

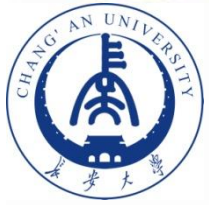
---

# 第一章 绪论

讲授：张双成

测绘科学与工程系





# 主要内容

---

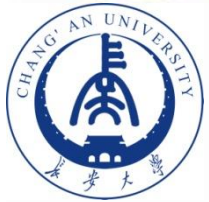
一、大地测量学的定义和作用

二、大地测量学的学科体系

三、大地测量学的发展简史与趋势

---



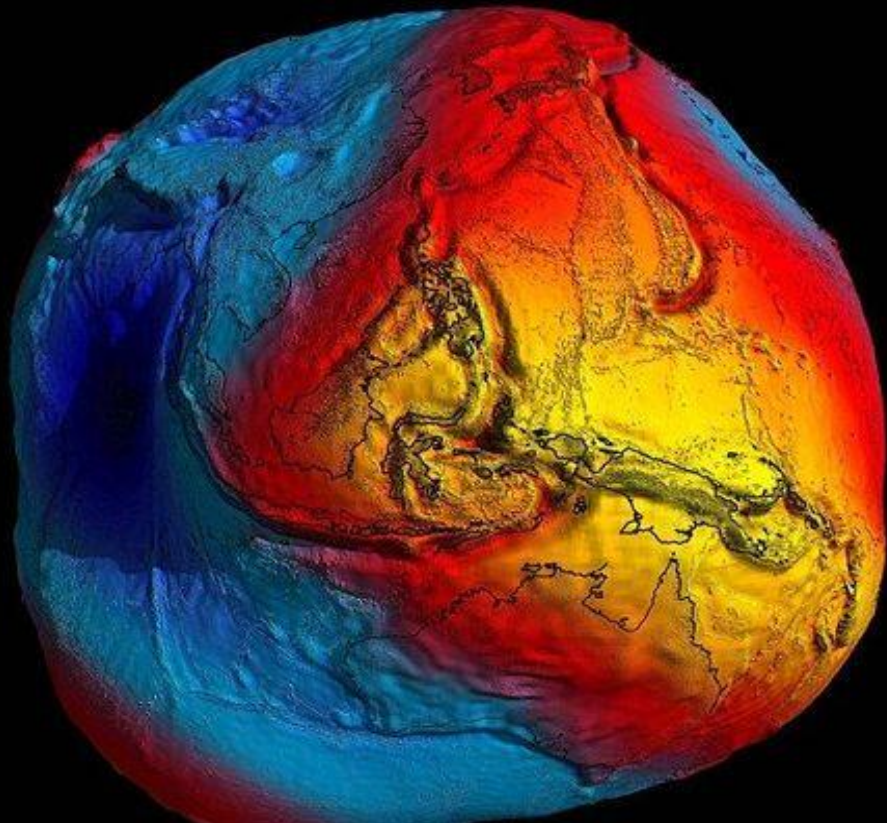


# 思考与讨论

---

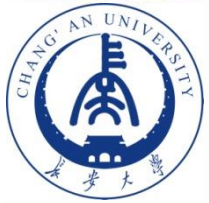
- 什么是测绘？
- 什么是大地测量？
- 你认为测绘与大地测量存在什么关系？





**GOCE**项目科学家指出，大地水准面可用于测量受气候变化影响的洋流、海平面变化以及冰动力学特征。研究发现能够帮助他们进一步了解自然灾害，更好地应对类似日本大地震和海啸等灾难。他们表示，虽然无法直接从太空观测构造板块移动，但引力数据能够帮助我们了解与自然灾害有关的过程并进行预测。



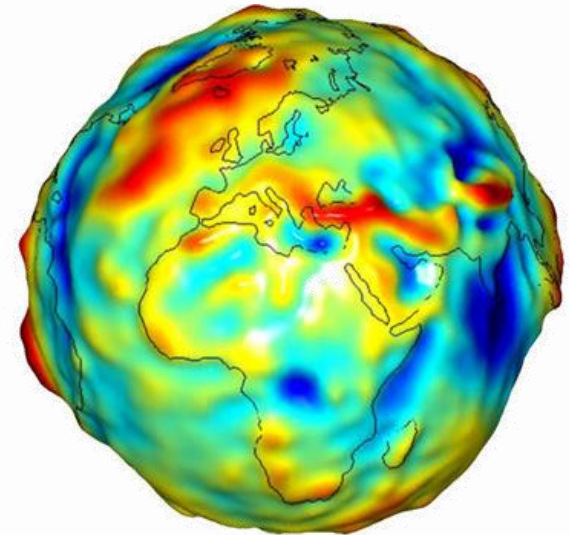


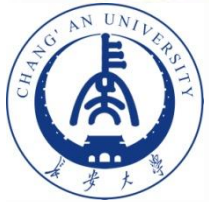
# About geodesy

---

Geodesy is the science of ...  
measuring Earth's

- size,
- shape,
- orientation,
- gravitational field, and
- variations of these with time.



