# 任务2图根控制测量

# 2.1 概述

高等级控制点的密度不可能满足大比例尺测图的需要,这时应布设适当数量的图根控制点,又称图根点,直接供测图使用。图根控制网的布设,是在各等级控制点下进行加密。 在较小的独立测图时,图根控制可作为首级控制。

图根控制测量分为图根平面控制测量和图根高程控制测量。图根平面控制测量可采用传统的导线测量,也可以采用 GNSS-RTK 测量;图根高程控制测量可采用图根水准测量、图根三角高程测量或者 GNSS-RTK 测量。

# 2.2 图根点的精度和密度要求

#### 2.2.1 图根点的精度要求

根据不同的测量任务和规范要求,图根控制测量的精度要求不同,具体参照各行业规范。《城市测量规范》CJJ/T 8-2011 对图根点点位中误差和高程中误差的规定如表 3-1:

表 3-1 图根点点位中误差和高程中误差

中误差	相对于图根起算点	相对于《	邻近图根点
点位中误差	≦图上0.1mm	≦图.	上 O. 3mm
高程中误差(m)	$\leq 1/10 \times H$	平地	$\leq 1/10 \times \mathrm{H}$
		丘陵地	$\leq 1/8 \times H$
		山地、高山地	$\leq 1/6 \times H$

注: H 为测图基本等高距

## 2.2.2 图根点的密度要求

数字测图法图根点的密度应根据测图比例尺和地形条件确定,平坦开阔地区图根点的 密度宜符合表 3-2 的规定。地形复杂、隐蔽及城市建筑区,图根点应满足测图需要,并宜结 合具体情况加密。

测图比例尺	1: 500	1: 1000	1: 2000
图根点的密度	≧64	≥16	≥4

表 3-2 平坦开阔地区图根点密度(点/km<sup>2</sup>)

# 2.3 全站仪导线测量

#### 2.2.1 图根导线的布设

图根点为满足测图的需要,应选在土质稳定、便于设站并且尽量能多测量碎部点的地方。 图根点宜采用临时标志,当测区高级控制点稀少时,应适当埋设标石。全站仪导线测量的布 设形式有单一附合导线、单一闭合导线和导线网,因地形限制,图根导线无法附合时,可布 设支导线。电磁波测距导线的长度和平均边长应符合表 3-3 的规定。图根导线不宜超过二次 附合,支导线不应多于 4 条边,长度不应超过表 3-6 规定长度的 1/2,最大边长不应超过平 均边长的 2 倍。

表 3-3 电磁波测距导线的长度和平均边长(m)

测图比例尺	附合(闭合)导线长度	平均边长
1: 500	900	80
1: 1000	1800	150
1: 2000	3000	250

2.2.2 图根导线的观测及平差计算

1、距离测量

图根导线边长采用全站仪单向施测,每条边测1个测回,即照准目标1次,读数4次, 各次读数较差不超过10mm,测边前应测定温度、气压,进行气象改正。

2、水平角观测

水平角观测采用测回法或方向法, 施测 1 测回, 根据《城市测量规范》CJJ/T8-2011, 导 线角度闭合差不大于± $40\sqrt{n}$  (n为测站数), 导线相对闭合差不大于 1/4000。

3、高程测量

图根三角高程测量边数不超过12条,垂直角应对向观测,分别测1个测回,也可以 单向观测1测回,变动棱镜高后再测1测回,观测各项技术指标见下表3-4:

#### 表 3-4 图根三角高程测量的技术指标

垂直角指标差(")	对向观测高差、单向两次高差	附合路线或环线闭合差
	较差(m)	( <b>mm</b> )
≦25	≦0.4×S	$\pm 40\sqrt{D}$

注:S为边长(km);D测距边长总和(km)

当图根点采用水准测量法测定高程时,按照水准测量的相关规定,路线闭合差在  $\pm 40\sqrt{L}$  mm之内(L为路线长度)。

4、图根导线的平差计算

图根导线平差可采用近似平差。计算时,角度应取至秒,边长和坐标应取至厘米,计算 结果取至厘米。

导线平差计算软件很多,尽管各软件界面不一样,但计算思想是一致的,下面以南方 平差易 2005 为例介绍图根导线平差计算的作业步骤。

南方平差易 2005 导线平差计算作业流程图如图 3-1:



图 3-1 平差计算作业流程图

以一条附合导线为例,A、B、C和D是已知坐标点,2、3和4是待测的控制点。原始测量数据如表3-5,导线图如图3-2:

表 3-5 导线原始数据表

测站点	角度(°‴)	距离(米)	X (米)	Y (米)
В			8345.8709	5216.6021
А	85.30211	1474.4440	7396.2520	5530.0090
2	254.32322	1424.7170		
3	131.04333	1749.3220		
4	272.20202	1950.4120		
С	244.18300		4817.6050	9341.4820
D			4467.5243	8404.7624



