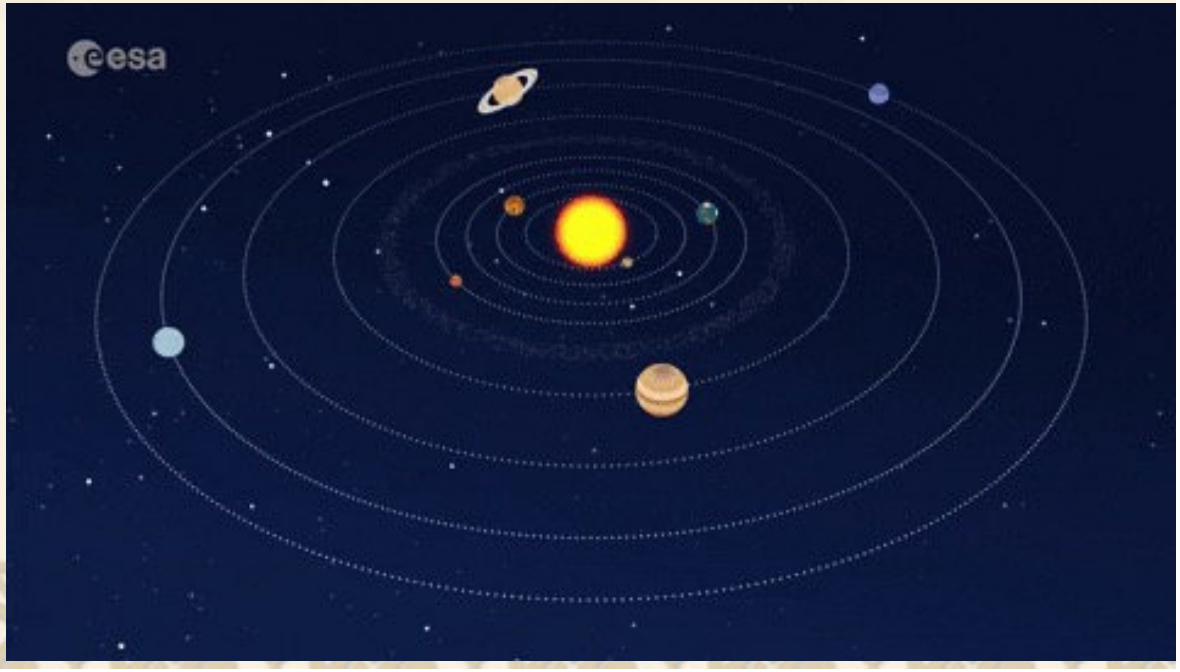
第三章：我们的太阳系2—行星

- 本章内容：
  - 如何定义行星？
  - 如何测量行星的属性？
  - 太阳系内的天体各自有哪些特点？
    - 八大行星
    - 小行星带、近地天体
    - 冥王星、Eris
    - 彗星
    - 流星
    - 星际天体



- 行星的定义
  - 2003UB313的发现（2005）：Eris

    比冥王星略大，D=96.7AU
  - 冥王星被开除(不符合下面的第三个条件)

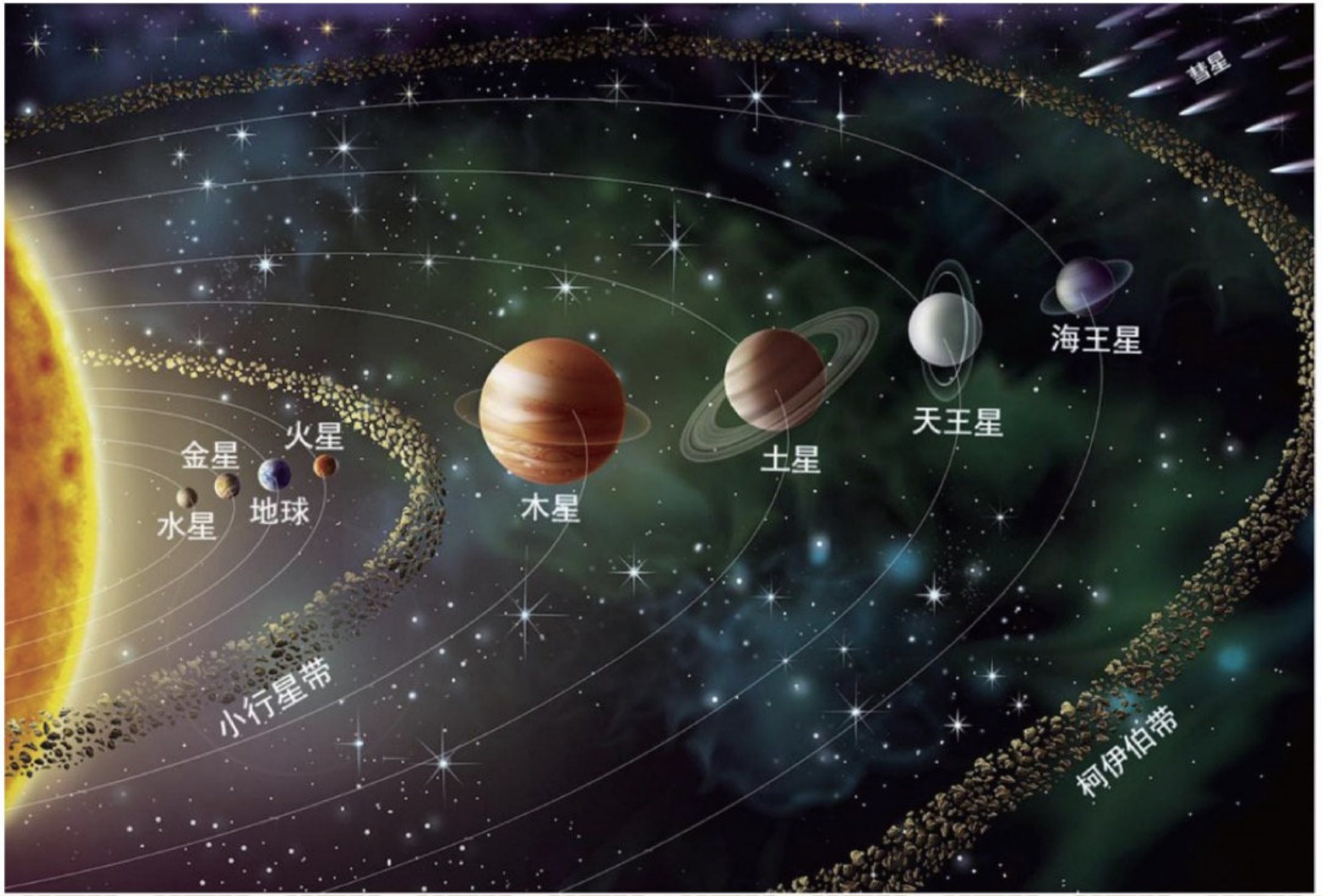
    大的椭圆轨道，大的轨道倾角
  - 行星的定义（IAU大会 2006.8）
    - 绕太阳公转
    - 质量足够大，近球形，流体静力学平衡
    - 轨道附近不存在其它质量大致相同的天体
  - 矮行星的定义（满足条件一二，不满足三，非卫星）

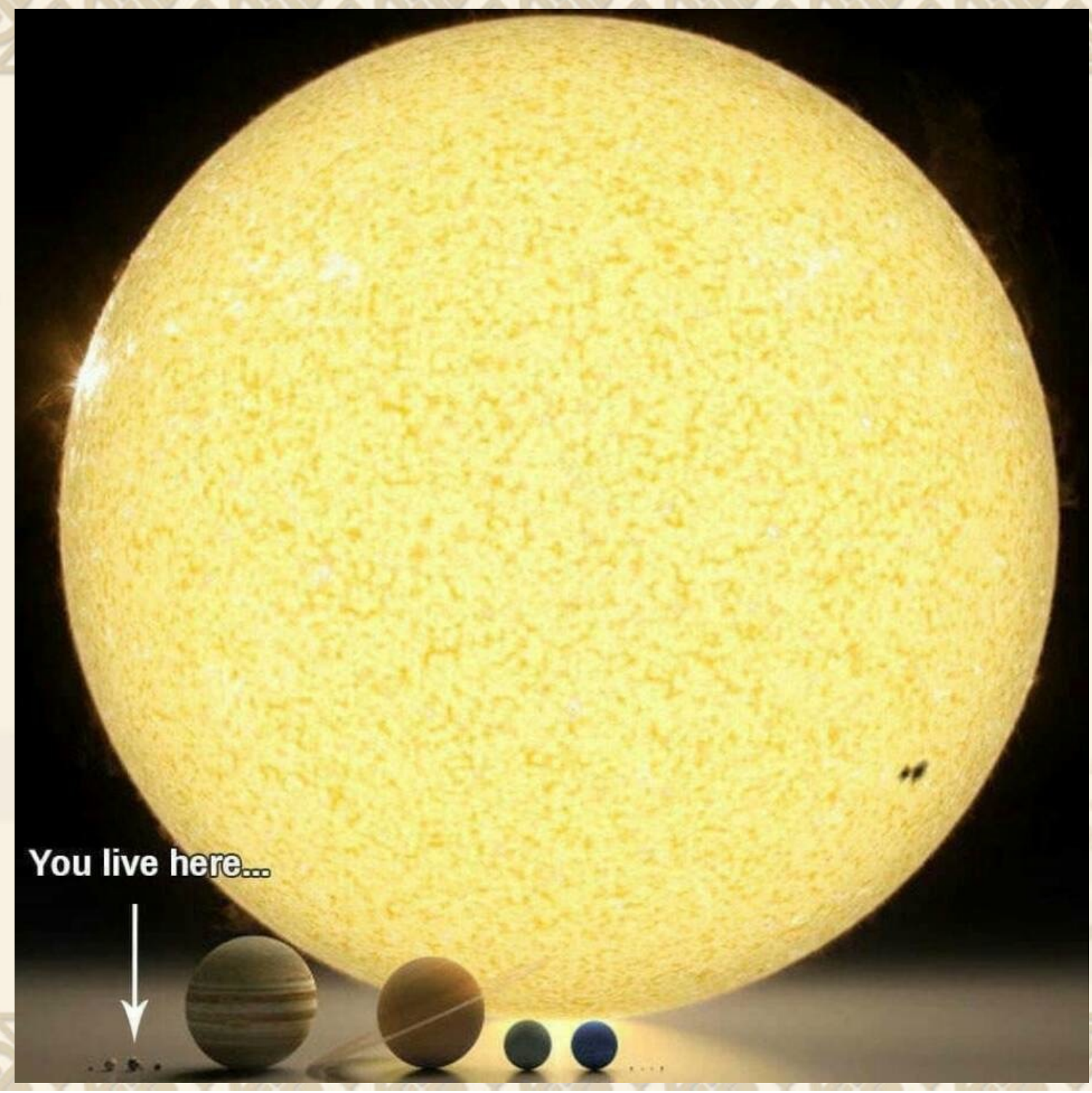
Figure 3.1 The eight planets of our Solar System. Image: Wikipedia Commons, NASA.

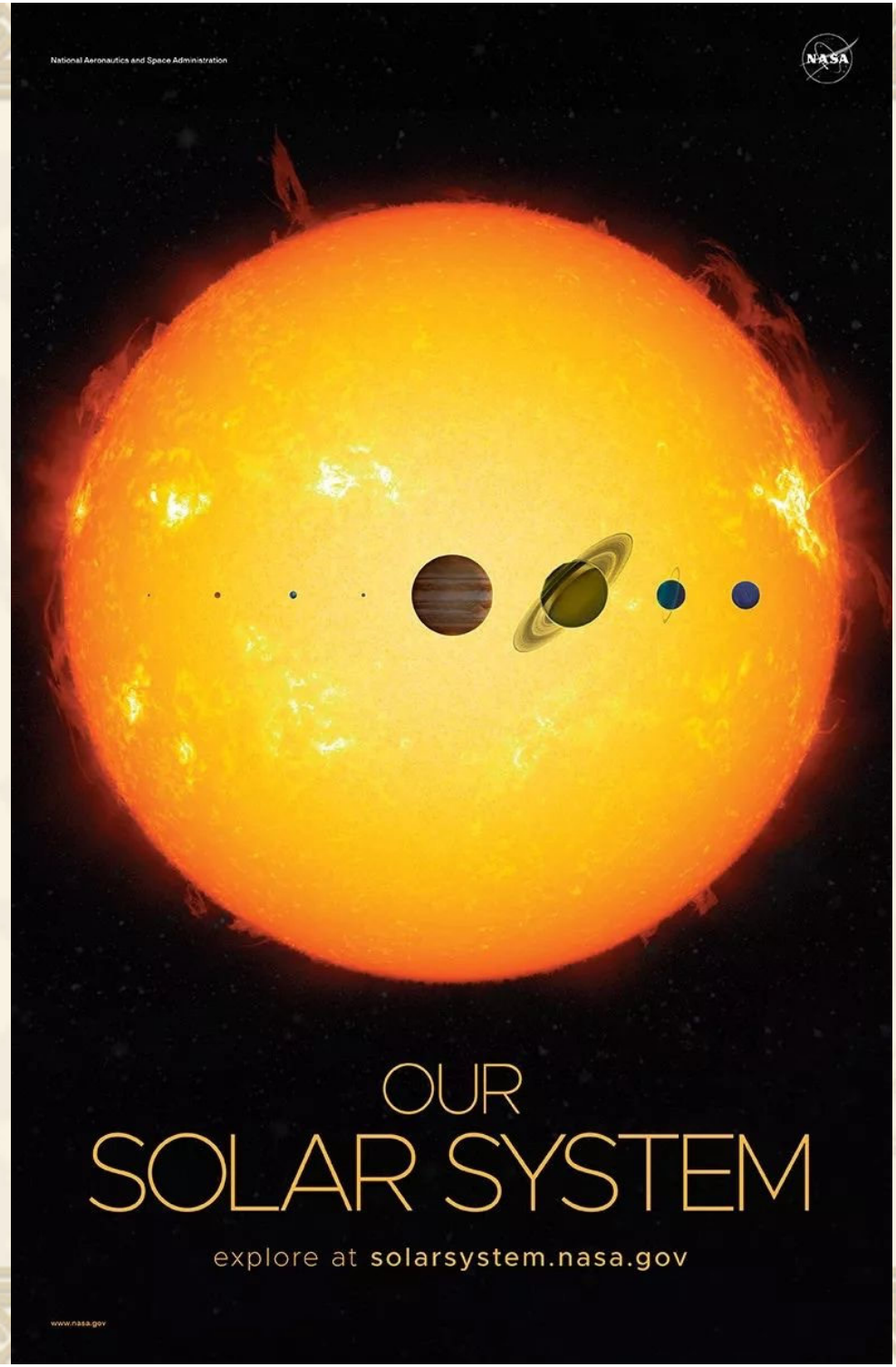
太阳系八大行星（三个矮行星）

《八大星》

(5.5-yr-old Larry @ 2015/11)

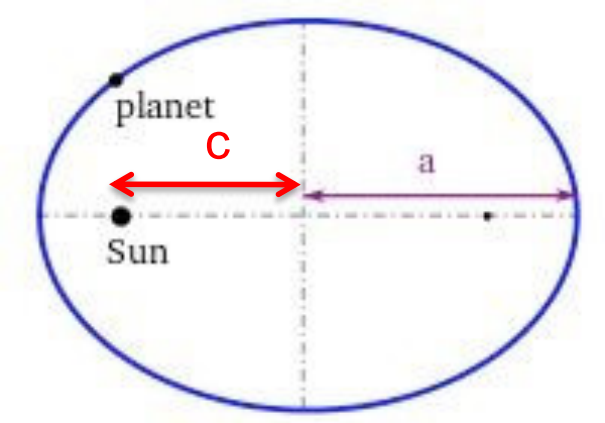

彗星
海王星
天王星
土星
木星
火星
金星
地球
水星
小行星带
柯伊伯带


You live here...


National Aeronautics and Space Administration
NASA
OUR
SOLAR SYSTEM
explore at solarsystem.nasa.gov
www.nasa.gov

行星轨道

- 椭圆轨道：e=c/a，a
  - 近日点=a(1-e)
  - 远日点=a(1+e)
- 离心率

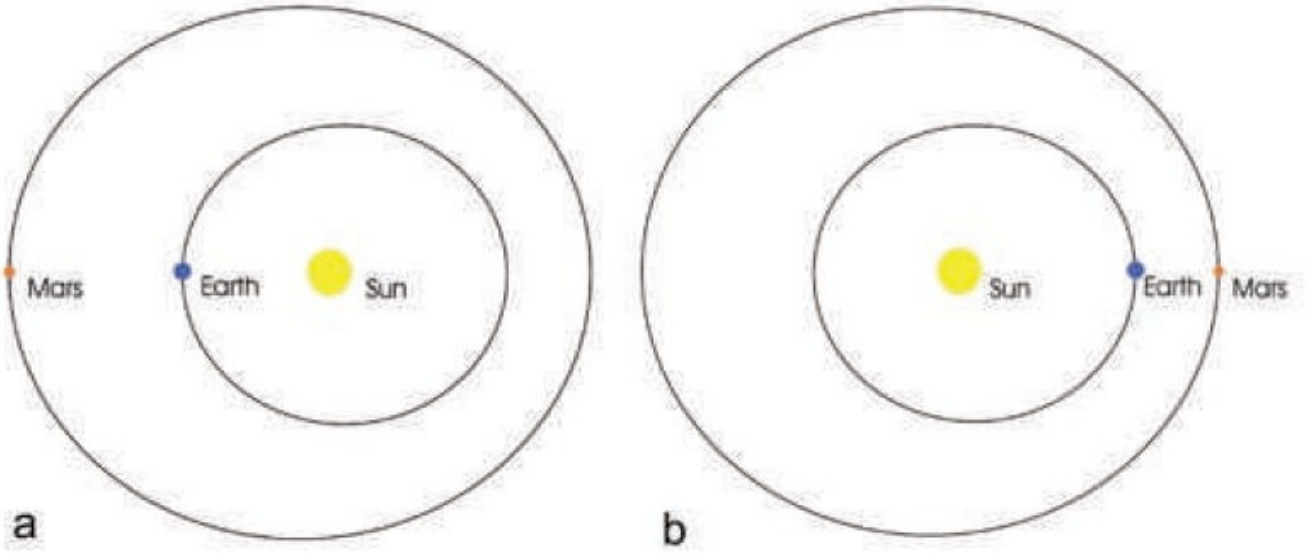


- 金星：0.007
- 水星：0.205
- 海王星：0.01
- 冥王星：0.249
- 地球：0.017
- Eris：0.441

冥王星有时可以比海王星离太阳还近！

火星与地球的距离变化

最远



最近

Figure 3.2 The situations when Mars is seen with the smallest (a) and largest (b) angular sizes when at opposition. （此图为特例：冲日时的情形）

2003.8.27 →2012.3.3→2018.7.27

25” → 13.89” → 24.31”

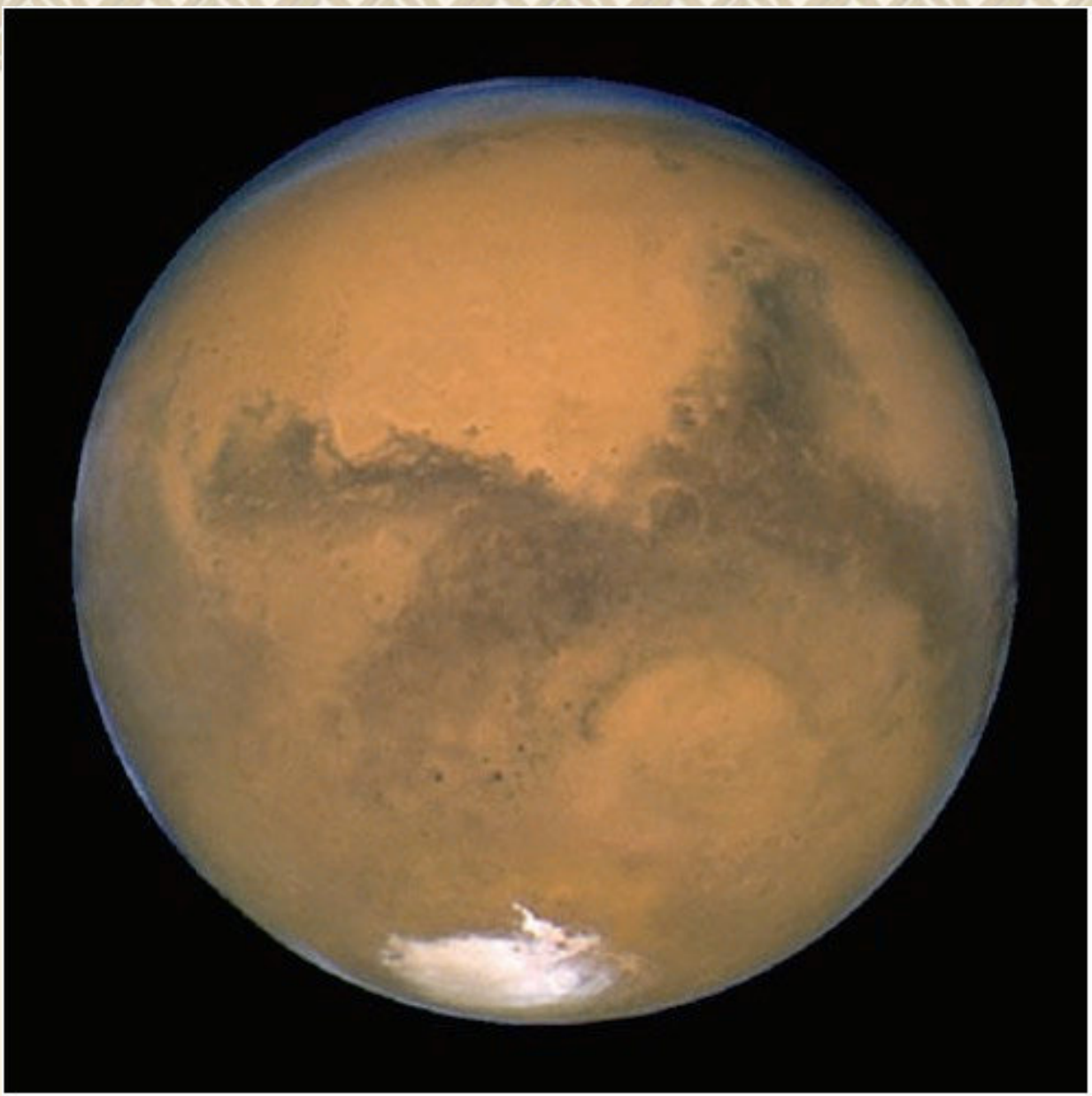
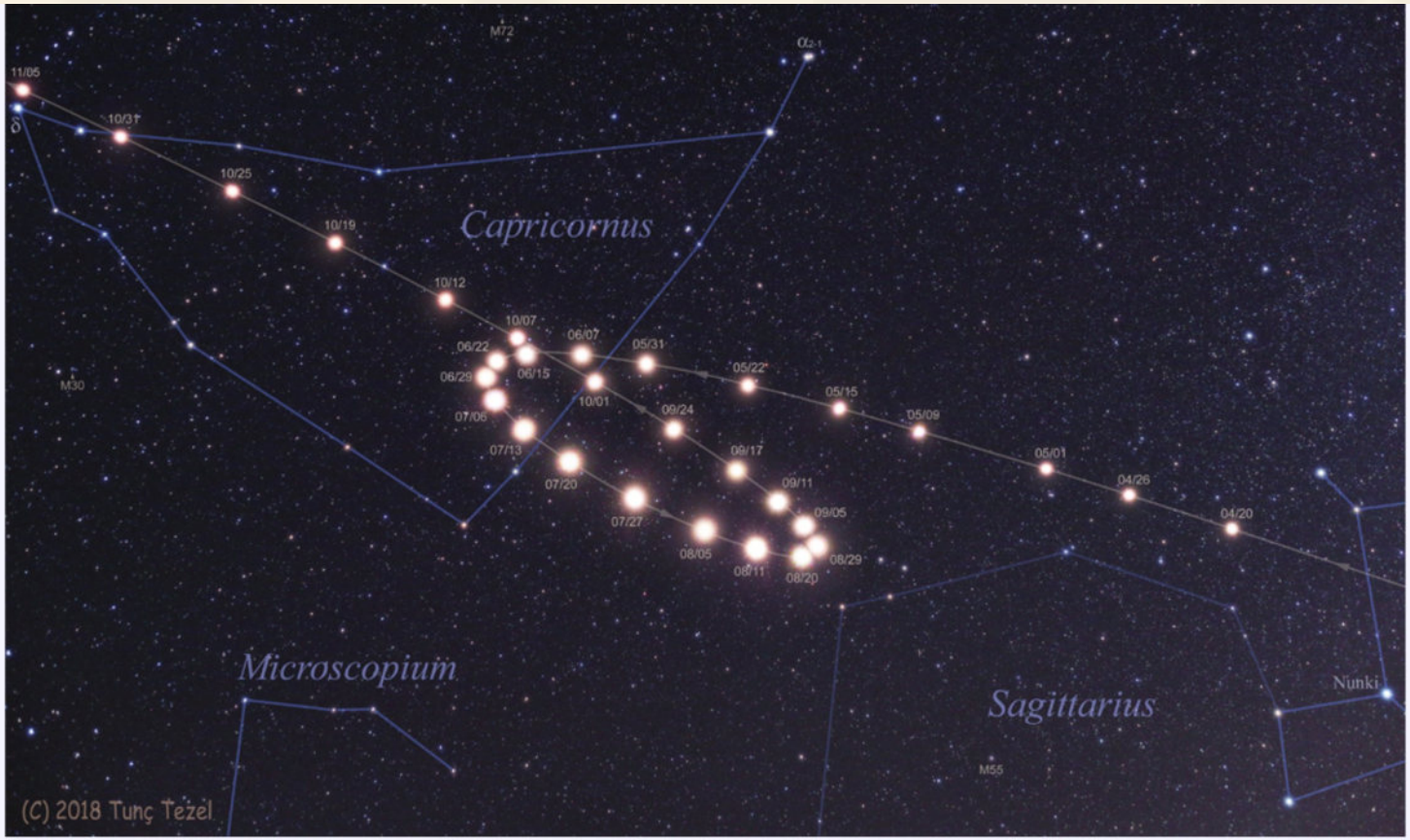


Figure 3.3 Mars as observed by the Hubble Space Telescope at the time of its closest approach for 60 000 years. Image: J. Bell (Cornell U.), M. Wolff (SSI) *et al.*, STScI, NASA.

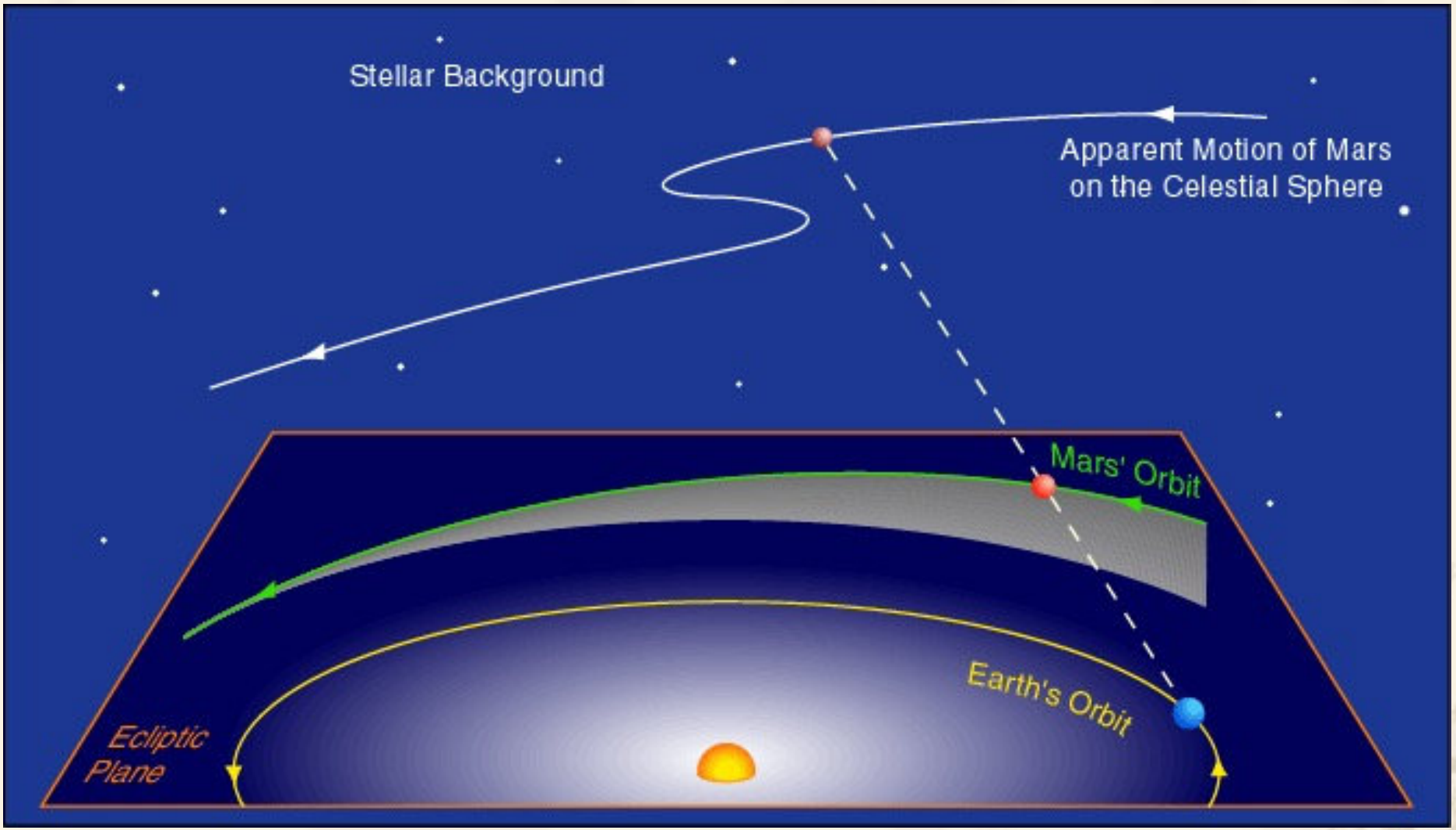
火星的退行



Mars in the Loop
Image Credit & Copyright: Tunc Tezel (TWAN)

Explanation: This composite of images spaced some 5 to 9 days apart, from late April (bottom right) through November 5 (top left), traces the retrograde motion of ruddy-colored Mars through planet Earth's night sky. To connect the dots and dates in this 2018 Mars retrograde loop, just slide your cursor over the picture (and check out this animation). But Mars didn't actually reverse the direction of its orbit. Instead, the apparent backwards motion with respect to the background stars is a reflection of the motion of the Earth itself. Retrograde motion can be seen each time Earth overtakes and laps planets orbiting farther from the Sun, the Earth moving more rapidly through its own relatively close-in orbit. On July 27, Mars was near its favorable 2018 perihelic opposition, when Mars was closest to the Sun in its orbit while also opposite the Sun in Earth's sky. For that date, the frame used in this composite was taken during the total lunar eclipse.

火星的退行


Stellar Background
Apparent Motion of Mars
on the Celestial Sphere
Mars' Orbit
Earth's Orbit
Ecliptic
Plane

轨道倾角：

地球：0度

水星：7度

冥王星：17度

Eris：44.2度

其它行星的轨道倾角很小

行星的属性

- 质量的测定
  - 存在天然的卫星：地球、火星、木星、土星、天王星、海王星、冥王星（Charon）、Eris（Dysnomia）
  - 在轨人造卫星：麦哲伦宇宙飞船绕金星
  - 人造卫星飞经：如水手10号飞经水星

火星质量的测定

$$M = 4\pi^2 a^3 / GP^2$$

Phobos：T=7h39.2m=27552s，a=9.3772x10^{6}m

$$M = 4 \times (3.14159)^2 \times (9.3772 \times 10^6)^3 / [6.67 \times 10^{-11} \times (2.7552 \times 10^4)^2]\,\text{kg}$$
$$= 6.43 \times 10^{23}\,\text{kg}$$

- 行星的密度

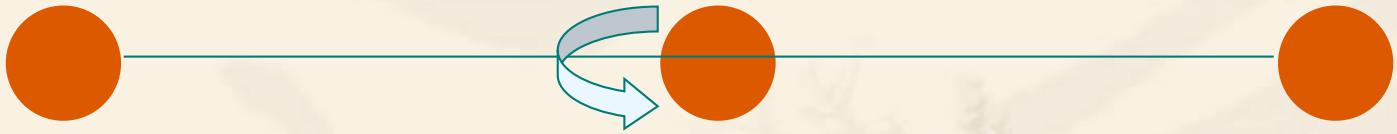
  土星：等效半径 ~ 59 000 km

  $V = 7.76 \times 10^{23}\ m^3$,　$M = 5.7 \times 10^{26}\ kg$

  平均密度 = 662 kg m^{-3} (准确值687 kg m^{-3})

  比水的密度还小！

- 转动周期
  - 表面有“标志”：火星（大峡谷）、木星（大红斑）、土星（长圆形特征）
  - 行星雷达
    - 水星：模糊不清
    - 金星：有云覆盖



多普勒展宽：转动速度

金星：1960s，T=243.01天，比公转周期长18.3天！而且反转（逆行：另有天王、冥王星）

❖ 行星的温度

- 宇宙飞船直接测量：金星、火星
- （黑体）辐射测量
  - 水星：射电测量
  - 地球轨道外面行星：红外辐射测量
- 理论计算：接受太阳的辐射←→辐射能量

（假设100%吸收率）

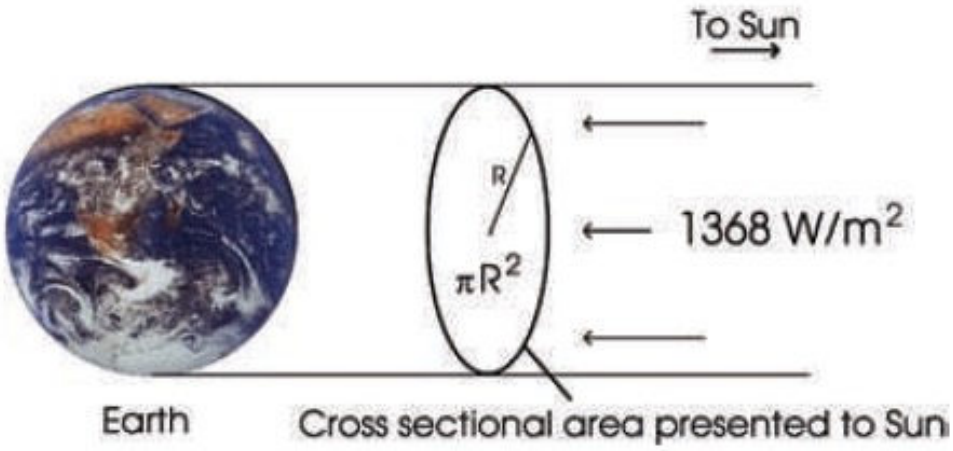


Figure 3.4 The Earth's effective area for absorption of solar energy.

$$\pi R^2 SC = 4\pi R^2 \sigma T^4$$

$$\begin{aligned} T &= (SC/4\sigma)^{1/4} \\ &= [1368/(4 \times 5.7 \times 10^{-8})]^{1/4} \\ &= 278\,\mathrm{K} \end{aligned}$$

地球~50%为云，~77%的吸收率

$T_{地球} \sim 260\ K$

温室效应：CO_2、CH_4、H_2O

$T_{地球} \sim 288\ K$

适合人类居住！

- 全球气候变暖
  - 大气中主要成份N_2、O_2不是温室气体：它们既不吸收也不发射红外辐射
  - CO_2是主要的温室气体
    - 过去几十万年内二氧化碳比例稳定
    - 矿物燃料燃烧产生二氧化碳→全球气候变暖
  - H_2O：占36%-66%的温室作用，但作用稳定
  - CH_4：比CO_2作用强20倍！

    人类活动：~$5x10^8$吨/年
  - N_2O：

    人类活动：~ (7-13) x 10^6吨/年
  - 地球平均温度增加2度，后果非常严重！

- 反照率
  - 地球：~0.37
  - 金星：~0.7

    但是，存在大量的CO_2，温室效应，温度高！
  - 火星：~0.15

    但是，大气中CO2非常少（慢慢失去大气），只有地球的1/100，目前的温度低！

    历史上，火山喷发：水蒸气、二氧化碳、甲烷，温室效应，可能曾经温度适宜生命生存。

行星实际温度：太阳辐射吸收率、反照率、温室气体作用

❖ 行星大气

- 原初大气：H_2、He（非类地行星）
- 类地行星：温度高、引力小，轻元素逃逸

$$1/2mv^2 = 3/2kT \qquad k=1.38\times10^{-23}\,\mathrm{m^2\,kg\,s^{-2}\,K^{-1}}$$

$$v = (3kT/m)^{1/2}$$

氮气的平均速度（T=300K）：

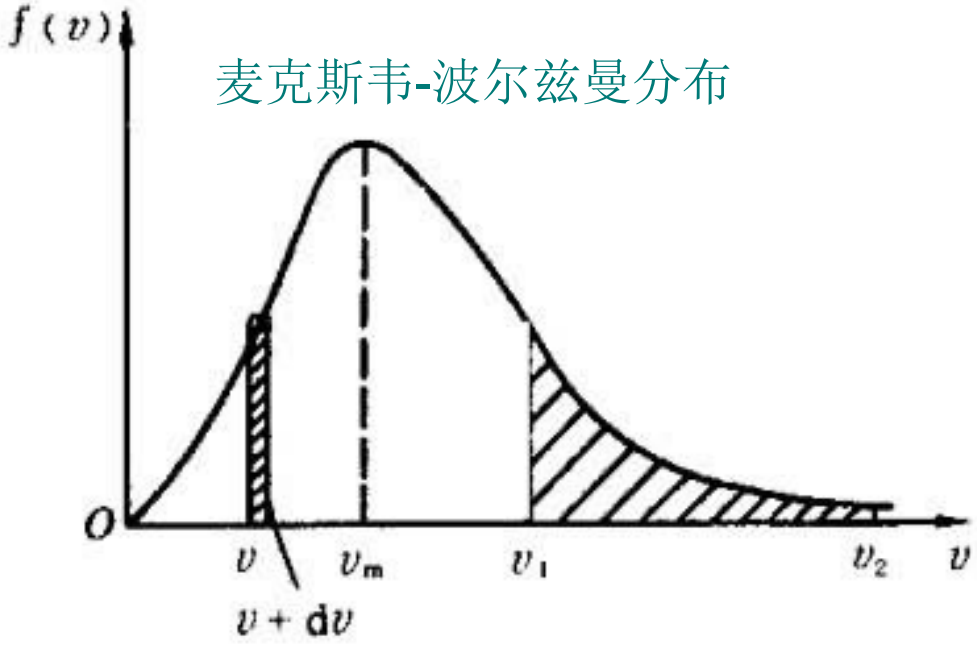
$$v=[(3\times1.38\times10^{-23}\times300)/4.68\times10^{-26}]^{1/2}$$
$$=0.515\,\mathrm{km\,s^{-1}}.$$

氧气的平均速度:~0.48km/s

地球的逃逸速度：v_{esc}~ 11.2 km/s

$$f(v)\mathrm{d}v = 4\pi\left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{3/2}\exp\left(-\frac{mv^2}{2kT}\right)v^2\mathrm{d}v$$

麦克斯韦-波尔兹曼分布



气体分子速率分布曲线

$v > 3\bar{v}$:~0.5×10^{6}

$v > 5\bar{v}$:~1.0×10^{16}

$v_{esc} \geq 6\bar{v}$: No-Escapin

地球大气：

$$v_{N_2}, v_{O_2} \le \frac{1}{6} v_{esc}$$

$$v_{H_2} \sim 2km/s > \frac{1}{6} v_{esc}$$

无氢气！

(0.000055%)

月球：

$$v_{esc} = 2.4km/s, \sim T = 300K$$

$$v_{N_2}, v_{O_2} \approx \frac{1}{5} v_{esc}$$

无大气！

水星：

$$v_{esc} = 4.2km/s, \sim T = 700K$$

$$v_{N_2}, v_{O_2} \approx 0.8km/s \ge \frac{1}{6} v_{esc}$$

无大气！

木星：

$$v_{esc} = 60km/s, \sim T = 100K$$

$$v_{H_2} \approx 1km/s \le \frac{1}{6} v_{esc}$$

主要为氢气！

小结：

①水星、月球以及所有的卫星（除了*Titan*以及*Triton*）无大气，水星有少量的俘获太阳风的临时大气（氢、氦）

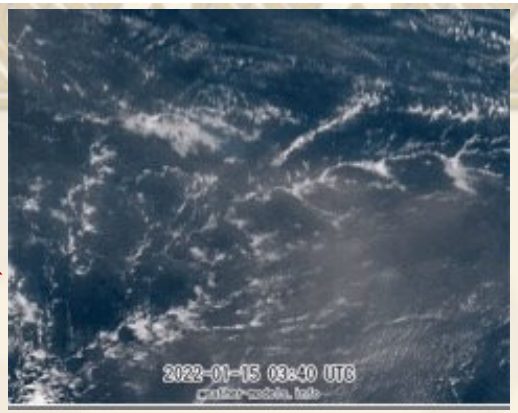
②类地行星：无氢、氦，原初大气逃逸

③地外行星（质量大、温度低）：保留了原初的氢、氦；*Titan*以及*Triton*温度太低，大气中主要为氮气

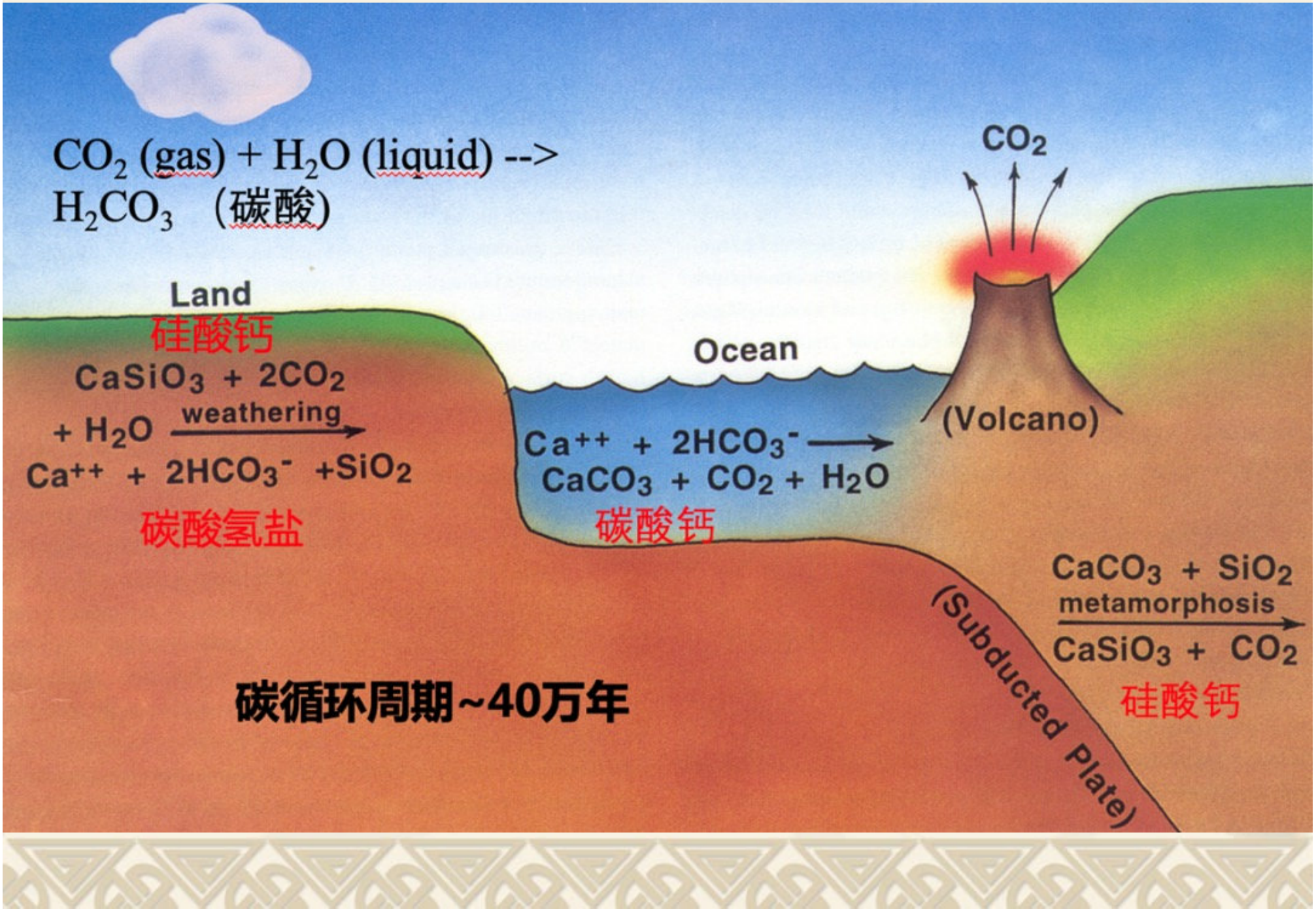
④矮行星：冥王星、Eris，温度低，氮气等在表面冻结

- 次级大气
  - 金星、地球、火星：火山喷发（水蒸气、二氧化碳、二氧化硫、硫化氢、氨气、氮气以及氧化氮等）
  - 地球：早期1%为原初大气
  - 金星和火星中外层大气中的水分子受到紫外光线的照射分解为H+OH，从大气层中逃逸（因而无水气）

2022.01
汤加火山
~1000颗广岛原子弹



- 地球大气的演化
  - 原初大气：氢气和氦气，逃逸
  - 次级大气：火山喷发，二氧化碳、水蒸气以及一些氮气，无氧气，是目前大气密度的100倍
  - 地球变冷：二氧化碳融入海洋，沉淀为碳酸盐
  - 33亿年前，产氧细菌产生氧气，持续大概几十亿年；细菌、氧气以及氨气相互作用，产生氮气；紫外光照射氨气，光解离产生氮气
  - 植被增加，产生更多氧气，臭氧层开始形成，吸收紫外光，保护生命在陆地上以及海洋中形成
  - 2亿年前，大气的成份：~35%氧气，剩下主要是氮气以及次级气体（不容易融入水）
  - 火山活动循环：补充大气，其中有大量二氧化碳，地球变暖，适合生命生存；二氧化碳融入水（碳酸盐及海洋生物产生的碳酸钙沉入大海），地球运动（火山）又释放到大气中

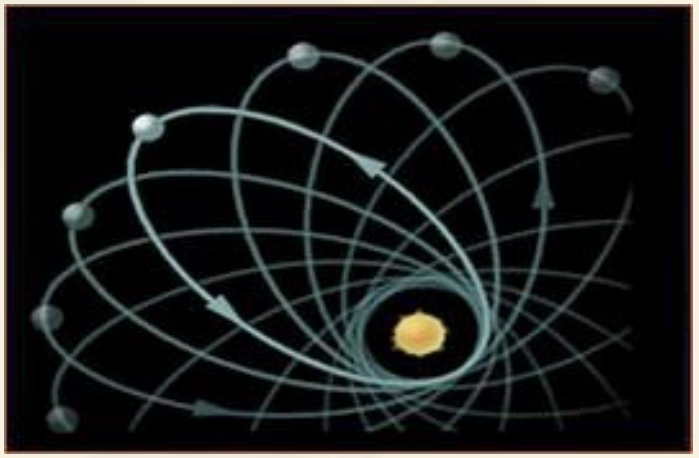

CO_2 (gas) + H_2O (liquid) -->
H_2CO_3 (碳酸)
CO_2
Land
硅酸钙
$CaSiO_3$ + $2CO_2$
+ H_2O weathering
Ca^{++} + $2HCO_3^-$ + SiO_2
碳酸氢盐
Ocean
(Volcano)
Ca^{++} + $2HCO_3^-$ →
$CaCO_3$ + CO_2 + H_2O
碳酸钙
$CaCO_3$ + SiO_2
metamorphosis
$CaSiO_3$ + CO_2
硅酸钙
(Subducted Plate)
碳循环周期~40万年

太阳系中的行星

- 主要通过空间探测（绕、落、飞过）了解行星的特性
- 水星

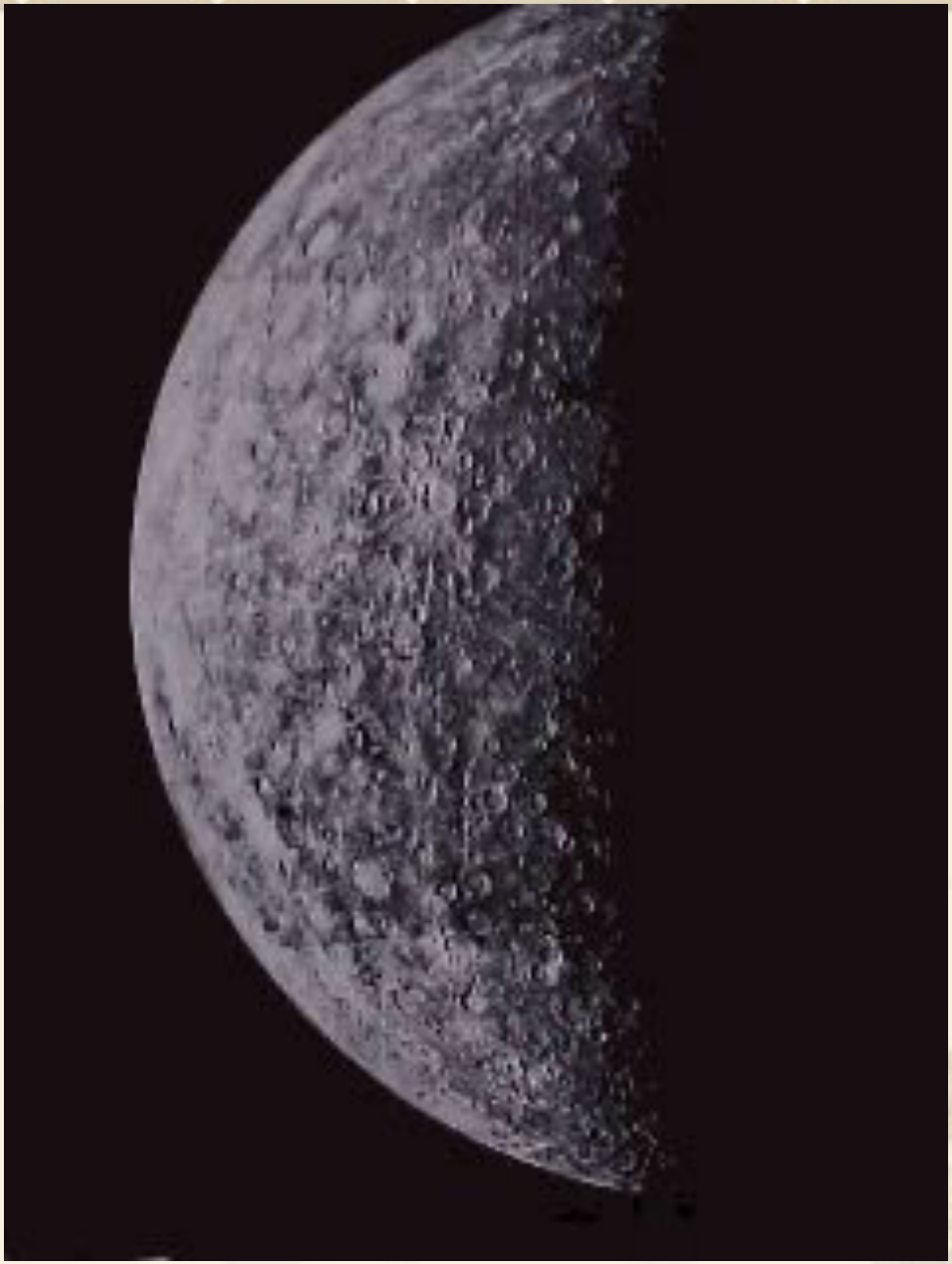
Mass	3.3×10^{23} kg	0.055 that of Earth
Mean radius	2439.7 km	0.383 that of Earth
Escape velocity	4.25 km s^{-1}	
Rotation period	58.646 days	
Semi-major axis of orbit	57 909 068 km	0.387 AU
Average orbital speed	47.87 km	
Eccentricity	0.2053	
Period	87.97 days	
Orbital inclination	7°	

Mercury



- Closest planet to Sun
- Very elliptical orbit (e~0.21)
- Only 3000 miles (~5000 km) in diameter
- Rotation locked to Sun: 3 rotations in 2 orbits
- Moon-like on the outside (craters：环形山)
- Earth-like on the inside (dense core, magnetic field)

Mercury from Mariner 10, 1973



National Aeronautics and Space Administration

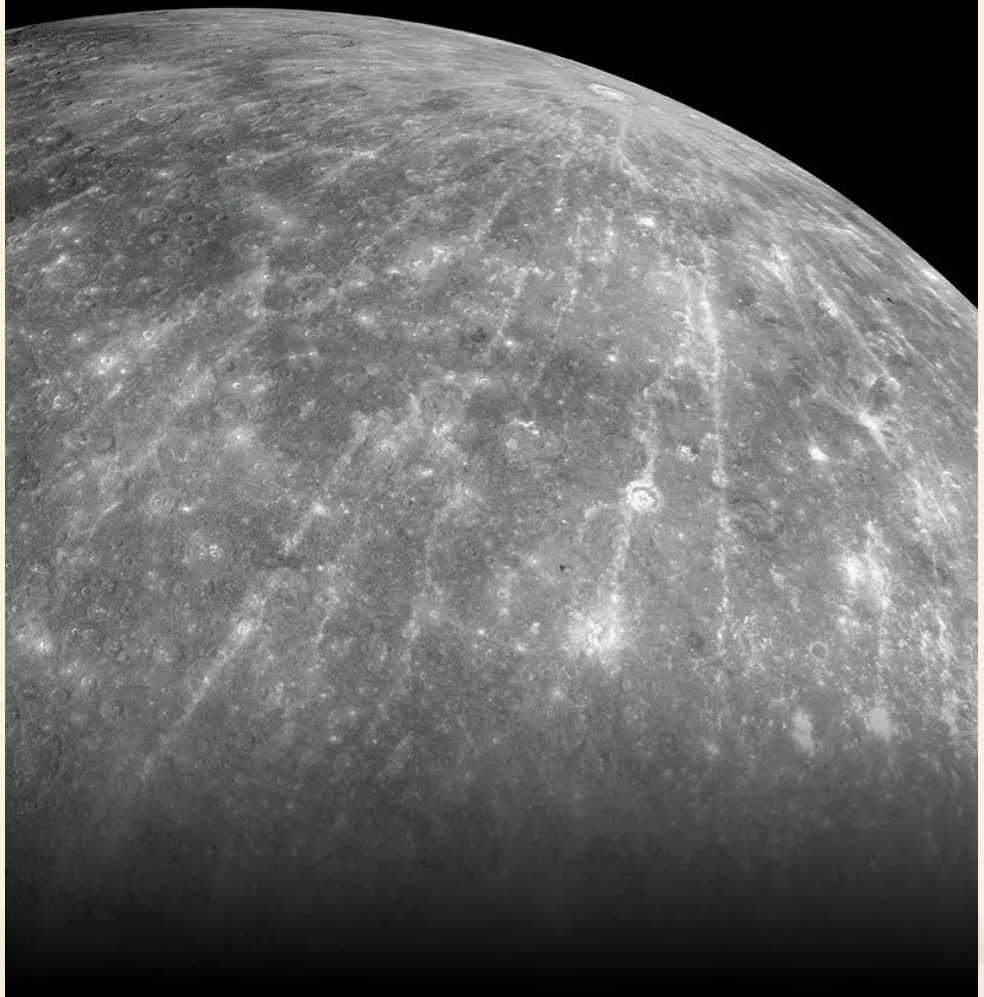
MERCURY

explore at **solarsystem.nasa.gov/mercury**

www.nasa.gov

NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Carnegie Institution of Washington

National Aeronautics and Space Administration

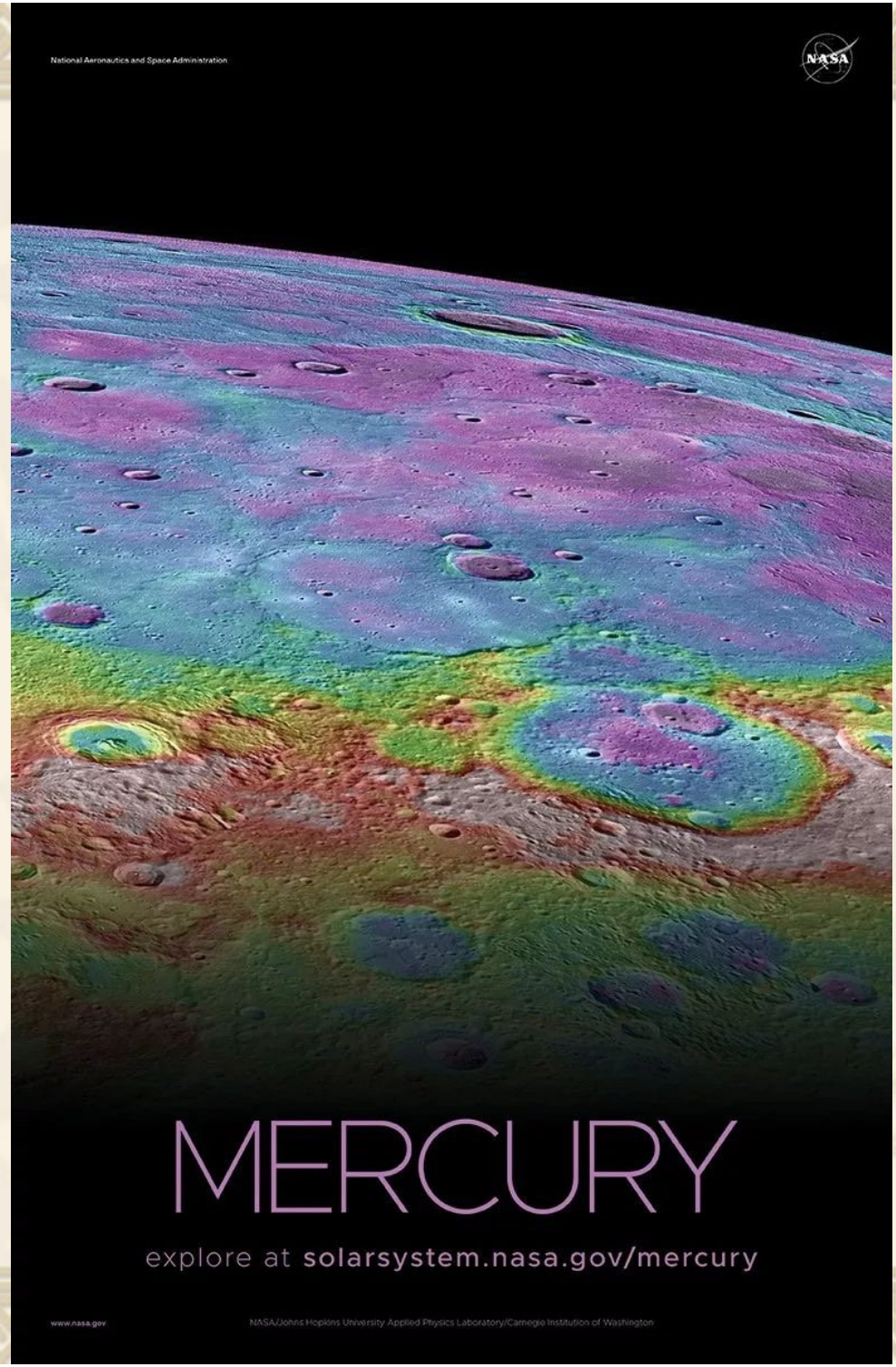


MERCURY

explore at **solarsystem.nasa.gov/mercury**

www.nasa.gov

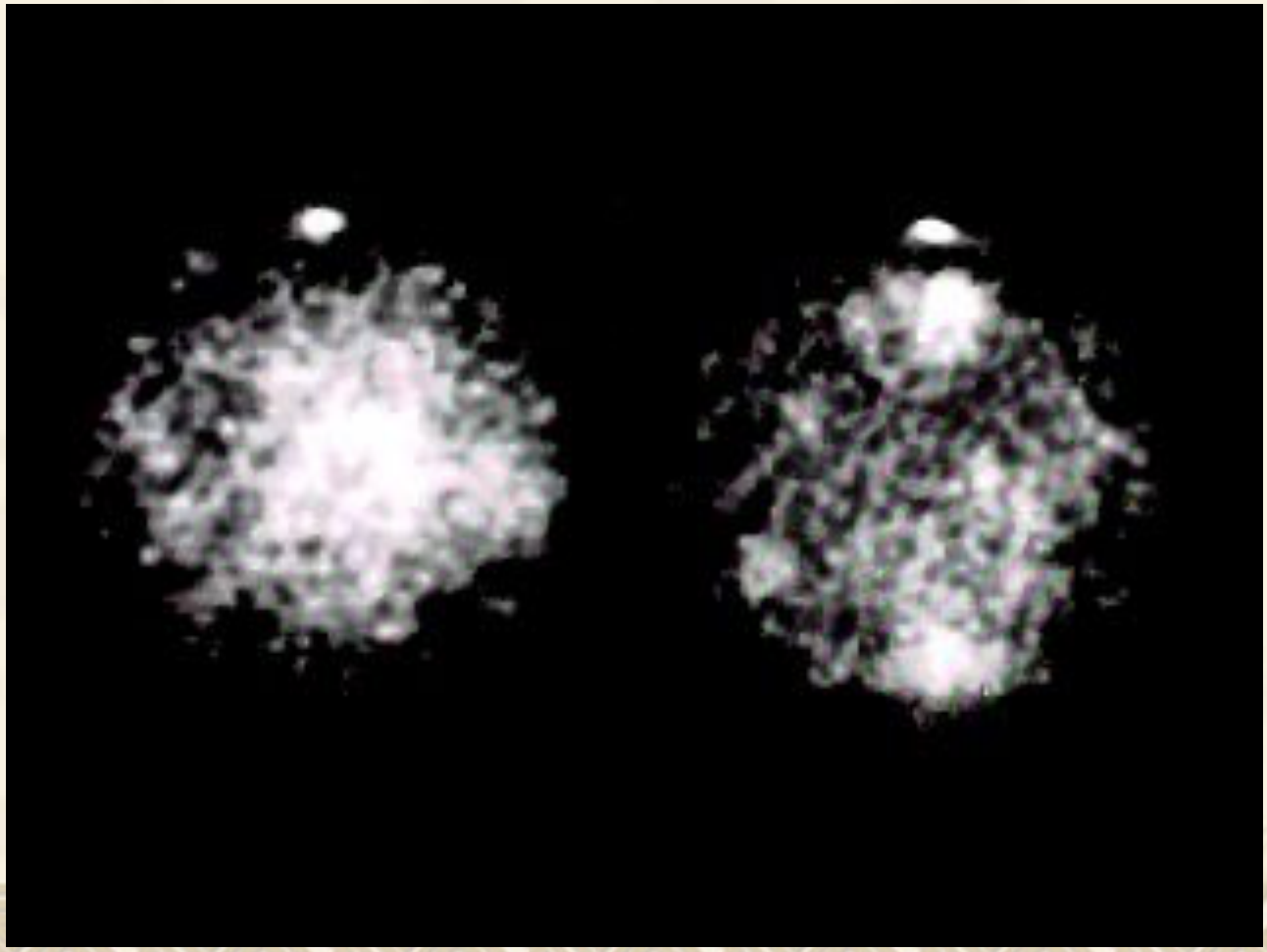
NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Carnegie Institution of Washington


National Aeronautics and Space Administration
NASA
MERCURY
explore at solarsystem.nasa.gov/mercury
www.nasa.gov
NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Carnegie Institution of Washington

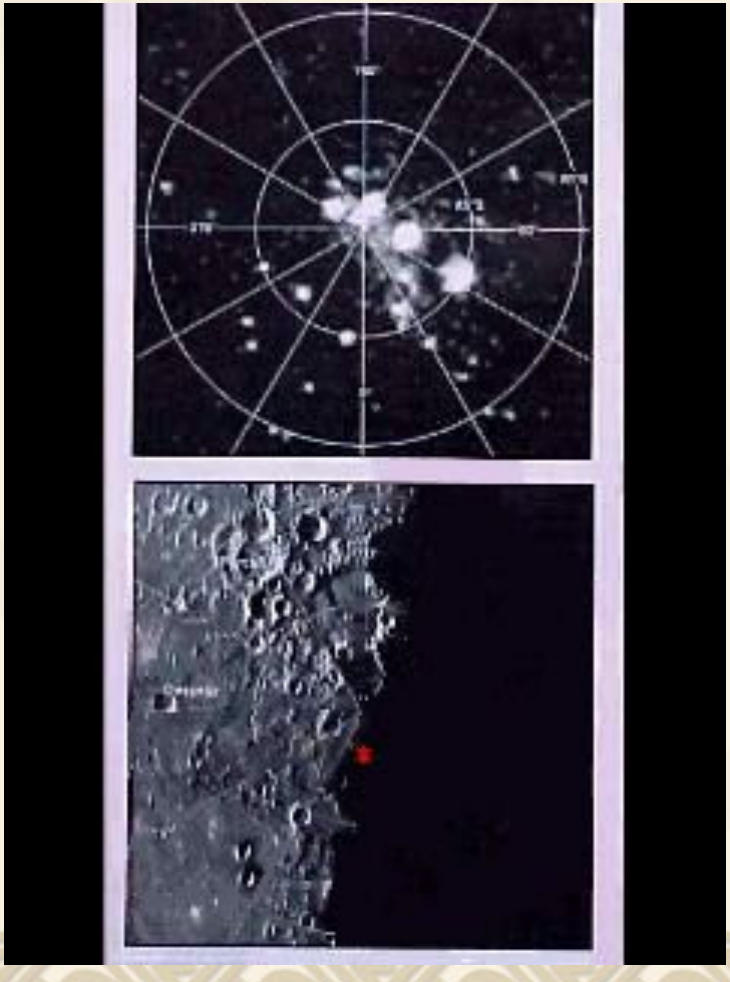
Mercury has Craters

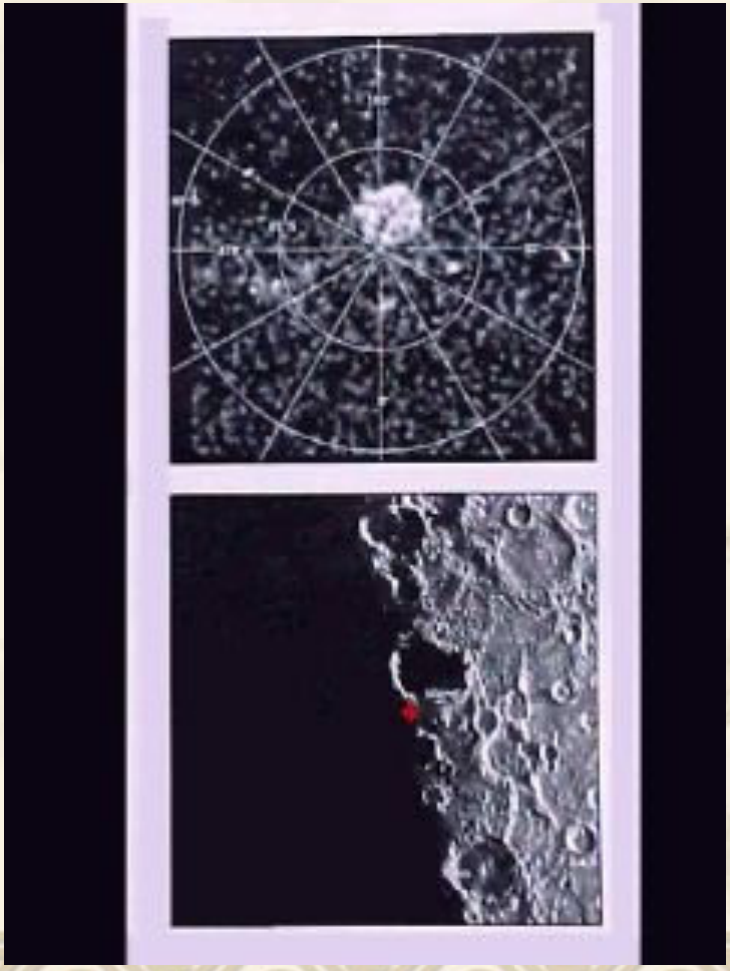
- Not as dense as on Moon
- Most of Mercury covered with lava plains (intercrater plains)

And Mercury has the last thing you'd expect to find: ice caps

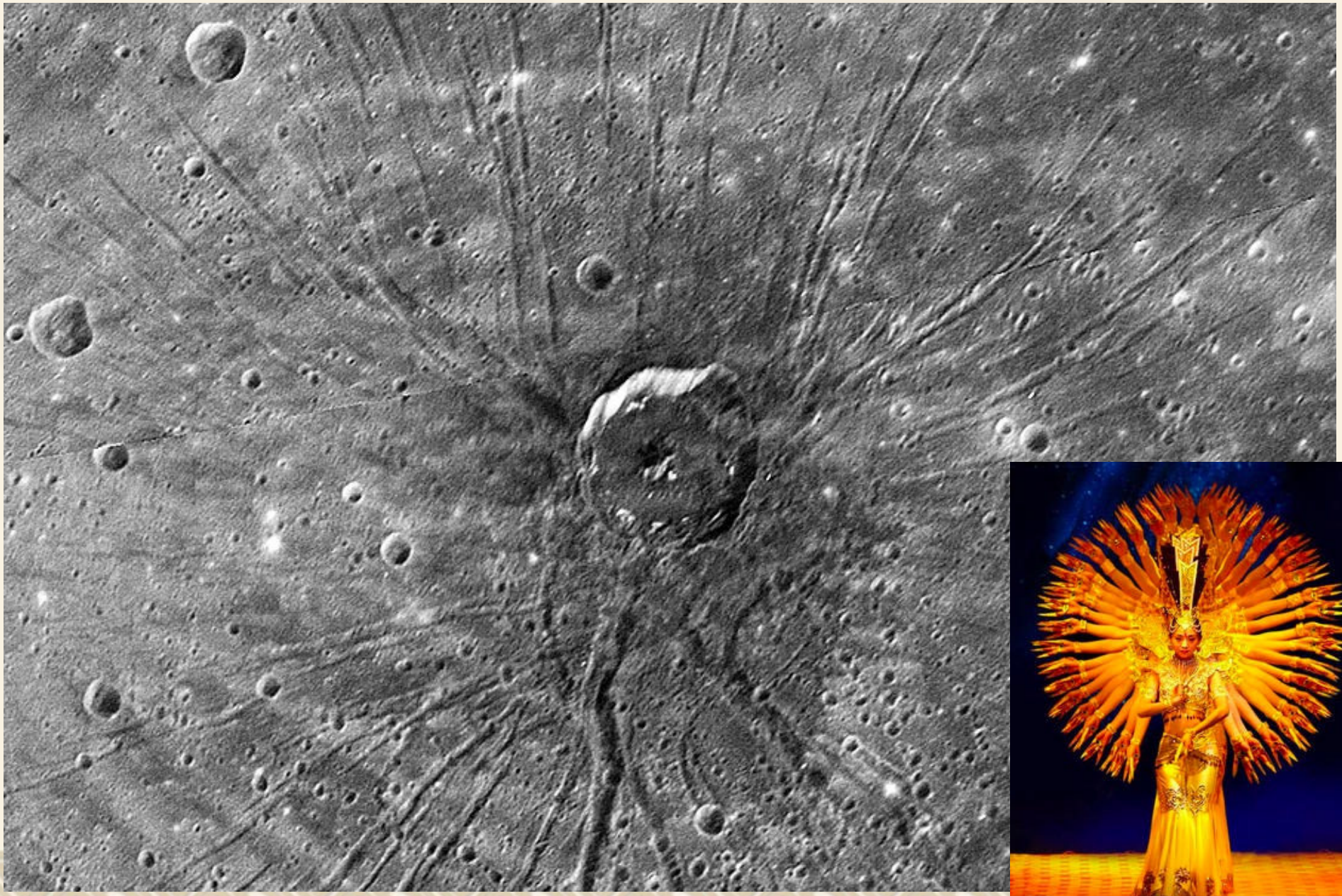


Mercury's ice seems to be hiding in polar craters

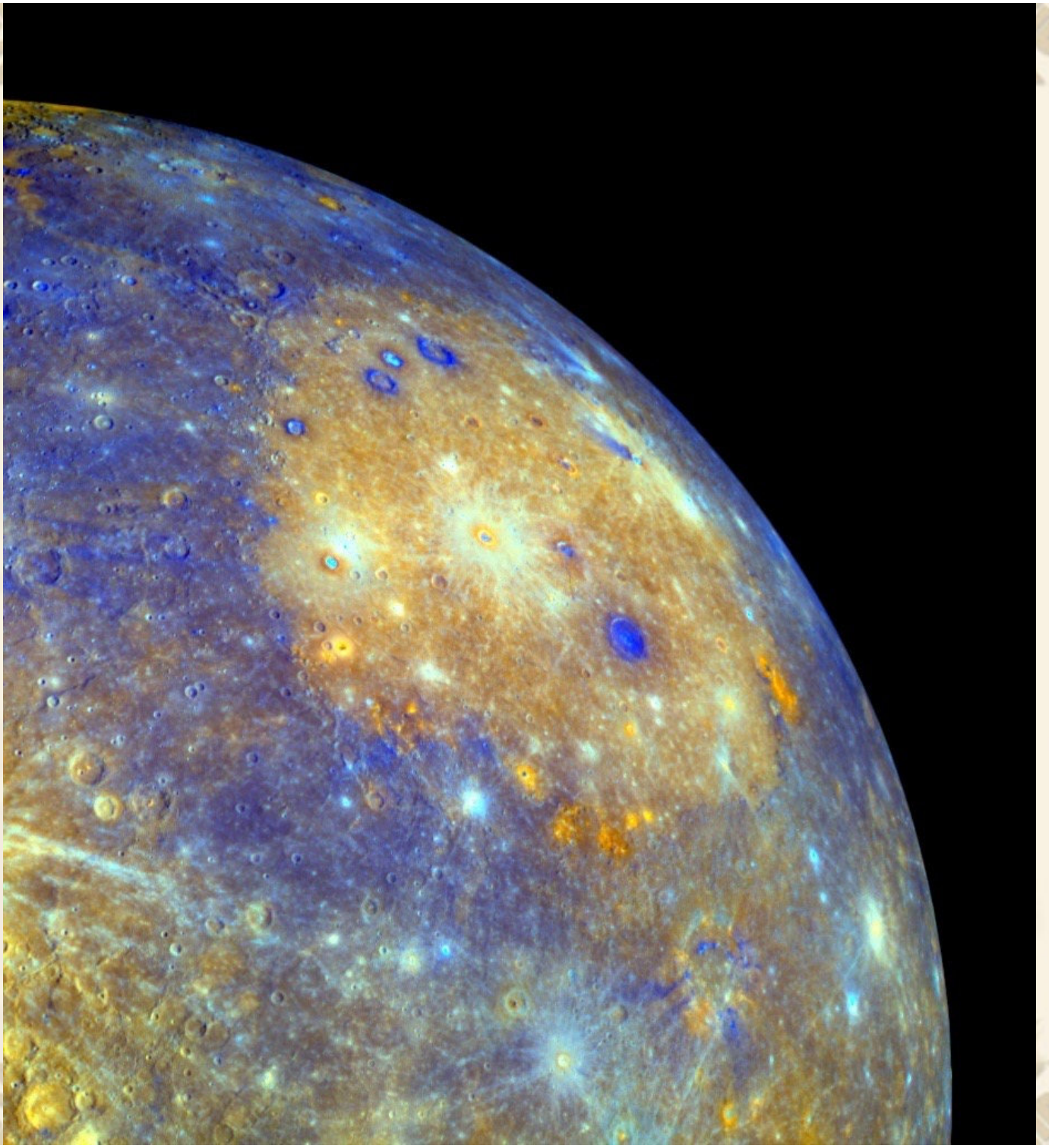




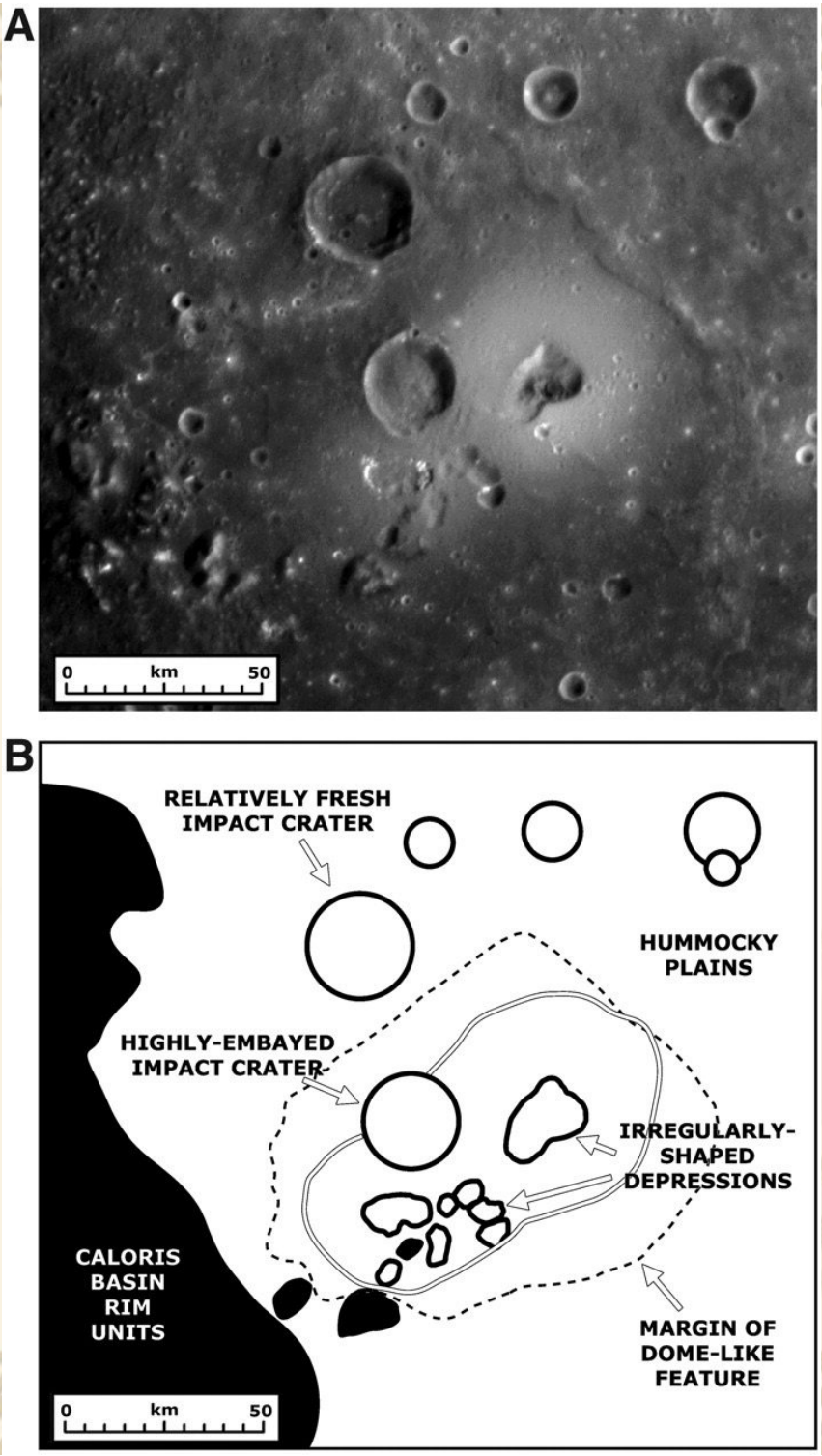
“Spider” Crater



Mercury has a huge impact basin, the Caloris Basin



Volcano on Mercury



Venus

Mass	4.8685×10^{24} kg	0.815 that of Earth
Radius	6051.8 km	0.95 that of Earth
Escape velocity	10.46 km s^{-1}	
Rotation period	−243 days (The minus sign indicates retrograde rotation.)	
Axial tilt	177.36°	
Semi-major axis of orbit	108 208 930 km	0.7233 AU
Average orbital speed	35.02 km s^{-1}	
Eccentricity	0.0068	
Period	224.7 days	
Orbital inclination	3.39°	

Venus

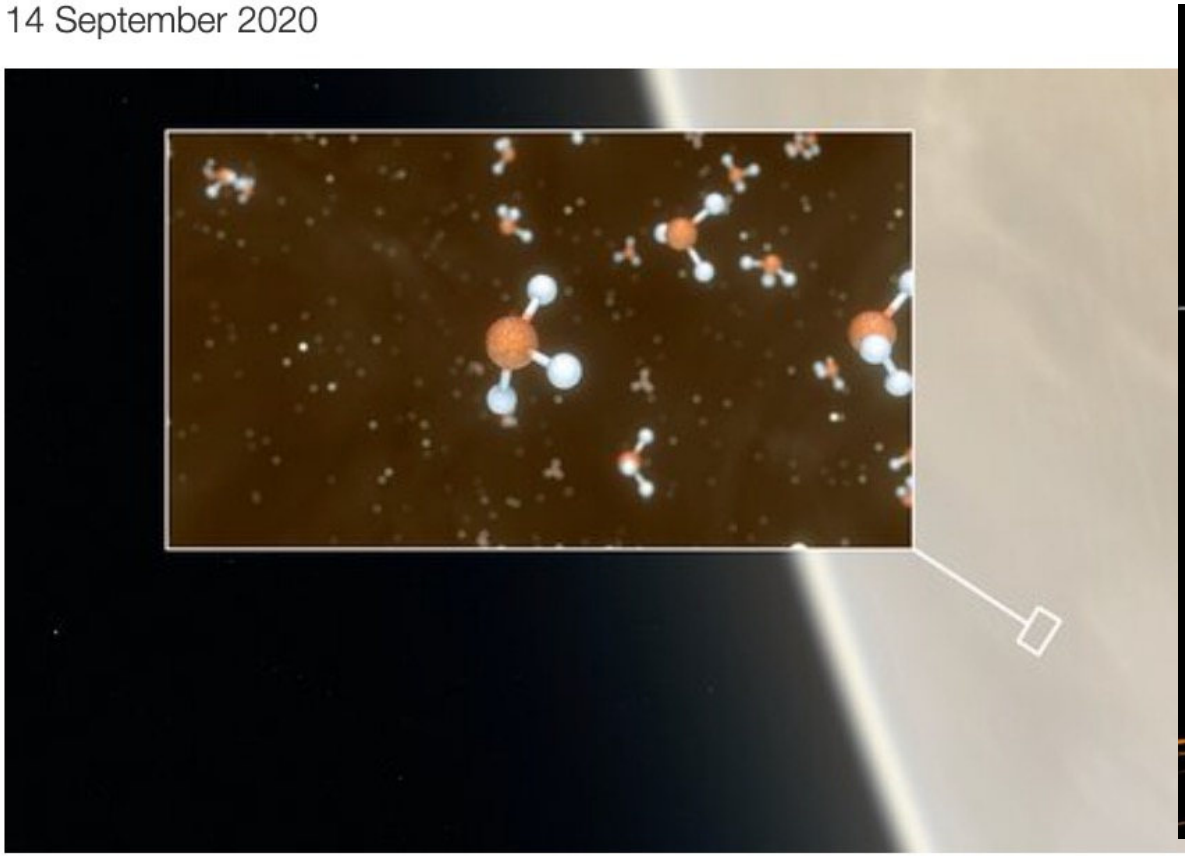
- Only a bit smaller than Earth
- Nearest planet (26 million miles)
- Shows phases as it orbits the Sun
- No magnetic field (only planet)
- 金星凌日：每120年发生

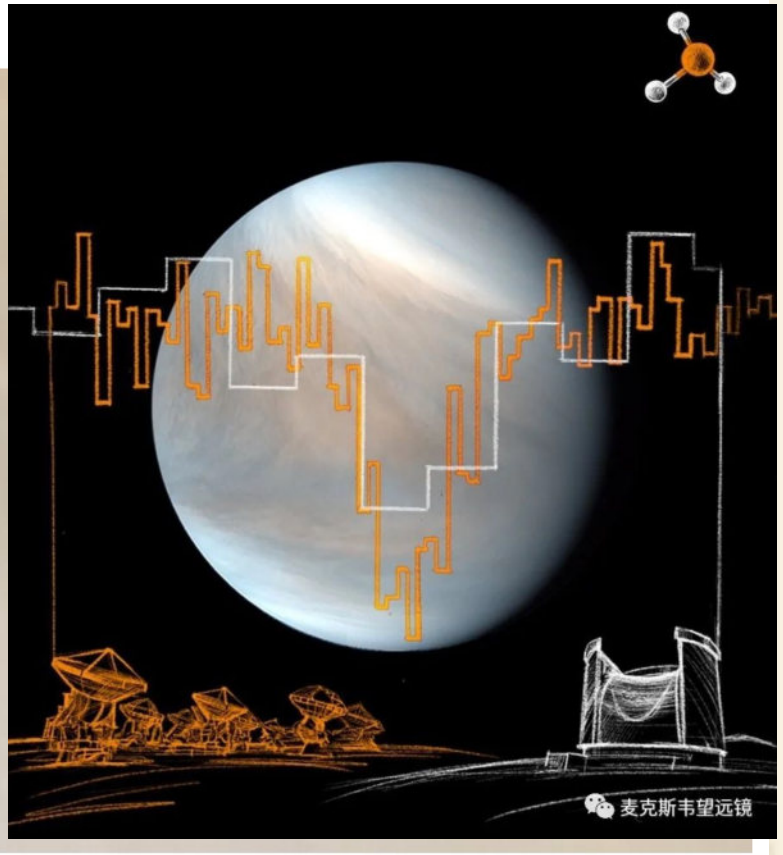
- Atmosphere mostly Carbon Dioxide
  - ~90 times as dense as Earth
  - Runaway Greenhouse Effect
  - Surface Temperature 450 C (850 F)
  - High winds within a highly turbulent atmosphere
  - Albedo（反照率）~0.7, mag~-4 (after Moon)

eso2015 — Science Release

Possible Marker of Life Spotted on Venus

14 September 2020

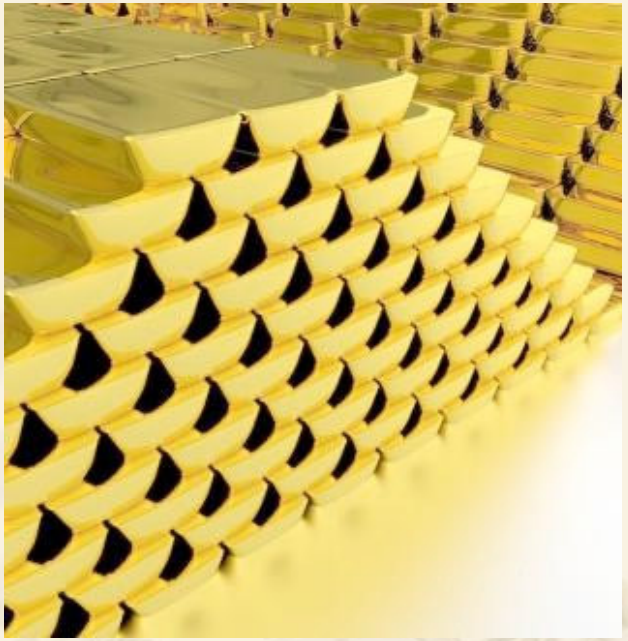




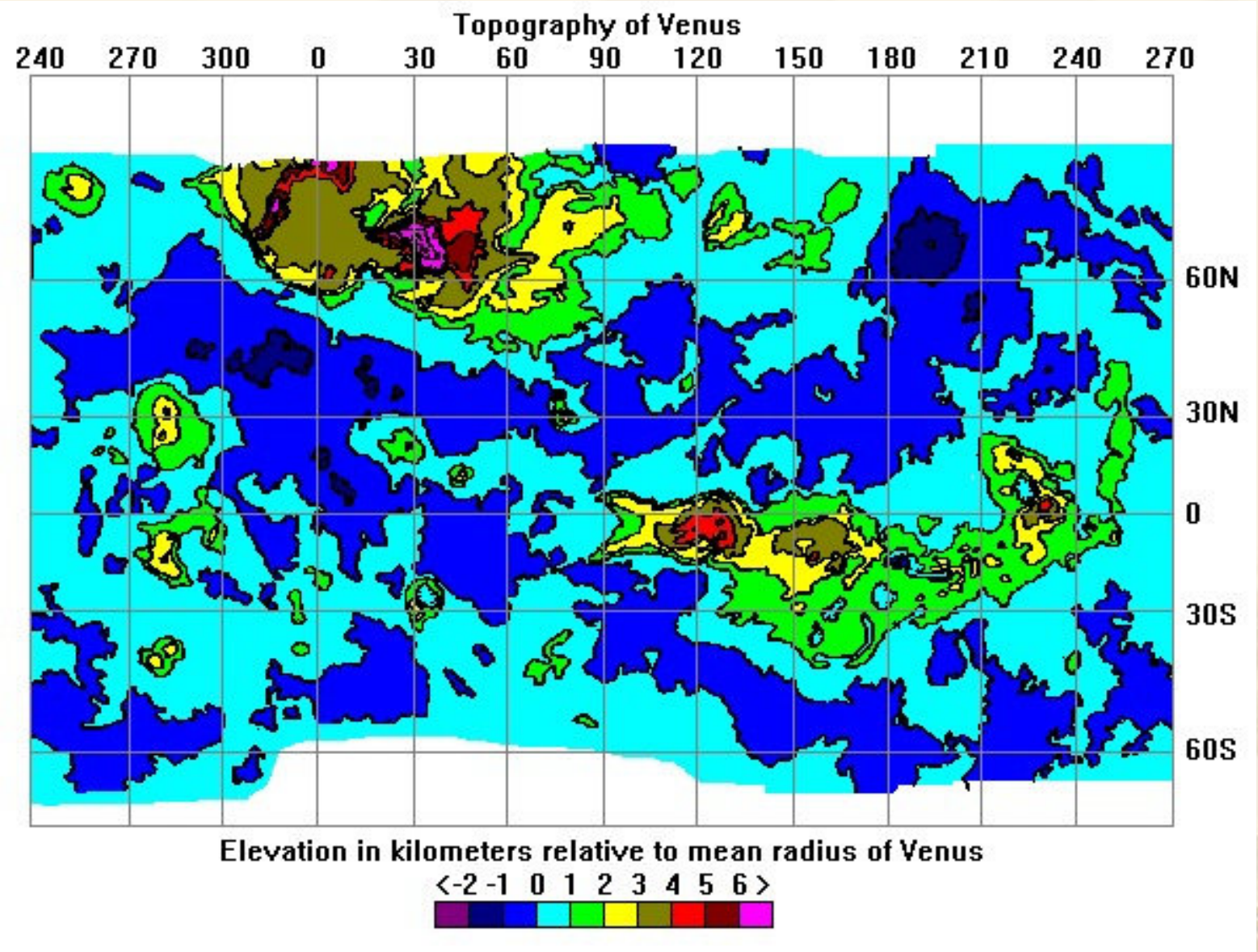
An international team of astronomers today announced the discovery of a rare molecule — phosphine — in the clouds of Venus. On Earth, this gas is only made industrially or by microbes that thrive in oxygen-free environments. Astronomers have speculated for decades that high clouds on Venus could offer a home for microbes — floating free of the scorching surface but needing to tolerate very high acidity. The detection of phosphine could point to such extra-terrestrial "aerial" life.

