

中国大陆内的板块构造和 华北地区的地震预报

杨理华

(河北省地震局)

前 言

多年来,我国科研、教学和生产工作者通过艰苦的劳动,取得了一批可喜的地学研究成果^[1~18]。在运用板块学说解决我国的生产和实践问题方面正在或将要取得更大的成绩。

我们试图运用板块学说的观点,在中国大陆上作一初步划分,其目的是为了作地震预报和地震危险区区划。几年来虽然在华北地区地震预报中有一定效果,但这项工作还很粗糙、肤浅,甚至有缺点和错误以待纠正。

多年来地学所积累的资料表明,在岩石圈上可以划分板块^[1-4]。板块构造表现在海洋区,也表现在陆地上。在中国大陆上,古老块体之间的运动边界带,虽然遭到了破坏和掩盖,但往往又被后期的构造运动所加强和复活,仍然表现为明显的地质构造带、地球物理异常和地震活动带。根据这三条标准来确定大小块体之间的关系,找出边界带。研究板块之间的运动,无论是俯冲、仰冲、升降、挤压、扭动、裂开、旋转等,以及它们之间错综复杂的运动,都将在块体边界带内造成应变能的累积和释放而发生大震。

基于上述见解,本文拟从板块构造边界带,以及边界带之间的关系和反应出来的地震活动性,以及应该反应的地震活动性,来讨论我国,尤其是华北北部地区强震发生的地震地质背景。

一、中国大陆内部两条最大的板块边界带

(一)东西向展布的昆仑山、秦岭构造带把中国大陆划分为两个大区域—南方区和北方区。

昆仑山、秦岭、大别山东西向构造带经太湖以北,东延入海,为略向南弯曲的,南北边界均不整齐的宽带。主要是由古生代加里东和海西运动形成的大型褶皱断裂系统组成。

秦岭大断裂带西起青海湖之南,向东沿至大别山北麓,断裂延长达一千七百多公里。沿秦岭断裂有断续出露的基性和超基性岩带。

秦岭以南地层属地槽型沉积;以北则属地台型沉积。因此,秦岭是分割我国华南与华北的显著地质界线。

在西秦岭有混杂岩堆积,分布可达青海湖以南。在东秦岭陕西山阴县境至河南南阳的独山,有板块俯冲带上的产物—蓝片岩带,延长达二百多公里^[3]。

叶大年等^[17]通过信阳变质多硅白云母(3T和2M)及C类榴辉岩矿物和岩石学的研究,证明该变质带是板块俯冲带上的产物,确属高压低温相系,有板块消减带典型的温压特征。由于目前的C类榴辉岩主要发现于环太平洋的中新生代造山带和阿尔卑斯变质带中,这些都是板块消减带。因此,我国东秦岭地区发现的C类榴辉岩说明这个地区是中生代以前的古板块消减带。

合肥工大罗庆坤把大别山及其西延的桐柏山看作华北板块与华南板块之间的古海沟带,并与西部的秦岭海沟相连。马少龙在研究秦岭东段变质带的分布与板块构造关系时,提出秦岭东段由北到南有六个变质带,并有成对变质带,他认为这是板块俯冲带由北向南退缩形成的。

喜马拉雅运动的晚期,在东秦岭北麓形成断层三角屋,出现渭河地堑型断陷盆地。渭河谷地从宝鸡经西安草滩到华县城南为一条上更新世断裂,断层已错开了黄土层,沿断层带有温泉出露。说明新构造运动比较活跃。

据物探资料,秦岭、大别山及其以东,地壳厚度比南北两侧要薄一些。物探资料为负磁异常带。在人造地球卫星所测到的重力异常图上,也是一条略近东西走向的异常带。

从地震活动上看,沿秦岭构造带北侧有一系列历史大地震发生,最大地震是1556年1月23日陕西华县8级地震和1654年7月21日天水8级地震。因此,秦岭构造带也是地震带。

(二) 南北向展布的横断山、龙门山、六盘山、贺兰山构造带又把中国陆台划分为两个大区域—东部区和西部区。

南北构造带是分开我国东西两部分的分界带。由一系列规模巨大的、活动显著的断裂、褶皱带组成。对中国大陆上的地壳发育有重要的分割作用。南北构造带以东主要为中生代燕山和海西期火成岩侵入,而西部则以古生代加里东火成岩活动为主,说明东西两部分岩浆分异的时间不同。在构造线的走向上,东部为北东和北北东向;而西部主要为北西和北西西。沿南北构造带有一系列断续分布的超基性岩侵入体,可能是古老的洋壳物质由深部侵入的。

