

# 亚洲地区1918—1970年7级以上强震重新定位与震源机制测量及结果的不确定性分析

韩甲源 张献兵<sup>†</sup> 周仕勇<sup>†</sup>

北京大学理论与应用地球物理研究所, 北京大学地球与空间科学学院, 北京 100871;

<sup>†</sup> 通信作者, E-mail: xbzhang@pku.edu.cn (张献兵), zsy@pku.edu.cn (周仕勇)

**摘要** 通过光学字符识别(OCR)软件, 整理世界地震台网1918—1970年的世界台站震相报告, 对该时期发生在亚洲及周边地区7级以上强震的震源位置及部分强震的震源机制(断层面解)进行测量。使用1918—1970年《国际地震资料汇编》(ISS)和EHB Bulletin的震相到时和到时差, 对该时段338个7级以上地震事件进行重新定位, 得到其中316个地震事件的可靠定位。使用1933—1970年ISS和EHB Bulletin的P波初动数据, 对该时段244个地震事件求解震源机制解, 得到其中209个地震事件的震源机制解。研究结果丰富了亚洲地区基于全球地震台网观测的1918—1970年仪器记录早期近现代强震目录震源机制资料, 并提供一种研究近现代地震的可行方法, 对开展其他地区或其他震级范围的仪器记录早期近现代地震研究具有启发作用。

**关键词** 光学字符识别(OCR); 近现代地震; 重定位; 文字识别; 震源机制解

## Relocation and Focus Mechanism Estimation of the Strong Earthquake $M_s \geq 7.0$ from 1918 to 1970 around Asia and Analysis of Their Uncertainties

HAN Jiayuan, ZHANG Xianbing<sup>†</sup>, ZHOU Shiyong<sup>†</sup>

Institute of Theoretical and Applied Geophysics, School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing 100871;

<sup>†</sup> Corresponding authors, E-mail: xbzhang@pku.edu.cn (ZHANG Xianbing), zsy@pku.edu.cn (ZHOU Shiyong)

**Abstract** Through the software of optical character recognition (OCR), this study sorts out seismic phase report of seismic stations worldwide from 1918 to 1970, earthquake location and focal mechanisms (fault plane solution) of part of the earthquakes are measured in Asia and nearby areas at that time. Specific work is carried out in two aspects. 1) Using arrival time and arrival-time difference in 1918–1970 from International Seismological Summary (ISS) and EHB Bulletin, the relocation of 338 earthquakes are calculated, and 316 among them are reliable. 2) Utilizing P wave initial motion in 1933–1970 from ISS and EHB Bulletin, the focal mechanisms of 244 earthquakes are calculated, and 209 among them are reliable. Based on global seismic network observation, the focal mechanisms of modern strong earthquakes in Asia from 1918 to 1970 have been enriched. Another important significance of this study is to provide a set of feasible methods for the study of modern earthquakes, which can be instructive in other regions or in other magnitudes.

**Key words** optical character recognition (OCR); modern earthquakes; relocation; character recognition; focal mechanism

小地震的发生可能具有一定的随机性, 而强震的发生必然与震源区活动构造及构造运动的动力学环境密切相关。因此, 强震的空间分布图像及其震源机制特性携带着震源区的主要活动构造带几何参

数信息及构造应力场信息, 是地震学、地震工程学及地球动力学研究的重要基础资料。

虽然我国在20世纪70年代已初步建立基本上覆盖全国的现代地震观测网络, 中国地震局基于现

代地震台网观测出版的全国性地震目录始于1970年,与国际上其他国家的现代地震目录形成时间(1965—1970年)相当,但是,对于复发周期通常长达数百或上千年的给人类带来严重灾害的强震,在地震工程学及地震危险性预测中有重要应用性的强震资料依然不足,导致可能出现相关研究中推断的强震发生地点丢失的现象。

中国地震研究者经过大量历史档案文献的搜集、考证和整理工作,先后整理汇编《中国地震年表》、《中国地震目录》、《中国地震历史资料汇编》、《中国地震目录》(第三版)、《中国历史强震目录》<sup>[1]</sup>和《中国近代地震目录》<sup>[2]</sup>等历史地震资料,极大地丰富了我国历史地震目录。但是,历史资料缺乏准确性和完备性,历史地震目录存在震中位置不准确、缺少震源机制信息等缺陷。贾科等<sup>[3]</sup>基于国际地震中心的地震记录,开展中国西南地区1900—1970年6级以上地震定位结果与《中国历史强震目录》<sup>[1]</sup>的对比研究,结果表明部分地震的发震位置相差近100 km,完全不在一个发震构造。高彬等<sup>[4]</sup>对华北地区1900—1970年5级以上地震进行资料整理和重新定位,也发现相同的问题。

现代地震观测仪在19世纪90年代已出现,20世纪初开始在世界各地布设,并将资料汇集于总部设在英国的国际地震中心<sup>[5]</sup>。依靠现代仪器记录建立的现代地震目录包含较准确的震中位置和震源机制信息,可以校正主要依据历史文献记载所编辑的《中国历史强震目录》<sup>[1]</sup>中1900—1970时段中的可能错误,还可以丰富宝贵的强震震源机制资料。因此,进一步挖掘1900—1970年现代地震仪早期记录的地震资料,对此时段内发生在亚洲的强震震源位置进行重新定位,可以大大提高该时段近现代地震目录中震源参数的准确性,对基于现代地震目录开展的工程地震学和地震地质学中的相关研究具有重要意义。事实上,已有先行者在全球开展类似的工作,并取得重要成果<sup>[6-7]</sup>。

除地震发生时间、地点和震级外,震源机制解是描述震源的另一组重要基本参数,近年来受到固体地球科学家越来越多的重视。哈佛大学和美国联邦地质调查局利用全球数字地震台网记录,可以在震后几小时内反演出全球5.5级以上地震的震源机制解,并在网上发布。许力生等<sup>[8]</sup>从20世纪90年代起开展同样的工作,他们利用全球数字地震台网记录和中国数字地震台网记录,震后数小时内在网

上发布国外6级以上和国内5级以上强震的震源机制解。

由于现有的全球震源机制数据库中缺乏1900—1970年期间仪器早期记录地震事件的震源机制,因此开展这个时段地震震源机制的研究,不仅可以为丰富震源机制资料提供新的途径,而且对开展现今强震活动缺乏区的发震构造及地震危险性预测研究尤为重要。本文的研究目标包括以下3个方面。

1) 使用地震仪记录的ISS(International Seismological Summery)和EHB(Engdahl, van der Hilst and Buland) Bulletin震相到时资料,用地球速度模型Crust5.1,对亚洲地区1918—1970年期间的强震(1900—1918年的地震仅有个别台站的记录)进行重新定位,并分析定位结果的可靠性。

2) 基于地震仪记录的ISS资料中的P波初动数据,使用改进的格点尝试法,对亚洲地区1933—1970年的强震进行震源机制解的求解(1900—1933年的地震台站没有P波初动记录,无法求解震源机制),并对震源机制解进行质量分类。

3) 1970年前有大量印刷资料留存,将这些宝贵的资料转化成正确的电子文档是一项重要的工作。本研究尝试利用光学字符识别软件整理1918—1970年世界地震台网的世界台站震相报告,为今后开展类似的文档转换工作提供参考。

## 1 研究区选取

亚洲在七大洲中面积最大,人口最多,其范围覆盖地球总面积的8.7%(总陆地面积的29.4%)。据联合国2010年发布的信息,亚洲人口总数约为40亿,约占世界总人口的60.5%。亚洲的地震活动十分强烈,在亚欧板块、印度洋板块和太平洋板块的作用下,跨亚洲地区的环太平洋地震带和地中海—喜马拉雅地震带每年都发生很多破坏性地震,造成极大的灾害和经济损失。在板块运动的作用下,亚洲既拥有陆地上最高的山脉,也拥有海洋中最深的海沟,复杂多变的地形导致地震的次生灾害发生频率高,毁坏性大,也加大震后救援的难度。比如,在2017年的九寨沟地震和2008年的汶川地震中,除了地震造成的房屋倒塌等灾害外,复杂的地形引起山体滑坡和泥石流,堵塞道路并形成堰塞湖,严重影响救援队伍进入灾区。亚洲其他地区遭受的地震危害与中国类似,在1900—1970年全球7级以上大地震的记录中,有约1/3分布于亚洲及其周边地

区。仅在过去一百年间,中国发生的死亡人数超过 5 万的地震就有 3 次,日本也发生过几次危害巨大的地震。对于亚洲地区的强震研究,仅仅依靠近 40 多年的现代地震台网记录是远远不够的。因此,基于 1918—1970 年现代仪器测量的地震资料开展亚洲地区强震发震位置和震源机制的研究,对于认识强震发震构造和开展地震危险性分析都具有十分重要的意义。

为了保障地震定位的精度,需要有足够多的地震台站记录。考虑到 20 世纪初亚洲地区地震台网监测力度很弱,本研究只对发生在那个时期的 7 级以上强震开展定位和震源机制测量。本文做如下设定: 1) 研究区范围为  $26^{\circ}3'E-169^{\circ}40'W$ ,  $11^{\circ}7'S-77^{\circ}43'N$ ; 2) 研究时段设定为 1918 年 1 月 1 日—1970 年 12 月 31 日; 3) 定位地震的震级范围为  $M_s \geq 7.0$ 。本研究构建的含震源机制解的地震目录包括地震发生的时间、经度、纬度、震级和震源深度,以及发震断层的走向、倾角和滑动角。

## 2 地震定位与震源机制测量

### 2.1 地震资料概述

自 1882 年意大利地震学家 Milne, Ewing 和 Gray 研制的摆式地震仪在日本东京大学成功地记录并绘制一个地方震的地面振动图以来,20 世纪开始,现代地震仪在世界各地陆续安装并投入观测,全球范围的地震仪器记录越来越多地被收集和发布。1897

年, Milne 开始收集世界各地 60 多个地震台站的记录,并发布 Shide Circulars (BAASSC, 1900–1912)。1913 年 Milne 逝世后,牛津大学 Turner 教授继续进行全球地震台站记录资料的收集和发布(BAASSC, 1913–1917)。1918 年,这份全球地震报告被更名为《国际地震资料汇编》(International Seismological Summery, 1918–1963),本研究的基础资料主要取自《国际地震资料汇编》报告,该报告的资料来源于图 1 所示全球基准地震台网记录(从图 1 可见,欧洲、日本和美国的震台网较为密集,南半球的地震台网较为稀疏)。

EHB Bulletin 包含 1960—2008 年的地震资料,是 ISC(International Seismological Centre)Bulletin 的精简版。该目录使用 Engdahl 等<sup>[6]</sup>的算法,显著地改善之前 ISS 等地震目录的震中定位精度。同时,通过对地震波走时数据的残差校正,反演得到全球速度结构。EHB Bulletin 目录持续更新至 2008 年,直到新的 ISC 定位算法<sup>[9]</sup>在 2009 年投入使用。

### 2.2 研究方法

使用最新的地球平均速度结构模型 Crust5.1 计算地震震相的理论走时,能够有效地提高地震的定位精度。我们使用光学字符识别(optical character recognition, OCR)软件,识别并整理 1918—1970 年期间 ISS 和 EHB Bulletin 中全球地震台记录的 P 波、S 波及其他震相到时与到时差;使用 Schweitzer<sup>[10]</sup>的 HYPOSAT 程序,对该时段的 338 个地震事件重

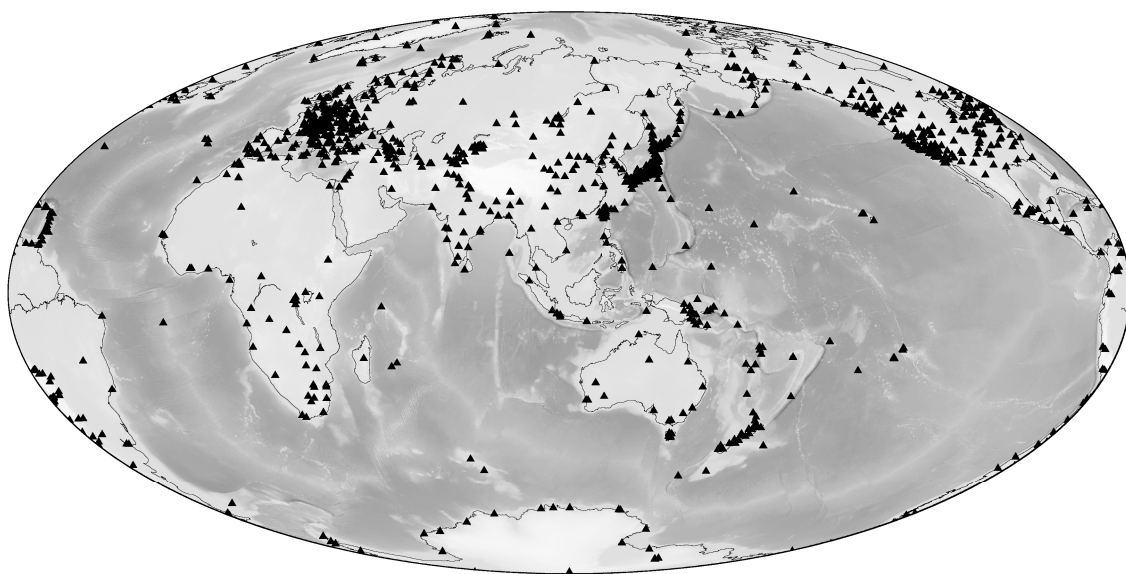


图 1 本文用到的 1900—1970 年期间 1194 个台站的位置

Fig. 1 Distribution of the 1194 seismic stations in 1900–1970 used in this study

新定位;使用俞春泉等<sup>[1]</sup>改进的格点尝试法,基于 1933—1970 年期间 ISS 的 P 波初动数据,求解该时段 244 个地震事件的震源机制解。

由于文档地震数据的扫描效果较差,因此在 OCR 识别过程中,选择合适的识别软件极为重要。在对多个软件的识别结果进行测试后,本研究采用 Adobe 公司的 ABBYY 软件进行 OCR 识别。图 2 通过 1937 年 8 月 11 日发生在 6.8233°S, 116.1884°E 的地震数据,展示 ABBYY 的识别效果。ABBYY 对数字的识别准确率可达 95% 以上,再经过简单的人工修正,即能达到数据处理要求。即使有些到时数据的错误没有被纠正,这些数据也会因为与正演结果的偏差太大而从数据集中剔除。虽然 ABBYY 对数字的识别准确率较高,但对台站名称的识别效果较差,原因可能是数字的结构相对简单,可选择的范围较小。对于台站名称识别错误的情况,本文尽量采用批量处理的形式给予纠正。这是由于台站名称的识别错误情况往往是相同的,比如“b”被识别成“6”。这种相同的错误可以通过编程来批量地解决,具体步骤如下: 1) 浏览各个台站的识别结果,对于单个台站,列出常见的几种识别错误; 2) 通过建立“字典”数据结构,将常见的错误结果与正确结果相对应。

在 OCR 识别之后,要将台站名称与定位程序

中的代号对应起来,这样才能与反演程序中的台站代号相对应,完成反演步骤。本文采用字典的数据结构进行操作,自动将台站名称转化为台站代号。在转化的过程中,可能遇到多个台站名称相同的情况,此时就要舍弃数据或者精确度。我们对这个问题的解决方法如下: 如果一个台站名称对应的几个台站相距较远(大于 0.5°),则把这一台站名称对应的数据全部舍弃;如果一个台站名称对应的几个台站相距较近(小于 0.5°),就将这一台站名称对应的数据全部归属其中一个台站。这样做的好处是,既可以保证一定的精确度,也不会因舍弃的数据过多对结果造成影响。接下来,是数据的预处理步骤。这部分比较琐碎,因为除需要对识别错误的数字进行更正外,还需要对格式进行调整,以期满足反演程序的输入要求。格式调整后,对于数据中没有的参数,除将时间的标准差设为 1 s 外,其他参数(如反方位角和离源角等)则没有使用。经过以上处理后,每个地震事件大约能得到 100~500 个有效的 P, S 震相。

本文将 IASP91 与 CRUST5.1 模型相结合,作为震源参数的反演模型。相对于其他标准模型(如 PREM, AK135), IASP91 模型的优势在于对主要震相到时的计算较为准确。对于那些对局部速度结构敏感的震相(Pn, sS 和 pP 等地表反射震相),我们采

	$\Delta$	Az.	P.	O-C.	S.	O-C.	L.	M.
	°	°	m. s.	s.	m. s.	s.	m.	m.
Zi-ka-wei	16-9	358	13 55k	-4	7 13	+6	8-5	12-0
Anboina	18-8	101	4 22	-1	(7 45?)	-5	7-7	—
Tomie	19-3	17	4 28	-1	8 15	+13	—	—
Miyazaki	19-6	24	3 33	-59	7 7	-60	—	—
Nagasaki	19-7	19	4 34	0	8 18	+8	—	—
Unzendake	19-9	19	4 29	-7	8 22	+7	—	—
Kumamoto	20-1	20	4 38a	0	8 23	+4	—	—
Saga	20-4	19	4 37	-4	8 26	+1	—	—
Hukuoka	20-7	19	4 42a	-2	8 34	+3	—	11-2
Hukuoka B	20-7	19	4 45	+1	8 37	+6	—	13-3
Ooita	20-8	20	4 54	+9	8 44	+11	—	—
Izuka	20-9	19	4 45	-1	8 39	+4	—	—
Ithihara	21-0	16	4 43	-4	8 41	+4	—	—
Simidu	21-0	26	4 54	+7	8 39	+2	—	—
Husan	21-7	14	5 0	+5	9 1	+10	—	11-6
Matuyama	21-8	24	4 54a	-2	9 3	+11	—	—
Kotl	21-9	25	4 57	0	8 49	-5	—	—
Muroto	21-9	27	5 4	+7	9 6	+12	—	—
Hiroshima	22-1	22	5 8	+9	9 0	+2	12-6	—
Taikyū	22-3	12	5 1a	0	9 12	+10	34-7	—
Hamada	22-5	21	5 4	+2	9 5	0	—	—
Syuhurei	22-5	11	5 3	+1	9 9	+4	—	—
Tadotsu	22-6	24	5 15	+12	—	—	—	—
Titizima	22-7	51	5 6	+2	—	—	—	—
Siomisaki	22-8	30	5 6a	+1	9 25	+14	—	—
Okayama	23-0	24	5 20	+13	—	—	—	—
Sumoto	23-1	27	5 10a	+2	9 11	-5	—	12-2
Wakayama	23-2	27	5 10a	+1	9 22	+4	—	—
Sakai	23-5	24	5 16	+4	—	—	—	—
Zinsen	23-5	7	5 11a	-1	10 25	+2	—	16-8
Kobe	23-6	27	5 13	0	10 39	+14	—	—
Keizyo	23-7	8	5 14	0	9 26	-1	e 12-5	17-6
Osaka	23-7	27	5 19	+5	9 47	+20	—	—
Osaka B	23-7	27	5 16a	+2	10 17	SS	—	—
Yagi	23-7	27	5 14	0	9 36	+9	—	—
ZKW	P1	1937 08 20 00 03	55.000 1.000 000.00	0.00 -999. 0.00 T_D_				
TOM	P1	1937 08 20 00 04	28.000 1.000 000.00	0.00 -999. 0.00 T_D_				
MYZ	P1	1937 08 20 00 03	33.000 1.000 000.00	0.00 -999. 0.00 T_D_				
NGS	P1	1937 08 20 00 04	34.000 1.000 000.00	0.00 -999. 0.00 T_D_				
UNZ	P1	1937 08 20 00 04	29.000 1.000 000.00	0.00 -999. 0.00 T_D_				
KUM	P1	1937 08 20 00 04	38.000 1.000 000.00	0.00 -999. 0.00 T_D_				
SAG	P1	1937 08 20 00 04	37.000 1.000 000.00	0.00 -999. 0.00 T_D_				
FKK	P1	1937 08 20 00 04	42.000 1.000 000.00	0.00 -999. 0.00 T_D_				
FKK	P1	1937 08 20 00 04	45.000 1.000 000.00	0.00 -999. 0.00 T_D_				
OIT	P1	1937 08 20 00 04	54.000 1.000 000.00	0.00 -999. 0.00 T_D_				
SHM	P1	1937 08 20 00 04	54.000 1.000 000.00	0.00 -999. 0.00 T_D_				
MTY	P1	1937 08 20 00 04	54.000 1.000 000.00	0.00 -999. 0.00 T_D_				
MRMJ	P1	1937 08 20 00 05	04.000 1.000 000.00	0.00 -999. 0.00 T_D_				
HIR	P1	1937 08 20 00 05	08.000 1.000 000.00	0.00 -999. 0.00 T_D_				
HMD	P1	1937 08 20 00 05	04.000 1.000 000.00	0.00 -999. 0.00 T_D_				
SYU	P1	1937 08 20 00 05	03.000 1.000 000.00	0.00 -999. 0.00 T_D_				
TTZ	P1	1937 08 20 00 05	06.000 1.000 000.00	0.00 -999. 0.00 T_D_				
SHJ	P1	1937 08 20 00 05	06.000 1.000 000.00	0.00 -999. 0.00 T_D_				
OKA	P1	1937 08 20 00 05	20.000 1.000 000.00	0.00 -999. 0.00 T_D_				
SUM	P1	1937 08 20 00 05	10.000 1.000 000.00	0.00 -999. 0.00 T_D_				
WKY	P1	1937 08 20 00 05	10.000 1.000 000.00	0.00 -999. 0.00 T_D_				
INC	P1	1937 08 20 00 05	11.000 1.000 000.00	0.00 -999. 0.00 T_D_				
KOB	P1	1937 08 20 00 05	13.000 1.000 000.00	0.00 -999. 0.00 T_D_				
SEO	P1	1937 08 20 00 05	14.000 1.000 000.00	0.00 -999. 0.00 T_D_				
OSA	P1	1937 08 20 00 05	19.000 1.000 000.00	0.00 -999. 0.00 T_D_				
OSA	P1	1937 08 20 00 05	16.000 1.000 000.00	0.00 -999. 0.00 T_D_				

