

# 地震构造法的 地震区域划分问题

И. Е. 古 宾

56.258  
155

科 学 出 版 社

# 地質構造法的地震區域劃分問題

張 九 清 著

地 質 部 地 質 所

1957年  
第 一 期

# 地震构造法的地震区域划分问题

И. Е. 古 宾 著

张贵贤 李宗元 译

傅 承 义 校

科 学 出 版 社

1 9 6 2

## 目 录

关于地震区域划分的几个问题.....	1
对地震区域划分的地震构造法的论辩.....	46
地震区域划分中未来地震最大强度的确定.....	74
塔吉克斯坦地震的非仪器研究方法 with 烈度表.....	88

# 关于地震区域划分的几个問題\*

И. Е. 古宾

本文探討地震区域划分的各种方法,指出采用明确的区域划分原則的必要性,介紹地震构造法以供实际应用和作进一步的研究。近几年来工作的結果充实了該方法的内容。

## 引 言

造成破坏的強烈地震在許多国家里都会发生。在苏联南部各地区,从喀尔巴阡山到堪察加,都记录到強烈地震。这种地震区的居民,經常为本地将会发生強烈地震而不安。

由于十月革命后开展了大規模的建設,地震区地震的研究与地震区域划分的問題成了国家的重大問題。

А. П. 奥尔洛夫 (А. П. Орлов) 和 И. В. 穆什凱托夫在 19 世紀 (И. В. Мушкетов) 建立了我国強震的非仪器记录。系統的仪器观测是由 Б. Б. 伽利津 (Б. Б. Голицын) 开始的。1893 年編制了一部資料丰富的地震目录<sup>[1]</sup>, 至今仍是一本极重要的参考书。对于某些最强烈的地震进行了实地研究, 推測了它們可能的地質条件和波及面。有許多这类著作, 如 И. В. 穆什凱托夫<sup>[2]</sup> 和 К. И. 波格达諾維奇 (К. И. Богданович) 的著作都是經典著作。地震的发生与地壳沿断裂运动有关。这个观点, 早在 1872 年已由 А. П. 奥尔洛夫提出, 并在以后的許多工作中得到了証实。

\* 本文是 1951 年 12 月在苏联科学院地球物理研究所学术委员会上宣讀的一篇报告。1952 年初报告写成了論文, 这是根据更全面地闡明該問題所进行的討論和所提問題的解答发展而成的。以后論文只是补充了有关中亚細亚地震的一些实际資料, 并引用了最新的文獻。

1890年編成了第一幅綜合性的地震圖，其中包羅了大致自18世紀中葉以來的資料<sup>[1]</sup>。這是一件重要的參考資料，可以用來確定那些過去記錄到強烈地震，因而將來可能還會發生這種地震的地區。每次地震單獨地畫在圖上，並附有等震綫。

現今有許多機構在進行記錄和研究地震的工作。在莫斯科這些研究工作集中在蘇聯科學院地球物理研究所里，工作量比十月革命前多了許多倍。

## 1. 統計法地震區域劃分圖

很早以來就存在一種看法：在地震活動區域里，只有記錄到破壞性地震的地方，才可列為將來有可能發生這種地震的地段；這些地區的其他地段似乎是沒有危險，並認為在這些地段里將來會發生強烈地震是沒有根據的。

這個看法的第一部分是正確的，其第二部分卻沒有任何根據。儘管如此，這個觀點幾乎是以前所有地震區域劃分圖的基礎。過去認為在沒有直接記到地震的地區里，沒有辦法確定出將來會發生強烈地震的地段。關於這一點，美國\*科學家E. 提洛森(Tillotson)在1940年曾提到過<sup>[4]</sup>。

從本世紀的初期到現在，上述前提一直是編制地震區域劃分圖的基礎。這些圖有時稱為地震圖，有時也稱為地震區域劃分圖或地震活動性圖。圖上表示出所研究的地震區里將來可能發生9—5度地震的地區。很多作者對編制這些圖的原則未加說明。

