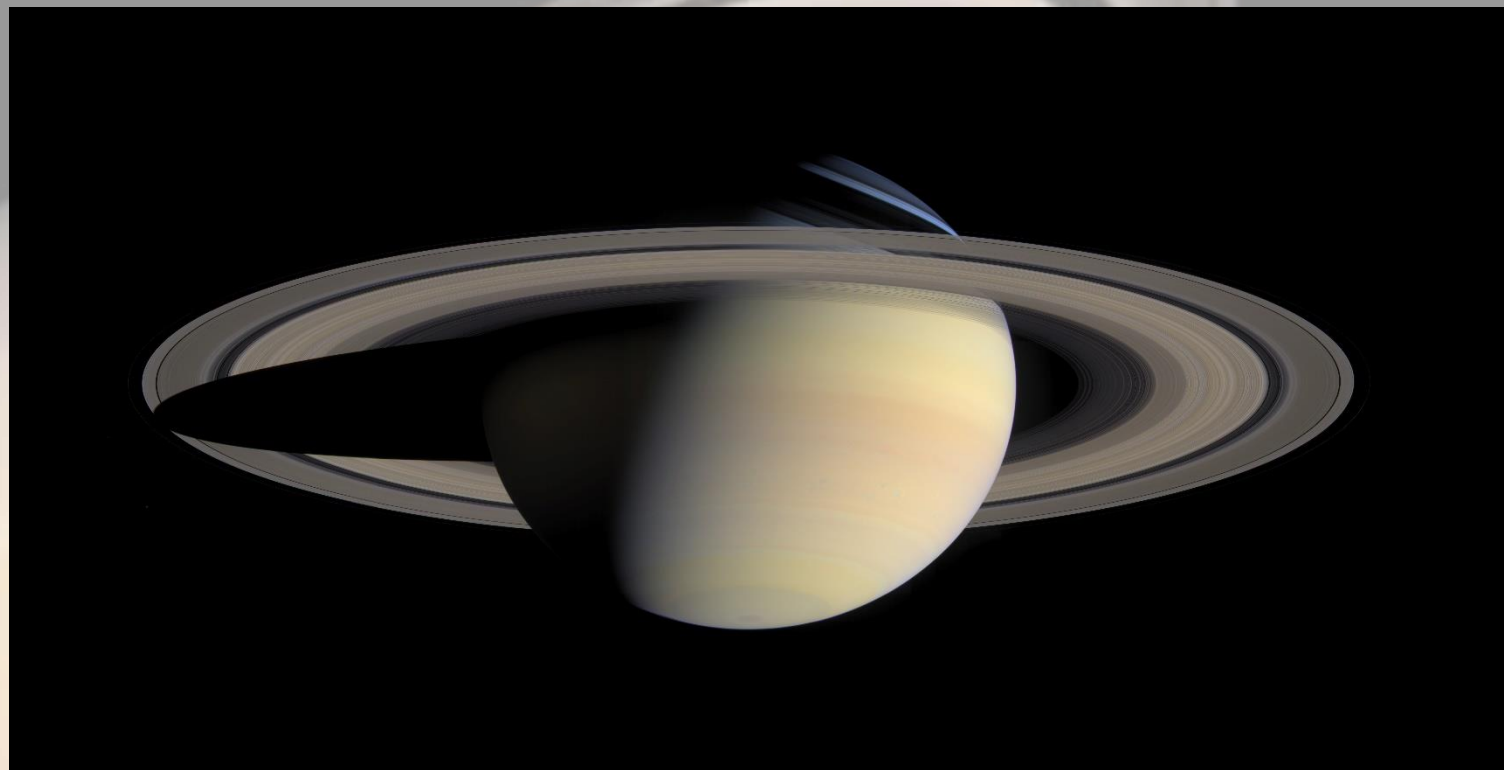


# 土星Saturn



高等太空科學 第六組

組員：楊甯凱、涂家豪、吳郁娟、張怡鈴、吳孟哲、江健瑋

# Introduction

距離太陽的距離:約9.6AU

赤道半徑:約60,268公里

極半徑:約54,364公里

質量: $5.6846 \times 10^{26}$  公里

體積: $8.2713 \times 10^{14}$  立方公里

密度: $0.69\text{g/cm}^3$

轉軸傾角:26.7度

土星天:約10小時46分

土星年:約29.46 earth year

已知衛星數量:62個

地球的9.4492倍

地球的8.5521倍

地球的95.152倍

地球的763.59倍

# Cassini–Huygens

命名：

Christiaan Huygens ，荷蘭人，發現  
土星環 ， 1655年發現土衛6-泰坦

Jean-Dominique Cassini ，義大利人  
發現土衛8-Iapetus、土衛5-Rhea、土  
衛3-Tethys 、土衛4-Dione ， 1675年  
發現土星環的'Cassini Division'



VENUS 1 FLYBY  
26 APR 1998

VENUS 2 FLYBY  
24 JUN 1999

VENUS  
TARGETING  
MANEUVER  
3 DEC 1998

LAUNCH  
15 OCT 1997

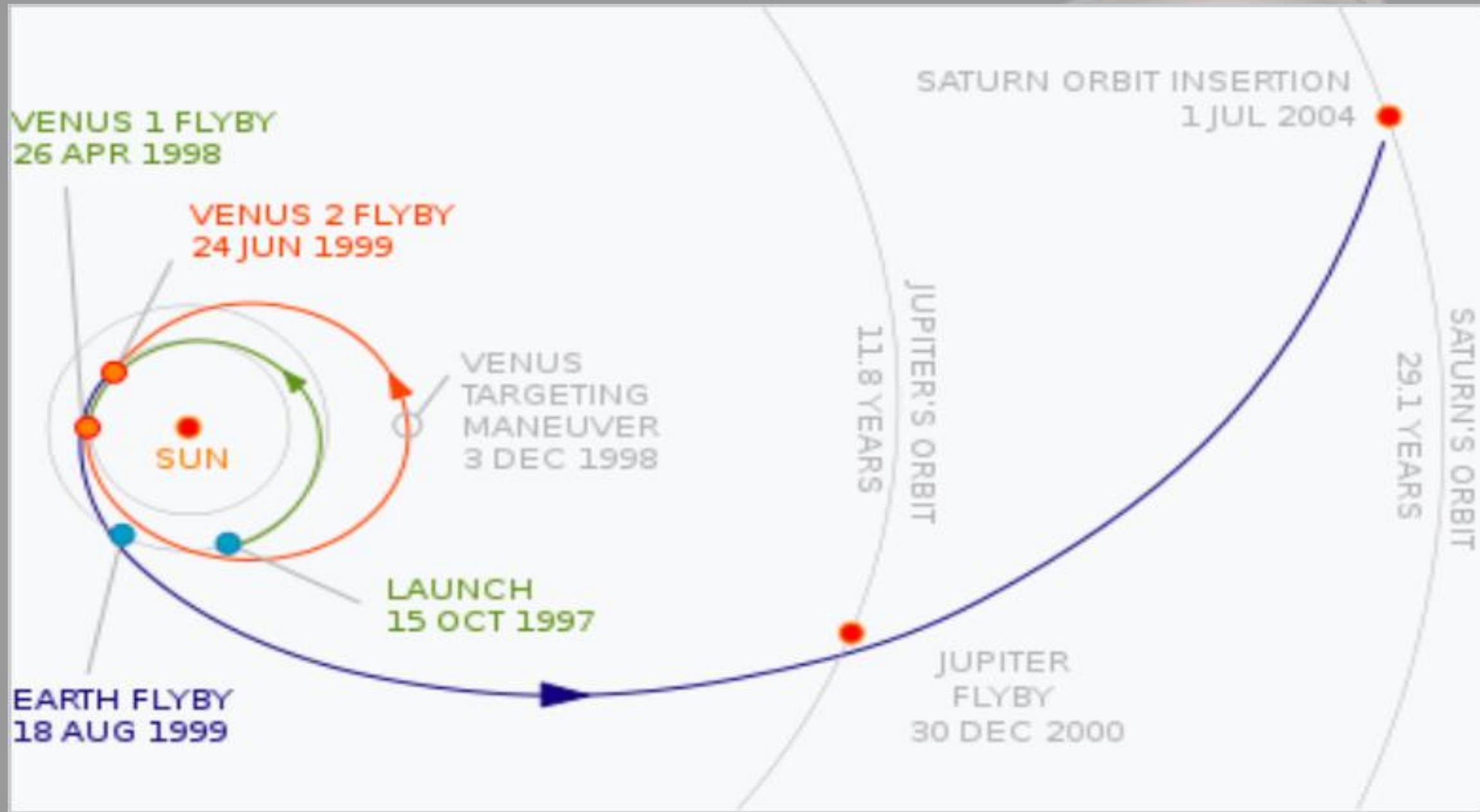
EARTH FLYBY  
18 AUG 1999

SATURN ORBIT INSERTION  
1 JUL 2004

JUPITER'S ORBIT  
11.8 YEARS

JUPITER  
FLYBY  
30 DEC 2000

SATURN'S ORBIT  
29.1 YEARS



# 任務目標

為了解決以前觀察的問題

- 土星內部熱源比從太陽吸收的能量多87%, 來源?
- 土星環的起源?
- 土星環中顏色的來源?
- 有更多衛星嗎?
- 為何土衛2-Enceladus表面這麼光滑?
- 覆蓋在土衛8-Iapetus一側的黑色有機材料來源?
- 土衛6-泰坦的氣體發生哪些化學反應?
- 土衛6-泰坦甲烷的來源是否有生物存活?
- 土衛6-泰坦是否有海洋?



