

3 GPS定位的设计与实施

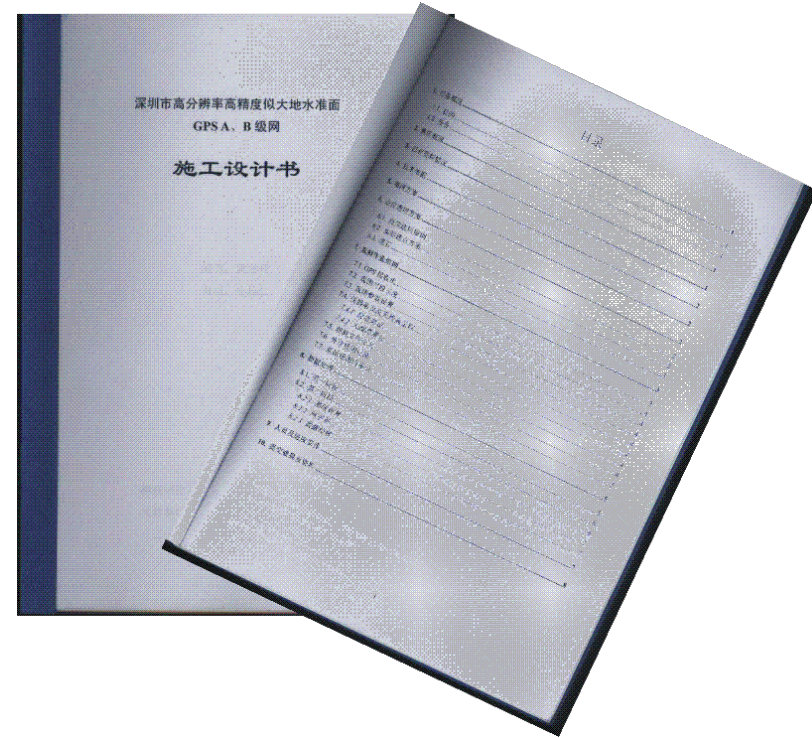
- 3.1 GPS测量的技术设计
- 3.2 GPS测量的组织实施
- 3.3 GPS测量的作业模式
- 3.4 问题讨论

3.1 GPS测量的技术设计

GPS网技术设计的依据①

3.1.1 测量任务书或测量合同

- 1、任务书
- 一项GPS测量工程项目，往往是由工程发包方、上级主管部门或其他单位或部门提出，由GPS测量队伍具体实施的约束文件。
- 2、合同书
- 经双方协商后双方所签订的合同，具有法律效力。

