

## 軍用氣象之中心工作

## 彈道風之測算法

呂 炯

近世戰術，全仗科學，盡人皆知。然若僅有堅甲利兵，而於天時地理，未能豫測，則亦往往歸於失敗。較近以來，飛航事業，突飛猛進，將來空中之戰爭，較之陸地海洋，尤為重要。故氣象一科，亦為近世研究戰術者所不可或缺之知識；即以砲兵而論，其需要氣象學上之知識，亦復不少。茲篇所述，為彈道風之測算法；蓋砲彈在空中之路徑，常受大氣中氣流之影響而改變。故欲求其砲無虛發，發而命中，則不僅內外彈道學皆須有精密之計算，即空中氣流，亦須詳加測定，則庶幾能廣收成效，不致虛耗彈藥矣。

彈道風之測定，其極簡單者，則為觀測雲行之方向。若天空晴朗無雲，則可放煙幕彈而視其煙跡之去向。然此皆不無失之過於簡陋，非不得已時，此法似以不用為佳，其較為精密之方法，則為氣球觀測。即以橡皮製之氣球，中實氫氣，使之上升，而以經緯儀觀測氣球之去向；然後記錄其每隔一定時間（普通相隔一分鐘）之方位角與仰角，應用現成之圖表，頃刻之間，即可求出彈道風。一方觀測告終，一方計算之結果亦同時完畢矣。

用經緯儀觀測氣球，其法有二；即所謂單經緯儀觀測，及雙經緯儀觀測是也。單經緯儀觀測，用法簡便，然不如用雙經緯儀之精密。蓋用單經緯儀，假定其每分鐘上升之高度為一定，然據專家研究之結果，則近地面約一千五百公尺之空氣層中，常因渦動及對流而減少氣球上升時之阻力；故在上述高度之空氣層內，氣球上升之速率，約較上層之空氣中大百分之十<sup>(一)</sup>。若遇天氣變化之際，氣流複雜，則氣

(一)見F. Linke, Meteorologisches Taschenbuch第一冊，第一八一頁，一九三一年Leipzig出版。

球上升之速率，更不調勻矣。若用雙經緯儀觀測，則測算自較準確，然手續上亦較煩重。此二法後當分別述之。

對於發砲時所須之氣象要素爲：(一)空氣重量，(二)彈道風。然風向風速，不僅在高空中應爲測定，即地面上，亦須測定。觀測地面之風向與風速，另有相當之器具。茲順序先述空氣重量之測定法。

欲求空氣之重量，先須測定氣溫與氣壓。在地面上測定氣溫氣壓，法至簡易。測氣溫可用手旋氣溫計，將氣溫計旋舞空中，約一分鐘後，即可觀測。但須注意者，當吾人旋舞氣溫計時，勿向風或背風而立。測量氣壓，可用空盒氣壓表(二)。用時當稍以指頭輕叩之，但勿過重。如欲測量高空之氣溫與氣壓，則須用自記儀器，用風箏或繫留氣球攜之使上，放下時可由其自記之曲綫，確定空氣中各層溫度及氣壓之高下。同時因自記氣壓計，自地面至高空之氣壓，皆明白表示，故可從氣壓公式，求出所屬之各高度。然後屬於各該高度之氣溫亦得從此決定矣。

空氣重量表 (公斤/立方公尺)

