

И. Я. 譚納塔 爾 著

高 空 气 象 学

高空风单点观测法



國防工業出版社

高 空 气 象 学

(高空风单点观测法)

И.Я.譚納塔爾 著

李 榆 譯



國防工業出版社

内 容 简 介

本書可作为空軍中級技术学校的教材。

本教材基本上是为受过中学九—十年級普通教育及了解气象学基本知識的讀者編写的。教材的个别章节对于受过更少教育的讀者也是容易理解的。

И. Я. Танатар

АЭРОЛОГИЯ

МЕТОД ШАРОВ-ПИЛОТОВ,
НАБЛЮДАЕМЫХ С ОДНОГО ПУНКТА

Военное издательство
министерства вооруженных сил воюжа ССР
Москва—1948

本書系根据苏联軍事出版社
一九四八年俄文版譯出

高 空 气 象 学

(高空风单点观测法)

[苏]謝納塔爾 著

李 檢 譯

國防·業·版·社 出版

北京市書刊出版业營業許可証出字第 074 号
机械工业出版社印刷厂印刷 新华書店发行

850×1198 1/32·11⁹/₁₆ 印張·284,000 字

一九五八年七月第一版

一九五八年七月北京第一次印刷

· 印数: 1— ,900 册 定价: (10)2.10 元

目 录

緒論.....	5
---------	---

§ 1. 高空气象学的对象、它在地球物理学体系中的地位, 以及在军事上和国民經济中的意义.....	5
--	---

§ 2. 大气研究方法的分类及其概述.....	6
-------------------------	---

第一章 测风气球单点观测法的理論基础

§ 3. 空气和氫气的密度.....	18
--------------------	----

§ 4. 测风气球的容积.....	22
-------------------	----

§ 5. 测风气球的总举力和净举力.....	26
------------------------	----

§ 6. 测风气球净举力随高度的变化.....	29
-------------------------	----

§ 7. 空气阻力.....	31
----------------	----

§ 8. 空气阻力随高度的变化.....	34
----------------------	----

§ 9. 测风气球的升速.....	35
-------------------	----

§ 10. 测风气球的表上升速及其测定的方法.....	39
-----------------------------	----

第一章复习題、練習題和作业題.....	50
---------------------	----

第二章 测风观测记录的初步整理

§ 11. 测风气球的座标.....	55
--------------------	----

§ 12. 测风气球的路徑投影。高空风.....	58
--------------------------	----

§ 13. 用分析法整理测风观测记录.....	61
-------------------------	----

§ 14. 测风观测记录图解整理法的一般原理.....	74
-----------------------------	----

§ 15. 公尺秒刻度尺.....	79
-------------------	----

§ 16. 繪图紙及其在整理测风气球观测上的用法.....	85
-------------------------------	----

§ 17. 莫尔惹諾夫繪图板及其在整理测风气球观测记录上的应用...	93
------------------------------------	----

第二章复习題、練習題和作业題.....	100
---------------------	-----

第三章 高空气象用的經緯仪

§ 18. 高空气象經緯仪的用途及其构造图.....	105
----------------------------	-----

§ 19. 高空經緯仪的主要部分及其构造与相互作用.....	108
--------------------------------	-----

§ 20. 高空經緯仪望遠鏡的光学系統和构造.....	120
-----------------------------	-----

§ 21. 水准器的构造、經緯仪的水准測量	136
§ 22. 罗盘的构造和經緯仪按照罗盘定向的方法	143
§ 23. 高空經緯仪的电气照明設備	146
§ 24. 高空經緯仪器誤差的来源	151
§ 25. 高空經緯仪讀数的修正	177
§ 26. III 式、庫茲涅卓夫式及华特式經緯仪的构造特点	185
§ 27. 自記經緯仪	193
§ 28. 經緯仪的維護和最簡單故障的排除	197
第三章复习題、練習題和作業題	200

