

太阳系一日游！

2024. 11. 28

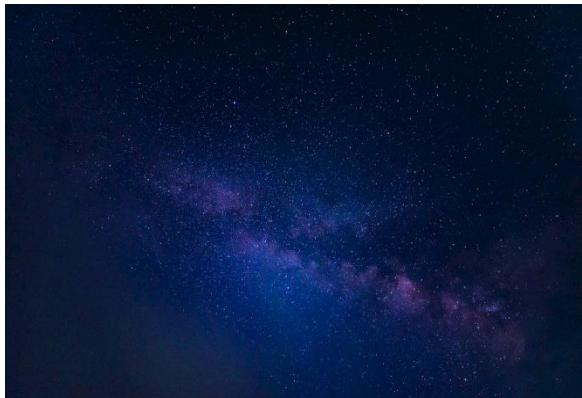
想象我们要进行一场星际航行。

这次航行会不同于以往的任何一次旅行，因为我们会看到许多不同的风景，遇见许多在地球上不曾有的现象，还要考虑许多在地球旅行时不曾考虑到的因素。当然，这次旅行会用到非常多的科学知识，相信我们都能从中学习到许多！

我们把这次的旅行的目标聚集到不太远的地方——我们的太阳系（Solar System）。

首先我们要坐宇宙飞船飞出地球。这需要多快？至少需要 11.2 km/s 才行，这速度叫做第二宇宙速度（Second cosmic velocity）。

这有多快呢？这么说吧，我坐最快的高铁从家到西安上学需要 2 个小时，如果我坐宇宙飞船上学，只需要 45 秒；来回一次也需要 1 分半的时间！

好的，我们现在乘坐宇宙飞船，进入了太空。如果你向窗外望去，会看到很不一样的风景——由于没有了瑞利散射（Rayleigh scattering），整个“天空”是黑色的；但是布满了更多的星星。这些星星发出不同频率的电磁

波，我们看起来就是不同颜色的光。有些方向还有像云一样的天体，叫做星云（nebula），它们有许多种类，非常壮观。但是我们在地球上是看不到这些太空精灵的，因为它们距离我们实在是太遥远，它们发出的光到达地球时已经衰减得很小了；再加上地球有厚厚的大气层，这些光更照不到我们的眼睛里面了，所以凭人眼是不可能看见它们的，除非借助于地球上或空间站中的天文望远镜才行。

一、第一站金星！

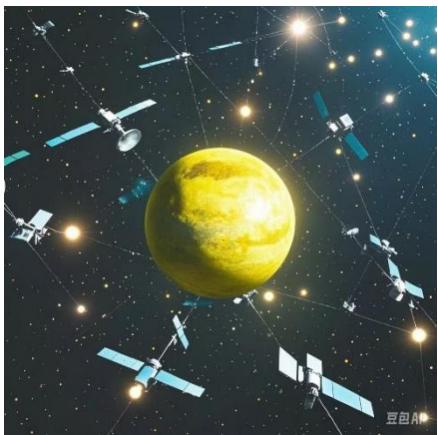


我们先朝着太阳的方向飞，第一站是**金星**（Venus），它离我们 4000 万公里，是我们的邻居星球。

如果我们还以第二宇宙速度飞行的话，需要一个半月左右才能到金星，这不行。所以我们要加速到 150000km/s，也就是以一半的光速飞行（这样我一眨眼就能从家到学校好几趟了）。今后，我们都以一半的光速去飞行。这样，从地球到金星，只需要 4 分半左右的时间。

到达金星，我们先绕着它转几圈。注意，我们必须放慢速度，不然我们一秒钟就会绕它转 4 圈，你会晕的！好的，现在减速，减速。观察一下金星，我们发现它的大小跟地球差不多，而它却是一颗黄色的星球——这是因为它的大气里面有一层很厚的黄色的云，它们由二氧化硫、硫酸液滴等而不是向地球上的云那样由水或冰等构成。

在降落之前，我必须提醒大家，金星表面是没有磁场的。这意味着我们飞船上的指南针到时候不能使用，我们很可能会迷路！这可怎么办呢？为了防止迷路，我们先在环绕金星的轨道上放几颗通讯卫星，织成一张卫星网来为我们导航。



