

四川鲜水河断裂带上的一个地震活动空区*

韩渭宾 黄圣睦

(四川省地震局)

摘 要

本文根据鲜水河断裂带自1900—1981年5级以上地震震中分布、6.5级以上地震的极震区或地震地裂缝带的展布,以及1967—1981年各次强震的余震分布,提出道孚—乾宁间出现缺震段。从弱震活动和地形变资料分析,认为这个缺震段不象是一个蠕动段。因此,可以认为这是一个地震活动空区,至少是一个第一类空区。根据统计关系推断,未来强震的最大震级可达 $7\frac{1}{2}$ 级左右。

一、引言

关于大地震前震中区附近可能出现地震活动空区,国内外已有很多震例报道。空区的概念早已从板块边缘的大地震余震带之间的空段,扩展到大陆内部一次强震前震中附近地区地震活动水平的降低。弗道托夫(S. A. Fedotov, 1965)和艾伦(Clarence Allen, 1965)是板块边缘地震空区研究的开创者。茂木清夫(1968, 1969),赛克斯(L. R. Sykes, 1971),凯勒(John. A. Keller et al., 1975)和墨肯(W. R. MoCann et al., 1978)等有过比较详细的研究,并对这方面作过较全面的评述。1970年中国科学院地球物理研究所在探讨华北地区地震危险区划分途径的研究中,首先将空区的概念用到中国大陆上来。随之在编制全国地震烈度区划图^[1]的过程中,全国和各省的编图组以及西南地震烈度队对全国各地震区、带的地震空区作了统计和总结。吴开统、魏光兴等也相继开展了这方面的研究。很多研究者提出,使用资料的震级下限及取舍资料的时空范围不同,给出的地震空区图象也常常有所不同。茂木清夫(1979)提出两类地震空区的概念^[2]: 第一类是地震带上一些大地震破裂区在空间分布上的空区;第二类是地震活动带上较大地震前较小地震活动的空区,亦称前兆空区。笔者在编制四川省地震烈度区划图时,也提出过类似看法(四川省地震烈度区划工作报告, 1974)。

凯勒等(1973)用于确定地震空区的最初标准是: 1) 所研究的地段是主要地震带的一部分; 2) 该研究地段至少有30年没有破裂。墨肯等^[3]又补充了四条: 1) 上述地区有

* 1981年11月7日收到初稿, 1982年11月1日收到修改稿。

一个或多个大地震的历史记录；2) 在给定地段大地震的重复间隔与上次大地震以来的时间间隔接近相等；3) 大地震沿板块边界呈有规律地时空发展。在一系列地震中，这里似乎是一次地震的地点；4) 该地区在地壳构造上与其他在历史记录上发生过大地震的地区相似。

国内研究者在大陆内部着眼于中长期预报确定第一类空区时，还常常使用中强震资料。在中短期预报中，用区域地震台网测定的微弱地震资料确定前兆性空区。

二、1900—1981 年鲜水河断裂带的强震活动

四川鲜水河断裂带是我国西南地区现代构造活动最强烈的断裂带之一。自甘孜县卡苏，经炉霍、道孚、乾宁、康定到泸定磨西云南，全长达 300 余公里。断裂带总体走向北 45° 西，断层倾角陡立。错动性质以“左旋走滑”为主，兼具压性。折多山附近，断裂切错燕山期花岗岩侵入“西康群”的接触线，其错距达 17 公里。在断裂带的地表露头，呈现特有的疏松、宽阔的“构造石林”地貌。它和断裂穿过第四纪沉积物内展现的新断层带、水系“S”形错移(扭曲)、温泉带(群)、古今地震断层带等标志，充分证明鲜水河断裂带是一支现代构造强烈活动的巨型活动断裂带。

图 1—3 分别给出了 1900—1981 年鲜水河断裂带上 5 级以上地震的震中分布、6.5 级以上地震的极震区和地裂缝带，以及 1967 年以来 5 级以上地震的余震分布。它们表明，道孚—乾宁是 1900—1981 年鲜水河断裂带上最明显的缺震段。

