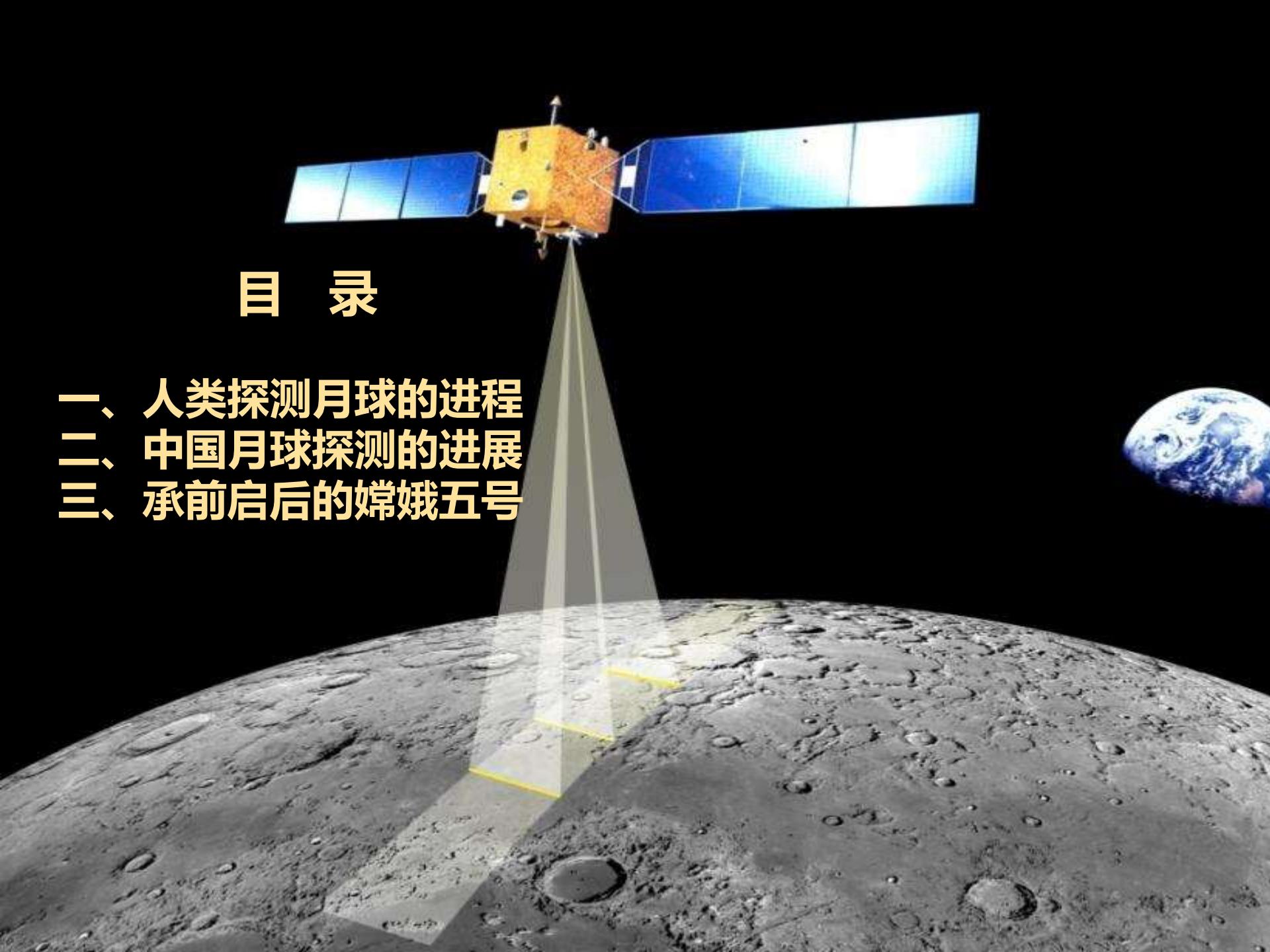


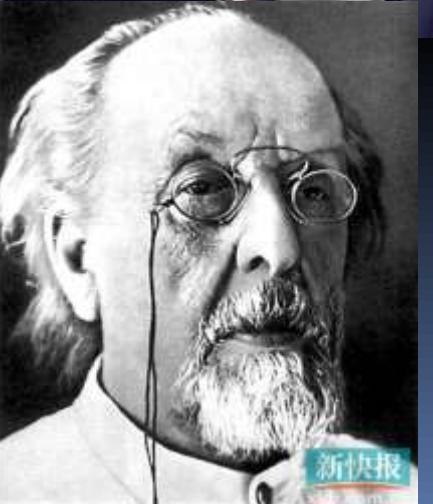
# 承前启后的嫦娥五号





## 目 录

- 一、人类探测月球的进程
- 二、中国月球探测的进展
- 三、承前启后的嫦娥五号



## 一、人类探测月球的进程

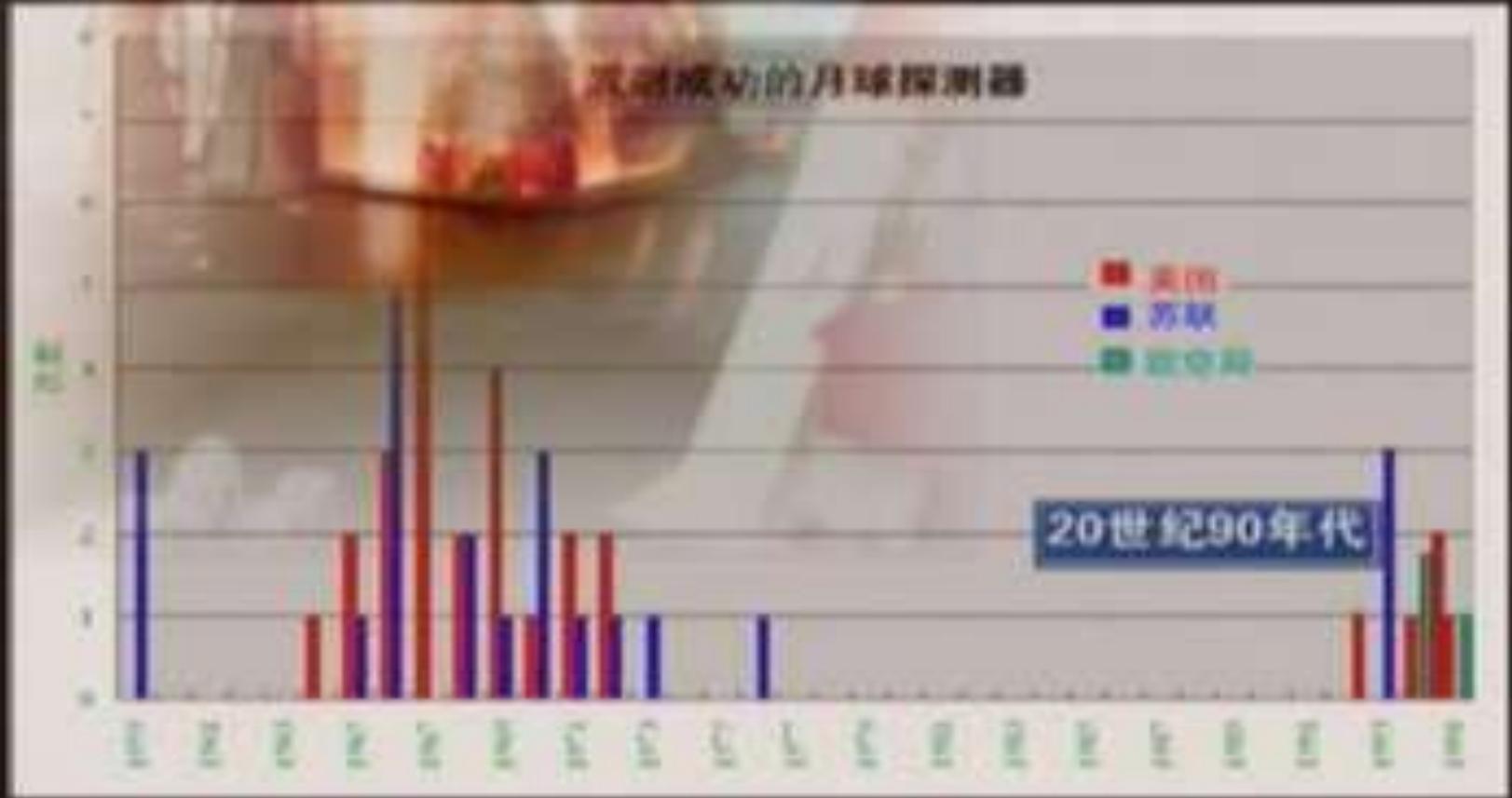
——1957年，苏联发射了第一个人造地球卫星，拉开了人类空间时代到来的帷幕。

——1958年，苏联和美国两个超级大国开始探测月球，苏联发射“月球一号”，实现了人类飞出地球开展深空探测的梦想。（深空——不以地球为主要引力场的空间）

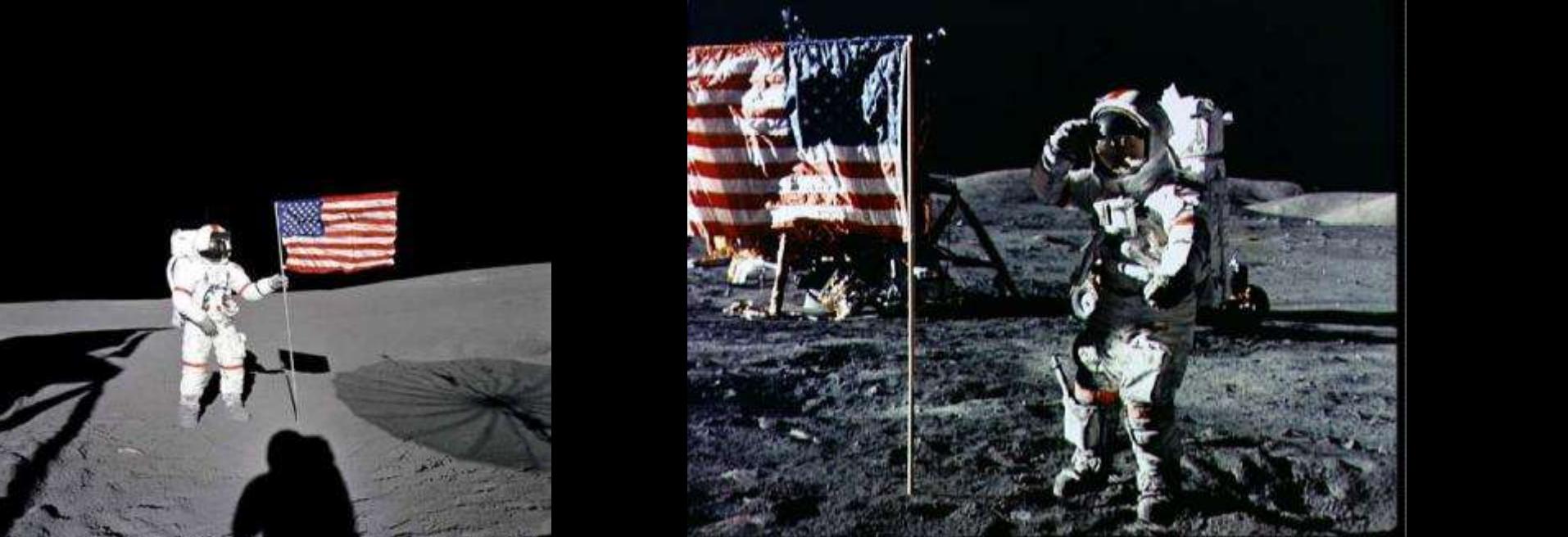
——1960年10月10日苏联发射了“火星一号”探测器，苏联和美国开始了探测火星的征程。

齐奥尔科夫斯基（1857.9.17~1935.9.19）：  
墓志铭——“地球是人类的摇篮，但人类不可能永远生活在摇篮里。开始他们将小心翼翼地穿出大气层，然后便去征服太阳系。”

# 1、人类的第一次探月高潮



1958年~1976年（共发射108枚探测器，成功或部分成功52枚(48%)；6次载人登月3次不载人登月取样，共取回382千克月球样品。美国取得了最后的胜利，月球探测停息了20多年。

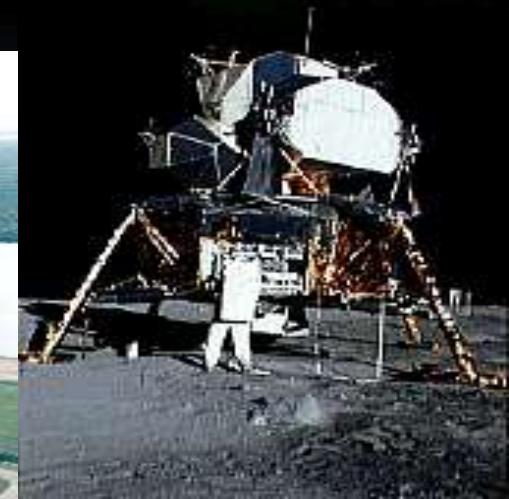


## 月球探测推动高新技术的创新发展——以阿波罗计划给人类带来的效益为例

- “阿波罗”工程投资254亿美元，是当时规模最大、耗资最多的科技项目之一。参加阿波罗计划的有2万家企业、200多所大学、80多个科研机构，总人数超过40万人。它的出现导致60至70年代产生了液体燃料火箭、微波雷达、无线电制导、合成材料、计算机等一大批高科技工业群体。后来又将该计划中取得的技术进步成果向民用转移，带动了整个科技的发展与工业繁荣，其二次开发利用的效益，远远超过“阿波罗”计划本身所带来的直接经济与社会效益。

阿波罗载人登月计划取得了巨大的成功，引领了上世纪60-70年代几乎全部高新技术的创新与发展和一大批新型工业群体的诞生与成长。突破了大量的关键技术，带动了一系列高新技术的进步，全面促进了人类社会的经济、科技、军事的发展，取得了巨大的经济和社会效益。

阿波罗计划派生出了大约3000种应用技术“成果”：航天航空、军事、通信、材料、医疗卫生、计算机、其他民用科技。据美国Chase研究会测算，投入产出比为1：14。



# 建立月球科学、比较行星学、太阳系演化 学的完整科学体系

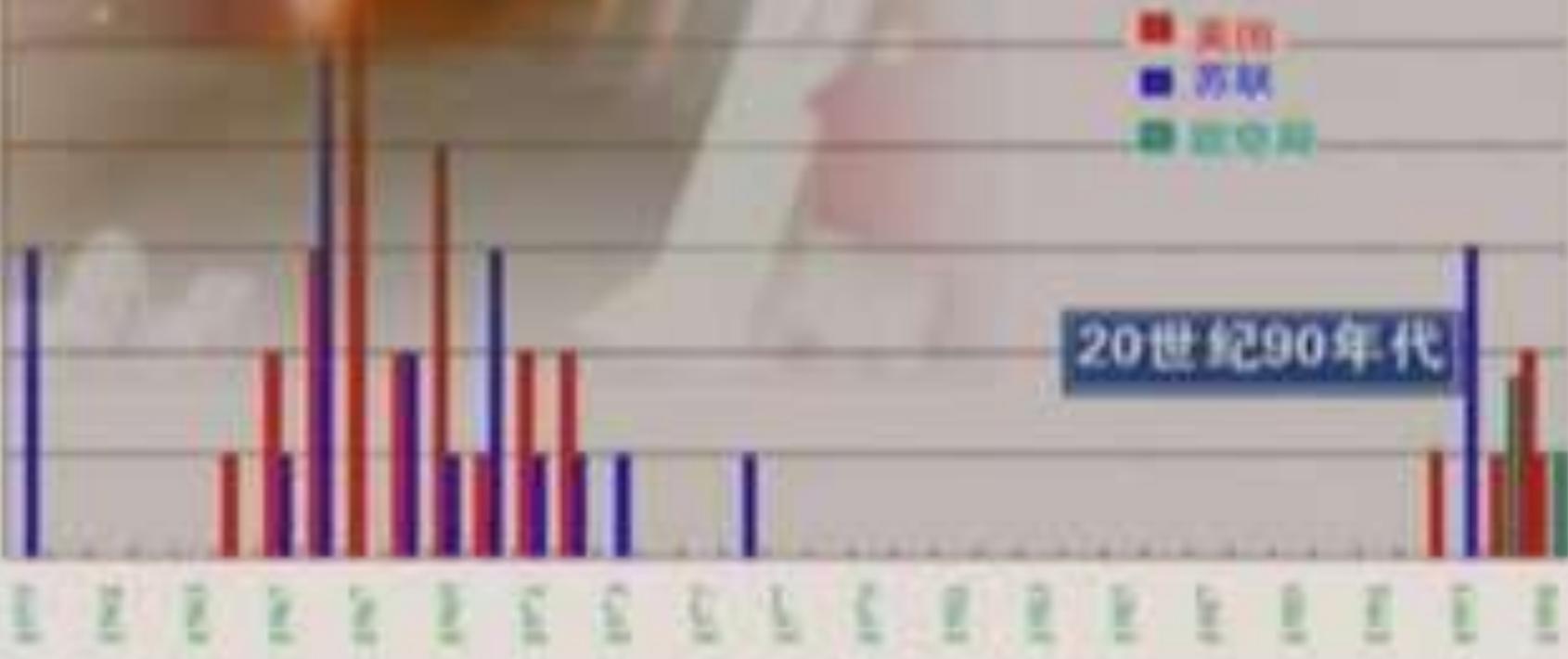
- “阿波罗”计划的实施，大大促进了人类对月球和地月系的起源与演化、月球表面环境、地形地貌、地质构造、化学组成与岩石类型、内部结构以及资源的开发利用前景等形成比较完整而系统的认识，对月球科学新体系的构成起了不可替代的重大作用。“阿波罗”计划推动了月球科学、比较行星学、太阳系起源与演化学、空间科学等多门学科的快速发展和深化完善。
- “阿波罗”计划是人类历史上一项规模巨大、涉及领域广泛、引领科技发展、促进一系列高新技术的突破与创新、推动产业繁荣、提高管理科学水平、培养宏大的科技人才队伍的伟大科学工程，也集中表现了人类敢于探索、不畏艰险、勇于攀登的科学精神，是一项伟大的壮举。



## 2、重返月球的缘由

1972年美国在完成最后一次阿波罗载人登月探测活动（即Apollo 17）后，把航天活动的重点转移到空间站、航天飞机、应用卫星、火星探测，至1994年美国一直没有再发射过任何月球探测器。

1976年苏联在完成Luna-24无人月球采样返回后，至今没有开展月球探测。



中国、美国、欧空局、俄罗斯、日本、德国、英国、法国、乌克兰、奥地利、巴西、印度、韩国和以色列等国都提出要重返月球。

## 2、重返月球的缘由

### (1)、月球的重大军事战略地位—太空战的新制高点

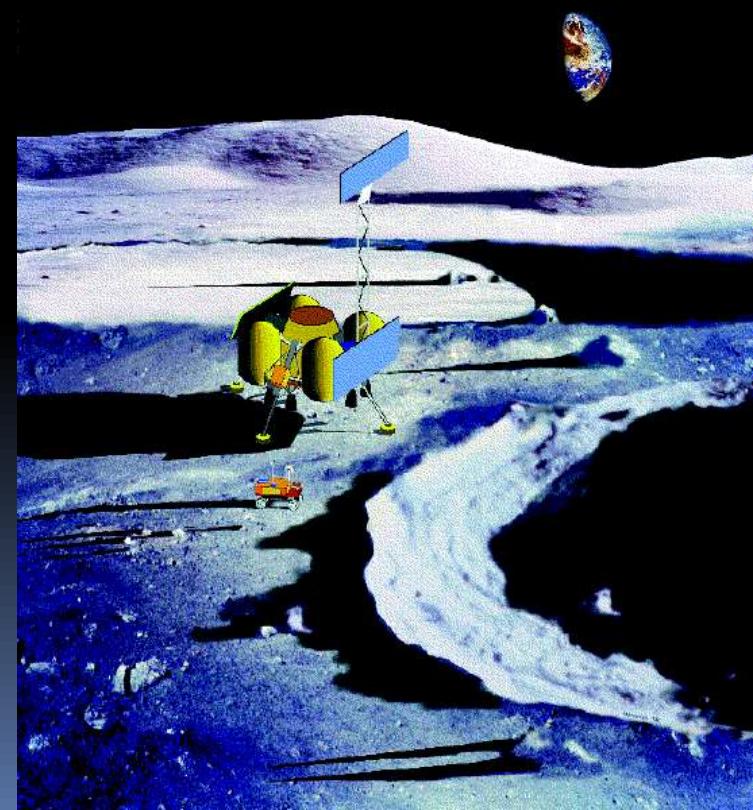
早在20世纪60年代，时任美国总统的肯尼迪说过一句名言：“谁控制了太空，谁就控制了地球。”

他们提出：“谁控制了月球，谁就控制了环地球太空.....”

月球是当代太空战的新军事平台，力图抢占太空以至月球等新的战略制高点。

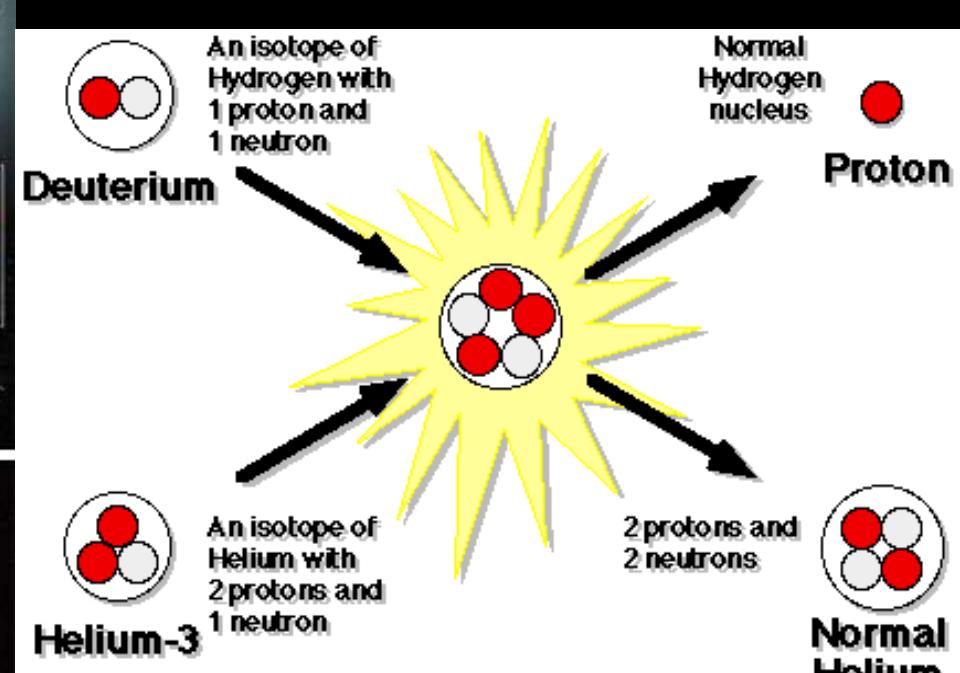
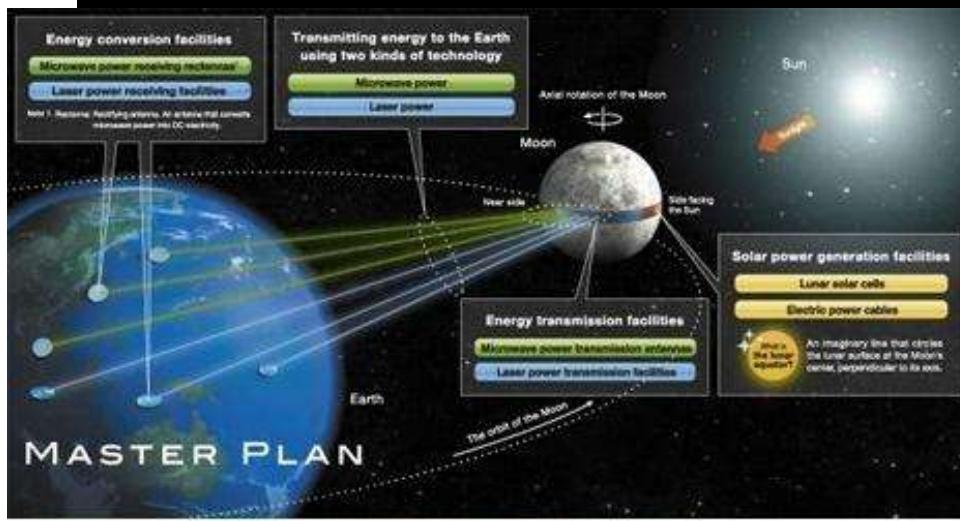
月基对地监测网；月基“永久”信标-通信-中继站；月基太空武器；

月球基地和深空转运站。



## (2)、月球能源的开发利用前景与实施方案

- I) .月球表面可丰富而稳定的太阳能的利用。
- II) .月壤中气体（如氢、氦氖、氩、氮等）资源，尤其是核聚变燃料 $^3\text{He}$  的开发和利用。





日本清水建筑株式会社的研究部宣布，围绕月球1.1万公里长的赤道建一条太阳能发电带，由机器人进行管理运作。它将能产生13万瓩千瓦太阳能，并且连续不断。然后将电能转化为微波束和激光束，数条直径达20公里的天线将它们传回地球的接收站，再由地面发电站将微波束和激光束重新转换为电能。通过这种方式发的电可以满足全世界的用电需要。

就地取材，利用月壤作为混凝土材料建设一个宽400公里(约合250英里)的混凝土带，围绕整个月球赤道一圈长度约10940公里，施工工作全部可以由地面遥控的机器人施工队完成。随后，这送系统最早可以在2035年左右开始建设。



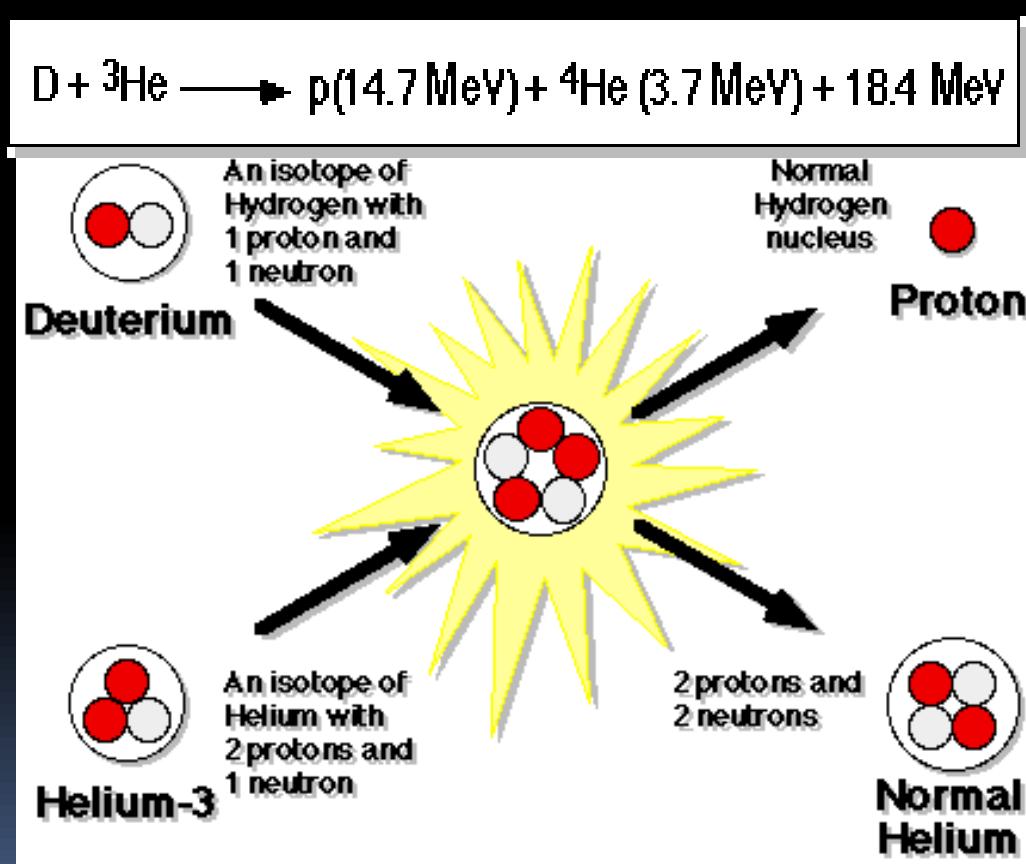
就地取材，利用月壤作为混凝土材料建设一个宽400公里的混凝土带，围绕整个月球赤道一圈长度约10940公里，施工工作全部可以由地面遥控的机器人施工队完成。随后，在混凝土带上全部铺设太阳能电池板，并将其采集的电能通过微波和激光传输方式送回地球。这一系统最早可以在2035年左右开始建设。

# 月壤中的氦-3

月球无大气（高真空状态），无磁场，太阳风在月球表面的通量高达 $3 \times 10^8 / \text{cm}^2 \cdot \text{s}$ 。且随深度的分布较稳定。

初步估算，月壤中 ${}^3\text{He}$ 的资源总量可达110万吨。将是人类社会长期、稳定、安全、清洁的可控核聚变能源原料，可以满足人类万年以上的需求。  
当代核聚变燃料是D-T或D-D。氦-3备用燃料。

（一吨氦-3价格为40亿美元，1克约32000元人民币）



### (3) 、月球特殊环境的开发利用

超高真空；无磁场；地质构造稳定；弱重力（1/6）；

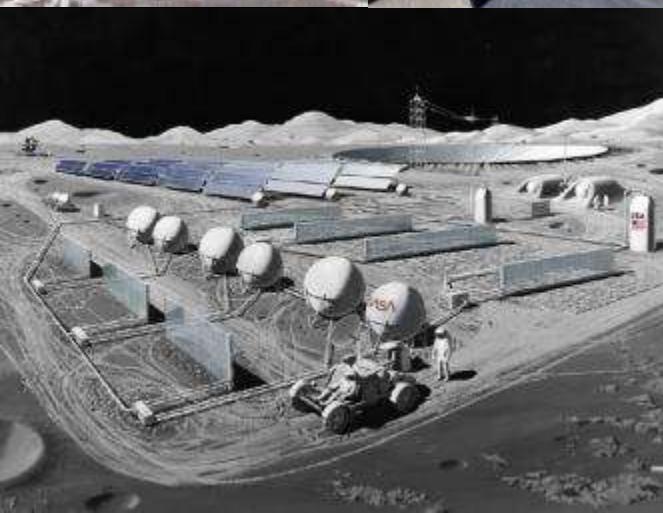
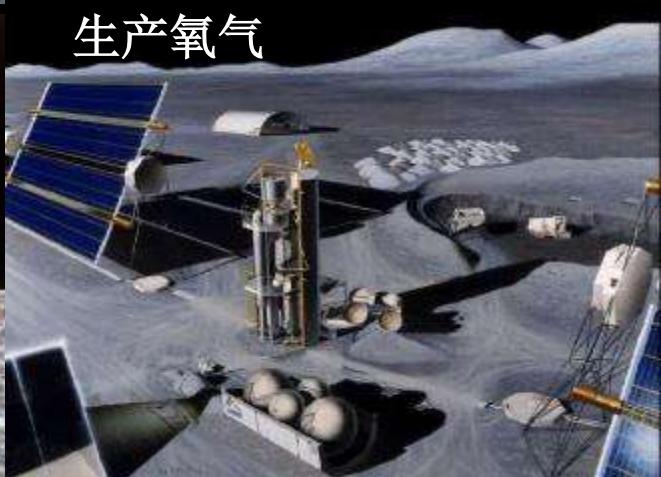
高洁净环境

(I) 月球天文观测站与研究基地。精度高、造价低，运行与维护费用低。

(II) 地球观测站。

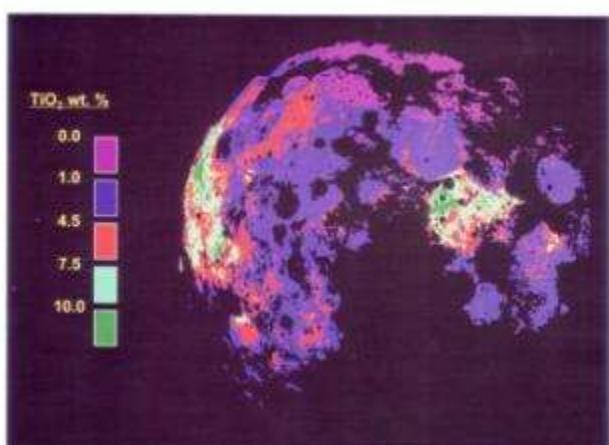
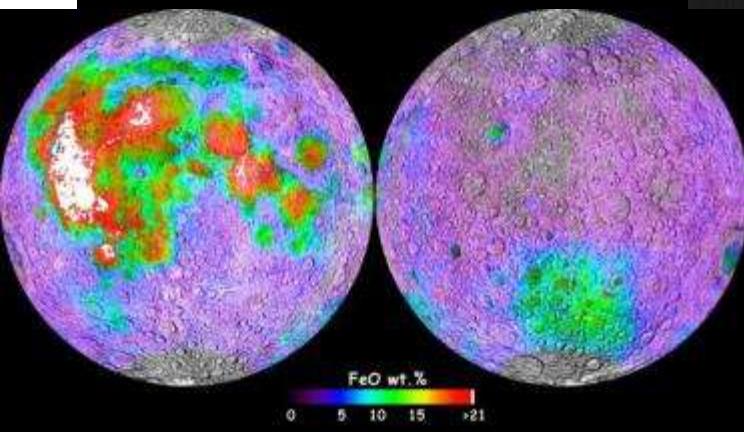
(III) 月球实验室。研制特殊的生物制品和新材料。

(IV) 可作为天然的“空间站”，成为深空探测的前哨阵地和转运站。

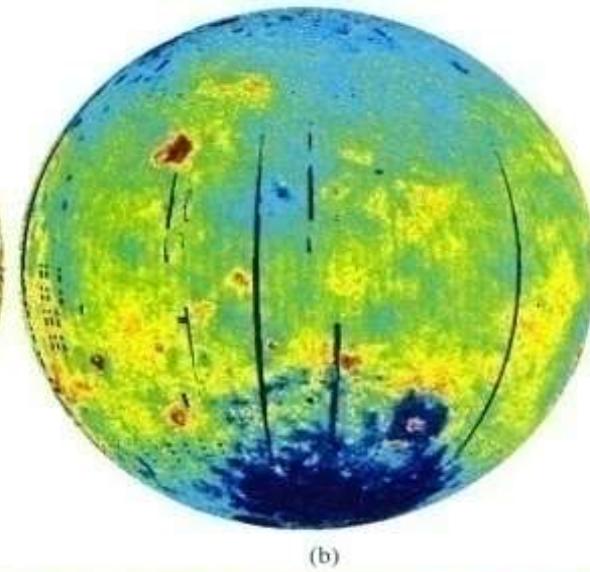
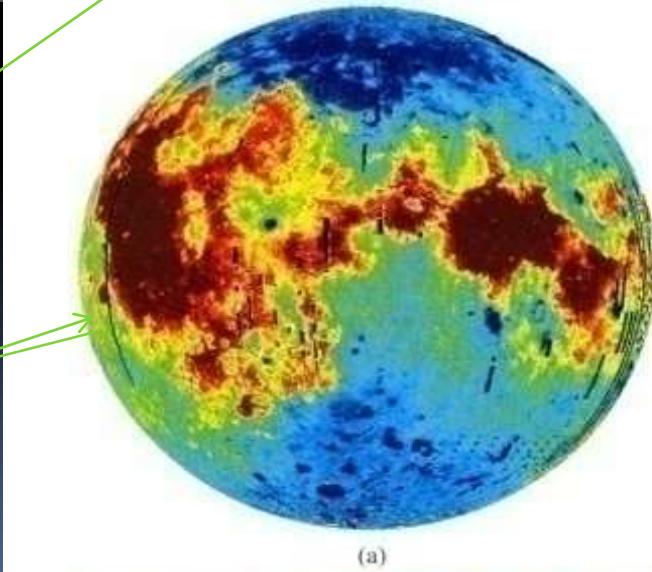
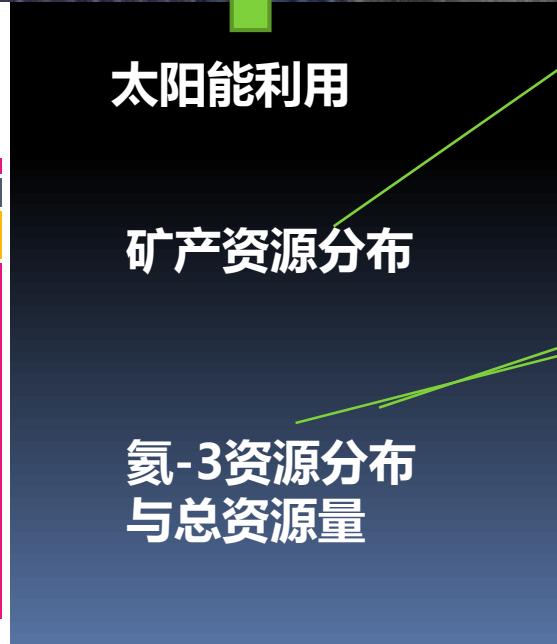
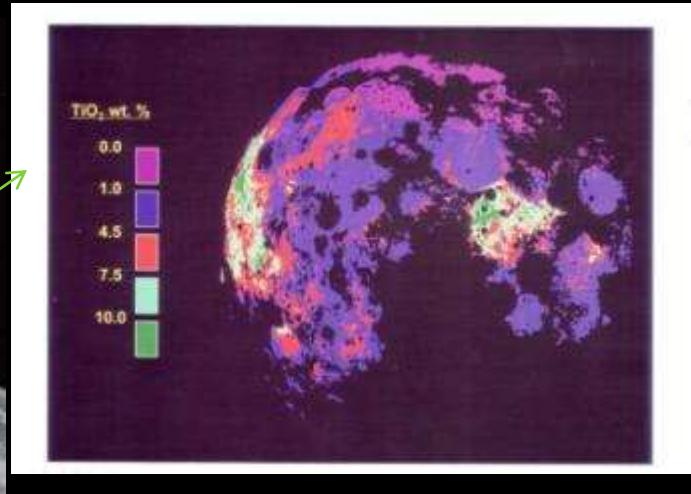


## (4) 月球资源的全球分布和利用

斜长岩，富含Si、Al、Ca、Na等元素。克里普岩(KREEP)富含钾、稀土元素和磷(REE $\sim$ 225–450亿吨, U $\sim$ 50亿吨)。玄武岩含钛铁矿可达25% (体积)，比我国攀枝花钒钛磁铁矿矿石更富含TiO<sub>2</sub>。钛铁矿 $\sim$ 110–220万亿吨, TiO<sub>2</sub> $\sim$ 57–115万亿吨)。月壤中富含各种气体，可用于维持永久性月球基地。



# 月球资源、能源和环境的开发利用，支撑人类社会永续、健康、幸福发展的需要



月球的资源、能源与特殊环境的开发利用前景和军事战略地位，推动了众多国家提出重返月球的规划与计划：

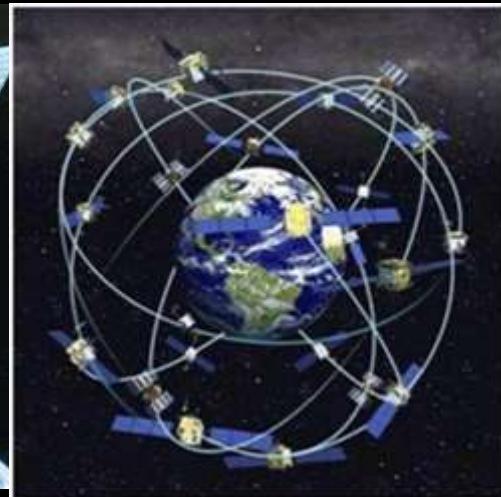
美国、欧空局、俄罗斯、日本、德国、英国、法国、乌克兰、奥地利、巴西、印度、韩国。

**原则：谁先开发利用，谁先获益**

面对严峻形势，中国不能袖手旁观，不能置之不理，要维护自己的合法权益，必须要有月球探测的能力。

## 二、中国月球探测的进展

### 进入空间的能力—运载火箭和空间飞行器研制的进展



||| 当时中国的经济实力、技术能力、科技水平和科研队伍与美、苏相比，一穷二白、望尘莫及！

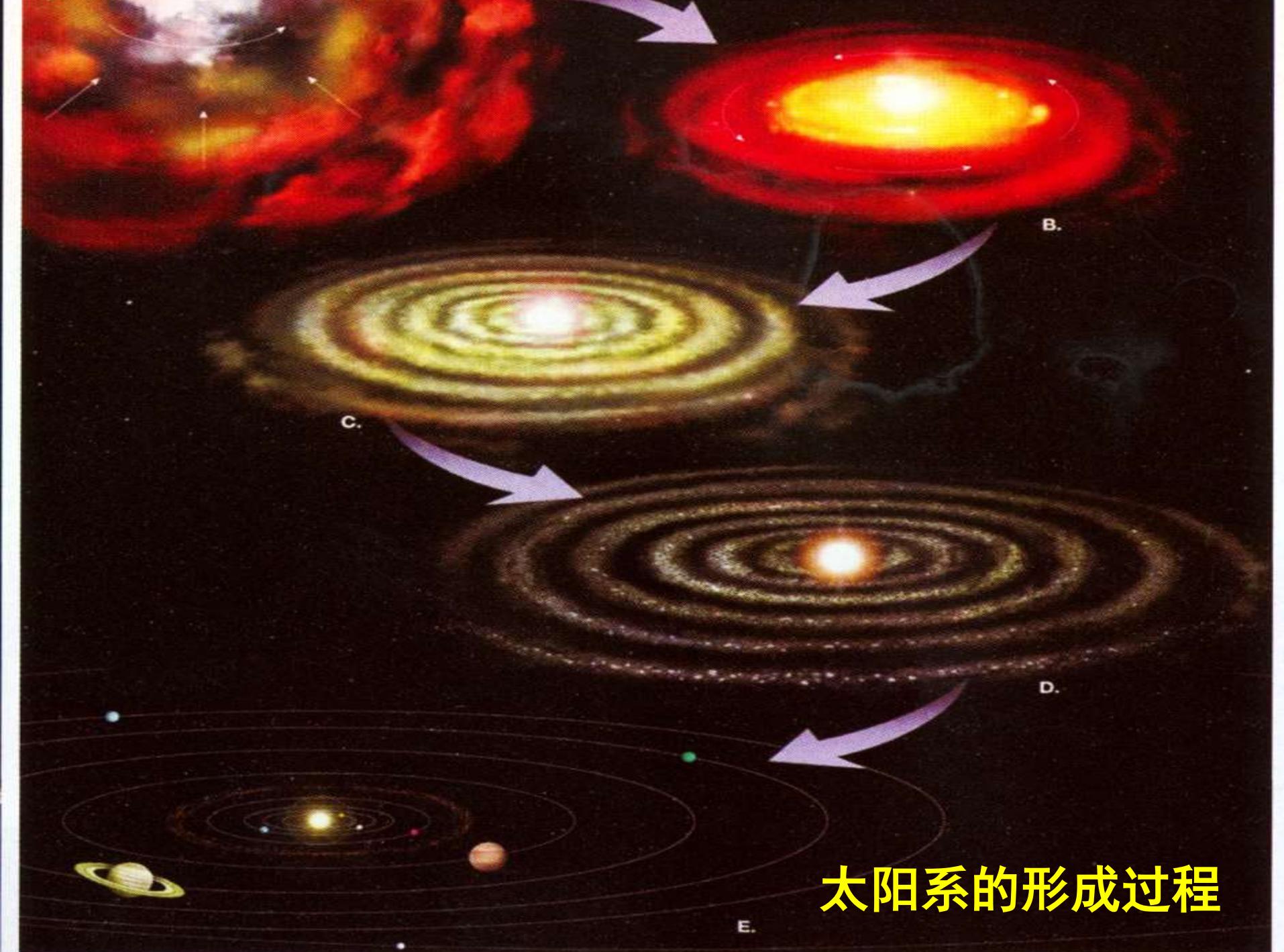
坚信中国一定会有卫星、飞船、探月、探测太阳系。机遇只给有准备的人—瞄准目标，坚持探索坚信

1、**陨石研究**：南丹铁陨石研究（1958）；内蒙石陨石的研究（1960）；新疆铁陨石研究（1963）；铁陨石研究与商代武器（1972）；吉林陨石的机遇（1976）；南极陨石的研究；月球陨石和火星陨石研究（2000）。

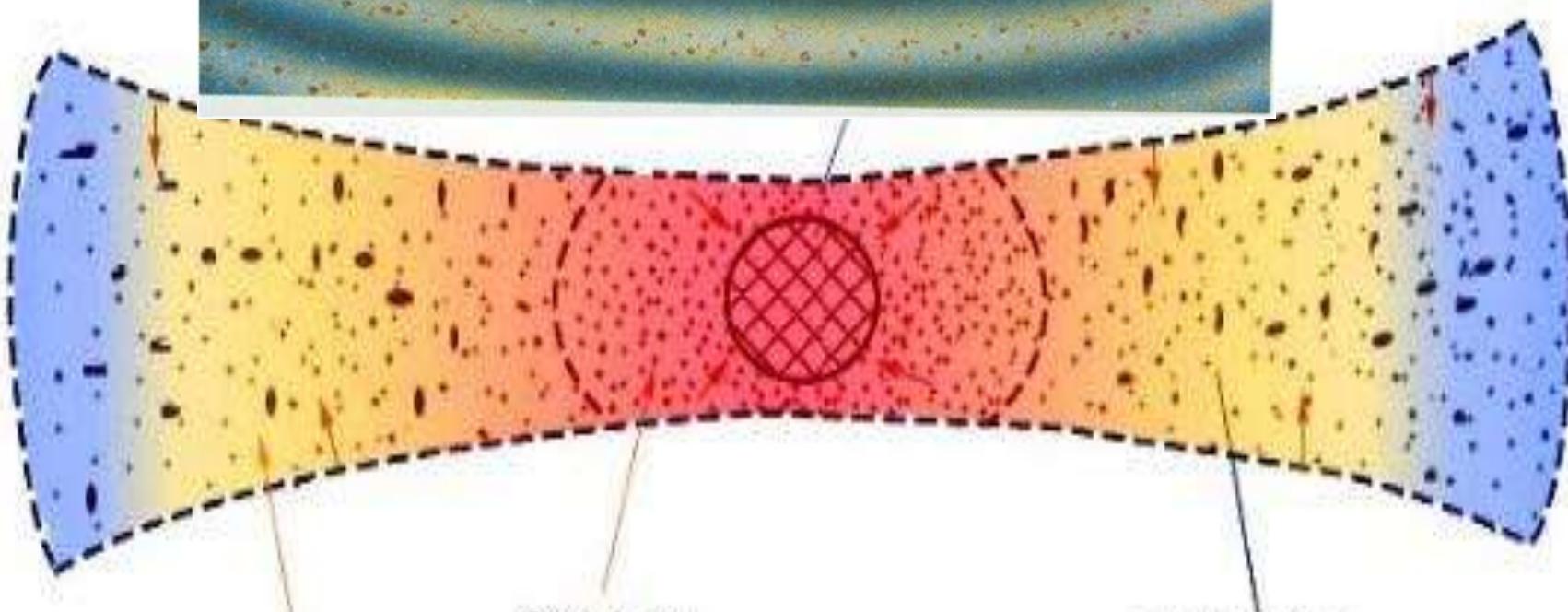
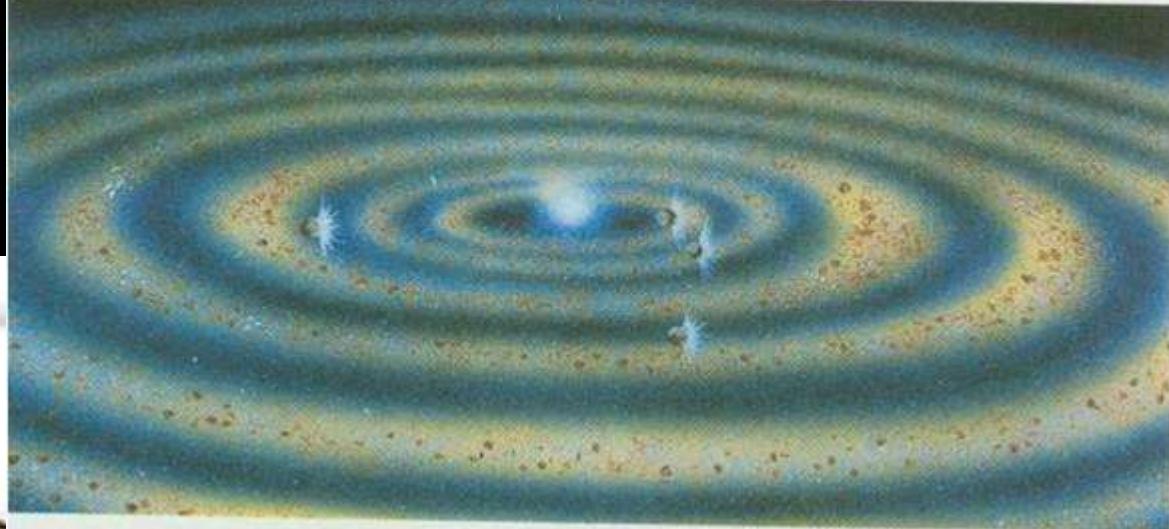
2、**行星际尘埃收集与研究**：

