

高等学校教材試用本

金属矿床地球化学探矿法

北京地质学院地球化学教研室編

学校内部使用



中国工业出版社

PDG

目 录

前言 3

緒論 6

第一篇 岩石化学方法 的基本理論

第 一 章 元素在岩石
圈中的分佈 14

一、元素在岩石圈中的平
均含量和浓集系数 14

二、元素在各类岩石中的
分布 17

三、元素在土壤中的分
布 23

第 二 章 原生暈 29

一、概述 29

二、原生暈的控制因素 30

三、原生暈的地球化学指
示 33

四、指示元素的存在形
式 35

五、原生暈的表生变化 37

六、原生暈的实际意义 38

第 三 章 机械分散
暈 41

一、殘积坡积层的形成和
机械分散作用 41

二、机械分散暈的形成、
基本特点及其影响因
素 45

三、机械分散暈的定量計
算 48

第 四 章 鹽分散暈 62

一、盐分散暈的形成及其

特点 62

二、盐分散暈的定量估計
..... 68

第 五 章 分散流 70

一、分散流的形成 70

二、分散流中金属的含
量 71

三、分散流与分散暈的
相互关系 74

簡短的結論 76

第二篇 岩石化学样品 的分析方法

第 六 章 光譜分析 78

一、光譜分析的基本原
理 78

二、光譜的激发 84

三、光譜分析的主要仪器
和器材 92

四、光譜片的解释 101

五、光譜分析中的几个專
門問題 108

光譜分析实验 114

第 七 章 比色分析 117

一、比色分析的原理 117

二、比色分析的專門儀
器 117

三、比色分析的几个基
本环节 118

四、比色分析的誤差 125

五、Cu、Pb、Zn的二苯硫卡
貝松比色測定法 126

六、錳的比色測定法 133

比色分析实验 134

高等学校教材試用本

金属矿床地球化学探矿法

北京地质学院地球化学教研室編

学校内部使用



中国工业出版社

PDG

本书共分四篇十四章。第一篇是岩石化学方法的基本理論，本篇分五章叙述了元素在岩石圈中的分布和原生量，机械分散量、分散流的形成、控制因素、特点、定量計算。第二篇是岩石化学样品的分析方法，本篇分四章分別介紹了光谱分析、比色分析、斑点分析、色层分析的基本原理、特点、主要仪器和器材、在化探中的应用、元素測定的例举及实验。第三篇是岩石化学測量的工作方法，本篇分三章分別闡述了岩石化学測量的类型、比例尺和測网，样品的采集、加工、編录、混样与資料的整理、解释和利用。第四篇分两章分別介紹了水化学探矿法、生物化学探矿法的理論、应用条件、工作方法、結果的整理和解释。全书附有較多的插图和表，这有助于說明問題。

本試用教材适用于高等院校地质測量及找矿、金属勘探和金属物探等专业，同时对野外化探、地质人員也有参考价值。

本书为北京地质学院地球化学教研室林名章、阮天健等編。

金属矿床地球化学探矿法

北京地质学院地球化学教研室編

地质部地质书刊編輯部編輯（北京西四中市大街地质部院內）

中国工业出版社出版（北京东黄城根路10号）

（北京市书刊出版事业許可證出字第110号）

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ ·印张 $7 \frac{1}{16}$ ·字数152,000

1961年11月北京第一版·1962年4月北京第二次印刷

印数2,094—4,663·定价(10-6)0.86元

統一书号：K15165·1122(地质-85)

前 言

由于教学上的迫切需要，在1957年以来教学經驗的基础上，针对地质测量及找矿、金属与非金属矿产地质及勘探、金属矿床地球物理勘探等专业类型的教学时数及要求，编写了本教材。

除了从教学出发，也同时考虑到生产科研上的需要，尽可能紧密地結合了国内外当前的化探生产实际和科学现状。对数年来国内教学、科研、生产技术革新諸方面的基本問題、主要經驗和实际材料，都作了一定程度的搜集和概括。