1981 年 1 月 24 日道孚 6.9 级地震发生在这个空区的北端。但从震源机制的一致性、断层活动的连续性、以及历史地震活动的相似性分析，就象 1919 年道孚两次 $6\frac{1}{4}$ 级地震、

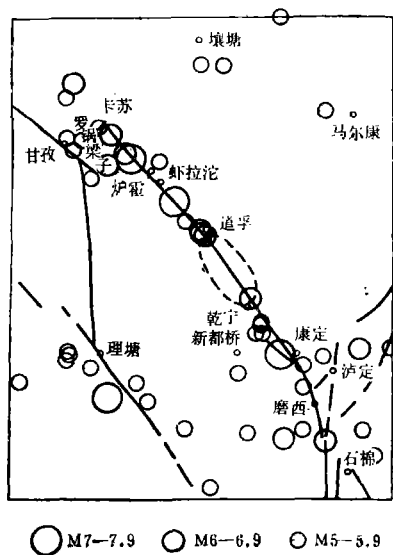


图 1 1900—1981 年鲜水河断裂带 $M \geq 5$ 的地震震中分布图

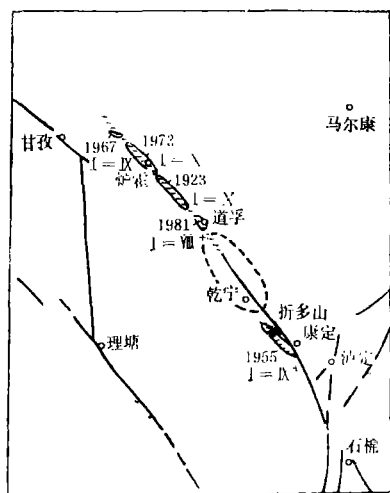


图 2 1900—1981 年鲜水河断裂带 $M \geq 6.5$ 的地震极震区、地裂缝分布图

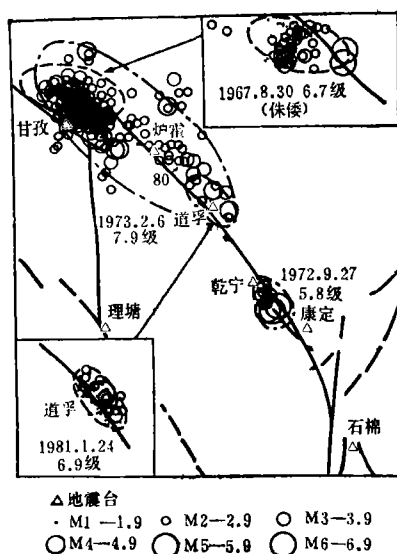


图3 1967—1981年5级以上地震及其余震分布图

1923年炉霍 $7\frac{1}{4}$ 级地震后,又在道孚发生 $6\frac{1}{2}$ 级地震一样,1981年道孚6.9级地震可以和1967年朱倭6.8级、1973年炉霍7.9级地震一起,看成是一次广义的地震序列。道孚6.9级地震的余震很小也很少。最大余震仅3.9级,3.0—3.9级仅4次,2.0—2.9级共34次。宏观破坏 VIII 度区只有15公里长。详细调查的地裂缝带全长也只有44公里(图2),尚不能填补上述缺震段。