3、**小行星撞击地球与生物灭绝事件**：

在我国建立陨石学和天体化学学科，发展先进的探测与分析测试技术，培养与成长了一支研究队伍。



太阳系的形成过程



冷区  
冰凝聚  
[大行星]

类地行星  
在这个区域里  
凝聚和吸积

冰冷的星子 +  
氢气, 氮气

←二十个天文单位→

↑一个天文单位↓

# 太阳系构成行星的原始物质组成



E      H      L      LL

C

(球粒陨石化学群)

顽辉石球粒陨石 (E群)

- 发现新的过渡群
- 还原条件下星云的凝聚
- 还原条件下陨石的热变质

陨石中的太阳系外物质  
•太阳星云的不均一性  
•超新星成因SiC

碳质球粒陨石 (C群)  
中的包体

- 星云凝聚的连续系列
- C型包体的初始物质
- B型包体的初始物质

还原

(形成条件)

氧化

提出地球与类地行星的原始化学组成模型



46--45.5亿年，太阳系行星形成

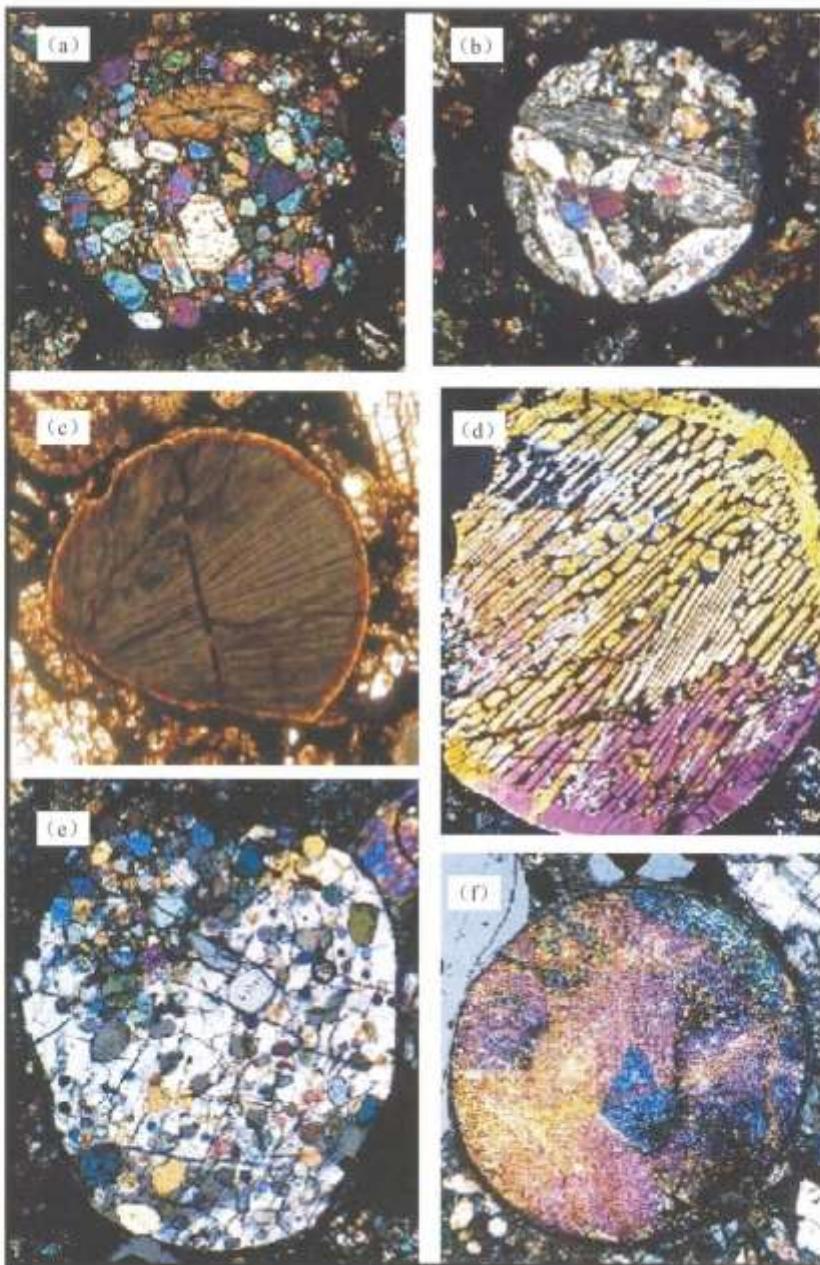
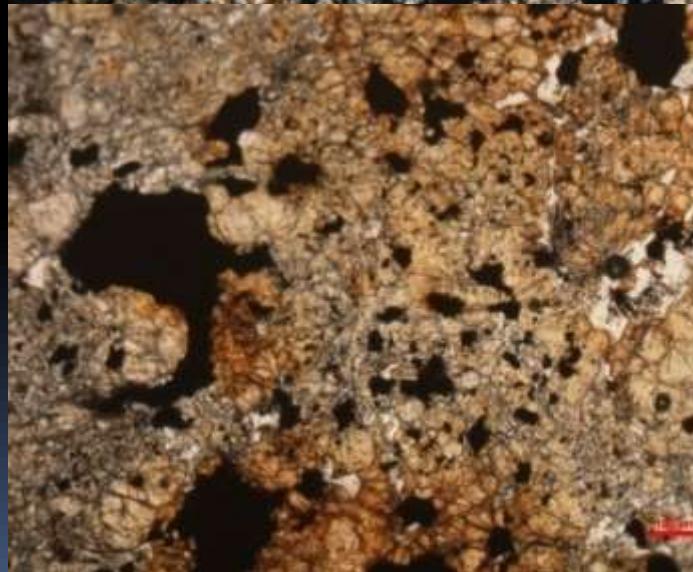
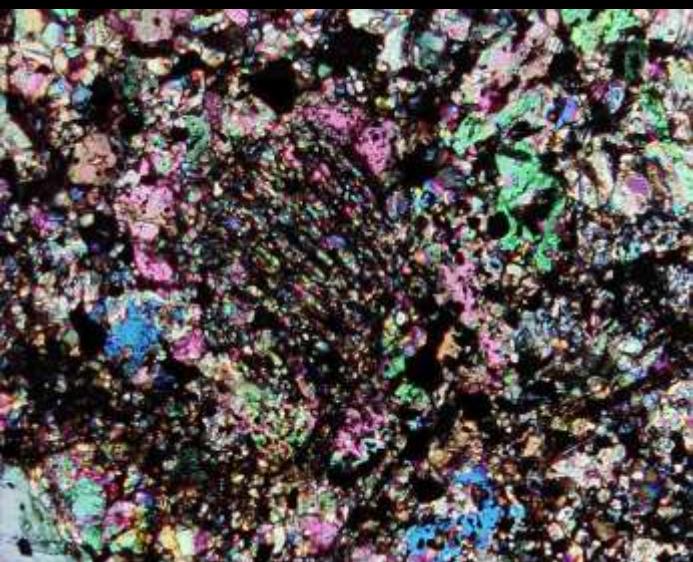
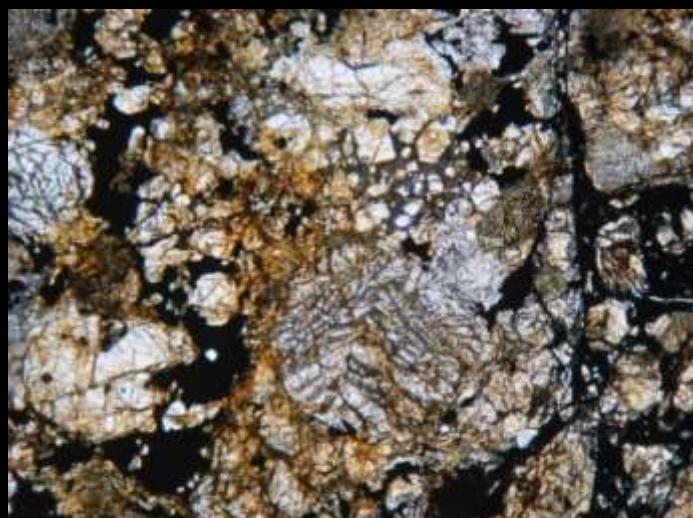


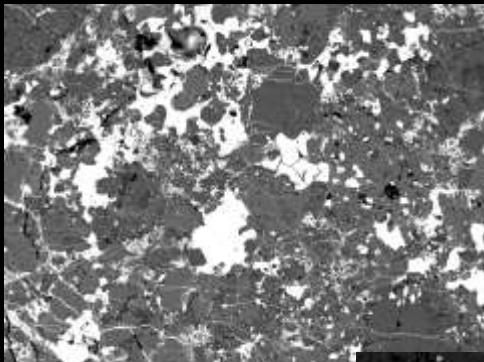
图 3-4 球粒陨石中常见的球粒结构图

(a) 斑状橄榄石球粒; (b) 斑状辉石球粒; (c) 放射状(或扇状)辉石球粒; (d) 炉条状橄榄石球粒;  
(e) 嵌晶状橄榄石球粒; (f) 隐品质球粒

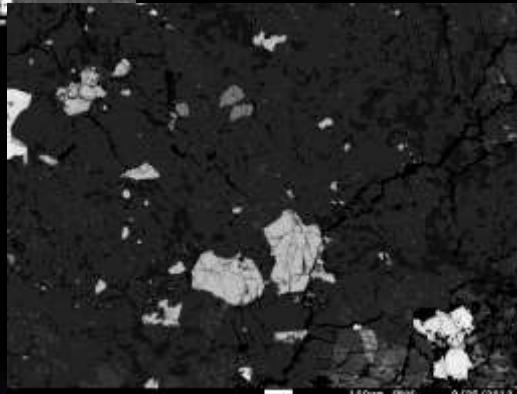
# 球粒陨石的岩石类型3-6型



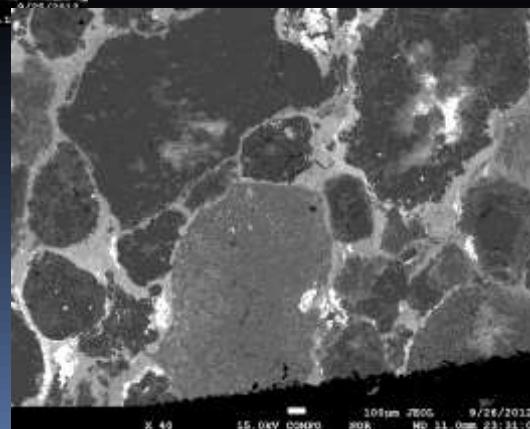
# 普通球粒陨石化学群-依据金属含量



■ H群



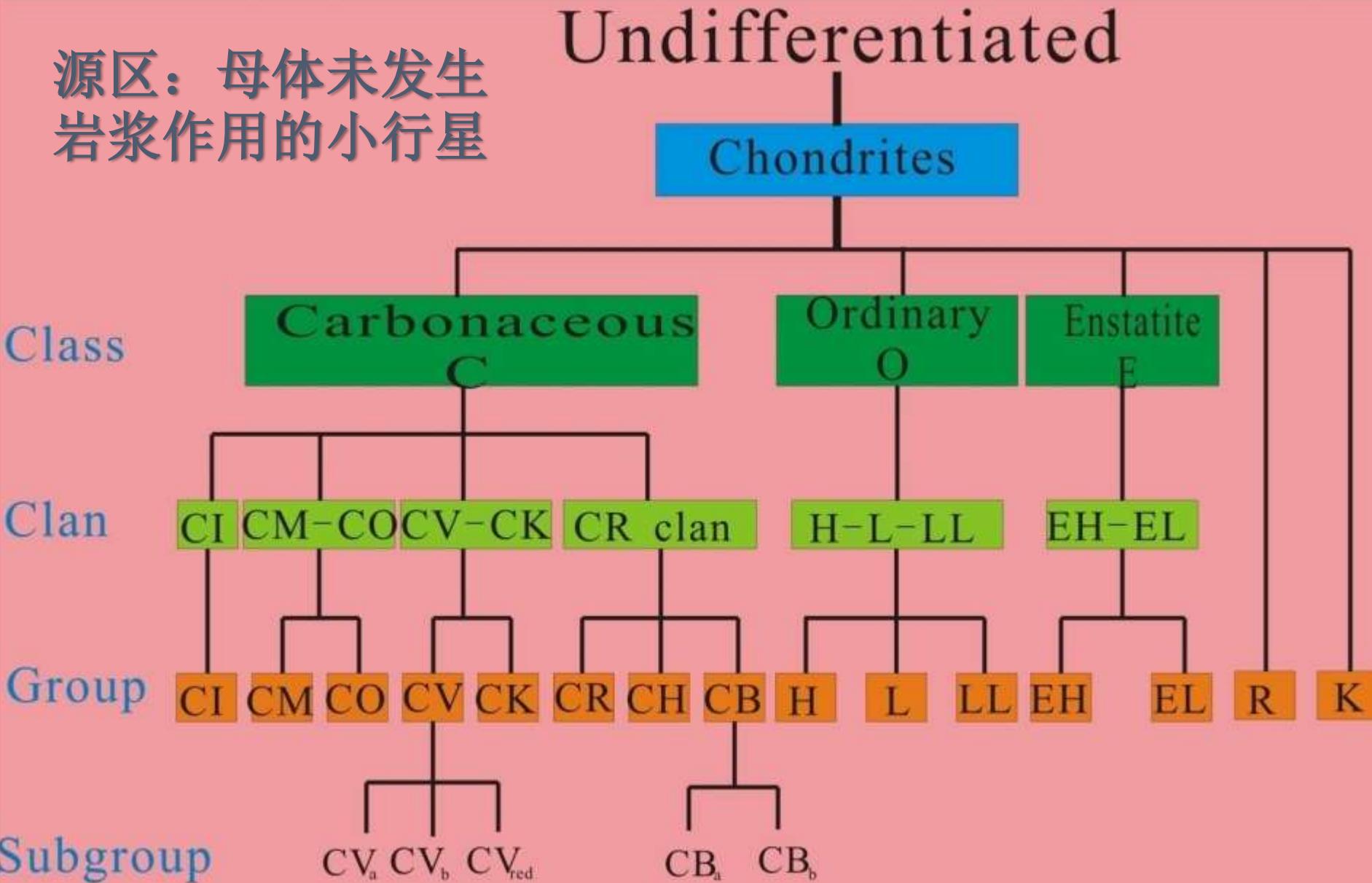
■ L群



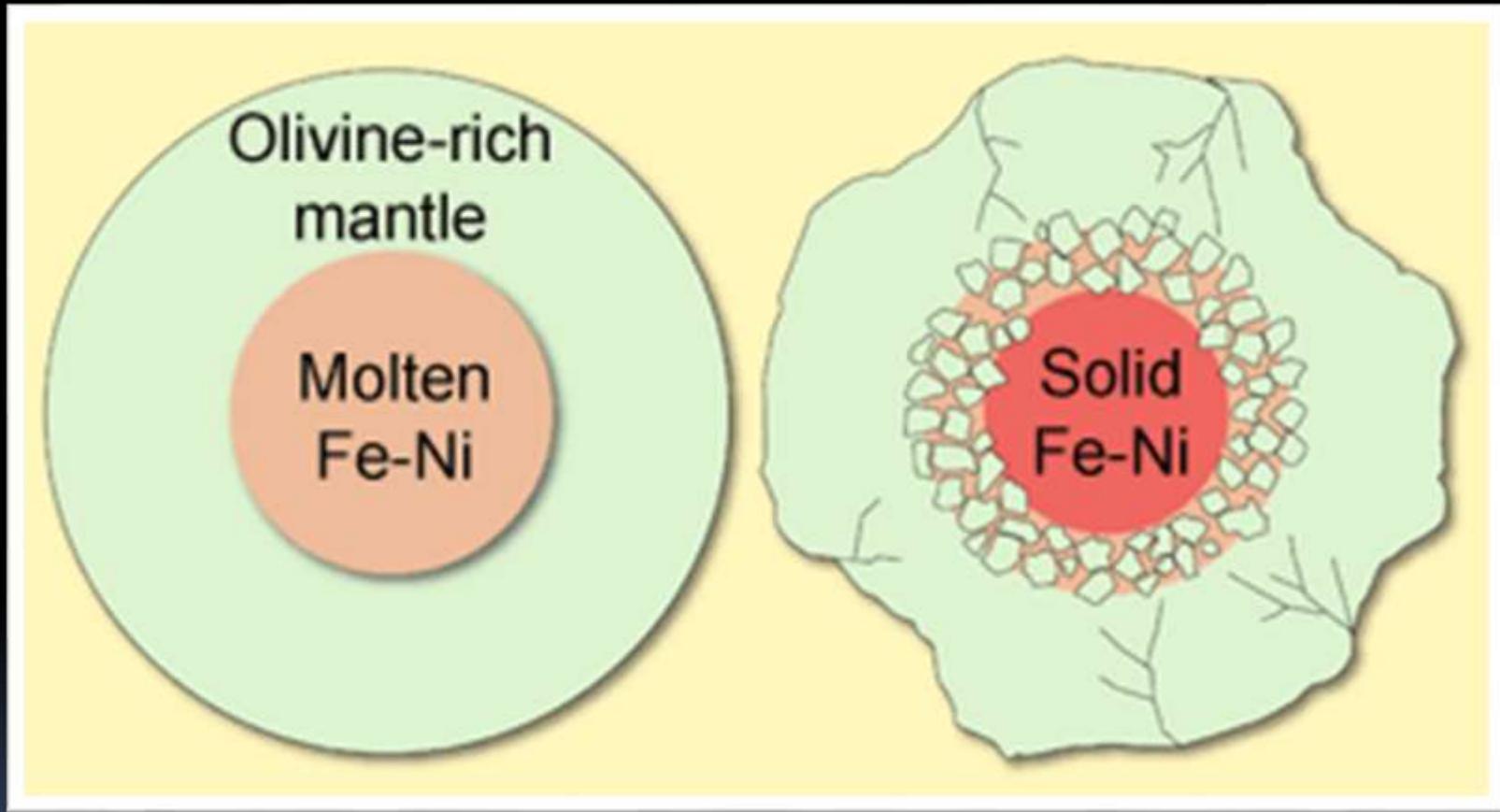
■ LL群

# 球粒陨石（未分异陨石）

源区：母体未发生  
岩浆作用的小行星



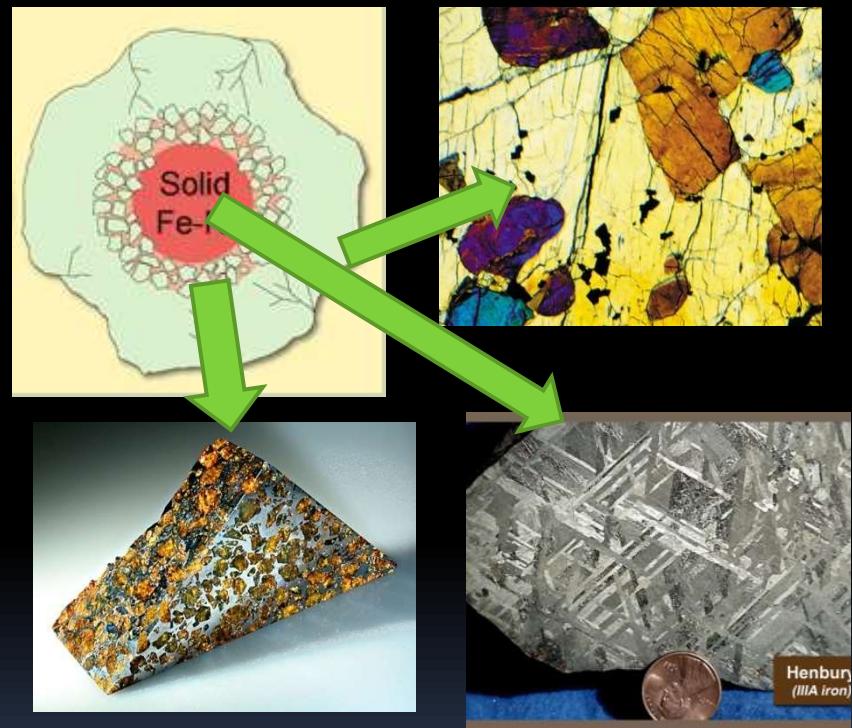
# 太阳系行星、卫星与小行星早期岩浆分异作用改造



分异型陨石的来源（无球粒陨石，铁石陨石，铁陨石）

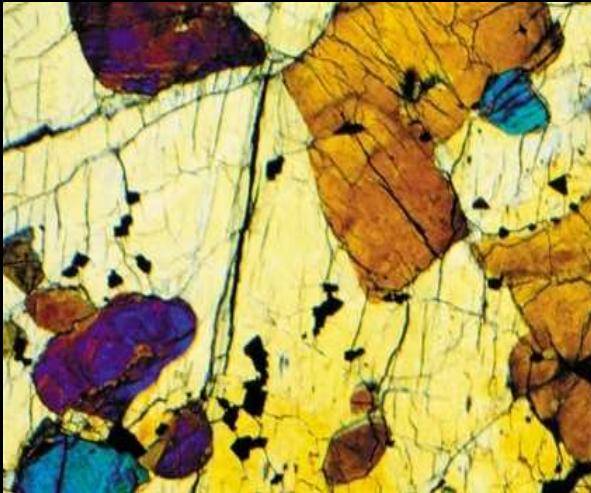
## ◆ 行星和大的小行星的岩浆分异作用。

- 行星的形成过程：星云凝聚—小星子—小行星——行星。
- 当星体足够大时，由于星体内的放射性元素的衰变能和其它内能的作用，星体内部随着温度的增高，最后发生熔融。
- 熔融后在重力作用和硅酸盐和金属的熔体不混溶性，从而，星体物质产生分异，并形成核-幔-壳。



从岩性上来说，就产生了铁陨石（核）、幔（石铁或基性物质）、玄武质物质。

# 分异型陨石的来源



### (3)、陨石的成分与结构分类

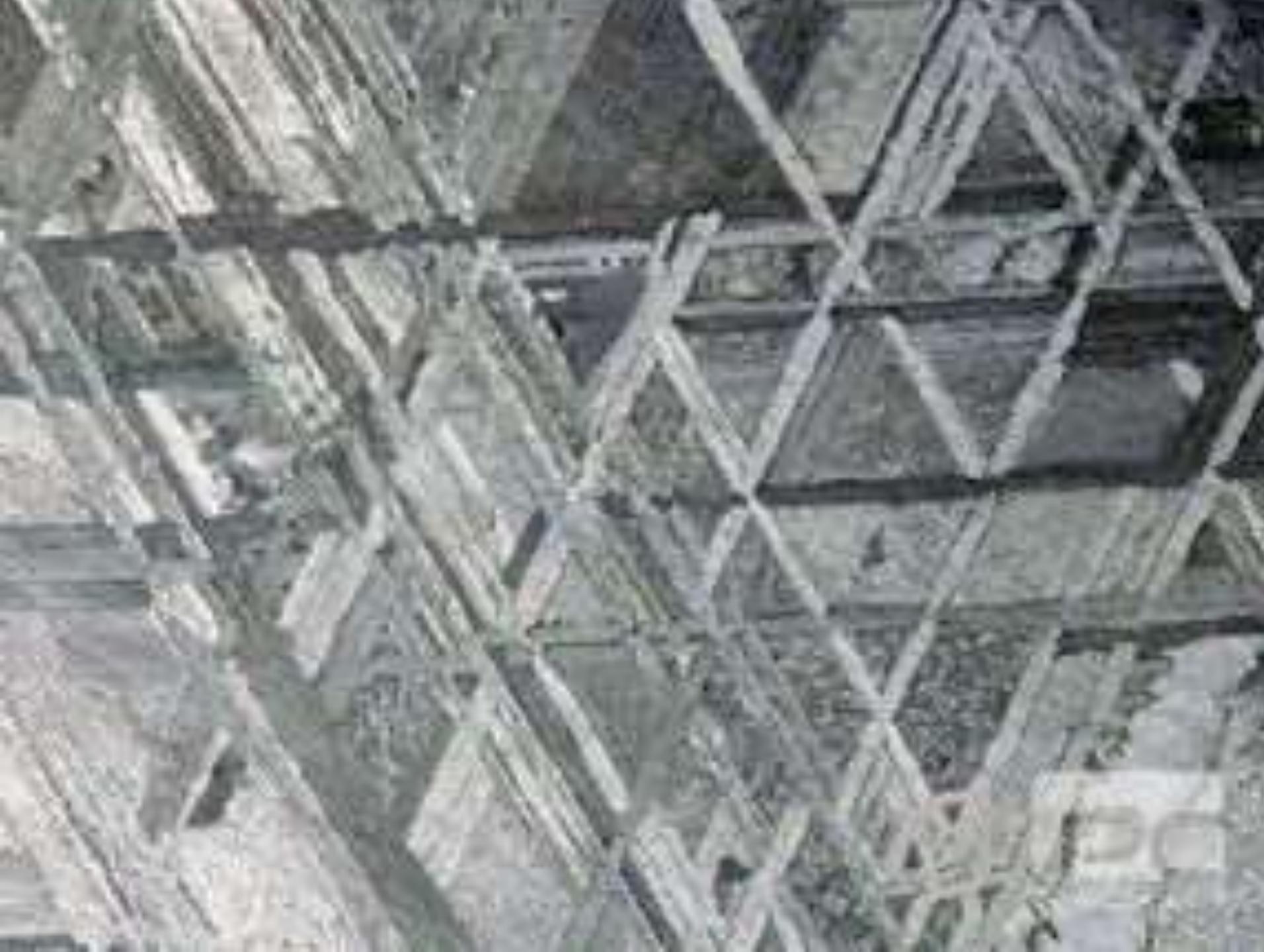




1958年全民大炼钢铁的小高炉

广西河池地区的《庆远府志》记载：“（明朝）正德丙子（1516年）夏五月夜，西北有星陨，长六丈，蜿蜒如龙蛇，闪烁如电，须臾而灭。”（680kg/9500kg）







1965年考察新疆铁陨石

1970年河北藁城  
出土的商代铁刃  
青铜铖



80 分



2003-10

吉林陨石雨—分布

(3-2) T



发表100多篇研究论文，专著2部；获中国科学院自然科学一等奖和国家自然科学三等奖；国际公认达到世界先进水平，建立了一支陨石学与天体化学的队伍。

## 吉林陨石的机遇



# 平流层 (37km) 收集 行星际尘埃









## 二、中国月球探测的进展

### 月球科学研究的能力与人才队伍的成长

中国的月球探测经历了35年

(1958-1993) 跟踪调研与综合分析月球探测进展与成就，开展了地外物资研究，培养了一支月球与行星科学的研究队伍。完成了阿波罗月球岩石研究，出版了《月质学研究进展》和《天体化学》专著。结合国情，提出中国月球探测的设想。

10年分步论证；3年半实施。



# 10年分步论证

- 1993年前后：参加了月球探测工程的论证；
- 1995年：我们完成了第一个较完整的《中国开展月球探测的必要性与可行性研究报告》（863项目）；
- 1999年：我们完成了《中国开展月球探测的发展战略与长远规划》（863项目），提出了现今被广泛接受并作为立项目标的“绕落回”（绕月卫星探测、软着陆探测、月球取样返回）三步走的设计思想；
- 2000年：我们完成了《月球资源探测卫星科学目标》研究报告，确定了月球探测的科学目标和有效载荷配置，提出了卫星研制总要求、轨道设计和测控通信方案。
- （朱镕基总理指示）2003年9月27日中央专委同意绕月探测工程立项，并将二、三期工程纳入国家中长期科技发展规划。

2004年1月23日：温家宝总理等国务院领导批准我国月球探测工程立项实施。总经费14亿人民币。

温家宝总理批示：“绕月探测工程是一项复杂的多学科高技术集成的系统工程。要统筹兼顾，合理确定科学和工程目标；充分调动和整合各方面科研资源，加大重大关键技术攻关力度。各部門要精心组织，团结协作，高标准、高质量、高效率地完成绕月探测工程任务。”中国的探月航天工程首次设立了首席科学家。



# 中国月球探测的发展战略与长远规划

**探：**无人月球探测(2007~2017)

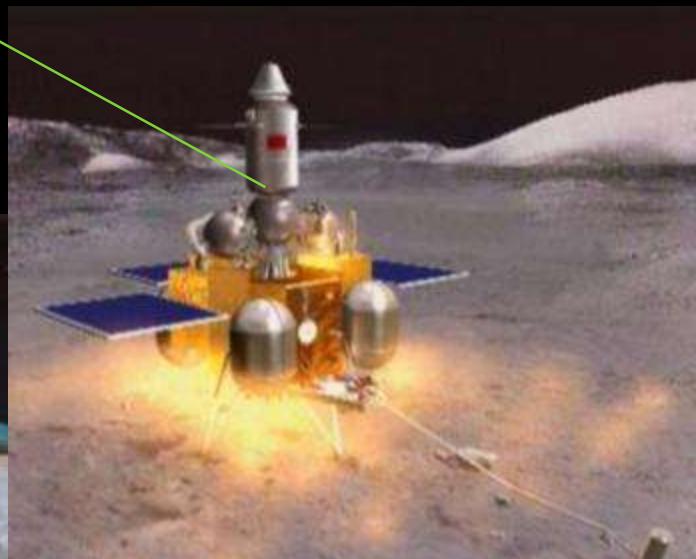
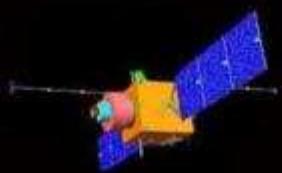
**登：**载人登月

**驻：**建设月球基地、开发和长驻

绕：环绕探测（嫦娥1，2）

落：月球软着陆和巡视探测（嫦娥3，4）

回：自动取样返回（嫦娥5，6）



# 1、嫦娥一号



## 第一期 月球探测卫星 (2004 — 2007)

研制和发射第一个月球探测器——月球探测卫星，主要对月球进行**全球性、整体性与综合性的**探测，对月球表面的地貌、地形、地质构造、环境与物理场进行首次探测，对有开发利用前景的月球能源与资源的分布与规律开展研究。

## 工程目标：

- 突破月球探测基本技术；
- 研制和发射我国第一个月球探测器——嫦娥1号；
- 初步构建月球探测卫星航天工程系统；
- 为月球探测后续工程积累经验，培养人才队伍。



# 关键技术—38万公里 的精确测控

## 航天测控网 (USB系统)

喀什

酒泉

北京

长春

太原

青岛

西安

西昌

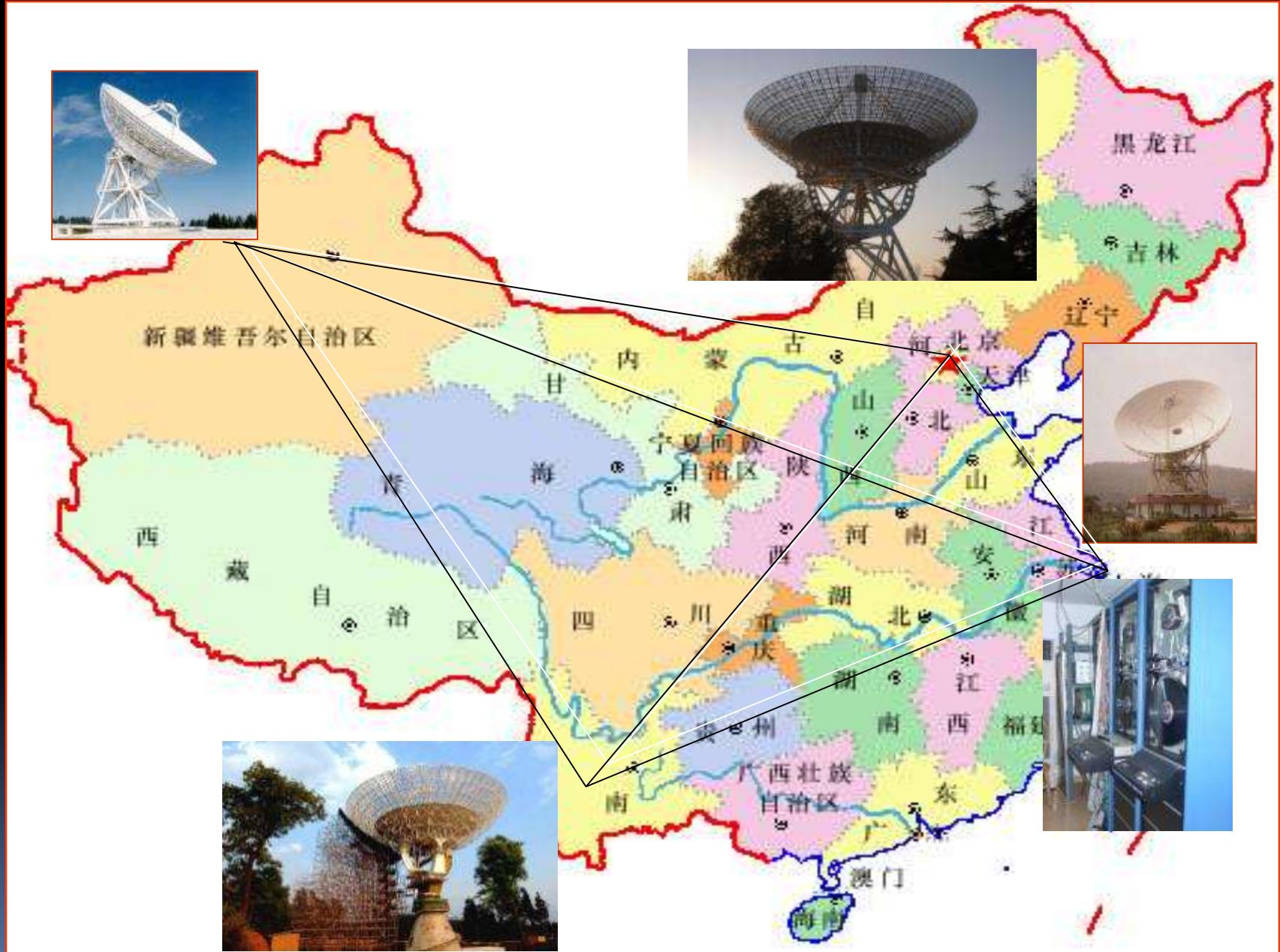
厦门

南宁

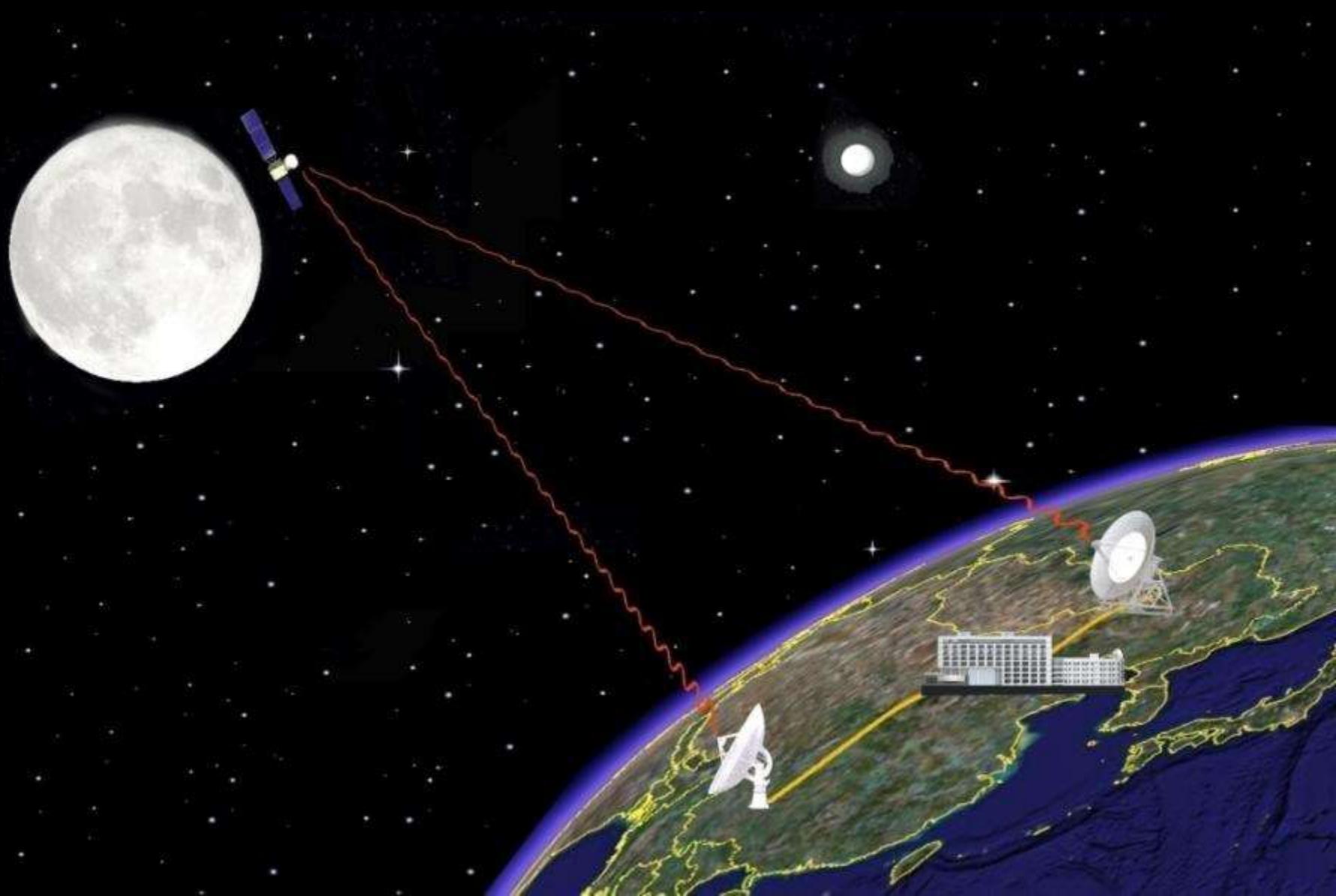


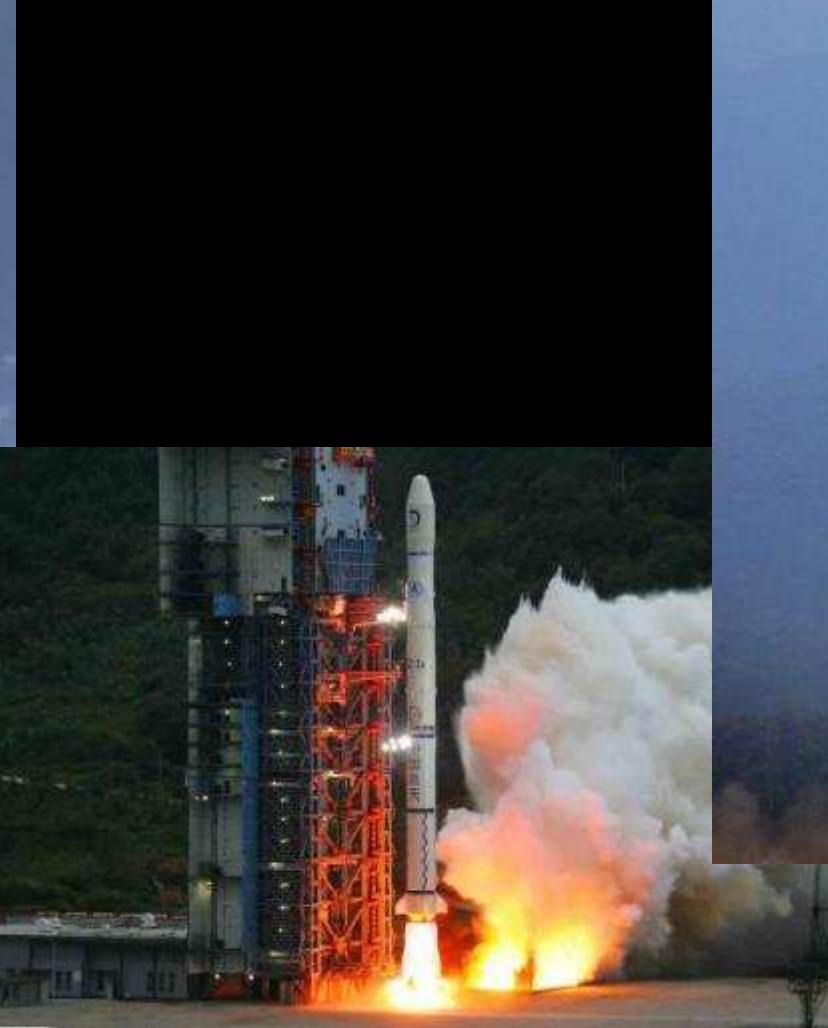
远望号测量船

# “甚长基线干涉测量”测轨网的台站分布



## 关键技术--（3）38万公里的数据接收

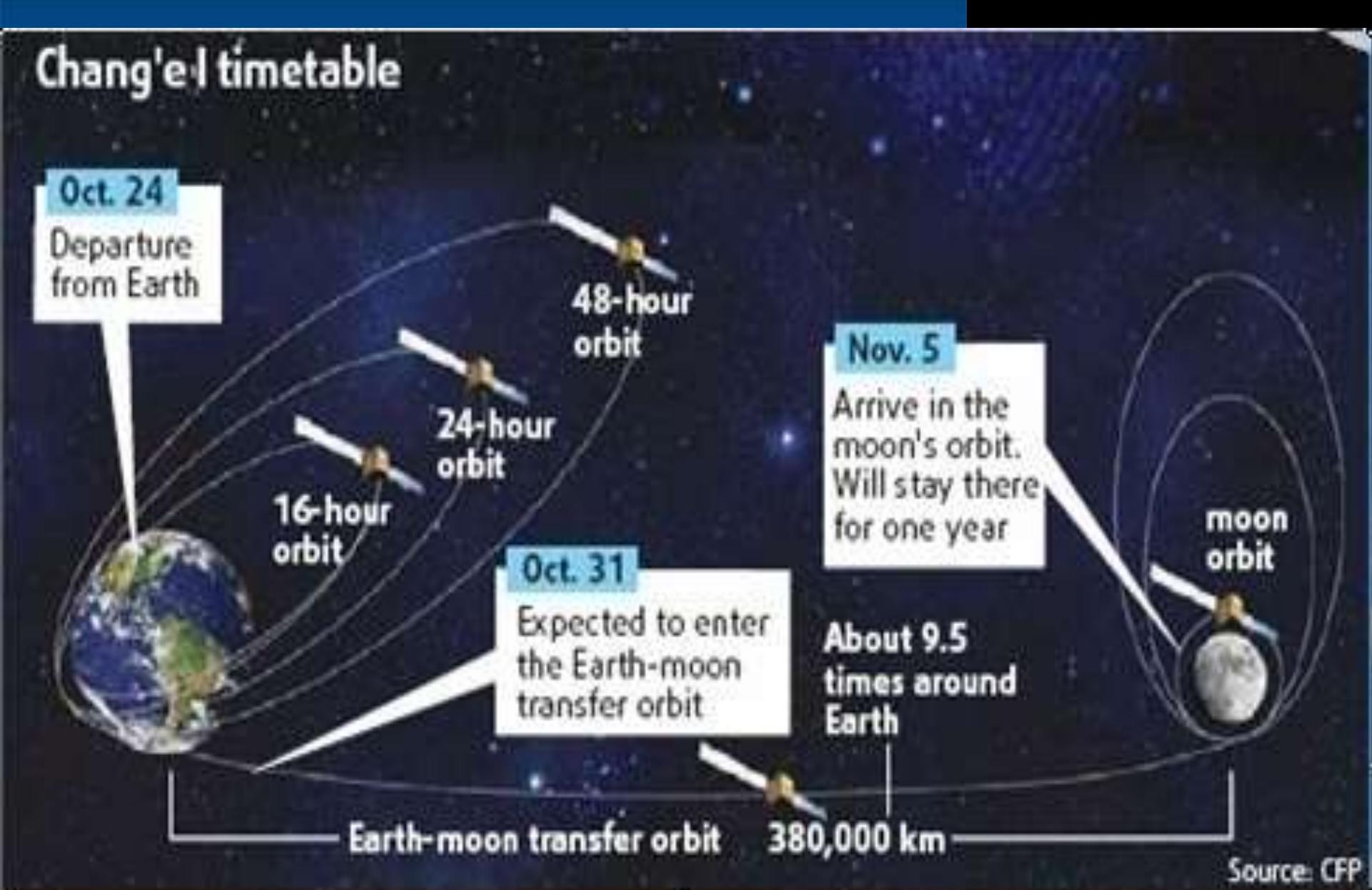




2007年10月24日18  
时05分04秒，嫦娥1  
号从月亮城—西昌升  
空



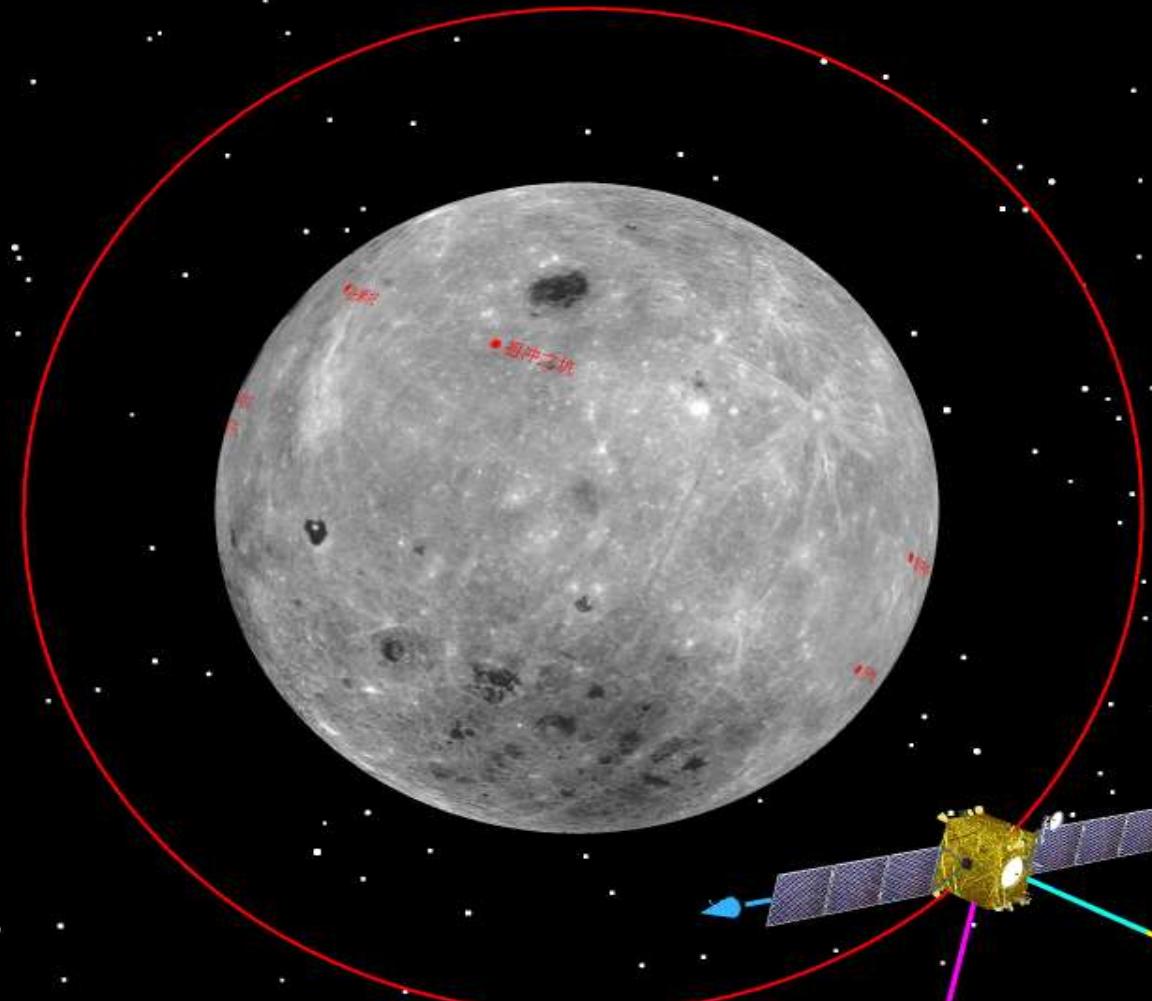
# Chang'e-1 timetable



精确变轨、修正、刹车捕获与成功绕月1次修正，历时~13天14时19分，行程206万km

# 嫦娥一号200千米极轨圆轨道

嫦娥一号



北京时间: 2007-11-07 22:31:50

飞行速度: 1599.287 米/秒

经度: -111.358 度

纬度: -21.438 度

高度: 189.837 千米

SUN

# 科学目标

(技术-科学与技术-科学牵引)

