# 太空中的气球，不但让美苏首次实现卫星通信，还催生了诺奖

气球能上太空么？

这个问题似乎不难给出**否定**的答案：气球之所以能升上天空，是往里填充轻于空气的浮升气体，依靠排开空气的浮力升空。因为浮力来自于大气，高度越高，大气密度越低，所能够提供的浮力越小，所以气球能够上升的高度是有极限的。目前最高的气球飞行记录是日本JAXA的超高空气球，53.7km，离太空还有一段距离。

**但是，60多年前，就有气球上了太空，还发挥了卫星的作用！**

不同高度上的典型飞行器（图片来源：自制）

卫星是一种依靠轨道动力学飞行的航天器，它是在真空的太空环境中飞行的，**太空的下限一般认为是100km的卡门线**，所以卫星飞行的轨道高度一般都在100km以上。

从传统意义上讲，气球的上限和卫星的下限还有40多km的差距，这应该是两种八竿子打不着的飞行器，然而世界上第一颗无源通信卫星的“回声1号(Echo Ⅰ)”，居然是一个直径100英尺（约30.5米），内部可装18吨气体的“大气球”。

**卫星通信的构想，是科幻作家提出的**

卫星通信的构想最早可以追溯到1945年。

当时，28岁的军人阿瑟·克拉克正从事雷达技术工作，他在《无线电世界》中提出：在外太空利用卫星建立通信中继，以实现全球范围的无线电覆盖的设想。PS：他后来成为了世界闻名的太空题材科幻作家。

在那个年代，卫星通信的想法令人震惊，毕竟在此之前跨洲际的通讯都是通过密集的海底电缆来完成的，从未有人想过可以通过天空来实现。

海底电缆的分布图（图片来源：https://blog.lcsoul.cn/archives/87）

一些工程师还认为，地球的电离层会阻挡任何试图通过的无线电波，所以卫星通信的想法是不现实的。

天空中的电离层（图片来源：参考文献1）

但是，美国国家航空咨询委员会（NACA）工程师威廉·奥沙利文又提出更大胆的设想：他要造一个“10层楼高的充气反射球”，向美国宇航局证明卫星通信的可行性。

不久之后，一个名为“回声（Echo）”的卫星项目正式成立。

**要让气球“变”卫星，拢共分几步？**

“回声”系列卫星的研发工作由贝尔实验室通信研究室的主任约翰·皮尔斯牵头负责。这位加州理工学院的物理学博士早在1954年起就开始研究通信卫星，并计算出了卫星需要的理论尺寸。经过约翰·皮尔斯与十几名研究人员的努力，1958 年，巨大的气球卫星“回声1号”诞生了。

“回声1号”直径达30多米，厚度却只有0.08毫米，与一张报纸差不多。**尽管看起来“一戳就破”，但它可以抵抗陨石的碰撞，也能抵御极端温度**（从阳光直射时的300华氏度到地球阴影下的-80华氏度）。又薄又强，它到底是用什么材料做的？

研制团队测试了数十种塑料和金属箔（甚至是黄金），以寻找合适的组合，最后在一种名为“聚酯薄膜”的新型塑料材料上找到了解决问题的答案。“聚酯薄膜”由杜邦公司制造，当以非常薄的片材制造时，可能只有一包香烟上的玻璃纸包装的一半厚。聚酯薄膜塑料被证明是非常坚固的。它的抗拉强度为每平方英寸18，000磅，是低碳钢的三分之二。为了保护卫星免受空间辐射，同时使得其能够更有效地反射雷达信号，团队还采用当时一种创新的技术给聚酯薄膜表面增加了一层镀铝层。

回声1号卫星在做地面测试（图片来源：参考文献2）

**在地球上，给“回声1号”气球充气需要整整 18吨空气，而在太空中只需要几公斤。**这是因为在地球上，大气会对气球表面产生压力，气球在地面上进行测试就需要充入1个标准大气压以上的气体来完全成形。在太空中没有大气，只需要极少量的气体就能把气球填满。

