



华南构造与内生金属成矿 规律的卫星遥感研究

于志鸿 刘忠平 王海平 傅子洁 著

北京科学技术出版社

华南构造与内生金属成矿规律的 卫星遥感研究

于志鸿 刘忠平 王海平 傅子洁 著

内 容 提 要

在“中国陆地线性构造图”的基础上,对华南压性线性构造带(VI)的陆地卫星影像做了1:200万的解译,并探讨了这一地区的构造和金属成矿规律与矿产预测问题。

对本区线性构造的研究阐明了对应着400和130百万年左右发生的两期主要压应力作用所形成的构造格局。前者为北北西-南南东方向,后者偏向北西-南东,产生了区内北东东向压性带和北东、北西与近南北向的张性与剪切线性构造体系。早期压性构造活动造成了北东东向的一系列隆起和拗陷带,而晚期的挤压运动又在此背景上叠加了北东东向的断隆和断拗。由于上部的水经张剪性断裂导入,位于一定深度的地壳在挤压过程中重熔,这就是华南广泛发育的酸性岩浆的来源。大型重熔中心的形成引起其上覆地层垂向的拱起与塌陷,在由线性体所组成的网格上增添了巨大的环形影像。而岩浆在构造运动进程中的喷出、侵入作用,又形成了数量众多、排列复杂的中小环形构造。因此,作为岩浆物质来源的重熔前地层的含矿性决定了岩浆的成矿专属性;岩浆演化过程中所引起的上部波谱异常可以用来作为矿群预测的标志;而隆起-塌陷相间的构造分区则关系到岩浆岩与含矿部位的高低,可用以判别矿床的保存程度和埋深。

华南构造与内生金属成矿规律的 卫星遥感研究

于志鸿 刘忠平 王海平 傅子洁 著

*

北京科学技术出版社出版

(北京西直门外南路19号)

北京市花园村一小印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 5.32印张 131.80千字

1989年5月第一版 1989年5月第一次印刷

印数 1—1000 册

ISBN7-5304-0543-8/T.108

定价 6.00元

前言

华南地区居欧亚大陆东南端的太平洋与印度两大板块间夹地带，地质构造相当复杂。区内广泛出露着花岗岩类侵入体和中性火山岩类，数以百计的钨、锡、铋、钼、多金属和稀有、稀土元素以及铁、铜等金属矿床的存在，使之成为我国和世界著名的与中酸性岩浆活动有关的内生金属成矿区之一。远在古代，我国人民就在本区进行过矿产开发活动。近代，特别是解放以来，许多地质工作者在这里开展了大量调查研究，取得了辉煌的成就，不断有所发现。然而，低纬度的湿热气候，频繁而强烈的较新时代构造-岩浆活动以及这一成矿区的巨大规模，给研究工作带来了一系列的困难。因此，运用像遥感这样的最新技术，在已有工作的基础上，为满足国家对寻找更多矿产的需要来进行获取新的突破的尝试是十分有益的。

1961年，谢家荣教授首先注意到华南地区有一系列北东东向的大岩基，并提出它们是前泥盆纪含钨、锡、铋、钼的龙山系地层花岗岩化而成的看法^[1]。当时，许多人不认为这是可以接受的。到了七十年代后期，国内外的学者大都主张至少有相当一部分花岗岩是由陆壳熔成的。中国科学院贵阳地球化学研究所（1974）、莫柱荪教授（1980）以及南京大学地质系（1981）等都在各自的专著中论述了华南的重熔花岗岩类^[2-4]。前二者还特别提到了“近东西向”（实际是北东东向）的构造和岩带的分布。八十年代初，在对我国陆地卫片进行1:400万和1:600万比例尺的解译时，我们发现了本区由一系列大致等距分布的，性质、走向相似的大型线性构造带组成的华南压性线性构造带的存在^[5]。沿带强烈的同生和后期岩浆侵入与喷出活动以及多方向的断裂使得建立在小范围观察基础上的地面地质研究难以识别如此宏大规模的区域性构造要素。在已有的地质、构造图件中，这个构造带并未获得应有的显示。此外，我们还注意到，在我国其它的重要压性线性构造带如阿尔泰山、西天山、秦岭等地区，都有花岗岩类及与其有关金属矿床的广泛分布^[6]。可见，进一步探讨华南压性构造带与区内中酸性岩浆的关系及其生成机制，研究与之有关的稀有、有色金属矿床的形成和分布规律，找出对其进行预测的准则与方法，不仅对本区，而且对其它压性构造带地区，特别是对与华南带大致对称的西南压性线性构造带来说，有着不可忽视的理论和实际意义，因为那里是一个在地质矿产上刚刚开发的广阔处女地。

巨型的华南压性带分布在我国东南部十几个省、自治区范围内，以南岭地区为中心，面积在150万平方公里以上。面对这样宏伟的研究对象，作者不能不把工作重点放在充分发挥卫星遥感宏观优势的大范围镶嵌影像的解译上。为此，首先以较高的质量完成了全区二百万分之一的MSS-7卫片镶嵌图的编制（照片1），使项目的进行有了基础资料。为进一步提高解译精度和深度，接着又印制了4、5、6、7各波段百万分之一的分幅影像共512幅。然后，分别进行全区的目视判读。按我们的程序，解译时不得与地面地质资料对照。解译草图共同检验后再做必要修改。由于某些环形体在短波影像上显示突出，还对全区MSS-4影像做了百万分之一的大型镶嵌，它帮助我们确定了区内特有的一些巨大环形构造，并校正了不少中小环体的圈定。最后，又用百万分之一和五十万分之一的假彩色合成图像厘定了各大、中型线性构造带和环形构造的细节，参考区内地质资料，对各带与环的特征做了研究和描述。