本书共分岩石化学方法的基本理論，岩石化学样品分析方法，岩石化学测量工作方法和其他地球化学探矿法四篇，共十四章，約十五万字左右。

本书由北京地质学院地球化学及地球化学探矿教研室教师林名章、阮天健同志編著，該教研室教师张承亮同志参加了討論和部份修改工作，李择九、仇定茂同志繪制部份图件，最后由曹添同志作了全部审閱。

由于編写時間較短，同时限于思想、业务水平和教学科研生产的实际經驗，搜集資料和总结經驗反映现状作得不够，图版照片质量不高，其他錯誤之处也在所难免。恳切希望兄弟院校在实际应用本书过程中，随时将所发现的缺点和錯誤，来信批評与指正，并希尽可能地供給新的經驗和情况，以便再版时修正补充。特此先行致謝。

北京

目 录

前言	3
緒論	6

第一篇 岩石化学方法 的基本理論

第 一 章 元素在岩石 圈中的分佈	14
----------------------------	----

一、元素在岩石圈中的平 均含量和浓集系数	14
-------------------------------	----

二、元素在各类岩石中的 分布	17
-------------------------	----

三、元素在土壤中的分 布	23
-----------------------	----

第 二 章 原生暈	29
-----------------	----

一、概述	29
------------	----

二、原生暈的控制因素	30
------------------	----

三、原生暈的地球化学指 示	33
------------------------	----

四、指示元素的存在形 式	35
-----------------------	----

五、原生暈的表生变化	37
------------------	----

六、原生暈的实际意义	38
------------------	----

第 三 章 机械分散 暈	41
-----------------------	----

一、殘积坡积层的形成和 机械分散作用	41
-----------------------------	----

二、机械分散暈的形成、 基本特点及其影响因 素	45
-------------------------------------	----

三、机械分散暈的定量計 算	48
------------------------	----

第 四 章 鹽分散暈	62
------------------	----

一、盐分散暈的形成及其	
-------------	--

特点	62
----------	----

二、盐分散暈的定量估計	68
----------------------	----

第 五 章 分散流	70
-----------------	----

一、分散流的形成	70
----------------	----

二、分散流中金属的含 量	71
-----------------------	----

三、分散流与分散暈的 相互关系	74
--------------------------	----

簡短的結論	76
-------------	----

第二篇 岩石化学样品 的分析方法

第 六 章 光譜分析	78
------------------	----

一、光譜分析的基本原 理	78
-----------------------	----

二、光譜的激发	84
---------------	----

三、光譜分析的主要仪器 和器材	92
--------------------------	----

四、光譜片的解释	101
----------------	-----

五、光譜分析中的几个專 門問題	108
--------------------------	-----

光譜分析实验	114
--------------	-----

第 七 章 比色分析	117
------------------	-----

一、比色分析的原理	117
-----------------	-----

二、比色分析的專門仪 器	117
-----------------------	-----

三、比色分析的几个基 本环节	118
-------------------------	-----

四、比色分析的誤差	125
-----------------	-----

