

56.5081
WLB

1962.11.2

~~200825~~

81915

地质知识丛书

小型构造分析的应用

吳嘉伯 著



地质出版社

在这本小册子里着重介绍了小型构造分析的意义，如何应用及野外观测要点等。

小型构造对于矿产普查勘探、水文地质及工程地质等工作具有重要的实际意义，因为小型构造是控制矿床分佈的规律之一，又是影响工程建设(各种类型水坝等)地基稳定程度的主要因素。

本书适合于各地区从事于找矿的广大干部阅读，也可作为一般地质人员、桥梁、铁道、建筑工程技术人员等参考。

地质知识丛书
小型构造分析的应用

著 者	吳 磊	伯
出版者	地 質 出 版 社	
	北京宣武門外永光寺西街3号	
	北京市書刊出版業營業許可證出字第0140号	
发 行 者	新 华 書 店	
印刷者	北 大 印 刷 厂	

印数(京)	1901—5000册	1959年4月北京第1版
开本	31"×43"1/32	1959年5月第2次印刷
字数	12,000	印张 ⁹ /16
定价	8/0.08元	统一书号: T13038·279

小型構造分析的应用*

引 言

“小型構造分析”是許多地質工作者常用的方法，可以幫助解決矿产普查勘探及工程、水文地質等項工作中若干实际的問題。关于小型構造分析的重要性，有許多学者曾經常指出过；解放以后，这一方法和其他各种先进方法一样，已經广泛地在实际工作中加以应用，并起了一定的作用。这里不可能也不必要涉及小型構造分析的各个方面，~~只就~~就这个案例，將其应用及野外观察要点作一簡單的說明。

小型構造分析的意

小型構造分析的含义，不容易用抽象的定义予以概括。顧名思义，首先引起人們考虑的是“大”和“小”的概念。地質構造的形象，常分为所謂大型構造、中型構造和小型構造三大类。一般說来，大型構造研究的范围，系就整个地球着眼于山脉和海陆分佈等龐大現象；中型構造是探討一个区域以內中等構造現象的分佈規律和生成原因；而小型構造分析的目的則主要是辨明各項構造要素的特征和屬性，它們的几何

* 本文曾刊載于“地質知識”1954年第5期及1955年第3期，經原作者作了部分的修改，在此重行發表。

的和力学的关系，从而深入地了解区域构造發育的情况。这样的划分，只在指明討論范围的大小有所不同，研究的重点和方法有所不同；其实，小型构造与区域构造之間，很难划一条明显的“鴻溝”，而小型构造与显微构造之間，也很难划一条截然的界綫，“这几方面的研究，是不应该孤立的，而是应该相輔而行的。”小型构造分析的对象，是多种多样的，概括起来，它的对象不外两种要素：第一，結構面，又可称为構造面，如断层面、节理面、劈理面及褶皱軸面等，大多数可以从直接的观察得到認識，而有的仅表示几何的位置关系。第二，綫条，我們对于綫条的認識还很有限。所謂綫条，或由于岩石中矿物顆粒的長軸成串地平行排列而成，或由于岩層面上所發生的互相平行的小波折而成，或由于層面与劈面等彼此交切的痕跡互相平行而成。所有結構面在地面暴露的痕跡，所有綫条在地面的投影，都称为構造綫。

岩層或岩体受应力作用以后因变形而造成的小型构造現象，包括变質岩中丰富的小构造現象在內，一般列为小型构造分析的主要对象。火成岩的原始構造如“流綫”及“流層”，以及沉积岩的原始構造如顆粒定向排列及交錯層等，也都是它研究的范围；这些构造現象的研究，对于了解地壳構造的演变历史及矿床生成情况，都是有很大意义的。

無論小型构造或区域构造，都表示着地壳运动的脉象。毋庸說明，小型构造分析所着重的是有关构造形象的空间位置关系，但是也不忽略它們依時間演变的进程；換一句話說，地質历史的分析基础是不会也不可能被忽略的。小型构造的研究，是一項細致的分析綜合工作，与其說它是一門独

