

气压計高程測量手冊

(供 1:100 000 比例尺航測成圖的高程控制之用)

測繪出版社

气压計高程測量手冊

(供1:100000比例尺航測成圖的高程控制之用)

測繪出版社

1958•北京

ПОСОБИЕ
ПО БАРОМЕТРИЧЕСКОМУ НИВЕЛИРОВАНИЮ
ДЛЯ ВЫСОТНОГО ОБОСНОВАНИЯ
АЭРОФОТОТОПОГРАФИЧЕСКИХ СЪЕМОК
МАСШТАБА 1:100 000
РЕДАКЦИОННО-ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ОТДЕЛ ВТС
МОСКВА 1951

气压計高程測量具有迅速、經濟兩大优点，对于多山和荒僻的地区，这种測量高程的方法很有發展前途。过去我国对气压計高程測量缺乏系統的介紹和研究，所以这种物理測量的方法，目前在我国还没有得到广泛应用。

苏联在气压計高程測量方面有很大成就。他們研究出来的新方法，不仅能保証 1:100 000 比例尺測圖高程控制精度的需要，而且还可以用于 1:50 000 和 1:25 000 比例尺測圖作業中。

此書对气压計高程測量中的布洛兴法，在理論和实际应用方面，均有詳細闡述。虽然理論部分过于繁瑣，計算部分比較复杂，內容不够全面，但在目前，本書仍是我們系統學習和研究气压計高程測量新法的一本参考書。

气压計高程測量手册

譯 者	徐 禮	序	
校 者	郑 家 声	章 日 升	
出版者	測 繪 出 版 社		

北京复兴門外三里河

北京市書刊出版業營業許可証出字第081号

發行者	新 華 書 店
印刷者	地 質 印 刷 厂

印数(京)1—1,540册	1958年2月北京第1版
开本31"×43" 1/8	1958年2月第1次印刷
字数80,000	印張3 1/2 插頁9
定价(10)0.70元	

目 錄

原 序.....	5
第一章 概論	7
气压計高程測量新法的理論基礎.....	7
第二章 气压計高程測量的精度	22
气压計的惰性 i	23
高程測定的精度与气压測量的次数和延續時間的关系，以 及与所求点和控制点之間的距离的关系.....	26
第三章 作業的組織	31
气压計測高控制網.....	31
气压測高基礎.....	35
外業工作計劃的編制.....	37
关于作業組織的一般規定.....	39
第四章 气压測量的仪器.....	42
空盒气压計.....	43
沸点气压計.....	49
水銀气压計.....	53
气象站用皿形气压計.....	53
皿形曲管气压計.....	55
水銀气压計讀数的改正.....	56
布洛兴型气压計.....	58
布洛兴型气压計常数的确定.....	61
系数 n 的确定.....	62
仪器（固定）改正数 Δk 的确定	65

第五章 用布洛兴型气压計测量气压	67
测量时气压計的使用和保管	67
测量各点气压的程序	70
第六章 用布洛兴气压計高程测量法测定的 高程的計算	75
外業观测手簿的檢查	75
气压計固定（仪器）改正数綜合表的編制以及將此改正数 加入气压測量成果中之正确性的檢查	76
起算数据一覽表和控制網測站的观测綜合表的編制	78
气压比的計算	80
控制網点和野外控制点的高程确定	85
依据三个控制点計算一个点的高程	86
依据两个控制点計算一个点的高程（插在直綫上）	90
野外控制点的高程計算（簡化的計算方式）	98

附 錄

1. 檢定書式样
2. 确定气象站上空盒气压計的附加改正数
3. 气压观测記簿和計算的式样
4. 由一个測回測定系数 n 的例子
5. 例1.計算「別列束夫卡」点的高程
6. 例2.計算「塞得洛瓦亞」点的高程
7. 例3.根据两个控制点計算「雅拉克」点的高程
8. 例4.根据两个控制点計算「查梁」点的高程
9. 例5.計算「齐泊」点的高程
10. 例6.計算「客柳契」点的高程
11. 例7.計算「布尔舍列齐」点的高程
12. 例8.計算野外控制点的高程

