

中国南北地震带地震地质特征 及近期强震危险性判定

杨 斌 李海华 阎志德

(国家地震局兰州地震研究所)

摘 要

本文在野外考察及收集分析大量资料的基础上,论证了中国南北地震带的地震地质特征。对活动断裂带进行了分类划级,初步建立了南北地震带构造和地震活动图象的关系。并依据构造条件的相似性及地震重复率的研究,对南北地震带近期强震危险性进行了判定。

我国中部大约在北纬 21° — 40° ,东经 98° — 104° (北段可达 $106^{\circ}30'$)范围内,存在着一条南北向地震密集带。马宗晋认为这是一条构造地震带⁽¹⁾,即广义的中国南北地震带。该带的东缘带更具鲜明的中轴特征,通常称狭义的中国南北地震带。笔者在野外调查及收集分析大量资料基础上,研究了我国南北地震带地震地质及强震活动特征,特别对北祁连山地震断裂带展布及特征提出了新认识。对活动断裂带进行了分类划级,建立了强震危险区段判定的地震地质标志及时段筛选指标,对我国南北地震带近期强震危险性提出了初步预测意见。

一、中国南北地震带地震地质特征

1. 大地貌阶梯带

亚洲地形展示,以海拔三千米等高线圈定的地貌形态沿经度 104° 附近存在着鲜明的南北向阶梯特征。西为四千—三千米现代强烈隆升的高原山地,东为一千—二千米相对沉降的低山丘陵和低于二百米的近海平原,比差递降二千米左右。南北地震带即位于该大地貌阶梯的显著变化地带。

2. 弧形构造线性分布带

亚洲大陆东部一系列醒目地向赤道突出的大型弧形构造,如伊尔库次克弧,蒙古弧,祁吕弧,华南弧等,其弧顶集中分布于东经 104° — 106° 附近。显示了该带地壳结构的不均一而导致的水平运动差异。

3. 历史时期的南北向陆梁和陆槽带

在漫长的地质发展历程中,东经 104° (北段 106°)附近常由走向南北的单纯曲绕地带以陆梁和陆槽的形态显现出来。作为东部地台,西部地槽的边界,控制了两侧古地理及沉积岩相,岩浆岩的分异。从而对亚洲东部地壳发育起着重要的分割作用,并对青藏高原的向东发展起了明显的边界抑制作用。现今该带作为中轴带,明显控制了我国地震的东西分区。

