

综合实习任务书

(2021 级导航工程专业 使用)

武汉大学 测绘学院

2024 年 5 月

目 录

1. 实习目的	1
2. 实习指导组及其职责.....	1
3. 实习学生分组安排.....	1
4. 仪器设备、软件.....	1
5. 实习内容	3
6. 实习时间安排.....	6
7. 实习纪律及注意事项.....	7
8. 教材及参考资料.....	7
9. 实习报告要求.....	7
10. 实习成绩评定.....	8
11. 实习报告封面.....	8

1. 实习目的

综合实习是针对导航工程专业所开设的一门重要的实践课程。在该阶段，学生已经掌握了卫星导航技术、惯性导航技术、组合导航的基本原理与 Kalman 滤波器的设计、导航电子地图等基础知识。综合实习将进一步加深学生对卫星导航定位、惯性导航、组合导航等相关理论、原理的理解，同时强化培养学生综合应用多种导航定位技术的能力。

该课程利用不同性能的组合导航系统仪器设备搭建动态导航数据采集平台，开展各种场景下的组合导航系统测试，系统了解惯性器件的标定流程并能进行正确标定；让学生借助自己动手采集的数据了解和掌握惯性导航及组合导航的导航算法流程并完成程序设计和实现；熟悉商用组合导航计算软件的使用；掌握组合导航系统的性能分析与评价方法。为学生未来在相关领域使用和开发多传感器融合的导航系统及开展导航应用奠定理论和实践基础。

2. 实习指导组及其职责

实习指导教师：朱智勤、张万威、朱锋

教师联系电话：朱智勤（13477057570） 张万威（18872267293） 朱锋（15007118161）

3. 实习学生分组安排

(1) 实习地点

实习外业采集在武汉大学信息学部进行。

实习的内业在武汉大学测绘学院实验中心的机房进行。

(2) 人员分组安排



每个小班为一个小组。每个小组分为 5 个小组，每小组 4~5 人。每个小组和小组任命组长 1 名。

实习小组各成员的职责如下：

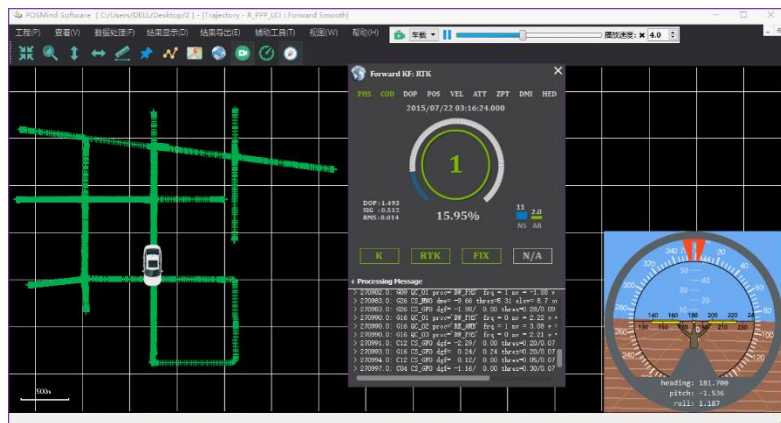
大组长、小组长：与实习指导老师进行联系，汇报实习情况，传达老师指令；在外业观测期间，负责制订观测计划，并进行外业观测的现场调度；收集出勤记录表、联合组内成员爱护和保养仪器；收集各组员的实习报告及相关资料。

组员：按时出勤；实习期间执行指导老师和组长的指令，确保人身和仪器安全。

4. 仪器设备、软件

仪器设备	设备图片	设备简单说明
华测智能小车		主 要 搭 载 了 GNSS/INS 组合导航、激光雷达、摄像头等传感器，具备车载计算机。
华测导航 CGI-410		华测智能小车内置的 GNSS/INS 组合导航设备
星网宇达 XW-GI7660、XW-GI7681		星网宇达公司的 GNSS/INS 高精度组合导航系统，内置光纤 IMU
Novatel SPAN-ISA-100C		Novatel 公司的 GNSS/INS 高精度组合导航系统，内置光纤 IMU
Septentrio-PolaRx5		RTK 基站设备

