

鐵路勘測中航攝資料 的工程地質調繪

M·A·李索夫斯基著

人民鐵道出版社

緒 言

目 录

緒言

第一章 航空摄影在工程地质工作中的应用范围。航空方法的种类及其意义	1
§ 1. 利用航空摄影进行工程地质制图	1
§ 2. 工程地质图的内容和它的编制原则	3
§ 3. 工程地质制图中的航空方法	6
第二章 综合地质调绘和工程地质条件的评价	8
§ 4. 一般概念	8
§ 5. 直接调绘特征	9
§ 6. 间接调绘特征	14
§ 7. 第四纪和现代沉积调绘	16
§ 8. 沉积基岩调绘	28
§ 9. 火成岩调绘	34
§ 10. 动力地质现象调绘	36
§ 11. 铁路选线中工程地质条件评价的实例	40
第三章 沼泽调绘	47
§ 12. 沼泽之直接调绘特征及其在航摄像片上的反映	47
§ 13. 沼泽之间接调绘特征	50
§ 14. 沼泽地区铁路选线时工程地质条件之评价举例	52
第四章 初步调绘法和内业调绘法	56
§ 15. 采用航空摄影进行工程地质勘察(初测)的方法及组织形式	56
§ 16. 初步内业调绘	58
§ 17. 外业调绘中记录的方法	60
第五章 根据航摄像片调绘资料编制工程地质图	62
第六章 改进航摄资料调绘的途径及前景	65

第一章 航空攝影在工程地質工作中的应用範圍。航空方法的种类及其意义

§1. 利用航空攝影进行工程地質制图

在勘测铁路新綫和复綫、改建現有铁路樞紐以及在路基病害地点及其他零星工程上，均需进行工程地質工作。

按資料編制的詳細程度，铁路勘测可分为初測和定測。

铁路勘测时的工程地質工作可分为：測繪、勘探、試驗和化驗。

新綫铁路初測时，使用航空方法的效果最大。在初測設計建筑物时，工程地質方面的大部分問題系根据工程地質測繪来解决，而勘探工作則处于从属地位。

在铁路新綫初測的第一阶段，選擇綫路方向并进行各方案的比較。在工程地質条件复杂和不良的地区进行方案比較时，工程地質条件常起着决定性的作用。在这种情况下，最后方案的比較和选出，应根据工程地質指标（如：沼澤的长度和深度，喀斯特地段或滑坡山坡的长度，冲沟形成作用的强度等）进行。个别方案会因土壤不能利用而取消。

在备有路綫可能变动範圍內的工程地質图（比例尺为 $1/50,000$ 到 $1/100,000$ ）时，可以最合理地選擇和比較工程地質条件复杂地区內的各个方案。用普通外业方法进行勘测时，編制这种地質图是很繁瑣的工作，并且要作大量的導綫和化費很多的时间。因此，通常工程地質調查只好沿着某些方案主要導綫的狹窄地帶进行。工作人員在野外只能了解主要導綫狹窄地帶的情况，观察面极为有限。因此所获得的工

程地质条件描述不够完全，对最后选出的方案在工程地质条件方面是否真正是最好的方案没有把握、这样，有时就会引起改线或工程量过大。

线路变动地带的宽度为4至30公里。

利用航空方法，采取航摄像片调绘和进行航空目测的方法，不论路线的长度如何，均能用最少量的地面工作编制出任何宽度的工程地质图。工程地质条件愈复杂、愈不良，采用航空方法就愈有效。

勘测设计人员，摊开地形图和工程地质图以后，就可以在室内正确地定线，不管路线是否偏离最初所定的方向。

在新线铁路初测的第二阶段，就是根据在地图上所拟定的方向在现场测设经纬仪、水平仪导线，在导线两侧进行1:2,000至1:5,000比例尺的视距测量。根据视距测量的结果，作最后定线（绘出线路）。显然，在这里除应考虑地貌、地物情况以外，还须比在编制小比例尺工程地质图时更细致地考虑工程地质条件。因此，必须作更详细的工程地质测绘，根据这种测绘，编制1:10,000的区段工程地质图。这种地质图仅在工程地质条件复杂和不良的地段绘制，以作为局部偏离既定方向的根据（因地质条件所引起的）。

