



“中国成矿体系与区域成矿评价”项目系列丛书

总主编：陈毓川 常印佛 裴荣富 任纪舜 汤中立 翟裕生

ZHONGGUO DIQIU WULICHANG TEZHENG JI SHENBU DIZHI YU CHENGKUANG

中国地球物理场特征 及深部地质与成矿

邓晋福 滕吉文 彭 聪 洪大卫 邱瑞照 等著

地 质 出 版 社

中国地质调查局地质大调查综合研究项目
中国成矿体系与区域成矿评价 (K1.4)
专题研究报告 (K1.4-3-2)

中国地球物理场特征及 深部地质与成矿

邓晋福 滕吉文 彭 聪 洪大卫 邱瑞照 等著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书系统总结了我国重力异常、航磁异常、岩石圈结构、热结构等地球物理场的特征,阐述了主要成矿域的地球物理场特征,探讨了地球物理场与深部构造、矿带之间的关系,并选择云贵三江、中亚造山带和南岭成矿域以及我国东部、东昆仑、下扬子等地火成岩与成矿关系等进行了剖析,从大陆地壳生长与演化角度对我国大陆岩石圈/软流圈系统大灾变与成矿大爆发的关系进行了总结;指出岩石圈尺度的再活化的不连续对于热岩浆和流体上升的通道和成矿带(以大型和超大型矿床群集为特征)的储矿空间有着关键的控制作用,划分出8种主要的岩石圈尺度不连续类型;提出从幔-壳深部寻找成矿作用根源的新思路,划分了被扰乱的大陆岩石圈/软流圈系统的3大类型及与之相适应的3个大类型的内生金属成矿作用,以及太古宙克拉通小的热扰动产生金伯利岩岩浆和金刚石矿床。在大量实例和理论分析的基础上,总结了大陆成矿的基本过程。

本书可供从事地球物理、深部地质及大陆动力学等方面的生产、教学和科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国地球物理场特征及深部地质与成矿 / 邓晋福等著.
北京:地质出版社,2008.3

ISBN 978-7-116-05657-2

I. 中… II. 邓… III. ①地球物理场-特征-中国②大地深部构造-地质构造-研究-中国③大地深部构造-成矿作用-研究-中国 IV. P622 P548.2 P611

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第033921号

责任编辑:王大军 刘建三 白 铁

责任校对:李 玫

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路31号,100083

咨询电话:(010) 82324508(邮购部);(010) 82324579(编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: zbs@gph.com.cn

传 真:(010) 82310759

印 刷:北京地大彩印厂

开 本:787mm×1092mm¹/₁₆

印 张:14.75

字 数:360千字

印 数:1—1000册

版 次:2008年3月北京第1版·第1次印刷

定 价:50.00元

书 号:ISBN 978-7-116-05657-2

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

总 序

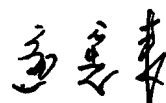
不断将地质调查和地质科研成果进行综合集成，形成系列地质科学文献，具有重要价值。由中国工程院院士陈毓川同志主持，常印佛、汤中立、裴荣富、任纪舜、翟裕生、滕吉文、张本仁等 200 多位专家共同参加完成的“中国成矿体系与区域成矿评价”项目及其所属各课题、专题研究成果陆续出版，将为中国地质学界提供一批重要的文献资料。

“中国成矿体系与区域成矿评价”是 1999 年中国地质调查局设立的国土资源大调查关于矿产资源调查评价工作的全国性、综合性研究项目。该项目成果是对新中国成立 50 多年来广大野外地质工作者和地质科研工作者辛勤劳动成果的一次全面、系统地总结和提升，是目前关于我国大陆矿床成矿系列、主要地质时期大规模成矿作用及其时空结构与成因机理、主要成矿区（带）成矿物质富集规律和定位机制等方面研究的最新、最完整的世纪性科学巨著。

在“中国成矿体系与区域成矿评价”系列成果中，涉及全国性的成矿背景的成果包括“中国地质构造环境、演化及其对成矿的控制”、“中国大陆地球物理场与深部结构及其对成矿作用的制约”及“中国地球化学场与成矿”等；涉及全国性和区域性成矿规律研究的成果有“中国主要成矿区带研究”及“大别-台湾走廊域成矿区带形成的四维结构”等；涉及不同时代成矿作用的包括“前寒武纪成矿作用”、“古生代成矿作用”、“中生代成矿作用”及“新生代成矿作用”等；涉及区域成矿理论的有“中国矿床成矿系列、成矿系列组合、成矿谱系”及“主要成矿系列形成机制和结构特征”的研究，并在此基础上构筑了“中国成矿体系”框架；涉及矿产资源评价的有“综合信息区域成矿评价系统”及

“全国成矿远景评价与重要矿产资源潜力评估”等专题成果及相应的专著。同时，各省、自治区也分别对区域成矿规律进行了系统的总结，对找矿前景和找矿方向进行了分析，并且结合地质大调查资源评价项目的实施，取得了很好的找矿效果。这一系列成果的出版，无疑是对几十年来中国区域成矿规律研究的检阅，也将对今后的地质勘查和地质科研工作产生极大影响，同时对矿产资源调查评价工作部署和生产实践具有重要的指导意义。

