

鐵路航空勘察技術彙編

(2)

鐵路航空工程地質工作

鐵路專業設計院航空勘察處編

人民鐵道出版社

目 录

I	铁路工程地质勘测中航空勘察方法之应用	2
第一章	铁路工程地质勘测中航空勘察方法	
	解决的问题及应用范围	2
§1	航空勘察方法解决的问题	2
§2	航空勘察方法应用范围	2
第二章	航空勘察方法之工作程序	3
§1	接受任务和内业准备工作	3
§2	航空目测	3
§3	航摄资料的调绘	7
第三章	各种不良物理地质现象之调绘特征	11
第四章	小比例尺航摄像片地质调绘方法	22
II	干燥地区铁路航空工程地质勘察	35
第一章	概述	35
第二章	航空勘察进行的方法	36
§1	飞行前的准备工作	36
§2	空中目测及录绘	37
§3	飞行后的资料整理	40
第三章	最后室内的资料整理	41
§1	航空像片判释	41
§2	工程地质图的编制	79
§3	编写工程地质说明书	80
第四章	结语	83

Ⅰ、鐵路工程地質勘測中航空勘察 方法之应用

第一章 鐵路工程地質勘測中航空勘察方 法解决的問題及应用範圍

§1. 航空勘察方法解决的問題

一、可以将一部份外业工作代之以內业工作。

二、加速工作，并使工作質量有所保証。例如，利用航
摄資料和目測資料，不进行地面工作就可以勾出水系網、地
貌单元、不良物理地質現象的分布範圍。

三、利用航摄資料可以确定露头情况，同时还可以看出
在地形图上表示不出来的碎部，能清楚的分辨出小型地貌。

四、能勾出不同岩石界綫，如有地質資料做为参考，还
可以确定出岩石的类别及其时代，确定壤中水露头以及高水
位壤中水条件下的植物組合。

五、可以确定观测点、勘探点的大概位置与数量，以及
調查路綫的行进方向。

六、能正确的确定地表形态的发育阶段，因为利用航摄
資料和目測，易将各种自然地理現象联系在一起进行研究。

七、初步确定建筑材料产地的可能性。

§2. 航空勘察方法应用範圍

航空勘察方法在鐵路勘測的任何阶段都可采用，而以草
測阶段和初測阶段最有成效；定測阶段之主要工作是勘探、
化驗和試驗，同时需作地質断面图，而不是地質平面图，因

此效果不大。

其次，对樞紐、車站的改建，复綫与桥渡的勘测，病害之处理等也是有效的。

应该指出，航空勘察方法只能加速和減輕工程地质調查工作，而不能完全代替，地面工作仍然要做，只是更合理而已。航空勘察方法是在自然条件困难、交通不便、难以到达的地区最有成效，象我国的西北地区、西南地区、内蒙草原等最适于采用航空勘察方法。

第二章 航空勘察方法之工作程序

1. 接受任务和內业准备工作

当接受任务并加分析后即着手搜集已有之参考資料与档案資料，并仔細地加以研究，特別要仔細地研究該調查区域内的沼澤、喀斯特現象、滑坡、崩坍及其他物理地质現象的分布情况。所搜集之資料經研究后即可編制該地区綜合地质略图，以做为将来編制工程地质图的参考图。此外，还应編写說明書，内容包括綫路地区的自然地理特点、地质构造、水文地质、物理地质現象。

研究了該地区的自然地理条件及工程地质特点后，就有可能确定工程地质工作量、人員配备、工作計劃、費用等。

§2. 航空目測

所謂航空目測，就是在飞机上对地面进行观察并录繪之。航空目測可在大比例尺摄影前或摄影后，但也有与摄影同时进行目測者。摄影前之目測一般是属于概觀性目測，是在該地区缺乏地形及地质資料的情况下进行的，这种概觀性目測其目的是对該地区之工程地质条件进行总的了解，同时还可以确定各区段航空摄影比例尺，以及对綫路方案进行初步的

工程地質评价。摄影后之目测，其目的一般是为了寻找建筑材料以及对工程地質条件复杂地段进行重复的观察，也可以說是弥补摄影前目测所不够的地方。有时在大比例尺摄影的同时也进行目测，由于记录 and 摄影是同时間进行的，这对将来应用录繪資料是有利的。

