

# 千岛群岛地区地震序列特征<sup>\*</sup>

刁桂苓 李钦祖 陈敬伟 于利民 孙佩卿

(中国石家庄 050021 河北省地震局)

**摘要** 搜集到千岛群岛地区 1964~1976 年共 6 个地震序列，并分析了它们的特征。按序列震源分布与俯冲带的空间关系判定，它们都属于板缘地震序列。其中正处于俯冲带的 5 个地震序列的各种参数比较一致：震中分布区域长轴较长，长轴与短轴的比值高，震源深度延伸范围大，显示与俯冲方向相同的倾向，倾角中等。但有 1 个例外，估计与早期资料精度偏低有关。

**关键词** 千岛群岛 地震序列 板缘地震

## 引言

地震在地球表面呈非均匀分布，大部分地区没有或很少发生地震。大多数地震集中在一些狭长的大地震带内，如环太平洋地震带、阿尔卑斯—喜马拉雅地震带、大洋中脊地震带。大洋中脊地震带贯穿于太平洋、印度洋、大西洋、北冰洋之中，彼此相连而成统一连贯的大洋中脊地震带，而且还与环太平洋地震带、阿尔卑斯—喜马拉雅地震带相接。因此，地球表面的岩石圈被这些相互交汇、首尾相接的大地震带划分为若干内部地震活动相对较弱的板块（金性春，1984）。为了确定板内地震序列与板缘地震序列的特征差异，我们对全球各主要地震带和主要地震区的地震序列进行了系统而全面的分析，并将分区域加以介绍。本文讨论其中的千岛群岛地区地震序列的特征。

## 1 地震序列目录的选取

为了获得比较完整的资料，我们从前苏联编制的地震目录中提取地震序列的目录。先作出千岛群岛地区的震中分布图，选择有强震而且形成地震密集区的地震，作为包含着该强震序列的区域地震；并以此为基础考虑时间空间分布，在震中分布图和震级-时间分布 ( $M-t$ ) 图上同时比较，既考虑后续地震和主震位置之间的距离，也考虑其与主震、其它地震的时间间隔，确定地震是否归属于同一个地震序列。一般取主震发生前 10 天至主震之后 1 年的时间。共得到 6 个地震序列。这 6 个地震序列主震的参数列于表 1。图 1 绘出该地区 1964~1976 年的震中分布。其中稍大些的空心圆为 6 个地震序列主震的位置，旁边数字是地震序列的序号（参见表 1）。

\* 国家自然科学基金资助课题(49574204)。

1998-06-09 收到初稿，1998-10-05 收到修改稿，1998-11-26 决定采用。

沿千岛群岛分布的地震属于典型的两板块相聚合的板块边缘地震带。狭长的海沟沿千岛群岛岛弧分布，太平洋板块向西北俯冲。千岛群岛岛弧地震带是全球地震活动强度最高的地区之一。图1中给出的地震条带宽度达数百公里。若按不同震源深度分析，则随深度加大，地震分布密集带变窄，并且地震带向NW方向推移。由此可以描述太平洋板块在该地区下倾俯冲的状态。

表1 千岛群岛地区强震序列主震参数

序号	年-月-日	$\varphi_N/(^{\circ})$	$\lambda_E/(^{\circ})$	震级
1	1964-07-24	47.13	153.79	7.2
2	1965-06-11	44.50	149.10	7.2
3	1969-08-11	43.30	147.80	8.2
4	1971-12-15	55.90	163.40	7.8
5	1973-02-28	50.36	156.70	7.5
6	1976-01-06	51.45	159.85	6.7

## 2 分析方法和结果

假设震源体为椭球，编制了在震中分布平面上绘制椭圆的软件。椭圆的长轴  $a$ 、短轴  $b$  和长轴的走向（与正北的顺时针夹角）可以任意调整。对每一个地震序列逐一调试，尽量把前面所确定的序列地震基本囊括在椭圆之中。由于千岛群岛地区地震活动水平高，需要注意区分地震序列和俯冲带上经常发生的离散地震。当地震序列呈现2条共轭地震条带时，一般只取主震所在的并且余震多的条带，给出震中区椭圆的长轴  $a$ 、短轴  $b$  的长度和长轴的走向，作为描述地震序列震中分布形态的参数。同时，沿长轴  $a$ 、短轴  $b$  的方向分别作出震源深度剖面，分析其分布形态，看能否给出地震集中区的倾向和倾角，作为描述震源深度分布的参数。图2分别给出6个地震序列所在地区1964~1976年地震的震中分布，对应的地震序列震中分布加黑表示，同时在其下方单独绘出上述椭圆囊括的地震序列震中分布。图2中标注的数字是表1所列地震序列的序号。

