

建 筑 工 程 学 院

教 师 授 课 手 册

二 0 一 九 —— 二 0 二 0 学 年 第 二 学 期

课程名称 《GPS 技术》

专业班级 18 级工程测量技术 1、2 班

授课教师 田晶莹

教 研 室 工程测量技术教研室

教 学 科 制

年 月 日

编写说明

1. 教师授课手册分为十大部分，分别是班级课程表、个人课程表、点名册、平日成绩表、课程整体设计、教学进度表、单元教学设计及教案、学生成绩登记表、学生成绩分析、课程教学总结。

2. 教师每学期必须在教研室统一安排下，按照课程标准的要求，认真制定课程的整体设计，并填写教学进度表，经教研室同意后，交院部审核通过后正式施行。

3. 封面信息必须完整、准确，“课程名称”应与人才培养方案的课程全称相一致。教研室应填写课程所在的教研室名称。

4. “班级课程表”、“个人课程表”、“点名册”、“平日成绩表”从教务系统打印后粘贴。

5. “课程整体设计”

课程名称：与人才培养方案中课程名称全称一致

课程类型：指理论课，实践课，一体化课程

学时学分：按人才培养方案中有关内容填写

教学材料：指教材或者讲义、参考资料、仪器、设备、教学软件等。

教材要求填写全称（编者、出版单位、出版时间、版次），参考资料（名称，编者）可选用 1-2 本。

教学组织形式：填写班级授课、分组教学以及组织具体安排方式等，如果是多位教师同时指导，还需说明教师分工安排。

考核方案：填写过程性考核和终结性考核相结合的方式，以及各占的比例。

过程性考核形式为平时作业、参加小组讨论、网上学习、邮件答疑等方式。

终结性考核形式为卷面考试、实训成果、大作业、调查报告等方式。

6. “课程进度表”按照课程标准的要求，根据课程整体设计的课程内容的安排，结合学生实际和前后课程间的关联，认真制定课程教学进度表。课程教学进度表一旦制订，不得随意更改。进度表中作业的形式是指学习完本单元的内容教师所布置的作业，可以是学生制作作品，产品，小论文，调查报告，口头作业，书面作业等形式。

7. “单元教学设计及教案”（一般以 2 学时为宜，最多不超过 4 学时设计）

具体编写要求：

授课题目：指授课的单元、项目、情景或主题

课 型：新授课、练习课、复习课、讲评课、实验课

授课时间：填写本次课的授课时间 xxx 年 x 月 x 日

第几次课：按施教的顺序标明序号（每次课一个序号）

上课地点：课程表中标明的上课地点（或实际的上课地点）

课程类别：表示所授课程的类型，请在理论课、实验课、习题课、实践课及其它栏内选择打“√”

学生基本情况分析：要求教师对所教班级的学生的知识、技能、认知现状等作出客观的评价。

教学方法与手段：是指教师与学生完成教学任务对教学辅助设施的开发和利用，以及在共同活动中采用的方法和方式。教学手段包括多媒体、网络、VCD、录像、投影，教科书、板书、模型、标本、挂图，等等手段；教学方法包括讲授、讨论、提问（谈话）、演示、实验、参观、练习（习题）、实习作业、案例分析、课程论文、调研报告、读书报告、等等方法。选择其中几项，或补充其它教学手段、方法。

教学详案：是任课教师课堂教学活动的教学组织方案。包括教学的环节，教学活动，学生活动，时间的分配。任课教师应遵循专业人才培养方案制订的人才培养目标，以专业教学计划为依据，在熟悉教材、了解学生的基础上，结合教学实践经验，提前编写设计好课程的每个单元、项目、情景或主题的全部教学活动。每个教学详案页面不够时，教师可自行加页黏贴到该教案中。

教学内容：按导入新课、新授课、课后延伸、课堂小结、作业安排等顺序将授课的内容按逻辑层次，有序设计编排。

自我总结与评价：每个教学单元结束后，教师及时对自己的教学过程进行审视和分析，检讨得失。

学生学习情况：是指教师在整个教学过程中，对学生学习态度、出勤情况、完成作业情况和实践环节的综合记载，是评定学生平时成绩的主要依据。

8. **学生成绩登记表：**学期结束后从教务系统打印后粘贴。

9. **学生成绩分析：**学期结束从教务系统打印粘贴。

10. **课程教学工作总结：**是对教学各环节的全面分析、回顾、是对学期教学得失的全面总结，应从教学计划的完成、组织教学、教学方法的改善方面进行归纳。

1. 班级课程表（打印后粘贴）

2. 个人课程表（打印后粘贴）

3. 点名册（打印后粘贴）

4. 平日成绩表（打印后粘贴）

5. 课程整体设计

课程名称		GPS 技术		课程类型		新课型		
授课对象		18 级工程测量 1、2 班		学时学分		68 学时 4 学分		
先修课程		《测绘基础》		后修课程		《数字测图》、《工程测量》		
教 学 时 数 按 学 期 分 配								
本 课 程 总 时 数		已 讲 授 学 时 数		本 学 期 学 时 数			尚 需 学 时 数	
				教学周数	周学时数	学期时数		
68				18	4			
本 学 期 学 时 分 配								
讲授	实验	习题课	现 场 教 学	课程设计 大型作业	测验	复习课	机动	节假日 占 用
34	34							
课程目标		能力目标：						
		1. 能进行 gps 控制选点，测环视图；						
		2. 能利用 gps 建立四等及以下控制网；						
		3. 能利用 RTK 进行控制放样；						
		4. 能及时吸收 GPS 新技术；						
		5. 能利用软件对 GPS 数据进行处理。						
		知识目标：						
		1. 了解卫星导航的发展史；						
		2. 熟悉各种卫星导航的算法，重点掌握单点、实时、伪距算法						
		3. 熟悉卫星导航的误差来源；						
4. 掌握卫星定位有关的英语词汇；								
5. 掌握卫星的数据处理方法。								
		素质目标：						
		1. 具有自主学习新技能、具有责任心、能自主完成工作岗位任务。						
		2. 具有分析能力，善于创新和总结经验。、						
		3. 能灵活处理施工现场出现的各种特殊情况，具备施工现场协调能力。						
		4. 具有合作精神和协调管理能力，善于沟通，豁达、诚信、团结、乐于助人；具有良好的心理素质。						

[illegible]

教学材料	(指教材或讲义、参考资料、仪器、设备、教学软件等) 教材为黄河水利出版社出版《GPS 定位测量》第 3 版，周建郑主编。 参考资料，讲义齐全； Gps 设备接收机共 3 台； 教学软件齐全。		
教学组织形式	(班级授课、分组教学以及组织具体安排方式等，如果是多位教师同时指导，还须说明教师分工安排) 班级授课		
考核方案	主要采用过程性考核： 其中包括出勤率 20%、课堂回答问题 10%、作业上交 20%、仪器操作和项目成果 50%。		

6. 教学进度表

周次 (月 日- 月 日)	学时	单元名称	主要教学内容	作 业 形 式
1	4	GPS 简介	Gps 的特点及其发展史	随堂作业
2	4	GPS 定位坐标系	参心坐标系、地心坐标系、天球坐标系	随堂作业
3	4	GPS 时间系统	时间系统	课后习题
4	4	Gps 定位系统	卫星的运行及其轨道特点；卫星星历与卫星定位计算	课后习题
5	4	Gps 卫星信号	卫星信号特点及其信号接收	课后习题
6	4	GPS 定位概述	定位概述特点、伪距法定位	课后习题
7	4	动态 定位原理	载波相位测量、动态定位原理	课后习题
8	4	GPS 卫星定位的来源	GPS 测量主要误差分类	课后习题
9	4	误差的影响	与卫星有关的误差；卫星传播信号误差	课后习题
10	4	接收机有关误差	接收设备误差与图形强度；整周跳变分析等	课后习题
11	4	GPS 定位网的布设	建立 GPS 控制网的技术依据；定位网的布设	课后习题

12	4	外业观测	定位网的测设方案；外业观测及其观测成果的外业检核及其处理	实操
13	4	基线解算	观测数据的预处理、软件的认识及其操作	实操
14	4	数据平差计算	GPS 网与地面网平差	课后习题
15	4	GPS 高程计算	GPS 高程计算软件认识及其计算	实操
16	4	RTK 简介	RTK 概述简介	课后习题
17	4	RTK 操作	RTK 实际操作	实操
18	4	GPS 在国民经济中的作用	在测量领域中的作用	课后习题
19	4			
教研室主任审核意见	签字： 年 月 日			
教学学科审核意见	签字： 年 月 日			
教学副院长审核意见	签字： 年 月 日			
院长意见	签字： 院章： 年 月 日			

单元教学设计及教案

授课题目	GPS 简介				
课型	新课型			学时	4
授课时间		第几次课		上课地点	
类别	理论课 ☒ 实验课 ☐ 习题课 ☐ 实践课 ☐ 其他 ☐				
教学目标	【知识目标】				
	1、熟悉 GPS 及其其他卫星的特点； 2、了解 GPS 的发展前景；				
	【能力目标】				
	1、自查文献了解工 GPS 的知识点；				
	【素质目标】				
	1. 培养学生自主学习的能力 2. 加强学生的团结协作能力				
学生基本情况分析	学生接触了大部分的 gps 技术，再次了解 gps 的导航等知识更容易接收				
教学重点与难点	教学重点是 GPS 卫星的特点及其发展史 教学难点是 gps 与 GLONASS、Galile 等卫星的联系和区别				
教学方法与手段	本小节内容主要采用多媒体+板书形式 以讲授+提问相结合的方式教授				
教学详案					
教学环节 时间分配	教学内容				教学手段 与方法
5	项目化教学引出这本书的大纲，学习第一节的内容				提问

1.1 GPS 定位技术的兴起及其特点



1958年底, 美国海军武器实验室建立“海军导航卫星系统”(Navy Navigation Satellite System—NNSS) (多普勒定位系统) (子午卫星系统)
(世界上第一个导航定位系统)

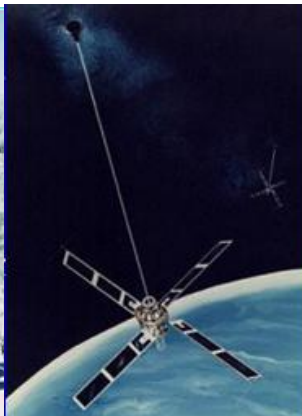
Transit-1A
September 1959
failed to reach orbit
April 13, 1960, **Transit-1B**



1.2 GPS 系统的组成

多普勒接收机:

空间部分: 6 颗卫星、6 个极轨道面、轨道高度 1075km、地面控制部分、跟踪站、计算中心、控制中心、海军天文台、用户部分、多普勒接收机



缺陷 1: 实时性

但是由于该系统卫星数目较少(5~6 颗)、运行高度较低(平均约 1000km)、从地面站观测到卫星的时间间隔较长(平均约 1.5 小时), 因而它无法提供连续地实时三维导航。

缺陷 2: 精度

而从大地测量学方面来看, 由于它定位速度较慢(一个测站一般平均观测 1~2 天), 精度也较低(单点定位精度 3~5m, 相对定位精度约为 1m), 所以该系统在大地测量学和地球动力学研究方面的应用, 也受到了

很大的限制。

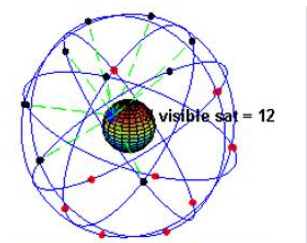
GPS 的特点

1、GPS 相对于其它导航定位系统的特点

- ①全球地面连续覆盖
- ②功能多，精度高。
- ③实时定位速度快。
- ④抗干扰性能好，保密性强。由于 GPS 采用数字通讯的特殊编码技术、采用伪随机噪声码技术，因此 GPS 卫星所发送的信号，具有良好的抗干扰性和保密性。

GPS 系统的组成：

GPS 系统由 GPS 卫星星座（空间部分）、地面监控系统（地面控制部分）和 GPS 信号接收机（用户设备部分）等三部分组成。



1.3 其他卫星导航定位系统

伽利略卫星导航系统（Galileo satellite navigation system），是由[欧盟](#)研制和建立的[全球卫星导航定位系统](#)，该计划于 1999 年 2 月由[欧洲委员会](#)公布，欧洲委员会和欧空局共同负责。系统由轨道高度为 23616km 的 30 颗卫星组成，其中 27 颗工作星，3 颗备份星。卫星轨道高度约 2.4 万公里，位于 3 个倾角为 56 度的轨道平面内。截止 2016 年 12 月，已经发射了 18 颗工作卫星，具备了早期操作能力（EOC），并计划在 2019 年具备完全操作能力（FOC）。全部 30 颗卫星（调整为 24 颗工作卫星，6 颗备份卫星）计划于 2020 年发射完毕。

北斗卫星导航芯片、模块、天线、板卡等基础产品，是北斗系统应用的基础。通过卫星导航专项的集智攻关，我国实现了卫星导航基础产品的自主可控，形成了完整的产业链，逐步应用到国民经济和社会发展的各个领域。伴随着互联网、大数据、云计算、物联网等技术的发展，北斗基础产品的嵌入式、融合性应用逐步加强，产生了显著的融合效益。

1.4 GPS 技术的应用

gps 的应用一、测量

GPS 技术给测绘界带来了一场革命。利用载波相位差分技术（RTK），在实时处理两个观测站的载波相位的基础上，可以达到厘米级的精度。与传统的手工测量手段相比，GPS 技术有着巨大的优势：1 测量精度高。1

操作简便，仪器体积小，便于携带。 | 全天候操作。 | 观测点之间无须通视。 | 测量结果统一在 WGS84 坐标下，信息自动接收、存储，减少繁琐的中间处理环节。 当前，GPS 技术已广泛应用于大地测量、资源勘查、地壳运动、地籍测量等领域。

gps 的应用二、交通

出租车、租车服务、物流配送等行业利用 GPS 技术对车辆进行跟踪、调度管理，合理分布车辆，以最快的速度响应用户的乘车或送请求，降低能源消耗，节省运行成本。 GPS 在车辆导航方面发挥了重要的角色，在城市中建立数字化交通电台，实时发播城市交通信息，车载设备通过 GPS 进行精确定位，结合电子地图以及实时的交通状况，自动匹配最优路径，并实行车辆的自主导航。 民航运输通过 GPS 接收设备，使驾驶员着陆时能准确对准跑道，同时还能使飞机紧凑排列，提高机场利用率，引导飞机安全进离场。

gps 的应用三、救援

利用 GPS 定位技术，可对火警、救护、警察进行应急调遣，提高紧急事件处理部门对火灾、犯罪现场、交通事故、交通堵塞等紧急事件的响应效率。特种车辆（如运钞车）等，可对突发事件进行报警、定位，将损失降到最低。 有了 GPS 的帮助，救援人员就可在人迹罕至、条件恶劣的大海、山野、沙漠，对失踪人员实施有效的搜索、拯救。装有 GPS 装置的渔船，在发生险情时，可及时定位、报警，使之能更快更及时地获得救援。

gps 的应用四、农业

当前，发达国家已开始把 GPS 技术引入农业生产，即所谓的"精准农业耕作"。该方法利用 GPS 进行农田信息定位获取，包括产量监测、土壤采集等，计算机系统通过对数据的分析处理，决策出农田地块的管理措施，把产量和土壤状态信息装入带有 GPS 设备的喷施器中，从而精确地给农田地块施肥、喷药。通过实施精准耕作，可在尽量不减产的情况下，降低农业生产成本，有效避免资源浪费，降低因施肥除虫对环境造成的污染。

gps 的应用五、娱乐消遣

随着 GPS 接收机的小型化以及价格的降低，GPS 逐渐走进了人们的日常生活，成为人们旅游、探险的好帮手。通过 GPS，人们可以在陌生的城市里迅速地找到目的地，并且可以最优的路径行驶；野营者带着 GPS 接收机，可快捷地找到合适的野营地点，不必担心迷路；甚至一些高档的电子游戏，也使用了 GPS 仿真技术。

GPS 在现代军事中的作用

美国提出 GPS 现代化的基本目的是满足和适应 21 世纪美国国防现代化发展的需要，这是 GPS 现代化中第一位的，根本的。具体地说，GPS 现代化是为了更好地支持和保障军事行动。引用美军一名将领的原话：在

