

鄂 东 铁铜矿产 地 质

舒全安 陈培良 程建荣
等 编著

冶金工业出版社

鄂东铁铜矿产地质

舒全安 陈培良 程建荣等 编著

冶金工业出版社

(京)新登字036号

内 容 简 介

本书是全面论述中国鄂东成矿区铁铜矿地质学的第一部专著。其内容取材于该区几十年来铁铜矿的找矿勘探经验和科研成果。共分为四篇二十章。第一篇论述成矿区地层、构造、岩浆活动、地球物理和地球化学成矿地质背景；第二篇论述成矿系列，各类矿床地质特征及实例，矿床时空分带，伴生元素赋存状态和富集规律，主要矿物标型特征；第三篇论述流体包裹体和成矿流体性质，硫、氧、氢、铅、铀-钍同位素地质，接触变质、交代作用和热液蚀变作用，成矿控制因素，成矿机理和成矿模式；第四篇论述隐伏矿预测的地质、地球物理、地球化学、卫星解译和矿床统一预测等有关方法的基本原理和应用效果。本书内容丰富，矿床理论与找矿实践并重，可供地质科学、矿床地质勘查、科研、教学人员参考使用。

鄂东铁铜矿地质

舒全安 陈培良 程建荣等 编著

冶金工业出版社出版发行

(北京北高后大街嵩祝院北巷19号)

新华书店总店科技发行所经销

河北省阜城县印刷厂印刷

787×1092 1/16 印张 34.75 字数 818 千字

1992年6月第一版 1992年6月第一次印刷

印数00,001~500册

ISBN 7-5024-0918-1

P·11 定价32.20元

Brief Introduction

This book is the first monograph that comprehensively discusses the geology of iron and copper ore deposits in the metallogenic province of eastern Hubei province, China. Portions of the material in this book have derived from the prospecting experiences and the scientific research on iron and copper ore geology for many years. The book consists of four parts and twenty chapters. Part one introduces the geological background of metallogenic stratigraphy, geological structure, magmatic intrusions, geophysical and geochemical features in this area. Part two discusses metallogenic series, types of deposits and their main features and examples time and spatial zoning of ore deposits, occurrence and concentration of associated elements, typomorphic peculiarities of major minerals. Part three deals the inclusions in minerals, the nature of mineralogenic fluid, isotope geology of sulfur, oxygen, hydrogen, lead, rubidium and strontium isotopes, contact metamorphism and contact metasomatism and hydrothermal alteration, metallogenic factors, metallogenic mechanism and metallogenic models. Part four mentions the basic principles and application of geological, geophysical, geochemical, satellite interpretation and statistical prediction methods in prognosis of hidden orebodies. The content of this book is abundant. Prospecting practice is as important as mineralogenic theories in this book. It is intended for those engaged in geoscience and ore geologists, researchers, teachers and students as reference in prospecting ore deposits.

序

鄂东成矿区，集中分布了中国若干重要的富铜富铁矿床。它们具有规模大，品位高，易选冶利用等特点，是中国为数不多的富铜富铁基地之一。

20世纪50年代以来，这一地区进行了大量基础地质和矿床地质工作，积累了丰富资料。在此基础上，进行概括总结和提高，不仅对本区及其它类似地区的找矿工作有所帮助，而且也将丰富充实铁铜矿成矿理论。

《鄂东铁铜矿产地质》正是这类工作的代表性著作。它的特点，一是宏观与微观相结合；二是地质、地球物理、地球化学相结合；三是找矿现状和预测相结合；四是新技术、新方法的运用。这在同类型著作中尚不多见。

宏观和微观结合可以全面客观地论述所研究的事物。本书在宏观方面系统论述了地层、构造、岩浆活动、地球物理、地球化学成矿地质背景及矿床地质；在微观方面对矿物、包裹体、微量元素、同位素、成矿机理等进行了较详细深入的探讨。

