

武汉大学

20XX-20XX 学年度第 X 学期期末考试

《GPS 原理及其应用》课程试卷

题目与答案整合版

出题者_____

审核人_____

学院_____ 学号_____ 姓名_____ 成绩_____

一、填空题（每空 1 分，共 20 分）

1. GPS 卫星所发送的用于导航定位的信号由 (1)、(2) 和 (3) 等三部分组成。

【答案】(1) 载波；(2) 测距码；(3) 导航电文。

2. GNSS 是 (4)，目前已建成或在建的属于 GNSS 的卫星导航系统包括美国的全球定位系统 (GPS)、俄罗斯的 GLONASS、欧盟的 (5)，以及中国的 (6)。

【答案】(4) 全球导航卫星系统/能够在全局范围内提供导航定位服务的卫星导航系统；(5) GALILEO/伽利略；(6) 北斗/BeiDou。

3. 将测站天顶方向上的对流层延迟 ZTD 转换到信号传播路径上的对流层延迟 STD 需要用 (7)，其好坏将直接影响对流层延迟改正的效果。

【答案】(7) 投影函数。

4. GPS 系统内部所采用的时间系统为 (8)；利用广播星历进行定位时，其所确定的点位坐标属于 (9) 坐标系统。

【答案】(8) GPST；(9) WGS-84。

5. GPS 定位的几何原理其实就是 (10)。

【答案】(10) 空间距离后方交会。

6. GPS 最基本的应用是 (11)、(12)、(13)。

【答案】(11) 导航；(12) 定位；(13) 授时。

7. 根据所学的知识，将表 1 补充完整。

表 1 GPS 测量误差与定位精度间的近似关系

误差来源	误差估值 (1-sigma, m)
卫星轨道	1.0
卫星钟	2.1
电离层	4.0
对流层	0.7
多路径	1.4
接收机观测噪声	1.0
用户等效距离误差 UERE	(14)
1-sigma 水平定位误差 (HDOP=2.0)	(15)
1-sigma 垂直定位误差 (VDOP=2.5)	(16)

【答案】(14) 5.0；(15) 10.0；(16) 12.5。

8. 用两台单频 GPS 接收机进行静态相对定位作业，同步连续观测 10 颗 GPS 卫星 20 分钟，采样间隔为 10 秒，观测过程中未发生周跳。在此情况下，可列出 (17) 个非差相位观测方程，(18) 个站间单差相位观测方程，(19) 个双差相位观测方程；利用这段时间的观测数据采用双差模型进行相对定位，最少需要求解 (20) 个模糊度参数。

【答案】(17) 2400；(18) 1200；(19) 1080；(20) 9。

二、判断题，对的打“√”，错的打“×”（每小题 1 分，共 10 分）

1. 在 GPS 相对定位中，通过求双差可消除多路径误差对定位的影响。（ ）

【答案】×

2. 在进行 GPS 定位时，PDOP 值越大越好。（ ）

【答案】×

3. 站间单差观测值之间是数学（或误差）相关的。（ ）

【答案】×

4. 宽巷观测值的波长较长，因而有助于整周模糊度的确定。（ ）

【答案】√

5. 所有 GPS 卫星发送的 C/A 码信号结构是完全一样的。（ ）

【答案】×

6. 由于三差观测值消除了相位模糊度，所以利用其进行相对定位将不受周跳影响。（ ）

【答案】×

7. 利用高次差法进行周跳探测，在求高次差的过程中可以消除接收机钟差对周跳探测的影响。（ ）

【答案】×

8. 若以 m 为单位来表示, 则同一接收机在同一时刻对同一卫星、同一频率信号的码伪距观测值和载波相位观测值所受到的对流层延迟相同。()

【答案】√

9. 伪距差分 DGPS 和相位差分 RTK 的定位原理是一样的。()

【答案】×

10. Ratio 值反映了整周模糊度参数估计的可靠性, 该指标越小模糊度参数的整数估值越可靠。()

【答案】×

三、选择题（每小题 2 分，共 20 分）

1. 载波相位测量值在站间求差后可消去 ()

A. 接收机钟差 B. 卫星钟差 C. 电离层延迟 D. 模糊度参数

【答案】B

2. 在一般的 GPS 相对定位中, 应尽量采用 ()

