

# 非硫化矿物 浮选理论基础

上 册

M. A. 爱格列斯 著  
石增荣 徐敏时 译

冶金工业出版社

74.422

755

1:1

# 非硫化矿物 浮选理论基础

上册

技术科学博士 M.A. 爱格列斯 著

石增荣 徐敏时 译

310/103

冶金工业出版社

本書根據蘇聯國立黑色及有色冶金科技書籍出版社出版的愛格列斯著「非硫化礦物浮選理論基礎」莫斯科1950年版譯出。原書評閱者為技術科學碩士B.A. 格列木保茨基 (B.A. Глембоцкий)。

書中論述了非硫化礦物浮選理論基礎，並對下列諸問題作了詳細的探討：礦粒向氣泡附着的物理基礎，附着動力學以及浮選過程中的主要因素對動力學的影響，油酸及其皂類的捕收作用機理，主要藥劑的抑制作用和活化作用的機理，以及非硫化礦物優先浮選的某些理論。

本書科學地總結了非硫化礦物浮選理論的重要問題，批判了某些錯誤的理論，並對某些浮選理論問題提出肯定的意見。

本書的讀者對象為：從事選礦工作的科學工作者、工程師和技術員、高等工業學校選礦專業的學生。

中譯本分上下兩冊出版。上冊由第一章到第三章；下冊由第四章到第六章，為便於讀者查考，將書末的參考文獻附於上冊。

М.А.Энгелес

ОСНОВЫ ФЛОТАЦИИ НЕСУЛЬФИДНЫХ МИНЕРАЛОВ

Металлургиздат (Москва—1950)

非硫化礦物浮選理論基礎 (上冊) 石增榮 徐敏時 譯

編輯：任德樹 設計：趙蒼、周廣 責任校對：吳研斌

1957年8月第一版 1958年8月北京第三次印刷，500冊 (累計3,334冊)

850 × 1168.1/32.113,000字·印張 4  $\frac{22}{32}$ ·定價 (10) 0.80元

冶金工業出版社印刷廠印

新華書店發行

書號 0688

冶金工業出版社出版 (地址：北京市燈市口甲45號)

北京市書刊出版營業許可証出字第093號

## 前 言

几乎在全部硫化矿的精选中被广泛采用的浮选过程，近年来对非硫化矿物原料的精选也具有很大意义。虽然非硫化矿曾經是我国工业浮选的最初对象<sup>①</sup>，但是这一技术领域的真正发展只有在伟大的十月社会主义革命之后才成为可能。

我国社会主义经济的高涨决定了必须对许多种非硫化矿进行浮选。实际上，矿山选矿工业中的这一部门完全是在几个斯大林五年计划的年代中建立起来的，以现代技术装备起来的这些选矿企业，往往在解决极其复杂的矿石的优先浮选问题上得到了重大成就。这些矿石的分选所以有困难是因为被分离的矿物的性质相似。下列诸矿物的优先浮选法已被掌握：方解石-螢石-白鷄矿，方解石-螢石，重晶石-螢石，錫石-石英，一水硬鋁石-叶臘石，高嶺土-一水硬鋁石，石英-藍晶石，剛玉-紅柱石及其他矿石。

在发展浮选技术中的这些成就，在很大程度上取决于发展浮选过程理论中的重要成就，并与它们紧密相关。苏联学者在創树浮选理论方面作出了巨大的贡献，因此可以认为他们对各过程所倡导的理论是最先进的；这些理论还可以保证促使浮选实践的进一步发展。

在几个斯大林五年计划的年代里，浮选过程理论研究在我国科学院、高等学校和大型企业实验室里的广泛开展，标志着整个苏维埃科学的巨大发展。浮选理论方面的著作与许多有关的科学课题，首先是与表面现象的物理化学的密切联系是特别重要的。

现代浮选过程理论的主要部分，是由苏联学者（弗魯姆金、列宾捷尔、普拉克辛、別洛格拉卓夫、叶尔奇濶夫斯基和其他许多人）的辛勤劳动創树起来的。在他们的研究工作中創树的浮选

