

五年制工業專科學校教科書

岩石學

(附實習教材)

編著者 周聞經

校訂者 詹新甫

著作人

國立編譯館

補助機關

國家科學委員會

正中書局印行

5.88

版權所有



翻印必究

中華民國五十九年三月臺初版

中華民國六十二年二月臺二版

當代版
教科書 五年制工業專科學校 岩石學

(附實習教材)

全一冊 基本定價 二元三角五分

(外埠酌加運費滙費)

編 著 者 周 聞 經

校 訂 者 詹 新 甫

著 作 人 國 立 編 譯 館

補助機關 國 家 科 學 委 員 會

發 行 人 李 潔

發行印刷 正 中 書 局

(臺灣臺北市衡陽路二十號)

暫遷臺北市南昌路一段十二號

海外總經銷 集 成 圖 書 公 司

(香港九龍旺角洗衣街一五三號地下)

海 風 書 店

(日本東京都千代田區神田神保町一丁目五六番地)

內政部登記證 內版臺業字第〇六七八號(6438)申

岩 岩 學 目 次

緒 論	1
第一章 造岩礦物	4
1—1 矽酸鹽礦物之構造	4
1—2 基本矽酸鹽礦物	7
1—3 附生矽酸鹽礦物	15
1—4 次生矽酸鹽礦物	16
1—5 矽酸鹽以外之造岩礦物	19
第二章 火成岩概論	23
2—1 火成岩之特徵	23
2—2 火成岩之地質產狀	24
2—3 火成岩之成分	29
2—4 岩漿之性質	34
2—5 岩漿之分化作用	35
2—6 火成岩結晶之順序	41
2—7 岩漿中之氣體	44
2—8 火成岩之石理	47
2—9 火成岩之構造	51
第三章 火成岩分論	54
3—1 火成岩分類	54
3—2 花崗岩——流紋岩類	62
3—3 正長岩——粗面岩類	70
3—4 霞石正長岩——響岩類	73
3—5 石英閃長岩——石英安山岩類	76

3—6	閃長岩——安山岩類	78
3—7	輝長岩——玄武岩類	81
3—8	超基性火成岩類	89
3—9	玻璃岩類	91
3—10	火成碎屑岩類	96
第四章	沈積岩概論	100
4—1	沈積物之來源	100
4—2	沈積物之搬運作用	106
4—3	沈積之環境	109
4—4	再造作用	113
4—5	沈積岩之成分	116
4—6	沈積岩之石理	120
4—7	沈積岩之構造	127
4—8	沈積岩之顏色	132
第五章	沈積岩分論	135
5—1	沈積岩分類	135
5—2	粗屑岩	136
5—3	中屑岩	138
5—4	細屑岩	143
5—5	鈣質岩類	147
5—6	蒸發岩類	152
5—7	殼化岩類	154
5—8	矽質沈澱岩類	154
5—9	鐵質沈積岩	156
5—10	磷質沈積岩	157
5—11	礫質岩類	157

第六章 變質岩概論	159
6—1 變質作用及有關之因素	159
6—2 變質作用中之形態變化	165
6—3 變質作用中之化學變化	168
6—4 變質岩之礦物	173
6—5 變質相	175
6—6 變質岩之石理	177
第七章 變質岩分論	181
7—1 變質岩分類	181
7—2 板岩類	185
7—3 千枚岩類	186
7—4 片岩類	187
7—5 變質角閃岩類	190
7—6 片麻岩類	192
7—7 大理岩類	194
7—8 石英岩類	197
7—9 角頁岩類	199
7—10 磨屑岩	201
7—11 蛇紋岩	203
7—12 經水溫變質之岩類	205
7—13 重要變質岩簡表	206
第八章 岩石鑑定	209
8—1 鑑定岩石之要點	209
8—2 野外鑑定	211
8—3 岩石鑑定表	211

實習教材	219
索引	283

緒 論

岩石(Rocks) 爲地殼中組成各種地質體或地質構造單位之基本物質。除極少數特殊岩石之外，絕對多數的岩石都是由一種或數種礦物集聚而成。由一種礦物組成者，如純粹的大理岩或石灰岩，稱爲單成岩 (Simple rocks)。由若干種礦物組成者，如花崗岩、片岩等，稱爲複成岩 (Composite rocks)。特殊的岩石，如煤和火山玻璃，不是由礦物組成的。前者是由有機物衍變而成，後者爲非結晶態的玻璃，故都不是礦物。煤和火山玻璃却是相當重要的岩石。

