

地球大气的起源与演化

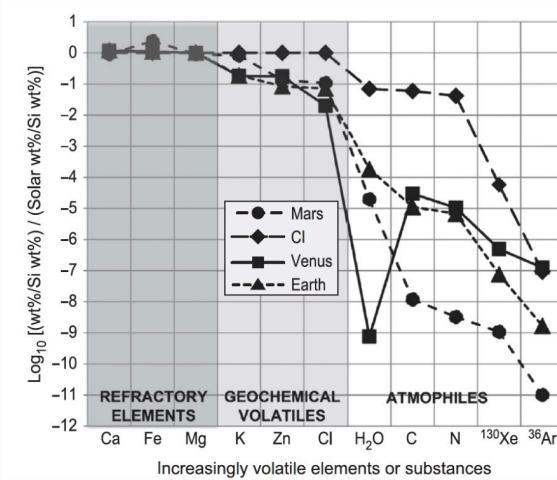
1. 行星大气与海洋的起点：行星形成

- 尘埃与气体 → 星际云/原恒星盘 → 原行星盘 → 原行星形成四阶段
- 问题：大气与海洋从哪里来？

2. 大气与海洋的来源：彗星和星云的捕获？

- “彗星送水”：D/H同位素不匹配！
- 直接从太阳星云来？

○

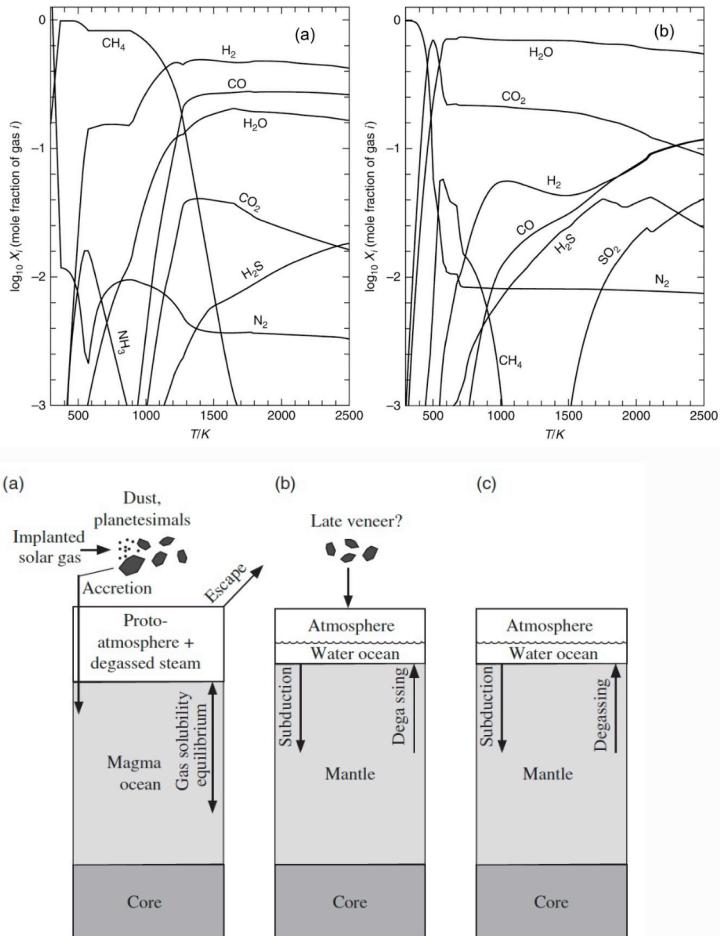


- Ca, Fe, Mg 等难熔元素像是从太阳星云里继承的
- K, Zn, Cl 等挥发元素明显偏离太阳星云

3. 早期地球：能捕获一点星云气体，但随后被脱气“改写”

- Proto-Earth质量大于火星 → 有能力吸收星云气体，之后与脱气混合
- 吸积与撞击脱气 → 晚期吸积出现岩浆海 → 形成高压蒸汽大气 (~270 bar)，偏还原
- 蒸汽大气的组成会随温度与撞击体类型变化