將地震記錄的資料加以分析可以看出，在這些圖中被劃為將來有可能發生各種強度地震的地段，基本上都是以前記錄到這種地震的地方。如果有兩個烈度相同的地震區相距很近，在劃分時就合併為一，這時有些地方就機械地擴大了。

實際上這不是區域劃分圖，也不是預報地震地點和可能烈度的圖；而是已記到各種烈度地震的地區的總括圖，即地震統計圖。在這些圖里沒有表明發生地震的地點，用這種合併地震區的圖，連

\* 原文可能有誤，實為英國科學家。——譯者注

近似地确定地震的地点都不可能。这样作图的在国外有 A. 西貝尔格(A. Sieberg)<sup>[5]</sup>、C. 莫列里(C. Morelli)<sup>[6]</sup>等人,我国有 И. В. 穆什凱托夫<sup>[7]</sup>、Н. И. 博特文金(Н. И. Ботвинкин)<sup>[8]</sup>、В. В. 波波夫(В. В. Попов)<sup>[9]</sup>、Г. П. 果尔什科夫(Г. П. Горшков)<sup>[10-12]</sup>等人。

Г. В. 波波夫所作的中亚細亚图,是这类图中最简单的一幅(图1)<sup>[14]</sup>。該图上将来可能发生9度地震的地点呈卵形。卵形外圍着一条光滑的曲线,它圈出将来可能发生8度地震的地带。曲线外的地区划为7度地震带,更远的地区划为6度地震带。上列各地震带与1932年以前在这些地方記到的各种烈度地震的地点相符合。

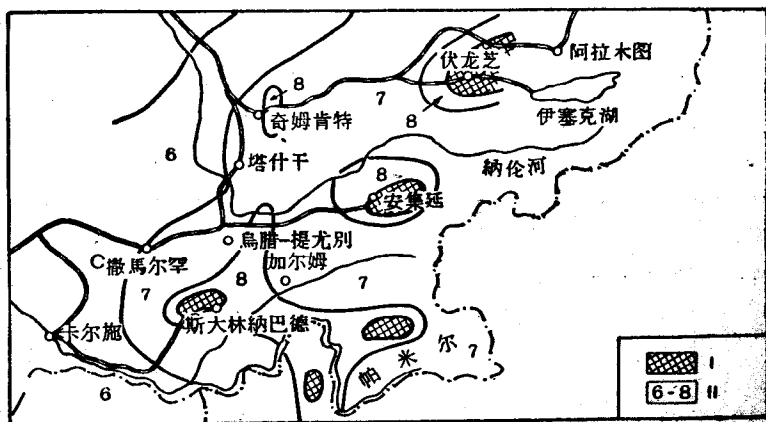


图1 中亚細亚可能发生的最大地震的分布图。

Г. В. 波波夫于1932年編成。

I—9度, II—烈度。

在德国地震学家西貝尔格所編的地震活动图(图2)里,同样只标出以前发生过地震的地方。其中8—9度的地震区独立地刻出,其周围6—7度的地震区则合并在一起,因此所划出的地带呈不规则的形状。断裂形式地画在图上,对地震統計資料并没有什么帮助。在划分各度地震区时,并未考虑到当地的地質结构。