我們都已相當熟知岩石可以分爲三大類。這是根據岩石的起源而分的。火成岩 (Igneous rocks) 是由岩漿冷卻凝固而成的。岩漿 (Magmas) 是許多種矽酸鹽溶液互相溶解而成的流體，發生於地殼之中，多半具有相當高的溫度。此外岩漿中常含有很多種氧化物和硫化物。更重要的是其中還含有在高壓下而溶解的水和氣體。沈積岩 (Sedimentary rocks) 是由原有的岩石經風化作用而破壞後被水、風及冰川搬運、沈積，然後岩化、固結而成的。水是沈積物的最重要的搬運者和沈積者。風和冰川只能在少數特殊的地區才能發生顯著的搬運和沈積的作用。只有少數的沈積物是從溶液中沈澱而成的，大多數沈積物是混懸在搬運媒介中，藉着本身的重力而沈積的。變質岩 (Metamorphic rocks) 是由原已存在的岩石在物理或化學環境變化之際，其中的礦物或石理單獨的或同時的，發生了相當的變化而成的岩石。地下深處或岩漿侵入所產生的壓力是引起變質作用的重要因素。

這三種岩石在地殼中所佔的比例相差很大。如追逆變質岩之本源，而分別將變質岩歸併於火成岩及沈積岩之中，則火成岩與

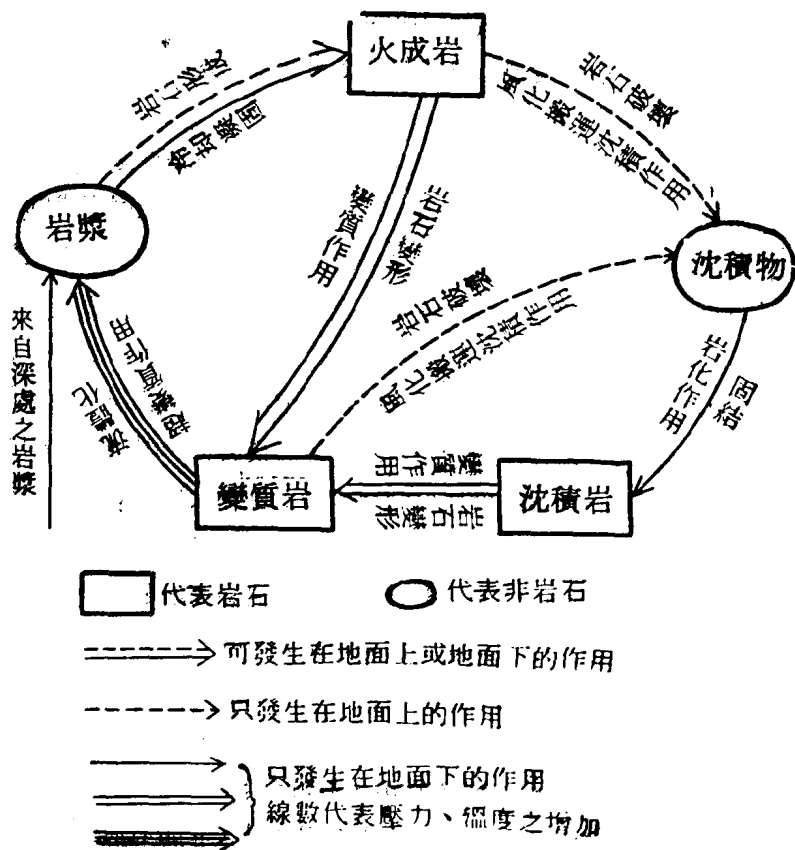
沈積岩在地殼的最外面十六公里之內的比例如下：

火成岩及變質火成岩 95%

沈積岩及變質沈積岩 5%

頁岩 4% 砂岩 0.75% 石灰岩 0.25%

透過各種地質作用，這三種岩石在地殼中亦隨之而發生變化。
 ○從岩石學的立場來看，可以說是地質作用使三種岩石發生了循環的變化。這變化的關係可用下圖表示之。



圖一 岩石變化循環

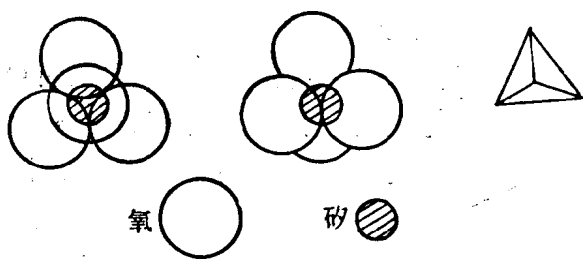
圖中的矩形代表岩石物質在地殼中爲已固結狀態，也就是一般所稱的岩石。圓圈爲非固結狀態，也就是暫時爲非岩石，爲變化中的過渡階段。箭表示變化和變化之方向。虛線爲只發生於地面上的作用；實線爲發生於地下之作用；實線數由一到三，表示壓力和溫度的增加；同時有虛線和實線者則表示可以發生於地表或地下之作用。

將岩石作有系統的研究與說明之科學稱爲岩石學 (Petrology)。這是地質學的一部門。他直接的目的是在研究岩石，諸如岩石的成分、現象、分類、及互相間之關係等。最後的目的則是在了解地殼所經歷之一切變故。目前岩石學大致可以分爲兩大主幹。一爲岩相學 (Petrography)，以對岩石加以鑑定、描述、分類爲主。一爲岩石發生學 (Petrogenesis)，以闡明岩石發生之因緣爲主。這兩部門關係密切，在很多方面幾乎是不可分開的。

