

國防科學叢書

軍事氣象學大綱

朱炳海 著

中華自然科學社主編
商務印書館印行

國防科學叢書

軍事氣象學大綱

朱 炳 海 著



中華自然科學社主編
商務印書館印行

中華民國三十三年十一月重慶初版
中華民國三十五年十二月上海初版

（53583 滬報紙）

國防科學叢書
軍事氣象學大綱一冊

定價國幣壹元壹角

印刷地點外另加運費

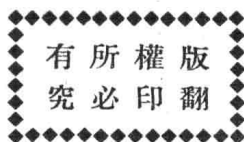
著者 朱 炳 海

主編者 中華自然科學社

發行人 朱 經 農
上海河南中路

印刷所 商務印書館
商務印書館

發行所 商務印書館
各地書館



緣 起

科學與國防之關係，夫人而知之矣！戰略學，戰術學，彈道學，飛行學，航海學等，固為直接用於疆場之科學；機械工程學，航空工程學，造船工程學，化學工程學，電機工程學等，又莫不為兵器製造與運用中之基本工具。再如地理學，測量學，製圖學，交通學，土木工程學，採冶工程學，醫學，農學等，或為戰略決擇之繩準，或為資源給養之所利賴，或為士兵健康戰鬪力之所攸關。例如尚在進行之德蘇大戰，希脫勒傾其全軍之師，操其最高度之科學兵器，據其片面估計，滿心於閃擊三個月後直搗莫斯科。孰知經過兩年來之苦戰，遭遇了無可挽回之犧牲，而莫斯科猶可望而不可即，此何故歟？實蘇聯冬季零下三十度以下之風雪天氣為之也；亦即氣象學的障礙作用為之也。又如在我國抗戰期中，我砲兵部隊某次按圖發砲，屢發不中，事後研究，始發現由於地圖之失真，是即測量製圖工作之錯誤，而直接影響於作戰之效能也。諸如此類，例不勝舉。總之，今日之戰爭，乃科學之戰爭，戰爭之勝負，決於科學程度之高低。蔣委員長云：「無科學即無國防，無國防即無國家。」亦即我人欲立國於今世，必須建設國防，建設國防，又非從科學着手不為功，此所以國防科學之研究，為全國朝野之所提倡。

本社同人，原均各就性之所好，從事於各部門科學之專門研究，其工作範圍，雖未必盡標以國防之名，然皆直接或間接與國防科學密切相關。竊以百事之舉，必集多人之參加合作，其成功方臻偉大，何況今日之戰爭，不啻為國力之抗衡，國防

責任，應在全體國民，故今之談國防建設者，莫不倡全民國防之口號。至國防科學之研究，固無從亦不必全民參加，但對於國防科學基本智識之認識，確有灌輸於全民之必要；非如是國防科學究研之風氣無從養成，參加國防科學工作之中下級幹部無從徵集。是以我人一面從事專題之研究，同時尤應致力於國防科學智識之普及，本社編著國防科學叢書之旨趣，蓋在於此。尚希社會人士，賜以匡正，是所至幸！

編 者

目 次

導言.....	1
第一章 氣象通論.....	6
第一節 一般氣象要素.....	6
第二節 高空.....	9
第三節 天氣圖.....	12
第二章 空軍與天氣.....	15
第一節 氣流構造.....	15
第二節 山地亂流.....	19
第三節 雷雨與颶.....	23
第四節 塗冰.....	27
第五節 雲霧與能見度.....	29
第六節 人工消霧法.....	32
第三章 海陸軍與天氣.....	35
第一節 航海的天氣障礙.....	35
第二節 化學隊與天氣.....	38
第三節 射擊與氣層組織.....	39
第四章 軍事設計與氣候.....	43
第一節 士兵健康與氣候.....	43
第二節 軍事運輸與氣候.....	46
第三節 軍需置備與氣候.....	47
第四節 軍港及飛機場地位之選擇.....	49
第五章 如何發展我國之軍事氣象工作.....	55

軍事氣象學大綱

導 言

昔睢水之役，楚兵圍漢王三匝，大風從西北起，折木發屋，飛沙走石，白晝頓呈晦暗。楚軍大亂，漢王得與數十騎遁去（史記項羽本記）。終而敗項王於垓下，開漢室之基業。可見勝負之數，雖曰人事，天氣與有因焉。