立的学科，不如說，它是一种科学的工作方法。

几个实例

这里引証几个实例，簡單地說明一下小型構造分析的具體情况。

鞍狀錫矿脉 岩層在受力过程中，当达到一定程度，常發生褶皺和断裂，給含矿热液的的运动与沉淀造成有利的位臵条件。如所週知，在背斜層的軸部，有时在向斜層的軸部，假使其他条件具备，一般是适宜于成矿的構造地帶。大家知道，当地層因褶皺运动而形成背斜層时，其兩翼地層，有相对向背斜層軸部發生差異移动的趋势；非常显明，一个似乎是低压的“空虛”地帶，就沿着背斜構造的軸部發生。如地下有含矿的热液上升，就可能循背斜層軸部造成所謂鞍狀矿脉，譬如我国广西南丹大厂鞍狀錫矿脉乃其一例。該矿床所在地区的地質構造是一个走向北北西（北 20° 西左右）的不对称背斜層，主要由上泥盆紀燧石層、扁豆狀石灰岩及杂色頁岩組成。这一背斜層东北翼的地層比較平緩，傾角 30° 左右；背斜層西南翼的地層一般傾斜很陡，傾角常在 70° 以上以至直立，且發生倒轉現象和北北西走向的逆断層。在这个背斜層的外圍有石炭二疊紀石灰岩暴露出来。这个背斜層非常緊湊，它的軸部地帶，有石英斑岩脉穿插于上泥盆紀岩層中，其延伸的方向与背斜褶軸一致。与石英斑岩接触的上泥盆紀石灰岩，發生了不同程度的变質作用，石英斑岩一般認為是本区錫矿的母岩。在背斜層的軸部，錫石呈厚薄不

勻的層狀或不連續的礦囊，因交代作用循上泥盆紀扁豆狀石灰岩層面在長，形成了比較完整的所謂鞍狀錫脈（圖1A），見于長坡者非常顯著。石灰岩中有許多垂直于地層走向的張力裂隙存在。這些裂隙，有的被黃鐵礦、閃鋅礦及方解石等填充，推想含錫礦液是經由這些張力裂隙上升的（圖1B）。脈石以方解石為主，與錫石伴生的礦物，有黃鐵礦、毒砂、閃鋅礦、磁硫鐵礦及脆硫錫鉛礦等。同一條方解石脈，當穿過石灰岩時常含有錫礦；穿過頁岩時就很少見到錫礦的痕跡，而黃鐵礦的含量則有所增加。在扁豆狀石灰岩上面有很厚的雜色頁岩層，這無疑是很好的蓋層，所以含礦熱液才能够在石灰岩中聚集起來，再加以該地地質構造的控制，就形成了鞍狀錫脈。