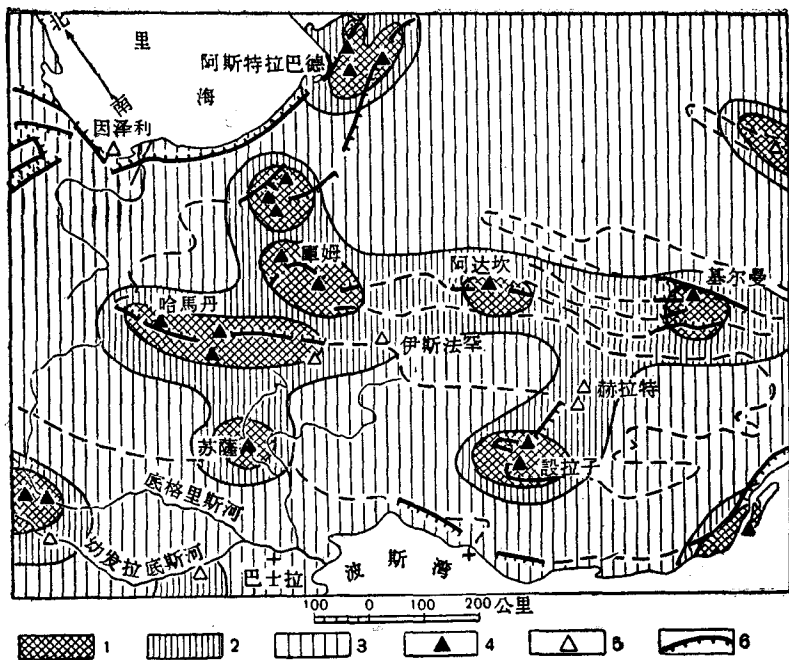


图2 伊朗地震区域划分(地震活动)图。西貝尔格于1932年制成。

1——建筑物破坏(8—9度), 2——建筑物损坏(6—7度), 3——建筑物受震而未损坏, 4——被破坏的村鎮, 5——稍受破坏的村鎮, 6——构造破坏线。

地震发生在周期性活动的震源中,因而它可能重复发生。应该承认,在地震统计图中,把已发生过9度或更强的地震的地方,列入将来有可能发生9度地震(即在建筑中考虑的最强震动)的地区是正确的。但是在图中把地震区域中极为广大的其他地段列为将来可能发生强度较小的(8—5度)地震,不能认为是有充分根据的。统计图的作者在解释中对这个问题并没有加以说明。如上所述,这些将来可能发生烈度较小的地震的地区与发生过相同烈度地震的地区是相一致的。

在大多数情况下,地震统计图的原始资料没有足够全面地反映出地震活动区存在的地震条件。



在地震活动区各地段中所发生的、被用作确定低烈度带的依据的弱震，是远处传来的震动，或者是地方性震源所引起的震动。在许多这种地方性震源中常常交替地发生微弱的或中等的以至强烈的地震。因此，弱震记录（孤立地来看）常常不能够证明该地区将来只可能发生这种微弱的地震。如果具备发生地震的地质条件，这里也可能发生强烈的地震。另一方面，许多与局部性地质过程有关的地方性震源中，也可能不发生强震。为了解决上述问题，在每一具体情况下必须进行专门的地震地质研究，而这种研究在统计法区域划分中是不进行的。

地震是构造作用表现的结果。强震不是所有地方都可能发生的，而是在那些构造运动最强烈的地方，即在一定的构造带中发生，并与岩石连续性遭到破坏——断裂（深处断裂或地表断裂）有联系。

构造运动在空间上和时间内并不是均匀的（文献[15]第47页）。按照这个情况，强震便不是一下子在所有这些地区都发生，而是有时在这个地区，有时则在另一个地区；同时也不是在一个地区的整个地带上发生，而是在这个地区的不同地段和不同深度上交替地发生。因此在地震活动区里有许多周期性活动着的、时间间隔长而不相等的震源。

我们有全苏联最近50—100年间发生的强震的实际资料（高加索地区的资料时间更长）。在这个时期里只有几个震源呈现过活动。相应的地震已列入统计图内。自然界中所存在着的许多其他震源，在这段时期里并未出现活动现象，这些震源里周期性的发生强震并未考虑进去。住在这种震源区上的居民甚至没有发觉过弱震。但是过一个时候，在这些震源中弱震和强震相继发生，而且在许多地区里发生。这些地震主要是发生在上述的震源区里，而不是发生在以前已有强震记录的震源区里。这可能解释为由于在已发生过地震的震源中应力已经消散，并正在重新积聚，其他的震源却正接近于应力释放的阶段。