三、道孚—乾宁间二十世纪以前的强震活动及其地震地质条件

近三年来,《四川地震资料汇编》编辑组在全国地震历史资料总编室及有关单位支持下,从原明清档案、原西藏地方政府档案、地方志及私家著述、报刊中得到不少新的地震史料^[4],修订了一些地震参数。其中对1893年8月29日乾宁(北纬 30.5° ,东经 101.5°)原定 $6\frac{3}{4}$ 级,IX度地震,现查明拟定为 $7\frac{1}{2}$ 级,X度。据光绪十九年十月十八日摄政竿穆·赤烈若杰致驻藏大臣奎焕咨文及同年十月二十三日驻藏大臣奎焕对噶达(即乾宁)惠远寺因地震灾求免赋税的批复等记述,该次地震的极震区(X度区)应在燃果—卡马间,长约40公里。震中在龙须玛隘口(今40道班驻地,见图4(a))。燃果、重隆、肯祖、促涅等地村寨(见图4(b))全部塌毁,已成废墟。南东侧的惠远寺(著名大寺,有房1000余间)全塌,乾宁衙署、军营及藏汉居民房屋遭摧毁,伤亡严重。据阿诺德、海姆(Anold Heim)^[5]1930年调查,清楚见到肯祖—惠远寺间有20余公里的地震裂缝带(见图4(a))。1980年笔者赴现场核实,该裂缝带尚依稀可辨,作直线状穿切盆地、山丘,带宽约20米,恰沿鲜水河断裂带地表露头展布,为极震区和震中烈度的确定,提供了有力的地质证据。

就地震地质条件而言,本地区属于鲜水河断裂带中段,构造形迹清楚。如在龙须玛隘

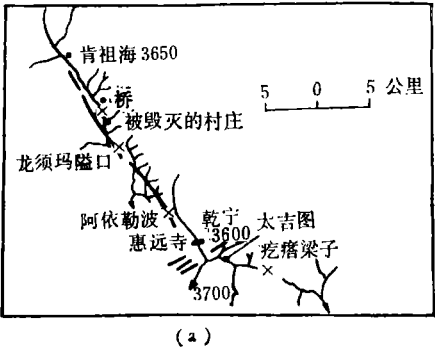


图 4(a) 乾宁北西 1893 年地震地裂缝带分布图

(据阿诺德,海姆道孚地区地质地形草图,1930).

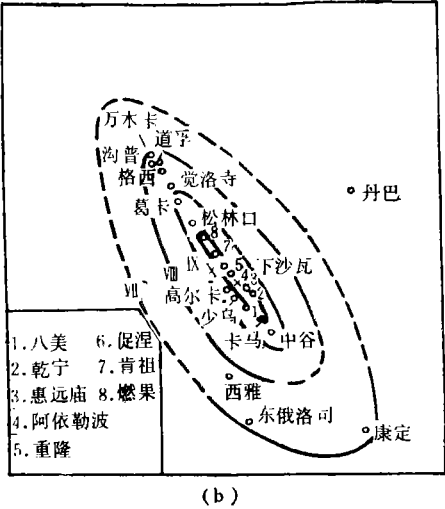


图 4(b) 1893 年 8 月 29 日乾宁地震等震线图

口见到主断面露头,其切错第四纪砂砾石层,垂直断距达数米。黑色富含炭质的构造角砾岩、挤压带于此及葛卡、格西等地均连续出露(图 4(b)),并一直延伸到道孚以远。发生时间更早的地震沟谷见于道孚南西侧的沟普、万木卡及南东侧的格西等地(图 4(b))。近

