

我國古代氣象儀器和氣象觀測工具的發明

劉昭民

民航局飛航服務總台氣象中心

Abstract

The ancient Chinese have invented many meteorological instruments — wind-indicating bronze bird, rain-measuring instrument, rain gauge, hydrometer etc. and weather observation tools — wind-observing feather, wind-observing flag etc. since yin-dynasty. The purpose of this paper is to make a brief introduction of these meteorological inventions.

一 引言

氣象學是一門自然科學，也是一門應用性很高的科學，它與人類生活和生存的關係極為密切，我國先民在和氣象災害的長期抗爭中得到極豐富的經驗，曾經對各種大氣現象作科學性的解釋，並曾經創造發明了許多氣象儀器和觀測工具，對氣象學的發展提供很多的貢獻，在中西氣象學史和對科學史上也曾經寫下極光輝的一頁。茲將我國古代有關氣象儀器和氣象觀測工具的發明，分成下列各部份分別加以討論。

二 風向計和風速計的發明

測定風向和風速，不論對農工業生產或者軍事都非常需要，所以我國古代風向計的發明很早。古代的風向計大體上是根據樹枝或樹葉的擺動，歸納出一個規律，進而把茅草或鳥羽等物結成長串，再吊在高杆頂端，以觀測風向，我國的風向計究竟創始於何時？這是一個很難回答的問題，但是吾人由殷墟出土的甲骨卜辭中已發現有「覘」字（覘的甲骨文字為「覘」字）之事實來看，可知殷代時，先民已創造「覘」，作為一種測風器。「覘」乃候風羽，能觀測風信者，也就是一種在風杆上繫布帛或茅草或鳥羽或雞羽的簡單示風器。這種測風器到了漢代，使用更加普遍。漢代我國先民觀測風場有下列

兩種方法：

(1) 測風旗及候風羽 西漢武帝時，淮南子一書有云：

「統之候風。許注云：統，候風者，楚人謂之五兩。高注：統作覘云，世謂之五兩。」

這是使用綢綾之類的東西所做成的旗子或者使用羽毛結成一串長羽，懸在高杆之頂，看旗子或長羽的吹向來觀測風向，並由其揚起的程度大約估計風速的大小者。淮南子一書又說：

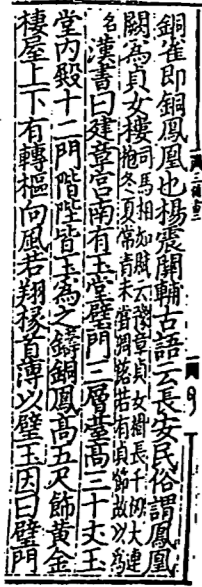
「覘之見風，無須臾之間定（安定）矣！」

由此可見這種測風器還相當靈敏。

(2) 銅鳳凰和相風銅鳥 —— 西漢武帝時，我國人已經發明銅鳳凰 —— 觀測風向的儀器，三輔黃圖卷之二建章宮有載：

「漢武帝太初元年（西元前104年），作建章宮，建章周回三十里，東起別風闕，漢武帝造，高二十五丈，乘高以望遠，又於宮門北起圓闕，高二十五丈，上有銅鳳凰，赤眉賊壞之，……又有鳳凰闕，漢武帝造，高七十丈五尺，歌云：長安城西有雙闕，上有雙銅雀。按銅雀即銅鳳凰也。……漢書曰：建章宮南有玉堂璧門三層，臺高三十丈，玉堂內殿十二門，階陛皆玉為之，鑄銅鳳，高五尺，飾黃金，樓屋上，下有轉樞，向風若翔。……。」

見圖一)



圖一
三輔黃圖
卷之二建
章宮中所
記載的銅
鳳凰

這說明當時的銅鳳凰係裝置在屋頂上，銅鳳凰下面有轉樞，風吹來時，它的頭會向著風，好像要飛的樣子，可知銅鳳凰很像今日之風向標。

東漢時代，科學家張衡並發明相（相即觀測的意思）風銅鳥，古今圖書集成曆象彙編乾象典有載：

「東漢張衡製相風銅鳥，置之於長安宮南靈臺之上，遇風乃動。」

西京雜記、太平御覽卷九引述征記以及玉海也說：

「漢時長安靈臺相風銅鳥，有千里風則動。」

按相風銅鳥乃漢代以後我國人候風之儀器，用銅鑄成（後來改用木刻），形如一隻鳥（或者是鳳凰），置於五丈高的竿頂、屋頂或舟檣上，鳥頭對著風的來向，可以測四方的風候。有些氣象學家和科技史家更認為相風銅鳥乃可以測定風向、風速的風向標和雛形風速表，他們係據三輔黃圖卷之五中所載而作此論斷者。三輔黃圖卷之五臺榭篇有載：