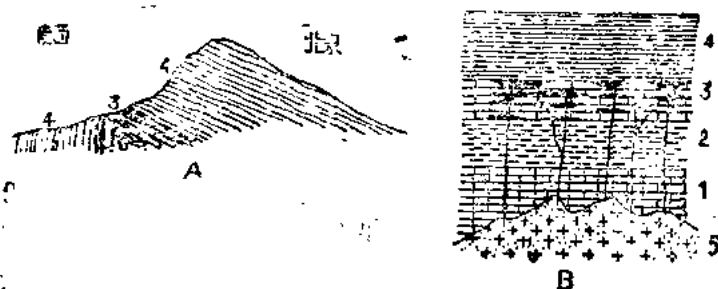


圖 1. 南丹大廠鞍狀錫脈（剖面）

（據張更、楊志成、吳烈伯）

A 鞍狀錫脈；B 示意圖，表示礦液上升的途徑

圖中黑體為錫礦體。1-灰黑色泥質石灰岩；2-淡灰色燧石層；3-灰白色扁豆狀薄層石灰岩；4-雜色薄頁岩。1-上泥盆紀地層；5-石英斑岩

錫脈分支現象 岩石中經常有許多裂隙存在。裂隙的種類不一，構造節理是一種最常見的裂隙。在同一地區，往

往有几种不同方位的节理出現，其走向与傾斜常有显著的差別，或走向相同，而其傾斜方向頗不一致。如果矿脉同时沿各組节理面蔓延生長，就形成了矿脉的分支現象，茲举江西崇义南桥下錫鈿矿脉作为例子。該处某些錫鈿矿脉的圍岩为泥盆紀的泥質砂岩及云母質砂岩，走向一般近于东西。砂岩中节理很發育，主要有兩組，走向都趋近北 75° 东，但傾斜方向相反：一組向西北傾斜，傾角約 40° ；另一組向东南傾斜，傾角約 50° ，兩者近于垂直，此兩組节理在剖面上呈所謂 α 节理的形式（圖 2A）。本区錫鈿矿脉大多是沿着向西北傾斜的一組节理發生的，这是一組主矿脉，其厚度下部較大；但主矿脉的上部就發生分支的現象（圖 2B）。主脉向兩側分出許多支脉，这些支脉是沿着那些向东北傾斜的一組节理發生的。這兩組矿脉傾斜方向虽相反，但都是走向北 75° 东，究

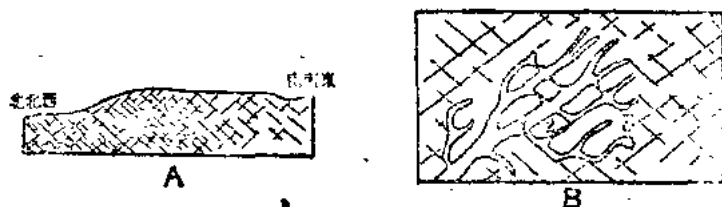


圖 2. 崇义高橋下錫鈿矿脉分支（据丁毅）

A 矿区节理剖面；B. 錫鈿矿脉剖面

1-矿脉；2-矽化岩石；3-节理

竟誰截穿誰，誰被誰截穿，看不出一致的先后次序。它們应具有所謂“共轭节理”的关系。此兩組傾斜相反的节理面，其交錯的方向北 75° 东与矿脉圍岩的走向接近平行，与矿区西南天門山花崗岩体的延伸方向也大体一致。

這兩組節理的生成，應與天門山花崗岩體的侵入作用有密切的關係，它們在方向上的一致性，應該不是偶然的。如果按照“應變橢球”的概念，將該區岩層中所述節理組合的關係進行分析，可知上下的方向為最大應變軸的方向，這表示着本區兩組礦脈節理的造成，當系花崗岩向上頂起作用的結果。一般說來，鎢錫礦脈的分支現象不僅和富礦體的存在位置有關，而且對採礦工程也有很大的影響，因此，其規律是需要搞清楚的。

最後，應該略述該區共生礦物的賦存情況。礦脈中除產鎢鐵礦外，含錫石較多是其特點。主要脈石為石英，次要脈石為螢石，其他共生礦物有黃鐵礦、黃銅礦、閃鋅礦及方鉛礦等。

多字型鎢錫礦脈 當某一區域的岩石受力以後，由於岩石的性質不同，或應力作用的方式不同，因應變而發生的裂隙系統，就常具有不同的型式和特徵。所謂多字型(en échelon)節理就是一羣斜列的節理系統，其生成系熱應變的結果。這種情況可以江西洪水寨鎢錫礦脈羣為例證。礦區成一西北—東南方向的狹窄地帶，主要由鉀雲母(?)及石英構成，呈綠灰色。最觸目的是其中鉀雲母與石英的生長趨於平行排列，外觀類似片麻岩，顯示發育不全的片理構造。片理定向為南北至北偏東約 20° ，一般向東南東傾斜，傾角 70° 以上。當超出雲英岩帶的範圍，至花崗岩中時，片理即不顯著乃至消失。由此可見，此種片理實為本區雲英岩帶特有的構造。所謂片理是岩石在與片理垂直的方向受了壓應力後，^多礦物顆粒重新排列或重新結晶的結果。本區鎢錫礦脈生於所述片麻

狀云英岩之中，主要系由含長石的石英脈所構成，密集成羣，斜列相接，其分佈成一多字型（圖3）或雁行式。每脈走向一般為北 70° — 80° 西，往北北東傾斜，傾角由 60° — 80° 以上。這些脈，無論沿走向或沿傾斜，都是斷續不齊，分合現象顯著，每脈的厚度變化很大，脈與脈之間，時常支脈聯貫，有時顯示羽毛狀。總之，缺乏聯貫性和整齊性，形