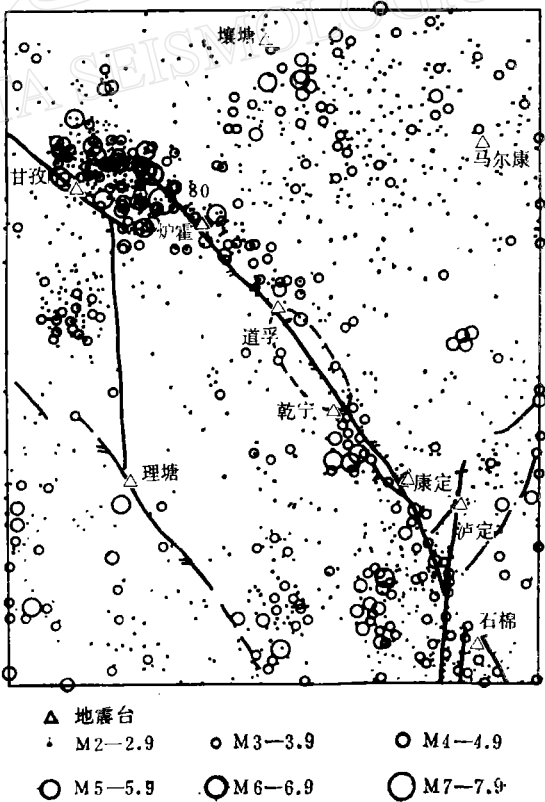


图 5 1970—1979、7 鲜水河断裂带地震震中分布图

来,又经航片的现场解释证实,道孚—乾宁地区的鲜水河断裂,线性展布清楚,新断层、水系扭曲、温泉(冷泉)、地震湖的发育与排列,并不亚于炉霍段或康定段。

四、鲜水河断裂带的弱震活动和形变观测资料

鲜水河断裂带弱震震中分布图(1970—1979 年 7 月)也可看到,道孚—乾宁地震活动性较弱(图 5)。鲜水河断裂带的长水准复测资料(图 6,据刘本培等,1981)表明,炉霍 7.9 级地震前后,以新都桥为展点,炉霍附近(以罗锅梁子和虾拉沱为中心)大幅度沉降。道孚 6.9 级地震前后,又在道孚附近出现较大幅度升降,而道孚南东侧乾宁一段始终变化不大。短水准和短基线资料(图 7,据刘本培等,1981)表明,从 1973 年以来,断层蠕动速率较大的是鲜水河断裂北段虾拉沱、虚墟等场地。用最小二乘法对该二地观测资料进行曲线拟合,得到滑动量 ΔH 随时间 ΔT 的变化关系分别为:

$$\Delta H = 7.33 \log \Delta T - 0.25$$

和

$$\Delta H = 4.30 \log \Delta T - 0.48^{[7]}$$

而道孚—乾宁一带没有观测到明显的断层蠕动,也可能是运动速率很小。

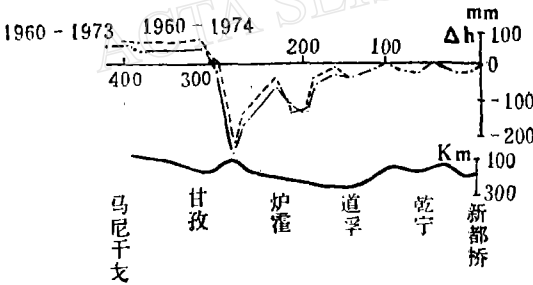


图 6 鲜水河断裂带长水准复测资料

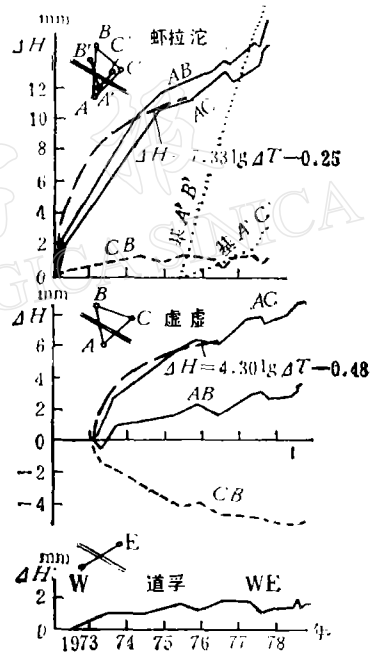


图 7 鲜水河断裂带三处短水准和短基线复测资料

五、分析和讨论

道孚—乾宁间作为鲜水河地震带的一段,从 1893 年以来已有 88 年未曾发生 7 级以上地震。它的两头从 1900 年起先后发生过一系列 7 级以上强震和 $5-6 \frac{3}{4}$ 级中强震,成为鲜水河地震带明显的缺震段。形变和弱震资料表明,道孚—乾宁间不可能是断层蠕动段或不间断地以小震群释放能量的地段。这是历史上又曾发生过 1893 年 X 度 ($7 \frac{1}{2}$ 级)