本书专门论述了成矿区重磁场特征，岩矿石物理参数，地球化学特征，并与传统地质相结合，增加了研究深度。

本书以较大篇幅论述了隐伏矿预测标志和方法。在找矿实例和应用效果的基础上，论述了地质、地球物理、地球化学等预测方法的基本原理和预测标志，是难能可贵的。

本书的另一特点是新技术和新方法的运用，如古地磁、卫片影像特征，综合地球化学方法等。

无疑，本书是铁铜矿地质的重要成果，也是对中国铁铜矿产事业的有意义贡献。

涂光炽

1988年10月31日

前 言

鄂东成矿区地处长江中下游铁铜成矿带之西部。大地构造单元隶属于下扬子台褶带西部的鄂东褶皱束。它是扬子准地台北部的一个三级构造单元，北与淮阳隆起毗邻，南接江南台隆，西与江汉断拗接壤，东与宁芜褶皱束对应，介于它们所围限的“三角形”地块中。

该区矿产资源丰富。已探明的矿产以铁、铜矿为主，共生或伴生有钨、铅、钼、锌、金、银、钴、镍、镓、锗、铟、铋、硒、碲、铀、硫、石膏等。矿床类型主要有接触交代型、接触交代-斑岩复合型、岩浆热液型和火山热液型四种成因类型，以及铁矿床，铁铜矿床，铜铁矿床，铜矿床，铜钼矿床，钨铜（钼）矿床，金铜矿床七类矿床。其特点是：矿床类型较全，数量多，规模较大，伴生或共生矿产丰富，品位较富，易选冶利用，分布集中。是中国为数不多的富铜富铁成矿区，在国内外享有盛誉。因此，系统地研究该区成矿地质背景，矿床地质，成矿作用，隐伏矿预测标志和方法等，编写《鄂东铁铜矿产地质》专著，必将具有重要的理论和实际意义。

鄂东成矿区矿产采冶历史悠久。从春秋战国始就大规模采冶铜矿。“铜绿山古铜矿冶遗址”是现今发掘年代最久远，采冶规模最大，延续时间最长的古采冶场。它真实地再现了当时矿冶发展和卓越技术的面貌。“青山场”是继后发展的又一个“名冠九洲”的采冶场，表明铜矿采冶得到迅速发展。封山洞、赤马山、叶花香、龙角山、铜山口等矿床都发现有古采老窿和冶铜炉渣，可见当时采冶规模已相当可观。铁矿采冶相对为晚。从三国到明清都有采冶。荀况曾载文曰“楚人宛巨铁地，惨如蜂”。足见采冶之普遍。

解放前，本区资源不明，勘探和开发寥寥无几，铜铁生产江河日下，一蹶不振。

新中国成立以来，地质勘探和矿业开发得到蓬勃发展。先后有地矿部429队，武汉勘察公司902队，武汉钢铁公司地质勘探队，湖北省地质局一队，冶金部中南冶金地质勘探公司805队、603队、608队、606队、609队、602队等地质勘探单位及中南冶金地质研究所和武汉地质学院等科研院所单位的广大地质和采冶工作者，心怀振兴中华之赤诚，大力开展找矿勘探和研究工作，探明了极其丰富的矿产资源，使本区成为中国重要的矿产资源基地。

从本区找矿勘探历史来看，大体经历了两个发展阶段：一是50~60年代露头矿和浅部矿找矿勘探阶段。基本上沿用就矿找矿和单一的物化

探找矿方法,发现了一批具有工业价值的矿床,从而奠定了矿产资源的工业基础。二是70~80年代隐伏矿找矿阶段。在全面开展综合性地质和物化探工作基础上,较深入地研究成矿规律,进入理论指导和综合信息找矿时期。研究的广度和深度日益提高,找矿方法日趋完善,找矿领域不断扩大。不但使已发现的矿床储量大幅度增加,而且发现了一些新的矿床类型。同时,开展了伴生元素综合利用研究,扩大了矿床利用的工业价值。从成矿地质条件和成矿预测成果分析,本区仍具有较大的找矿前景。