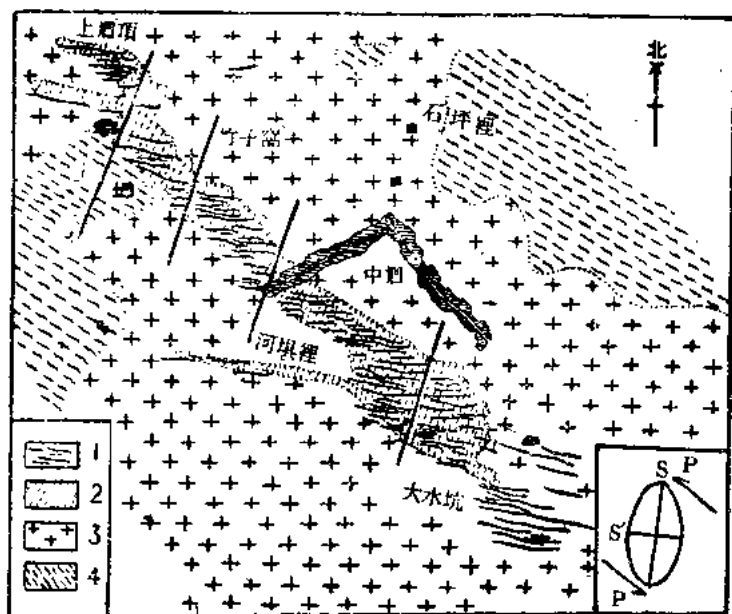


圖3. 大庾拱水寨多字型鎢錫脈分佈圖
(据徐克勤、丁毅、吳磊伯)

1 千枚岩、板岩、石英岩；2 花崗岩；3 片麻狀云英岩；4 鎢錫脈

狀变化相当繁复，是本区矿脉的一个特色。根据野外經驗判斷，这些矿脉节理一方面具有張力裂隙的性質，另一方面又

显示扭力作用的形象。这些多字型矿脉，都生于片麻状云英岩中，从云英岩带循脉理向外围的花岗岩追寻，则除少数例外，矿脉都已尖灭，或近于尖灭；同时在花岗岩中，与矿脉同方向的节理远不如云英岩中那样的显著发育。由于这些事实，使我们有理由推断：所述的多字型矿脉节理群与片麻状云英岩带的延伸方向以及其片理方位，在构造上都有密切联系的成因关系存在，虽发育的先后或略有不同，无疑是一次构造活动的结果。大体言之，当花岗岩浆分异过程的晚期，汽化作用应非常显著，同时所谓“动力作用”亦相当强烈，因此，在花岗岩体固结的表壳中，曾沿北 40° 西的方向，发生了近于水平推动的扭力作用（如图 3 的 P 及 P' ），以致花岗岩表壳引起破裂的趋势，地下的残余熔浆，遂得以携带大量气体上升，结果使一部分花岗岩循走向北 40° 西的脆弱地带，换质为云英岩带。在花岗岩换质为云英岩时，北 40° 西向的扭力作用仍应积极进行，并产生两组分力：一组分力为压应力，其结果使锂云母与石英垂直于压应力之方向作平行排列而造成云英岩的片理构造，如图 3， S 代表片理方向；另一组为张应力，其结果生成一系列的多字形节理， S' 即代表此种节理方向。这些节理就是矿液上升的“通道”。还有一点应该说明的，在洪水寨矿区，片麻状云英岩带的边缘，有宽大的石英脉一条，截穿多字型矿脉而生，走向为北 45° 西，大部分由块状乳白色石英组成，没有汽化作用的现象，含钨矿也很贫，这一条石英脉显然生成较晚，而成矿作用至此也近于尾声了。至于成矿期以后的断层作用则相当普遍，除沿矿脉面有滑动以外，以走向北 10° — 30° 东一组断层最显著，其

方向与片麻状云英岩的片理近于平行，它穿过花岗岩、云英岩及矿脉，断層之东南部通常相对往西南錯动。

如果根据上面的解釋，所述多字型錫錫矿脉节理之生成确起因于北 40° 西向的扭力作用，則这一西北向的扭力又是如何發生的，这一点現在还不能肯定的說明；不过可以推測，它与关田大花岗岩体的構造發育更有关，本矿区是該花岗岩体邊緣構造的一部分。

