

武汉大学 测绘学院

2022-2023 学年度第二学期期末考试

《GNSS 原理及应用》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 (10 小题, 每空 1 分, 共 15 分)

- 全球导航卫星系统 (GNSS) 由_____ (1) 部分、_____ (2) 部分和_____ (3) 部分组成。
- GPS 定位的实质就是根据高速运动的卫星瞬间位置作为已知数据, 采用_____ (4) 的定位原理, 确定待定点的空间位置。
- 利用 GPS 双频技术可以消除或削弱_____ (5) 折射对观测值的影响。
- 在 t 时刻, 某卫星钟的表面读数为 5:50, 而此刻 GPS 时间系统的时间为 5:45, 那么该卫星钟的物理同步误差为_____ (6) 分钟; 经过物理同步误差改正后, 若 GPS 卫星钟时间为 5:47, 那么该卫星钟的数学同步误差为_____ (7) 分钟。
- 接收机跟踪测量得到的载波相位观测值包括_____ (8)、_____ (9) 两部分。
- 图 1 为某 RINEX 格式文件的部分内容。该文件为某一测站的观测值文件, 该文件中测站的天线高为_____ (10) 米, 采样间隔为 30 秒。在首个观测历元中, 共有_____ (11) 颗卫星的观测数据; 其中, PRN 号为 24 的 GPS 卫星的 L2 伪距观测值为_____ (12)。

2.10	OBSERVATION DATA	G (GPS)	RINEX VERSION / TYPE
ceqc 2000Feb29	autorun	20050312 05:06:43UTC	PGM / RUN BY / DATE
MSWinNT 4.0 PentPro wcl386 10.6 MSWin95/98/NT 486/DX+			COMMENT
BIT 2 OF LLI FLAGS DATA COLLECTED UNDER A/S CONDITION			COMMENT
WUHN			MARKER NAME
21602M001			MARKER NUMBER
XHCH	WTUSM		OBSERVER / AGENCY
LP03210	ASHTECH Z-XII3	CD00	REC # / TYPE / VERS
CR15810	ASH700936E	SNOW	ANT # / TYPE
	0.0000	0.0000	APPROX POSITION XYZ
	2.3610	-0.0022	ANTENNA: DELTA H/E/N
		-0.0094	WAVELENGTH FACT L1/2
1	1		# / TYPES OF OBSERV
5	L1	L2	INTERVAL
30.0000			TIME OF FIRST OBS
2005	3	11	END OF HEADER
	0	0	
05	3	11	0 0 30.0000000 0 7611624628603608619627
-24416455.07849	-19012216.81547	20198295.004	20198297.601
-3685742.38249	-2851304.81745	24111612.968	24111612.238 24111618.401
-7168288.28649	-5574531.89045	23374278.761	23374278.174 23374282.117
-816327.95149	-621572.35145	24552807.492	24552807.895 24552813.860
-19899196.88349	-15490270.00347	20767379.262	20767378.713 20767383.644
-12305703.27249	-9306774.65646	22529886.830	22529885.974 22529888.999
-22936574.38849	-17859703.68047	20690524.764	20690524.758 20690529.079

图 1 某 RINEX 数据文件 (部分)

- GNSS 接收机按照用途可分为_____ (13)、_____ (14) 型和授时型接收机。
- 根据平差所采用的观测值和起算数据分类, GNSS 网平差的类型包括无约束平差/最小约束平差、约束平差和_____ (15) 平差。

二、单项选择题（10 小题，每小题 2 分，共 20 分）

1. 多路径效应大小常用 MP1 和 MP2 来评估。已知

$$MP_1 = P_1 - (1 + 2/(\alpha - 1))\phi_1\lambda_1 + [2/(\alpha - 1)]\phi_2\lambda_2, \quad \alpha = f_1^2/f_2^2$$