磷化氢

Venus from Pioneer Venus Orbiter



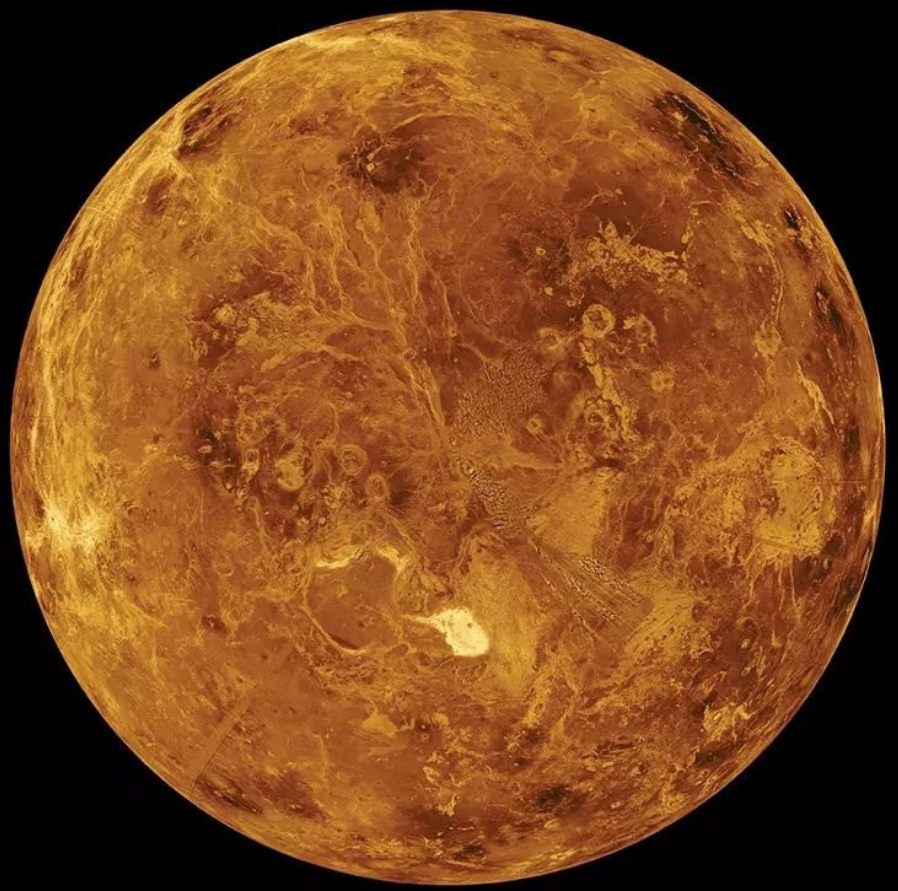
Venus Topography



Venus Radar Image (Magellan)

(98% surface in 4.5 yrs)

National Aeronautics and Space Administration



VENUS

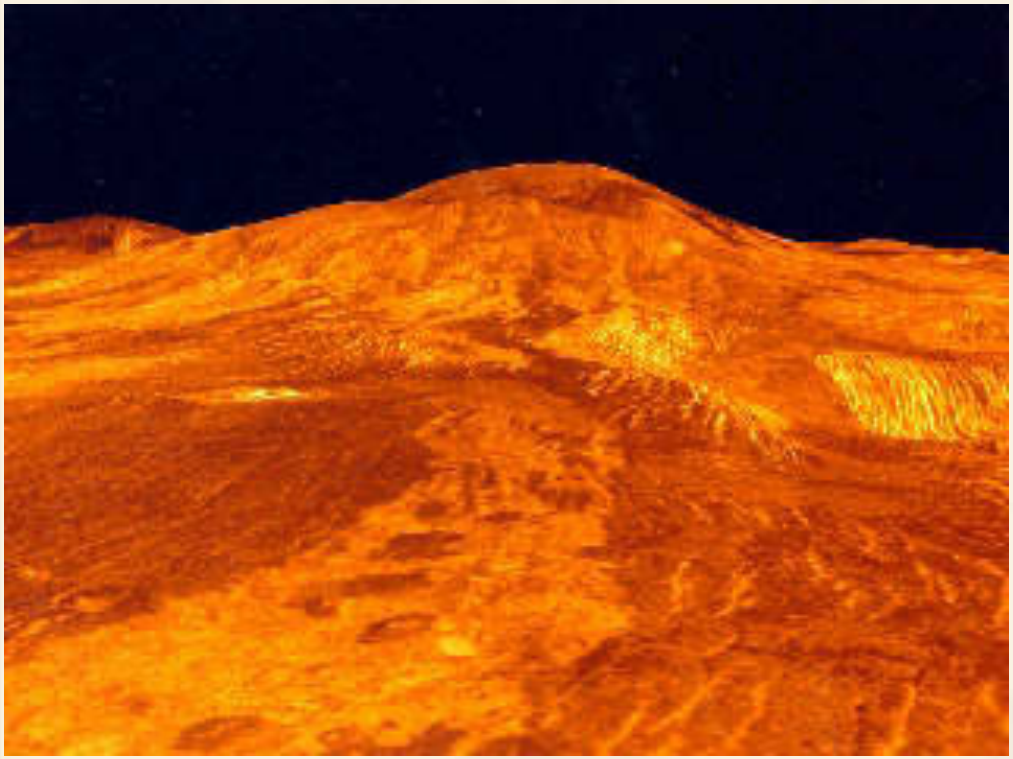
explore at **solarsystem.nasa.gov/venus**

www.nasa.gov

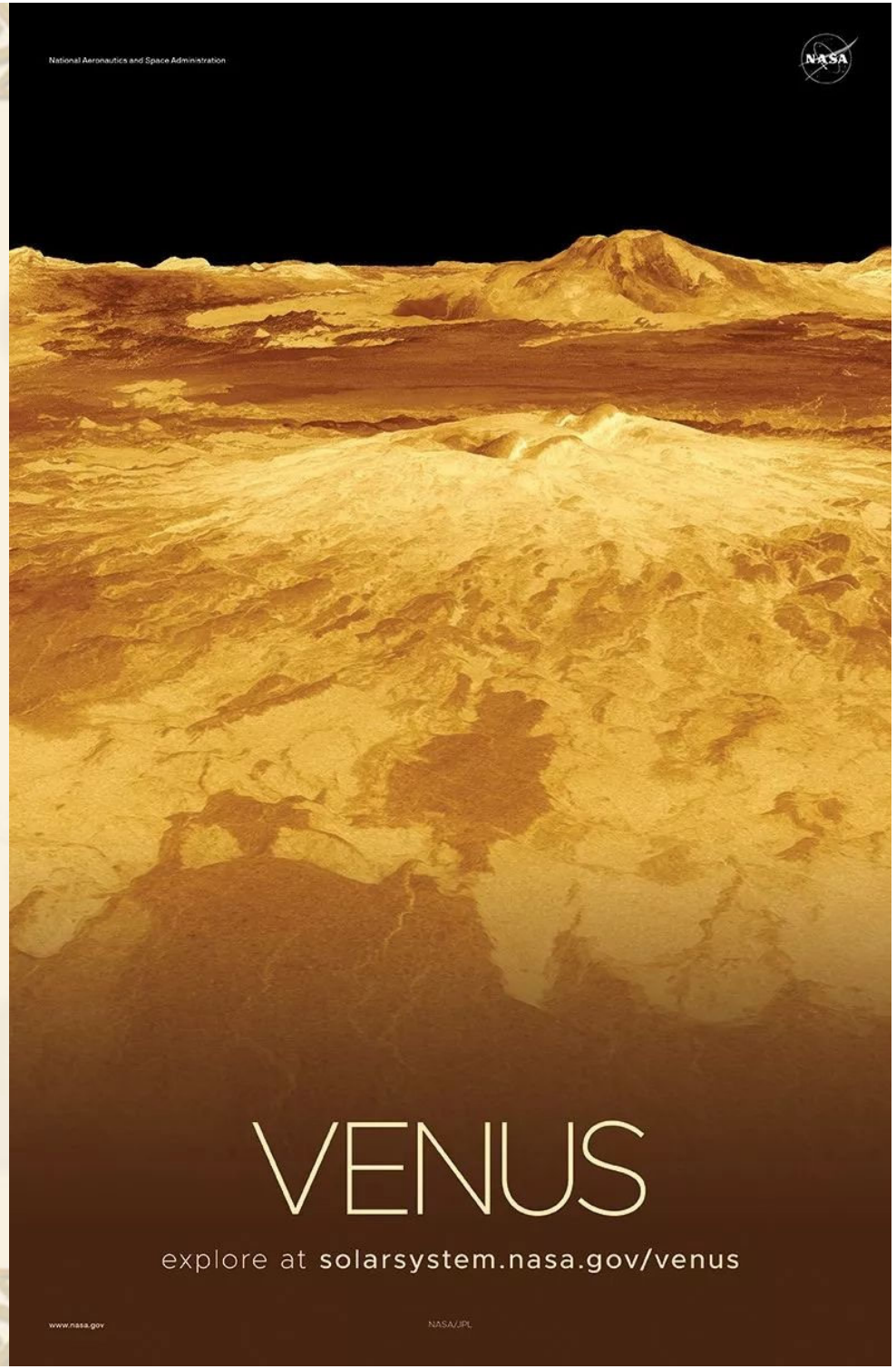
NASA/JPL

Venus Has Craters

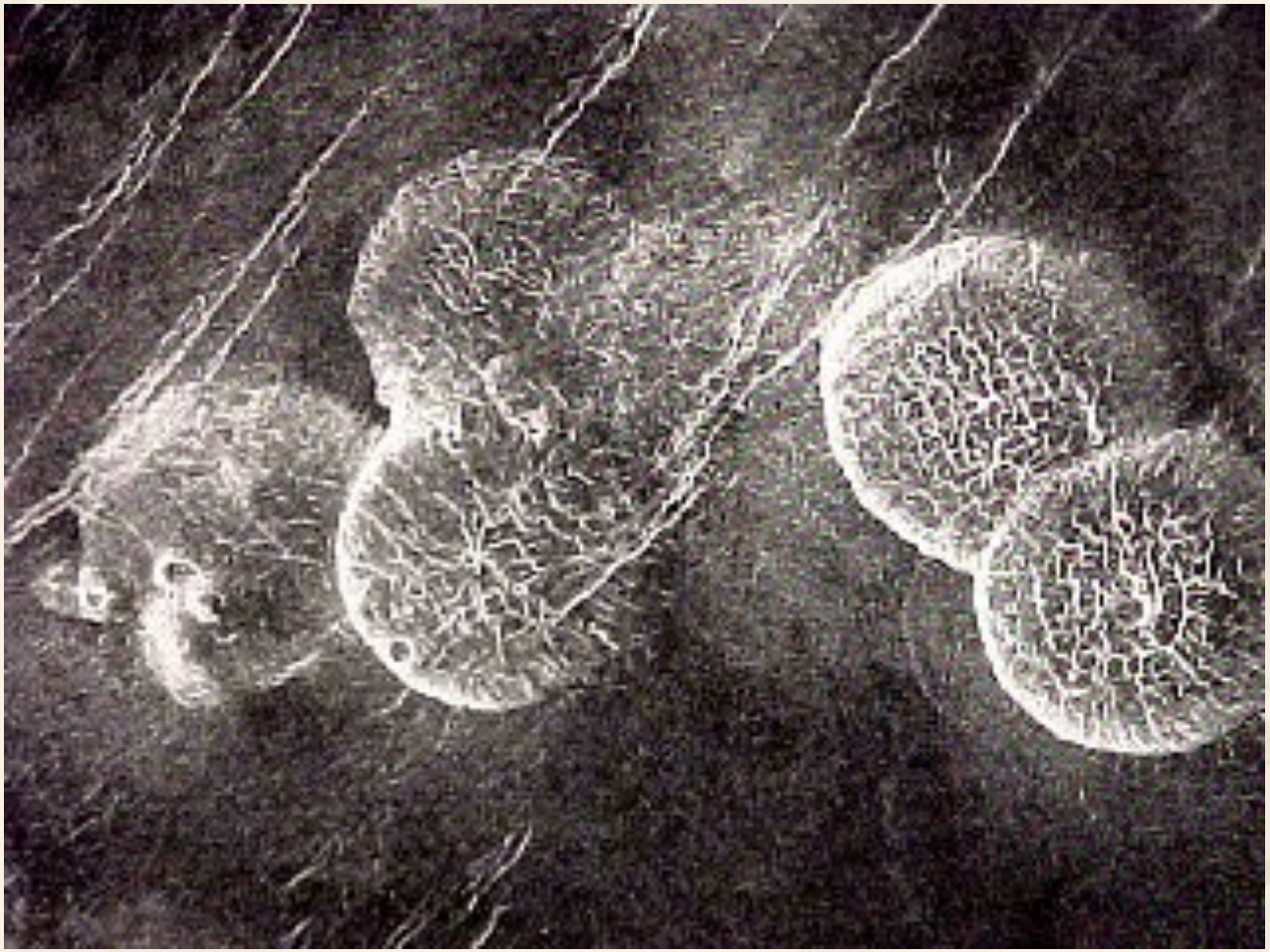
Venus has Large Volcanoes



167个尺寸大于100km的火山



Venus has Unusual Small Volcanoes



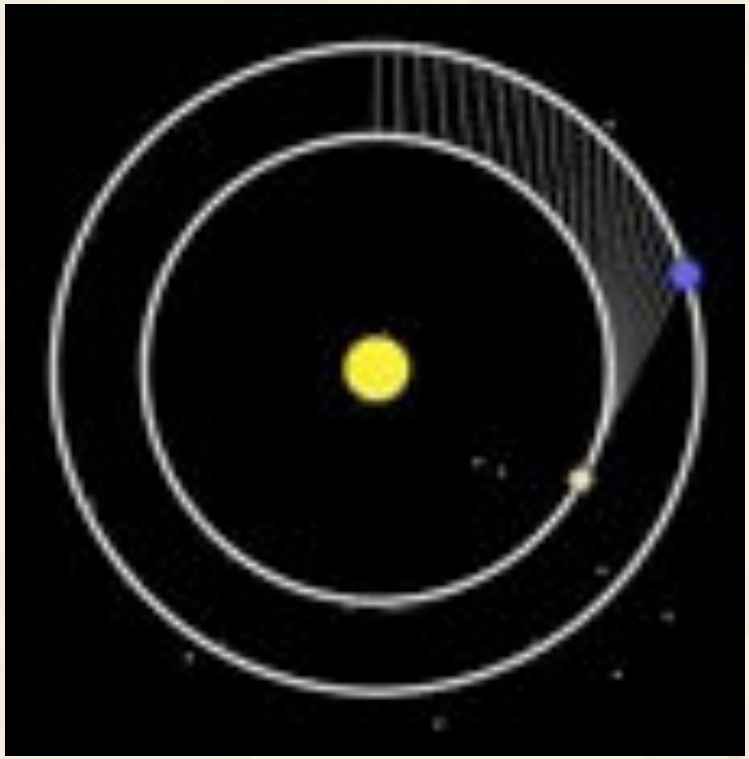
D~50km, H~1km

Venus Differs from Earth in One Important Way:

- Venus has no Plate Tectonics (板块结构)
- Earth's internal heat causes hot material to rise within Earth and plates to move
- Venus' crust is too rigid
- Heat builds up and escapes in planet-wide volcanic activity

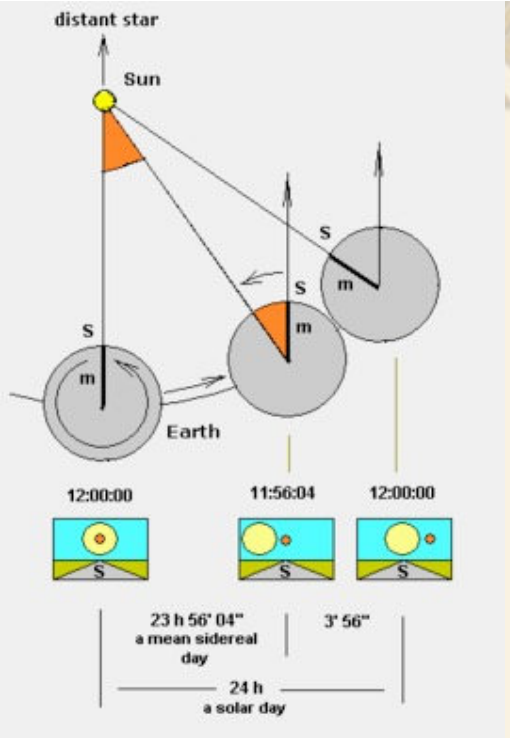
Why Venus Has No Plate Tectonics

- It's *hot!* We'd expect hot rocks to be *less* rigid, not more!
- But it's also *dry!* Dry rocks are ten times stronger at high temperatures than wet rocks.
- Earth is wet. That affects not just the outside, but the inside as well.



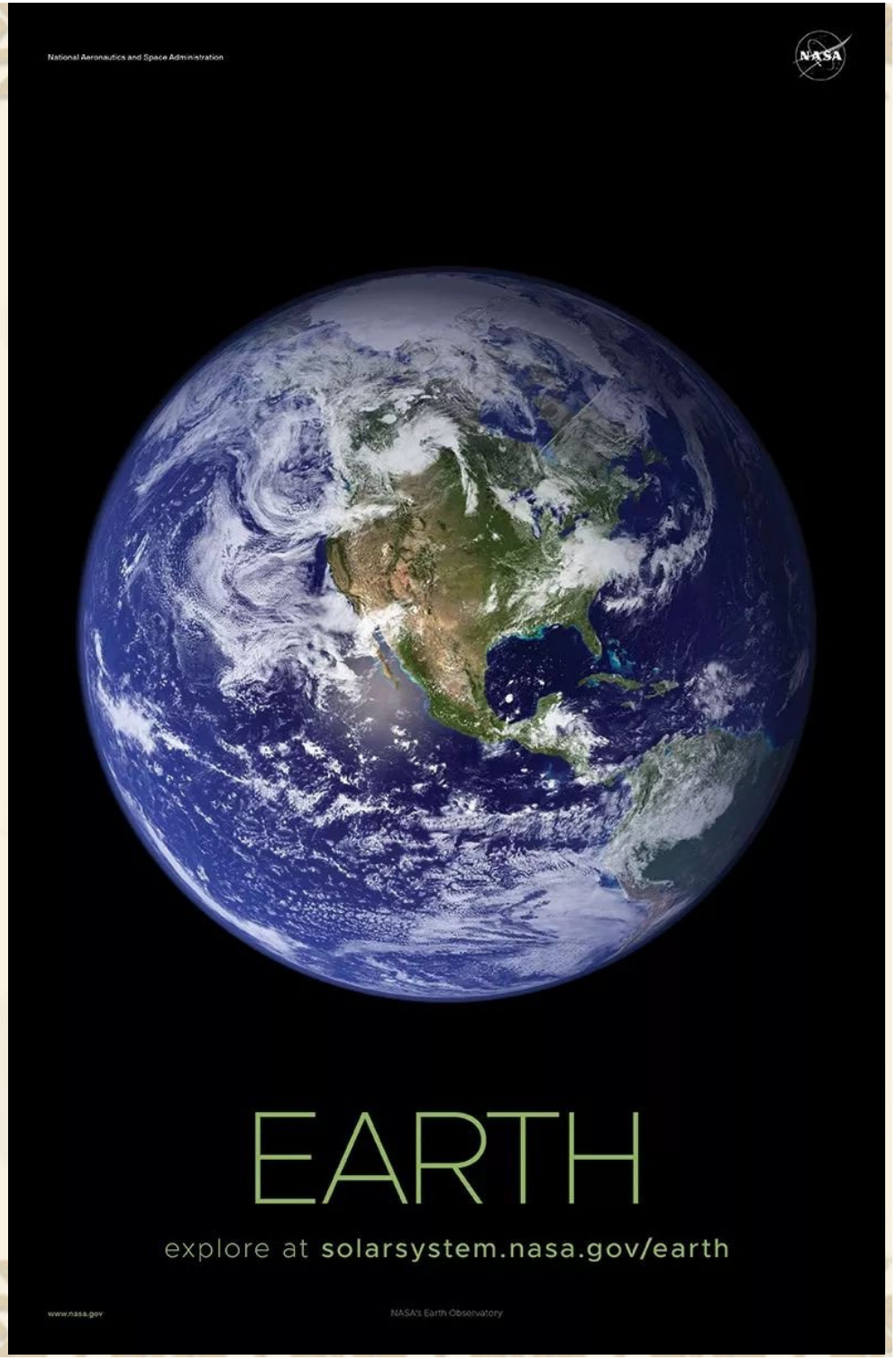
自然之美：金星与地球连线绕太阳的运动轨迹

地球

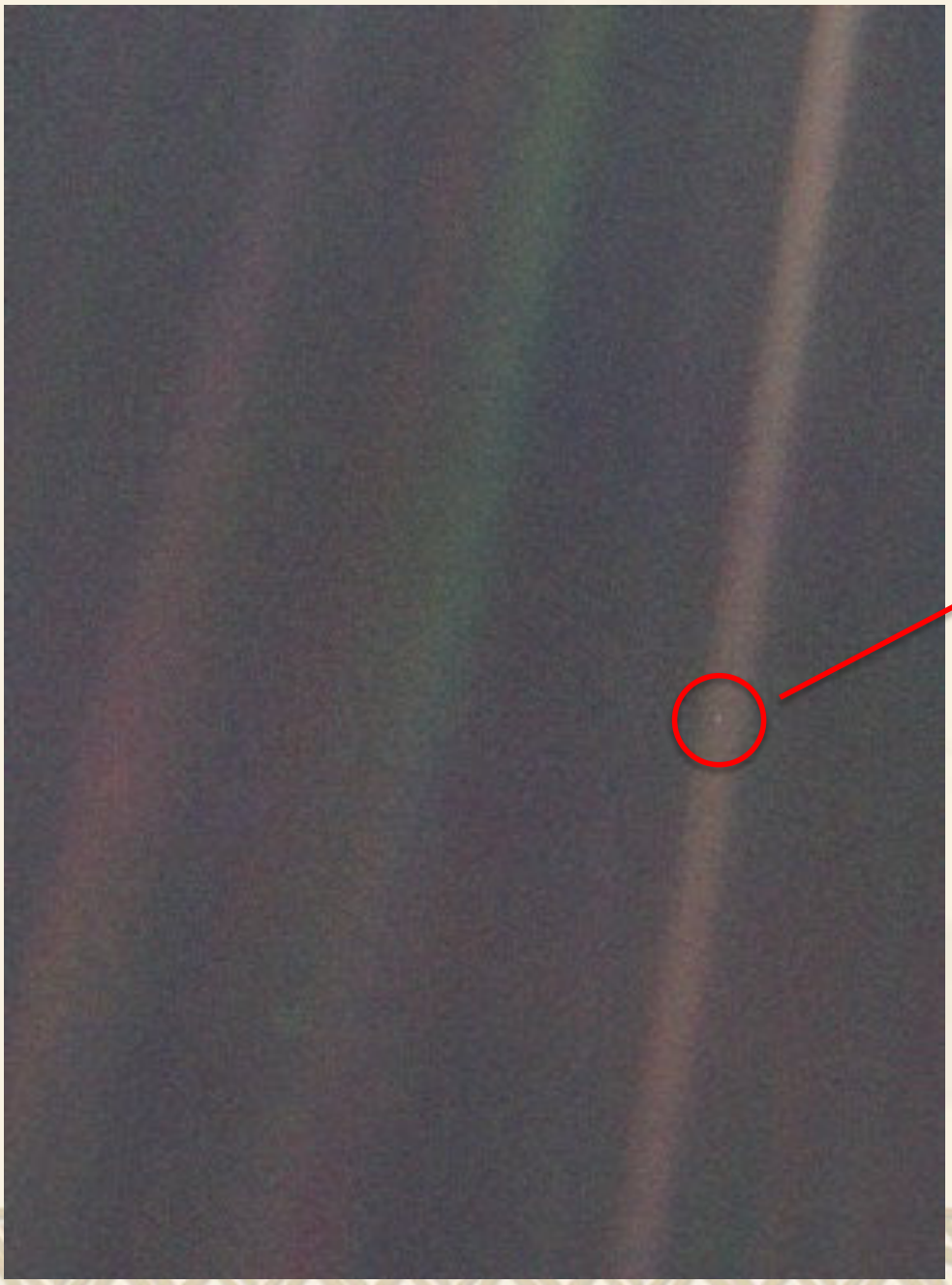


Mass	5.9736×10^{24} kg	
Radius (mean)	6371 km	
Escape velocity	11.18 km s^{-1}	
Day length	1 day	
Rotation period	23 h 56 min 04 s (sidereal day)	
Axial tilt	23.44°	
Semi-major axis of orbit	149 597 887.5 km	1 AU
Average Orbital Speed	29.78 km s^{-1}	
Eccentricity	0.0167	
Period	365.256366 days	
Orbital inclination	0° (Our orbit provides the reference plane.)	

Apollo 8, 1968, 绕月球飞行拍摄



Pale Blue Dot (can you spot it?)



a photograph of planet Earth taken on February 14, 1990, by the Voyager 1 space probe from a record distance of about 6 billion kilometers (3.7 billion miles, 40.5 AU)

Carl Sagan, “Pale Blue Dot: A Vision of the Human Future in Space”

“Look again at that dot. That's here. That's home. That's us. On it everyone you love, everyone you know, everyone you ever heard of, every human being who ever was, lived out their lives. The aggregate of our joy and suffering, thousands of confident religions, ideologies, and economic doctrines, every hunter and forager, every hero and coward, every creator and destroyer of civilization, every king and peasant, every young couple in love, every mother and father, hopeful child, inventor and explorer, every teacher of morals, every corrupt politician, every "superstar," every "supreme leader," every saint and sinner in the history of our species lived there-on a mote of dust suspended in a sunbeam.

The Earth is a very small stage in a vast cosmic arena. Think of the endless cruelties visited by the inhabitants of one corner of this pixel on the scarcely distinguishable inhabitants of some other corner, how frequent their misunderstandings, how eager they are to kill one another, how fervent their hatreds. Think of the rivers of blood spilled by all those generals and emperors so that, in glory and triumph, they could become the momentary masters of a fraction of a dot.

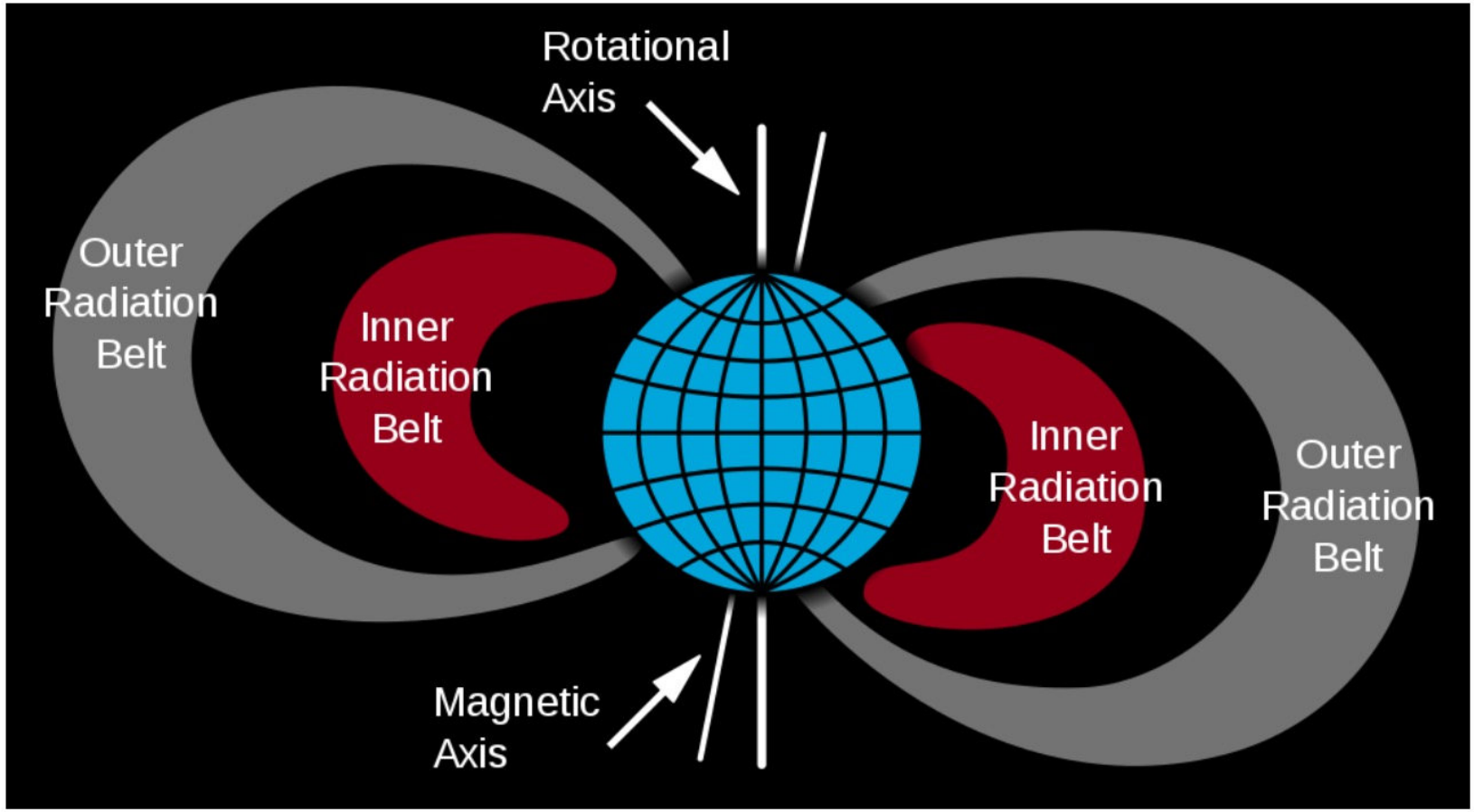
Our posturings, our imagined self-importance, the delusion that we have some privileged position in the Universe, are challenged by this point of pale light. Our planet is a lonely speck in the great enveloping cosmic dark. In our obscurity, in all this vastness, there is no hint that help will come from elsewhere to save us from ourselves.

The Earth is the only world known so far to harbor life. There is nowhere else, at least in the near future, to which our species could migrate. Visit, yes. Settle, not yet. Like it or not, for the moment the Earth is where we make our stand.

It has been said that astronomy is a humbling and character-building experience. There is perhaps no better demonstration of the folly of human conceits than this distant image of our tiny world. To me, it underscores our responsibility to deal more kindly with one another, and to preserve and cherish the pale blue dot, the only home we've ever known.”

詹姆斯·范艾伦（1914~2006）是美国空间物理学家。1958年美国第一颗人造卫星顺利升空进入轨道后，卫星上的盖革计数器读数出现异常，作为项目的首席研究员，范艾伦分析这是由于空间中的带电粒子过多导致的。随后的观测表明地球附近确实存在由大量带电粒子聚集而成的辐射区域，该区域后来被称作范艾伦辐射带。

James Van Allen



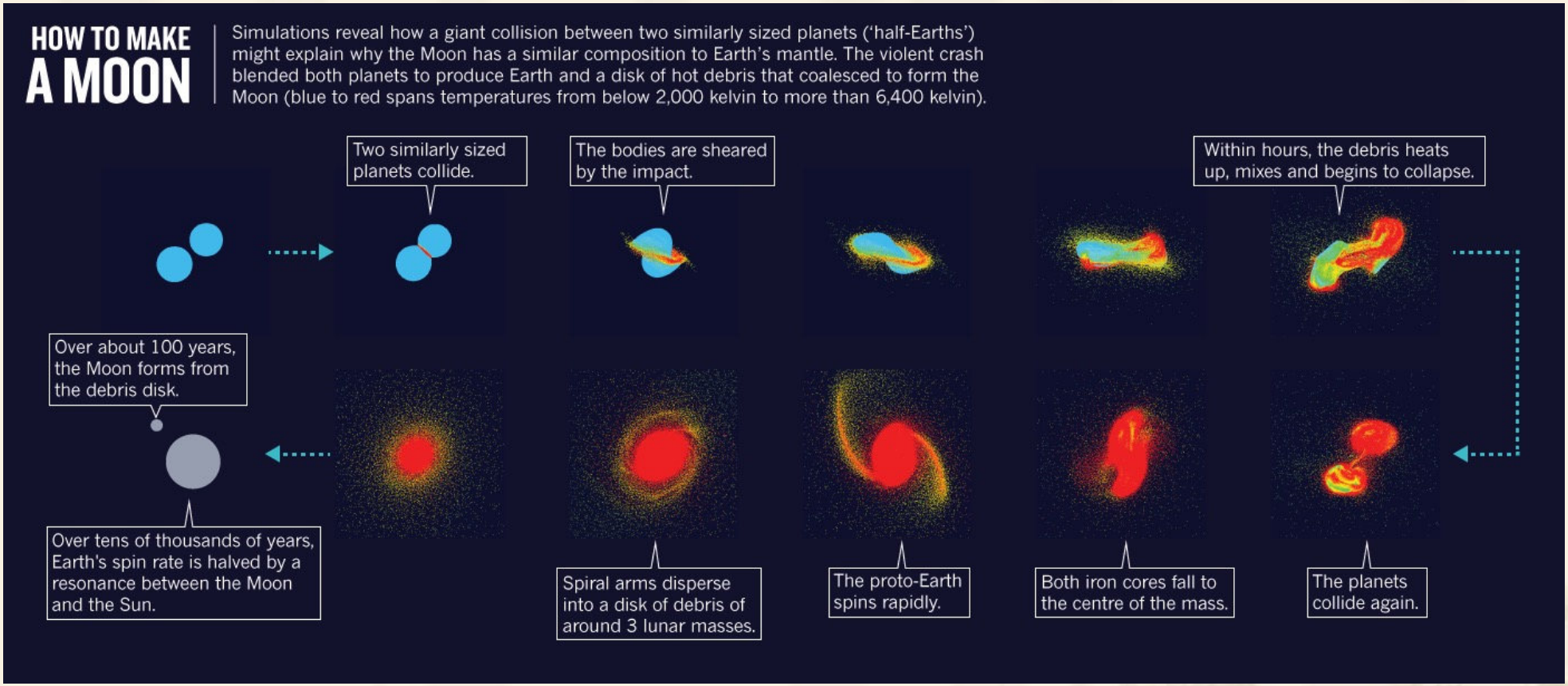
范艾伦辐射带的横截面 | Wikipedia

范艾伦在一共在八个年度获得提名，其中在1967年获得最多的8次提名。范艾伦没有获得诺奖，但他在1989年获得了同样是由瑞典皇家科学院颁发的克拉福德奖，获奖理由是「对太空的开创性探索，特别是发现了被束缚在地球磁场中的高能粒子」。

（逐星科技）

❖ 地月系统（双行星）的形成

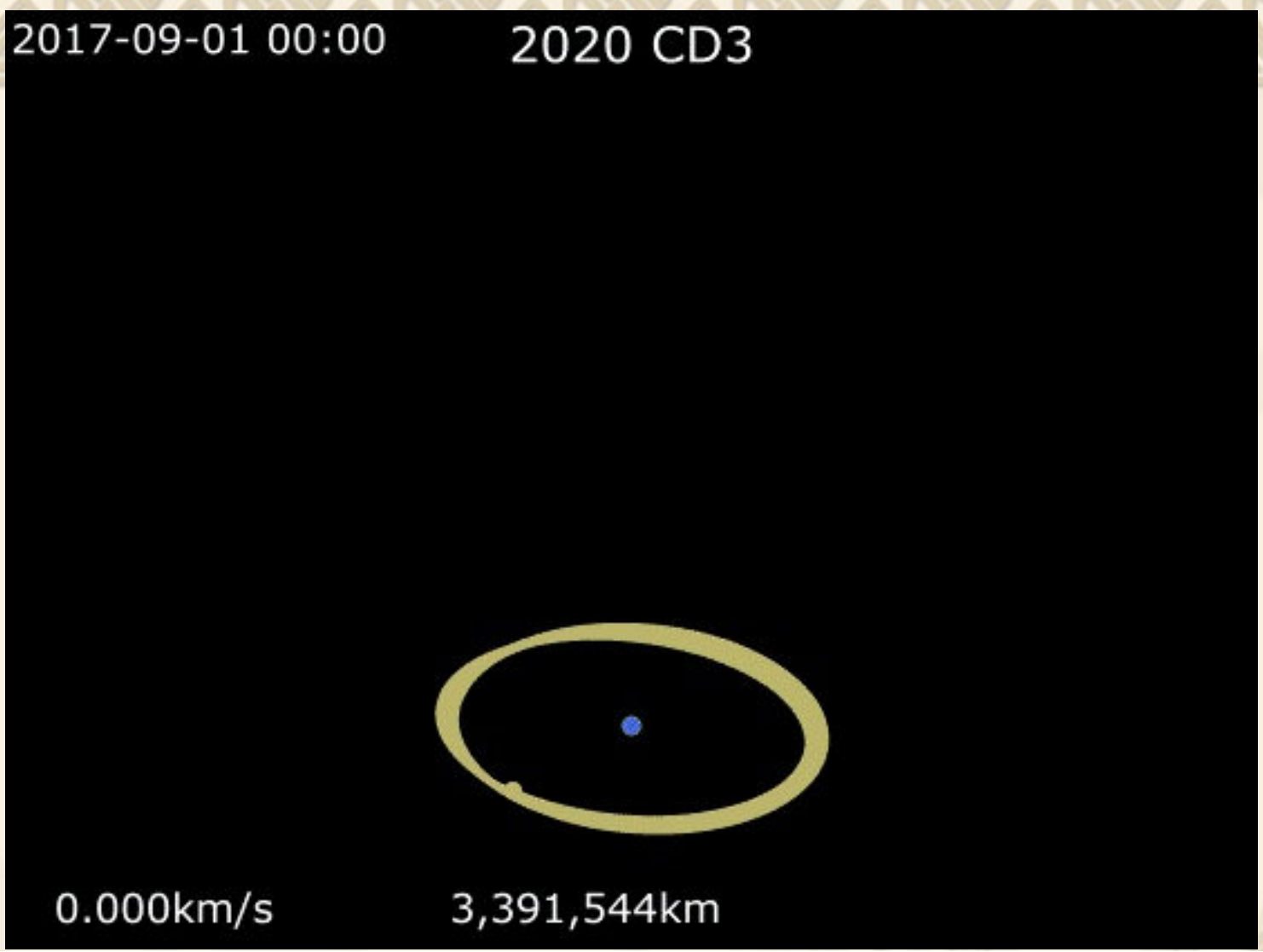
类似$M_{地球}$天体与地球相撞



（Robin Canup, Nature, 2013）

（撞击说，分裂说，同源说，俘获说）

地月系统（双行星）的形成



2020 CD3（紫色）被地球（蓝点）俘获后的轨道运动，黄色表示月球轨道。 | 来源：wikipedia

据数值模拟结果，地球的附近每时每刻都有临时卫星光临，只不过大多数都很小，而且绕行时间很短，所以很难被观测到。2020 CD3来了两年后即将离开时才被发现，这也间接说明了很多进进出出的小卫星还没来得及被我们发现就溜走了。

- 地月系统（双行星）的形成

  类似$M_{地球}$天体与地球相撞

- 地球大气

  火山喷发：次级大气→ 水（部分来自彗星）凝结→海洋
  →$4x10^9$年：生命起源→光合作用：吸收太阳能并产生氧气
  →臭氧层形成吸收大量紫外辐射：保护生命

- 生命起源
  - 地球板块运动：形成大陆--生命活动场所
  - 寒武纪（5.4-5.1亿年前）：多细胞生命开始繁荣
  - 生命灭绝：随后的5.35亿年发生过5次生命大灭绝
  - 最近的一次：6.5千万年前，小行星或彗星撞击地球（D~10公里），恐龙灭绝，~70%生命灭绝，小的地鼠类哺乳动物幸存下来→人类

第一次大灭绝事件
——奥陶纪末期的生物灭绝

距今4.4亿年前的奥陶纪末期，约85%的物种灭亡，腕足和苔藓虫三分之一的科，总共有超过100个科都消失了；牙形石、三叶虫、笔石中的很多种类也灭绝了，造礁生物受到了沉重的打击。灭绝事件之后，上述个门类的生物代之以全新的类型。

第二次大灭绝事件
——泥盆纪末期的生物灭绝

距今3.7亿年前的泥盆纪末期，由于天体撞击，海生无脊椎动物灭绝。受影响最大的是造礁生物，如层孔虫、四射珊瑚的10多个科、床板珊瑚等。腕足动物的3个目消失、三叶虫、牙形石、疑源类、无颌类和盾皮鱼类同时也受到影响。这次生物大灭绝之后，软骨鱼和硬骨鱼得到大发展。

最大规模的生物灭绝事件
——二叠纪末期大灭绝

距今2.5亿年前的二叠纪末期，所有大陆聚集形成了一个超级大陆，海岸线急剧减少，生态系统遭到严重破坏，地球上有96%的物种灭绝，这次大灭绝使得占领海洋近 3 亿年的主要生物从此衰败并消失，90%的海洋生物和70%的陆地脊椎动物灭绝。这是地质历史时期最大规模的一次生物灭绝事件。

第四次大灭绝事件
——三叠纪末期的生物灭绝

距今1.95亿年前的三叠纪末期，有76%的物种灭绝了。这次灭绝的主要是海洋生物，包括幻龙类，盾齿龙类，假鳄类，二齿兽类，兽齿类。据推测，三叠纪末期，联合古陆开始解体，又一次引发了全球范围内的长期火山喷发。这次生物灭绝事件，造成了恐龙的大发展。

第五次大灭绝事件
——白垩纪末期的生物大灭绝

距今6500万年前白垩纪末期，是地史上第二大生命大灭绝事件，约75%-80%的物种灭绝，长达14000万年之久的恐龙时代就此终结，为哺乳类及人类的最后登场提供了契机。

- 地球的构造：地核、地幔和地壳

  - 赤道略大：ΔR~43 km
  - 最高峰—喜马拉雅山珠峰；最低谷--Mariana 海底峡谷
  - 地核温度：~7000K

    放射性物质衰变加热：放射性同位素（钾、铀、钍），半衰期：~1x10^9年
  - 岩浆对流-板块运动-火山喷发-二氧化碳重新进入大气
  - 大气成分（78%氮气，21%氧气，1%水蒸气、二氧化碳、臭氧、甲烷、其它微量气体）：温室效应利于生命存在

- 地外生命？
  - 地球是普通的一个行星：地外生命？
  - 地球的特殊之处
    - 地球的板块运动：海底的二氧化碳（温室气体）释放到大气中
    - 木星降低小行星和彗星撞击地球的概率
    - 月亮使地球的自转轴稳定

9 STROKES OF LUCK PRODUCED OASIS EARTH

Our hospitable world should not exist. If Earth had not collided with another planet, it would have been barren today – and that is only one of many ifs. As scientists zero in on alien worlds, they are realising that Earth may be the luckiest planet in the entire universe.

→ EARTH FORMS

1. Supernova provided heat
2. Saturn stopped the potential devastation caused by Jupiter
3. Earth ended up in a narrow 'Goldilocks' zone

→ LIFE BECOMES POSSIBLE

4. Collision provided Earth with the perfect size
5. The Moon stabilises our seasons
6. Active geology is Earth's thermostat

→ LIFE IS PROTECTED

7. Free oxygen paved the way for sophisticated life
8. Jupiter prevents meteor strikes
9. The magnetic field was saved at the last minute

SHUTTERSTOCK

0.0000 00000 00781 25%*

was the likelihood of Earth developing conditions that could support life. Statistically speaking, that makes us one planet in 25 quadrillion. Our Earth is the result of nine great strokes of luck.

***Method:** The number was reached by multiplying the likelihood of the nine strokes of luck in the following article, each based on a qualified guess.

地球形成：超新星提供热，土星阻止木星可能造成的大破坏，地球形成于一个很窄的“地段”
生命成为可能：地月碰撞使得地球尺寸完美，月球使得地球四季稳定，活跃的地质活动是地球的恒温器
生命受到保护：免费的氧气供应，木星防止小行星撞击，地球形成时保留住了磁场

月球

Mass	7.3477×10^{22} kg
Radius (mean)	1737.1 km
Rotation period	27.3216 days (in synchronous rotation)
Semi-major axis of orbit	384 399 km
Eccentricity	0.0549
Orbital period	27.3216 days
Average orbital speed	1.022 km s^{-1}
Synodic period	29.5306 days (from new moon to new moon)
Orbital inclination	5.145° (with respect to the ecliptic)

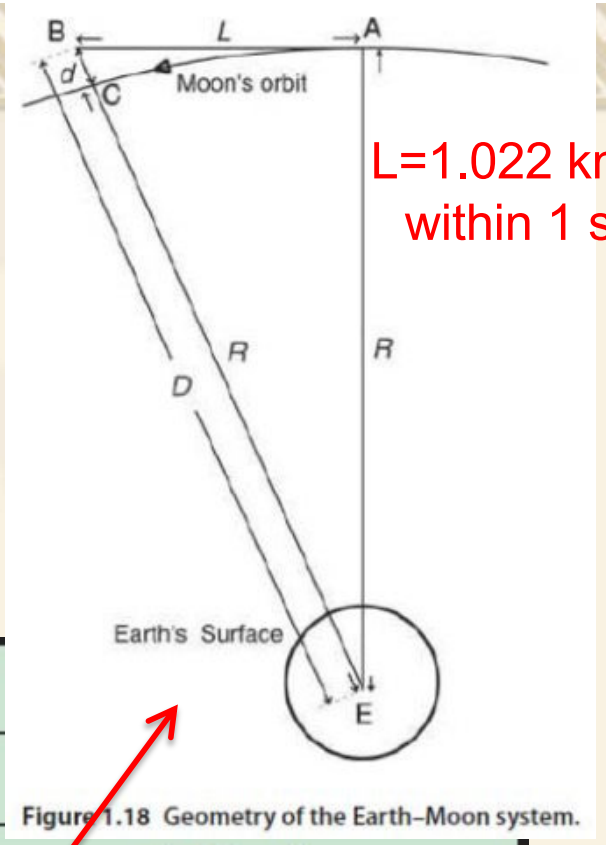
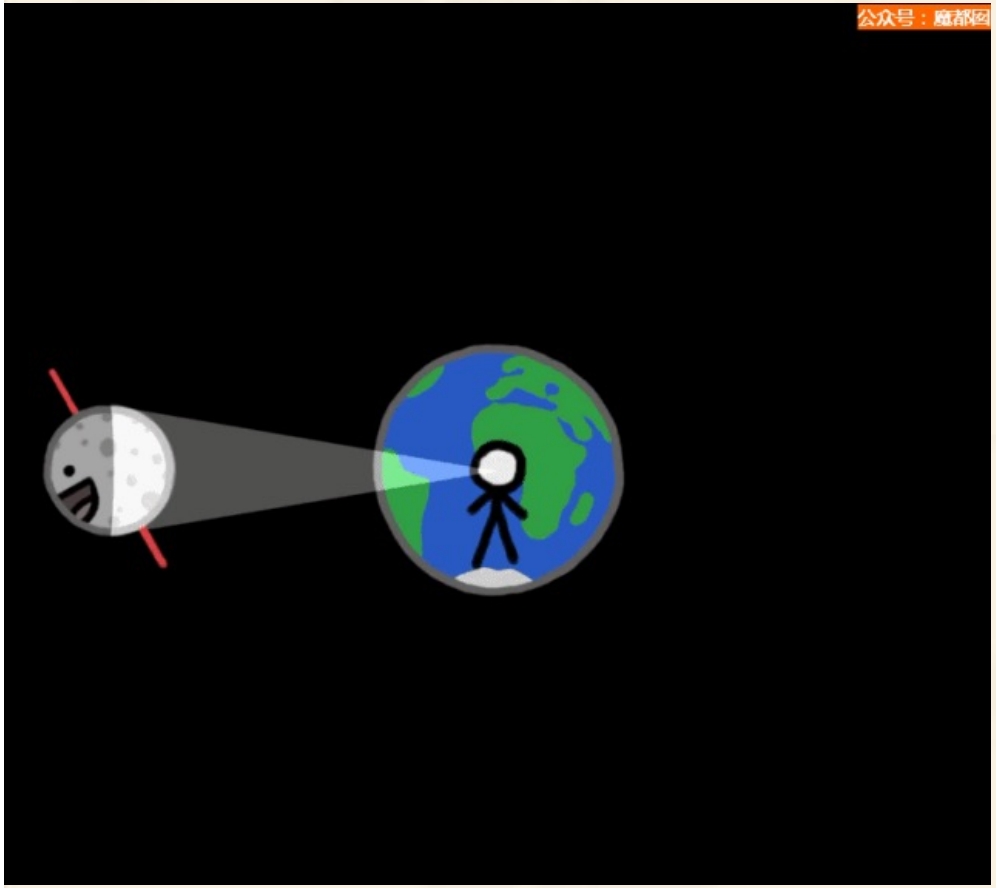


Figure 1.18 Geometry of the Earth–Moon system.

L=1.022 km within 1 s

地球潮汐锁定月球



- 基本特性
  - 半径：约为地球半径的1/4
  - 目前距离地球：~30倍地球直径
  - 表面引力加速度：~1/6地球值
  - 椭圆轨道：角尺寸~12%的变化（0.5548度→0.4923度）
  - 月天平动（Libration）：~ 59%表面可观测
    - 椭圆轨道
    - 轨道倾角
    - 不同空间位置观测月升、月降
  - 反照率：很小，~8%（类似于煤块）

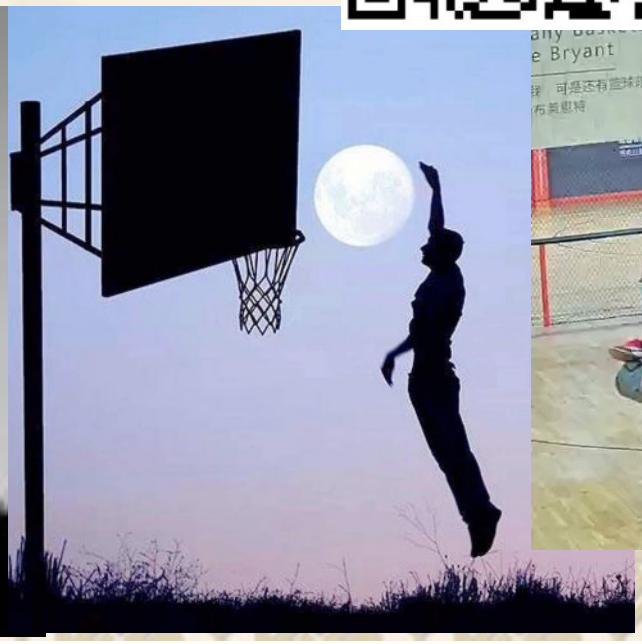
月天平动Libration

Super Moon
05.05.2012
Micro Moon
28.11.2012

2016年11月14日的超级月亮

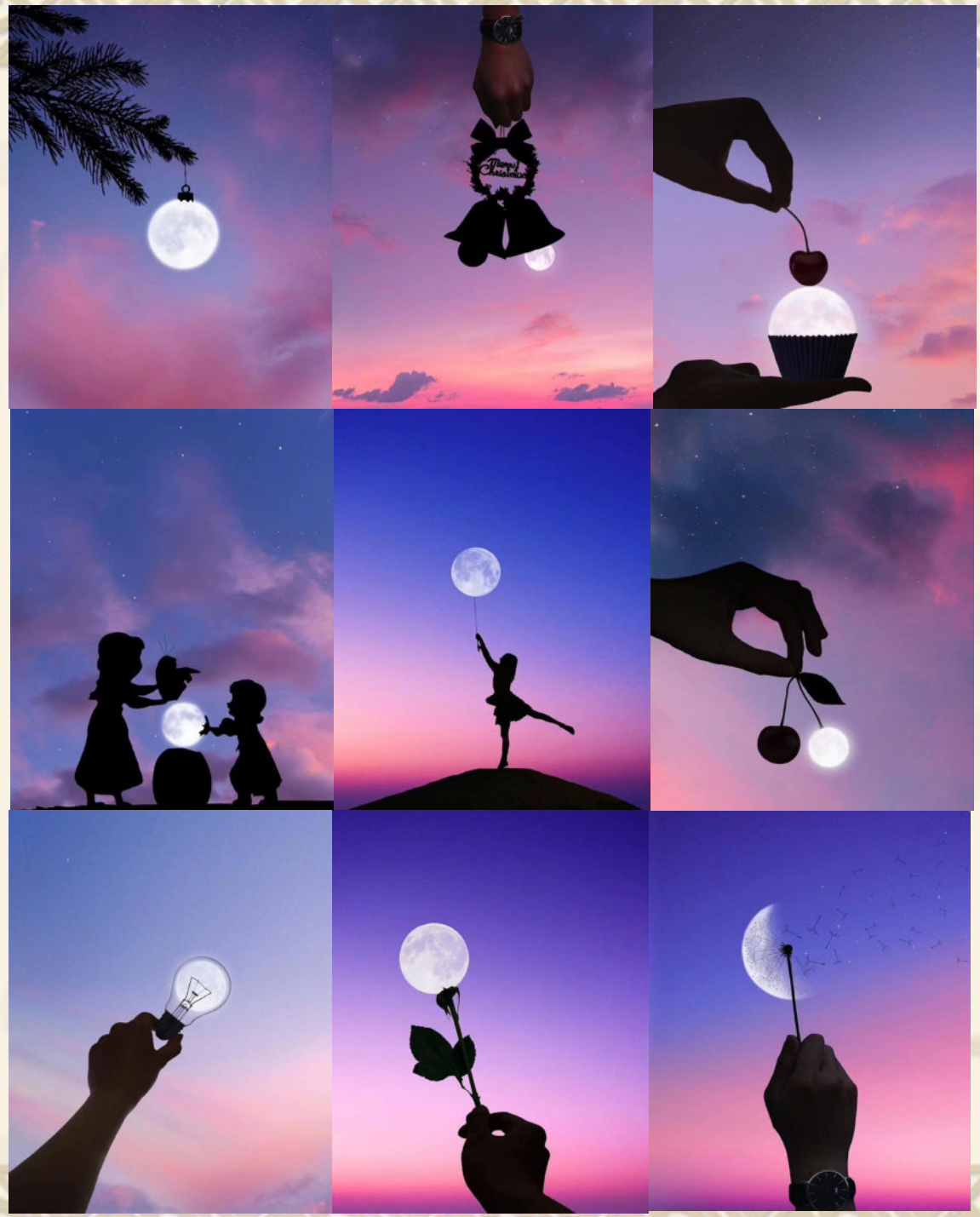
都是月亮惹的祸

和月亮一起做运动



（2020/12到上海出差@洛克公园）

种月亮（摄影师Laurent Laveder）



- 月貌
  - 月陆（亮）和月海（暗）：肉眼可见
  - 月球正面：~32%月海；反面：~2%月海（苏联 Luna 3， 1959）
  - 月海表面覆盖玄武岩：很多撞击坑，火山熔岩进入凝结；但不像月陆那样多坑，表明其形成于太阳系形成的后期（天体撞击开始减少）
  - 为什么月球正面月海多？
    - 正面半球放射性物质多、加热：火山喷发，富含放射性元素的熔岩填入碰撞盆地
    - 正面地壳薄：易于火山喷发
    - 地球的引力作用，天体容易撞击正面
  - 为什么月陆比月海高？--密度小

Rotating Moon from LRO: we can see it all!

我国学者与海外合作者在月球正反面物质不对称性分布成因研究方面取得进展

日期 2022-02-15　来源：地球科学部　作者：程惠红　【大 中 小】　【打印】　【关闭】

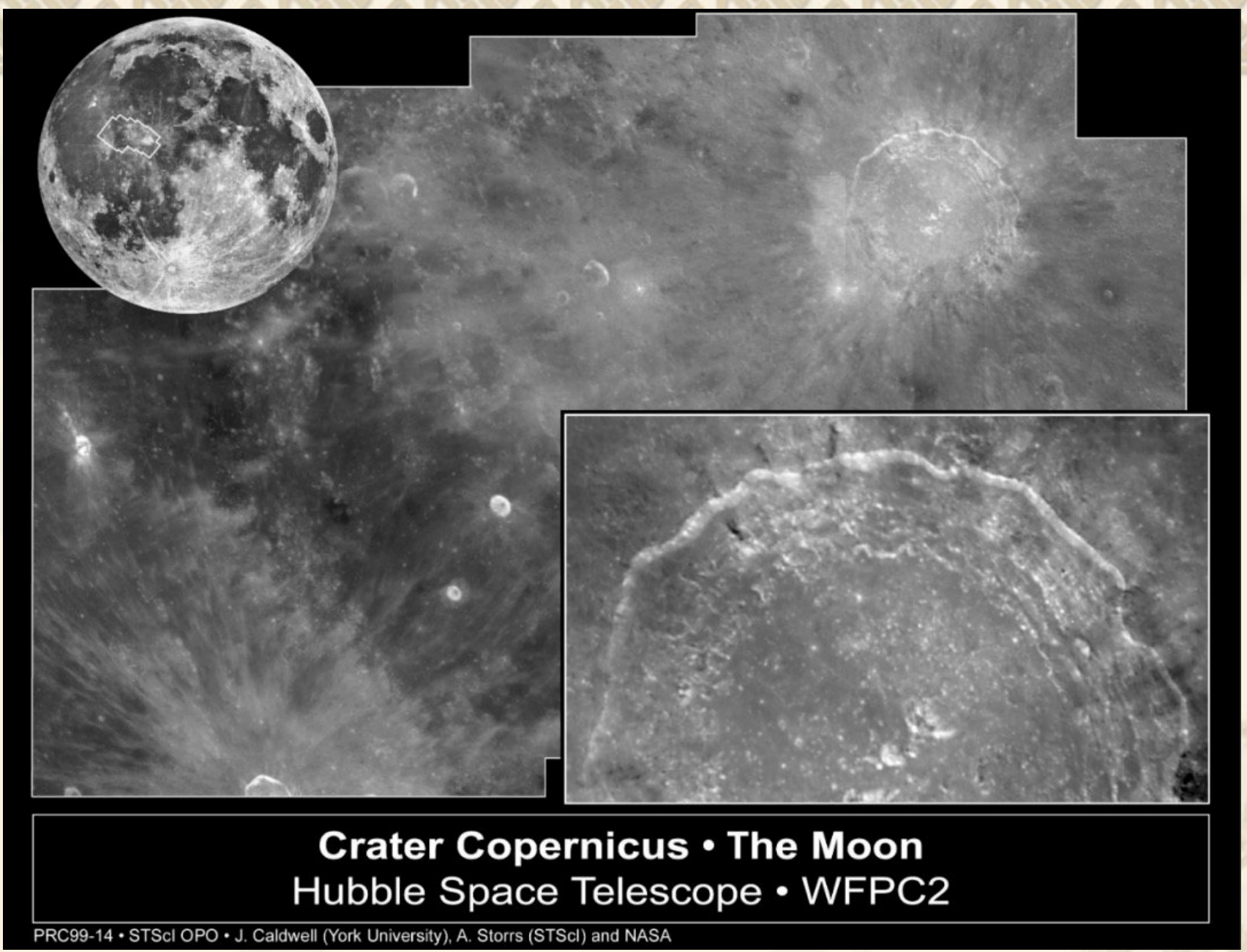
在国家自然科学基金项目（批准号：41674098、12173106）等资助下，北京大学张南、澳门科技大学丁忞与澳大利亚科廷大学合作，通过耦合撞击动力学和地幔动力学数值模拟，揭示了月球最大的撞击事件（月球背面南极艾特肯盆地形成事件）产生的热异常通过地幔翻转过程促使月球正反面的物质成分不对称性分布，为月球及其他类地行星早期演化过程研究提供了新思路。研究成果以“月球南极艾特肯撞击引起的地幔翻转造成其物质不对称分布（Lunar compositional asymmetry explained by mantle overturn following the South Pole Aitken impact）”为题，于2022年1月10日在期刊《自然．地球科学》（Nature Geoscience）上发表，并以“宇宙撞击揭示了月球上的一个谜”为题作为亮点予以报道。论文链接：https://www.nature.com/articles/s41561-021-00872-4。

月球距地球38万公里，是距离地球最近的星体。遥感观测显示月球上遍布上万个陨石撞击坑，其中直径达到300 km以上的陨石坑盆地就有30个以上，并且月表地形呈正面低地、背面高地的不对称结构，在正面广泛分布着月海玄武岩而在背面则是大量非常古老的斜长岩。这种物质不对称性形成于月球演化的早期，是月球后续演化的起点，深刻影响着后续地质和热化学动力学长期演化的方向。然而，造成月球正反面物质不对称分布成因机制尚不清楚。

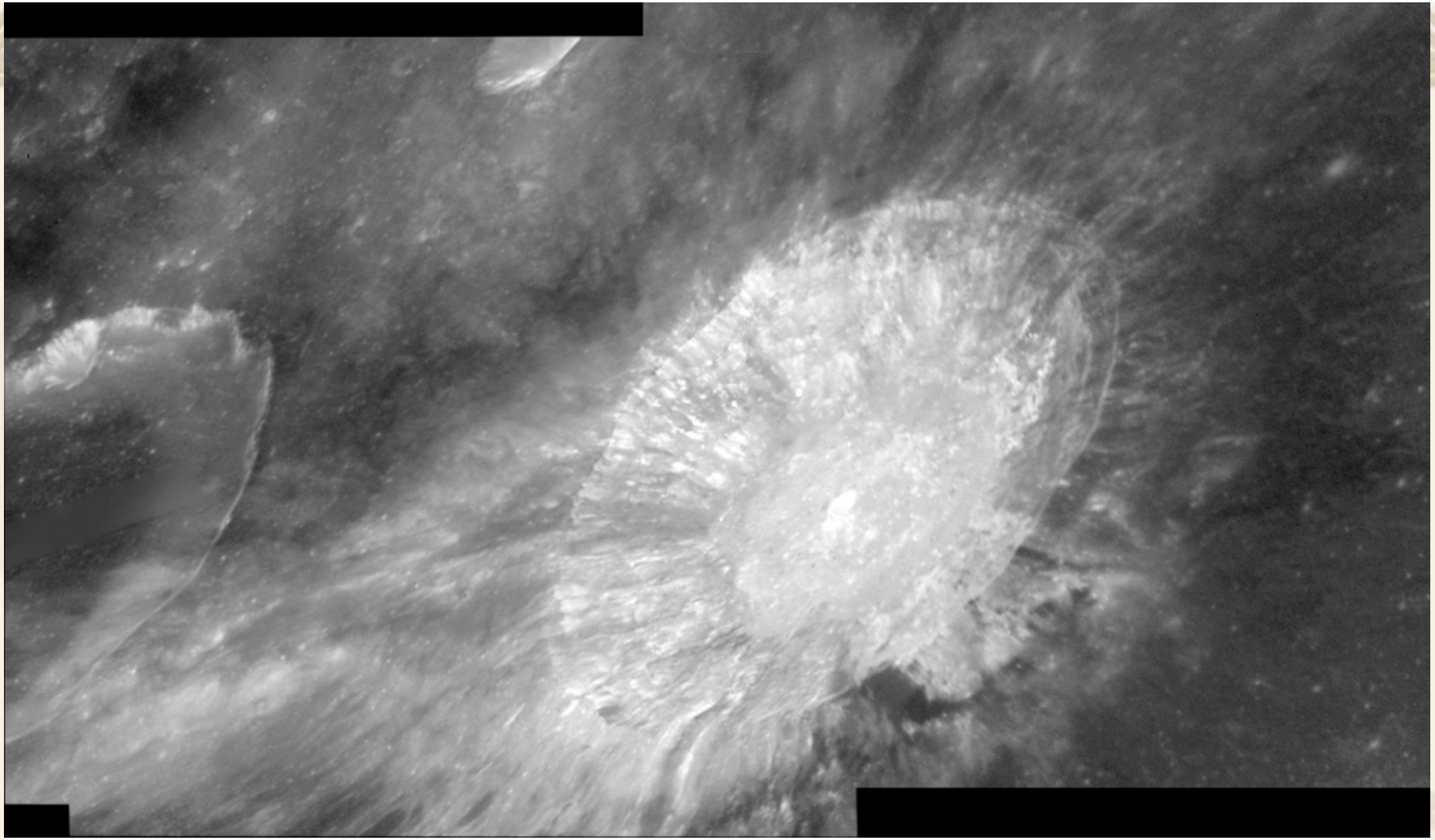
研究团队长期致力于月球的结构和起源研究。他们发现月球上大的陨石坑发生的时间主要集中在太阳系形成的初期和月球晚撞击期，且月球放射性元素和钛铁矿在近月面集中。据此，提出月球最大的撞击事件——艾特肯盆地形成事件造成的热异常，通过地幔翻转过程，促使月球正面形成富含钛铁矿和克里普岩的月幔源区，从而形成月球正反面物质呈现不对称性分布。研究团队通过耦合撞击动力学和地幔动力学数值模拟方法，模拟了这个撞击过程以及联动的钛铁矿驱动的重力失稳过程，很好地拟合了观察到的放射性元素和钛铁矿在近地面北面的聚集（图），并进一步进行了陨石撞击后重力场的约束。

该研究揭示了行星内部密度结构和外部陨石撞击在塑造行星浅表层形态和矿藏分布方面的决定性控制作用，证明了内外动力学耦合演化模式有助于更好地理解类地行星的早期演化过程，提升了对类地行星结构演化机制与动力学过程的认识，促进了太阳系行星演化和人类起源环境的了解。

月球表面“月貌”成因：撞击



哈勃的WFPC2拍摄的的月球上的“哥白尼陨石坑”的可见光图像。哥白尼陨石坑是一颗小行星撞击月球后形成的巨大陨石坑，直径达到93千米，它是月球上最引人注目且最上镜的陨石坑。

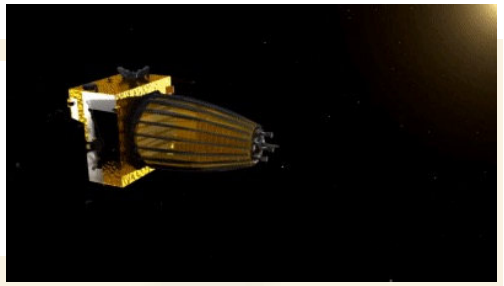


图：哈勃的ACS于2005年8月21日拍摄的阿利斯塔克 (Aristarchus) 陨石坑。阿利斯塔克是古希腊杰出的天文学家，也是世界上第一个提出日心说思想的天文学家，这个思想后来被哥白尼发扬光大。阿利斯塔克陨石坑的直径为42千米，深度约3.2千米，位于阿利斯塔克高原的东南边缘，于大约1亿到9亿年前形成，是月球上最大、最年轻的陨石坑之一。

Credit: NASA, ESA, and J. Garvin (NASA/GSFC)