OCR 将读取的纸版文件(左)转换成符合定位程序 HYPOSAT 格式要求的数字输入文件(右)

图 2 OCR 识别结果示例  
Fig. 2 Illustration of OCR



用 CRUST5.1 代替 IASP91 的地壳速度结构, 对于其他震相, 则采用 IASP91 进行计算。对地震进行初次定位时, 先使用固定深度定位。本文使用 0 和 30 km 作为初始深度, 进行两次定位。之所以选这两个深度, 是因为 7 级以上地震的震源深度中位数大约为 30 km, 而以 0 km 作为初始震源深度可以更好地反演浅源地震的震中位置。HYPOSAT 程序定位的时候进行多次迭代, 迭代后进行正演计算残差, 去掉残差较大的几组数据, 使结果更具可靠性。确定震中位置后, 反演程序进行进一步的迭代, 更精确地确定震源深度, 并对震中的位置做微小的调整。我们在几次反演结果中选择水平方向不确定度最小的作为最终结果, 记录发震位置和发震时间等。由于本文研究的时段(1900—1970 年)全球地震台网稀疏, 台间距为数百公里, 因此缺乏对震源深度的约束。将震源深度设为 0, 10 或 30 km 进行测试, 结果表明对定位结果(震中位置)影响不大。

### 2.3 定位结果

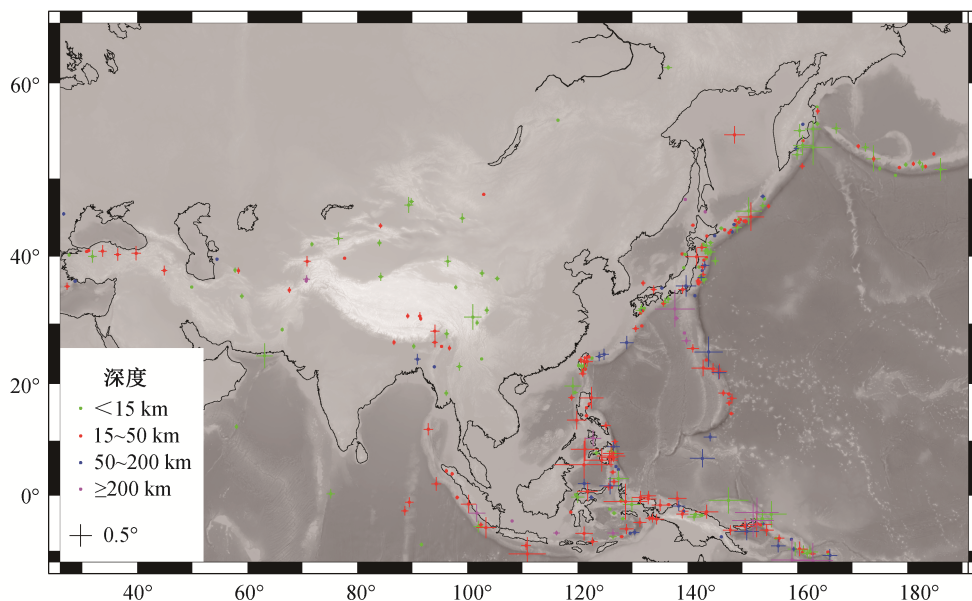
本文使用 ISS 和 EHB Bulletin 的震相到时数据和到时差, 借助 IASPEI91 模型和 CRUST5.1 模型, 对 1918—1970 年期间的 338 个地震事件进行定位, 得到其中 316 个可靠性好、精度高的定位结果。我们从定位结果中可以发现, 震中位置的反演精度与台站记录数有关。对于台站记录数较多的地震事件

(震级大或发震年份晚), 震中位置的误差较小, 在  $0.1^\circ$  之内; 对于台站记录数较少的地震事件(震级小或发震年份早), 震中位置的误差较大, 在  $1^\circ$  之内。

由于震源深度的反演结果存在较大误差, 且近现代强震的震相到时数据中鲜有 pP 或其他对震源深度敏感的震相, 因此对近现代强震震源深度的测定较为困难。由于本文将初始震源深度设为 0 和 30 km, 进行两次深度计算, 取水平方向不确定度最小的作为最终结果, 因此反演结果中仅有部分地震事件得到非 0 或非 30 km 且稳定的震源深度。其中, 震源深度为 0~15 km 的地震有 108 个, 15~50 km 的有 148 个, 50~200 km 的有 43 个, 200 km 以上的有 17 个。

在地震定位的精确度方面, 95% 的置信区间内, 经度的不确定度平均为  $0.199^\circ$ , 纬度的不确定度平均为  $0.168^\circ$ ; 除确定深度的定位结果外, 深度的不确定度平均为 15.59 km; 定位的走时均方根残差为 6.67 s, 走时差的均方根值为 9.47 s。

从图 3 可以清楚地看出, 尽管由于台站稀疏, 台网方位角覆盖度低, 导致板块边缘地震的定位误差大, 但本文确定的 50 km 以上的中-深源地震绝大多数发生在太平洋或菲律宾板块向欧亚板块俯冲的岛弧一带, 清晰地揭示出这 3 个构造板块间的相互接触关系。我们注意到, 印度尼西亚北部苏维拉西



十字符号的交点为震中位置, 十字符号中横线和竖线的长度分别代表经度和纬度定位误差的大小

图 3 1918—1970 年亚洲地区 7 级以上地震定位误差

Fig. 3 Epicenter distribution and location errors of the earthquakes with  $M_s \geq 7.0$  in Asia from 1918 to 1970

海附近地震的定位精度较差,原因可能是该地区在本文研究时段(1900—1970年)内几乎没有地震台站(图1)。在中国大陆松潘—甘孜块体内部也有一个地震的定位误差较大,经查证,此地震是发生于1923年3月24日的四川道孚地震,由于当时全球地震台网建立不久,数据较少,数据质量较差,因此定位结果不够精确。图3显示,由于陆地上地震台站的方位角分布较好,因此定位结果通常比发生在大洋或大洋边缘地区的地震好。

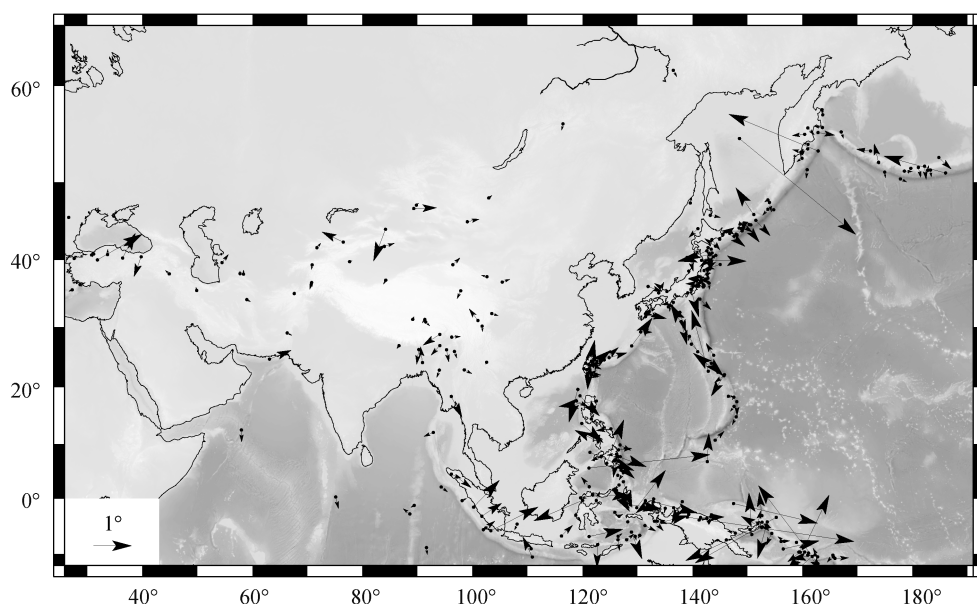
将本文定位结果与文献[3—4]中相同地震的定位结果(二者都是基于现代地震仪记录的定位)进行比较,可以发现二者基本上一致,证明了本文结果的稳定性与可靠性。图4展示本文定位结果对《中国历史强震目录》<sup>[1]</sup>中7级以上地震震中位置的修正,由于《中国历史强震目录》主要参考现场灾害考察的文献档案,因此对震中的确定有较大大的人为因素导致的不确定性。

## 2.4 基于P波初动的震源机制解

利用ISS中1933—1970年期间244个地震事件的P波初动数据,使用俞春泉等<sup>[11]</sup>改进的格点尝试法,求得209个地震事件的震源机制解(图5)。根据P波初动对断层面解的约束程度,我们将解分为A, B, C三类。A类解为准确可靠的震源机制解, P波初动在震源球投影图上分布比较均匀,对得到的两

个节面有较好的限制; B类解为较为准确可靠的震源机制解,可靠性比A类解略差, P波初动在震源球投影图上分布比较合理,基本上能够约束住两个节面; C类解的可靠性相对更差, P波初动在震源球投影图上分布不均匀,不能很好地约束两个节面,但基本上能判断出震源机制解的性质。对于C类解,其矛盾比相对较高,且存在多组可能的断层面解。我们根据2.3节的定位结果,推断是哪个构造带或断裂上的地震,参照地震所在构造带或断裂的几何参数,选取与其最匹配的解。209个震源机制的多解表达图及详细解在附录1中展示,相应的震源机制节面参数信息见附录2。附录2中131个C类解是根据亚洲及邻区的地质资料<sup>[12—14]</sup>确定的距图3所示地震最近的构造断层的走向和倾角,并在格点尝试法程序自动给出的所有断层面解中选取与该断层走向最接近的一组作为最终的断层面解(黑粗线),同时兼顾解的矛盾比,即在断层面参数接近的情况下,以矛盾比更低作为确定最终解的原则。

为了研究100多年来亚洲地区构造运动的稳定性,并论证本文测定的强震震源机制解的合理性,我们下载了哈佛大学有关本文研究区1976年1月1日至2018年10月1日的7级以上强震CMT(central moment tensor)解(<https://www.globalcmt.org>)(图6)。对比图5与图6可以看到,近半个世纪以来,哈佛



箭头的起点为本研究定位的震中位置,箭头的终点指向《中国历史强震目录》<sup>[1]</sup>的震中位置

图4 本文定位结果对《中国历史强震目录》中部分地震位置的修正

Fig. 4 Correction for some earthquake epicenters listed in Catalogue of Strong Earthquakes of China

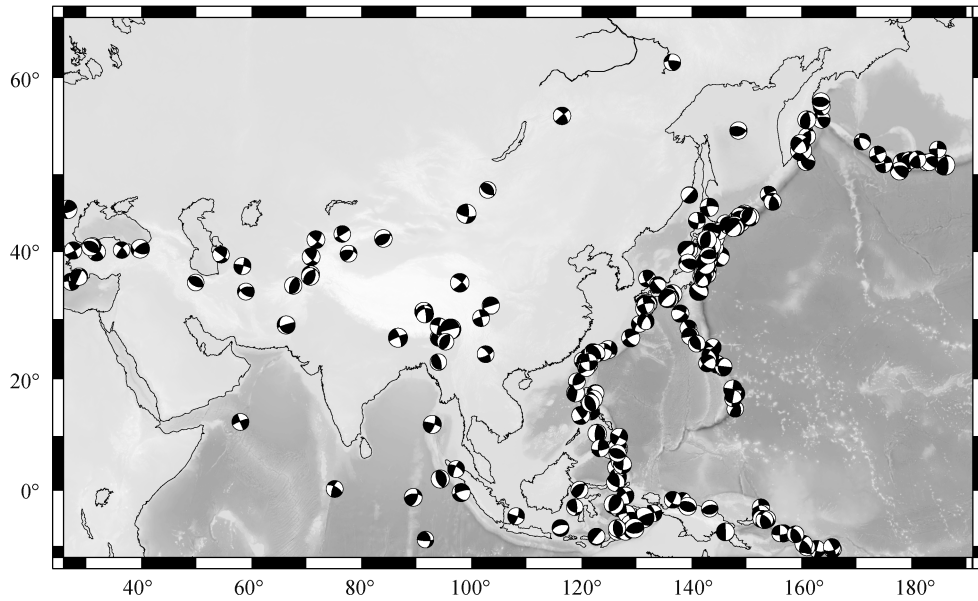


图 5 亚洲及邻区 1933 年 1 月 1 日至 1970 年 12 月 31 日 7 级以上强震及震源机制空间分布  
Fig. 5 Distribution of the focal mechanisms of the  $M_s \geq 7.0$  earthquakes in Asia from Jan. 1, 1933 to Dec. 31, 1970

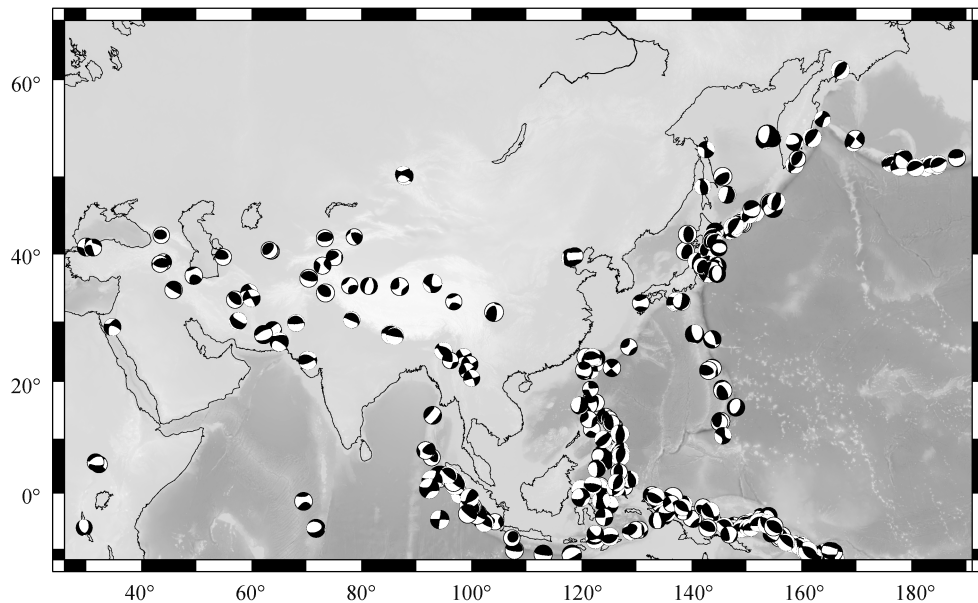


图 6 亚洲及邻区 1976 年 1 月 1 日至 2018 年 10 月 1 日 7 级以上强震及震源机制空间分布(哈佛大学 CMT 解)  
Fig. 6 Distribution of the focal mechanisms of the  $M_s \geq 7.0$  earthquakes in Asia from Jan. 1, 1976 to Oct. 1, 2018 (Harvard CMT Solutions)

大学测定的亚洲地区 7 级以上强震的震源机制解数目与我们挖掘历史文档记录测定的近现代 7 级以上强震的震源机制解的数目大体上相当, 我们测定的强震震源机制解对中国大陆部分地区(如南北地震带)以及天山构造带等重要活动构造带的强震资料有明显的补充。还可以看到, 太平洋或菲律宾板块向欧亚板块俯冲的岛弧一带地震的震源机制几乎都

是逆冲型, 反映太平洋和菲律宾板块向欧亚板块俯冲的动力学过程; 天山构造带发生的强震破裂机制也是逆冲型, 反映天山南缘塔里木盆地等刚性地块向天山造山带下插的动力学过程<sup>[15]</sup>。

### 3 结束语

本研究在前人工作的基础上, 通过地质资料、

国内外地震台记录和近现代地震目录,利用震相走时定位和P波初动求解震源机制解,得到亚洲地区1918—1970年间316个7级以上历史地震的重定位地震目录以及1933—1970年间209个历史地震包含震源机制解的近现代地震目录,对亚洲地区近现代地震资料进行了较好的补充和完善。

由于震相到时存在误差,定位结果中某些近现代地震的发震位置及震源深度误差较大,尤其是发震时间早及台站记录少的地震,发震位置及震源深度存在更大的不确定性。此外,对于基于P波初动求解的断层面解,如果P波初动的台站记录数据不够多,数据点在震源球上的投影覆盖范围就不够大,导致即使使用更精确的反演方法,也难以约束断层面解。由于历史原因造成的观测限制,我们尚未找到更好的对缺少观测地震事件的震源参数进行精确测量的方法,本文结果仅能对缺乏强震台站记录地区开展强震发震构造等相关研究提供可用的参考资料,对于结果的不确定性以及对相关研究的可能影响,建议参考图3(定位结果的不确定性)进行详细的分析。

现代地震台网记录的历史很短,地震地质、工程地震及地震危险性分析的相关研究常陷入地震目录太少或存在不确定性的困境。因此,充分挖掘历史强震的信息,并对其中部分错误进行修正,是一项非常有意义的工作。本研究的另一个意义在于提供一种研究历史地震的可行方法,可以对其他地区或其他震级范围的历史地震研究起到启发作用。