	军事行动的，或有危险的，或有威胁的环境下，要求 GPS 能对作战成员的战斗力提供更好的支持，对他们的生命提供更安全的保障，能有助于各类武器发挥更有效的作用。美国经过调查认为，军事用户对 GPS 的需求大体有以下 4 个主要方面	
布置作业	课后习题	
自我总结与反思		
学生学习情况		

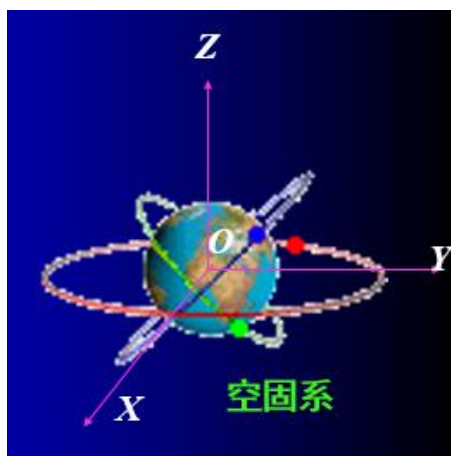
单元教学设计及教案

授课题目	GPS 定位的坐标系统				
课型	新授课			学时	4
授课时间		第几次课		上课地点	
类别	理论课 ☒ 实验课 ☐ 习题课 ☐ 实践课 ☐ 其他 ☐				
教学目标	【知识目标】				
	掌握参心坐标系的概念； 掌握地心坐标系的构造； 掌握天球坐标系的特点。				
	【能力目标】				
	掌握坐标系建立的基本原理。				
	【素质目标】				
	1. 养成良好的学习态度，培养学生学习方法和能力； 2. 提高实践动手能力； 3. 树立较强的工作责任，增强互助互利和团队协作。				
学生基本情况分析	学生学习态度认真，课上积极回答问题，初步接触控制地心坐标系测量知识点，由易到难				
教学重点与难点	教学重点：天球坐标系的分类。				
教学方法与手段	采用多媒体加板书，利用测量课日照职业技术学院精品资源课平台授课。				
教学详案					
教学环节 时间分配	教学内容				教学手段 与方法

概述:

坐标系统与时间系统是描述卫星运动、处理观测数据和表达观测站位置的数学与物理基础。所以,了解 GPS 测量中的一些常用坐标系统和时间系统,熟悉它们各自间的转换关系,是极为重要的。本章将主要介绍天球坐标系与地球坐标系,以及有关时间系统的概念。

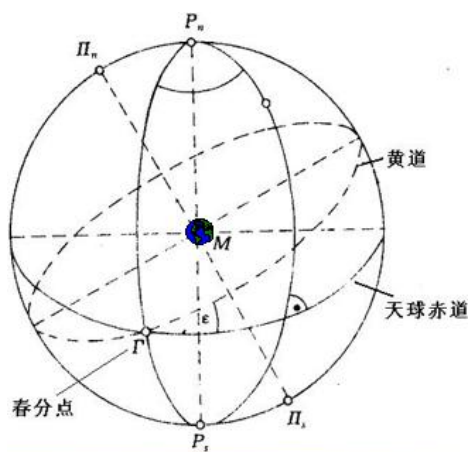
另一类是与地球体相固联的坐标系(地固坐标系)。这类坐标系对于表达地面观测站的位置和处理 GPS 观测成果尤为方便。它在经典大地测量学(Geodesy)中,具有多种表达形式和极为广泛的应用。

**坐标系三个基本要素:**

坐标系是由原点(origin)位置、坐标轴(Coordinate axis)的指向和尺度(Scale)所定义的。在 GPS 测量中,坐标系的原点一般取地球的质心(the mass center of the earth),而坐标轴的指向具有一定的选择性。为了使用上的方便,国际上都通过协议来确定某些全球性坐标系统的坐标轴指向,这种共同确认的坐标系,通常称为协议坐标系(Conventional Coordinate System)。

协议天球坐标系:

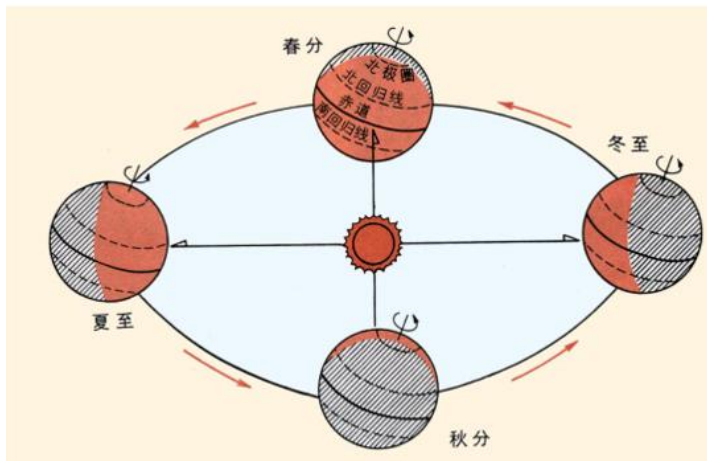
天球:是指以地球质心 M 为中心,半径 r 为任意长度的一个假想的球体。



地球自转轴的延伸称为天轴；天轴与天球的交点 P_n 、 P_s 称为天极，其中 P 称为北天极， P_s 称为南天极。

通过地球质心并与天轴垂直的平面，称为天球赤道面。这时天球赤道面与地球赤道面相重。该赤道面与天球相交的大圆称为天球赤道。

地球公转的轨道与天球相交的大圆，即当地球绕太阳公转时，地球上的观测者所见到的太阳在天球上运动的轨迹。黄道面与赤道面的夹角 ε 称为黄赤交角，约为 23.5° 。（Obliquity of the ecliptic）



通过天球中心，且垂直于黄道面的直线与天球的交点，其中靠近北天极的交点 Π_n ，称为北黄极，靠近南天极的交点 Π_s 称为南黄极。

当太阳在黄道上从天球南半球向北半球运行时，黄道与地球赤道的交点 Γ 。在天文学和卫星大地测量学中，春分点和天球赤道面，是建立参考系的重要基准点和基准面。

二、天球坐标系

- 1、天球空间直角坐标系
- 2、天球球面坐标系
- 3、天球空间直角坐标和球面坐标的关系

三、岁差与章动 (precession and nutation)

- 1) 地球的非球形影响——岁差现象
- 2) 月地距变化——章动现象
- 3) 如何描述北天极在天球上的运动

四、协议天球坐标系的定义和换算

协议地球坐标系：

一、地球坐标系

由于天球坐标系与地球自转无关，地球上任一固定点在天球坐标系中的坐

	标，将随地球的自转而变化，显然这在实用上很不方便。为了描述地面观测站的位置，有必要建立与地球体相固联的坐标系，即地球坐标系(有时称地固坐标系)。该系统也有两种形式。 1、地心空间直角坐标系 2、地心大地坐标系 3、两种坐标系间的转换关系 三、协议地球坐标系与协议天球坐标系的关系 根据协议地球坐标系和协议天球坐标系的定义可知： ◆两坐标系的原点均位于地球的质心，故其原点位置相同； ◆瞬时天球坐标系的 Z 轴与瞬时地球坐标系的 Z 轴指向相同； ◆两瞬时坐标系的 X 轴的指向不同。	
布置作业		
自我总结与反思		
学生学习情况		

单元教学设计及教案

授课题目	时间系统			
课型	新课型		学时	4
授课时间		第几次课		上课地点
类别	理论课 ☐ 实验课 ☐ 习题课 ☐ 实践课 ☐ 其他 ☐			
教学目标	【知识目标】			
	掌握时间系统的概念； 理解 gps 的时间原理			
	【能力目标】			
	会计算 GPS 时间			
	【素质目标】			
	学会自主学习有关 gps 的知识点； 提高个人素质；			
学生基本情况分析	学生首次接触 gps 时间系统；会感到迷茫；但教师会从普通的时间入手逐渐深入 gps 时间系统。			
教学重点与难点	重难点；时间系统的理解			
教学方法与手段	采用讲授加板书			

教学详案		
教学环节 时间分配	教学内容	教学手段 与方法
	在 GPS 定位中, 时间的重要意义: GPS 卫星作为一个高空观测目标, 其位置是不断变化的。因此在给出卫星运行位置的同时, 必须给出相应的瞬间时刻。例如, 当要求 GPS 卫星的位置误差少于 1cm 时, 则相应的时刻误差应小于 2.6×10^{-6} 秒。(卫星运行速度约 3~4km/s) GPS 测量是通过接收和处理 GPS 卫星发射的无线电信号, 来确定用户接收机(即观测站)至卫星的距离(或距离差), 进而确定观测站的位置。因此, 准确地测定观测站至卫星的距离, 必须精密地测定信号的传播时间。如果要求上述距离误差小于 1cm, 则信号传播时间(时间间隔)的测定误差应不超过 3×10^{-11} 秒。 由于地球的自转现象, 在天球坐标系中, 地球上点的位置是不断变化的。若要求赤道上一位置点的位置误差不超过 1cm, 则时刻的测定误差须小于 2×10^{-5} 秒。(地球自转速度约 3km/s) 确定时间的基准 测量时间, 同样必须建立一个测量的基准, 即时间的单位(尺度)和原点(起始历元)。其中时间的尺度是关键, 而原点可以根据实际应用加以选定。一般来说, 任何一个可观察的周期运动现象, 只要符合以下要求, 都可以用作确定时间的基准。 ◆运动应是连续的, 周期性的; ◆运动的周期应具有充分的稳定性; ◆运动的周期必须具有复现性, 即要求在任何地方和时间, 都可以通过观测和实验复现这种周期性运动。 二、世界时系统(Universal Time —UT) 地球在空间的自转运动是连续的, 而且比较均匀。所以人类最先建立的时间系统, 便是以地球自转运动为基准的世界时系统。但是, 由于观察地球自转运动时, 所选空间参考点不同, 世界时系统又包括<u>恒星时</u>、<u>平太阳时</u>、<u>世界时</u>等不同的形式。 1、恒星时(Sidereal Time —ST) 以春分点为参考点, 由春分点的周日视运动所确定的时间, 称为恒星时。春分点连续两次经过本地子午圈的时间间隔为一个恒星日, 含 24 个恒星小时。所以恒星时在数值上等于春分点相对于本地子午圈的时角。因为恒星时是以春分点通过本地子午圈时为原点计算的, 同一瞬间对不同测站的恒星时各异, 所以恒星时具有地方性, 有时也称之为地方恒星	

	时。 2、平太阳时(Mean Solar Time —MT) 由于地球的公转轨道为一椭圆，根据天体运动的开普勒定律已知，太阳的视运动速度是不均匀的。如果以真太阳作为观察地球自转运动的参考点，那将不符合建立时间系统的基本要求。为此，假设一个参考点的视运动速度，等于真太阳周年运动的平均速度，且其在天球赤道上作周年视运动。这个假设的参考点，在天文学中称为平太阳。平太阳连续两次经过本地子午圈的时间间隔，为一个平太阳日，而一个平太阳日包含有 24 个平太阳时。与恒星时一样，平太阳时也具有地方性，故常称为地方平太阳时或地方平时。 3、世界时(Universal Time —UT) 世界时系统是以地球的自转为基础的。但是前已指出。随着科学技术的发展，人们发现，地球自转轴在地球内部的位置并不是固定的，即有极移现象并且地球的自转速度也不均匀，它不仅包含有长期的减缓趋势，而且还具有一些短周期的变化和季节性的变化，情况甚为复杂。 三、原子时(Atomic Time——TA) 随着空间科学技术和现代天文学与大地测量学新技术的发展和应用，对时间准确度和稳定度的要求不断提高。以地球自转为基础的世界时系统，已难以满足要求。为此，人们从 20 世纪 50 年代，便建立了以物质内部原子运动的特征为基础的原子时间系统。 因为物质内部的原子跃迁所辐射和吸收的电磁波频率，具有很高的稳定性和复现性，所以由此而建立的原子时，便成为当代最理想的时间系统。 五、GPS 时 (GPST) 为了精密导航和定位的需要，全球定位系统(GPS)建立了专用的时间系统。该系统可简写为 GPST，由 GPS 的主控站原子钟所控制。 GPS 时属原子时系统，其秒长与原子时相同，但与国际原子时具有不同的起点。所以，GPST 与 ATI 在同一瞬间均有一常量偏差，其间关系为 $ATI - GPST = 19(s)$	
布置作业		
自我总结与反思		
学生学习		

情况	
----	--

单元教学设计及教案

授课题目	GPS 定位系统与 GPS 信号			
课型	新题型		学时	8
授课时间		第几次课		上课地点
类别	理论课 ☒ 实验课 ☐ 习题课 ☐ 实践课 ☐ 其他 ☐			
教学目标	【知识目标】			
	1. 掌握 gps 系统的组成部分 2. 掌握卫星的运行与卫星星历 3. 会 gps 卫星坐标的计算			
	【能力目标】			
	1. 了解卫星的导航电文 2. Gps 卫星信号及其传播			
	【素质目标】			
	1. 加强学生的自学能力 2. 提高学生的动手实践能力和团结协作能力			
学生基本情况分析	学生在大体了解了 gps 的基本构造后, 以及其他卫星的发展史后, 对 gps 的运行机制非常感兴趣, 本章内容主要介绍的是 GPS 的运行机制。			
教学重点与难点	教学重点: gps 定位系统与 gps 信号 难点: 定位系统			

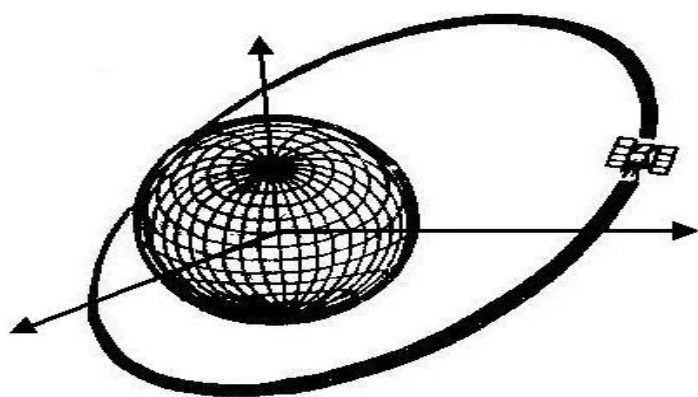
教学方法与手段	采用日照职业技术学院在线教学平台，添加提问、讨论和作业的形式向同学展示																						
教学详案																							
教学环节 时间分配	教学内容		教学手段与方法																				
	一、概述 卫星在空间运行的轨迹称为轨道，而描述卫星轨道位置和状态的参数，称为轨道参数。由于在利用 GPS 进行导航和定位时,GPS 卫星是作为位置已知的高空观测目标，所以在进行绝对定位时，卫星轨道的任何误差，都会直接影响所求用户接收机位置的精度，而在相对定位时，尽管卫星轨道误差的影响将会减弱，但当基线较长且精度要求较高时，这种影响也不可忽视。 卫星轨道误差对所测基线的影响 <table><thead><tr><th>相对精度 (ppm)</th><th>卫星轨道误差 ds(m)</th><th>基线长度 (km)</th><th>基线误差 db(cm)</th></tr></thead><tbody><tr><td rowspan="3">1</td><td rowspan="3">20</td><td>10</td><td>1</td></tr><tr><td>100</td><td>10</td></tr><tr><td>1000</td><td>100</td></tr><tr><td rowspan="3">0.1</td><td rowspan="3">2</td><td>10</td><td>0.1</td></tr><tr><td>100</td><td>1</td></tr><tr><td>1000</td><td>10</td></tr></tbody></table> 二、影响卫星轨道的因素及其研究方法 人造地球卫星在空中绕地球运行，除了受地球重力场的引力作用外，还将受到太阳、月亮和其它		相对精度 (ppm)	卫星轨道误差 ds (m)	基线长度 (km)	基线误差 db (cm)	1	20	10	1	100	10	1000	100	0.1	2	10	0.1	100	1	1000	10	
相对精度 (ppm)	卫星轨道误差 ds (m)	基线长度 (km)	基线误差 db (cm)																				
1	20	10	1																				
		100	10																				
		1000	100																				
0.1	2	10	0.1																				
		100	1																				
		1000	10																				

