

# 攝影測量學 及 立體攝影測量學

第八卷

副 教 授 尼·德·伊里尹斯基編著  
技術科學候補博士

武漢測量制圖學院  
中華人民共和國  
1957



# 摄影测量学 及 立体摄影测量学

第八卷

副教授 尼·德·伊里尹斯基編著  
技术科学候補博士

(不扭曲模型法、中央測繪科學研究院法、立体摄影測量全能法、  
变换投影坐标系时、通过互相摄影測量法的理論根据、立体摄影測  
量操作的技术方案、青島航校以及共它)

中华人民共和国武昌市  
武汉測量制图学院  
1953

前 言

在讲义第 VIII 卷中，刊载有以柯资料立体摄影测量基本方法——  
 方<sub>2</sub>法和全融法——的理论和实际操作方面的讲义。实际上，这些方法  
 在苏联和中国已广泛应用。

特别注意的是科学和实践在这方面已取得了的最新成就。此外，  
 在本春讲义还叙述了与互变换投影光线束中，延立空间摄影测量网法  
 的理论知识（实际操作），编制进行航测主真几种<sub>2</sub>种的相互联系技  
 术方案，和骨架航线的敷设以及其他等有关的课题。

本卷内所刊载的讲义，係在 1956 年 1 月 11 日至 1957 年 3  
 月 1 日期间内向中华人民共和国武汉测量制学院本专业内全体教授、  
 教师、和研究生成员讲演的。

出席听课的，还有一些其它大学和中国科学院的人员。

在个别情况下，中国同志还邀请了高年级学生听课。这些课<sup>内</sup>所讲  
 授的问题与其基干教学大纲的内容是相符合的。

本校该专业研究生根据讲果所研究的方法，进行了实际操作，并  
 得到了十分良好的结果。

研究生在中国科学院科学工作者张海根同志及教研组的工作同志  
 指导下进行了所有的实验工作。

讲义由航测系助理主任，刘葆樑讲师，和译员，章菊女，田克忱  
 支福御译成了中文。互真教研组方面，陈运付教授，孙护，崔炳志和尹  
 世德讲师，早已测绘学院教师钱霄波同志以及其他人员在很大程度上  
 给了他们必需的帮助。

责任翻译编辑是由博士，王之卓教授担任。

课堂讲授中的翻译由刘葆樑讲师担任，中文插图是陈宗耀同志所  
 完成的。

现在我们谨向航测系主任王之卓教授，助理主任刘葆樑讲师，教  
 研组代理主任陈运付教授，孙护，崔炳志，黄吉程讲师，中国科学院  
 科学工作者张海根同志，早已测绘学院钱霄波同志，译员章菊女，田

克收和友福御全志。教学辅助员<sup>陈</sup>家耀<sup>及</sup>教研组其他工作人员表示衷心的感谢，谢之他们给予我在备课上和讲课时的帮助。

尼·德·伊里英斯基  
中华人民共和国武昌市

1957年

- §139 全能仪上利用互换光线束来进行像片处理中的相对定向条件 ———— 158
- §140 在垂直航空摄影的条件下，航相机和投影镜箱二者焦距的不等性对所恢复的几何模型真生标值的影响 ———— 164

### 第二節

利用无线电测高仪和高差仪读数的情况下，在多倍投影测图仪上建立（恢复几何模型）的特点

- §141 无线电测高仪读数在多倍投影测图仪上建立，高程网中的利用，以及测微高差仪读数在以后高程平差的应用 ———— 189
- §142 高差仪读数的单独利用 ———— 195

### 第三節

在多倍投影测图仪上进行立体摄影测量的实际操作 ———— 199

- §143 准备工作 ———— 200
- §144 在多倍投影测图仪上建立平面网（平面控制的加密） ———— 208
- §145 在多倍投影测图仪上建立高程网 ———— 210
- §146 在多倍投影测图仪上编制地形图的反图 ———— 214

