

中等專業學校交流講義

# 地质与土壤

內蒙古自治区交通学校等五校 合編



人民交通出版社

# 目 录

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 緒 論                                | 4  |
| § 1 地質学研究的对象                       | 4  |
| § 2 地質学与公路工程                       | 5  |
| § 3 地質学發展概况                        | 8  |
| 第一章 地壳、矿物与岩石                       | 11 |
| § 1 关于矿物的一般知識                      | 11 |
| § 2 矿物的物理性質                        | 12 |
| § 3 矿物对岩石的影响及其鑑別                   | 16 |
| § 4 常見的造岩矿物                        | 18 |
| § 5 地壳与岩石的生成                       | 25 |
| § 6 地史概略                           | 29 |
| 第二章 岩石学概述                          | 34 |
| § 1 岩石的外觀特征                        | 34 |
| § 2 岩漿岩概述                          | 38 |
| § 3 風化作用                           | 48 |
| § 4 沉积岩概述——松散碎屑沉积岩                 | 56 |
| § 5 沉积岩概述——膠結碎屑沉积岩、生物<br>沉积岩、化学沉积岩 | 60 |
| § 6 变質岩概述                          | 63 |
| § 7 岩石的鑑別                          | 65 |
| 第三章 地質学与土質学概述                      | 70 |
| § 1 土与土壤的成分                        | 70 |

|            |                                         |     |
|------------|-----------------------------------------|-----|
| § 2        | 土的膠体化学性質与粘結性·····                       | 71  |
| § 3        | 土的吸附作用·····                             | 75  |
| § 4        | 土与土壤的外觀特征·····                          | 77  |
| § 5        | 土壤發生層的組織·····                           | 81  |
| § 6        | 影响土壤生成的因素及造壤作用·····                     | 83  |
| § 7        | 我国主要的土壤及其分布·····                        | 86  |
| § 8        | 土按顆粒組成的分类法·····                         | 92  |
| § 9        | 顆粒分析·····                               | 99  |
| §10        | 土的可塑性·····                              | 113 |
| §11        | 土的孔隙度及其測定方法·····                        | 120 |
| §12        | 土的水文性質与力学性質·····                        | 132 |
| §13        | 土的最佳含水量与最大密实度·····                      | 137 |
| <b>第四章</b> | <b>工程动力地質学概論</b> ·····                  | 150 |
| § 1        | 地球內力的来源及其对地壳的影响·····                    | 150 |
| § 2        | 中国地質構造概說·····                           | 161 |
| § 3        | 褶皺断層構造对道路工程的影响·····                     | 166 |
| § 4        | 地球外力的来源及其对地壳的影响·····                    | 168 |
| § 5        | 地下水及其地質作用·····                          | 170 |
| § 6        | 風的地質作用及風成層·····                         | 182 |
| § 7        | 水流的地質作用及其对道路工程的影响·····                  | 187 |
| § 8        | 外力地質作用引起的鹽漬土、滑坡、泥沼、<br>永冻層等不良地質現象 ····· | 196 |
| <b>第五章</b> | <b>地貌学概論</b> ·····                      | 204 |
| § 1        | 地貌学研究的对象·····                           | 204 |
| § 2        | 地形的分类和地貌單元的划分·····                      | 206 |
| § 3        | 野外地貌調查的方法和描述·····                       | 209 |
| § 4        | 区域地貌的構成与勘探点的布置·····                     | 212 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| <b>第六章 公路地質土質調查</b>    | 214 |
| § 1 公路勘測組織与地質土質調查工作    | 214 |
| § 2 公路勘測中地質土質調查的工作任务   | 217 |
| § 3 公路地質調查的准备工作        | 220 |
| § 4 野外地質土質調查的方法        | 223 |
| § 5 地質調查記錄             | 236 |
| § 6 采取土样的方法            | 245 |
| § 7 地質土質調查应編制的文件       | 247 |
| § 8 編制道路技术設計土壤人員的任务    | 250 |
| 附录 (供閱讀参考) 桥址及特殊地段地質調查 | 252 |
| <b>第七章 筑路材料的調查</b>     | 278 |
| § 1 沿綫材料产地的探寻和初步測量     | 278 |
| § 2 筑路材料产地的初步勘探(詳細測量)  | 281 |
| § 3 改善土路的材料探寻勘探工作      | 286 |
| § 4 选取样品方法             | 289 |
| § 5 計算材料产地蘊藏量          | 292 |
| § 6 詳細勘探(施工設計)         | 294 |
| § 7 取土坑調查              | 295 |