中国地质调查局局长



2005 年 1 月

前 言

本书是中国地质调查局下达的地质大调查综合研究项目“中国成矿体系与区域成矿评价”(项目编号:K1.4;工作年限:1999~2002)下属的二级专题“中国地球物理场特征及深部地质与成矿”(专题编号:K1.4-1-2)。根据合同要求,本专题的研究目标是:通过对中国地球物理场(重、磁、震)特征的研究,结合地质资料分析,揭示不同特征的地球物理场的地质内涵,并借助已有的反射地学大断面和相关深部资料,以及全国火山岩、花岗岩岩石学和地球化学的综合研究等,探索深部岩石圈地质作用与成矿区带的关系,阐明深部作用过程对矿化区带形成的制约作用。

专题组根据多学科联合攻关、各学科相互渗透原则组建,专题由中国地质大学(北京)负责,中国科学院地质与地球物理研究所、中国地质科学院地质研究所、中国地质科学院矿产资源研究所等多个单位参加。主要研究人员有:中国地质大学(北京)邓晋福、邱瑞照、吴宗絮、赵国春、苏尚国、周肃、许立权、刘翠(汪洋参加了早期的工作);中国科学院地质与地球物理研究所滕吉文、王谦身、王光杰、闫雅芬;中国地质科学院地质研究所洪大卫、王式光、谢锡林、张季生、王涛;中国地质科学院资源研究所彭聪等。

3年多来,在项目专家组领导和指导下,专题组根据任务书和合同要求,根据专业实行分工合作,密切配合,搜集、处理了大量地球物理、矿产资料,系统总结了地球物理场的特征,阐述了主要成矿域的地球物理场特征,探讨了地球物理场与深部构造、矿带之间的关系,并选择云贵川三江、中亚造山带和南岭成矿域以及中国东部、东昆仑、下扬子等地火成岩与成矿关系等进行了剖析,从大陆地壳生长与演化角度对中国大陆岩石圈/软流圈系统大灾变与成矿大爆发的关系进行了总结。在完成项目的同时,积极开展国内外学术交流和人才培养,先后参加国内矿床会议(西安)、东部岩石圈减薄与成矿作用(中国地质大学成立50周年学术讨论会)、秦岭学术讨论会(郑州)9人次,国际会议(IGCP-430 WORKSHOP,越南)3人次;培养博士生2名:赵国春,《燕辽地区火山活动节律与造山活动过程》(博士论文);邱瑞照,《青藏高原西部火成岩与新特提斯构造演化》(博士论文);在各类刊物上累计发表论文32篇。

经过专题组全体成员的共同努力,圆满完成了合同要求规定的研究目标和研究内容,完成的主要研究工作量如下:

1) 收集整理了全国重力场、航磁异常等地球物理场资料和地学断面资料,以及金属和非金属矿产资源的资料。

2) 对汇集的中国11条地球科学断面和数十条其他地震剖面资料进行了综合研究,这些地球科学断面和地震剖面垂直或斜穿了中国大陆主要成矿域。

3) 分区域获得了地壳分层结构模型,根据各层的厚度和地震波速度差异,揭示出主要成矿域地壳速度结构的主要特征并勾绘出主要框架。

4) 为了便于主要成矿域划分和对比, 给出了以成矿域划分相对应的地壳速度结构-深度柱状图。

5) 探讨了地壳厚度变化、水平低速层、垂向低速 (“墙式”通道) 带和下地壳底部高速层 (体) 分布特征以及中国大陆主要成矿域岩石圈现今活动性与成矿作用。

6) 汇集了中国天然地震 (剪切波)、人工地震 P 波、大地电磁测深、大地热流等不同资料, 勾画出岩石圈地幔和软流圈的厚度和速度结构, 给出了中国大陆主要成矿域的深部地球物理背景。

7) 根据地球物理场特征结合区域地质构造演化、区域成矿作用、矿产资源的分布及主要金属和非金属矿产资源的分布, 阐述了 5 个中国大陆主要成矿域特征。

8) 选择云贵川三江成矿带探讨地球物理场及其对成矿作用的制约, 中亚造山带的花岗岩及其成矿作用, 华南花岗岩的同位素地球化学、成矿作用和地球动力学背景, 中国东部、东昆仑、下扬子等地火成岩与成矿作用的关系等中国典型的成矿聚集 (区) 带进行了多角度的研讨和剖析。

9) 2001 年 6 月 ~ 2003 年 7 月, 借助其他课题的支持, 先后多次对北京北山、河北兴隆、河北承德、张家口和河北东部一带进行区域地质调查, 累计约 90 天。

10) 借助其他课题的支持, 完成鄂尔多斯中生代作为前陆盆地形成的气田调查, 主要观察油气田的 20 多个钻孔的岩心。

11) 完成各类图件 96 张, 表 36 张。

12) 分析了前寒武纪、古生代及印支期以来的火成岩与成矿作用的关系。

13) 在各类刊物上累计发表论文 32 篇。

14) 在大量实例和理论分析的基础上, 探讨了岩石圈/软流圈系统大灾变与成矿大爆发的关系, 对中国大陆成矿的基本过程进行了总结。

15) 完成报告编写, 研究报告共分六章, 约 35 万字。各章编写的分工如下: 前言: 邓晋福、邱瑞照、滕吉文、彭聪、洪大卫; 第一章第一、二、三、五节: 滕吉文、王谦身、王光杰、闫雅芬; 第四节: 彭聪; 第二章: 彭聪; 第三章: 滕吉文、王谦身、王光杰、闫雅芬; 第四章: 洪大卫、王式光、谢锡林、张季生、王涛; 第五章: 洪大卫、谢锡林、张季生; 第六章: 邓晋福、邱瑞照、吴宗絮、赵国春、苏尚国。全书由邓晋福、邱瑞照统编出版。

