

应用物探资料研究

重点成矿区带的区域构造 和成矿构造文集

孙文珂 黄崇轲 丁鹏飞 等著

549

地质出版社

应用物探资料研究
重点成矿区带的区域构造和成矿构造文集

孙文珂 黄崇轲 丁鹏飞 等著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

各论文作者利用物探资料重点分析了我国一些重点成矿区带的构造特征,包括总体特征、次级构造特征、深部构造及其与周边构造的关系,还探讨了这些构造与成矿作用的关系。

图书在版编目 (CIP) 数据

应用物探资料研究 重点成矿区带的区域构造和成矿构造文集/孙文珂等著. -北京:地质出版社, 2001.11

ISBN 7-116-03487-0

I. 应… II. 孙… III. ①矿区-地质构造-研究-中国-文集②矿物-形成-研究-中国-文集
IV. 57-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 077674 号

责任编辑:张怀素 史欣然 江晓庆

责任校对:王素荣

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 29 号, 100083

电 话:(010) 82324508 (邮购部)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@gph.com.cn

传 真:010-82310759

印 刷:北京印刷学院实习工厂

开 本:787×1092¹/16

印 张:9;插页:6页

字 数:234000

印 数:1—500册

版 次:2001年11月北京第一版·第一次印刷

定 价:22.00元

ISBN 7-116-03487-0/P·2230



(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)

序

充分运用地球物理勘查（物探）结果，使之在地质、找矿工作中尽可能发挥多方面更为重要的作用，始终是地球物理家和地质家经常关注的课题。在实际工作中，解决这一问题通常从两个相互关联的途径入手：一是正确选用已有物探方法，并探索研制更为先进的方法技术；另一是对取得的数据资料着意进行加工处理，尽量提取有用信息，精心进行解释推断，提出新的认识和见解，并在具有新的理论指导、新的工作思路或新的补充资料情况下，对已有成果资料进行再研究开发。近年来，由于大量资料的不断积累，人们对地质地球物理资料“二次开发”的必要性和迫切性的认识进一步加深。有关组织措施得到加强。在实践中取得了若干引人注目的成果。即将出版的孙文珂、黄崇轲、丁鹏飞等同志的专著《应用物探资料研究 重点成矿区带的区域构造和成矿构造文集》，披露了其中部分重要成果。

文集中展示的这些成果，是在掌握和综合分析研究“八五”期间有关地区的区域物探、化探、遥感工作提供的大量系统编图资料基础上进行的。这些图件所利用的数据新，编图方法正确、合理，图件质量、信息量均高。当时提交的成果报告已经提出了许多新见解。通过“九五”期间的深化研究，特别是针对有关地区成矿预测综合研究中遇到的地质构造问题进行的专题研究，作者们对这些地区区域构造中的一些热点问题和若干矿床、矿田的成矿地质条件、控矿地质因素有了更为深入的认识，从而提出了若干新见解，包括一些从诸多现象中归纳出的带有规律性或“关联”性的论断和看法。据此，对一些地区重新划分了成矿区带，预测了找矿远景区。这些成果，无疑将为今后的找矿工作打开新的思路。

文集反映出这次对资料的深化研究十分强调地质、物探、化探、遥感等多专业的紧密结合，特别是物探和地质的结合，始终贯穿于指导思想、组织和方法之中。在研究中，也十分注重物探多种方法的综合，如既强调区域重磁资料去解决地质构造问题的独特优势，又重视这些方法所具有的局限性，从而把面积性的区域重磁资料与区内的剖面性地震法、电法资料结合起来，进行综合解释，以提高可信度。在解释推断中，尽量把定性解释同定量解释有机地结合，强调地质解释的重要性，努力促进地质解释的深化。通过分析和归纳，作者对区域重磁场定性、定量解释工作提出了一些具体的标志、方法和注意事项。这些对今后类似性质工作，将有重要的参考意义。

进入新世纪，我国国土资源大调查已有序地展开。在新的经济体制推动下，地质工作迎来了机遇和挑战。现代化的地质、找矿工作必须充分而有效地应用地球物理勘查，已经成为更多有关人士的共识。人们期待出现更多更好的成果。本书作者多为从事地质工作多年的专家，书中字里行间凝结着他们宝贵的经验。“文集”的问世，无疑是很有意义的。我谨致以衷心的祝贺！

夏国治

2001.3

前 言

本文集所收入的研究成果是原地质矿产部“重点成矿区物探、化探、遥感编图成果综合研究”项目中的构造研究成果。该项目涉及“华北地台北缘中段”、“秦岭—巴山地区”、“桐柏山—大别山地区”、“长江中下游地区”、“华南地区”、“西南三江地区”等六个重点片（区），覆盖面积约 280 万 km²。研究所用的资料除秦岭—巴山、桐柏山—大别山及长江中下游地区为 1:50 万图件外，均为 1:100 万图件。在研究中首先从区域物探资料入手，并结合部分深部地球物理资料研究了区域地质构造及区域成矿、控矿因素，系统研究了区内重要矿床（田）综合信息的特征，在此基础上结合化探和部分物探局部异常进行了成矿预测，圈出了Ⅲ级成矿区带及找矿远景区。矿产方面的研究已提交了《矿产预测成果报告》和《重要矿床（田）综合信息剖析图集》。