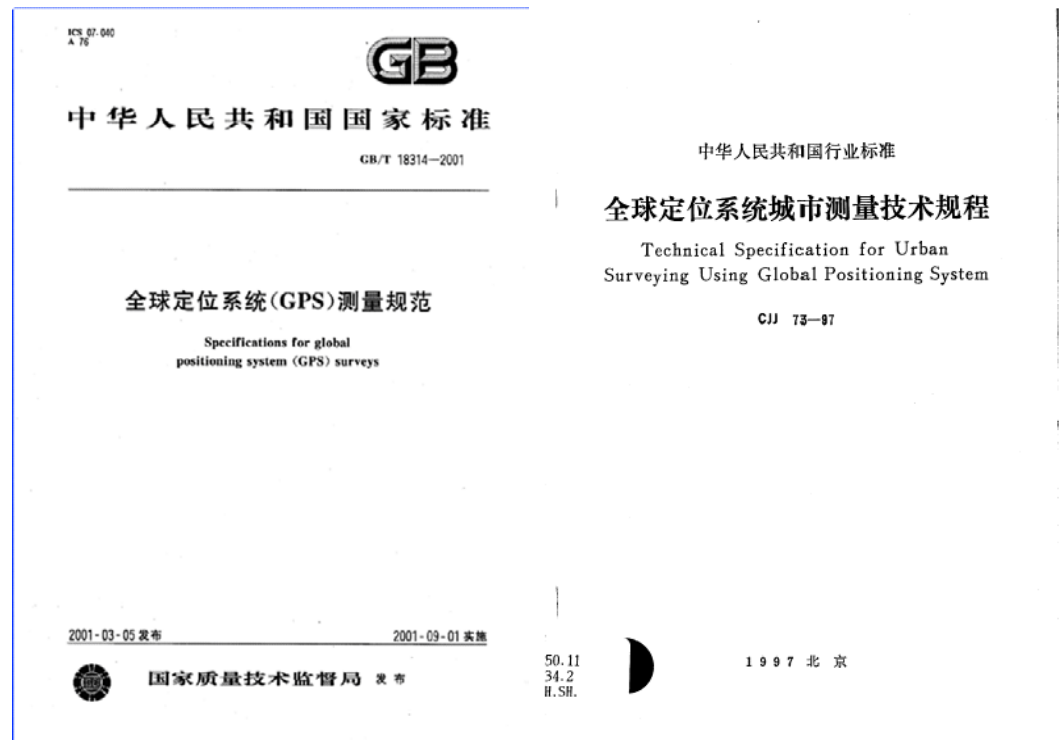


3.1 GPS测量的技术设计

GPS网技术设计的依据②

3.1.2 测量规范

- 1992年
- 1995年
- 1997年
- 2001年
- 2009年
- 地方、行业规范



3.1 GPS测量的技术设计

GPS网的精度和密度设计

3.1 GPS测量的技术设计

GPS测量的等级及其用途

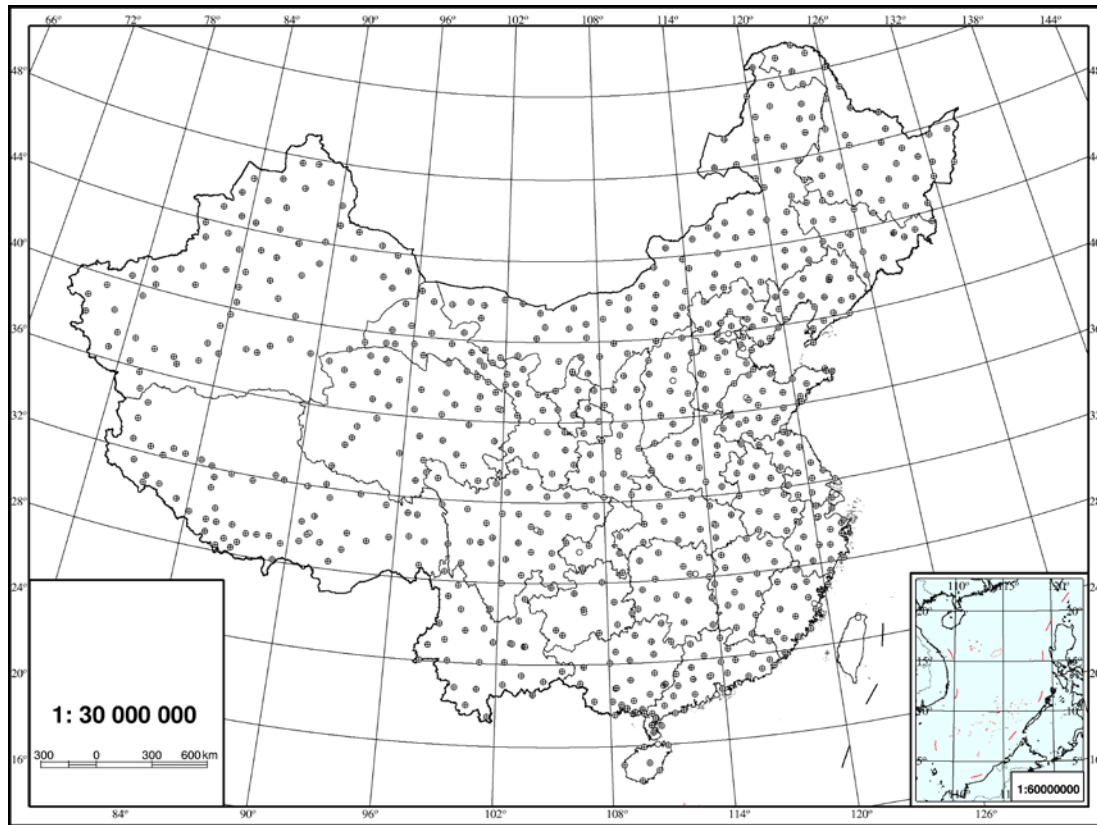
- 1、等级及用途
- AA级的等级一般为全球性的坐标框架；
- 美国联邦大地测量分管委员会（Federal Geodetic Control Subcommittee-FGCS）在1988年公布的GPS相对定位的精度标准中有一个，此等级的网一般为全球性的坐标框架。