「漢靈臺（即天文台和測候所）在長安西北八里，漢始曰清臺，本為候風者（占候人員）觀陰陽天文之變，更名曰靈臺，郭延生述征記曰：長安宮南有靈臺，高十五仞（120呎），上有渾儀，張衡所製，又有相風銅鳥，遇風乃動，察其所自，云鳥動百里，風鳴千里。又有銅表（即銅質日晷儀）高八尺，長一丈三尺，寬一尺二寸，題云太初四年（西元前101年）造。」

由「遇風乃動，鳥動百里，風鳴千里」可知它

能指示風速之快慢，故可能為雛形風速表。

考古學家曾經在河北省安平縣遂家莊東漢墓中發掘到繪畫著一幅大型建築物，上面有群鳥鳥瞰之圖，在主要建築物後面有一座鐘鼓樓，其上並繪有相風銅鳥和測風旗，這是最早的相風銅鳥圖形，繪於東漢靈帝時代（距今1800年左右），可以證明東漢時代，我國先民確已使用相風銅鳥和測風旗。

晉代時，我國先民亦繼續使用相風銅鳥，並使用在城牆上，此可以下列諸文證明之。

東晉孝武帝時，崔豹古今注與服第一篇曰：

「伺風鳥，夏禹所作也。」

按「伺風鳥」即相風鳥，雖託言夏禹所作，實非夏禹所作。

晉武帝時司空張華相風賦有曰：

「太史侯部有相風鳥，在西城上。……。」

晉書亦有曰：

「東晉廢帝初即位，有野雉集於相風，後為桓溫所廢。」

到了南北朝以後，相風鳥更被普遍使用在官吏、富豪之家的林園和庭園中，也使用在外出的車輛和舟船上，此可由下列諸文證明之。

北史信都芳列傳云：

「信都芳字玉琳，河間人也。少明算術，兼有巧思，每精心研究，或墜坑坎。延明家有羣書，欲抄集五經算事為五經宗，及古今樂事為樂書，又聚渾天、欵器、地動、銅鳥、漏刻、候風諸巧事並圖畫為器準。」

姚思廉之梁書有載：

「梁長沙五懿孫孝儼，從華林園，於坐，獻相風鳥。」

梁朝瘦信之馬射賦曰：

「華蓋平飛，風鳥細轉。」

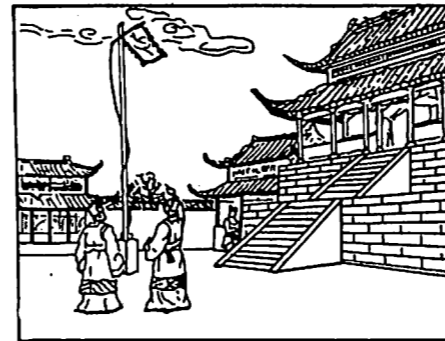
北宋時代趙汝鐸亦有詩曰：「風鳥破波帆檣急。」

唐代除了繼續使用相風鳥以外，還使用一種稱為「葆」的測風器。「葆」不僅能測風向，同時還能根據羽毛（雞羽）被舉的程度，大致判斷風速的大小，也可說是一種雛形風速計。唐太宗時李淳風在觀象玩占中記曰：

「候風之法：凡候風必於高平遠暢之地，立五丈竿。以雞羽八兩為葆，屬竿上。候風吹葆平直則占。或於竿首作槃，作三足鳥；兩足連上外立，一

足繫下內轉。風來，則鳥轉迴首向之，鳥口銜花，花施則占之。……平時占候必須用鳥，軍旅權設取用作葆之法。……。」

李淳風不但說明設置候風地點的條件，和今日設置測候所的要求相合，而且認為相風鳥宜設在固定的地方，作為占候之用，在軍中，則因為部隊經常會調動，還是使用雞毛編成的風向器——「葆」比較好。由此可見自漢代至唐代，我國先民配合使用「葆」（或測風旗）和相風鳥，不僅可測風向，而且還能大致判斷風速的大小。而西人直到西元第九世紀（一說第十世紀）才發明候風雞（Weather cock）。直到西元1450年，才有義大利數學家阿爾伯第（Luon Battisa Allerti）發明壓板風速儀——在竿頂懸掛擺板，板後附有弓形刻度盤，可測定風向，並大致判斷風速的大小。西元1500年左右，義大利人達芬奇（Leonardo da Vinci）也設計壓板風速儀，這種候風雞極像銅鳳凰和相風鳥，壓板風速儀的原理也相似於「葆」或者測風旗，但是西人的這些發明都比中國人晚一千年左右。