其中， P_1 是 f_1 频率上的伪距观测值， ϕ_1 和 ϕ_2 分别是 f_1 和 f_2 频率上的相位观测值， λ_1 和 λ_2 为相应的波长。

下面关于该值的说法正确的是（ ）。

- A. 公式中的 MP1 值只受到了噪声和多路径的影响，可以直接作为评价多路径效应的指标
 - B. 公式中的 MP1 值包含了模糊度参数，其平均值为该组合观测值对应的模糊度，其标准差可以用来评估多路径效应的大小
 - C. 公式中的 MP1 仍受到了电离层和对流层延迟的影响，通过长时间取平均后，这些延迟的影响可以忽略不计
 - D. 公式中的 MP1 仍受到卫星钟差影响，需要历元间做差进一步消除后才能用于评估多路径效应大小
2. 空间信号距离误差 SISRE 是（ ）。
- A. 描述轨道误差对定位的影响
 - B. 描述传播路径上的所有误差对定位的综合影响
 - C. 反映卫星轨道和钟差误差对定位的影响程度
 - D. 反映轨道径向误差对定位的影响
3. GPS 广播星历中的卫星钟差是根据 L1/L2 的双频无电离层组合计算确定的。在使用广播星历时，下面说法正确的是（ ）。
- A. 当采用 L1/L2 无电离层组合观测值进行精密单点定位时，卫星钟的物理同步误差可以忽略
 - B. 当采用 L1 或 L2 观测值进行伪距单点定位时，需要对卫星钟差进行卫星内部的群延迟（Tgd）改正
 - C. 当采用 L1/L2 无电离层组合观测值进行伪距单点定位时，卫星的数学同步误差不能忽略
 - D. 在进行相对定位时，卫星钟的数学同步误差不能忽略
4. 关于 GNSS 定位误差源及改正，说法正确的是（ ）。
- A. 多路径效应改正难以建模，但能通过软硬件抑制，故观测时无需考虑环境的影响
 - B. 在协议地球坐标系中进行 GPS 数据处理时，地球自转改正可以直接改正在观测值上
 - C. 在精密单点定位中，天线相位缠绕误差改正可以被卫星钟差吸收，故可以不改正
 - D. 天线相位中心偏差是指地面标识中心到相位中心的偏差，一般在地固系中表达
5. 下面哪种组合观测值只受到了观测噪声的影响（ ）。
- A. MW 组合
 - B. 无几何距离伪距组合观测值
 - C. 三差组合伪距观测值
 - D. 无电离层伪距组合观测值
6. 关于 DGPS，说法正确的是（ ）。
- A. 位置差分中不要求基准站和流动站观测完全相同的一组卫星
 - B. 单基站距离差分中，需要先对轨道误差、电离层误差、对流层误差等进行单独建模，再将模型参数播发给用户
 - C. 单基站距离差分中，基站播发给流动站的差分改正数信息包含了基准站的接收机钟差，但其不影响流动站的定位结果
 - D. 若流动站和基准站距离太远，卫星钟差将无法消除

7. 在 n 个测点上, 采用单频接收机同步观测了 m 颗卫星, 共计 k 个历元。在没有周跳的情况下, 构建站星间双差观测值进行解算, 一共能形成 () 个线性独立的双差模糊度。

- A. $(n-1)(m-1)$
- B. $(n-1)(m-1)(k-1)$
- C. $(n-1)mk$
- D. $n(m-1)k$

8. 关于模糊度固定, 说法正确的是 ()。

- A. 非差 MW 组合具有整周特性, 且由于其波长较长, 更容易固定
- B. 观测值的采样率对模糊度固定影响不大
- C. LAMBDA 方法主要采用降相关的方法, 扩大搜索空间, 包含更多的备选组合, 从而提高搜索到正确值的概率
- D. 采用模糊度函数法是在坐标域内进行搜索, 故站坐标的初始精度对搜索没有影响

9. 对一条长约 1000 km 基线的双频同步观测数据进行高精度基线解算时, 最合适的基线解算策略是 ()。

- A. 将 L1 或 L2 观测值组成双差观测值, 同时估计天顶对流层的湿延迟参数
- B. 将 L1 或 L2 观测值组成无几何距离观测值, 同时估计天顶对流层的湿延迟参数
- C. 将 L1 和 L2 观测值组成宽巷组合观测值, 降低模糊度固定难度, 并同时估计天顶对流层的湿延迟参数
- D. 将 L1 和 L2 观测值组成无电离层组合观测值, 同时估计对流层的湿延迟参数

10. GPS 网平差中, 共计 100 个站点, 共测得 399 条独立基线, 以其中一个点作为起算进行无约束平差, 平差过程中求得 $VTPV = 0.09 \text{ m}^2$, 那么单位权中误差为 ()。

- A. 0.09 m
- B. 0.01 m
- C. 0.017 m
- D. 0.03 m

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

1. 可运载调制信号的高频振荡无线电波被称为载波, 但无法将一个较低的信号频率调制到一个相对较高的频率上去。 ()