天体引力的影响，以及太阳光压、大气阻力和地球潮汐等因素的影响。卫星实际运行的轨道极其复杂。

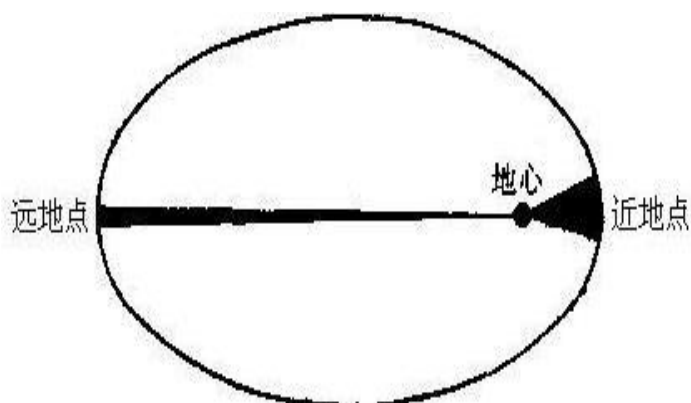
一类是假设地球为匀质球体的引力(质量集中于球体的中心)，称为中心力。

一类是摄动力，也称为非中心力，它包括地球非球形对称的作用力、日月引力、大气阻力、光辐射压力以及地球潮汐力等。

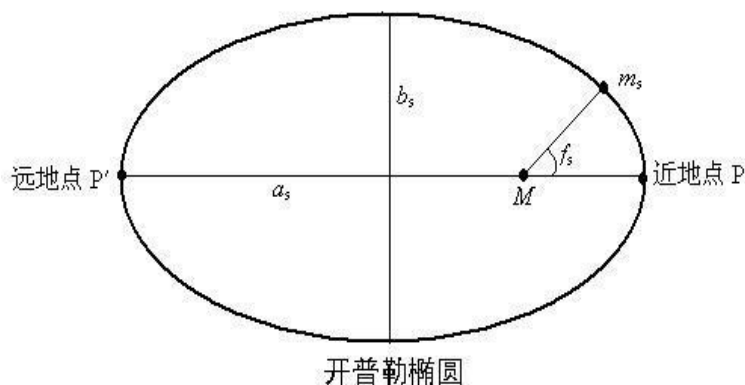
三、卫星运动的开普勒定律



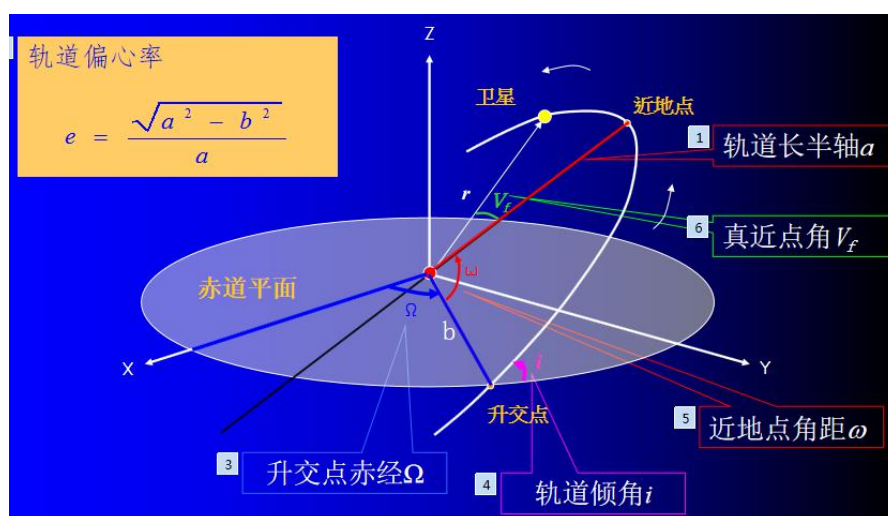
卫星绕地球运动的轨迹



卫星地心向径在相同时间扫过的面积示意图



四、无摄卫星轨道的描述



由开普勒定律可知，卫星运动的轨道，是通过地心平面上的椭圆，且椭圆的一个焦点与地心相重合。而确定椭圆的形状和大小至少需要两个参数，即椭圆的长半径 a_s 及其偏心率 e_s (或椭圆的短半径 b_s)。另外，为确定任意时刻卫星在轨道上的位置，需要一个参数，一般取为真近点角 V 。

a_s —— 轨道椭圆的长半轴；

e_s —— 轨道椭圆的偏心率；

以上两个参数确定了开普勒椭圆的形状和大小。

Ω ——升交点的赤经，即在地球赤道平面上，升交点与春分点之间的地心夹角。

i ——轨道面的倾角，即卫星轨道平面与地球赤道面之间的夹角。

近地点角距，即在轨道平面上升交点与近地点之间的地心夹角。这一参数表达了开普勒椭圆在轨道平面上的定向。

V ——卫星的真近点角，即在轨道平面上，卫星与近地点之间的地心角角距。该参数为时间的函数，它确定了卫星在轨道上的瞬时位置。

以上 6 个参数 a_s 、 e_s 、 Ω 、 i 、 ω 和 V 所构成的坐标系统，通常称为轨道坐标系统，它广泛地用于描述卫星的运动。在该系统中，当 6 个轨道参数一经确定，卫星在任一瞬间相对于地球体的空间位置及其速度便可唯一确定。

卫星的受摄运动：

(1) 卫星运动的摄动力

(2) 地球引力场摄动力的影响

(3) 日月引力的影响

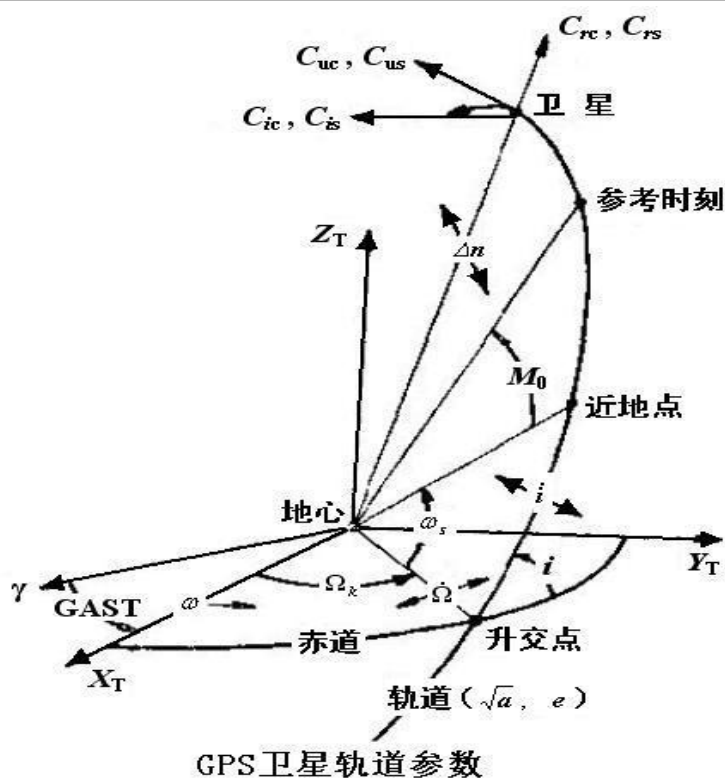
(4) 太阳光压的影响

(5) 地球潮汐的影响

GPS 卫星星历:

预报星历，是通过卫星发射的含有轨道信息的导航电文传递给用户的，用户接收机接收到这些信号，经过解码便可获得所需要的卫星星历，所以这种星历也叫作广播星历。卫星的预报星历，通常均包括相对某一参考历元的开普勒轨道参数和必要的轨道摄动改正项参数。相应参考历元的卫星开普勒轨道参数，也叫参考星历，它是根据 GPS 监测站约一周的观测资料推算的。

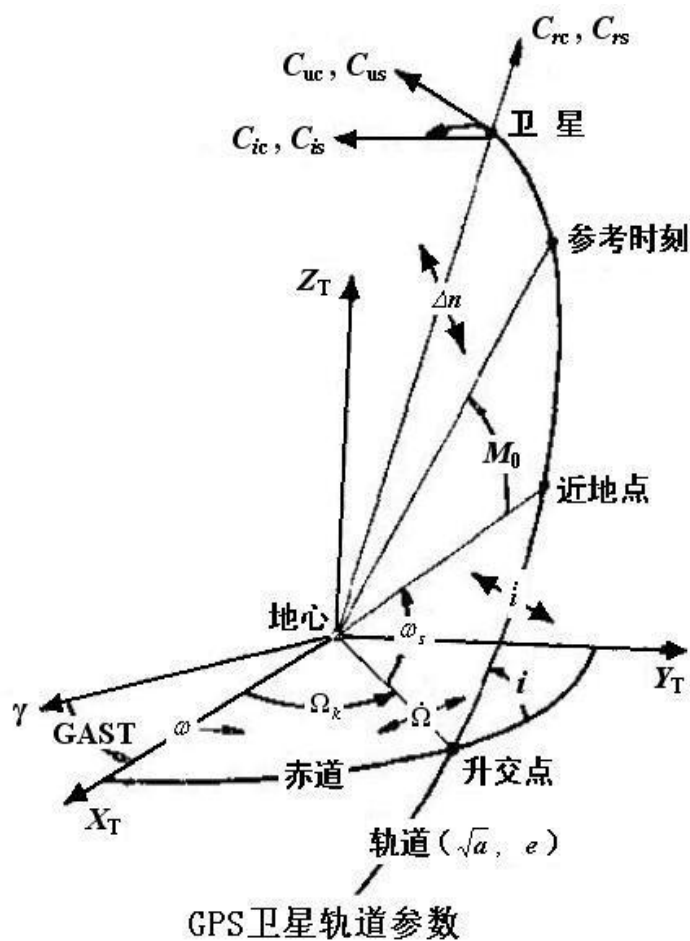
GPS 用户通过卫星广播星历，可以获得的有关卫星星历参数共有 17 个，其中包括 2 个时间参数、6 个相应参考时刻的开普勒轨道参数和 9 个反映摄动力影响的参数。有关卫星实际轨道的描述如下图所示。根据上述数据，便可外推出观测时刻 t 的轨道参数，以计算卫星在不同参考系中的相应坐标。



GPS 卫星坐标的计算:

- 1、计算卫星运行的平均速度 n
- 2、计算归化时间 t_k
- 3、观测时刻卫星平近点角 M_k 的计算
- 4、采用迭代算法计算偏近点角 E_k
- 5、计算真近点角 V_k
- 6、计算升交距角 Φ_k
- 7、计算摄动改正数 δu 、 δr 、 δi
- 8、计算经摄动改正后的升交距角 u_k 、卫星矢径 r_k 和轨道倾角 i_k

9、计算卫星在轨道平面坐标系中的坐标

10、计算观测时刻升交点经度 Ω_k

11、计算卫星在地固坐标系中的空间直角坐标

12、计算卫星在协议地球坐标系中的空间直角坐标

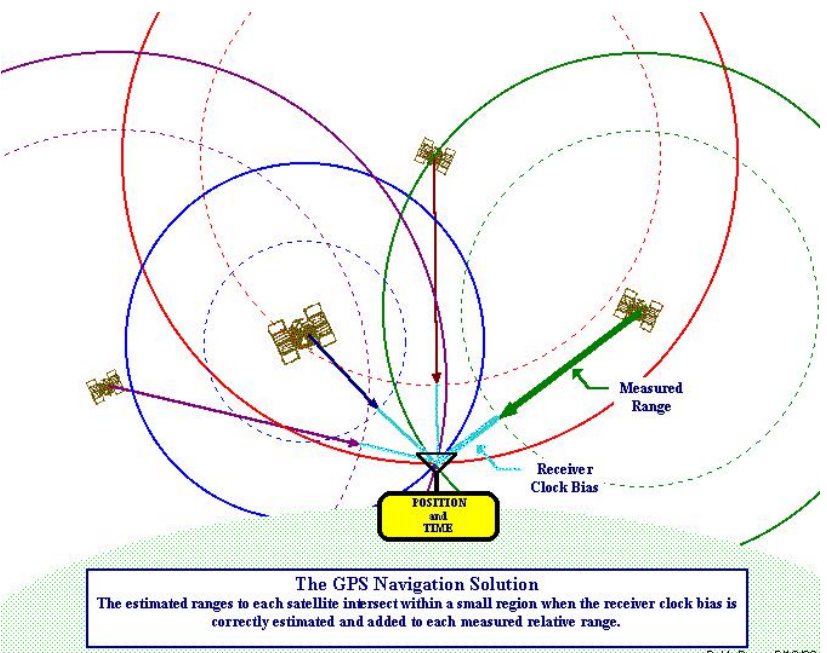
布置作业

自我总结
与反思学生学习
情况

单元教学设计及教案

授课题目	GPS 定位原理与应用			
课型	新课型		学时	8
授课时间		第几次课		上课地点
类别	理论课 ☐ 实验课 ☐ 习题课 ☐ 实践课 ☐ 其他 ☐			
教学目标	【知识目标】			
	1. 学生们掌握 GPS 定位的两种方法 2. 掌握 GPS 定位的基本的应用领域			
	【能力目标】			
	1. 会使用 GPS 定位的伪距测量方法，并会计算； 2. 会使用 GPS 定位的载波相位的定位方法，并会计算。			
	【素质目标】			
	1. 提高学生的自主学习的能力和团结协作能力。			
学生基本情况分析	学生们在了解了 GPS 基本构造的基础上，学习本章内容，从易到难，循序渐进，更容易接受。			
教学重点与难点	重点难点：C/A 码，P 码的了解，卫星到接收机之间的距离的确定。			
教学方法与手段	教学方法主要使用：多媒体+在线教学平台，提问与作业的形式结合			

教学详案

教学环节 时间分配	教学内容	教学手段 与方法
	一、定位方法的分类： ◆绝对定位(或单点定位)。即在地球协议坐标系统中，确定观测站相对地球质心的位置。这时，可认为参考点与地球质心相重合。  ◆相对定位。确定同步跟踪相同的 GPS 信号的若干台接收机之间的相对位置的方法。可以消除许多相同或相近的误差，定位精度较高。但其缺点是外业组织实施较为困难，数据处理更为烦琐。在大地测量、工程测量、地壳形变监测等精密定位领域内得到广泛的应用。 ◆静态定位 在定位过程中，接收机天线的位置是固定的，处于静止状态。不过，严格说来，静止状态只是相对的。在卫星大地测量学中，所谓静止状态，通常是指待定点的位置相对其周围的点位没有发生变化，或变化极其缓慢以致在观测期内(例如数天或数星期)可以忽略。 ◆动态定位 即在定位过程中，接收机天线处于运动状态。 二、观测量的基本概念： ◆根据码相位观测得出的伪距 在卫星钟与接收机钟完全同步并且忽略大气折射影响的情况下，所得到的时间延迟乘以光速便为所测卫星的信号发射天线至用户接收机天线之间	

的几何距离，通常简称为所测卫星至观测站之间的几何距离。

◆根据载波相位观测观测得出的伪距

载波相位观测值：测量接收机接收到的、具有多普勒频移的载波信号，与接收机产生的参考载波信号之间的相位差。

三、GPS 定位的基本观测方程

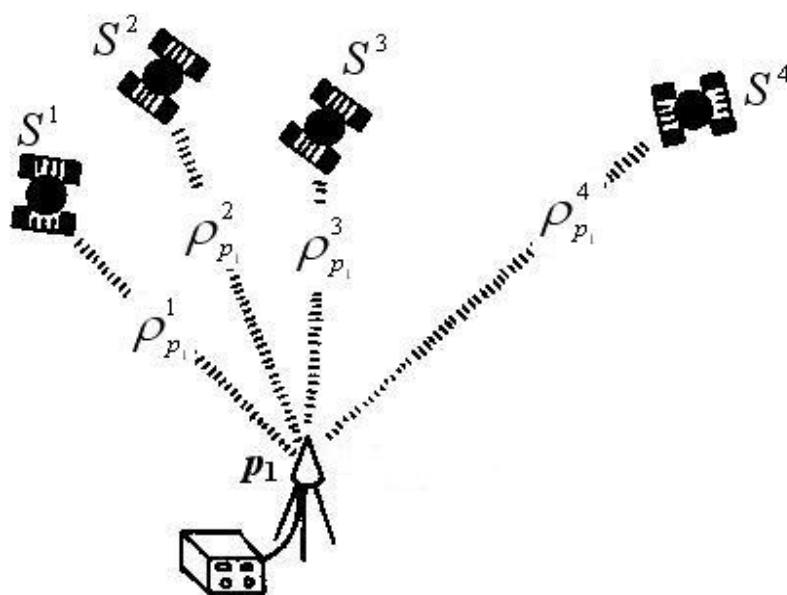
伪距测量的基本观测方程

载波相位测量的基本观测方程

载波相位差分观测方程：

载波相位差分观测值可以按测站、卫星和历元等三要素来产生，根据求差次数的多寡可分为单差观测值、双差观测值和三差观测值

应用 GPS 进行绝对定位，根据用户接收机天线所处的状态，又可分为动态绝对定位和静态绝对定位。当用户接收设备安置在运动的载体上而处于动态的情况下，确定载体瞬时绝对位置的定位方法，称为动态绝对定位。