原 序

为編制國內人烟稀少、难以到达的地区的地圖而進行航空攝影測量、大地測量、重力測量的时候，需要有比三角高程測量和几何水准測量作業率更高的方法，用來确定地面点的高程。这种方法，对于1:100000比例尺測圖的高程控制來說，就更为需要。

实际証明：在建立測圖的高程控制时，若采用气压計高程測量(物理水准測量)，其工作效率較之其他方法可以提高很多倍；同时，还可以減輕繁重的地形外業工作。

以前所采用的气压計高程測量的方法，往往不能獲得航空攝影測量的精度所要求的高程；这种情况促使我們要找出通常所采用的气压計高程測量方法中產生大誤差的原因。

最近研究出一种气压計高程測量的新方法，它与現有的方法有原則上的区别。用这种方法所确定的地面各点的高程，能达到1:100000比例尺測圖高程控制所必需的精度；所以在地形測量中，最好采用这种方法。

按照新方法進行气压計高程測量时，須配备有适当的仪器，制訂必要的指示和表格。各气象站气压計零位置的高程，是气压計高程測量的高程基礎；依据这些高程用气压計高程測量的方法能比較容易地保証航空攝影測量的高程控制。

第 一 章

概 論

气压計高程測量新法的理論基礎

大气中所發生的各种物理作用，是由于大气分子各种不同状态运动的相互作用的结果。

太陽所產生的輻射（輻射能），在其進程中和地球大气相遇；地球大气本身也是能源，并且放射出固定数量的放射能到星际空間去。上述两种能的相互作用，是使气压、热、重力、光、电磁以及大气中的各种其他作用与現象發生空間和時間的双重变化的原因。

太陽輻射与大气輻射相互作用的过程和現象，在数量和質量方面，要根据热力学和分子物理学〔注〕的各种定律來研究。

气压計高程測量的研究，主要是与大气分子运动的气压、热和重力等状态發生关系，其中以大气分子运动的气压状态，也就是气压的空間变化和時間变化，对于气压計高程測量具有最重要的意义。

