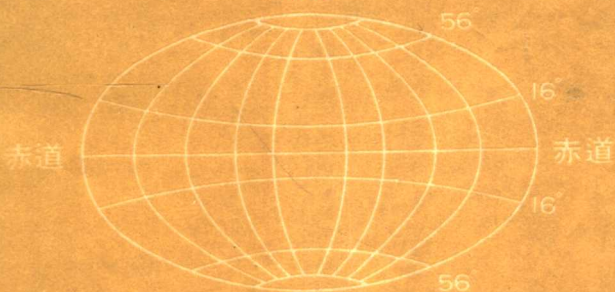


理論重力值表

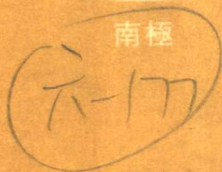
緯度 $16^{\circ}-56^{\circ}$

陈斗輝 著

北極



南極



地質出版社

理論重力値表

緯度 15' - 60'

五島重三



東京大学出版会

理論重力值表

緯度 16° — 56°

陈斗輝 著

地質出版社

1959·北京

在重力計算工作中，常常是用緯度校正尺來計算理論重力值。但在工作中常因尺子的伸縮和重力圖板的攜帶不便等原因而給工作造成不便。本書作者經過反復研究計算制成理論重力值表。經過試用，提高了工作效率，給野外重力隊同志帶來了方便。