汞矿脉的排列 湘黔边境的汞矿帶，位于一个大背斜—湘黔背斜構造的西翼。汞矿脉的圍岩为寒武紀的石灰岩及頁岩，只在个别地点，矿脉生于奥陶紀灰岩中。岩層一般向西北西作緩傾斜。大背斜層的軸部有震旦紀地層出露。这个背斜層的軸向是北北东—南南西。大家知道，从湘黔边境至鄂西地区，穿过秦嶺，以至太行山与大兴安嶺一帶，是中国东部一条显著的構造綫。所述汞矿帶的發生很可能与这一走向北北东—南南西的褶曲作用有关，不过，“汞矿帶”的分佈方向与大的構造綫一致是一回事，而各区汞矿脉与大構造綫究竟具有什么关系又是一回事，这是不能不予以注意的。調查矿床經常要注意許多問題，特别是“構造控制”与“圍岩控制”这两个問題，矿床的产狀大半取决于此，而矿床的产狀是关系到矿床的工業类型以及勘探工作的佈置的。湘黔边境汞矿主要有两种产狀：（1）急傾斜的網狀脉，都沿傾斜很大的节理裂隙密集生長。（2）緩傾斜的層狀脉，这是本区最主要的一种类型，它是沿石灰岩的層面發育而成的，延展至一定範圍即逐漸尖灭，形成凸鏡狀矿体。各矿区寒武奥陶紀地層中含汞矿的層位是比較固定的，可以从地層的層序上加以对

比。每一矿層之上作为矿床富集的一个条件，几乎都有不透过的頁岩層存在。各个矿層或多或少具有某些特点可資区别。在同一矿区，各矿層并非同等發育。含汞的矿物主要是辰砂，矿床圍岩的变化以矽化作用比較显著。

如果仔細考察各汞矿層与直立裂隙的关系，以及直立裂隙在構造上的位置，并将它們的特征加以綜合分析，就不难看出，本区汞矿床的“地質構造控制”是具有規律性的。据分析过去的資料，湘黔边境汞矿区的地質構造，有許多值得注意的特征：第一，在矿区各个地段，無論層狀矿脉或直立矿脉，其走向一般为北 70° 西(圖4A)，即与所述大背斜的軸向近于垂

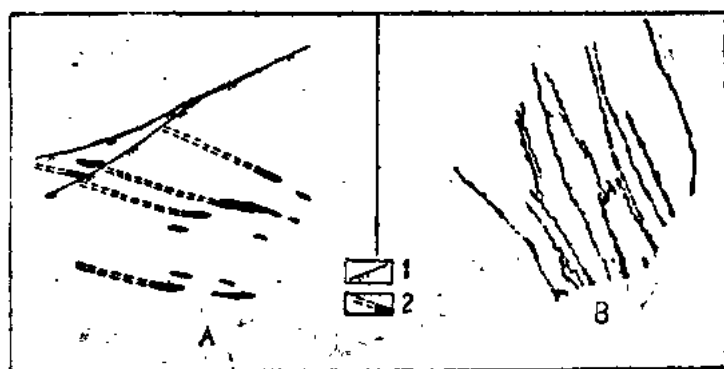


圖 4. 湘黔边境汞矿脉 (据田奇璧)

A—万山楊汞矿脉；B—大帽喇汞矿脉

直；有时矿脉走向为北 20° 西左右(圖4B)。在同一矿区，矿脉的走向大体上是一致的，这些矿脉大都是次一級的节理裂隙。第二，在矿区若干地点，出現所謂“半背斜”及“半穹形”等局部褶皺，它們可能是背斜層軸部的岩層，由于断層作用所造

成的一种“第二級褶皱”，这种褶皱構造是有助于矿液的上升运动的；这可能是造成所謂“放射矿脉”的原因。第三，在矿区各处，所見节理与断層的系統是相同的，不外下列几种方位：北北东—南南西一組节理与大背斜軸向平行，西北西—东南东一組节理与大背斜軸向垂直。而北北西—南南东及东北东—西南西兩組节理，应屬於大背斜的一对 α 节理，各与大背斜的軸向成 40° 左右的交角关系。东北东—西南西一組节理和断層在各矿区相当普遍，有时为石英及方解石填充，或將汞矿脉切断，或穿矿脉而过。