在统计法区域划分中，已判断出的许多潜在震源没有加以肯

定,它們所在地區里發生強震的可能性也未加以考慮。

所以許多地區的地震統計圖缺乏足夠的實際材料,沒有研究引起地震的構造運動,即沒有考慮到客觀存在的自然規律性。因此,統計法地震區域劃分圖在很多場合下經不起時間的考驗。例如,前面提到過的 Г. Б. 波波夫的地震活動圖問世後,在中亞細亞地區,在這張圖上劃為 7 度地震區的地方發生了五次 9 度地震,劃為 9 度地震區的地方迄今只發生過 5 度地震(圖 3)。

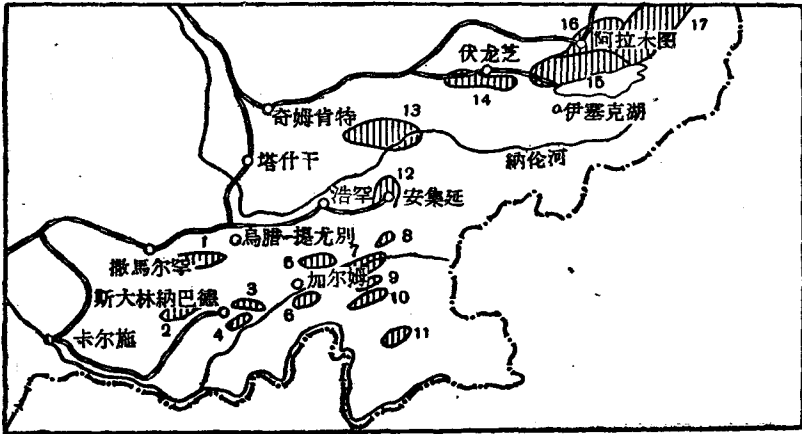


圖 3 1885—1949 年中亞細亞破壞性地震分布圖。

1—1896 年烏賚提尤別地震(8—9 度); 2—1907 年卡拉達格地震和丘雅琴地震(9 度); 3—1943 年法依查巴德地震(9 度); 4—1930(8—9 度)、1939、1943 年捷伊申地震和 1943 年卡弗頓地震; 5—1941 年加爾姆地震(9 度); 6—1939 年加爾姆地震(8—9 度); 7—1949 年哈伊特地震(9 度); 8—1941 年皮套庫爾地震(7—8 度); 9—本世紀初薩菲道地震; 10—1934(9 度)、1935、1937 年阿爾干庫爾地震; 11—1911 年帕米爾地震(9 度); 12—1902 年(9 度)等安集延地震; 13—1946 年查特卡爾地震(9 度); 14—1885 年皮什彼克(別洛沃德)地震(9 度); 15—1911 和 1938 年克賓地震(9 度); 16—1887 年阿拉木圖(維爾寧)地震(9 度); 17—1889 年契利克地震(9 度)。

其他學者編制的土庫曼、中亞細亞和西伯利亞<sup>[10,12,16,17]</sup>的這類地震活動圖也幾乎遭到同樣的結果。這些圖出版後,有幾次 8—9 度地震發生在以前沒有記到過強震的地方,即發生在圖中被列為 6—7 度震區的地方。有幾次強震發生在原已發生過的地段,更確

切地说,发生在这些地段附近(文献[15]第6页)。

土庫曼、中亚細亚和西伯利亚<sup>[13,16,17]</sup>区域划分图的以后几版里,已列入了上述新的9—8度地震的地方。因此,在这种情况下区域的划分沒有預見到事件的发生,但却随之发生。将来可能发生強震的地带在这些地区里逐渐在扩展着,7度地震区变成了8度区,以后又变为9度区。很可能,这种情况将还会繼續下去。

还可以补充一个关于地震的实际資料不足的例子,当1890年A. П. 奥尔洛夫和И. В. 穆什凯托夫編制苏联境内地震活动图时,在塔吉克斯坦和土庫曼还没有发生过強烈地震。如果在那个时候用統計法进行地震区域划分的話,很可能将这些地区全部列入无震区。但是,后来在这些地区不同地点里发生了25次8—9度的地震。