为了解区内线性构造带与岩浆活动的关系，特别注意了环体与岩体的特征对比，在对比的基础上，选择了具不同影像特征的灵山、相山、武夷山、关帝庙、骑田岭和衡山等六个岩体进行了野外实地考察。

为了解区内线性、环形构造与矿产的关系和钨等矿床卫星遥感影像特征，选择了钨矿极其集中的赣湘粤大环地区为典型，在 IPOS / 101 系统上做了多种方法的图像处理。

上述各种途径所获得的遥感地质信息经过与有关的地质、构造、岩浆、地球物理及矿产地质等资料的综合研究，得到了以下主要的几点认识：

1. 初步了解了华南全区基本地质构造轮廓、主要线性构造的分布及其各自的地质特征，并对影像构造单元做了划分；
2. 华南地区经历古生代、中生代两次主要压性构造运动，分别具北北西-南南东和北西-南东方向，并于 4 亿年和 1.3 亿年前达到鼎盛；
3. 对区内众多的环形构造的成因做了判别，区分出与火山、侵入及旋扭作用形成的各不同类别，并对各主要环形构造做了全面描述；
4. 提出“重熔中心”的概念，研究了它们的形成机制，获得了有关大型环形构造和花岗岩类岩浆成因的合理解释，并弄清了它们和大型线性构造带的成因联系；
5. 以上述看法为基础，综合研究矿床形成和分布的条件，提出本区与中酸性岩浆活动有关矿产预测的若干准则；
6. 经仔细和大量研究，得到了对有关矿群、矿结预测卫星影像异常标志；
7. 对重点地区进行电脑信息处理，获得了对有关矿产远景区预测的有效处理方法，并与目视判读方法做了验证；
8. 从而在陆地卫星影像的线性、环形构造解译与地质构造、成矿规律研究间成功地架设了桥梁，开创了卫星遥感技术在地质找矿应用研究中的一个新途径。

本项工作由全体作者共同完成。文字编写安排是：于志鸿负责前言、结语及线性构造部分并修编全文；刘忠平负责影像构造分区、环形构造部分；成矿预测部分由王海平主笔。研究形成的大型基本图件由付子洁编排处理。图件由顾玉民、周国容清绘，所附照片由沙俊生复制。

文稿完成之后，承谭筱波、陶惠亮高级工程师、朱亮璞副教授、杨廷槐和熊成云副研究员仔细审阅并提出宝贵的修改意见，作者谨向他们致深切谢意。

作者

一九八九年一月

目 录

前言

第一部分 线性构造	(1)
第一章 卫片解译	(1)
一、压性线性构造带	(1)
二、北东向剪切线性构造带	(2)
三、北西向张性线性构造带	(2)
四、近南北向张性线性构造带	(3)
第二章 构造特征分析	(6)
第三章 影像构造分区	(10)
一、浙闽粤影像区	(13)
二、赣湘粤影像区	(14)
三、湘黔影像区	(18)
四、黔桂影像区	(19)
五、川东影像区	(20)
六、赣皖影像区	(20)
第二部分 环形构造	(22)
第四章 与岩浆活动有关的环形构造	(23)
一、与火山活动有关的环形构造	(23)
二、与侵入作用有关的环形构造	(27)
三、重熔岩浆的形成与活动机制	(36)
第五章 其它作用形成的环形构造	(39)
第三部分 成矿预测	(41)
第六章 预测的准则与方法	(42)
一、预测准则	(42)
二、预测方法	(43)
三、成矿远景区预测结果	(50)
结语	(61)
主要参考文献	(63)
英文摘要	(65)
照片及说明	(69)

第一部分 线性构造

第一章 卫片解译

关于线性体、线性构造的概念在“中国陆地线性构造的若干特征”中已做了明确的阐述⁽⁶⁾。遗憾的是,至今,在我国遥感和构造地质界有时还将线性构造与断裂带混淆,这就大大降低了卫星遥感信息的解译与应用范围,贬低了已判别出的线性构造带的意义,甚至会由于在线性构造带对应的地面上看不出破裂形变的痕迹就怀疑以至否定它们的存在。我们所说的线性构造带,是在陆地的卫星遥感影像上通过判读沿一定方向连续或断续出现的一套波谱信息可以识别的地壳构造形变带。在进行构造判别时,必须注意到卫片所反映的是迄今为止地壳构造运动在这一地域内形成的地表特征形迹的总和。在一定程度上说,线性构造带是地壳运动在时间与空间上发展的客观、真实和叠加的记载。在较均一的地壳上,不同方向与性质的应力作用会造成不同的形变;而在物理-化学性质不均一的地区内,同一应力的作用会产生不同力学性质的构造形迹。早期的构造活动形迹会在以后的地壳运动和外生作用中被改造、掩盖,而后期构造活动的叠加又必然受到原有构造活动结果的制约。一期主要的构造运动可在一个地段引起断裂,在另一个地段也许产生褶皱;一处一时发生的构造隆起往往会伴有另一处或另一时的坳陷。同样的水平挤压运动在刚性体内可能引起破裂,而在塑性地层中会表现以褶皱为主;除了在一定地段内可能出现逆掩、推覆等现象外,压应力场内还可能伴有张裂和剪切构造等等。地质历史给予我们的是一幅极为复杂的影像,我们的任务是要善于运用现代科学所提供的卫星遥感武器,正确地识别这些复杂形变集中的线性构造带,并在充分认识它们含义的基础上加以研究,使之为构造、成矿规律和矿产预测工作服务。

