

# 實用航空氣象學初步

PETER E. KRAGHT 著

周 夢 塵 譯



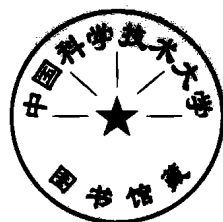
商 務 印 書 館

---

# 實用航空氣象學初步

Peter E. Kraght 著

周夢塵 譯



商務印書館

本書原名“Meteorology Workbook with Problems”，係 Peter E. Kraght 所著。茲根據 Cornell Maritime Press 的版本譯出。其中有不盡適合中國情形，以及現時已有了更新的發展的地方，已加必要的改訂與補註。

原書分十五章，前十四章描述一般大氣現象及存在於其中的相互關係，最後一章敘述氣象觀測的制度。敘述簡明扼要，以事實為主，而佐以必要的物理解釋。插圖豐富，又多屬素描性質，令人從“形象”方面更易於掌握問題的本質。習題多切合實際，均屬“測驗”性質，方式多端，不落舊日窠臼，無枯燥刻板之弊，尤為本書特色。

本書可供航空學校中等程度的班級作氣象學教材，也可作為初習氣象者及一般氣象工作者與飛行人員作參考之用。

## 實用航空氣象學初步

Peter E. Kraght 著

周 夢 塵 譯

---

★版權所有★

商務印書館出版

上海河南中路二一一號

(上海市書刊出版業營業許可證出字第〇二五號)

新華書店總經售

商務印書館北京廠印刷

(63723)

---

開本 850×1188 1/32 印張 7 3/4 字數 202,000  
1955年3月初版 印數 1—1,500 定價 1.45元

## 譯者的話

本書的英文原本，書名是“Meteorology Workbook with Problems”，係 Peter E. Kraght 所著。內容簡明扼要，雖未用高深的數理，但對於許多大氣現象的解釋，仍能使人得一清晰的概念。插圖豐富，又多屬素描性質，使初學者從“形象”方面更容易掌握問題的本質。習題屬測驗性質，有選擇性的，有判斷性的，也有補足性的，在自然科學書籍中，據譯者所知，尚屬創見。凡此均屬本書的特色，是值得向讀者介紹的。

但是像氣象學這樣一門多少帶有點地域性的科學，在著者編寫它的時候，難免不多用，甚至於全用他所熟悉的某一個區域的材料。這在著者的立場說，原是無可非議的，但到了他的原著被譯成了另外一種文字的時候，讀者不同了，而這就不免成爲一種缺點。本書自然也不能例外，在正文方面，圖表方面，問題方面，都有一些不盡適合中國情形的地方；在所用的單位制度方面，也是如此。但既有上述的一些優點，若竟因此而不予以翻譯出版，未免因噎廢食。何況我們偉大的導師——列寧早就明哲地指示過，一個翻譯工作者，在從事翻譯的時候，對於原書的缺點，儘可用種種方式，如加以刪節，附以短跋，指出關於同一問題的近代發展與著作等等，加以補救。<sup>①</sup>譯者因此也就仍然把這書的翻譯任務擔當了起來。在 1951 年的暑假中完成了初稿。

爲了補救前面所說的缺點，我在這譯本中已儘可能地做了一些改訂的工作，主要的有這幾點：

(1) 正文中碰到用英美單位的地方，我就在後面用方括號 [ ] 註入相當的厘米—克—秒 (cgs) 制單位。爲什麼不就用國際制去代替呢？

---

① 大意如此，詳見“解放”62期(1938年)。

因為與正文有聯帶關係的一些圖中所用的原是英美單位，爲了客觀上的困難，圖既沒有改製，那麼正文中的英美單位自然也就不能完全消滅了。

(2)在舉例說明方面，能用我國材料代替的地方，就用我國材料去代替。或者用“譯註”的方式，註明相當的我國材料。

(3)習題中有些美國地名都參照題意，換用相當的中國地名，英美單位換用了國際單位。但在無法改用的地方，仍舊留着，沒有取消，讓要做習題的讀者自行斟酌去留。

(4)關於氣象觀測與報告(第十五章)的制度，本書中自然是美國的一套，本應依中國現行制度改編，但爲了保密，僅將過去已公開的，用譯註的方式加在相當的地方，以供讀者參考。也沒有把這一章完全刪除，因為我覺得在美帝國主義的侵略迷夢還沒有因侵朝戰爭的失敗而被徹底打消的時候，讓大家能知道對方的一套辦法，從“知己知彼”的觀點上說，也未嘗不是無益的。

