第46卷 第1期　　气 象 学 报　　Vol. 46, No. 1
1988 年 2 月　　ACTA METEOROLOGICA SINICA　　Feb., 1988

测风气球净举力的计算和误差分析*

谢 国 梁

(南京大学大气科学系)

目前在气象和环保部门测量高空风向风速，常采用光学经纬仪跟踪气球的方法。单经纬仪测风或双经纬仪测风同时测垂直气流，以及气球进云后定低空探空仪的高度，均应采用升速已知的气球。气球上升速度 W(m/min)取决于气球净举力大小，可由下式确定[1]：

$$W=b_1\frac{\sqrt{A}}{\sqrt[3]{A+B}}(P_oT/T_oP)^{1/6} \tag{1}$$

式中，b_1为升速系数；A 为净举力(g)；B 为气球及附载物总重(g)；T_o，P_o和 T，P 分别为大气标准状况(气压 760 mmHg，温度 293 K)和任意时刻的温度及气压。

在测风观测业务中，采用"标准密度升速表"和"净举力查算表"来求气球的净举力[2]。但用(1)式直接计算净举力比较困难。为此，上述两种查算表的编制，采用了点图反查的办法：将 $T_o=293$ K，$P_o=760$ mmHg 代入(1)式得：

$$0.8531(P/T)^{1/6}W=b_1\frac{\sqrt{A}}{\sqrt[3]{A+B}} \tag{2}$$

令

$$Wo=0.8531(P/T)^{1/6}W \tag{3}$$

并称 Wo为标准密度升速。用(3)式可编制某一 W 的标准密度升速表。再对(2)式取对数，可计算某一 A 值时与不同 Wo 对应的 B 值；然后，在横坐标为 B，纵坐标为W_o的图上划出一组等 A 值线。在此图上读取不同 Wo 和 B时的 A 值，制成净举力查算表。显见，用这种方法编制的查算表，因点图和读数条件限制，精度较低，由此而引起的气球升速误差较大。在实际工作中，尤其在大气边界层研究工作方面，都希望有一种精度较高的净举力查算表。本文就对此问题进行讨论并提出改进意见。

1. 用逼近法计算净举力

虽然，用一般方法计算净举力有困难，但可用逼近法利用计算机算出精度较高的净举力。由(2)、(3)两式知：

$$W_o=b_1\frac{\sqrt{A}}{\sqrt[3]{A+B}} \tag{4}$$

其中，W_o可用(3)式计算。按给定的 W_o，用逼近法逐个计算不同 B 时的净举力 A。计算中，误差可按需要而定，本文采用的使(4)式两边差的绝对值小于万分之一，即：

$$\left| W_o-b_1\frac{\sqrt{A}}{\sqrt[3]{A+B}} \right|<0.0001 \tag{5}$$

据以上计算编制了新的净举力查算表(见表 1 和表 2)。

编表基本思路，既希望 Wo 和A 的精度有所提高，又要在实际使用时简便易行。经过对 W_o和 A

* 本文于 1986 年 2 月 17 日收到，1986 年 9 月 23 日收到最后修改稿。

采用不同精度时的升速误差计算分析，采用了目前这个编表方案。即气压每隔 10 mm，温度每隔 5℃ 编标准密度升速表；气球及附载物总重每隔 1 g，标准密度升速每隔 0.5 m/min，净举力取 0.5 g，编净举力查算表。其中，W_0 和 A 均取属于该分档范围内，所有样本(取十位有效数)的平均值。

2. 新编表与旧表的升速误差分析

为了比较新、旧两表的升速误差并确定新表编制方案。将新、旧两表分别在各自分档范围内，按可能出现的气压、温度和气球及附载物总重，查取净举力，代入(1)式计算实际升速。并求与固定升速的差值 ΔW。该差值即为升速误差。新、旧两表都经一万个以上个例的计算，得到如表 3 所列的结果。由表 3 知旧净举力表因净举力误差引起的升速误差最大达 3.22 m/min； 大于 1 m/min 的误差占 31.2%。又从图知，旧表大误差出现机率远大于小误差 的出现机率。 误差非正态分布，不符合高斯 误差 分布定律[3]。且误差分布曲线形状不规则，其原因正是由于点图、读图时的误差以及人为因素所致。