经仔细解译,华南地区线性体密集,线性构造极为发育(附图1)。这种情况完全符合经历多次构造运动的活动带的影像特点。通过上述,除进一步确定早先已划出的华南压性带,北东、北西向构造带,并对之做了较详细的补充修改外,还划分出一组近南北向的构造带。这些在1981年的全国线性构造图上只显示为几组中小型线体束。

一、压性线性构造带

经用较大比例尺的影像检验,进一步肯定了1981年六百万分之一线性构造图上的解译,并做了若干补充。在九岭和湘西、黔东等地,更详细地厘定了VI-1和实际由二个分枝组成的VI-2带;VI-4西段主线体也略向南移。在VI-1带西段解译出了一条延伸近700公里的压性带N-21,从而使原来的VI-1带更为清晰完整。余庆-益阳线性带(N-21)在影像上主要表现为一束波形具羽状分枝的断裂束,有时控制着经向、北西和北东三个方向构造间盆地的边界,局部(安化一带)表现为褶皱束及与其延伸平行的断裂。在石阡附近可判出右旋压剪的断裂。这组复杂的压性断裂-褶皱束发育于元古界和古生界中,有的断裂切割这些层位及三叠系,但在老地层中影像显示深而重,可能是早期构造后期又复活所致。已出版的地质图上反映的乌当断裂、孟源-余庆断裂、江口-黄平断裂等均属本带。在安化附近,N-21是北北东和近东西向构造转向的分界。益阳一带有大小不等的印支、燕山早、中期花岗闪长岩体沿带产出。

在VI-2及VI-3之间解译出新的N-22(吉羊-丽水)带。这一构造带的特点是在影

像上断裂线体不甚发育，主要显示为沿走向出露的元古界、震旦系及部分寒武、奥陶系条形山地的轴线以及沿带拉长的白垩纪条形谷地（照片 2），与华南压性带的其它大型线性带具同样的地貌特征（照片 3）。它们常阻断其它方向构造线的延展，这类条形山地有时也为近经向的断裂切割。沿带多有晋宁至燕山等期的岩浆活动，东段多发育晚侏罗纪火山岩类。这一特殊的地貌经阴影效应的加强，使之成为在影像上突出的一个构造带。但它受其它方向构造强烈活动的干扰也较严重，具有时代较老，后期活动又多的特点。这一线性构造带的译出，恰恰填充了大致等距分布的华南压性带各分枝之间距离较宽的空当。

此外，经野外观察，在灵山、武夷山、骑田岭、衡山等地，普遍见有较老地层的挤压、揉皱、片理化等现象，证实着影像解译中关于本带具压性特征的判断。在九岭南侧，更见到板溪系自北向南推复于古生界上的强烈水平压力作用的现象（照片 4）。

二、北东向剪切线性构造带

这是一组由北东 25° — 60° 左右，以 40° — 50° 为主的剪切构造带。由于大都有较新时代的活动，又是以平直的剪性为主，较易判别。1981 年的图上已解译出 11—13、26—36 等多条线性构造带。此次除对其做进一步检验外，还补充解译出 N-17、18、N-10、N-12—16 等带。

这组线性构造带通常表现为连续性不等的断裂束，在影像上可见山体的平直切割、平直河谷、直线排列的丘陵和平直的盆地边界等（照片 5），在新的沉积覆盖中常见线状色调异常。这些特点中有许多是在地表地质工作中颇受重视和较易辨认的，所以有些线性带整体或其中部分地段在已有地质—构造图件中已作为断裂带划出，如宝应—亭堂断裂、赣江断裂（11），丽水—海丰（政和—海丰）断裂（13），吴川—四会（吴川—肖山）断裂（N-11），宜昌—都匀、松桃—三都断裂（27），东乡—长兴、宁国—屯溪、兴国—大余断裂（30），梧州—博白断裂（N-10），广洛—黎塘断裂、长寿—永安断裂（31），恩平—龙泉（邵武—河源）断裂（33），中山—温州断裂（34、35），宜春—乐平断裂（36）等等。如做对比，不难发现，这些断裂带的划法不论在走向、延伸以及局部地段的整体位置上都常与卫片解译的线性构造带有一定出入。这是因为后者的划分反映着构造运动的综合迹象，而不仅是单一的一条或几条断裂。特别是华南地区的这一构造系与岩浆活动有密切联系，有些构造带本身就是控岩构造，沿带某些地段的侵入—喷出活动往往改造了它们的原始面目，而后期构造运动在本带的复活也由于受新充填物质的影响而不一定在空间上完全重蹈复辙。如政和—大埔线性构造带（N-12）实际控制了会稽山、鹭岭山、博平岭和莲花山一带的火山—侵入活动，沿带不仅有大量侏罗纪花岗岩侵入体发育，而且有上虞、上王、小西寺、芙蓉山、东阳、牛头山、黄畈、云和、香炉尖、大佑山等一系列火山隆起、凹陷和破火山口等分布。其构造线大致在上虞—梅州市一线，而后期破裂构造的较清晰显示则在建瓯—漳平一线。

就其性质而言，本组线性构造带有些显示张—剪，有些以压—剪为主。

三、北西向张性线性构造带

在以前的著述中作者曾提到，张性带的判别较为困难。这不仅是由于它们不常显示稳定平直和连续的破裂形迹，引起两侧岩石形变的范围狭窄，而且还在于它们在同构造期和构造后期的内、外生作用下易被改造。只有在其规模较大、保存较好和解译仔细的情况下才能识别。此次对华南地区的工作，除又厘定原解译的 73—76 和 80、89 等线性带外，又

