

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
1:2

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

31.450.61



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年譯出。原書評閱者為技術科學碩士B.A. 格列木保基茲 (B.A. Глѣзбоцкий)。

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机理，主要藥劑的抑制作用和活化作用的机理，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：趙苓、周廣 責任校對：吳研琪

1957年8月第一版 1958年8月北京第三次印刷1,500冊 (累計5,334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：北京市灯市口甲45號)

北京市書刊出版業營業許可証出字第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^①，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-白鴉矿，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研究院、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、叶尔奇涅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

① 浮选斯塔罗克雷姆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内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. 維濟潤娃 (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. 列賓捷尔 (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

緒 論

1. 非硫化矿物的浮选

浮选法對於選別大多數矿石的重要意義是極其明顯的。有色金屬矿石——銅、鉛、鋅等——幾乎要全部進行浮選。同時近廿年來，浮選法對非硫化礦物原料的工業選礦的意義也有了顯著的增進。許多著作都指出採用浮選法能夠提高有色與黑色冶金工業及其他工業部門的非硫化礦物原料的質量。

當發現這一新的選礦方法時，石墨是第一批浮選對象之一。此後才把注意力集中到硫化礦的浮選上。直到1924年才肯定了極性非硫化礦物也可能進行浮選。從前，對許多種非硫化礦物和煤的浮選法進行過研究和探討。不但研究了非硫化礦和煤的浮選，而且在不同程度上還掌握了它們。表1所列為某些可浮性已確定的非硫化礦物。

對非硫化礦物的浮選所進行的研究工作發展得如此之快，幾乎每年都不得不在可浮選的礦物表上增加新的礦物名稱。

在蘇聯今天的浮選廠回收下列礦物：石墨、煤、硫、滑石、孔雀石、白鉛礦、鵝酸鈣礦、磷灰石、螢石、重晶石、冰晶石、水鋁石、等等。

目前用浮選法來提高非硫化礦物原料的質量的前途是極其遠大的。一方面，這是由於系統的研究工作妥善地解決了各種非硫化礦物原料選礦的工藝問題；另一方面，由於對有色和稀有金屬以及優質非金屬礦物原料的需要的增長，為發展非硫化礦物原料的選礦事業（包括浮選在內）創造了有利的經濟前提。

表 1

可浮選的非硫化礦物			
I	彩鋅鉛礦	菱鋅礦	水方解石
地瀝青	石膏	螢石	水鋁石
石墨	鉬鐵礦	燒鈣土	鉍鐵礦

硫	白云石	天青石	單斜方硼石
煤	方解石（灰石）	白鉛矿	高嶺石
滑石	冰晶石	白鎢矿	錫石
I	菱鉄矿	II	石英
石膏（藍銅矿）	孔雀石	紅柱石	螢晶石
鋇明矾石	白垩	溫石棉	剛玉
鉛矾	神鉛矿	綠柱石	拉長石
磷灰石	磷氯鉛矿	褐鎢矿	褐鉄矿
重晶石	鉍鎢鈣矿	錳華	磁鉄矿
碳酸鋇矿	菱鎢矿	赤鉄矿	鉍華
鎢鎢鉄矿	菱鉄矿	水鈣矿	白云母
長石	絹云母	鉻鉄矿	鉀鹽銀矾
櫻鉄矿	鍾鐘石	鎢石	無水甲鉄矾
金紅石	榍石	寶石	杂鹼石
方沸矿	电气石	IV	鉀鹽
綠沸石	鈉硼解石	石墨	

由於必須滿足對許多非硫化矿所提及的、往往是很高的技术要求，从而使非硫化矿浮选具有許多特点。这些特点在原則上並不改变浮选过程的工艺。它只是使浮选流程变得略为复杂。处理某些非硫化矿物时常要增加精选（Очистная флотация）次数，因而使整个选矿流程也复杂了（精矿干燥或是用其他方法来处理精矿，如电磁分选、静电分选、化学处理等等）。

非硫化矿物浮选过程的物理实质和物理化学实质，和浮选金屬硫化矿物实质並無区别。浮选非硫化矿所採用的机器和方法，和浮选硫化矿所採用的亦無兩样。在非硫化矿物的浮选过程中，整个浮选过程工艺的总的規律已經明确。