GPS 绝对定位原理图

四、绝对定位精度评价

平面位置精度因子 HDOP(Horizontal DOP)。相应的平面位置精度；

高程精度因子 VDOP(Vertical DOP)。相应的高程位置精度

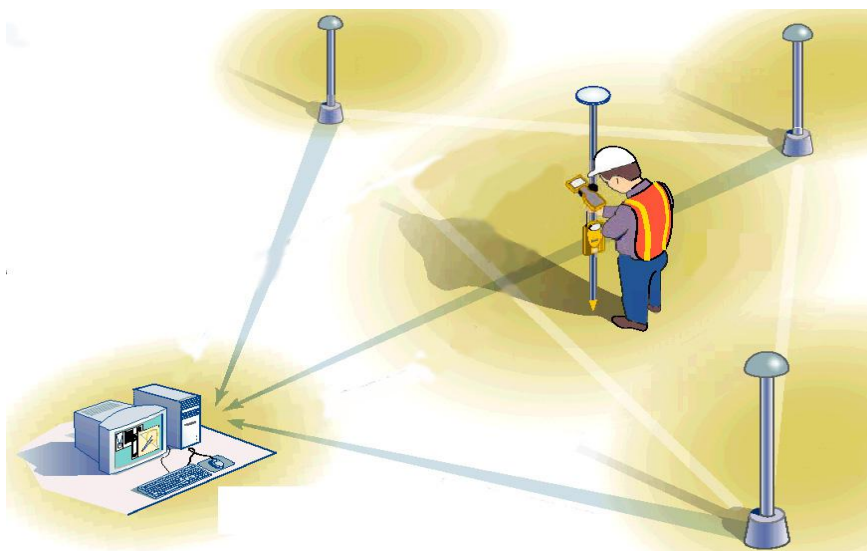
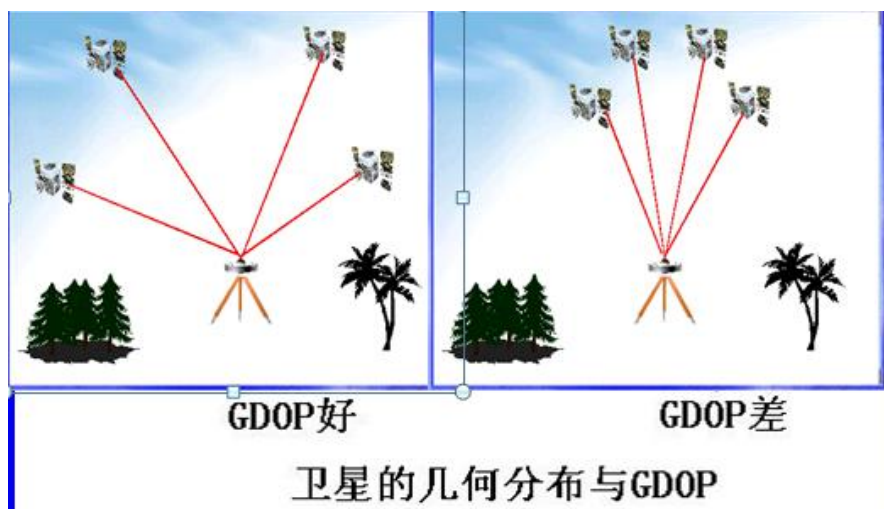
空间位置精度因子 PDOP(Position DOP)。相应的三维定位精度

接收机钟差精度因子 TDOP(Time DOP)。相应的钟差精度精度

几何精度因子 GDOP(Geometric DOP)。描述三维位置和时间误差综合

影响的精度因子，称为几何精度因子。

精度因子也称为观测卫星星座的图形强度因子。



布置作业

课后习题

自我总结
与反思

学生学习
情况

单元教学设计及教案

授课题目	GPS 测量误差的来源			
课型	新课型		学时	4
授课时间		第几次课		上课地点
类别	理论课 ☐ 实验课 ☐ 习题课 ☐ 实践课 ☐ 其他 ☐			
教学目标	【知识目标】			
	1. 掌握 GPS 测量误差的来源 2. 消除或减弱误差的方法步骤			
	【能力目标】			
	1. 提高学生分析误差来源的能力			
	【素质目标】			
	1. 增强学生团结合作的能力。			
学生基本情况分析	学生在掌握了 gps 定位的基本原理方法之后，学习本章内容，将会更容易			
教学重点与难点	重点难点：误差的来源分类以及消除方法			
教学方法与手段	采用在线教学平台+多媒体			

教学详案		
教学环节 时间分配	教学内容	教学手段 与方法
	一、 与卫星有关的误差 (1) 卫星星历误差 卫星的在轨位置由广播星历或精密星历提供，由星历计算的卫星位置与其实际位置之差，称为卫星星历误差。 (2) 卫星钟误差 由于卫星的位置是时间的函数，因此 GPS 的观测量均以精密测时为依据。在 GPS 测量中，无论是码相位观测值还是载波相位观测值，均要求卫星钟和接收机钟严格同步。尽管 GPS 卫星均设有高精度的原子钟，但它们与标准 GPS 时之间仍存在着偏差或漂移。这些偏差的总量约在 1ms 以内，由此引起的等效距离误差可达 300km。 (3) 相对论效应 二、 与传播路径有关的误差 对于 GPS 而言，卫星的电磁波信号从信号发射天线传播到地面 GPS 接收机天线，其传播路径并非真空，而是要穿过性质与状态各异、且不稳定的大气层，使其传播的方向、速度和强度发生变化，这种现象称为<u>大气折射</u>。 对流层折射改正； 电离层折射改正； 多路径效应误差 多路径效应是 gps 测量的一种重要误差来源，严重时将引起载波相位观测值的频繁周跳甚至接收机失锁，损害 GPS 定位的精度。 三、 与接收设备有关的误差 与接收机有关的误差，包括观测误差、接收机钟误差、天线相位中心位置误差、接收机位置误差、天线高量取误差等。 四、 其他误差 地球旋转对纬度影响很小，对经度影响最大，其次是高度。站间差分观测对地球自转影响的抵消程度与站间距离成反比，即站间距离越短，自转影响对站间差分观测值的影响越小。对于赤道上相距 10km 的两测站，地球自转改正的差异可能达到 15.5mm。 地球并非是一个刚体，在日月的万有引力作用下，一方面，固体地球要产	

	生周期性的弹性形变，称为固体潮；另一方面，地球上的负荷也将发生周期性的变化，使地球产生周期性的变形，称为负荷潮汐。固体潮和负荷潮引起的测站位移可达 80cm，使不同时间的测量结果互不一致，在高精度相对定位中应考虑其影响。固体潮和负荷潮对 GPS 观测的影响，也可以采用模型进行改正。当两测站相距较近时，在站间差分观测值中可以消除该项误差的影响。 <u>误差分类</u> <u>与卫星有关的误差</u> <u>与信号传播有关的误差</u> <u>与接收设备有关的误差</u> <u>其他误差</u> { 星历误差 卫星钟误差 相对论效应 相位中心偏差 { 对流层延迟误差 电离层延迟误差 多路径效应 { 接收机钟差 仪器安置误差 起算数据误差 天线相位偏差 { 地球自转 固体潮、负荷潮 卫星几何结构 解算软件	
布置作业	课后习题	
自我总结与反思		
学生学习情况		

单元教学设计及教案

授课题目	GPS 接收机的认识与操作			
课型	4		学时	
授课时间		第几次课		上课地点
类别	理论课 ☐ 实验课 ☐ 习题课 ☐ 实践课 ☐ 其他 ☐			
教学目标	【知识目标】			
	1、认识 GNSS 科利达接收机和 GNSS 南方接收机			
	【能力目标】			
	1、会操作这两种接收机，基准站和流动站的设置			
	【素质目标】			
	1、加强学生的团结协作能力			
学生基本情况分析	学生在学习了 gps 定位原理以及误差来源的基础上，学习本章内容更容易			
教学重点与难点	重点难点：gps 接收机的实际操作			
教学方法与手段	实践课程，边操作边讲课			

教学详案		
教学环节 时间分配	教学内容	教学手段 与方法
	一、接收机的认识  小身量、大作为、高智能之后，科力达 RTK 测量系统再次升级！ K5 Plus+ RTK 测量系统，全新平台、优质电台、智能互联、贴合实际、科学设计。 新平台 嵌入 Linux 平台 启动快，响应实时。 支持多线程操作模式，运行速度快功耗低，智能调控运行状态。 统一开发接口，可定制。 开放丰富的开发数据接口，支持二次开发，可根据情况提供大量定制功能，拓展设备可能性与可用性。 数据交互快 50Hz 定位输出频率与 50Hz 数据采样频率 全功能内置电台 收发一体化的高性能内置电台，支持电台主流的通讯协议，实现与各国产品的互联互通，可切换网络中继、电台中继模式。有效增加作业范围，在山区等环境中便捷。 技术进阶 NFC 闪触配对技术 NFC 闪触配对技术，配合手簿快速实现蓝牙闪触配对，摆脱过去复杂的蓝牙搜索、连接过程，只轻轻一碰，可成功配对。	

双模长距离蓝牙

业内蓝牙联通技术，配备 4.0 标准双模长距离蓝牙，能够连接主流的手机、平板等数码产品，同时兼容 2.1 标准，连接手簿。快速稳定的数据传输技术，蓝牙距离远，带给用户为自如的作业体验。

倾斜测量技术提升

倾斜测量技术稳定大幅度提升，在测量作业中，使用者不需要严格对中后再采点，内置倾斜测量补偿器能够根据对中杆倾斜的方向和角度自动进行坐标校正，获取正确的地面坐标。

双电池供电

采用双电池供电系统，两块 3400mAh 高能锂电池，提供 5000mAh 智能电池杆，轻松实现 30 小时的静态作业，15 小时的动态应用。支持热插拔，提供持久的续航。

智能升级**智能存储**

内置 8G 固态存储，支持外接 U 盘存储，

STH、Rinex 多种格式支持，采样频率可达 50Hz，

支持自动循环存储，磁盘满自动删除，

支持一键智能拷贝，外接 U 盘户外直接拷贝数据。

智能语音

内置强大的智能语音系统，能够实现智能语音操作提示、智能播报接收机实时工作状态。支持多国语言，包括中文、英语、韩语、俄语、葡萄牙语等，并且可制定中国各地区方言。

智能温控

接收机内部分布多个温度传感器，实时监控主机各个模块的温度状态，根据温度状态实时进行补偿和调频，使主机在高温时能够达到优良的工作状态。

智能供电

大容量的智能电池，可拆卸充电，较长续航能力。

智能省电模式，在静态模式和基准站模式下可使测量工作顺利完成的条件下实现节能。

智能拨号

针对移动蜂窝网络数据进行的优化，网络性能有了大幅的改进。基于 Linux 平台采用 PPP 拨号技术，能够自动实时与基站进行心跳交互，使测量过程持续在线，同时 PPP 拨号的链接状态和错误信息会实时通过语音播报及手簿控制软件提示。

网络互联**新网络架构**

移动网络：新网络程序架构，无缝兼容现有 CORS 系统。配备 4G 高速网络通讯模块（支持移动、联通、电信），兼容 3G/GPRS/EDGE，多种配置自由选择。

云数据服务平台

配备云服务管理平台，远程管理、在线升级、在线注册等。

数据服实现实时备份、实时共享。

可视化网页管理

Web UI 管理后台：内置 Web UI 网络用户后台，支持 WI-FI 和 USB 模式访问接收机内置

	Web 管理页面，实时监控主机状态，自由配置主机。 WI-FI 数据链 利用 WI-FI 信号作为数据链，提高实际测量效果；同时具有 AP 热点功能，开启多智能终端均可接入接收机并对其进行控制。采用 802.11b/g 标准 WI-FI，无缝接入互联网。 软件多选 工程之星（支持 Android、Mobile 等多种终端）、电力之星（Mobile 版）、路桥之星（Mobile 版） 二、教师接收机的操作演示 电台模式 仪器使用流程 01 架设基准站 - 装入电池，开机。 - 手持打开工程之星，通过“蓝牙管理器”，连接主机。 - 利用“主机设置”，将主机设置为“基站”，主机数据链设置为“电台”，设置相应电台频道，并在“基站站设置”中选择合适的数据格式（如 RTCM32），获取基站坐标后点击“自动基站”。 - 当数据灯一秒一闪时，表明基准站启动成功。 02 设置移动站 - 采用与基准站类似的方式，将主机设置为“移动站”，主机数据链为“电台”，并设置与基准站对应的电台频道。 - 当移动站数据灯一秒一闪且达到固定解时，表明移动站正常工作。 03 参数设置 - 新建工程：固定解状态后，点击“工程”，“新建工程”，输入工程名。 - 天线高设置：点击“配置”，“工程设置”，输入正确的天线高。 - 坐标系统设置：点击“配置”，“坐标系统设置”，“增加”，输入参数系统名（随意设置），将名称按需要选择，输入当地实际中央子午线，其他参数使用默认即可。 04 求转换参数 - 点击“测量”，“点测量”，依次采集两个已知点 A1、A2 的坐标信息。 - 点击“输入”，“求转换参数”，“增加”，输入 A1 点已知平面坐标，“确定”，“从坐标管理库选点”，选中刚测量的 A1 点，然后按同样的方法完成 A2 点的录入，点击“保存”，输入自定义文件名，查看水平和高程精度无误后点击“应用”，即可将参数赋值给当前工程。 - 转换完成后采集第三个已知点 A3 的信息进行验证。 05 单点校正 - 基准站每次重新启动，移动站都要进行单点校正。 - 点击“输入”，“校正向导”，“基准站架设在未知点”，将移动站架设在已知控制点上，对应输入移动站已知平面坐标以及杆高，气泡居中后点击“校正”，“确定”，即完成校正工作，校正完成以后，应在另一个已知控制点进行检验。 06 测量 - 完成上述步骤以后即可进行点测量及放样等工作。 三、学生接收机的操作	
布置作业		
自我总结与反思		
学生学习情况		

单元教学设计及教案

授课题目	GNSS 接收机静态模式操作			
课型	新课型		学时	4
授课时间		第几次课		上课地点
类别	理论课 ☐ 实验课 ☐ 习题课 ☐ 实践课 ☐ 其他 ☐			
教学目标	【知识目标】			
	1、学生认识接收机静态模式设置			
	【能力目标】			
	1、会操作 gps 接收机的静态模式			
	【素质目标】			
	1、加强学生的团结合作			
学生基本情况分析	学生在操作了基准站、移动站之后的，在进行本章的设置将会更容易			
教学重点与难点	重点难点：静态模式的设置以及操作，数据处理等			
教学方法与手段	在线教学平台和多媒体结合。			

教学详案

教学环节 时间分配	教学内容	教学手段 与方法
	静态测量，是利用测量型 GNSS 接收机进行定位测量的一种方法，通过 在多个测站上进行同步观测，确定测站之间相对位置，主要用于建立各层级 控制网。进行静态测量时，认为接收机天线在整个观测中的位置是静止的，在数 据处理时，将接收机天线位置作为不随时间改变的量，通过接收到卫星数据 的变化来求得待定点的坐标。在实际应用中，静态测量采用三台（或三台以上）GNSS 接收机，分别 安置测站上进行同步观测，时间由 40 分钟到十几小时不等。架设流程如下： 1、在控制点上架设好三脚架 并架稳仪器，在测点上严格 对中，整平。 2、量取任意一种仪器高三次， 三次量取的结果之差不得 超过 3mm，并取平均值。仪器高应由控制点标石中心量至仪器的测量标志线 的上边处。（见后文“常用 技巧——天线高的量取”） 3、将接收机设置为静态模式， 并通过手簿设置高度角及 采样间隔参数，检查主机内 存容量。 4、记录仪器号，点名，仪器高， 开始时间。 5、开机，确认为静态模式， 主机开始搜星且卫星灯开 始闪烁。达到记录条件时， 状态灯会按照设定好采样 间隔闪烁，闪一下表示采集 了一个历元。 6、测试完毕后，关闭主机，记 录结束时间，然后进行数据 的传输和内业数据处理。 静态采集完成后可将静态数据拷贝到电脑上做内业处理，具体方法如下： ● 直接通过七针线转 USB 线连接主机和 PC，拷贝静态数据。（推荐） ● 将 PC 连接至主机 Web-Ui 后台，点击“数据记录”、“数据下载”，拷贝静态 数据。（支持部分主机） ● 用仪器之星软件通过七针线转 USB 线拷贝静态数据。 1、新建项目 打开静态数据处理软件，点击“文件” 菜单下的“新建”，弹出建立项目对 话框，设置好相应参数即可。 2、导入观测数据 点击“数据输入”下拉菜单的“增加 数据观测文件”，将静态数据导入到 软件中。 3、设置天线高（若不需高程数据可跳过） 点击界面左侧的“观测数据文件”， 选择量取方式并输入量取的天线高。 4、解算基线 点击“基线解算”下拉菜单的“全部 解算”，让软件自动解算基线。 5、处理不合格闭合环 点击软件左侧闭合环“+”图标，选 中相应超	