研究取得的主要成果如下:

1) 通过综合分析中国重力异常场、航磁异常场、岩石圈结构、热结构, 总结了我国地球物理场的总体特征和分区, 结合矿产资源分布规律, 提出我国地球物理场和矿产资源分布显示出强烈的不均一性。

2) 地壳、上地幔横向不均匀性块体的边缘, 一般有窄的地震活动带与之对应; 成群成带分布的正负跳跃磁异常带, 反映了与成矿有关的岩浆岩带; 反映不同方向区域构造线的重、磁场异常带及其交会处; 用重力、磁力、大地电磁、地震测深、大地热流资料综合解释推测深大断裂带及其交会处。大 (深) 断裂带的交会部位控制着与成矿有关的中酸性侵入岩。

3) 综合重力异常场、航磁异常场与矿产资源分布相关关系的分析, 矿产资源 (金属矿产与非金属矿产) 的分布与重力异常场中的重力异常梯度带、航磁异常场中的高磁异

常带和重力异常相关的地壳厚度的分布有密切的关系。

4) 岩石圈“墙式”地震波垂向低速(通道)带及其与之相关的各种地球物理特征和大型矿集区(成矿带)的形成密切相关。“墙式”地震波垂向低速(通道)带,一般对应上地幔(软流圈相对低速区)隆起(岩石圈地幔减薄)带,异常地幔($P_n < 8.0 \text{ km/s}$)带,可能是岩石圈剪切带,是与深部成矿有关的矿带的有利构造部位。

5) 壳内高导层分布区(最好是与地幔隆起同步的壳内高导层隆起带),地壳在此张裂形成岩浆上涌的通道,有时反映了与成矿流体有密切关系的分布区。

6) 从时空演化和岩石圈构造分区角度阐述了中国大陆主要成矿域,包括:①前寒武纪成矿域;②古亚洲成矿域;③秦-祁-昆成矿域;④特提斯-喜马拉雅成矿域;⑤滨西太平洋成矿域。这些成矿域的空间展布与中国大陆的拼合形成的阶段密切相关,除前寒武纪成矿域之外,其他4个成矿域是夹持于西伯利亚、中朝(燕山期开始为鄂尔多斯)、塔里木、扬子、印度等克拉通块体,以及太平洋俯冲带之间的显生宙造山带,为巨型的岩石圈尺度的不连续,可与成矿域或成矿省成矿区(带)对应。

7) 根据云贵川三江地区的地质、矿产、构造体系、地球物理场、地壳与上地幔结构与构造等各方面的分析与研究,提出:①云贵川三江地区的构造运动、成矿分布、地震活动和断裂分布均受着地壳、上地幔结构,深部物质运移和以深大断裂为通道的上涌相关,大型内生多金属矿产主要分布在 Moho 界面和地幔软流层上隆及岩石圈地幔的减薄部位及其横向不均匀变异带,康滇南北向构造带,即具有典型特征。②云贵川三江地区的几个巨大的断裂构造带(反映在重力场中的重力异常梯度带、在磁异常场中的磁异常带以及地壳与上地幔结构剖面中断裂展布)控制着矿产资源的成矿带或成矿区。③在不同板块(块体)边缘的造山带与断裂构造带及其周边范围内,形成不同类型的矿产和不同规模的矿藏,如在川滇断裂构造带所对应的矿产资源带,以铜、铁、铅、锌等有色金属矿产为多;而在南盘江断裂构造带、金沙江断裂构造带所对应的矿产资源带内,则贵金属、黄金、水银、锰、锑等稀有与有色金属矿产较多。④突出地显示了断裂构造带的成矿与控矿作用,断裂构造带的交会部位,如川滇断裂构造带南部与金沙江断裂带相汇和相互复合作用的地区,不论金属矿产还是非金属矿产资源都是特别的集中与丰富。⑤根据地球物理场与深部构造带和矿产资源相关关系的分析,提出云贵川三江地区中部偏西的中甸—宁蒗—丽江—宾川一带是一个金属与非金属矿产资源成矿有利的远景区。

8) 根据中亚造山带岩浆活动、同位素示踪、结合大地构造演化和地球物理场分析,得出:①该区是世界上最重要的以铜、金为代表的多金属和稀有金属(锂、铍、铌、钽)成矿带之一,其中所产出的矿床大多同花岗岩类岩石有密切关系,同世界其他地区地壳来源的显生宙花岗岩具有负 ϵ_{Nd} 值成鲜明对比,中亚造山带的古生代-中生代花岗岩普遍具有正 ϵ_{Nd} 值,说明这些花岗岩的源岩主要来自亏损地幔来源的新生物质。②大量的 Sr, Nd, S, Pb 多元同位素资料表明,中亚造山带的铜、金多金属矿床与区域花岗岩在形成时代和物质来源上基本一致,至少从古生代到中生代,它们都来源于地幔来源物质,即便是钨、锡、铀、稀有金属矿床,其来源也受到地幔来源物质的明显影响。③地质和地球物理资料表明,地幔来源物质在中亚造山带金属成矿作用上具有重要意义,提出中亚造山带的花岗岩和成矿作用高峰可能同 Pangea 超大陆的聚合和裂解有关。