IGS的GPS卫星跟踪网络

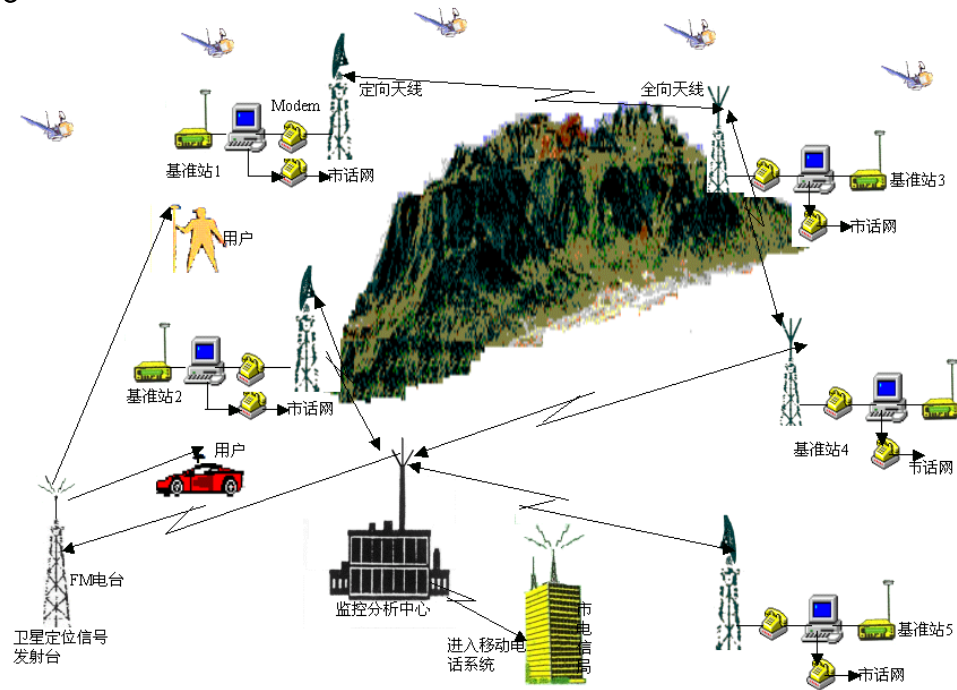
3.1 GPS测量的技术设计

- A级网一般为区域或国家框架网、区域动力学网；
- B级网为国家大地控制网或地方框架网；



3.1 GPS测量的技术设计

- C级网为地方控制网和工程控制网；
- D级网为工程控制网；
- E级网为测图网。

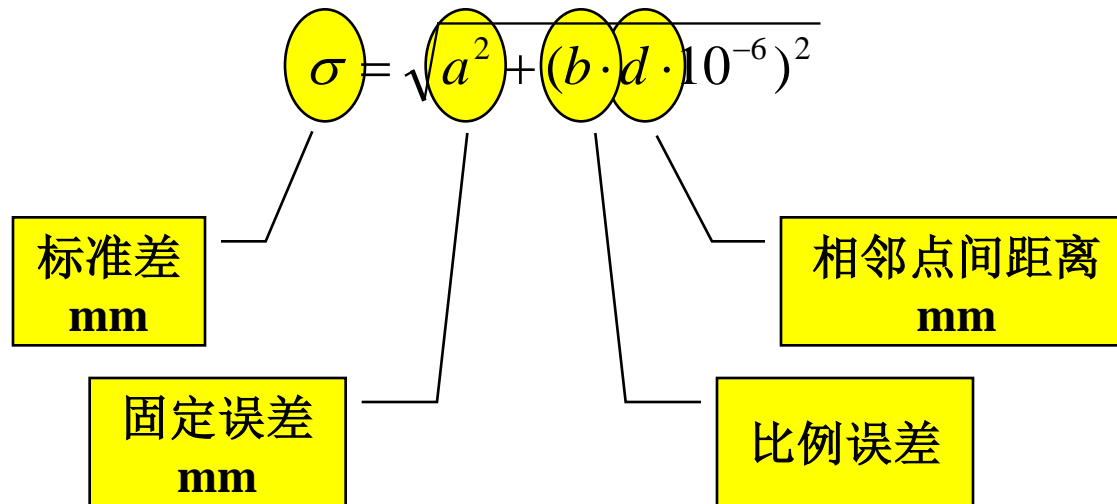


深圳市连续运行卫星定位导航服务系统结构及通信网络示意图

3.1 GPS测量的技术设计

各等级GPS测量的精度指标

- GPS网的精度衡量指标 – 相邻点基线长度精度



3.1 GPS测量的技术设计

各等级GPS测量的精度指标

- 固定误差和比例误差系数

级别	固定误差 a , mm	比例误差系数
AA	≤ 3	≤ 0.01
A	≤ 5	≤ 0.1
B	≤ 8	≤ 1
C	≤ 10	≤ 5
D	≤ 10	≤ 10
E	≤ 10	≤ 20

