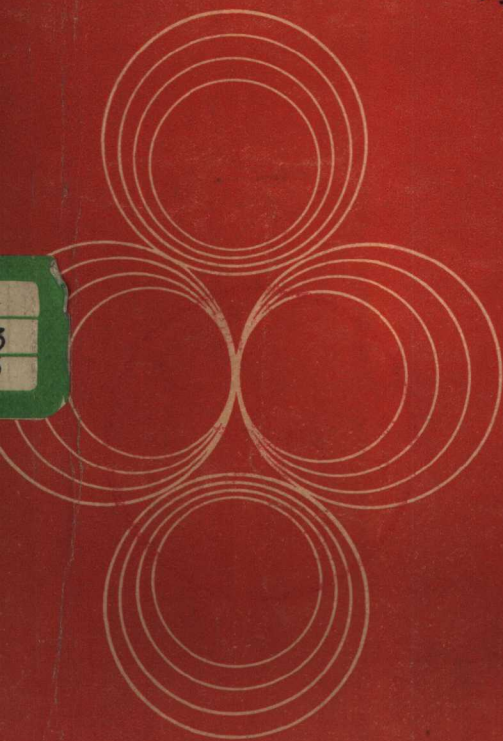


56.2543

01265

构造地震震源力学

【苏】B·Б·科斯特罗夫 著
冯德益 刘建华 汤 泉 译



地震出版社

构造地震震源力学

[苏] Б. Б. 科斯特罗夫 著

冯德益 刘建华 汤 泉 译

地震出版社

1979

内 容 提 要

本书绪论综述了震源理论及震源力学发展概况。第一、二章讨论了构造地震震源理论所根据的一般物理和力学原则，运用了断裂力学的观念，并以普遍形式提出了震源断裂的扩展问题。第三章提出了震源理论的反演问题，研究了其可解性及解的不稳定性。第四章提出并讨论了地震矩张量和地震形变速率张量的概念和问题。

本书可供地球物理和地震预报工作人员参考。

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ОРДЕНА ЛЕНИНА ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ЗЕМЛИ

ИМ. О. Ю. ШМИДТА

Б. В. КОСТРОВ

МЕХАНИКА ОЧАГА

ТЕКТОНИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

Москва 1975

构造地震震源力学

[苏] Б. В. 科斯特罗夫 著

冯德益 刘建华 汤 泉 译

地震出版社出版

北京三里河路54号

北京印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

787×1092 1/32 6 1/2印张 135千字

1979年9月第一版 1979年9月第一次印刷

印数：0001—8200

统一书号：13180·65 定价：0.70元

目 录

绪 论	(1)
第一章 构造地震震源理论的物理力学基础.....	(24)
第一节 构造地震震源的定义 弹性回跳理论	(24)
(一) 概述	(24)
(二) 雷德的弹性回跳理论	(31)
(三) 构造地震震源的形式定义	(36)
第二节 形变的现象学理论 连续介质运动学中断裂的描述	(39)
第三节 弹性介质动力学	(52)
(一) 应力的定义	(52)
(二) 运动方程	(55)
(三) 虎克定律	(57)
(四) 边界条件和断裂描述	(59)
第二章 断裂力学一般问题	(63)
第一节 引 言	(63)
(一) 破裂模型	(63)
(二) 破裂的形式准则	(70)
第二节 能量守恒定律	(74)
第三节 格里菲斯准则 断裂开始迅速扩展和停止的条件.....	(80)
(一) 扩展条件	(80)
(二) γ 有效和断裂速度的依赖关系 断裂的动力学和运动学	(85)

(三) 各向同性弹性理想脆性介质中推动裂缝扩展 的力	(92)
第四节 结 论	(96)
第三章 震源理论的反演问题.....	(103)
第一节 格林-福尔特拉公式 线性弹性动力学中 的格林张量	(103)
第二节 断裂运动学问题的通解 反演问题的 提法	(107)
第三节 体波反演问题的提法.....	(116)
第四节 体波的初动 震源机制 断层平面的 确定方法	(128)
第五节 体波反演问题向天线合成问题的转化	(142)
第六节 基本方程的解 唯一性定理	(148)
第七节 解的不稳定性	(153)
第四章 地震矩张量	(161)
第一节 长波近似	(161)
第二节 地震矩张量的观测确定法	(166)
第三节 地震矩和震源应力	(171)
第四节 地震能量	(174)
第五节 地震矩张量与岩体地震过程	(183)
结 语	(191)
参考文献.....	(194)