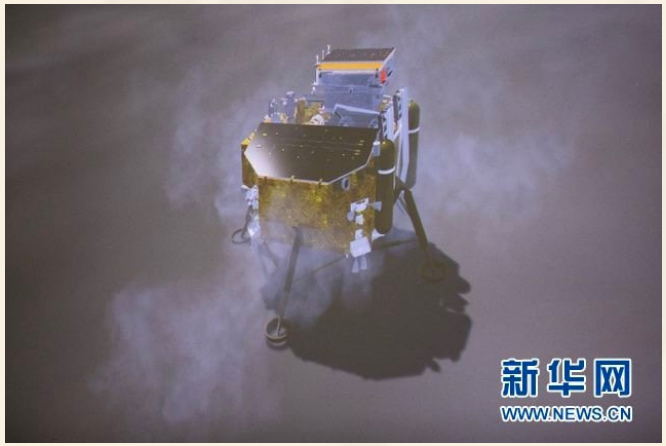
嫦娥四号创造历史 人类探测器首次在月球背面软着陆

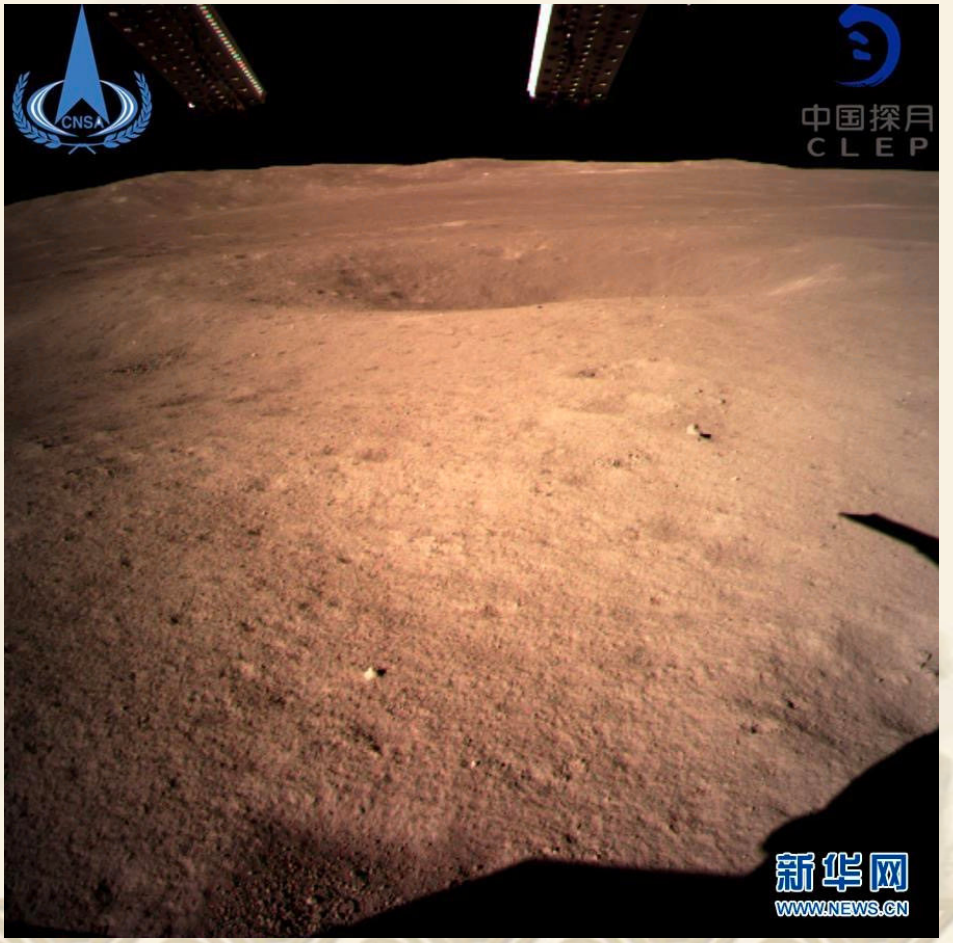
2019-01-03 18:33:24　　来源：新华社客户端

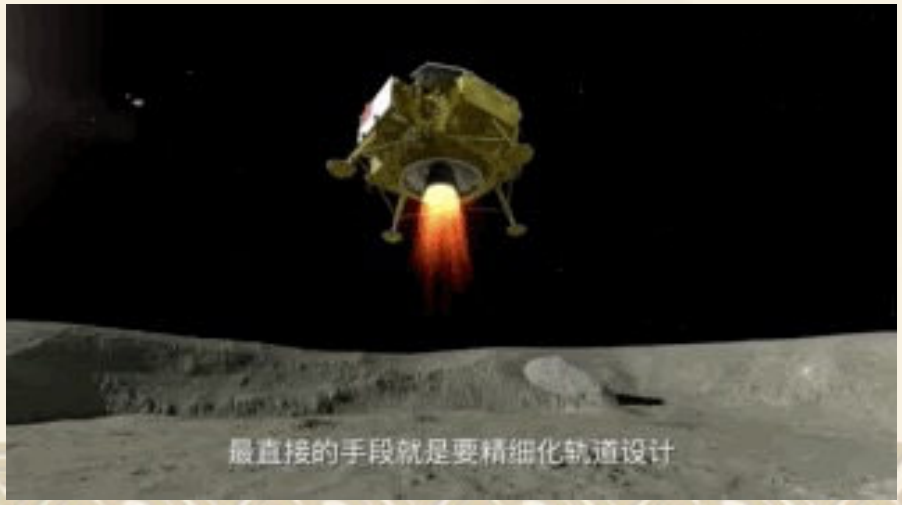


新华社记者说｜嫦娥一小步，人类一大步！

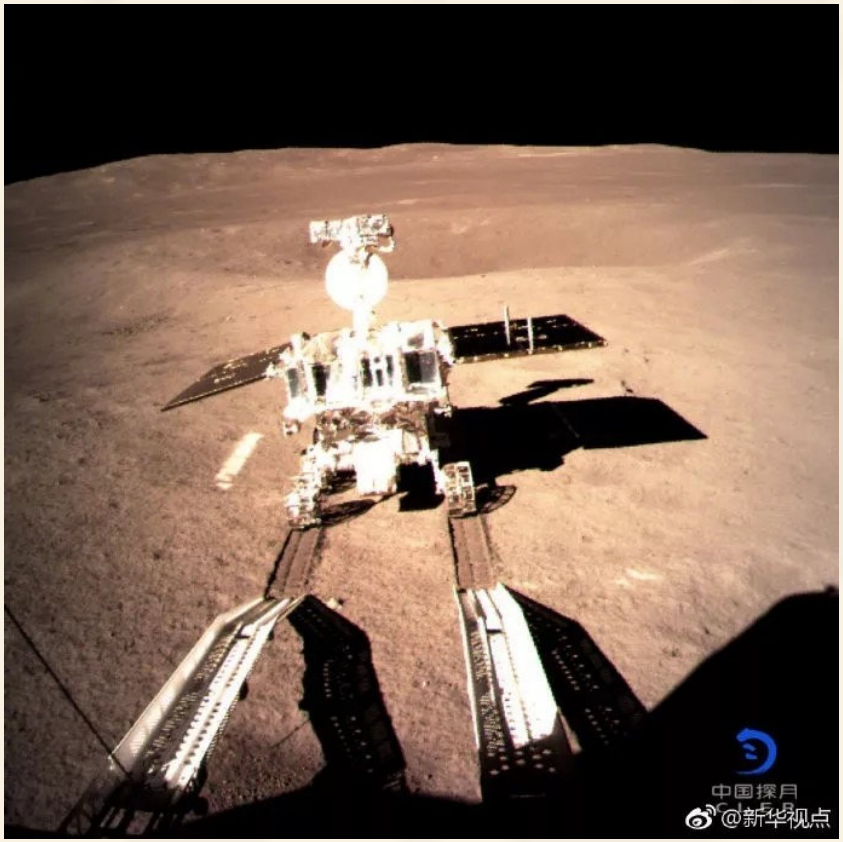
2019-01-03 18:03:31　　来源：新华社



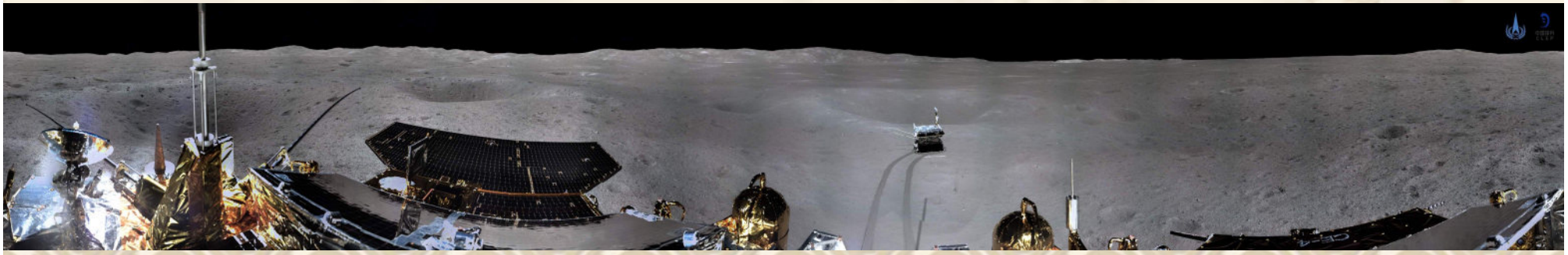




中国的嫦娥四号、玉兔二号



玉兔2号最显著的成果就是揭开了月幔的线索，现在科学家已经利用传回来的数据推断出月球地幔的组成矿石，我国首次拿到了月球背面的数据与矿物，这个也是“首次”，经过严密的光谱分析后，可以确定这次的检测结果比较有可靠性。当然对于鉴定矿物组合中的精确数据还是有争议性的，因为光谱特征非常复杂，还需要进一步更精密的工作。



16天投稿，Nature同期3篇！中科院发布嫦娥五号样品最新成果

原创 甘晓 科学网 昨天

20211019：基于月壤的最新成果

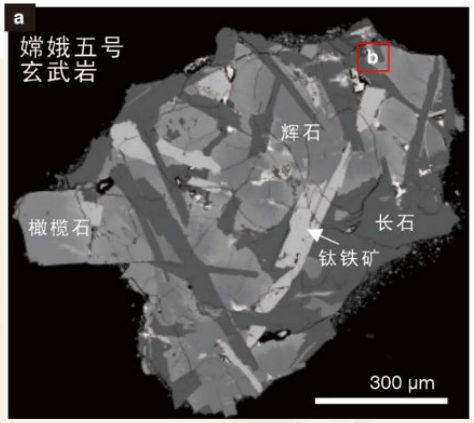
作者 | 甘晓

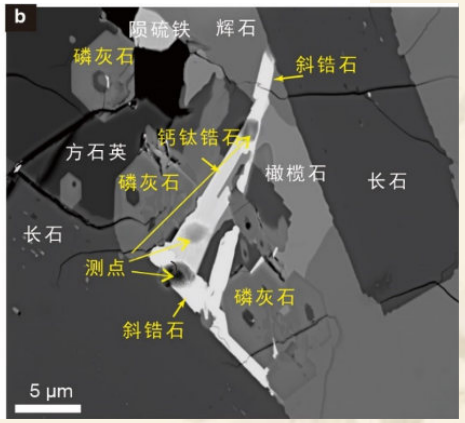
研究结果将月球火山活动的结束时间延长了约8亿年，揭开了月球最年轻火山活动的神秘面纱。

48人小组、7天完成实验、16天投出第一篇论文……

10月19日，中国科学院发布了嫦娥五号月球科研样品最新研究成果。中国科学院地质与地球物理研究所（以下简称地质地球所）和国家天文台主导，联合多家研究机构通过3篇《自然》（*Nature*）论文和1篇《国家科学评论》（*National Science Review*，*NSR*）论文，报道了围绕月球演化重要科学问题取得的突破性进展。其中，3篇《自然》论文于北京时间10月19日17点同期上线。

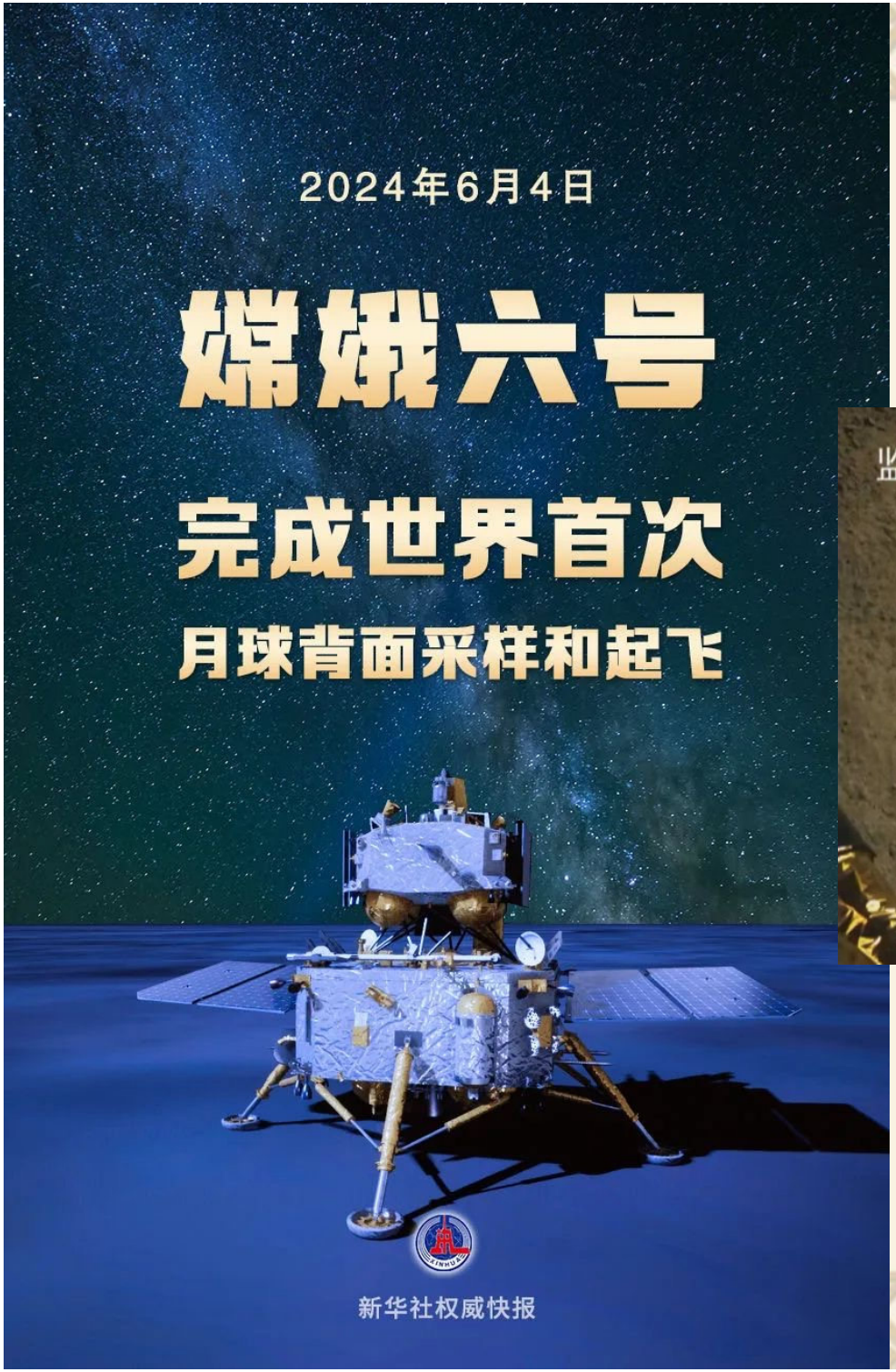
研究证明，嫦娥五号月球样品为一类新的月海玄武岩，对着陆区岩浆年龄、源区性质给出全新的认识，月球最“年轻”玄武岩年龄为20亿年，其晚期岩浆活动的源区并不富集放射性元素，并且月幔源区几乎没有水。





嫦娥五号火山玻璃珠揭示月球1.2亿年前仍存在火山活动

中国国家天文 2024年09月11日 17:22 北京

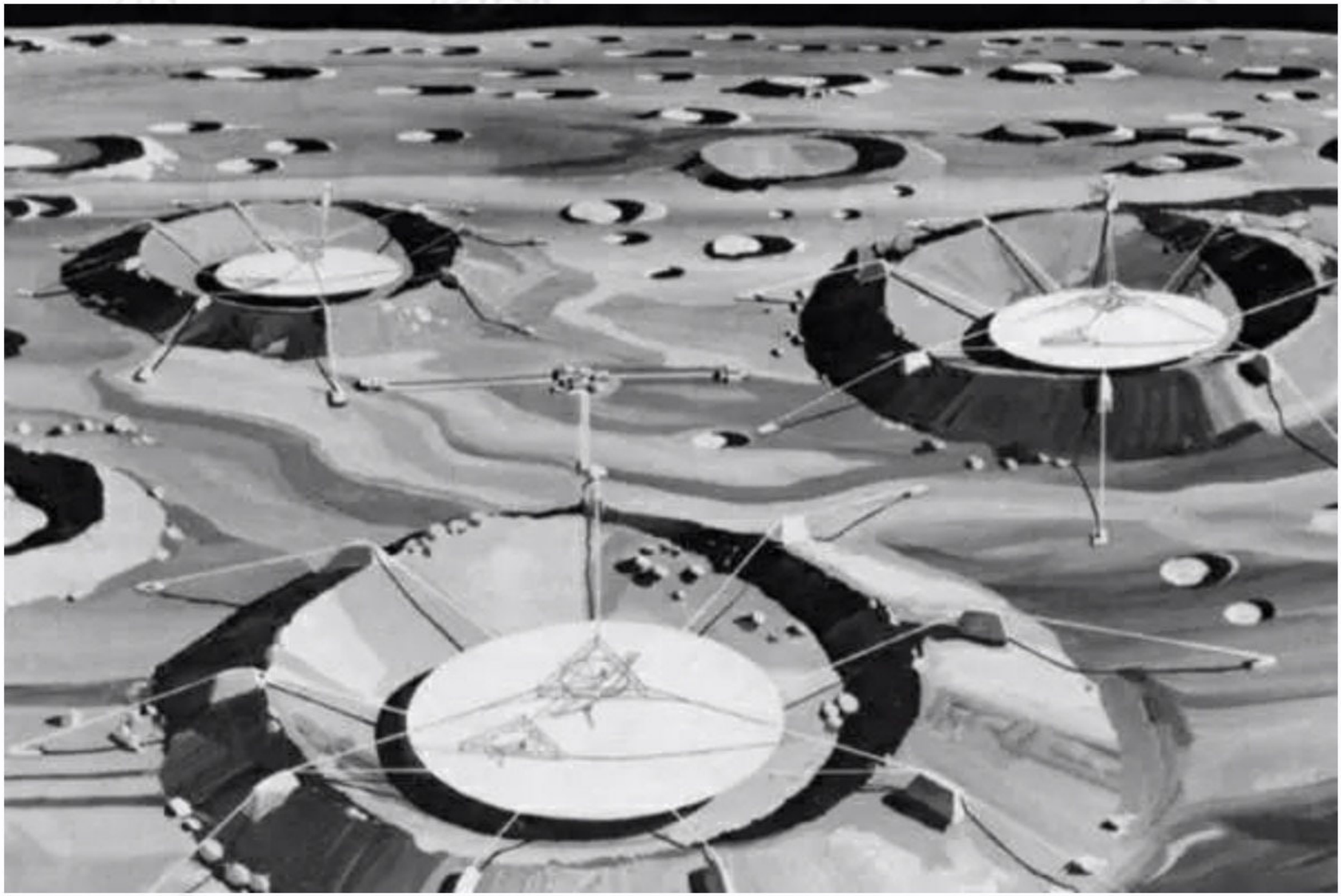

2024年6月4日
嫦娥六号
完成世界首次
月球背面采样和起飞
新华社权威快报

监视相机A
中国探月
CLEP
@央视新闻
@嫦娥六号月球探测器

- 环形山

  北极有些地方常年有日照：太阳能发电

  在极冠区某些环形山底部：常年无日照，冰湖（水冰、氧气、氢气：月球基地？）----雷达探测，但仍有争议
- 月球坑/环形山
  - 数量：50万直径大于1km
  - 最大：D~2240km，13km深
  - 著名：第谷环形山和哥白尼环形山
- 月壤：~3-5m(月海)； ~10-20m(月陆)
- 岩石床：月壤之下，~10-40km厚
- 壳（～50km）、幔和核（~350km，至少部分熔化）：阿波罗放置的月震仪测量



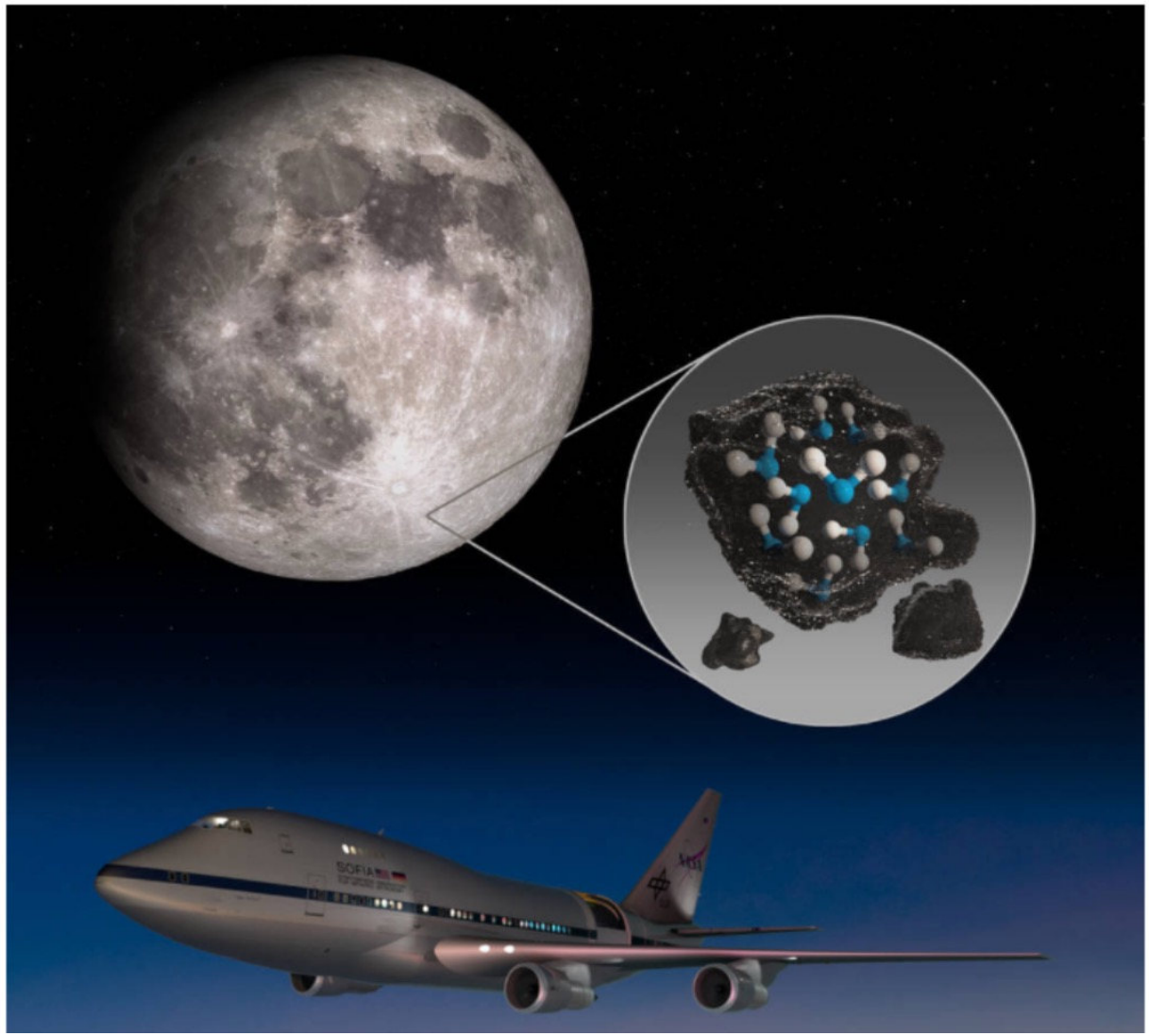
曾经在美国登月计划期间就职于阿波罗科学控制中心的月球科学家Richard Vondrak提出了一个很久远的想法：可以利用月球上的环形山建造像波多黎各的阿雷西博天文台一样的射电望远镜。上图为关于三台望远镜单独工作或者组成一个大型设备的艺术概念图。

Credit:NASA

Oct. 26, 2020
RELEASE 20-105

2020/10/26

NASA's SOFIA Discovers Water on Sunlit Surface of Moon



据NASA官网介绍，该机构的“索菲亚平流层红外天文台”(SOFIA)首次证实，受到阳光照射的月球表面有水存在。“这一发现表明，水可能分布在月球表面，而不仅限于寒冷、阴暗的地方。”↓

数据显示，一立方米的月球表面土壤中，水的浓度为百万分之100至百万分之412——大致相当于一瓶12盎司（约340克）的水。

够50人喝1天！中国科学家发现1吨月壤可产这么多水

原创 张楠 中国科学报 2024年08月23日 09:02 北京

文 | 《中国科学报》 记者 张楠

水是建设月球科研站及未来开展月球星际旅行、保障人类在月球上生存的关键资源。

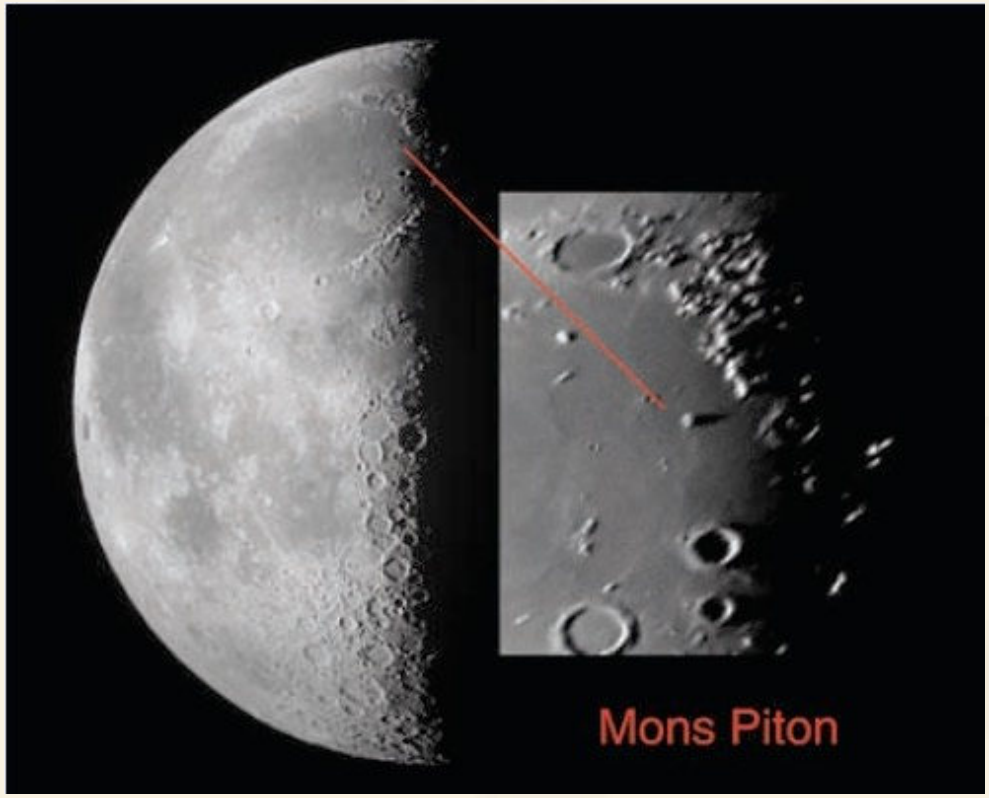
中国科学家通过研究嫦娥五号月壤矿物中的氢含量，提出一种全新的基于高温氧化还原反应生产水的方法，有望为未来月球科研站及空间站的建设提供重要设计依据。

该成果由中国科学院宁波材料技术与工程研究所（以下简称宁波材料所）非晶合金磁电功能特性研究团队联合中国科学院物理研究所、航天五院钱学森实验室等科研团队共同完成。8月22日，相关论文发表于《创新》（*The Innovation*）。

月壤矿物由于太阳风亿万年的辐照，储存了大量氢。

月壤在加热至高温后，氢将与月壤矿物中的铁氧化物发生氧化还原反应，生成单质铁和大量水。当温度升高至1000℃以上时，月壤就会熔化，反应生成的水以水蒸气的方式释放出来。

通过投影测量月球山峰的高度



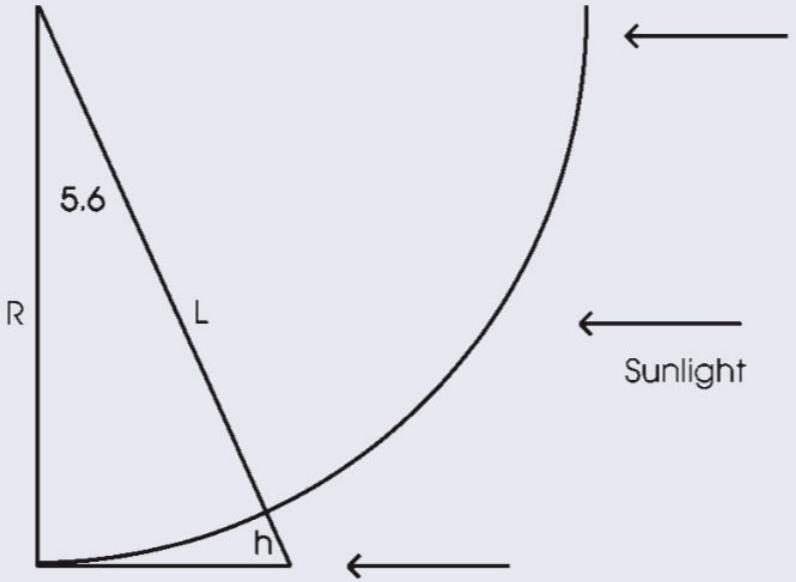
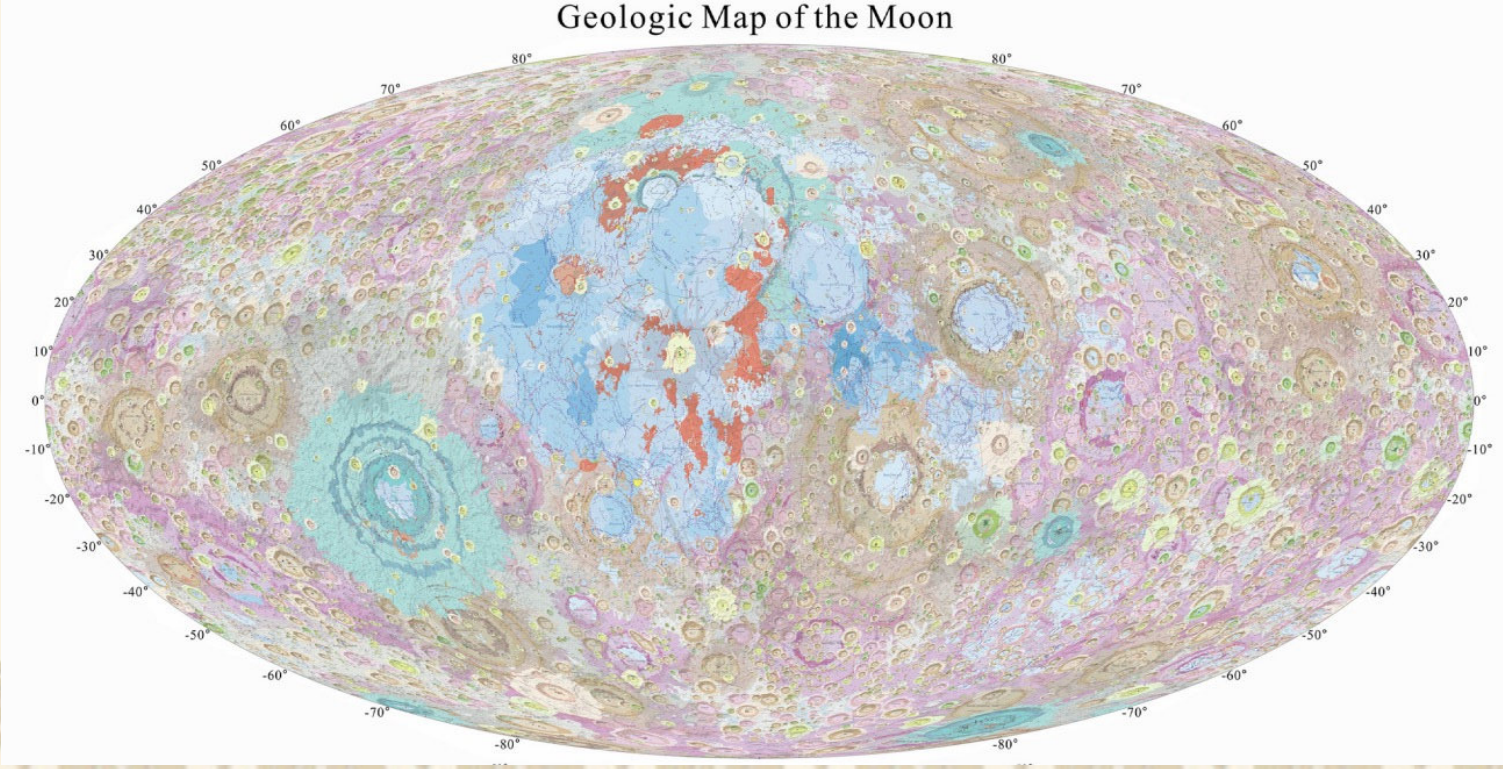


Figure 3.11 The geometry of the Mons Piton height calculation.

首幅1:250万月球全月地质图发布

文章来源： 地球化学研究所 发布时间： 2022-06-08

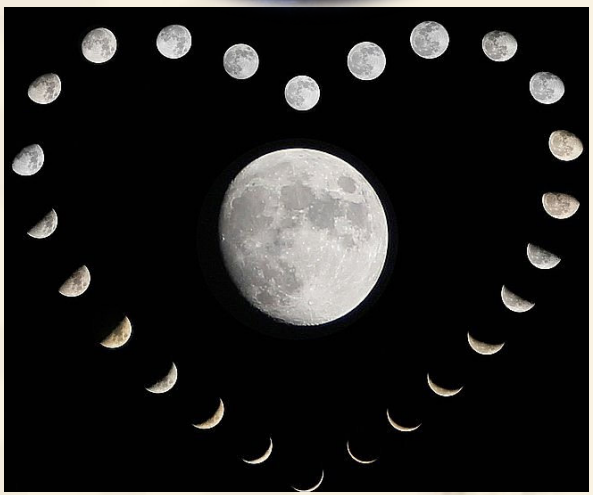
月球地质图系统表达了月壳表面地层、构造、岩性和年代学等方面的综合地质信息，反映了月球岩浆作用、撞击事件、火山活动等演化过程。已有的月球地质图主要由美国地调局（USGS）基于阿波罗时代的探月成果编制而成。20世纪90年代以来，人类对月球的探测取得了丰富成果，拓展了对于月球的认识，而月球地质图编制滞后。2012年前后，经过嫦娥一号和嫦娥二号的探测与研究积累，我国逐渐具备了开展月球全月地质图编研的条件和基础。在中国科学院院士欧阳自远和中科院地球化学研究所研究员刘建忠的带领下，地化所作为牵头单位，联合吉林大学、山东大学、中国地质科学院、中国地质大学（北京）、中科院地理科学与资源研究所等单位，以中国嫦娥工程数据为基础，充分利用国际上其他月球探测数据和研究成果，通过对月表“地层”、形貌、成分、构造和地质时代的研究，提出了新的月球地质年表，建立了撞击坑物质、撞击盆地建造、岩石类型和构造类型的划分体系，制定了月球地质图编制的标准、流程、方法和图式图例，应用GIS平台，完成了世界第一幅1:250万月球全月地质图。5月30日，该月球地质图成果在线发表在*Science Bulletin*上。



天体物理博士刘博洋 bilibili

肉眼可见的荒凉背后却是色彩斑斓！

- 潮汐
  - 潮汐力：~$1/r^3$
  - 一天两潮：地球自转
  - 每天大概推迟~50分钟：月球公转
  - 太阳潮汐力：~46%月球
  - 新月和满月时加强
  - 地球近日点（冬天）：加强



- 月球与海洋的引力耦合
  - 地球自转导致潮汐鼓包并不直接指向/背离月球
  - 角动量从地球往月球转移
  - 月球远离地球：~3.8cm/年

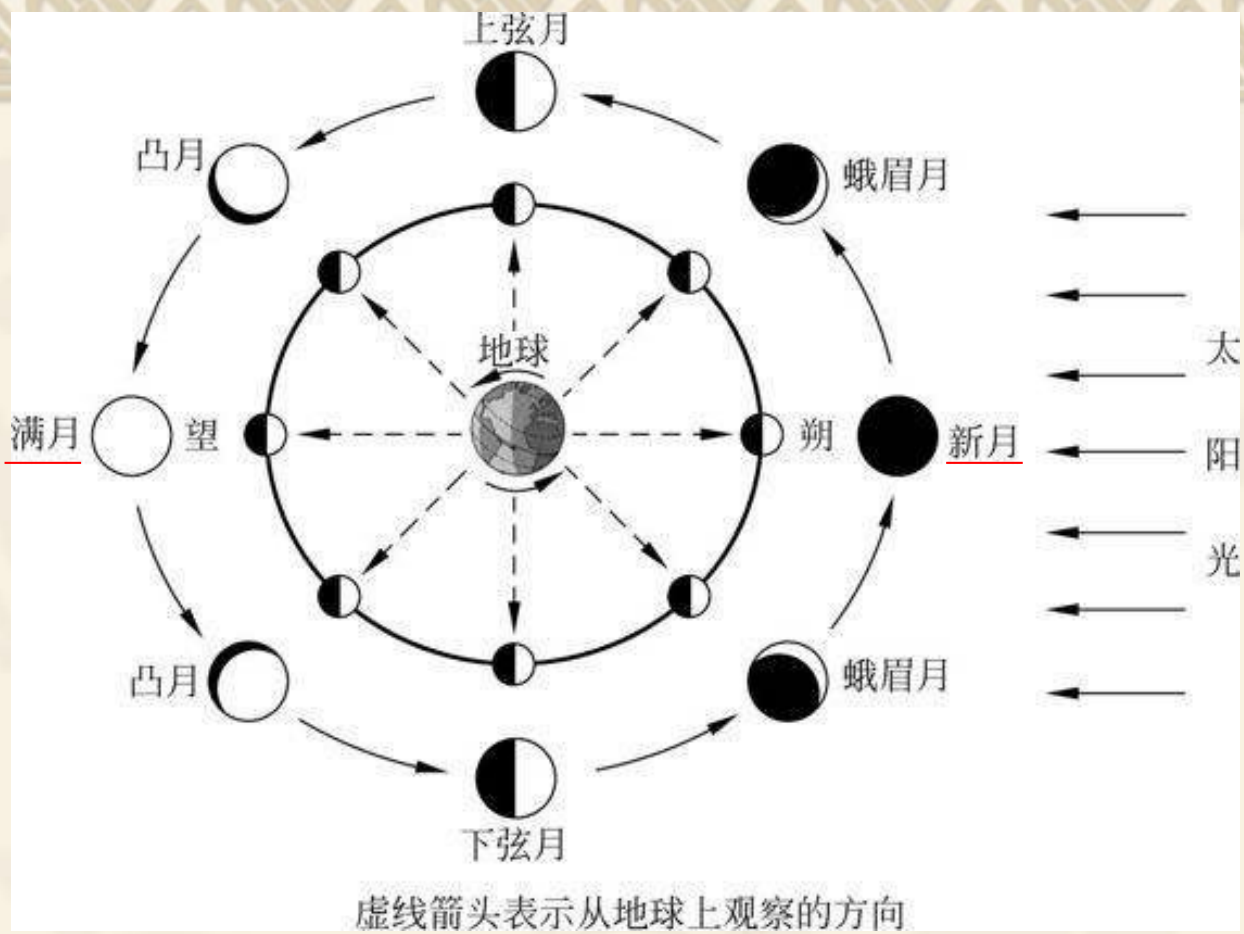
2021是地球转得最快的一年，这让科学家们很头大

科研圈 2021-12-23 17:58

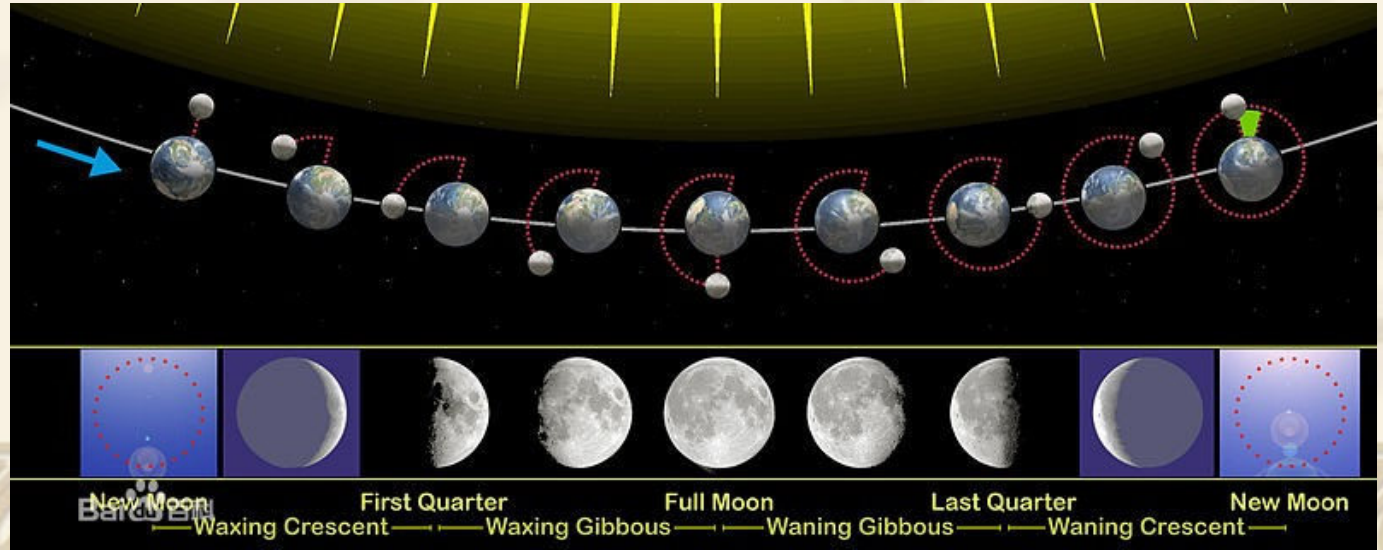
根据 Time and Date 网站的数据，由于地球自转速度变快，2021 年的平均单日时长实际上比标准的 24 小时少了 0.18 毫秒。而预测显示，2022 年的平均单日时长减少幅度更大，为 0.23 毫秒，未来的日子要过得更快了。弥补这些“损失”的时间，对科学家来说可能是个重大的挑战。

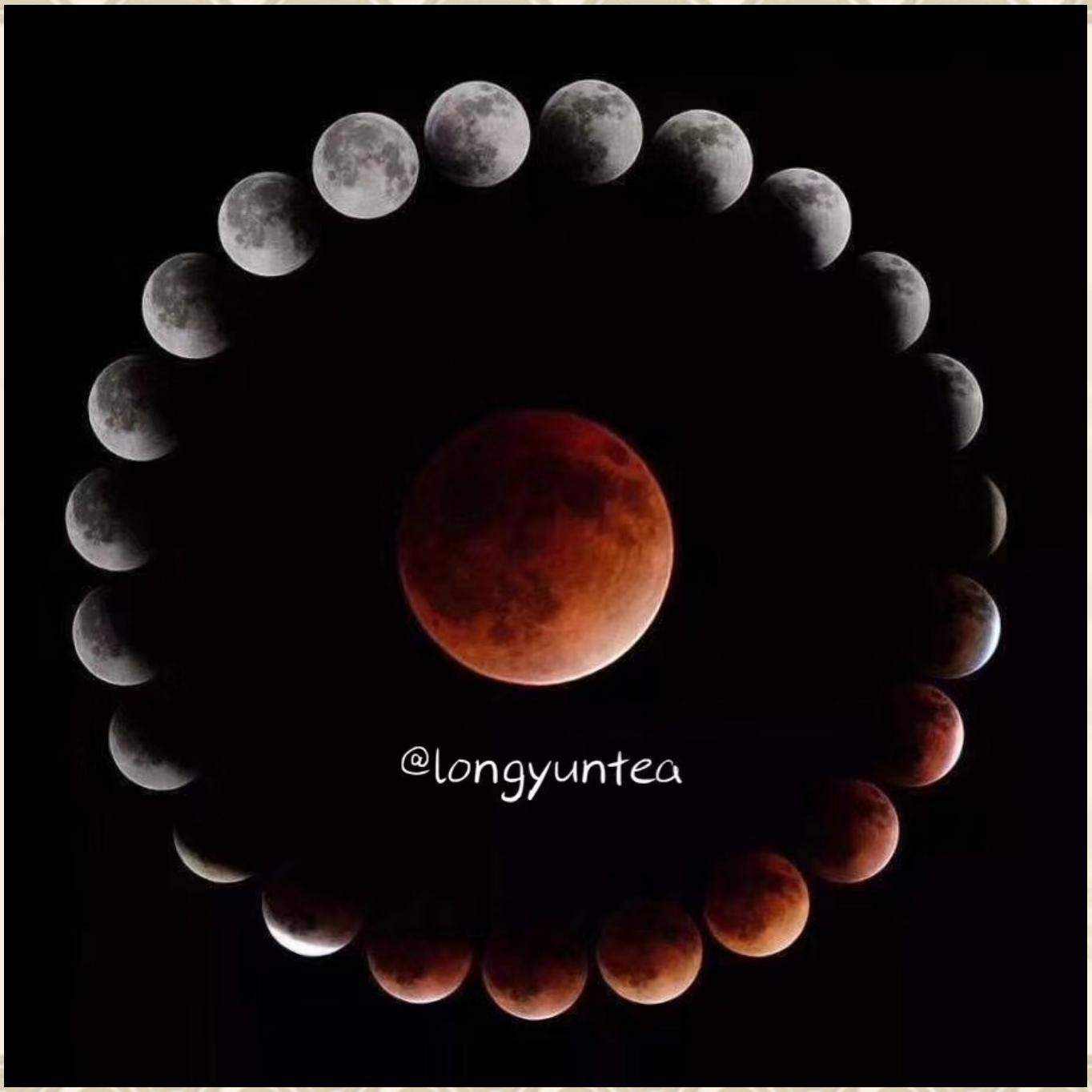
图片来源： Pixabay

月相



虚线箭头表示从地球上观察的方向





人有悲欢离合，
月有阴晴圆缺，
此事古难全。
但愿人长久，
千里共婵娟。

– 苏轼

水调歌头
明月
张冰

明月几时有？
卅五亿年前。
昔有天外来客，
与地结良缘。
宇海惊天拥吻，
瞬间水乳交融，
一女诞天边。
起舞弄清影，
得名唤婵娟。

历星雨，
留弹洞，
固熔岩。
只因有爱，
面朝地母亘古眠。
能驱潮起潮落，
可秀阴晴圆缺，
巧食红日圆。
谁言人长久？
弹指一挥间！

附：苏轼原词：

水调歌头

苏轼

丙辰中秋，欢饮达旦，大醉作此篇，兼怀子由。

明月几时有？
把酒问青天。
不知天上宫阙，
今夕是何年？
我欲乘风归去，
又恐琼楼玉宇，
高处不胜寒。
起舞弄清影，
何似在人间？

转朱阁，
低绮户，
照无眠。
不应有恨，
何事长向别时圆？
人有悲欢离合，
月有阴晴圆缺，
此事古难全。
但愿人长久，
千里共婵娟。

水调歌头[1]

张冰

明月几时有？
卌五亿年前。[2]
昔有天外来客，
与地结良缘。
宇海惊天拥吻，
瞬间水乳交融，
一女诞天边。[3]
起舞弄清影，[4]
得名唤婵娟。

[1] 每逢中秋都想写咏月诗，但每次都慨叹浪漫情怀已被古人写尽，其中尤其以苏东坡《水调歌头》为冠，后人无法超越。然而，作为天文学家的我们如今却可以解答东坡“明月几时有”的千年之问，而且可以从科学的角度重新审视明月。此词和东坡《水调歌头》，以现实主义手法咏月。

[2] 通过对美国阿波罗登月计划带回的月岩的同位素丰度的研究，人类终于可以解答“明月几时有”的问题，结论是月球产生于四十五点三亿年前左右。“卌”读“xi”（四声），“四十”的简写。

[3] 目前被普遍接受的理论认为，月球起源于地球与一颗轨道不稳定的火星大小的星球（“天外来客”忒伊亚，Theia）的一次偶然相撞（”惊天拥吻“）。两颗星体熔合（”水乳交融“），一小块物质被甩出并通过引力凝聚，形成月球（”一女诞天边“）。

[4] 两行星碰撞后不久，碎片四处飞散又通过引力凝聚，原词中“起舞弄清影”比较恰当表现该情景。

历星雨，
留弹洞，
固熔岩。[5]
只因有爱，
面朝地母亘古眠。[6]
能驱潮起潮落，
可秀阴晴圆缺，
巧食红日圆。[7]
谁言人长久？
弹指一挥间！[8]

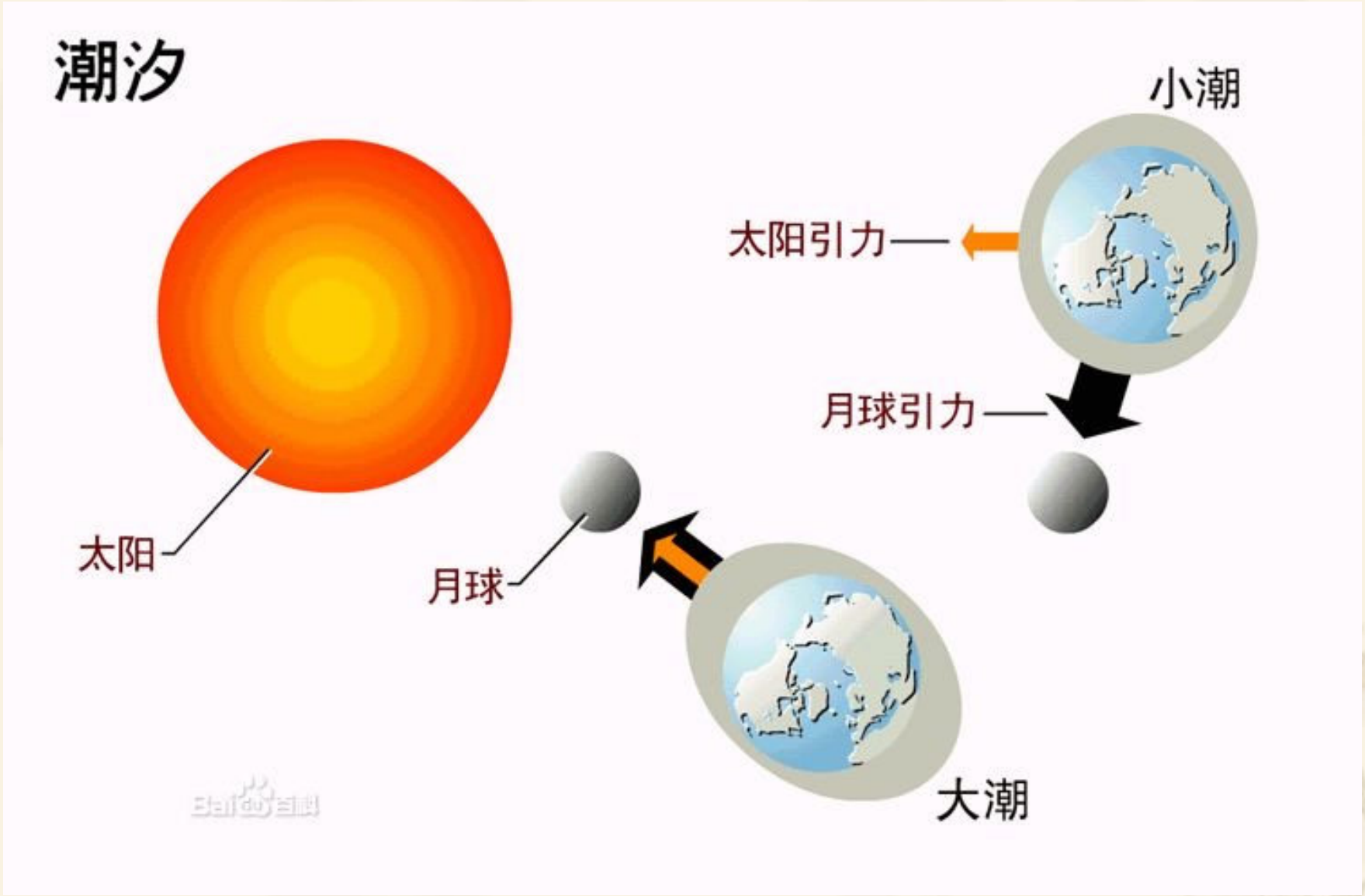
2017年11月9日作
2018年中秋享

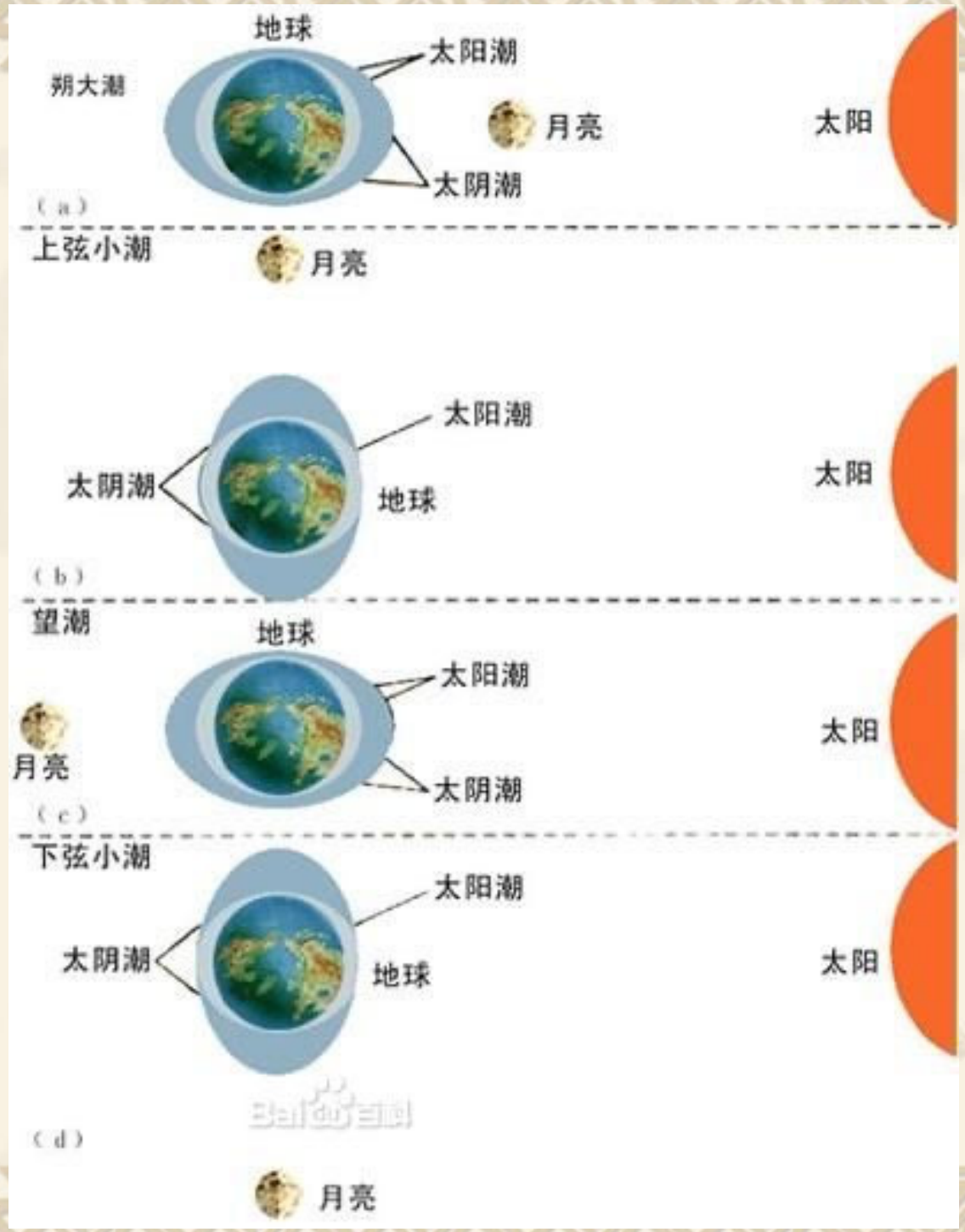
[5] 月球形成后不久，许多碎片撞击表面，像“流星雨”。这些撞击留下许多陨石坑，内部岩浆从坑中溢出流向地势较低的月面。岩浆冷却后形成月面较平坦较暗的部分，称“月海”。

[6] 月球的一面总面朝地球，这是地球对月球潮汐力作用最终潮汐锁定的结果。“只因有爱”反扣东坡的“不应有恨”。“爱”在此指地球与月球之间的万有引力，更准确地来说是月球前后端受到引力的差异，即“潮汐力”。“亘（gen，四声）古”为长久之意。因为月球质量小，冷却快，月壳活动早已停止处于休眠状态，因此可以“亘古眠”。

[7] 此三句讲有关月亮的三个天文现象：第一，月球对地球也有潮汐力，地球表面海水的潮起潮落主要受月球的影响（太阳也有潮汐力，但比月球影响弱一些）；第二，“阴晴圆缺”扣原词中“月有阴晴圆缺”。“阴晴”取决于大气影响，与月球本身无关，但“圆缺”（又称月相）是由月球和太阳相对于地球的位置引起。由于月球本身不发光，只有被太阳照射的一面反射发光，地球从不同角度观测可看到不同月相；第三，如果月球在地球太阳之间，有时可以完全挡住太阳，在地球某些地点发生“日全食”现象。虽然月球和太阳大小不同，距离不同，但二者的角直径恰好相似。这一点科学没有很好解释，故用“巧”字。

[8] “谁言人长久？”扣东坡的“但愿人长久”而反其意。猿人产生于约百万年前，晚期智人约于五到十万年前走出非洲。这些时标远远小于月球的四十五亿年时标，因此是“弹指一挥间”。


潮汐
小潮
太阳引力
月球引力
太阳
月球
大潮


地球
太阳潮
朔大潮
月亮
太阳
太阴潮
（a）
上弦小潮
月亮
太阳潮
太阴潮
地球
太阳
（b）
望潮
地球
太阳潮
月亮
太阳
太阴潮
（c）
下弦小潮
太阳潮
太阴潮
地球
太阳
（d）
月亮

- 月食
  - 月亮并不完全暗：地球大气层散射光照到月球
  - 如果地球火山喷发，大气中尘埃遮蔽，月球非常暗灰；否则橘红色
- 月球探测
  - 着陆：1965年Lunar 9，lunar rovers， NASA Surveyor
  - 阿波罗计划：六次12人登月（Apollo 11,12,14-17）
  - 取样回地球：Luna 16，20，24

    Apollo：400kg岩石和月壤；中国嫦娥工程
  - Apollo留下科学装置：热流计、磁场仪、地震仪、反射器

月全食时的照片

2022.11.08 月食伴月掩天王星
80 APO + ASI178MC
@ USTC
两千多年以后再现此景

2022.11.08：月全食+掩食天王星
（李正阳：ASKAR 107 PHQ拍）

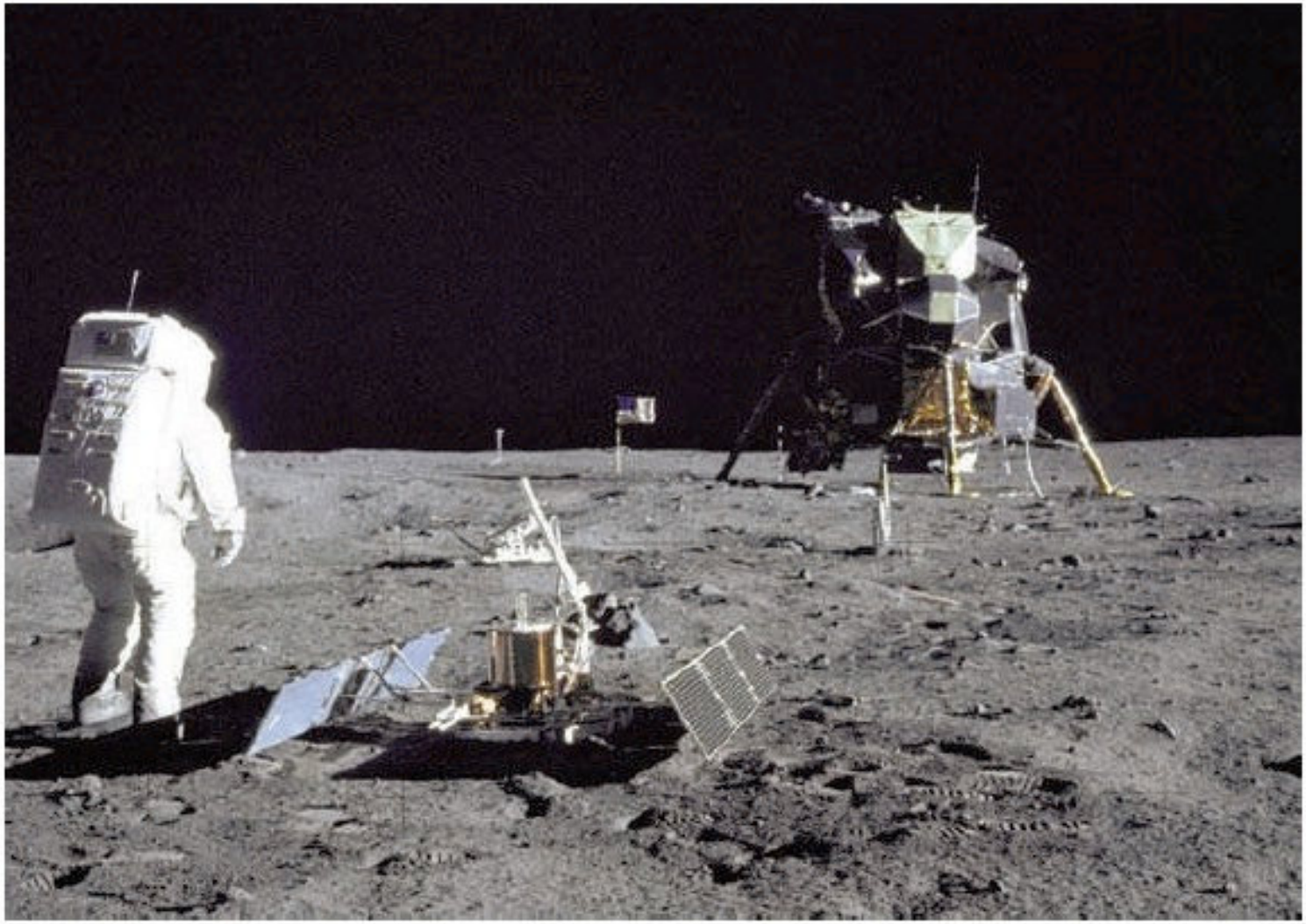


Figure 3.12 Tranquillity Base. The Eagle Lander lies behind the seismograph. The data that it acquired were transmitted back to Earth using a cylindrical antenna. Behind this antenna, at right angles to the Earth, is the Luna Laser Reflector. Image: Neil Armstrong, Apollo 11 Crew, GRIN, NASA.

普度大学150周年校庆
1869-2019

中国校友/系友：
邓稼先
梁思礼
孙立人

SOUTHEAST UNIVERSITY
東南大學
1902
南京
心求至善

Moon Landing
50 Years
FIRST DAY OF ISSUE 16 JULY 2019 PARKES NSW 2870
ONE SMALL STEP...
AUSTRALIA
MOON LANDING 50 YEARS
2030142
Minisheet
$4

1969-2019

登月骗局 编辑

按照被普遍接受的观念，50年代末至60年代初，在航天竞赛中处于劣势的美国人决心不惜一切代价，重振昔日科技和军事领先的雄风。1961年，美国总统肯尼迪正式宣布，美国要在60年代末实现把人送上月球的目标。这就是举世闻名的"阿波罗登月计划"。

中文名	登月骗局	外文名	Moon hoax

目录

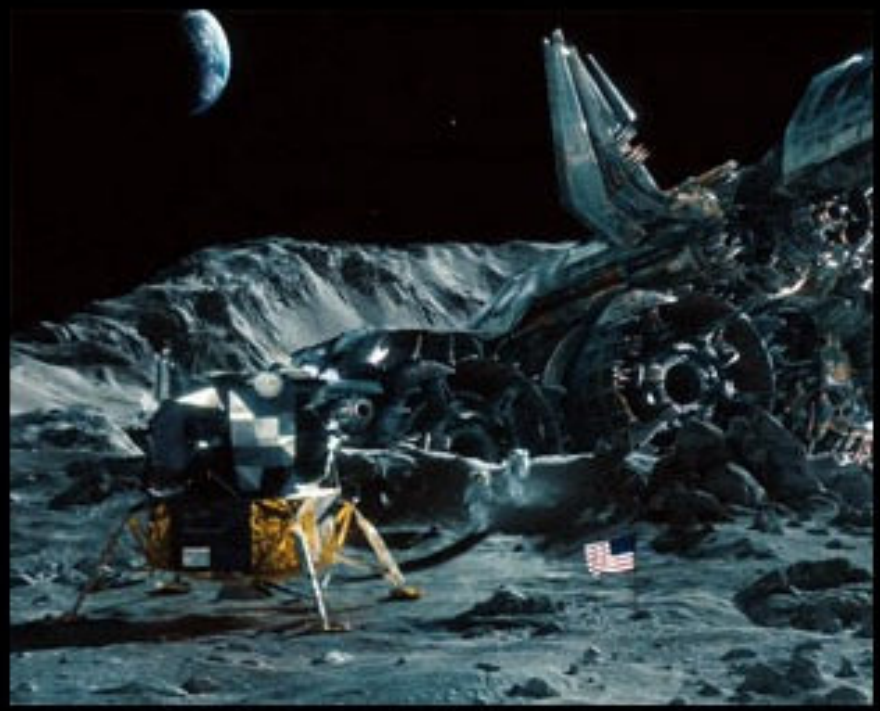
1 由来
2 质疑
- 理由
- 依据
3 反驳
4 评论
5 回应

由来 编辑

1969年7月16日上午，巨大的"土星5号"火箭载着"阿波罗11号"飞船从美国肯尼迪角发射场点火升空，开始了人类首次登月的太空飞行。参加这次飞行的有美国宇航员尼尔·阿姆斯特朗、埃德温·奥尔德林、迈克尔·科林斯。在美国东部时间下午4时17分42秒，阿姆斯特朗将左脚小心翼翼地踏上了月球表面，这是人类第一次踏上月球。接着他用特制的70毫米照相机拍摄了奥尔德林降落月球的情形。他们在登月舱附近插上了一面美国国旗，为了使星条旗在无风的月面看上去也像迎风招展，他们通过一根弹簧状金属丝的作用，使它舒展开来。接着，宇航员们装起了一台"测震仪"、一台"激光反射器"……在月面上他们共停留21小时18分钟，采回22公斤月球土壤和岩石标本。7月25日清晨，"阿波罗11号"指令舱载着三名航天英雄平安降落在太平洋中部海面，人类首次登月宣告圆满结束。

《中国国家天文》

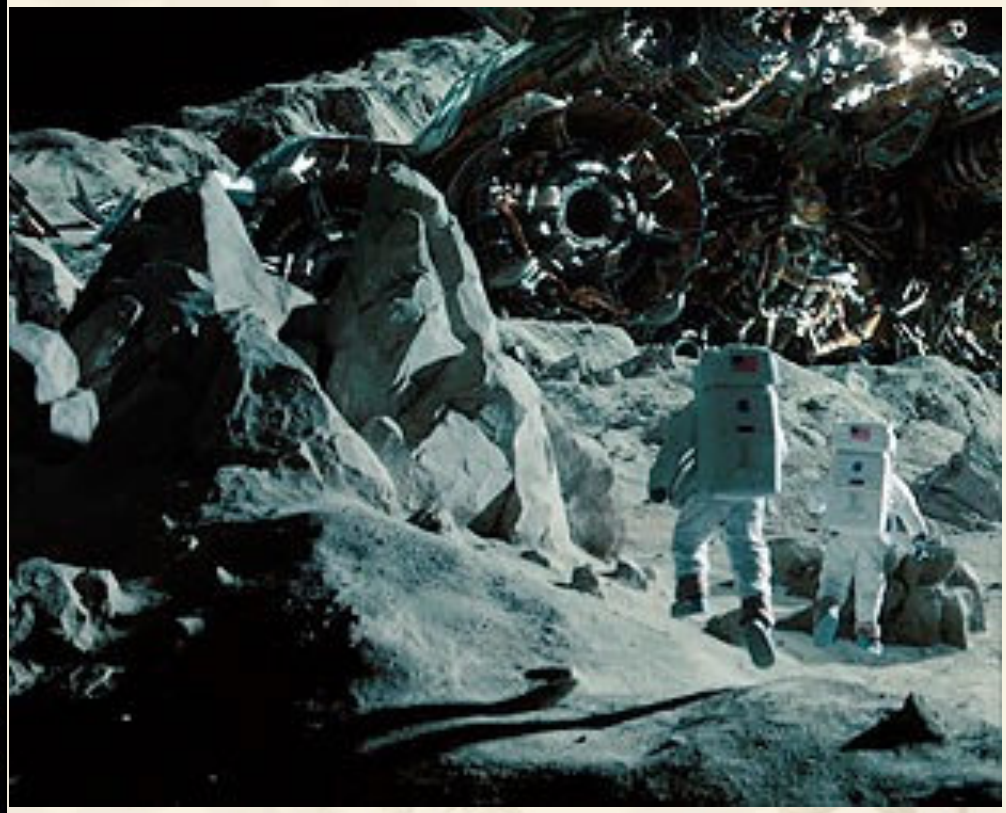
'Transformers: Dark of the Moon' film trailer transforms Apollo history



Tranquility Base transformed: Teaser for *Transformers: Dark of the Moon* reveals an alternate Apollo 11. (Paramount Pictures)

December 13, 2010 — In the teaser trailer released last week for *Transformers: Dark of the Moon* director Michael Bay rewrites the history of the first moon landing. Apollo astronauts Neil Armstrong and Buzz Aldrin are sent on a mission that takes "a giant leap" beyond collecting rocks and planting the American flag.

According to the preview for Bay's third film about "robots in disguise," while everyone thought the astronauts were exploring the moon "for all mankind," they were really off discovering a crashed alien spacecraft.



中国载人登月工程

播报 编辑 讨论 5 上传视频

中国载人登月航空航天工程

秒dong百科
一看就懂的视频百科

收藏 345 112

中国载人登月工程，一般指中国载人登月航空航天工程。[4]

复制

2023年7月12日，中国载人航天工程办公室副总师张海联披露，中国计划在2030年前实现载人登月。[5]2024年4月，文昌载人月球探测发射场建设全面启动。[10]

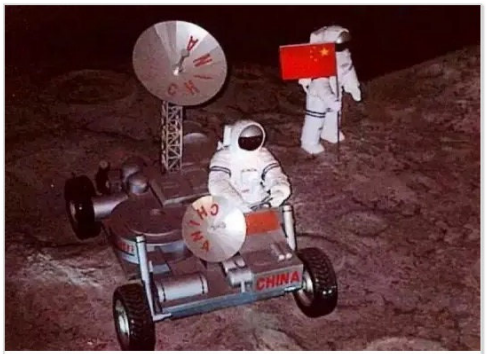
相关星图

中国的太空探测进程 >

共5个词条 5.9万阅读

天问系列 天问系列（Tianwe…	中国空间站 中国空间站（英文…	中国探月工程 2004年，中国正式…	中国载人登月… 中国载人登月工程…

中文名	中国载人登月工程	属　性	科技工程
外文名	Manned lunar exploration project	发布时间	2013年3月3日
		所属领域	航天工程



中国载人登月工程的概述图（2张）

TA说 分享你的世界 查看更多 >

【环球时报赴武汉特派记者 邓孝慈 环球时报特约记者 晨阳】国家航天局于4月24日在湖北武汉举行的2024年“中国航天日”主场活动开幕式上，现场发布有关国际月球科研站合作进展和嫦娥七号任务国际载荷搭载项目的最新进展。

国际月球科研站的概念视频截屏

根据国家航天局发布的《国际月球科研站合作伙伴指南》，国际月球科研站是在月球表面和月球轨道上长期自主运行、短期有人参与，可扩展、可维护的综合性科学实验设施。国家航天局在“中国航天日”开幕式上发布的“国际月球科研站概念视频”中透露，国际月球科研站计划于2035年前建成基本型，开展常态化月球科学试验、资源利用与技术验证；2045年前，建成功能完善、稳定运行的国际月球科研站拓展型，开展月基综合科学研究和规模资源利用，支撑人类走向更远深空。中国国家航天局已与多个国家、国际组织签署合作文件。国家航天局在“中国航天日”开幕式上透露，国际月球科研站新增尼加拉瓜、亚太空间合作组织、阿拉伯天文学和空间科学联盟3个合作国家、机构。

NASA局长黑中国登月
结果犯了常识性错误
中国人在月球背面做什么？
你有什么见解吗？
美国国家航空航天局（NASA）局长
比尔·尼尔森近日在美国众议院预算
委员会的听证会上再度炒作所谓的
“中国太空威胁论”。
NASA局长抹黑中国登月，结果犯了常识性错误
2024/4/24 11:46 · 来自北京
青弹视频
北青网官方账号

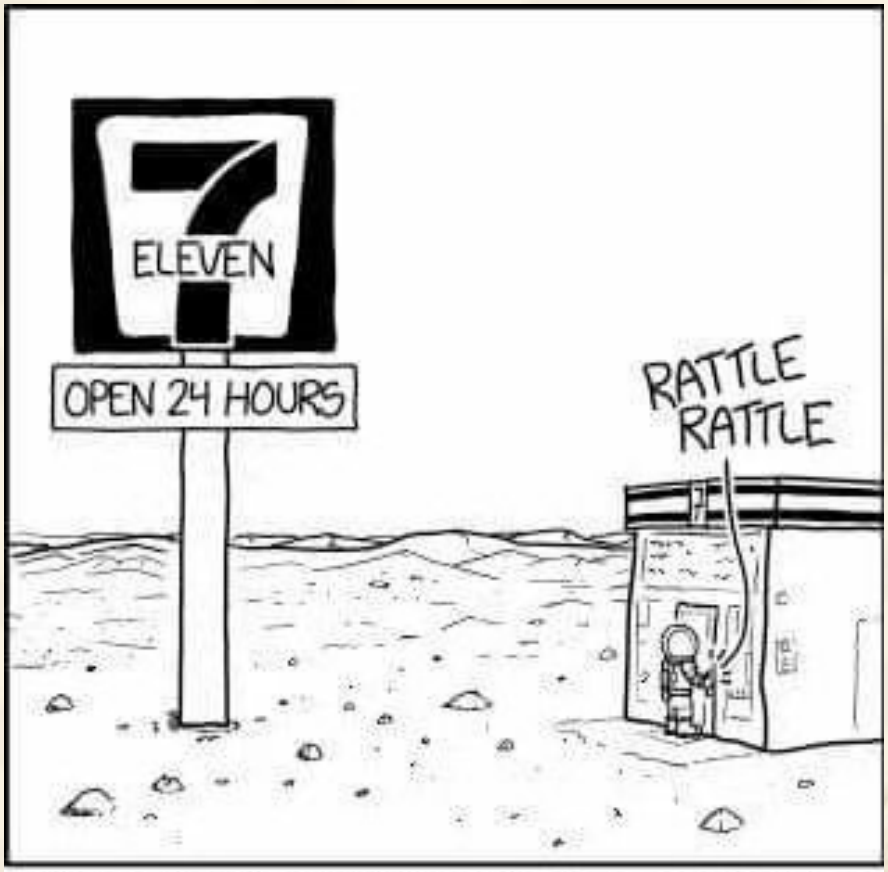
NASA局长黑中国登月
结果犯了常识性错误
比尔·尼尔森
美国宇航局(NASA)局长
中国着陆器是在月球远端着陆
美国国家航空航天局（NASA）局长
比尔·尼尔森近日在美国众议院预算
委员会的听证会上再度炒作所谓的
“中国太空威胁论”。
NASA局长抹黑中国登月，结果犯了常识性错误
2024/4/24 11:46 · 来自北京
青弹视频
北青网官方账号

NASA局长黑中国登月
结果犯了常识性错误
比尔·尼尔森
美国宇航局(NASA)局长
也就是永远处于黑暗中的那一面
美国国家航空航天局（NASA）局长
比尔·尼尔森近日在美国众议院预算
委员会的听证会上再度炒作所谓的
“中国太空威胁论”。
NASA局长抹黑中国登月，结果犯了常识性错误
2024/4/24 11:46 · 来自北京
青弹视频
北青网官方账号

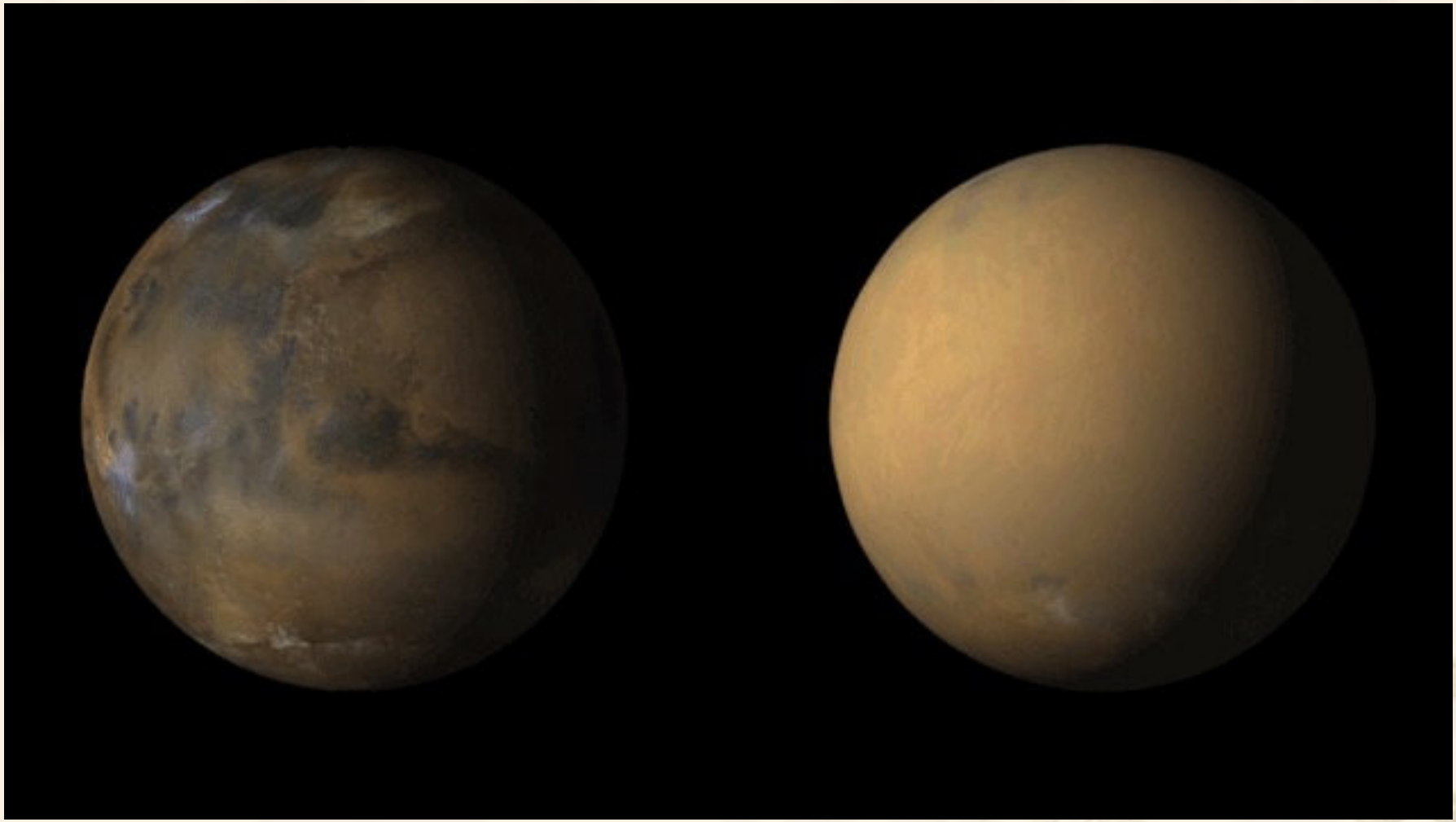
火星

Mass	6.4185×10^{23} kg	0.107 that of Earth
Radius (equatorial)	3.396 km	0.533 that of Earth
Radius (polar)	3,376 km	0.531 that of Earth
Escape velocity	5.027 km s^{-1}	
Rotation rate	1.026 days	
Axial tilt	25.19°	
Semi-major axis of orbit	227 936 637 km	1.52 AU
Average orbital speed	24.077 km s^{-1}	
Eccentricity	0.0934	
Orbital period	686.96 days	1.8808 Julian years
Orbital inclination	1.85°	

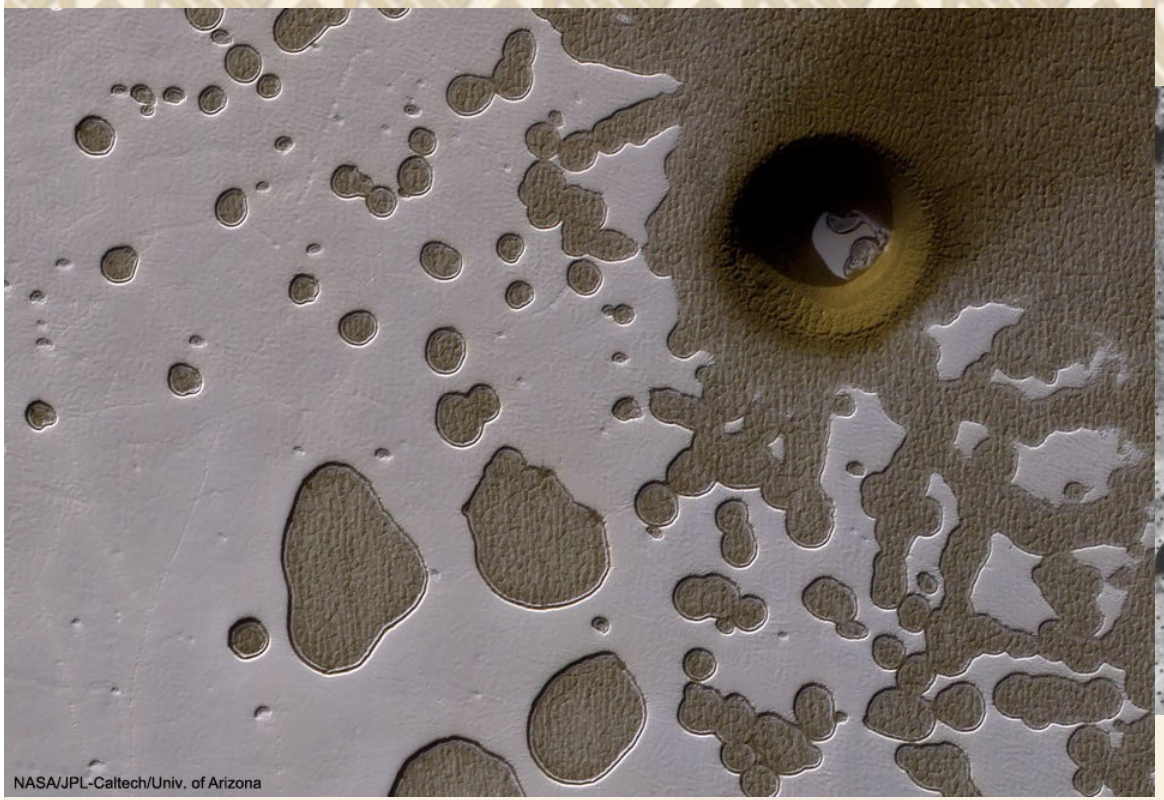
Do you get the point?

