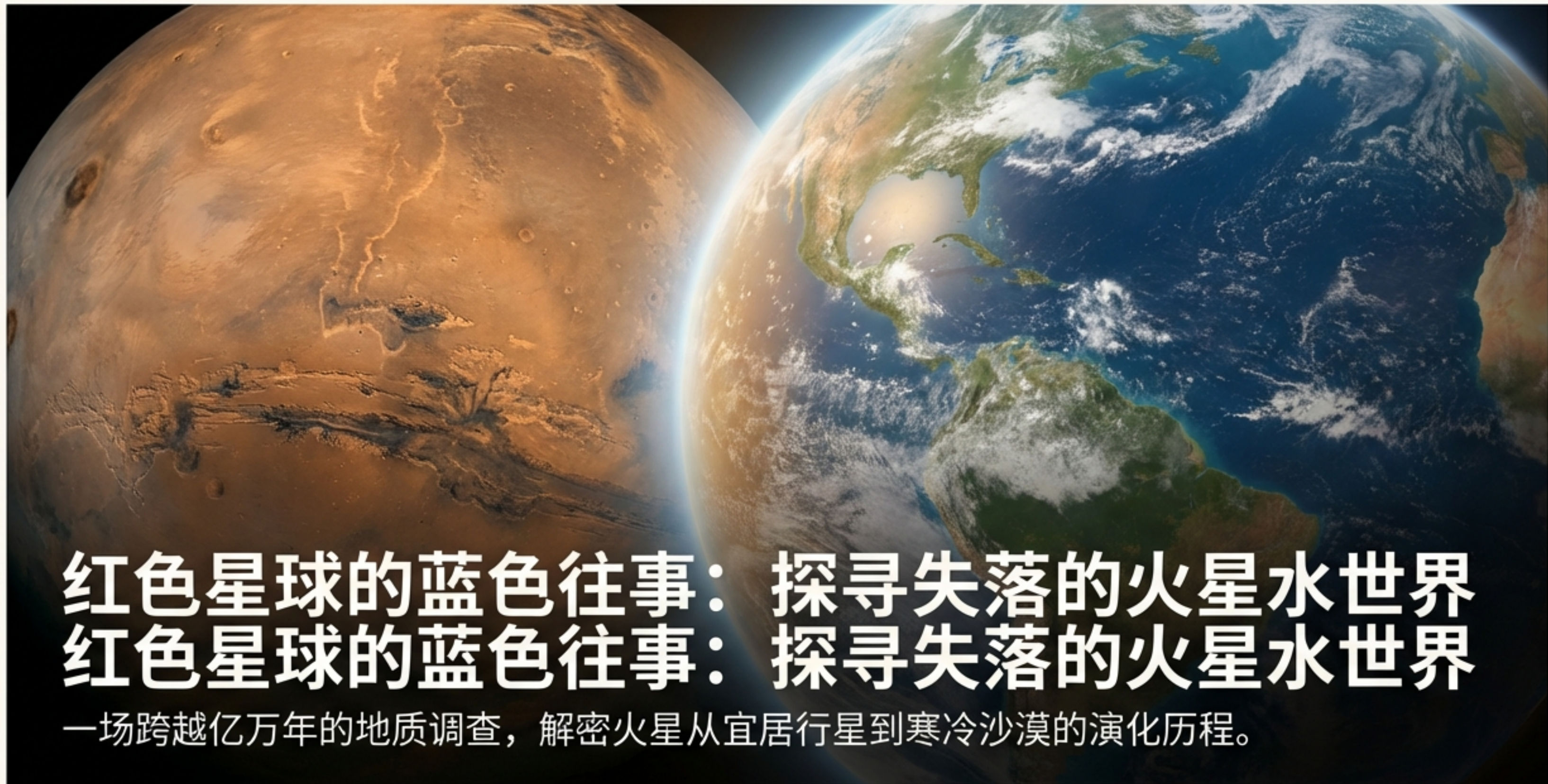




红色星球的蓝色往事：探寻失落的火星水世界 红色星球的蓝色往事：探寻失落的火星水世界

一场跨越亿万年的地质调查，解密火星从宜居行星到寒冷沙漠的演化历程。

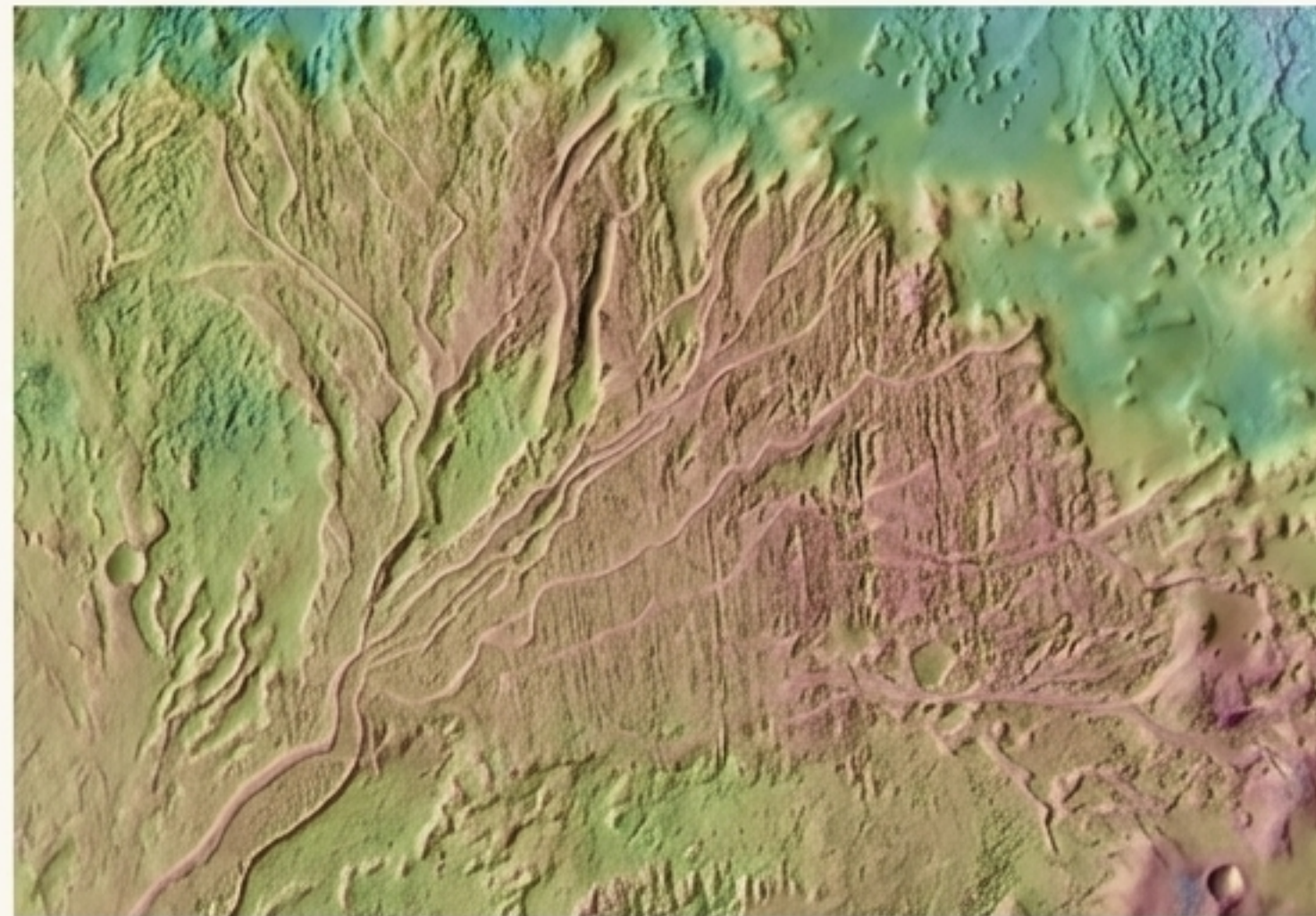
一个行星，两种截然不同的面貌

今日火星：寒冷、荒芜的沙漠



- 平均表面气压约**630帕**（不及地球的**1%**）
- 大气主要成分为**二氧化碳**（约**95.3%**）
- 表面温度在**-123°C**至**27°C**之间变化

过去的线索：液态水流动的遗迹



然而，自“水手9号”以来，探测器传回的图像揭示了遍布全球的干涸峡谷、古湖泊盆地与三角洲。这引出了火星最大的谜团：水去了哪里？

线索一：遍布古老高地的峡谷网

地貌特征：

- 蜿蜒、狭长且常有分支的线状凹陷地貌，与地球水系相似。
- 宽度多在1-4公里，深度在50-200米之间。

关键数据：

- 目前已识别出约40万条分支，总长度超过77万公里。
- 绝大多数（超过90%）分布在诺亚纪的南部古老高原。

主流成因假说 1：地表径流 (Surface Runoff)

典型的树枝状水系形态，暗示由降水（雨或雪融水）侵蚀形成。



主流成因假说2：地下水潜蚀 (Groundwater Sapping)