# 古代東方眼中的土星

天有日月五星，地有陰陽五行

司馬遷從實際觀測發現，

歲星呈青色，故稱木星；

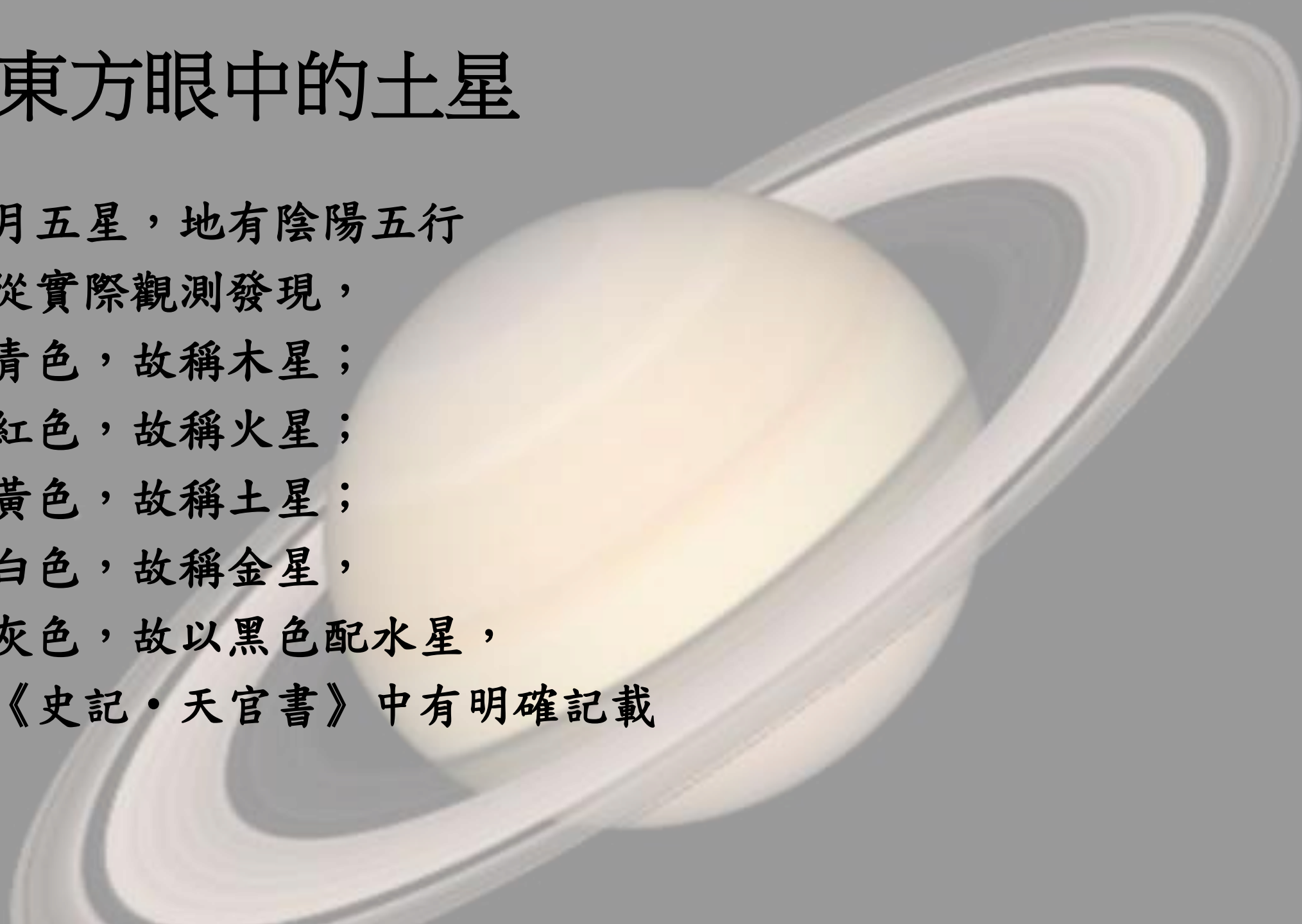
熒惑呈紅色，故稱火星；

填星為黃色，故稱土星；

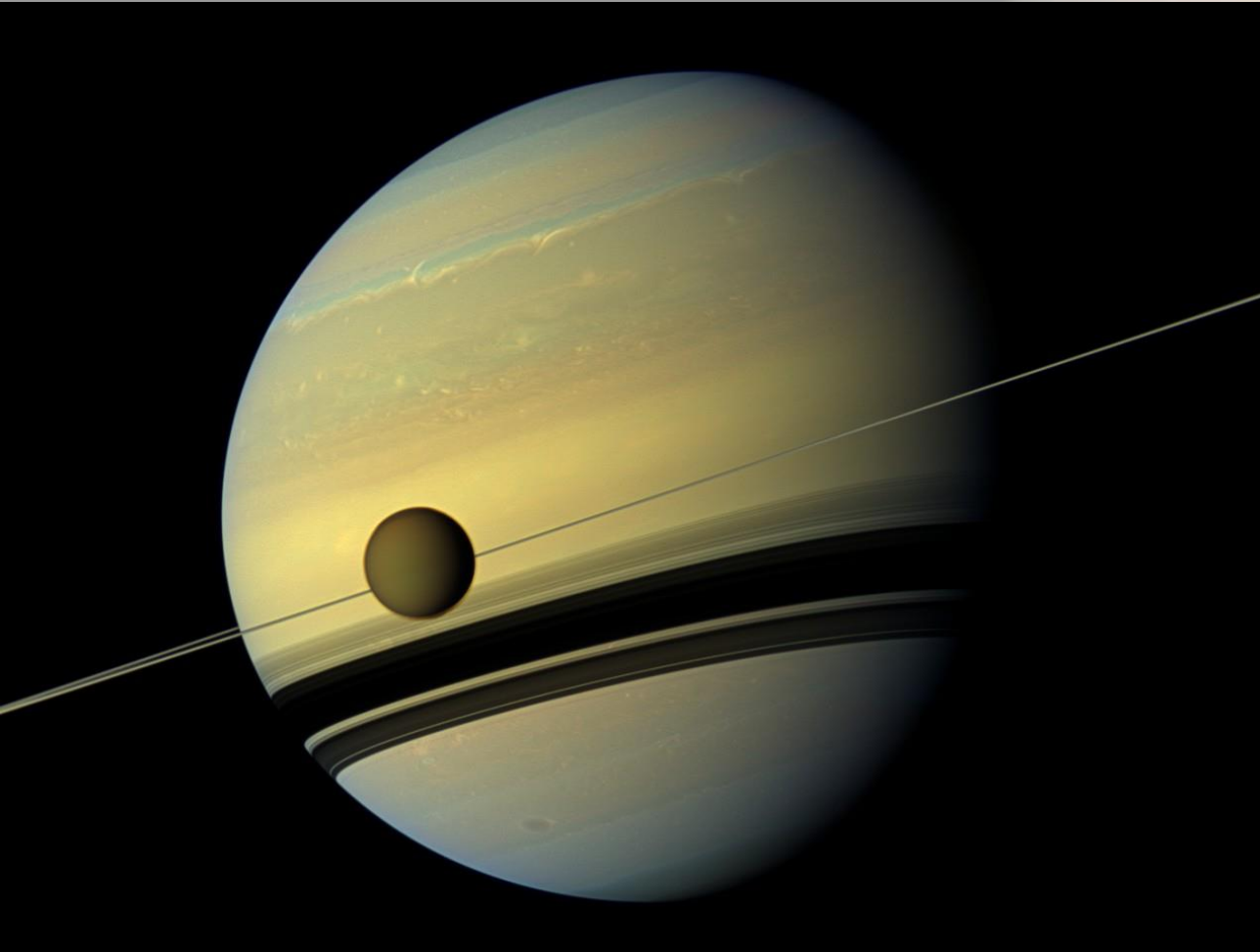
太白為白色，故稱金星，

辰星呈灰色，故以黑色配水星，

這些在《史記·天官書》中有明確記載



# 古代西方眼中的土星



## 撒頓

十二子女（泰坦眾神）中最小的將父親推翻之後，成為新一代的眾神之王，他的父親在臨死前預言將來會被他的子女推翻，於是每當生出一個子女，就把他吞到肚子裡，以免子女篡位

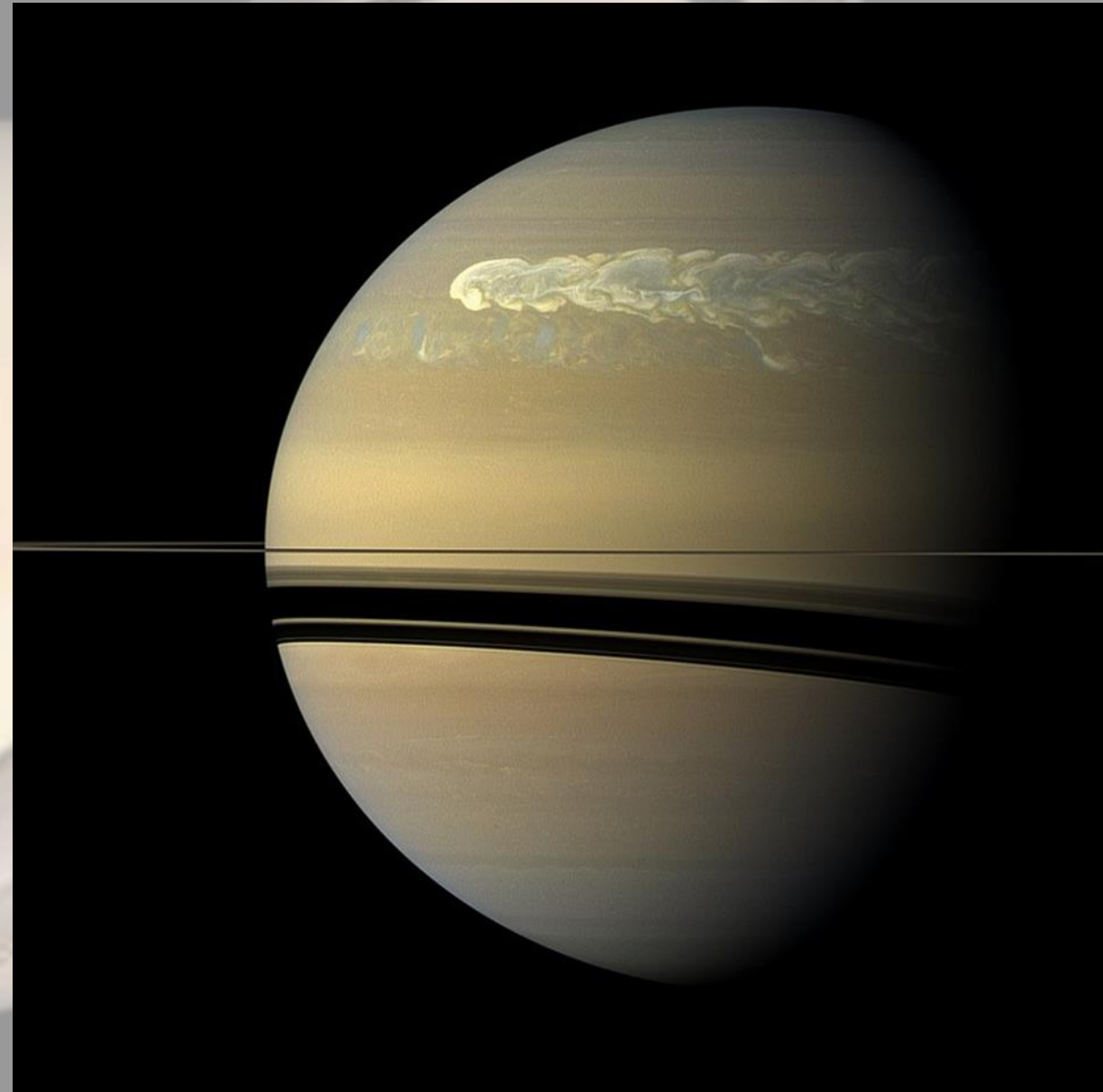


星期	英文	原意	北歐神話	羅馬神話 / 西方五星	東方五星	日文
日	Sunday	day of the sun			太陽	日曜日
一	Monday	day of the moon			月亮	月曜日
二	Tuesday	Tiw's day	戰神 提爾	戰神 Mars	火星	火曜日
三	Wednesday	Woden's day	天神 沃登（奧丁）	信使之神 Mercury	水星	水曜日
四	Thursday	Thor's day	雷神 索爾	宇宙之王 Jupiter	木星	木曜日
五	Friday	Freya's day	愛神 弗麗格	性愛女神 Venus	金星	金曜日
六	Saturday	Saturn's day		農業之神 Saturn	土星	土曜日