对于构造问题所进行的研究分别写出了“区域物探资料在研究区域构造和成矿、控矿构造方面的作用”、“中国东南大陆深部地质构造与区内若干重要矿田之间的关联”、“华北板块北缘中段构造特征”、“秦岭—桐柏山—大别山地区深部构造及其与南北两侧陆块关系”、“钦州—钱塘结合带及其控矿作用”、“应用综合信息划分长江中下游地区的构造—岩浆岩带”、“西南三江褶皱带及邻区深部地质构造一些问题探讨”等论文。由于研究问题时引用了原地质矿产部区域重力调查中心和物探所编制的《中国及其毗邻海区重力图系列（1:500 万）》，而该图对研究区域和全国构造问题是必不可少的基础资料，所以文集收入了“中国及其毗邻海区重力系列图读图说明”一文。本文集收入的各地区的区域构造研究成果，主要是对区域重、磁场综合分析、解释的结果，同时也引用了区内可能收集到的一些深部地球物理成果。在研究时力争从区域重磁场的分析、研究中能有新的发现和认识。

编者

2001.3

目 录

序

前言

区域物探资料在研究区域构造和成矿、控矿构造方面的作用	孙文珂 黄崇轲 (1)
中国东南大陆深部地质构造与区内若干重要矿田的关联	孙文珂 黄崇轲 丁鹏飞 (8)
华北板块北缘中段构造特征	吴海成 (43)
秦岭-桐柏山-大别山造山带深部构造及其与南北两侧陆块关系之探讨	李炳华 (64)
钦州-钱塘结合带及其控矿作用	丁鹏飞 (75)
应用综合信息划分长江中下游地区的构造-岩浆岩带	丁鹏飞 (103)
西南三江 (中南段) 褶皱带及邻区深部地质构造一些问题探讨	王宝禄 李文昌 (118)
中国及其毗邻海区重力系列图读图说明	孙文珂 金宜声 涂承林 杨亚斌 (130)

区域物探资料在研究 区域构造和成矿、控矿构造方面的作用

孙文珂 黄崇轲

(国土资源部咨询研究中心 北京 100812)

摘要 本文对文集中各地区构造研究成果中的重要内容、创新方面进行了概述,另外还对物探资料的综合研究方法、注意事项及不足作了介绍和评述。

关键词 构造研究成果概述 综合研究方法

一、区域构造的研究

(一) 区域重力和区域航磁资料在解决地质构造问题方面有其独特优势

区域重力场是地下不同深度、与围岩有密度差异的各种地质体的综合响应。由深到浅有:上地幔物质横向不均匀,莫霍面起伏,中下地壳厚度变化及横向密度变化,上地壳厚度及密度变化,古老结晶基底内密度横向变化及起伏,有密度差异的沉积岩层的厚度变化、起伏及褶皱,大型岩基、岩浆岩带和大型岩体,火山活动带及火山构造,由两侧密度不同岩石构成的断裂带、接触带,与周围有密度差异的隆起、凸起或凹陷、断陷,等等。

区域航磁场是地下居里面以上不同深度、与围岩有磁性差异的各种地质体的综合响应。一般认为居里面以下温度高于居里温度,使岩石不具磁性。由深到浅有:居里面深度变化,上中地壳内基性岩石的厚度变化及横向磁性的变化,磁性古老变质基底内横向磁性不均匀和基底起伏,沉积盆地范围及其厚度变化,某些弱磁性沉积岩层厚度变化、起伏和褶皱,由两侧磁性不同岩石构成的断裂带、接触带,大型磁性的岩基、岩浆岩带和大型岩体,火山活动带及火山构造,与周围岩石有磁性差异的隆起、凸起,巨型中-弱磁性热液蚀变带,等等。

必须指出,虽然许多岩石之间具有磁性和密度的差异,但也还有大量岩石不具有这两种物性差异。例如,一些沉积岩之间,某些岩体与围岩之间可能只在电性或弹性波速度方面有差异。

重力法和磁法虽然有上述许多可解决的问题,但由于观测到的重、磁场是地下众多地质体的叠加响应,要从实测场中把这些地质体的响应一一分开,有时十分困难。这成为它们的缺点之一。另外,位场理论的格林等效定理证明:“根据场源外部位不能唯一地确定场源物质分布”。这就是说,不同物性、几何形态及埋深的地质体可以引起相同或十分相近的重、磁场分布,因此不可能得到理论上的唯一解。这成为它们的缺点之二。单一界面问题当不知道物性的变化范围时,要求解界面的形态则不可能或很难;对于多界面和复杂形体的问题,如没有其他约束条件,就更不可能。

对于单一方法，减少多解性的办法主要靠对拟探测目标物的地质-地球物理模型（基本形态和物性变化范围）的了解，以便在一定范围内对多解有约束。应用多种物探方法，除可补充单一方法本身不可能解决的地质问题，减少单一方法的局限性，还可以减少多解。由多种方法的资料构成相互约束的条件，对于解决复杂的地质问题尤为重要。

多种方法综合解释的必要性已十分明显，而运用多种方法进行联合反演，目前在区域物探尚少开展。多种方法之所以能联合反演，是基于岩石的某些物性参数间有时是相关的，即几种物性界面在该地区大体重合或其空间分布有一定联系。例如，岩石密度与弹性波的波阻抗之间相关，电导率与热导率之间相关，一些岩浆岩（例如基性岩）的密度和磁界面大体重合，一些沉积岩（例如灰岩）的电性与密度界面大体重合，等等。在另外一些情况下，几种物性界面在空间上虽不重合，但在展布上有某种关系。例如，某些沉积岩层的密度界面在某一磁性界面（老变质岩基底）之上，某些弱磁性沉积层（例如某类含铁质的页岩）在高密度界面（老地层）之上，等等。总之，要研究工作区的地质、地球物理特点，找到它们的规律性，建立一组拟探测各目标物的地质-地球物理模型。以此为基础，才能建立数学模型，进而设计出反演的流程和程序。