在地球物理方面,南北构造带正好位于中国区域重力高向重力低急剧降低的梯级带或呈条带状的负异常带上。以东,一般为 $\pm 0 \sim 160$ 毫伽平稳变化的重力场;以西,为 $-200 \sim -450$ 毫伽的负异常带。重力场的分布特征表明中国大陆沿南北带两侧地壳厚度及结构迥然不同。南北带南部重力梯级带两边地壳厚度差异尤为显著,其东部如在华南一带约为30公里左右,在康定、渡口一带为40—50公里;以西到青藏高原地区,地壳厚度剧增到50—70公里。南北重力梯级带从北部银川经天水、西昌到昆明以南,宽达200—300公里。

南北构造带上的地震活动相当强烈,因此是一条地震带,历史地震通过龙门山、岷山穿过西秦岭而贯通中国南北,大地震的迁移也来回跳过秦岭构造带。看来,南北地震带的最新构造活动比秦岭的新活动还要晚。

根据上面对于巨大的东西向构造带和南北构造带的讨论,我们认为南北构造带所分开的东西两个地区所表现的地质、地球物理和地震活动方面的特点更为突出。换句话说,在中国大陆上划分板块时,首先要考虑南北构造带,其次才考虑东西构造带。

二、中国大陆的十个板块

(一) 中国西部

西部板块构造的发育,主要受印度板块的影响。据我们在中国西部,尤其是在珠穆朗玛峰和西藏地区工作的结果,有机会看到印度板块与我国西部的互相作用而产生的一系列地质现象〔8〕。近东西向的喜马拉雅弧形褶皱山系的形成是大陆板块对大陆板块碰撞的结果。在印度板块向北顺一条消减带俯冲到亚欧板块下面时,大洋地壳被挤出,形成了顺雅鲁藏布江河谷出露的超基性岩带和混杂岩。它们代表两个大陆碰撞的地缝合线。而印度—藏南板块向南仰冲、挤压的结果,形成了喜马拉雅山系。

印度板块的这种向北俯冲作用,一浪推一浪的向北推移,影响到横亘于我国西部地区一系列东西向山系的形成,可能都是在较古老的巨大的印度板块推动下,使南面的一个较小板块相继俯冲到亚欧大陆下面,结果,由于这种构造作用的推动,出现了西部的若干板块和山系。

1. 准噶尔板块,向南仰冲产生天山山系。天山主要为加里东—早海西褶皱带。在地球物理上是重磁异常带。也是我国著名的地震活动带。

2. 塔里木—阿拉善板块,向南仰冲产生西昆仑山、阿尔金山和祁连山。上述山系都是加里东褶皱带。它们也是地球物理异常带和地壳厚度的转变带。在昆仑山、阿尔金山、祁连山区都有强震活动,因此,都是地震活动带。

3. 柴达木板块,向南仰冲产生东昆仑山。东昆仑山褶皱带沿柴达木南缘和西藏东部向南东延伸为加里东—海西褶皱带。整个昆仑山区在地球物理异常上的反应是类似的。东昆仑山、阿尔金山和祁连山区都是强震活动地带。

4. 乌丽板块,向南仰冲产生唐古拉山。唐古拉山是印支运动褶皱升起的,是我国西部地壳厚度变大的地区,地壳厚度近70公里。在该地区多次发生6级地震。

5. 藏北板块,向南仰冲产生冈底斯山—拉萨—波密褶皱带。它是燕山运动形成的褶皱、断裂和火成岩侵入带。这个带是地壳增厚的板块构造接触带,曾多次发生6级以上地震,并有7级地震发生,是明显的地震活动带。

6. 藏南板块,向南仰冲造成喜马拉雅山系。为新生代喜马拉雅运动形成的向南凸出的弧形构造带。在地形及地壳厚度上都处于梯级带上,以北,地壳厚度50—70公里;以南,受东西向主边界断裂分割出现了巨大的西瓦里克断陷带,地壳厚度急剧变薄到30公里左右。喜马拉雅弧形山系地区不但是举世闻名的新构造带,也是著名的地震活动带。

