PB20081599-吴叩天-作业01

目录

[PB20081599-吴叩天-作业01 1](#_Toc6173)

[1. 请简要叙述一下行星形成过程，分哪几个阶段？ 1](#_Toc29291)

[2. 类地行星和巨行星在物质组成上的差别是什么？为什么有如此差别？ 4](#_Toc13287)

[3. 哪些证据支持火星可能存在（过）生命？ 6](#_Toc30448)

[4. 木星的伽利略卫星和月球的形成机制可能有何不同？ 8](#_Toc27982)

[5. 如果在月球上建基地（不一定适合人类生活），你认为最迫切需要解决的关键技术是什么？ 10](#_Toc327)

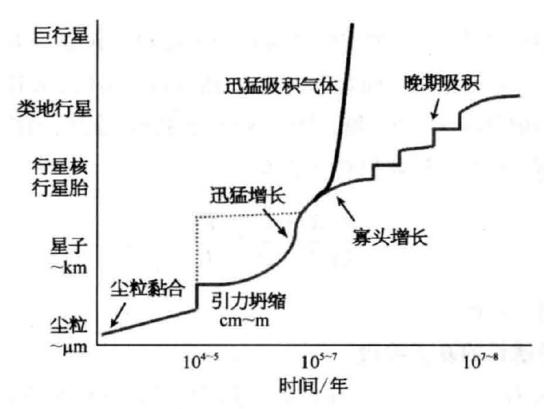
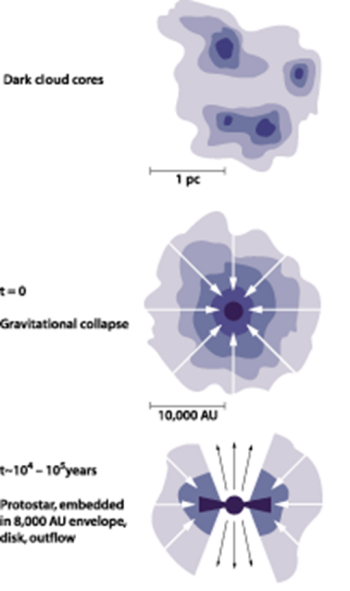
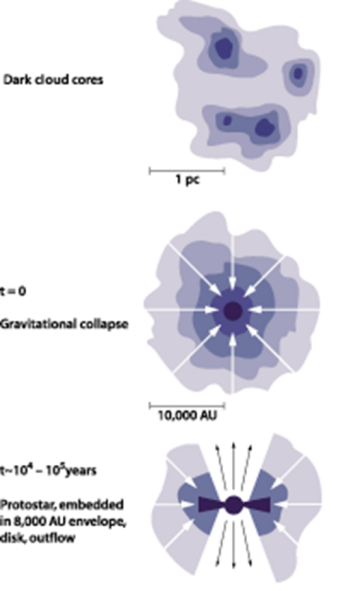
[参考文献： 13](#_Toc16510)

# **请简要叙述一下行星形成过程，分哪几个阶段？**

1.概述：

在小尺度，由于表面作用力和空气阻力的作用，微米大小的尘埃颗粒通过碰撞并和或聚集塌缩生长成为更大的物体（毫米大小的石砾和千米级的星子）。在更大的尺度，引力促使它们进一步相互吸积和生长。

死亡的前代恒星抛出物质，这些星际物质可能聚集成分子云。附近的超新星爆发等过程触发激波和湍流，导致星云坍缩并转动，在一定条件下将形成原恒星和原行星盘。



行星形成阶段大致如图。原行星盘中最初只有微米尺度的尘粒，此时与盘中气体的相互作用主导动力学；它们逐渐聚集形成千米尺度的星子，此时星子间的引力相互作用主导动力学；此后星子吸积形成行星胚胎，进而形成类地行星和气态巨行星的核；一旦形成地球质量的物体，足够强的引力将使固态物质与盘中气体的相互作用再次成为主导，核得到气体包层形成巨行星；当达到地球质量左右，相互作用就会相当强，此时引力矩将使原行星和盘间显著交换角动量，改变原行星轨道的半长轴，也就是导致它的迁移，同样会导致迁移的还有行星间的散射。

