



- 一、测绘学基本概念
- 二、测绘学研究内容
- 三、测绘学发展历史
- 四、测绘学学科分类
- 五、测绘学现代发展
- 六、测绘学科学地位和作用
- 七、人工智能时代的测绘地理信息
- 八、时空智能学
- 九、工程测量学
- 十、大地测量学
- 十一、遥感
- 十二、工程案例与应用
- 十三、地理信息
- 十四、时空智能学

一、测绘学基本概念

- 1. 测绘学定义
  - 传统定义：以地球为研究对象，对其进行测量和描绘的科学
  - 现代定义：研究对地球和其他实体的与空间分布有关的信息进行采集、量测、分析、显示、管理和利用的科学技术
  - 由"3S"技术(GPS、RS、GIS)支撑，步入数字化、网络化、智能化、实时化和可视化新阶段
  - 逐渐向地球空间信息学(Geo-Spatial Information Science/Geomatics)跨越和融合

- 2. 测量与描绘
  - 测量：利用测量仪器测定地球表面自然形态的地理要素和地表人工设施的形状、大小、空间位置及属性
  - 描绘：根据观测数据通过地图制图方法将地面自然形态和人工设施绘制成地图

二、测绘学研究内容

- 1. 七项核心研究内容：
  - 研究和测定地球形状、大小及其重力场，建立统一的地球坐标系（大地测量坐标框架）
  - 地表形态的测绘工作，包括自然形态（水系、地貌、土壤、植被）和人工形态（居民地、交通线、建筑物）（地形图测绘）
  - 利用地图制图方法将空间信息以地图形式反映和展示（地图制图）
  - 各种经济和国防工程建设的规划、设计、施工和运营管理中的测绘工作（工程测量）
  - 陆地与海洋的测绘工作，测量内容综合性强、条件复杂、精确测量难度大（海洋测绘）
  - 研究和处理带有误差的观测数据，消除或削弱误差，提高被观测量质量（测量数据处理和平差）
  - 测绘学在社会经济发展各相关领域的应用

三、测绘学发展历史

- 1. 古代测量发展史（1689 年以前）：
  - 世界最早测量记载：公元前 21 世纪《史记·夏本记》记载“准、绳、规、距”
  - 世界最早地球球体说：公元前 6 世纪，古希腊毕达哥拉斯
  - 世界最早测量仪器：公元前 3 世纪中国四大发明之一司南（指南针）
  - 世界最早提出大地测量名词：公元前 3 世纪古希腊亚里士多德
  - 世界最早地图论著：公元前 3 世纪古希腊埃拉托色尼《地理学》
  - 世界最早地图制图规范：公元 265 年，中国西晋裴秀“禹贡地域图”序言“制图六体”
  - 世界最早地形模型：公元 421 年，中国南朝谢庄制造《木方丈图》
  - 世界最早近代地球仪：1429 年，德国白海姆制作
  - 世界最早地球投影：1569 年，德国墨卡托投影
  - 世界最早望远镜：1608 年，荷兰汉斯发明
  - 世界最早近代测量工作：1617 年，荷兰斯纳尔首次进行三角测量
  - 世界最早地球椭圆论：1672 年法国里歇，1687 年英国牛顿证明

- 2. 近、现代测量发展史：
  - 高斯(C.F.Gauss, 1777-1855 年)：现代测绘科学奠基人
    - 1794 年最早提出最小二乘法，1809 年正式发表
    - 1822 年创立高斯投影理论，1912 年完善为高斯-克吕格投影
    - 1826 年创立三角测量控制网整体条件平差理论
    - 1828 年提出平均海面概念
  - 1859 年第一台地形摄影机在法国制造
  - 1903 年飞机发明，1915 年第一台自动连续航空摄影机在德国研制成功
  - 1947 年瑞典生产第一台光电测距仪，进入电子测量时代
  - 仪器发展：游标经纬仪→光学经纬仪→电子经纬仪→电子全站仪→数字智能型全站仪
  - 水准仪发展：光学水准仪→自动安平水准仪→电子水准仪→数字水准仪
  - 摄影测量发展：地面摄影测量→航空摄影测量→数字摄影测量→卫星遥感图像处理→三维激光扫描系统
  - 制图发展：野外白纸测图→计算机机助制图→数字化自动成图→地理信息系统（GIS）
  - 定位发展：全球卫星定位系统→“3S”集成技术

