

zhī liào

知了

记者 于梅君

1 太空电梯：神奇“通天塔”

“女士们，先生们，欢迎搭乘太空电梯，我们第一站将抵达月球平台……”这听起来虽然很科幻，但某一天或许真的会变成现实，因为太空电梯并不仅仅是单纯的科幻想象，也是一个理论上可行的技术方向。

在2022空间技术和平利用(健康)国际研讨会上，国际太空电梯联盟主席斯旺就提出，未来太空电梯作为永久性物流基础设施，可运送物资和人员，成为进入太空的新通道。现在已有不少科学家认为，本世纪内，太空电梯有可能梦想成真。

太空电梯的原理并不复杂，与普通电梯十分相似。只需在地球同步轨道上建造一个空间站，并用某种足够长、足够结实的“绳索”将其与地面相连，在引力和向心加速度的相互作用下，绳索会绷紧，宇航员、乘客及货物可通过升降舱，沿绳索直入太空，可谓名副其实的“通天塔”。整条缆绳全长约10万公里，相当于地球到月球距离的约1/4。

太空电梯的想法，最早由世界航天之父——俄罗斯科学家齐奥尔科夫斯基于1895年提出。当时，他从巴黎埃菲尔铁塔得到灵感，提议在地球静止轨道上，建一个太空城堡，用一根缆绳将地面与城堡相连，以实现太空运输。不过，当时看起来简直是天方夜谭，甚至有人嘲讽他不如“改行去写科幻小说”。

1979年，英国作家阿瑟·克拉克将太空电梯写入科幻小说《天堂的喷泉》。在刘慈欣的作品《三体》中，也有不少关于太空电梯的描述。

2 “天梯”主要由五部分组成

根据科学家们的设想，太空电梯主体由五部分构成：地面基座、缆绳、电梯舱、太空站和重量平衡器。

在《流浪地球2》中，太空电梯基座是一座位于加蓬的巨大路基设施。不少人认为，海上移动基地的基座方案更具有可行性，可移动站点，能有效规避地球天气问题和轨道碎片。

基座必须位于赤道地区，否则无法使系统的重心处于需求的轨道。

轨道站点(太空站)位于最顶端，作为配重来平衡太空电梯自身重力，使其重心位于地球同步轨道，也即赤道上空35786公里处。

太空电梯是一个庞大的系统，它能稳定存在的原因，正是其精妙控制的系统重心。当重心位于同步轨道时，太空电梯自身产生的离心力，将恰好相当于系统的总体重力，而向上的离心力和向下的重力，像是“揪住”系缆的两端，把它伸直。

『科幻之光』终将照进现实？

坐电梯去太空，或将梦想成真

春节期间，《流浪地球2》热映，片中层出不穷的“硬科技”让人大开眼界。特别是连天接地的太空电梯，其运行场景令人震撼。如果从科幻回归科学，人类真能像电影中描绘的那样，坐电梯轻松抵达太空吗？



3 坐太空电梯，14天可到月球61天到火星

2019年，国际宇航科学院发布名为《太空电梯时代之路》的研究报告，指出太空电梯似乎的确可行。

近些年，这个曾被视为科学幻想的革命性工程有了较大进展，并有了多种方案。其中，美国电梯港集团公司声称，他们正在研制的太空电梯，可一次运送30名乘客，6小时内抵达10万千米外的太空。毫无疑问，太空电梯一旦建成，目前地球上行程最长、达800多米的迪拜塔电梯将被远远甩入尘埃。

相比火箭运输，太空电梯用太阳能驱动，不像发射火箭那样消耗大量化学燃料，因此更环保、成本更低、重复使用率更高，也被称为“绿色天路”。

据国际宇航科学院报告统计：一旦太空电梯建立，携带负载进入太空的成本，可由每公斤20000美元下降至500美元。这主要是因为化学火箭的燃料占80%的空间，14%为主要结构，只有6%可以载人，发射以及回收成本高昂。

相比之下，利用太空电梯运输则廉价得多，由于太空电梯可凭系缆向太空前进，不需要像火箭一样有极高的推重比，同时，太空电梯的轿厢是可以完全回收的。

太空电梯的路径全长超过三万公里，仅凭轿厢本身携带的能量，很难满足漫长的旅程。目前已有许多关于太空电梯向轿厢传输能量的想象，除了像《流浪地球2》一样，把推进剂直接放进轿厢之外，还有许多不同方案，例如使用激光传输能量给轿厢，或者在高空采用太阳能来获取能量。

加拿大托特技术公司也估算过，太空电梯应用后，航天飞机的太空飞行成本能节省大约三分之一，大大提高人类造访太空的频率。

国际太空电梯联盟主席斯旺认为，未来人类建火星村、月球村，需要发射大量物资到太空，星际旅行也备受期待。太空电梯巨大的运力，将来甚至可以帮助在轨道上建造各种巨型太空设施，如太空电站、太空工厂、太空城市等。