在简单和单一的地质条件下，无需编制此图。而沿主要导线的地质调查工作，也仅限于编写百尺标说明来作为分区平面图之补充和进行勘探。

在大河桥渡地点，在设计大型车站的地方均应编制上述平面图，后一种情况下用以合理地布置机务设备、车站房屋和工人住宅区。

沿主要导线作详细工程地质测绘时，应同时到最后选定的桥渡地点进行勘探工作，在发现建筑材料蕴藏地点进行坑探工作。

使用航攝資料編制各地段的工程地質圖也極為有效，利用航攝資料能使建築材料的普查過程既合理又簡化，並能大大改善作為初步設計依據的文件質量。

在鐵路定測階段，直接使用航攝資料的可能性和效果與初測階段相比較大大減小。因為在定測階段，勘測工作可總結為勘探、化驗和實驗等工作。在此階段作為施工條件和概算根據的文件，是工程地質橫斷面圖和縱剖面圖，而不是平面圖。

在百尺標工程地質描述——編制大比例尺工程地質圖時，可以利用航空攝影。

在復線勘測中，利用航空攝影來為遠繞行綫作工程地質方面的證明，是有很大大效果的。

擴建現有的鐵路樞紐時，需要編制工程地質圖，以便用來布置建築物，設計路基和選定取土坑的位置。使用航空攝影，就能在內業編制這種地質圖，因而能大大地減少地面工作量。

在現有鐵路線上，利用航空攝影作滑坡山坡的初步工程地質調查，極為有效。用大比例尺航攝資料能編制出極詳細的滑坡微地貌圖。這在設計抗滑坡措施上是有很大意義的。而用普通的外業方法來編制這種圖，須用儀器進行極細緻的測繪，這需要化費很長的時間。

§2. 工程地質圖的內容和它的編制原則

航攝資料的工程地質測繪的詳細程度，與對地質圖的要求，也就是與地質圖的內容有密切關係。

用於選擇綫路方向、作方案比較的工程地質圖，以及各地段地質圖均根據岩石分布圖的格式編制。基岩和第四紀沉積岩，在圖上均要分別繪出。

对于土壤的工程地质评价，是起决定性意义的，并不是年代（在普通地质测绘中，年代是主要的），而是它的岩石成份和成因，也就是它的形成。

岩石成份相同，而成因不同的土壤，在多数情况下其物理力学性质和工程性质均大致相同，也就是在修建建筑物时有相同的稳定性。

表示土壤在平面上的分布情况，用普通方法，将不同岩石的总轮廓勾画出来，并用相当的符号注明。

在鑽探中编制的大比例尺工程地质图上，注明未露出地面的土壤，是极为重要的。因为这种土壤可能在开挖路堑时被挖出来，可能作为桥涵建筑物的基底，也可以根据它判断出某种物理地质现象的发育情形。

地质图上的两层断面，普通用两种图例结合起来表示。例如用颜色作底，再配以线条，下面岩层的埋藏深度在图上用数字标出。

在大中桥渡、深路堑和隧道处，初测时的地质图一般只起辅助作用，主要的是要表明地面上所发生的各种地质作用。设计所用的资料，则用鑽探和编制相应地质断面的方法获得，此种断面又作为地质图之补充。

在土壤中发生的现代动力地质作用，对于方案比较、最后定线以及布置各种建筑物，有着特别重要的意义。

在有沼泽形成作用的情况下，在地质图上应划分出成因相同、承载力无显著区别、深度大致相等的各种不同类型的沼泽。

如果有喀斯特现象存在，则在小比例尺地质图上，应在喀斯特化岩石的彩色图底上，将喀斯特发育强度表示出来；在大比例尺地质图上，应将现代喀斯特和古代喀斯特区分开来，并注明它们的成因。

在小比例尺滑坡制图时，应将现代滑坡和古代滑坡区分开，并按滑坡切割山坡的深度划分为浅滑坡、深滑坡和极深滑坡。

如果进行大比例尺滑坡制图，则在地质图上均应将各个滑坡和它的形态碎部注出，如：滑坡壁、断裂缝和隆起裂缝，滑坡阶梯、凹地、平坦的沼化盆地或充水盆地，基岩各种层位的露头，滑坡堆积物，地下水露头。