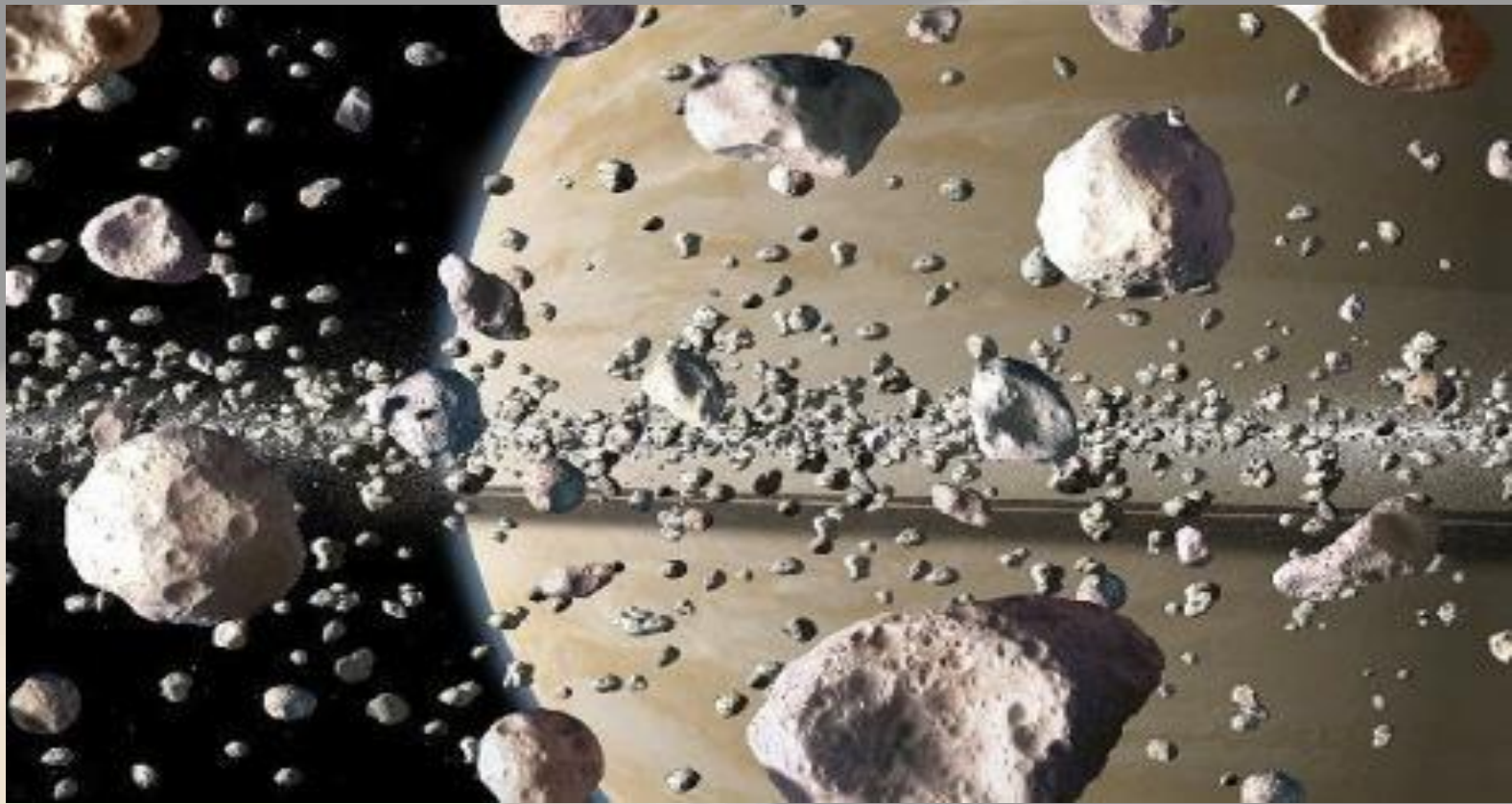


# 大白斑

這現象的週期性間隔大約是28.5年，當土星的北半球朝向太陽傾斜最大的時候。下面的表是這些紀錄的名單，一般認為週期性斑點部分的年份是1876年、1903年、1933年、1960年和1990年。



# 土星的天氣



- 由75%的氫和25%的氦組成
- 96.3%的氫和3.25%的氦

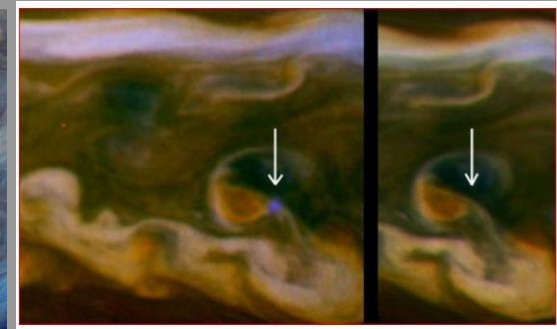
# 天氣跟木星一樣變動大

- 有大紅斑那樣的旋轉風暴,圖一為Juno探測器將以前所未有的近距離觀察這個風暴。
- 也有大量的閃電,與太陽的距離是木星的兩倍,所以大氣結構與內在成分都非常相似
- 圖三為羅西尼號拍攝的土星閃電照片很明顯受到了重擊,對這些最新圖片的分析顯示這些可見閃電產生的能量可能高達20億瓦特每秒。

圖一



圖二



圖三



# 閃電的另一項證據——鑽石雨

- 木強在壓星烈沉的
- 再了人的高大下鑽知一到海
- 在計本士星天有1厘米

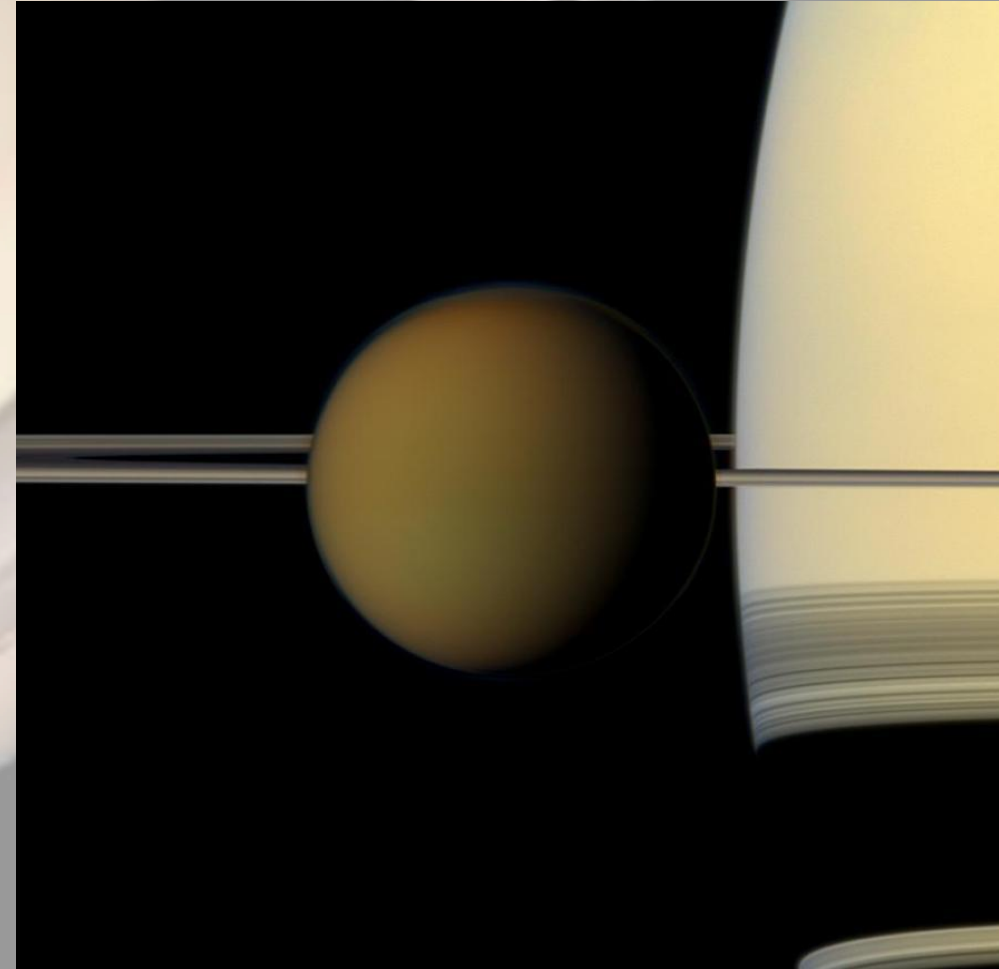
原文網址：

<https://kknews.cc/science/b3blp9.html>



# 土星的衛星 — Titan (土衛 6) 的天氣

- 土星的最大衛星是泰坦 (Titan, 又稱土衛6) 是太陽系的第二大衛星甚至比水星還大。
- 大氣組成是98.4%的氮，其餘的成分大多是甲烷 (1.4%) 和氫 (0.1-0.2%) 組成。泰坦擁有地球般的地質景觀和地質過程, 例如有沙丘以及甲烷“雨”所形成的溪流般的侵蝕, 此外北半球也有液態甲烷湖的蹤跡。

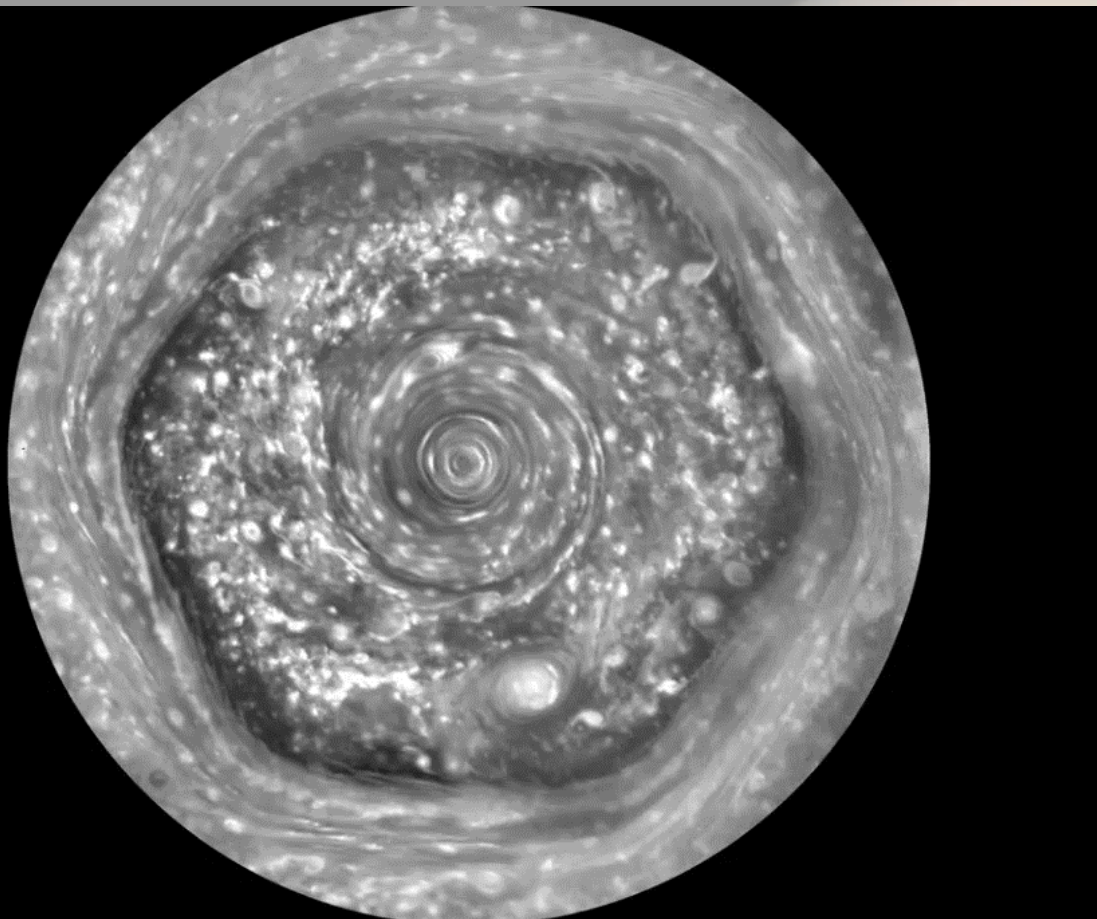




# 土星北極 的六角形



# 六角形的結構



- 直徑約3萬公里寬，相當於地球直徑的2.5倍。其深度則約為100公里深。
- 該六角形旋轉的速度和土星旋轉的速度相同。
- 其周圍有每小時360公里的向東噴流。
- 土星的北極跟南及皆有一個巨大的風暴，但僅有土星的北極存在著奇特的六角形，且木星、天王星及冥王星都沒有這個特徵。