1. 最小质量：太阳星云

行星形成中一个共同的概念是太阳星云的最小质量，质量（固体和气体）的当前分布恢复到太阳组成，这是太阳的原行星盘必须具有的最小分布。

1. 微量增长：1mm-1m

在原恒星盘中，IS颗粒和冷凝水碰撞。结果取决于实验和理论研究的微小的碰撞速度和粘附特性小颗粒在0.01m/s碰撞中分形生长。

高速碰撞导致碎片，但也净累积。

1. 稳定到中平面

气体阻力导致灰尘沉淀到中平面，因为倾斜轨道垂直振荡，气体拖动潮湿振荡。虽然多孔粉尘的速度较慢而且小颗粒的时间尺度长，但这些在沉降加速过程中碰撞。在1myr时间之内容易增长到1m.

1. 缓慢生长：1米-10公里

这可能是行星之间碰撞的结果。时间尺度问题：由于气体阻力，米大小的物体在100年内迁移，比碰撞生长时间快得多。

1. 径向迁移

气体在米大小的物体上拖动会导致它们在100年内落到恒星上（Weidenschilling等人，1977年）以亚克勒里亚气体速度耦合的气体轨道耦合的颗粒，为恒星提供额外的加速度–以终端速度漂移。由于逆风，颗粒与气体螺旋分离，这意味着较小的颗粒迁移速度更快（由于面积/质量较大）

1. 迅猛增长（Runaway growth）：10公里-100公里

行星就是重力压实的大于1公里大小的物体

有序生长：即10-100公里的物体需要0.6-6myr在5AU的MMSN中生长

失控生长：由于引力聚焦的附加因素，在一定条件下，如此大的原行星从大小分布分离时发生失控。

1. 寡头增长（Oligarchic growth）：1000公里-10000公里

当核心质量主导行星图像的速度分散时，失控阶段结束：

引力聚焦强允许核心（寡头）快速到达Mearth（虽然慢速，如果原行星盘是湍流的，Ogihara等人2007年），但速度分散增加与mb这意味着大大小小的行星以相同的速度增长。寡头在5Hill’s的半径分离下成长：随着rH的增长，这意味着一些被挤出来导致碰撞和散射（Kokubo&Ida，1995，1998）

1. 混沌增长（Chaotic growth）

原行星：巨大的寡头（Oligarchic）清除

行星动物的喂养区（feeding zone of planetesimals）

原行星偏心性增加，然后导致原行星相互作用（钱伯斯和韦瑟里尔，1998年）

原行星通过大规模碰撞缓慢生长，尽管原行星的弹射在太阳系外很常见1个遥遥

1. 气体增加（Gas accretion）：从地球质量到木星质量

临界质量：

核心在准静态热平衡下随着大气而生长，直到临界质量（约为10 Mearth）时，它迅速积聚气态包络。最终质量由可用气体以及其累积速度决定，

此时分为三个主要阶段（波拉克等人，1996年）：

1. 失控增长孤立
2. 小时间独立累积率
3. 快速累积
4. 行星迁移

热木星（HJs）被认为已经形成更远，然后迁移，也可能

1. 可以原地形成（博登海默等人，2000年）
2. 行星之间的散射（魏登席林和马尔扎里1996年）

迁移机制是与原行星盘的相互作用，导致三种类型的迁移（Papaloizou等人，2007年）：

I型：小质量行星，以线性系统处理（Ward 1997）

II型：较大的质量行星打开一个缺口（非线性）（林和帕帕洛伊祖1984）

III型：从共轨道扭矩失控迁移（Masset&Papaloizou 2003）

1. 混沌进化

多个行星系统可能是混乱的，外太阳系的演化仍然神秘：天王星和海王星可能是木星和土星之间形成的核心，后来抛出与原始奎珀带相互作用（Thommes等人，1999年）

# **类地行星和巨行星在物质组成上的差别是什么？为什么有如此差别？**

#### 组成成分上：

##### 类地行星：

类地行星是以硅酸盐石作为主要成分的行星。它们跟类木行星有很大的分别，因为那些气体行星主要是由氢、氦和水等组成，而不一定有固体的表面。类地行星或视其岩石可以分为两类，一类以硅化合物为主，另一类以碳化物为主，像是含碳球粒陨石的小行星。这两类分别称为硅酸盐行星和碳行星（或“钻石星”）。

