



遥感手册

第 四 分 册



国防工业出版社



87. 97731
761

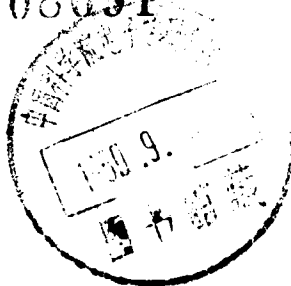
遥 感 手 册

第 四 分 册

奥尔登 P. 科尔沃科雷塞斯 等著

汪一飞 等 译

1108691



国防工业出版社

内 容 简 介

本书比较全面系统地介绍了遥感技术的各个方面，共分十二个分册出版。全书内容丰富，具有一定的深度。

第四分册主要论述的是遥感器的运载工具（包括美国早年以及直到现在曾经使用过的气球、飞机和卫星、飞船等空间飞行器）的性能和应用；遥感信息通信的基本知识以及为获取遥感对象的全部正确信息所必需的地面研究，并对美国的一些主要“试验区”作了详尽的介绍。

本书可供从事这方面工作的科研、工程技术人员以及有关大专院校教师和研究生参考。

D036/10

Manual of Remote Sensing
Alden. P. Colvocoresses
American Society of Photogrammetry 1975

*

遥 感 手 册

第 四 分 册

汪一飞 等译

刘益悟 等校

*

国防工业出版社 出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₁₆ 印张10 插图1 227千字

1980年6月第一版 1980年6月第一次印刷 印数：0,001—6,500册

统一书号：15034·1923 定价：1.10元

译者的话

美国摄影测量学会集中了数以百计的有关科学家和工程技术人员,从1969年开始,花了约近六年时间,编辑并于1975年出版了这本遥感手册。遥感技术作为一门新兴学科,随着空间科学技术的发展,近十多年来进展很大,获得了多方面的应用,对促进国民经济发展和国防建设都有很大作用,因此,当前世界各国都对它给予了必要的重视。在遥感领域中,本手册是迄今较为全面而在技术上又有一定深度的书。为配合我国遥感技术的发展,我们请各方面的同志共同翻译并出版这本手册,以供有关科研、教学和工程技术人员参考。由于遥感技术本身是一门新学科,应用范围又特别广,加之我国在这方面的发展起步不久,有些定名和理解可能还需商榷。

原书分上、下两卷出版,计二十六章加一个遥感小辞典。我们考虑到编辑出版的方便,分十二个分册出版:

- 第一分册 遥感基础(第一至第五章);
 - 第二分册 光学和电-光遥感器(第六至第八章);
 - 第三分册 微波遥感器(第九章);
 - 第四分册 遥感器的运载工具、数据传输及遥感地面研究(第十、第十一和第十三章);
 - 第五分册 遥感数据的处理与管理(第十二章);
 - 第六分册 图象判读和制图(第十四和第十五章);
 - 第七分册 遥感应用:地质勘测(第十六章);
 - 第八分册 遥感应用:森林与草原(第十七和第十八章);
 - 第九分册 遥感应用:水文学与海洋学(第十九和第二十章);
 - 第十分册 遥感应用:气象学及作物与土壤(第二十一和第二十二章);
 - 第十一分册 遥感应用:城市环境与区域工程规划(第二十三和第二十四章);
 - 第十二分册 遥感应用:区域分析与社会科学(第二十五和第二十六章)。
- 本书封面特约张博智同志设计。

目 录

第十章 遥感器的运载工具	
缩写词	1
1. 空中运载工具	3
1.1 气球	3
1.2 飞机	13
2. 空间飞行器	35
2.1 一般考虑	35
2.2 飞行器介绍	36
参考文献	62

第十一章 遥感系统的通信	
1. 引言	64
2. 无线电频谱和光谱	65
2.1 频率和波长	65
2.2 光谱带和无线电频带的发展	67
3. 真空中的电波传播	67
3.1 距离影响	68
3.2 路径(程)延迟	68
3.3 分贝表示法	68
3.4 光学功率单位	69
4. 透镜和天线	70
4.1 透镜-光学分辨率	70
4.2 天线	71
4.3 天线的极化	72
4.4 波导	73
5. 大气效应	73
5.1 衰落	74
5.2 大气衰减	75
5.3 分子吸收	75
5.4 由降水量引起的衰减	75
5.5 光衰减	76
5.6 折射	76
6. 无线电频谱利用	76

6.1 甚低频和低频	76
6.2 中频	77
6.3 高频	77
6.4 甚高频	77
6.5 特高频	78
6.6 超高频	78
6.7 极高频	78
6.8 光通信	79
7. 通信过程	79
7.1 信息输入	79
7.2 调制作用	80
7.3 传输	84
8. 噪声	86
8.1 热噪声	87
8.2 接收机噪声	88
8.3 外部噪声	88
8.4 其它噪声源	89
8.5 光学系统噪声	89
9. 系统设计	89
9.1 功率预算	90
参考文献	91