第四章 氫气和測風气球的球皮

§ 29. 氫气、氫气的物理性質和化学性質	205
§ 30. 氫气瓶的构造	209
§ 31. 压力表和压力調節器	213
§ 32. 工业上制氫和野外制氫的方法	217
§ 33. 制氫瓶和制氫瓶的构造与用法	219
§ 34. 測風气球球皮的种类、尺寸、重量和灌氫的标准	225
§ 35. 測風气球球皮的保管、灌氫和測量已灌好的气球的方法	229
第四章复习題、練習題和作業題	235

第五章 測風气球的觀測

§ 36. 測風气球觀測位置的选择和經緯仪的安置	238
§ 37. 經緯仪的定向和方位角的測定	240
§ 38. 觀測測風气球的技术	258
§ 39. 高空气象报告和測風气球觀測月报表的編制	263
§ 40. 測風气球报告电碼。“高空風”电报的編制	263
§ 41. 夜間測風气球觀測	272
第五章复习題、練習題和作業題	276

第六章 測風气球单点觀測法誤差的来源和范围

§ 42. 測風气球觀測法的誤差来源	279
§ 43. 風速測定中的誤差	284
§ 44. 風向測定中的誤差	297
§ 45. 測風气球觀測法可靠記錄的高度范围及其精确度	300
第六章复习題、練習題和作業題	303

附录:

1. 0°时的测高表	305
2. 根据周周长度 C (公分) 和净举力 A (克) 测定气球升速 W (公尺/分钟) 的查算表	306
3. 气球升速的空气密度订正乘数 $\sqrt{N}$	308
4. 升速乘订正乘数 $\sqrt{N}$ 的乘积查算表	310
5. 根据球皮重量 q 和净举力 A 确定测风气球的升速	312
6. 订正乘数的乘积查算表	314
7. 用分析法整理测风观测记录用的表格	316
8. 用图解法整理测风观测记录用的绘图纸	贴附
9. 莫尔惹路夫绘图板	贴附
10. 1930年的等磁偏线图	贴附
11. 地磁场等年度变线图	贴附
12. 苏联时区划分图	贴附
13. 平均格林威治正午时刻的时差和太阳偏角	318
14. 测风气球观测记录表	323
15. 测风气球观测记录簿 (空军气象勤务处)	325
16. 测风气球观测记录簿 (苏联水文气象总局)	329
17. 高空气象报告	334
18. 测风气球观测表	337



緒 論

§ 1. 高空气象学的对象、它在地球物理学体系中的地位，以及在軍事上和国民經济中的意义

“高空气象学”是一个复合名辞，它来自两个古希腊字：“αέρος”，意指空气；以及“λογος”，意指智能、理解。

但是，高空气象学是关于空气的科学这一概念，未免过于概括化，并且也不符合现在这门学科所规定的內容。

现在高空气象学的范围，包括对高层大气中发生的物理过程进行研究的方法。作为这些过程特征的是：空气运动的速度和方向，气压、气温、空气湿度和其他要素。

在气象台站上观测贴地气层中的这些要素，对观测員說来，無論用气象仪器或肉眼观测都不困难。

高层空气却不能直接观测。要研究高层空气，观测員必須乘坐某种飞行器具上升，或者施放各种专门仪器。設計这类仪器和整理这些仪器得出的记录的方法，（构成高空气象学——研究高层大气的方法的科学——的内容。）

因此，高空气象学是地球物理学体系中的一种颇为实用的科学。

地球物理学是研究我們人所居住的行星——地球上产生的物理过程的科学，它分为三个部分：

1. 研究地球固体圈（岩石圈）中发生的物理过程；这里包括地质学，地震学（一种关于地壳震动的科学），矿物学以及其他等等。

2. 研究地球液体圈（水圈）中发生的物理过程；这里面包括水文学，海洋学，湖沼学（一种关于湖泊的科学）以及其他等等。

3. 研究地球气体圈（大气）中发生的物理过程；其中包括气象学，高空气象学，天气学，大气热力学，大气光学，大气声

学以及其他等等。

这三部分之中任何一部分所包含的全部科学，均彼此密切相联。其中每一种科学的結論都可以应用于相邻科学，相邻科学的发展会刺激里面每一种科学的发展，而每一种科学的发展也促进了相邻各学科的发展。