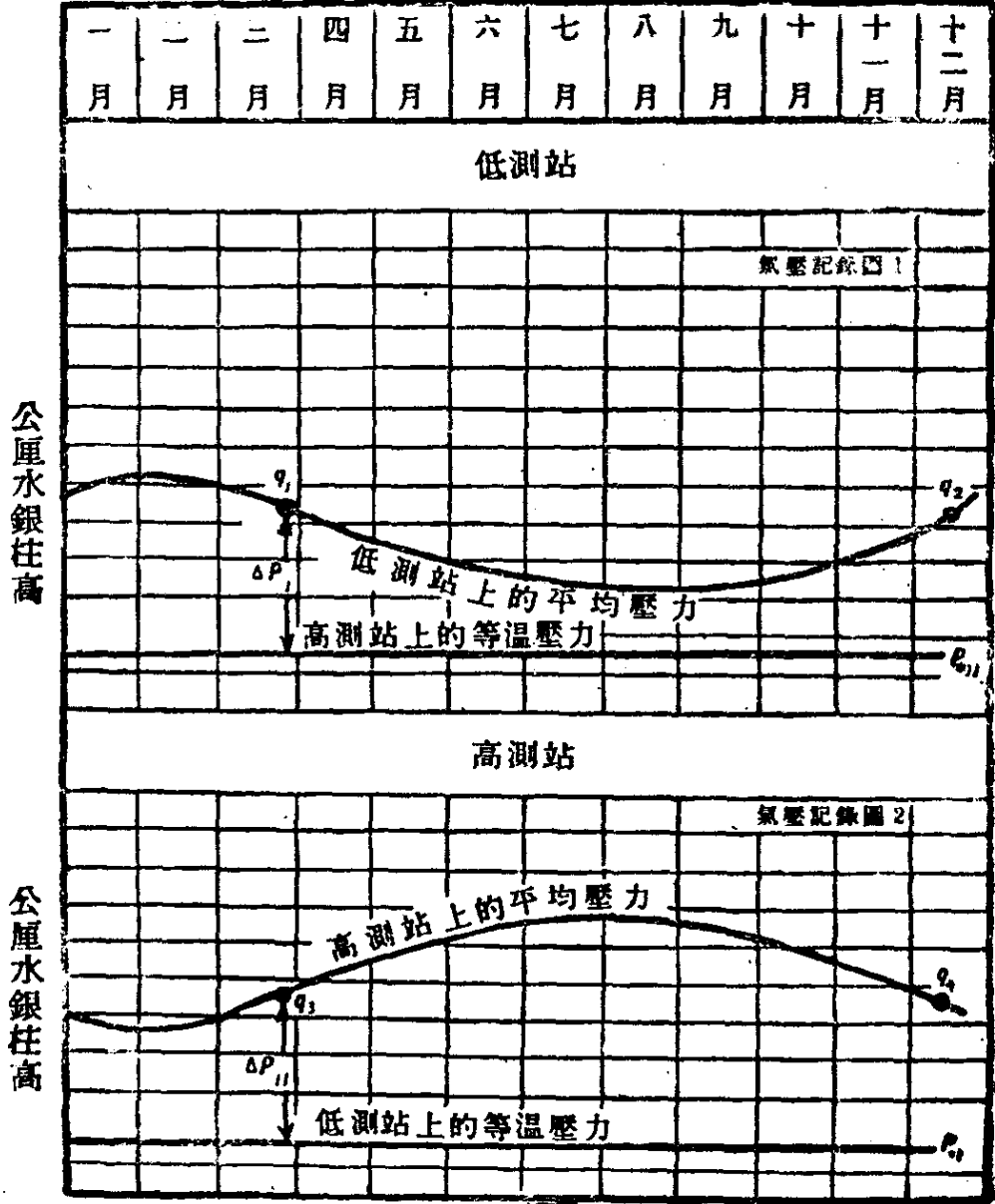
根据1940—1950年所進行的研究确定：大气的压力和温度隨高度的变化而發生非綫性的变化，它們具有較复雜的关系形式。

在地面上同一法綫而高程不同的两个点上，長期進行气压觀測的結果，發現这两个点上的压力变化具有某种規律性；此規律性可以用曲綫圖表（气压記錄圖）表示出來，如圖1a所示（气压

〔注〕見物理学与气象学教程：論放射能、光波和电磁波的折射等篇。

記錄圖 1 表示低測站多年來的壓力變化，气压記錄圖 2 表示高測站多年來的壓力變化)。此規律性表現在高測站的壓力和低測站的壓力是成反方向變化的。這說明存在着某種物理作用，這些作用的總合影響大氣分子沿法綫向上運動和向下運動的气压狀態。

對於同一法綫上的兩點，在根據溫度測量的結果而製成的溫度變化圖中，也出現類似的圖形；這證明溫度與壓力一樣，也具有二種變化的狀態。



問題的實質在于研究大气运动的物理作用和基本特性（气压、热和重力，也就是压力，温度和重力加速度）的变化，因为这是气压計高程測量的理論基礎。

在气压計高程測量的理論中，通常僅在一种力，即重力（引力）作用于空气分子的情况下來研究这样的一种物理作用，即决定分子运动的气压特性随着高度的变化而变化的物理作用。因此，所有已經推算出來的气压計測高公式〔注1〕，也只是表示温度与压力随着重力加速度的增大而增大（按直綫規律）。

在这种情况下並沒有注意到温度和压力变化的二种状态，因而当用气压計高程測量的方法測定高程时，每1000公尺的高程，其誤差就达到30—40公尺，有时甚至达到70—80公尺。

