

防  
空  
氣  
球

防空學校編印

# 防空氣球目錄

第一章 總論	一
第一節 防空之重要與氣球之防空	一
第二節 氣球之起源與發達	四
第三節 重航空器與輕航空器	一〇
第四節 氣球與飛艇	一三
第二章 氣球之類別	一六
第一節 氣球之種類	一六
第二節 網式氣球與繫留座帶式之自由氣球	一六
第三節 空氣袋式與膨脹式之繫留氣球	一七
第四節 各種氣球之用途	二〇
第五節 各種氣球之形狀	二一

第六節 各種氣球之容積	二二
第三章 阻塞氣球	二五
第一節 阻塞氣球之目的	二五
第二節 阻塞氣球之性能	二五
第三節 阻塞氣球之懸吊	二八
第四節 阻塞氣球網之構成	三一
其一 主索附索及橫索	三一
其二 阻塞氣球網幕	三二
其三 間隔	三五
其四 距離	三七
其五 高度	三八
第五節 阻塞氣球之應用	三九
其一 阻塞氣球設置之地點	三九

其二 阻塞氣球之佈防.....四〇

第四章 監視氣球(觀測氣球).....四二

第一節 監視氣球之目的.....四二

第二節 監視氣球之構造.....四二

第三節 監視氣球之性能.....四三

第四節 監視氣球之高度及間隔.....四五

第五節 監視氣球之障地.....四六

第五章 放流氣球測風氣球與記號氣球.....四八

第一節 放流氣球.....四八

第二節 測風氣球.....四八

第三節 記號氣球.....五〇

第六章 氣體.....五二

第一節 總論.....五一

第二節 輕氣……………五六

第一款 輕氣之性質及出產……………五六

第二款 輕氣之製造……………五九

第三款 輕氣之浮力……………六四

第三節 氦氣……………六五

(甲) 氦氣之性質……………六五

(乙) 出產……………六七

(丙) 氦氣之提煉……………六七

(丁) 氦氣之價值……………六八

(戊) 氦氣之浮力……………六八

第四節 煤氣……………七〇

(甲) 煤氣之製造……………七〇

(乙) 溫度之影響……………七〇

(丙) 時間之影響·····	七一
(丁) 煤氣之浮力·····	七三
第五節 熱空氣·····	七三
第六節 氣體之保存·····	七四
(一) 氣囊·····	七五
(二) 鋼製貯存水櫃·····	七五
(三) 高壓氣筒·····	七七
<b>第七章 繫留機與繫留索·····</b>	<b>八〇</b>
第一節 繫留機之構造及運用·····	八〇
第一款 繫留機之式樣·····	八〇
第二款 繫留機之動力·····	八一
第三款 繫留機之轉運·····	八一
第四款 阻塞氣球繫留機·····	八三

第二節 繫留索·····	八六
第一款 繫留索需要之性質·····	八六
第二款 繫留索之耐伸力·····	八七
第三款 一般繫留索之構造·····	九〇
第四款 阻塞氣球繫留索·····	九一
第八章 氣球之原理·····	九二
第一節 大氣之成分·····	九二
第二節 氣球學應用之符號·····	九四
第三節 氣體之物理性質·····	九七
其一 密度·····	九七
其二 比重·····	九八
第四節 浮力·····	一〇〇
第五節 液體氣體之異同·····	一〇一

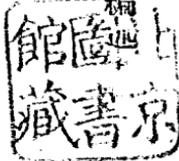
第六節	氣體之浮力·····	一〇三
第七節	靜止浮力·····	一〇三
第八節	溫度與氣球之影響·····	一一〇
其一	絕對溫度·····	一一〇
其二	容積密度與溫度之關係·····	一一一
其三	溫度之升降率·····	一一二
其四	加熱作用·····	一一三
第九節	氣壓與氣球之影響·····	一一七
附表一	小形膨脹式阻塞機球之諸元	
附表二	意大利 A. P. 式氣球之諸元	
附表三	濕度表及格來氏因數	
附表四	空氣密度及氣壓	
隨高度之變遷		

防空氣球目錄

# 防空氣球

杜

煥編



## 第一章 總論

### 第一節 防空之重要與氣球之防空

自飛艇飛機發明，其影響於戰爭方式者，至爲重大。蓋自古代人類之筋肉戰，以至於技術戰，進而至於火砲戰，化學戰，皆不過平面戰爭而已。今後之戰爭，將爲立體之戰爭。

筋肉戰所用之刀槍，殺人不過一二；技術戰所用之弓箭，威力不過百步；而古人精心研究，製甲冑以防刀槍，設防楯以禦矢石。火砲戰雖稱猛烈矣，一彈之炸，足以傷殺數十人；毒氣散佈，足以毀滅多數之戰士；然若無飛艇飛機以助其勢，其威力仍不出於戰場；防禦之術，究屬容易。今也，不特爆彈之威力愈大，毒氣之性能愈烈，復有所謂病菌戰者，光線戰者，更有飛艇飛機爲之施放，爲之散佈，正如猛虎生翼，其威力正不可想像；而軍事學家，復大倡一

兵民無分」之說，謂敵軍戰線後方之居民，亦爲輔助作戰之集團；故無彼此之分，均宜投以毒瓦斯及傳染病菌。信如斯說，則下次大戰，凡無防空設備之城市或地帶，必立遭覆滅，可斷言也。

現在歐美各國，研究防空方法之團體，爲數甚多。其所建議之方案，不一而足。就其目的言，則有地區防空，要塞防空，城市防空，國土防空。就其性質言，則有積極防空，與消極防空。就其方法言，則有飛機防空，火炮防空（如防空砲，防空機關槍砲等），氣球防空（如阻塞氣球，放流氣球，武裝氫氣球等），火箭防空，光線防空（如死光，及探照燈之類），偽裝防空，等等。火箭防空及光線防空，尙在試驗之中。偽裝防空係消極的，只適於補助之用，惟以航空機抵禦敵人之空襲，或以火炮防空或以氣球防空，均爲積極的，而爲現時防空事業之主體。

又查防空砲與防空機關槍砲等等之効力，據實驗所得，其功能不甚顯著，決難十分信賴。以之威脅敵人則可，全賴之以防空則不可。今日所用之防空氣

球網，其威脅敵機之効力，正與防空槍砲，具有同等之價值；若再布置嚴密，則無論高空與低空，均可使敵軍飛行機難以通過。況今日又有所謂空雷阻塞氣球網者，以之防護城市工廠車站等，其効率之大，已超出吾人之想像。查飛機飛行之高度，在轟炸機，多不越一萬五千呎，在戰鬥機及驅逐機，多不越二萬呎或二萬五千呎。阻塞氣球之上升，最高者可達二萬五千呎以上，放流氣球可昇至三四萬呎。氣球之功效如何，於此已可見一般。

再者，氣球防空，對於有限制之地帶，極爲有效。是以在城市防空上，在要塞防空上，或在一定地區內之防空，均可期其良好之效果。然對於廣大之地域，則只能於敵軍飛行機來襲之路徑，有最大公算者，而佈置之，則亦能與敵機以威脅，尤以在夜間爲最有效。

再次，查歷代防禦之方術，常以兵器之進步爲標準。航空機愈發達，則防空之方法亦日多。空軍之威力愈大，則制空之術必日精。現代之航空機，其能力已至驚奇程度，又有所謂機器人駕駛者(Robot)，更有無線電操縱者，甚有

擬用飛行炸彈 (Flying Bomb) 以轟炸城市者。下次大戰，苟敵軍成羣之無人飛機前來，或大批之飛行炸彈出現，則此時雖有各種防空飛機及各種防空火器，必有防不勝防之感；故捨以活動性之空雷氣球網，或以無線電操縱之放流氣球網嚴密布防外，繁華城市，將有頃刻變爲灰土之虞！

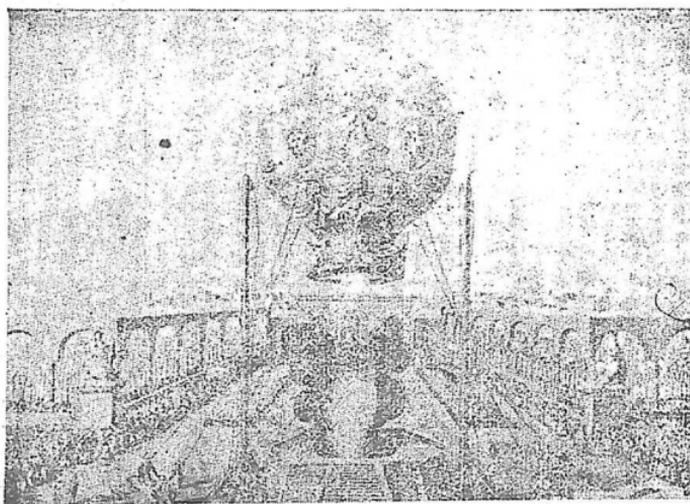
## 第二節 氣球之起源與發達

自有人類以來，仰觀虫鳥之飛行，雲烟之上騰，必思所以倣效之道。惟在科學幼稚時代，既不能插翅以飛，又不能登雲而昇，於是各民族中流行之故事，每述神鬼之騰雲駕霧，英雄之飛簷走壁；埃及希臘有生翼之神童，我國有追風趕日之紀事，凡此種種，皆表示人類具有昇空之觀念，飛行之慾望。

惟純然之臆說或妄想，絕無實現之可能。具有思想之假設，則爲理論，而當爲事實之先兆。在十二世紀中葉，科學太斗羅氏培根 (Roger Bacon) 曾言以液體火 (Liquid Fire) 注人金屬製成之空球，則可使此球受火之浮力而上昇。至其所言之液體火，究爲何種物質，或即係氣體之一種，吾人實無從推斷也。一

六七〇年法氏哥里那 (Francisco Lana) 於其飛行船論文 (Thesis on the Aerial ship) 即言空氣具有一定之重量。故嘗提議用四個銅製之大空球 (重三〇・八磅面積共一二三三平方呎)，而排其中之空氣外出，則球必因輕於空氣而浮起。渠並信其一定可以成功。此種理想的氣球，驟然視之，固屬甚佳；然伊殊不知空氣壓力之大，出其意料也。蓋一真空氣球，若用稀薄之球皮，則不足以抵抗外界之壓力；若用厚重之球皮，又不足以言浮起也。惟里那氏預言飛行船爲一可佈之物，言其將行拋擲無量無數之火球，以燃燒房屋，以毀滅城市，以沉沒船隻，由今日觀之，莫非徐柏林梅根威力之預言。一八四三年，孟節氏 (Marey) 將里那氏之理論作實地試驗，其所用之球皮，僅厚 0.040 吋，費數萬佛郎，結果失敗，始恍然空氣壓力之大。

在十八世紀末葉，法人孟德哥氏兄弟 (Joseph and Stephen Mongolfier) 業紙商，家頗富有，平日對於自然科學，甚感興趣。且因其所業之便，故易作種種試驗。一日，見蒸氣上騰，故即以紙匣如球，下面有孔，使蒸氣由口入，以爲



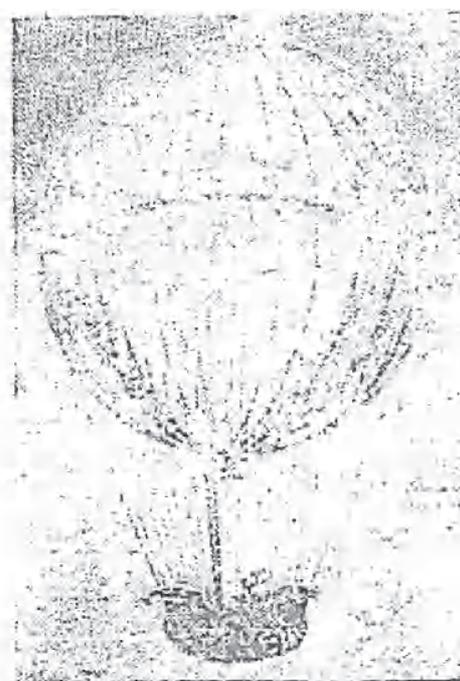
圖三第 一八七三年孟德哥氏之熱空氣氣球圖

蒸氣可以馱此紙球上昇。果於試驗之下，紙球確能浮起；然因蒸氣凝結過速，隨即下落。數日後，孟德哥氏兄弟又見烟囪之烟上浮，故又擬用烟作爲浮馱體。於是重製紙球，燃紙頭木屑以取烟，重複試驗如前。此次試驗，係在屋內行之，紙球昇至屋頂，能停留數分鐘。在當時孟德哥氏兄弟以爲係烟之浮力所致，實即熱空氣密度較小之原因也。試驗成功，孟德哥氏兄弟喜出望外，於是擬在戶外公開表演，而用二三〇〇〇立方呎之大紙球，浮力約五百磅，昇高數千呎，結果

佳良。時一千七百八十三年六月五日也。

有此次試驗之成績，孟氏兄弟復擬作較大之氣球，以爲乘人之用。但在實行以前，孟氏又作二次之試驗。其第一次所用之氣球，直徑四十二呎，高七十二呎，飛行雖成功，但着地時爲風所損壞。其第二次所製之氣球，較前更爲華麗，在凡爾塞皇宮前舉行試驗，法王及王后親臨參與。據云氣球之吊筐中，載羊一、雞一、鴨一、蓋爲試驗生物能否在高空中生存也。一千七百八十三年十一月二十一日，法蘭西氣候猶覺溫和，是日爲人類飛行試驗之第一日，蓋據上次雞鴨羊之飛行結果，覺人類亦可飛行也。先是法王釋出已處死刑之罪犯二人，令其首作試驗，但青年哲學家羅里 (De Koning) 極力反對，以爲人類第一次飛行之榮譽，不應爲處死刑之罪犯所得，而願親身冒險試驗，法王遂許可。於是先作數次之繫留飛行，乃以繩繫球，放高三百呎。然後羅里與阿蘭 (Marcus de Arlandres) 同乘氣球上昇，作自由氣球飛行，昇高三〇〇〇呎，停留約半小時，是爲人類之第一次飛行。

第四圖



克拉克氏之輕氣球

停留約四小時。

一七八五年一月七日，英人布列甲氏 (Blanchard) 與其友人介佛氏 (Giffard) 乘輕氣球由英之多如 (Dover) 經英吉利海峽而抵法國之開羅城 (Calais)。同年六月。法人羅里 (De Rozier) 亦乘輕氣球與熱空氣各半之自由氣球，擬由開羅赴多如。但在上昇後，輕氣遇火，立即焚毀，於是羅里——得有人類第一次飛行之榮譽者——因而殞難焉。

先是在一七七六年浩聞第氏 (Cavendish) 發見輕氣。次年布列克 (Dr. Black) 即提倡以輕氣裝入氣球，但未實現。一七八二年克米羅 (Lea Cavallo) 首作試驗，以輕氣裝入紙製之球內，但因未明輕氣之性質，是以未得有良好之結果。一七八三年八月廿七日克拉克氏 (Charles) 首作輕氣球，又增種種之改良。十二月一日與羅布氏 (Robert) 同乘輕氣球上昇，飛行四十英哩，在空

圖五第



氏佛介與氏甲列布年五八七一  
峽海倫英過渡球氣輕之乘所

圖六第



球氣之形錐圓之進推械機用

自一七八五年後，歐洲人士之氣球熱，傳遍各地，爭相研究。有利用以供科學之研究者，有用之以圖軍事上之效用者，有設法用螺旋槳以推進者，有完全為遊戲而設製者。種類之多，難以枚舉。直至一七九四年法奧之戰，於佛路蘭斯之役。(Battle of Fleurus)，法軍曾用繫留氣球以作軍情之觀測，而得有相當之成績。一八七〇年至一八七一年普法之戰，法軍曾用繫留氣球六十六架，

又用自由氣球數十架，以使巴黎與外界傳遞信件。又在日俄戰爭以前，氣球隊已成爲各國軍中固定之編制。上次歐戰，協約方面之戰綫，幾每哩均有繫留氣球一二架，同盟方面，亦不亞於此數也。

至於防空氣球（阻塞氣球），乃歐戰時意大利軍之所創製。當時曾用小型氣球十餘隻，以防護意大利東北之文乃茶市（*Venezia*），頗有成效，於是各國相繼使用。又一般軍事人員，均認爲布置繫留氣球網，乃防空之一單簡妙法。然因當時所佈置之氣球柵，過於疏開，間隔太大，以致防護仍不能周密，敵人飛機，猶有由間竊入之可能。其實使敵機墮落者，爲數並不甚多。惟在歐戰以後，飛機之威力，愈形顯著，防空之方法，更須講求。是以防空氣球，不僅圖消極的精神上之効力，進而求積極的物質上之功能。防空氣球網，不以能阻礙敵機之通行爲滿足，更力求破壞敵機之飛近於氣球網者。

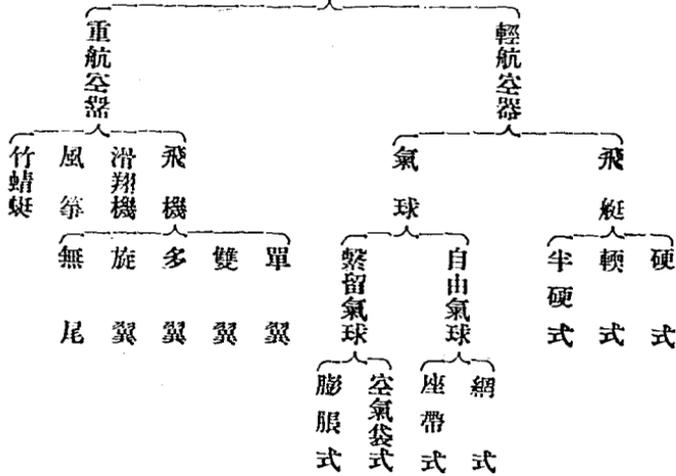
### 第三節 重航空器與輕航空器

現世之航空器，式樣甚多，構造不同，然其大別可分爲二種：一爲重航空

器(Heavier-than-air aircraft)，一爲輕航空器(Lighter-than-air aircraft)。比如飛機(AirPlane)滑翔機(Glider)，均屬於第一種。比如飛艇(Airship Or Dirigible)氣球(Balloon)，均屬於第二種。前者猶如空中之鳥，花間之蝶，因其本體重於空氣，是以必須靠雙翅之活動，始能在空中停留。後者猶如囟中之烟，天空之雲，其本體原輕於空氣。是以上昇也。不假翼葉之力。

凡依翼葉之行進，而能在空中活動者，其所恃以爲揚力(dynamic lift)，人皆謂之飛行器，凡依氣體之輕浮，而能上昇者，其所用者爲浮力(static lift)，人又稱之爲浮行器。依靠揚力之飛行器，若停止不動，則立即下墮；依靠浮力之浮行器，在空中可以靜止於一點。輕重航空器之主要區分，如斯而已。茲將各種航空氣之所屬，列舉如左：