### 2.1 震中分布参数

由图2可以看出，各个地震序列震中分布呈椭圆的形态。表2列出了这6个地震序列震中分布椭圆的长轴、短轴的长度及其比值，以及长轴的走向。地震序列震中分布椭圆的长轴大体表示震源体的长度。对照图2中的图形分析表2中长轴的数据，第3号序列最大，达到400 km。该地震序列由1次8级地震和6次7级地震构成，强度非常高，所以震源体的长度值也非常大。其余的地震序列震中分布椭圆的长轴长度在数十公里至百余公里的量级。第1, 2, 4, 5号序列主震的震级为7级。第6号序列主震震级为6级，地震序列长轴长度也超过100 km，这是由于该地震序列中连续发生了9次6级地震。地震序列震中分布的短轴可以大致描述震源体的宽度。为了统一比较各个地震序列特征的异同，我们采用震中

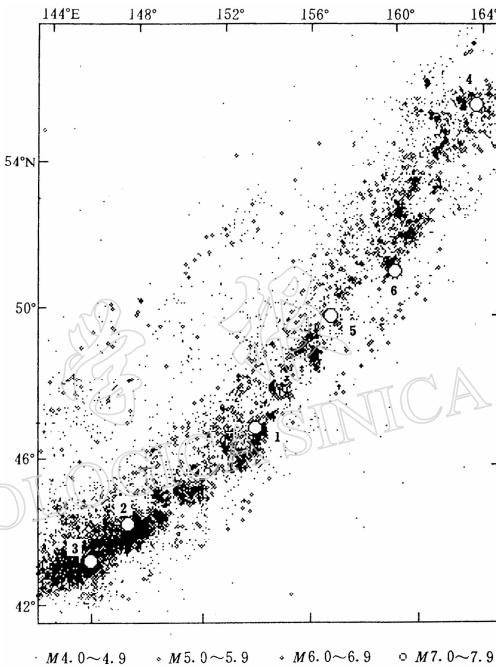


图1 千岛群岛地区  $M \geq 4$  地震震中分布(1964~1976年)

分布的长轴长度与短轴长度的比值  $a/b$  来进行分析。由表 2 显示, 6 个地震序列中有 5 个的  $a/b$  值大于 1.9, 呈长椭圆形。第 1 号序列的  $a/b$  值仅仅 1.10, 接近圆形。后面我们将对此特殊性给予讨论。