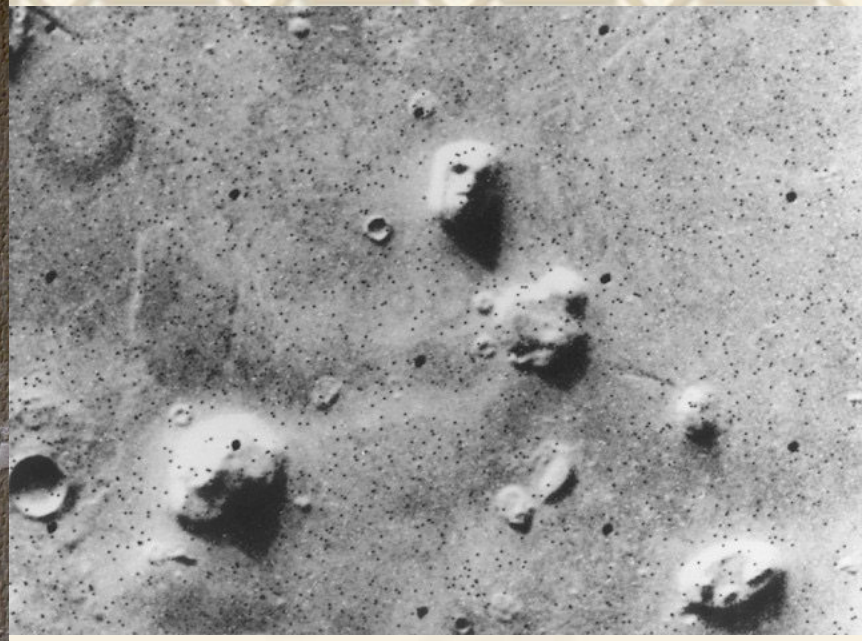


- 基本特性
  - 红色星球，岩石星球
  - 半径：地球一半
  - 质量：地球十分之一
  - 红色：铁的氧化物，赤铁矿
  - 大气层很薄：1/100地球大气（磁场很弱、质量小）
    CO_2：95%；N_2：3%；Ar：1.6%，微量H_2O和O_2
  - 自转倾角与地球相似：一年四季，1火星年～2地球年
  - 温度：-140度→20度
  - 沙尘暴：有时覆盖整个火星表面
  - 两极冠地区：主要为水冰，覆盖一层干冰
  - 火星有生命吗？
  - 火星的卫星：Phobos（D=22km），Deimos（D=6km），被俘获的小行星？

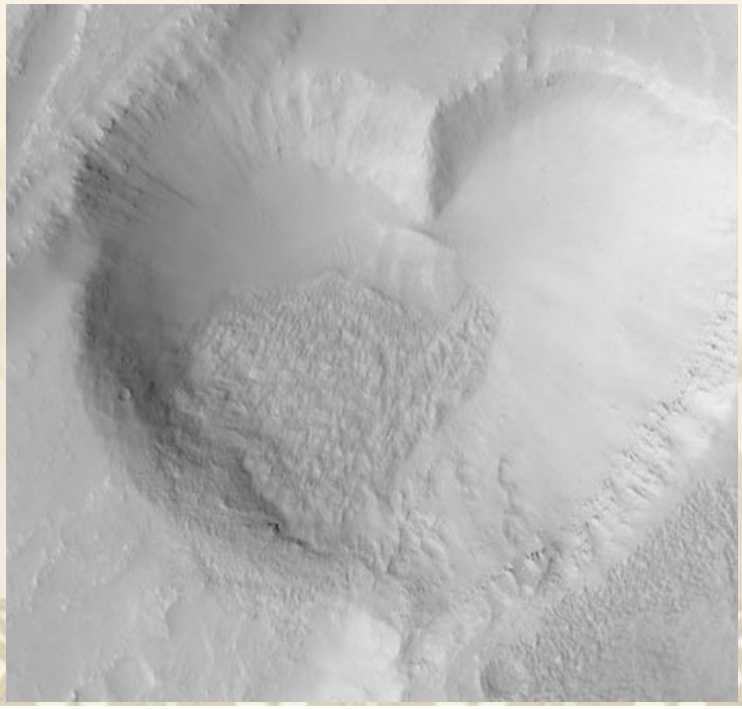


▲ 2018年7月火星上席卷全球的沙尘暴，让火星变成了一个“土”球。图/NASA

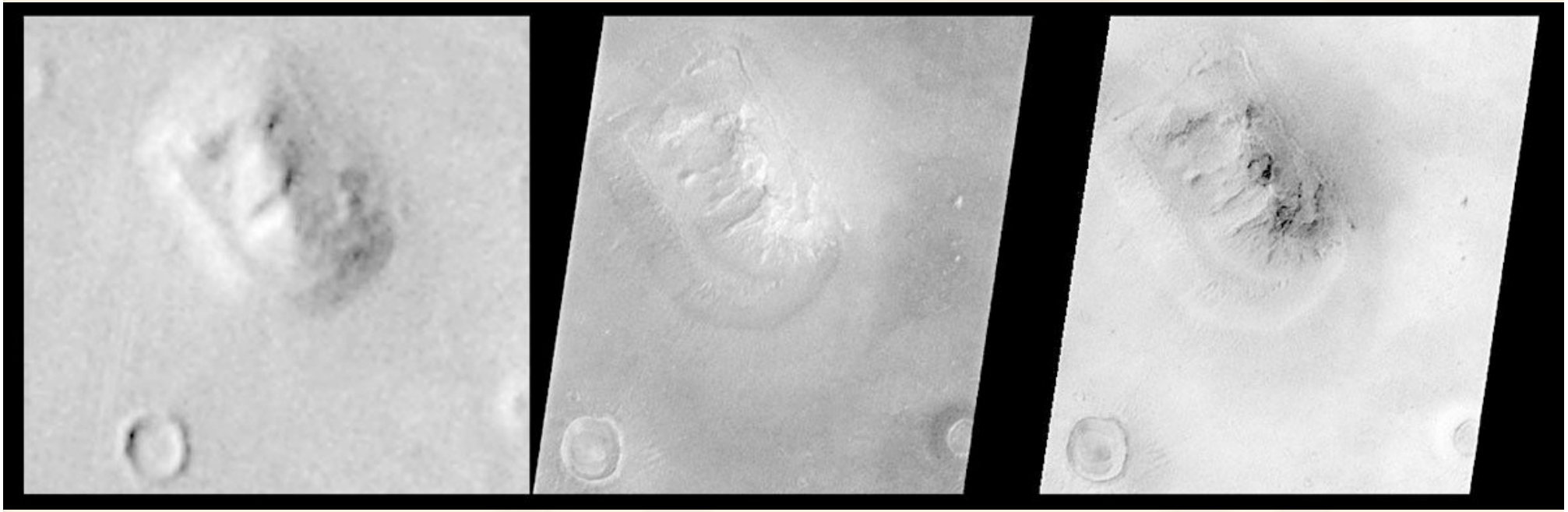


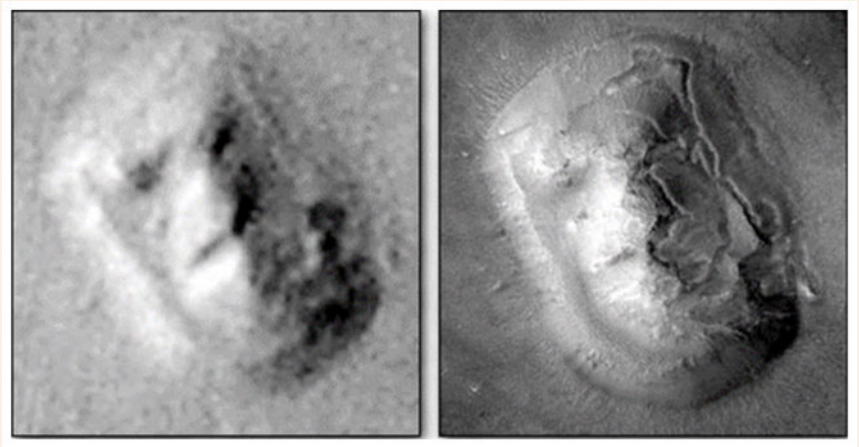


(NASA)

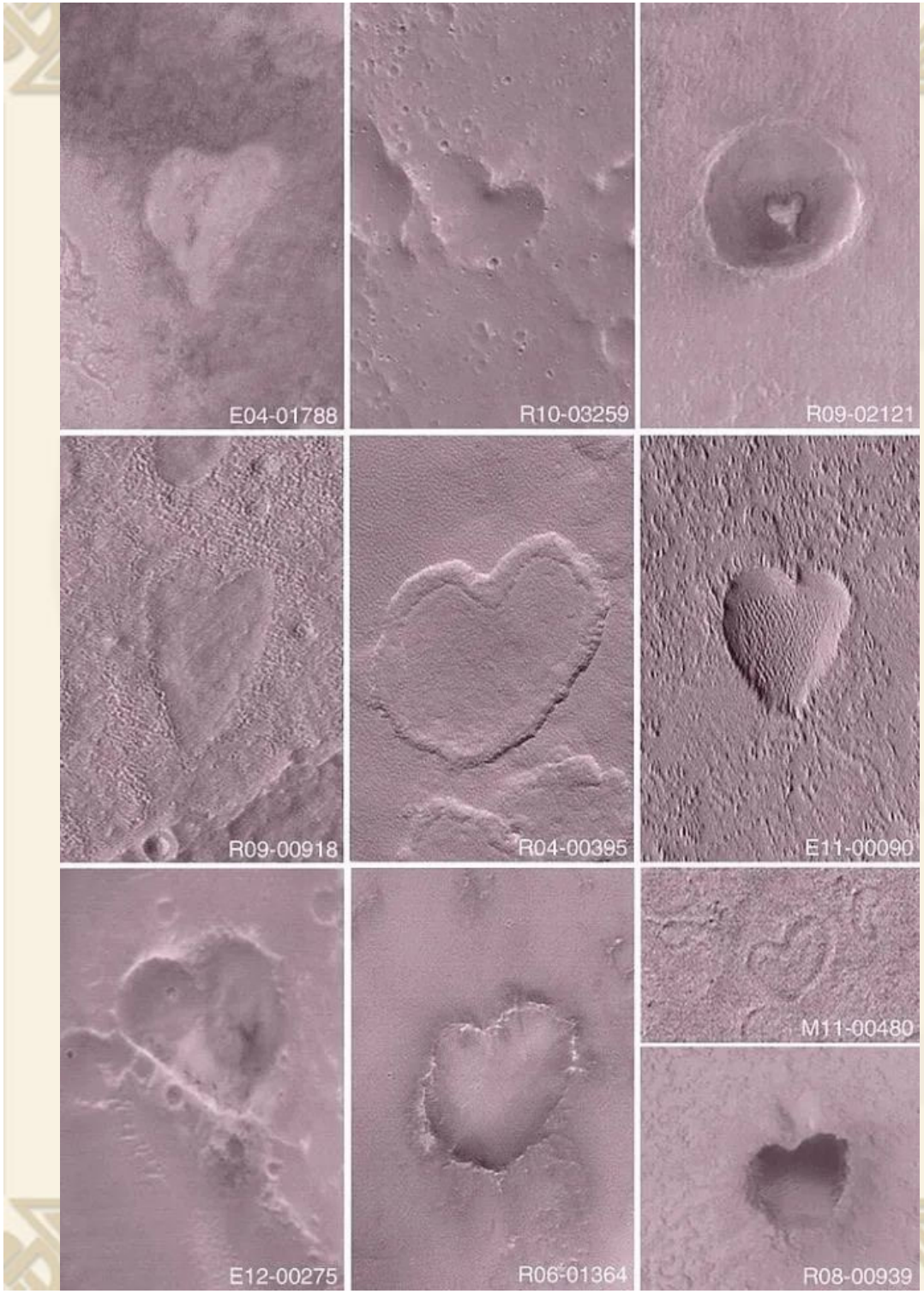


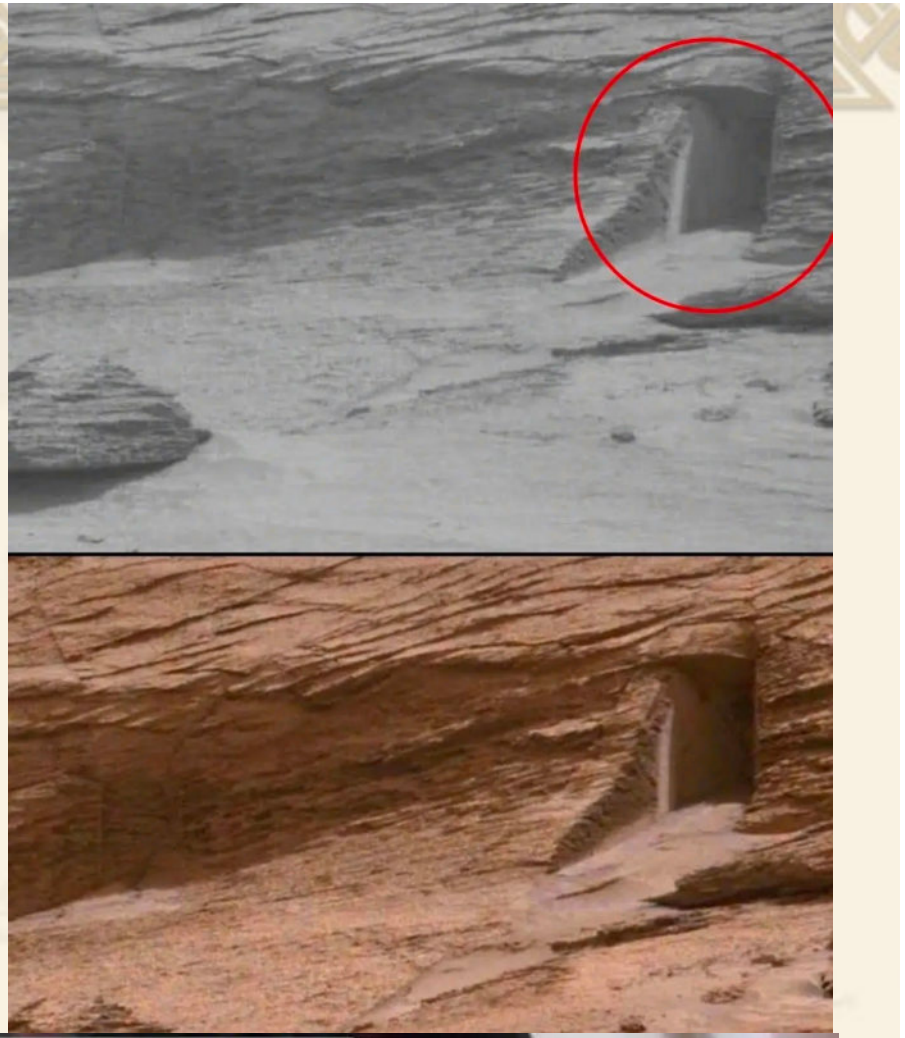
1976 1998 1998（亮暗反转的照片）





The "face" does not stand the test of time. The image on the left was taken by NASA's Viking spacecraft in 1976. The middle and right images were from Mars Global Surveyor's Mars Orbiter Camera in 1998, showing the "face" eroded over time, looking much more like a natural feature. (Viking image enlarged to 3.3 times original resolution, Mars Orbiter Camera images decreased by 3.3 times); right image has brightness inverted. Credits: NASA/JPL-Caltech/MSSS.

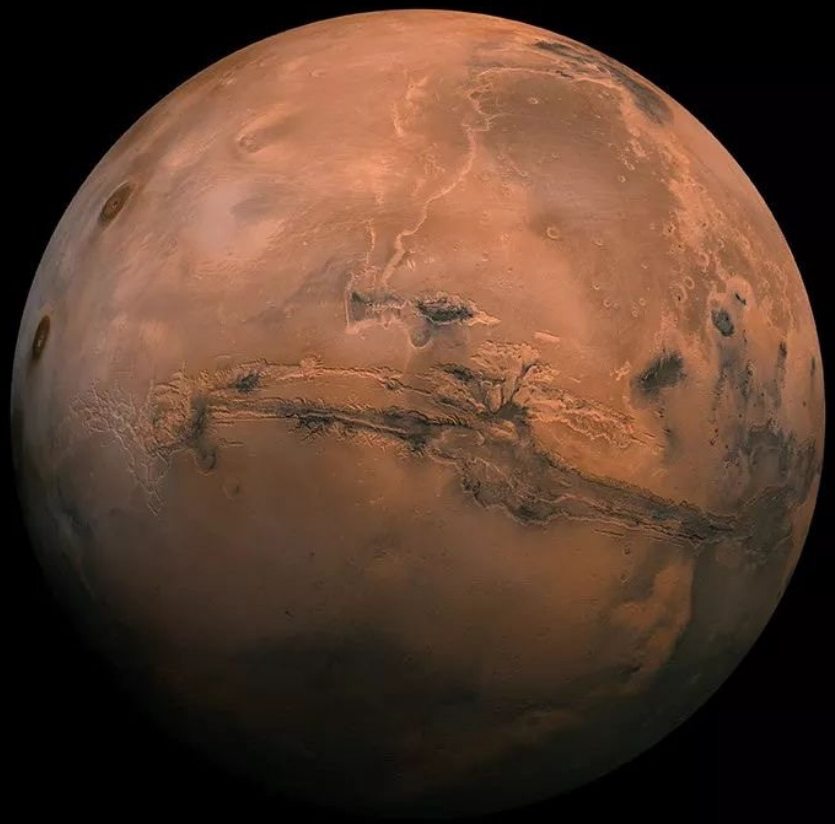

E04-01788
R10-03259
R09-02121
R09-00918
R04-00395
E11-00090
M11-00480
E12-00275
R06-01364
R08-00939



電影《少林足球》片段
appledaily.com.hk
你快點回火星吧 地球是很危險的

火星

National Aeronautics and Space Administration



MARS

explore at **solarsystem.nasa.gov/mars**

www.nasa.gov

NASA/JPL-Caltech

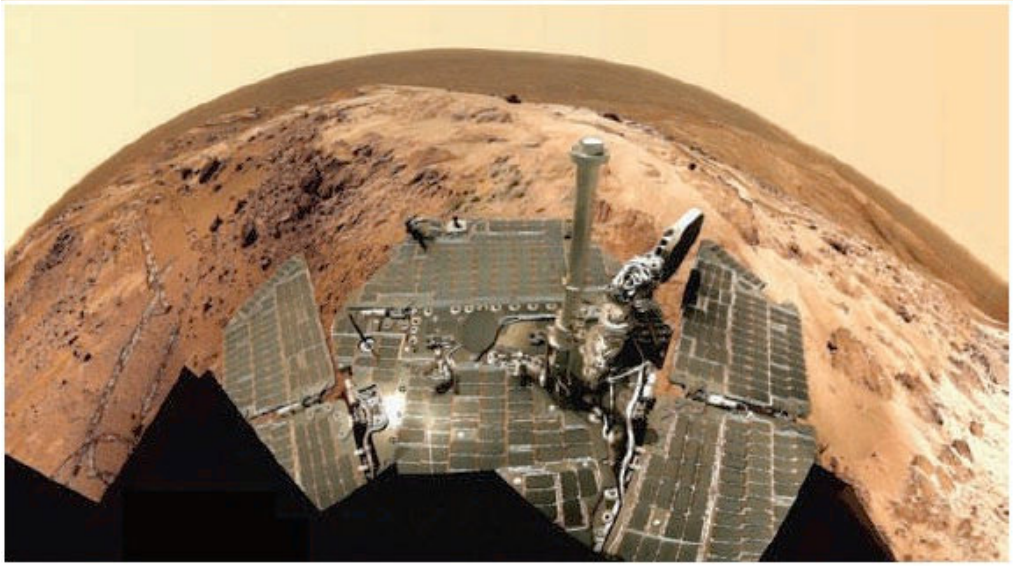
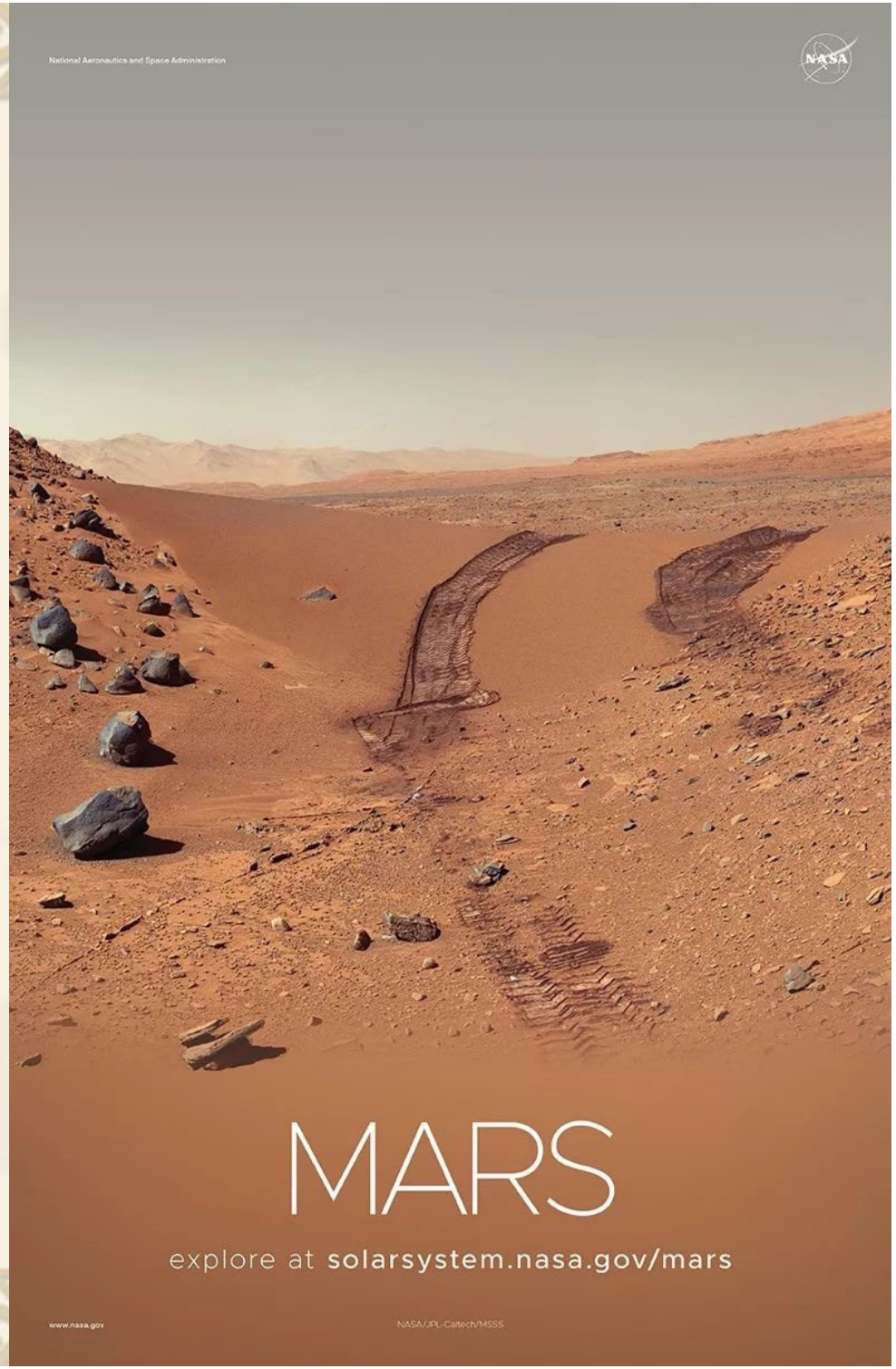


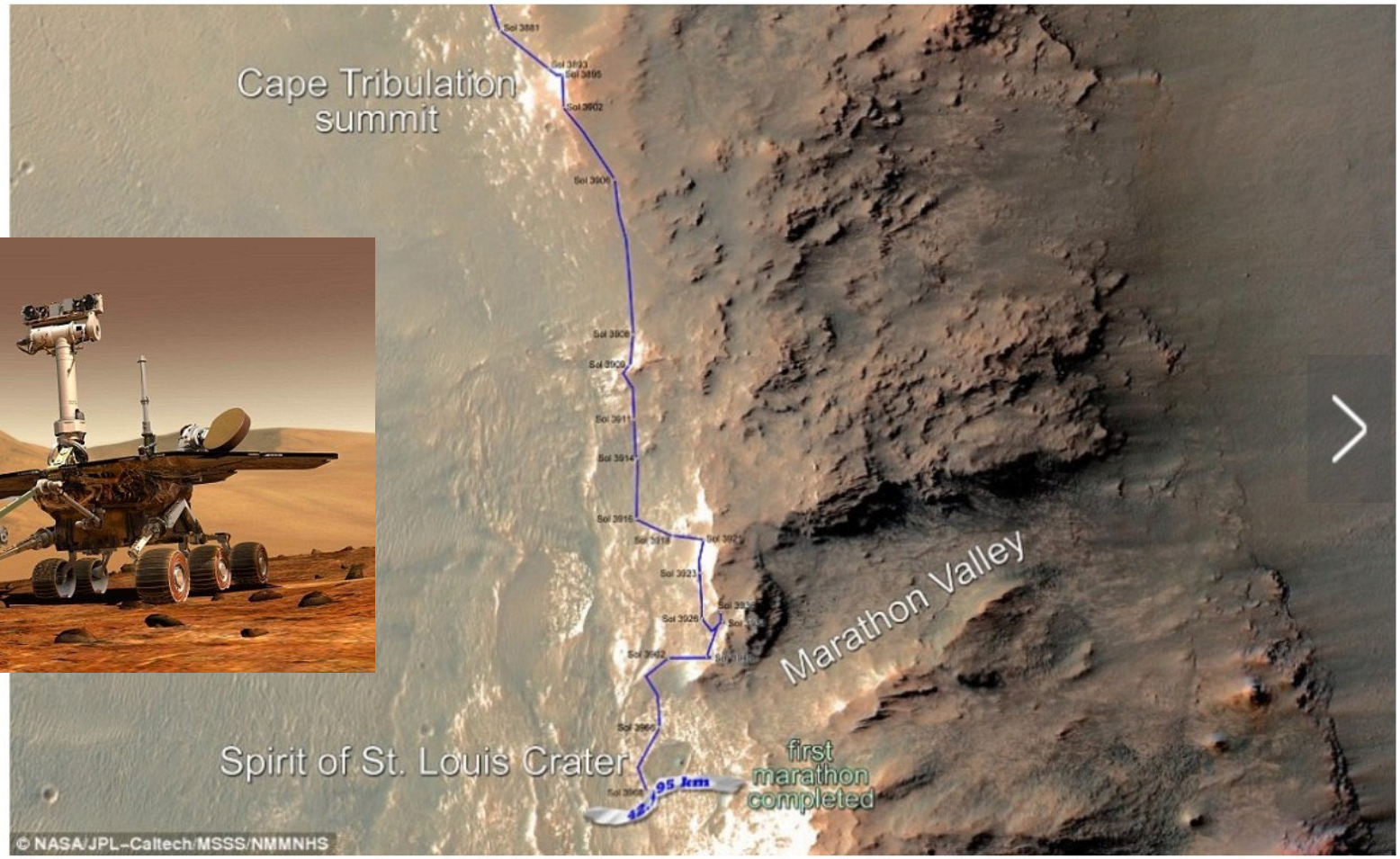
Figure 3.14 A Martian panorama imaged by the the Spirit Rover at Gusev Crater. Image: Mars Exploration Rover Mission, Cornell, JPL, NASA.



机遇号火星车历时11年跑完首个星际马拉松

2015-03-28 洁洁赢 阅 23

转藏到我的图书馆

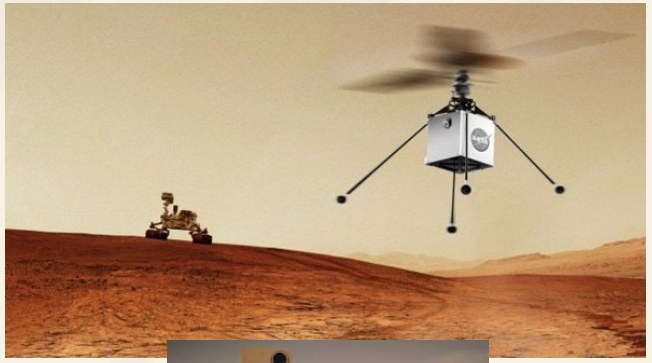


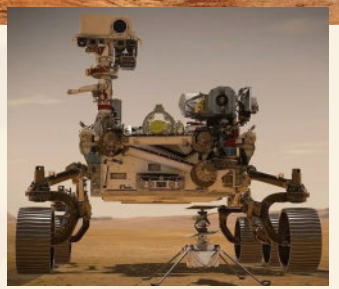
北京时间3月27日消息，据国外媒体报道，“机遇”号火星车的行进路线。经过11年2个月的跋涉，这辆汽车大小的火星车共行进了26.2英里（约合42.1公里），刚好完成一个马拉松。人类研制的探测器在另一个世界的地表行进相当于一个马拉松的距离还是第一次2004年1月，“机遇”号在火星“小鹰”陨坑着陆，执行原定3个月的探索任务。考察过程中，“机遇”号发现了古代火星存在水的证据。2014年，“机遇”号打破前苏联“月球车2号”创造的地外行进距离纪录。

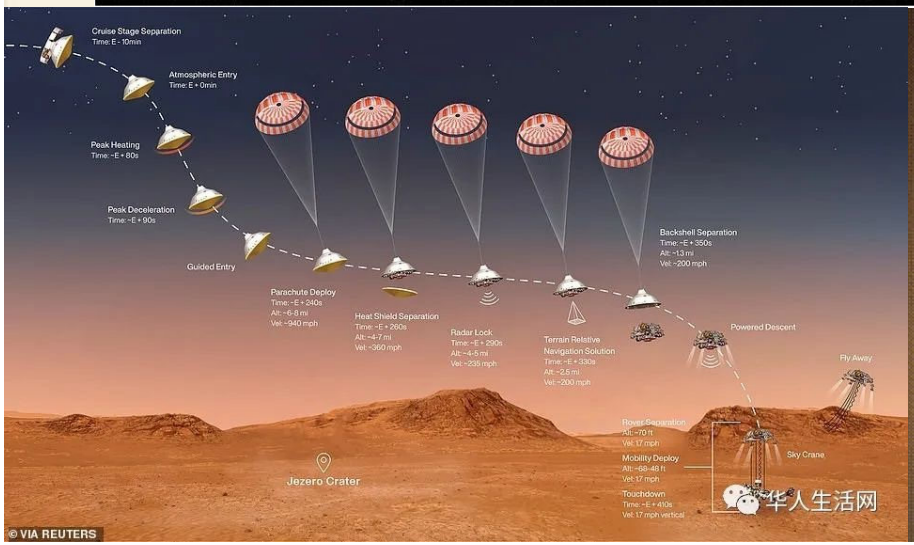
18亿像素！“好奇号”呈现火星表面景观

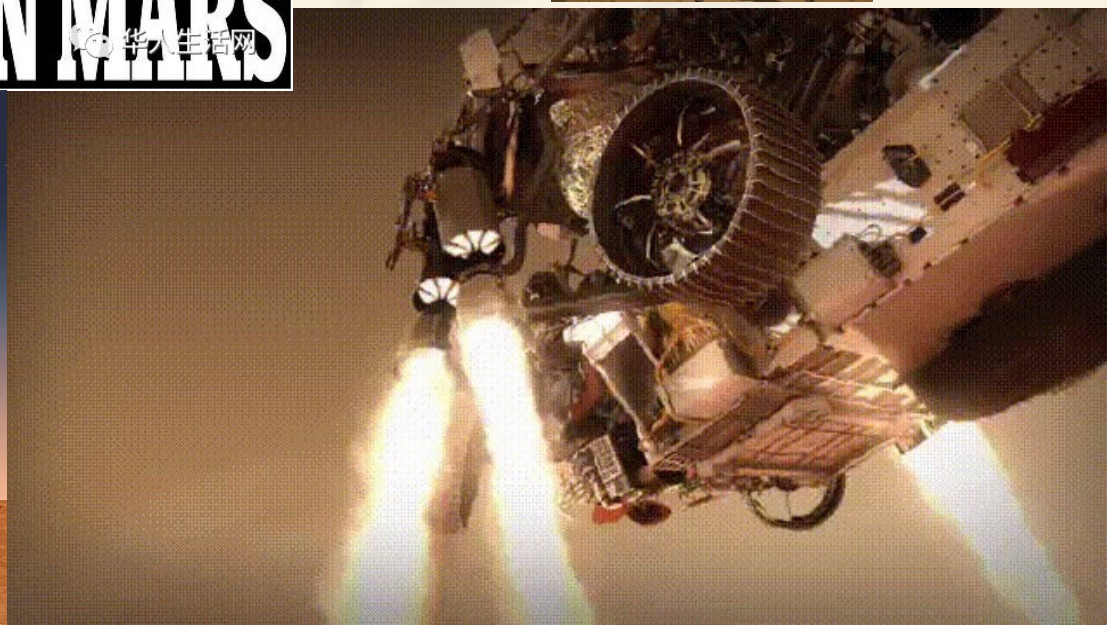
冷湖俄博梁雅丹星空（国家天文台）

美国国家航空航天局（NASA）漫游车“毅力号”（Perseverance）火星之旅于周四（2021年2月18日）完成最惊险一步，成功登陆红色星球。这虽然是美国航天器第9次造访火星，但是这一次使命与此前不同，价值20多亿美元的 "坚毅号 "开始为期两年的任务，它将从35亿年前可能存在的古湖火山口处带回一些岩石样本，这将有望告诉人类那里是否存在过生命。







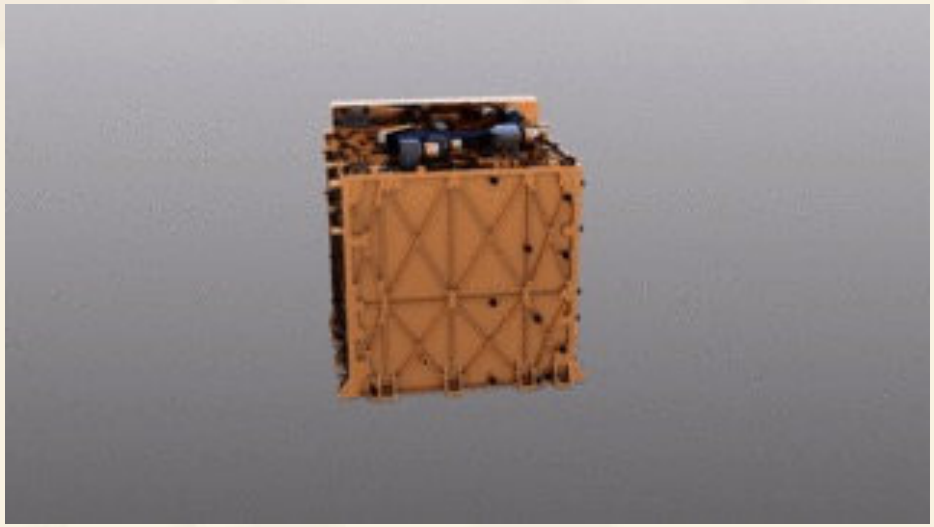


华人生活网

5.37克！毅力号首次在火星上制备出氧气 | 环球科学要闻

（2021年4月22日）

原创 环球科学 环球科学 昨天

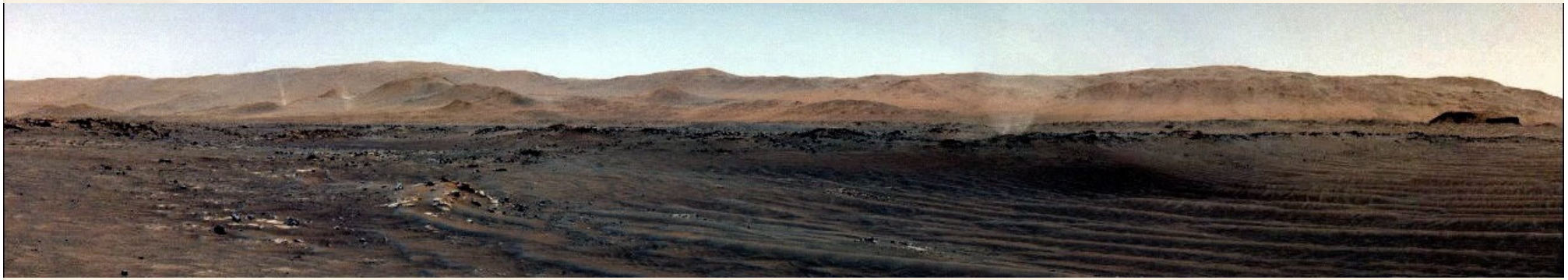


据NASA官网报道，4月20日，毅力号首次在火星上完成制备氧气的任务。本次实验由毅力号搭载的“火星氧元素原位资源利用实验”（MOXIE）设备完成，它能够从火星稀薄的大气层中获取二氧化碳，然后在800°C的条件下，分离得到二氧化碳中的氧分子，并将剩余的一氧化碳废气排出。在此次实验中，MOXIE成功制备了5.37克氧气，这些氧气足够让一位宇航员呼吸10分钟。NASA表示，在未来的两年中，毅力号需要再进行至少9次氧气提取实验。这一系列实验将探索在火星上制备氧气来供宇航员呼吸以及为探测器提供动力的可能性。

NASA's Perseverance Studies the Wild Winds of Jezero Crater

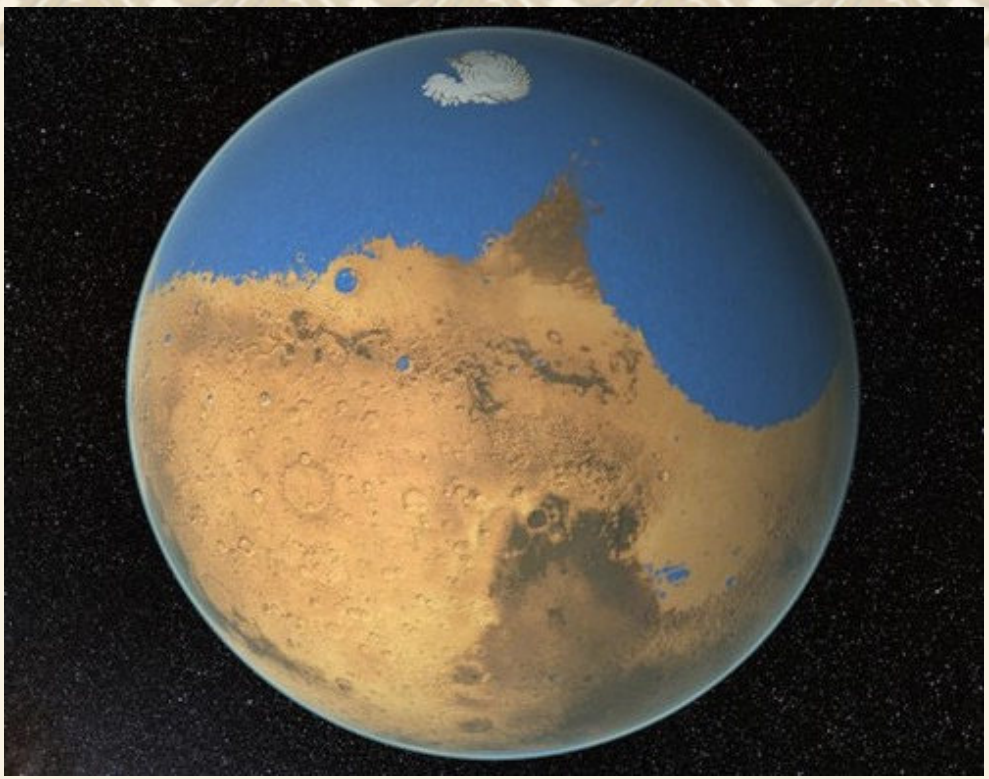
June 1, 2022

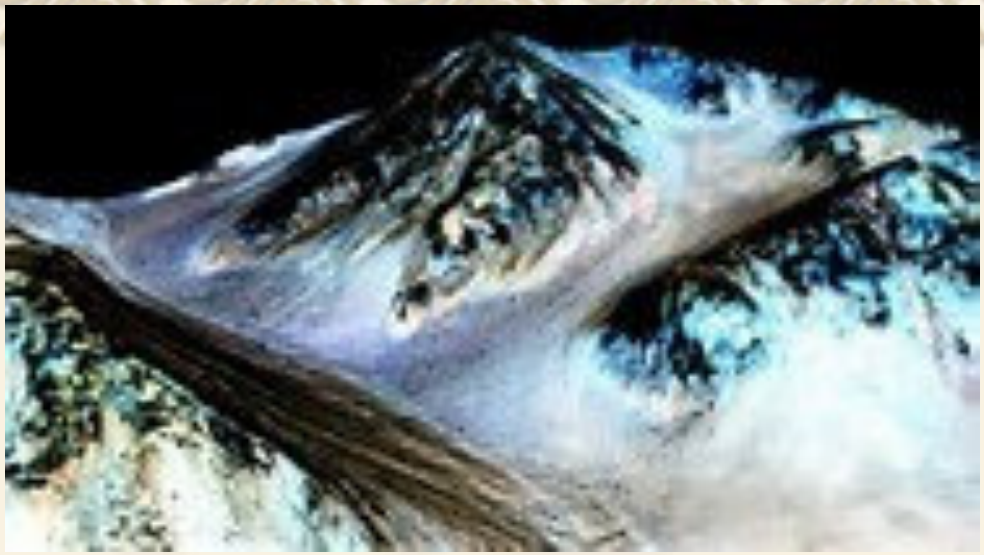
The rover's weather sensors witnessed daily whirlwinds and more while studying the Red Planet.



NASA's Perseverance Mars rover used its navigation camera to capture these dust devils swirling across Jezero Crater on July 20, 2021, the 148th Martian day, or sol, of the mission. Credit: NASA/JPL-Caltech/SSI Full Image Details

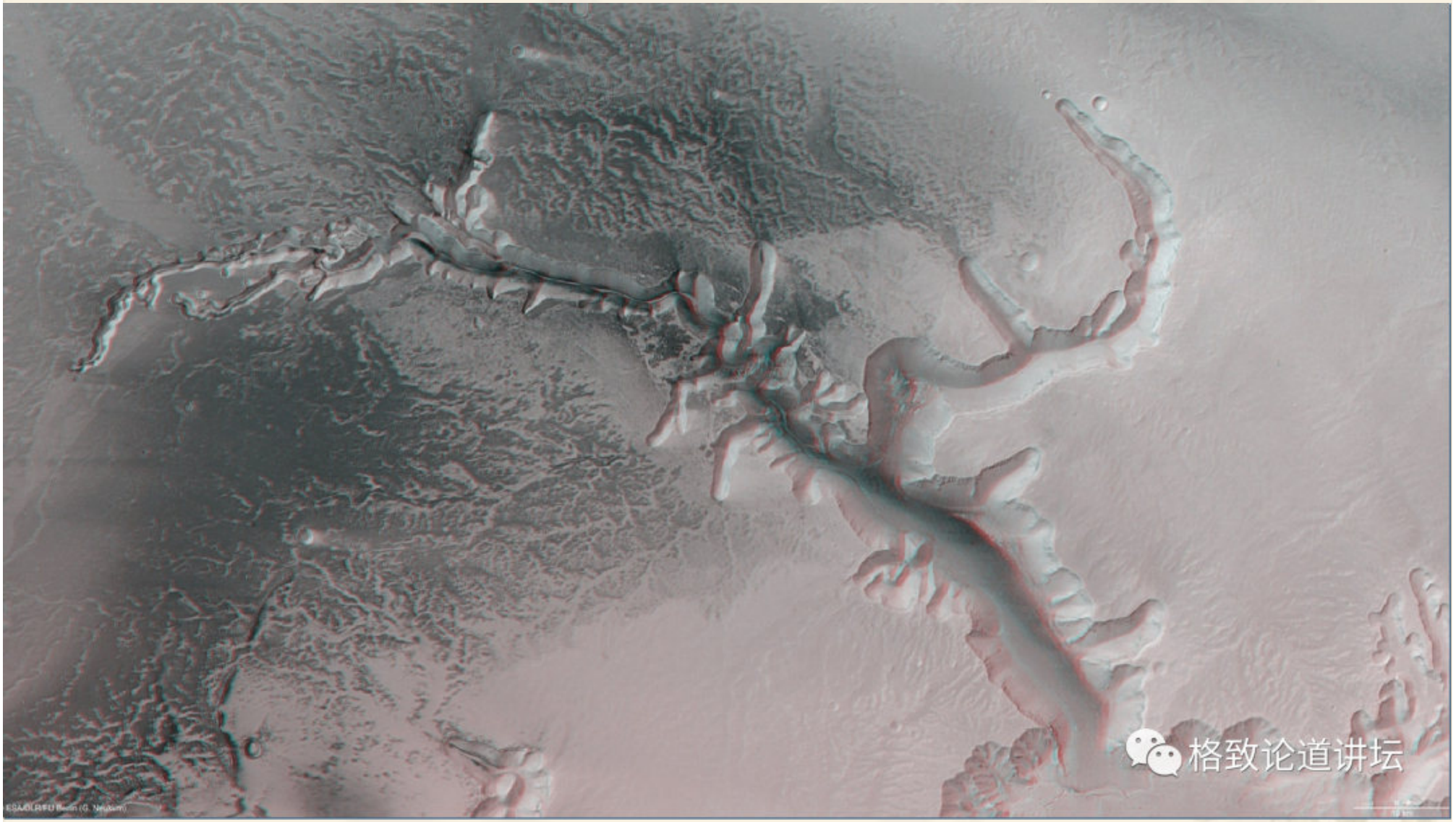
This series of images from a navigation camera aboard NASA's Perseverance rover shows a gust of wind sweeping dust across the Martian plain beyond the rover's tracks on June 18, 2021 (the 117th sol, or Martian day, of the mission). The dust cloud in this GIF was estimated to be 1.5 square miles (4 square kilometers) in size; it was the first such Martian wind-lifted dust cloud of this scale ever captured in images. Credit: NASA/JPL-Caltech/SSI Full Image Details



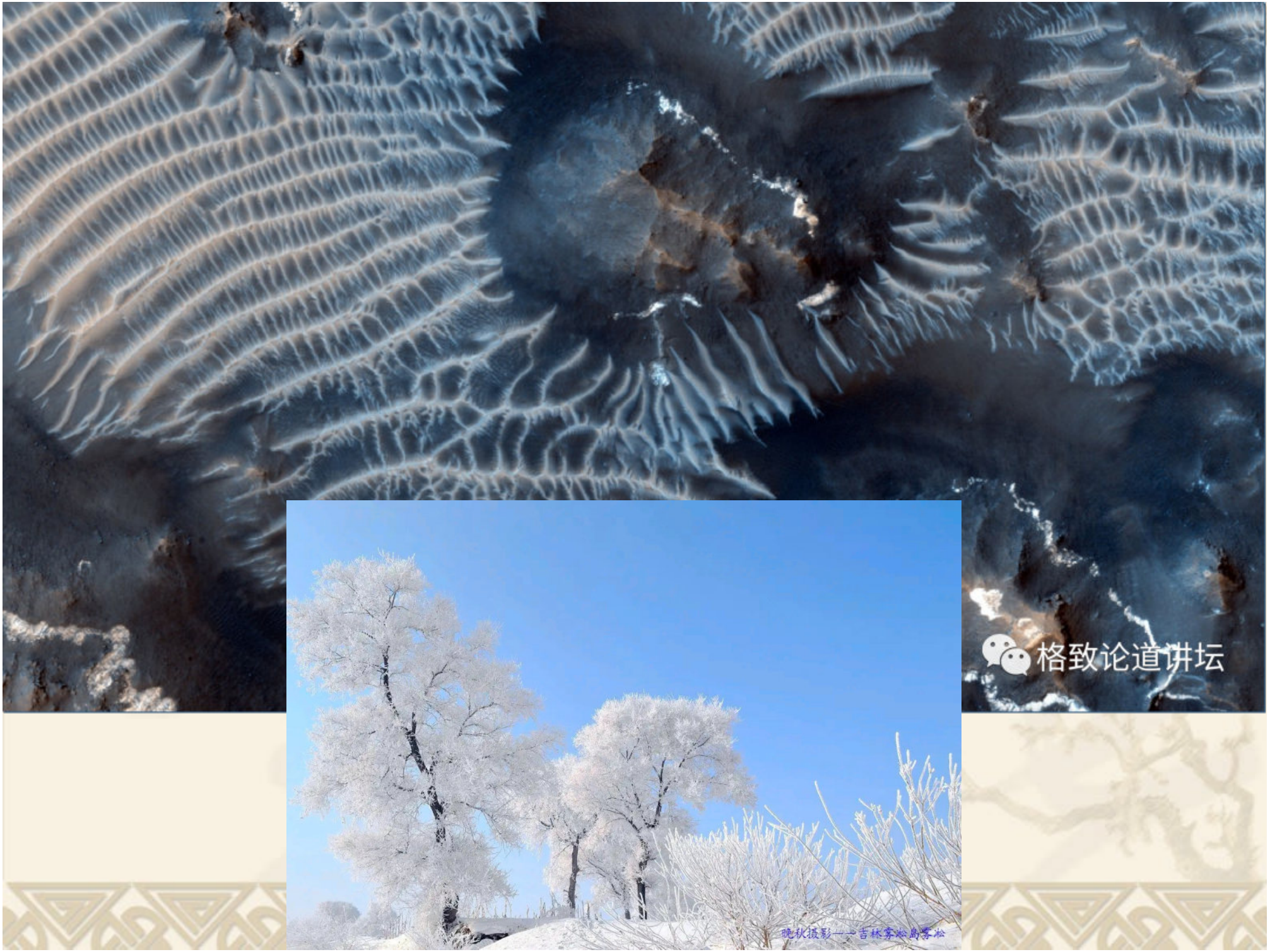


“火星牌”

卤煮火烧_百度百科


格致论道讲坛

第一滴泪
动力火车
Marshall
Marshall


格致论道讲坛
晚秋摄影——吉林雾凇岛雾松

火星

卫星：Phobos

（测火星质量）

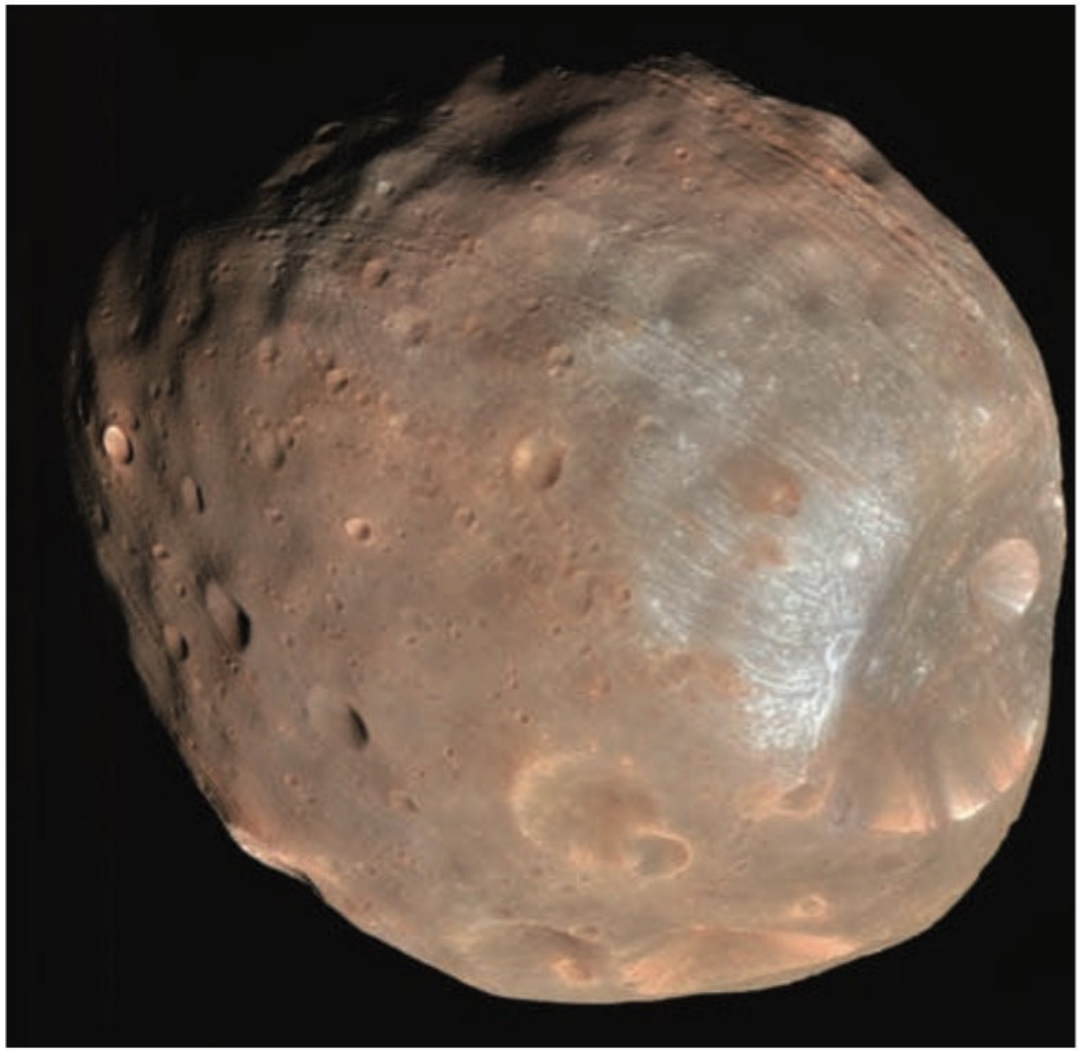


Figure 3.15 Phobos imaged by the Mars Reconnaissance Orbiter in March 2008. Image: HiRISE, MRO, LPL (U. Arizona), NASA.

天问系列

编辑 讨论 上传视频

天问系列（*Tianwen*）是中国行星探测任务名称。

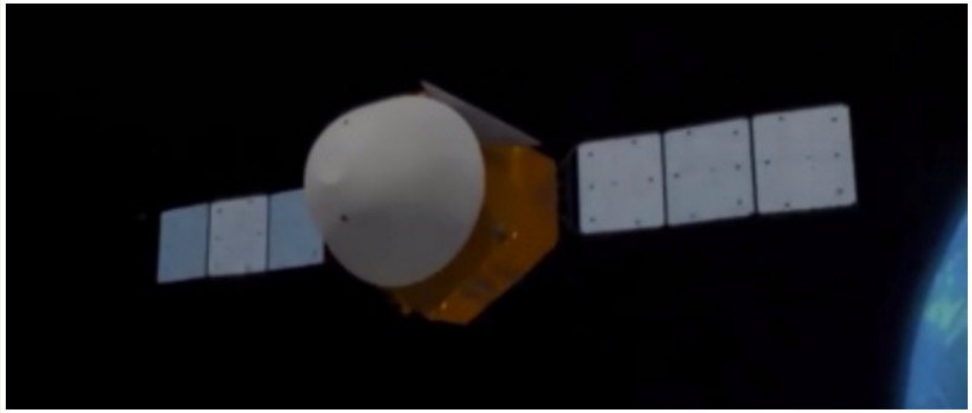
2020年4月24日是第五个中国航天日，国家航天局宣布，将我国行星探测任务正式命名为“天问”，将我国首次火星探测任务命名为“天问一号”，作为我国行星探测的第一步，同时公布了首次火星探测任务标识“揽星九天”。 [1]

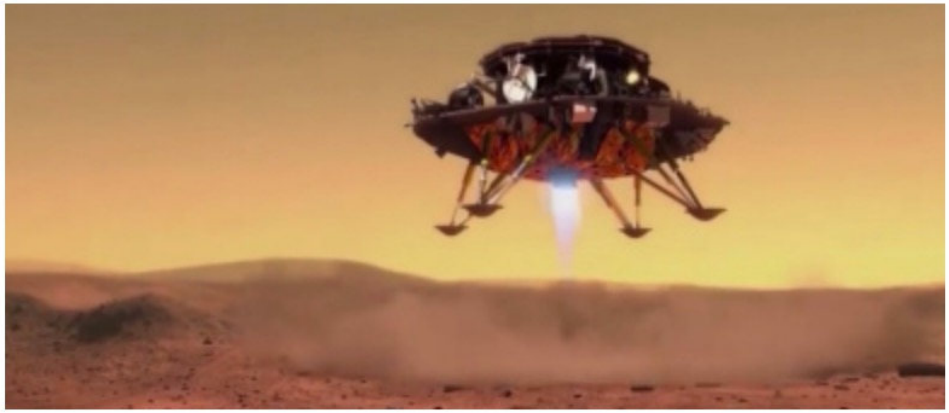
（百度百科）

“天问系列” 以“揽星九天”作为工程的图形标识，“揽星九天”太阳系八大行星依次排开，表达了宇宙的五彩缤纷，呈现科学发现的丰富多彩，饱含动感 气韵流动，开放的椭圆轨道整体倾斜向上，展示了独特字母“C”的形象，代表了中国行星探测-China，体现着国际合作精神-Cooperation，标志着深空探测进入太空能力Capability -- C3。

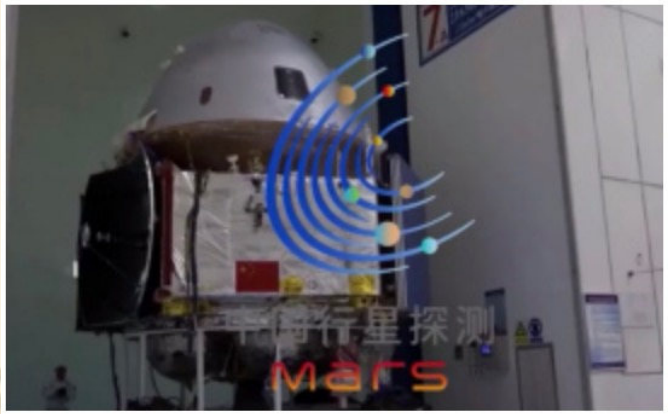
“天问一号”探测器成功发射

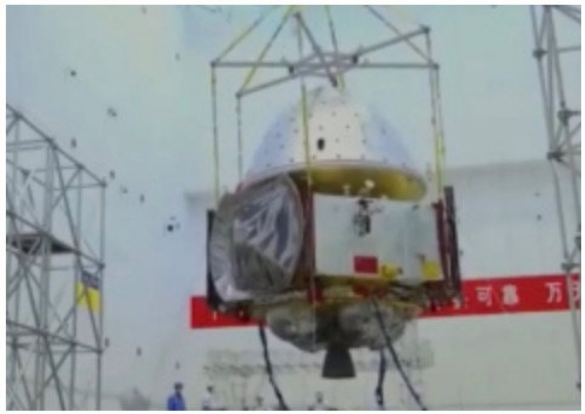
（百度百科）





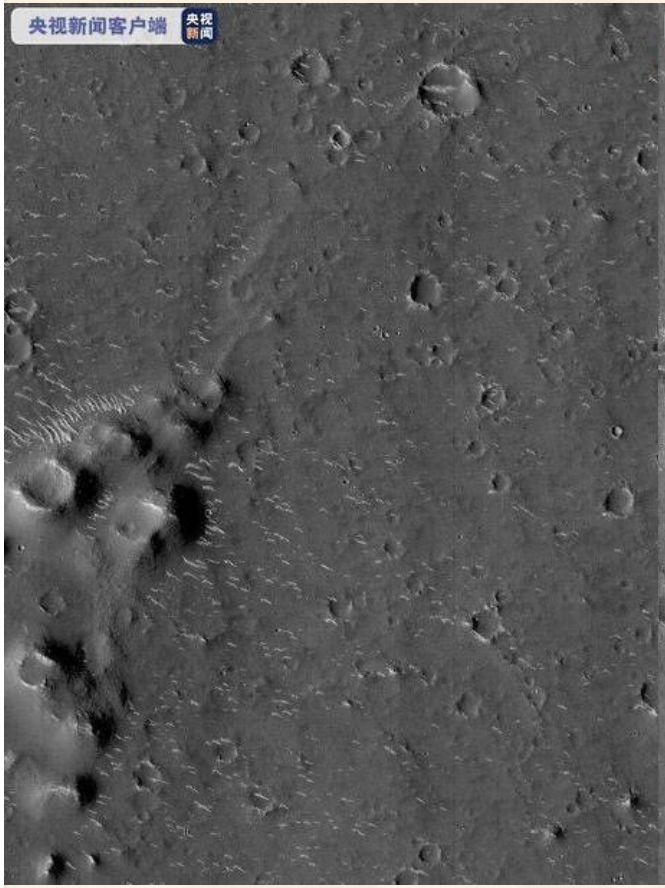
“天问一号”任务模拟图

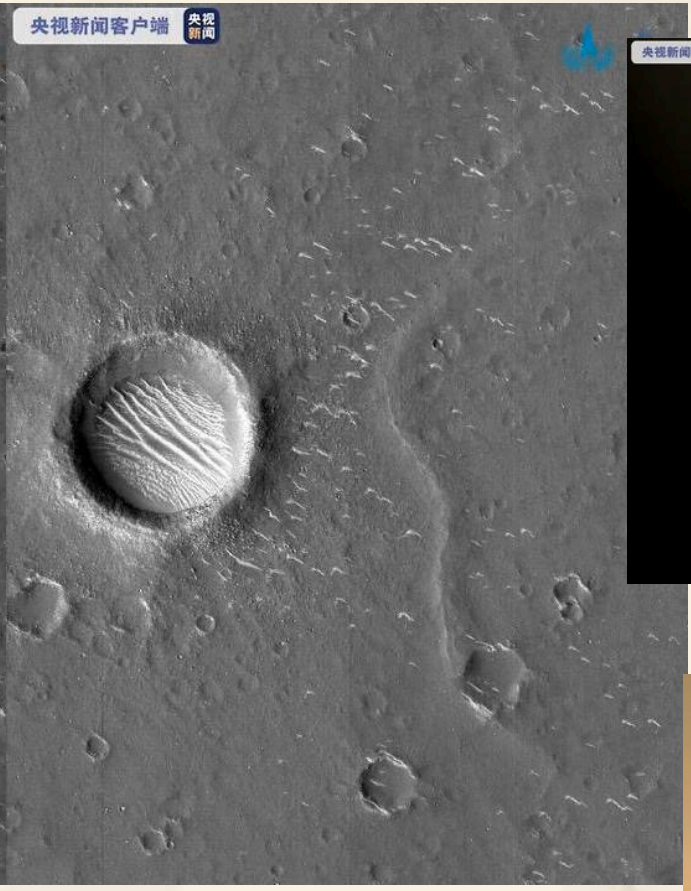


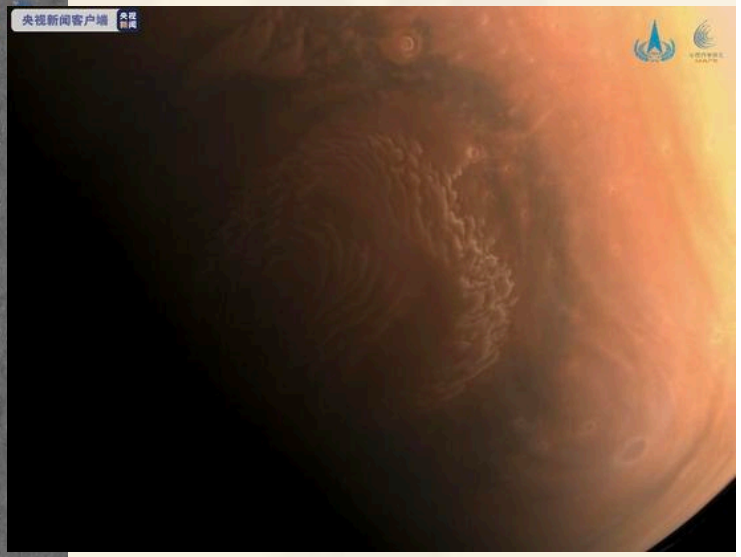


“天问一号”实物图

国家航天局发布天问一号探测器拍摄高清火星影像

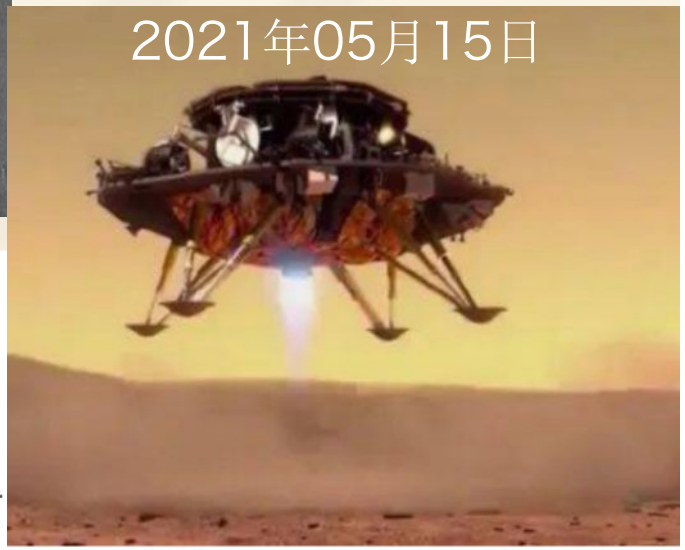






第二个着陆器成功降落火星的国家

2021年05月15日



图注：天问一号着陆器降落火星（艺术图）。

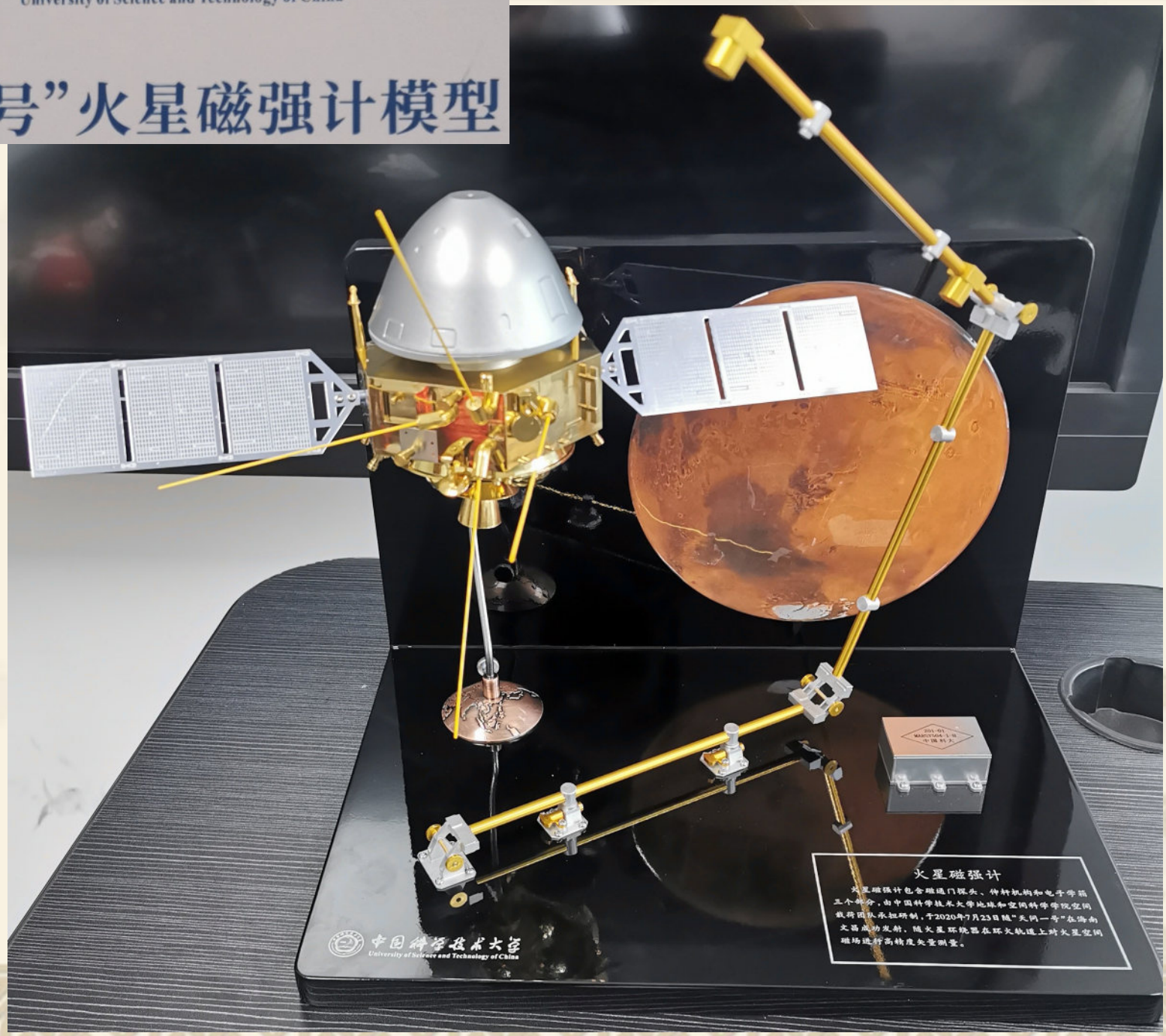
今天（4日），国家航天局发布3幅由我国首次火星探测任务天问一号探测器拍摄的高清火星影像图，包括2幅黑白图像和1幅彩色图像。

黑白图像由高分辨率相机在距离火星表面330千米~350千米高度拍摄，分辨率约0.7米，成像区域内火星表面小型环形坑、山脊、沙丘等地貌清晰可见，据测算，图中最大撞击坑的直径约620米。彩色图像由中分辨率相机拍摄，画面为火星北极区域。

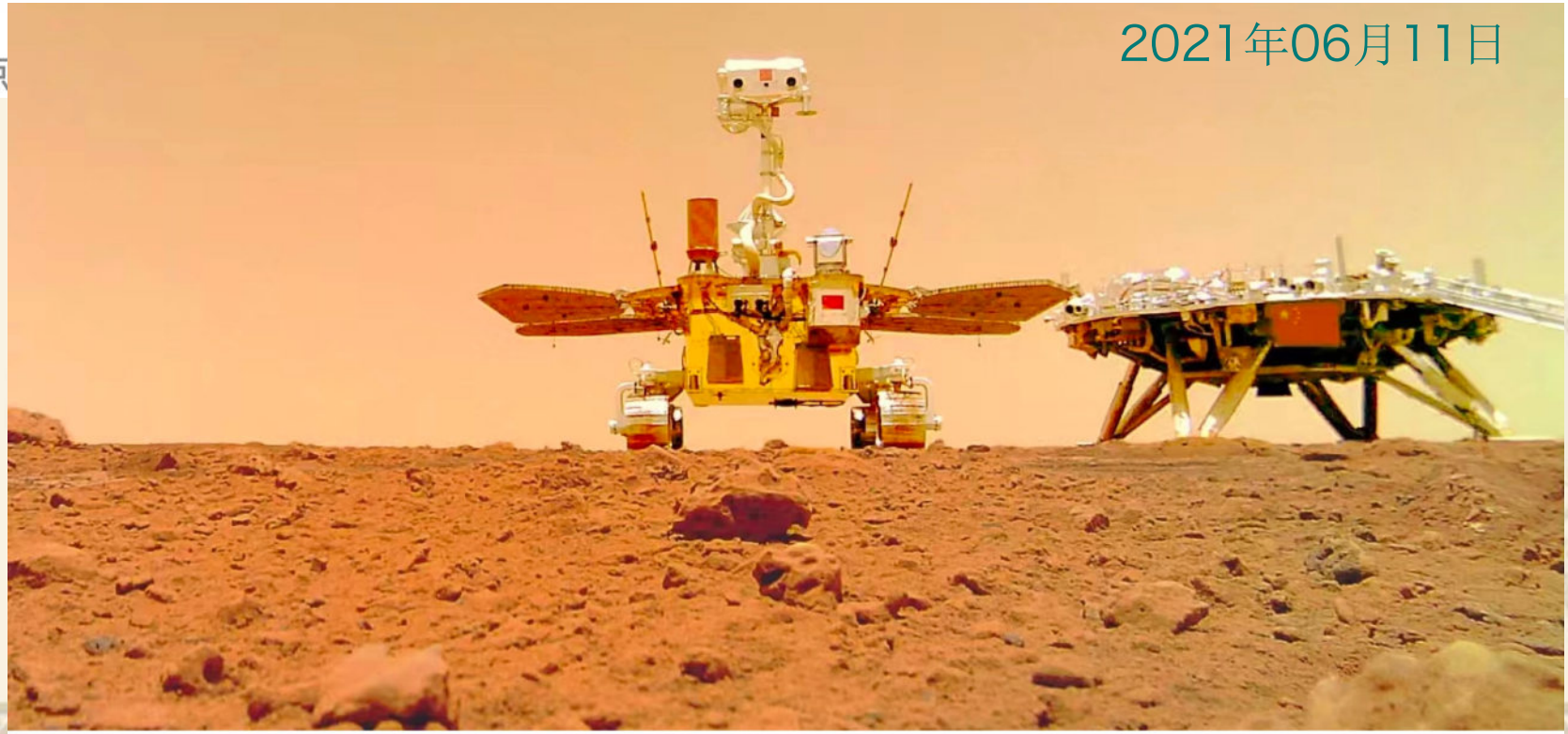
2021年03月04日

中国科学技术大学
University of Science and Technology of China

“天问一号”火星磁强计模型



△着陆点



△“着巡合影”图，摄影：“祝融号”火星车

The Innovation | Focus：祝融号首次揭示火星乌托邦平原地下分层结构

原创 Yi Xu TheInnovation创新 2022-09-27 00:01 发表于浙江

导 读

2021年5月15日，我国“天问一号”携带“祝融号”火星车成功着陆在火星北部的乌托邦平原。火星车上的探地雷达随即对着陆区域的地下结构展开探测。中国科学院地质与地球物理研究所联合国家空间科学中心和北京大学等科研团队对“祝融号”火星车前113个火星日的**低频雷达**数据开展研究，揭示了地下两套“沉积颗粒向下逐渐变粗”的沉积层序，表明着陆区古代可能发生了**多期次的洪水沉积事件**；在80 m深度范围内没有发现岩浆活动和液态水、卤水存在的证据，但不排除盐冰存在的可能性。相关成果发表在Nature上[1]。

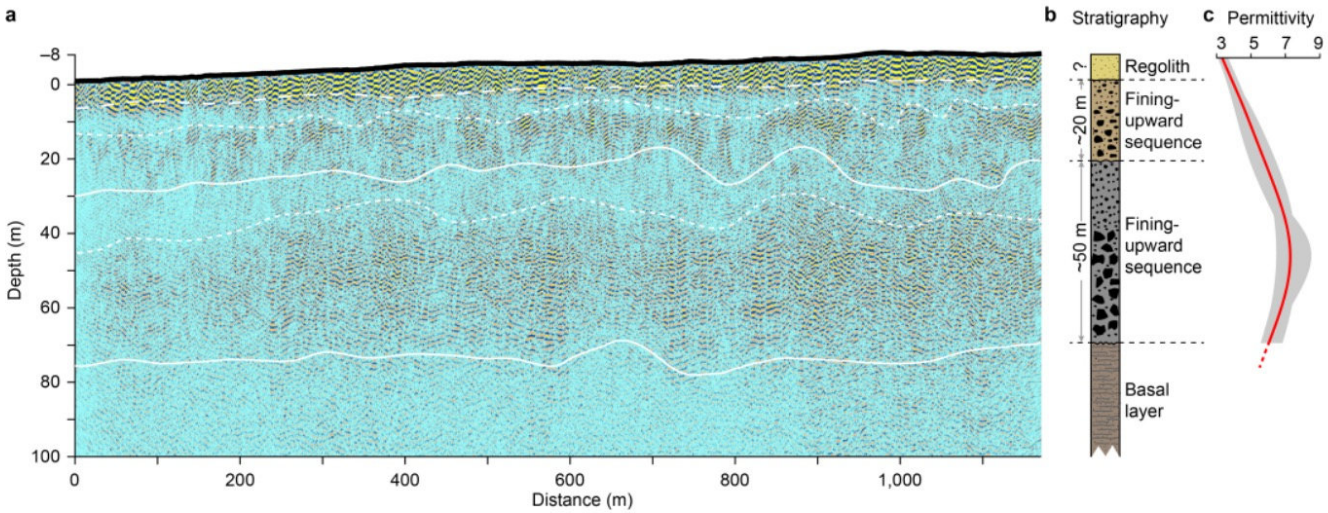
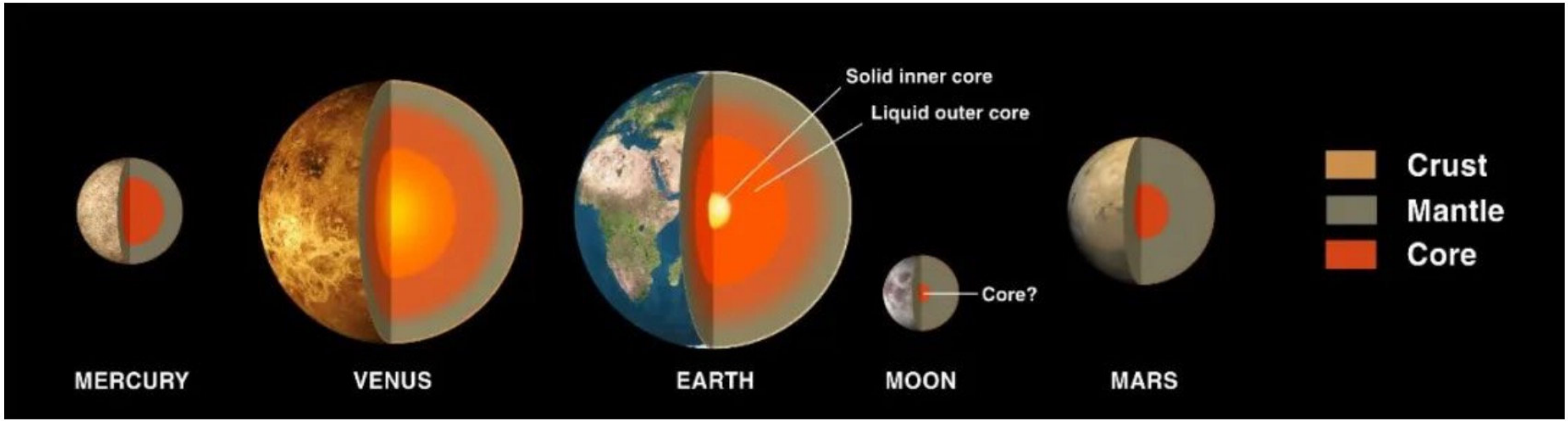


图1 雷达探测图像显示地下多层序列

类地行星的内部结构



行星的内部结构一般为核、幔、壳组成的层状结构

❖ 谷神星和小行星

- Titius-Bode定律　　Distance=i*0.3+0.4, i=0,1,2,4,8,16,32,64
  （海王星不符合）

0.4	0.7	1.0	1.6	2.8	5.2	10	19.6

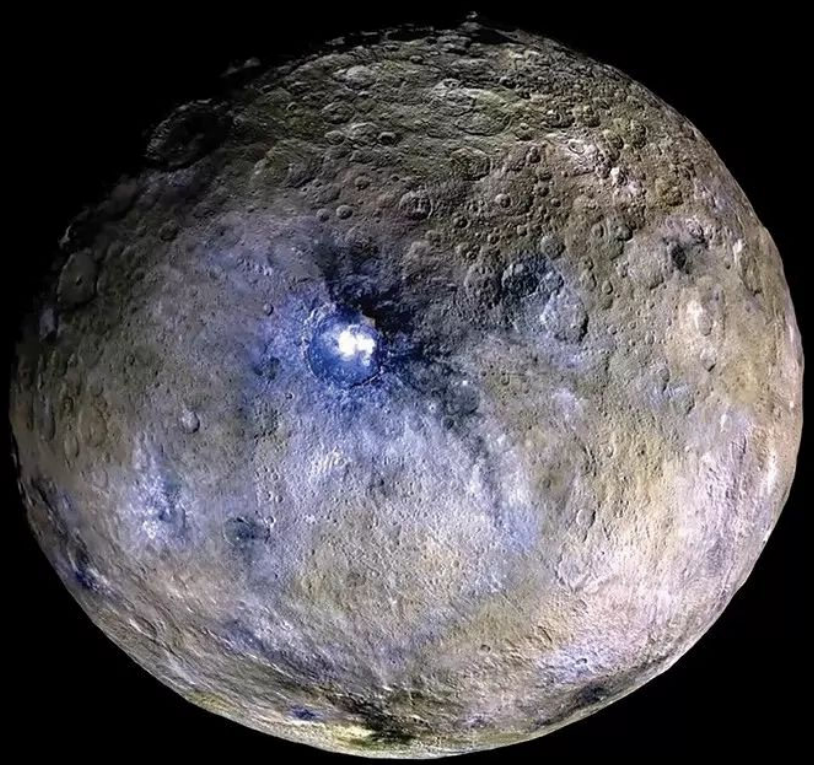
The planets then known fell at distances:

0.39	0.72	1.0	1.52	?	5.2	9.5	19.2

This suggested that a planet might exist at a distance of ~2.8 AU.