航空器之分類



#### 第四節 氣球與飛艇

氣球與飛艇，同爲輕航空器之一種，其昇空浮行之原理雖同，而其構造應用，頗多相異。就一般世人之觀念，以爲氣球係圓形之氣囊，飛艇乃魚形之物體。殊不知氣球飛艇之主要區分，不在於斯。蓋當二十世紀以前，所謂氣球者，固係圓形之物，而所謂飛艇者，亦係圓形之氣囊，不過裝有蒸氣發動機而已。今日之氣球，又不限於圓形，飛艇亦不限於魚形。可知二者之區分，不在形狀之差異，乃在氣球無發動機，不能任意駕駛，而飛艇具有發動機，可以隨意駕駛而已。

具有發動機之飛艇，行動可以自由，方方可以選擇，故適於作運輸，便於行遠程。是以載運旅客，施行偵察，爆炸城市，監視敵情，均爲其特長。無發動機之氣球，行止不能隨意，方向難以確定；然設備單簡，製造容易，浮力大而消耗少，故應用於一般科學事業，常有優良之功效。尤以氣象學之研究，航空學之探導，必須利賴。至於繫留式者，因其在空中可以久於停留，故可任砲

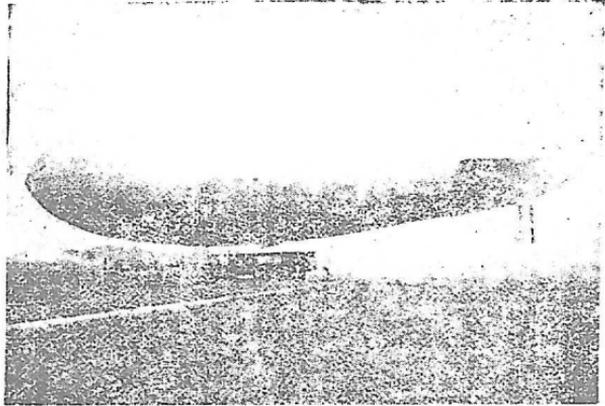
兵之觀測，敵情之監視，部隊之聯絡。如更佈之以網，則可以阻礙敵機之通行。蓋二者各有專長，各負有特殊之任務也。

再者，氣球之氣囊，皆爲軟式；飛艇之氣囊，有硬式、軟式、半硬式、者三種。軟式之飛艇，內設有空氣袋以便氣體之伸縮；而繫留氣球，亦有設空氣袋者。是以軟式飛艇與氣球，除形狀稍有差異，並具有發動機之區別外，二者之構造，頗相似也。

現今氣球所用之氣體，除因種種關係，而用氦氣或他種氣體外，概以輕氣爲主。而飛艇所用之氣體，在美國則全用氦氣，在歐洲各國，尙多用輕氣。蓋不產氦氣之國家，欲得多量之應用，甚不易也。

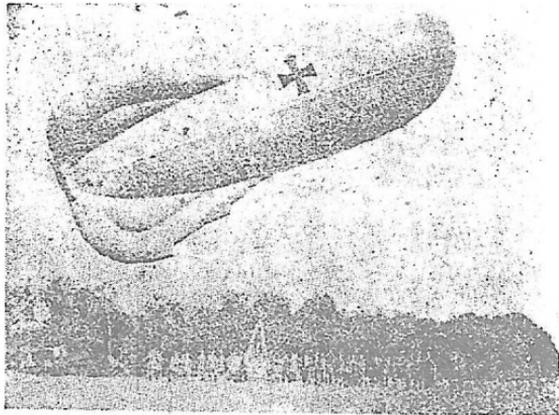
至於氣球與飛艇操縱之難易，因二者性質頗多不同，難與比較。惟飛艇當發動機停止或損壞時，則其操縱之術，與氣球毫無二致也。

圖 七 第  
艇 飛 式 軟 軍 陸 國 美



防  
空  
氣  
球

圖 八 第



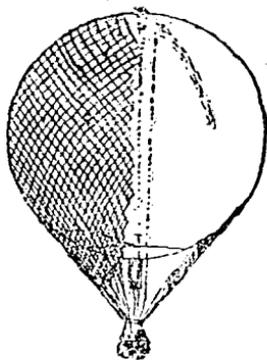
球 氣 視 監

## 第二章 氣球之類別

### 第一節 氣球之種類

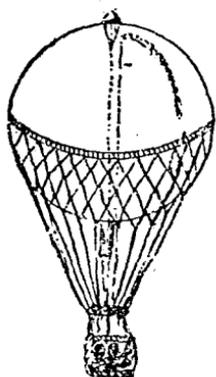
氣球之種類甚多。然其大別可分為二：一為自由氣球，二為繫留氣球。自由氣球有網式者，與繫留座帶式者二種。繫留氣球，分空氣袋式與膨脹式也二種。其式樣如左圖：

第九圖



球氣由自式網

第十圖



球氣由自式帶座留繫

### 第二節 網式氣球與繫留座帶式之自由氣球

網式之自由氣球，即以細網罩於球面，僅網之上部，與氣球之放氣口部相接連，以使網與球之位置常相一致。繫留座帶式之自由氣球，僅有座帶而無網

。座帶位置於球赤道之稍下部，所有之網帶上部，均固着於此座，下部集合於重量圈（或集結圈）。

網式之自由氣球，可以使重量平均分配於球面，故壓力平均。同樣之重量，可以使用較薄之球皮，而得有較大之效力；且破裂之危險，可以減至極微限度，是其利也。然而繫留座帶式之自由氣球，若因他種關係球皮破裂或輕氣漏出時，則氣囊能自成爲一降落傘式，乘員不致有危險。

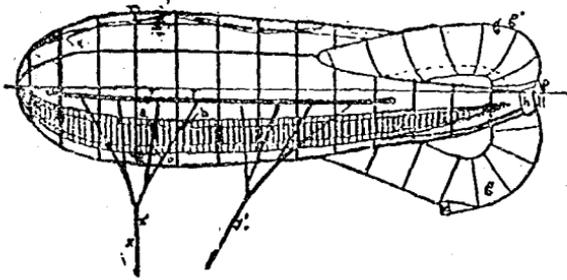
### 第三節 空氣袋式與膨脹式之繫留氣球

繫留氣球之空氣袋式者，即於氣球之內部，另設薄膜一層。空氣袋之前部，又有通風口，以便空氣之進出。繫留氣球之不設者空氣袋者，則須用膨脹式之氣囊，即於氣囊兩邊，存有摺疊，內外均有彈力索，以便伸縮。

具有空氣袋之繫留氣球，其形狀即依空氣袋之伸縮以維持。上昇時，空氣稀薄，壓力縮減，則氣球內之氣體膨脹，空氣袋內之空氣，逐漸排洩而出。待昇至氣球之飽滿高度時，則空氣袋之薄膜，直靠着於氣囊之下部，即無空氣袋

之可言。如上昇不超過氣球之飽滿高度，則輕氣無須排出。下降時，空氣漸次濃厚，壓力增加，氣球內之氣體縮減，是以由通風口吹入之風力，又使空氣袋

圖一十第



球氣式脹膨

圖二十第



球氣式袋氣空

膨脹，故氣球仍能維持其原來之狀形。然如氣球上昇已超過其飽滿高度，在下降時，待空氣袋雖已飽滿，不能再行膨脹，而氣球內之氣體，仍然漸次縮小，於是氣球不能維持其原形，而成爲柔軟不整之式，此時須將氣球曳至地面，重行加氣。

膨脹式之繫留氣球，上昇時，氣球內之氣體，隨空氣壓力之低減而膨脹，則氣囊之自身亦隨之漲大。下降時，氣體隨空氣壓力之增加而縮小，氣球之伸縮部即縮回。然上昇若超過其飽滿高度時，下降至一定限定，亦不能維持其形狀，故亦須加氣也。又膨脹式之繫留氣球，較之空氣袋之繫留氣球，其利害有如左述：

(一) 膨脹式者 應用時節省氣體。在普通時節，其每日氣體之消耗量，約爲空氣袋式者四分之一。

(二) 膨脹式者較之普通空氣袋式者，上昇時，隨高度而縮減之浮力較少。

(三) 氣球本身之重量較小，因無空氣袋層，及內部之支架也。

(四)膨脹式之氣球，如因在空中受加熱作用，致氣體外洩過多時，或因在下降時，溫度特別低減，待降至地面附近，彈力帶失其作用，則氣球不能維持其形狀，常有失其穩定性，或急潛之弊，歐戰前各國所用之繫留氣球，全爲空氣袋式者。歐戰時法軍試用膨脹式之繫留氣球，成績尙佳，今後之各種繫留氣球，有改向膨脹式之趨勢。

#### 第四節 各種氣球之用途

氣球之用途頗廣，是以按其應用，亦得分爲左列十二種，前七種爲自由式，後五種爲繫留式。自由式之前三種，可乘坐人員。後三種，爲不乘人之氣球。繫留式之前二種，爲乘人用者。後三種爲不乘人者。茲列舉如左：

氣球之用途



第五節 各種氣球之形狀

氣球又按其形狀，分爲圓形，魚形，鳥形，圓錐形，風箏形，等數種。圓

形者，就同容積之氣球而言，其所費之材料較少，製造時頗省工力，其浮力亦頗大；然因繫留時極不穩定，故惟有自由氣球多用之。至魚形者，鳥形者，及風箏形者，其浮力雖小，所用之材料雖多，然在繫留時，較爲安定，是以繫留氣球多用之。圓錐形者，製造容易，構造簡單，惟只適于作補充氣球之用。茲分別列之如左：

單人氣球、 競賽氣球、 練習氣球、 宣傳氣球、

探空氣球、 測風氣球、 放流氣球、

以上均用圓形氣囊。

觀測氣球、 繫留氣象氣球、 阻塞氣球、

以上均用鳥形或風箏形氣囊。

記號氣球，用圓形或三角形或風箏形氣囊。

補充氣球、用短圓錐形氣囊。

第六節 各種氣球之容積

氣球因其用途不同，故其容積之大小亦異。就普通言，以競賽氣球爲最大，約有八〇〇〇〇立方呎。以測風氣球爲最小，僅十餘立方呎。練習氣球多在三〇〇〇〇立方呎與四五〇〇〇立方呎之間。觀測氣球多在五〇〇〇〇立方呎上下。阻塞氣球與放流氣球無固定之標準。茲將各種氣球容積之限度，例舉如下：

- 單人氣球……………自12000立方呎至19000立方呎
- 練習氣球……………自19000立方呎至45000立方呎
- 競賽氣球……………自50000立方呎至80000立方呎
- 探空氣球……………自1000立方呎至80000立方呎
- 宣傳氣球……………自1000立方呎至4000立方呎
- 測風氣球……………自30 立方呎至100立方呎
- 放流氣球……………自1000立方呎至10000立方呎
- 觀測氣球……………自30000立方呎至60000立方呎

防 空 氣 球

繫留氣象氣球	自15000立方呎至35000立方呎
監視氣球	自30000立方呎至60000立方呎
阻塞氣球	自5000立方呎至20000立方呎
記號氣球	自5000立方呎至10000立方呎
補充氣球	自1000立方呎至5000立方呎

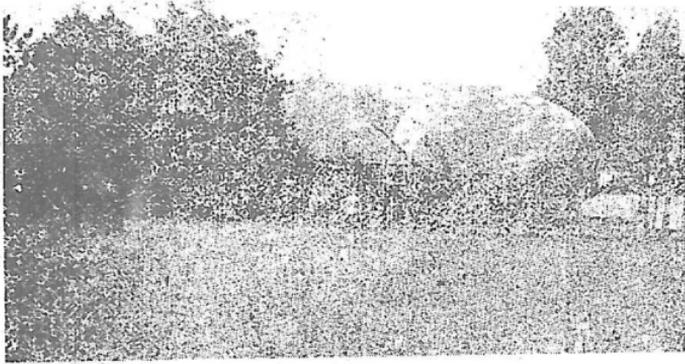
## 第三章 阻塞氣球

### 第一節 阻塞氣球之目的

阻塞氣球之目的，在利用多數繫留氣球之鋼索所構成之網幕，以阻礙敵人之飛機，使其不能入我防線，或襲擊我防護之地點，因而被保護之市民及軍隊，得以對於敵人之飛機，全無顧慮。又敵機若誤觸繫留索，或爲空雷爆擊，則可使其墮落，或打消其攻擊觀念。

### 第二節 阻塞氣球之性能

阻塞氣球，既已利用繫留網索阻礙敵機之通行爲目的，則其昇高，必須超過飛機之實用上昇限度。故在日間，以升過一萬五千呎以上；在夜間，以升過一萬呎爲最相宜。然通常無空雷之阻塞氣球網，在日間多不便應用。有空雷之阻塞氣球網，在日間以升至一萬五千呎附近，在夜間，以升至八九千呎已足應用，不過須視氣象狀況如何耳。阻塞氣球之繫留索，既爲障礙網之主幹，故必須具有高度之耐伸力 (Tensile Strength) 且須輕便柔軟，故其直徑不可超過一



歐戰時阻氣球間日穩匿於小叢林之狀

英吋四分之一。兩氣球柵間之附索（橫索），須較主索更形輕便，故其直徑亦須稍小，因之其耐伸力亦不如主索之強大。

阻塞氣球之上升高度，以左列八項為準。

- 一、氣球之容積；
- 二、氣球本身之重量；
- 三、氣球之形狀；
- 四、氣球內所裝氣體之種類及其密度；
- 五、繫留索之種類及其每單位之重量；
- 六、繫留附索及橫索之多寡，及其每單位之重量；
- 七、氣囊之伸縮率或空氣袋與氣

### 囊容積之比例：

八、氣象之影響，如風速、溫度、氣壓之高低等；

阻塞氣球之上升愈高，則其阻礙敵航空機之程度亦愈大。繫留主索之柵形愈密，則其為障礙之程度愈甚。繫留網之空口愈小，則其效力愈形顯著。歐戰時阻塞氣球之上升高度，僅在八九千呎左右，現時之阻塞氣球能昇至一五〇〇〇或二〇〇〇〇呎以上。

阻塞氣球之單獨懸吊者（僅有主索而無附索），被風搖蕩，形成一逆塔。其直徑之大小，須視風力之大小，風向之穩定與否，以及氣球上升之高度，為準。此種單獨懸吊之阻塞氣球，其阻礙敵機之程度雖小，然其因風搖蕩反使其效力增大。是以敵機一旦發現此種氣球，精神上足以受極大之威脅，而不敢接近。尤以具有空雷者為最有效。

無論單獨懸吊，或網式懸吊之阻塞氣球，均須集團使用，始能生效。又無論何種，若升過一萬五千呎以上，則在地面幾不能察其所在，除敵機十分接近

，可以發見外，在遠方亦不易判別。尤以在夜間，敵機雖欲行破壞，甚為困難。蓋氣球潛之在處，雖動搖而無聲音，敵機欲行偵察，在夜間亦常不敢接近。

又風力過大，則阻塞氣球不易施放，日間應用，如所升過低，則須有防空砲為之掩護，是為阻塞氣球之弱點。然阻塞氣球之網索上繫有空雷者，則更能與敵機以威脅，使其消失破壞氣球及攻擊觀念。

### 第三節 阻塞氣球之懸吊

阻塞氣球之懸吊法，分為四種：

(一)單球式——即每氣球一隻攜帶繫留索一條上昇。此式設置單筒，然氣球上昇，每不能達所要求之高度(約在一萬呎上下)，(此指小號氣球而言)。

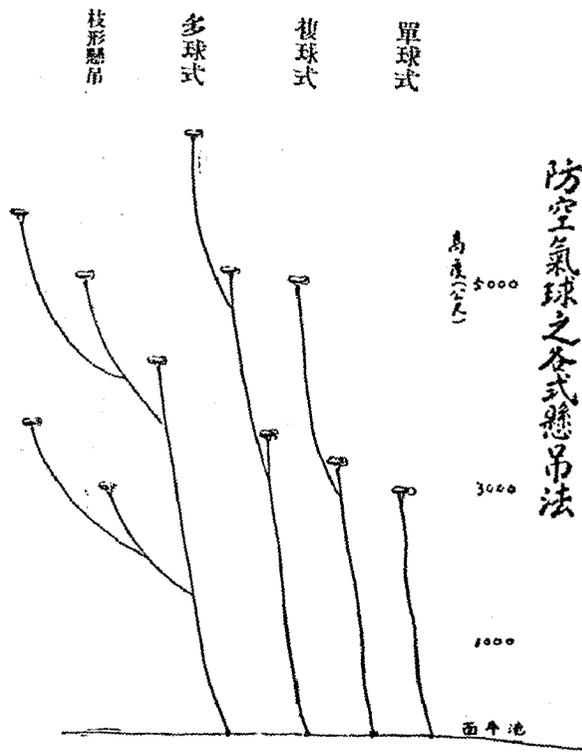
(二)複球式——即每一繫留索上，有氣球二隻，上下重疊。上層之球可以升至15000呎上下。

(三)多球式——即每一繫留索上，繫留二個以上之氣球，最上層之球，可以昇過二萬呎。

(四)枝形懸吊——即於一繫留主索上，另繫以枝索，枝索上另繫以氣球，因各高度之風向不同，風速不同，以是上層氣球與下層氣球，有時方向相反，此種懸吊法之目的，不求上升過高，仍求阻塞之區域加廣。

茲將阻塞氣球之各種懸吊法，以圖示如次：

防空氣球之各式懸吊法



第四十圖

#### 第四節 阻塞氣球網之構成

##### 其一 主索附索及橫索

阻塞氣球，既利用所能攜帶之網索以作航空機之障礙，則網索之重要可知。通常依其功用及其直徑之大小，分爲繫留主索、繫留附索、及繫留橫索三種。

繫留主索，爲直接繫氣球之網索，在單獨懸吊之阻塞氣球網，僅有主索而無附索及橫索，是爲阻塞氣球柵。

繫留橫索，爲繫留主索間所懸吊之橫鋼索，其直徑較主索爲小，因之其重量亦較輕，阻塞氣球網始用之。

繫留附索，爲繫留主索間繫於橫索上之網索也。氣球網之編成，卽以此爲主，故其直徑亦須小，因之得使用多數之附索，而作嚴密之障礙。

繫留索之性質，須輕軟，且具有高度之耐伸力。故惟有最高等精製之網絲，始能應此要求。其直徑有  $\frac{1}{4}$  吋； $\frac{3}{16}$  吋； $\frac{5}{32}$  吋； $\frac{1}{8}$  吋等數種。 $\frac{1}{4}$  吋

