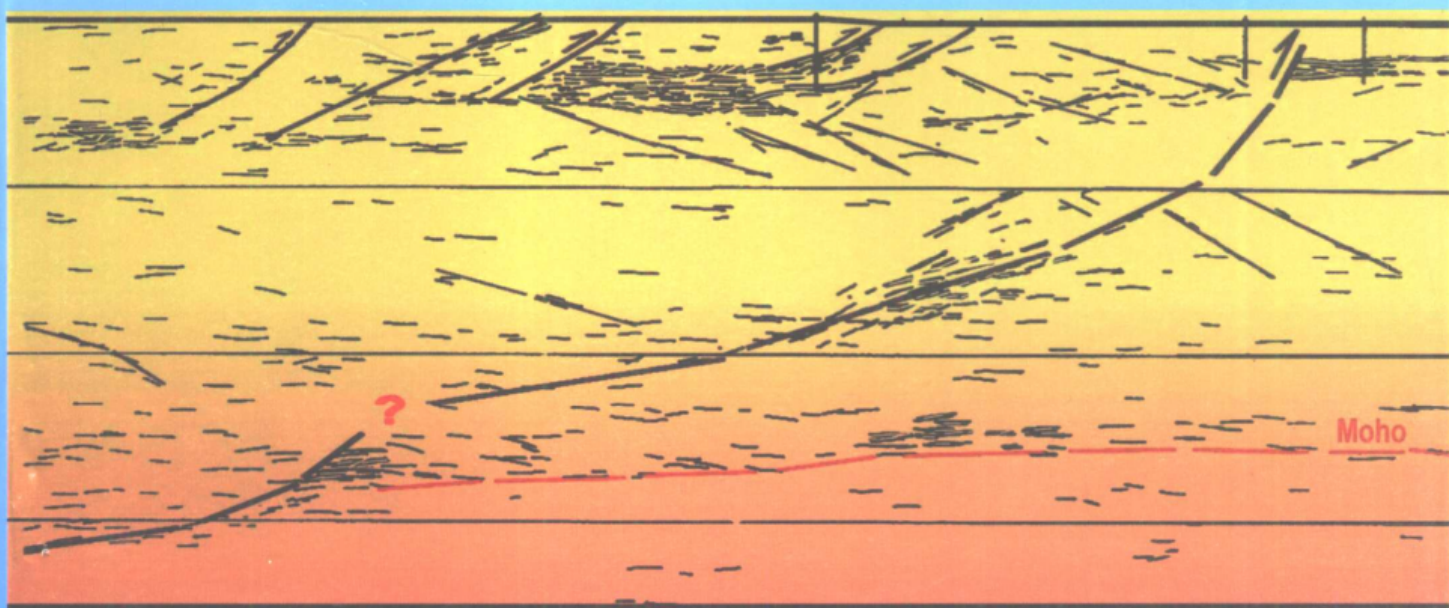


“中国大陆岩石圈  
组成、结构、演化  
与环境”系列丛书  
《4》

# 深部构造作用与成矿

裴荣富 翟裕生 张本仁 主编



地质出版社  
· 北京 ·

“中国大陆岩石圈  
组成、结构、演化  
与环境”系列丛书  
《4》

# 深部构造作用与成矿

裴荣富 翟裕生 张本仁 主编

地质出版社

·北京·

1999

## 内 容 简 介

本书共选编了有关深部构造与成矿关系研究方面的 22 篇论文,主要围绕岩石圈壳-幔演化与成矿、深部构造与成矿、深部流体与成矿、深部成矿与预测 4 个方面,作了很有意义的探讨和探索。对岩石圈研究和矿床的形成、分布的研究有了新的认识,提出了一些新的问题和新的找矿思路。本书对我国今后开展深部找矿、制订矿产资源发展战略方向有重要参考意义。因本书是集地、物、化、遥等多领域、多学科的综合研究成果,故是广大地质科研人员、地质资源大调查人员有益的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

深部构造作用与成矿 / 裴荣富等主编. -北京:地质出版社,1999.12

ISBN 7-116-02995-8

I. 深… II. 裴… III. 大地深部构造-成矿作用 IV. P6-11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 72506 号

### 地质出版社出版发行

(100083 北京市海淀区学院路 29 号)

责任编辑:刘淑春 邢瑞玲 史欣然

\*

北京红星黄佳印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本: 787×1092 1/16 印张:11 字数:261 千字

1999 年 12 月北京第一版·1999 年 12 月北京第一次印刷

印数:1—1000 册 定价:25.00 元

ISBN 7-116-02995-8

P·2088

(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)

“中国大陆岩石圈组成、结构、演化与环境”  
系列丛书编辑委员会

主编 张炳熹

委员 任纪舜 李思田 李巍然 吴宣志 张本仁

张宗祜 洪大卫 裴荣富 翟裕生

# “中国大陆岩石圈组成、结构、演化与环境”系列丛书

## 编辑缘起

1995~1996年间,在地矿部科技司组织和主持下,召开了多次《八五》重点基础地质研究项目专题交流和讨论会。本丛书就是会上提交主要论文的汇编,它将陆续把《八五》基础地质研究成果介绍给广大地质工作者。

在前两个5年计划执行过程中,都是在项目结束后举行一次成果交流会。这种会有利于在项目之间进行交流,促进了相互了解,初步改善了项目及学科间的互相隔离状态,但因时间不足,对问题的讨论难以深入。另外,有关重要项目研究报告的公开出版往往耗时较长,这就严重影响了学术思想的交流和信息的勾通。鉴于上述情况,在“八五”项目开始时,科技司一方面特意在各基础地质研究项目的基础上,专门设立了一个综合题目,希望在各个基础项目完成之后,能在反映各个项目研究成果之余,环顾一下在对中国基本地质情况的认识,另一方面,又计划在各个研究项目工作进展到一定阶段后,及时组织有关的专题交流讨论会,目的是能在项目完成前,在项目及专题之间涉及的共同问题有一次交流讨论的机会,以及时发现问题,及时作适当地考虑。在组织交流会时,特别加长了讨论的时间比例。