面积性区域重、磁资料与剖面性深部物探资料（主要是磁大地电流和深地震资料）相结合，对区域重、磁资料的解释是十分必要的。除增加约束条件外，还提供了重、磁资料未反映的一些地质现象。综合运用这些资料进行的综合解释大大减少不确定性，在定性和定量解释方面均将提高可信度。

本文集收入的几个地区的研究成果中尽可能做到面积性物探资料与剖面性深部物探资料相结合进行解释。华南地区就是以已收集到的几条深部物探剖面作控制，对重、磁资料进行控制性的剖面定量解释，而后在这些控制剖面间切了 20 余条剖面，以控制剖面为参考（利用其先验信息），对所切剖面进行定量解释，最后以这些剖面的解释结果编出了全区的几个深度的推断成果图。这种做法较为可信，避免了仅对重、磁场的位场转换资料作半定量解释中的诸多问题。

（二）对重、磁场的定性分区是研究地质构造分区的首要步骤和依据

对重、磁场的定性分区主要根据场的如下特征：区域场的强度、规模、形态和变化程度（宽缓或零乱），等值线的走向及形态，局部异常的符号、强度、规模、梯度、走向及分布，重、磁场的对应程度，等等。

按重、磁资料划分地质构造的主要依据是重磁场的定性分区，由重、磁场推断的断裂构造位置及其性质，基底岩性和基底深度等。

地壳运动和岩浆活动在不同地质构造区有不同特点。因此，陆块和褶皱带表现出的重、磁场是不同的。总的特点是：在陆块区，场的变化不十分强烈，多呈面形异常；而在褶皱带，场的变化大，多呈带状异常；其过渡地带多为重力梯级带或场也呈现出过渡性。稳定陆块区也有活动的区域，在这些次一级构造区，场呈现出变化较大的特点。活动带的褶皱区也有相对稳定的区域，场有时表现出相对变化不大的特点。

太古宙的变质结晶岩为中、强磁性，而元古宙的浅变质岩为弱磁性。两者的密度均高于其上覆岩层。这一物性特点成为了解基底性质的重要物性依据。

不论在褶皱区或陆块（或地块）区，其上一般均有上覆岩层。对其下的基底埋深和岩性的了解乃是研究构造演化和分区的重要依据。例如，在一些活动区，一定范围的重力正

异常可能反映了这些地区的盖层之下有古老基底隆起或古老块体存在。正异常的展布走向对研究古构造方向有意义。若其周围镶嵌有局部磁异常，往往是这些古老块体周边岩浆岩侵入的反映。

根据重、磁场可很好地研究断裂构造，并对其某些性质做出判断。主要标志有：①巨型重、磁梯级带往往是区域性深大断裂或两大构造区的分界；②场的各种特征分界线既是构造分区，也反映了某一级别的断裂构造；③高低异常间的线性过渡带是断裂或某一块体的断裂边界；④线性异常带反映断裂活动。带状磁异常带反映岩浆岩的侵入，断裂有一定深度；若为强磁异常，则岩浆岩多属基性，断裂深度较大；若为升高磁场背景上的线性负磁异常带，则可能是断裂挤压、破碎造成的退磁现象。重力场的线性异常带也有类似的原因；⑤异常轴向错动反映平推断层构造；⑥异常宽度突变带反映切过同一地质体的垂直升降运动形成的断裂构造；⑦等值线的疏密突变带反映界面的陡缓突变或逆断层超覆；⑧异常等值的规则扭曲反映地质体的错动和不同地质体的断块接触等。

后面的4种标志，多属规模较小，深度不大的盖层断裂；前4种多属“切穿”中、下地壳断裂或两个块体的界线。

根据重、磁场可较好地圈定和研究隐伏岩浆带、岩体及火山构造。

当地表地层或岩石的物性不具备引起局部重、磁异常时，这类异常往往是隐伏的岩浆岩带或岩体的反映，在盆地中也有可能是隆起、凸起的反映。酸性岩密度低、磁性弱或无磁性，因而多呈现重力负异常、无明显磁异常（当有热液蚀变引起磁异常者除外）；中基性或超基性岩磁性强、密度偏高，因而多呈现中、强磁异常及重力正异常。若围岩密度也偏高，重力可能不呈现正异常。

不同类型花岗岩的物质来源和形成机制不同，其物性特点也不同。S型花岗岩（重熔型）密度小、磁性弱，因此磁性呈现弱异常或无异常，重力场呈现负异常。I型花岗岩（壳幔同熔型）密度和磁性均属中等强度，因此重力、磁场均呈现中等强度；重力场也可能因围岩密度偏高而不显异常。这方面的研究在本文集中未深入进行。

一般火山岩具磁性，且剩磁较大，多呈现跳动磁场。因其密度一般偏低，重力场可能呈现低场或负异常。火山构造多为环形，故在重、磁场上也呈现为环形（圆形）或弧形异常，呈现正负相间的环形或弧形磁异常，中心一般为重力负异常。从环形异常的完整程度可判断火山构造是否完整和受到后期破坏。火山坳地、断陷盆地也有类似重、磁场特征，但形态因构造边界形态而异。

（三）重、磁场的定量解释

这是研究地质构造时必须进行的一项工作，但具体进行中有许多值得注意的问题。有一些做法现在就可以改进，有的则尚需研究新方法。

在定量解释中，现在多数是先对原始数据进行滤波或转换处理，而后再定量反演。这种做法的先验因素过多。滤波会使原始观测的场受到畸变，非目标物引起的异常并不能全滤掉，必将影响定量反演结果。当前应提倡对原始数据只滤掉干扰或地表因素的异常，而后直接用拟合法进行反演。反演时给出的初始模型虽也具有先验性，但在拟合中不断修改，最终结果可能已不是初始模型的内容了。

