

1920年海原特大地震的孕育特征

国家地震局兰州地震研究所 宁夏回族自治区地震队*

1920年12月16日的海原大地震,其震级为8.5级,它是世界上大陆内部罕见的特大地震之一。为了今后逐步探索这类大地震的预报问题,需要研究它的各个方面。本文拟讨论该次大地震的一些孕育特征。

一、海原大地震的孕震力源

根据文献[1]的研究,这次大震发生时是沿着北西或北西西走向的断裂带,而且具有反时针的水平错动。文献[2]也指出,当时世界所掌握的几个远地震台上记的乐甫面波比较强,这也说明海原大地震具有很大成分的水平错动。另外,野外的实地勘测表明,在极震区的干盐池附近,许多田埂被水平错动。错动带是北西西走向的,错动方式是反时针,其幅度达2.5米。按照我们的认识,这个错动幅度是整个震源断层错动时牵动了地表层,而使地表层中产生大量的小错动,实际上震源地方的错动幅度还要更大。但无论如何其水平错动的旋性是肯定的,如图1中实线箭头所示。由于这次地震特别大,所以由它的错动情况所推求的区域应力场应当在很大范围内具有代表性。实际上海原8.5级地

震后在其周围地区发生的8级以上大地震其震源机制与它是相符的,如图1所示。这种错动特征可用近南北向的水平张应力或近东西向的水平压应力来解释。考虑到海原地震较大,其岩石强度或断层面的静摩擦极限也必然较大,这用南北向的张应力不好解释,因张应力不利于造成上述断层面上摩擦强度大的情况。所以我们取近东西向的压力作为海原大震的水平力源,华北其他地震的力源也是这样的。对这种

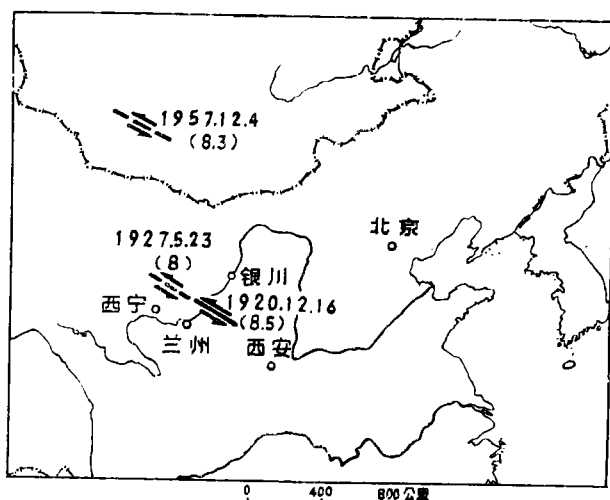


图1 1920年海原大震及邻区8级以上大地震震源机制图

* 此文由郭增建、秦保燕、李孟奎、冯学才执笔

近东西向区域应力形成的原因目前还无定论。但可以认为是太平洋板块和印度板块对中国大陆地壳作水平挤压的结果。另外根据地震时极震区干盐池的盐湖向北迁移一公里多的事实,说明震中区有较大的垂直运动,因之我们认为海原大地震的孕震力源除上述水平向力源以外还应有来自上地幔物质的垂直运动的力源。这是与文献〔3〕〔5〕的观点一致的。

二、海原大地震的孕震模式

根据文献〔3〕〔4〕〔5〕〔6〕的研究,一个大地震的震源是由应力积累单元和其两端的应力调整单元组合而成的。其中应力积累单元是介质强度较大或断层面上摩擦极限较高的地区,调整单元是介质强度较低或断层面上静摩擦极限较低的地区(如破碎区、塑性区或蠕滑断层段等)。这个模式的特点是引入了应力调整单元。这个调整单元有以下几个作用:

1. 调整单元在震前不积累巨大的剪切应力,而把应力转移调整到附近的应力积累单元上去,这是有利于震源地方的应力积累,即有利于促使大震的孕育和发生。

2. 地震发生时,积累单元的断层发生极快速的传播,一遇到应力调整单元时断层就趋于停止了。

3. 地震发生时,要使积累单元原来储存的弹性应力完全释放掉,就得要发生相应的错动幅度。但错动幅度是要调整单元最后容纳调整的。如果地震时调整单元不能立即满足这个错动幅度的容纳调整,则积累单元的错动幅度不能错完。这样积累单元就存有剩余的应力。随后调整单元再调整出可容纳的条件时,积累单元遂再发生错动,这可能就是强余震的原因。如果调整单元在主震发生时让位很充分,则积累单元就几乎把它应具有的错动幅度都错完了,这样余震就很弱了。

对于1920年海原大地震来说,我们认为其应力积累单元是陇西系构造中由固原到景泰的这一段,该段构造线单一,全长约200公里。在景泰地区有北西西向陇西系构造带与民勤东侧南北向地震带(相当于一个构造带)交汇。在固原地区有北西向陇西系构造与近南北向构造交汇,因之这二个地区是调整单元。如图2所示。1920年海原大地震的极震区和地震断裂带也基本上截止在这两个调整单元地区,它反映了震源断层的传播终止在景泰和固原地区。为什么现代尚活动的构造交汇地区可作为应力调整单元呢?因为深大断裂带交汇地区地下介质的完整性较差,深部热物质易于上涌穿插,这样构造交汇地区岩石的总体强度就不高了,因之它属于应力调整单元。但应力调整单元附近的地区易于形成应力集中,因之附近易于发生地震。所以如果把构造交汇区范围取大一些,则就形成了构造交汇区易于发生地震的概念。如果我们事先知道1920年海原大地震的应力积累单元长度L,则可用以下的公式估计其震级,这个公式是:

$$M = 3.3 + 2.1 \log L \text{ (公里)}. \quad (1)$$

将具体由固原到景泰这段200公里长度代入(1)式,则得震级为8.1级。(1)式是本文前两个作者在1965年得到的,并且当时就已应用于由发震构造的段长来估计未来的地震强度,从而为建设地点提供未来地震烈度。