##### 巨行星：

气态巨行星（Gas Giant），又称类木行星（Jovian planet），在木星之外的行星或巨行星，是不以岩石或其他固体为主要成分构成的大行星。木星和土星体积巨大，质量也大，但密度小，主要由氢、氦、氖等轻元素组成。气态巨行星可以细分成不同的类型，“传统”的气态巨行星是木星和土星，主要的成分是氢和氦。天王星和海王星因为主要的成分是水、氨、和甲烷，而氢和氦只是最外层区域的主要成分，所以有时会被细分为“冰巨星”。几乎所有的系外行星都因为轨道紧挨着恒星，或许是因为比较容易被检测出来，因此是表面温度很高的气态巨行星，被分类为热木星，而热木星也是目前的系外行星中最普遍的类型。

#### **结构上：**

##### 类地行星：

类地行星的结构大致相同：一个主要是铁的金属中心，外层则被硅酸盐地幔所包围。它们的表面一般都有峡谷、陨石坑、山和火山。类地行星包括水星、地球、火星、金星。类地行星是与地球相类似的行星。它们距离太阳近，体积和质量都较小，平均密度较大，表面温度较高，大小与地球差不多，也都是由岩石构成的。

##### 巨行星：

“气态巨行星”这一定义容易被理解成缺乏坚实的表面，但更加准确的说法应该是表面难以被明确定义。实际上，虽然它们有岩石或金属的核心，但这样的核心被认为是气态巨行星本身所吸收的，木星和土星主要的质量依然是氢和氦。在行星的上层部分，主要的元素还是气体，在地球上就是如此，但是向行星的下层，它们被压缩成为液体或是固体，越往核心密度越高。相似的，虽然天王星和海王星多数是冰冷的冰，这些行星内部极端的热和压力，使冰进入我们较不熟悉的物理状态。

#### **密度趋势：**

##### 类地行星：

一个地行星的密度是指在零压力下的平均质量。密度越高，则金属含量越高。类地行星的密度会随着与恒星的距离增加而逐渐下降。下表列出了太阳系里的类地行星、月球和六个体积最大的小行星。