精度分级

3.1 GPS测量的技术设计

各等级GPS测量的精度指标

- 点位精度和基线长度年变化率精度规定

级别	点位地心坐标精度, m	基线长度年变化率精度, mm/年
AA	≤ 0.05	≤ 2
A	≤ 0.1	≤ 3

3.1 GPS测量的技术设计

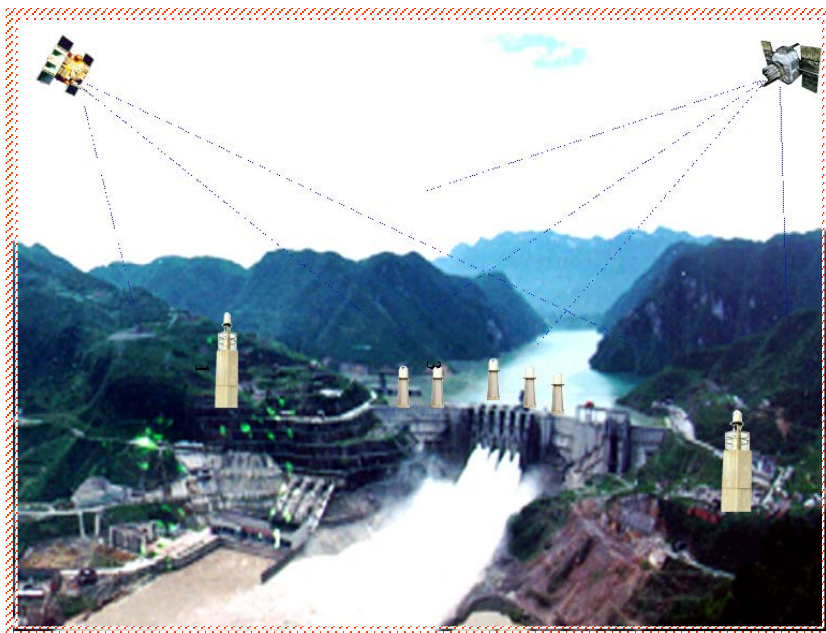
各级GPS点的密度指标

测量分类	相邻点距离(km)
A	100~2000
B	15~250
C	5~40
D	2~15
E	1~10

3.1 GPS测量的技术设计

根据具体情况技术设计

- 工程实际精度要求
- 实际情况



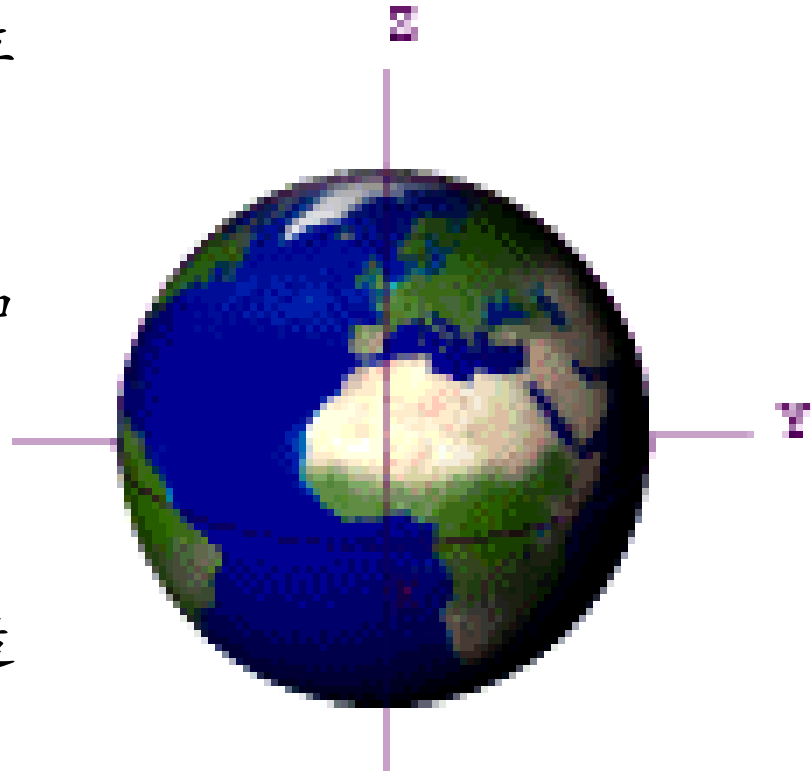
3.1 GPS测量的技术设计

GPS网的基准设计

3.1 GPS测量的技术设计

基准设计

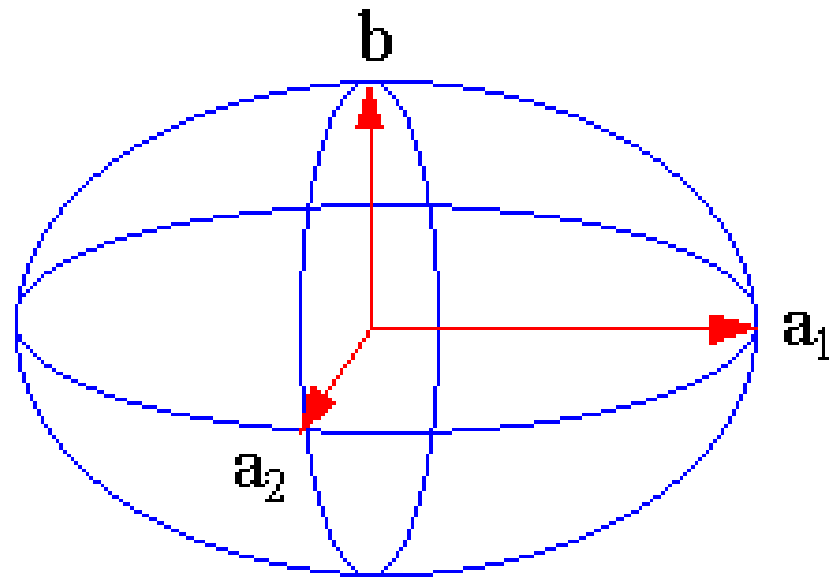
- 1、GPS网的基准：
位置基准、尺度基准和方位基准
- 2、方法：
 - (1) 固定一个点的坐标，加适当的权
 - (2) 不固定任何一个点，自由网伪逆平差、逆稳平差
 - (3) 固定若干点坐标，加适当的权



3.1 GPS测量的技术设计

最小约束平差和符合网平差

- 最小约束平差：固定一个点的坐标
- 符合网平差：已知数据多于必要的起算数据



3.1 GPS测量的技术设计

GPS测量中的图形设计

- 三角形网
- 多边形网
- 附和导线网
- 星形网

3.1 GPS测量的技术设计

GPS网的特征条件

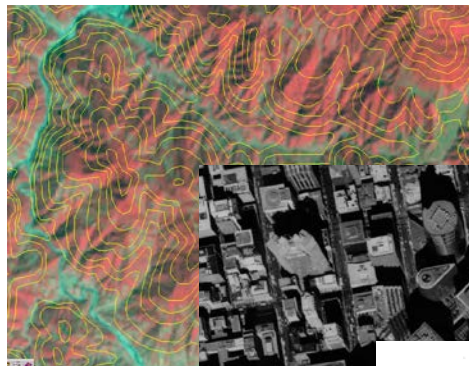
- C为观测时段数，n为网点数；m为每点的平均设站次数；N为接收机数。
- 1) 时段数(同步观测数): $C = n.m/N$
- 2) 总基线数: $J_{总} = C.N.(N-1)/2$
- 3) 必要基线数: $J_{必} = n-1$
- 4) 独立基线数: $J_{独} = C.(N-1)$