# 六角形的成因

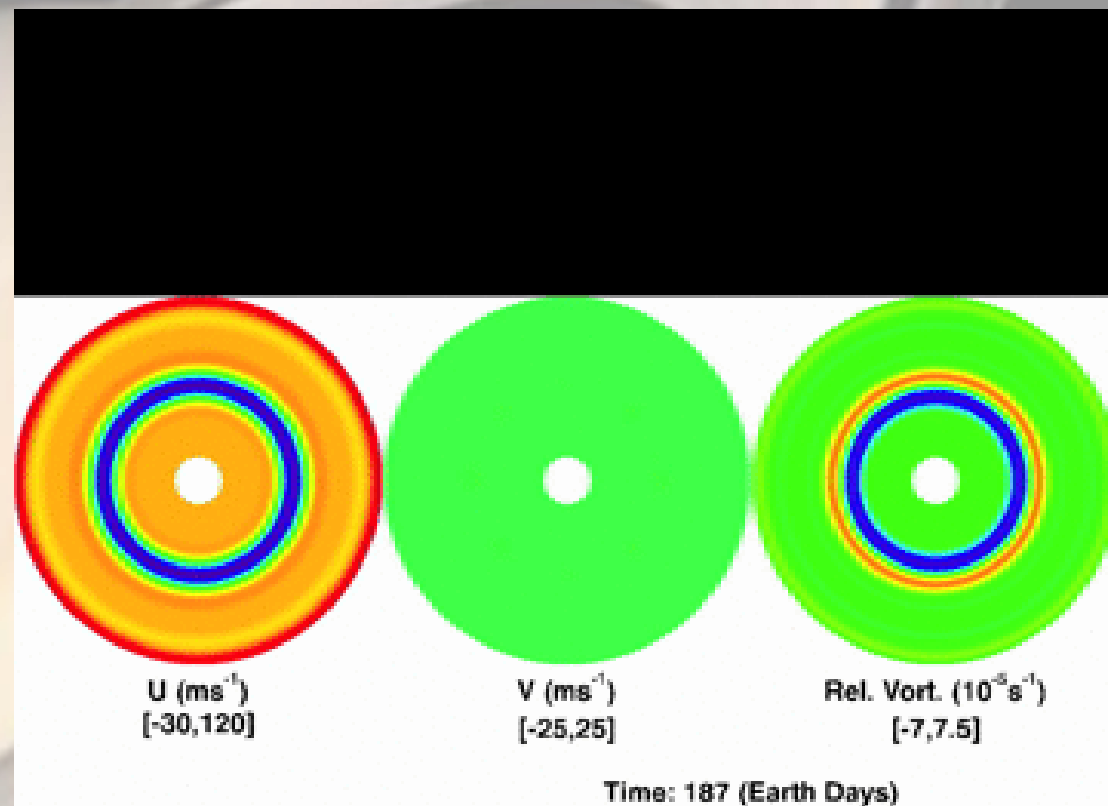
- 1990年NASA科學家在SICENCE發佈一篇文章，認為該六角形是由行星尺度的**ROSSBY WAVE**所形成。
- 丹麥科技大學的研究員在2006年時利用高速旋轉的裝有流體的水桶，如果在中心流體比外圍有更快的轉速，就會在邊緣形成漩渦，並在自動出現多邊行，如左圖漩渦中心可形成三角星星及六角形的圖形，有些學者認為這有可能是土星北極六角形可能形成的原因。
- 外在2015年有學者利用模式模擬土星北極的六角形，其模擬在土星北極有向東且彎曲的噴流，並給予適當的小擾動，模式中的噴流就會變成六角形。
- 因此該六角形基本上是根據流體力學所形成的特徵。



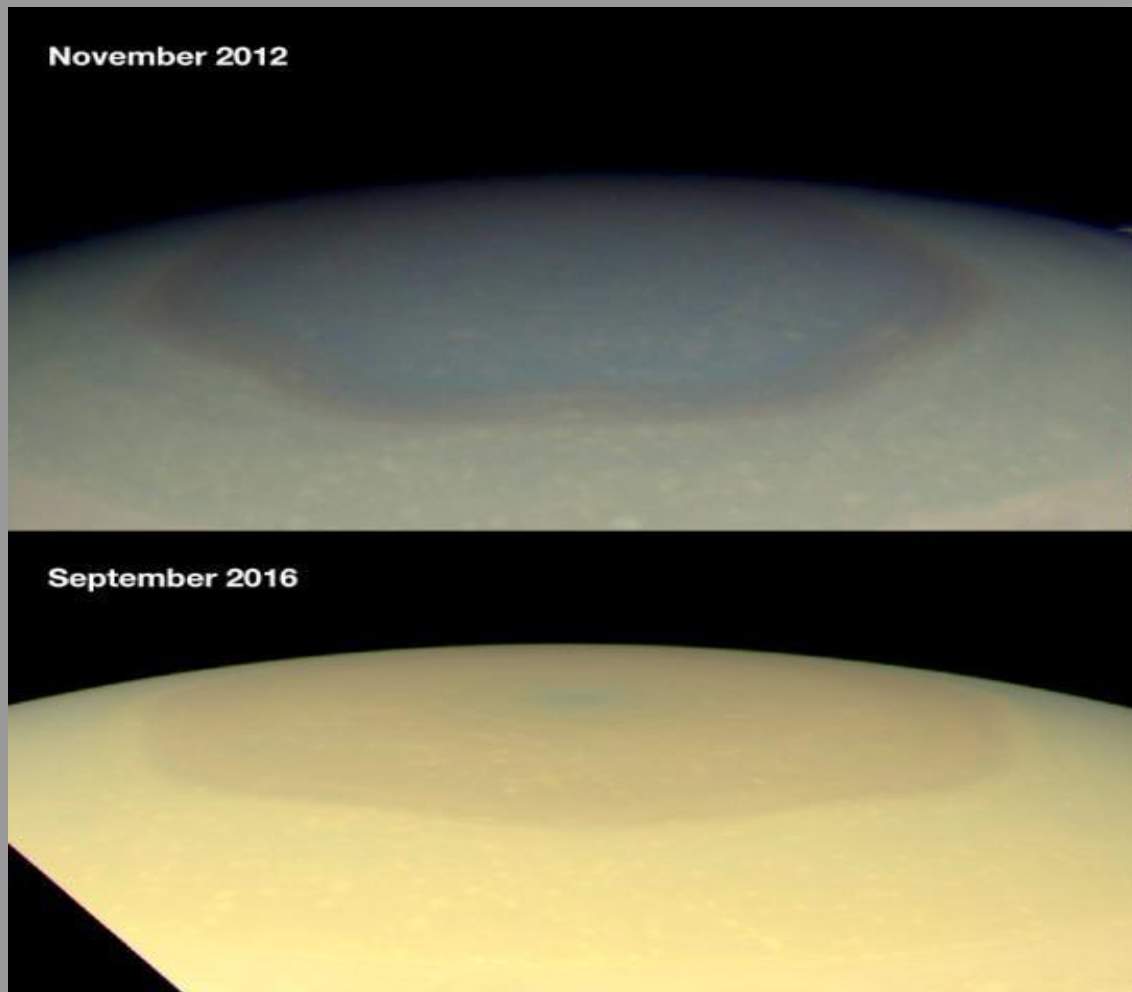
As a bucket of water speeds up, the hole changes shape from a three-sided star to a pentagon.

*Credit T.R.N. Jansson*

[Morales-Juberías et al., 2015]



# 季節造成顏色的變化？



在2016年發現卡西尼觀測到六角形的顏色由藍色變成金色，目前NASA假設是由於季節變換所造成，木星的一年是地球的**29年**，也就是大約**地球7年土星就會換季**。在不同的季節下太陽對於北極的光照強度不同，當日照強度增加時會增加土星大氣中的光化反應，形成金色霾害。NASA認為在夏季之前，土星北極的六角形外圍的噴流如同障礙物，阻隔外圍形成的霾進入，因此和外圍的顏色有明顯的差異，此時六角形內部的有較少的光化反應所產生的氣膠粒子，該處的大氣較為乾淨呈現藍色，而六角形外面則相反，有較多的氣膠粒子呈現金色。但當土星進入夏季，北極的日光照度會增加時，同時六角形的內部光化反應也會增加，讓六角形內出現霾並呈現金色。