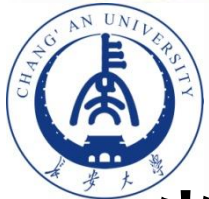


# 一、大地测量学的定义和作用

---

- 位置是一类重要的信息（**位置服务LBS**）
  - 位置怎么描述？
    - 我在西安
    - 我在渭水校区
    - 我在图书馆
    - 我在二楼中文阅览室
    - 我在中文阅览室进门的座位上
  - 位置的描述形式有哪些？
    - 用文字
    - 用图形（示意图、地图）
    - 用数字（坐标）
- 

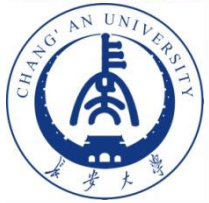




# 一、大地测量学的定义和作用

- **坐标系怎么确定？（全球框架下的位置描述）**
  - 原点放在哪里
  - 坐标轴定向与尺度
- **必然涉及怎么认识我们的地球这一问题**
  - 地球形状、大小、方向
  - 重力场（高程、大地水准面等）及其时变信息
- **结论：大地测量学与这两项任务密切相关**



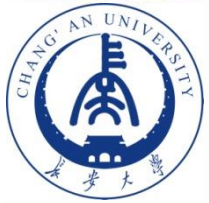


# 一、大地测量学的定义和作用

- **测量**：又称度量（Measure或Survey），用仪器测定地形、物体**位置**或温度、速度、功能等物理量。
- **大地测量学**又称测地学，是地球科学的一个分支学科。是一门研究地球形状及行星**几何和物理形态特征及其变化规律**的基础科学。包括：物理大地测量学、几何大地测量学、卫星大地测量学和空间大地测量学等。







# 一、大地测量学的定义和作用

- **大地测量 (Geodesy)**：是“测定和描绘地球表面的科学”
  - 其主要任务是：**测量和描绘地球并监测其变化，为人类活动提供关于地球的空间信息。**
    - **技术任务**：精确确定地面点位及其变化。
    - **科学任务**：研究地球重力场、地球形状和地球动力学现象。
- 在大多数情况下，二者并没有质上的区别。而从现在的观点来看，在测绘领域，“测量”讲的是实际确定位置，“大地测量”则是指测量的理论基础。

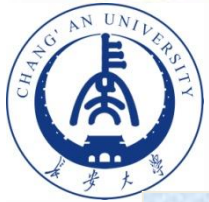




# 一、大地测量学的定义和作用

- 测绘在国民经济各项建设和社会发展中，发挥着**基础先行**的重要保证作用，而**大地测量技术**是一切测绘科学技术的**基础**。
- 在**防灾、减灾、救灾**及**环境监测、评价与保护**中发挥着独具风貌的特殊作用。
- 是发展**空间技术**和**国防建设**的重要保障。
- 在当代**空间科学研究**中的地位更加重要。