### 第四節

在精密立体测图仪上进行立体摄影测量的实际操作与第三節内行叙述的多倍投影测图仪的技术操作比较上有些特点

- §147 准备工作 ———— 221
- §148 相对定向，大地定向 ———— 225
- §149 在精密立体测图仪上编制地形平面图 ———— 226

### 第五節

- §150 位于锁段中间的测定真高程误差的讨论 ———— 229
- §151 在全能仪器上的相对定向不定性 ———— 231



### 第XXXIII章

用立体摄影测量法编制地形平面图时，若干主要航测作业的相互联系的技术方案-----233

#### 绪 论

- §152 用全能法在国际分幅内编制地形平面图时，完成主要工种(和若干过程)相互联系的技术方案(见第九方案)-----235
- §153 应用地形立体视差仪的分工法编制平面图时，各种主要工种和若干作业过程间相互联系的技术作业方案10和方案11-----237
- §154 用分工法编制地形图时，完成各主要工种的相互联系的技术方案，其中有解析法(或五倍倍投影测图仪上或在精密立体测图仪上或其他的全能仪器上)进行高程控制点的加密，利用立体视差仪在每一立体像对的范围内勾绘地形-----240
- §155 在骨骼航线中加密平面和高程点的情况下完成各主要工种和某些过程相互联系的技术作业方案(方案12)-----241
- §156 关于编制完成航测作业各个工种时，相互联系技术作业方案的意见-----242

### 第XXXIV章

立体摄影测量中若干问题的补充研究

- §157 关于骨骼航线-----243
- §158 当多倍投影测图仪投影器数少于控制点间像点数时，在多倍投影测图仪扩展平面三角测量的某些特征-----247
- §159 用解析法编五平面网的几点意见-----255

### 第XXXV章

1956年苏联出版的细则的摘录-----260

- §160 1956年苏联测量出版社所出版的1:20000和1:25000比例尺地形测量细则(第1部分)野外工作中某些章节的摘录 ----- 261
- §161 摘录1956年苏联测量出版社出版的1:25000和1:10000比例尺地形测量规范第二部分)摄影测量工作和立体摄影测量工作中的几章 ----- 273

# 第八卷 目录

—1—

## 第 XXX 章 不扭曲模型法

一般情况	-----	頁
§114 理論根据	-----	1
§115 $\varphi$ 和 $\Delta\varphi$ 值的测定技术	-----	4
§116 测定立体像对范围内的加密真高程	-----	9
§117 航线綫段的范围内摄影测量加密高程的解折法	-----	11
§118 連續法摄影测量加密高程的各种可能的解折法	-----	28
§119 构作双模型以摄影测量加密高程的解折法	-----	30
§120 用不扭曲模型法确定真的假定高程的預期精度	-----	35

## 第 XXX 章

### 用微分法进行空中三角测量的 $\text{LHNUFA}_{\text{Ka}}$ 法

§121 方法的理論根据	-----	43
§121a 在航攝綫段范围内按 $\text{LHNUFA}_{\text{Ka}}$ 法建立空中三角测量的实际操作	-----	48

## 第 XXXI 章

### 航攝資料立体摄影测量作业的全能法

§122 一般概念	-----	65
-----------	-------	----

#### 第 I 部分 多倍投影测图仪

§123 仪器的述說	-----	69
§124 仪器的檢驗	-----	77
§125 多倍投影测图仪的像片縮小仪	-----	81

#### 第 II 部分 精密立体测图仪

§126 一般情况	-----	88
-----------	-------	----



仪器简述 ----- 頁

§127	軸系和儀器主要部分的運動	-----	90
§128	投影系統	-----	92
§129	視測系統	-----	98
§130	儀器的量測和構照系統	-----	106
§131	精密立體測圖儀的檢驗和校正	-----	109

第三章

像完全能測圖儀上的定向

§132	相對定向的光學機械解法	-----	127
§133	用光學機械解法作相對定向的一些理論說明	-----	130
§134	在多倍投影測圖儀上和精密立體測圖儀上進行相對定向的實際方法	-----	138
§135	在多倍投影測圖儀上和精密立體測圖儀上進行像對定向的某些看法	-----	145
§136	將網中各片單模型(網段)歸至為統一比例尺	-----	147

第 XXXII 章

在多倍投影測圖儀上和精密立體測圖儀上建立平面控制立體攝影測量加密高程和編制地形圖的立體攝影測量作業此方案

§137	一般情況	-----	151
------	------	-------	-----

第一章

利用接觸投影光線束來建立空間攝影測量網方法

的理論根據

§138	在組成立體對二張像片為水平時，航攝和和投影鏡箱二者焦距的不等恢復幾何模型真坐標(x, y, z)的影響	-----	153
------	---	-------	-----