地震和其他一些中强震。笔者认为,该段地质构造与鲜水河断裂带北、南段比较,也并无明显差别。因此,按本文前面确定空区的标准,可将道孚—乾宁间确定为第一类空区。

1981年1月24日道孚6.9级地震发生在这个空区的北端。笔者认为,这次地震应和1967年朱倭6.8级地震、1973年炉霍7.9级地震(图3)一起看成一个广义的地震序列。它是鲜水河断裂带北段那一系列破裂的继续。实际上道孚6.9级地震及其余震区,没有超出7.9级地震余震的范围。道孚6.9级地震对于道孚—乾宁间的缺震段的存在没有影响。

从1900—1981年5级以上地震的震中分布和6.5级以上地震的极震区分布看,道孚—乾宁间的空段长约60公里。从1967年以来5级以上地震的余震分布看,该空段长约50公里。

钱洪^[6]根据鲜水河断裂带几次强震以及通海地震地裂缝资料,统计断层长度与震级的经验关系式为

$$\log L = 0.5M - 2$$

若取 $L = 55$ 公里代入,可推断道孚—乾宁间最大地震的震级可达 $7\frac{1}{2}$ 。若用郭增建等的统计公式:

$$M = 2.1 \log L + 3.3$$

则未来地震可达7级。大竹政和统计了空区长轴与时间的乘积与未来地震的震级之间的经验关系式

$$\log (L \cdot T) = 0.64M - 1.63$$

由此推算道孚—乾宁间未来地震最大震级可超过8级。目前用空区预报地震主要还是经验性的,不同公式差别较大,也只能定性地或半定量地使用。对于道孚—乾宁间这个空区,笔者认为,将未来最大地震估计为 $7\frac{1}{2}$ 级可能比较合理些。

参 考 文 献

- [1] 国家地震局,中国地震烈度区划工作报告,地震出版社,1981.
- [2] 茂木清夫 (Mogi), Two kinds of Seismic gaps, *Pure and Applied Geophysics*, **117**, 6, 1172—1186, 1979.
- [3] W. R. McCann et al., Seismic gaps and plate tectonics: Seismic potential for major boundaries, *Pure and Applied Geophysics*, **117**, 6, 1082—1147, 1979.
- [4] 《四川地震资料汇编》编辑组,四川地震资料汇编, **1**, 550—556, 四川人民出版社, 1980.
- [5] Arnold Heim, Earthquake region of Taobu, *BGSA*, **45**, 1035—1050, 1934.
- [6] 钱洪,鲜水河断裂带地震趋势的地质估计,地震研究, **3**, 4, 1980.
- [7] 大竹政和,地震预报中第二种地震空区现象的意义,日本地震学会,1979年度秋季讲演预稿集 (B26), 1979.
- [8] 刘本培等,鲜水河断裂的活动特征,地震科学研究, **3**, 30—37, 1981.

A SEISMIC GAP ON THE XIANSHUIHE FAULT, SICHUAN PROVINCE

HAN WEIBIN HUANG SHENG MU

(*Sichuan Provincial Seismological Bureau*)

Abstract

In this paper, based on the distribution of epicenters of earthquakes of magnitudes $M \geq 5$ and the magistoseismic areas of earthquakes of $M \geq 6\frac{1}{2}$ occurred during the years from 1900 to 1981 as well as the distribution of the fracture zones of those earthquakes and the aftershocks of the major earthquakes occurred during the years from 1967 to 1981, it has been inferred that between Daofu and Gianning along the Xianshuihe Fault, a segment of seismic quiescence exists. In analysing the seismic activity of weak earthquakes of this area and the data of crustal deformation measurements, it does not seem to be a creeping portion of the fault. Therefore, it may be considered that this is a seismic gap, the first kind of Mogi, at least.

According to statistical estimation, the maximum magnitude of the coming earthquake may be possibly $7\frac{1}{2}$.