A. 单差解 B. 三差解 C. 双差固定解 D. 双差浮点解

【答案】C

3. 在 GPS 伪距单点定位中, 下列哪项误差不会影响定位精度 ()

A. 卫星星历误差 B. 电离层延迟误差 C. 多路径误差 D. 接收机钟差

【答案】D

4. 在 GPS 伪距差分定位中, 下列哪项误差与流动站和基站间的距离无关 ()

A. 卫星轨道误差 B. 卫星钟差 C. 电离层延迟误差 D. 对流层延迟误差

【答案】B

5. 下列哪种方法不是在模糊度域进行模糊度解算 ()

A. LAMBDA 方法 B. 置信区间法 C. FARA 方法 D. 模糊度函数法

【答案】D

6. 美国为防止敌对方对 GPS 卫星信号进行电子欺骗和电子干扰而采取的一种措施是 ()

A. AS B. SA C. Z 跟踪技术 D. DGPS

【答案】A

7. 下列哪一项不是载波相位观测值组合的目的 ()

A. 消除或削弱有关误差 B. 降低观测噪声 C. 提高定位精度 D. 方便确定整数模糊度

【答案】B

8. 单一反射信号对 L2 载波相位测量引入的多路径误差最大为（ ）

A. 4.8 cm B. 6.1 cm C. 19 cm D. 24 cm

【答案】B

9. 采用下列哪种技术重建载波时，不需要知道测距码的结构（ ）

A. 码相关法 B. 平方法 C. 互相关法 D. Z 跟踪技术

【答案】B

10. GPS 定位中对卫星钟误差的处理方法，下列哪个说法是错误的（ ）

A. 忽略卫星钟的数学同步误差 B. 通过站间差消除 C. 利用精密卫星钟差进行改正 D. 忽略卫星钟的物理同步误差

【答案】D

四、计算及简答题（共 50 分）

1. 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）

【答案】

(1) GPS 定位过程受到的各种误差主要包括：

- 与卫星有关的误差：卫星轨道误差、卫星钟钟差；
- 与信号传播有关的误差：电离层延迟、对流层延迟、多路径效应；
- 与接收机有关的误差：接收机钟钟差、测量噪声。

(2) 消除上述误差影响的措施包括：建立误差改正模型；求差法；参数法；不同频率观测值间线性组合；选择较好的硬件和较好的观测条件。

2. GPS 系统设计之初选用 L1 和 L2 两个载波频率的主要目的是什么，在长距离相对定位中，如何利用 L1 和 L2 观测值提高定位精度？（10 分）

【答案】

(1) 主要目的是确定两个信号在传播路径上的电离层延迟。卫星信号所受到的电离层延迟与信号频率 f 的平方成反比。若卫星同时用两种频率发射信号，这两种不同频率的信号将沿同一路径传播到接收机；若能精确测定两种信号到达接收机的时间差，就能分别反推出它们各自受到的电离层延迟。

(2) 在长距离相对定位中，可通过 L1、L2 观测量构建线性组合观测值，用于周跳探测与修复、整周模糊度分解以及消除和减弱误差影响。常用组合为：

- LC 组合观测值：

$$L_C = \frac{f_1^2}{f_1^2 - f_2^2} \varphi_1 - \frac{f_2^2}{f_1^2 - f_2^2} \varphi_2$$

可消除一阶电离层影响，在长距离相对定位中可显著改进基线解的精度。

- 电离层残差组合：

$$L_I = \lambda_1 \varphi_1 - \lambda_2 \varphi_2$$

该组合与接收机至卫星的几何距离无关，消除了轨道误差、接收机钟差和卫星钟差等影响，可用于模糊度分解和周跳探测与修复。

- 宽巷组合：

$$L_W = \varphi_1 - \varphi_2$$

波长约为 0.86 m，且模糊度为整数，适用于中长基线的模糊度分解。可先确定 $N_1 - N_2$ ，再将其引入 L2 或原 L1、L2 观测方程中分解出 L1 模糊度。