# 緒 論

## § 1 地質學研究的對象

地質學是研究地球的科學。

地球由兩大類物質組成——有生命的物質與無生命的物質。

地質學就是研究地球無生物界的科學。

如果再分析一下，地球是由這麼三個大層次組成：1. 地球本身；2. 復蓋地球 3/4 面積上深淺不一的海洋——我們叫它水圈；3. 復蓋在地球和水圈之外的 500 公里厚度的大氣層，叫做大氣圈。地質學是研究地球本身，即地面以下的無生物界的構造、成份、形成與發展過程的科學。水圈與大氣圈是影響地球的構造與發展的，地球因這些外力影響產生的變化。屬地質學研究範圍，而水與大氣圈本身的構成及變化規律則屬水文學、水力學及氣象學等學科研究的範圍。

地球的各种組成成份有很大差別，如有的地方是松散的土，有的地方則是堅硬的石頭。有的土是有粘性的，有的沒有粘性；有的土能夠耕種植物——土很肥沃，有的土却貧瘠；有的土上面建造一些工程很穩固，有些則使工程下陷或折裂；石頭中有的是很有經濟價值的礦產，有的則是一般的石頭；岩石外形的美觀或不美觀及質地堅固或軟弱又各有不同。地表以下又有地下水層活動，水的溶解，沉淀等活動對地球成份形成、變化也有很大影響。足見對地球成份的研究內容是很多的。地

質学中研究矿石岩石的部份叫矿物学和岩石学；研究土的成份、物理性質的部份叫土質学；專門研究土的力学性質的叫土力学；專門研究地下水活动的科学叫水文地質学。研究由于各种地質作用所引起的地球表面与內部的种种变化，并且研究地質作用的本身，叫做动力地質学。

研究地球里各种岩石、矿物各式各样的变形現象，推論它們的生成原因和它們彼此間的相互关系的科学，叫做構造地質学。

有的标准化石能代表某一地質層位，把这些層位推演其生成順序而重叠編排起来的科学，就叫做地層学。

研究編定地球的历史的科学，叫地史学。它不仅包括地球生成以来直至今天地質作用产生的許多事件，而且叙述地球历史上全部生物界的演化。由此可知，地質学是一門包罗很多分支的科学。

## § 2 地質学与公路工程

公路工程包括各种路基、路面和各种类型的桥梁、涵洞等过水結構物，还有在山嶺区或者复杂地形地区所建造的露台（棧道）、架空桥、跌水等等特殊結構物，以及車站、旅館等等附屬工程。为了使建筑物稳固可靠，在設計中須分析研究地質特点选出最可靠的建筑地点，确定适合于地質土質特点的結構型式和施工方法。施工时还要根据土質学中的試驗技术来控制施工质量——如土的夯实或压实就靠土的單位重实验和含水量实验进行質量的控制和檢查。認真研究和处理地質、土質情况是多、快、好、省的一个保証。地質土質条件若不認真了解，常会在中途發生事故造成工程的停頓，影响了質量，或者遭到失敗。例如：