因此在地震統計图中将記錄到9度和更強烈地震的地点,列为将来可能发生強震的地区是正确的(在現代科学发展的水平下)。但是,地震活动区里的其他許多地段在这些图中被列为弱震区,而实际上它們位于将来有可能发生更強烈地震的区域里。在曾发生过強震的地方沒有找出強震的发生地,即沒有找出在地震上最危險的地带。

## 2. 总括的或概括的統計法地震区域划分图

1940年Г. П. 果尔什科夫編了一幅1:10,000,000的苏联地震区域划分图,这幅图已被批准为建筑的一个依据<sup>[16]</sup>。在这幅图里发生过9度地震的地段被划为9度震区,8度的被划为8度震区等等。因此,这幅图是遵照統計原則編成的。如果在某个地震活动区里,例如中亚細亚納伦河流域,只記錄到一个6度地震,那么不論其与某些其他情况(包括地質情况)有无关系,都列为6度地震区。

中亚細亚(图4, a)和土庫曼的某些地区則是例外,那些記錄到7—8度地震的地区里已机械地扩大和邻近的,甚至是距离很远的,記錄到9度地震区連接起来的,基本上呈袖形地区。所画出的

这些寬带状地区与当地地質結構是不相关的（甚至与地質构造横交），而且把沒有发生过 8 度地震的地段也包括了进去。在这种情况下就脱离了地震区域划分的純統計原則（詳見文献[15]第 4 頁）。

近几年来，在中亚細亚和土庫曼发生了三次 9 度地震：1946 年的納伦地震（查特卡尔地震），1948 年的阿什哈巴德地震以及 1949 年的哈伊特地震<sup>[18]</sup>。这些地震都发生在上述图中划为 6 度和 7 度的地区<sup>1)</sup>。9 度和 8 度地震（1943 年的法依查巴德地震和 1946 年的卡贊治克地震）也同样发生在該图标为 8 度和 7 度地区里。但是除了上述地震以外，还有四次強震，有的发生在以前已記錄到強震的地方，有的发生在图上列为連接成 8 度的袖形的邻近地区里（見前述）。

Г. П. 果尔什科夫在 1949 年編成的中亚細亚地震区划图中<sup>[17]</sup>，把上述袖形 8 度連接区扩大到以前記到到 9 度地震的地点之間的整个地区。这个新的 8 度地震带的长度和寬度已达数百公里（图 4, 6）。9 度地震带仍在以前发生过該度地震的地方（帕米尔是例外，它整个被列为 9 度地震区）。这样在 8 度地震区里包括了廣闊的、以前沒有記錄到这种地震的地区。因此就更远离 1940 年区域划分所应用的統計原則和地震的实际材料。就在該区的这张图出版的那一年，該图中已扩大的 8 度带里发生了上述的哈伊特 9 度地震。

1951 年 Г. П. 果尔什科夫編了苏联地震区域划分图的最后一个新方案<sup>[13]</sup>。在新图中高加索和西伯利亚部分与 1940 和 1949 年的图几乎沒有区别。在划分这些地区时，或多或少还是遵照了統計原則的。但在中亚細亚（图 4, B）和土庫曼图中却有很大的改动。已記到 9 度地震的地点之間的整个地区，在 1949 年的图中还是 8 度地震带，而在这里沒有考虑实际記載的地震却整个列入了 9 度地震带。这个地带的寬度和长度达好几百公里。在这个地带