这种关系对于高空气象学和天气学特別明显。天气学的任务中包括天气分析和天气預报的研究。近代的天气分析和預报在很大程度上要根据高层大气状态的記錄，这些記錄則是借高空探測得来的。高层大气研究方法之改进，或者說，大气探測方法之改进，也帮助天气分析和預报方法得到改进。天气預报在我們国民經济中的作用是很明显的，它在农业和运输上的作用尤其重大。

高空探測記錄在軍事的許多方面，首先是在炮兵和空軍方面得到直接应用。

远射程大炮射击时要使用各高度上空气密度的分布和空气运动的速度与方向的資料。因为彈道是由这些資料来确定的，所以要想精確命中目标就必须考虑到这些資料。从飞机上投彈也是一样。

远距离飞行时风的偏航作用很大，所以在领航勤务的工作中包括了考虑到风的影响的飞行諸元的計算。而各高度上风的記錄則是借高空气象方法获得的。

由于地球上各地均进行有系統的高空探測，因而形成了关于那些在一年或一日內的不同时刻，发生在大气中不同高度上的各种物理过程的特性的概念。这些观测資料不仅在地球物理学体系中要应用，其他許多方面；例如設計飞机和发动机，平流层飞机和火箭，研究人体器官在高空中的变化等等也都要运用。

上面引述的材料，足以說明高空气象学这一門得到广泛运用的科学的意义，因此研究高空气象学的重要性也就容易明白了。

§2. 大气研究方法的分类及其概述

大部分的高空探測方法都要用气象計。

能記錄几种气象要素（通常是記錄气压、气温和空气湿度）的自記仪器称为气象計。气压、气温和空气湿度的自記仪器在气象台上已經广泛应用，并且大家都知道这些仪器的名称叫做：气压計、溫度計和湿度計。气象計本身实际上就是几种自記仪器联合而成的一种仪器。

