

氣象器械學

王應偉編譯

序

孔子有言：工欲善其事，必先利其器。斯言也，應用於晚近科學界之器械的實驗，覺尤有偉大之價值。氣象學上所用之儀器，雖較物理學中爲簡單，然在實際使用上，究非操切從事者所能勝任。蓋測器無論如何精良，在製作上，必有優劣點之存在，惟在善用者取其優點而汰其劣點，始收實地觀測之效耳。然則所謂利其器云者，一基於測器之自身，一基於人工之處置也明矣。普通氣象學書，於各測器之理論，僅撮其大要，而無詳細論述，既無以應各測候所之需要，於是此類專門之書，在現今出版界，亦成爲先務之急。蓋就應用方面而言，各測候所之氣象器械，其大部分通例安置於露場，由天氣陰晴暨寒暑之變更，器械之各部，往往起膨脹收縮之作用，發生誤差及故障。設身任斯職者，不明測器之構造原理，及其處理方法，則縱有精良之器，亦幾等於石田之無用而已。且此事對於現在之中國，其關係尤形重要：何則，地球上各區域之氣象狀況，無不與其地形地勢有關，須經長時間之觀測，將其實地所得材料，一一加以統計，然後於學術研究，始有裨益。中國氣象事業，方在萌芽，設以在儀器方面未經訓練之人，充任觀測，則其所得材料，既不精確，其結果將非徒無益而又有害焉。不特此也，現今我國一切測器，大都購自外國，而尙無自行製作之工廠，一旦測器之各部分，發生輕微故障，而仍須運往外國原廠修理，亦爲事實所不許。由是言之，關於氣象器械一類之專籍，爲國內

測候界所必備之書，已毫無疑義矣。

就科學領域而言，氣象學爲物理學之分門，所占領域狹矣；氣象器械學占氣象學中之一部分，領域尤狹之又狹。故其專門書籍，即求諸歐美，亦不多觀。惟最近德國新出有氣象器械學大全(*Handbuch der meteorologischen Instrumente und ihrer Auswertung*)一書，此書由 E. Kleinschmidt 主編，經多數專門家分類編纂而成，占七百餘篇幅，理論與實用並重，記述今日氣象學上所用之儀器，幾悉數無遺，出版於一千九百三十五年，顧其價至昂，欲購是書，約需中幣七十餘元，既非個人財力所能勝任，且又不通德語者，亦難卒讀。此外之單行本，則僅有美人 C. Abbe 所著之 *Treatise on Meteorological Apparatus and Methods*，及德人 M. Robitzsch 之 *Die Beobachtungsmethoden des modernen Meteorologen*。前者由官版發行，已成古本（1888 年出版），雖現今仍爲良參考書，恐已不易購置；後者出版年月較近（1925 年出版），惟其內容之大部分，均係專門的記述，而非初學入門之書，亦不適用於吾國現在之測候界。

歲甲戌（民國二十三年），青島觀象臺開氣象講習班，每週六小時之氣象器械學，由余擔任，苦無適當教本，適二年前日本中央氣象臺長岡田武松博士，出有氣象器械學一書，爰爲逐譯，使諸同學筆錄成書；惟因講習期間，僅限三月，爾時刪繁就簡，所譯者尙不及原書二分之一。事後臺中同人，咸唆余將全書譯出問世，余自維淺學，何敢貿然從事，第念我國現在航空與農田水利等事業，逐漸發展，各地測候所

之增設，時有所聞，本書由時勢所乘，或可爲目前出版界之需要品；重以中國氣象學會，樂爲代余印行，爰於公務餘閑，竭數月之力，整理舊稿，將其全部譯竟，以付手民。惟倉卒成書，不及細加潤色，章節中謬誤之處，在所不免，深望國內諸彥，詳加指教，匡我不逮，俾於再版時得以訂正，是則尤譯者所引爲欣幸者也。

