

勘探工程投影方法

白 瑾 著

地质出版社

勘探工程投影方法

白 瑾 著

地质出版社

1960·北京

作者是在进行大规模地质勘探工作中,由于部分钻孔倾斜过大及方位角距勘探线过远,在用法线投影法编制剖面时,内在投影过程中未考虑地质构造因素,而对矿体实际位置引起了歪曲,从而发现了文中所述的各种方法。该方法很有必要供给所有从事勘探人员在计算储量前编制准确剖面时进行参考。

勘探工程投影方法

著 者	白 瑞
出版者	地质出版社 北京市西四子市大街地质部 北京市书刊出版业营业许可證出字 第050号
发行者	新华书店科技发行所
经售者	各地新华书店
印刷者	地质出版社印刷厂 北京安定门外六铺炕40号

印数(京) 1—3600册	1960年4月北京第1版
开本787×1092 ¹ / ₃₂	1960年4月第1次印刷
字数33,600	印张1 ¹ / ₂ 插页1
定价(10) 0.25元	统一书号: 15038 845

目 录

一、引言	4
二、法綫投影法	5
三、新的勘探工程投影方法	10
(一) 假傾角投影法	10
(二) 走向投影法	14
(三) “直角四面体”投影法	16
(四) 山地工程的投影	19
1. 垂直剖面上的坑道投影	20
2. 水平断面上的坑道投影	23
3. 豎井的投影	25
4. 关于探槽的投影問題	25
(五) 工程起点的投影	26
(六) 新投影方法的选择	29
四、新投影法的实例	30
五、勘探工程投影綫的計算	33
六、地下产状要素的确定	36
(一) 确定地下产状要素的方法	36
(二) 对地下产状要素正确性的检查	41
1. 高程比較法	42
2. 平行綫法	42
3. 重叠法	43
(三) 地下产状要素的校正	44
七、結 論	47
参考文献	48

一、引言

在地質勘探工作中，利用已有的勘探工程所获得的資料，正确地編制剖面图（主要指橫剖面图、水平断面图及縱剖面图），是体现矿体及其他地質体空間位置的必要手段。只有准确的剖面图才能正确地指导勘探工作，也只有这样的图件才足以作为儲量計算及矿山开采設計的基础。

对大中型矿床來說，在一般情况下，勘探工程为沿一定方向和一定間隔的勘探綫（包括沿一定高差的中段）布置的。而勘探綫（以及中段上的穿脉坑道）的布置，原則上应垂直矿体走向而相互平行。如果所有的勘探工程都在理想的位置上分布着，而且施工以后仍然符合設計位置，則各勘探工程以及其所揭露的地質界綫，均可直接放置于所作的剖面图上，而无需投影。但实际情况往往与理想相背，不是因地形条件或其他原因的限制，将工程設計位置作短距离的移动，便是在施工过程中离开了設計位置，尤以后一种情况更为普遍。以鑽孔为例，虽然設計孔位未变，但因鑽孔弯曲的緣故，鑽进的結果，往往是实际方位和設計方位不同而离开設計位置。因此在編制剖面时，必須将勘探工程并通过它把它所揭露的地質界綫投影到剖面上去。

关于在編制剖面中，勘探工程的投影，大家都很熟悉。作者所以把它当作一个問題提出来，是因为我們以往在勘探工程的投影方面尚有值得商榷的地方。

文內插图是由张效英等同志帮助清繪的，謹此致謝。

二、法綫投影法

在編制剖面时，关于勘探工程的投影，常常使用的方法是法綫投影法，就是把勘探工程并通过它把它所揭露的地質界綫，垂直投影到所編制的剖面图上去。这种投影方法，我們經常在文献中看到是关于鑽孔的投影。