《鄂东铁铜矿产地质》共分为四篇。第一篇成矿地质背景。着重论述地层、构造、岩浆活动、地球物理和地球化学背景。第二篇矿床地质。在介绍各类型矿床特征基础上,重点论述成矿系列,矿床时空和分带规律,伴生元素赋存状态和富集特征,主要矿物标型特征。第三篇成矿作用。在综合研究基础上,论述矿物包裹体特征和成矿流体性质,稳定同位素地质,接触变质、交代作用和热液蚀变作用,成矿控制因素,成矿机理和成矿模式。第四篇隐伏矿预测标志和方法。根据本区数十年找矿实践,介绍隐伏矿预测的地质、地球物理、地球化学、卫片解译和矿床统计预测的标志、方法原理和找矿效果。

编著本书的资料基础是各类矿床地质勘探报告,区测报告,物化探总结报告以及有关研究报告。特别是中南冶金地质勘探公司所属地质队历年来的普查勘探报告和中南冶金地质研究所有关研究成果。在编写过程中,还重点进行了包裹体、同位素、矿物标型特征、热液蚀变等方面的测试研究,使研究广度和深度有所提高。

本书由中南冶金地质勘探公司下达,中南冶金地质研究所组织有关同志分工编写。参加编写人员有:陈培良(序言和第四章);舒全安(第十三、十六章);程建荣(第七、八、九、十、十一、十四、十五、十七、二十章);王杏英(第十二章);李色策(第五章的第一、二节和第十八章);李全洲(第一、三、十九章);陈启田(第二、六章);张继文、徐柏安(第五章的第三节)。全书由陈培良和程建荣进行文字贯通和审编定稿。

在编写过程中,承蒙冶金部地质局、冶金工业出版社等单位的大力支持和帮助。中国科学院学部委员涂光炽为本书撰写了序。在中南冶金地质勘探公司主持下,由涂光炽、姚培慧、翟裕生、胡惠民、王继伦、林新多、杨敏之、王可南、何知礼、张曾涪、真允庆、李章大、姚参林、林海山、黄有德、唐瑞才、王雪曼、陈福欣、王先荣、张效良等组成的评审委员会,对本书进行了鉴定,肯定了本书的价值,提出了宝贵修改意见。著者特致衷心忱谢。

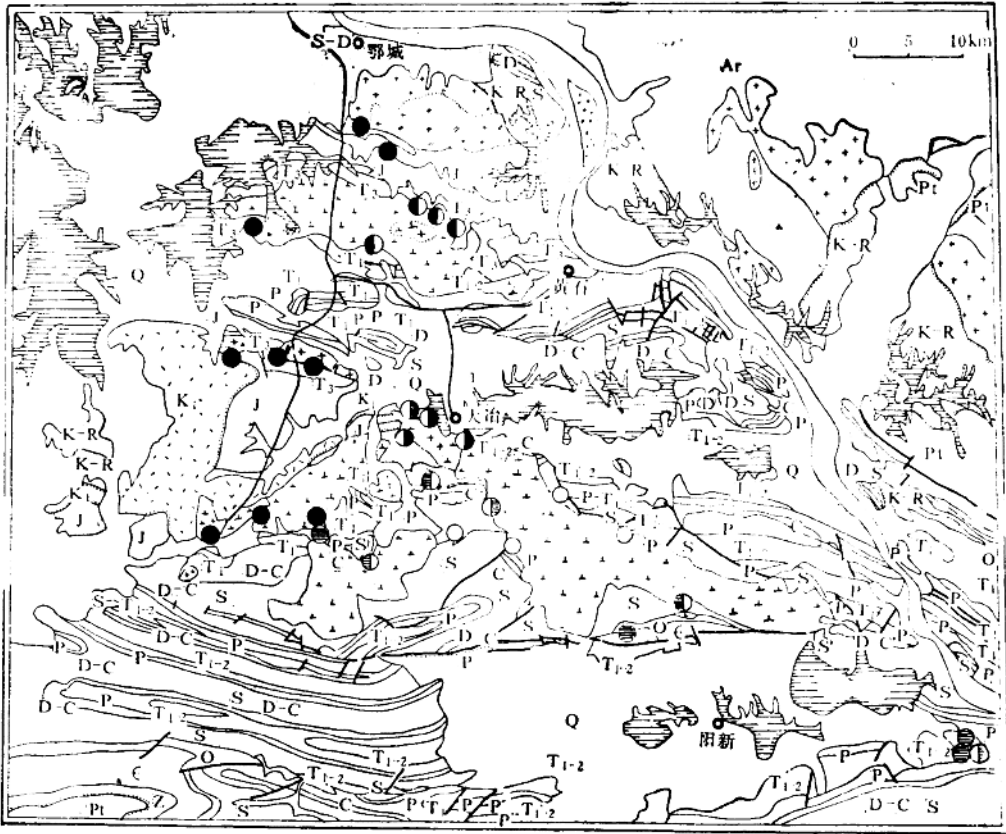
由于著者的理论水平和研究深度所限,书中许多内容还有待于进一步完善深化。不足和错误之处,敬望读者指正。