- 1768年Bode预言
- 发现了一些小行星
- 1801.1.1：发现谷神星，含1/3小行星带中质量（>170 000具有计算好的轨道）

National Aeronautics and Space Administration



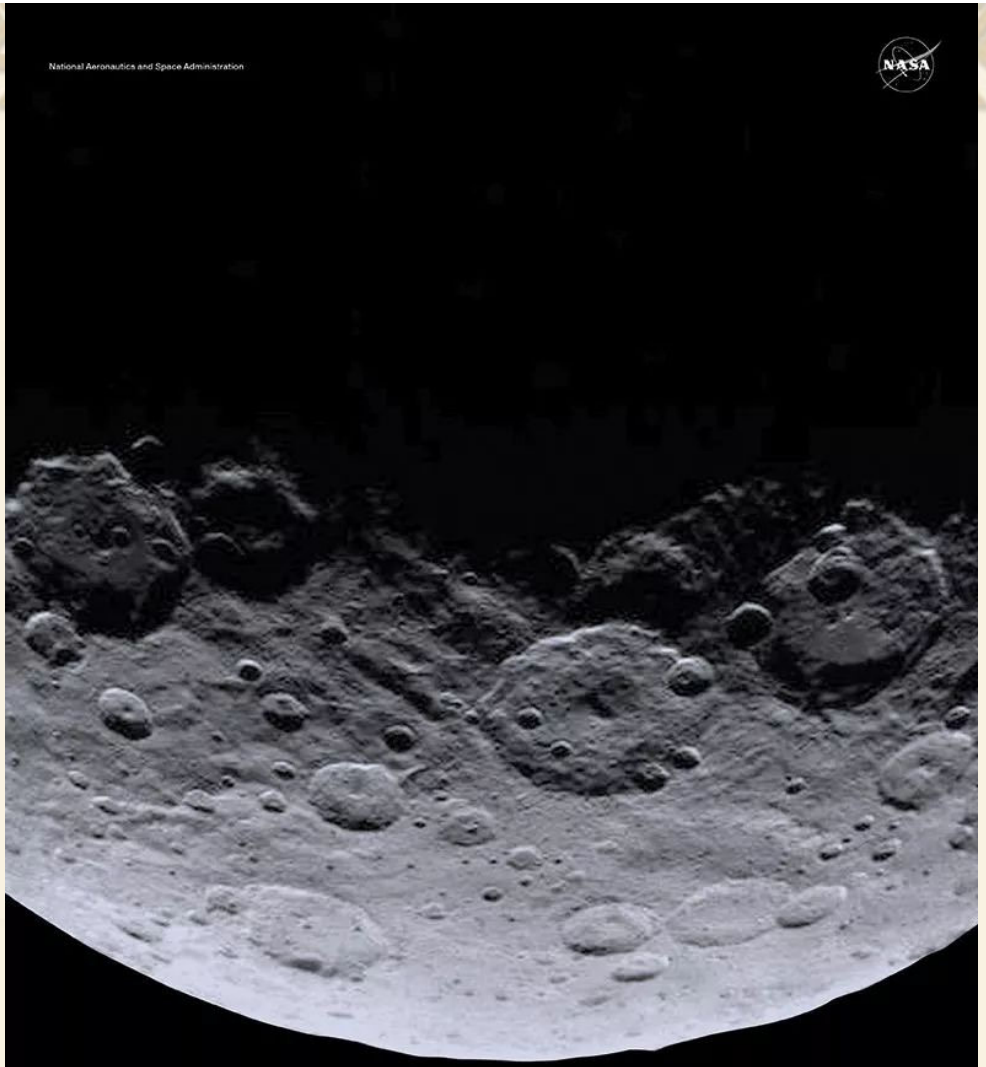
CERES

explore at **solarsystem.nasa.gov/ceres**

www.nasa.gov

NASA/JPL-Caltech/UCLA/MPS/DLR/IDA

National Aeronautics and Space Administration



CERES

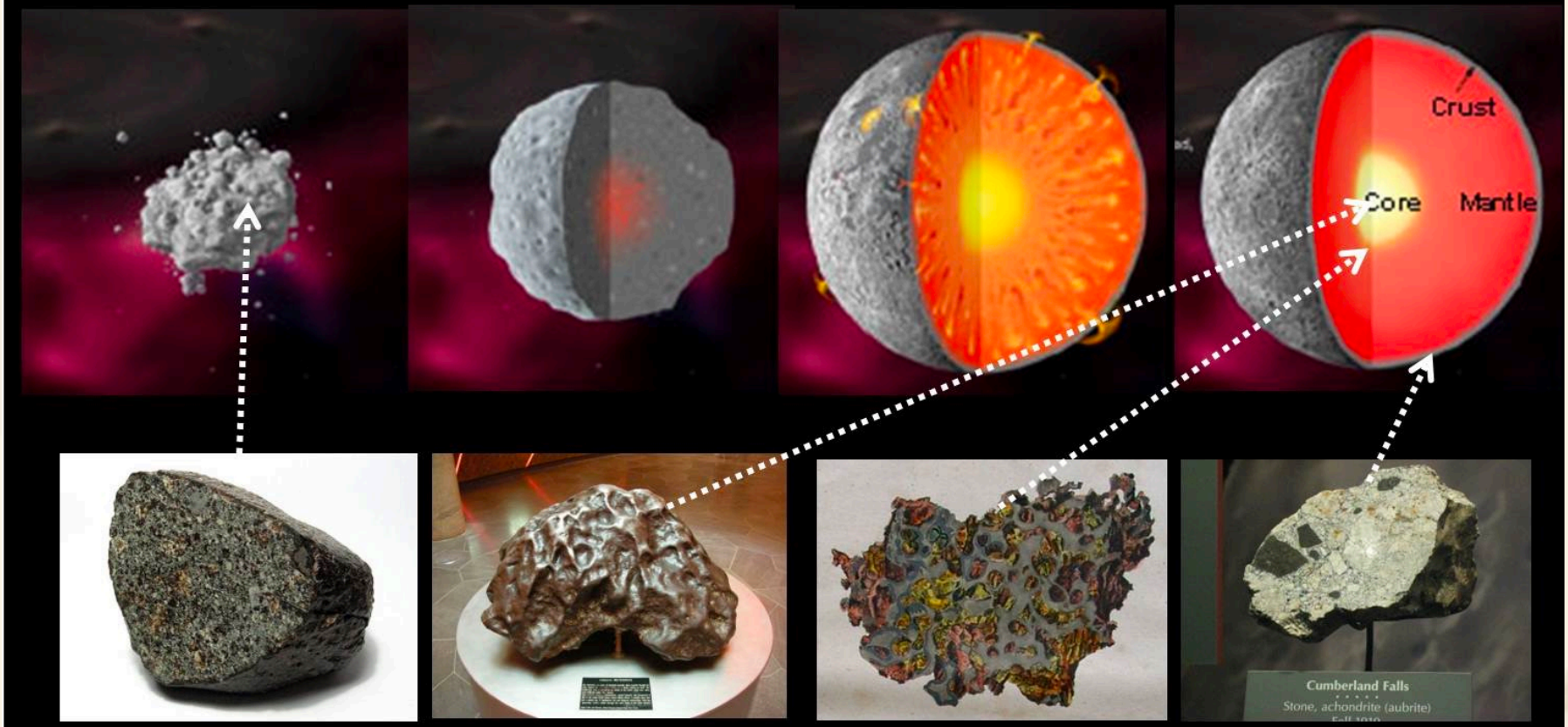
explore at **solarsystem.nasa.gov/ceres**

www.nasa.gov

NASA/JPL-Caltech/UCLA/MPS/DLR/IDA

Different Asteroid & Meteorite Types

Source: Smithsonian Museum of Natural History http://www.mnh.si.edu/earth/text/5_1_4_0.html



Chondritic Stony Meteorite

Iron Meteorite

Pallasite Meteorite

Achondritic Stony Meteorite

License: Wikimedia Creative Commons

Asteroid Type C

Asteroid Type M

Asteroid Type S

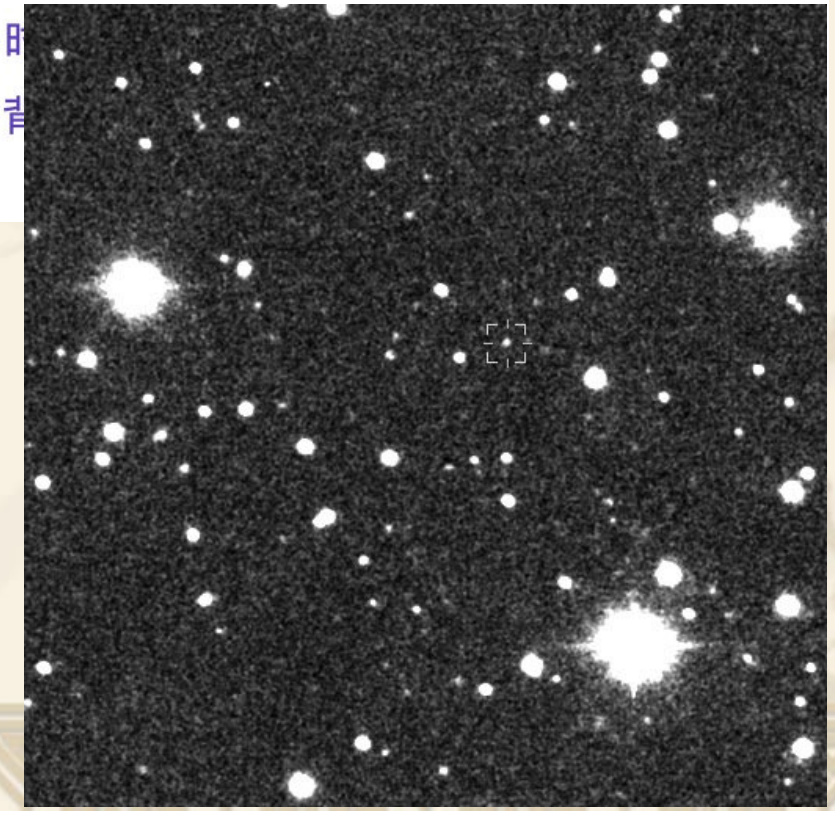
小行星与陨石的材质分类

（桂林理工大学 陈弘毅教授）

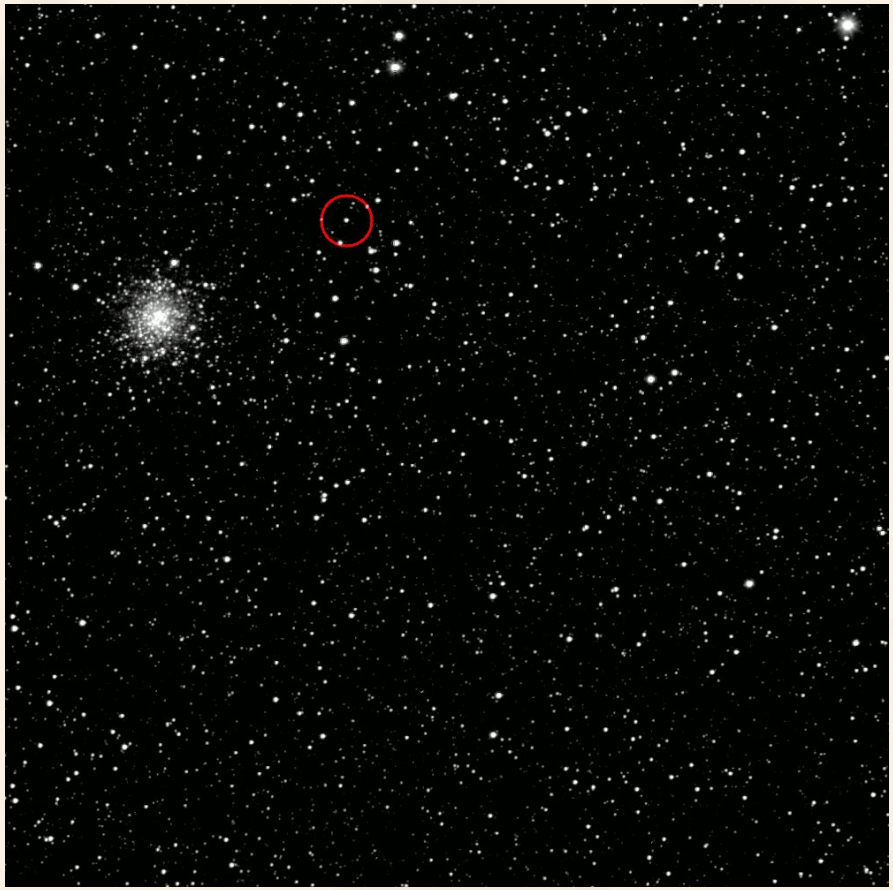
小行星的观测发现

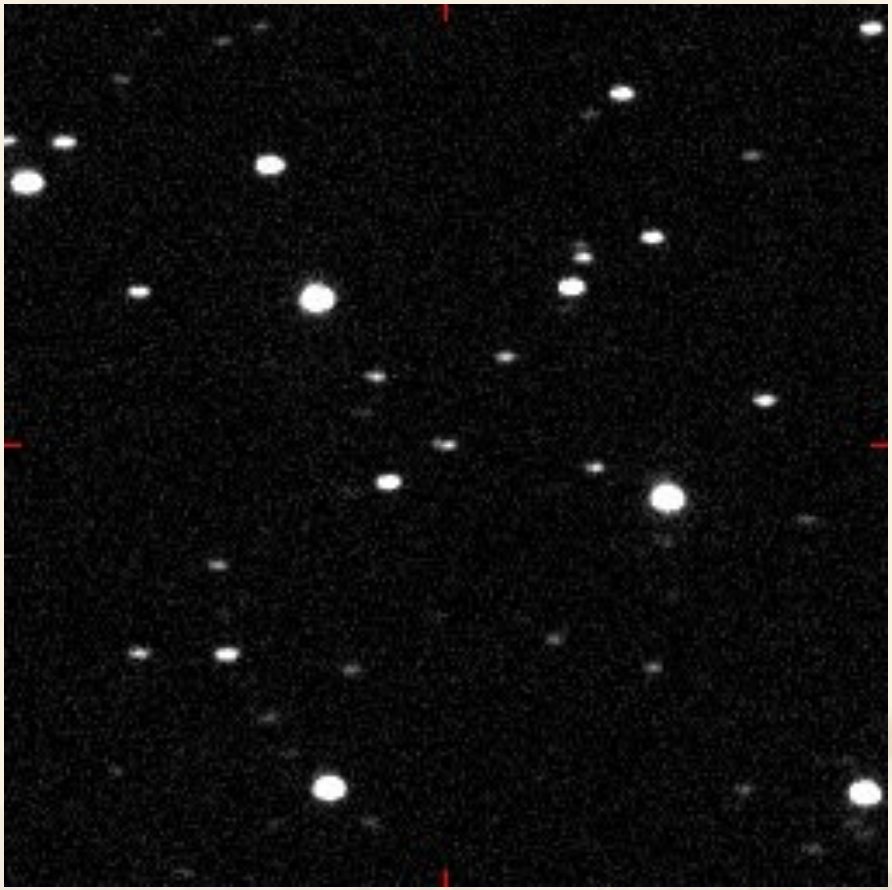
自1801年皮亚齐发现首颗小行星以来，世界各地的天文学家和业余天文爱好者们利用各种天文望远镜观测设备，已经搜索并发现了数以几十乃至百万计的小行星。那么如何在茫茫星海中搜索并发现这些“小家伙”呢？【截至本文发布时，根据国际小行星中心MPC统计，共发现小行星930678颗，其中794832颗拥有轨道数据】（截止于2018年底）

行星（planet）的名字来自于希腊语“漫游者”（wanderer），简单来说，小行星（minor planet）之所以被称为小“行”星是因为它们相对遥远的恒星背景会较快的“穿行”于其中，因为它们是离我们很近的太阳系内的天体有着较高的相对运动速度。所以天文观测者在晚间会将天文望远镜指向某一小行星较大概率出现的天区（如黄道附近），然后每隔一小段时间（比如半小时
就可以人工或使用特定软件对比这些图像，将背
其移动位置的“可疑目标”。



（山东大学空间科学研究院）





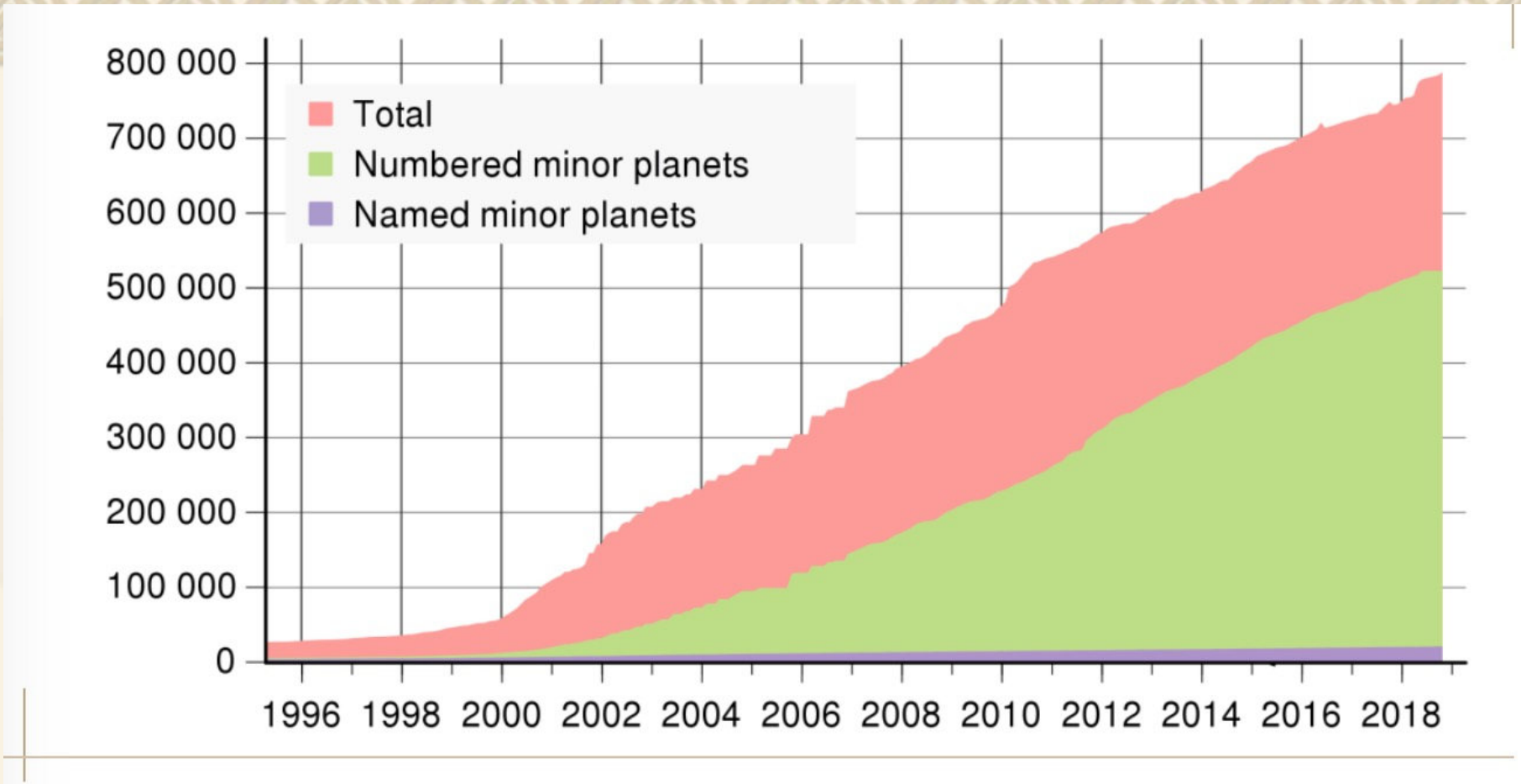
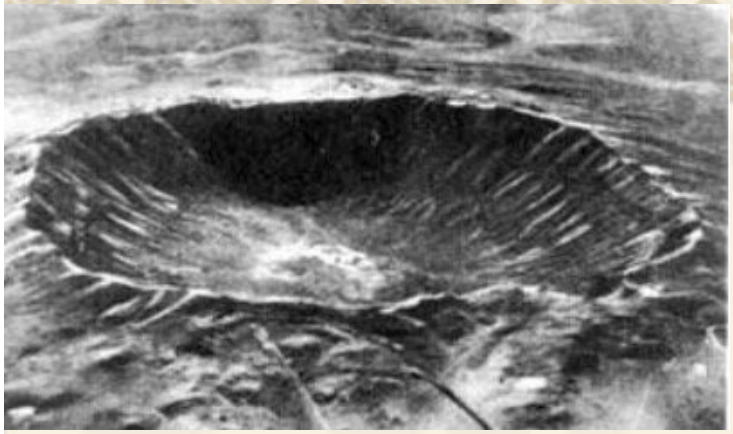


图3.截至2018年所有被观测发现的小行星（红色）、获得永久编号的小行星（绿色）和被命名的小行星（紫色）的数目分布图

中国人发现的第一颗小行星其永久编号为1125/3789，是中国科学院紫金山天文台前任台长张钰哲先生于1928年在美国发现的，被命名为“中华”（China）。

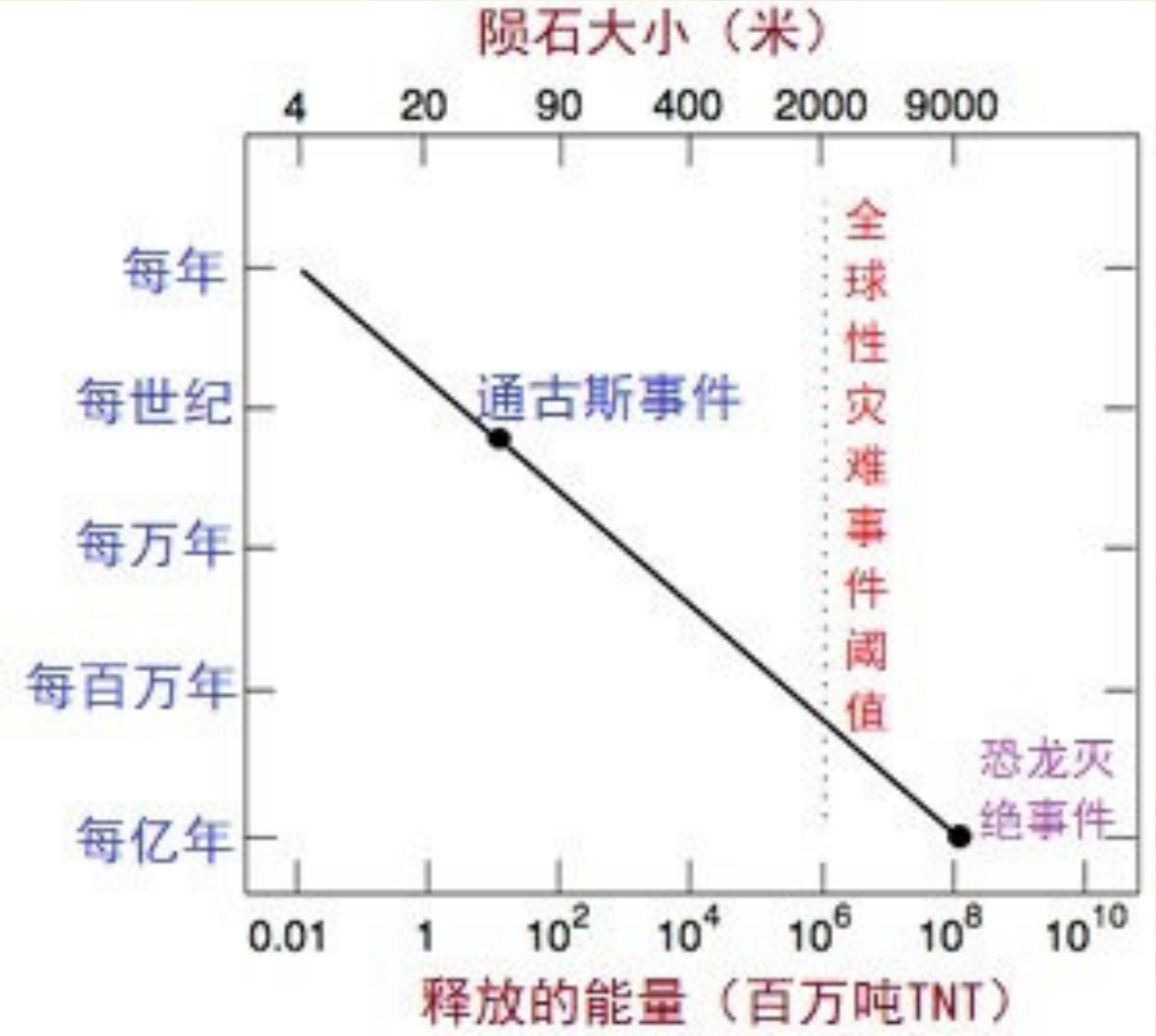
（山东大学空间科学研究院）



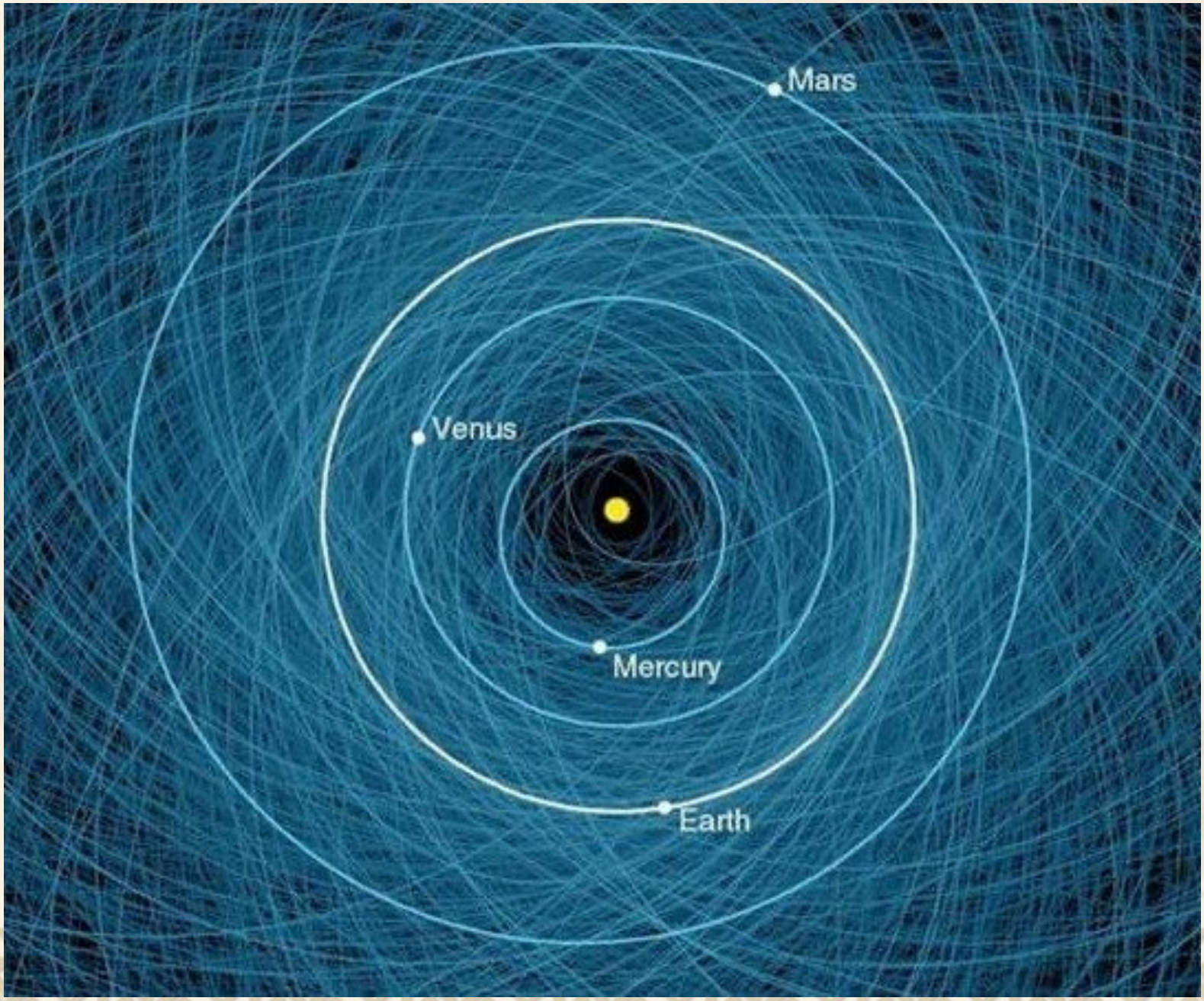
近地天体

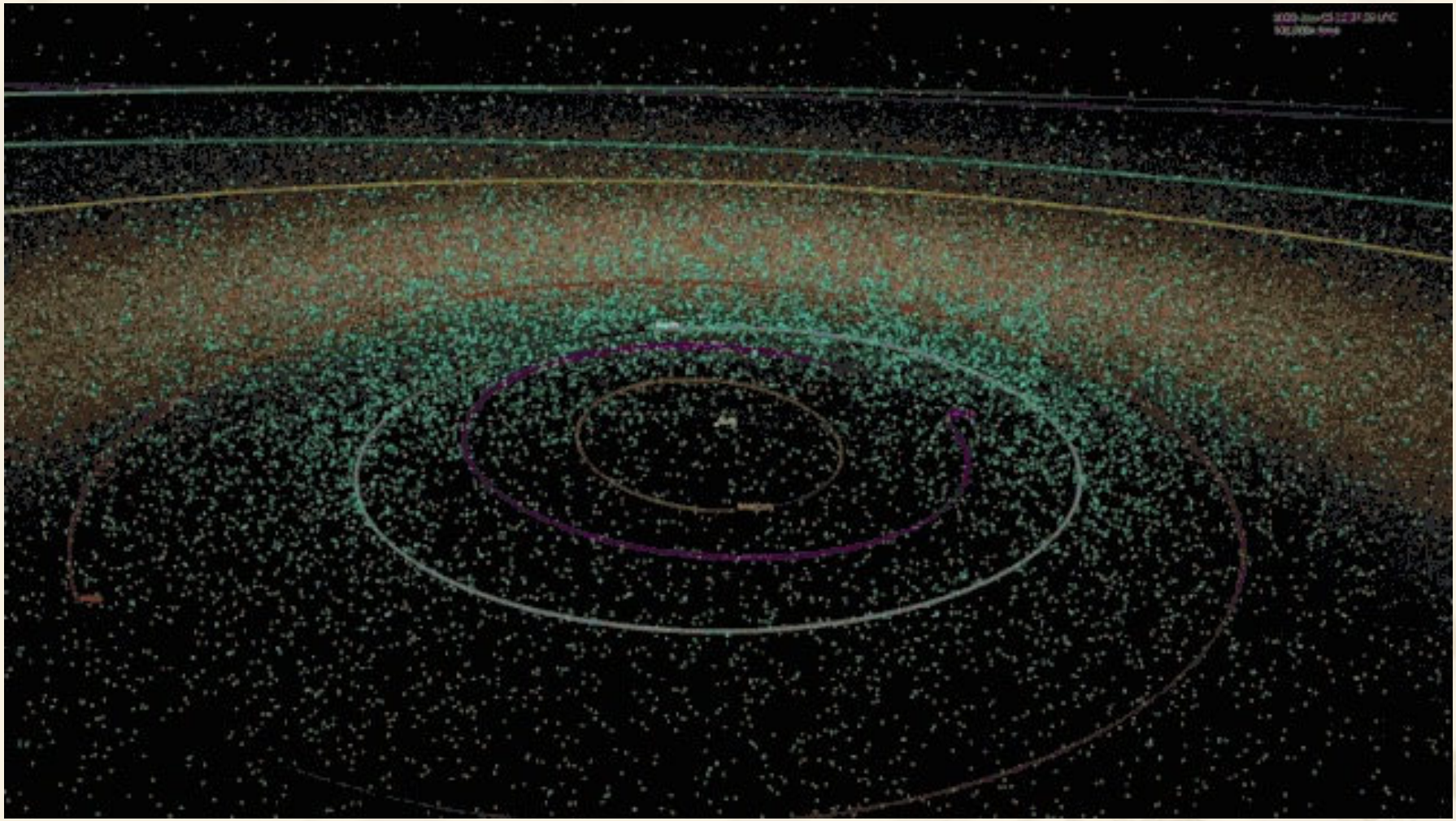
- 小行星在带内引力作用及木星引力扰动下获得内太阳系轨道，撞击地球
- NEO (near earth objects)：小行星、彗星、陨石（D<50m）；>5000颗已探测
- NASA监测：D>1km的所有NEO；>800颗
- 1908年6月：北西伯利亚通古斯大爆炸，1000倍广岛原子弹，D~50m；>20万类似NEO，碰撞几率：~1/500年
- 最近的预测：2880年3月16，1950DA，D=1km，1/300的概率撞击地球

不同大小的陨石撞击地球的几率分布



“疯狂”的近地天体

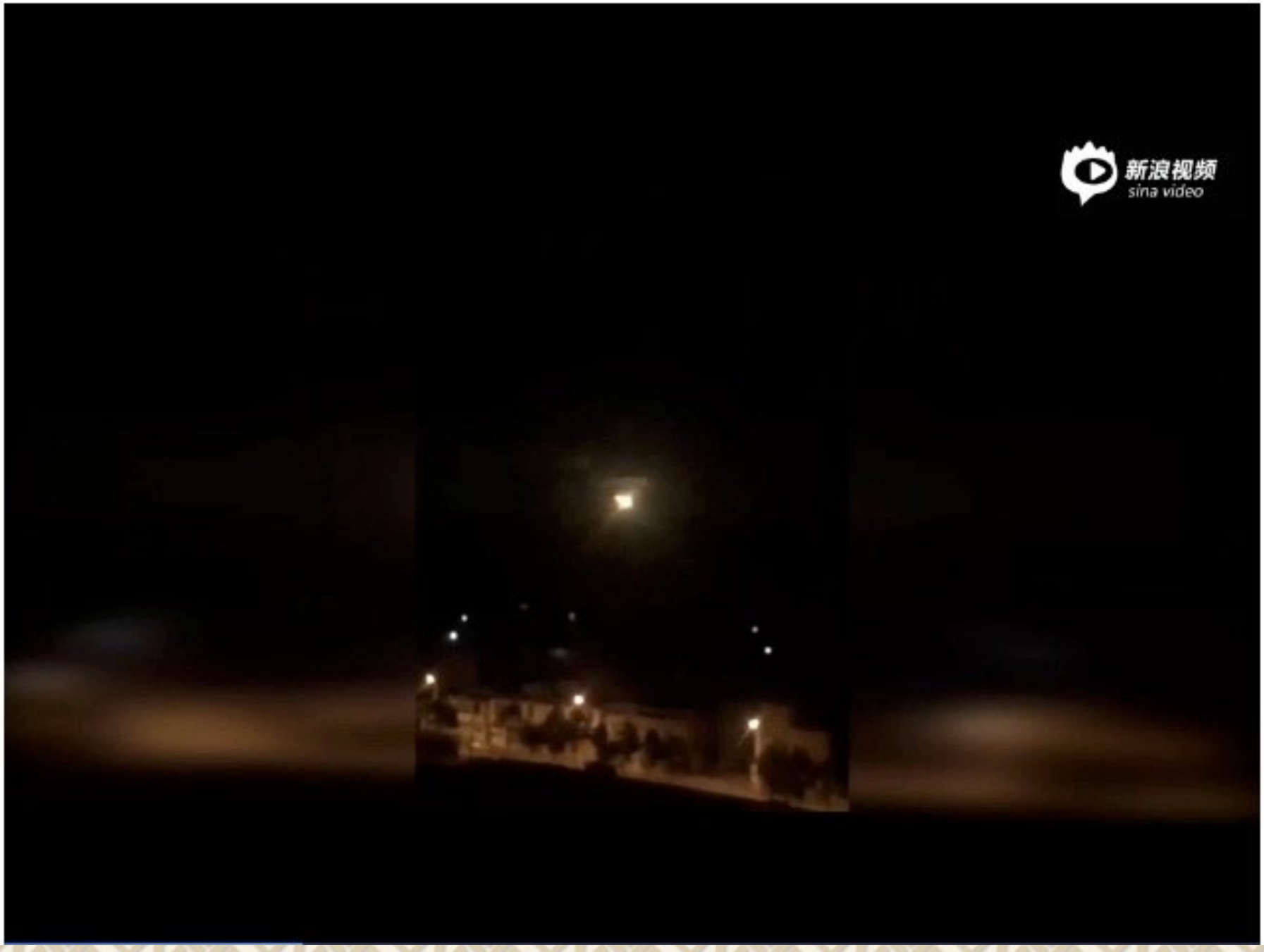




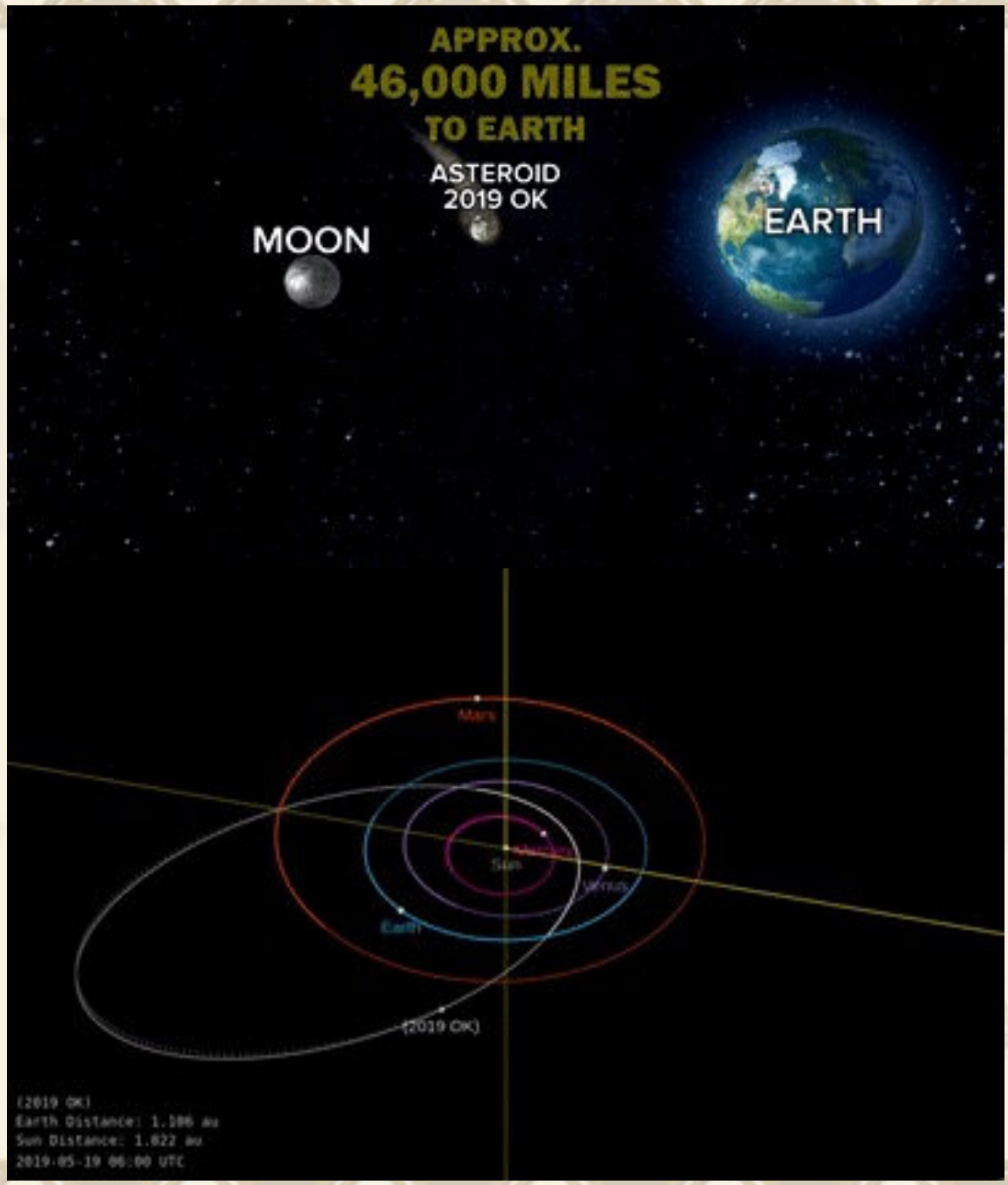
主带小行星（红）和近地小行星（蓝）（NASA）

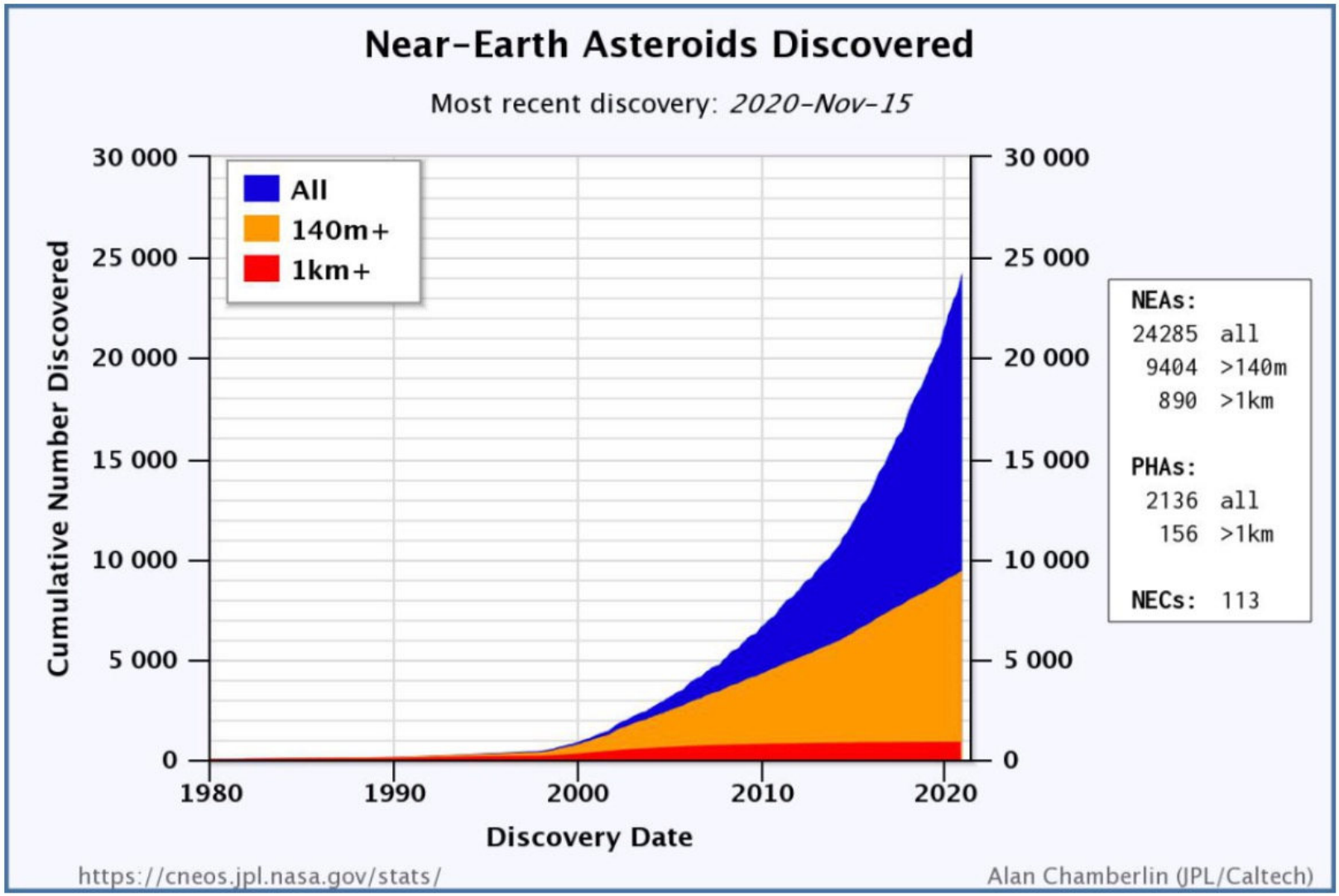
- 2013/02/15 – 俄罗斯陨石事件
  - -- 车里雅宾斯克陨石雨
  - -- 直径～15米
  - -- ～7000吨
  - -- ～10公里轨迹
  - -- ～1500人受伤

云南大理夜空现疑似火流星 震撼亮度胜满月



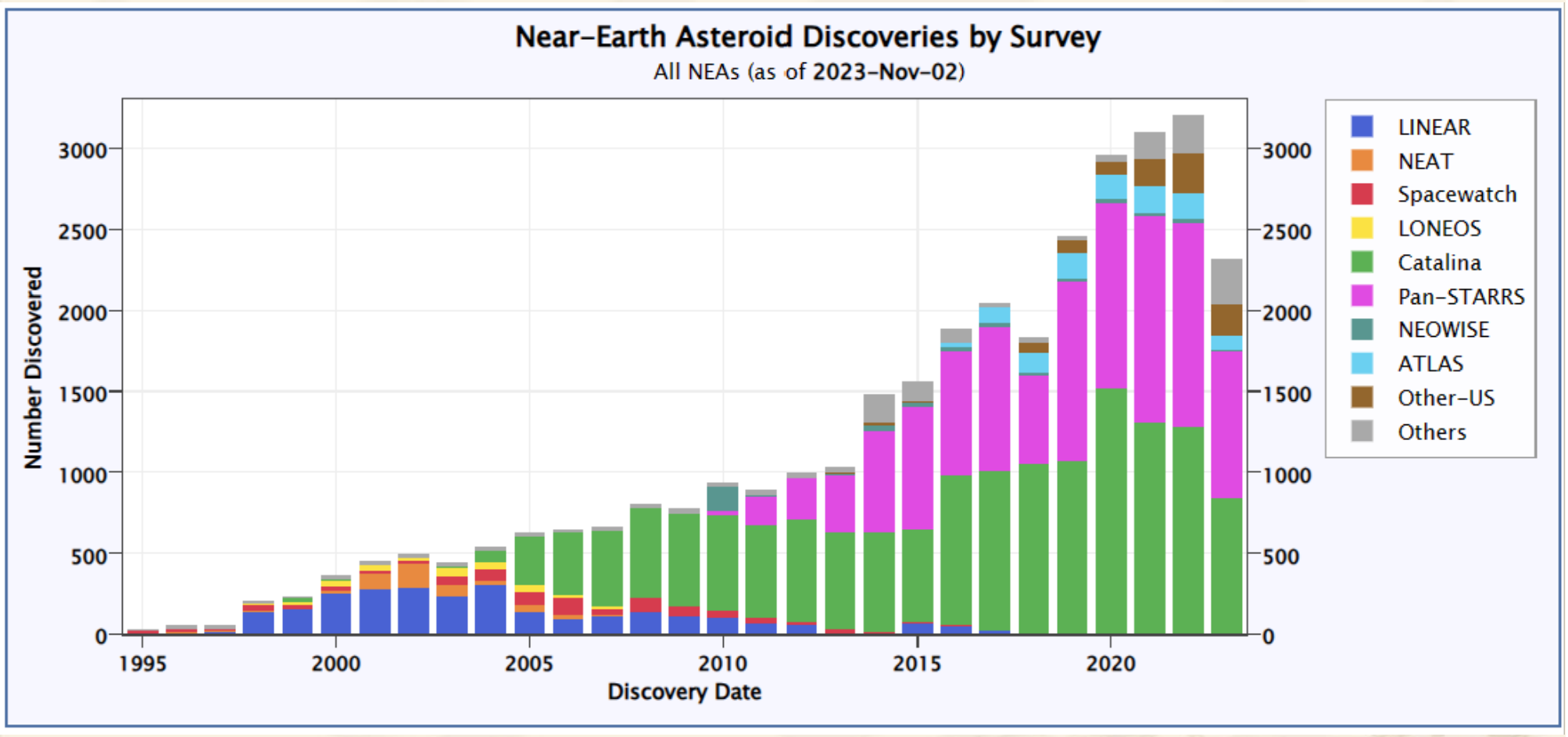
© Jeff Dai

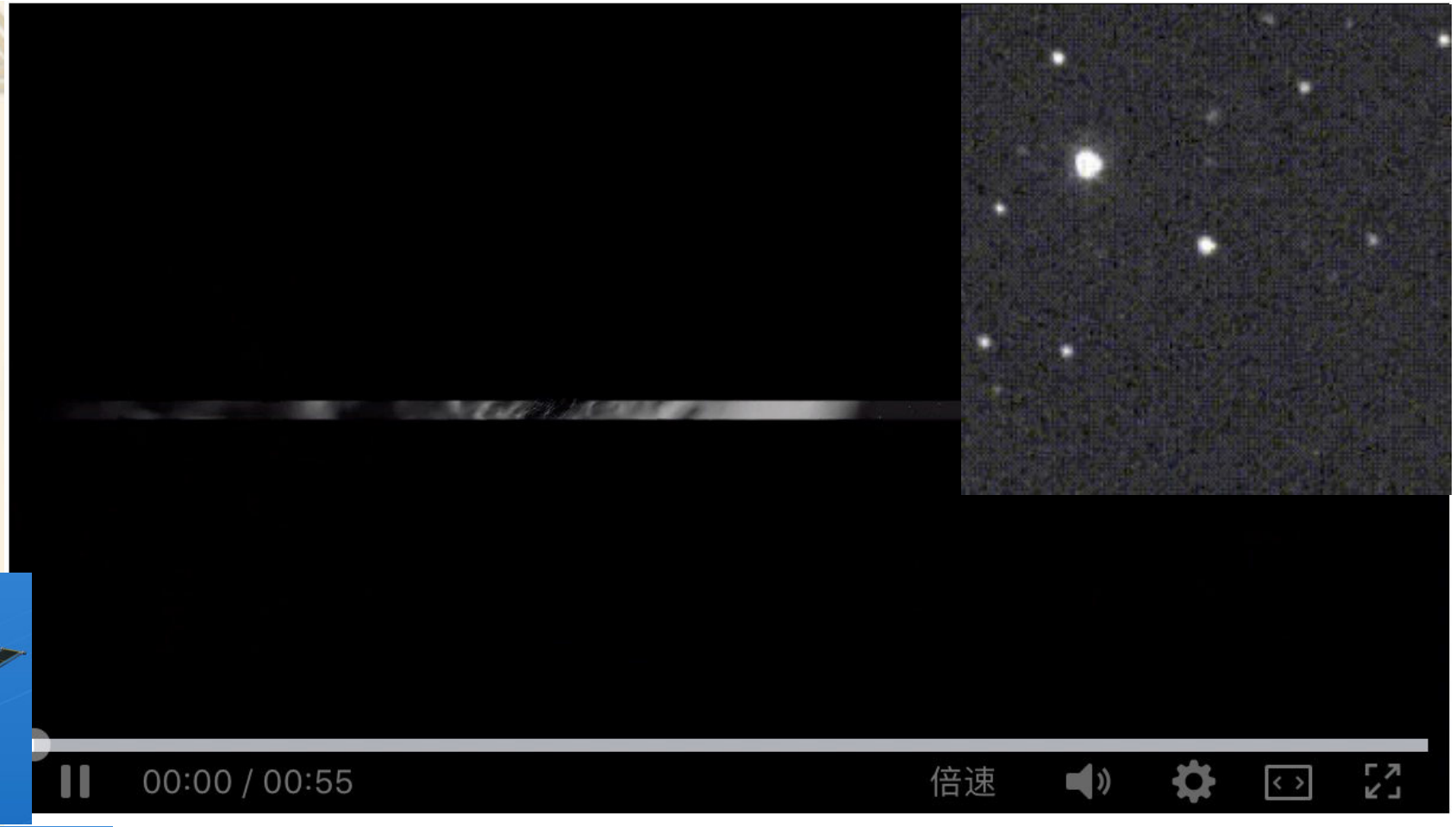

APPROX.
46,000 MILES
TO EARTH
ASTEROID
2019 OK
MOON
EARTH
Mars
Sun
Earth
(2019 OK)
(2019 OK)
Earth Distance: 1.106 au
Sun Distance: 1.822 au
2019-05-19 06:00 UTC

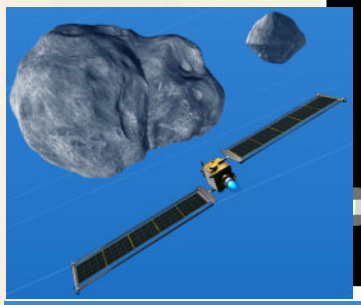


累计发现的近地小行星数量 | 图源：NASA

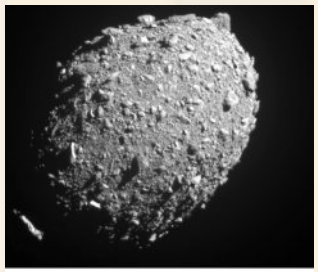
截至2020年11月15日，**人类发现的近地小行星总数为24285**，其中，直径大于140米的9404颗，直径大于1千米的890颗，潜在威胁小行星共计2136颗，另有近地彗星113颗。


Near-Earth Asteroid Discoveries by Survey
All NEAs (as of 2023-Nov-02)
Number Discovered
Discovery Date
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
1995
2000
2005
2010
2015
2020
LINEAR
NEAT
Spacewatch
LONEOS
Catalina
Pan-STARRS
NEOWISE
ATLAS
Other-US
Others





DART Double Asteroid Redirection Test (DART) 2022.09.27



北京时间9月27日6时（美国东部时间7月26日18时），NASA TV将开始直播报道双小行星重定向测试(DART)任务。该任务旨在测试和验证在小行星撞击威胁的情况下保护地球的方法，通过动能撞击来改变小行星的轨道。 DART预计撞击时间为北京时间9月27日7时14分（美国东部时间9月26日19时14分），大约以2.4万千米每小时的速度，撞击是一颗名为孪小星（Dimorphos ）的小行星。 孪小星和孪大星（Didymos ）是一个双星系统，其中孪小星163米，环绕着780米的孪大星。它们的轨道对地球没有威胁，通过DART的撞击测试，科学家们想通过地基望远镜观测撞击后孪小星的轨道变化。（视频来自NASA）

日研究称小行星样本含多种氨基酸，系首次在地球外确认氨基酸存在

2022-06-07 11:22 · 环球网

当地时间6月6日，有日本政府相关人士表示，日本宇宙航空研究开发机构（JAXA）在“隼鸟2号”小行星探测器带回的岩石样本中，发现了超过20种氨基酸。这是首次在地球以外确认氨基酸的存在。

据共同社6月6日报道，探测器“隼鸟2号”的回收舱于2020年返回地球，该探测器从小行星“龙宫”的表面和地下采集物质，把约5.4克样本送回了地球。研究人员在样本中发现了超过20种氨基酸。此次对“龙宫”的探测，以查明太阳系起源和生命之谜为目标。

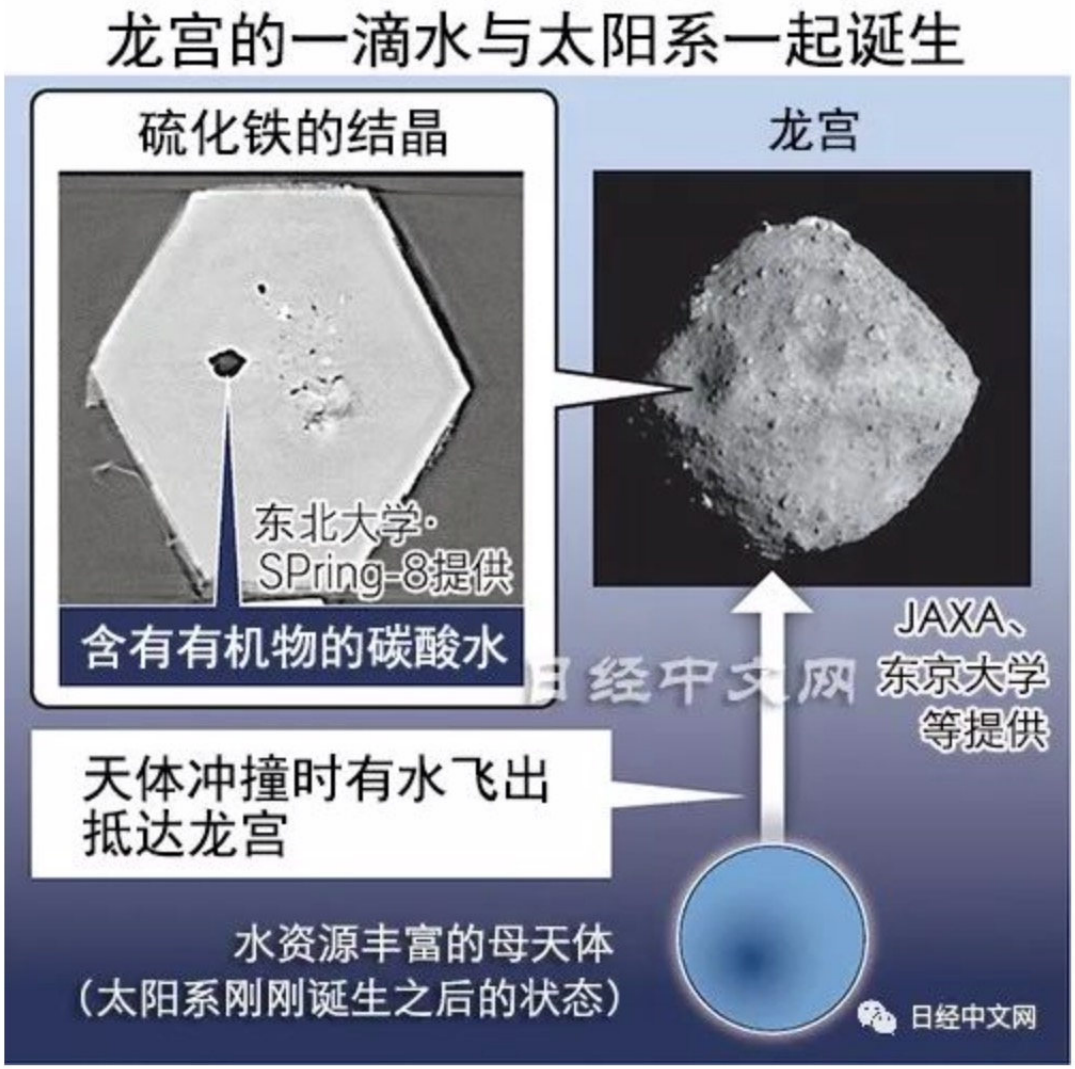
日本横滨国立大学天体生物学名誉教授小林宪正（Kensei Kobayashi）表示，这次发现是“史无前例”的，甚至可以暗示地球之外存在生命，“证明氨基酸存在于小行星的地下，会增大氨基酸是从太空抵达地球的可能。”小林称，这些氨基酸可能与地球的生命诞生有关，表明氨基酸在宇宙中并不特殊，可能会在其他行星和天然卫星上被发现。

新华社报道称，“隼鸟2号”于2014年发射，2018年6月抵达“龙宫”附近并采集了小行星岩石样本，“隼鸟2号”回收舱于2020年12月返回地球。有关研究成果还在汇总阶段，今后详细的分析数据将通过论文发表。氨基酸是构成蛋白质的物质，某些氨基酸与生命的形成关系密切。有一种学说认为，在地球形成初期也存在氨基酸，但由于地球温度变高而消失，之后陨石再次将氨基酸带到了地球上。

日本在小行星“龙宫”样本中首次发现液态水

原创 日经中文网 日经中文网 2022-09-24 08:00 发表于日本

日本东北大学和日本宇宙航空研究开发机构（JAXA）等的研究团队分析探测器“隼鸟2号”采集的小行星“龙宫”样本，发现了液态水。虽然还不到一滴，但这是首次在宇宙天体中采集到的水。该成果将成为查明地球水的起源和太阳系形成的关键。

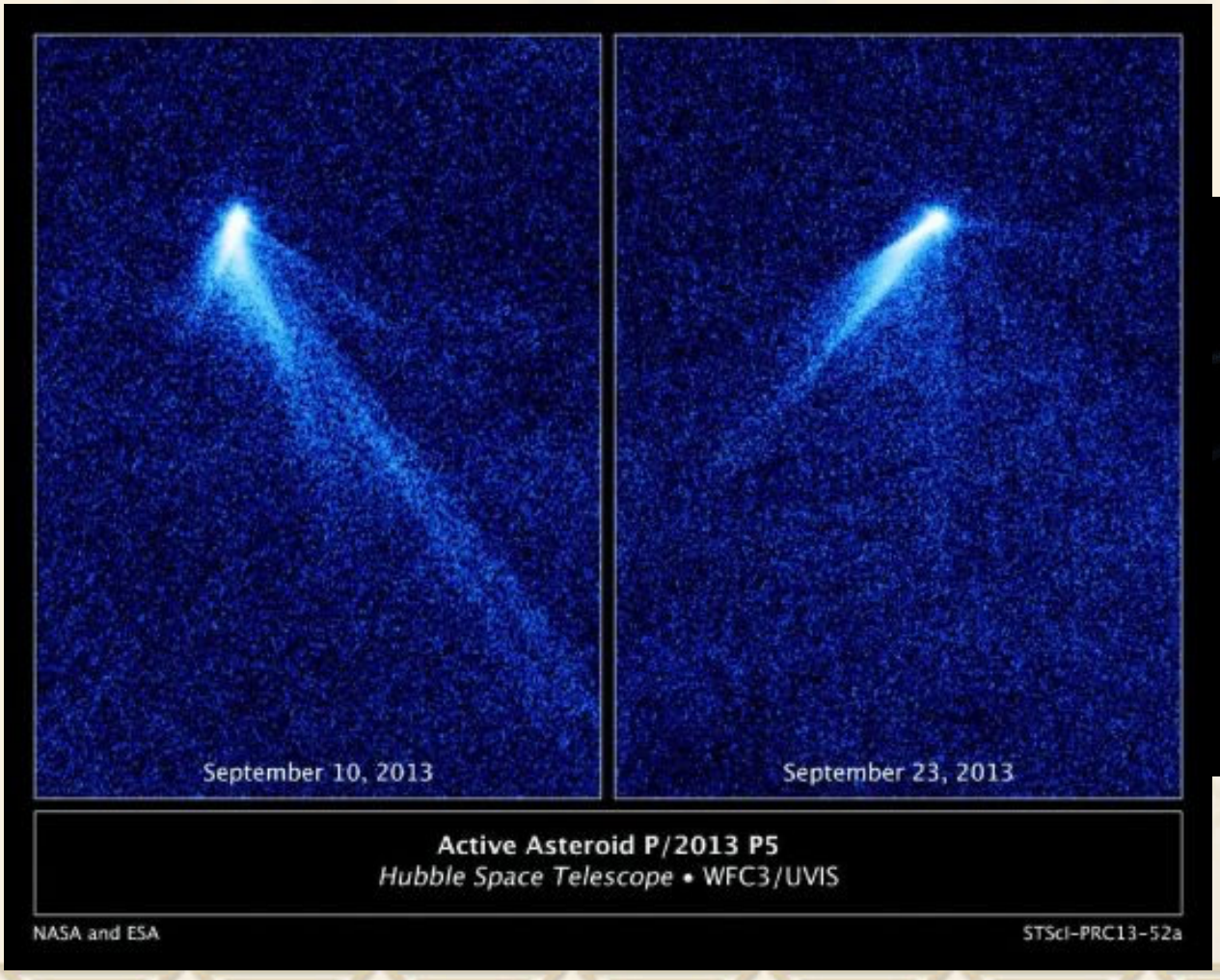


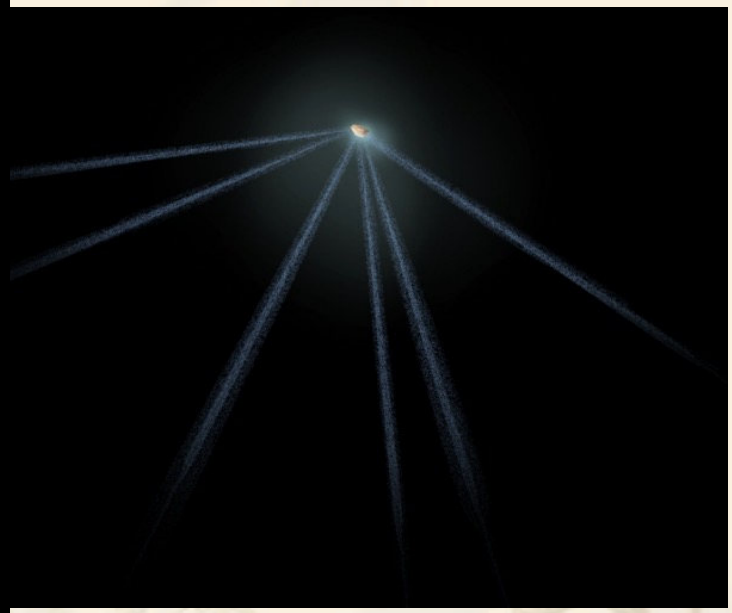
研究成果刊登在9月22日的美国《科学》杂志上，报告了过去从陨石中检出源自宇宙的水的案例。不过，无法否认在地面上混入的可能性。根据截至目前的分析，发现龙宫的样品中含有水，但发现的是与矿物发生化学反应的状态。

研究团队分析了样品的成分和结构等。水呈现包含盐、有机物和二氧化碳的炭酸水的状态，从矿物结晶中几微米大小的孔洞中发现。据称水产生于约46亿年前太阳系诞生之后，存在于龙宫之际的不是冰，而是呈现液态。

日本东北大学的教授中村智树表示，“包含大量水的小行星与地球相撞之后，给地球带来水。其中也包含有机物。这是直接关系到海洋和有机物起源的证据”。

拥有6条尾巴的小行星


September 10, 2013
September 23, 2013
Active Asteroid P/2013 P5
Hubble Space Telescope • WFC3/UVIS
NASA and ESA
STScI-PRC13-52a



木星

Mass	1.9×10^{27} kg	317.8 times that of Earth
Radius (equatorial)	71 492 km	11.21 times that of Earth
Radius (polar)	66 854 km	10.52 times that of Earth
Rotation period	9.925 h	
Axial tilt	3.13°	
Semi-major axis of orbit	778 547 199 km	5.2 AU
Orbital period	4334.5 days	
Average orbital speed	13.07 km s^{-1}	
Eccentricity	0.049	
Orbital inclination	1.3046°	

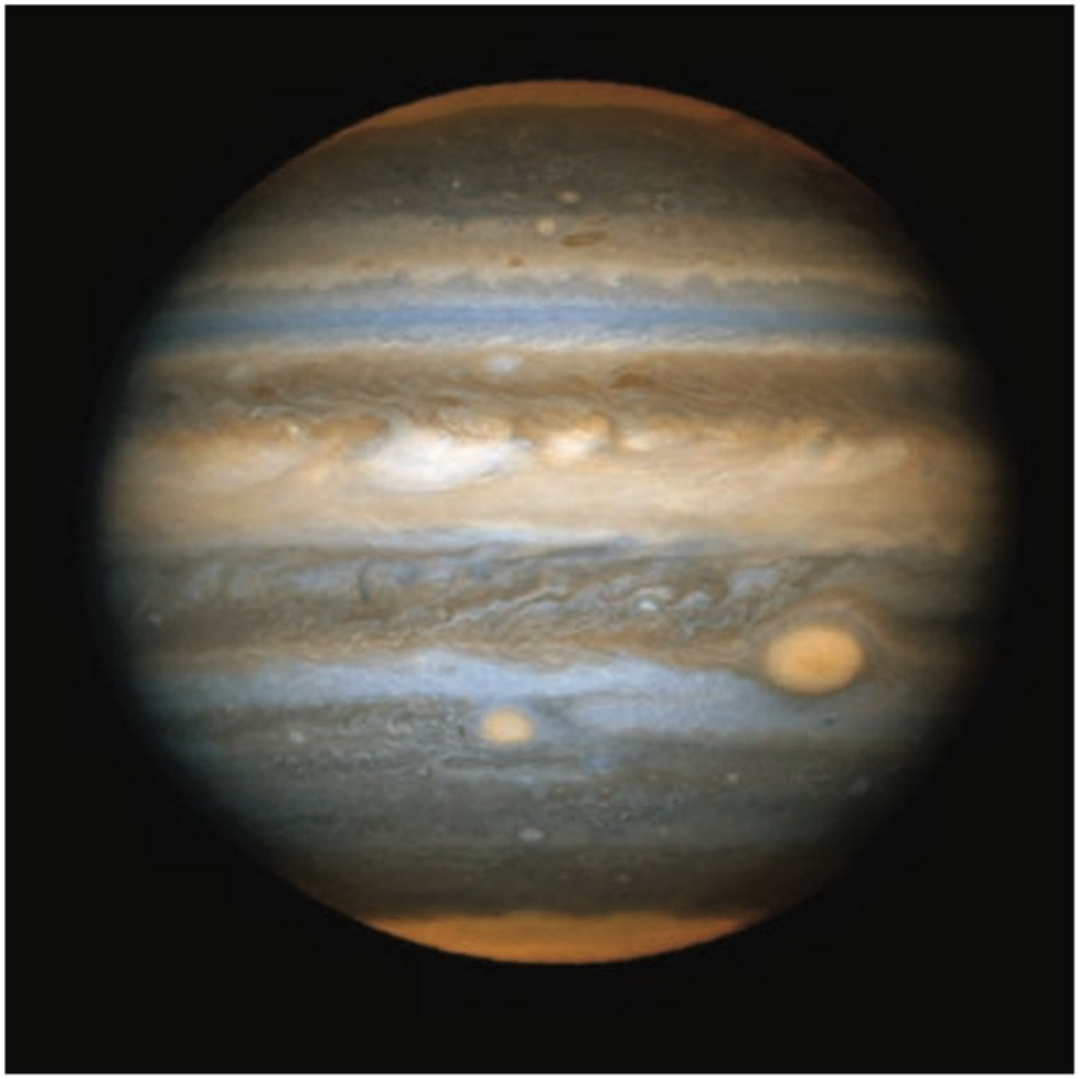
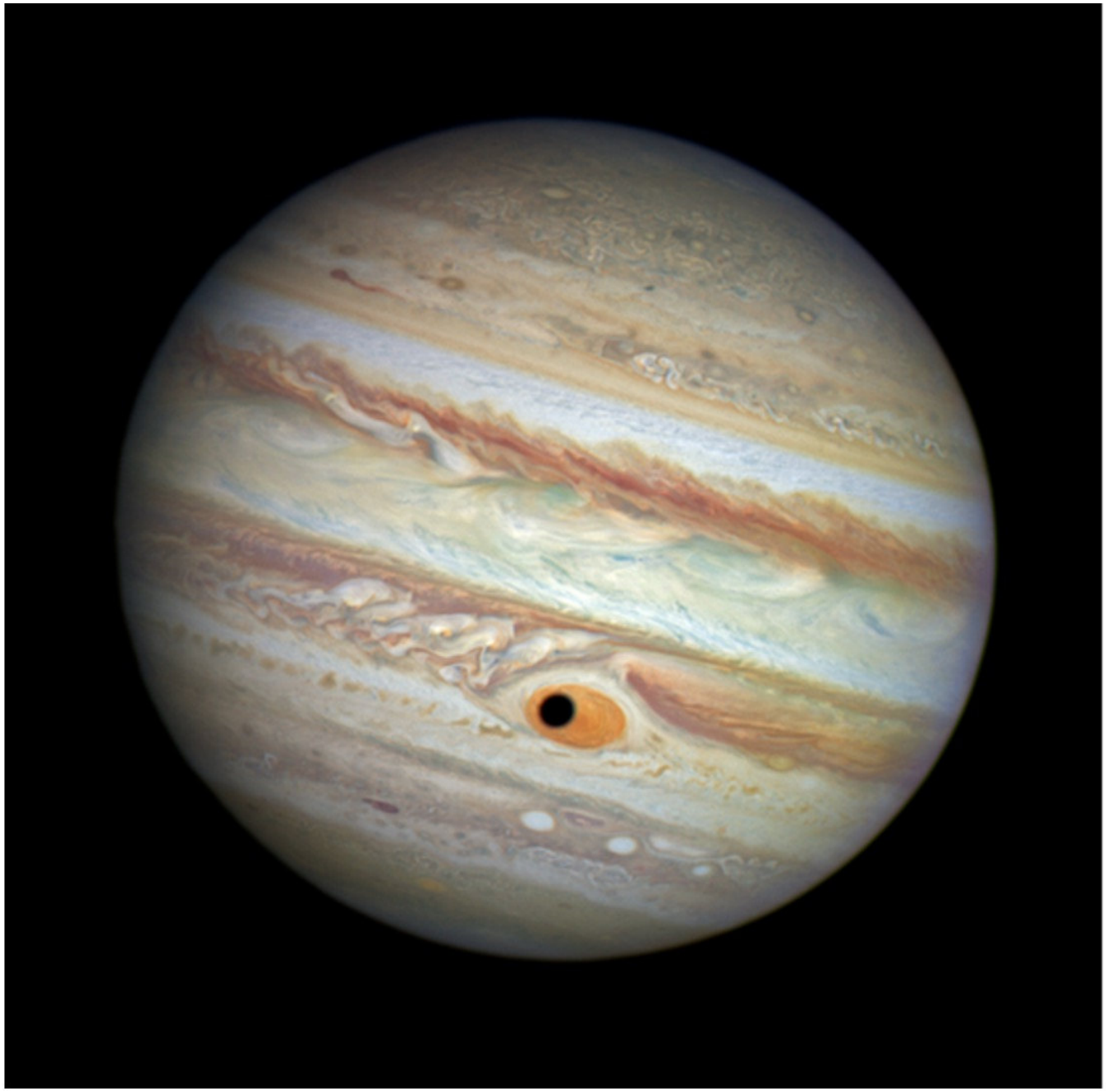


Figure 3.16 Jupiter as imaged by the Hubble Space Telescope showing the Equatorial Bands and the Great Red Spot below and to the left of which is a new feature nicknamed 'Red Spot Junior'. Image: NASA, ESA, A. Simon-Miller (Goddard Space Flight Centre), I. de Pater, M. Wong (UC Berkeley).



