

空中风观测讲义

(轮训队试用)

中国人民解放军空军第三专科学校

一九七四年三月

目 录

第一章 单经纬仪测风原理.....	1
第二章 测风气球的上升速度.....	6
第一节 测风气球的总举力、净举力和空气阻力.....	5
第二节 测风气球的上升速度.....	7
第三节 净举力查算表的制作.....	10
第三章 氢气与气球.....	12
第一节 氢 气.....	12
第二节 气 球.....	21
第四章 测风经纬仪.....	27
第一节 测风经纬仪的测角原理和组成.....	27
第二节 五八式测风经纬仪的构造及工作原理.....	36
第三节 六三式测风经纬仪.....	52
第四节 七〇式测风经纬仪.....	67
第五章 气球的观测.....	72
第一节 观测的组织.....	72
第二节 一般情况下的观测.....	73
第三节 复杂情况下的观测.....	75
第六章 空中风的计算.....	79
第一节 五〇式计算盘的构造和使用.....	79

第二节	六九式计算盘的构造和使用	82
第三节	用图解法计算空中风	86
第四节	特殊情况下计算层风向、风速的计算	89
第五节	探空气球测风记录的计算	92
第六节	规定高度风向、风速的计算	93
第七节	热成风、合成风的计算	98
第八节	高炮弹道风的计算	100
第七章	单经纬仪测风误差的分析	106
第一节	升速误差对测风的影响	106
第二节	方位角、仰角误差对测风的影响	110
附 录		116
一、	标准密度升速值表	116
二、	净举力查算表	118
三、	净举力表	120
四、	风向、风速内插计算表	123

三个坐标，即：气球的仰角、方位角和高度（或斜距）。

在图 1—2 中， O 点代表观测点， P 代表气球的位置， P' 代表气球在水平面上的投影点， ON 为指北线。观测点 O 与气球 P 之间的连线 OP ，即为视线。观测点 O 与水平面投影点 P' 之间的连线 OP' ，为气球离开观测点的距离，称为“水平距离”。

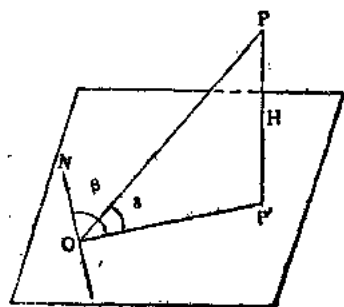


图 1—2 气球的坐标图

气球的仰角，为视线与水平面之间的夹角，在图中用 δ 表示；气球的方位角，是指北线沿顺时针方向与视线投影之间的夹角，在图中用 β 表示。仰角和方位角都可在观测时直接从经纬仪上读出。气球的高度则可根据气球的升速和时间的乘积来求得。例如：气球升速为 200 米/分，释放 5 分钟后，气球的高度即为：

$$200 \text{ 米/分} \times 5 \text{ 分} = 1000 \text{ 米。}$$

知道了气球的方位角 β ，就可以确定气球所在的方向；知道了气球的仰角 δ ，就可以了解气球位于某一方向（ β ）的某一仰角（ δ ）的视线上；再知道了气球的高度 H ，就能确定气球位于这条视线的某一点上。这样气球的空间位置也就可以确定了。

因此，我们在规定的时间间隔（通常为 1 分钟）用经纬仪连续测定气球在各高度上的仰角、方位角数值，就可以确定气球在各个时间的空间位置。

例如：图 1—3 中， P_1 、 P_2 、 P_3 为不同时间气球在空中的位置， $OP_1P_2P_3$ 之间的连线为气球在空中的运动路径。 P'_1 、 P'_2 、 P'_3 为空中气球 P_1 、 P_2 、 P_3 在水平面上的投影点。 OP'_1 、 $P'_1P'_2$ 和 $P'_2P'_3$ 之间的连线，为气球在各个相应高度范围内的水平位移。

气球的水平位移，并不需要用空中气球位置投影到水平面上的方法来求得。可以用气球的仰角、方位角和高度三个数据，直接得出气球在水平面上投影点的位置。将这些投影点连接起来，就是气球的水平位移。从上图中可知，我们如果知道了 P_1 、 P_2 和 P_3 的方位角，和