好的，让我们试着降落。我们希望看到金星的白天和晚上，但是金星的一天有 432 个小时（18 天），太漫长了，所以我们寻找晨昏线附近的位置降落。

一定要小心驾驶，因为金星的大气非常活跃：一方面它的大气流动速度非常快，大约 100m/s ，是 12 级台风的三倍快，和高速公路上的汽车一样快！另一方面，厚厚的硫酸云会使视线非常差，就像在大雾天气开车一样——最要命的是，还有持续不断的闪电可能击中我们的飞船。据说这里的闪电不像地球那样转瞬即逝，会持续数分钟！想象一下吧，窗外“漆黄一片”，轰隆隆的雷声在耳边震 10 分钟也不停。这绝对是你未曾见到过的景象。



终于历经千辛万苦到了陆地，却发现这里光秃秃的，地面是深色的，没有河流更没有绿色植物。抬头望去，天空是橙黄色的，这正是金星大气对光进行瑞利散射的结果。

空气里充满了二氧化碳，用温度计测量一下（或许我们只能用红外温度计了），这里的温度高达 464 摄氏度（差不多是烤箱里的温度）！再测一下大气压，大概是地球上大气压的 93 倍，这相当于海底 1km 深处的水压。

我们能不能下飞船走一走呢？就这么下去肯定不行，不是被烤熟，就是被压扁。所以必须穿上特制的防护服，隔绝高温和高压。但是出去也很无聊，不如待在飞船上。

到了晚上，发现还是很热。金星上面的昼夜温差非常小，仅仅 20 摄氏度左右（似乎和地球差不多，不过当我们去到其它星球上，一比较就会发现这实在是太小了）。为什么会这么小呢？因为金星有着厚厚的大气层，封闭了地面的热量，使得热量不会散失到宇宙空间中去（温室效应，下面会提到）；另一方面，还记得我们曾经提到的金星上面的大气吗？它的流动速度非常快（12 级台风的三倍，只需要 4 天就可以环流金星一周），导致热对流进行得非常迅速，所以热量会迅速从高温处向低温处传递。

是时候离开金星了。在离开之前，我还想告诉大家，金星的温室效应失控为我们地球人提供了一个反面教材——如果我们再不注意

和限制二氧化碳的排放，那么很可能有一天地球表面的温度也会变得像烤箱一样热、我们的天空也不再湛蓝，而是布满黄色的浓云。

二、下一站水星！



继续向着太阳的方向飞行，朝着**水星**（Mercury）飞行。我们这次大概需要飞 12 分钟左右的时间。

水星是离太阳最近的行星，也是太阳系中最小的行星。它的一天同样很长，大约是地球上的 59 天。但是水星没有大气，磁场也非常弱（约为地球磁场的 1%，且很不规则），所以我们同样需要释放通信卫星来帮助我们导航。

所幸水星没有大气，我们可以方便地降落到陆地上。我们会发现水星是灰色的，陆地同样是光秃秃的，布满大大小小的陨石坑，其中一些陨石坑直径可以达到数百千米，比如卡洛里盆地（Caloris Basin），直径约为 1550km（它覆盖的面积约占五分之一个中国陆地面积）。

与金星不同的是，水星的昼夜温差非常大。在白天，温度可以达到 427 摄氏度，虽然没有金星大，但也是烤箱级别的温度了；到了晚上，温度骤降到零下 173 摄氏度，比南极的“阿蒙森-斯科特”科考

站还要冷三倍。我们在地球上，隆冬时节温度 0 摄氏度左右就已经冷得不想出门了，夏天 35 摄氏度左右就热得不想出门了，这也才 35 摄氏度的温度差而已。但是在水星上，温度差是这的 17 倍！想象一下冬天和夏天自己的不同感受之间的差别，再想想如果在水星上面呢？

水星昼夜温差大的原因是没有大气层封存地表热辐射，导致到了晚上没有了阳光照射，地面通过向外热辐射而迅速降温。

不过我们当然不可能把自己暴露在水星的表面。除了极端的温度以外，还有几近真空的环境也是要命的。如果人体暴露在真空中，就会膨胀得像一个气球一样（或许最后会爆掉），因为人体内是有气压的，其大小就是地球的大气压（只有这样内外压强平衡，我们才不会被地球大气压扁）。