	限闭合环，双击右侧闭合环（黑色）其中的一条基线，在“基线 情况”对话框下设置“高度截止角”、“历元间隔”以及“观测组合方案”来处理不合格基线，当闭合环全部通过即可进行下一步工作。 6、 已知点录入 点击“数据输入”菜单下的“坐标数据录入”，将已知点坐标录入到软件。 7、 网平差计算 点击“平差处理”菜单下的“网平差 计算”，根据平差成果表得到未知点 坐标。 教师演示操作，学生依次操作。	
布置作业	课后习题	
自我总结与反思		
学生学习情况		

单元教学设计及教案

授课题目	GPS 定位测量的设计与实施				
课型	新授课			学时	8
授课时间		第几次课		上课地点	
类别	理论课□ 实验课□ 习题课□ 实践课□ 其他□				
教学目标	【知识目标】				
	1、学生掌握 GPS 定位施测的技术指标				
	2、掌握施测网 的设计要求				
	【能力目标】				
	1、外业施测忘得勘察、设计等				
	【素质目标】				
1、提高学生的认知能力					
2、培养学生的自主学习能力					
学生基本情况分析	工程测量技术专业的学生在学习了控制网布设基础知识的基础上，学习本小节内容，更容易掌握此节知识点。本班级学生学习认真，课堂活跃，积极回答问题。				
教学重点与难点	重点难点：GPS 网的施测设计要求以及实施				
教学方法与手段	主要采用日照职业技术学院在线教学平台进行授课，同时采用多媒体+板书进行结合；采用设置问题引发学生思考的教学手段，使得学生更容易接受。				
教学详案					
教学环节 时间分配	教学内容				教学手段 与方法
5	提问上节课遗留的问题，引出这节课的课程内容。				提问

GPS 网构成的几个基本概念及网的特征条件:

●观测时段

测站上开始接收卫星信号到观测停止, 连续工作的时间段

●同步观测

两台或两台以上接收机同时对同一组卫星进行的观测。

●同步观测环

三台或三台以上接收机同步观测获得的基线向量所构成的闭合环。

●独立观测环

由独立观测所获得的基线向量构成的闭合环。

●异步观测环

在构成多边形环路的所有基线向量中, 只要有非同步观测基线向量, 则该多边形环路叫异步观测环

●独立基线:

对于 N 台 GPS 接收机构成的同步观测环, 一个时段包含的 GPS 基线(或简称 GPS 边)总数 $J_{\text{总}}$ 为:

$$J_{\text{总}} = N \bullet (N - 1) / 2$$

●非独立基线

除独立基线外的其他基线叫非独立基线, 总基线数与独立基线数之差即为非独立基线数。

$$J_{\text{非独立}} = J_{\text{总}} - J_{\text{独}} = N(N - 1) / 2 - (N - 1)$$

	安徽理工大学GPS网观测计划略图 同步环 异步环 独立环 安徽理工大学GPS网观测计划略图 GPS 网的图形设计，也就是根据对所布设的 GPS 网的精度要求和其他方面的要求，设计出由独立 GPS 边构成的多边形网(或称为环形网)。	
布置作业	课后习题	
自我总结与反思		
学生学习情况		

单元教学设计及教案

授课题目	GPS 测量的观测工作				
课型	新课时			学时	4
授课时间		第几次课		上课地点	
类别	理论课 ☒ 实验课 ☐ 习题课 ☐ 实践课 ☒ 其他 ☐				
教学目标	【知识目标】				
	1. 掌握 GPS 的观测技术要求；				
	2. 掌握 GPS 测量的观测工作步骤程序				
	【能力目标】				
	1. 熟练使用仪器进行基准站移动站的设置				
	2. 熟练操作 GNSS 接收机；				
	【素质目标】				
	1. 培养学生团结合作的能力				
		2. 加强学生自主学习和分析的能力			
学生基本情况分析	学生在掌握了 GPS 理论的基础上，在学习本节内容，更容易理解和容易接受。				
教学重点与难点	学习重点： GNSS 接收机的操作和布网。 学习难点： 路线的确定				
教学方法与手段	用网络在线教学平台，采用提问和小组讨论的形式进行课上授课				
教学详案					
教学环节 时间分配	教学内容				教学手段 与方法

5	提问：上节课学过的知识	提问																								
	一．GPS 测量工作按其性质可分为外业和内业两大部分。其中：外业工作主要包括选点(即观测站址的选择)、建立观测标志、野外观测作业以及成果质量检核等，内业工作主要包括 GPS 测量的技术设计、测后数据处理以及技术总结等。按照工作程序划分：技术设计；选点与建立标志；外业观测；成果检核与处理。 二．GPS 网技术设计的依据 GPS 测量规范(规程)： 2009 年国家质量监督检验检疫总局：《全球定位系统(GPS)测量规范》以下简称《规范》； ●1999 年国家质量技术监督局发布的《差分全球定位系统(DGPS) 技术要求》； ●1998 年建设部发布的行业标准《全球定位系统城市测量技术规程》，况以下简称《规程》； ●各部委根据本部门 GPS 工作的实际情况制定的其他 GPS 测量规程或细则。 三．测量任务书 1) 测量任务书或测量合同：测量施工单位上级主管部门或合同甲方下达的技术要求文件。 2) 指令性的：它规定了测量任务的范围、目的、精度和密度要求，提交成果资料的项目和时间要求，完成任务的经济指标等。 四．GPS 测量精度标准及其分类 表 6-1 GPS 测量精度分级 <table> <tr> <th>级 别</th> <th>主 要 用 途</th> <th>固 定 误 差 <i>a(mm)</i></th> <th>比 例 误 差 <i>b(ppm • D)</i></th> </tr> <tr> <td>AA</td> <td>全球性地球动力学研究、地壳形变测量和精密测定轨</td> <td>≦3</td> <td>≦0.01</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>区域性的地球动力学研究和地壳形变测量</td> <td>≦5</td> <td>≦0.1</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>局部形变监测和精密工程测量</td> <td>≦8</td> <td>≦1</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>大、中城市及工程测量基本控制网</td> <td>≦10</td> <td>≦5</td> </tr> <tr> <td>D、E</td> <td>中、小城市及测图、物探，建筑施工等控制测量</td> <td>≦10</td> <td>≦10~20</td> </tr> </table> 各 $\sigma = \sqrt{a^2 + (b \bullet d)^2}$		级 别	主 要 用 途	固 定 误 差 <i>a(mm)</i>	比 例 误 差 <i>b(ppm • D)</i>	AA	全球性地球动力学研究、地壳形变测量和精密测定轨	≦3	≦0.01	A	区域性的地球动力学研究和地壳形变测量	≦5	≦0.1	B	局部形变监测和精密工程测量	≦8	≦1	C	大、中城市及工程测量基本控制网	≦10	≦5	D、E	中、小城市及测图、物探，建筑施工等控制测量	≦10	≦10~20
级 别	主 要 用 途	固 定 误 差 <i>a(mm)</i>	比 例 误 差 <i>b(ppm • D)</i>																							
AA	全球性地球动力学研究、地壳形变测量和精密测定轨	≦3	≦0.01																							
A	区域性的地球动力学研究和地壳形变测量	≦5	≦0.1																							
B	局部形变监测和精密工程测量	≦8	≦1																							
C	大、中城市及工程测量基本控制网	≦10	≦5																							
D、E	中、小城市及测图、物探，建筑施工等控制测量	≦10	≦10~20																							

等级 GPS 相邻点间弦长精度估算

式中：—— 基线向量中误差(mm)，亦即等效距离误差；

a ——固定误差 (mm) ；

b ——比例误差系数(ppm)；

d——相邻点间的距离(km)。

(一) GPS 网的基准设计：

GPS 网的基准包括：位置基准、方位基准和尺度基准

方位基准，一般以给定的起算方位角值确定，也可以由 GPS 基线向量的方位作为方位基准。

尺度基准，一般由地面的电磁波测距确定，也可由两个以上的起算点间的距离确定，同时也可由 GPS 基线向量的距离确定。

位置基准，一般都是由给定的起算点坐标确定。

GPS 网的基准设计，实质上主要是指确定网的位置基准问题。

(二) GPS 网图形的基本类型：

●点连式

点连式是指相邻同步图形之间仅有一个公共点的连接。以这种方式布点所构成的图形几何强度很弱，没有或极少有非同步图形闭合条件，一般不单独使用。

●边连式

边连式是指同步图形之间由一条公共基线连接。这种布网方案，网的几何强度较高有较多的复测边和非同步图形闭合条件。在相同的仪器台数条件下，观测时段数将比点连式大大增加。

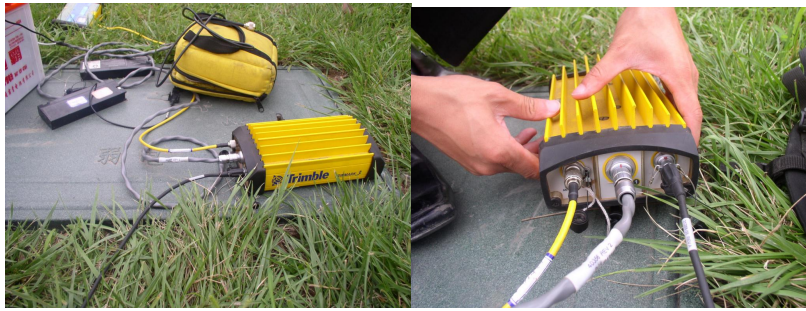
●网连式

是指相邻同步图形之间有两个以上的公共点相连接，这种方法需要 4 台以上的接收机。显然，这种密集的布图方法，它的几何强度和可靠性指标是相当高的，但花费的经费和时间较多，一般仅适于较高精度的控制测量。

●边点混合连接式

是指把点连式与边连式有机地结合起来，组成 GPS 网，既能保证网的几何强度，提高网的可靠指标，又能减少外业工作量，降低成本，是一种较为理想的布网方法。

	观测工作的内容主要包括：观测计划的拟定、仪器的选择与检验和观测工作的实施等。 拟定观测计划的依据主要是：GPS 网的规模大小，精度要求，GPS 卫星星座，参加作业的 GPS 接收机数量，测区交通和地形条件以及后勤保障条件(运输、通讯)等。 观测计划的主要内容包括：GPS 卫星的可见性图及最佳观测时间的选择，采用的接收机数量，观测区的划分和观测工作的进程及接收机的调度计划等。 外业观测的工作量与用户的要求精度和采用的接收机数量等因素有关。 GPS 网观测工作量的设计，除要考虑观测工作的效率外，还必须保证网的可靠性。（GPS 网特征条件的计算） 观测工作主要包括：天线安置，观测作业，观测记录和观测数据的质量判定等。 1)天线安置 安置工作一般应满足以下要求： ●静态相对定位时，天线应尽可能利用三脚架，并安置在标志中心的上方直接对中观测。在特殊情况下，方可进行偏心观测，但归心元素应以解析法精密测定。 ●当天线需安置在三角点觇标的基板上时，应先将觇标顶部拆除，以防止对信号的干扰。这时可将标石中心投影到基板上作为安置天线的依据。 ●天线底板上的圆水准器气泡必须居中。 ●天线的定向标志线应指向正北，并顾及当地磁偏角影响，以减弱相位中心偏差的影响。定向的误差以定位的精度不同而异，一般应不超过 $3^{\circ} \sim 5^{\circ}$。 ●雷雨天气安置天线时，应注意将其底盘接地，以防止雷击。 所谓天线高，系指天线的相位中心至观测点标志中心顶面的垂直距离。一般分为上、下两段：上段是从相位中心至天线底面的距离，这一段的数值由厂家给出，并作为常数；下段是从天线底面至观测点标志中心顶面的距离，这一段由用户测定。天线高的量测值应为上下两段距离之和。	
--	---	--



● 开机后接收机的有关指示和仪表数据显示正常时，方能进行自测试和输入有关测站和时段控制信息。

● 接收机在开始记录数据后，用户应注意查看有关接收卫星数量、卫星号、相位测量残差、实时定位结果及其变化、存储介质记录等情况。



布置作业	课后习题	
自我总结 与反思		
学生学习 情况		

单元教学设计及教案

授课题目	中线测量				
课型	新课型			学时	2
授课时间		第几次课		上课地点	
类别	理论课 ☒ 实验课 ☐ 习题课 ☐ 实践课 ☐ 其他 ☐				
教学目标	【知识目标】				
	1、掌握中线测量的概念 2、掌握里程桩及桩号的概念 3、理解断链处理的概念				
	【能力目标】				
	1、会使用经纬仪、全站仪仪器进行测量放样。				
	【素质目标】				
	1、培养学生动手能力和外业实践操作能力 2、加强同学们之间的团结合作的能力。				
学生基本情况分析	工程测量的学生在学习了定线测量和线路的初测的知识点后，学习本小节的内容，更容易接受，此节知识点与前两节的知识点环环相扣，无缝连接。				
教学重点与难点	重点内容是中线测量的规范要求 难点是中线测量过程中遇见的技术性问题。				
教学方法与手段	主要采用网络在线教学平台进行演示和教授，以提问和小组讨论的形式讲授本节内容。				
教学详案					
教学环节 时间分配	教学内容				教学手段 与方法

5	提问上节课的学习到的知识点。	提问																		
	中线测量的任务是沿定测的线路中心线丈量距离，设置百米桩及加桩，并根据测定的交角、设计的曲线半径和缓和曲线长度计算曲线元素，放样曲线的主点和曲线的细部点。 1、里程桩及桩号 路线的里程是指路线的中线点沿中线方向距线路起点的水平距离。里程桩是埋设在线路中线上有水平距离的桩，里程桩又称为中桩。 里程桩有整桩和加桩之分。 整桩：每隔某一整数设置的桩，称为整桩。整桩之间距离一般有 20m、30m、50m。在线路变化处、线路穿越重要地物时（如铁路、公路、各种管线等）、地面坡度变化处、在道路转向处设置曲线时均要增设加桩。 里程桩均按起点至该桩的里程进行编号，并用红油漆写在木桩侧面。例如某桩距线路起点的水平距离为 21500m,则其桩号记为 21+500.加号前为公里数，加号后为米数。在公路、铁路勘测设计中，通常在公里数前加注“K” ,例如 K21+500. 路线中桩的间距，不应大于表规定 <table><tr><th colspan="2">直线（m）</th><th colspan="4">曲线（m）</th></tr><tr><td>平原微丘区</td><td>山岭重丘区</td><td>不设超高的曲线</td><td>R>60</td><td>30<R<60</td><td>R<30</td></tr><tr><td><=50</td><td><=25</td><td>25</td><td>20</td><td>10</td><td>5</td></tr></table> 加桩分为地形加桩、地物加桩、曲线加桩与关系加桩。 地形加桩指沿中线地面起伏变化处，地面横坡有显著变化以及土石分界线等地设置的里程桩。 地物加桩指沿中线为拟建桥梁、涵洞、管道、防护工程等人工构建外，与公路、铁路、田地、城镇等交叉处及需拆迁等处理的地物所设置的里程桩。 曲线加桩指的是曲线交点（如曲线起、中、终）处设置的桩。 关系加桩指是路线上的转点桩（ZD）和交点桩（JD）。 钉桩时，对于交点桩、转点桩、距路线起点每隔 500m 处的整桩、重要地物加桩以及曲线点桩，均应打下断面为 6cm×6cm 的方桩，在桩顶露出地面约为 2cm，并在桩顶中心钉一小钉，为了避免丢失，在其旁边定一指示桩。交点桩的指示桩应钉在圆心和交点连线外离交点 20cm 处，字面朝向	直线（m）		曲线（m）				平原微丘区	山岭重丘区	不设超高的曲线	R>60	30<R<60	R<30	<=50	<=25	25	20	10	5	
直线（m）		曲线（m）																		
平原微丘区	山岭重丘区	不设超高的曲线	R>60	30<R<60	R<30															
<=50	<=25	25	20	10	5															