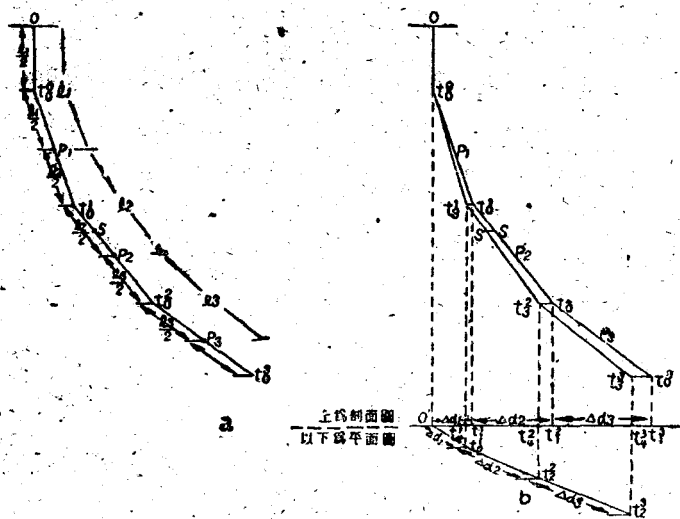


图 1. 单孔投影剖面图

如图 1：根据鑽孔的傾斜及方位的測量結果，編制单孔剖面图（相当于勘探綫剖面图的一部分）。依“一个測点（例如图 1 a 中的 P_2 ）所測傾角及方位角影响到其上下两个測点（ P_1 、 P_3 ）之間二分之一距离”的假定，从孔口（亦以一个測点論）起，由浅入深，依次作出沿鑽孔方位的鑽孔弯曲軸綫；并把地質界綫加上，得分界点（S）（如图 1 a）。

在两测点之間的中点形成轉折点 (t_0^0 、 t_1^0 、……等。为了叙述的方便，終孔点亦当作一个轉折点)。自轉折点向勘探綫剖面作法綫，与剖面相交得 t_0^1 (与 t_0^0 重合)、 t_1^1 、……諸点。連結 t_0^1 諸点，便得鑽孔軸綫在勘探綫剖面图上的投影綫——第一条投影綫。 t_0^1 、 t_1^1 、……諸点可以作图法求得。

先在鑽孔軸綫的下方作一水平綫 (表示与鑽孔方位一致。如图 1b) 从 t_0^0 、 t_1^0 、……諸点向此水平綫作垂綫，与水平綫交于 O' 、 t_1^1 、 t_2^1 、……諸点。然后把此水平綫 ($O't_1^1$) 当作勘探綫 (即看作勘探綫的方向綫)。从孔口垂直投影点 O' 作出 P_1 点所測鑽孔方位綫，于鑽孔方位綫上量得在水平綫上 O' 点至 t_1^1 点的截距 Ad_1 ，找出 t_1^1 点的相应点 t_2^1 ；同样自 t_2^1 点引出 P_2 点所測鑽孔方位綫，于此鑽孔方位綫上量得在水平綫上 t_1^1 点至 t_2^1 点的截距 Ad_2 ，找出 t_2^1 点的相应点 t_3^1 ；依此类推，找出 t_3^1 、……諸点。連結 t_1^1 、 t_2^1 、……諸点，則构成一个鑽孔的方位綫。鑽孔方位綫与水平綫所构成的图形，为一展开在剖面图上的平面图。由 t_2^1 、 t_3^1 、……諸点向上作垂綫，与由 t_0^0 、 t_1^0 、……諸点刻出的水平綫相交，即得 t_2^0 、 t_3^0 、……諸点。再通过地質界綫分界点作水平綫，設計第一条投影綫上 (S')。图中 t_1^1 、 t_2^1 、……諸点即为 t_0^0 、 t_1^0 、……諸点沿鑽孔方位在平面图上的水平投影点。 t_0^0 、 t_1^0 、……諸点即为 t_0^0 、 t_1^0 、……諸点在剖面图上的法綫投影点；而 t_1^1 、 t_2^1 、……諸点則为 t_0^0 、 t_1^0 、……諸点在平面上的法綫投影点。 $t_2^1 t_1^1$ 、 $t_3^1 t_2^1$ 、……与剖面綫相交于 t_2^0 、 t_3^0 、……諸点。 $t_2^1 t_1^1$ 、 $t_3^1 t_2^1$ 、……則为投影法綫，其长度亦即鑽孔軸綫上 t_0^0 、 t_1^0 、……諸点的水平投影距离。

在勘探綫垂直矿体走向的情况下，这种投影方法是正确的。但在地質勘探工作的实践中，往往在一个矿区內，矿体

的走向就有变化，即使勘探綫是本着垂直矿体走向的原則加以布置，但亦只能照顧到整个矿体的主要方面，而不能使勘探綫随处皆垂直矿体走向。一旦有勘探綫和矿体走向斜交的情况存在，如果我們使用法綫投影法，把勘探工程以及其所揭露的地質界綫投影到剖面图上去，則必然要产生錯誤的后果，歪曲了矿体的空間位置。現在从下面两个例子当中即可看出，