7. 松潘、阿坝板块,周围都是板块构造边界带。它是印度板块、太平洋板块和亚欧板块三足鼎立的结果。松潘、阿坝板块在平面上呈倒三角形,其北界为秦岭西延部分,东界为龙门山,西界为昆仑山的东南延续部分至大雪山。倒三角形的下部顶端位于康定、泸定地区,其东界龙门山构造带为北东向,是太平洋板块向中国东部俯冲而改造的最西部的一条构造边界带。其北界西秦岭为亚欧古老板块上的古老但又有新活动的边界带。其西界与中国西部构造线一致,为北西向。1973年2月6日炉霍7.9级地震和历史上1923年3月24日炉霍7.5级地震、1955年4月14日康定康定7.5级地震均发生在这个板块的西部边界上。

(二) 中国东部

我国东部的板块构造,除了古老的亚欧板块上的已有边界带而外,主要受太平洋板块向西俯冲的影响,产生新的边界带。因此,存在两种板块边界带,一种是亚欧板块上的古老但有复活的边界带;另一种是太平洋板块作用的新产物。

8. 东北板块,南部为阴山构造带。当受到太平洋板块俯冲时,东北板块向东南仰冲,产生吉林褶皱带、张广才岭和长白山。沿吉林珲春至黑龙江穆稜一带为深震区;震源深度达600多公里。

9. 华北板块,北界为阴山东西向构造带,包括狼山、大青山、阴山、燕山和千山山系。由一系列东西向或近于东西向大断裂、褶皱带及岩浆体组成的山系,是分割东北和华北两个板块的巨大地质界线,长期以来控制着地质发展和地壳运动。沿阴山、燕山构造带,地壳厚度约在40—45公里。阴山构造带南缘多次发生强震,是我国有名的地震活动带。

最近,河北地质学院、吉林省地质局都在阴山构造带北部找到了古板块俯冲带的证据。指出在加里东早期,有一套完整的火山—沉积旋回。在富含碳酸盐的深(远)海环境中形成细碧角斑岩建造。晚期,则以深(远)海相硅质化学沉积为主,形成硅铁建造。最晚期,出现一套绿泥绢云母石英片岩为主体间夹有混杂绿泥细碧岩、细碧质凝灰岩团块等特殊岩组。说明华北板块北界阴山构造带地区是古大洋盆地或古海盆。在海盆内分布着超基性岩体,以蛇纹石化纯橄榄岩为主的辉石岩—辉石岩杂岩体。上述超基性岩与绿岩、硅质岩密切伴生,构成蛇绿岩套。兰闪石片岩广泛分布,沿断裂形成南北两个带。并有一个宽达6、7百米的混杂堆积带。以上事实表明,华北北部的阴山构造带是一条典型的古板块俯冲带,是北部板块俯冲在华北板块之下。

华北板块的南界是秦岭—大别山构造带。主要是古生代加里东和海西褶皱带。由一系列大型褶皱、断裂组成。据物探资料,地壳厚度比南北两侧均薄。在重力图上为重力高异常带。

华北板块的西界为六盘山、贺兰山,是巨大的南北地震构造带的一部分,其地质、地球物理和地震活动特征,前已述及,不再重复。

华北板块的东界在郯庐断裂带以东,推测已进入海域内。在陆地上的辽东半岛、山东半岛和长江口以北的我国黄海沿岸地区,仍然是华北板块的组成部分。

10. 华南板块,位于秦岭、大别山以南和南北带以东,包括台湾和海南岛在内的广大地区。华南板块早期向华北板块下面俯冲,晚期受太平洋板块俯冲而相对向东南仰冲。在华南板块,尤其是靠近沿海地区,有多期火成岩侵入并向太平洋板块俯冲带方向由老到新呈带状分布。靠近沿海及台湾岛、海南岛均有新生代玄武岩和火山分布。在华南地区由于多期火成岩的侵入作用,造成对断裂的封闭、焊接,并使地壳硬化程度变低。多期火成岩的侵入,又使华南沿海地区能量耗损于地质历史上,这也是近期能量释放减少的原因之一。郭令智等同志对华南地区作了很有意义的工作,未来将有重要突破^[15—16]。

台湾岛的地震活动在我国华南板块地区是比较特殊的。它是在新生代时期太平洋板块俯冲时,于第三纪末期华南板块仰冲时甩出的一块陆地而形成的。台湾岛与其他岛屿构成岛弧带,台东山以东又是深海沟,台湾位于太平洋板块和亚欧板块之间的地带,作为板块边界带附近,新构造和火山活动强烈,它有频繁的地震活动也就不奇怪了。