图 3-2 导线图

第一步: 在平差易软件中输入以上数据, 如图 3-3 所示:

■ 导线水碓-1.txt - PA2002								<u>- 🗆 ×</u>										
文件(E	) 编辑(	<u>E)</u> 平差(A	) 成果( <u>R</u> )	) 窗口()	烈 工具	(I) 帮	)) )) )	Ð										
	ž 🖬	<b>*</b>   🖪 (	5   <b>?</b>	ର୍ର୍	۲	$\oplus$	►		<b>à</b> -	<u> </u>	🛋 🖿			<b>\$</b>	$\mathbb{M}$	•		M
序号	点名	属性	X(m)		Y(m)			H(m)										
001	В	10	8345.870	19	5216.6	021		0.000	000									
002	Å	10	7396, 252	0	5530.0	090		0.000	000									
003	С	10	4817.605	0	9341.4	820		0.000	000									
004	D	10	4467.524	3	8404.7	624		0.000	000		Ąв							
005	2	00						0.000	000			~	~2					
006	3	00						0.000	000									
007	4	00						0.000	000		<u>∽</u> A			$\backslash$				
008														6	<del>`3</del> −			-9 <b>A</b>
•									Þ									
测站.	μ́: γ			1	格式:	(1)边	角		•	1								}
序号	照准	名 方向	值	观测	121日日	ù	昷度		气度									
001	В	0.00	0000	1000	. 000000	0	). 000	)	0.0								1	
002	2	85.3	302110	1474	4.444000	0	). 000	)	0.0						,	1	A	7 C
003														•	2	-7 D		0101
														U 		108	SU .	2161
•									Þ									
就绪															Γ		数字	

图 3-3 数据输入

第二步:设置计算方案

设置平差计算的一系列参数,包括验前单位权中误差、测距仪固定误差、测距仪比例误 差等,如图 3-4 所示。该向导将自动调入平差数据文件中计算方案的设置参数,如果数据文 件中没有该参数则此对话框为默认参数(2.5、5、5),同时也可对该参数进行编辑和修改, 向导处理完后该参数将自动保存在平差数据文件中。

平差向导-设置计算方案	22.2.2.2.2.2.2.2.2.2.2.2.2.2.2.2.2.2.2	<u>×</u>
	法前单位权中误差     2.5       边长定权方式     测距仪       测距仪固定误差(mm)     5       测距仪比例误差(mm)     5       边长中误差(mm)     0	<ul> <li>→ 単次平差</li> <li>✓ 迭代平差</li> </ul>
ALL STREET	高程平差 ✓ 一般水准测量 □ 三角高程测量 水准测量定权方式 按距离定权 ✓	<ul> <li>□ 单向观测</li> <li>☑ 对向观测</li> </ul>
	限差及等级 角度闭合差限差倍数 3 平面网等级 城市二级 ▼ 水准网等	级国家四等 💙
		默认
	〈上一步 ⑧〉下一步 ⑧〉〉 取消	帮助

图 3-4 计算方案设置

第三步: 平差计算

概算是对观测值的改化包括边长、方向和高程的改正等。当需要概算时就在"概 算"前打"〕",然后选择需要概算的内容。点击"完成"则整个向导的数据处理完毕, 如图 3-5。随后就回到南方平差易 2005 的界面,在此界面中就可查看该数据的平差报 告以及打印和输出。

* 000 M	平面网概算 一 归心改正 「 高斯改化 「 Y含500公里 [ 气象改正
and a start of the second	」 」 」 」 」 」 」 」 」 」 」 」 」 」
No. Carlos	
The w	气温で 15 气压nmHg 1030 湿度nmHg 3332
E I	<ul> <li>● 北京54系 ○ 国家80系 ○ WGS84系 ○ 自定义</li> <li>         摘球长半轴半径(m)         </li> </ul>
	椭球短半轴半径 (m)

#### 图 3-5 平差计算

水准测量和三角高程平差计算与导线平差计算过程相同,只不过在"计算方案"中要选择"一般水准"或是"三角高程"。"一般水准"所需要输入的观测数据为观测边长和高差;"三角高程"所需要输入的观测数据为观测边长、垂直角、站标高和仪器高。最后选择相

应的等级,进行平差计算即可。

# 2.4 GNSS-RTK 图根测量

GNSS-RTK 技术采用了载波相位动态实时差分(Real Time Kinematic)方法, RTK 测量 能够在野外实时得到厘米级的坐标和高程数据,是数字化测图图根测量普遍采用的方法。 RTK 测量可采用单基站 RTK 和网络 RTK 测量两种方法进行。已经建立 CORS 系统的城市,宜 采用网络 RTK 测量,没有建立 CORS 系统的城市,则采用单基站 RTK 测量。下面以南方 S-86 工程之星 3.0 为例介绍单基站 GNSS-RTK 图根测量。