例一：某矿区某剖面，其方向为 $N45^{\circ}W$ 。有关各鑽孔的原始材料如下所列：

A孔：孔口高程为1010米；孔深为400米；見矿相当孔深为345—366米。孔斜材料如下表所列：

測量位置(米)	50	100	150	200	250	300	350	400
頂角	2°	5°	9°	14°	19°	24°	29°	33°
方位角	135°							

B孔：孔口高程为990米；孔深为330米；見矿相当孔深为273—294米。孔斜材料如下表所列：

測量位置(米)	50	100	150	200	250	300
頂角	3°	6°	9°	12°	$14^{\circ}30'$	18°
方位角	95°					

C孔：孔口高程为980米；孔深为265米；見矿相当孔深为219—241米。孔斜材料如下表所列：

根据地表及附近工程所揭露的材料研究，上述三孔所見

測量位置(米)	50	100	150	200	250	
頂角	3°	6°	10°	15°30'	20°	
方位角	135°					

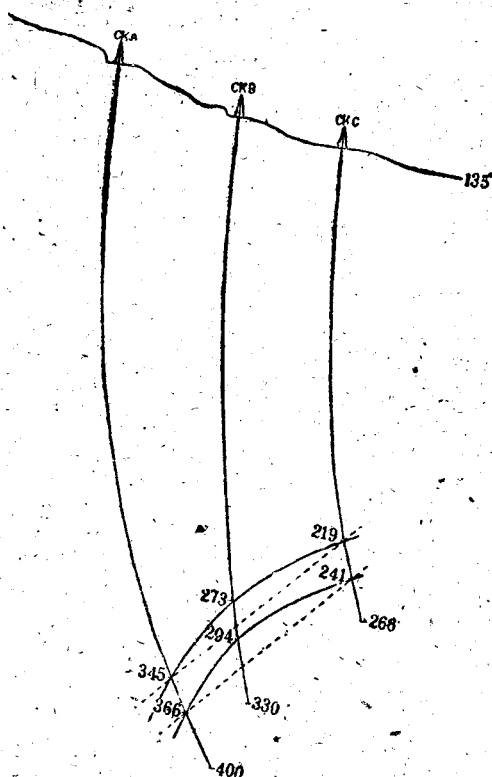


图 2. 鑽孔作法綫投影后之勘探綫剖面图之一段
 的矿体为一平整的层状矿体，走向为 $N 10^{\circ} E$ ，傾向北西，
 傾角为 50° 。但是，如采用上述鑽孔的原始材料，以法綫投影

法編制剖面，則不得不將一個平整的礦體加以歪曲而成弧形（如图2）。

例二：某矿区某剖面，方向为 $N45^{\circ}W$ ，其中32号鑽孔机台上有一岩墙（接近于岩床），其产状和围岩接近一致：走向 $N41^{\circ}30'W$ ，傾角 $33^{\circ}30'$ ，傾向北东。該孔因在理想設計位置处地形陡峻，向南西方向移动了八米而后施工的（如图3）。