本書共有 44 個正常重力值表，每個表由三個小表組成，即，A——理論重力值表，B——理論重力值尾數表，C——經差改正值表。

對於重力測量和重力普查人員是一本必備的工具書。

理論重力值表

緯度 $16^{\circ}-56^{\circ}$

著者	陳斗	編者
出版者	地質出版社	

北京西四羊市大街地質部內

北京市書刊出版業營業登記證出字第050號

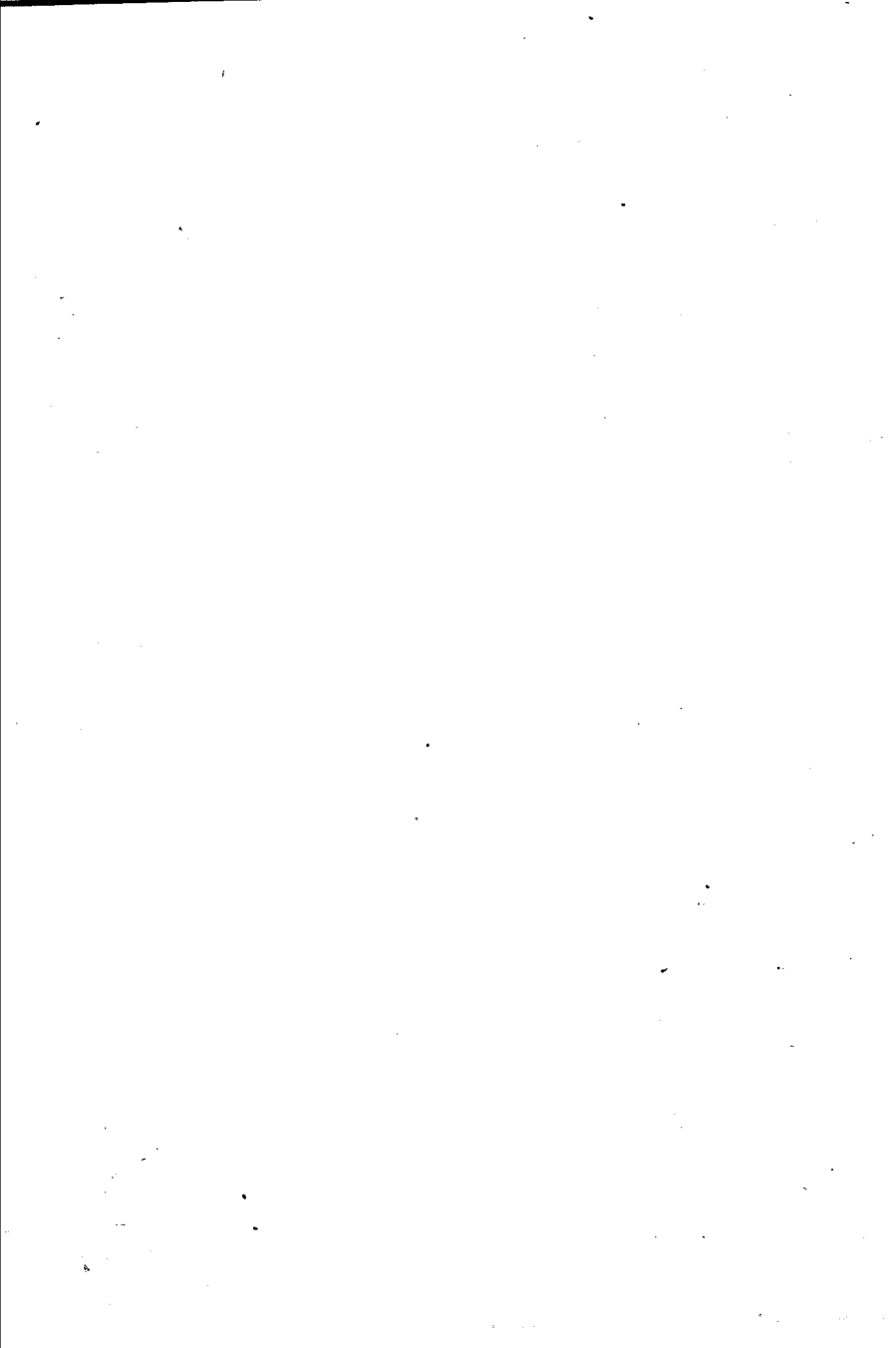
發行者	新華書店科技發行所
經售者	各地新華書店
印刷者	地質出版社印刷廠

北京安定門外六鋪炕40號

印數(京) 1—2000冊	1959年12月北京第1版
開本 $787 \times 1092 \frac{1}{2}$	1959年12月第1次印刷
字數 60,000	印張 3 $\frac{1}{4}$ 插頁
定價 (11) 0.60元	

目 录

引言	5
制表說明和用表	11
理論重力值表 1—44	25
附表:	
附表 1. 理論重力值計算表	115
附表 2. 重力緯度校正常数(K)表	117
后記	119



引 言

近年来，我国各項事業都在党的正确领导下突飞猛进地向前發展，而且取得了很大的成績。自从1958年大躍进以来，技术革新不断出現，工作开展，一日千里。就以重力勘探來說，一人頂几人，观测員兼計算員。他們在野外边观测边計算，及时得出重力成果。在計算时，多半采用了笔者制的各种算表，提高了工效。用表作理論重力值計算时，表不仅代替了緯度校正尺，还解决了野外許多实际問題，从而大大推动了工作。

本書主要是为我国重力勘探的需要而特制的，因为理論重力值是重力勘探中不可缺少的一項計算。为什么要特別計算理論重力值呢？下面就談一下什么是理論重力值。

設地球是一个由密度均勻的同心層組成的橢球体。我們知道，由地心到赤道的半徑大于到兩極的半徑，地球引力也自赤道向兩極逐漸增大；离心力却相反，随着緯度的增大，地表到旋轉軸的距离縮小，离心力也就从赤道向兩極逐漸减小，至兩極点，离心力为零。引力和离心力二者的合力即“重力”。

离心力和引力相比是不大的，甚至赤道上最大的离心力，也只有那里引力的 $\frac{1}{289}$ (0.35%)。因此，重力几乎全部由地球引力来决定；并且和引力相似，从赤道向兩極漸漸增大。兩極上的重力比赤道上的重力要大 $\frac{1}{189}$ (0.53%)。

計算重力的公式，早在1743年已由法国数学家克雷若(1713

—1765)确定了重力和测点緯度間的近似重力公式，即：

$$\gamma_0 = g_{\text{赤道}} + (g_{\text{極}} - g_{\text{赤道}}) \sin^2 \varphi$$

式中 γ_0 ——理論重力，

φ ——緯度。

随后，更精确地得出 γ_0 的近似公式又多了一项，即：

$$\gamma_0 = g_{\text{赤道}} (1 + B \sin^2 \varphi - B_1 \sin^2 2\varphi)$$

式中： B 及 B_1 为常数； φ ——緯度。

如 $g_{\text{赤道}}$ 、 B 和 B_1 不同，得出的 γ_0 也不同。因此，重力公式有很多个；而且，各个国家采用的也不全同。如苏联是用 1901—1909 年間的杰里莫尔特重力公式，即：

$$\gamma_0 = 978.030 (1 + 0.005302 \sin^2 \varphi - 0.000007 \sin^2 2\varphi)$$

我国用 1930 年卡斯西斯斯重力公式，又称“国际重力公式”，即：

$$\gamma_0 = 978.049 (1 + 0.0052884 \sin^2 \varphi - 0.0000059 \sin^2 2\varphi)$$