# 一、大地测量学的定义和作用

地形图测绘  
工程建设  
交通运输

空间技术  
国防建设

作用

防灾  
减灾  
救灾

资源开发  
环境监测  
与保护

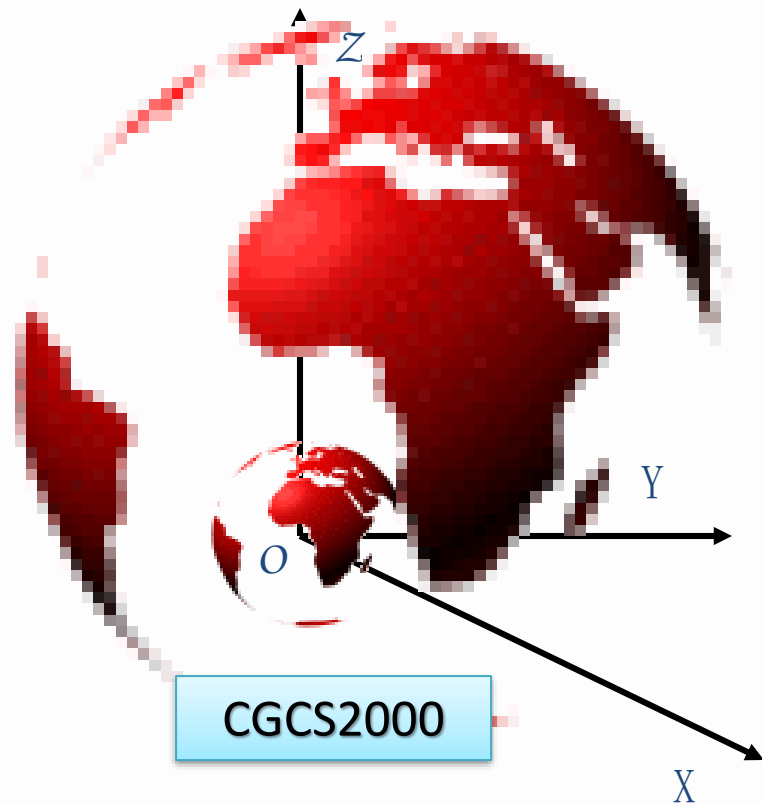
地球科学研究





# 1) 在建立坐标参考框架方面的应用

- GPS一二级网，GPS A、B级网和网络工程网及其它空间大地测量成果与天文大地网联合平差，建立了CGCS2000。
- 是我国新一代测绘基准，即数字地图生产、导弹发射、卫星测控、国际工程等统一的参考框架。



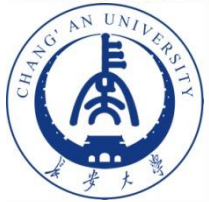




## 2) 在经济建设方面的应用







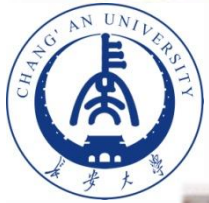
### 3) 在空间技术方面的应用



寻找来自星星的你！

**中国正在贵州建造的世界最大望远镜，全称500米口径射电望远镜，简称FAST。**FAST将在射电天文、天文地球动力学和空间科学等多个领域中开展应用，如执行探月工程三期的VLBI测定轨和定位任务，以及我国未来月球和火星探测等各项深空探测任务，同时用于射电天文观测等多项科学研究。作为东亚VLBI网中口径最大的天线，它将起到主导作用。此外，该望远镜将进一步提升我国深空测定轨能力，为嫦娥探月工程和更长远的深空探测等国家重大战略需求服务。