在用大比例尺冲沟制图时，应将现代（发展的）冲沟与古代（不发展的）冲沟区分开；在小比例尺图上，则应即以一平方公里面积上的冲沟网长度表明冲沟的发育程度。

在工程地质图上用图例绘出泉源、水井以及用钻孔或者在露头处测知的地下水埋藏深度。

在某些情况下，特别是在使用航摄像片时，编制综合地质图最为合适。在综合地质图上，用颜色表示地貌分区；用线条和图例表示土壤和地质作用。

地貌是重要的，因为地貌的界线往往就是成因组合和岩石类型的界线。

在制图时，河成阶地（分出河漫滩阶地和河漫滩上阶地，侵蚀阶地和堆积阶地）以及各种坡度河的谷斜坡，便是地貌分区。

在分水岭上可分出冰成地貌的各种形态（冰碛丘，冰碛壟，终碛，蛇形丘，鼓丘，冰碛阜，各种形态的冰水堆积或冰水沉积，湖盆地，风成形态等）。

在山区，可分出崩坍、岩堆、流石、泉华、坡积物等形态。

在工程地质图上必须注明各个区段建筑材料（道碴、渗水土壤、片石石料）的供应程度。建筑材料产地和它的远期储备量，可仅根据工程地质测绘资料，在小比例尺图上注出。

§3. 工程地質制图中的航空方法

采用航空方法，除了可以对目标进行地面研究外，并可从飞机上进行調查，或在內业用立体鏡研究航摄影片来分析地面模型的所有碎部。

在編制工程地質图时，可以用飞机来进行航空摄影和航空目測录繪，并可用作通信工具和运输工具。

航摄影片具有許多特性，其中有測量方面的特性和立体方面的特性，航摄影片連同航摄过程本身构成一門專門的學問，在專門的書籍中研究。

現在我們來看一看，在工程地質測繪中航摄影片的特性：

航摄影片是一种客觀資料，因为它不加任何假定与省略，而按飞行比例尺真实地将地面景觀表达出来。

航摄影片最宝贵的特性，是它能够将小型地貌的特点和較大的形态相結合地表达出来。航摄影片不仅能很好地反映出小型地貌，并且也一般地或部份地能反映出地貌的各种形态和地質构造間的相互关系（土壤成份、土壤的物理性能和力学性能），航摄影片在露头良好地区能表达出各种不同的岩石和土壤的界綫（因其反映能力不同），以及連續体的断层綫和其他构造单元。

在地形图上，通常是将植物复盖层表达出来，但植物的生长与水文地質和土壤条件的关系就不能表达了；而航摄影片就能表达出这种关系，并能根据植物的性质来判断土壤地質条件，画出不同岩石間的界綫，沼泽或非沼泽区域間的界綫。

利用航空方法能使工程地質測繪过程合理化，因为这时不需要在野外追索工程地質目标的界綫，而且地質图的地物

部份可以移到室內來繪制。

在進行外業工程地質測繪時，可以大大減少調查路線和觀測點的數量，因為有許多東西已清晰地反映在象片上，並且有圖形代替了文字描述。

利用航攝象片，除了能對調查路線範圍內的地區進行詳細的研究外，還可以看到地面能見度以外的地區，並能更有把握而正確地進行調查路線間的內插和外插，不必顧慮研究對象的遺漏。

在地面上的、難以到達的地區的制圖工作大大地減輕了。

這些就是航攝象片的主要特性，它可以加快工作的速度，提高工作質量，減輕勘測人員的勞動。

航空方法共有三種：

(1) 綜合性的，在進行地面工程地質工作時，除作航攝象片的外業測繪之外，還作航空目測和空中測繪。

(2) 僅利用航攝象片和象片略圖來作內業和外業的工程地質測繪，不作航空目測。

(3) 用通常的外業方法進行工程地質工作，不用航攝象片，但進行航空目測。

綜合性方法最完善，但卻僅在難以達到的地區和很少經過調查的地區是經濟有利的。

第二種方法，在任何地區採用都是有效的，甚至在自然地理條件不能使全部工程地質情況反映在航攝象片上時，也是有效的。

不利用航攝資料的航空目測法，在某些地區內，用作勘察建築材料是有效的。航空目測在工程地質測繪中，一般起輔助作用，而主要的是在航攝象片上研究地面的航攝影象。

第二章 綜合地質調繪和工程地質条件的評價

§4. 一般概念

航攝象片的地質調繪，就是在野外和在室內對調查對象所特有的攝影影象的各部份和特征進行研究分析。

調繪，按直接特征和間接特征進行之。按工作地點來分，調繪有外業調繪和內業調繪兩種，實際上，外業調繪和室內調繪是相配合的，內業調繪的成果和質量，決定於按外業樣片和其他資料，對象片上未直接顯示出來的各目標間的自然關係所作的研究程度。

