

北斗卫星导航实验室建设方案

北京华微中测科技有限公司

目录

C O N T E N T S

1 公司介绍

2 建设背景

3 产品简介

4 北斗导航实验室介绍

5 产品优势

6 实验内容设计



01

PART ONE
公司简介

公司概况

公司介绍

公司致力于卫星导航、惯性导航、激光雷达、通信、地理信息系统应用及相关行业领域的技术创新和产品开发，是集研发、设计、生产、工程应用为一体；公司技术实力雄厚，拥有多位国内知名专家学者，软硬件技术力量齐备，在项目实施过程中可为用户提供完整解决方案。

发展方向

为了更好地辅助课堂教学，提升教学效果，培养学生动手实践能力，我公司精心推出了本套完善的卫星导航实验室解决方案。该方案主要针对学科领域包括卫星导航、仪器仪表、测试测绘、系统仿真、软件工程、通信工程、计算机、计量检测、电力电子等相关专业。
，是我国北斗教学领域为数不多的“深耕型”企业。

企业影响力

公司结合多年在北斗定位导航领域积累的技术优势及国家产业政策支持，不断完善自身业务体系，先后与解放军测绘学院、北京航空航天大学、南开大学、河北科技大学信息工程学院、信息工程大学测绘学院、军械工程学院、北京理工大学、中电54研究所、中电13研究所，上海航天804所、广西师范大学等高等院校及科研院所建立紧密合作关系。



致力于北斗教育产品研发及推广的科技企业。专注于北斗教学相关产品的研发、整合和运营等丰富形式，进行北斗教学的探索与创新。



02

PART TWO
建设背景

建设背景



1. 中国自主研发的全球卫星导航系统

北斗卫星导航系统（BDS）是**中国自主研发**的全球卫星导航系统，是全球四大卫星导航系统之一，是联合国卫星导航委员会已认定的供应商。



其他卫星导航系统：

日本 准天顶卫星导航系统（QZSS）

印度 区域卫星导航系统（IRNSS）



建设背景



2. 北斗系统相关国家政策：

政府部门已充分认识到北斗导航系统的**重要性**，并陆续出台多项政策条令，以推动北斗系统的建设和发展。

2013年：

国务院发布《国家卫星导航产业中长期发展规划》
国务院发布《关于促进信息消费、扩大内需的若干意见》
推动北斗系统在关乎国计民生的支柱行业**逐渐取代GPS**。

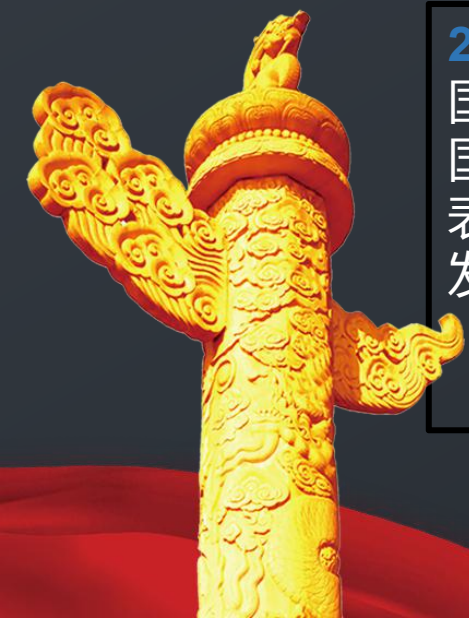
2014年：

国务院发布《关于促进地理信息产业发展的意见》
财政部和发改委联合发布了《关于组织实施 2014 年北斗产业**重大应用示范发展**等专项的通知》

2016年：

国务院发布《中国北斗卫星导航系统》，此次规划说明国家特别将民用消费领域的北斗产品列为优先发展目标表明北斗产业政策的着力点正**全面转向民用市场**。
发改委和国防科技工业局联合发布的《关于加快推进“一带一路”空间信息走廊建设与应用的指导意见》

随着“一带一路”政策的推进，东南亚地区国家逐渐引入北斗系统，北斗系统产品有望率先在该地区大规模应用，极大促进了我国卫星导航事业走出去的步伐，同时为国内北斗系统企业打开了广阔的**国际市场**。



建设背景



3. 应用领域广泛：

随着北斗系统覆盖亚太地区、开启全球组网，北斗已经在道路交通、铁路、测绘、授时、航运、航空等多个行业中得到应用，并呈现出更为广泛的趋势，并不只局限于传统意义上的导航定位服务。北斗系统未来在民用市场的应用将更加广泛、深入。



