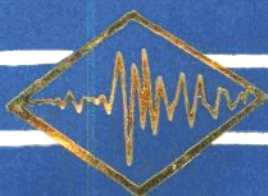


7582

56.258.8



四川省地震局 编

松潘地震预报 学术讨论会文集

地震出版社



松潘地震预报学术讨论会文集

四川省地震局 编

地震出版社

1989

内 容 提 要

本文集是国内外地震工作者对1976年8月16日松潘7.2级地震研究的最新成果。

全书包括三个方面的内容：用不同的学术观点分析了地震发生的地质构造条件；深入地论述了松潘地震的地震活动特征；从不同角度讨论了震前出现的微观前兆和宏观异常。最后为附录，收编了地震工作者在公开刊物上发表的有关该地震的论文和专著的摘要。

本文集可供地震科技人员、地球物理工作者和高等院校有关专业师生参考。

松潘地震预报学术讨论会文集

四川省地震局编

责任编辑：马兰

*

地震出版社 发行

北京复兴路63号

成都三中印刷厂印刷

*

787×1092 1/16 9印张 4插页 210千字

1989年8月第一版 1989年8月第一次印刷

印数 0001—1000

ISBN 7-5028-0227-4/P·146

(614) 定价：5.00元

紀念松平地震十週年
為提高地震科學與
預報水平減輕地震
災害而共同努力

中國瑞五
於義城

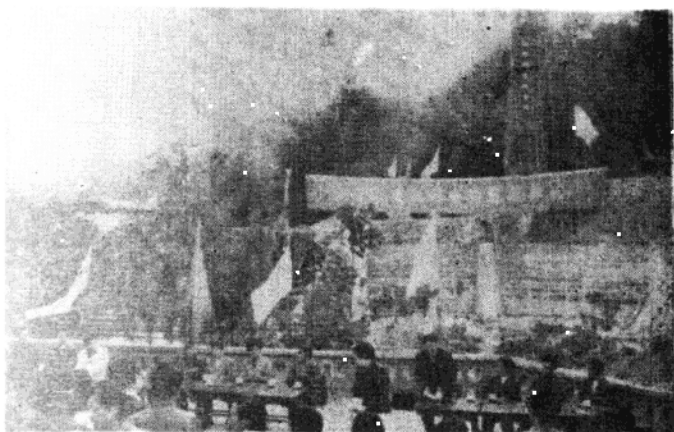
松潘地震预报学术讨论会文集

照片剪辑

(四川省地震局供稿)



1. 松潘、平武地震十周年地震预报学术讨论会于1987年5月在成都召开



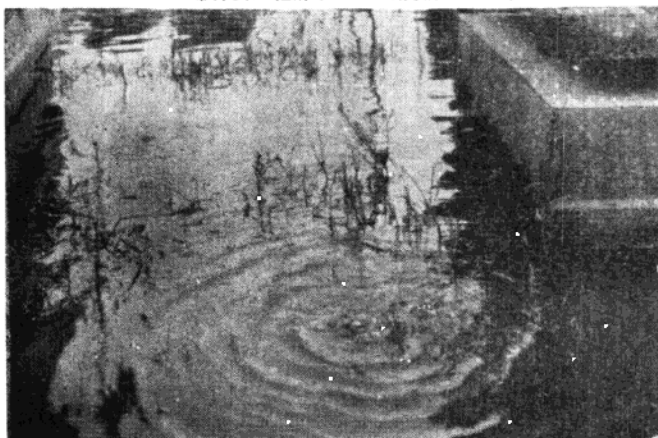
2. 松平地震纪念碑落成典礼于1987年5月15日在平武县北山公园举行



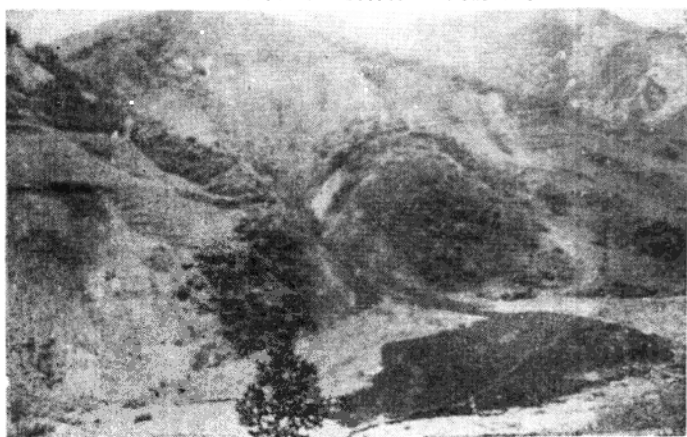
3. 南北带中段近期地震趋势会商会于1976年6月在成都召开



4. 绵竹县天池煤矿 1 只狗震前在地上扒坑



5. 江油市某厂水泥预制场积水震前冒气



6. 平武县黄羊乡草原村群众接到地震预报通知后立即撤离现场，该处虽被泥石流覆盖，但无人员伤亡

序

1976年松潘地震是继海城地震之后预报较好的一次大地震。这次地震前出现了丰富的、突出的宏观异常，它们具有数量大、种类多、范围广、时间长的特点。这些异常现象在震前2—3个月就引起了人们的注意，并促使地震部门自觉地捕捉短临前兆。因而在震前数月，在松潘地震震中区及其外围展开了大规模的预测预防工作，取得了丰富的宏观、微观资料。这些资料不仅为这次地震的预报提供了重要依据，而且也今后深入开展科学研究创造了条件。