五、Cu、Pb、Zn的二苯硫卡 貝松比色測定法	126
----------------------------------	-----

六、錳的比色測定法	133
比色分析实验	134

第八章 斑点分析.....138

一、斑点分析法的

特点138

二、半定量斑点比

色法139

三、Cu 的卡巴梅特斑点

分析法142

四、As 的斑点分析法.....144

斑点分析实验146

第九章 色层分析.....147

一、色层分析法的原理和

特点147

二、色层分离中的 R_f 值

及其影响因素150

三、色层法在化探中的应

用154

色层分析实验158

简短的总结163

第三篇 岩石化学测量
的工作方法

第十章 测量的类型、

比例尺和测网164

一、路线测量164

二、普查165

三、详查167

四、精查167

第十一章 采样、样品加

工、编录和混样168

一、采样168

二、样品加工175

三、岩石化学测量的编

录178

四、样品的混合179

第十二章 岩石化学测量

资料的整理、解释和

利用184

一、观测质量的要求，检

查和评定184

二、正常含量和最低异

常值的确定186

三、测量结果的

图示法188

四、测量结果的解释和

利用189

第四篇 其他地球化

学探矿法

第十三章 水化学探矿

法198

一、元素在水圈中的分佈

与迁移198

二、水化学找矿标志200

三、影响金属在水中含量

的因素208

四、水化学找矿的工作方

法210

五、结果的整理与

解释214

第十四章 生物地球化

学探矿法215

一、一般原理215

二、植物的灰份及其化学

成份216

三、生物地球化学

探矿法的应用

与工作方法219

四、结果的解释222

结束语225

参考文献227

緒 論

最近几年来，随着生产技术和科学的发展，国内外在找矿勘探工作中，日益广泛地应用了各种新的技术和方法。其中地球化学方法，已经成为一种有效的找矿方法，并且正在愈来愈多地被用于勘探。特别在找寻有色、稀有金属矿床和盲矿体方面，更有其独到的效用和广阔的前途。

一、地球化学探矿法的特点

地球化学探矿法是在地球化学理论指导下，以现代分析技术为手段，通过发现“地球化学异常”来找矿（勘探）的一种方法。它具有下列几方面的特点：

(1) 地球化学探矿法的理论基础是地球化学；有关各种元素不同的地球化学行为、在地壳中的存在形式、分布、分配的不均匀性和集中分散规律等理论，是它的基础。这种在地球化学理论指导下的找矿生产实践，并不是“化学探矿”，严格讲来，简称“化探”是不正确的。（但因习用已久，通俗方便，故以下仍沿用之。）化探并不就是简单的“采样加分析”，而是有其深刻的理论基础的。

(2) 化探的工作原理是通过地球化学异常找矿。地壳中元素分布的不均匀性是绝对的。当元素局部集中达到工业品位时形成矿体；而在矿体周边的围岩、土壤、水流、气体、生物中，元素对整个地区而言，虽也呈现了相对的集中；但对矿体而言，则仍然是相对的分散，这就成为矿化分散量（流）。矿体和矿化分散量（流），本身都是地球化学异常；而分散量则又是矿体的外围或直接产物。化探的实质，就是

从整个元素分散（正常含量）的地区中，找寻相对集中的区段（分散量），从而再找到高度富集的部份（矿体）。所以化探在一定程度上讲，是直接找矿方法。和通过地质体的物理场（电、磁、重力场）来间接找矿的物探方法，有本质的不同，化探并不是物探方法的一种。这两种方法在找矿勘探时各有特效，只有相互补充，彼此验证，才能比较全面有效地完成找矿勘探任务。

（3）化探的技术手段是现代化学（和物理化学）分析。要了解元素分布的不均匀性，发现一般地质方法不能见到的地球化学异常，就必须测定元素在某地质体中的含量。化探应用了现代灵敏快速的化学分析和物理化学（仪器）分析，来测定样品中微迹元素的含量，是它最主要的特点。在这一点上，化探和同样根据分散量（流）找矿的河流碎屑法、冰川漂砾法、重砂测量法、围岩蚀变法、和放射性测量法等，有所不同。同时化学分析又可以直接测定元素种类和含量，这也是比较优越的地方。

二、地球化学异常和化探方法的分类

要根据地球化学异常来找矿，就必须对分散量的性质、控制因素、形成规律和与矿体在时间空间上的关系，进行研究。由于元素在不同地质体中迁移集散和存在方式不同，因此在岩石、土壤、水流、气体及生物体中的分散量，也各有特点。而化探方法也因找寻对象的不同，而有相应的分类*。