星体 平均质量 未压缩密度 半长轴

水星 5.4 g cm 5.3 g cm 0.39 AU

金星 5.2 g cm 4.4 g cm 0.72 AU

地球 5.5 g cm 4.4 g cm 1.0 AU

月球 3.3 g cm 3.3 g cm 1.0 AU

火星 3.9 g cm 3.8 g cm 1.5 AU

火卫一 1.9 g cm 1.9 g cm 1.5 AU

火卫二 1.5 g cm 1.5 g cm 1.5 AU

灶神星 3.4 g cm 3.4 g cm 2.3 AU

谷神星 2.1 g cm 2.1 g cm 2.8 AU

智神星 2.8 g cm 2.8 g cm 2.8 AU

##### 巨行星：

木星和土星体积巨大，质量也大，但密度小，主要由氢、氦、氖等轻元素组成。

# **哪些证据支持火星可能存在（过）生命？**

***1.水：***1998年环球勘测者的激光高度计发现，火星南北两极都有一层厚厚的干冰层，干冰层的下面则是水冰层。水冰层的总体积高达30万~40万立方英里，相当于半个格陵兰冰盖的水量，一旦融化可在火星表面形成30英尺深的全球性海洋。2003年快车号估计的水量更多，认为可形成66英尺深的全球性海洋。2013年法国科学家总结了过去20年来众多卫星的测量结果，得出火星近地表层中储存的水量足以形成80~96英尺深的全球性海洋。2016年侦察轨道器在火星北半球的尤托皮亚平原发现了一个地下冰原，厚达几百英尺，其水量相当于北美的苏必利尔湖。2018年快车号用雷达在南极冰盖下方1.5千米处也探测到一个延展20千米的冰河湖，这是火星上发现的第一个稳定水体。2000年勇气号与2006年环球勘测者还探测到火星表面有现代液态水流的证据，在几年时间里引起火山口峭壁因沉淀发生了变化；而凤凰号直接发现火星夏季斜坡上的水流活动。毫无疑问，火星近地表层内一定有更多的水体。实际上，火星历史上可能1/3~3/4的表面都为液态水所覆盖，大量年代久远的网状峡谷和外流水道就是最充分的证据。有些外流水道宽达数十英里、长达几百英里，必定为巨量水流灾难性释放、冲刷和挖掘所形成，水流速度可能是亚马逊河的100倍。据估计，要形成这些外流水道，所需的水量足够形成一个1500~3000英尺深的全球性海洋。

***2.火星陨石中的化石：***2001年，NASA约翰逊航天中心科学家戴维-麦凯等科学家利用高清电子显微镜等设备进行了进一步研究，得出新的结论。他们重点关注了陨石表面几层的磁性晶体结构，这里面包含有简单的细菌形态，结果发现，这些结构中25%的部分在化学形式方面与细菌的组成一致。此外，科学家们还从“艾伦-希尔斯84001”陨石中发现了火星上存在液态水的证据，证明这颗红色星球在过去也许曾经有着适合生命生存的条件。除了这块“艾伦-希尔斯84001”火星陨石外，麦凯所在的研究小组还研究了另外两块来自火星的陨石：1911年降落在埃及的“纳赫利赫”(Nakhla)以及一名日本探险家在南极发现的“山藤593”(Yamato593)。在即将发表的研究结果中，科学家们指出，这两块陨石中都存在有微生物生命的证据。

***3.火星富铁矿物可能包含生命材料：***科学家2018年8月宣布发现，多塞特溪流中针铁矿包含大量完好保存的脂肪酸。基于这些脂肪酸的丰度，并且假定远古火星的单位体积内生物量与多塞特溪流的相当，科学家估计火星的富铁岩石里至少锁闭着286亿千克的脂肪酸。如果在火星上发现由碳原子长链构成的脂肪酸，其意义将是非凡的，因为这些脂肪酸是明确的生物指针。科学家解释说，如果把碳原子以非生物学方式扔到一堆，那么可能有5万种不同的同分异构体，其中包括18碳原子链。而18碳原子链几乎能肯定是由生物学过程产生的。

***4.火星上的有机分子:***美国天文学家辛顿（Bill Sinton）提出地球上生物有机分子因碳氢键的吸收在3.4~3.5微米反射光波谱处会出现凹陷（后被称为辛顿带），利用这一特征可寻找火星上的有机分子。1957年他发表论文说探测到了这种凹陷，认为是火星上存在有机分子的证据。他认为，考虑到暗区颜色的季节性变化，火星上极可能存在植物生命。尤其是第二年他在实验室里凑巧发现刚毛藻的光谱与火星光谱相似，更坚定了他的这一信念。

***5.磁晶体：***2001年2月26日，美国国家航空航天局又宣布，科学家们发现了在火星上可能存在原始微生物的新的有力证据。该局在一份声明中说，一支国际研究队伍对一块在南极发现的火星陨石进行了检测，结果在石内发现了呈长链状排列的磁晶体，这样的排列形状只有在微生物的作用下才会形成。声明说："我们发现的这种长链是微生物作用的产物。如果没有有机体的作用，这种磁性长链立即就会因磁力崩塌。"链中的每个磁晶体都是一粒非常细小的磁铁，而磁铁是铁的氧化物，就像铁锈一样。

***6.硼酸盐：***2017年/9月每日科学网5日消息称，美国国家航空航天局（NASA）的“好奇”号火星车，在红色星球上发现了38亿年历史的硼酸盐。此次在火星上发现的是有38亿年历史的硼酸盐，出现在火星上硫酸钙矿物质矿脉，这一位置也意味着硼存在于火星地下水中，此处温暖且适合微生物存活。鉴于硼酸盐在制造核糖核酸（RNA）方面起着关键作用，而RNA是生命的一个重要组成部分，因此，在火星上发现硼，进一步提升了该星球上曾经出现生命的可能性。