航空目测时为了进一步了解某些具有代表性地貌形态又进行傾斜摄影。

一、航空目测能达到如下目的

1. 获得該地区、地形、地貌、工程地質、水文地質等方面的一般概念。

2. 根据地表不同的色調及不同的地貌形态确定不同的基岩类别。

3. 能确定出不良物理地質現象，如滑坡、岩堆、崩塌、冲积扇、沼澤等的位置及其状态。

4. 能找出建筑材料产地。

5. 确定所研究地段露头的特点及程度。

6. 确定內业初步調繪之某些标誌。

7. 对方案进行初步评价，确定大比例尺摄影范围。

二、航空目测存在的缺点

1. 由于飞行速度快、航高大，因此精确度有限。

2. 观测所获得的資料质量要以观测者經驗而定。

3. 受天气限制，天气不好就无法进行。

4. 在森林地区，效果不好，目测最好在落叶时进行。

三、航空目测注意事項

必須选择晴朗、无云、无雨雪、无雾、无大风的天气。

目测最好在早晨 6 点~10 点和傍晚 4 点以后进行，此时飞机颠簸最輕微，不过在早晨和傍晚时刻进行观测只适宜于地形割切不大的丘陵地区或平原地区，此时斜射的光綫将地形影

射得更加清楚，并且使地物的色調更加鮮明。早晨和傍晚时刻在山岳地区因为斜射的光綫造成的阴影，往往使記錄工作无法进行，因此尽管中午時間內不利于飞行，仍然不得不在此時間內进行工作。在进行概觀性目测时，飞行高度应高出地面2000m左右；当进行較詳細的目测时，要求更詳細的对地面目的物进行观察和記錄，一般在平坦地区，飞机速度超过200公里者，飞行高度应为400~600m。

目测工作連續飞行時間最好不超过4小时，時間太长就会降低工作效率和质量，当天目测資料应于当天整理完。

四、航空目测过程

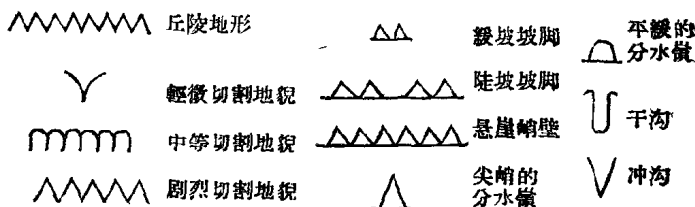
1. 目测前的准备工作：事先应对目测地区之地貌、山脈、水系、居民点等进行了解，如果預先已編好綜合地質略图时，則可将飞行航綫轉繪于綜合地質图上，如果目测是在航空摄影后进行，則可将飞行航綫繪在象片略图上或鑲嵌复照图上，而象片略图或复照图須进行地質調繪，調繪内容包括：水系、山脈、垭口、居民点、公路、湖泊、地貌分区、岩层界綫、物理地質現象。飞行航綫图上須注出定向標誌——湖泊、村庄、支流、道路交岔、河灣等等。当对帶有飞行航綫之綜合地質略图或象片略图进行詳細研究后即应准备目测記錄本。每次工作之前应写目测之飞行日誌。飞行日誌应每天填写。日誌内容包括：日期、天气、綫路名称、方案、起飞時間、目测开始時間、目测終止時間、在机場着陆時間、連續飞行時間、各测段的航高与航速、机場名称、記錄者职称姓名。

目测时图例符号要用地質工作人員所慣用之图例符号，工作中不得随意更改，所用图例符号可附于目测記錄本后面。由于我国目前尙无統一的目测記錄图例符号，現根据苏联专家所建議采用之有关地貌与地形方面图例符号提供大家

参考（关于有关物理地质现象、地质构造、水文地质、地质界线等图例可按我国铁路工程地质工作中所通用之图例）。

补充之图例符号如下：

- | | |
|--------------------------|---|
| I _p 平原地形 | III 陡坡 ($20^{\circ} \sim 50^{\circ}$) |
| I _r 河流阶地 | IV 极陡坡，悬崖峭壁 |
| II 缓坡 (20° 以下) | V 分水岭地带 |