（1）找寻岩石圈（基岩、残积坡积层、水系底沉积）中地球化学异常的称为岩石化学测量法，通常称为金属量测量

* 各类的名称，严格说来，还不够系统妥当。但一时不易建立新的名称体系，故仍沿用通常名称。

法。

(A) 找寻在基岩中伴随矿体形成的原生矿化分散晕（原生晕）的，称为基岩金属量测量。

(B) 找寻在残积坡积层（主要为土壤）中，矿体风化后机械破碎或化学分解形成的次生晕（机械分散量和盐晕）的，称为残积坡积层金属量测量。

(B) 找寻元素由矿体及原、次生晕中被水流移出，进一步发生大幅度分散再沉淀，而在水系底沉积（洪积淤积层）中形成分散流的，称为水系沉积物金属量测量。

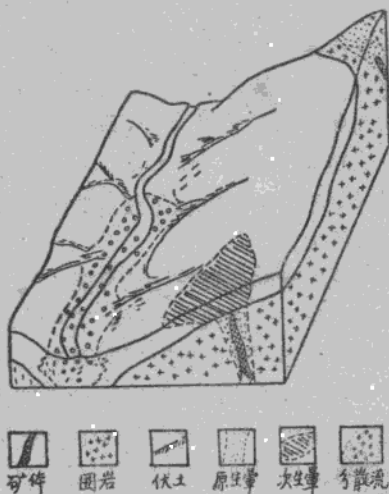


图 1 各种岩石化学异常之间相互关系

各种岩石化学异常之间的相互关系，如图 1 所示。

(2) 找寻水圈中，地下水和地表水的水文地球化学异常的称为水化学探矿法。

(3) 找寻气圈中某些元素(如汞蒸气, Rn , Tn , An 等射气)的气体地球化学异常的,称为气体地球化学测量法。其中用物理方法测量放射性射气含量的射气测量法(埃曼法),另有专门课程讨论。

(4) 找寻生物圈中,某些元素被植物(或微生物)等有机体吸收后形成的生物地球化学异常的,称为生物地球化学探矿法。

三、化探发展简史和现状

化探发展的近四十年历史,反映了社会主义制度的优越,说明了它是紧紧依靠着社会生产力,特别是矿冶工业的发展和科学技术的提高而不断发展着的。

(1) 除去远古对砂金、砂锡矿床的找矿,已经利用了分散晕流的原理不計外,从1922年到1940年間,为化探的創始阶段。

早在1922年,美国地质学家怀特(White)已经利用岩屑作肉眼观察和吹管分析,对勘探点的基岩,用铜的等量綫法圈出了强烈矿化区段,以此与浸染矿化的一般背景相对比,称为铜量测量。这可以说是化探方法的萌芽。但因吹管法只能分析高含量,方法原始,应用受限制,未能引起重视。

1924年李四光,舒文博在研究河南武安县紅山閃长岩侵入体时,已经作了 CaO , SiO_2 , 和 Fe_2O_3 的等量綫图,在国外引起很高的评价。但在当时落后的旧中国中,在科学和生产上都不能得到推广。

直到1932年后,在苏联社会主义建設时期化探才广泛投入生产,得到真正的发展,并奠定了基础。苏联物探工作的迅速发展,发现了很多异常。由于物探是間接找矿方法,如何判断矿与非矿异常,正确地进行解释,使山地工作不致大量

落空，就需要找到一种比物探更直接，比山地工作更经济的方法，来检验物探异常（尤其是电法异常），更有效地揭露矿体。于是开始应用了地球化学探矿法。

1932年以后，苏联物探专家 Н. И. Софронов, А. П. Со-
ЛОВОВ 等，相继提出并应用与发展了化探方法，称为“金属量
测量法”，收效很大。尤其在利用了光谱分析法以后，化探
方法更加得到迅速的推广。1936年 Н. И. Софронов 发表
了“论矿床分散晕”，第一次提出了分散晕的概念与分类。
1937年 Д. П. Малюга 等人拟定了生物地球化学找矿法。
1940年 В. М. Крейтер 在“矿床的普查与勘探”一书中，列
入了金属量测量这一专门章节。同年 А. Е. Ферман 发表
了“地球化学和矿物学找矿方法”。1941年 Е. А. Сергеев 写
成“地球化学找矿法”专著，全面论述了化探的原理、方法、
技术和效果。到了1945年左右，苏联在找寻 Sn, Mo, Cu,
Pb, Zn, Cr 等矿床的物探队中，已经广泛应用了以光谱分析
为手段的金属量测量法。直到苏联在应用化探找寻 Cu, Sn
等多金属矿床取得一系列成功后，才引起资本主义世界美国、
英国、加拿大和北欧芬兰、挪威、瑞典等国的重视和应用。