相對濕度 70%

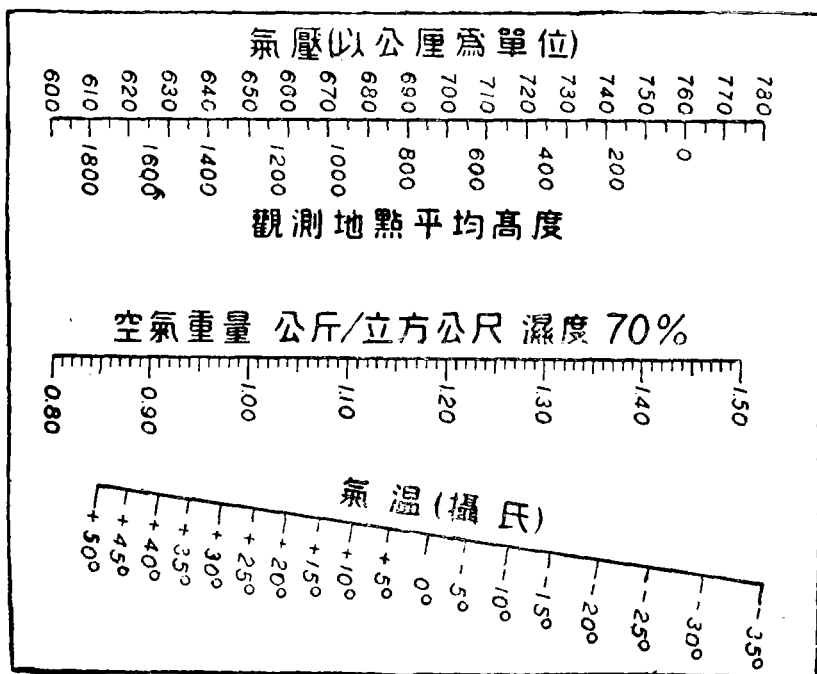
氣 溫 (攝氏)	氣 壓 (以公厘表示)			
	630	680	730	780
-30	1.21	1.30	1.40	1.49
-20	1.16	1.25	1.34	1.43
-10	1.11	1.20	1.29	1.38
0	1.07	1.16	1.24	1.33
+10	1.03	1.11	1.20	1.28
+20	0.99	1.07	1.15	1.23
+30	0.95	1.03	1.11	1.18
+40	0.91	0.99	1.06	1.14

(二)空盒氣壓計當預先與標準水銀氣壓表校正。

溫度氣壓測定之後，即可利用已製成之表格(見上空氣重量表)，求出空氣每立方公尺之重量，重量以公斤表示之。相對濕度則普通假定為百分之七十。雖有時不到或過於百分之七十，然與實際空氣重量，相差極微，可以不計也。若欲精密求出相對濕度，則可用風扇溫度表。觀測時，以鑰開動風扇，激起下部空氣，在筒內流動，則乾濕兩表之度數，視空氣中含有水氣之多寡，而相差有大小之別，相差愈小，則相對濕度愈大，否則反是。其乾濕兩表相差之數與相對濕度之關係，另有專表，一查即得。

若氣溫氣壓已測得，欲求空氣重量，除上述利用表格外，尚可利用法線表(Nomogram)求得之(如下圖)。其法即以測得氣壓與空氣溫度，用直線尺連結之，則此尺經過空氣重量直線上之刻度，即為所求空氣之重量。普通只求地面上空氣之重量，高空中不常注意。

今當進而論測定彈道風。風分地面與高空兩部。茲先述地面之



部，然後再論高空。測地面風向風速，最簡便者，可用手攜風向及風速計。先用羅盤測定南北方位，然後以風向計植之於地，將風向計上所刻之方位，使之與羅盤測定之方位相符合，則風向自可立辨矣。

測地面風力，用手攜杯形風速計植於地上；觀測時間，約須連續三分鐘，因風力時猛時緩，強弱不一，故觀測時間須略久，較為準確。俟三分鐘後，然後觀其迴轉次數，即可求得每秒鐘若干公尺之風速。為節省時間起見，可用方格紙，預先製成一直線，三分鐘時間內迴轉若干次，即等於每秒鐘幾公尺。如此則可不用計算，一望而知之矣。然與地面過於接近之風力，因地面上有磨擦力之故，不十分精確。若欲更求精密，可用高可達十七公尺之自由伸縮竿，將風力計等，裝於竿頂，用電線將風力風向計通至地面接觸自記器上或燈表上，則祇須一人在下坐守，可隨時測讀，不僅較為精密，且便利萬分。

