

● 龚美菱 著

相态分析与地质找矿

XIANGTAI FENXI YU DIZHI ZHAOKUANG

第二版



地质出版社

相态分析与地质找矿

(第二版)

龚美菱 著

地质出版社

· 北 京 ·

序

本书是在 1994 年出版的《相态分析与地质找矿》一书的基础上经增补、修订而成。书中增加了近 12 年新的研究成果，使这种极具独创特色的相态分析方法（包括矿物相分析与赋存状态分析）进一步完善。多年来这些方法应用于化探异常评价、铁帽评价及选矿试验中，取得很好的效果。

区分矿与非矿异常，一直是困扰勘查地球化学成果地质解释的一个难题。本书使用相态分析方法，通过查明铜铅锌异常样品中原生工业矿物相，次生矿物相和结合相的比例来判别异常是矿与非矿的性质。在化探异常评价实践中取得了良好的效果，有许多成功的实例。

以化探样品中的金及重矿物中金的比值，区分金在异常中是集中状态存在还是分散状态存在，从而来判别是金矿化异常还是非矿异常，通过研究地质环境来进一步判断呈集中状态存在的金富集成矿的条件，再通过查明石英包裹金的含量，进一步检验金的富集。经大量已知矿床的试验研究和金异常的评价实践，证明用这种技术判别金异常的性质是有效的。

将计算机模式识别与化学物相分析两套技术结合使用，判别和区分各类成因的铁帽，获得很高的成功率。

在配合选矿试验方面，物相分析也颇有实用价值。起始阶段可协助确定选矿手段、工艺流程和预估精矿品位及回收率；在试验过程中为提高精矿品位和回收率提出改进方向；试验将结束时，评价工作程度和试验水平，为结束试验工作提供理论依据。

新增的内容主要为在我国西部新疆、甘肃、青海、陕西、云南和内蒙古等地区多种景观条件下应用相态分析技术进行化探异常评价，以检验方法的实用性。前后共完成 121 处化探异常评价。大量的实践表明在我国西部地区应用相态分析技术快速评价化探异常，有其独特的效果，可以用作筛选评价化探异常的方法之一。

近年来用化探方法找寻被各种外来物覆盖的隐伏矿床成为各国研究的热点。其主流都是发展各种偏提取技术。本书则独树一帜，探索了相态分析在

寻找隐伏矿方面的应用。通过绘制金的三种价态的地球化学图，三峰重合则表明深部有金矿体，在甘南厚覆盖层找到了一处金矿。

总之，本书所提出的思路与方法，在国际上属于首创，而且在大量实践中证明有效。希望能引起各方更多的重视，以使其在地质找矿中发挥更大作用。

谢学锦

2007 年 4 月 26 日

前 言

本书是在 1994 年出版的《相态分析与地质找矿》一书的基础上经增补修订而成，内容增加了近 12 年来新的研究成果。全书总体上反映了 30 多年来我们始终遵循科研要创新、要重实效的主导思想。

新增的内容主要为在我国西部新疆、甘肃、青海、陕西、云南和内蒙古地区多种景观条件下应用相态分析技术所进行的化探异常评价，和多种寻找隐伏矿、掩埋矿的化探方法试验。大量的实践表明在我国西部地区应用相态分析技术快速筛选评价化探异常有其独特的效果，是筛选评价化探异常可行的方法之一。

本书的主要内容概述如下。

1. 元素相态分析方法

介绍了 31 种元素 66 组化学物相分析方法，其中有 14 个为痕量元素相态分析，主要为评价筛选化探异常而设计并经过试验制订的。方法必须满足：①元素的分相应具有工业矿物相及其次生矿物相和非工业矿物相。②元素的分析检出限一般应满足异常下限的 $1/10 \sim 1/100$ 。此为本书的特色之一。