目测时最好有两个地质人员同时记录，这样便于复核。飞行时的时间可视为比例尺，在记录本内标出观察地物点之时间，知道了飞机的速度及飞过地物点的时间，就可以确定该地物点距离，记录时应广泛采用缩写。至于在空中如何进行目测以及记录格式可参看本册内“干燥地区铁路航空工程地质勘察”一文。现将我处以往在西北新疆库尔勒～塔羌线进行目测时之录绘原始资料之一小

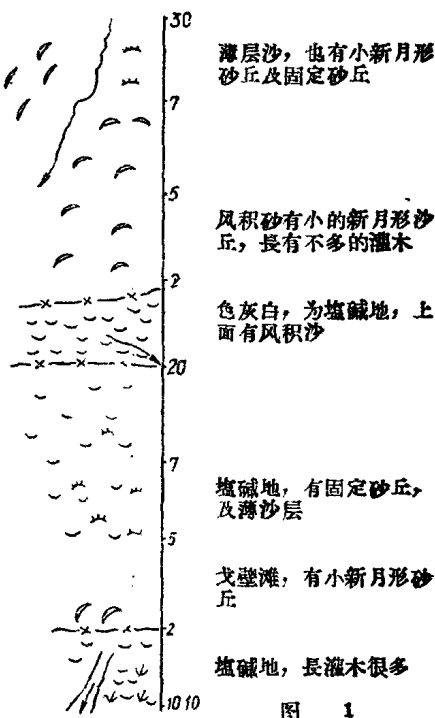


图 1

段介紹出来（图1），以供大家参考。

3. 飞行后之資料整理

根据录繪之原始資料編写目測报告書，如果在目測的同时进行了单航带摄影，也应参照航摄像片調繪，内容包括：成果报告書；地貌特征、地質及构造地質情况；工程地質特征；物理地質現象；以及对綫路方案的初步评价。

目測之过程与录繪格式在“干燥地区铁路航空工程地質勘察”一文中談的較詳細，因此这里談的較簡單。

§3. 航攝資料的調繪

一、初步內业調繪

初步內业調繪通常是在固定基地点进行的。如果在未到外业前地質人員就得到航攝資料，那么就可在設計院內进行內业調繪；如果是在外业时才接到航攝資料，以及出发外业前由于各种条件的限制，不可能在固定基地进行初步內业調繪时，則可在外业进行室內調繪。其实初步內业調繪花的时间不多，但收效是很大的。1957年在西仪綫进行航攝資料外业調繪就是采取这种方式。总之，在外业調繪之前一定要进行初步內业調繪，最好是利用出工前几天进行系統調繪。初步內业調繪是根据所搜集之地質和工程地質的参考資料、档案資料以及航空目測和地面踏勘調查的資料进行的。

初步內业調繪是利用航攝資料（包括航摄像片、像片略图、鑲嵌复照图），通过調繪，然后編制出初步的概略工程地質图，該图将做为进行外业工作和編制最后工程地質图的底图。有了这个图能更合理地設計外业調查路綫，能确定出大的工程地質不良地点和区段；还可以初步确定建筑材料产地。同时由于該图有交通綫和居民点，这样可以保証精确的組織外业工作。

初步內业調繪内容包括：地貌，主要任务是划分各地貌类型，确定其輪廓綫。地質現象，如滑坡、崩坍、冲积扇、喀斯特、新月形沙丘、塩碱地、沼澤等均应調繪；其次像居民点、交通綫、水系網（河流、湖泊及其他集水低地）、植物复盖层等也应調繪。此外，对岩石类别、年代及地質构造，也应結合已有的地質資料进行調繪。

航摄資料的內业調繪程序如下：在調繪之前，必須在像片略图上或复照图上先熟悉一下調繪地段的一般地表結構情况，确定了一般結構就能确定各种地貌类型。有时由于是单航带摄影，因此大型地貌只能摄下一部份，这时往往給調繪带来困难。在調繪过程中如搜集到当地的地質图和地形图，还必须利用地質图和地形图做为補助資料。

如果該地区有小比例尺航摄資料，應該充份利用，小比例尺資料包括的面积很大，这样能够把調繪的面积扩展到需要的大小。例如，1956年兰青綫进行大比例尺摄影以前，我們曾經应用地質部小比例尺航摄資料进行較大面积調繪。