---

1) 哈伊特 9 度地震发生在該图的 7 度和部分 8 度地区。

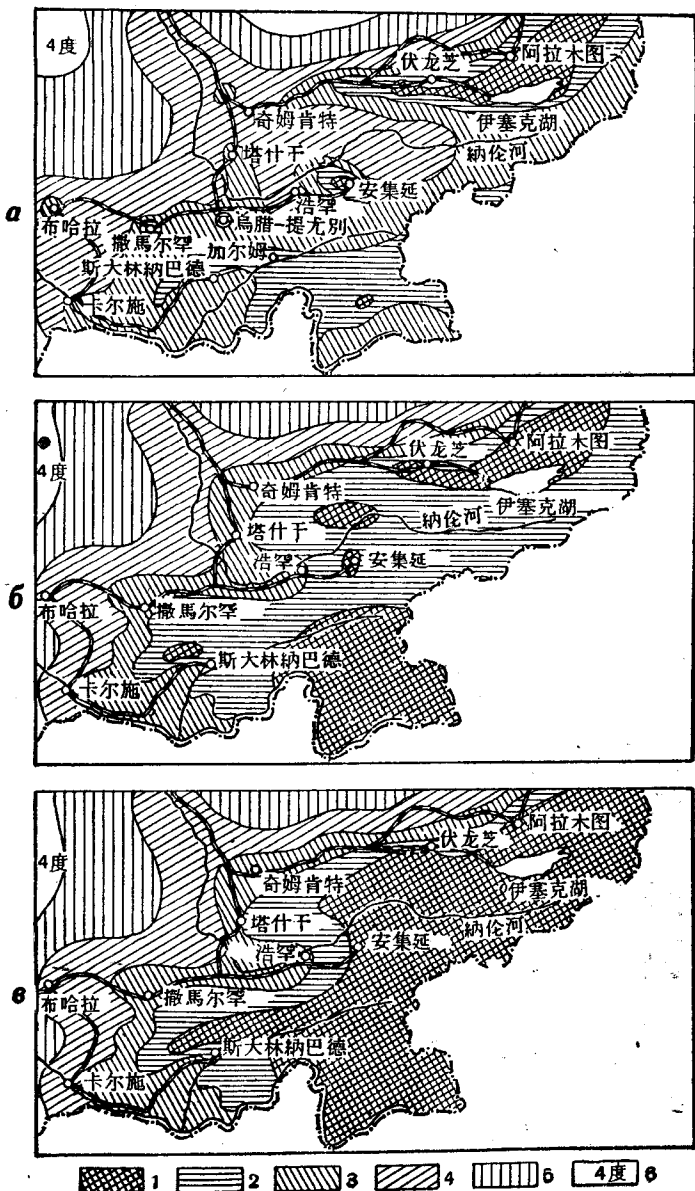


图4 中亚细亚地震区域划分图。

a—1940年公布的图； 6—1949年公布的图； B—1951年公布的图<sup>[18,16,17]</sup>；  
 1—9度地震带； 2—8度地震带； 3—7度地震带； 4—6度地震带；  
 5—5度地震带； 6—4度地震带。

里有山区、平原,甚至包括一些以前记录到9度、8度、7度和6度地震的地点。这个地带的界线穿过不少很高的山脉及不同的地质构造。在烈度较小的地震带里同样也有山区、平原以及与9度地震带相同的地质构造。

对照一下有关材料即可看出,编制这些中亚细亚和土库曼区划图的技术,就在于机械地将已记到9度地震的地区合并在一起,再在其周围圈出烈度较小的地区。例如1951年的中亚细亚地震区域划分图(图4, B)是根据1949年的图(图4, G)编出的。在这张图上各个9度地震区的西部界线由那条几乎与8度等震线平行的平滑曲线连接起来,在这条曲线以内的地区划为9度带,曲线以外的划为低于9度的地带。1951年的图就是这样编成的;这里并没有考虑到地质资料。如上所述,在这张图上各度地震区的界线与地质构造不相适应,在许多情况下这些界线甚至与地质构造直角相交(例如在斯大林纳巴德与加尔姆之间)。因此,在1951年的区域划分中,上面所说的统计原则实质上是被摒弃了,并把记录到8—9度地震的面积被机械地合并和扩大了。这种区域划分被称为总括法区域划分(文献[15]第6页)。

在中亚细亚和土库曼地区的总括法划分中已经导致相反的结果:如果说在纯粹的统计法区域划分中,许多可能发生强震的地点没能考虑进去,那末现在已将某些没有什么资料可以证明可能发生强震区列入了9度地震区。同时,在中亚细亚图中(图4, B)的低烈度区内还包括某些如高山和平原接壤的地带(例如在塔吉克斯坦和乌兹别克斯坦),而这些地区根据地震地质资料恰好是可能发生9度和更强的地震的地区。