为求莫霍面和居里面的起伏，在数学上有许多方法。存在的主要问题是前述经过滤波后的场受到畸变。为求深部场源的信息，中浅层的巨型物性界面不可能用滤波法去掉，必

然仍叠加于深部界面的场上，使求得的深部界面不可靠。在求莫霍面起伏时，假定上地幔密度横向是均匀的，而实际并非如此，因而用线性公式求得的莫霍面问题较多。因此，对于本文集中一些地区提供的莫霍面或居里面，只能参考其变化趋势，而不宜引用其具体的深度数字。如果有深部地球物理剖面（地震、大地电磁测量资料）作控制，分区求取的这些面，可能会好些。

若为圈定规模不大的岩体并研究其形态，也可先去掉背景场或区域场，得到主要是反映岩体的局部异常，而后进行反演。多界面的反演，如果没有先验的模型和已知某些控制条件，将很难得到唯一的结果。重、磁场反演并推断的地质断面，浅部较深部可信，大的地质体较小的可信。深部较小的地质体有时虽也标绘于推断的地质断面图上，从场的角度是可以忽略的。

从原理上讲，只要已反演出某个界面或地质体的形态，其物性应是可同时计算出的。因此，对于基底起伏的研究，应同时给出物性参数，从而可研究基底岩性，当然也可用以研究某个地质体的性质。另外，断层和岩体产状的推断，都应成为地质构造研究中充分利用重、磁资料的重要方面。

当某个沉积岩层的物性与上、下层有明显差异时，对于研究沉积岩区的褶皱构造是可行的。重、磁资料相结合或重、磁与其他物探资料相结合，对于研究褶皱可能更为有效。本文集所涉及的地区尚未进行这类工作。

对于厚度不大的火山岩分布区，重、磁资料相结合了解其下的构造和成、控矿构造及岩性并估计火山岩的厚度，在东南沿海地区有了一些成果，看来是可行的。

二、成、控矿构造研究

矿床形成的同时，在矿床本身及其周围一定空间范围内遗留有各种与成矿作用有关的迹象——异常。探测、分析、研究和总结已知矿床所在地区的这些迹象及其与已知矿床的关系，将深化对成矿作用的认识，获取更多的、有效的找矿信息，从而提高找矿效果。为此，对国内华北陆块北缘、长江中下游、桐柏山—大别山、秦岭—大巴山、东南沿海、华南以及西南三江中南段等重要成矿区带 280 多万 km^2 范围内的磁法、重力、化探以及遥感信息，在 1:100 万或 1:50 万编图和综合解释的基础上，二次开发，应用前述的理论和方法，深入综合分析、对比研究，充分提取与成、控矿和找矿有关的信息。在这次综合研究中特别注意了如：华北陆块北缘边界；长江中下游地区构造-岩浆带与成矿的关系；钦州-钱塘结合带及其控矿作用；扬子陆块与西南三江中南段的边界；西南三江中南段的构造特点及其控矿作用；中国东南大陆深部地质构造与若干重要矿田的关联等，取得了一些新认识。在深化认识的基础上，根据地质、物探、化探、遥感等综合信息进一步总结出的矿致异常的特征，从区域异常中提取和优选出了 90 个有找矿前景的远景区。

（一）对华北陆块北侧边界的认识

对于华北陆块北侧边界，有许多地质学家作过研究并提出了不同的划界意见。本文集中根据已掌握的区域重力深部特征、区域磁场特征、大地电磁测深地幔低阻带特征、天然地震层析壳幔结构特征、遥感影像线形特征、岩石地球化学特征、古地磁所指极向位移特征、地震活动带特征、两板块结合带的地质特征（沉积建造、岩浆岩、双变质带、混杂岩堆积、古生物、深大断裂系统等）和壳幔深部界面变化等物探位场数字处理资料和物探测深资料，以及地球化学、遥感解译与有关地质资料，按照李春昱提出的识别板块边界的 9

条特征进行了综合分析研究。研究结果认为，西拉木伦河深大断裂是两大板块结合带的中心线这一观点更为合理，而结合带有不规则宽度及偏南或偏北的延伸方向；另外，带中岩石地层存在有“新中有老，老中有新”的现象，表明两大板块是多次聚散、开合，导致极为复杂的地质构造现象的出现。

（二）秦岭—桐柏—大别山地区的基本构造特点

对重磁场特征、重力梯级带的展布方向及南襄盆地深部磁场特点的分析表明，秦岭—桐柏—大别山属同一造山带。经数条重力、航磁、地震测深剖面及磁大地电流等资料解释研究，洛南—栾川—固始—合肥断裂带是华北陆块与秦岭（包括桐柏—大别）造山带的分界线；秦岭造山带与扬子陆块以勉县—石泉—房县—襄樊—黄冈断裂带为界。两大断裂带东延均交于郟庐断裂。华北陆块、秦岭（包括桐柏—大别）、扬子陆块的地壳均为上、中、下三层结构。华北陆块下部向南向秦岭高角度俯冲，上部则向秦岭仰冲；扬子陆块总体向北向秦岭低角度俯冲，且多呈楔形嵌入秦岭地壳中部，形成秦岭带南侧呈向南开口的“鳄鱼嘴”式构造，上、下部为秦岭上、下地壳，而中部则为扬子陆块的“蛇吞蛙”式的构造特点。秦岭被北西西向的商（南）—丹（凤）断裂带和西（峡）—镇（安）—凤（县）断裂带分为北秦岭、中秦岭、南秦岭。北秦岭为一复杂构造带，形成向北反转的叠瓦状逆冲推覆构造。南秦岭带自北向南产生低角度叠瓦状逆冲断裂。武都—武山重力梯级带表明，近南北向的“S”形深断裂带（F—31）大体为东、西秦岭的分界线。北西西向的勉县—武都断裂是秦岭造山带（北）与松潘—甘孜造山带（南）的分界线，而秦岭造山带与桐柏—大别山地块大体以襄樊—南阳隐伏断裂为界。磁、重及深部资料分析表明，大别山地块东界的郟庐断裂没有过长江的明显迹象，而郟庐断裂巨大的走滑性质也有一些可质疑之处。