#### 2.4.1 GNSS-RTK 图根测量环境要求

RTK 测量必须在开阔地区、远离高压线和大功率无线电发射源的环境下才能得到高精度 的测量数据,因此在乡村地区 RTK 测量方法可以得到很好的应用,在城市和居民区则受到 一定的限制。随着 GPS 系统、北斗导航系统(BDS)和 GLONASS 系统的兼容,RTK 测量在城 市和居民区越来越得到广泛的应用。仪器接收到的卫星状况越好,测量得到的数据往往精度 越高,越可靠。以《卫星定位城市测量技术规范》CJJT 73-2010 为例,RTK 测量时,GNSS 卫星 的状况应符合表 3-6 的规定。

表 3-6 GNSS 卫星状况的基本要求

观测窗口状态	15º以上的卫星个数	PDOP 值
良好	≧6	<4
可用	5	<6
不可用	<5	≧6

## 2.4.2 GNSS-RTK 图根测量技术要求

1.对起算点的要求

平面测量起算点数量不少于 3 个,等级在三级及以上;高程测量起算点数量不少于 5 个,等级在四等及以上。各起算点应均匀分布在测区范围内,对高程测量,平原点间距不超过 5KM,地形起伏较大的地区,应按地形特征增加点位。

进行坐标转换时,平面坐标转换的残差绝对值不应超过 2cm,RTK 测量前设置的收敛 阀值,平面不超过 2cm,高程不超过 3cm。

图根平面测量测回数不少于 2 个测回,图根高程测量测回数不少于 3 个测回,每测回的自动观测个数不少于 10 个观测值。测回间平面坐标坐标分量不超过 2cm,垂直坐标分量不超过 3cm。取平均值作为最终成果。

# 2.4.3 南方 S-86 工程之星 3.0 单基站 RTK 测量步骤

1、接收机主机设置

在架设仪器之前,应将两台 GNSS 接收机分别设置成基准站和移动站模式,如图 3-6 所示。



3-6 接收机主机设置

在设置完基准站和移动站之后,还要设置基准站和移动站的差分格式与数据链。下面以 基准站设置为例进行讲述,如下图 3-7、图 3-8 所示。



图 3-7 接收机差分格式设置



图 3-8 基准站数据链设置

基准站与移动站的差分格式、数据发射间隔必须相同;常规 RTK 使用的数据链为电台, 基准站与移动站电台通道必须相同。如果使用网络 RTK 移动站,数据链根据使用的网络信号 选择 GPRS 网络或者 CDMA 网络。

# 2、新建工程项目

新建工程项目,如果之前已经有项目,则可直接打开已有项目即可,如图 3-9 所示。



图 3-9 新建工程项目

选择测区坐标系统,如果没有合适项目的坐标系统,可以建立新的坐标系统,如图 3-10 所示。

	0	ok 🗙
坐标系统列表     China/B154/38	投影 水平 7 参数系统名:	高程 七参 垂直
西安 广州市区	椭球名称: a 6378245	Beijing54  ▼ 1/f 298.3
	投影方式:	高斯投影 ▼
	中央子午线:	114
	北加富数: 东加常数:	500000
	投影比例尺:	1
	投影高:	0
	平行圈纬度1:	0
( ) 第一 ) 第一 ) 第二   第二   第二   第二   第二   第二   第二   第二	平行圈纬度2:	0

图 3-10 选择坐标系统

2、数据文件的导入、导出和管理

对于起算点数据,可通过文件的形式导入到当前项目中,对当前项目已经测量的数据, 也通过文件的形式导出项目。这些数据文件存储在手簿中,可以通过连接计算机输入和输出。 数据文件的导入和导出如图 3-11 所示。

<b>9</b>	
- 导入文件类型:	● 导出文件类型: 南方Cass格式(*.dat)-Pn,Pc,y,x,h
天宝参数文件 (*.dc) 🗸 🗸	编辑 删除 自定义
打开文件	测量文件
	成果文件
导入 退出	导出 退出