交点，曲线主点的指示桩字面朝向圆心。其余里程桩一般使用板桩，一半露出地面，以便于书写桩号，字面一律背向线路前进方向。

中桩测设的精度要求表：

公路等级	距离限差	桩位纵向误差		桩位横向误差	
		平原微丘山	山岭重丘山	平原微丘山	山岭重丘山
高速、一级公路	1/2000	S/2000+0.05	S/2000+0.1	5	10
二级以下公路	1/1000	S/1000+0.10	S/1000+0.1	10	15

注：表中 s 为转点或交点至桩位的距离，以 m 计。

曲线测量闭合差，应符合表的规定。

公路等级	曲线偏角闭合差	纵向误差		横向误差	
		平原微丘山	山岭重丘山	平原微丘山	山岭重丘山
高速、一级公路	60	1/2000	1/1000	10	10
二级以下公路	120	1/1000	1/500	10	15

在书写曲线加桩和关系桩时，应先写其缩写名称，后写桩号。曲线主点桩号缩号名称有汉语拼音和英文缩写两种，目前我国公路主要采用汉语拼音名称。

标志名称	中文简称	汉语拼音缩写
交点	交点	JD
转点	转点	ZD
圆曲线起点	直圆点	ZY
圆曲线中点	曲中点	QZ

	圆曲线终点	圆直点	YZ
	公切点	公切点	GQ
	第一缓和曲线起点	直缓点	ZH
	第一缓和曲线中点	缓圆点	HY
	第二缓和曲线起点	圆缓点	YH
	第二缓和曲线终点	缓直点	HZ
2、断链处理 中线丈量距离，在正常的情况下，整条路线上的里程桩号应当是连续的。但是当出现局部改线，或者在事后发现距离测量中有错误，都会造成里程桩的不连续，这在路线中被称为“断链”。断链有长链和短链之分，当原路线记录桩号的里程长于地面实际里程时为短链，反之则叫长链。 出现断链后，要在测量成果和有关设计文件中表明断链情况，并要在现场设置断链桩。断链桩要设置在直线段中的 10m 整数倍上，桩上要注重明前后里程的关系及多少距离。在 K7+550 桩至 K7+650 之间出现断链，所设置的断链上写有 K7+581.80=K7+600 (短 18.20m) ,其中，等号前面桩号为来向里程，等号后面的桩号为去向里程。			
布置作业	课后习题		
自我总结与反思			
学生学习情况			

单元教学设计及教案

授课题目	线路纵断面测量				
课型	新课型			学时	2
授课时间		第几次课		上课地点	
类别	理论课 ☒ 实验课 ☐ 习题课 ☐ 实践课 ☐ 其他 ☐				
教学目标	【知识目标】				
	1、掌握纵断面水准测量				
	2、掌握纵断面的绘制方法				
	【能力目标】				
	1、能够使用水准仪进行路线的断面测量				
	【素质目标】				
1、培养学生动手操作的能力					
2、培养学生的团结合作能力					
学生基本情况分析	工程测量学生在学习了里程桩和里程的知识点之后，对断面有一定的理解，在此基础上，学习本节内容，更容易接受，更容易理解。				
教学重点与难点	教学重点是纵横断面的测量 难点是仪器使用过程中注意的问题。				
教学方法与手段	利用网络在线教学平台和动画演练，采用提问和小组讨论的形式向学生展示此节内容。				
教学详案					
教学环节 时间分配	教学内容				教学手段 与方法

提问

一： 上节课的回顾以及引出这节课的内容

二： 课程知识

线路纵断面测量又称为线路水准测量，垂直于线路中线方向的断面称为横断面。线路纵断面测量的目的是测定线路上各中线桩地面点高程。根据中线桩高程的测量成果绘制的中线纵断面图是设计路线坡度和土方量计算的主要依据。

1、纵断面水准测量

进行纵断面测量前，先要对初测阶段设置的水准点逐一进行检测，其在不符值在 $\pm 30\sqrt{L}$ mm(L 为相邻水准点间的路线长度，以 KM 计)以内时，采用初测成果。超过 $\pm 30\sqrt{L}$ mm 时，如果是附和水准路线，则应在高级水准点间进行往返测量，确认是初测中有错或点位被破坏，需要根据新的资料重新平差，推算其高程。另外，还应根据工程的需要，在部分地段加密或增补水准点，新设水准点的测量要求与及基平测量相同。

纵断面测量一般采用间视水准测量的方法，观测时，先在每一个测站上读取后视点及前视点的读数，这些前后视点作为传递藁城的点，可称为转点，读数取至 mm。再读取前后视点中间中桩尺子上的读数，这些中桩点称为间视点，间视点的读数取至 cm，纵断面水准测量一般采用等外水准测量的精度要求，各测段的高差闭合差允许值为 $\pm 50\sqrt{L}$ mm 或 $\pm 10\sqrt{n}$ mm.若闭合差超限，则应该=检查原因，重新测量。

2、线路纵断面图的绘制

纵断面图是表示线路中线方向地面高低起伏的图，不同的线路工程，其纵断面图的绘制内容有所不同，纵断面图通常绘制在毫米方格纸上，以路线的里程为横坐标、高程为纵坐标。为了表示地面的高低起伏情况，高程比例尺一般为水平比例尺的 10 倍或 20 倍。

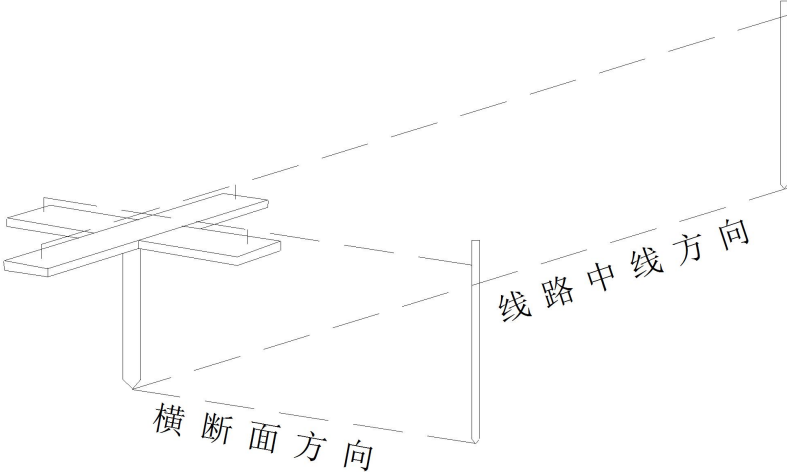
线路纵断面图的比例尺：

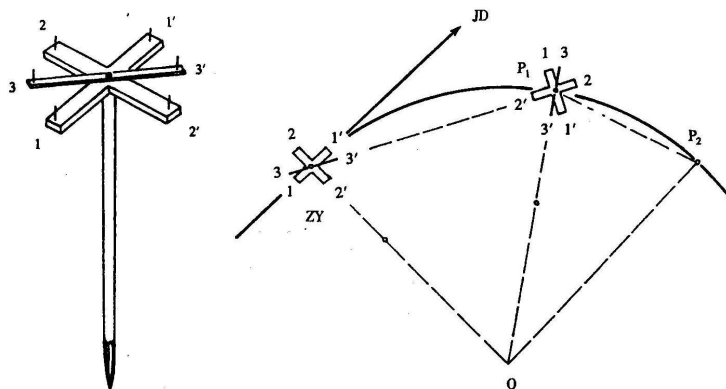
带状地形图	铁路		公路	
	水平	垂直	水平	垂直
1:1000	1:1000	1:100		
1:2000	1:2000	1: 200	1:2000	1:200
1:5000	1:1000	1:1000	1:5000	1: 500

	高程以 20m 为起点，在图的上部细部表示道路中线的实际地面线，是根据中桩高程绘制的；粗线是设计坡度线，是按设计要求绘制的。此外，还要注明水准点编号、位置及高程。具体绘制如下： (1) 打制表格。	
布置作业	课后习题	
自我总结与反思		
学生学习情况		

单元教学设计及教案

授课题目	线路横断面的测量				
课型	新课型			学时	2
授课时间		第几次课		上课地点	
类别	理论课 ☐ 实验课 ☐ 习题课 ☐ 实践课 ☐ 其他 ☐				
教学目标	【知识目标】				
	1.横断面的概念 2.测定横断面的方向 3.横断面的测量步骤				
	【能力目标】				
	1.掌握水准仪和经纬仪仪器的使用 2.掌握标杆皮尺法的测绘 3.掌握水准仪皮尺法和经纬仪视距法的测量。				
	【素质目标】				
	1.培养学生的自主学习和分析问题的能力 2.培养学生的团结合作能力，增强学生的口算能力				
学生基本情况分析	学生在学习了里程桩概念以及初测导线测绘之后，学习横断面的测量知识点相对较容易点，使得知识点的环环相扣。				
教学重点与难点	教学重点：横断面的测量三种方法 教学难点：难点是测绘垂直于中线的横断面的测绘				
教学方法与手段	教学方法主要采用网络在线教学平台和多媒体，并使用小组讨论和提问的方式进行授课				
教学详案					

教学环节 时间分配	教学内容	教学手段 与方法
5	提问上节课学习的知识点并引出这节课的知识内容 这节课的知识框架内容： 横断面的概念：垂直于路线中线方向的断面称为横断面。定测阶段的横断面测量，是要在每个中桩点测出垂直于中线的地面线，地物点至中桩的距离和高差。并绘制成横断面图。横断面图反映垂直于线路中线方向上的起伏情况，它是进行路基设计、土石方计算及施工确定路基填挖边界的依据。 横断面测量应该逐桩施测，其方向应与路线中线方向垂直，曲线段与测点的切线方向垂直。整个横断面测量分为测定横断面方施测横断面和绘制横断面图。 一：测定横断面方向 (1) 直线段横断面方向的测设 在直线段上，横断面方向可利用经纬仪测设直角后得到，在通常在采用十字架方向来测定。将方向架置于所测断面的中桩上，用方向架的一个方向照准路线上的另一中桩，则方向架的另一方向即为所测横断面方向。  方向架示意图 (2) 圆曲线横断面方向的测设 在曲线段上，横断面的方向与该点处的切线方向垂直，标定的方法如下：	提问



二．横断面测量

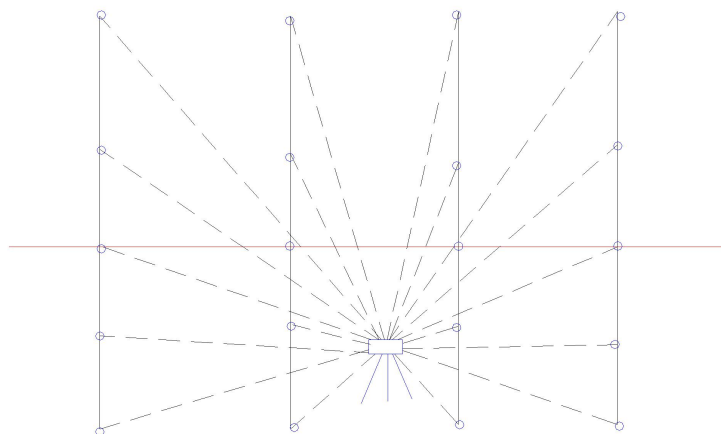
横断面测量通常可以采用标杆皮尺法、水准仪法、经纬仪视距法等。

(1) 标杆皮尺法

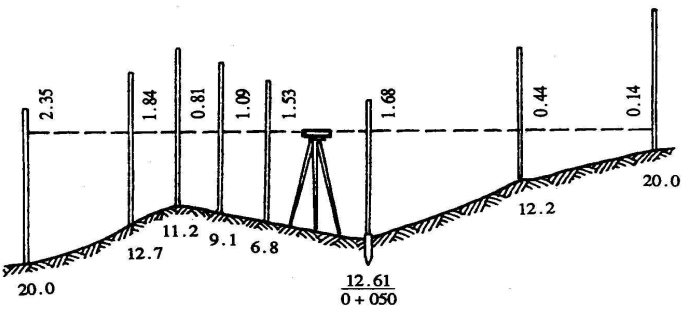
花杆置平法是用花杆配合皮尺测量，皮尺水平后目估读出皮尺在花杆上的读数，一般用于精度要求不高的大量测量。

(2) 水准仪皮尺法

这种方法主要适用于施测横断面较宽的平坦地区。安置水准仪后，以中线桩地面高程点为后视，以中线桩两侧横断面方向的地形特征点为前视，标尺读数至厘米。用皮尺分别量出各特征点到中线桩的水平距离，量至分米。



水准仪法



(3) 经纬仪视距法

经纬仪视距法测量横断面不受地形条件限制，适用性较强。经纬仪视距法是经纬仪安置在里程桩上，量取仪器高，后视另一里程桩，将水平度盘旋转至 90°，固定照准部，得到横断面方向，经纬仪按视距法读数，计算水平距离和高差。

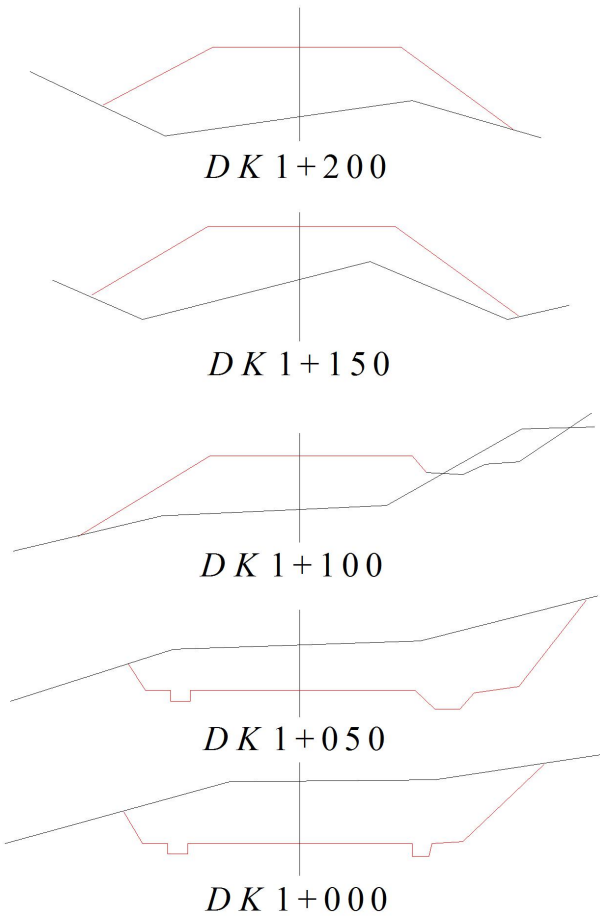
若用全站仪进行横断面测量，可直接得到水平距离和高差，测量工作更为简单。

如下表格，横断面测量距离表，表格按线路前进方向分为左右侧，以分数形式记录各测段两点间的高差和距离，分数表示高差，分母表示距离，正好表示升高，负号表示降低，自中桩由近及远逐段记录。

路线横断面测量记录

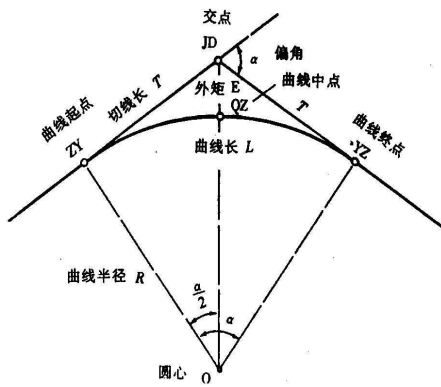
前视读数 距离（左侧）					后视读数 桩号	前视读数 距离（右侧）	
2.35	1.84	0.81	1.09	1.53	1.68	0.44	0.14
20.0	12.7	11.2	9.1	6.8	0+050	12.4	20.0

三．横断面的绘制及路基设计

	 DK 1+200 DK 1+150 DK 1+100 DK 1+050 DK 1+000 横断面图 作用：路基横断面设计、面积计算。 比例尺：水平和高程均为 1:200 绘制顺序：在方格纸上自下而上，自左而右。	
布置作业	课后习题	
自我总结与反思		
学生学习情况		