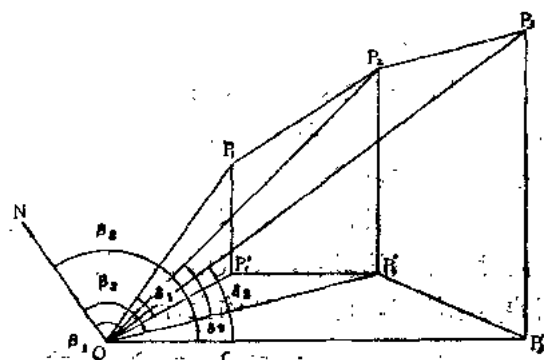


图 1—3 气球在空间的移动路径

OP'_1 、 OP'_2 和 OP'_3 的距离，就可以点出气球在水平面上的投影点 P'_1 、 P'_2 和 P'_3 的位置。气球的方位角可以在观测气球时直接得到， OP'_1 、 OP'_2 和 OP'_3 等水平距离，则可从 $\triangle OP_1P'_1$ 、 $\triangle OP_2P'_2$ 和 $\triangle OP_3P'_3$ 中用三角学的方法求出。求水平距离的公式为：

$$D = H \cdot \text{Ctg} \delta \quad (1-1)$$

式中

D ——水平距离，

H ——气球高度，

δ ——气球仰角。

例如：气球升速为 200 米/分，气球释放三分钟后，测得的仰角为 45° ，则此时气球的水

平距离为:

$$200 \text{ 米/分} \times 3 \text{ 分} \times \text{Ctg} 45^\circ = 600 \text{ 米} \times 1 = 600 \text{ 米}$$

根据已知气球在各高度上的方位角和水平距离,就可点出各个投影点的位置。将投影点连接起来的线,即为气球的水平位移。为图 1—4 中的 OP'_1 、 $P'_1P'_2$ 和 $P'_2P'_3$ 等。

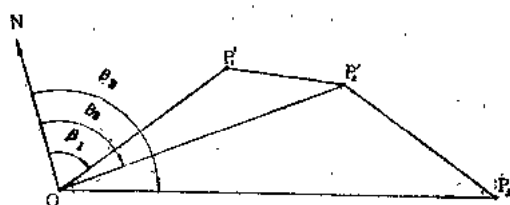


图 1—4 气球的水平位移图

三、风向、风速的测定

根据气球在各高度上已知的方位角和仰角,绘出气球在各高度上的水平位移以后,即可测定出各高度上的平均风向、风速。为说明问题方便起见,将 P_1 、 P_2 两点的水平投影单独画出,如图 1—5 所示。

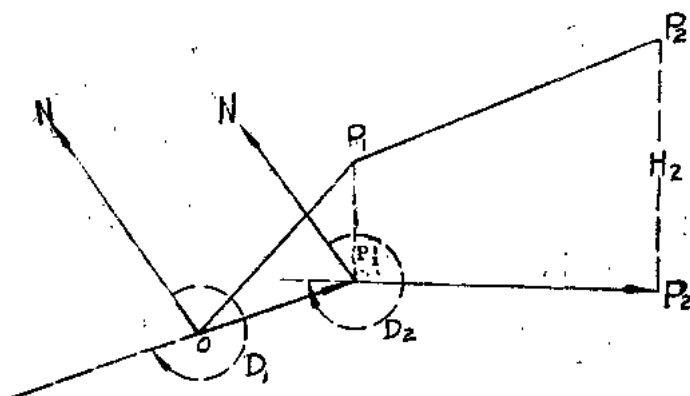


图 1—5 气球的水平位移图

(一) 风 向

由风向定义知道,气球水平位移的反方向,就是气球所经过该气层的平均风向。如图 1—5 所示。 D_1 、 D_2 分别为第一、第二分钟时间内的平均风向。它是以指北线沿顺时针旋转与气球运动轨迹的水平投影线 (OP'_1 、 $P'_1P'_2$) 的延长线 (反方向) 的夹角来表示的。

(二) 风 速

图 1—5 中 OP'_1 、 $P'_1P'_2$ 分别为第一、二分钟气球位移在水平面上的投影,由风速定义知道,用 60 秒去除每分钟气球在水平方向上移动的距离,就可以得到气球所经过的该气层内的平均风速。因此,第一分钟时间内的平均风速 $\bar{V}_1 = \frac{OP'_1}{60}$ 米/秒;第二分钟时间内的平