# 土星環



- <http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/?IDNumber=PIA08321>



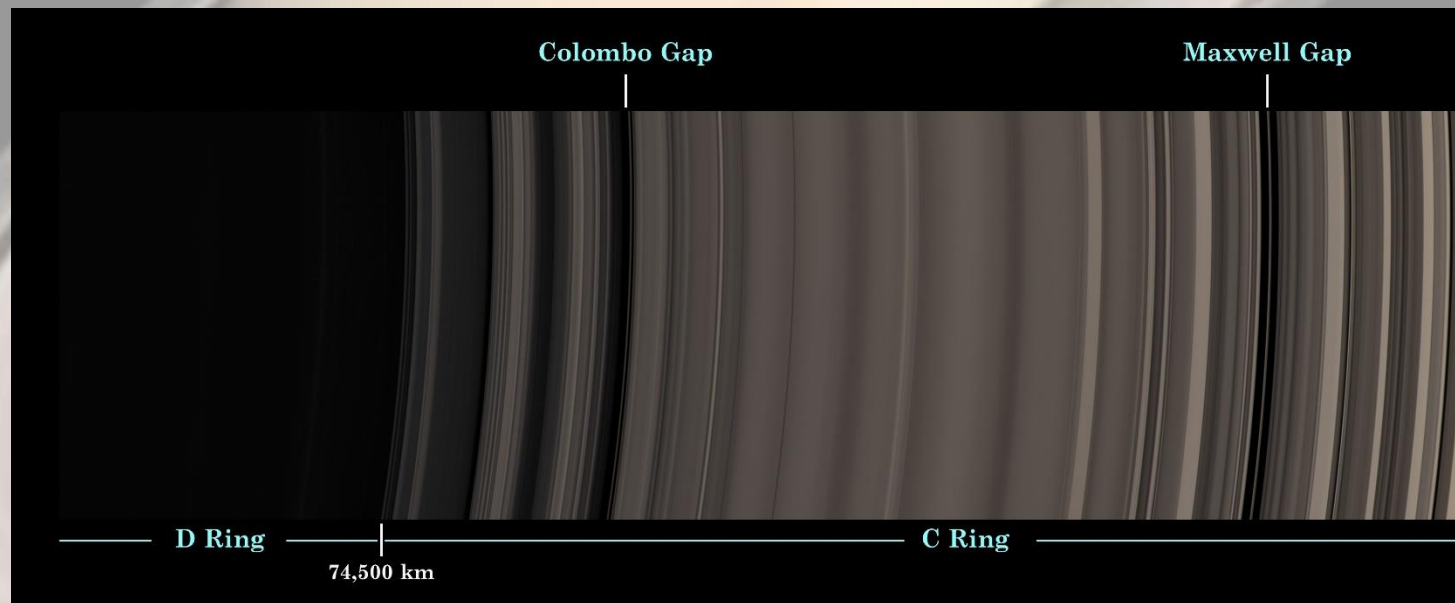
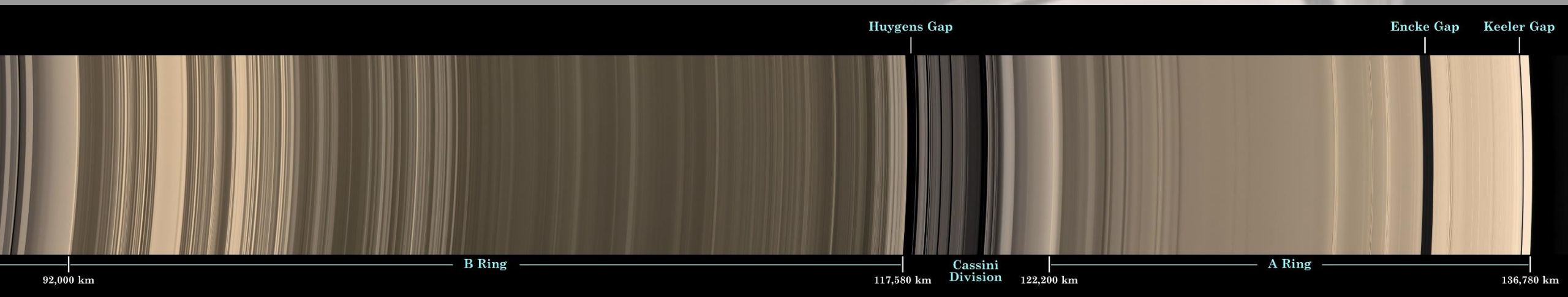
# Characteristic

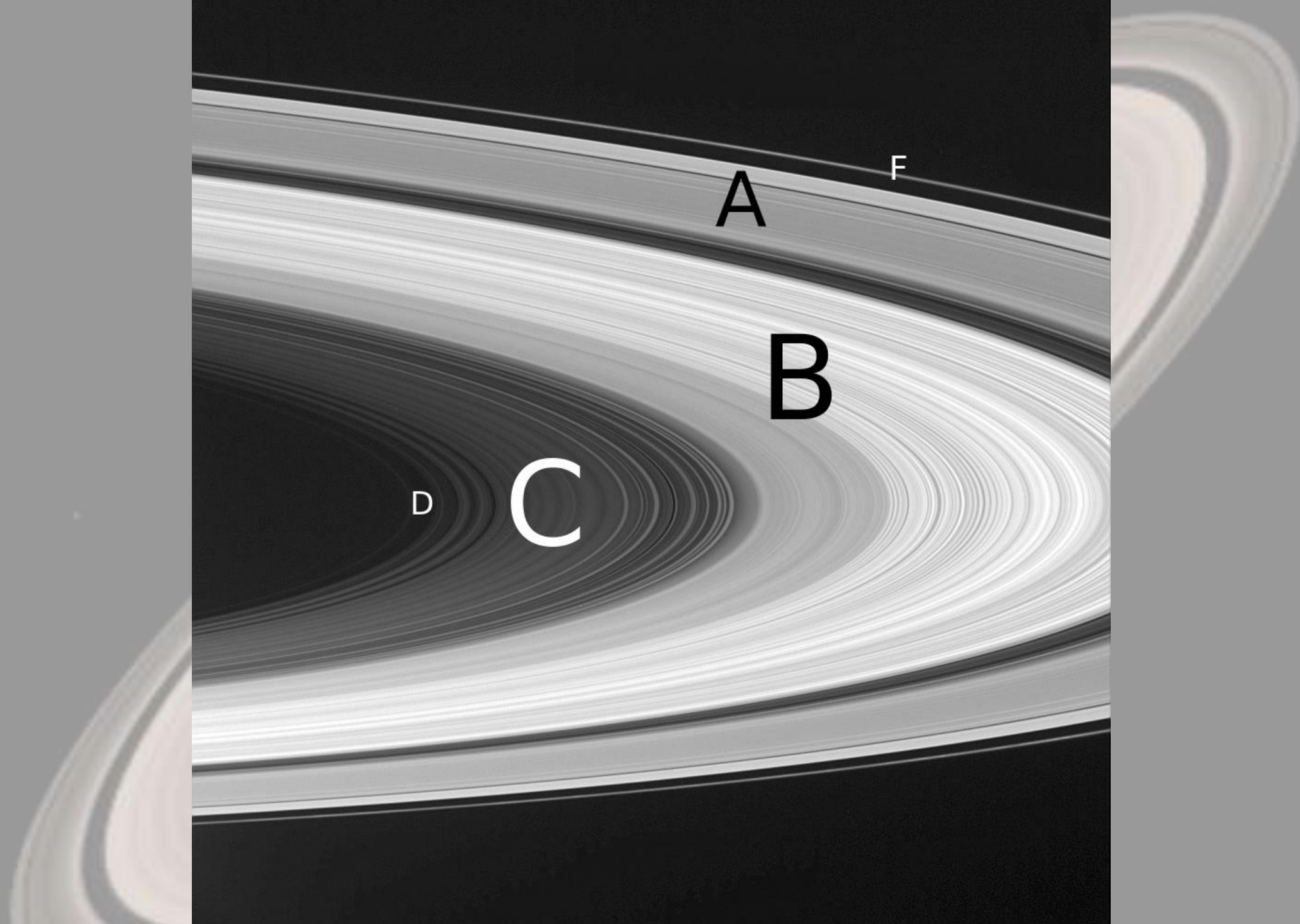
- 最早為**伽利略**利用自製望遠鏡觀察到，後來**Maxwell**提出土星環不可能是固體，他認為是由為數眾多的小顆粒組成，之後學者也證實了這項理論
- 使用現代的小望遠鏡或是品質精良的雙筒望遠鏡就可以看見土星環，但估計它的厚度只有**10~20米**，並且**97%**都是冰，也許還參雜著少許的雜質，像是有機化合物托林或矽酸鹽。主要環帶中的顆粒大小範圍從**1公分至10米**都有
- 由卡西尼太空船的資料顯示土星環有自己的大氣層，與行星本身無關而獨立存在。大氣中有氧分子（ $O_2$ ），這是來自太陽的紫外線與環中的冰交互作用而產生的。水分子之間的鏈結受到紫外線的刺激產生化學作用釋放出並拋出了氣體，尤其是 $O_2$ 。根據這些大氣的模型，大氣層中也存在氫氣（ $H_2$ ）。這種 $O_2$ 和 $H_2$ 組成的大氣層非常稀薄，以至於如果均勻分散在環的各處，它的厚度只有一個原子

# Subdivisions and structures within the rings



- 土星環最密集的範圍是被卡西尼縫分隔的**A環**和**B環**，在1850年發現的**C環**，這些構成了**主環**。主環是密集和包含比細小的**塵埃環**更大的顆粒，後者包含了向內一直延伸至土星雲頂的**D環**，以及在主環系統外面的**G**和**E環**。它們的化學組成像主環一樣，幾乎完全都是碎冰。另外狹窄的**F環**，就在**A環**外側的邊緣，很難分類，它的分布非常密集，但也包含很多塵埃大小的顆粒。







# D環&C環

- **D環**是最側的環，並且非常暗弱。在1980年，航海家1號偵測到在其中有個小環，分別標示為D73、D72和D68是最靠近土星並被分離出的小環。25年之後，卡西尼影像顯示D72明顯的變得更為微弱並且朝向土星移動了200公里。
- **C環**是在B環內側很寬闊但暗淡的環，因為它比明亮的A環和B環黯淡而稱他為“黑紗環”。他的厚度只有5公尺，質量大約是 $1.1 \times 10^{18}$ 公斤，光深度在0.05至0.12之間變化。也就是說垂直通過環的光只有5%至12%會被圓環阻攔，因此從上或下看環時，它幾乎是透明的。



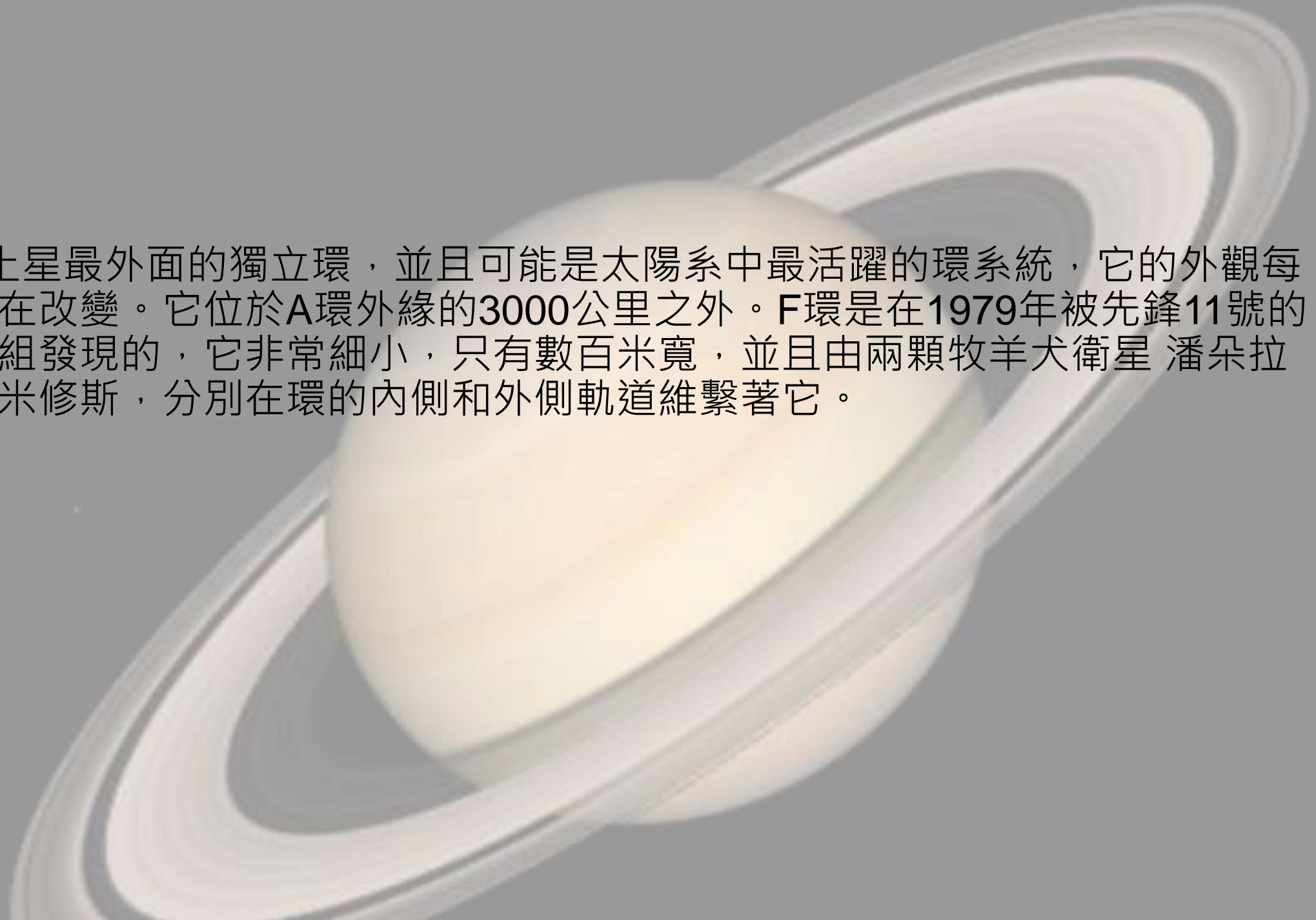
# B環 & A環



- B環是所有環中最大、最亮與質量最大的。它的厚度估計在5 ~ 15公尺，質量在 $2.8 \times 10^{19}$ 公斤，光深度的變化在0.4至2.5之間，且B環都是同心圓，其中有許多狹窄的小環。
- A環是外層最大的環，它的內側邊界是卡西尼縫，而他明確的外緣邊界與小衛星阿特拉斯的軌道非常靠近。A環在從外緣算起環寬度的22%處被恩克環縫中斷。從外緣算起在寬度的2%有一個狹窄的基勒環縫。