单元教学设计及教案

授课题目	圆曲线的测设			
课型	新课型		学时	2
授课时间		第几次课		上课地点
类别	理论课 ☐ 实验课 ☐ 习题课 ☐ 实践课 ☐ 其他 ☐			
教学目标	【知识目标】			
	1.掌握各种曲线的概念 2.掌握圆曲线要素的计算			
	【能力目标】			
	1.会计算圆曲线的各种要素 2.会圆曲线主点里程的计算 3.会曲线主点的测设 4.会圆曲线细部点的测设			
	【素质目标】			
	1.培养学生的自主学习和分析问题的能力 2.培养学生团结协作的能力。			
学生基本情况分析	学生在学习了横断面图的测设以及绘制之后，对于圆曲线有一定的了解，在此基础上，学习本章知识点，将会更容易接收。			
教学重点与难点	教学重点内容：本章的圆曲线要素的计算以及测设 难点：测设			

教学方法与手段	使用在线教学平台和多媒体进行教学，使用小组讨论和独立计算分析以及老师解答的形式进行授课。		
教学详案			
教学环节 时间分配	教学内容		教学手段 与方法
	提问上节课的知识点，引出这节课的知识点 铁路和公路线路由于受地形、地质或者其他原因的影响，经常要改变方向。为了使车辆平稳、安全地的运行，满足行车的要求，必须用曲线连接。这种在平面内连接不同线路方向的曲线，称为平面曲线。吸纳路上采用的平面曲线按连接形式不同可分为单圆曲线、综合曲线、复曲线、反向曲线、回头曲线和螺旋曲线。 一. 圆曲线要素的计算 圆曲线的要素有曲线半径R，偏角（路线转向角） $T = R \cdot \tan \frac{\alpha}{2}$$L = R \cdot \alpha \cdot \frac{\pi}{180}$$E = \frac{R}{\cos \frac{\alpha}{2}} - R = R(\frac{1}{\cos \frac{\alpha}{2}} - 1)$$q = 2T - L$ 二. 圆曲线主点里程的计算 (1) 主点测设 $ZY\text{桩号} = JD\text{桩号} - T$$QZ\text{桩号} = ZY\text{桩号} + \frac{L}{2}$$YZ\text{桩号} = QZ\text{桩号} + \frac{L}{2}$ 		提问

测设主点时，在转向点 JD 安置经纬仪，依次瞄准两切线方向，沿切线方向丈量切线长 T，标定曲线的起点 ZY 和终点 YZ。然后再照准 ZY 点，测设角 $(180^\circ - \alpha) / 2$ ，得分角线方向 JD 至 QZ，沿此方向丈量外矢距 E，即得曲中点 QZ。

(2) 圆曲线主点里程的详细测设

曲线详细测设：按一定的密度对曲线进行加密点测设，以详细标定出曲线的平面形状。

铁路：缓和曲线 每隔 10m

圆曲线 20m 整桩

公路无论缓和曲线或圆曲线均设置 20m 整桩

特殊情况：如果设计需要或在地形变化处另设整米加桩。

1) 偏角法测设圆曲线细部

偏角法是根据曲线点 i 的切线偏角 δ_i 及其间距 c 作方向与距离交会，获得放样点位的。

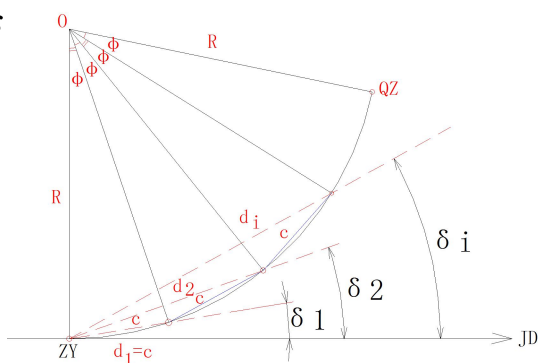
$$\delta_1 = \frac{\varphi}{2} = \frac{c}{2R} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} = \delta$$

$$\delta_2 = 2 \cdot \frac{\varphi}{2} = 2\delta$$

$$\delta_3 = 3 \cdot \frac{\varphi}{2} = 3\delta$$

.....

$$\delta_n = n \cdot \frac{\varphi}{2} = n\delta$$



在实际工作中，曲线中线桩的编号有两种方法：一种是整桩距法，中线桩之间的距离相等均为 c；另一种是整桩号法，每个桩的桩号的尾数为整桩距的倍数，如 00、20、40.....等。如 ZY 的里程为 DK11+222.86，则第 1 个曲线桩的里程应为 DK11+240.00，其分弦长为 17.14m。若半条圆曲线的分弦以 c_1 和 c_n 表示，其对应的圆心角分别为 $\varphi_1/2$ 及 $\varphi_n/2$ ，则：

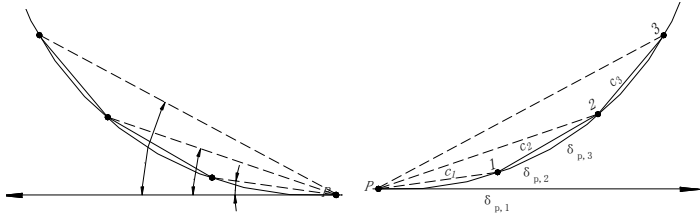
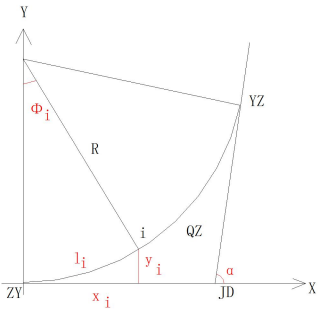
$$\delta_1 = \frac{\varphi_1}{2} = \frac{c_1}{2R} \cdot \frac{180^\circ}{\pi}$$

$$\delta_2 = \delta_1 + \frac{\varphi}{2} = \delta_1 + \delta$$

$$\delta_3 = \delta_1 + 2 \cdot \frac{\varphi}{2} = \delta_1 + 2\delta$$

.....

$$\delta_n = \delta_1 + (n-2)\delta + \frac{\varphi_n}{2}$$

	测设：正拨与反拨 若切线方向的水平度盘读数为 $0^{\circ} 00' 00''$ 正拨： 水平盘读数 = 偏角值 反拨： 水平盘读数=360° - 偏角值。  2) 直角坐标法 (1) 建立坐标系 (2) 计算圆曲线上细部点坐标 $x_i = R \sin \varphi_i$$y_i = R - R \cos \varphi_i$ 其中： $\varphi_i = \frac{l_i}{R} \cdot \frac{180^{\circ}}{\pi}$  (3) 测设方法	
布置作业	课后习题	
自我总结与反思		
学生学习情况		

单元教学设计及教案

授课题目	缓和曲线测设				
课型	新课型			学时	4
授课时间		第几次课		上课地点	
类别	理论课 ☐ 实验课 ☐ 习题课 ☐ 实践课 ☐ 其他 ☐				
教学目标	【知识目标】				
	(1) 掌握缓和曲线的概念				
	(2) 掌握缓和曲线的方程				
	【能力目标】				
	(1) 能够利用全站仪进行测设和放样				
	(2) 能后学会独立分析问题和解决问题的能力				
	【素质目标】				
	(1) 培养团结协作的能力				
	(2) 加强学生的分析问题的能力				
学生基本情况分析	学生在掌握了圆曲线的测设知识点的基础上，学习此节内容将会更容易接收				
教学重点与难点	教学重点:缓和曲线的方程以及计算 难点：测设				
教学方法与手段	采用在线教学平台和智慧职教进行授课，并结合多媒体 ppt 等多种形式进行授课。小组讨论和提问问题的方法。				
教学详案					
教学环节 时间分配	教学内容				教学手段 与方法

回顾上节课的内容并提问，引出这节课的知识点

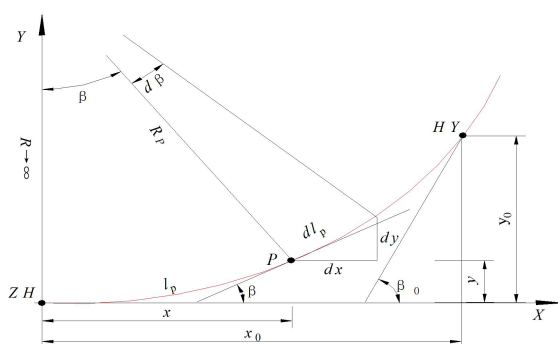
提问

这节课的知识点：

一：缓和曲线方程

(1) 缓和曲线坐标系

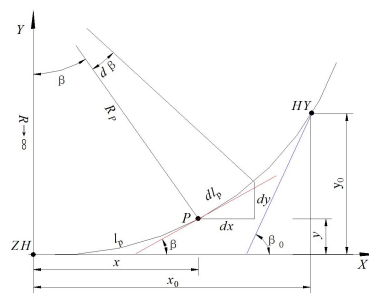
原点：ZH (HZ)；X 轴正向：沿切线指向 JD。Y 轴正向：过原点与切线垂直，指向内侧。



缓和曲线

(2) 缓和曲线角

— 过 P 点的切线与 X 轴的夹角 β



缓和曲线

$$R_p = C / l_p, C = R \cdot l_0$$

$$\beta = \int_0^{l_p} \frac{l_p}{R l_0} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} dl_p$$

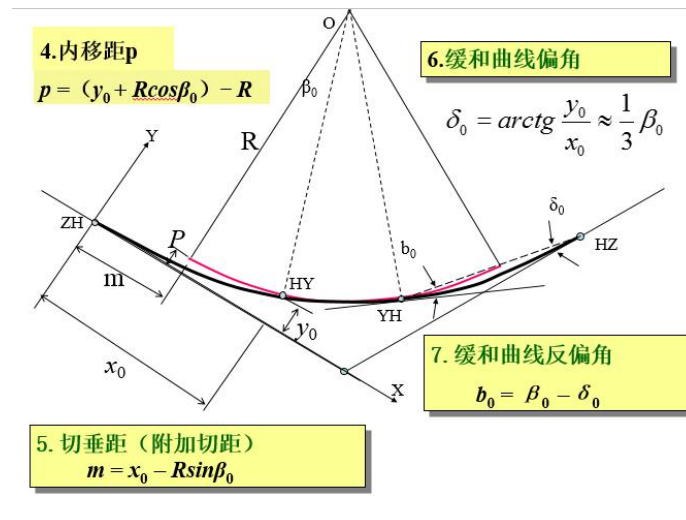
$$\beta = \frac{l_p^2}{2 R l_0} \cdot \frac{180^\circ}{\pi}$$

$$d\beta = \frac{dl_p}{R_p} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} = \frac{l_p}{R l_0} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} dl_p$$

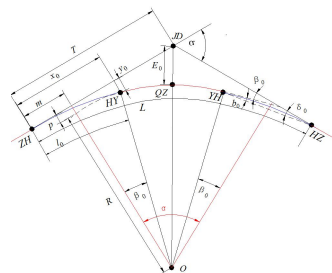
(3) 缓和曲线常数

1. 缓和曲线切线角
2. 缓和曲线终点横坐标
3. 缓和曲线终点纵坐标

$$\left. \begin{aligned} \beta_0 &= \frac{l_0}{2R} \cdot \frac{180}{\pi} \\ x_0 &= l_0 - \frac{l_0^3}{40R^2} \\ y_0 &= \frac{l_0^2}{6R} - \frac{l_0^4}{336R^3} \end{aligned} \right\}$$



(4) 曲线综合要素计算及主点测设



$$\text{切线长: } T = (R + p) \tan \frac{\alpha}{2} + m$$

$$\text{曲线长: } L = R(\alpha - 2\beta_0) \cdot \frac{\pi}{180^\circ} + 2l_0$$

$$\text{或 } L = R\alpha \cdot \frac{\pi}{180^\circ} + l_0$$

$$\text{外矢距: } E_0 = (R + p) \sec \frac{\alpha}{2} - R$$

$$\text{切曲差: } q = 2T - L$$

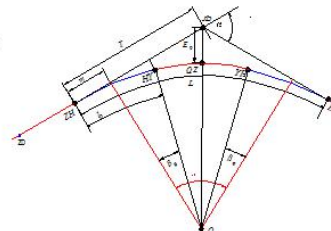
【例】 已知线路某转点ZD的里程为DK25+536.32，ZD到JD的距离为D= 893.86 m。R= 500 m， $l_0 = 60$ m， $\alpha_Z = 35^\circ 51' 23''$ ，试计算缓和曲线常数和综合要素并推算各主点的里程。

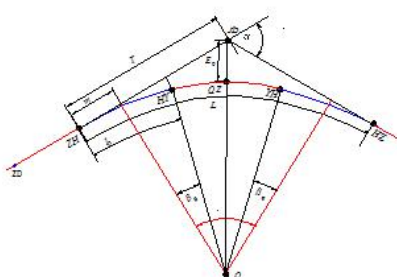
解：1. 缓和曲线常数：

$$\beta_0 = \frac{l_0}{2R} \cdot \frac{180}{\pi} = 3^\circ 26' 16''$$

$$x_0 = l_0 - \frac{l_0^3}{40R^2} = 59.987 \text{ m}$$

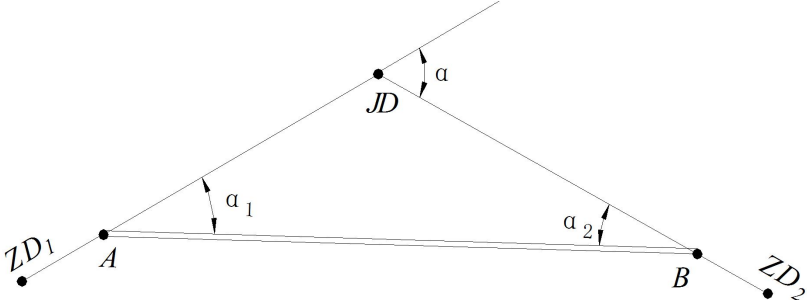
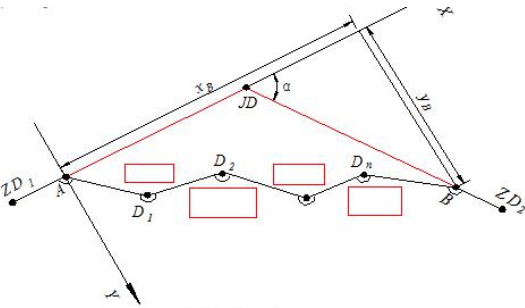
$$y_0 = \frac{l_0^2}{6R} - \frac{l_0^4}{336R^3} = 1.200 \text{ m}$$

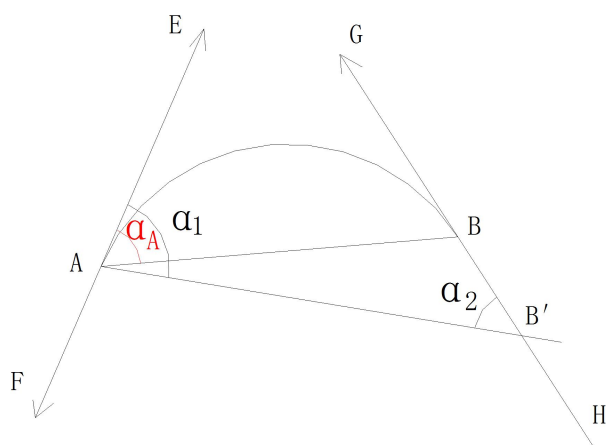


	$p = (y_0 + R\cos\beta_0) - R = 0.300\text{m}$$m = x_0 - R\sin\beta_0 = 29.996\text{m}$$\delta_0 = \arctg \frac{y_0}{x_0} = 1^\circ 08' 46''$$b_0 = \beta_0 - \delta_0 = 2^\circ 17' 30''$ 2、曲线综合要素： $T = (R + p)\text{tg} \frac{\alpha}{2} + m = 191.86\text{m}$$L = R\alpha \cdot \frac{\pi}{180^\circ} + l_0 = 372.91\text{m}$$E_0 = (R + p)\sec \frac{\alpha}{2} - R = 25.83\text{m}$$q = 2T - L = 10.81\text{m}$ 3. 主点里程推算： 里程推算： <table><tr><td>ZD</td><td>DK25+536.32</td></tr><tr><td>+ (D - T)</td><td>702.00</td></tr><tr><td>ZH</td><td>DK26+238.32</td></tr><tr><td>+ l_0</td><td>60</td></tr><tr><td>HY</td><td>DK26+298.32</td></tr><tr><td>+ $(L - 2l_0)/2$</td><td>126.45</td></tr><tr><td>QZ</td><td>DK26+424.77</td></tr><tr><td>+ $(L - 2l_0)/2$</td><td>126.46</td></tr><tr><td>YH</td><td>DK26+551.23</td></tr><tr><td>+ l_0</td><td>60</td></tr><tr><td>HZ</td><td>DK26+611.23</td></tr></table> 检核计算： <table><tr><td>ZH</td><td>DK26+238.32</td></tr><tr><td>+ 2T</td><td>383.72</td></tr><tr><td></td><td>DK26+622.04</td></tr><tr><td>- q</td><td>10.81</td></tr><tr><td>HZ</td><td>DK26+611.23</td></tr></table> 	ZD	DK25+536.32	+ (D - T)	702.00	ZH	DK26+238.32	+ l_0	60	HY	DK26+298.32	+ $(L - 2l_0)/2$	126.45	QZ	DK26+424.77	+ $(L - 2l_0)/2$	126.46	YH	DK26+551.23	+ l_0	60	HZ	DK26+611.23	ZH	DK26+238.32	+ 2T	383.72		DK26+622.04	- q	10.81	HZ	DK26+611.23	
ZD	DK25+536.32																																	
+ (D - T)	702.00																																	
ZH	DK26+238.32																																	
+ l_0	60																																	
HY	DK26+298.32																																	
+ $(L - 2l_0)/2$	126.45																																	
QZ	DK26+424.77																																	
+ $(L - 2l_0)/2$	126.46																																	
YH	DK26+551.23																																	
+ l_0	60																																	
HZ	DK26+611.23																																	
ZH	DK26+238.32																																	
+ 2T	383.72																																	
	DK26+622.04																																	
- q	10.81																																	
HZ	DK26+611.23																																	
布置作业	课后习题																																	
自我总结与反思																																		
学生学习情况																																		