內业調繪应当由在該地区参加过航空目測和地面踏勘調查的人員来领导进行。

在調繪过程中航摄像片上應該用图例符号来勾繪地物，勾繪應該是隔一張进行（双号或单号），在航摄像片上进行調繪工作是用特种铅笔，一般水系網用藍色；地貌或工程地质分区輪廓綫用棕色；不良物理地質現象用紅色等等。

調繪完的单張像片应将其成果轉繪到像片略图上，經過联接和檢查，最后将所确定的輪廓綫上墨，如系假定輪廓綫則先繪以铅笔綫，等外业檢查后再上墨。例如，岩性的輪廓綫在內业調繪結合已有的地質图尚不能肯定其分界綫时即应先繪以铅笔綫。有时正确地勾繪沼澤輪廓綫也是困难的，而勾繪阶地、冲积扇、滑坡、坡脚、喀斯特、坍方，以及部份

地物（道路、建築物等）几乎經常都是非常可靠的。当略图已調繪完毕，即开始調查路綫的設計与观测点的布置。調查路綫应通过在内业調繪所区分出来的不同地貌分区，在工程地質不良地段，調查路綫和观测点的密度要增大。初步内业調繪也可以直接在用双号或单号像片鑲嵌起来的立体像片略图上进行。要进行内业初步調繪必須有全套完整的接触晒印像片，目前各設計院控制測量队都是綫路、地質合用一套，这样作有的时候就給内业調繪造成困难甚至是不可能，所以地質人員應該有一套像片。

二、利用航攝資料进行外业工作

1. 目的：外业航攝資料調繪的目的是修正和补充室內調繪的成果，以期更接近实际情况，比如在研究土壤时就必須确定它們的厚度、物理力学性質等，而物理地質現象——滑坡、崩塌、岩堆、冲积扇的进一步研究和探討，沒有外业工作是不可能的。許多說明地物內容的資料不能完全在像片上反映出来，對它們更进一步的研究就需要作現地調查和进行勘探工作。

2. 工作內容：

① 对沿綫地区不同地层及岩石以及不良物理地質現象加以詳細的描述，如岩石成份、产状、风化程度以及不良物理地質現象的发生原因，发展趋势及現在状态。另外对地質构造、水文地質条件、建筑材料分布以及第四系沉积物的性質也应作适当描述。

② 对不同的岩层选取标本；具有代表性的不良物理地質現象摄取地面傾斜照片。

③ 以野外調查的資料修正和补充室內編繪的工程地質示意图（沿綫居民点、地名、山名、河名、也要填繪在图上）。

3. 工作方法:

① 沿室内所拟定的調查路綫进行观测点描述，必要时可对調查路綫与观测点进行改正，使其符合实际需要。观测点之位置要在像片上刺点编号（记录本内注以相同号码繪出露头示意图并加以說明）。

② 重点工程地段及不良地质地段应取一定数量的观测点，必要时作勘探工作（勘探点在象片上刺点编号）。不良物理地质现象的范围也要在像片上准确上墨。

③ 一般地段必要时也应作适当数量的轻便勘探工作，如清除表土螺紋鑽、洛阳錘試坑等，以期对第四系松散沉积物的岩性成份和水文地质条件作进一步的了解。

④ 野外調繪也可以直接利用像片略图，这样我們所看到的是由单張象片鑲嵌起来的广大面积的影像，在野外确定地貌、地质、工程地质分界綫就更加方便；但由于象片略图过大，野外携带也頗感不便。

三、 資料的最后室内整理

利用航摄資料进行工程地质工作的最終目的就是編制規定比例尺的工程地质图，航摄像片和像片略图的初步調繪和外业調繪資料将做为編制工程地质图的基础。在編制工程地质图以前要对全部野外資料进行最后的整理和檢查。最后内业整理后应交下列資料。

如果对工程地质图的精度要求不高，可用像片略图或鑲嵌复照图做为編制工程地质图的底图，但最好是用航测地形图为底图，因为在內业利用仪器編繪带有等高綫的地形图过程中，可以把一些主要的不良物理地质现象、地貌、地质和工程地质分界綫反映到地形底图上，把这种底图用透明紙描繪下来晒出藍图，地质人員就可用藍图填繪出工程地质图。另外，根据内外业調繪的成果編写全綫工程地质說明書，全