著者

一九九〇年四月



鄂东成矿区陆地卫星景象图



鄂东成矿区地质矿产略图

Q—第四系；K-R—白垩—第三系；K₁—白垩系下统；J—侏罗系；T₁—三叠系上统；T₁₋₂—三叠系下统至中统；P—二叠系；C—石炭系；D—泥盆系；D-C—泥盆系至石炭系；S—志留系；S-D—志留系至泥盆系；O—奥陶系；ε—寒武系；Z—震旦系；Pt—元古界；Ar—太古界；1—花岗岩；2—闪长岩类；3—花岗闪长岩类；4—石英二长岩~长花岗岩；5—火山岩；6—断层；7—地质界线；8—不整合界线；9—铁矿床；10—铁铜矿床；11—铜铁矿床；12—铜矿床；13—铜钼矿床；14—钨铜（钼）矿床；15—金铜矿床

目 录

第一篇 成矿地质背景

第一章 区域地质背景	3	32
第一节 地层	3	一、加里东构造旋回.....	32
一、太古界和元古界.....	3	二、华力西构造旋回.....	32
二、古生界至新生界.....	4	三、印支构造旋回.....	34
第二节 构造	5	四、燕山构造旋回.....	35
一、地幔构造.....	5	五、喜马拉雅构造旋回.....	36
二、基底构造.....	6	第二节 构造分区	36
三、区域构造分区.....	7	一、武昌隆起.....	36
四、深断裂.....	10	二、梁子湖断陷.....	36
第三节 岩浆活动及成矿分带	12	三、鄂东隆起.....	36
一、岩浆活动.....	12	第三节 构造形迹及其构造应力场分析	38
二、成矿分带.....	13	一、印支期构造形迹及应力场分析.....	38
第二章 成矿区地层	14	二、燕山期构造形迹及应力场分析.....	40
第一节 地层系统	14	三、喜马拉雅期构造形迹.....	45
一、寒武系.....	14	第四节 卫片影像地质特征	45
二、奥陶系.....	14	一、线性构造影像.....	46
三、志留系.....	15	二、环形构造影像.....	46
四、泥盆系.....	15	第四章 成矿区岩浆活动	49
五、石炭系.....	15	第一节 岩浆活动时期	49
六、二叠系.....	18	一、燕山早期岩浆活动.....	49
七、三叠系.....	18	二、燕山晚期岩浆活动.....	53
八、侏罗系.....	22	第二节 岩浆活动地质特征	56
九、白垩系.....	22	一、岩浆岩空间分布.....	56
十、白垩系上统一第三系.....	23	二、岩体地质特征.....	56
十一、第四系.....	23	三、火山岩地质特征.....	60
第二节 地层的最优分割及马尔科夫链的应用	23	第三节 岩浆演化系列及岩石化学特征	62
一、地层的最优分割.....	23	一、岩浆系列和岩石类型.....	62
二、马尔科夫链的应用.....	25	二、岩浆岩岩石化学特征.....	62
第三章 成矿区构造	32		
第一节 构造旋回及构造运动			