9) 华南内陆地区从中元古代以来大陆生长系以陆壳重循环为主,可以分成6个带,

它们在岩石、地球化学和成矿特点上均明显不同,不同地区间地幔物质在岩浆活动中的参与程度有很大的差异。①不同的花岗岩带由于隶属于不同的岩石圈板块,岩石圈组成的不同以及壳幔相互作用的程度和性质、有关的地球动力学环境的差异,才从根本上制约了各自的花岗岩和矿化的特点。大规模的花岗岩浆活动所带来的巨大热量促使发生壳内大规模的流体循环,从而可能导致突发性的成矿作用。②根据 Nd 同位素组成所确定的 HZH 带可能指示了新元古代初扬子板块和华夏板块之间的一条缝合带,它在以后的地质历史时期中曾多次复活,成为控制华南大地构造演化的一条重要边界。③根据华南壳源花岗岩同出露的元古宙弱变质地壳岩石的 Sm-Nd 同位素对比,华南内陆大部分地区在中地壳深度上存在中性-长英质成分的地壳,并且从早古生代到中生代不曾发生过明显变化。④华南花岗岩的形成同新元古代以来历次板块俯冲(包括 B 型俯冲和 A 型俯冲)、碰撞(包括陆-陆碰撞和弧-陆碰撞)、裂解事件有关。⑤三叠纪—中侏罗世末花岗岩的形成可能主要同碰撞作用及由其引发的大陆的岩石圈拆沉作用有关。从中侏罗世开始,发生了由挤压向拉张的构造转换并引发岩石圈大规模拆沉、减薄、软流圈地幔上隆,伴随着出现花岗岩浆活动和成矿作用的高峰;晚侏罗世末—早白垩世初以后浙闽沿海地区的花岗岩则可能主要同古太平洋板块(Izanagi 板块)向欧亚大陆的斜向俯冲及由其诱发的底侵作用有关。晚白垩世浙闽海岸带的碱性花岗岩,可能同拉张环境来源于地幔的挥发分和岩浆底侵作用有紧密的联系。提出 Rodinia 超大陆的聚合和裂解控制了华南新元古代的构造演化和岩浆活动,而 Pangea 超大陆的聚合和裂解则控制了中国东部中生代的构造演化、岩浆活动和成矿作用。

10) 分析了东昆仑中段金、铜等矿产的成矿潜力与找矿方向,指出东昆仑金矿的区域成矿地质条件优越,找矿潜力很大。其主要依据是:①具有寒武系基底属造山带基底性质,基底岩石中金的平均丰度超过地壳和地幔中金的平均丰度的数倍;②具有很好的岩浆-流体条件,最后一次强烈的构造-岩浆活动属于晚海西-早中生代造山旋回,硫同位素、氧同位素、氢同位素、铅等同位素研究表明,东昆仑金的成矿流体主要与岩浆热流体有关并具多阶段、多来源的特征。③具有很好的导矿构造和容矿构造。④提出东昆仑金矿的主攻类型应为构造蚀变岩型、含 Au 石英脉型,及金-锡-汞共生的低温微细浸染型。区域找矿方向建议:昆中断裂与昆南断裂附近地区及两大断裂带之间的地区;晚海西-早中生代花岗岩发育地区;东昆仑的前陆盆地的巴颜喀喇群中的小侵入体与断裂发育地区。

11) 特提斯-喜马拉雅成矿域,特提斯-喜马拉雅成矿域喜马拉雅期是大陆碰撞造山时期,壳幔混合型岩浆活动发育,也就是说,对流地幔输入大陆期间,由于总体的挤压汇聚背景,玄武质岩浆被封存在陆壳内,但使陆壳物质再次熔融作用和壳幔岩浆的混合作用,使前喜马拉雅期的陆壳物质包括可能的成矿作用,受到重大改造,重新活化和萃取壳幔内有用金属元素进入浅部成矿。例如,典型的玉龙斑岩铜矿的许多岩石学、矿物学、地球化学特征类似于安第斯型,花岗岩类属于“迟后型”,它的源区需要洋壳岩石(莫宣学等,1993),因此,最可能的模型是,伴随喜马拉雅期的岩浆活动,“冻结”在岩石圈或软流圈中的原来特提斯洋壳被活化再次熔融作用,富集于洋壳中的铜元素被萃取进入岩浆和成矿流体,在浅部成矿。又例如,金顶铅-锌(银)矿床赋存于逆冲推覆岩席的下面及其两侧的盆地内(陈毓川等,1999;涂光炽等,2000),造山带内的这类无火成岩活动的沉积盆地类似于前陆盆地,沿逆冲推覆岩席下面的不连续,大规模的流体向低压的沉积盆地运

