

立体地质图的作法

Г. С. 波尔什尼亞科夫 著

地质出版社

立体地质图的作法

Г.С. 波尔什尼亞科夫 著

地质出版社

1958年 北京

Г. С. ПОРШНЯКОВ
ПОСТРОЕНИЕ
БЛОК-ДИАГРАММ
ПО ГЕОЛОГИЧЕСКИМ КАРТАМ
ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛЕНИНГРАДСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА

1956

本書的內容是敘述直觀地質圖——立體圖的作法。根據地質圖以軸測投影、仿射投影和透視投影來繪制立體圖。本書可供地質人員和大學地質系學生參考之用。

立體地質圖的作法

著者	Г. С. 波爾什尼亞科夫
譯者	王光炎 朱曉嵐
出版者	地質出版社
	北京宣武門外永光寺西街3號
	北京市書刊出版業營業許可證出字第050號
發行者	新華書店
印刷者	天津人民印刷廠

印數(京)1—1,700冊	1958年2月北京第1版
開本 31"×43"1/32	1958年2月第1次印刷
字數20,000字	印張1
定價(10)0.18元	

目 錄

緒論.....	(4)
1. 軸測投影.....	(5)
2. 仿射投影.....	(16)
3. 透視投影.....	(22)
参考文献.....	(32)

緒 論

任何地質調查的重要任务之一都是查明地質体（地層、岩系、侵入体、复盖層和礦脉等）的形狀、大小、空間关系及產狀条件。多数地質体通常具不規則的曲面，对于这样的形体我們不可能用解析方法來表示，而用文字說明时，如果說明得愈詳細，反而会弄得更模糊，因此，对于調查結果，即对于地質体的形狀、大小、空間关系進行制圖乃是一个最令人滿意和最好的方法。在進行詳細地質調查时，圖就具有特殊重要的意义。地質圖和其他圖一样，应滿足便于度量和直觀這兩項要求（還有其他的要求）。必須指出，繪制自然物体圖形的各种繪圖方法，在不同程度上都能滿足上述兩項要求。

例如，普通的地質圖，从几何上來說，乃是將地質露头垂直投影到水平面上，而由于局限于便于進行度量，就不能充分滿足直觀性的要求，从而只有对圖進行詳細的研究和想象以后，才能对所繪地区的構造得出一立体概念。必須指出，这种立体概念只是近似的，而且有时还不是一样的。

当繪制所謂構造圖或等高綫圖时，系利用等高綫（地下地形等高綫）將地質体的表面描繪在圖上，这种方法虽然充分滿足了便于度量的要求，但是直觀性則很不夠；特別是要繪制某些复雜的表面，圖的直觀性就更不夠了。

方塊立体圖和平画立体圖是地質圖中最具有直觀性的圖，但是它們也必然具有某些缺点：例如，在方塊立体圖中

度量是困难的，而平面立体圖除了难于度量外，在观察該圖时还需要有特殊的設備（立体鏡或立体眼鏡）。由于这种圖的繪制比較复雜（对我们來說也并不十分复雜），也限制立体圖的广泛运用。虽然如此，但当把圖的直觀性提到首要地位时：例如在印刷物中、教科書中、通俗画报中以及在地質測量和地質探勘报告的补充圖件的附件中，繪制立体圖乃是十分适宜的。應該想到，將來随着航空方法的發展，一定要將立体鏡运用于实际工作中去，同时也將广泛地运用平面立体圖——成为照片立体像对和圖片立体像对的形式。

普通的地質圖是基本的地質圖件，繪制立体圖的任务在于將地質圖加以改制。下面就是研究如何根据地質圖來繪制立体圖的方法。

繪制立体圖时可根据下列三种投射方法：

- （1）軸測投影法；
- （2）仿射投影法；
- （3）透視投影法。

前面两种投影方法屬於平行投影，因而采用由平行直綫所組成的光綫，在此情况下，視点的位置或投影極的位置距离該物体无限远。軸測投影和仿射投影能作出同样的圖形，只是兩者在作圖方法上有所不同。