解决气压計高程測量問題的新方法，是以闡明空气分子运动的气压状态和热状态的双重性为基础的；也就是以闡明大气分子的引力規律和斥力規律为基础的。

解决气压計高程測量問題的新方法和以前的旧方法原則上的区别就在于此。

下面解釋如何用新法來解决气压計高程測量的問題。

假設在位于不同高度的 A、B 兩測站上進行了多年的气压測量，我們會看到：在一年內此兩測站上的压力是不一样的，并且可以用不規則的曲綫——气压記錄圖（圖 1 a）表示出來。

若選擇 A、B 兩測站时，使高測站（如 A）的絕對高程大于零压力点的高程〔注2〕，而低測站 B 的絕對高程則小于零压力点的

〔注1〕近代，由不同的作者推算出來的气压計測高公式共有一百个以上，所有这些公式都具有相同的結構，因此，可以將它們簡單寫成：

$$P = P_0 \cdot e^{-\frac{gH}{RT_m}}$$

〔注2〕在各个零压力点上（圖 1 a 的假定点 q_1 和 q_3 ， q_2 和 q_4 ），分子运动的气压状态和热状态是一致的。在不同的地区和不同的季節，各零压力点的絕對高度是不同的。

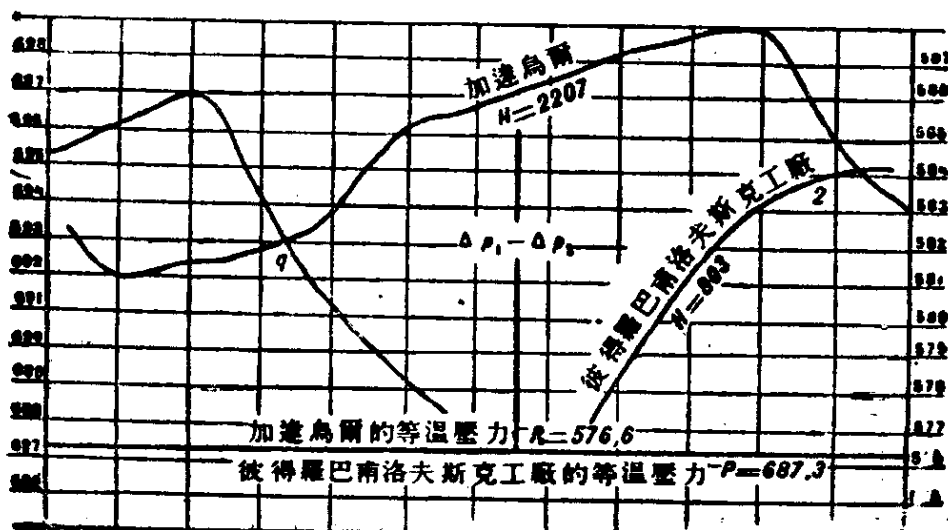
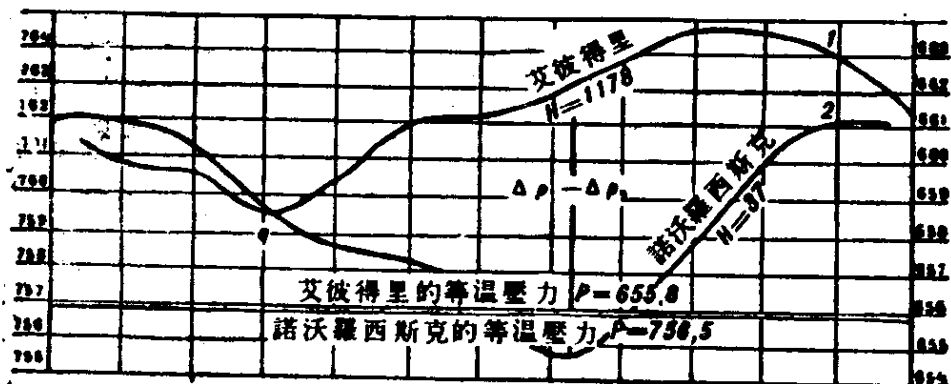
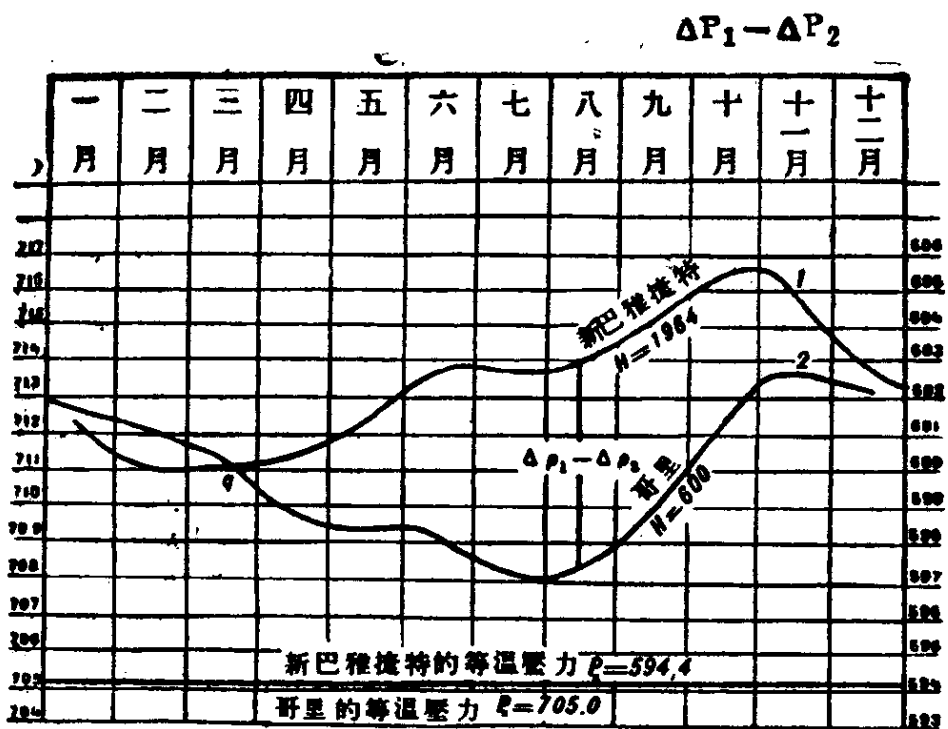