补充判出 N-25—27 等几条新的张性带。它们的影像特征多为色调的线状异常，局部表现为大致平行的断裂束，连续性一般不佳，有时有追踪现象。有些线段由于富水断续可辨。松桃—陆丰带（N-26）还显现在古生代地层内的岩体间穿行的特点，在湖南，它从瓦屋塘和白马山，阳明山和骑田岭岩体间穿过；在广东，它从大东山、诸广山和贵东等岩体间通过。在中古生代地层中总体在呈北东向分布的龙窝、莲花山等燕山期岩体内，它以较平直的裂开形式出现。

沿本组线性构造带常有成分较杂的小岩体发育。

四、近南北向张性线性构造带

在对全国做六百万分之一的卫片解译时，已注意到华南地区的一些经向线束，其中较明显的一条定为龙岩线性构造带（7），展示于《中国陆地线性构造图》上。经进一步工作，这次又在区内解译出 N-1—7、N-28—34、N-24 和 N-35 等 16 条近南北、北北西和北北东（较少）向的线性构造带，它们的性质都以张性、张-剪性为主，间或也有压性显示。

本组构造带的影像特征与北西向张性带相似。在基岩裸露地带，通常可见到断续出现的纵向断裂束，局部表现为线性河谷，与平原过渡处有时现平直的山根，在覆盖区常有线状色调异常，在水体发育地区常可更清晰地发现沿带有明显的明暗差异，有时云雾也沿带呈现纵向拉长的线性散布（照片 6）。在与横向构造交叉地带有时受干扰而显示零乱不清，有时则切割横向带，在其中造成一些狭长的纵向地块直至线状丘陵。在有些交叉部位上，出现横向构造在本带通过处的整体转向（N-1 北段）或被本带断开，形成山区与平原或盆地的宏观边界（N-2 北段、N-3 中段等）。在东部，沿本组的一些线性带常有不大的侵入体和火山岩类活动。作为重大的断裂构造，这组线性带虽尚不见经传，但随着地表地质工作的深入开展，在一些较新的地质图上，它们的某些地段已被标出并做了描述，如 N-1 中段的贵定断裂，N-4 的宁化—上杭段，N-5 中段的浦城富岭—永泰嵩口断裂，N-6 中段的罗源—连江断裂带等。

这样，我们就得到了一幅由主要线性构造带组成的复杂但有一定规律的网状图像（图 1）。如图所示，华南的主要线性构造带分属上述不同方向的四大组，其中近南北向的一组，又有几个带更偏向北北西—南南东，北东向的一组也有 30° — 40° 和 40° — 50° 的摆动。同方向的线性构造带在空间分布上，明显地出现了我们在“中国陆地线性构造的若干特征”一文中所提到的等距性。在北东东向一组中，N-21、VI-2 北带、VI-2 南带，N-22、VI-3、VI-4 北带、VI-4 南带和 VI-5 诸带间的距离都是 80—100 公里；在北东向一组中，26—30、N-12、N-16 诸带间约为 150 公里，在东部，由于 N-10、N-11 和 N-13 等带的加入而显得更为密集；在南北向一组中，N-28、N-2—5 带间距离约 240 公里，北北西向的 N-29—35 和 88 等各带间大致是 100 公里，其中 N-31 和 N-32，N-35 和 88 带间距离很大，影像上不甚清晰，似乎还应有这一方向的线性构造带存在；北西向张性为主的构造带虽然本身的方向性不甚连续稳定，但解译的结果也反映出大致的等距分布，其中 N-25、76、N-26、75、N-27、74 和 73 等带间距离均在 150—200 公里之谱，在 75 和 N-27，74 和 73 带之间距离过宽，是否还有北西向的这类线性构造带存在，也值得进一步工作。关于线性构造带的等距分布我们解释为构造应力的波动传递方式。华南地区这一特点的良好反映则进一步表明，这些线性构造带是在地壳相对较为均一的背景