三、华北地区的地震预报

下面我们将介绍根据华北板块及其内部小板块之间的现代运动,在近几年,尤其是海城

地震前后运用地震地质方法划分地震危险区进行地震趋势预报的概况。

(一) 华北地区板块构造边界带

华北板块西界为贺兰山、六盘山南北向褶断带，北界为阴山东西向褶断带，南界为秦岭、大别山褶断带，东界在海域内（图1）。它们都是亚欧板块上古老的俯冲挤压带。

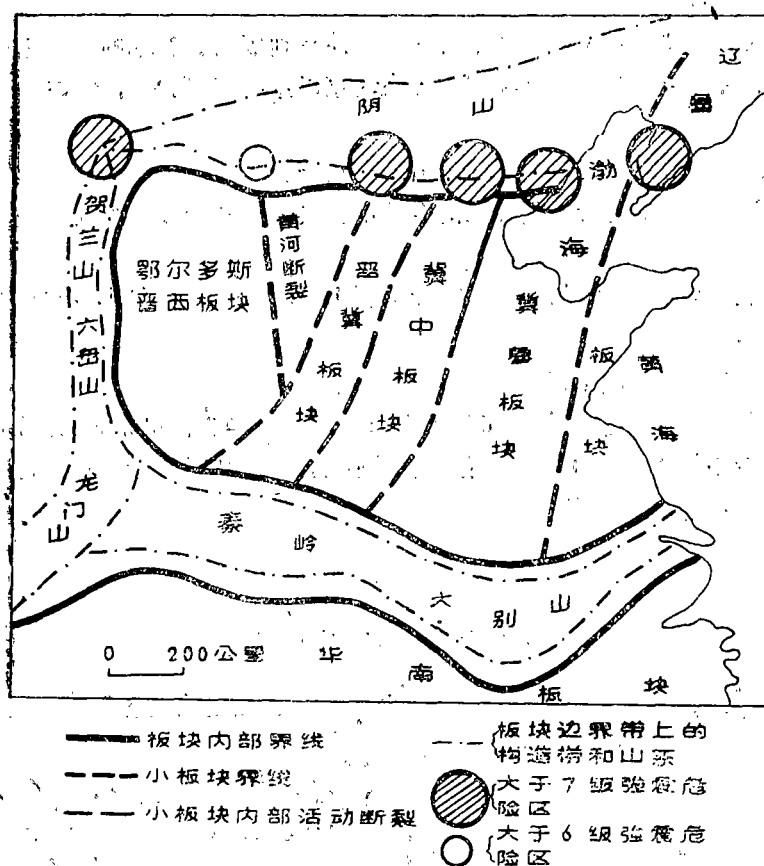


图1 华北板块构造及华北北部强震危险区预测图

在华北板块内部有四条特征显著的构造带，也是小板块的边界带：①山西隆起区断陷构造带，②太行山山前断裂带，③沧东断裂带，④郯庐断裂带。这些构造带是太平洋板块俯冲的产物，它们均具张裂谷性质，后期又受到挤压。因此，华北板块内部又划分出5个小的板块（参看图1）。在鄂尔多斯、晋西板块内部有一条规模较大的活动断裂—黄河断裂。

(二) 华北北部强震发生的地震地质条件

1. 两个板块边界带的交会和接触并伴随新生代断陷盆地地区，具备发生7级以上地震的条件。
2. 板块边界带上伴随有较大的新生代断陷盆地地区，也具备发生7级以上地震的条件。
3. 板块内部活动断裂带与板块边界带交会、接触并伴随有新生代断陷盆地地区，具备6级以上地震发生的条件。