突出的宏观、微观短临前兆对这次地震的预报发挥了重要作用，但由于它们出现较早，呈现出“三起三落”和异常集中区由南向北的迁移等现象，从而过早地在社会上引起反响。同时，开始预报的地区也偏大、偏南。诚然，用准确预报的尺度衡量，这次地震预报不能算是理想的，然而，从地震预报的现实水平来看，出现上述情况是难以避免的，松潘地震预报的成效是难得的。它没有与海城地震前相类似的前震活动，只有宏观异常与其他微观前兆。在这种情况下，如何运用各类短、临前兆以进行综合判断是一个十分困难的问题。松潘地震预报在这方面提供了有益的经验，这是应当充分肯定的。

然而，松潘地震为什么没有发生在当初强调的龙门山断裂的中南段，而发生在规模不大的虎牙断裂上？为何接连发生3次强烈地震？为什么宏观、微观短临前兆那么突出，而又无明显前震活动？宏观异常为何“三起三落”？为什么出现宏观异常集中区自西南向东北方向的迁移？这些现象是个别的还是普遍的？等等。这些均是松潘地震向人们提出的科学问题，科学之谜有待我们去揭示。

十多年来，地震工作者从不同角度对松潘地震的形成条件、孕震过程与前兆机理进行了多方探索，发表了不少文章。1987年5月，又在成都召开了“松潘-平武地震十周年地震预报学术讨论会”，专门就这次地震进行了学术交流。会后，从交流的112篇论文中选出了19篇汇编成本书；在附录中还汇编了国内外公开发表的有关这次地震的科技论文和书籍摘要，可供读者进一步研究松潘地震时参考。

本文集中有8篇论文涉及松潘地震的构造背景问题。其中刘光夏等应用三维重力正演方法，得到地壳深部构造特征资料，发现震源区位于几个巨大而复杂的构造部位，且为地壳厚度变异带，受到垂直向与水平向等多组复杂的剪切力作用。

在前兆现象的进一步发掘及前兆机理研究方面有数篇论文。朱传镇利用信息论中归一化熵及生态学中森下指数 $I\sigma$ 作为定量描述地震时空分布丛集度的特征值。邵学钟将转换波用于地震预报研究，得出松潘地震前转换波到时下降0.2—0.5秒的结果。耿乃光从岩石力学的真三轴实验结果解释了地震前最大主应力方向变化的原因。

在震源机制及余震方面进行了再研究，得出有价值的结果。琼斯(L.M.Jones)与韦涅宾等提出有3个分支断层活动，每一个主震发生在一支独立的断层上。对主震、余震期的活动细节取得了进一步的认识。

还有数篇论文讨论了松潘地震与其他大震的共性。如笔者的“浅论唐山地震与松潘地震

的共性”；朱皆佐的“松潘与海城、龙陵、唐山等地震动物习性异常的对比研究”等。

从文集可以看出，人们对松潘地震的认识正在深化。然而，勿庸讳言，松潘地震提出的许多科学问题，如同其他大地震提出的科学问题一样，迄今仍未取得突破性的进展，需要继续探索。尤其是松潘地震的构造环境、介质特性、应力状态、前兆特征及震后变化联系起来进行综合研究，尚很缺乏。当然，这样的研究难度很大，不过要想揭开科学之谜，这类研究无论如何是不可缺少的。松潘地震既处于南北带的中段，又处于中国大陆的中心部位，是大陆内部地震的典型代表，是上一个地震活动高潮期中最后一次7级多的大地震。因此，深入地研究它，透彻地理解它，不仅会增进对板内地震本质的认识，也是寻找板内地震有效预报途径所必须。但愿本文集的出版能引起学者们研究松潘地震的广泛兴趣。

杨世荣

1988年8月1日于北京

前 言

1976年8月16日松潘-平武7.2级地震,是我国继1975年2月4日海城7.3地震后,再次取得预报和预防较有成效的典型震例之一,曾受到国内外地震学者的普遍关注。为深化对这次地震观测资料的认识,进一步总结预测、预报和预防工作经验,中国地震学会前兆专业委员会、地震地质专业委员会、地震学专业委员会震源力学组、国家地震局分析预报中心、四川省地震局、四川省地震学会、绵阳市地震学会、阿坝藏族自治州地震学会,于1987年5月11日至13日,在成都联合召开了“松潘-平武地震十周年地震预报学术讨论会”。会议就松潘-平武地震的预报基础、方法及某些理论问题,进行了广泛交流和深入讨论。本文集就是在这次学术讨论会的基础上,遵循百花齐放,百家争鸣的方针,荟精集萃,从中选择一些具有代表性的论文编辑而成的。