用上面重力公式算出的 γ_0 ，叫做“正常重力值”或“理論重力值”，有时又叫“重力緯度校正值”。

上述的理論重力公式，是我們設地球是由一个密度均匀的同心層組成的橢球体而算出的。当然，公式中也包括了离心力。实际上，地球的密度很不均匀，在地表观测得到的重力变化，除上述因素外，就是地球各处密度不均匀而引起的了。因此，观测得到的重力值，是理論重力值和由地球密度不均匀引起的重力值的代数之和。重力勘探只要地球密度不均匀引起的重力值，以便用来發現地下的矿产和地質構造。因此，就必須將观测值减去理論值，二者之差又叫“重力異常”。重力異常，就是由地壳內質量的密度不均匀和構造特点所引起的引力的相对变化。

要知道重力異常，就必須算出測点的理論重力值的大小。

計算理論重力值的方法很多，但比較广泛采用的方法，要算緯度校正尺了。目前，中国和苏联，多半是用这种方法。其他比

較不常用的方法，在这里也略提一下。

如測點少，分布又零星，可在地圖上確定測點的緯度，直接用重力公式計算。如：

測 站	經 度	緯 度	理論重力值 (1930年)
重 庆	106° 35'	29° 34'	979.304
开 封	114° 21'	34° 48'	979.728
貴 陽	106° 42'	26° 34'	979.080
汉 口	114° 17'	30° 33'	979.381

若測區周圍在 20 公里左右，測點又多時（如重力細測），可用一個常數 K 表示南北方向上每公里增加或減少多少重力值。這個常數 K ，即：

$$K = 0.8122 \sin 2\varphi$$

式中 φ ——緯度。

K 來自國際重力公式。用這種方法，在下次要統一整理全區的重力資料時，往往在細測區的總基點上，加一個重力常數，換算成測點的理論重力值。四川曾這樣做過。因此，要作兩次計算，此法不宜採用。

現在的重力勘探測區範圍多在數百公里，測點常達數千，用上法就不行了，可改用圖解法。圖解法常用的有兩種：一種在繪有測點的重力圖上作平行於下圖框相當於緯度的綫，在綫上理論重力值為毫伽的整數。在圖內的測點，可根據綫上或離綫多少的重力值讀出 γ_0 。這種方法誤差大，兩人對作所得的 γ_0 常不一致。因此，很少採用（除在沒有緯度校正尺時採用外）。

另一種方法，就是緯度校正尺。在尺上兩端的緯度內，划上相應的理論重力值，然後，將尺子用在繪有測點的重力圖上，使尺子垂直於圖下的緯度綫，向左右移動靠近測點，這樣，準確地

