

地震空区 与地震预报

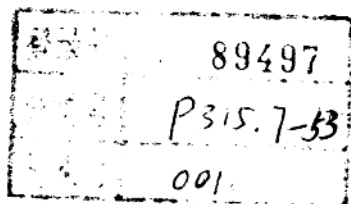
陆运忠 宋俊高 编著

地震出版社

北京)

1-53

1



采

地震空区与地震预报

陆远忠 宋俊高 编

5729/18



地震出版社

1989

内 容 提 要

本文集比较全面地编汇了国内外广泛用于长期和中期地震预报的有关地震空区的重要论文。这些论文中,既有空区早期理论研究的重要文献,又特别着重收集现今利用地震空区进行地震预报的实际方法和成功的典型震例。同时还编入了若干篇关于利用前兆性地震空区在预报实践中所碰到的矛盾问题及探讨空区理论基础等方面的有关文章。可供从事于地震预报、地震活动性、工程地震、地震对策等研究人员和实际工作者,以及相应学科教学人员作参考。

地震空区与地震预报

陆远忠·宋俊高 编

特约编辑 姜维岐

地质出版社出版

北京复兴路63号

北京乐印刷厂印刷

地震出版社发行

787×1092 1/16 14 1/2印张 360 千字

1989年6月第一版 1989年6月第一次印刷

印数: 0001—2000

ISBN 7-5028-0272/p·172

(661) 定价: 8.50元

前 言

自从本世纪60年代费多托夫、茂木清夫等正式提出地震空区的概念以来,全世界地震学者进行了广泛深入的研究,并在地震预报的实际应用中取得了很大的进展。可以说,“地震空区”是地震学家边研究边实践用其进行地震预报的一个较成功的范例。起初,人们发现板块边界或世界主要强震带上,在一定时期内(几十年至一百多年)强震震源区不互相重叠,且两个相邻强震震源区之间还未发生强震的地区(曾有发生强震的历史,而近30年左右还未发生强震)称为地震空区。研究得出,它们是未来强震最可能发生的地区,从而为预报强震发生地点提供了一种依据。其后,麦肯、尼辛柯等研究了空区内强震发生的重复周期和板块边界处相对滑动的速率,把空区内可能发生强震的时间范围的估测缩短到10年左右,提出了地震潜能的概念。板块边界处地震空区的物理解释主要基于板块在汇聚带的相对滑动及其滑动速率的变化。安艺提出的障碍体模式可以说明,由于板缘间上冲或下滑面的弯曲,阶梯或拐角可能形成不同障碍体,从而把各次强震的余震区分开而不重叠。利用地震空区概念预报地震的最早尝试,可以追溯到1916年,日本地震学者今村明恒在1923年东京大震前用此概念曾作过警告。近20余年来,一些学者利用地震空区已经成功预报了一些板缘大震,例如从1968年到1982年有13次7.5级以上强震发生在主要板块边界上勾划的地震空区内。其中本文列集出的1977年大竹政和对南墨西哥欧克萨克地震(1978年11月29日7.8级)的预报就是较好的一例。最近一次是1985年5月7日发生在阿留申群岛的7.9级大震,两年前基斯林格就曾根据地震空区作过较好的预报。迄今,地震空区、板缘强震重复期和板块滑动速率的组合已经成为长期(甚至中期)预报的主要依据。利用这些方法,一些作者已经将世界主要板块边界未来可能发生强震的地点圈定出来。在日本东海,美国加州和印度阿萨姆等不少地区对已圈定的地震空区给以一定投资,加强对各类地震前兆的观测,以期作出更精细的预报。

金森博雄曾把板块边界强震震源间的空段称为空间空区,而把大震前几年内,其震源区突然出现中小地震活动的平静称为时间空区。茂木清夫则把它们分别称为第一类和第二类空区。确切地说,第一类地震空区是某地震带内最大地震破裂带的空间分布所存在的空区,未来大震将发生在该区内,以填充此空区。他认为,这种地震空区不仅与板块边界的浅源大震相吻合,而且与较小的板内地震相吻合。第二类空区为前兆空区,即指未来大震震源区的小震活动减少。地震活动带的大震震源区常常具有这两种空区。

编著者在研究中国大陆60—70年代期间23次6级以上的地震活动特征的基础上,发现普遍存在两种前兆性空区,即背景空区和孕震空区,并给出了孕震空区内外地震频次比在主震前增高、孕震空区及其邻区地震释放应变能 $\propto \sqrt{E}$ 加速等判别标志。对于孕震空区,国外有人提出所谓“成熟空区”的说法。近年来,利用孕震空区等前兆异常对1983年11月7日菏泽5.9级地震,1984年5月21日南海海6.3级地震在震前所作出的中期预报是令人鼓舞的。当然作为一种成功的预报方法,特别是要准确预报地震发生时间、地点和震级还需作更多的探索。在第一类空区的研究中,需要有更确切判定发震时间和震级的方法。例如,如何克服历