第十三章 遥感技术中的地面研究	
1. 引言	92
2. 试验区	92
2.1 基本试验区	93
2.2 综合试验区	105
3. 基础测量	118
3.1 地形	119
3.2 日射	120
3.3 反射率	122
3.4 地面温度	123
3.5 微气象学测量	126
4. 地质研究	129

4.1 进行地质研究的程序	129	5.2 其它测量	141
4.2 参数测量	131	5.3 用于绘制土地利用图	143
4.3 表面粗糙率	136	5.4 植物灾害的探测	144
4.4 颗粒大小	137	6. 大气研究	144
4.5 非本征变量	137	6.1 太阳辐射谱段	145
4.6 小结	137	6.2 热红外和微波波段	149
5. 农业和林业研究	139	参考文献	151
5.1 反射率	140		

第十章 遥感器的运载工具

作者 奥尔登 P. 科尔沃科雷塞斯等

缩 写 词

为避免在下文和参考文献中的重复, 兹将本章所使用的缩写词集录如下。

AFCRL	U. S. Air Force Cambridge Research Laboratories	美国空军剑桥研究实验室
APT	Automatic Picture transmission	图象自动传送
ARPA	U. S. Advanced Research Projects Agency	美国高级研究计划局
ASP	American Society of Photogram- metry	美国摄影测量学会
ATS	Application Technology Satellite	应用技术卫星
AVCS	Advanced Vidicon Camera System	高级光导摄像管摄像机 系统
bps	Bits per second	比特/秒
dm ³	Cubic decimeter	立方分米
EREP	Earth Resources Experiment Package	地球资源实验装置
ERTS	Earth Resources Technology Satellite	地球资源技术卫星
FAA	U. S. Federal Aviation Agency	美国联邦航空署
F _l	Focal length	焦距
FM	Frequency modulation	频率调制, 调频
GAC	Goodyear Aerospace Corp.	古德伊尔航空空间公司
GOES	Geostationary Operational Environmental Satellite	实用同步环境卫星
Hz	Hertz (cycles per second)	赫兹 (周/秒)
nm	International nautical mile	国际海里
ITOS	Improved TIROS Operational Satellite	依托斯卫星, 改进型泰罗斯实 用卫星

JPL	Jet Propulsion Laboratory, Calif. Inst. of Technology, Pasadena, Calif.	加州理工学院喷气推进实验室
kbps	Kilobits per second	千比特/秒
Kn	Knot	节
LST	Large Space telescope	大型空间望远镜
MAC	U. S. Military Airlift Command	美国军事空运司令部
MATS	U. S. Military Air Transport Service	美国军事空运局
mbps	Megabits Per Second	兆比特/秒
MHz	Megahertz	兆赫
MIT	Massachusetts Institute of Technology	麻省理工学院
MSC	Manned Spacecraft Center of NASA, Houston, Tex.	美国航宇局载人飞船中心 (得 克萨斯州, 休斯顿)
NASA	U. S. National Aeronautics and Space Administration	美国航宇局
NASA/Goddard	Goddard Space Flight Center of NASA	航宇局哥达德空间飞行中心
NASA/Langley	Langley Research Center of NASA	航宇局兰利研究中心
NASA/MSC	Manned Spacecraft Center of NASA	航宇局载人飞船中心
NCAR	U. S. National Center for Atmospheric Research, Bou- lder, Colo.	美国国家大气研究中心 (科罗 拉多州)
NOAA	U. S. National Oceanographic and Atmospheric Administra- tion	美国海洋和大气管理局
NOS	National Ocean Survey (for- merly U. S. C. & G. S. -U. S. Commerce Dept.)	国家海洋测绘局 (前身为美国 商业部海岸与大地测绘局)
PCM	Pulse code modulation	脉冲编码调制
PM	Phase modulation	相位调制 (调相)
SAMOS	Satellite and Missile Observa-	

	tion System	卫星和导弹观测系统
SEOS	Synchronous Earth Observation Satellite	地球同步观测卫星
SIM	Scientific Instrument Module	科学仪器舱
SMS	Synchronous Meteorological Satellite	同步气象卫星
SPM	Solar Proton Monitor	太阳质子监测仪
TIROS	Television Infrared Observation Satellite	泰罗斯卫星
TOS	TIROS Operational Satellite	实用型泰罗斯卫星
TV	Television	电视
USAEC	U. S. Atomic Energy Commission	美国原子能委员会
USC&GS	U. S. Coast and Geodetic Survey (see NOS)	美国海岸与大地测绘局
USGS	U. S. Geological Survey(a Bureau of the Dept. of the Inte- rior)	美国地质勘测局 (内政部的一个局)
VHF	Very High Frequency	甚高频
VTPR	Vertical Temperature Profile Radiometer	垂直温度分布辐射计