透視投影就是取从同一点發射出來的一束光綫，这对我們的視覺來說是較為習慣的，但是繪制这种圖却比較复雜。

1. 軸 測 投 影

軸測投影（圖1）的實質是：被描繪的物体（ $\triangle ABC$ ）原來是屬於笛卡兒直角坐标系（ x, y, z ），然後將物体的各特征点和空間坐标軸一起平行于某一方向（ P ）而投射到平

面或画面 (K) 上; 这样, 在画面上所求得的图形 ($\triangle A_1B_1C_1$) 就是该物体的轴测投影图。一般总是根据各点来投射, 例如, B_1 就是 B 点的轴测投影。画面上 B_1 点的位置当然不能确定 B 点在空间的位置, 因为当投射方向一定时, BB_1 线段上所有各点都将投射到该一点上。为了确定 B 点在空间的位置, 除了 B_1 的位置外, 还必须知道 b_1 的位置, b_1 点是 B 点在 xy 平面上的第二投影。 $\triangle a_1b_1c_1$ 就是 $\triangle ABC$ 的第二水平投影 (即 $\triangle abc$ 的轴测投影)。

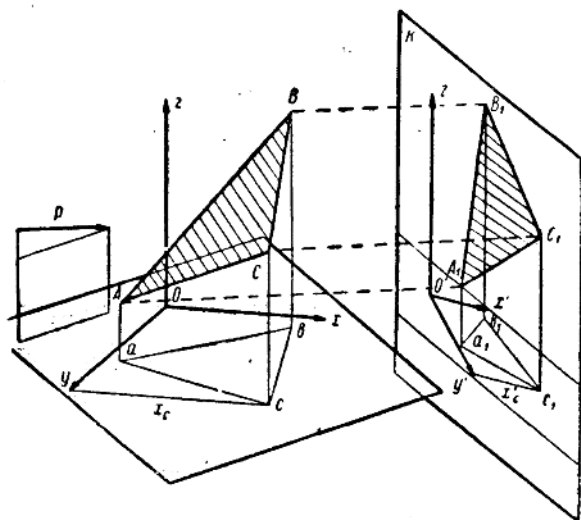


图 1. 轴测投影的原理

显然, B_1 点的轴测投影坐标 (即 B_1 点对 $x'y'z'$ 三轴的位置) 是与 B 点的空间坐标不同的。因为在一般情况下, 物体的大小和坐标轴上的线段在投射以后都要发生变形。这些变形的大小 (所谓的变形指数) 就表示出轴测投影坐标和直角

坐标間的关系。在 x 軸上的变形指数由比值 $Kx = \frac{x'}{x_0}$ 來确定。

这样，变形指数就等于空間坐标軸上所截取的單位綫段的軸測投影的長度。在一般情况下，三个坐标軸的变形指数是各不相同的（ $Kx \neq Ky \neq Kz$ ），这种投影称为三測投影。如果其中两个相等而不等于第三个（即 $Kx = Kz \neq Ky$ ），則称为二測投影。如果三个变形指数都彼此相等，則称为等測投影。同时，軸測投影又分为正軸測投影（投射方向垂直于画

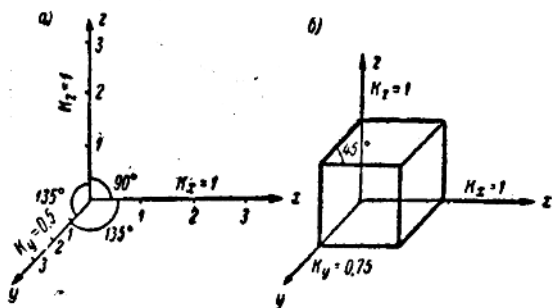


圖 2. 軸測投影比例尺

面)和斜軸測投影（投射方向不垂直于画面）。对于斜軸測投影，正如軸測投影理論所証明的一样，可以取相交于同一点的三条任意直綫作为軸測投影軸，而变形指数可以取三个任意的有限数。因此，斜軸測投影对于作圖者有了較大的自由。当作立体圖时，就常常要运用这种投影。但在无限多的可能的斜軸測投影中，为了作圖簡單和圖形明顯，实际上主要只运用某些等測投影和二測投影。为了繪制这样的投影圖，画面应和一空間坐标面相重合，而投射方向和投影面成 $45-60^\circ$ 。为了明瞭作圖时所采用的投射条件，每一軸測投影圖都应附有一輔助圖（圖 2, a），輔助圖是符合于軸測投