4. 地球物理场显著变化带

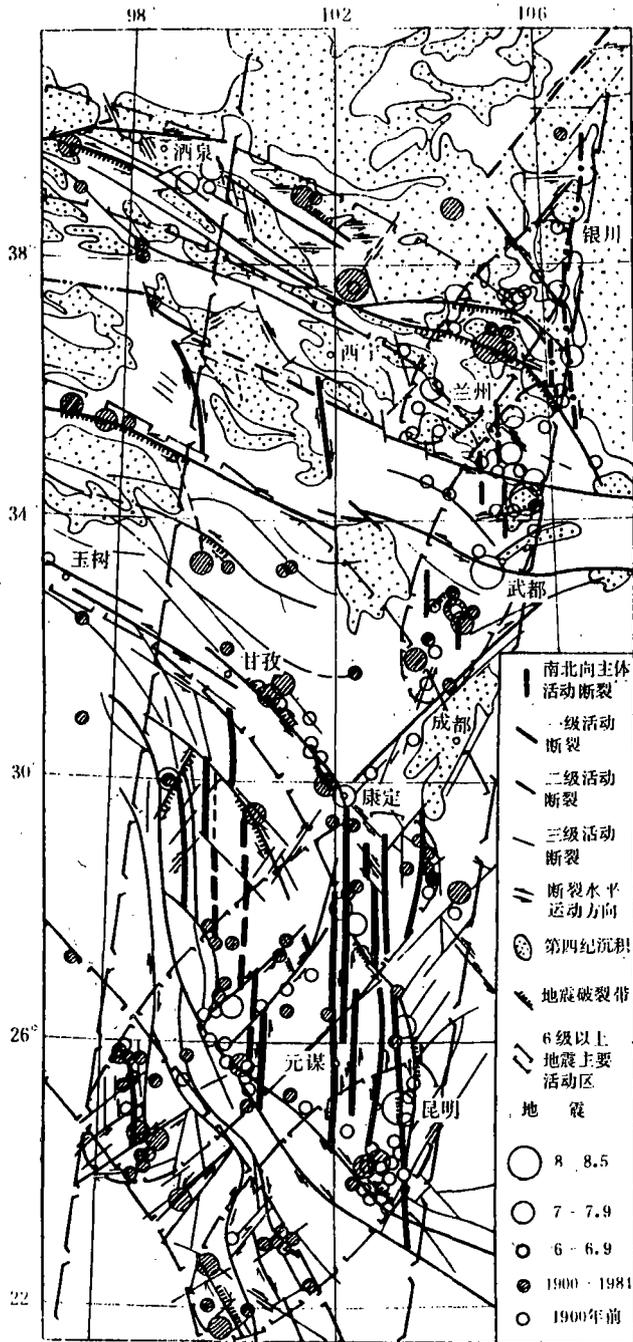


图 1 中国南北地震带活动断裂带与 6 级以上地震关系图

Fig. 1. Relationship between the activetectonic zone along the NS Seismic Zone of China and the earthquakes with $M_s \geq 6$.

沿东经 104°—106°附近存在着岩石圈厚度梯级带^(2,3),由东向西比差递降约 50 公里。地壳厚度由东向西比差递增 10—20 公里,中国南北地震带即位于该地壳厚度突变带上。我国中浅部重力场与大地貌关系密切,但愈往深处则愈反映了南北向和东西向的高梯度变化。南北地震带与南北向重力梯级异常带是相当吻合的。南北向的深大重、磁特征线断续成带,密集分布于东经 98°—100°, 102°—104°, 106—107°间。东西向的深大重、磁特征密集带主要分布于北纬 40°—42°, 34°—35°, 26°—28°间⁽⁴⁾。大地电磁测深资料表明^①南北地震带北段上地幔内高导层呈南北向区域性上隆,并且带内较两侧电阻率低。在水一武都一带深部 20—30 公里存在着横穿秦岭的南北向电性构造。

5. 南北向断裂发育带

南北地震带内的南北向断裂最发育。由于受到其它方向构造线的干扰,地表一系列南北走向的断裂多断续成带出露其间。鄂尔多斯盆地西缘,岷山及川滇山岭地区,南北向断裂带剧烈的挤压现象非常明显。它们构成两侧北东和北西向构造的对称轴,对亚洲大陆东部构造格局起重要的控制作用。沿带断续出露的基性,超基性岩,可能是上地幔物质通过该深大断裂带上涌到地表的结果。据地层的研究,南北向断裂带形成于元古代,之后又经过多次复杂的构造变动。现代活动以南北向的隆起和拗陷为主,并控制了許多重要水系,使其呈南北流向。南

① 兰州地震研究所大地电磁测深组,南北地震带北段地壳上地幔内的高导层与地震关系的研究,1984。

北地震带北段北北西向构造带正是附合了南北向深断裂而成生发展起来的。南北向断裂切割了晚更新统及全新统,是本区浅源强震(震源深度一般在壳下10—30公里)震中呈南北向分布的重要因素。由于青藏高原的边界影响及间隔8°左右的纬向构造带制约,南北向断裂带表现了明显的分段性和差异性。断裂表现为压性,北段稍有右旋走滑性质,南段主要为左旋走滑特点(见图1)。

表一 中国南北地震带主要强震破裂带统计

地震		震级	震层深度(公里)	强震地表破裂带				
时间	地点			走向	长度(公里)	性质	水平断距(米)	垂直断距(米)
1733,8.2	东川	7 $\frac{1}{2}$	28	北20°西	约100	左旋		
1739,1.3	平罗	8		北30°东		右旋,正		
1786,6.1	康定	7 $\frac{1}{2}$	15	北20°西	68	左旋,逆		
1833,9.6	嵩明	8	27	近南北	90	左旋,逆	10	2—5
1923,3.24	道孚	7.3	13	北50°西	80—100	走滑,正		
1927,5.23	古浪	8	12	北70°西	140	左旋,逆	3—10	1—4
1932,12.25	昌马	7.6	20	北70°西	120	左旋,逆	2—5	1—2
1937,1.17	托索湖	7 $\frac{1}{2}$		北70°西	230	左旋,逆	8	1—4
1941,5.16	耿马	7	20	北东	>10	左旋,正		
1941,12.26	勐海	7	47	北北西	15	左旋,正		
1947,3.17	达日	7.7		北50°西	90	左旋,逆	4—10	1—4
1948,5.25	理塘	7.3	18	北40°西	70	左旋,逆		
1954,2.11	山丹	7 $\frac{1}{4}$	20	北50°西	>20	走滑,逆		0.5—1
1955,4.14	康定	7 $\frac{1}{2}$	20	北40°西	20	左旋,逆		
1970,1.5	通海	7.7	12	北60°西	60	右旋,逆	2.7	0.5
1973,2.6	炉霍	7.6	17	北55°西	90	左旋,逆		