4. 技术人才需求量大：

北斗卫星导航领域也是我国着力发展的高科技新兴产业，急需大量高素质的专业工程技术人员。



建设背景

5. 实现功能多：

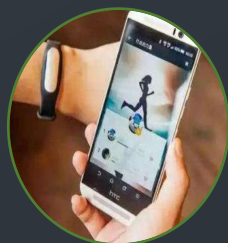
北斗卫星导航系统可以提供定位、测速、授时、定向/测姿、短报文通信等功能。



定位



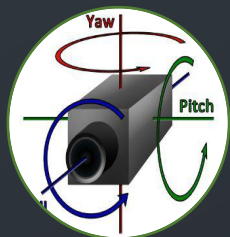
授时



测速



定向



测姿



短报文通信



6. 学习实践比较困难：

随着技术、产业快速发展，各高校相继展开了导航相关专业或课程体系的建设。但是，卫星导航技术涉及知识面宽、理论性强，学生学起来枯燥乏味，教学工作不易开展。如果仅是停留在课堂教学层面，很难取得良好的教学效果。



建设背景

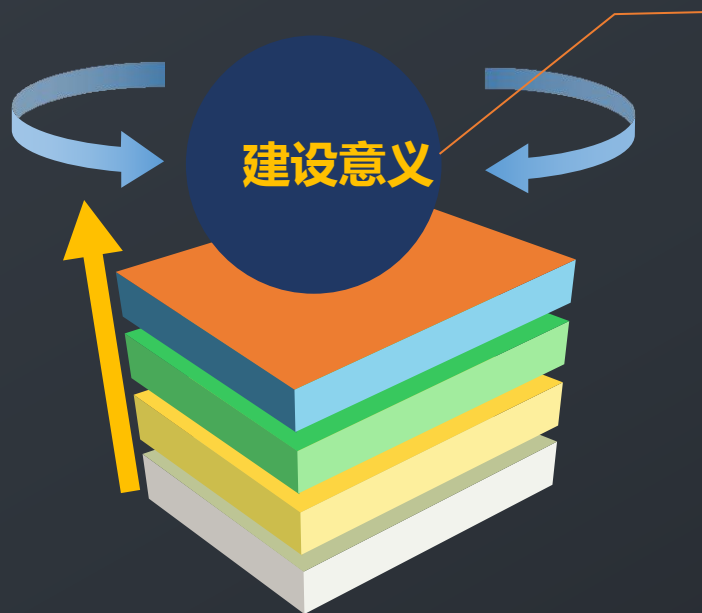
高等院校实验室是进行实验教学、开展科学研究和生产实践的地方，也是培养大学生创新思想和实践动手能力的重要基础，越来越成为高等院校教学中不可分割的重要组成部分。随着信息化的快速发展，学校的管理变革逐步推进社会对人才要求的提高，具有专业技能的人才的需求量逐渐增大，高等院校实验室不仅承担传统实验教学任务，更是培养学生实践动手能力的重要场所。这一新的形势对高等教育提出了新的要求，高等教育必须转变观念，改革人才培养的模式，加强对学生创新、实践能力的培养。

一、北斗导航优势：

- 1.北斗卫星导航系统是中国自主研发运营。
- 2.北斗卫星导航系统已成功应用于测绘、电信、水利、渔业、交通运输、森林防火、减灾救灾和公共安全等领域。
- 3.安全性能高、定位精度高、三频信号、有源定位和无源定位。

二、北斗导航实验室建设意义：

- 1.提高学校科研水平能力。
- 2.促进我国北斗导航产业的应用推广和人才培养。
- 3.可根据学生培养方向，定制开发。





03

PART THREE
产品简介

产品简介

一

基本配置：



高精度卫星信号接收天线



GNSS卫星信号转发系统



GNSS卫星导航实验硬件平台



GNSS卫星导航实验软件系统

能够完成卫星导航
技术原理的各项基
本实验项目

二

科研扩展配置：

北斗/GPS 卫星导航模拟器、干扰信号源、多天线信号采集回放器、高精度授时校频系统、多天线测姿定向系统、BD/GPS INS系统、北斗一代短报文指挥机/手持机、陀螺仪等产品



为教学和科研工作提供更完善的平台

三

进一步深入领域应用：

惯性导航实验
平台

室内定位监测
平台系统

RTK差分测量
系统

GNSS信号抗
干扰半实物仿
真系统

物联网车载监
控平台系统

无人机控制系
统

针对不同的应用领域，设计
了相关设备，以进一步深入领
域应用。

产品简介



北斗实验室产品

- 卫星信号转发器
- 北斗实验原理平台
- 北斗授时服务器
- 惯性测量系统
- 卫星信号模拟器
- 北斗实验研发平台
- 北斗中频信号采集器
- 卫星导航综合测试平台