史地震资料不足而又能科学确定各类构造和各种板块运动组合速率条件下的地震复发周期及地震破裂长度。有的研究者认为板缘大震震级是难以事先确定的，因为地震破裂时扩展尺度是随机的。即使如此，也需要运用统计的方法给出所预报地震（三要素）的期望成功概率。在前兆性空区的研究中，勾划地震空区的数学方法或计算机程式，识别空区的定量判据，运用前兆性空区预报地震的成功概率都是需要深入探讨的课题。前兆性空区的物理基础远没有建立，虽然曾有人在进行岩石单轴压力试验时，发现大破裂前声发射的微破裂源围成空区，但在三轴实验时却未见此类结果的报导。一些研究者企图将空区与地震条带相结合，与块状构造和介质不均匀性等现象联系起来，也有人企图用大破裂前小震空间分布的降维方法将空区等前兆现象统一起来，但大多只是一些初步的猜想，建立前兆性地震空区的理论是摆在研究者面前的一个重要课题。

为了推动“地震空区”这一课题的深入研究，编著者将国内外一些有关地震空区的重要论文汇编成文集，以期地震学家、地震预报人员、地震对策研究者等对地震空区能有一个全面的、历史性的了解。本文集共有27篇文章，分为三部分。一、关于第一类地震空区，其中有费多托夫最早提出空区概念的论文，也有最近发表的关于确定地震潜能的文章，包括大竹政和对墨西哥地震所作的众所周知预报方面的文献。二、关于前兆性地震空区，包括茂木清夫所提出的两类地震空区，以及陆远忠等提出孕震空区概念的文章。特别注意编入了国内外一些研究者关于勾划识别前兆性空区的典型方法的论述，以及我国各大区有关前兆性空区总结为典型震例和成功预报的例子。三、关于利用前兆性空区预报地震工作中现存的若干矛盾问题，和地震空区研究的实验室证据。由于篇幅不足和编著者水平有限，不可能将所有重要文献收全，请有关学者予以谅解。文集中凡是未有给出文章或译文出处的，即为首次发表或编著者自译。

借此机会我们向编入本文集中文章（已公开发表）的作者、译者表示感谢。

编 者

1988年8月

目 录

前 言

关于第一类空区

堪察加半岛、千岛群岛和日本东北部强震分布规律·····	C. A. Федотов (1)
智利和南秘鲁边缘地带板间大地震和特大地震的潜在可能性·····	
·····	Stuart P. Nishenko (28)
地震空区和板块构造: 主要板块边界的地震潜势·····	W. R. McCann等 (42)
南墨西哥欧克萨克附近地震空区做为大地震的可能的前兆·····	大竹政和等 (58)

关于第二类空区

选择未来大震危险区的一种方法——地震空区问题评述·····	陈章立, 薛峰 (64)
两种地震空区·····	茂木清夫 (71)
中国大陆的地震空区·····	陆远忠等 (79)
大震前后地震空区的形成图象·····	田中贤治 (99)
地震空区发展的动力学及强震预报·····	P. C. Михайлова (107)
华北地区大地震前地震的围空区特征·····	魏光兴, 林趾祥 (116)
华北地震 7 级大震前的空区分析·····	陈荣华等 (121)
四川地震强震前弱震空区的变化特征·····	韩渭宾, 席敦礼 (130)
云南地区地震活动性的空区特征·····	钱兆霞, 晏凤桐 (142)
台湾 8 级地震前的地震空区·····	朱伟强 (152)
唐山大震前的地震空区和围空地地震的机理·····	刘蒲雄 (159)
根据 D-t 图判定松藩—平武 7.2 级地震前的空区·····	韩渭宾, 席敦礼 (165)
确定地震空区平静持续时间的方法·····	H. K. Acharya (169)
大震前后的地震活动空区·····	胜又护 (173)
应用孕震空区进行中期地震趋势估计的一次尝试·····	宋俊高, 陆远忠 (176)
南黄海孕震空区的前兆意义·····	谢华章等 (181)
漂阳两次地震的前兆性空区·····	魏光兴等 (186)
唐山大震前的地震空区和地震环·····	黄德瑜 (189)
孕震空区在中期地震预报中的实际应用·····	陆远忠, 宋俊高 (191)

地震空区的有关讨论及实验研究

地震空区与大震关系的不唯一性·····	陈章立, 薛峰 (200)
关于无震空区的探讨·····	韩渭宾, 席敦礼 (206)
未震空区与卸载地震·····	陆远忠, 愈言祥 (211)
单轴压缩下观测岩石中声发射空区·····	楠濑勤·朗·西沢修, 小内薰 (217)