几次试行,与会者较普遍地反映这种方式确有适当开阔眼界并有助于获得有关问题的整体概念,而且能够直接得到不同的意见或批评。丛书的各分册即是各次会上的主要成果。

自从《六五》以来,地矿部科技司即注意到了开展多学科协作、交流对促进地质研究工作的重要性。在此之前,地质学术交流讨论会多数是按学科或某一方面的专题组织进行的,这当然有利于学科水平的提高和某一方面专题研究的深入。但是,涉及对某一地区、地段整体地质情况的认识并非某一单独学科的研究所能胜任。虽然我们有的项目也是针对某一地区或地质构造单元设立的,或者对某一涉及学科范围较多的项目,分出许多子课题分头进行研究,但在工作过程中缺少彼此之间的交流、讨论。以致最终成果没有形成一个首尾一贯、前后呼应的有机整体。

由于我们长期以来习惯于以学科为主的交流研讨,所以在《六五》研究项目完成后,组织了一次“成果交流会”,内容包罗地质部门内部的主要专业及学科,因之与会者初到会时多反映这会太“杂”。但是,在总结时却认为好就好在“杂”上。可是因为是初次尝试,在时间上不免太紧,特别是没有足够时间讨论。同时,出席人数虽然较多但终究有限,会上材料也未能广泛印发,影响依然有限。

《七五》项目完成后,虽然也同样组织了一次研讨会,除讨论时间略有增加外,其他方面改进不大。

到了《八五》,就是前面所说的情况了,这也就是本丛书的缘起。总的目的,一是推动地质科学研究中多学科的协作、交流;二是促进项目结束之前专题间的交流讨论,以提高研究总成果的水平;三是及时出版有关论文,使得这些研究成果在地质界中能为多数人所了解,并引起批评、建议和支持。

最后,还应指出,我们以前尚不习惯于在会上展开学术讨论,不仅多学科之间,而且在本学科之内,往往在会上各抒己见有余,而针锋相对互相诘辩不足。这几次会中在时间安排上特别加长了讨论,有的讨论时间还长于报告的时间。这也算是一点新的开端。创造地质科学研究中的公开讨论、答辩的气氛,也似是“当务之急”。

结束这个缘起的说明之前,谨向支持全部会议活动及丛书出版的地矿部科技司张良弼司长,彭维震处长,以及为各次会议提供方便条件的中国地质大学(北京)致谢。具体筹划并安排全部活动的是中国地质科学院岩石圈研究中心的洪大卫研究员。

张炳熹

1997年8月

## 编者前言

在张炳熹教授的领导下,地质矿产部“八五”重点基础地质研究项目中有关深部构造与成矿研究问题研讨会,于1995年8月22~24日在中国地质大学(北京)召开。会议的概况、主要交流问题和有关进展,以及对今后工作的建议,请见本书转载的会议纪要。本书即是根据会议纪要建议——出版研讨会有关成果编辑的。需要说明的是,原计划汇集多篇文章以飨读者,但由于种种原因,如出席研讨会的专家未能及时提交文章,有的与会专家的成果已被其他刊物刊用,因而本书未能将研讨会上探讨有关深部构造与成矿的全部内容予以出版。这里我们仅选编了包括岩石圈壳-幔演化与成矿、深部构造与成矿、深部流体与成矿和深部成矿与预测共计22篇文章。我们认为这些文章对我国在今后开展深部找矿、制订矿产资源发展战略有重要参考意义。

本书编辑过程中,承张炳熹教授指导,原地质矿产部科技司资助,项目办公室洪大卫教授支持,谨此致以衷心感谢!

裴荣富、翟裕生、张本仁

1999年3月

# 深部构造与成矿关系研讨会会议纪要

## 一、概 况

根据张炳熹先生的倡议,在部科技司和“中国大陆岩石圈的组成、结构、演化与环境”项目组的支持下,于1995年8月22~24日在中国地质大学(北京)召开了“深部构造与成矿研讨会”。来自生产第一线、院校和科研单位的近40位学者参加了会议,作中心发言者26人,自由讨论发言近百人次。会议开的生动活泼、讨论热烈、畅所欲言,充分体现出自由探讨、百家争鸣的精神。科技司张良弼司长参加了会议,并应邀就“九五”科技发展规划作了重要讲话。

会议讨论的内容丰富,主题明确。以我国的研究成果为主,围绕深部构造与矿床形成背景,将岩石圈研究与矿床形成和分布的研究相结合,进行了多方面的探讨。参加会议的各学科专家(地质、地球物理、地球化学、矿床学、岩石学、构造地质学……等)互相学习、交流,都感到有较大收获,认为是一次成功的多学科结合、自由研讨的学术会议。

## 二、主要交流问题和有关进展

从大家发表的最新研究成果看,通过“八五”期间部重大基础项目和有关研究的开展,我们对于深部构造与成矿的关系已有不少新的认识,提出了新的问题,为进一步深入研究,打下良好基础。

### 1. 对壳幔相互作用、地幔部分熔融和有关的成矿作用有新的认识

通过对幔源包体的熔融实验,说明地幔物质的部分熔融可以初步富集铬,与会者认为这是有关铬矿床形成的起点,从而开阔了对原有岩浆矿床成因认识(岩浆侵位、分异作用)的思路。对地幔包体的精细观测,获得了关于地幔岩在演化过程中,碱金属含量增高,碱交代作用增强的认识。

一些深源矿产,如金刚石、铂族元素、铬铁矿、钒钛磁铁矿等矿床的形成与岩石圈断裂和深部地质作用过程直接相关。

壳幔物质的循环、再循环,对成矿的富集、再富集起着重要的控制作用。

### 2. 加深了对成矿流体重要性的认识,并作了很有意义的探索

地幔富碱流体对多种矿床类型的形成都有控制作用。通过高温高压实验,研究深部含矿流体特点,发现两相不混熔区存在电桥现象,这对深部地球物理资料的合理解释将很有意义。

要注意区域性大尺度的流体活动及其对成矿分带的影响,如三江地区、长江中下游地区等,注意研究区域成矿分带和矿床分带的自相似性。

3. 介绍了我国岩石圈的地球物理探测资料,并探讨了这些深部信息对分析区域成矿的意义,例如一些迹象明显近EW向、近SN向地物异常带与主要成矿带的吻合现象,华北变质基底中古陆核与拗陷带的相间分布,一些不同深度段中磁性特征的差异对认识成矿垂直分带的意义等。对我国东部沿海地区岩石圈减薄近100km的原因及其控矿意义,也引起与会者的关注和重视。