- 3. 时事发展史：
  - 北斗系统组网数量细节（35 颗卫星具体构成为 5 GEO + 3 IGSO + 27 MEO）
  - DPGrid 在抗震救灾中的应用（作为摄影测量技术的应急案例）
  - 测绘法宣传日信息（2024 年 8 月 29 日为第 21 个全国测绘法宣传日）

四、测绘学学科分类

- 1. 大地测量学：
  - 研究地球表面及其外层空间点位的精密测定、地球的形状、大小和重力场，地球整体与局部运动及变化
  - 测定地球大小：测定与真实地球最为密合的地球椭球的大小(椭球的长半轴)

- 研究地球形状：研究大地水准面的形状(或地球椭球的扁率)
- 测定点位：测定以地球椭球面为参考面的地面点位置，用大地经纬度(L,B)和大地高程(H)表示
- 研究地球重力场：利用地球重力作用研究地球形状等
- 1985 国家高程基准比 1956 年黄海高程基准高 0.029 m（具体数值差）
- 大地主题解算的明确定义：“将地表观测数据转换为精确的地理坐标和高程信息”
- 大地测量导出常数（手写）：提示存在“导出常数”概念，虽未展开，但区别于基本常数
- 地心坐标系统需满足的四个条件（原点、尺度、定向、无整体旋转约束）

- 2. 摄影测量学：
  - 利用摄影手段获取被测物体的影像数据，进行量测处理，提取几何或物理信息
  - 航空摄影：在飞机上利用航摄机摄取地面景物影像
  - 航空摄影测量：根据航空影像与被测物体间的几何关系测定物体形状、大小、空间位置和性质
  - 地面摄影测量：利用地面基线两端的专用摄影机拍摄同一物体，经量测处理进行测绘

- 3. 地图制图学：
  - 研究地图及其编制和应用的学科
  - 地图设计：制定新编地图的内容、表现形式及生产工艺
  - 地图投影：建立地球椭球面经纬线网与地图平面经纬线网间函数关系
  - 地图编制：从领受制图任务到完成地图原图的全过程
  - 地图制印：研究复制和印刷地图的工艺理论和技术方法
  - 地图应用：研究地图分析、评价、阅读、量算和图上作业等

- 4. 工程测量学：
  - 研究工程建设和自然资源开发各阶段测量工作的理论和技术
  - 规划设计阶段：提供地形资料，配合地质勘探、水文测量
  - 施工建设阶段：按设计要求标定工程结构的平面位置和高程
  - 运行管理阶段：工程竣工后为监视工程状况进行周期性重复测量(变形观测)

- 5. 海洋测绘学：
  - 研究以海洋及其邻近陆地和江河湖泊为对象的测量和海图编制
  - 海洋大地测量：在海面、海底进行的大地测量工作
  - 海道测量：为保证航行安全，对水域及毗邻陆地进行水深和岸线测量
  - 海底地形测量：测定海底起伏、沉积物结构和地物
  - 海洋专题测量：海洋重力、海洋磁力、领海基线等要素测量
  - 海图制图：设计、编绘、整饰和印刷海图的工作

- 6. 导航与位置服务：
  - 基于导航定位、移动通信、数字地图等技术，研究建立人、事、物在统一时空基准下的位置、速度、姿态和时间等信息
  - 研究方向：卫星导航及其增强系统、全源导航和信息融合、智能导航与环境感知、时频基准与传递、导航终端、位置信息挖掘与智能服务
  - 研究内容：北斗导航定位理论与方法、室内外一体化导航技术、无人系统自主导航、高精度时频基准、导航终端与装备技术、位置信息挖掘与智能服务
  - 北斗系统特有技术：
    - 短报文技术：既能知道自身的位置，也可以告诉他人，在地震、远洋等险境中意义重大
    - 星间链路技术：航天器间具有数据传输（测距功能）的无线链路，实现卫星间交流、共享位置
  - 北斗系统优越性：
    - 混合星座设计（地球静止轨道+倾斜同步轨道+中圆轨道），低纬度地区抗遮挡能力更强
    - 多频信号组合使用，提高服务精度，支持全球无源定位与区域有源定位结合
    - “我国将先后发射 35 颗北斗三号导航卫星（5 颗静止轨道卫星+3 颗倾斜地球同步轨道卫星+27 颗中圆轨道卫星）”