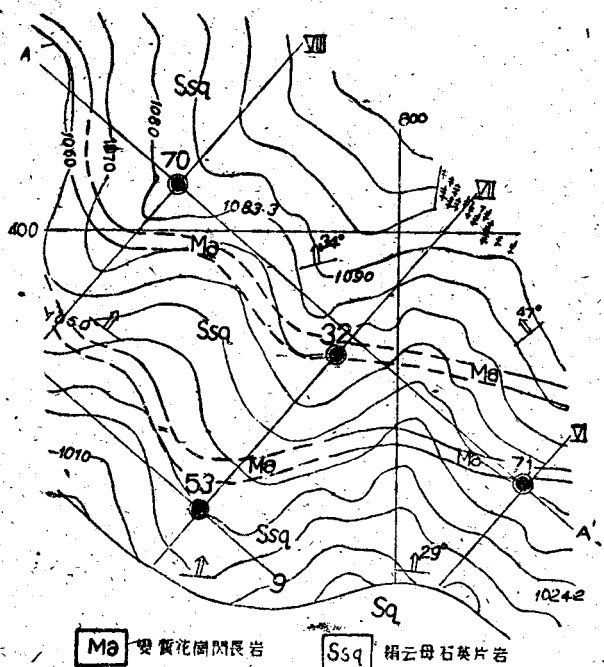


图3. 32孔附近地形地質图

在机台上看得清清楚楚有一条岩墙存在，只因孔位移动所致，在实际鑽进中未能打到。用法綫投影法將32孔垂直投

到剖面上去，則不得不把本来在这一剖面上相連的一个岩墙分割成两段，而引起和另一条岩墙相連接的錯誤(如图4)。

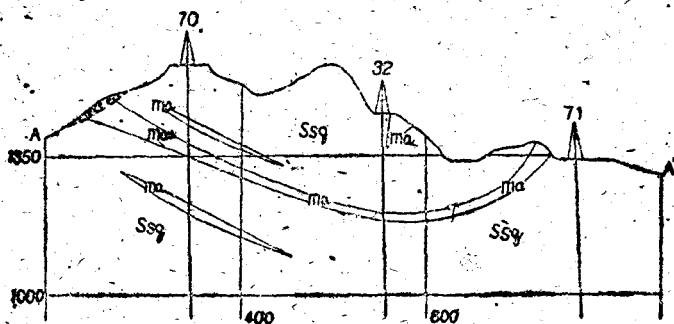


图4. 32孔口法綫投影图的法綫剖面图

仅就以上所举的两个例子即可清楚地表明，在这种場合下，由于法綫投影法在投影过程中沒有考虑到地質构造因素(矿体或岩层的产状要素等)，而必然产生的錯誤后果。

三、新的勘探工程投影方法

在回顧了以往的投影方法之后，并从此所产生的后果看来，要想編制出正确的剖面图，已有的勘探工程投影方法——法綫投影法，显然是滿足不了实际需要的，必須向前发展一步；那就是在投影过程中，必須要考虑到地質构造因素。現將工作中摸索出来的一些方法叙述于后。

(一) 假傾角投影法

是在法綫投影的基础上，考虑到勘探工程的方位、剖面方向与矿体走向之間的关系，沿着投影法綫方向，在包含投影

法綫的垂直面上，求出矿体的假傾角，据此来进行投影。

第二节中的图 1 b 即为法綫投影。在图 1 b 的基础上，把矿体产状要素加于鑽孔弯曲水平投影图（如图 5 中之下半部）上，求出矿体走向与投影法綫（ $t_1^1 t_1^2$ 、 $t_2^1 t_2^2$ ……）的夹角（ α ）。因勘探綫剖面的方向为已知，而矿体的走向亦可測

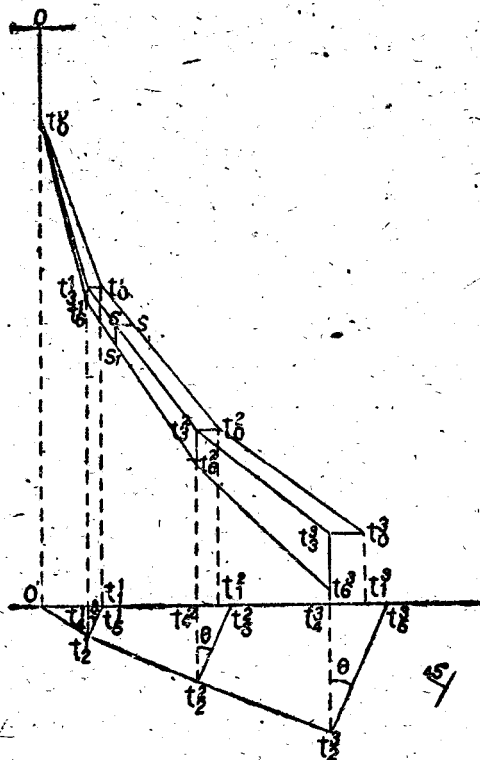


图 5. 鑽孔假傾角投影图

得（容后在专门章节中討論），投影法綫又垂直于勘探綫，故 α 角可計算而得。然后假設沿投影法綫作剖面，求出矿体

諸点的上或下的問題，那就要看矿体产状要素、剖面方向和鑽孔弯曲方位三者之間的关系而定。即：在投影剖面（ $t_1^1 t_1^1, t_2^1, \dots$ ）中，从鑽孔軸綫轉折点（ $t_0^1, t_1^1, \dots$ ）的水平投影点 $t_1^1, t_2^1, \dots$ 作假傾角，如傾斜綫（ $t_1^1 t_2^1, t_2^1 t_3^1, \dots$ 等）自 $t_1^1, t_2^1, \dots$ 諸点往勘探綫剖面方向去逐漸往上（亦即在空間里 $t_1^1 t_2^1, t_2^1 t_3^1, \dots$ 在 $t_1^1 t_4^1, t_2^1 t_4^1, \dots$ 之上），則应加在上边；反之，則应加在下边。更具体一些，即：矿体走向綫和勘探綫剖面間的夾角（指沿傾斜方向的一側，如图6中的 δ 角）为銳角（如图6a）时，則应将 $t_1^1 t_2^1, t_2^1 t_3^1, \dots$ 这些綫段加在 $t_1^1, t_2^1, \dots$ 諸点之下；如为鈍角（如图6b）时，則应加在上边。