另由表 4 给出了旧表在不同气压下可能出现的误差最大值、平均值和均方差值。

新净举力表的各项误差指标较好。尤以净举力取 0.1 g 的为最佳。就以净举力取 0.5 g 而论，从表 3 和图可知，误差平均值仅 0.05 m/min；最大值也只 1.36 m/min；正负误差接近相等；大误差机率小，

表 1　w_0　　　表

w_0 p / t	790	780	770	760	750	740	730	720
45	99.5	99.0	99.0	98.5	98.5	98.0	98.0	98.0
40	99.5	99.5	99.0	99.0	98.5	98.5	98.0	98.0
35	100.0	99.5	99.5	99.0	99.0	98.5	98.5	98.5
30	100.0	100.0	99.5	99.5	99.0	99.0	99.0	98.5
25	100.5	100.0	100.0	99.5	99.5	99.5	99.0	99.0
20	100.5	100.5	100.0	100.0	100.0	99.5	99.5	99.0
15	101.0	100.5	100.5	100.5	100.0	100.0	99.5	99.5
10	101.0	101.0	101.0	100.5	100.5	100.0	100.0	99.5
5	101.5	101.5	101.0	101.0	100.5	100.5	100.0	100.0
0	102.0	101.5	101.5	101.0	101.0	100.5	100.5	100.5
−5	102.0	102.0	101.5	101.5	101.5	101.0	101.0	100.5
−10	102.5	102.5	102.0	102.0	101.5	101.5	101.0	101.0
−15	103.0	102.5	102.5	102.0	102.0	101.5	101.5	101.0
−20	103.0	103.0	102.5	102.5	102.5	102.0	102.0	101.5
−25	103.5	103.5	103.0	103.0	102.5	102.5	102.0	102.0
−30	104.0	103.5	103.5	103.0	103.0	102.5	102.5	102.0
−35	104.0	104.0	104.0	103.5	103.5	103.0	103.0	102.5

w_0 p / t	710	700	690	680	670	660	650
45	97.5	97.5	97.0	97.0	96.5	96.5	96.0
40	98.0	97.5	97.5	97.0	97.0	96.5	96.5
35	98.0	98.0	97.5	97.5	97.0	97.0	96.5
30	98.5	98.0	98.0	97.5	97.5	97.0	97.0
25	98.5	98.5	98.0	98.0	97.5	97.5	97.0
20	99.0	98.5	98.5	98.0	98.0	97.5	97.5
15	99.0	99.0	98.5	98.5	98.0	98.0	97.5
10	99.5	99.0	99.0	98.5	98.5	98.0	98.0
5	99.5	99.5	99.5	99.0	99.0	98.5	98.5
0	100.0	100.0	99.5	99.5	99.0	99.0	98.5
−5	100.5	100.0	100.0	99.5	99.5	99.0	99.0
−10	100.5	100.5	100.0	100.0	99.5	99.5	99.0
−15	101.0	101.0	100.5	100.5	100.0	100.0	99.5
−20	101.5	101.0	101.0	100.5	100.5	100.0	100.0
−25	101.5	101.5	101.0	101.0	100.5	100.5	100.0
−30	102.0	102.0	101.5	101.5	101.0	101.0	100.5
−35	102.5	102.0	102.0	101.5	101.5	101.0	101.0

表 2 Δ 表 (100m/min)

