基线处理完成后,应进行环线闭合差的验算。基线解算应满足《全球定位系统(GPS)测量规范》要求<sup>[3]</sup>,各项检核的限差如下:①独立闭合环或附合路线坐标闭合差的限差 $W_x, W_y, W_z \leq 3\sqrt{n}\sigma, W_s \leq 3\sqrt{3n}\sigma$ ;②复测基线的长度较差的限差 $d_s \leq 2\sqrt{2}\sigma$ 。式中: $n$ —独立环中的边数; $\sigma = \sqrt{10^2 + (10d)^2}$ , ( $\sigma$ 为相应级别规定的精度,mm; $d$ 为测区的平均边长,km)。

(2)平差计算首先在“WGS-84坐标系”内进行无约束平差,然后在1980西安坐标系内进行三维约束平差。

(3)约束平差过程中注意对约束使用的国家控制点质量的检查,综合考虑,合理采用,最终确定最优平差方案。同名基线无约束平差和约束平差中的2类改正数较差超过限差时,应考虑起算点的选用。GPS网改正数差值较差应符合下式规定: $dV_{\Delta X}, dV_{\Delta Y}, dV_{\Delta Z} \leq 2\sigma$ 。

### 4.2 高程控制测量

#### 4.2.1 布网方案

充分利用已有高程控制成果,对于外围或城区个别破坏处,采用四等水准测量方法布设高程控制网,并与原有观测资料进行重新平差后作为本次控制资料。四等水准网布设应充分联测国家水准高程点和原有高程控制点,四等水准网共设计 68 个闭合环,水准路线布设通过所有地面控制点,结点间最大长度小于 10 km。

#### 4.2.2 观测

(1)组成环线的各段线路单程观测,水准支线往返观测。

(2)使用 S07 型水准仪拓普康 AT-G2 配合区格式木质水准标尺,采用中丝法按后—后—前—前顺序施测。

#### 4.2.3 平差计算

(1)四等水准观测高差要进行标尺每米真长的改正和正高改正,正高改正公式为  $\varepsilon = 1476.3 \times 10^{-9} \times \text{测段高程平均值} \times \text{纬差}$ (单位:分)。

(2)平差计算前要对各项闭合差进行验算,满足要求后方可进行平差计算。四等水准网中符合路线或环线闭合差应不大于  $\pm 20 \sqrt{L}\text{mm}$ ( $L$  为路线长度,km),检测高差之差应不大于  $\pm 30 \sqrt{R}\text{mm}$ ( $R$  为检测路线长度,km)。

#### 4.3 成果的检核

(1)新旧控制网点重合检查。对原城区四等及一级 GPS 点与本次作业成果进行比较,检核本次成果的精度情况以及验证原有成果的质量,针对校差

应分析原因。

(2)高程检核。水准测量中,如连续 2 段错误且正负抵消时,在水准网平差时反映不出,导致成果错误。GPS 拟合高程能起到高程的检核作用,能够判断水准测量中的粗差。

#### 4.4 地形测量

##### 4.4.1 RTK 测量技术

RTK(Real-Time Kinematic)技术又称载波相位动态实时差分技术,要求 1 台基准站和至少 1 台流动站及相配套的数据通讯链,基准站实时地把测站信息和所有观测值通过数据链传递给流动站,流动站用先进的处理技术瞬时求出其在指定坐标系中的三维坐标,并达到厘米级精度。RTK 技术是导航技术与通讯和信号处理技术的完美结合,具备灵活、快速、省时、省力等优点,能够显著地提高工作效率,便于实时校核,保证成果精度<sup>[4]</sup>。

##### 4.4.2 图根控制测量

图根控制点在四等、一级 GPS 控制点的基础上,采用美国 Trimble5700 GPS RTK 测量系统布设;测区内 GPS 无法观测地区,使用全站仪附和导线、支导线的形式布设。

(1)采用 RTK 测量图根点时,应采用七参数校正,采用小三脚架配合对中杆作业,观测过程中连续跟踪不小于 5 颗卫星,每一测站观测 6 个历元。

(2)图根导线测量。图根导线依据等级控制点,分 2 级进行加密,布设形式为附和导线或结点导线,规定如表 1。

表 1 图根导线测量的技术要求

级别	导线长度 (km)	平均边长 (m)	测回数		测回差 (")	方位角闭合差 (")	导线全长 相对闭合差	坐标闭合差 (m)
			DJ <sub>2</sub>	DJ <sub>6</sub>				
一级	1.2	120	1	2	18	$\pm 24 \sqrt{n}$	1/5000	0.22
二级	0.7	70	1	1		$\pm 40 \sqrt{n}$	1/3000	0.22

注:n 为测站数。

(3)极坐标法施测图根点的坐标和高程时,可采用全站仪直接测定坐标,仪器高和照准高量至 1mm。支导线布设一般不超过 3 条边、总长不超过 250m。使用“NASEW95”平差软件,在微机上进行平差计算,图根点坐标和高程取位至 1cm。