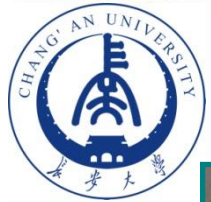




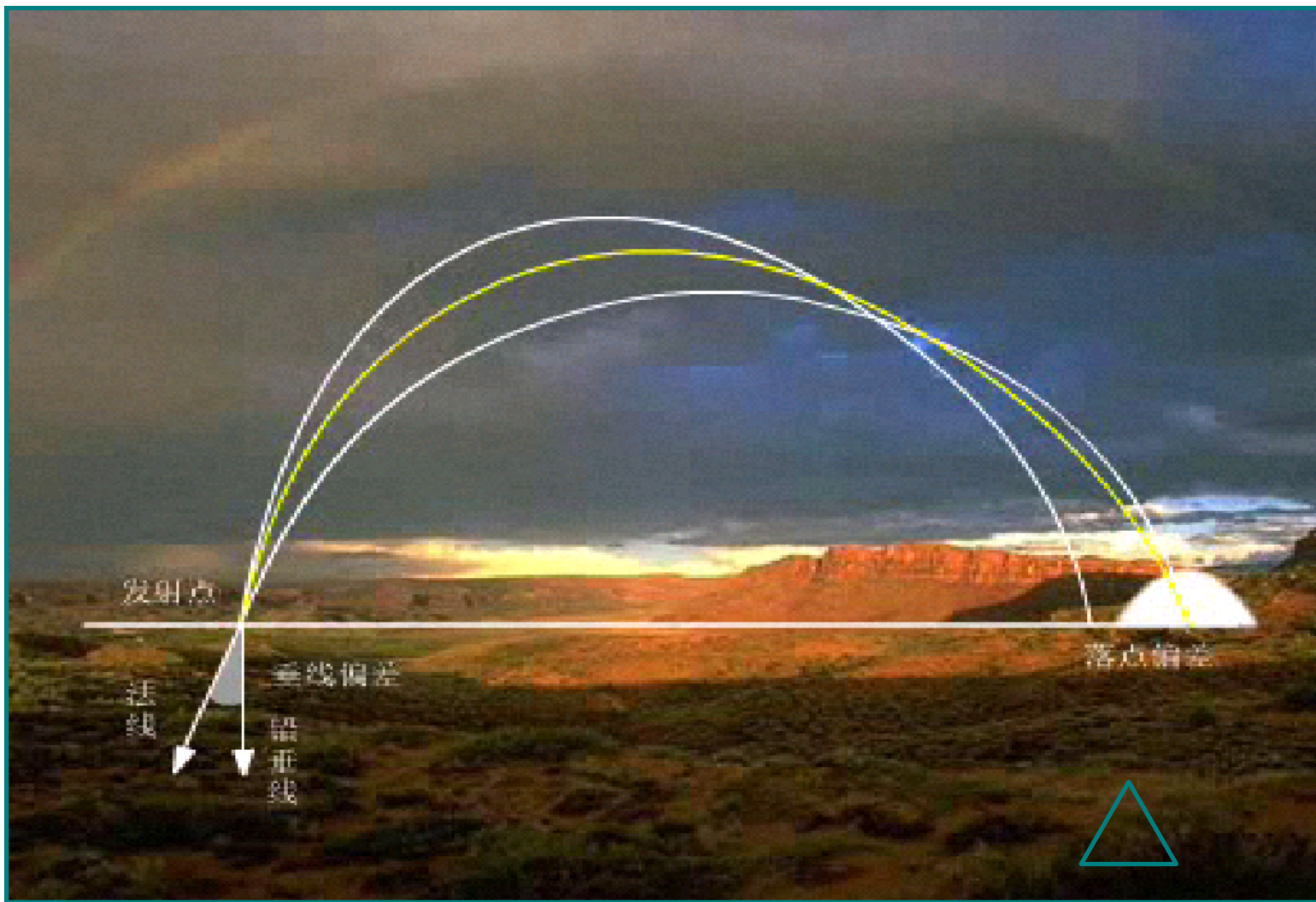
## 4) 在军事工程方面的应用

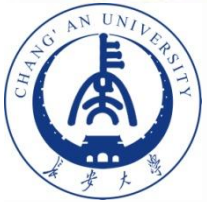


军事工程应用

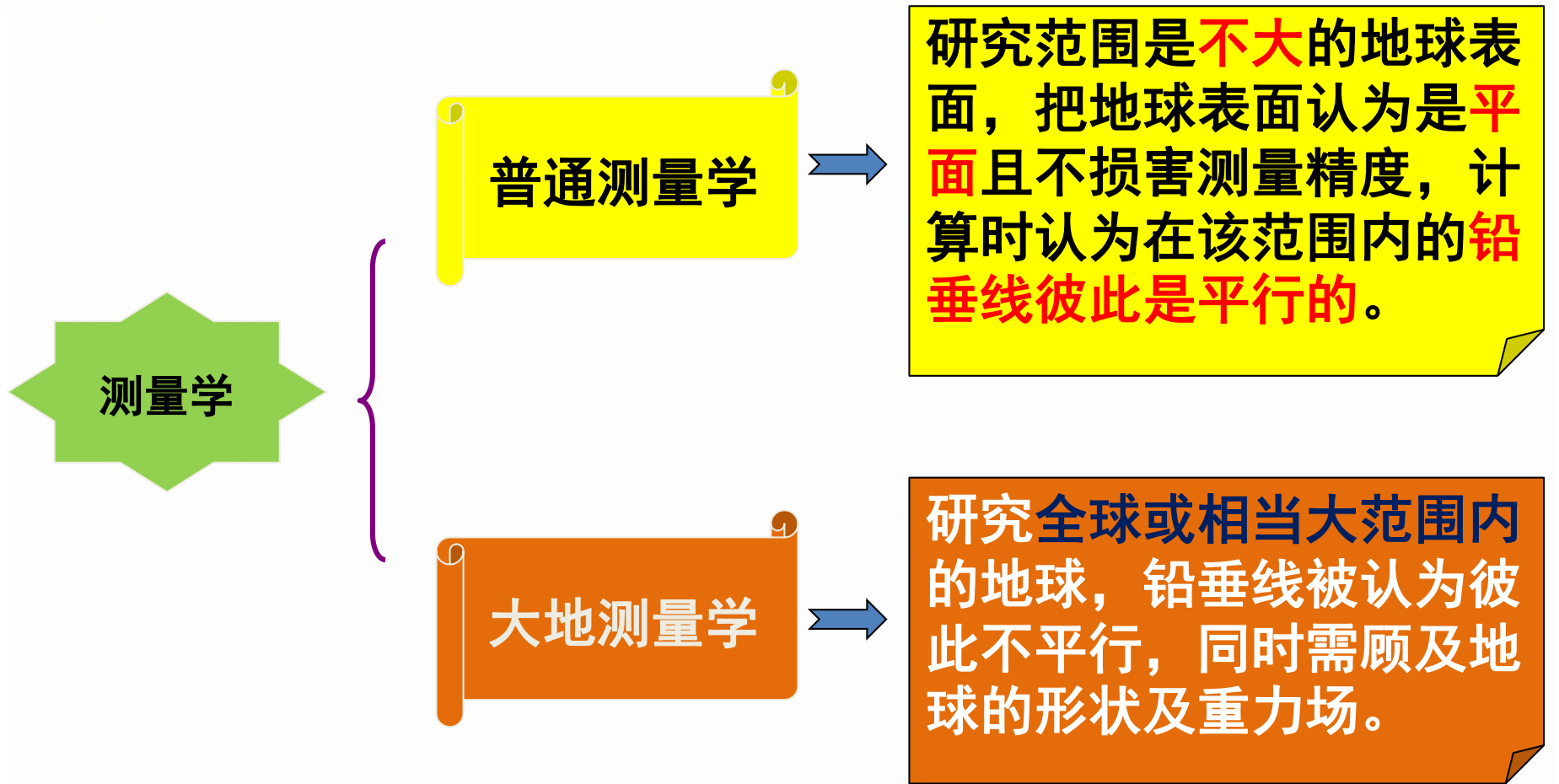


## 5) 在新型武器测绘保障方面的应用





## 二、大地测量学的学科体系



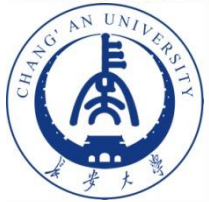




# 与大地测量学有关的学科交叉融合示意图





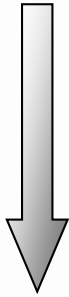


## 二、大地测量学的学科体系

地球空间范围

时空属性

技术手段



理论大地测量学  
大地控制测量学  
海洋大地测量学  
工程大地测量学

几何大地测量学  
物理大地测量学  
动力大地测量学  
整体大地测量学

地面大地测量学  
空间大地测量学  
惯性大地测量学





# 大地测量学的研究任务与对象

---

## 研究任务:

研究在全球范围建立与时相依的地球参考坐标框架理论;  
研究地球形状及其外部重力场理论与方法;  
研究描述极移、固体潮及地壳运动等地球动力学问题;  
研究高精度定位理论与方法。

## 研究对象:

地球及行星的形状;  
地球及行星外部重力场;  
地球及行星运动的规律。

---



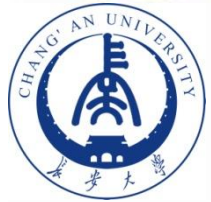