## 第 XXIV 章

### 不扭曲模型法

在1944年，M. P. 康新教授根据倾斜像片和水平像片上座标间的解析关系确定了，在横视差的改正数和纵视差之间存在着一个相当简单的关系（假如取通用变数  $x$ 、 $y$  和  $r$  的八次项公式）。该简单关系可以用以下公式表示：

$$\frac{\delta p}{\delta} = \frac{x}{y} \quad (a)$$

公式中： $x$  和  $y$  表示航摄像片上量得的点的坐标；

$\delta p$  表示该点横视差的改正数；

$\delta$  表示该点的纵视差。

1944—1945年，Г. В. 罗曼诺夫斯基教授用几何的方法解决该问题时，也得到了这同一的结论。Г. В. 罗曼诺夫斯基教授从理论上研究了旁轴影测量测免误差的高程时运用等式 (a) 的可能性。根据这些理论上的研究曾经进行了八些实验工作，其结果完全合乎要求。

后来，Г. В. 罗曼诺夫斯基教授称此法为“不扭曲模型法”。并在他本人的领导下对该法进行了详细的研究，约自1949—50年起已为该单位所广泛采用。

利用不扭曲模型法不仅可以确定加摄点的平面位置，而且可以决定其高程。此外，这个问题既可以在一个立体对范围内解析，同时也可以在整个航线网段范围内（航线网段的模型）来解析之。

因为不扭曲模型法在测定加摄点的高程中已经获得最广泛的运用，所以我们在本章内就这方面来研究不扭曲模型法。

### § 114 理论根据

在 III 卷中我们已经推演出水平像片变换座标和相对定向元素间的解析关系公式 [公式 (260) 和 (261)] 是像对按照方向  $O_1$  和  $O_2$  定向时的。

公式；公式 (273) 和 (274) 是像对按照方向  $O_1$  和  $O_2$  是同时的公式]。

假改变数  $\alpha_x$ ,  $\alpha_y$  和  $\nu$  一项的情况下, 我们改写这几个公式:

$$\Delta x = x_2 - x_t = -\frac{x_2^2}{f} \alpha_x + \frac{x_2 y}{f} \alpha_y - \frac{x_2^2}{f} (b_0 + \Delta p_i) \nu + f \alpha_x \dots (5)$$

$$\Delta y = y_2 - y_t = -\frac{x_2 y}{f} \alpha_x + \frac{y^2}{f} \alpha_y - \frac{y^2}{f} (b_0 + \Delta p_i) \nu + f \alpha_y \dots (6)$$

(在这几个公式内,  $\alpha_y$  的符号当矢量  $f$  按顺时针方向旋转时为正)。

当等式 (6) 乘以  $\frac{x_2}{y}$  之后, 我们就得到:

$$\Delta y \frac{x_2}{y} = -\frac{x_2^2}{f} \alpha_x + \frac{x_2 y}{f} \alpha_y - \frac{x_2^2}{f} (b_0 + \Delta p_i) \nu \dots (7)$$

( $f \alpha_x$  和  $f \alpha_y$  可作为常数值而加以略去, 这些数值垂不会在横视差和纵视差较的测量内)。

比较一下 (7) 和 (5) 式就可以看出, (7) 式的右部是和 (5) 式的右部相等的, 亦即我们可以写成:

$$\Delta y \frac{x_2}{y} = \Delta x,$$

因为

$$\Delta y = \rho$$

$$\Delta y = \rho$$

$$\Delta x = -\delta p$$

则得:

$$-\frac{x}{y} \rho = \delta p \dots (490)$$

(上式中  $\delta p$  表示横视差较量测值的改正数)。

条件 (490) 只有当左像片假定为水平像片, 并且像对像按是  $O_1$ ,



$n_2$  进行定向时，才是正确无误的（见公式 273 和 274）。

实际上，採用不扭曲模型法时，左方像片被当作水平像片，亦即假設角度  $\alpha_{1x}$  和  $\alpha_{1y}$  是等於零。

至於像片的定向，則在理論上像片應該是按  $C_1'$  和  $C_2'$  定向（與  $C_1$  是在像片上的等角點，共轭座標  $y_{C_2} = \frac{1}{2} f \Delta \alpha_y$ ；與  $C_2$  是在左像片上的等角點，共轭座標  $y_{C_1} = +\frac{1}{2} f \Delta \alpha_y$ ）。因此，當像片按照  $C_1'$ 、 $C_2'$  方向定向時，必然會產生  $K$  角，這些角就是  $K_{1,c}$  和  $K_{2,c}$ ，正如所考慮到的，這些角度 不會給等式 (468) -  $\frac{x}{y} \delta p = \delta p$  帶來額外的扭曲。