具有圆弧形的源头，可能主要由地下水侵蚀形成。



线索二：塑造地貌的史诗级洪水——外流河道

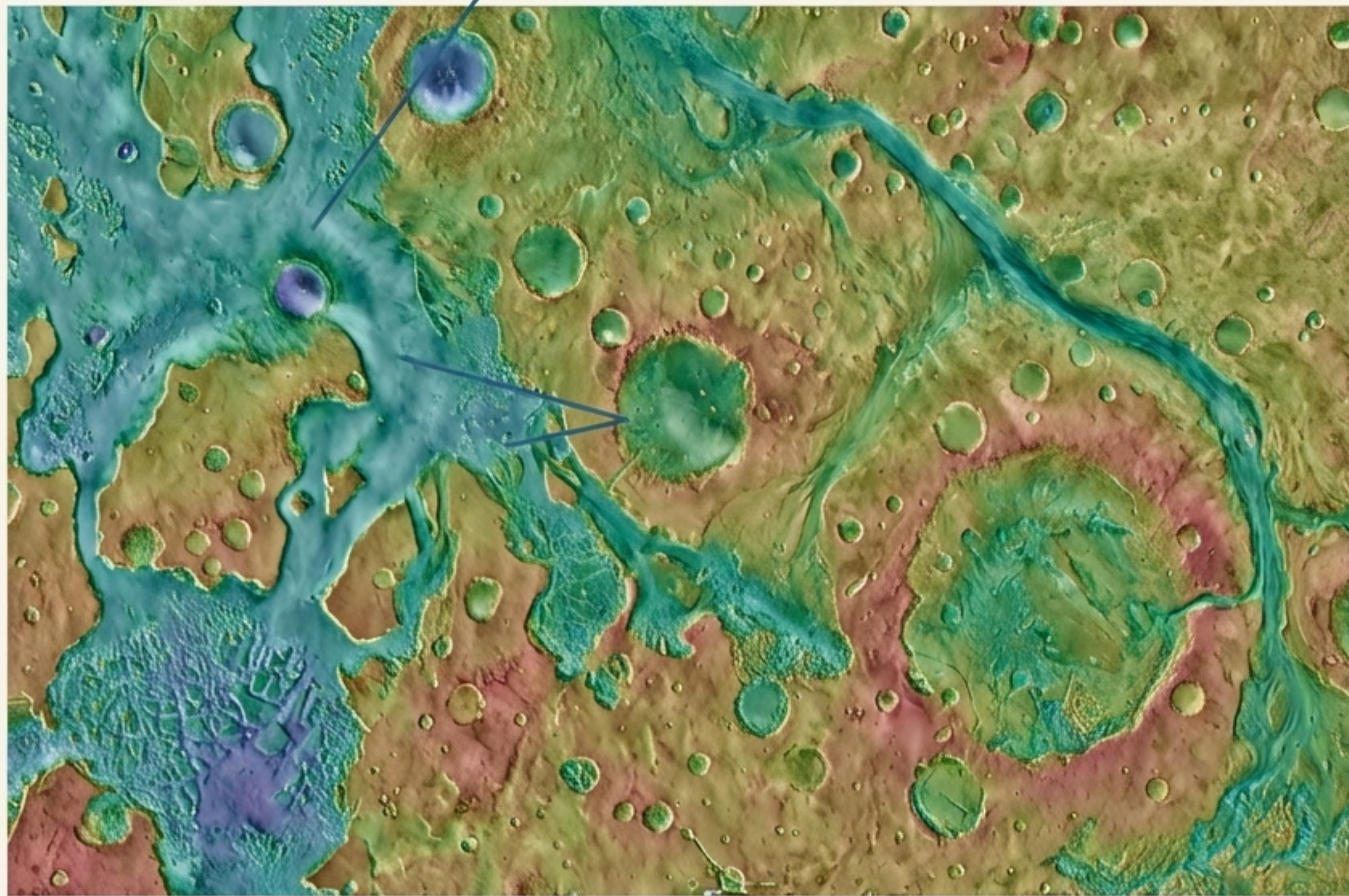
规模对比：远大于峡谷网，宽度可达几十至几百公里（如Kasei河谷宽宽达400公里），长度可达3000公里。