### 三、大地测量学的发展简史与趋势

---

现代科学技术的成就，导致大地测量学经历了跨时代的革命性转变，突破了**传统经典大地测量学的时空局限**，进入了以**空间大地测量**为主的现代大地测量学的发展新阶段。





## 三、大地测量学的发展简史与趋势

---

# 发 展 简 史

萌芽阶段

学科的形成

弧度测量的发展

几何大地测量学的发展

物理大地测量学的发展

卫星大地测量学的发展

动力大地测量学的发展

---





## 三、大地测量学的发展简史与趋势

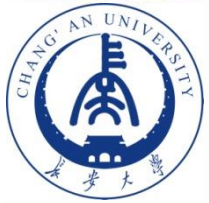
### 1、大地测量学发展简史

- 第一阶段——地球圆球阶段
- 第二阶段——地球椭球阶段
- 第三阶段——大地水准面阶段
- 第四阶段——现代大地测量新时期

### 2、大地测量学的发展趋势



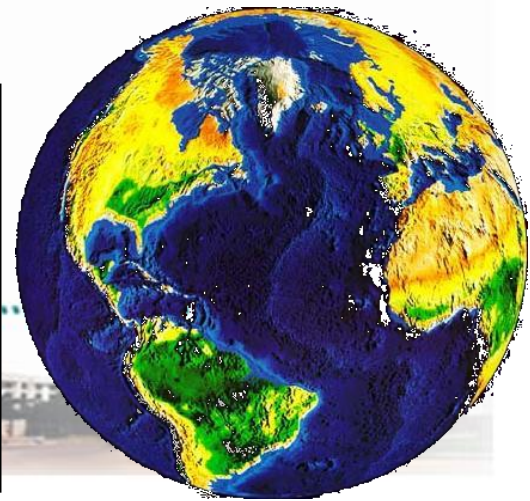


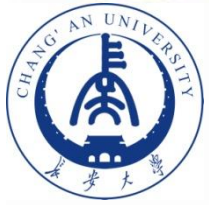


# 1) 第一阶段——地球圆球阶段

- 从远古至17世纪末，人们逐渐把地球认为是**圆球**。
- 公元前3世纪，亚历山大学者**埃拉托色尼**首次用子午圈弧长测量法来估算地球半径，分为两种测量：一是属于**天文部分**：子午圈弧长两端点的纬度差；一是属于**大地部分**：两端点间的子午圈弧长。
- 到15~16世纪文艺复兴浪潮席卷欧洲时，以**哥白尼**、**伽里略**及**牛顿**等为代表的一批科学家摆脱宗教枷锁后，才在自然科学方面获得一系列的惊人发明和创造，促进了大地测量学的萌芽和形成。