<sup>①</sup> 浮选斯塔罗克雷木斯克矿床的石墨矿的第一座选矿厂，是1904年在馬利烏波耳开工生产的。

現象动力学解釋，在研究浮选过程这种典型的不平衡过程时是最有成效的。

本書是概括有关非硫化矿物浮选方面資料的初步嘗試。作者的目的是不是为了研究具体的浮选方案和制度，从而保証实际解决非硫化矿物优先浮选方面的許多复杂問題，而主要是把注意力集中到概括这些过程的理論基础上面。这一概括的需要，無疑地是由於在这个新的工艺領域內积累了大量实验材料而得以成熟的。

作者謹向在不同时期参与实验工作的同事，首先是向 М.И. 阿斯塔申科 (М.И. Астащенко)、М. С. 維潤濶娃 (М.С. Веженкова)、О.Г. 西蒙諾娃 (О.Г. Симонова) 和 П.И. 費多罗夫 (П.И. Федоров) 深表謝意。作者还要向給我若干極其宝贵指示的 П.А. 列宾捷尔 (П.А. Ребиндер) 院士表示特殊的謝忱，並向苏联科学院通訊院士 И.Н. 普拉克辛 (И.Н. Плаксин) 和我最亲密的朋友技术科学碩士莫克罗烏索夫 (В.А. Мокроусов) 为交換促使肯定个别理論原理的意見表示十分感謝。

М. 爱格列斯

於全苏矿物原料科学研究所

## 目 录

## (上 册)

前言 .....	5
緒論 .....	7
1. 非硫化矿物的浮选 .....	7
2. 矿物按可浮性的分类 .....	8
3. 浮选过程的理論基础及其現狀 .....	11
<b>第一章 浮选时矿粒附着于气泡上的物理基础</b> .....	17
1. 簡述关于矿粒在浮选时附着于气泡上的机理的学說 .....	17
矿物表面的潤湿性和矿物的可浮性 .....	17
矿物经过中間膜的附着 .....	20
矿物浮选附着机理的其他理論 .....	24
气泡附着速度 .....	27
2. 矿粒附着在气泡上的物理基础 .....	27
附着于气泡上的矿粒的平衡方程式 .....	28
固着矿粒所需要的接触角跟气泡大小的关系以及跟 附着周边的关系 .....	33
固着接触角跟矿粒重量以及跟气泡大小之間关系的近似方程式 .....	37
3. 气泡和矿物的运动对矿粒平衡的影响 .....	41
关于气泡-矿粒体系的加速运动和等速运动的影响 .....	41
矿粒和气泡的相对运动对固着过程的影响 .....	43
浮选尺寸的矿粒附着在气泡上所必需的接触角 .....	46
4. 浮选研究时测量接触角的方法 .....	47
5. 矿粒在純水中向气泡附着的实验研究 .....	50
<b>第二章 矿粒在气泡上浮选附着的动力学</b> .....	53
1. 矿粒在气泡上浮选附着的机理 .....	53
2. 矿物附着在气泡上的动力学研究方法 .....	55
接触仪的描述 .....	57
进行試驗的方法 .....	59
測量步驟 .....	60

3. 浮选过程的某些因素对矿粒在气泡上附着时间的实验研究	63
不加药剂时矿物对气泡的附着作用 .....	63
矿粒大小的影响 .....	64
气泡大小的影响 .....	67
捕收剂的影响 .....	68
起泡剂的影响 .....	74
浮选调节剂的影响 .....	76
药剂混合物的影响 .....	84
4. 论矿粒可浮性与矿粒向气泡附着速度之间的关系 .....	87
5. 矿粒表面状态及其可浮性的动力学研究法 .....	91
<b>第三章 油酸和油酸皂的捕收作用的机理</b> .....	<b>93</b>
1. 概論 .....	93
2. 在油酸鈉的作用下非硫化矿物顆粒表面層的組成改变的 实验研究 .....	96
研究方法 .....	96
油酸鈉在分散的非硫化矿物表面上的固着 .....	103
捕收剂与尺寸不同的矿粒的相互作用 .....	113
3. 論油酸与矿物的作用机理 .....	117
4. 油酸及其鈉皂对非硫化矿物表面層的性質的影响 .....	119
非硫化矿物的潤湿性及在油酸作用下潤湿性的变化 .....	120
油酸及油酸鈉对矿粒与气泡的附着及附着动力学的影响 .....	122
油酸对矿物悬浮液稳定性的影响 .....	124
矿粒表面性質的变化——油酸捕收作用的基础 .....	125
5. 用於非硫化矿物浮选的捕收剂油酸和油酸鈉 .....	125
6. 多价金屬油酸鹽的浮选性質 .....	131