1. 空中运载工具

1.1 气 球

气球是一种可供实验或实用的遥感器运载工具, 它的形状、大小和性能视所需运载的仪器设备而定。但是, 气球的使用还受到气象条件的限制, 特别是受风的影响。

尽管气球在美国南北战争时就曾用做照相机的运载工具, 但是直到五十年代末还没有一项重要计划是利用气球来进行名目繁多的遥感实验的。到了 1972 年, 气球已能上升到 49 公里 (160000 英尺) 高, 并携带了多种遥感器, 对地球表面、大气和其它天体作了观测。实际上, 所有气球遥感飞行都是不载人的, 然而载人的气球飞行, 特别是天文学者所进行的载人气球飞行也已获得了成功^[66]。

1.1.1 自由气球

(1) 有效载荷与高度的关系

目前, 自由气球所能达到的高度及与之相关的有效载荷范围如图 10-1 所示。图中每条实线代表一组选定的经飞行验证的气球, 它们是由轻质聚乙烯薄膜制成的。当有效载荷超过 1000 公斤时, 聚乙烯气球通常需要用负荷带和顶部保护帽来加固。图中虚线表示具有所标体积的斯克林布 (Scrim) 气球的有效载荷与高度的关系。斯克林布气球是由表面复

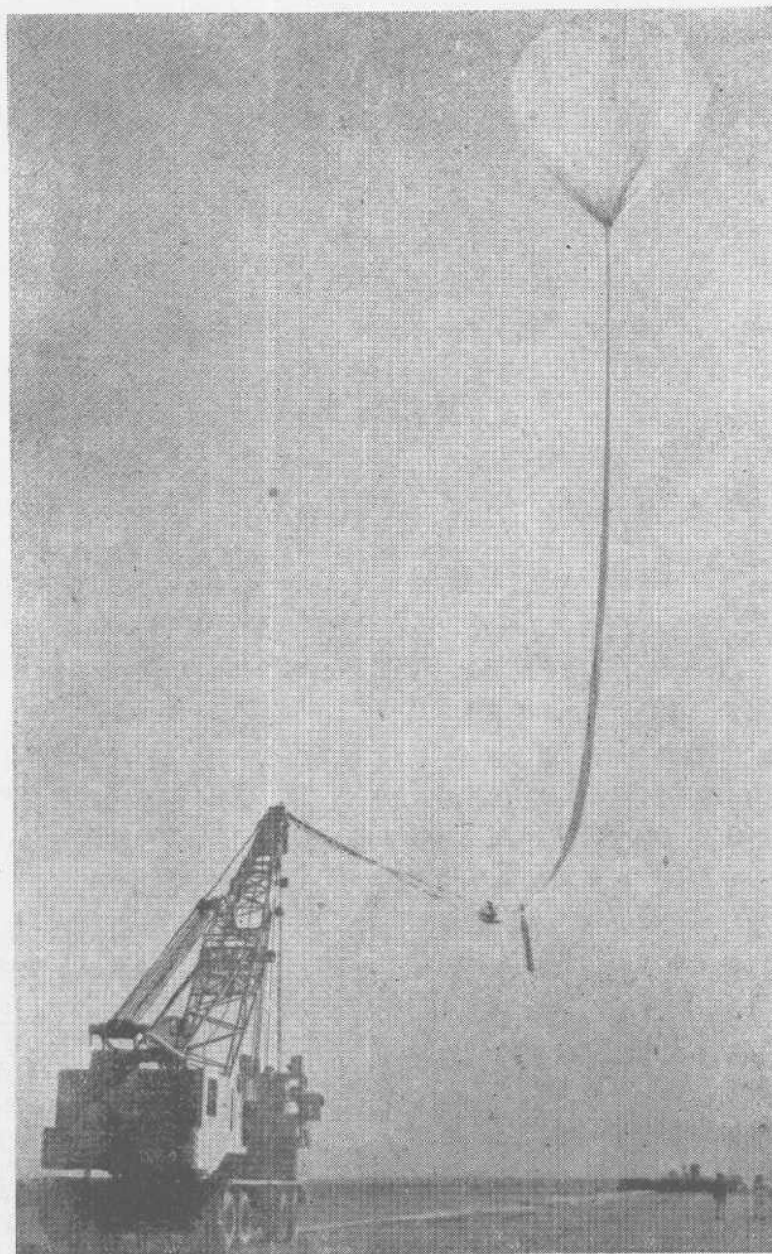


图10-4 串接气球正被绞车曳起，等待发射。上面的气球是斯克林布做的，体积为 17650米^3 （ 630000英尺^3 ），下面的气球是聚乙烯做的，体积为 1100000米^3 （ 39000000英尺^3 ），随着下面气球逐渐被来自上面气球的气体所充满，该系统徐徐上升，并带起 6400公斤 （ 14150磅 ）的载荷