3/16吋者，多作主索之用。5/8吋者，多作附索及橫索之用。

茲將各種鋼索之性質，略舉如次：

號數	直徑	重量約計 (每百呎)	耐伸力約計	重量 (每百公尺)
1	1/8吋	1.5磅	1500磅	3.2公斤
2	5/32吋	3.5磅	3000磅	7.0公斤
3	3/16吋	5磅	6500磅	10.0公斤
4	1/4吋	8磅	8500磅	16.0公斤

### 其二 阻塞氣球網幕

阻塞氣球，必須集團使用，始能生效。其網幕之構成，則有下列二種：

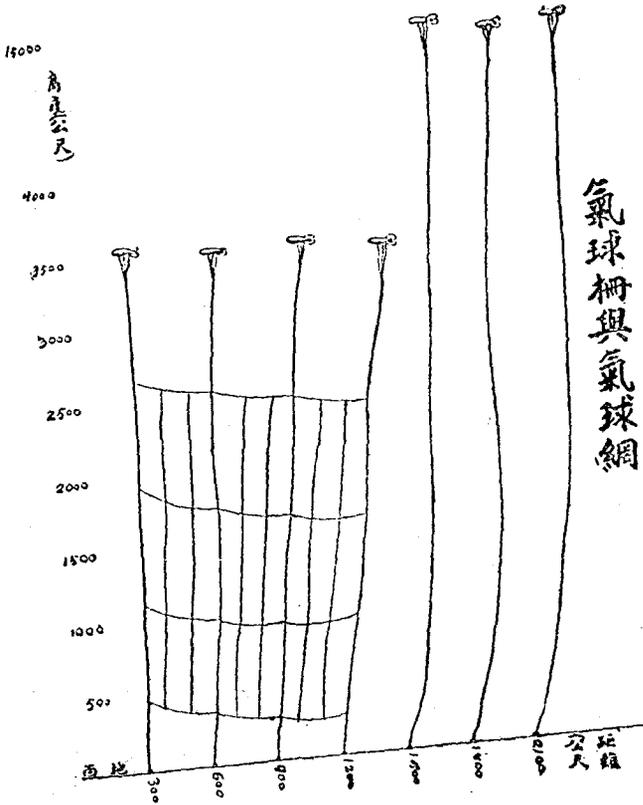
- (1) 獨立式，即氣球柵。
- (2) 網式，即氣球網。

(1) 獨立式之阻塞氣球網幕，即以單球式，或複球式，或多球式，或枝形懸吊之阻塞氣球，分離配置。各氣球繫留索之間，無橫索，亦無附索。如使用多數之氣球，則可佈成一柵形障礙。其式如左圖：——

此種懸吊法，上升下降均容易；且一氣球之損壞，不致影響他氣球。兩氣球索之間隔，可以任意伸縮，惟間隔過大時，則其為障礙之程度反小。然間隔過小，則各氣球因風搖蕩時，常有互相撞擊及網索纏繞之弊。普通單球式者約在二〇〇公尺至四〇〇公尺之間。

枝形懸吊者須視風力之大小，以規定之。

四百公尺大之間隔，對於敵機為障礙之程度，不甚顯著。因飛機在此間隔中，尚易於通過也。惟氣球因風搖蕩時，則各個氣球索成一『逆塔形』，間隔無固定，故敵機對之常有所顧慮。飛機在夜間飛行時，其撞觸繫留索之危險成分，以氣球繫留索之間隔與機翼之長短為比例。機翼愈長，間隔愈小，則其撞觸之機會亦愈多。



第五十圖

(2) 網式之阻塞氣球網，即兩氣球繫留主索之間，尙有橫索相連者，又橫索上繫有附索，而與主索平行。此式之網幕，均用單球式。複球式多球式及枝形懸吊者，均不宜使用。又此式網幕，各個氣球索，既有橫索相連繫，則互相撞擊之弊可免，網索纏繞之慮亦少。因之各氣球之間隔，可以稍加縮小，中間再有附繫相連，在飛機自難以通過也。其式如左：

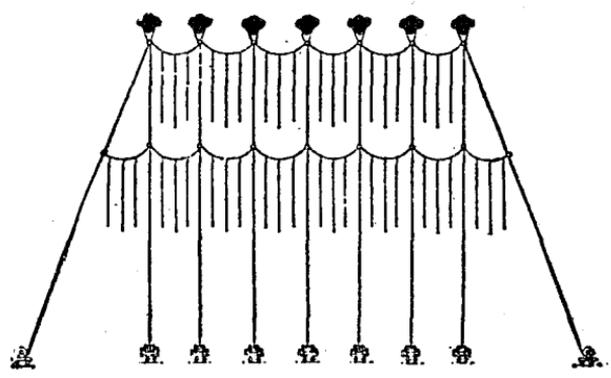
此式氣球網主索之間隔，如縮小至一百公尺，中間再有附索二三條，則網幕之空白「即空隙」，僅有二十五公尺至三十五公尺。如斯嚴密之網，雖機身短小之驅逐機亦難以竄入，轟炸機更無論矣。

惟此式網幕，因附索及橫索之重量關係，氣球若於能昇至高空，則其効力亦大形銳減，此亦不可不注意也。

### 其二 間隔

佈置阻塞氣球時，各主索之間隔，應以下列諸條爲標準。

圖 六 十 第



阻  
網  
單  
式  
氣  
球  
懸  
吊  
式

1. 能爲有效之障礙；
  2. 因風搖蕩時，兩氣球不至相撞，網索不至纏繞；
  3. 在網式者，須顧慮使兩氣球主索間之附索重量，因而伸縮之；
  4. 枝形懸吊氣球柵，間隔須放大；
  5. 虛構式之氣球柵，間隔須視情形而放大之，但亦須顧慮效率之大小；
  6. 阻塞氣球網之繫留空雷者，須以空雷爆炸之有效半徑爲標準；
- 查阻塞氣球柵若用單球式，則間隔約需二〇〇公尺至三〇〇公尺；若用複球式或多球式，則須按前標準數放大五分之一至二分之一；若係枝形懸吊者，則須放大一倍或二倍。

至阻塞氣球網之間隔，約自一〇〇公尺至一五〇公尺，或二〇〇公尺不等。

#### 其四 距離

所謂阻塞氣球網之距離，蓋指阻塞氣球網與被保護地區之距離也。此種距

離之大小，以能使敵飛機由轟炸高度所擲之彈，不能命中，且與目的物之距離不遠，所費之氣球數不致過多爲旨。其應顧慮之事件如次：

1. 目的物之種類(工廠，城市或建築物)；
  2. 風速之大小(注意氣象之關係)；
  3. 氣球上升之高度；
  4. 地形之狀況；
  5. 敵機來襲之速度與高度；
- 通常氣球網與目的物之距離，約自一〇〇〇公尺至一五〇〇公尺不等

其五 高度

阻塞氣球所能上升之高度，與其本身之效率，至有關係。所升愈高，則愈可達到阻礙敵機之目的。然通常因大號阻塞氣球之價值過昂，小形氣球，又不能攜帶過長之繫留索，是以阻塞氣球之升高，並不求其超過敵飛機所能上升之最高度。如能超過敵轟炸機之實用上升限度，或實用飛行高度，已屬滿足。

在單球式者，如用五〇〇〇立方呎之氣球，而以每百呎重三、五磅之鋼絲懸吊，在普通時候，可以升至一二〇〇〇呎與一五〇〇〇呎之間。

在複球式者，如用同樣之氣球與同樣之鋼索，則上層之球，可以升至二〇〇〇呎以上。多球式者最上層之球，更能升過二二〇〇〇呎或二五〇〇〇呎。枝形懸吊者，無固定之標準。

以上均就氣球柵而言，若用氣球網式則須視橫索及附索之多寡，間隔之大小，主索附索橫索之重量，以及天候等而定。普通以能升至一萬呎或一萬二千呎，即為滿足。

## 第五節 阻塞氣球之應用

### 其一 設置之地點

阻塞氣球，通常設置於下列各處：

1. 大城市之周圍：（如政治中心，工業中心，金融中心等）；
2. 要點：（如兵工廠，飛機場，材料庫，鐵路橋樑交叉點，車站之周圍

或附近)；

3. 敵航空機來襲之路徑有最大公算者(如鐵路河流等)；
4. 敵機投彈最有利之地點；
5. 陣地之要點或附近；

### 其二 佈防

阻塞氣球應用時，有因圖安全保障，而用二層或二層以上之網幕者，是爲複組式配備，若用單層者，則爲單組式配備，若只用氣球作虛擬之障礙者，則爲虛構式配備。

複組式配備，無論單獨式網幕，網形網幕，或枝形網幕，均可應用。

茲將各組式配備之用法，畧述如次：

1. 單組式者——用於敵機來襲之主要路徑上，或較大地區之周圍。
2. 複組式者——即重層配備，用於工廠、車站、要塞，及最重要之地點。
3. 虛構式者——即以少數之阻塞氣球佈於敵機來襲之路徑上，作虛擬之障

礙，以欺騙敵之航空機，使其受精神上之恐怖，而暗夜不於此地區之空中飛行。即或必須在此通過時，亦須預爲偵察，因之不得不遲延其時間。

此種方式所用之氣球數頗少，有時用單獨懸吊，有時用樹枝形懸吊，其間隔則特別放大之。

## 第四章 監視氣球「觀測氣球」

### 第一節 監視氣球之目的

監視氣球之目的，在利用繫留氣球上人員觀測範圍之擴大，以不斷監視敵軍航空機之行動及其來襲之方向、高度、而迅速報告於我防空部隊，使作應有之準備。如在戰地防空時，則對於敵軍陣線後方之活動，敵軍砲火之位置，敵軍飛行場之狀態，氣球之升騰，以及陣地之變遷等等，亦須不斷監視，而報告之，使我各種部隊，得以隨機應變。

更有武裝監視氣球，其吊籃中裝有自衛用之機關槍，如敵機接近，則監視人員可以出其不意，向之射擊。惟此種具有武裝之氣球，其氣體須用氫氣，以免着火之危險。是以氣球之容積亦須稍大，費用亦較為昂貴。

### 第二節 監視氣球之構造

監視氣球之構造，與阻塞氣球，並無顯著之區分。如大號之阻塞氣球，若繫以吊筐，即可以作監視氣球之用。大號膨脹式之阻塞氣球，亦可作為監視氣



球 氣 視 監

球。其他如美國 B 式、N 式、等等之氣球，若加以監視用之儀器，則即成一監視氣球矣。

監視氣球之裝有輕機關槍者，其體積並不需特別增加，惟其吊籃之裝置及其式樣稍異。其所用之材料，多以木爲之。非如普通監視氣球之吊籃，以柳條或竹器編成，即足應用者也。

第三節 監視氣球之性能

監視氣球爲繫留氣球之一種。通常爲砲兵觀測者，則名爲觀測氣球，爲防空使用者，則名爲監視氣球。二者並無特殊之區別也。茲將其特性列之如次：

- (1.) 上昇下降，不需要廣大之停留場，故在任何地域，均能應用；
- (2.) 其在空中與地面之連絡，能利用

有線電話，故便利、迅速、確實、可靠；

(3.) 能長時間不斷監視敵情，故對於敵企圖，得以窺知；

(4.) 在空中執行任務時，毫無聲響，敵人不易發見；尤其在有雲時，氣球可升至雲層附近，以避敵之視察。

以上四條，均為監視氣球之特長。

(5.) 運動能力小，每小時僅可以十英里以下之速度，由繫留汽車曳引前進且升降緩慢，如被敵機發見，最易遭攻擊，故其自衛能力，可謂甚小，是以地面須有保護隊，如機關砲或機關槍是也。

(6.) 如氣囊為敵彈擊中，則露氣甚速，如經燃燒彈擊中，則輕氣容易着火；

(7.) 易受天候之障礙，如風速過大，則不易施放；

以上三條，均為監視氣球之弱點。

又監視氣球之運動力雖小，然其觀測之範圍頗廣。觀測區域之半徑(哩)

約爲其高度（呎）之平方根一又四分之一倍。如氣球之升高爲六四〇〇呎，標其觀測區域之半徑約爲一〇〇哩。不過此就天氣清明，視界良好，對於大目則之觀測而言。在通常一般之情形下，僅能以此數之半或四分之一計算，故約爲二十至五〇哩也。

再者，担任遠距離之觀測，只能視察最大之目標，在夜間只能視察火光之大概位置。如天候不良，或因受沙塵障礙，視界幾縮至最短距離矣。且普通監視氣球，無武裝防禦，常有被敵機攻擊之危險。

至於武裝監視氣球，不僅可以担任警戒勤務，且能與敵機對抗。尤其在天候不良，視界縮小，或遇沙塵障礙等時機。因其毫無音響，故遇敵機出現，可出其不意，與以奇襲。其在夜間，如與地面之照空燈連絡，更爲有效。惟此種氣球，既不便運動，則只能作待機恣態。如敵機遠離，更不便於追襲也。

#### 第四節 監視氣球之高度及間隔

監視氣球之高度，在普通天候，以升至四〇〇〇呎與六〇〇〇呎（一三〇

〇——二〇〇〇公尺）之間爲最相宜。如在特別時機，則以升至八〇〇〇呎或一〇〇〇〇呎以上爲良。

監視氣球之間隔，以能嚴密監視敵情爲標準，然亦不可過近，致惹起敵空軍之注意。普通多在四〇〇〇公尺至八〇〇〇公尺之間。

#### 第五節 監視氣球之陣地

監視氣球之陣地，可分爲三種：

- 一、爲裝氣地，
- 二、爲昇騰地，
- 三、爲繫留地，

裝氣地需要之性能：

1. 距昇騰地不可對過遠，且容易行進。
2. 車輛器材之進出容易，
3. 對於敵目敵火，須加顧慮，

4. 對於大風，須能遮蔽，

昇騰地須要之性能：

1. 附近無障礙物，便於昇騰操作。

2. 對於敵火敵目，須能遮蔽。

3. 具有道路，以便進出，

4. 不在著名地物之附近，

5. 由昇騰地至繫留地，行進容易。

繫留地須要之性能：

1. 繫留之地形適當，

2. 能遮蔽敵目，

3. 便於設施附屬器械，

4. 附近可以降落，

陣地之交換。

監視氣球之陣地，依戰況之變遷，或依敵情關係，有須變換者，故在選擇陣地之初期，即須預為注意。有時更須選定陣地數處，以便不時移動。

## 第五章 放流氣球測風氣球與記號氣球

### 第一節 放流氣球

放流氣球之目的，在利用多數放流自由氣球攜帶之網索，使其與敵機之螺旋槳相纏繞，致其不能轉動，因而墜落。或於放流氣球網索上，繫以爆炸彈，如敵機與之撞觸，則可立時爆炸。惟此種方法，實施頗為困難。因自由氣球，飄流無定，易放難收。若欲圖效率之偉大，且求經濟上之合算，至之容易。

近來研究放流氣球之防空者，均以爲用無線電指揮氣球之進路，並以無線使放流氣球所帶之空雷爆炸，最屬有效。然因經濟上及實施上之種種困難，現尙未得有具體之成案。

### 第二節 測風氣球

測風氣球，爲自由氣球之一種。其目的在依氣球上升之速度，與水平進行之距離，及偏差之大小，以定高空中之風向與風速。此種氣球之直徑，普通用者，多爲三十英吋（七六糎）。其上升之速度，每分鐘約爲六〇〇呎（約一八〇

公尺)。氣球以橡膠製成，臨放昇時，則以輕氣充滿之。

在測風氣球放升後，用經緯儀一架或兩架，尾隨觀察。每分鐘記錄一次，直至氣球破裂，或不能觀察爲止。經緯儀之所觀測者，係氣球之角度位置。氣球之上升，既有固定之速度，則氣球之水平距離、及其偏差，可以用圖式求得，或用計算尺算定之。則各種高空之風向及風速，亦因之可以詳知也。

其在日間應用之測風氣球，可塗爲紅綠諸顏色，以便識別容易。如在夜間應用時，則可在測風氣球之下，繫以燈火，則亦於觀測也。

凡阻塞氣球及放流氣球之上升前，對於空中之風向及風速，均須預爲測定。又當敵情緊急，我防空部隊，如欲預行修正彈道或預測敵機來襲時之高度時，亦須時常放升測風氣球也。

第 十 八 圖



測風氣球將放升之時之狀

### 第三節 記號氣球

記號氣球，爲一種繫留氣球，普通用之以作標識，或作射擊之靶。有用之以爲連絡之記號者。有用之以表示危險界者。在防空立場上，記號氣球之用

途頗廣，茲略述如次：

1. 在城市防空或地區防空，有阻塞氣球或放流氣球之佈置時，凡於我驅逐機可以通過之空間，均須有記號氣球以表示之。其危險空間，亦應有記號氣球。

2. 有防空設備之地帶，地面部隊與我航空軍之連絡，亦常以記號氣球爲最便利。

3. 防空氣象班，爲時刻觀測空中風向，則放升繫留記號氣球。並有時於繫留線上，懸吊數個氣球，以視察各種空間之情形。

記號氣球，如在暗夜應用時，則於氣球之下，繫以各種顏色之燈光。有在日間，則應用各種顏色之氣球囊，以表示各種記號。又記號氣球有圓形、魚形、鳥形、三角形、等等之式樣，其容積多不過五千立方呎。

## 第六章 氣體

### 第一節 總論

輕航空器，以氣體爲其主要之浮力。然氣體之種類頗多，性質不同，浮力亦不同。究竟何種氣體，應用於何種輕航空器，實有研究之必要。一七八三年六月五日孟德哥氏兄弟 (Montgolfier Brothers) 所製之氣球，係以熱空氣爲其浮馱體。而同年八月廿七日恰里氏 (Charles) 所製之氣球，乃始用輕氣爲浮馱體。此後因氦氣 (Helium) 之發見，煤氣之利用，天然氣體之提煉，故今日之氣球，有「氫氣球」，有「氦氣球」，有「煤氣球」，有「熱空氣氣球」，等等之名稱。

氦氣 (Helium) 之性質安全，浮力亦大，然因其出產稀少，價值較昂，故其用途，只限於飛艇及供特殊用途之氣球。煤氣 (Coal Gas) 之製造容易，價格又廉，然因其浮力甚小，且同樣有易燃之危險，政僅競賽氣球與練習氣球多用之。

至於沼氣 (Methane)、氖氣 (Neon)、自然氣體 (Natural Gas)、以及水蒸氣等，雖均可利用之以爲輕航空器之浮馱體，然均因其浮力有限，且因製造上及價

格上種種之不便，故不爲世人所採用。

至於防空氣球所用之氣體，其所要求之性質，與他種氣球相同。惟因其消耗量甚大，故除要求浮力之偉大及性質之安全外，尤須顧慮，經濟上之合算，及製造上之容易等件，茲將各種氣球之性質，列表如次。並將輕航空器常用之各種氣體，略爲分述之。