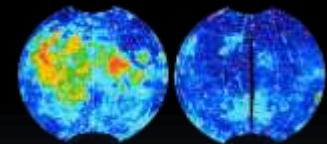
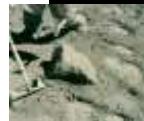
(1) 获取月球表面三维影像。



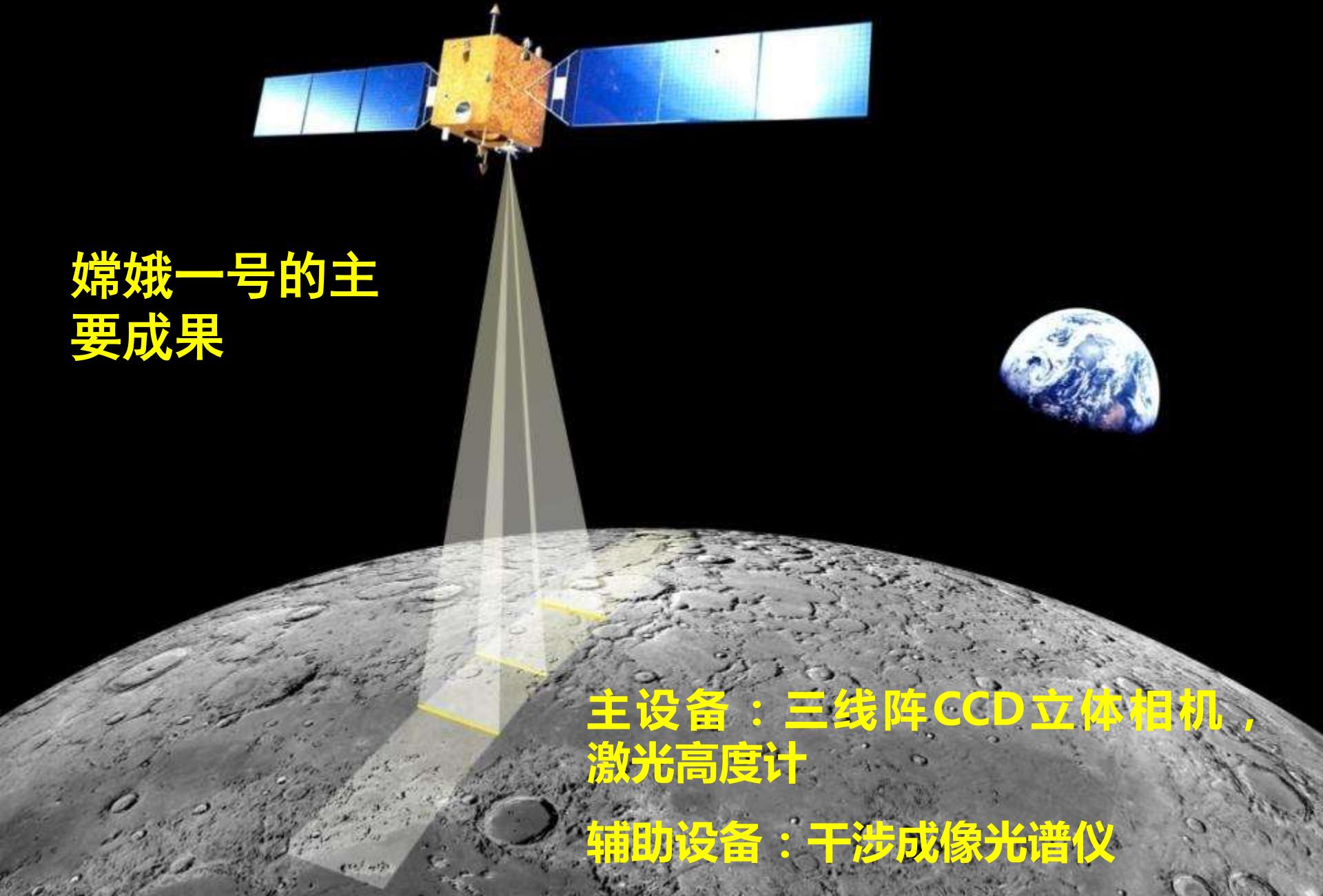
(2) 分析月球14种元素、矿物与物质类型的含量和分布

(3) 探测月壤厚度，估算氦-3资源量

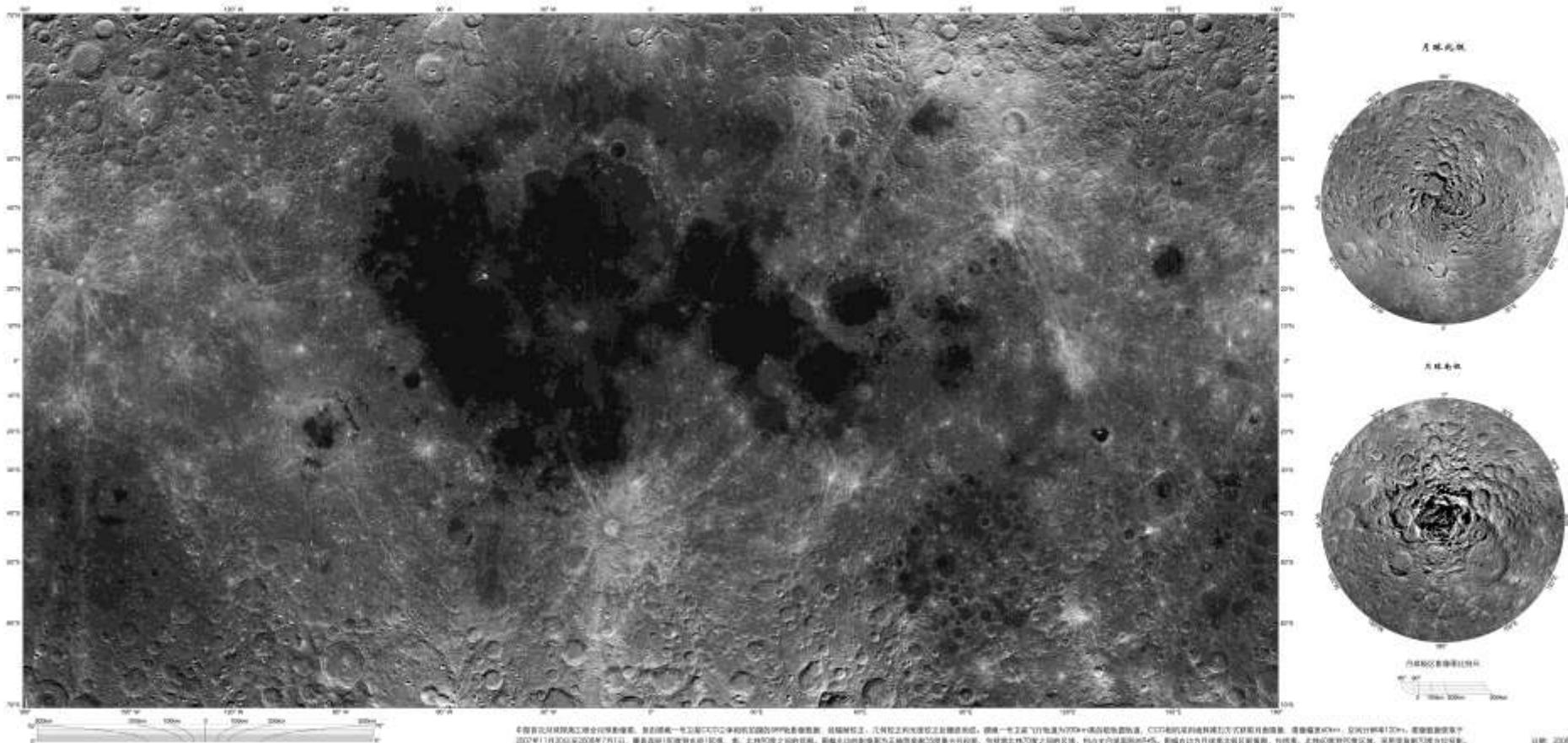
(4) 探测4~40万公里间的地月空间环境



# 嫦娥一号的主要成果

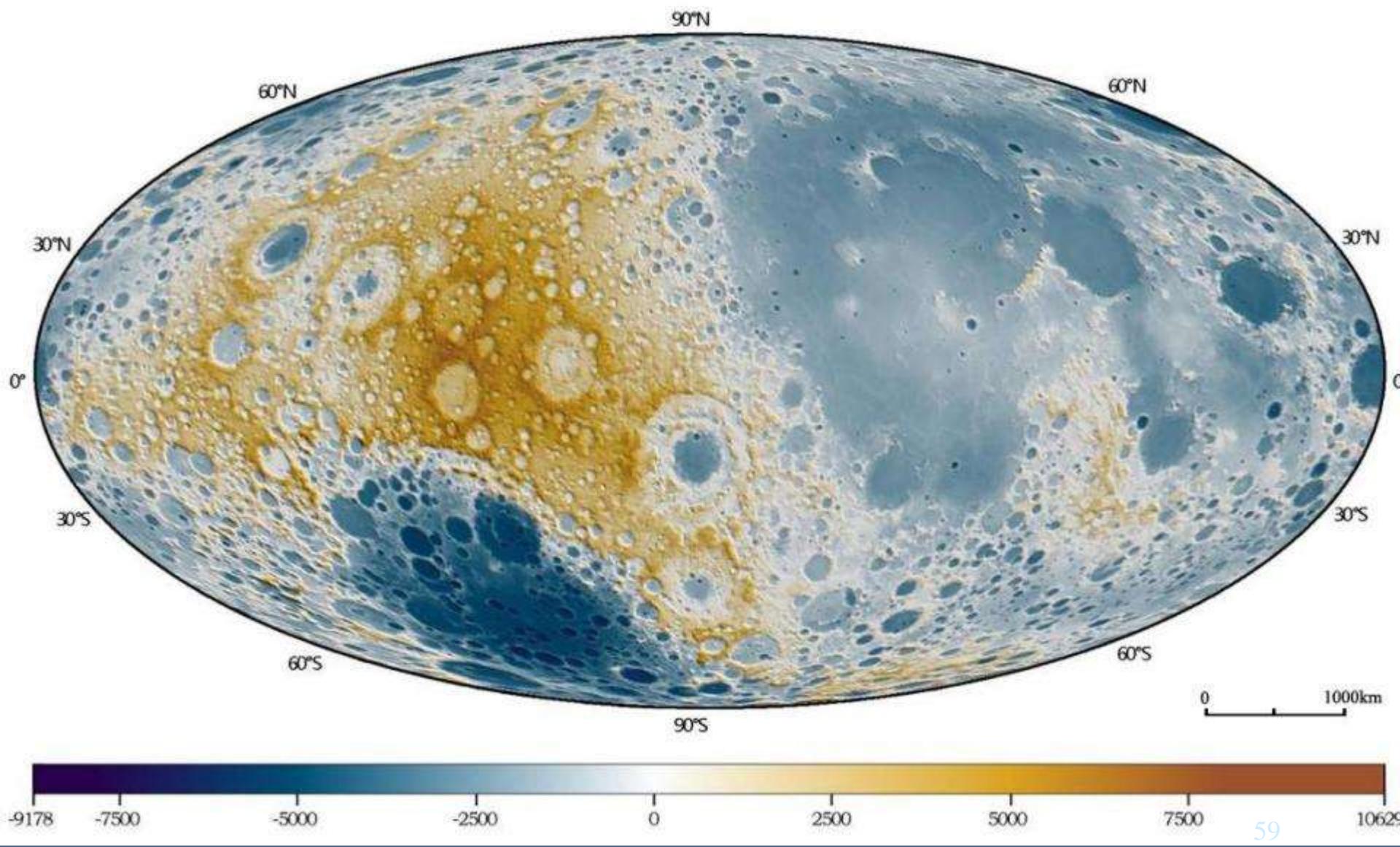


中国首次月球探测工程全月球影像图

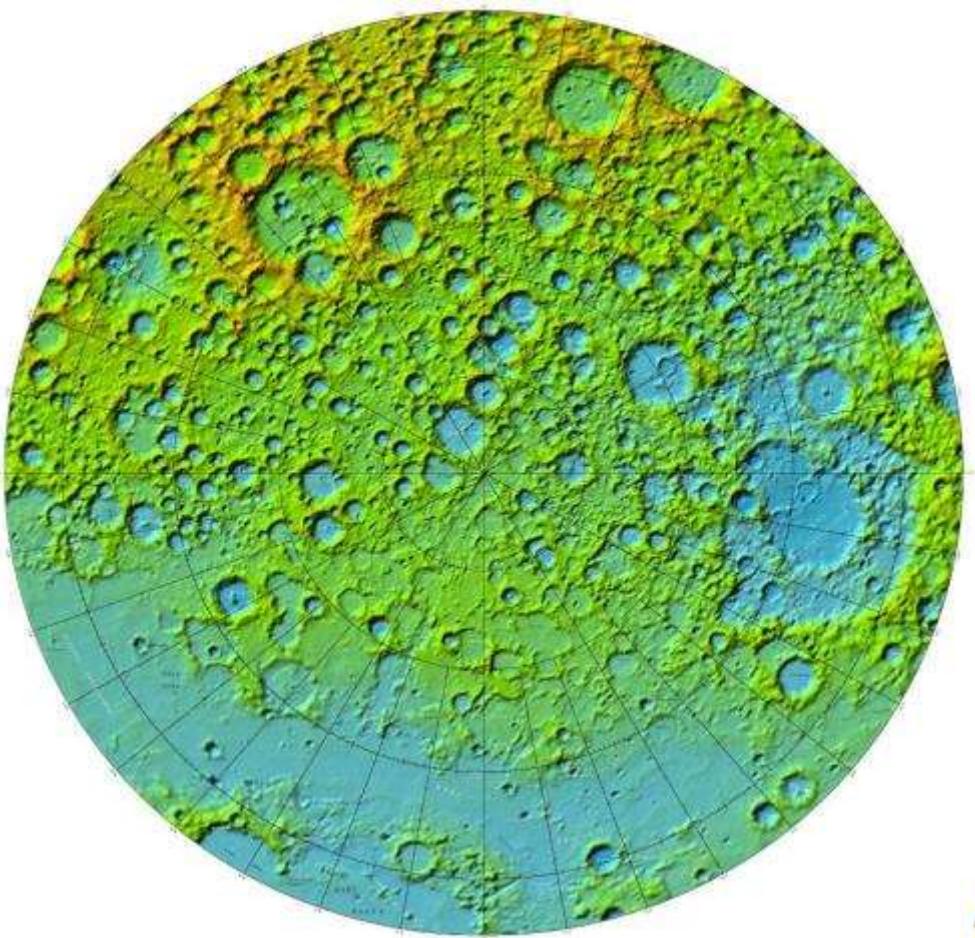


全图589轨，极区-276轨，S-N 70°，313轨

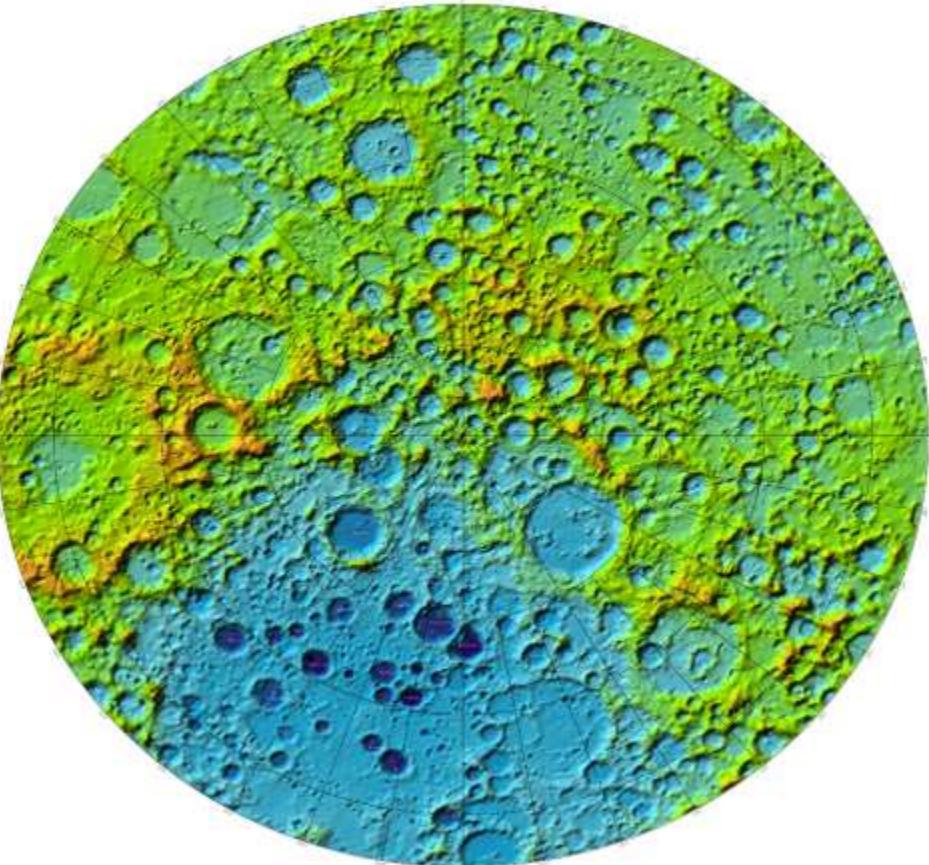
# Global digital elevation model (DEM) of the Moon



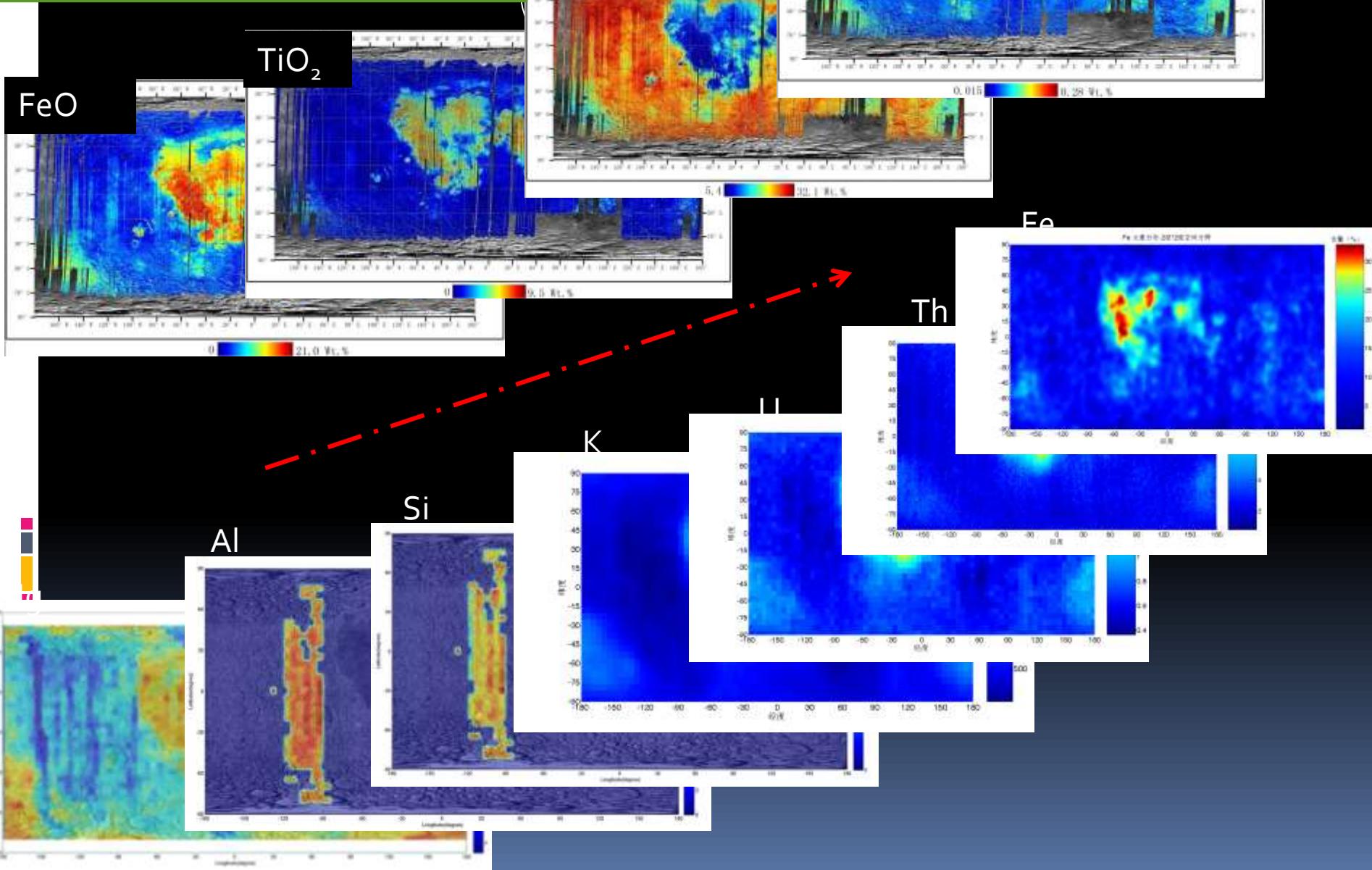
嫦娥一号激光高度计绘制的南极地区（南纬45~90度）高程模型图

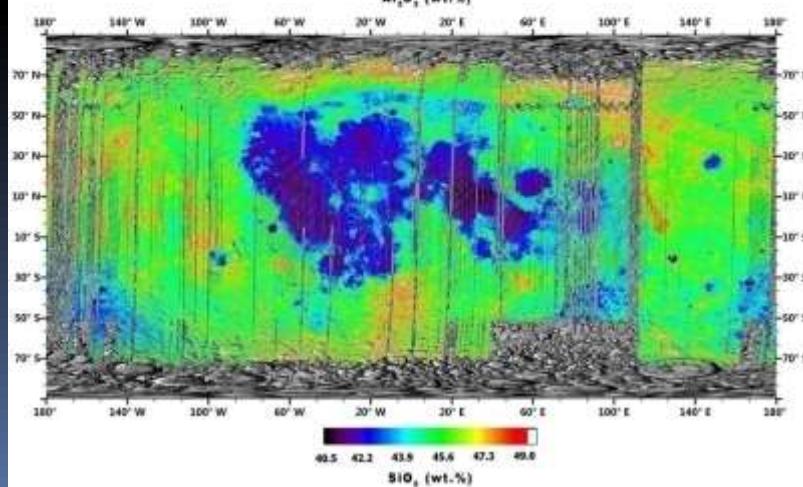
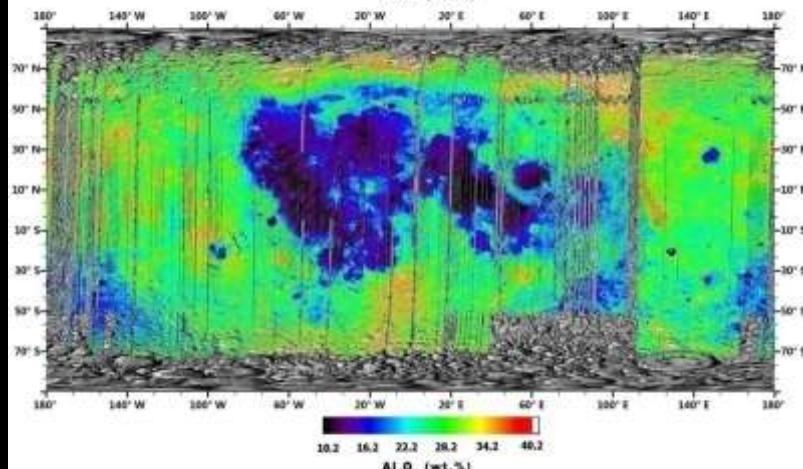
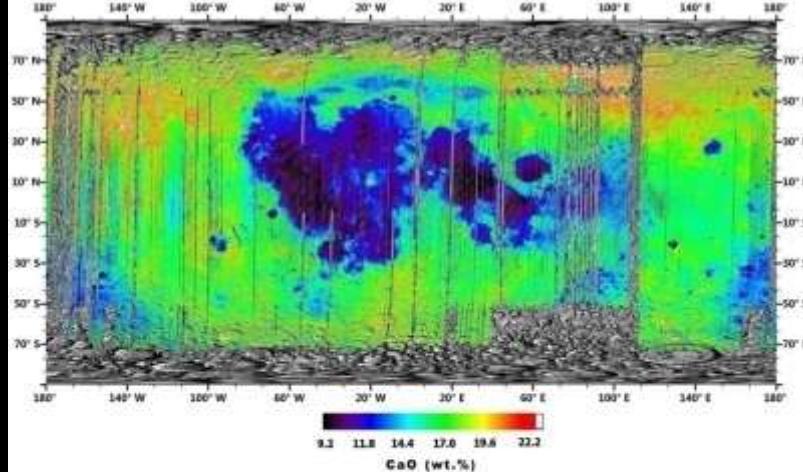
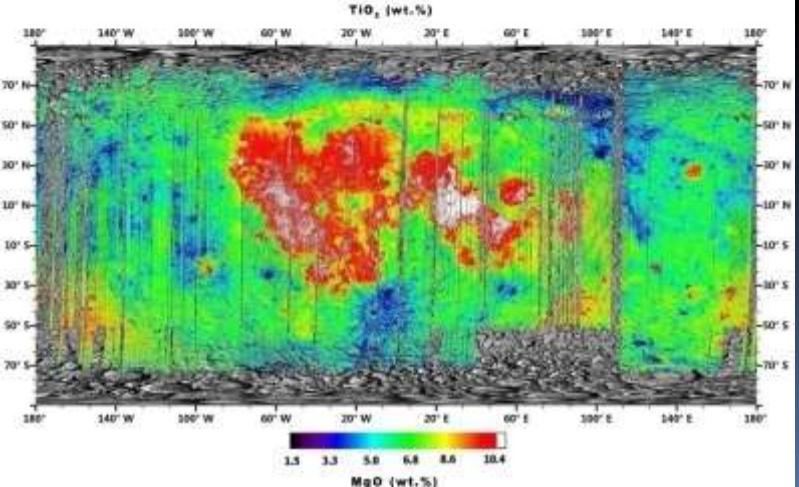
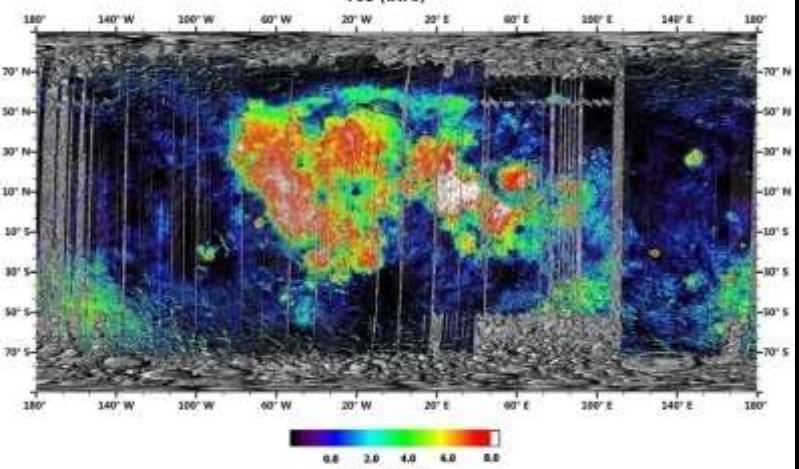
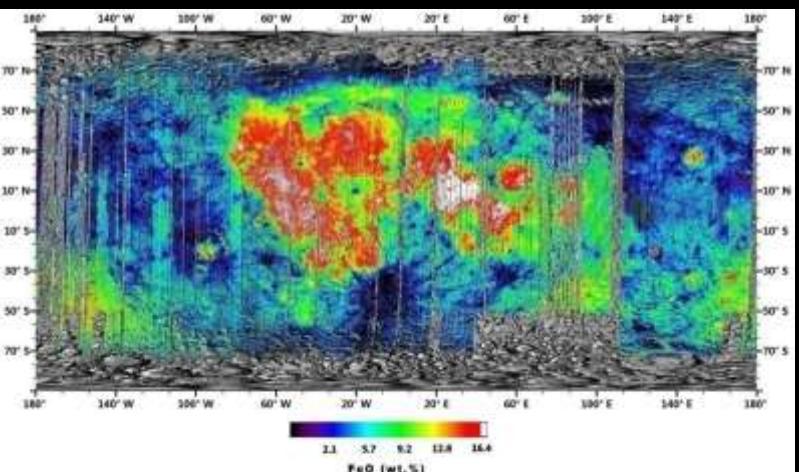


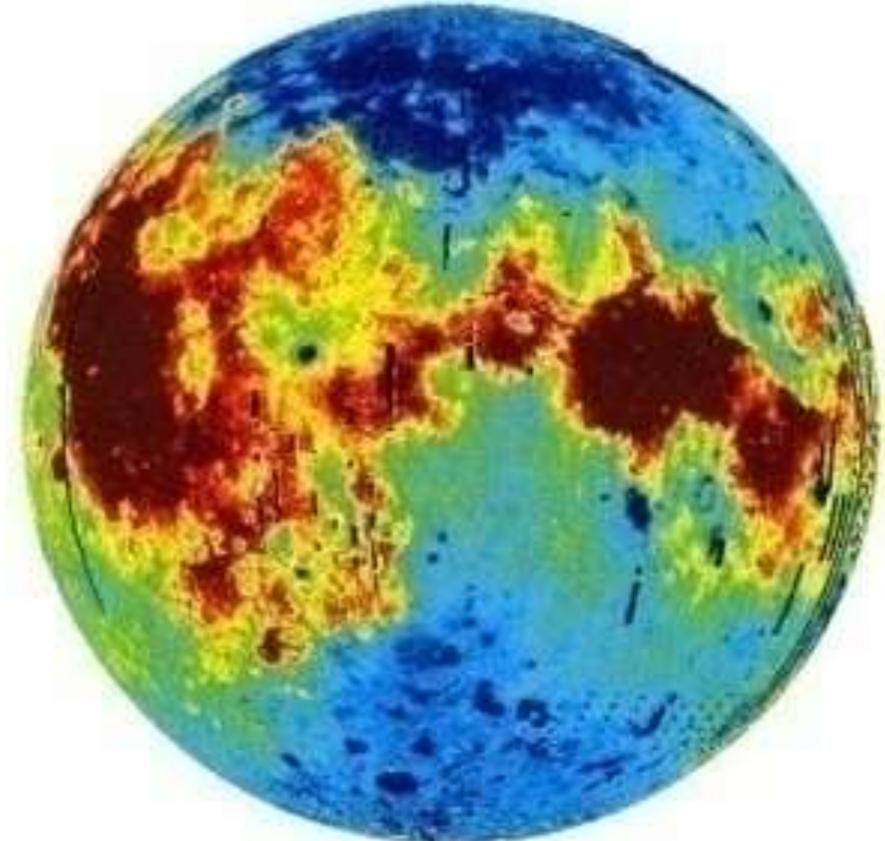
嫦娥一号激光高度计绘制的北极地区（北纬45~90度）高程模型图



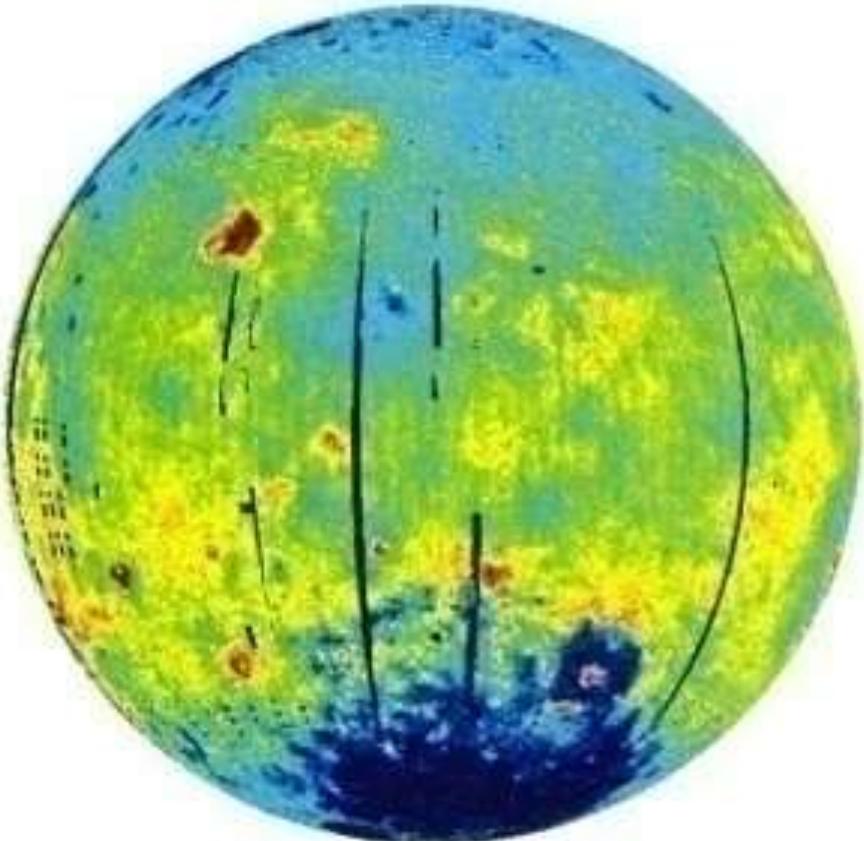
# 全月面元素的 含量与分布



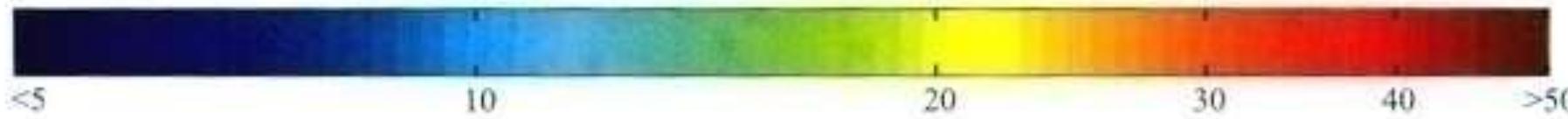




(a)



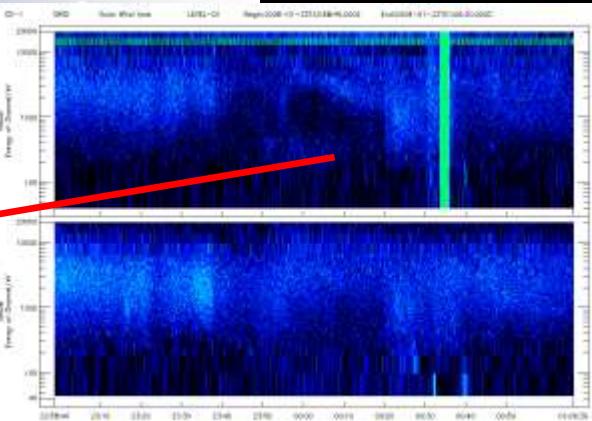
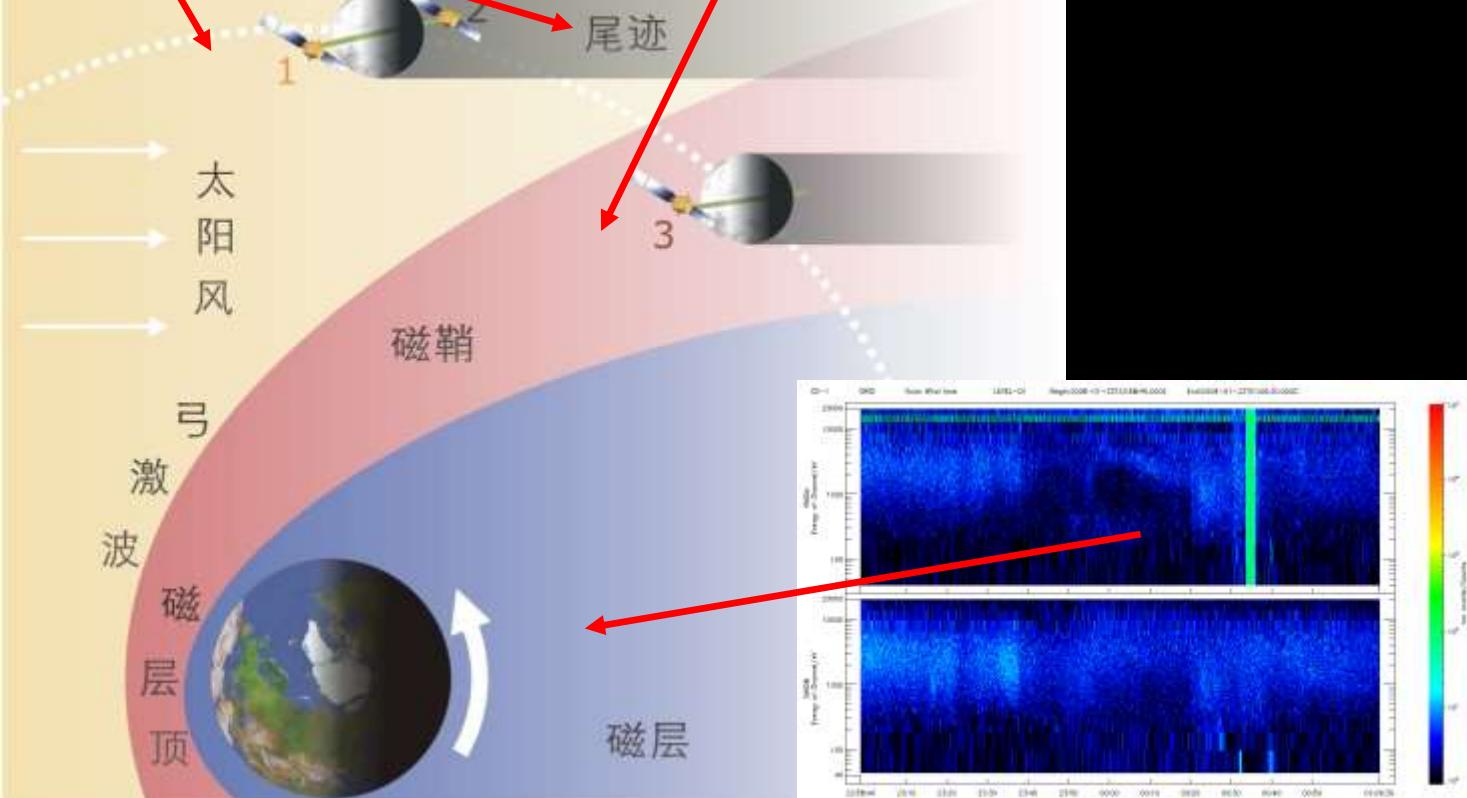
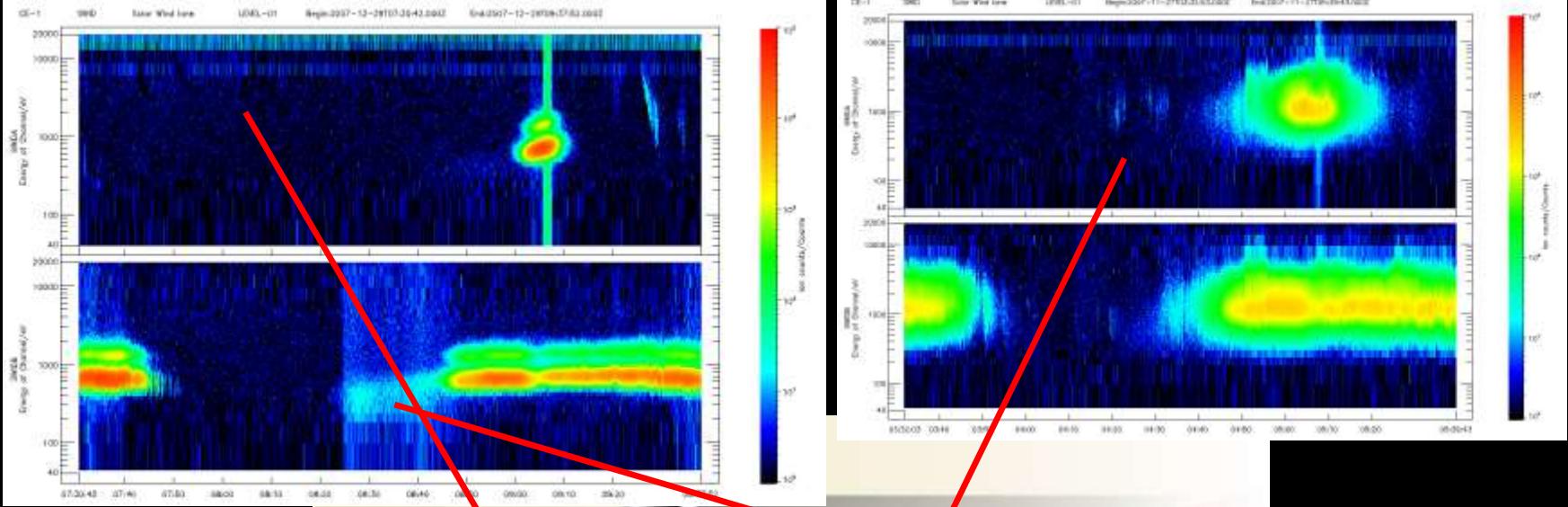
(b)



## 月球正面

$B$  球面(七)背面  $B$  壤ハ氦-3 $\kappa$  4量的分布 ( $10^{-9}$ 克/ $m^2$ )  
全月储量约  $10^3 \sim 129$  万吨。