文集共收各类论文19篇,按地震地质、地震活动性和地震前兆的顺序排列,为使读者全面系统地了解这次地震的预测、预报和预防情况,文集在附录中汇编了国内外公开刊物上发表的有关这次地震的科技论文和书籍的摘要。

文集编辑过程中,得到了国家地震局分析预报中心、四川省地震学会等单位的关心和支持。梅世蓉同志为文集撰写了序言。在此,特向对本文集提供过热忱帮助的单位和个人,致以衷心的感谢。

本文集由四川省地震局组织编辑。朱皆佐同志负责稿件征集、筛选和编辑出版工作。韩渭宾同志审阅了文集的全部稿件。江在雄同志参与了部分编辑工作,李有才同志汇编了松潘地震预报科技文献摘要。赵桂英同志清绘了图件。

由于时间和水平所限,文集中难免存在缺点和错误,恳请读者批评、指正。

目 录

松潘-平武地区的地质构造特征及其与鲜水河断裂带南东段的对比	邓天岗 (1)
松潘-平武地区断裂构造的遥感图象显示及1976年7.2级地震发震断裂讨论	王新民等 (10)
松潘地震发震构造类型的差异及其原因的讨论	魏伯林 (16)
虎牙断裂带的新活动特征	陆联康等 (24)
松潘地区“W”型构造区域强震活动的讨论	江道崇等 (30)
龙门山重力梯度带的深部地震地质研究	刘光夏等 (37)
松潘-平武地震前后地震时空分布统计特征	朱传镇等 (42)
松潘大震前小震围空机理探讨	刘蒲雄等 (48)
松潘地震前后松潘台远震转换波特征分析——地震转换波用于地震预报研究初探	邵学钟等 (56)
松潘-平武地震前后最大主应力方向变化的岩石力学解释	耿乃光等 (62)
1976年松潘地震的震源机制及余震定位	琼斯、韩渭宾等 (68)
浅论唐山地震、松潘地震的共性	梅世蓉 (80)
1976年8月16日和8月23日松潘-平武两次7.2级地震前大范围的地磁异常	黄雪香等 (87)
松潘地震前后地磁转换函数的变化	龚绍京等 (95)
对1976年松潘7.2级地震前兆异常特征的再认识	程式等 (99)
唐山、松潘大震前电阻率短、临异常图象的重现性与实验结果的相似性讨论	桂燮泰等 (104)
旱震关系对1976年松潘-平武地震的中期预报及其经验教训	耿庆国 (111)
松潘与海城、龙陵、唐山等地震动物习性异常的对比研究	朱皆佐 (119)
附录 松潘地震预报科技文献摘要汇编	(128)

松潘—平武地区的地质构造特征及其与鲜水河

断裂带南东段的对比

邓天岗

(四川省地震局地震地质队)

摘 要

松潘—平武地区的地震地质工作和松潘—平武地震的考察结果表明, 该区属于中国“南北地震带”的一部分, 但又有其自身的特点, 它与中国西部地区的其他活动带有相关和相似的特点, 特别是与鲜水河断裂带的南东地段可作对比。这对认识该区乃至中国西部地区的构造活动和地震地质特征是有利的, 也利于对我国“南北地震带”实质的理解。

松潘—平武地区为一特殊的构造活动区, 属于中国“南北地震带”的一部分。1976年发生了松潘—平武7.2级强震, 震前曾认识到该区的地震危险性而进行过地震地质调查¹⁾, 震后又进行了宏观考察⁽¹⁾, 为认识该地震及其区域情况奠定了基础。作者本人参与了全部活动。在原有基础上着重讨论其区域地质构造特征, 并与鲜水河带的南东地段作了详细对比。

一、松潘—平武地区地质构造特征

1. 区域构造概况

松潘—平武地区系指四川省西北部松潘—平武间北北西近南北向的带状区域。它是发展中的构造活动和地震活动区, 由于其构造和地震活动特点可为特有的“南北地震带”所囊括, 而被视为其中的一部分^{[2] 2)}。其基础构造经历过复杂的演变, 晋宁期为扬子准地台的一部分, 早古生代时期因裂张解体而分裂, 区域西侧的若尔盖地块、东侧的摩天岭地块等都是从中分裂出去的³⁾。该区即处于这东、西两地块的结合部, 这一结合部呈近南北—近东西—近南北走向的折线状。中生代时期则东、西明显分异, 西部为巴颜喀拉冒地槽所占据, 折线状分界线西侧的沉积等均与东侧明显不同, 西侧显示强烈下陷性的拉张分离。印支运动以来的构造运动则使它们拼合。由张性环境变为挤压环境, 西侧的构造线显示出与折线状分界线明显地协调一致, 最后发展为上升隆起和新活动强烈的地区, 成为我国西部强烈活动区北东边缘的一部分。