圖 16

高程。这样便可以看出高测站的气压曲线向上凸起，而低测站的气压曲线向下凹陷。例如在 ΔP_1 — ΔP_2 值的曲线图上（图16）可以看出，这些气压记录图都是由每两个测站：新巴雅捷特和哥里，艾彼特里和诺沃罗西斯克，加达乌尔和彼得罗巴甫洛夫斯克工厂所构成的。

为了研究大气中所发生的各种作用，根据等温压力〔注〕（用公式（3）算得）和观测压力之间的差数（ ΔP ）构成一对曲线。

在图16上，高测站新巴亚捷特的等温压力线相当于 $\Delta P_* = 594.4$ 公厘水银柱高；而低测站哥里的等温压力线相当于 $P_* = 705.0$ 公厘水银柱高。在图上将此两测站的等温压力线重合起来，以相同的比例，从两等温压力线截取 ΔP ，例如高里测站用左边的分划尺，新巴捷特用右边的分划尺，于是便得到此两测站的观测压力曲线。

研究用这种方法制成的、在不同的地面点上和自由大气中经过若干年的气象观测和高空气象观测而得的平均气压图，便可发现有一些点，在这些点上高测站以及低测站的空气的分子运动及其相互作用的过程都是一致的。图2曲线上的 q_1 ， q_2 ， q_3 ，和 q_4 等公共点即表现此相互作用。根据高空气象研究的结果确定： q_1 ， q_3 和 q_2 ， q_4 诸点上分子运动的两种气压状态的相互作用，