本書第二部中要詳細討論气象計的构造。图1所示就是去掉外壳的气象計全貌。各种气象要素是借笔尖記錄在图左面所示的

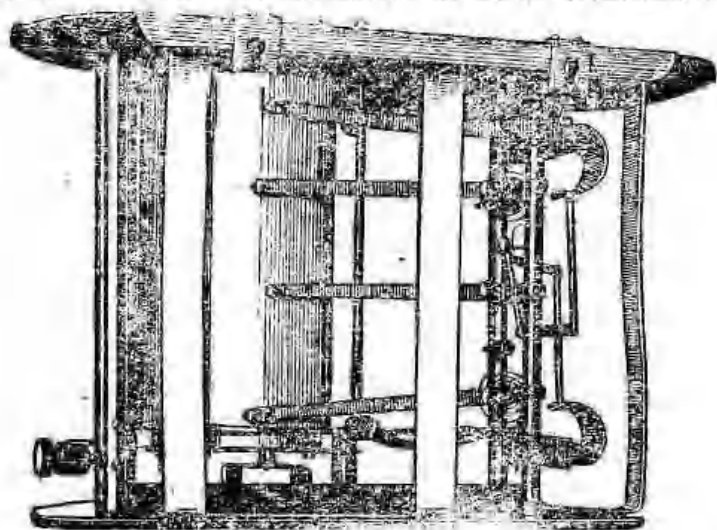


图 1 去掉外壳的气象計全貌

圓筒上，这些笔尖借杠杆傳动同气象要素感应器发生联系。

有了气象計，研究大气的問題就归結为使用何种方法施放气象計的問題了。根据施放的方法和所用仪器的性質，可将高空探测方法区分为四类：

第一类方法是以使用比空气重的器械为基础的。

风筝法、飞机探测法和火箭法均属于第一类方法。

第二类方法是以使用比空气輕的器械为基础的。

系留气球、自由气球、平流层气球、探空气球和测风气球等方法均属于第二类方法。

特殊的第三类方法是以使用无綫电装置为基础的。这类方法中包括无綫电探空仪和无綫电测风方法。

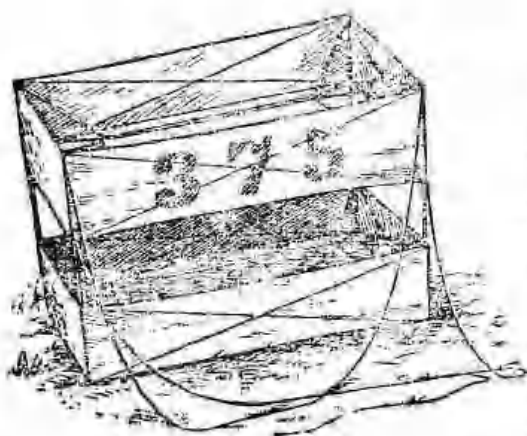


图 2 风筝（箱形的）

基本方法。现在风筝法已经过时了，差不多到处都被用飞机携带气象计和施放探空仪的方法所代替了。风筝法的实质是把气象计用箱形风筝升到空中。风筝的设计思想是以对气流成一定角度的薄片获得浮力作为基础的。

图 2 上画的就是一个长方形横断面的风筝，其面积为5公尺²。

最后，第四类方法包括光学法，这类方法主要用于夜间测定云高；即探照灯（云幕灯）方法，泄光弹和信号弹方法。

风筝法是在1894年采用的，并且从这时候起开始发展起来。在1920~1925年以前可以说它是探测大气的一种

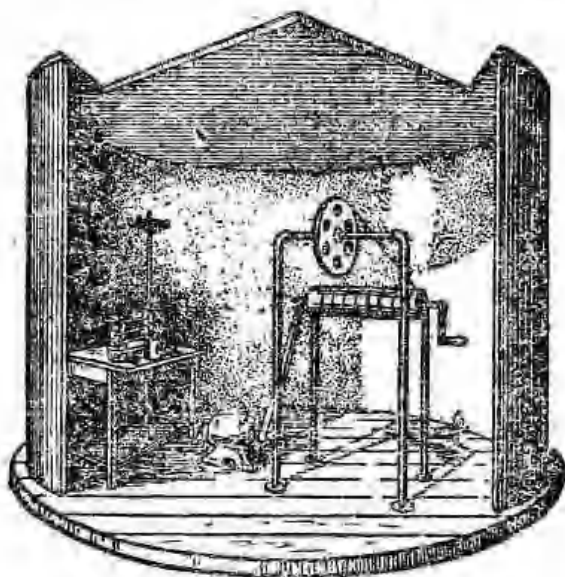


图 3 放风筝用的小屋

还有三角形和半圆形横断面的风筝。风筝的架子是用轻而牢固的木料如竹子，或用铝条做成，其上通常再用丝线捆紧。

风筝借胸绳系在钢绳上，胸绳的构造类似儿童玩的纸风筝下面的陡线。

钢绳卷在绞车的圆筒上，往下收风筝的时候绞车是用马达转动的；风筝放上去时借风筝产生的举力来转动绞车的圆筒就够了。

绞车连马达一起安在一个专设的圆形小屋里面或汽车上（图3）。气象计或者固定在风筝的内部，或者系在装有专用环圈的钢绳上。假使绞车上的钢绳与地平面构成的角度小于 20° ，那么为了支持风筝和放出去的钢绳，还要系上几个辅助风筝，这样一来，放上去的风筝总数可以达到7~8个，其分布情形如图4所示。

在个别情形下用风筝法差不多能将气象计升到10公里高，可是风筝的平均上升高度却不超过1500~2000公尺。这样的探测高度现在已经认为是不够了。风弱时（小于3~4公尺/秒），就不能放风筝，在这种情况下为了保证经常对大气进行探测，就得利用他种施放气象计的方法。所以常常是风筝法和系留气球法配合使用。