堪察加半岛、千岛群岛和日本 东北部强震分布规律

С. А. Федотов

众所周知，地震学有两个基本问题：地球内部结构的研究和地震预报。

近年来在弱震分布规律、地震重复性的研究中获得了极大的成功，发展了定量的地震区划方法。

至今，强震分布规律的研究很少，首先这是因为可用于确立这些规律性的资料很少。例如在中亚，从1911年至1968年只有1个 $M \geq 7\frac{3}{4}$ 的地震，而 $M \geq 7\frac{3}{4}$ 的强震是基本地震事件，大约80%的地震能量是由它释放，而大量的更弱的地震是它的前震和余震。

在环太平洋地震带范围内，千岛群岛—堪察加地震带可以得到研究苏联强震的最完整的资料和最好的可能性。在这里和作为千岛—堪察加地震带延续的日本东北部，从1896年至1964年，发生43个 $M \geq 7\frac{3}{4}$ 的地震。从1904年到1952年，在环太平洋地震带从北海道到科曼多尔群岛地段，释放了同期全球地震能量的12%，而其表面积仅占地球表面积的1/1500。

从1896年起，在文献〔1—6〕中给出了千岛—堪察加地区和日本东北部强震的仪器观测资料和它们的震级，文献〔7—8〕和其它文献给出了近年来的地震目录。在不同时期，资料是不连续的，但是从1898年起似乎没有遗漏强震。

本文涉及的很多问题（千岛—堪察加地震的分布、震源区的尺度等等），利用了从1958年千岛群岛南部和堪察加详细的地震观测结果〔9—11〕。

所研究的地震域从东京到科曼多尔群岛长3000公里，宽150—200公里，从北海道到堪察加角的半岛连续分布有千岛—堪察加深震，它是构造力长期作用的结果。为了计算简单，作为一级近似，千岛—堪察加区（包括日本东北北海道）可以看成是同一地震带。

千岛—堪察加—日本地震多数发生在0—100公里深处。例如，在千岛—堪察加区，从1904年至1911年，在0—100公里深处发生了14个 $M \geq 7\frac{3}{4}$ 的地震，而在100—200公里深处，仅有两个 $M = 7.3 - 7\frac{3}{4}$ 的地震。因此，本文中研究的是震源深度 $h < 100$ 公里的强震分布。

作者掌握有千岛—堪察加区地震的基本资料，但对日本地震却没有同样足够充分的资料。所以，文章中主要是研究千岛—堪察加强震的规律性。

一、强震目录

表1.1列出了堪察加、千岛群岛和日本东北部在1896年至1964年间的43个地震($M \geq 7^{3/4}$)仪器观测的强震资料。表中列出了发震时刻、地区、仪器确定的震中坐标、震源深度和不同文献定的震级以及与地震伴生的海啸级。除上述资料外,表中还给出了文献索引,这些文献中载有这些地震的仪器观测资料、宏观地震资料海啸的描述和前震、余震。

表1.1的使用必须注意以下几点:

(1) 在文献〔1〕中列出的1896年强震目录是不完全的。例如,在Б.Гутенберг的文集中没有1896年4月18日2时零6分的8级地震($\varphi = 44^\circ \text{N}$, $\lambda = 145^\circ \text{E}$),而按目录4的资料,是当年日本最强的地震。

(2) 对1890—1903年仪器测定的地震,文献〔1〕按M1891地震仪的记录,定位精度不高:在日本沿岸(第1—6, 8—12地震)精度为 $\pm 3^\circ$;在科曼多尔群岛(第12号地震)精度为 $\pm 5^\circ$;在堪察加南部(第7号地震)精度为 $\pm 10^\circ$ 。

在目录4中,对1896—1901年强震的震中坐标给出精度到分,但实际精度应当更小。目录4的第4号地震与文献〔1, 12, 13, 30〕中的坐标相差 $1.5^\circ - 2^\circ$ 就证明了此点。

(3) 表1.1中给出了不同文献列出的地震震级。作为基本震级采用了广泛使用的Б.Гутенберг标度,日本地震的震级也相应换算到这一震级标度〔5〕。表1.1列出的来自Б.Гутенберг文献〔1〕〔2〕的强震震级与文献〔2〕中同一地震的震级的关系为 $M_{(1,2)} - M_{(2)} = 0.154 \pm 0.1$ 。