三、火山岩岩石化学特征	74	二、磁场特征	98
四、岩浆同化混染作用	76	第二节 岩、矿石物性参数特征	99
第四节 副矿物特征	78	一、磁性特征参数及分布概型	99
一、副矿物共生组合及含量	78	二、密度特征	108
二、锆石及Zr/Hf比值	80	三、电性参数特征	111
三、磷灰石	81	第三节 岩浆岩的磁各向异性及古地磁特征	113
四、磁铁矿	82	一、岩浆岩的磁各向异性	113
第五节 岩浆岩稀土元素地球化学特征	85	二、岩体古地磁特征	118
一、稀土元素的基本地球化学性质	85	第六章 成矿地球化学背景	124
二、岩浆岩和矿石稀土元素地球化学特征	85	第一节 微量元素的分配	124
三、影响稀土元素地球化学特征的主要因素	90	一、地层中微量元素分配	124
四、岩浆成因类型	92	二、岩浆岩中微量元素分配	131
第五章 成矿地球物理背景	97	第二节 成矿地球化学分区及其特点	135
第一节 重力场和磁场特征	97	一、成矿地球化学区的划分	135
一、重力场特征	97	二、地球化学区的特点	137

第二篇 矿床地质

第七章 矿带、矿田及矿床	141	一、概述	158
第一节 矿带与矿田	141	二、接触交代型铁矿矿床	158
一、矿产资源概况	141	三、接触交代型铜铁矿床	160
二、矿带	141	第四节 铜、钨、钼、金多金属成矿系列	165
三、矿田	141	一、概述	165
第二节 矿床分带	143	二、接触交代型铜矿床	166
一、矿田内矿床的分带	143	三、接触交代型钨(钼)矿床	167
二、矿床中矿体的分带	145	四、接触交代型铜钼矿床	169
第八章 成矿系列和矿床类型	146	五、接触交代型金铜矿床	170
地质特征	146	六、接触交代一斑岩复合型铜钼矿床	173
第一节 成矿系列与矿床类型划分	146	第九章 伴生有益元素特征	180
一、成矿系列	146	第一节 伴生元素组合与矿床类型的关系	180
二、矿床类型	148	一、伴生元素种类	180
第二节 铁矿成矿系列	148	二、伴生元素分带	181
一、概述	148	三、各类型矿床伴生元素组合类型和含量	182
二、接触交代型铁矿床	150	第二节 伴生元素分布特点及其赋存状态	184
三、岩浆热液型铁矿床	154		
四、火山热液型铁矿床	157		
第三节 铁铜矿成矿系列	158		

一、钴、镍	184
二、金、银	189
三、钨、钼、铅、锌	196
四、分散元素	196
五、铂、钯	197
六、硫、铀、石膏	198
第十章 主要金属矿物特征	199
第一节 铁矿物	199
一、磁铁矿	199
二、赤铁矿	212
三、菱铁矿	213
第二节 铜矿物	216
一、黄铜矿	216
二、斑铜矿	218
三、辉铜矿	219
四、自然铜	220
五、铜的氧化矿物	221
第三节 钼矿物和钨矿物	224

一、辉钼矿	224
二、白钨矿	224
第四节 黄铁矿	225
一、黄铁矿矿物特征	229
二、黄铁矿化学成分的标型意义	230
第十一章 岩浆黑云母特征及其地质意义	239
第一节 黑云母种属及化学成分	239
一、黑云母种属	239
二、黑云母化学成分	239
第二节 黑云母化学参数的地质意义	241
一、指示岩体矿化类型	244
二、确定岩浆成因类型	246
三、判别岩体含矿性	247
四、黑云母含量与矿化类型的关系	248

第三篇 成矿作用

第十二章 矿物中包裹体研究	253
第一节 包裹体类型及特征	253
一、包裹体类型	253
二、子矿物	253
三、矿液沸腾	257
第二节 包裹体温度	257
一、均一温度	257
二、气相百分含量与均一温度的关系	260
三、爆裂温度与曲线类型	260
第三节 包裹体成分	269
一、包裹体成分	270
二、盐度	270
三、包裹体氢同位素	270
四、pH值	279
第四节 岩浆岩及各类型矿床包裹体特征	279
一、岩浆岩包裹体特征	279
二、各类型矿床的矿物中包裹体特征	282
第十三章 稳定同位素	298