总结图上所划各度地震区的面积的意义不明确:是这些地区将遭到不知位于何处的震源所产生的相应强度的震动,还是在各个地区的范围内将发生相应强度的地震。没有将长宽各达数百公里的8度和9度地震区加以细分,就等于没有进行这样的区域划分。即使是地震的大致发生地点也未找出。这张图的说明确没有发表出来。为什么有些地区被划为弱震区,而另一些地区则划为

強震区,其原因也未加以說明。

Г. П. 果尔什科夫所提出的这种总括法区域划分过于含混,沒有一些明确的原則作为依据。由于机械的概括因素过于強調并扩大了已記錄到的強震的面积,因此我們不能認為这是一幅統計图,或者确切点說,不能認為是一幅有地震实际材料作为根据的图。它与地質資料也沒有联系。由于上述原因,这种总括法区域划分有很多地区不能給抗震建筑的合理规划提供充分的根据。

自1940年以来,出版了并前后推荐了三幅中亚細亚和土庫曼的总括图<sup>[13,16,17]</sup>作为建筑的依据。它們各不相同。根据这个图的第一个方案,在40年代里,有許多地区的房屋是按低烈度修建的(例如在斯大林納巴德)。根据新的方案,这些房屋就处在8度和9度地震区里。很明显总括法区域划分在許多情况下对抗震建筑是无益的。

上节中提到的 Д. И. 穆什凱托夫<sup>[7]</sup>和 В. В. 波波夫<sup>[9]</sup>等人所提倡的純統計法区域划分有它的优点和缺点。缺点是作为依据的地震資料不足。其很大的优点是根据所收集的地震資料能够大致地确定苏联的地震活动性。在有強震記載的地点,統計图对于确保抗震措施具有积极的意义。对于其他的許多地点,从前面所述的一切可以看出,它們是有缺点的。我国的建設規模如此巨大,需要有更詳細更能全面地反映出地震条件的图。区域划分中必須要有确切的成因原則,以便根据这些原則充实地震的实际資料的不足。这些原則对編制反映出客观存在的地震构造規律性的区划图是必需的。

### 3. 地震区域划分中的地震成因观点

強地震是沿断裂发生构造运动的結果。它們并不是在地震活动区的各个地点都能发生,而是与該地区的最新构造发育的規律性有关。地震的強度不是到处都相同,它們在发生地会引起极大的破坏。

闡明决定当地地震現象的构造运动的基本規律,找出发生強

烈地震的地区（震中帶或者确切点說震源帶）和不发生強震的地区，对于地震区域划分來說是极其重要的。

当然不仅要确定已发生过破坏性地震的地区，而且还要确定以前沒有記錄到过的而根据地震地質資料将来有可能发生破坏性地震的地区。实际上，为了选择最合适的建筑地点和规划抗震建筑措施，必須具备能預报将来发生強震的地点的图，标明受震的范围和地震活动地区內不会发生強震的地点。

要編制这样的图，单用統計的方法是不够的。在1949年曾提出另一种叫做成因法（地震构造法）<sup>[19]</sup>的方法。这个方法是以研究引起強震的自然現象的規律性作为基础。地震成因法区域划分的設想并不是新的（文献[15]第14頁；文献[19]第12頁），但它的实际运用还只刚刚开始。

这项工作才开始时由于沒有公认的关于发生破坏性地震的假說（发生的机制）而陷于困境。这种假說对于統計法和总括法区域划分實質上并不需要，因此对它并沒有足够的重視。許多統計图的編制者，例如 B. B. 波波夫<sup>[9]</sup>，在說明中一般沒有提及地震的成因問題。Д. И. 穆什凱托夫虽然正确地指出必須考虑构造作用的問題，但是在編制中亚細亚图<sup>[7]</sup>时却只用了統計資料。