4. 对于断陷盆地, 除了被板块边界带控制这个条件而外, 在断陷盆地内有横向构造和深部地球物理异常的部位, 发震的可能性大。

(三) 华北北部强震危险区

7级以上地震危险区

(1) 六盘山、贺兰山褶断带北端与阴山褶断带交接的河套断陷盆地地区, 涉及到磴口、临河、五原、抗锦后旗和狼山一带。

(2) 山西断陷带东北端与阴山褶断带交会区, 涉及到蔚县、怀来断陷盆地一带。

(3) 太行山山前断裂带与阴山褶断带交会在北京以东的三河、平谷、大厂、香河、宝坻一带。

(4) 沧东断裂带与阴山褶断带交会在唐山、滦县一带。

(5) 郯庐断裂带与阴山褶断带交会在渤海北部、松辽盆地和辽东半岛一带。

6级以上地震危险区

(6) 鄂尔多斯、晋西板块内部的黄河断裂与阴山褶断带交会在包头、呼和浩特、土默特旗、和林格尔一带。

(四) 海城地震前后的中期预报

在地质历史上, 华南板块曾向华北板块下面俯冲, 而华北板块相对向南仰冲翘起, 尾部折断在阴山褶断带南缘(图2)。上述作用在现代构造运动中以波动性、振荡性方式又开始复活, 并通过地震活动表现出来。

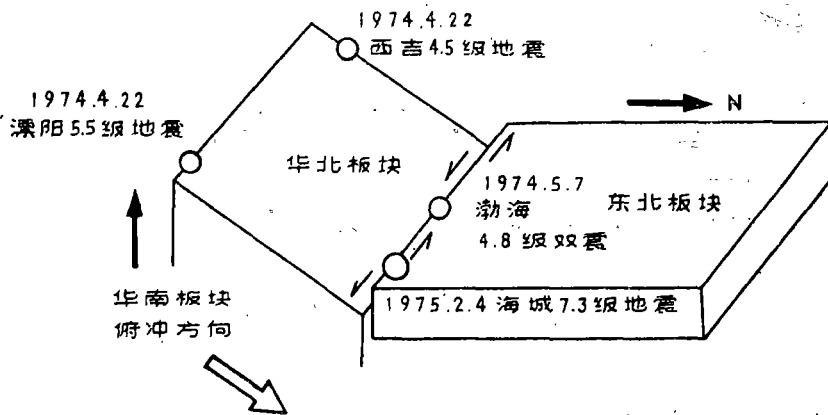


图2 华北板块构造运动与地震活动示意图

1974年4月22日8点30分在江苏溧阳发生5.5级地震, 当天20点24分在宁夏西吉又发生4.5级地震。这表明华北板块的南界为头部翘起引起溧阳地震, 西界也伴随活动产生西吉地震, 在华北板块的北界尾部折断处—阴山褶断带上, 应该连续发震。

1974年5月7日6点32分和6点36分在阴山褶断带通过渤海地区附近的乐亭、昌黎以东海域内发生两次4.8级地震。这次双震是阴山褶断带上强震发生的信号。

1975年2月4日海城7.3级地震表明, 华北板块在向北翘起的基础上又向东仰冲滑动, 使得海城震区北西西(近东西)向断层产生北盘向西, 南盘向东错开呈左旋扭错。

海城地震发生在华北板块内部的郯庐断裂带与阴山褶断带的交会部位。因此我们有必要看看历史上在郯庐断裂带上发生强震后的趋势发展。以17—18世纪本区发生的8级地震为例,看地震在相邻板块边界带上向西迁移的过程。例如1668年7月25日山东临沂8.5级地震发生在郯庐断裂带中南段。过11年,1679年9月2日在太行山断裂带通过北京以东的平谷马坊,发生了8级地震。再过16年,到1695年5月18日在山西断陷带南段的临汾,发生8级地震。到1739年1月3日在西界的宁夏平罗又发生8级地震。这一连串大地震的活动过程是以华北板块东部开始的,而终于西部边界。历史上这种大震西迁现象,应予以重视。尤其是第一个过程,两个地震仅隔11年就在邻近的小板块边界带上发生,如果是7级左右地震相隔时间应该更短。

上述历史大地震的西迁现象,是在华北地区近东西向压应力场的统一作用下,华北板块内部各小板块南北相互交错运动所产生的地震呈南北跳跃式的向西迁移。

当海城地震发生,表明强震已进入东西向阴山构造带以后,由于这个构造带的控制,不易再南北跳跃,而是由海城沿此带向西迁移,从而影响到前述华北北部的强震危险区。

最靠近海城震区的危险区是唐山、滦县地区,其危险性更大。海城地震后,大震将西迁,在华北北部有5个地区可能发生6级以上地震。

1976年根据中期预报意见,我们把工作重点放在思想深处最担心的唐山、滦县地震危险区,并于6月20日派出考察队进入现场,经过30多天,考察了唐山、滦县、迁安、卢龙四个地区,于7月26日结束现场考察,在研究总结考察成果时,唐山、滦县两个强震于7月28日发生了。