改变藥剂配方的組成，只影响藥剂与矿物表面相互作用时的反应性質。

2. 矿物按可浮性的分类

矿物原料通常分为「金屬矿石」和「非金屬原料」。矿物屬於「金屬」矿石或「非金屬」原料又取決於它們在国民經济中利

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鋁土矿，或是生产鹼酸鈣原料的白鹼矿，虽然將氧化铝繼續处理可制成金屬鋁，而鹼酸鈣可制成鹼，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鋁石，最近也当做「金屬」矿石使用了。对一水硬鋁石直接进行电热还原，可以制得矽鋁合金，而用各种方法还原菱錳矿又可得到金屬錳。

鎢铁矿、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（Флотационное 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、鎳等矿物屬於這一組。如果在生成矿石的过程中或在开采時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。對於這組矿物的

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，具有不易被水潤濕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、彩鋁鉛矿，等等）屬於这一組。

这一組矿物經硫化后用黃藥可使之浮游，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、鋇。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既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、鉬鶴鈣矿、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、碳酸鹽和鋁碳酸鹽 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、鎢石、金紅石、鉬华、赤鉄矿、磁鉄矿、錫石、鈦鉄矿、軟錳矿、藍晶石、紅柱石、長石、鋁輝石、各种云母、絹云母、高嶺石、电气石、石棉、鉻鉄矿、綠柱石等。

对这组矿物的浮选研究得尚不充分，当它们的浮选性质作了进一步研究时，按其浮选性质近似情况大体上还能把这类矿物分成若干组。例如，目前已分出一组铝矿物类：刚玉、水铝石、水铝矿，它们的浮选性质具有某些特点。

E. 碱金属和碱土金属的可溶性盐 这种盐类在其自身的饱和溶液中是可以浮游的，这种饱和溶液在动力平衡的条件下能够较充分地保证固相的存在。

实现这种盐类的浮选或是借助于脂肪酸，或是用阳离子捕收剂。在这组中已能浮选的矿物计有：石盐、钾盐、钾盐镁矾、无水钾镁矾，等等。

3. 浮选过程的理论基础及其现状

在很长时间内，浮选过程的发生和发展是凭经验的方法进行的。由于浮选在工业上应用的范围十分广扩，从而刺激了浮选理论研究工作的广泛发展。

在理论研究工作上，可以十分清楚地指出两个基本方向。第一个方向所进行的大量工作，是以物理化学研究法和局部以相间表面的物理研究法为基础。在这些研究工作中，主要把注意力集中到浮选相互作用的分子物理方面。在这方面的研究工作中A.H. 弗鲁姆金院士和列宾捷尔院士及其学派的研究工作佔居领导地位。他们曾创立了有科学根据的附着过程的理论和捕收作用的理论，以及研究固体表面的方法。第二个方向的研究者从事于药剂（主要是捕收剂）与矿物表面相互作用的机理及其作用力实际的研究。

有的技术著作中将这两个方向的研究工作和所发展的理论加以对比，实际上这种做法是没有意义的。因为，二者所从事的研究虽然彼此有密切关系，但毕竟是浮选过程的两个独立的研究方面。

由于矿物和捕收剂的分子、原子或离子本身的相互作用，因而在矿物表面上有捕收剂存在，但这还不能解释矿粒固着在气泡

表面上的机理（Механизм）。關於这一点往往被人們所忘記。

現在已經明確，除了藥劑与矿物表面相互作用力的實質之外，由於藥劑作用的結果使相間表面性質改變，以及使表面作用力大小改變的物理現象，是矿粒附着在气泡上的直接原因（这是泡沫浮选过程的基本动作）。

研究藥劑与矿物表面相互作用的實質和在这方面工作中創樹的理論，對於了解浮选藥劑作用的机理以及对确定使用藥劑的正确根据全是必要的。沒有这部分理論，就不可能合理地選擇藥劑混合物。

研究相界面的分子物理性質，對於从質和量上評定浮选动作（Флотационный акт）的作用力，以及對於評定矿物及其混合物的浮游性能也全是必要的。

每一个研究方向都是構成完整的浮选过程理論中的必要組成部分，毫無疑問，它們是互相补充的。

从这两个研究方向中得出的原理，構成了一个完整而又十分系統的浮选过程中的，關於相互作用的分子現象理論。

現今的浮选过程的理論認為捕收剂对被浮选矿物作用的物理化学實質是使矿物表面難於被水潤湿。矿粒附着在气泡上的直接原因是因為它們相互間的吸引力的增加。

關於浮选藥劑与矿物表面的相互作用力的實質的概念，还是值得研究的。除了藥劑化学固着在矿物表面上之外，某些研究者还肯定了其相互作用的「吸附」性質（«адсорбционный» характер）。