（三）武汉至南京沿江一带

这是一个以铜铁矿为主的重要矿带，也是一条构造岩浆岩带。这次应用综合信息进一步研究表明，长江中下游地区由西向东可分为5个构造岩浆岩亚带，即：武昌—九江构造岩浆岩带、太湖—潜山—庐江—铜陵—贵池—东至带、繁昌—南京—镇江—溧阳—宣城带、张八岭—中庙带和宁国—青阳—石台带。各个亚带的构造方向、形态、岩浆岩及已知主要矿床各具特色。它们均受地幔上隆区的网格状深断裂控制，但又各自控制本区的成矿作用，形成由上地幔异常—莫霍面隆起、壳内高导（低速）层隆起和深部岩浆岩带构成的深部控岩控矿综合模式。

（四）扬子陆块与华夏褶皱带之间的钦州—钱塘结合带

南起钦州湾，经梧州—郴州—萍乡—德兴到钱塘江，全长约2000 km，宽约100~200 km，呈NE—NNE向的反S状弧形展布，其南东侧以绍兴—萍乡—梧州—北海深断裂与华夏板块相接，北西以景德镇—湘潭—金秀—凭祥深断裂带与扬子陆块为界。进一步研究表明，它是一个与其两侧重、磁场特点，深部构造，岩浆活动等都具有不同特征的另一个构造单元，而且具有独特的控矿作用，分布有众多的大型—特大型铜、铅锌、金、银、锡、钨等矿床，是一个十分重要的成矿带。

（五）对西南三江褶皱带及相邻区深部地质构造与成矿关系等的新认识

1. 区域断裂构造。西南三江地区区域断裂构造以北西向为主，大致平行排列。通过对重、磁等物探资料的进一步研究，新判识增加了约40%的隐伏、半隐伏断裂。其中许多为北东向或近东西向断裂。红河（元江）断裂向北西与木里—丽江断裂相接，构成扬子

陆块的西界，而非与金沙江断裂相接。木里—丽江断裂对两侧地层、构造、岩浆岩以及矿产的分布都有重要影响。

2. 莫霍面、深部地质构造及其与成矿的密切关系。根据地震测深剖面 and 大地电磁测深剖面，结合东部地壳测深成果编制的西南三江地区及其邻区莫霍面等深度图表明，西南三江中南段地区莫霍面形态可划分为三大部分：昌都—中甸地幔平缓拗陷区（北部），木里—丽江地幔陡坡带（中部），大理—思茅地幔缓变区（南部）。其中昌都—中甸地幔平缓拗陷区内的白玉地区是在幔拗内发育起来的环形构造区。其特点是平均重力场以白玉为中心，呈半径 50 km 近于圆形的重力高。与之对应的是航磁负异常，周围局部重力低大致对应正磁异常，围绕白玉重力低呈环状分布。矿床（点）和化探异常分布也呈环状密集分布，与环形构造关系密切，如呷村、夏塞大型银多金属矿、各贡弄中型银多金属矿、玉龙—马拉松多大型斑岩型铜矿、足那大型铅锌矿、仁达中型铜铁矿、嘎衣穷大型银多金属矿等。

3. 维西—景洪裂陷带是另一个重要矿化区。位于兰坪—思茅拗陷带西侧的维西—无量山—景洪近南北向的地质块体，根据资料综合分析，具有裂陷带的特征。裂陷带西界澜沧江深断裂，东界维西—勐腊大断裂，裂陷带纵贯南北，长约 700 km。向南有继续延伸之势，北端止于维西一带。裂陷带伴随地幔上隆，火山岩浆沿其轴部喷发，大量成矿物质由地壳深部带到浅部，为成矿提供了充足的物源和热源，因而形成矿产富集带。例如，兰坪盆地裂陷带东侧有金顶世界级铅锌矿，富隆厂中型铜银多金属矿，三山中型银多金属矿，老君山、莱子地中型铅锌矿，石岩村中型锑矿和扎村中型金矿等；西侧有营盘中型铜矿，笔架山中型锑矿等。思茅盆地裂陷带东侧有民乐、大平掌中型铜多金属矿，西侧有官房、文玉、三达山等铜矿。在裂陷带北部尖灭端，铅锌银铜为主的矿化点和化探异常密集，展现了良好的找矿前景。