圖二 唐玄宗時五王宮中所使用的相風旌（相當於近世的風向旗）。

唐玄宗時，也有相風旌的設置（見圖二），開元天寶遺事有曰：

「五王宮中，各於庭中豎長竿，掛五色旌於竿頭。旌之四垂綴以小金鈴，有聲，即使侍從者視旌之所向，可以知四方之風候。」

此相似於測風旗，也相當於近世測候所所使用的風向旗和風向袋。

到北宋時代，我國先民尚繼續使用相風鳥，宋神宗時，高承在事物紀原集類第二卷相風篇中言：

「黃帝內傳有相風制，疑黃帝始作之也。拾遺記曰：少昊母曰：皇娥遊窮桑之浦，有神童稱為白帝子，與皇娥譙戲汎於海，以桂枝為表，結芳茅為

旌，刻玉為鳩，置於表端，言知四時之候，今之相風鳥，亦其遺像。古今注曰：相風鳥為夏禹所作。周禮與服雜事曰：相風鳥，周公所造，即鳴鳶之象。禮曰：前有塵埃，則載鳴鳶，後代改為鳥。沈約與服志曰：相風鳥，秦制。」

按文中將相風鳥之創製歸諸於黃帝、夏禹、周公、秦人等，實乃託言之詞。又由文中「今之相風鳥，亦其遺像。」足證北宋時，中國先民仍繼續使用相風鳥。然而南宋、元、明時代却不再見有關相風鳥的記載，可見相風鳥在這一段期間竟告失傳。

宋代地方官署還使用一種占風旗，李廌在師友談記中有載：

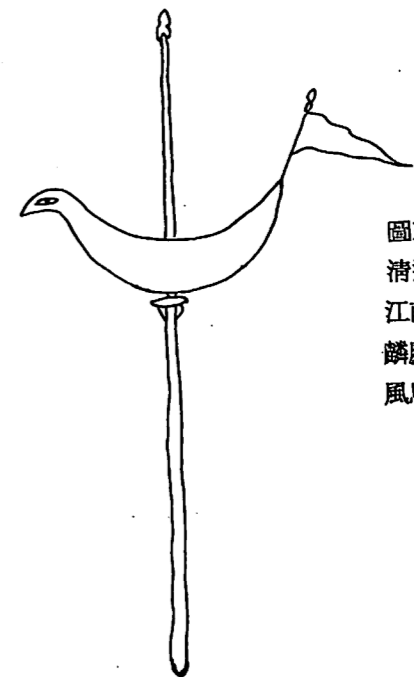
蘇仲豫言：蔣穎叔之為江淮發運使也，其才智有餘，人莫能欺，漕運絡繹。蔣，吳人，暗知風水，嘗於所居公署前，立一旗，曰占風旗，使人日候之，置藉焉。令諸漕綱日程亦各記風之使逆。」