最可靠的調繪辦法，是在野外將航攝象片與實地情況對照。在整個外業工作過程中，要確定出能代表典型地段的各目標的調繪特征，並選擇出作樣片的航攝象片。

調繪樣片是在現地完全作了調繪，並附以關於直接特征和間接特征說明的立體象，對樣片地段應有一定的資料。例如：在地質構造方面，這種地段應有最多的露頭和有代表性的地貌形態，有最為完整的地層斷面；從動力地質學觀點來看，這種地段應有最大的典型性。

室內調繪時所採用的「比較方法」是在於將該張象片的影象和在其他航攝象片上已經過調繪的、同一目標的影象進行對照比較。為此，利用調繪樣片利用上述方法，就可能在調查路線之間未作野外觀測的地方，進行航攝象片的內業調繪。

在工程地質條件易于調繪的情況下，如果確定出可靠的

調繪特征并選擇出樣片，就能大大地減少外業測繪工作。在不易調繪的情況下，室內調繪則起輔助作用。

那些在工程地質圖上所必須區分出的各單元的可調繪程度，決定於地貌性質及地貌被侵蝕作用所割切的情形，地面動力地質現象的活躍程度，樹木的多少，當地的居住情況和航攝像片的比例尺。

航攝像片的調繪按規定的程序進行，并分成初步室內調繪、外業調繪和最終室內調繪。按採用的方法來分，調繪有使用放大儀器和量測儀器（放大鏡、量測用的刻有分劃的賽璐珞尺）的目力調繪和使用立體鏡的立體調繪。

§5. 直接調繪特征

目標的大小、形狀和所占的空間位置，以及影象的陰影、色調等是調繪工作的主要依據資料，而與調繪的目的無關。這些在航攝像片上所反映出的資料，可以進行量測，并能使我們直接感覺到，所以它們可稱為直接調繪特征。調繪目標的可調繪程度，即可說明的程度與充分性，決定於該目標的清晰度和其與外部特征符合程度。

直接特征，對於用來表明地面上各地物和目標的外部特征是足夠的。

地形測繪中，大部份目標（包括：地貌、河流、湖泊、樹林、居民點等）的調繪，都可利用直接特征進行。

目標的大小：在航攝像片上調繪目標時，必須考慮航攝像片的比例尺，調繪目標的尺寸或用與其他在現地量測過的影象相對比的方法來確定，或靠航攝像片的比例尺來確定。

航攝像片的比例尺可按已在現地量測過的目標的影象來確定；也可以用量測象片上和現地上綫段長度的方法來確定；也可以用量測象片上和攝影地區地形圖上綫段長度的方

法来确定。

調繪时，必須顧及到各种比例尺的航摄影片所显示出来的最小的尺寸。

目标的形状，在調繪时有着非常重要的意义，虽然在大自然界有着許多不同的形态，但在多数情况下，相同的目标均有其独特的形状。根据这种独特形状，就能在航摄影片上将这些目标辨認出来，目标的形状与比例尺无关，而保持其固有的形状不变。

按外形調繪的目标，如道路，农田，菜园和村庄等。这些都可以根据規則的几何图案和线条識別出来（图1）。

水文网按地物輪廓的弯曲形状和深暗的色调識別。

在調繪树林时，判断树木品种的标誌为树冠的形状和树冠之間空隙的輪廓。在作地質調繪时，根据地貌形状，可間接地判断出各种地貌的成因、地質构造和岩石情况；根据沼澤的外形，有时可推断出构成沼澤的泥炭情况。

为了确定目标的座标 X 、 Y 、 Z ，就需要对航摄影片进行立体研究。

确定出某一目标在其他目标中間的空間位置之后，即可作出一系列推断來說明此目标或現象，并可得出地質調繪的关键。例如某种地貌形状，如果不指明其所在位置（在分水岭上、斜坡上、河谷上）仅仅靠形状本身，还是不能說明它的成因的。