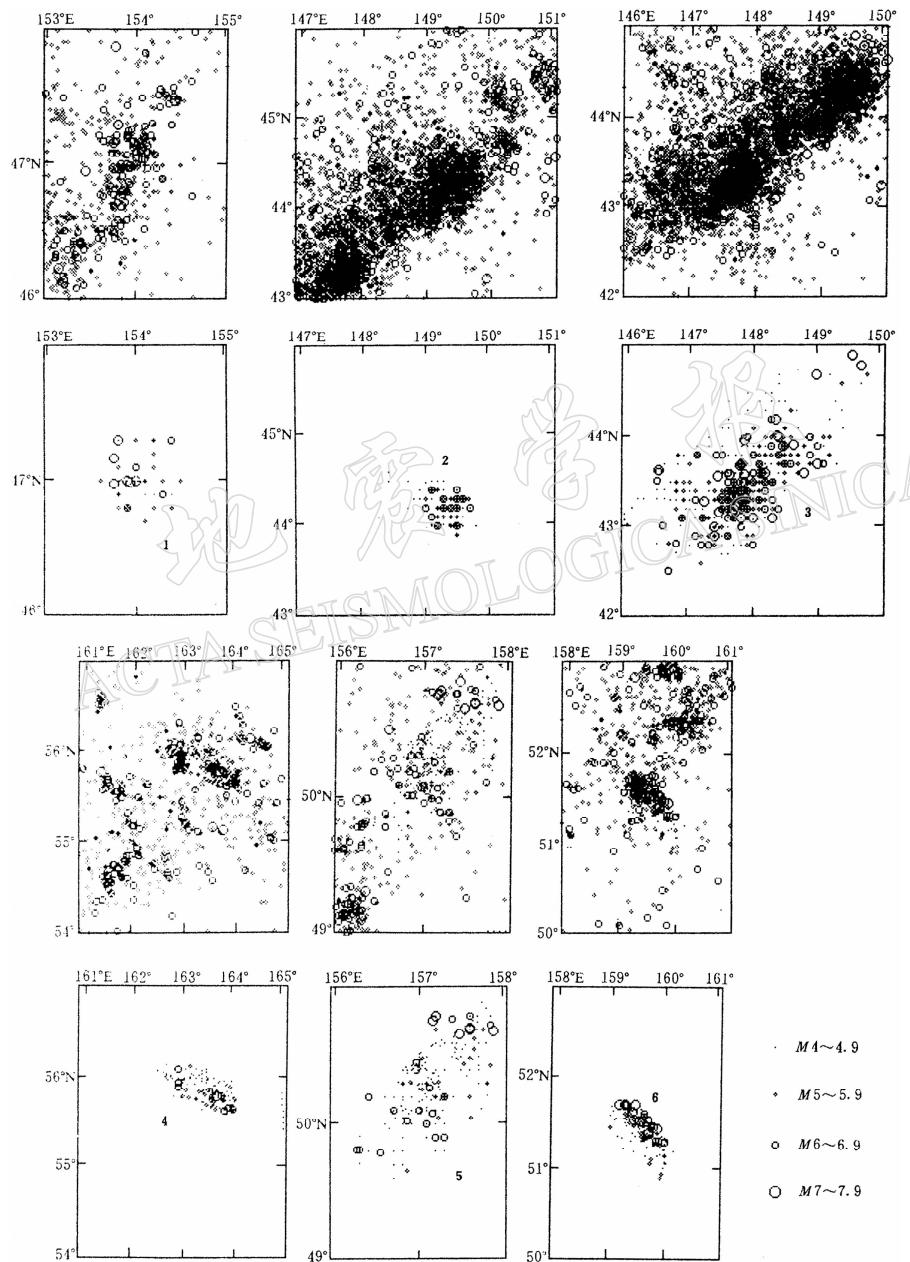


图 2 6 个地震序列震中分布

下面分析地震序列震中分布的长轴走向。把图 1 中震中分布条带的展布方向(NE)作为俯冲带的走向。通过一一比较(见图 2)发现存在两种情况: 第 3, 5 号序列震中分布的长轴走向与俯冲带的走向大体相同, 占总序列的 1/3; 第 1, 2, 4, 6 号序列长轴走向与俯

表 2 千岛群岛强震序列震中分布椭圆参数

序号	长轴 $a/\text{km}$	短轴 $b/\text{km}$	$a/b$	长轴走向/°
1	83.2	75.6	1.10	137
2	140.5	66.2	2.12	125
3	409.8	196.9	2.08	52
4	115.3	53.6	2.15	115
5	174.9	91.4	1.91	36
6	118.6	58.3	2.03	139

过序列主震震中给出千岛群岛俯冲带地震震源分布的深度剖面(图 3), 从 SE 向 NW 方向切割, 一般取带宽 200 km。然后取相同的坐标作地震序列的震源深度剖面, 以便与俯冲带剖面进行对比。图 3 为 4 行 3 列, 其中第 1, 3 行系 6 个地震序列所在区域(1964~1976 年)地震的震源剖面; 第 2, 4 行是对应上行小图的地震序列震源剖面, 图的左方是 SE, 右方是 NW。分析发现, 第 4 号地震序列震源深度分布近似垂直。第 1 号地震序列震源深度分布层位较薄, 很难判别方向。第 2 号地震序列倾向 NW, 倾角 40°; 第 3 号地震序列倾向 NW, 倾角 35°; 第 5 号地震序列倾向 NW, 倾角 60°; 第 6 号地震序列倾向 NW, 倾角 50°。倾向清晰的图象都是与太平洋板块俯冲的方向相同, 倾角中等, 在 35°~60° 之间。

冲带的走向大致垂直, 也就是说和俯冲方向大体相同, 占总序列的 2/3。

沿震中分布长轴  $a$ 、短轴  $b$  的方向分别作出震源深度剖面, 分析地震的分布形态, 看能否给出震源集中区的倾向和倾角, 作为描述震源深度分布的参数。为了清晰描述各个地震序列的震源分布状况,