还在上一世紀 A. П. 奥尔洛夫和 И. B. 穆什凱托夫即已提出最強的地震与地壳中的断裂有联系的假說。近十年来这个假說成为爭論的問題，因此地震与大地构造作用的联合研究應該是地震区域划分的基本观点，沒有得到苏联地震区域划分图編制者的支持。他們認為有錯动和有地震发生的构造破坏，在区域划分时不一定要考虑进去<sup>1)</sup>。

1) Г. П. 果尔什科夫<sup>[11]</sup> 在1947年写道：“这些震源怎么会离阿什哈巴德那样近？如果我们考虑到最古代在阿克帖彼和温薩发生的有点象神話的灾难事件；如果考虑到科彼特山脉的北部和有許多灾难性地震的南部类似；如果注意到离城市很近的地方有大而多的构造綫和褶皺变动在理論上有可能往北至少延伸到巴哈尔多克；最后，如果考虑到地震統計資料很不完整；那么就清楚了，我們不能保証城市絕對安全，甚至在这里出現 8—9 度地震也并非意外的。另一方面我們也沒有权力在这种情况下就用这种数字來正式規定这个城市的地震危险性；目前我們还不知道这里有这样的地震。而这是主要的”（着重是我加的）



1947年 Г. П. 果尔什科夫肯定：“5. 传播不远和应认为由浅震源产生的不强的地震与浅断层有联系——这就是后成地震”（эписейсмы）。而强震“……如1895年克拉斯诺沃德斯克地震、1929年阿什哈巴德地震、1893年和1895年庫昌地震、1907年卡拉达格地震，应该认为具有深震源，并且与深下层的运动有联系”（文献[11]第42頁）。

在深下层中曾假定存在着性质不明的塑性变形。由此可以认为“……深源地震的现实性是不用怀疑的，并且发生这种地震的可能性在任何地区（至少到100公里的深度上）都是存在的”（文献[11]第39頁）。

这种观点并没有给地震区域划分转向稳固的成因原则提供论据，何况关于深下层尚还没有一个明确的概念。

对地震及其地质条件进行详细野外研究后的结果，没有证实上述果尔什科夫所作的结论。但是尽管如此，这种观点仍然得到在工作上与国家地震区域划分有关的其他研究人员的支持（特别是 E. A. 罗佐娃）。他们认为从断层中（即从构造发展中）寻找地震的原因只可以在上世紀存在，现在这种作法已经陈旧了<sup>[1]</sup>。这种观点在1947—1950年間曾占统治地位<sup>1)</sup>。

——И. Е. 古宾）。

根据这个统计观点，阿什哈巴德在1943年，以后在1947年都被 Г. П. 果尔什科夫列为7度震区，因过去城里曾记到过7度地震。大家知道，过了一年这个城市发生了9—10度地震。

接着 Г. П. 果尔什科夫写道<sup>[1]</sup>：“……在位于基孜耳-阿尔瓦特和彼列瓦尔站之间的各地，1946年以前的强震资料我们一点也没有，因此在所有老的地震区域划分图上都被列为7度地区。1946年11月6日的夜里，在这里发生了灾难性地震，其震中（卡赞治克以南）烈度达到9度……。现在不得不将8度地震带从科彼特山脉的西支脉一直连到大巴尔汉，包括了从基孜耳-阿尔瓦特至杰尔尔的整条铁路线。”

因此在1947年果尔什科夫进行区域划分时，还单纯的从统计观点出发，没有考虑活动的地质构造。他采用总括法区域划分（见§3）基本上是在以后。

- 1) 目前 Г. П. 果尔什科夫还将这种观点加以发展。尤其是在“论与地震活动性有关的近代大地构造运动的研究方法”一文中<sup>[20]</sup>。Г. П. 果尔什科夫和 Н. П. 科斯琴科（Косценко）在研究了土庫曼的地震活动条件后得出了如下一个结论：“上面的一切说明，否定眉林达格、小巴尔汉和大巴尔汉等构造的地震成因性质