1976年地震发生的实际说明,在预报的5个6级以上地震危险区内,有3个地区发生了强震,它们是:1976年4月6日内蒙和林格尔6.3级地震;1976年7月28日唐山7.8级和滦县7.1级地震;1976年9月23日在宁夏磴口县境内发生的6.2级地震。

参 考 文 献

- [1] 黄汲清、任纪舜、姜春发、张之孟、张正坤,对中国大地构造若干特点的新认识,地质科学,1974年第1期。
- [2] 张文佑、叶淇、钟嘉猷、张木生,从断块错动和层间滑动初步探讨震源空间分布和震源力学状态的关系,地质科学,1973年第4期。
- [3] 李春昱,再谈板块构造,西北地质科技情报5,1973年。
- [4] 傅承义,大陆漂移、海底充张和板块构造,科学出版社,1972年。
- [5] 曾融生,莫霍界面的重力补偿和地壳结构的基本模式,地球物理学报,1973年第16卷,第1期。
- [6] 张文佑,中国主要断裂构造系统的应力分析,科学通报(19),1960年。
- [7] 李春昱,用板块构造学说对中国部分地区构造发展的初步分析,地球物理学报1975年,第18卷,第1期。
- [8] 杨理华、刘东生,珠穆朗玛峰地区的新构造运动,地质科学1974年,第3期。
- [9] 李钦祖、王泽皋、贾云年、靳雅敏,由单台小地震资料所得两个区域的应力场,地球物理学报1973年,第16卷,第1期。

因为地震记录仪器都有一定的频率响应范围,而传播介质亦有波作用,因此讨论位移频谱比较合适。在式(2.25)中令 $S=i\omega$,即得位移频谱函数。

当 r 很大时,即当 $r^2 \gg r$, $\exp\left(-\sqrt{-\frac{\omega}{2\kappa}}(r-a)\right) \ll 1$ 时,由于高频成份吸收

很快,即 $\omega \ll \frac{C_1}{a}$ 则由(2.25)可得远处记录到的位移频谱应为:

$$|\bar{U}(\omega)| \approx \left[-\frac{(\sigma_0/\rho + C_2^2 \alpha T_0)^2 a^4}{16 C_1^2 C_3^4} + \frac{C_2^4}{C_1^4} - \frac{\kappa^2 a^2 T_0^2}{\omega^2} \right]^{1/2} \cdot \frac{a}{r}; \quad (2.26)$$

式(2.26)中第二项反映了温度对位移频谱的影响;频率愈小,影响愈大。如不考虑温度的影响,位移频谱就近似与频率无关,看来,在空洞中产生的高温 T_0 将对长周期的位移频谱有较大的影响。

根据上述分析:若设计和安装长周期的地震仪,有可能预先记录到大地震的前震以及鉴别地下核爆炸的能级。

参 考 文 献

- [1] Boleg, B.A., and Weiner, J.H., Theore of Thermal Stresses, New York, 1960.
- [2] 帕尔库斯, H., 非定常热应力, 科学出版社, 1965.

(上接第36页)

- [10] 时振梁、环文林、武宦英、曹新玲, 我国强震活动和板块构造, 地质科学1973年, 第4期。
- [11] 魏顺民、李志义等, 唐山地震区区域构造背景和发震构造模式的讨论, 地质科学1977, 第3期。
- [12] 张文佑、钟嘉猷, 中国断裂构造体系的发展, 地质科学1977年, 第3期。
- [13] 郭增建、秦保燕等, 从水平和垂直力的相互作用讨论我国境内地震的孕育和发生, 地球物理学报1977年第20卷, 第3期。
- [14] 叶洪等, 喜马拉雅弧形山系及其邻近地区现代构造应力分析, 地质科学1975年, 第1期。
- [15] 郭令智、施央申、马瑞士, 论古海沟岛弧系的研究方法及其意义, 福建地质1977年, 4。
- [16] 郭令智、施央申、马瑞士, 论现代海沟岛弧系和海沟形山脉系的形成和演化, 福建地质1977年, 4。
- [17] 叶大年、李达周、董光复、邱秀文, 信阳变质带的3T型多硅白云母和C类榴辉岩及其大地构造意义, 科学出版社即将出版。
- [18] 李志义等, 对我国地震地质特点的一些初步认识, 地质科学1974年, 第4期。