阴影效果是不用立体鏡而作地貌調繪的方法，具体作法就是目力观察航摄影片和其他的航摄資料，这种方法可在森林地区应用，也可在无森林的裸露地区应用。小型地貌的阴影效果，可以帮助视觉来观察出与地面侵蝕切割有关的各种地貌图案，和一切微小的起伏，一些地貌单元（如：冲沟，雨裂，陡崖，滑坡，阶地及其他等）也能由阴影显示出来。

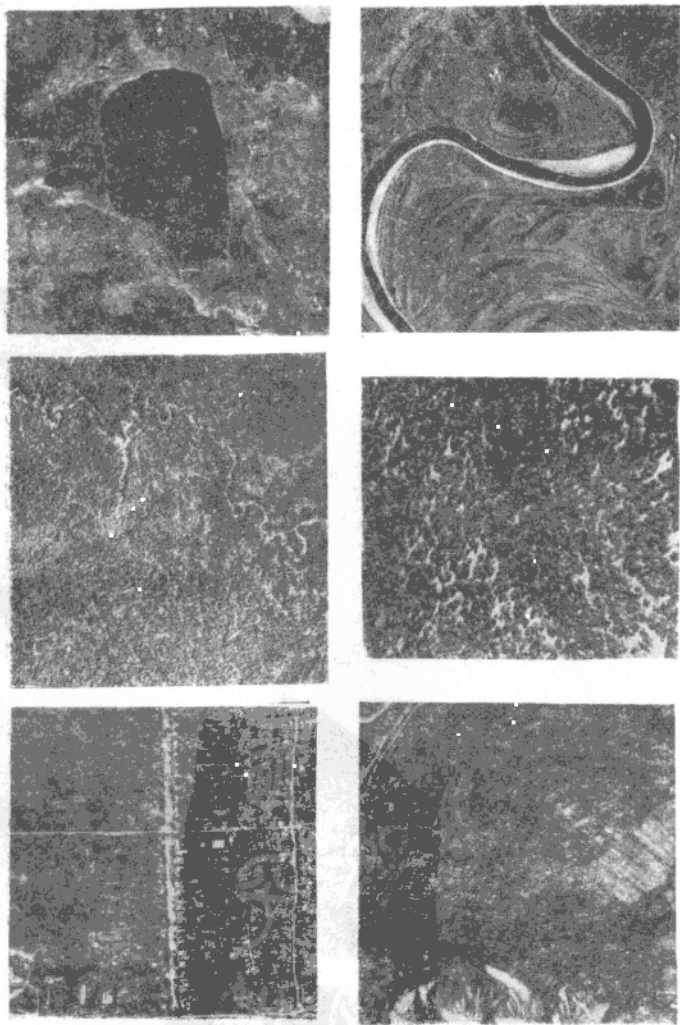


图1. 自上而下: 左侧: 湖泊, 小河, 村鎮。
右侧: 河流, 樹林, 农田。

高地和洼地的斜坡，由于其照度彼此不同，故显示得很清楚。斜坡朝向阳光的一面，色调较浅；背阳光的一面则较深。利用这些特征，即可不用立体镜来区别山区地貌的类型，即如丘陵地貌与平原地貌的区别以及小型地貌各种不同图案的区别等（图2）。