数据处理软件：POSMind 软件。



5. 实习内容

本次集中实习包含如下内容：

内容	学时
实习动员与任务安排	4
访问虚拟仿真平台进行学习	4
仪器的使用和操作	8
组合导航系统搭建	4
不同场景下的组合导航数据采集	16
组合导航数据通信与解码	4
ALLAN 方差分析、初始对准编程计算	8
惯性导航机械编排编程计算	12
GNSS 与惯性导航松组合算法程序实现	120
自编算法结果与参考结果的比较分析	12
智能小车的多传感器融合导航分析	24
实习报告总结与考核	24
合计：	240

具体安排如下：

(1) 访问虚拟仿真平台进行学习

给每位同学分配好时段登录国家虚拟实验教学课程平台完成注册后，学习《北斗与多传感器融合导航虚拟仿真实验》的实验简介视频和教学引导视频，最后进行实际操作并打分评价，在使用上有任何问题可以加 QQ 支持与服务群 799560598 进行反馈。需要指出的是：该虚拟仿真实验正在申报国家级虚拟仿真实实验教学一流课程，学生对该实验的实际体验与评价是评选一流课程重要的打分项，请大家务必认真完成虚拟仿真实验。

平台网址：<https://www.ilab-x.com/details/page?id=12064&prev=1>

(2) 组合导航系统的数据采集实验

在校园内，各小组利用华测智能小车或自行搭建组合导航手推车移动平台，利用分配到的设备，结合设备使用手册，学习组合导航设备的使用和操作，并进行组合导航系统动态实验数据的采集和测试。

- ✓ 学习组合导航设备和智能小车的操作，在实习报告中详细叙述个人使用设备的实际操作情况。
- ✓ 根据各组分配的组合导航设备，在移动平台上安装设备并测量和记录杆臂值。
- ✓ 动态实验测试:以小组为单位，各组在实习基地现场选定某一路段进行运动（运动过程中，最好设定某些具有运动特征明显的轨迹点，如静止点、拐弯段、直线段，

轨迹具有较准确的重复观测性), 采集 GNSS 和 IMU 原始数据。由于各大组只有一辆小车, 组内的各小组需轮流进行。每个人需要拍摄自己参与实验的照片, 在实验报告中体现。实习结束时, 需以小组为单位提交各小组的实验原始数据并附上一份实验数据的说明。

✓ **掌握了设备操作后, 各小组应先行调试设备, 经测试无问题后才可以开始正式记录数据;**

✓ 动态实验测试过程包括:

- 在友谊广场(如果是手推车也可以在操场进行)的开阔卫星观测环境下, 进行静态初始对准(至少 5 分钟), 拍照记录设备当时与周边参照物的情况, 以方便后续判断初始方位。
- 在友谊广场内(不要选广场外的周边主干道)先做一圈开阔环境下的动态测试(含加减速, 转弯, 停车等)。
- 然后可以离开开阔环境, 在校园内进行后续数据采集(校园内的道路基本上属于遮挡环境)。如果是**操控智能小车在道路行进时一定要保持警惕, 注意安全, 控制车速, 尽量靠近道路最右边运动, 建议在车辆少的路段进行。**
- 结束前选择一开阔卫星观测环境地点, 再次进行静态初始对准(至少 5 分钟), 拍照记录设备与周边参照物的情况。
- 关机。

(3) 设备性能参数的评估实验

- ✓ 进行静态实验数据采集: 可以在室内将各组的设备, 固定安装在一平稳无环境干扰的位置, 保持连续观测 2 小时(不能中断), 采集 IMU 原始数据。**同一种设备只需要以大组为单位进行采集 1 次或 2 次。**有些设备需要接收到 GNSS 卫星数据才能进行 IMU 原始数据采集, 可以通过在能接收到转发信号的实验室进行静态测试。
- ✓ 使用 Allan 方差分析法对采集的 IMU 静态数据进阶分析, 了解设备的更多误差信息。利用评估实验结果, 为滤波提供更准确的误差模型以提高最终组合导航解算结果。

(4) 学习组合导航计算软件的使用(用来提供参考结果, 为后续自己的编程计算做对比)

- ✓ 学习和掌握组合导航系统设备的数据输出格式及格式转换;
- ✓ 学习有关组合导航解算软件的详细功能和处理流程, 每个人需掌握如何利用商业软件处理实验数据。

(5) 利用教师提供的组合导航数据处理软件(Posmind)计算实验数据并进行结果的分析和评价

- ✓ 以“GNSS/INS”松组合和紧组合两种模式处理动态实验采集的数据, 仔细考察其位置、速度和姿态误差, 列表统计, 并做对比;
- ✓ 找出 GNSS 卫星观测条件不好的时间段, 考察在该时间段组合测量的导航状态误