漢獻帝建安十三年，赤壁之戰，曹孟德統率三軍，一鼓南下，大有踏平江南，囊括四海之氣概。豈料北兵南來，氣候失調，水土不服，疫癘蔓延，未及交鋒而士氣已行大衰。繼而黃蓋詐降，率其蒙衝之艦，直搗曹營，時當風力轉緊，火炬一舉，而水陸大軍頓化齏粉（三國志周瑜傳及曹公傳）。果而鼎足之局成，統一之圖化為泡影矣。

元世祖忽必烈崛起漠北之野，馳騁當世，拓古來未有之版圖；然兩度東征，卒以颱風而潰敗。至元十七年之役，聲勢尤為浩大，計蒙漢高麗兵四萬，乘艦九百艘，筑肥海上，戰艦棋布。至閏七月一日，颱風陡起，元艦多覆沒破壞，漢將范文虎等，各擇船之堅好者而遁，棄士卒十餘萬於五龍山下。嗚呼！國土跨歐亞，而未括有東瀛三島，忽必烈死亦不瞑目矣。①

古來英雄，睥睨一時，而屈於天時者，豈僅我國然哉。統觀世界史乘，其例何可勝書。拿破崙希世之名將也，雄謀遠略，氣

① 竺可楨著天時對於戰爭之影響。國風第五期國防專號第一四——一五面。

吞衡宇，鐵蹄所至，所向披靡。然昊天不佑，終未能逞其野心。一八一二年大舉犯俄，假塗波蘭，既抵紐曼（Niemen），忽遇狂風大作，暴雨如注，來勢之猛，宛如熱帶颶風。因而人馬疲憊，軍需淋濕，以致疫癘蔓延，士卒病而不起者二萬五千以上，屍體積野五百餘具之多，野砲百餘尊，兵車五千輛，盡棄於維爾那（Wilna）之路旁。同年十一月再舉侵俄，兵臨莫斯科，忽又天氣嚴寒，風雪交作，法軍來自西歐，向居於海洋氣候，如此凜冽，實難忍受；於是棄甲曳兵，相繼逃遁，死亡積野，潰不成軍，即幸而免者，亦墮指落鼻，不復作人形^①。兩次征俄，均以天敗，豈知一八一五年六月，滑鐵路之役，亦因十七日一夜大雨，而為英將惠靈敦所大敗。於是一世將才，淪而為荒島囚徒。

②

天氣現象之足以左右戰事者，何啻狂風暴雨，嚴冬凜冽而已！此外如光線之明晦，霧霾之迷漫，大雪之紛飛，以及河港之封閉，兵家或憑之固守，或乘機進攻，莫不能影響戰局。一九一四年歐洲大戰期間，十一月一日，英德海軍於南美智利海濱之役。^②一九一六年五月三十一日，北海裘德蘭（Jutland）之役，德艦賴霧霾之掩蔽，或放烟幕以藏身，因得凱旋而歸。英艦顯於日光，全無隱蔽，多艦沉沒，大敗而返。是役也，英方損失奇重，事後英王喬治慰藍長曰：「奪我之勝利者，乃天時也」，^③

① Richard Bentley, F. S. A. President. "Weather in the War Time" Q. J. Roy: Met. Soc. Vol. XXXIII. No. 142 April 1907. p. 93. p. 112.

② Alexander McAdie. Man and Weather. Cambridge 1926 p. 8.

③ Otto Baschin. "Meteorologie und Kriegführung" Die Naturwissenschaften Vol. III. No. 1915 S. 243

④ 同(2) pp. 14-15.

堪稱中肯之言矣！

一七九四年至一七九五年冬季之嚴凍，法國畢顯格洛（Pichegru）將軍在荷蘭建立之奇功，可為利用冰凍以制勝之極例。荷蘭沼澤之國也，溝渠縱橫，池泊星列，客軍深入，原非易事。豈料是年冬季，天氣之寒冷，異乎尋常；於是水鄉澤國，而成平曠冰野。因是法軍得於數星期內，橫行全荷，勢如破竹，荷京亞姆施屯（Ansterdam）亦為佔領。^①

美國獨立戰爭中，一七七五年圭伯克（Quebec）之役，美將蒙德各美（Montgomery）及亞諾爾德（Benedict Arnold）各率部曲，分頭進襲，焉知天氣驟變，大雪紛飛，軍行既感困難，凍餒尤為難受，因而士氣大傷。守軍堅壁清野，以逸待勞，獨立軍以致大敗。蒙氏陣亡，亞氏亦受重傷。^②但亦有乘大雪之天機，出其不意而制勝者，如唐李愬雪夜入蔡州，而擒吳元濟。梁朱珍於大雪中趨滑州，一夕而取之。^③