- 7. 智能时空信息技术：
  - 基于地球、地理和网络空间大数据，应用人工智能技术，研究大数据空间化理解与认知的智能机理
  - 研究方向：时空信息智能感知、时空信息智能认知、地理空间与网络空间动态数据融合、时空信息智能决策与广域应用
  - 研究内容：时空信息智能感知理论与方法、时空大数据智能分析、时空大数据特征智能表征学习与认知、多源异构时空大数据的聚类分析与分类、融合多源大数据的时空插值与预测建模、时空信息语义理解与智能推理、地理空间态势建模与数字孪生及广域应用

五、测绘学现代发展

- 1. 测绘学中的新技术发展：
  - 从传统测绘、数字化测绘，向信息化测绘、智能化测绘发展
  - 出现新学科：卫星大地测量(空间大地测量)、遥感测绘(航天测绘)、地理信息工程等

- 2. 测绘学的现代概念和内涵：
  - 现代测绘学：地理空间数据的获取、处理、分析、管理、存储和显示的综合研究
  - 研究地球和其他实体的与时空分布有关的信息的采集、量测、处理、显示、管理和利用的科学和技术
  - 确定地球和其他实体的形状和重力场及空间定位，利用各种测量仪器、传感器获取时空信息，制成地形图、专题图和建立空间信息系统

- 3. 现代发展趋势：
  - 测绘地理信息技术与新一代信息技术、航天和通信技术高度融合
  - 研究和应用对象扩展到所有涉及空间分布的事物和现象
  - 全数字摄影测量系统在影像自动定向与匹配、数字高程模型提取、正射影像生成等方面智能化水平不断提高
  - 遥感数据处理系统的影像智能解译水平日益提升
  - 测量机器人实现自动识别目标、自动照准、自动测角与测距、自动跟踪目标、自动记录等功能

六、测绘学科学地位和作用

- 1. 在科学研究中的作用：
  - 探索地球奥秘和规律，深入认识和研究地球各种问题
  - 提供几乎任意时域分辨率的观测系列，检测瞬时地学事件(地壳运动、重力场时空变化、地球潮汐和自转变化等)
  - 为地球内部物质结构和演化研究提供依据，解决地球物理问题

- 2. 在国民经济建设中的作用：
  - 为经济发展规划、土地资源调查利用、海洋开发、农林牧渔业发展、生态环境保护提供支持
  - 为工程、矿山和城市建设提供规划、设计、施工、管理和决策依据
  - 为城市化进程中城市规划、城镇建设、交通管理提供城市测绘数据、高分辨率卫星影像、三维景观模型、智能交通系统和城市 GIS
  - 为水利、交通、能源和通信设施建设提供精确勘测和现势性强的测绘资料
  - 时空信息与定位导航服务成为重要新型基础设施，支持传统产业改造、优化、升级
  - 为精细农业、“数字中国”、“数字城市”和智慧城市、现代物流配送系统和电子商务提供地理空间信息平台

- 3. 在国防建设中的作用：
  - 为武器定位、发射和精确制导提供高精度定位数据、地球重力场参数、数字地面模型和数字正射影像
  - 以地理空间信息为基础的战场指挥系统提供虚拟数字化战场环境信息
  - 为作战方案优化、战场指挥和态势评估提供测绘数据和基础地理信息保障
  - 提高战场精确打击力，夺得战争胜利或主动
  - 为公安部门合理部署警力，预防和打击犯罪提供电子地图、全球定位系统和地理信息系统技术支持
  - 为国家边界及国内行政界线建立提供测绘空间数据库和多媒体地理信息系统