各種氣體之浮力及性質表

(英美制——本表係按溫度32°F及氣壓29.921英吋)

氣	分子式	分子重量	單位重量比		氣體常數	純淨乾燥		比重
			(磅/每立(立方呎/方呎)	(立方呎/磅)		力(磅/1000立方呎)	比(空氣=1)	
空氣 Air		28.85	.080720	12.3869	53.33	0	1.0000	
亞舍 Acetylene	$C_2H_2$	26.016	.073609	13.6866	58.48	7.111	.9192	
亞莫利亞 Avmonia	$NH_3$	17.034	.048120	20.781	89.46	32.600	.5610	
氬 Argon	A	39.88	.111179	8.995	38.72		1.3773	
一氧化 Carbon dioxide	$CO_2$	44.00	.123407	8.103	34.88		1.5289	
二硫化 Carbon monoxide	$CO$	28.00	.078061	12.810	55.15	2.659	.9571	
煤氣 由 Coal gas	From		.02580	38.76		54.92	.320	
氦 Helium	He	4.0008	.05970	16.75		21.02	.740	
氫 Hydrogen	$H_2$	2.0155	.011143	89.742	386.32	69.577	.1380	
氮 Krypton	Ko	82.92	.005610	178.253	767.34	75.110	.0695	
沼氣 Methane	$CH_4$	16.032	.28148	4.320	18.60		2.8682	
氖 Neon	Ne	20.2	.044124	22.663	97.56	36.596	.5466	
氮 Nitrogen	$N_2$	28.02	.056198	17.794	76.60	24.522	.6962	
自然氣(平均) Natural gas			.078079	12.808	55.13	2.641	.9673	
氧 Oxygen	$O_2$	32.00	.05250	19.048		28.22	6.500	
氙 Xenon	Xe	130.2	.089213	11.209	48.25		1.1052	
水蒸氣 Water Vapor	$H_2O$	18.016	.36527	2.733	11.79		3.7524	
			.050231	19.908	85.70	30.49	.6233	

(法制)——本表係按溫度0°C及氣壓76(釐)

氣	分子式	分子量 O <sub>2</sub> = 32	單位重量 (每/立方 公尺)	比 (立方公 呎/每)	重 氣	體 常	純淨乾 體之浮力 (每/1000立 方公尺)	重 比 空氣 = 1.00
空氣 Air		29.85	1.2930	7734	29.86	1.000		
亞舍 Acetylene	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	26.016	1.1791	8481	32.08	113.9	1.000	9120
亞及利亞 Ammonia	NH <sub>3</sub>	17.034	1.7708	1.2974	49.08	1.22.2	1.3773	5961
氬 Argon	Ar	39.88	1.7809	5615	21.24	1.3773		3773
二氧化碳 Carbon dioxide	CO <sub>2</sub>	44.00	1.9768	5059	19.14	5289		5289
一氧化碳 Carbon monoxide	CO	28.00	1.2504	7997	30.25	9671		9671
煤氣 由 Coal gas } 至 To }			4.133	2.420	91.53	879.7	320	320
氦 Helium	He	4.0003	1.785	1.0456	39.56	336.7	740	740
氫 Hydrogen	H <sub>2</sub>	2.0156	0.8987	5.6002	211.931	114.5	1380	1380
氫 Krypton	Kr	82.92	3.708	11.1572	420.981	203.13	0695	0695
沼氣 Methane	CH <sub>4</sub>	16.032	1.168	2697	10.20	576.2	2.8682	2.8682
氖 Neon	Ne	20.2	1.202	1.3951	52.77	5466	5466	5466
氮 Nitrogen	N <sub>2</sub>	28.02	1.2507	1.1109	42.02	392.8	6662	6662
自然氣(平均) Natural gas			1.8410	7995	30.25	42.3	9673	9673
氧 Oxygen	O <sub>2</sub>	32.00	1.4290	1.1890	45.00	452.0	650	650
氙 Xenon	Xe	130.2	5.851	6998	26.47	1.1052	1.1052	1.1052
水蒸氣 Water Vapor	H <sub>2</sub> O	18.016	0.8045	1.709	6.47	3.7524	3.7524	3.7524
				1.2430	4.7002	4985	6223	6223

## 第二節 輕氣

### 第一款 輕氣之性質及出產

(甲)物理性質：——輕氣之物理性質，畧如下述：——

原子價：1

原子式： $H$

分子式： $H_2$

原子量：1.008

分子量：2.016

比重：0.03949(空氣=1)

臨界溫度： $33.18^\circ K$ ( $K=Kelvin\ Scale=^\circ\text{絕對}$ )

臨界氣壓：12.806倍

臨界密度：.31

沸點(在一氣壓下)： $20.4^\circ K$

冰點： 14.14。K

液體密度： 在沸點時為0.07105

密度： 0.987克/升 水在4°C時=1

輕氣爲無色無臭透明之氣體，故通常不能以目力或臭覺辨別。然輕氣如含有雜質，如硫、如砒、如燐時，則常有一種特殊之臭味。如與橡皮相接觸，則常有一種橡皮味。

輕氣爲現時世界上已知物質中之最輕者，其較空氣輕14.4倍，較水輕111倍。

輕氣又易爲各種金屬所吸收。如加熱之鈦 (Palladium) 可吸收600倍之輕氣，多孔之鉑 (即白金 Platinum) 可吸收110倍。

又因輕氣之密度稀薄，是以性極活動，滲透力甚強。雖極細微之小孔，在短時間內，可以洩露多量之輕氣。

〔乙〕化學性質：——就一般而言，輕氣之性質，在普通溫度情況之下不活潑，

其直接與他種物質化合者甚少。純淨之輕氣，不能燃燒，惟與氧氣化合時，或與空氣接觸，（10%氧與90%氫），一經燃燒，則火力四方擴延，常生劇烈之爆炸。又氫與氫混合之氣體，若曝於日光下，則亦能起劇烈之爆炸。總之：氫氧、氫氮、及氫與空氣，混合所致之爆炸，均因氫氧氮氣化合時，巨量能力之產生所致。此巨量之能力，立刻可使氣體溫度增高，體積增大。惟因其膨脹過速，故能呈爆炸之現象也。

又無論氫氧之化合，或氫與空氣之化合，均有水產生。

又氫氧混合之氣體，其着火點由 $507^{\circ}\text{F}$ 至 $540^{\circ}\text{F}$ （ $244.6^{\circ}\text{F}$ 至 $100^{\circ}\text{F}$ ）不等。

以電氣分解所得之輕氣，其着火點為 $536^{\circ}\text{C}$ 或 $996.8^{\circ}\text{F}$ 。

（丙）出產：——輕氣為最普通元素之一。水之重量，約九分之一為輕氣。其他各種物質含有輕氣者甚多。又大氣之上層，幾全為輕氣與氮氣二者而成。然吾人日常需要之輕氣，並不直由空氣中提出，乃由各種輕氣之化合物提取，水即其一也。

## 第二款 輕氣之製造

製速輕氣之法甚多，其最普遍者，即將水分解爲氫氧二元素是也。然輕航空器所用之氫氣，則有數種主要之條件，是以製造氫氣之方法雖多，仍不能盡行應用也。茲述其要件如次：

- (1) 出產率高且經濟——今日輕氣市價，每1000立方呎由一元至60元不等。
- (2) 純淨率高——如此則浮力大，氣球布又易於保存，故壽命亦較高；且可減少種種意外之危險
- (3) 製造氫氣之材料易得。
- (4) 軍用者其機械須輕便，易於轉運。

現今各國所用製造輕氣之方法（一）爲電氣分解法；（二）爲灼鐵蒸氣法；（三）爲硅化鐵法；（四）爲格蘭氏之電子法；（五）爲水氣之分解法。

下列其他方法，雖未能廣行應用，然可表示製造輕氣之種種化學反應。故一併述之如次：

[甲](1)電氣分解法 (Electrolytic Process)、即以直流電通過，使水分解為氫氧二氣之法。以此法所得之輕氣(1)純淨率高，約為99.5%，(2)有附產物氧氣，其純淨率亦甚高，約為99%—99.5%

(1)以此法需用之電氣量甚多，故低廉價值之電力，始能供其應用。

[乙](1)灼鐵蒸氣法 (Iron Contact Process)...

即以蒸氣通過灼熱之鐵，使蒸氣分解為氫氧二氣之法也。其反應如次：



(1)以此法所得之輕氣(1)純淨率較低，約為98%

(2)價格低廉；

(3)機械所佔之地位甚大，不易搬動。此等機械應設於交通方便之處，

距鐵路車站不遠，以便搬運各種材料。大概每小時產生3500立方呎

輕氣之機械，需用75匹馬力之動力。

[丙](1)矽化鐵法 (Ferrosilicon Process)...

此法即以硅化鐵置於氫氧化鈉之溶液中，加熱後，則水中之輕氣分解，其反應公式，略如下述：



由上式觀察，氫氧化鈉，可視為一種觸媒劑，輕氣之產生，實由於硅與水之反應也。以此法製造輕氣，其費用較之電氣分解法，或灼鐵蒸氣法，確為昂貴，故不適於商用。然以其機械輕便，體積甚小，且可產出多量之輕氣。同時硅化鐵與氫氧化鈉之搬運容易，故在軍用上，最屬便利。尤以在戰艦上氣球所用之輕氣，因求機械體積之縮小，故捨此以外，再無他法。

(丁) 硫酸與鐵或鋅之化合，可得輕氣與硫化第一鐵，其反應式如下：



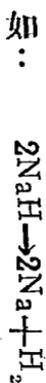
(戊) 鋁與氫氧化鈉化合亦可得輕氣，其反應如下：



(己)亞舍取連(Acetylene)之電氣離解，亦可得輕氣。其式如次：



(庚)氫化鈣( $\text{CaH}_2$ )、氫化鈉( $\text{NaH}$ )，氫化鋰( $\text{LiH}$ )，氫化鉀( $\text{KH}$ )，之分解，均  
可得輕氣。



(辛)格蘭氏之電子法 (Graessham-Elellron process)，聞歐戰時此法在德國使用，其所製之輕氣，每1000立方呎，僅值美金五十六分(即\$0.56)，其純淨度約為97.5%，其反應式如次：



(壬)水氣之分解法 (Linde-Frank-Caro-System)，即用低溫度使水氣中之各種物質均行液化。其最後之存留者，則只輕氣。蓋因輕氣之沸點最低也。

水氣之成分及其沸點之比較，略如下表所示。

名	稱	百 分 率	沸 點
氫	H <sub>2</sub>	50	-251°C
一氧化炭	CO	43.25	-193°C
二氧化碳	CO <sub>2</sub>	3	-80°C
氮	N <sub>2</sub>	3.25	-196°C
沼氣	CH <sub>4</sub>	.50	-164°C

此法所得之輕氣，有百分之九十七之純淨率(97%)，其餘百分之三，幾全為氮氣。如將氮氣提出，可得純淨率99.4%之輕氣。又一氧化碳可用之以作機械之原動力。據云在一個出產3500 立方尺/每小時之機械，其所得之一氧化碳，足以供轉動液化壓縮機之用。

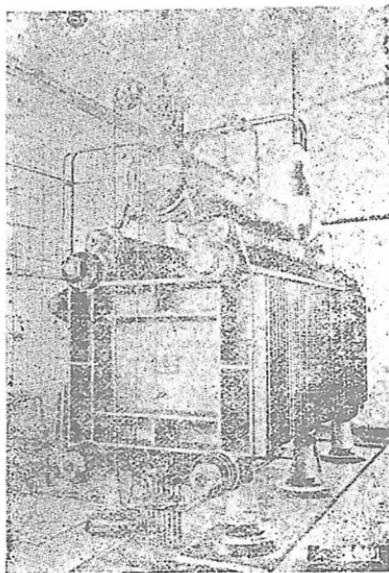
(癸) Badische Process- 此法將水氣與灼熱之蒸氣混合，使蒸形分解而為氫氧二

元素。氧與水氣之一氧化碳化合爲二氧化碳，可以爲水吸收。氫則可以提取。據云1100立方呎之水氣，與250磅之蒸氣。可以得1000立方呎之輕氣。

### 第三款 輕氣之浮力

輕氣，爲輕航空器所用氣體中之浮力最大者。其分子量爲2.016，純淨之輕氣，在標準氣象狀態之下，每立方呎重0.0532磅，比重爲0.690標準氣象狀態下之空氣，若每立方呎以0.7603磅計算，則每立方呎輕氣之浮力，爲0.7076磅，（每千立方呎之浮力約爲70磅）。但通常輕航空器使用之氣體，其純淨度頗低，故商用輕氣，比重常大至1.3，故標準浮力，常減至每立方呎0.6519磅。通常輕氣之比重，多以1.0計算之。

圖九十第



小每。氣輕造製法解分氣電以係機此  
養出產能時同。尺公方立〇三出可時  
尺公方立五十氣

### 第三節 氦氣 (Helium)

(甲) 氦氣之性質如次：

形體

∴ 無色無臭

原子量與分子量

∴ 3.995

防空氣球

原子式與分子式 :  $H_2$

臨界溫度 :  $5.19^{\circ}K$

臨界氣壓 : 2.26大氣壓

臨界密度 : 0.066

沸點 :  $4.22^{\circ}K$  在一氣壓時

冰點 :  $0.82^{\circ}K$  ( $272.18^{\circ}C$ )

密度 : 1.995 (氧作為16計算時)

密度(通常) : .1785克/立立升

比重 : 0.1368 (空氣作一算)

重量 : 在溫度  $32^{\circ}F$  氣壓 29.92吋之下，每立方呎重 .0112磅

每磅之容積 : 在溫度  $32^{\circ}F$  氣壓 29.92吋之下，每磅之氮佔 89.321

立方呎

化合物 氫之性質極純，其與他種物質直接化合者甚少。

(乙) 出產——氮爲世界上稀見之氣體，在大氣中僅含有 185,000 分之一。然據金氏 (Gann) 稱，在 100 英里之空中，空氣之大部爲氮與氧所合成。若在 500 英里之空中，大氣則全爲氮氧二氣體矣。

氮又自礦泉中吐出者，爲數甚多，然爲量甚微，皆不足以提取。又在義大利之火山近旁，常亦有氮氣之存在。又在含鈾 (Thorium) 與含鈾 (Uranium) 之礦石中，氮之量較多。

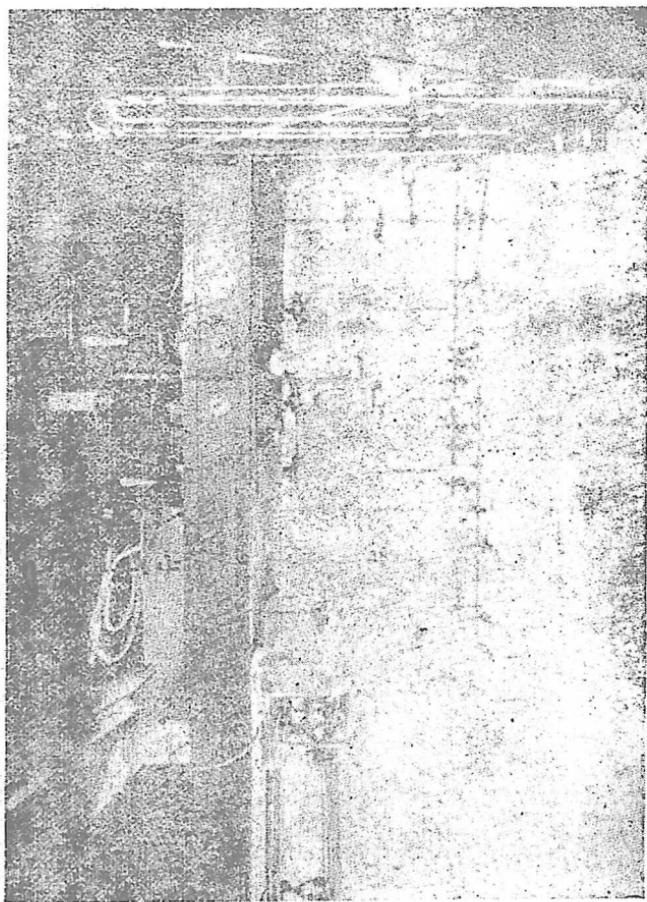
據最近所知，氮之存量較多，可供提煉者，均在北美天然氣井中，尤以美國康西州 (Kansas)，歐克拉河瑪州 (Oklahoma)，歐海歐州 (Ohio) 等處爲最著。

(丙) 氮氣之提煉——在美國，氮氣由天然氣中之提煉，均利用各種氣沸體點不同，而將液化之氣體，逐次膨脹使之蒸發。此種最著方法，一爲林得 (Linde) 法，一爲克洛得 (Claus) 法。二者不同之點，僅在林得法用 3000 / 平方呎之壓力，而克洛得法，用 600 磅 / 平方呎之壓力，惟二種方法之內部詳

細構結；均爲政府購買，密而不宣。

(丁) 氦氣之價值——在1915年以前，歐洲各國由空氣中提取之氦，或由礦石中提煉之氦，每立方呎，約需美金洋二十元(\$2000 / 立方呎)。惟在歐戰時節，各國均力求不燃燒輕航空器氣體(Noncombust die Aeration Car)，故對於氦之試驗，特別注意。美國因利用其出產之便利，在當時所提煉成之氦氣，每立方呎值金洋三角九分(\$.39)。自此以後，提煉之方法，逐漸改良，美政府在佛德華斯 Fort Worth 所設之氦氣提煉廠，其出品，每立方呎，僅值美金八九分。在1929年前後，氦之市價，每立方呎，爲美金二分半。據云，美國之最大飛艇阿克龍(Akron)與梅根號(Macon)所用之氦氣，每立方呎僅值美金一分，較之輕氣價值，相差無幾矣。

(戊) 時氣之浮力——氦氣較輕氣稍重，其純淨者，每立方呎重.0105磅。故每立方呎之浮力，約爲.06558磅(每1000立方呎65.58磅)。較之輕氣，約少百分之七。



防 空 氣 球

器 儀 之 率 淨 純 氣 氣 驗 試

## 第四節 煤氣

(甲)煤氣之製造 煤氣(Coal Gas)，即普通家宅，用以作燃燒之氣體也。其密度之大小，因製造煤氣時所用炭之種類而有不同，其成分則因製造之溫度與時間之長短亦有不同。普通製造煤氣時，則以100磅至600磅之炭置於燃燒爐中，而其下部則用焦炭燃燒之。約自二時至六時，則炭質之大部分，多化為煤氣矣。大概每百磅之炭，可得焦炭(Coke)65磅，松油(Tar)1磅，亞莫尼亞(Ammonia)11磅，純淨之煤氣14磅，其餘皆為雜質或損耗矣。氣球上應用之煤氣，其所需要之性質，與普通燃燒所用煤氣之性質，要求不同。前者需要密度小而含有多量輕氣之煤氣，後者乃需要密度較大而含有少量輕氣之煤氣。普通煤氣所含之輕氣，約自百分之20至百分之40不等。