岩石的若干性質，如產狀、構造等，必須在野外直接觀察岩石的露頭分佈才能着手研究。另一些性質，如石理、成分等，可以在室內研究。岩石中的成分礦物和這些礦物在岩石中的組織狀態——石理——是岩石的最重要的兩種性質。很多岩石是由極細粒的礦物所組成。他們在岩石中互相錯綜，緊密的穿插。因此欲辨識其中的礦物爲何，及礦物間的組織關係如何，都非目力所能及。故擴大鏡和顯微鏡是觀察岩石的兩種重要工具。擴大鏡可以直接觀察標本。顯微鏡的觀察須將岩石製成薄片才能觀察。玻璃狀的岩石即使在高倍顯微鏡下也不能看出其中的顆粒。當然也不能以觀察法鑑定其成分了。對於這一部份不能由直接視察而鑑定其礦物成分和化學成分的岩石，往往需要藉化學分析的輔助，才能完成鑑定的工作。

第一章 造岩礦物

1—1 矽酸鹽礦物之構造 岩石中的大多數礦物是由矽酸鹽組成的。矽酸鹽，就化學的命名法而言，應該是由各種矽酸因其中的氫原子被金屬原子或含金屬原子的鹽基替代後而成的物質，和硫酸鹽、碳酸鹽在基本上是一樣的結構。但事實上並非如此。由 X—光的研究，現在已經知道以前所認定的幾種矽酸：多矽酸 ($H_4Si_3O_8$)、偏矽酸 (H_2SiO_3) 及正矽酸 (H_4SiO_4)，都是不存在的。而他們的真正結構是由若干 SiO_4 的四面體結合而成的。在這基本的四面體中，四個氧各排在四面體的四個角上，矽則協調在四個氧的中間的空隙中。如下圖。



圖二 矽酸鹽的構造單位和簡圖 (右)

地殼中的氧、矽和鋁所佔的原子數的百分比大約是 $62\frac{1}{2}$ 、 21 和 $6\frac{1}{2}$ 。其餘的各種元素的原子只佔百分之十。上述三種主要元素大多產生矽酸鹽礦物或天然玻璃。鋁在這些矽酸鹽中或替代矽的位置，排列在四面體的角上，或協調在四面體間的空隙中，排成八面體。

雖然矽酸鹽的種類繁多，但他們的基本構造頗多近似：以最簡單的四面體為基礎。由於四面體的組合，使氧在整個的結構中

成最緊密的包裝 (Packing)。其他的金屬原子則佔據在一部份氧的空隙之間。以四面體為單位組成的矽酸鹽，可按其排列的方式分為六種型態。目前所知的各種矽酸鹽都分別屬於這六種型態之一。

1. 無公用的氧原子 由此而成的各 $[\text{SiO}_4]^{-4}$ 羣，即獨立型 (Individuals)，見於各種正矽酸鹽礦物，如橄欖石， $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$ ；粒狀矽鎂石， $\text{Mg}_5(\text{SiO}_4)_2(\text{OH})_2$ ；石榴子石， $\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ 等之中。在這些礦物中，一個個獨立四面體以不一定的方位排列，所以他們的結晶沒有解理面。