## 月球背面



# 中国嫦娥一号卫星成功撞月



历史上的六次主动撞月: 1- LP; 2-Smart-1; 3-月船1号; 4-月亮女神; 5-嫦娥一号; 美国: 半人马座火箭与月球坑观测和传感卫星

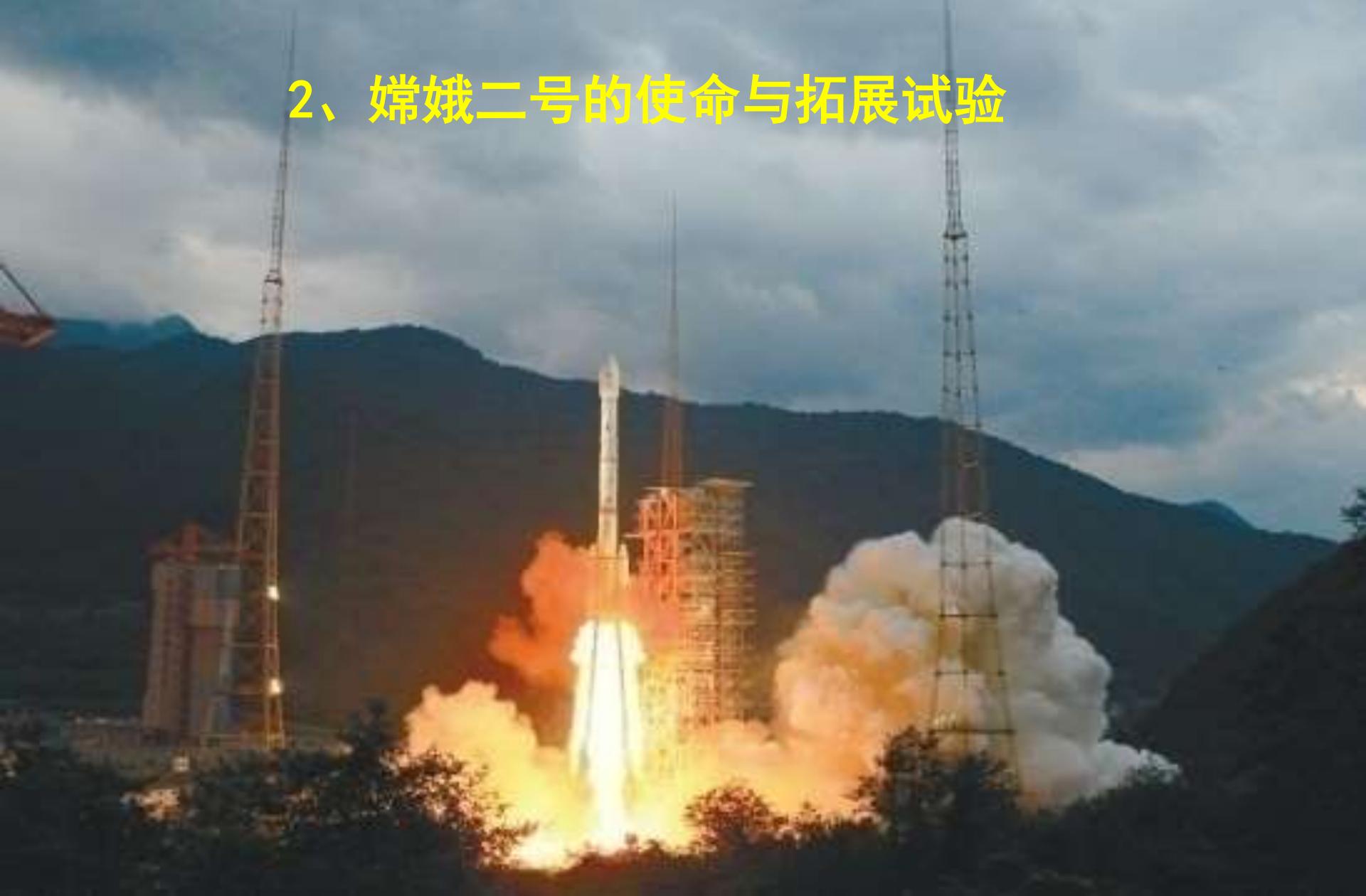
◎ 王永卓 编制 新华社发

嫦娥一号的实施，突破了大量关键技术，提高了企业的产品质量，降低了成本，扩大了市场；建立了我国深空探测的工程体系和基础设施，培养了大批年轻的科学技术骨干，国内外发表了200多篇论文，200多项专利，制定了几十项国家标准，圆满完成了工程目标和科学目标，……

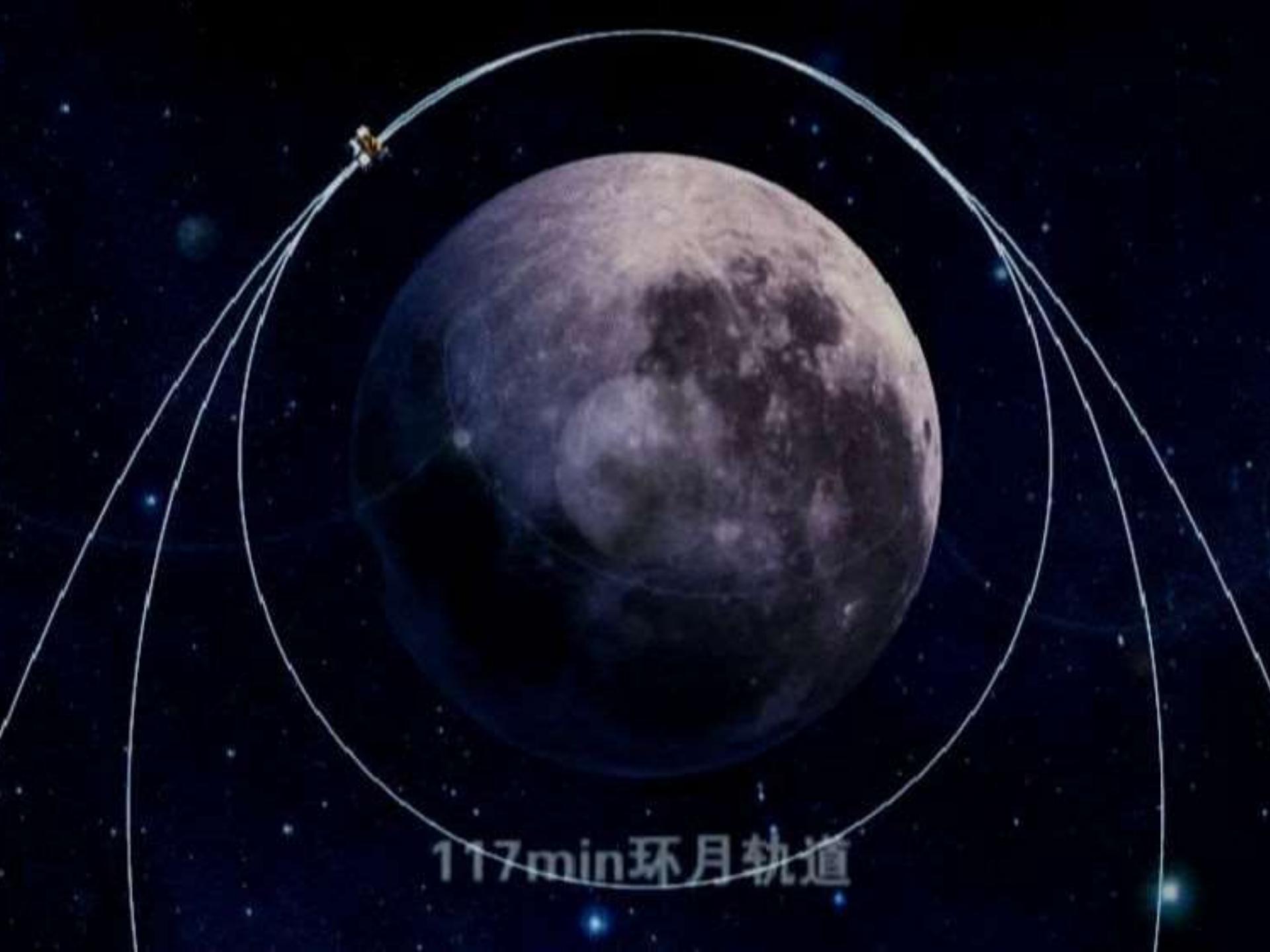
接收、处理、生成了大量科学数据提供给国内52所高校（包括港澳台），21个研究院所。一年前上网供全世界使用。

类别	存档数据量 (MB)
原始数据	1, 384, 410. 4
0级科学数据	1, 375, 423. 242
1级科学数据	345, 109. 58
2级科学数据	809, 365. 15
3级科学数据	10, 678. 09
其它数据	179, 030. 29
遥测数据	10, 013. 00
总量	4, 106, 221. 93

## 2、嫦娥二号的使命与拓展试验



2010年10月1日 18时 59分 57.345秒 零窗口发射



117min环月轨道

## 嫦娥二号全月球7米分辨率影像图



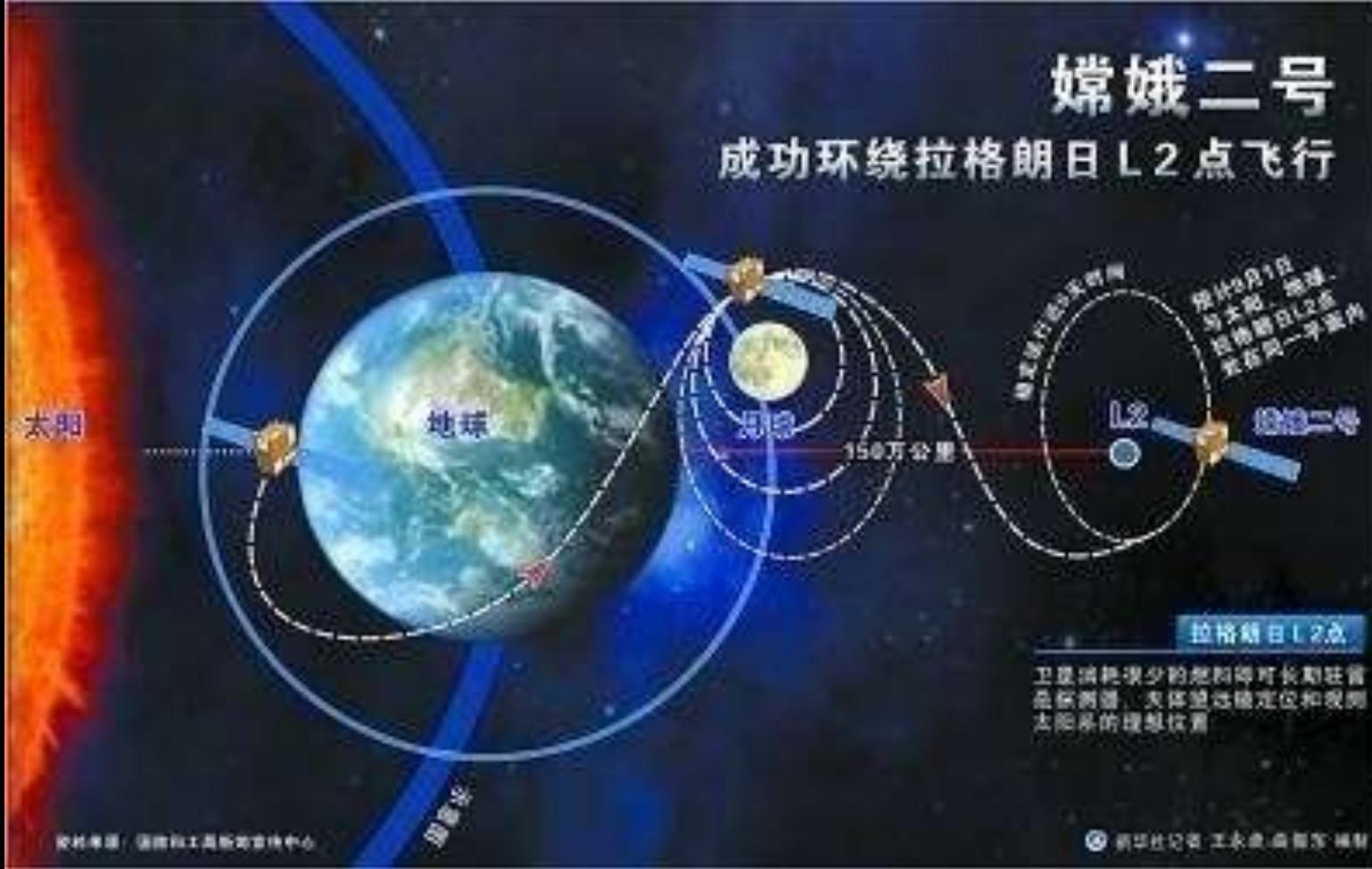
嫦娥二号全月球数字影像图在空间分辨率、影像质量、数据一致性和完整性、镶嵌精度等方面优于国际同类全月球数字产品，是目前最高水平的全月球数字影像图。

# 嫦娥二号的主要成果

嫦娥二号圆满完成了预定的6大工程目标和四大科学探测任务，并取得了丰硕的科学探测成果：如国际上首次完成并发布了7米分辨率的全月球影像图，其分辨率、象元匹配精度等指标达到国际领先水平。

获得了3.5TB 原始数据，以及15TB 的0、1、2级标准数据产品，为后续月球科学研究奠定了良好的基础；已经向全国高等院校、研究院所和企业发布，提供研究与应用。

获取了一批具有自主知识产权的创新成果，工程已申报专利100余项,其中已受理和授权的专利60余项。发表文章100余篇。软件著作权120余件。

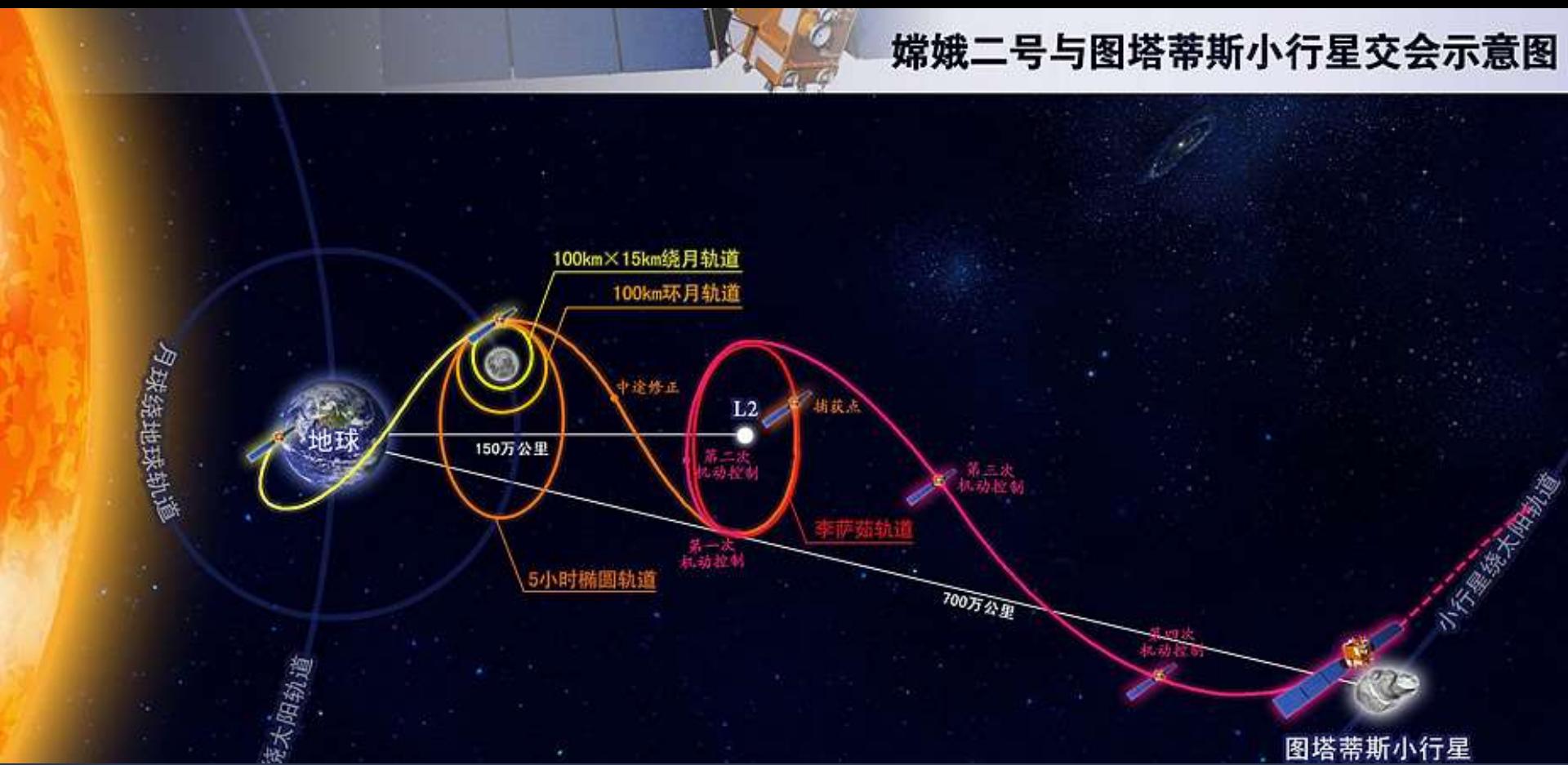


2011年8月25日23时27分，经过77天的飞行，嫦娥二号首次实现从月球轨道出发，受控准确进入距离地球约150万公里远的、太阳与地球引力平衡点——拉格朗日L2点的环绕轨道。第一次实现我国对月球以远的太空进行探测；我国第一次开展拉格朗日点转移轨道和使命轨道的设计和控制，并实现150万公里远距离测控通信。



嫦娥二号在 L2点的环绕轨道运行了235天，积累了大量对太阳的探测数据，于2012年4月15日受控飞向距离地球大约1000万千米深邃的太阳系空间，择机开展对4179 Toutatis号小行星的探测，为未来的小天体探测积累经验。

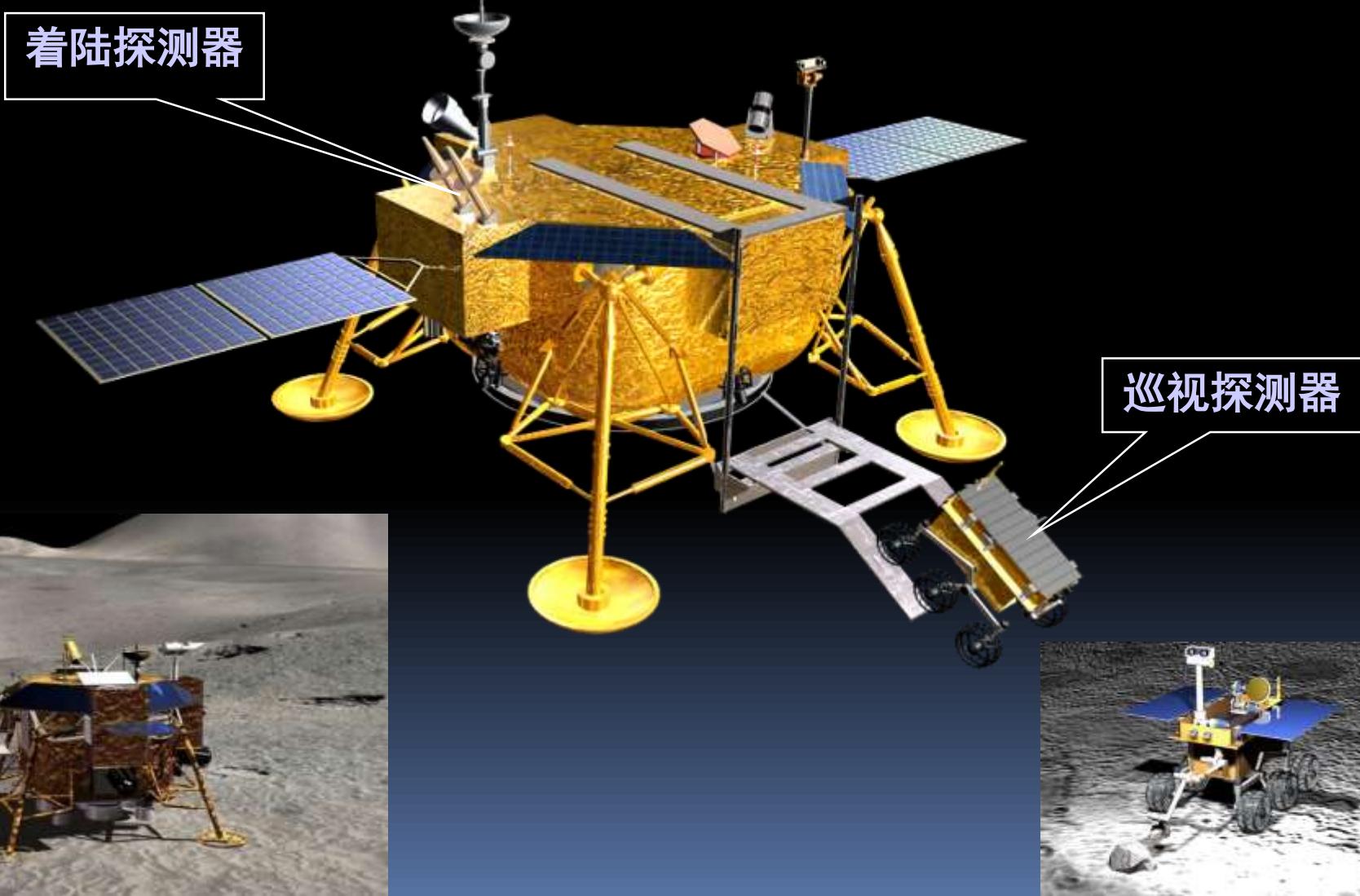
## 嫦娥二号与图塔蒂斯小行星交会示意图





2012年12月1日3嫦娥2号在距离地球702万km处与4179小行星交会。探测小行星的形状、大小、结构等。相对速度 10.73km/s，交会距离870m，最高分辨率 10m，小行星的大小为 4.46 X 2.4km

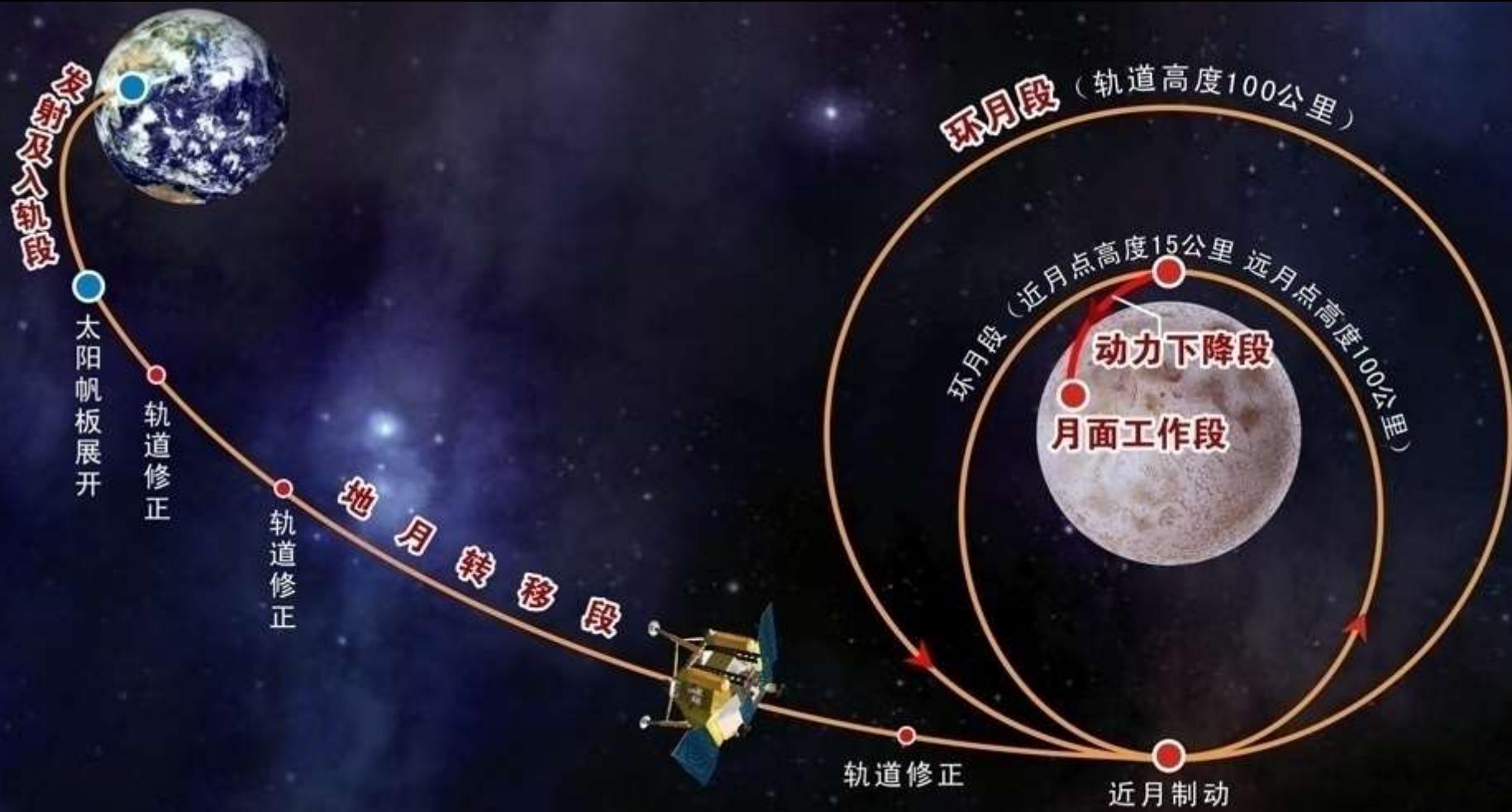
### 3、嫦娥三号

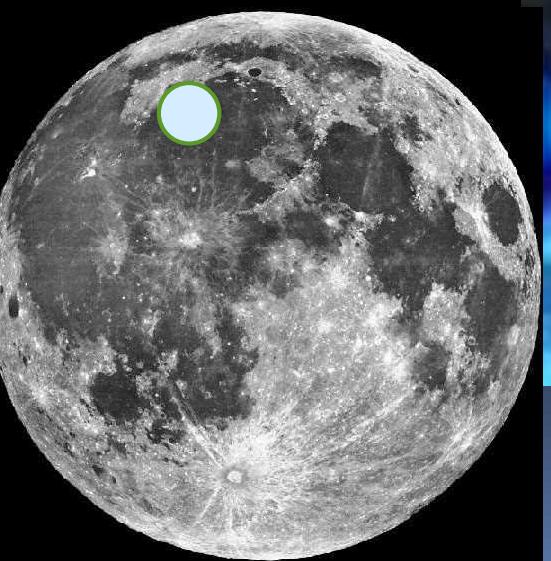




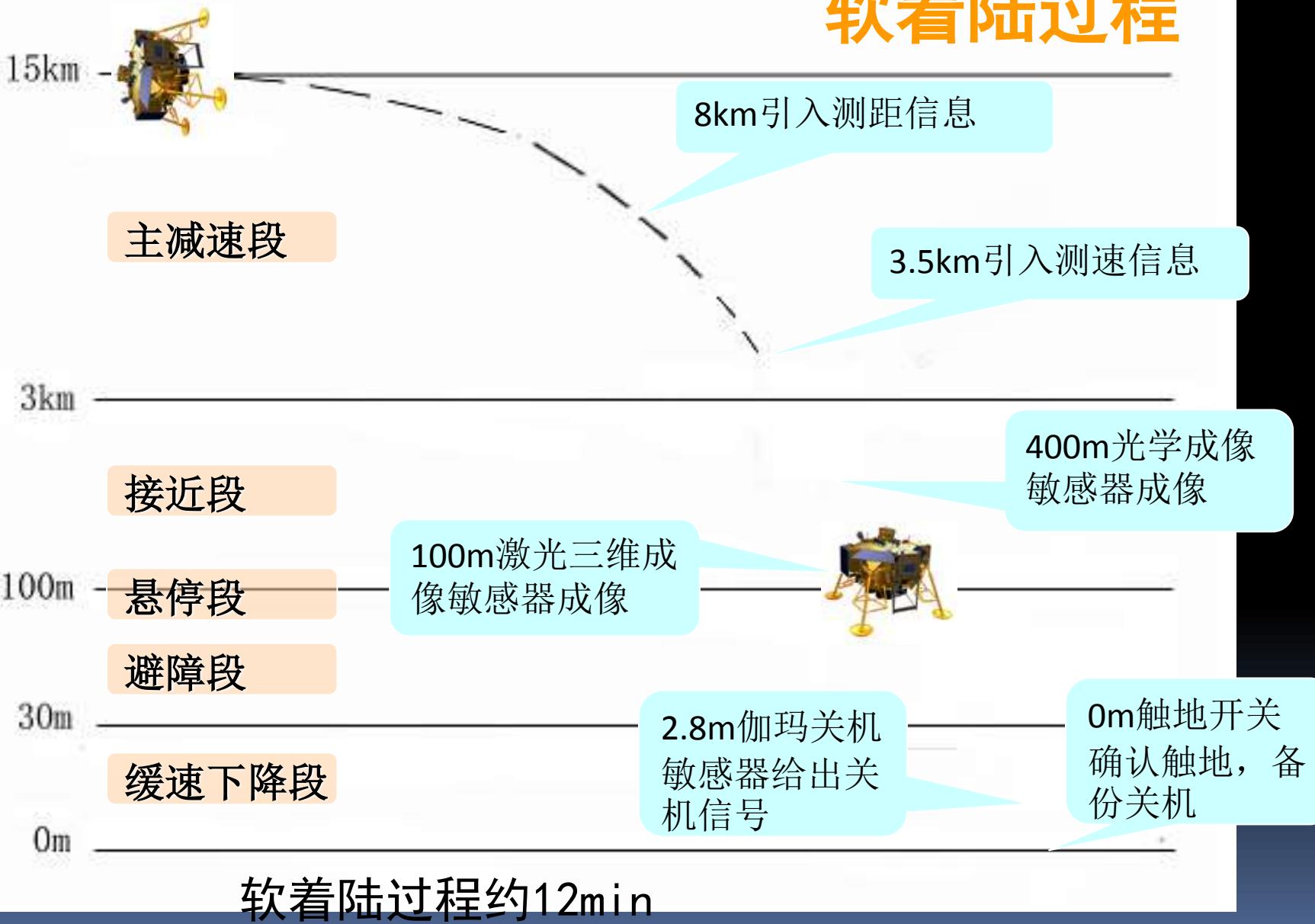
2013年12月2日1:30，嫦娥三号在西昌卫星发射中心零窗口发射

# 嫦娥三号飞行轨道示意图





# 软着陆过程

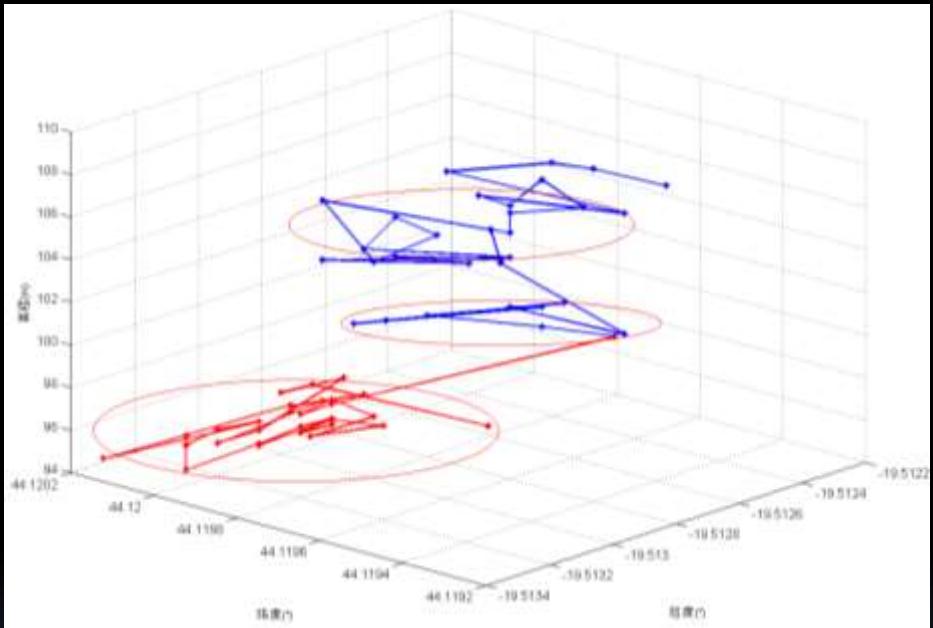


探测器在短短数秒时间内大致经历了3次悬停和避障过程(图中红圈)。

首先，探测器在轨道高度约107米的位置悬停约3秒，期间沿纬度方向最大摆动约18米，在经度方向最大摆动约12米；

随后，探测器高度降至约100米，持续了约2秒，期间沿纬度方向最大摆动约15米，在经度方向最大摆动约12米；

最后，探测器高度降至约97米，期间沿纬度方向最大运动了约21米，在经度方向最大摆动约15米



91千米

356千米

虹湾着陆区

嫦娥三号着陆点  
( $19.51^{\circ}$  W,  $44.12^{\circ}$  N)

新华网  
[WWW.NEWS.CN](http://WWW.NEWS.CN)

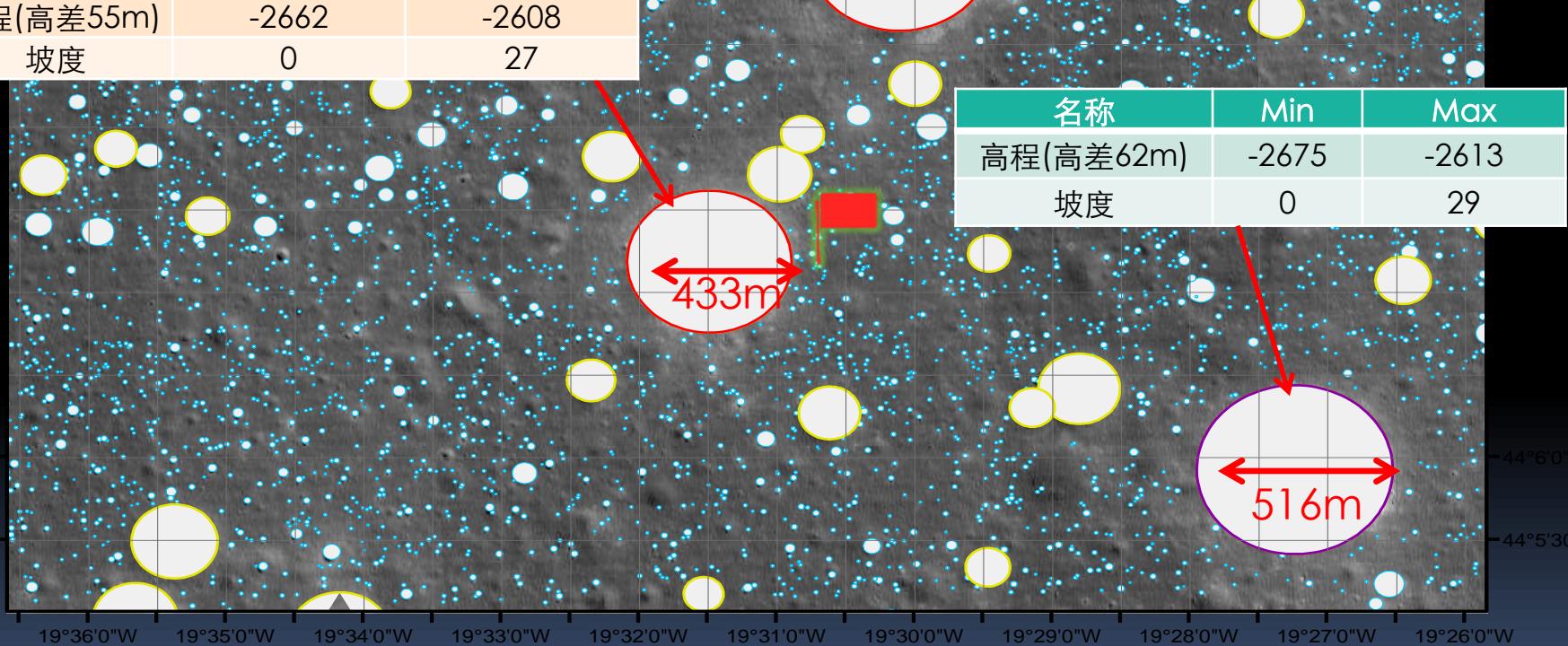
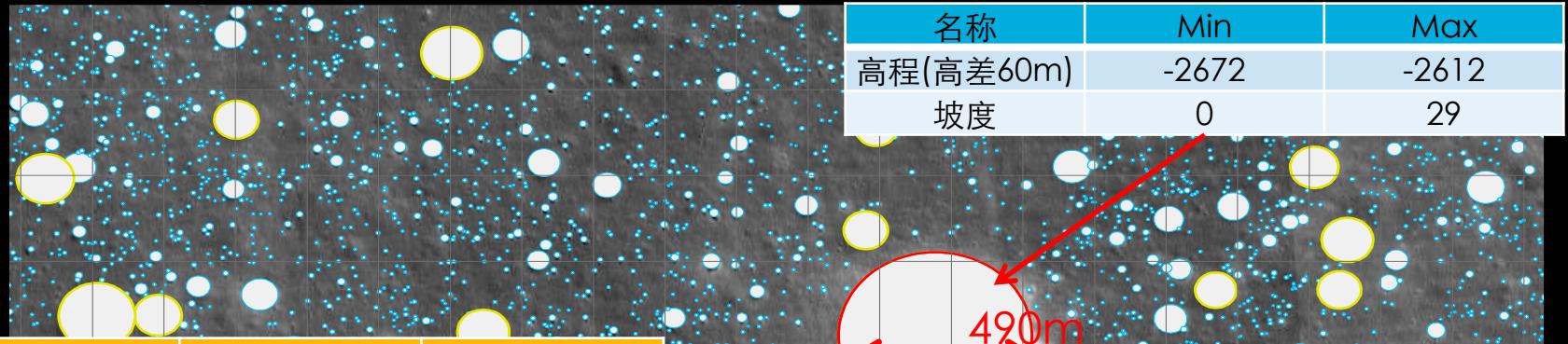
-36°

-32°

-28°

-24°

-20°



4×4公里内初步识别10000余个撞击坑，其中：最大值撞击坑直径约为516m, 490m, 433m；44个直径在100–400m，估计直径小于100m:>5400个

### 定向天線

嫦娥三号着陆探测器装有定向通讯天线，可把探测数据传回地球。

### 玉兔号月球车

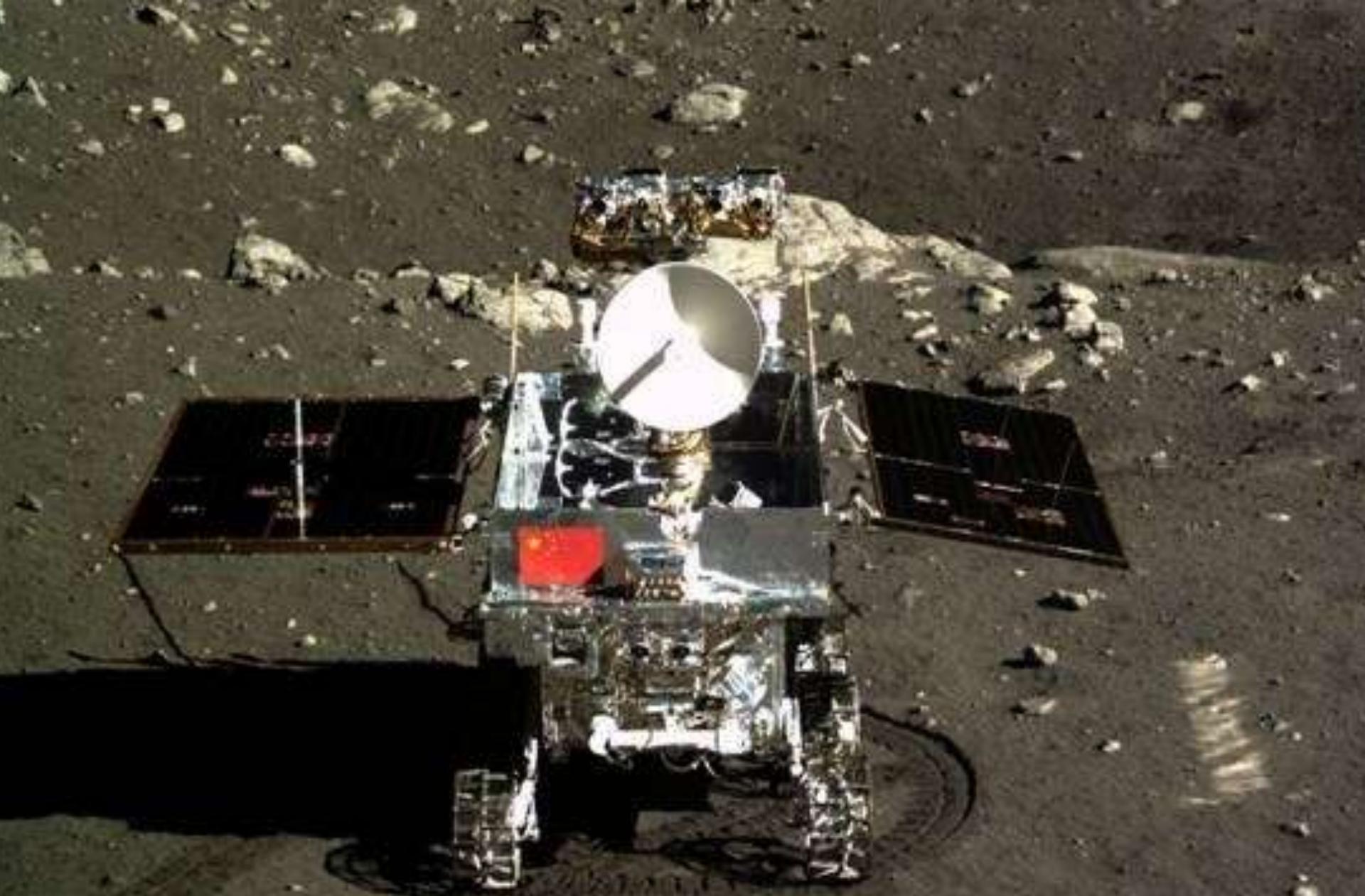
月球车大约140千克，搭载有测月雷达、全景相机、红外成像光谱仪和粒子激发X射线谱仪等先进设备。

### 变推力发动机

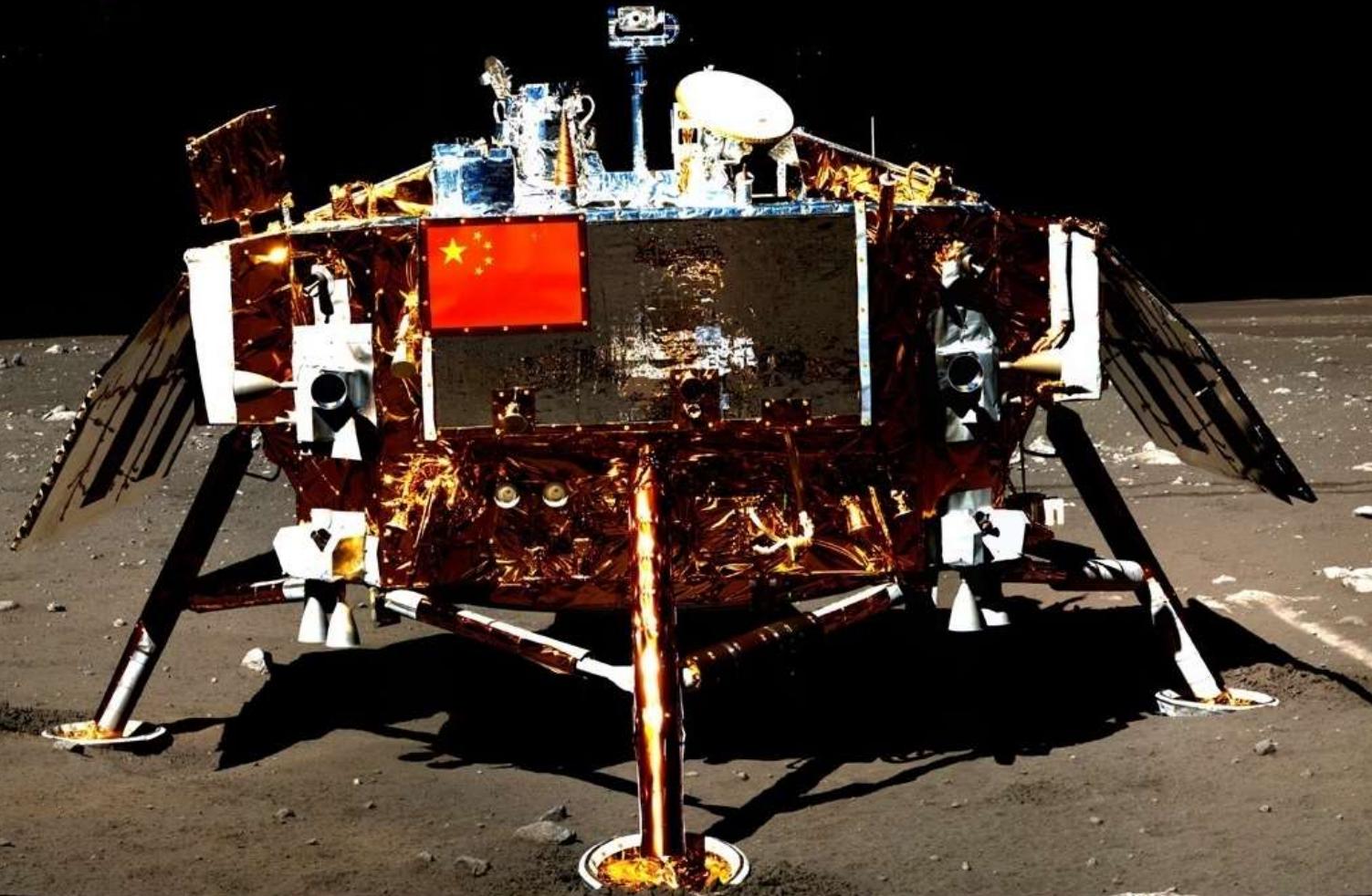
嫦娥三号能成功降落到月面的关键是其可变推力的主发动机。这台发动机推力为1500—7500千牛，可在降落时灵活调节，确保嫦娥三号安全地软着陆。

### 调姿发动机

为了保证在降落时能准确控制姿态，进行悬停时着陆，相比嫦娥一号、二号，嫦娥三号安装的调姿发动机数量大大增加。



2013.12.2发射—2013.12.8到达月面--2014.1.23不能工作；历时45天（1.5月球日）



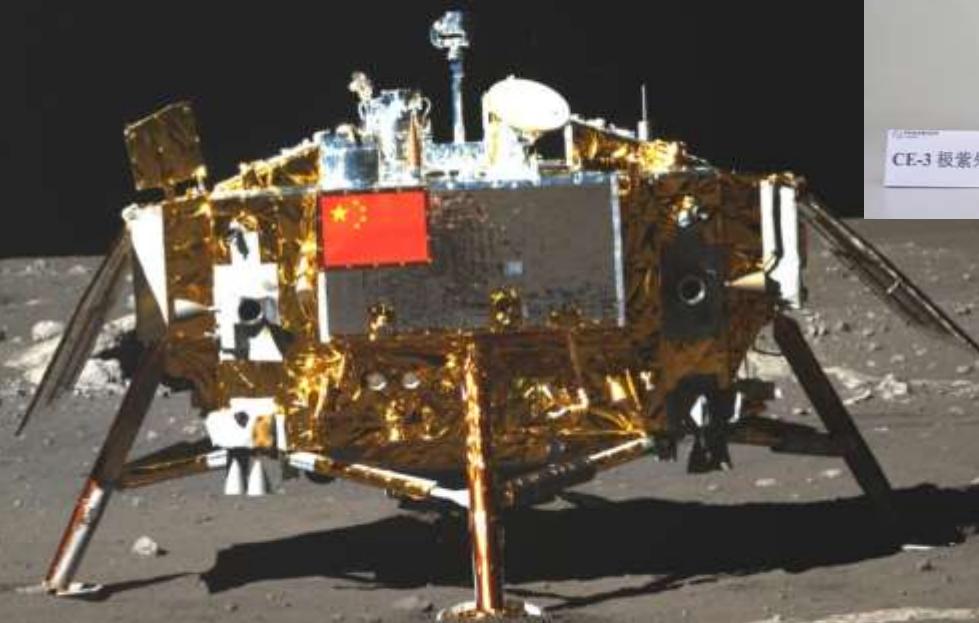
D点：巡视器对着陆器成像



地形地貌相机



降落相机



极紫外相机



月基光学望远镜

# 嫦娥三号

7、在密近双星观测研究上发现了由物质交流形成的半相接双星；发现由五颗恒星组成的特殊聚星系统。

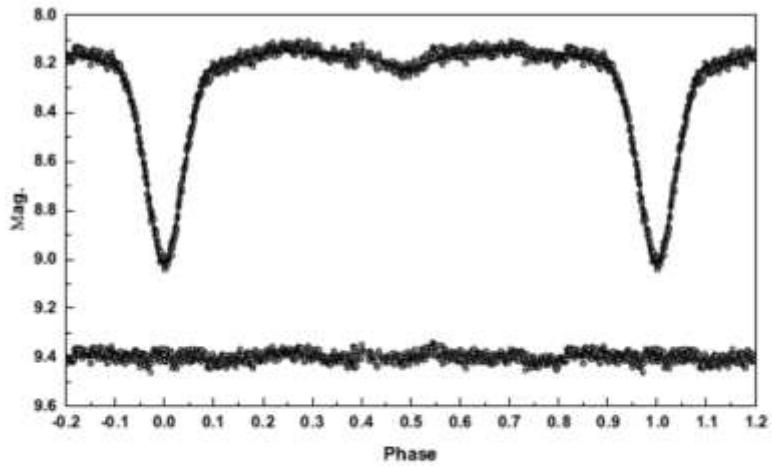


Fig. 1 Theoretical light curve (solid line) calculated by using the W-D method. Also shown as open circles are the observations obtained with LUT. Phases of those observations are computed with Eq. (1). The residuals from the fit are displayed in lower part.