天定勝人，人定勝天。昔日之戰爭，可決勝負於天氣，今日之戰爭，科學之戰爭也，軍械之製造，戰略之佈置，無不本諸科學原理。然則，戰爭之行爲，似可脫離天氣之影響；但揆諸事實，猶有未必然者。即在今日之世界大戰中，天時對於戰爭之影響，亦例不勝舉。如一九三九年十月十九日歐洲之西線，大雨傾盆，陸地不能作戰；同時萊茵河河水高漲，汎濫於德國陣地，德軍用抽水器將西格弗利防線工事中之積水排出，其聲清晰可聞。夏季陣地，本已潮濕，現又值大雨，大規模進攻，已不

① Richard Bentley, F. S. A. President, "Weather in the War Time" Q. J. of Roy Met Soc. Vol. XXXIII No. 142 April 1907, p 98.

② 同上

③ 竺可楨著天時與戰爭之影響。風第五期國防專號第十二面。

可能（見同月二十一日大公報）。此種事實，於國內亦屢見不鮮。一九三八年七月間，山西連日大雨，日軍發言人自稱，日軍在該省迄無進展（見二十四日大公報）。尤有進者，希特勒於一九四一年六月乘其橫行中歐之餘威，驅納粹大軍，轉指蘇聯，揚言六個月內，征服蘇聯。焉知兵近蘇京而已值冬令，常勝雄師，竟爲嚴寒所阻。迄今三年，閃擊戰術已證實失敗，德軍節節敗退，而注定此次大戰之結局。

天氣變化，爲科學現象。本諸科學原理，我人未嘗不可知之於未來，爲未雨之綢繆；或乘機利用，出奇以制勝。研究天氣變化之科學，曰氣象學（Meteorology）。應用氣象原理於戰爭之科學，曰軍事氣象學（Military Meteorology）。氣象學之發達，不過最近數十年來之事，軍事氣象學之勃興，至一九一四年之歐戰期間始。

氣象學既爲研究天氣變化之科學，氣壓之起伏，風況之演變，溫度之升降，濕度之輕重，雲霧之聚散，雨雪之有無，以及大氣之明晦等等，均爲氣象學者日常觀察研究之對象。凡此種種，就短期間觀，瞬息萬千，幻變無常，時時有異，地地不同；但若以長期間論，氣象變化，殊有常規，各季有各季之特色，一地有一地之常態。如一八一五年六月十七日滑鐵路之大雨，固必預知而始能綢繆；但蘇聯冬令之嚴寒，實爲氣候的常規。指揮軍事者，於作戰時固需預知戰區內，瞬息的天氣變化；在佈置戰爭前，更必明瞭軍隊活動範圍內之氣候常規。前者屬於天氣學（Synoptic Meteorology），後者屬於氣候學（Climatology）。是乃組成近代氣象學之柱石。此二門在軍事上之應用，各有其價值。如砲兵之射擊，化學隊之佈氣，空軍之轟炸，以及海軍之襲擊，非預知當時之天氣變化不爲功。再如士兵衛生之

設備，軍需材料之購置，軍械運輸之策劃，以及海港空港之選築，則必熟知各地氣候，方能着手。上列諸端，固未許爲軍事氣象學之全部，但已不失爲斯學之大要。

第一章 氣象通論

第一節 一般氣象要素

氣象要素(Meteorological elements),即組成天氣現象之各成分。詳言之,是即日射,氣溫,氣壓,風信,濕度,雲霧和雨雪等等。此均為普通氣象學所研究之對象,無不與軍事動作有密切關係。

(一)日射(Solar Radiation) 此為地面一切能(Energy)之源,天氣現象的演變,亦唯此是賴。太陽輻射,射進大氣圈,因為大氣界中無數分子,塵粒,水汽等的散射(Scattering),浸射(Diffusion),反射(Reflection),吸收(Absorption)等等作用,使射達地面的日熱大為減少,而在天空表現出種種不同的色彩。據測算的平均結果,在大氣表面,每方公分(Cm^2)面積每分鐘內,受熱一·九四卡(Calorie)。透過氣層到地面之熱力,至多只有百分之五十。地面受熱正午最強,晨昏最弱;一年之內夏至最強,冬至最弱。地面吸收日熱,溫度升高,同時亦輻射熱能。地面輻射的熱能,人自不能見到,但極易為大氣成分所吸收,且為維持氣溫之唯一直接因子。