2. 矿物组成分析

主要介绍应用物相分析方法测定各种矿物的矿物量的技术，它能解决传统的岩矿研究方法中取样代表性低的问题，从而使矿石的矿物定量精度大为提高。方法曾用于内蒙古某铁矿云母闪石型氧化矿石中的矿物组成分析，通过对大样中 19 个元素（组分）的物相分析，测定并计算了 31 种矿物的矿物量，并论证了所测结果的可信度。通过对多种碳酸盐矿物共存时各种碳酸盐矿物的定量测定，一次同时解决了岩矿鉴定和矿物定量两个难题。

3. 赋存状态分析

赋存状态分析就是定量地查明某个（些）元素在矿石中的存在形式。赋存状态分析工作的目的和意义在于，查明矿石的物化特性，以利于矿产资源综合和充分地利用。通常应查明下述几种形式：①独立矿物；②类质同象状态；③显微次显微矿物包裹体状态；④离子含某些分子吸附状态。元素在矿物中的这四种形式，常常不以单一状态存在，独立矿物中或多或少地存在类质同象，而类质同象状态赋存元素的量多到一定程度就变为另一种独立矿物。从吸附状态到结晶矿物是连续进行的一个过程，很难清晰分开。次显微状态或包裹体状态实质上是独立矿物的一种特殊形式。在岩矿研究中，如能做到定量地查明元素在矿石中的赋存状态和嵌布粒度，对确定利用资源的方法和工艺设计有重要帮助。

六个应用实例曾解决了国内一些常规岩矿研究方法很难解决的问题。如贵州某大型稀土磷块岩矿床中稀土元素的赋存状态分析实例，查明了稀土元素是呈类质同象置换钙状态存在，为该矿综合利用回收稀土元素提供了重要资料。

4. 相态分析在化探异常评价中的应用

要在大量的化探异常中快速筛选出矿致异常不是一件易事。本书介绍的应用相态分析

技术直接查明异常样品中元素的相态特征来区分异常属性是一种新的思路。如铅、锌、铜的异常评价,查明样本中是否以工业矿物相(如铅为方铅矿、锌为闪锌矿、铜为硫化铜矿)为主。包括由这些在表生条件下被氧化后形成的次生矿物,它们在样品中的占有率,是否占主导地位,从本质上抓住判别矿异常与非矿异常的差别。对于工业矿物相是硫化物的,大多可循此思路。对工业矿物不属于硫化物的,如金的异常评价,根据金元素的地球化学特征和热液金矿床的成矿机制,查明金在异常中是集中状态存在还是分散状态存在,以判别是金矿化异常还是非矿异常。通过查明石英包裹金的含量可判断是否具有富集成矿的物质基础。如以锡石为工业矿物相,则应根据工业矿物的具体情况来设计相态分析方法,原理是一样的。

介绍了相态分析技术在化探异常评价中的应用,包括按元素介绍的方法原理、评价程序、地化景观、地质条件和采样介质。评价过的异常按元素有 Pb、Zn、Cu、Au、Ag、Ni、Co、Sn、Hg 和 Mo。工作地区有新疆、甘肃、陕西、青海、云南、内蒙古和黑龙江等。研究过的景观区有高山、丘陵、戈壁、荒漠、森林、草原等。先后完成了 121 处化探异常的评价研究工作,其中有 21 处是已知矿致异常。

介绍的化探异常评价方法,均用已知异常经反复试验拟定的,特别是金和铜铅锌四个元素异常的评价,《“九五”地矿行业科技成果推广项目指南》已有推荐。本书中介绍的金异常 35 处、铜铅锌异常 51 处,占评价异常总数的 70% 以上。35 处金异常中有 8 处评价为矿异常,其中已经地质工作证实为金矿的有北疆 AR25 和甘南武山(隐伏矿)地区两处。51 个评价铜铅锌异常中有 22 处评价为矿异常,经证实,北疆阿尔泰前缘的 7 处矿异常,多数已见矿。北疆蒙库测区的 7 处异常为一组异常群,已探明金属储量 $2 \times 10^6 \text{t}$ 以上。