# F環

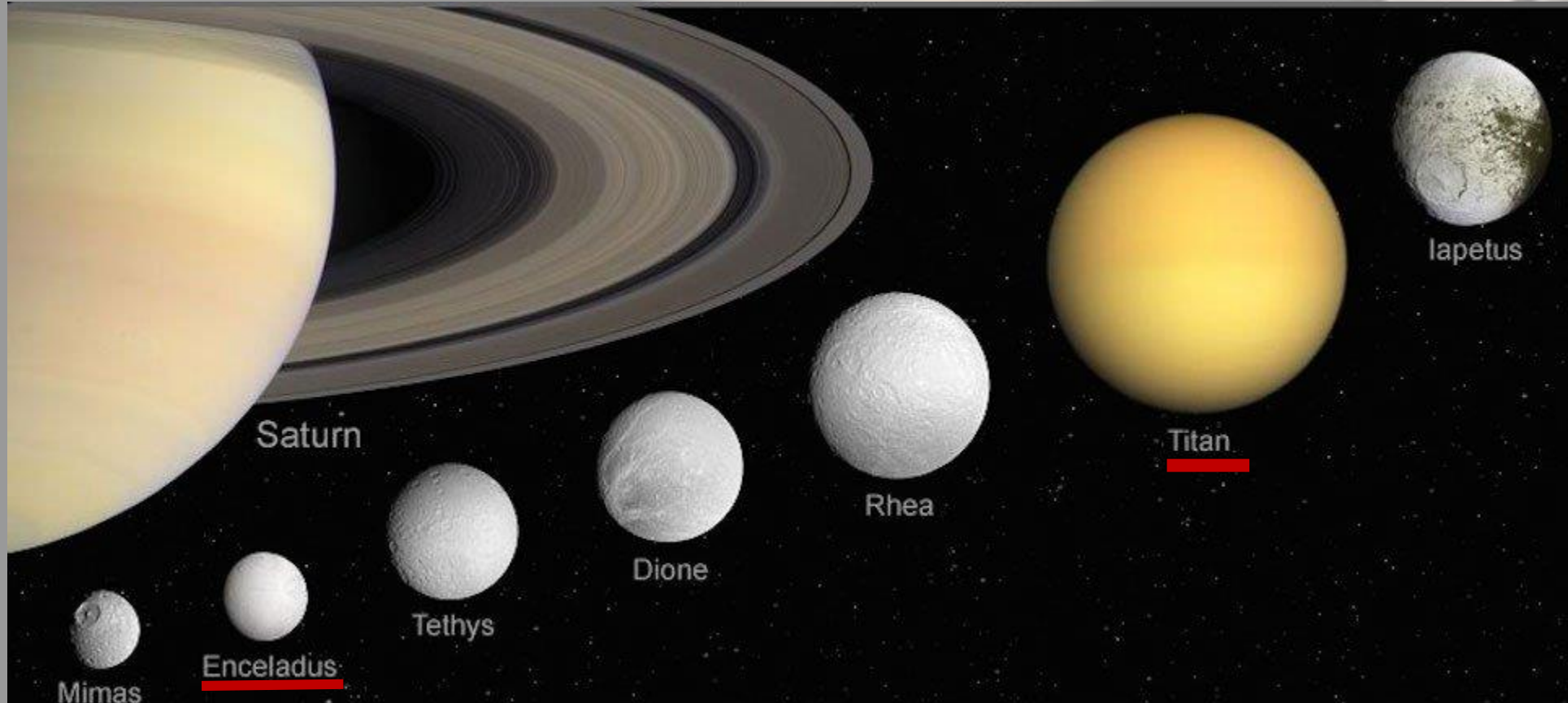
- F環是土星最外面的獨立環，並且可能是太陽系中最活躍的環系統，它的外觀每小時都在改變。它位於A環外緣的3000公里之外。F環是在1979年被先鋒11號的影像小組發現的，它非常細小，只有數百米寬，並且由兩顆牧羊犬衛星 潘朵拉和普羅米修斯，分別在環的內側和外側軌道維繫著它。





# 土星衛星

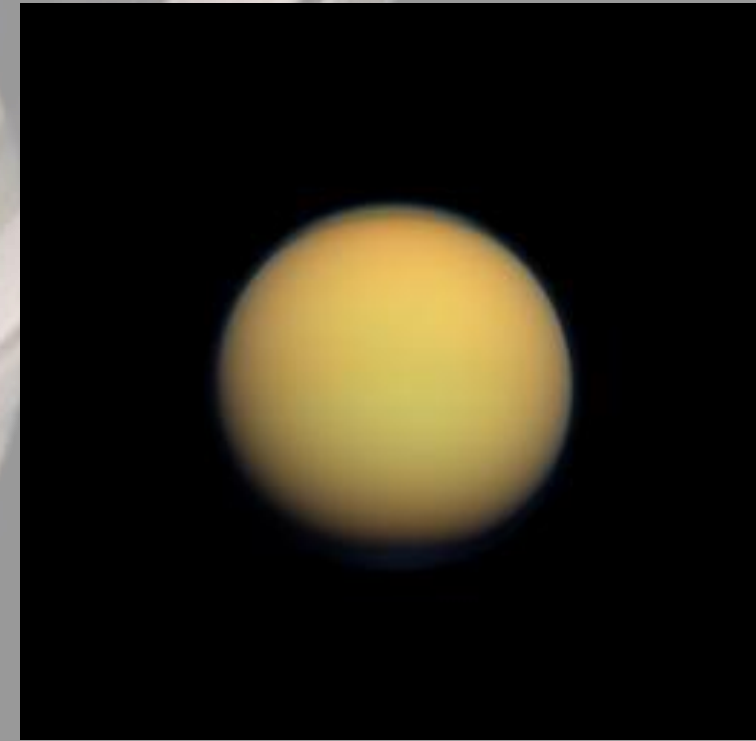
整體衛星數未知,但已確定的衛星數為**62**個,7個衛星質量夠大足以形成球體



- <http://www.lolwot.com/20-amazing-things-you-probably-didnt-know-about-our-solar-system/3/>

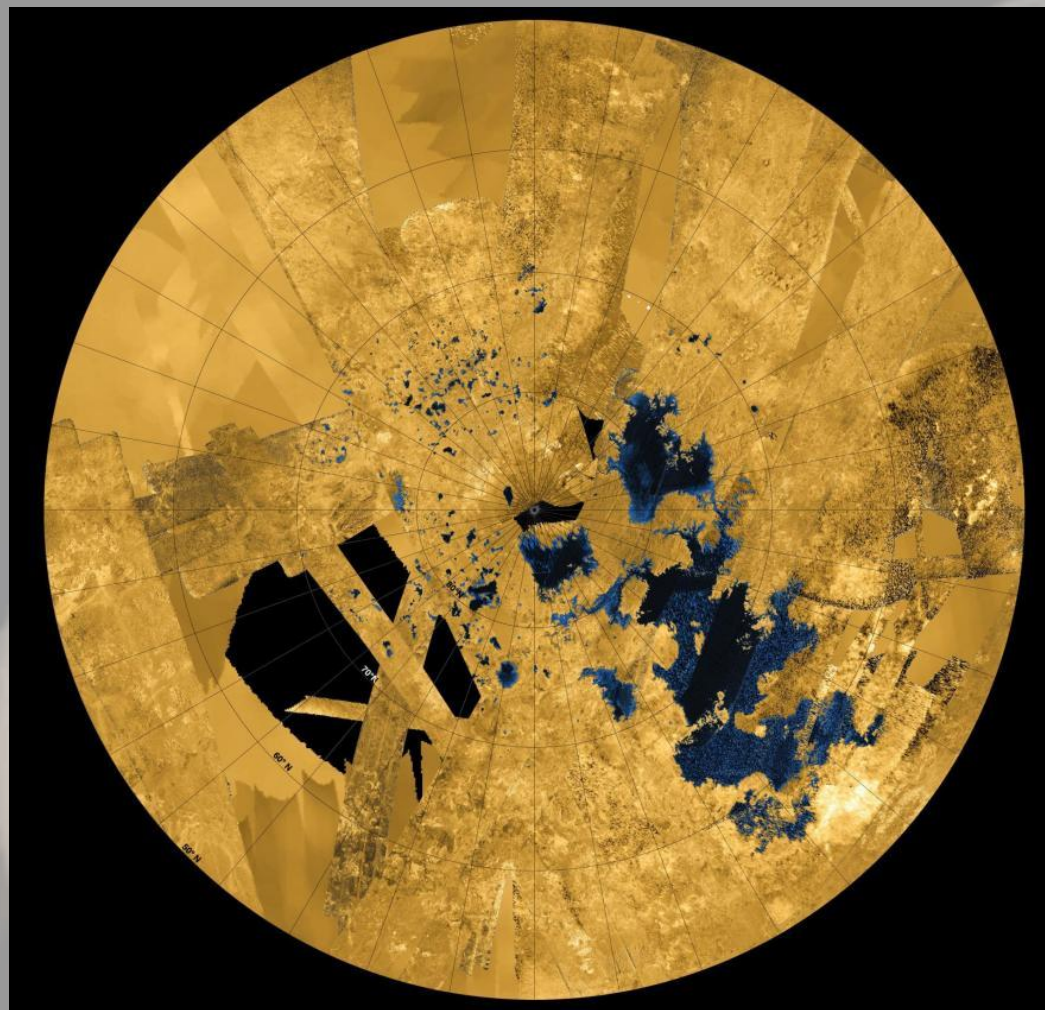
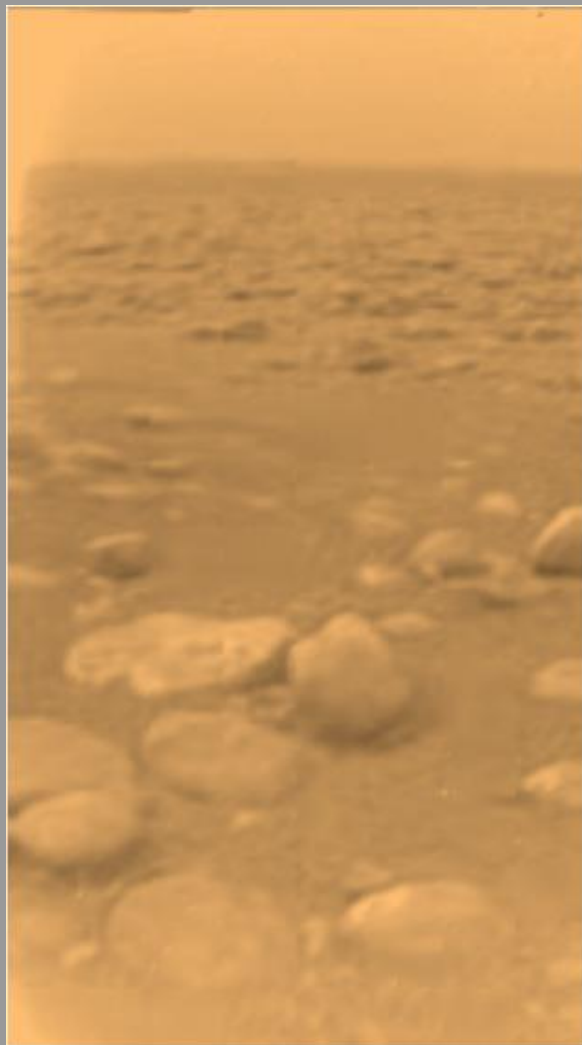
# Titan 泰坦