#### 4.4.3 地形测图

地形测量采用全野外数字化作业的方法进行实测。使用全站仪和天宝 5700 双频 GPSRTK,依据各

等级控制点,按《城市测量规范》要求在野外测定各主要地物、地貌的平面坐标及高程,并现场绘制草图,然后将测定的碎部点数据通讯至微机,采用“南方 CASS7.1”数字化成图软件编辑成图。

#### 4.5 排水系统测量

##### 4.5.1 检查井调查

(1)调查方法。调查时对工程范围内的检查井逐个开启井盖,通过专用检查井调查器具进行测量。

每个检查井按照调查顺序编号,在实地和作业图上予以标注,并区分雨水井或污水井的性质。道路交叉口的关键检查井、周边小区和厂区接入的支管,要求调查至少同一方向2个以上的检查井,以给出准确的水流流向趋势。管线点编号采用管线代号和点号组成,即:雨水管道第12号管线点为YS12,污水管道第120号管线点为WS120。

(2)调查内容和要求。排水管道按排水性质分为雨污合流、雨水、污水。调查的内容为:管线的平面位置、埋深(高程)、走向、性质、规格等。地下管线点的测量精度:平面位置测量中误差不得大于 $\pm 5\text{cm}$ (相对于邻近控制点),高程测量中误差不得大于 $\pm 3\text{cm}$ (相对于邻近高程控制点)。地下管线的测绘精度:实际地下管线的线位与邻近建(构)筑物、道路中心线及相邻管线的间距中误差不得大于图上 $\pm 0.5\text{mm}$ 。

(3)管线图根据有关要求注记管线材质、管径或断面尺寸等,检查井测量成果按照图1格式标注。

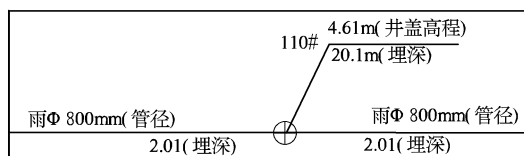


图1 检查井测量成果标注图

断面图是根据实地确定的断面位置和断面上各种管线点的点位及属性特征生成,比例尺应选择整数。管线复杂密集部位用局部放大图处理,根据图面复杂情况确定比例尺放大生成,放大图比例尺应选择整数。

#### 4.5.2 河道、沟渠测量

(1)地形测图。河道测量一般测绘至坝脚外,对于河道较宽的测绘至主河槽外50m,常年流水的河道,应进行水深测量,桥梁、涵洞应测定底面高程

和顶部高程,道路相交处和支流交汇处测绘范围应外延。

(2)断面测设。沟渠断面应统一编号,断面方向与现状河道中线垂直,断面间距离一般不大于200m。根据河道实地变化情况,对河道宽度变化的地方,如拦水坝、闸门、支流交汇口等高程起伏处,应加测断面。测量时在河道的两岸定出断面的起终点,起终点设置在河道边线外5m。

(3)断面图制作。断面图制作采用南方“CASS7.0”数字化测图软件完成。先将外业断面数据展绘,再利用断面生成功能完成。通过采集到的断面数据,绘制1:100的断面格网图(CAD格式)。渠道内有水的断面,断面图应包含水面标高及水面标高测量时间等信息。每条整河的沟渠断面图与沟渠平面图位置要对应,平面图上要标示出各个断面的具体位置。

## 5 结束语

在该设计方案的指导下,通过充分收集和分析利用已有成果资料,合理使用起算点,科学布网,采用先进仪器设备和新科技成果,保证了在较短工期内高质量、高效率地完成了工程任务。高精度测量成果的及时提供,满足了该市雨、污分流专项规划设计需要,赢得了良好信誉,取得了较好的经济和社会效益。

## 参考文献:

- [1] CJJ61-2003. 城市地下管线探测技术规程[S].
- [2] CJJ8-99. 城市测量规范[S].
- [3] GB/T18314-2001. 全球定位系统(GPS)测量规范[S].
- [4] 吉长东, 乔仰文, 佐海玉. 实时动态差分GPS在城市加密控制测量中的应用及其精度检验[J]. 测绘通报, 2006, (6): 29-30.

## Design of Topographic Mapping Drainage and Drainage Pipes in Shouguang city

HU Xiao-dong<sup>1</sup>, WANG Rui-chen<sup>2</sup>

(1. Shouguang Construction Bureau, Shandong Shouguang 262700, China; 2. Shouguang Management Committee in Economic Developing Area, Shandong Shouguang 262703, China)

**Abstract:** Mapping project design is the basis for the mapping production design. It will play an important role in guiding project implementation. Design technology of topographic mapping drainage and drainage pipelines in Shouguang City is introduced in this paper.

**Key words:** Pipeline; rain sewage diversion; mapping; plan; topographic map