影軸的體系，并根据所採用的變形比例尺（軸測投影比例尺）將坐標軸分節。或者在軸測投影圖的旁邊附加一小的立方體，立方體的三側面與坐標面重合，并標明變形指數（圖2,6）。

只要我們指明立方體的稜相當於多少長（公尺或公里），或者在立方體的側面畫出其中注有直徑的圓，那末，立體圖上的度量手續就大為簡化。

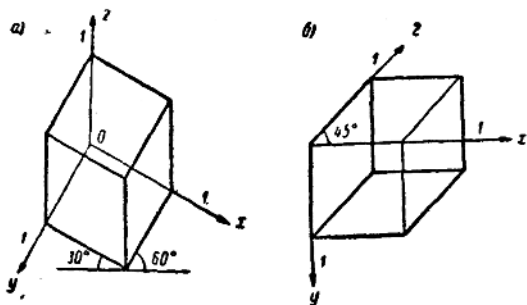


圖 3. “軍用透視”中立方體的作法

我們可在繪制立體圖所採用的軸測投影的基本圖形中來研究投影的條件。

“軍用透視”就是斜等測投影，其畫面和 xoy 面（水平面）重合，投射方向和畫面成 45° 角。 z 軸總是垂直的（圖3, a）， x 和 y 兩軸彼此成 90° 的角度，而與水平綫成任意角度（最常見的是 60° 和 30° ）。有時採用 z 軸與水平綫成 45° 的角度。此時 y 軸是垂直的， x 軸則是水平的（圖3, b），三軸的變形指數彼此相等，並通常採取等於 1。

這種投影的最大優點就是：位於某一水平面內的所有直綫經過描繪以後，其綫長和角度關係都沒有變形。因此，當繪制上述“軍用透視”投影圖時，就不必繪制輔助的第二投影

(圖 1 上的 $\triangle a_1 b_1 c_1$)，因為它可以直接利用地質圖來代替，地質圖就是繪制立體圖的原始圖件。

為了繪制這種投影的立體圖，可採用下列作圖順序：

1. 選定地質圖的位置，使得所要描繪的物體（起伏形狀、地質構造）看起來最清楚。為此，可將靠近構造走向的圖也放置得和水平綫成 60° 的角度。這時大致與構造走向正交的另一圖邊上的剖面，在立體圖上變形就較小。當圖框兩邊的剖面具有同等價值時，就可採用如圖（3, 6）所示的軸測投影軸的位置。在此情況下，圈定立體圖的兩個剖面則產生同樣的變形。如果圖邊上的剖面不足以說明地區的地質構造時，那末就應該選擇出最具有特征的剖面的方向，甚至選擇幾個方向，並在地質圖上標明這些方向。利用這些剖面將地質圖分為 2 個（或更多的）獨立的塊段。將地區的最高處分布在圖的較遠處是較為適宜的。

2. 因為在這種投影中，所有水平截面經過投影以後都無變形。因此，立體圖的地形面和構造面的繪制，就在於簡單地複製這些水平截面（即等高綫及與等高綫有關的地質構造上的各點）。這樣，每一較高的等高綫對於其前一等高綫要沿 z 軸向上移動一個距離，該距離等於按圖比例尺而定的等高綫間的間隔。因此在一張腊紙上（在腊紙的下部為宜）作一輔助的水平綫（如圖 4, 6 上的 AB ）。

然後把腊紙放在地質圖上，使得地質圖位於前面第一點所考慮的位置上（圖 4, a, 6）。此時在腊紙上把對着視綫的兩個圖邊描出。如果地質圖被補充剖面分為若干較小的塊段，那末就應當在腊紙上分別描出各塊段。為此，在塊段劃分以後，對每一塊段描繪圖邊時，應將腊紙移動一必要的距離。然後由二個成對角綫分布的圖角起，取角點的標高為零

(或者取圈定立体圖的剖面預計到的深度作为角点的标高), 然后作出垂直比例尺, 在垂直比例尺上注明所有等高綫的标高, 此后將腊紙沿圖紙移动, 使得圖的兩角(圖4, a 上的B和Γ兩点)和垂直比例尺上最上面的等高綫的标高重合。