民國二十五年八月王應偉識於青島觀象臺

例 言

(一)譯文僅取達意而止，故書中語句，均不爲原文所囿，以期讀者容易了解。

(二)本書中所記述之氣象器械，對於東亞測候界所使用者，大致應有盡有，自信尙適合於中國目前之需要。

(三)原書爲彼國中央氣象臺技術養成所之課本，該所收錄之生徒，限於專門學校畢業，書中程度，與現在中國測候界人員相較，微有不合，故由譯者創意，將各章各節各段落中之稍高深部份，均於其前印有星形*之符號，如讀者未習過高等數學，遇章節段落前，印有該符號時，可省讀之，與實際上毫無妨害。

(四)彼國出版界，於本書外，尙出有氣象觀測法等書。因各書互有關係，於是各書所載事項，亦互有出入。現爲適應吾國測候界環境起見，書中間有爲譯者所添入者；并有少數段落，在現在之中國，絕對不必要者，則爲譯者所刪去。蛇足之譏，知所不免，閱者諒之。

氣象器械學

目次

第一章 溫度計

1. 溫度計之起源
2. 溫度計之構造
3. 水銀溫度計之標準器
4. 自記溫度計
5. 遠距離溫度計
6. 遠距離自記溫度計
7. 最高溫度計
8. 最低溫度計
9. 溫度計測溫之原理
10. 百葉箱
11. 通風溫度計

第二章 溼度計

1. 溼度
2. 乾溼計
3. 乾溼計公式
4. 乾溼計之歷史
5. 各國乾溼計之公式
6. 通風溼度計
7. 毛髮溼度計
8. Polymeter
9. 毛髮溼度計之理論

10. 自記毛髮溼度計
11. 露點
12. 露點計
13. Nippoldt 之露點計
14. Lambrecht 之露點計

第三章 氣壓計

1. 氣壓
2. 氣壓計
3. 水銀氣壓計之構造
4. Fortin 氏水銀氣壓計
5. 標準氣壓計
6. 水銀氣壓計示度之冰點更正
7. 水銀氣壓計示度之重力更正
8. 水銀氣壓計示度之海平面更正
9. Station 式水銀氣壓計
10. Station 式水銀氣壓計之冰點更正
11. 山岳用氣壓計
12. 空盒氣壓計
13. Richard 自記氣壓計
14. Sprung 氏自記氣壓計
15. 微壓計
16. Shaw-Dines 之微壓計
16. 氣壓計室

第四章 日照計

1. 日照計

2. Jordan 式日照計
3. Campbell-Stokes 式日照計
4. Jordan 式日照計之記象
5. 可照時
6. 日照率

第五章 雨量計

1. 雨量計
2. 量雨杯
3. 雨量觀測
4. Hellmann 式自記雨量計
5. Sprung 式自記雨量計
6. Rung 式自記雨量計
7. 強雨計

第六章 風力計

1. Robinson 氏風力計
2. Routh 氏之理論
3. Thiesen 氏之理論
4. Chree 氏之理論
5. Stow 氏之實驗成績
6. Jeffery 及 Whipple 氏之實驗成績
7. Dohrandt 之實驗成績
8. Dines 式風壓計
9. Dines 式風壓計之理論
10. 風力自記器械
11. Richard 式自記電接回數器

12. Fuess 自記電接回數器

13. 風力自記器

14. Anemo-Cinemograph

14. 風力計用之電池及配線

✓ 第七章 風向計

1. 風向計及其理論

2. 新型風向計

3. 自記風向器

4. Negretti型自記風向器

5. 自記風向計之其他種類

6. 風向器之制動裝置

7. 風向盤

✓ 第八章 蒸發計

1. 蒸發計

2. Wild 氏蒸發計

3. Piche 氏蒸發計

4. Houdaille 式自記蒸發計

5. Wild-Fuess 式自記蒸發計

第九章 雲量測定裝置

1. 立體角

2. 雲量之測定

3. 全天攝影機

✓ 第十章 日射計

1. 無氣黑球溫度計

2. Arago-Davy 日射計

3. Ångström 日射計
4. Abbot 氏水流日射計
5. Abbot 氏銀盤日射計

第十一章 地中溫度計

1. 曲管地中溫度計
2. Quetelet 氏之補正法
3. Symons 式地中溫度計
4. Lamont 式地中溫度計
5. Wild 式地中溫度計
6. 白金抵抗地中溫度計
7. 自記地中溫度計
8. 地面溫度計