多年来的评价实践表明,用相态分析技术评价异常,对一些规模较大最后评价为非矿异常或没有找矿前景的异常,评价时应查明其异常的形成机制,本法有其特殊优势。如新疆托克逊 Ag-15 的 Ag-Mo 异常,其异常面积为 100km^2 ,通过踏勘该异常地处库米什向斜南翼一个大凹陷,银异常强度不高,但规模很大,仅计算银的面积金属量就很可观。相态分析查明银主要呈盐渍相,采样分析查明盐晕仅限表层,其形成机制为侧向运移形成的假异常。

又如新疆巴里坤湖地区 Sn-7 多金属化探异常,异常面积达 220km^2 ,强度也不低,经对异常全面踏勘,结合 1:20 万地质图分析,该异常与花岗岩体基本吻合。根据踏勘过程未见有云英岩化、高温石英等找锡的标志矿物的具体情况,设计了特殊的相态分析方法,将锡分成锡石相、黑云母相和钠铁闪石相。相态分析结果表明锡主要赋存在钠铁闪石中,结论是该锡异常是岩性引起的异常,没有找矿意义。

对相态分析在寻找隐伏矿中的应用作了专题研究,讨论了金的价态分析法、有机络合物法、偏提取技术和热磁法等技术的应用。金的价态分析法在甘南厚覆盖区找到一处金矿。其他几种方法工作做得还少,将其记录在案,供有关研究者参考。还介绍了相态分析在陕西双凤带地区区域化探中的应用。相态分析在化探异常对比中的应用。

5. 铁帽评价新方法

通过对已知成因的三大类铁帽共 65 处,进行了系统研究,其中菱铁矿矿床铁帽 21 处,硫化物矿床铁帽 26 处,各种氧化铁矿床铁帽 18 处。对每个标本分析了 26 种元素

(组分) 在分析大量已知铁帽数据的基础上, 用计算机模式识别技术进行处理, 建立了用主成分分析法判别铁帽成因的三叶花瓣模型, 其判别正确率可达 90% 以上。通过对若干特征元素的矿物相研究, 发现了锰以类质同象状态赋存在褐铁矿中时是菱铁矿矿床铁帽的特征。铁帽中残存某些有色金属矿物, 是该类金属矿床铁帽的特征。应用这套方法已评价过我国西北地区铁帽 39 处, 准确判别率较高, 特别是对新疆尼勒克的莫萨年铁帽的评价, 解决了中俄多个单位多年工作未能结论的难题。

6. 相态分析在选矿试验中的应用

介绍了怎样用物相分析配合选矿试验工作。在选矿试验开始阶段, 物相分析可预估选矿试验可能达到的指标 (精矿品位和回收率)。在选矿试验过程中可为设计或改进试验条件提供依据, 在选矿试验将结束时, 提供数据来说明可以结束选矿试验的合理性。

本书纳入的内容包含了从“六五”至“九五”期间承担的国家级、省部级和局级科研项目约 140 多项。

痕量相态分析方法的建立和大量相态分析任务的完成是专题组全体同志共同努力的结果。西北有色地质研究院先后有下列同志参加了工作: 张敏、黄毓立、才世福、张喜元、王庆如、侯嘉丽、朱国艳、杨桂云、石敏霞、李展、王希玲、王爱芬、陈孝荣、张彦斌、郭秋实、王立华、龚楚舒、郑文军、贾科伟等。

有关地质方面的技术指导和咨询以及野外采样等工作得到西北有色地质勘查局下列同志大力的帮助, 对实现化探异常的准确评价起了重要作用: 刘金成、朱华平、李人澍、宋国樑、罗才让、黄建军、傅锐、黄长青、李文全、朱宏洲、李宝忠、谭扬庚、胡西顺等。