A(g) B(g) w_0	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
96.0	9.0-0.1	9.5-0.1	10.0-0.0	10.5-0.1	11.0-0.1	11.5-0.2	12.0-0.3	12.5-0.4	13.0-0.6	13.5-0.8	14.0	14.0-0.0
96.5	9.5-0.9	10.0-0.8	10.5-0.8	11.0-0.8	11.5-0.9	12.0	12.0-0.0	12.5-0.1	13.0-0.3	13.5-0.4	14.0-0.6	14.5-0.9
97.0	9.5-0.6	10.0-0.5	10.5-0.5	11.0-0.5	11.5-0.5	12.0-0.6	12.5-0.7	13.0-0.8	13.5	13.5-0.0	14.0-0.2	14.5-0.4
97.5	9.5-0.3	10.0-0.2	10.5-0.2	11.0-0.1	11.5-0.2	12.0-0.2	12.5-0.3	13.0-0.4	13.5-0.5	14.0-0.7	14.5-0.9	15.0
98.0	9.5 1-9	10.5-0.9	11.0-0.8	11.5-0.8	12.0-0.8	12.5-0.9	13.0-0.9	13.5	13.5-0.1	14.0-0.2	14.5-0.4	15.0-0.6
98.5	10.0-0.6	10.5-0.5	11.0-0.5	11.5-0.4	12.0-0.4	12.5-0.5	13.0-0.5	13.5-0.6	14.0-0.7	14.5-0.9	15.0	15.0-0.1
99.0	10.0-0.3	10.5-0.2	11.0-0.2	11.5-0.1	12.0-0.1	12.5-0.1	13.0-0.1	13.5-0.2	14.0-0.3	14.5-0.4	15.0-0.5	15.5-0.7
99.5	10.0 2-9	11.0-0.8	11.5-0.7	12.0-0.7	12.5-0.7	13.0-0.7	13.5-0.7	14.0-0.8	14.5-0.9	15.0	15.0-0.0	15.5-0.2
100.0	10.5-0.6	11.0-0.5	11.5-0.4	12.0-0.3	12.5-0.3	13.0-0.3	13.5-0.3	14.0-0.4	14.5-0.4	15.0-0.5	15.5-0.7	16.0-0.8
100.5	10.5-0.3	11.0-0.2	11.5-0.1	12.0 1-9	13.0-0.9	13.5-0.9	14.0-0.9	14.5	14.5-0.0	15.0-0.0	15.5-0.2	16.0-0.3
101.0	10.5 2-9	11.5-0.8	12.0-0.6	12.5-0.6	13.0-0.5	13.5-0.5	14.0-0.5	14.5-0.5	15.0-0.6	15.5-0.6	16.0-0.8	16.5-0.9
101.5	11.0 0.6	11.5-0.4	12.0-0.3	12.5-0.2	13.0-0.1	13.5-0.1	14.0-0.1	14.5-0.1	15.0-0.1	15.5-0.2	16.0-0.2	16.5-0.3
102.0	11.0 0.3	11.5-0.1	12.0 1-8	13.0-0.7	13.5-0.7	14.0-0.6	14.5-0.6	15.0-0.6	15.5-0.7	16.0-0.7	16.5-0.8	17.0-0.9
102.5	11.0 1-8	12.0-0.7	12.5-0.5	13.0-0.4	13.5-0.3	14.0-0.3	14.5-0.2	15.0-0.2	15.5-0.2	16.0-0.3	16.5-0.3	17.0-0.4
103.0	11.5-0.5	12.0-0.3	12.5-0.2	13.0 1-9	14.0-0.8	14.5-0.8	15.0-0.7	15.5-0.7	16.0-0.7	16.5-0.8	17.0-0.8	17.5-0.9
103.5	11.5-0.2	12.0 1-8	13.0-0.7	13.5-0.6	14.0-0.4	14.5-0.4	15.0-0.3	15.5-0.3	16.0-0.3	16.5-0.3	17.0-0.3	17.5-0.4
104.0	12.0-0.7	12.5-0.5	13.0-0.3	13.5-0.2	14.0-0.1	14.5 1-9	15.5-0.9	16.0-0.9	16.5-0.8	17.0-0.8	17.5-0.9	18.0-0.9