〔注〕所谓等温压力（用符号 P_* 表示），即在这种压力下，高度变化时温度不发生变化，也就是垂直温度的梯度 $\frac{dt}{dH}$ 等于零。如果气体在温度方面与周围的媒介物隔绝（也就是不向内给予气体以能量，也不向外引出能量），则所隔绝的气体的体积的变化会引起温度的变化。在这种情况下，温度变化和温度变化的过程就称之为绝热过程。在绝热过程中，垂直温度的梯度等于 $1^\circ\text{C}/100\text{M}$ 。

$$\left(\frac{dt}{dH} = \frac{1}{100} \frac{\text{度}}{\text{公尺}} \right)$$

用符号 P_* 表示温度绝热变化时的压力变化。

按時間來說約在春分（三月二十一日）和冬至（十二月二十二日）這兩天均衡。

將點 q_1 與點 q_3 ，點 q_2 與點 q_4 重合，便可得到說明兩個气压計測站上大气分子运动平均气压状态的曲綫圖（圖2）。

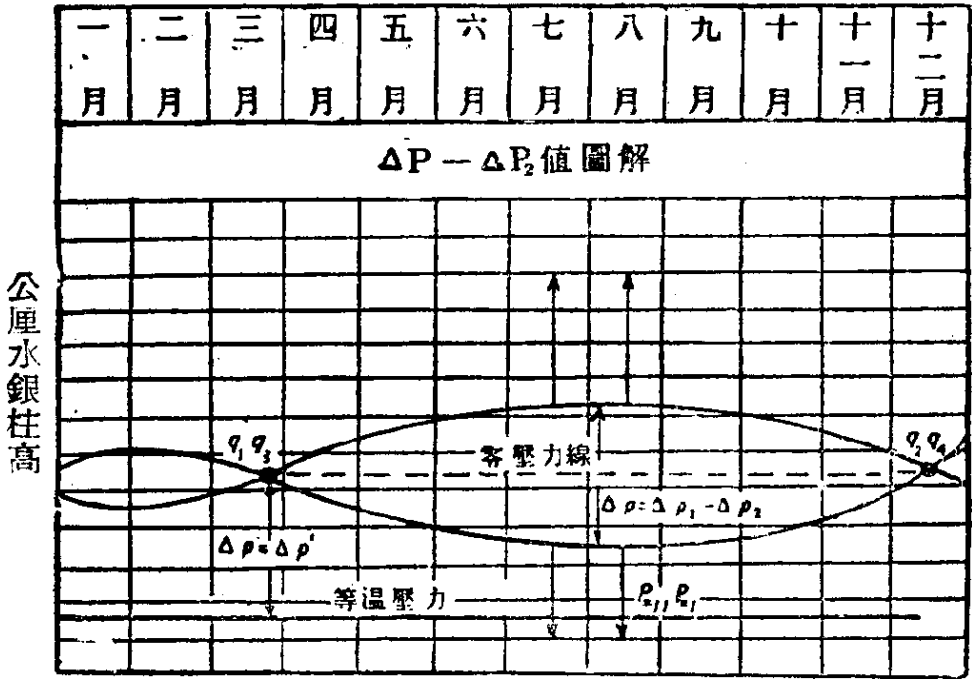


圖 2

這樣一來，在 q_1 、 q_2 、 q_3 和 q_4 諸點上运动的气压状态便具有某种特性，即在春分和冬至时刻，当點 q_1 與點 q_3 ，點 q_2 與點 q_4 重合時，曲綫1、2上的高程綫 H_1 和 H_2 在這些點上也重合。因為在這個時期中，這些點的 $\Delta P'$ 和 $\Delta P''$ 值相等。由上所述，即可得出這樣的結論：如果某一測站的高程是已知，并能求得 ΔP 在時間变化和空間变化上的規律性，則另一測站的高程便可確定。此 ΔP 是根据压力差算出來的，即