(乙)溫度之影響——同樣之煤炭，溫度高，則所得之煤氣，含輕氣量較多，溫度低，則所得之煤氣量微少。茲將三種不同溫度所燒成之煤氣，其成分列之如次：

煤	氣	成	分	(1)	(2)	(3)
Hydrogen	氫			38.09	43.77	48.02
Methane	沼氣			42.72	34.52	30.70
Olefins	不飽和之炭化氫			7.55	5.83	4.51
Carbon monoxide	一氧化炭			8.72	12.50	13.86
Nitrogen	氮			2.92	3.40	2.81
				100.00	100.00	100.00

上列表中

1. 溫度較低
2. 溫度較高
3. 溫度最高

但三種時間均相同：

(丙)時間之影響 製造煤氣時，因蒸發時間之久暫，其影響於煤氣之成分者，亦甚為重要。下列表之，即就各類蒸發不同時間而成之煤氣，其各個成分之百分比比較也。

原 名	種 類	分子式	10分	1時 30分	3時 25分	5時 53分
Sulphuretted hydrogen	硫化氫	(H <sub>2</sub> S)	1.30	1.42	0.49	0.11
Carbon dioxide	二氧化碳	(CO <sub>2</sub> )	2.21	2.09	1.49	1.50
Hydrogen	氫氣	(H <sub>2</sub> )	20.10	38.33	52.68	67.12
Carbon Monoxide	一氧化炭	(CO)	6.19	5.66	6.21	6.12
Saturated Methane	飽滿氫化炭	(CH <sub>4</sub> )	57.38	44.03	33.54	22.58
Unsaturated Methane	未飽滿氫化炭	(CH <sub>2</sub> )	10.62	5.918	3.04	1.79
Nitrogen	氮氣	(N <sub>2</sub> )	2.20	2.47	2.55	0.78

在製燃料上應用之煤氣時，常增加炭化氫之量，使其發光明亮。但此等可作燃料之炭化氫，使煤氣之密度增大，重量增加，反不適於氣球之用。故氣球上應用之煤氣，必須特別製成。在大號製煤氣之機械，常有數個煤氣保存筒。其一專為收容氣球所用之煤氣而設置，則受高溫度與長時間所得之煤氣，可以最後收留於此筒也。

(丁)煤氣之浮力 煤氣之比重約自 $0.35$ 至 $0.33$ 不等。通常氣球上所用者，約為 $0.3$ 。以此計算，在標準氣象狀態之下，煤氣之重量，約為每立方呎重 $0.3424$ 磅。則其浮力，每立方呎為 $0.4184$ 磅(每 $1000$ 立方呎為 $41.84$ 磅)。此數約為輕氣浮力百分之六十一( $62\%$ )。

氣球特用煤氣之成分，因製造方法之不同，而其差異甚大，故普通供燃燒之煤氣，實不足以供氣球之應用。各國氣球競賽時，其所用之煤氣，均係依前所述之方法而製成。其每 $1000$ 立方呎之浮力，自 $25$ 至 $35$ 磅不等。如其浮力小於 $35$ 磅時，則須另加輕氣少許，以使其浮力增加。

#### 第五節 熱空氣

熱空氣，為氣球中最初所用之氣體。雖在今日，各種遊戲所放之氣球，猶有用之者。然熱空氣浮力之大小，吾人實難以估計，蓋其密度之大小，與熱空氣本身溫度之高低，實有連帶之關係也。

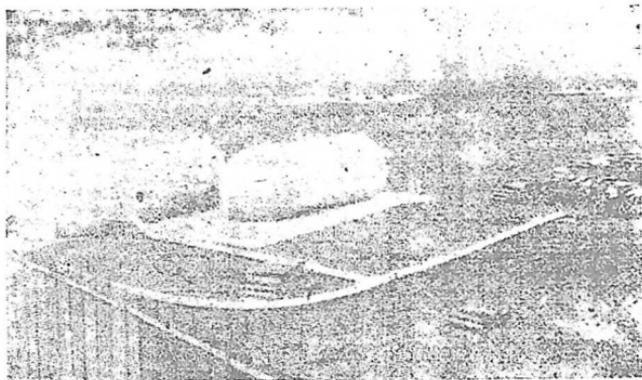
就一般而論，欲使熱空氣之浮力，等於煤氣之浮力，則須將空氣熱至華氏

700度以下(700°F)。此此高溫度，雖假定氣球尙能不受灼熱之影響，而致破壞，且縱在地面一時可以上昇，然待氣球昇空後，其溫度必迅速銳減，蓋由於內外溫度相差至巨也。氣球內之溫度低減，則浮力立即減少，一由於密度之增大，二由於團積之變小。如此若由華氏700度降至華氏500度(700°F→500°F)，則其浮力，勢必減少百分之三十以上。

吾人假定可以在氣球之下部，繫以煖爐裝置，使氣球內部之氣體，常能保持一定之溫度，然裝置複雜，必至增加氣球本身之重量；若過於單簡，則不能維持長時間之飛行。故此等方式，亦只限於短時間之低空飛行。就通常而言，熱空氣之浮力，多只限於煤氣浮力之一半，即每1000立方呎約有浮力20磅或25磅左右是也。

#### 第六節 氣體之保存

保存氣體之方法：可分爲一時的保存，與長時期保存之二種。一時的保存氣體，係臨時性質，其所用之器具，多爲氣囊。長時期保存氣體，係比較の有



球 氣 充 補

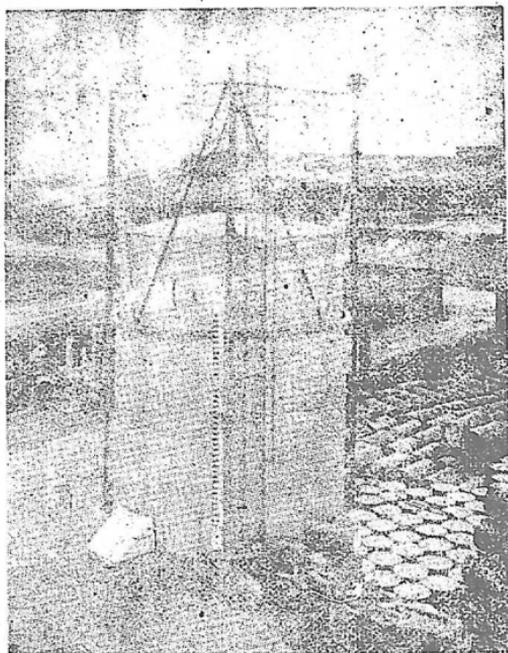
儲藏性質者，其所用之器具，爲鋼製儲存水櫃，高壓氣筒等。

(一) 氣囊

保存氣體之氣囊，即普通所謂補充氣球是也。其體積自5,000立方呎至10,000立方呎不等，其材料多用三層氣球布製成，故露氣之程度甚小。此種氣囊，在短距離以內，用之以輸送氣體，頗屬便利。故在戰場上，常用之以補充各種觀測氣球。聞在歐戰時，各國商家所製之輕氣，均用此等氣囊以供給於軍隊。惟用此等氣囊時，必須注意其着火之危險耳。

(二) 鋼製貯存水櫃

圖 二 十 二 第



(尺公方立〇〇三積容)櫃存儲氣輕

櫃。大號之鋼櫃，可以容納 $300,000$ 立方呎之氣體。其儲藏燃燒瓦斯之鋼櫃有能容 $10,000,000$ 立方呎之氣體者。

應用此等鋼櫃以儲存輕氣，須注意不使其內部有空氣進入，又須使水櫃之

鋼製貯存水櫃，即以鋼製鐘形之櫃置於水中，使氣體由下部裝入，則由氣壓作用，能將鋼櫃漸次駛起。鋼櫃之邊緣，則仍浸於水中。

此種鋼櫃儲存氣體之多寡，視鋼櫃之大小而有不同。又在一水池中，可以裝置多數之。

水量滿飽，以避免種種危險。

在冬季應用此種，須有溫暖水池之設備，普通用蒸氣管。

### (二) 高壓氣筒

高壓氣筒，有大號者與小號者二種。其內部壓力，每平方英尺約為2000磅。此等高壓氣筒之優點有四，缺點有三，茲前分述如次：

優點(1) 露氣量小：

(2) 無水，故氣體不至為之吸收；

(3) 在冬季無須以蒸氣管溫暖池水；

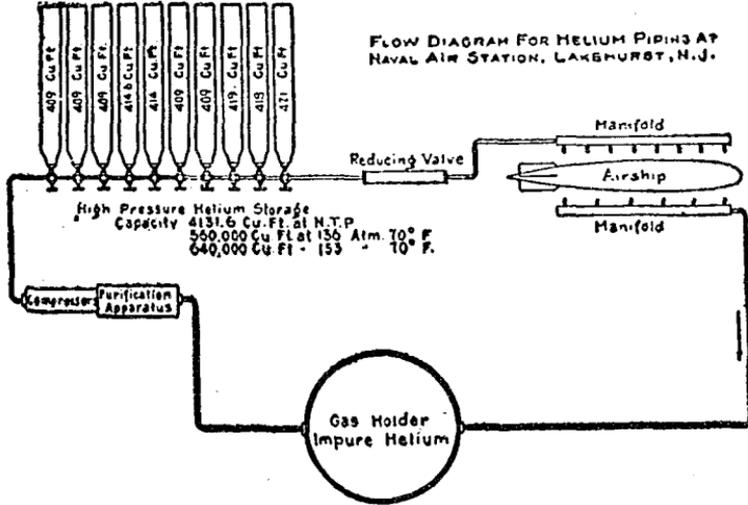
(3) 氣體時常乾燥；

缺點(1) 如鋼管內之質料養化後，如裝輕氣，有爆炸之危險；

(2) 將氣體壓縮至2000磅，須費相當之動力；

(3) 因避免鋼管破裂之危險，則2000磅壓力之氣管，在收用時，須以水壓試驗至3000磅之壓力。如此則鋼管之強度增加，然費用則較大矣。

圖 三 十 二 第



防  
空  
氣  
球

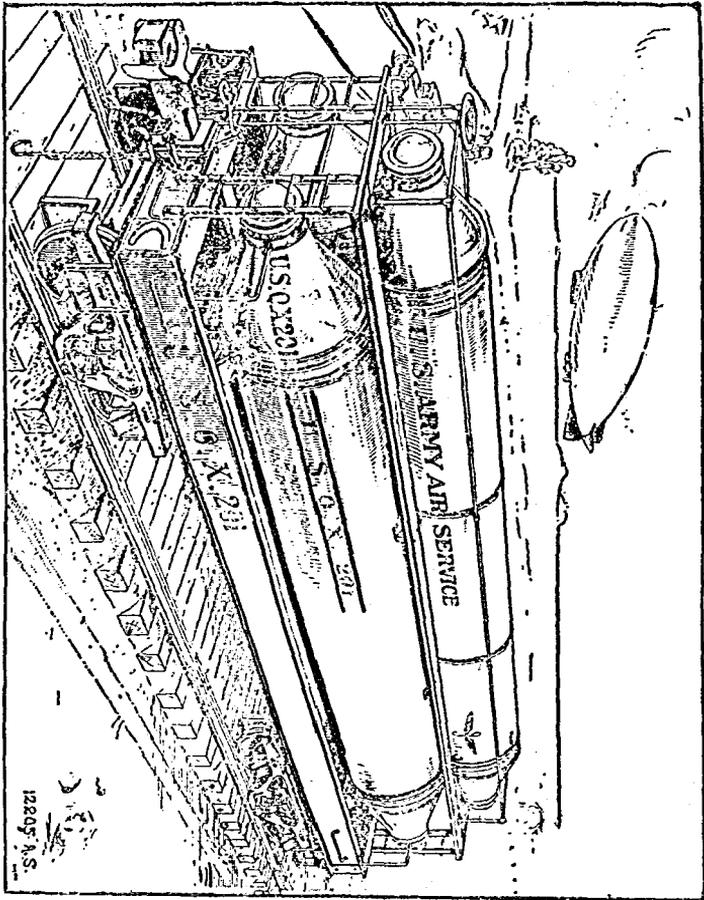
降低為大必，率淨純之體氣內囊氣則，久稍務服，球氣艇氣論無。  
 。煉提復重，出抽體氣之粹純不此將有只，率淨純其高增欲若。  
 。球氣或艇氣入注再，體氣之過濾此將後然

大號之高壓氣筒，多裝置於火車上，常為固定式。在2000磅壓力下，三個氣筒，可容通常氣壓下200,000立方呎之氣體。在轉運上極為便利。

二號之高壓氣筒，一般所用者，長約廿呎3吋，筒蓋長63/8吋。可容積為2650立方英尺重量自120磅至130磅不等。在2000磅壓力下所用之氣筒，須以水壓試驗至3360磅壓之力量可。此氣筒一個，可容通常氣壓下約200立方呎之氣體。

圖 四 十 二 第

防  
空  
氣  
球



七  
九

裝載氫氣或氮氣儲筒之鐵道列車

## 第七章 繫留機與繫留索

### 第一節 繫留機之構造及運用

#### 第一款 繫留機之式樣

繫留氣球所用之繫留機，普通有二種：一爲直接轉動式，Direct spooling Type)，內有一頗大之輪盤(Drum)，用以纏捲鋼索，兼用之以直接收放氣球。故曳引機盤與貯存鋼索之機盤，合而爲一。二爲間接轉動式(Indirect spooling Type)，內有二個輪盤，即曳引機盤，與貯存機盤是也。曳引機盤，直接收放氣球，而將其所收下之綱索，捲於貯存機盤上。

在直接轉動式者，其構造簡便，轉運容易，然鋼索既直接捲於貯存機盤上，則此索受汽球向上浮力之引伸作用，自然捲纏甚爲緊切，然如因溫度低減，鋼索縮短時，勢必向此貯存機盤，加以甚大之壓力，常能將機盤壓碎或致鋼索過量引伸。是以現時除小號氣球所用之繫留機外，甚少使用者。

間接轉動式者，其構造較爲複雜，然繫留索之貯存機盤，不直接感受氣球

浮力之引伸作用，是以其纏捲不至過於緊切，縱使鋼索因溫度低減而縮短時，貯存機盤與繫留索，均不至受其影響也。

### 第二款 繫留機之動力

繫留機所用之動力，有電氣馬達，內燃機馬達，及蒸氣機三種。內燃機馬達，四缸者即可應用。六缸或八缸者，其轉動較爲平滑，然價值亦較昂。美國軍用繫留機所用之馬達，其馬力自70匹至120匹不等。其引曳力，約自4700磅至6000磅。

電氣馬達，其馬力較小，多用之於阻塞氣球，或小號之繫留氣球。蒸氣發動機，間亦有使用之者。

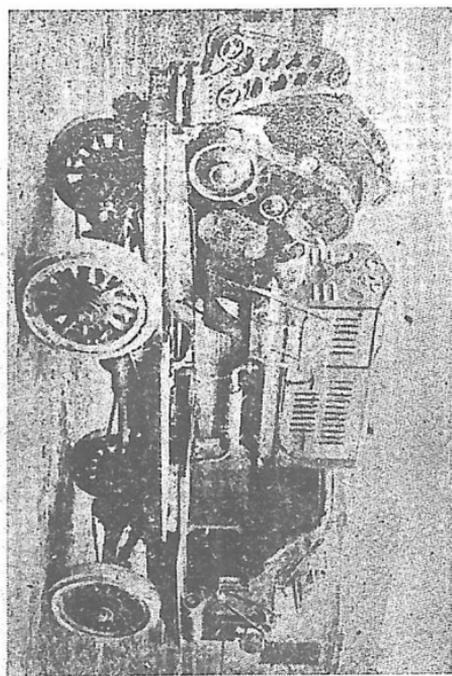
### 第三款 繫留機之轉運

繫留機之轉運，爲繫留氣球運動能力之所關。通常則將繫留機裝置於載重汽車上以運動，是爲「分離式之繫留機車」，有時則將繫留機與汽車共同使用一馬達，以節省動方與體積。如此則名爲「聯動式繫留機車」。分離式之繫留

機車，無論汽車之行止，均可隨時收放氣球。聯動式者，在汽車行動時，則不  
便收放也。

繫留機車之運動，在普通道路上，大概每小時可行十五英里以上。如用四  
輪推進者，則在不平道路或起伏地上，亦可通行無阻。

第二十五圖



聯動式之繫留機車

#### 第四款 阻塞氣球繫留機

阻塞氣球所用之繫留機，較之觀測氣球及監視氣球所用者，頗爲單簡。因其不需要高速度之收放，故亦不需要大馬力之發動機。在歐戰期間，各國所使用者，多爲十匹馬力之汽油機。其在工廠近旁者，則多使用電動機。此等電動機，有四匹或六匹馬力即可。

在此等小號繫留機，仍以簡接轉動式者爲良。然因氣球之浮力小，繫留機之引伸力亦小，雖用直接轉動式，亦無甚妨礙。且阻塞氣球之主索中心並無電話線，故雖有伸縮，而無電話線折斷之顧慮。

又阻塞氣球繫留機之曳引力，可以下列各種繫留索之耐伸力爲標準。

(1) 直徑 2.87 吋 (0.11 吋) 者……如引伸力超過 650 公斤 (1430 磅) 即可折斷

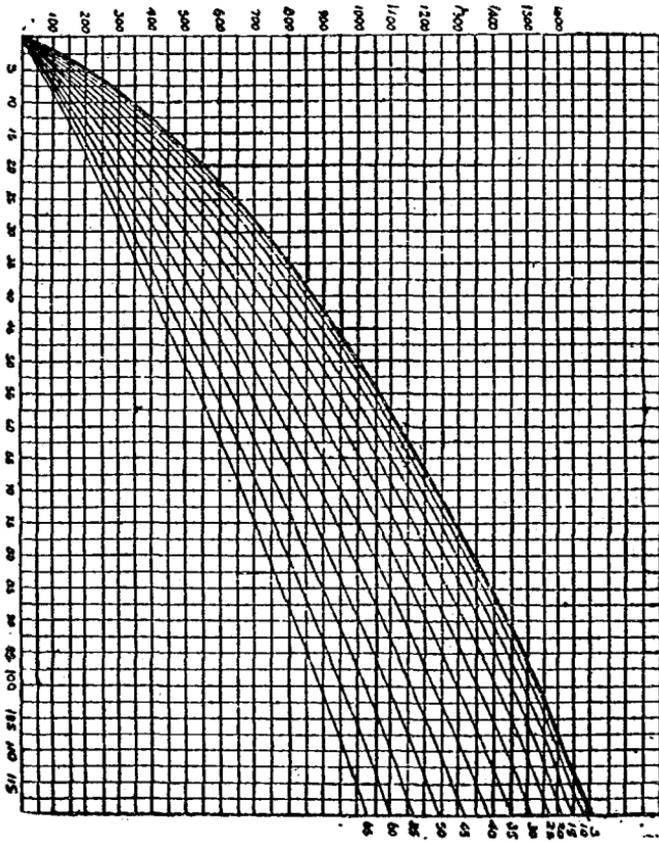
(2) 直徑 3.0 吋 (0.12 吋) 者……如引伸力超過 680 公斤 (1500 磅)，即可折斷。