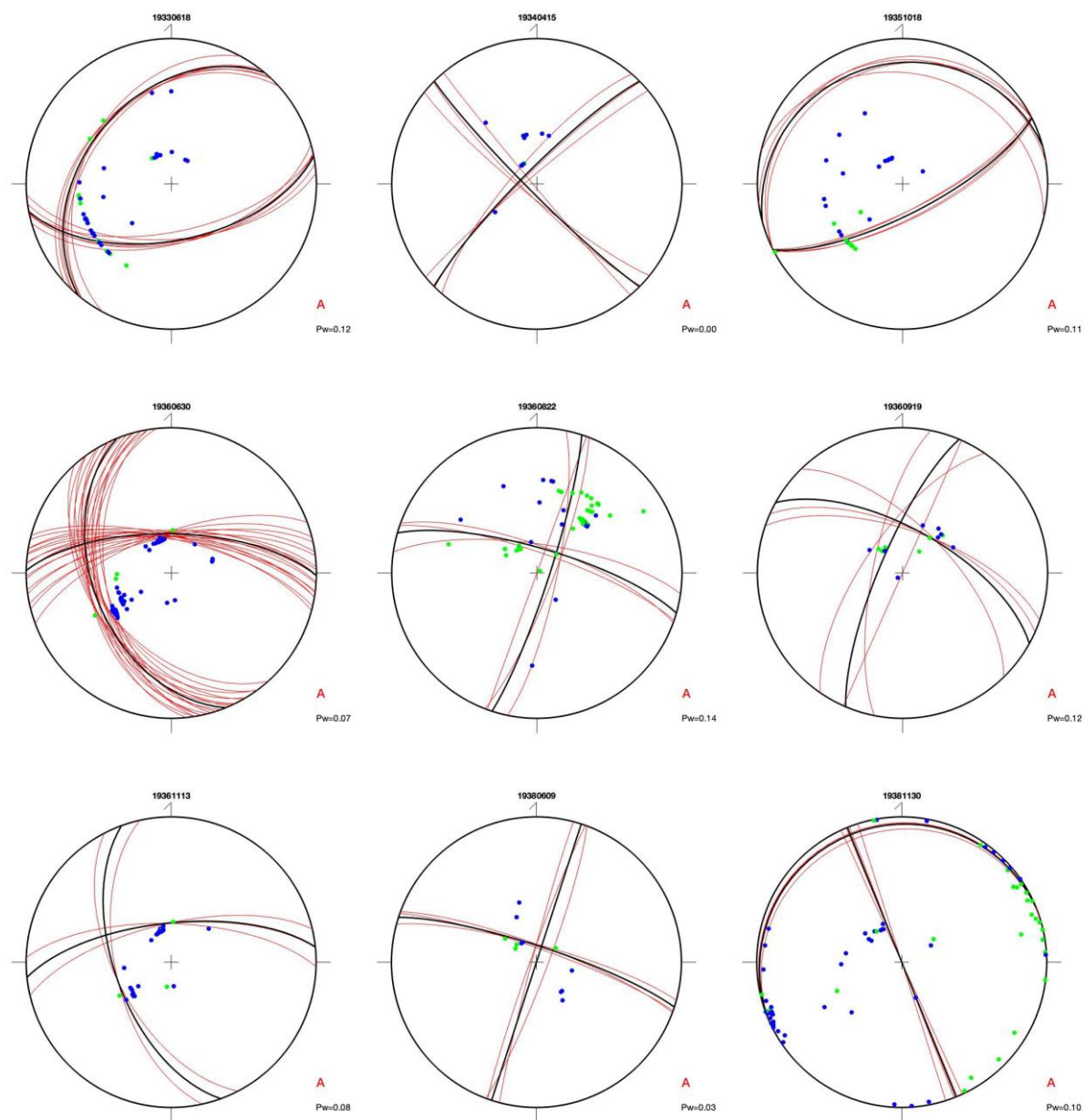
### 参考文献

- [1] 国家地震局震害防御司. 中国历史强震目录. 北京: 地震出版社, 1995
- [2] 中国地震局震害防御司. 中国近代地震目录. 北京: 中国科学技术出版社, 1999
- [3] 贾科, 周仕勇. 西南地区1900—1970年历史地震震源参数推断及结果的不确定性分析. 地球物理学报, 2012, 55(9): 2948–2962
- [4] 高彬, 贾科, 周仕勇. 华北地区1900—1970年5级以上地震发震位置与震源机制研究. 地球物理学报, 2016, 59(11): 4089–4099
- [5] 周仕勇, 许忠淮. 现代地震学教程. 北京: 北京大学出版社, 2010
- [6] Engdahl E R, Hilst R V D, Buland R. Global teleseismic earthquake relocation with improved travel times and procedures for depth determination. Bull Seismol Soc Am, 1998, 88(3): 722–743
- [7] Villaseñor A, Engdahl E R. A digital hypocenter catalog for the international seismological summary. Seismological Research Letters, 2005, 76(5): 554–559
- [8] 许力生, 陈运泰. 用数字化宽频带波形资料反演共和地震的震源参数. 地震学报, 1997, 19(2): 113–128
- [9] Giacomo D D, Engdahl B, Bondar I, et al. A new reference global instrumental earthquake catalogue (1900–2009). AGU Fall Meeting Abstracts, 2011, 158(1): 19–26
- [10] Schweitzer J. How can the ISC location procedures be improved?. Physics of the Earth & Planetary Interiors, 2006, 158(1): 19–26
- [11] 俞春泉, 陶开, 崔效锋, 等. 用格点尝试法求解P波初动震源机制解及解的质量评价. 地球物理学报, 2009, 52(5): 1402–1411
- [12] Yin A. Cenozoic tectonic evolution of Asia: a preliminary synthesis. Tectonophysics, 2010, 488(1): 293–325
- [13] Holm R J, Rosenbaum G, Richards S W. Post 8 Ma reconstruction of Papua New Guinea and Solomon Islands: microplate tectonics in a convergent plate boundary setting. Earth-Science Reviews, 2016, 156: 66–81
- [14] Wiens D A, Demets C, Gordon R G, et al. A diffuse plate boundary model for Indian Ocean tectonics. Geophysical Research Letters, 2013, 12(7): 429–432
- [15] 周仕勇, 许忠淮, 陈晓非. 伽师强震群震源特征及震源机制力学成因分析. 地球物理学报, 2001, 44(5): 654–662

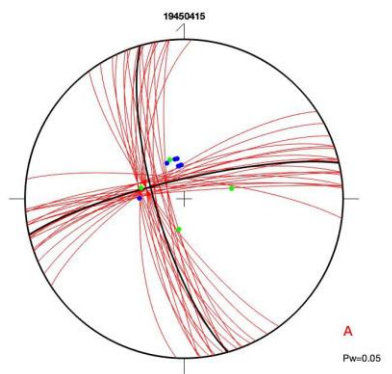
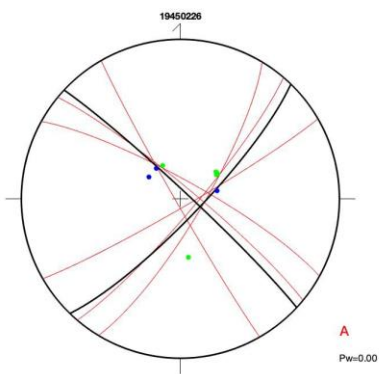
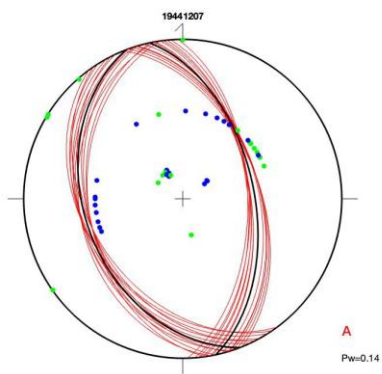
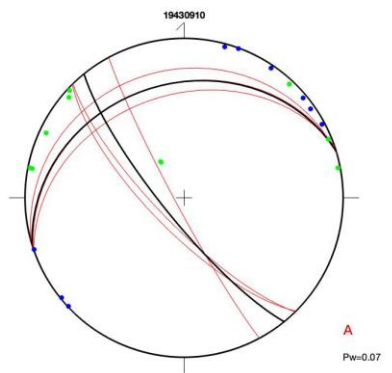
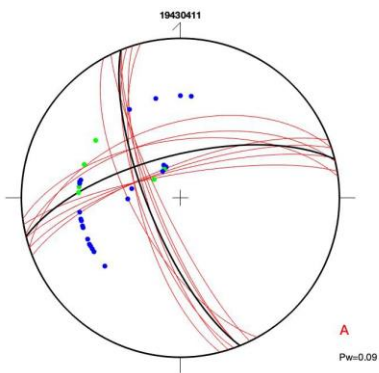
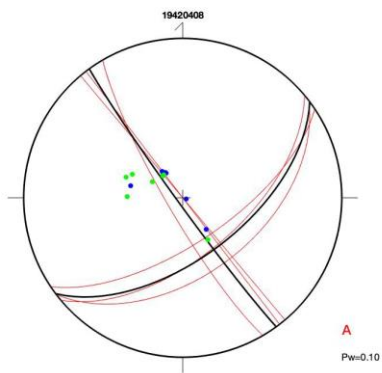
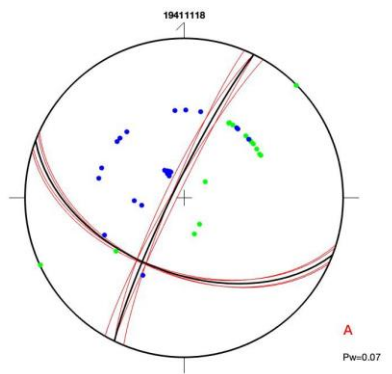
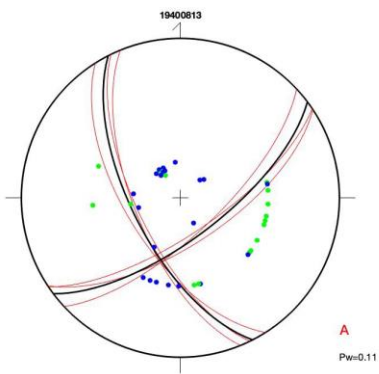
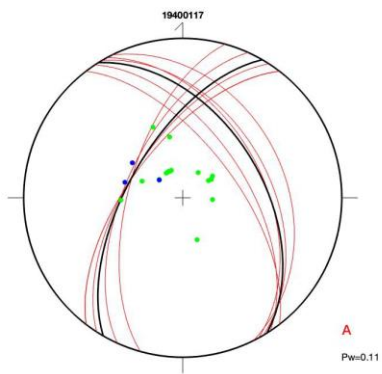
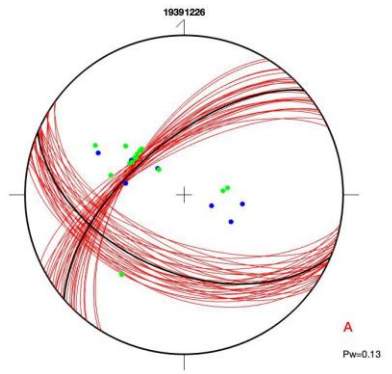
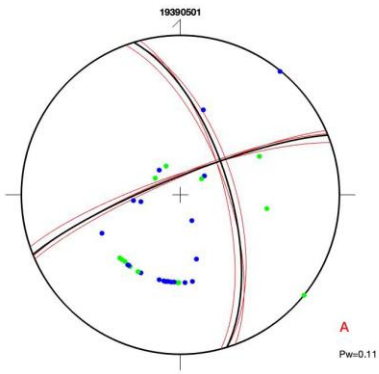
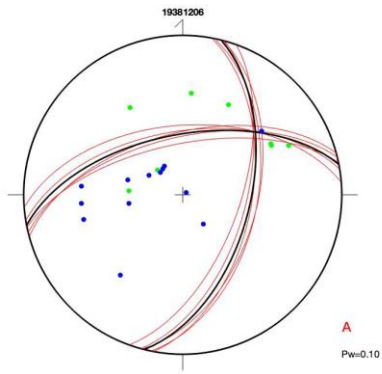
附录 1 209 个亚洲及邻区 1933 年 1 月 1 日至 1970 年 12 月 31 日 7 级以上强震震源机制的多解表达图  
Appendix 1 209 focal mechanisms of the  $M_s \geq 7.0$  earthquakes in Asia from Jan. 1, 1933 to Dec. 31, 1970

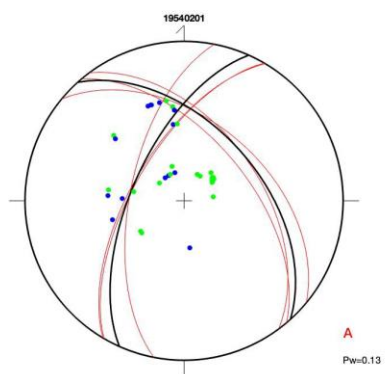
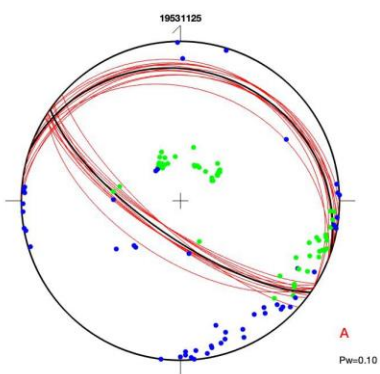
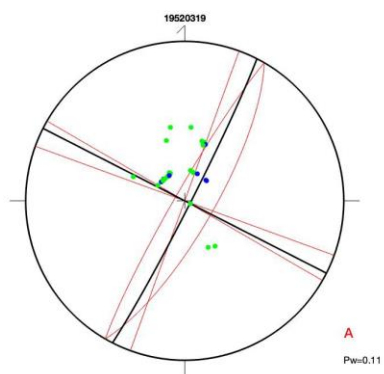
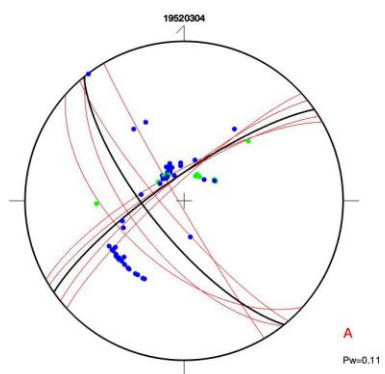
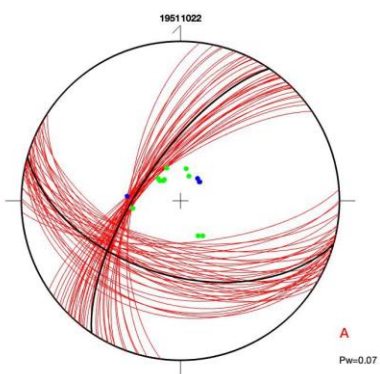
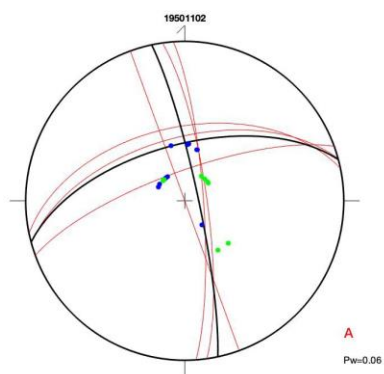
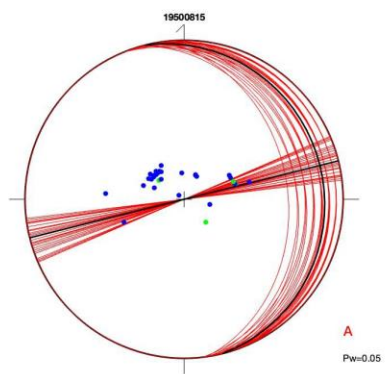
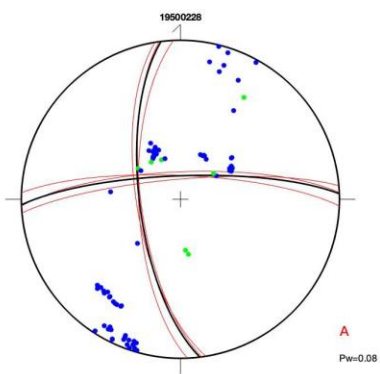
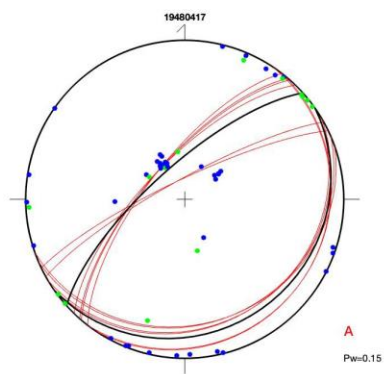
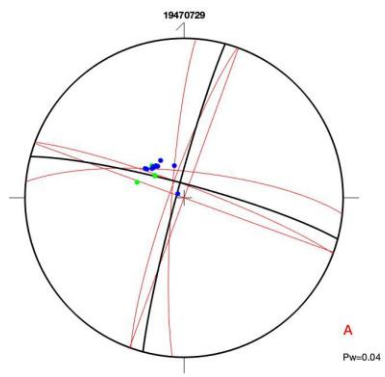
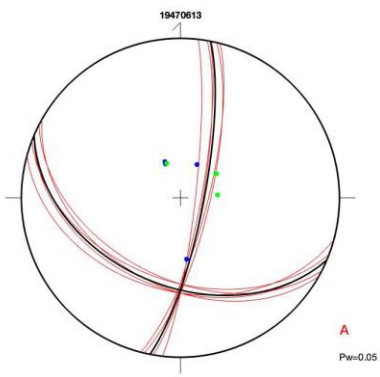
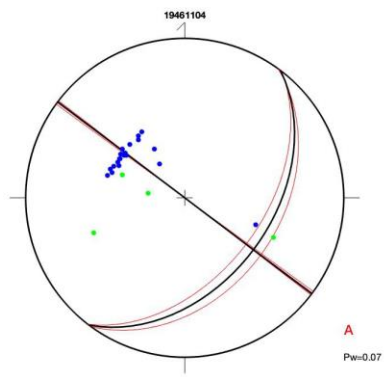
说明: 蓝色圆点表示 P 波初动向上, 绿色圆点表示 P 波初动向下; 红线为可能的震源机制解的两个截面, 黑线为本文综合地震地质资料选定的震源机制解的截面; “Pw”表示矛盾比。震源球上的数字表示发震日期 (年年年年月月日日), 部分地震发震日期的下角标 1 和 2 代表目录中当天的第一个和第二个地震。

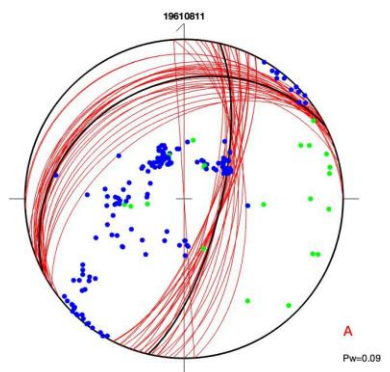
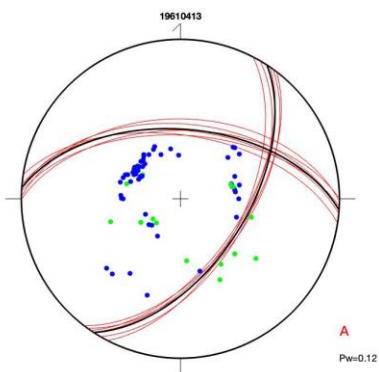
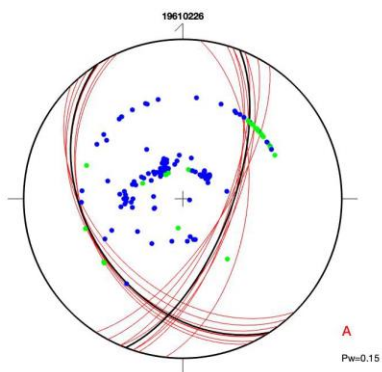
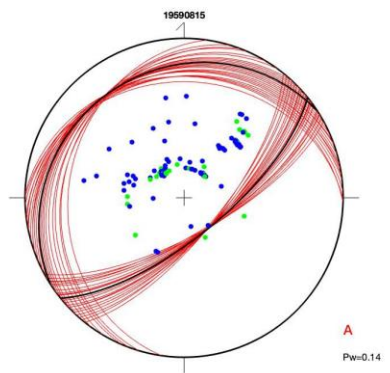
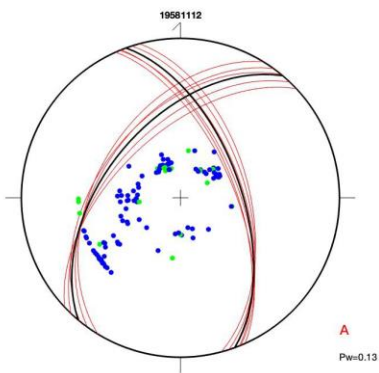
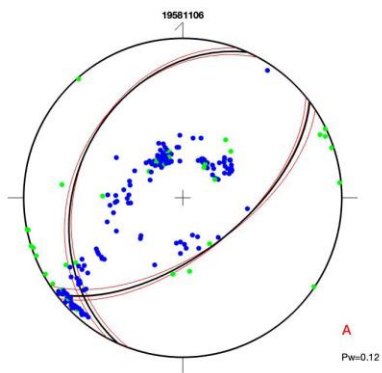
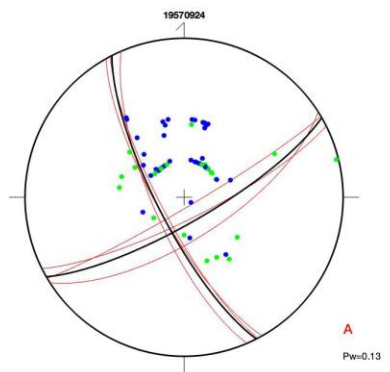
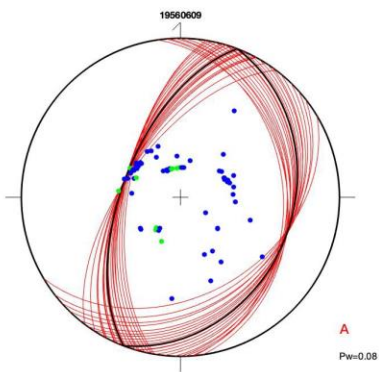
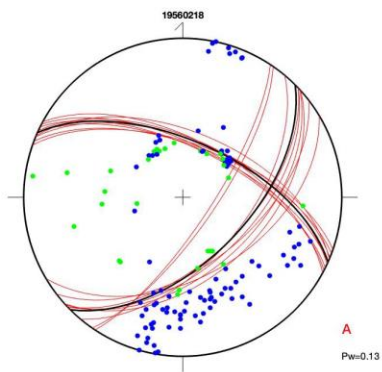
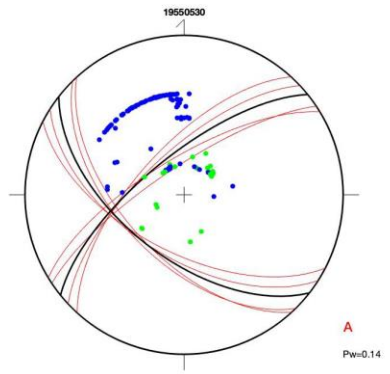
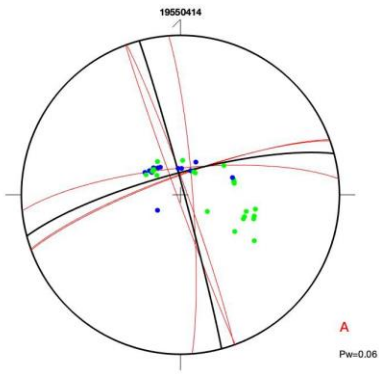
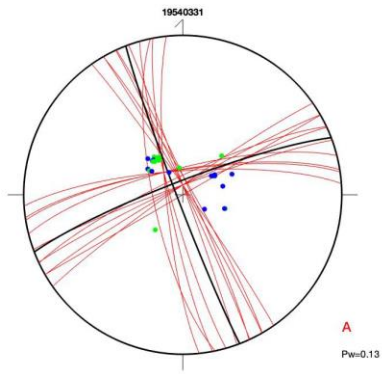
A 类解(49 个)



