

第一章 地震学的研究范围和历史

- 1、地震学是一门应用物理学。
- 2、911 房屋倒塌的主要原因：钢筋受热。
- 3、历强震而不倒的古建筑：山西洪洞县广胜寺飞虹塔、应县木塔、赵州桥、天津蓟县独乐寺观音阁等等；原因：卯、榫，以柔克刚。
- 4、地震学发展简史：定量研究只有 100 年左右的时间。
- 5、中国国家地震局：1971 年成立，1966 年河北邢台地震。

第二章 地震波

- 1、泊松比 ν ：一样品横截面线度变化率/横向线度变化率。

(0, 0.5)

金属：(0.25, 0.33)

地幔：0.25

外核（液态）：0.5

其他：

- 杨氏模量 E ：线应变中，应力与应变
- 体变模量 K ：液体静压力，应力与应变
- 切变模量 μ ：刚性系数

- 2、体波：可在地球内部向任意方向传播

纵波 P (Primary Wave)：体变，介质膨胀、压缩形成，传播速度快；

$$V_p = \sqrt{E/\rho}$$

横波 S (Second Wave)：切变，剪切力，杀伤力大； SH 波（平行与界面的分量）， SV 波；

$$V_s = \sqrt{\mu/\rho}$$

主要差异：

- P 波速度快， $\sqrt{3}$ 倍（泊松介质）
- P 波和 S 波的质点振动方向相互垂直
- 一般情况， P 波垂直分量较强， S 波水平分量较强
- S 波低频成分丰富
- 天然地震震源破裂以剪切破裂和错动为主，故 S 波能量比 P 波强
- 根据质点有无转动和体积变化， P 波：无旋波； S 波：无散的等容波

- 3、面波：沿地球表面传播，在与界面相垂直的方向上，波动的振幅急剧衰减

- Rayleigh wave：质点运动轨迹为逆进的椭圆，地面振幅最大
- Love wave：横波，介质至少 2 层，上层 v_s 小
- 地震记录中，一般振幅比体波大
- 面波的能量被捕获在表面才能沿着或近地表传播，在伦敦的圣保罗大教堂“耳语长廊”或中国天坛回音壁的墙面上捕获的声波就是面波。

其他：

- ✓ 地球的自由振荡
- ✓ 脉动

- 4、一般到序： P 波、 S 波、勒夫面波、瑞利面波、地震尾波

第三章 地震波的传播理论

- 1、震中距： $1^\circ = 110\text{km}$
- 2、地震波的吸收和衰减：

传播时间 t 后， $A = A_0 e^{-\gamma t}$ ， γ 为衰减系数

传播距离 x 后， $A = A_0 e^{-\alpha x}$ ， α 为吸收系数

- 3、费马原理：震动由介质中的一点传播到另一点时，它所经过的途径会使其传播时间为一稳定值（最大、最小、拐点）

地震学中的 Fermat 定理：地震波在介质中传播的路径为走时最小的路径。

➤ 是地震波的高频近似解

- 4、斯涅耳定律

$$\frac{\sin i}{v} = p$$

远震（球对称介质中）：

$$\frac{r \sin i}{v} = p$$

- 5、体波震相

✓ 近震

直达波：Pg、Sg

经莫霍面反射：PmS、PmP、SmP、SmS

经莫霍面首波：Pn、Sn

✓ 远震

P、S：从震源发出、向地球内部传播

p、s：由震源向地表传播（向上）

c：地核界面的反射

i：内核界面的反射

K：通过外核的纵波

I：通过内核的 P 波

J：通过内核的 S 波

- 6、如何识别震相？

- 依据运动学特征识别：首先统观记录，根据记录形态和延续时间，大致判断是近震、远震或是极远震。粗略估计震中距和初至波类型，参考走时表，进一步肯定初至波性质，并找出起始确切的其他震相
- 依据动力学特征识别震相、振幅、周期、出射角、振动方式和初动方向
- 利用多台对比法识别
- 利用同一地区地震记录的特征，多做比较，掌握其形态概貌
- 与理论地震图对比识别

第四章 地球内部的结构

- 1、1909 年观测到首波，发现莫霍面，30~60km
- 2、地幔可以流动，但由于地幔可以传播 S（剪切）波，地震学中通常视地幔为固体。
- 3、1906 年 Oldham <英>发现外核
- 4、1914 年：Gutenberg<德>发现核幔界面 CMB，2900km