遮盖地物背阳面的阴影，称为自身阴影；而地物投射到地表的阴影，则称为投射阴影。

大型地貌所投射的阴影，常常使立体镜调绘发生困难，因为阴影处的地物被阴影遮住。

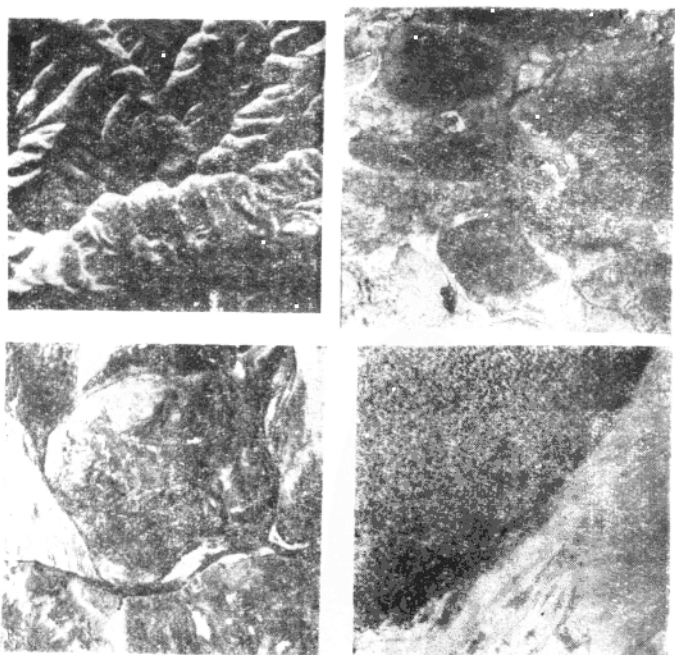


图2. 自上而下：左侧：山区地貌，岩层露头。

右侧：丘陵地貌，河成阶地的台阶。

根据投射阴影可推断出目标的形状和高度。阴影的大小，决定于地物的高度，太阳光线的倾斜度和地貌。地物的高度愈大，太阳光线的投射愈倾斜，则阴影愈大。

为了得知某地物的阴影形状，应在脑中想像引出两条平行线，使与地平线成一些角度，平行线夹着地物两侧的边緣并与假想的平面相交，这样就可以得知阴影的形状了。如果阴影映射在很暗的表面上，那末色调差就不很容易看出来，而在一定的曝光和正负片一定的处理条件下，阴影与光亮表面的明暗差是可以消失的。

色调特征：航摄象片药膜的变化黑程度，叫做影象色调，地面上各种颜色的地物，在航摄象片上均呈现出色调不同的灰色。

借助于影象色调，既可以明显地区分出同一张象片上的各种地物，也可以在把不同的象片作相互对照时，区分出各象片上的地物。影象色调决定于地物的色彩、反光能力和摄影瞬间的照明度。

天然色彩对影象的色调有影响，能反射太阳光谱可见部份的光线的物体，其影象在象片上呈浅色，而能吸收大部分光线的物体的影象则呈深色。例如：绿色植物能消散光谱的绿色和黄色，并部份地消散红色，所以它对摄影药膜的作用是弱的，因而其影象呈深色。为了正确地将摄影目标的颜色反映出来，要采用全色药膜，此种药膜，对太阳光谱可见部份的所有光线都能感应出来。

岩石所反射回来的光线的数量。决定于岩石的颜色、结构及表面状况，不消散光线亦不能将光线反射入镜头中的平坦而又光滑的表面，在象片上看起来是深色的。因此，例如：平静的水面，在航摄象片上多是深色的；能反射大部份光线的平坦而又光滑的表面，看起来呈均匀的浅色，盐碱

地、白堊、石灰岩、干沙等，在航攝象片上呈淺色和淡灰色；黑土和水份很多的泥炭，在航攝象片上是暗深色的，因為照射在它們上面的光綫大部份被它們所吸收。

裸露的岩層具有各種不同的反光係數，在山岳地區進行航空攝影時負片藥膜的變黑程度不同，就可以說明這一點。

用實驗的方法確定了反光係數，如：砂岩的反光係數為45%，花崗岩——28%，石灰岩——26%，泥質頁岩——10%，玄武岩——7%。

航攝象片反映各種不同天然形成的攝影光學特性的性能，對地形測量來說，完全是一種新的特性，這種特性在航攝象片地質調繪方面，得到了廣泛的利用。

6. 間接調繪特征

間接調繪特征，是以自然界中地貌和地質構造之間、小型地貌和動力地質作用之間、植物和土壤之間以及其他等等之間現存的相互關係為基礎的。

岩石成份和岩層產狀條件對地貌的發育和侵蝕網的性質有影響，水文地質條件和松散沉積物的性質對植被有影響，多種小區地貌形態的形成與物理地質現象（喀斯特、潛蝕、滑坡）有關係。

利用這種關係，反過來，根據象片上所清楚顯示出來的地貌性質、侵蝕割切情形、植物的性質，可以調繪出地質構造的各單元，岩石情況、物理地質現象，並判斷壤中水的埋藏深度。這些關係要在野外調查清楚，以便在室內調繪時廣泛地加以使用。

調繪出岩石成份，區分出土壤組成的地質成因並製出圖來，這就稱為航空地貌方法，而那些特征本身（用以確定地質岩石組成的）就稱為調繪的岩石地質特征。地貌與岩石產