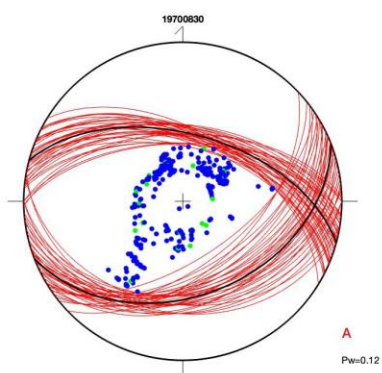
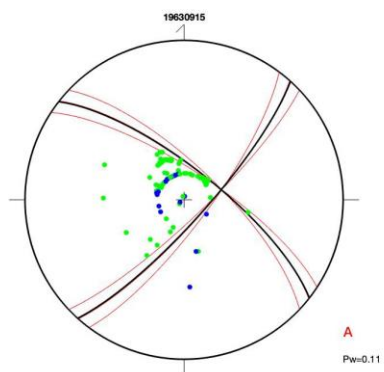
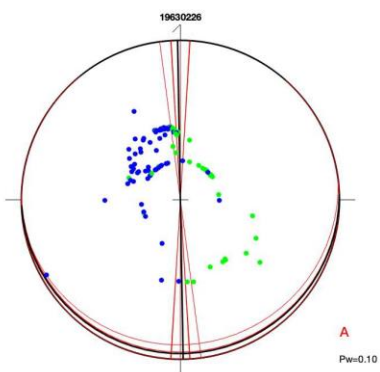
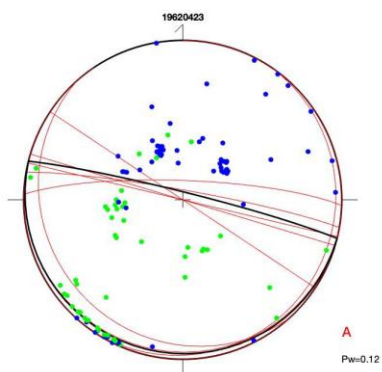




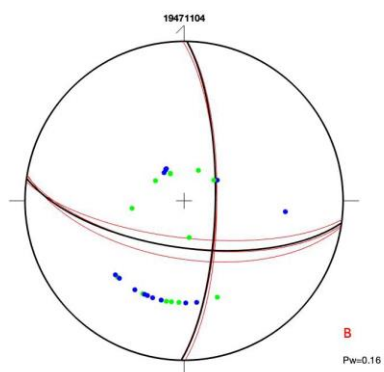
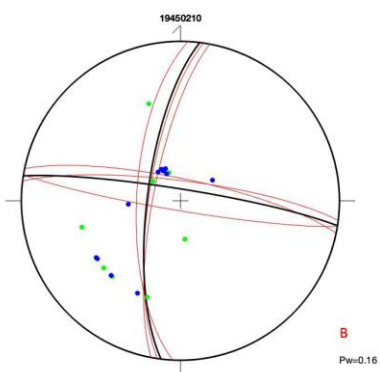
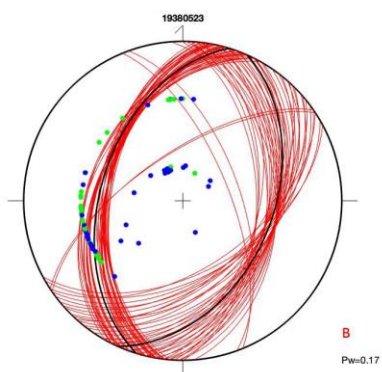
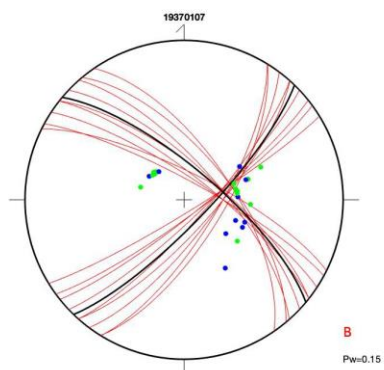
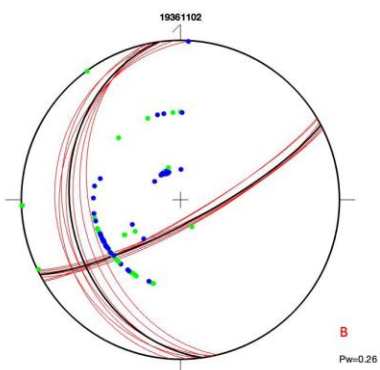
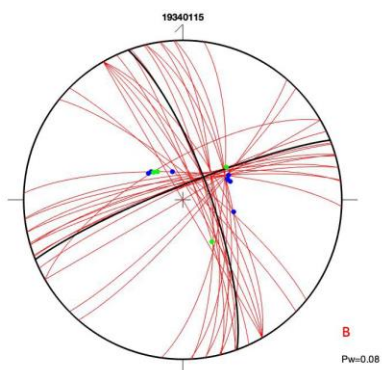


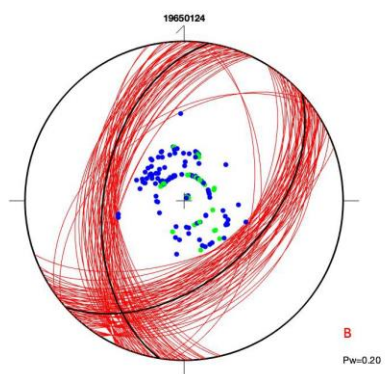
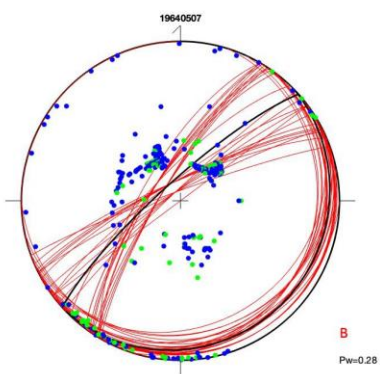
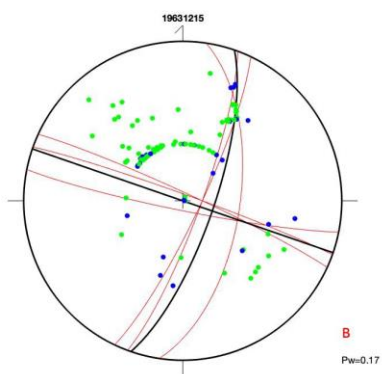
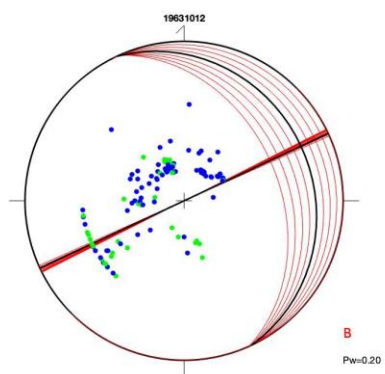
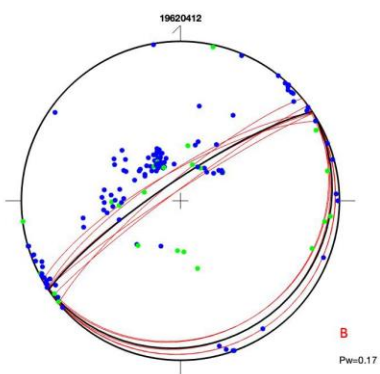
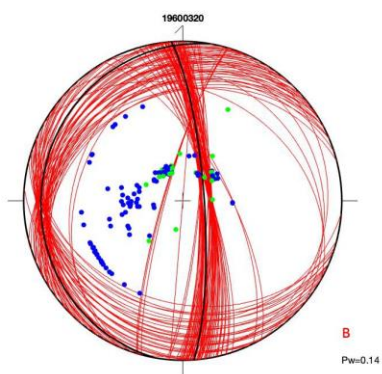
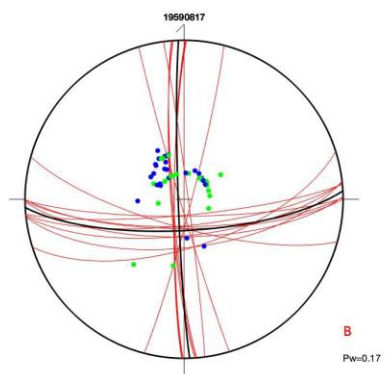
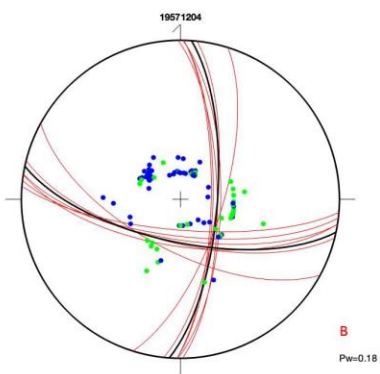
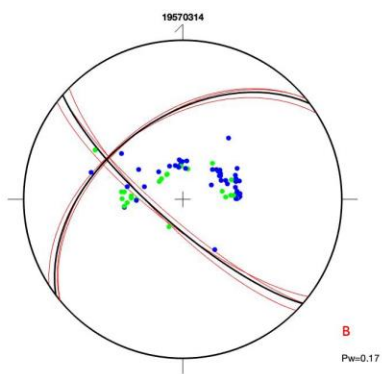
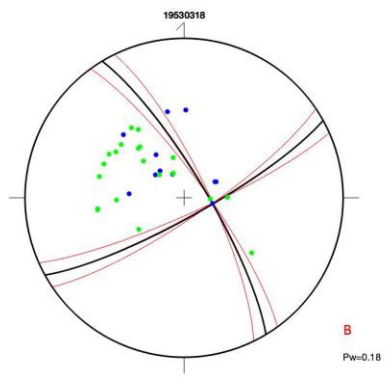
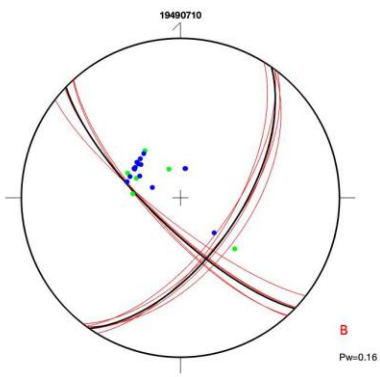
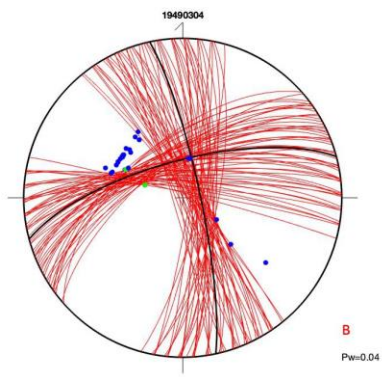


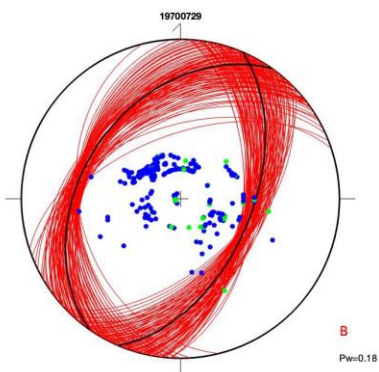
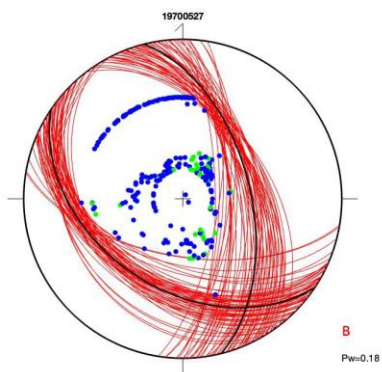
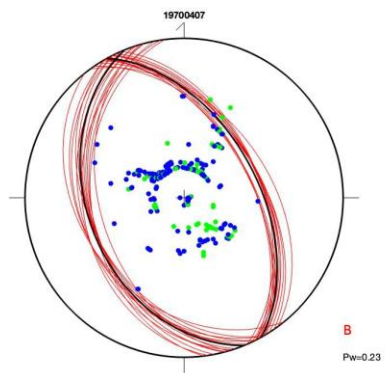
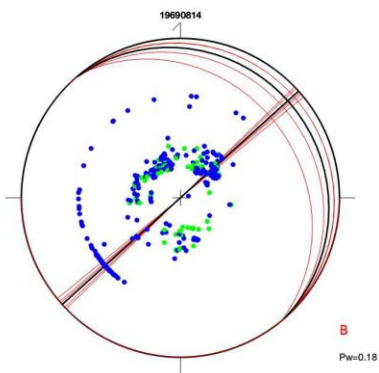
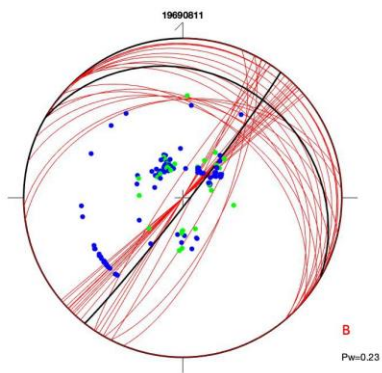
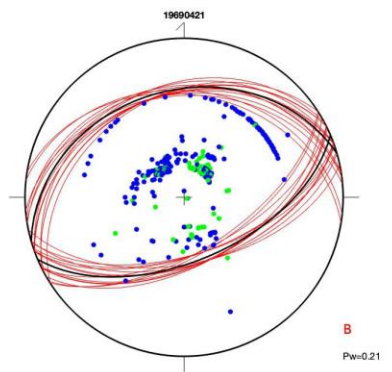
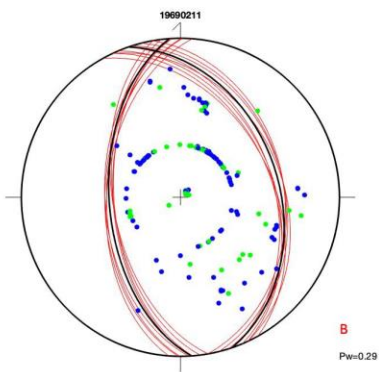
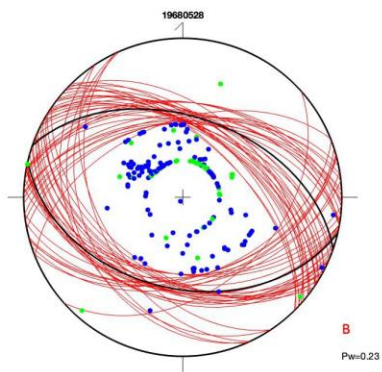
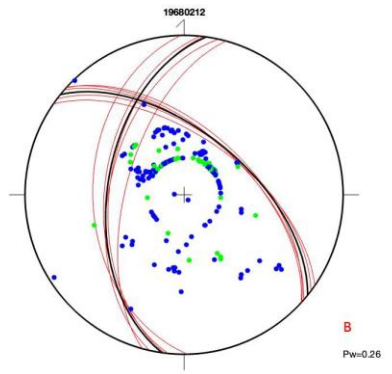
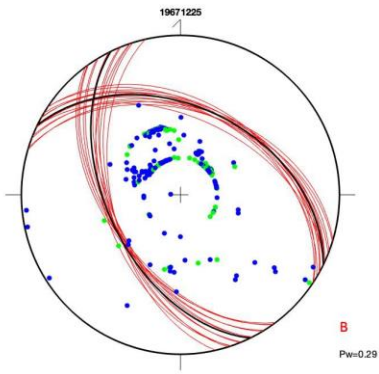
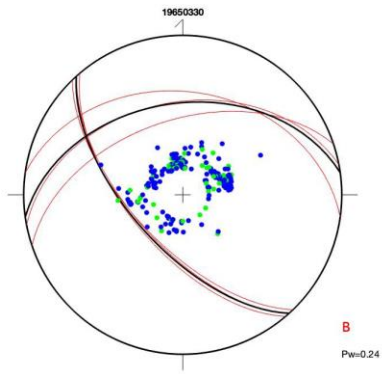




### B 类解(29 个)

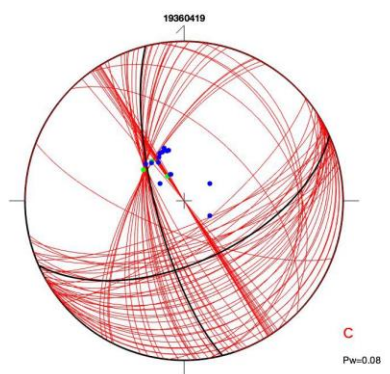
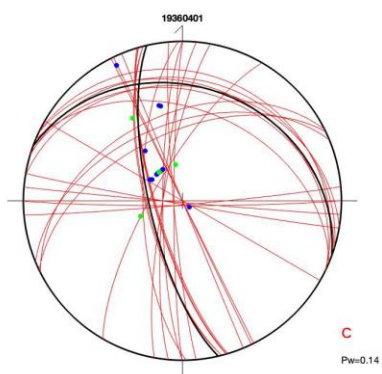
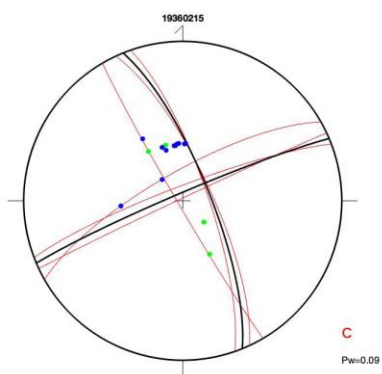
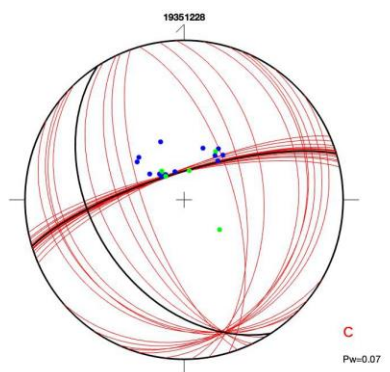
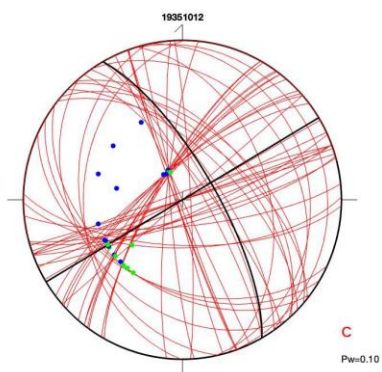
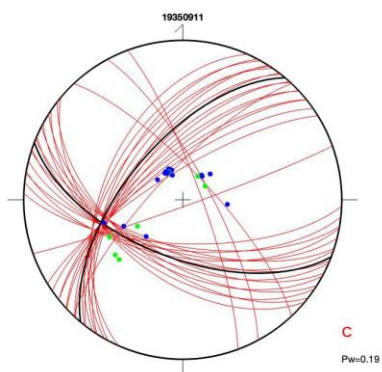
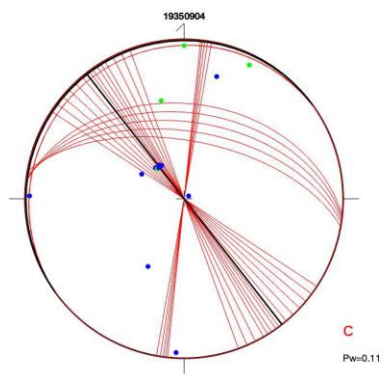
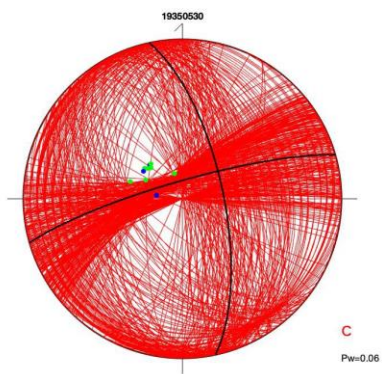
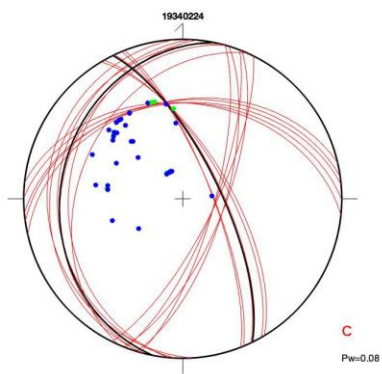
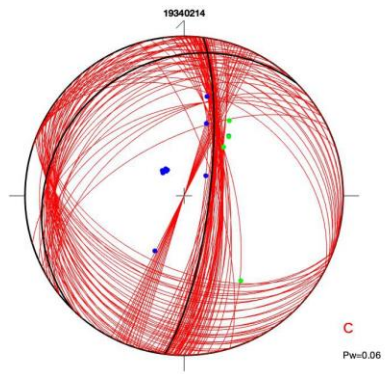
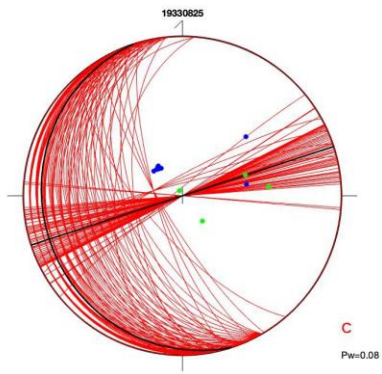
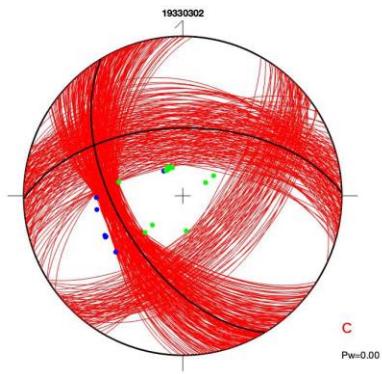