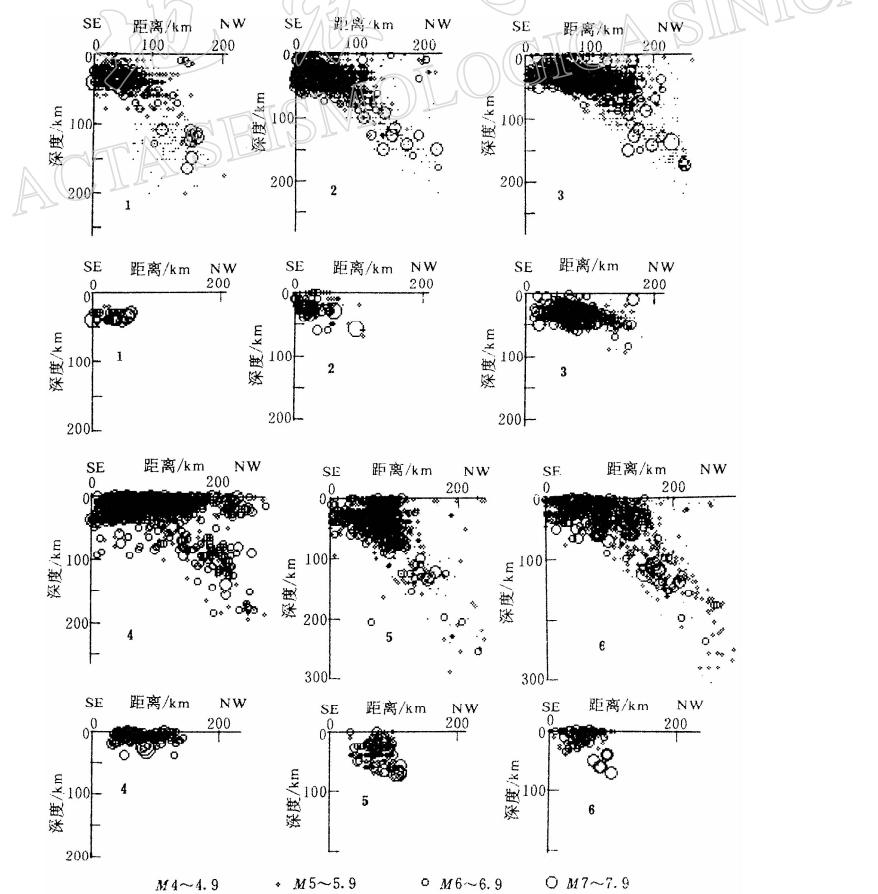


图 3 地震序列及其当地俯冲带震源深度剖面

## 2.2 板间地震和板缘地震

理想情况下存在两个板块之间的接触面，接触面上发生的地震称之为“板间地震”。然而实际资料(图 3)显示，地震发生在一定厚度(大约 60 km)的俯冲带，看不出集中的接触面；由俯冲带向上延伸至地壳浅层，地震密集带的宽度更大，因为地震并非集中发生在板块之间的接触面上，而且也没有办法确定板块之间的接触面的空间位置，所以我们认为，现在称作板块边缘地震，简称为板缘地震更恰当。分析第 1 号序列，可以看到地震序列的震源都分布在俯冲带向上延伸的部位，判断 1 号序列属于板缘地震序列。但是地震序列自身没有显示向下倾斜的图形，它是目录初期的地震序列，是否由于当时地震台网控制能力稍差，震源定位精度不高的原因引起的。第 4 号地震序列的震源深度不大，但是位于俯冲带向上延伸的密集带之中，无疑属于板缘地震序列。其余 4 个地震序列的震源深度分布范围稍大，从地壳浅层(SE)向下(NW)延伸，与当地俯冲带倾斜方向相同，所以属于板缘地震序列。其中第 5 号序列显示，由于下插板块和上覆板块的共同作用，发生了在 2 个板块边缘地震的复杂图象。虽然都是发生在千岛群岛地区的地震，勾画出的俯冲带向下俯冲的倾斜角度，不同地区存在差异。

## 3 结论和讨论

归纳前面 6 个板缘地震序列的分析结果，它们的主要特征是：震中分布区域长轴的长度较长；长轴方向与俯冲带的走向相同的有 2 个地震序列，与俯冲带走向垂直的有 4 个地震序列；震中分布区域长轴与短轴的比值高，多数大于 2；震源深度延伸范围大的序列，显示与俯冲方向相同的倾向，倾角中等。但也有一个例外，估计与早期资料精度偏低有关。

Scholz 等(1986)从 3 个方面归纳了一些板内和板间地震的差异，认为板内地震的应力升高、滑动速率慢、重复时间长；而板间地震的应力降低、滑动速率快、重复时间短。郑斯华(1992)的研究也支持这种观点。我们通过千岛群岛地区地震序列的对比分析，发现了以前不知道的某些特征差异，再次证明了地震序列包含的信息要比单次地震包含的信息多。

本研究在资料收集过程中，得到中国地震局地震数据信息中心赵仲和、赵薇、李卫东和中国地震局地球物理研究所陈培善、许忠淮的热情帮助，在此表示衷心地感谢。

## 参 考 文 献

- 金性春. 1984. 板块构造学基础. 上海：上海科学技术出版社，41~44  
 郑斯华. 1992. 西藏高原及其周围地区地震的地震矩张量及震源参数的尺度关系. 地震学报, **14**(4): 423~434  
 Scholz C H, Aviles C, Wesnousky S. 1986. Scaling differences between large intraplate and interplate earthquakes. *Bull Seism Soc Amer*, **76**(1): 65~70