(3) 直徑 35. (0.138 吋) 者……如引伸力超過 1000 公斤 (2200 磅)，即可折斷。

通常曳引阻塞氣球，其降下速度，每秒約為二公尺 (每分 96 呎)。曳引速度與繫留機馬力及風速關係圖。

圖 六 十 二 第

防  
空  
氣  
球



八五

表係關度速放收球氣與力馬機留繫

## 第二節 繫留索

### 第一款 繫留索需要之性質

繫留氣球所用之繫留索，其所要求之性質有四，

- (1) 輕便(每單位長度之重量小)；
- (2) 直徑小(此與索之重量及構造有關)；
- (3) 有相當之耐伸力——耐引力須超過(1)氣球之浮力，(2)風力對於氣球之引力，(3)風力對於繫留索本身所加之引力，
- (4) 保險率，四者之和。

(4) 柔軟(此與索之鋼質有關)：

以上四要件，其第一第二與第三正相反。故應用時須顧慮三者之互相關係，而定索之種類。又高空之急風渦流，有時特別為強。若要求繫留索絕對的不能折斷，則勢必使用大直徑之繫留索，如此則其重量必然增加，對於氣球之升高，反而限制。然若使用極細之鋼索，其耐伸力當然小縮，易於折斷，更不相

宜。故通常各種氣球所用之繫留索，以能抵抗普通強風所予該種氣球之引力而已。

繫留索通常爲多股合成。具有高度耐伸力之鋼索，可使直徑減小，重量減輕。但硬性之鋼，常有一種彈簧性。在引伸力停止時，常有發生結紐之弊。故鋼索亦須顧慮其有相當之柔軟性。

小號氣象氣球所用之繫留索，不用合股式之鋼索，而用單股式之鋼絲。普通鋼琴上所用之鋼絲，即係此種。

鋼索之柔軟性，既爲繫留索所必需。故多股鋼索之中，有一中心線，而以麻或棉所製成。其爲觀測氣球或監視氣球用者，此中心線，乃爲二條或三條之鋼絲，藉以爲通話之具。此等鋼絲之絕緣體，可用橡膠，亦可用塗漆之綢或布。

## 第二款 繫留索之耐伸力

繫留索引伸量 (Cable Tension) 之大小，以空中之風力爲轉移。風力愈大

，則其引伸量亦愈大。如欲算定風力對於引伸量之關係時，須依據實驗。茲將各國多次試驗之結果，其關係式列之如次：

$$\text{引伸量} = 140 + (\text{風速})^2 \dots \dots \dots \text{最小限}$$

$$\text{引伸量} = 240 + (\text{風速})^2 \dots \dots \dots \text{平均}$$

$$\text{引伸量} = 340 + (\text{風速})^2 \dots \dots \dots \text{最大限}$$

上式中之引伸量以公斤計算，

風速以每秒之公尺數計算，

上式如用英美制，則變為

$$\text{引伸量} = 530 + .44(\text{風速})^2 \dots \dots \dots \text{平均}$$

如此則引伸量為磅，風速以每時之英哩數計算之。

又在下降時，如下降速度每秒每增加一公尺，則引伸量增加70量。

或每秒每增加一英尺，引伸量加增0.8磅。

下列之表，係美國佳年公司所製風速對於繫留索引伸量之關係統計，

比較的方向屬可靠也。

風		速		引		伸	
哩	公尺	吋	秒	磅	公	斤	量
0	0	0	0	530	238.5		
5	2.2	541	243.0				
10	4.5	574	258.3				
15	6.7	629	283.0				
20	9.0	706	317.7				
25	11.2	805	362.4				
30	13.4	726	416.7				
35	15.7	1,069	481.0				
40	17.9	1,234	555.3				
45	19.2	1,421	639.5				
50	22.4	1,630	737.5				
55	24.6	1,861	837.5				
60	26.4	2,114	951.3				

### 第三款 一般繫留索之構造

繫留索因求耐伸力之增加，均用多股之綱絲所合成。每股又爲若干之細綱絲而成。如美國陸軍軍用觀測氣球之繫留索爲六股綱絲，每股又爲十九條細綱絲而成（ $6 \times 19$ 繫留索）。海軍用者爲七股，每股亦爲十九條（ $7 \times 19$ 繫留索）。此外觀測氣球之繫留索，中心均有電話線細綱絲二三條。

繫留索之各股綱絲，如用十九條細絲者，則除其中心之線外，其餘十八條分爲二層配置，內層六條，外層十二條，各層之纏紐度爲反時針方向。但各股綱絲之纏紐度，爲時針方向。

一般軍用觀測氣球繫留索，其特質概要如次：

- (1) 直徑——250吋至390吋
- (2) 重量——每100呎重10.5磅至12磅
- (3) 耐伸力——7,000磅至12,000磅或15,000磅
- (4) 長度6000呎或3500呎。

#### 第四款 阻塞氣球繫留索

阻塞氣球之繫留索，較之觀測氣球之繫留索，構造較為單簡，已如前述。美國所用之以繫留法國式之小號阻塞氣球者，為6×6繫留索，（即六股每股六條也）。惟其中心無電話線，而為一條棉製之細繩。又每股之中心，亦有細棉線一條。

此等綱索，其直徑約自0.156吋至0.172吋不等（5×32繫留索）。其重量每百呎約為3.5磅。其最低之耐伸力，約為2000磅。

法國所用之阻塞氣球繫留索，其特性列表如次：

結 標 (股×條)	鋼絲直徑 (mm)	索之直徑 (mm)	重 量 (克/公尺)	耐 伸 力 (公尺)
7×6	0.31	3.10	32	650
6×6	0.34	3.00	30	680
5×6	0.37	3.00	30	680
4×6	0.41	2.87	30	650
6×6	0.41	3.69	45	1000
4×6	0.50	3.50	42	1000

## 第八章 氣球之原理

### 第一節 大氣之成分

彌漫空間，包有水陸二界，磅薄於地球外部透明之氣體，即所謂之大氣（Atmosphere）也。吾人由流星及北極光之觀察，約知此大氣之高度，至少在六〇〇英哩以上，約一〇〇〇公里左右，惟因下層空氣受上層空氣之壓力作用，其密度最厚，愈向上升，則空氣漸次稀薄。大概在十英哩以上，不特人跡未至，亦爲雲層所不到。不僅其溫度與下層迥異，其成分亦有不同。就接近地面之空氣層而言，其成分概由淡氣、養氣、及少量之氦、氫、氖、氮、等及水蒸氣、等，混合而成。茲以表列舉之如次：

空氣中所有之物質	名稱	化學式	符號	各種物質對於乾燥空氣之百分比		分子量
常用名辭	原 名					
乾燥空氣	Day Air	空氣		100.00		28.97
淡 氣	Nitrogen	氮	$N_2$	78.08		28.02
發 氣	Oxygen	氧	$O_2$	20.94		32.00
惰 氣	Argon	氬	A	0.9323		39.88
水 蒸 氣	Water vapor	水蒸氣	$H_2O$	.....		18.02
炭 酸 氣	Carbon dioxide	炭酸二	$CO_2$	0.03		44.00
輕 氣	Hydrogen	氫	$H_2$	0.001		2.02
乃 氣	Neon	氖	Ne	0.0018		20.0
隱 氣	Krypton	矽	Kr	0.0001		82.9
氫 氣	Helium	氦	He	0.0005		4.00
臭 氣	Ozone	臭 質	$O_3$	0.00006		48.00
鉍 氣	Xenon	氙	Xe	0.000009		130.2

由上表觀察，大氣之成分，在地球表面附近，以氫氧二氣為主，其餘諸氣體，僅占百分之一強，氫氮之量，更屬微少。然此表係按大氣之最下層計算。若升高至十英哩以上之高處，則氫氮含量，約二倍於地面。再由此上昇，則氫氮二氣，逐漸增加，直至五十英哩之高空，則大氣多半為氫氮二氣所合成，若在五〇〇英哩之空中，則空氣幾全為氫氮二氣體矣。

又大氣之成分及密度，常因氣候變化而有不同，惟吾人於氣球學上計算浮力時，僅以氣壓溫度濕度三者是問，而不計其他，又氣壓與溫度二者之變化，僅能影響大氣之密度；而濕度之變化，可以影響大氣之成分。至於氣壓溫度濕度變化之原因，及其預測，可於氣象學中求得之。此氣因篇幅所關，不克詳述

## 第二節 氣球學應用之符號

吾人於研究氣球學時，常須計算多種問題，茲為便於計算起見，特例舉各種符號如次：英文符號，其含意以英語為標準，中文符號，含意以國語為標準，蓋期能合我國人之應用也。

A〔率脹〕	膨脹率
B〔鎖〕	鎖物
D <sub>g</sub> 〔密氣〕	氣體之密度
C <sub>g</sub> 〔常氣〕	常數
D <sub>a</sub> 〔密空〕	空氣密度
D <sub>o</sub> 〔密準〕	標準密度在標準溫度與氣壓時
E〔壓水〕	水蒸氣壓力
F〔滿〕	飽滿度百分數
H〔高同〕	同質高度
h〔高〕	高度(呎)
K〔係〕	係數
L〔力浮〕	浮力
M〔平〕	平均數

N〔力淨〕

淨浮力

P〔壓〕

壓力（水銀柱之高耗或吋）

P.H.〔高滿〕

氣囊飽滿時之高度 $\parallel$  100%

Q〔壓水〕

壓力水柱之高（耗或吋）。

S〔比〕

氣體之比重

Tg〔溫氣〕

氣體之絕對溫度

Ta〔溫空〕

空氣之絕對溫度

ta〔溫表〕

溫度表上之溫度

V<sub>1</sub>〔體總〕

總體積或容積

W〔重總〕

總重量（氣球及載重量合計）

V<sub>1</sub>〔體現〕

現在體積

Y〔氫〕

氣體之純淨度

L〔力加〕

增加之浮力

T〔溫加〕 增加之溫度（氣體溫度與空溫度之差）（絕對）

V〔體加〕 增加之體積（二種情況下體積之差）

### 第三節 氣體之物理性質

氣球之浮力，以氣體為主。故對於氣體之性質必須熟知。茲略述之如次；

#### 其一 密度

密度亦稱密率，即物體所含物質疎密之程度也。通常以一單位體積內之物體之重量，即為該物體之密度或密率。是以密度之大小，常以每立方之重量表示之，如空氣在標準溫度與氣壓下，其密度為每立方呎重 $0.8072$ 磅，而水之密度為每立方重 $62.2$ 磅餘。

茲將氣球學中常用之各種之各種氣體之密度例舉如左：

一、空氣之標準密度——每立方呎、 $0.8072$ 磅

二、氦之標準密度——每立方呎、 $0.1786$ 磅

三、氫之標準密度——每立方呎、 $0.0899$ 磅

四、發光瓦斯——每立方呎、〇三二三磅

其一 比重

在標準溫度及氣壓時，物體之重量與等體積標準物體重量之比，謂之該物體之比重 (Specific Gravity)。所謂標準溫度與氣壓者，則以攝氏表零度或華氏表三十二度與氣壓七六〇耗或二九，九二吋為準。至於標準物體，在計算固體或液體比重時，則以水為準；在計算氣體時，則以空氣為準。凡此皆不過為便利起見而酌定，非有特別之意義也。

物體之比重，既為等體積物體之相比，又同在標準溫度與氣壓之下，則兩物體之密度之比，亦即其比重。

因某物體之比重 =  $\frac{\text{重}}{\text{體}}$   $\div$   $\frac{\text{重}}{\text{體}}$  = 某物體之密度， $\div$   $\frac{\text{重}}{\text{體}}$  = 標準物體之密度

故某物體之重 =  $\frac{\text{某物體之密度}}{\text{標準物體之密度}}$

氣體之比重，既以空氣之密度為準，

故某氣體之比重爲， $\text{比重} = \frac{\text{密氣}}{\text{密空}}$

在標準溫壓下，乾燒空氣之密度爲每立方呎，〇八〇七二磅（或每立方米，二九三公斤），純淨之輕氣，在同等情況下每立方呎重，〇〇五六二磅。則輕氣之比重爲

$$\text{比重} = \frac{.00562}{.08072} = .069$$

茲將各種氣體之比重，例舉如左

- 一、乾燥空比重  $\parallel 1$
- 二、純淨氮之比重  $\parallel .138$
- 三、純淨氫氣之比重  $\parallel .069$
- 四、發光瓦斯之比重  $\parallel .4$

查通常氣球內所用之氣體，不甚純淨，故其比重亦較前所列之數目爲高。溫度與氣壓之變化，其影響於氣體之密度者甚巨，故比重亦有不同。空氣

內所含之濕度，與比重亦至有關係，故須以乾燥空氣為準。

又在同一氣壓時，比重係一常數，毫無變更。

#### 第四節 浮力

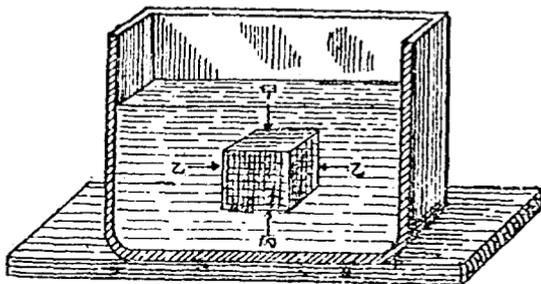
依阿克米得氏定律 (Archimedes Principle) 所云，『一物體若沉沒於流體中，則此物體所受之浮力，適等於被佔容積之流體之重量』。大氣既為流體之一種，則凡在大氣中之物體，莫不受此律之支配。

如一物體全沒於水中時，其所侵佔水之容積，等於其自身之體積。倘此物體之重量，大於同體積之水之重量，則物體下沉，如小於同體積之水之重量，則物體上浮。換言之，沉沒於水（流體）中之物體，如其密度強於水者則下沉，弱水者則上浮。

如左圖所示，以一木塊沒於水中，則木塊之六面，均受有壓力作用。惟其四面平行之乙方，相等而適相反，故成平衡，並無浮力作用。惟有甲丙二力不均。甲力向下，丙力向上，倘木塊之重量恰等於所佔水之重量（即二者之密

度相同)，則上下亦成平衡狀態，木塊不上亦不下。

圖七十二第



如重水 = 重物

則力甲 + 重物 = 力丙 + 重水

如重物 > 重水

則力甲 + 重物 > 力丙 + 重水

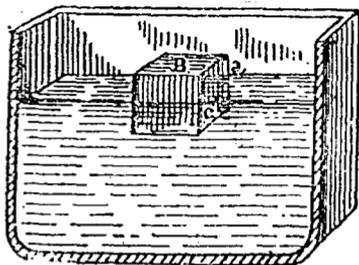
下沉

如重水 > 重物

則力甲 + 重物 < 力丙 + 重水

上浮

圖八十二第



體a + 體c = 體B

∴ 重水C = 重木B

第五節 液體與氣體之異同

液體 (Liquid) 與氣體 (Gas) 均為流體 (Fluid)，二者雖均有浮力作用，然其

防空氣球

不同之處則甚多。比如水與空氣，二者均屬於流體，均有一定之重量。而水之重量約八百倍於空氣。又液體之伸縮力（彈力）頗小，其受溫度與氣壓之影響其微。空氣之伸縮程度頗大，溫度與氣壓極微之變更，亦能使其脹縮之。此點甚為重要，因吾人於研究氣球學時，其因氣候之變化，而生之影響頗大也。

因上所敘述之原理：是以浮於空氣中之物體，與浮於水中之物體，其現象，自不相同，今假定拋一具有固定體積之物於水中，若稍重於水，則直向下沉，而至於水底，若稍輕於水，則直浮於水面。然一具有固定體積，而較空氣為輕之物品，若能使其體積固定不變，則此物愈向上升，則其浮力亦漸小，（因空氣愈上，愈稀薄，密度愈小也），直至平衡點（Point of Equilibrium）此時該物體之重量（密度），正與同積體之空氣之重量（密度）相同。此時物體即再不上升，因再升則較同體之空氣為重故也。又當此物品下沉時，則因較同積之空氣為輕，故亦不能直向下沉。是以結果永久飄浮於空氣中。

以上所述：係就理想之氣球而言，依實際現象，因惰性關係（Force of

Inertia) 氣球飛行之程，序並不如此，其詳當於後節述之。惟氣球之在平衡點時，氣球之全重適等於同體積空氣之重量，則無疑者也。

### 第六節 氣球之浮力

研究氣球之主要問題，在決定氣球之浮力，並在各種情況時之異同。至於浮力之定義，其說極簡，不過依第四節所述之阿克之米得氏之定律而代數方式而已。如以一單位容積之氣體為準，其上下二力，一為氣體之重量（即氣體受地球引力作用而生之重量），一為依阿克米得氏定律所有之向上壓力。向下之力，為氣體之密度（ $\rho_{\text{氣}}$ ），向上之力，為空氣之密度（ $\rho_{\text{空}}$ ）。此二數之差，即所謂浮力也。

$$\rho_{\text{空}} - \rho_{\text{氣}} = \text{力浮} \dots \dots \dots (1)$$

故氣體之浮力，即密空與密氣之差。是以無論如何稀薄之氣體，其浮力不能等於或超過「密空」，惟依溫度氣壓之關係，大小有不同耳。

### 第七節 靜止浮力

氣球之總浮力除密空與密氣之關係外，則與其容積成正比例，其式如左

$$力總 = 體 (密空 - 密氣) \dots\dots\dots (2)$$

$$力總 = 總浮力或靜止浮力$$

$$體 = 體積$$

$$密空 = 空氣密度 (即每一單位體積空氣之重量)$$

$$密氣 = 氣體密度 (即每一單位體積氣體之重量)$$

氣球之總浮力(力總)，通常稱為靜止浮力(Static Lift)，其因氣候之變化——溫度與氣壓之差異——因之影響空氣之密度——應用氣體之種類(密度不同)，以及加熱(Super-heating)與氣體純度之關係等等，此浮力之總數，時刻有所不同。又空氣之濕度亦有少數之影響。研究氣球者須熟知之。

