

# 高空科学气球

刘斌

六十年代以来,随着空间技术的发展,空间科学研究日益成为当代科学活动中最活跃、最激动人心的前沿领域。从卫星的发射成功到载人航天飞行,从阿波罗登月到轨道空间站的建立,从航天飞机往返大气层到实现人类太空行走,在短短二三十年中空间技术的发展真可谓日新月异令人目不暇接。与此同时,空间科学研究,不仅作为空间技术发展的受益者,而且作为空间技术发展的源动力,其发展速度更是一日千里。各种具有广泛发展前景的新兴科学不断问世,如:空间物理、空间天文学、空间化学和地质学、空间生命科学、空间材料学、空间遥感学以及它们重多的分支学科及交叉领域。

绝大多数的空间科学实测研究是使用各种运载工具,尽可能避开地球环境的影响,进入外层空间进行直连或间接的观测和测量。现代空间运载工具包括人造卫星(航天飞机、轨道空间站)、探空火箭和高空气球。它们各有特点互相补充,分布在不同的高度上构成了一个立体的空间观测网。卫星的高度一般在200—300公里以上,运行时间长。它已经完全摆脱了地球大气的影响。远地轨道卫星还可以脱离地球磁场的影响。卫星上的一些特殊环境如长时间的失重、高真空等是其它飞行器无法完全模拟的。在空间科学的各个领域,卫星是最重要的空间运载工具。探空火箭的顶点高度为60—200公里。它升空高度较高,发射时间和发射区域灵活,可联网同步观测,但滞空时间短,载荷有限。它特别适合进行垂直剖面和大尺度的空间、大气等研究。

本文介绍的高空科学气球(国外通称为 Scientific Balloon 或 High Altitude Balloon),是五十年代以来美国首先发展起来的一种大型零压式塑料气球。气球体积一般为数万至数十万乃至上百万立方米。这是一种亚轨道飞行器。飞行高度可达30—50公里(属于平流层中下部),载荷能力为数百公斤至数吨,并可在升限高度上平飞几小时到几十小时。和卫星及探空火箭一样,高空科学气球是一种重要的,多学科共同利用的高空和空间研究的运载工具。

## 高空气球的发展

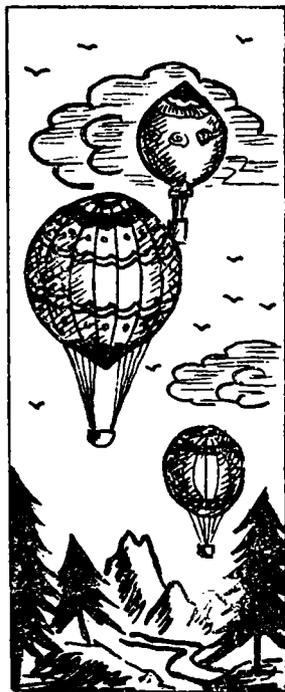
自从1783年6月,世界上第一只大型热气球在法

国升空,人类便开始了利用气球探索空间奥秘的实践活动。从那以后,各种各样的气球相继问世。到了二十世纪初,气球的飞行高度已达到两万多米。随着飞机的出现,气球曾一度遭到人们的冷落。后来由于人工合成高分子材料的出现,人们制出了重量轻,强度高,低温性能好,价廉质优的气球,使气球有可能达到更高的高度,进入了平流层。1947年9月25日,美国人用塑料薄膜制成了一个850m<sup>3</sup>的气球,载着30kg重的宇宙线探测仪器,进行了首次成功的宇宙线探测飞行。以后气球作为运载工具被越来越广泛地用于各种各样的科学实验。

由于高空气球在空间科学研究中起着非常重要的作用,并且它具有价格低廉、安排实验灵活、飞行次数多、实验周期短、姿态稳定、易于回收等突出优点,世界上几乎所有最著名的空间机构和空间科学研究部门都拥有完善的气球技术系统,并大力开展气球科学观测。美国是发展高空科学气球最早,技术最先进的国家。能够制造并发放体积上百万立方米,载荷数吨的零压式高空气球。美国的国家气球站直接隶属于国家宇航局。美国空军也有自己的气球系统。此外,世界上较著名的气球机构还有:法国国家空间中心下设的气球部;亚洲印度基础研究所的国家气球站;日本宇宙科学研究所的气球部等。另外苏联,加拿大,澳大利亚,巴西,阿根廷等国也拥有较大型的气球设施,都可以发放百万立方米的气球。据统计,现在全世界有三十多个永久性的气球站和数十个流动发放点。每年有数百个气球升空进行各种研究,取得了许多极其宝贵的科学数据,成为整个空间研究活动中十分活跃的有机组成部分。

我国的高空科学气球是在十几年前才开始发展的。在我国的具体条件下,发展了气球技术,迅速建立了我国自己的高空科学气球全套系统,大力推动了气球科学观测,对发展我国多学科高空和空间科学实测研究具有特别重要的意义。