(5)凡是經過我改訂的地方，都以相當的符號標明，或用文字註明。和英美單位相當的國際單位是放在[ ]中。改訂過的習題和表，以及換用的圖，都在其數碼上加了\*號。所加腳註也都一一註明。

經過這樣的改訂，毛病自然少了好多，但依然存在的，恐怕還是難免，希望讀者不客氣地指正，以便在將來再版的時候有所改進。

祖國的航空事業與氣象事業已完全操在人民的手中，過去由帝國主義者直接或間接地操縱的時代已經一去不復返了。那座由帝國主義者完全掌握着的徐家匯天文台——帝國主義者在中國盜竊氣象情報的據點，在人民取得了政權之後，不久就能以收回自辦，那就是最好的說明。在從帝國主義者的魔掌中解放出來以後，由於人民的需要，祖國的需要，我相信我們的航空事業與氣象事業的前途是無限的。這本書在這大時代中，如能起一個“拋磚引玉”的作用，在不久的將來使我能看到完全利用中國材料，我們自編的，更適用的相當的書，代替本書來滿足

讀者的需要,那就是我的最大的願望了。我相信我的願望是會實現的。

最後,我要對讀過本書原稿而提出了很多寶貴意見的中央氣象局的同志,以及在本書的出版方面盡了力的商務印書館的同志們致以最大的謝意!

周 夢 鑾

1954年3月12日

長春東北地質學院

地球物理探鑛系

## 著者原序

學生們往往會懷有一種成見，認為要想通曉一門學問的底細，只有從讀通一本書或者讀完一個入門的學程，才可以實現，而由此必不可避免地造成的失望又留給這些學生一種想頭，覺得在這方面沒有真好的書籍和教程的。有些在氣象學中是權威的書往往被評為數學太深，不易接近，是某些教授為他們的學生或其他教授計劃編寫的。通俗的教本，即使已經簡化了，達到了科學精確性的邊緣，又被譴責，說是寫得不好，組織很壞，而不能夠給讀者關於各種基本事實的一幅清晰的圖畫。

事實呢，氣象學這一門科學是深深地埋置在大氣物理學中，而大氣物理學呢，牠的基礎，有很多又轉而是在數學中的啊。所以，研究氣象學就不是容易的事；而要想獲得關於這門學問的一種業務知識，也就沒有什麼捷徑可循。異乎尋常的用功，正是每一個勤勉的學生必須付出的代價咧。

但在物理學和數學方面缺少基礎，倒也不會使一個初學的人被剝奪了資格，因為按部就班地研究敘述性的資料，也能在心中造成關於種種大氣現象的，一些正確的圖象。而對於高深的材料的了解，最後也就可能了。在開始他的研究的時候，學者必須把所有的材料都當作事實來接受，而不必追問為什麼。等到後來，當他已經具備了相當多的實際知識的時候，再追求種種解釋，那就是順理成章的事了。

本書(Meteorology Workbook with Problems)就是為氣象學的初學者打算而編著的，對於那些必須不藉助於物理學或數學而來接近這門學問，但是他無論如何必須為他自己建立起一種業務知識，才可以盡他的職責的人，正是一本初步的書。其中前十四章的大部分都由附有圖解的種種事實的陳述組成，僅略附有限的解釋。第十五章則說明天氣

觀測和符號，是爲那些需要知道天氣報告如何彙編和發佈的人們而納入的。

所選的題材乃來自氣象學的許多方面，是爲了適應那些或有機會利用本書的極大多數人的需要而着想的。問題的編擬是爲了要激發對於氣象學的興趣，尤其是對於與船舶和飛機工作有關的那些方面的興趣。不過也偶然插入一些特殊的問題，來考驗一下學生在一種情勢中的思考技巧，也就是說，在作一種決定時的技巧。嚴格的理論上的問題只是很少數。