- 5) 多余基线数: $J_{多} = C.(N-1)-(n-1)$

3.2 GPS测量的组织实施

选点与埋石

收集资料

- 实施方
 - 乙方
- 目标
 - 控制点成果、水准资料、测区地形图
- 内容
 - 控制点坐标、点之记
 - 水准点坐标、点之记
 - 测区地形图 (1:5万 ~ 1:10万)



测区：平陆区				图幅：149 E000013		
点名	南底底	类项	A	概略位置	$B=34^{\circ}50'$ $L=111^{\circ}10'$ $H=484m$	
所在地	山西省平陆县城关镇上村			最近住所及距离	平陆县城及招待所距点4km	
地类	山地	土质	黄土	冻土深度	解冻深度	
最近邮电设施	平陆县城邮电局(电话电话)			供电情况	上村村每天有交流电	
最近水源及距离	上村村有自来水, 距点900m			石子来源	山上有石块 沙子来源 县城建筑公司	
本点交通情况(至本点道路与最近车站、码头名称及距离)	由三门峡福丰轮渡过黄河向北到山西平陆县城约4km, 再由平陆县城乘车向东到上村村7km(每天有两班车), 再步行到点上的800m, 两轮人力车可到达此点。			交通线路图		
造点情况	单位 黄河水利委员会测量队			点位略图		
造点员	李 坤	日期	1990.8.5			
是否精确测角与高程	联测水准					
建议观测等级与方法	二等水准测量					
起始水准点及距离	1.6km					

GPS点之记

3.2 GPS测量的组织实施

选点

1.对测站的基本要求

- 开阔：测站上空应尽可能的开阔，在 10° ~ 15° 高度角以上不能有成片的障碍物。
- 远离干扰源：在测站周围约200m的范围内不能有强电磁波干扰源，如大功率无线电发射设施、高压输电线等。
- 避免或减少多路径效应的发生：测站应远离对电磁波信号反射强烈的地形、地物，如高层建筑、成片水域等。
- 便于观测作业和今后的应用：测站应选在交通便利，上点方便的地方。
- 易于保存：测站应选择在易于保存的地方，利用已有测点。
- 根据应用要求，保证部分点间的通视。