$$\text{均风速 } \overline{V}_2 = \frac{P_1' P_2'}{60} \text{ 米/秒。}$$

在实际工作中，各高度上的风向、风速，是用空中风计算盘计算。关于空中风计算盘的原理及其计算方法，我们将在第四章详细介绍。

四、计算层风的概念

气球在空间的移动路径，是指平均情况而言的，所以在气球的两个水平投影点之间，我们用直线连接。其实，它和气球的实际运动情况不是完全符合的，因为随着高度的增高，风向、风速在不断地变化着的，气球在空中的运动的路径是一条比较复杂的曲线。但是在实际工作中，不可能将气球的全部复杂运动表达出来，对空中风的要求来讲，也没有这个必要。所以只是用一定的气层厚度内风的平均运动情况，来代表这一气层内的风，所以称为平均风向、风速。并且把这个气层内的平均风当作该气层中间高度上的风。例如：气球的升速为 200 米/秒，则测得的第一分钟气层（0—200 米）内的平均风，应作为 100 米高度上的风；第二分钟气层内（200—400 米）的平均风，应作为 300 米高度上的风。

所谓计算层，就是规定计算空中风向、风速的层次。如以 200 米为一计算层，或以 400 米、800 米作为一计算层等。在实际工作中，因为气球的升速是固定的，计算层的厚度通常不是用高度来表示，而是用气球的上升时间来表达。例如：规范中规定：气球施放后 20 分钟以内，计算层的时间间隔为 1 分钟（气球升速为 200 米/分时，计算层厚度即为 200 米）；20—40 分钟以内，计算层的时间间隔为 2 分钟（气球升速为 200 米/分时，计算层厚度即为 400 米）；40 分钟以上，计算层的时间间隔为 4 分钟（气球升速为 200 米/分时，计算层厚度即为 800 米）。

凡按时间间隔计算出的风，称之为计算层风。它代表两点间平均高度上的风向、风速。计算层风所代表的高度，可用下式求得。

$$\text{计算层风高度(米)} = \frac{\text{计算层顶的高度(米)} + \text{计算层底的高度(米)}}{2}$$

例如：计算层顶的高度为 3800 米，计算层底的高度为 3600 米，则：

$$\text{计算层风的高度} = \frac{3800 + 3600}{2} = 3700 \text{ (米)}.$$

第二章 测风气球的上升速度

第一章已经讲了各高度上的风向、风速，除了要知道气球的仰角、方位角外，还要知道气球的升速，并以它来算出气球所在的高度。

在单经纬仪测风中，气球的升速是固定的。关于气球的升速如何计算以及升速为什么固定不变等，本章将分节加以阐述。

第一节 测风气球的总举力、净举力和空气阻力

测风气球升空以后，在垂直方向上就会受到两种不同方向的力的影响，一种是向上的力，称为举力，使气球加速上升；另一种是向下的力，称为空气阻力，阻止气球继续上升。举力又分为总举力和净举力，它们既有区别，又有联系。下面我们分别进行讨论。

一、总举力和净举力

依照阿基米德原理：浸在液体里的物体要受到向上的浮力，浮力的大小等于物体所排开的液体的重量（这个定律也适用于气体）。测风气球向上的作用力，是与测风气球同体积的空气重量和气球内氢气重量之差所决定。这个向上的力，称之为总举力。总举力可用下式表示

$$E = V\rho - V\gamma = V(\rho - \gamma)。(2-1)$$

式中 E ——总举力，
 V ——气球体积，
 ρ ——空气重力密度，
 γ ——氢气重力密度。

但是测风气球的上升速度，并不是完全由总举力所决定的。因为总举力中的一部分力，要用来克服球皮和附加物的重量，在总举力中减去这一部分消耗掉的力后，余下的力，才是决定气球上升速度的力，这个力称之为净举力。净举力可用下式表示

$$A = E - B = V(\rho - \gamma) - B。(2-2)$$

式中 A ——净举力，
 B ——球皮和附加物重量。

净举力的大小直接影响着气球的升速。净举力愈大，气球的升速也大，反之则小。在单经纬仪测风中，我们要求气球升速是固定不变的。因此，必须要求气球的净举力在上升过程中也不能发生变化。

为便于讨论这个问题，首先作这样几个假设：即气球在上升过程中气球内外的压力和温度是一致的；气球内氢气的质量是不变的。在这样的假设条件下，由气体的状态方程可知：气球在上升时，球内氢气重力密度的变化与周围空气重力密度的变化是一致的；气球体积的变化与气体的重力密度成反比。因此，我们可以得

$$\frac{\rho_h}{\rho_0} = \frac{\gamma_h}{\gamma_0} = \frac{V_0}{V_h} \quad (2-3)$$