移, 萃取沿途岩石中的铅-锌(银), 进入沉积盆地汇聚成矿, 十分类似于美国密西西比河谷型铅-锌矿的形成过程(参见图5-2)。

12) 分析了中国东部燕山期火成岩构造组合、造山-深部过程与大规模成矿作用的差异, 指出滨西太平洋成矿域燕山期的大规模岩浆-构造活动对前燕山期的陆壳有重大改造, 进而对燕山期的成矿作用有重大改造, 喜马拉雅期主要是幔源的玄武岩活动, 对陆壳物质的改造很弱, 燕山期形成的中国矿床仍被“冻结”在地壳浅部。从造山尺度上看, 虽然总体上属于大陆边缘与大陆碰撞复合型造山带, 但北段的岩浆-构造事件序列具有反时针 PTt 轨迹, 类似于安第斯造山带; 中段玄武质岩浆的底侵作用和火山喷发发育在陆壳缩短和增厚作用之后, 地质事件序列指示造山-深部过程具顺时针 PTt 轨迹; 南段的东、西两侧, 可能分别为反时针 PTt 和顺时针 PTt 轨迹的造山-深部过程。

13) 提出岩石圈尺度的再活化的不连续对于热岩浆和流体上升的通道和成矿带(以大型和超大型矿床群集为特征)的储矿空间有着关键的控制作用。中国东部燕山期造山带的岩石圈尺度的不连续有如下类型: ①再活化的克拉通边缘, 如分布于华北克拉通北缘的成矿带; ②再活化的克拉通内拗拉槽, 如华北克拉通内中元古代燕辽拗拉槽; ③再活化的克拉通内元古宙造山带, 如沿长江中下游的铜-铁成矿带; ④再活化的造山缝合带(具蛇绿岩); ⑤再活化的大陆碰撞带(无蛇绿岩); ⑥活动的大陆碰撞带。

14) 分析了下扬子克拉通岩石圈减薄事件与长江中下游铜-铁成矿带形成的关系, 指出下扬子地区印支期与燕山期两次相对独立的造山运动, 各自都有一个完整的地质事件序列的顺时针 PTt 轨迹, 印支期碰撞造山运动已经于晚三叠世(T_3)末期结束, 完成扬子与华北两个克拉通块体的拼合; 燕山造山运动于中生代末期结束, 燕山期早白垩世(K_1)的造山后伸展是一个不稳定的造山带动力学系统走向稳定的标志, 喜马拉雅期的大陆裂谷伸展则是一个新的不稳定动力学系统的开始。

15) 识别出铜陵铜-金(银)成矿区岩浆-流体-成矿系统内部亚系统, 为成矿作用过程、路径的了解才能更为具体, 并可为评估资源远景和进一步找矿工作奠定基础。

16) 以华南某些含稀有元素花岗岩为例, 分析了岩浆分异作用对该区与燕山期成矿的重要作用; 以武山铜矿为例, 分析了成矿岩体、成矿热液的物理化学条件, 指出岩浆期后交代作用, 尤其是代表酸性淋滤阶段的岩浆期后交代作用, 一方面作为成矿作用的先导, 一方面又是储矿的良好场所, 硅化的矽卡岩、高岭石化(硅化)是近矿的找矿标志。

17) 提出从幔-壳深部寻找成矿作用根源的新思路, 推测当一个正常的岩石圈/软流圈系统遭到破坏时, 岩石圈内的物质结构、密度结构可能会发生倒转, 诱发强烈的岩浆-构造活动, 即岩石圈/软流圈系统的大灾变(catastrophe)或大扰动。伴随岩浆的形成和演化, 壳幔内的有用元素将被萃取和运移, 在它的后期, 当这个被干扰的系统渐渐地趋于平衡和稳态时, 有用的金属元素将会在某些特定的构造部位聚集成矿床, 岩石圈/软流圈系统的大灾变是驱动巨型矿集区形成的重要深部环境。

18) 总结了我国东部燕山期岩石圈/软流圈系统的大灾变(或大扰动)的主要表现是: ①岩石圈的巨大减薄。②岩石圈热结构被强烈地扰乱, 岩石圈地幔和陆壳被强烈地加热, 在不同深度范围内形成多级岩浆房。③物质结构和密度结构被强烈扰乱, 密度的倒转驱使从软流圈中分出的新生物质大量注入陆壳底部, 活化的下地壳物质大量注入陆壳浅部, 它将有助于成矿流体和物质由深部向浅部运输和转移。④强烈的岩浆-构造-成盆-成矿

事件的发育,使亲陆壳与地幔的成矿元素共生在一起,为形成复杂的成矿系列提供重要背景。⑤大地构造格局和空间框架的巨大转变。华北克拉通与下扬子克拉通的大地构造属性的巨大转变;兴蒙古黑造山带、秦岭大别造山带和华南造山带的再次活化,对成矿作用的空间展布格局产生重要的控制作用。