1. 某公路遇到一处地形，如圖 0-1 所示：

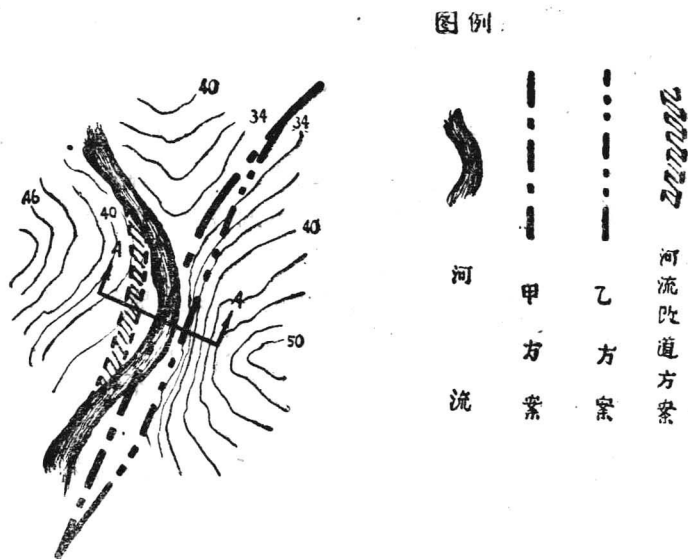


圖 0-1 某处公路路線比較方案

設計時有兩方案。甲方案：使河流向左改道，道路在填平的原河道上通過。由於河流兩岸為風化岩石，所以工程量很大。乙方案：道路由河流東岸通過，挖通山坡，改動原來坡度。為了更好地理解這個工程的意義，繪 A—A 剖面示意圖如圖 0-2 所示。

由於兩方案比較時單純考慮造價的數目，未詳細比較兩方案在地質方面的情况，於是乙方案因造價少些而被採用。結果山坡被挖動，山上大量的土方崩塌在路上，清理這些土石非但資金遠遠超過乙方案較甲方案節約的錢數，並且影響行車。造成這些損失的最根本原因是因為對山坡的土質地質情况未作詳細調查研究。