A(g) B(g) w_0	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
96.0	14.5-0.3	15.0-0.6	15.5-0.9	16.0	16.0-0.3	16.5-0.7	17.0	17.0-0.1	17.5-0.6	18.0	18.0-0.0	18.5-0.5
96.5	15.0	15.0-0.2	15.5-0.5	16.0-0.8	16.5	16.5-0.2	17.0-0.6	17.5	17.5-0.0	18.0-0.5	18.5-0.9	19.0
97.0	15.0-0.7	15.5	15.5-0.0	16.0-0.3	16.5-0.6	17.0	17.0-0.0	17.5-0.4	18.0-0.8	18.5	18.5-0.2	19.0-0.7
97.5	15.0-0.1	15.5-0.4	16.0-0.7	16.5	16.5-0.0	17.0-0.3	17.5-0.7	18.0	18.0-0.1	18.5-0.5	19.0-0.9	19.5
98.0	15.5-0.8	16.0	16.0-0.1	16.5-0.4	17.0-0.7	17.5	17.5-0.0	18.0-0.4	18.5-0.8	19.0	19.0-0.2	19.5-0.6
98.5	15.5-0.3	16.0-0.5	16.5-0.7	17.0	17.0-0.0	17.5-0.3	18.0-0.7	18.5	18.5-0.0	19.0-0.4	19.5-0.8	20.0
99.0	16.0-0.9	16.5	16.5-0.1	17.0-0.4	17.5-0.7	18.0	18.0-0.0	18.5-0.3	19.0-0.7	19.5	19.5-0.1	20.0-0.5
99.5	16.0-0.4	16.5-0.6	17.0-0.8	17.5	17.5-0.0	18.0-0.3	18.5-0.6	19.0	19.0-0.0	19.5-0.3	20.0-0.7	20.5
100.0	16.5	16.5-0.0	17.0-0.2	17.5-0.4	18.0-0.7	18.5	18.5-0.0	19.0-0.3	19.5-0.6	20.0-0.9	20.5	20.5-0.3
100.5	16.5-0.4	17.0-0.6	17.5-0.8	18.0	18.0-0.0	18.5-0.3	19.0-0.6	19.5-0.9	20.0	20.0-0.2	20.5-0.5	21.0-0.9
101.0	17.0	17.0-0.0	17.5-0.2	18.0-0.4	18.5-0.6	19.0-0.9	19.5	19.5-0.2	20.0-0.4	20.5-0.8	21.0	21.0-0.1
101.5	17.0-0.5	17.5-0.6	18.0-0.6	18.5	18.5-0.0	19.0-0.2	19.5-0.5	20.0-0.7	20.5	20.5-0.0	21.0-0.3	21.5-0.7
102.0	17.5	17.5-0.0	18.0-0.2	18.5-0.4	19.0-0.6	19.5-0.8	20.0	20.0-0.0	20.5-0.3	21.0-0.6	21.5-0.9	22.0
102.5	17.5-0.5	18.0-0.6	18.5-0.8	19.0	19.0-0.0	19.5-0.2	20.0-0.4	20.5-0.6	21.0-0.9	21.5	21.5-0.2	22.0-0.5
103.0	18.0	18.0-0.0	18.5-0.2	19.0-0.3	19.5-0.5	20.0-0.7	20.5-0.9	21.0	21.0-0.1	21.5-0.4	22.0-0.6	22.5-0.9
103.5	18.0-0.5	18.5-0.6	19.0-0.7	19.5-0.8	20.0	20.0-0.0	20.5-0.2	21.0-0.4	21.5-0.6	22.0-0.9	22.5	22.5-0.1
104.0	18.5	18.5-0.0	19.0-0.1	19.5-0.2	20.0-0.4	20.5-0.5	21.0-0.7	21.5-0.9	22.0	22.0-0.2	22.5-0.4	23.0-0.7

表 2

A 表 (100m/min)