- 平均半徑約**2575KM**
- 太陽系第二大衛星,體積甚至比水星還大
- 稠密且完整的大氣層,主要是氮組成,是目前發現地球之外大氣組成以氮為主的星球  
另外擁有少量的甲烷、氫、烴類等
- 液態甲烷、有機物的存在,以及多重的氣候變化
- 惠更斯號 ( **Huygens** ) 於**2005**年登錄土衛六  
拍攝出第一張相片



<https://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA14602>





左圖為惠更斯號所拍攝的照片,也是人類首張土衛六表面的照片拍攝

右圖為泰坦的北半球,卡西尼號拍攝之所有圖片合成圖,深色區塊推測為海洋(液態甲烷)

IMAGE BY NASA, JPL-CALTECH, ASI, USGS

<https://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA07232>

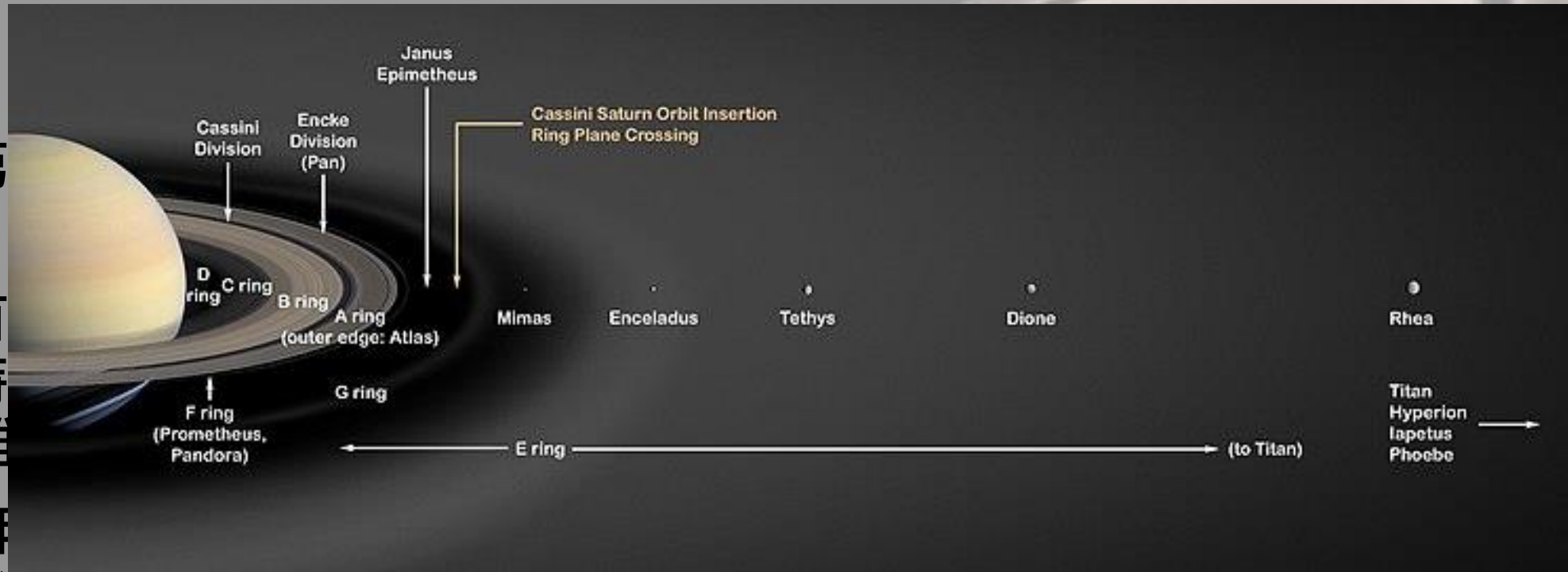
# Enceladus

- 土星第  
二處

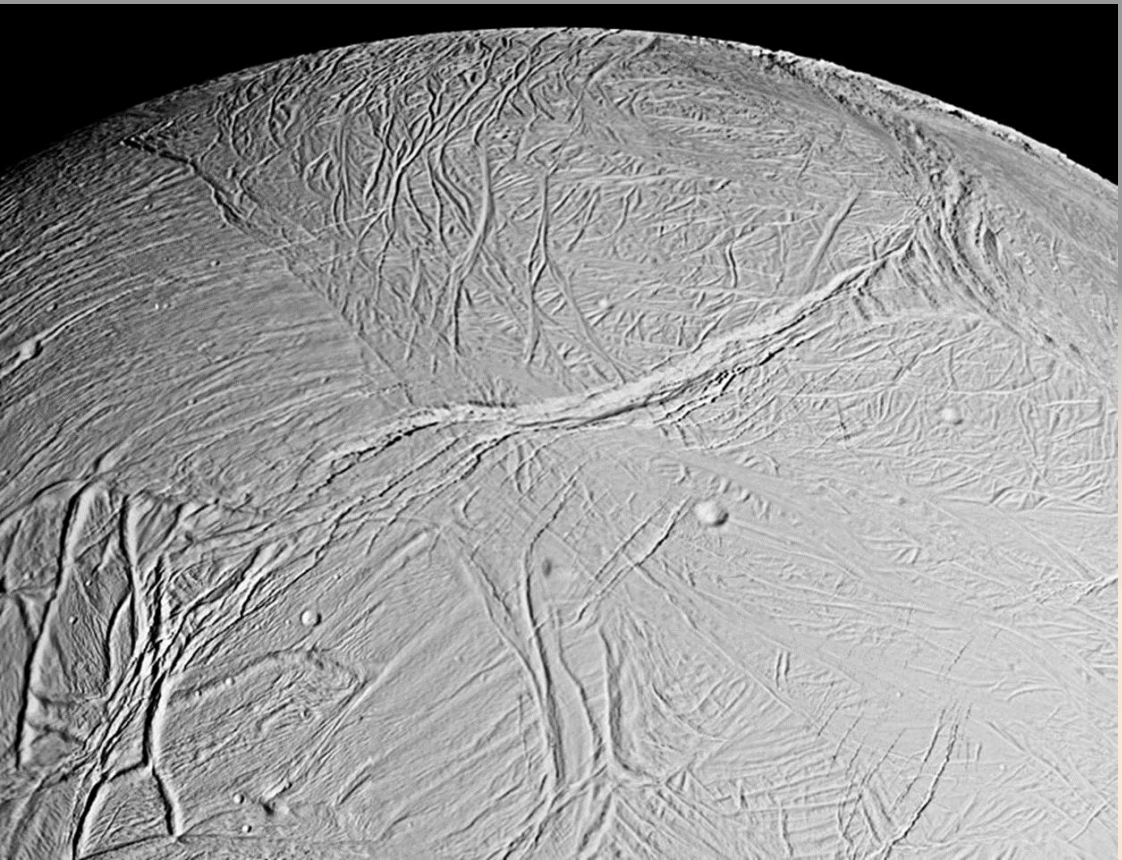
- 人類首  
行經時  
地形,推

- 2005年  
南極發現遍布的裂縫、山脊、冰火山,也證實土衛二有地  
殼活動

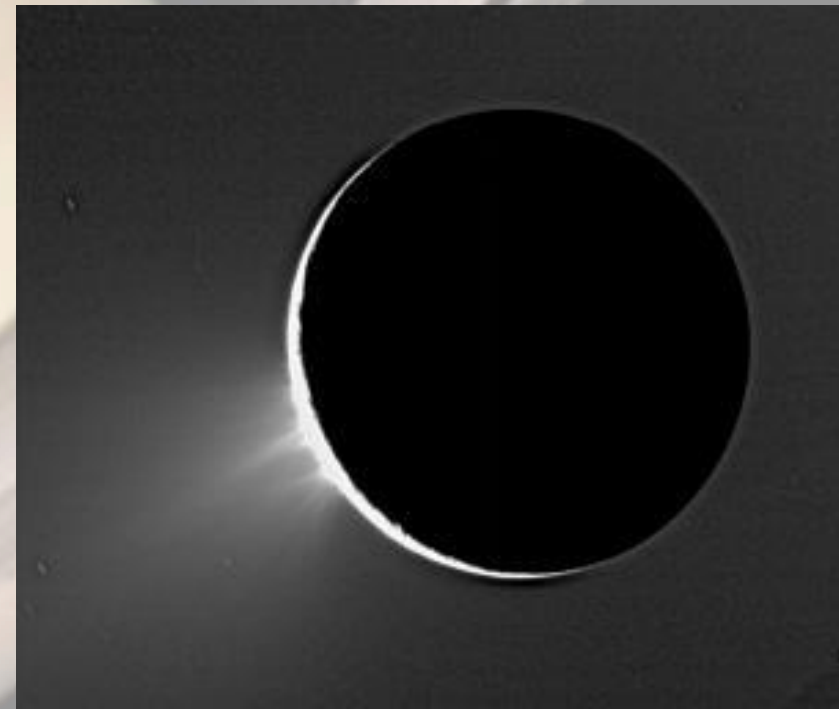
- 土衛二南極地區出現噴發現象,其物質(水蒸氣、少量甲烷、  
二氧化碳、氮等)被分析後,被認為是土星E環的成份來源