绪 论

从纯科学的观点看来，地震是一种信息源，地震学的对象就是寻求这种信息。而由地震波带来的信息又可以分为有根本区别的两部分：第一部分由震源处波的激发过程来确定，第二部分则由震源到台站途中波的传播条件来确定，即由介质结构来确定。因此，地震观测结果的解释预先要求解决两个基本问题：得出地震剖面与确定震源特性。虽然这些问题几乎是同时产生的，它们在地震学历史上的比重却不一样，并且地震科学这两个分支的发展走过了不同的道路。直到最近，震源的研究远不如地球结构的研究那样受到重视，因此，这方面的有关问题过去是，现在在很大程度上也依然是探讨得很少。

造成这种状况的原因有几个。其中之一是，用地震学方法研究地球结构是获取有关深部起主导作用的那些条件的信息的主要来源，因而也是地球科学其他很多分支的基础；但是，震源本身的研究涉及到地质学其他分支就要少得多。

造成这种状况的另一个并不次要的原因在于，研究震源是一项比研究介质要困难得多的课题。实际上，为了确定地震剖面，通常只需了解地震波的运动学特征（对体波要研究震相识别和到时，对面波要研究频散曲线）；而运动学特性较容易由地震图确定，可以表示成相当简洁的形式，在一阶近似中与震源过程无关（这就允许在解释过程中使用很多次地震的资料），并且还很少因仪器或其他因素而失真。同时，

震源运动与状况的信息主要包括在波的动力学特性（振动记录的波形）中；动力学特性要用一些简洁形式来表达就困难得多，并且因仪器和传播条件而大大失真（而且有一部分一失不可再得）；因此，从实验的观点来看，获取震源信息这个课题比取得剖面信息要困难得多。此外，由于传播条件对地震波的动力学特性有重大影响，为了获取震源的信息，一般说来，需要预先确定介质结构。

最后，研究地震震源在理论方面也遇到了比研究地球结构要大得多的困难。研究地球结构用的地震数据解释方法的基础是弹性理论，其基本原则早在上世纪就已建立，而相应的数学手段也基本上在十九世纪和二十世纪初就已经发展起来。当然，计算方法的发展，特别是电子计算机的出现，在数据解释方法的发展上引起了一个真正的大变革；但是，这种进步是在经典概念的范畴内产生的，并且基本上可归结为经典结果的完善化和综合化。只需想到，赫尔格洛茨-维赫尔特公式是在 1907 年发现的，而拉姆问题是在 1904 年解出的 (Lamb, 1904; Herglotz, 1907; Wichert, Zoepritz, 1907)。另一方面，在试图从理论上理解发生在震源处的现象时，就出现了一些问题，这些问题在 1907 年不仅不可能解决，并且由于缺乏完全符合这些现象的物理概念系统，根本也不能准确地提出来。事实上，如果关于地震是地球物质在构造应力作用下断裂的结果（即著名的弹性回跳理论）这种观念是在 1910 年才由雷德 (Reid, 1910) 提出来的，那么，作为分析这类现象的基础的断裂力学，是 1921 年由格里菲斯 (Griffith, 1921) 开始奠定的，它只是在第二次世界大战以后才开始迅速发展，并且还很不完善。是否所有断裂现象都能在断裂力学的范畴内描述，至今还没有一个完全一致的意见，

更不用说很多特殊问题了。在数学方面，断裂力学的动力学问题用经典方法仍然无法（至少是不能有效地）解决，因此，实际上对每个问题都必须探讨出特殊的解法。现在，毕竟还是可以断定，断裂力学已建立了一个能够研究包括地震震源在内的连续体中破裂传播现象的物理概念系统和分析方法。

当然，震源研究的必要性不允许地震学家等待新的力学分支兴起和新的解题方法的提出，而是迫使他们利用各时期所掌握的有限手段来进行这种研究。同时，如缺乏足够严格的理论，就由一些比较明显表达出来的直观见解和任意采用的、往往互相矛盾的简化假定来弥补。