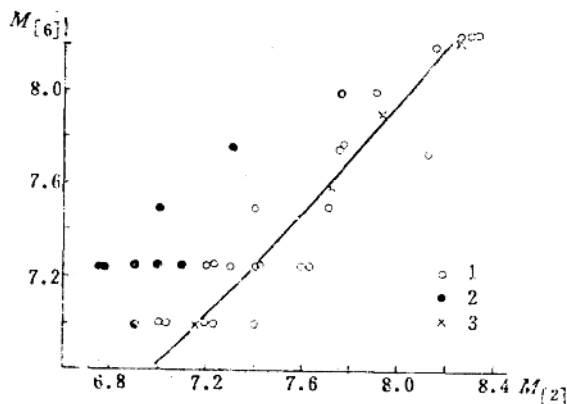


图1.1 千岛——堪察加强震的震级关系

图例: 1: 深度 $h \leq 60$ 公里 2: $h \geq 75$ 公里

3: 带有不步长M的经验回归曲线点

图1.1表示了表1.1中的千岛——堪察加地震在文献〔2〕和〔6〕中所给出的震级关系。据С.П.Соловьев报告,平均来说 $M_{(2)} - M_{(6)} = 0.2 - 0.3$ 〔3, 1〕如图1.1所示,对深于60公

表 1.1

地盤加, 千島群島和日本东北部地震の仪器观测資料

$$(M^{(2)} \geq T - \frac{3}{4}, h < 100 \text{ km})$$

N	年月日	h	m	s	地 区	$\phi^{\circ}N$	$\lambda^{\circ}E$	h (km)	$M^{(1,3)}$	$M^{(2)}$	$M^{(4,5,8,12)}$	$M^{(6)}$	$M^{(7,16)}$	海深 (级)	文 献
1	1896 2 19	13.3			本州中部以东				≈ 8.1						(1)
2	1896 3 4	4.5			本州中部以东 (大约)				≈ 8.3						(1)
3	1896 3 5	23			本州中部以东 (大约)				≈ 8.3						(1)
4	1896 6 15	10	33		三陆以东	39.6 39.2 39°12'	144.2 143.5 142°30'	非深震	≈ 8.7		7.6			4	(1), (12) (13) (4) (1)
5	1896 6 5	10 19	33		三陆以东				≈ 8.5		7.6				
6	1896 6 15	23 23	01		三陆以东	39	142		≈ 8.5						(1) (4)
7	1896 6 17	03 03	47		本州中部以东	35°15'	136°55'		≈ 8.7		7.6				(1) (4)
8	1896 8 31	07			三陆	39.6 39	140.7 141		≈ 8.5		6.9				(1) (14) (4) (1) (4)
9	1896 8 31	08 08	37 36		三陆	39	141		≈ 8.5		7.5				(4) (1), (3)
10	1897 3 7	07 07	35 36		男鹿半岛	39°40' 40	140°10' 140	非深震	8 1/4		7.1				(4) (1), (3)
11	1897 2 19	20 20	50 48		男鹿半岛以东	38°26' 38 38.1	140°30' 142 141.5	非深震	8 1/4						(4) (1), (3) (12), (4)
12	1897 2 19	08 23	47 48		仙台, 陆前	39° 38 38.1	142°50' 142 141.5			8.0	7.8				(4) (1), (3) (12) (1), (3)
13	1897 8 5	00	12		三陆以东	38 38 39	143 143.7 142	非深震 " "		8 3/4	7.7			1	(12) (4) (1), (3)
14	1897 8 16	00 07 07	10 54 51		三陆以东	38 39 39	142 143 142		7.9		7.4			—	(1), (3) (4)

续表

N ₀	年 月 日	h	m	s	地 区	φ°N	λ°E	b (km)	M ^(1,3)	M ⁽²⁾	M ^(4,5,8,12)	M ⁽⁶⁾	M ^(7,16)	海啸 (级)	文 献
15	1898 4 22	23	36		三陆以东	39°24'	142°143'36"	非深震		8 1/4	7.8			—	(1) (4), (14)
16	1899 6 23	09	49		堪察加中部	53	159	"		7.9				—	(1), (3)
17	1900 7 25	05	04		北海道	43	146	"		7.8	7.9			—	(1), (3) (4)
18	1901 4 5	23	31		择捉 (?)	45	148	"		7.9				—	(1), (3)
19	1901 8 9	09	23		八户以东	40°30'	144°141.5'	"		7.9	7.7			0	(1), (3) (12) (4)
20	1901 8 9	18	33		八户以东	40°30'	141°141.5'	"		8.3	7.8			0	(1), (3) (12) (4)
21	1902 1 1	05	20		科曼多尔群岛	55	141°30' 165	"		7.8				—	(1), (3) (2), (3), (5)
22	1904 8 26	14	45.8		堪察加南部以东	52	159	"	8.3	8.1				1-2	"
23	1904 8 25	21	00.5		堪察加南部以东	52	159	"	8.1	8.0				—	"
24	1904 8 27	00	09		堪察加南部以东	52	159	"	7.9	7.9				—	"
25	1905 7 6	16	21		三陆以东	39.5°35'50"	142.5°140°30'	"	7.9	7 3/4				—	(2), (3) (4)
26	1915 5 1	05	00	07	温标古丹以东	47	155	"	8.1	7.9		8.0		—	(2), (3) (6)
27	1916 7 31	01	31	23	堪察加以东	53.5°53.5'	163.3°163.3'	"				7 3/4		—	(16) (6) (2)
28	1917 1 30	2	45	30	堪察加湾	55.2°56.5'	162°164.5'	"		7 3/4		8.0	7 1/2	—	(6), (11) (2), (3) (16)
29	1918 4 7	17	16	14	得抚岛以东	45.5°45.5'	161.5°161.5'	"	8.1	8 1/4		8.0	8.0	—	(2), (3) (6), (16) (12)
30	1918 8 8	04	38	00	得抚岛以东	44.4°44.5'	153.3°151.5'	"	8.0	7 3/4	7.9	8 1/4		3	(6), (16) (2), (3) (12)
						41.0	164.5			7 3/4	7.8			1	(12)