2014年5月用月基望远镜对天鹅座V548进行观测，获得完整的紫外光变曲线。

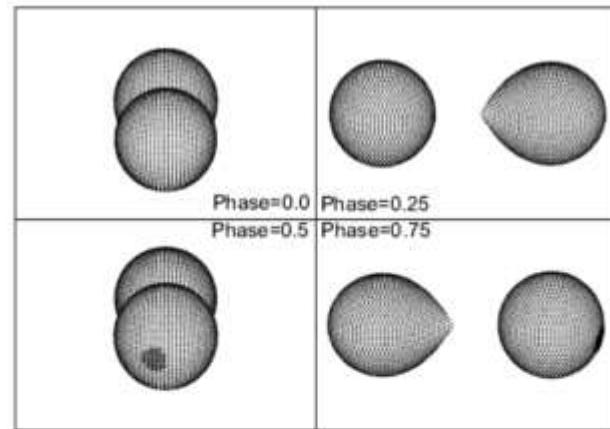
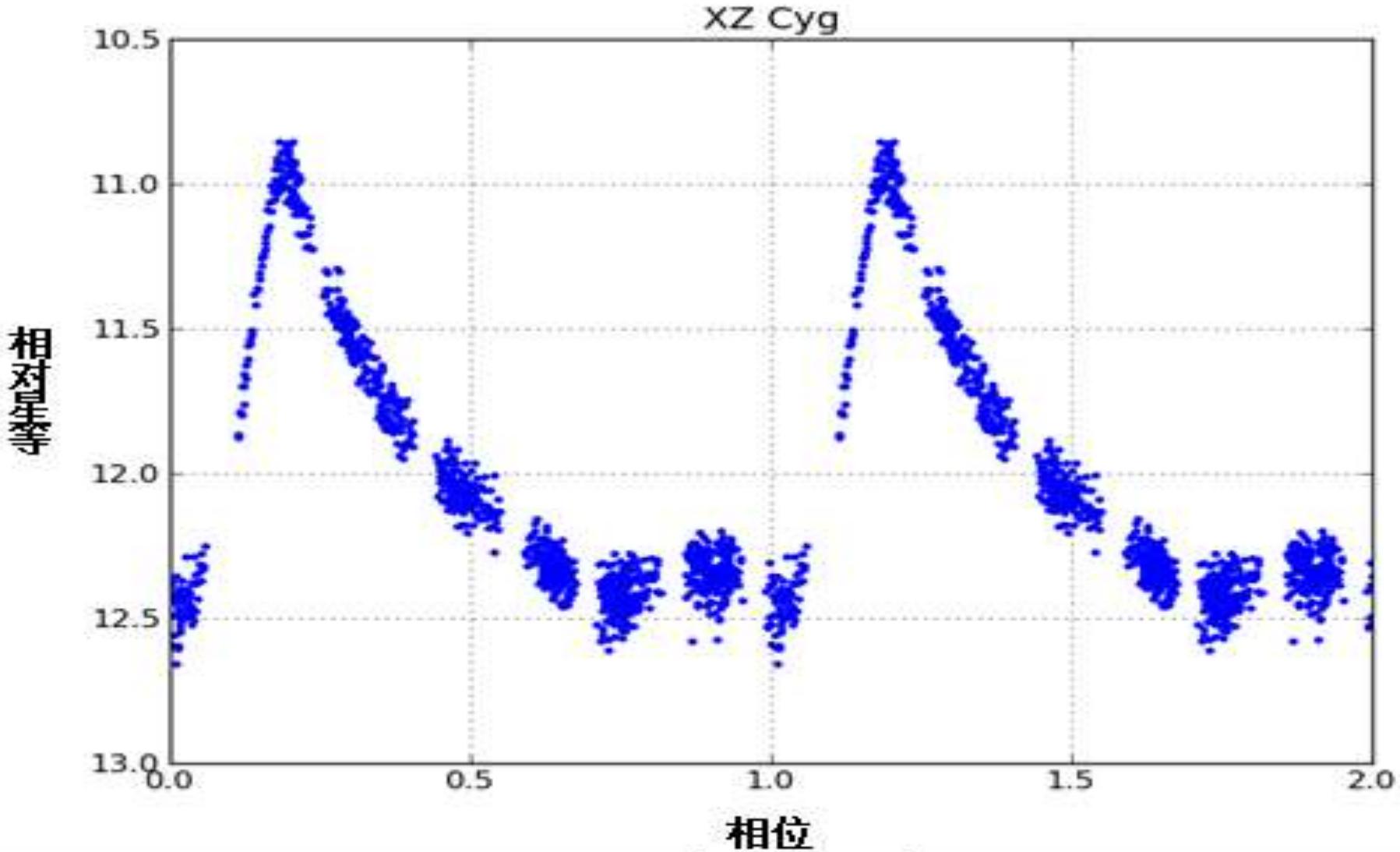
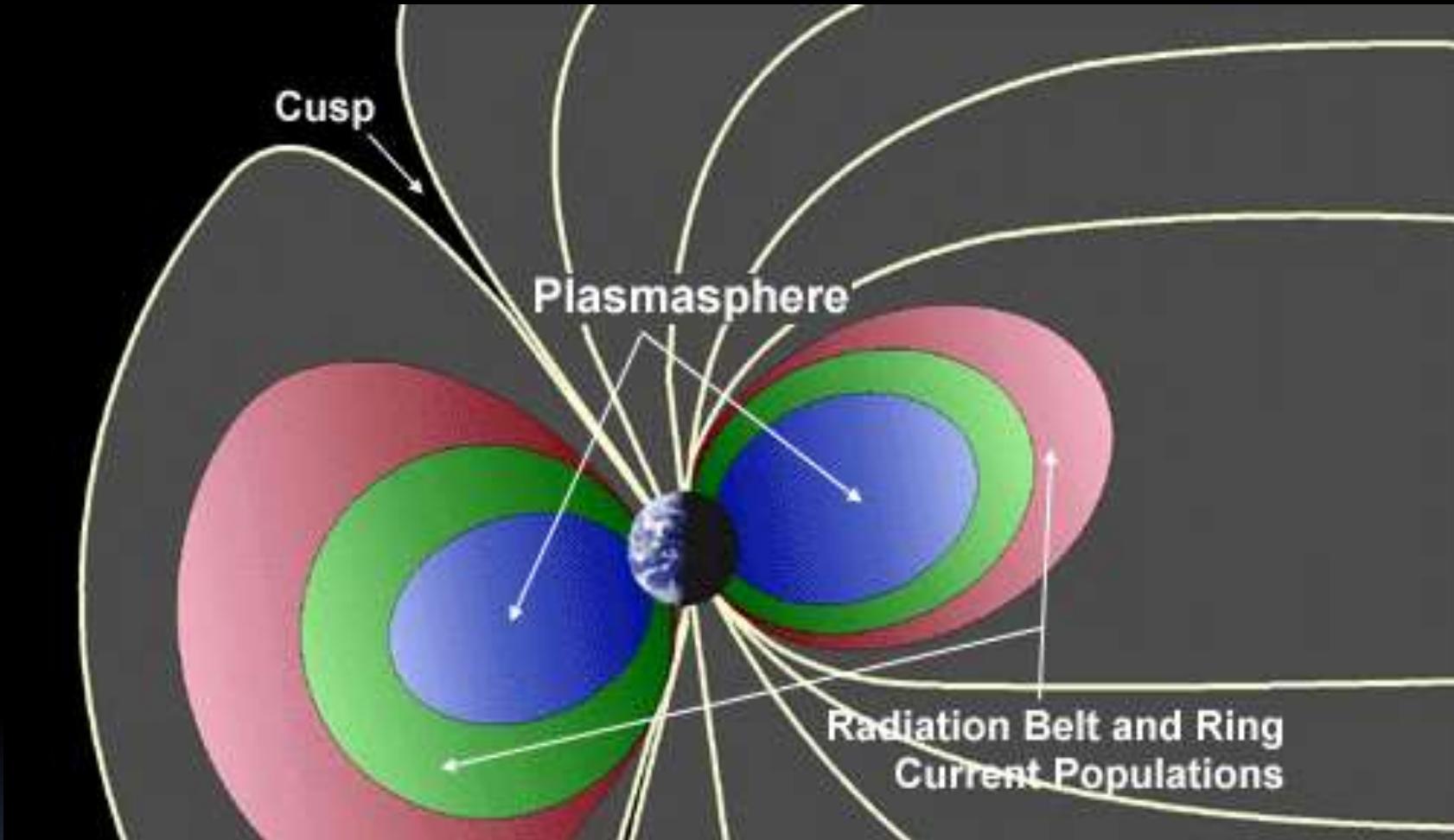


Fig. 2 Geometrical structures of AI Dra with a hot spot on the Star 1 at phases of 0.0, 0.25, 0.5, and 0.75, respectively..



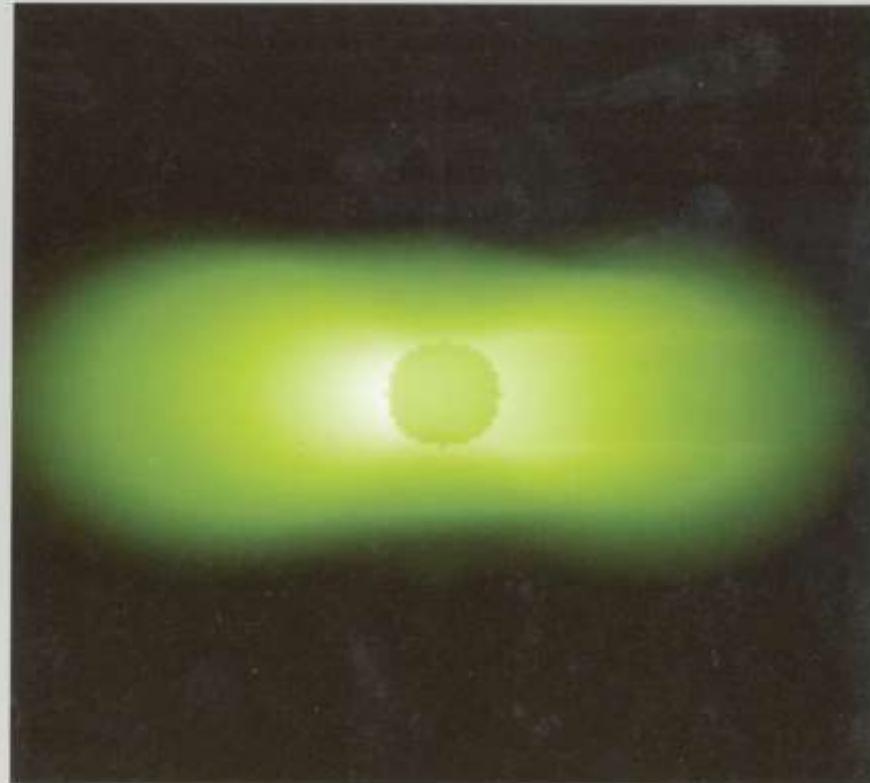
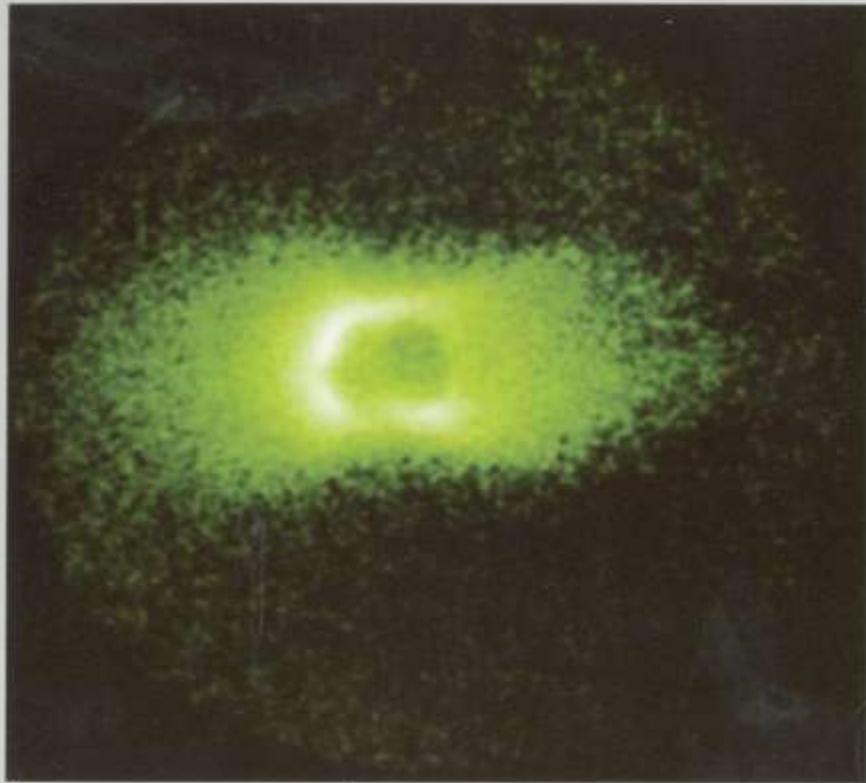
XZ\_Cyg变星光变曲线图

XZ\_Cyg变星是位于天琴座的一颗RR变星。RR变星是一种短周期的脉动变星，光变周期0.2~1天，在光学波段最大变幅达1个星等。月基望远镜成功观测到XZ\_Cyg变星在紫外波段的周期光变，其光变脉动（幅度）明显大于光学波段。



地球等离子体层示意图

**极紫外相机测试情况** 2013年12月16日16时31分，极紫外相机首次加电开机，在第一个月昼期间共开机4次，工作时长21小时，进行了试成像，获取了63幅地球等离子体层图像数据。通过对数据进行消除噪声等处理，得到了极紫外相机对地球等离子体层的试观测结果。



左图为地球等离子体层试观测结果，右图为实验室模拟结果。



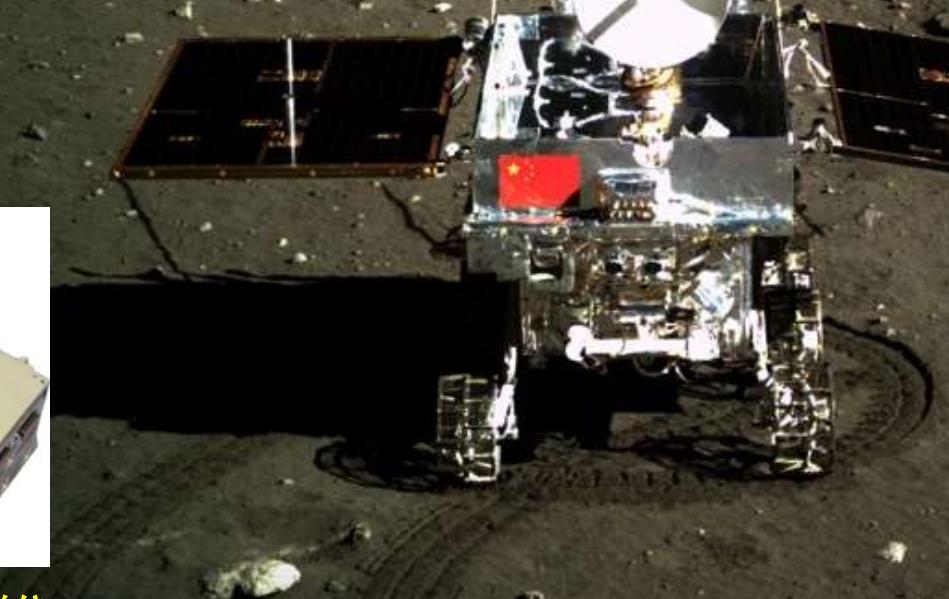
全景相机



粒子激发X射线谱仪



红外成像光谱仪



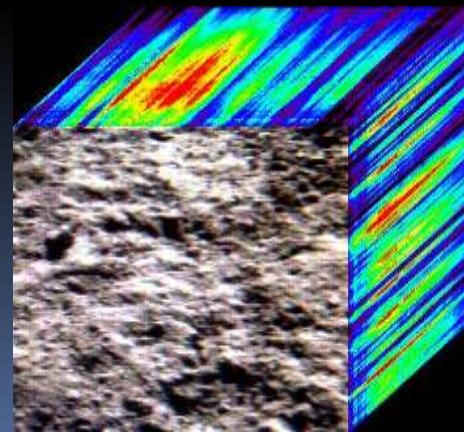
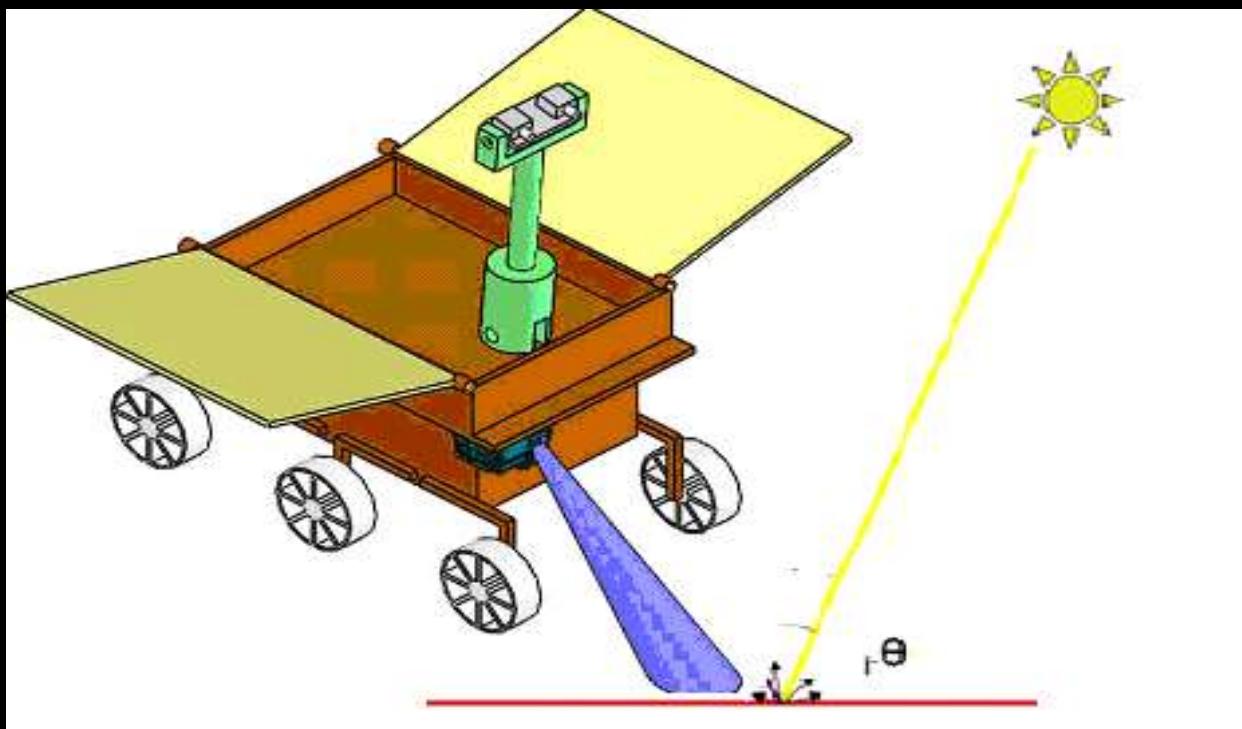
测月雷达（第一通道天线）

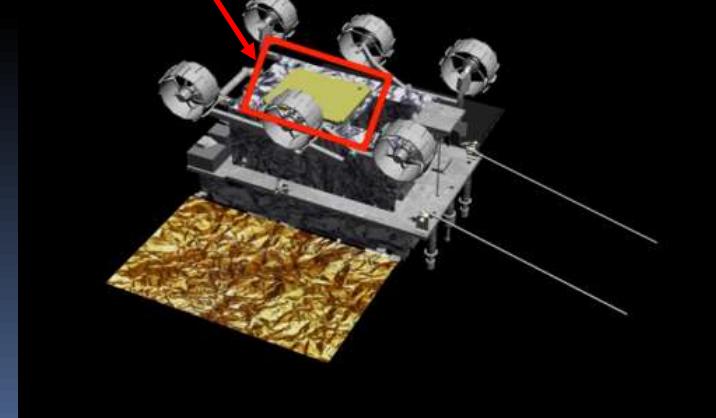
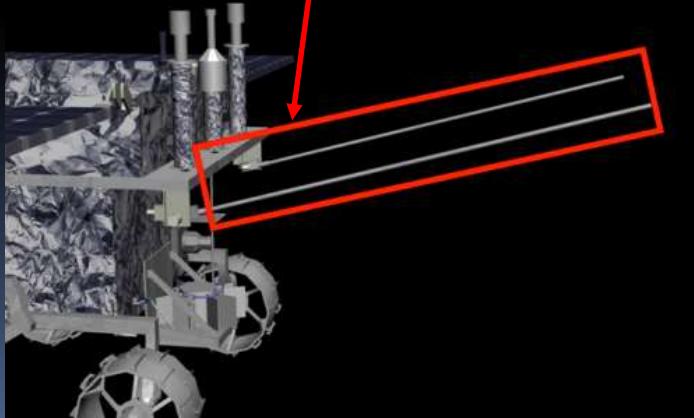
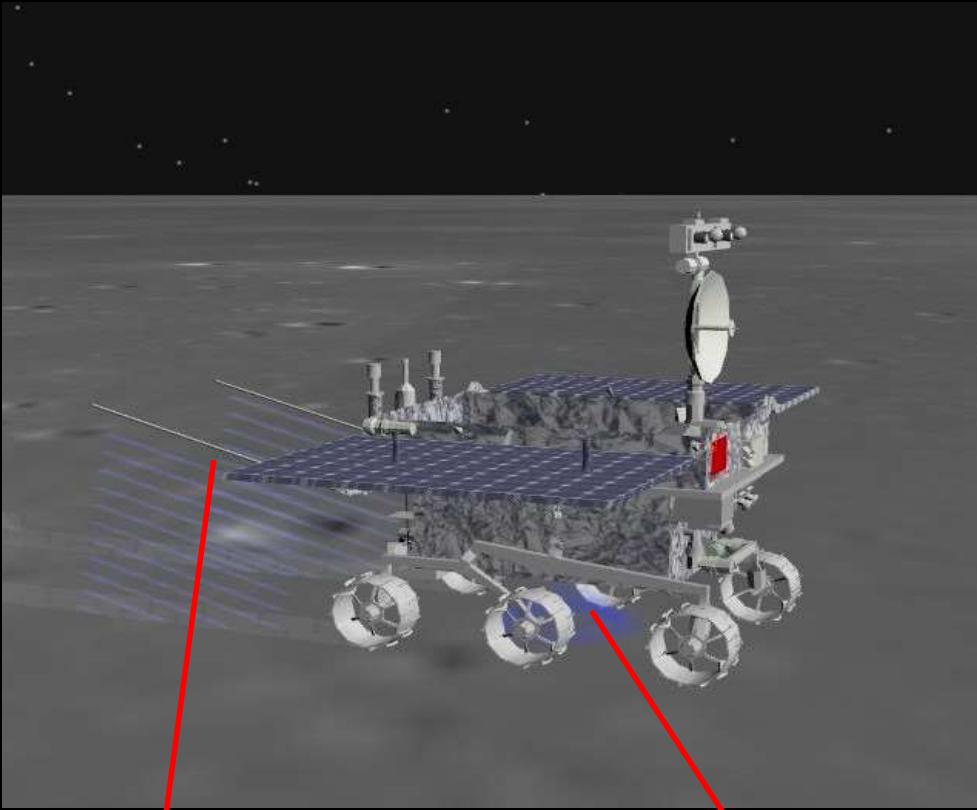


（第二通道）

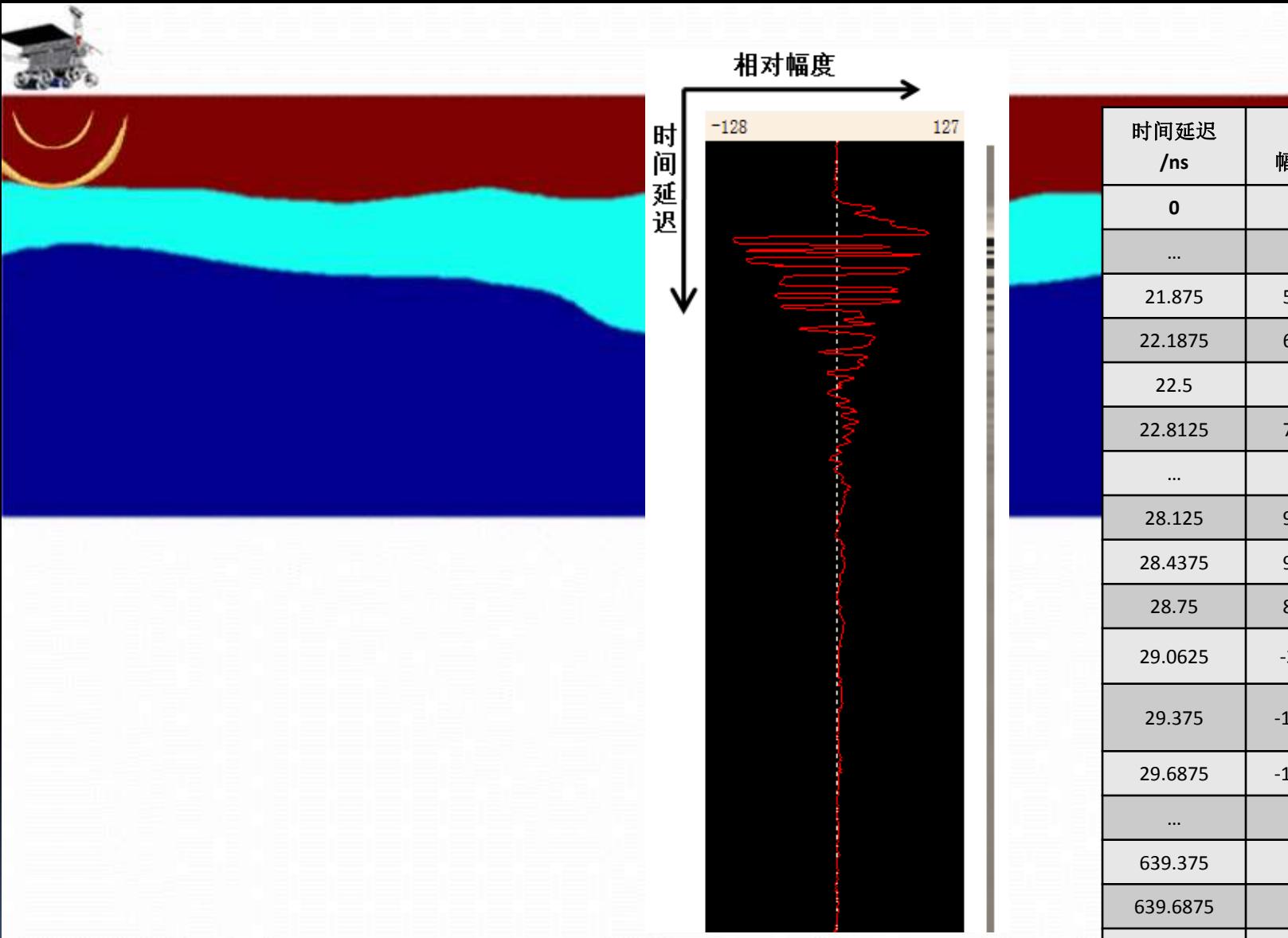


# 红外成像光谱仪





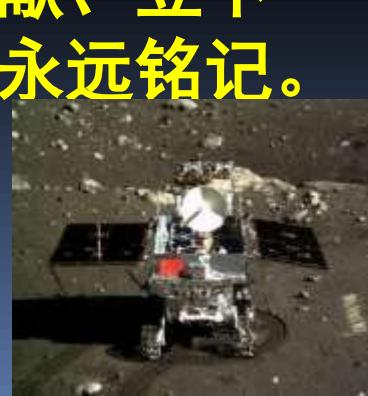
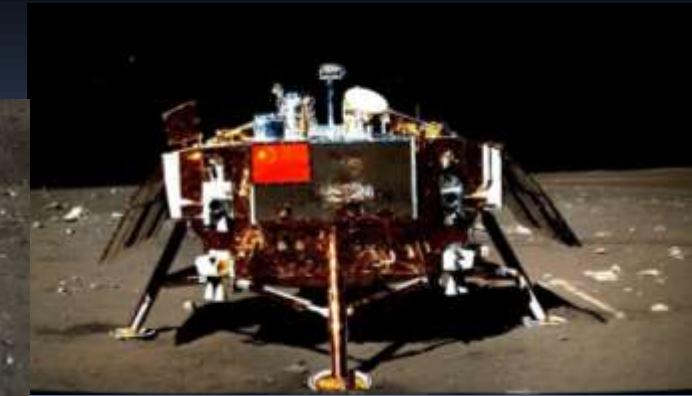
测月雷达模型图及天线安装位置



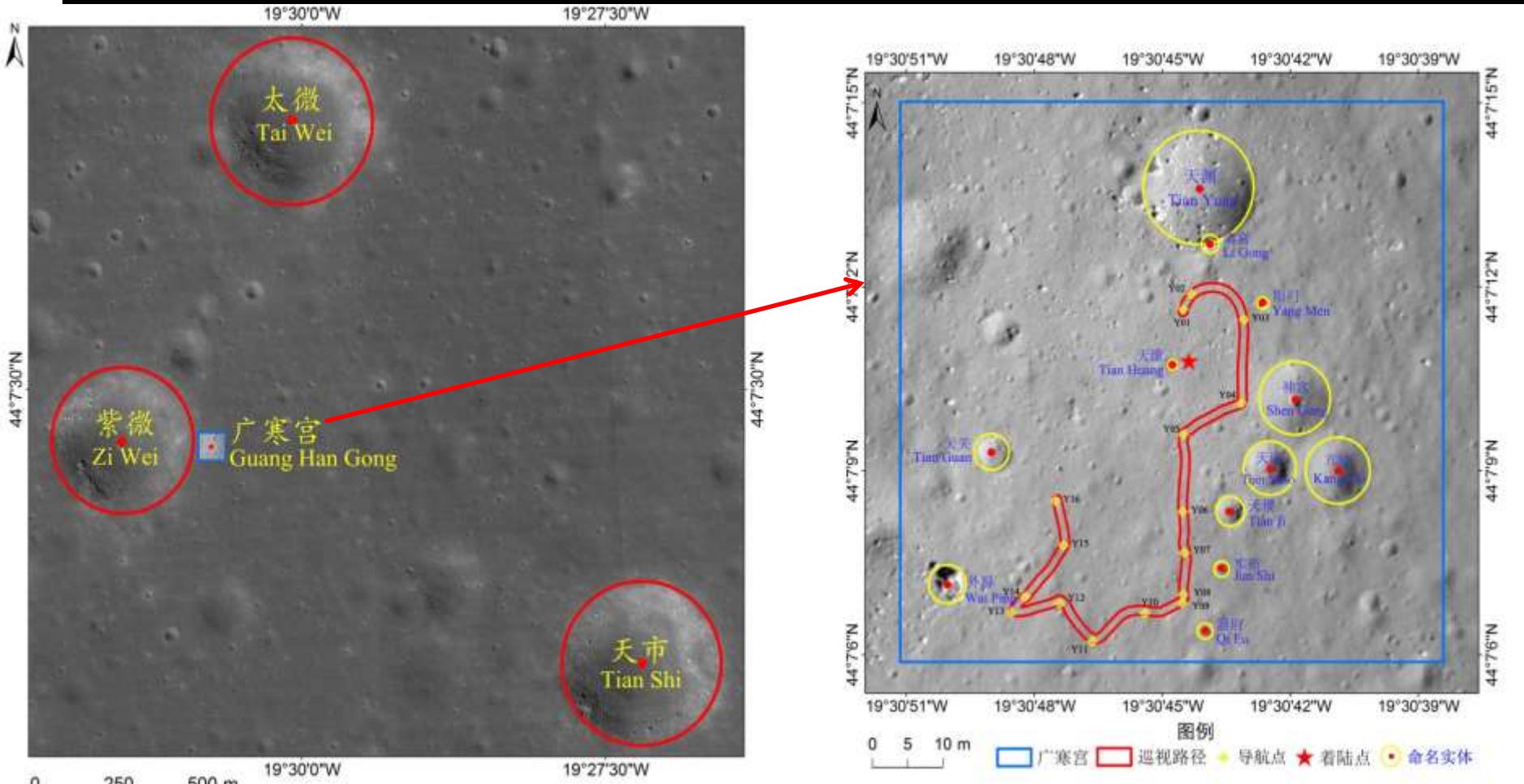
二通道单道波形图及数值描述

2014年1月6日，习近平发表了重要讲话，他指出：嫦娥三号任务是我国航天领域迄今最复杂、难度最大的任务之一，是货真价实、名副其实的中国创造。

嫦娥三号任务圆满成功，为我国航天事业发展树立了新的里程碑，在人类攀登科技高峰征程中刷新了中国高度。我们把“玉兔号”的足迹刻在了月球上，也把中华民族非凡的创造力刻在了人类文明发展的光辉史册上。你们作出的卓越贡献、立下的卓越功勋，祖国和人民将永远铭记。



# 嫦娥三号着陆区月球地理实体分布图





# 4、嫦娥四号

嫦娥四号2018年首次月球背面软着陆

嫦娥四号任务已经审议通过，正式开始实施，预计2018年发射

嫦娥四号有望实现三大“壮举”：

① 首次实现人类探测器造访月球背面

② 首次实现人类航天器在地月L2点对地月中继通信

③ 为科学工作者提供月球背面空间科学的研究平台，获得一批重大的原创性科学的研究成果

新华社记者 盖帮帮 编制

2018年

2018年的亮点之一——嫦娥四号实施人类首次月球背面着陆探测

2020年

火星探测任务示意图

1. 长征五号  
火箭发射探测器升空

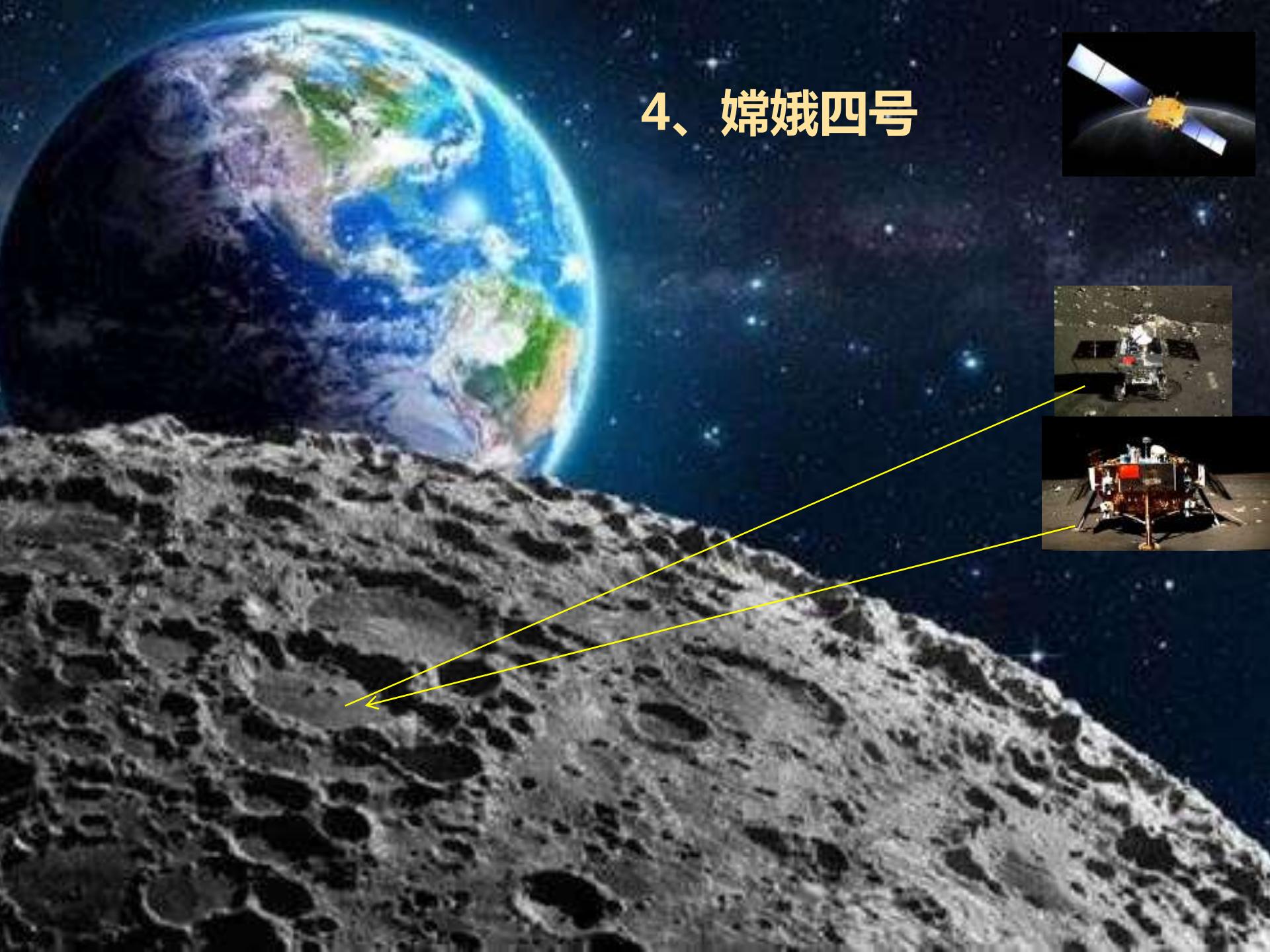
2. 探测器在器箭分离后经过约7个月巡航飞行火星捕获

3. 环绕器环绕火星飞行后与着陆巡视器分离，进入任务使命轨道开展对火星全球环绕探测

4. 着陆巡视器进入火星大气层过载外形减速、降落伞减速和反推发动机减速，下降着陆在火星表面

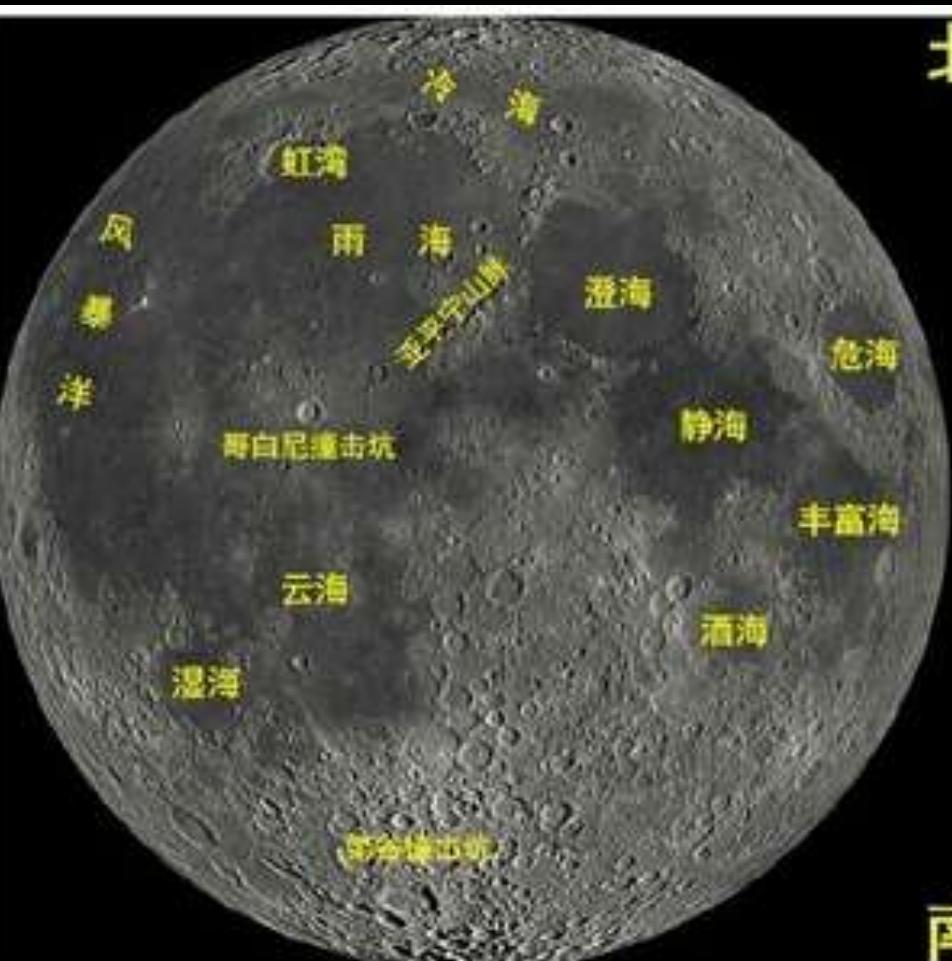
5. 火星车驶离着陆平台，开始火星表面巡视探测

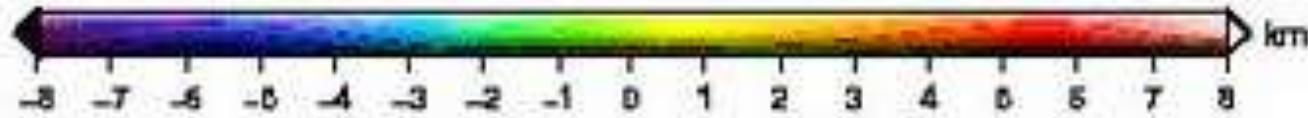
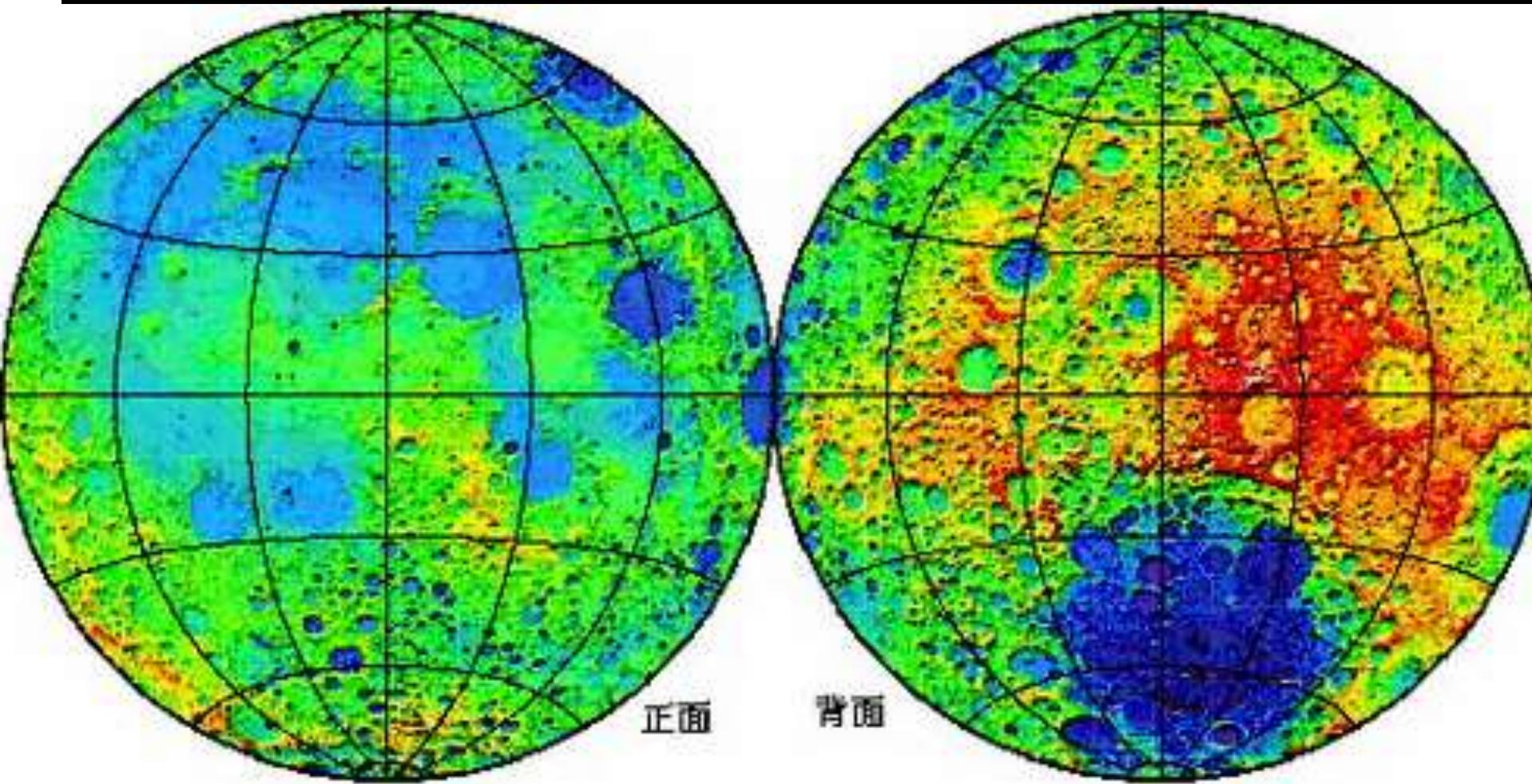
## 4、嫦娥四号