#### 4. 对岩石圈地球化学和区域地球化学作了新的探索

对秦岭及毗邻地块的岩石圈组成,主要是下地壳组成作了对比研究。通过对华南花岗岩类同位素地球化学的研究,探讨了其有关深部基底的差异性及其对金属成矿的影响,划分了新的区域成矿系列,提出了一定的花岗岩省具有一定的成矿系列专属。另外,通过研究认为,地球化学省和成矿省一般是一致的,但在一定条件下,它们二者又可以不一致,即在非地球化学省中,如具备特殊“成矿能力”,也可以有金属的富集成矿。这些都开拓了找矿的思路。

#### 5. 多方面地探讨了构造控矿作用及区域成矿规律

通过模拟试验,研究了在岩石流动状态下,形变和相变与 Au 的富集机理,进一步认识到韧性剪切及随后的脆性构造对 Au 的富集有重要作用。讨论了深部构造的分类及其判别标志。介绍了裂谷构造控矿特征(以白云鄂博矿床等为例),探讨了造山带构造不同阶段的不同构造形式及对成矿的保存和破坏作用。分析构造对成矿的控制。提倡用历史的观点,编制中国不同地质时代的构造背景与大型-超大型矿床的分布图,探讨了不同时代的构造对金属成矿的控制作用,提出了多期叠加成矿集中区的概念。介绍了异常成矿构造聚敛对形成超大型矿床的控制作用。总结提出了“行”、“列”、“汇”的构造控矿规律以及在深部过程影响下,共源岩浆补余分异对形成超大型矿床的重要作用。

系统探讨了侏罗纪和白垩纪时中国东部内生成矿的时空演化及区域构造应力场和矿化特征。此外,还分别介绍了大兴安岭区、华北地块北缘、长江中下游、华南、三江等区的构造控矿特征,还专门讨论了金川铜镍矿床的复杂成矿过程。并提出小岩体形成超大型的金川铜镍矿床应是通过深部成矿过程,含矿岩浆发生补余分异效应后,成矿流体上升到有利构造部位而成矿的。因而大胆地提出超出超基性岩体以外的有利构造部位,也可以找矿的设想。

#### 6. 注重研究战略找矿

与会学者普遍认为,在研究战术找矿的同时,要加强对战略找矿的研究,特别重视矿床形成和分布的区域地质、地球化学和地球物理背景,研究岩石圈内部构造与成矿。坚持地质、地球化学、地球物理等多学科的综合研究工作。

### 三 对今后工作的建议

1. 深部构造与成矿是一个复杂的高难度的研究课题,必需要有地、物、化、遥等多领域、多学科互相的结合研究,对各学科专家学者来说,又是一个互相学习的过程,这次会议体现了这个精神,建议今后多组织类似的多学科交流和合作的学术会议。

2. 深部构造与成矿是有重要理论和找矿意义的战略性研究课题,建议应尽早建立专项开展研究,特别是对中国东部的深部找矿更应是地矿部门当务之急。若在中国东部重要成矿区带的深部发现了矿产资源,无论在经济上和建设周期上都比在中国西部有更大效益。

3. 我国已积累了极其丰富的区域地质、地物和地化成果,建议通过某种形式,对这些资料加以综合性地整理、分析、鉴别、总结,将现有的认识提到一个新的高度。

4. 为广泛交流,建议出版此次会议成果,要求作者在 10 月底前将正式文稿完成,以便及时编辑出版。

会议召集人:裴荣富、翟裕生、张本仁

项目办公室负责人:洪大卫

1995 年 9 月 22 日

# 目 录

编者前言 .....	裴荣富 翟裕生 张本仁(I)
深部构造与成矿关系研讨会会议纪要 .....	(II)

## 第一篇 岩石圈壳-幔演化与成矿

南岭金属成矿省深部构造过程与超巨量金属堆积 .....	裴荣富 彭 聪 熊群尧(1)
东北地区地壳上地幔及其对内生多金属矿带形成的影响 .....	彭 聪(14)
中国大陆及临近海域岩石圈根部不均匀性结构横向变化 .....	彭 聪 高 锐(19)
华南深部构造与内生成矿分带 .....	马开义 姜 枚 薛光琦 董英君(28)
岩石圈/软流圈系统的大灾变与巨型矿集区形成 .....	..... 邓晋福 莫宣学 赵海玲 罗照华 戴圣潜等(36)

## 第二篇 深部构造与成矿

大型构造与成矿关系研究 .....	翟裕生 宋鸿林 邓 军(44)
深部成矿的构造作用 .....	..... 万天丰(53)
中国内生稀土矿床与裂谷关系 .....	白 鸽 袁忠信 吴澄宇(57)
青海锡铁山矿床构造形变与成矿作用 .....	邱小平 季克俭(63)
论中国东部变质岩区内生金矿床形成的深部构造背景及深断裂构造的控制作用 .....	..... 范永香 王颖怡(70)
华北地块北缘显生宙造山类型及其矿床组合 .....	..... 吴珍汉(79)
尚义-赤城深断裂的成矿控矿作用研究 .....	..... 牛树银 孙爱群(84)
郯庐断裂与金矿成矿 .....	..... 沈远超 曾庆栋 刘铁兵(93)

## 第三篇 深部流体与成矿

地球化学省和壳-幔再循环与成矿的关系 .....	..... 张本仁(103)
地幔流体与成矿 .....	..... 杜乐天(109)
金刚石的形成与流体的关系 .....	..... 路凤香 郑建平 陈美华(115)
地幔活动在成矿中的作用及其示踪 .....	..... 李廷河(122)
长江中下游至东部沿海中生代火山岩的含矿流体地幔来源及演化 .....	..... 张荣华 胡书敏 王 军(125)

## 第四篇 深部成矿与预测

陕西双王-二台子含金角砾岩型金矿床——造山后伸展构造运动的指示物 .....	..... 石准立(134)
焦家金矿田隐伏矿床分布规律和构造预测 .....	..... 吕古贤 郭 涛 舒 斌 孙之夫 赵可广等(143)
论辽、吉地区古元古代硼矿床的形成与深部构造的关系 .....	..... 冯本智 卢静文(155)
深部隐伏矿预测的地质、地球化学和地球物理方法——以吉林夹皮沟金矿为例 .....	..... 李俊健 沈保丰 董第光 赵 琪(164)

