

第十二章 高空探测

12.1 探空气球与无线电探空仪

常用手段	雷达、无线电探空仪、卫星探测、火箭探测、飞机探测
高空气象观测	测量近地面层以上大气的物理、化学特性的方法和技术 测定大气各高度上的温度、湿度、气压、风向、风速为主。
探空气球	悬挂无线电探空仪，由充有氢气的探空气球携带无线电探空仪上升，进行温压湿的测量 飞到 30-40km，上升速度 6-8m/s，大约 1.5h
分类	膨胀型：最常用，不断上升，一般用于垂直探测；由伸缩性大的橡胶制成，内有氢气 非膨胀型：用于水平探测，制作定高气球，系留气球；球皮由聚乙烯塑料薄膜，在超压状态下工作，无伸缩性 上升气球、平移气球、下降气球（火箭或飞机释放，后释放降落伞，下降探测）
无线电探空仪	一种遥测仪器，将感应的气象要素值转换为无线电信号，不断地向地面发送。 悬挂于探空气球下方 8m 左右。约 300-500g，覆盖有防水纸与泡沫构成。

12.2 高空温压湿观测

GTS1 无线电探空仪

内有温度传感器、湿度传感器、智能转换器（含气压）、发射机（应答机（二次雷达））、电池五部分

温度：棒状热敏电阻 -80~40°C

湿度：高分子湿敏电阻 出厂时都密封在带有干燥剂的玻璃瓶中，一旦打开，要及时使用

气压：硅阻固态压力传感器 10-1050hPa 气压传感器安装在电路板上（在智能转换器上）

智能转换器：将物理量转换为二进制代码

12.3 高空风观测

观测方法	① 利用飞机、气球将测风仪器带到高空 ② 通过跟踪测风气球的运动轨迹来计算风向风速，会产生水平位移
受力分析	气球上升过程的受力，气球升速的变化情况 气球浮力 $F_{\text{浮}} = \rho g V$ 氢气重力： $G = \gamma g V$ 球皮和附加物： B （ ρ 空气密度， γ 氢气密度， V 气球的体积） 总举力：与气球同体积的空气重力与氢气重力之差 $E = (\rho - \gamma) g V$ 总举力不能够完全决定气球能否上升，只有净举力才能完全决定 静举力： $A = E - B = (\rho - \gamma) g V - B$ 其一般不随气球上升而改变。因此，认为升速为一恒定值 假设： 1. 球内部的气体压力 \approx 周围的空气压力 2. 气球内外温度是相等的 3. 氢气的扩散逸出可忽略，球内气体质量不变

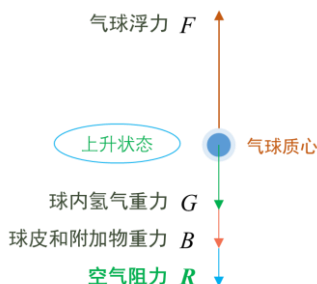
由假设可得：球内氢气密度正比于外界空气密度的变化，反比于气球的体积的变化。

$$V\rho = V_0\rho_0 = \text{常量} \quad V\gamma = V_0\gamma_0 = \text{常量}$$

$$A = (\rho - \gamma) g V - B = (\rho_0 V_0 - \gamma_0 V_0) g - B \quad A_0 = A$$

$$A_0 = (\rho_0 - \gamma_0) g V_0 - B = (\rho_0 V_0 - \gamma_0 V_0) g - B$$

空气阻力： $R = c \frac{\rho}{g} s \omega^2$ s 为气球面积 ω 为气球速度 c 为阻力系数



常用气球升速公式 $\omega = b\rho^{-\frac{1}{6}}\frac{\sqrt{A}}{\sqrt[3]{A+B}}$ b 为一略微变化的固定值。

- 影响因子：**
1. A 与 B：若要增加升速，则增加 A，减小 B
 2. 空气密度 ρ 的变化，气球的升速是随空气密度的减小而缓慢增大的
 3. 空气阻力系数 c，在乱流很强时，空气阻力系数减小，使计算值偏低
 4. 垂直气流对升速的影响很大（尤其在复杂地形区）
 5. 渗透和扩散的影响，导致气球升速变小

误差：实际升速与计算升速差别为**两头大中间小**。近地面实际升速更大（空气的乱流运动的影响），高空实际升速更小（氢气渗透量增加）。

12.4 高空风速风向计算

主要方法 单经纬仪定点测风、双经纬仪定点测风、矢量法计算气球高度、二次雷达测风

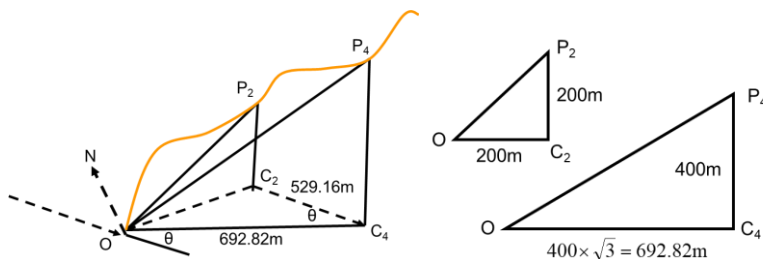
单经纬仪定点测风

原理：使用一台经纬仪，在一个固定的地点，观测**跟踪气球**移动的**轨迹**来确定高空的风向风速

经纬仪能够测的**仰角与方位角**，由垂直高度得到升速。

升速确定，某一瞬时气球在空间的位置对地面有一个垂直投影点，测得**某一个时段**内气球投影点的位移，就是气球在这段时间内的水平位移，由此测得对应高度上的风向风速。

例题：测风气球的升速 $w = 100$ 米/分；第 2 分钟的仰角 $\alpha_2 = 45^\circ$ ，方位角 $\beta_2 = 30^\circ$ ；第 4 分钟的仰角 $\alpha_4 = 30^\circ$ ，方位角 $\beta_4 = 45^\circ$ ；求：第 2-4 分钟平均风速和风向？



关键在于求出角度 θ

$$V = \frac{\overline{C_2 C_4}}{(4-2) \times 60} = \frac{529.16}{120} \approx 4.4 \text{ m/s}$$

$$G = 30 + 15 + 11 = 56^\circ$$

优点：简单易操作

缺点：假定气球升速为定值，计算气球高度存在误差，较为古老

雷达测风

原理：借助**仰角、方位角和斜距**来定位气球，测量准确。雷达波段 L

二次雷达测风：所跟踪的目标是**有源的**，气球上有应答机，有效提高测量距离（200km 水平 30km 垂直）

优点：全自动观测

缺点：要求雷达发射机发射频率大，耗电量大，探测距离低，距离远时回波弱（平均高度 10 km，斜距最大约 60 km）