该区同时受青藏、华南、华北三大构造区的影响, 边界条件和应力作用方式极为复杂, 以致表层构造方向不一、型式多样, 也没有明显的优势方向, 整体还显示类似一种旋扭性构造的特点(图1), 给构造的归属和认识都带来了困难。总体看来, 除了这一结合地带外, 表层构造主要以弧形或所谓“叠弧”性质的构造占优势。如东侧为古老的东向西(或称

1) 四川省地震局地震地质队, 松潘、平武地区地震地质调查报告, 1977。

2) 四川省地震局, 南北地震带中段近期强震危险区的判定与研究, 1984。

3) 赵友年, 松平地震之地质背景, 松潘—平武地震十周年地震预报学术讨论会论文摘要汇编, 1987。

纬向) 构造带背景上的武都、文县、白马等弧形构造; 西侧为若尔盖、红原及至其南部的金汤等弧形构造, 还有较场(迭溪)等不同规模的弧形构造镶嵌其中, 组成一复杂的构造图象。

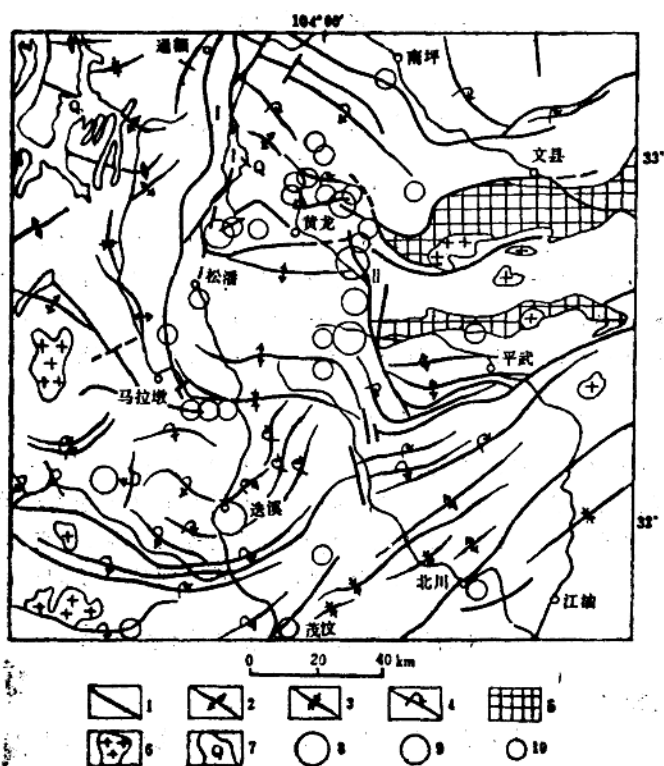


图1 松潘-平武地区地质构造与强震震中分布图

1. 主要实、推测断裂; 2. 背斜; 3. 向斜; 4. 倒转褶皱; 5. 古老岩系; 6. 火成岩; 7. 第四系;
8. $M > 7$ 级地震; 9. $M = 6 - 6.9$ 级地震; 10. $M = 4.7 - 5.6$ 级地震; I 岷江断裂; II 虎牙断裂。

然而, 即使在这复杂的构造图象中, 也可以看出其特殊之点和主导性的问题: 整个区域限制于龙门山北东向古老构造带和后期推覆构造的北西侧; 东部的叠弧构造的西翼部分明显受限或受到某种影响和制约, 而与东翼呈不对称的斜歪状; 总体呈南北向的折线状断裂醒目突出, 而又有分别向北、向南穿头发展之势, 切割包围而成一北北西向略似一挤压透镜体状的区域; 在这一区域内具有异常的地形地貌; 地震主要在区内特别是东侧边界上密集分布, 等等。这就是本文所论述的中心区域, 它是晚期构造运动特别是喜山运动晚期以来进一步发展强化的活动区。

2. 构造的新活动及其特点

(1) 时间和发展特点。继承印支运动, 特别是喜山运动以来, 随着青藏地区的上隆并受华北地区的阻挡限制以及华南地区的相对俯冲的遏制, 区内发育大量的推覆构造和滑脱构

造, 显示了新构造运动对该区的强烈影响。这些构造主要发育于接触边界线附近并以 龙 门 山、摩天岭一线为典型; 原有的印支褶皱区一直处于上升状态而没有准平原化, 形成了统一的高原山地。区域的西侧即为整个高原山地的一部分, 保存着大片高原面, 可以看到两级夷平面, 以松潘北西、区域之西的葛利坪(草原地区)保存较好。第一级夷平面海拔4000m, 因微受切割而形成高原面上的低山丘陵地带, 这级夷平面相当于青海期夷平面[3], 时代为中新世晚期。由此可知该区受新构造运动的再度波及, 高原面的解体时间属中新世晚期以后, 可见波及到该区的时间较晚。其后显然又进一步受抬升切割, 包括漳腊期、岷江期[4]等多次抬升切割, 直至漳腊等盆地的形成又解体而岷江诸水系的发育, 形成一个由老到新、自西而东的发展顺序和活动序列。