$$\Delta P = P_* - P, \quad (1)$$

式中： P_* ——等溫压力；

P ——觀測压力。

确定位于不同高度和彼此間的水平距离不等的地面各点的

ΔP 值，这就是气压計高程測量新法的理論和实用的实質。

新法的理論基礎簡要歸納于下。

为了确定大气分子运动两种气压状态的物理特性，要利用物理学里表示等温过程和絕热过程中分子相互作用的两个著名的方程式。其中一个表示变换成絕热气压測高公式的热力学第一定律：

$$P^* = P_0 e^{-\frac{g_0 H}{RT^*_m}}, \quad (2)$$

式中 P^* 表示大气絕热状态下的压力。另一个方程式是等温气压測高公式，

$$P_* = P_0 e^{-\frac{g_0 H}{RT_0}}, \quad (3)$$

式中 P_* 表示等温压力。

取公式 (3) 的自然对数，便得：

$$\ln \frac{P_*}{P_0} = -\frac{g_0 H}{RT_0};$$

將其化为常用对数，并就 H 解此方程式，則：

$$H = K \lg \frac{760}{P_*}, \quad (4)$$

式中 $K = \frac{RT_0}{gM}$ (气压計測高常数，等于18400.2公尺)。

因絕热压力大于等温压力，故寫成等式：

$$P^* = P_* + \Delta P^*.$$

与公式 (3) 的变换相同，可將大气絕热状态的公式 (2) 寫成：

$$H = K \lg \frac{760}{P_* + \Delta P^*}, \quad (5)$$

式中 $\Delta P^* = P^* - P_*$.

在上述各式中：

e ——自然对数的底;

H ——地面点的高程;

P_0 ——高程 $H=0$ 公尺和緯度 $\varphi=45^\circ$ 的水准面上的气压;

g_0 ——緯度 45° 海水面上的重力加速度;

R ——乾燥空气的气体常数;

T_0 —— 0°C 时之绝对温度;

$K = \frac{RT_0}{g_0 M}$ ——气压計测高常数;

M ——常用对数之模;

$T_m^* = - \frac{\gamma^* H}{\ln(1 - \frac{\gamma^* H}{T_0})}$ ——絕热变化时气压計测高的平均温度

(注1);

$\gamma^* = \frac{A g_0}{C_p}$ ——温度的絕热垂直梯度;

C_p ——定压时之比热;

A ——功之热当量。

由高空气象探测确定: 与等温公式相反, 僅在接近于夏至(6月21日)(注2)的时期才可以將絕热气压测高公式用于实际作業中。

因此, 对于大气的等温状态和絕热状态而言, 也就是在接近于夏至、冬至和春分的时期, 公式(2)和公式(3)中的所有值都是已知的, 所以不难就温度和压力的等温变化和絕热变化确定地面各点的高程。

对其他的观测时期來說, 气压計测高公式不同于公式(4)和公式(5), 它可以寫成普通形式:

[注1] 动力气象学, Б.И. 依茲維科夫和 Н.Е. 科青合著, 1935 年版, 第一冊194—195頁。

[注2] 高空气象学, П.А. 莫尔查諾夫著, 1938年版, 240頁。

$$H_{*x} = K \lg \frac{760}{P_{*} + \Delta P_x} \quad (6)$$

公式(6)中有兩個未知数，即 H_{*x} 和 ΔP_x ，为了确定其值必須組成兩個方程式，這兩個方程式按物理內容不僅要有區別，而且要表現出大气分子运动在相反方向中相互作用的状态。這兩個方程式就是等溫和絕熱的气压測高公式(2)和(3)，其圖解見圖3。