用风筝带上去的气象计，不仅能记录气压、气温和空气湿度，而且还能记录风速。图5上所示的风筝气象计顶部就带有记录风速用的风杯。

施放气象计所用的时间与高度和上升条件有关，平均是3~4小时。上升很高时所花的时间会增加到8~10小时。

1918~1920年开始用飞机携带气象计。先是利用风筝气象计来作

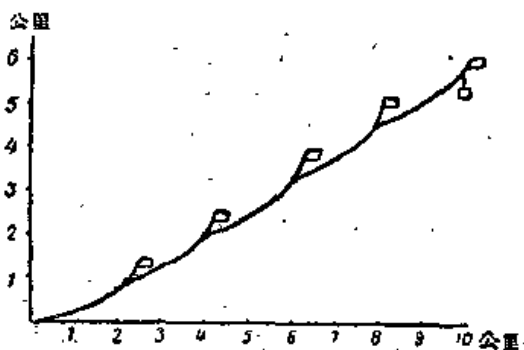


图4 风筝的行列

试验，可是很快就确定需要设计一种用飞机携带的专门气象计

了。現在飞机气象計已經有了很多类型。

用飞机探测大气的高度取决于飞机的“上升限度”。現在用飞机携带气象計的平均高度是4000~5000公尺。在个别情况下用飞机携带气象計可以达到14公里。

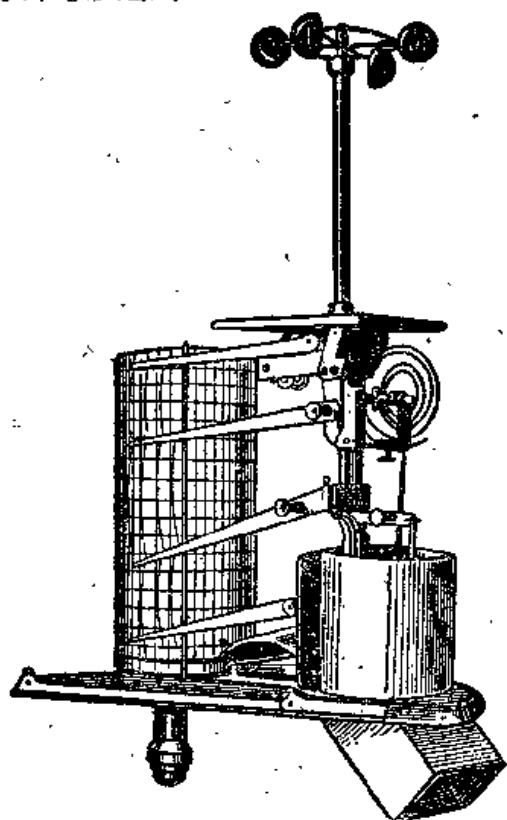


图 5 风筝气象計

用飞机携带气象計有很大的优点，不仅是因为能在短時間內到达很大的高度，而且也由于观测員能够同时上升的原故，他可以用目視和仪器进行观测，获得补充气象計记录的极宝贵資料。

系留气球法最初是与风筝法同时采用的。施放气象計用的气球是一个充滿氫气的涂胶絲質球囊，其体积为60~100公尺³。借鋼繩將气球系在絞車上，这种絞車的类型象放风筝时使用的一样。

由于随气球的升高它的举力减小，而鋼繩的重量却增加了，所以用系留气球携带气象計所达到的高度不会超过2000公尺。强

风时因为巨大的球面加强了繩的張力，因而也限制了上升高度。但是在无风或微风因而不能放风筝的时候还是要施放系留气球。

施放气象計时使用两种气球：圓形的和风筝形的气球。图 6 所示即为圓形气球，图 7 則是风筝形气球，它带有斯卢茨克高空气象研究所设计的稳定器。图 8 画的是带有气囊式稳定器的风筝形气球略图。