应用终端产品

- 北斗卫星天线（航空型、高精度定位、授时天线）
- 北斗高精度定位接收机
- 北斗双天线定向系统
- 北斗+INS系统
- 无人机系统



应急指挥产品

- 北斗应急通信指挥机
- 北斗手持终端
- 北斗车载终端
- 北斗船载终端



扩展应用产品

- 北斗位置服务平台
- 室内定位系统（多系统融合）
- 组合导航定位系统
- 抗干扰导航系统

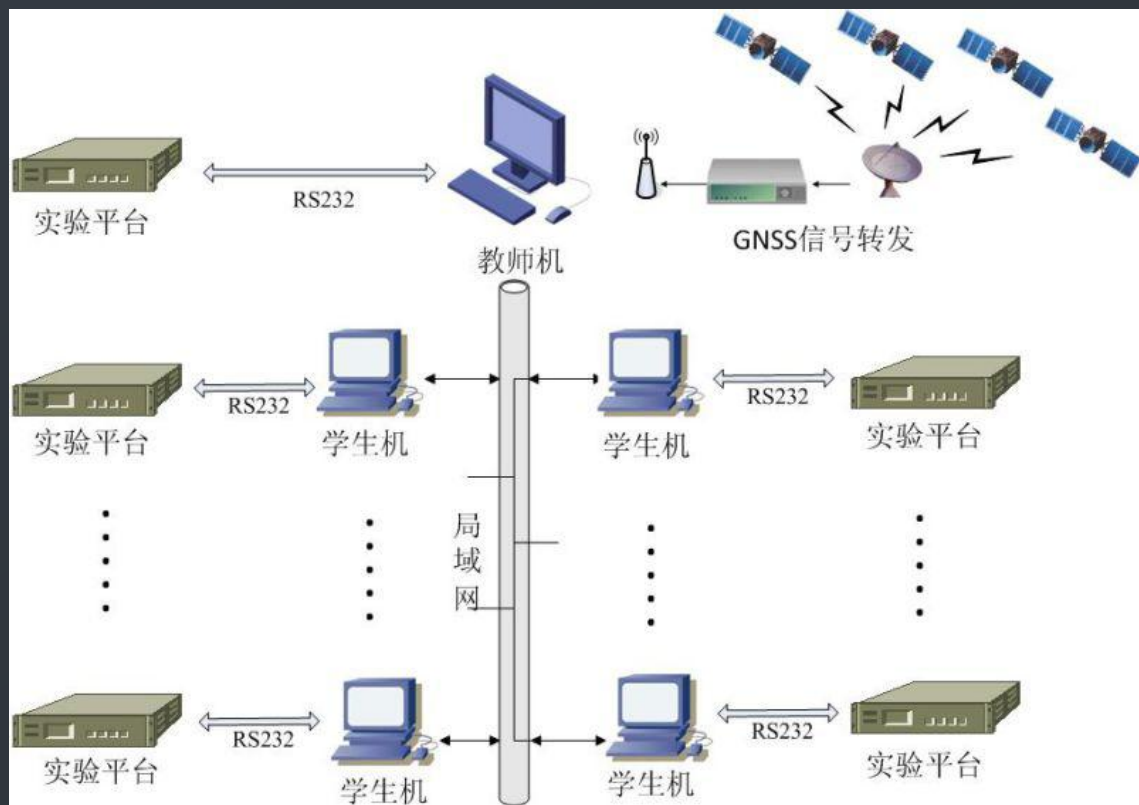


04

PART THREE
北斗导航实验室系统

北斗导航实验室系统

卫星导航实验系统主要由GNSS转发器、教师机和学生机三部分组成。其基本系统组成及连接框图如图所示：



教师机与学生机之间采用以太网连接，组建实验室内局部域网，实现实验过程的全程在线管理。主要包括以下几方面的功能：教师分发实验任务、下发实验数据、实验中间环节的检查与指导、学生提交实验结果、实验报告等。另外，教师机自带硬件实验平台，教师可以先行完成实验任务的验证工作，以便有的放矢地指导学生顺利完成实验。学生机与实验平台之间采用RS232串行接口，实现学生机与实验平台之间的数据交互，主要包括实验平台配置命令交互和接收导航电文。RS232串行接口结构简单、可靠性高能够完成数据的可靠传输。

根据卫星导航技术原理教学需要，结合目前卫星导航领域的研究和应用热点，我公司精心配置了一整套软硬件解决方案。不仅能满足卫星导航原理等课程的教学和实验要求，而且为用户提供了一套完备的科研和二次开发环境。

北斗导航实验室系统

课程体系

{ 基础理论类实验 }

坐标转换实验
时间转换实验
卡尔曼滤波实验
抗窄带强干扰实验

基础理论类主要用来对学生的基础理论知识进行全面系统的梳理，使学生通过实验加深对卫星导航技术中的理论难点的理解。可开设以下实验项目

{ 应用技术类实验 }

卫星位置解算及多普勒分析实验
卫星信噪比与仰角关系实验
实时传输误差分析实验
几何精度因子计算分析实验
接收机位置解算实验

应用技术类实验主要将目前卫星导航中的一些典型的处理算法或环节，以各个实验项目的形式加以分解、细化。使学生通过实验熟悉常见的处理算法及程序，甚至能够自己独立编程完成部分环节。

{ 综合扩展类实验 }

卫星测速实验
GPS与GIS结合实验
定向、测姿实验
RTK定位实验
多系统融合定位实验
二次开发实验

综合扩展类实验根据目前卫星导航领域内的一些研究热点或应用领域开设，使学生通过实验对该领域有更加深入的了解希望能给学生一定的启发，以便于后期进行创新型学习和发展。

实验室系统

实验原理平台-硬件 GT2000

实验系统采用真实卫星信号转发与仿真信号生成相结合的方式获取实验信号源，一方面将真实卫星信号通过转发天线，转发到实验室内部。各实验平台接收转发信号，并进行相关实验。该方式能够最大限度的贴近实际工作环境，使学生更好的理解实验原理。另一方面，对于一些特殊的实验（如卫星测速实验）采用仿真信号生成的方式完成实验。该方式使实验系统功能得到进一步的扩展。