- 4. 在社会发展中的作用：
  - 为政府部门了解自然和社会经济要素分布特征与资源环境条件，进行空间规划布局提供基础
  - 以测绘数据为基础，加载经济和社会信息，进行空间分析和管理决策，实施电子政务
  - 为解决自然环境与社会经济发展的矛盾，维持社会可持续发展提供支持
  - 为防灾减灾、资源开发和利用、生态建设与环境保护提供规划、监测、风险分析、评估和决策支持

七、人工智能时代的测绘地理信息

- 1. 时代背景：
  - 测绘地理信息行业面临智能化和时空大数据时代的全球性挑战
  - 以数据密集型计算为特征、人工智能为主要技术手段的新范式提供变革性理论、方法和技术
  - 通过大数据思维、时空大数据分析挖掘、人工智能应用，创新科技新模式、新知识和新规律
  - 智能化成为测绘地理信息行业发展的核心驱动力

- 2. 智能化特征：
  - 跨界融合、泛在感知、智能自主和精准服务
  - 借助深度学习、群体智能、知识图谱等人工智能新技术，融入测绘数据获取、信息处理、分析服务过程
  - 将数字化测绘提升为智能化测绘
  - 在新型基础测绘、精细化城市三维模型智能生产、城市基础设施健康诊断、遥感影像人工智能协同解译、自动化智能交通等方面成为核心科技力量

- 3. 技术升级方向：
  - 数据获取：从基于传统测量仪器的几何信息获取，拓展到泛在智能传感器支撑的动态感知
  - 数据处理：从以模型、算法为主，转变为以知识为引导、算法为基础的混合型智能计算范式
  - 信息服务：从平台式数据信息服务，上升为在线智能知识服务

八、时空智能学

- 1. 时空智能学定义：
  - 利用通导遥智能传感器、云计算和人工智能方法对自然活动和人类活动进行感知、认知，支持智能决策的科学和技术
  - 是测绘遥感和地理信息学发展的新阶段，是人工智能的重要组成部分
  - 能自动回答何时(When)、何地(Where)、何种目标(What object)、有何种变化(What change)及其机理(Why)
  - 推进人和自然的协同可持续发展
  - 是服务科学的重要组成部分，智能地在规定的时间(Right time)内将所需要地点(Right place)的正确的数据、信息和知识(Right data/information/knowledge)送给需要的人(Right person)

九、工程测量学

- 1. 工程测量学定义：
  - 定义一：研究各种工程在勘察设计、施工建设、运营管理阶段所进行的各种测量工作的学科
  - 定义二：研究工程、工业、城市建设、资源开发各阶段所进行的地形和有关信息采集/处理、施工放样、设备安装、变形监测分析/预报等的理论、方法、技术
  - 定义三：研究地球空间（地面、地下、水下、空中）具体几何实体的测量描绘和抽象几何实体的测设实现的理论、方法、技术
- 2. 工程测量学研究领域：
  - 两大部分：以工程建筑为对象的工程测量、以机器设备为对象的工业测量
  - 具体领域：线路、水利、桥梁、隧道、建筑、矿山、海洋、军事工程测量及三维工业测量
- 3. 工程测量学内容：
  - 按工程建设阶段：
    - 勘察设计阶段：提供地形图，为勘探、水文测验等进行测量
    - 施工建设阶段：建立施工控制网，定线放样，质量控制，土方量测量
    - 运营管理阶段：变形观测，竣工测量，工程信息系统
  - 按服务对象：建筑工程、水利工程、军事工程、海洋工程、地下工程、工业工程、港口工程、铁路工程、公路工程、管线工程、桥梁工程、隧道工程、城市建设测量





- **具体内容**：地形资料获取与表达，工程控制测量及数据处理，建筑物施工放样，大型设备安装测量，工业质量检测控制，变形及灾害监测分析预报，专用仪器研制与应用，**工程信息系统建立与应用**

- 4. 工程测量学结构体系：**
- "特殊与一般"、"纵向与横向处理"相结合
  - 纵向：按**工程建设三阶段**阐述
  - 横向：按**典型工程**分别讲述

