

科學譯叢

構造斷裂的分類及其幾何 研究方法

A. A. 別里茨基著

科學出版社出版

科學譯叢

構造斷裂的分類及其幾何研究方法

A. A. 別里茨基 著

朱 夏 譯

科學出版社出版

內 容 提 要

本書作者根據對現有斷裂詳細分類的批判分析和在庫茨巴斯構造複雜區域研究斷裂形狀的經驗，提出了較合理的斷裂分類。同時還敘述了相應的斷裂分析方法，以這種方法在一定的條件下不僅可闡明斷裂成因，而且可說明岩層斷裂部分的相對位置，這對找尋岩層錯動部分具有特殊重要意義。本書可為地質學工作者、構造地質學家、以及各種類型礦床，特別是煤礦勘探人員的參考。

構造斷裂的分類及其幾何研究方法

Классификация тектонических разрывов и
геометрические методы их изучения
госгеолиздат
1952

原著者	А. А. Белицкий
翻譯者	朱 夏
出版者	科 學 出 版 社
	北京東四區朝陽門外 2 號
印刷者	新 光 明 記 印 刷 所
	上 海 靜 定 路 162 號
發行者	新 華 書 店

(譯) 54063	1954 年 12 月第一版
自然: 097	1954 年 12 月第一次印刷
(滿) 0001—2,700	開本: $787 \times 1092 \frac{1}{32}$
字數: 53,000	印張: $3 \frac{11}{16}$

定價 6,300 元

目 錄

一. 緒言.....	(1)
二. 圖示斷裂的方法.....	(3)
三. 對現有斷裂形狀詳細分類的批判分析.....	(19)
四. 作者所建議的移動平切斷裂形狀分類.....	(29)
五. 庫茲涅茨盆地實際工作中的斷裂實例.....	(65)
六. 結語.....	(80)
參考文獻.....	(81)

一. 緒 言

在地質學的現階段發展中，以在工業上掌握有用礦床為目的的詳細礦區研究具有特殊的意義。有鑑於此，必須着重地致力於充實舊的與制定出新的詳細地質研究方法。可是直到最近，對這些問題在文獻中還闡述得不够。

對小型構造形式的分析尤其注意得不够。長期從事於這一方面的工作，作者曾有可能不止一次地證實克羅泡特金（П. Н. Кропоткин）所曾指出的情況，即“現階段蘇聯大地構造學的主要缺點是完全不够注意於小構造形式——褶皺、正斷層、捩斷層、撓曲等——的詳細的形態學的與力學的研究。”這一情況首先見於岩石斷裂構造的分析方面。至今還沒有定出任何一種可以令人滿意的、詳細分析斷裂的方法，也還沒有統一的、不僅考慮到斷裂的成因並且也考慮到斷裂的幾何特性的斷裂命名與分類。

在大地構造學的普通教程（別洛烏索夫 В. В. Белоусов, 1948）與構造地質學教科書（畢林斯 Billings 1949, 李斯 Leith 1935, 維理斯 Willis 1932）中通常採用斷裂的成因分類，依據於使岩層發生同類變動的力的不同性質與不同方向，可以分出兩類斷裂：平切的（тангенциальные）與放射的（радиальные）。屬前一類的為掩斷層（надвиг）與捩斷層（сдвиг），屬後一類的為正斷層（сброс）。後來別洛烏索夫（1940），又

在第二類中列入逆斷層 (взброс), 逆斷層“爲垂直運動所引起, 但地殼的某些部分由於斷裂而較其它部分升高。”

這樣的分類對於研究斷裂的成因是有很大大意義的。研究廣大地域的專家們對這一分類可以完全滿意。但是對於詳細研究礦區構造及測繪地下坑道工作, 這一分類及其所依據的斷裂分析方法還是不夠的。爲了佈置礦床的合理勘探與開發, 以及爲了找尋岩層的錯動部分, 除了成因以外, 還應該注意到斷裂的形狀, 亦即岩層與斷裂面的幾何關係, 以及岩層裂開部分與斷裂面的相對位置。

爲此必須提出: 第一, 相應的斷裂分析方法; 第二, 儘可能包括所有不同斷裂形狀的、更詳細的斷裂分類。在實際工作中與礦區及坑道地質有密切接觸的工作者們久已感到這一工作的必要。可是累積的經驗指出, 現有的斷裂形狀分析方法與斷裂的詳細分類都不充分, 甚至還包含着一系列的錯誤觀點。