74.422

755

1:1

# 非硫化矿物 浮选理论基础

上册

技术科学博士 M.A. 爱格列斯 著

石增荣 徐敏时 译

3/15/73

冶金工业出版社



本書根據蘇聯國立黑色及有色冶金科技書籍出版社出版的愛格列斯著「非硫化礦物浮選理論基礎」莫斯科1950年版譯出。原書評閱者為技術科學碩士B.A. 格列木保茨基 (B.A. Глембоцкий)。

書中論述了非硫化礦物浮選理論基礎，並對下列諸問題作了詳細的探討：礦粒向氣泡附着的物理基礎，附着動力學以及浮選過程中的主要因素對動力學的影響，油酸及其皂類的捕收作用機理，主要藥劑的抑制作用和活化作用的機理，以及非硫化礦物優先浮選的某些理論。

本書科學地總結了非硫化礦物浮選理論的重要問題，批判了某些錯誤的理論，並對某些浮選理論問題提出肯定的意見。

本書的讀者對象為：從事選礦工作的科學工作者、工程師和技術員、高等工業學校選礦專業的學生。

中譯本分上下兩冊出版。上冊由第一章到第三章；下冊由第四章到第六章，為便於讀者查考，將書末的參考文獻附於上冊。

М.А.Энгелес

ОСНОВЫ ФЛОТАЦИИ НЕСУЛЬФИДНЫХ МИНЕРАЛОВ

Металлургиздат (Москва—1950)

非硫化礦物浮選理論基礎 (上冊) 石增榮 徐敏時 譯

編輯：任德樹 設計：趙蒼、周廣 責任校對：吳研斌

1957年8月第一版 1958年8月北京第三次印刷，500冊（累計3,334冊）

850×1168.1/32·113,000字·印張4 $\frac{22}{32}$ ·定價(10)0.80元

冶金工業出版社印刷廠印

新華書店發行

書號 0688

冶金工業出版社出版（地址：北京市燈市口甲45號）

北京市書刊出版營業許可証出字第093號

## 目 录

## (上 册)

前言 .....	5
緒論 .....	7
1. 非硫化矿物的浮选 .....	7
2. 矿物按可浮性的分类 .....	8
3. 浮选过程的理論基础及其現狀 .....	11
<b>第一章 浮选时矿粒附着于气泡上的物理基础</b> .....	17
1. 簡述关于矿粒在浮选时附着于气泡上的机理的学說 .....	17
矿物表面的潤湿性和矿物的可浮性 .....	17
矿物经过中間膜的附着 .....	20
矿物浮选附着机理的其他理論 .....	24
气泡附着速度 .....	27
2. 矿粒附着在气泡上的物理基础 .....	27
附着于气泡上的矿粒的平衡方程式 .....	28
固着矿粒所需要的接触角跟气泡大小的关系以及跟 附着周边的关系 .....	33
固着接触角跟矿粒重量以及跟气泡大小之間关系的近似方程式 .....	37
3. 气泡和矿物的运动对矿粒平衡的影响 .....	41
关于气泡-矿粒体系的加速运动和等速运动的影响 .....	41
矿粒和气泡的相对运动对固着过程的影响 .....	43
浮选尺寸的矿粒附着在气泡上所必需的接触角 .....	46
4. 浮选研究时测量接触角的方法 .....	47
5. 矿粒在純水中向气泡附着的实验研究 .....	50
<b>第二章 矿粒在气泡上浮选附着的动力学</b> .....	53
1. 矿粒在气泡上浮选附着的机理 .....	53
2. 矿物附着在气泡上的动力学研究方法 .....	55
接触仪的描述 .....	57
进行試驗的方法 .....	59
測量步驟 .....	60