即

$$V_h \rho_h = V_0 \rho_0 = \text{常数}$$

$$V_h \gamma_h = V_0 \gamma_0 = \text{常数}$$

式中 V_0 、 ρ_0 和 γ_0 ——在地面时的气球体积、空气重力密度和氢气重力密度；

V_h 、 ρ_h 和 γ_h ——在某一高度上的气球体积、空气重力密度和氢气重力密度。

在气球上升中，气球的体积和空气重力密度的乘积，以及气球的体积和氢气重力密度的乘积是不变的。所以由 2-2 式可知，净举力在测风气球上升时也是保持不变的。这一结论很重要，它是单经纬仪测风的理论依据之一。

列宁指出，任何理论“至多只能指出基本的和一般的东西，只能大体上概括实际生活中的复杂情况”^①。事实上，净举力随着气球的升高不可能完全不变，这主要是我们所假设的条件和实际情况有一定差别的缘故。

二、空气阻力

气球在空气中运动，除了受到净举力的作用外，还要受到空气阻力的作用。空气的阻力，作用在气球上，其方向与净举力相反。实验证明，空气阻力的大小，与空气的重力密度、速度的平方和气球周长的平方成正比。其表达式为

$$R = K \rho C^2 W^2 \quad (2-4)$$

式中 R ——空气阻力；

K ——阻力系数；

ρ ——空气重力密度；

C ——气球的圆周长度；

W ——气球升速。

阻力系数不是一个常数，其数值大小由很多因素决定；气球的净举力是其中的主要因素之一。阻力系数和净举力之间的关系，可从表 2-1 中看出。

① 《论策略书》，《列宁全集》第二十四卷，人民出版社一九五七年第一版，第二十五页。

表 2—1 阻力系数和净举力的关系

净举力 (克)	≤140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	≥240
阻力系数 $\times 10^{-7}$	8.58	8.47	8.26	8.00	7.62	7.18	6.77	6.40	6.33	6.26	6.23×10^{-7}

当净举力小于 140 克时，阻力系数不变，仍为 8.58×10^{-7} ；若大于 240 克时，阻力系数也不改变，仍为 6.23×10^{-7} 。

此外，实验证明，阻力系数还与空气中的乱流状态有关。在乱流中阻力系数要比静稳的空气中小一些。

第二节 测风气球的上升速度

一、气球释放后的升速变化

在第一节中讲到，充满氢气的测风气球能在净举力的作用下上升，并在上升运动中遇到空气阻力。

气球释放的瞬间升速为零，空气阻力也为零，此时只有净举力作用在气球上。根据牛顿第二定律：任何物体受到外力的作用都产生加速度。因而，从气球释放的瞬间起，即向上作加速运动。但气球刚开始运动，便立即受到一种与净举力方向相反的空气阻力的作用。因此，气球的实际上升力，将等于净举力与空气阻力之差。

气球开始运动时，因为速度很小，阻力也就很小，所以净举力与空气阻力之差较大，气球升速便很快地增加。我们已知空气的阻力是与气球升速的平方成正比的；也就是随着气球升速的增加，空气阻力将迅速增大，净举力和空气阻力的差值也就迅速减小。但只要这个差值还存在，气球的升速仍会增大，空气阻力也随之增大，所以气球的加速度愈来愈小；到达某一时刻，阻力就与净举力达到平衡 ($R = A$)，气球才以惯性保持等速上升。如果空气阻力与净举力的平衡状态能够始终保持着，则气球的升速将是固定不变的。

上述情况也可以用图来说明。图 2—1 中 M_0 、 M_1 、 M_2 、 M_3 、 M_4 和 M_5 等表示气球释

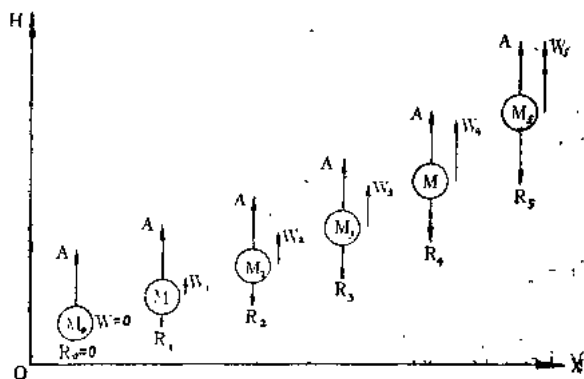


图 2—1 气球释放后的运动示意图

放在各个时刻的位置；纵坐标 OH 表示高度，横坐标 OX 表示时间，作用于气球上的力以及气球的升速用箭头表示。从图中可以看出，净举力(A)是始终不变的，空气阻力(R)却随升速(W)的增加而迅速增大，气球在 M 位置时，空气阻力与净举力已达到平衡，此时气球的升速即开始等速上升。