震源研究的历史是从上面已经提到过的雷德的著作(Reid, 1910)开始的。在该著作中，他在研究1906年加利福尼亚地震后果的基础上提出了自己的弹性回跳理论。震源研究的下一步是二十年代开始的，当时（基本上由于日本地震学家的努力）发现了地震波初动符号的规律性分布，在此基础上引用了节面概念。1923年，中野广(Nakano, 1923)在“地震运动力的本性短评”一文中提出了一个问题：在弹性介质中，求出能使初动符号分布与地震时观测到的结果相符合的集中力源。为此，他从集中力源引起的位移公式(Ляв, 1935)中导出了针对某些偶极子源的相应的表达式。此想法很有成效，而且可以说，震源的定量研究历史是从它开始的。后来，一个长时期内的研究方向就是：探索用地震波初动符号和振幅比来确定与震源等价的点源类型和定向的方法。这种研究方法在很多地震学家的著作中得到了发展和完善，其中最有名的是拜尔利(Byerly, 1955)、霍奇森(Hodgson, 1957)、本多弘吉(Honda, 1959)、凯里斯-博罗克(B. И. Кейлис-Борок, 1950)、维金斯卡娅(A. В. Введенская,

1956, 1969) 的著作。

显然，点源定向的选择和确定最多不过是问题的一半，因为还需要找出点源特征与震源的某些物理概念的关系，进而得出震源的物理特征。

雷德在其弹性回跳理论中提出的构造地震震源的概念，虽然在局部上也受到过评论，却从来没有任何一个地震学家整个加以否定。因此，自然就产生了把震源的点源模型和这些概念联系起来的问题。在解决这个问题时，应用一些不十分严格的推论就导致以下结果，即从字面描述上相同的震源物理模型可得出两种互相排斥的点源模型：一组有矩双力（拜尔利、凯里斯-博罗克）和具有平衡矩的两组双力（本多弘吉、维金斯卡娅）。震源研究的这一发展阶段在两次关于震源力学的国际讨论会的报告集中都有很好的反映：一次是1957年在多伦多举行的，一次是1960年在赫尔辛基举行的。

霍奇森在第二次讨论会报告集的序言里，恰好谈出了在震源点源模型讨论中形成的戏剧性的局面：“在第一次座谈会期间，问题曾在于选择适当的机制，而由于理论已经发展了，这好像只不过是进一步仔细观测的事情。从那时起，又进行了规模更大的理论研究工作，与其说是阐明了问题，不如说是使问题更糊涂了；而观测结果又不能很好地互相一致。”（“A Symposium……”，1960，第301页）

这两种点源模型均可解释纵波节面的存在，而且，这些节面中有一个应该与震源处的断层面相重合。但是，如果无矩双力偶型（本多弘吉-维金斯卡娅）震源的发射相对于节面易位是完全对称的话，那么，有矩单力偶模型就不具有这种对称性。缺乏这种对称性，便会使人们（如果拜尔利、凯

里斯-博罗克模型正确的话)可以根据横波的初动符号来确定究竟哪一个节面与断层面相重合 (Кейлис-Борок, 1950)。在本多弘吉-维金斯卡娅模型范畴内不可能确定出断层面,这就迫使人们去寻求表征震源定向的那些轴的另一种解释方法。维金斯卡娅及其他一些研究者提出了这种解释方法 (Введенская, 1956; Balakina 等, 1960)。在这些著作中,与震源等价的点源定向不是和断层面相联系,而是和作用于震源处的主应力轴方向相联系。初步的论证是,断层上每一个单元体的发射等价于某一集中力系的发射,而整个断层的发射就等价于分布在断层面上的力系的发射。其次,正如作者们(Balakina 等, 1960)所写的那样,“这种力系构成一个张量”。在没有明确这些词应该怎样理解时,作者们就把这个张量与引起地震的应力张量等同起来。事实上,正如本书作者(1970)指出过的那样,所说的张量是等价源矩张量,表示在无断层介质中也能产生与有断层同样的弹性场的虚拟集中力的分布;而应力张量描述的是断层形成前介质的实际应力状态。尽管维金斯卡娅的论据有错误,但其解释方法并没有失去意义。实际上,如果假定断层面与最大切应力平面重合,则维金斯卡娅所说的轴,事实上就与应力张量主轴相重合。然而,这种假定还需有实验根据。例如,若用库仑-摩尔强度理论,则断层面一般不会与最大切应力平面重合。这些见解本书作者以前已发表过(1970)。此外,在沿着已存在相当长时间的已有裂缝滑动的情况下,最大切应力平面(甚至即使它在起初曾经与裂缝面重合)也可能逐渐与断层面偏离。

这些疑问可能正是维金斯卡娅的解释方法未能得到推广的原因。在国外著作中,这种解释方法实际上没有遇到过。只能提出伊萨克斯和摩尔纳的一篇著作 (Isacks, Molnar,

