

# 武汉大学测绘学院

## 2005—2006 学年度第二学期期末考试

### 《GPS 原理及其应用》课程试卷 A

#### 标准答案

#### 一、 填空题

1. 目前正在运行的全球卫星导航定位系统有 GPS 和 GLONASS。我国组建的第一代卫星导航定位系统称为 北斗卫星导航定位系统，欧盟计划组建的卫星导航定位系统称为 GALILEO。
2. GPS 卫星发送的信号是由 载波、测距码、导航电文 三部分组成的。
3. 2000 年 5 月初美国政府中止了已实施多年的 SA 政策。
4.  $L_1$  载波的波长约为 19 厘米， $L_2$  载波的波长约为 24 厘米。
5. GPS 定位误差按误差的来源分类，跟卫星有关的误差有 卫星星历误差、卫星钟差、相对论效应；跟信号传播有关的误差有 电离层延迟误差、对流层延迟误差、多路径误差；跟接收机有关的误差有 接收机钟差、接收机的位置误差、接收机的测量噪声。
6. 单站差分 GPS 按基准站发送的信息方式来分，可分为 位置差分、伪距差分、相位差分。
7. 对流层延迟改正模型中的大气折射指数  $N$  与 温度、气压、湿度 等因素有关。

#### 二、 判断题

1. 接收机的接收通道采用平方律通道的优点是：可以获得测码伪距；可以获得导航电文；重建的载波是全波长的。  
**错**
2. C/A 码的一个码元对应的码元宽度为 29.3 米。  
**错**
3. 导航电文的传输速率为 50bit/s，以“帧”为单位向外发送，需要 12.5 分钟才能完整地播发一次。  
**对**
4. 单点定位中的 DOP 值与卫星的数量和几何图形以及观测值的精度有关。  
**错**
5. 通过 GPS 相对定位，可消除卫星钟差和多路径误差的影响。

错

6. 同一时刻 L1 载波相位测量观测值与 C/A 码伪距测量观测值所受到的电离层延迟是相同的。

错

7. 同一时刻 L1 载波相位测量观测值与 C/A 码伪距测量观测值所受到的对流层延迟是相同的。

对

8. 同一时刻 L1 载波相位测量观测值与 C/A 码伪距测量观测值所受到的多路径误差是相同的。

错

9. 常用的对流层延迟模型有霍普菲尔德 (Hopfield) 改正模型、萨斯塔莫宁 (Saastamoinen) 改正模型和克罗布歇 (Klobuchar) 改正模型。

错

10. 电离层延迟改正中用到的总电子含量与高程、地方时、太阳活动程度等有关。

对

### 三、简答题

1. 什么是宽巷观测值？如何利用宽巷观测值？（4 分）

答：

宽巷观测值  $\varphi_{wide-lane}$  为两个不同频率的载波( $L_1, L_2$ )相位观测值间的一种线性组合，即  $\varphi_{wide-lane} = \varphi_{L1} - \varphi_{L2}$ 。其对应的频率为  $f_{wide-lane} = f_{L1} - f_{L2} = 347.82\text{MHz}$ ，对应的波长为  $\lambda_{wide-lane} = 86.19\text{cm}$ ，对应的整周模糊度为  $N_{wide-lane} = N_{L1} - N_{L2}$ 。由于宽巷观测值的波长达 86cm，利用它可以很容易准确确定其整周模糊度，进而准确确定  $N_1$  和  $N_2$ 。