這種設立占風旗，從事風場觀測，並逐日記錄的措施，實與今日測候所日常作業情形相似。

清道光年間，江南河道總督麟慶在河工器具圖說卷一中說：

「刻木象鳥形，尾插小旗，立於長竿之抄或屋頂，四面可以旋轉，如風自南來，則鳥向南，而旗向北。」

可見直到清代中葉，國人才再度在水利工地上使用相風鳥（見圖三）



圖三
清道光年間，
江南河道總督
麟慶所繪的相
風鳥。

我國古代還構築一種觀風臺，用來觀測風場情況。唐太宗時，李淳風在觀象玩占卷四十四中說：

「凡候風須築臺高二十四尺，於上設竿，令其四達無礙，則遠近皆知，期克不爽矣！」

唐代范榮也著有觀風臺賦一文，題下自注說：

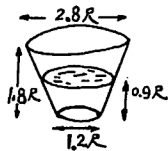
「以曾構重屋以觀八風為韻。」（見宋代李昉編文苑英華卷五十）。

唐代的觀風臺無疑是世界最早的氣象臺，距今也已有1000年以上了！

雨量器的發明

雨量器是重要的氣象儀器之一，國人很早即開始研究每年的降雨量，並使用雨量器。早在東漢時代就已經有各郡國上報雨量的規定，即「後漢自立春至立夏盡立秋，郡國上雨澤，若少，群縣各掃除社稷，公卿官長以次行雩禮。」（見後漢書禮儀志第五以及宋代鄭樵通志），也就是說當時中央曾經規定全國各郡國官署，每年從立春到立秋末的雨季期間，要向中央報告降雨量。要上報降雨量，必須能夠測量降雨量，甚至全國要有統一的方法和標準才行，所以吾人可推想東漢時代大概已有雨量器。

我國雨量器的最早明確記載見於南宋時代秦九韶的數書九章卷二天池測雨（完成於西元1247年），其中有記述說「今州郡多有天池盆以測雨水」，可見宋代每一省和每一都會、城市都有測雨器的設置。而歐洲直到明末才有卡士戴里（B. Castelli）首創雨量計的使用，比我國晚了四百年之久。秦九韶在「天池測雨」一卷中曾言「器形不同」，可見宋代雨量器的形式和種類已有很多種，其中有一種雨量器盆口徑二尺八寸，底徑一尺二寸，深一尺八寸（見圖四）；又有一種雨量器12徑一尺五寸，

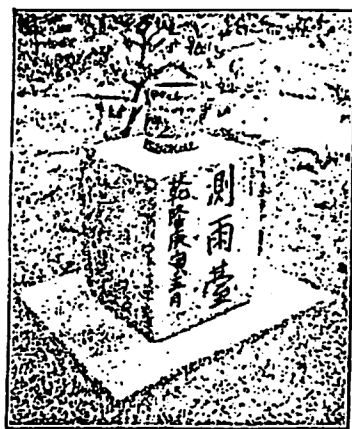


圖四 宋代所使用的雨量器形式之一

腹徑二尺四寸，底徑八寸，深一尺六寸。秦九韶並提出計算降雨量和降雪量的計算問題，在「竹器驗雪」一節中，他提到「以圓竹籬驗雪，籬口徑一尺六寸，深一尺七寸，底徑一尺二寸」；接天上降下的雪，透過計算，也可算出當地的實際降雪量。這

些都是秦九韶對降水量研究的重大成就。

明太祖和明仁宗時，政府也命令全國各州縣要上報雨量的多少，當時曾統一頒發雨量器。清代康熙和乾隆時，也先後向全國頒發雨量器，當時我國和韓國各地都設有測雨臺（見圖五），其上置有高一尺，廣八寸之雨量器，並有標尺，以測雨量的多少，每雨後測之；均係黃銅所製。



圖五 日人在韓國境內所發現清乾隆庚寅年（即乾隆35年）中國所製的測雨臺圖

濕度計的發明

大氣濕度的變化和天氣的轉晴、轉雨有極密切的關係，所以大氣濕度的變化也是影響人類生活和農工生產的氣象因素之一。我國先民很早就指出「濕易雨」（見西漢淮南子說林訓），「壁上自然生水者，天將大雨。」（見唐代相雨書），所以他們很早就注意到濕度的觀測了！他們是利用已有的器具或者創造測驗的工具來觀測空氣濕度的變化。

西漢武帝時，先民已發明天平式的測濕器，淮南子說林訓和說山訓有載：

「懸羽與炭而知燥濕之氣，以小見大，以近喻遠。」

淮南子泰族訓亦載：

「濕之至也，莫見其形而炭已重矣！」

淮南子天文訓又曰：

「燥，故炭輕；濕，故炭重。」

可見當時他們是在類似天平的兩端，分別懸以羽毛和木炭，並使兩端重量相等，當後來木炭較重時（因為木炭有吸濕性），就可以知道空氣比較潮濕，而測出空氣中水汽的增加或減少。而西方直到明景帝景泰元年（西元1450年），才有德人庫薩氏

（Nicholas de Cusa）首先發明懸掛羊毛球（有吸濕性）和石塊，用以測定空氣的濕度，比我國落後一千六百年。漢武帝時司馬遷在史記天官書中，更進一步說明懸土炭以觀測空氣濕度的方法，史記天官書說：