- 5. 工程控制网：**
- 类型：测图控制网、施工控制网、变形监测网、安装测量控制网
  - 网型：三角网、导线网、GPS 网
  - 优化设计考虑因素：**精度、可靠性、灵敏度、建网费用**
  - **精密工程控制网**须进行网优化设计

- 6. 施工放样技术与方法：**
- 方法：交会法、极坐标法、自由设站法、GPS RTK 法、归化法、坐标法、偏角法、偏距法、投点法
  - 仪器：光学/电子经纬仪、水准仪、**全站仪**、GPS、专用测量仪器
  - 趋势：**施工放样一体化、自动化**

- 7. 变形监测分析和预报：**
- 变形监测网布设
  - 变形监测技术：常规仪器、传感器、专用仪器
  - 数据处理：监测网处理，参考点稳定性分析，目标点位移量计算
  - **现代技术手段：**

- **多传感器集成技术**：融合 GNSS、全站仪、惯性测量单元（IMU）、激光雷达（LiDAR）等多种传感器数据，实现高精度、多维度测量
- **三维测量技术**：采用三维激光扫描、摄影测量、点云数据处理等技术，快速获取物体三维坐标和形态信息，广泛应用于逆向工程、文物保护、建筑 BIM 建模等领域
- **合成孔径雷达干涉测量技术**：通过分析雷达影像相位差，获取地表微小形变信息，精度可达毫米级，适用于地质灾害监测、地面沉降分析等场景
- **无人机测量技术**：利用搭载多传感器的无人机平台，实现大区域、高分辨率的地形测绘和工程巡检，具有高效、灵活、低成本等优势

- 8. 工程测量仪器：**
- 通用仪器：水准仪、经纬仪、**全站仪**、GPS 接收机
  - 专用仪器：
    - 基线线/准直测量仪器：正锤、倒锤、垂线观测仪、引张线仪、激光准直仪等
    - 距离测量仪器：ME5000、钢瓦线尺测距仪、应变仪、双频激光干涉仪、CCD 线列传感器
    - 高程测量：液体静力水准测量系统
    - 三维激光扫描仪、混合测量系统
  - 特点：**高精度（亚毫米、微米乃至纳米级）、快速、遥测、无接触、可移动、连续、自动记录、微机控制**

- 9. 现代工程测量技术：**
- GPS 应用：控制网建立、施工放样、变形监测、气象预报、交通车辆管理导航、国土测绘
  - 全站仪与测量机器人应用
  - GPS 与全站仪结合技术
  - 电子水准仪
  - 激光三维扫描系统
  - 三维工业测量系统
  - 多波束测深技术
  - 地下工程精密导向技术
  - 测量数据管理及可视化

- 10. 工程测量学的发展：**
- 六化：
    - 测量内外业作业的一体化
    - 数据获取及处理的自动化
    - 测量过程控制和系统行为的智能化
    - 测量成果和产品的数字化
    - 测量信息管理的可视化
    - 信息共享和传播的网络化
  - 十六字：**连续、动态、遥测、实时、精确、可靠、快速、简便**

**十、大地测量学**

- 1. 大地测量学任务：**
- 获取和研究地球几何空间和地球重力场的静态和动态信息
  - 确定地球大小、形状、旋转及变化
  - 确定地球上点的位置、高程及其变化
  - 提供地球上点的重力及变化
  - 为地理信息系统和地图制图提供基础框架
  - 为经济和国防建设提供**时空基准**

- 2. 大地测量学体系：**
- 应用（地面）大地测量学
  - 椭球面（几何）大地测量学
  - 物理（重力）大地测量学
  - 空间（卫星）大地测量学

- 3. 平面控制测量：**
- 建立原则：**逐级控制，布满全国**

- 等级：**I-IV 等 4 级控制网**
- 网型：测角三角网、边角导线网、侧边网
- 仪器：经纬仪、测距仪与反射棱镜

- 4. 高程控制测量：**
- 仪器：**水准仪及水准尺**
  - **水准原点**位于青岛市观象山
  - 原点高程（1985）高出**黄海平均海面 72.2604 米**