关于投影剖面中所用的假傾角（ θ ），可以作图法或計算法求得。茲分別叙述如下：

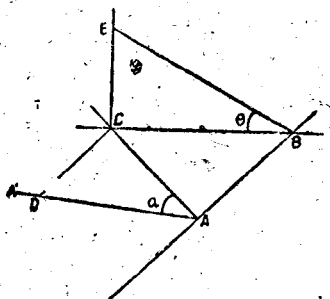


图7. 用图解法求假傾角图

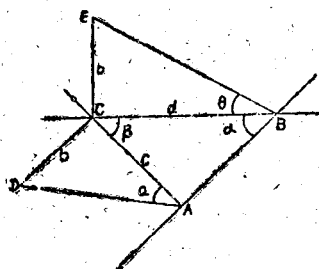


图8. 用計算法求假傾角图

作图法：如图7，首先在一平面上画出走向和傾向綫（交于A点）；其次作一投影剖面的方向綫，与走向和傾向綫分別交于B、C两点。然后把AC直綫当作一边，自A点量出傾角 α ，得 $\angle \alpha$ 的另一边 AA' ，并自C点对AC綫作垂綫与 $A'A$ 交于D点。再自C点对BC綫作垂綫，在其上截一綫段CE，令其长度等于CD的长度。連結BE，則 $\angle CBE$ 即所需之假傾

角 θ 。图中 $\triangle ACD$ 及 $\triangle BCE$ 是展开在平面图上的垂直面。

计算法：以作图法图七为基础。因走向、倾向以及投影剖面的方向均为已知，所以投影剖面和走向的夹角（ α ）以及和倾向的夹角（ β ）亦可推知（如图8）。

图中 CD 和 CE 为等长，令其长度等于 b ，并令 AC 、 BC 的长度分别等于 C 、 d 。

$$\left. \begin{aligned} C &= d \sin \alpha \\ \text{或} &= d \cos \beta \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

在 $\triangle ACD$ 中，

$$b = C \operatorname{ctg} \alpha \dots\dots\dots (2)$$

在 $\triangle BCE$ 中，

$$b = d \operatorname{tg} \theta \dots\dots\dots (3)$$

将（1）式代入（2）式：

$$\left. \begin{aligned} b &= d \sin \alpha \operatorname{tg} \alpha \\ \text{或} &= d \cos \beta \operatorname{tg} \alpha \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4)$$

（3）式等于（4）式， $d \operatorname{tg} \theta = d \sin \alpha \operatorname{tg} \alpha$

或， $= d \cos \beta \operatorname{tg} \alpha$

则，

$$\operatorname{tg} \theta = \sin \alpha \operatorname{tg} \alpha$$

或，

$$= \cos \beta \operatorname{tg} \alpha$$

$\dots\dots\dots (5)$

利用（5）这一公式，代入已知的 $\angle \alpha$ （或 $\angle \beta$ ）及 $\angle \alpha$ 的值，即可直接查阅三角函数对数表，求出 $\angle \theta$ 的值。

（二）走向投影法

也是在法线投影的基础上，考虑到和假倾向投影法同样

的因素而进行投影的。和假倾角投影法不同之处，仅在于投影的方向不同而已。如前所述，假倾角投影法是根据在投影剖面中矿体的假倾角，而走向投影法则是沿矿体走向进行投影。

同样，以第二节中图 1 b 为基础，把矿体的产状要素加在钻孔弯曲水平投影图上（如图 9），从钻孔轴线转折点（ $t_0^b, t_1^b, \dots$ ）的水平投影点 $t_0^h, t_1^h, \dots$ ，沿走向线向勘探剖面线（ O_i ）作平行线，并相交于 $t_1^b, t_2^b, \dots$ 诸点。将 $t_1^b, t_2^b, \dots$ 这些线段加在 $t_0^h, t_1^h, \dots$ 诸点之右（或左）得 $t_1^b, t_2^b, \dots$ 点。连结 $t_0^h, t_1^b, t_2^b, \dots$ 诸点，亦得第二条投影线——考虑到地质构造因素的走向投影线。