3. 美国政府为何要实施 GPS 现代化计划？该计划的主要内容是什么？（10 分）

【答案】

原因：随着现代科学技术的进步，为满足与日俱增的军民用户市场需求，GPS 系统必须不断进行改进和完善。美国为了更好地满足军事需要，继续扩展民用市场，确保 GPS 在卫星导航定位领域中的领导地位，决定实施 GPS 现代化计划。

主要内容：

- 在 Block IIR-M 及 IIF 卫星及随后的 GPS 卫星的 L2 载波上调制民用码；
 - 在 Block IIR-M 及 IIF 卫星及随后的 GPS 卫星上增设频率为 1176.45 MHz 的 L5 信号；
 - 在 L1、L2 上增设军用码 M 码，实现军用信号和民用信号的分离，提高信号抗干扰能力；
 - 阻止和干扰敌对方使用全球定位系统。
4. 某观测历元，L1 载波相位观测值上发生了 N_1 周的周跳，L2 载波相位观测值上发生了 N_2 周的周跳，请分别推导：（1）宽巷载波相位观测值上的周跳大小；（2）窄巷载波相位观测值上的周跳大小；（3）无几何距离相位组合观测值上的周跳大小。（10 分）

【答案】

（1）宽巷组合观测值为

$$L_W = \varphi_1 - \varphi_2.$$

当 L1 上发生 N_1 周周跳、L2 上发生 N_2 周周跳时，

$$L'_W = (\varphi_1 - N_1) - (\varphi_2 - N_2) = L_W - (N_1 - N_2),$$

故宽巷载波相位观测值上的周跳大小为 $N_1 - N_2$ 。

（2）窄巷组合观测值为

$$L_N = \varphi_1 + \varphi_2.$$

当 L1 上发生 N_1 周周跳、L2 上发生 N_2 周周跳时，

$$L'_N = (\varphi_1 - N_1) + (\varphi_2 - N_2) = L_N - (N_1 + N_2),$$

故窄巷载波相位观测值上的周跳大小为 $N_1 + N_2$ 。

(3) 无几何距离相位组合观测值为

$$\varphi_{LG} = \lambda_1 \varphi_1 - \lambda_2 \varphi_2.$$

当 L1 上发生 N_1 周周跳、L2 上发生 N_2 周周跳时，

$$\varphi'_{LG} = \lambda_1(\varphi_1 - N_1) - \lambda_2(\varphi_2 - N_2) = \varphi_{LG} - (\lambda_1 N_1 - \lambda_2 N_2),$$

故无几何距离相位组合观测值上的周跳大小为 $\lambda_1 N_1 - \lambda_2 N_2$ 。

5. 根据你所学的知识，简述 GPS 系统的工作原理。 (10 分)

【答案】

GPS 系统的基本原理是测量出已知位置的卫星到用户接收机之间的距离，然后综合多颗卫星的数据即可确定接收机的具体位置。GPS 系统由空间部分、地面监控系统和用户部分组成。

(1) 空间部分（GPS 星座）：GPS 卫星可连续向用户播发用于导航定位的测距信号和导航电文，并接收来自地面监控系统的各种信息和命令，以维持系统正常运转。

(2) 地面监控系统：跟踪 GPS 卫星，确定卫星运行轨道和卫星钟改正数，进行预报后按规定格式编制为导航电文，并通过注入站送往卫星。

(3) 用户部分：用户接收机通过 GPS 信号到达的时间差确定接收机与卫星的距离，并根据卫星星历给出的观测瞬间卫星空间位置等信息求出自身位置。卫星位置可根据星载时钟记录的时间在卫星星历中查出；用户到卫星的距离可通过记录卫星信号传播到用户所经历的时间并乘以光速得到。GPS 卫星正常工作时不断发射导航电文，导航电文包括卫星星历、工作状态、时钟改正、电离层时延修正、大气折射修正等信息。用户接收导航电文后，提取卫星时间并与自身时钟对比可得卫星与用户的距离，再利用卫星星历数据推算卫星发射电文时所处位置，从而确定用户在 WGS-84 大地坐标系中的位置、速度等信息。由于用户时钟与卫星星载时钟不可能完全同步，除三维坐标 X, Y, Z 外，还需引入接收机钟差参数 Δt_r ，用 4 个方程解出 4 个未知数，因此确定用户位置至少需要接收 4 颗卫星的信号。