不过，火箭发射也不会因此被抛弃。火箭比太空电梯速度更快，能迅速穿越辐射带，有人提出以“太空电梯+火箭”的方式运输，实现互补。如果把太空电梯看作货船，那么火箭就是货运飞机。

斯旺表示，根据目前设计，太空电梯轿厢重约20吨，攀爬速度约为每小时200公里。未来，随着缆绳加长，轿厢攀爬速度加快，预计8天可到达地球同步轨道，14天可到达月球，61天可到达火星。

4 最大技术瓶颈在电梯缆绳上

那么，目前建造太空电梯的技术难点有哪些？

“最核心的问题是要找到合适的材料用作电梯缆绳。”长期研究新型材料的中国科学技术大学副研究员管庆方认为，“太空电梯”代表着人类对材料极限性能的追求。

一根合格的太空电梯缆绳，需要具备如下能力：首先强度足够大，其次要考虑材料在极端条件下的服役性能。

在2022年国家宇航大会上，曾提出太空电梯系缆材料的备选方案，包括碳纳米管、单晶石墨烯和单晶六方碳化硼，这些材料虽然在理论上可行，但生产出长达上万公里的纳米材料难度很大。

一根普通钢丝，从9公里高空垂下来，会被自重所拉断。好在碳纳米管的发现，让人们又重新燃起希望。细小且强度可与金刚石媲美的碳纳米管，柔韧性极佳，并且可制成纤维。

据测算，一根宽1米、薄如纸的纳米管缆带，就能支撑13吨重量。2014年9月，美国科学家称：他们

研发出超细、超坚固的纳米线，比之前发现的碳纳米管更坚固和牢靠，“可用于制造超级坚固的轻型绳索，让打造太空电梯的梦想成为现实。”

2018年，清华大学研究团队研发出一种高强度纤维，仅1立方厘米，用碳纳米管制成的纤维，就能承受160头大象(超过800吨)重量且不会断裂，而这根缆绳仅重1.6克。

2021年，中国科大俞书宏院士团队研制出仿生超弹性碳材料“碳弹簧”，可在-100°C到350°C的极端环境下发挥作用，使其应用到外太空探测任务中成为可能。

正是近年来一些尖端科技连续取得重大突破，原本只是在科学与科幻之间闪烁的太空电梯，开始被科学家带入工程设计蓝图。

1999年，美国国家航空航天局的马歇尔研究中心发表题为《太空电梯，太空的先进基础设施》报告，对太空电梯的可行性进行详细论证，这是“太空电梯”首次获得官方认可。

5 2050年至2100年有望投入运营

研制太空电梯最大的挑战，是能否以低成本、大规模生产出碳纳米管纤维材料，这种材料现在还只是米级制品，距实用差距甚远。尽管如此，各国科学家并没有放弃太空电梯的研制。

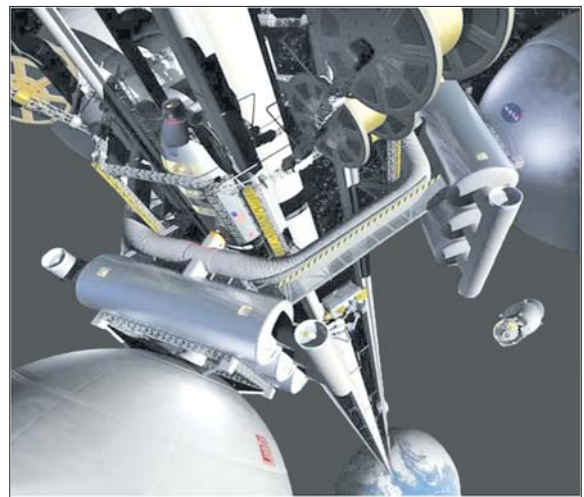
全国空间探测技术首席科学传播专家庞之浩介绍，俄罗斯拟在月球表面建立永久性基地，然后用太空电梯将货物运至月球基地或运回地球。美国西雅图高电梯系统公司的太空电梯项目正在进行技术研发，核心是研制一条距地球表面近10万千米长的缆绳。

日本大林建设公司计划在2050年建成太空电梯，该电梯由6个长18米、直径7.2米的椭圆柱形电梯吊箱组成，时速约200千米，每次可运送30位旅

客……

不过，目前还有很多技术难题有待解答：太空电梯轿厢选择何种驱动模式？怎么克服重力影响？缆绳如何承受高能宇宙射线轰击并有效抗摆动？电梯遭遇太空碎片和陨石冲击怎么办？太空电梯一端需要“系”在地球同步轨道上，另一端需要在地球赤道附近架设基站，应如何选址？在搭乘电梯奔向太空时，会穿过地球外层的高强度辐射带，如何保护乘客不受伤害？

不过，虽然技术上还存在相当多的难题，但人类毕竟已经在运载火箭之外，开拓了另外一条连接太空与地球的思路。根据目前科技水平和发展速度，有科学家预测，太空电梯将在2050年至2100年投入业务运营。



美国国家航空航天局公布的未来太空电梯设想图。