续表

No	年 月 日	h	m	s	地 区	$\varphi^{\circ} N$	$\lambda^{\circ} E$	b (km)	M(1.3)	M(2)	M(4.5.8.12)	M(6)	M(7.18)	海啸(级)	文 献
31	1923 2 3	16	01	46	克罗诺基湾	53.0 54.0 53.0	161.0 161.0 161.0	非深震	8.4	8.3			8 1/4	3	{6} {16-18} {2}.(3) {15}
32	1928 4 1	02	58	36	东京, 相模湾	35.25 35.3	139.5 139.3	"	8.3	8.2	7.9			2	{2}.(3) {2}.(3) {12}.(19) {20}
33	1923 4 2	02	46	40	东京, 胜浦	35 35.1	139.5 140.4	"		7.7	7.4			0	{2}.(3) {2}.(3) {12}
34	1933 3 2	17	30	54	三陆以东	39.25 39.1	144.5 144.7	0~20	8.9	8.5	8.5			3	{2}.(3) {12}.(13) {21}
35	1938 6 5	08	43	21	福岛以东	36.75 37.1	141.75 141.7	60 20		7.7	7.7			0	{6} {6}
36	1938 6 5	10	50	15	福岛以东	37.25 37.2	141.75 141.7	60 15		7.7	7.6			0	{12} {2}
37	1952 3 4	01	22	43	十胜沿海以东	42.5 42.15	143 143.85	非深震 45	8.6	8.3	8.1 8.2		7 1/2	2	{12}.(3) {6} {12}.(22) {6}
38	1962 5 4	16	58	22	堪察加南端— 幌筈岛以东	52.3 52.75	161 159.5	非深震	8.4-8.5	8 1/4		8 1/4		3	{6}.(16) {23-26} {2}.(3) {3}
39	1953 6 25	17	48	52	房总半岛以东	34 34.3	141.5 141.8	"	8.3	8 1/4		7.5		1	{5}.(12)
40	1968 6 6	22	58	12	择捉以东	44.5 44.3	148.9 148.5	90 80			8-8 1/4		8.2	1	{7}.(10) {26-28} {8}
41	1959 5 4	07	15	40	堪察加南端	53.1 52.5 52.8	160.3 159.5 160.1	非深震 小		8-8 1/4			7 3/4 7 3/4	—	{29}.(116) {8} {7}
42	1960 3 20	17	07	26	三陆以东	39.8 40.0	143.5 144.0	20	7-7 1/4		7.5		7 3/4	1	{8} {7}
43	1963 5 13	05	17	50	择捉以东	44.5	149.0	非深震					8	1	{7}

表1.2

太平洋地震带地震破裂长度资料

No	年 月 日	地 区	φ°, N	λ°, E	$h(km)$	$M(2)$	$L(km)$	预 计 L 值 的 注 解	文 献
日本和千岛—堪察加地震									
1	1923 9 1	关东	35 1/4	139 1/2	非深震	8.2	150	水平位移大于2米区域	(2), (3)
2	1927 3 7	丹后半岛	35.6	135.1	10	7 3/4	30	现场观测资料	(3), (6)
3	1930 11 25	伊豆	35.1	139.0	0—5	7.1	35	同上	(3), (6)
4	1933 3 2	三陆	39.1	144.7	0—20	8.5	≈250	余震密集区尺度	(5)
5	1938 11 5-6	福岛	37.1	141.7	60	7.7—7.7—7.6 $M(\Sigma E) \approx 8$	≈100	1938年 $M \geq 7$ 强震序列及余震密集区	(5)
6	1945 1 12	三河	34.7	137.1	0	7.1	30	现场观测资料	(3), (6)
7	1946 8 20	南海道	33.0	135.6	30	8.2	≈200	从主震震中到西部余震密集区中心的距离	(5), (31), (36)
8	1952 3 4	十胜	42.2	143.9	45	8.3	200	两个相邻的南北余震密集区之间的距离	(5)
9	1952 11 4	堪察加南部	52.3	161.0	20—30	8 1/4	≈500	同上	(6), (26), (28)
10	1958 11 6	择捉	44.5	148.9	90	8—8 1/4	≈160	同上	(7), (26), (10)