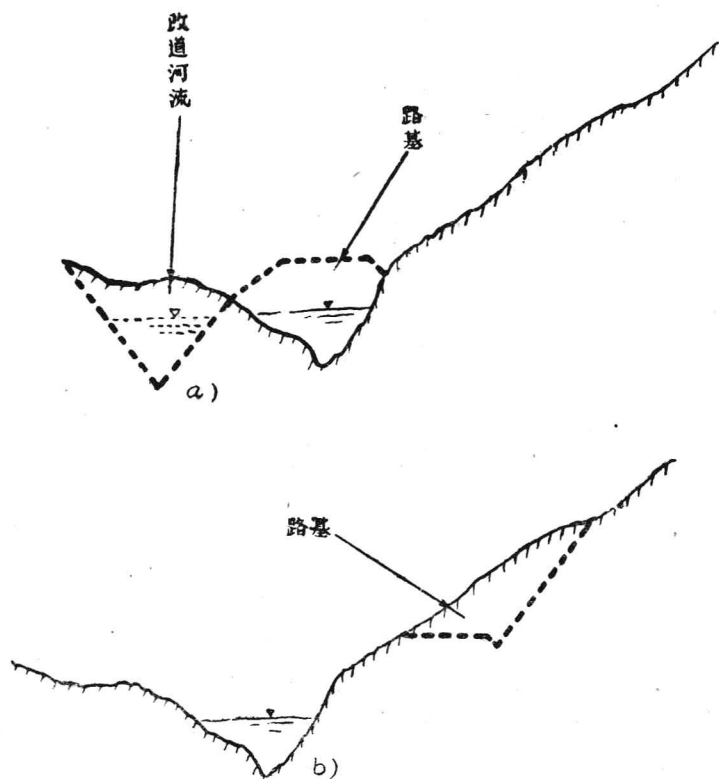


圖 -2

a-甲方案A—A剖面示意圖

b-乙方案A—A剖面示意圖

2. 又如，某綫鐵路橋，當橋基修好后架梁時，發現兩橋墩間距變短（一墩向另一墩移動），考其原因，是橋基正位于滑動的岩層——滑坡上。

此外，還須注意到公路的建筑材料主要是土、砂、石等天然材料，公路的造價很大部份用在開采和運輸上。如能就地取材，則可節省大量資金。因此，作為道路技術工作者必須掌握



地質土壤的基本知識和寻找筑路材料产地以及鑑別材料質量的方法。

### § 3 地質学發展概况

在我国古代已有很多地質現象方面的發現和正确的闡述与利用，虽然不全面，但也足見我国的悠久文化及祖先們的聰明和智慧。

远在周代我們祖先就已發現了磁鉄矿指南的性質而制成“司南”的仪器（把磁石作成勺子，放在刻有方位的銅盤上定方向）。周末时候鉄器已广泛应用。汉朝便用煤做燃料，足見煤矿事業發展之早。这在元朝时馬可李罗写的中国游記中說：“中国的燃料，不是木，也不是草，而是一种黑色的石头”。我們当时早已司空見慣的东西，对意大利人却成为了不起的新鮮事，向欧洲宣傳。东汉張衡在公元二世紀最初的年代中便發明了世界第一个地震仪（当时叫候風地动仪），比現在的地震仪早一千多年。唐代顏真卿作的“麻姑仙壇記”、北宋沈括作的“夢溪筆記”、朱熹的“朱子語录”等著作中，都因見到岩石中有螺蚌化石而正确理解到該地区是古海濱，以及原来的土变为岩石的地質現象，時間都在公元 1200 年以前，比达·芬奇要早 300 多年。对土的研究方面，傳說夏禹著作的“禹貢”，对我国的各种土壤及其分布作了研究。我們的祖先在很早的时代里就有了关于工程地質方面的經驗。公元前 250 年在四川省灌县建成了都江堰分水灌溉工程，充分利用了当地的天然建筑材料和地質条件，开鑿了“宝瓶口”，修建了分水魚咀、飞沙堰、人字堤等工程，灌溉土地 300 万亩；公元前 485 年开始修建溝通北京至杭州全長 1700 公里的大运河，成功地利用了沿綫地形与地質条件。我国有很多古代桥梁、宮殿、庙宇、宝塔等大型建筑物都

有良好的地基，并采用了耐用、美观的天然建筑石料。但几千年来，对地质现象的正确理解和劳动人民修建各种工程所累积的工程地质方面的经验，终于因为在封建制度的统治下得不到应有的发展与提高，致使我国解放前一段时间内地质科学落后于西方。

西方地质科学的萌芽以意大利人达·芬奇开始。这位画家兼文学家的世界文化名人在1517年第一个认识了化石是古生物的骨骼，使地质学脱离了神话而走上科学的正路。其后，由于西方资本主义的发展，采矿事业需要地质知识，魏尔纳1775年在富来堡矿业学院首先开了地质学课，以后随着生产力的发展和需要，地质学发展成为完备的科学。在发展过程中，特别值得提到的是俄国的罗蒙诺索夫，他正确地解释许多地质现象，成为俄国地质学的奠基人之一。在十九世纪末叶，大规模的土木工程也增加起来，如大厂房、大水坝、铁路、公路、大桥等等，颇需要地质知识来保证建筑物的稳固，因而形成了工程地质学。

最早对土的研究，主要是土壤学；是研究土对农作物是否具有足够的肥力的科学。后来由于工程方面需要，开始对土的物理及力学性质方面加以研究，形成土质学与土力学。

辛亥革命后，我国开始有了地质机构和人才，但由于长期的国民党反动卖国统治，地质事业的发展是很慢的。工程地质方面则更不重视，大工程依赖外国，小工程则多是草率施工。1949年中华人民共和国成立，随着全国人民的解放，中国地质科学结束了四十年来长期落后的局面，在党和人民政府的领导下，开始为国民经济建设服务，几年来有了极大的发展，取得了巨大的成绩，保证了第一个五年国民经济建设计划所需要的矿产储量，并为第二个五年国民经济建设计划所需的矿产资源