从尺上讀出測点的%。这种方法，如整天进行則較其他方法快，但野外却不是那样，而是零零星星地做。

数年来使用緯度校正尺的方法，已感到很多不便之处，早欲用另种方法代之。經多次研究，用查表法最实用，無論測区大小或測点多少均可应用。

查表法如和緯度校正尺相比較，具有下列优点：

查 表 法	緯 度 校 正 尺
1. 主要优点能脱离有測点的重力圖板 2. 精度高，不受重力圖幅比例尺大小的限制 3. 制表簡單，用表方便。縱距每相隔 100 公里，只制一个理論重力值表 4. 計算理論重力值，如隨時在进行，用查表法最适宜，效率高，使用工具簡單，算盤和表格 5. 無論室內或野外，均能及时算出重力異常值。而且，表格最适宜野外流动时隨身攜帶 6. 無論重力剖面長短，或者方向如何，不受重力圖板的限制，就能算出重力異常值 7. 無論測区范围大小或測点多少均实用	1. 主要缺点不能脱离有測点的重力圖板 2. 精度和重力圖幅比例尺大小有关。如1:50万圖得出的精度，低于1:10万圖的精度 3. 制尺麻煩（半天制一尺，还要照相縮后才能用），用尺不便。如緯度差 10° 制一尺，縱距 100 公里內要制六把尺子 4. 效率低。工作时，常有校正尺和圖板一大堆，加以貼点、烤尺子（因尺子收縮）非常慢 5. 重力圖板不宜于野外流动时隨身攜帶。因此，野外要及时算出重力異常值就有困难 6. 遇着長的重力剖面，尤其是南北向重力剖面，有無法克服的困难。只好用乘常数的方法，但誤差有达 + 2 毫伽多的 7. 在測区范围大，測点少，又分布零星时就不适用了

从上表的比較，就有必要对查表法加以研究。查表法是在使用緯度校正尺不便的基础上产生的。

查表法是先根据已知緯度綫上的坐标(x, y), 然后把这个坐标换算成与所处緯度相适应的理論重力值, 并列成表。以后就可用測点的坐标(x, y)在表中查出其相应的理論重力值。

目前广泛采用的是高斯投影和其本身的直角坐标系統, 即高斯-克呂格坐标。高斯-克呂格坐标的縱距, 从赤道为零起算, 用 x 表示; 横距从中央經綫起算, 向东为正, 向西为負, 并用 y 表示。本書就是采用这个坐标系統来計算理論重力的。

过去曾用蘭索投影, 按緯度分帶。現用高斯-克呂格投影, 按經度分帶。高斯-克呂格投影, 將一条球帶投影在圓筒上, 这一条帶在兩条經綫之間。这两条經綫各在中央經綫的东与西各 3° , 那么, 当圓柱展开时, 这帶的地帶, 从北極到南極, 只有極

小的变形, 而中央經綫成一条直綫。这些展开的帶, 称高斯-克呂格帶如圖 1。帶的中央經綫是圓筒与地面相切的切綫, 它是全帶中沒有誤差的綫。誤差則由中

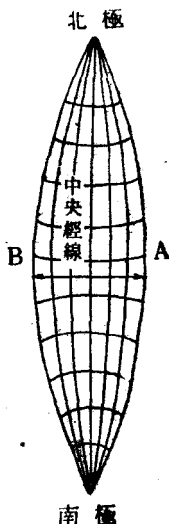


圖 1 高斯-克呂格帶

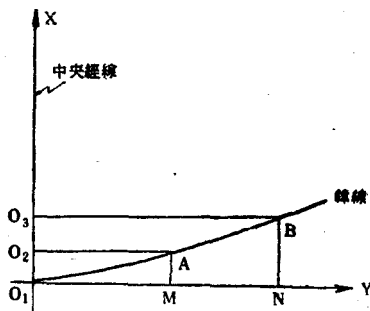


圖 2

央經綫向帶的邊緣逐漸扩大。如圖 1 中 A、B 兩点, 即赤道上帶

的邊緣点，是誤差最大的点，但是即使这些最大的誤差，也是很微小的，只是比实在的距离扩大 0.0014，其面积扩大为 0.0027。但是对重力而言，比实在距离扩大 0.0014 的長度就不小了，这是一个不能忽視的問題。由于这个原因，故取中央經綫处之 x 計算其相应之 γ_0 ，并用 x 和 γ_0 列成理論重力值表。至于計算中央經綫东西測点之 γ_0 ，在圖 2 中加以說明。

圖 2 中 $O_1, O_2, O_3 \dots$ 等点之 γ_0 分别为 $\gamma_{O_1}, \gamma_{O_2}, \gamma_{O_3} \dots$ 等，这些 γ_0 先已列在理論重力值表中；中央經綫以东的 A, B 兩点（还可在緯綫上划許多点）的 γ_0 各为 γ_A, γ_B 。从圖 2 看出 A, O_1, B 三点同在一緯綫上，它們的 γ_0 应相等，但坐标不等。 A, B 兩点的 X 較 O_1 点的实际 x 扩大了 AM 段和 BN 段的長度誤差。从 A, B 兩点作 O_1y 軸的平行綫 AO_2 和 BO_3 ，則 A, B 兩点的縱距分别等于 O_2, O_3 兩点的縱距。用 A 点的 x （等于 O_2 点的 x ）查理論重力值表的 γ_0 ，就相当于 O_2 点的 γ_{O_2} 。显然， γ_{O_2} 不是 A 点的真正理論重力值。因 A 点的 γ_A 等于 O_1 点的 γ_{O_1} （因 O_1, A 同在一緯綫上），即 $\gamma_{O_1} = \gamma_A$ ，但 O_2 点在 O_1 点之上，則 $\gamma_{O_2} > \gamma_{O_1}$ ，也就是 $\gamma_{O_2} > \gamma_A$ 。如果 γ_{O_2} 减去 O_2O_1 段重力就等于 γ_{O_1} ，写成下式：