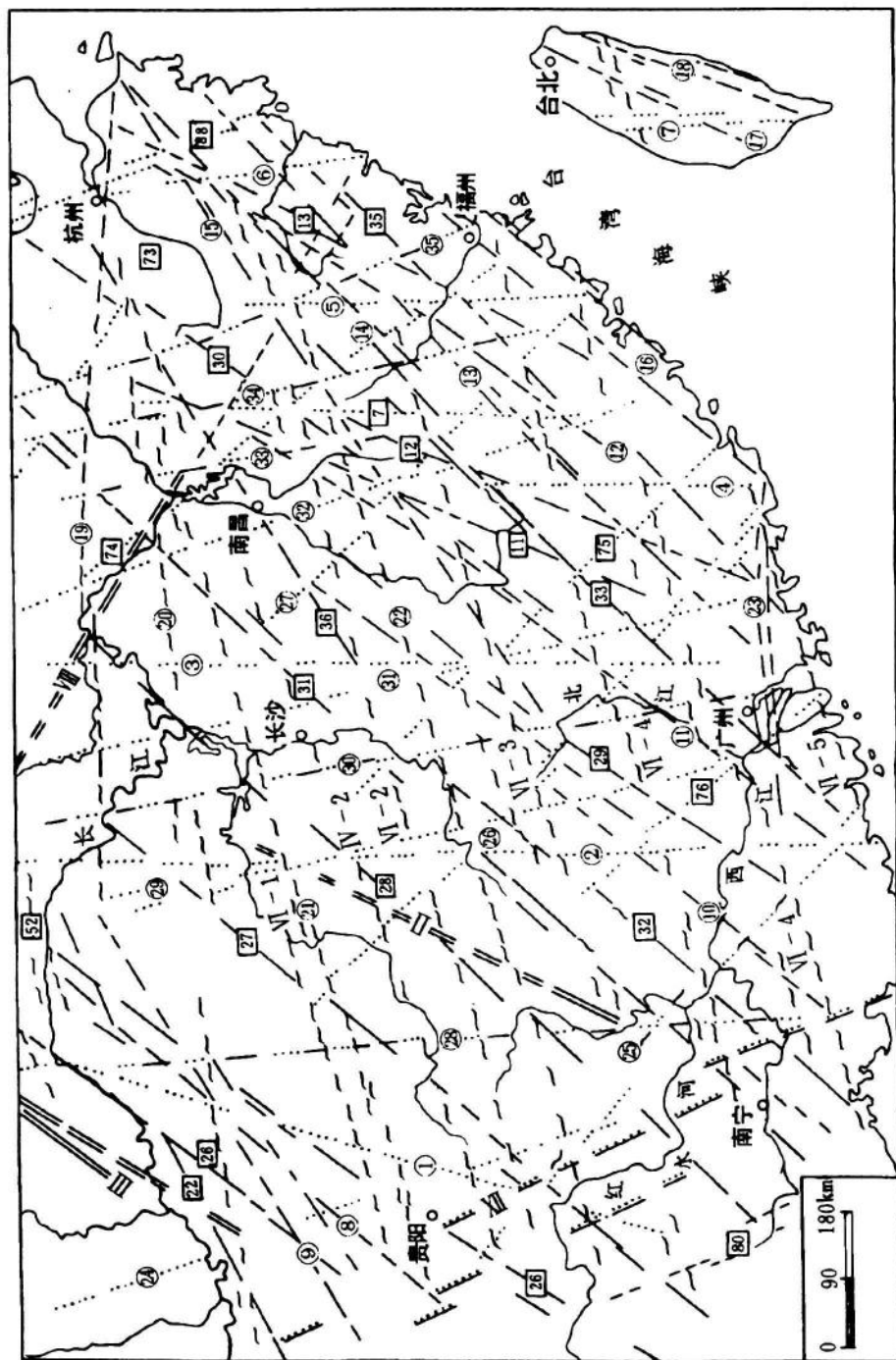


图1 主要线性构造带分布图

巨型带：1-张裂性，2-剪性；大型带：3-张性，4-剪性，5-压性，6-张裂性，7-压剪性，8-压张性，9-未定性；
编号：10-巨型带，11-1981年，12-本次号

下逐渐演化产生的。

此外，在研究区内存在大量的中小型线性体。随着所使用的卫星遥感资料比例尺的增大，可辨识的这类线性体数量也大大增加。实际上要把 1:50 万卫片上解译出的线体全部标出是很困难的，所以，在附图 1 上我们只是根据二百万分之一比例尺图件的需要对此做了很少的补充。大量线性体和环体直接而清晰地表明了本区地壳的活动性，只是在湘西北和黔西的局部地区，中小线体密度稍小，方向性也不甚集中，属于相对稳定区性质。从中小线体的方向看，最多的是北东东向和近南北向，北东向的也较普遍，北西向的相对很少，这不但反映了我们对大型线性构造带系统的综合是合乎实际的，而且也表明我们对大型构造带性质的判断是正确的，对本区构造应力场的分析也是有根据的。北西向中小线体较少，除了张性带引起其外围地壳形变较小的原因外，影像上阴影效果不突出也有一定影响。中小线体中还有相当一部分北西西向的，特别是沿石城—莲花—攸县—邵阳，英德附近以及广州—郁南—蒙江等地带，相对较集中，亦有一定的连续性，虽然尚未达到可归并为大型线性构造带的规模，但在分析全区构造形变特征时，也是一个不可忽视的方向。鉴于对南岭“纬向构造带”有不少文献中提及，解译时也给了一定的注意，结果发现，除了北东东和北西西向的以外，真正的东西向线体并不发育。

第二章 构造特征分析

在做了仔细、客观（先不对照地质资料）的解译之后，就要充分利用已有的地质资料，对所划出的线性、环形构造进行尽可能全面的分析和研究，目的在于从叠加在一起的复杂波谱信息中提取出那些主要时期主要构造活动的形迹。在这方面，地质资料可以帮助研究人员更深入地了解各线性构造在空间上诸特征所反映出来的时代意义。断裂和褶皱的发生通常晚于其所赋存的地层时代；断陷中的沉积覆盖通常发生在产生断陷的构造之后；沿构造带发育的岩浆活动时代通常与构造带活动同期或稍晚（照片 7）；覆盖着线性构造带的层位晚于该带的活动时期，等等。这些构造地质学中通用的方法，可尽量应用于线性构造带活动时代的确定中。影像特征所反映出各线性构造带的相对时代关系更理所当然是要认真研究的。如两组相交的构造带的先后关系（照片 8），在构造时代的研究中，空间与时间上的整体发展观念十分重要，也就是说，要充分考虑到地壳和构造过程的不均一性和继承性。一个时期沿某一方向的应力必然会引起其作用范围内地壳的某些形变，但这种形变并非在同一方向和距离内都是相同的；一个地区内的构造活动，特别是大规模的地壳运动，往往不是一次完成的，而是多发和具继承性的。在地层不完整，频繁和多方向构造运动叠加以及后期沉积覆盖等因素干扰下，根据卫星影像所划分的构造活动时期有时具有较大的相对性，但只要解译准确，资料使用得当，分析方法合理，卫星遥感技术就完全可以成为区域地质构造和成矿规律研究中的新的有力武器。