5、1936 年：Inge Lehmann 英格·莱曼<丹麦>发现内核，5000km

第五章 地震机制

1、断层类型：取决于断层的滑移方向

应力：断层面上的应力超过其摩擦力时断层发生滑动。

- 正断层：应力为拉张型，垂向压力最大；与重力一起作用，断面陡
- 逆断层：挤压型，垂向压力最小；断面缓
- 走滑断层：半斤八两，垂向压力中等
- 斜滑断层

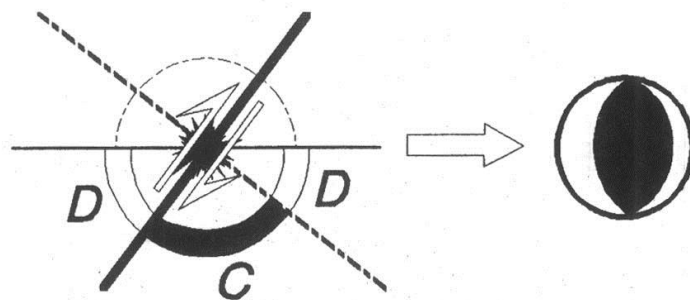
2、弹性回跳原理

- 理论模型、假说
- 地震破裂面的扩展速率不会超过岩石中的 P 波的传播速度
- 余震是断层调整导致的

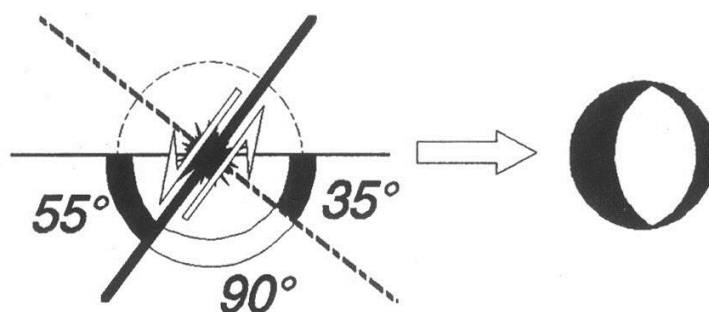
3、断层的走向：站在断层的地表面上，上盘在正右方，所面对的方向为走向方向。断层面和地表的交线的走向方向与正北的顺时针夹角叫断层的走向。范围为：0—360°