- 5. 地球形状认识（四个阶段）：**
- 远古至 17 世纪末：地球是**圆球**
  - 17 世纪末至 19 世纪下半叶：地球是**两极略扁的椭球**
  - 19 世纪下半叶至 20 世纪 40 年代：地球是**似大地水准面包围的大地体**
  - 20 世纪 40 年代至今：地球是由其自然表面包围的**复杂形体**

- 6. 大地坐标系：**
- 坐标（B,L,H）：**大地纬度 B、大地经度 L、大地高 H**
  - 坐标框架：**精密测定的地面点集合**

- 7. 大地测量投影：**
- **高斯-克吕格投影**：每隔经度 6°作为一个投影带
  - 中国国家基本地形图法定为**高斯-克吕格投影**

- 8. 重力测量：**
- **相对重力测量**：LCR 重力仪，精度±15μgal
  - **绝对重力测量**：FG5 重力仪，精度±5μgal
  - 2000 国家重力基准网：259 个重力点，精度±10<sup>^-5</sup>cm/sec<sup>^2</sup>
  - **大地水准面定义**：与不随时间变化的**平均海面**密合的**重力等位面**

- 9. 空间大地测量技术：**
- **全球导航卫星系统(GNSS)**
  - 卫星激光测距(SLR)
  - 卫星测高(SA)：高分七号、TOPEX、SEASAT 卫星
  - 卫星重力测量(SG)：GRACE 卫星、GOCE 卫星
  - **甚长基线干涉测量(VLBI)**

- 10. 我国大地测量现代化：**
- 平面基准：CGCS2000 地心坐标系，国家 GNSS CORS 网(1500 个站)，北斗卫星应用
  - 高程基准：**第三期国家一等水准网**(120 环，12 万 km)，**精化国家大地水准面**
  - 大地水准面指标提升：**绝对精度 0.3-0.6m→0.1-0.3m，分辨率 30km→15km，覆盖范围由陆地→陆海国土**

**十一、遥感**

- 1. 遥感概念：**
- 广义：泛指一切**无接触**的远距离探测，包括对电磁场、力场、机械波等的探测
  - 狭义：不直接接触物体，通过**探测仪器**接收目标地物的**电磁波信息**
  - 遥感是以**物理手段、数学方法和应用分析**为基础的综合性应用技术

- 2. 遥感特征：**
- **宏观性、综合性（空间特性）**：覆盖范围大，信息丰富
  - **多时相性**：重复探测，有利于动态分析
  - **多波段性**：波段延长使对地球的观测走向全天候

- 3. 遥感分类：**
- 按探测对象：**宇宙遥感，地球遥感**
  - 按平台：**航天遥感(>150km)、航空遥感(<12km)、地面遥感**
  - 按数据形式：**成像方式遥感(摄影/扫描)、非成像方式遥感(光谱辐射计)**
  - 按工作方式：**主动遥感(雷达)、被动遥感**
  - 按电磁波：**可见光遥感、红外遥感、微波遥感、紫外遥感**
  - 按应用：**环境遥感、城市遥感、水利遥感、农业遥感等**

- 4. 遥感技术系统：**
- **遥感平台：**
    - **地面平台**(100 米以下)：三脚架、遥感塔、遥感车
    - **航空平台**(12km 以内)：飞机和气球
    - **航天平台**(150km 以上)：人造卫星、宇宙飞船、空间站
  - **传感器**：由信息收集、探测系统、信息处理和信息输出 4 部分组成，如**光学相机、合成孔径雷达（SAR）**
  - **遥感信息接收和处理**：地面接收站接收卫星/航空平台传输的遥感数据，通过**辐射校正、几何校正、图像增强、图像融合**等处理步骤，将原始数据转化为可分析的图像产品
  - **遥感图像判读和应用**：通过**目视解译或计算机自动解译**提取地物信息，结合**地理信息系统（GIS）**进行空间分析，应用于资源调查、环境监测、灾害评估等领域

- 5. 遥感发展趋势：**
- **高分辨率**：光学 0.1 ~ 1m，雷达 0.3 ~ 1m，光谱纳米级
  - **全天时、全天候**
  - **多种成像方式**
  - **高分辨率遥感、高光谱遥感、微波遥感**迅速发展
  - 遥感综合应用深化
  - **商业遥感时代**到来