各方面有关领导鼓励和引导技术创新, 创造条件, 保证了科研计划的实现。西北有色地勘局: 何伯墀、王东生、刘平、金万锋、汤正纲; 西北有色地质研究院: 郭健、马晶、杨铭君; 原中国有色金属总公司地质总局: 刘善方、孙肇钧; 原中国有色金属总公司物化探中心: 欧阳宗圻、刘泉清、徐勇; 新疆国家 305 项目办公室: 张良臣、李庆昌、谢德顺; 新疆有色地勘局: 杨有明、蒋彬、温华民、徐光祥、杨升祖、胡剑辉等。

在野外工作期间, 得到了下列单位的大力协作和帮助: 西北有色地勘局物探总队、711 总队、712 总队、713 总队、717 总队; 北京矿产地质研究所; 新疆有色地勘局地勘院、地质研究所、物探队、701 队、703 队、704 队、706 队; 甘肃有色地勘局; 青海有色地勘局; 西南有色地勘局地勘院、呈贡物探队。

本书的出版得到西北有色地质勘查局和西北有色地质研究院的关怀, 西北有色地质研究院两位副院长教授级高工朱华平同志和冯玉怀同志给予了大力支持和帮助。

幸蒙中国科学院院士谢学锦教授在百忙中为本书作序。

谨此, 一并致以衷心的感谢!

用相态分析技术找矿涉及不同的学科, 本书的工作仅为探索, 尚待认识的问题很多, 错误难免, 恳请读者指正。

作 者
2007 年 5 月

第一版前言

化学物相分析，作为一种分析方法，已有几本专著，但作为一种研究手段则尚未见有出版物。而化学物相分析更重要的作用应是，与相邻的学科，如地质、冶金、岩矿、化探、选矿等学科相互渗透，解决单一学科较难解决的问题。本书试图在这方面作一点贡献。

全书除第一章元素的相态分析方法中有部分是移植应用的以外，基本上是作者和作者负责的科研专题组 20 多年来科研成果的系统化汇总整理。内容着重介绍怎样运用相态分析作为一种研究手段，与地质学相互渗透并解决地质找矿和评价中的一些难题；以及怎样根据要解决的问题来设计和研究相态分析方法。书中少数成果已经发表，多数是首次公开介绍。

本书编写过程中，原西北有色地质研究所党委书记李耀中同志、所长秦萍同志，中国有色金属工业总公司物化探中心主任欧阳宗圻教授级高级工程师给予了大力支持和鼓励。地质矿产部科学技术高级咨询中心副主任沈时全教授级高级工程师和中国地质大学黄仕永教授在百忙中仔细地审阅了全部书稿。黄宝贵教授级高级工程师对第一章，朱子长高级工程师对第二章、第三章作了认真的审阅，并提出了很多宝贵意见，特在此一并表示感谢。

由于作者业务水平所限，书中不足和欠妥之处在所难免，敬希读者批评指正。

作 者
1993 年 11 月

Phase and State Analysis for Geological Prospecting

Abstract

This book focuses on the methodologies of phase and state analysis and their applications in geological and mining exploration. It provides geological exploration with a new approach via analysis data. Many cases studied show that the center of the phase anomalies of Pb, Zn and Cu in industrial minerals and secondary minerals often is the outcrop of the orebody. In search for a hidden gold deposit, an important indication for the existence of a deep gold mine is the place where the three states of Au^{3+} , Au^+ , and Au^0 meet on an Au geochemical graph.

In addition to the introduction, this book has 6 chapters. Chapter 1, methodology of phase and state analysis of elements, introduces the methodologies of analyzing 66 chemical phases from 31 elements. Chapter 2, the analysis of mineral association, discusses the measurement of a variety of mining samples using phase analysis techniques. Five cases studied are included. Chapter 3, the mode of occurrence analysis, describes how to determine the mode of occurrence of elements in samples using phase analysis techniques. Six cases studied are included. Chapter 4, the application of phase and state analysis in geochemical anomaly evaluation, assesses 121 geochemical anomalies from West China, including some discussions of the methodologies for exploring hidden mines. Chapter 5, new techniques for evaluation of gossan, introduces the basic principals of gossan and the results of 39 gossan evaluations. Chapter 6, application of phase and state analysis in ore dressing tests, discusses 23 cases studied.