在本書中作者企圖根據對現有斷裂詳細分類的批判分析及在庫茨巴斯構造複雜區域研究斷裂形狀的多年經驗提出較合理的斷裂形狀分類。同時在本書中敘述相應的斷裂分析方法, 這一方法在一定的條件下可以不僅闡明成因而且也闡明岩層斷裂部分的相對位置。後者對於找尋岩層的錯動部分具有十分重要的實際意義。

二. 圖示斷裂的方法

在研究斷裂構造及在解決實際問題中，尤其是在找尋岩層的錯動部分時，正確地圖示斷裂是十分重要的。斷層形狀的正確解釋常常有賴於圖示的方法。在地質實踐中廣泛地應用三個相互垂直剖面即水平的、橫切的與縱切的切面的正交切面法，以圖示構造形狀。與這些切面相應，構造被表示於平面上（地質圖、浮土以下的岩層露頭圖、分層圖等）或表示於橫切面上（橫切地質剖面）或表示於縱切面上（縱切地質剖面）。因為斷裂的形狀可以在上述切面上研究，所以在教學及地質科學文獻中這種表示斷裂的方法被推薦為最切合實際的方法。

不過應該指出，這種表示斷裂的方法在解釋個別斷裂形狀甚至整個斷裂構造時，往往是形成各種錯誤的原因。通常在上述三個切面中以橫切面為主而在其上定出斷裂的形狀、也就是岩層斷裂部分的位置及岩層與裂面的幾何關係。但是以此表示斷裂形狀時，經常會使斷裂單元的實際幾何關係或多或少地發生歪曲。其所以如此，就是因為剖面線通常垂直於岩層的走向，因而對於斷裂面的走向來說，大部分成了斜交的。結果在橫切面中，岩層的傾角被表示為真傾角，而斷裂面的傾角則變化於廣大範圍之內——從真傾角（縱斷裂）以至水平的（橫斷裂）。後者成為斷裂形狀在橫切面上被歪曲的原因之一。

設有一同向衝斷層型的斷裂，亦即斷裂的上翼相對於下翼

而沿斷裂面向揚起的方向移動；斷裂面與岩層向同一方向傾斜，但斷裂面的傾斜較陡（圖 1）。在平面上表示這樣的斷裂如圖 2 a，岩層的傾角等於 30° ，斷裂面傾角為 45° 。沿 I—I 線作橫垂直剖面並考慮由於剖面線不垂直於斷裂面而引起的斷裂面傾角的校正值¹⁾。在剖面（圖 2 b）上可見，雖然斷裂面傾角小於真傾角，但仍大於岩層的傾角；因此在橫垂直斷面上表示這一斷裂可以正確地表示出岩層裂開部分的位置。

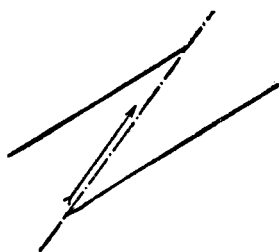


圖 1 同向逆斷層型的斷裂

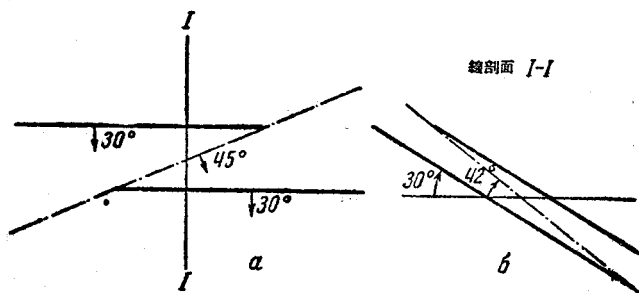


圖 2 同向逆斷層，平面 (a) 及橫垂直剖面 (b)。

由於剖面線不垂直於斷裂而引起的斷裂面視角 (42°) 減少不多，沒有在橫垂直剖面中使斷裂形狀發生歪曲。

在岩層與斷裂面的傾角均如上述的情況下，改變斷裂面的走向使剖面線與斷裂面走向間的交角變得更小（圖 3 a）。此時如沿 I—I 線作橫垂直剖面並考慮到由於剖面線不垂直於斷裂