# 1、为什么在地球上看不到月球的背面







嫦娥一号月球地形新发现区域图

美(11)、苏(8)、中(1+1)三国成功着陆月球21次

第四：期待你的文字我

- 01. 月球9号** 1966年2月3日

**03. 月球13号** 1966年12月24日

**10. 月球16号** 1970年9月20日

**11. 月球17号** 1970年11月17日（月球车1号）

**14. 月球20号** 1972年2月21日

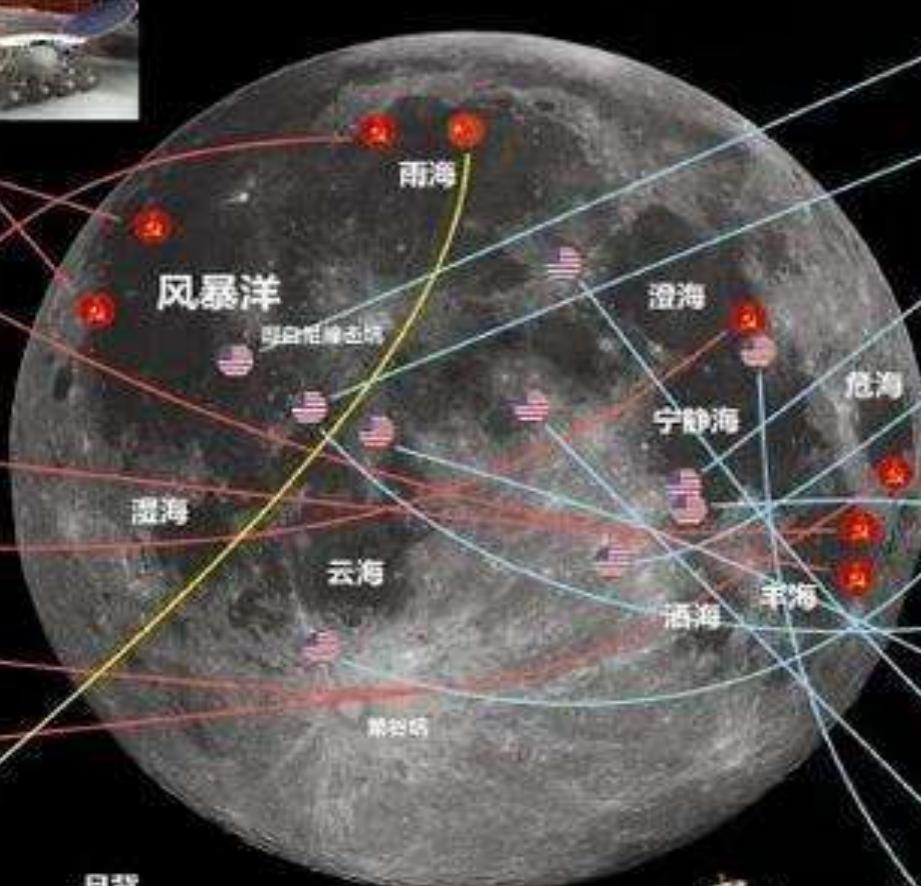
**17. 月球21号** 1973年1月15日（月球车2号）

**18. 月球23号** 1974年11月5日

**19. 月球24号** 1976年8月19日

**20. 嫦娥3号** 2013年12月14日（玉兔号）

**21. 嫦娥4号** 2019年1月3日（玉兔2号）



- 02. 勘测者1号  
1966年6月2日

- 04. 勘测者3号  
1967年4月20日

- 05. 勘测者5号  
1967年9月11日

- 06. 勘测者6号  
1967年11月7日

- 07. 勘测者7号  
1968年1月10日

- 08. 阿波罗11号  
1969年7月20日

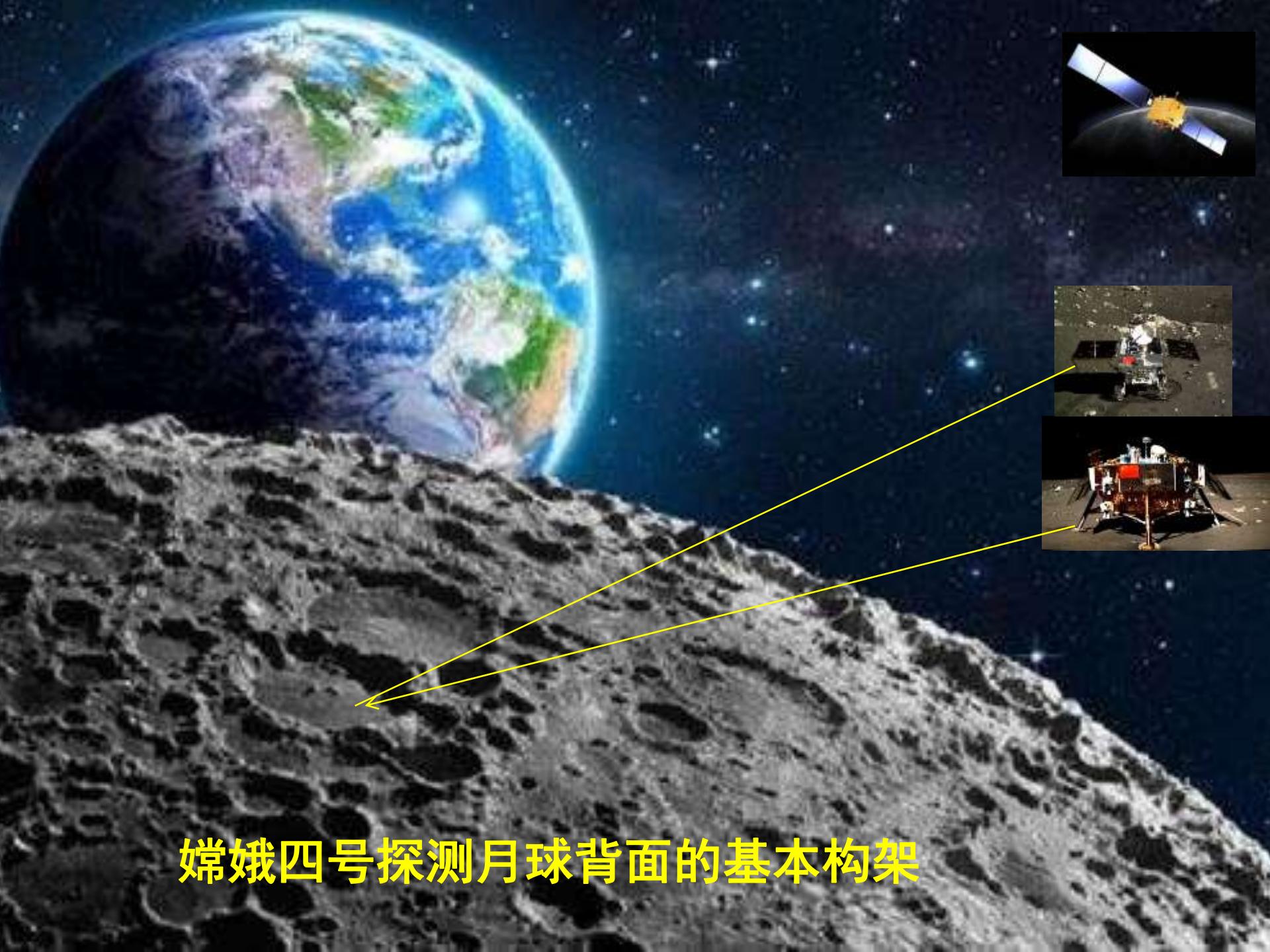
- 09. 阿波罗12号  
1969年11月24日

- 12. 阿波罗14号  
1971年2月5日

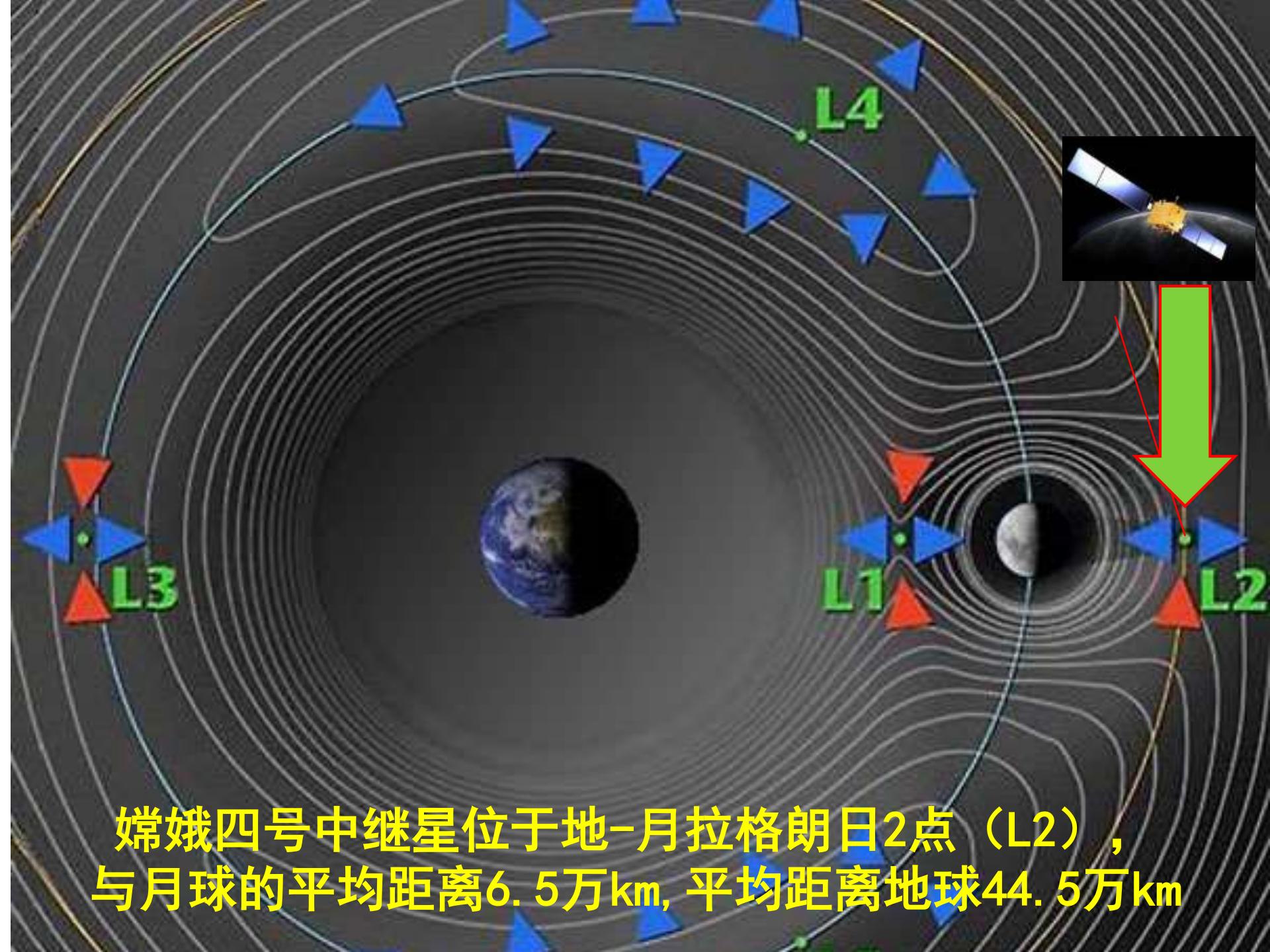
- 13. 阿波罗15号  
1971年8月7日（载人月球车）

- 15. 阿波罗16号  
1972年4月27日（载人月球车）

- 16. 阿波罗17号  
1972年12月11日（载人月球车）



嫦娥四号探测月球背面的基本构架



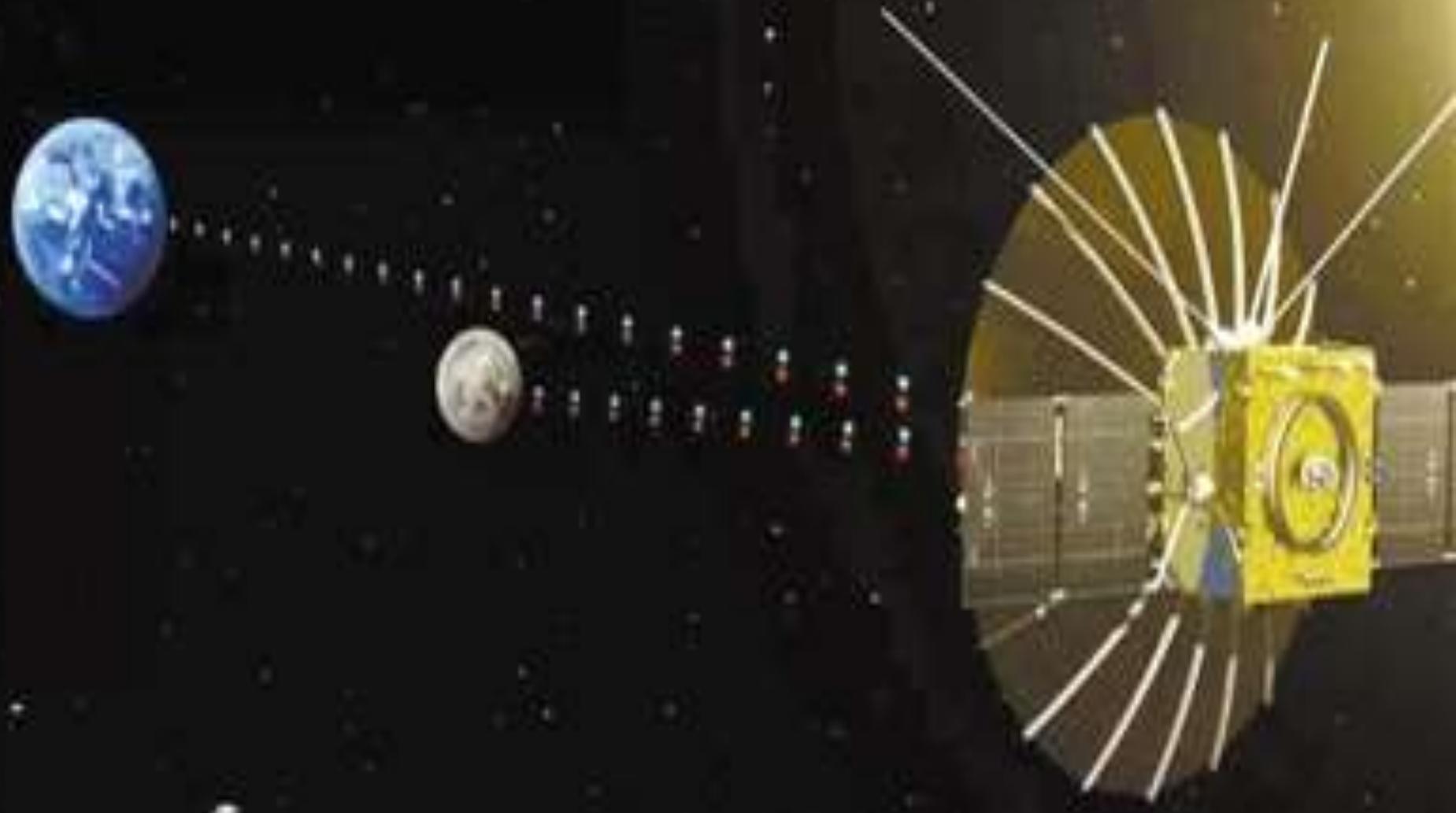
嫦娥四号中继星位于地-月拉格朗日2点（L2），  
与月球的平均距离6.5万km, 平均距离地球44.5万km



嫦娥五号再入返回地球实验的轨道飞行器于2014年10月28日的地-月L2动态平衡点拍摄的月球背面与地球



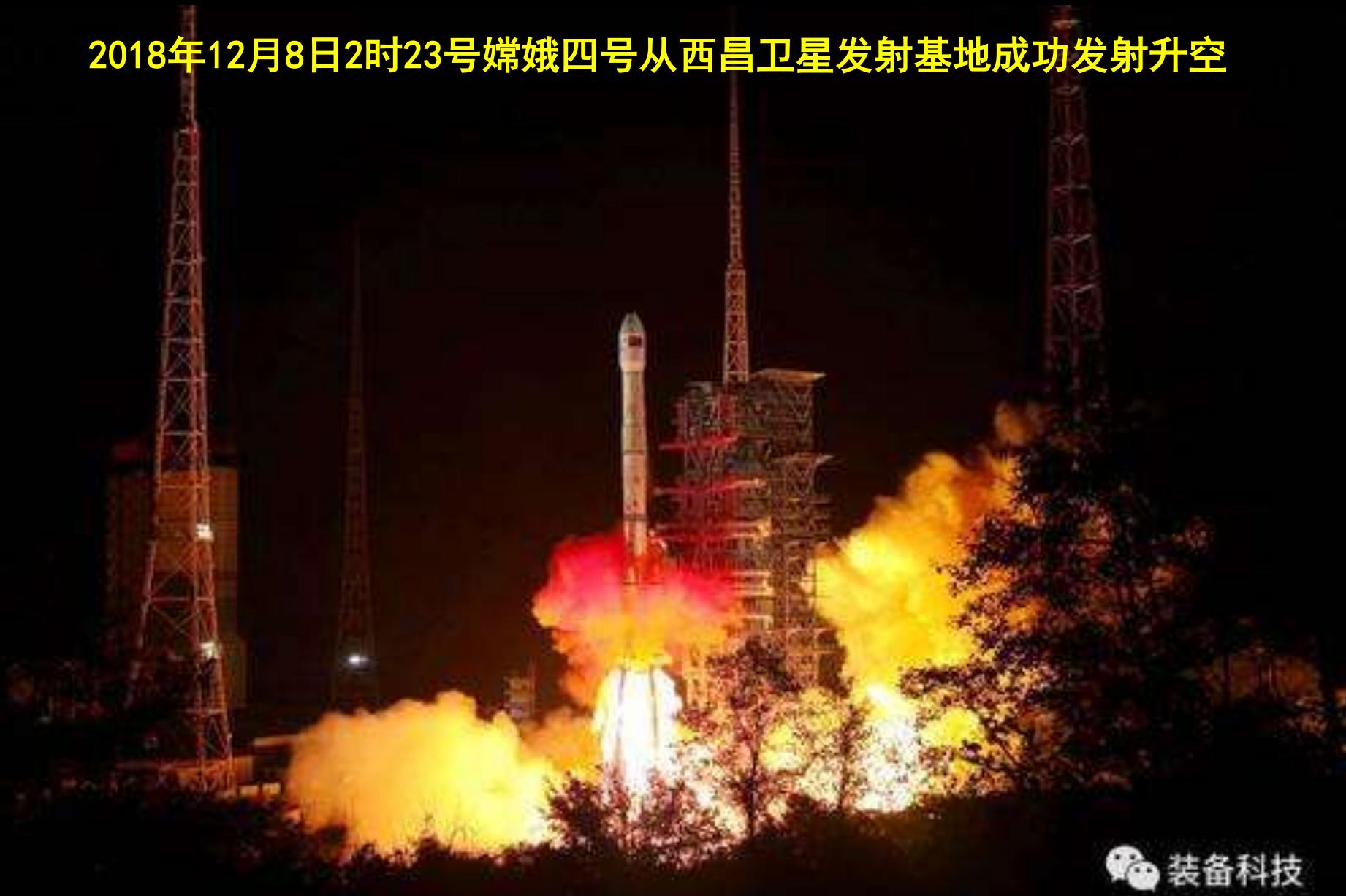
2018年5月21日5时28分，西昌卫星发射中心用长征四号丙运载火箭，成功将探月工程嫦娥四号任务“鹊桥”号中继星发射升空。



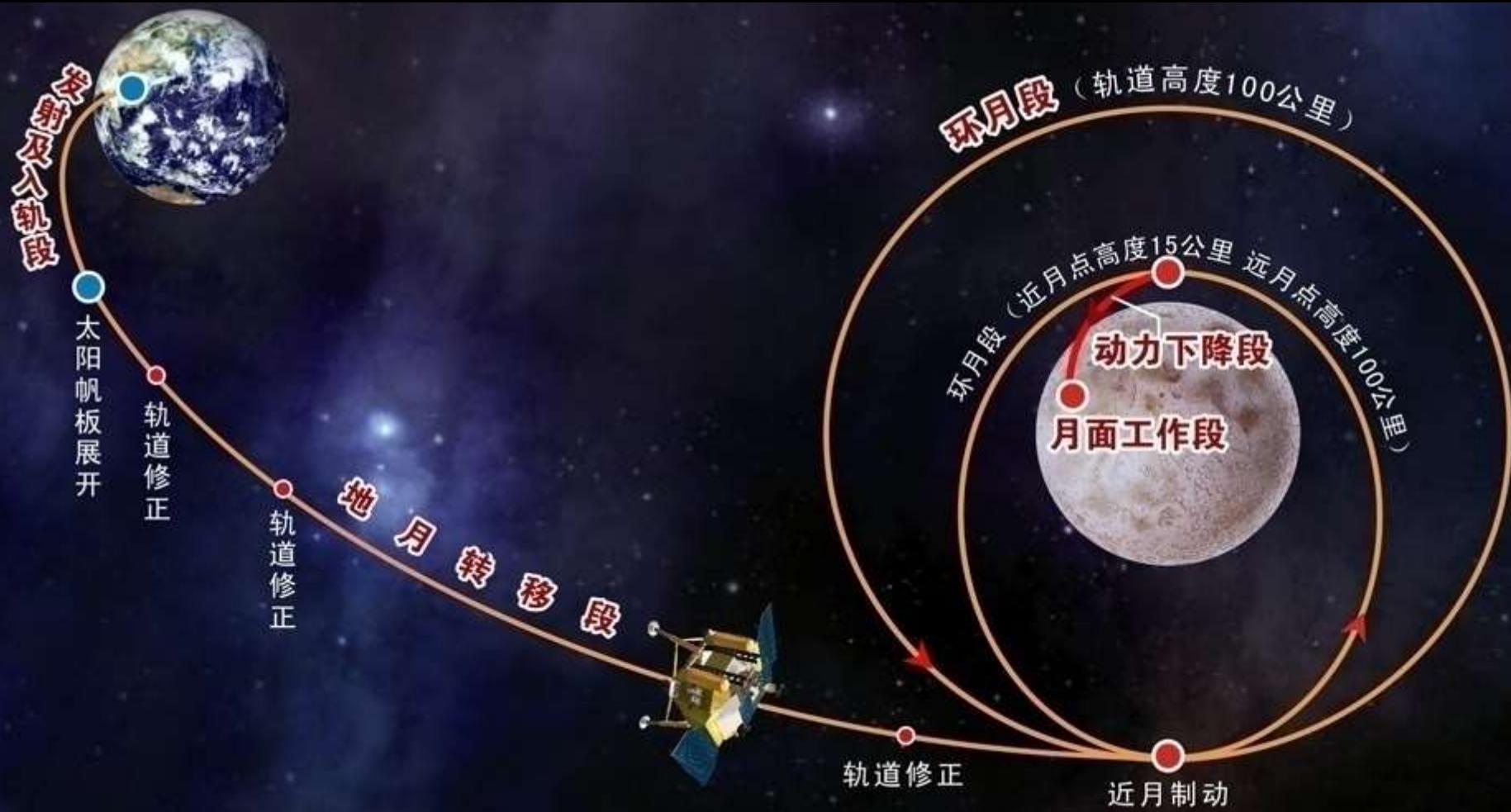
中继星“鹊桥”号运行于地月拉格朗日L2点，  
将地球与月球背面构成畅通的通信链路

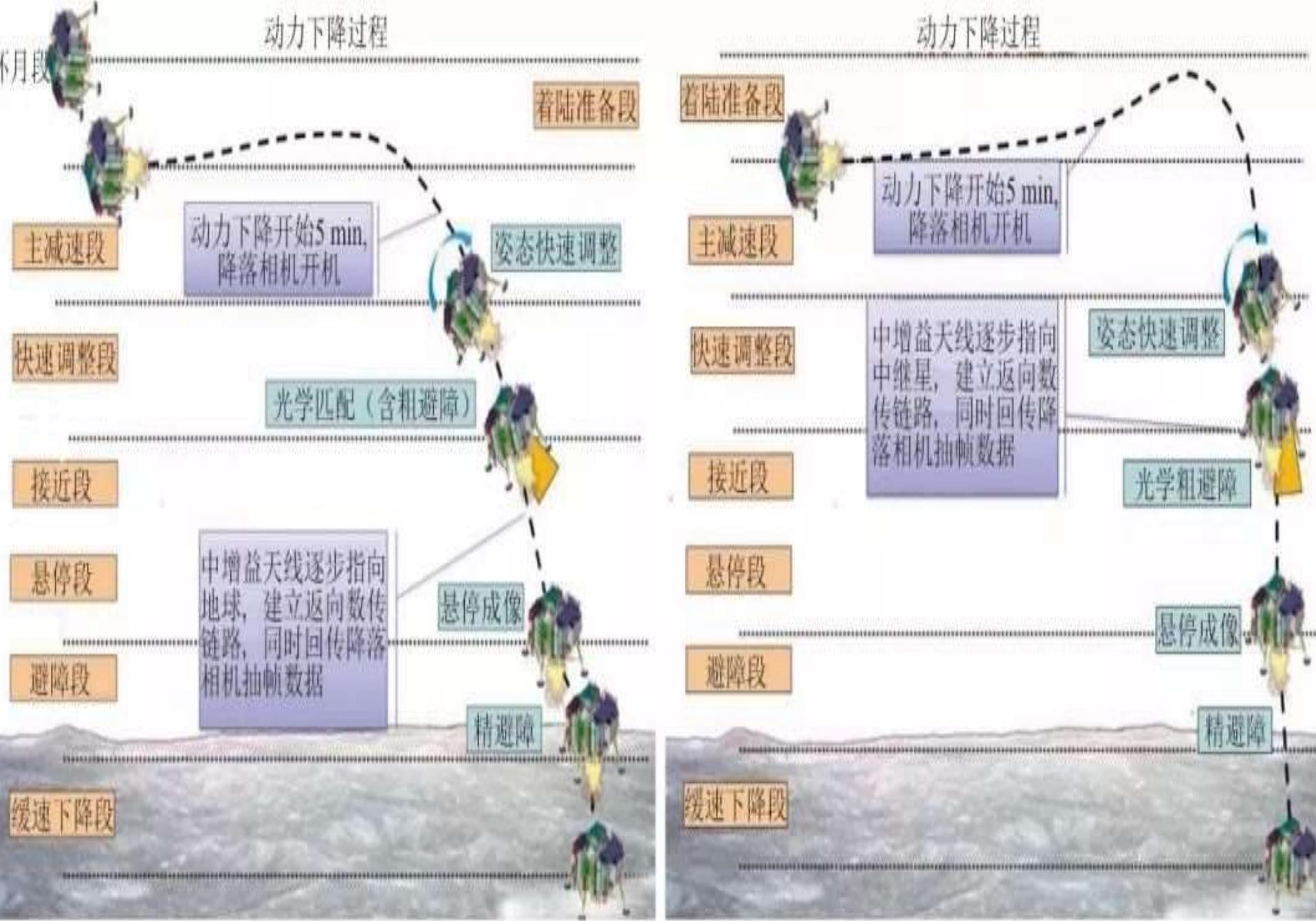
# 嫦娥四号软着陆月球背面的过程

2018年12月8日2时23号嫦娥四号从西昌卫星发射基地成功发射升空



# 嫦娥四号软着陆月球背面的过程





(a) “嫦娥3号”动力下降过程

(b) “嫦娥4号”动力下降过程

CCTV 13

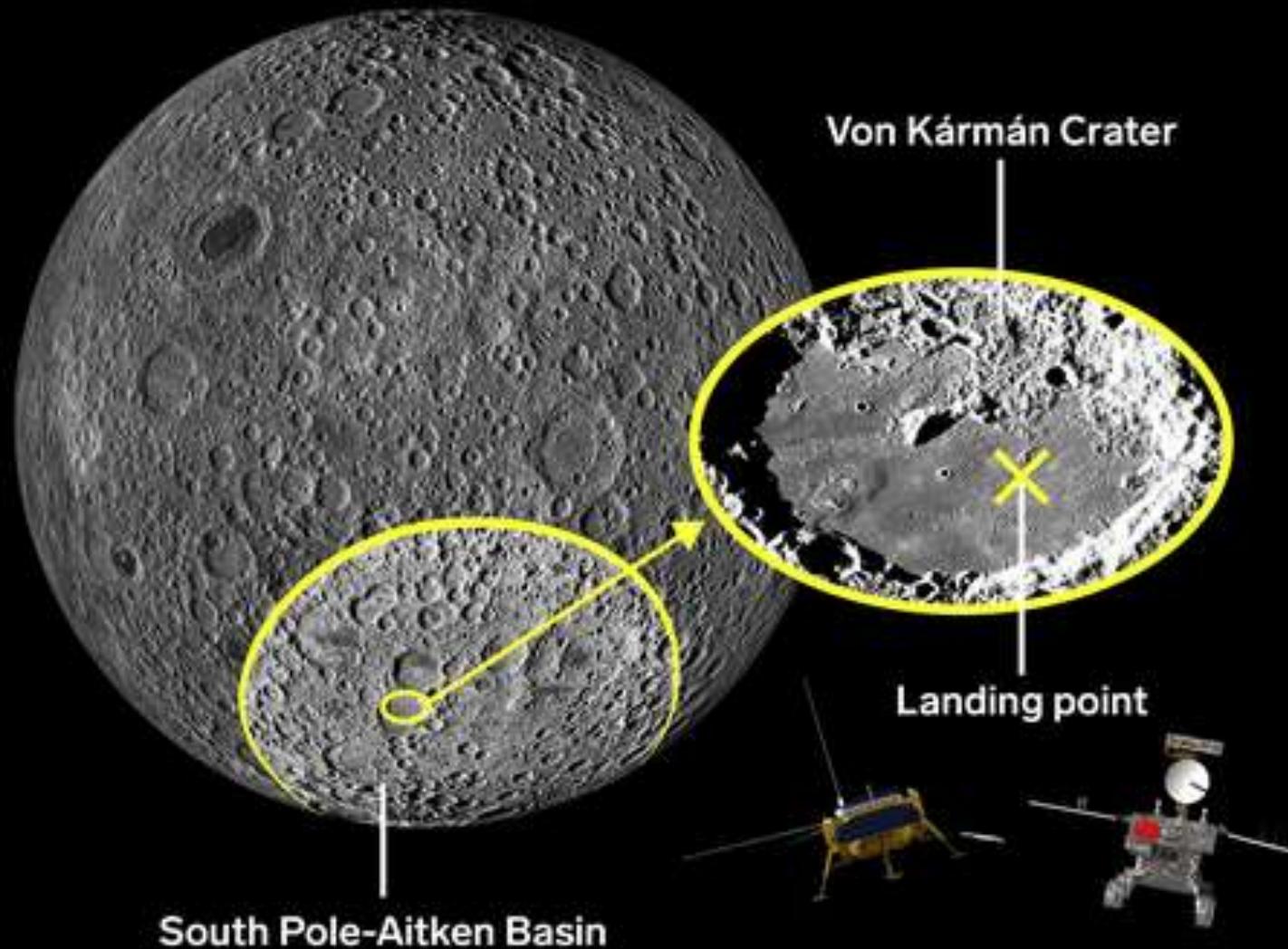
新闻



1月3日  
星期四

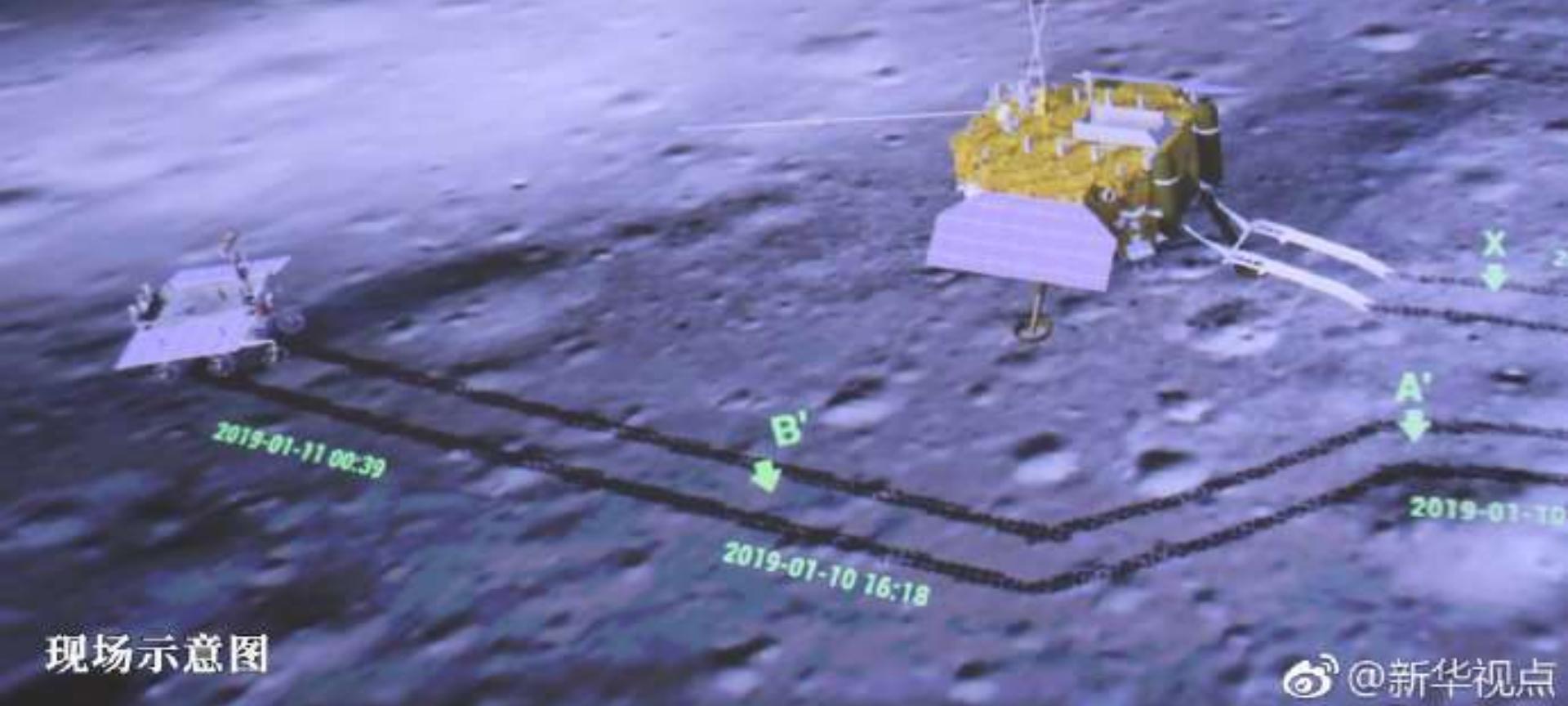
“嫦娥四号”实现首次月

# China's landing on the far side of the moon





2019年1月3日10时26分着陆月球背面（发射后历时27天）



现场示意图

@新华视点





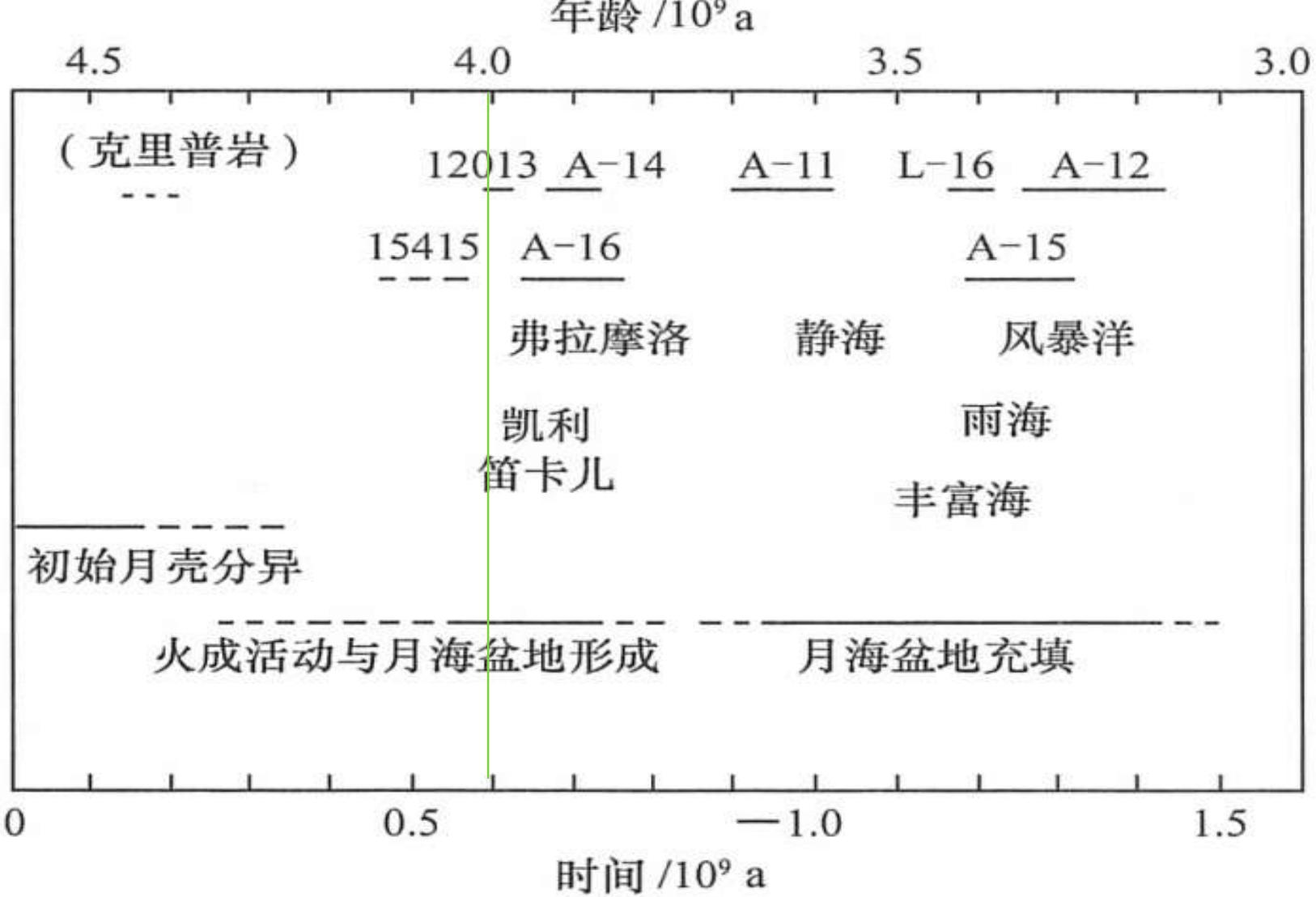


图 12-10 月球主要演化事件年代分布图

注:A—Apollo, L—Luna。

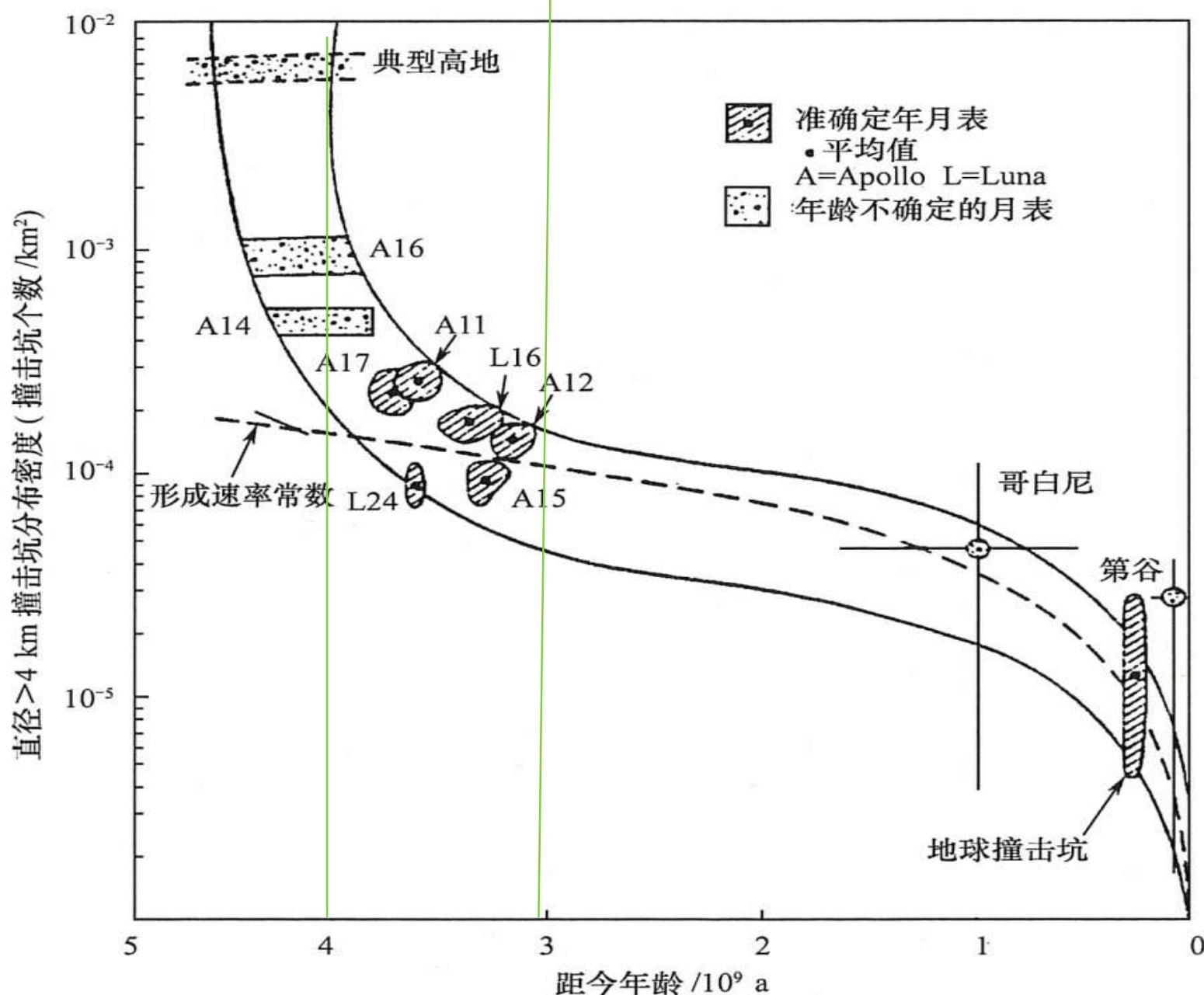
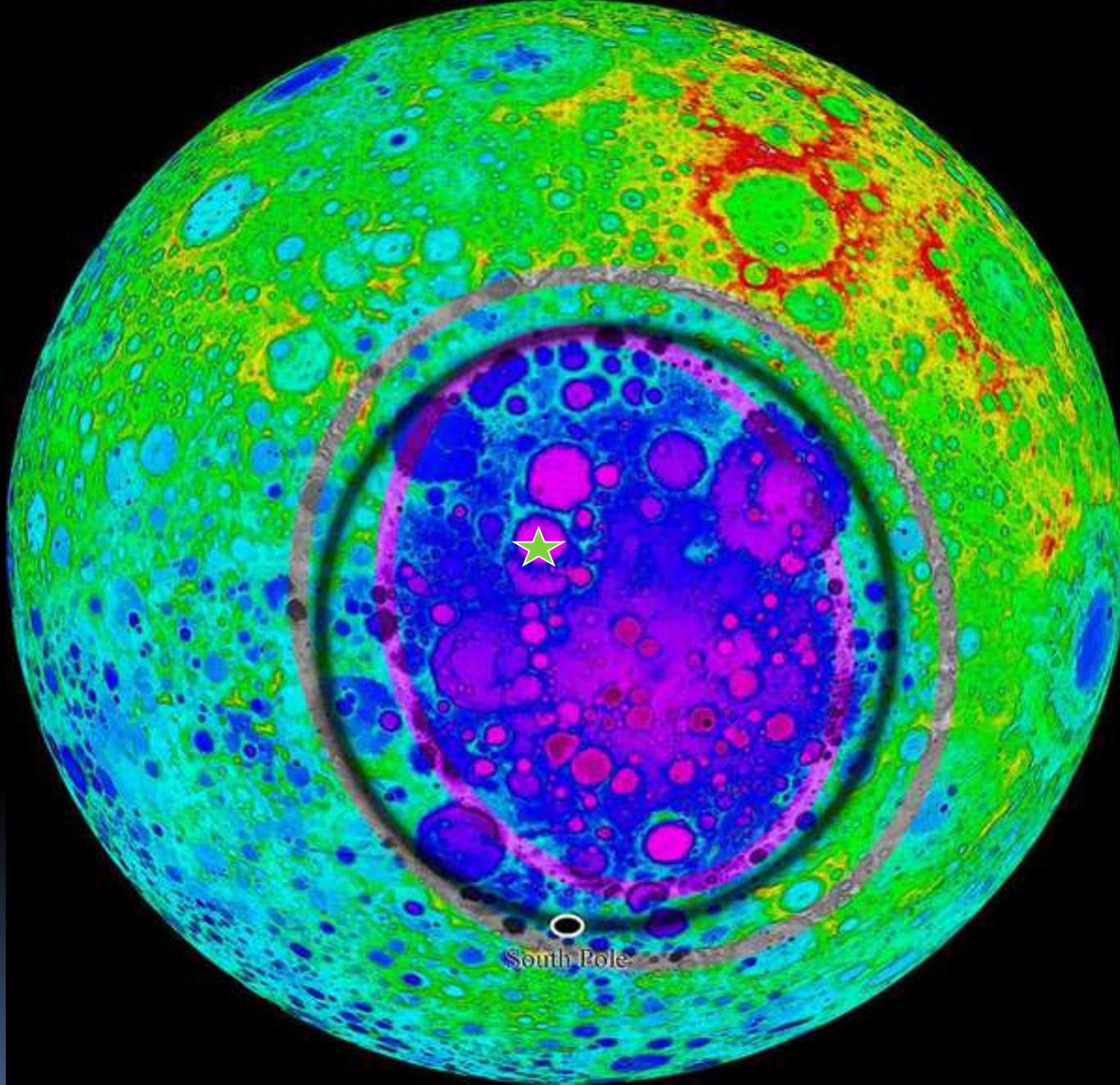


图 10-10 直径大于 4 km 撞击坑的分布密度与月球地质年代的关系(欧阳自远,1988)



直径2480公里，深度12.8公里

2019年1月3日22时22分成功实施两器分离，  
(软着陆月球背面后，历时11时58分之后)