在學生的學習程序中，第二步的讀物可包含若干優秀作家中任何一位的著作。Petterssen, Taylor, Byers, Humphreys 和 Brunt 就是學生爲了研讀進一步的經典著作而能夠求教的幾位<sup>①</sup>。Meteorology for Ships and Aircraft Operation 一書，可以建議作爲學生在第一步和第二步之間的一本參考讀物。

---

① Petterssen 著有“Weather Analysis and Forecasting”及“Introduction to Meteorology”；Taylor 著有“Aeronautical Meteorology”；Byers 著有“Synoptic and Aeronautical Meteorology”；Humphreys 著有“Physics of the Air”；Brunt 著有“Physical and Dynamical Meteorology”及“Meteorology”等書。其中 Petterssen 的“Introduction to Meteorology”及 Brunt 的“Meteorology”已有中文譯本；前者即程純樞譯之“近代氣象學原理”，龍門書局出版，後者即周夢塵譯之“氣象學淺釋”，商務印書館出版。——譯者。



# 目 次

譯者的話

著者原序

大氣 .....	1
1. 溫度變化 .....	3
2. 氣壓隨高度而起之變化 .....	11
3. 大氣的構成 .....	23
4. 大氣中的凝結作用 .....	32
5. 上升與下沉空氣中溫度與露點的變化 .....	42
6. 穩定度與垂直氣流 .....	52
7. 積雲、陣雨和雷雨 .....	67
8. 烟與霾中的能見度 .....	89
9. 層雲和層積雲 .....	94
10. 霧 .....	103
11. 局部地區的風 .....	117
12. 梯度風系 .....	124
13. 鋒與鋒面天氣 .....	140
14. 風之摩擦力和風陣 .....	170
15. 天氣觀測與報告 .....	178
天氣圖 .....	217
雲 圖 .....	221
問題解答 .....	227

## 大 氣

我們這行星，地球，可以分成三個部分，就是：

1. 岩圈，牠是固態的部分，大部分是由岩石和牠的崩解產品，沙和土而成。
2. 水圈，牠是液態的部分，包含着海洋，湖泊，江河。
3. 氣圈，牠是氣態的部分，向外開展，進入大空。

水圈居於岩圈之上；氣圈又居於水圈和岩圈兩者之上。岩圈和水圈兩者都為一定的一些境界所限，但氣圈只有一個確定的境界，就是牠和水圈與岩圈的接觸面。氣圈的上界是不太明確的，因為當高度越來越大時候，空氣就越變越稀薄，直到氣圈外面的“界限”消失在星際間的大空中。

大氣圈的上界雖不明確，但牠們仍然可以被分為幾層。

1. 對流層，即下層。
2. 平流層，即中層。
3. 游離層，即上層。

實際上，一切天氣現象，即雲、風暴、積冰、巔盪的飛行天空、陣風、垂直氣流，都限制在對流層中。平流層大致是沒有雲的，但是對於對流層中的天氣也有一些非直接的影響。極光<sup>①</sup>，北極光和南極光二者，在游離層中都很普通，特別是冬季時期和接近地球兩極的處所。對無線電接收的影響和干擾也是游離層的特色之一。游離層又因為影響到