# 第一篇 岩石圈壳—幔演化与成矿

## 南岭金属成矿省深部构造过程与超巨量金属堆积

裴荣富 彭 聪 熊群尧

(中国地质科学院矿床地质研究所,北京)

**摘 要** 南岭地区是中国东南部的重要有色、稀有金属成矿省。该成矿省包括湘南、赣南、桂东、广东和福建,总计面积达 550 000km<sup>2</sup>(张宏良、裴荣富等,1987),并以丰产钨、锡矿产著称于世。建国 40 多年来已完成了大量的矿产勘查和矿床地质科学研究工作,并取得丰富成果。本文即在此基础上,重点探讨本区中生代陆内造山的深部构造过程(作用)和地球物理鉴证及其对形成超巨量金属堆积的重要意义。提出南岭金属成矿省的构造演化可分为前寒武纪扬子板块和华夏板块的克拉通化、两板块消减的陆间造山和太平洋板块向陆壳消减的大陆活化 3 个阶段,以及表壳的“行-列-汇”控矿模式,根据地震、地温和地电测量,提出本区从深到浅有岩浆流动上升的可能性,从而反映了本区按锆初始值划分的沿海、过渡和陆内 3 个花岗岩带的成因关系,以及各花岗岩带出现各自专属的成矿系列,其中具世界级超大型钨-锡矿床的超巨量金属堆积都与上述深部构造过程的演化密切相关。

**关键词** 南岭金属成矿省 陆内造山 深部构造过程

### 一、南岭金属成矿省构造环境和演化

南岭金属成矿省地跨 3 个大地质构造单元,从西向东为:扬子板块(YZP)、华夏板块(CYP)和东南沿海褶皱系(SECFs)<sup>[1]</sup>(图 1)。

#### 1. 扬子板块

据测试花岗片麻岩中锆石 U-Pb 年龄约为 2.8Ga 的年代鉴证,该区可能存在新太古代基底<sup>[2]</sup>。区内的中—新元古代地层广泛分布于华夏板块,并以夹有火山岩的低级变质沉积岩系为主,其中,最有争议的地层是以往称谓的板溪群(图 1),近年来,通过该群中的两个蛇绿岩 Sm-Nd 同位素定年,分别为 935Ma ± 10Ma 和 1034Ma ± 24Ma<sup>[2]</sup>,从而,鉴证了板溪群的成岩年代问题。另外,扬子板块内古生代和中生代的岩浆作用比较发育。因而,构造-岩浆作用应是该板块的重要成矿作用。

#### 2. 华夏板块

位于板溪群之南,并以江山—绍兴(浙江部分)和萍乡—玉山(江西部分)深断裂作为缝合带与扬子板块分界(图 1, No. 1 界线)。华夏板块是由前寒武纪基底和震旦系—中生代沉积的火山岩盖层组成,根据现已取得的残余锆石同位素年龄为 2.5Ga 的数据<sup>[3]</sup>,华夏板块有存在太古宙基底的可能。沉积盖层的底部(震旦系—早古生代)为轻微变质海相沉积物的