地貌特征：源头常为混沌地貌区或大型地表裂隙，河床上有流线型岛屿，这些特征与地球上的洪水地貌相似，表明是由爆发性洪水形成。

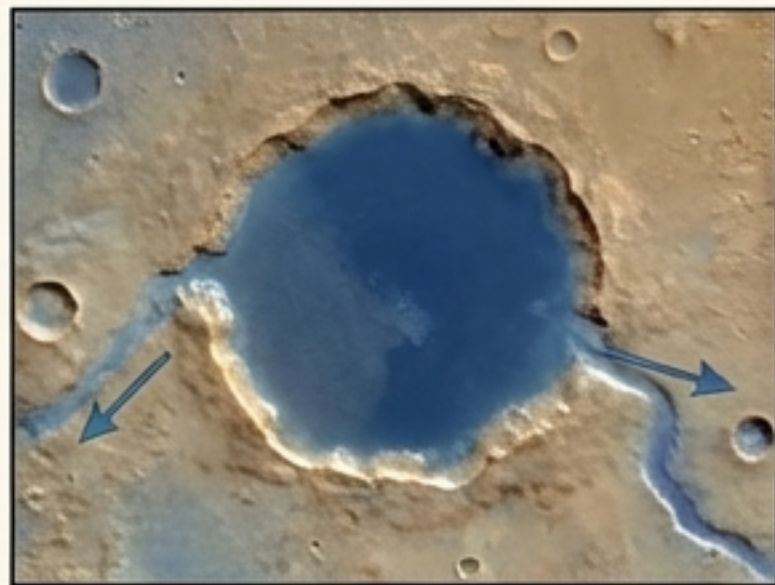
估算流量：模拟研究显示，其峰值流量可达 $10^7 \sim 10^8 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