① 極高處的一種電的現象。

太陽輻射而間接地影響下面對流層中的天氣。

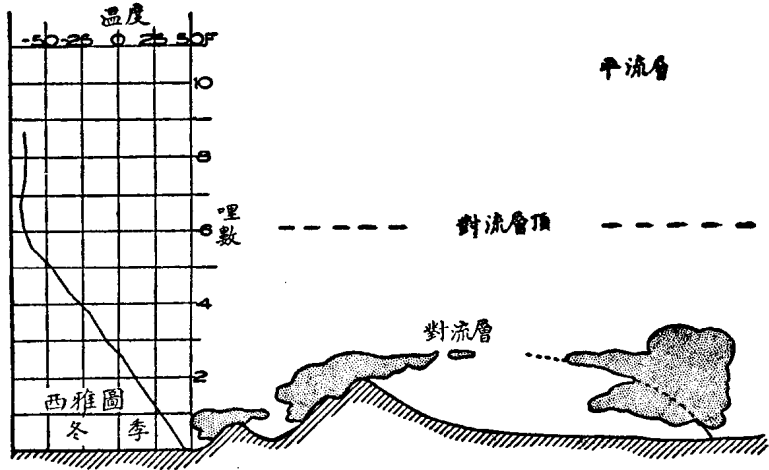


圖 1 大氣為對流層頂分成對流層與平流層。

就平均的情形說，對流層頂高出地面約 8 哩 [13 公里]①，平流層頂 60 哩 [96 公里]，而游離層頂是 500 到 600 哩 [800—1000 公里]。由兩極向赤道，由這季到那季，以及由這一天到那一天，對流層的厚度都有變動。

表 1 對流層頂的平均高度

緯度	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	(大致哩數)									
夏季	11.0	11.0	10.5	9.6	8.4	7.2	6.2	5.9	5.6	5.6
冬季	11.0	10.5	10.0	8.7	6.8	6.3	6.2	6.1	6.0	5.9
	(大致公里數)									
夏季	17.6	17.6	16.8	15.4	13.4	11.5	9.9	9.4	9.0	9.0
冬季	17.6	16.8	16.0	13.9	10.9	10.1	9.9	9.8	9.6	9.4

圖 1 是冬季北美西部的一個斷面圖。對流層頂，即對流層與平流

① 方括弧中之數字，為譯者所加與其前所列之值大致相當；以下同。1 哩約等於 1.61 仟米(公里)。——譯者。

層間的界面，約為 6 哩。地形雲<sup>①</sup>籠罩住海岸和內陸的山頂；一個溫帶氣旋的一部分正在極右首的地方，雲伸展到差不多  $3\frac{1}{2}$  哩。左首的一個溫高圖指明有一個在 40 度的地面溫度和一個在 -60 度的平流層溫度。

## 1. 溫度變化

溫度表：除非在極冷的空氣中，都可以用一枝水銀溫度表來測量溫度（水銀的凝固溫度約為  $-37^{\circ}\text{F}$  [ $-38^{\circ}\text{C}$ ]）。如水銀不好用時，普通就用酒精溫度表。圖 30 所示的就是兩枝通用的水銀溫度表。

一個雙金屬的條子也可以用來指示溫度。條內的每一金屬都有牠自己的膨脹與收縮的特性，因而在受熱或受冷時，這金屬條就彎曲了。就利用這彎曲着的金屬條來運轉一只指針或者一枝筆，這指針或筆正位在一個能被觀測到的溫度標尺上。這種雙金屬條在運用一溫度計時，尤其有用，在那上面，一種永久的溫度紀錄是可以由一枝墨水筆描畫下來的。

電阻是隨溫度變化而變動的，因而通過一個適當地佈置好了的電路上的電流的量也就可以用來指示溫度。熱偶（銲接起來的兩種選定了的金屬）也能佈置起來，測量溫度。

溫度標：在大多數說英語的國家，普通用的溫標是華氏溫標。在這種溫標上，在標準的海平面壓力下，水的沸騰溫度是  $212^{\circ}\text{F}$ ；水的凝固溫度是  $32^{\circ}\text{F}$ ；而絕對零度是  $-459.4^{\circ}\text{F}$ 。這種溫標的便利，是因為在地球上人口集中的地方，正常的溫度範圍是近於，或者就是在  $0^{\circ}\text{F}$  到  $100^{\circ}\text{F}$  這範圍之中。不過，在科學工作方面，這種溫標可不能令人滿意。

在技術工作方面，既便利而又有用的是百分溫標，水的沸點在海平面壓力下是  $100^{\circ}\text{C}$ ；水的凝固是  $0^{\circ}\text{C}$ ；而絕對零度是在  $-273.13^{\circ}\text{C}$  ( $-273$