1) 奧勃魯切夫：野外地質學，附錄，表 XI。

面而致的斷裂面傾角的校正值時，那末，這一剖面將不正確地表示岩層裂開部分的位置。所說的校正值大得使在這一剖面中斷裂面的傾角變得小於岩層的傾角；因此顯得岩層的上翼未向上升起反而向下降落。

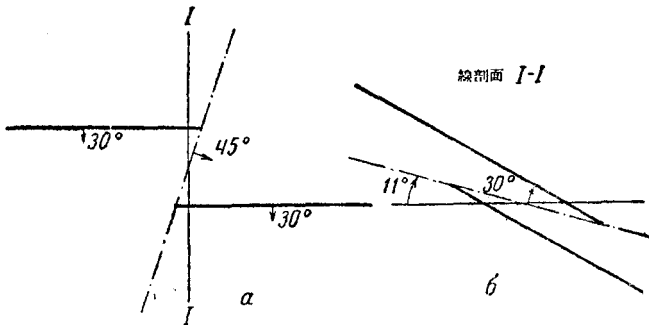


圖3 同向逆斷層，平面(a)及橫垂直剖面(b)。

與上圖相較，斷裂面的視覺傾角(30°)由於剖面線不垂直於斷裂面而減小頗多，引起斷裂形狀在橫垂直剖面中的歪曲。

地質工作者在研究橫垂直剖面並據以決定斷裂形狀時常常沒有考慮到這種情況。往往僅憑在橫垂直剖面上所見的岩層裂開部分的相應位置而完全沒有根據地稱這種斷裂為正斷層。可是對同樣斷裂的正確的成因與幾何分析則常常指出它們事實上是逆斷層而不是正斷層。

在這一關係上有特殊啓發性是所謂正掩斷層(прямой надвиг)的歷史。這一名詞是烏索夫(М. А. Усов, 1933)在他的斷裂分類中所建議的。烏索夫把這樣的斷裂算作正掩斷層，就是：岩層與裂面向同一方向傾斜，但與同向逆斷層不同，斷裂面的傾角較岩層平緩。因此，無論在平面上或在橫垂直剖面

上，岩層的裂開部分均顯示重疊¹⁾ (сдвояние)。

事實上，如果把正掩斷層型斷裂表示在平面圖上(圖 4 a)，然後沿 $I-I$ 線作橫垂直剖面(圖 4 б)，則可見在這一斷面中岩層的裂開部分有重疊現象。不過在所有的場合下，在橫垂直剖面中上翼對下翼說來都顯得是下降了。據此，烏索夫認為正掩斷層是在上翼下降時生成的。這些斷裂在庫茲涅茨煤盆地中