此外，没有了大气层的保护，**宇宙射线 (Cosmic rays)** 会无情地轰击水星表面。这些射线是携带有极高能量的粒子，如果我们人体受到了它们的轰击，细胞内部的 DNA 就会断掉，发生基因突变，细胞直接死亡或发生癌变。我们在日常生活中要防止各种辐射，也是这个道理。所以，来到水星上面，我们也必须穿着特制的防护服才行。



水星上不论白天黑夜都可能看到（就算不能直接看到，应该也更容易用仪器观测、拍摄到）。



如果我们一抬头就能看见这样的星空，生活中的一切不平、一切失意还会存在吗，又算得了什么呢？虽然在地球上我们难以用肉眼

看见，但那片星空就在那里——不论我们人类文明是否存在、进展到哪一步。

三、第三站火星！



好的，让我们从水星出发，前往下一站——**火星（Mars）**。我们应该朝着远离太阳的方向飞行 19 分钟左右，在途中我们还会瞥见地球和月球。

火星是一颗引人注目的火红色星，它是红色因为其表面的土壤中含有大量氧化铁。这些氧化铁是由于土壤中的铁元素长期受到紫外线照射而形成的。我们会发现火星比地球小一些，六个火星也不如一个地球大。

火星的温度变化范围大，全球表面年平均气温-63℃，从赤道到两极温差可达160℃左右，其季节变化与地球相似，也有春、夏、秋、冬四季之分，这是由于火星自转轴与公转轨道面有25.19度的倾角（这个角在地球上叫做“黄赤交角”，意为“黄道面”和“赤道面”的交角）。

如果我们低空飞行，会看到火星表面有太阳系中最高的火山——奥林匹斯山（Mount Olympus），高达21.9千米【它是地球上最高山“珠穆朗玛峰”的三倍高，不妨想一想，地球上能不能存在这么高的山呢？】。我们还会看到火星上还有太阳系最长的峡谷——水手峡谷（Valles Marineris），它长约4000千米，大约有半个俄罗斯那么长。火星的南半球多为古老的高地和陨石坑，北半球则相对平坦，有广阔的平原。



火星上是有大气的（尽管它的气压很小，不到地球的百分之一），所以会发生瑞利散射。在白天我们会看到橙红色的天空，就像地球上的日落时分。（但我们应该不能看见大片的“火烧云”，因为火星大气里面没有水分。）

火星的大气运动一般来说相对平稳，并不剧烈。但



是存在两个特殊的点——(1) 火星时有猛烈的沙尘暴。尘暴多在火星接近太阳时，因太阳辐射增强，热空气上升而引发。

其风速极大，可达 180m/s ，是地球 13 级大风的 4 倍左右，比高铁还快一倍！而且火星沙尘暴能迅速扩散并覆盖整个行星，可持续几个月之久，期间火星表面能见度显著降低。【但是为什么地球上不会有如此恐怖的沙尘暴呢？】(2) 火星大气存在季节性压力变化，因为火星南部冬季寒冷漫长，会使大量二氧化碳气体冻结在南极冠(变成干冰)，导致火星整体气压下降 25% 至 30%，从而引发大气的强烈运动。

好了，让我们去火星南极瞧一瞧吧。在那里我们可能会看到冰川，但这些冰川不是由通常意义上的冰而是由干冰构成的。此外，我们还会看到绚丽的蓝色极光——高能宇宙射线射向火星，其中一部分受到磁场的洛伦兹力偏转到两极。这些射线轰击那里的大气分子（主要是二氧化碳），使得这些分子吸收到大量能量，进而发出蓝色的光被我



们看到。如果火星大气里不是二氧化碳而是别的什么东西，我们看到的光可能会变成其他颜色，比如绿色、橙色、红色、黄色、粉色等等。

四、第四站木星！



好了，让我们点火，向着太阳系最大的行星进发，那就是木星（Jupiter）。我们从火星出发，要飞行大约 1 个小时才能到达。



接近木星之前，我们会先穿越小行星带（Asteroid belt），这会花费我们 25 分钟左右。这期间必须要小心驾驶，因为这里有非常多的小行星，稍不注意就会和它们撞上！