注:北段据兰州地震研究所历年考察资料整理。中段资料由陆联康,甘迺荣提供。南段资料由张俊昌,简汝宇提供。

6. 北西—北西西向为主的地震断裂交织带

我国强震极震区等震线长轴和地震破裂带,东部主要是北北东向,地震断层表现了右旋走滑为主兼有张性特点,它们与北西向左旋走滑断裂组成的网络图象控制了该区强震的发生;西部主要是北西—北西西向,地震断层表现了左旋走滑为主兼有压性特点,它们与北北西向右旋

走滑断裂组成的网络结点常是强震发生的地点。在东经 102° — 106° 附近则表现了多方向地震断裂交织的构造图象,尤其以北西—北西西向左旋走滑断裂为主。它们的发育历史均较长,是断块或构造单元的边界断裂。其现代活动常断切全新统,左旋断错山脊水系,并伴有逆断层性质的垂直分量,为本区主要发震断裂带。

广义的中国南北地震带自北而南主要分布北祁连山地震断裂带,西秦岭北麓地震断裂带,托索湖—白龙江地震断裂带,鲜水河—小江地震断裂带。此外,尚有红河(下关—楚雄)北西向右旋走滑地震断裂带及银川—昆明北北东向潜在地震断裂带。由表一可见。

北西—北西西向断裂带上的强震破裂带一般长度大,连续性好,断层几何关系比较简单。调查结果表明,地震断层常由几条倾向不同,性质各异的不连续破裂带组成。在各不连续断层的端部由挤压山或拉分盆地完成破裂运动的转换关系。地震破裂带长度主要受地质环境特别是先存全新世活断层的控制,并与震级,震源深度及与断层段的组合规律密切相关。

应指出的是,作为现代青藏高原北部边缘著名的北祁连山地震断裂带,前人多认为主要现代活动断裂展布于河西走廊南侧山前,对该带的力学属性及向东延伸更是意见纷纭。笔者通过多年野外调查,区域地质环境研究及卫片,航片判读认为:祁连山北麓山前断裂呈波状断续展布,剖面上呈由南向北推覆的迭瓦状。后期的逆断层依次发育于前期逆断层的下盘,断层切割的最新地层由山体向北侧盆地依次变新。断面倾角多上陡下缓,常见下古生代地层冲覆于中下更新统之上,西段大黄沟附近并形成壮观的“飞来峰”。但是断层全新世活动非常局限。而与强震密切相关的北祁连山深大活动断裂带,西延照壁山,祁连山南麓分布,在门源北老虎沟脑附近穿越冷龙岭山脊,至门源东北杂曲河西沟脑附近分为两支:一支沿冷龙岭,秦家大山,香山北麓展布,一支展布于毛毛山,老虎山,马厂山,西、南华山北麓及六盘山东麓。总体呈北 60° 西波状绵延长达千余公里。沿带可见到一系列早古生代基性,超基性岩出露。这是一条中更新世晚期以来以左旋走滑为主,兼有逆断层性质的断层束。全新世以来表现了分段活动特点。年平均左旋滑动速率大约为 2—5 毫米,年平均垂直活动速率为 1—3 毫米。水平活动性具明显的东强西弱特点。该带与南北向主体构造复合的结点部位,历史上近于等间距地发生了 1709 年中卫南 $7\frac{1}{2}$ 级地震,1920 年海原 $8\frac{1}{2}$ 级地震,1927 年古浪 8 级地震,1932 年昌马 $7\frac{1}{2}$ 级地震。1986 年门源 6.4 级地震即发生在门源西北穿越冷龙岭主脊的断裂带上。1609 年红崖堡 7 级地震的发生也可能与该带镜铁山—黑河上游谷地北缘断层左旋走滑活动有关。据石油,煤田钻井及人工地震剖面等资料推断,祁连山北麓山前断裂可能是北祁连山多旋回型逆掩断层带由南向北推覆构造的前缘断裂。其东延可达皇城及塔儿庄附近。西秦岭北麓山前断裂带也有类似情况。托索湖—白龙江左旋走滑断裂带现代活动也十分强烈。