這種情況就使得這問題最簡單的綜合求解（確定加密點的平面座標和共高程）變得最為可能。

假如我們只是考慮加密點的高程測定，則定向就可以按照與  $O, n_2$  進行。此時，公式 (490) 運用時就可以簡化了。

假如我們將公式 (490) 中的  $\frac{\delta}{y}$  值以  $\varphi$  表示，則該公式就可以寫成：

$$\delta p = -x \varphi \quad (491)$$

因此，確定橫視量較量測值改正數的主要思想就在於：在運用此法時，就沒有必要計標相對方位元素。如果運用按參數  $\delta/y$  所組成的相應個解圖中的話，則改正數  $\delta p$  就可以很簡單的和迅速的測定了； $\delta$  和  $y$  值是量測過的，亦即我們可以認為這些數值為已知數。

然後，測定橫視量較量測值的改正數 ( $\delta p$ )，並且按照以下公式算出“不扭曲”的橫視量較：

$$\Delta p_i = \Delta p_i' + \delta p_i \quad (492)$$

大式中： $\Delta p_i'$  —— 橫視量較量測值，我們通常是採用理想攝影情況下測定  $Z$  值的公式，即：

$$Z = h_i = \frac{H_i \cdot \Delta p_i}{b_i + \Delta p_i} \quad (493)$$

数值  $h_i$  可以按得计算出所有加密点的摄影测量高程，然后根据控制点进行大地定向（由于  $A, p$  是属于像作为水平的左像片假定平面的）得到加密点的绝对测量高程。

§ 11.5  $\varphi$  和  $\Delta\varphi$  值的测定技术

我们已知  $\varphi_i = \frac{z_i}{y_i}$

式中： $z_i$  表示点  $i$  的纵误差；

$y_i$  表示点  $i$  的横坐标；

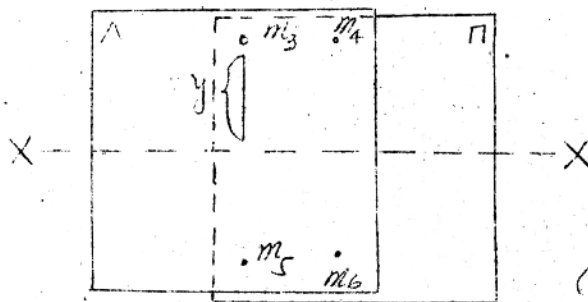
$z_i$  值是在立体坐标量测仪上或精密立体测微仪上量测的（不用改正机件）并且与水平航摄像片上该值通常不大（很少到达 2~3 公厘）。

实际上，“ $y_i$ ” 值是在右方航摄像片量测得的，并且其数值取决于点  $i$  离旁轴坐标轴的距离；如果点  $i$  离旁轴坐标轴的距离很小，则  $y_i$  值的测定误差就将会很大，这就使实际上不能实现不扭曲模型法的理论。

除此以外，如果要计算每个加密点（控制点）的  $\varphi$  值，我们就要在解析计算上花费很多的时间，因而就显著的降低了劳动生产率。

这种情况（由实际及理论观点出发）就造成了要利用  $\varphi$  的图解方法来确定  $\varphi$  值。该图是根据横坐标绝对值很大的点上的量测值  $z_i$  和  $y_i$  来构成的。

在不扭曲模型法中，这些点被称为“归化”点，在图 193 中以  $m_3, m_4, m_5, m_6$  表示。



(图 193)

在实际作图中，是把测定的定向元素统一起来，通常是取或任意位置点（3、5、4和6）点作为这些归化点。

如果以标注位置的归化点 $P_1$ （像点对称 $O_1$ 的方向定向时），这时就可使我们不必进行很多的计算，而按公式 $y_{n_2} = \frac{f}{8y_2} (Q_3 - Q_4)$  标出 $n_2$ 的纵坐标，或按照下式：

$$y_{n_1} = \frac{f}{8y_1} (Q_3 + Q_4) \quad \text{和} \quad y_{n_2} = \frac{f}{8y_2} (Q_3 - Q_4)$$

标出 $C_1$ 和 $C_2$ 的纵坐标，然后按照其中一条方向进行像片的定向，并再次量测标准点的 $x_1$ 和“ $y$ ”和构成 $\varphi$ 的图表。