根据计算，上述的气球加速运动过程，是在气球释放后极短的时间内完成的（约 0.5 秒钟），此时气球的上升高度只有 1 米左右。所以我们通常都认为气球从释放开始即以等速上升。

二、气球升速公式

在上面已经说明，气球在释放后很短的时间内净举力和空气阻力即已达到了平衡，即

$$R = A \quad (2-5)$$

将 (2-4) 式的 R 值代入 (2-5) 式，得

$$A = K\rho C^2 W^2,$$

即

$$W = \frac{\sqrt{A}}{C\sqrt{K} \cdot \sqrt{\rho}} \quad (2-6)$$

(2-6) 式即为气球升速的基本公式。式中的净举力(A)、气球周长(C)和空气重力密度(ρ)均可测得，系数(K)和净举力(A)的关系，可由实验得出。但是这种方法在使用上不太方便，要测定的项目太多，因此，必须对 2-6 式进行变换。因 $C = \sqrt[3]{\frac{(A+B) \cdot 6\pi^2}{\rho - \gamma}}$ ①，代

① 从 2-1 式和 2-2 式中可知：

$$V(\rho - \gamma) = A + B$$

因

$$V = \frac{4}{3}\pi\gamma^3,$$

$$C = 2\pi\gamma,$$

故

$$V = \frac{C^3}{6\pi^2},$$

将 V 值代入，即得

$$\frac{C^3}{6\pi^2}(\rho - \gamma) = A + B,$$

故

$$C = \sqrt[3]{\frac{(A+B) \cdot 6\pi^2}{\rho - \gamma}}$$

入 2-6, 得

$$W = \frac{\sqrt{A}}{\sqrt{K} \cdot \sqrt{\rho}} \cdot \frac{1}{\sqrt[3]{\frac{(A+B) \cdot 6\pi^2}{\rho - \gamma}}} = \frac{\sqrt{A}}{\sqrt{K} \cdot \sqrt{\rho}} \cdot \frac{\sqrt[3]{\rho - \gamma}}{\sqrt[3]{(A+B) \cdot 6\pi^2}},$$

为了使用便利起见, 令 $\rho - \gamma = n\rho$,

$$\text{则 } W = \frac{1}{\sqrt{K}} \cdot \sqrt[3]{\frac{n}{6\pi^2}} \cdot \frac{\sqrt[3]{\rho}}{\sqrt{\rho}} \cdot \frac{\sqrt{A}}{\sqrt{A+B}}, \quad (2-7)$$

$$\text{令 } b = \frac{1}{\sqrt{K}} \cdot \sqrt[3]{\frac{n}{6\pi^2}},$$

将 b 代入 2-7 式得

$$W = b \cdot \rho^{-\frac{1}{6}} \cdot \frac{\sqrt{A}}{\sqrt{A+B}} \quad (2-8)$$

为了计算方便, 引入一个空气标准密度 $\rho_0 = 1.205$ 千克重/立方米。(ρ_0 指气温在 20°C , 气压在 760 毫米时的空气密度)

在 2-8 式的右侧乘上 $\left(\frac{\rho_0}{\rho}\right)^{\frac{1}{6}}$, 并令 $b_1 = b \cdot \rho_0^{-\frac{1}{6}}$, 则上式可写成

$$W = b_1 \cdot \left(\frac{\rho_0}{\rho}\right)^{\frac{1}{6}} \cdot \frac{\sqrt{A}}{\sqrt{A+B}} \quad (2-9)$$

此式即为我国目前使用的气球升速公式。

上式中, b_1 的数值随净举力的大小而改变, 经实验证明, b_1 数值和净举力的关系见表 2-2。

表 2-2 净举力和 b_1 值的关系

净举力(克重)	≤ 140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	> 240
b_1	82.0	82.5	83.8	84.9	87.0	89.6	92.2	94.9	95.4	95.9	96.2

当净举力小于 140 克重时, b_1 取常数, 为 82.0; 当净举力大于 240 克重时, b_1 也取常数, 为 96.2。

从以上的讨论中, 我们可得到下面几条结论:

- (1) 要使气球升速加大, 必须增大气球的净举力或减轻球皮及附加物的重量 B 。
- (2) 在净举力及球重不变时, 空气密度愈大, 气球上升受到的阻力愈大, 所以升速愈小。
- (3) 气球的形状能影响升速(因为上述讨论中都是在气球正圆形的情況下计算出来的)。

下面我们应用 (2-9) 式, 举一个例子, 来计算气球的升速。

例如: 已知气球的球皮重量为 30 克, 附加物重为 30 克, 充氢后的净举力为 200 克, 当时的空气密度和标准空气密度相等, 求气球升速?