主要分布：集中在Chryse平原周边、Hellas盆地周围及Tharsis和Elysium火山区附近。

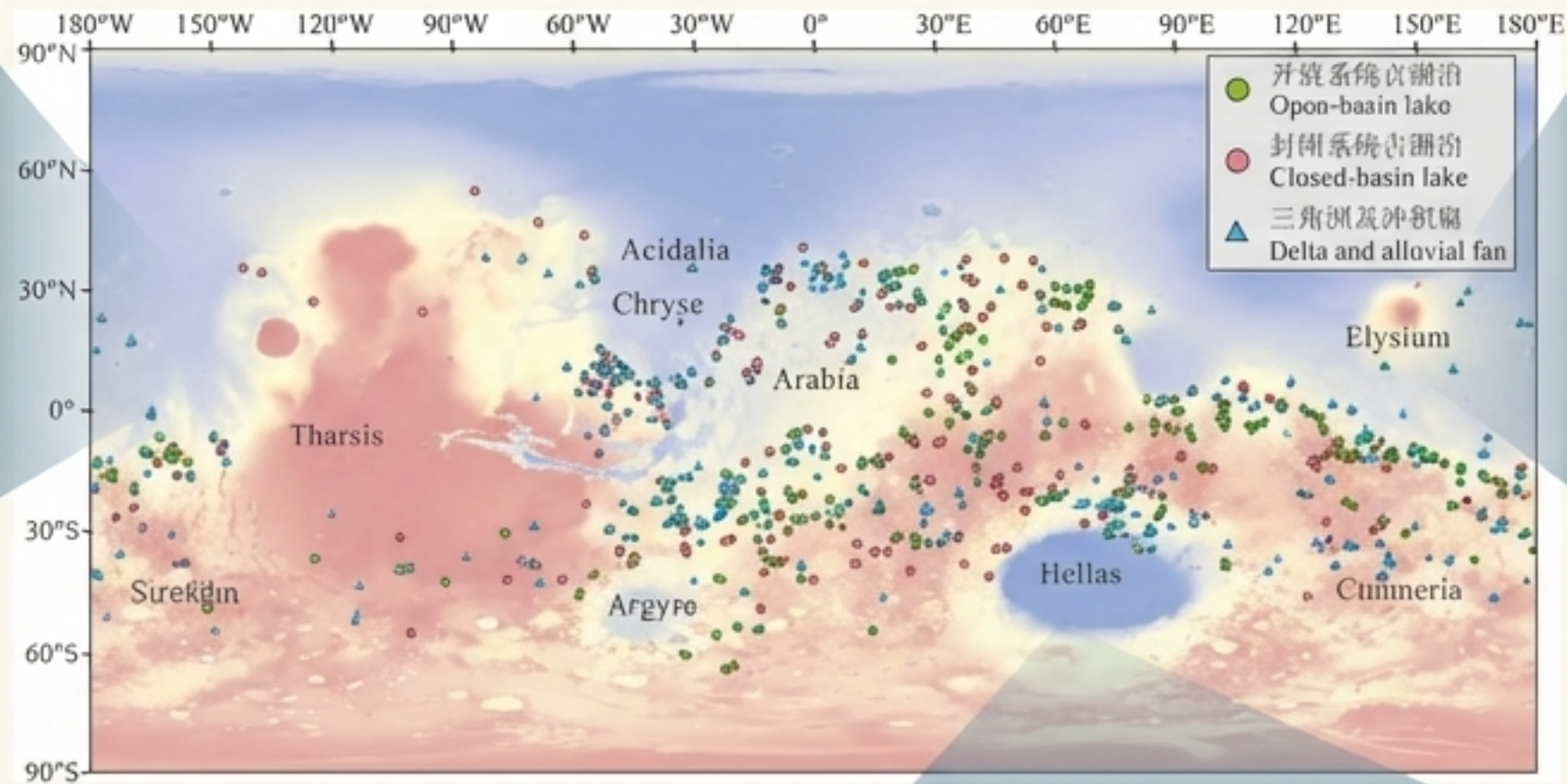
源头常为混沌地貌区（Chaotic Terrain）



线索三：静水之境——古湖泊盆地的遗迹



开放系统 (Open-basin)
同时具有水的流入和流出通道。



封闭系统 (Closed-basin)
只有流入通道，无流出通道。

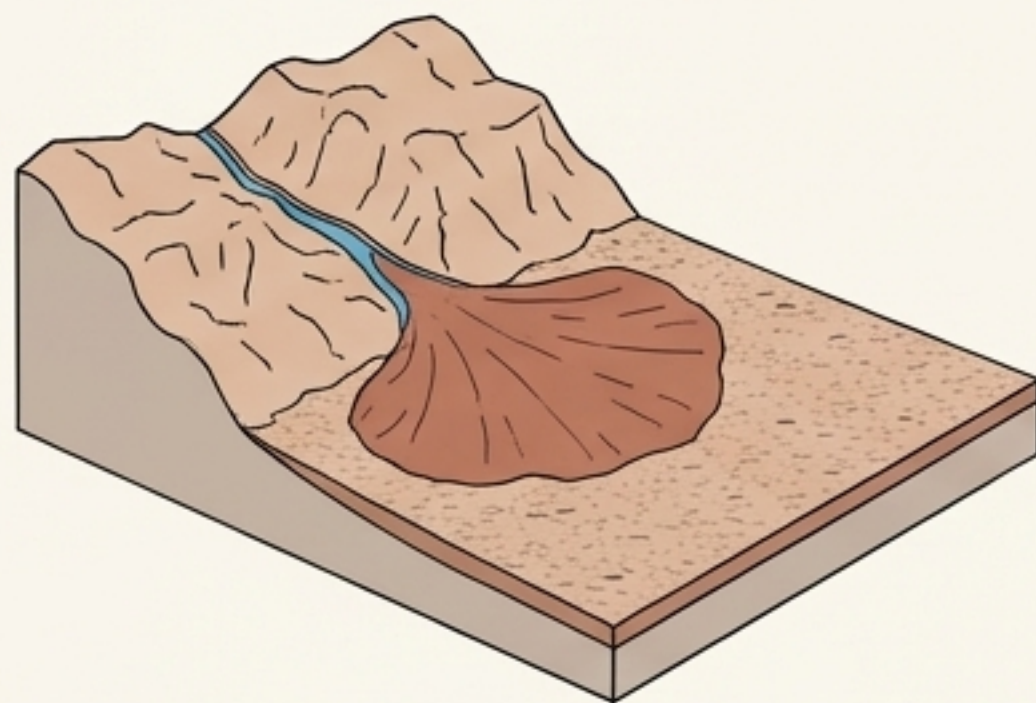
湖泊链系统 (Lake chains)
由一系列古湖泊通过峡谷相连。



识别依据：主要通过有峡谷连通的洼地（多为撞击坑）来识别。三角洲、层状沉积等地貌也是重要证据。
分布规律：主要分布在南部高原，尤其集中在南北二分性边界附近，该区域有大量峡谷网提供水源。