3.2 GPS测量的组织实施

选点

2.辅助点和方位点

- (1)AA、A级点不在基岩上时，作辅助点。
距离和高差精度 $\leq 5\text{mm}$
- (2)方位点：点距 $\geq 300\text{米}$

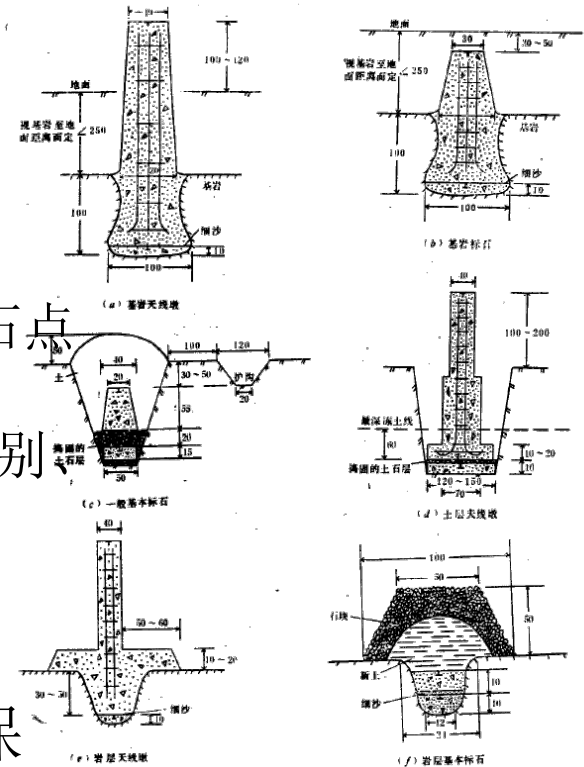
3.选点作业

- 图上设计与实地相结合，做标记。
- 利用旧点：稳定、可靠和完好、满足要求。
- 点名与地名应有关系。
- 新旧点重合时，用旧点名。
- 实地做点之记。
- 做点的环境图，作测量预报。

3.2 GPS测量的组织实施

埋石

- 标石类型
- 中心的标志
- 埋石作业
- 混凝土灌注
- 旧点要符合同级GPS点要求。
- 方位点：注记
- AA,A,B点要经过一个雨季，解冻期，岩石点经过一个月
- 现场浇灌混凝土标石时，压印GPS点的类别年代，国家设施勿动字样。
- 埋石结束后上交资料：
 - 点之记
 - 土地占用文件及测量标志委托保管书
- 埋石工作总结



3.2 GPS测量的组织实施

GPS接收机选用及仪器检验

遵照GPS规范

级别	AA	A	B	C	D、E
单频/双频	双频/全波长	双频/全波长	双频	双频或单频	双频或单频
至少应具有观测量	L1, L2载波相位	L1, L2载波相位	L1, L2载波相位	L1载波相位	L1载波相位
同步观测接收机数量	≥ 5	≥ 4	≥ 4	≥ 3	≥ 2

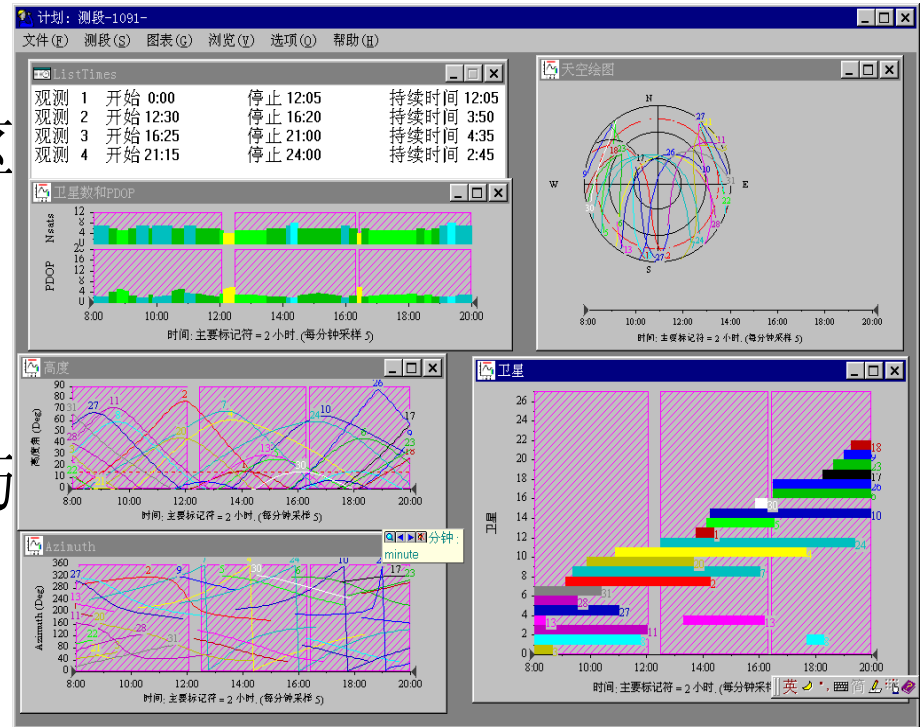
3.2 GPS测量的组织实施

数据采集

3.2 GPS测量的组织实施

拟定作业计划

- 1.分区观测
- AA, A, B级网规模大时, 分区观测。相邻区4个点相连。
- 2.卫星可见性预报
 - 1) 根据测区大概位置, 30天以内的卫星概略星历
 - 2) 现有随机软件
 - 3) 内容: 时段、卫星数、PDOP值