A(g) B(g) w_0	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115
96.0	37.5	37.5	37.5-0.0	38.0	38.0-0.3	38.5	38.5-0.2	39.0	39.0	39.0-0.1	39.5	39.5-0.5
96.5	37.5-0.3	38.0	38.0-0.6	38.5	38.5	38.5-0.0	39.0	39.0-0.4	39.5	39.5-0.7	40.0	40.0
97.0	38.0-0.6	38.5	38.5-0.9	39.0	39.0	39.0-0.3	39.5	39.5-0.6	40.0	40.0	40.0-0.0	40.5
97.5	38.5-0.7	39.0	39.0-0.9	39.5	39.5	39.5-0.3	40.0	40.0-0.6	40.5	40.5-0.9	41.0	41.0
98.0	39.0-0.8	39.5	39.5	39.5-0.0	40.0	40.0-0.3	40.5	40.5-0.6	41.0	41.0-0.9	41.5	41.5
98.5	39.5-0.8	40.0	40.0	40.0-0.0	40.5	40.5-0.3	41.0	41.0-0.5	41.5	41.5-0.8	42.0	42.0
99.0	40.0-0.8	40.5	40.5	40.5-0.0	41.0	41.0-0.3	41.5	41.5-0.5	42.0	42.0-0.8	42.5	42.5
99.5	40.5-0.8	41.0	41.0	41.0-0.0	41.5	41.5-0.2	42.0	42.0-0.4	42.5	42.5-0.6	43.0	43.0-0.9
100.0	41.0-0.8	41.5	41.5-0.9	42.0	42.0	42.0-0.1	42.5	42.5-0.3	43.0	43.0-0.5	43.5	43.5-0.8
100.5	41.5-0.7	42.0	42.0-0.9	42.5	42.5	42.5-0.0	43.0	43.0-0.2	43.5	43.5-0.4	44.0	44.0-0.6
101.0	42.0-0.7	42.5	42.5-0.8	43.0	43.0-0.9	43.5	43.5	43.5-0.0	44.0	44.0-0.2	44.5	44.5-0.4
101.5	42.5-0.6	43.0	43.0-0.7	43.5	43.5-0.8	44.0	44.0-0.9	44.5	44.5	44.5-0.0	45.0	45.0-0.2
102.0	43.0-0.4	43.5	43.5-0.5	44.0	44.0-0.6	44.5	44.5-0.7	45.0	45.0-0.8	45.5	45.5-0.9	46.0
102.5	43.5-0.4	44.0	44.0-0.5	44.5	44.5-0.6	45.0	45.0-0.7	45.5	45.5-0.7	46.0	46.0-0.8	46.5
103.0	44.0-0.2	44.5	44.5-0.2	45.0	45.0-0.3	45.5	45.5-0.3	46.0	46.0-0.4	46.5	46.5-0.5	47.0
103.5	44.5-0.0	45.0	45.0-0.0	45.5	45.5-0.1	46.0	46.0-0.1	46.0	46.5-0.1	47.0	47.0-0.2	47.5
104.0	45.0-0.0	45.5-0.9	46.0	46.0-0.9	46.5	46.5-0.9	47.0	47.5	47.5-0.0	47.5	47.5-0.0	48.0
	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127
96.0	40.0	40.0	40.0-0.0	40.5	40.5-0.4	41.0	41.0-0.9	41.5	41.5	41.5-0.4	42.0	42.0-0.9
96.5	40.0-0.1	40.5	40.5-0.6	41.0	41.0	41.0-0.0	41.5	41.5-0.5	42.0	42.0-0.9	42.5	42.5
97.0	40.5-0.4	41.0	41.0-0.7	41.5	41.5	41.5-0.2	42.0	42.0-0.6	42.5	42.5	42.5-0.0	43.0
97.5	41.0-0.3	41.5	41.5-0.6	42.0	42.0	42.0-0.0	42.5	42.5-0.4	43.0	43.0-0.9	43.5	43.5
98.0	41.5-0.2	42.0	42.0-0.6	42.5	42.5-0.9	43.0	43.0	43.0-0.3	43.5	43.5-0.7	44.0	44.0
98.5	42.0-0.1	42.5	42.5-0.4	43.0	43.0-0.8	43.5	43.5	43.5-0.1	44.0	44.0-0.5	44.5	44.5-0.9
99.0	42.5-0.0	43.0	43.0-0.4	43.5	43.5-0.7	44.0	44.0	44.0-0.0	44.5	44.5-0.3	45.0	45.0-0.7
99.5	43.5	43.5	43.5-0.2	44.0	44.0-0.4	44.5	44.5-0.7	45.0	45.0	45.0-0.0	45.5	45.5-0.4
100.0	44.0	44.0	44.0-0.0	44.5	44.5-0.3	45.0	45.0-0.5	45.5	45.5-0.8	46.0	46.0	46.0-0.1
100.5	44.5	44.5-0.8	45.0	45.0	45.0-0.0	45.5	45.5-0.3	46.0	46.0-0.5	46.5	46.5-0.8	47.0
101.0	45.0	45.0-0.6	45.5	45.5-0.8	46.0	46.0	46.0-0.0	46.5	46.5-0.2	47.0	47.0-0.5	47.5
101.5	45.5	45.5-0.4	46.0	46.0-0.5	46.5	46.5-0.7	47.0	47.0-0.9	47.5	47.5	47.5-0.2	48.0
102.0	46.0	46.0-0.0	46.5	46.5-0.2	47.0	47.0-0.4	47.5	47.5-0.5	48.0	48.0-0.7	48.5	48.5-0.9
102.5	46.5-0.9	47.0	47.0	47.0-0.1	47.5	47.5-0.2	48.0	48.0-0.4	48.5	48.5-0.6	49.0	49.0-0.8
103.0	47.0-0.6	47.5	47.5-0.7	48.0	48.0-0.8	48.5	48.5-0.9	49.0	49.0	49.0-0.1	49.5	49.5-0.2
103.5	47.5-0.2	48.0	48.0-0.3	48.5	48.5-0.4	49.0	49.0-0.5	49.5	49.5-0.7	50.0	50.0-0.8	50.5
104.0	48.0-0.1	48.5	48.5-0.1	49.0	49.0-0.2	49.5	49.5-0.3	50.0	50.0-0.4	50.5	50.5-0.5	51.0