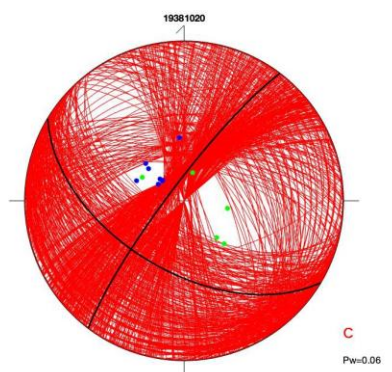
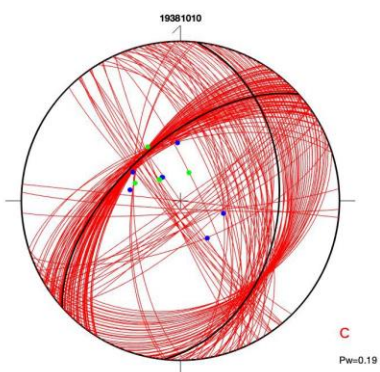
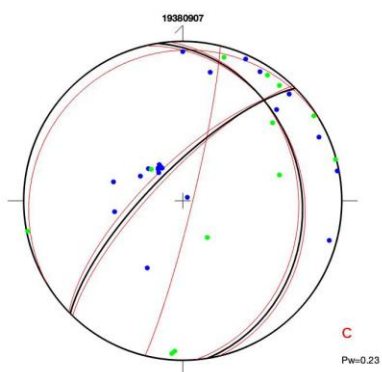
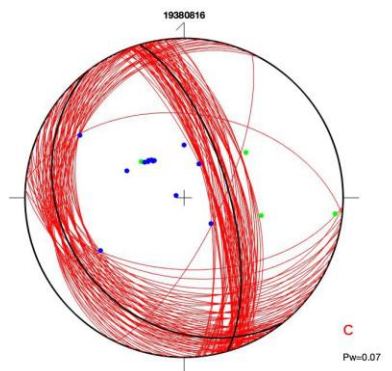
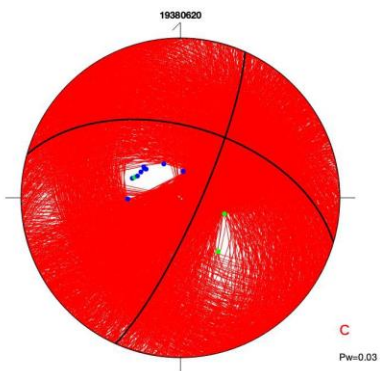
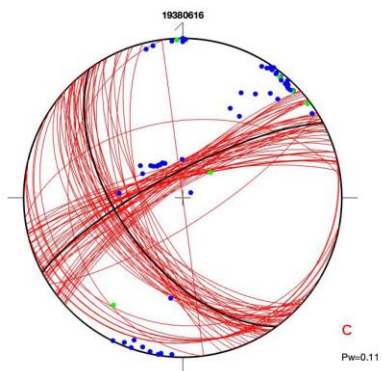
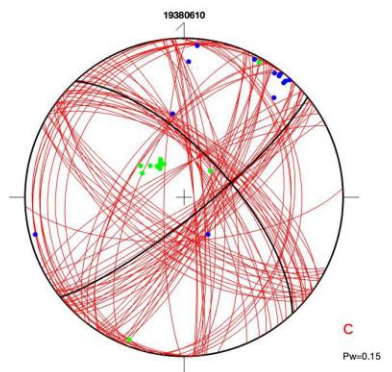
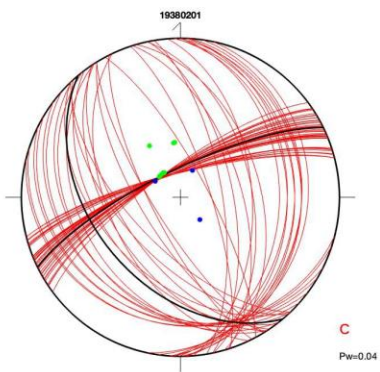
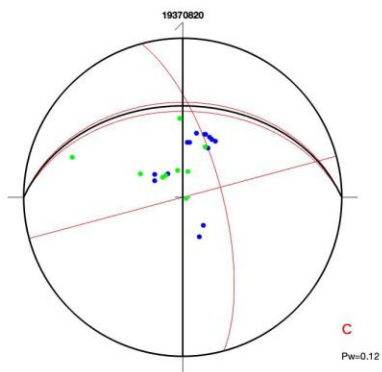
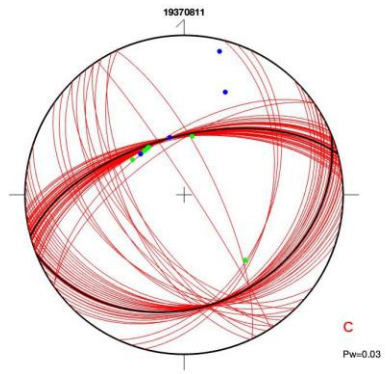
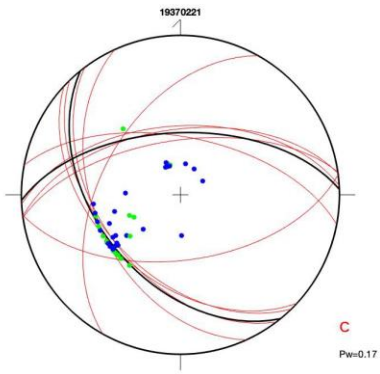
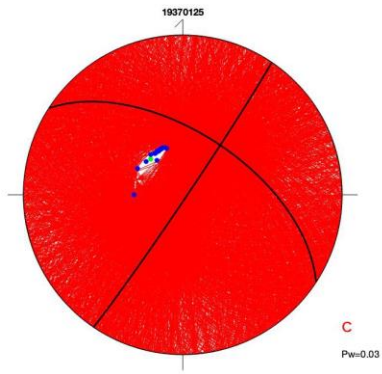




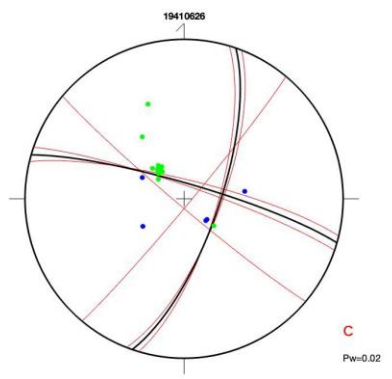
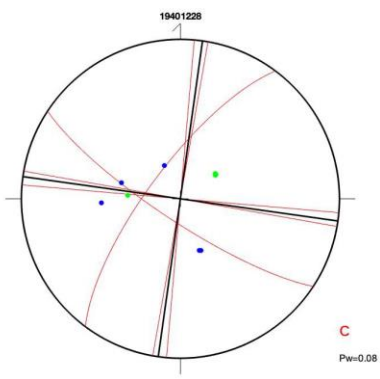
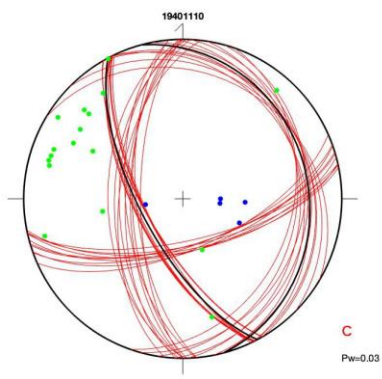
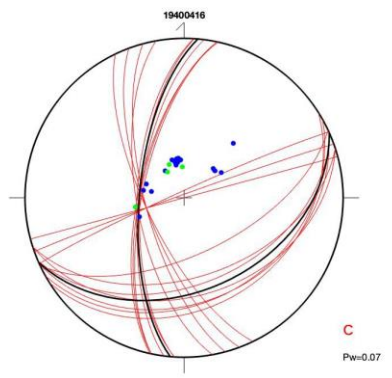
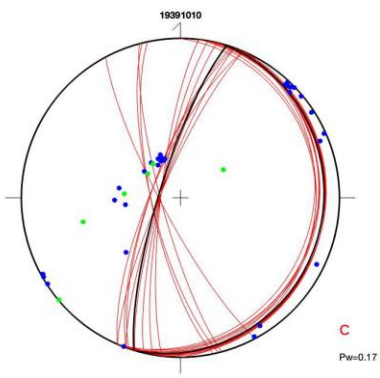
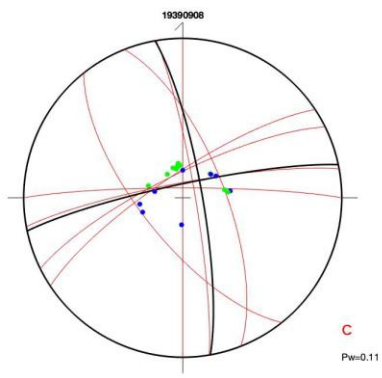
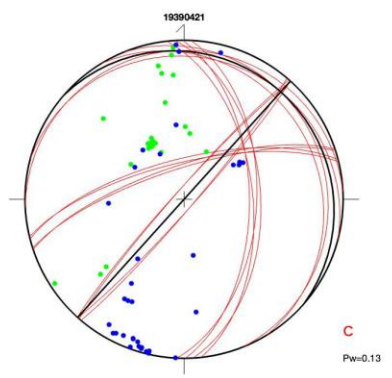
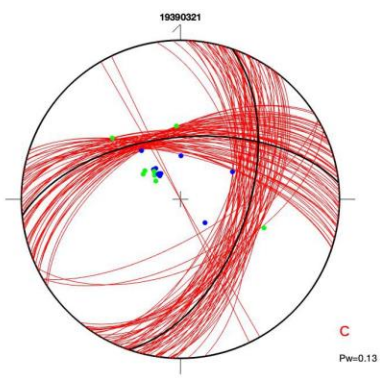
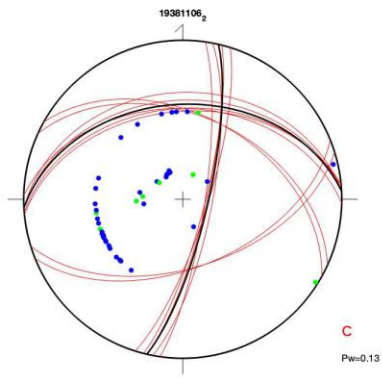
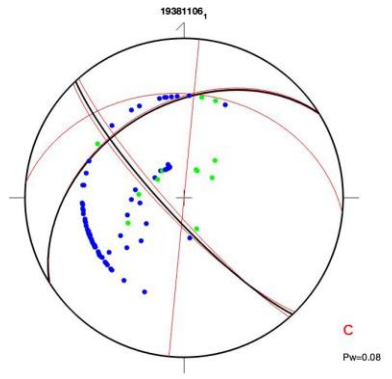
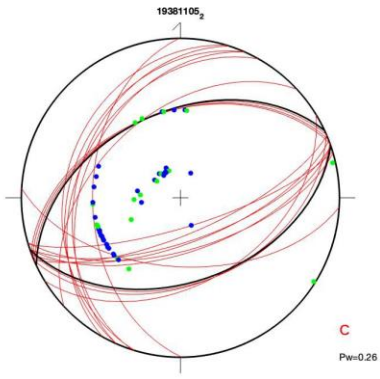
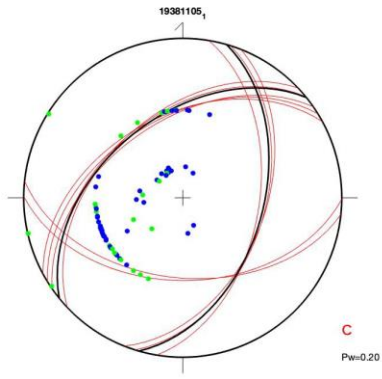


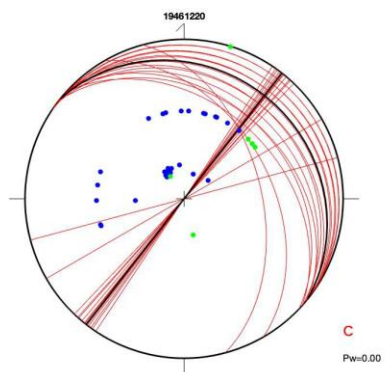
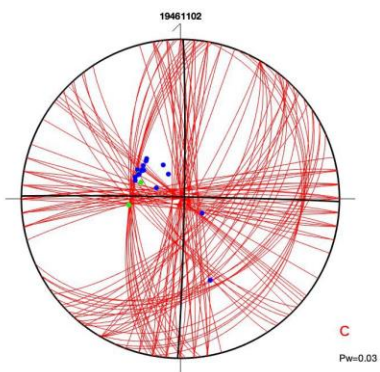
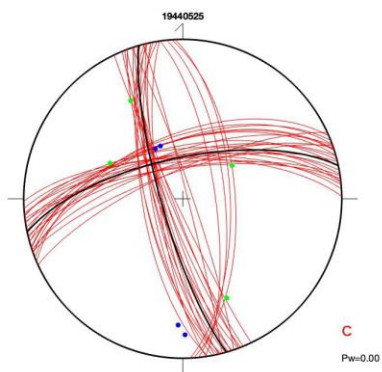
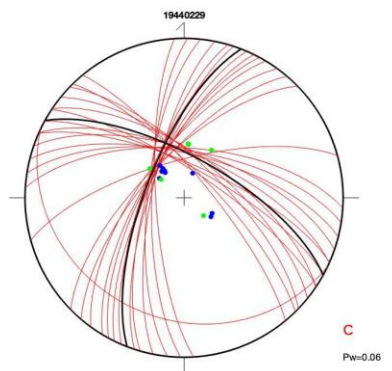
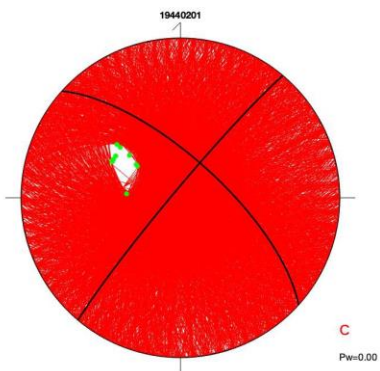
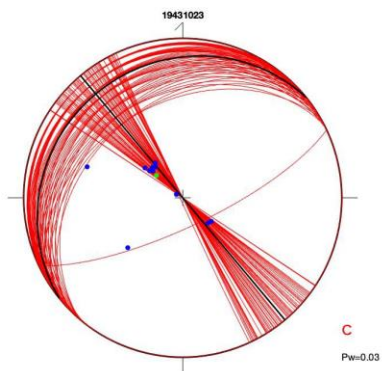
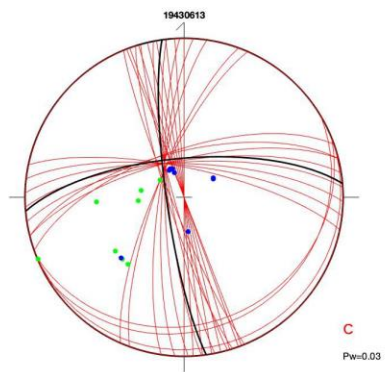
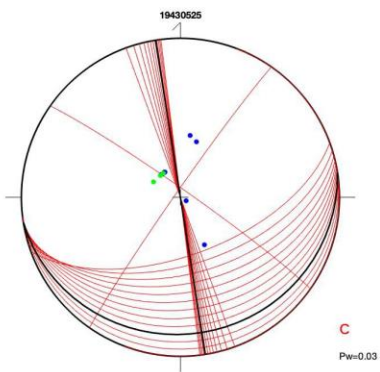
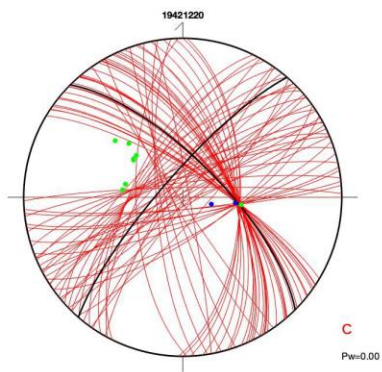
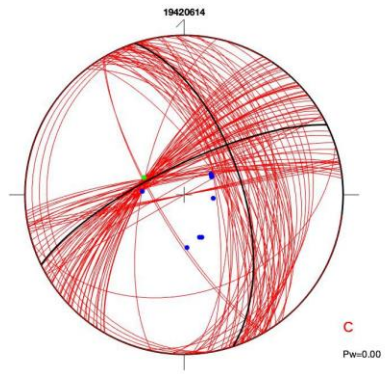
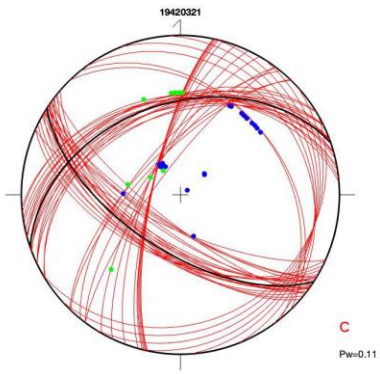
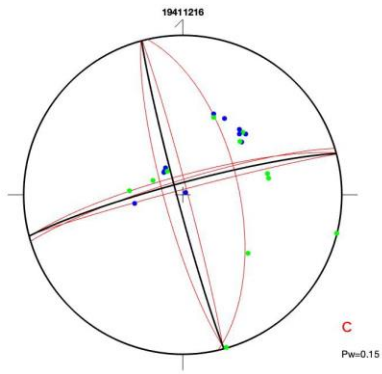
C 类解(131 个)