第一节 硫同位素	298
一、各类矿床中硫同位素组成和变异特征	298
二、各类矿床硫同位素的时、空变化特征	301
三、硫同位素平衡温度及分馏机制	303
四、硫同位素与矿床类型的关系	306
第二节 氧、氢同位素	309
一、氧同位素	309
二、氢同位素	312
第三节 铅及铷-锶同位素	313
一、铅同位素	313
二、铷-锶同位素	318
第十四章 接触变质作用和接触交代作用	322
第一节 接触变质作用	322
一、热变质岩类系与变质带	322
二、热变质过程中化学成分变化	322
三、热动力变质构造	324

第二节 接触交代作用	325
一、矽卡岩类型	325
二、主要矽卡岩矿物特征	326
三、矽卡岩分带	336
四、矽卡岩人工合成实验	338
五、矽卡岩带元素迁移规律	343
六、矿化与交代蚀变带空间关系	344
第十五章 热液蚀变作用	346
第一节 接触交代型矿床热液蚀变	346
一、热液蚀变与矿化类型关系	346
二、主要热液蚀变类型特征	346
三、碱交代蚀变和酸性交代蚀变机制	348
第二节 接触交代一斑岩复合型矿床热液蚀变	350
一、蚀变带空间分布	351

二、蚀变岩类和特征蚀变矿物	252
三、蚀变带化学成分变化	363
四、蚀变带形成机制及蚀变—矿化模式	363
第十六章 成矿控制因素、成矿机理及成矿模式	372
第一节 成矿控制因素	372
一、地层与成矿的关系	372
二、构造与成矿的关系	373
三、岩浆活动与成矿的关系	378
第二节 成矿机理及成矿模式	379
一、接触交代型铁铜矿床成矿机理	379
二、接触交代一斑岩复合型铜钼矿床成矿机理	384
三、成矿模式	388

第四篇 隐伏矿预测标志和方法

第十七章 隐伏矿预测的地质标志	393
第一节 隐伏矿床分类及预测的重要性	393
一、隐伏矿床预测的重要性	393
二、隐伏矿床分类	393
三、鄂东成矿区隐伏矿预测方法	394
第二节 岩体内隐伏捕虏体矿床预测	395
一、捕虏体空间分布规律	395
二、捕虏体及其矿床预测	397
第三节 斑岩型铜(钼)矿床预测标志	399
一、岩体含矿性评价标志	399
二、矿床评价标志	403
第四节 接触带形态产状及成矿部位预测	408
一、褶皱构造与接触带形态产状关系	408
二、断裂叠加接触带形态产状及矿体产出部位	411

三、围岩与接触带形态产状关系	412
第五节 层间矿体赋存部位预测	413
一、岩相转变界面	414
二、层间矿体与褶皱构造相伴随	414
第六节 矿床空间分带及隐伏矿预测	415
一、矿化富集部位与岩体侵入中心关系	415
二、矿体空间分带及隐伏矿体预测	416
第十八章 隐伏矿预测的地球物理标志和方法	419
第一节 各类矿床物性标志及模式	419
一、建立岩矿石物性模式的基础	419
二、矿床物性标志模式	419
第二节 隐伏矿预测的物探方法	425
一、次级和低缓磁异常解释方法	426
二、静磁模拟	433