綫所选取的样片也需加以整理，裝訂成冊，每个像对并附以詳細說明。

① 如果地質人員自己用一套像片，則外业調繪像片为应繳資料，如果与控制測量調繪合用，則不作为单独地質資料上繳。

② 記述观测点說明的野外記錄本，記錄本上不但有观测点的編号，同时还要注明观测点所在的測段号数及象片号碼。不良地質地段的草图也应画在同一录記本中。

③ 全綫工程地質示意图（根据室內調繪編制的工程地質示意图經外业实地核对改正后而得。如底图系带有等高綫的地形图即可編制出工程地質图）。

④ 全綫总說明書。

⑤ 岩石标本及其清单，应注明取样地点、測段号碼及象片号碼。

⑥ 不良地質地段列表說明（注明測段号数及象片号碼）。

⑦ 样片的搜集很重要，应編成样片本上繳。

第三章 各种不良物理地質現象 之調繪特征

調繪特征可分为直接調繪特征和間接調繪特征。直接調繪特征：利用直接特征可以直接辨認像片上的地物。属于直接特征的是地物的形状、大小，影像的色調（考虑天气），地物图案的特点。凡地物均有这些直接特征，但有些地物直接特征很相似，此时就应该考虑間接特征和周圍环境来調繪。間接調繪特征：这种特征与地物本身沒有直接关系，但却可以表明地表間的相互关系。例如，岩石的岩性成份和植物复盖层之間；地貌和植物之間；植物和含水层位置之間；

植物和永久冻结之間等都有关系。

各种特征随着地区的不同也有不同，适用于各地区的調繪特征是很少的，在各种地表形态形成中，除了地质构造和其他内部营力外，外部因素首先是气候起着重要作用。当然岩石成份和产状在地表形态形成中也起重大作用。調繪特征，仅对某一地区是能够适用的，也就是說它們是有局限性的，所有这些不同地区多种多样的条件便形成了各地区所固有的多种多样的地表形态。

现将各种不良物理地质现象調繪特征叙述于后：

崩塌：是岩石从陡峻的和峭壁式的斜坡上突然坍塌下来，途中岩石不断遭到碰碎和翻滚。崩塌的发生是由于河流冲刷斜坡，或者是由于层面陡倾或严重开裂的岩层受重力之影响。崩塌在像片上的調繪特征：

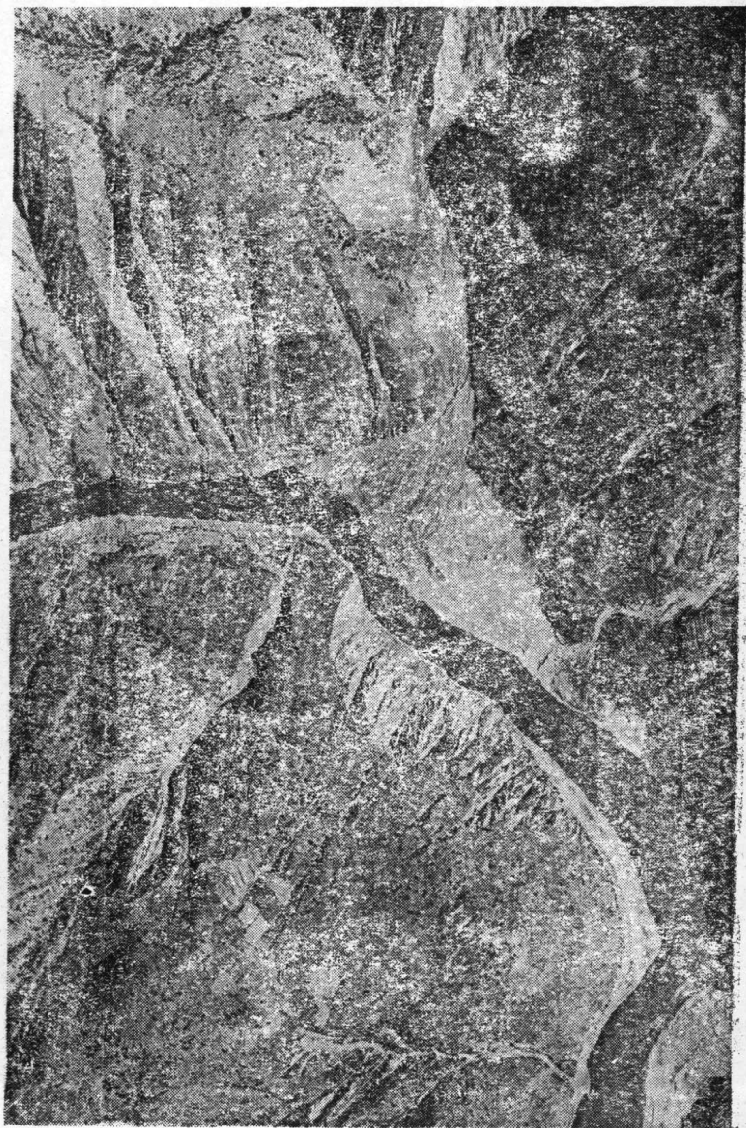
① 由于崩塌的结果，在谷底或斜坡上的平缓地段形成块状物质的堆积，明显的表现在地貌上。