3.2 GPS测量的组织实施

3.调度命令

接收机编号 观测点名 观测时段	0001	0002	0003	备注
08: 30-09: 30	1号点	2号点	3号点	观测
09: 30-10: 30			张师傅 车号3309	搬站
10: 30-11: 30	1号点	2号点	4号点	观测

作业分组与作业调度表

2000年9月7日 星期四 年积日: 251

作息时间: 07:45 出发

作业时间: 9:30 - 13:30;

13:40 - 17:40

组别	作业人员	点号	点名	送	接
①	田泽海 兰贵文	51	II 新 10	丘师傅 13600166703	丘师傅
②	黄勇 邱华	57	II 新 6	丘师傅 13600166703	丘师傅
③	张洪波 黄海兰	72	I 广深惠 118	陈师傅 13923865039	陈师傅
④	张波 吴云	70	I 穗普 43-1	小陈师傅 13823316953	小陈师傅
⑤	邵永强 曾文宪	71	I 穗普 39-1	小陈师傅 13823316953	小陈师傅
⑥	朱黎智 丁建国	62	II 新 4	廖师傅 13823228256	廖师傅
⑧	董立祥 老曾	54	II 新 9	陈师傅 13923865039	陈师傅

3.2 GPS测量的组织实施

观测

3.2 GPS测量的组织实施

基本技术规定

表 7 各级 GPS 测量基本技术要求规定

项 目 \ 级 别	AA	A	B	C	D	E
卫星截止高度角(°)	10	10	15	15	15	15
同时观测有效卫星数	≥4	≥4	≥4	≥4	≥4	≥4
有效观测卫星总数	≥20	≥20	≥9	≥6	≥4	≥4
观测时段数	≥10	≥6	≥4	≥2	≥1.6	≥1.6

项 目 \ 级 别	AA	A	B	C	D	E
静态	≥720	≥540	≥240	≥60	≥45	≥40

3.2 GPS测量的组织实施

准备工作

- 1) 预热和静置
- 2) 对中
 - 对中精度 $\leq 3\text{mm}$
- 3) 定向：天线指北精 $\leq 5^\circ$
 - 罗盘，天文方法
- 4) 整平
- 5) 仪器量高：
 - 相隔 120° 三次平均
- 6) 拆除觇标



3.2 GPS测量的组织实施

观测

- 1) 严格按照调度命令，特殊情况立即汇报
- 2) 检查接收机、电源、天线的连接开机
- 3) 指示灯、显示器正常后，输入站名、时间间隔、时段等信息
- 4) 记录项目
- 5) 相关信息检查
- 6) 始末各记录一次观测卫星号、天气状况、实时记录PDOP值
- 7) 小环境的特殊条件
- 8) 各时段前后两测天线高，差异 $\leq 3\text{mm}$
- 9) 偏心观测的情况
- 10) 50m之内不用电台，10m内不用对讲机。

3.2 GPS测量的组织实施

观测(续)

11) 天冷、热的防护

12) 一个时段内不准:

➤关机, 重新启动

➤仪器自检

➤改变高度角、采样间隔

➤改变天线位置

➤关闭文件或删除文件

13) 快速静态: 参考站不能中断, 采样间隔一致

14) 检查, 搬站

3.2 GPS测量的组织实施

记录

1) 记录类型

- 盘
- 手簿
- 计划、偏心资料

2) 纪录内容

(1) 观测记录的主要内容:

- 卫星星历（历书）
 - 广播星历文件
 - 预报星历文件
 - 精密星历文件
- (2) 测量手簿

3.2 GPS测量的组织实施

3) 记录要求

- 及时填写
- 铅笔记录
- 手簿整饰、存储介质上的注记和记录用蓝（黑）墨水写。
- 接收机存储文件一式两份，并做标记
- 观测手簿应连续编页，制成册，不能有缺损