第十二章 記塵器

1. 記塵器
2. Aitken 氏計塵器
3. Owens 氏記塵器

第十三章 視程計

1. 視程計

第十四章 測風氣球

1. 測風氣球
2. 浮力天秤
3. 測風氣球經緯儀
4. 單經緯儀觀測
5. 雙經緯儀觀測
6. 輕風管與氣球填充

7. 減壓器

8. 測風氣球夜間觀測

第十五章 測雲器

1. Sprung 氏雲鏡

2. Fineman 氏雲鏡

3. Arcimi 氏雲鏡

4. Besson 氏橢形測雲器

5. 攝影經緯儀

第十六章 夜間放射計

1. 夜間放射計

2. Ångström 氏夜間放射計

3. Boutaric 氏夜間放射計

第十七章 空中電氣測定器械

1. Exner 氏電位計

2. Wulf 氏雙線電位計

3. Wulf 氏單線電位計

4. Dolezalek 氏象限電位計

5. 水滴蒐集器

6. 放射物蒐集器

7. 火焰蒐集器

8. 空中電位測定裝置

9. Benndorf 氏自記象限電位計

10. 平面更正

11. Elster及Geitel氏電荷散逸測定器

12. Gerdien 氏空中電氣傳導率測定器

13. Ebert氏Ion計
14. Langevin氏Ion計
15. Kähler 氏雨水電荷測定裝置
16. Schindelbauer 氏雨水電荷測定裝置
17. Simpson氏雨水電荷測定裝置

第十八章 自記器用時計

1. 自記圓筒時計
2. 自記圓筒時計之分解
3. 操縱機之構造
4. Cylinder脫進機
5. 自記圓筒之心棒
6. 掃除與琢磨
7. 擦油法
8. 目覺式自記時計
9. Anchor脫進機

補 遺

1. 百葉箱之研究
2. 溫度計惰性之研究
3. 溼球比乾球高溫時之處理法
4. 氣壓計室
5. Marvin 氏日照計
6. 雨量計之研究
7. 自記風向器
8. 雲高之測定
9. Abbot 氏銀盤日射計之使用法

VIII.

目

次

10. 自記洋墨水之製法

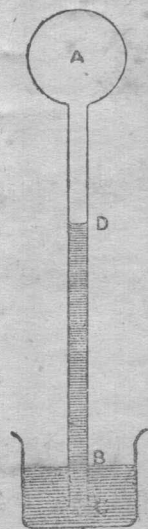
氣象器械學

第一章

溫度計

1. 溫度計之起源 據 E. Wohlwill 氏所述，溫度計幾為荷蘭及意大利同時獨立發明之品。其在荷蘭，則在1600年前後 C. Drebbel von Alkmar 發明溫度計；至意大利之 Galileo Galilei，則於1592年頃，考出溫度計之型，惟彼始作之時，與今日所用者不同，即如第一圖，A B為玻璃管，球部A內含有空氣，C為盛水之玻璃器，若A與高溫之物體接觸，則A內之空氣膨脹，而下壓管中之水，使D之水面下降，即DC之高，由接觸物體之溫度而異，溫度愈高，則DC之水柱愈低，故 Galilei 所作者，為一種之氣體溫度計。至於 Drebbel 所製作，亦不過與此大同小異耳。

現今所用之溫度計，係應用液體膨脹之原理，其最初創作者，為法國醫師 Jean Rey 其人(1631年時)，但當時之刻度，不與現時相同，其最古者，雪之溫度為 20° ，夏日之最炎暑時為 80° ，且刻度不以細線，而以磁油之點，附着於玻璃管側。