图：2014年，第三代宽场照相机监测木星大红斑的变化时，木卫三经过了大红斑上空，影子与木星大红斑重叠，仿佛浅红眼睛里的黑色眼珠。（来源：NASA, ESA, and A. Simon）

National Aeronautics and Space Administration

JUPITER

explore at **solarsystem.nasa.gov/jupiter**

www.nasa.gov

NASA/JPL/Space Science Institute

National Aeronautics and Space Administration

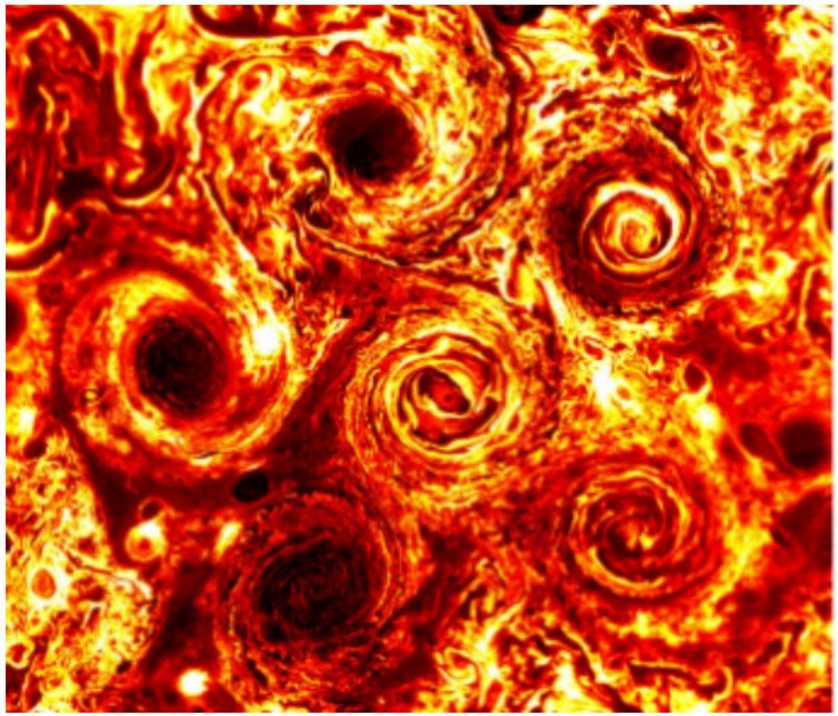
JUPITER

explore at **solarsystem.nasa.gov/jupiter**

www.nasa.gov

NASA/JPL-Caltech/SwRI/MSSS/Gabriel Fiset

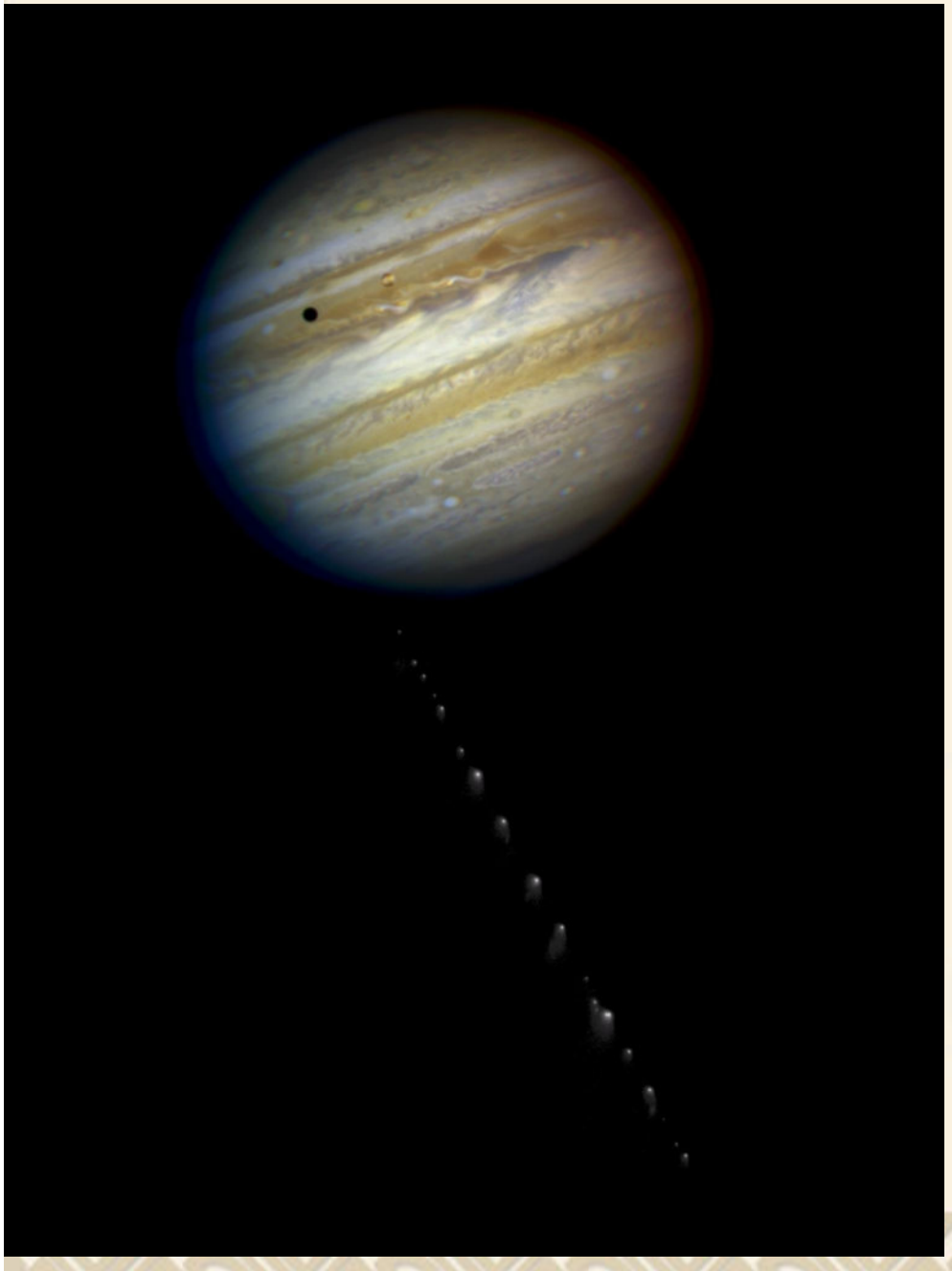
(NASA@2020.04)



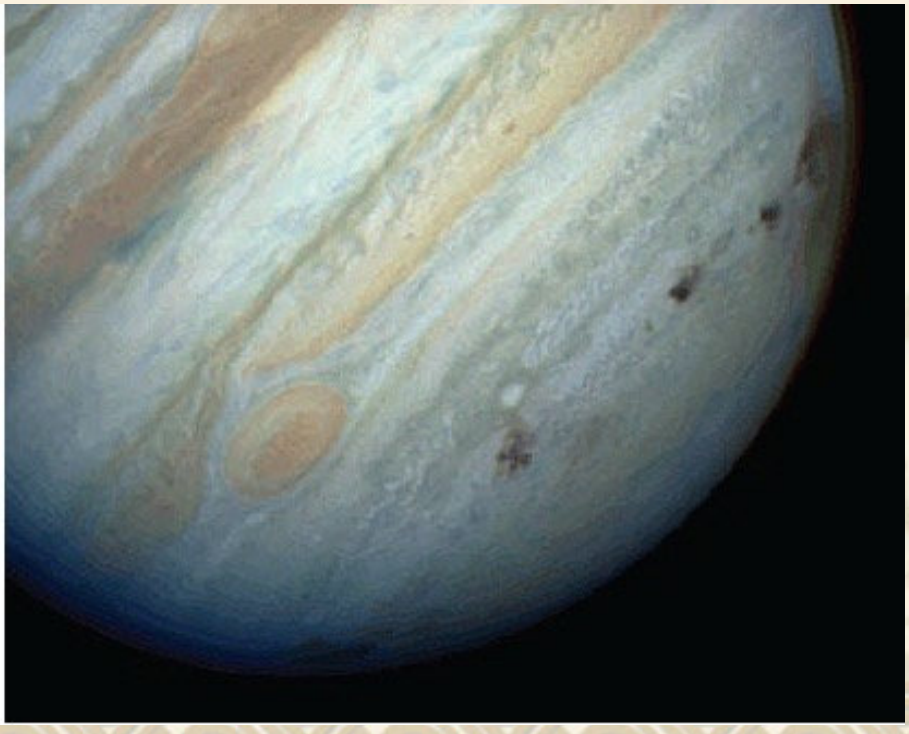
▲ 朱诺-极区涡旋,2019　梵高-星夜,1889

- 基本特性
  - 巨气体行星：太阳千分之一质量；2.5倍其它行星质量
  - 成份：~71%氢气；~24%氦气；其余重元素
  - 结构：致密核+液体金属氢+外层氢气（1000km厚）
  - 云：永久覆盖，~50km厚，氨晶体-显灰白色
  - 橘红色，棕色：磷、硫化合物在太阳紫外照射下
  - 大红斑：大于两倍地球，为恒定反气旋风暴（木星自转较快导致强风暴～100m/s）；位置变化，自转周期6天；基本稳定；最早于1831年观测到
  - 小红斑：三个小斑并合而成，颜色由白逐渐变红

- 木星环：很暗（三个组分）
  - 内晕
  - 亮的主环：尘埃，来自两颗卫星被陨星撞击的抛射物（潮汐力瓦解彗星等小天体？）
  - 外部的“薄纱”环：尘埃，来自另外两颗卫星被陨星撞击的抛射物（潮汐力瓦解彗星等小天体？）
- 彗木相撞
  - 1994年7月发生：Shoemaker-Levy 9的碎裂物
  - 被木星俘获（60s-70s），临时卫星，周期～2年
  - 1992年7月7日，达到Roche极限，潮汐力瓦解
  - 发现：1993年3月24日
  - HST观测：裂片尺寸几百米→2km（彗星～5km）
  - 一周内23裂片（A to W）连续相撞

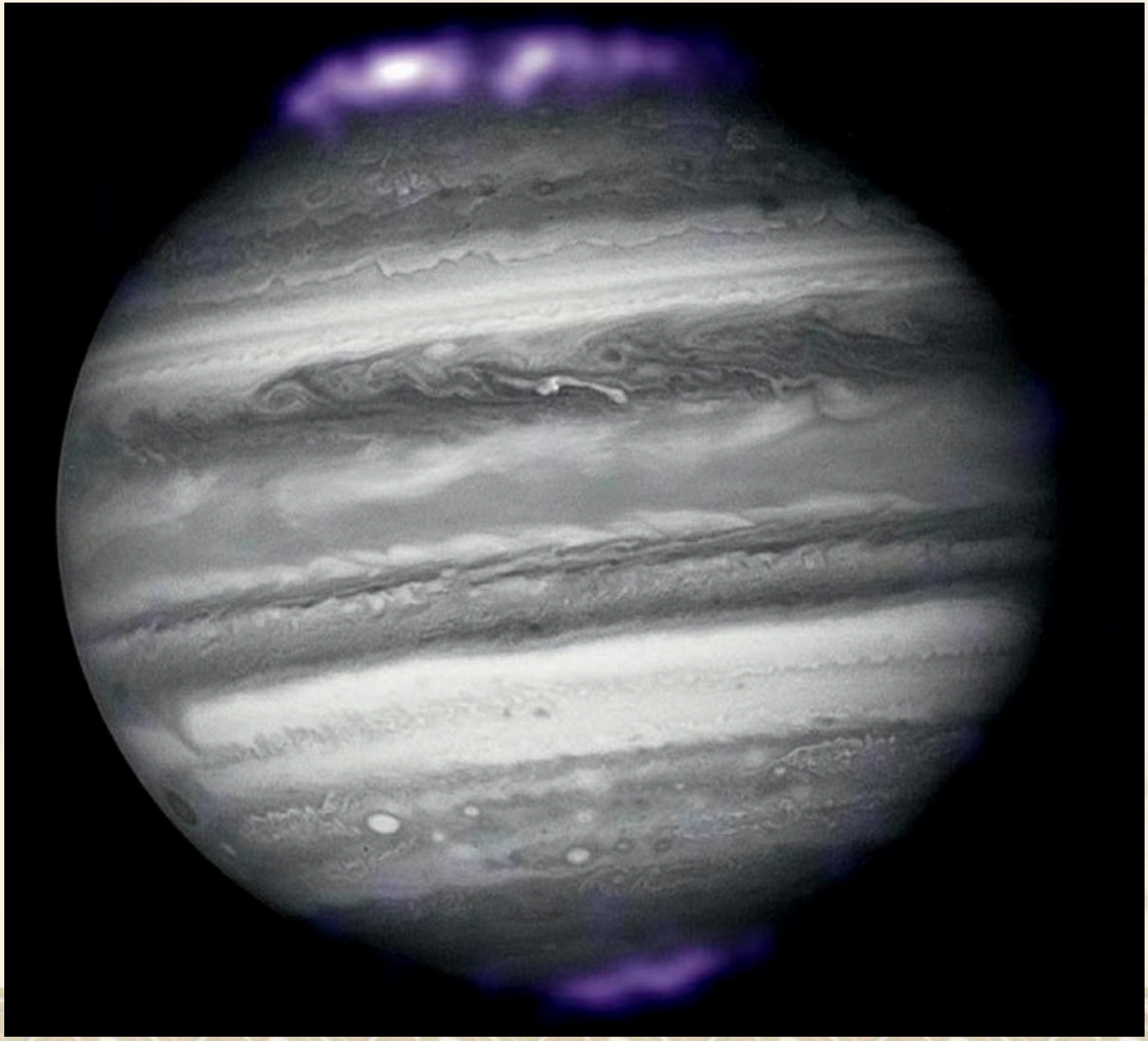


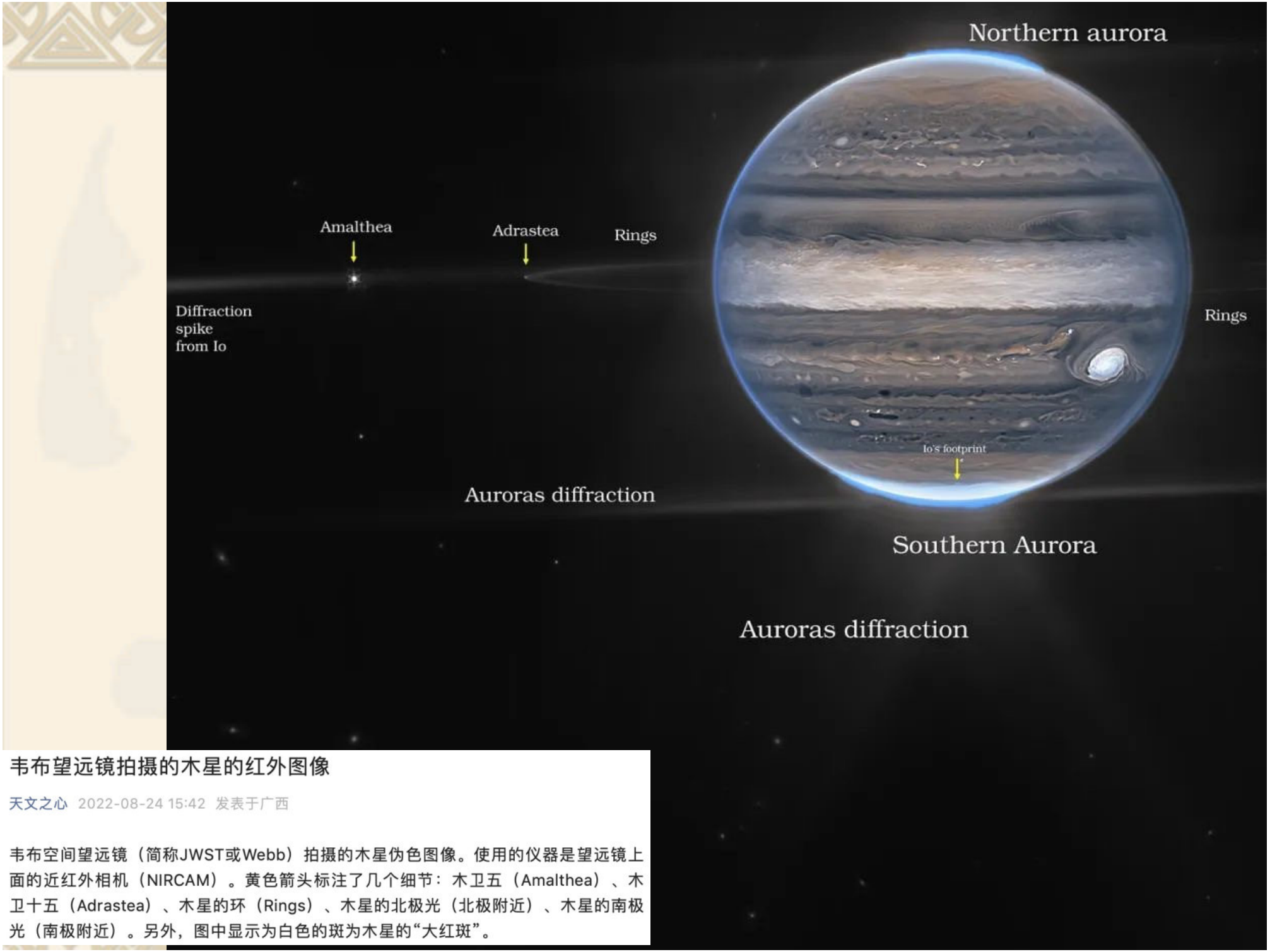
苏梅克－利维彗星
撞击木星（1994）



- 撞击发生在木星边缘：地球不可直接看到撞击过程，蘑菇云
- Galileo飞船：1994年7月16日，观测撞击产生的火球, T~24000 K
- 地面观测
  - ~3000km高的烟
  - 回落物质形成的暗斑：和地球差不多大，F&G碎片
  - 最后撞击：7月22日，W碎片

NASA/Chandra：木星的极光



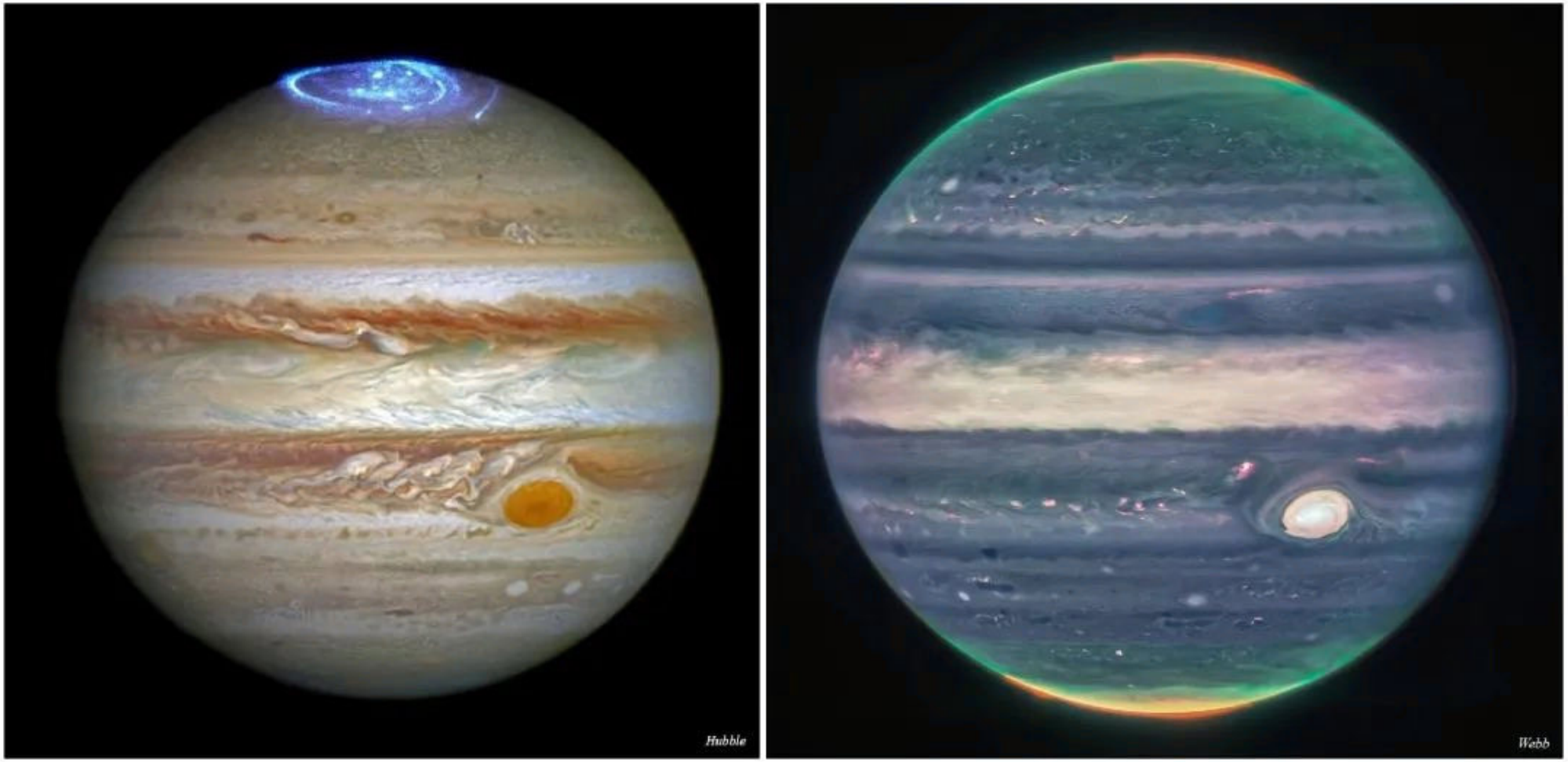


韦布望远镜拍摄的木星的红外图像

天文之心 2022-08-24 15:42 发表于广西

韦布空间望远镜（简称JWST或Webb）拍摄的木星伪色图像。使用的仪器是望远镜上面的近红外相机（NIRCAM）。黄色箭头标注了几个细节：木卫五（Amalthea）、木卫十五（Adrastea）、木星的环（Rings）、木星的北极光（北极附近）、木星的南极光（南极附近）。另外，图中显示为白色的斑为木星的“大红斑”。

以前哈勃空间望远镜（简称哈勃）也拍摄过木星的极光（紫外线伪色图像）。下图为两张图的对比。韦布的清晰度证明了它的卓越性能。



图源：NASA/ESA/CSA（韦布图像）NASA/ESA（哈勃图像）

- 木星的Galileo卫星
  - 四个大的卫星：Io, Europa, Ganymeade & Callisto： 和月亮差不多大
  - 历史意义：1610年Galileo发现，支持哥白尼太阳系模型
  - 测量光速：Christensen Roemar（1676）
    - 利用Io被木星掩食的周期（42.5小时）作为时间的标准
    - Io周期在地球相对木星的不同速度运动下不一样，多普勒效应（朝向木星运动的40个掩食周期的总长短了22分钟）：

      ➔ v/c~11/(42.5*40*60)~1/9300，v~30km/s ➔ c~279 000 km/s
  - Io
    - 太阳系第四大卫星
    - 直径：~3642km
    - >400火山：木星潮汐力加热，内部熔化
    - 结构：熔化的铁、硫化铁核+硅岩石壳层；表面大部为红橙色的硫化物，白色的SO2霜冻；表面100座山，有的比喜马拉雅山高

1676年，**奥勒·罗默**首次对光速进行了测定。

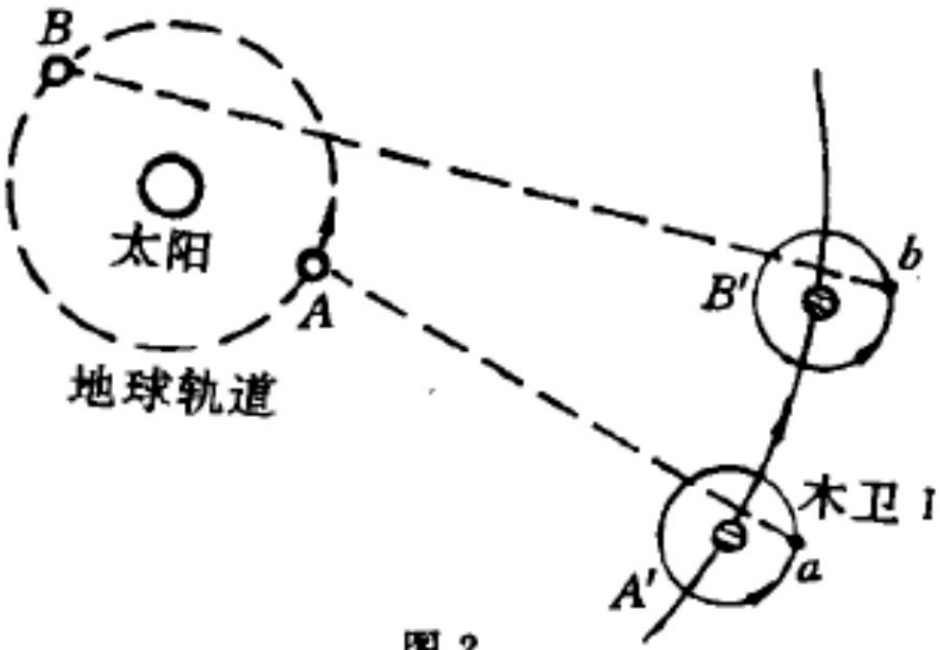


图 2

罗默观察木星的卫星木卫一，木卫一绕木星公转，绕到木星背后时被遮住就会出现卫星蚀。随着地球在公转轨道上移向木星，在地球上观测到木卫一蚀之间的时间间隔将逐渐变短；而当地球远离木星时，木卫一蚀的间隔则逐渐变长。

简单介绍一下这种方法。首先由中学物理知识我们可以知道，木卫一是绕木星作匀速圆周运动的，那么木卫一卫星蚀的周期应该是不变的。

罗默根据这些数据计算出，当地球距离木星最近时，木卫一蚀将比按照公转周期预测的时间提前约11分钟出现。而六个半月后，当地球距离木星最远时，木卫一蚀将比预期的时间晚11分钟出现。累加时间点相差高达22分钟！他意识到，**这22分钟就是光在地球公转轨道上传播的时间。**

直到19世纪，**阿曼德·斐索**发明了旋转齿轮法，并得出了315000 km/s的光速数值。**莱昂·傅科**进一步完善了斐索的方法，在1862年所得出的数值为298000 km/s。这一数据已经非常接近准确值了。

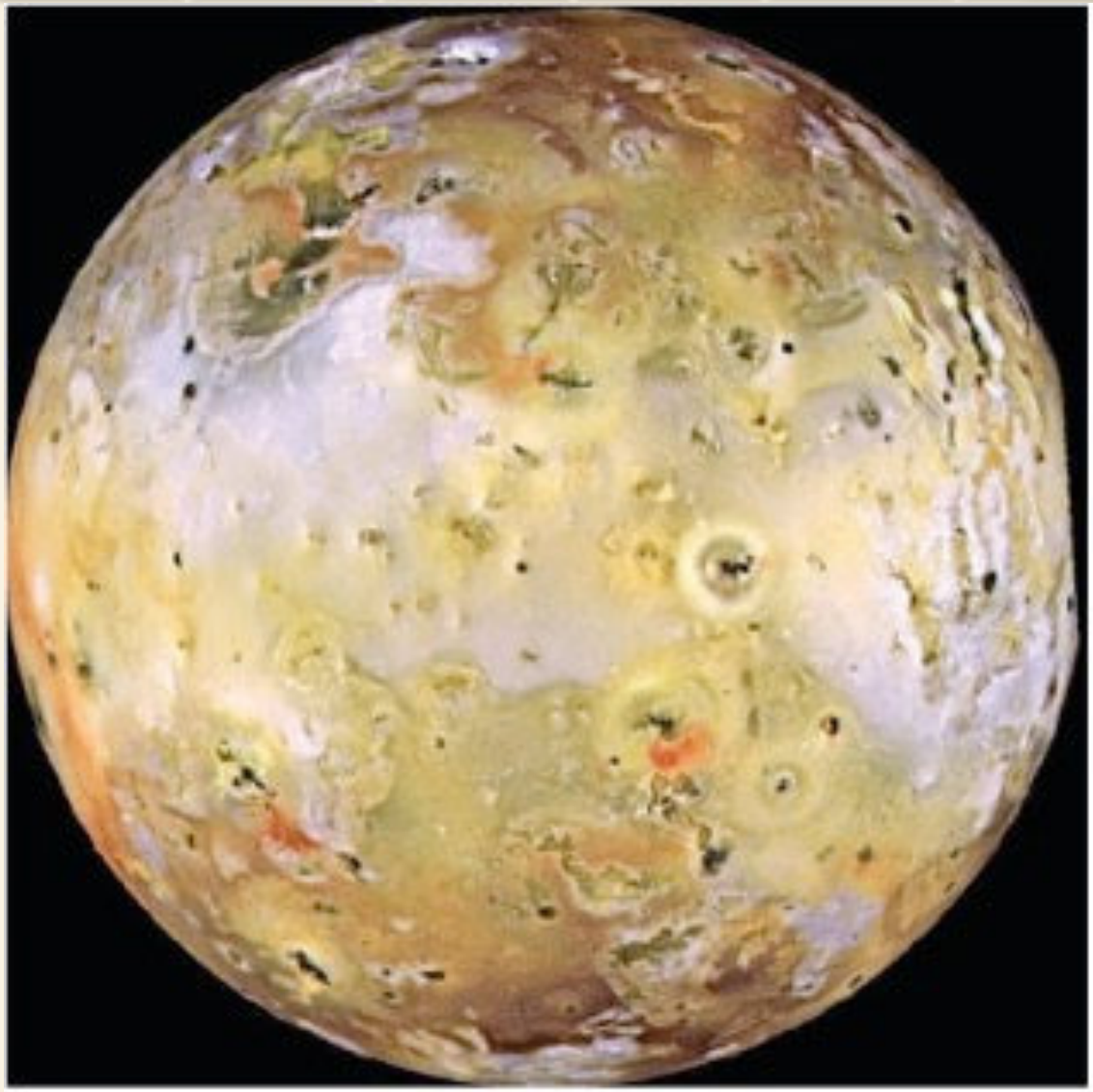
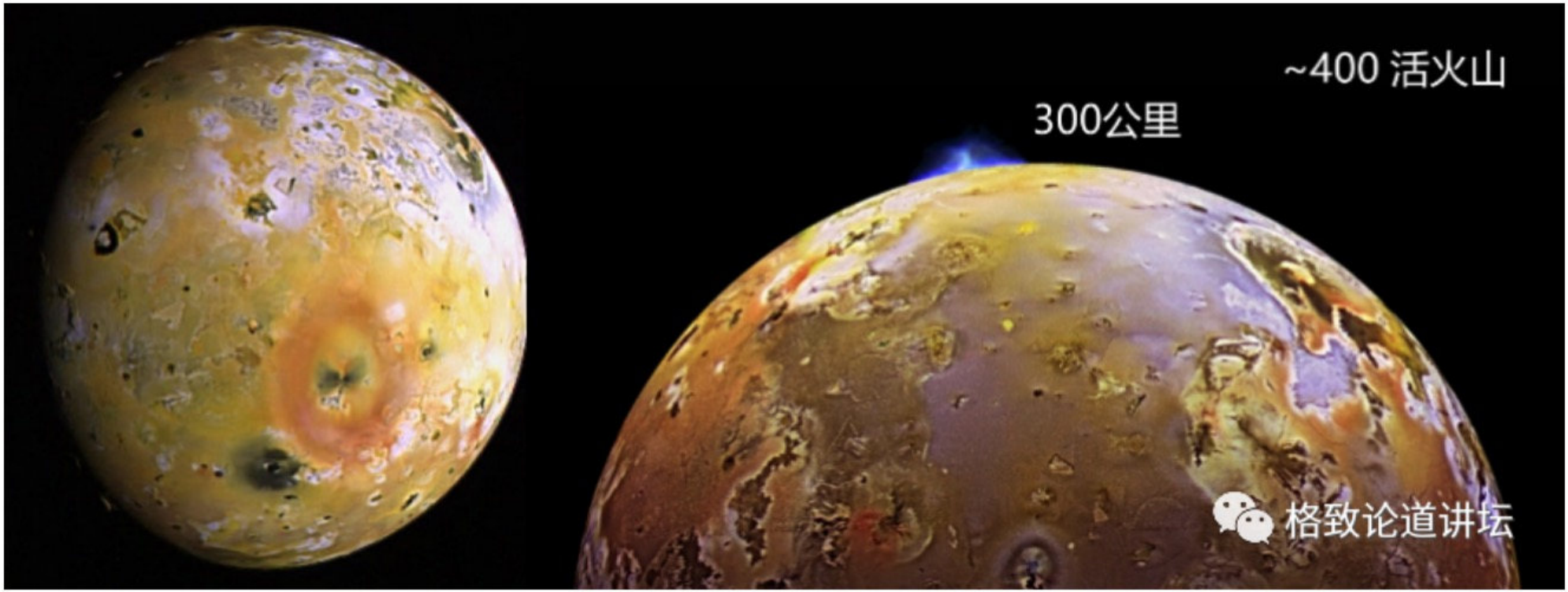


Figure 3.18 Jupiter's moon Io showing volcanoes and sulphur dioxide frost. Image: Galileo Project, JPL, NASA.



▲ 木卫一（Io）

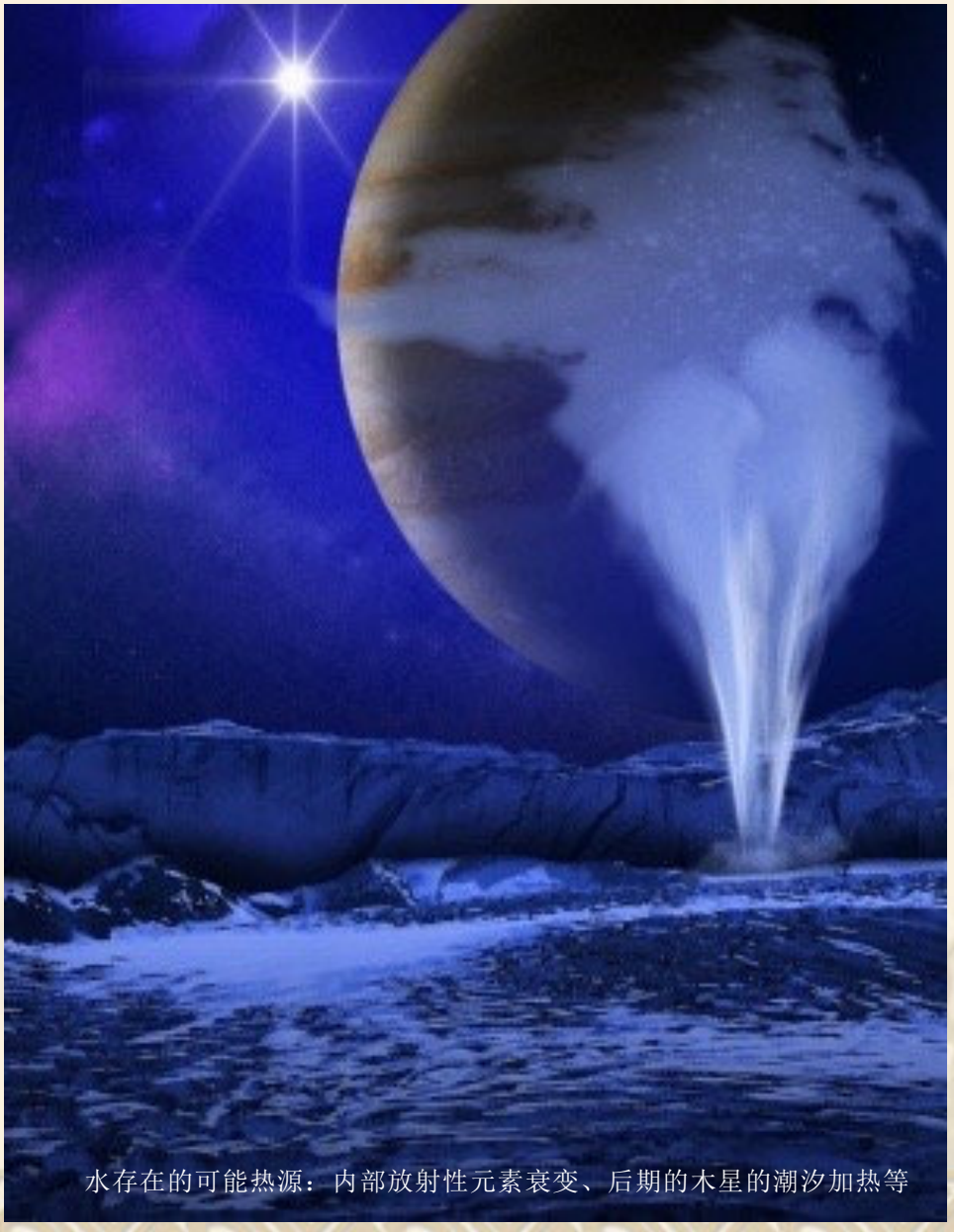
左：Galileo image，1997

右：New Horizons，2007

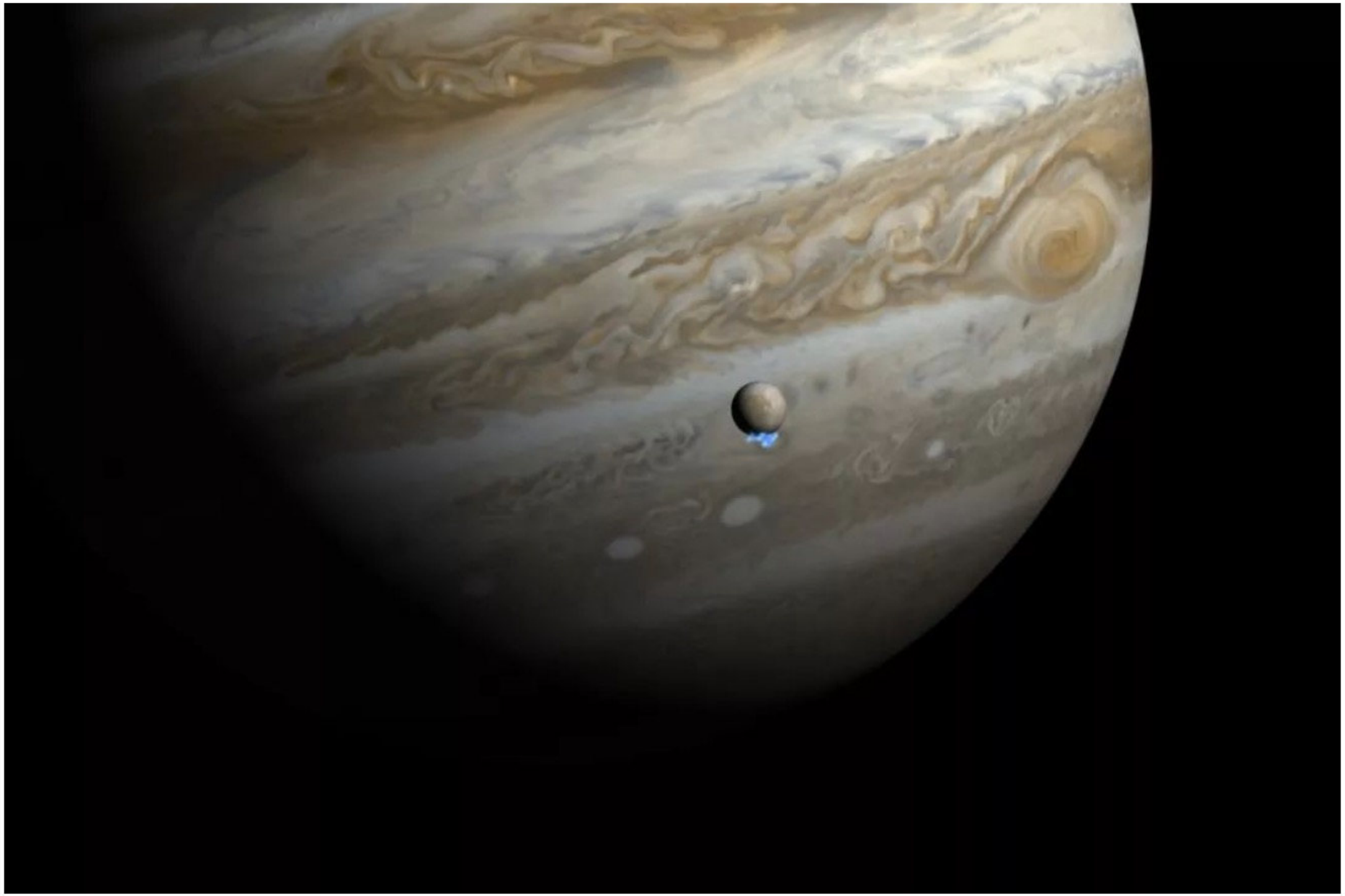
- Europa
  - 太阳系第六大卫星
  - 直径：~ 3000km
  - 结构：铁核+硅岩石内层+冰壳层

    冰面非常光滑，裂开又由新冰溶合，在液体海洋上，可能宜居

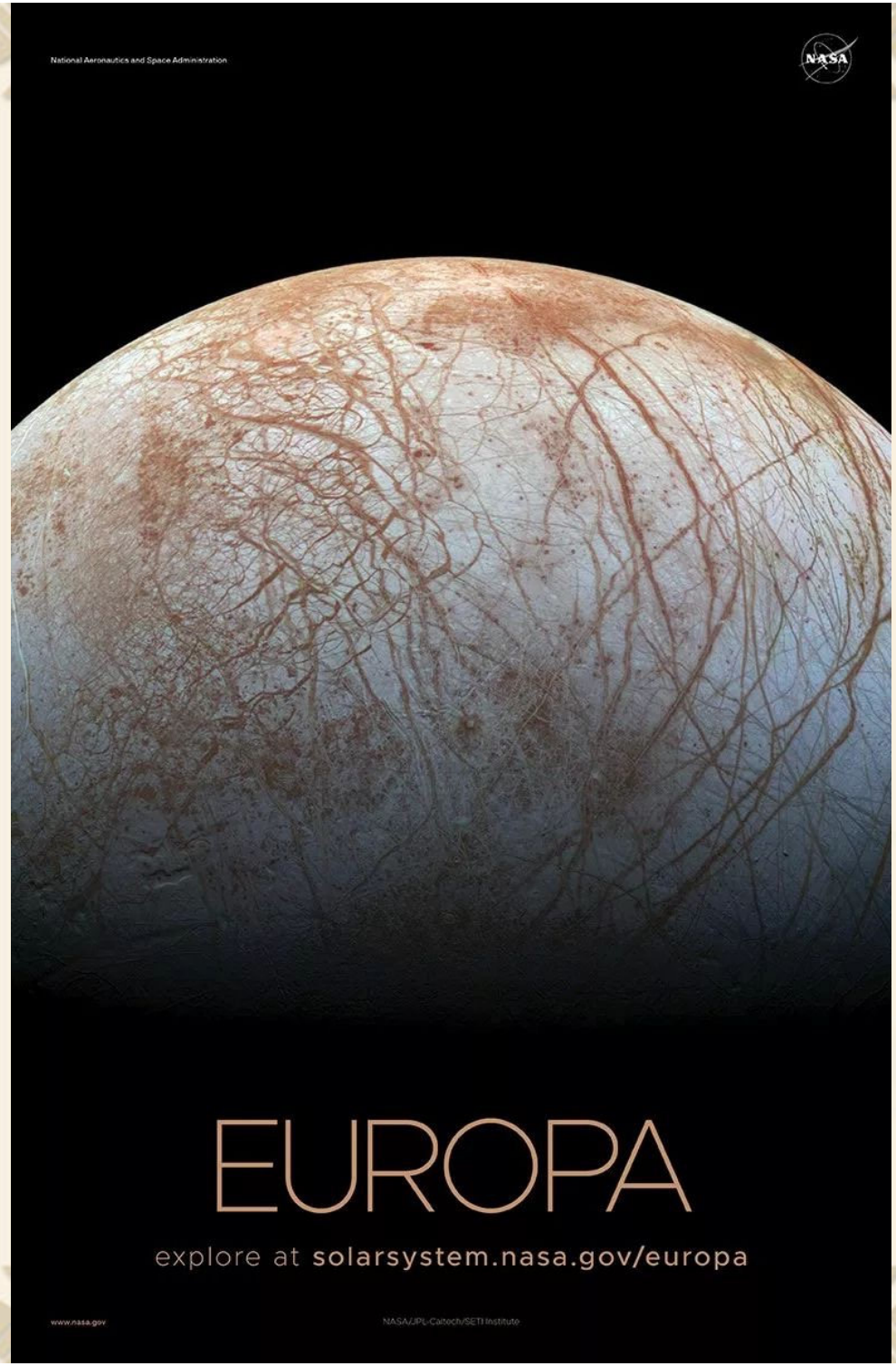
Hubble spots water spurting from Europa

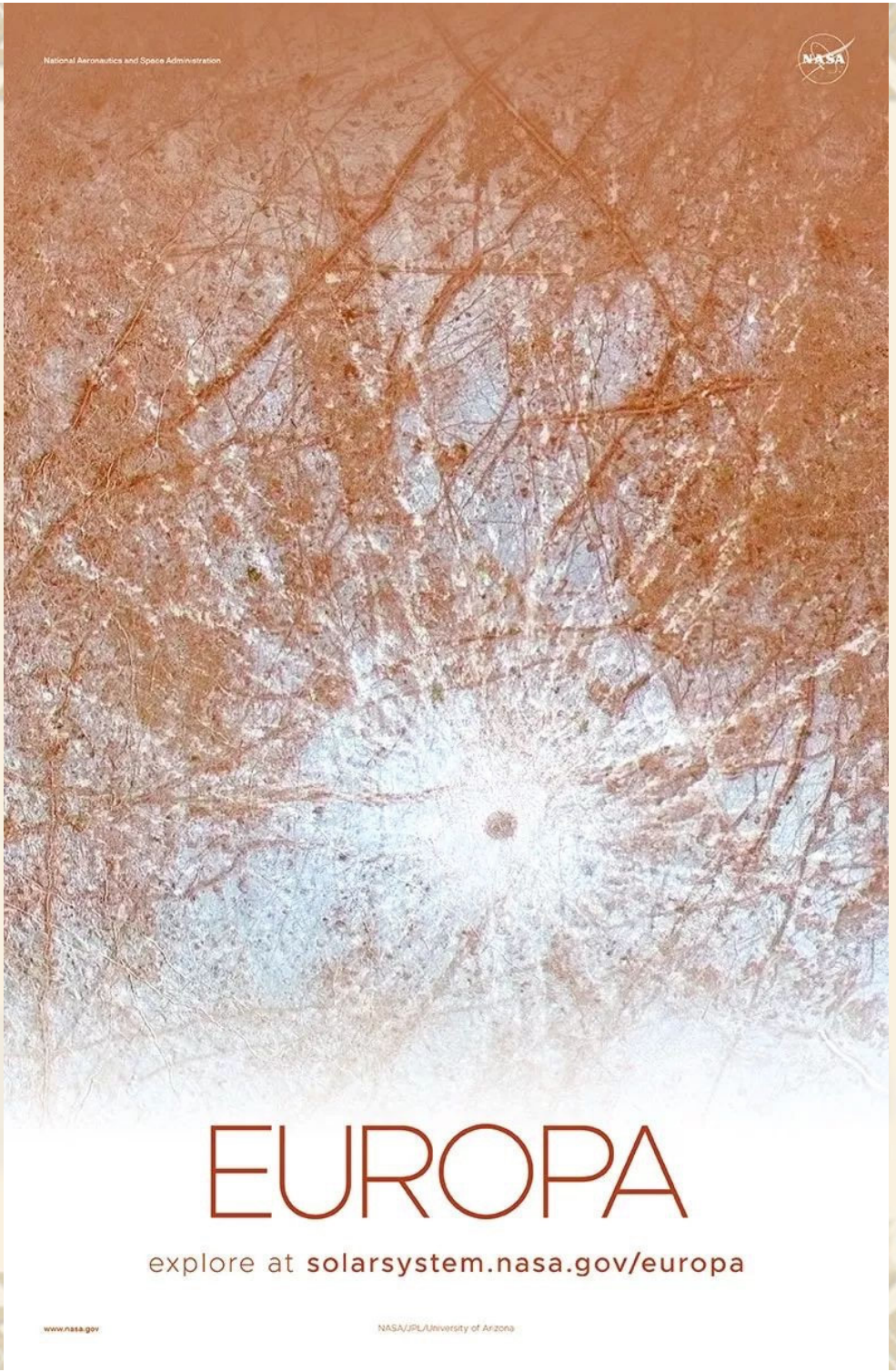


水存在的可能热源：内部放射性元素衰变、后期的木星的潮汐加热等



▲ 木卫二喷出羽状水蒸气，背景是巨大的木星（假想图）。图/NASA


National Aeronautics and Space Administration
EUROPA
explore at solarsystem.nasa.gov/europa
www.nasa.gov
NASA/JPL-Caltech/SETI Institute


National Aeronautics and Space Administration
EUROPA
explore at solarsystem.nasa.gov/europa
www.nasa.gov
NASA/JPL/University of Arizona

NASA成功发射“欧罗巴快船”探测器，预计2030年探索木星轨道

NASA • 2024年10月15日 14:03:00

此次发射的“欧罗巴快船”探测器是NASA的“旗舰”级任务，造价高达50亿美元（约合354.25亿元人民币）。该探测器的目标是飞往木星的海洋卫星——欧罗巴（木卫二），以探寻这颗卫星上是否存在适宜生命存在的迹象。欧罗巴被科学家视为太阳系中可能蕴藏有微生物外星生命的地点之一，其冰层下面据信存在一个巨大的“地下海洋”。

根据计划，“欧罗巴快船”探测器将在发射后经历一系列的引力助推过程。它将于2025年2月飞越火星，然后在2026年12月返回地球，利用这些行星的引力来增加其动量。在这些助推的帮助下，探测器将获得到达木星所需的速度，并预计于2030年4月正式进入木星轨道。

然而，值得注意的是，“欧罗巴快船”的轨道并非直接环绕欧罗巴，而是环绕木星。在木星轨道上，该航天器将经过欧罗巴49次，进行详细的观测和探测。这一任务将继续“伽利略号”探测器在1995年至2003年期间对欧罗巴的八年研究，此前“伽利略号”已经探测到欧罗巴冰层下面存在“地下海洋”的线索。

“欧罗巴快船”探测器的成功发射和未来的探测任务，将为人类进一步了解太阳系中其他星球的潜在生命迹象提供宝贵的数据和线索。这一任务的成功实施，也将进一步推动人类对宇宙的探索和研究。

一枚搭载NASA“欧罗巴快船（Europa Clipper）”探测器的SpaceX猎鹰重型火箭于当地时间10月14日从佛罗里达州的美国宇航局肯尼迪航天中心39A发射场顺利升空，标志着NASA一项重要太空探索任务的正式开启。

土星

Mass	5.68×10^{26} kg	95.15 times that of Earth
Radius (equatorial)	60 268 km	9.45 times that of Earth
Radius (polar)	54 364 km	8.55 times that of Earth
Rotation period	10 h 32 min to 10 h 47 min	
Axial tilt	26.73°	
Semi-major axis of orbit	1 433 449 370 km	9.58 AU
Orbital period	10 832.327 days	29.66 years
Average orbital speed	9.69 km s^{-1}	
Eccentricity	0.056	
Orbital inclination	2.485°	

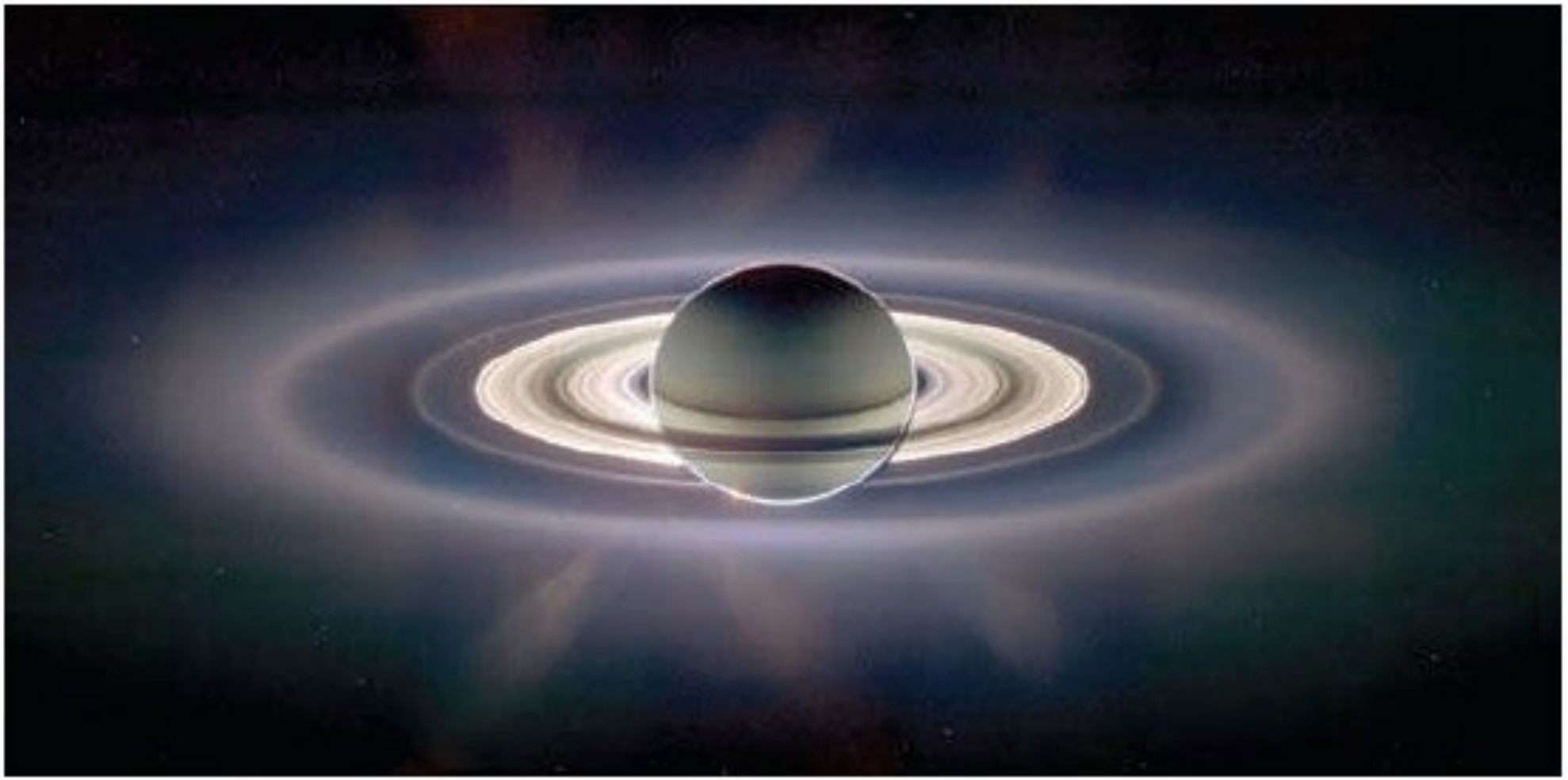
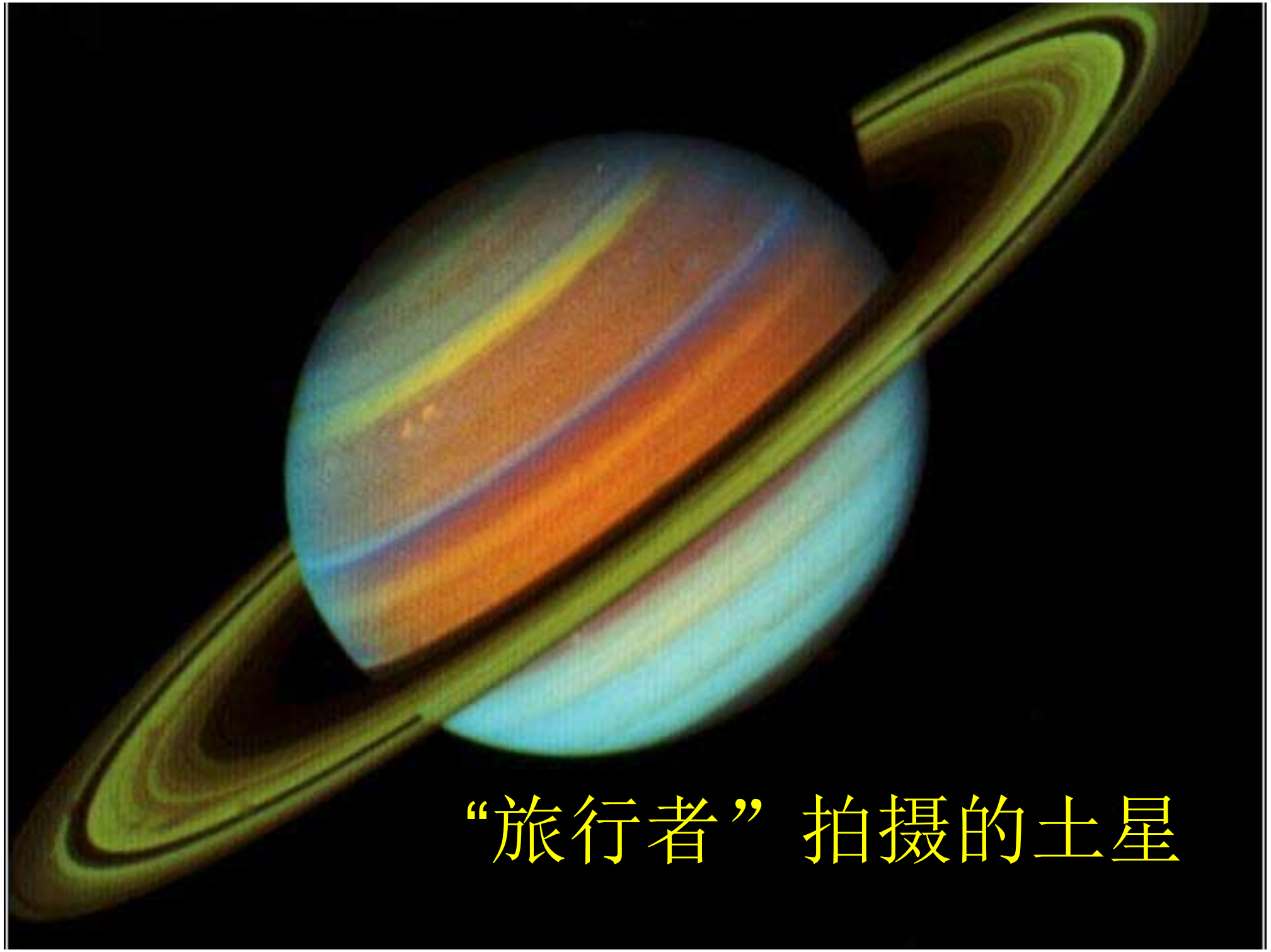
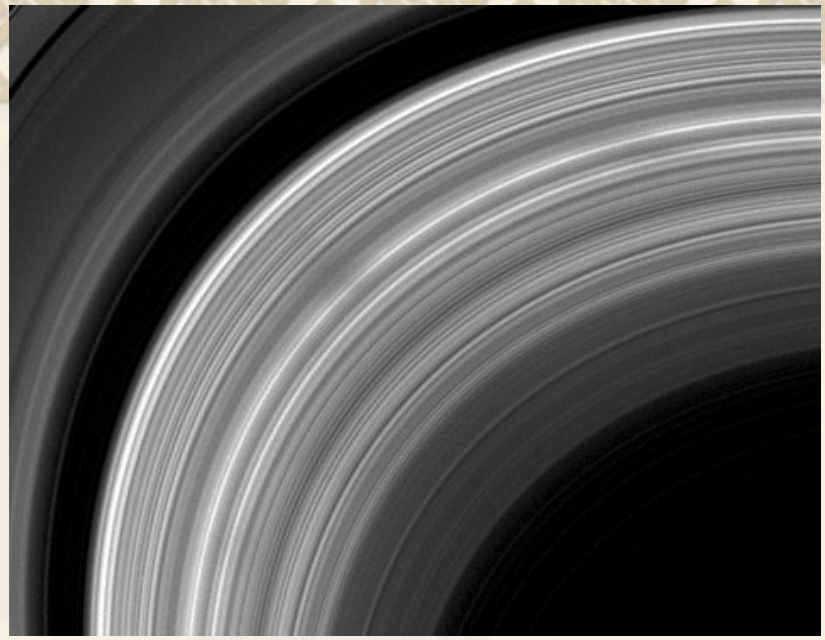


Figure 3.19 Saturn observed by the Cassini spacecraft as Saturn eclipsed the Sun. The far side of Saturn from the Sun is partially lit by light reflected from the rings. Image: CICLOPS, JPL, ESA, NASA.

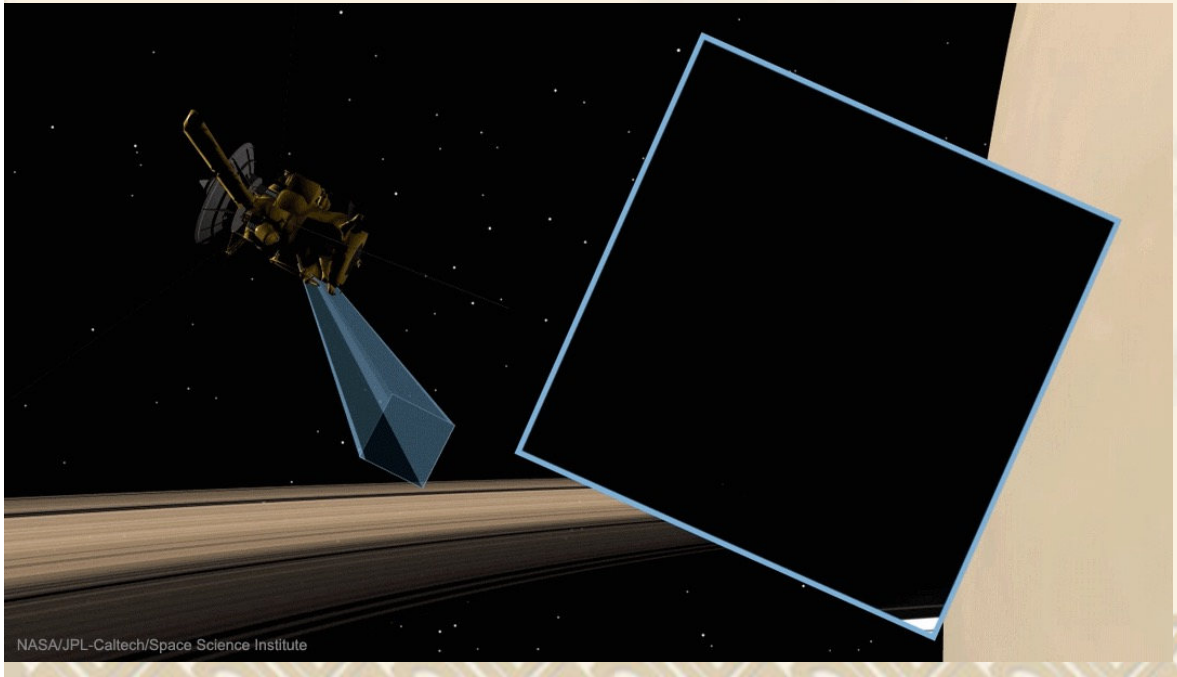

“旅行者”拍摄的土星

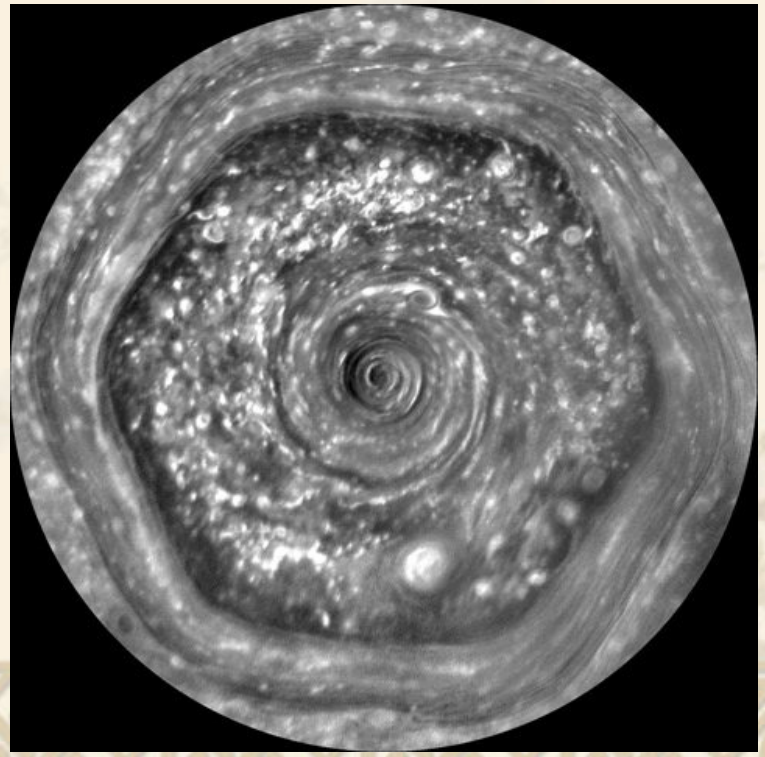
2017 September 26

Cassini's Last Ring Portrait at Saturn
Image Credit: NASA, JPL-Caltech, Space Science Institute, Mindaugas Macijauskas



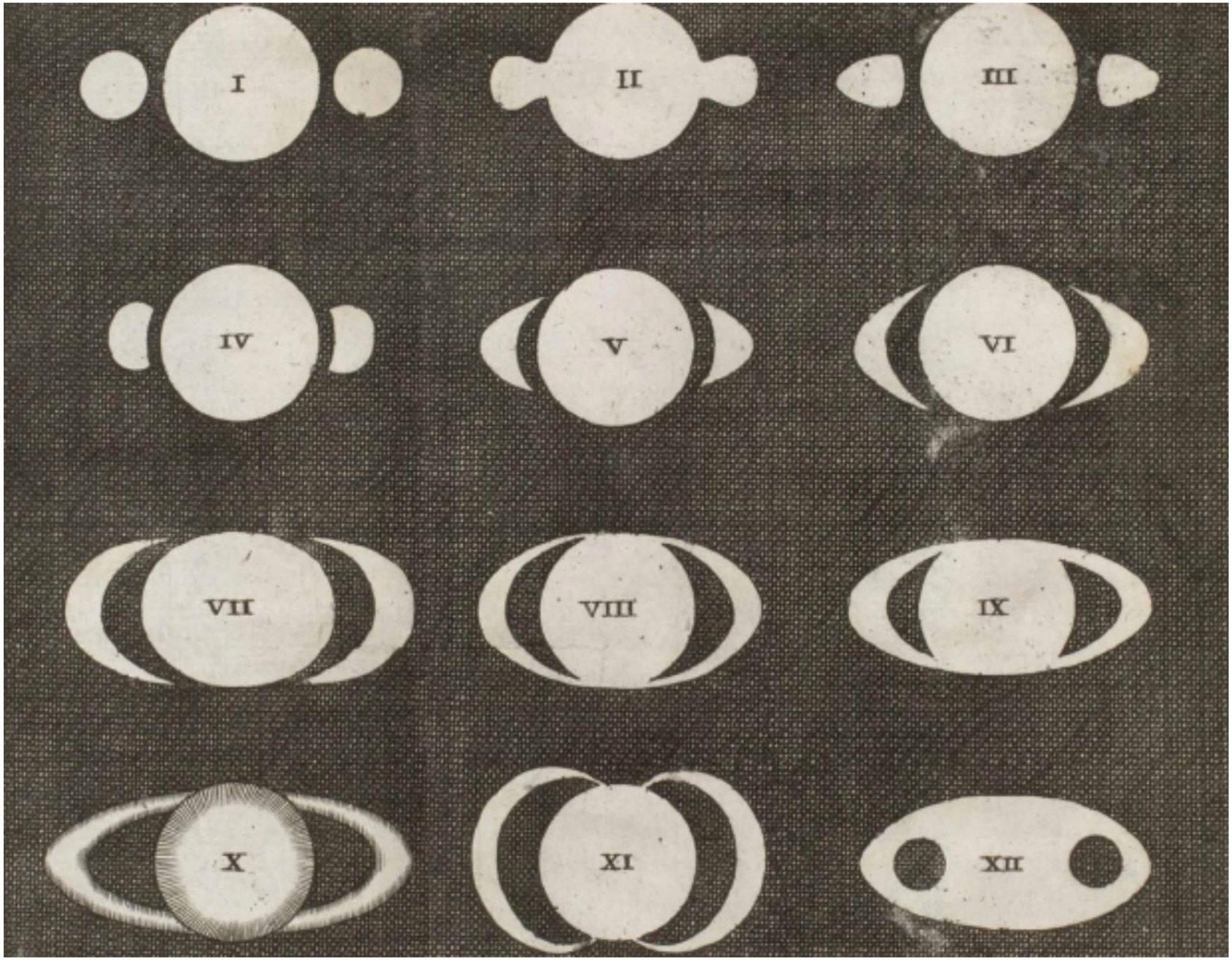
Cassini observes Saturn



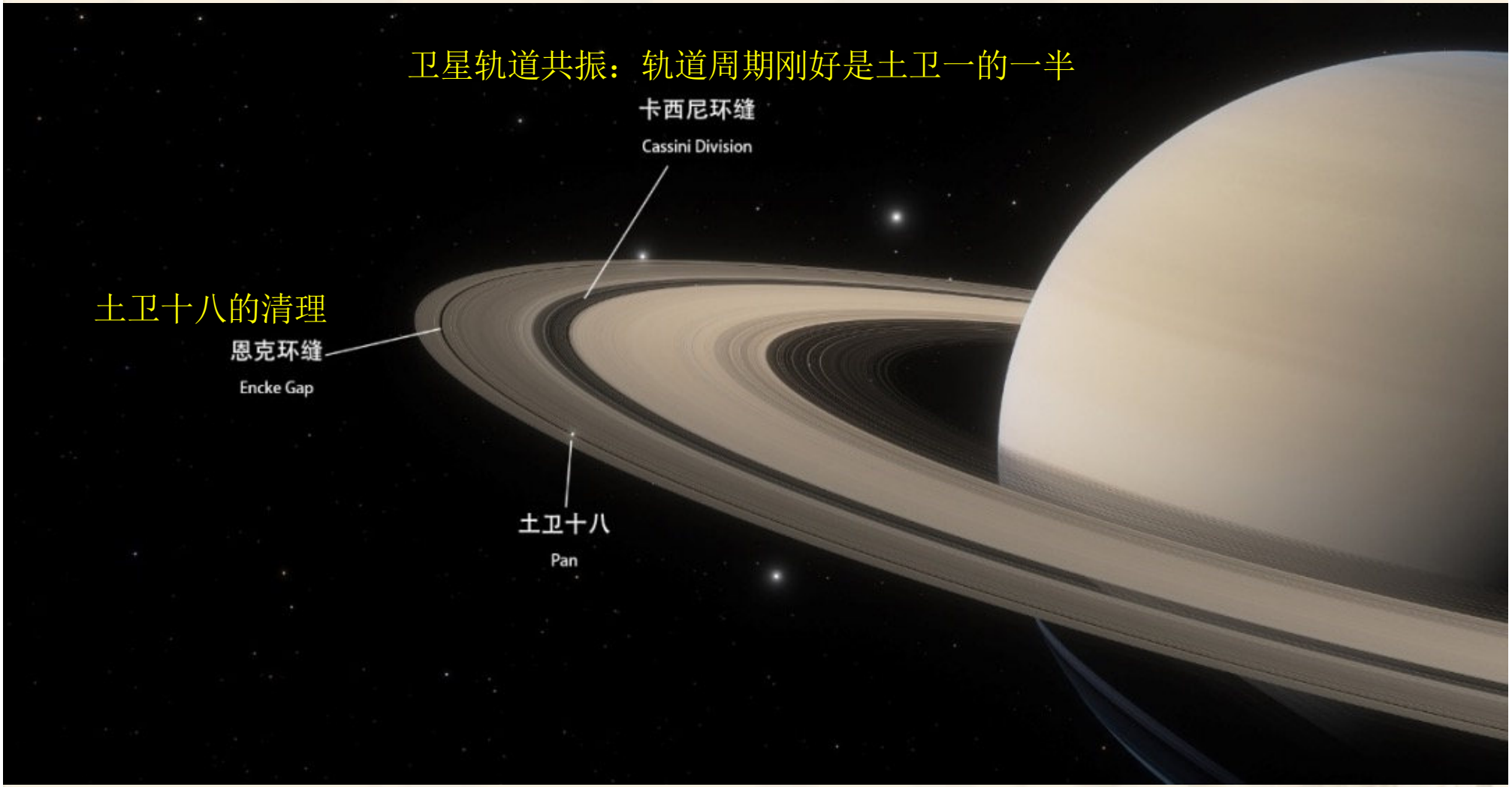


- Galileo发现“土星耳朵”，1610年
  - Galileo的困惑：土星吃掉自己的孩子？
  - 三个东西，相互接触，中间大，外面两个小且在一线上
  - 两年后外面的两个消失
  - 1613年又出现
- 惠更斯（1655）：光环系统
- Cassini（1675）：由很多环组成--Cassini环缝
- 环的特性：小颗粒，<1km厚，~93%水冰，~7%非晶质碳
- 从远及近：C、D、F、A、B

  B和A最明亮、宽，中间为Cassini环缝，B和A实际上由很多狭小的环组成
- 环的起源：潮汐力瓦解卫星、彗星或陨星
- 环缝的形成：众多卫星的引力共振，卫星清除缝中粒子

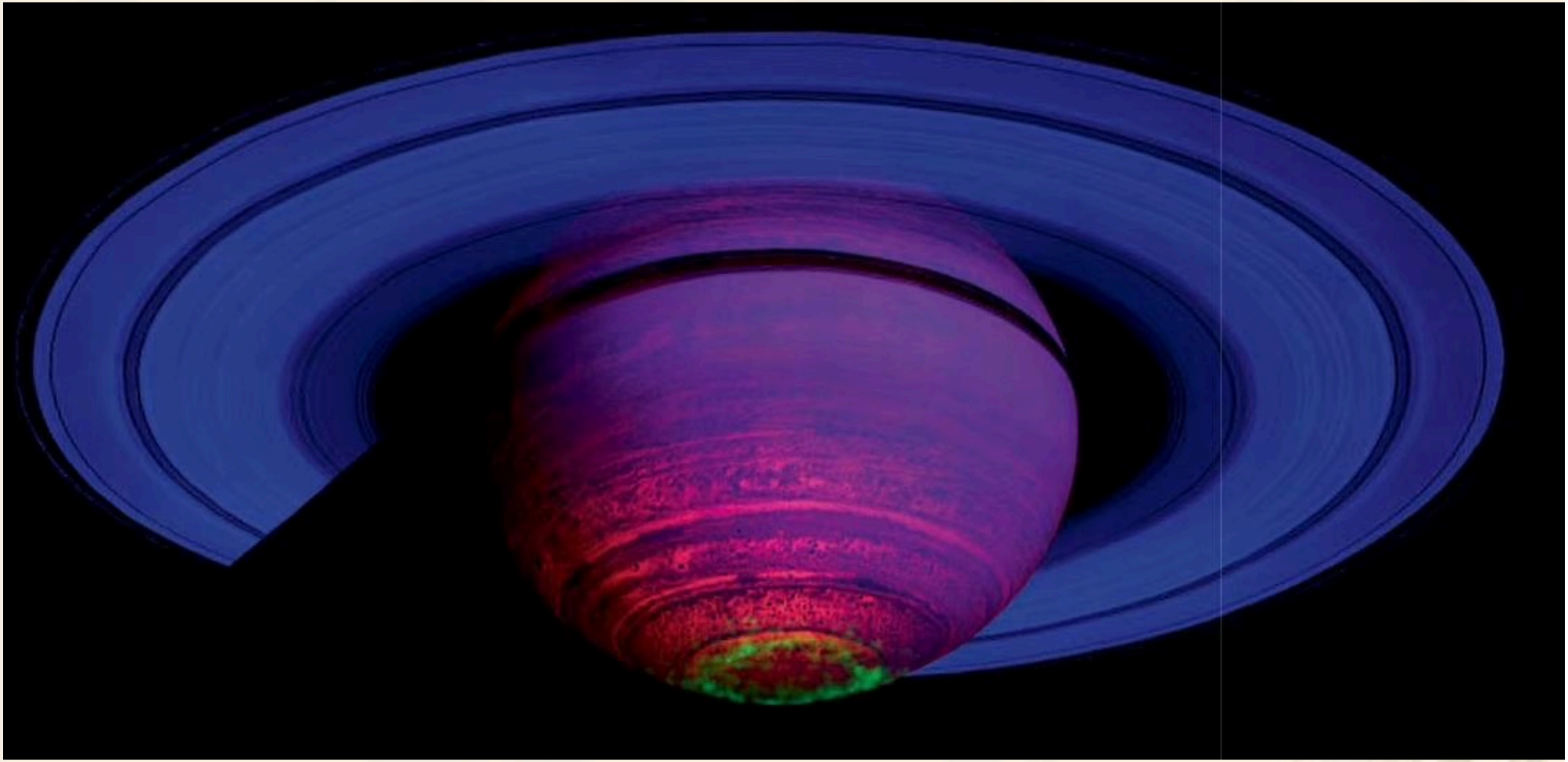


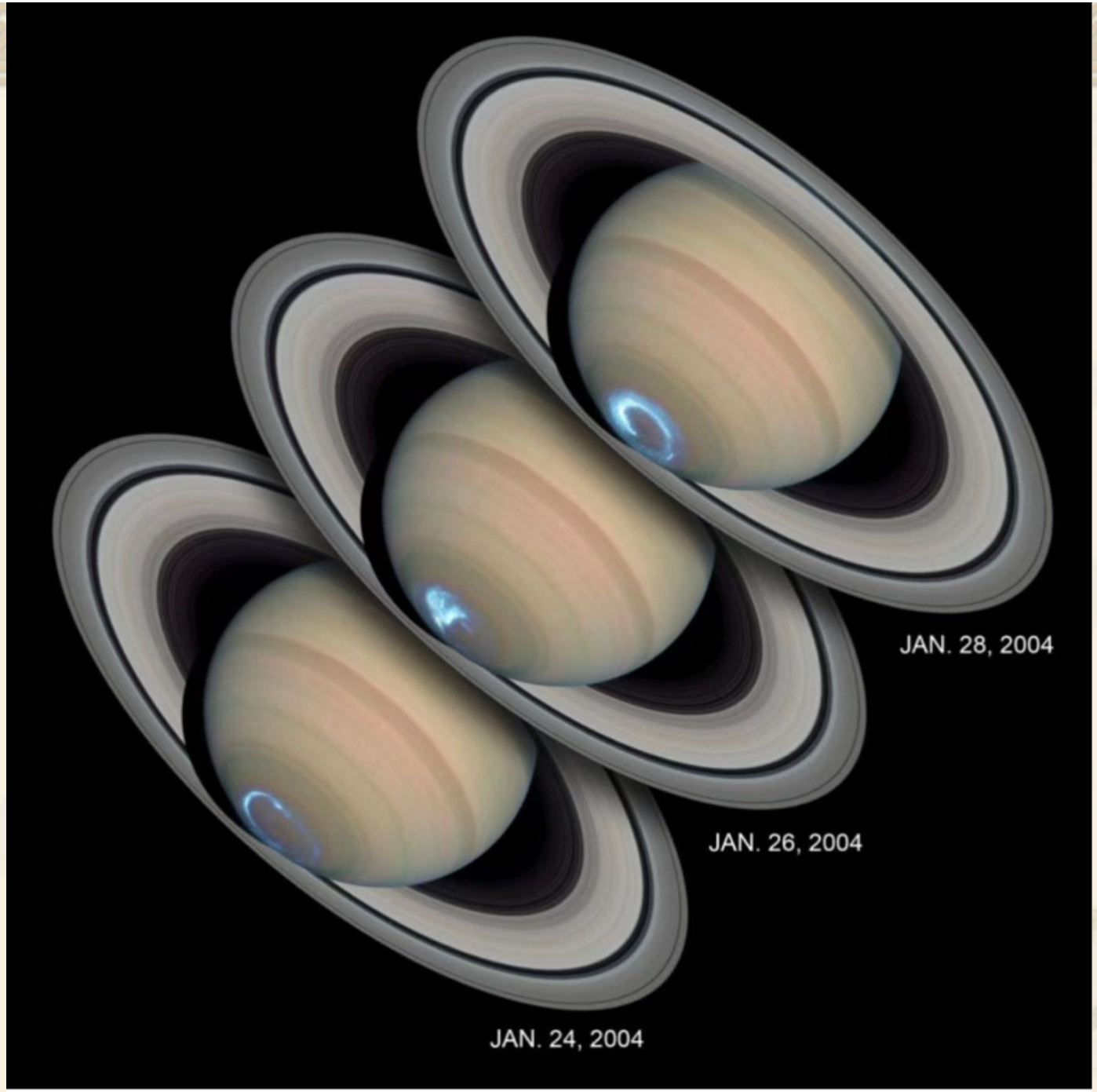
不同天文学家利用早期望远镜绘制的土星图像，因为光学像差的缘故，土星的形态被猜测成各种各样。来源 / wiki



卡西尼环缝、恩克环缝和土卫十八，由SpaceEngine生成 / G. Cataldo, 2015

NASA卡西尼探测器：土星的极光（大气氢原子受激发）





土星极光每隔两天的变化过程

- 土卫六（Titan）
  - 太阳系第二大卫星：比水星大
  - 唯一具有稠密大气的卫星：~98%氮气，地球大气压1.5倍，大气中存在有机分子：低等生命？
  - 表面有液体：极冠区的碳氢化合物（如甲烷）湖
  - Tidally locked：同一表面面向土星
  - 结构：岩石核+水冰壳层

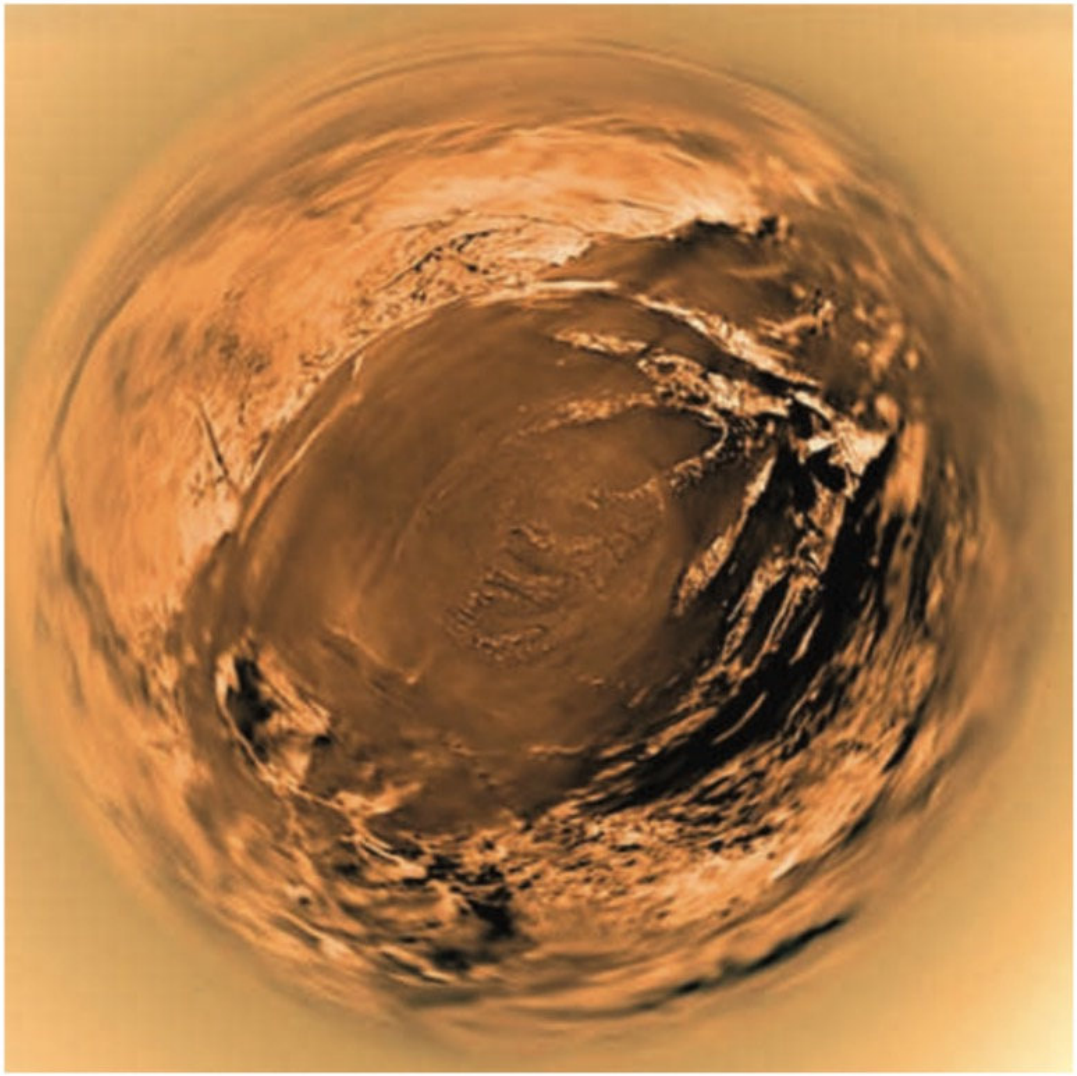
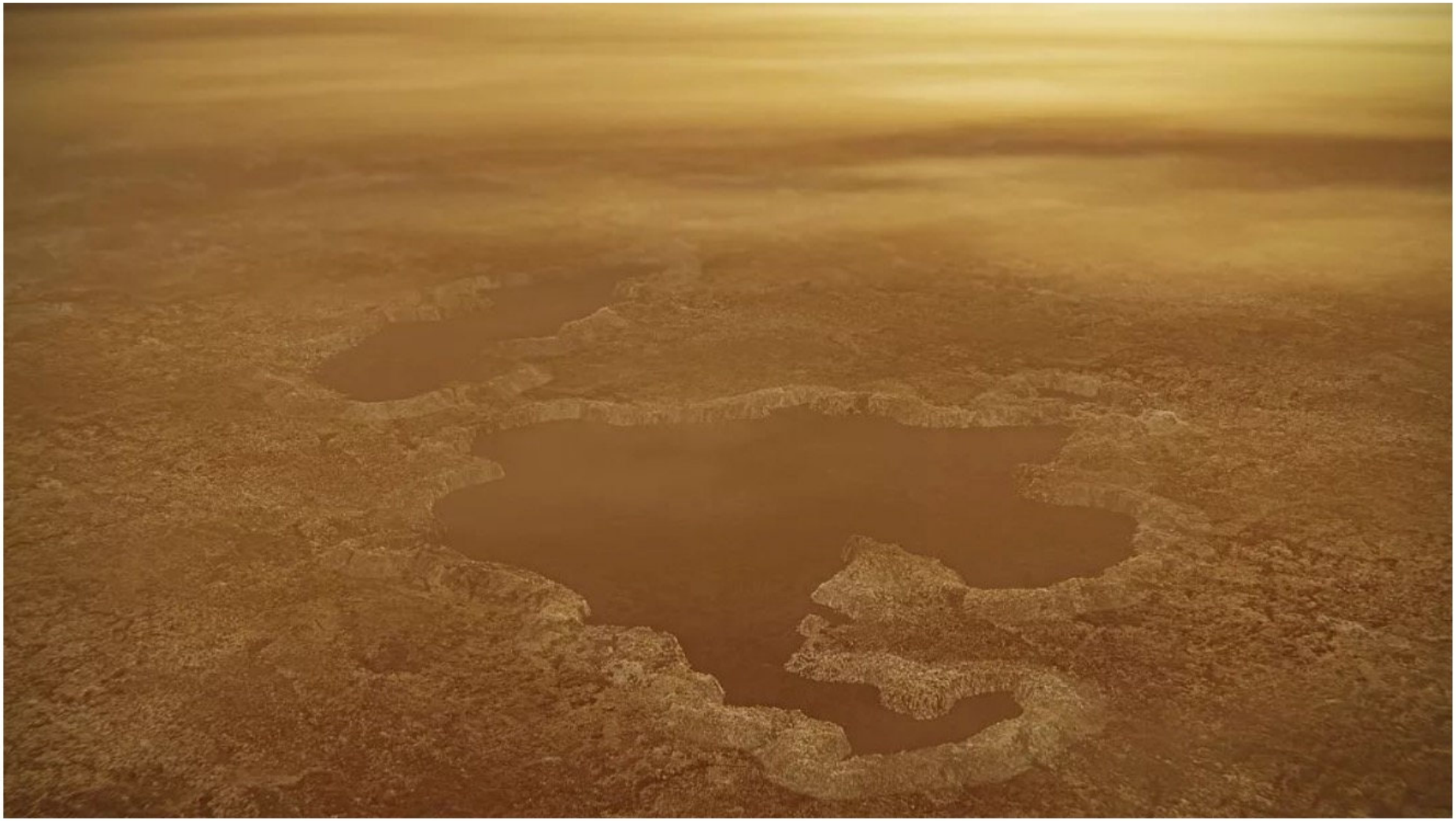


Figure 3.20 A panorama of the surface of Titan taken as the Huygen's probe was descending through its atmosphere. Image: ESA, NASA, Descent Imager/Spectral Radiometer Team (LPL).