茲將空氣靜力學之浮力公式列之如次；

$$1. \text{ 第一式 } L = (D_a - D_g) \dots\dots (1)$$

例如空氣之溫度在標準溫壓時爲0.08072并 / 立方尺  
 輕氣之密度在標準溫壓時爲0.00562并 / 立方尺

故每立方尺輕氣之浮力  $L = .08072 - .00562$

$$L = .0751 \text{ 磅}$$

2. 第二式 容積與浮力之關係：

容積與浮力爲正比例  $V \sim L$

$$\therefore L = V(D_2 - D_g) \dots\dots\dots 2$$

例如某氣球之容積爲50,000立方尺，在標準溫壓時，其浮力爲  $L = 50 \cdot$

$$000(.08072 - .00562) = 50,000 \cdot \times .0751 = 3755 \text{ 并}$$

3. 第三式 氣體比重浮力之關係：

氣體之比重與其浮力爲反比例，故比重愈小，則浮力愈大。

$$L \sim \frac{1}{\rho}$$

便(2)式  $L = V(D_2 - E_g)$

$$L = V(D_2 - D_g) \frac{D_a}{D_a} \text{ 以同數相乘，比率不變}$$

$$L = VD_a \left( \frac{D_a}{D_a} - \frac{D_g}{D_a} \right) \dots \dots \dots \frac{D_g}{D_a} = S$$

$$\text{故 } L = VD_a(1-S) \dots \dots \dots (3)$$

例如：某氣球之容積為50000 立方呎，其所用之氣體為標準空氣之比重為.13。問其所具之浮力若干。

$$L = VD_a(1-S) = 50000 \times .08072(1-.13) = 3511.320 \text{ 呎}$$

4. 第四式 查空氣之密度，隨氣候變化（溫度氣壓與濕度）而異。前舉之例

均以標準溫度與氣壓為準，並不計算濕度影響。今如加算溫度

氣壓之關係，則浮力公式，又得如次：

$$\text{依第三式 } L = VD_a(i=S)$$

因  $D_a \sim P$  ;  $D_a \sim \frac{1}{T}$  ; 密度與壓力成正比例，與溫度成反比例；

$$\text{故 } D_a = D_{a0} \cdot \frac{P}{P_0} \times \frac{T_0}{T}$$

$$\text{故又 } L_a = D_{a0} \cdot \frac{P_0}{P} \times \frac{P}{P_0} - \frac{P}{T}$$

因  $D_a \cdot T \cdot P_0$  三者均為常數，有一定之值如下；

$D_{110} = .08072 \quad T_o = 492^\circ F \quad P_o = 29.92 \dots \dots \dots$  用英美制計算  
 $\therefore D_{20} - \frac{T_o}{P_o} = .08072 \frac{492}{29.92} = 1.327 \dots \dots \dots$  此係  $D_a - \frac{T}{P}$  之常數  
 是以  $D_a = 1.327 - \frac{P}{T}$

1.327 既為一常數，以  $K$  代表之，  
 則  $D_v = K - \frac{P}{T}$  將此式化入第(。)式，

故浮力  $l = vK - \frac{P}{T} - (1-S) \dots \dots \dots (4)$

例如：某氣之容氣為 50000 立方呎，其氣體比重為 .13，溫度為

60°F 氣壓為 30 吋，問其浮力之大小？

應用(4)

$$\begin{aligned}
 &= vK - \frac{P}{T} - (1-S) \\
 &= 50000 \times 1.327 \frac{300}{46+60} - (1-.13) \\
 &= 50000 \times 1.327 \times \frac{30}{520} \times .87 = 3330.3 \text{磅}
 \end{aligned}$$

第五式 飽滿度與浮

飽滿度愈大，則浮力亦愈大，

$F \sim L$

將第(四)公加入F關係

$$\text{則成 } L = \frac{F_{VK} P}{\pi} (1 - S) \dots\dots\dots (5)$$

例如：上述之氣球，若飽滿度變為百分之八十，則其浮力

$$L_1 = \frac{1.80 \times 50000 \times 1.327 \times 30}{520}$$

$$L = .80 \times 3330.3 = 3664.2 \text{磅}$$

第六式 濕度與浮力之影響

濕度與氣壓有關，濕度愈大，氣壓愈低如將第(5)'加入濕度關係則應由P內減去,38e'此係實驗而得之數也。

.38e 為濕度壓力，

$$L = \frac{F_{VK}(P - .38e)}{\pi} (1 - S) \dots\dots\dots (6)$$

第七式 加熱與浮力

加熱之原因，後章另有詳述。

加熱者，即氣球內之氣體，因受太陽之射照，而溫度增加，超過

氣球外空氣之溫度。氣溫增加，則比重減小，比重小，則浮力增加，其式如次：

$$L = \frac{FVK(P-.38e)}{T} \left(1 - S \frac{T_a}{T_g}\right) \dots\dots T \text{ 即空氣之溫度，與 } T_a \text{ 相同}$$

$$\therefore L = \frac{FVK(P-.28e)}{T_a} \left(\frac{T_g - T_{as}}{T_g}\right) = \frac{FVK(P-.38e)}{T_o \times T_g} (T_g : T : S) \dots (7)$$

例如依(5)式所述之氣球若加熱增加 10°F，問其浮力之增加若干？

已知之要素爲

$$F = .80 \quad V = 50000 \text{ 立方呎} \quad K = 1.327 \quad P = 30''$$

$$T_a = 520^\circ F \quad T_g = 530^\circ E \quad S = .13 \quad \text{露點爲 } 42^\circ F \quad .38e = .10$$

$$L = \frac{FVK(P-.38e)}{T_a \times T_g} (T_g - T)$$

$$= \frac{.80 \times 50,000 \times 1.327(30-.10)}{520 \times 530} (530 - 520 \times .13)$$

= 2671.7磅，此即加熱後之總浮力。

$$L = \frac{FVK(P-.38e)}{T} (1 = S)$$

$$= \frac{.80 \times 50000 \times 1.327(30 = 10)}{520} (1 - .13) = 26$$

$L - l = 2671.7 - 26$ 磅此即增加之浮力也。

### 第八節 溫度與氣球之影響

#### 其一 絕對溫度

吾人日常所用之溫度表，在攝氏則以冰點爲零度，華氏則以冰點下三十二度爲零度。惟宇宙間最低之溫度，究在冰點下若干，吾人無從預知，不過依理論判斷之結果，則以攝氏零下二七三度（即 $-273^{\circ}$ ）或華氏零下四六〇度（即 $460^{\circ}$ ）爲最低點。此點稱爲『絕對零度』（Absolute Zero）。吾人今日，實際上並未得有如此之低之溫度，不過得有與此相近之數而已。

由絕對零度計算之溫度表，稱爲絕對溫度表，其溫度稱爲絕對溫度。如欲由日常溫度表所讀之溫度以求絕對溫度時。在華氏表則以四六〇加於所讀之溫度即得。在攝氏表則以二七三度，加於所讀之溫度（在零度上者）即得。如華氏溫度爲三十六度其統對溫度爲

$$460^{\circ} + 36^{\circ} = 496^{\circ} \text{ 絕對溫度}$$

如攝氏溫度爲三十度其絕對溫度爲

$$273^{\circ} + 30^{\circ} = 303^{\circ} \text{絕對溫度}$$

### 其二 容積密度與溫度之關係

依加里氏 Charles 之定律，氣體之容積，與絕對溫度成正比例。

四

容積

如氣體之溫度增加，則其容積亦愈大。反之，如溫度低減，則其容積亦縮小。

氣體之密度與絕對溫度成反比例。

四

密度

如氣體之溫度增加，則其溫度反愈小。溫度低減，其溫度反大。由上列之關係，如欲求因溫度變化所生之浮力變更時，則如左式：

在同一氣壓 (Constant Pressure) 之下，體積之變化  $V = V_0 \frac{T}{T_0}$

容。： 溫。 :: 容： 溫 即容。——容。——溫

防空氣球

容——所擬求之容積 溫。增高，容亦增大

溫——現時之溫度 溫低，容亦小

容。——原來之容積

溫，——原來之溫度

在同一氣壓之下。 $D_s = \frac{1}{T} :: \frac{D}{D_g} = \frac{1}{T_a}$   $D_g = E_{go} - \frac{T_o}{T}$  ;

密。： $\frac{1}{溫} :: 密 = \frac{1}{溫}$  密 = 密度  $\frac{溫。}{溫}$  ;

溫大，則密大；

溫小，則密小；

### 其三 溫度之升率 (Temperature Gradient)

大氣之溫度，因地域而有不同（如熱帶，溫帶，寒帶），因季節而有不同（如春夏秋冬氣候之差異），因天候而有不同（晴陰，雨，霧等關係），因時間而有不同（如日夜早午之關係），凡此皆就地球之表面而言。然由地而上升，各高度之溫度又有不同。依實際測驗所得，所升愈高，則溫度愈低降。除因天

候關係，此低降之度，有驟然者外，通常隨高度而低降之溫度，頗呈平均現象。是謂溫度之升降率。

依測驗所得，在平常氣候中，每升高三〇〇呎，則溫度低減華氏一度，茲略舉如右。

升高100呎	溫度降低華氏
升高300呎	降低一度
升高1000呎	降低3.333度
升高10000呎	降低33.3度
升高15000呎	降低50度
升高20000呎	降低66.6度
升高25000呎以上	平流層

#### 其四 加熱作用(Sugerheat effect)

地球之在空氣中，猶物體之在水中，如不受日光之射照，則內外溫度常相

一致。惟在受日光光線照射時，則氣球內部之溫度驟然增高。在橡膠製成之球皮，如不動時（In Reference to the Atmosphere）內部之溫度竟可增高華氏三十餘度。在塗漆（Varnished）之球皮，其增高之數尤大。此種溫度之增加，通常謂之『加熱』（Sunpeshat），即因日光射照內部氣體所增加之溫度也。

加熱爲何而生乎？據理論之推演，以爲光線爲物體所阻，不能通過時，則光力變爲熱力。吾人夏日所居之樓房，較之樓外，其熱尤甚，蓋亦加熱所致。氣球之加熱，亦猶是也。

氣球加熱之增減，其與氣球之飛行上，頗有影響。蓋因氣體溫度增高，則其體積漲大，密度稀薄，因之浮力亦稍增加。在清明天氣，氣球內氣體之溫度，常較外界之溫度爲高，是以前所增加之浮力，亦較大。然在日落以後，或日光爲雲霧遮蔽，則加熱亦隨之消失，是以前所增加之浮力，亦消失。如氣球在其飽滿之高度以下（Below P.H.），氣球之總浮力，並不因加熱消失而生變化。然如因加熱作用而致氣球升高其飽滿高度時，在加熱消失後，氣球之總浮力，轉不如原

始未受加熱時之狀態。

因上述之關係，是以由經濟上及駕駛上觀點觀察，「加熱」確有不良之影響能免除爲好，今日氣球之外部，常塗有鉛粉，蓋爲減少加熱作用也。

因加熱而生之容積變化，可於左式求得之：

如以  $V_0$  (或容).....爲原來之總容積；

$V_1$  (或容).....爲加熱後之總容積；

$\Delta V$  或  $(\Delta \text{容})$ .....爲因加熱而增加之總容積

$T$  或溫.....爲空氣之溫度；

$T_g$  或體• (溫氣).....爲氣體加熱後之溫度；

$\Delta t_1$  或  $\Delta$  (溫氣).....爲氣體加熱所增加之溫度；

今已知容積與絕對溫度成正比例，即容 $\sim$ 溫

則  $V' = V_0 \cdot \frac{T_g}{T}$  ..... 此即加熱後之總容積..... (8)

但  $T_g = T + \Delta T_g$

$$\text{故 } V' = V_0 \frac{T_0 + \Delta T_g}{T} \dots\dots\dots (9)$$

又因加熱而增長之容積  $\Delta V = V' - V_0 \dots\dots\dots$  即加熱後之總容積減原來之容積。

$$\text{故 } \Delta V + V_0 = V'$$

以  $V'$  代入第(9)式；則  $\Delta V + V_0 = V_0 \frac{T_0 + \Delta T_g}{T}$ ；

$$\text{故 } \Delta V = V_0 \frac{T_0 + \Delta T_g}{T} - V_0 ;$$

$$= V_0 \left( \frac{T_0 + \Delta T_g - T_0}{T} \right)$$

$$\Delta V = V_0 \left( \frac{\Delta T_g}{T} \right) \dots\dots\dots (10)$$

由上列之公式，可知由加熱而生之溫度  $\Delta T_g$ ，同時容積亦增加  $\Delta V$ ，氣球在飽滿高度以下，則浮力即增加  $\Delta U$  ( $\Delta U$  為浮力)。氣球在飛滿高度時，則所增加  $\Delta V$  必，排出於球體以外。之排出之氣體，具有一定之重量。於是氣球亦較輕，而得有增加浮力  $\Delta U$  ( $\Delta U$  為浮力)。此  $\Delta U$  力，實等於出排氣球外之氣體之重量。故氣體又能再向上升，直至於平衡點。

又氣體之密度，與加熱亦成反比例。密度愈小，則浮力愈大。是以每增加熱度一度，浮力亦增減一度。

因加熱而生之浮力，爲暫時的，非永久的。待浮力消失，浮力亦隨之消失，氣球因加熱而浮力增加，因浮力增加而上昇，因上升而排氣體於外，待加熱消失，則氣球之浮力減少，因浮力減少而下沉。此時駕駛員須拋其鎮物以阻之。不然則氣球可直落於地面也。由此觀之，氣球之總浮力在升空後，只可減少，不能增加，所謂增高度，係暫時的，非永久的，研究輕航空之人員，對此須特別注意焉。

#### 第九節 氣壓與氣球之影響

氣體之容積，與其所受之絕對壓力，成反比例。

$$V \propto \frac{1}{P} ; \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1}$$

氣球之密度，與其所受之絕對壓力，成正比例

$$\rho \propto P ; \quad \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{P_1}{P_2}$$

氣體之浮力，與其所受之絕對壓力，或反比例，

$$T \propto \frac{1}{P}; \text{力} \propto \frac{1}{\text{壓}}$$

(甲) 依馬里氏定律 (Law of Mariotte)

或名爲 (氣體之壓縮律) —— 在

一個定不變之溫度下，氣體所佔之容積，與其所受之壓力；或反比例。

(乙) 依馬瑞惱地定律 (Law of Mariotte)，氣體倘再與他種外力之影響，

論容積與壓力如何變化，則左例之關係常相保持。

$$PV = P_0 V_0; \text{或} = \text{壓} \times \text{容} = \text{壓}_0 \times \text{容}_0$$

依第九節其二所述容積與溫度之關係 (壓力不變)

$$VT_0 = V_0 T \quad V = V_0 \frac{T_0}{T}$$

依前節所述容積與或氣壓之關係 (溫度不變)，

$$V = V_0 \frac{P_0}{P}$$

若溫度與氣壓同時變更，則容積可於左式求得之。

$$\text{代} PV = P_0 V_0 \quad V = V_0 \frac{T_0}{T} = \text{新體積}$$

$$V = \frac{P_0 V_0}{P} \text{新體積再受壓力之變化}$$

$$V = V_0 \frac{T}{T_0} \times \frac{P_0}{P}$$

代入溫度容積式

$$V = \left( \frac{P_0 V_0}{P} \right) \frac{T}{T_0}$$

$$\therefore V = V_0 \frac{P_0 T}{T_0 P}$$

防空氣球

附  
表  
第  
一

表球氣塞阻式脹膨形小

種 類	容 積		在之飽滿最大高度時氣球徑	長	飽滿高	地面之風速	最部所能伸張之膨脹度
	在 地 面	在 飽 滿 高					
	立方 米	米	米	米	秒 米	米	
N式(舊式)	168	216	5.20	14.80	2.500	20	0.97
N式(新式)	168	216	5.20	14.80	2.500	22	0.95
NN式	172	265	5.73	14.80	4.500	22	1.70
u 式	120	137	4.58	13.33	2.100	28	1.02
uu 式	85	137	4.58	13.30	4.725	21	1.48
V 式	180	230	5.08	17.30	2.500	21.5	0.90
N式(複球式+ 繩索)繫留索	176	216	5.20	14.80	2.000	25	0.76
V式(〃)	188	230	5.08	17.30	2.000	24.5	0.72

## 義大利A.P.式氣球之諸元

容積(立方公尺)	763	800	900	1050	1100
容積(立方英尺)	26,944	28,250	36780	37,080	38,840
直徑('爲英尺" "爲英寸)	33'8"	33.8"	34.11"	37.6"	37.6"
長(全上)	44.3"	33.1"	54.11"	50.4"	59.0"
氣囊之重量(包 括附屬品)磅	683.4	705.5	749.6	81.57	899.8
地面繫留網帶磅	28.7	28.7	28.7	28.7	28.7
繫留索網繩 磅	39.7	39.7	41.9	46.3	46.3
運用繩 磅	66.1	66.1	66.1	66.1	66.1
放氣口裝置 磅	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0
總重量 磅	828.9	851.0	897.3	967.8	1011.9
總浮力(在溫C壓 壓760mm)磅	1984.1	2081.1	2341.3	2733.7	2861.5
淨浮力(全上)磅	1155.2	1230.1	1444.0	1765.9	1849.6

附表第二

〔註〕上表係按阻塞用時計算，故吊籃及吊籃網索之重量，均未加入。如欲作監視球式觀測氣球用時，則每種均須加吊籃70.5磅，及吊籃網索15.4磅。



# 濕 度 表

格 來 氏 因 數

附 表 第 三

乾球 溫度	格 因 數										
20°F	8.14	32°F	3.32	44°F	2.18	56°F	1.94	68°F	1.79	80°F	1.68
21	7.88	33	3.01	45	2.16	57	1.92	69	1.78	81	1.68
22	7.60	34	2.77	46	2.14	58	1.90	70	1.77	82	1.67
23	7.28	35	2.60	47	2.12	59	1.89	71	1.76	83	1.67
24	6.92	36	2.50	48	2.10	60	1.88	72	1.75	84	1.66
25	6.53	37	2.42	49	2.08	61	1.87	73	1.74	85	1.65
26	6.08	38	2.36	50	2.06	62	1.86	74	1.73	86	1.65
27	5.61	39	2.32	51	2.04	63	1.85	75	1.72	87	1.64
28	5.12	40	2.29	52	2.02	64	1.83	76	1.71	88	1.64
29	4.63	41	2.26	53	2.00	65	1.82	77	1.70	89	1.63
30	4.15	42	2.23	54	1.98	66	1.81	78	1.69	90	1.63
31	3.70	43	2.20	55	1.96	67	1.80	79	1.69	91	1.62