三、磁测井·····	438	三、勘探剖面相关或特征元素比 值法·····	486
四、磁性数据二维频率滤波·····	444	四、钻孔剖面原生晕形态特征分 析·····	489
五、重力异常评价·····	445	五、地球化学预测方法的综合运 用·····	493
六、激发极化法·····	451	第二十章 矿床统计预测及卫片 解释的应用 ·····	498
七、磁激发电位法和磁电阻率法·····	461	第一节 逻辑信息法预测 ·····	498
八、电磁法·····	464	一、建立标志总体·····	498
九、电测深·····	468	二、多方案对比优选·····	498
十、自然电场法·····	470	三、变异序列法筛选信息标志·····	499
十一、综合物探方法·····	472	四、确定标志信息权·····	500
第十九章 隐伏矿地球化学标 志及预测方法 ·····	475	五、计算标志分权和对象权·····	500
第一节 成矿元素聚集分带 及矿床地球化学异 常模式 ·····	475	六、逻辑信息模型的可行性检验·····	501
一、成矿元素聚集分带·····	475	七、依对象权的回归分析 预测矿量·····	503
二、不同类型矿床成矿元素的载 体矿物及地球化学异常元素 组合·····	475	第二节 矿床卫片影象信息 标志 ·····	505
三、指示元素的指示意义·····	478	一、环形影象标志·····	505
四、矿床地球化学异常模式·····	479	二、色调异常·····	506
第二节 隐伏矿地球化学预 测方法及实例 ·····	480	主要参考文献·····	508
一、金的分散流和次生晕·····	480	照片及照片说明·····	510
二、土壤汞气测量·····	484		

THE GEOLOGY OF IRON AND COPPER DEPOSITS IN EASTERN HUBEI PROVINCE, CHINA

CONTENTS

PART I GEOLOGIC BACKGROUND OF ORE GENESIS

1 Regional Geologic Background.....	3
1.1 Regional stratigraphy.....	3
1.1.1 Archeozoic Erathem and Proterozoic Erathem.....	3
1.1.2 Palaeozoic Erathem to Cenozoic Erathem.....	4
1.2 Regional geologic structure.....	5
1.2.1 Mantle tectonics.....	5
1.2.2 Basement structure	6
1.2.3 Regional structural sub-area.....	7
1.2.4 Deep fractures.....	10
1.3 Regional igneous activity and zonal distribution of mineralization.....	12
1.3.1 Regional igneous activity.....	12
1.3.2 Zonal distribution of mineralization.....	13
2 Stratigraphy of the Metallogenic Province.....	14
2.1 Stratigraphic system.....	14
2.1.1 The Cambrian system.....	14
2.1.2 The Ordovician system.....	14
2.1.3 The Silurian system.....	15
2.1.4 The Devonian system.....	15
2.1.5 The Carboniferous system.....	15
2.1.6 The Permian system.....	18
2.1.7 The Triassic system.....	18
2.1.8 The Jurassic system.....	22
2.1.9 The Cretaceous system.....	22
2.1.10 The Upper Cretaceous to Tertiary system.....	23
2.1.11 The Quaternary system.....	23
2.2 Optimal partitioning of stratigraphy and application of Markov chains.....	23
2.2.1 Optimal partitioning of stratigraphy.....	23
2.2.2 Application of Markov chains.....	25
3 Tectonics of the Metallogenic Province.....	32
3.1 Tectonic cycles and tectogenesis.....	32

3.1.1	The Caledonian cycle.....	32
3.1.2	The Variscan cycle.....	32
3.1.3	The Indosinian sub-cycle.....	34
3.1.4	The Yanshanian sub-cycle.....	35
3.1.5	The Himalayan sub-cycle.....	36
3.2	The subdivision of structure units.....	36
3.2.1	The Wuchang uplift.....	36
3.2.2	The Lianzhihu fault depression.....	36
3.2.3	The Erdong uplift.....	36
3.3	Structural feature and stress field analysis.....	38
3.3.1	The Indosinian structural feature and its stress field analysis.....	38
3.3.2	The Yanshanian structural feature and its stress field analysis.....	40
3.3.3	Structural feature of the Himalayan movement.....	45
3.4	The geological character of satellite image.....	45
3.4.1	Lineament of image.....	46
3.4.2	Ring structure of image.....	46
4	Igneous Activity of the Metallogenic Province.....	49
4.1	Epoch of igneous activities.....	49
4.1.1	Igneous activity of the early Yanshanian period.....	49
4.1.2	Igneous activity of the late Yanshanian period.....	53
4.2	Shapes and occurrences of the intrusives and their spatial relationship.....	56
4.2.1	Spatial distribution of igneous rocks.....	56
4.2.2	Geologic characters of intrusive bodies.....	56
4.2.3	Geologic characters of volcanic rocks.....	60
4.3	Magma evolutionary series and petrochemical characteristics.....	62
4.3.1	Magma series and magmatic types.....	62
4.3.2	Petrochemical characters of magmatic rocks.....	62
4.3.3	Petrochemical characters of volcanic rocks.....	74
4.3.4	Magmatic assimilation and contamination.....	76
4.4	Characters of accessory minerals.....	78
4.4.1	Assemblage and content of accessory minerals.....	78
4.4.2	Zircon and Zr/Hf ratio.....	80
4.4.3	Apatite.....	81
4.4.4	Magnetite.....	82
4.5	Geochemical characters of rare-earth elements of igneous rocks.....	85
4.5.1	Fundamental geochemical properties of rare-earth elements.....	85
4.5.2	Geochemical characters of rare-earth elements in igneous rocks and ores.....	85
4.5.3	Major factors affecting the geochemical characters of rare-earth elements.....	90
4.5.4	Genetic types of magma.....	92
5	Geophysical Background of Metallogenic Province.....	97
5.1	Characters of gravitational and magnetic field.....	97
5.1.1	Characters of gravitational field.....	97
5.1.2	Characters of magnetic field.....	98
5.2	Characteristics of physical parameter of rocks and ores.....	99