泰坦星上，不仅有甲烷湖、甲烷河，还有甲烷云，甲烷雨。



▲ 我们熟知的天然气、沼气，成分都是甲烷。甲烷的熔点是零下182.5度，沸点是零下161.5度，我们在地球上见到的甲烷，都是气态的，而在泰坦星上，甲烷可以保持液态。图中所示的，是泰坦星上的的Rimmed甲烷湖的假想画面。图/NASA

2004年，从卡西尼号上发射出的惠更斯号探测器，登陆了泰坦星。惠更斯号降落在一片河滩平地上，这里分布着由碳氢化合物颗粒构成的“沙地”，以及由水冰构成的“岩石”，这些“岩石”呈现鹅卵形状，只有流动液体，才能造就这种形状的“岩石”。

▲ 惠更斯号登陆泰坦星后拍摄的第一张照片。图/NASA

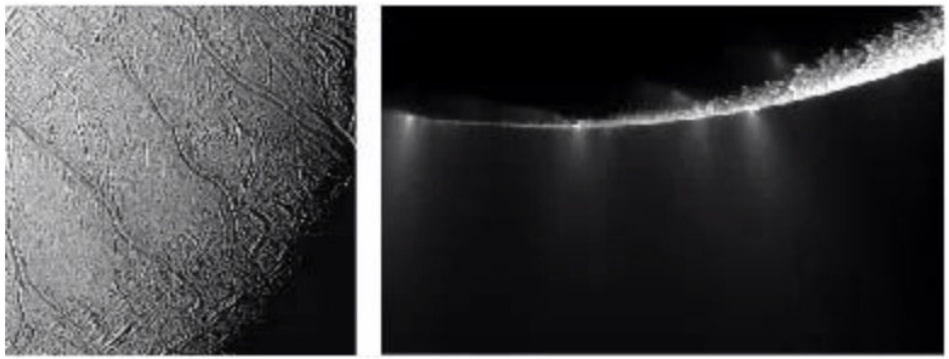
能源基地？
甲烷基生命形式？

▲ 泰坦星上的风暴假想图。图/NASA

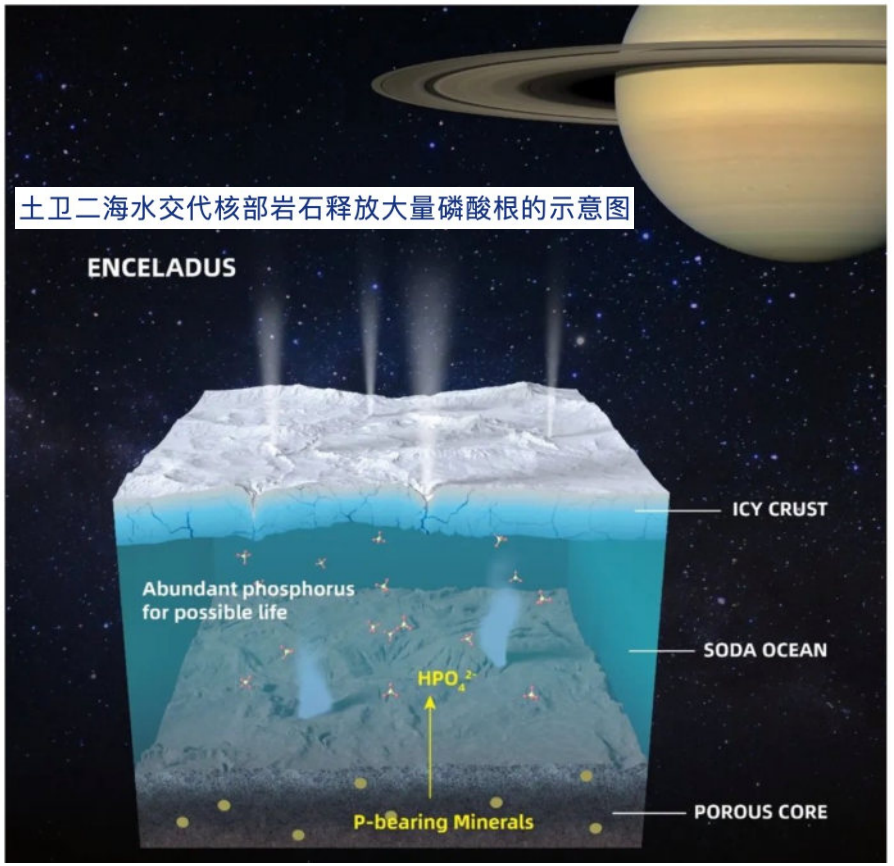
PNAS|土卫二冰下海洋中有丰富的磷供给生命

原创 郝记华 化学星球 2022-09-21 08:00 发表于安徽

近日，**中国科学技术大学**地球和空间科学学院的**郝记华研究员**与**美国西南研究院的Christopher Glein研究员**等学者合作，构建模拟土卫二海水化学，发现土卫二碱性、高碳酸盐的水体中含有很丰富的溶解态磷酸根，可以支持潜在地外生命的起源与繁盛。相关研究成果以“Abundant phosphorus expected for possible life in Enceladus’s ocean”发表在国际一流学术期刊《Proceedings of the National Academy of Sciences，USA》上。该发现首次揭示了生命关键营养元素磷在土卫二冰下海洋中可以积累较高浓度，填补了土卫二海洋宜居性研究的重要空白。



卡西尼号观测到的土卫二冰壳上的老虎纹（左）和南极的水冰羽（右

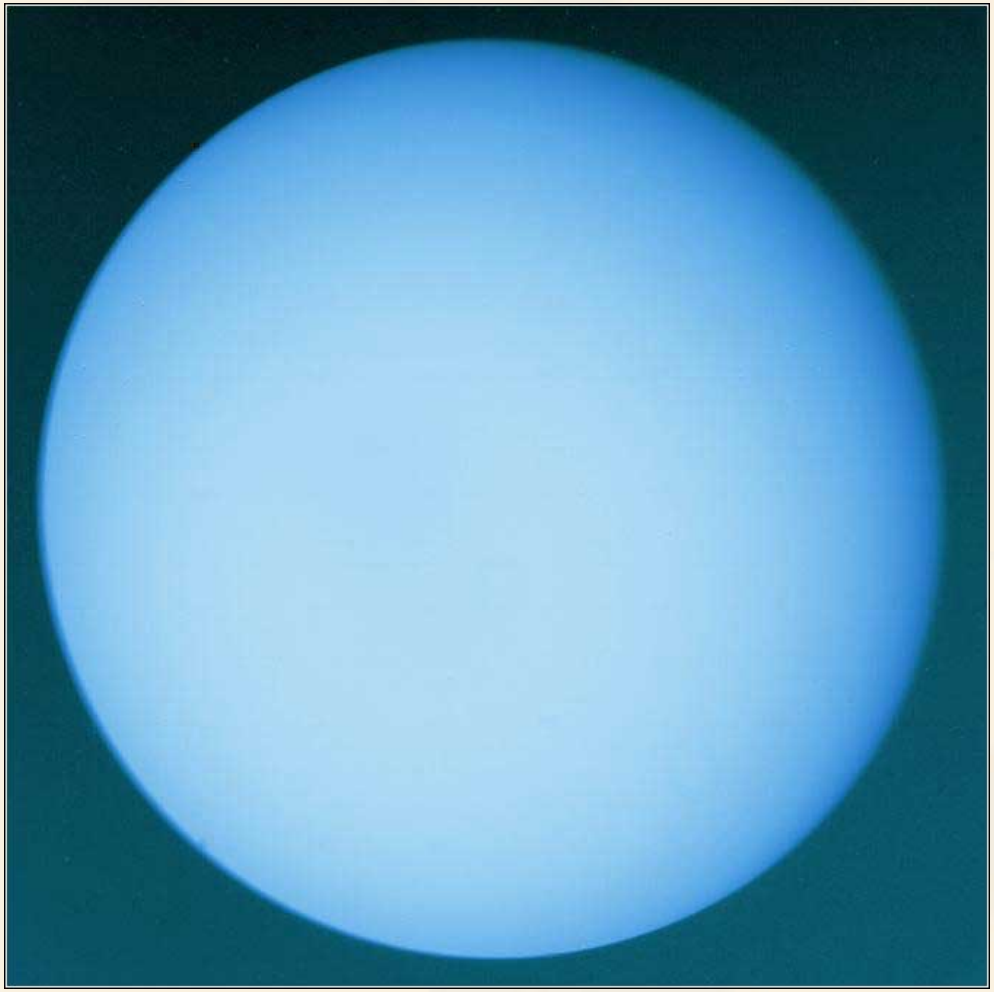


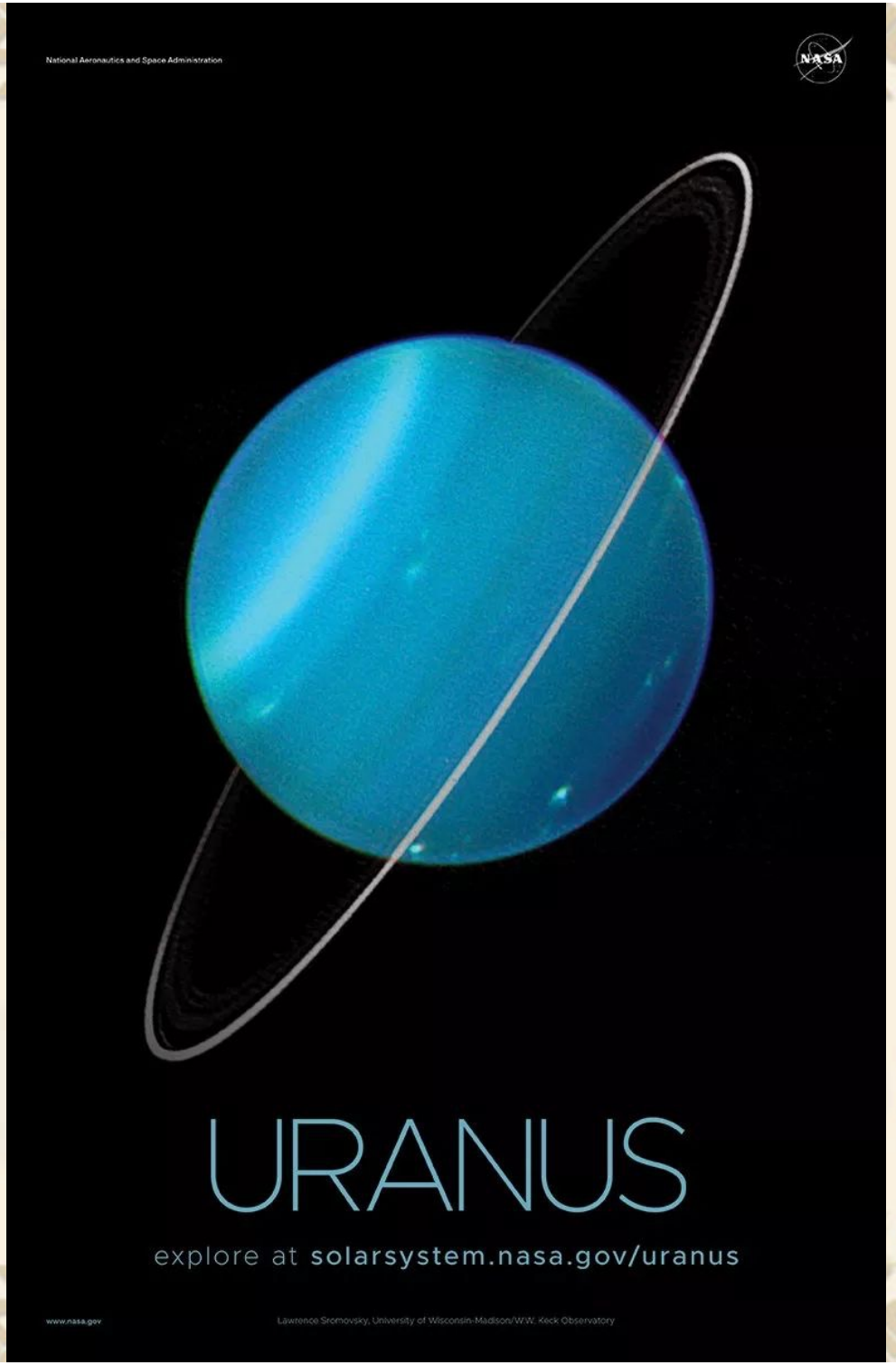
土卫二海水交代核部岩石释放大量磷酸根的示意图

天王星

Mass	8.68×10^{25} kg	14.536 times that of Earth
Radius (equatorial)	25 560 km	
Radius (polar)	24 973 km	
Rotation period	0.378 days	
Axial tilt	97.77°	
Semi-major axis of orbit	2 876 697 082 km	19.23 AU
Orbital period	30 799 095 days	84.32 years
Average orbital speed	6.81 km s^{-1}	
Eccentricity	0.0444	
Orbital inclination	0.772°	

天王星




National Aeronautics and Space Administration
NASA
URANUS
explore at solarsystem.nasa.gov/uranus
www.nasa.gov
Lawrence Sromovsky, University of Wisconsin-Madison/W.M. Keck Observatory

- 星等：~5.5，移动慢，不易与恒星区分
- 1781年William Herschel证认为行星
- 公转周期：~84年
- 自转：~9h，表面云层可以转得更快（大风）
- 自转轴：基本在轨道平面内（“滚着”）
- 巨冰球：~14.5地球质量，密度比水大一些，岩石核（~2$M_{地球}$）+冰壳层（~11 $M_{地球}$，水，氨，甲烷等）+外部大气层（~ 1$M_{地球}$，氢气和氦气）
- 冰占大部分质量，常作为ice giant而非gas giant

天王星的环

- 1977年3月10日：天王星掩食恒星，发现光环，5个环，最外面的最厚，最大的环：R~44，000km
- 1986年1月：旅行者2号发现11个环
- 2005年12月：HST发现13个环

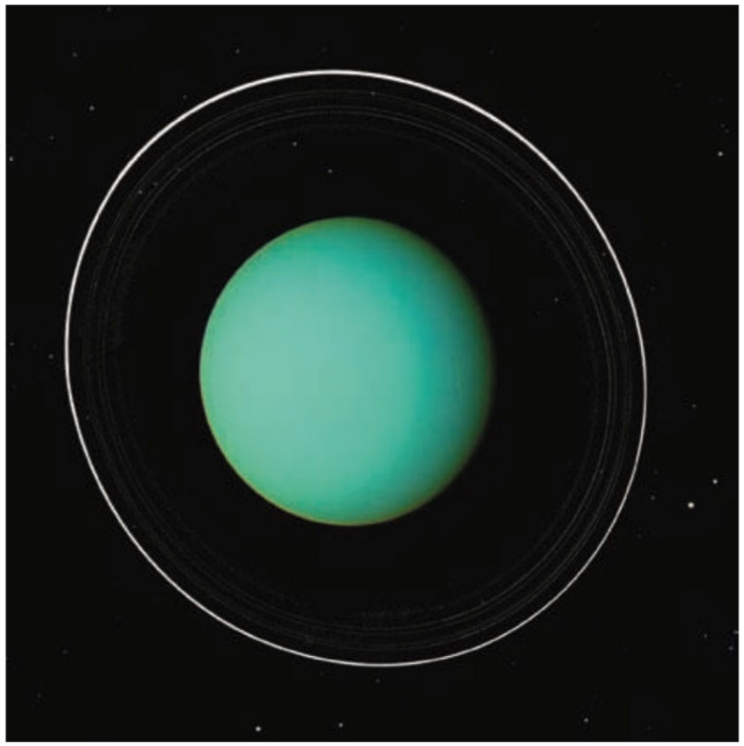
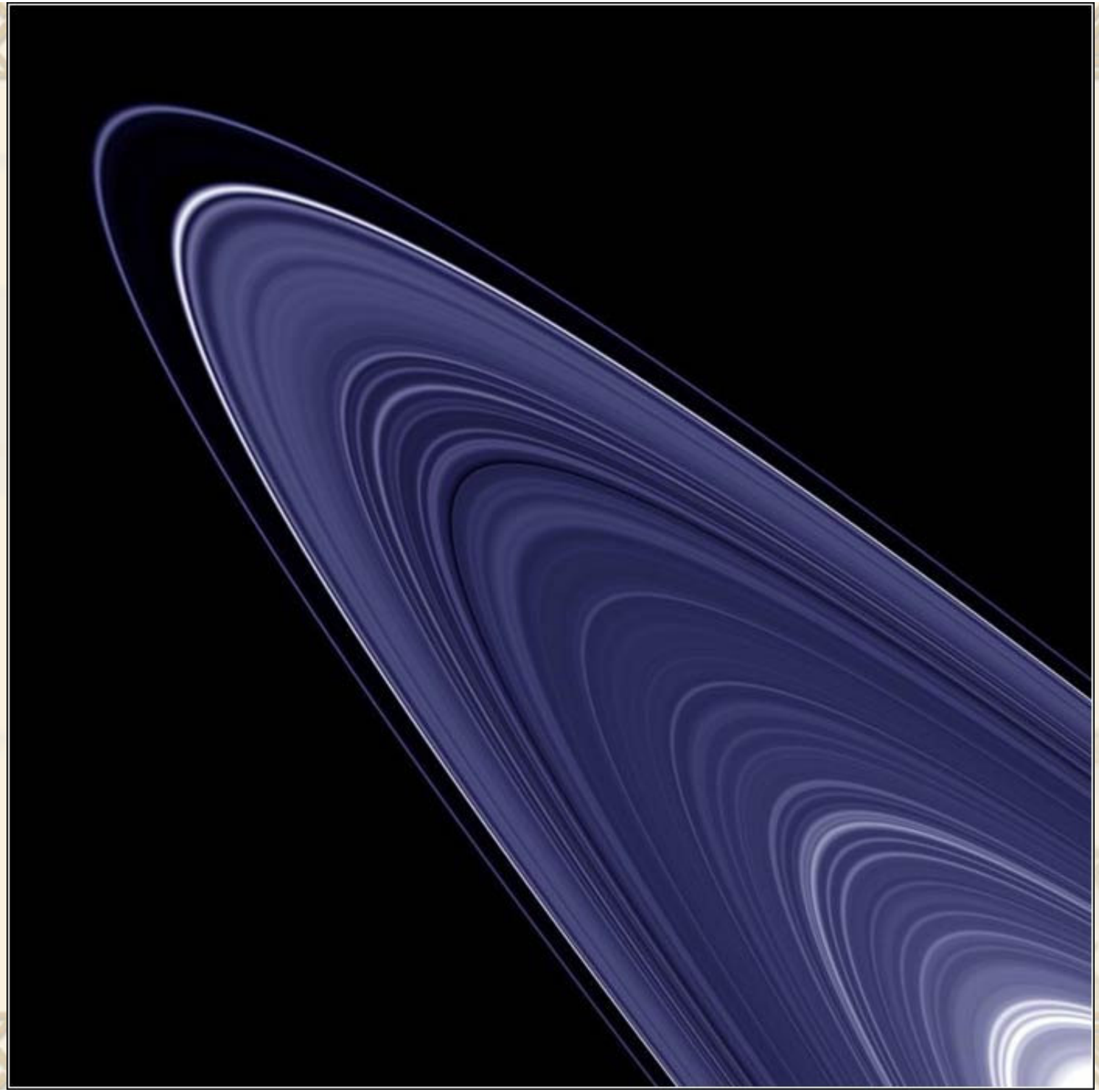


Figure 3.21 An image of Uranus and its rings taken by the Voyager 2 spacecraft in 1986. Image: Voyager 2, NASA.

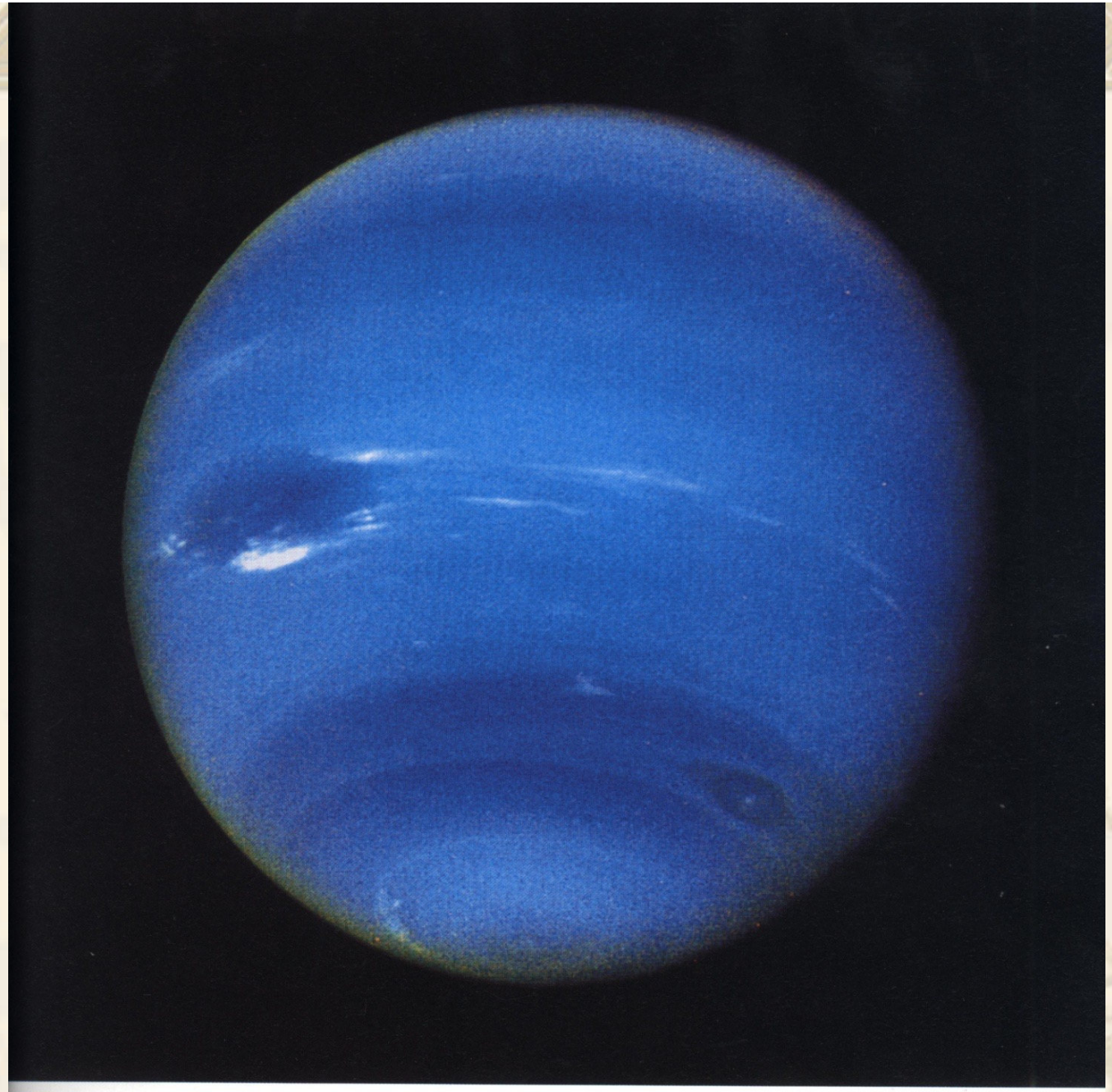
天王星的光环



海王星

Mass	1.0243×10^{26} kg	17.147 times that of Earth
Radius (equatorial)	24 764 km	3.883 times that of Earth
Radius (polar)	24 341 km	3.829 times that of Earth
Rotation period	16 h 6 min 36 s	
Axial tilt	28.32°	
Semi-major axis of orbit	4 503 443 661 km	30.1 AU
Orbital period	60 190 days	164.79 years
Average orbital speed	5.43 km s^{-1}	
Eccentricity	0.0112	
Orbital inclination	1.77°	

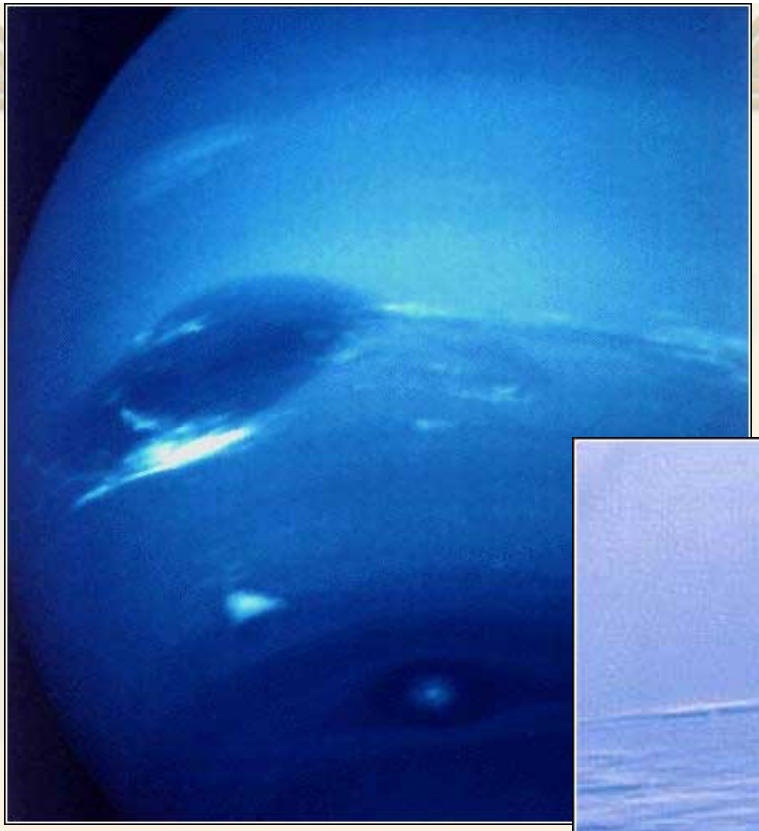
海王星近照



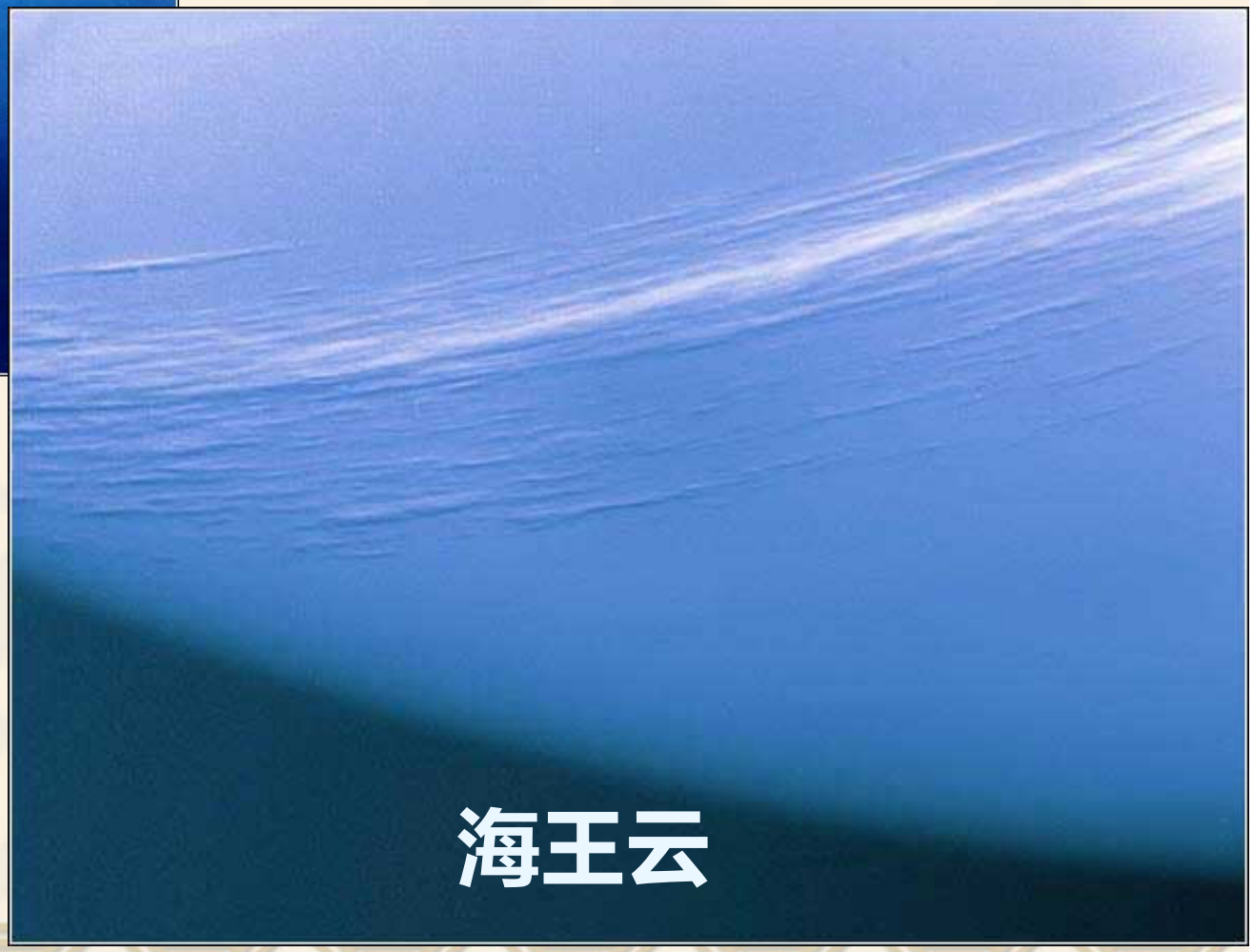
海王星近照

过去用大望远镜也只能把天王星和海王星看成亮星，但1989年“旅行者二号”拍下了海王星这样清楚的照片。在它多风暴的大气中有一个地球大小的黑斑，还有快速奔驰的几缕白云。黑斑自转一周约18小时。

海王星局部



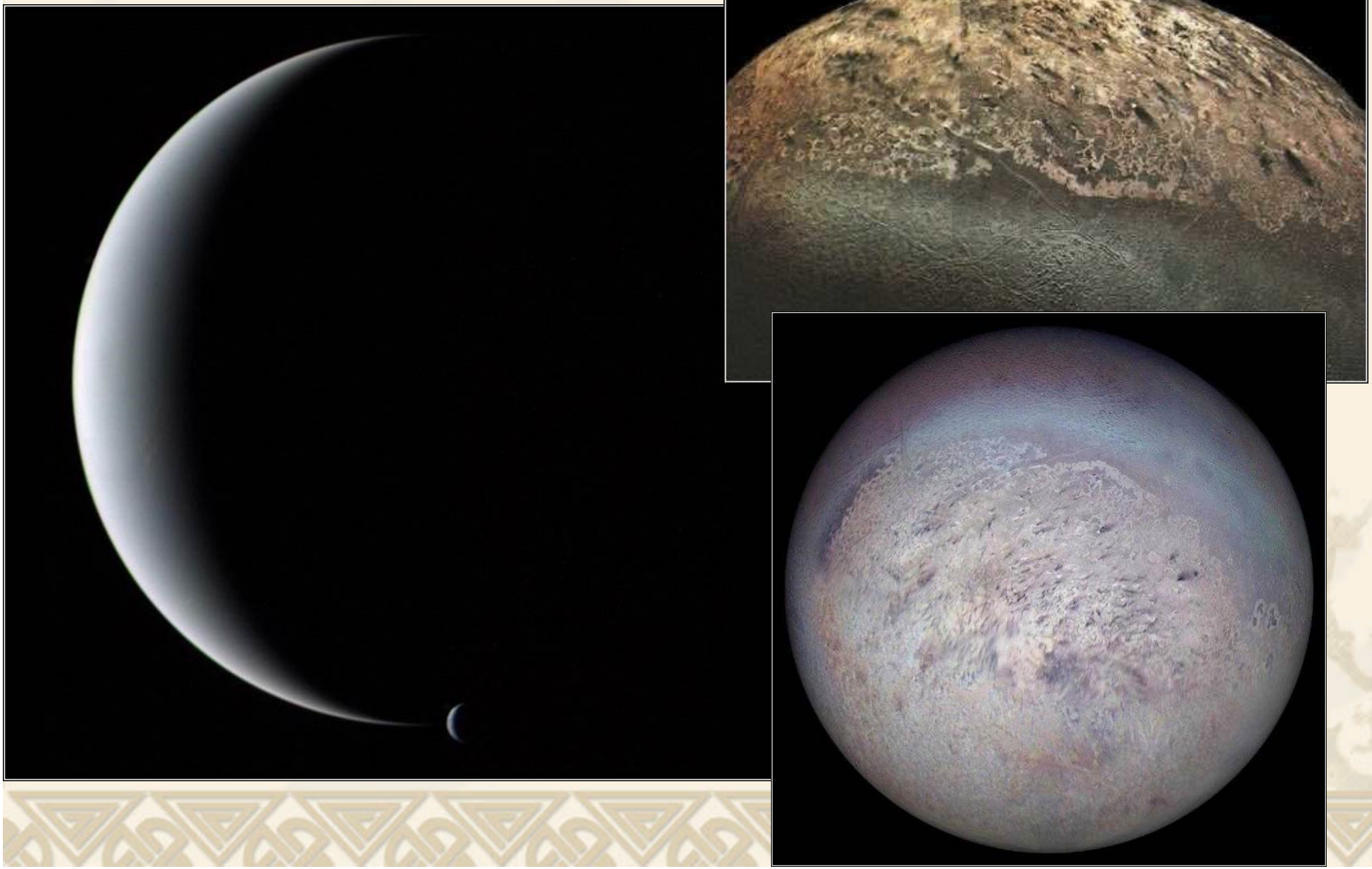
海王星大黑斑



海王云

行星上的最大风速：~2000 km/h

海王星的卫星



（王善钦 天文之心）

韦布空间望远镜的近红外相机拍摄的海王星的近红外图像。图中也显示出海王星的多层环与14颗卫星中的7颗：海卫一（Triton）、海卫六（Galatea）、海卫三（Naiad）、海卫四（Thalassa）、海卫五（Despina）、海卫八（Proteus）与海卫七（Larissa）。由于海卫一呈点状且较亮，因此衍射效应导致的六角芒很明显。

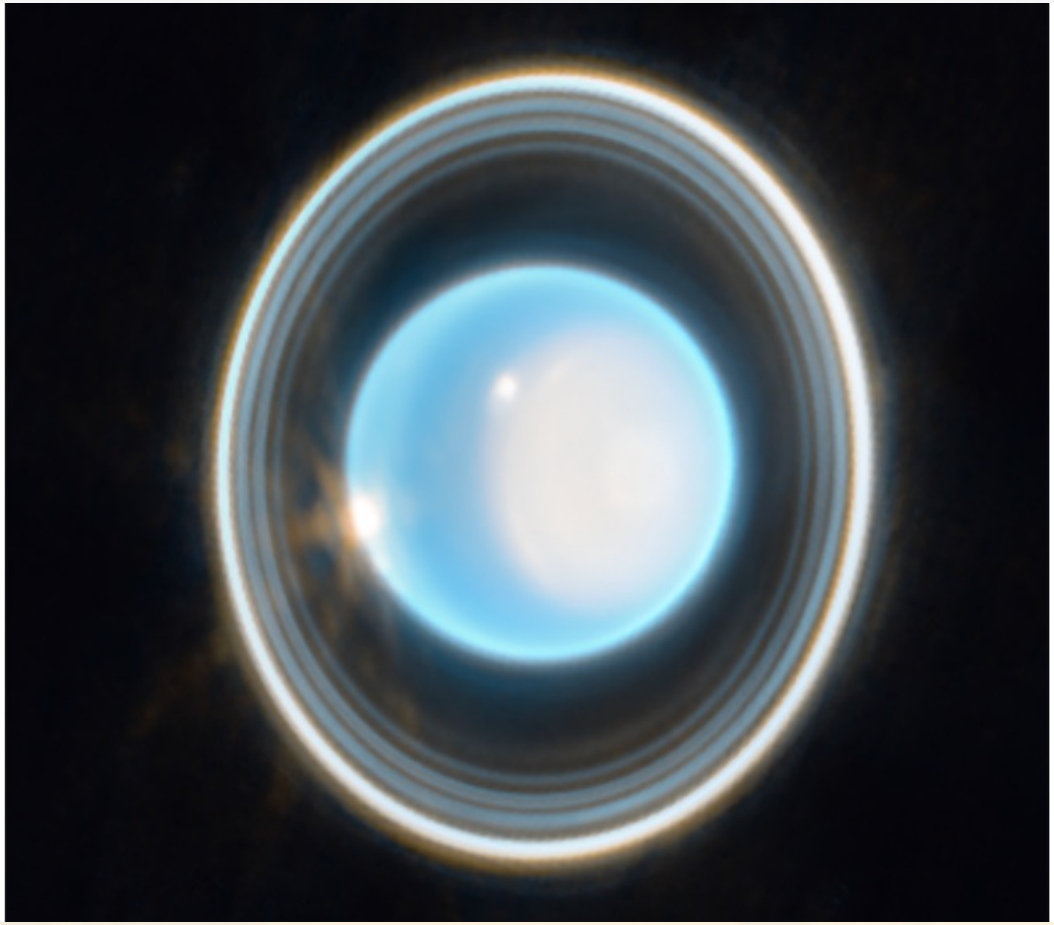
图片来源与版权：NASA, ESA, CSA, STScI

“旅行者”探测器于1989年（左）、哈勃望远镜于2021年（中）和韦布望远镜于2022年（右）拍摄的海王星照片（美联社）

Webb's infrared image highlights the planet's dramatic rings and dynamic atmosphere.

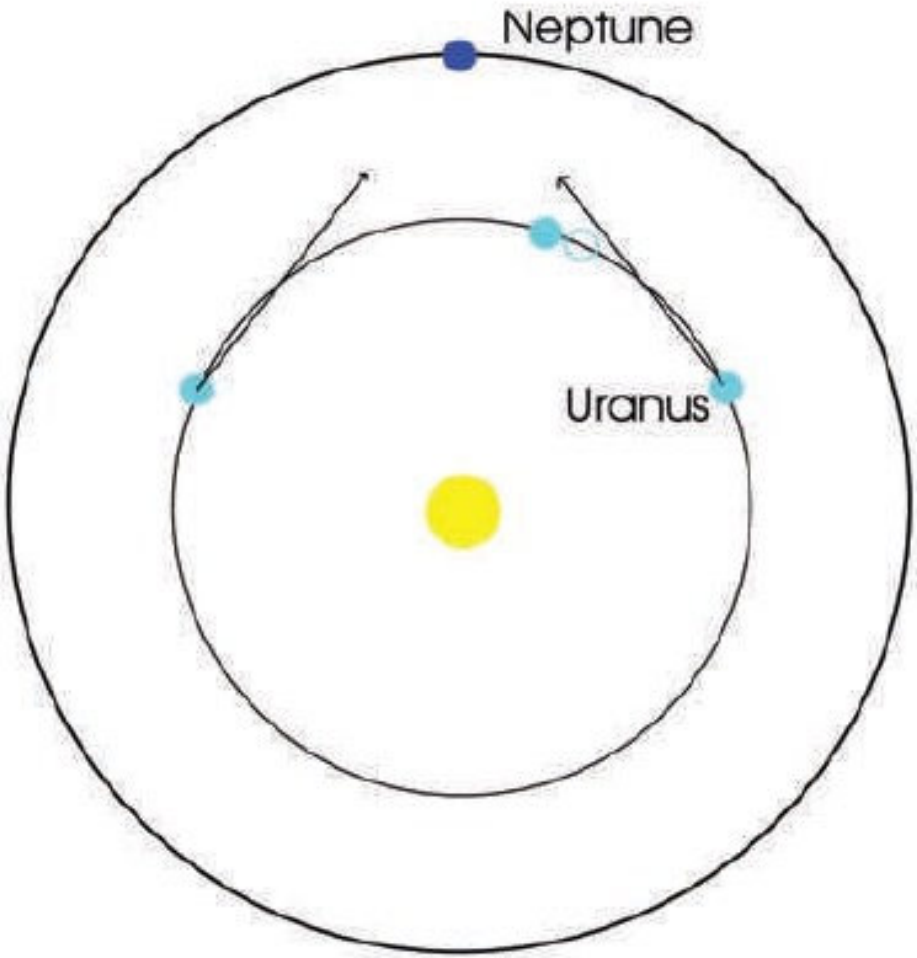
The planet Uranus is an oddball in our solar system, tilted on its side as it orbits the sun, causing extreme seasons. While the planet's atmosphere appeared nearly featureless when visited by the Voyager 2 spacecraft in 1986, subsequent observations from the ground and in space have shown turbulent storms.

NASA's James Webb Space Telescope recently observed Uranus, and the resulting image highlights a complex system of rings as well as a bright polar cap and likely storm clouds.



Uranus (NIRCam Image)

- 星等：~7.84m
- 1612年12月28日：Galileo，认为是行星
- John Herschel：认为是恒星
- 理论预言：Admas & Verrier （1845年）
  对天王星的摄动
- Berlin天文台，Galle于1846年9月23日发现
- William Lassell 发现卫星：Triton

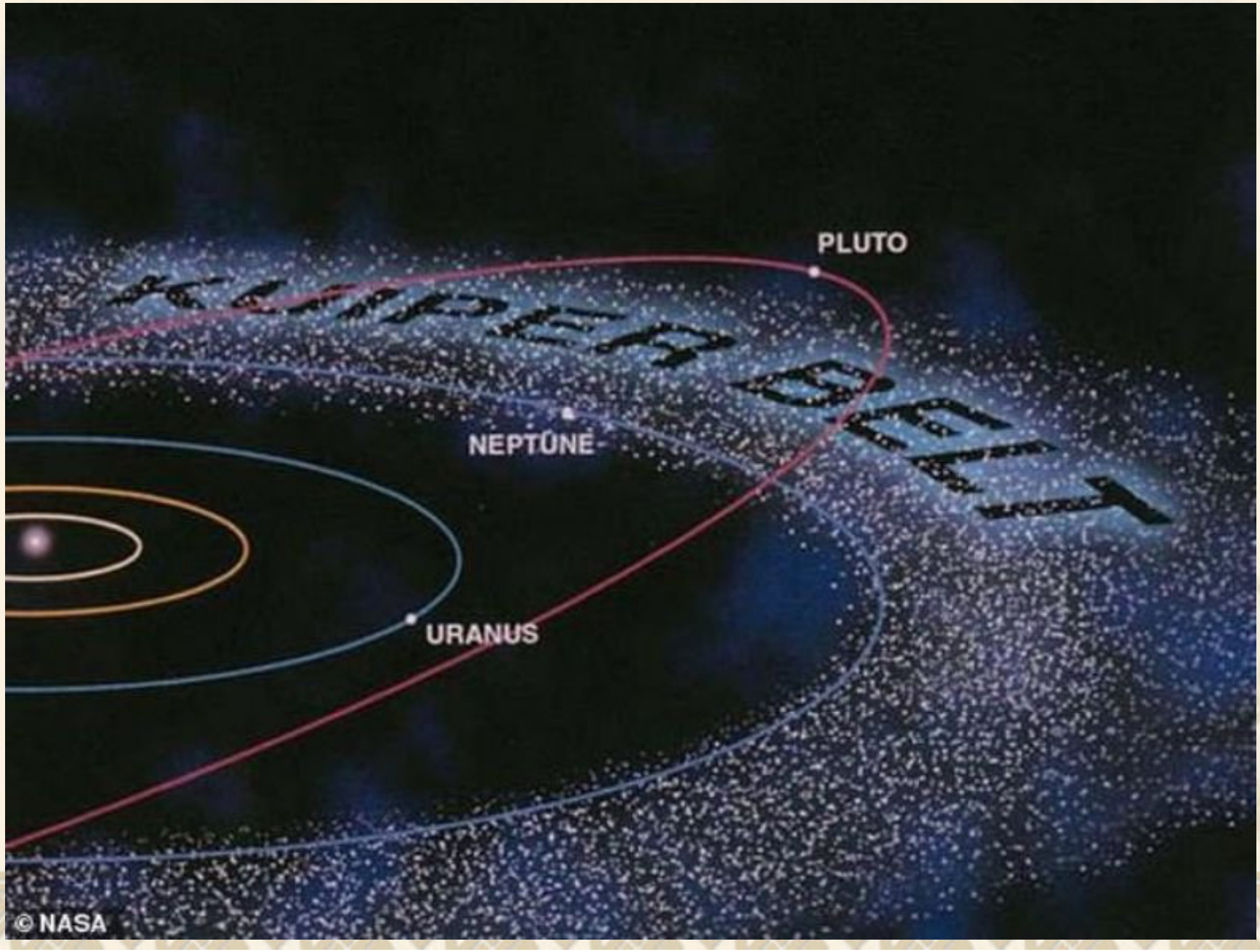


引力摄动

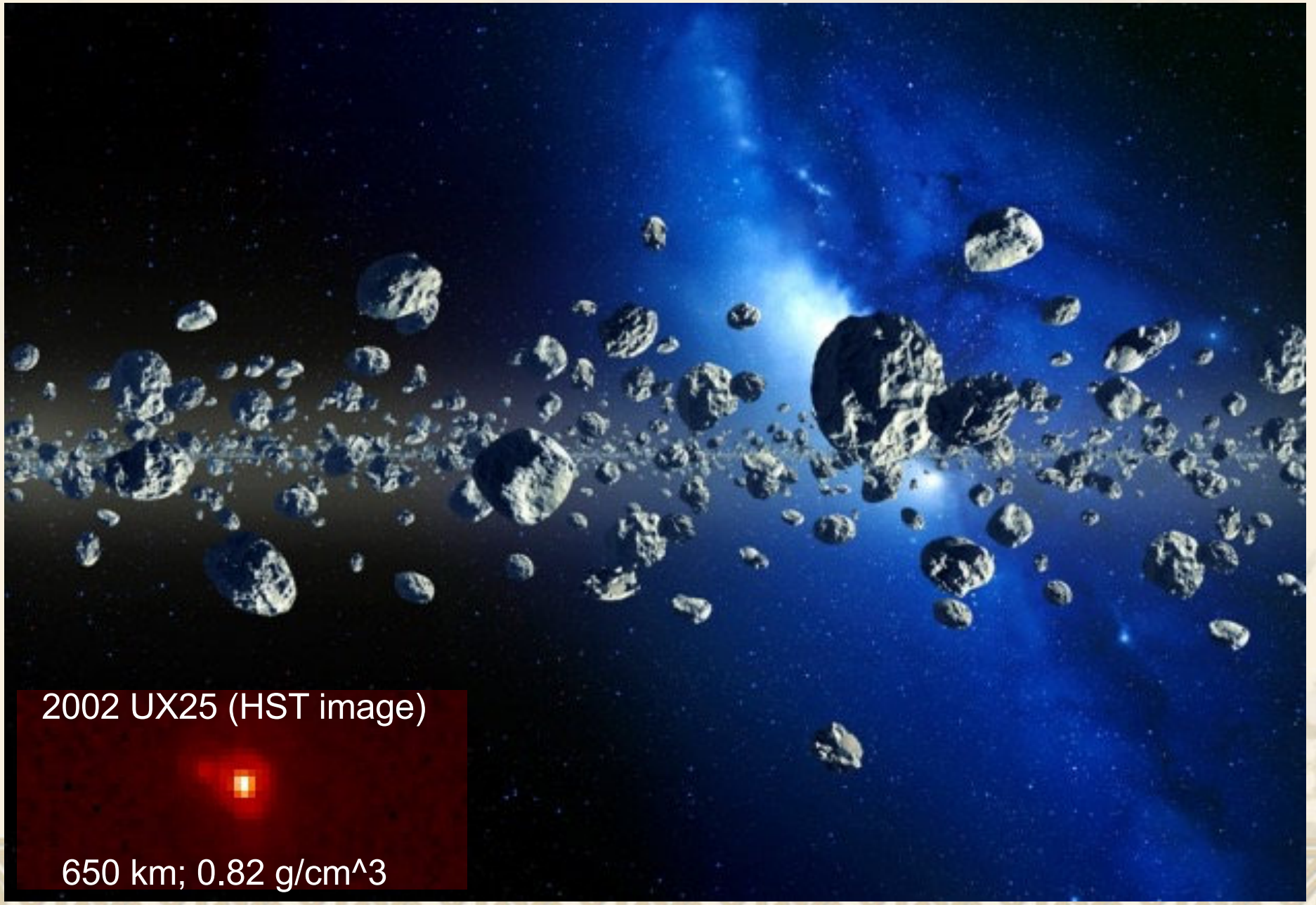
Figure 3.23 The orbit of Uranus in a frame of reference in which Neptune is stationary.

- 基本特性
  - 太阳系第四大、第三重行星，比天王星略重
  - 大气：H，He + 1% CH4 → 蓝色
  - 风：~ 2000 km/h！行星上的最大风速
  - 大黑斑（旅行者2号）
  - 温差大：~55K(云) → ~7000K(核)
  - 自转：~16.11恒星时，自转倾角和地球差不多
  - 巨冰球（ice giant）
  - 结构：核（~1$M_{地球}$，岩石、冰）+ 幔（~12$M_{地球}$，冰、氨、甲烷）
  - 存在多个光环
  - 13个卫星，Triton最大呈球形，反转---引力俘获自Kuiper Belt，面向海王星，缓慢旋入，最终被潮汐力瓦解成环

Kuiper belt



Kuiper belt



冥王星

Mass	1.305×10^{22} kg	0.0021 that of Earth
Radius (mean)	1.195 km	0.19 that of Earth
Rotation period	−6.387 days (The minus sign signifies retrograde rotation.)	
Axial tilt	119.59°	
Semi-major axis of orbit	5 906 376 272 km	39.48 AU
Orbital period	90 613 days	248.09 years
Eccentricity	0.249	
Orbital inclination	17.142°	

发现

- 1905年，Percival Lowell 理论预言
- 业余天文学家Clyde Tombaugh发现（1930.2.18）
- 轨道公布：1930.3.13
- 命名：Pluto， PL=Percival Lowell
- 卫星Charon的发现：1978.6.22，James Christy
- 1990年,HST分辨出Pluto和Charon
- 2005年发现了卫星Nix，Hydra
- 2006年1.18：“New Horizons”离开地球， 2007年2.28经过木星的加速（引力弹弓效应）， 2015年7月到达冥王星，之后进入Kuiper Belt

基本特性

- 质量：~ 0.2%$M_{地球}$
- 轨道倾角大：~17度

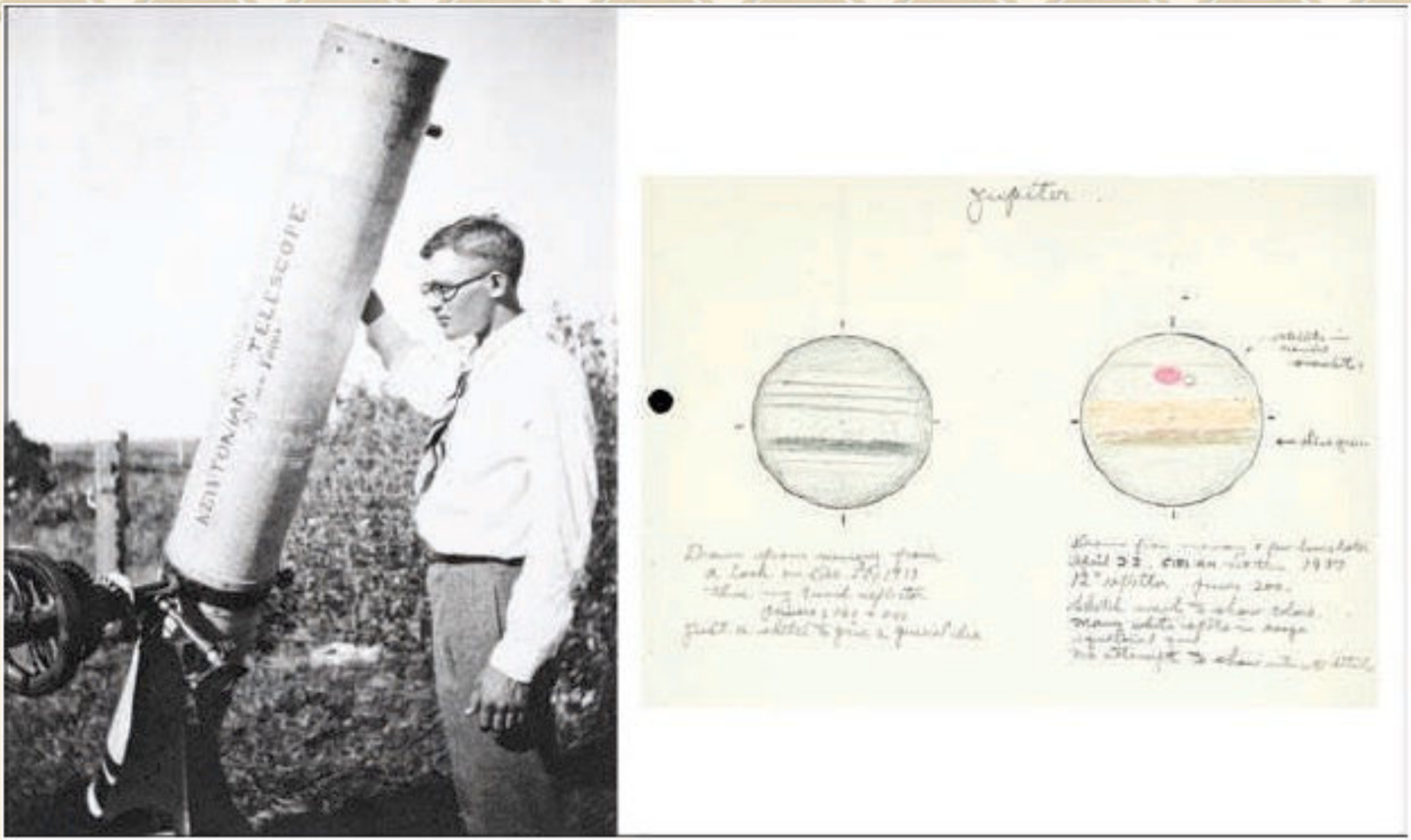


Figure 3.25 Clyde Tombaugh with his home-built telescope along with drawings he made of the planet Jupiter. Image: New Mexico State University Library, Archives and Special Collections.

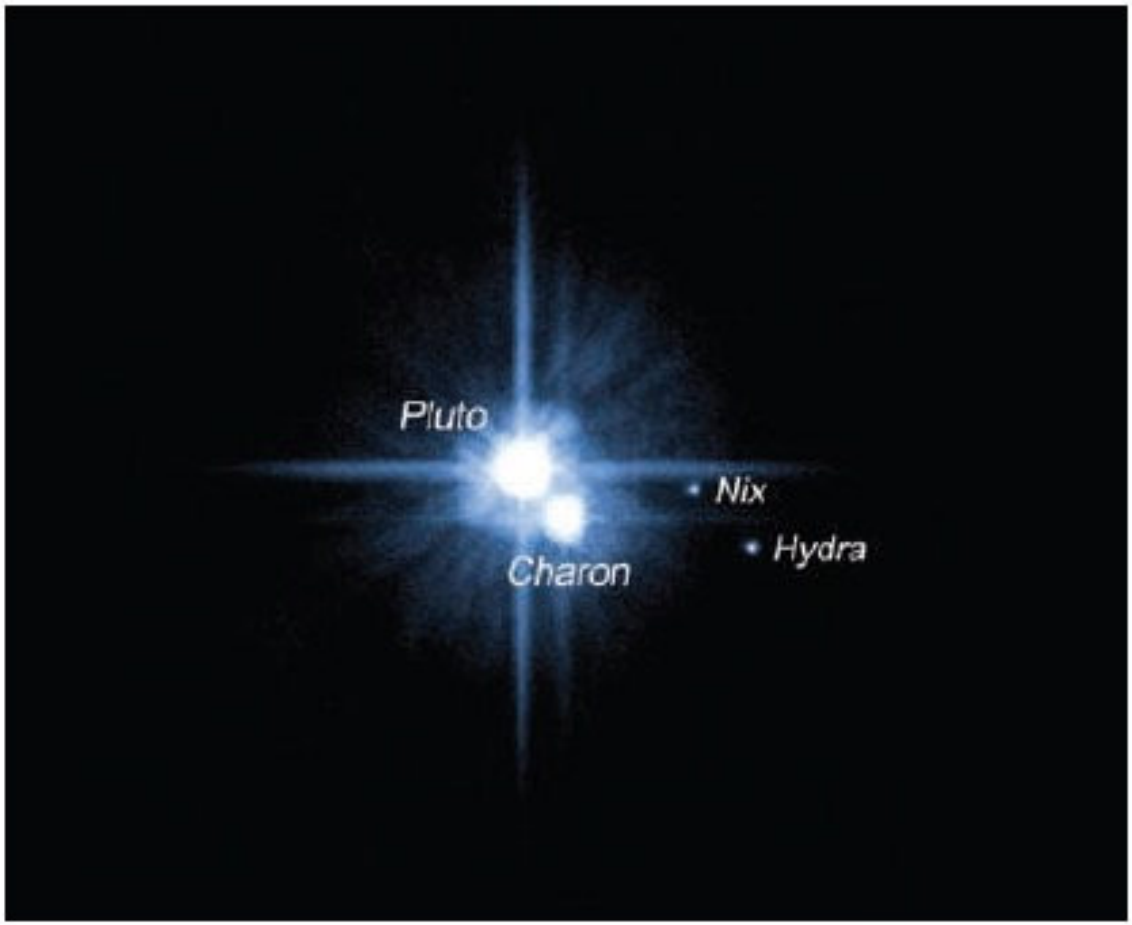
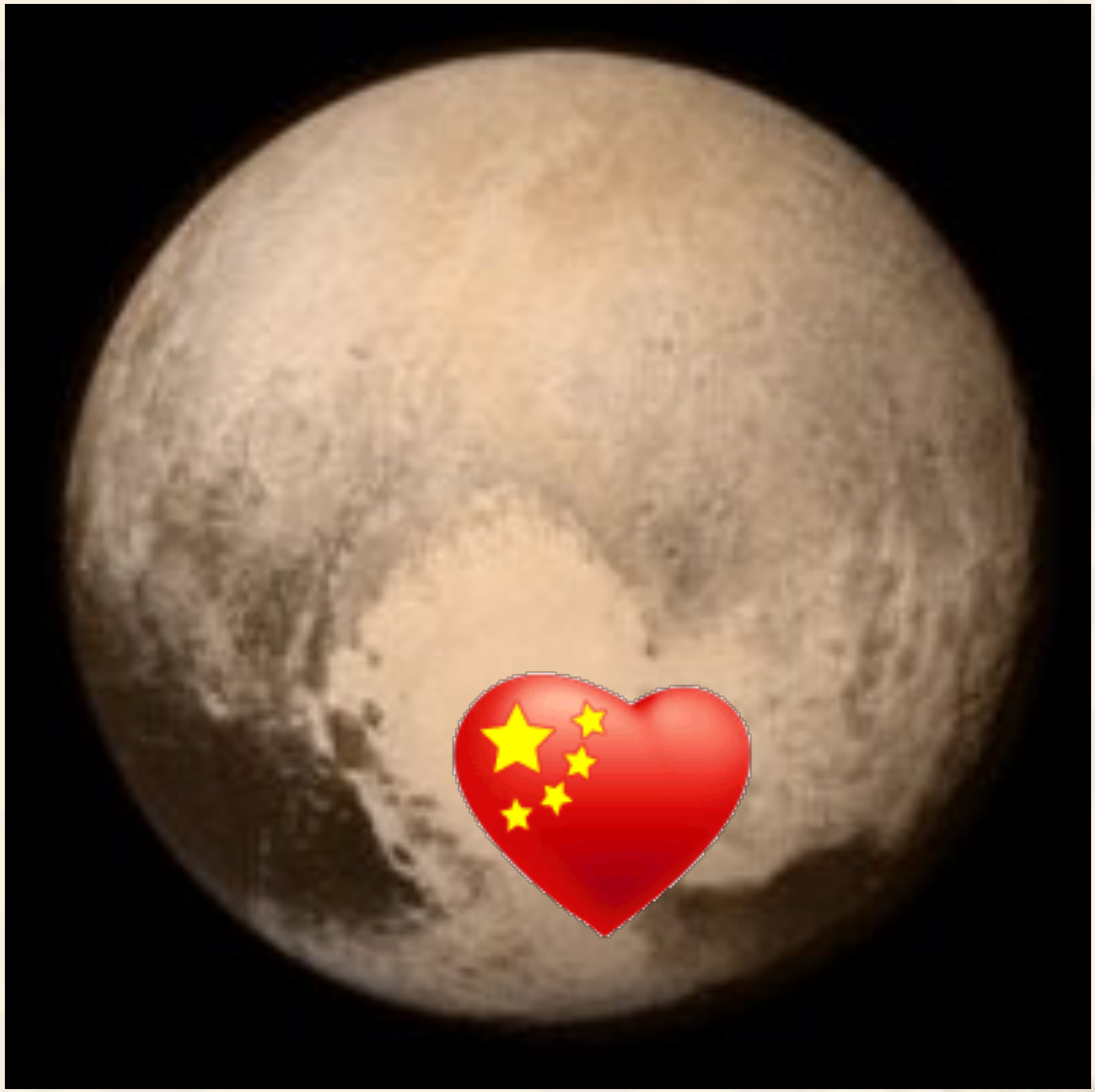


Figure 3.24 Pluto with its three moons; Charon discovered in 1978 and Nix and Hydra discovered in 2005. Image: M. Mutchler (STScI), A. Stern (SwRI), and the HST Pluto Companion Search Team, ESA, NASA.



2015年7月14日，经过9年多的长途跋涉，新视野号探测器飞掠冥王星，成为人类首颗造访冥王星的探测器。

冥王星比心卡戎，宇宙撒粮哪家强。/ 网络

The New Horizons mission captured this close-up view of the vast plains on Pluto known as Sputnik Planum and wildly varying terrain.
(NASA/JHUAPL/SWRI; 20151015)

APRIL 15, 2024

Editors' notes

Astrophysicists solve mystery of heart-shaped feature on the surface of Pluto

by University of Bern

Credit: NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Southwest Research Institut...

Artistic representation of the huge and slow impact on Pluto that led to the heart-shaped struct...

The mystery of how Pluto got a giant heart-shaped feature on its surface has finally been solved by an international team of astrophysicists led by the University of Bern and members of the National Center of Competence in Research (NCCR) PlanetS. The team is the first to successfully reproduce the unusual shape with numerical simulations, attributing it to a giant and slow oblique-angle impact.

Eris

Mass	1.66×10^{22} kg	
Radius (mean)	1300 km (+200/−100 km)	
Rotation period	>8 h?	
Semi-major axis of orbit	10.12×10^{9} km	67.67 AU
Orbital period	203 600 days	557 years
Eccentricity	0.442	
Orbital inclination	44.2°	

- 2003年被Palomar天文台发现：$2003UB_{313}$
- 高的反照率：~0.86，冰面的反射
- 卫星Dysnomia被发现
- 质量比冥王星略大：~ +27%
- 矮行星

苟利军

太阳系内的第五大矮行星终于有了名字，而且这一次是中国人名，那就是怒撞不周山的水神“共工”，它的卫星被命名为共工的大臣“相柳”。“共工”星的直径大约是1230公里，是月球直径的35%，但是质量仅仅只有月球质量的2.4%， 距离太阳的距离是67.38天文单位（地球和太阳直径的距离）。前四大的矮行星分别为：冥王星(Pluto),阋神星 (Eris), 妊神星(Haumea), 鸟神星(Makemake)。

Orbital attributes

Name	Region of the Solar System	Orbital radius (AU)	Orbital period (years)	Mean orbital speed (km/s)	Inclination to ecliptic	Orbital eccentricity	Planetary discriminant
Ceres	Asteroid belt	2.768	4.604	17.90	10.59°	0.079	0.3
Orcus	Kuiper belt (plutino)	39.40	247.3	4.75	20.58°	0.220	0.003
Pluto	Kuiper belt (plutino)	39.48	247.9	4.74	17.16°	0.249	0.08
Haumea	Kuiper belt (12:7)	43.22	284.1	4.53	28.19°	0.191	0.02
Quaoar	Kuiper belt (cubewano)	43.69	288.8	4.51	7.99°	0.040	0.007
Makemake	Kuiper belt (cubewano)	45.56	307.5	4.41	28.98°	0.158	0.02
Gonggong	Scattered disc (10:3)	67.38	553.1	3.63	30.74°	0.503	0.01
Eris	Scattered disc	67.78	558.0	3.62	44.04°	0.441	0.1
Sedna	Detached	506.8	≈ 11,400	≈ 1.3	11.93°	0.855	< 0.07

Physical attributes

@中国国家天文

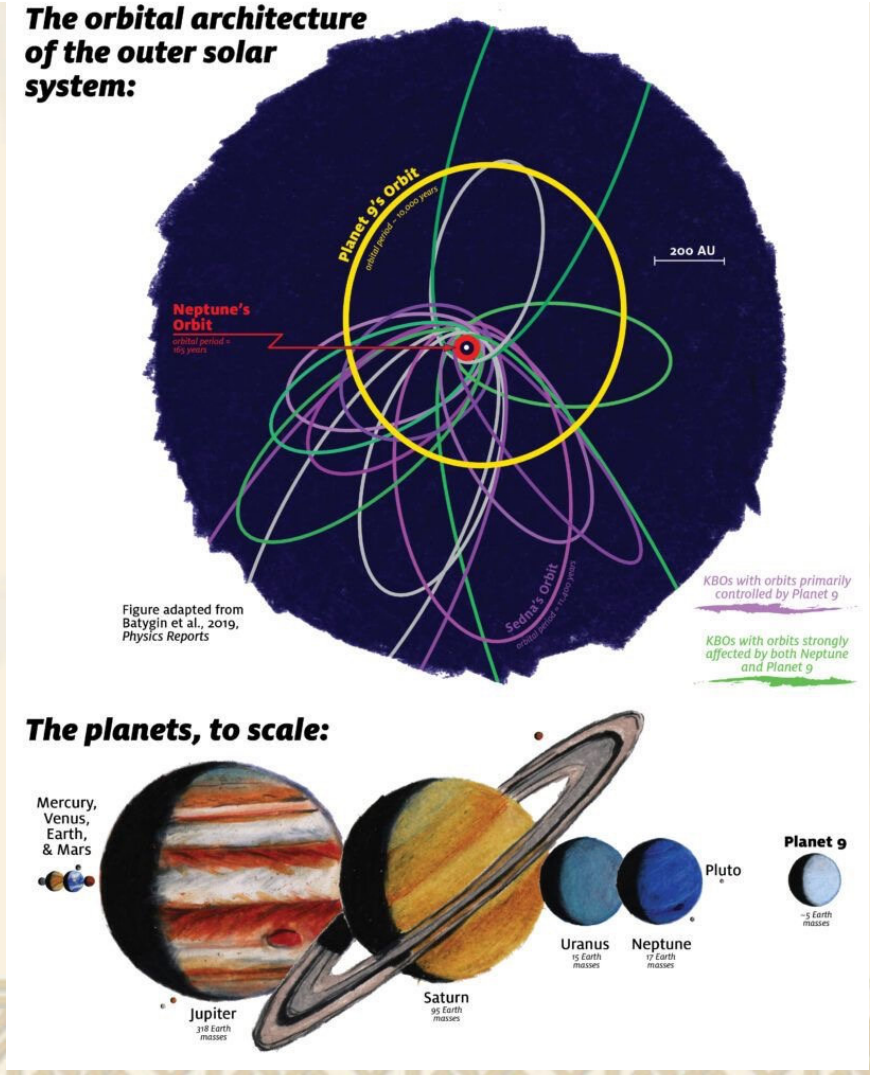
Name	Diameter relative to the Moon	Diameter (km)	Mass relative to the Moon	Mass ($\times 10^{21}$ kg)	Density (g/cm^3)	Rotation period (hours)	Moons	albedo	H
Orcus	26%	910^{+50}_{-40}	0.9%	0.64 ±0.02	1.57 ±0.15	13 ±4	1	$0.23^{+0.02}_{-0.01}$	2.2
Ceres	27%	939.4 ±0.2	1.3%	0.94	2.16	9.1	0	0.09	3.3
Sedna	29%	995 ±80	≈ 1%?	≈ 1?	?	10 ±3	0?	0.32 ±0.06	1.5
Quaoar	32%	1110 ±5	1.9%	1.4 ±0.2	2.0 ±0.5	17.7	1	0.11 ±0.01	2.4
(Charon)	35%	1212 ±1	2.2%	1.59 ±0.02	1.70 ±0.02	6d 9.3h	–	0.2 to 0.5	1
Gonggong	35%	1230 ±50	2.4%	1.75 ±0.07	1.74 ±0.16	22.4 ±0.2?	1	0.14 ±0.01	1.8
Makemake	41%	1430^{+38}_{-22}	≈ 4.2%	≈ 3.1	≈ 1.7	22.8	1	$0.81^{+0.03}_{-0.05}$	−0.3
Haumea	≈ 45%	≈ 1560[64]	5.5%	4.01 ±0.04	≈ 2.02[64]	3.9	2	≈ 0.66	0.2
Eris	67%	2326 ±12	22.6%	16.6 ±0.2	2.52 ±0.07	25.9 ±0.5	1	0.96 ±0.04	−1.1
Pluto	68%	2377 ±3	17.7%	13.03 ±0.03	1.85	6d 9.3h	5	0.49 to 0.66	−0.76

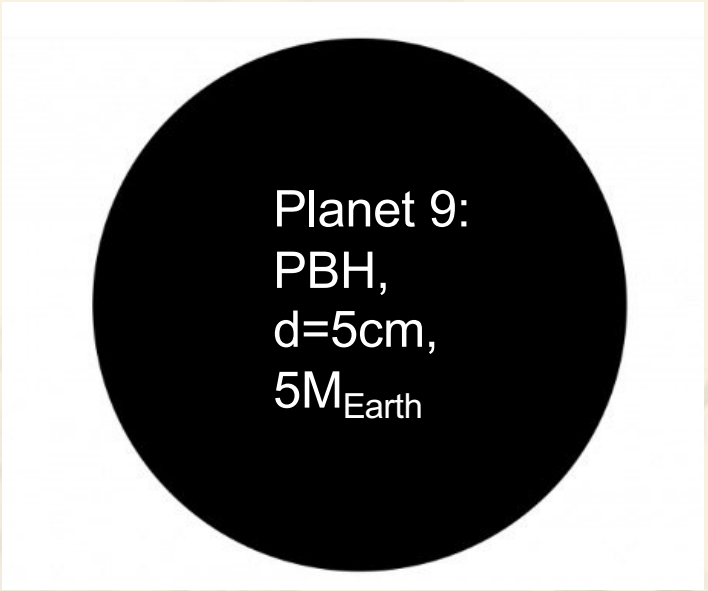
What if Planet 9 is a Primordial Black Hole?

Jakub Scholtz, James Unwin

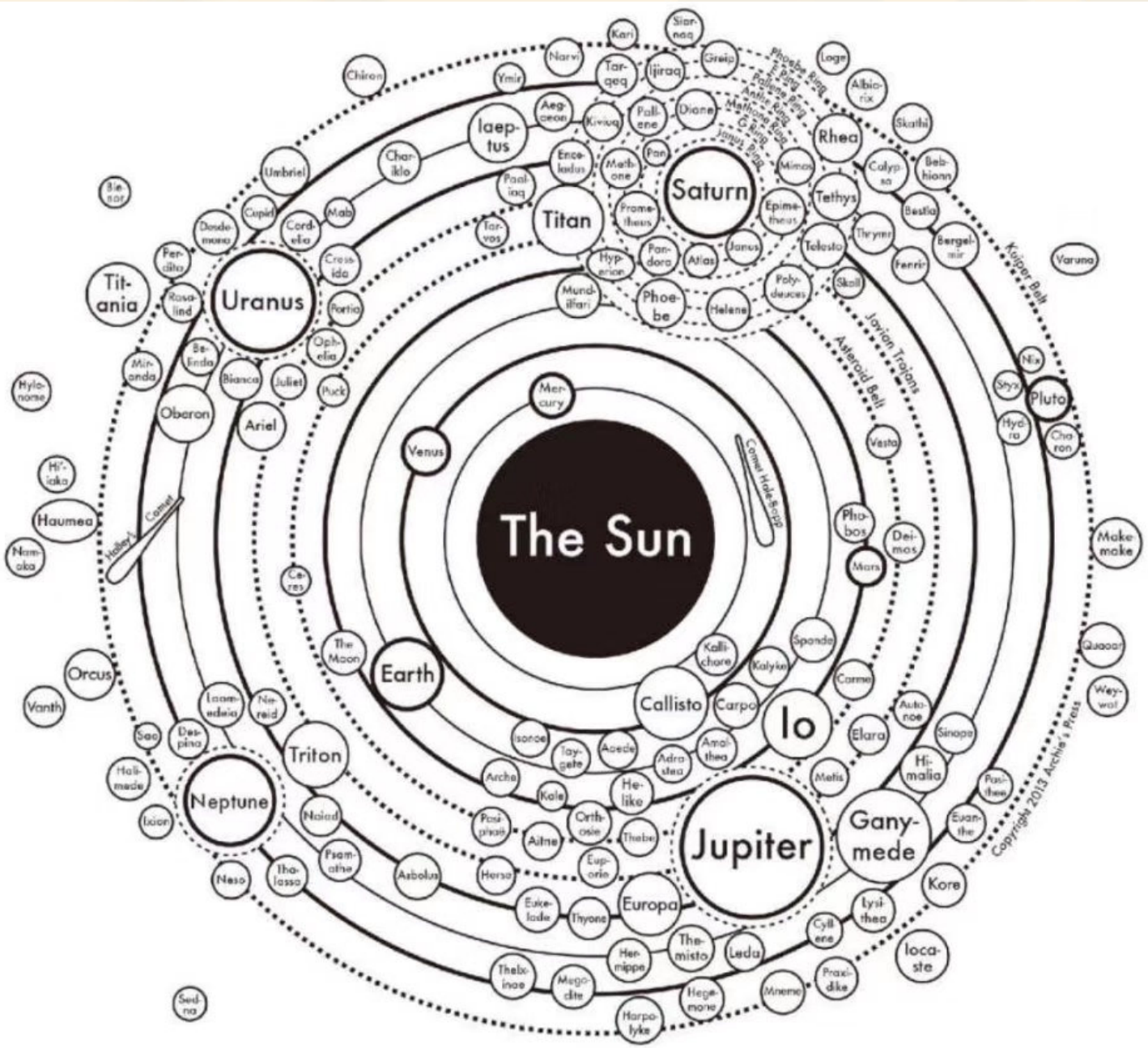
(Submitted on 24 Sep 2019)

We highlight that the anomalous orbits of Trans-Neptunian Objects (TNOs) and an excess in microlensing events in the 5-year OGLE dataset can be simultaneously explained by a new population of astrophysical bodies with mass several times that of Earth ($M_\oplus$). We take these objects to be primordial black holes (PBHs) and point out the orbits of TNOs would be altered if one of these PBHs was captured by the Solar System, inline with the Planet 9 hypothesis. Capture of a free floating planet is a leading explanation for the origin of Planet 9 and we show that the probability of capturing a PBH instead is comparable. The observational constraints on a PBH in the outer Solar System significantly differ from the case of a new ninth planet. This scenario could be confirmed through annihilation signals from the dark matter microhalo around the PBH.