研究人员解释，硼酸盐是RNA形成的关键催化剂。RNA的关键成分是被称为核糖的糖，非常不稳定，且在水中会迅速分解，因此需要另一个元素来稳定它——这就是硼酸盐，它会与核糖反应并使之稳定足够长的时间以便来制备RNA，为孕育生物体提供了基础条件。

团队成员、来自LANL实验室的科学家派崔克·加斯达表示，从本质上讲，这项发现告诉人们：生命在此有潜在的成长条件，并可能存在于古代火星上。

# **木星的伽利略卫星和月球的形成机制可能有何不同？**

木星伽利略卫星的形成机制：

2020年5月，加州理工学院的研究人员通过使用分析计算和大规模计算机模拟得出结论，在太阳生命最初的几百万年里，它被一个由气体和尘埃组成的原行星盘所包围。木星由盘状星云合并而成并被它的卫星制造材料盘状星云（叫circum-Jovian disc）包围。这个盘则由原行星盘供给，原行星盘会将物质运送到木星的两极并沿着木星的赤道面流向木星的引力范围。

圆盘就像一个巨大的灰尘收集器使其富含冰冷的尘埃颗粒，每个颗粒的大小约为1毫米。最终，尘埃环变得如此之大，以至于它在自身的重量下坍塌并由此形成了数以千计的“卫星”，它们都是一些直径约100公里、形似小行星的冰冷物体。

在几千年的时间里，这些天体在卫星上一个接一个地凝聚在一起。该模型预测木卫一是第一个形成的，它的重力影响在环绕行星的气态物质盘中掀起了波浪。卫星向木星移动，直到到达靠近其当前轨道的圆盘内侧边缘。这个过程再次开始并带来了木卫二和木卫三的诞生。这三个卫星被锁定在所谓的拉普拉斯共振中，这是卫星轨道最著名的特征之一。太阳的辐射最终吹走了盘中的剩余气体。剩下的则形成了木卫四，但它没有气体来驱动向其向木星迁移，从而使得它无法跟其他卫星产生共振。

人们认为木星的规则卫星形成于环行星盘——类似于原行星盘的气体及固体碎片环。这些物质可能是一颗在木星历史早期形成的、质量与伽利略卫星相约的卫星的残余物。

模拟显示，环行星盘在任何时候都有着相对低的质量，每隔一段时间，从太阳星云捕捉来的木星质量的一小部分就会经过环行星盘。然而，现有的卫星只需要木星质量百分之二的环行星盘质量便可解释。这表示在木星的早期历史中，可能经过了几代与伽利略卫星质量相约的卫星。每一代卫星都因为环行星盘的阻力而渐渐堕入木星，而从捕捉来的太阳星云碎片则再形成新一代的卫星。当今天这一代（可能为第五代）形成的时候，环行星盘已经稀薄到不能对卫星的轨道造成很大的影响。现在的伽利略卫星仍然受到影响，并正在靠近木星。只有木卫一、木卫二和木卫三受到轨道共振的保护。而木卫三较大的质量表示它会比木卫一和木卫二更快靠近木星。

人们认为，外圈的不规则卫星是被捕获的路过的小行星。那时原卫星环的质量仍然足够吸收小行星的动力并使其进入轨道。当中许多被突然的减速撕裂，有的之后被其他卫星撞散，从而形成今天我们见到的各个族群。