2. 有一個公用的氧原子 由每兩個四面體公用一個氧原子而形成了這一類變型 (Pairs)。他們的公式為 $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{-6}$ 。如異極礦， $\text{Zn}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 即屬此型。化學上稱此類為焦矽酸鹽 (Pyrosilicates)。他們的晶體也沒有良好的解理面。

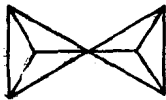
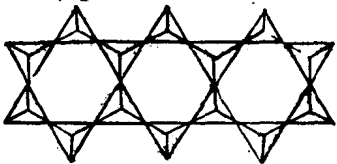
3. 有兩個公用的氧原子 公式為 $[\text{SiO}_3]^{-2}$ 的矽酸鹽類有兩個公用的氧原子，是為單鍊型 (Single chain)。此種鍊型構造見之於各種輝石，像頑火輝石， MgSiO_3 ，或透輝石， CaSiO_3 等之中。故又稱為輝石鍊 (Pyroxene chain)。輝石鍊的兩端可以無限延長（原則上）。有些礦物中，鍊的兩端互相接合而成環型 (Rings)。如矽酸鋁鈦礦是由三個四面體連環而成，綠寶石是由六個連環而成。在化學上通稱為偏矽酸鹽的礦物；有比前兩型好的解理面。

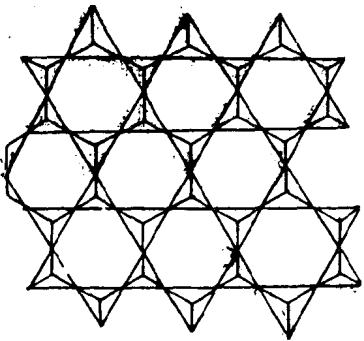
4. 有兩個半公用的氧原子 公用兩個氧原子的四面體和公用三個氧原子的四面體依次交換連接，就可以形成公用兩個半氧原子的雙鍊型 (Double chain)。他們的公式是 $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{-6}$ 。所有的角閃石類都屬此型，所以又稱為角閃石鍊 (Amphibole chain)。

5. 有三個公用的氧原子 每個四面體中都有三個氧原子和相鄰的四面體共用時，可以連接成無限延展的兩向度面。這種構造稱為片型 (Sheet)。四面體的連接可能有不同的方法，但不管怎樣，他們的公式是 $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{-2}$ 。具有片型構造的礦物有很顯明的片狀解理，如雲母和粘土類礦物。

6. 四個氧原子都公用 當四面體的四個氧原子都與鄰接的四面體共用時，可成立體的三向度網型 (Network) 結構。氧化矽的各種同質異象礦物均屬此型。

表一 矽酸鹽的構造單位

名稱	共用 氧數	構 造 單 位	電 荷	構造公式
獨立 型	0		Si + 4 O - 8 - 4	$[\text{SiO}_4]^{-4}$
綑型	1		Si + 8 O - 14 - 6	$[\text{Si}_2\text{O}_7]^{-6}$ $[\text{SiO}_{3/2}]^{-2}$
單鍊 型	2		Si + 4 O - 6 - 2	$[\text{SiO}_3]^{-2}$
雙鍊 型	2½		Si + 16 O - 22 - 6	$[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{-6}$ $[\text{Si}_2\text{O}_{11/2}]^{-3/2}$

片型	3		$\begin{array}{r} \text{Si} + 8 \\ \text{O} \end{array} \quad \begin{array}{l} [\text{Si}_2\text{O}_5]^{-2} \\ - 10 = [\text{SiO}_{3/2}] \\ - 2 = 1 \end{array}$
網型	4	三向度立體網	$\begin{array}{r} \text{Si} + 4 \\ \text{O} \end{array} \quad \begin{array}{l} - 4 [\text{SiO}_2]^0 \\ \text{O} \end{array}$