1971), 那里在一定限制条件下曾应用了震源轴的 这种解释方法。

震源点源模型的争论, 以选用位错模型而告终。虽然维金斯卡娅对小位错发射所使用的纳巴罗公式(Nabarro, 1951)曾受到尖锐的批评, 但是, 这些公式毕竟还能十分严格地得到论证。这实际上在伯里奇和诺波夫(Burridge, Knopoff 1964)的著作中已经完成了。不过, 他们忽略了一个由牛顿第二定律导出的重要条件, 从而导致结论的某种不确定性。这个缺点在后来的一系列著作中已经克服, 其中包括本书作者的著作(1968, 1970)。在这些著作中, 使用了格林函数方法的动力学方案, 该方法过去是为福尔特拉位错理论(Volterra, 1907)中的静力学问题而探索出来的, 并且在斯特凯提的著作(Steketee, 1958)中首次用来表达地震错动的剩余位移场。

用格林函数方法, 可以得出由断层位移跃变矢量表示的弹性场任一点各要素的表达式, 而断层位移跃变矢量是作为断层点坐标和时间的函数给出的。这一情况的发现, 导致大量著作的出现。在这些著作中, 针对位移跃变值分布的某些特殊情况分析了弹性波场。最常见的是福尔特拉位错型的断层模式, 认为在某一个随时间变化的简单几何图形的断面上, 位移跃变值为常量(在这种情况下, 使用位错理论的名称, 人们常常要说到布格矢量)。此处, 我们仅举出这类著作中的几篇谈一谈。

本-梅纳汉(Ben-Menachem, 1961)研究了由一个扩展着的直线段形源发射面波的问题, 这与矩形福尔特拉位错相对应, 矩形的(随时间按一定速度增长的)长度比宽度大得多。本-梅纳汉等(1962, 1965, 1970), 平泽朋郎和斯陶德

尔(Hirasawa Stauder, 1965)、岸本兆方(Kishimoto, 1964)、斯陶德尔和博林杰 (Stauder, Bollinger, 1964, 1966)、博林杰 (1968), 以及伯克赫麦尔和雅可布(Berckhemmer, Jakob 1968) 都对这种源研究了体波发射。A. B. 维金斯卡娅 (1965) 探讨了以定常速度扩张的圆形位错问题。该著作中, 在代换积分变量时, 维金斯卡娅出了一个错误: 遗漏了雅可宾变换, 以致大大影响到关于发射的方向性结论。这个错误在莫斯克文娜 (А. Г. Москвина, 1969) 的著作中已克服。塞维吉(Savage, 1965) 亦研究了三角形断面的福尔特拉位错形断裂模式, 其断面的一个边以定常速度作平行移动。莫斯克文娜 (1969, 1971) 研究了断裂前沿矩形范围内以定常速度扩张的一段圆弧, 而断裂面上的位移跃变矢量为常量的问题。哈斯克尔(Haskell, 1964) 提出了一个更普遍的模式, 他研究了沿一个方向扩展的矩形断裂, 在该断裂上, 位移跃变值已不再当作常量, 而是一个随时间与断裂扩展方向的坐标 (但与第二个坐标无关) 而变的变量。位移间断量甚至被哈斯克尔 (1966) 给定为随坐标和时间而变的随机函数, 但其统计特征 (自相关函数) 任意选定成简单基本函数的形式。安艺敬一(Aki, 1967) 完成了类似的研究工作, 选定从他的观点看来物理上更为合理的函数, 但保留了哈斯克尔的问题提法的基本特点 (其中就有只与一个坐标有关这个特点)。

这些著作的共同点是, 断裂面上位移跃变矢量的分布规律是任意给定的, 而且完全不清楚所得结果究竟与选用的模型有多大关系。这一评论同样针对着具有定常布格矢量的位错的一系列静力学问题, 研究此类问题的目的是把地震后由大地测量方法观测到的剩余现象与震源处的断层参量 (几何

