



# 第一章 绪论

## §1 大地测量学的定义和作用

### 1.1 大地测量学的定义

- 大地测量学

是指在一定的时间与空间参考系中，测量和描绘地球形状及其重力场并监测其变化，为人类活动提供关于地球的空间信息的一门学科。

- ❖ **经典大地测量**：地球刚体不变、均匀旋转的球体或椭球体；范围小。
- ❖ **现代大地测量**：空间测绘技术(人造地球卫星、空间探测器)，空间大地测量为特征，范围大。





## 1.2 大地测量学的作用

- ❖ 大地测量学是一切测绘科学技术的基础，在国民经济建设和社会发展中发挥着决定性的基础保证作用。如交通運輸、工程建設、土地管理、城市建設等
- ❖ 大地测量学在防灾，減灾，救灾及环境监测、评价与保护中发挥着特殊作用。如地震、山体滑坡、交通事故等的監測與救援。
- ❖ 大地测量是发展空间技术和国防建设的重要保障。如：卫星、导弹、航天飞机、宇宙探测器等发射、制导、跟踪、返回工作都需要大地测量作保证。





## §2大地测量学基本体系和内容

### 2.1大地测量学的基本体系

应用大地测量、椭球大地测量、天文大地测量、大地重力测量、测量平差等；新分支：海样大地测量、行星大地测量、卫星大地测量、地球动力学、惯性大地测量。

- 几何大地测量学（即天文大地测量学）

基本任务：是确定地球的形状和大小及确定地面点的几何位置。

主要内容：国家大地测量控制网(包括平面控制网和高程控制网)建立的基本原理和方法，精密角度测量，距离测量，水准测量；地球椭球数学性质，椭球面上测量计算，椭球数学投影变换以及地球椭球几何参数的数学模型等。





- 物理大地测量学：即理论大地测量学

基本任务：是用物理方法(重力测量)确定地球形状及其外部重力场。

主要内容：包括位理论，地球重力场，重力测量及其归算，推求地球形状及外部重力场的理论与方法。

- 空间大地测量学：

主要研究以人造地球卫星及其他空间探测器为代表的空间大地测量的理论、技术与方法。





## 2.2 大地测量学的基本内容

- ❖ 确定地球形状及外部重力场及其随时间的变化，建立统一的大地测量坐标系，研究地壳形变(包括垂直升降及水平位移)，测定极移以及海洋水面地形及其变化等。研究月球及太阳系行星的形状及重力场。
- ❖ 建立和维持国家和全球的天文大地水平控制网、工程控制网和精密水准网以及海洋大地控制网，以满足国民经济和国防建设的需要。
- ❖ 研究为获得高精度测量成果的仪器和方法等。研究地球表面向椭球面或平面的投影数学变换及有关大地测量计算。





- ❖ 研究大规模、高精度和多类别的地面网、空间网及其联合网的数据处理的理论和方法，测量数据库建立及应用等。

### 现代大地测量的特征：

- (1) 研究范围大（全球：如地球两极、海洋）
- (2) 从静态到动态，从地球内部结构到动力过程。
- (3) 观测精度越高，相对精度达到 $10^{-8} \sim 10^{-9}$ ，绝对精度可到达毫米。
- (4) 测量与数据处理周期短，但数据处理越来越复杂。





## §3 大地测量学发展简史及展望

### 3.1 大地测量学的发展简史

#### ❖ 第一阶段：地球圆球阶段

从远古至17世纪，人们用天文方法得到地面上同一子午线上两点的纬度差，用大地法得到对应的子午圈弧长，从而推得地球半径（弧度测量）

#### ❖ 第二阶段：地球椭球阶段

从17世纪至19世纪下半叶，在这将近200年期间，人们把地球作为圆球的认识推进到向两极略扁的椭球。





- 大地测量仪器：望远镜，游标尺，十字丝，测微器；
- 大地测量方法：**1615**年荷兰斯涅耳(W.Snell)首创三角测量法；
- 行星运动定律：**1619**年德国的开普勒(J.Kepler)发表了行星运动三大定律；
- 重力测量：**1673**年荷兰的惠更斯(C.Huygens)提出用摆进行重力测量的原理；
- 英国物理学家牛顿(L.Newton)提出地球特征：**1**) 是两极扁平的旋转椭球，其扁率等于**1/230**；**2**) 重力加速度由赤道向两极与 $\sin^2 \phi$  ( $\phi$ ——地理纬度)成比例地增加。