4. 川、滇、黔菱形地块。在川、滇、黔毗邻区，地球物理场显示一个菱形地块，由康定—木里—丽江、康定—大关—水城、弥勒—师宗—水城、红河等 4 条深断裂所围限。区内广泛分布元古界变质岩系，如四川康定群、会理群，大红山群、昆阳群、牛首山群等。在盐源—南华台陷，有古生代至新生代巨厚沉积。在菱形地块内，构造以南北向为主，中央为纵贯全区的康滇裂谷带，两侧为南北向拗陷带。菱形地块内矿产资源丰富，矿种多。有攀枝花钒钛磁铁矿，大红山铁铜矿及一系列火山岩型、热液型铜矿，铂银矿，稀有、稀土矿等，均呈南北向条带状分布。裂谷带西侧盆地中有六苴、大姚、郝家河等众多的砂岩型铜矿；裂谷带晚元古界昆阳群内产有东川铜矿、易门狮山铜矿等。在地块周边断裂带附近还主要分布有铅锌矿，如北东边界的昭通—六盘水铅锌矿带。南西边界红河深断裂两侧金矿床规模大、数量多，如老王寨、金厂、小水井等金矿床。东南边界断裂两侧也发现众多金、锑矿床。

（六）对成矿条件和找矿标志方面的认识

1. 对德兴斑岩型铜矿田、郴州—桂阳地区多金属矿田、大厂锡多金属矿田和铜录山矿田等 4 个重要矿田的三维空间研究表明，深部构造与成矿的关系很密切。矿田或矿床往往发育于延深大的深断裂或几组断裂相交部位，表明断裂为成矿提供了导岩导矿的通道。在这些矿床或矿田所在部位，居里面或地幔呈隆起区、隆拗过渡带或梯度变化带，反映出曾经是深部构造变异的薄弱地带，有利于幔源物质或地幔热流的上涌或温度的变化。这为成矿提供了有利条件。这些特点反过来可作为一种找矿的标志。

2. 根据对区域异常背景上的局部变异与矿化的空间关系的研究, 总结出了一些具有找矿标志的特征。例如, 有一定规模、呈面型分布的重力高或重力低范围内的变异部位, 范围较大的常为矿田分布区, 范围小的常为矿床分布区。铜、金矿化常分布在重力高或其边缘; 钨、锡(稀有金属)矿化主要分布在强度不大的重力低处; 铅锌矿化体则常分布于局部重力高与重力低处。分布面积较大的磁力异常中一些小面积孤立局部正、负异常或正负异常共轭对, 通常为矿床分布区。

3. 与岩浆作用有关的多金属矿带、矿田甚至单个矿床, 其浅部成矿有关的侵入岩向深部约 10~20 km 都隐伏有很大的岩体, 同时也总存在有下延很深的断裂。这表明地表与矿床的形成有很密切关系的侵入岩体, 在深部有着巨大的热源和物源。例如, 郴州—桂阳地区、赣南地区、大厂地区等。

根据上述一些标志, 结合地面地球化学局部异常和地质成矿条件的深入分析对比, 在研究区范围内又提出了 90 个新的找矿远景区。

我国已进行了大量的区域性地质、物探、化探、遥感工作, 积累了大量十分宝贵的资料。对这些资料进行综合研究分析, 充分提取有用信息, 将能不断深化对地质、矿产客观规律的认识, 从而能逐步接近正确的解释地质问题, 提高找矿效果。

本文集在构造的研究方面, 基本上做到了定性解释与定量解释相结合, 正、反演相结合, 平面图解释与剖面解释相结合。但也还有许多不足, 主要是定量解释方面还有差距。目前在定量反演中存在的一些问题, 我们也都有; 一些可以进行定量反演的工作, 我们尚未来得及进行。定性解释中对场的信息提取还较差, 地质解释也还肤浅。

总之, 重、磁场资料用于研究地质构造问题大有可为, 但深入一步的工作还很多, 难度也很大。今后除做好重、磁场的地球物理解释外, 地质解释更为重要, 后者需要地质、地球物理工作者共同努力。

中国东南大陆深部地质构造与区内若干重要矿田的关联

孙文珂 黄崇轲 丁鹏飞

摘要 对中国东南大陆深部地质构造的介绍,涉及变质基底及花岗岩基的分布、深断裂带及构造断裂系统、莫霍面和居里面的起伏变化、地壳结构及其主要特征等4个方面。将区内若干重要矿田(江西德兴斑岩铜矿、湖南水口山铅锌(铜金银)矿、湖南黄沙坪铅锌(银)矿、广西大厂锡多金属矿、湖北铜录山铜铁矿—鸡冠嘴铜金矿等)与深部地质构造相关联,其结果显示矿田分布区对应有特殊的深部地质构造部位,在东南大陆具有普遍性。

关键词 中国东南大陆 深部地质构造 变质基底 花岗岩基 深断裂带 构造断裂系统 地壳结构 重要矿田

引言

“八五”期间,华南和长江中下游地区的物探、化探、遥感编图及综合解释工作取得了丰硕成果。所编制的华南地区(1:100万)和长江中下游地区(1:50万)的布格重力异常图、航空磁测 ΔT 平面图、陆地卫星TM数字镶嵌影像图、39种元素地球化学图等图件,为这两个地区的基础地质和矿产地质研究提供了丰富的地质、矿产信息。所提交的《华南地区物探化探遥感综合成果报告》(丁鹏飞等,1996)和《长江中下游地区物探化探遥感综合成果报告》(王启辉等,1996)在区域地质构造和矿产预测等方面均提出许多新见解。通过“九五”期间开展的深化研究工作,对这两个地区的成矿地质条件及控矿地质因素有了更深入的认识,并以综合信息为依据重新划分了成矿区带和预测了找矿远景区,提交了《重点成矿区物探化探遥感编图成果综合研究矿产预测成果报告》(孙文珂、黄崇轲等,1999)。同时,对这两个地区(联为一体即中国东南大陆)的深部地质构造与区内若干重要矿田之间的关联进行了分析,初步总结出了相关的有利于成矿的深部地质构造部位,为矿产预测和找矿工作部署开阔了思路。本文将概略介绍该项工作成果。