第 1 圖

最初定溫度計刻度之定點者，為德人 Gabriel Daniel Fahrenheit 氏，氏使用水銀作溫度計，於1724年，將水銀溫度計之製作法，公諸於世。氏更將溫度計，插入於水與雪及 Salamonnia $\text{Cl}(\text{NH}_4)$ 之混合體中，以其示度為 0° ；健康人之體溫為 96° ，此溫度計置諸將融解之冰中，則為 32° ，其後瑞典人 Anders Celsius，於1742年，以水之沸騰點為水銀溫度計之 0° ，冰點為其 100° ，而將兩定點間百等分之；迨1750年 Strömer 氏，又將冰點為 0° ，水之沸騰點為 100° ，而立百度溫度計之基，故今日記 $^{\circ}\text{C}$ 度時，記以C之符號者，乃係百度表(Cent-

igade)之C，非攝氏之C，然因沿訛成習，往往亦以攝氏名之矣。

2. 溫度計之構造 溫度計係用細玻璃管，將其下端吹成球或圓筒狀，并排除管內之空氣，而密閉其上端，更於其一部分，注入水銀或酒精，及Toluol類似之液體，由其液體之膨脹收縮，以測溫度之昇降。

溫度計之感度，係由於球部與細管兩者間容積之比而定，設將球部視為真球，其半徑為 R ，則球部之容積 V 為 $\frac{4}{3}\pi R^3$ ；又若細管之內徑為 $2r$ ，則其切口之面積 A 為 πr^2 。當溫度上升 1°C 時，管中水銀頭之移動距離為 S ，是時水銀單位容積之膨脹為 μ ，則溫度每上升 1°C ，球部內水銀之膨脹為 μV ，由此容積之增加，而細管中水銀線亦增長，由是得

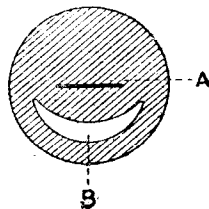
$$AS = \mu V, \quad \therefore \quad S = \frac{\mu V}{A}.$$

$$\text{惟因 } A = \pi r^2, \quad V = \frac{4}{3}\pi R^3, \text{ 故 } S = \frac{4}{3} \frac{R^3}{r^2} \mu.$$

若球為圓筒形，而圓筒之半徑為 R ，其長為 l ，則 $V = \pi R^2 l$ ，

$$\text{故 } S = l \frac{R^2}{r^2} \mu.$$

因溫度計感度之敏銳條件，為 $S = \mu V / A$ ，故 V 愈大而 A 愈小，則愈形敏銳。但 V 過大，則須使用多量之水銀，溫度計之重量增加，其結果則經濟上及製作上均不適宜，故祇求其小，為可能之條件，即通常用毛細管製作之，惟管太細，則水銀絲頭辨別較難，於是如第二圖之A，令其切口為扁橢圓形，又圖中之B，因欲使水銀絲頭容易認識，特將沟藥之背影，封入於其中也。



第 2 圖

V 之大小雖一定，而表面積若能增大，則受熱亦速，因而溫度計之感覺亦增敏，但由幾何學所述，凡同容積中

，以球之表面為最小，由此點而言，球最為不利益，故現時有用圓筒形代其球形者。至圓筒以外之形，當然亦可使表面積增大，惟製作既形困難，而不對稱

之形，當氣壓生變化，又易感受影響，而使示度有上下之虞，故就對稱之形而論，球爲最適宜之形，而圓筒形次之。

至決定定點之法，即將溫度計插入半融解之碎冰中，待其示度靜止時，以之爲冰點。惟此處所宜注意者，冰之選擇，尤須鄭重，市上所購之冰，有時含有鹽分及其他雜質，往往可使其冰點低下，故用蒸溜水以寒劑凍之，最爲合用。