气球内外压力的受力图（图片来源：自制）

“气球人”正在对回声1号进行检测

（图片来源：美联社）

从上图就可以看出来这个气球有多么庞大。**为了对其进行检测，工程师需要被一个100立方米左右的气球吊起来到半空中**，这种操作在浮空器行业并不罕见，专业人士称之为“气球人”。

人类迄今为止发射到太空的物体中，这个气球卫星的体积可以算是名列前茅（比展开后的韦布望远镜尺寸还大）。而这个大家伙到达太空的唯一方法，就是把它折叠起来，进入轨道后再充气。

气球折叠装入一个容器中

（图片来源：华盛顿国家航空航天博物馆官方网站）

**实现了首次卫星通信**

作为世界上第一颗无源通信卫星，“回声1号”的原理并不复杂，甚至可以说十分简单——**接收来自地球发送的无线电信号，并利用它巨大的表面将其“反射”到地球的另一点，完成了通信**。由于卫星并没有搭载有源通信组件，只能反射接到的信号，故称之为“无源卫星”。

不过，“回声1号”的上天过程充满了坎坷。比如如何能在太空把气球吹起来？这可是一个巨大的挑战。

1959年10月，“回声1号”进行首次发射。遗憾的是，气球在膨胀过程中发生了爆炸，漫天飞舞的镀铝膜碎片宣告了此次发射的失败。究其原因，是有效载荷工程师通过设计将残余空气留在气球的褶皱内作为膨胀剂。由于外界压力为零，空气**迅速**膨胀，导致气球的薄金属塑料外壳破裂，将气球撕成碎片。**事实证明使用残余空气来帮助气球充气是一个“严重的错误”。**

在“回声1号”的改进方案中，科学家改变了气球的充气方法，气球上有一小罐苯甲酸，这是一种特殊的粉末，遇热后会从固体直接变成气体。因此，当气球被释放到太空中时，太阳的热量就会将苯甲酸变成气体，使其在气球内膨胀，对于这种材料，向气体的转化速度受到其从太阳吸收热量的速率的限制，所以它会慢慢地膨胀，而不是像残余空气那样是瞬间膨胀。（气球OS：我膨胀了！还是在太空中！）

1960年8月12日，“回声1号”第二次发射。在卡纳维拉尔角发射场，它乘坐一枚德尔塔D运载火箭升空，到达了1600公里的太空中。卫星进入轨道的几分钟后成功从加利福尼亚向新泽西贝尔实验室转播了艾森豪威尔总统的语音信号，证明其可以正常运作，标志着人类历史上第一颗无源通信卫星的成功发射。

无源通信试验示意图（黄宥棋手绘）

在发射后的一个月内，它就协助科学家完成了400多项试验，包括第一次通过卫星直播的语音通讯、第一次图像信息的传递、第一个横跨大陆的卫星电话等，为卫星通信试验提供了极大帮助。

**意外收获诺贝尔物理学奖**

不仅为通信事业提供帮助，“回声”项目里还偶然“诞生”了一个诺奖成果。贝尔实验室为项目建造了高灵敏度的大型喇叭天线，后来，**实验室的两位工程师彭齐亚斯和威尔逊在调试过程中意外发现了宇宙微波背景辐射现象的存在，为宇宙大爆炸理论提供了强有力的证据，两位科学家因此获得了1978年的诺贝尔物理学奖。***[（详情请点这里复习 ）](http://mp.weixin.qq.com/s?__biz=MzI3MzE3OTI0Mw==&mid=2247523361&idx=1&sn=98a74b268b768ee802d963f1e1d0c48a&chksm=eb25eb25dc5262333ed1bc3c2de1565c47a718b140500a934c78d9983fe279f36eb5ea74de52&scene=21" \l "wechat_redirect" \t "_blank)*