(二)氣溫(Atmospheric Temperature) 大氣成分中能吸收地面輻射者,惟以水汽,塵埃,及二氧化碳是賴。至於其他氧,氮等之吸熱能力極弱。因水汽,塵埃,二氧化碳和大氣密度,均以下層為最大;又因下層大氣離地面輻射面最近,所以在尋常情形之下,下層溫度最暖,山嶺愈高,溫度愈低。在熱帶山地,高出海面五千公尺的高度,就終年積雪。平均而論,在安

靜之大氣中，每上升百公尺，溫度降低 0.5° 至 0.7° （攝氏）。一日之內，下午二時至四時溫度最高，早上日出前溫度最低。最熱和最冷，大致相差十度左右。一年之內，七月最熱，一月最冷，相差二十至三十度。

（三）氣壓（Atmospheric Pressure） 氣壓乃地面每單位面積所承受大氣之壓力。顧名思義，此乃力之一種；照理，應用力的單位，但為實用上便利起見，常用水銀柱之高度代表；故用公厘（mm）或英寸（Inch）為單位。氣壓之升降，大致即為大氣柱重量之增減。所以自海面上升，氣壓逐步變低：

海拔(km)	0	1	2	3	4
氣壓(mm)	762	674	595	521	461
5	6	7	8	10	12
404	352	306	265	228	194
1.1	16				
105	772				

一地方的氣壓，變化無定。不過，平均而論，一日之內，上午十時，下午十時，氣壓最高；上午四時，下午四時，氣壓最低。一年之內，一月氣壓最高，七月最低。

（四）風信（Wind） 風即流動的大氣，所以風又可稱謂氣流。風之成因與水流同。水的流動，自高水位流向低水位；風的吹送，自高氣壓向低氣壓。水位傾斜愈急，水流愈速；風力亦然，隨氣壓梯度之大小而定。但是在地面層內，因地面阻力之牽制，風力比較弱小；離地面上升，地面阻力減小，風力漸增；至五〇〇公尺之高度，風力之強弱，即可完全依氣壓梯度而定。

地面的各個區域，因地位地形之不同，往往造成獨立之風系。例如在熱帶以內，全年是東北風，風向風力，殊為穩定，所以稱謂信風。在溫帶區域，風向風力，變化不常；不過在長期的記錄平均而論，西風最多；所以稱西風盛行帶。以上是就緯度帶而論，但在東亞大陸之風，又獨立成一系統。冬天的風，自大陸吹向大洋，夏季的風，自大洋吹向大陸。例如本國的風，冬季多乾冷的西北風，夏天多濕熱的東南風。南方的印度，冬天多東北風，夏天多西南風。這種風，因季候而改變方向，故稱季風（Monsoon）。此均受制於當時氣溫氣壓分佈之結果也。季風影響範圍，涉及整個大陸，時間變化，以半年為期。此外猶有以晝夜為週期，局部為範圍之海風陸風及山風谷風。

（五）濕度（Humidity） 濕度所以表示空中水汽之多寡。通用之濕度，有絕對濕度與相對濕度兩種。絕對濕度即表示空中水分絕對量之多少，在國內常用水汽壓代之，故用公厘（mm）為單位。相對濕度表示空中現有水汽量，對於當時溫度下可能有最大水汽量之比，通常用百分數表示之。

溫度愈高，濕面之蒸發愈快，所以空中之絕對濕度愈大；反之，則愈小。所以一日間與一年間絕對濕度之變化，約與溫度之變化平行。但當溫度升高之時，水面蒸發之加速，並不能與大氣之含汽能力同速加快，故相對濕度反形變小。反之，當溫度降低之時，大氣之含汽能力隨之變小，但同時之凝結作用，常形落後，故相對濕度反形變大。此所以早晨最潮濕，下午最乾燥。

