

武汉大学 测绘学院
2025-2026 学年度第二学期期末考试
《卫星导航原理》课程试卷 A 卷

出题人：_____ 课程组：_____ 考试类型：闭卷 审核人：_____ 审定人：_____
专业：_____ 年级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

(所有答案均写在答题纸上)

一、填空题 (15 小题, 每空 1 分, 共 15 分)

1. 北斗全球卫星导航系统 (BDS-3) 采用混合星座设计, 轨道类型包括 (1)、地球静止轨道、(2)。
2. 卫星导航电文中包含卫星星历、(3)、(4) 和卫星工作状态等信息。
3. GNSS 接收机获得的原始观测量主要包括伪距观测值、载波相位观测值、(5) 观测值和信噪比观测值。
4. GNSS 中 (6) 星历主要用于实时导航定位, 而高精度数据处理通常采用 (7) 星历。
5. GNSS 接收机在进行载波相位测量时, 整周计数出现系统偏差而小数部分仍然保持正确的现象称为 (8)。
6. 对流层延迟误差可分为 (9) 延迟和 (10) 延迟两个部分。
7. 相对论效应会对 GNSS 卫星钟造成两种主要影响。为补偿狭义与广义相对论的综合效应, GPS 卫星钟的基准频率 10.23 MHz 在出厂时被调 (11) (高/低) 约 4.57×10^{-3} Hz。
8. 伪距差分 GNSS 的本质属于 (12) 定位 (单点/相对)。
9. 空间信号距离误差反映 (13) 误差和 (14) 误差对导航定位影响的程度。
10. 若 GPS L1 载波发生 1 周周跳, 其对应的距离突变量约为 (15) m。

二、单项选择题（10 小题，每小题 2 分，共 20 分）

1. 以下关于宽巷观测值说法正确的是（ ）
 - A. 消除了电离层、对流层、接收机和卫星钟差等误差影响
 - B. 不受几何距离的影响
 - C. 相对原始观测值，噪声小、波长较长
 - D. 受电离层误差的影响
2. 短时间静态观测（如 5 分钟）中，卫星几何构型变化很小，此时最有效的提高模糊度固定成功率的方法是：
 - A. 尽可能增加跟踪卫星数量
 - B. 改用单频接收机以简化模型
 - C. 延长观测时间，利用卫星运动改变几何构型
 - D. 将数据采样率提高到 20 Hz
3. 关于电离层延迟误差说法正确的是（ ）
 - A. 可通过双频组合消除电离层延迟
 - B. 电离层延迟大小与频率的平方呈正比
 - C. 电离层延迟的大小与太阳活动无关
 - D. 电离层延迟在一天中保持不变
4. 关于周跳探测方法说法不正确的是（ ）
 - A. 高次差法是通过多次历元间做差来确定是否存在周跳的
 - B. M-W 组合方法对两个频率上发生同样周跳的情况很敏感，效果良好
 - C. 电离层残差法主要是利用电离层变化应很平稳的特征
 - D. 对 GPS 而言，电离层残差法对某些特殊组合，如 (9,7)，即 L1 发生 9 周周跳、L2 发生 7 周周跳，不敏感，无法探测
5. 关于 DOP 值说法正确的是（ ）
 - A. DOP 是精度衰减因子，该值越大表示定位结果精度越好
 - B. DOP 值与伪距和相位观测值的精度有关
 - C. DOP 值与卫星相对于接收机的位置有关
 - D. 定位结果的精度只取决于 PDOP 值，与观测精度无关

6. 在 PPP 中, 传统非差非组合模型或非差组合模型通常需要重点估计或改正的参数不包括 ()
- 接收机钟差
 - 对流层湿延迟
 - 卫星轨道和钟差误差
 - 双差基线向量
7. 在高精度 GNSS 数据处理中, 设置截止高度角的主要目的是 ()
- 增加低高度角卫星观测数量
 - 提高卫星钟的稳定性
 - 消除所有卫星轨道误差
 - 削弱低高度角卫星带来的大气延迟、多路径和观测噪声影响
8. 在 GNSS 伪距单点定位观测方程线性化过程中, 未知参数通常包括测站坐标改正数和接收机钟差改正数。若该站采用静态方式进行观测, 某历元观测到 5 颗卫星, 则该历元观测方程组的冗余观测数为 ()
- 1
 - 2
 - 3
 - 4
9. 在 4 个测点上, 采用单频接收机同步观测了 10 颗卫星, 共计 30 个历元, 能形成多少个独立的双差观测值 ()
- $3 \times 9 \times 30$
 - $3 \times 10 \times 30$
 - $4 \times 9 \times 30$
 - $4 \times 10 \times 30$
10. GPS 的 L1 和 L2 载波波长分别为 λ_1 、 λ_2 。若 P1 码伪距观测值受到的对流层延迟影响大小为 $\rho_{\text{trop},1}$ (单位: m), 则 L2 载波相位观测值受到的对流层延迟影响大小为 () 周。
- $\frac{\lambda_1}{\lambda_2^2} \rho_{\text{trop},1}$
 - $\frac{\rho_{\text{trop},1}}{\lambda_1}$
 - $\frac{\lambda_2}{\lambda_1^2} \rho_{\text{trop},1}$
 - $\frac{\rho_{\text{trop},1}}{\lambda_2}$