节理的配合 岩石中既有許多节理和小断層存在，在同一区域既可以見到几組节理；那末，它們各具有什么特征，是不是同时生成的，彼此究竟有無成因的关系，都是需要研究的問題。最要紧的是判別各組裂隙在区域構造上的位置及發生的关系。这就涉及到节理的配合問題，因此，將我国重庆北温泉区节理配合的情况作一扼要介紹。

北温泉公园位于北碚温塘峡嘉陵江西岸，是重庆附近有名的風景胜地。該区所見地層，为侏罗紀煤系与白堊紀紅色地層等，其中节理很發达，可以分为几个节理組(圖5)，最發育的是：北 35° 西，北—南，北 75° — 80° 西，北 50° 西，北 10° 东及北 70° 东等組；其次發育的是：北 15° 西，北 30° — 40° 东及东—西等組。这些不同的节理組，有的具有明显的特征，它們彼此的配合关系和發育情况，也有一些綫索可尋，可概述如下：

(1)最先沿北 35° 西的方向曾有压应力作用，产生了北温泉区軸向北 55° 东的不对称背斜層，其西北翼平緩，东南

翼陡峻，其东南翼有逆断层發生，伸展于綦云寺、九龙寺及禪岩寺一帶。属于此項褶皱構造 范畴的裂隙，有走向北 35° 西的横节理。

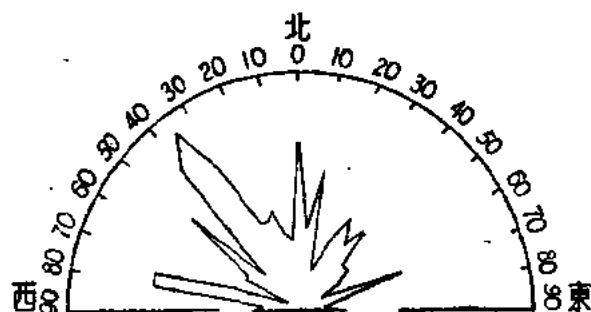


圖 5. 重慶北溫泉區中生代地層中节理(400个)統計圖(据谷德振、吳磊伯)

(2)以后沿北 50° — 60° 西的方向，本区又有压应力作用，因此在侏罗紀白堊紀岩層中發生走向北 30° — 40° 东的逆断层，分別見于汪家岩及大沱門等地，都是由西北往东南冲断。走向北 30° — 40° 东的裂隙为有关的縱节理，走向北 50° — 60° 西的裂隙为有关的横节理。

(3)最后發生了南北向的压应力作用，由此造成东西向逆断层，分別見于澄江鎮及紹龙寺一帶，都是由北向南冲断。而南北及东西兩組节理，都應該是这一構造系統的派生物。

北溫泉的泉口分佈綫作北北西的方向，而那里著名的岩洞“乳花洞”，所以局部弯弯曲曲地成之字狀（圖6），是由于利用了岩層中既成的裂隙即走向北北东及北北西的节理等，其总的排列方向大体指向南北。这是所謂小型追跡裂隙

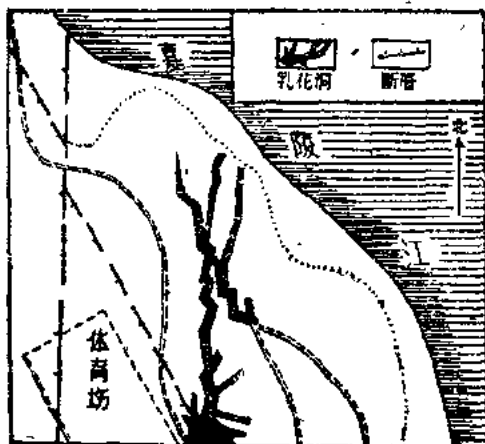


圖 6. 重庆北温泉区乳花洞小型追跡裂隙 (据李四光)