在这一活动序列中, 葛利坪以东因高原面的剧烈解体而发育新第三纪(N)晚期的山间盆地, 如岷江沿线的塔玛盆地、卡卡沟盆地等, 堆积了较厚的砾岩层, 砾石粗大, 多未经磨圆, 为急剧上升而就地的快速侵蚀堆积。这些上新统(N₂)堆积层再经挤压褶皱变形形成倒转向斜褶皱, 而且两侧均为北北东走向的断层所夹持。其中卡卡沟盆地西侧断层可见以三迭系基底岩系的灰岩层自西而东高角度冲覆于褶皱陡立的第三系砾岩层之上(图2), 砾岩层受强烈挤压并兼具左旋运动特点; 其北的塔玛盆地东侧则见东侧断层显示为呈向斜褶皱的砾岩层自西而东冲覆于基底的灰岩层之上。总体反映了新构造运动自西而东脉冲式的对该区的波及影响, 并以喜山运动晚幕为主要, 是波及影响最晚的地区之一, 并从此奠定了本区内的新活动以及第四纪以来活动的基础。这当中又特别发展了区域西侧的主要断裂——岷江断裂(图1), 该断裂又控制第四纪堆积, 又再度活动, 形成一个活动序列。

(2) 地貌特点。与上述高原面的解体情况相应, 强烈解体线以东的地区, 大地貌上则形成北北西近南北向的条带状差异上升隆起带, 即现今可见的以岷山山脉为代表的条带状上升区, 可称之为岷山隆起带[1](图3)。隆起带的高度可分为几个层次, 最高峰雪宝顶

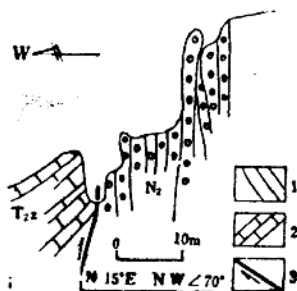


图2 松潘北卡卡沟岷江断裂带的第三系断裂剖面

1. 砾岩层; 2. 灰岩层; 3. 冲断层; T₂Z 三迭系中统杂谷脑组; N₂ 新第三系上新统

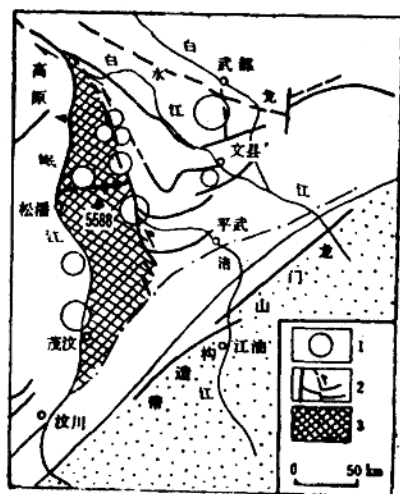


图3 岷江上升隆起带及其位置示意图

1. 主要地震; 2. 构造格架及现今断层运动方式;
3. 上升隆起区

海拔达5588m, 远远超过隆起带以西现今保留的高原面的高度(4000m), 在高原东缘整体呈台阶式下降的背景上显示出异常的地形地貌特点。其主山脉正好在中心地带, 为现今东、西气候差异的分界线和岷江、涪江二水系的分水岭。带内地形强烈切割, 形成高山深谷和万仞山峰, 东缘坡降极大, 与其东的地势具有明显的对照反差。这一突出的地貌单元恰好位于高原面解体线以东, 正好是地质构造的结合部, 也即是东、西两大主要断裂所夹持的条带状区域(图1), 与东部叠弧构造区的西翼所在部位直接相抵, 并显示自西而东逐渐增强。

显然这一地貌特点, 反映了该区的最新活动性而且是新构造运动晚期逐步发展形成的。同时它还反映了北东东至近东西向的新构造应力场特点。结合上述新第三系的变形和断裂的北北东走向、挤压兼左旋运动来看, 也存在南东东向的次级应力作用。

(3) 断裂的新活动特点。与上述地貌特点相应是断裂的新活动, 主要表现在这一区域内西边界的岷江断裂和东边界的虎牙断裂的新活动以及它们的发展。同时二者夹持区域内北西、北东及东西向的其他断裂也有新的发展, 有的迹象不明显的断裂还成为潜在的震源所在。两条主要断裂的大体情况是:

西边界的岷江断裂, 已知早期为折线状分界线的北北东近南北走向部分(图1)。南端起于松潘北的元坝子附近, 大致沿岷江所在部位向北波状延伸, 止于南坪之南、大录之西10 km处, 全长达80 km。南端与东西向的雪山断裂自然相连, 北端则与北西向断裂相连, 而且三断裂显围限以东的岛状断块区的特点。但后来该断裂向南穿头并向松潘方向进一步发展, 北端则向西偏转并与后期延至青海方向的北西向断裂(称舒干—花石峡断裂[5])相斜接, 从而形成了新的独立的岷江断裂。新的岷江断裂, 近南北走向微向东凸, 可长达90 km, 首先表现为切割新第三系(图2), 其后又控制第四纪盆地的发育, 如岷江沿线的小西天、漳腊等串珠状盆地, 此第四纪盆地主要发育于断裂东盘(下降盘)且第四系发育较全; 这些盆地的第四纪堆积又遭受了更新活动的切割, 如漳腊西侧的漳金沟内见三迭系外来体(透镜状灰岩块体), 宽达100余米的早期挤压破碎带又自西而东冲覆于中更新统(Q_2)砾石层之上(图4)。新断面走向北北东(北 15° 东), 倾向北西, 倾角 55° , 显挤压兼左旋扭动特点。结合所见的断层点处断层走向均作北北东向, 而总体又为近南北向的特点看来, 岷江断裂的新构造具有左阶斜列式组合特征, 反映整体的挤压兼左旋运动, 现今的泉水(包

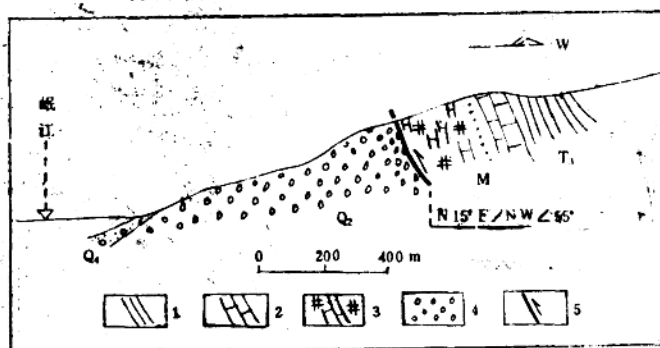


图4 松潘漳金沟第四纪断裂(含老断裂)剖面图

1.板岩; 2.灰岩; 3.碎裂灰岩; 4.砾石层; 5.断层; T_3 三迭系上统;

M混杂岩或外来体; Q_2 第四系中更新统; Q_4 第四系全新统;

括硫化氢泉)主要沿这些北北东的断裂面溢出;其次是尚有全新世以来的最新活动,即如漳金沟内上述新断层面上覆的黄土堆积(Q_4)发育较密集的垂直节理带,紧邻的元包沟内见充填于断层破碎带中的第四纪粘土又形成片理结构。特别是断裂南端向松潘方向进一步延伸地段,岷江西岸的砂、粘土层普遍可见新的断层活动迹象,于红桥还见到了古地震楔,表明有过地震活动;另断裂除控制第四纪盆地外,还控制第四纪隆起和局部抬升以及支断裂的活动。如断裂南段断层东盘部位的红桥关作北北东向抬升^[3],使漳腊盆地南端的 Q_1 砾岩层上升高出河面400m,在岷江河流阶地地位相对比上显得极为突出。其北侧则相对下降,堆积了较厚的 Q_2 砾石层。二者间形成不连续的差异升降面,即新断层活动面,称传子沟断层,1976年的6.2级地震可能与其活动相关。再如断裂中段的弓嘎岭隆起,也是早更新世末开始发育、晚更新世则快速发展的隆起,它使 Q_1 砾岩层上升高出河面350m(高出一般正常的5级阶地砾岩层达250m),致使早期单一流向的岷江成为新岷江和白水江相背而流的水系,也即是形成新的分水岭。但这里需顺便提出讨论的是,该隆起可能是一次级隆起,也可能是后期区域性隆起的叠加,因为它横亘岷江断裂中段,走向北西南东似与区域东部的黄龙北侧的三道片上升区有对应关系,而三道片上升区为一北西走向的分水岭(是涪江与白水江的分水岭),因此可能具有区域性意义。若如此,则反映新的隆起线向西偏转,也反映了第四纪以来北东或近东西向的应力场,以及新的构造作用对该区东边界的波及。

关于东边界的虎牙断裂,可视为1976年松潘-平武7.2级震群的背景断裂。它亦属早期锯齿状断裂的近南北(北北西)走向部分,早期显示出东部断块区古陆斜坡和西部沉积区超覆不整合沉积边界的特点。后随东部叠弧区构造的南滑沿界面相对有过显著的右旋滑动(相应已述的岷江断裂也有过右旋滑动,后期主要为左旋),由于南滑受到龙门山构造带的阻挡限制而终止,仅局部以微弱的斜列型式切入龙门山构造带;北端于龙滴水之北也右旋切断了东西向的断裂或弧形构造成分,于小河北之白崖沟口见切割泥盆纪地层的右旋东倾滑动面(图5)。而且这些滑动面是沿老界面呈右阶斜列或分段出现的,以至某些地段无地表断层迹象且还保留原有的沉积不整合关系,但总的不整合面西倾陡立显示有明显的变动。这里指出,调查经验表明这样的部位或隐伏性的边界断裂处是应力集中的部位,断裂容易复活,而且往往显示反复的运动特点。