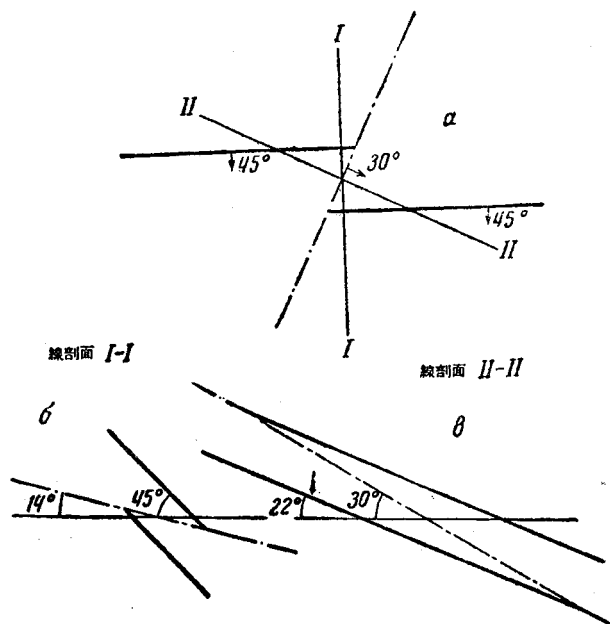


圖 4 正掩斷層 (M. A. 烏索夫)，平面 (a)，岩層的橫垂直剖面 (б) 及斷裂面的橫垂直剖面 (в)。

剖面 б 較正確地表示斷裂形狀，因為這一斷面符合於岩層裂開部分彼此相對的移位方向。

1) 所謂“重疊”(сдвояние)係指岩層裂開部分超覆了移位的距離。

是由於平切運動而發生的。因此烏索夫把正掩斷層的造成聯繫於同向逆斷層面在褶皺轉折處的扭曲(圖5)，亦就是說在褶皺的另一翼上斷裂面傾斜較岩層平緩，致使上翼沿斷裂面的傾向向下沉降。由此獲得推斷，即正掩斷層沒有獨立的意義，僅能與同向逆斷層同時發生。這一觀點曾為魯綿則夫(В. С. Румянцев, 1925)所特別堅持，他曾發表他本人在庫茨巴斯的喀美羅夫(Кемеровский район кузбасса)區的礦井構造觀察。



圖5 正掩斷層的形成，據 М. А. 烏索夫。

同向逆斷層型斷裂在褶皺的另一翼由於構造的扭曲以致傾向與岩層的傾向相符合；此時上盤沿斷裂面的傾落方向由上向下移位。

更進一步，莫爾察諾夫(И. А. Молчанов, 1930)認為：

“在上盤移位的性質上，這一斷裂相似於正斷層”，並摒棄了“正掩斷層”這一名詞¹⁾而建議稱同類的斷裂為超覆正斷層(пересбросы)。後一名詞係莫爾察諾夫從礦山幾何學中移用的，據他的意見，能够最好地表示“正反位掩斷層”(прямой противоположный надвиг)的斷裂。

應該指出，烏索夫、魯綿則夫及莫爾察諾夫的結論是不正確的。我們的研究結果(1939)可以闡明：正掩斷層型的斷裂

1) 以下(35頁)我們亦同樣摒棄這一名詞而建議簡單地稱類似的斷裂為“逆掩斷層”。

是一種獨立的形式，其上翼的移位不是由上向下而是由下向上。許多地質工作者不認識同類斷裂的逆斷層性質。常常有些地質學者們提出這樣的問題，就是：如果在剖面中清晰地顯示上翼自上向下降落，怎樣能以上翼的自下向上的移位來解釋斷裂形狀的造成。顯然，這些地質學者沒有考慮到在剖面中所見的常常不是岩層裂開部分彼此之間的相對的真正位置而是視覺（видимое）位置。應用於正掩斷層，上翼自上而下的視覺降落是由於垂直剖面照例橫貫岩層而不在上翼對下翼相對移動的平面之上的緣故。

設有具有正掩斷層產狀單位的斷裂，如圖 4。作二垂直剖面——橫切岩層（ $I-I$ ）及橫切斷裂面（ $II-II$ ）——並在兩種情況下考慮由於剖面線不垂直於岩層及斷裂面走向而致的傾角校正。在沿 $I-I$ 線的剖面（圖 4б）上似乎上翼由上向下降落，而在沿 $II-II$ 線的剖面上（圖 4в）則相反地上翼由下向上升起。在那一個剖面上岩層裂開部分的位置是正確的呢？

很明顯，沿 $II-II$ 線的剖面較正確地表示岩層裂開部分的位置關係，因為在這一情況下，剖面的方向與上翼對下翼嚴格地沿斷裂面的仰起方向的相對運動方向相符合，雖然斷裂面的傾角由於歪曲關係而與岩層傾角比起來變得更陡了。在沿 $I-I$ 線剖面上的上翼自上而下的視覺降落可以由於剖面線與上翼對下翼的相對移位方向不相符合而造成歪曲的解釋斷裂形狀。

除了上面說的，應該再加上，在一般情況下岩層的裂開部分可在斷裂面上循任何傾斜方向而彼此相對地移位。在同向逆

斷層型斷裂中，上翼對下翼嚴格地沿斷裂面仰起方向的相對移位必然造成岩層的重疊。不過亦可以想像有上翼對下翼相對往上的這樣的運動方向（即在岩層與斷裂面的交線及斷裂面走向之間的與岩層傾向相反的方向），使得岩層的裂開部分並不造成重疊，而造成岩層的缺失（знятие）¹⁾（圖 6 a）。