$$\gamma_{O_2} - O_2O_1 \text{ 段重力} = \gamma_{O_1} = \gamma_A$$

于是 $\gamma_A = \gamma_{O_2} - AM \text{ 段重力} \because O_2A \parallel O_1M \therefore O_2O_1 = AM$

同理 $\gamma_B = \gamma_{O_3} - BN \text{ 段重力} \because O_3B \parallel O_1N \therefore O_3O_1 = BN$

由上式看出， AM 段和 BN 段恰好是 A, B 兩点的 x 分别和 O_1 点的 x （实际距离）之差。用圖解的方法，根据 A 点的 $y = O_1M$ ，算出 AM 段重力；同样，根据 B 点的 $y = O_1N$ ，算出 BN 段重力。称这两段重力值为“經差改正值”。并将經差改正值随同 $\pm y$ ，列成書中的經差改正值表。

上面研究了中央經綫以东的 A, B 兩点，如將它們的橫距改成“負号”，就在中央經綫以西，但得到的重力結果和以东完全一

样。所以测点横距的正、负号，只说明测点位于中央經綫以东或以西，对 γ_0 大小无关。

制表說明和用表

縱距 x 每相隔 100 公里便制一个正常重力值表。每个正常重力值表，均由三个小表組成：即 A ——理論重力值表； B ——理論重力值尾数表； C ——經差改正值表。全書共有正常重力值表 44 个；每个表按低緯到高緯，順次編上号：如 1— A （即第一理論重力值表）；1— B （即第一理論重力值尾数表）；1— C （即第一經差改正值表）；2— A （第二理論重力值表）；……至 44— A 为止。

本書的理論重力值表，从緯度 16° 的坐标起算到緯度 56° 的坐标为止。

每个大表的制法和用法都相同，故举一表为例作說明。

（一） A ——理論重力值表

A 表，只算中央經綫处之 x 的整数公里以上的相应 γ_0 ，在 x 的百位和十位米（个位米四捨五入）的重力，就留在 B 表中計算。

計算步驟：用国际重力公式，称緯度每相隔 $10'$ 的 γ_0 ，見附表 1。另外，在緯度相差 $10'$ 內，称一个每公里变化多少毫伽的常数 K ，如附表 2。

算例：計算緯度 $30^\circ 20'$ 之 γ_0 及緯度 $30^\circ 20' - 30'$ 之 K 。

緯度 $30^\circ 20'$ 之 γ_0

$$\gamma_0 = 978.049(1 + 0.0052884 \sin^2 30^\circ 20' - 0.0000059 \sin^2 x)$$

$$\times 30^{\circ}20') = 979363.839 \text{ 毫伽}$$

緯度 $30^{\circ}20' - 30'$ 之 K

$$K = \frac{\gamma_0(\text{緯度 } 30^{\circ}30') - \gamma_0(\text{緯度 } 30^{\circ}20')}{x(\text{緯度 } 30^{\circ}30', \text{經差 } \pm 2^{\circ} \text{ 处}) - x(\text{緯度 } 30^{\circ}20', \text{經差 } \pm 2^{\circ} \text{ 处})}$$

$$= \Delta g / \Delta x \quad (1)$$

$$= \frac{13.110}{18.4824} = 0.70932 \text{ 毫伽/公里}$$

(1) 式中之 γ_0 查附表 1, x 查“高斯-克呂格坐标”書 (后面簡稱“坐标書”, 1957 年, 測繪出版社)。要在經差 $\pm 2^{\circ}$ 处計算縱距差 Δx , 是因那里的 Δx 接近中數, 以圖 3 所示为例, 即:

$$\Delta x = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3 + \Delta x_4}{4} \div \Delta x_3$$