3. 浮选过程的某些因素对矿粒在气泡上附着时间的实验研究	63
不加药剂时矿物对气泡的附着作用	63
矿粒大小的影响	64
气泡大小的影响	67
捕收剂的影响	68
起泡剂的影响	74
浮选调节剂的影响	76
药剂混合物的影响	84
4. 论矿粒可浮性与矿粒向气泡附着速度之间的关系	87
5. 矿粒表面状态及其可浮性的动力学研究法	91
<b>第三章 油酸和油酸皂的捕收作用的机理</b>	<b>93</b>
1. 概論	93
2. 在油酸鈉的作用下非硫化矿物顆粒表面層的組成改变的 实验研究	96
研究方法	96
油酸鈉在分散的非硫化矿物表面上的固着	103
捕收剂与尺寸不同的矿粒的相互作用	113
3. 論油酸与矿物的作用机理	117
4. 油酸及其鈉皂对非硫化矿物表面層的性質的影响	119
非硫化矿物的潤湿性及在油酸作用下潤湿性的变化	120
油酸及油酸鈉对矿粒与气泡的附着及附着动力学的影响	122
油酸对矿物悬浮液稳定性的影响	124
矿粒表面性質的变化——油酸捕收作用的基础	125
5. 用於非硫化矿物浮选的捕收剂油酸和油酸鈉	125
6. 多价金屬油酸鹽的浮选性質	131



## 前 言

几乎在全部硫化矿的精选中被广泛采用的浮选过程，近年来对非硫化矿物原料的精选也具有很大意义。虽然非硫化矿曾經是我国工业浮选的最初对象<sup>①</sup>，但是这一技术领域的真正发展只有在伟大的十月社会主义革命之后才成为可能。

我国社会主义经济的高涨决定了必须对许多种非硫化矿进行浮选。实际上，矿山选矿工业中的这一部门完全是在几个斯大林五年计划的年代中建立起来的，以现代技术装备起来的这些选矿企业，往往在解决极其复杂的矿石的优先浮选问题上得到了重大成就。这些矿石的分选所以有困难是因为被分离的矿物的性质相似。下列诸矿物的优先浮选法已被掌握：方解石-螢石-白鷄矿，方解石-螢石，重晶石-螢石，錫石-石英，一水硬鋁石-叶臘石，高嶺土-一水硬鋁石，石英-藍晶石，剛玉-紅柱石及其他矿石。

在发展浮选技术中的这些成就，在很大程度上取决于发展浮选过程理论中的重要成就，并与它们紧密相关。苏联学者在創树浮选理论方面作出了巨大的贡献，因此可以认为他们对各过程所倡导的理论是最先进的；这些理论还可以保证促使浮选实践的进一步发展。

在几个斯大林五年计划的年代里，浮选过程理论研究在我国科学院、高等学校和大型企业实验室里的广泛开展，标志着整个苏维埃科学的巨大发展。浮选理论方面的著作与许多有关的科学课题，首先是与表面现象的物理化学的密切联系是特别重要的。

现代浮选过程理论的主要部分，是由苏联学者（弗魯姆金、列宾捷尔、普拉克辛、別洛格拉卓夫、叶尔奇濶夫斯基和其他许多人）的辛勤劳动創树起来的。在他们的研究工作中創树的浮选

<sup>①</sup> 浮选斯塔罗克雷木斯克矿床的石墨矿的第一座选矿厂，是1904年在馬利烏波耳开工生产的。

現象動力學解釋，在研究浮選過程這種典型的不平衡過程時是最有成效的。

本書是概括有關非硫化礦物浮選方面資料的初步嘗試。作者的目的是為了研究具體的浮選方案和制度，從而保證實際解決非硫化礦物優先浮選方面的許多複雜問題，而主要是把注意力集中到概括這些過程的理論基礎上。這一概括的需要，無疑地是由於在這個新的工藝領域內積累了大量實驗材料而得以成熟的。

作者謹向在不同時期參與實驗工作的同事，首先是向 М.И. 阿斯塔申科 (М.И. Астащенко)、М. С. 維潤濶娃 (М.С. Веженкова)、О.Г. 西蒙諾娃 (О.Г. Симонова) 和 П.И. 費多羅夫 (П.И. Федоров) 深表謝意。作者還要向給我若干極其寶貴指示的 П.А. 列賓捷爾 (П.А. Ребиндер) 院士表示特殊的謝忱，並向蘇聯科學院通訊院士 И.Н. 普拉克辛 (И.Н. Плаксин) 和我最親密的朋友技術科學碩士莫克羅烏索夫 (В.А. Мокроусов) 為交換促使肯定個別理論原理的意見表示十分感謝。