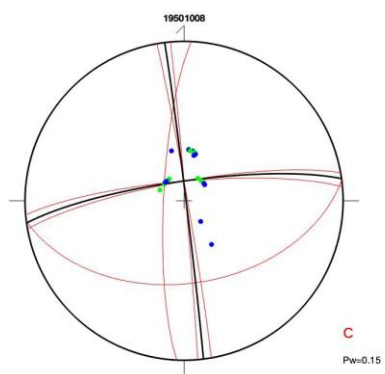
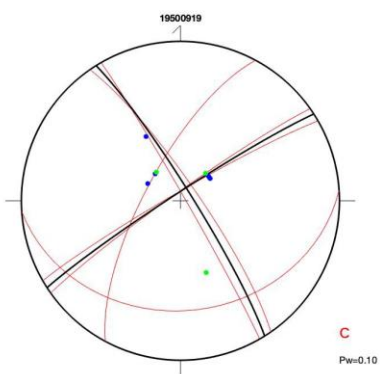
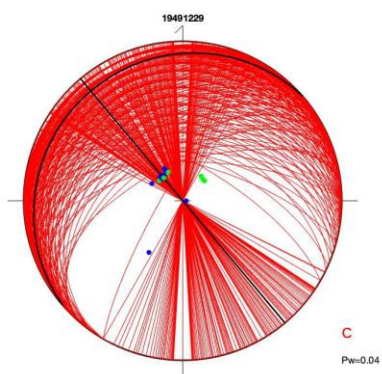
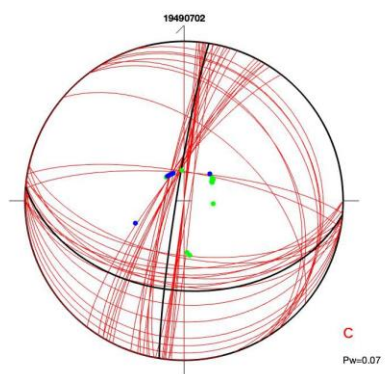
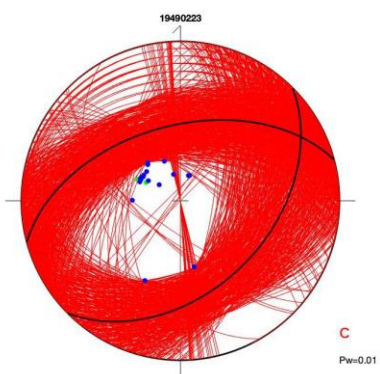
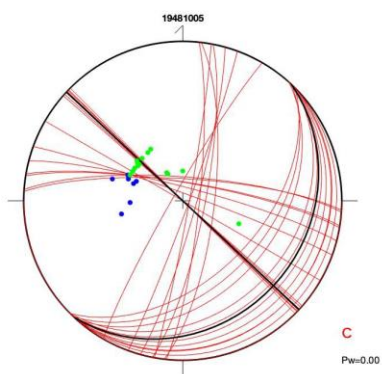
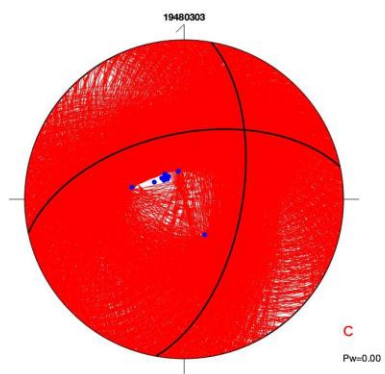
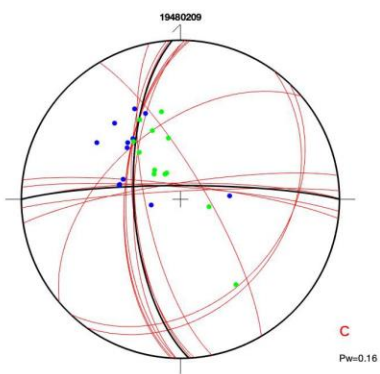
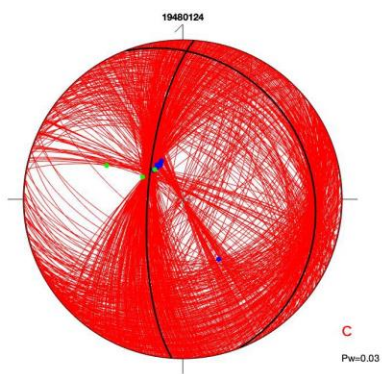
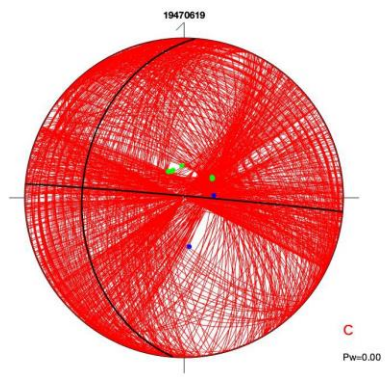
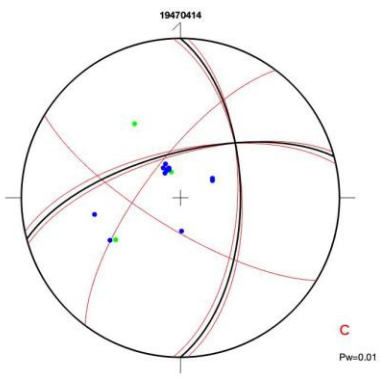
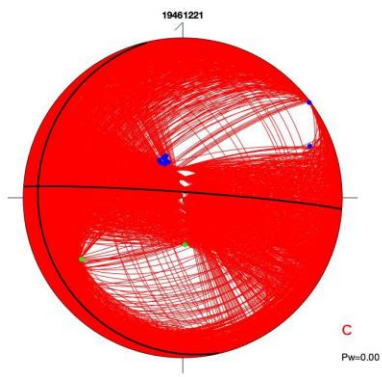




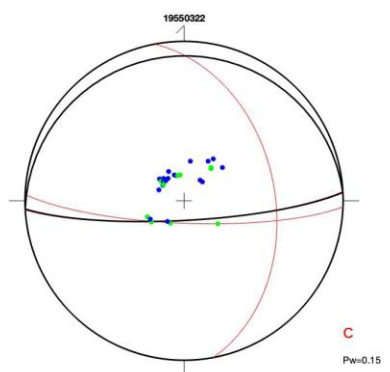
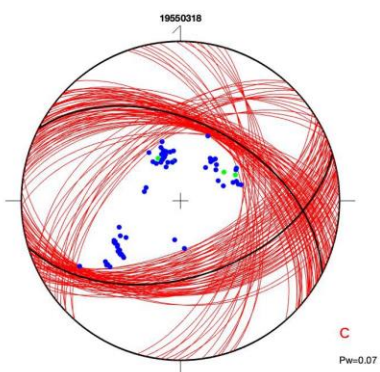
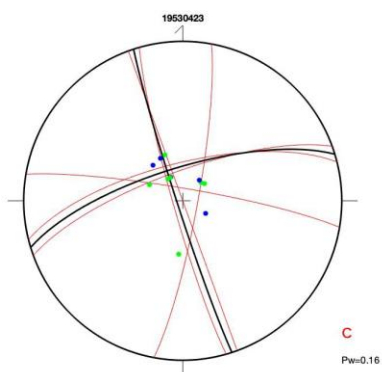
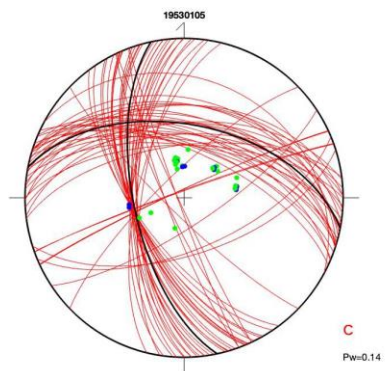
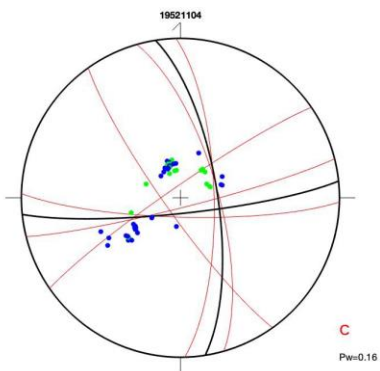
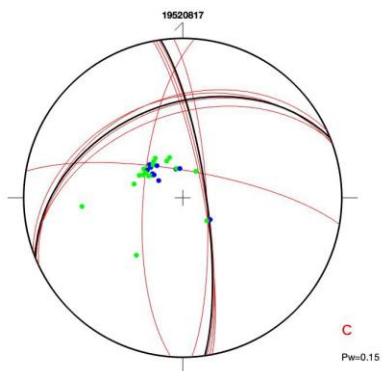
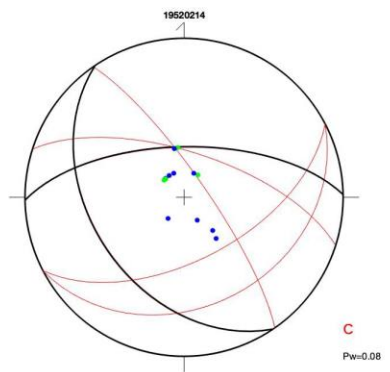
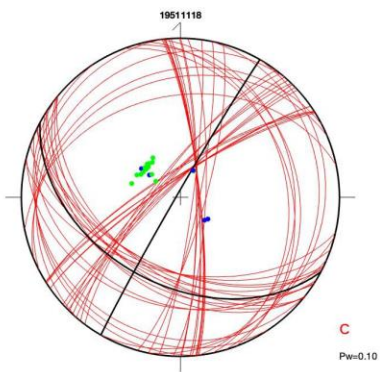
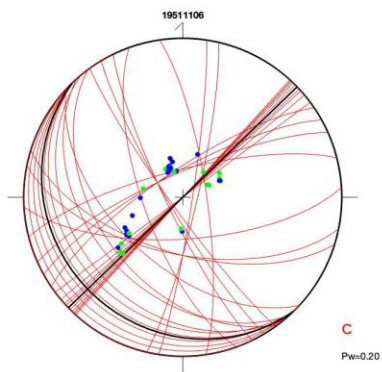
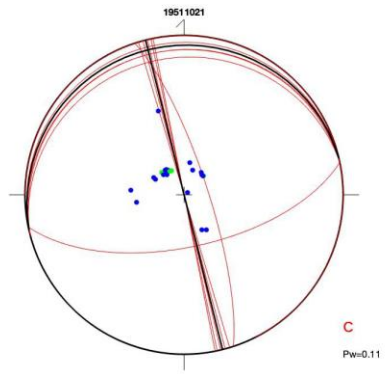
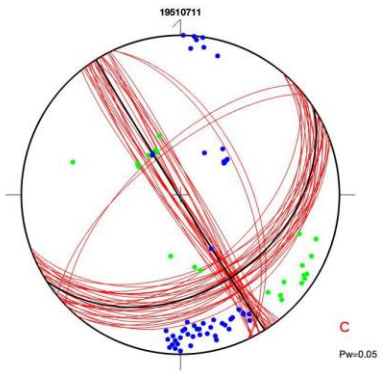
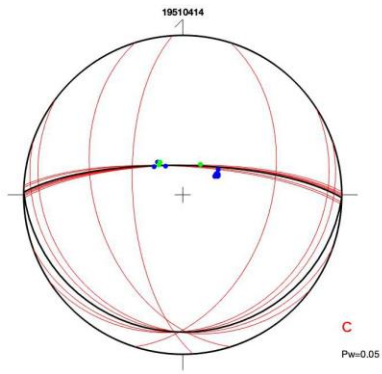


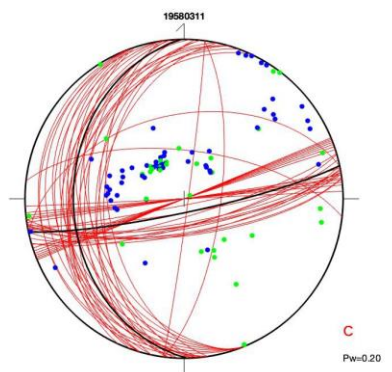
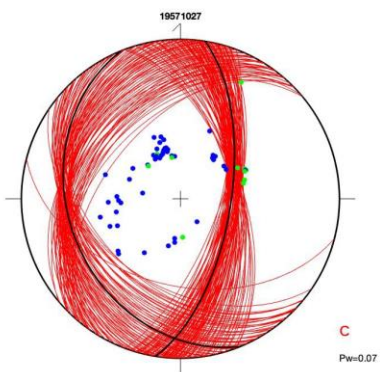
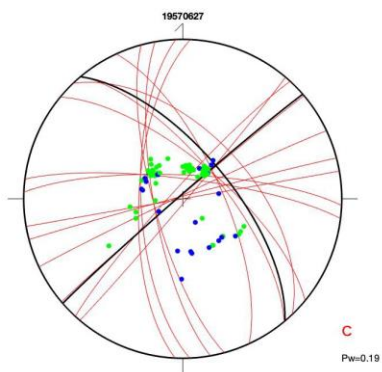
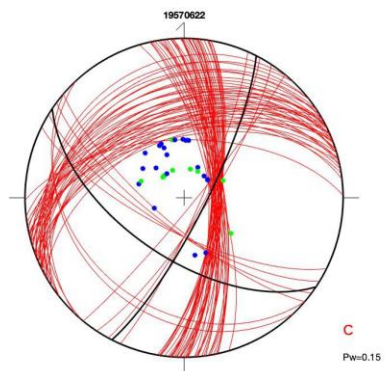
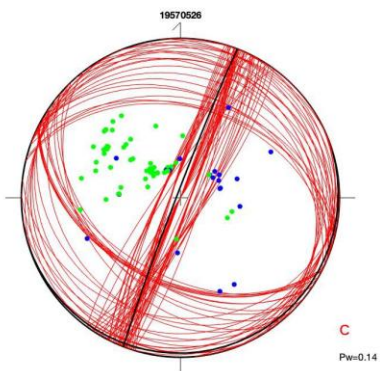
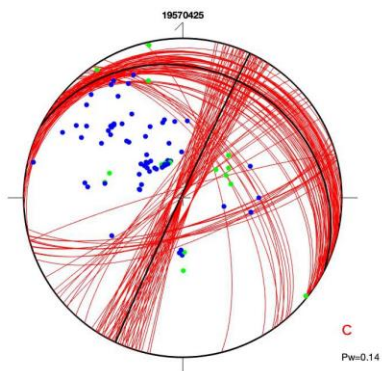
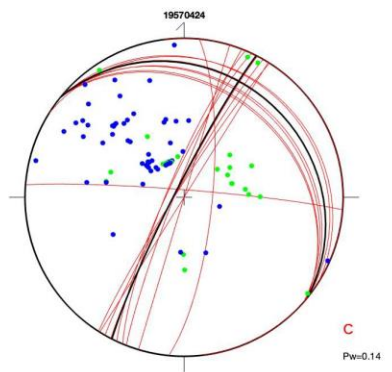
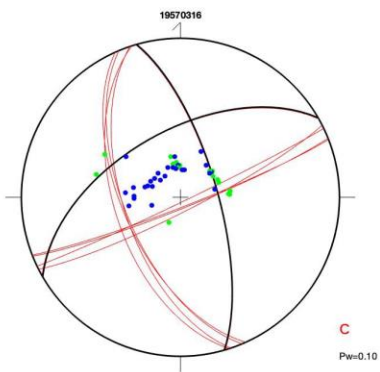
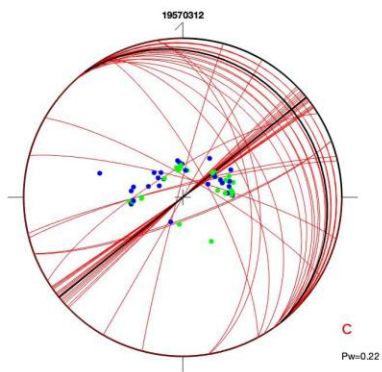
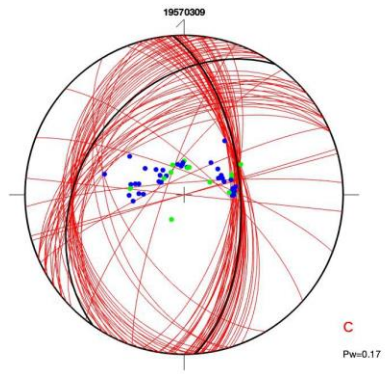
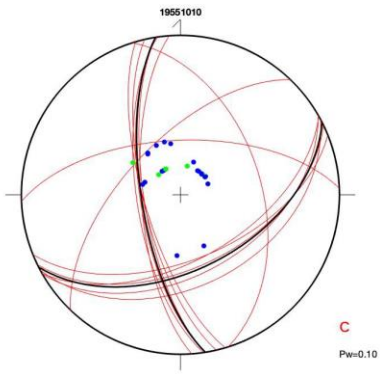
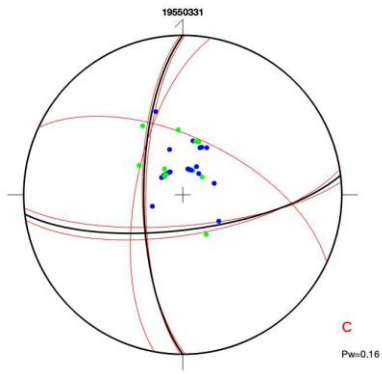




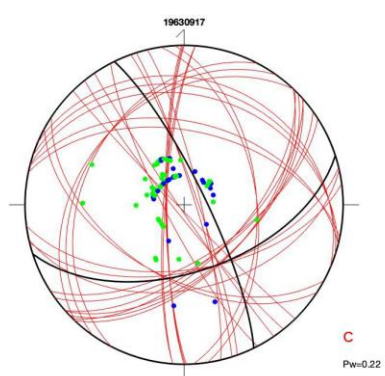
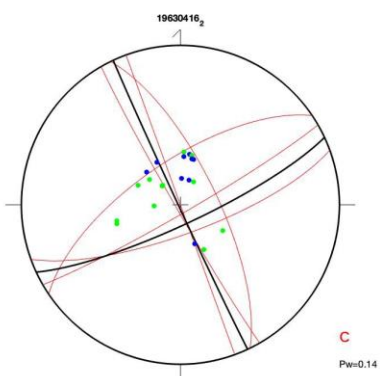
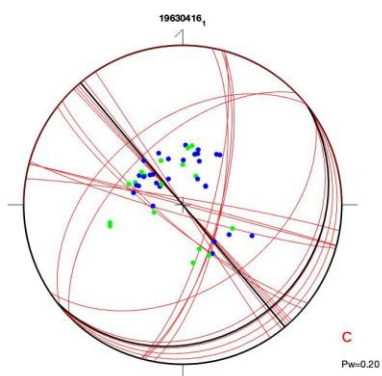
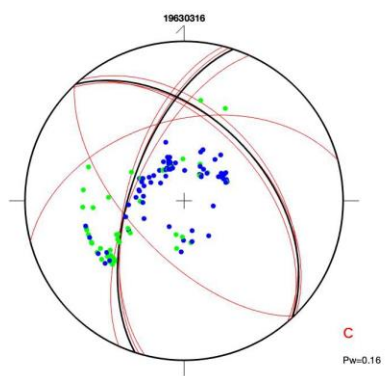
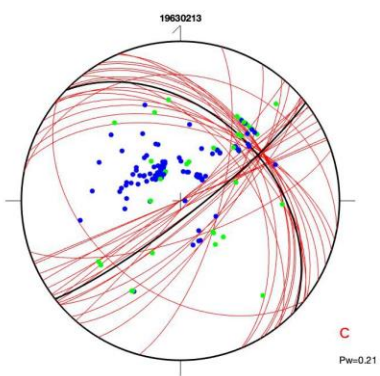
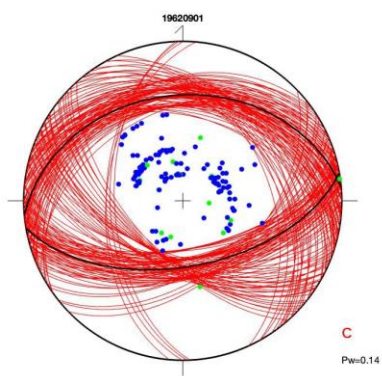
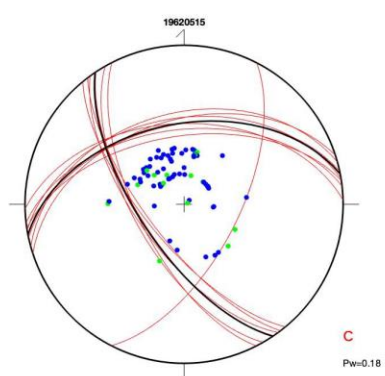
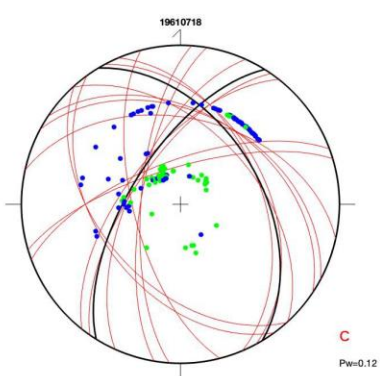
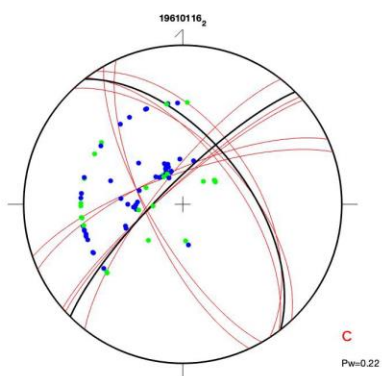
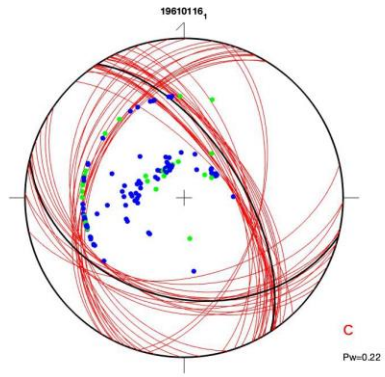
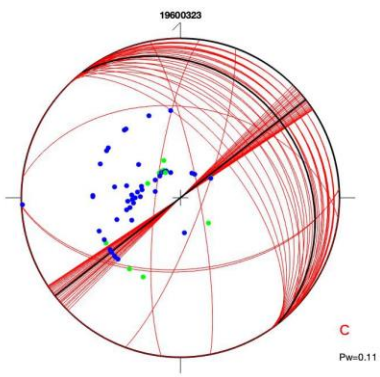
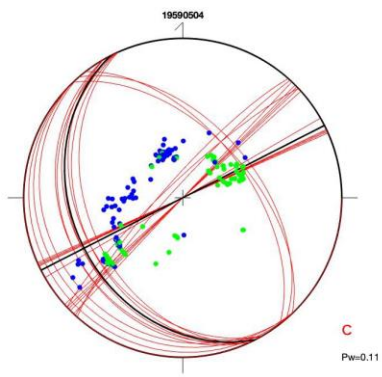