月球的形成机制：

***1.分裂说***

月球的共振潮汐分裂说坚持月球是地球的亲生女儿，即月球是从地球中分裂出来的。坚持这一假说的科学家认为，在地球形成的早期，地球呈熔融态，由于潮汐共振作用，地球自转不稳定，即使只考虑地球和月球的角动量，当时地球自转的周期也仅有4小时，加上太阳的潮汐作用，地球的自转周期可缩短到2小时，因此有理由相信，在地球历史的早期，地球飞快地旋转，其自转速率比现在要高得多。若初期的地球是熔融状态，地球物质在地赤道面上将出现膨胀区，使在赤道面上的一部分熔体分离，或者说这部分熔融物质在地球高速自转情况下从赤道区被甩了出去，甩出去的物质在地球附近的行星际空间凝聚，冷凝后形成月球。一些持这种假说的人还认为，地球上的太平洋就是分裂出月球后留下的“疤痕”。由于这种假说提出月球是从地球分离出去的，因此这种假说被形象地比喻为“母女说”。不过，由于地月年龄相差太大----月球甚至可能与宇宙同龄，且地月地质不同，现在已经被大多数科学家所摈弃。

***2.同源说***

月球起源的同源说坚信月球与地球是姐妹或兄弟关系，月球与地球在太阳星云凝聚过程中同时“出生”，或者说在星云的同一区域同时形成了地球和月球。

主张这一假说的科学家认为，在原始太阳星云内，温度和化学成分取决于与太阳的距离。太阳系的各个行星是在星云中不同的区域、由不同化学成分的星云物质凝聚、吸积而形成的。月球与地球在太阳星云中相距较近，形成过程相似，属于同时形成的“兄弟”。对于地球与月球成分上的差异，他们解释说，形成行星时，开始是凝聚、吸积并形成以铁为主要成分的行星核，金属核进一步增长之后，星云中残留的非金属物质才凝聚，月球就是地球形成后剩下的残余物质所组成的。同源说力图合理解释地球与月球成分差异和月球的核、幔与壳的组成，但其模式与太阳星云的凝聚过程和地月系的运动特征不尽相符。因此，这一假说也不尽人意[2]。

***3.俘获说***

月球捕获说认为，月球是地球抢过来的“女儿”，即地球与月球由不属于同一星云团的物质形成，由于地-月轨道的变化，在1～10个地球半径范围内，外来的月球在飞过地球附近时被地球的强大引力所捕获，最终成为一颗环绕地球运行的卫星。

主张俘获说的科学家认为，地球和月球处在太阳星云的不同部位，由化学成分不同的星云物质凝聚而形成。月球原来的运行轨道与地球的轨道面交角很小（约5度），当月球运行到地球附近时，在地月距离为10个地球半径的范围内，月球可能被地球俘获而成为地球的卫星。

著名天文学家阿尔芬认为，月球曾经是一个独立的行星，月球被地球俘获时，与地球的距离大约为26个地球半径，与地球的平面的交角为149度。如果月球进入地球的洛希限，潮汐会产生很强的非均一重力场，月球表面的岩石将会破碎，并进入月球运行的轨道空间，大部碎片物质又返回月球，撞击月球，在月表产生大量的月海盆地。月球正面在39亿年前发生的开凿月海事件——雨海事件也许是俘获说的重要证据。通过地月轨道的精细计算及激光测距的数据表明，现今月球的轨道愈来愈远离地球，每年后退约3.8厘米。不过，俘获说只能解释部分观测事实，不能令人满意。

***4.撞击说***

分裂说、同源说、浮获说这些关于月球起源的假说只能解释部分观测事实，不能令人满意。因此不断有科学家另辟蹊径，提出新的假说。其中，20世纪80年代中期提出的撞击成因说引起了人们的极大关注，它能解释更多的观测事实，是当前较合理的月球起源假说。

撞击成因说也被称为“大碰撞分裂说”，这一假说认为，地球早期受到一个火星大小的天体撞击，撞击碎片（即两个天体的硅酸盐幔的一部分）最终形成了月球。

撞击成因说认为，在太阳系形成早期，行星际空间有大量星云，星云经过碰撞、吸积而逐渐增大。大约在相当地月系统存在的空间范围内，形成了一个质量相当于现在地球质量9/10的“原地球”和另一个火星大小的天体“原月球”。这两个天体在各自的演化过程中都形成了以铁为主的金属核和由硅酸盐组成的幔和壳。由于这两个天体相距不远，因此有机会发生碰撞。剧烈的碰撞不仅使“原地球”的自转产生了偏斜，而且使“原月球”碎裂，幔和壳变热蒸发，膨胀的气体“裹挟”着尘埃和少量的幔物质飞离原月球。被分离的金属核因受膨胀气体的阻碍而减速，被“原地球”吸积并变成了地球的一部分。飞离的气体尘埃物质受地球引力的作用，呈盘状分布在洛希限以外的空间，它们通过吸积，先形成一些小天体，然后像滚雪球一样不断吸积增长，最终形成现在的月球。