彭齐亚斯和威尔逊以及发现宇宙微波背景辐射的喇叭口天线（图片来源：springer）

为了纪念“回声1号”的功绩，美国在1960年发行了第一张描绘航天器的邮票，邮票上写明这个气球卫星的使命是用于“和平通信”。

回声1号纪念邮票（图片来源：wikipedia）

**美苏之间的第一次太空项目合作**

1964年，“回声2号”成功发射。“回声2号”在原理上与“回声1号”别无二致，同样是一颗无源被动通信卫星。不过，“回声2号”的球身更硬，体积更大，**直径长达42米，在地面上用肉眼就可以观测到。**

“回声2号”通信卫星（图片来源，NASA官网）

**“回声2号”首次实现了美国和苏联之间的卫星通信。这是美国和苏联第一次太空实验合作。**

1964年2月21日至3月8日，根据苏联科学院和美国国家航空航天局（NASA）之间的协议，在两国空间通信的首次联合试验中，尝试从“回声2号”的表面上反射无线电信号。协议要求利用莫斯科附近的齐门基（zimenki）射电天文台和英国的乔德雷尔班克（jodrell bank）天文台的巨型天线转播语音、传真图片和密码信号。美国国家航空航天局(NASA在卫星发射后数小时内从获得了从苏联发送的数据，并指出这些信息特别令人感兴趣，因为它是在卫星进入轨道后不久获得的。

美苏第一次太空项目合作示意图

（图片来源：参考文献4）

不过，“回声1号”和“回声2号”在太空中的“寿命”都不太长。

当时，美国国家航空航天局（NASA）成立也只有几年的历史，人们对卫星在太空中经历的长期影响知之甚少。其中最大的未知数之一是大气阻力，即使在 1500 千米的高空，也会有微量的大气阻力使轨道上的物体减速，而气球的表面积如此之大，理论上这些气球感受到的影响应当比任何其他卫星都要强烈。

但是，美国宇航局跟踪气球卫星轨道在几年内的变化情况后发现，轨道改变与大气阻力无关，相反，从太阳辐射出来的太阳风以及太阳光压效应使卫星轨道下降，逐渐被推向地球。1968和1969年，”回声1号“和2号先后消失在了大气层的火光中，结束了它们的使命。“太阳会影响航天器轨道”结论**对后续航天器的发展产生了深远的影响**。

气球卫星运行轨道向地球偏移（黄宥棋手绘）

**中国也有气球卫星**

我国的航天事业起步比较晚，但也曾研发过类似的气球卫星，只不过**用途不是通信，而是高层大气的密度结构研究。**

1990年9月3日，“长征四号”运载火箭在发射“风云一号”B星的同时，也将将两颗气球卫星——“大气一号”和“大气二号”送入了900公里高的太阳同步轨道。

这两颗卫星表面都是50微米厚镀铝聚脂薄膜，面积大（直径分别为2.5米和3米）、重量轻（分别为2.6千克和3.3千克）。它们发射时折叠装于容器内,进入预定轨道后弹出,借助气球中的剩余气体和升华物而膨胀成球形。

大气阻力，太阳光压和日月引力对气球卫星轨道均有不同程度的影响，气球卫星最终快速陨落，在轨寿命分别为190天和325天。根据地面监测设备获得的轨道变化数据，我们获得了900-500公里高度范围内的大气密度数据。这些数据不仅有助于我们了解高层大气密度结构，还有利于研究高层大气对宇航器运行的影响以及太阳辐射对高层大气密度的影响。

**结语**

随着通信技术的成熟和各种新型复合材料的发展，无源充气卫星逐渐淡出了历史舞台，被如今主动传输信号的有源卫星所取代。但无法否认的是，“气球卫星”们的表现足够精彩！

它们在当时让人们看到了卫星通信系统的潜力，用于探测信号的接收器发现了宇宙大爆炸的秘密，为气球卫星开发的材料至今仍被用于航天器中，气球卫星的运行让科学家发现了太阳风对航天器的作用机理……这些都对航天科技的发展产生了深远的影响。

卫星上常用的隔热薄膜材料就是回声项目所用的聚酯薄膜球体材料（来源：https://zh.m.wikipedia.org/wiki/File:Rosa\_for\_Dart\_Mission.jpg）

尽管这类卫星只是昙花一现，但它们可以被誉为有史以来最美丽的卫星。