當試驗冰點時，若球部起冰結，則由其壓力，可使溫度計之示度增高，不可不深切注意。

求沸騰點之法，則將溫度計置入沸水面上之蒸氣中，俟示度停止時，其讀度爲 t ，又是時所測之氣壓爲 Bmm ，則沸騰點之溫度 t ，可用次式計算得之：

$$t=100^{\circ}+0.375(B-760),$$

B 係表示水銀氣壓計重力更正後之讀度。

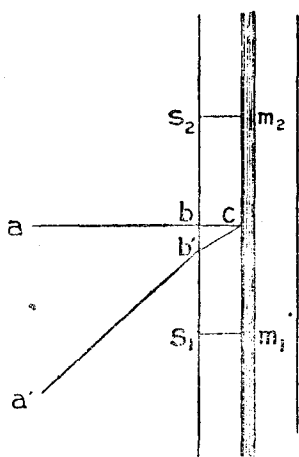
凡溫度計須與標準器相比較，而檢查其刻度線，而檢查最重要之目標，則爲冰點，蓋當製作溫度計時，必將玻璃加熱，而玻璃爰起歪之現象，起歪後之玻璃，又須經若干時日，而始能恢復原狀，於是冰點亦漸起差異，英國物理家 Joule 氏，嘗將一個敏銳之溫度計，經四十年間之檢查，即 1844 年其冰點爲 0° ，1846 年爲 $5^{\circ}.5$ ，1848 年爲 $6^{\circ}.9$ ，1856 年爲 $9^{\circ}.5$ ，1870 年爲 $12^{\circ}.1$ ，1882 年爲 $13^{\circ}.3$ ，但此處所云刻度之 13° ，與 $1^{\circ}F$ 相當，要而言之，溫度計之冰點，雖經長年而變更，其在製作後之二三年間，變化最爲急速，故現今製作溫度計者，製成後經二三年間，始定冰點及刻度也。此外則沸騰點之試驗，須在試驗冰點之後，苟反其順序，則所得之冰點爲低，冰點之低下，以 Jena 玻璃爲最小，然亦可自 4° 至 $0^{\circ}.03$ 也。

3. 水銀溫度計之標準器 氣象觀測所用之溫度計，須與一定之標準器相比較，而檢定其差，此標準水銀溫度計，當然亦與國際度量衡局所備之輕氣溫度計相比較，而施精密之檢查，通常各國之中央氣象臺，負有檢定國內之各氣象

器械之任，而備有水銀溫度計之準器也。

所謂水銀溫度計之準器云者，其構造亦與普通所用者相同，惟所用材料，經充分選擇，且製作時加以精密之注意，而避去次列各項之誤差：

(1) 視差與屈折之補正 溫度計之度數，有刻於管側者，亦有刻於釉油板上者，與水銀線之頭部，有若干之距離，故由外部以測水銀線之頭部，眼之位置



第 3 圖

須正確，須線頭與度數在同一視線上，今如第三圖，abc為正視之位置，若視線為a'b'c之方向，則光線於b'起屈折，而b'點之讀度，其間生bb'距離之誤差。

今命刻度線與水銀線頭部之距離bc為a，溫度相異一度，兩刻度線之距離s₁s₂為s，玻璃之屈折係數為n，光線由a'b'方向之入射角為i，屈折角為r，則

$$\tan r = \frac{bb'}{bc}, \quad \therefore bb' = bc \tan r = a \tan r.$$

若以溫度一度之刻度線距離為單位，則得

$$bb' = \frac{a}{s} \tan r = \frac{a}{s} \frac{\sin i}{\sqrt{n^2 - \sin^2 i}}.$$

據C. Abbe 所著氣象機械論中之示例，當 $\frac{a}{s}=1.1$ ， $n=1.6$ 之溫度計中，若 $i=10^\circ$ ，則 $bb'=0.12$ ，若 $i=20^\circ$ ，則 $bb'=0.24$ ，故此誤差，不可謂小，觀測時務須避去此誤差，萬一遇不能避時，則應加入此等之補正。

(2) 對於刻度之補正及Calibration 凡正確之溫度計，玻璃管之內外兩直徑，無論在何部分均相同，即等距離之刻度線，等分管內之容積。然在實際製作上，決不能得直徑一樣之玻璃管，故於等分之刻度線，須加入等容積之補正。因此實驗時可將管微微衝擊，使管中一部分之水銀線，成切斷形，使移置於種種之位置，以見出刻度線之誤差，此法稱為Calibration。但刻度之誤差，可由