工作模式	72通道GPS/北斗双模定位
定位精度	2.5米
授时精度	≤20nS
灵敏度	- 160dBm
冷启时间	27S
数据更新率	2Hz
工作温度	- 40℃~85℃
供电	220V AC

通过系列化的GNSS软硬件工具实现GNSS信号的模拟或真实信号的转入。结合室内教学仿真系统，通过代码与研究工具的开放，让教师及学生可以在真实设备，真实卫星信号环境下，亲自动手进行卫星导航应用实训教学。

实验室系统

实验原理平台-软件系统 V2.0

卫星导航实验室研发了一套集实验开展和实验网络化管理于一体的大型实验软件系统。该软件系统分为教师机版本和学生机版本。该软件由**实验指导**、**实验演示**、**实验操作**和**实验题库**几部分组成。



1 自带程序模式：执行系统自带的卫星位置解算程序，学生只需选定卫星及时刻执行程序即可得到对应卫星的位置，并记录数据，即可完成实验。

2 定制程序模式：学生可通过外部开发环境定制自己的解算程序，并生成可执行文件，软件系统会调用该文件并记录实验数据以完成实验。使学生真正掌握卫星位置解算过程。

该软件由实验系统主程序、各实验项目子程序和实验管理子程序等几部分组成，实验项目子程序负责各个实验项目的完成。

可根据学生层次或实验要求不同，将实验分成两种模式：**自带程序模式**和**定制程序模式**。



05

PART THREE
产品特点

产品特点



产品特点

一、课程配套的实验教学平台

北斗多模导航原理实验平台是北京华微中测公司针对《**导航原理及应用**》、《**卫星导航信息处理**》等课程配套的实验教学平台。并结合开源的实验代码，以及详细的实验教程和指导，进行多达十五个基础实验以及十五个定制程序实验。试验箱配备显示屏幕以及人性化的上位机，真正可以让老师和学生对抽象复杂的BDS/GPS导航定位的原理，**看的见，摸得着**，学生可以自己动手编程，独立思考，从而深刻的理解和掌握，并进一步深刻理解BDS/GPS定位中的核心技术。通过围绕该设备的学习，学生可以奠定理论基础、积累实践经验。



产品特点

二、科学的实验流程

实验流程：



以学生为本，
培养创新人才为核心

激发学生对卫星导航技术的
学习兴趣和探索精神

提供卫星原始观测数据以及数据处理
代码，方便教师的教学与科研工作。

结合各高校实际教学需求

建设成基于网络化管理，实验教学体系合理、开放共享、特色鲜明、达到国内领先的高水平导航技术实验教学示范中心。

产品形态简单
系统实施简单
用户操作简单

产品特点

三、真实的信号环境

真实的信号环境:

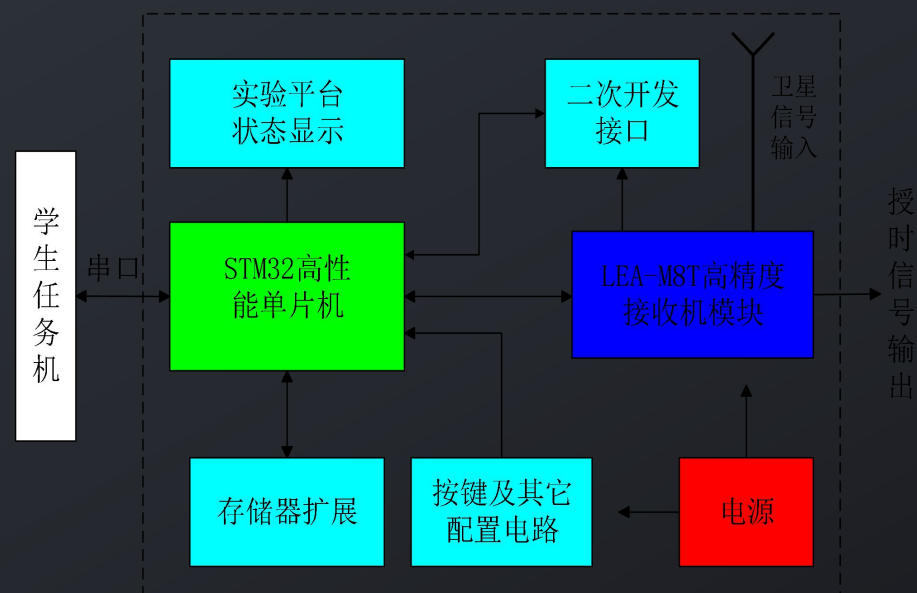
GNSS卫星信号转发系统负责将空间信号接收下来，并通过转发天线转发到室内，实现**真实信号环境**的再现，使学生在真实的信号环境下开展实验。