# **如果在月球上建基地（不一定适合人类生活），你认为最迫切需要解决的关键技术是什么？**

我认为，最迫切需要解决的关键技术是机器人技术。

理由如下：

1. **机器人技术，是经过发达国家试验过的、具有成效但是尚未完全实现的。**

1989年，布什总统在美国国家航空航天博物馆的台阶上宣布SEI（太空探索计划）之前，美国宇航局艾姆斯研究中心的先进机器人办公室委托波音公司“先进民用航天系统”“检查进行行星基地和科学基地以及月球和火星推进剂生产设施的***广泛机器人***现场准备的各种选择（并表征其优点和挑战）。”主要结果是***RLSO，即月球表面机器人研究。***

RLSO试图确定必须或可以将哪些功能活动分配给一组协调的移动机器人，以解决关键难题，例如：在机组人员到达之前，可以组装多少个可操作，可居住，可生产资源的月球基地？

“永久存在于月球上的人很难进行引导。我们需要月球上的设施来支持人们，但我们似乎需要人们来建造设施。当然可以设计增量操作方案来解决此难题，但它们需要脱离标称的情况。例如，期望最初的工作人员在月球表面建立一个永久的带辐射屏蔽的栖息地，这需要以下两种方法之一：如果在安装完成之前发生了太阳耀斑，则不依靠任何未经证实的临时避难所；接受机组人员在轨道上运行的，有屏蔽的转运车中止的风险和程序效果；或接受为沉重的防风雨帐篷加重着陆器而导致的性能损失。顺便提一句，两种方法***都不能避免需要大型，强大的机器人（无论是“驱动”还是自主的）来进行施工***，也不会避免花费月球地面人员来执行和监督任务。同样，等待开始生产LLOX推进剂（低温中最重的单一组分）航天器，因此是ISRU的主要候选人），直到当地的大量工作人员可以开始生产为止，这排除了有人值班计划早期的经济回报。LLOX的使用最佳状态应在首次着陆后的几年内开始。将回报推向更远的未来对于私人投资是禁止的，对于政府计划来说是昂贵的。”[1]。

1. **在大多数情况下（即在人类间歇性居住之前和之间），月球基地是机器人管理的。**

大部分活动在大多数情况下必须由机器人代理而非宇航员执行。大多数时间，大多数月球基地操作都必须是机器人。

1. **“人类登月探索”从根本上受到范围，安全性和经济性的驱动，而这三者都离不开机器人技术。**

**范围：**通常预期的月球基地活动需要在栖息地外采取近乎连续的行动，移动大量的巨石，以及在力量，伸手，稳定，耐心，距离和时间上轻易超过人类能力的任务。

**安全性：**从机组人员的安全角度考虑，EVA服的繁重劳动（舱外活动）是不切实际的。即使在ISS上使用EVA的许多任务也无法移植到1/6 g月球环境中。“用铁锹穿西装的人”实际上对建造月球基地所需的任何任务都不是有用的范例。

**经济学：**月球基地将是一笔巨大的投资，在间歇性的探员间闲坐着，没有能力强且不知疲倦的机器人。机器人工作系统是将在可居住的月球基地物理实施表面构造和背景操作的主体。

尽管只有短暂的人员访问，但仍可以构建大量的基础设施并进行基础操作。RLSO为所有活动设计了操作概念，从第一次着陆现场调查到所有基础建设任务（建造和组装），再到支持稳态操作的任务（工业规模ISRU和R＆R维护）