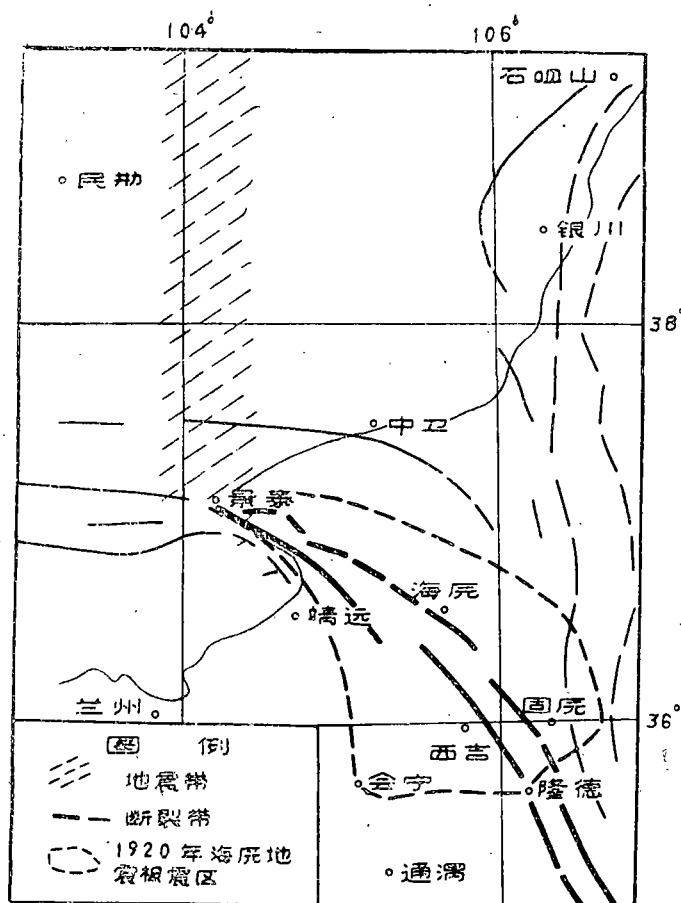


图2 海原地区地质构造略图

三、大震孕育的空白区

按照文献〔1〕的研究, 1920年大地震孕育的空区如图3所示。这些参加围空的地震都是破坏性地震。值得指出的是我国的空区类型大致可分为两类, 一类是空白区比震源体积大得多, 另一类是空白区与震源体积相近。1920年大地震就属于第二类。既然空区与震源体积大小相当, 所以就可用前述的公式(1)来估计其未来地震的震级。这又是另一个估计震级的指标。

四、由空区的形成时间估计未来大地震的强度

按照文献〔1〕的研究, 海原地区自1638年1月发生7度地震后直到1920年大地震发生, 在该区约3万平方公里的范围内从未再发生过破坏性地震。然而在此期间, 海原周围地区的中强地震活动却相当频繁, 形成了明显的地震活动空区, 如图3所示。这个空区形成的时间为282年。按照以往我们对陕、甘、宁、青地区震级与空区时间统计所得的粗略公式〔1〕:

$$M = 1.55 \log t (\text{年}) + 4.6.$$

(2)

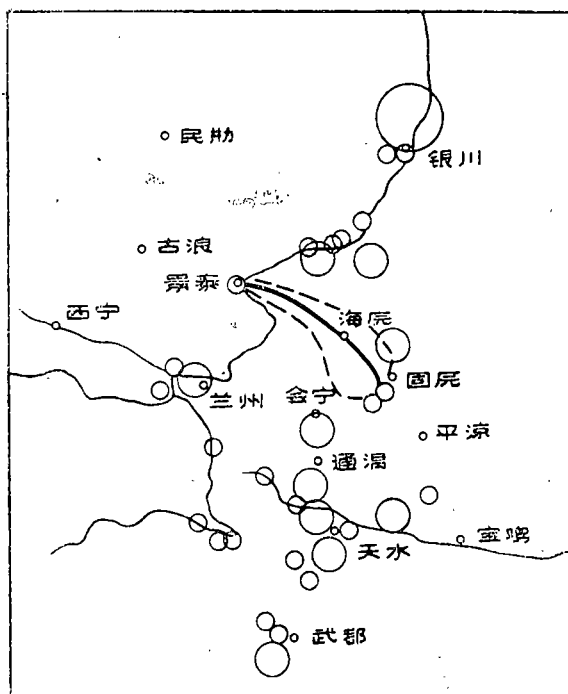


图3 1920年海原大震前震中分布

用这一公式算得海原空区的震级为8.4级。这与实际的震级是相近的。

五、强余震的位置

1920年主震之后最大的一个7级余震发生在12月25日，根据康哲民等同志的宏观调查访问，这次7级余震的震中在打拉池至景泰这一段。一般7级地震的震源断层约长60公里，这也与打拉池至景泰间的距离接近。按照上述调整单元对余震所起的作用，这也是不难理解的。由于景泰地区来不及调整积累单元的错动幅度，所以强余震随后在此发生。有趣的是这个最大的强余震发生在主震后的第九天，这与我国其他一些特大地震后7级以上强余震发生的时间相类似。根据统计，我国特大地震之后发生7级以上余震共有三次，另外主震在7级以上而续发7级以上地震的有四次。它们共同的特点是：7级以上强余震或续发性大地震均发生在主震或头一个大地震的当天，或者发生于第九天附近，如表1所示。这种时间特点形成的原因可能是主震后有一种九天时间的外因触发，抑或是上地幔物质有类似周期性的运动来促发大地震区域内所剩余的能量。

表1

发震日期 年月日	震中 位置	震级 M	强余震与续发性地震发生的倍九时间				
			0天	9天	18天	27天	36天
1920.12.16	海原	8.5					
1924.7.3	民丰	7 $\frac{1}{4}$					
1931.8.11	富蕴	8					
1951.11.25	台湾	7					
1955.4.15	乌恰	7.4					
1976.5.29	龙陵	7.5					
1976.7.28	唐山	7.8					
1976.8.16	松潘	7.2					