鲜水河—小江断裂带西起玉树西,东经炉霍,康定,西昌,东川至个旧。也是一条长千余公里,以左旋走滑为主兼有压性特征的全新世断层束。该带强震活动背景与北祁连山地震断裂带比较相似,可称南北地震带上第二条不容忽视的强震断裂带。

综上所述,中国南北地震带地处阿拉善,青藏地块与华北,华南地块的交接地带。作为我国地质、地貌、地震活动及地球物理场东西分野的轴线,南北地震带是横跨不同构造单元,以南北向构造为主体的浅源地震构造带。它自成一体,有其活动的独特性。它纵贯我国中部,控制了强震震中南北成带。它主要由北西—北西西向为主,伴有北东—北北东向剪切走滑断裂活动而发震。现代青藏高原隆起的影响及古老纬向构造的制约,使其构造活动具明显的分段性和东强

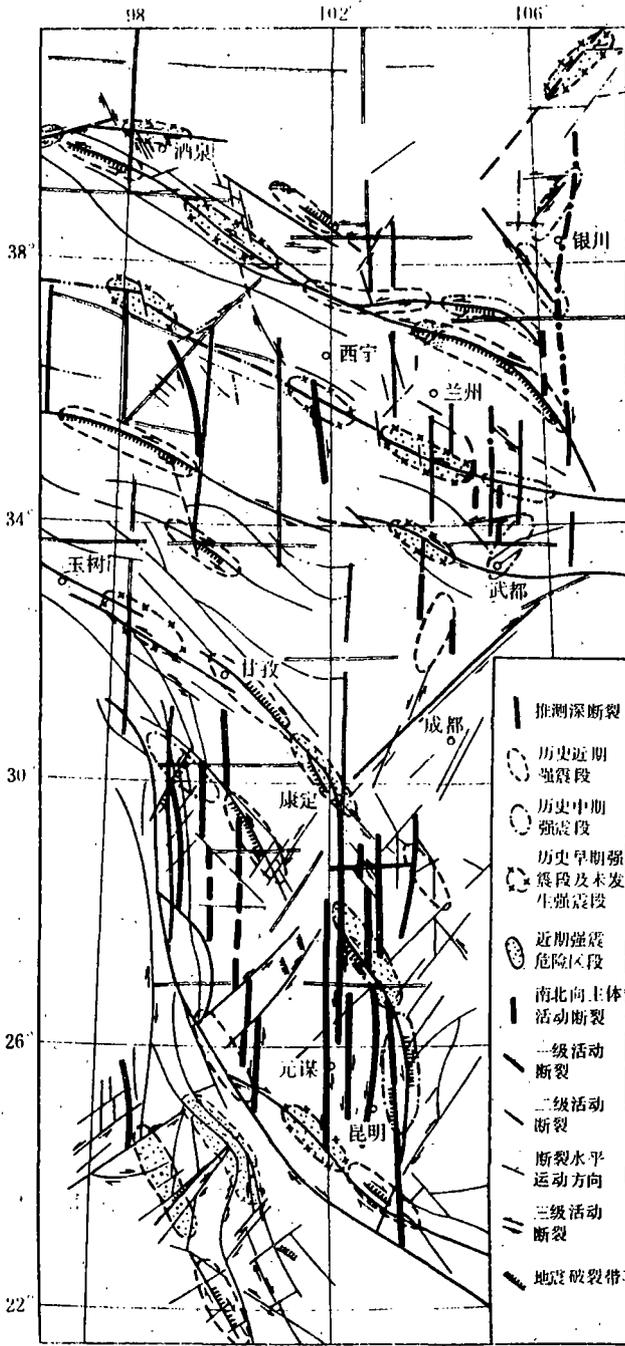


图2 中国南北地震带强震活动区段与近期危险区判定示意图

Fig. 2. The active segments of strong shock in the NS Seismic Zone and the judgement of recent strong shock danger area.