露點=乾球溫度-(格氏因數(乾球溫度-濕球溫度))

G=Claisher's Factor

3/8 Vapor Pressure 即 .38e

露點	3/8e										
20°F	.04	32°F	.07	44°F	.11	56°F	.17	68°F	.26	80°F	.38
21	.04	33	.07	45	.11	57	.17	69	.27	81	.40
22	.04	34	.07	46	.12	58	.18	70	.27	82	.41
23	.04	35	.08	47	.12	59	.19	71	.28	83	.42
24	.05	36	.08	48	.13	60	.19	72	.29	84	.44
25	.05	37	.08	49	.13	61	.20	73	.30	85	.45
26	.05	38	.09	50	.14	62	.21	74	.31	86	.46
27	.05	39	.09	51	.14	63	.22	75	.33	87	.48
28	.06	40	.09	52	.15	64	.22	76	.34	88	.50
29	.06	41	.10	53	.15	65	.23	77	.35	89	.51
30	.06	42	.10	54	.16	66	.24	78	.36	90	.53
31	.06	43	.10	55	.16	67	.25	79	.37	91	.55

地面氣壓 - 29.50 吋

附表第四

高度	470°			480°			490°		
	呎	密空	壓/溫	氣壓	密空	壓/溫	氣壓	密空	壓/溫
地面	.03328	.06276	29.50	.08156	.06146	29.50	.07988	.6020	29.50
1.000	.08078	.06088	28.41	.07914	.05964	28.43	.07760	.5848	28.46
2.000	.07836	.05905	27.36	.07680	.05788	27.40	.07534	.5678	27.44
3.000	.07597	.05725	26.34	.07452	.05616	26.39	.07315	.5512	26.46
4.000	.07365	.05550	25.35	.07228	.05447	25.42	.07099	.5350	25.50
5.000	.07138	.05379	24.39	.07010	.05283	24.48	.06890	.5192	24.58
6.000	.06918	.05213	23.46	.06798	.05123	23.56	.06684	.5037	23.68
7.000	.06701	.05050	22.56	.06590	.04966	22.68	.06483	.4886	22.80
8.000	.06492	.04892	21.69	.06372	.04802	21.82	.06287	.4738	21.96
9.000	.06286	.04737	20.85	.06194	.04668	20.99	.06096	.4594	21.14
10.000	.06085	.04586	20.03	.06010	.04529	20.19	.05910	.4454	20.34
11.000	.05891	.04439	19.24	.05803	.04377	19.41	.05728	.4317	19.57
12.000	.05701	.04295	18.48	.05625	.04239	18.65	.05551	.4183	18.83
13.000	.05516	.04157	17.74	.05446	.04104	17.92	.05378	.4053	18.10
14.000	.05335	.04021	17.02	.05271	.03972	17.22	.05210	.3926	17.41
15.000	.05159	.03888	16.33	.05101	.03844	16.53	.05162	.3890	16.73
16.000	.04888	.03759	15.67	.04935	.03719	15.87	.04884	.3681	16.07
17.000	.04823	.03634	15.02	.04773	.03597	15.23	.04728	.3563	15.44
18.000	.04659	.03511	14.40	.04615	.03478	14.61	.04575	.3448	14.83
19.000	.04502	.03392	13.80	.04465	.03364	14.02	.04427	.3336	14.24
20.000	.04347	.03276	13.22	.04314	.03251	13.44	.04291	.3234	13.66

高度	500°			505°			510°		
	呎	密空	壓/溫	氣壓	密空	氣/溫	氣壓	密空	壓/溫
地面	.07829	05900	29.50	.07750	.05841	29.50	.07675	.05784	29.50
1.000	.07607	05732	28.47	.07533	.05677	28.48	.07462	.05623	28.49
2.000	.07390	05560	27.47	.07320	.05516	26.49	.07253	.05466	27.51
3.000	.07178	05409	26.51	.07112	.05359	26.53	.07049	.05312	26.56
4.000	.06971	05253	25.57	.06910	.05207	25.60	.06848	.05161	25.63
5.000	.06768	05101	24.65	.06709	.05056	24.69	.06653	.05014	24.74
6.000	.06586	04963	23.77	.06516	.04911	23.82	.06462	.04870	23.87
7.000	.06377	04806	22.91	.06324	.04766	22.96	.06277	.04730	23.02
8.000	.06189	04664	22.08	.06141	.04628	22.14	.06094	.04592	22.20
9.000	.06005	04525	21.27	.05945	.04480	21.33	.05914	.04457	21.39
10.000	.05824	04389	20.48	.05782	.04357	20.55	.05740	.04326	20.62
11.000	.05649	04257	19.72	.05607	.04225	19.79	.05570	.04198	19.87
12.000	.05476	04127	18.99	.05437	.04098	19.06	.05404	.04072	19.14
13.000	.05309	04001	18.27	.05273	.03974	18.35	.05241	.03950	18.44
14.000	.05146	03878	17.58	.05113	.03853	17.66	.05085	.03832	17.75
15.000	.04986	03758	16.91	.04968	.03744	17.00	.04930	.03715	17.09
16.000	.04831	03641	16.26	.04803	.03619	16.35	.04778	.03601	16.45
17.000	.04680	03527	15.64	.04644	.03500	15.73	.04632	.03491	15.83
18.000	.04532	03415	15.03	.04508	.03397	15.12	.04488	.03382	15.22
19.000	.04388	03307	14.44	.04368	.03292	14.54	.04348	.03277	14.64
20.000	.04246	03200	13.87	.04229	.03187	13.97	.04212	.03174	14.08

## 地面壓氣 — 29.50 吋

高度	515°			520°			525°		
	呎	密空	壓/溫	氣壓	密空	壓/溫	氣壓	密空	壓/溫
面地	07601	.05728	29.50	.07528	.05673	29.50	.7457	.05619	29.50
1.000	07391	.05570	28.50	.07322	.05518	28.51	.7254	.05617	28.52
2.000	07187	.05416	27.53	.07121	.05366	27.55	.7054	.05317	27.56
3.000	06984	.05263	26.58	.06924	.05218	26.61	.6861	.05171	26.63
4.000	06788	.05115	25.66	.06732	.05073	25.70	.6672	.05028	25.73
5.000	06598	.04972	24.78	.06542	.04930	24.82	.6489	.04890	24.86
6.000	06412	.04832	23.91	.06359	.04792	23.96	.6306	.04752	24.00
7.000	06226	.04692	23.07	.06178	.04656	23.12	.6127	.04618	23.17
8.000	06046	.04556	22.25	.06002	.04523	22.31	.5957	.04489	22.37
9.000	05868	.04422	21.45	.05829	.04393	21.53	.5787	.04361	21.59
10.000	05700	.04295	20.69	.05662	.04267	20.77	.5621	.04236	20.83
11.000	05530	.04168	19.94	.05498	.04143	20.02	.5460	.04114	20.09
12.000	05369	.04046	19.22	.05324	.04012	19.30	.5302	.03995	19.38
13.000	05222	.03925	18.52	.05173	.03883	18.61	.5149	.03880	18.69
14.000	05055	.03809	17.84	.05026	.03788	17.93	.4996	.03765	18.01
15.000	04901	.03694	17.18	.04877	.03670	17.27	.4849	.03654	17.36
16.000	04754	.03582	16.54	.04731	.03565	16.64	.4707	.03547	16.73
17.000	04609	.03473	15.92	.04587	.03457	16.02	.4568	.03442	16.11
18.000	04468	.03367	15.32	.04448	.03352	15.42	.4426	.03335	15.51
19.000	04330	.03263	14.74	.04315	.03274	14.84	.4293	.03235	14.94
20.000	04196	.03162	14.18	.04180	.03150	14.28	.4162	.03137	14.38

高度	530°			540°			550°		
	呎	密空	壓/溫	氣壓	密空	壓/溫	氣壓	密空	壓/溫
地	.07386	.05566	29.50	.07249	.05463	29.50	.07118	.05364	29.50
1.000	.07187	.05416	28.53	.07058	.05319	28.54	.06932	.05224	28.56
2.000	.06992	.05270	27.58	.06871	.05177	27.61	.06751	.05088	27.64
3.000	.06803	.05127	26.66	.06684	.05037	26.71	.06574	.04954	26.75
4.000	.06618	.04987	25.77	.06522	.04915	25.83	.06401	.04824	25.89
5.000	.06436	.04850	24.90	.06331	.04771	24.97	.06230	.04695	25.04
6.000	.06257	.04715	24.05	.06158	.04641	24.14	.06064	.04570	24.22
7.000	.06083	.04584	23.23	.05992	.04515	23.33	.05901	.04447	23.42
8.000	.05913	.04456	22.43	.05826	.04391	22.54	.05742	.04327	22.65
9.000	.05746	.04330	21.65	.05665	.04269	21.77	.05588	.04210	21.89
10.000	.05583	.04208	20.90	.05507	.04150	21.03	.05432	.04094	21.15
11.000	.05424	.04088	20.17	.05353	.04034	20.31	.05284	.03982	20.44
12.000	.05268	.03970	19.46	.05202	.03920	19.60	.05138	.03872	19.75
13.000	.05117	.03856	18.77	.05056	.03810	18.92	.04995	.03764	19.07
14.000	.04968	.03744	18.10	.04910	.03701	18.26	.04856	.03659	18.42
15.000	.04823	.03635	17.45	.04771	.03595	17.62	.04719	.03556	17.78
16.000	.04680	.03527	16.82	.04632	.03491	16.99	.04585	.03455	17.16
17.000	.04542	.03423	16.21	.04499	.03390	16.38	.04464	.03364	16.56
18.000	.04407	.03321	15.61	.04367	.03291	15.80	.04326	.03260	15.98
19.000	.04274	.03221	15.04	.04238	.03194	15.23	.04201	.03166	15.41
20.000	.04146	.03124	14.48	.04113	.03099	14.67	.04082	.03076	14.86

地面氣壓 - 30.00 吋

高度	470°			480°			490°		
	呎	密空	壓/溫	氣壓	密空	壓/溫	氣壓	密空	壓/溫
地面	.04470	.06383	30.00	.08294	.06250	30.00	.08125	.06123	30.08
1.000	.08217	.06192	28.89	.08048	.06066	28.92	.07890	.05946	28.94
2.000	.07969	.06005	27.82	.07812	.05887	27.86	.07660	.05773	27.90
3.000	.07726	.05822	26.78	.07578	.05711	26.84	.07436	.05604	26.90
4.000	.07488	.05643	25.77	.07351	.05540	25.85	.07218	.05439	25.93
5.000	.07257	.05469	24.80	.07130	.05373	24.89	.07003	.05278	24.98
6.000	.07033	.05300	23.85	.06914	.05210	23.96	.06795	.05121	24.07
7.000	.06814	.05135	22.94	.06701	.05050	23.07	.06591	.04967	23.18
8.000	.06602	.04975	22.05	.06496	.04895	22.19	.06392	.04817	22.32
9.000	.06391	.04816	21.19	.06294	.04743	21.35	.06198	.04671	21.49
10.000	.06188	.04663	20.36	.06098	.04595	20.53	.06008	.04528	20.68
11.000	.05990	.04514	19.56	.05905	.04451	19.73	.05824	.04389	19.90
12.000	.05796	.04368	18.78	.05720	.04311	18.97	.05644	.04253	19.14
13.000	.05608	.04226	18.03	.05537	.04173	18.23	.05467	.04120	18.41
14.000	.05424	.04088	17.31	.05361	.04040	17.51	.05296	.03991	17.70
15.000	.05245	.03953	16.61	.05187	.03909	16.81	.05129	.03865	17.01
16.000	.05072	.03822	15.93	.05019	.03782	16.14	.04966	.03742	16.34
17.000	.04901	.03694	15.27	.04856	.03659	15.49	.04807	.03622	15.70
18.000	.04737	.03570	14.64	.04694	.03538	14.86	.04651	.03505	15.07
19.000	.04577	.03449	14.03	.04539	.03421	14.25	.04500	.03391	14.47
20.000	.04420	.03331	13.44	.04387	.03306	13.67	.04353	.03280	13.89

高度	500°			505°			510°		
	呎	密空	壓/溫	氣壓	密空	壓/溫	氣壓	密空	壓/溫
地面	.07962	.06000	30.00	.07883	.05941	30.00	.07806	.05882	30.00
1.000	.07735	.05829	28.96	.07660	.05772	28.96	.07539	.05719	28.97
2.000	.07514	.05663	27.94	.07445	.05611	27.96	.07375	.05558	27.98
3.000	.07299	.05501	26.96	.07233	.05451	26.98	.07169	.05402	27.01
4.000	.07089	.05342	26.00	.07025	.05294	26.03	.06966	.05249	26.07
5.000	.06883	.05187	25.07	.06824	.05142	25.11	.06766	.05099	25.16
6.000	.06682	.05035	24.17	.06627	.04994	24.22	.06672	.04953	24.27
7.000	.06485	.04887	23.30	.06432	.04847	23.35	.06383	.04810	23.41
8.000	.06294	.04743	22.45	.06245	.04706	22.51	.06197	.04670	22.57
9.000	.06107	.04602	21.63	.06059	.04566	21.69	.06016	.04534	21.76
10.000	.05923	.04464	20.83	.05879	.04431	20.90	.05839	.04400	20.98
11.000	.05745	.04329	20.06	.05703	.04298	20.13	.05666	.04270	20.21
12.000	.05569	.04197	19.31	.05533	.04170	19.39	.05498	.04143	19.47
13.000	.05399	.04069	18.53	.05366	.04044	18.67	.05333	.04019	18.76
14.000	.05233	.03944	17.88	.05199	.03918	17.97	.05171	.03897	18.06
15.000	.05072	.03822	17.20	.05042	.03800	17.29	.05015	.03779	17.39
16.000	.04913	.0370	16.54	.04884	.03681	16.63	.04861	.03663	16.73
17.000	.04759	.03586	15.90	.04724	.03560	16.00	.04712	.03551	16.10
18.000	.04609	.0347	15.28	.04586	.03456	15.38	.04566	.03441	15.49
19.000	.04463	.03363	14.69	.04442	.03348	14.79	.04423	.03333	14.89
20.000	.04320	.03255	14.11	.04300	.03241	14.21	.04285	.03229	14.32

### 地面氣壓 — 30.00 吋

高度	515°			520°			525°		
	密空	壓/溫	氣壓	密空	壓/溫	氣壓	密空	壓/溫	氣壓
地面	.07730	.05825	30.00	.07655	.05769	30.00	.07582	.05714	30.00
1.000	.07516	.05664	28.98	.07445	.05611	28.99	.07377	.05559	29.00
2.000	.07306	.05506	27.99	.07241	.05457	28.01	.07176	.05498	28.03
3.000	.07098	.05349	27.03	.07041	.05306	27.06	.06977	.05258	27.08
4.000	.06893	.05202	26.10	.06846	.05159	26.14	.06786	.05114	26.17
5.000	.06710	.05057	25.20	.06653	.05014	25.24	.06599	.04973	25.28
6.000	.06516	.04911	24.31	.06466	.04873	24.36	.06413	.04833	24.41
7.000	.06329	.04769	23.46	.06284	.04735	23.52	.06234	.04698	23.57
8.000	.06147	.04632	22.63	.06104	.04500	22.69	.06030	.04544	22.75
9.000	.05970	.04499	21.82	.05928	.04468	21.89	.05884	.04434	21.5
10.000	.05799	.04370	21.05	.05758	.04339	21.12	.05716	.04308	21.18
11.000	.05625	.04239	20.28	.05590	.04213	20.36	.05551	.04183	20.43
12.000	.05461	.04115	19.50	.05427	.04090	19.63	.05392	.04064	19.71
13.000	.05299	.03993	18.84	.05267	.03969	18.92	.05233	.03944	19.00
14.000	.05139	.03873	18.14	.05112	.03852	18.23	.05079	.03828	18.31
15.000	.04985	.03757	17.48	.04959	.03737	17.57	.04930	.03715	17.65
16.000	.04834	.03643	16.82	.04811	.03625	16.92	.04785	.03606	17.01
17.000	.04687	.03532	16.19	.04666	.03516	16.29	.04643	.03499	16.38
18.000	.04544	.03424	15.58	.04524	.03409	15.68	.04503	.03393	15.78
19.000	.04403	.03318	14.99	.04386	.03305	15.09	.04366	.03290	15.19
20.000	.04268	.03216	14.42	.04250	.03203	14.52	.04232	.03189	14.62

高度	530°			540°			550°		
	密空	壓/溫	氣壓	密空	壓/溫	氣壓	密空	壓/溫	氣壓
地面	.07510	.05660	30.00	.07373	.05556	30.00	.07239	.05455	30.00
1.000	.07309	.05508	29.01	.07178	.05409	29.03	.07050	.05313	29.04
2.000	.07113	.05360	28.05	.06987	.05265	28.08	.06866	.05174	28.11
3.000	.06919	.05214	27.11	.06799	.05124	27.17	.06687	.05039	27.21
4.000	.06729	.05071	26.20	.06614	.04984	26.27	.06509	.04905	26.33
5.000	.06545	.04932	25.32	.06439	.04852	25.39	.06337	.04775	25.47
6.000	.06363	.04795	24.4	.06263	.04720	24.5	.06166	.04647	24.63
7.000	.06187	.04662	23.62	.06092	.04591	23.72	.06002	.04523	23.82
8.000	.06012	.04531	22.81	.05925	.04465	22.92	.05840	.04401	23.03
9.000	.05844	.04404	22.02	.05760	.04341	22.14	.05683	.04283	22.26
10.000	.05678	.04279	21.25	.05601	.04221	21.39	.05526	.04164	21.51
11.000	.05516	.04157	20.51	.05443	.04102	20.65	.05373	.04049	20.79
12.000	.05358	.04038	19.79	.05291	.03987	19.94	.05224	.03937	20.08
13.000	.05203	.03921	19.08	.05141	.03874	19.24	.05070	.03828	19.40
14.000	.05052	.03807	18.40	.04995	.03764	18.57	.04927	.03721	18.73
15.000	.04904	.03696	17.74	.04851	.03656	17.91	.04798	.03616	18.08
16.000	.04760	.03587	17.10	.04711	.03550	17.28	.04662	.03513	17.45
17.000	.04619	.03481	16.48	.04574	.03447	16.66	.04529	.03413	16.84
18.000	.04481	.03377	15.88	.04440	.03346	16.06	.04399	.03315	16.25
19.000	.04347	.03276	15.29	.04310	.03248	15.48	.04272	.03219	15.67
20.000	.04216	.03177	14.72	.04183	.03152	14.92	.04148	.03126	15.11

版 所 不 翻  
權 有 准 印

中華民國二十五年七月再版

防空學校編印