高空風向風速之測定，為彈道風主要之工作。前已述及，有單經緯儀及雙經緯儀二法。茲先述單經緯儀法。觀測之前，須將氫氣球充盛氫氣，先將氣球裝於一天平上，此天平專為氣球盛氫氣之用者。氫氣從天平之橫竿內，以達氣球；若不用天平，亦可用相當重量，裝在灌氣附件上，使此重量恰等於所需要該氣球一定之上升力，此可於已製成之表中查得之。茲擇氣球上升速度每分鐘一百及二百公尺者列表如下(三)：

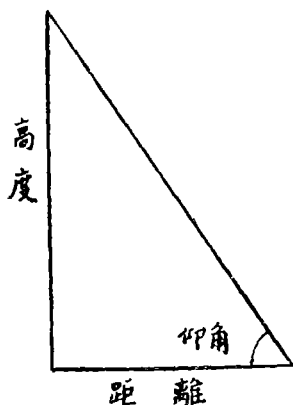
求氣球上升力表 (上升力以公分(g)表示)

氣球重量 (公分 g)	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	
上公尺 升速/ 度分	100	12	14	16	18	19	23	26	28	30	32	35	36
	200	—	218	223	227	231	239	245	251	257	263	268	274

(三)此表根據P. Rätjen一九二五年製，Meteorologisches Taschenbuch  
第一冊，第二九六頁。

用單經緯儀觀測，假定氣球上升之速率不變。通常軍隊中所用之上升速率，為每分鐘一百或二百公尺，如上表所示，取其簡單容易計算也，故高度之公式為

$$\text{高度} = \text{上升速率} \times \text{分數}$$



至為簡易。至地面之距離，若高度及仰角為已知，則可利用三角作圖法求得之。通常以一定比例尺表示高度，故其距離亦可按一定比例，用尺一量即得。距離求得後，風速即可用兩脚規及比例尺解決。風向則利用方位角以平行尺求得之。在野外觀測，方位之確定，可借助於羅盤或定向器。風之方向普通分三十二等分如下：

方位	北	北東北	東北	東東北	東	東東南	東南	南東南	南	南西南	西南	西西南	西	西西北	西北	北西北
號碼	00 或 32	02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30

軍隊中普通皆利用印成之風力圖解計算紙（參閱後面附圖）。全圓周分三百六十度，仰角自地平至天頂為九十度。氣球上升速率分一百，二百，五百，一千公尺四種，別為 A, B, C, D, A 與 D 合用一種比例，不過 D 較 A 大十倍耳。紙角附比例尺，每分鐘氣球所走之距離，用兩脚規測得，然在各該比例尺上一比，即知氣球在某高度每秒鐘走若干公尺矣。比例尺有半分鐘，一分鐘，一分半鐘，二分鐘等等字樣，即表示觀測時間為每隔一分鐘，或一分半鐘等等，可隨意選擇也。

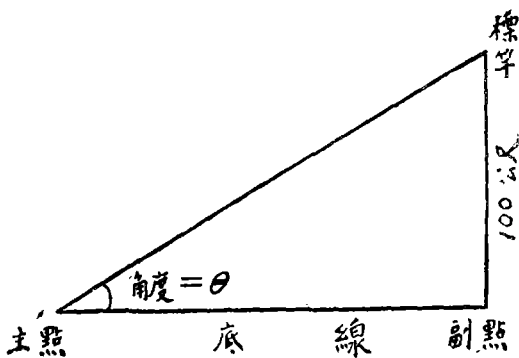
各項觀測要素，如仰角，方位角，風向，風速，高度等項，須逐項填入印就之表格內（此項表格均附見籍末），然後利用風力分解圖，將風力分解成南北向及東西向分力。以南為正，北為負；東為正，西為負（見下圖）。當然此種辦法，並非一定，亦可隨意更改。各層風