表 2　　　A 表　　(100m/min)

A(g) \ B(g) / w_0	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139
96.0	42.5	42.5	42.5-0.5	43.0	43.0	43.0-0.0	43.5	43.5-0.6	44.0	44.0	44.0-0.2	44.5
96.5	42.5-0.4	43.0	43.0-0.9	43.5	43.5	43.5-0.5	44.0	44.0	44.0-0.0	44.5	44.5-0.6	45.0
97.0	43.0-0.5	43.5	43.5	43.5-0.0	44.0	44.0-0.5	44.5	44.5	44.5-0.1	45.0	45.0-0.6	45.5
97.5	43.5-0.3	44.0	44.0-0.8	44.5	44.5	44.5-0.2	45.0	45.0-0.7	45.5	45.5	45.5-0.2	46.0
98.0	44.0-0.1	44.5	44.5-0.6	45.0	45.0	45.0-0.0	45.5	45.5-0.5	46.0	46.0-0.9	46.5	46.5
98.5	45.0	45.0	45.0-0.3	45.5	45.5-0.7	46.0	46.0	46.0-0.1	46.5	46.5-0.6	47.0	47.0
99.0	45.5	45.5	45.5-0.0	46.0	46.0-0.4	46.5	46.5-0.9	47.0	47.0	47.0-0.3	47.5	47.5-0.7
99.5	46.0	46.0-0.7	46.5	46.5	46.5-0.1	47.0	47.0-0.5	47.5	47.5-0.9	48.0	48.0	48.0-0.3
100.0	46.5	46.5-0.4	47.0	47.0-0.8	47.5	47.5	47.5-0.1	48.0	48.0-0.5	48.5	48.5-0.9	49.0
100.5	47.0	47.0-0.1	47.5	47.5-0.4	48.0	48.0-0.7	48.5	48.5	48.5-0.1	49.0	49.0-0.4	49.5
101.0	47.5-0.8	48.0	48.0	48.0-0.0	48.5	48.5-0.3	49.0	49.0-0.6	49.5	49.5-0.9	50.0	50.0
101.5	48.0-0.4	48.5	48.5-0.7	49.0	49.0-0.9	49.5	49.5	49.5-0.2	50.0	50.0-0.5	50.5	50.5-0.8
102.0	49.0	49.0	49.0-0.2	49.5	49.5-0.4	50.0	50.0-0.7	50.5	50.5-0.9	51.0	51.0	51.0-0.2
102.5	49.5	49.5	49.5-0.0	50.0	50.0-0.2	50.5	50.5-0.4	51.0	51.0-0.7	51.5	51.5-0.9	52.0
103.0	50.0	50.0-0.4	50.5	50.5-0.6	51.0	51.0-0.8	51.5	51.5	51.5-0.0	52.0	52.0-0.3	52.5
103.5	50.5-0.9	51.0	51.0	51.0-0.1	51.5	51.5-0.3	52.0	52.0-0.5	52.5	52.5-0.7	53.0	53.0-0.9
104.0	51.0-0.6	51.5	51.5-0.8	52.0	52.0-0.9	52.5	52.5	52.5-0.1	53.0	53.0-0.3	53.5	53.5-0.4