作了准备。毫無例外，在道路工程方面的地質研究工作，也得到了迅速的發展，例如已經完成的丰沙、鷹厦、宝成、內昆、川藏等綫的地質条件都非常复杂，其中宝成綫北过秦嶺，南穿劍門山区，并跨越嘉陵江；川藏公路，从成都平原起，盤旋而上青藏高原，截横断山脉，翻二郎山，屢逢冰川雪崩、滑坡山崩，但我国的地質工作者，在共产党的领导下，出色地完成了党对地質工作者所提出的任务，并把这方面的科学推向了一个更高的阶段。

### 复 習 題

1. 地質学是一門怎样的科学？研究的内容包括那些？
2. 地質学在我們“專業課程”中是怎样一門課程？在公路工程中解决什么問題？

# 第一章 地壳、矿物与岩石

## § 1 关于矿物的一般知識

矿物是地球最基本的組成部分。矿物的定义，是一种元素或多种元素的集合体；每一矿物体具有一致的化学成份和一致的物理性質。

怎么区别矿物与岩石呢？兩者平常都叫做“石头”，但实际上是有区别的，即矿物是具有“一致的化学成份和一致的物理性質”。我們可以找一塊石英或方解石矿物和一塊花崗岩或片麻岩岩石为例，从观察中我們便可以比較出，石英的成份和顏色都一致，而花崗岩則淺色的是石英、長石，深色的是云母、角閃石，成份不一，物理性質也不一样。石英是矿物，是具有“一致的化学成份和一致的物理性質”的（关于石英、方解石、花崗岩、片麻岩、長石、云母、角閃石等我們以后还要介紹。此处只举出从外表上区分矿物和岩石的例子）。

由上述我們也可以知道岩石的定义，是一种矿物或多种矿物的集合体。

矿物有晶質与非晶質之分。矿物分子排列都有一定規律，用精密分析的方法分析的結果，自然界中分子排列無規律的矿物很少很少。这种規律往往表现为具有一定的形狀。如果矿物由具有一定外形的塊粒組成，这种矿物就叫**晶質矿物**。晶質矿物的物理性質有时具有随方向而差異的特点。如果矿物的外形沒有上述的特点，叫**非晶質矿物**。

矿物有原生矿物与次生矿物之分，直接由岩漿凝結而成的矿物叫**原生矿物**；原生矿物受自然界各种因素的影响（如温度、压力、水、大气等等）而变成的新矿物叫**次生矿物**。

自然界矿物有2500多种，但大部分是稀有矿物，構成岩石主要成份的矿物不过三十多种，这类矿物叫**造岩矿物**。公路工程上以岩石作为一种重要建筑材料，为了能了解岩石的性质，首先要研究造岩矿物的性质。

## § 2 矿物的物理性质

我們工程技术人員，对矿物的辨認，不要求像地質專業人員那样，例如对矿物的化学成份进行詳細的研究或用精密的光学仪器——如偏光显微鏡等——对其結晶等構造深加分析，而主要靠物理性质的观测来鑑別矿物的种类和性质。

有很多所謂宝石的矿物，如各种顏色的水晶，白、黄、綠色相間的翡翠，光彩夺目的金鋼石，紅、藍宝石，羊脂一样的白玉，深綠色的碧玉，淡黄色的黄玉等等。这些矿物都是以顏色鮮艳，具有悅目的光澤和較大的硬度而成为宝石的。商業部門的工作人員就是靠观察而能准确地辨認宝石。顏色、光澤、硬度等就是矿物的物理性质。宝石当然不尽是造岩矿物，但我們却也是像鑑別宝石一样，靠物理性质来鑑別造岩矿物。