① 在空氣向山上吹颺時形成的雲。

C也就差不多够了)。這種溫標是很便於使用的，因為牠在那兩個普通的溫度，就是水的沸點與凝固點之間，剛好包含了100度。

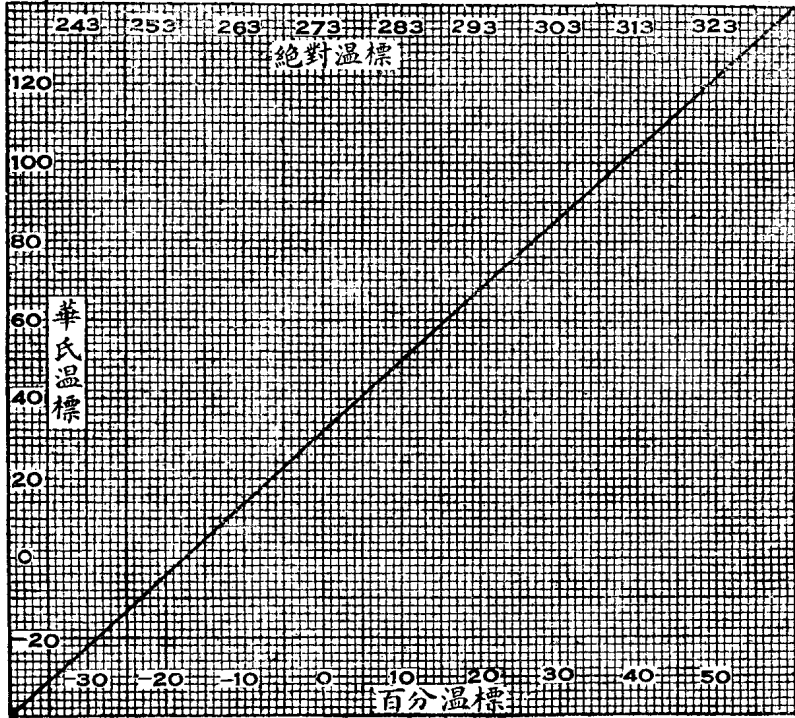


圖2 溫度單位是可以互換的。

比上面所說的兩種更合乎科學的，是絕對溫標，牠以絕對零度為起點，於是就把水的凝固點放在 273A，而水在的沸點在 373A。（這些數字，嚴格地說，應該是 273.13 和 373.13。）

從一種溫標變換為其他兩種溫標，這工作可根據圖 2 中的圖線或者下面的公式去做。

#### 1. 華氏與百分溫標

$$C = \frac{5}{9}(F - 32),$$

$$F = \frac{9}{5}C + 32.$$

## 2. 百分與絕對溫標

$$A = 273 + C,$$

$$C = A - 273.$$

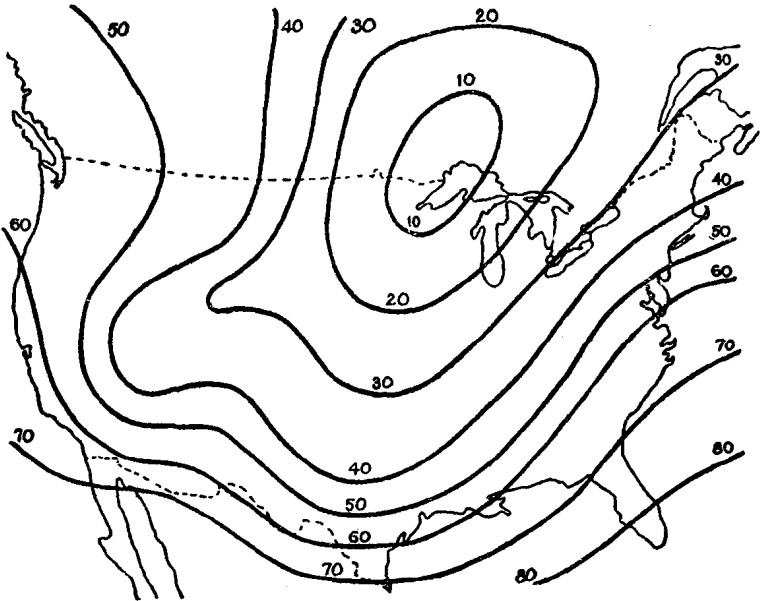


圖 3 地面等溫線，畫出了暖空氣與冷空氣的區域。

地面溫度與溫度梯度：因為在赤道區域，太陽是直射下來，而在靠近兩極的區域，是斜射下來的原故，地球表面上的溫度，在近赤道處就較近兩極之處為高。於是在赤道與兩極之間就總歸呈現了一個溫度梯度<sup>①</sup>。