由許多研究者所提出的浮选藥劑与矿物表面相互作用的理論，其中包括塔加尔特（А. Тагарт）化学理論和瓦尔克（Уорк）吸附理論在內，都不符合於今天關於化学鍵實質的概念。近年來，苏联学者以富有創造性的研究工作根据現代關於鍵的學說來創樹並繼續研究藥劑与矿物表面相互作用的理論。

浮选調節剂（Регуляторы）的作用（抑制剂和活化剂），就一般概念來說是減少和增加矿物表面上捕收剂的數量。根据我

們的研究，除此之外，調節劑對礦物表面性質的直接作用還對礦物的可浮性有很大影響。

我們不去敘述弗魯姆金院士、列賓捷爾院士、普拉克辛、叶爾奇瀾夫斯基、別洛格拉卓夫等人所發表的著作中關於現代浮選過程理論敘述得十分完善的詳情細節。但這理論對非硫化礦物的應用將在下面討論。

但是，理論的論述以及現有的浮選相互作用的物理化學研究方法的論述，對解決浮選技術所提出的具體問題，到現在為止仍感不足。

在解決許多實際工藝問題時，就連研究者們基本上也都是依靠浮選實驗，而不依靠物理化學的研究。

浮選理論在應用方面的這種不能令人滿意的情况，既不能解釋為所提出的很多物理化學研究法過於複雜或艱巨；也不能認為對深入研究浮選過程的現象的必要性，特別是在分離複雜礦物集合體時的浮選過程現象的必要性缺乏了解。

應當注意到，現在所製定的浮選相互作用理論，在很多情況下已不足以作為發展浮選過程的新途徑的基礎。

現今理論的原則性缺點，主要是以平衡狀態來解釋浮選現象，而缺乏研究整個過程的動力學，以及片面地對浮選相互作用的分子機理發生興趣。在以高速進行的浮選過程中，是不可能達到平衡狀態的。用研究一種分子現象的方法不可能創樹完整的浮選過程的理論。因此，近十年來積累下的有關礦物和礦石浮選方面的大部分實驗資料，並不能充分地被一個通用的理論所解釋，或是這些資料與某些原理相抵觸。

現代的理論還不能以足夠的說服力來解釋下述為實踐所肯定了的實事：

1. 許多礦物表面復有同樣的捕收劑並且平衡的潤濕接觸角也相同，但其浮選情况却不同的原因。
2. 磨細到不同粒度的同一種礦物具有不同可浮性的原因。
3. 在某些情況下，對比面小的大顆粒進行浮選時較之對中

等顆粒的矿石进行浮选时（比面值也大）需要捕收剂消耗量大的原因。

4. 可浮性与顆粒形状的关系（例如，磷狀矿物有高的浮游活度）。

5. 当往磨細了的矿石中添加对石英、矽酸鹽类矿物和其他脈石矿物不起作用的黄藥捕收剂时，这些矿物却常有極高的可浮性的原因。这类矿物被泡沫「机械携帶」的說法並不能解釋所有的現象，尤其是这种「机械浮选」还具有一些选择性。

6. 实际上，在由單一矿物的矿漿变为多矿物的矿漿时矿物可浮性的改变这个問題並未得到解釋。被許多研究者所确定的許多純潔矿物不加捕收剂而能浮游这一性質，企圖用沾污来解釋是不能令人信服的。浮选最大極限顆粒的計算尺寸和实际尺寸之間具有很大差值的原因尙不了解。

举出的实例極充分地証明了發展浮选理論以及包括在浮选理論中的一些用来解釋重新确定了的事实的新原理十分必要。

浮选过程的理論應該帮助解决下列問題：

1. 哪一些藥剂对实现矿石中的个别矿物的选择性浮选是必要的，藥剂作用的机理是怎樣的，怎样才能改善藥剂混合物的作用和易於控制它們。

2. 用什么方法保証各种矿粒，特別是在磨矿后所形成的各別矿物的細小顆粒的选择性浮选。根据顆粒的質量（大小）和形状来控制可浮性的途徑又是怎樣的。

3. 矿漿运动的性質、气泡大小及其在矿漿中的分布狀況对浮选过程的影响是怎樣的。怎样保証浮选槽中最合适的水动力学的狀況和空气分散的必要条件。

解决这些主要問題的順利程度决定着理論在發展浮选过程技术方面的实际作用。正像我們的研究工作所指出的那样；从动力学的角度来研究与主要的浮游动作——矿化气泡的形成——同时發生的基本現象，对解决这些問題是必要的。气泡矿化过程的动力学見解，可以确定對於这种典型的非平衡过程（如浮选）具有