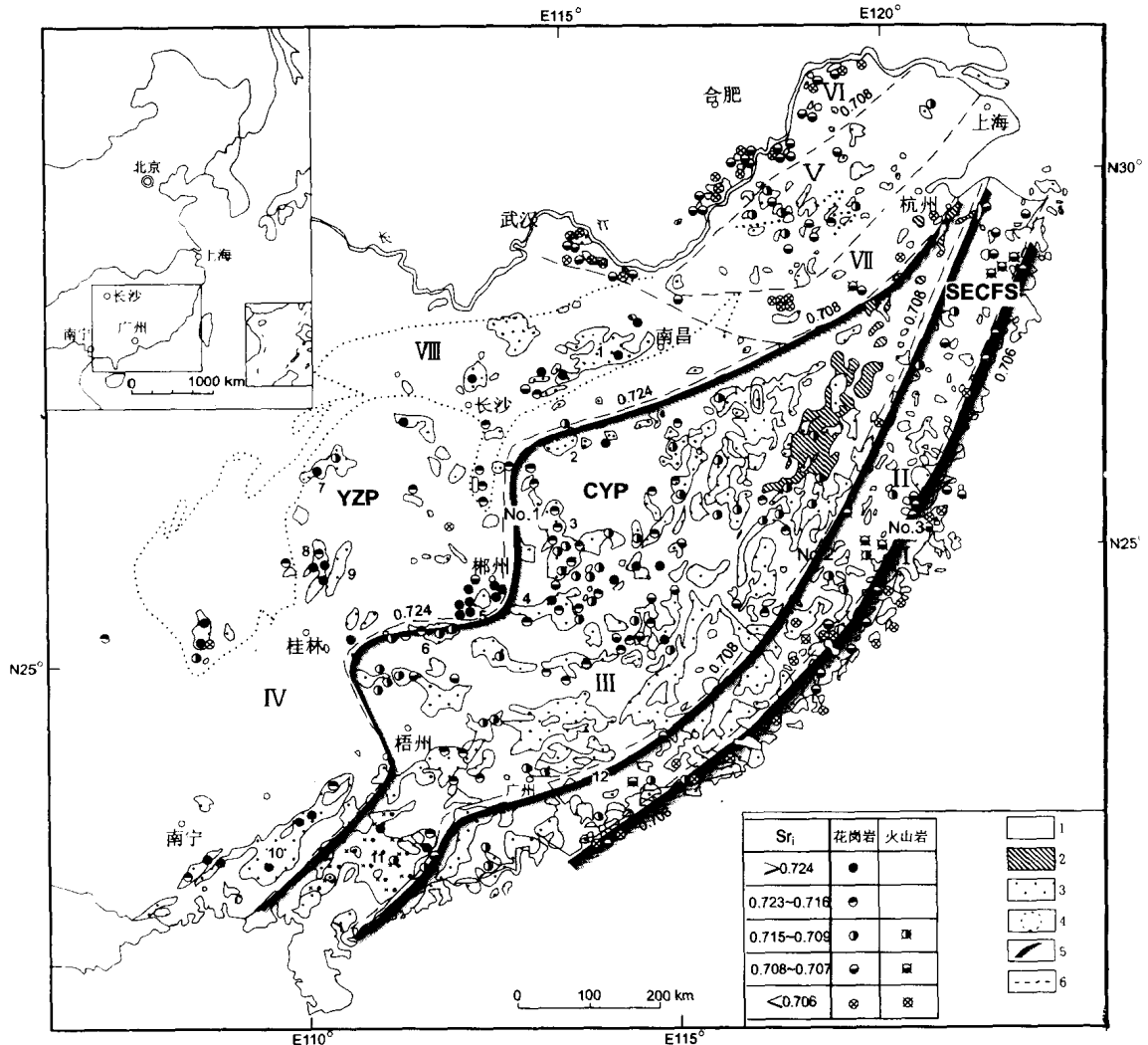


图1 南岭成矿省大地构造单元和区域花岗岩类类型  
 1-混合岩;2-变质基底;3-花岗岩类;4-板溪群;5-构造单元界线;6-Sr 初始等值线;  
 I~IV—分别代表浙-闽-粤沿海、浙-闽-粤沿岸、湘-赣-粤和湘-桂内陆花岗岩带;  
 YZP、CYP 和 SECFS—分别代表扬子板块、华夏板块和东南沿海褶皱系

厚大褶皱岩系。晚古生代到中生代的沉积地层被确认是构成板块活动的北缘岩层。这些岩系可作为华夏板块前陆的增生楔。整个华夏板块广泛发育了由新元古代到中生代的构造-岩浆作用,其中,尤以中生代花岗岩类侵入作用是华夏板块大量有色、稀有金属矿床成矿的重要共生组合体。

### 3. 东南沿海褶皱系

座落在中国东南沿海区,并以产出大量白垩系火山喷发沉积-火山-侵入岩为特征。该褶皱系可能是华夏板块陆缘的构造增生带,并以政和-大浦深断裂与华夏板块为界(图1界线 No.2)<sup>[4]</sup>。此外,在该深断裂之东还产出有长乐-南澳深断裂,并以此深断裂构造为界线

划分出浙-闽-粤沿海花岗岩带(ZFGCB)和浙-闽-粤沿岸花岗岩带(ZFGOB),后一岩带矿化微弱(表 1)<sup>[5]</sup>。

表 1 南岭地区花岗岩类同位素特征

花岗岩类岩带	ZFGOB	ZFGCB	HJGB	HGIB
$I_{Sr}$	<0.706	0.706~0.708	0.708~0.724	>0.724
$\delta^{18}O/\text{‰}$	5~9	7~9	9~12	10~13
$\epsilon_{Nd}(t)$	-1.7~-5.3	-3.7~-7.4	-6~-12	-7~-14
$\epsilon(t)_{DM}/Ga$	<1.2	1.2~1.4	>1.8	1.8~2.4
基底年代/Ga	1.5~1.7	1.6~2.0	2.8~2.0	1.7~1.8
花岗岩类类型	A	I	S	高 Al-S
矿化专属	弱	Cu-Au-Pb-Zn	W(Sn)-Nd-Ta -Pb-Zn-U	Sn(W)-Pb-Zn -Hg-Sb

#### 4. 构造演化

据上述区域构造特征,可以认为,南岭金属成矿省的区域构造背景演化包含了地壳发展的 3 个阶段,即首先是前寒武纪的扬子板块和华夏板块的克拉通化阶段,其后是两板块发生地壳消减聚敛而出现陆间造山和它们的碰撞阶段,再后,由于中生代(燕山期)太平洋板块的洋壳向陆壳消减,除导致陆壳对接消减外,并发生大规模陆内造山而进入大陆活化阶段。据此,南岭金属成矿省在构造上表现为稳定克拉通化的前寒武纪基底、陆间造山的加里东期褶皱带和陆内造山的燕山期大陆活化。上述构造事件的发展是区域构造演化在地质历史上的 3 个重要的构造转换。根据区域内产出的典型矿床可作为地质历史构造事件演化的特殊标记,作者从矿床成矿系列类型在区内的分布规律建立了区域成矿的概念模式(图 2),从模式中可以反映出区域构造演化和深部过程与成矿系列的成矿专属。

#### 5. 控矿模式

根据上述区域构造特征和演化,南岭金属成矿省的成矿主要是在欧亚板块的中国亚板块内经过洋-陆变迁的陆间—陆缘—陆内演化历程,由深部构造引发构造-岩浆作用,并受表壳的一定构造样式控制而成矿的。

根据南岭地区的线性和环状构造图(图 3)可以明显地看出区内的表壳构造是十分复杂而多样化的(于志鸿等,1989)。其中,线性构造,按规模的不同可以划分为大带、中带和小带。大带和中带具显著的构造方向性,主要为 NW 和 NE 向,并且叠置在众多小带之上,从小带的密集度可以辨认它们大致反映先期构造的 EW 和 SN 向。据此,可以判定本区表壳构造的演化是由先期构造叠复于后期构造而形成的多期棋盘格子状构造。从总体的宏观考察,构造方向的区域配置表现为先期的 EW 和 SN 向基本上可以成“行”(Lines),NE 和 NW 向明显地成“列”(Rows),两组方向相交可以成“汇”(Clusters)。作者把这种构造样式称之为“行-列-汇”模式(“L-R-C”model)。表壳构造的“行-列-汇”控矿模式,在南岭地区,甚至在中国和全球范围均十分发育<sup>[6]</sup>,尤其是对与构造-岩浆成矿有关的超大型矿床的控矿作用更为显著,如世界级的奥林匹克坝 Cu-Au-U 超大型矿床就是受 NNW 和 NE 两组线性构造的交

汇并联合了环形构造而成矿的(图3)。南岭地区“线-环”联合控矿构造样式也是十分发育的(图3)。但应指出,不是所有表壳构造中出现的“行-列-汇”或“线-环”构造样式均可控矿,