縦断測量観測手簿

現場名 加治川村(ヤマト村)		機器名		社製No.					
路線名 I 天 橋 橋		復路		観測者					
No.	測点名	注釈	距離	後視	器械高	前視	補正量	決定標高	摘要
1	KBM	BM		1.685	10.381			8.696	
2	TP4	T	480.000	1.150	10.302	1.229		9.152	
3	TP3	T	360.000	0.811	9.482	1.631		8.671	
4	TP2	T	240.000	1.301	9.140	1.644	1	7.839	
5	TP1	T	120.000	1.206	8.775	1.571		7.569	
6	BM.1	BM				1.096		7.679	
				[bs] =	6.153	[fs] =	7.171		
KBM	100.000							閉合点	7.679
TP4	360.000			[bs]-[fs]	-1.018	辺数	5	出発点	8.696
TP1	100.000			Dh	-1.017	補正	0	差 Dh	-1.017
BM.1	100.000			閉合差	-0.001				
Σ S	560.000								

3.2 GPS测量的组织实施

外业数据质量检核

- 数据剔除率 $\leq 10\%$
- 复测基线的长度差：
满足下式的规定：

$$d_s \leq 2 \sqrt{2} \sigma$$

式中： σ ——相应级别规定的精度(按实际平均边长计算)。

- 同步环闭合差，三边同步环：

$$W_x \leq \frac{\sqrt{3}}{5} \sigma$$

$$W_y \leq \frac{\sqrt{3}}{5} \sigma$$

$$W_z \leq \frac{\sqrt{3}}{5} \sigma$$

式中： σ ——相应级别规定的精度(按网的实际平均边长计算)。

3.2 GPS测量的组织实施

外业数据质量检核(续)

- 独立环闭合差及附和路线坐标闭合差:

12.2.4 C级以下各级网、及B级GPS网外业基线预处理结果,其独立闭合环或附和路线坐标闭合差应满足:

$$\begin{aligned}W_X &\leq 3 \sqrt{n} \sigma \\W_Y &\leq 3 \sqrt{n} \sigma \quad \dots\dots\dots(3) \\W_Z &\leq 3 \sqrt{n} \sigma \\W_S &\leq 3 \sqrt{3n} \sigma\end{aligned}$$

式中: n ——闭合环边数;

σ ——相应级别规定的精度(按实际平均边长计算)。

$$W_S = \sqrt{W_X^2 + W_Y^2 + W_Z^2}$$

3.2 GPS测量的组织实施

外业数据质量检核(续)

- 精处理后基线分量及边长的重复性：
$$R_c = \left\{ \frac{\frac{n}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{(C_i - C_m)^2}{\sigma_{c_i}^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\sigma_{c_i}^2}} \right\}^{\frac{1}{2}}$$
- 各时段的较差，AA、A、B级基线：
$$\begin{cases} d_{\Delta x} \leq 3\sqrt{2}R_{\Delta x} \\ d_{\Delta y} \leq 3\sqrt{2}R_{\Delta y} \\ d_{\Delta z} \leq 3\sqrt{2}R_{\Delta z} \\ d_s \leq 3\sqrt{2}R_s \end{cases}$$

3.2 GPS测量的组织实施

重测和补测

- (1) 未按施测方案，缺、漏、未满足要求
- (2) 复测基线、同步环、独立环、附合路线闭合差超限
- (3) 舍弃
- (4) 尽量同步观测重测和补测基线
- (5) 重测和补测原因写入数据处理报告

3.2 GPS测量的组织实施

成果验收和上交资料

3.2 GPS测量的组织实施

成果验收

按CH1002有关规定进行，重点成果：

- 实施方案是否按规范和技术设计要求
- 重测、补测数据剔除原因合理
- 软件合乎要求，项目齐全，起算数据正确
- 各项技术指标是否合乎要求

3.2 GPS测量的组织实施

上交资料

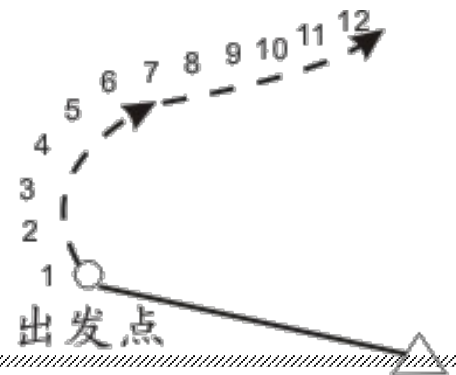
- ✓ 任务书或合同书、技术设计书
- ✓ 点之记等有关资料
- ✓ 接收机、气象仪等其它仪器检测
- ✓ 外业观测记录
- ✓ 数据文件、资料、成果
- ✓ **GPS**点图
- ✓ 技术总结和成果验收报告

3.3 GPS测量的作业模式

概述

近几年来，随着**GPS**定位后处理软件的发展，为确定两点之间的基线向量，已有多种测量方案可供选择。这些不同的测量方案，也称为**GPS**测量的作业模式。

目前较为普遍采用的作业模式主要有静态相对定位、快速静态相对定位、准动态相对定位和动态相对定位等。



3.4 问题讨论