经过对每个主要线性构造带的仔细分析研究，得到了表 1 的结果。

从表 1 中可以清楚地看出，线性构造带的方向与其主要的力学性质有十分密切的关系：自北东 45° 至正东方向的构造带大都显示压性，尤其以 75° 左右最为明显；北西 320° 至正北范围内的构造带则以张性显示为主，且以 $345^{\circ}-0^{\circ}$ 左右为最清晰；在压、张为主的线性构造带延伸方向之间的其余方向构造带大都具剪切性质，其中在与张、压区接近的方向上，有些线性构造带具张剪、压剪的特性。这一相关关系可以通过华南主要线性构造带方向与性质的玫瑰图清楚地表示（图 2）。

这一重要情况表明，各主要方向的线性构造带不是孤立地发生和存在的，而是在成因上互相关联和成体系的，它们不同的性质显示也不是偶然的，而是遵循一定应力作用机制在地壳运动中的产物。

如果对主要线性构造带的活动时期进行分析，可以很容易地得到以下曲线（图 3）。我们认为，在一般情况下，线性构造带的规模和数量是可以反映构造运动的强度的。因此，图 3 可以很好地帮助我们认识华南地区地质历史上的地壳运动状况。图上明显地出现两个峰值，一个对应着约 4 亿年前的早晚古生代间晚加里东的广西运动，一个对应着中生代 1.3 亿年前后的燕山运动。前者波形宽缓，后者陡峭。这就说明，本区经历了两期主要的构造运动，早期构造运动贯穿于整个古生代，持续较长而没有明显的剧烈起伏，逐渐加强至广西运动前后达到鼎盛，然后逐渐减弱。在古生代与中生代之间的海西运动时期，本区构造活动很弱，基本上是个宁静期。中生代以来，地壳运动急剧增强，在较短时间内，于 1.3 亿年前后达到燕山运动的最强活动期，成为本区构造史上的突出特色。

现在，再将构造运动的时间与主要线性构造带的方向、性质联系起来做一分析不难看出，与压应力作用方向基本一致的张性构造带主要集中于北西 $315^{\circ}-320^{\circ}$ 和近南北的

表 1 华南各主要线性构造带的特征一览表

编 号	走向 (度)	名 称	规 模 长×宽 (km)	性 质	主 要 活 动 时 期						
					Ar	Pt	Pz ₁	Pz ₂	T	J-K	K ₂
N-2	0	黄陂庙-罗定	1000×30	T		—	—		—		
N-3	0	孝感-增城	900×30	T		—	—	—	—		
N-4	0	宜黄-梅县	480×50	T		—		—	—	—	
N-5	0	浦城-泉州	430×20	TS		—		?		—	
N-6	0	吴兴-青田	500×20	TS			?	—	—	—	—
N-7	0	苗栗-枫港	280×30	TS							—
7	5	龙 岩	700	T(?)						—	
N-1	10	万县-贵定	800×50	(T)CS		—		—		—	
N-28	350	万源-浦北	1100×30	T(C)S		—	—	—			
N-30	345—350	益阳-英德	1000×30	TS			—	—		—	
N-33	345—350	五河-蒙川	400×20	TS(?)			—				—
N-34	345—350	安庆-安溪	720×20	T(S)		—	—	—		—	—
N-29	345	榔坪-高明	900×40	T(?)						—	—
N-31	345	钟祥-河源	1050×20—50	T			—		—	—	—
N-32	345	黄冈-蕉岭	1050×20—60	T			—	—	—	—	—
11	25	昌 江	1200	S					—		
12	25	武夷山	500	S						—	
13	25—30	政 和	780						—		
II	30	爱辉-聊城	3240	S				—		—	
N-17	30	台北-高雄	310×15	S(I)							—
N-18	30	花莲-枫港	300×20	S(?)						—	—
(III)	33	兴安岭-大娄山	3800	S	—		—	—		—	—
N-8	35	房县-黔西	>700×10—50	S					—	—	—
N-11	35	东乡-四会	1000×30	TS						—	
26	40	伊 河	1000	S						—	—
27	40	武陵山	2000	S		—	—	—	—	—	
29	40	桂 东	700	S					—		
30	40	屯 溪	800	S			—	—		—	—
N-10	40	莲花-蒙江	800×20—50	TS						—	
N-12	40	政和-大埔	760—960×30	TS						—	
N-16	40	霞浦-汕头	600×60	S(?)						—	—
28	42	武 汉	>800	S					—		
31	45	衡 山	1800	(C)S		—	—	—	—		
32	45	钦 州	1500	(C)S					—		
33	45	邵 武	800	(C)S					—		