学生机与实验平台之间采用RS232串行接口，实现学生机与实验平台之间的数据交互，主要包括实验平台配置命令交互和接收导航电文。

RS232串行接口结构简单、可靠性高能够完成数据的可靠传输。



北斗/GPS双模卫星导航实验硬件平台负责接收转发系统转发的实际GNSS卫星信号，并进行捕获、跟踪定位、导航电文解析及观测量提取等环节。实验平台通过串口将实验必须的各项导航数据送入学生任务机，支持各个实验项目的开展。



四、实验网络化管理

[illegible]

网络化管理

[illegible]

学生可点击“上传实验报告”，选择实验报告的位置，实验报告即可上传给教师机。

全面纳入统一的**网络化管理**，教师只需通过软件就能掌控整个实验室的运行情况，了解每个学生的实验进度，对学生的动手编程能力有一个监督和督促的作用，并实现**无纸化**办公。

教师机与学生机之间采用以太网连接，组建实验室内部局域网，实现实验过程的全程在线管理。实验系统具有一套功能强大的卫星导航实验系统管理软件，该软件分为教师用版本和学生用版本，分别安装在教师机和学生机上。教师只需通过该软件界面即可完成诸如实验任务生成与下发、收集实验报告、评定实验成绩等工作，另外如需要可将实验报告存入数据库留档。学生只需通过该软件界面即可完成整个实验的操作流程。包括接收实验任务、践行各实验环节、提交实验报告以及与实验平台的命令和数据交互等。

产品特点

五、题库功能

题库

:

思考题

内容扩充

学习监管

1 每个**实验后**都有一定数量的**思考题**，包括选择、判断、简答等题型。

2 教师可自行对题库进行**扩充**或**删减**。

3 教师可以**随机抽取**若干思考题，下发给学生。学生在线答题并提交，教师可以以此作为实验成绩的参考。

提高实验效能、扩大教学成果、拓展教学思路

产品特点

六、开放的软硬件接口

开源的实验代码：

预留了自定制实验程序入口，学生可通过**自己编制**C语言程序来完成实验。为培养学生实践能力和创新能力提供了方便。

自带程序让学生熟悉实验原理

思考题增加学生理解解决难点

定制程序，让学生在实验中，理解并能动手操作。

可定制程序：

定制程序工程中每个实验都要添加RWXmlFileCon.h文件和RWXmlFileCon.lib文件，这两个文件的具体作用详解如下。注意：学生自己写程序时读写文件的文件名不能修改，自己定义参数名与RWXmlFileCon.h一致时，直接将该头文件引到工程中即可，这个方法较为简便。当自己定义的参数名与RWXmlFileCon.h不一致时，还需将该头文件中的参数名与自己定义参数名一一对应上才行，这种方法较为繁琐，建议直接引用RWXmlFileCon.h中定义好的参数名带入算法进行计算。

产品特点

七、成功的应用案例



目前北斗教学设备已在吉林、北京、河北、山西、陕西、宁夏、河南、安徽、山东、贵州、云南、四川、广西、新疆等高等院校数十家单位应用，并取得客户的一定认可度。

数十家单位应用，并取得客户的一定认可度。

产品特点

八、优质的服务

升级换代能力：

公司对产品研发非常重视，不断开发完善产品，致力于北斗教育系统的领航者。随着导航技术迅速发展，北斗导航系统要在2020年覆盖全球，北斗系统新体制信号需代替原有体制信号，所有实验设备具备平滑升级到支持北斗系统**新体制信号**的能力。

技术培训服务：

我们将负责对用户方人员进行全面培训，通过讲授“北斗导航实训平台”的性能、结构原理、维护管理技术及实际操作等培训，掌握各种参数的配置、修改，已经根据网络和应用的变化而进行系统优化配置等各种应用的操作方法和维护管理技术，使用户方人员能独立进行管理，使用，故障处理及日常测试维护，确保整个系统能正常安全运行。



合作共享：

公司与国内多所高校保持良好的合作关系，结合公司多年技术实力也吸引了大批人才，同时为高校师生及科研工作者提供了大量的培训及实习机会，为导航方面的人才排忧解难，得到了广泛的好评。

优质的售后服务：

当设备出现故障时，我们承诺做到1小时内电话响应，若一周内不能修复，保修期内无偿提供备机。整体保修3年，并负责终生维护，过保修期的只收更换设备、材料成本费，不收取其它的费用；保期外，如产品自身技术缺陷或质量原因造成的问题，我们提供终身免费服务，如因人为原因造成的系统损坏或招标人因人员调整等原因而需要的培训、安装、调整等内容，我们仅按照成本价收取服务费用。负责配合用户未来系统新添置设备及系统的再次集成和现场调试工作。