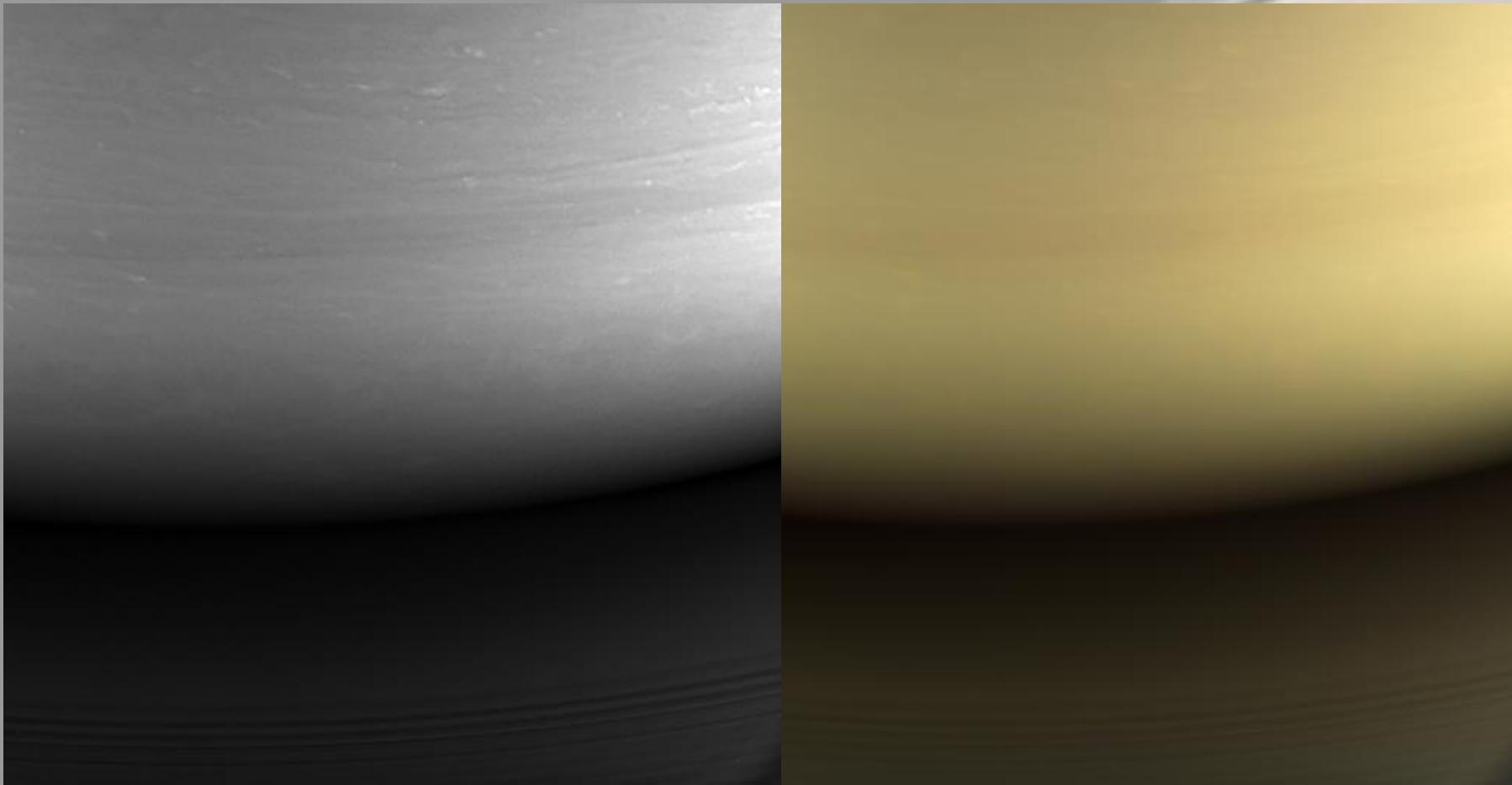
<https://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA06191>



<https://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA07758>

# Cassini's Final Image

<https://saturn.jpl.nasa.gov/resources/7792/>

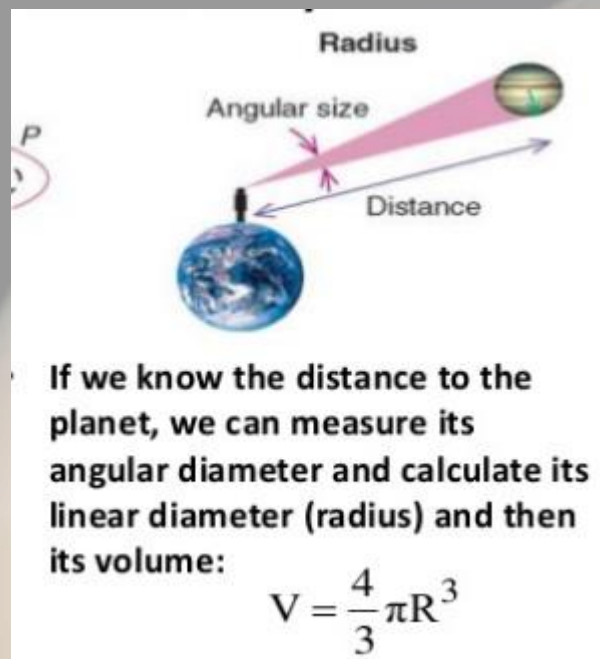


卡西尼號1997年10月發射升空,2004年抵達土星,後續進行了13年的研究,而在今年(2017年)9月結束任務,並選擇突入土星的大氣層銷毀,畫下這趟旅程的句點

左邊兩張圖為卡西尼號最後的照片,分別為黑白成像和彩色成像(red, green and blue spectral filters )

問題:

土星的體積如何算出來?



南半球是否有大白斑

目前觀測到的大白斑都是於赤道和北溫帶交替出現，約**27-30**年出現一次，還未觀測到南半球的大白斑

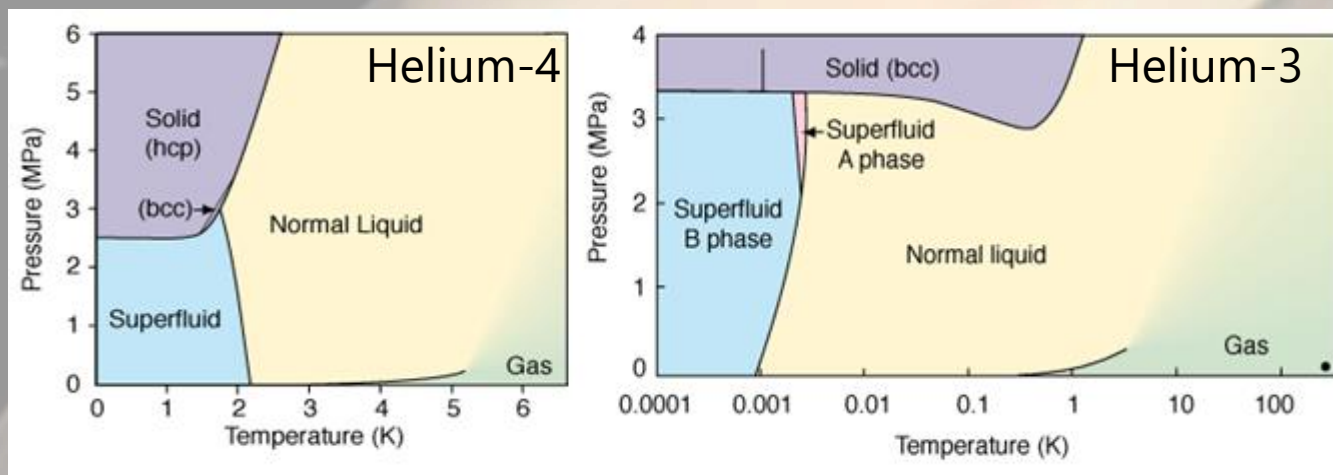


## 問題: 六角形高速旋轉是超流體嗎?

有人認為會不會土星北極的六角形是超流體，所以一直存在在土星的北極。基本上超流體是零黏性的流體，超流體在流動的過程中不會有動能的損失，當攪動超流體時會形成持續轉動的漩渦，並且獨立不會牽引外圍的流體，目前常見的超流體是Helium-3及Helium-4，並且要在1~3MPa高壓及極低溫的環境才會呈現超流體的性質。

但是**土星的大氣僅25%為氦氣**，而且土星的大氣分為三層，最外層溫度約-173°C~113°C，中層約-88°C至-3°C，最內層約為57°C，其大氣溫度皆太高無法達到超流體的環境。

另外在實驗室重現六角形的實驗中(Aguiar wr al.,2010)，Ekman number(流體黏滯力及科氏力的比值)是其中一個中要的參數，因此**流體要有一定的黏滯力才能形成這奇特的六角形**，所以土星北極的大氣應該不是超流體。



From:  
<https://image.slidesharecdn.com/andriisofiienkodiscoveryofhelium2triallectureuib28thofmay2015-150528194214-lva1-app6891/95/discovery-of-helium-andrii-sofiienko-15-638.jpg?cb=1432842315>

Reference:

Aguiar, A. C. B., Read, P. L., Wordsworth, R. D., Salter, T., & Yamazaki, Y. H. (2010). A laboratory model of Saturn's North Polar Hexagon. *Icarus*, 206(2), 755-763.

# 結論：

大白斑的三種模式：

1. 大白斑在緯度上會交替的出現，當一次出現在北溫帶（NTZ）的極限或更高時，隨後的一次將被限制在赤道區域（EZ）以下。例如，1960年的大白斑是高緯度的，而1990年的大白斑就在赤道。
2. 高緯度大白斑復發的時間間隔比赤道的大白斑略短一些（~27年比~30年）
3. 高緯度的大白斑遠不如赤道的大白斑明顯。

## 結論：

- 1990年科學家在SICENCE發佈一篇文章認為該六角形是由行星尺度的ROSSBY WAVE所形成。後續實驗室及模式模擬重現此六角形都顯示該六角形式基於流體力學所形成。
- 2016年發現卡西尼觀測到六角形的顏色由藍色變成金色，目前NASA假設是由於季節變換造成。
- 根據土星的大氣條件及成分組成，土星北極的環境無法形成超流體。

大白斑的三種模式：

- 大白斑在緯度上會交替的出現，當一次出現在北溫帶（NTZ）的極限或更高時，隨後的一次將被限制在赤道區域（EZ）以下。例如，1960年的大白斑是高緯度的，而1990年的大白斑就在赤道。
- 高緯度大白斑復發的時間間隔比赤道的大白斑略短一些（ $\sim 27$ 年比 $\sim 30$ 年）
- 高緯度的大白斑遠不如赤道的大白斑明顯。

# Reference

- <https://www.space.com/48-saturn-the-solar-systems-major-ring-bearer.html>
- <https://www.britannica.com/place/Saturn-planet/The-ring-system>
- [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/cassini/multimedia/pia12824.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/cassini/multimedia/pia12824.html)
- <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%A4%A7%E7%99%BD%E6%96%91>
- <http://sa.ylib.com/MagArticle.aspx?Unit=featurearticles&id=1322>
- <http://www.natgeomedia.com/news/ngnews/55834>
- R. Morales-Juberías et al. 2015 *ApJ* **806** L18 [doi:10.1088/2041-8205/806/1/L18](https://doi.org/10.1088/2041-8205/806/1/L18)
- Jansson T. R. N., et al. *Phys. Rev. Lett.*, **96**. 174502 (2006). | [Article](#) |



# Reference

- 美國宇航局 <http://www.gooread.com/article/20122927310/>
- 中時電子報 <http://www.chinatimes.com/realtimenews/20140818002035-260412>
- **AEEA 天文教育資訊網** [http://aeea.nmns.edu.tw/aeea/contents\\_list/titan.html](http://aeea.nmns.edu.tw/aeea/contents_list/titan.html)
- 國家地理 <http://www.natgeomedia.com/news/ngnews/55834>
- **Saturn** [http://pridescience.wiki.wsdweb.org/file/view/Joanne\\_Huynh\\_Saturn.pptx](http://pridescience.wiki.wsdweb.org/file/view/Joanne_Huynh_Saturn.pptx)
- **The News Lens 關鍵評論** <https://www.thenewslens.com/article/74544>
- 地球圖輯隊 <https://dq.yam.com/>



END