因此可以说，化探的真正创始和应用是在苏联。由于社
会主义革命的成功，化探才得到了发展。

(2) 1940—1955年间，化探的发展受到了第二次世界大
战以及战后经济恢复和其他一些因素的影响。战争的来临，
并没有打断这些工作，大战结束后，化探工作加强了，达到
相当大的规模，从试验性的工作，广泛地转变成为大量生
产工作。集中在物探队中进行的化探工作，在1951年前，
还仅仅局限在小面积内，1951年以后，才走向大面积普查，

先用化探圈定远景区，再在其中布置物探工作，这样，就大大地提高了普查效率，发现了許多新的工业矿床，有些甚至是在以前很詳細地研究过的地区发现的。

战争及战后的经济恢复工作，对矿物原料的需求，在品种上和数量上都极大地增加了，这就促使化探得到新的发展。

化探在普查勘探中的显著成效引起了广泛的重视。1955年苏联地质部颁布命令，要求在所有地质队推广化探工作。许多重要的论文在这段时间内问世。1951年 А. П. Соловьев 制订了“金属量测量暂行规范”，1953年 А. Б. Ронов 发表了“岩石地球化学的编制方法”，1954年 В. И. Смирнов 在“金属矿床普查勘探地质学原理”中，专门章节记述了化探工作，1955年 А. П. Виноградов 等发表了“根据植物和土壤找寻金属矿床”的论文。

在资本主义国家中，大战期间及战后才开始发展化探工作，美国 1946 年在地质调查所中设立了专门的化探研究机构。英国则在 1954 年才建立化探研究机构。这些国家的化探工作，主要由地质学家和化学家进行。

在这些国家中，虽也取得了一些效果，但是，科学家只能进行零星分散的工作，并且在很大程度上受到设备购置的限制，無論在工作的水平、成果和規模各方面都远不能和苏联相比。

(3) 1956年三月，第一次全苏金属化探會議，总结了前一阶段的丰富經驗和教訓，发表了一系列科学报告，并且通过了相应的決議，同年公布了新的规范。

这就进一步引起了所有地质、物探和地球化学人员对化探的普遍重视，加强了对化探理论基础的研究和各种化探方

法的試驗。А. П. Виноградов, А. А. Сауков 等地球化学專家都論述了化探工作，И. И. Гинзбург 1957年也写成“化探方法理論基础”一書。

在这个时期中，在苏联不仅用金属測量普查了广大的面积，找出了新的Cu、Pb、Zn、Mo、W、Sn及其他金属矿床，扩大了远景地区，而且研究了新的分析方法，发展了原生暈找盲矿，水文地球化学和生物地球化学等方法，不仅扩大了可找矿种，而且进一步利用化探方法研究解决其他一系列地质問題。因此，自1955年后，化探进入了更高、更全面的发展阶段。

由于苏联的無私援助，我国的化探事业在党和政府的坚强领导和大力培植下，經過全体地质、物探人員的努力，在短短的几年中有了特別迅速的发展。1953年起，我国开始广泛地在物探队中进行化探工作。最初較多地应用残积坡积层金属量測量法。1956年后曾召开了一系列經驗总结交流性的專門會議。建立了專門的研究和教学机构。特別是1958年以来，在党的社会主义建設总路綫的光輝照耀下，我国的化探工作更步入了一个新的发展阶段。在短短几年內，各方面都取了巨大的成績，特別是：①在利用原生暈找盲矿方面，以及分散流普查方面，累积了丰富的經驗，很快就超出了实验研究的阶段，大量投入了生产，在地质找矿勘探工作中發揮着日益显著的作用。