三、判断题（10 小题，每小题 1 分，共 10 分；正确打“√”，错误打“×”）

1. 在 GNSS 伪距单点定位中，若要求解测站三维坐标和接收机钟差，则同一历元至少需要观测 4 颗卫星。
2. 增大导航电文的数据龄期有利于实现 GPS 广播星历轨道精度的改进。
3. 在电离层薄层模型中，测站斜路径方向的电离层延迟量可通过测站天顶方向的电离层延迟量及其映射函数建立联系。
4. L1 载波相位观测值上发生了 5 周的周跳，L2 载波相位观测值上发生了 3 周的周跳，则其宽巷组合观测值上会有 2 周跳，窄巷组合观测值会有 8 周跳。
5. 卫星信号所受到的电离层延迟与信号频率成正比，两个不同的频率信号将沿着同一路径到达接收机，如精确测定到接收机的时间差（距离差），即可反推出各个信号的电离层延迟。
6. 在长距离 GNSS 基线解算中，仍可利用电离层和对流层误差的空间相关性采用双差观测值进行消除，无需单独对电离层延迟和对流层延迟单独估计。
7. 无电离层组合后的载波相位模糊度仍保持原始频率上简单的整数特性。
8. 采用高次差法对非差相位观测值进行周跳探测，其目的是为了消除卫星与接收机几何距离变化、卫星钟差等误差影响，从而突出周跳。因此，求差次数越多，周跳探测效果越好。
9. 宽巷组合由于组合波长较长，有利于整周模糊度固定，表明宽巷组合观测值的噪声一定小于原始载波相位观测值。
10. 双差模糊度由于消除了卫星钟差和接收机钟差，因此，在实际解算过程中，双差模糊度也一直保持整数特性。

四、名词解释（5 小题，每小题 3 分，共 15 分）

1. PCV
2. RTK
3. CORS
4. 多路径效应
5. DGPS

五、问答题（4 小题，每小题 10 分，共 40 分）

1. 根据观测方程和所用数据，分析标准单点定位（SPP）与精密单点定位（PPP）的区别。（10 分）
2. 什么是整周模糊度？为何需要固定整周模糊度？简述 LAMBDA 方法的核心思想。（10 分）

3. 请根据双频伪距 (P_1 、 P_2) 与载波相位 (φ_1 、 φ_2 , 以周为单位) 的观测方程 (见如下公式 (1)), 通过线性组合推导给出 M-W 组合观测值; 并说明人们在 GPS 双频数据处理中, 采用 M-W 组合观测值确定整周模糊度具有哪些优势? (10 分)

$$\begin{cases} P_1 = \rho - \frac{A}{f_1^2}, & P_2 = \rho - \frac{A}{f_2^2}, \\ \varphi_1 = \frac{\rho}{\lambda_1} + \frac{A}{cf_1} - N_1, & \varphi_2 = \frac{\rho}{\lambda_2} + \frac{A}{cf_2} - N_2. \end{cases} \quad (1)$$

4. A、B、C、D 四个测点同步对卫星进行连续观测, 其中 A 点为已知坐标参考站, B、C、D 为待定点。4 台双频接收机同步观测 GPS 卫星, 观测条件如下:

同步观测卫星数: 8 颗; 观测时间: 08:00:00–10:00:00;

采样间隔: 30 s, 首尾历元均记录; 每个历元选取 1 颗卫星作为参考卫星;

采用 L1、L2 双频载波相位双差观测; B、C、D 三个待定点均需解算三维坐标; 每条相互独立的基线、每个非参考卫星、每个频率均设置 1 个双差整周模糊度参数; 对 B、C、D 三个待定点分别估计 1 个天顶湿延迟参数。

(1) 计算观测方案 L1、L2 双频载波相位双差观测方程自由度。(4 分)

在某一历元, 某测站对一颗 GPS 卫星获得如下双频伪距观测值: $P_1 = 21456780.125$ m, $P_2 = 21456788.425$ m。已知 $f_1 = 1575.42$ MHz, $f_2 = 1227.60$ MHz, 该卫星经星历计算得到的几何距离为 $\rho = 21456677.420$ m。假设卫星钟差、对流层延迟、相对论效应等均已改正, 剩余主要误差为接收机钟差。取光速 $c = 299792458$ m/s。

定位解算后得到: $\sigma_0 = 0.015$ m, HDOP= 1.3, VDOP= 2.0, PDOP= 2.4。

(2) 计算无电离层组合伪距 P_{IF} , 计算水平方向、垂直方向和三维位置精度估计值。(6 分)