月背冒险装备  
大公开



着陆器

降落相机



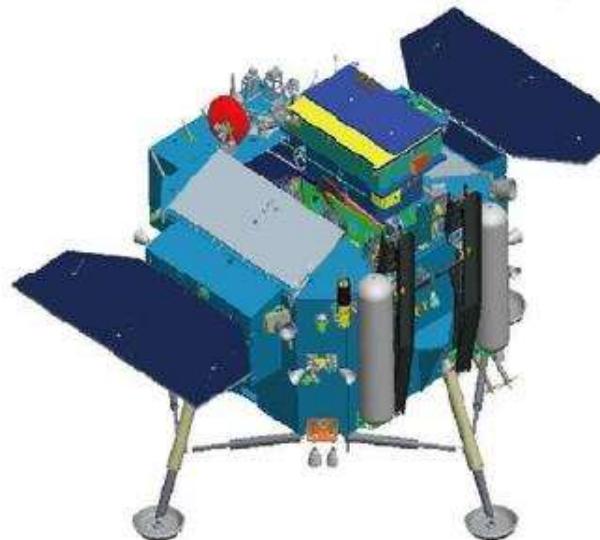
地形地貌相机



低频射电频谱仪



月表中子与辐射剂量  
探测仪



还有和德国合作的月表中子与辐射剂量探测仪

月背冒险装备  
大公开



月球车

全景相机



测月雷达



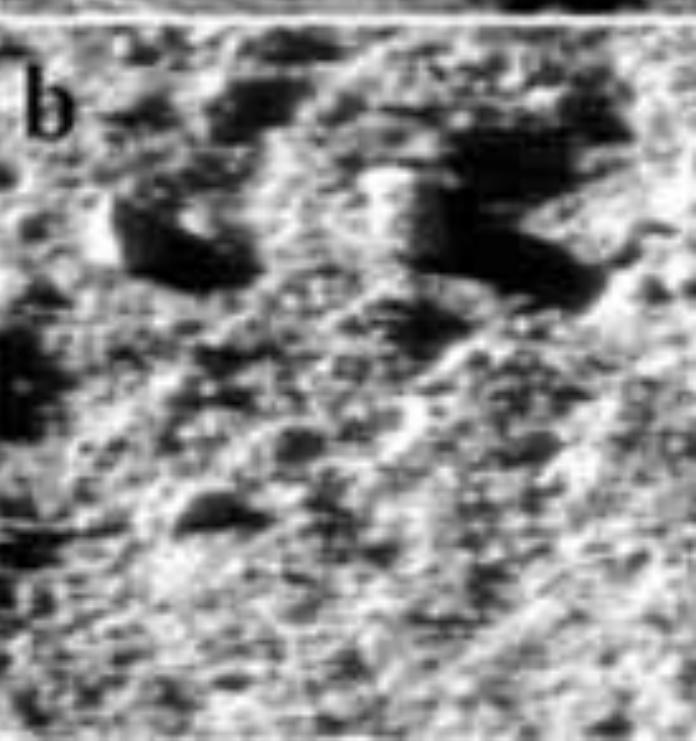
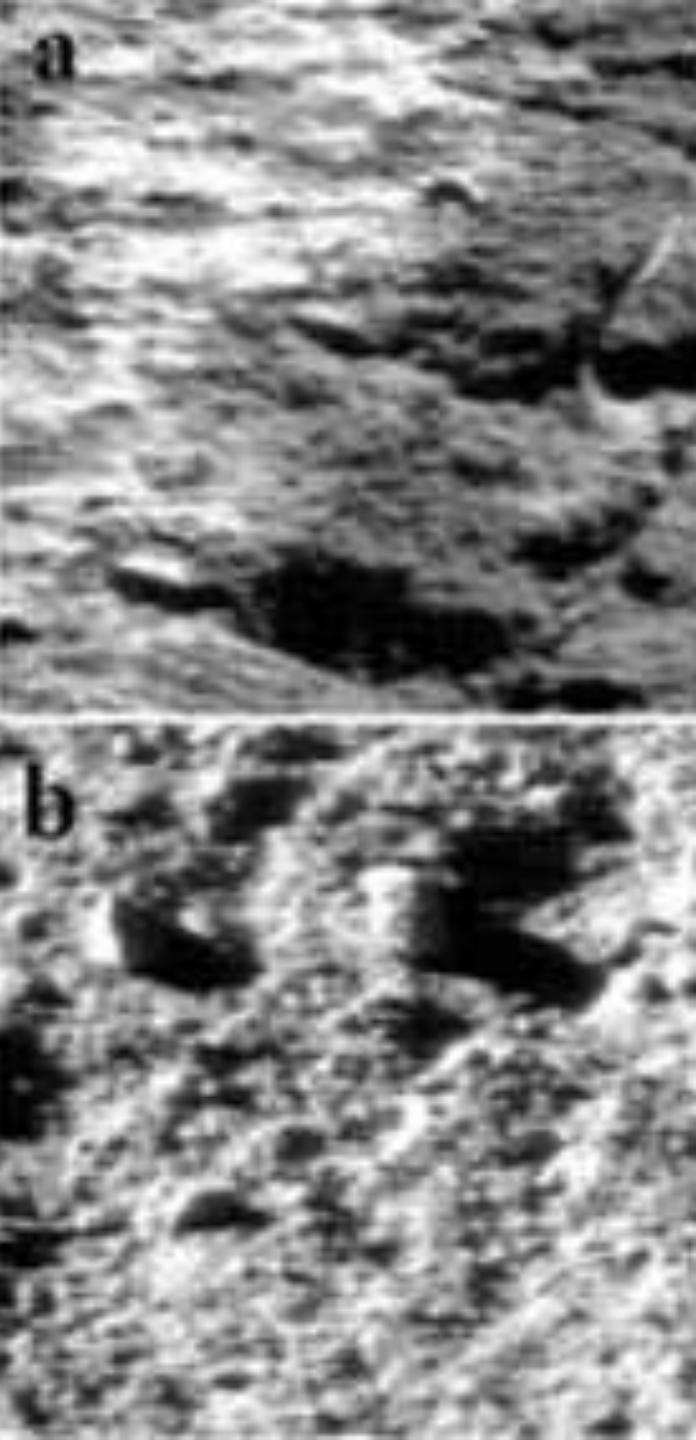
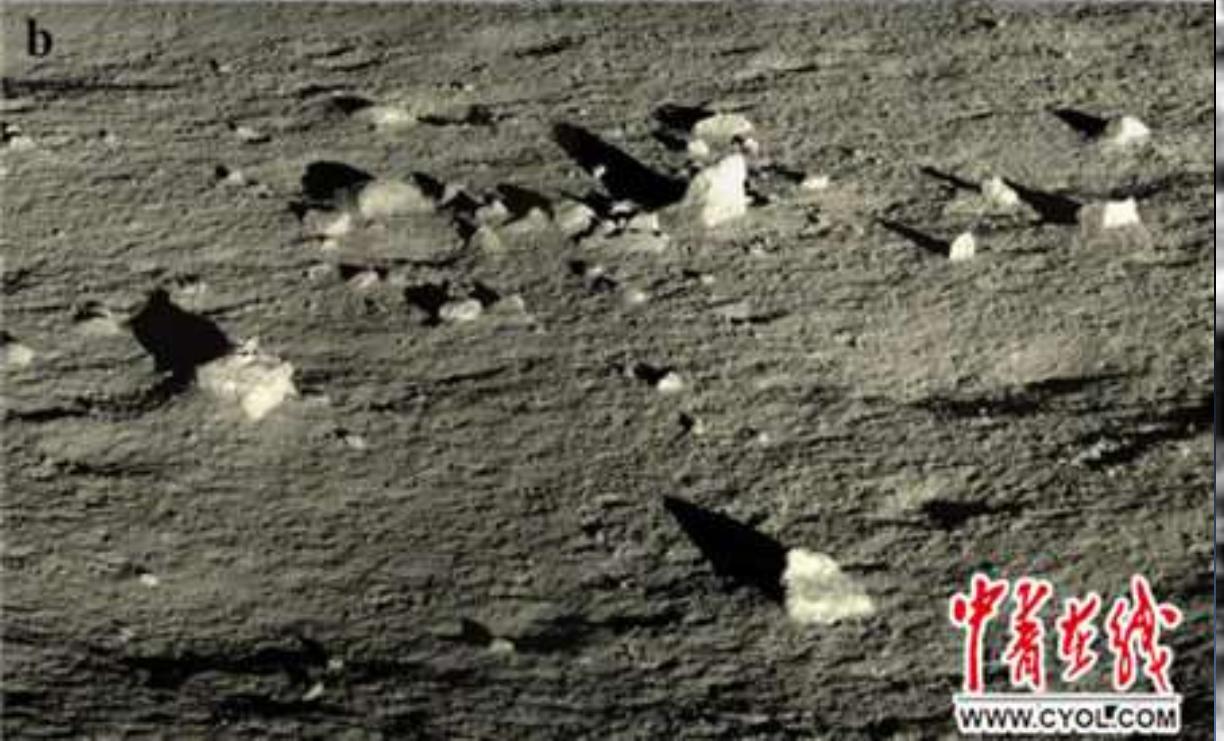
红外线成像光谱仪



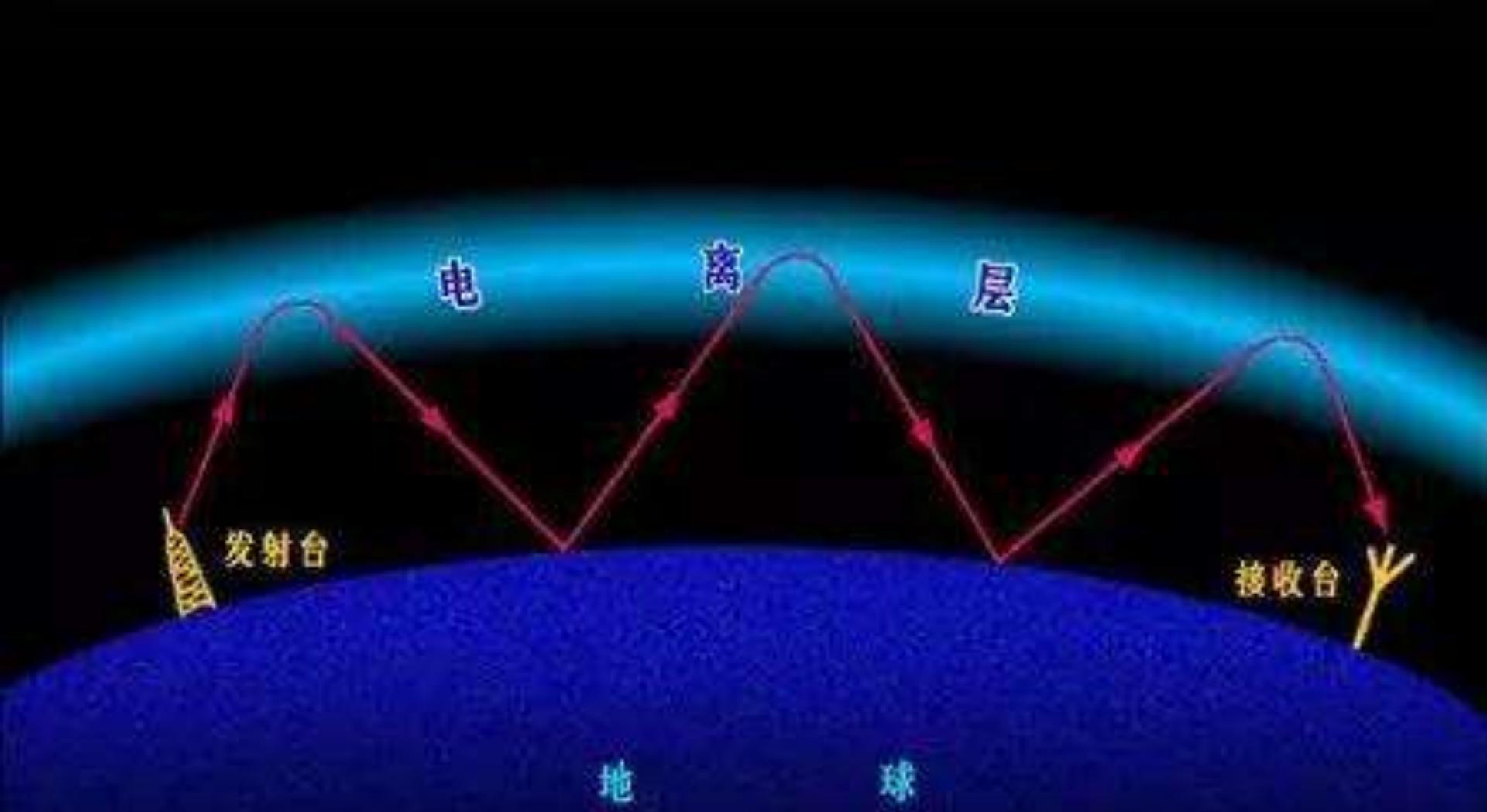
中性原子探测仪



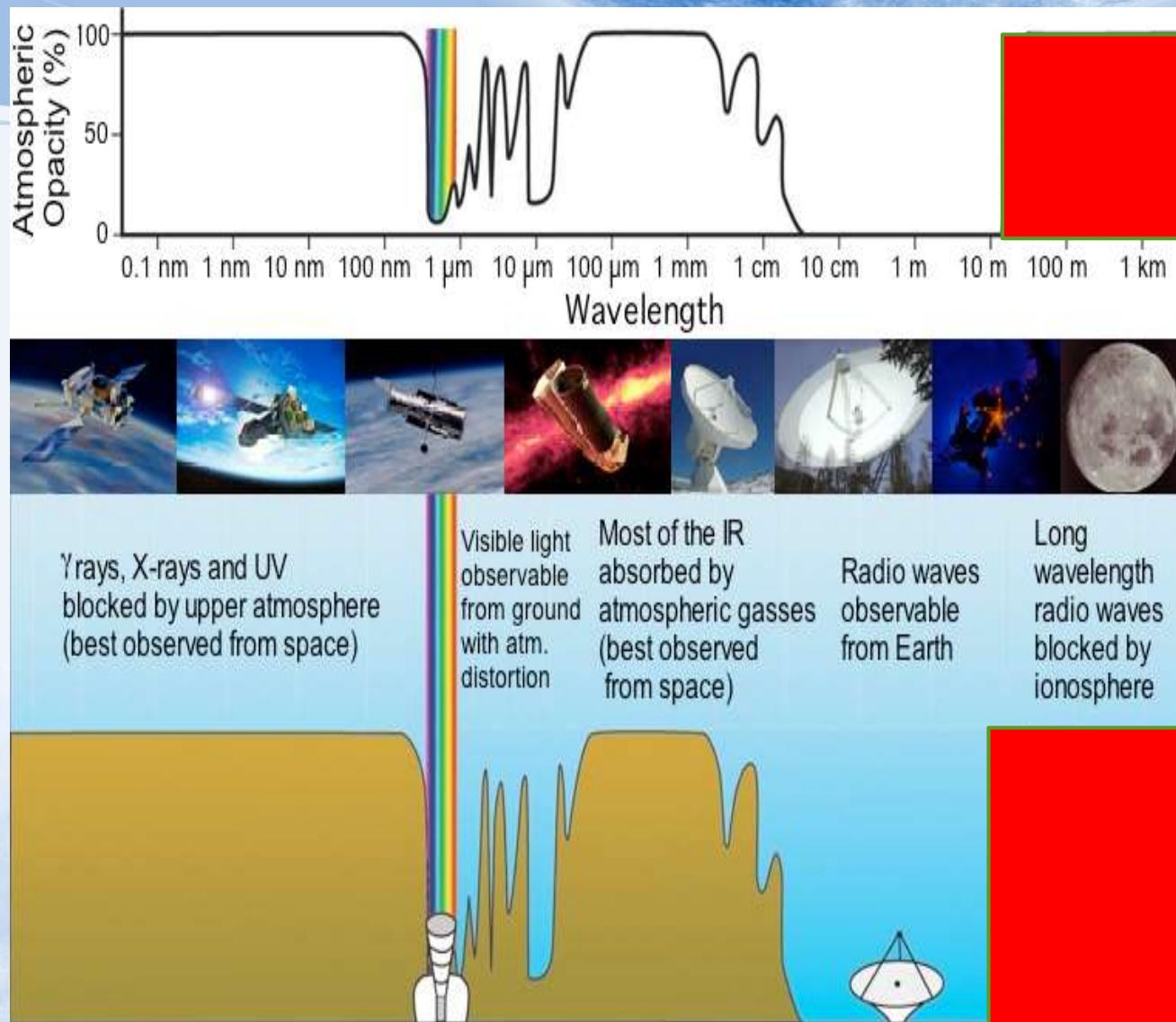
还有与瑞典合作的中性原子探测仪



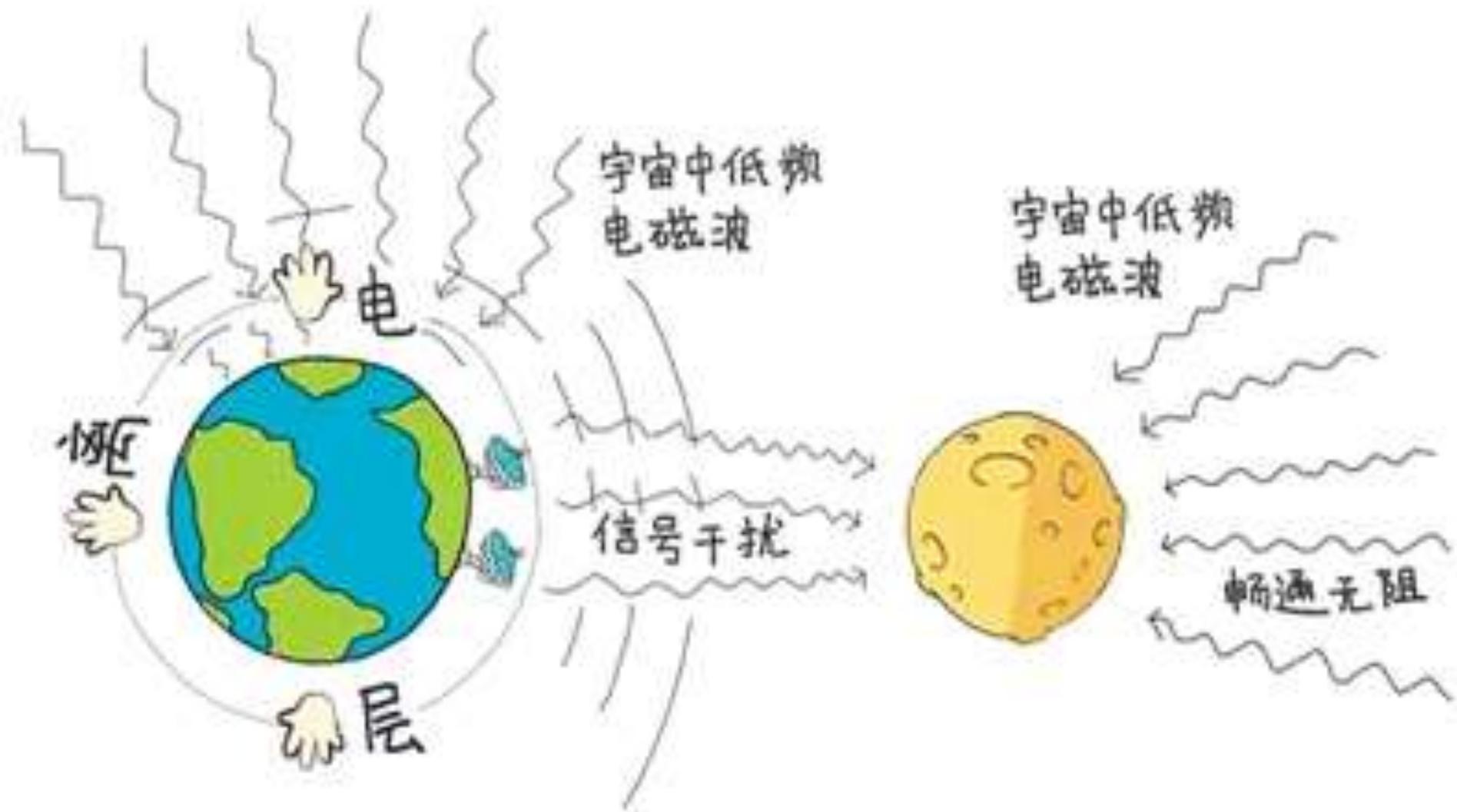
中青在线  
www.cyol.com



电离层——无线电波的传播图



低频 (LF) 30~300千赫 (KHz) 长波 10~1km  
 极低频 (VLF) 3~30千赫 (KHz) 极长波 100~10km



月背冒险装备  
大公开



着陆器

降落相机



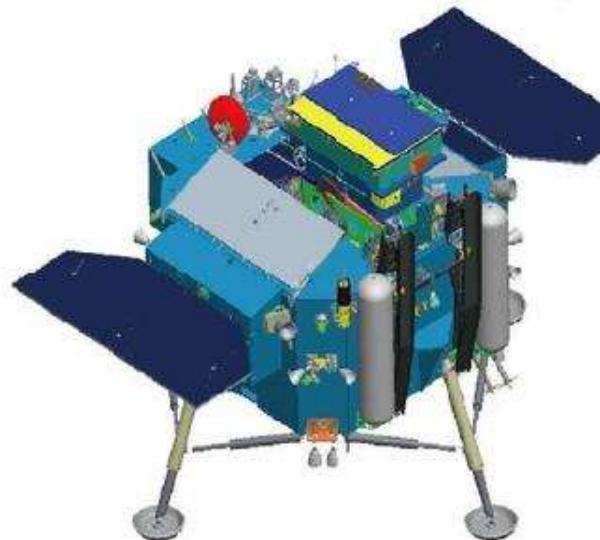
地形地貌相机



低频射电频谱仪



月表中子与辐射剂量  
探测仪



还有和德国合作的月表中子与辐射剂量探测仪

月背冒险装备  
大公开

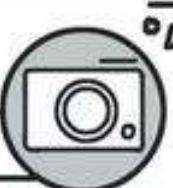


月球车

全景相机



测月雷达



红外线成像光谱仪



中性原子探测仪



还有与瑞典合作的中性原子探测仪

月背冒险装备  
大公开



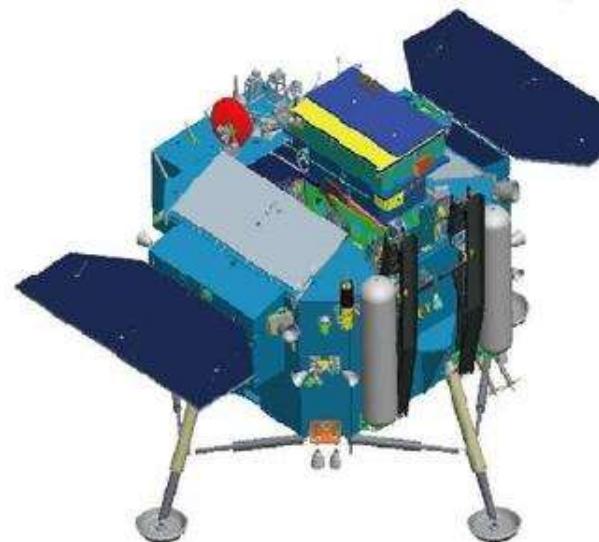
着陆器

降落相机

地形地貌相机

低频射电频谱仪

月表中子与辐射剂量  
探测仪



★★★★★ 还有和德国合作的月表中子与辐射剂量探测仪

月背冒险装备  
大公开



月球车

全景相机

测月雷达

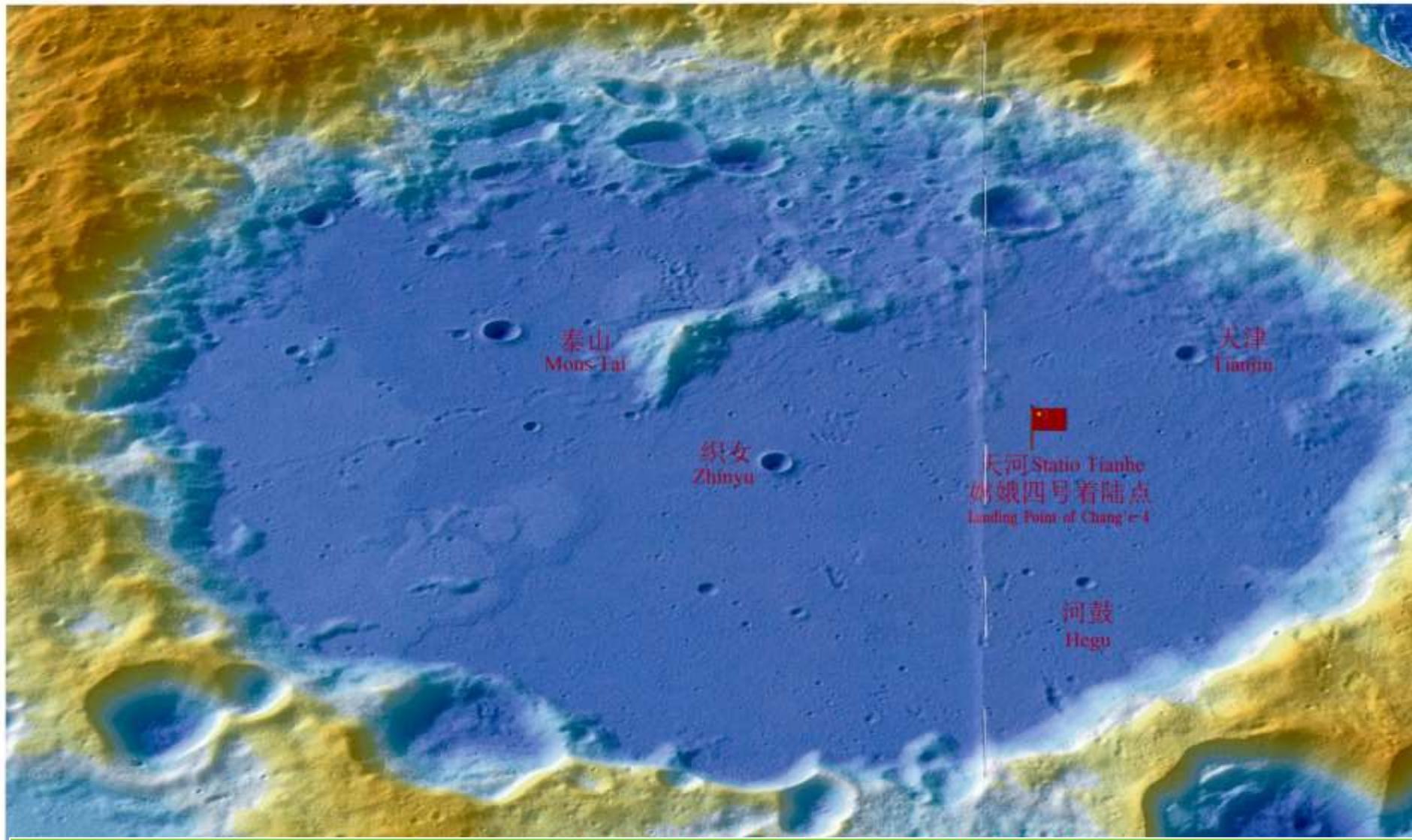
红外线成像光谱仪

中性原子探测仪



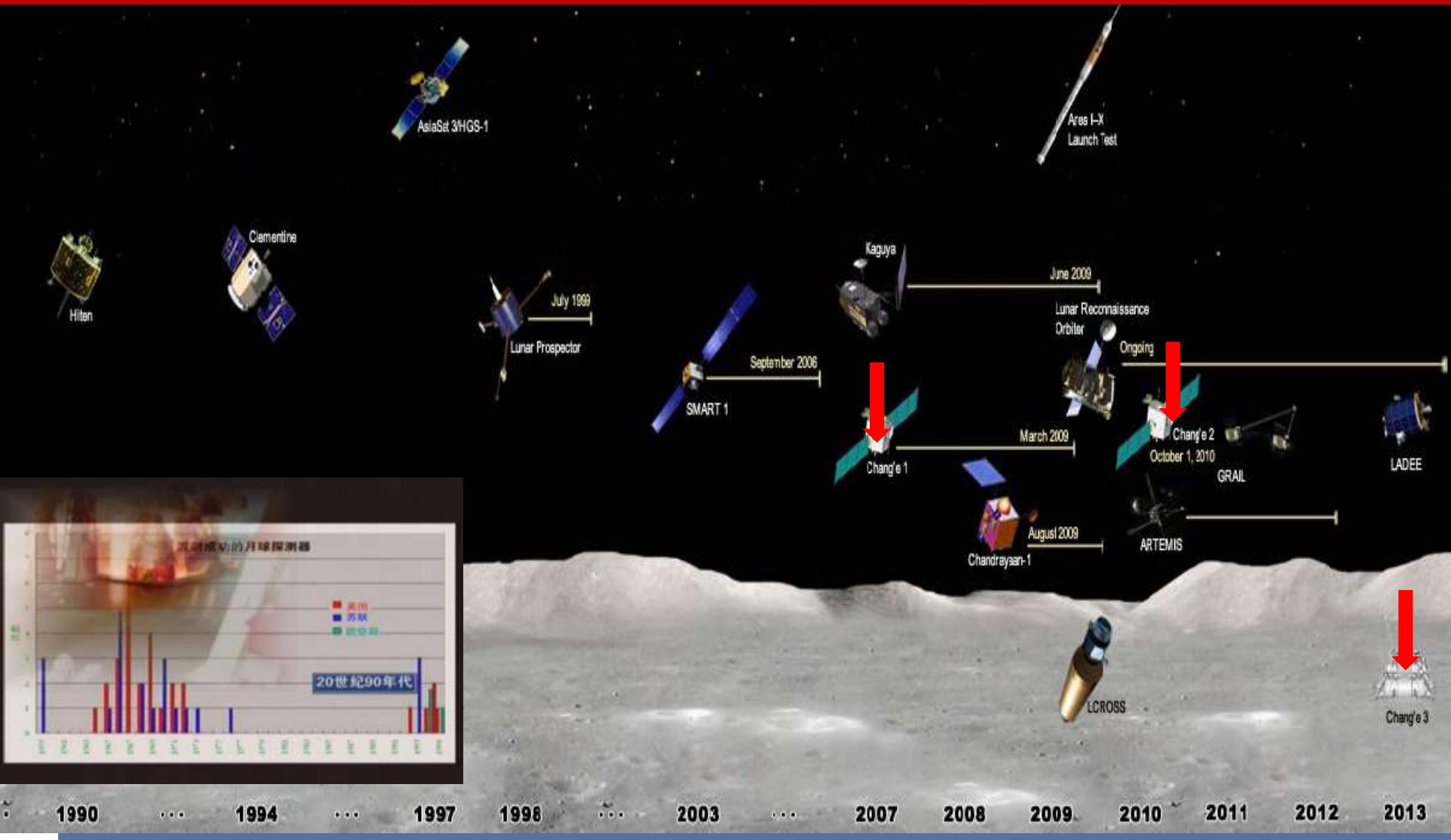
★★★★★

还有与瑞典合作的中性原子探测仪



2019年2月4日国际天文联合会批准的5个嫦娥四号着陆点及其附近地理实体名称

# 重返月球孕育月球科学的新突破 和开发利用月球的新前景



## 5、嫦娥五号----月球取样返回

2011年1月7日，国务院正式批准探月工程三期立项。2017年，实现月面采样，月面上升，月球轨道交汇对接，月地转移、高速地球再入、着陆回收。

### ▶ 工程目标

1. 突破窄窗口多轨道装订发射、月面自动采样与封装、月面起飞、月球轨道交会对接、月地转移、地球大气高速再入、多目标高精度测控、月球样品储存等关键技术，提升我国航天技术水平。
2. 实现首次地外天体自动采样返回，推进我国科学技术重大跨越。
3. 完善探月工程体系，为载人登月和深空探测奠定一定的人才、技术和物质基础。

### 科学目标

1. 着陆区的现场调查和分析。开展着陆点区域形貌探测和地质背景勘察，获取与月球样品相关的现场分析数据，建立现场探测数据与实验室分析数据之间的联系。
2. 月球样品的分析与研究。对月球样品进行系统、长期的实验室研究，分析月壤的结构、物理特性、物质组成，深化月球成因和演化历史的研究。

◎  
ce5

A15  
A17  
A11  
L16  
A12  
A14  
A13  
A16

着陆区选择

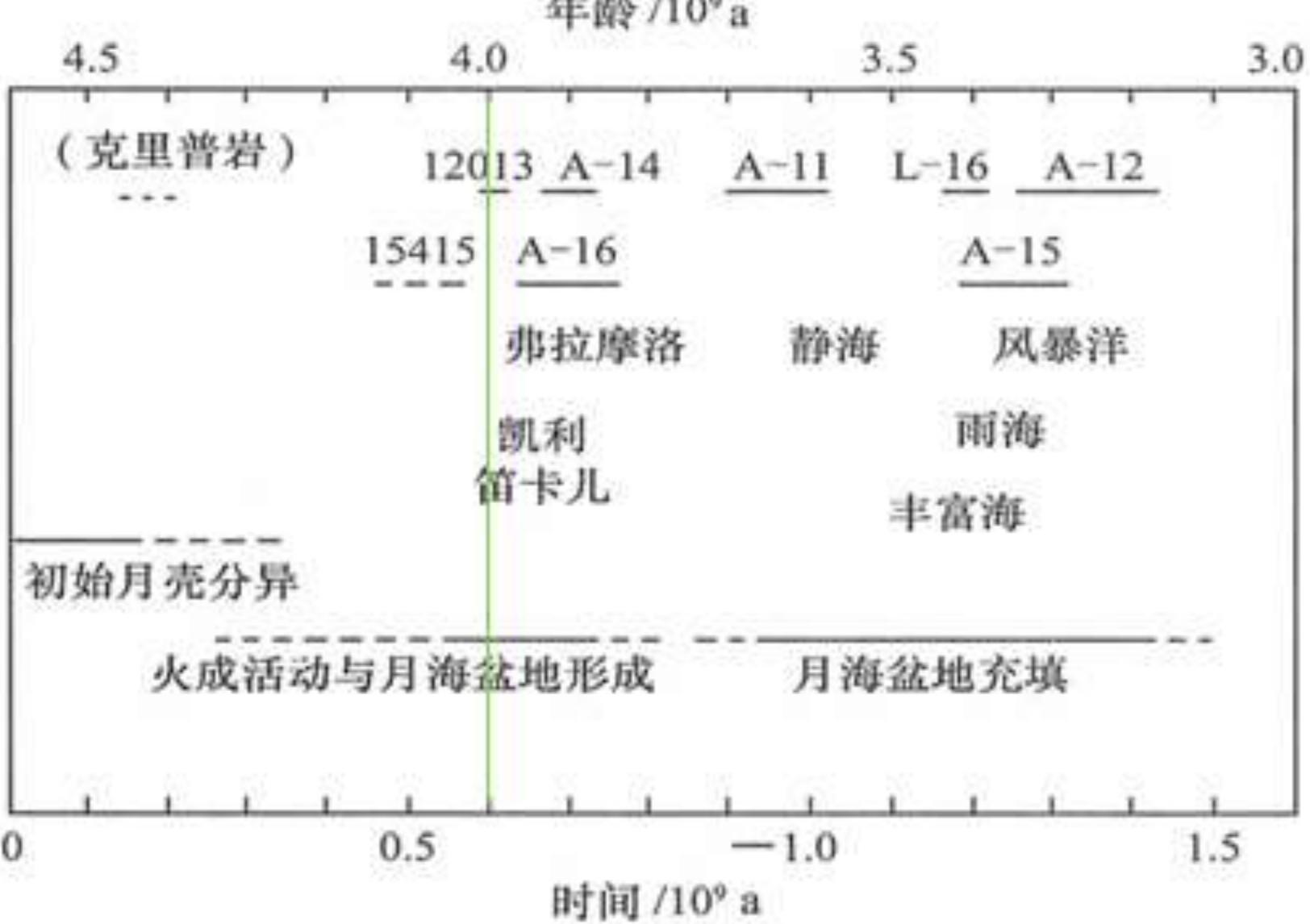
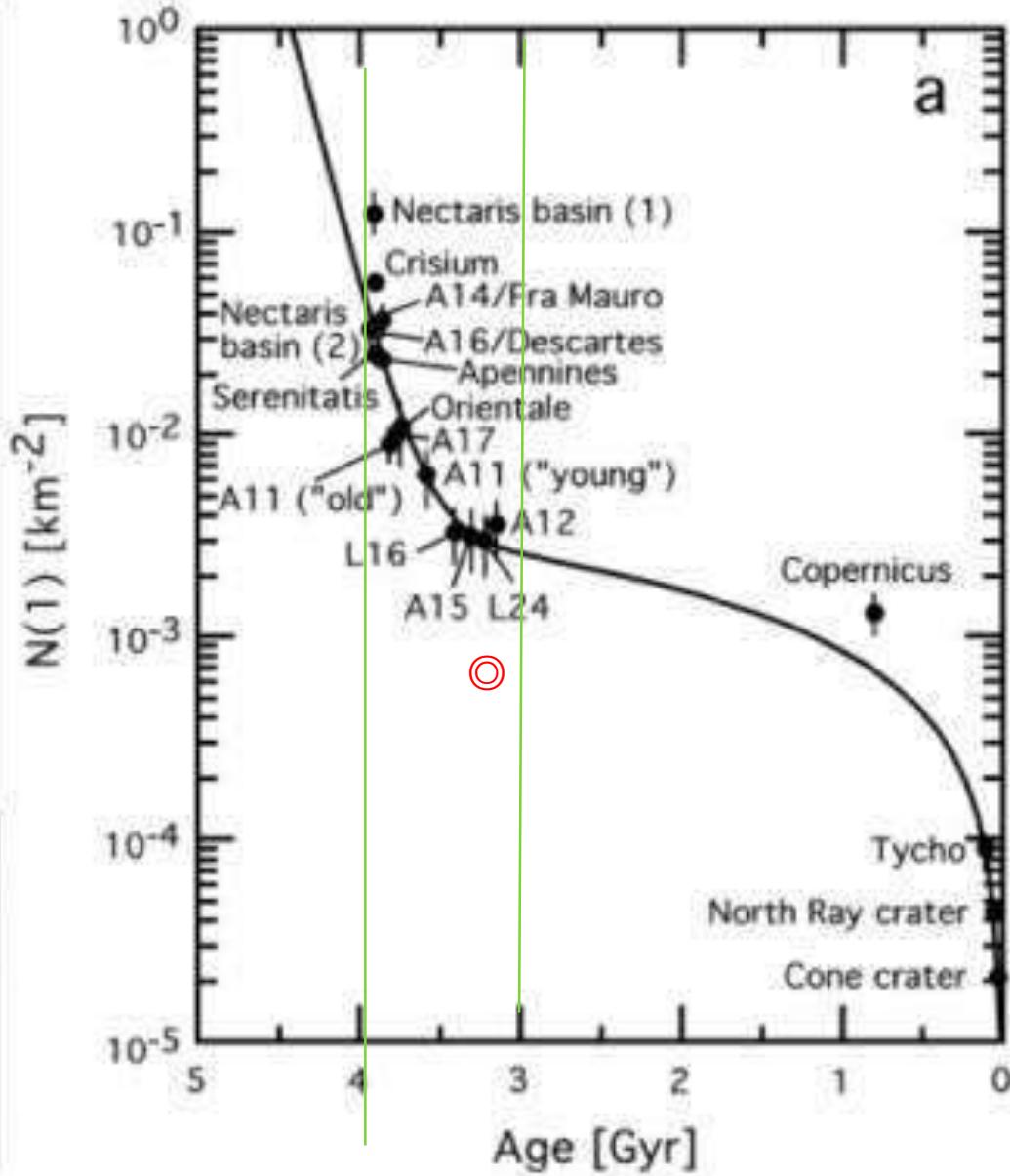


图 12-10 月球主要演化事件年代分布图  
注: A—Apollo, L—Luna。



Mission	Arrival date	Landing site	Latitude	Longitude	Sample return
Apollo 11	20 July 1969	Mare Tranquillitatis	0° 67' N	23° 49' E	21.6 kg
Apollo 12	19 Nov. 1969	Oceanus Procellarum	3° 12' S	23° 23' W	34.3 kg
Apollo 14	31 Jan. 1971	Fra Mauro	3° 40' S	17° 28' E	42.6 kg
Apollo 15	30 July 1971	Hadley-Apennine	26° 6' N	3° 39' E	77.3 kg
Apollo 16	21 Apr. 1972	Descartes	9° 00' N	15° 31' E	95.7 kg
Apollo 17	11 Dec. 1972	Taurus-Littrow	20° 10' N	30° 46' E	110.5 kg
Luna 16	20 Sep. 1970	Mare Fecunditatis	0° 41' S	56° 18' E	100 g
Luna 20	21 Feb. 1972	Apollonius highlands	3° 32' N	56° 33' E	30 g
Luna 24	18 Aug. 1976	Mare Crisium	12° 45' N	60° 12' E	170 g



嫦娥五号探寻<3Gyr的岩石，嫦娥四号探寻>4Gyr的岩石，完善月球演化的历史的研究。

# 着陆区选择

吕姆克山脉



13

12

12 14

11

16

Copyright

美国任务		苏联任务	
任务	标本质量	任务	标本质量
阿波罗11号	22千克	月球16号	101克
阿波罗12号	34千克	月球20号	55克
阿波罗14号	43千克	月球24号	170克
阿波罗15号	77千克		
阿波罗16号	95千克		
阿波罗17号	111千克		

382千克

0.336千克

# 人民日报 号外

PEOPLE'S DAILY 客户端

2020年11月24日

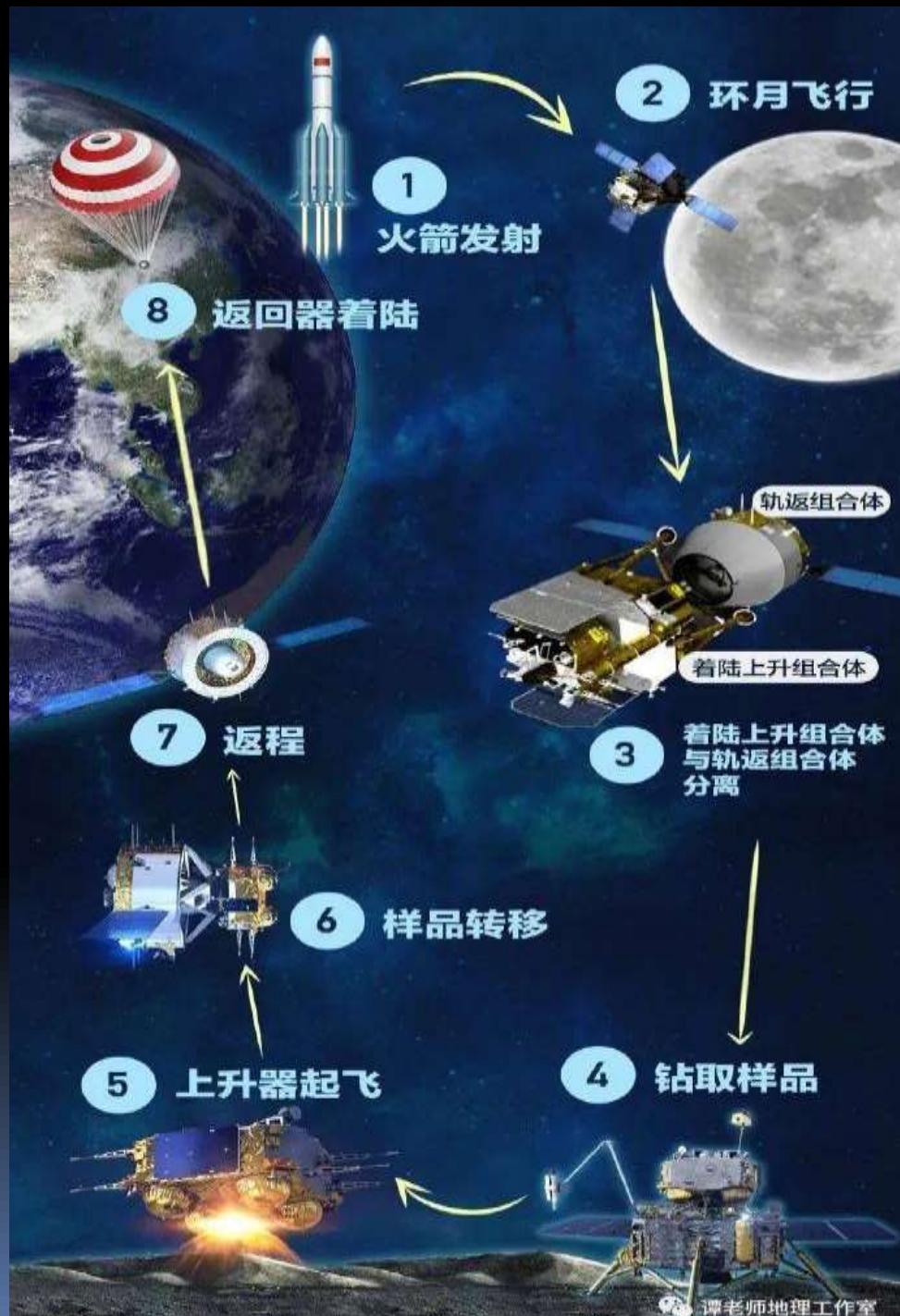
## “长五”飞天，“嫦五”奔月！



海南·文昌

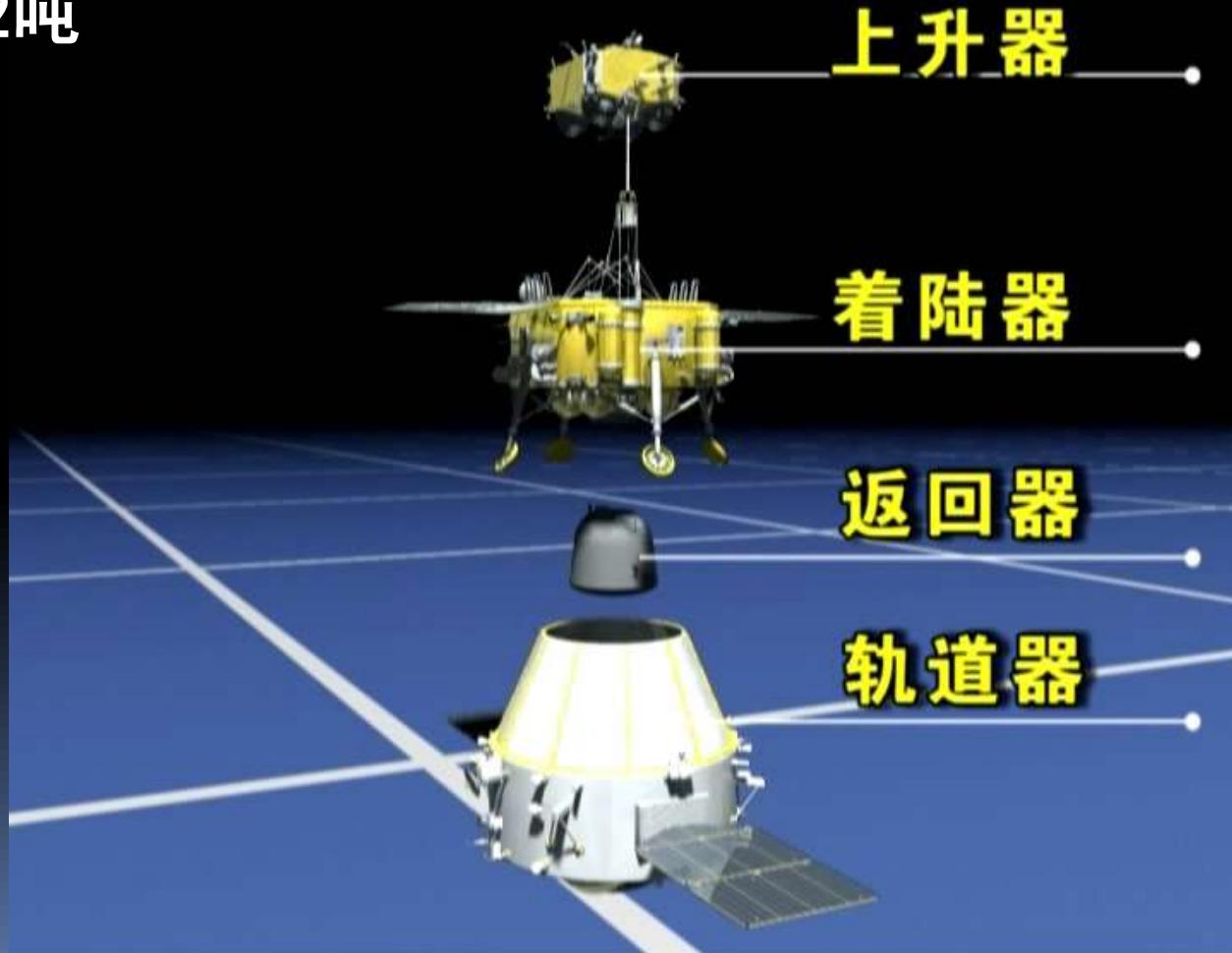
11月24日4时30分，探月工程嫦娥五号探测器发射成功，开启我国首次地外天体采样返回之旅。