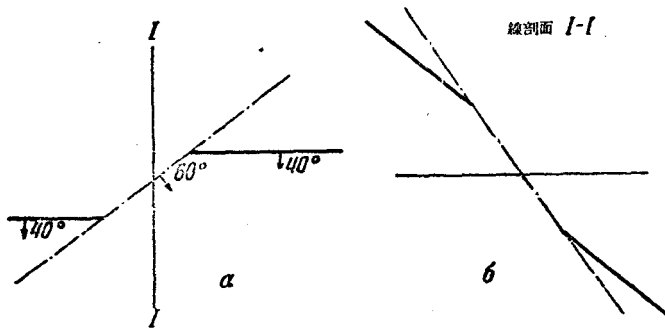


圖 6 同向逆捩斷層，平面 (a) 及橫垂直剖面 (b)。

由於剖面線不垂直於斷裂面而引起的斷裂面視覺傾角在剖面 6 中的減小，致使上翼的向上移位被歪曲成爲向下降落。

在這一情況下，在這種斷裂的橫垂直剖面上同樣彷彿是上盤相對於下盤而向下降落。有些地質學者，沒有注意到運動的方向，沒有根據地稱這種斷裂形狀爲正斷層，事實上它們是由於下翼向上移位而發生的。這種斷裂形狀可正確地稱之爲逆捩斷層（взбросо-сдвиг），岩層的缺失係由捩斷層的因素所致。

1) “缺失”（знятие）一詞在涵義上與“重複”一辭相對立。它表示在移位間段（интервал）中沒有岩層存在的那種岩層裂開部分的位置。一如岩層沿裂面發生了拉裂（растяжение）。

如是，以三個相互垂直的斷面來圖示斷裂的正交割面法會產生一系列的錯誤；爲了斷裂形狀的詳細分析需要有更合理的圖示方法。

在選擇對某一種目的物的圖示法時一般要考慮下列條件：

- (1) 明顯性，亦即目的物在空間的完全而清晰的圖形；
- (2) 易於量度，亦即目的物的位置能便於量出所需要的角與線的數值；
- (3) 表示方法的簡單、容易與易於了解。

應用於表示斷裂時，第一個條件特別重要。考慮到這一點，習用的立體圖（аксонометрический блок-диаграммы）或赤平極射投影法（стереографический）本來似乎是值得推荐的。這些方法可使所有的斷裂要素在空間得以清楚地顯示出來。不過遇到複雜的斷裂構造而每天要確定斷裂的形狀時，應用上述方法就會有一些困難，因爲這些方法並不是簡易可行的。

在選擇最合理的斷裂表示法之前，先研究一下它們在空間的主要因素：裂隙即所謂斷裂面、岩層爲裂隙所分開的部分即所謂“翼”。在一般情況下，斷裂面與岩層翼有着複雜程度不一的曲面。可是在大多數場合下，斷裂的分析不得不依據數量不够的數據來進行。舉例說，在詳細勘探或開發工作中找尋岩層的裂開翼時，常常只在一個剖面上見到斷裂。因此，在不大的地段中研究斷裂時，把裂隙與岩層的分開部分當爲平面，可能沒有特殊的錯誤。

在研究中我們把斷裂當作直線移動。這一點所根據的是岩層的裂開部分彼此相對地按直線移位，因此岩層的兩翼就是彼

此平行的兩個平面。顯然，岩層兩翼與斷裂面的交線亦是平行的。

乍看起來，這一假定似乎是很大的簡化，因為如所已知，與直線移位相並存的還有另一種斷裂，在移位過程中一翼對另一翼發生相對轉動。這樣自然使得上翼及下翼與斷裂面的交線不相平行。不過這樣的斷裂比較罕見。而且如果把在不大地段內的這種斷裂看作直線移動斷裂亦不會有大的錯誤。在研究斷裂的實際工作中，數量不足的數據常常迫使我们求助於這樣的簡化，而且往往可以相信這樣的假定不致歪曲問題的基本解決。

考慮到這一在絕大多數場合不可避免的假定，可以承認：帶有數值標號的投影 (проекция с числовыми отметками) 是最合理的斷裂圖示法。後者滿足了所有以上所列舉的合理的斷裂圖示法的三個條件。應該指出，這一圖示法在地質學上並不是新的：岩層的構造圖或等高線圖以及地形圖都是用與數值標號的投影編製的。

數值標號投影的實質為以等水平線 (горизонталь) 來表示平面¹⁾。圖 7 表示平面 P 與投影面 H 。 P 面與 H 面的交線稱為面跡 (след плоскости)。位於 P 面中而垂直於面跡的 MN 線稱為 P 面的傾斜線 (линия падения плоскости)。這一線與水平投影面 H 所成的角 β 稱為 P 面的傾斜角 (угол падения плоскости)。