② 在化探資料的利用、定量及定性解释方面，也有一定程度的发展。

③ 在工作方法与技术，特別是分析方法方面也取得了許多新的成就，如制定了多种元素的野外快速半定量化学分析法，提高了光譜分析方法及設備的机械化，自动化程度，从

而提高了工作效率，提高了分析灵敏度与精度等等。通过这些新方法、新技术，已经找到了不少新的远景区或扩大了許多已知矿区的远景，直接对我国的社会主义建設事业作出了貢獻。总之，在党的领导下，目前我国新兴的化探事业，正处于百花盛开、欣欣向荣的时期，有着無限广闊的前途和光輝的远景。

第一篇 岩石化学(金屬量測量) 方法的基本理論

第一章 元素在岩石圈中的分布

岩石化学測量的主要对象，是岩石圈中的地球化学異常，因此，首先必須对岩石及其风化产物——主要是残积坡积层和冲积层中元素分布的一般規律有所了解。測量的目的是为了发现地球化学異常，即由于矿化活动的影响而造成的特征元素的高含量。而異常是对于正常而言的，这就是說，在異常地带內所得的某特征元素含量，是由两部分組成的：

$$C = C_0 + \Delta C \quad (1-1)$$

C_0 为和矿化無关的特征元素含量，称为正常含量或背景值。 ΔC 为由于矿化而迭加上去的異常含量。化探方法是否可能应用，决定于我們能否可靠地在 C_0 的基础上发现 ΔC ，因此需要討論 C_0 与 ΔC 的一般关系。

一、元素在岩石圈中的平均含量（克拉克值）和浓集系数。

首先来看整个岩石圈中各种元素 C_0 和 ΔC 的关系。为此，需要引用各种元素在岩石圈中的平均含量（克拉克值），以及現代冶炼技术水平所决定的各种矿石的最低可采品位。从而得出各种元素在岩石圈中的浓集系数（最低可采品位与克拉克值之比）。这样，就可以初步看出不同元素在岩石圈中分布的一般特点。

从表 1-1 中可以看出, 各种元素克拉克值相差是非常悬殊的, 从 Au、Pt 的 $5 \times 10^{-7}\%$ 到 Si 的 27.6% 相差上亿倍。各种元素在岩石圈中分布的不均匀性也相差极大, 浓集系数由 Si 的 1.5 变到 Sb, Bi 的 2500, 就很明显的反映了这一点。

总之, 各种元素及同一种元素本身, 在岩石圈中的分布都是极不均匀的。

这一点对化探工作有重要的实用意义。

1. 浓集系数愈大的元素, 其矿床形成的分散量(流)一般說来也愈为清晰(即 $\Delta C \gg C_0$), 因此有利于化探工作。在国内外生产实践中已经証明化探对 Pb、Zn、Cu、Ni、Mo 等浓集系数較大的元素是很有效的。反之, 对浓集系数小的元素, 如 Fe、Al 等, 則不利。

浓集系数并不是决定化探是否有效的唯一条件, 还有其他許多复杂的因素: 如分散量(流)的形成条件, 元素本身的地球化学性质, 分析方法的可靠性, 除成矿元素以外, 特征伴生元素的利用等。例如 Au、Pt 虽然浓集系数达 $6 \cdot 10^3$, 但由于克拉克值低, 一般的分析方法的灵敏度都很难达到 $5 \cdot 10^{-7}\%$ 因此对 Au、Pt 等矿床来說, 化探方法目前就不一定最有效。反之, 如某些鉄矿中往往含有相当数量的 Cu、Zn 等, 因此可利用 Cu、Zn 的量来間接地找鉄矿。

2. 可以从表 1-1 中得出对分析方法的灵敏度和精确度的要求。分析方法的灵敏度应该达到或接近克拉克值, 只有这样, 才能可靠地求出 C_0 , 从而划分 ΔC 。而分析的精确度, 則要依矿种和具体情况而定, 一般說来浓集系数大的, 分析精确度要求可以放宽。对常用的有色金属来說, 浓集系数一般在 $n \cdot 10 \sim n \cdot 100$ 之間, 所以通常半定量分析(相对誤差不超过 $\pm 50\%$), 就己能满足要求。