由表 2-2 中查得净举力 200 克时的 b_1 值为 92.2, 将已知的各数值代入 (2-9) 式, 即得

$$W = b_1 \cdot \left(\frac{\rho_0}{\rho}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{\sqrt{A}}{\sqrt[3]{A+B}} = 92.2 \times \frac{\sqrt{200}}{\sqrt[3]{200+60}} = 204 (\text{米/分})。$$

第三节 净举力查算表的制作

单经纬仪测风，为了计算方便，升速通常采用固定的整数（如100米/分、200米/分），并算出专门的净举力查算表，在每次气球充灌氢气前，根据所选定的气球升速值从表中查出气球应具有净举力。

在制作净举力查算表时，由于升速公式变量很多，不可能包括在一个表中，因此将公式2—9变成

$$W\left(\frac{\rho}{\rho_0}\right)^{\frac{1}{3}} = b_1 \frac{\sqrt{A}}{\sqrt[3]{A+B}} \quad (2-10)$$

将2—10式可分为两部分，一部分为

$$W\left(\frac{\rho}{\rho_0}\right)^{\frac{1}{3}} = W_0,$$

另一部分为

$$b_1 \cdot \frac{\sqrt{A}}{\sqrt[3]{A+B}} = W_0$$

式中 W_0 ——标准密度升速值。

以上两式为依据，即可计算出标准密度升速值查算表和净举力查算表。

一、标准密度升速值查算表

$$W_0 = W\left(\frac{\rho}{\rho_0}\right)^{\frac{1}{3}}, \quad (2-11)$$

根据气体状态方程：

$$P = \rho RT,$$

故

$$\rho = \frac{P}{RT}, \quad \rho_0 = \frac{P_0}{RT_0}$$

其中

$$\begin{aligned} \left(\frac{\rho}{\rho_0}\right)^{\frac{1}{3}} &= \left(\frac{\frac{P}{RT}}{\frac{P_0}{RT_0}}\right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{T_0}{T} \cdot \frac{P}{P_0}\right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{293}{760}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{P}{T}\right)^{\frac{1}{3}} \\ &= 0.855 \left(\frac{P}{T}\right)^{\frac{1}{3}}, \end{aligned}$$

将 $\left(\frac{\rho}{\rho_0}\right)^{\frac{1}{3}}$ 的值代 (2—11) 式，得

$$W_0 = 0.855 \left(\frac{P}{T}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot W \quad (2-12)$$

当气球升速选取 100 米/分 和 200 米/分 时, 则可分别计算出适用于这两种升速的“标准密度升速值查算表”。计算时将 (2—12) 式列成对数式, 再根据气压和气温的变化范围, 即可算出所需的标准密度升速值, 见例表 1。

例表 1 标准密度升速值表 (升速 200 米/分 适用)

W_0 (米/分) P (毫米) t (°C)	770	760	750	740	730	720	710
10	202	201	201	200	200	199	199
0	203	202	202	201	201	201	200
-10	204	204	203	203	202	202	201
-20	205	205	204	204	204	203	203

二、净举力查算表

因

$$W_0 = b_1 \frac{\sqrt{A}}{\sqrt[3]{A+B}} \quad (2-13)$$

在上式中, W_0 已经求出, B 可以直接求得, 但是由于 b_1 是随 A 而变化的函数, 所以直接求 A 值还有困难。为此, 我们先预定 A 和 W_0 的数值, b_1 也就可以确定, 根据公式 (2—13), 即可求得对应的 B 值。例表 2 即根据公式 (2—13) 计算出来的。

例表 2 净举力查算表 (升速 200 米/分 适用)

A (克) W_0 (米/分)	B (克)	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
195		178	178	179	179	180	180	180	181	181	181	182
196		179	180	180	181	181	181	182	182	183	183	183
197		181	181	181	182	182	183	183	183	184	184	184
198		182	182	183	183	183	184	184	184	185	185	186

综合以上所述, 为了使气球在任意空气密度条件下具有预定的固定升速, 首先要根据当时的气温、气压查取标准密度升速值, 然后再根据球皮和附加物重量和标准密度升速值查取净举力, 最后依据净举力值, 给气球充入一定量的氢气。目前各台(站)为了工作方便, 根据当地的温度、气压范围, 综合成一个表, 使查表手续可以简化一些。