例如，在冬季，北極的溫度可能是  $-40^{\circ}\text{F}$  [ $-40^{\circ}\text{C}$ ]，而赤道的溫度是  $80^{\circ}\text{F}$  [ $27^{\circ}\text{C}$ ]。於是梯度就是  $120^{\circ}\text{F}/6000$  哩，即  $1^{\circ}\text{F}/50$  哩 [ $1^{\circ}\text{C}/145$  公

① 溫度梯度的意思就是溫度對於距離的變率，通常是由高溫度量向低溫度，不過，假如特別規定的話，符號也可以反過來。

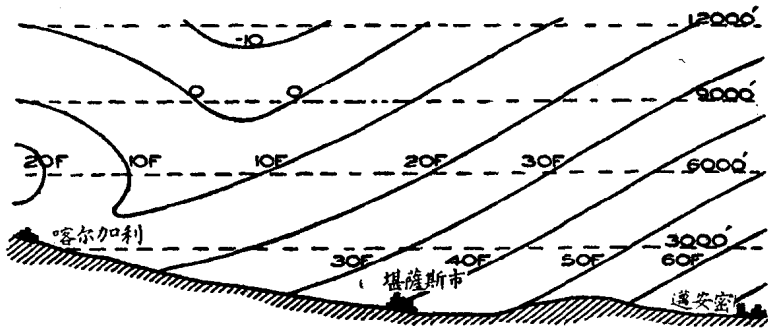


圖 4 在一垂直截面上的冬季等溫線往往總與地面成一小角，由冷空氣區域傾斜向上。里]。在夏季，北極溫度約為 32F [0C] 而赤道溫度是 82F [28C]。於是梯度就只有 50F/6000 哩，即 1F/120 哩 [1C/345 公里]。

地面溫度和溫度梯度處處有變化，各季有變化，天天有變化，有時且很劇烈。變化，特別是日變化，最大的地帶是溫帶。

**等溫線：**等溫線就是等值溫度線。牠們是在地圖上，通過溫度相等的各個地點而畫出來的，正如圖 3 所示。在製一等溫線圖之前，必須在許多地點把溫度測定出來。然後再把這些溫度測定的結果彙集起來，點畫在要研究的那一區域的地圖上，等溫線這才畫了出來。

等溫線可以畫在地球表面的地圖上，也可以畫在地面高頭任一水

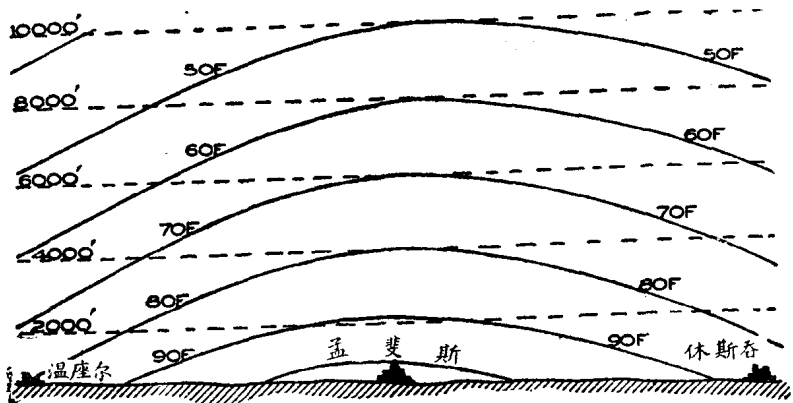


圖 5 在一垂直截面上的夏季等溫線在空氣最暖熱的區域上空隆起來。

平的地圖上，假設能有充分的溫度紀錄，足以來構造一個精確的等溫線場的話。不過，在一切情況下，等溫線總可以把最低溫度和最高溫度區域的輪廓畫出來。一幅等溫線地圖又總是對於溫度梯度的大小和方向的一個線索。