力分解完畢後，填入彈道氣象要素計算表內，再將各層已分解之風力求其適用於各該子彈在空中飛行時間之平均數，最後復利用風力分解圖，將各層分力相加，求上下各層合併之平均數。然後將新求出之分解力適用於各飛行時間者復行合併，求其合成力，如此彈道風之計算，即行終了。測得之結果，填入發報單內，以備拍報發砲地點。

雙經緯儀之觀測，較為複雜，其兩觀測點，可名之為觀測主點及觀測副點。兩觀測點相距至少須有所測高度三分之一之長，但最短不能在三百公尺以內。普通約以一公里左右為標準。兩經緯儀須以能在同一水平線內為最好，如稍有高低，則其高度之相差，不能超過底線長度千分之五。當然若欲求其絕對準確，則兩經緯儀須在同一水平面上，然軍用但求迅速，不必十分精密。底線之擇定，總以能與風向相垂直為最宜。此其重要之點也。

兩經緯儀布置妥當後，使兩儀互相對視時，其方位角各為零。然後在觀測副點將測望鏡向底線右方或左方迴轉一直角，在此直角線上，距離副點一百公尺處，植一標竿。此標竿是否在直線上，可用測望鏡觀察，以標竿與鏡內中線相符合為度。標竿植定後，在觀測主點將測望鏡迴轉，以望見標竿在鏡內中線上為度，然後讀出其迴轉之角度，則底線之長，即可從下列公式求得：

$$\text{底線} = \frac{100}{\tan \theta} \text{ 或 } = \cot \theta \times 100 (\text{公尺數})$$



同時在主點用羅盤或定向器測定南北方位，藉以測定主點經緯儀直對副點時距正北方向之角度，以便後來可以求出確實之風向。然後用風力圖解計算紙兩張，一張為大而成方形者，一張則為透明而

圓形者。兩紙相疊，使方位角零度之直線，互相重疊；其兩中心距離以公分 (cm) 表示，如以十公分代表一公里，則一公分代表一百公尺，其比例尺即為  $1:10000$ ；如以五公分代表一公里，則五公厘代表一百公尺，其比例尺即為  $1:20000$ 。依此類推。兩紙相疊妥當後，各中心以銅釘釘之，釘上繫以細線，線則捲纏於二鐵塊上，可以隨意舒捲，以為後來由兩中心用同時觀測之兩方位角求其交點以定氣球之位置。同時復以第二張透明圖解計算紙，重疊於方形大圖解計算紙上，使其中心與下面計算紙上之中心相合，惟圓圖上方位角等於零之線，必與主點經緯儀由底線上起算至直對正北時之角度相合，乃以此透明圖解計算紙為標準，將三十二等分之風向線，以鉛筆畫於下面之紙上，則實際之風向，即可根據此鉛筆綫符號定之。求風向之法與單經緯儀相同。亦須借助於平行尺也。

氣球之位置，可利用兩經緯儀同時觀測之兩方位角定之，已如上述，然其高度則尚未確定。欲求氣球之高度，須用高度計算紙；此紙為一方格紙，而附有自水平時之零度至天頂時一直角之圓弧，弧上刻有度數，亦分九十。求氣球高度，須利用仰角及氣球離測點之距離。因兩經緯儀各自有其仰角及距離，故氣球之高度，可同時根據兩經緯儀各自觀測之仰角及距離求得之。理論上兩處求得之高度應相同，然實際上難免略有參差；故須求兩數之平均。兩經緯儀各自觀測之仰角，方位角，高度，以及平均高度，風向，風速等，亦一一填入印成之表格內。風向則以鉛筆之符號為標準，風速以紙角之尺度為準，與單經緯儀觀測之法相同。惟用雙經緯儀觀測，相隔之時間，祇分二種：一為每隔一分鐘，一為每隔半分鐘，不如用單經緯儀觀測時間種類之多也。至風力之分解，合成，與夫填發報告等，則與單經緯儀中所述者相同，茲不贅。