This book can be used as a reference book for researchers in geochemistry, substance composition determination, chemical phase analysis and the study of ore dressing test, as well as for related academic communities.

目 次

序

前 言

第一版前言

绪 论	(1)
第一章 元素相态分析方法	(5)
第一节 影响物相分析结果准确度的若干因素	(5)
一、试样的粒度和细磨的方式	(5)
二、样品的矿物组合对物相分析结果的影响	(5)
三、选择浸取条件的准确掌握	(6)
四、物相分析系统的误差估算	(6)
第二节 银 (Ag)	(6)
一、化探样品中银的物相分析	(7)
二、铅锌矿中银的物相分析	(9)
第三节 铝 (Al)	(11)
一、铝土矿、粘土矿中铝的物相分析	(11)
二、铝土矿中铝的物相分析	(12)
三、矽线石、蓝晶石和红柱石的测定	(13)
第四节 砷 (As)	(14)
一、一般矿石中砷的物相分析	(14)
二、化探样品中砷的相态分析	(15)
第五节 金 (Au)	(16)
一、化探样品中金的物相分析	(17)
二、金矿石中金的物相分析	(19)
三、可氰化金的测定	(20)
四、碘化物法测定可氰化金	(21)
第六节 钡和锶 (Ba 和 Sr)	(21)
一、一般矿石中钡和锶的物相分析	(22)
二、内蒙古某铁矿中钡的物相分析	(23)
第七节 铋 (Bi)	(25)
铋矿石中铋的物相分析	(25)
第八节 碳 (C)	(26)

一、矿石中碳酸盐、有机碳和石墨的连续测定	(26)
二、方解石族碳酸盐矿物的物相分析	(28)
三、金矿石中碳的物相分析	(31)
第九节 钙 (Ca)	(34)
萤石矿石中钙的物相分析	(35)
第十节 镉 (Cd)	(35)
地质样品中镉的物相分析	(36)
第十一节 钴 (Co)	(37)
一、矽卡岩型铜矿石中钴的物相分析	(37)
二、硫砷钴矿中钴的物相分析	(38)
第十二节 铬 (Cr)	(39)
地质和化探样品中铬的物相分析	(39)
第十三节 铜 (Cu)	(40)
一、一般铜矿石中铜的物相分析	(40)
二、化探样品中铜的物相分析	(43)
第十四节 铁 (Fe)	(43)
一、磁性铁 (mFe) 的测定	(43)
二、硅酸铁的测定	(46)
三、碳酸铁的测定	(48)
四、硫化铁的测定	(49)
五、赤褐铁的测定	(50)
六、黄铁矿的测定	(50)
七、金属铁 (MFe)、磁黄铁矿和磁铁矿的测定	(51)
八、褐铁矿的测定 (烘箱恒重法)	(52)
九、若干重要铁矿床的铁矿石物相分析流程	(53)
十、石英勘探样品中混入铁的清除	(55)
第十五节 镓 (Ga)	(58)
地质样品中镓的物相分析	(58)
第十六节 汞 (Hg)	(59)
矿石中汞的物相分析	(59)
第十七节 锰 (Mn)	(61)
一、锰矿石中锰的物相分析之一	(61)
二、锰矿石中锰的物相分析之二	(62)
三、锰矿石中锰的物相分析之三	(64)
第十八节 钼 (Mo)	(65)
一般钼矿石和化探样品中钼的物相分析	(65)