（六）雲霧雨雪等 若空中水汽量即等於當時之含汽能力，大氣之相對濕度即為百分之百，謂之飽和。在自然界大氣中，濕度大至飽和，水汽即凝成水滴。水滴之懸浮低空者曰霧，

懸浮高空者曰雲。雲滴互相合併而長大，以至下降着地，即爲雨滴，或雪花。雲依形狀之不同，分爲十類：

(1) 卷雲 Ci 透明無影的纖維狀雲條，高度在十公里左右。

(2) 卷層雲 Ci-St 卷雲結構之雲，漫布全天成白幕狀，襯及日月而現日暈 (Solar Halo) 與月暈 (Lunar Halo)，高度約八公里。

(3) 卷積雲 Ci-Cu 卷雲聚結成小球，成行排列空中，高度約六至七公里。

(4) 高積雲 A-Cu 灰白色菱形，或瓦片狀之雲塊。成自水滴，遇日月現日華 (Solar Corona) 與月華 (Lunar Corona)。高度約四公里。

(5) 高層雲 A-St 灰白色的幕狀雲，密蔽全天；日月透過，如遇毛玻片，或全爲之隱。高度約與高積雲同。

(6) 積雲 Cu 夏天午後常見之雲塊。底平，頂近乎圓。高度約一公里。

(7) 積雨雲 Cu-Nb 積雲向上發展，雲塊矗立如塔，如山，其頂披有卷雲狀之雲。底高同如積雲，厚可超過三公里，在赤道上可厚至八公里以上。此爲打雷雨之雲也。

(8) 層積雲 St-Nb 青灰色的大雲條，或灰暗的雲條，密擠成層。高度約二公里。

(9) 雨積雲 Nb-St 烏黑的下界不明的雲層。高度不到一公里。

(10) 層雲 St 無定形的烏黑雲層。高度五百公尺。

第二節 高空

大氣現象之演變，非但南北東西相關，上下各部亦多互爲因果。依據德奧派氣象學家之見解，溫帶中之天氣變化均導源於高空。即挪威派之氣象學家，亦必參考三公里以上之氣象報告，以研究天氣，是故近代之研究天氣現象者，無不從事於天氣之三度分析 (3-diamenconal Analysis)，因此，對於高空大氣之組織性狀，必先予以說明：

大氣溫度，因海拔之升高而降低之現象，並非漫無止境。在溫帶以內大致到十一公里之高度，溫度之降低即形停止；所以，以前稱此高度曰同溫層 (Isothermal Layer)。後來發現，從十一公里以上，氣溫反有向上增加之勢，升至四十公里之高度，大氣溫度幾乎與地面氣溫相等。十一公里以上之氣溫，既是下冷而上暖，故不該稱曰同溫層，又因此上大氣無對流運動，而祇有平流運動，所以稱十一公里以上之氣層曰平流層 (Stratosphere)，以別於其下之對流層 (Troposphere)。對流層底之高度，赤道最高，可至十八公里，極地最低，不過六公里。

大氣壓力在地面之分佈，成爲高低不同之三帶，所以同時造成不同的風帶；升至三公里以上，全球以赤道之氣壓最高，極地氣壓最低，所以自赤道至極地爲一致的西風或西南風。由此觀之，所有季風之更替，祇以地面三公里以內爲限；至於海陸風，山谷風之循環，則所及高度更低。

空中水汽，均來自地面之蒸發，地面蒸發之水汽，再賴大氣之對流運動而上遞及於高空。至於無對流運動之平流層內，即無從有水汽之存在。無水汽，即無雲雨，亦即無顯著之天氣變化。近年來之飛行家，正在設法平流層之飛行，即在天氣不變而安穩故也。

我人現用之高空氣球，最高亦不過三十公里，從何知四十公里以上之溫度？更何故此上之溫度反形增暖？均為極饒興趣之問題。

證明高空氣溫反形增高之現象，多不勝舉，而以傳聲之反常，最為明晰有趣。在歐洲第一次大戰期間發現以下之事實：每次礮聲之作，在其發礮地點之四周有圓形之能聞帶，稍遠即為無聲帶，再遠又為能聞帶。第二能聞帶之發生，即因十一公里以上溫度升高，傳聲速度加大，遂使聲波反射達地而形成。關於此問題英之氣象學家弗魄耳（Whipple）研究最力。至於高空何以變熱，據近代之理論：因在高空有臭氧層（Ozoneosphere）及游離層（Ionosphere）之存在，對於太陽輻射俱有特強之吸收作用使然也。

昔日我人意謂，在大氣之頂層，必全部由氫氣組成；但據近年來光譜之分析，及氣體分子飛逸速度（Velocity of Escape）之推論，高空決無氫氣。至一五〇公里之高度，全部大氣之百分之九十即為氦氣（Helium）。以下為各層大氣成分之質量%：

高度 原素	地面	20	40	60	80	100	120	150	200 公里
氮				0.0	0.1	1.7	18.4	90.5	100.0
氫	75.5	75.5	82.9	88.3	92.0	93.0	78.7	9.3	0.0
氧	23.2	23.2	16.7	11.6	7.9	5.3	2.9	0.2	0.0
氫	1.3	1.3	0.4	0.1	0.0				
氫	0.0								