矿物的主要物理性质是：由其組成的化学成份所决定的顏色；矿物顆粒集合起来的形狀，叫做**集合体**；反射光線呈現各种不同状态的光澤；抵抗其他物体刻划和摩擦能力的**硬度**；有的矿物受力后沿一定方向有規律地裂开的平面的**解理**；有的矿物受力破裂的面不是平面，而却成为其特有形狀的**断口**；將矿物在白毛瓷板上摩擦后（在毛瓷板上划綫条）擦下的粉末呈現一定顏色的**条痕**等。

矿物还有其他的物理性質，如比重、触觉（如滑石触手滑膩）、臭味等等。但这些物理性質有的不甚重要（如比重相差不多，不精密測定不能区别，相差太多如金屬矿物，則以手略掂，就可感觉出来）；有的只是个别矿物所具备的。现将矿物的主要物理性質分述如下：

1. **集合体**（矿物顆粒自然积聚起来的形状）：

**柱状**——由平行或近于平行的各种柱体組成。

**粒状**——由多数大小略等的晶粒集合而成。

**片状**——由薄片集合而成。

**板状**——由平行的板状体集合而成。

**纖維状**——由極細的柱体組成，狀若木纖維。

**土状**——由均匀細小的矿物顆粒組成，結合松散。

**致密状**——由均匀細小的矿物顆粒組成，結合坚固紧密。

2. **顏色**（由矿物成份所决定的特征）：

是矿物的一个重要性質，有些矿物以其經常的顏色命名，如橄欖石和黃鉄矿等是。矿物本身应有的顏色叫**本色**，如橄欖石呈現出橄欖（青果）的青綠色，黃鉄矿的金黃色是。

矿物的顏色是鑑別矿物的重要标准，但不是唯一的标准，因为矿物的顏色还因杂質的存在而有所变化。因杂質造成矿物与本色不同的顏色叫**假色**。

在日常生活中，汽油、石油等油脂薄膜浮在水面上时常反射光綫成为紫、藍色斑剝的虹彩，矿物中也有此現象，叫做**变色、彩色或暈色**。

3. **光澤**（矿物反射光綫所呈現的状态）：

以其反光强弱分下列各类：

（1）**金屬光澤**：純金屬或金屬化合物所固有的光澤，多为重而不透明物体的光澤，如金銀飾品的光澤一样。

(2) **半金屬光澤**：金屬光澤中較暗淡者。深色礦物有此光澤。具此種光澤的礦物，其薄片多為微透明。

(3) **非金屬光澤**：多為透明或半透明礦物的光澤。

非金屬光澤又可分為：

① **金剛光澤**：閃閃發光，如金剛石一樣。

② **玻璃光澤**：表面反光能力弱於金剛光澤。具有此種光澤的礦物，透明能力超過金剛光澤的礦物。

③ **脂肪光澤**：表面油光彷彿動物脂肪。

④ **珍珠光澤**：薄片集成的礦物，閃現出狀若珍珠的光澤。

⑤ **絹絲光澤**：纖維狀礦物顯示的絲光。

(4) 有些礦物表面非常粗糙，因此反光能力很弱，就是無光澤，或以其暗淡若土，亦可稱為**土狀光澤**。

4. **硬度**（礦物抵抗摩擦和刻劃的能力）：

以十種礦物為標準作為十度，與之比較即可得出硬度。標準礦物如列於表 1-1 中：

摩氏硬度計標準礦物及其硬度表 表 1-1

| 度    | 1  | 2  | 3   | 4  | 5   | 6   | 7  | 8  | 9  | 10  |
|------|----|----|-----|----|-----|-----|----|----|----|-----|
| 標準礦物 | 滑石 | 石膏 | 方解石 | 螢石 | 磷灰石 | 正長石 | 石英 | 黃玉 | 剛玉 | 金剛石 |