第十九节 铌 (Nb)	(66)
内蒙古某铁矿中铌的物相分析	(66)
第二十节 镍 (Ni)	(69)
一、镍矿石中镍的物相分析	(69)
二、镍矿石中镍和钴的物相分析	(70)
三、化探样品中镍和钴的物相分析	(71)
第二十一节 磷 (P)	(73)
岩石矿物中磷的物相分析	(73)
第二十二节 铅 (Pb)	(74)
一、一般铅矿石和化探试样中铅的物相分析	(75)
二、含锰结核矿石中铅的物相分析	(76)
第二十三节 稀土 (RE)	(77)
一、矿石中稀土的物相分析	(77)
二、矿石中离子吸附型稀土总量和铈组稀土的测定	(78)
三、离子吸附型稀土总量的测定	(79)
第二十四节 硫 (S)	(80)
矿石中硫的物相分析	(80)
第二十五节 锑 (Sb)	(81)
锑矿石中锑的物相分析	(81)
第二十六节 硅 (Si)	(83)
矿石、岩石中游离石英的测定	(83)
第二十七节 锡 (Sn)	(84)
一、化探样品中锡的物相分析	(84)
二、锡矿石中锡的物相分析	(85)
第二十八节 钛 (Ti)	(86)
一、钛矿石中钛的物相分析	(86)
二、内蒙古某铁矿中钛的物相分析	(88)
第二十九节 铊 (Tl)	(90)
化探样品中铊的物相分析	(90)
第三十节 钨 (W)	(91)
钨矿石中钨的物相分析	(92)
第三十一节 锌 (Zn)	(93)
一、锌矿石或化探样品中锌的物相分析	(93)
二、有含锌锰结核的矿石中锌的物相分析	(94)
第二章 矿物组成分析	(96)
第一节 矿物组成分析的含义和意义	(96)

第二节	矿物组成分析的基本原理	(96)
第三节	矿物组成分析的基本规律	(97)
第四节	矿物组成分析应用实例	(97)
一、	陕西某铁矿床的矿物组成分析	(97)
二、	陕西某地金红石浮选精矿的矿物组成分析	(100)
三、	河南某粘土矿的矿物组成分析	(102)
四、	西双版纳惠民铁矿的矿物组成分析	(105)
五、	内蒙古某铁矿中区铁矿体云母闪石型氧化矿石的矿物组成	(107)
第三章	赋存状态分析	(122)
第一节	赋存状态分析浅释	(122)
一、	赋存状态分析的含义	(122)
二、	赋存状态分析的重要作用	(122)
第二节	赋存状态分析的基本原理	(123)
第三节	赋存状态分析的基本规律	(124)
第四节	赋存状态分析应用实例	(126)
一、	安徽白象山铁矿中铁、钴、钒、镍和镓的赋存状态分析	(126)
二、	陕西道岔沟金矿中金的赋存状态分析	(130)
三、	河南某铝土矿中锂的赋存状态分析	(133)
四、	广东利山铁矿中铁、锡、锌、铜和铅的赋存状态分析	(141)
五、	陕西煎茶岭镍矿中镍和钴的赋存状态分析	(150)
六、	贵州某大型稀土磷块岩矿床中稀土元素的赋存状态分析	(161)
第四章	相态分析在化探异常评价中的应用	(173)
第一节	痕量相态分析技术简介	(173)
第二节	相态分析评价化探异常的基本原理	(173)
第三节	若干元素化探异常的评价	(174)
一、	铅、锌、铜化探异常的评价	(174)
二、	金化探异常的评价	(212)
三、	镍、钴化探异常的评价	(237)
四、	锡化探异常的评价	(241)
五、	银化探异常的评价	(245)
六、	汞化探异常的评价	(257)
第四节	相态分析在寻找隐伏矿中的应用	(260)
一、	金的价态分析法	(261)
二、	有机络合物法	(272)
三、	化学偏提取技术	(282)
四、	热磁法	(291)