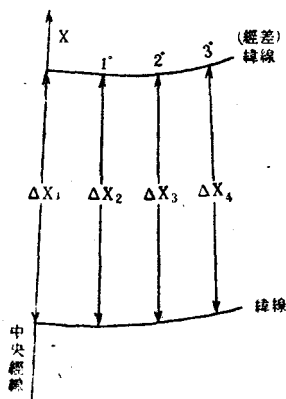


圖 3

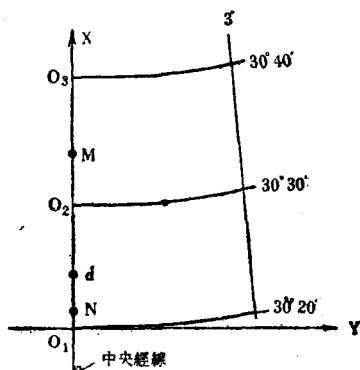


圖 4

为計算方便, 就直接在經差 $\pm 2^{\circ}$ 处算出 Δx_3 。

用上面得出的数据, 以圖 4 的 M 、 N 兩点來說明 A 表制法。首先要要求 M 和 N 点的 x 必須是整数公里, M 和 N 点的理論重

力值各为 γ_M 和 γ_N ，分別用下式計算：

$$\left. \begin{aligned} N \text{ 点 } \gamma_N &= O_1 \text{ 点的 } \gamma_{O_1} + K(N \text{ 点 } x - O_1 \text{ 点 } x) \\ M \text{ 点 } \gamma_M &= O_2 \text{ 点的 } \gamma_{O_2} + K(M \text{ 点 } x - O_2 \text{ 点 } x) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

(2) 式中： γ_N 式的 K 是緯度 $30^\circ 20' - 30'$ 間的常数 } 查附表 2
 γ_M 式的 K' 是緯度 $30^\circ 30' - 40'$ 間的常数 }
 γ_{O_1} 和 γ_{O_2} 查附表 1， $O_1 O_2$ 兩点的 x 查坐标書。于是，得：

$$\gamma_{O_1} = 979\,363.839 \text{ 毫伽}$$

$$\text{緯度 } 30^\circ - 20' - 36 \quad K = 0.70932 \text{ 毫伽/公里}$$

$$O_1 \text{ 点的 } x = 3357.1248 \text{ 公里}$$

.....

設 N 点 $x = 3358$ 公里按 (2) 式

$$\gamma_N = 979363.839 + 0.70932(3358 - 3357.1248)$$

$$= 979364.46 \text{ 毫伽}$$

$$\text{当 } x = 3359 \text{ 公里, } \gamma_0 = 979363.839 + 0.70932(3359 - 3357.1248)$$

$$= 979365.17 \text{ 毫伽}$$

.....

同样，可算出 γ_M 。用上述方法，当 x 每相隔一公里，就算出 x 相应之 γ_0 ，用 γ_0 和 x 列成 A 表。

書中每个 A 表的理論重力值用 γ_0 (毫伽) 表示；高斯-克呂格縱距用 x (公里) 表示。

(二) B ——理論重力值尾数表

在圖 4 中的 d 点，設它的 $x = 3358.350$ 公里，不是整数公里。用 d 点的 x 在 A 表中就查不到理論重力值。如用內插法計算，工效又太低，不切合实用。讀者可能会这样想，在制 A 表时，不顧及 x 是不是整数公里，全部算在 A 表內；就是 $x = 3358$ 公里 (整数) 或 $x = 3358.350$ 公里 (不是整数) 在 A 表中都能查到 γ_0 ，

較你用 A 、 B 表查后相加还快（有好几位同志都这样提过）。对，不过照你想的那样制 A 表，較書中原制的 A 表要增加 99 倍，也就是要多算 435,600 个 γ_0 ，这样大一个数字，不但要算很多年，反而增加了找表不便的困难。我們要制的是簡單的理論重力值表。