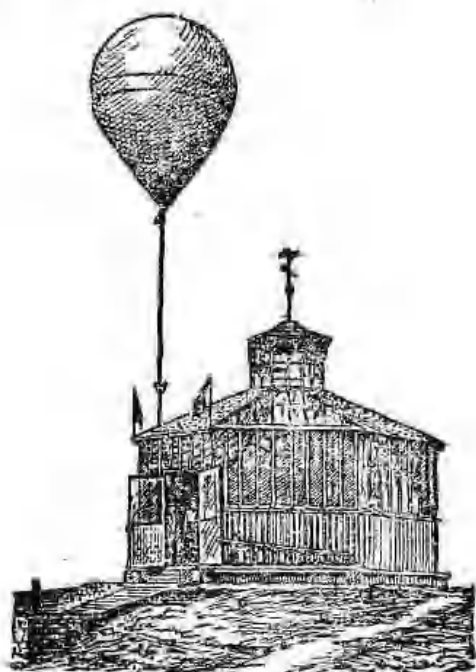


图 6 圓形系留气球

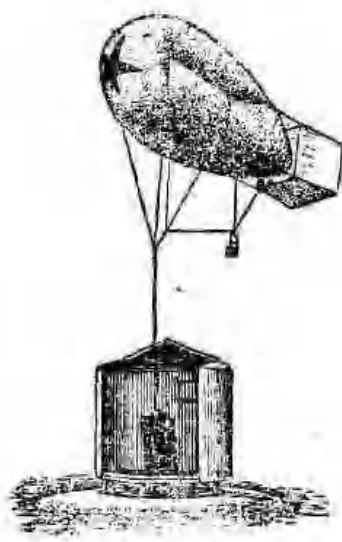


图 7 装有稳定器的风筝型系留气球

风筝形气球具有圓形气球所无的优点，可以产生很大的举力。风小时这种优点很显著，风强时因为繩的拉力发生了危险性的增加，风筝形气球的这种特点却成为它的缺点了。

自由气球是一种尺寸很大的圓形球囊，当其充满轻于空气的气体后，获得的举力可以带起一个人或几个人。自由气球同地面毫无联系，可以自由上升到它的举力所限的高度，同时还可以在大气中借风的作用移动。

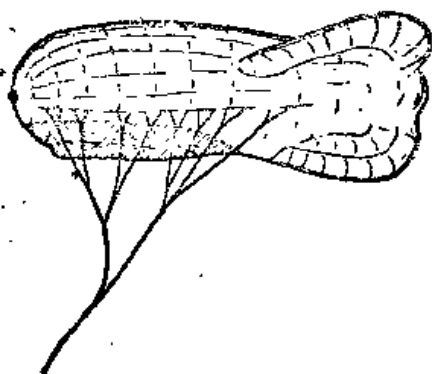


图 8 装有气囊式稳定器
的风筝形气球略图

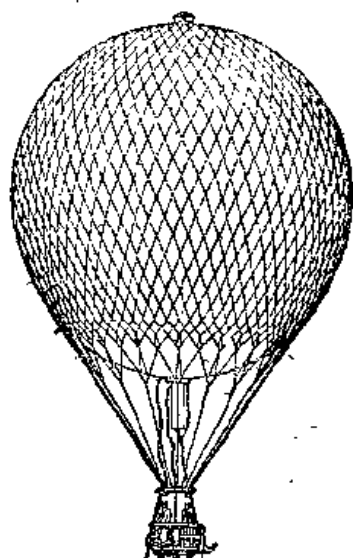


图 9 自由气球

第一个自由气球乘有在大气中进
行科学观测的人员，其体积约2000公

尺³，是在1783年施放的。从那时起到现在各国曾不只一次地施放了自由气球，但都是带有偶然性的，而且也比较少。坐在自由气球里面亲身观测特别有价值，尤其因为能将仪器的读数同气象计的记录进行比较，所以更是可贵。现在的自由气球球囊是灌氢气的；从前也用照明气体，有时甚至用热空气。第一个体积很大的乘人自由气球灌的是热空气，这些热空气是由在亚麻球囊的下方点火而升腾起来的。

现在的自由气球的体积，是取决于载重量和预计的飞行高度。

自由气球通常采用容积为400到2000公尺³的球囊。在自由气球上飞行乘员是坐在悬于球囊下的吊篮里面。图9所画的就是自由气球。用自由气球探测大气高度可以达到8~10公里。

容积在10000公尺³以内的气球，称为准平流层气球；准平流层气球达到的高度是12~14公里。平流层气球采用的球囊容积在10000公尺³以上。“苏联”号平流层气球的球囊容积是24340公尺³。