第五节	相态分析在化探异常对比中的应用	(299)
第六节	相态分析在陕西双凤地区区域化探中的应用	(301)
一、	研究区概况	(301)
二、	工作方法	(301)
三、	主要成果及初步认识	(302)
四、	圈出的成矿远景地段	(305)
第五章	铁帽评价新方法	(306)
第一节	铁帽评价新方法的基本原理	(306)
第二节	已知矿床铁帽样本的准备	(308)
第三节	残(原)积铁帽和迁积褐铁矿的鉴别	(317)
一、	查明褐铁矿中胶态硅酸的赋存状态鉴别法	(317)
二、	查明褐铁矿中铜、锌等元素的相态特征鉴别法	(318)
第四节	菱铁矿矿床铁帽的特征及其与硫化物矿床铁帽的区别	(321)
第五节	用模式识别技术判别铁帽成因	(328)
一、	主成分分析(PCA)简介	(328)
二、	三类已知铁帽样本的主成分分析	(329)
第六节	用相态分析判别铁帽成因	(332)
一、	查明成矿元素的主要矿物形式评价铁帽	(332)
二、	查明权重元素(即系数大的组分)的相态特征解决某些难判别的矛盾	(333)
第七节	其他有助于判别铁帽成因的信息	(334)
第八节	铁帽评价程序	(334)
第九节	铁帽评价方法和应用实例	(335)
一、	铁帽评价程序实践	(335)
二、	陕西地区 18 个铁帽的评价简述	(338)
三、	宁夏地区 8 个铁帽的评价简述	(341)
四、	新疆地区 10 个铁帽的评价简述	(342)
五、	陕西太白县铁锰帽的评价研究	(342)
六、	新疆西天山莫萨年铁帽的评价研究	(343)
七、	新疆乌恰县沙洛依铁帽的评价	(347)
第六章	相态分析在选矿试验中的应用	(350)
第一节	选矿试验起始阶段的相态分析	(350)
一、	有色金属矿石的选矿试验	(350)
二、	黑色金属矿石的选矿试验	(351)
三、	稀有元素和贵金属的选矿试验	(353)
第二节	选矿试验过程的相态分析	(355)
第三节	选矿试验将结束时的相态分析	(356)
参考文献		(358)

CONTENTS

Foreword

Preface

Preface of the first edition

Introduction	(1)
Chapter 1 Methodology for Phase Analysis of Elements	(5)
1.1 Several factors that affect the accuracy of phase analysis results	(5)
1.1.1 The granularity of samples and grinding method	(5)
1.1.2 The effects of mineral association on phase analysis results	(5)
1.1.3 Accurate control of selecting leaching conditions	(6)
1.1.4 Estimation of system errors for phase analysis	(6)
1.2 Ag	(6)
1.2.1 The phase analysis of Ag in geochemical prospecting samples	(7)
1.2.2 The phase analysis of Ag in lead zinc ore	(9)
1.3 Al	(11)
1.3.1 The phase analysis of Al in bauxite and clay	(11)
1.3.2 The phase analysis of Al in bauxite	(12)
1.3.3 The measurement of andalusite, sillimanite and cyanite	(13)
1.4 As	(14)
1.4.1 The phase analysis of As in ores	(14)
1.4.2 The phase and state analysis of As in geochemical prospecting samples	(15)
1.5 Au	(16)
1.5.1 The phase analysis of Au in geochemical prospecting samples	(17)
1.5.2 The phase analysis of Au in Au ores	(19)
1.5.3 The measurement of Au in cyanationable gold	(20)
1.5.4 The measurement of cyanationable gold using iodide method	(21)
1.6 Ba and Sr	(21)
1.6.1 Phase analysis of Ba and Sr in ores	(22)
1.6.2 Phase analysis of Ba from an iron mine in Inner Mongolia	(23)
1.7 Bi	(25)