19) 划分了被扰乱的大陆岩石圈/软流圈系统的三大类型及与之相适应的3个大类型的内生金属成矿作用,以及太古宙克拉通小的热扰动产生金伯利岩岩浆和金刚石矿床。①伸展环境下的岩石圈巨大减薄作用:大陆裂谷作用下的岩石圈/软流圈系统,陆壳与地幔岩石圈均被强烈地减薄,通过地幔热柱的机制,灼热的新生物质(包括岩浆与流体)注入陆壳,玄武质岩浆大量喷出和在陆壳底部底侵(*underplating*)形成岩浆房,常常形成以亲地幔的成矿元素为主的富集成矿作用。实例有金川铜-镍硫化物矿床,攀枝花钒-钛-铁矿床,东升庙铅-锌矿床(*Sedex*),甘肃厂坝铅-锌矿床(*Sedex*)。另外,白云鄂博稀土-铈-铁矿床亦可能属此大类型,相当一部分油气聚集亦和这一个时期的裂谷盆地形成有密切的成生联系。②挤压环境下的岩石圈巨大减薄作用:造山带背景下一个薄的岩石圈地幔之上是一个加厚的陆壳,软流圈则是交代作用强烈的地幔物质,常常诱发陆壳岩石的大量熔融作用发生,通过幔源岩浆与壳源岩浆的混合作用,可充分地实现壳幔物质的相互作用和充分交换,形成以亲地幔和亲陆壳的成矿元素共生在一起的复杂的成矿作用。实例有长江中下游的铜-铁-金矿带,德兴斑岩铜-金-银矿带,大兴安岭铜-银-铅-锌矿带,燕辽钼-铅-锌-铜-铁-金矿带,胶东金矿带,秦岭金-铀矿带,三江玉龙斑岩铜矿带,科迪勒拉斑岩铜矿带等。③挤压环境下的岩石圈巨大加厚作用:与第②种类型不同的是,岩石圈地幔与陆壳均加厚,加厚作用主要是由于浅部的物质再循环返回深部的过程,在这个系统中常常缺乏或不发育幔源岩浆,而发育富含挥发分的壳源岩浆,以黑云母花岗岩-二云母花岗岩-白云母花岗岩系列为典型产物。典型的实例有华南的钨-锡-铌-钽-稀土-铀-锑-汞成矿带,东南亚的钨-锡成矿带,中欧海西大陆碰撞造山带的钨-锡成矿带。④太古宙克拉通岩石圈根在造陆运动中,地幔深部小的热扰动:太古宙克拉通岩石圈根在造陆运动(*epeirogeny*)中,地幔深部出现一个小的热扰动(Wyllie, 1987; 邓晋福等, 1996b)导致金伯利岩岩浆形成所需要的一个C-H-O岩浆-流体系统,携带在岩石圈冷的根带形成的高质量粗大的金刚石进入地壳浅部(Boyd等, 1996)。实例是华北太古宙克拉通内金伯利岩和金刚石形成。

20) 划分出8种主要的岩石圈尺度不连续类型:①克拉通边缘裂谷带,如华北克拉通北缘的东升庙铅-锌矿带和白云鄂博稀土-铈-铁矿带,南缘的金川铜-镍矿带和厂坝的铅-锌矿带;扬子克拉通西缘的攀枝花钒-钛-铁矿带。②再活化的克拉通块体间碰撞造山带(无蛇绿岩),如胶东金矿带,秦岭金矿带和斑岩钼矿带,华南钨-锡-铌-钽-稀土-汞矿带。③再活化的具蛇绿岩的碰撞造山带,如德兴斑岩钼-金-银矿带,玉龙斑岩铜矿带,多宝山斑岩铜矿带。④活动大陆边缘俯冲造山带,如科迪勒拉斑岩铜矿带,祁连山白银厂块状硫化物铜矿带,义敦块状硫化物多金属矿带,日本块状硫化物铜矿带。⑤太古宙-古元古代克拉通内元古宙造山带,如华北克拉通内中条山铜矿峪铜矿带,扬子克拉通内元古宙造山带在燕山期的再活化,成为长江中下游铜-铁矿带。⑥再活化的克拉通内裂陷带,如燕辽中元古代裂陷带在燕山期的再活化成为钼-金-铅-锌成矿带。⑦造山带与前陆盆地之间逆冲构造边界带,如沿龙门山山前、西昆仑山和天山山前、燕山期贺兰山和燕山-太行-五台山山前的逆冲构造带大规模的流体远距离地分别运移到扬子、塔里木和鄂尔多斯前陆盆地内

形成巨大油气汇集。⑧造山带内部大型逆冲构造带的大规模流体活动，如三江金顶铅-锌矿床，它们是控制大型矿床产出的重要边界条件。

21) 根据大量实例和理论分析，总结出大陆成矿的基本过程是：①岩石圈的巨大减薄或增厚作用，为对流地幔向大陆的输入提供条件，导致岩浆-流体-成矿系统的形成；②岩浆-流体-成矿系统沿岩石圈尺度不连续向上运移，对周围地壳加热，同时萃取周边岩石中的有用成矿元素进入多个子系统；③被扰乱的系统在它的后期或末期，逐渐趋于平衡和稳定，整个系统逐渐冷却，岩浆大部分固结，岩浆中将放出大量含矿流体等汇入形成成矿流体系统，在某些特定的构造部位汇聚成矿。

22) 指出燕山期和喜马拉雅期两次大的对流地幔输入大陆事件，是诱发中国大陆上滨西太平洋和特提斯-喜马拉雅两个成矿域内大规模的构造-岩浆-流体-成矿作用的深部原因，因而也是中国大陆上两个最重要的成矿时期。