06

PART THREE
实验内容展示

实验内容展示

ECEF坐标与WGS84坐标系转换实验

实验目的：

- 1) 掌握 ECEF及WGS84 坐标系统的概念和基本知识；
- 2) 了解 ECEF及WGS84 坐标系统下坐标的转换方法；

实验数据表格：

实验一 ECEF 坐标与大地坐标系的转换实验数据记录表						
转换类型	原坐标参数			转换结果		
大地坐标转 空间坐标	X	Y	Z	经度	纬度	高度
空间坐标转 大地坐标	经度	纬度	高度	X	Y	Z

实验一 ECEF坐标与WGS84坐标系转换实验

刷新卫星数据

可用卫星时刻:

98488
98489
98490
98491
98492
98493
98494
98495
98496
98497

接收机大地坐标显示:

卫星时刻	纬度	经度	高度
98489	37.9741715	114.5205522	63.516
98490	37.9741712	114.5205511	63.501
98491	37.9741709	114.5205499	63.476
98492	37.9741707	114.520549	63.451
98493	37.9741704	114.5205481	63.432
98494	37.9741702	114.5205472	63.413

接收机空间坐标显示:

卫星时刻	X轴	Y轴	Z轴

坐标转换类型选择

☒ 大地坐标转空间坐标☐ 空间坐标转大地坐标

转换结果显示:

	Time	X	Y	Z
▶	98489	-2089310.00213	4580217.82912	3903223.53107
	98490	-2089309.91779	4580217.87712	3903223.49559
	98491	-2089309.82219	4580217.92159	3903223.45396
	98492	-2089309.74773	4580217.9489	3903223.42108
	98493	-2089309.67807	4580217.96674	3903223.38314
	98494	-2089309.60558	4580218.01836	3903223.35395

☒ 自带程序☐ 定制程序

完成

返回

实验结束

思考题：

- 1) 除了WGS-84坐标系外，还有北京54坐标系（BJZ54）与西安80坐标系，查阅资料了解它们之间有什么区别。
- 2) 试用MATLAB实现空间坐标系和大地坐标系之间的转换。
- 3) 了解一下什么是站心坐标系，以及它的应用范围是什么。

实验内容展示

UTC时间与本地时间转换实验

实验数据表格：

实验目的：

- 1) 了解 UTC时间与本地时间的基本概念；
- 2) 能根据所在时区计算本地时间；

实验二 UTC时间与本地时间转换计算

刷新卫星数据

1. 选择GPS时刻
98590
98591
98592
98593
98594
98595
98596
98597

2. 选择时区
东八区

3. 计算UTC时刻
UTC=GPST-16
UTC时刻: 98579

UTC时间与本地时间转换计算

UTC日期: 2016年6月20日
UTC时间: 3时22分58秒
本地日期: 2016年6月20日
本地时间: 11时22分58秒

☒ 自带程序 ☐ 定制程序

完成

返回

实验结束

实验二 UTC 时间和本地时间转换实验数据记录表

时区	UTC 日期	UTC 时间	本地日期	本地时间

思考题：

- 1) 简述GPS定位时间系统与协调世界时UTC之间的区别？
- 2) 全球分为多少个时区？具体是按照什么来划分的？
- 3) GPS时间的秒长是根据安装在GPS地面的监测站上的原子钟和卫星原子钟的观测量综合得出的。问GPS卫星时钟具体有什么作用？

实验内容展示

实时传输误差分析

实验目的：

- 1) 了解GPS测量过程中的三种主要误差来源；
- 2) 理解信号实时传输过程中，电离层延时、对流层延时误差的特性、计算方法以及消除或减弱的手段。

实验数据表格：

实验四 实时误差分析实验数据记录表

1) 电离层延时数据记录表格

所选卫星时刻	所选卫星号	卫星高度角	卫星方位角	接收机纬度	接收机经度	电离层延时

2) 对流层延时数据记录表格

所选卫星时刻	所选卫星号	卫星高度角	接收机高度	干分量倾斜率 F_d	湿分量倾斜率 F_w	对流层延时



This screenshot shows the software interface for calculating ionospheric delay. It includes various input fields for parameters such as station coordinates, time, and atmospheric conditions. The interface is designed for real-time data entry and calculation.

计算电离层延时

This screenshot shows the software interface for calculating tropospheric delay. It includes various input fields for parameters such as station coordinates, time, and atmospheric conditions. The interface is designed for real-time data entry and calculation.

计算对流层延时

思考题：

- 1) 电离层、对流层大小与哪些因素有关呢？
- 2) 查阅资料，分析本实验选择的校正模型的优缺点，除此之外，还可选择哪些模型。
- 3) 分析电离层、对流层延时的其他解决途径及其特点。