制 B 表非常簡單，因我們只計算 x 的百位和十位米的重力。这个重力用 $\Delta\gamma_0$ 表之，百位和十位米用 m 表之；另外，算一个常数 $K_2 = \text{毫伽/公里}$ ，則 $\Delta\gamma_0$ 用下式計算：

$$\Delta\gamma_0 = m \times K_2 \quad (3)$$

(3) 式中， m 每相隔 10 米，算一次 $\Delta\gamma_0$ 。如 m 为 0, 10, 20,990 米；用 K_2 乘这些 m ，得出的 $\Delta\gamma_0$ 随同 m 列入 B 表中。

(3) 式中的 K_2 計算，是由 B 表应用于 A 表的 x 範圍內加以确定。例如 16— A $x = 3300 - 3400$ 公里，則 16— B 之常数 K_2 計算如下（ γ_0 查 16— A ）：

$$\begin{aligned} K &= \frac{\gamma_0(3400 \text{ 公里}) - \gamma_0(3300 \text{ 公里})}{3400 \text{ 公里} - 3300 \text{ 公里}} = \\ &= \frac{979394.33 - 979323.58}{100} = 0.7075 \text{ 毫伽/公里} \end{aligned}$$

如 16— B 中 $m = 350$ 米，則

$$\Delta\gamma_0 = 350 \times 0.7075 = 0.25 \text{ 毫伽}$$

現在，回头算 d 点 $x = 3358$ 公里 + 350 米， $y = 0$ 的相应 γ_d 就不难了。

因 $x = 3358$ 公里， $\gamma_0 = 979364.46$ 毫伽（查 16— A ）

$m = 350$ 米， $\Delta\gamma_0 = 0.25$ 毫伽（查 16— B ）

則 d 点之 $\gamma_d = 979364.46 + 0.25 = 979364.71$ 毫伽

(三) C——經差改正值表

在引言里已提到 C 表的作用。至于 C 表和 A 表 B 表之間的关系上，在后面用表一节里自然会明了。

制 C 表較制 A 表和 B 表更复杂。 C 表对理論重力值的精度高低有关，我們用圖 5 来討論。

圖 5 上有三条緯綫，分別交中央經綫于 O_1, O_3, O_5 三点；通过这三点，各作 O_1x 軸的垂直橫軸 O_1y, O_3y, O_5y 。在 O_1y 上任取一点 n_1 ，由 n_1 作 O_1y 的垂綫 n_1P ， n_1P 和各緯綫相交于 n_2, n_4, n_6 三点；通过这三点，各引橫軸的平行綫，即 $n_2O_2 \parallel O_1y$ ， $n_4O_4 \parallel O_3y$ ， $n_6O_6 \parallel O_5y$ 。并設 n_2, n_4, n_6 三点的 γ_0 分別为 $\gamma_{n_2}, \gamma_{n_4}, \gamma_{n_6}$ 。現对这三点的理論重力值加以研究。

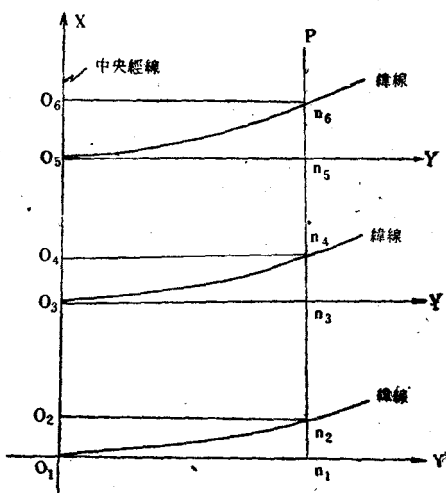


圖 5

圖 5 上 O_1n_2 点均在同一緯綫內，这两点的 γ_0 应相等，即 $\gamma_{O_1} = \gamma_{n_2}$ 。因 $O_2n_2 \parallel O_1n_1$ ，故 $O_2O_1 = n_2n_1$ ，照前面引言里証过的：

$$\left. \begin{aligned} \gamma_{n_2} &= \gamma_{O_2} - n_2n_1 \text{ 段重力} \\ \text{同理 } \gamma_{n_4} &= \gamma_{O_4} - n_4n_3 \text{ 段重力} \\ \text{同理 } \gamma_{n_6} &= \gamma_{O_6} - n_6n_5 \text{ 段重力} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

(4) 式得出：