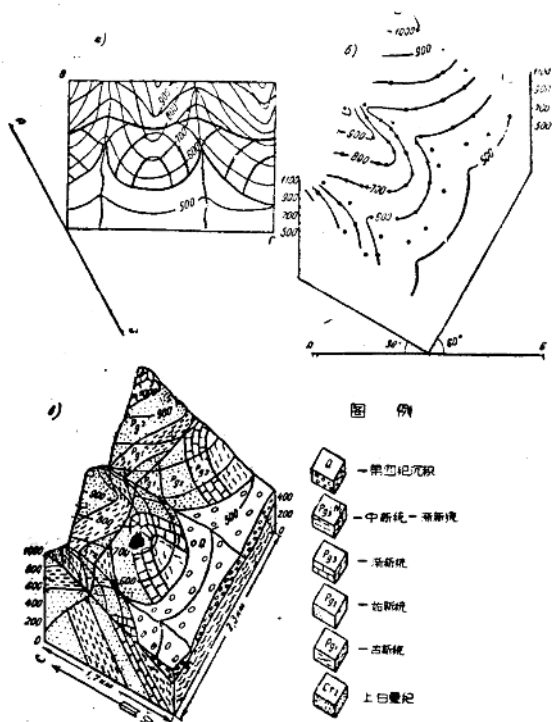


圖 4. 用“軍用透視”法繪制立体圖

a—地質圖; б—制圖的第一階段; в—立体圖

在此位置上, 我們只描繪出該等高綫及等高綫与河流、道路和地質边界的交点。然后依次对圖上所有等高綫進行同样的

作圖。在蜡紙的相应位置，我們不僅要描繪等高綫上地質或其他地物的特征点，而且还要描繪各等高綫間的地質或其他地物的特征点，估計各等高綫的高度并將其描在蜡紙上。当地質圖被分为若干單獨的塊段时，那末，应分別对每一塊段進行这样的作圖。

3. 根据等高綫上所标出的各点，作出地質边界、河流、道路及断裂等。利用表明地形起伏的陰影和綫条，就能使得用上述作圖方法所求得的地形面具有很大的直觀性。此时可用細的輔助綫条描繪等高綫，如果用山坡和山峯等的特征綫条將地形起伏表示得最为明顯时，甚至可將等高綫从圖上去掉。然后，用符号將地層表示出來。同样也可以应用岩層的慣用圖例來描繪地層，同时使得所繪地層和地形起伏及地質構造相适应（符号的方向应与岩層表面的露头方向一致）。

4. 为了描繪塊段上兩垂直平面（朝視綫方向的）上的地質構造，应当在另一張圖紙上根据地質圖作出沿这两个方向的一般的地質剖面，并在此剖面上画出長方形或正方形的格網。然后，根据立体圖上已經画出的边界和通过塊段的各角所作的垂綫，在立体圖上画出相应的四边形或菱形的格網。將地質剖面轉画至立体圖上，可根据正方形格網來繪制。如果剖面上的構造很簡單，我們可根据走向綫直接在立体圖的兩壁來繪制。为此，首先应当在地質圖上画出某一地層層面的走向綫并延長而与圖邊相交，然后根据走向綫的标高將交点轉画到立体圖上，其描繪方法与描繪等高綫的方法相同。根据这些点就可在立体圖的兩壁繪出該一岩層的層面。

5. 作出立体圖的軸測投影比例尺（指明变形指数和軸間的角度）。說明东南西北的位置，并繪制圖例。

应当指出，軍用透視的缺点就是所繪圖形不夠自然。如

果觀看立體圖時，圖面不與視線垂直，而是恢復其投射時的情況而與視線成 45° 的角度，這時可以增加立體圖的直觀性。但軍用透視的最大优点是作圖簡單，并不需要繪制第二投影。當畫面不是水平的所有其他軸測投影中，都要繪制第二投影。現在讓我們來研究其中的主要幾種。

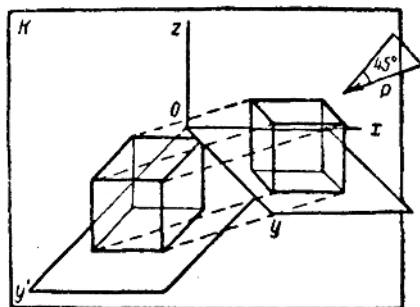


圖 0. 壕溝投影的原理

“壕溝投影”就是正面斜等測投影。其畫面和坐標面 xoz 重合，即畫面是垂直的。投射方向 (P) 與畫面成 45° 的角度 (圖 5)，平行於三個空間坐標軸的線段投影至畫面後不發生變形。