2. 什么是伪距单点定位？说明用户在使用 GPS 接收机进行伪距单点定位时，为何需要同时观测至少 4 颗 GPS 卫星？

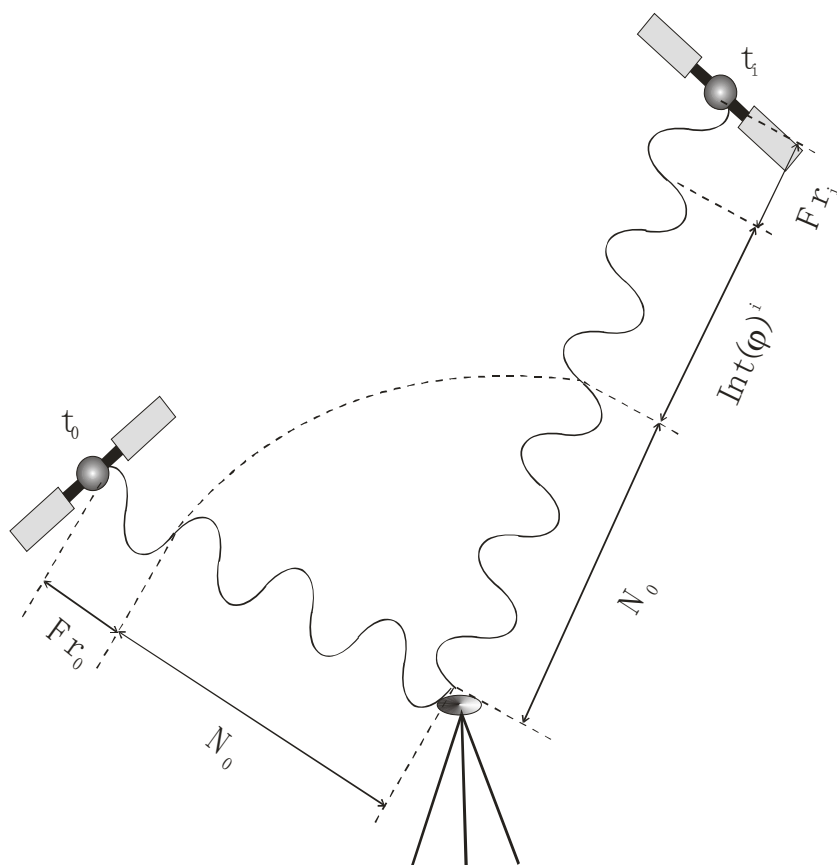
答：

根据 GPS 卫星星历和一台 GPS 接收机的伪距测量观测值来直接独立确定用户接收机天线在 WGS-84 坐标系中的绝对坐标的方法叫单点定位，也叫绝对定位。由于进行伪距单点定位时，每颗卫星的伪距测量观测值中都包含有接收机钟差这一误差，造成距离测量观测值很不准确。需要将接收机钟差作为一个未知数加入到伪距单点定位的计算中，再加上坐标三个未知数，所以至少需要 4 个伪距观测值，即需要同时观测至少 4 颗 GPS 卫星。

3. 根据下面的图一，说明载波相位观测中的实际观测值是什么？并绘图示意说明之。同时借助该图解释什么是整周跳变和整周未知数？

答：

绘图如下：



对于第一个历元观测时刻（ $t_0$ 时刻），载波相位观测中， $\tilde{\varphi}_0 = N_0 + Fr_0$ ，实际观测值是  $Fr_0$  (不足一整周的波长)。

对于后续的某一个历元观测时刻（ $t_i$ 时刻），载波相位观测中， $\tilde{\varphi}_i = N_0 + Fr_i + Int(\phi)^i$ ，实际观测值是  $Fr_i$  (不足一整周的波长) 和  $Int(\phi)^i$  (整周计数)。

从图中可知：

整周计数  $Int(\phi)^i$  为  $t_0$  时刻到  $t_i$  时刻用计数器累计下来的差频信号的整周数。观测时由于某种原因而引起累积工作中断，则当信号恢复跟踪后整周计数将会丢失  $\Delta N$ ，即后续的所有计数中含有同一偏差。这种  $Int(\phi)$  出错的现象称整周跳变。载波相位观测中的第一个历元观测时刻，用户无法知道从卫星至接收机的距离观测值中包含了多少个整数的波长相位，即  $N_0$  的值。用户需设法解出  $N_0$  后，才能准确求得从卫星至接收机的距离，这个  $N_0$  就叫做整周未知数。

#### 四、 问答题

1. 根据下面表一中第一代卫星导航系统—子午卫星导航系统(TRANSIT 系统)和第二代卫星导航系统—GPS 系统的相关系统参数,说明子午卫星导航系统的局限性和 GPS 系统的优越性? (15 分)

表一

参 数	TRANSIT 系统	NAVSTAR GPS
系统中的卫星数	6	21+3
轨道平面数	6	6
轨道倾角	90°	55°
轨道高度	1075km	20180km
轨道周期(恒星时)	107min	12h
L1 频率	149.988MHz	1575MHz
L2 频率	399.968MHz	1228MHz

答: 从表中的参数比较可知:

- (1) TRANSIT 系统采用的是多普勒定位方法, 所以卫星数不能太多, 只有 6 颗。由于所有的卫星都属于极地轨道, 各卫星的进动大小和方向不一, 同时出现两颗卫星又会造成相互干扰, 导致系统在有些地区长时间观测不到卫星信号。虽然每次只需要也只能观测一颗卫星, 但进行导航定位时需观测一次完整的卫星通过(一般为 8—18min), 观测时间和间隔时间长, 无法提供实时和连续的导航定位服务。而 GPS 系统卫星多, 卫星之间又采用了码分多址的技术, 可以保证在全球任何一个位置都观测到 4 颗卫星, 只进行一个历元的观测就可获得结果, 能提供实时和连续的导航定位服务。
- (2) TRANSIT 系统的卫星轨道低, 难以进行精密定轨。而 GPS 系统的卫星属于高轨卫星, 容易获得精度高的卫星轨道信息; TRANSIT 系统相比 GPS 系统, 卫星信号频率低, 不利于补偿电离层折射效应的影响。这些都导致 TRANSIT 系统的导航定位精度低。而 GPS 系统的导航定位精度则可以满足绝大多数用户的需要。

2. 根据下面的图二, 详细阐述利用导航电文里的参数计算 GPS 卫星在瞬时地球坐标系中的位置的计算流程。

答:

计算流程如下:

- (1) 计算卫星运行的平均角速度  $n_0 = \sqrt{\frac{GM}{a^3}}$ , 并加上平均角速度的改正项  $\Delta n$ 。
- (2) 由  $n$  计算  $t$  时刻卫星的平近点角  $M(t)$ 。
- (3) 由  $M(t)$  迭代计算  $t$  时刻的偏近点角  $E(t)$

- (4) 由  $E(t)$  计算  $t$  时刻的真近点角  $f(t)$
- (5) 由  $f(t)$  和近地点角距  $\omega$  计算  $t$  时刻的升交距角  $u'(t)$  (未经改正的), 计算  $t$  时刻的卫星向径  $r'(t)$
- (6) 计算  $t$  时刻的摄动改正项  $\delta u(t)$ 、 $\delta r(t)$ 、 $\delta i(t)$
- (7) 对  $u'(t)$ 、 $r'(t)$  和轨道倾角  $i$  进行摄动改正
- (8) 由卫星向径  $r$  和升交距角  $u$ , 计算卫星在轨道平面坐标系中的位置
- (9) 计算升交点经度  $\Omega_k(t)$
- (10) 由  $\Omega_k(t)$  和  $i(t)$  得到旋转矩阵, 将卫星在轨道平面坐标系中的位置转换计算为卫星在瞬时地球坐标系下的坐标。

3. 什么是静态相对定位载波测量? 为什么在静态相对定位载波测量中广泛采用求差法?

答: (要点)

利用载波相位测量的观测值, 确定处于静止状态, 同步跟踪观测相同的 GPS 卫星的若干台接收机之间的相对位置 (坐标差) 的定位方法, 称为静态相对定位载波测量。

采用求差法的原因:

- (1) 可以消去数量庞大的多余参数, 例如卫星钟差, 接收机钟差, 甚至整周未知数, 从而大大减少计算工作量。从数学上讲又是完全允许的。
- (2) 对于短距离基线来说, 可以消除很多误差的影响, 例如电离层误差、对流层误差、卫星星历误差等。

4. 用高次差法判断表二中连续的载波相位观测值有无周跳? 如有周跳, 找出是哪个历元的观测值发生了周跳?

答:

对表中的载波相位观测值求至四次差如下所示:

观测序号	观测值	一次差	二次差	三次差	四次差
1	-1143222.901				
2	-1051223.399	91999.502	-9.018	1.308	4.835
3	-959233.859	91989.540	-9.962	-0.944	-2.252
4	-867253.93	91979.929	-9.611	0.351	1.295
5	-775284.77	91969.160	-10.769	-1.158	-1.509
6	-683317.545	91967.225	-1.935	8.834	9.992
7	-591372.513	91945.032	-22.193	-20.258	-29.092
8	-499439.634	91932.879	-12.153	10.040	30.298

9	-407519.967	91919.667	-13.212	-1.059	-11.099
10	-315613.685	91906.282	-13.385	-0.173	0.886
11	-223721.672	91892.013	-14.269	-0.884	-0.711
12	-131754.988	91966.684	74.671	88.940	89.824
13	-39893.756	91861.232	-105.452	-180.123	-269.063
14	51951.483	91845.239	-15.993	89.459	269.582
15	143780.451	91828.968	-16.271	-0.278	-89.737
16	235592.254	91811.803	-17.165	-0.894	-0.616
17	327384.609	91792.355	-19.448	-2.283	-1.389

从表中的结果可以看出，序号为第 6 和第 12 的观测值有周跳发生。