② 岩体脱落的痕迹是浅色，几乎是白色色调，并且带有顺斜坡的深暗色的凹槽或细沟。斜坡上的崩塌地点轮廓线明显的显示出来。

③ 在狭窄的沟谷内，由于崩塌的发生往往造成顺着河谷方向伸延的堰塞湖，如果崩塌物比较小，并且河流的活动强烈，崩落的岩石就被流水带走。

④ 当在浅色或几乎是白色的色调中有较暗之色调，说明崩塌已经接近停止。如图2河流之左侧呈半圆形之灰白色者即为崩塌，崩塌上方之山坡有很多沿山坡方向之裂纹，崩塌体之下方由于河流冲刷不断向内移，对岸洪积扇也仍然在发展，因此崩塌仍有发展的可能。

滑坡：滑坡的产生是岩体沿斜坡运动的结果，这些岩体在重力作用下，以及地下水和地表水活动的影响下，造成了



滑动，滑坡与崩坍不同，它的移动过程較崩坍緩慢。

最明显的滑坡調繪特征如下：

- ① 斜坡呈阶梯状及其非常明显的依同一中心排列的阶地。
- ② 滑坡圍谷和断离裂縫。
- ③ 滑坡舌——坡度端部非常明显的突出部份。
- ④ 滑坡斜坡上某些地貌的浸潤表面（湿地，小湖泊，沼澤）。
- ⑤ 滑坡形成的隆丘以及隆丘向滑坡上部地段倒傾的特点。

所有这些特点都能在反光立体鏡下辨認出来。像壤中水外露地表和与之有关的現象（沼澤，湿地）都将显示在像片上，它們呈深暗色斑点状，并位于隆丘之間的低洼处。圍谷和断裂縫的調繪是根据弧形輪廓，弧形的弓背朝向斜坡上方。如果滑坡上有森林，而且是傾斜或翻倒的，那么根据阴影就可以清楚地看出。

古滑坡与現代滑坡之区别，在于古滑坡表面平坦并有正常生长的灌木丛和树林；或者有居民点及耕田。

岩堆：是在山脚和山坡与谷坡处的岩石碎块的堆积，它們多分布在陡坡坡脚处，这种陡坡的頂部具有悬崖状的突出部份，这就是岩堆的供給区。

岩堆在像片上的調繪特征如下：

- ① 大部份位于坡脚，呈現为伸延的，并逐渐向下方展寬的条带。
- ② 在大多数情况下，岩堆呈錐形，由于供給区的反复变换，或者是由于它們在斜坡上連續分布，于是岩堆便在很大长度上形成。并且在其下部彼此汇合成一个寬闊的“裙”。岩堆在像片上呈淺灰色的，几乎是白色的色調。岩堆又可分

为活动的、衰退的和停止的。

强烈活动的岩堆具有明显的供给区，供给区就是陡峭的顶部与山坡上突出的岩层。在像片上岩堆供给区呈裸露的峭壁状，同时岩堆本身呈浅灰色以及几乎是白色的色调，同时没有任何植物生长。根据色调的变化，岩堆的上界和下界可以极为精确地区别出来。衰退的岩堆的供给区，其顶部平缓，个别地方有植物复盖，岩堆的表面也有稀疏的植物复盖。