“零压气球”通常携有镇重物，它可以通过抛掉镇重物来增加上升速度，或补偿由于热效应产生的下降。零压气球的飞行时间决定于它所携带的镇重物的数量。在选择合适的气球来满足特定飞行路线要求，或为实现一天以上的飞行时，这个重量因素是必须要加以考虑的。

“超压气球”与零压气球不同，它是完全密封的，不需要镇重物。它在等密度高度上漂浮，可以飞行几个月的时间。然而，超压气球一般只能装载 40 公斤（90 磅）以下的有效载荷，其成本较为昂贵。因此，它总是限于那些只带有轻便的遥感器来进行较长时间飞行的特殊场合的应用。

（4）稳定性

自由漂浮气球所固有的稳定性是科学应用中最引人注目的优点之一。只要在加载和安装时对仪器多加小心，照相机系统、分光计、磁强计、望远镜和干涉仪在飞行中就不会发生问题。

有效载荷的运动情况取决于有效载荷悬挂系统的力学性质。特别是当充满气的气球穿过大气上升时，吊索会随机地缠绕或松开，从而造成有效载荷以大约每分钟两转的不规则转速旋转。同时有效载荷会像一个单摆或复摆那样运动，一般观测到的角位移偏离铅垂线不大于 2° 。

在系统到达漂浮平衡高度之后，对多数实验来说就不需要再考虑有效载荷的运动了。虽然有效载荷取向的缓慢变化的确存在，但扭转速度一般仅有每小时数转，已经观测到的最大速度是每小时 12 转。而由于摆动产生的偏离铅垂线的位移小于半度（即有效载荷的水平位移等于吊索长度的 1.4×10^{-3} 倍）。

（5）自由气球的飞行与气象因素

自由气球的水平轨迹主要取决于它在空中所遇到的风向。但是，利用气象科学知识在很大程度上是有可能控制气球轨迹的，控制的办法是选择每年有经常重复的风势存在的时期，而气球高度采用扔下镇重物 and 排放气体来控制。

在使用气球作为地球表面遥感的运载工具时，有三种基本的飞行轨迹，即精确控制飞行、保持定域飞行和可回收的往复飞行。这三种飞行轨迹，都是以夏季平流层所发生的东风为基础的。

这种现象每年都发生，因此在计划飞行时可作为固定的因素来考虑。图 10-5 给出了夏季时节平流层东风带一个典型实例，它表示在 1964 年 7 月 22 日用火箭探空仪测风获得的 5 毫巴等压面（对应约 36.5 公里或 120000 英尺高度）的流线分析。该东风带从约为 18 公里的下界开始向上延伸，强度随高度上升而增加；在相同高度，强度随纬度的降低而增加。其峰值发生在七月后半月，其极小值在夏初和夏末。

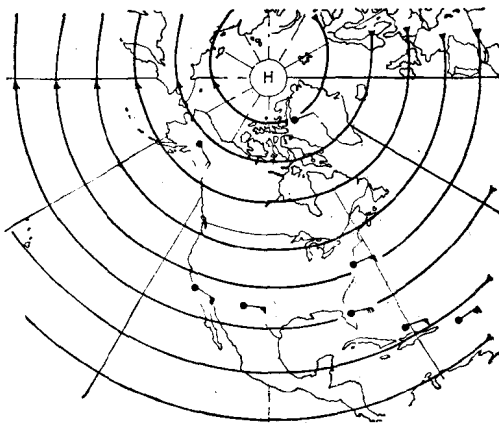


图 10-5 典型的 37 公里高空仲夏平流层风流

现在已经使用平流层东风带来作为精确控制气球飞越某一特定地理位置（如试验场地里装置有测量仪器的区域）进行工作的基础。还可以设想，利用这种风带来使载有遥感器的气球作横穿全国的飞行。

定域飞行和往复飞行也是利用夏季发生的平流层东风带的。但是，为了获得这种飞行轨迹，在平流层东风带的下面必须有西风带（从西面吹来的风）存在。这时，大气的相邻两层空气有相反的流动，就为控制气球在某一感兴趣区域上空往复飞行提供了条件，为此只须改变气球高度就行。在东风带和西风带这两层之间有一最小风层，从而为气球在一较小区域里盘旋较长时间提供了可能。