尺度、沿断层面的剩余错动量、解除的应力)及地震能量相联系。与这个问题有关的著作,后面还要作更详细的介绍。此处仅列举一些研究过位错模型的著作。除已提到过的斯特凯提(1958)的著作外,属于这类的还有钱勒里(Chinnery, 1961, 1963, 1964, 1965, 1966, 1969),丸山卓男(Maruyama, 1964)、哈斯提(Hastie, 1966)和塞维吉与哈斯提(Savage, Hastie, 1966)、泰塞尔(Teisseyre, 1961 a, б, 1963, 1964, 1966, 1967, 1969)的一系列著作,以及泰塞尔和其他研究者合写的著作(Miyamura 等, 1965; Alpan Teisseyre, 1966)。实质上,所列举的著作都把为解释晶体位错性质而发展起来的弹性介质位错理论(所谓位错的连续理论,见 Эшелби, 1963; Кренер, 1965 的著作)形式上转用到地震学基础上来。但是,如果对于晶体位错来说,布格矢量的定常性是晶格结构具有间断性的结果,那么,对于象地震震源那样的宏观位错来说,关于布格矢量定常的假定就怎么也得不到证实,而只不过为了数学上的简化而已。此事实已为上述一些作者所意识到。例如,若在早期著作中泰塞尔(1961 a)甚至把与布格矢量的定常性紧密相联系的位错内能的概念移用于地震学,并建议用位错消失时内能的释放来解释地震的活动,那么,后来泰塞尔(1969)就已经说明,位错理论可以看作形式上描述裂缝的工具,而具有定常布格矢量的位错则只能看成地球中更现实的断裂(裂缝)的近似描述。钱勒里对这个道理说得更为确切:“……斯特凯提理论描述的是在断层上给出的位移的影响。象我们所看到的那样,如给出作用于断层两盘的应力,则在物理上更为有用,并且要求基本理论的某种完善化以便考虑摩擦的影响。但是,按作者的意见,打算用来研究断裂形成的模式的复杂性

是有一定极限的。正如我们已说过的那样，其原因是由于完全符合要求的野外观测资料还普遍不足。任何理论的价值可由其预见未来新的观测结果的能力大小来判定。现今的野外观测资料还不具有足够的确定性，以致不能在含有大量自变量的不同理论之间作出选择。多数活动大断裂附近地质的复杂性使得有理由推测，这种状态在较长时期内不会得到改善。”(Chinnery, 1969, 222 页)。上述意见十分明确地指出，断裂作为裂缝的模式，在物理上要比具有定常布格矢量的位错形式的模式更有根据，而利用后者的唯一理由是观测的不确定性，不允许在较好的（带有摩擦的裂缝）和较差的（福尔特拉位错）模式中间作出选择。不能不同意钱勒里的说法，即在不久的将来，地球物理观测本身未必会变得那样肯定，以致在这些观测的基础上就可以对不同的理论模式作出选择。但是，由此还不应该得出他的如下结论，即在这种情况下，观测基础上不能区分的任何模式都可以接受。再者，他赋予这些模式中第一个物理上有用（说合理更好）的优越性，事实上这样在完全没有和观测对比时就在它们之间作出了选择。

为了把震源处的断裂作为裂缝来描述，应该给出在其形成之前（地震开始之前）断裂面上的应力分布和断裂两盘的相互作用规律，还要说明一些支配断裂端部扩展的物理规律。这时，断裂位移跃变的分布就成为一个欲求的函数。象上述著作中所作的那样，如果这种分布已经得出，应用格林函数方法，就可求出其他的量。可见，把断裂作为裂缝和作为具有可变布格矢量的位错（索米利安位错）看待，其间并不存在有时人们所说的那样大的分歧。在断裂作为裂缝描述时，已知的是支配断裂的物理规律和外部对断裂的作用（初

始应力)，寻求的是断裂及其周围介质的运动；而当断裂作为位错描述时，断裂两盘的运动则是已知的。这类似于描述质点运动的两种方法：轨迹为已知的运动学描述方法，以及作用于该点的力和支配其运动的规律为已知，而求其轨迹的动力学描述方法。在断裂的情况下，同样可以方便地把它作为位错的描述（给定位移跃变作为点和时间的函数，亦即给定介质的那些在断裂发生前曾经相邻的所有粒子的相对运动的轨迹）称为运动学的描述，而作为裂缝的描述则称为动力学的描述（Костров, Никитин, 1968; Костров 1970）*。此种命名方法强调了这样的情况，即这两种描述方法都属于断裂这样的同一个对象。同时，这些讨论还表明，为了建立地震的震源理论，仅满足于断裂运动学是不可能的，因为这时断裂上的位移跃变不能与连续介质中断裂形成和扩展的物理规律以及导致该断裂出现的物理条件相联系。

使用断裂动力学概念的第一批著作属于上述静力学问题的范畴。笠原庆一(Kasahara, 1957)首次试图考虑对于具有水平错动方向的竖直长断裂这种最简单的情况下的类似问题，并认为断裂面上解除的应力为常量。但这一尝试未能成功，因为笠原庆一从应力在断裂延续部位上不变的条件出发，而取代了位移连续的条件。这样的提法使他能应用分离变量法，但这并不符合问题的物理含义。值得指出的是，布龙(Brune, 1970)不久前在研究扩展着的断裂时，又重犯了