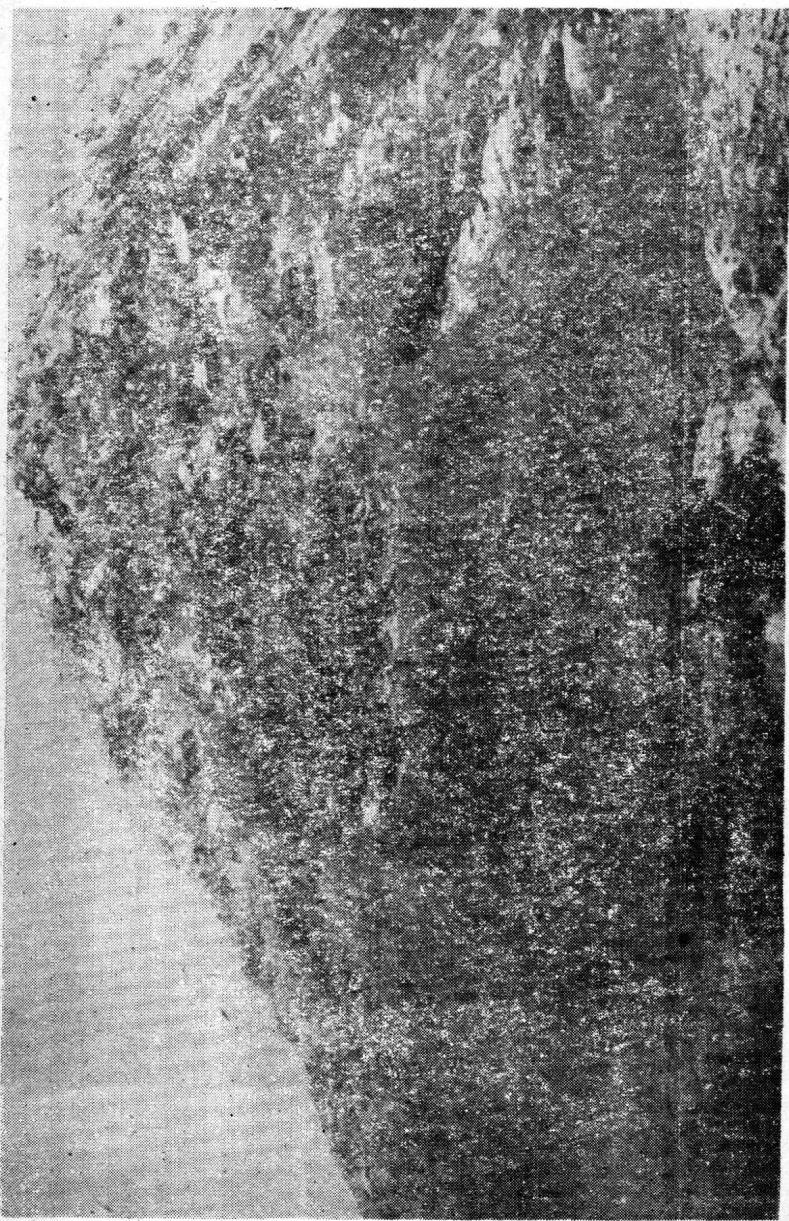
停止的岩堆没有供给区，在斜坡上也没有突出部份，在像片上，停止的岩堆上界与下界已经不易区分出来，同时岩堆的表面生有植物。

在干燥条件下，则根据岩堆面的天然坡度角与斜坡的陡度相符时岩堆的强烈活动就将停止。如图3为倾斜像片之岩堆。

洪积扇：洪积扇和洪积裙广泛的分布在岩层的物理风化占主要地位的干燥的大陆性气候地区，它们是由于临时性水流从沟谷中或斜坡上向下冲刷已破坏的风化岩石的碎屑而形成的，洪积扇在像片上呈浅灰色或几乎是白色的扇形。

洪积扇具有平整凸起的表面，因而使其呈现为半圆锥状，其表面向边缘部份逐渐降低。洪积扇位于山谷和谷地的出口处，大小相差悬殊，从小的只有几十平方米起直到几百公里。

洪积扇有发展的与停止的，凡是表面呈较明显之半圆锥状；同时有临时性小河造成的河床与细沟的交错网所割切者均为发展的；而且洪积扇表面呈浅灰色，这种色调说明洪积扇表面没有植物生长。而停止的洪积扇在象片上轮廓往往表现的不那么明显，洪积扇表面较平整，没有交错的临时性河床与细沟。取而代之的往往是切入很深的经常性河床，且有



22