1. **宇航员时间很宝贵。**

将任务从船员转移到机器人具有积极价值。人员时间应集中在调查活动（纯科学和应用科学），开发活动（使用试验设备验证过程，监视机器人操作范围的扩展）以及复杂的设备服务和维修（检查，评估和维修机器人拆卸的组件）上。）。易于使用的基座的一个基本元素是衬衫式工作间模块，在其中可以清洁，打开，维修和恢复功能正常的密封组件。

**5.机器人技术的功能是：**

1. 卸载，可能移动并维修可重复使用的着陆车。
2. 进行必要的现场勘测和准备。
3. 挖掘，选矿和运输本地月球巨石。
4. 安装必要的现场公用程序，例如电源线，流体管线和道路。
5. 建造带有爆炸碎片对策的着陆设施。
6. 安置并用盾构物遮盖住能够稍后生长的栖息地系统。
7. 部署模块化太阳能/RFC（可再生燃料电池）发电厂。
8. 对所有基本元素执行R＆R（删除和更换）维护。

**6.机器人技术中的人工智能技术对月球基地建设的作用：**

人工智能的里程碑表明向机器自治的未来呈指数式过渡。在RLSO在受控环境中调用脚本的地方，如今RLSO2可能会假定学习和适应行为。

自RLSO以来，三代火星探测器为行星表面移动机器人奠定了重要的设计和运营经验基础。此外，中国最近在月球上进行了两次“巡回演出”，一些商业团队计划在不久的将来进行“巡回演出”。

相关的新技术也应运而生。可能对月球表面运行产生影响的三个方面是：

1. 千瓦级裂变发电厂-自1970年代以来，美国国家航空航天局（NASA）和能源部（DOE）（能源部）在2017年将KRUSTY太空裂变反应堆的功率测试到800 W；2）1989年未知的BMG（散装金属玻璃）可以制造坚固，耐用，抗粉煤灰的机械部件；

3）3D打印，已被广泛认为对构建月球栖息地辐射屏蔽层和路基有用。

随着有更好的到达月球并在月球上部署基础设施的方式，期望***机器代理的社会***背景以及转型技术的成熟，为健壮的月球计划奠定了技术阶段。

**参考文献：**

1. 《火星生命百年探寻》傅承启科技日报
2. 张梦然《硼酸盐大幅提升古代火星“生命值”》科技日报/2017年/9月/7日/第001版
3. 银河系中央存在能高速喷射行星的神秘小黑洞．新浪科技．2006-09-16
4. 《行星形成的气体吸积过程》张钱生云南天文台
5. G.R.Woodcock,B.Sherwood,P.A.Buddington,R.Folsom,R.Koch,W.Whittaker,L.C.Bares,D.L.Akin,G.Carr,J.Lousma,H.H.Schmitt

Robotic Lunar Surface Operations:Engineering Analysis for the Design,Emplacement,Checkout and Performance of Robotic Lunar Surface Systems

NASA/Boeing Aerospace and Electronics Co.,Huntsville,Alabama,USA(1990)

1. G.R.Woodcock,B.Sherwood,P.A.Buddington,L.C.Bares,R.Folsom,R.Mah,J.Lousma Application of automation and robotics to lunar surface human exploration operations Presented at the Space 90:the Second International Conference,Albuquerque,New Mexico,USA(1990)
2. B.Sherwood Lunar base elements designed for robotic operations Space 90:Engineering,Construction,and Operations in Space II,Albuquerque,New Mexico,USA(1990),pp.994-1004
3. C.Hayashi,Structure of the Solar Nebula,Growth and Decay of Magnetic Fields and Effects of Magnetic and Turbulent Viscosities on the Nebula,Progress of Theoretical Physics Supplement,70:35-53,1981.
4. Canup,Robert M.;Ward,William R.Origin of Europa and the Galilean Satellites.Europa.University of Arizona Press(in press).2009.
5. Alibert,Y.;Mousis,O.and Benz,W.Modeling the Jovian subnebula I.Thermodynamic conditions and migration of proto-satellites.Astronomy&Astrophysics.2005,439:1205–13.doi:10.1051/0004-6361:20052841.
6. Chown,Marcus.Cannibalistic Jupiter ate its early moons.New Scientist.2009-03-07