w_0	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151
96.0	44.5-0.8	45.0	45.0	45.0-0.4	45.5	45.5	45.5-0.0	46.0	46.0-0.7	46.5	46.5	46.5-0.3
96.5	45.0	45.0-0.2	45.5	45.5-0.8	46.0	46.0	46.0-0.4	46.5	46.5	46.5-0.0	47.0	47.0-0.7
97.0	45.5	45.5-0.1	46.0	46.0-0.7	46.5	46.5	46.5-0.3	47.0	47.0-0.9	47.5	47.5	47.5-0.5
97.5	46.0-0.8	46.5	46.5	46.5-0.3	47.0	47.0-0.9	47.5	47.5	47.5-0.4	48.0	48.0	48.0-0.0
98.0	46.5-0.4	47.0	47.0-0.9	47.5	47.5	47.5-0.5	48.0	48.0	48.0-0.0	48.5	48.5-0.6	49.0
98.5	47.0-0.1	47.5	47.5-0.5	48.0	48.0	48.0-0.0	48.5	48.5-0.6	49.0	49.0	49.0-0.1	49.5
99.0	48.0	48.0	48.0-0.2	48.5	48.5-0.6	49.0	49.0	49.0-0.1	49.5	49.5-0.6	50.0	50.0
99.5	48.5	48.5-0.7	49.0	49.0	49.0-0.1	49.5	49.5-0.6	50.0	50.0	50.0-0.0	50.5	50.5-0.5
100.0	49.0	49.0-0.3	49.5	49.5-0.7	50.0	50.0	50.0-0.1	50.5	50.5-0.5	51.0	51.0	51.0-0.0
100.5	49.5-0.8	50.0	50.0	50.0-0.2	50.5	50.5-0.4	51.0	51.0	51.0-0.0	51.5	51.5-0.4	52.0
101.0	50.0-0.3	50.5	50.5-0.6	51.0	51.0	51.0-0.0	51.5	51.5-0.4	52.0	52.0-0.8	52.5	52.5
101.5	51.0	51.0	51.0-0.1	51.5	51.5-0.5	52.0	52.0-0.8	52.5	52.5	52.5-0.2	53.0	53.0-0.6
102.0	51.5	51.5-0.5	52.0	52.0-0.8	52.5	52.5	52.5-0.1	53.0	53.0-0.5	53.5	53.5-0.8	54.0
102.5	52.0	52.0-0.2	52.5	52.5-0.5	53.0	53.0-0.8	53.5	53.5	53.5-0.1	54.0	54.0-0.4	54.5
103.0	52.5-0.5	53.0	53.0-0.8	53.5	53.5	53.5-0.0	54.0	54.0-0.3	54.5	54.5-0.6	55.0	55.0-0.9
103.5	53.5	53.5	53.5-0.1	54.0	54.0-0.4	54.5	54.5-0.6	55.0	55.0-0.9	55.5	55.5	55.5-0.2
104.0	54.0	54.0-0.7	54.5	54.5-0.9	55.0	55.0	55.0-0.1	55.5	55.5-0.3	56.0	56.0-0.6	56.5

表 3　气球升速误差各项指标

误差(m/min) 项目 / 表别	平均值	均方差	最大误差	$\|\Delta w\| \geqslant 0.5$ m/min 频率	$\|\Delta w\| \geqslant 1.0$ m/min 频率	精确度指数h*
新净举力表（0.1g）	0.02	0.29	0.90	9.7%	0.0	2.40
新净举力表（0.5g）	0.05	0.43	1.36	26.4%	2.2%	1.65
新净举力表(取整数)	0.04	0.71	2.18	53.3%	18.1%	1.00
旧净举力表	−0.26	0.93	3.22	59.1%	31.2%	0.76

*　精确度指数 $h=1/\sqrt{2}\sigma$[3](σ为均方差)

表 4　升速误差按气压分类表(m/min)

误差 项目 / 气压	最大值	平均值	均方差	误差 项目 / 气压	最大值	平均值	均方差
790 mm	3.2	−0.5	0.9	730 mm	2.5	−0.2	0.8
780	3.0	−0.3	0.7	700	3.0	−0.2	0.8
770	2.8	−0.2	0.7	650	3.1	−0.4	1.2
760	2.6	−0.2	0.7	600	3.0	−0.2	1.0
750	2.9	−0.2	0.7	550	3.2	−0.3	1.2
740	2.7	−0.2	0.8	500	3.2	−0.3	1.1