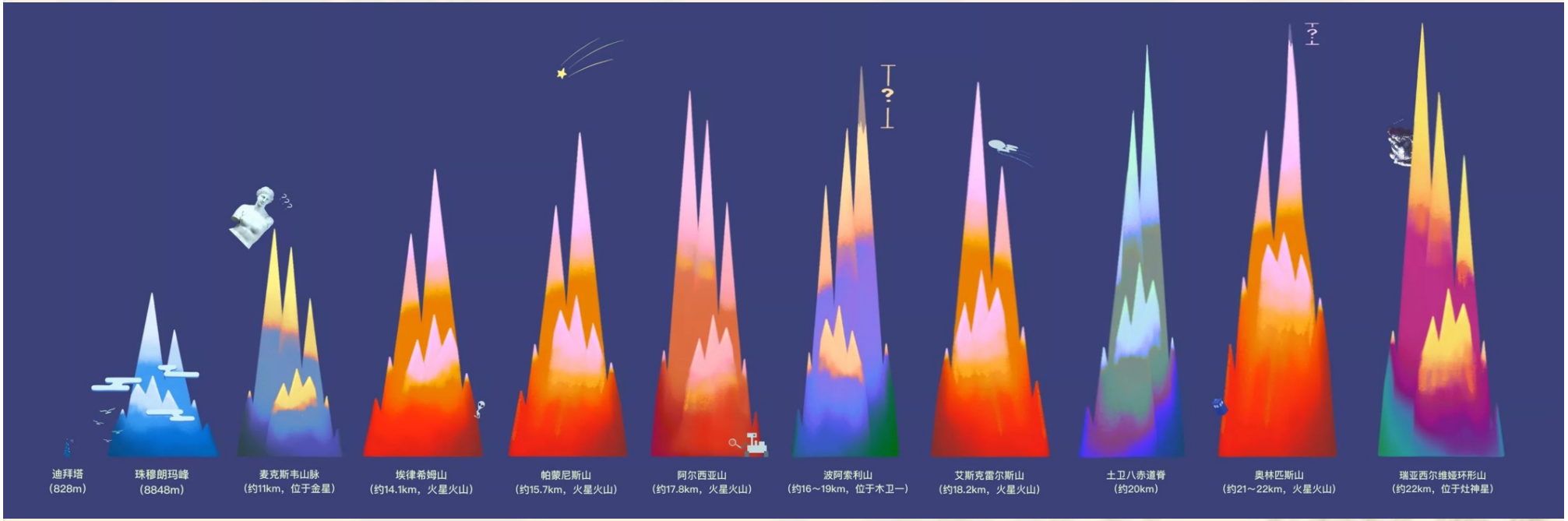


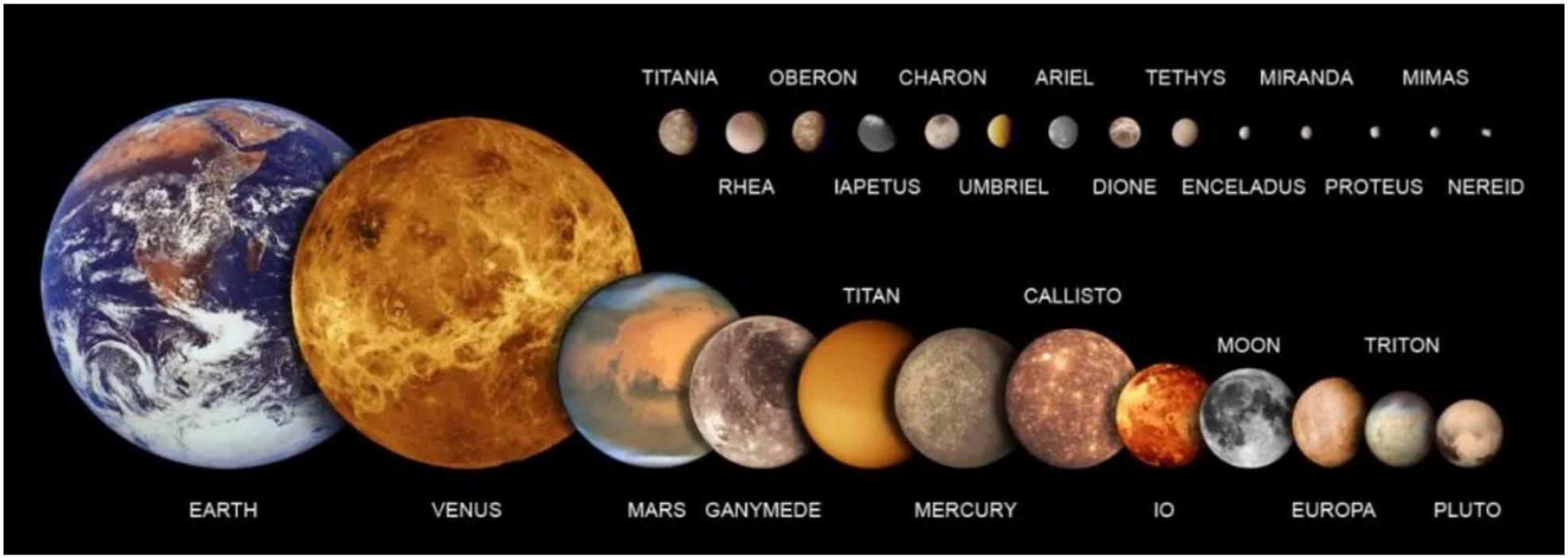


卫星数目大比拼


The Sun
Mercury
Venus
Earth
The Moon
Mars
Phobos
Deimos
Jupiter
Metis
Adrastea
Amalthea
Thebe
Io
Europa
Ganymede
Callisto
Leda
Himalia
Lysithea
Elara
Carme
Ananke
Sinope
Pasithee
Euanthe
Carpo
Euporie
Orthosie
Sponde
Kalyke
Kallichore
Thyone
Hermippe
Thelxinoe
Megaclite
Hegemone
Aitne
Arche
Kale
Taygete
Aoede
Erinome
Harpalyke
Praxidike
Mneme
Iocaste
Isonoe
Autonoe
Thyone
Cyllene
Kore
Saturn
Titan
Rhea
Iapetus
Dione
Tethys
Enceladus
Mimas
Methone
Pallene
Pan
Prometheus
Pandora
Epimetheus
Janus
Atlas
Helene
Telesto
Calypso
Thrymr
Skoll
Tarvos
Aegaeon
Kiviuq
Ijiraq
Paaliaq
Skathi
Albiorix
Bebhionn
Bestla
Bergelmir
Fenrir
Greip
Hyrrokkin
Jarnsaxa
Kari
Loge
Siarnaq
Tarqeq
Ymir
Narvi
Chiron
Phoebe
Mundilfari
Suttungr
Uranus
Titania
Oberon
Ariel
Umbriel
Miranda
Cordelia
Ophelia
Bianca
Cressida
Desdemona
Juliet
Portia
Rosalind
Belinda
Puck
Perdita
Cupid
Mab
Charlikio
Caliban
Sycorax
Prospero
Setebos
Stephano
Trinculo
Francisco
Margaret
Ferdinand
Neptune
Triton
Nereid
Naiad
Thalassa
Despina
Galatea
Larissa
Proteus
Halimede
Psamathe
Sao
Laomedeia
Neso
Hippocamp
Pluto
Charon
Nix
Hydra
Kerberos
Styx
Haumea
Hi'iaka
Namaka
Makemake
MK2
Quaoar
Weywot
Orcus
Vanth
Varuna
Ixion
Huya
Salacia
Actaea
Crantor
Gonggong
Borasisi
Ilmarë
Quaoar
Sedna
Chaos
Ceres
Vesta
Pallas
Hygiea
Interamnia
Davida
Europa
Cybele
Sylvia
Camilla
Eunomia
Psyche
Juno
Eros
Comet Hale-Bopp
Comet Halley
Kuiper Belt
Asteroid Belt
Jovian Trojans
Phoebe Ring
Janus Ring
Epimetheus Ring
Pallene Ring
Methone Ring
Anthe Ring
Alkyonides Group
Main Ring
Adrastea Ring
Metis Ring
Amalthea Ring
Thebe Ring
Copyright 2013 Archie's Press

太阳系高山大比拼

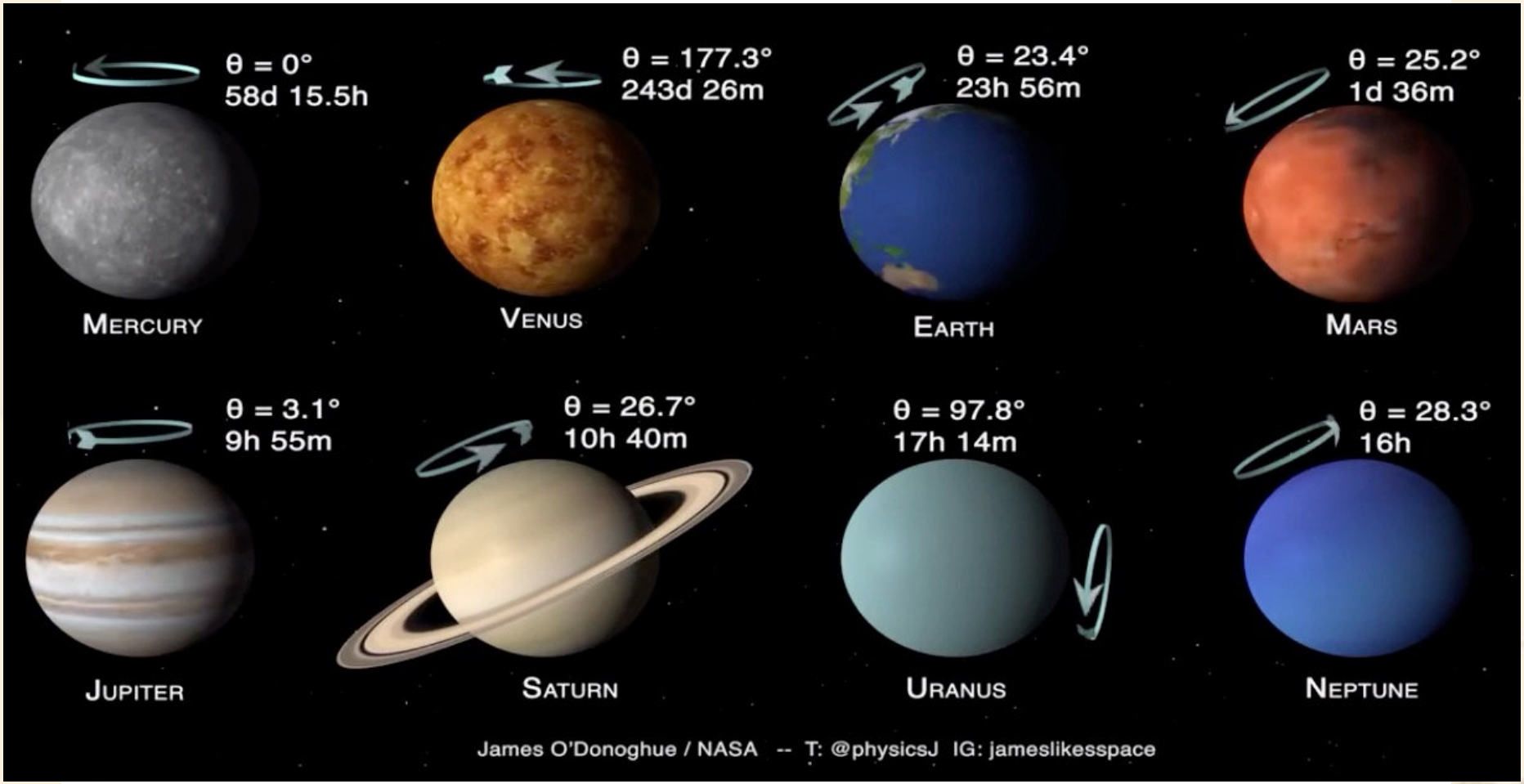

迪拜塔
(828m)
珠穆朗玛峰
(8848m)
麦克斯韦山脉
(约11km，位于金星)
埃律希姆山
(约14.1km，火星火山)
帕蒙尼斯山
(约15.7km，火星火山)
阿尔西亚山
(约17.8km，火星火山)
波阿索利山
(约16~19km，位于木卫一)
艾斯克雷尔斯山
(约18.2km，火星火山)
土卫八赤道脊
(约20km)
奥林匹斯山
(约21~22km，火星火山)
瑞亚西尔维娅环形山
(约22km，位于灶神星)



类地行星与较大卫星按体积从大到小的排列图 | 来源：wikipedia

太阳系八大行星的自转快慢与倾斜角

天文之心 2022-09-18 08:00



太阳系八大行星的自转快慢与倾斜角。其中最快的是木星，最慢的是金星。此外金星的自转方向还是逆着来的，所以金星上太阳打西边出来。天王星直接躺平了自转，而且“头”比“脚”还“低”一点。

来源与版权：NASA；

动画：James O'Donoghue (JAXA)

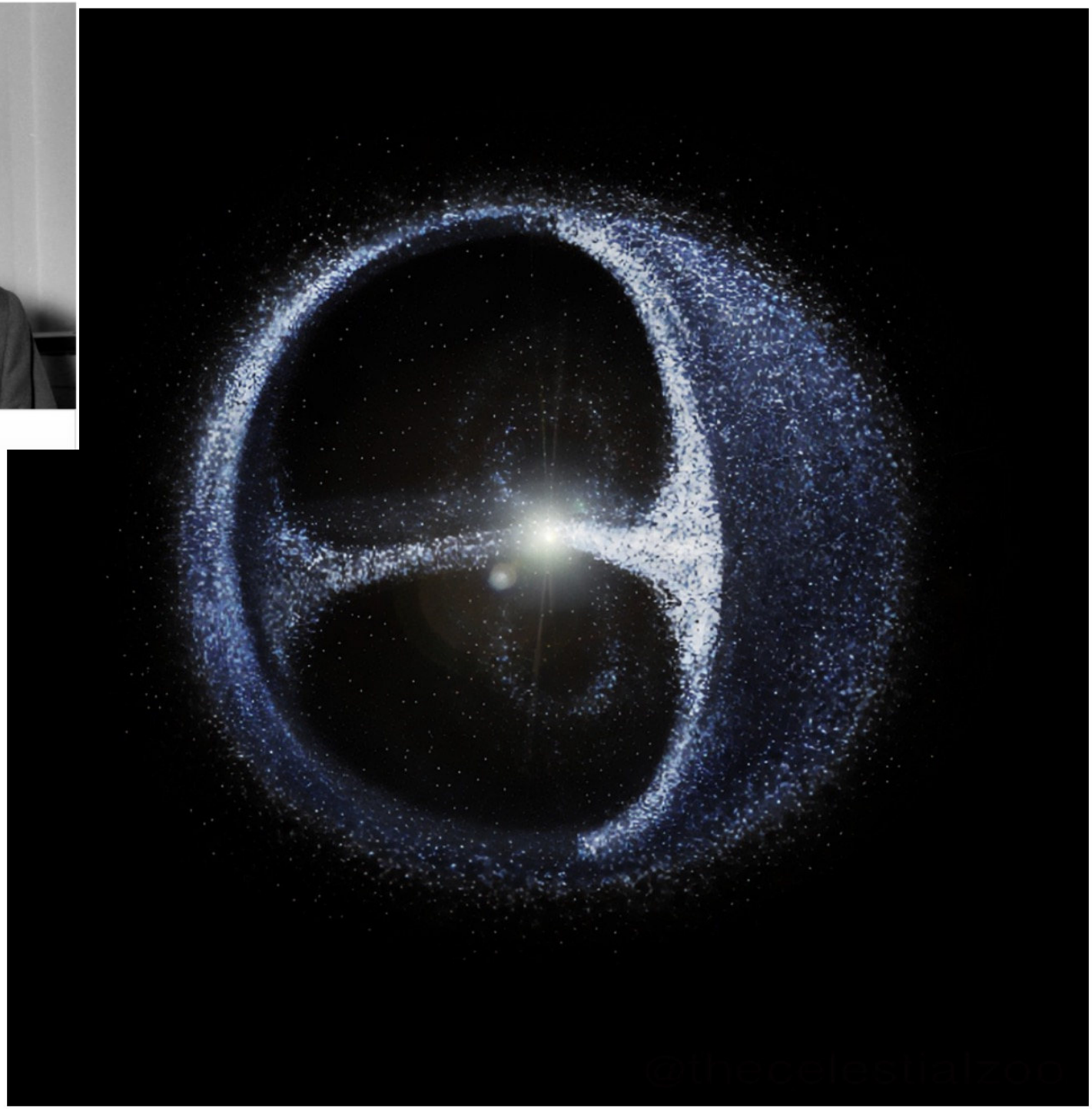
彗星

- 第谷仔细观测了彗星1577，发现其比月亮远至少4倍
- 1687年，牛顿利用1680/1681亮彗星的轨道数据，证明其轨道为双曲线（太阳为一焦点）
- 哈雷彗星
  - 计算了1337-1698年，24个彗星的轨道
  - 哈雷彗星1P/Halley：~76年周期，1531-1607-1682-1757（？），1758年圣诞被观测到！
  - 1066，1910年，亮、壮观，1985/1986：远，暗，肉眼依稀可见（下一次2061年）
  - 第一次被拍：1910
  - 最早可能于1301年被发现

哈雷彗星

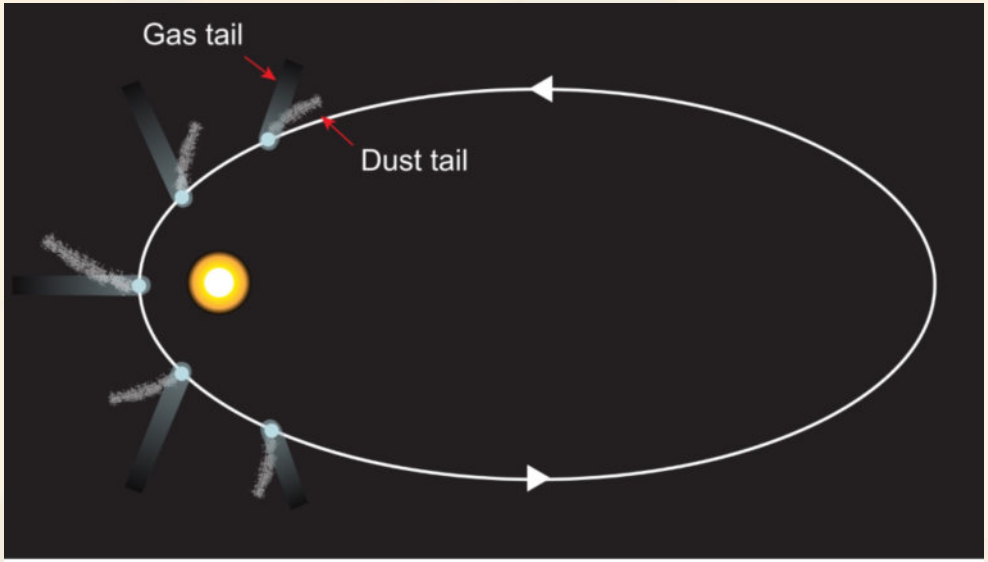
- 彗星
  - 小的太阳系天体，近日时大气扩散，可成彗尾
  - 彗核（D~10km，尘埃、水冰和气体冰）、彗发（彗核物质升华的云状物）、彗尾
  - 脏雪球：岩石、尘埃，被冰覆盖
  - 长周期彗星：来自Oort云（r~1 l.y., ~10^{12}彗星；Kuiper belt之外），通常可见一次
  - 短周期彗星（周期<200年）
    - 来自Oort云的彗星受木、土星的引力影响（近日轨道）
    - 多数被认为来自Kuiper带
  - 目前发现约：~3000彗星，其中几百个为短周期
  - 平均一年一个肉眼可见彗星

Jan H Oort



奥尔特云想象图 | Wikipedia

- 彗核
  - 大小：~ 0.5-50km
  - 成份：岩石、尘埃、冰、冻的气体：二氧化碳、一氧化碳、甲烷、氨，以及一些有机分子：甲醇、甲醛、乙醇、乙烷，甚至氨基酸
  - 形状不规则：引力太小
  - 远离太阳时基本不可见
    - 小
    - 低的反照射率
  - 彗尾
    - 离子气体尾（太阳风），背离太阳，蓝色（氰）
    - 尘埃尾（辐射），黄色，沿轨道弯曲



离子尾（Gas tail）和尘埃尾（Dust tail）方向示意图 | 维基

- 彗发

  彗发可能比太阳还大；彗尾可达~ 1AU

  质量损失厉害：最后化为尘埃或小行星状的石块

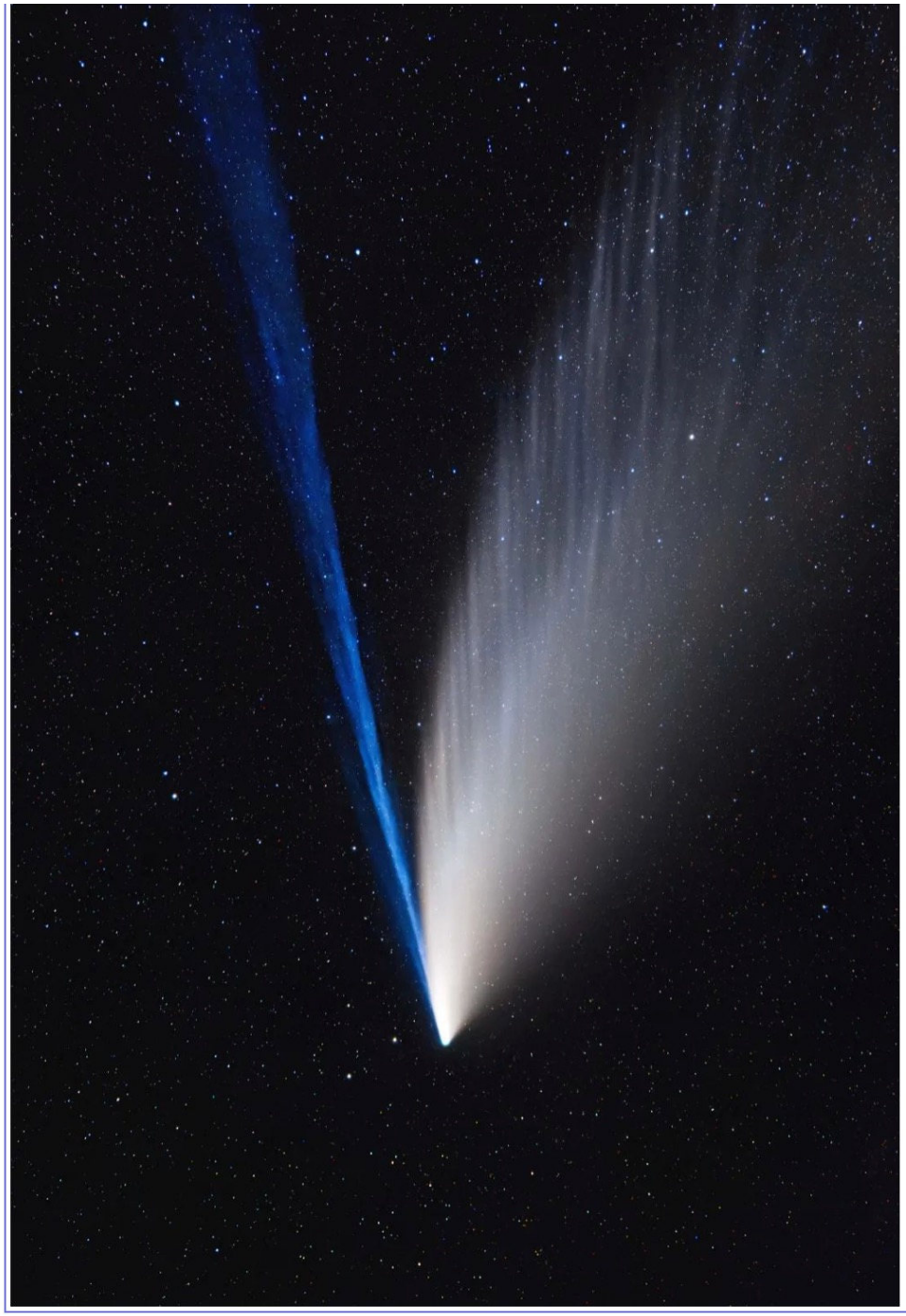
- 对地球的影响

  给地球带来水以及有机物！甚至生命起源！

海尔-波普彗星

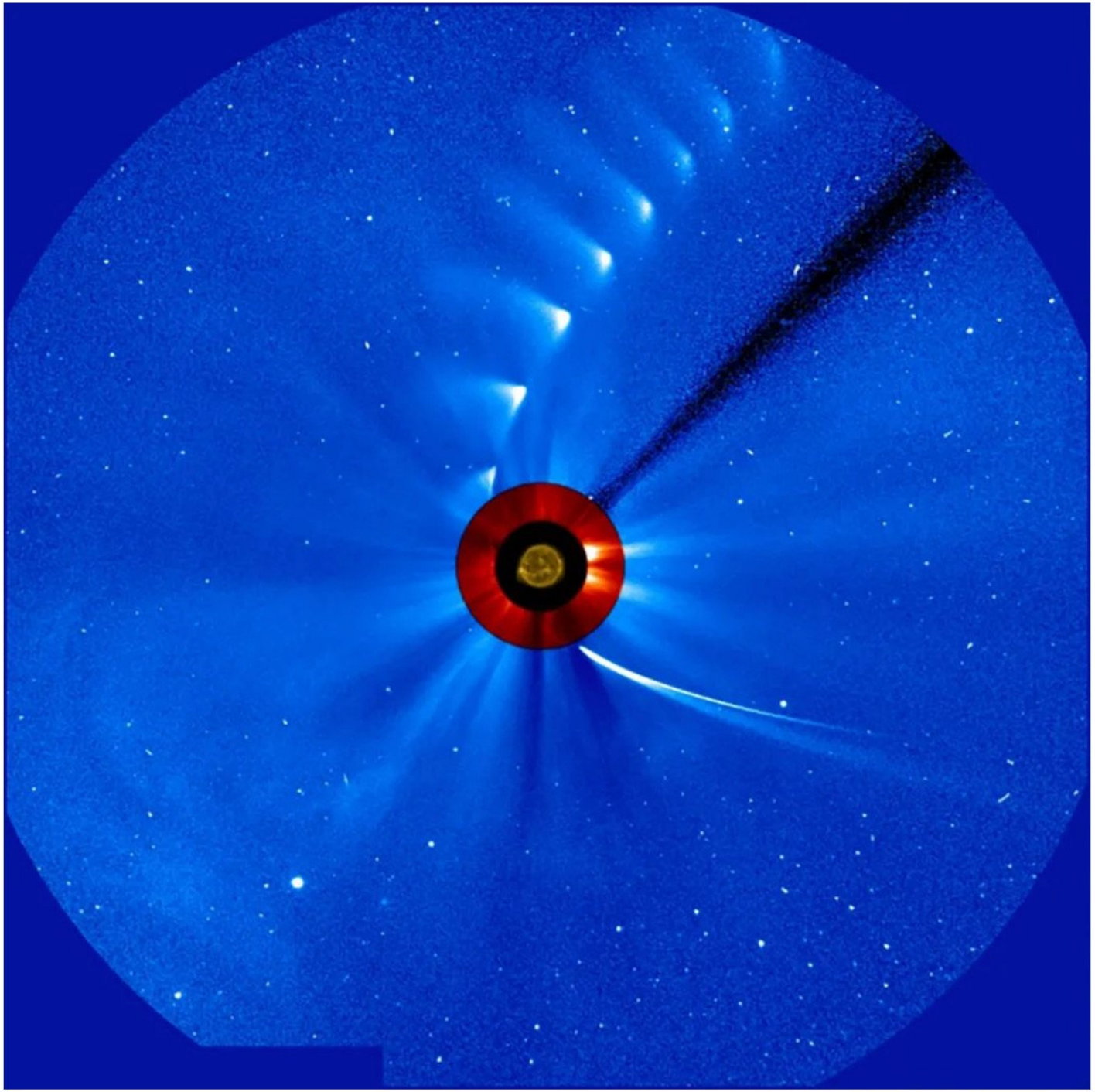
“新智彗星”高光时刻

这是一颗具有接近抛物线轨道的逆行长周期彗星，于2020年3月27日由NASA的广域红外线巡天探测卫星发现，并以其探测任务“NEOWISE”为名。该彗星在7月上旬通过近日点期间亮度激增，视星等一度达到0等，系北半球继1997年的海尔-博普彗星后，迄今可观测到最亮的彗星。



彗星扫过北方天空，展现出长长的彗尾。浅色的尘埃彗尾呈现宽大的弧形，与之分离的蓝色彗尾，是由彗发中物质被太阳风的磁场拖曳出来所形成的离子尾，在阳光作用下发出了荧光。版权 / 林子轩

图：第三代宽场照相机拍摄的ISON彗星。（来源：NASA, ESA, and the Hubble Heritage Team）

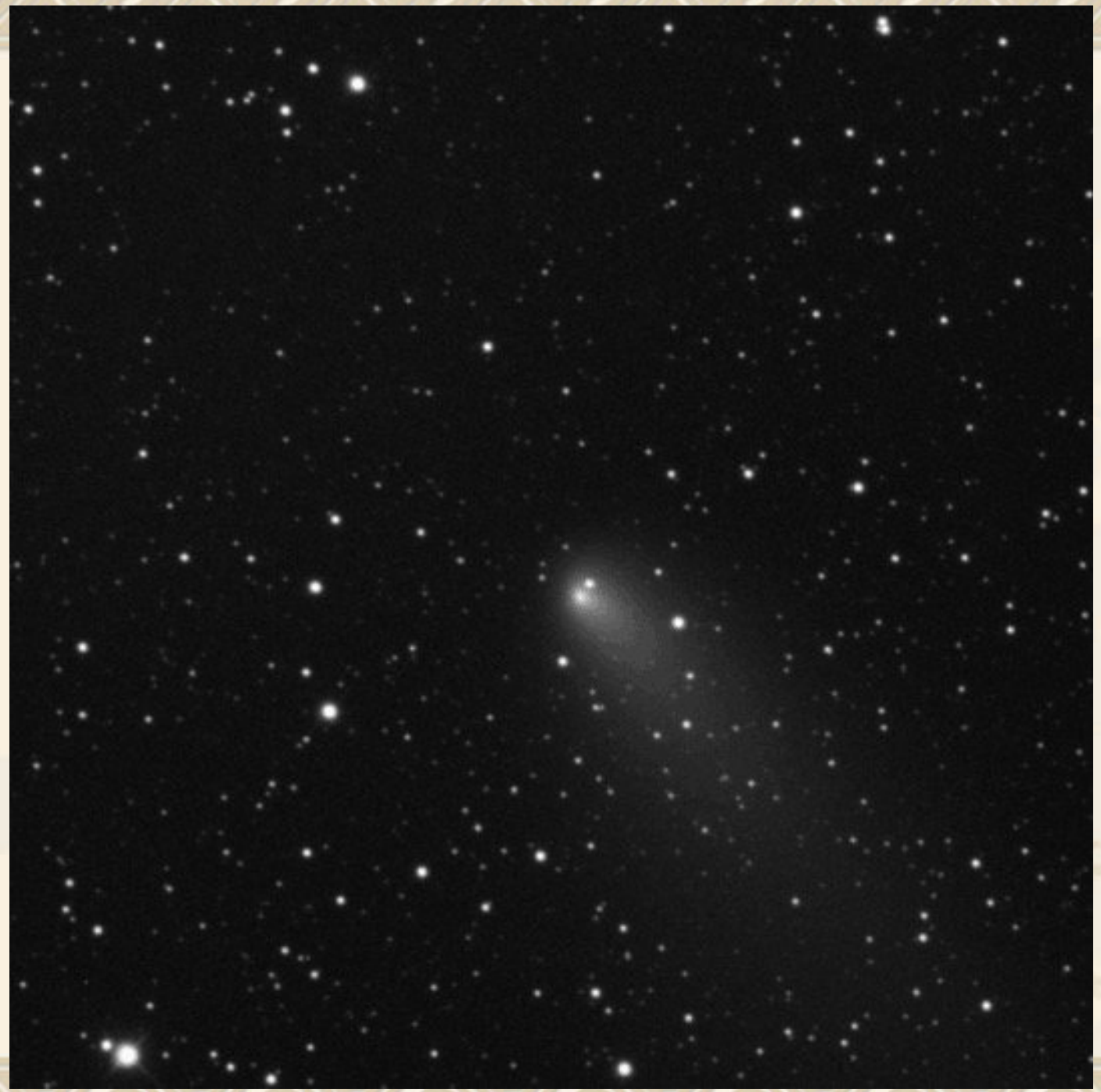


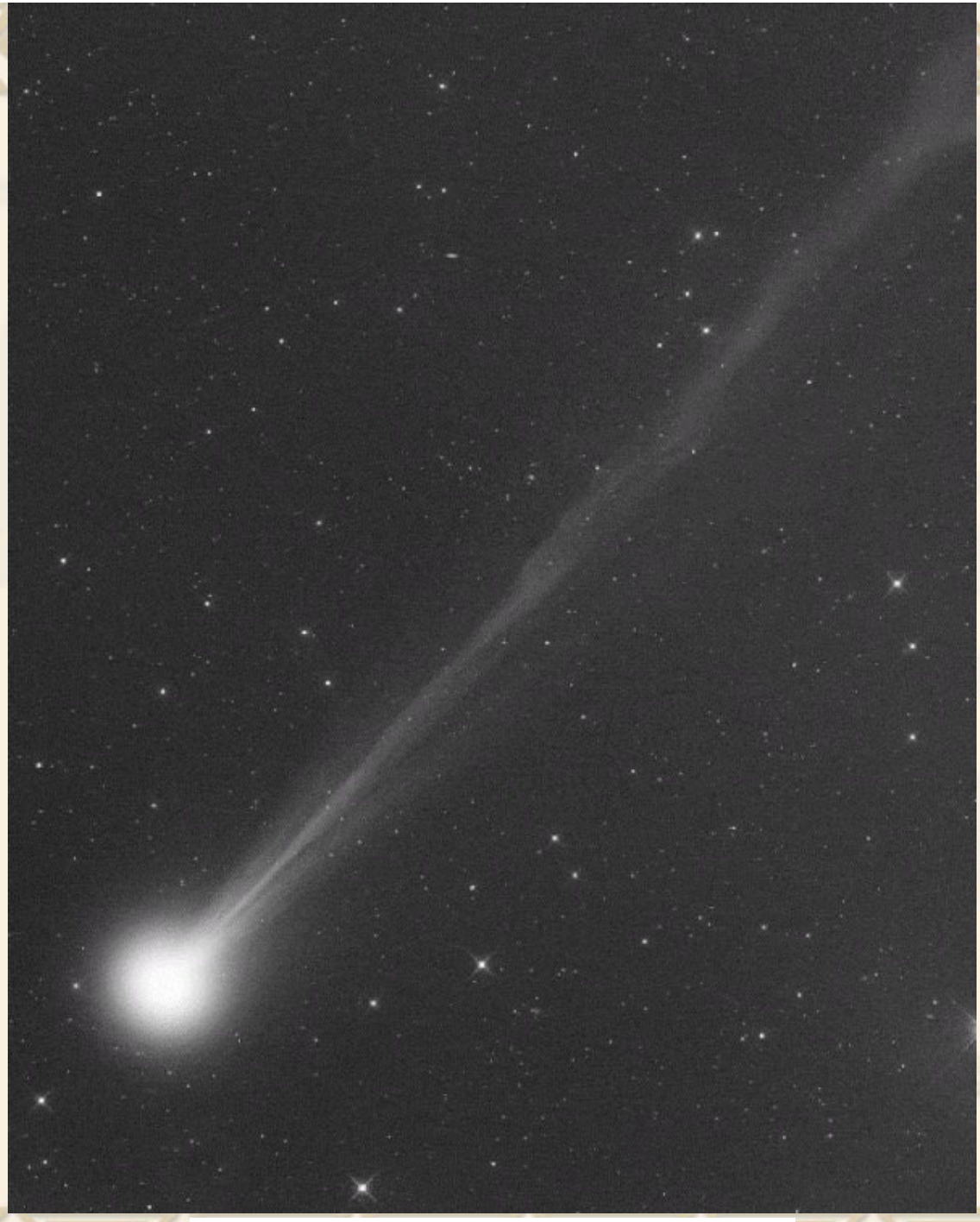
2013年，ISON彗星从画面右下方拖着优雅的彗尾接近太阳，经过近日点后逐渐粉碎消散，从右上方离开 | NASA、ESA、SOHO

百武彗星

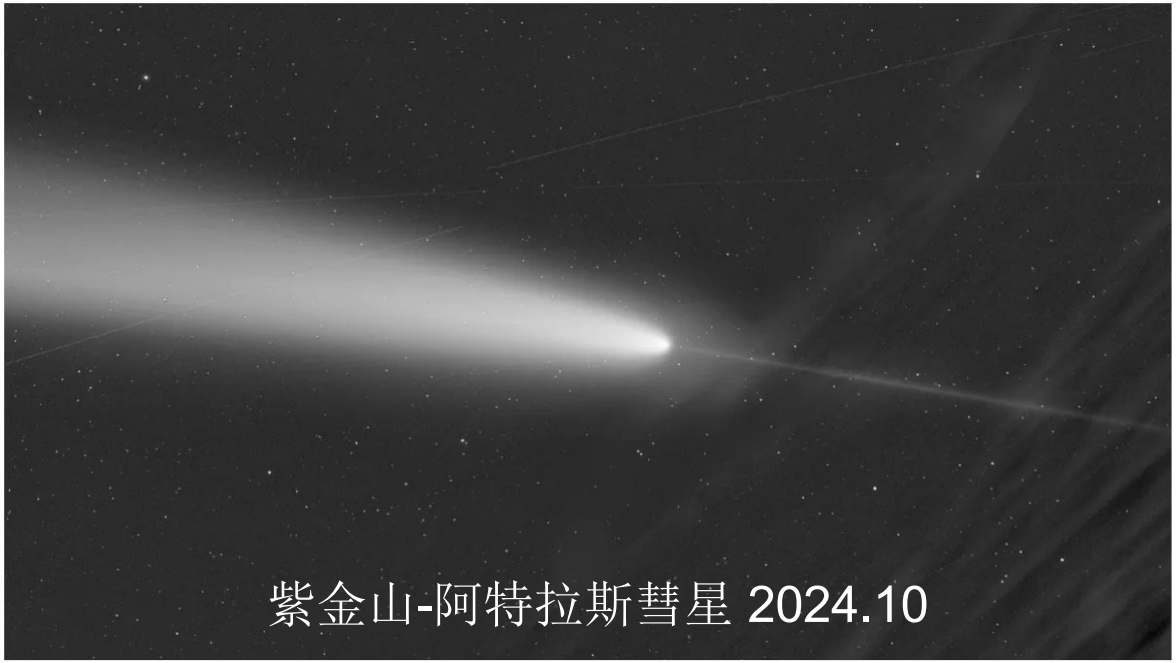
刘卓楷获奖作品：C/2021 A1 (Leonard)

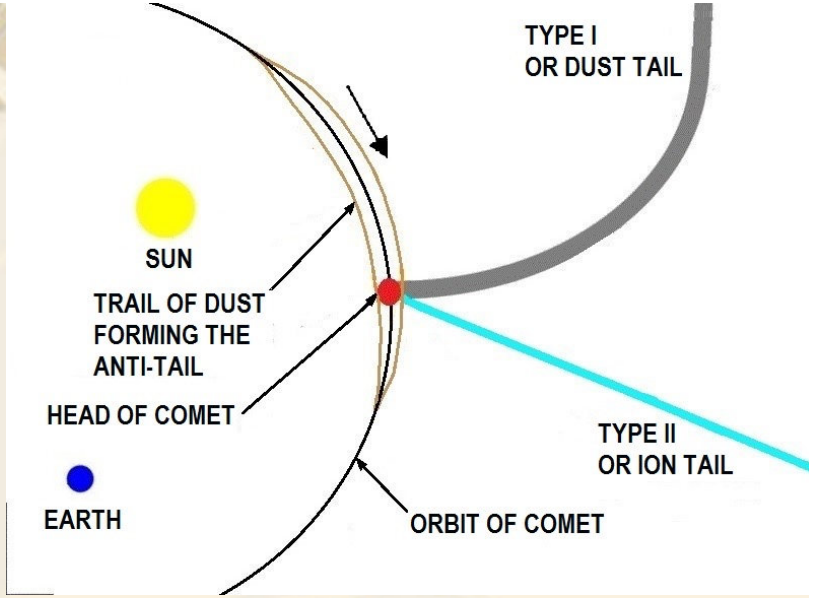
这幅图像是用刘卓楷与其多位合作伙伴建立的“趣拍星”远程望远镜平台上，一台位于智利的180mm口径望远镜拍摄的。由于伦纳德彗星的彗尾变化极快，在几分钟内就会产生明显变化，而望远镜配备的相机为单色相机，使用RGB三色滤镜进行拍摄，因此在这幅图像中彗尾形成了彩虹般的颜色。这台望远镜同样加入了μFUN微引力透镜后随观测团队，并于2021年7月和2022年4月协助发现了两颗系外行星候选体。





彗尾在空中不断抖动。/ Gerald Rhemann

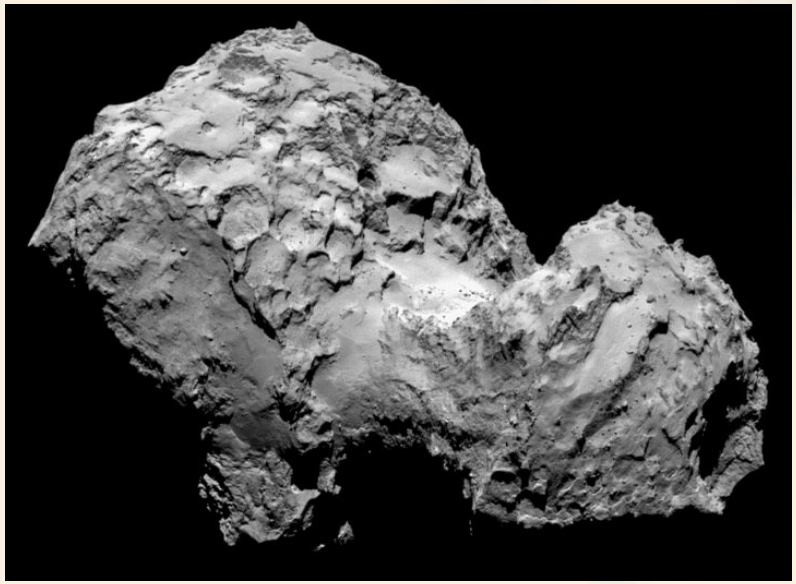




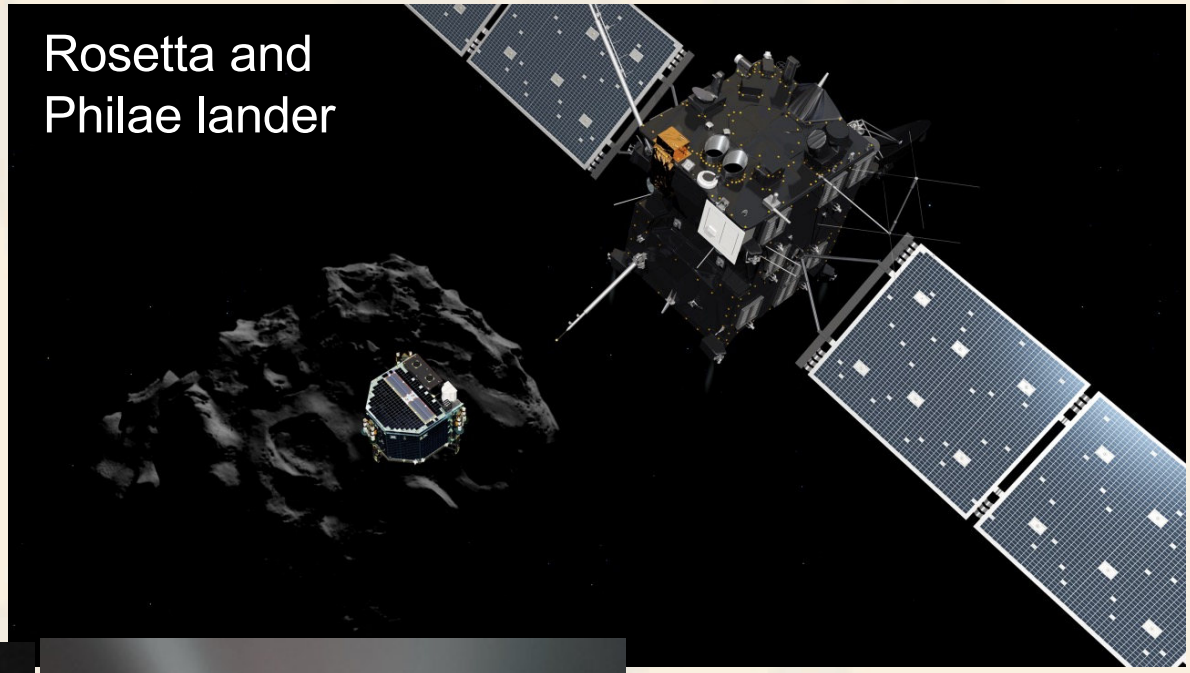
Comet Tsuchinshan-ATLAS was spotted with a thin streak of light, known as an anti-tail, pointing in the complete opposite direction to its bright streaming tail. This photo was taken on Monday (Oct. 14). (Image credit: Michael Jäger)

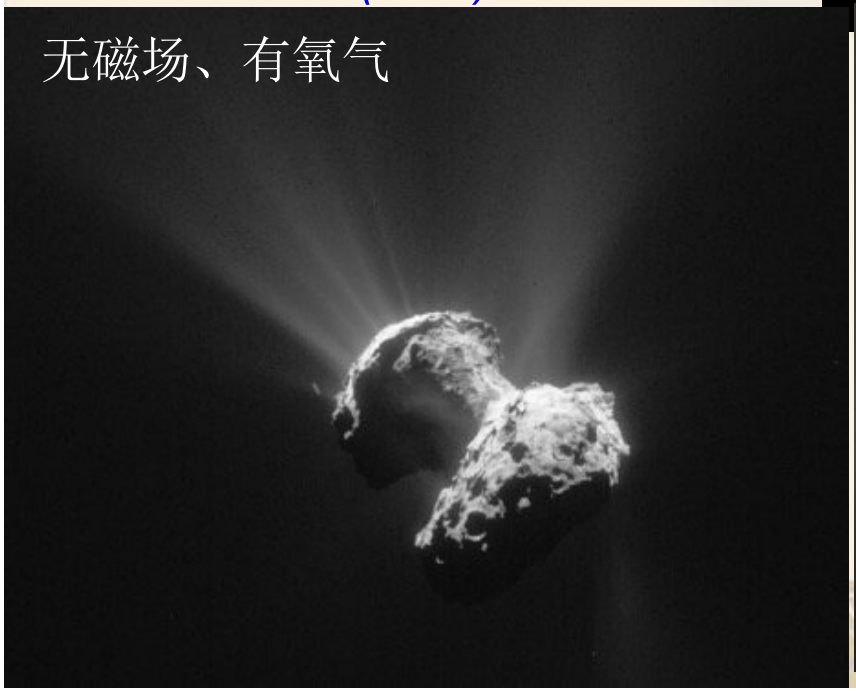
彗翎（也称**逆向彗尾**或**反尾**）是从彗星的彗发投射出来的明显的尖峰，它似乎朝向太阳，因此在几何上与另一个彗尾相反：**离子尾**和**尘埃尾**。然而，这种现象是从地球上看到的视错觉。彗翎是由更大的尘埃颗粒组成，它们受太阳辐射压力的影响较小，并倾向于大致保持在彗星的轨道平面内，最终由于颗粒从彗星表面喷出的速度而沿彗星轨道形成盘状。当地球穿过彗星的轨道平面时，是由侧面看见这一盘面，并表现为特征性的尖峰[1]。尽管盘的另一面往往会消失在尘埃的尾部，但有时仍可以看到。因此，通常只有当地球穿过彗星的轨道平面时，才能在短时间内看到彗翎[2][3]。 （wiki）

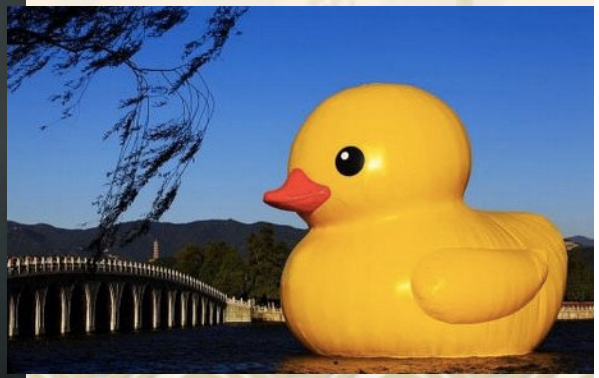
彗星67P/Churyumov-Gerasimenko



(ESA)

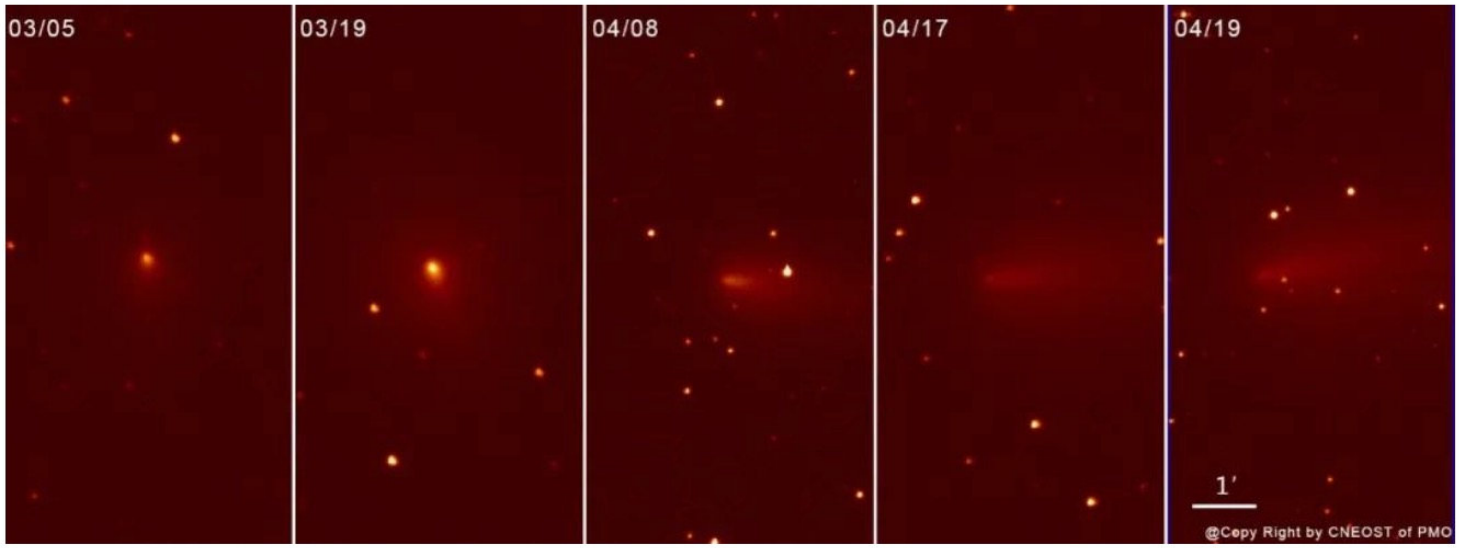






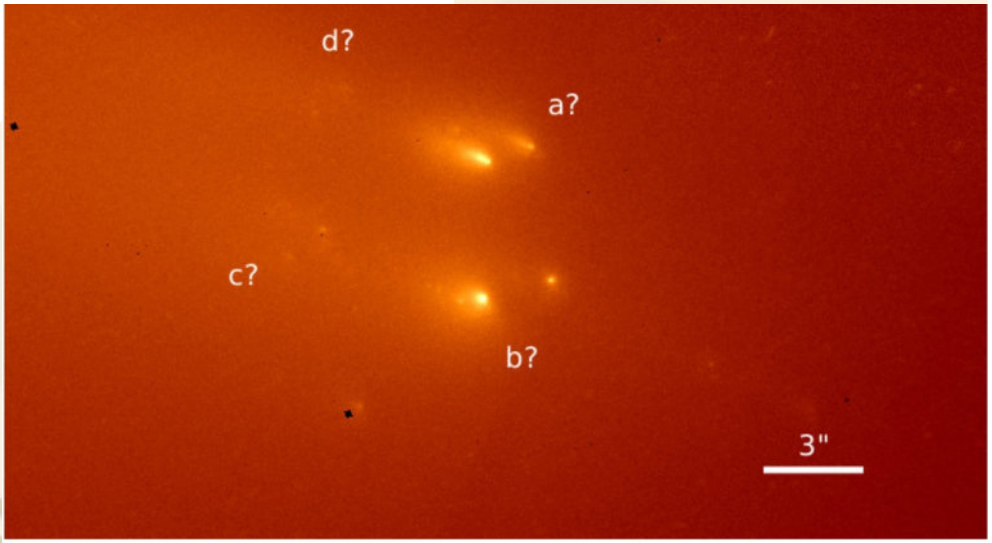
Y4：据说要和太阳肩并肩的“世纪大彗星”

C/2019 Y4（ATLAS），一颗由同名美国望远镜ATLAS（Asteroid Terrestrial-impact Last Alert System）于2019年12月28日在大熊座发现的彗星，正在向太阳进发。



近地天体望远镜拍摄的C/2019 Y4系列图像

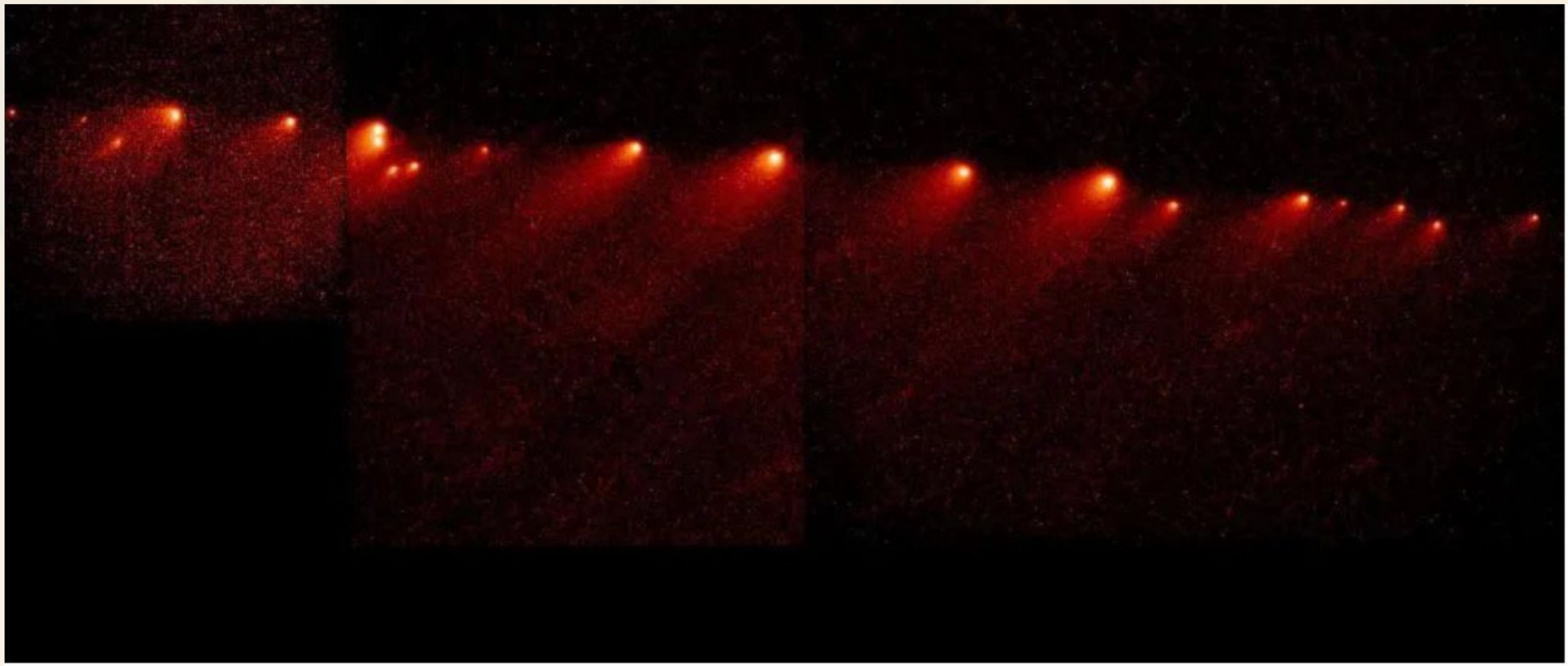
| 图源：紫金山天文台



哈勃望远镜拍摄的C/2019 Y4碎片 | 图源：叶泉志/HST

(赵海斌 中国科学院紫金山天文台)

著名的彗木相撞事件就是来自“苏梅克-列维9号”（SL9）彗星（D/1993 F2）解体的碎片，该彗星在距离木星大气层上方2.5万千米飞掠时被木星的强大潮汐力瓦解，引发了一场惊世（警世）大剧，开启了人类轰轰烈烈地寻找近地天体的序幕。所以，流浪地球要向木星借力，方案可不是随便拍脑袋就可以定的哦！



SL9彗星碎片阵列 | 图源：NASA/HST

(赵海斌 中国科学院紫金山天文台)

根据观测特征，彗星分裂通常有两种类型：

◎ **抛出型**：彗核分裂后主体保留，抛出少量几十米尺度的小碎块。一个彗星可能多次发生这类分裂事件。大多数彗核分裂事件属这种类型。不久前分裂的2I/Borisov似乎就属于这一类。

◎ **粉碎型**：彗核分裂成大量碎块，无法辨识主体，通常认为彗核已彻底瓦解，如彗星D/1993 F2（SL9）和彗星C/1999 S4（LINEAR）。而Y4貌似更接近这一类。

基于目前认识，彗星的分裂机制主要有以下几种：

(赵海斌 中国科学院紫金山天文台)

◎ **潮汐撕裂** 与大质量天体（太阳或大行星）发生密近交会的彗星，本体内部所受引力差超过其抗拉强度，引发潮汐分裂。分裂在彗核中心发生，并影响整个彗核。潮汐分裂的结果通常产生核中心大碎片和核表面小碎片，小碎片的多寡取决于核的内部结构。即使大质量天体潮汐力不能直接导致彗核分裂，也可能使彗核产生裂缝，从而削弱它的抗拉强度，给其他分裂机制创造条件。

◎ **自转分裂** 当彗核自转产生的离心力超过其抗拉强度时，彗核也会发生分裂。高抗拉强度的“致密”核多数从中心发生分裂，而低抗拉强度的核可能从表面产生大量碎片。自转分裂取决于彗核自转速度，可以在任何日心距处发生。

◎ **热应力分裂** 随着彗星日心距变小，太阳辐射的加热效应可以深入彗核内部，由此彗核内部会产生热应力。如果热应力超过彗星材料强度，就可能发生彗核分裂甚至瓦解。

◎ **内部气压导致分裂** 当彗星接近太阳时，次表层空穴中高挥发性冰（如CO冰、干冰）升华，可使彗核内部气压升高。如气压不能通过表面活动释放，就可能超过彗核抗拉强度，从而引发彗星分裂。

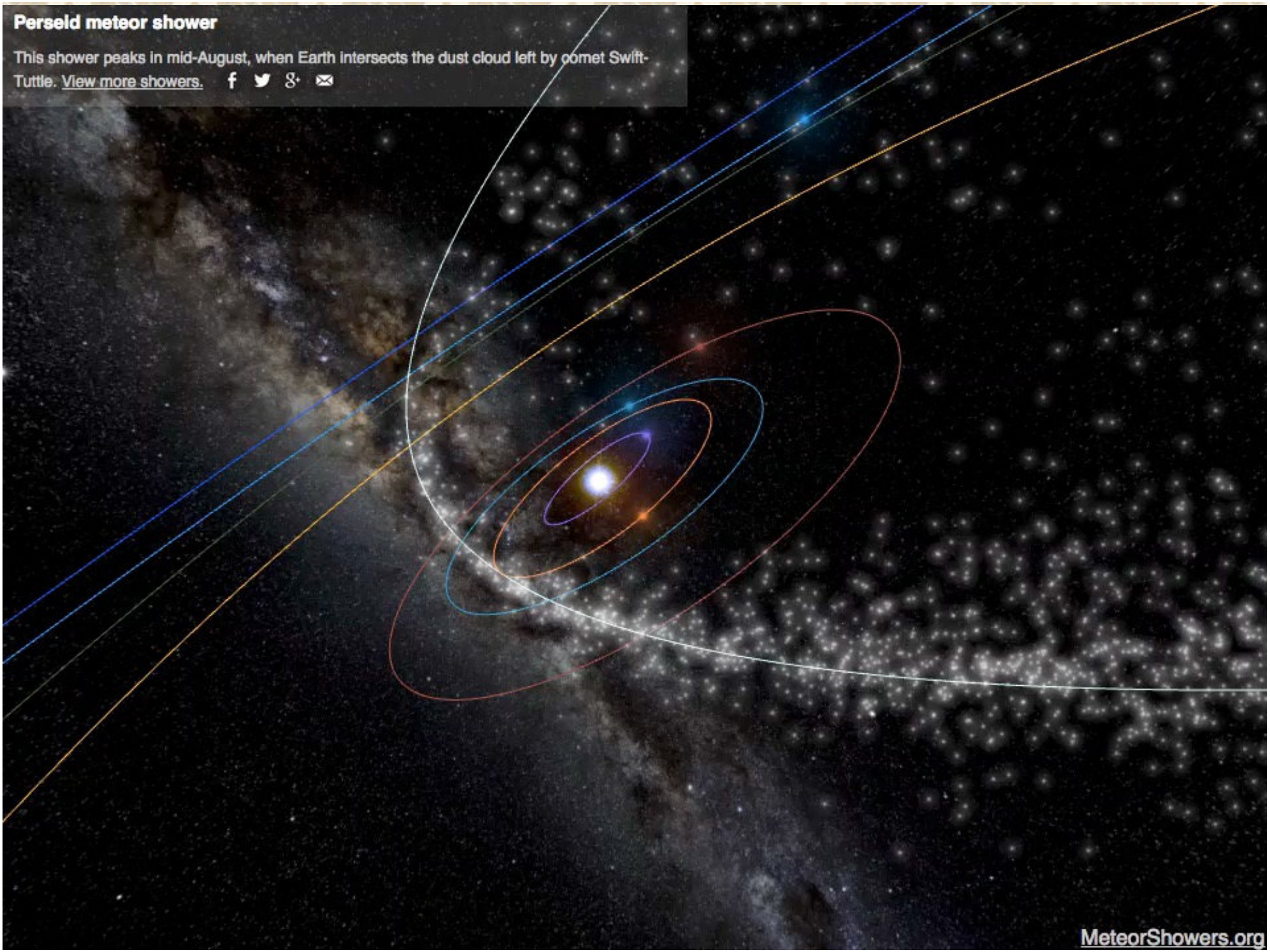
◎ **撞击引发彗核分裂** 彗核可能与其他太阳系小天体发生超高速碰撞，从而摧毁整个彗核。更有甚者，彗星还可能被自身产生的碎片撞击而导致分裂。

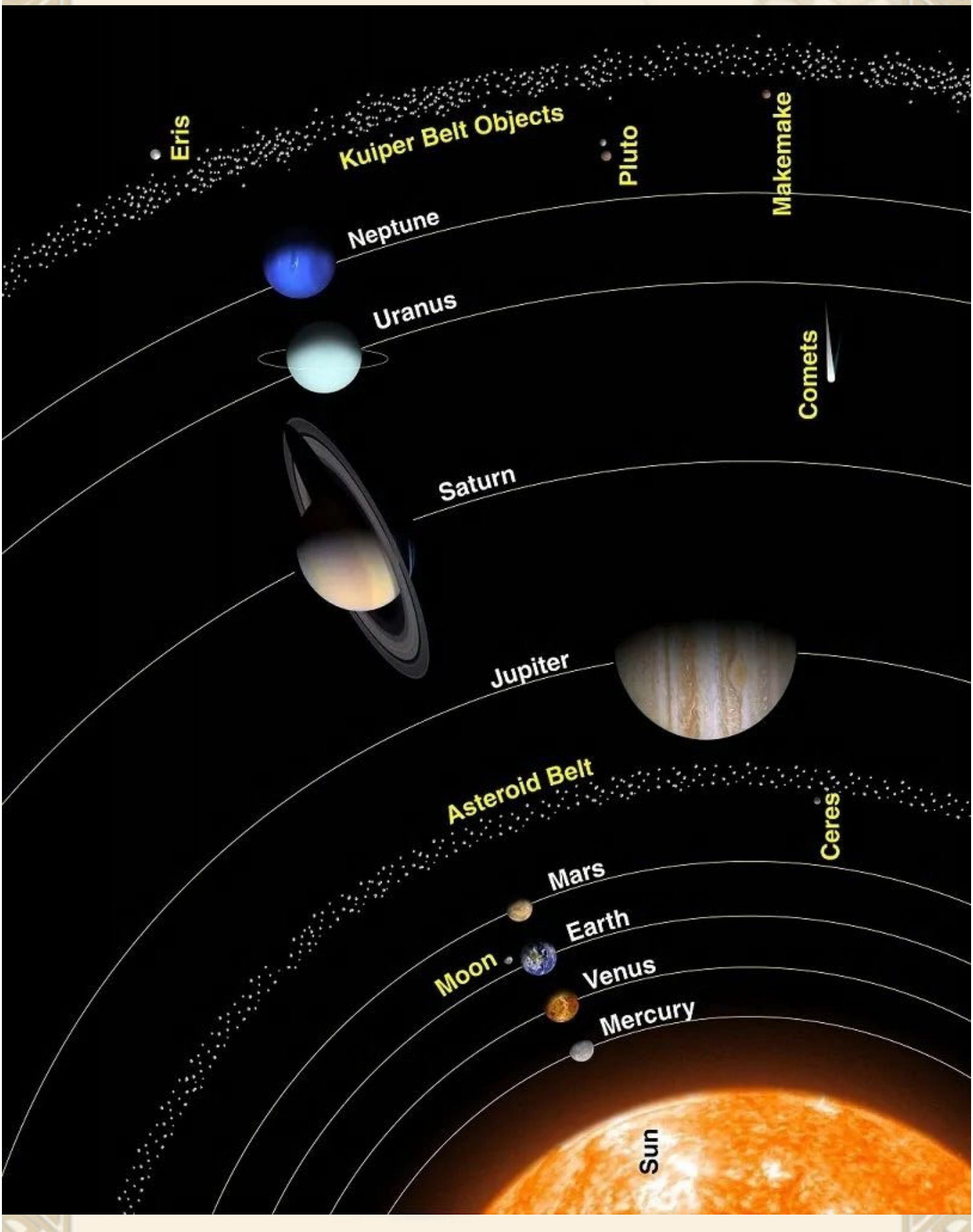
实际观测中，除了像“苏梅克—列维9号”等为数不多的几颗彗星可以确定是潮汐撕裂的，绝大多数彗星分裂的原因不详，可能是上述某种机制造成的，更可能是多重机制联合作用的结果。

流星雨

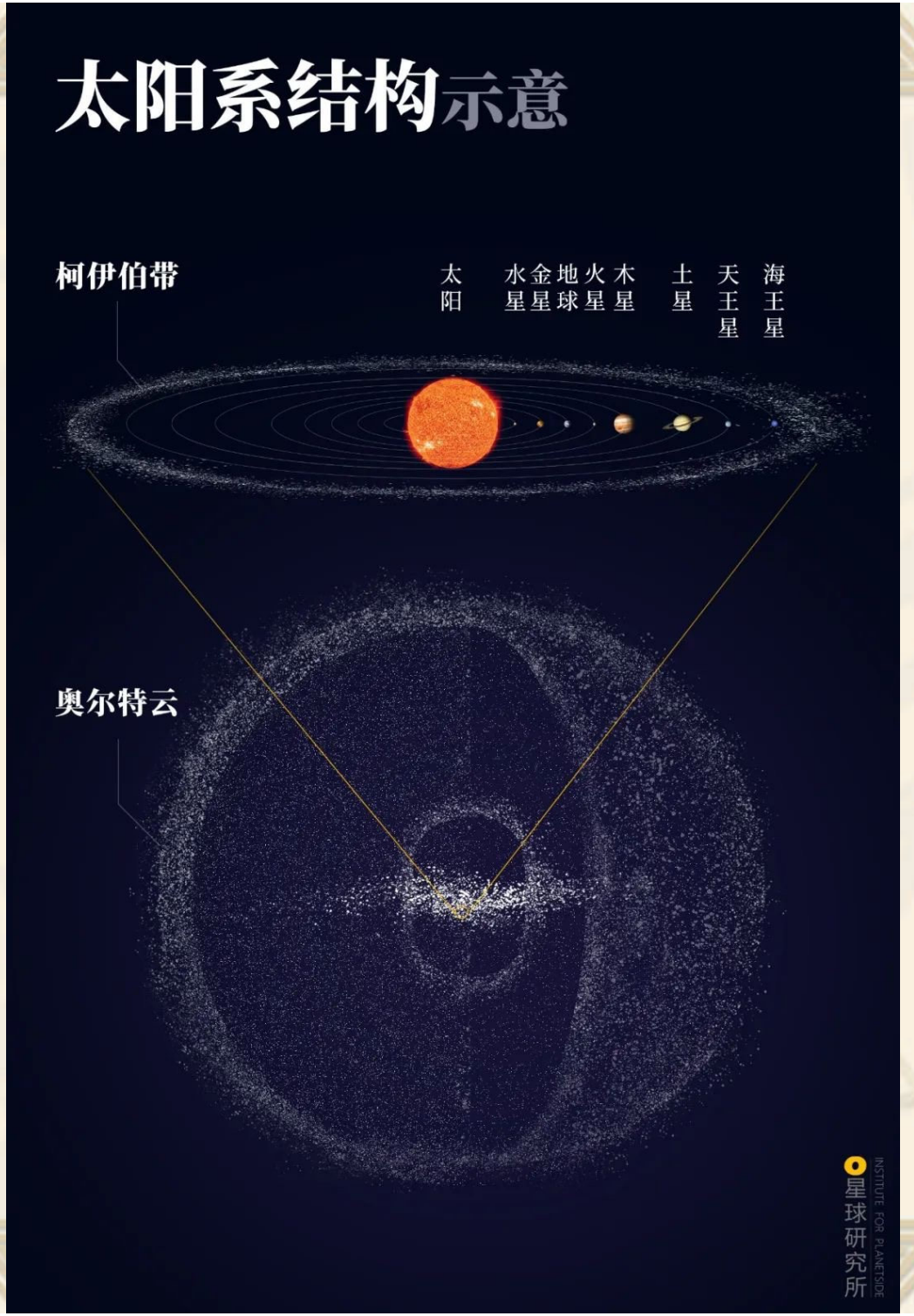
丽江观测站

SZAO
上海
天文馆
Shanghai
Astronomy
Museum
深圳天文
双子座流星雨（云南丽江观测点）
22:26:38


Perseid meteor shower
This shower peaks in mid-August, when Earth intersects the dust cloud left by comet Swift-Tuttle. View more showers.
MeteorShowers.org


Eris
Kuiper Belt Objects
Pluto
Makemake
Neptune
Uranus
Comets
Saturn
Jupiter
Asteroid Belt
Ceres
Mars
Earth
Moon
Venus
Mercury
Sun

太阳系结构示意


柯伊伯带
太阳
水星
金星
地球
火星
木星
土星
天王星
海王星
奥尔特云
星球研究所
INSTITUTE FOR PLANETSIDE

第一个来自星际空间的小行星

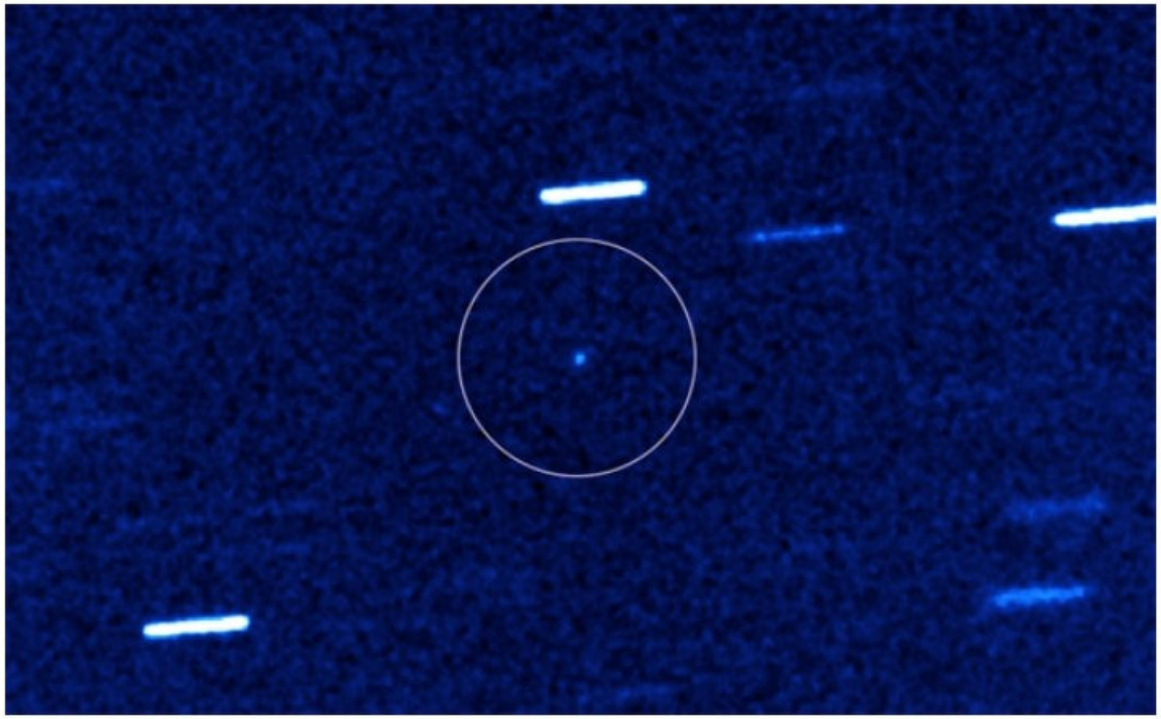
NATURE | NEWS

Astronomers race to learn from first interstellar asteroid ever seen

Wonky orbit confirms that this visitor isn't from around here.

Ken Croswell

31 October 2017

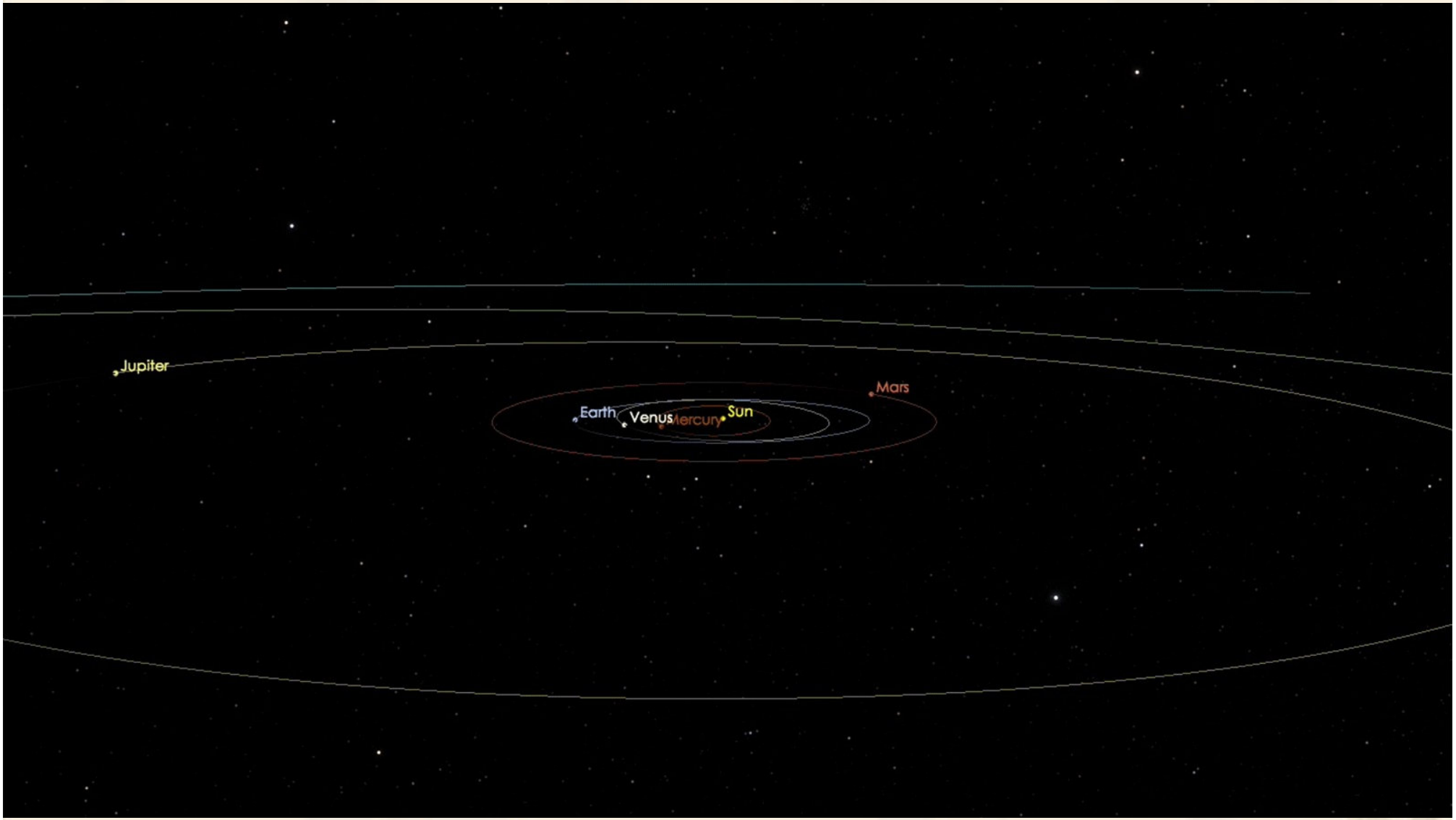


Alan Fitzsimmons, Queen's University Belfast/Isaac Newton Group, La Palma.

The interstellar asteroid A/2017 U1 (circled) is rushing away from Earth and is currently traversing the Pisces constellation.

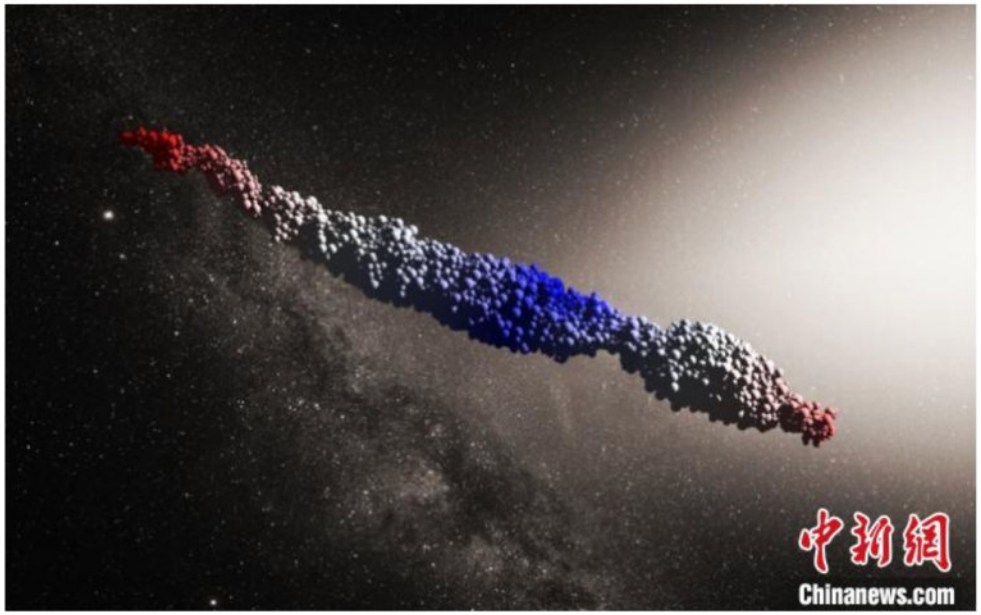
Oumuamua，在夏威夷土语中意为来自远古的信使（“奥陌陌”）

第一个来自星际空间的小行星



天文学家揭示太阳系首个到访星际天体“奥陌陌”起源

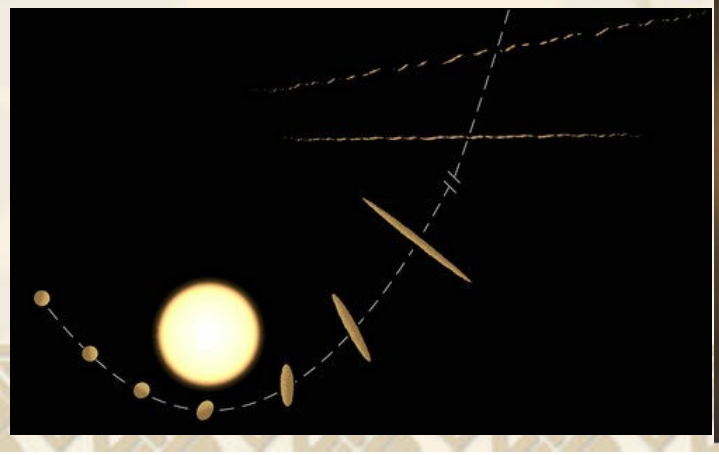
中国新闻网
2020-04-14 10:28:50

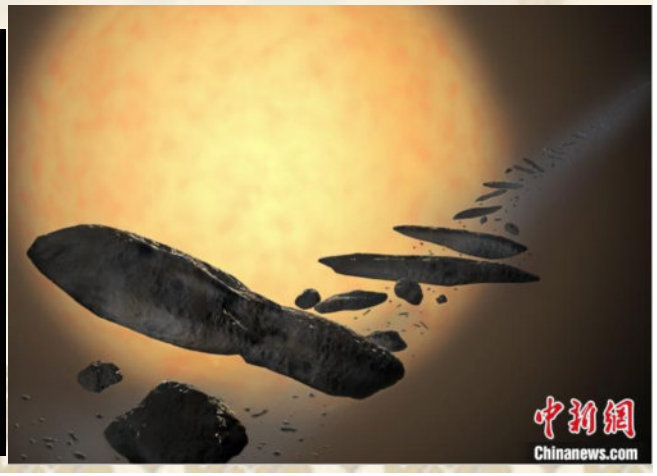


张-林数值模拟得到的奥陌陌（来源：国家天文台/张韵）。

艺术家描绘的奥陌陌(来源：ESO/M. Kornmesser)。 国家

太阳系内探测到的首个系外到访的星际天体“奥陌陌”(‘Oumuamua)是如何形成的？天文学家最新研究表明，这个“星际访客”或是一个行星天体的碎块——可能是被原行星系统中恒星的潮汐作用撕碎并甩出的碎片。





哈勃观测到第一颗确认的星际彗星

原创： NASAITACHI NASA美国航空航天局 2019.10.23

NASA的哈勃太空望远镜提供了迄今为止最好的星际访客鲍里索夫彗星(2I/Borisov)的图像，其速度和轨道表明它来自太阳系之外。

这张照片拍摄于2019年10月12日，是迄今为止最清晰的系外彗星影像。哈勃揭示了彗核周围的尘埃。

2I/Borisov彗星是已知的第二颗穿越太阳系的星际天体。2017年，第一个确定的星际访客为小行星，名为奥陌陌(Oumuamua)的天体。

作为已知的进入太阳系的第二颗星际天体，2I/Borisov提供了宝贵的线索，帮助我们了解很久以前遥远的外星星系中可能形成的行星组成的化学成分、结构和尘埃特性。

业余天文学家Gennady Borisov于2019年8月30日发现了这颗彗星。经过全世界天文学家一周的观测，国际天文联合会小行星中心和NASA近地天体研究中心计算出了这颗彗星的轨道，证实它来自星际空间。

目前为止，所有被记录下来的彗星主要来源为太阳系外围的柯伊伯带。

研究人员说，鲍里索夫彗星和奥陌陌只是发现星际物体的开端，它们短暂地访问了我们的太阳系。根据一项研究，在任何的时间，都有成千上万的这种闯入者，尽管它们大多数都太微弱，无法用当今的望远镜探测到。

哈勃太空望远镜对2I/Borisov彗星延时拍摄的观测图片，时间跨度为7个小时

再会了，太阳系！