接近木星，我们会看到它是一个庞然大物——它的体积是地球的 1321 倍！这是个什么概念呢？如果把木星看成一个大号西瓜那么大，地球就只像一个乒乓球那么大！它的直径是地球的 11 倍左右。有趣的是，即使木星那么大，它也没能成为一颗会发光的恒星，因为它虽然很大，但密度比较小，所以质量不够大（如果木星想要变成一颗恒星，那么他还需要增重 80 倍左右，达到太阳质量的 8%。）。

我们还会看到木星有着美丽的带状条纹，这是因为木星大气中的不同物质按着纬度分布，它们受到光照后发出不同颜色的光。由于木

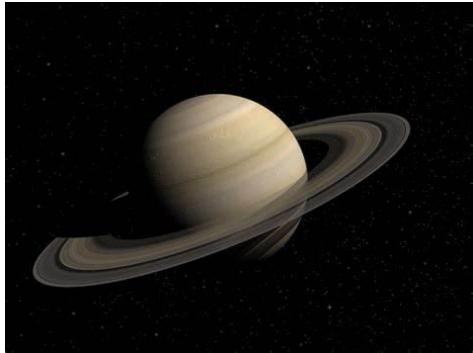
星快速的自转速度，以及内部热量向外传递，其大气层中气流的对流和湍流特别强烈。木星大气的运动速度非常快，动辄数百米每秒，也就是高铁的速度。然而，虽然木星上气流的流速很快，它们却很稳定。木星有着非常引人注目的“大红斑”，是太阳系中已知最大的漩涡，已经至少稳定存在了 300 年（清朝时就存在了）。很难想象在地球上哪里的龙卷风能够刮 300 多年的。

现在让我们找一处风速不很大的地方进入木星，也要小心驾驶，因为木星大气层运动很剧烈，风速快，而且到处都是闪电。它是一颗气态行星，没有陆地（实际上，八大行星中，只有前四颗星是岩石行星，其余四颗都是气态的）。木星有着浓密的大气层，内部一片橙红色，它的压强随着深度而骤增，其表面被深度达到 5 万多 km 的“液态金属氢”的海洋所覆盖。所谓液态金属氢就是氢在超高压和一定温度下的一种极端状态，氢原子中的电子摆脱了原子核的束缚能够自由

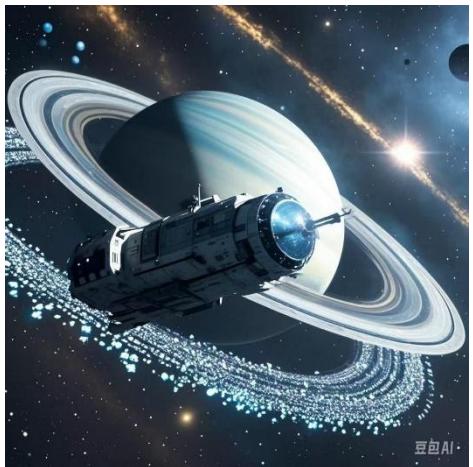


移动而成为“电子气”，就像金属那样，故此得名。但是这里的海洋可不是“蔚蓝色的大海”，而是深红褐色的大海，因为这里的天空就是这样的色调而不是蓝色。

六、第六站土星！



OK，让我们出发去下一颗星球——土星(Saturn)。这次我们要飞行 100 分钟左右才能到。



远远看去，我们会看见它那美丽的光环。随着我们飞的越来越近，它的光环就变得不连续，而是由一块块碎片构成。土星光环主要由水和冰块构成。人们猜测光环可能是一颗卫星，或者小行星，被土星的潮汐力给撕碎之后形成的。

我们地球上的潮汐是由于受到月球和太阳的共同作用形成的，它的力没有那么大，只能够“微微撼动”地球上的流体——海水。但是这颗被撕碎的星球面对的是质量巨大的土星，而且离土星又那么的近，所以它所受到的潮汐力是何等的大啊！它实在是难以避免被撕碎的厄运。

除此之外，土星和木星基本相似了。它们都是巨行星，土星是太阳系中第二大的行星，是地球体积的 764 倍左右，也是乒乓球和西瓜比，只不过这个西瓜没有木星那个大。但是，土星的平均密度（0.7 克每平方厘米左右）却是整个太阳系中最小的，它比水的密度还要小（也是唯一比水密度小的）！