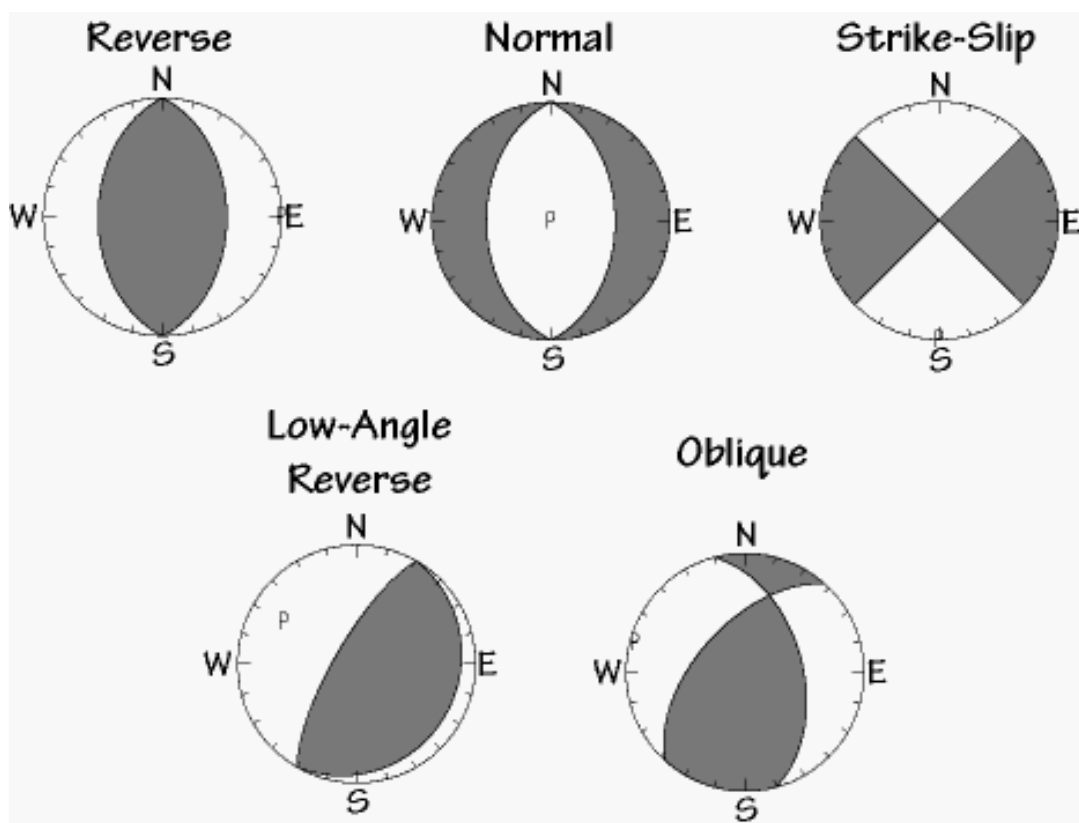
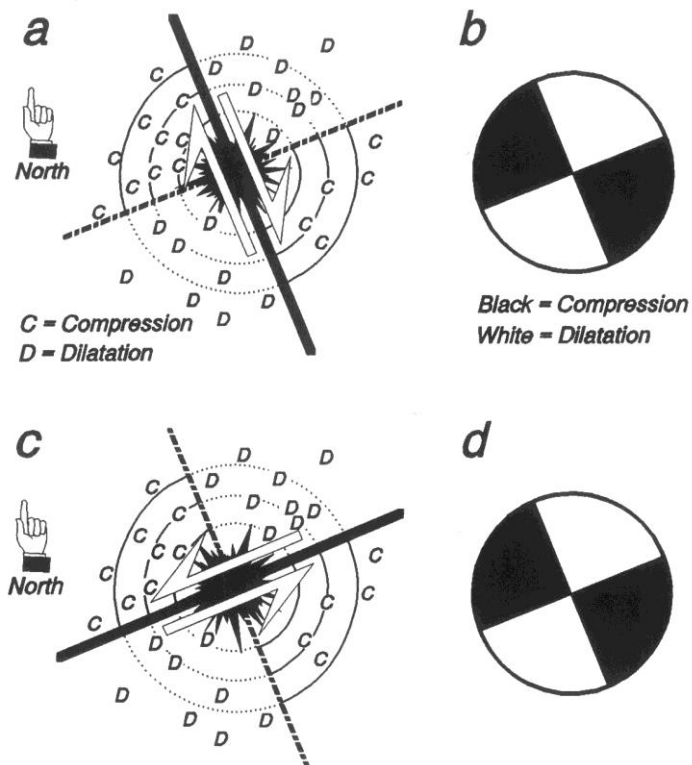
4、Beach Ball 模型

a) Reverse Fault



b) Normal Fault





5、地震效率：7.5%~15%

6、板块构造学说

- Hess（海底扩张假说创立者）估计海洋的年龄最老不超过 300 百万年。
- 最老的海洋地壳的年龄只有 180 百万年，比大陆地壳的年龄小 20 多倍。

- 七大板块：印度-澳大利亚板块、太平洋板块、北美板块、南美板块、欧亚板块、非洲板块、南极板块
 - 板块边界类型：
 - ✧ 扩散边界：大西洋中脊、冰岛地裂、东非裂谷；洋中脊；正断层
 - ✧ 汇聚边界：海沟；洋陆碰撞、洋洋碰撞、陆陆碰撞；环太平洋地区；逆断层
 - ✧ 转换边界：洋中脊边上；走滑断层
 - ✧ 板块边界区域
 - 海洋岩石圈与大陆岩石圈碰撞，海洋下沉
- 7、1915 年，魏格纳提出大陆漂移假说；1914 年一战
- 8、芦山地震：青藏高原逆冲到四川盆地造成，逆断层。
- 9、加强人口密集区地震监测与地震防范是减轻地震灾难的有效途径。
- 10、地震波能量和震级的通用关系：（M 为震级，E 单位为格尔） $1 \sim 32$
- $$\lg E = 11.8 + 1.5M$$
- 1 格尔= $10^{-7}J$
 - 6 级~2 万吨级原子弹
 - 8 级~1100 个广岛原子弹，汶川面波震级
- 11、地震类型

第六章 地震仪及地震基本参数的测定

- 1、张衡的候风地动仪不是真正的地震仪，因为不能记录准确时间
- 2、地震台：山脚下，基岩；天文台旁，为获取准确时间（很久以前）
- 3、鹞峰地震台：1930 年建立
- 4、地震定位：震中误差 10km，震源深度误差 20km
- 5、由于米尔恩对地震观测的贡献，他被称为现代地震学的奠基人
- 6、震级：
 - 里氏震级 M_L 无物理意义；地震矩震级 M_w 有物理意义，特别是对最强烈地震
 - 一般震级精度误差 0.3
 - M_L 距震中 100 千米的距离为标准，1cm~震级为 4