當平行於平面 xoz 的各垂直平面上的所有直線投影到畫面上以後，在線量上和角度關係上都無變形。 z 軸是垂直的， x 軸是水平的， y 軸與

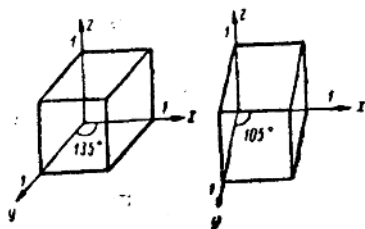


圖 6. 壕溝投影中立方體的圖像

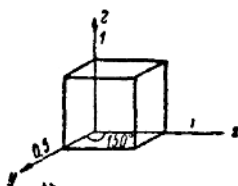


圖 7. 房間投影中立方體的圖像

x 、 z 兩軸所成之角度決定于投射方向。一般 x 軸和 y 軸之間的夾角是 135° ，有時較小則為 105° 。壕溝投影中立方體的圖像（圖 6）不十分自然，好像沿 y 軸方向拉長了一些。所謂房間投影能給予較為明顯的圖像（圖 7），房間投影同樣屬於正面斜二測投影。它與壕溝投影不同，其投射方向與畫面不是成 45° 的角度，而是大約成 60° 的角度，這樣就使得平行于 y 軸的綫段都縮短了一半。在此情況下， y 軸通常和 x 軸成 150° 的角度。雖然，我們能明顯看出立方體沿 y 軸方向已過分縮短， x 和 y 軸間的夾角過大，以便難于描繪地表面（立方體上面的面積大為縮小和變形），但是房間投影中立方體的圖像都是十分自然的。

因此，可以採用正面斜二測投影立體圖來表示地質構造，在此投影中， y 軸的變形指數等於 $\frac{1}{2}$ ， x 和 y 兩軸間的角度等於 135° 或 120° （圖 8）。這種投影能給予我們很順眼的圖像。此時，對於立方體的正面，既沒有綫量的變形，也沒有角量的變形。

現在我們來研究根據地質圖繪制這種投影的立體圖的方法，作圖過程可分為下列幾個步驟：

1. 選定 x 和 y 軸的位置。如果應作的圖形不是地質圖的全部，而是某一已確定的構造或構造組時，那末，最為方便的就是用正交于構造走向和沿構造走向的直綫來圈定所選定的塊段，同時取與構造走向正交的塊段的一邊作為 x 軸，取沿構造走向的另一邊作為 y 軸。在此情況下，與構造走向正交的剖面將畫在沒有變形的立體圖的正面。如果必須描繪地質圖的全部面積時，那末應當取接近于垂直構造走向的圖邊作為 x 軸，而以接近于構造走向的另一圖邊作為 y 軸。

2. 作地質圖的第二投影 (9, 6)。为此, 在另一張圖紙上, 作水平軸 x 及与水平軸成 120° 或 135° 角的 y 軸, 預先將地質圖中沿 y 軸方向的尺寸乘以 0.75 而縮短之, 然後將此圖塊的尺寸轉画在該圖紙上, 并作出与地質圖中的長方形相适应的平行四邊形。最后, 用兩組平行直線將地質圖划分为正

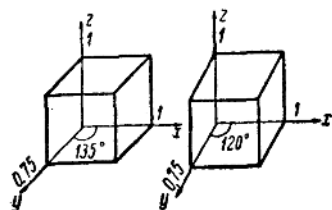


圖 8. 当 $Ky=0.75$ 时正面斜二测投影中立方体的圖像

方形格網, 而在第二投影上作出与之相应的平行四邊形格網。格網的尺寸应当很小, 这样才能使得地質圖上的所有地物 (等高綫、河流、地質界綫等) 轉画到第二投影上不致發生过大的誤差。