差相比原来观测条件良好时的变化情况，通过精度列表统计等查看不同表现，对比分析 GNSS 观测信息起到的改善作用；

- ✓ 对比分析高、低精度组合导航设备的表现；
- ✓ 将上述分析反映到实习报告中，需图文结合。

(6) 纯惯性导航解算编程实现

- ✓ 学习和掌握不同的初始对准算法，完成算法程序编写，利用动态实验初始对准时间段的数据完成对准计算，与 POSMIND 结果进行对比以判断是否正确。
 - 调平+直接罗经对准法
 - 解析法
 - 精对准法
- ✓ 自行编程进行纯惯导导航解算。即利用陀螺和加表的输出利用机械编排算法推算载体的位置、速度、姿态信息，但是由于 IMU 的输出中含有确定性误差和随机误差，以及其它误差因素，导致解算的导航定位结果发散。
- ✓ **利用动态实验开阔环境下的数据**，将自己计算结果与 POSMIND 结果进行对比。编写结果对比程序（对比位置、速度、姿态），通过时序误差图和误差统计值以判断自己的算法是否有问题。
- ✓ 通过观察自己程序解算的位置、速度、姿态的发散从而对实验使用的高、低精度惯导设备的性能有直观的认识。

(7) 组合导航算法（松组合）编程实现（要求使用 C++语言）

- ✓ 对动态实验采集的 GNSS 定位数据和 IMU 原始数据进行松组合解算——可以基于商业软件提供的 GNSS 位置速度结果进行松组合编程；也可以利用自己的程序对 GNSS 数据进行定位解算，基于处理后的定位结果进行松组合编程；
- ✓ 速度/零速/里程等更新算法在松组合中的运用；
- ✓ 利用自己编写的程序对自己小组的实验数据做松组合计算，并将结果与 POSMIND 软件的松组合计算结果做对比，检查自己结果的正确性；
- ✓ 正反向滤波实现和融合；
- ✓ 分析使用的高、低精度组合导航设备在滤波时算法应如何配置参数以取得正确结果。

(8) 智能小车的多传感器融合导航分析（待定）

- ✓ 学习和掌握智能小车的多传感器数据获取
- ✓ 尝试利用相机和 LiDAR 的数据进行融合导航处理和分析

(9) 考核

- ✓ 各人独立参与考核，现场介绍自己的实验成果。
- ✓ 老师结合成果进行现场提问考核，各人单独进行。

(10) 整理完成实习报告

- ✓ 个人独立撰写实习报告。实习结束当天需提交实习报告。
- ✓ 实习报告的相关要求，参见“9 实习报告要求”

6. 实习时间安排

实习总时数：6 周（2023 年 5 月 20 日——6 月 28 日）。

由于仪器设备数量有限，需要各大组内部安排好时间，各小组轮流使用仪器。由于实习时间跨度足够长，感兴趣的同学可以和其他组交换设备进行实验。

实习的初步安排见表 1。（注意：实际实施时会根据天气、仪器等情况作适当调整。）

表 1 实习内容及时间安排

时间安排	时间		实习内容	地点	备注
第一周	周一	下午	实习动员	1 号教学楼	
	周二 ~ 周五	全天	各人按照分配的时段访问虚拟仿真平台进行实操和撰写使用报告； 各小组依次开展外业数据采集； 未轮到使用设备的小组学习 POSMIND 软件，处理演示数据，老师安排答疑； 完成了数据采集的小组进行数据转换与读取，使用 POSMIND 软件处理数据，判断是否需要外业补测。	外业在校园室外 数据处理在 4 号楼实验中心机房	
第二周	周一		智能小车操作和数据采集实训	校园内室外	
	周二		Allan 方差静态实验	实验室内	
	周三		Allan 方差分析	自定	
	周四		完成初始对准算法程序编写	4 号楼机房	
	周五		完成惯性导航算法程序编写	4 号楼机房	使用 C 或 C++ 语言
第三周	周一		组合导航程序架构设计讲解和独立设计组合导航程序架构	4 号楼机房	
	周二		程序架构修改与完善，基础函数编写		
	周三、周四		机械编排算法接口编写		
	周五		程序整合与松组合算法框架搭建		
第四周	周一、二		松组合基础函数编写、状态更新函数编写	4 号楼机房	
	周三、四		松组合位置观测更新函数编写		
	周三		松组合正向滤波的初步测试与完善		
第五周	周一、二		零速更新/状态约束等的编写	4 号楼机房	
	周三、四		正反向滤波编写		
	周五		松组合整体测试与完善		
第六周	周一—周五上午		成果汇总，撰写实习报告	自定	
	周五下午		递交实习报告，各小组依次进行考核	4 号楼 107、302	