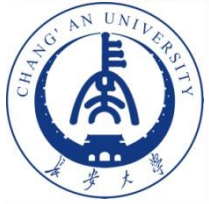
**埃拉托色尼**是著名亚历山大博物馆中的一名有名望的**图书管理员**，他被称为大地测量学的真正创始人，他精心地测量了亚历山大城和阿斯旺城之间的纬度，由此得出了地球的大小（前提地球为球形），此结果接近现代的结果。





## 2) 第二阶段——地球椭球阶段

- 17世纪末至19世纪下半叶，人们把地球的认识推进到向**两极略扁**的椭球。
- 17世纪初，荷兰人**斯涅耳** (W. Snell) 首创三角测量法。
- 此后，**望远镜**，**游标尺**，**十字丝**，**测微器**等相继出现。
- 天文学和物理学在**地球形状**、**重力场**及其空间位置等方面也都提出了崭新的观念。
- 荷兰的**哥白尼**1543年创立了日心说，确定了地球在太阳系中的空间位置。



## 2) 第二阶段——地球椭球阶段（续）

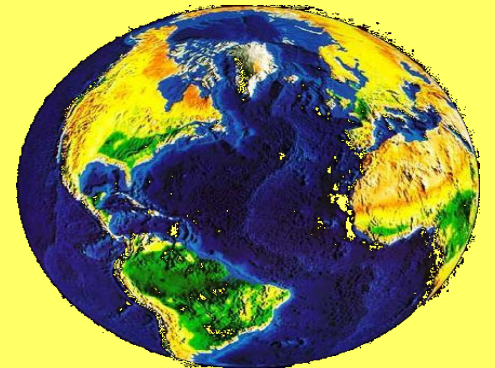
- 德国的**开普勒**1619年发表了行星运动遵循的三大定律；
- 意大利的**伽利略**1590年根据自由落体原理进行了第一次重力测量；
- 荷兰的**惠更斯**1673年提出用摆进行重力测量的原理，并推导了数学摆公式。
- **牛顿**于1687年根据他建立的万有引力定律，经论证认为：
  - ①在引力定律下，并绕一轴旋转的均质流体物质的均衡形状，是两极扁平的旋转椭球；
  - ②重力加速度由赤道向两极与（地理纬度）成比例地增加。
- **惠更斯**也推导了地球的扁率。把地球质量集中在球心，扁率等于赤道处离心力与引力之比的一半。

**人类进入了认识地球为旋转椭球的新阶段，几何大地测量学得到发展，物理大地测量学开始奠定基础。**



## 2) 第二阶段—地球椭球阶段取得的成绩

- ✓ 长度单位的建立；
- ✓ 最小二乘法的提出；
- ✓ 椭球大地测量学的形成，解决了**椭球数学**性质，椭球面上测量计算，以及将椭球面投影到平面的正形投影方法。
- ✓ 弧度测量大规模展开；
- ✓ 推算了不同的地球椭球参数。





## 2) 第二阶段—地球椭球阶段存在的问题

- 外业测量的基准线是**铅垂线**，方向是物理的重力方向；而椭球面计算基准线则是**法线**，方向则是几何的垂直方向。
- 重力方向相对法线方向有偏差，即所谓**垂线偏差**。
- 地球表面每点的**重力**及其方向都不相同。
- 地球表面是极其复杂的自然地面，不能用简单数学关系式来表达，只能用**控制点坐标**来逐点描绘。







### 3) 第三阶段——大地水准面阶段

19世纪下半叶至20世纪40年代，对椭球的认识发展到**大地水准面包围的大地体**。

#### ★几何大地测量学的进展：

- (1) 天文大地网的布设有了重大发展；
- (2) 因瓦基线尺出现，带平行玻璃板测微器的水准仪及因瓦水准尺使用，将天文大地测量同重力测量相结合，代替天文水准等方面有较大进步。



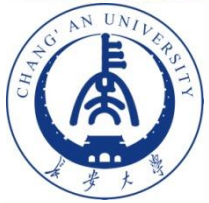


# (1) 大地测量边值问题理论的提出

## 物理大地测量理论研究和实践取得重大进展

- 克莱罗是以椭球面为边界解决边值问题的。
- 英国的斯托克司提出了以大地水准面为边界面的扰动位计算公式和大地水准面起伏公式。
- 荷兰学者维宁·曼尼兹推出了以大地水准面为参考面的垂线偏差公式。
- 俄国学者莫洛金斯基直接利用地面上的重力观测值求定地球形状和外部重力场。