○

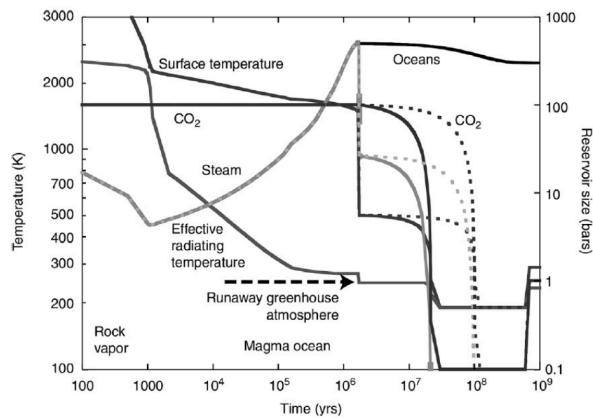


- a到b的冷却

4. 大撞击

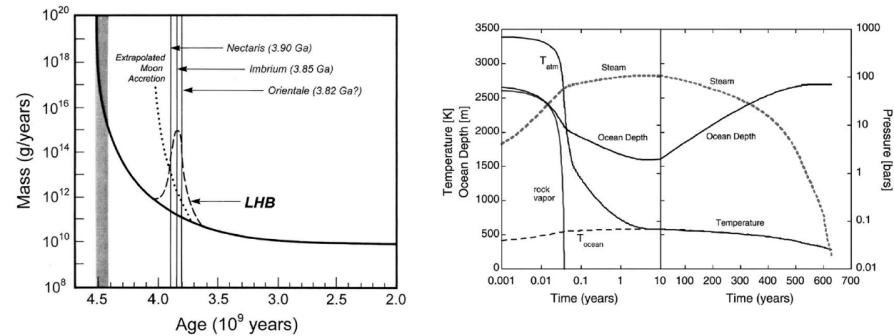
- 大撞击事件后，蒸汽大气可能会剥离（blown away），随后气体与岩浆洋重新平衡

◦

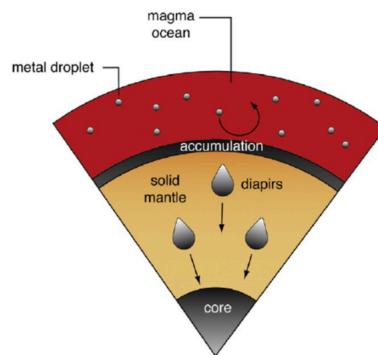


- 晚期猛烈的轰炸事件（LHB）

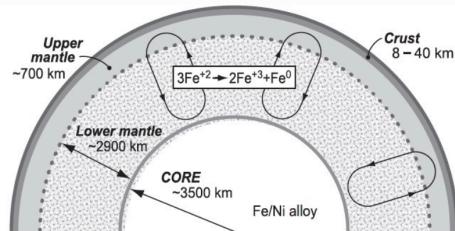
◦



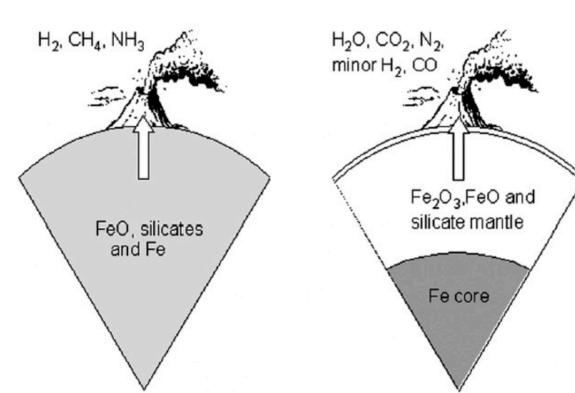
- 铁核和磁场形成影响大气



- ■ 岩浆洋里的铁团块下沉并入地核



- ■ $3\text{Fe}^{2+} \rightarrow 2\text{Fe}^{3+} + \text{Fe}^0$: 歧化反应
- 金属铁下沉到地核，三价铁留在地幔里，被对流带入上地幔
- 地幔更氧化



- ■ 地核形成前：此时脱气很还原
- 地核形成后：脱气变得氧化

5. 次生大气

- 火山脱气建立
 - $H_2O \sim 80\%$
 - $CO_2 \sim 10\%$
 - N_2 几个百分点
 - 少量
 - CO 、 HCl 、 H_2S 、 SO_2 、 CH_4 、 NH_3 等痕量气体
- 几乎没氧气，没臭氧层，UV直达地表
- 水汽大量地输入和冷却：形成云和海洋

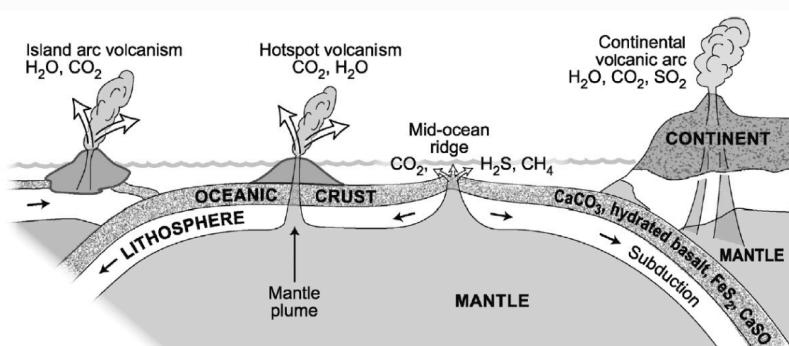
6. “暗淡太阳悖论”

- 当时太阳比现在弱30%，但是UV更强，正常地球应该结冰，但是事实并非如此
- 传统看法：高二氧化碳，强温室效应
 - 但是缺乏证据表明二氧化碳能那么高
- 补充方案：更高的甲烷和氢气（温室气体+扩展吸收截面）
 - 副作用：形成有机Haze，带来冷却效应

7. 次生大气的演化

- 内部脱气

◦



- 表面与大气反应
- 大气光化学和气相反应（那个时候UV高）