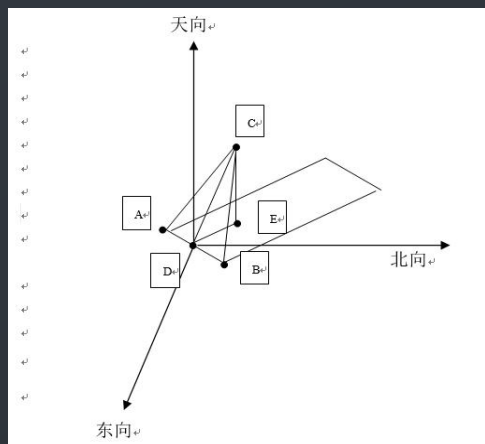
实验内容展示

定向测姿实验

实验目的：

- 1) 了解确定飞机姿态所需要的量。
- 2) 了解站心坐标系和大地坐标系之间的关系。
- 3) 理解卫星导航定向测姿的基本原理。

本实验测量飞机的姿态角（方位角，仰角以及倾斜角）选择的坐标系为站心坐标系比较合适。飞机在站心坐标系的立体图如下所示。设定ABC为飞机，E点为机头A水平面做垂线的交点，如果我们能确定飞机在站心坐标系的向量以及飞机参数（机身长度，机翼长度）就可以确定姿态角。



实验九 定向测姿实验数据记录表		
参数设计		
仰角: °	倾斜角: °	
方位角: °	机身长度: °	
机翼长度: °	定位误差: °	
生产仿真数据: °		
数据处理流程		
坐标转换矩阵 S: °		
站心坐标系矩阵: °		
仰角: °	倾斜角: °	方位角: °

刷新卫星数据

接收机位置:

大地坐标系坐标:

经度: 114.5206246 °

纬度: 37.9741771 °

高度: 53.55 m

地心地固直角坐标系坐标:

X: -2089312.37 m

Y: 4580207.69 m

Z: 3903217.89 m

仿真数据生成

仰角: 46°

倾斜角: 29°

方位角: 48°

机身长度: 70 m

翼展长度: 74 m

定位误差: 6 m

数据生成

仿真数据列表:

矩阵	第1列	第2列	第3列
第1行	-2089354.50768177	-2089283.7292994	-2089342.54450775
第2行	4580209.95461696	4580193.05201757	4580229.36340178
第3行	3903271.10268229	3903224.32310733	3903211.973821

数据处理

第一步: 计算坐标变换矩阵S

矩阵	第1列	第2列	第3列
第1行	-0.909811935969	-0.415020771972	0.
第2行	0.255364879272	-0.559812980167	0.788288148884
第3行	-0.327155956086	0.615306260596	-9.25596313493e+061

第二步: 计算站心坐标系矩阵

矩阵	第1列	第2列	第3列
第1行	37.3975027495	-19.9825844919	18.4582153751
第2行	29.9186808324	20.579503688	-24.5022149615
第3行	48.1518597436	-15.9099172587	21.775540952

第三步: 计算仰角

45.1546651314 °

第四步: 计算倾斜角

35.3685846189 °

第五步: 计算方位角

51.3395577781 °

☒ 自带程序

☐ 定制程序

完成

返回

实验结束

思考题：

- 1) 假如飞机在二维水平面中的位置确定，那么能确定飞机确定的方位角吗？
- 2) 如何确定在三维空间中的一个飞机的取向或者说姿态呢？需要多少个角参数呢？
- 3) 试举几种增高飞机测姿定位的方法。

实验内容展示

卡尔曼滤波实验

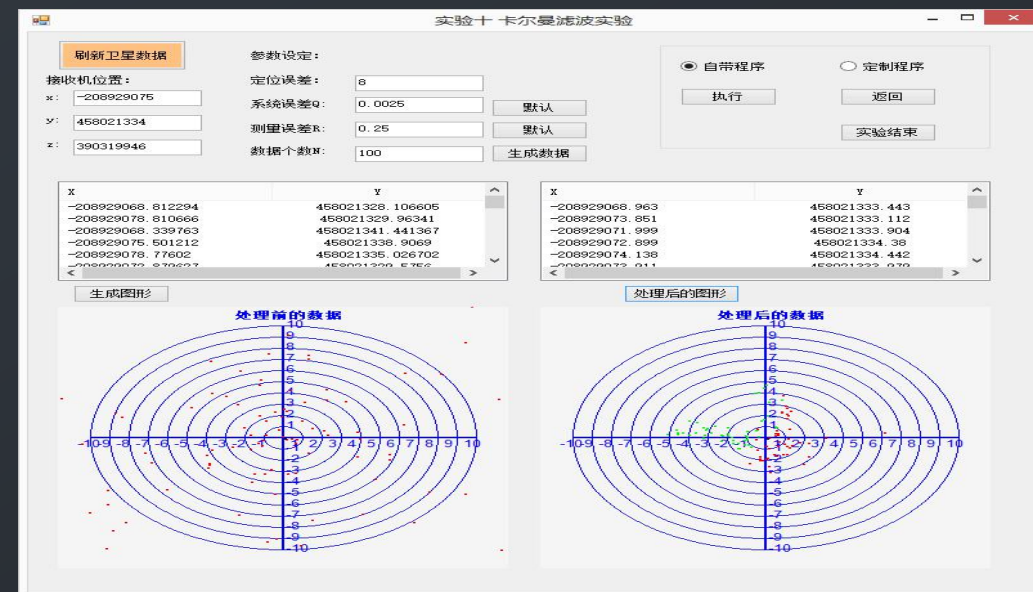
实验目的：

- 1) 理解卡尔曼滤波的原理；
- 2) 理解卡尔曼滤波在接收机位置解算中的作用；

实验数据表格：

实验十 卡尔曼滤波实验数据记录表

卡尔曼滤波 之前	接收机位置 x	接收机位置 y	卡尔曼滤波 之后	接收机位置 x	接收机位置 y



思考题：

- 1) 通过更改Q和R的大小来发现其接收机位置x和y滤波后有什么变化？
- 2) 此处卡尔曼滤波模型选择的是静态模型，还可以选择什么模型？举例说明。
- 3) 卡尔曼滤波算法的功能是什么？
- 4) 卡尔曼滤波是无偏估计吗？

