

武汉大学测绘学院

《GPS 原理及其应用》课程考试标准答案

一、填空题 每空 1 分，共 18 分

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. 全球定位系统由 **空间部分**、**地面监控部分**和 **用户部分**组成。其中，地面监控部分由 **主控站**、**监测站**、**注入站**和 **通信及辅助系统**组成。
3. 利用 IGS 精密星历进行单点定位时，所得站坐标属于 **ITRF** 坐标系。
4. 测码伪距观测值所受到的电离层延迟与 **总电子含量 (TEC)** 成正比，与 **信号频率的平方**成反比。
5. GPS 卫星信号调制采用 **二进制相位调制法**。当信号为“0”时，载波相位不变；当信号为“1”时，载波相位变化 **180°**。
6. 在 GPS 定位中，对接收机间求一次差可消除 **卫星钟差参数**；对卫星间求二次差可消除 **接收机间相对钟差参数**；对历元间求三次差可消除 **双差整周模糊度参数**。

二、名词解释 每小题 5 分，共 30 分

1. 整周跳变

在载波相位测量中，整周计数是 $[t_0, t_i]$ 时间段内的累积值， $\text{Fr}(\Phi)$ 是瞬时观测值。若观测时由于卫星信号遮挡等原因造成累积工作中断，信号恢复跟踪后整周计数可能丢失 N 个整周；这种 $\text{Int}(\Phi)$ 出错而 $\text{Fr}(\Phi)$ 正确的现象称为整周跳变。

2. 多路径误差

经测站附近反射物反射后的卫星信号若进入 GPS 接收机，就会与直接进入接收机的信号发生干涉，使观测值产生偏差；这种由反射路径引起的误差称为多路径误差。

3. 静态相对定位载波测量

利用载波相位观测值，确定处于静止状态、并同步跟踪相同 GPS 卫星的若干台接收机之间相对位置（坐标差）的定位方法，称为静态相对定位载波测量。

4. 导航电文

导航电文是 GPS 卫星播发的、用于导航定位的信息，主要包括卫星空间位置、卫星钟差、卫星工作状态、电离层延迟等内容，采用二进制代码表示。

5. 相对论效应

由于卫星钟和接收机钟所处的引力位不同、运动速度不同，会引起钟频误差。前者为广义相对论效应，后者为狭义相对论效应。对 GPS 卫星而言，其综合影响的平均量级约为 $4.45 \times 10^{-10}f$ ，可通过在生产原子钟时调低其频率进行处理；变化部分则需按相应公式加以改正。

6. GPS RTK 技术

GPS RTK 技术是 GPS 差分测量中的实时动态定位技术，主要由参考基准站、流动站以及数据通信链组成。参考站将伪距观测值、载波相位观测值和站坐标信息实时发送给流动站；流动站结合自身观测值进行实时解算，从而获得精确坐标。

三、问答题 每小题 10 分，共 30 分

1. 为什么在一般的 GPS 定位中广泛采用双差观测值？

答：在载波相位测量中，多余参数数量往往较多。若直接解算大量未知参数，不仅数据处理工作量大，而且对计算机和作业人员要求较高；同时，未知参数过多也会降低解算稳定性。

采用双差观测值具有以下作用：

- 可以消去接收机钟差和卫星钟差，削弱电离层延迟和对流层延迟的影响；
- 对一般 GPS 测量任务（如城市控制网和工程测量），由于基线较短、精度要求相对适中，双差模型中的未知参数数量较少；
- 单基线解算时，未知参数一般约为 10 个，主要包括基线向量的 3 个分量以及 4–8 个整周模糊度参数；多基线解算时也通常只有数十个位置参数，一般计算机即可完成数据处理。

因此，在一般 GPS 定位中广泛采用双差观测值。

2. 为什么说快速而准确地确定整周模糊度是载波相位测量中的关键问题？

答：载波相位观测值只有在正确确定整周模糊度 N 后才具有完整几何意义。准确的 $\text{Fr}(\Phi)$ 以及修复周跳后的整周计数，只有与正确的 N 配合使用才有意义；若 N 出错，将严重影响定位精度和可靠性。

在一般 GPS 测量中，定位所需时间很大程度上取决于确定模糊度所需时间。因此，快速确定 N 对提高 GPS 定位速度和作业效率具有重要作用。

3. 什么是宽巷观测值？如何利用宽巷观测值？

答：宽巷观测值（wide-lane）是两个不同频率载波（ L_1 、 L_2 ）相位观测值的一种线性组合。常用宽巷组合可表示为：

$$\Phi_W = \Phi_1 - \Phi_2.$$

其对应频率和波长为：

$$f_W = f_1 - f_2 = 347.82 \text{ MHz}, \quad \lambda_W = 86.19 \text{ cm}.$$

对应的整周模糊度为：

$$N_W = N_1 - N_2.$$

由于宽巷观测值的波长较长，约为 86 cm，利用它可以较容易、较准确地确定宽巷整周模糊度，进而辅助确定 N_1 和 N_2 。

四、计算题 22 分

题目

探测下列相位观测值序列中是否有周跳发生。若有周跳，指出发生周跳的位置，估计周跳大小，并修复下列相位观测值序列。

解答

答：有周跳发生。根据差分序列判断，周跳发生在第 7 个观测值与第 8 个观测值之间，周跳大小估计为 60 周。修复时，从第 8 个观测值开始对后续观测值统一扣除 60 周。

相位观测值序列修复结果

序号	原观测值	修复值	序号	原观测值	修复值
1	-2192048.46	-2192048.46	7	-2247203.34	-2247203.34
2	-2202169.26	-2202169.26	8	-2255875.57	-2255935.57
3	-2210958.51	-2210958.51	9	-2264474.55	-2264534.55
4	-2220216.38	-2220216.38	10	-2272939.82	-2272999.82
5	-2229343.38	-2229343.38	11	-2281273.22	-2281333.22
6	-2238339.56	-2238339.56	12	-2289474.42	-2289534.42

结论：在第 7、8 项之间发生 60 周的周跳；修复后的观测值序列见上表。