## (2) 提出了新的椭球参数

物理大地测量理论研究和实践取得重大进展

主要特点是用重力测量资料推求椭球扁率。

- 赫尔默特椭球参数：

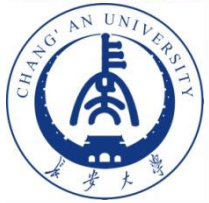
$$a = 6378140m, \alpha = 1:298.3$$

- 海福特椭球参数：

$$a = 6378388m, \alpha = 1:297.0$$

- 克拉索夫斯基椭球参数：

$$a = 6378245m, \alpha = 1:298.3$$

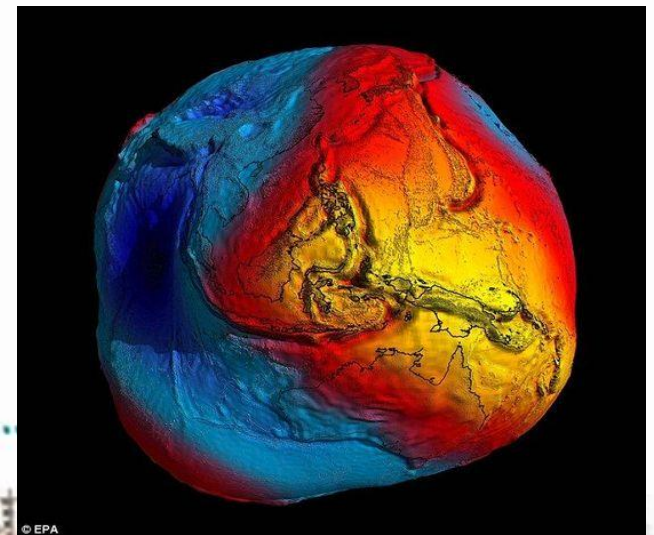


### 3) 第三阶段——大地水准面阶段

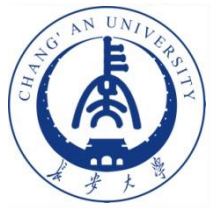
由于海水面占全球表面大部分（约71%），且比较规则，在某种假设下，可认为海水面是**重力等位面**，并把它延伸到大陆下，得到一个遍及全球的等位面。