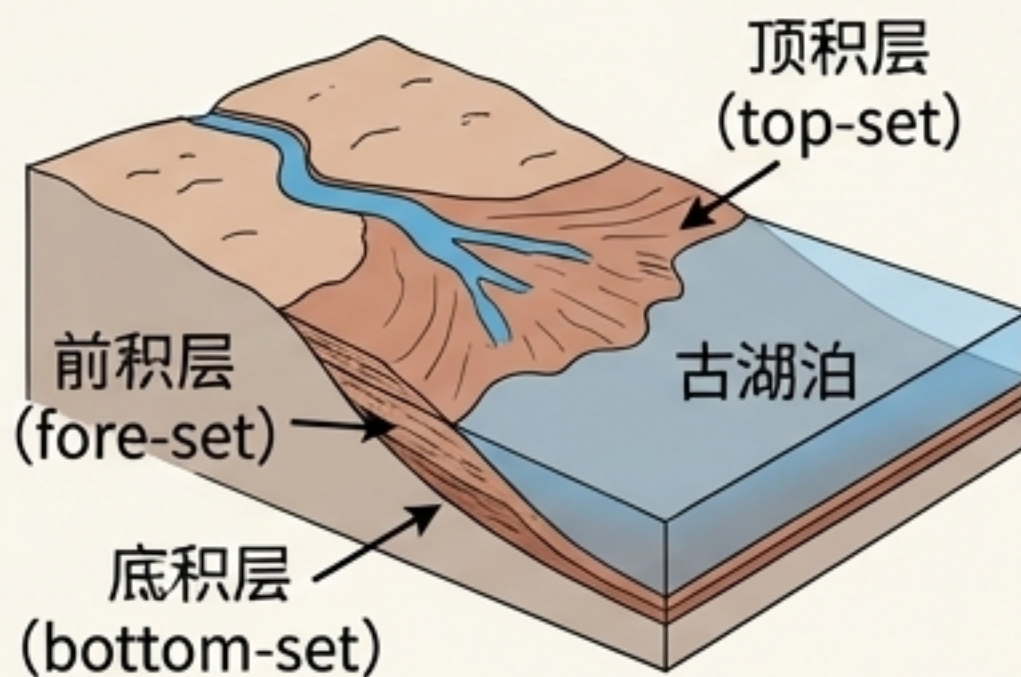
决定性证据：三角洲与冲积扇的沉积记录

冲积扇 (Alluvial Fan)

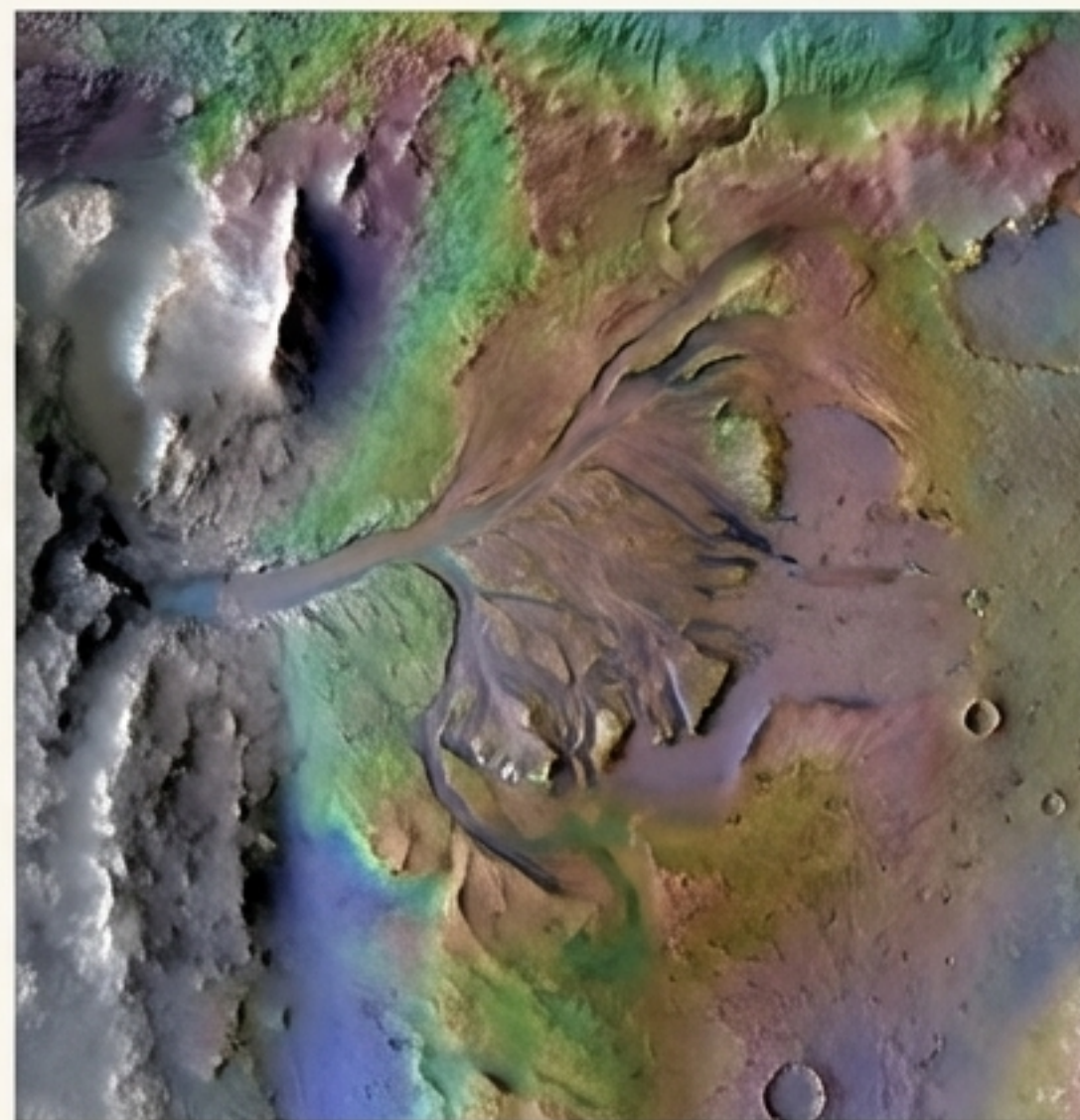


一般形成于无水的山前平原。

三角洲 (Delta)