目 次

总 序

前 言

第一章 中国地球物理场、深部构造与成矿关系概述	(1)
第一节 区域重力场与矿产资源	(1)
第二节 区域航磁场与矿产资源	(2)
第三节 重力场、航磁场与区域构造	(3)
第四节 大地热流	(4)
第五节 矿产资源成矿聚集带	(5)
参考文献	(7)
第二章 中国大陆及邻近地区壳幔三维速度结构与中国主要成矿域和成矿作用	
综合研究	(8)
第一节 中国大陆主要成矿域地壳结构	(8)
一、成矿域的划分	(8)
二、地壳、上地幔地震波速度层状结构和岩石学解释	(12)
三、中国大陆主要成矿域地壳结构	(15)
四、中国大陆主要盆地地壳速度结构	(36)
五、中国大陆地壳厚度	(47)
第二节 中国大陆主要成矿域上地幔结构	(47)
一、中国大陆及邻区地震速度结构分析	(48)
二、中国大陆纵波速度结构分析结果	(55)
三、中国大陆及其邻区岩石圈地幔速度结构和岩石圈地幔单元划分	(56)
四、中国大陆及其邻区软流圈结构和软流圈单元划分	(65)
第三节 中国大陆主要成矿域岩石圈现今活动性与成矿作用	(68)
一、地壳、上地幔分区与成矿构造域的对应关系	(69)
二、板块边缘成矿省具有低的 P_n 值	(69)
三、具有高速下地壳的成矿省与成矿作用	(69)
四、剪切波垂向低速带与大型矿集区(带)的成矿作用	(69)
参考文献	(71)
第三章 云贵川三江成矿带的地球物理场及其对成矿作用的制约	(73)
第一节 云贵川三江地区的地理、地质简况	(73)
第二节 云贵川三江地区的地层和侵入岩类	(74)
一、区域地层	(74)
二、侵入岩类	(74)

三、金属与非金属矿产资源	(75)
第三节 云贵川三江地区构造体系与构造带	(75)
一、川滇经向构造体系	(75)
二、青藏高原构造体系	(76)
三、滇东(晚期新华夏系)断裂构造带(又称南盘江断裂构造带)	(76)
第四节 三江地区地球物理场与深部构造	(76)
一、三江地区的重力场与深部构造特征	(76)
二、三江地区地震层析速度图像与地壳结构的深部地震探测与电性结构特征	(79)
第五节 三江地区矿产资源与地球物理场及断裂构造带的关系	(80)
一、康定-西昌-攀枝花(渡口)矿产资源聚集带	(82)
二、雅安-马边-安顺矿产资源聚集带	(83)
三、南盘江流域矿产资源聚集带	(83)
四、金沙江-红河流域矿产资源聚集带	(84)
第六节 认识与建议	(84)
参考文献	(85)
第四章 中亚造山带的花岗岩及其成矿作用	(86)
第一节 中亚造山带花岗岩的 Sm-Nd 同位素特点	(86)
第二节 中亚造山带中与岩浆岩有关的金属矿床的特点和分布规律	(97)
第三节 矿床的同位素地球化学特点	(101)
一、Sr、Rb 同位素	(101)
二、S、Pb 同位素	(106)
第四节 讨论	(110)
第五节 结论	(111)
参考文献	(112)
第五章 华南花岗岩的同位素地球化学、成矿作用和地球动力学背景	(115)
第一节 华南花岗岩的同位素组成	(117)
一、浙闽粤沿海带	(118)
二、湘赣粤过渡带	(122)
三、湘桂内陆带	(123)
四、皖南-苏南带	(124)
五、长江中下游沿江带	(125)
六、赣东北-浙西北带	(125)
第二节 杭州-诸广山-花山(HZH)高 ϵ_{Nd} 值带的地质意义	(126)
第三节 华南中下地壳的组成、性质和演化	(131)
一、研究中下地壳组成的意义	(131)
二、基本方法	(131)
三、主要结果	(132)
第四节 花岗岩的物质来源及其控矿意义	(135)
第五节 华南花岗岩及其成矿作用的地球动力学背景	(137)