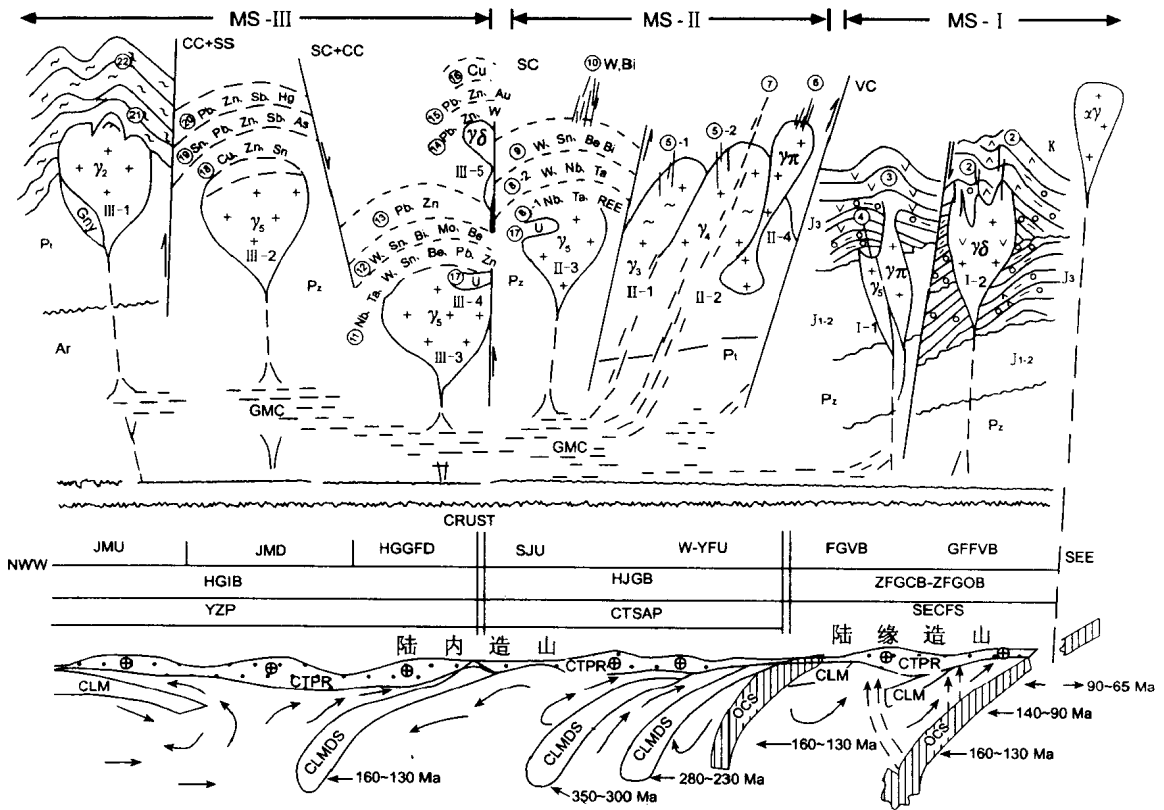


图2 南岭金属成矿省陆内造山深部构造过程的成矿演化与矿床成矿系列概念模式

- |   |  |   |
|---|--|---|
| <p>Ar-太古宙高级变质岩系<br/>Pt-元古宙低-中级变质岩系<br/>Pi-古生代钙质沉积岩系<br/>J<sub>1-2</sub>-下中侏罗统石英砂岩和凝灰质千枚岩系<br/>J<sub>3</sub>-上侏罗统英安流纹岩和凝灰质砂岩系<br/>K-白垩系凝灰质砂页岩系<br/>γ-黑云母(白云母)花岗岩或富Al白岗岩或Li钠长花岗岩<br/>γ<sub>2</sub>-四堡花岗岩<br/>γ<sub>3</sub>-加里东花岗岩<br/>γ<sub>4</sub>-华力西花岗岩<br/>γ<sub>5</sub>-燕山花岗岩,花岗闪长岩,花岗斑岩<br/>αγ-碱性花岗岩<br/>MS I, II 和 III 矿床成矿系列<br/>SS I-1, I-2, II-1, II-2, II-3, II-4, III-1, III-2, III-3, III-4 矿床成矿系列<br/>CC, SC, VC 分别为钙质、硅质、火山质围岩<br/>①火山成因脉型 Au 和斑岩 Cu 矿床(紫金山)<br/>②浅成交代-充填型 Ag-Pb-Zn-Au 矿床(银坑, 五步)<br/>③火山岩成因脉型 Sn 矿床(长埔)</p> | <p>④钠长石化花岗岩型 Nb-Ta 矿床(博罗)<br/>⑤1~2 伟晶岩型 Nb-Ta 矿床(南平、西坑)<br/>⑥斑岩 Sn 矿床(银岩)<br/>⑦剪切蚀变岩型 Au 矿床(河台)<br/>⑧1~2 钠长石化花岗岩型 W-Nb-Ta-REE 矿床(大吉山)<br/>⑨云英-夕卡岩型 W-Sn-Bi-Mo 矿床(瑶岗仙)<br/>⑩高温热液黑钨石英脉型矿床(西华山)<br/>⑪钠长石化花岗岩-夕卡岩-高温热液交代型 Nb-Ta-W-Sn-Be-Pb-Zn 矿床(香花岭)<br/>⑫云英岩-夕卡岩型 W-Sn-Mo-Bi 矿床(柿竹园)<br/>⑬热液交代型 Pb-Zn-Ag 矿床(东坡)<br/>⑭夕卡岩型 Pb-Zn-W 矿床(黄沙坪)<br/>⑮夕卡岩型 Pb-Zn-Au 矿床(水口山)<br/>⑯热液交代型 Cu 矿床(铜山)<br/>⑰蚀变花岗岩型 U 矿床(212)<br/>⑱夕卡岩型 Cu-Zn(Sn) 矿床(拉么)</p> | <p>⑲热液交代锡石硫化物矿床(大厂)<br/>⑳热液交代型 Pb-Zn-Hg 矿床(芒场)<br/>㉑云英岩型 Sn-Cu 矿床(宝坑)<br/>㉒热液交代型 Sn-Cu-Zn 矿床(九毛)<br/>CLM—大陆岩石圈地幔<br/>CLMDS—CLM 的拆离层<br/>OCS—洋壳消减<br/>CTPR—陆壳增厚部分熔融<br/>GMC—花岗岩岩浆库<br/>JMU—江南古陆隆起<br/>JMD—江南古陆边缘拗陷<br/>HGGFD—湘-桂-粤断陷区<br/>SJU—赣南隆起区<br/>JMD—江南古陆边缘拗陷区<br/>W-YFU—武夷-云开断陷区<br/>FGVB—闽-赣-粤断陷区<br/>GFFVB—粤-闽断陷火山盆地区<br/>YZP—扬子板块及前陆<br/>CTSAP—华夏板块及前陆<br/>SECFS—东南沿海褶皱系<br/>ZFGCB, ZFGOB, HJGB 和 HGIB—分别为浙-闽-粤沿海、浙-闽-粤沿岸、湘-赣-粤和湘-桂内陆花岗岩岩带, 附年代箭头表示消减-碰撞期</p> |
|---|--|---|