该断裂继右旋滑动之后似又有左旋运动的表现,表现在北端向北继续扩展(与岷江断裂的两端扩展同),左旋切断了弧形构造西翼的褶皱,与黄龙北的三道片上升区背景上的三道片活动断裂(发生过1973年6.2级地震)似显联系,或呈左阶斜列式关系;另于断裂南端银厂附近又有左旋切割地层的现象。东侧的叶塘等断裂由原来弧顶的张性断裂成分转变为压扭性断裂⁽¹⁾并与虎牙断裂收拢斜交,显示“入”字型断裂的特点(图1),西侧的双河断裂、虎牙关处的近东西向左旋断裂等都可视为虎牙断裂左旋运动的分支断裂,等等。这样虎牙断裂与后期的岷江断裂相同,

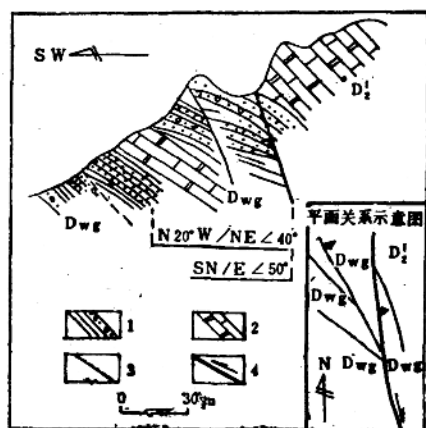


图5 松潘小河北崖沟口虎牙断裂右旋阶段剖面图

1. 变质砂砾岩; 2. 白云质灰岩; 3. 分支断裂; 4. 主断裂; Dwg 泥盆系危岩层; D₂ 中泥盆统下段

也具有新的含义,同是独立性的断裂,其表层构造虽不明显突出,但它是处于老的分划边界上受新的活动影响下的正在发展的断裂。

调查表明,该断裂除了沿线有线状沟槽地貌表现和为涪江局部沿袭外,它不控制第四纪盆地,没有象岷江断裂沿线所具有的成形完整的第四纪堆积。因而表明该断裂活动时间更晚,是继岷江断裂活动之后才开始发展活动的,也可理解为该区新构造运动波及最晚的活动边界。同时仅从发育松散堆积、地形急剧深切、走向上与三道片-弓嘎岭最新隆起线相对应看也可得到说明。无疑该断裂是现今最活动的断裂。

(4) 地震活动特点。与上述构造特点及其活动性相应,是地震活动频繁。仅就松潘、平武间东西宽100km、茂汶迭溪-松潘漳腊间南北长100km的范围内统计,公元638年至1977年3月止,有记载和台网记录的4级以上的地震达44次之多。这些地震中,5—5.5级的18次;6—6.5级的8次;7—7.5级的3次(图1)。突出者如1933年迭溪7.5级地震,1976年松潘-平武2次7.2级和1次6.7级地震;1960年漳腊6.5级地震;1973年黄龙6.2级地震。而已知的弱震,包括大震的序列地震,3—4.6级的达数百次之多。

这些地震主要分布于这一活动构造带内,又以东边界上沿虎牙断裂一线最为密集,特别又以断裂进一步发展的北端部位更为突出。总体又有自东而西衰减之势,但沿岷山山脉一线均有较均匀的分布。西侧则形成两个同处于南北线上似相连接又显独立的分布区。区域的两侧不仅没有强震,弱震也很少。总体显示了地震分布与构造带的关系,特别是与东侧主边界断裂的关系;震源破裂主要为北北西至北西向,如松潘-平武地震、黄龙地震、迭溪地震等,也有北东向者,如漳腊地震。而明显的北西和北东向破裂者似都限于区域边界的内侧,与带内的两组剪切破裂和分支断裂可能相关;已知强震的迁移作南北向往复迁移,符合“南北地震带”的迁移规律,但东界沿虎牙断裂线分布的地震又主要作北北西向线状迁移,有自己

独立的路线,受区域自身的制约。小震除北北西向的往复迁移外,亦有作东西向的迁移现象,如1960年漳腊6.5级地震前即有小震沿雪山断裂东西迁移至主震发生地的情况,似反映内部的東西向破裂和应力传递;从调查的大震看来,等烈度线主要作北北西向分布,但不论分布方向如何而大致限于区内呈北北西的条带状展布(图6)。等烈度线长、短轴之比一般为3:1的短椭圆形,北西端形态相对较为尖削。而松潘-平武7.2级震群的外围烈度线还有明显的畸变现象,反映了与外围区域和构造的相关性,烈度异常区也呈不规则出现;地震震源相对较深,特别是东边界上的地震,而向西变浅。如松潘-平武地震和黄龙地震,据烈度线(值)推算的震源