加利福尼亚地震

11	1906	旧金山				8 1/4	435	野外观测资料	(34)
12	1916	普莱森特瓦丽				7 3/4	65	同上	
13	1932	希达山				7.2	61	同上	
14	1934	埃克塞尔西奥山				6.3	1.5	同上	
15	1947					6.4	4	同上	
16	1952	克恩县				7.6	65	同上	
17	1954 7 8	法伦				6.6	18	同上	
18	1954 8 24	法伦				6.8	30	同上	
19	1954 7 16	费尔维尤峰				7.4	59	同上	
20	1954 7 16	迪克西谷				7.1	62	同上	

续表

新西兰、台湾、阿拉斯加地震

№	年 月 日	地 区	$\varphi^{\circ}.N$	$\lambda^{\circ}.E$	$b(km)$	$M(2)$	$L(km)$	估计 L 值的 注 解	文 献
21	1931 2 2	霍克湾	39 1/2S	177E	非深震	7 3/4	100	野外观测资料	(2), (3)
22	1931 4 20	台湾	24 1/4N	120 3/4E	非深震	7.1	65	同上	(2), (3)
23	1958 7 10	阿拉斯加东部	50.5N	137.0W	0	8	200—240	同上	(36)

里的千岛—堪察加强震，不显示这种规律性。在 $M \geq 7 - \frac{3}{4}$ ，震级基本上一致，在 $M(6) = 7 - \frac{1}{4}$ ，平均分散为0.15，而在 $M(6) = 7.0$ ，它为0.2。

在 $h > 75$ 公里， $M(2) - M(6) \approx 0.3$ ，而在文献〔6〕中，对于发生在80公里深度下的地震采用了正的震级误差（0.8—1.0）。

（4）海啸级按ИИД标度给出〔12〕：

- 0——海啸波高达米；
- 1——2米级波，损失不大；
- 2——4~6米波高，破坏性，人大量死亡；
- 3——10~20米波高，沿岸延伸长度400公里左右；
- 4——波高30米以上，沿岸延伸长超过500公里。

二、堪察加、千岛群岛和日本东北部的强震震源区

在决定堪察加—千岛群岛—日本东北部1897年到1963年强震震源区时，基本困难在于几乎所有这些地震都发生在水下。仅仅对个别地震才有可能考察震源区的位移和地震断层〔3, 19〕。

代替直接现场观察，利用地震台站的资料、地震宏观资料和一系列下面介绍的规律性可以确定水下地震的震源区。

（1）关于主震震中坐标和深度的仪器观测资料。

（2）关于前震和余震的震中坐标和深度的仪器观测资料。

（3）关于沿岸烈度观测资料，可以用它们大致确定震源区。为此我们选了日本和千岛—堪察加的灾难性地震震源区中部的烈度随距离的衰减图〔11〕。在这种情况下近似关系式表示为：

$$\Delta(I) \text{ 公里} \approx 50(10.25 - I) \pm 30 \text{ 公里} \quad (1)$$

（4）关于海啸发生地区和海啸力的资料。就一级近似而言，强震震源区与伴生的海啸发生区是一致的〔12, 26, 30〕。因此，根据验潮计资料确定的海啸发生区可以用来决定地震震源区。此外，还可以利用已知的海啸力与震中处的海洋深度的关系，在同样的地震力作用下，更强的海啸是伴随震源在海洋更深处地震发生，发生在浅水区的地震不伴生海啸。1959年5月5日堪察加和1938年日本地震就是这样的例子（见表1.1）。

（5）强震序列常常按同样方式发生。“对于很多重要的地震，有以下特征图象，主震震中常常位于活动断裂区的一端，弱余震震中在另一端，在这两端余震最多；前震震中接近主震震中，但其地震位移指向断裂扩展的反方向”〔5〕。1952年7月21日加利福尼亚的克恩保地震即是如此〔3〕。在1923年2月3日堪察加地震、1933年3月2日日本地震和1963年10月13日南千岛群岛地震，同样观测到这些特征。