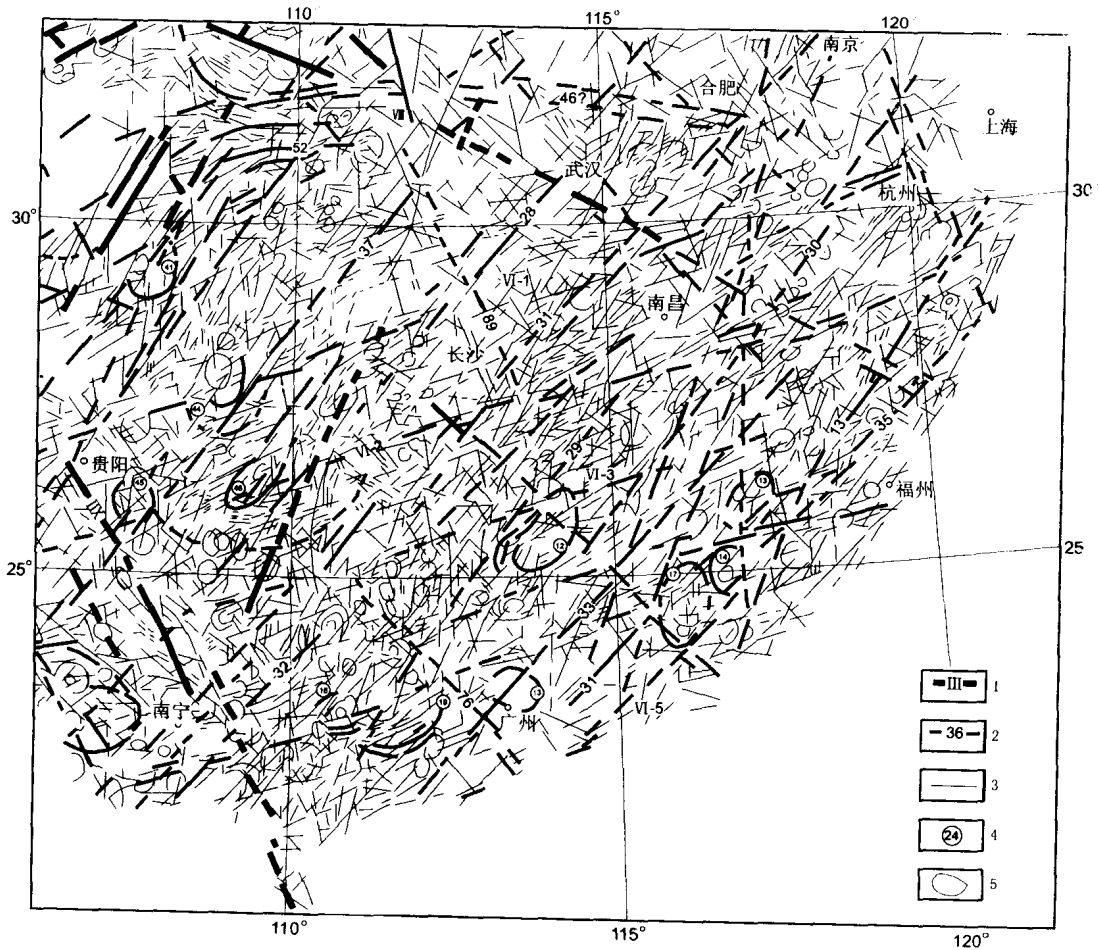


图3 南岭区线性和环形构造

1—大型线性构造;2—中型线性构造;3—中—小型线性构造;4—大型环形构造;5—中—小型环形构造

惟有当上述表壳构造样式与深部构造过程耦合的那些“行-列-汇”或“线-环”构造时才能形成超大型矿床。

## 二、深部构造过程地球物理鉴证

深部构造过程是通过本区及邻区已有地球物理信息,包括地震、地温和大地电磁测量资料的综合分析。

### 1. 地震和地温测量

南岭及邻区地壳厚度约为29~33km<sup>[7,8]</sup>(图4)。区内的沿海地区(ZFGOB和ZFGCB)地壳厚度相对较薄约为29km,并逐渐向陆内区(HJGB和HGIB)增厚达33km和以具有山根为特征。沿海区的上地壳厚为8~10km,其地震波速( $V_p$ )的变化由5.0km/s到6.20km/s;

中地壳厚为 10km, 波速( $V_p$ )在 6.20~6.60km/s 之间, 下地壳厚为 12km/s,  $V_p$  为 6.60~7.07km/s。下地壳和中地壳之间存在  $V_p=6.38$ km/s 的低速界线带(图 4)。该带表明有重熔岩浆物质分布于界线带的可能并可推测是由太平洋板块向华夏板块消减引起的。另外, 在近台湾海峡的沿海地区, 上地幔出现异常带  $P_n$  由 7.90km/s 变化到 7.95km/s。这和地壳内出现活动带是相符合的。据此, 沿海地区可能形成一个大陆边缘由洋壳向陆壳过渡的结构特征。

南岭陆内区(HJGB 和 HGIB)上地壳厚为 10km,  $V_p$  变化在 6.00km/s 至 6.20km/s 之间, 中地壳厚为 10km, 其下部的  $V_p$  为 5.80km/s; 下地壳厚 13km,  $V_p=6.8$ km/s, 据此可以看出低  $V_p$  带(5.55~6.03km/s)类似浮体不连续的分布在中地壳, 它们可能是壳幔之间存在不均匀物质的表现。扬子板块和华夏板块地震波速的这种分布样式明显地与东南沿海褶皱系不同。这种分布样式的可能解释是在陆内造山期间岩石圈加厚发生拆离, 重熔物质上升至地壳的结果。