М. 愛格列斯

於全蘇礦物原料科學研究所

# 緒 論

## 1. 非硫化矿物的浮选

浮选法對於选別大多数矿石的重要意义是極其明显的。有色金屬矿石——銅、鉛、鋅等——几乎要全部进行浮选。同时近廿年来，浮选法对非硫化矿物原料的工業选矿的意义也有了显著的增进。許多著作都指出採用浮选法能够提高有色与黑色冶金工業及其他工業部門的非硫化矿物原料的質量。

当發現这一新的选矿方法时，石墨是第一批浮选对象之一。此后才把注意力集中到硫化矿的浮选上。直到 1924 年才肯定了極性非硫化矿物也可能进行浮选。从前，对許多种非硫化矿物和煤的浮选法进行过研究和探討。不但研究了非硫化矿和煤的浮选，而且在不同程度上还掌握了它們。表 1 所列为某些可浮性已确定的非硫化矿物。

对非硫化矿物的浮选所进行的研究工作發展得如此之快，几乎每年都不得不在可浮选的矿物表上增加新的矿物名称。

在苏联今天的浮选厂回收下列矿物：石墨、煤、硫、滑石、孔雀石、白鉛矿、鵝酸鈣矿、磷灰石、螢石、重晶石、冰晶石、水鋁石、等等。

目前用浮选法来提高非硫化矿物原料的質量的前途是極其远大的。一方面，这是由於系統的研究工作妥善地解决了各种非硫化矿物原料选矿的工艺問題；另一方面，由於对有色和稀有金屬以及优質非金屬矿物原料的需要的增長，为發展非硫化矿物原料的选矿事業（包括浮选在內）創造了有利的經濟前提。

表 1

### 可浮选的非硫化矿物

I	彩錫鉛矿	菱錳矿	水方礬石
地瀝青	石膏	螢石	水鋁石
石墨	鵝鐵矿	磷鈣土	錳铁矿

硫	白云石	天青石	單斜方硼石
煤	方解石 (灰石)	白鉛礦	高嶺石
滑石	冰晶石	白錫礦	錫石
I	菱鐵礦	II	石英
石青 (藍銅礦)	孔雀石	紅柱石	藍晶石
鈉明礬石	白雲	溫石棉	剛玉
鉛礦	碲鉛礦	綠柱石	拉長石
磷灰石	磷氯鉛礦	褐錳礦	褐鐵礦
重晶石	鉍錳鈣礦	錳華	磁鐵礦
碳酸鋇礦	菱錳礦	赤鐵礦	鉍華
錳錳鐵礦	菱鐵礦	水鉛礦	白雲母
長石	絹雲母	銘鐵礦	鉀鹽鐵鈣
硬錳礦	輝輝石	鐵石	無水甲鐵鈣
金紅石	硼石	霓石	雜鹵石
方沸礦	电气石	IV	鉀鹽
錳堇石	鈉硼解石	石鹽	

由於必須滿足對許多非硫化礦所提及的、往往是很高的技術要求，從而使非硫化礦浮選具有許多特點。這些特點在原則上並不改變浮選過程的工藝。它只是使浮選流程變得略為複雜。處理某些非硫化礦物時常要增加精選 (Очистная флотация) 次數，因而使整個選礦流程也複雜了 (精礦干燥或是用其他方法來處理精礦，如電磁分選、靜電分選、化學處理等等)。

非硫化礦物浮選過程的物理實質和物理化學實質，和浮選金屬硫化礦物實質並無區別。浮選非硫化礦所採用的機器和方法，和浮選硫化礦所採用的亦無兩樣。在非硫化礦物的浮選過程中，整個浮選過程工藝的總的規律已經明確。

改變藥劑配方的組成，只影響藥劑與礦物表面相互作用時的反應性質。

## 2. 礦物按可浮性的分類

礦物原料通常分為 [金屬礦石] 和 [非金屬原料]。礦物屬於 [金屬] 礦石或 [非金屬] 原料又取決於它們在國民經濟中利

用的性質。通常用冶煉法直接可以从中提取金屬的一切矿物，屬於金屬矿石，其他則屬於非金屬矿物。

根据这一定义，作为生产氧化铝原料的铝土矿，或是生产磷酸钙原料的白磷矿，虽然將氧化铝繼續处理可制成金屬铝，而磷酸钙可制成磷，但也应当認為是非金屬原料。

金屬矿石和非金屬原料間的界限，將随着利用矿物原料的工業方法的發展而逐漸消灭。例如，以前一直認為是「非金屬」矿物原料的典型代表的菱錳矿和一水硬铝石，最近也当做「金屬」矿石使用了。对一水硬铝石直接进行电热还原，可以制得矽铝合金，而用各种方法还原菱錳矿又可得到金屬錳。