图 3-11 数据文件导入和导出

如果需要人工输入测量数据,或者需要删除不需要的数据,可以通过数据管理进行增

加和删除,如图 3-12 所示。

<i>[</i> ] 20100526			0		确	定取	消
	坐标管理	库 ( <u>A</u> )	点名	- 20	)		
	道路设计	( <u>B</u> ) ►	<mark>点名</mark> 编码	z	东	坐标	
	求转换参	数 (C)	2091	aspt2091	4350	13.518	
	- 校正向导	(D)	🕂 2092	aspt2092	4350	13.518	
工程	1XIEIPIT	(1)	🕂 2093	aspt2093	4350	13.519	
			🕂 2094	aspt2094	4350	13.515	
£ -		-	🕂 2095	aspt2095	4350	13.516	
	17 S		🕂 2096	aspt2096	4350	13.516	
	<b>6</b> i		🕂 2097	aspt2097	4350	13.515	
		MT.	🕂 2098	aspt2098	4350	13.517	
测量	上具	天士	🕂 2099	aspt2099	4350	13.518	≡
							•
切换 p·固定解 H·I	0.004 V:0.00	7 图形				► <b>•</b>	
			绿色:半面	黄色:经纬度	出空:空間	且角	
信息 5:9 半1	16:15:	45 亲里	増加	编辑	删除	清除	
退出\2010052	26\20100526	i.el 确定	文件	细节	设置	过滤	

图 3-12 数据管理

3、求转换参数

RTK 测量得到的是 WGS-84 坐标,需要转换到当地坐标系的坐标中,这就需要进行坐标转换参数的计算。转换参数有三参数、四参数和七参数,根据图根控制测量的要求,应采用七参数。操作步骤是:输入→求转换参数,然后输入控制点的当地坐标和 WGS-84 坐标,如图 3-13 所示:

控制点比		上 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	30 040140105
気名:	ZS63	5 19/382.	39/040140193
比坐标:	4326902.718	经度:	112.084520901
F44标:	490872.275	高程:	1479.172
<b>新程</b> :	1499.648	天线高:	0
	246324002440	● 直高	〇 斜高 〇 杆高
确定	取消	通认	取注

## 图 3-13 输入已知点的当地坐标和 WGS-84 坐标

当把所有的控制点的当地坐标 WGS-84 坐标后,即可进行坐标转换,转换结果符合规范的要求后则保存,应用到当前项目中。如图 3-14 所示。

0				0			
点名	北坐标	东	坐标	水平精度	高程精度	使用水平	使用高程
🛓 ZS63	4326902.71	18 4908	72.27	0.002	-0.051	Y	Y
				0.002	-0.038	Y	Y
				0.000	0.088	Y	Y
•			•	4			
\EGJobs	\20100526\Info	o\2.cot		\EGJobs	\20100526	\Info\2.cot	
增加	编辑删除	使用	设置	增加	编辑  删	除使用	设置
打开	保存 重看	应用	取消	打开	保存	看    应用	取消

图 3-14 坐标转换计算

## 4、设置移动站

移动站设置主要是为了设置移动站主机的解算精度水平和差分数据格式。具体步骤: 配 置→仪器设置→移动站设置,界面如图 3-15 所示。

移动站设置——		
解算精度水平:	high	•
RTK解算模式:	NORMAL	•
差分数据格式:	RTCA	•
NetWork Mode:	disabled	•
SBAS Control:	disable	•
GLONASS:	enable	-

图 3-15 移动站设置

5、设置基准站

基准站可以在已知控制点上设站,也可以在任意地点上设站,称为任意设站。如果采用 任意站设站,则需要进行点校正。

基准站设置主要是设置基准站参数和发射坐标,基准站参数第一次设置后,以后的参数如果和上次一样则不需再设置。基准站发射坐标、仪器高数据等要与实地一致。基准设置成功后,主机会有规律闪烁。设置基准站如图 3-16 所示。

<u> </u>						
┌基站参数─────	-基站参数					
格式 CMR ▼发射间隔 1	格式 CMR ▼发射间隔 1					
模式 RTK ▼ 截止角 0	模式 RTK ▼ 截止角 0					
天线高 2 PDOP限制 3	天线高 <mark>EGStar ok</mark>					
┌基站坐标	-基站生					
纬度 23.0735647859 📃 🕱	纬度 23.0733047839 3-1 🔊					
经度 113.2200046414 ④ 经纬度	经度 113.2200046414 ④ 经纬度					
椭球高 31.9970 ○ 平面	椭球高 31.9970 〇 平面					
□ 求七参数模式 □ 重复设站模式 □ 求七参数模式 □ 重复设站模式						
注意:单点定位坐标时,不能输入天线高 注意:单点定位坐标时,不能输入天线高						
启动基站 帮助 退出	启动基站 帮助 退出					

如图 3-16 设置基准站

6、开始测量

当移动站接收机接收到基准站信号并且得到"固定解"后,即可进行测量,如图 3-17 所示。当收敛阀值满足设定的"平面不超过 2cm,高程不超过 3cm"、观测个数不少于 10 个 观测值后自动保存该数据。当各测回差满足规范要求后即可完成本控制点测量。



图 3-17 点测量