西弱特点。现今构造应力场也表现了鲜明的统一性和分区特征。

二、中国南北地震带强震活动特征

南北地震带的地震活动以强度大,频度高,空间分布集中而著称。至1985年底共记录到8级以上地震6次,7—7.9级地震39次,6—6.9级地震166次。其中1900年以来发生8—8 $\frac{1}{2}$ 级地震各一次,7—7.9级地震23次,6—6.9级地震92次。强震活动主要特征如下:

1. 不同级别的活动断裂带控制了不同强度的地震

南北地震带强震的空间分布具明显的条带状和结点状。8级以上强震发生于南北地震带的东缘,即104°(北段106°)经度带附近。特别是一级构造单元(断块)边缘剪切走滑断裂带与南北向主体构造复合的结点部位。如前述南北地震带中4条重要的北西—北西西向左旋走滑地震断裂带的东段,均发生过8级地震。1739年平罗8级地震也是与北北东向一级构造单元(断块)断裂带活动有关。这些地带也具备发生7—7.9级地震的构造条件。本区7—7.9级地震常发生于二级构造单元的北西—北西西向剪切走滑断裂带与南北向主体构造复合的结点部位。如理塘,达日,通渭地震断裂带等。这些地带也具备发生6级以上地震的构造条件。6—6.9级地震与二级或三级构造单元的北西或北东向走滑断裂网络

活动关系密切。5—5.9 级地震随机性较大,它们与弱震多沿本区重要的剪切走滑地震断裂带集成带分布。

实践证明,并不是所有上述构造结点部位都能发生强震。在这些结点部位中,走滑活断层的端点、拐点、交点及晚第四纪乃至全新世以来差异活动显著的地段,才是强震发生的有利场所。特别是北西—北西西向活动断层束中,不连续断层呈左旋右阶雁列地段,常形成现代挤压山,比较容易积累较大能量成为本区强震发生的有利地点。地震强度取决于断层束中活动断层区段长度。不同规模,不同类型的阶区及断裂带间的不同复合关系,恰恰可以决定断层束的合理分段,控制了特定强度地震的发生。依据上述地质标志,南北地震带可划出 32 个强震活动区段。见图 2。

2. 不同强度的地震分布表现了不同的活动图象

不同强度地震的分布,是地质构造活动的直接证据。由图 1 可见,本区 7 级以上强震主要沿北祁连山,鲜水河—小江,腾冲—澜沧三个北西向地震断裂带及银川—天水—龙陵北北东潜在地震带分布。6—6.9 级地震则主要分布于南北地震带东部边缘,集中于银川—兰州,固原—南坪,马边—潞西,嵩明—澜沧四个北北东—北东向构造区段上。揭示了在南北向主体构造控制下,北西西及北北东向剪切走滑断裂带强烈活动的特点。尤以北西—北西西向走滑断裂与南北向主体构造复合地段地震活动频度高,强度大。

3. 强震群体的时强时弱特点

据中国地震目录(顾功叙 1983)和 1980 年以来的快报目录(国家地震局分析预报中心)以 7 级以上地震为标志,将 7 级以上强震连续活动的时段划为强震活动高潮幕,将 7 级以上不连续活动的时段划为强震活动低潮幕。

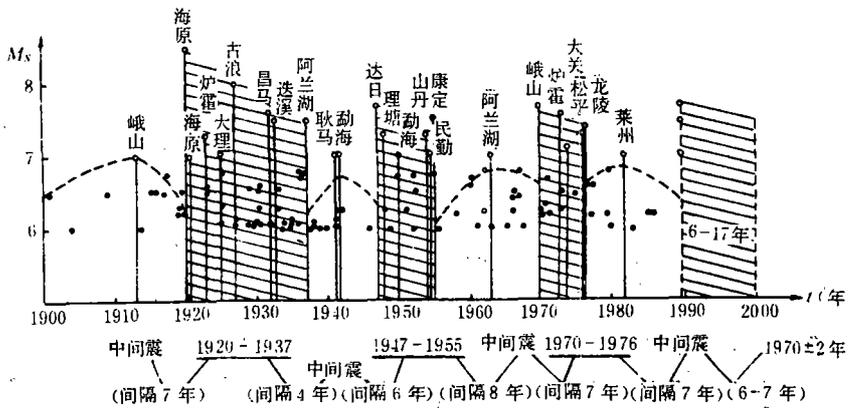


图 3. 中国南北地震带活动高潮幕划分图(据雍幼予改编)

Fig. 3. Delimitation of activity high-tide episode in the NS Seismic Zone.