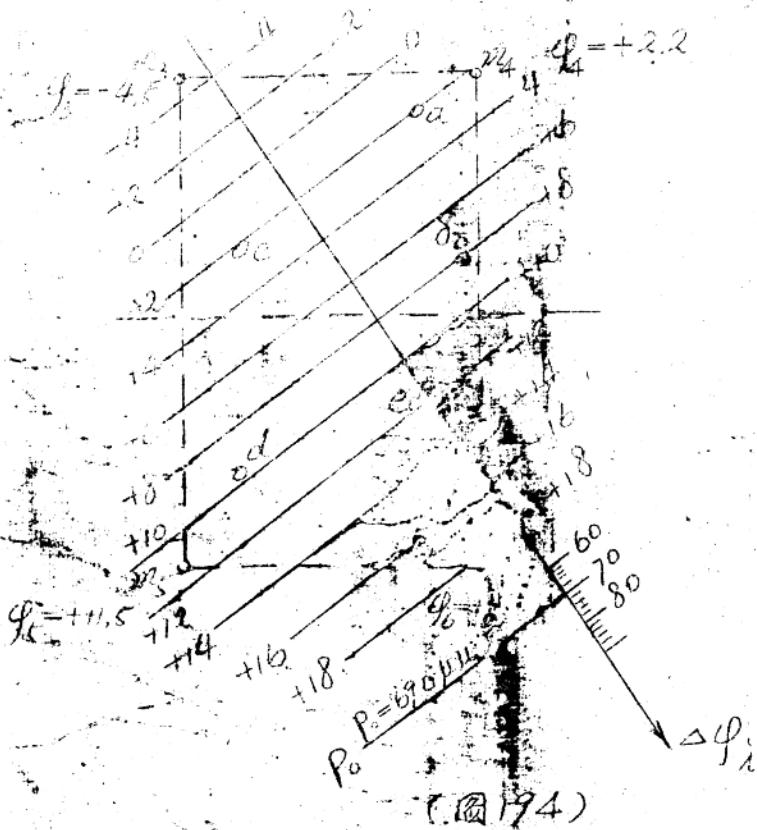
因此，在量得点：3 ( $m_3$ )，5 ( $m_5$ )，4 ( $m_4$ )和6 ( $m_6$ )上的 $x$ 和 $y$ 之后，就可以按下式标出 $\varphi_3$ 、 $\varphi_4$ 、 $\varphi_5$ 和 $\varphi_6$ ：

$$\left. \begin{aligned} \varphi_3 &= \frac{x_3}{y_3} \\ \varphi_5 &= \frac{x_5}{y_5} \\ \varphi_4 &= \frac{x_4}{y_4} \\ \varphi_6 &= \frac{x_6}{y_6} \end{aligned} \right\} \text{--- (494) ---}$$

由于得到的 $\varphi$ 值很小（例如当 $z = 1m$ ， $y = 60m$ 时， $\varphi = 0.016667$ ），通常将其放大为1000倍（这样放大后，上式的例子中的 $\varphi = 16.7$ ）。

- 知道了四个标注点的 $\varphi$ 值以后，就可以构成图表。为此：
- a) 将右方像片上的“归化”点（已量测 $\varphi$ 值的标准点）和加标点透写到透明底（透明纸）上；
  - b) 在透明纸上用直线将“归化”点联接起来，并在每点附近标注等于1000 $\varphi$ 之值（见图194）。





(图 194)

6) 在直线 (图 194:  $m_3 - m_4$ ;  $m_4 - m_6$ ;  $m_6 - m_5$ ;  $m_5 - m_3$ ) 进行  $\varphi$  值差数的直线内插: 以便于确定给定值 (例如 2.11) 倍数值的位置, 它得到了  $\varphi$  值的插真之后, 用直线把相等的  $\varphi$  值联系起来 (见图 194)。

这些直线必须严格的平行, 因为函数  $\varphi = \frac{z}{y}$  为直线式。

2) 当作好这样的图解以后, 就可将共上的所有加密点  $a, b, c, d$  等的  $\varphi$  值读取下。在表的前面情况下, "a" 点的  $\varphi_a = +2.10^{-3}$