最大前震、主震、最大余震的震中分布可以大致给出震源区的边界。

（6）上面已提到，大量余震发生在断层端部，即发生在震源区延伸方向边缘。在理论研究〔32〕和其它很多文献〕以及样品光弹试验中（на оптических активных моделях）

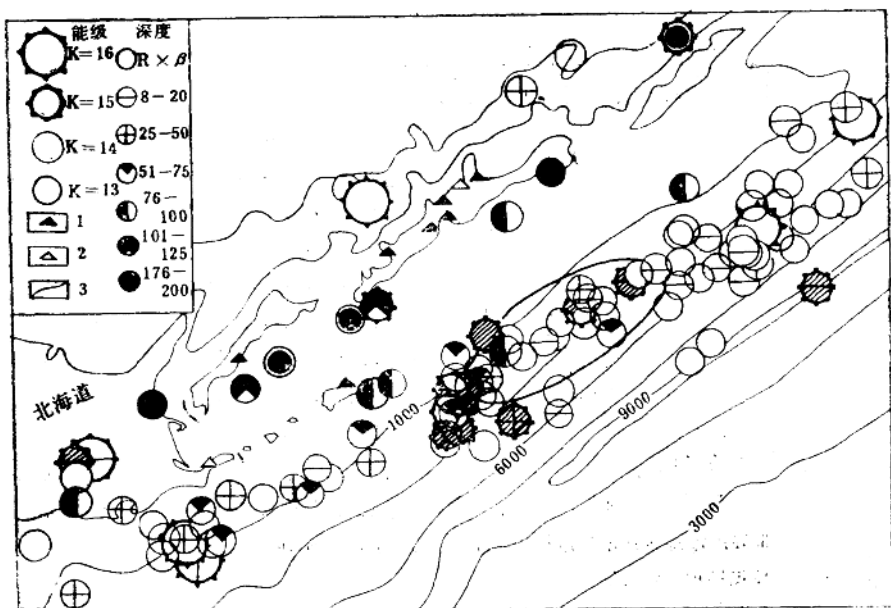


图1.2 从详细地震观测中得到的1958—1962年南千岛地震图, 能级 $K \geq 13$ ($M > 5.5$)
(1958年11月—12月无地震)

图例: 1, 实验性地震台站

2, 永久地震台站

3, 1958年11月6日 ($M = 8.2$) 择捉地震震源区边界 (按余震作图)

ЯЯХ) (33) 已确认, 震后应力在发震断层两旁减少而在端部增加。因此, 端部是最可能产生后续地震的位置。很多余震应当同样如此, 实际上也观测到这种规律性: 克恩保地震是一个例子 (3)。在1958年6月6日地震中, 余震在断层两端集中的现象, 在1958—1962年南千岛 $K \geq 13$ ($E = 10^K$ 焦耳) 地震的震中分布图 (见图1.2) 也明显看到, 这些图是根据详细地震观测资料作出的 (9, 10)。

地震在断层端部集中, 可作为确定震源区边界的主要标志。

(7) 震源区长度与地震震级的关系: $L = L(M)$ 。很多作者研究了这种关系 (12, 31, 34等)。由于以下原因不可能使用这些作者所获得的图。他们没有列出千岛—堪察加地震的资料, 在Ивн的文章 (12) 中, L 是海啸发生的区域, 作图中还有大量的错误①。在Тоуер的文章 (34) 中, 选取了比较弱的灾难性的地震资料, 其中只有两个 $M \geq 7.7$ 的地震。因此, 我们对太平洋地震带的强震重新建立了关系式 $L = L(M^{(2)})$ 。图1.3中资料点的序号与表1.2中的序号

① 在Ивн(12)的作图中, 地震震中位置照例定于海啸区中心, 但在目录(5)中同一地震中常常放在海啸区的边缘或其外部(12) (1928年5月7日、1931年2月9日、1933年6月19日地震震中等等), 产生错误的一般原因之一, 是在作海啸发生图时没有精确的深海测深图。

一致。

图1.3中的实线可以用来估计震源区最小的尺度。

Ишд图中的量L(虚线)按我们的观点是太高了①。

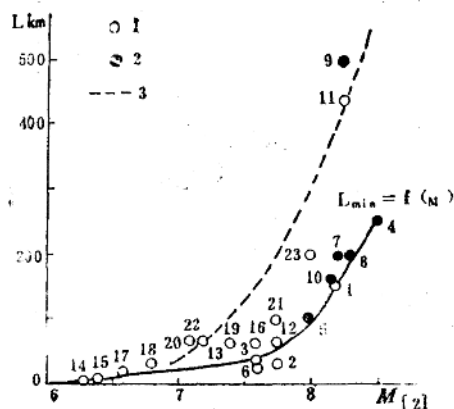


图1.3 太平洋地震带强震震源区长度与震级的关系

- 1: L——按现场观测资料确定;
- 2: L——按前震震中分布确定;
- 3: L—— $L = L(M)$ 按 [12] 中资料确定。

(8) 关于震源区的形状。我们说的震源区指的是初始破裂区和余震密集区。按余震的分布情况, 日本的千岛—堪察加强震的震源区的一般形式可以初步近似为一个椭圆, 其长短轴之比为2:1, 参见图1.2和图1.4。