在走向投影图（如图 9）中 $t_0^h, t_1^b, t_2^b, \dots$

$t_1^b, t_2^b, \dots$ 各三角形和整个钻孔水平投影图（图 9 的下半部）一致，亦为展开在剖面上的平面图， $\angle \alpha$ 表示矿体走向和投影法线之间的夹角。

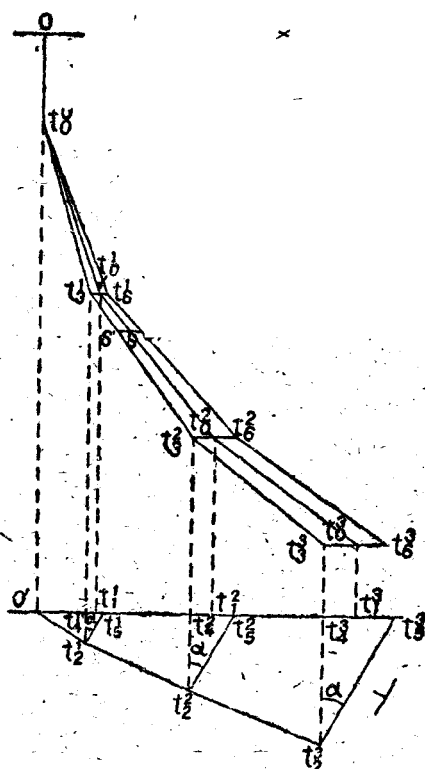


图 9. 钻孔走向投影图

至于,在走向投影图中,把 $t_1^1 t_1^2$ 、 $t_2^1 t_2^2$ ……諸綫段加在 t_1^1 、 t_2^1 ……諸点的右边或左边的問題,也是要看矿体产状要素和剖面方向、鑽孔弯曲方位三者之間的关系而定。即在鑽孔弯曲水平投影图(如图9)中,如走向投影在平面图上的投影点 t_1^1 、 t_2^1 、……,在鑽孔軸綫轉折点的平面法綫投影点 t_1^2 、 t_2^2 ……的右侧时,則应加在 t_1^1 、 t_2^1 、……諸点的右边;反之, t_1^2 、 t_2^2 、……諸点在 t_1^1 、 t_2^1 ……諸点的左侧时,則应加在左边。

(三) “直角四面体”投影法

“直角四面体”投影法,是在法綫投影的基础上,結合假傾角投影和走向投影的一种綜合投影方法。

以第二节中的图1b为基础,把矿体产状要素加在鑽孔弯曲水平投影图上(如图10),以假傾角投影法作出投影剖面($t_1^1 t_1^2$ 、 $t_2^1 t_2^2$ ……等);再以走向投影法,自 t_1^2 、 t_2^2 、……諸点沿矿体走向綫向剖面綫作平行綫,并与之相交于 $t_1^{1'}$ 、 $t_2^{1'}$ 、……諸点。然后在投影法綫上,以 t_1^1 、 t_2^1 、……諸点作起点,分別截取綫段 $t_1^1 P_1^1$ 、 $t_2^1 P_2^1$ 、……,令其长度分別等于 $t_1^1 t_1^2$ 、 $t_2^1 t_2^2$ 、……諸綫段的长度,連結 $P_1^1 t_1^{1'}$ 、 $P_2^1 t_2^{1'}$ 、……,并自 t_1^1 、 t_2^1 ……諸点向 P_1^1 、 $t_2^{1'}$ 、 $P_2^1 t_2^{1'}$ 、……諸直綫作垂綫,与之相交于 P_1^2 、 P_2^2 、……諸点,再将 $t_1^1 P_1^2$ 、 $t_2^1 P_2^2$ 、……諸綫段加在 t_1^1 、 t_2^1 、……諸点的右下(或左下)側,得 P_1^3 、 P_2^3 、……諸点。最后連結 t_1^0 、 P_1^3 、 P_2^3 、……諸点,即形成鑽孔在剖面图上的結合两种投影方法的投影綫。因为这种投影,在空間概念上是通过一个直角四面体来进行的,所以称之为“直角四面体投影法”。

至于 $t_1^1 P_1^2$ 、 $t_2^1 P_2^2$ 、……这些綫段加在 t_1^1 、 t_2^1 、……諸点