单元教学设计及教案

授课题目	曲线测设中常见问题处理方法				
课型	新课型			学时	2
授课时间		第几次课		上课地点	
类别	理论课□ 实验课□ 习题课□ 实践课□ 其他□				
教学目标	【知识目标】				
	1. 掌握测设中常见的问题				
	2. 掌握曲线测设中的方程及其步骤				
	【能力目标】				
	1. 能够掌握仪器的使用方法和仪器的维护				
	2. 学会分析问题和解决问题				
	【素质目标】				
	1. 学会问题的分析方法				
	2. 培养团结协作能力				
学生基本情况分析	学生在掌握圆曲线和缓和曲线的方程以及测设步骤后，学习本节的注意事项，将会使得学生更容易接收				
教学重点与难点	重点：测设中常见问题的解决 难点：解决问题的常见方法掌握				
教学方法与手段	主要采用在线教学平台和多媒体进行授课，提问和小组讨论的形式进行组织				
教学详案					

教学环节 时间分配	教学内容	教学手段 与方法
	回顾上节课的重点问题，引出这节课的知识点 这节课的知识点： (1) 副交点的测设 交点可能落在无法测设的地方。（地物地形限制） 交点距中线较远，不便测设。（转向角较大）  副交点法示意图 (2) 导线法  导线法示意图 $\left. \begin{aligned} D_{A,JD} &= x_B - y_B \operatorname{ctg} \alpha \\ D_{B,JD} &= \frac{ y_B }{\sin \alpha} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} &\text{线路右偏: } \alpha = \alpha_{B, ZD2} \\ &\text{线路左偏: } \alpha = 360^\circ - \alpha_{B, ZD2} \end{aligned}$ (3) 弦线法 利用弦线和弦切角的关系确定圆曲线主点的方法。如右图所示：EF、GH 是两条中线的直线段，AB 弧是设计的圆曲线。	提问



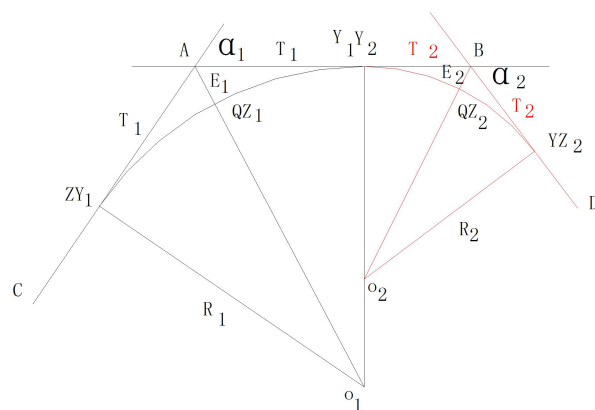
- 1) 在 EF 段中初定 A 点，在 GH 段中初定 B 点；
- 2) 分别在 A、B 点安置经纬仪测量 $\angle EAB$ 、 $\angle ABG$ ；
- 3) 调整点位，确定圆曲线的起、终点。

(4) 复曲线

主点：ZY₁、QZ₁、Y₁Y₂ (GC)、QZ₂、YZ₂

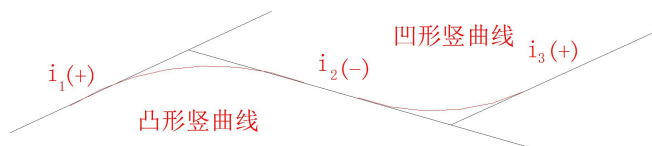
主点测设：（有时 R_1 、 R_2 、 α_1 、 α_2 设计给定， $AB=T_1+T_2$ ）

- 1、沿直线段定 A、B 点，测量 AB 距离，测量转角 α_1 、 α_2 ；
- 2、以 α_1 、 R_1 计算主曲线的特征参数 T_1 、 L_1 、 E_1 、 q_1 及副曲线的特征参数 T_2 ，其中 $T_1=R_1 \cdot \tan(\alpha_1/2)$ ， $T_2=AB-T_1$ ；
- 3、测设主曲线的主点 ZY₁、QZ₁、Y₁Y₂；
- 4、以 α_2 、 T_2 反求 R_2 ，即 $R_2=T_2/\tan(\alpha_2/2)$ ；
- 5、以 α_2 、 R_2 计算副曲线的特征参数 L_2 、 E_2 、 q_2 ；
- 6、测设副曲线的主点 QZ₂、YZ₂。



(5) 竖曲线的测设

在设计路线纵坡的变更处，考虑行车的视距要求和行车的平稳，在竖直面内用圆曲线连接起来，这种曲线称为竖曲线。我国铁路、公路设置的竖曲线一般为圆曲线和抛物线型。按坡度变化情况，竖曲线有以下形式：



布置作业

课后习题

自我总结
与反思学生学
习情况

单元教学设计及教案

授课题目	线路施工测量				
课型	新课型			学时	4
授课时间		第几次课		上课地点	
类别	理论课□ 实验课□ 习题课□ 实践课□ 其他□				
教学目标	【知识目标】				
	掌握测设中桩、边桩等各种桩点 掌握路基边坡放样、路基竣工测量的工作。				
	【能力目标】				
	会使用全站仪经纬仪； 掌握放样的方法。				
	【素质目标】				
	培养学生的自主学习的能力； 培养学生分析问题的能力。				
学生基本情况分析	学生在掌握了测设方法之后，学习本节内容将会更容易。				
教学重点与难点	重点难点：线路施工测量				
教学方法与手段	主要采用在线教学平台和多媒体进行授课，提问和小组讨论的形式进行组织				
教学详案					

教学环节 时间分配	教学内容	教学手段 与方法
	回顾上节课的重点问题，引出这节课的知识点 (1) 线路施工复测 施工开始前，检查恢复定测桩点。 目的：恢复定测桩，检查定测质量 工作内容：恢复控制桩点 线路转向角观测 中线测量 曲线测设 基平测量 中平测量 (应尽量按定测桩点进行) ☞ 施工复测的精度与定测相同 ☞ 当复测与定测成果的不符值在允许范围内时，应采用定测成果。 ☞ 复测成果与定测成果的不符值超限时，应再作复测，当确认定测资料精度不符合规定时，应改动定测成果。 为了施工方便，在施工复测时也要： ✦ 增设一些水准点 ✦ 适当增加中线桩和横断面的密度 平坦地段 50m/个 起伏较大的地段 20m/个 (测量精度与定测相同) (2) 护桩设置 在施工范围以外的稳固地方另外设置一些桩点，与被保护的控制桩构成一定的关系，一旦控制桩被破坏，可根据这些桩点用简单的方法恢复。护桩应根据控制桩周围的地形、地物条件，按图所示的其中一种形式进行布置。 护桩设置示意图	

	护桩点示意图 (3) 路基边桩测设 目的：根据路基的设计横断面和中桩位置，在地面上标定出路基填挖边界（即路堤的坡脚线和路堑的坡顶线），以便根据桩确定路基填筑或开挖的范围。方法： 计算法、图解法、试探法。	
布置作业	课后习题	
自我总结与反思		
学生学习情况		

单元教学设计及教案

授课题目	桥梁测量概述				
课型	新课型			学时	2
授课时间		第几次课		上课地点	
类别	理论课□ 实验课□ 习题课□ 实践课□ 其他□				
教学目标	【知识目标】				
	掌握桥梁的结构的特点； 掌握桥梁施工概述中的知识点。				
	【能力目标】				
	会使用全站仪进行放样； 提高独立分析和解决问题的能力。				
	【素质目标】				
	培养学生的自主学习的能力； 培养学生分析问题的能力。				
学生基本情况分析	学生在掌握了测设方法之后，学习本节内容将会更容易。				
教学重点与难点	重点难点：桥梁施工测量				
教学方法与手段	主要采用在线教学平台和多媒体进行授课，提问和小组讨论的形式进行组织				
教学详案					
教学环节 时间分配	教学内容				教学手段 与方法

提问上节课的知识点，引出这节课的知识**提问**

桥梁施工测量的主要任务是精确测定墩台的中心位置、测量桥轴线以及对构造物各细部构造的定位和放样。对大型桥梁来讲，首先必须建立平面控制网和高程系统，以及测量桥位中线（桥轴线）的长度，以确保桥梁的走向、跨径和高程等符合规范及设计的要求。

中线测量包括对桥梁两端头设置控制桩的复测、桥轴线长度的测量、补充水准点的测量等。补充水准点要控制桥梁结构的高程和有效地建立施工水准网提供方便。



为使测量工作顺利进行，测量人员必须重视测量工作，要具有熟练的操作技能，良好的协作精神及严格遵守测量规范的习惯。测量前必须要做好必要的技术和组织准备工作要熟悉设计文件、图纸和有关测设资料，要与监理单位办理好现场固定桩的交接工作，还要做好测量人员的分工、仪器的校验、施工步骤的制定等准备工作。

在桥梁施工准备阶段和施工过程中，要求进行下列测量工作。

- (1) 对设计单位交付的所有桩位和水准基点及其测量资料进行检查、核对。
- (2) 建立满足精度要求的施工控制网，并进行平差计算。
- (3) 补充施工需要的桥涵中线桩和水准点。
- (4) 测定墩(台)纵、横向中线及基础桩的位置。
- (5) 进行构造物的高程测量和施放样，将设计标高及几何尺寸移设于实地。
- (6) 对有关构造物进行必要的施工变形观测和精度控制。
- (7) 测定并检查构造物施工部分的位置和标高，为工型质量评定提供依据。
- (8) 对完成的工程进行竣工测量。

放样的目的是将图上所设计的结构物的位置形状、大小和高低在实地标定出来，以作为施工的依据。

在进行放样之前，测量人员首先要熟悉结构物的总体布置图和细部结构设计图，遵循由整体到局部的原则，以控制网作为放样依据，找出构造物的主要轴线和主要点的设计位置，以及各部分之间的几何关系，再结合

	现场条件与控制点的分布，研究并采用适宜的放样方法。施工放样贯穿于整个施工过程，是保证施工质量的关键环节。 桥梁施工放样的主要工作内容有如下几项。 (1) 墩台纵、横向轴线的确定。 (2) 基坑开挖及墩台扩大基础的放样。 (3) 桩基础的桩位放样。 (4) 承台及墩身的结构尺寸、位置放样。 (5) 墩帽及支座垫石的结构尺寸、位置放样。 (6) 各种桥型的上部结构中线及细部尺寸放样。 (7) 桥面系结构的位置、尺寸放样	
布置作业	课后习题	
自我总结与反思		
学生学习情况		

单元教学设计及教案

授课题目	桥梁高程放样				
课型	新课型			学时	4
授课时间		第几次课		上课地点	
类别	理论课□ 实验课□ 习题课□ 实践课□ 其他□				
教学目标	【知识目标】				
	掌握高程放样的方法； 掌握高程放样的步骤。				
	【能力目标】				
	会使用仪器进行高程放样； 掌握高程放样的元素的计算。				
	【素质目标】				
	培养学生的自主学习的能力； 培养学生分析问题的能力。				
学生基本情况分析	学生在掌握了测设方法之后，学习本节内容将会更容易。				
教学重点与难点	重点难点：桥梁高程放样				
教学方法与手段	主要采用在线教学平台和多媒体进行授课，提问和小组讨论的形式进行组织				
教学详案					

教学环节 时间分配	教学内容	教学手段 与方法																
	提问上节课的内容，引出这节课的知识点。 一．桥梁施工水准点的布设 在桥梁施工阶段,为了测定和检查桥梁下部构造(墩、台及基础)的高程，以及保证上部构造的架设与安装时在高程方面合乎设计要求，必须建立可靠、统一的高程控制系统，首先要用跨河水准测量的方法精确地测定出两岸控制点的高程，然后再将两岸的施工水准点及线路上的主要水准点联系起来。桥梁施工中高程控制测量等级的选择可参阅表 3-1. 表 3-1 桥梁施工中高程控制测量等级 <table><tr><td>多孔桥梁总长 L/m</td><td>单孔桥梁跨径 L/m</td><td>其他构造物</td><td></td></tr><tr><td>L≥3 000</td><td>L_K≥500</td><td></td><td></td></tr><tr><td>1000≤L<3000</td><td>150≤L_K<500</td><td></td><td></td></tr><tr><td>L<1000</td><td>L_K<150</td><td>高架桥</td><td></td></tr></table> 二．标高和尺寸的检查 桥墩施工过程放样是指桥墩细部放样，是在实地标定好的墩位中心和桥墩纵(横)轴线的基础上，根据施工的需要，按照设计图自下而上分阶段地将桥墩各部位尺寸放样到施工作业面上。 1. 基地标高的检查 1) 标杆法 2) 高程传递法 2. 基底尺寸的检查 3. 桥台、墩身的标高测量 三．线形放样 桥梁中线测量 桥位中线(桥轴线)及其长度是用来作为设计和预测墩台位置的依据.所以测量桥位中线的目的就是控制中线的长度和方向，从而确保墩台位置的正确.因此,保证桥轴线测量的必要精度是十分重要的。 为了确保桥轴线长度的精度，有时需要建立独立的三角网与国家的控制点进行联测。为了与线路的坐标取得统一，也需要与线路上的国家平面控制点进行联测。桥位平面、水准控制测量及质量要求参见《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T F50—2011）。 桥轴线长度的精度 桥轴线长度的测量方法 1) 光电测距法 2) 直接丈量法 3) 三角网法	多孔桥梁总长 L/m	单孔桥梁跨径 L/m	其他构造物		L≥3 000	L _K ≥500			1000≤L<3000	150≤L _K <500			L<1000	L _K <150	高架桥		提问
多孔桥梁总长 L/m	单孔桥梁跨径 L/m	其他构造物																
L≥3 000	L _K ≥500																	
1000≤L<3000	150≤L _K <500																	
L<1000	L _K <150	高架桥																

	桥梁墩台的定位及轴线测量 在桥梁施工测量中,最主要的工作是准确地定出桥梁墩台的中心位置和它的纵(横)轴线,这些工作称为墩台定位。直线桥梁墩台定位所依据的原始资料为桥轴线控制桩的里程和墩台中心的设计里程,根据里程计算出它们之间的距离,按照这此距离即可定出墩台中心的位置。曲线桥所依据的原始资料,除了控制桩及墩台中心的里程外,还有桥梁偏角、偏距及墩距或结合曲线要素计算出的墩台中心的坐标值。 在进行水中桥墩的基础施工定位时,由于水中桥墩基础的目标处于不稳定状态,在其上无法使测量仪器稳定,故一般采用方向交会法。如果墩位在干枯或浅水河床上,则可用直接定位法。在已稳固的墩台基础上定位,可以采用方向交会法、距离交会法、极坐标法或直角坐标法。	
布置作业	课后习题	
自我总结与反思		
学生学习情况		