野外調查時如無摩氏硬度計，可以用指甲、銅幣或銅制鑰匙、玻璃、小刀等代替，它們相應的硬度順序為 2.5°、3°、5.5°、5.5°（玻璃與小刀皆為 5.5°）。

例如，某種礦物能被磷灰石劃出溝痕，却不能為螢石所傷，反而能把螢石刻劃出溝痕；或者不用摩氏硬度計測定，用銅幣不能傷而以玻璃或小刀能刻劃出溝痕，則此種礦物的硬度為 4.5°，或粗略定為 4~5°（粗略的決定是在無硬度計的情況

下測定)。

### 5. 解理 (矿物受力从一定方向裂开的性質)：

此种性質屬晶質矿物的特点。裂开的平面为結晶面。因此理解解理面的光滑平坦的特征时，是指結晶面的光滑和平坦，而不一定是矿物受力的裂开面都必须是一个整体的光滑平坦的表面。由于晶面結合力的大小不同，解理面平坦的程度和明显程度也有很大区别，分为：

**完全解理：**矿物易于裂开，解理面光滑平整（如云母、方解石等）。

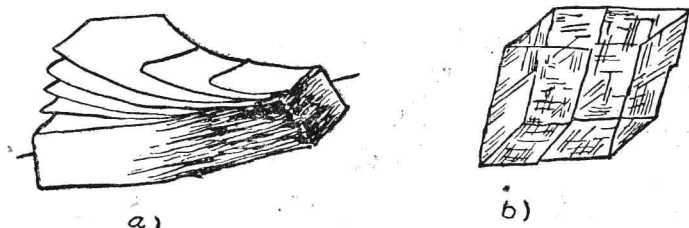


圖 1-1 矿物的解理  
a-云母； b-方解石

**中等解理：**矿物裂开的面上不甚規則，有部分为光滑平坦的晶面，有的部分則不是（如正長石）。

**不完全解理：**裂开面上仅只局部是光滑平坦的解理面（如磷灰石）。

如果整个裂开面上找不出平坦光滑部分者，这种矿物便是無解理。

### 6. 断口 (矿物受力后呈現其特有形狀的破裂面)：

根据破裂形狀不同分为：

**貝狀断口：**断口呈若干圓形凹槽若貝壳狀。

**多片狀断口：**断口呈錯綜叠合的破片形狀。



**参差状断口：**断口呈现不规则的凸凹或状若木材横断的簇齿状。

**土状断口：**断面密布细粒如土块状。

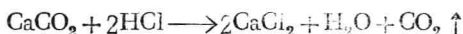
**平坦断口：**断面平整但不光滑。

**7.条痕**（矿物在毛瓷板上摩擦留下的粉末所呈现的颜色）：

条痕颜色与矿物颜色不一定相同，如黄铁矿本身是金黄色，而条痕则呈现黑绿色。

### § 3 矿物对岩石的影响及其鉴别

工程人员鉴别矿物的品种，主要是靠物理性质，但有时也利用一些矿物明显而简单的化学性质。如碳酸钙矿物，遇到盐酸有下列反应：



因此，由于碳酸气的大量逸出，而使岩石接触盐酸后立即冒出气泡。所以，鉴别矿物时必备10%浓度的盐酸，是鉴别碳酸钙质矿物的重要方法。

矿物的鉴别，对于工程很重要，因为道路、桥梁工程的主要建筑材料是岩石或矿物。鉴别了矿物的品种，便可概略地从矿物学的知识上了解到该种岩石或矿物的一般建筑方面的性质，如强度、耐久性等。另外，自然界的岩石都是由造岩矿物结合而成，要想鉴别岩石，也必须首先了解到岩石是由那些主要矿物组成的。所以，不单要求能够鉴别出整块矿物的品种，而且还要能鉴别出岩石中的矿物颗粒的品种，如花岗岩中的石英、云母等。岩石是矿物组成的，岩石的建筑性质也就是组成矿物建筑性质的总和。有些具有良好建筑性质的矿物对岩石建筑性质有好的影响，具有坏建筑性质的矿物对岩石也有不利的