德国的李斯廷 (J. B. Listing) 1872年将其命名为**大地水准面**。

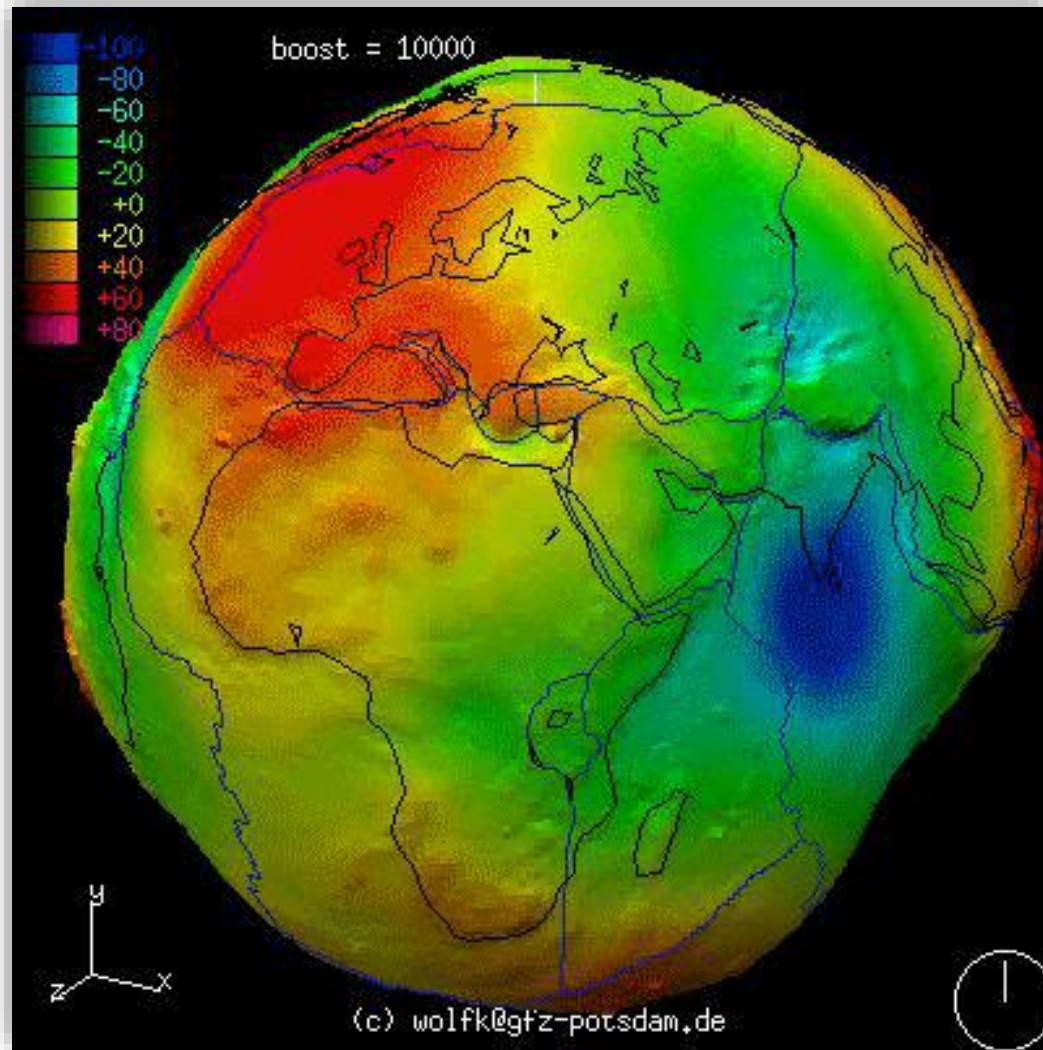
人类认识地球形状又产生了一次飞跃——即将椭球面推进到大地水准面的新阶段。







### 3) 第三阶段——大地水准面阶段



真实的地球形状

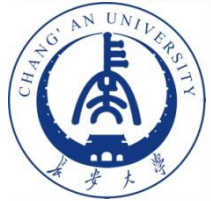


## 4) 第四阶段—现代大地测量新时期

### • 4.1. 距离测量的发展：

- 1948年瑞典人**贝尔斯特兰德**研制成功世界上第一台光电测距仪；
- 60年代出现了激光测距仪；
- 1956年南非人**沃德利**研制成功世界第一台微波测距仪（50公里）；
- 70年代德国首先研制成功测距、测角相结合的电子速测仪。

★导线测量及测边网、边角网测量成为可能



## 4) 第四阶段—现代大地测量新时期

### • 4.2. 空间技术的发展：

- 20世纪70年代卫星多普勒技术；
- 海洋卫星雷达测高；
- 激光卫星测距 (SLR) 等得到应用。
- 全球导航卫星定位 (GNSS) 技术的发展
  - 80年代，美国全球卫星定位系统 (GPS) 得到全面发展，并投入使用；
  - 俄罗斯GLONASS、欧盟的Galileo、中国COMPASS
- 利用空间探测器、卫星或空间飞行器，形成了月球和行星大地测量学。





## 4) 第四阶段—现代大地测量新时期

### • 4.3. 控制网优化和测量平差理论的发展

- 20世纪60年代，荷兰学者**巴尔达**重新研究并提出了**大地控制网质量标准**问题，明确提出评价大地网质量的三项标准：精度、可靠性和经费。在精度标准中，提出准则矩阵的概念。
- 在70年代，德国学者**格拉法伦德**等提出了人们公认的控制网优化设计的四类分法，系统地引进了数学规划的解法，并引进了准则矩阵的建立等问题。
- **最小二乘配置法**综合了平差，滤波和推估，形成了广义的最小二乘法平差理论。







## 4) 第四阶段—现代大地测量新时期

- **革命性转变，主要体现在：**
  - 从分离式**一维和二维**大地测量发展到**三维**和包括时间变量的**四维**大地测量；
  - 从测定**静态刚性地球**假设下的地球表面几何和重力场元素发展到监测研究**非刚性（弹性、流变性）地球**的动态变化；
  - **局部参考坐标系**中的地区性（相对）大地测量发展到**统一地心坐标系**中的全球性（决定）大地测量；
  - 测量精度提高了2~3个量级。
- **上述转变与三项高新技术有关：**
  - 卫星定位技术
  - 卫星航空重力技术
  - 卫星测高技术



## 三、大地测量学的发展简史与趋势

### 发展趋势

以空间大地测量为主要标志的现代大地测量学已经形成

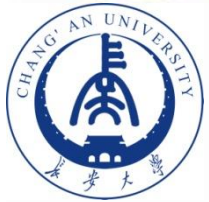
向地球科学基础性研究领域深入发展

空间大地测量主导着学科未来的发展

卫星导航定位技术扩展了大地测量学科的应用面

地球重力场研究将致力于发展卫星和航空重力探测技术恢复高分辨率地球重力场

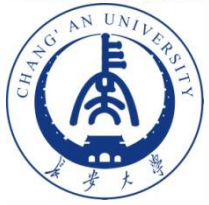
注：大地测量除了测地之外，还可测其它天体的形状和重力场。



# 习题与思考题

- ① 试述你对大地测量学的理解。
- ② 大地测量学的定义。
- ③ 大地测量学的作用。
- ④ 大地测量学的基本体系。
- ⑤ 大地测量学的基本内容。
- ⑥ 简述大地测量学的发展概况，及各阶段的主要特点。
- ⑦ 大地测量学的发展趋势及其应用领域。





---

**第一章讲解结束，谢谢！**