3. 根据第二投影作地形起伏和地質边界的軸測投影圖。作圖的方法是根据第二投影在腊紙上依次描繪所有等高綫, 首先从最高的等高綫开始, 同时在描繪每一等高綫以后, 应將腊紙向上移动一个距离, 該距离等于按地質圖的比例尺而算得的等高綫的間距。在描繪等高綫的同时, 应当标出等高綫与地質边界、河流等的交点。根据这些交点可以描繪出这些地物。腊紙的移动可以利用輔助高程比例尺, 这和繪制軍用透視圖时所叙述的一样 (8 頁)。

把全部等高綫轉画以后, 將腊紙位于某一位置时的圖框边界画出来, 此时, 腊紙所在位置的标高适为至此高度在立体圖的側面預計將有地質構造出現。該一边界即为立体圖的下底。把等高綫端点用曲綫連接起来, 即符合于地形起伏形狀 (地形剖面), 然后, 把圖底的角点和地形面的角点用垂綫連接起来。

4. 利用山坡和分水嶺的陰影和特征綫条，就能使地形起伏更为明顯。根据圖上的地質边界并应用慣用的岩石符号标出岩層的露头（假如不是全部的，那末标出那些起伏最突出的）。

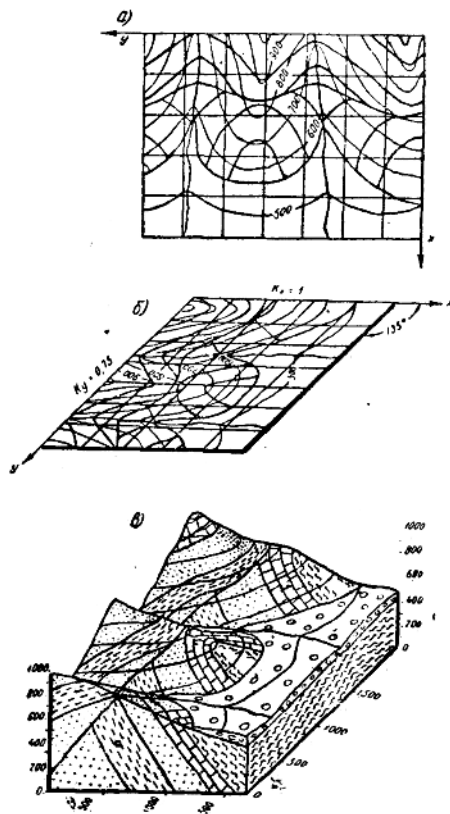


圖 9. 正面二測投影中立体圖的作法
a—地質圖；b—圖的第二投影；c—立体圖

5. 在朝向視綫的立體圖的兩面上作地質剖面：在正面（ xoz 平面）上作出沒有變形的剖面，在側面上則應考慮距離與角度的變形而作出剖面。為此，首先作出沿這個方向的普通剖面，然後根據正方形格網把它轉畫至立體圖上。

6. 作出圖的軸測投影比例尺。指出東南西北的方向，繪制慣用圖例。

上面所研究的幾種投影，乃是最簡單的，並且在某種程度上較為明顯的投影。但是我們還沒有說明全部可能的斜軸測投影。正如我們前面所指出的，這類投影無論在軸測投影軸的位置以及變形指數的選擇上均具有很大的靈活性。在三測投影中，圖形則更能達到特別明顯的程度，但是這種圖的作法較為複雜。從作圖上來看，軍用透視最為簡單，而上面所介紹的正面斜二測投影所作出的圖形較為明顯，但作法則較為複雜。

2. 仿 射 投 影

將地質圖改制為較為明顯的立體圖可利用仿射（相似）投影法來完成。仿射投影的實質就在於：如果我們知道空間兩平面的位置和投射方向，我們就能利用平行投影法將一個平面上某物體的圖像轉畫至另一平面上。此時，新的圖像可能更為明顯，因為，可以選擇在觀看該物體時最自然的投射方向（視綫方向）和新的畫面位置。觀看地形時，我們不要像地質圖上所繪出的那樣垂直下看，而是從某一高度的視點與其成某一銳角的方向來看，這樣地形的起伏看起來就顯得非常自然。仿射投影法中最自然和簡單的作圖方法，乃是在垂直於投射綫的平面上來繪圖。現在我們以最熟悉的簡單例子（圖10）來研究仿射投影法。設在一水平面 P 上已繪出一三