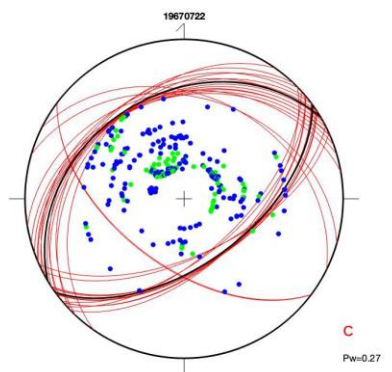
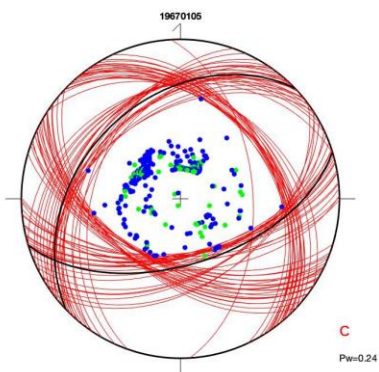
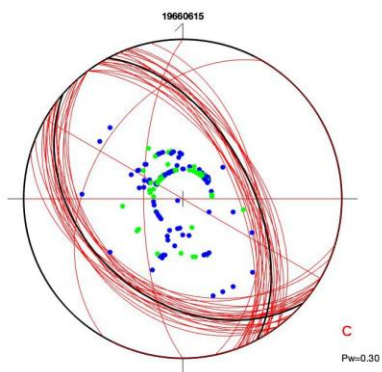
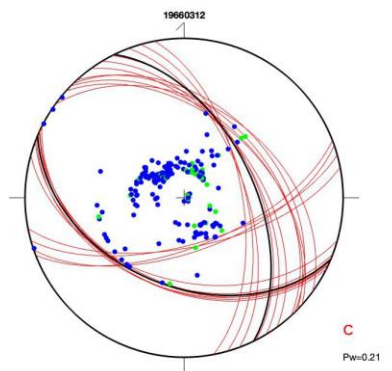
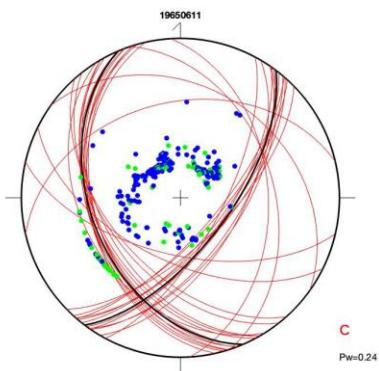
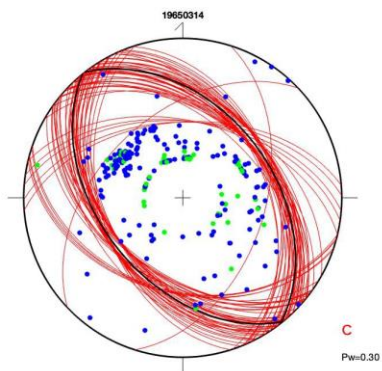
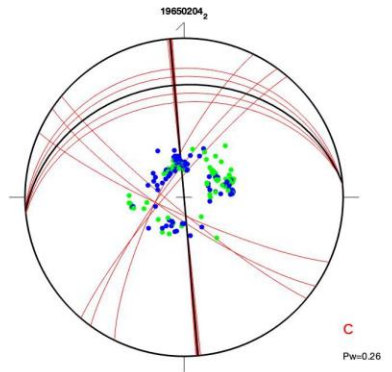
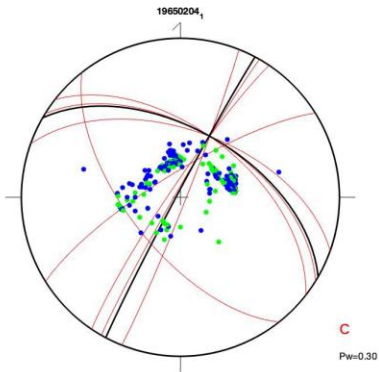
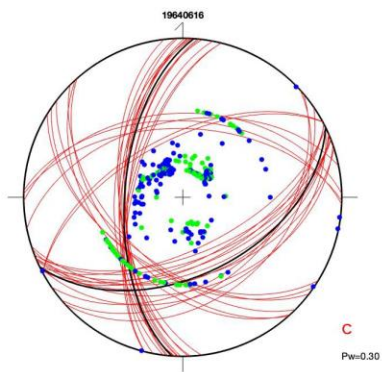
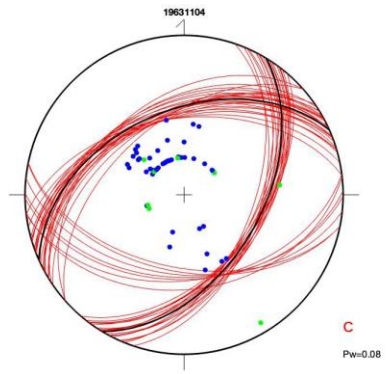
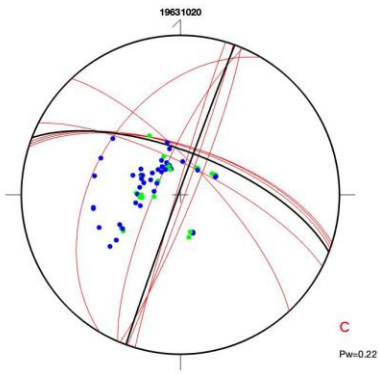
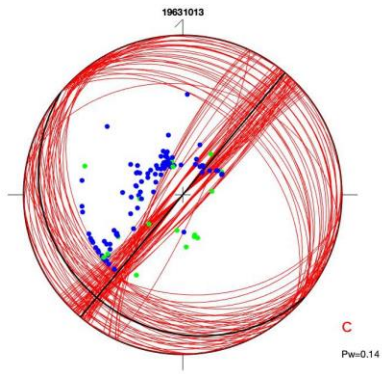




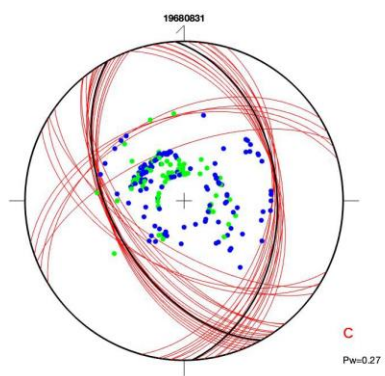
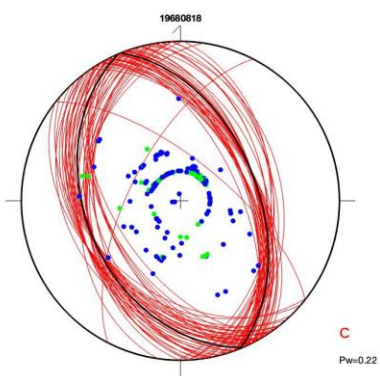
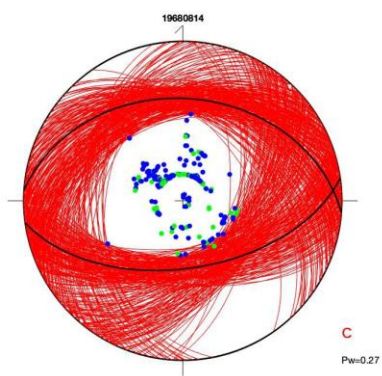
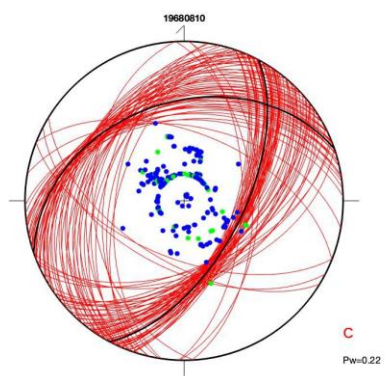
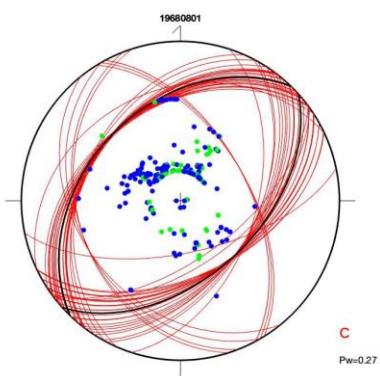
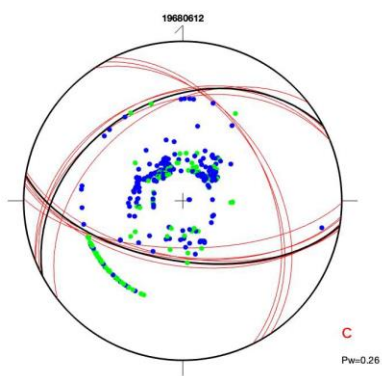
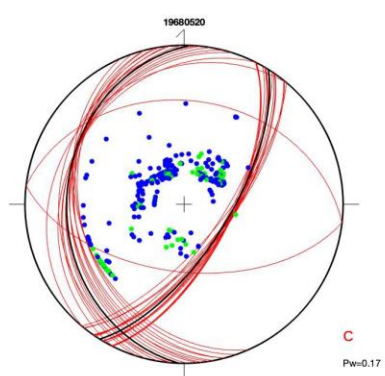
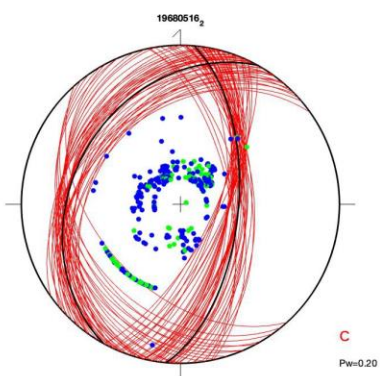
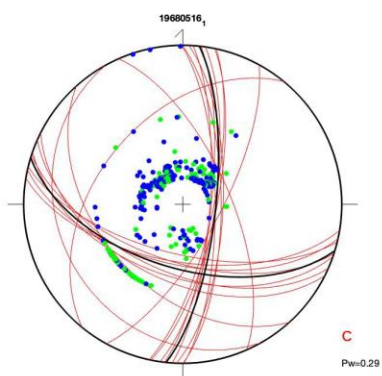
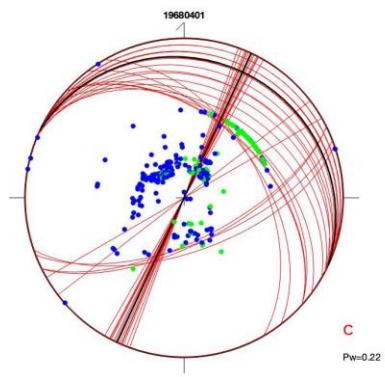
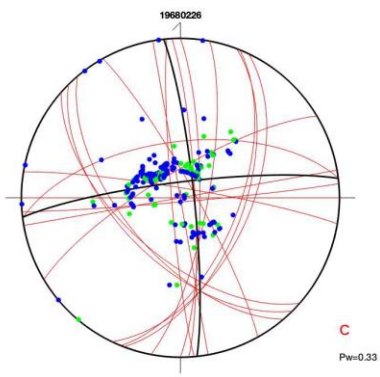
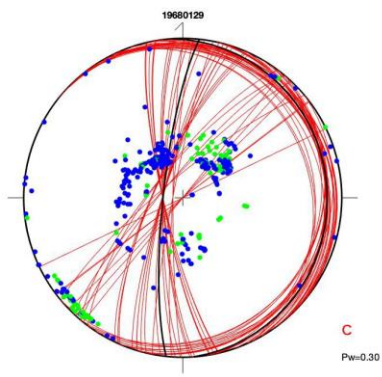


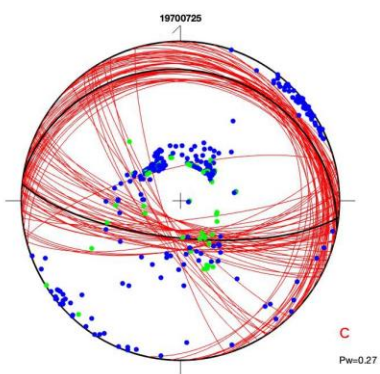
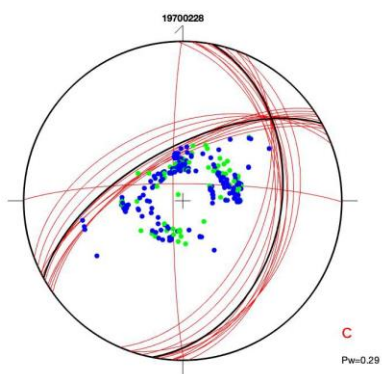
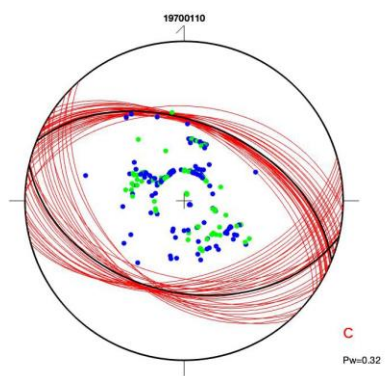
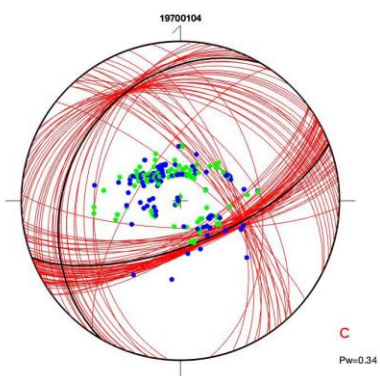
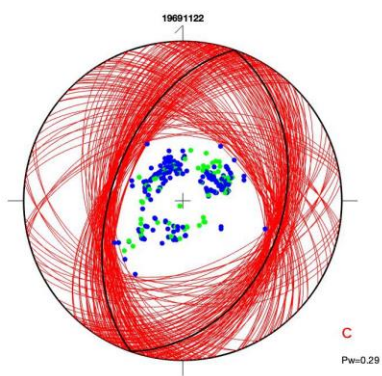
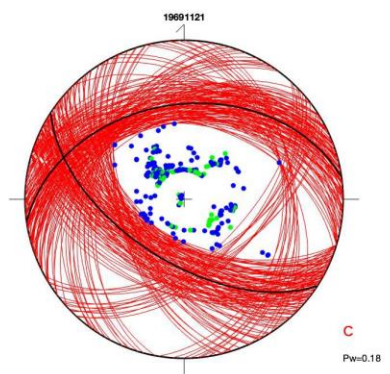
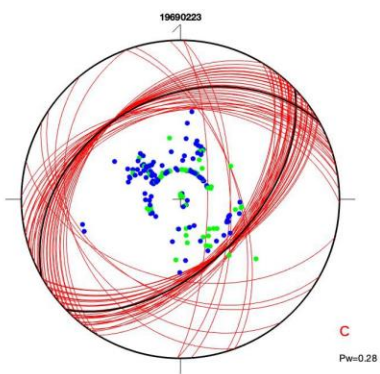
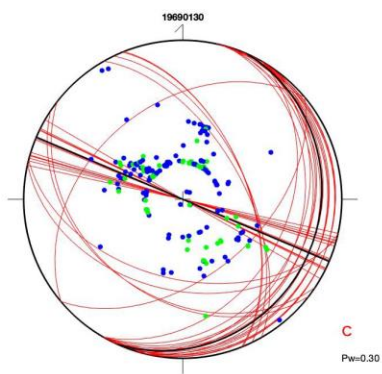
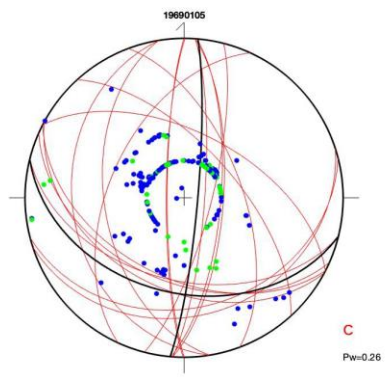
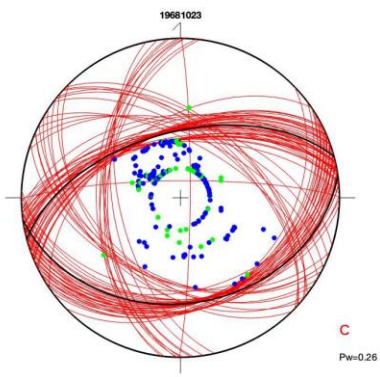
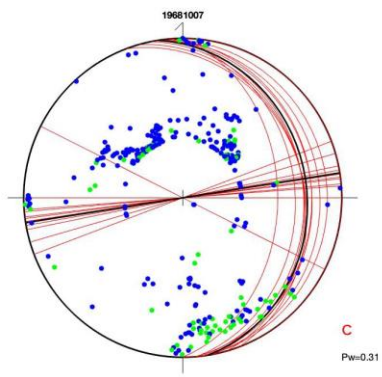












附录 2 1918—1970 年含有震源机制解的亚洲地区 7 级以上强震目录  
Appendix 2 Catalog of the strong earthquakes ( $M_s \geq 7$ ) from 1918 to 1970 in Asia with focus mechanism

发震日期	时	分	秒	误差/s	纬度/(°)	误差/(°)	经度/(°)	误差/(°)	深度/km	误差/km	震级	走向/(°)	倾角/(°)	滑动角/(°)	备注
1918-07-03	6	52	21.991	6.541	-2.9494	0.3152	143.4766	0.5213	25.7	37.51	7.49				
1918-07-08	10	22	18.687	2.364	24.1804	0.2248	90.9081	0.1419	91.54	17.97	7.19				
1918-08-15	12	18	43.745	8.796	5.6140	1.0815	121.1812	1.3313	30	fixed	8.3				
1918-09-07	17	16	57.098	3.002	46.0303	0.43	151.127	0.5932	0	fixed	8.1				
1918-10-27	17	6	55.829	5.445	-0.8829	0.5918	147.4675	0.9021	0	fixed	7.24				
1918-11-08	4	38	21.808	7.515	45.3006	0.4533	151.5212	0.6003	32.08	38.74	7.79				
1920-02-02	11	22	30.92	11.93	-5.2671	0.5749	152.5582	0.7006	21.51	58.65	7.81				
1920-06-05	4	21	41.701	1.917	23.8011	0.2265	121.7416	0.2649	30	fixed	8.2				
1920-12-16	12	5	64.297	0.553	36.8108	0.0925	105.4052	0.0985	7.39	fixed	8.3				
1921-09-11	4	1	56.068	5.881	-10.61	0.7571	110.8743	0.8414	30	fixed	7.59				
1922-09-01	19	16	17.267	1.047	24.4098	0.1388	121.6071	0.1527	30	fixed	7.09				
1923-02-02	5	7	73.407	2.022	53.7309	0.2677	160.9319	0.4373	0	fixed	7.18				
1923-02-03	16	2	1.752	3.583	53.5132	0.4869	162.8332	0.8486	0	fixed	8.4				
1923-02-24	7	34	55.495	1.618	55.4593	0.2132	162.8222	0.3693	0	fixed	7.27				
1923-03-02	16	48	57.518	5.774	6.4638	0.5139	124.4031	0.7319	30	fixed	7				
1923-03-24	12	40	22.668	3.358	30.9876	0.4923	100.9783	0.393	0	fixed	7				
1923-06-22	6	44	45.068	1.033	22.9439	0.169	98.5121	0.1294	0	fixed	7.24				
1923-09-01	2	58	46.563	2.147	35.2189	0.1611	139.1075	0.1864	41.08	14.2	8.1				
1923-09-02	2	46	56.261	2.986	35.7313	0.388	139.7202	0.4608	127.7	fixed	7.75				
1923-10-07	3	30	3.135	6.981	-1.1142	0.8156	128.7161	0.9906	30	fixed	7.37				
1924-04-14	16	21	1.157	4.37	7.1949	0.4999	126.1147	0.6369	30	fixed	8.01				

