

第三章

地震學揭示的地球內部構造與組成

章節大綱

地震學探測方法

地球圈部分層

礦物相變

熱力學狀態

☐何使用地震學?

- ▶ 地震學具有最高地下解析能力
- ▶ 可探測數千公里深處結構
- ▶ 可辨識地球分層界面
- ▶ 能判定☐部物質狀態（固態或液態）

反演問題 (Inverse Problem)

地震波走時:

$$T = \int_{\text{path}} \frac{ds}{v(s)}$$

利用:

- ▶ 走時
- ▶ 振幅
- ▶ 頻率特性

反演地下:

- ▶ 密度
- ▶ 彈性 \mathbb{F} 數
- ▶ 波速結構

地球內部結構

地殼 → 地函 → 外核 → 內核

重要不連續面：

- ▶ Moho
- ▶ 410 km
- ▶ 660 km
- ▶ 核幔邊界 (CMB)
- ▶ 內核邊界 (ICB)

莫氏不連續面 (Moho)

- ▶ 地 \square 與地函分界
- ▶ 波速突然增加
- ▶ 大洋地 \square ：約 5–10 km
- ▶ 大陸地 \square ：約 30–70 km

低速帶 (LVZ) 與軟流圈

- ▶ 位於岩石圈下方
- ▶ P 波與 S 波速度下降
- ▶ 溫度接近熔點
- ▶ 可能存在部分熔融
- ▶ 板塊運動的重要基礎

D' 層

位於：

CMB 上方數百公里

主要特徵：

- ▶ 波速 \uparrow 常
- ▶ 超低速區 (ULVZ)
- ▶ 可能 \uparrow 熱柱起源區
- ▶ 地函與核心交互作用區域

外核與☐核

外核

- ▶ 液態
- ▶ S 波無法通過
- ▶ 形成 P 波陰影區

☐核

- ▶ 固態
- ▶ 鐵鎳合金
- ▶ 高壓造成固化

410 km 相變

α -Olivine \rightarrow β -Wadsleyite

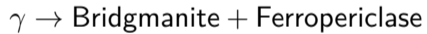
- ▶ 密度增加
- ▶ 波速增加
- ▶ 形成 410 km 不連續面

520 km 與 660 km 相變

520 km:



660 km:



- ▶ 上下地函分界
- ▶ 影響地函對流

Birch 定律

$$V_p = a + b\rho$$

重要意義：

- ▶ 波速與密度近似正性
- ▶ 驗證地函橄岩系統
- ▶ 地核密度低於純鐵
- ▶ 顯示存在輕元素

Pyrolite 地函模型

礦物	比例 (%)
橄欖石	57
斜方輝石	17
單斜輝石	12
石榴石	14

地殼與固相

→ 固態

$$T_{\text{geotherm}} < T_{\text{solidus}}$$

→ 熔融

$$T_{\text{geotherm}} > T_{\text{solidus}}$$

各圈層熱力學狀態

區域	溫度	狀態
岩石圈	低	固態
軟流圈	高	部分熔融
D'	高	局部熔融
外核	極高	液態
內核	極高	固態

結論

1. 地震波揭示地球分層構造
2. 410 km 與 660 km 源於礦物相變
3. 地函主要由 Pyrolite 組成
4. 外核液態、 F 核固態
5. D'' 層可能是熱柱起源區

Thank You