1977年,首先由中国科学院高能物理研究所宇宙线研究室对高空科学气球技术



进行了调研和预研究。1979年起,中国科学院有关研究所联合起来,开始进行高空科学气球第一期工程。经过五、六年的艰苦开拓,进行了大量研究实验,终于建成了我国第一个实用的高空科学气球系统。近几年来,我们进行了大量的科学实验飞行,得到了许多有价值的科研成果。同时,也不断改进完善了我们的气球系统。

我们可以自行研制并可批量生产专用气球薄膜,其各项性能指标均已达到国际上同类产品的较高水平。我们拥有自己的高空科学气球生产线并可批量生产40万立方米以下的各类高空科学气球。我们生产并可成功放飞的气球系列中包括:一千至五万立方米无加强带零压式自然形气球和三万至三十万立方米加强带零压式自然形气球,最大载荷600kg,最高飞行高度42.5公里,最长飞行持续时间20小时。

十几年来,我们共发放了160多个各类气球,进行了大量的工程实验和40余项科学实验观测。涉及到宇宙射线与空间天文、大气物理、空间物理、空间化学、高能物理、空间遥感、生物物理和遗传工程等广泛的领域,有效的推动了我国这些学科的活跃和发展。值得一提的是,我们已经成功的发放了我们自己设计制造的三十万立方米零压式气球。这是亚洲最大的气球,在世界上仅次于美国和法国。

### 高空科学气球系统的组成

高空科学气球一般特指无动力大型零压式塑料气球。它由极薄的优质聚乙烯薄膜制成。球体下部装有排气管与大气相通,因此又称为开放式气球。气球在地面充入浮升气体(氢、氦等),充气量取决于气球系统起飞时的总重量和所需要的自由升力。一定的自由升力导致产生一定的初始升速。气球在上升过程中,浮升气体随气压下降逐渐膨胀,在升限附近充满设计容积。在此后的上升过程中,排气管排出适量气体,使浮力和重力平衡进入平飞状态。由于热辐射环境的变化和其他热力学因素会产生升速和平飞高度的变化,需要加以精确控制。

一个完整的高空科学气球系统,除球体本身和一整套飞行配套系统外,由于它面对的是多学科领域不同的探测课题,所以还需要功能和通用性更强,技术手段更加灵活的遥测遥控和数据采集、监测、记录、处理系统。

高空气球的主要技术包括球膜材料的选择,球形的设计,球体的加工制作,气球的发放,飞行的控制,遥测遥控、回收系统等。整个高空科学气球系统是一项涉及多种技术学科领域的空间工程。

### 高空气球的应用及发展前景

在高空气球飞行的高度上,剩余的大气仅为地面

的百分之一到千分之一,对许多空间研究来说具有近似于外层空间的条件。如在电磁波谱上,除10keV以下的软X射线以外,对其余所有波段的空间电磁辐射已经透明。从空间天文、空间物理、高能物理和宇宙线研究的意义上说,由于使用了高空气球,在一定程度上突破了地球大气的屏障,从而打开了绝大部分的观测窗口。这样,我们就可以巧妙地利用茫茫宇宙这巨大的加速器产生的,人工无法产生的高能粒子来研究高能与超高能相互作用,反常粒子和新粒子寻找等。

在空间天文方面,气球上特别适于进行硬X射线、 $\gamma$ 射线、红外及远红外光学天文和各种荷电粒子等天文观测。在空间物理领域,利用高空气球可进行对太阳表面各种辐射能谱强度的精细分布、磁层及其扰动、日食、黄道光以及高空磁场、电场、电流等方面的研究。由于高空气球飞行的高度上仍有少量大气,因此在大气物理方面可用于对平流层、大气环流、臭氧层、大气结构和成分,大气光化学效应,大气动力学等学科的研究。另外,高空气球还被广泛的用于空间生物学、生理学、遗传学、微重力的应用、遥感空间技术实验、环境科学研究,气象学以及许多军事技术的实验。利用高空气球还可进行卫星仪器回收及其他空间技术的实验。

最近一两年是太阳活动的极大期。各学科科学家们不约而同地将目光盯住了太阳。而观测太阳最理想的空间运载工具就是高空气球。长时间飞行的气球没有低轨道卫星会产生的周期调制效应,可根据太阳活动预报灵活地随时安排发放。可以预言,今后几年内将会有一批对太阳的观测成果是利用高空气球得到的。

被称为太空时代的今天,各种各样的航天器相继问世,载人航天飞行越来越不足为奇。我国的载人航天计划也在酝酿之中。尽管如此,高空科学气球还将以其独特的优点在空间探测领域占据一席之地。在世界范围内越是空间科学和技术发达的国家,越重视气球技术的发展,气球的科学活动也越频繁。

目前,我们正致力于进一步完善我国的高空科学气球系统,建立长时间气球飞行系统,以更好地满足国内外多学科空间科学观测的需要。近一二年内,我们将建成从中国内蒙到苏联里海附近的长距离气球飞行系统,飞行持续时间可达70~100小时。这将是世界比较先进的系统,也是全球最理想的一条长距离飞行路线。

---

**重要更正:**上期封二下图照片应为:“黄昆教授与杨振宁教授在北京(1990年1月4日)”。特向杨振宁教授和广大读者致歉。