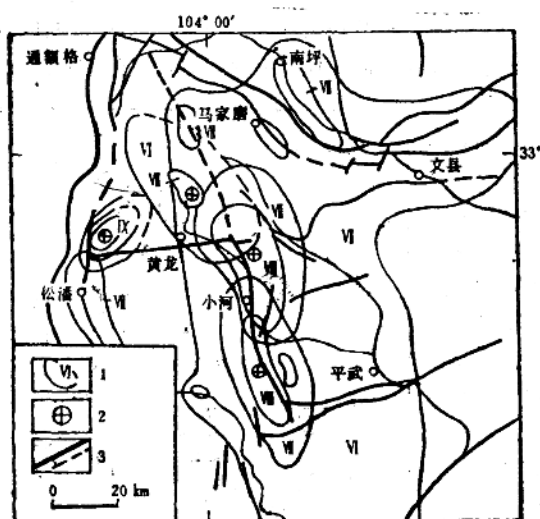


图6 松潘-平武地区主要地震等烈度线图
1. 烈度线及烈度值; 2. 宏观震中; 3. 主要实、推测断裂

表 1

松、平地区代表地震震源主要力学参数表

地震名称	P 轴 情 况		节 面 方 位		错 动 力 情 况	
	方 位	仰 角	A 节 面	B 节 面	方 向	仰 角
叠溪 $7\frac{1}{2}$ 级	52°	29°	14° (右旋)	277° (左旋)	Y_A 7° Y_B 104°	11° 30°
漳腊 $6\frac{3}{4}$ 级	89°	19°	47° (右旋)	309° (左旋)	Y_A 229° Y_B 137°	2° 30°
松潘-平武第一次 7.2 级	63°	10°	0° (右旋)	289° (左旋)	Y_A 29° Y_B 270°	
松潘-平武第二次 7.2 级	95°		325° (左旋)	49° (右旋)	Y_A 139° Y_B 229°	25° 4°

深度大于 15km, 而西侧的漳腊地震震源深仅 5km; 地震有感范围宽, 特别是以向东的波及影响为宽, 迭溪地震和松潘-平武地震的有感范围据知分别远达香港、太原等地; 震源机制解所得的主压应力方向总的看来为近东西向, 如北东-北东东、东西和北西西等方向。主压应力轴仰角近于水平, 两组节面多为北东、北西向, 前者右旋, 后者左旋错动 (表 1)。主压应力方向与构造应力场方向是基本吻合的, 即为北东-近东西向。有意思的是, 松潘-平武第一次 7.2 级地震的主压应力方向为北东向, 与区域新构造应力场方向一致, 表明该地震是区域应力作用触发的结果; 而其后的 6.7 级和 7.2 级地震的震源主压应力偏转为北西西向, 显然可以理解为是震源破裂面继续 (左旋) 错动时的应力作用方向。

二、与鲜水河断裂带南东地段的对比

从前面所述松潘-平武地区主要地质构造特征可以看出, 它与我国西部地区的地质构造, 特别是邻近的区、带有很多相似之处。如与鲜水河带虽不完全相同, 构造的活动强度也差别较大, 但与其南东地段却有许多共同的地方。

鲜水河带为人所熟知, 新近已提交了全面系统的调查报告¹⁾和初步研究性质的成果, 这里不妨将它们作一对比 (参见前述部分和有关文献 [6] [7] [8])。

1. 构造背景

鲜水河断裂带为我国西部地区东缘作北西走向的大型走滑型断裂带。松潘-平武地区与之同处于我国西部印支构造区和青藏地块内, 它们的东部均与华南地块相邻接 (松潘-平武地区尚与华北地块相邻接), 处于龙门山北东向古老构造带的北西侧。原始基础均为扬子地台的分裂部分 (据知扬子地台的残迹可向西追索至三江地带 [10]), 分裂的块体又经过张、压等反复作用。可见二者基础构造背景相同; 从表层构造看, 它们的两侧均发育有弧形构造这类构造型式。如鲜水河带北东侧有若尔盖-红原-金汤叠弧系, 西南侧有雅江-木里-盐源叠弧系。松潘-平武地区则北东侧有武都-文县-白马叠弧系, 南西侧即若尔盖-红原-金汤叠弧系 (尚有较场弧等)。这些弧形构造的成生实际与北西走向的印支褶皱带的次生应力场相关; 如盐源叠弧系即是北东向挤压下局部让位南滑作用所造成。显然金汤叠弧系即若尔盖地块局部让位南滑所造成。白马叠弧系的形成则与鄂尔多斯地块的南推密切相关。

2. 活动时间特点

已知鲜水河带是喜山晚幕具有初形的, 也即青海期高原面 (夷平面) 强烈解体、第三纪晚

1) 四川省地质局, 鲜水河断裂带地震地质调查报告, 1987。