七、第七站天王星！



让我们出发去第七站——天王星(Uranus)。

我们要继续远离太阳，飞行 4.5 个小时左右。

接近天王星，我们会发现它是一颗蓝绿色的星球。这是其大气中甲烷的颜色。天王星离太阳

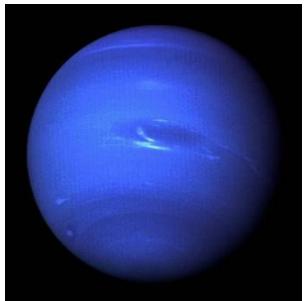
已经非常远了，这里温度很低，也很暗。

天王星是一颗冰巨星，在核心外面是一层厚厚的由水、氨、甲烷等物质构成的“冰”层。但是这里的“冰”不是单纯的固态水冰，在行星内部的高温高压环境下，它们可能是处于一种高温、高密度的液体状态。



如果我们进入天王星内部，一开始会看到天空先是蓝色的，有许多的白云；随着我们逐渐深入，天空开始变绿，同样有许多云。这颜色的变化当然是由于大气中物质成分的变化造成的。当我们继续深入，到了内部，阳光难以到达，天空越来越暗。但是在天王星内部，高温高压环境使碳氢化合物中的碳被压缩成钻石，并向行星内核更深处沉积，形成“钻石雨”。这是很美妙的场景！

八、最后一站海王星！



海王星 (Neptune) 跟天王星非常类似，不过是淡蓝色的。由于它离天王星比较远，我们就不去了。但我很想跟大家分享一下人们发现海王星的故事，它是一颗“在笔尖下被发现的行星”！

1781 年天王星被发现后，天文学家发现其实际运行轨迹与根据牛顿万有引力定律计算的结果存在偏差。人们推测可能有未知行星影响了天王星的运行。

60 多年后，1845 年，英国天文学家亚当斯和法国天文学家勒维耶分别独立地开始通过数学计算来确定这颗未知行星的位置和性质。亚当斯率先完成了，计算并多次向剑桥大学天文台和格林尼治天文台提交结果，但未受到重视。勒维耶于 1846 年完成计算，并将结果寄给了柏林天文台的伽勒。1846 年 9 月 23 日晚，伽勒依据勒维耶的计算，将天文望远镜指向摩羯座方向，在偏离其预言位置约 1 度处找到了一颗 8 等星【即是说它的星等 (magnitude) 是 8 等。1 等最亮，8 等已经很暗了，比 1 等要暗 631 倍左右】，即海王星。这一发现被视为牛顿万有引力定律 (Law of universal gravitation) 的伟大胜利。

九、返程

我们从天王星出发，要飞行大约 5.3 个小时才能返回地球。让我们来算一算这次旅途一共花了多长时间吧。

我们在各个行星之间的穿行花费了 13 个小时，平均在每个星球上逗留半个小时，一共花费了 16.5 个小时左右的时间。如果我们从早上 7 点出发，那么按理说晚上 23 点半能回到家里。

但是，当我们到家之后，发现这里真的是晚上 23 点半吗？不然。因为根据爱因斯坦的狭义相对论 (Special Theory of Relativity)，我们在超高速飞行的时候时间的流逝速度会变得缓慢。我们在各个行星之间穿行时以 0.5 光速的速度飞行了 13 小时，只有这段时间相对论的效应才会显著体现。简单计算一下，实际上在地球人看来我们花费了 15 个小时左右。所以当我们回到地球上时，这里应该是半夜 1 点半而不是 23 点半。



这个宇宙是多么大，它蕴含的知识是多么的奇妙。我们一定要始终抱有怀疑精神：以上我所讲的这些奇妙的现象是否是事物的真相呢？该如何去验证它们呢？如果是真相，那么他们为什么会是这样子的呢？这背后的奥秘又是什么？摆在我们面前的还有更多的问题，需要我们主动去探索！

参考文献及资料：

- [1] 豆包 app.
- [2] 向守平. 天体物理概论 [M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2008.
- [3] 百度百科.
- [4] 秦允豪, 黄凤珍, 应学农. 普通物理学教程 热学 (第四版) [M]. 北京: 高等教育出版社, 2018