图 3 表明,本世纪以来南北地震带经历了三次地震活动高潮幕和三次低潮幕。高潮幕持续时间一般为 6—17 年,每一高潮幕发生 7 级以上强震 6—8 次。首发强震是该高潮幕的最大地震。低潮幕持续时间一般 10—15 年。这期间一般还出现中间震,中间震在高潮幕结束后 7—8 年发生,其后 6—7 年又开始新的强震高潮幕。低潮幕中 6 级以上地震活动趋势大致以中间震为对称。因此,中间震的发生,对该区强震的预报是有意义的。

4. 强震的发生在地域和时段上呈有规律的转移

因此,南此地震带近期发生过强震的构造区段,在短期内势必起到减震的作用,不致发生强震,并且由于强震构造区段中发生了近期强震,构造块体活动出现了前松后拥的调整,从而加强了未发生强震的构造区段,或历史早,中期发生过强震的构造区段应变能的积累程度,进而加速其能量释放的速度。当其符合地震迁移活动规律和地震复发周期临界值时,即成为第四高潮幕强震发生的可能区段。

表二. 中国南北地震带北段强震前信号震统计表

中长期信号震			强震			间隔时间 (年)
时间	地点	震级	时间	地点	震级	
128	甘谷	61/2	143	甘谷	7	15
138	临洮	61/4				5
1604	礼县	6	1654	罗家堡	8	50
1634	西和	6				20
1704	陇县	6	1739	平罗	8	25
1709	中卫	71/2				20
1885	天水	6	1920	海原	81/2	35
1888	景泰	63/4—7				32
1958	茂汶	6.2	1976	松平	7.2	18
	松潘	63/4				16
1941	哈拉湖	6	1954	山丹	71/2	13
1936	天水	6	1990	陇西—	7—71/2	>50
1936	和政	63/4	前后?	和政?	?	
1986	门源	6.4	1990	镜铁山—	7—71/2	2—20
			前后?	金瑶岭?	?	

三、中国南北地震带近期强震危险性的初步判定

综上所述,归纳南北地震带近期强震危险区判定的地震地质指标为:

1. 具备本区强震发生的独特地质构造条件,是公元 2000 年前强震主体活动的可能地震断裂带或区段。
2. 是历史上未发生过强震或发生过强震,但距今时间久远的强震构造区段,并符合各段强震重复周期和强震迁移活动规律。
3. 对要判定的强震危险区段周围近十年或几十年内有 6 级地震或 5 级震群活动并初步围成空区或空段,及出现中长期预报的“信号震”和小震活动频度的增强区。

据上述指标,对南北地震带 32 个强震构造区段进行筛选,推断出第四高潮幕中最多 12 个 7 级以上强震危险区。见图 2。

据南北地震带强震群体活动的时强时弱特点,目前该带正处于第四低潮幕,并发生了强震低潮幕的中间震—1983 年莱洲 7 级地震。按中间震发生后 6—7 年即开始新的强震高潮幕推断,第四强震高潮幕首发强震将在 1990 年前后。由前三次高潮幕首发强震特征推断,第四强震

高潮幕首发强震为 7.5 级左右。

据南北地震带强震发生在地域和时段上有规律的转移,第四低潮幕中间震莱洲地震,地处北纬 21.6° 。按该带强震由南向北跳迁距离大于纬度 10° 的规律推断,第四高潮幕首发强震将发生于北纬 34° 以北。历史强震活动图象表明,首发强震发生地域与强震主体活动地段关系密切。推断第四高潮幕强震主体活动地段很可能在南北地震带北段,中南段也将参与活动。因此,应密切关注北祁连山及西秦岭北麓,鲜水河—小江地震断裂带上的强震危险性。特别进行祁连山断裂带中、西段及西秦岭北麓断裂与 104° 经度构造复合的结点部位更应引起足够的重视。

近期强震危险性预测,是地震预报对地震地质学提出高标准要求。限于目前定量化研究程度及研究水平,显然是任重而道远的。笔者只是把长期预报的烈度区划和目前短期预报中的思路和方法综合起来,在南北地震带近期强震危险性判定研究中进行了探索性尝试。请读者不吝指教。

需指出的是,对北祁连山地震断裂带的正确认识,对于青藏高原东北部地区台网的合理布局及地震监测预报,均具有重要的学术价值。相信随着工作的进一步深入,对北祁连山地震断裂带的一些细节,还会有进一步的了解。

参考文献

- [1]马宗晋,中蒙地震系的地质构造特征,地震研究。Vol. 4, No3, 1981。
- [2]Chapman · D · S · and Pollaek · H · N, Regional Geotherms and Lithospheric Thickness, Geology, Vol. 5, No5, 1977。
- [3]Schwidercki · E · W, Mantle Convection and Crastal Tectonics Infered form a Satellite' s Orbit, A Different view of sea—Floor spreading, Vol. 73, No8, 1968。
- [4]中国地质科学院矿床地质研究所,中国及其毗邻海区磁特征线图,地图出版社,1984。