此處惟有一事，必須述及。即兩經緯儀如何始能同時觀測。其聯絡之法，自必借助於行軍電話，由一人在主點司令，俾兩方得同時觀

測，並將副點觀測結果，隨時報告主點，以便同時作圖計算。

彈道風之測算，原為供給砲兵射擊描算時參考之用，故不必過高，普通子彈在空中飛行時間為三十秒時，則測至一千公尺高度已足。故觀測至若干高度，須視砲彈在空中最高時達何高度而定。若觀測過高，則徒費時間，此非學術專門研究，故以求迅速足供應用為目的。

上述諸端，不過僅舉大概，若求應用，自非實地練習不可，其中瑣屑之點亦須多事實習，方能領悟，固不能於此一一縷述也。

觀測彈道風，不論用單經緯儀或雙經緯儀，在野外實習時，須有運貨汽車二輛，俾便到處行駛，隨地實測。人數約須十人至十三四人，以便同時分工進行，迅速完工。若僅用單經緯儀觀測，則五六人已足分配矣。

### 附觀測用儀器用具名單

#### (一)測候地面氣象狀況用具

名 稱	件數
羅盤	
高十七公尺之自由伸縮竿	一
小風況計	一
手攜杯形風力計	一
手攜風向計	一
植竿	二
碼錶	一
溫度計	一
空盒氣壓計	一
測定空氣重量表	一
風扇濕度表	一
檢查濕度表格(風扇濕度表用)	一

#### (二)單經緯儀觀測法用具

羅盤或定向器	一
經緯儀	一



橡皮氣球	若干
天平(充氣用)	一
輕氣瓶	一
碼錢	一
觀測氣球記錄簿(單經緯儀用)	一
彈道風計算簿	一
畫圖板	二
鉛筆	三
中心釘	二
透明尺	二
平行尺	一
圓規	一
量距規	一
風力圖解計算紙(單經緯儀用)	一
風力分解圖	一
(三)雙經緯儀觀測用具	
羅盤或定向器	一
經緯儀	二
橡皮氣球	若干
天平	一
輕氣瓶	一
碼錢	二
觀測氣球記錄簿(雙經緯儀用)	一
彈道風計算簿	一
畫圖板	三
鉛筆	四
中心釘	四
透明尺	一
平行尺	一
圓規	一
量距規	一
風力圖解計算紙(雙經緯儀用)	三
高度計算紙	一
風力分解圖	一
三角表	一
行軍電話	一副



彈道氣象要素計算表

地點 ..... 日期 年 月 日 時間 時 分  
 地面上之氣溫 ..... °C 觀測地點之高度 ..... 公尺  
 是日平均氣溫 ..... °C 平均砲位高度 ..... 公尺  
 氣壓 ..... 公厘 空氣重量校正 ..... 公斤 / 立方公尺  
 空氣重量(至二十秒) ..... 公斤 / 立方公尺 計算者 .....  
 空氣重量(在二十秒以上) ..... 公斤 / 立方公尺

距離 地面上 空氣層 中心之 高度	風				子彈 飛行 時間 (頂高)	空 氣 層	風				子 彈 飛 行 時	空 氣 重 量 (小 數)	彈 道 風			
	向	速	分 力				平 均 分 力		南	東			南	東	向	速
			南	東			南	東								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
0					19秒 (120)	0 200					10					
200					15秒 (300)	0 200 200					15					
500					20秒 (500)	0 200 500					20					
750					25秒 (800)	200 500 750					25					
1000					30秒 (1000)	200 750 1000					30					
1500					40秒 (2000)	500 1500 2000					40					
2000					50秒 (3000)	750 2000 3000					50					
2500					60秒 (4500)	1000 3000 4000					60					
3000					70秒 (6000)	1500 4000 6000					70					
3500					80秒 (8000)	2000 6000 8000					80					