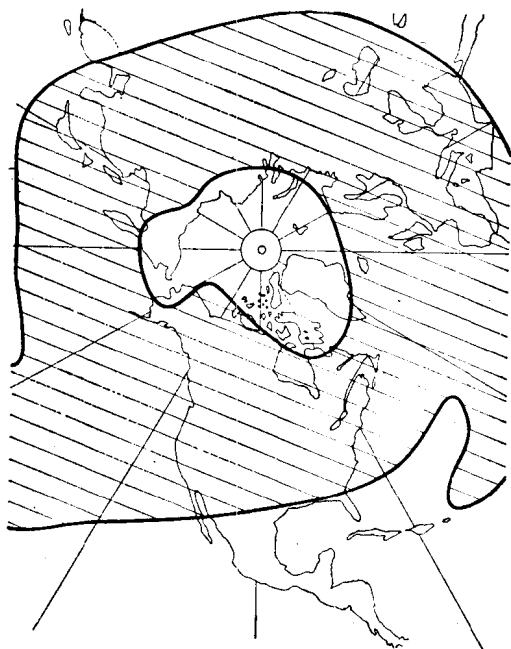


图10-6 在北半球夏季，气球盘旋和往复飞行区域的大致范围，高度14~22公里（约50000到75000英尺），风速10公里或更好，平均风向250°~300°

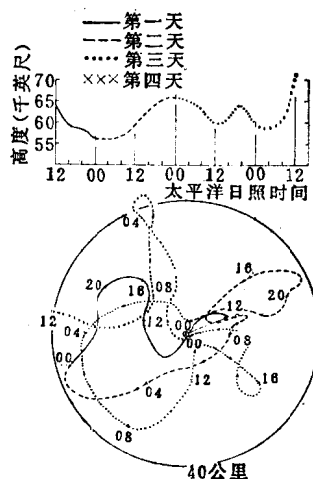


图10-7 1970年8月17日从加利福尼亚州奇科发射的气球（C70-18），盘旋72小时

图10-6给出了在北半球可以按这种方式进行定域飞行和往复飞行的位置资料。图10-7表示一个作定域飞行的气球的垂直和水平轨迹，它在半径为75公里（40国际海里）的区域内停留了72小时。

（6）Stratoscope 计划

到五十年代末期，实验天文学者发现：当在气球里只有一、二项实验要做时，发射各种不载人的气球比起进行更为复杂的载人飞行要经济而方便。简单的实验可以用不载人的气球把仪器送到高空进行，而用无线电信号指令设备、控制飞行和记录数据。

一项称为 Stratoscope 的不载人飞行计划为气球应用于天文观测提供了一个很好的范例⁽²³⁾，它取得了一系列突出的成就。由马丁·施瓦茨柴尔德（Martin Schwarzschild，普林斯顿大学天文学家）提议，海军科学研究局（Office of Naval Research）拨款资助的 Stratoscope-I 最早是在1957年发射的，此后不久又进行了几次飞行实验。获有一系列太阳表面米粒状组织的非常详细的照片。到1963年，一个双气球系统载着3150公斤

(7000磅)的有效载荷到达了约24400米(80000英尺)的高空。这一年还得到了月球、木星和几颗恒星的新的红外光谱。

Stratoscope-I是由国家基金会(N. S. F)、海军科学研究局和航宇局等单位联合搞的。1970年这个气球把一架无线电控制的口径92厘米(36英寸)的望远镜带到了高空(图10-8和图10-9),并取得了木星、天王星、塞佛特(Seyfert)星系和各种类型星云的分辨率极高的象片。

Stratoscope-I的一般技术指标是:

 上限: 24400米(80000英尺);

 尺寸: 长200米(660英尺);

 体积148600米³;

 有效载荷: 3150公斤(7000磅);

 专用装备: 一个64信道无线电遥测系统用于精确遥控; 一个遥控望远镜的定向系统(新泽西州普林斯顿RAC实验室制造), 其扫描精度为0.02弧秒; Stratoscope-I的关键仪器是一具精密光学系统(即望远镜), 重量为180公斤(400磅), 主反射镜直径92厘米(36英寸)。这具望远镜是珀金-埃尔默(Perkin-Elmer)公司设计的。它有5.5米长(18英尺)的主体管与3.3米(11英尺)的侧臂, 构成一L型的望远镜。侧臂里有定向装置、照相机装置和一台高分辨率电视摄象机。除了在侧臂里的高分辨率摄象机之外, 还有一台低分辨率的电视摄象机与主体望远镜瞄准同一视线。

在每次飞行之后, 该系统和已拍摄的胶片都返回地面。

1.1.2 动力气球

1972年美国空军至少发射过一个动力气球, 那就是美国《航空周刊与空间技术》(1973年)报导的Pobal^[6]。该气球体积为20200米³(710000英尺³), 升高到18300米(60000英尺)。它是由电池驱动的直径为9米(30英尺)慢速旋转螺旋桨推进的。该实验成功地进行了三个小时, 此后由于风而使舱脱落了。

同被动型的气球相比, 动力气球的优点是可遥控的, 可在一定的范围内沿一条给定路径飞行或在给定区域上空盘旋。如果研制成功, 这种类型的气球作为遥感器的运载工具有着很好的应用前景。

1.1.3 系留气球

有关系留气球资料的主要来源都列在章末的参考文献中。其中特别引人注意的是迈尔斯(Myers)为空军剑桥研究实验室编写的《系留气球》(1968年)^[42]。这本书是有关系