在作出堪察加、千岛群岛和日本东北部的强震区分布图(图1.4, 图1.5)时, 利用了一切已知的合理资料, 对于表1.1中的大多数地震, 这些图具有一定精度。下面我们将给表1.1补充一些资料, 并对震源区分布图作出某些必要的解释。图中地震按表1.1相同的次序排列。

图1.4中仪器测定的地震震中图例说明(图1.4见11页):

- 1——1923—1963年;
- 2——1897—1905 年 $M(3)=8.5-8.75$;
- 3—— $M(3)=8-8.25$;
- 4—— $M(3)=7.75$; 前震余震中;
- 5—— $M(3) \geq 7$;
- 6—— $M(5)=6.0-6.9$;
- 7—— $M(5)=5.0-5.9$;
- 8——前震震中;
- 9——余震震中;
- 10——1933, 1938, 1952和1953年所有地震, 包括前震和余震的震中区边界;
- 11——强震震源区边界;
- 12——震源边界不确定部分;
- 13——1897—1901年地震区可能的边界;
- 14——海啸发生区边界;
- 15——下次强震可能位置;
- 16——深水盆地轴;
- 17——火山压轴;
- 18——沿深水盆地大陆坡距离示度线。

① 已经知道, 也可以用面波资料等来估计L, 但我们没有利用那些资料。

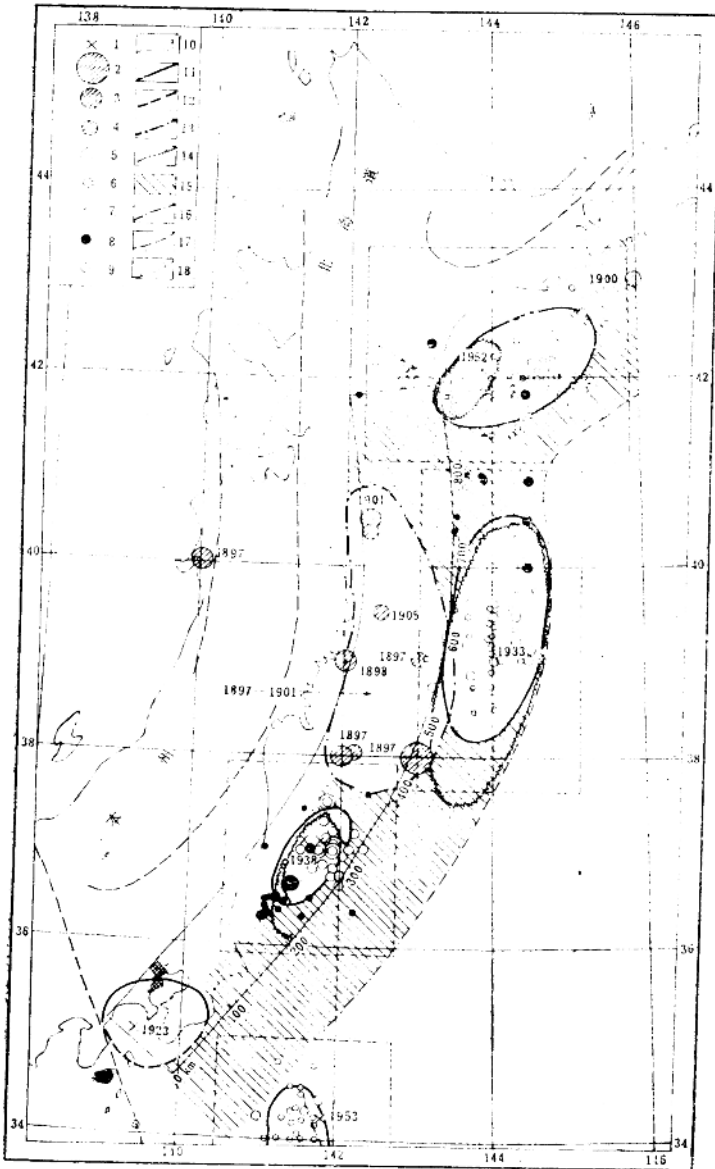


图1.4 1897—1963年日本东北部强震 ($M \geq 7 \frac{3}{4}$) 的震源区及下次发生 $M \geq 7 \frac{3}{4}$ 地震的可能位置