六、海原大地震后震源区的情况

海原大地震发生后造成震源区内岩石强度的降低，或者是整体性被破坏。因而在震

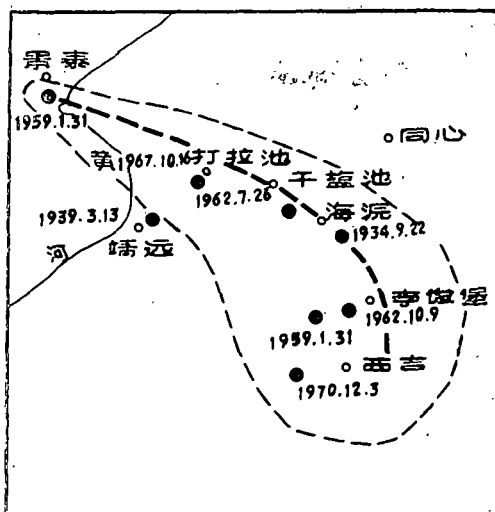


图4 1920年海原大震后中强地震分佈图

源区内近六十年来5级左右地震多次发生，但却没有6级以上地震发生，如图4所示。有趣的是在极震区之外六十年来还无5级以上地震发生，这似乎说明外围地区岩石强度还是比较高的。根据这事实，我们认为1920年大震区内今后在一定时期内不会发生6级以上地震。事实上我国在1920年以前发生8级以上大地震共有10次，其中只有台湾和云南的两次8级地震后在其极震区内发生过6级地震（不是指余震）。其他八次8级以上地震发生后在其震中区内至今皆无6级和6级以上地震发生，如图5所示。这也支持1920年海原大地震区内今后几十年内不致于发生6级以上地震的观点。

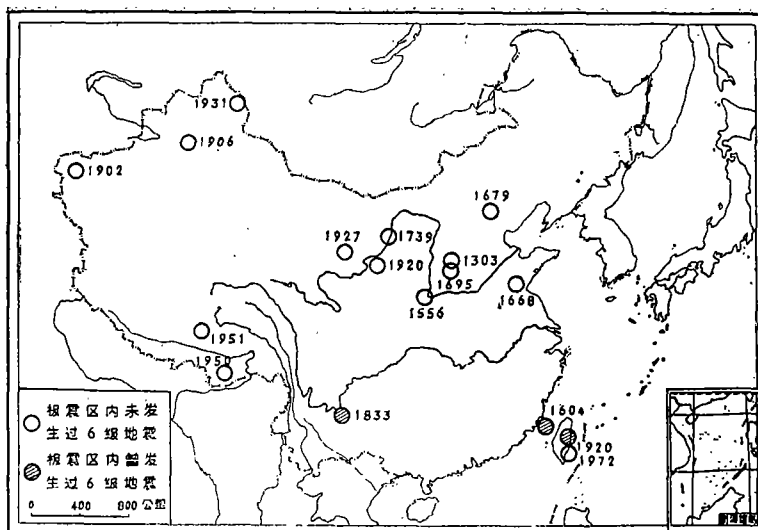


图5 1920年大震前我国的8级以上大震

参 考 文 献

- 〔1〕 国家地震局兰州地震大队 宁夏回族自治区地震队 1920年12月16日海原大地震 地球物理学报 1976年1期
- 〔2〕 Wang—Ping Chen and P·Molnar Seismic moments of major earthquakes and the average rate of slip in Central Asia (1976年赠送本)
- 〔3〕 郭增建 秦保燕 张远浮 黎在良 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3期
- 〔4〕 郭增建 秦保燕 徐文耀 汤泉 震源孕育模式的初步讨论 地球物理学报 1973年
- 〔5〕 郭增建 秦保燕 地震预报中的某些力学问题 力学 1977年1期
- 〔6〕 郭增建 秦保燕 徐文耀 唐山大震成因初探 自然科学争鸣 1977年5期