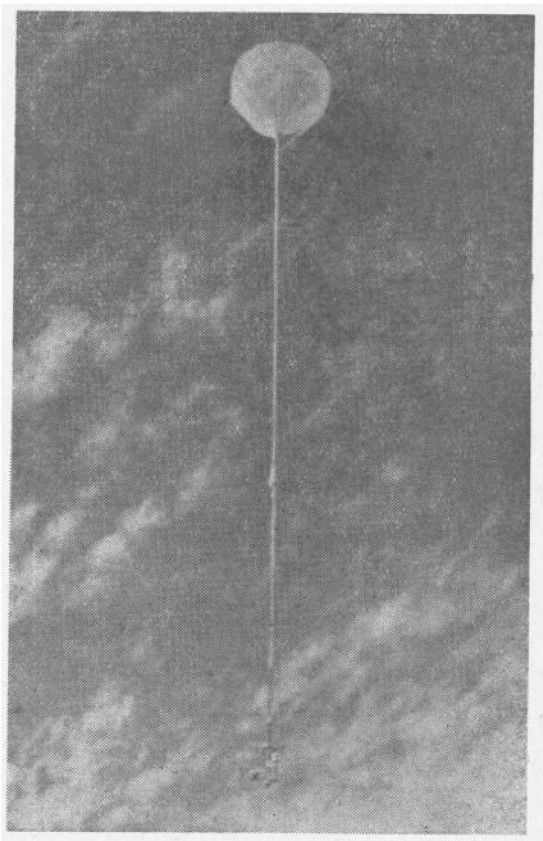


图10-8 Stratoscope-I, 这个气球载有三吨重载荷(其中有望远镜)升到24380米(80000英尺)高空。它曾获得很有价值的天文学资料

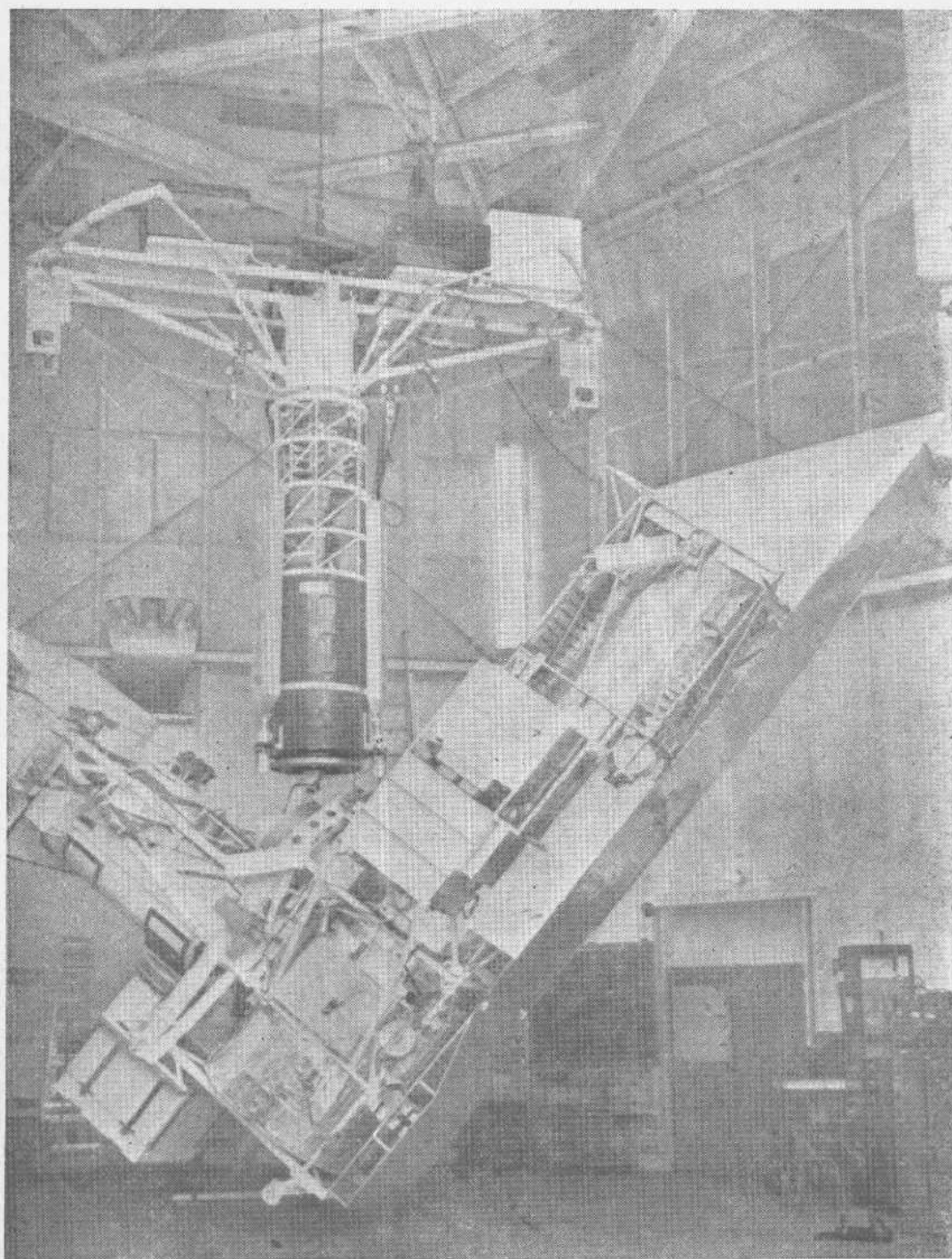


图10-9 Stratoscope望远镜和装有定向组件及高分辨率照相机装备的侧臂

留气球的历史、发展、应用以及目前可资利用的装备状况的权威性汇编。扬 (Young) 的论文 (1968年)⁽⁸⁵⁾ 对于系留气球技术做了完整的评述并叙述了它将来的能力。由高级研究计划局委托 Battelle Columbus 实验室写的一份报告 (1971年)⁽⁴⁴⁾ 对系留气球提供了系统的概述和技术评价。

在考虑使用系留气球时, 首先遇到的问题是大气和气球在其中飞行的空间。风的情况和其它气象因素是否有利? 在实施作业地区上空有无安全限制? 气象因素的限制在很大程度上取决于所要使用的系留气球系统的类型。空间的利用必须由管制机构作统一的安排; 在美国, 这样的机构是联邦航空署或负有限定空间利用的仲裁机构。有关系留气球的条款见联邦航空条例, 卷六, 101章《系留气球和风筝》⁽⁶⁹⁾。

系留气球在历史上是同军事用途相联系的。战时用它作为对空中攻击的被动防御工具, 以及作为观测炮弹落点的观测平台。现时, 这种气球的用途则广泛得多, 涉及到各类科学学科, 它正被用来把各类遥感器、气象测量设备、通信中继设备和天线等送上天空。

(1) 概况和能力

系留气球系统通常都是按特定用途而定制的。目前使用的系留气球主要有三种类型: 球形、自然形、单球体空气动力形或流线形, 后者则可根据设计要求做成各种长细比和尾翼的形式。任何特定系统的球体设计都是根据诸如顺风位移、高度、有效载荷、风速、飞行时间和预期寿命等要求来决定的。