## 几何大地测量标志性成果：

- 1) 长度单位的建立：子午圈弧长的四千万分之一作为长度单位，称为1m。
- 2) 最小二乘法的提出：法国的勒让德 (A. M. Legendre)，德国的高斯 (C. F. Gauss)。
- 3) 椭球大地测量学的形成：解决了椭球数学性质与测量计算，正形投影方法。在这个领域，高斯、勒让德及贝塞尔 (Bessel) 作出了巨大贡献。
- 4) 弧度测量大规模展开。在这期间主要有以英、法、西班牙为代表的西欧弧度测量，以及德国、俄国、美国等为代表的三角测量。
- 5) 推算了不同的地球椭球参数。如贝赛尔、克拉克椭球参数。





- 物理大地测量标志性成就：

- 1) 克莱罗定理的提出：法国学者克莱罗 (A. C. Clairaut) 假设地球是由许多密度不同的均匀物质层圈组成的椭球体，这些椭球面都是重力等位面 (即水准面)。该椭球面上纬度  $\varphi$  的一点重力加速度按下式计算：

$$\gamma_{\varphi} = \gamma_e (1 + \beta \cdot \sin^2 \varphi)$$

$$\beta = \frac{5}{2} q - \alpha$$

$$q = \frac{\omega^2 a}{\gamma_e}$$





- 2) 重力位函数的提出：为了确定重力与地球形状的关系，法国的勒让德提出了位函数的概念。所谓位函数，即是有这种性质的函数：在一个参考坐标系中，引力位对被吸引点三个坐标方向的一阶导数等于引力在该方向上的分力。研究地球形状可借助于研究等位面。因此，位函数把地球形状和重力场紧密地联系在一起。
- 3) 地壳均衡学说的提出：英国的普拉特 (J. H. Pratt) 和艾黎 (G. B. Airy) 几乎同时提出地壳均衡学说，根据地壳均衡学说可导出均衡重力异常以用于重力归算。
- 4) 重力测量有了进展。设计和生产了用于绝对重力测量以及用于相对重力测量的便携式摆仪。极大地推动了重力测量的发展。





### ● 第三阶段：大地水准面阶段

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

#### 几何大地测量学进展：

✧ 天文大地网的布设有了重大发展。全球三大天文大地网的建立（1800—1900印度，一等三角网2万公里，平均边长45公里；1911—1935美国一等7万公里；1924—1950苏联，7万多公里）

✧ 因瓦基线尺出现，平行玻璃板测微器的水准仪及因瓦水准尺使用。





- **物理大地测量在这阶段的进展:**

- 1. **大地测量边值问题理论的提出:**

英国学者斯托克司(G. G. Stokes)把真正的地球重力位分为正常重力位和扰动位两部分, 实际的重力分为正常重力和重力异常两部分, 在某些假定条件下进行简化, 通过重力异常的积分, 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。后来, 荷兰学者维宁·曼尼兹(F.A. Vening Meinesz)根据斯托克司公式推出了以大地水准面为参考面的垂线偏差公式。

- 2. **提出了新的椭球参数:**

赫尔默特椭球、海福特椭球、克拉索夫斯基椭球等。





## ■ 第四阶段：现代大地测量新时期

20世纪下半叶，以电磁波测距、人造地球卫星定位系统及甚长基线干涉测量等为代表的新的测量技术的出现，给传统的大地测量带来了革命性的变革，大地测量学进入了以空间测量技术为代表的现代大地测量发展的新时期。





● 主要技术:

EDM: Electronic Distance Measure;

GPS: Global Positioning System;

VLBI: Very Long Baseline Interferometry;

SLR: Satellite Laser Ranging;

INS: Inertial Navigation System

● 我国高精度天文大地网的建立

1951-1975年: 一等三角点5万多个, 全长7.5多万公里, 二等锁, 一等导线等, 1972—1982年平差数据处理, 建立1980国家大地坐标系。

● 我国高精度重力网的建立

1981年开始绝对重力测量与相对重力测量, 11个绝对重力点(基准点), 40多个(基本点), 重力网的平差, 1985年国家重力基本网形成。





## 3.2 大地测量的展望

- 全球卫星定位系统(GPS), 激光测卫(SLR)以及甚长基线干涉测量(VLBI), 惯性测量统(INS)是主导本学科发展的主要的**空间大地测量技术**
- 用卫星测量、激光测卫及甚长基线干涉测量等空间大地测量技术建立大规模、高精度、多用途的空间大地测量控制网, 是确定地球基本参数及其重力场, 建立大地基准参考框架, 监测地壳形变, 保证空间技术及战略武器发展的地面基准等科技任务的**基本技术方案**。
- 精化地球重力场模型是大地测量学的**重要发展目标**。