在气球上飞行乘员是坐在一个特制的密封的金属吊篮里面。因为这种吊篮不透气，所以里面要维持着使人体器官保持正常机

能所需要的气压。用专门的氧气设备以补充氧气之不足，同时又用其他仪器来吸收人在呼吸时排出的二氧化碳。这些仪器的作用非常完善，使得乘气球上升的人在很高的高空中不会感到有任何不舒服的感觉。图10所示为1933年上升到19公里高的“苏联”号平流层气球的吊篮。在图11中看到的就是起飞不久的“苏联”号平流层气球。球囊拉长的形状说明它只灌了整个体积八分之一的氦气；随着高度增加，装在球囊中的氦气也会膨胀，并且逐渐灌满整个球囊。

利用平流层气球差不多能够顺利地深入大气24公里。平流层气球除了能携带气象计以外，还能携带研究大气和其他科学工作的许多别的仪器，特别是能够携带研究宇宙射线用的仪

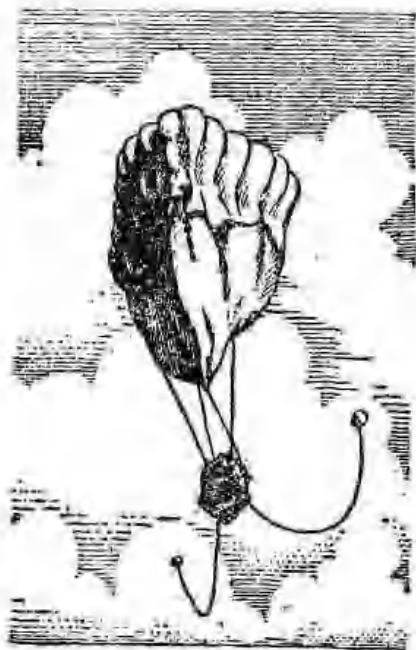


图 10 平流层气球吊篮 · 图 11 飞行中的苏联号平流层气球

器。宇宙射线的产生及其对大气中和地面上物理过程的影响，乃是近代科学上值得注意的一个问题。

1893年出现了探空气球法。探空气球本身是一个容积2~3公尺³的橡皮球囊。这种气球灌满氦气，能举起1公斤左右的

重量，这些重量就是一个輕型构造的特种气象計的重量。探空气球升到它能够达到的最大高度以后，或者破裂，或者由于扩散作用逐渐失去举力而落到地上。为了使气象計落下时不致破碎，用一个小降落伞把它挂在探空气球上。有时候是用一个尺寸比探空气球小的輔助气球来代替降落伞。探空气球破裂后，气象計就悬在輔助气球上降落，輔助气球的举力能使其緩緩下降而不致破碎。探空气球深入大气很高，用探空气球施放气象計往往能达到37公里的高度。

可是探空气球法具有許多缺点，其中最主要的一个缺点就是要找到落到地上的气象計毫无保障，因此，假使誰都沒有找到带着气象計落下来的气球，或者虽然拾到却不送到放探空气球的气象台上来的話，探空气球的施放就会毫无結果。在居民稠密的地方，放出去的气象計有70%可以找到，而且照仪器上指定的地址送回。可是就在气象計的这个数字中，也只有某一部分仪器記錄能够利用，因为其余一部分仪器在落下时或者由于拾得者不小心对待，仍会受到损坏。虽然整理結果也有很大用处，但却不能在需要获得最新大气状况記錄的天气服务中直接运用。因为有时候气象計放出去几个月以后才在距离施放地点1000公里以上的地方找到。

現在探空气球的方法，已經被无綫电探空仪的方法代替了，用这种方法探测大气也能达到很大的高度。图12上面画的是施放前带有降落伞的探空气球，图13上是带輔助气球的探空气球。

测风气球法則是出現于1905年。这种方法能够测定自由大气中各种高度上的风向和风速。

测风气球本身是一个充滿氫气，体积約0.1~0.2公尺³的橡皮球。测风气球上面未系任何仪器，只是很簡單地把它放出自由飞翔。测风气球运动时受举力作用上升，同时也被气流带走，因此它在大气中的路徑形状是随风向和风速而变。

观测测风气球的运动是用一种专门的光学测角仪器——高空經緯仪来进行。将测风气球的观测記錄进行整理，整理結果就得出高空中的风向和风速。测风气球能够观测到40公里的高度。图