* 作者注：术语“动力学”和“动力学的”有两种意义，即作为运动学的对立面和作为静力学的对立面。在这里，这些术语应用于第一种意义上。这种词义上的应用导致如同“对于动力学描述的断裂的静力学问题”那样的措词。如果为了表示动力学这个词的不同意义而引用两个不同的术语，就可以避免这一点。然而，在细谈时就不会发生混淆，因为由上下文就清楚术语的意义。

这个在问题提法上的错误，这一点在饭田和安艺(Ids, Aki, 1972)的著作中已指出过。诺波夫(Knopoff, 1958)研究了与笠原庆一相同的问题，但他的提法是精确的，并对这种情况得出了使断裂尺度、错动量以及解除的应力同地震时释放的弹性能量相联系的公式。凯里斯-博洛克(1959)以同样的目的研究了圆盘状剪切裂缝问题。最近几年，研究笠原庆一—诺波夫问题时考虑了摩擦 (Weertman, 1964; Berg, 1967) 和断裂面倾斜 (Walsh, 1968) 更为普遍的情况。虽然，在所列举的著作中对震源处断裂的解释现在还是很概括的，但它们在震源理论发展中的作用很难说估价过高。这些著作的作者引用了象应力降、平均错动和断裂面积这样一些断裂的基本特征量。在现今的文献中，实际上已完全能用这些特征量来代替从前广泛流传的诸如震源体积、平均释放应变等概念，这些概念在作为断裂的震源模式的范畴内不可能加以描述。

雷德的著作(1910)在提出把震源看作断裂的观念的同时，也部分包括了地震学中引用的震源体积一类的概念所根据的观念。这种震源模式首先由贝尼奥夫 (Benioff, 1951) 作了系统的发展。它建立在下述假定之上，即当应力在某一体积内达到岩石的强度极限时，震源处就发生破裂。这时，材料在所有达到强度极限的体积 (震源体积) 内都要破裂，并释放出蕴藏在这一体积内的弹性能量。该能量就等于地震能量。这种能量释放是由破裂引起的弹性形变向非弹性形变 (完全的或局部的) 转化 (应变释放)。由于弹性能密度等于剪切模量与应变平方之乘积 (对剪切应变来说)，如果对震源体有了估计，就可以估算释放的应变量。这时，释放的应变就与能量的平方根成比例。在上面提到的著作里，贝尼奥

夫把这些看法应用于余震序列（同样可参看 Bath, Benioff, 1958; Bath, Duda, 1964），而且认为余震的震源体积与主震的震源体积相重合。此时，余震能量的平方根之和与释放的应变之和成比例，这样就可以建立应变释放随时间的变化关系（贝尼奥夫图）。把积累的应变与震源体积的非弹性应变进一步恒等起来，使贝尼奥夫有可能提出该体积的流变性质的问题，并对余震存在的本身，以及对余震强度随时间的变化提出解释。

这个理论的数学工具简单，结构直观。因此，它很快就在地震学者和实际工作者中得到了广泛的承认。不仅对于余震序列，而且对于一些单个的地震活动带的所有地震，甚至对于全世界作出的贝尼奥夫图，成了分析地震活动时间进程的一种方便手段。与此同时，很快就清楚，这个理论不能无保留地接受。即使承认震源处的破裂在某一个体积内发生，但在这个体积周围的介质内，弹性应变能也应减小，因而不仅应把发生破裂的那个体积，而且还要把弹性能量释放的整个体积都当作震源体积。布伦(Bullen, 1953)就此在改进贝尼奥夫理论方面作过尝试，他把震源体积等同于地震前材料的应力已接近强度极限的体积。以后，他又进一步扩充了这个体积，认为震源包含着地震时释放出大部分能量的区域(Буллен, 1966)。这时，实际上是假定了地震释放的所有弹性应变能都封闭在一个包围震源的有限体积内。布伦(1966)认为，这个体积不会比震源破裂区的体积大一个数量级。

贝尼奥夫和布伦的理论都是从地震导致积累在震源体积内的弹性能量完全释放，亦即在这个体积内应力全部解除的假定出发的。在此条件下，有可能以大地测量资料为基础来确定震源体积(Byerly, De-Noyer, 1958)。从布伦上述著作