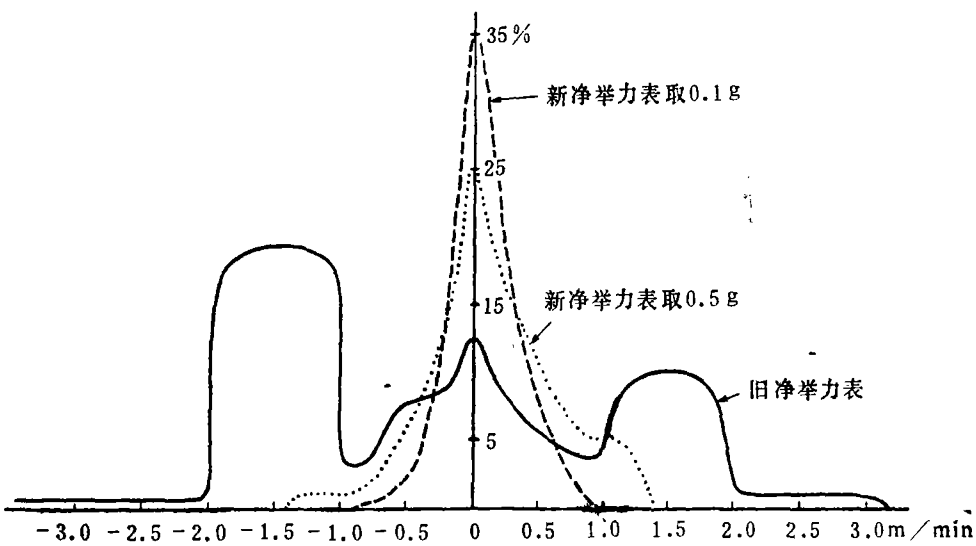

图　升速误差分布图

小误差机率高，近于正态分布。

3. 结论和说明

1) 由以上分析，净举力取 0.5 g，误差各项指标较好。而 0.5 g 的称重和充气及平衡条件，在野外测试或台站日常业务工作中是可以达到的。所以，净举力取 0.5 g 的新编表具有业务应用的价值。

2) 若因工作条件所限，净举力仍取整数时，升速误差也比旧表小，各项误差指标平均可改善 37%以上。

3) 因篇幅所限，本文仅列出部分新编表。可供 100 m/min 升速的测风气球和低探球使用。表中，若气球及附载物总重有小数时，不用四舍五入在左右两净举力中内插取值，而用取两位小数的 A，计算后列于表中。如"－3"表示该净举力适用到 B+0.3 g 止，从 B+0.4 g 始用右面的值。例：标准密度升速 W_0=101.5 m/min，气球及附载物总重 B=3.03 g，则查得的净举力为 21 g；若 B=30.4 g，净举力应是 21.5 g。又如"2－9"表示气球及附载物总重从 B+0.2 g 至 B+0.9 g 时，净举力用左右两数的中间值，余类推。

参考文献

[1] *A*、*B*、卡林诺夫斯基，高空气象学，22—38，顾钧禧等译，高等教育出版社，北京，1956。
[2] 中央气象局，水平距离表，附表 1—2，北京，1976。
[3] 冯师颜，误差理论与实验数据处理，21—28，科学出版社，1964。

THE COMPUTATION OF THE NET LIFTING FORCE OF PILOT BALLOON AND ERROR ANALYSIS

Xie Guoliang
(*Department of Atmospheric Sciences, Nanjing University*)

Abstract

The net lifting force of pilot balloon has been computed by approximation method in this paper. A new table for this force is given based on the computations.

The error of the lifting velocity caused by the net lifting force has also been computed.

The results indicate that: in the old table which was currently used in the meteorological station, the error of lifting velocity does not follow a normal distribution, its maximum value was as high as 3.22m/min; the new table we suggested, the error is normaly distributed, its maximum and mean values are reduced to 1.36m/min and 0.05m/min respectively.