第三章 氢气与气球

第一节 氢 气

“不论做什么事，不懂得那件事的情形，它的性质，它和它以外的事情的关联，就不知道那件事的规律，就不知道如何去做，就不能做好那件事。”^①制氢工作也是这样，如果不了解制氢的方法、要领，以及与制氢有关的事项，不仅不能做好那件事，而且可能出现各种事故，甚至造成人身伤亡。因此，我们必须熟悉氢气与制氢原料的性质，制氢设备的构造与使用，熟练地掌握制氢方法，认真做好制氢工作。

一、氢气的性质

纯净的氢气是无色、无味、无臭的气体。在标准条件（气压为 760 毫米、气温为 0°C ）下，一立方米氢气的重量为 0.09 公斤，而同体积空气的重量为 1.293 公斤，约占空气重量的十四分之一。它是所有气体中最轻的一种。

在标准条件下，一立方米纯氢气的升力为 1.203 公斤。由于自制的氢气中含有少量其它气体，纯度稍差，故在同样情况下一立方米氢气的升力约为 1.1 公斤。

氢气又是一种易燃烧、易渗透的气体。它与空气中氧气混合并达到一定比例时，极易发生燃烧或爆炸。实验证明：空气中混合有 25—96% 的氢气时，一个火花就能引起爆炸。

二、制 氢 筒

目前气象台、站所使用的制氢筒多数是六五式。

六五式制氢筒由筒身、头部、筒架三部分组成，并带一套制氢工具，如图 3—1 所示。

（一）筒身 是一个容积为 44 公升，重 90 公斤左右的无缝钢筒。它的最大抗压力为 25 公斤/厘米²。其腹部有一铁箍，铁箍的两侧对称点上有转轴，转轴套在筒架上端的轴承内，筒身悬空直立，绕轴能自由摆动。筒底有一横铁柄，洗筒（或装料）时，握紧铁柄将筒身倒立，排除污水和渣滓（或将筒身斜放在筒架上）；制氢时可用它摇摆筒身。