「懸土炭於衡兩端，輕重適均，冬至陽氣至則炭重，夏至陰氣至則土重。」

由此可見懸土與炭也是西漢時代國人用以測定空氣濕度的方法之一。另外還有一種懸鐵與炭來測定大氣濕度的方法，前漢書李尋傳有載：

「懸土炭也，以鐵易土耳，先冬夏至，懸鐵炭於衡各一端，令適均。冬，陽氣至，炭仰而鐵低；夏，陰氣至，炭低而鐵仰，以此候二至也。」

可見其原理和前述兩種方法相同。

晉代張華在感應類從志中說：

「懸炭知雨。秤土炭兩物，使輕重等，懸室中，天將雨，則炭重；天晴，則炭輕。」

可見晉初，國人已經把這種類似天平的測濕器進一步用作預測晴雨的工具了！宋代吳僧贊寧也曾在物類相感志中再度提到這種方法，可見宋代中國先民仍繼續使用這種測濕器。唐代王起（西元760年—847年）曾著懸土炭賦一首，以贊美其作用，謂「寒暑相參，輕重可驗為韻」（見文苑英華卷十九）。

我國先民也很早即發現，利用琴弦的變化可測定大氣濕度的變化，並預測天氣的晴雨。早在西漢武帝時，淮南子本經訓即說：

「風雨之變，可以音律知之。」

這就是說，可以根據琴瑟之弦的音律變化，測知天氣狀況的變化（實際上是大氣濕度已起了變化），但是這是什麼道理呢？淮南子沒有進一步說明。後來王充在論衡變動篇中明確地指出：「天且（將）雨，琴弦緩。」也就是說，如果琴的弦鬆了，就要降雨，因此可根據琴弦的長度變化來判斷大氣濕度的變化，並預知晴雨，這可以說它已經孕育著懸弦式濕度計的基本原理了！明初婁元禮的田家五行和明末徐光啟的農政全書占候篇中也有以下的記載：

「琴瑟弦索，調得極和，則天道必是一望略無纖毫，方能如是。若是調猝不齊，則必陰雨之變，蓋亦氣候所到而然也。若高潔之弦忽自寬，則因琴牀潤溼故也；主陰雨之象。春末夏初天氣暴喧，凡

庭柱與板壁之類，溫潤如流汗，主有陣頭雨至。」

這也是我國先民利用琴瑟弦索之變化，觀測大氣中濕度的變化，進而預測陰雨和陣頭雨的方法。質地很好的琴弦，若忽然變得鬆寬，則顯示空氣變得很潮濕，故空氣的濕度會影響弦線的長度，又聯繫著天氣的晴雨，此實與近代鹿腸衣濕度計、弦線（或燕麥鬚）濕度計及毛髮濕度計的基本原理相同。國人此一發現又比西人早，西人直到第十七世紀時，才有虎克（R. Hook）首製腸線濕度計和燕麥鬚濕度計（上有刻度盤和指示針，可定濕度的大小）。田家五行又談到琴瑟的弦線所產生的音調，如果老是調不好，則必定是空氣中濕度大增所致，故能預兆將有降雨現象，這比淮南子本經訓所言「風雨之變，可以音律知之」說明得更加清楚了！

清康熙年間，虞初新志黃履莊傳中曾經記載黃履莊作奇器之事跡，云：

「冷熱燥濕皆以膚驗而不可以目驗者，今以目驗之。」

又言及他所製的驗燥濕器時，說：

「內有針，能左右旋；燥則左旋，濕則右旋，毫髮不爽，並可預證陰晴。」

按黃履莊所製的濕度計是否曾經受到西方的影響，此不易下定論，但是黃履莊作溫度計和濕度計的時間係在南懷仁將溫度計和濕度計自歐洲傳入中國之後；所以黃履莊可能是按照南懷仁所帶來的鹿腸衣濕度計（見圖六之左），仿製成弦線濕度器，利用弦線隨濕度伸縮的原理，測定空氣的濕度，實乃毛髮濕度計的前身。