7. 实习纪律及注意事项

在实习期间，需要注意如下事项：

- (1) 严格按照仪器的操作规程进行观测，有关的手写记录应正确、字体端正、字迹清晰。
- (2) 保证人身和仪器安全。在外业测量时，对仪器要爱护，不野蛮操作，注意设备电源连线的正负极。如有违反仪器操作规程损坏仪器者，须照价赔偿，并给予相应的处分。
- (3) 同学之间要相互团结与协作。
- (4) 遵守纪律，听从指挥，实习期间无特殊原因不得请假，请假须事先得到指导教师的批准，否则将进行相应的处理。在实习期间必须遵守学校的纪律和各项规章制度。
- (5) 有问题及时向指导教师、组长报告。

8. 教材及参考资料

【1】GNSS 与惯性及多传感器组合导航系统原理（第二版），国防工业出版社，Paul D.Groves，2015

【2】SPAN-FSAS，SPAN-CPT，MFG，XW，SBG Septentrio-Sbi/ PolaRx5 设备用户手册

【3】华测智能小车用户使用手册

【4】PosMind 软件说明手册

上述文档的电子版会上传到实习 qq 群。

9. 实习报告要求

报告提交的最终截止时间为 6 月 28 日 19 点!!!

实习报告封面需遵照实习任务书的末页。

实习报告应包括如下内容：（章节标题自定）

- ✓ 实习概况
 - 简单介绍外业观测情况，包括：所使用仪器的型号、设备安装情况、设备间的杆臂值、实际观测情况、自己单独或与同组成员一起参与实习的操作仪器照片、实习数据的介绍、碰到的问题及解决办法等；
- ✓ 数据处理结果分析（包括下列结果但不限于）
 - 利用商业软件计算的结果解释（松组合和紧组合结果对比，观测条件不好时间段的结果表现），
 - 自己编程计算结果解释（初始对准结果、纯惯导结果、高低精度设备松组合结果的分析，和商业软件结果的对比；有余力的同学可以完成紧组合的对比）
 - 每项对比应有相应的文字分析，包括自己对结果的评价与评价依据
 - 报告中的图、表必须有单位标示，并有详细的文字解释

- ✓ 个人在实习中所参与工作的具体介绍，体会与收获，建议和意见

实习报告的提交，后续按老师的要求和通知进行，封面需遵照要求。

由小组长向老师提供本小组的所有实习原始数据，包括数据说明。

10. 实习成绩评定

实习成绩由 3 部分构成，包括：平常表现（包括团队表现），个人能力测试，实习报告完成度。

其中，平常表现（20 分），个人能力考核（30 分），实习报告完成度（50 分）。具体评分方法如下：

- ✓ 平常表现（占总成绩 20%）。
 - 老师在 qq 群通知了必须到的实习环节而未到的，**一次扣 3 分，请假必须提前向实习老师报备，现场委托同学请教的扣 1 分。直到扣完 20 分；**
 - 完成虚拟仿真平台的使用报告，**未完成扣 10 分；**
 - 发生如下情况，根据情况酌情扣分：造成仪器人为损坏，实习期间违反校纪校规；
- ✓ 个人能力考核（占总成绩 30%）
 - 由老师现场考核，展示软件处理数据情况，自编程序的解释，现场演示完成处理数据，回答老师提问。
- ✓ 实习报告完成度（占总成绩 50%）
 - 按照实习报告要求完成实习报告，需介绍个人在团队里的表现
 - 提交自编程序源码、可执行程序、程序说明，制成压缩包后交给指导教师

11. 实习报告封面

报告封面参见下页。

课程代码：4150550011022

课程性质：必修

导航工程专业 综合实习

实习报告

学院： 测绘学院

专业： 导航工程

地点： 武汉大学

班级：

组号： 第 组

姓名：

学号：

教师： 朱智勤 朱锋 张万威

2024 年 5 月 20 日 至 2024 年 6 月 28 日