球形气球是自系留气球一出现就开始使用的, 且至今仍远远不能摒弃不用。尽管这种形状的气球仅限于风速低于55公里/小时 (30节) 时使用, 但世界上有若干区域球形系留气球能使用几个月, 并能飞到海拔3000米 (10000英尺) 的高度。球形气球的主要优点是它与流线形气球相比成本较低。

图 10-10 表示一个 710 米^3 (25000 英尺^3) 球形气球正待命发射。这个系统使用三根系留索控制气球, 保证它的位置在比较小的范围里变动。这个气球已多次用来做了各种实验。在各种不同的有效载荷-高度组合当中, 有一种是在最大风速为38公里/小时 (20节) 时装载200公斤 (440磅) 有效载荷升至1公里 (3300英尺) 的。

自然形气球即是用系绳固定住的自由气球, 它也是一种系留气球, 且它还有成本较为低廉的优点。但是, 它只能在风速低于30公里/小时 (15节) 时使用。

流线形气球的风速限制要宽得多。在相同的风场中用一根系绳, 流线形气球飞行起来比起球形气球说来更加接近于系绳地点。图 10-11 是一个 2800 米^3 的单球体“A形”气球, 它是在第二次世界大战期间由英格兰海桥工业公司 (Sea Bridge Industries 即现在的航空工业公司 Airborne Industries, Ltd.) 设计制造的。

图 10-12 是三种最普通的流线形气球的有效载荷-高度关系图。这些曲线是在系绳绞车牵力为135公斤 (300磅)、气球气体超过环境标准温度之上 30°F 以及缆绳重量为134公斤/公里 (8.4磅/英尺) 这样的条件下得到的。成本为15000美元到35000美元不等。这些气球的球皮在风速超过110公里/小时 (60节) 时安全无损。

为发展系留气球并提供目前已有系统的精确的稳定性数据, 正使用着现代化的工具——理论 (或计算机计算的) 模型——以及实验 (或仪器测量) 飞行等。迈尔斯和沃拉切克 (Vorachek) (1971年)⁽⁴²⁾、多伊尔 (Doyle) 和沃拉切克 (1971年)⁽²⁰⁾ 以及多伊尔