形成于稳定的水体中，是古湖泊最可靠的证据之一。



科学意义：三角洲环境是研究火星宜居性的热点区域，例如美国“毅力号”火星车的着陆点——耶泽罗陨石坑 (Jezero Crater) 内就发育有大型三角洲。

重建时间线：火星水世界的三个纪元



基于地层学和撞击坑统计定年法，我们将火星的水活动历史分为三个主要阶段。

早期火星：温暖湿润还是寒冷多冰？

温暖湿润说 (Warm & Wet)



广泛的树枝状峡谷网、开放湖泊和大量黏土矿物的存在，指示了需要长期稳定液态水的气候。

寒冷多冰说 (Cold & Icy)



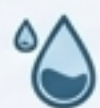
气候模型难以维持全球性温暖；部分峡谷形态类似冰川侵蚀；峡谷网总体发育不成熟。

新兴共识 (Emerging Consensus)

早期火星可能是一个“寒冷但间歇性湿润”的世界。全球整体寒冷，但火山活动或撞击事件等因素会引发周期性或局部性的变暖，导致冰雪融化，形成地表径流。

为何要追寻水？因为它通往生命之路

宜居性的基本要素：



液态水

+

时间

+

能量

+



生命必需化学元素
(C, H, O, S, N, P)

首选探测目标：

古湖泊和**三角洲**环境，因为它们可能长时间存在液态水，有利于汇集和保存**有机分子**及**生命痕迹** (biosignatures)。

关键发现：

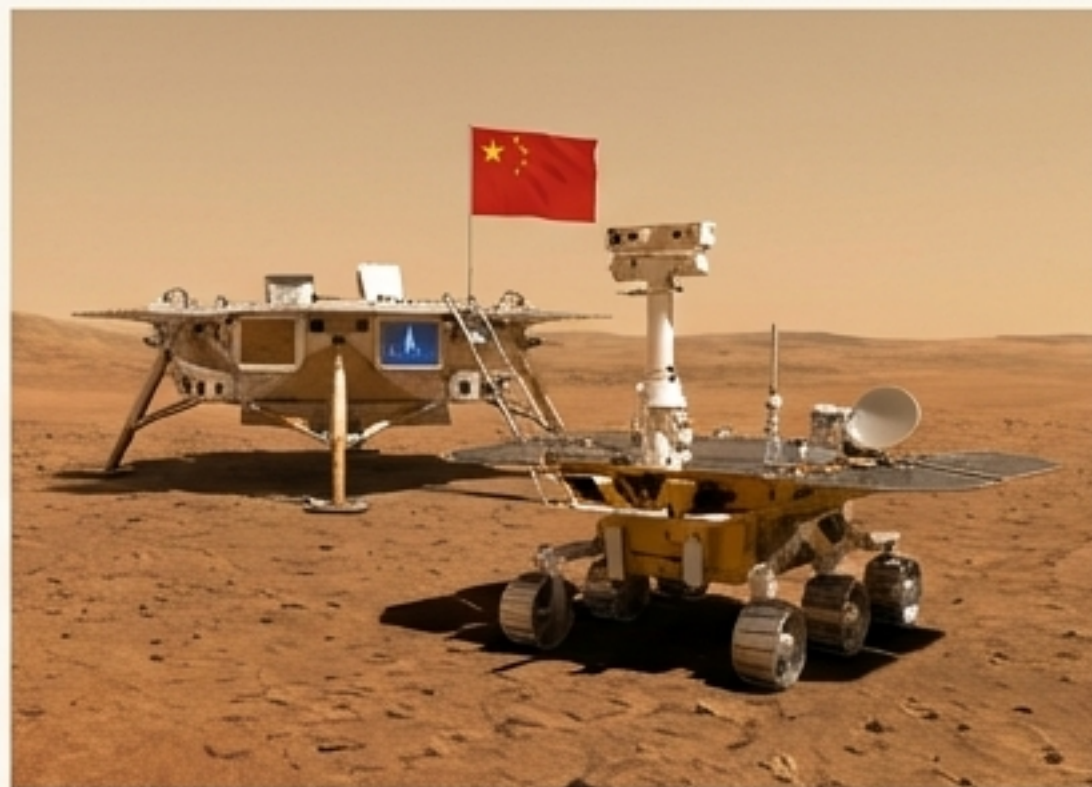
“好奇号”火星车已在**盖尔撞击坑**的古湖泊沉积物（约35亿年前的泥岩）中探测到了**所有生命需的关键化学元素**，并发现了**噻吩类、芳香族和脂肪族有机化合物**，证实了远古火星存在宜居环境。