第六节 结论	(140)
参考文献	(140)
第六章 对流地幔输入大陆与大规模成矿作用	(146)
第一节 对流地幔输入 (input) 大陆: 大陆成矿作用的直接驱动力	(146)
一、与大陆动力学相适应的大陆成矿理论	(146)
二、从慢-壳深部寻找成矿作用的根源	(146)
三、对流地幔向大陆的输入 (input): 大陆成矿作用的直接驱动力	(146)
第二节 岩石圈/软流圈系统大灾变与成矿大爆发	(147)
一、理论上的考虑	(147)
二、实例	(147)
三、被干扰的大陆岩石圈/软流圈系统的类型与成矿作用	(148)
第三节 岩石圈尺度三维不连续与大尺度成矿带的运储矿空间	(149)
一、岩石圈尺度三维不连续 (discontinuities) 的再活化 (reactivation)	(149)
二、岩石圈尺度不连续的主要类型	(150)
三、中国东部燕山期成矿作用与安第斯造山带成矿作用的对比	(150)
第四节 岩浆-流体-成矿系统与巨型矿集区形成的基本过程	(151)
一、成矿作用的源-运-储统一的时空框架	(151)
二、岩浆-流体-成矿系统: 成矿作用的源-运-储统一的时空框架	(151)
三、流体-成矿系统的流域识别和圈定	(153)
四、盆地与金属巨量堆积的定位	(153)
五、金属巨量堆积的速率	(153)
六、大陆成矿的基本过程	(153)
第五节 中国大陆拼合形成的阶段, 岩石圈尺度不连续与成矿作用	(154)
一、中国大陆成矿域	(154)
二、现今地球物理场与岩石圈 (或地壳) 尺度的不连续	(155)
三、岩石圈不连续——以华北地区为例	(157)
四、成矿作用的强度	(159)
第六节 前寒武纪成矿作用	(160)
第七节 古生成成矿作用	(161)
第八节 中国古特提斯形成演化与资源效应	(164)
一、古特提斯形成的全球背景	(164)
二、东昆仑及邻区岩浆-构造演化与成矿作用	(165)
第九节 印支期后的成矿作用	(172)
第十节 火成岩构造组合、造山-深部过程与大规模成矿作用——以中国东部燕山期为例	(175)
一、燕山期火成岩类的岩石学与地球化学性质	(175)
二、燕山期火成岩带的分段性	(177)
三、岩浆-构造事件序列和造山-深部过程	(178)
四、中国东部燕山期造山带的成因模型	(179)

五、被扰动的燕山期中国东部岩石圈-软流圈系统 (LAS) 和成矿作用的两个类型	(179)
六、岩石圈尺度的不连续和成矿带的储矿空间	(180)
第十一节 下扬子克拉通岩石圈减薄事件与长江中下游铜-铁成矿带	(182)
一、印支期与燕山期两次相对独立的造山运动	(182)
二、燕山期突发性岩石圈减薄事件	(184)
三、对流地幔注入 (input) 陆壳与长江中下游铜、铁成矿作用	(185)
第十二节 铜陵铜-金 (银) 成矿区岩浆-流体-成矿系统和亚系统的识别	(186)
一、铜陵铜-金 (银) 成矿区岩浆-流体-成矿系统的识别	(186)
二、铜陵铜-金 (银) 成矿区岩浆-流体-成矿系统内部亚系统的识别	(187)
三、燕山期长江中下游铜铁成矿带的岩浆-流体-成矿系统	(189)
四、讨论	(190)
第十三节 岩浆分异作用与成矿——以华南某些含稀有元素花岗岩为例	(191)
一、地质背景	(191)
二、富稀土、铌、钽花岗岩的地球化学特征	(191)
三、岩浆演化的物理化学条件	(192)
第十四节 岩浆期后溶液——以武山铜矿为例	(196)
一、武山岩体南矿带的硅化	(196)
二、武山岩体北矿带石英斑岩的高岭石化	(196)
三、成矿作用后的脉状充填	(198)
四、岩浆期后交代作用与成矿的关系	(200)
参考文献	(201)
附图：深部构造、地球物理场及矿产资源关系	(205)
英文摘要	(206)

Contents

General Preface

Preface

Chapter 1 Brief Account of the Relations of the Geophysical Fields and Deep

Structure to Mineralizing Processes in China (1)

- 1.1 Regional gravity fields and mineral resources (1)
- 1.2 Regional aeromagnetic fields and mineral resources (2)
- 1.3 Gravity fields, aeromagnetic fields and regional tectonics (3)
- 1.4 Terrestrial heat flow (4)
- 1.5 Metallogenic assemblages of mineral resources (5)
- Reference (7)

Chapter 2 Integrated Study of the Crust – Mantle 3D Velocity Structure in

Continental China and Its Adjacent Regions and China's Main

Metallogenic Domains (Megaprovinces) and Mineralizing Processes ... (8)

- 2.1 Crustal structure of main metallogenic domains in continental China (8)
 - 2.1.1 Division into metallogenic domains (8)
 - 2.1.2 Crust and upper mantle seismic wave velocity layered structure and petrological interpretation (12)
 - 2.1.3 Crustal structure of main metallogenic domains in continental China (15)
 - 2.1.4 Crustal velocity structure of main basins in continental China (36)
 - 2.1.5 Crustal thickness of continental China (47)
- 2.2 Upper mantle structure of main metallogenic domains in continental China (47)
 - 2.2.1 Analysis of seismic velocity structure of continental China and its adjacent regions (48)
 - 2.2.2 Analysis of longitudinal velocity structure of continental China (55)
 - 2.2.3 Lithospheric mantle velocity structure of continental China and its adjacent regions and lithospheric mantle unit division (56)
 - 2.2.4 Asthenospheric structure of continental China and its adjacent regions and asthenospheric unit division (65)
- 2.3 Present activity and mineralizing processes of the lithosphere of main metallogenic domains in continental China (68)
 - 2.3.1 Correspondence between the crust and upper mantle divisions and metallo-tectonic domains (69)
 - 2.3.2 Metallogenic provinces at plate margins with low P_n values (69)
 - 2.3.3 Metallogenic provinces with high-velocity lower crust and mineralizing processes (69)