实验内容展示

GIS和GPS技术的结合

实验目的：

- 1) 理解GPS和GIS结合实验的原理；
- 2) 了解GIS的基本概念；
- 3) 应用GPS和GIS系统构成简单的导航系统

以计算机信息为基础，能自动接收和处理GPS信息，并显示载体在电子地图上的精确位置。

实验数据表格：

实验十一 GPS 与 GIS 结合实验数据记录表						
接收机位置						
经度：		纬度：		误差：		
静态定位						
组数：	1	经度：		纬度：		误差：
组数：	2	经度：		纬度：		误差：
组数：	3	经度：		纬度：		误差：
动态定位						
组数：	序号：	设置精度：	设置纬度：	实际经度：	实际纬度：	
1	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
2	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					

此实验使用全球导航定位系统确定所在区域得到空间坐标，通过地理信息系统查找空间坐标的所在地图像，确定坐标在图像上的具体位置。



点击显示按钮实现小车运行轨迹的显示，地图上显示两条线，蓝线为设定的运动轨迹，红线为加上误差后的实际的运动轨迹，小车按照红线的轨迹运动显示的界面

实验内容展示

多系统融合定位实验

实验目的：

- 1) 理解多系统融合定位解算的基本原理及公式；
- 2) 理解多系统融合定位和单系统定位的差别；
- 3) 理解各传输延迟对位置解算精度的影响；

GPS/北斗双系统卫星观测相对于GPS单系统在卫星可视数量、卫星对于观测站的几何分布、扩大连续运行参考站系统(CORS)网的作用范围等方面有很大的优势，而且双系统组合定位算法有效地提高了接收机的定位性能。

实验十二 多系统融合导航实验

刷新卫星数据

可用卫星时刻: 可用卫星号:

373368.000113	GPS-2	BD-1
373369.000113	GPS-4	BD-14
373370.000113	GPS-5	BD-8
373371.000113	GPS-7	
373372.000113	GPS-13	
373373.000113	GPS-29	
373374.000113	GPS-30	
373375.000113		
373376.000113		
373377.000113		
373378.000113		

所选参数列表:

所选卫星时刻: 373371.000113707

卫星发射时间: 373371.000113707

所选卫星号: BD-14

接收机位置坐标: X: -2089290.98 Y: 4580216.89 Z: 3903221.16

实验流程:

步骤1: 计算卫星三维坐标

卫星号	卫星位置: X	卫星位置: Y	卫星位置: Z
GPS-2	-21850961.0336	14612794.2922	2324686.62144
GPS-4	-14677340.6458	12638478.239	18159304.6675
GPS-5	-14314702.9201	8614307.64897	20607892.8621
BD-14	-21554842.2135	-3480549.00055	17382258.4551
BD-8	-20289473.5294	36784304.0847	-2040409.97459

步骤2: 进行伪距修正

卫星号	测量伪距值	电离层误差	对流层误差	修正后伪距值
GPS-2	22029264.9679944	8.63342626063	4.15559338525	22242635.9454505
GPS-4	20700606.3839576	5.65555926284	2.63464791508	20757880.289754
GPS-5	21085171.2287166	6.13707220464	2.91410834249	21113823.2246106
BD-14	24985748.5293952	6.15754140937	6.62203456247	25035436.8057737
BD-8	37624523.6196337	4.69314050589	3.49788706121	37469672.6609758

步骤3: 迭代得到接收机位置

	X	Y	Z
第1次迭代结果	-2739875.36588	5795087.74465	4916702.57
第2次迭代结果	-2154252.26746	4658551.63218	3963880.03618
第3次迭代结果	-2089664.10976	4580613.76698	3903555.31962
第4次迭代结果	-2089290.99077	4580216.90069	3903221.16885
第5次迭代结果	-2089290.98	4580216.89	3903221.16

接收机位置

Xr: -2089290.98 Yr: 4580216.89 Zr: 3903221.16

定位误差

X: 0 Y: 0 Z: 0

☒ 自带程序 ☐ 定制程序

完成 返回 实验结束

思考题：

- 1) GPS/BD-2融合定位的相关误差有哪些？
- 2) 为什么要在定位之前进行数据融合？并比较数据融合的两种常用方法。
- 3) 总结多系统融合定位相对于单系统定位的优势。

专注教育，共赢未来

Thanks



营销热线：4006-910-991