2. 电离层延迟大小与信号路径上的总电子含量成反比。 ()

3. 在 GPS 接收机的检验和检定中, 常用零基线方法来检验接收机的内部噪声。 ()

4. 网络 RTK、PPP 定位、伪距差分定位和广域差分定位, 这些定位模式的流动站均为绝对定位。 ()

5. 我国的北斗系统是第一个全星座播发三频信号的导航系统, 通过三频组合可以给数据处理带来多方面的优势, 但三频组合无法消除对流层延迟误差。 ()

6. GPS 定位中与接收设备有关的误差源包括: 卫星钟差、接收机钟差、接收机天线相位中心的偏移和变化、接收机内部噪声。 ()

7. 利用 GPS 广播星历文件计算的标准单点定位结果所属的坐标系是 ITRF。 ()

8. RDOP 表明了 GPS 卫星的状态对相对定位的影响, 即取决于观测条件的好坏, 它不受观测值质量好坏的影响。 ()

9. 无约束平差是指不引入任何已知数据，其主要目的是判别是否存在粗差基线。（ ）
10. 若同步环闭合差没有超限，说明组成同步环的所有基线质量均合格。（ ）

四、名词解释（5 小题，每小题 3 分，共 15 分）

- 1. 导航电文
- 2. 周跳
- 3. 多路径效应
- 4. 单点定位
- 5. 差分观测值

五、问答题（4 小题，每题 10 分，共 40 分）

1. 北斗系统采用 CDMA 技术，北斗接收机可利用 B1I 测距码来锁定北斗卫星 B1 信号。请简述测距码的特征，以及北斗接收机利用 B1I 测距码测定站星间伪距观测值的过程。（10 分）
2. GPS 定位过程中主要会受到哪些误差源的影响？我们可以分别采用什么措施处理这些误差，以达到提高定位精度的目的？（10 分）
3. 在 GPS 基线解算中，有哪些因素会影响基线解算的质量？我们应该分别采取什么方法来提高 GPS 基线解算的质量？（10 分）
4. 在三个测站“D038”“D053”和“D063”上架设 GNSS 双频接收机进行静态同步观测（如图 1 所示），测站间的平均距离为 5 km，采用相对定位方式处理。

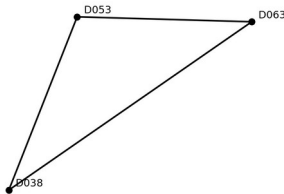


图 1 测站空间分布图

表 1 测站观测时段信息

测站名	观测时段 1	观测时段 2	观测时段 3
D038	8:00-9:00	9:05-10:05	10:10-11:10
D053	7:50-8:50	8:55-9:55	10:00-11:00
D063	8:10-9:10	9:15-10:15	10:20-11:20

请回答如下问题：

- （1）写出双差观测值（载波观测值、伪距观测值）的函数模型，说明误差消除情况。（4 分）
- （2）假设在第 2 个观测时段，这三个测站同步观测 8 颗卫星，采样率为 30 s，请问该时段内有多少个非差相位观测值？多少个线性独立的双差相位观测值？多少个线性独立的三差相位观测值？（6 分）

武汉大学 测绘学院

2022-2023 学年度第二学期期末考试

《GNSS 原理及应用》课程试卷 B 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 (10 小题, 每空 1 分, 共 15 分)

1. 全球导航卫星系统的信号包括_____ (1)、测距码及_____ (2)。
2. 北斗系统空间星座的轨道包括中圆轨道 (MEO)、_____ (3) 及_____ (4) 三种。
3. 利用 GPS 广播星历计算的卫星和地面测站位置所属的坐标系是_____ (5), 利用 IGS 精密星历计算的卫星和地面测站位置所属的坐标系是 ITRF。
4. 载波相位测量的实际观测值是由两部分组成的: _____ (6) 和_____ (7) 部分。
5. 在 t 时刻, 某卫星钟的表面读数为 3:50, 而此刻 GPS 时间系统的时间为 3:45, 那么该卫星钟的物理同步误差为_____ (8) 分钟; 经过物理同步误差改正后, 若 GPS 卫星钟时间为 3:47, 那么该卫星钟的数学同步误差为_____ (9) 分钟。
6. 色散介质指的是信号在介质中的传播速度与频率有关。对 GPS 信号来说, _____ (10) 是色散介质, 对流层是非色散介质。
7. 短基线解算时, 测站间和星间求二次差可以消除卫星端和接收机端的共性误差, 以及大气延迟误差。载波相位观测值观测方程包括的未知参数只包括基线向量、_____ (11)。
8. Melbourne-Wubben 组合观测值属于_____ (12) 类型不同频率观测值间的线性组合。
9. 按照定位模式分类, 伪距差分 GNSS 属于单点定位, RTK 及网络 RTK 属于_____ (13) 定位。
10. GNSS 基线解算模式包括_____ (14)、多基线解/时段模式和_____ (15) 三种。