一、中国东南大陆的深部地质构造

本文从4个方面阐述东南大陆的深部地质构造。这4个方面是:①变质基底及花岗岩基的分布;②深断裂带及构造断裂系统;③莫霍面和居里面的起伏变化;④地壳结构及其主要特征。下面逐一简要介绍。

(一) 变质基底及花岗岩基的分布

分析矿田的深部成矿地质构造背景,首先要研究变质基底及花岗岩基的分布状况。我们通过对东南大陆剩余重力异常图(图1)的解释推断来解决这一问题。

众所周知,区域重力场主要反映印支运动以来晚期构造的深部特征。这是因为地球是

个热动力体，中深部地壳的古老岩石因热动力活化熔融而被分异形成新的岩石（如形成重熔型花岗岩），古老的构造面貌也被改造得面目全非而呈现新的构造格局。但是地壳中尚存在部分未被重熔的古老变质岩也是事实，它们在剩余重力异常图上得到反映：与剩余重力正异常相关的高密度块体正属于这种变质岩残留块体，而与剩余重力负异常相关的低密度块体则属于中酸性花岗岩基（层）。变质岩残留块体是古老变质基底构造的载体，保留有变质基底构造的形迹。通过对它的分布特征的研究，就有可能恢复古老基底构造的原始状态。当然，由于后期构造的破坏变动，所恢复的也只是一个概貌。

基于上述观点，我们利用剩余重力异常图圈定了高、低密度块体后，将它们转化为变质基底及花岗岩基的分布。

1. 高、低密度块体的圈定

东南大陆剩余重力异常图（1:500万，由区域重力调查方法技术中心编制）上由高、低密度块体引起的剩余重力正、负异常反映清晰，可依据剩余重力异常的零值线圈定它们的边界。以剩余重力异常零值线作为高、低密度块体的边界，与根据同比例尺的东南大陆重力水平导数模量图上所显示的模量极大值位置作为相应的边界，二者基本一致。这说明用这两种方法圈定块体边界都是可行的，但比较起来，用零值线圈定更为简单易行，更具可操作性。

剩余重力异常是从布格重力异常中减去区域重力异常后的结果，而重力区域异常是用半径为160 km区域公式求得，所反映的是埋深很大（相当于中、下地壳）的区域构造。消除了区域异常后的剩余重力异常，所反映的应是仍然有一定埋深和较大规模的地质构造块体（与1:500万比例尺相匹配）。因此，这种高密度块体应属上地壳较深处未被重熔的变质岩残留块体（变质基底），而低密度块体属该深度上已被重熔形成的花岗岩块体（花岗岩基）。

2. 变质基底及花岗岩基的区域展布特征

由图2可见，据剩余重力正、负异常所圈定的高、低密度块体经转化为相应的变质基底及花岗岩基后，显示出下列区域展布特征：

(1) 浙闽赣粤花岗岩基分布区

该区由绍兴经鹰潭—河源—福州—温州到宁波所围限，规模巨大，总体呈北东向展布。其剩余重力负异常在南部广东范围内强度为 $0 \sim -15 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ ，其余范围内为 $0 \sim -30 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ 。这些特征反映该区变质岩被重熔为花岗岩基的范围大，但在厚度及岩性方面有差异，即负值强的区域厚度较大，岩性更偏于酸性；负值弱的区域厚度相对较小，岩性为中酸性。

区内尚残留有南平变质基底分布区（呈南北向展布，剩余重力正异常强度为 $0 \sim 15 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ ）及梅州变质基底分布区（近东西向展布，剩余重力正异常强度为 $0 \sim 10 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ ），规模相对较小，呈孤岛状分布在花岗岩基之中。

(2) 上海—鹰潭—韶关变质基底分布区

该区总体呈北东向展布，由特征有所差异的4个块体组成：

① 上海—嘉兴—杭州—绍兴块体

剩余重力正异常强度为 $0 \sim 15 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ ，变化平缓，其中尚有呈北西向展布的规模小的苏州东花岗岩基（剩余重力负异常强度为 $0 \sim -10 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ ）。

②金华—衢州—鹰潭块体

剩余重力正异常强度为 $0 \sim 25 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ ，呈北东向条带状展布，其南东侧紧邻浙闽赣粤花岗岩基分布区，梯级带明显。

③景德镇—南昌—新余—井冈山山东块体

在景德镇—南昌一带，呈北北东向展布 $0 \sim 20 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ 的剩余重力正异常；在新余—井冈山山东一带，呈南北向展布 $0 \sim 30 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ 的剩余重力正异常。

④韶关—瑞金块体

剩余重力正异常强度为 $0 \sim 15 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ ，变化平缓，呈东西向—北东向展布，其南侧与浙闽赣粤花岗岩基分布区相接。

(3) 桂粤变质基底及花岗岩基分布区

该区南宁—梧州一带变质基底构造线方向为北东东向，剩余重力正异常强度为 $0 \sim 20 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ ；梧州—广州—惠州一带变质基底构造线方向为近东西向，剩余重力正异常强度较大（达 $30 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ ）。

该区南部分布有防城港、大容山—阳江及中山—深圳 3 个花岗岩基，均呈近东西向展布。其中大容山—阳江花岗岩基规模较大，剩余重力负异常强度大（ $0 \sim -35 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ ），其余规模较小，强度也较弱（ $0 \sim -15 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ ）。大容山—阳江花岗岩基周边均有变质基底分布，其西南侧为钦州—北海—湛江—茂名变质基底分布区，构造线方向比较杂乱，剩余重力正异常强度为 $0 \sim 20 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ 。