今天的调查：火星车作为前线地质学家



**美国“好奇号”
(Curiosity)**

确认了盖尔撞击坑内曾存在一个宜居的河流-湖泊环境。



**中国“天问一号”与“祝融号”
(Tianwen-1 & Zhurong)**

一次性完成对火星的“环绕、着陆、巡视”探测，扩展了我们的全球数据集。



**美国“毅力号”
(Perseverance)**

明确以寻找远古生命迹象为首要目标，明确以寻找远古生命迹象为首要目标，并正在采集岩石样本，为未来的火星采样返回任务做准备。

最新突破：“毅力号”发现潜在生物特征



- **发现地点：**“毅力号”在耶泽罗陨石坑一个名为“布赖特·安杰尔角”地层的年轻沉积岩中采集到一块名为“蓝宝石峡谷”的岩芯样本。
- **关键发现：**样本中富含有机碳、黏土、硫酸盐和氧化铁等化学物质。这种组合在地球上非常有利于保存远古微生物生命的痕迹，并可能为微生物代谢提供丰富的能量来源。

“科学评价：“迄今距离‘在火星上发现生命’最近的一次”。”

重要提示：这被称为“潜在生物特征”，意味着它可能由生物起源，但尚不能排除非生物成因。最终确认需要将样本带回地球实验室进行详细分析。

案件远未结束：亟待解决的核心问题



1

水源之谜

早期火星水成地貌的水源究竟是大气降水、地下水还是冰雪融水？它们各自的贡献比例是多少？

2

亚马逊纪的水活动之谜

在普遍认为寒冷干旱的亚马逊纪，是什么机制导致了部分地表液态水活动的出现与持续？

3

水环境特征之谜

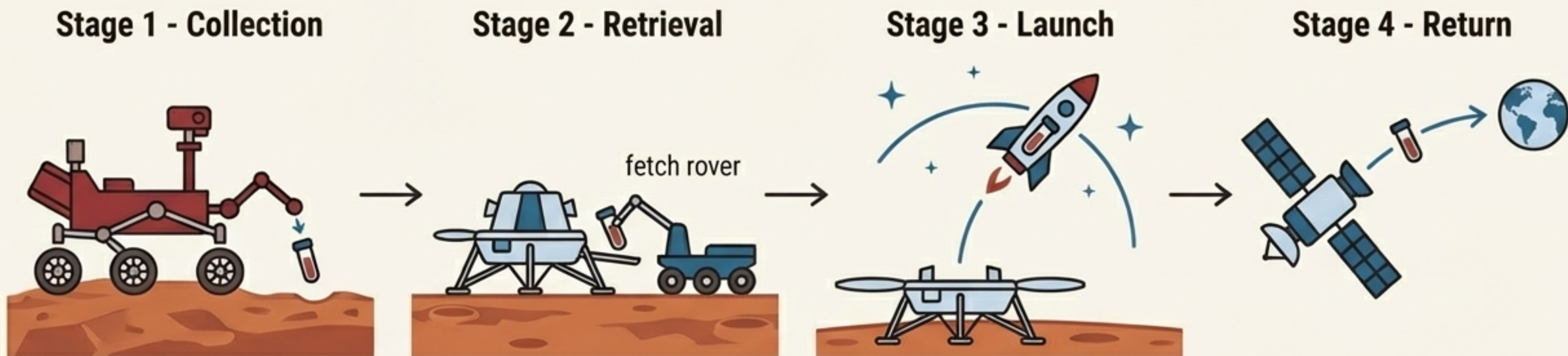
早期火星的水环境（如pH值、盐度）在全球范围内和不同时期是如何变化的？

4

地球类比研究

如何更好地利用地球上的相似地貌（如我国的柴达木盆地）来解读火星地质过程？

下一步：将火星带回地球



终极目标：“毅力号”正在采集的岩芯样本，是未来“火星采样返回”（Mars Sample Return）任务的核心。这是由NASA和ESA合作的宏大计划。

科学必要性：将火星样本带回地球，利用地球上最顶尖的实验室设备进行分析，是目前唯一能够明确判断“潜在生物特征”是否为真实生命痕迹的方法。

未来展望：该任务计划在2030年代将样本带回地球。无论结果如何，它都将开启行星科学的新纪元，并可能最终回答：我们在宇宙中是否孤独？