续 表

编 号	走 向 (度)	名 称	规 模 长×宽 (km)	性 质	主 要 活 动 时 期						
					Ar	Pt	Pz ₁	Pz ₂	T	J-K	Kz
34	45	沙溪河	450	(TC)S					—		
35	45	温 州	700	(TC)S					—		
36	50	南 昌	600	(C)S			— — —		— — —		
N-13	50	青田-河源	>900×30	TS						— — —	
N-14	50	奉化-顺昌	>800×30	TS						— — —	
22	50-55	会 理	2400	S			— — — — —			— — —	
N-9	55	黔江-赫章	960×40	CS					—		
N-15	60	宁波-万安	800×20	CS(?)		— — —				— — —	
N-21	70	余庆-益阳	680×30	CS(1)		— — — — —				— — —	
Ⅵ	75	华南压性带		C							
Ⅵ-1		武陵山-幕阜山	>1400	C		—			—	—	
Ⅵ-2		南盘江-信江	1800	C			— — —	— — —	— — —	— — —	
Ⅵ-3		桂西-南岭	1200	C			— — —		— — —	— — —	
Ⅵ-4		郁江-潏水	1260	C					— — —	— — —	
Ⅵ-5		古斗山-莲花山	>540	C					— — —	— — —	— — —
N-22	75	吉羊-丽水	1200×30—70	C		—	— — —	— — —		— — —	
N-20	80	赶水-瑞昌	880×50	CS(r)			— — —	— — —	— — —		
(52)	85	大巴山	240	C		—	— — —	— — —			— — —
N-23	85-90	新兴-陆丰	440×20	(C)S		— — —	— — —	— — —		— — —	— — —
N-19	90-95	恩施-余姚	1150×50	C(?)			— — — — —	— — — — —	— — — — —		
Ⅶ	310	西昆仑-武当山	>3800	S			— — — — —	— — — — —	— — — — —		
N-25	310	安顺-阳江	800×40	C(T)			— — —			— — —	
N-26	310	松桃-陆丰	880×40	T(C)		— — —				— — —	
75	315	涿 水	630	T			— — — — —	— — — — —	— — — — —		
N-27	315	仁和-南安	440×20	T					— — —	— — —	
Ⅷ	320	牙曼苏-南丹	>3400	TS?			— — —		— — —		
73	320	颍 河	800	T					— — —		
74	320	鄱阳湖	660	T		—	— — —		— — —		
76	320	绥 江	400	T						— — —	
80	330	滇 东	800×30—40	T				— — —		— — —	
89	335	洞庭湖	400	T					— — —	— — —	
88	340	京 杭	1500	T(?)				— — —		— — —	
N-24	340	绵阳-马山	950×20	T(CS)			— — — — —				
N-35	340	将军庙-连江	600×20	T(S)		— — — — —				— — —	

T—张性；C—压性；S—剪切；S(1)—左旋；S(r)—右旋；(?)—不甚肯定

345°—0°附近，而后者的活动时期一般都早于前者。以古生代活动居多，前者则以燕山

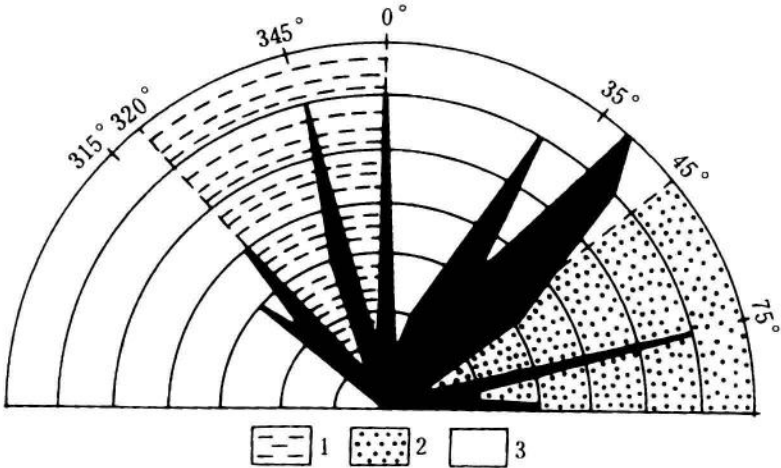


图2 主要线性构造带方向与性质的关系
1—张性区；2—压性区；3—剪切区

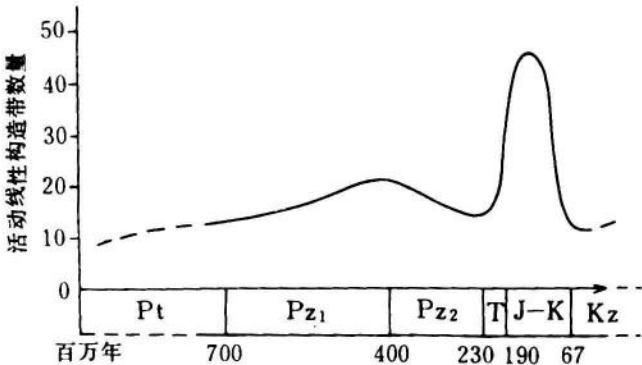


图3 各地质时代主要线性构造带活动数量曲线

期为主。大致与张性带垂直的压性带（以及压剪带）也显示了类似情况，即 75° 及其相近方向的压、压剪性带大都于古生代就陆续有活动，而 45° 附近的一组压剪性带则普遍较晚，以燕山期活动为主。由此可知，古生代本区经历了一次近南北（偏西）向的大规模压性地壳运动。由于当时地壳相对较薄而且塑性较强，在压应力作用下，产生了一系列区域性北东东向的巨大褶皱隆起与拗陷，同时出现的还有近南北、北北西向的张裂和一些北东、北西向的共轭剪切构造。到了燕山时期，强烈的地壳运动在原来近南北的背景上发生方向上的偏转，成为北西-南东向的强烈挤压。这时，地壳已大大增厚，刚性也有所增

强，于是其所引起的形变已以断裂形式为主，加上早期运动已使地壳性质和厚度出现了一定程度不均匀的背景，所以这期构造运动的结果是出现一系列北东向叠加的压剪构造带，由于应力传递的波动方式，造成沿这一方向发育的隆-坳断块。同时产生的还有一组北西向的张性构造带以及配套的斜向共轭剪切构造系统（图 4）。