确定  $\varphi$  值以后, 按照下式 (491) 计算所有加密点 (其中包括控制点) 的  $\delta P_i$ :

$$\delta P_i = -\lambda_i \varphi_i \quad (491)$$

上式中:  $\lambda_i$  是由右像片上取下来的。

当归化类的高程差不大和这些类的视差又大约相等时，这样测定  $\varphi$  值的程序是正确的。

但是不难看出 在 §114 公式 (8) 和 (8) 中包含有：

$$-\frac{x_2}{f}(b_0 + \Delta p_1)D \quad \text{和} \quad -\frac{y_2}{f}(b_0 + \Delta p_1)D.$$

各不同类的高程差  $\Delta p_i$  值是不相同的，所以 严格的来说， $\varphi$  值不能表示任一像类上的  $\frac{x}{y}$  和  $\delta p$  之间的单值函数，因为它们是在不同的条件（高程不同）下得到的。因此，我们必须人为的把  $\varphi$  值化成为相当于利用相等高程的“归化”类而测定  $\varphi$  值的情况。

将 §114 中的公式 (8) 抄写如下：

$$\Delta y = -\frac{x_2 y}{f} \alpha_x + \frac{y^2}{f} \alpha_y - \frac{y_2}{f}(b_0 + \Delta p_1)D \quad \text{--- (参看 §114 中的 (8))}$$

因为

$$\varphi = \frac{z}{y}, \quad a \Delta y = z,$$

因而可以写成：

$$\Delta y = z = y \varphi.$$

因此得到

$$\varphi = -\frac{x_2 y}{f} \alpha_x + \frac{y}{f} \alpha_y - \frac{1}{f}(b_0 + \Delta p_1)D \quad \text{--- (495)}$$

如果我们以  $p_1 = b_0 + \Delta p_1 = b_1$  表示类 1 的横视差

以  $p_i = (b_0 + \Delta p_i) + \Delta p_i = b_i + \Delta p_i$  表示任意类  $i$  的视差，则可得到新的

$\varphi_0$  和  $\varphi_i$  值如下：

$$\varphi_0 = -\frac{x_2}{f} \alpha_x + \frac{y}{f} \alpha_y - \frac{1}{f} b_1 D$$

$$\varphi_i = -\frac{x_2}{f} \alpha_x + \frac{y}{f} \alpha_y - \frac{1}{f} b_1 D - \frac{\Delta p_i}{f} D \quad \text{--- (496)}$$

$\varphi_0$  和  $\varphi_i$  间之差为：

$$\varphi - \varphi_0 = \Delta\varphi = -\frac{\Delta p_i}{f}$$

因为我们是取符號  $\nu = -\tau_A$  的，所以

$$\Delta\varphi = +\frac{\Delta p}{f} \tau_A \text{----- (497)}$$

式中： $\Delta p$  表示已知与横视差和  $\varphi$  值所相应的横视差之间的差。首先测出所有归化点的  $\Delta\varphi$  值，然后按以下公式确定  $\varphi_0$  值：

$$\left. \begin{aligned} \varphi_0(m_3) &= \varphi(m_3) - \Delta\varphi(m_3) \\ \varphi_0(m_5) &= \varphi(m_5) - \Delta\varphi(m_5) \\ \varphi_0(m_4) &= \varphi(m_4) - \Delta\varphi(m_4) \\ \varphi_0(m_6) &= \varphi(m_6) - \Delta\varphi(m_6) \end{aligned} \right\} \text{----- (498)}$$

在确定  $\varphi_0$  值之後，完全如前面那样刻出  $n$  个同解圈（见图 194）。

由该同解圈上取下  $\varphi_0$  值；然后按照以下公式求出立体像对上所有加象点的  $\varphi$  值：

$$\varphi_i = \varphi_{0i} + \Delta\varphi_i \text{----- (499)}$$

式中： $\varphi_0$  为同解上所取下的数值。

$$\Delta\varphi_i = \frac{\Delta p}{f: f_K} \tau_A \quad (\text{参阅 497})$$

研究这样  $n$  个问题是很有趣的，即在什么情况下必须要在等式 (498) 和 (499) 内加入改正数  $\Delta\varphi_i$ 。

这个问题可以这样的解决：

a) 我们已知：

$$\partial p = -x \varphi \text{----- (参阅 418)}$$

$\varphi$  的偏微分为：

$$2\partial p = -x \cdot \partial \varphi \quad \text{或} \quad \left| \partial p \right| = \left| \frac{\partial p}{\partial \varphi} \right| ;$$