二、单项选择题 (10 小题, 每小题 2 分, 共 20 分)

1. 下列关于 GPS 导航电文说法错误的是 ()。
 - A. 电文中包括了轨道参数
 - B. 电文中包括了卫星钟差改正参数
 - C. 电文中包括了对流层改正参数
 - D. 电文中包括了电离层改正参数
2. 下列方法中, () 不能用于探测与修复周跳。
 - A. 高次差法
 - B. FARA
 - C. 三次差法
 - D. M-W 组合法

3. GNSS 定位中关于相对论效应改正不正确的是（ ）。
- A. 可以通过站间差分来消除
 - B. 相对论效应对接收机钟的影响远小于对卫星钟的影响
 - C. 相对论效应引起的改正量仅为数厘米
 - D. 相对论效应主要与卫星运动速度和所处的重力位有关
4. 站间差不能消去或削弱的误差是（ ）。
- A. 卫星钟差
 - B. 卫星轨道误差和卫星段硬件延迟
 - C. 接收机钟差
 - D. 对流层延迟误差
5. 两个测站用单频接收机连续同步观测 10 颗卫星，共连续观测了 30 个历元，采用双差定位模型需要求解多少个双差模糊度参数？（ ）
- A. 10 个
 - B. 9 个
 - C. 9×30 个
 - D. 不确定
6. 在 GPS 网平差中，联合平差与约束平差的主要区别是（ ）。
- A. 坐标系不同
 - B. 观测值不同
 - C. 约束条件不同
 - D. 目的不同
7. 对于下图所示 GPS 网（图 1），假设所有基线精度均相同，从点的可靠性来讲，以下说法正确的是（ ）。

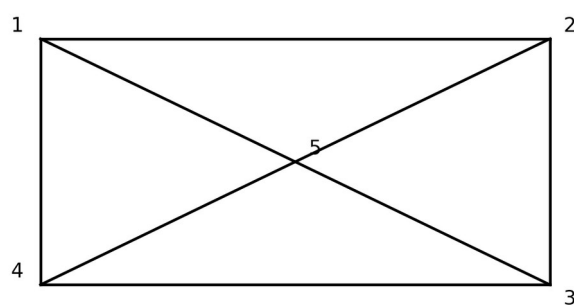


图 1 GPS 网示意图

- A. 所有点的可靠性一样
- B. 1、2、3、4 号点比 5 号点可靠性高
- C. 5 号点的可靠性最好
- D. 所有点的可靠性都不一样

8. 下列 GPS 定位技术中采用双差模型的是（ ）。
- A. 精密单点定位 (PPP)
 - B. 广域精密定位
 - C. RTK
 - D. 位置差分
9. 在采用双差模型进行短基线精密定位，且不估计对流层参数时，则该基线至少要观测多少颗卫星才能进行定位？（ ）
- A. 3 颗
 - B. 5 颗
 - C. 4 颗
 - D. 不确定
10. 下面哪个因素一般不会影响模糊度解算性能和效率（ ）。
- A. 载波波长
 - B. 伪距噪声
 - C. 采样率
 - D. 观测卫星的几何构型