- 6. 遥感应用：**
- **资源调查：**
    - 土地资源调查
    - 植被资源调查
    - 城市遥感调查
    - 地质矿产应用
    - 水文水资源应用
  - **环境监测评价：**
    - 污染物监测与环境制图
    - 自然灾害监测(旱情、洪水、滑坡、泥石流、病虫害、森林火灾)
  - **区域分析规划**
  - **全球宏观研究：**
    - 全球性问题(人口、资源、环境)
    - 板块运动监测
    - 气候研究和灾情预报
    - 世界冰川变化
  - **其他应用：**
    - 测绘制图：全球覆盖、动态制图、缩短周期、降低成本
    - 历史遗迹与考古
    - 军事应用

**十二、工程案例与应用**

- 1. 大型工程案例：**
- **长江三峡水利枢纽工程**：世界上最大水利枢纽，坝高 185m，水库水位 175m
  - **隔河岩大坝 GPS 监测系统**
  - 南京长江二桥、三桥
  - 杭州湾跨海大桥(30 多公里)
  - 上海东方明珠电视塔(454m)
  - 秦岭隧道(18.4km)
  - 欧洲原子核研究中心环形正负电子对撞机(直径 8.6km，周长 27km)
  - 瑞士阿尔卑斯山哥特哈德特长铁路隧道(57km)

- 2. 精密工程测量案例：**
- 德国汉堡粒子加速器研究中心
  - 南非核电站冷却塔(高 165m，直径 163m)**施工精度要求**
  - 德国露天煤矿大型挖掘机动态测量**计算系统**
  - 北京正负电子对撞机工程

**十三、地理信息**

- 1. 地理学定义：**
- 研究地理要素和地理综合体的**空间分异规律、时间演变过程及区域特征**的学科
  - 具有**综合性、交叉性**和**区域性**等特征

- 2. 地理数据与信息：**
- 地理数据含**空间和属性特征数据**
  - **地理信息**是地理数据所蕴含和表达的地理含义

- 3. 信息系统与 GIS：**
- **信息系统**具数据采集等能力
  - **GIS**是支持空间数据处理等以解决复杂规划和管理问题的技术系统

- 4. 发展历程：**
- 国际：1854 年起有**霍乱爆发纸图分析**等标志性事件，不同年份出现 GIS 相关系统开发、公司成立、软件发布等
  - 国内：1987 年 PURSIS 诞生，后经多次升级更名，20 世纪 90 年代出现众多国产 GIS 基础软件，后续还有超图软件发布、百度地图上线等

- 5. 构成要素：**
- 硬件：含数据采集（测绘、遥感设备）、输入（数字化仪等）、存储处理及输出（打印机等）设备
  - 软件：分**工具型和应用型**，需提供常用工具、空间数据库管理等功能
  - **空间数据**：含位置、空间关系、属性等数据，有**栅格和矢量**等数据模型及多种数据结构
  - 用户：分**一般用户和高级用户**
  - **应用模型**：构建和选择对系统应用成败关键，需针对专门目的构建专门模型

- 6. 数据处理与分析：**
- 获取：来源包括地图、遥感、文本、统计、实测、多媒体及已有系统数据
  - 表达：有**栅格和矢量数据模型**，还涉及多种数据结构
  - 组织管理：空间数据有多种特征，涉及空间数据库、索引及空间数据引擎等
  - 查询：使用 SQL 语言和空间数据查询语言（SQL92 Geometry），含多种操作和函数
  - 分析：包含缓冲区、网络、坡度坡向、流域等分析类型
  - 可视化：将数据转化为直观图形等，形式有**纸质地图、电子地图**等多种

- 7. 地图三要素：**
- **数学要素、地理要素和辅助要素**

- 8. 电子地图特点：**
- 可任意**无级缩放**和**开窗显示**
  - 能容纳一个地区可能需要的所有地图图幅，不需要进行地图分幅
  - 能够大量无损失复制，并且通过计算机网络传播
  - 可以直接生成**三维立体影像**