第七章 地震预报

- 1、地震预报所面临的主要困难：
 - 地球内部的“不可入性”；
 - 大地震的“非频发性”；
 - 地震物理过程的复杂性。
- 2、地震灾害的特点：
 - 突发性较强
 - 破坏性大，成灾广泛
 - 社会影响深远
 - 防御难度大
 - 次生灾害多
 - 持续时间长
 - 地震灾害具有某种周期性
- 3、地震逃生：

- 冷静的头脑
- 科学的方法
- 运气

第八章 宏观地震学

- 1、地震可预测，不可预报
- 2、建筑受损情况
 - 低矮建筑：近震、体波
 - 高层建筑：远震、面波
 - 面波比体波：衰减慢、振幅大、周期长、传播远，建筑物破坏主要由面波造成
- 3、对于某次地震，不同地区震级相同，烈度可能不同
- 4、盆地效应、盆地边缘效应
 - 松软的沉积土比基岩跟容易受损
 - 基岩上地震动幅值小、持续短、震害轻
 - 淤泥和填充地则放大地震波，像震动地果冻碗一样
 - 受地震影响：上海>北京西南>北京东北
- 5、烈度表：7度（日本）、10度、12度（我国，普遍）
- 6、地面运动的特点
 - 地面运动的最大加速度
 - 地面运动的周期
 - 强震的持续时间
- 7、决定任何场点地面震动的强度的因素：
 - 震源机制；
 - 震源与该场点之间岩石的不均匀性和结构变化；
 - 该场点的土壤和其他地质条件。
- 8、工程地震学研究主题
 - 地震宏观考察
 - 强震观测
 - 近场地面运动
 - 地震区域划分和地震危险性分析
 - 地震小区划
 - 近场地震学

第九章 勘探地震学

- 1、勘探石油的地球物理方法：重力勘探、磁性勘探、电法勘探、地震勘探（应用最广）
 - 其他勘探石油方法：地质法、钻探法
 - 海底勘探上世纪 50 年代发展

第十章 海啸

- 1、海啸：500miles/h 相当于 喷气式飞机；地震引起；波长长，能量大，传播速度快
- 2、Tidal waves：太阳或月亮引起
- 3、逆冲型断层最可能引发海啸
- 4、海啸产生条件：
 - 地震发生在深海

➤ 地震震级大

➤ 开阔并逐渐变浅的海岸条件

5、预警：

➤ 太平洋海啸预警中心发布海啸警报的必要条件是：海底地震的震源深度小于 60km，同时地震的震级需要大于 7.8 级。

➤ 地震波传播速度大于海啸波传播速度

6、海洋里遇到海啸并不可怕

7、海啸等级 m 和地震震级 M 之间有一个统计关系：

$$m=2.61M - 18.44$$

8、地震波波长越长，衰减越慢

$$A(h)=A_0 e^{-\frac{h}{\lambda}}$$

9、 $V = \sqrt{g * d}$ d 为水的深度

10、智利地震海啸传播到日本 22h，夏威夷 12h

11、如果在海滩或邻近海的地方感到地震，应马上向高处跑去

芦山地震

1、与汶川地震相同：龙门山断裂带、青藏高原逆冲到四川盆地上

2、是不是余震：两种解释均有道理

教学网作业

1、某个台站使用伍德-安德森地震仪接收信号。某天，接受到一串地震波，经过分析，知道震中距离台站 100km。工作人员测量出这串地震波的峰值波振幅为 1 厘米，求该地震的震级为里氏几级？

4

2、假如地震发生在正下方，地震波来临时会有什么样的感觉？
先上下颠簸后左右摇晃

3、震级相差两级，释放的能量相差多少倍？

1000

4、某地区有 3 个地震台 A，B，C。地震台 A 的坐标为 (50km,10km)，B 的坐标为 (10km,40km)，C 的坐标为 (-10km,10km)。一次它们接收到同一个地震，A，B，C 台站的 P 波和 S 波的走时差分别为 2s，1.5s，1s。已知地震发生在地表，该地区 P 波和 S 波的速度分别为 5km/s 和 4km/s。请求出震中的位置。

(10km,10km)

5、全球地震活动最强烈的地震带是哪一个？（全球 80%的浅源地震、90%的深源地震均集中在该带上，这是一条对人类危害最大的地震带）。

环太平洋地震带