5.2.1	Characteristics of magnetic parameter and its general type of distribution.....	99
5.2.2	Characters of density.....	108
5.2.3	Characteristics of electric parameter.....	111
5.3	Magnetic anisotropy and paleomagnetic characteristics.....	113
5.3.1	Magnetic anisotropy of igneous rocks.....	113
5.3.2	Paleomagnetic characteristics of igneous bodies.....	118
6	Geochemical Background of Metallogenic Province.....	124
6.1	Distribution of trace elements.....	124
6.1.1	Distribution of trace elements in strata.....	124
6.1.2	Distribution of trace elements in igneous rocks.....	131
6.2	Metallogenetic geochemical districts and its characters.....	135
6.2.1	Subdivision of metallogenetic geochemical districts.....	135
6.2.2	Characteristics of different geochemical districts.....	137

PART II GEOLOGY OF ORE DEPOSITS

7	Ore band and Orefield and Ore Deposits.....	141
7.1	Ore band and orefield.....	141
7.1.1	Mineral resources.....	141
7.1.2	Ore band.....	141
7.1.3	Orefield.....	141
7.2	Zonal distribution of mineral deposits.....	143
7.2.1	Zonal distribution of mineral deposits in the orefield.....	143
7.2.2	Zoning of ore bodies.....	145
8	The Geologic Characteristics of Metallogenetic Series and Types of Ore Deposits.....	146
8.1	Divite of metallogenetic series and types of ore deposits.....	146
8.1.1	Metallogenetic series.....	146
8.1.2	Types of ore deposits.....	148
8.2	Metallogenetic series of iron ore.....	148
8.2.1	Brief introduction.....	148
8.2.2	Iron ore deposits of contact metasomatic type.....	150
8.2.3	Iron ore deposits of magmatic hydrothermal type.....	154
8.2.4	Iron ore deposits of volcanic hydrothermal type.....	157
8.3	Metallogenetic series of iron and copper ore.....	158
8.3.1	Brief introduction.....	158
8.3.2	Iron and copper ore deposits of contact metasomatic type.....	158
8.3.3	Copper and iron ore deposits of contact metasomatic type.....	160
8.4	Metallogenetic series of copper-tungsten-molybdenum-gold.....	165
8.4.1	Brief introduction.....	165
8.4.2	Copper ore deposits of contact metasomatic type.....	166
8.4.3	Tungsten-copper-molybdenum ore deposits of contact metasomatic type.....	167
8.4.4	Copper-molybdenum ore deposits of contact metasomatic type.....	169
8.4.5	Gold-copper ore deposits of contact metasomatic type.....	170
8.4.6	Copper-molybdenum of contact metasomatic-porphyry type.....	173
9	Characteristics of the Associated Elements.....	180
9.1	Relation between assemblage of associated element and ore deposits type.....	180
9.1.1	Types of associated element.....	180