以彼此位於相等距離的水平面 H_1, H_2 及 H_3 切截平面 P 。這些面與 P 面的交線稱為 P 面的等水平線。不難看出，等水

1) 據烏沙科夫 (И. Н. Ушаков, 1951) 的著作而加以若干補充。

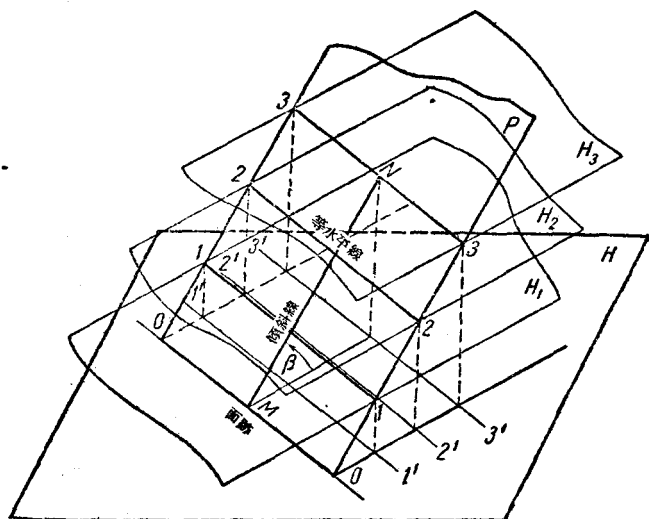


圖7 傾斜面 P 以數值標號在水平面 H 上的投影。 $1'-1'$, $2'-2'$, $3'-3'$ —— H 面上的投影水平線，決定 P 面在空間的位置。

平線在 P 面中垂直於傾斜線並彼此按相等的距離而分佈。

爲了在數值標號投影中表示 P 面，必須將等水平線投影至投影面 H 。在這一情況下， H 面中的彼此等距的平行直線 $1'-1'$, $2'-2'$ 及 $3'-3'$ 便是 P 面中等水平線 $1-1$, $2-2$, $3-3$ 的投影。由是，在旁邊注上了標號的等水平線投影便完全決定了平面在空間的位置，這就是數值標號投影所採用的辦法。

在數值標號投影中表示任何一個平面的實際辦法如下。定出平面的產狀要素：走向方位角 α 與傾角 β 。然後求出其線位距 (заложение)，亦就是兩個相鄰等水平線投影在平面圖上的距離。爲了這一目的，可按平面圖的比例尺作一直角三角形

(圖 8)，其中勾線 (катет) OO_1 表示兩個相鄰等水平線間的垂直距離(例如在標號 50M 及 60M 的等高線之間)，弦線 OB 表示岩層在兩個相鄰等水平線的間隔中的真長，而 BO_1 則是 OB 的水平投影，亦就是線位距。線位距的數值取決於平面的傾角，傾角平緩時線位距愈大，傾角陡峻時線位距愈小。知道了平面的走向方位角 α 與線位距 BO_1 的數值，便可以用數值標號投影把平面表示出來(參閱圖 8)。

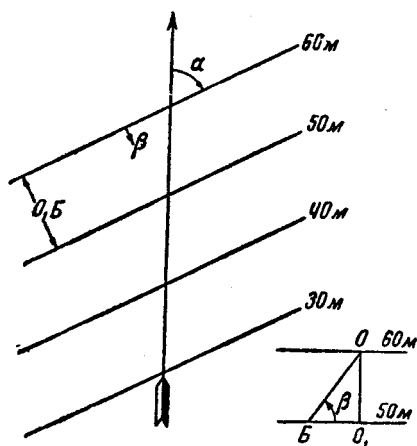


圖 8 在數值標號投影中表示具有產狀要素 α 及 β 的面

因為在幾何關係上斷裂可用相交的兩個平面即岩層與斷裂面的交線來標示，所以用數值標號投影來表示斷裂實質上便是以等水平線來表示相交的平面和作出其交線。

設有兩個相交的平面 P_1 與 P_2 ，其產狀要素各等於 α_1, β_1 及 α_2, β_2 。假定等水平線間的標高差為 1M，試用數值標號投