垂直截面中的等溫線：在某一地點，例如邁阿密(Miami)，上空的氣溫，正和順沿地面的情形一樣，也可量得，雖則所含的困難總歸要大點，因為要得到一地上空自由大氣中的溫度，真是談何容易的事，所以在垂直方向中的溫度觀測比較起來，就為數很少，而且相隔較遠。不過，一旦要是得到了，就可以把某一點上空的溫度點畫在和圖 4 與圖 5 相似的一張截面圖上。在截面上畫出來的那些等溫線就確定了垂直的溫度場，其方式正和地面圖上的等溫線把地面的溫度場定了出來一樣。截面等溫線和地面的交點正好是對於地面溫度梯度的一個線索；任一已知高度標記，例如 6000 呎和截面上等溫線的交點就是那特殊水平面上溫度梯度的一個線索。

在一截面上的各個等溫線總是由兩極向赤道，向上傾斜。例如，在某一天 0F 這條等溫線在地面上也許就位於北極，但是到了赤道上，也許就可以升高到一個大致 20000 [6000 公尺] 到 25000 呎 [7500 公尺] 的高度。圖 4 與圖 5 所示的就是有極冷與極暖空氣上穹的截面等溫線的坡度。

地面圖上的等溫線，在地方性和區域性溫度的預報上，是負有非常重要的任務的；而在一垂直截面中等溫線，則在地方天氣與區域天氣的預報上，負有一個更加重要的任務。

溫高圖：一地的溫度，在垂直方向，如已有測量，那麼要說明這處的溫度構造，最好的方法，有一種就是應用溫高圖，就是和圖 1 與圖 6 中所用的那種相似的圖。把溫度配給各個垂直的直線，在圖上一處，順着一條水平線把牠們列舉出來。高度則配給各個水平直線，而順着某一條垂直的線把牠們列舉出來。圖上的任何一點都表明一個高度和在



那高度處的一個溫度；連結數點而成的一條線則指明這條線沿路任一指定高度處的溫度。高度單位和溫度單位的選用是隨意的；在以下所有的圖中，高度用呎計而溫度用華氏度數計。顯然，也可以用氣壓來代替高度，而且在某些工作方面，這毋寧是更好的辦法。不過還是呎和華氏度數更配合多數人的業務和知識。

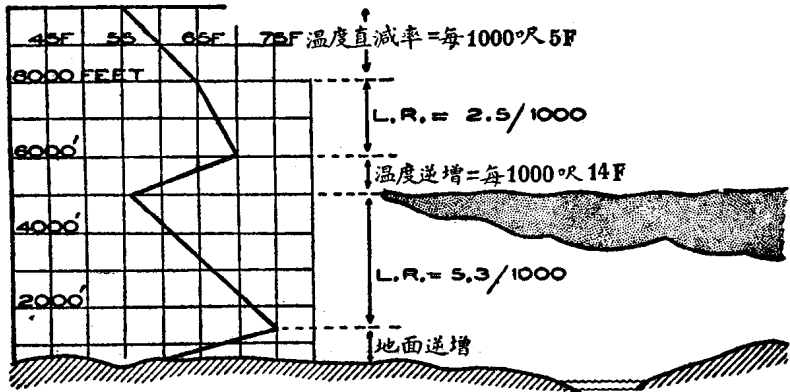


圖6 溫度直減率在一地上空並非劃一不變。

**溫度直減率和溫度逆增：**在正常的情况下，在對流層中，由地面或水面直達平流層，溫度往往總以某一特殊的變率逐漸地減低。溫度隨高度而減低時的變率就是所謂溫度直減率。這種溫度直減率，如溫度隨高度而低降，就當做是正的，而如溫度隨高度而增高，則為負的。這種規定正和數學上的慣例相反，在那裏，一種減低平常總是叫做負的。不過，溫度，從各方面看，隨高度而減低往往總比牠隨高度而升高時多些，因而這種氣象學上的規約就不錯了。

偶然，在對流層內，溫度也可以不隨高度而變；於是就說這空氣是等溫的，或者是溫度相等的。這時直減率就是0。

另外，也是很常有的事，特別是在下部數哩以內的對流層中，溫度反隨高度而增高。溫度直減率於是逆轉，也就是說，成為負的，而對於這溫度增高所給的名稱就是溫度逆增。溫度逆增的情形，在陸地的地