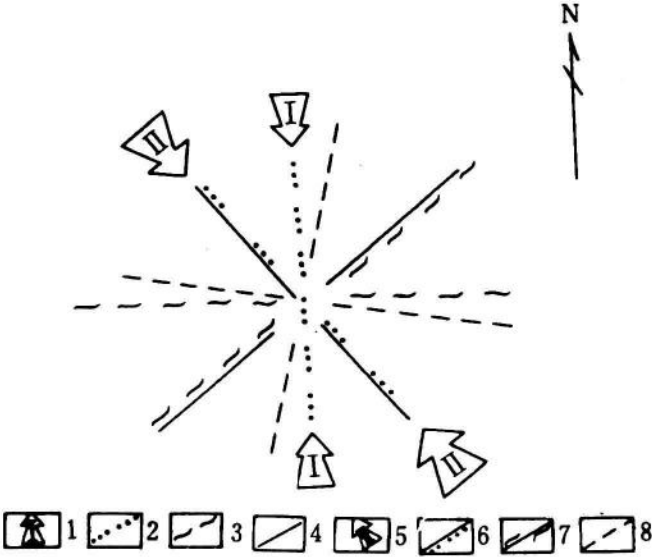


图 4 华南地区两次主要构造运动示意图

第 I 期（古生代）构造运动：1—主压应力，2—张性带，3—压性带，4—共轭剪切带；第 II 期（中生代）构造运动：5—主压应力，6—叠加的张剪带，7—叠加的压剪带，8—共轭剪切带

以上分析，基本符合华南地区地质工作者长期以来工作所得到的实际资料所反映的情况。日本的 Kenshiro Otsuki 对东亚地区的陆地卫星遥感资料研究后，也得到了关于区内主要构造应力由近南北逐渐偏转向北西—南东的看法^{〔28〕}。这些认识，与华南地区卫星影像构造分区及其所反映的地壳结构状况也达到了较理想的一致，不过只是对由于地壳不均匀、地壳运动也不平衡所产生的某些局部现象和细节有待进一步的详细厘定罢了。

第三章 影象构造分区

大规模的地壳运动不仅造成方向、性质和大小不等的线性构造带，而且必然在古地理、沉积环境和岩浆活动等方面全面地影响着其所波及地区的地质历史演化。反过来看，从地质建造的特点出发进行研究，自然也会提供许多推断地壳运动发展的依据，对由分析线性构造带特点所提出关于地壳运动的认识也是一个检验。从改造还是从建造入手来研究地质构造问题，曾是一些主要大地构造学派的重要分歧之一，围绕着地质构造研究中侧重建造还是改造曾有过较激烈的争论。如前所述，我们的工作是从构造形变研究出发的，这是因为卫星遥感最大的优点在于提供宏观、客观和直观的表层形变特征，而其弱点则是对

地物成分的判别能力低以及较难区分长期地质作用形迹在表面的叠加。尽管如此,我们仍然充分了解对建造做深入研究的重要性:它不仅对改造研究的结果是个验证,而且甚至是地质构造研究的主要目的之一,只有弄清在构造运动中地壳物质的变化规律,才能推进人们对矿产形成与分布规律的认识。然而,在地质构造中对建造的研究也有它的不足之处,那就是由一点一滴的地质现象入手不但冗长繁琐,而且难免有时不自觉地舍本求末甚至以偏代全。因此,在对地壳形变宏观研究的基础上,选择关键部位深入进行建造的综合工作,充分发挥卫星遥感技术的特长,探索遥感-构造研究的新的有效途径,也是遥感地质工作者的一项重要任务。

关于华南地区的构造区划,自1945年以来已相继有黄汲清⁽⁸⁻¹¹⁾、陈国达^(12、13)、李春昱⁽¹⁴⁾、张文佑⁽¹⁵⁾等教授主持或指导发表了一系列小比例尺的图件,分别以多旋回、地洼、板块和断块观点,依据本区地质建造基本特点划分了一些构造单元,我们的这部分工作,是在对区内线性构造解译和研究后,将卫星影像二百万分之一镶嵌图上显示的面性影像特征与地质建造资料进行综合分析的结果。

前面谈到,本区在地质史上经历了两次大规模的压性地壳运动。古生代的一次延续时间较长,在约4亿年前活动最强,压应力方向以北北西-南南东为主,作为本期构造运动的结果,在卫星影像上突出地显现了一组巨大的北东东向形变带,其中最醒目是:呈北东东向伸展的萍乐坳陷带(它是华南按各种观点进行构造区划时都不可忽视的要素之一);一组大致等距分布的北东东向大型线性带和梧州-德化一线的一系列北东东向延展的大型花岗岩体。对区域地层的宏观分析可发现,由北向南区内呈现一系列北东东向延伸的隆起-坳陷相间的构造带。中生代的地壳运动以时间较短但极其强烈为特点,压应力方向偏转到北西-南东为主,由此产生了一系列北东东向的构造形变,在卫星影像上反映突出的有:东南沿海呈北东发育的侏罗-白垩纪中酸性火山岩带;一组清晰的北东东向线性构造带;沿永安-梅县一带出现一些北东东向拉长的断陷;川黔一带北东东向延展的褶皱山系。分析沿这一方向地层的变化也可发现,由北西至南东也有一系列断隆与断坳相间的块断出现。尽管由于强烈和多期的岩浆活动和由此产生的众多环形构造的干扰,以及东北部和西南部巨大北西向线性构造的分割,在本区仍可判别出一个由北东东-南西西和北东-南西两组主要构造方向组成的菱形网格状基本构造格局。据此,我们对华南的影像构造单元做了如下的划分(图5):

- I 浙闽粤影像区
 - I₁ 东南沿海影像带
 - I₂ 永安-梅县影像带
 - I₃ 武夷山影像带
- II 赣湘粤影像区
 - II₁ 九岭影像带
 - II₂ 萍乡-邵阳影像带
 - II₃ 武功山影像带
 - II₄ 南岭影像带
 - II₅ 肇庆-博白影像带
- III 湘黔影像区