1—2 基本矽酸鹽礦物

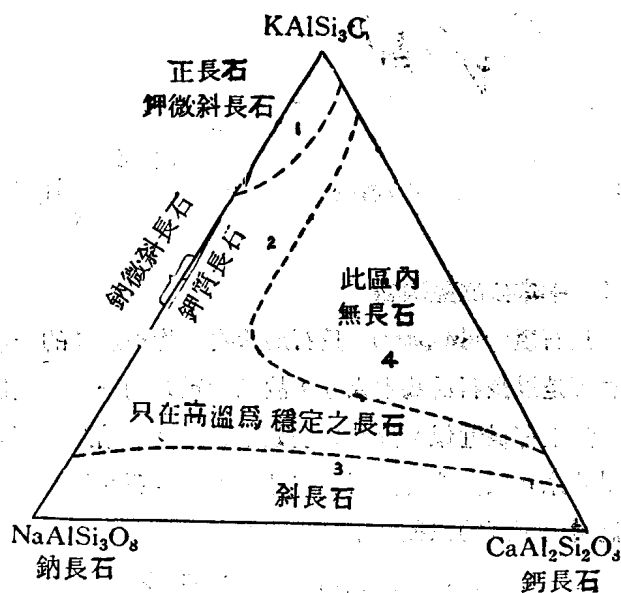
甲 長石類 (Feldspars) 長石為造岩礦物中最多的一類。多數火成岩都是以長石為基本成分，故為最重要的一類。他們的物理性質大體上都很近似，故其分別頗不容易。其結晶分別屬於單斜或三斜晶系。代表性的長石有三種，即正長石、鈉長石及鈣長石。他們是由下列的三種分子組成的。

表二 普通岩石中的長石分子

單斜晶系	三斜晶系	代表符號
KAlSi_3O_8 正長石 Orthoclase	鉀微斜長石 Microcline	Or.
$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ (稀少)	鈉長石 Albite	Ab.
$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	鈣長石 Anorthite	An.

正長石與鈉長石合稱為鹼長石。二者的分子在相當的限度內可以互相混合，此二者之一為主，而以少量之另一者為副而成固溶體。鈉長石與鈣長石的分子則可以按任何比例而混合，組成一

組合稱之爲斜長石的礦物羣。這三種長石的成分關係可用下圖表示之。圖中 1 區代表以鉀爲主之正長石或鉀微斜長石。3 區代表爲數甚多的斜長石。2 區代表極少見的鈉微斜長石及鉀長石與鈉長石分子合成的條紋長石。成分落在 4 區的長石則絕少絕少。



圖三 主要長石之成分圖解

正長石之結晶屬單斜晶系，呈白色或肉紅色，具玻璃光澤。其晶體常由柱面、底桌面、側桌面及坡面所組成。多 Carlsbad 雙晶，以側桌面爲接合面。解理與兩種桌面平行，相交成 90° 。硬度 6。比重 2.56。無色透明者稱爲玻璃長石 (Sanidine)，產於火山岩或淺成岩中。與正長石成分同而解理面相交成 $89\frac{1}{2}^\circ$ 而非爲 90° 者稱爲鉀微斜長石。

正長石多產於花崗岩及正長岩中，爲堅硬有解理面之晶體。

常爲組成岩石之主體物質。在與花崗岩及正長岩成分相當的岩流 (Lava) 或岩塔 (Dike) 中，可能爲斑晶 (Phenocrysts)，或組成石基 (Groundmass)。在片麻岩及長石砂岩中亦爲主要成分。

鉀微斜長石爲三斜晶系之鉀長石。其結晶體與正長石相似。有白、肉紅、綠等色。綠色者稱爲天河石 (Amazonite)。鈉微斜長石 (Anorthoclase) 爲三斜晶系之鹼長石。其中鈉多於鉀。其一般性質與鉀微斜長石相似。常有美麗之幻色。

斜長石 (Plagioclase) 爲鈉長石、鈣長石及二者之混合固溶體的總稱。礦物學家按二者混合的比例分爲六組，各予以一個名稱，如下：

100—90% $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ 與 0—10% $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$

鈉長石 (Albite)

90—70% $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ 與 10—30% $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$

鈉鈣長石 (Oligoclase)

70—50% $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ 與 30—50% $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$

中性長石 (Andesine)

50—30% $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ 與 50—70% $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$

鈣鈉長石 (Labradorite)

30—10% $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ 與 70—90% $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$

培長石 (Bytownite)

10—0% $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ 與 90—100% $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$

鈣長石 (Anorthite)