(4) 海南岛花岗岩基及变质基底分布区

该岛中、南部有近东西向展布的花岗岩基，呈椭圆形，其剩余重力负异常强度为 $0 \sim -40 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ ，五指山—三亚一带异常强度大、梯度陡。北部为变质基底分布区，环绕花岗岩基展布，剩余重力正异常强度为 $0 \sim 25 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ 。海口之西分布有规模较小的花岗岩块体（剩余重力负异常强度为 $0 \sim -15 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ ），可能与琼州海峡以北的花岗岩块体相连；文昌一带分布有规模更小、剩余重力负异常强度仅为 $0 \sim -5 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ 的花岗岩体。

(5) 黔桂滇变质基底及花岗岩基分布区

该区变质基底构造线方向呈北西向。花岗岩基的展布方向亦为北西向，以右江变质基底及其两侧的花岗岩基北西向展布特征最为显著。剩余重力正异常强度为 $0 \sim 20 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ ，剩余重力负异常强度为 $0 \sim -20 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ 。

(6) 六盘水—贵阳—南丹—凯里—张家界北西花岗岩基分布区

该区六盘水—贵阳一带花岗岩基近东西向展布，南丹—凯里一带花岗岩基呈南北向展布，凯里—张家界北西一带花岗岩基呈北东向展布。它们的剩余重力负异常强度均为 $0 \sim -25 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ 。在南丹以北有一残留变质岩小块体，剩余重力正异常强度很弱（ $0 \sim < 5 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ ），说明它已受到花岗岩化改造。

(7) 湘桂粤赣环形花岗岩基分布区及长沙—衡阳—郴州变质基底分布区

湘桂粤赣环形花岗岩基分布在益阳—桂林—乐昌—井冈山一带，其剩余重力负异常强度为 $0 \sim -40 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ 。长沙—衡阳—郴州变质基底被该花岗岩基包围，其剩余重力正异常强度为 $0 \sim 25 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ 。它的南部分布有呈东西向展布的花岗岩块体（剩余重力负异常强度为 $0 \sim -20 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ ）。

(8) 常德—张家界—梵净山东—柳州北变质基底分布区

该区呈弧形分布在湘桂粤赣环形花岗岩基的北西侧，剩余重力正异常强度为 $0 \sim 40 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ ，规模很大。在其北东端分布有荆沙花岗岩基，其剩余重力负异常强度很弱，仅为 $0 \sim -5 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ ，呈南北向展布。三江、融安之间有花岗岩基分布（近东西向，剩余重力负异常强度为 $0 \sim -5 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ ），将柳州北与梵净山东变质基底分隔。

(9) 岳阳—浏阳—九江及景德镇—黄山—湖州花岗岩基分布区

西部为岳阳—浏阳—九江花岗岩基分布区，规模较大，北宽南窄，呈倒三角形南北向展布，剩余重力负异常强度为 $0 \sim -35 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ 。其中幕阜山、九岭山为异常中心，强度较大（ $-30 \times 10^5 \sim -35 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ ）。

东部为景德镇—黄山—湖州花岗岩基分布区，规模亦较大，总体呈北东向展布，剩余重力负异常强度为 $0 \sim -25 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ ，其主体为黄山花岗岩基。

两个花岗岩基分布区相接于九江，该处显示出以零值线圈闭的剩余重力负异常，规模很小。

(10) 南通—南京—安庆—九江及九江—鄂州—孝感变质基底分布区

东部为南通—南京—安庆—九江变质基底分布区，总体呈北东向展布，剩余重力正异常强度为 $0 \sim 25 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ ，在常州北东、南京北、芜湖、滁州、安庆、黄梅等处分别形成异常中心。在芜湖西有小花岗岩块体分布，剩余重力负异常强度仅为 $0 \sim -5 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ 。

西部为九江—鄂州—孝感变质基底分布区，总体呈北西向展布，剩余重力正异常强度为 $0 \sim 25 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ 。在黄石以南分布有阳新小花岗岩块体，剩余重力负异常强度为 $0 \sim -5 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ ，也呈北西向展布。

两个变质基底分布区在九江相连，呈弧形转折，弧顶向南凸出。

(11) 大别山花岗岩基分布区

该区花岗岩基呈北西向展布，剩余重力负异常强度大（达 $-45 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ ）、梯度陡、北西部狭窄、南东部宽敞，与九江—鄂州—孝感变质基底分布区紧邻，梯级带明显。其南东端还与南通—南京—安庆—九江变质基底分布区相接。

(12) 大别山北侧变质基底分布区

该区变质基底近东西向展布，其剩余重力正异常强度为 $0 \sim 20 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ ，南侧与大别山花岗岩基分布区紧邻，有明显的梯级带，东侧、北侧分别有合肥—蚌埠花岗岩基分布区（剩余重力负异常强度为 $0 \sim -20 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ ）和阜阳—亳州花岗岩基分布区（剩余重力负异常强度为 $0 \sim -15 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ ）。

(二) 深断裂带及构造断裂系统

1. 深断裂带的分布

根据综合信息推断的东南大陆的深断裂带分布如图 2 所示。按其展布方向大致可分为下列 4 组：

(1) 北北东—北东—北东东向深断裂带

这是东南大陆比较发育的一组，其规模大，控制岩浆活动，形成大片分布的构造-岩浆岩带，是控岩、控矿的主导断裂。该组断裂的弧形展布特征明显，呈向北西凸出的弧顶，反映东南大陆受到了来自南东侧的强烈挤压应力的影响。

(2) 北西—北西西向深断裂带