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

1. GPS 系统由三大部分组成：空间部分、地面控制部分（核心）和用户部分。空间部分的作用是接收卫星观测数据，采集气象信息，并将所收集到的数据传送给监测站。（ ）
2. 导航电文是由 GPS 卫星向用户播发的一组反映卫星在空间的运行轨道、卫星钟的改正参数、电离层延迟改正参数及卫星工作状态等信息的二进制编码数据，也称为数据码。（ ）
3. 电离层延迟大小与信号路径上的总电子含量成正比。（ ）
4. 通过观测值间一定方式的相互求差，可以消去或削弱卫星钟差、电离层延迟、对流层延迟、卫星轨道误差、接收机钟差等。（ ）
5. 对流层误差对测码伪距观测值和载波相位观测值的影响大小相同，但符号相反。（ ）
6. 同步观测值在卫星间求差，消除了接收机钟差、接收机端载波相位硬件延迟、接收机端初始相位的影响，削弱了对流层延迟、电离层延迟的影响。（ ）
7. 接收机在进行载波相位测量时，整周计数出现错误而小数部分仍然保持正确的现象称为整周模糊度。（ ）
8. GPS 测量观测时段是指从接收机开机起至关闭接收机的时间间隔。（ ）
9. RATIO 反映了所确定出的整周未知数参数的可靠性，该值总大于或等于 1，其值越小可靠性越高。（ ）
10. M-W 组合观测值消除了电离层、对流层、接收机和卫星钟差及测站卫星几何距离等误差影响，仅受观测噪声和多路径效应的影响。（ ）

四、名词解释（3 小题，每小题 5 分，共 15 分）

1. 重建载波

- 2. 相对论效应
- 3. 整周未知数

五、问答题（4 小题，每题 10 分，共 40 分）

1. 北斗是我国自主研发的全球卫星导航系统。请简单描述北斗系统的发展历程，并从卫星星座、信号体制、信号频率、系统服务等方面论述北斗与其他导航系统的不同。（10 分）
2. GNSS 定位过程中主要会受到哪些误差源的影响？我们可以分别采用什么措施处理这些误差，以达到提高定位精度的目的？（10 分）
3. 多路径效应对卫星导航定位精度和性能具有显著影响，特别是当前卫星导航应用领域和范围越来越广，如何削弱多路径效应影响非常关键。那么，什么是多路径效应？在 GPS 测量中有哪些方法或措施来削弱多路径误差？（10 分）
4. 在三个测站“D038”“D053”和“D063”上架设 GPS 接收机进行两个时段的静态同步观测（如图 2 所示），并采用单基线解算模式完成基线处理。基线向量质量报告的节选闭合环检验报告如表 1 所示。请回答下列问题：（10 分）
- （1）表 1 中的闭合环中，哪些是同步环，哪些是异步环？请分别写出同步环和异步环的个数及对应的编号。（4 分）
- （2）有哪些指标可以评价解算的基线质量？由于测量人员失误，在其中一个时段的某个站点上的天线高记录存在粗差，导致部分闭合环质量检验不合格。能否根据表 1 中的信息判断该天线高粗差发生在哪个站点上？能否进一步判断该粗差发生在哪个时段上？请详细说明理由。（6 分）

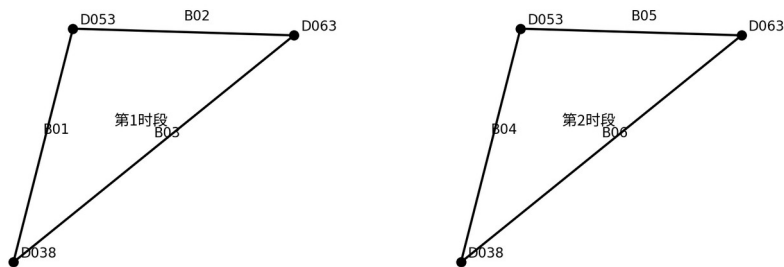


图 2 静态 GPS 观测示意图

表 1 节选闭合环检验报告

闭合环编号	构成闭合环的基线	闭合差 ΔX (mm)	闭合差 ΔY (mm)	闭合差 ΔZ (mm)	质量是否合格
C1	B01, B02, B03	-1.1	-1.5	1.1	合格
C2	B01, B03, B05	21.5	-46.4	-27.7	不合格
C3	B01, B06, B02	-29.5	26.7	19.2	不合格
C4	B01, B06, B05	2.7	1.9	0.4	合格
C5	B04, B03, B02	-4.4	-3.8	-0.7	合格
C6	B04, B06, B05	-0.6	-0.4	-1.5	合格
C7	B04, B03, B05	28.3	-58.7	-39.6	不合格
C8	B04, B06, B02	-33.1	34.5	17.7	不合格