根据地热测量资料的推演, 南岭沿海地区的岩石圈厚度约为 70km 至陆内达 240km, 并可能存在山根。据此, 可以认为在扬子板块和华夏板块之间与山根两侧的界线上至少有两条活动带<sup>[9]</sup>(图 5)。同时在地壳表层可见赣江和吴川-四会深断裂大致与两条活动带相一致。因此, 推断这条活动带由地表将延展至深部并为本区深部构造过程成矿提供最为重要的构造准备。

## 2. 地电测量

据地电测量资料推断, 在 90~150km 深度的高阻区被低阻区围绕(图 6-c, d)。30km 深度为壳幔边界, 高阻区呈 E-W 方向带, 并分割低阻区为较小的面积出现(图 6-b)。15km 深部范围内低阻区为不规则环形分布<sup>[10]</sup>(图 6-a)。这种分布样式可以设想由深到浅有岩浆流动上升的可能性。

# 三、花岗岩类岩浆作用与成矿

## 1. 花岗岩类同位素分带

据现有 300 余个花岗岩类岩体 Sr 初始值( $I_{Sr}$ )的研究, 并结合 O、Nd 同位素资料划分出 4 个 Sr 同位素带<sup>[11]</sup>(表 1 和图 1), 这 4 个岩带是由 3 个 Sr 初始值: 0.706、0.708 和 0.724 划分的。按花岗岩类 Sr 同位素划分的花岗岩类特征如下:

(1) 浙江-福建-广东沿岸花岗岩带(ZFGOB): 分布于  $I_{Sr}$  为 0.706 以东的区域, 主要为白垩纪 A 型碱性花岗岩类;

(2) 浙江-福建-广东沿海花岗岩带(ZFGCB):  $I_{Sr}$  介于 0.706 和 0.708 之间的区域, 主要是侏罗纪和白垩纪 I 型二长花岗岩和正长花岗岩类;

(3) 湖南-江西-广东过渡花岗岩带(HJGB):  $I_{Sr}$  介于 0.708 和 0.724 之间的区域, 主要是早古生代至白垩纪 S 型二长花岗岩、正长花岗岩和碱性长石花岗岩;

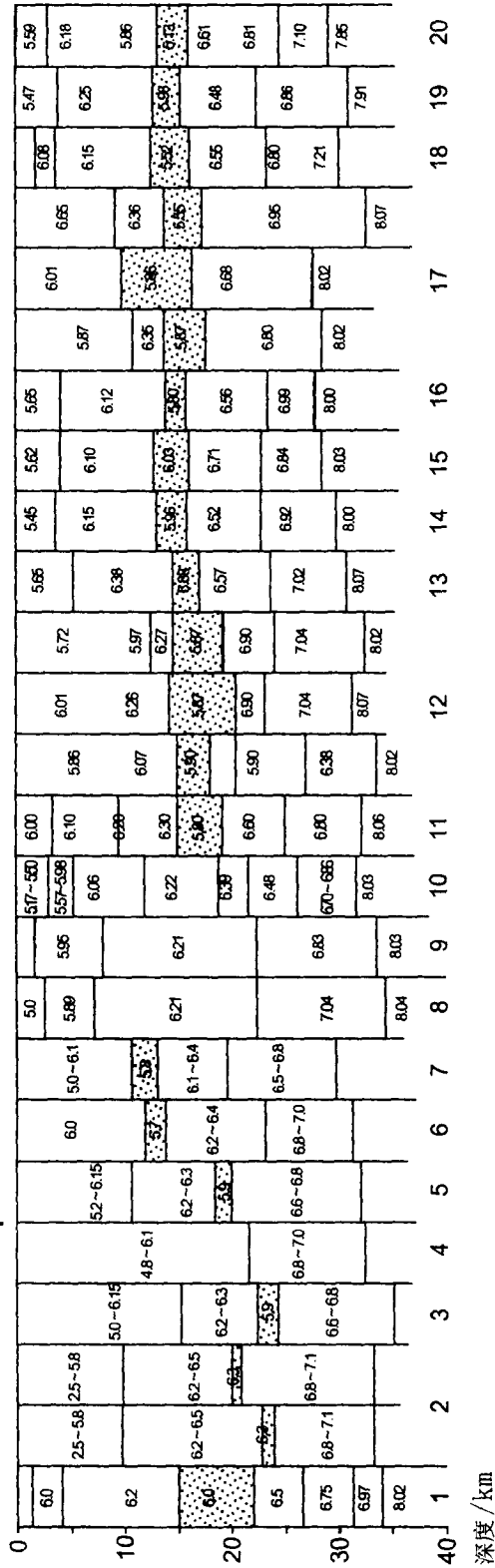
(4) 湖南-广西陆内花岗岩带(HJIB): 分布于  $I_{Sr}$  为 0.724 以西地区, 主要是早古生代至白垩纪高 Al-S 型二长花岗岩, 包括二叠纪至三叠纪的蓝晶石二长花岗岩在内(洪大卫, 1998)。



东南沿海褶皱系

华夏板块

扬子板块



- 1- 扬子
- 2- 甌县-喀喇沁旗
- 3- 屯溪-温州
- 4- 门源-宁德
- 5- 屯溪-温州
- 6- 门源-宁德
- 7- 台湾-阿尔泰
- 8- 华南(西)
- 9- 华南(东)
- 10- 华南
- 11- 大湾-港口
- 12- 汕头-龙川
- 13- 汕头-龙海
- 14- 龙海-汕头
- 15- 诏安-汕头
- 16- 诏安-龙海
- 17- 惠来-长乐
- 18- 泉州-长乐
- 19- 龙海-长乐
- 20- 泉州-汕头

图4 扬子-华夏-东南沿海地壳结构( $V_p$ /( $\text{km}\cdot\text{s}^{-1}$ ))

(8,9 据朱介寿,1996;1,10 据江西物探队,1990;2~7 据刘国栋,1994;12~20 据廖其林等,1988)