斜長石晶體由柱面、坡面及卓面等組成。顏色爲白或灰色，亦有無色者。解理平行於卓面，交角爲 86° 。雙晶多爲鈉長石式，爲疊合之薄片。此爲斜長石重要特點之一。硬度 $6-6\frac{1}{2}$ 。比重爲 $2.6-2.76$ 。

斜長石產於多種火成岩及少數沈積岩與變質岩中。在粗粒火成岩中常為白色或灰色，有解理而表面具有條紋的晶體。

正長石與斜長石在岩石中頗不易區別。兩者間不同之點如下：

正 長 石	斜 長 石
1. 無條紋	1. 解理面上有條紋
2. 多肉紅色	2. 白色或灰色
3. 結晶體粗短	3. 條狀或板狀結晶
4. 珍珠狀或白堊狀光澤 玻璃狀者少。	4. 珍珠狀或白堊狀光澤
5. 與石英、雲母等產於淺 色火成岩中	5. 與輝石或橄欖石相伴 產於深色火成岩中

乙、似長石類(Feldspathoid Group)：本類所屬各礦物之成分中所含之元素與長石類相同，惟含 SiO_2 之量較少，即Al:Si之比率高於相當之長石。此類礦物當以白榴子石及霞石為代表。

霞石(Nepheline) 屬六方晶系，常成六方短柱體。縱切面多為矩形。成分為 $\text{Na}(\text{AlSi})\text{O}_4$ 。硬度 $5\frac{1}{2}$ 。比重 2.6。有顯明之脂肪光澤。對於風化作用之抵抗力甚弱。在酸中亦容易溶解。常產於氧化矽不飽和的岩石中，如響岩、霞石正長岩等。此等岩石之表面常因霞石被溶解而生成若干凹孔。

白榴子石(Leucite) 屬等軸晶系，常成四角三八面體。白色。硬度 5—6。比重 2.5。成分為 $\text{K}(\text{AlSi}_2)\text{O}_6$ 。白榴子石產於某些不飽和的岩流中，即低於矽而鹼偏高的岩石，如白榴子石玄武岩及白榴子石斑岩之中。

屬於似長石類之礦物尚有方鈉石(Sodalite)，藍方石(Haüynite)等。

丙、雲母類(Micas)：雲母類礦物都具有完整之解理，可劈

成極薄之薄片。此爲本類礦物之特點，亦卽片型矽酸之特點。按顏色可將雲母分別爲深色雲母(Dark Micas)與淺色雲母(Light Micas)兩類。前者包括白雲母(Muscovite)及鱗雲母(Lepidotite)。後者包括黑雲母(Biotite)及金雲母(Phlogopite)。其中以黑雲母及白雲母最爲常見。結晶屬單斜晶系，常成不整齊之六方短柱狀或板狀。

白雲母之成分爲 $\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ 。質佳者呈白色。薄片者透明。具珍珠光澤。產於花崗岩及其他酸性火成岩中，成閃亮之晶體。在片岩中亦多有之。大片者產於花崗質偉晶岩中。其化學性穩定，故常出現於沈積岩，如雲母質砂岩中。絹雲母(Sericite)爲次生白雲母，多由長石變化而成。產於偉晶岩中之白雲母具商業價值，可作絕緣材料。

黑雲母之成分爲 $\text{K}(\text{MgFe})_3(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ ，褐色或黑色。其薄片多爲淡褐色。具完全之解理，次金屬狀或珍珠光澤。產於多種火成岩，如花崗岩、正長岩、閃長岩及相當於此等岩石之火山岩中，成黑色、鱗片狀之光亮結晶。亦爲片岩及片麻岩中常見之礦物。

白雲母與黑雲母除顏色不同外，其他物理性質均很相似。惟黑雲母絕少片大者。兩者顏色之不同乃成分不同之反映。白色者多矽、鋁而無鐵、鎂。深色者少矽、鋁而多鐵、鎂。此一現象在很多矽酸鹽中均相同。

丁、角閃石類(Amphibole Group)：在構造上此一羣礦物爲雙鏈型之鈣、鎂、鐵矽酸鹽。可能不含鋁，但以含鋁者較多。其結晶可能爲斜方或單斜晶系，以單斜晶系者爲重要。常有成細長柱狀結晶體之趨勢。有兩個相交成 124° 之柱面解理。最常見之角閃石爲普通角閃石(Hornblende)。普通角閃石之變體亦爲數甚