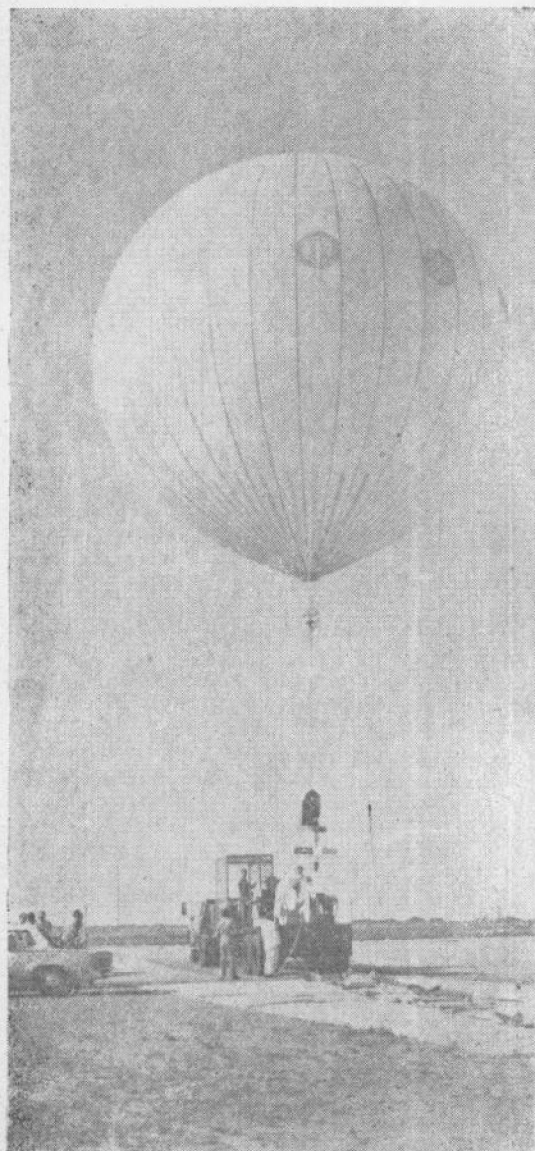


图10-10 在新墨西哥州白沙导弹靶场上的一个待命发射的708米³ (25000英尺³) 球形系留气球

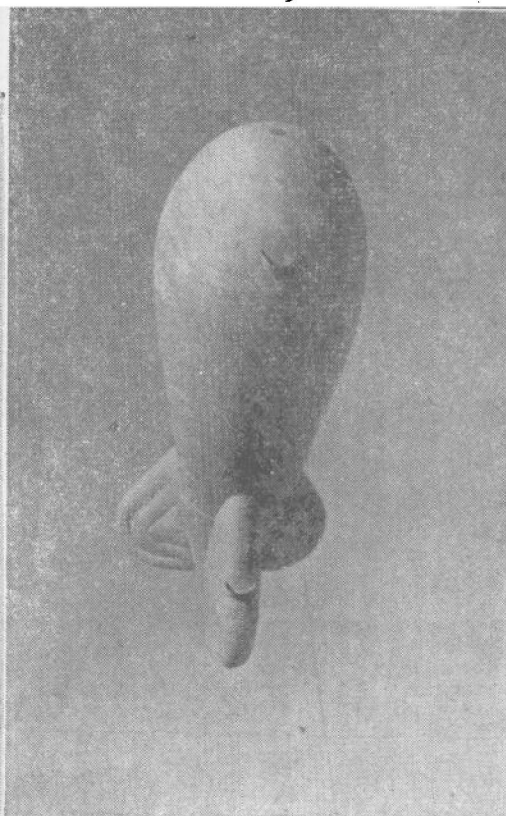


图10-11 英国的单球体风筝式气球, 体积2832米³ (100000英尺³)

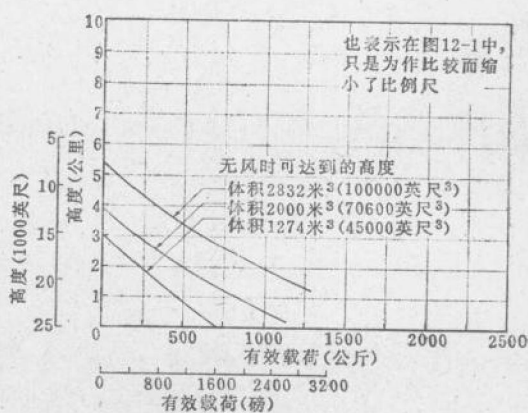


图10-12 流线形气球有效载荷与体积及高度的关系

等 (1973年)⁽²¹⁾ 已对理论模型作了研究。例如目前已研制出的 ARPA 系列Ⅱ气球可在风速 140 公里/小时 (75节) 的风中飞行。在新墨西哥州美空军系留气球发射场上已经使用电影经纬仪和无线电遥测仪获得了能够直接用于遥感器的测量结果。其数据包括: 一个2800米³ (100000英尺³) A形BJ改进型阻塞气球, 缆绳长至 2750 米 (9000英尺) 在风速直到 50公里/小时 (27节) 时有效载荷的位置、速度、加速度以及俯仰与滚动等。用一个8000米³ (28000英尺³) 的自然形气球也获得了类似的数据, 该气球用的是三根系绳, 高度至 610 米 (2000英尺), 风速至 25 公里/小时 (13节)。

1108391