鉻铁矿、軟錳矿和其他錳矿物等等应当屬於这类同时用作冶金原料和化学原料的矿物。这样一来，以前一直作为鑑別金屬矿石和非金屬矿石的主要標誌——矿石的冶煉加工或化学加工，現在早已不能作为矿物原料主要標誌的基础了。非金屬矿石和金屬矿石間的界限，在發展技术的过程中，將會完全被消灭。由於使用輕金屬和重金屬合金附加剂的广泛發展，把矿物原料分成金屬矿石和非金屬矿物更显得是假定的。

根据矿物原料使用的性質，曾提出一些矿物原料分类法。这一分类方式是利用在矿物原料每一使用領域內，对矿物原料的某些一致要求做为根据。当然，對於許多种类的矿物原料，例如對於在熔煉金屬时作为矿石或耐火材料的矿物原料，可以規定某些共同的要求。这些要求是根据矿物原料的使用工艺而提出的。但是，矿物原料的这些分类方式，却很少与浮选过程的特点有关系。

矿物原料按可浮性的分类，应当与各組矿物的浮选行为（Флоатационное поведение）有关。下面就根据矿物原料的可浮性而分成的类别，它是根据現有我們浮选各种矿物原料的經驗編制而成的。

**A. 重金屬硫化矿和自然金屬** 銅、鉛、鋅、汞、鎳等矿物屬於这一組。如果在生成矿石的过程中或在开采时它們的表面沒有受到氧化的話，那末它們的特点是不易潤湿。對於这組矿物的



浮选，黄藥是最有效的捕收剂。

**Б. 非極性非金屬矿物** 在自然状态下，具有不易被水潤湿性質的非金屬矿物屬於这一組（石墨、硫、煤和滑石）。

这組矿物的浮选只需要使用極弱的捕收剂，有时只用起泡剂。

**В. 有色金屬氧化矿物** 銅鉛鋅的碳酸鹽和硫酸鹽，以及其他含氧酸的相应的成鹽矿物（白鉛矿、鉛矾、菱鋅矿、孔雀石、石膏、彩鋇鉛矿，等等）屬於这一組。

这一組矿物經硫化后用黄藥可使之浮游，以及不进行硫化直接用脂肪酸及其皂类亦可使之浮游。

**Г. 極性成鹽矿物** 这类矿物的結晶格子中含有鹼土陽离子——鈣、鎂、鋇、鋁。这类矿物積極地和脂肪酸型的陰离子捕收剂相互作用。在这类矿物的結晶格子中，鍵的离子性質很强决定了即使不用特殊的活性剂，矿物的陽离子与捕收剂的陰离子也能積極作用。对这种矿物使用活性剂是不必要的，或是起次要的作用。

这組矿物用脂肪酸很容易使之浮游，具有鹼土陽离子的矿物有：白鶴矿、鋇鶴鈣矿、磷灰石、磷鈣土、螢石、方解石、白堊、重晶石、菱鎂矿、白云石等。

**Д. 氧化物、砷酸鹽和鋁砷酸鹽** 这組的大多数矿物当有陰离子捕收剂(脂肪酸)和陽离子捕收剂时具有相当显著的浮游性。但是其中很多矿物在使用陰离子捕收剂时，其可浮性还与該矿物表面上是否存在有效陽离子有关，並且對於同一种矿物因有效陽离子在矿物表面上的数量的不同，其可浮性有很大的变化。在矿物表面上沒有或減少这种有效离子的数量，結果会显著地降低这組很多矿物使用陰离子捕收剂的可浮性。这些矿物的浮选特点就是与其生成矿物的条件紧密相关。

屬於这組的矿物計有：石英、剛玉、水鋁石、水鋁矿、鋯石、金紅石、鋇华、赤鉄矿、磁鉄矿、錫石、鈦鉄矿、軟錳矿、藍晶石、紅柱石、長石、鋰輝石、各种云母、絹云母、高嶺石、电气石、石棉、鉻鉄矿、綠柱石等。