（二）头部 如图 3—2 所示，分为两个部分，上部是出气系统，下部为筒口塞。

1. 出气系统 包括压力表、保险塞、出气口、开关轮柄和针形塞等。

压力表如图 3—3 所示，表内装有一端封闭的“C”字形金属管。开口一端与三通管相连，封闭一端与一个扇形齿轮相联接，齿轮带动游丝指针。当筒内压力增大时，“C”形

^① 《中国革命战争的战略问题》，《毛泽东选集》，第155页。

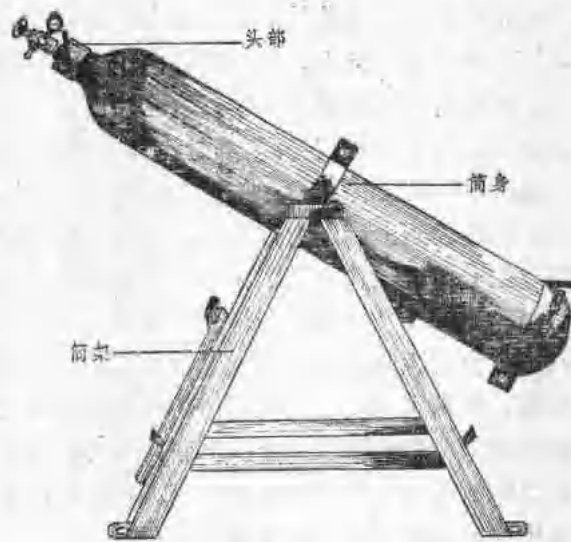


图 3-1 六五式制氢筒外貌

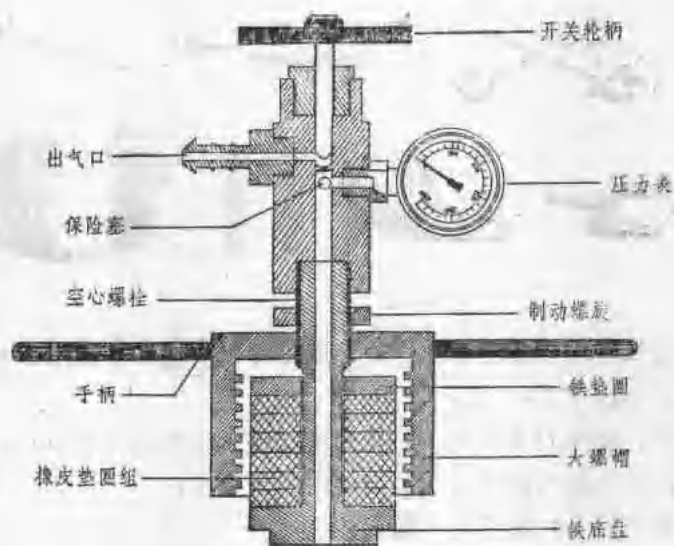


图 3-2 六五式制氢筒头部

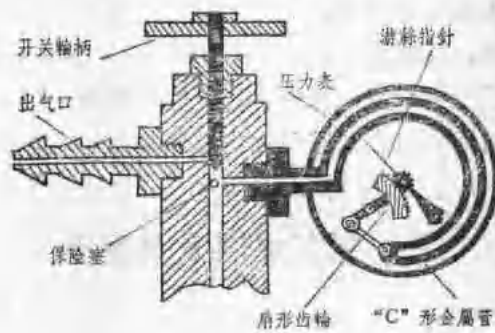


图 3-3 压力表剖面图

管封闭一端外伸，使齿轮带动指针顺钟向旋转。压力越大，指针转动角度越大；压力减小时，则相反。这样就可压力表的刻度盘上，指示出筒内压力的数值（公斤/厘米²）。

保险塞内装有铜垫圈、保险片和纸垫圈各一个。放置顺序是：纸垫圈在内、保险片在中间、铜垫圈在外。由于保险塞直接承受与筒身同样的压力，但其保险片的安全抗压力却比筒身小，通常只有 130 公斤/厘米²，所以当氢气压力超过 130 公斤/厘米²时，保险片就会破裂，氢气从保险塞的小孔内喷出，这样能防止因压力过高而造成筒身爆炸的危险。

2. 筒口塞由大螺帽、空心螺栓、铁垫圈、橡皮垫圈组和铁底盘及制动螺旋组成（见图 3—2）。铁底盘与空心螺栓连结成一个整体。橡皮垫圈组（有 7—9 个橡皮圈组成）、铁垫圈和大螺帽依次套在空心螺栓上，制动螺旋在大螺帽顶部，空心螺栓的另一端与出气系统相连。大螺帽内有方形螺纹，外部两侧装有旋转把柄。当大螺帽旋到筒口上，并将制动螺旋上紧时，由于空心螺栓向上移动，橡皮垫圈因受压膨胀，这样起到了封闭筒口的作用。

3. 筒架是用人字铁焊接成的一对三角形铁架组成。在铁架的中部，装有两个活动的横档和放置横档的挂钩，是用来斜搁筒身，以便洗筒和装料。

4. 制氢工具 如图 3—4 所示。

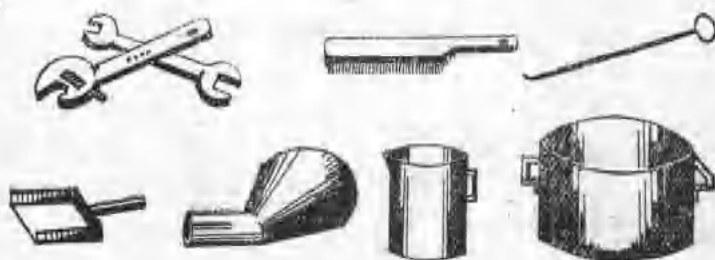


图 3—4 制氢工具

大铁盆一个，洗筒时用它盛污水和渣滓，制氢时用它盛水及量水，盆内壁上有铁齿容量指标四个，指标所示容积为 15 公升；

尖嘴小铁桶一个，容积为 3 公升，用来量水或盛水（供充洗筒口）；

歪颈漏斗一个，将其插入筒口，便于向筒内装填原料；

方口扳手（或活动扳手）用以上下螺旋；

铜头木棒一根，洗筒时用以捣渣滓；

铁铲、小铁钩、铜丝刷子各一把。

此外，还应备有水温表和安全设备。

水温表又称百度温度表，刻度范围从 0—100°C，是用来测量水温的。

制氢用安全设备，包括防护眼镜、橡皮手套、胶质套靴、胶质围裙等。这些设备都是用来防止污水、渣滓和苛性钠溅到身上，避免灼伤皮肤和腐蚀衣物等。所以制氢时，应按规定穿戴。

三、制氢原料及其配量

（一）制氢原料

1. 苛性钠 又叫氢氧化钠（ NaOH ），它是一种半透明的白色或浅蓝色结晶体。常见