將方程式(2)和(3)联立解出后，便可求得所求值 ΔP_x 。

僅对交点(零压力点) q_1 和 q_2 ， q_3 和 q_4 以及 $H=0$ 公尺和 $H=7991$ 公尺〔注〕的水准面而言，方程式(2)和(3)才能精確地解算。为了对于各交点解算方程式(2)和(3)，应按变数 P_H 、 P_0 和 T_m 取此方程式的導函数。取公式(2)和(3)的对数，然后將其微分并化为有限增量。由方程式(3)可求出：

$$\Delta P_* = \frac{P_*}{P_0} \Delta P_0, \quad (7)$$

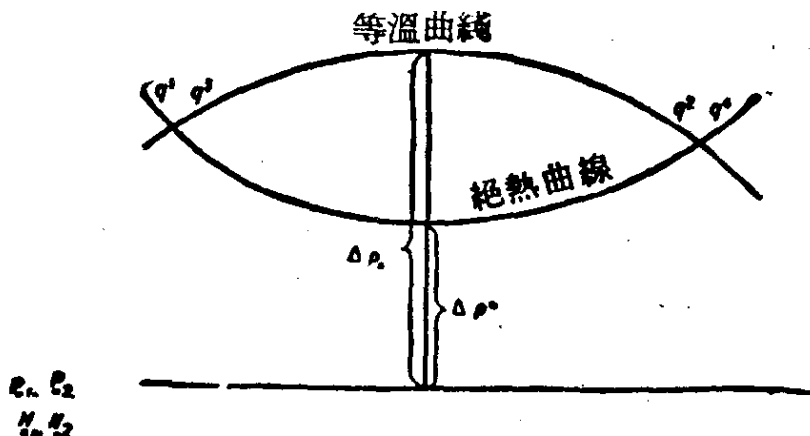


圖 3

(P_{*1} 和 P_{*2} 表示第一点和第二点的等溫压力，而 H_{*1} 和 H_{*2} 則表示此兩点与其等溫压力相适应的絕對高程)

〔注〕在气象学中，数值7991公尺是按公式 $\frac{RT}{g}$ 計算的，并称之为同类等溫大气的高程。

由方程式 (2) 得:

$$\Delta P^* = \frac{P^*}{P_0} \Delta P_0 + P_0 \frac{g_0 H}{R T_m^{*2}} \eta, \quad (8)$$

式中 $\eta = \delta T_m - \delta T_0$,

而 δT_m 和 δT_0 则表示气压平均温度 T_m 的变化。

僅对于已知高程的各地面点而言, ΔP_* 和 ΔP^* 之数值才可求出。由圖 3 便可看出: 要确定任一点的高程, 首先必須求出差值:

$$\Delta P^* - \Delta P_*,$$

將这个差值在交点 q_1 , q_3 和 q_2 , q_4 之間按時間和高程進行內插, 并得到一般情况下的差值:

$$\Delta P_1 - \Delta P_2.$$

知道了 q_1 和 q_3 、 q_2 和 q_4 各点的 $P^* = P_*$, 由方程式 (8) 减方程式 (7) 便得:

$$\Delta P^* - \Delta P_* = P_0 \frac{g_0 H}{R T_m^{*2}} \eta.$$

令 ν 表示所得的差值, 即

$$\nu = \Delta P^* - \Delta P_* = P_0 \frac{g_0 H}{R T_m^{*2}} \eta. \quad (9)$$

在一般情况下, 即就在春分、夏至和冬至之間所進行的观测而言, 对于在压力差相应的情况下所得的差数:

$$\Delta P_1 - \Delta P_2,$$

$$P_1 - P_2,$$

可得

$$\nu = \frac{\Delta P_1 - \Delta P_2}{P_1 - P_2} \quad (10)$$

或

$$\Delta P_1 - \Delta P_2 = \nu (P_1 - P_2). \quad (11)$$

ν 和 η 之值最初为作者所求出, 并用下列名称引用到气压計高程