Phase analysis of Bi in Bi ores	(25)
1. 8 C	(26)
1. 8. 1 The continuous measurement of carbonate, organic carbon and graphite in ores	(26)
1. 8. 2 Phase analysis of carbonate ores in calcite group	(28)
1. 8. 3 Phase analysis of C in gold ores	(31)
1. 9 Ca	(34)
Phase analysis of Ca in fluorite ores	(35)
1. 10 Cd	(35)
Phase analysis of Cd in geological samples	(36)
1. 11 Co	(37)
1. 11. 1 Phase analysis of Co in skarn type of Cu ores	(37)
1. 11. 2 Phase analysis of Co in glaucodote	(38)
1. 12 Cr	(39)
Phase analysis of Cr in geological and geochemical samples	(39)
1. 13 Cu	(40)
1. 13. 1 Phase analysis of Cu in ordinary copper ores	(40)
1. 13. 2 Phase analysis of Cu in geochemical prospecting samples	(43)
1. 14 Fe	(43)
1. 14. 1 The measurement of mFe	(43)
1. 14. 2 The measurement of ferrous silicate	(46)
1. 14. 3 The measurement of ferrous carbonate	(48)
1. 14. 4 The measurement of ferrous sulphide	(49)
1. 14. 5 The measurement of hematite and limonite	(50)
1. 14. 6 The measurement of pyrite	(50)
1. 14. 7 The measurement of MFe, pyrrhotine and magnetite	(51)
1. 14. 8 The measurement of limonite (gravimetry)	(52)
1. 14. 9 The phase analysis flow for iron ores of several important iron deposits	(53)
1. 14. 10 Purging iron mixed in quartz ores	(55)
1. 15 Ga	(58)
Phase analysis of Ga in geological samples	(58)
1. 16 Hg	(59)
Phase analysis of Hg in ores	(59)
1. 17 Mn	(61)
1. 17. 1 Case 1: phase analysis of Mn in Mn ores	(61)

1. 17. 2	Case 2; phase analysis of Mn in Mn ores	(62)
1. 17. 3	Case 3; phase analysis of Mn in Mn ores	(64)
1. 18	Mo	(65)
	Phase analysis of Mo in ordinary Mo ores and geochemical prospecting samples	(65)
1. 19	Nb	(66)
	Phase analysis of Nb in an iron mine from Inner Mongolia	(66)
1. 20	Ni	(69)
1. 20. 1	Phase analysis of Ni in Ni ores	(69)
1. 20. 2	Phase analysis of Ni and Co in Ni ores	(70)
1. 20. 3	Phase analysis of Ni and Co in geochemical prospecting samples	(71)
1. 21	P	(73)
	Phase analysis of P in rocks and ores	(73)
1. 22	Pb	(74)
1. 22. 1	Phase analysis of Pb in ordinary Pb ores and geochemical prospecting samples	(75)
1. 22. 2	Phase analysis of Pb in ores that contain Pb manganese nodules	(76)
1. 23	Rare Earth (RE)	(77)
1. 23. 1	Phase analysis of RE in ores	(77)
1. 23. 2	Measurement of the ion adsorpted total RE and Ce – group in ores	(78)
1. 23. 3	Measurement of the ion adsorpted total RE	(79)
1. 24	S	(80)
	Phase analysis of S in ores	(80)
1. 25	Sb	(81)
	Phase analysis of Sb in Sb ores	(81)
1. 26	Si	(83)
	Measurement of dissociated quartz in rocks and ores	(83)
1. 27	Sn	(84)
1. 27. 1	Phase analysis of Sn in geochemical prospecting samples	(84)
1. 27. 2	Phase analysis of Sn in Sn ores	(85)
1. 28	Ti	(86)
1. 28. 1	Phase analysis of Ti in Ti ores	(86)
1. 28. 2	Phase analysis of Ti in an iron mine from Inner Mongolia	(88)
1. 29	Tl	(90)
	Phase analysis of Tl in geochemical prospecting samples	(90)
1. 30	W	(91)
	Phase analysis of W in W ores	(92)