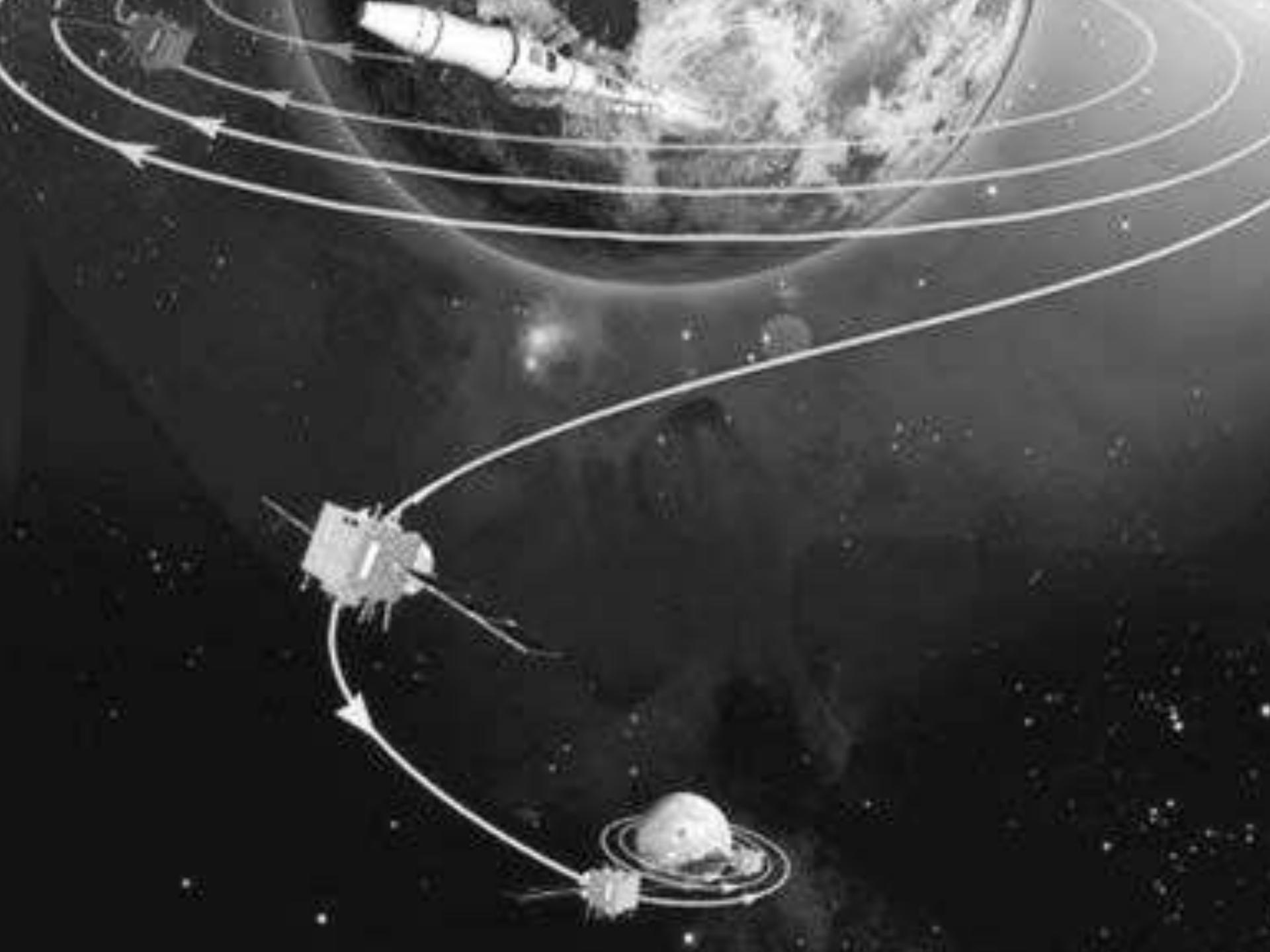
2200秒之后，进入奔月轨道。

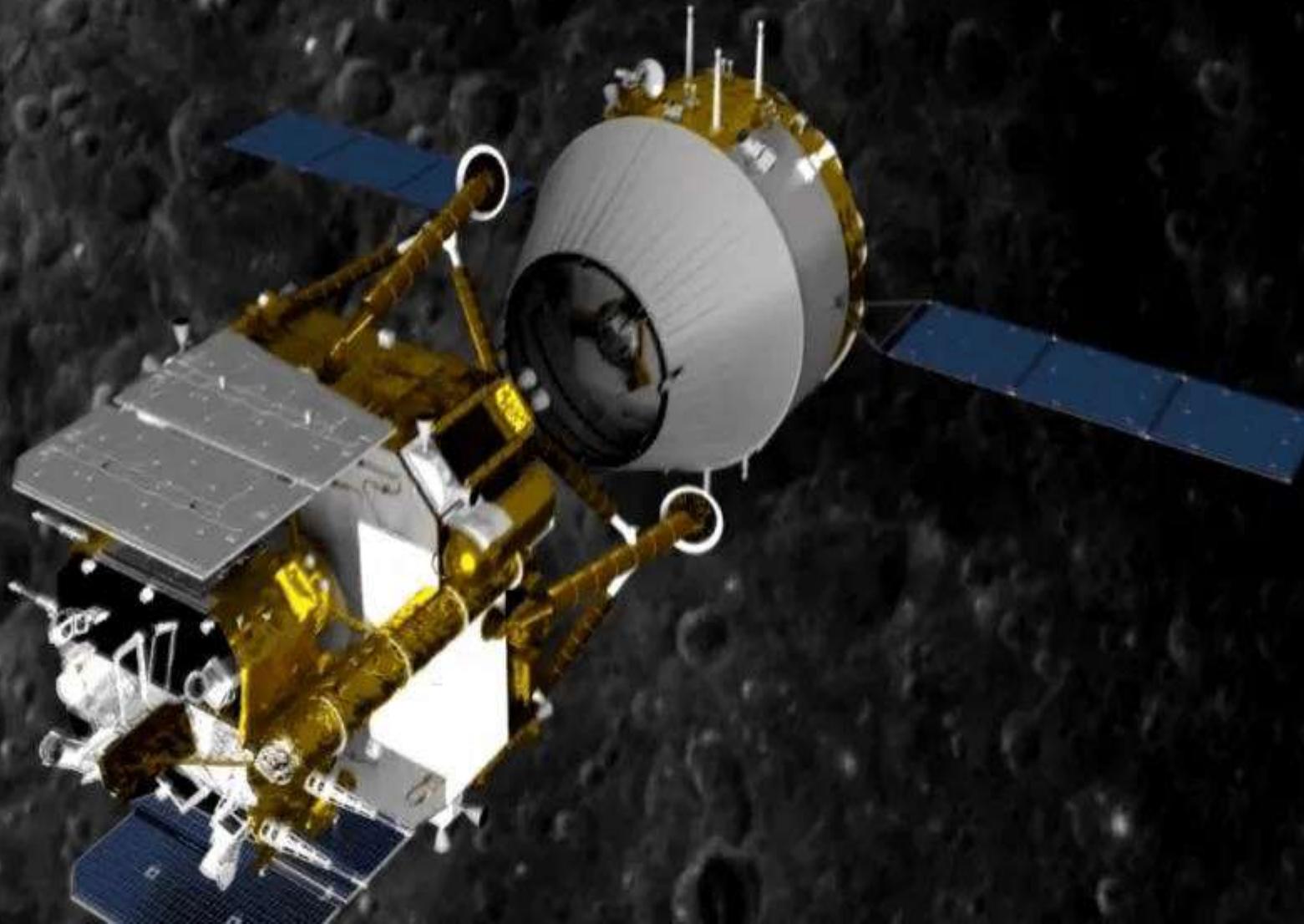


# 中国的探月工程——三期工程

- ▶ 新探测器，由轨道器、返回器、着陆器、上升器组成。  
总重8.2吨









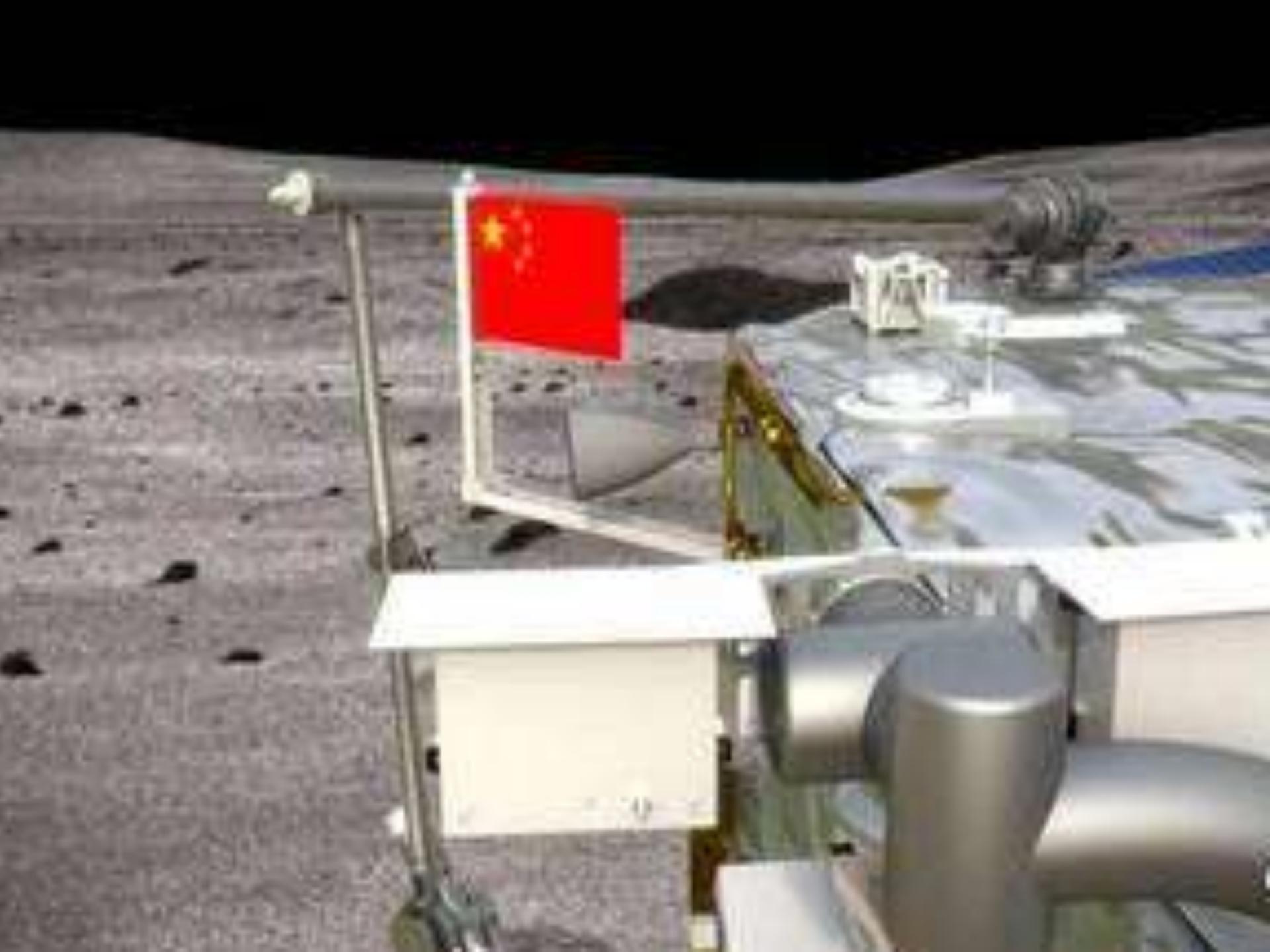
动力下降

*Descending and Landing*

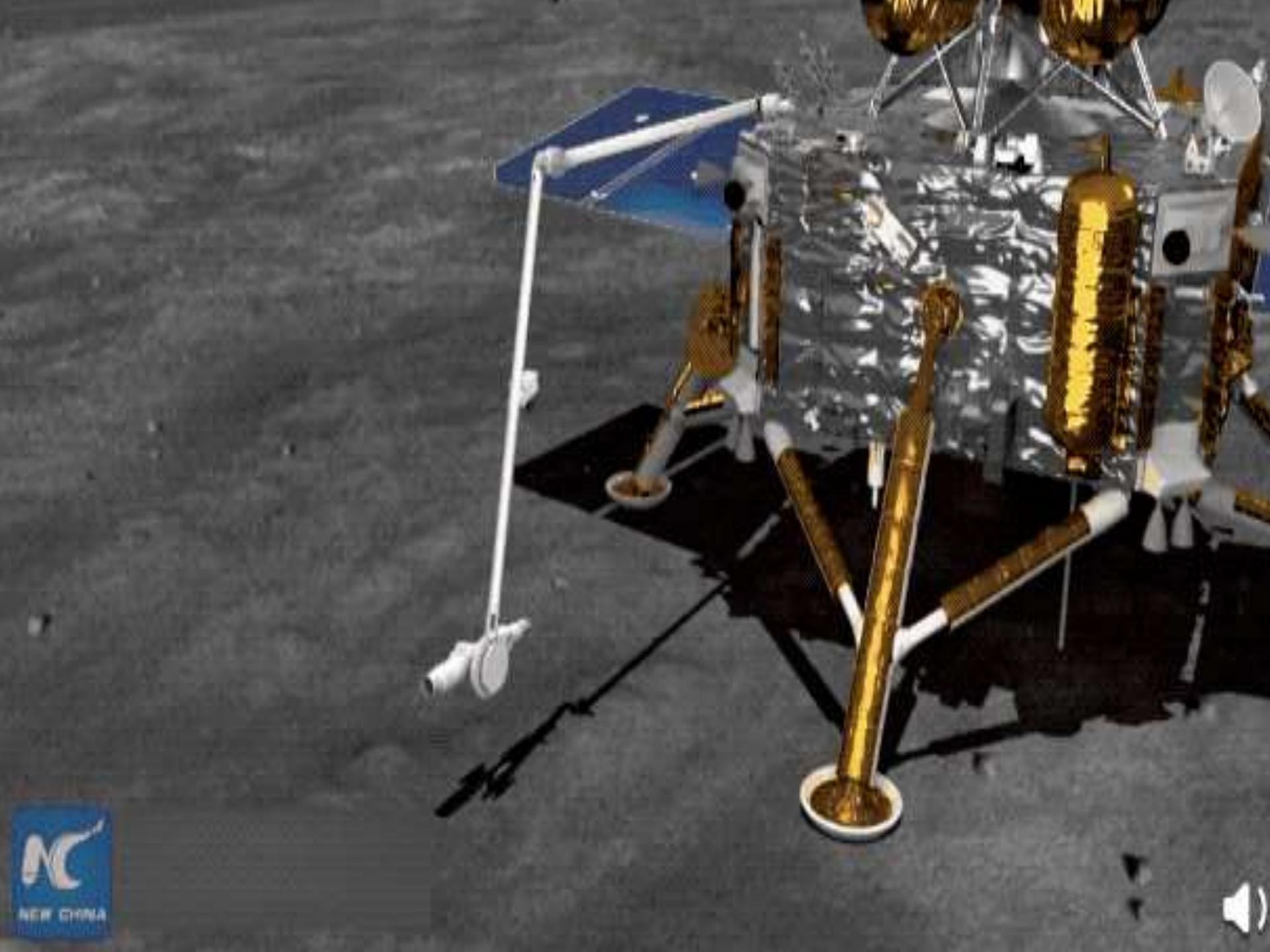


新华社  
XINHUA NEWS

新华社  
XINHUA NEWS









中国探月  
CLEP



成功实现我国首次地外天体起飞



嫦娥五号上升器  
月面点火

期待  
你带着“土”特产  
平安归来！

模拟动画来源：中国航天科技集团八院



新华社内部出品



北京时间

11月1日6时42分

大

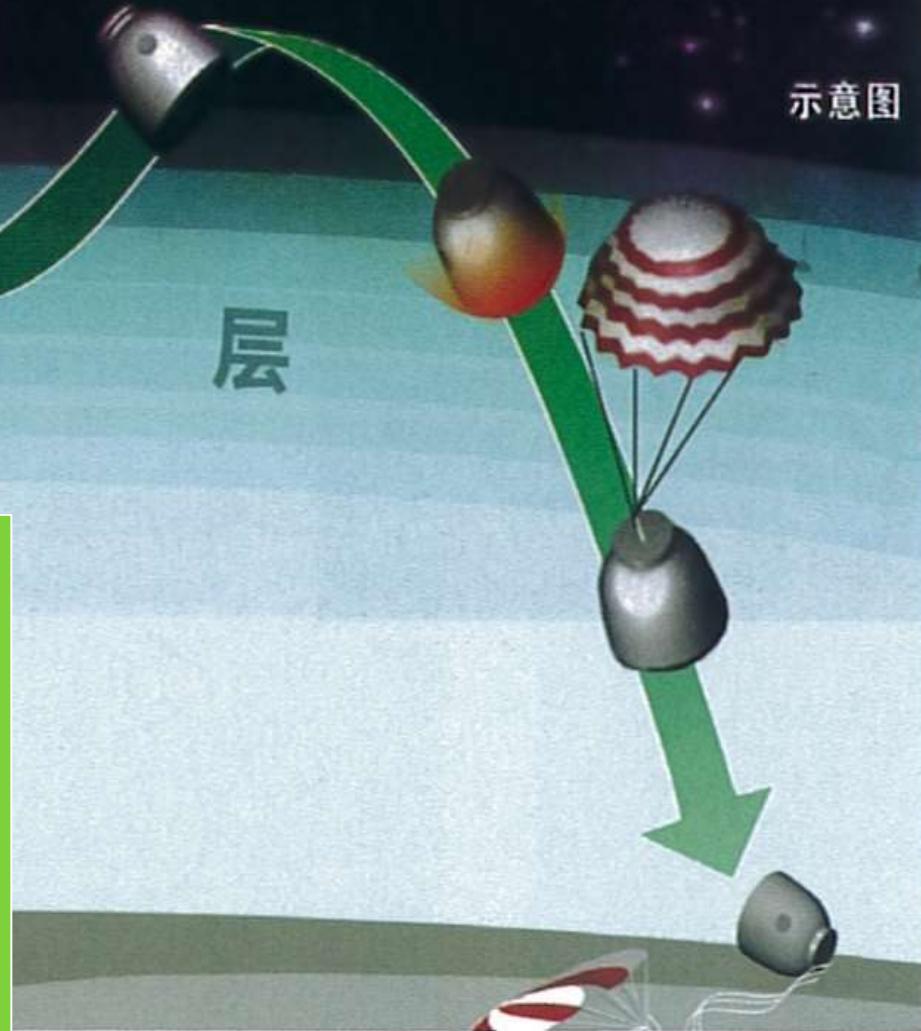
气

区

## 再入回收段：

采用弹道式直接再入方式。初步确定再入角范围为 $-8.5^\circ \sim -9^\circ$ ，再入时间约3分钟，再入最大过载不超过40g，再入轨道倾角63°，再入航程约为700 km，在预定落区着陆。

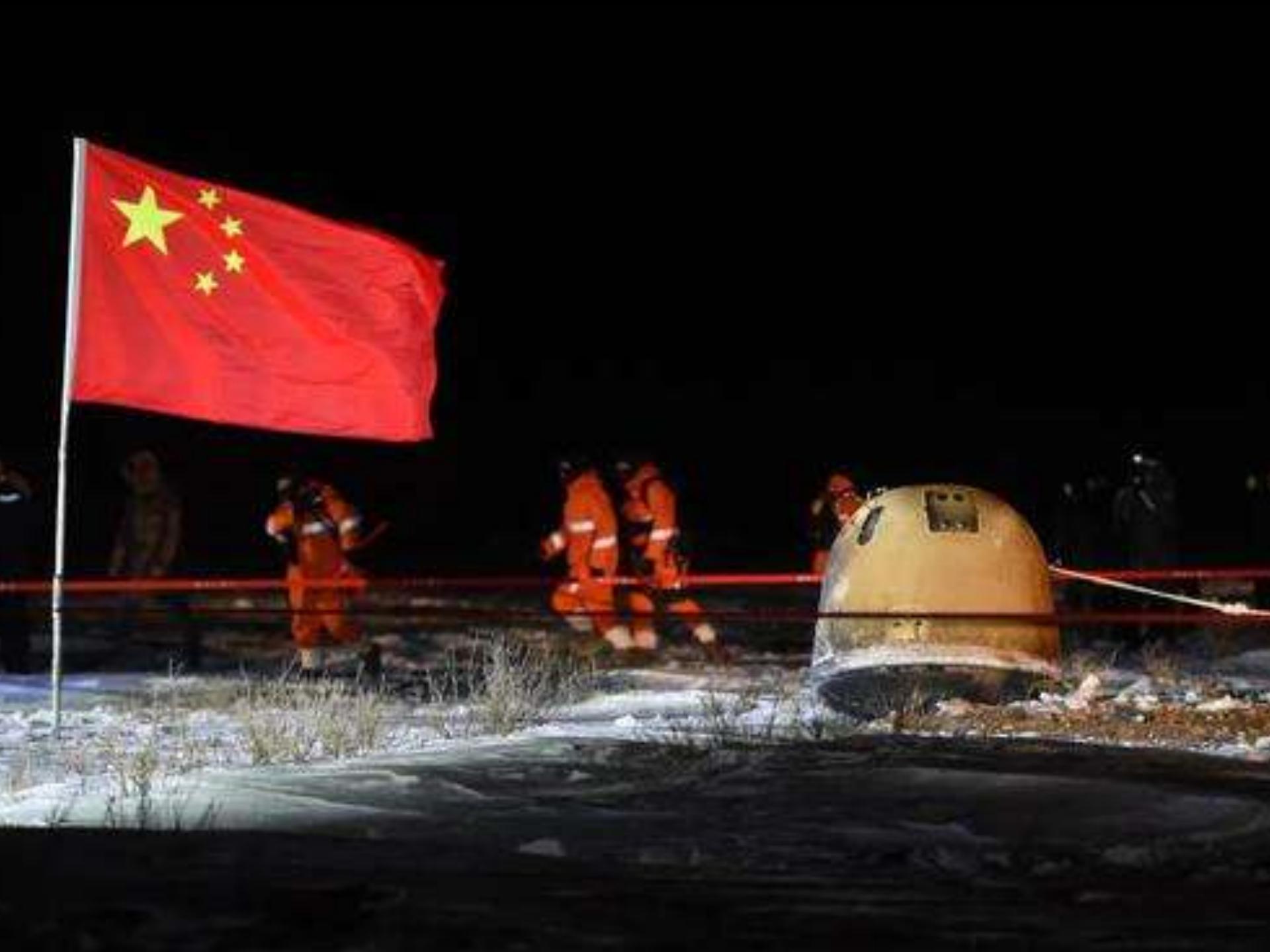
示意图











## 嫦娥五号的特点

无人月球探测收官之作，是中国月球探测最复杂、最艰巨的任务。

- 1、两次发射起飞（地球与月球）；
- 2、两次着陆（月球与重返地球）；
- 3、近月空间无人自动交会对接；
- 4、在月面铲取和钻孔取样品；
- 5、首次将月壤和月岩碎块（2千克）带回地球。

# 嫦娥五号月面探测的科学任务

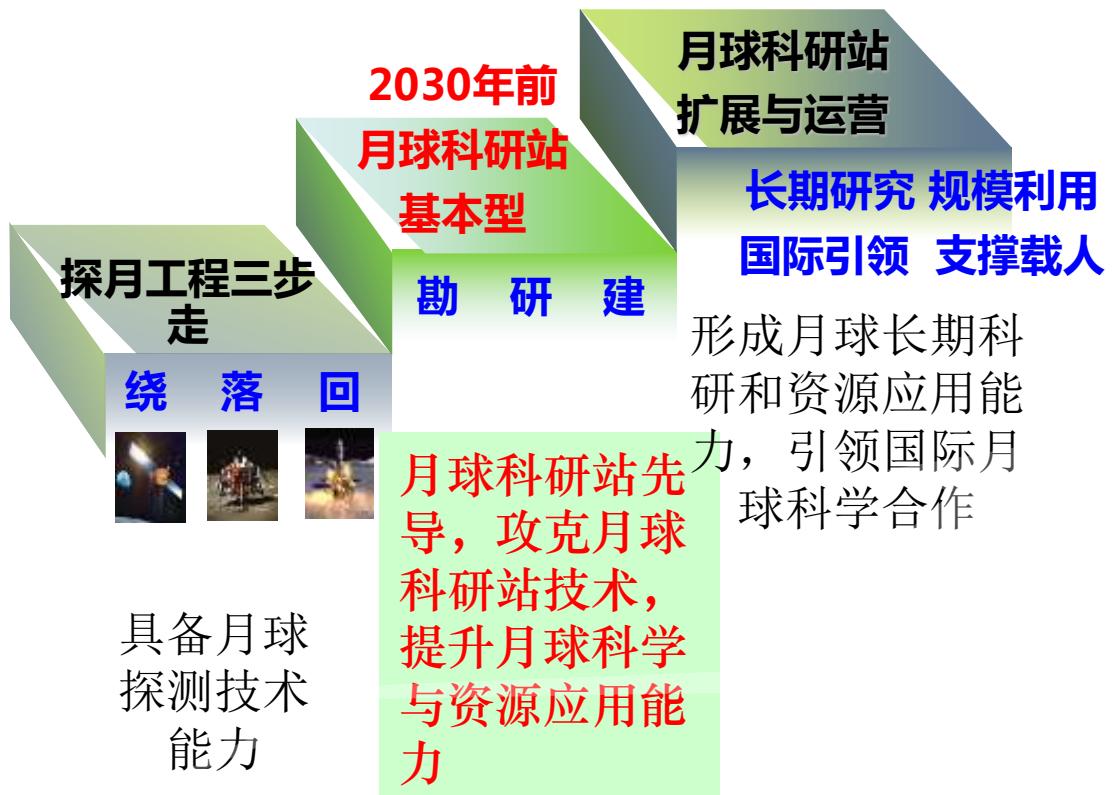
- (1) 着陆区的月表形貌探测与月质构造分析；
- (2) 着陆区的月壤特性、厚度与月表浅层结构探测；
- (3) 采样点温度垂直剖面的探测；
- (4) 着陆区矿物组成的就位分析；
- (5) 着陆区岩石与土壤元素组成的就位分析。

- ①月球样品物性（电学、磁性、光学、力学、热学、几何性质等）分析技术；
- ②月球样品主量和微量元素组成的分析技术；
- ③月球样品矿物的微区与微结构分析技术；
- ④月球形成和演化主要事件的同位素年代学分析技术；
- ⑤月球样品稳定同位素组成的微区分析技术；
- ⑥月球样品样品中太阳风组分的分析技术。

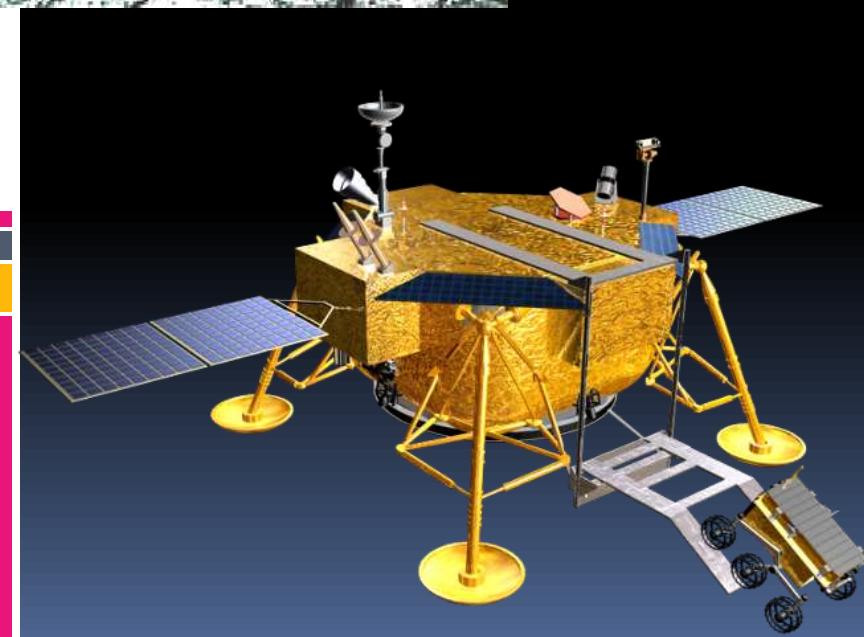
# 月球样品的研究

- 1 ) 月壤的形成演化与太阳活动记录
- 2 ) 月球表面的撞击事件
- 3 ) 月球的火山活动
- 4 ) 月球内部结构与动力学研究
- 5 ) 样品光谱特性的系统研究
- 6 ) 月壳的形成和演化

# 我国月球探测发展规划



总之，通过环月卫星探测，月面软着陆探测与月球车勘察，月面软着陆探测与采样返回的实施，为载人登月和月球基地建设积累经验和/or 技术。



## 10、载人登月与月球基地建设





在2020年后，我国在基本完成不载人月球探测任务后，建设月球科学的研究平台，择机实施载人登月探测以及建设有人驻留的月球基地，开发利用月球资源。



2015

2020

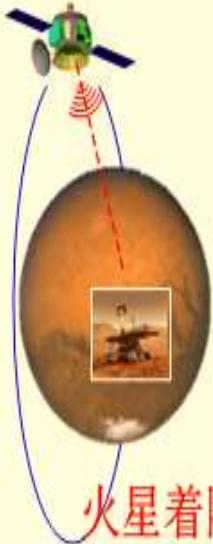
2025

2030

2040

2050

# 总体情况——行星探测工程



首次火星  
工程已立  
项实施

火星着陆巡视



火星取样返回

小行星探测



小行星探测  
等后续任务  
正在立项

木星探测及行星穿越



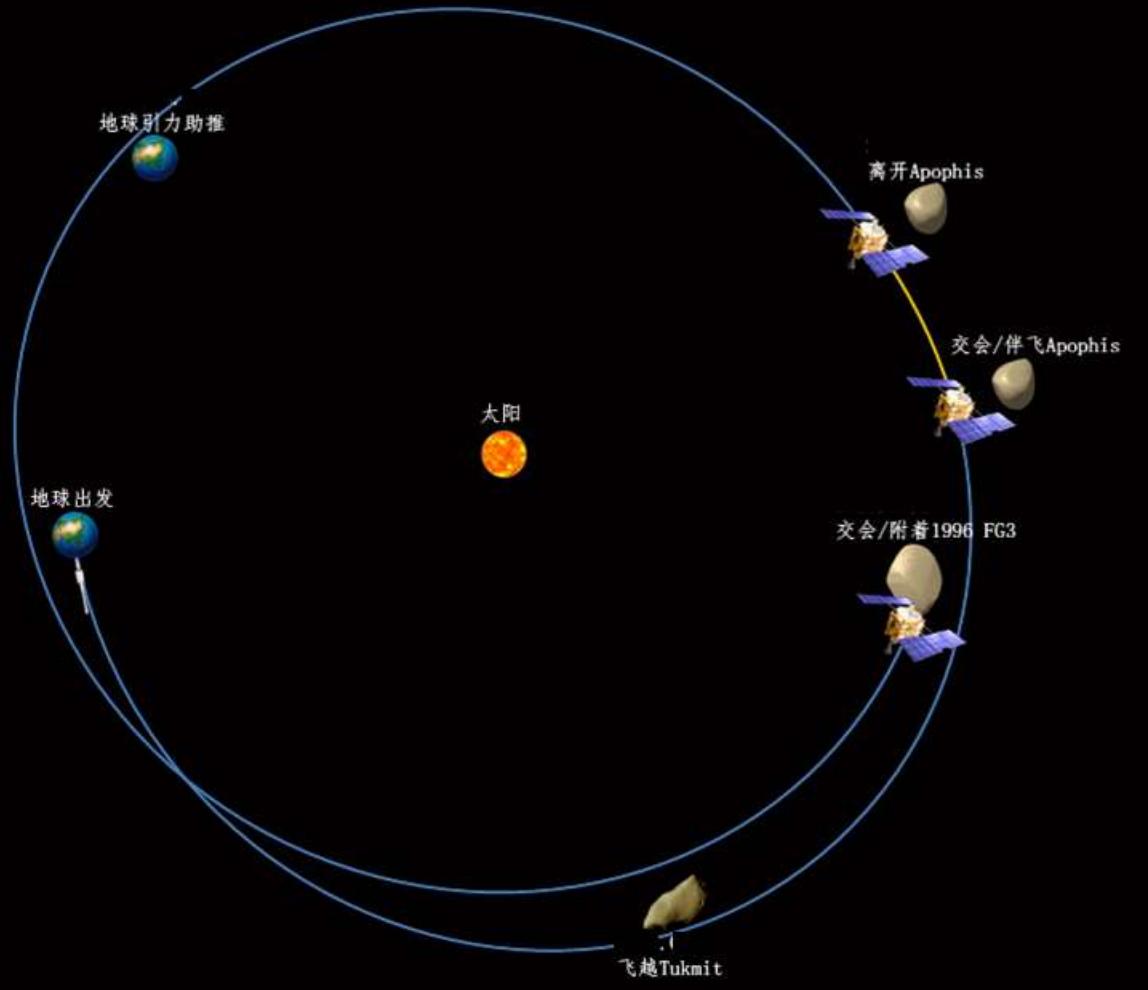
... (vertical text indicating continuous development)

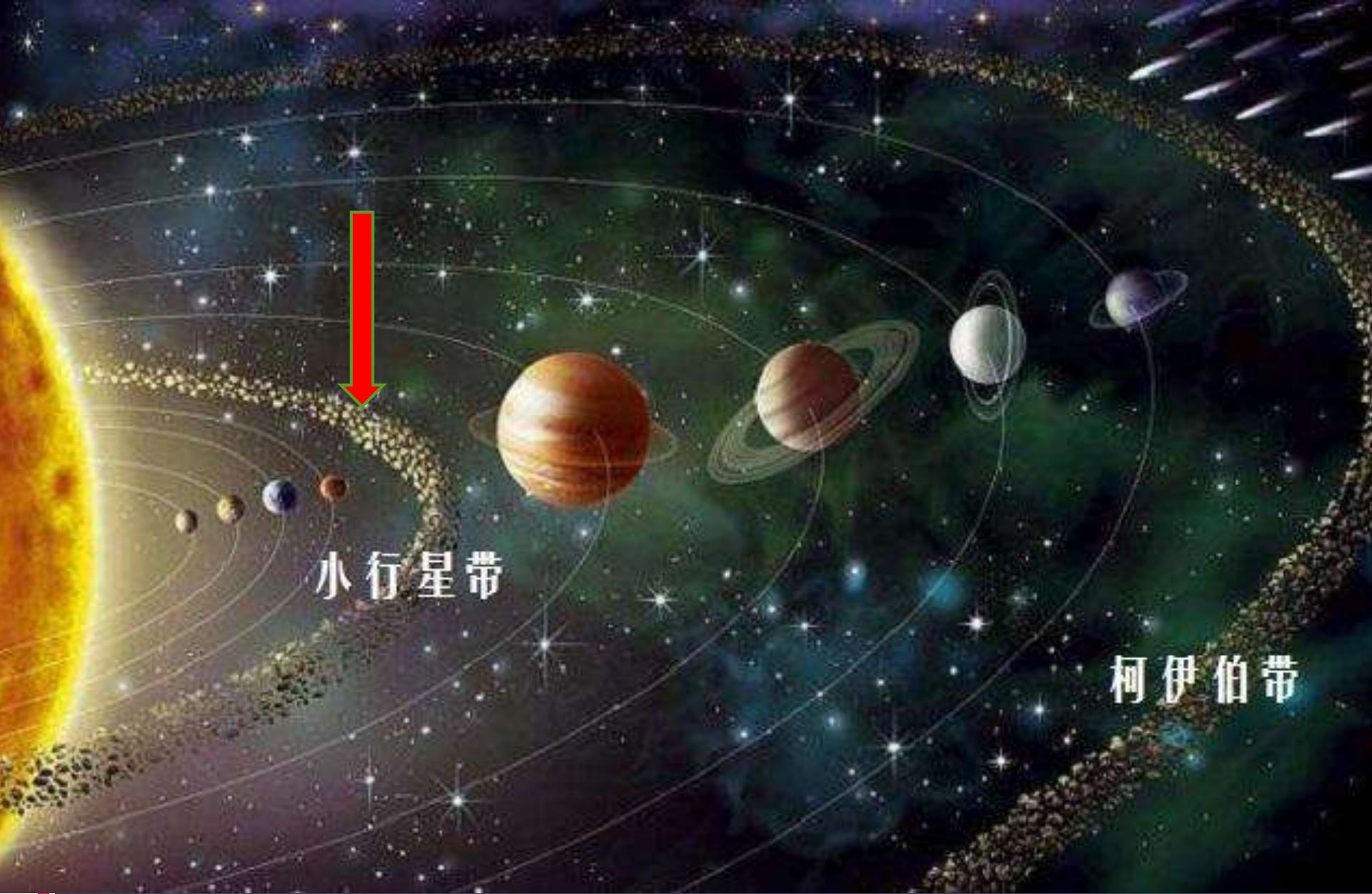
**多目标近地小行星探测**  
首次小行星深空探测任务将依次对三颗对地球有潜在威胁的近地小行星进行探测：

对12711号Tukmit小行星进行**飞越探测**；

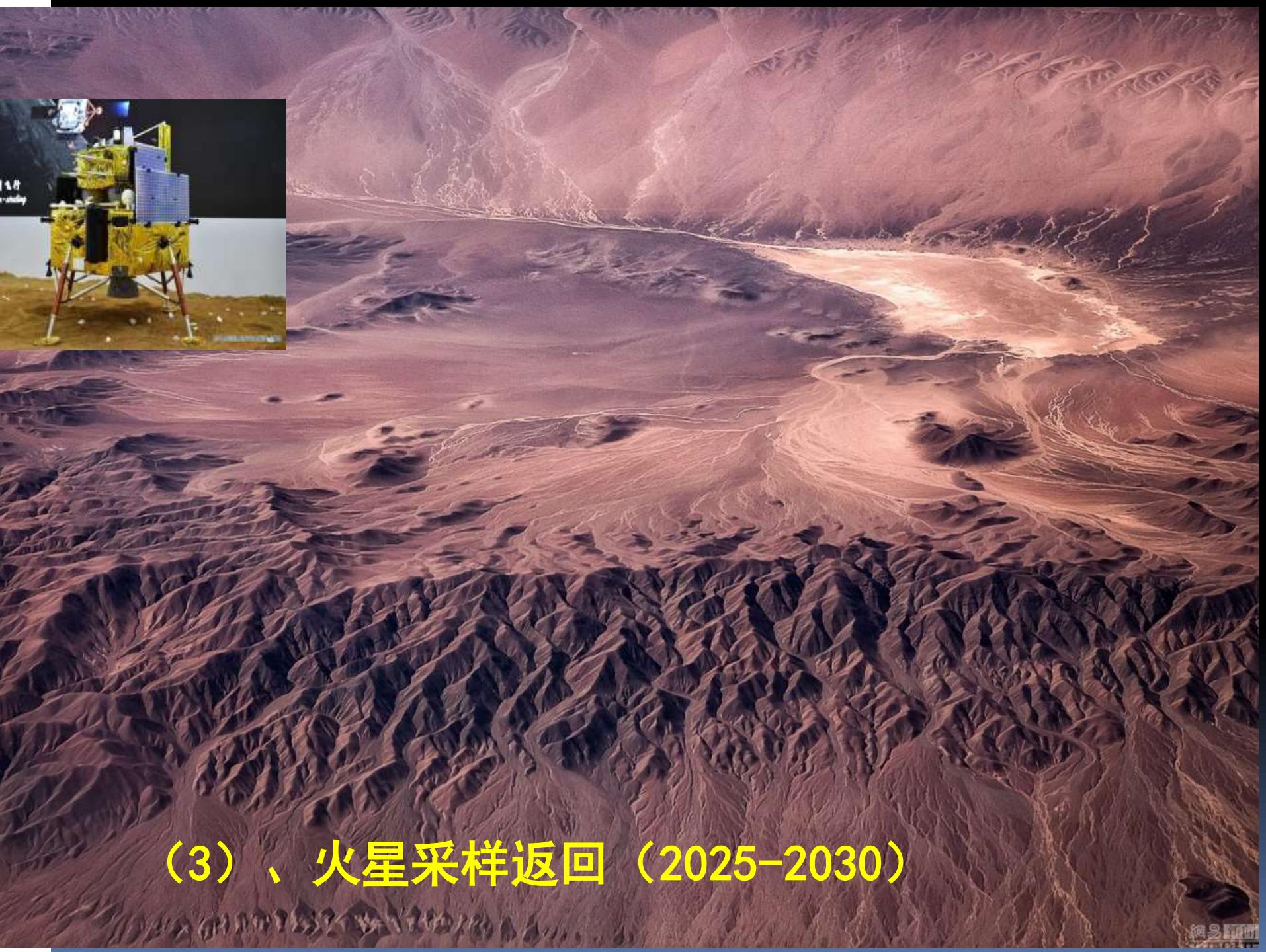
对99942号（Apophis，  
2004MN4）小行星进行**伴飞探测**；

对175706号（1996FG3）小行星进行**伴飞和附着探测**。





## ( 2 ) 小行星带的小行星与彗星探测



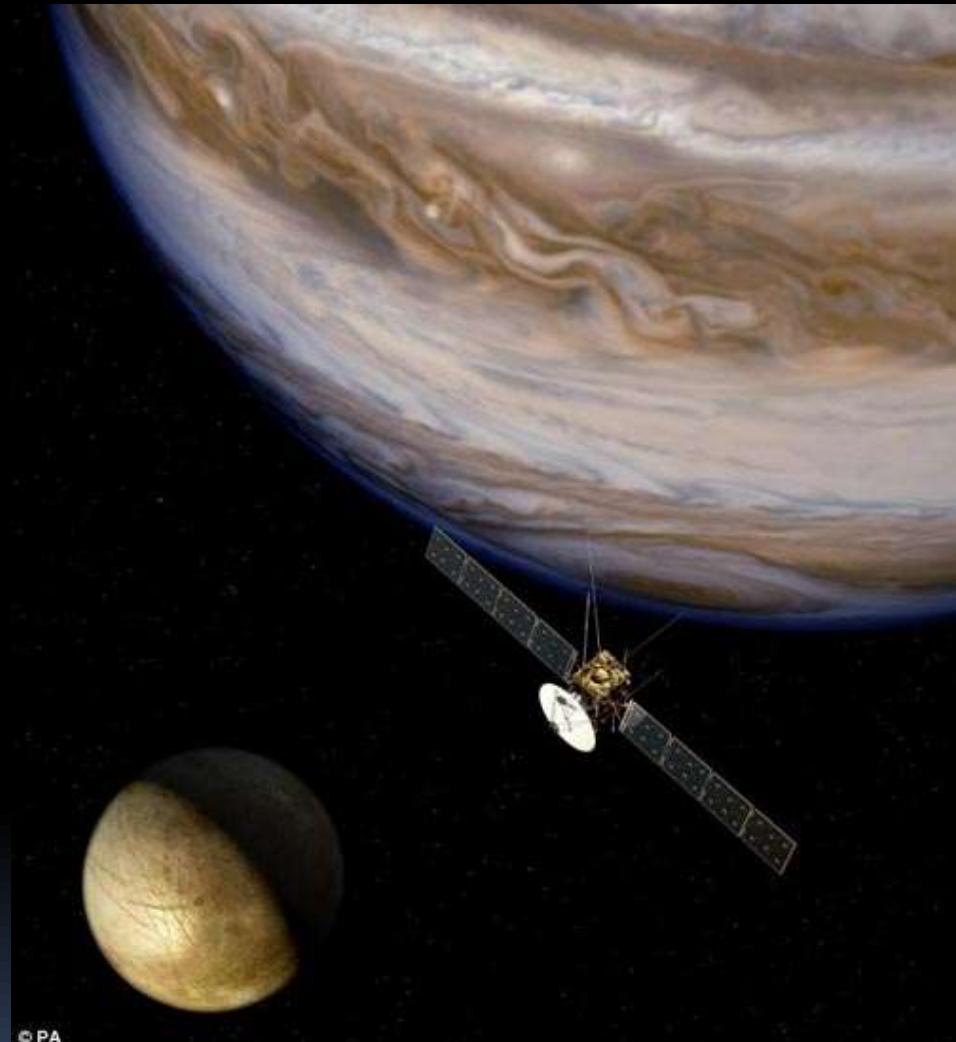
(3)、火星采样返回（2025–2030）

# 木星-太岁星

## (4) 、木星系统探测 与行星际穿越探测

通过木星系统环绕探测，获取木星的磁层结构、大气环流等探测数据，研究太阳风与木星磁场的相互作用、大气环流模式与动力学机制；探测木卫二空间环境和表面冰层形貌，研究冰层厚度分布特性、木星潮汐作用对木卫二地下海洋的加热效应；

行星际穿越探测太阳风结构，研究太阳风在行星际空间的传播特性；通过巡航段生物舱试验，研究地球生命在地外环境的生存特性。



赤道半径约为71000公里，是地球半径的11倍；体积是地球的1316倍；质量是地球质量的318倍，是其他八大行星质量总和的2.5倍

2015

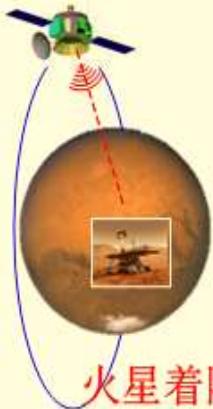
2020

2025

2030

2040

2050



火星着陆巡视



火星取样返回

小行星探测



木星探测及行星穿越



中国应该飞得更远！中国有能力飞得更远！为迎接第一个100年的到来！为中华民族的伟大复兴做出新贡献！向太阳系的星辰大海挺进！

The background of the image is a dark night sky filled with numerous stars of various colors, including red, orange, yellow, and blue. A bright, curved crescent moon is visible on the left side. In the lower right foreground, two children are playing with a kite. One child is holding the kite string while the other runs across a grassy field. The scene is illuminated by the light from the stars and the crescent moon.

谢谢！