在古代，我國先民還從日常生活的經驗中體會出各種觀測空氣濕度的方法，他們認為可根據獸皮上毛的立或伏來判斷晴雨。此外，在元代文人的筆記中還有這樣的記載：

「杭州開元宮住持覽真人眉叟（壽衍）有銅水滴一枚，貯水在內，遇潮汎則水涌應時，欲以此進上，後携至都，潮候不應，遂已之，可見氣候之不同。」（見元代楊瑀著山居新話）。

徐光啟在農政全書中也曾這麼說：

檐頭柳柳青，農人休望晴。

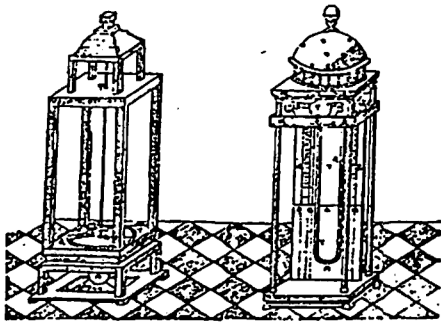
檐頭柳柳焦，農人休作嬌。

「檐頭柳柳青」表示空氣中之水分難以蒸發掉，因而大氣非常潮濕，故農人休望晴，「檐頭柳柳焦」表示空氣中之水分蒸發快，氣溫升高，故農人

可多釀酒。

氣溫度計和其他氣象儀器的創製。

我國古代先民對於氣溫的變化也很注意，所以數千年來，他們曾經將奇寒、大燠的氣象和氣候記錄下來，構成冗長的氣候資料，這些氣候資料現在供給吾人從事研究古今氣候之變遷。我國首度製造溫度計的就是前述的黃履莊，他在清康熙15年左右（西元1676年左右）製造了一種「驗冷熱器（溫度計）」，此器能診試虛實，分別氣候，證諸藥之性質，其用甚廣，並說「別有專書」詳細說明這種驗冷熱器（見虞初新志，黃履莊小傳），所以在黃履莊小傳中沒有再詳細說明它的構造原理和用法。由於他創製溫度計是在伽利略發明空氣溫度計（西元1597年）之後，所以黃履莊的創製溫度計，是否曾經受到西方的影響，就很難下一個定論了！南懷仁來到中國以後，曾經在製造濕度計的同時，也製造了一個溫度計（見古今圖書集成靈台儀象志卷四），也有詳細的介紹，並有附圖（見圖六之右），其原



圖六 清康熙初年，傳教士南懷仁自西方傳入我國之溫度計（右圖），及鹿腸衣濕度計（左圖）。（取自圖書集成曆法典第95卷儀象部）

理是利用空氣的冷縮熱脹作用，乃一種空氣溫度計，設在當時的北平觀象台上，作為觀測大氣溫度之用，這種空氣溫度計和伽利略發明的相同，所以黃履莊也很可能曾經按照南懷仁所傳進來的空氣溫度計加以仿製（也可能曾經加以改進）成為「驗冷熱器」。

清嘉慶道光年間（西元1820年左右），浙江省有一位女科學家黃履曾經製作寒暑表，謂「與常見者迥別」（見陳文述著西冷閩詠卷十三），這種寒

暑表必與以前的空氣溫度計不同，但到底什麼樣，因無資料可查，所以也就無法斷定，也許是裝水銀的液體溫度計。此後，在我國，溫度計的使用也比較普遍了。比黃履莊稍晚的科學家廣東人鄒伯奇（清嘉慶24年至同治八年，西元1819年—1869年）在從事測繪工作中所開列的工具單上也有「寒暑針」一種（見鄒伯奇著測量略要），即指溫度計。

氣壓計在我國出現較晚，鄒伯奇所開列的工具單上也列有「風雨計」一種，此即氣壓計，鄒伯奇在測量略要中說：「用以計山之高數」，他又註解說：

「山高百尺，針得一分，故能知其高。」

如此看來，這種能測山高的風雨針當然是氣壓計，因為不同高度，大氣壓力也就不相同。

六 結論

由以上的論述，吾人可以清楚地看出，我們的祖先在氣象儀器和氣象觀測工具方面有很多的發明和創造，其中有不少在世界上遙遙領先，對人類提供很大的貢獻，我國先民由於有氣象儀器和觀測工具的許多發明，才能掌握住許多氣象上的規律性，做出成功的氣象預報，從而戰勝自然界的挑戰。

雖然現在我們在氣象科學上尚落後於西人，但是只要我們能效法先民的發明創造精神，再接再厲，加倍努力奮鬥，在氣象儀器方面力求發明創造，終能趕上西人，為人類謀求更多的貢獻。

本文大部份係參考自拙著中華氣象學史（商務印書館出版）和西洋氣象學史（中國文化大學出版部排印中）兩書。