的一个很好的例子。乳花洞內有石灰华質的温泉沉淀，北温泉的發生与上述最后一期的構造活动有关，在北温泉区，还發現所謂“簾狀节理”及“圓柱狀構造”，其意义已經前人指出。

小型構造分析的应用

小型構造分析的应用，可以从兩方面考虑：第一，利用小型構造可以推測区域構造的存在和性質；第二，小型構造分析在矿产普查以及工程地質、水文地質工作中的意义。茲先从第一方面加以說明。

进行火成岩構造的研究，就要按照一定的工作方法，詳細追尋岩体各部分的岩相和構造相，詳細觀察岩体接触边緣的特征，測量“流綫”和“流層”一类要素，以及裂隙系統与岩

脈矿脈的組合关系。須要作出适当比例尺的火成岩構造圖。这些資料当經過深入的分析和审慎的綜合以后，不仅能够說明火成岩体的構造發育史，而且能够指出矿产普查与勘探的綫索，这一点是無須多加說明的。

研究層狀岩石的沉积構造，也是不能忽略小型構造分析的方法的。岩石中顆粒的定向排列及粗細变化、交錯層、滑坡、波浪及泥裂一类小型沉积構造，不但常可以帮助我們了解岩層的上下秩序，还可以确切地指示沉积的具体环境。沉积岩因地壳运动常發生一系列的褶皺和断裂，其形狀、性質以及各部位的关系可以利用小型構造加以揭露，这是小型構造分析的一个主要方面。不用指明，变質岩的構造，經常是小型構造分析以及显微構造分析的对象。

提到小型構造的应用，一般常強調裂隙構造的意义。它是在一定条件下应力作用超过岩石破坏强度的产物。裂隙構造包括节理及断層等，某一类劈理也列为岩石破裂阶段的产物，它們常与某一区域構造具有一定的位置关系和成因关系。譬如某一类劈面常約略平行于褶皺的軸面。关于节理和断層的分类，由于成因的不同，有所謂“張节理”与“扭节理”；而按照它們与区域構造的方位关系，常分为“橫节理”、“縱节理”与“斜节理”三种。断層的分类和节理相同。这些不同方位和不同性質的裂隙各具有一定的特征，綜合起来常可以說明区域構造的性質和展佈情况。

現在，从矿产普查及勘探等項工作，探討小型構造分析究竟有什么意义，这可以概括为下列几个方面：

(1) 对于矿产普查 矿产普查的目的，在于尽可能寻找

有希望的矿产地点，并作出一定的評價。为达此目的，必須利用各种各样的方法，小型構造分析方法即其中的一种。利用这种方法，可以帮助寻找和掌握矿床的地质構造。如一个背斜的鞍部，一系列的交叉褶皱，一个穹形構造等等，都是局部的空虛地帶，易为侵入体及矿液所充填，也常常是石油和鹽类聚集的場所。不同性質的节理（如張节理与扭节理），常常产生不同的矿床，因此区别节理的性質和类型、对于成矿条件的認識是非常重要的課題。当然，对于矿体的形状和产狀，除了構造控制外，圍岩控制也是一項很重要的因素。

(2) 对于矿床的勘探和开采 找到了矿，进一步要进行勘探，对矿床作出工業評價；接着將进入設計开采的阶段。因此要尽可能詳細了解矿体产狀的变化，譬如說矿体忽然断掉了，有时分叉了，如果熟悉了矿区小型地质構造發生的規律，就能够將断失的矿体找出来。其次，假如理解了劈理及“拖拉褶皱”等的区域特性，在鑽探工作中常可以帮助我們从岩心中了解地下褶皱構造的部位，这一点对于判断深部矿床賦存的情况，是具有一定意义的。

在化学探矿和物理探矿工作中，小型構造分析的方法，也不是沒有地位的。在某些地区，地表所以露出清晰可辨的原生量，是由于岩石中有許多“通道”，地下的金屬微跡得以达于地表所成。这些通道就是节理和断層裂隙以及岩石中的孔隙。小型構造分析的方法对于物探数据的解釋，是可以作出一些帮助的。

(3) 对于工程地质和水文地质 小型地质構造和工程地质及水文地质关系很大，如断層和破裂等脆弱地帶經常影