决定性意义的新关系。

此外，目前完全有必要以第三个研究方向来补充前面所指出的那两个研究方向。第三个方向包括研究浮选过程的物理学。在浮选过程的实践中表明可浮性的是矿物的浮出率（Флотационный выход），它不仅是浮选基本动作的函数；而且还与浮选过程的许多物理因素有关：如给入矿浆中的空气量、空气在矿浆中分散程度和分布状况、决定气泡与矿粒在悬浮液中碰撞次数的矿物浓度、在碰撞时矿粒附着在气泡上的或然率、附着在气泡上的矿粒重量、在下部泡沫层的过程和在泡沫上第二次矿化的现象，等等。

虽然这些宏观物理学的因素决定着整个浮选过程的动力学和对有用矿物精选的实际价值，但是到目前为止对浮选过程的这些因素的研究却发展得非常慢。

因此，无论是关于药剂与矿物表面相互作用实质的概念、关于决定矿粒固着在气泡上及其动力学的力的大小和实质的概念，或是关于决定整个浮选过程动力学的物理因素的概念，都应当概括在一个完整的浮选理论中。

实际上，运用许多新的原理，并且对浮选过程的主要阶段之间的关系具有新的见解的浮选理论，将是完全新的理论。在这一方面来进一步发展浮选理论对顺利解决实际问题是绝对必要的。

为了进一步发展浮选技术对于下列现象有进行理论研究的必要：矿粒的大小（质量）和形状对形成气泡-矿物的集合体的动力学的影响以及对集合体在浮选悬浮液的涡流中稳固地存在所必需的引力的影响；药剂混合物和悬浮的矿粒对浮选介质中的气泡大小、安定性以及分布的影响；气泡矿化的动力学和与此有关的整个浮选过程的动力学（它往往决定过程的工艺效率）。

同时还应当注意到，浮选理论基础的研究程度——甚至最发达的有关药剂与矿物相互作用的理论部分——对于各组矿物都是极不相同的。如果在前十年间对金属硫化矿物所进行的详细的浮选研究和物理化学研究，可以确定浮选过程的分子机理的基本原理

的話，那麼對於非硫化礦物來說，實際上並沒有進行過這種綜合性的研究。

系統地研究非硫化礦物表面的物理化學性質跟可浮性之間的關係，和從量的觀點來研究藥劑對礦物的作用一樣，到現在為止遠遠沒有完成。由於非硫化礦的工業浮選的大力發展，近年來很多研究工作者都指出了這一點。他們反復強調指出創立令人滿意的非硫化礦物浮選理論基礎而進行系統研究的必要性[104,88]。

本書介紹對各組非硫化礦物的浮選現象和可浮性所進行的綜合性研究的結果，以及在這一個基礎上所制定的非硫化礦物的浮選理論。在這些研究中採用了陰離子捕收劑中最典型的代表——油酸作為捕收劑。

所進行的研究工作，甚至對研究過的各組非硫化礦物都不是詳盡無遺的。很多問題還需要進一步研究。對非極性礦物（煤等）的浮選，以及用陽離子捕收劑進行的非硫化礦物浮選均未研究。在研究浮選過程的物理学方面只是走了第一步。然而，就是這些對非硫化礦浮選系統的但不充分的研究，也使作者得以作出一些作為非硫化礦浮選理論基礎的重要結論，並解釋了許多到現在為止的浮選過程理論中沒有解釋的浮選現象。

弗魯姆金院士和列賓捷爾院士關於下述方面的創見是理論建設的科學基礎：關於附着力及其機理的著作，在堅固的極性非極性分子層的作用下改變礦物表面性質的著作，和被我們所發展了的大量礦粒附着過程的动力學見解，以及考慮到礦物表面的非均勻性來研究在礦物表面上的附着過程。

發展了的原理不僅對用陰離子捕收劑所進行的非硫化礦物浮選起作用。應當認為，基本原理適用於一切礦物的浮選，並且應當把它用來創立一個共同的浮選過程理論。

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
第一章 浮选时矿粒附着于气泡上的物理基础	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. 浮选研究时測量接触角的方法	47
5. 矿粒在純水中向气泡附着的实验研究	50
第二章 矿粒在气泡上浮选附着的动力学	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

1469302

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. 論矿粒可浮性与矿粒向气泡附着速度之間的关系	87
5. 矿粒表面状态及其可浮性的动力学研究法	91
第三章 油酸和油酸皂的捕收作用的机理	93
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