发震日期	时	分	秒	误差/s	纬度/(°)	误差/(°)	经度/(°)	误差/(°)	深度/km	误差/km	震级	走向(°)	倾角/(°)	滑动角/(°)	备注
1924-07-03	4	40	23.179	0.831	37.0868	0.1454	84.2247	0.1171	0	fixed	7.03				
1924-08-30	3	5	22.217	1.919	8.9231	0.2159	126.5433	0.2843	72.25	fixed	7.08				
1925-01-18	12	6	8.273	0.492	47.8584	0.0621	153.6933	0.1016	91.76	fixed	7.18				
1925-04-16	19	52	55.389	1.294	21.7262	0.1374	120.9345	0.162	44.15	fixed	7.05				
1925-05-03	17	22	17.412	3.775	1.7809	0.3898	125.9215	0.4853	173.12	fixed	7.14				
1925-06-09	13	40	55.064	1.625	-3.3672	0.1951	139.0573	0.2717	30	fixed	7.03				
1925-08-19	12	7	43.411	1.017	55.5242	0.1306	167.0223	0.2065	14.55	fixed	7.02				
1925-11-10	13	50	46.614	2.597	-1.637	0.3143	129.8607	0.3946	0	fixed	7.33				
1925-11-13	12	15	4.598	3.813	12.6983	0.1641	125.1519	0.2236	34.66	19.95	7.25				
1926-01-25	0	36	32.976	2.063	-9.7457	0.3024	159.5793	0.3311	0	fixed	7.56				
1926-03-27	10	49	4.633	5.879	-9.1576	0.2837	156.4966	0.3241	58.16	38.38	7.04				
1926-04-12	8	32	41.557	1.963	-10.237	0.2751	162.2688	0.3564	0	fixed	7.33				
1926-09-10	10	34	29.901	1.428	-9.1194	0.1832	110.6549	0.2207	30	fixed	7.12				
1926-09-16	17	59	18.005	1.744	-9.7424	0.0971	159.3204	0.1205	50.33	12.99	7.09				
1926-10-26	3	44	55.084	1.116	-2.8867	0.1371	139.2924	0.2194	30	fixed	7.6				
1927-02-16	1	35	36.675	0.819	46.701	0.1042	153.6882	0.1389	0	fixed	7.01				
1927-03-03	1	5	30.959	2.391	-6.9085	0.313	121.2043	0.3926	30	fixed	7.07				
1927-03-07	9	27	52.756	0.541	35.4157	0.0603	135.3416	0.0783	63.65	fixed	7				
1927-05-22	22	33	3.648	0.751	37.6038	0.1186	102.6405	0.1154	0	fixed	7.7				
1927-06-03	7	12	17.045	1.123	-6.6949	0.1344	130.4036	0.1994	90.01	fixed	7.46				
1927-08-10	11	36	18.984	2.563	-0.3363	0.2911	131.4443	0.3824	30	fixed	7.06				
1927-12-28	18	20	44.395	1.218	55.2792	0.1632	160.3743	0.2538	0	fixed	7.17				
1928-03-09	18	5	40.851	1.394	-2.7886	0.214	88.6113	0.1657	30	fixed	7.7				



发震日期	时	分	秒	误差/s	纬度/(°)	误差/(°)	经度/(°)	误差/(°)	深度/km	误差/km	震级	走向(°)	倾角/(°)	滑动角/(°)	备注
1928-03-29	5	6	37.088	5.811	32.2732	0.715	137.6981	0.9057	693.41	fixed	7				
1928-05-27	9	50	39.496	2.935	39.9412	0.3156	141.6355	0.5126	30	fixed	7.24				
1928-12-07	9	14	29.796	1.977	-4.1255	0.1963	133.5938	0.2994	30	fixed	7.02				
1929-05-01	15	37	47.846	0.622	38.0477	0.0909	57.7355	0.0652	2.51	fixed	7.2				
1929-06-13	9	24	58.32	1.356	8.1207	0.1522	126.1985	0.2115	0	fixed	7.17				
1929-07-07	21	23	27.541	0.49	51.8193	0.0738	-177.814	0.0836	0	fixed	7.29				
1929-11-15	18	50	48.865	7.774	6.7952	0.4095	142.695	0.5556	188.85	53.04	7.08				
1929-11-17	3	43	36.705	2.607	6.9507	0.3015	125.7681	0.4009	30	fixed	7.03				
1929-12-17	10	58	49.947	0.834	53.5111	0.1134	172.3362	0.1573	0	fixed	7.85				
1930-05-05	13	46	4.289	0.827	18.4123	0.1231	96.1482	0.0838	9.11	fixed	7.47				
1930-05-06	22	34	28.661	1.159	37.9964	0.1754	44.8864	0.1288	30	fixed	7.1				
1930-07-02	21	3	41.198	0.684	26.3145	0.1057	90.2351	0.0734	0	fixed	7.14				
1930-10-24	20	15	11.25	1.572	18.434	0.1301	146.5174	0.2186	30	fixed	7.2				
1930-11-09	19	8	41.551	2.279	-0.0428	0.2195	132.9209	0.3416	46.32	fixed	7.05				
1931-01-27	20	9	21.33	0.639	26.0216	0.0966	96.7261	0.0624	30	fixed	7.63				
1931-01-28	21	24	21.362	1.911	10.6547	0.1896	144.1219	0.2872	64.04	fixed	7.16				
1931-02-10	6	34	35.117	0.695	-5.3434	0.1081	102.4225	0.0958	30	fixed	7.03				
1931-03-09	3	48	54.131	1.441	40.7543	0.1228	143.2616	0.223	2.31	fixed	7.82				
1931-08-07	2	11	43.803	1.221	-3.4279	0.1462	141.4542	0.2491	0	fixed	7.04				
1931-08-10	21	18	43.582	1.225	46.7992	0.2433	89.3151	0.195	0	fixed	7.9				
1931-08-18	14	21	0.432	0.589	47.2139	0.1053	89.8055	0.1025	0	fixed	7.13				
1931-09-25	5	59	44.715	1.808	-5.659	0.2584	101.9782	0.2237	0	fixed	7.42				
1931-10-03	19	13	15.855	3.681	-10.534	0.2089	161.7695	0.2471	0.1	17.85	7.91				

发震日期	时	分	秒	误差/s	纬度/(°)	误差/(°)	经度/(°)	误差/(°)	深度/km	误差/km	震级	走向(°)	倾角/(°)	滑动角/(°)	备注
1931-10-10	0	19	134.6	4.607	-11.793	0.7694	162.7814	0.9107	769.29	fixed	7.65				
1931-11-02	10	2	54.862	1.893	32.0242	0.1623	131.4529	0.2089	0	fixed	7.45				
1932-01-29	13	41	19.154	1.921	-6.3326	0.2587	154.3992	0.3205	30	fixed	7.17				
1932-12-04	8	11	32.158	2.017	2.1982	0.2131	121.2102	0.2783	132.28	fixed	7.15				
1932-12-25	2	4	27.307	1.066	39.317	0.1897	96.4266	0.1467	1.81	fixed	7.92				
1933-03-02	17	30	55.232	1.358	39.3499	0.1421	145.0273	0.172	0	fixed	8.5	269	55	224	C
1933-06-18	21	37	36.381	1.288	38.5092	0.1238	142.7477	0.1609	30	fixed	7.24	220	39	57	A
1933-06-24	21	54	47.848	3.552	-5.8538	0.4764	103.3493	0.439	30	fixed	7.64				
1933-08-25	7	50	30.73	0.878	32.0662	0.1325	103.5059	0.0985	0	fixed	7.32	162	13	0	C
1934-01-15	8	43	24.753	0.679	26.9621	0.1054	86.646	0.067	17.77	fixed	8	248	83	346	B
1934-02-14	3	59	40.192	1.198	17.6099	0.1248	118.8939	0.1393	30	fixed	7.5	7	77	80	C
1934-02-24	6	23	43.284	2.993	22.5591	0.2424	144.6236	0.3661	30	fixed	7.5	191	24	125	C
1934-02-28	14	22	6.291	3.475	-6.5433	0.3919	150.7828	0.5571	126.6	fixed	7.09				
1934-04-15	22	15	19.115	0.74	7.6883	0.0781	126.8575	0.0924	1.81	fixed	7.13	135	85	352	A
1934-12-15	1	57	42.358	0.628	31.1743	0.0959	89.124	0.0679	30	fixed	7.16				
1935-04-20	22	2	3.739	1.169	24.0636	0.1232	120.61	0.1108	30	fixed	7.05				
1935-05-30	21	32	49.15	0.538	29.0225	0.0793	66.3177	0.0531	0	fixed	7.61	157	29	173	C
1935-08-03	1	10	3.732	0.669	4.4856	0.0976	96.1491	0.0637	30	fixed	7				
1935-09-04	1	37	45.014	0.838	22.3761	0.0562	120.9305	0.0612	39.62	5.9	7.09	8	90	40	C
1935-09-11	14	3	56.819	0.542	43.8136	0.0543	146.1222	0.092	0	fixed	7.46	220	61	35	C
1935-09-20	1	46	43.812	1.57	-3.9008	0.1685	141.1999	0.3018	0	fixed	7.83				
1935-09-20	5	23	7.875	0.793	-3.5958	0.0814	142.5954	0.132	0	fixed	7.02				
1935-10-12	16	45	20.865	1.217	40.4358	0.1011	143.7259	0.1659	13.28	fixed	7.12	227	85	234	C

发震日期	时	分	秒	误差/s	纬度/(°)	误差/(°)	经度/(°)	误差/(°)	深度/km	误差/km	震级	走向(°)	倾角/(°)	滑动角/(°)	备注
1935-10-18	0	11	52.819	1.509	40.6138	0.1297	144.2381	0.1979	0	fixed	7.19	255	18	101	A
1935-12-15	7	7	46.998	3.074	-9.8959	0.2073	161.0744	0.2645	0.1	16.64	7.6				
1935-12-28	2	35	33.492	0.66	-0.3362	0.0891	98.1272	0.0758	30	fixed	7.6	253	76	230	C
1936-02-15	12	47	2.288	1.068	-4.1242	0.1078	133.0854	0.1658	30	fixed	7.14	247	86	346	C
1936-04-01	2	9	33.508	1.7	4.2847	0.097	126.413	0.1342	44.92	12.74	7.75	290	29	36	C
1936-04-19	5	7	16.972	1.266	-7.7818	0.1652	156.679	0.2295	30	fixed	7.27	328	90	288	C
1936-06-30	15	6	42.155	0.577	51.4219	0.0852	160.8388	0.1209	30	fixed	7.46	271	68	49	A
1936-08-22	6	51	33.58	0.515	21.9984	0.0521	120.9307	0.0554	30	fixed	7.13	18	83	194	A
1936-09-19	1	1	49.393	0.687	3.9599	0.089	97.2063	0.0724	23.21	fixed	7.06	299	65	195	A
1936-11-02	20	45	47.683	0.745	38.4844	0.0666	142.0962	0.0953	0	fixed	7.25	172	31	24	B
1936-11-13	12	31	26.291	0.375	55.9774	0.0545	163.6136	0.0957	0	fixed	7.32	264	68	35	A
1937-01-07	13	20	45.09	0.533	35.5392	0.0843	97.8565	0.0613	0	fixed	7.81	310	74	347	B
1937-01-25	6	34	11.806	0.834	-10.596	0.1001	162.7342	0.1356	30	fixed	7.21	106	68	0	C
1937-02-21	7	2	43.488	0.563	44.9483	0.078	149.3261	0.1018	0	fixed	7.44	209	48	48	C
1937-08-11	0	55	72.707	0.929	-6.8233	0.1033	116.1884	0.1455	799	fixed	7.1	255	60	273	C
1937-08-20	11	59	27.378	1.279	14.4397	0.075	121.6058	0.081	18.17	6.67	7.64	360	90	228	C
1938-02-01	19	4	22.51	1.829	-4.8985	0.2097	131.3422	0.2947	30	fixed	8.5	244	76	48	C
1938-05-12	15	39	14.122	1.8	-6.2817	0.2162	147.7782	0.326	30	fixed	7.55				
1938-05-19	17	8	40.902	2.281	-0.2948	0.2592	120.0385	0.3087	0	fixed	7.7				
1938-05-23	7	18	34.294	1.012	36.5241	0.0906	141.9147	0.1025	30	fixed	7.7	197	47	85	B
1938-05-23	8	21	53.229	0.687	18.517	0.0859	119.5462	0.1159	0	fixed	7.07				
1938-06-09	19	15	13.304	0.775	-3.2037	0.0912	126.6536	0.1078	0	fixed	7.08	18	90	189	A
1938-06-10	9	53	57.562	2.892	24.995	0.2218	124.8339	0.2194	70.26	20.44	7.66	26	78	338	C

发震日期	时	分	秒	误差/s	纬度/(°)	误差/(°)	经度/(°)	误差/(°)	深度/km	误差/km	震级	走向(°)	倾角/(°)	滑动角/(°)	备注
1938-06-16	2	15	27.301	2.736	26.9166	0.2709	128.9317	0.3072	73.38	fixed	7.6	242	77	214	C
1938-06-20	23	50	38.839	1.56	42.45	0.208	76.5062	0.213	0	fixed	7.03	60	87	136	C
1938-08-16	4	28	6.003	0.397	22.9155	0.0553	93.9781	0.0442	59.39	fixed	7.02	344	67	99	C
1938-09-07	4	3	27.294	0.45	23.8295	0.0469	121.2286	0.0521	41.76	fixed	7.09	225	74	291	C
1938-10-10	20	48	8.75	1.461	2.5153	0.1503	126.6229	0.208	30	fixed	7.22	59	79	349	C
1938-10-20	2	19	27.396	1.57	-8.3849	0.1858	122.7395	0.2232	30	fixed	7.16	98	12	328	C
1938-11-05	8	43	24.024	0.589	37.0512	0.0589	142.2039	0.0689	0	fixed	7.8	231	48	115	C
1938-11-05	10	50	16.669	0.765	37.2727	0.0738	142.4903	0.0902	4	fixed	7.7	198	35	43	C
1938-11-06	8	53	55.973	1.306	37.382	0.1252	142.8131	0.1432	30	fixed	7.7	238	42	194	C
1938-11-06	21	38	45.743	2.147	36.8191	0.1301	142.7792	0.174	5.91	fixed	7.6	267	40	160	C
1938-11-13	22	31	25.091	1.089	36.6422	0.1395	143.0091	0.1506	0	fixed	7.11				
1938-11-30	2	29	55.869	2.148	36.9814	0.1212	142.4722	0.164	50.63	13.28	7.04	248	6	180	A
1938-12-06	23	0	55.073	1.249	22.5244	0.0762	121.4233	0.067	23.87	7.1	7.02	259	59	138	A
1939-03-21	1	11	21.032	1.575	-1.2185	0.2255	89.4195	0.187	30	fixed	7.5	19	55	40	C
1939-04-21	4	29	9.211	0.241	47.4886	0.0222	139.6023	0.0616	540.57	fixed	7	42	90	260	C
1939-04-30	2	57	1.577	5.505	-11.676	0.9357	158.9781	0.9438	778.38	fixed	7.95				
1939-05-01	5	58	33.498	0.563	40.2873	0.0527	139.5551	0.1002	0	fixed	7.19	248	81	155	A
1939-09-08	12	4	48.194	0.415	51.1479	0.0721	174.9385	0.0659	0	fixed	7.24	258	83	170	C
1939-10-10	18	32	7.606	1.523	38.7202	0.1488	143.1603	0.1917	61.17	fixed	7.41	197	79	270	C
1939-12-21	21	0	43.215	0.77	-0.3224	0.0959	122.5095	0.1089	199.83	fixed	8.1				
1939-12-26	23	57	35.958	1.784	40.4308	0.249	39.7749	0.2105	30	fixed	7.8	113	50	143	A
1940-01-17	1	15	2.149	1.636	17.5063	0.1964	148.051	0.2126	30	fixed	7.5	210	62	312	A
1940-04-16	6	7	53.976	0.447	52.2401	0.0792	173.8379	0.0759	30	fixed	7.04	250	88	200	C

发震日期	时	分	秒	误差/s	纬度/(°)	误差/(°)	经度/(°)	误差/(°)	深度/km	误差/km	震级	走向(°)	倾角/(°)	滑动角/(°)	备注
1940-04-16	6	43	12.488	2.042	52.2687	0.3642	173.8051	0.3219	0	fixed	7.03				
1940-08-13	15	36	54.982	0.862	36.1613	0.0995	131.9289	0.0943	18.66	fixed	7.05	153	65	23	A
1940-11-10	1	39	9.979	0.63	45.6809	0.0561	26.5976	0.054	129.38	4.93	7.8	180	60	29	C
1940-12-28	16	37	53.077	1.116	18.2622	0.0674	147.5028	0.0857	39.88	7.79	7.7	188	90	0	C
1941-01-13	16	29	5.431	5.213	-4.5492	0.7537	151.8972	0.9383	563.32	fixed	7.19				
1941-05-17	2	25	15.556	4.647	-10.879	0.2878	165.8856	0.3319	158.08	33	7.43				
1941-06-26	11	52	7.17	1.803	12.0483	0.2717	92.8741	0.2121	30	fixed	7.6	19	72	9	C
1941-11-08	23	37	33.23	3.577	0.7634	0.4315	121.8078	0.4683	30	fixed	7.43				
1941-11-18	16	46	32.157	1.512	32.2851	0.173	131.6517	0.1546	0	fixed	8.02	206	84	220	A
1941-12-16	19	19	42.297	0.813	23.1549	0.0977	120.2421	0.0896	0	fixed	7.23	347	61	8	C
1942-01-27	13	29	18.689	1.799	-4.317	0.2323	134.4046	0.326	30	fixed	7.06				
1942-03-21	23	20	46.684	1.399	29.1755	0.1307	130.572	0.1455	30	fixed	7.02	218	70	18	C
1942-04-08	15	40	32.316	3.287	13.6521	0.4045	119.8574	0.4354	30	fixed	7.63	144	87	31	A
1942-06-14	3	9	53.795	0.567	14.836	0.0743	147.9506	0.1029	30	fixed	7	220	70	122	C
1942-10-20	23	21	57.682	4.282	8.4524	0.5242	121.355	0.6346	30	fixed	7.28				
1942-12-20	14	3	16.179	1.309	40.2489	0.2131	36.4074	0.154	30	fixed	7	315	71	12	C
1943-04-11	14	46	3.277	1.527	36.3427	0.1411	142.0937	0.1426	30	fixed	7.16	256	68	198	A
1943-05-25	23	7	41.449	3.056	7.7083	0.3784	126.4998	0.4615	30	fixed	7.76	345	90	317	C
1943-06-08	20	43	20.265	2.616	-3.1968	0.391	101.7046	0.3831	249.86	fixed	7.4				
1943-06-09	3	6	26.395	2.811	-1.5469	0.4151	100.1966	0.3414	30	fixed	7.74				
1943-06-13	5	11	41.596	1.567	41.4721	0.1644	143.4118	0.2781	0	fixed	7.32	202	75	77	C
1943-09-10	8	37	9.219	1.222	35.2052	0.1484	133.8421	0.1272	45.33	fixed	7	253	29	204	A
1943-10-23	17	23	26.203	1.32	26.9539	0.1967	94.0601	0.1225	30	fixed	7.18	231	16	180	C

发震日期	时	分	秒	误差/s	纬度/(°)	误差/(°)	经度/(°)	误差/(°)	深度/km	误差/km	震级	走向(°)	倾角/(°)	滑动角/(°)	备注
1943-11-26	22	21	3.351	1.405	40.73	0.2005	33.6438	0.1784	19.2	fixed	7.5				
1944-02-01	3	22	39.354	1.499	39.9795	0.2173	31.8151	0.1937	0	fixed	7.6	220	86	160	C
1944-02-29	16	28	6.353	1.609	0.3286	0.2177	75.1303	0.1904	0	fixed	7.05	299	69	21	C
1944-03-09	22	13	2.205	0.494	44.131	0.08	84.1906	0.0885	15.57	fixed	7.28				
1944-04-27	14	38	24.203	2.092	-0.6098	0.2386	132.8703	0.3577	30	fixed	7.6				
1944-05-25	12	59	19.824	4.924	-3.0932	0.6743	152.6179	0.9848	717.58	fixed	7.26	258	69	192	C
1944-09-23	12	13	29.511	0.529	53.3536	0.0836	160.0186	0.1278	9.03	fixed	7.08				
1944-12-07	4	35	49.927	1.5	33.7931	0.1499	136.5122	0.1374	0	fixed	8.1	159	38	83	A
1945-02-10	4	58	3.249	1.157	41.2406	0.1273	142.6083	0.2168	30	fixed	7.17	187	73	354	B
1945-02-26	22	14	49.079	9.98	25.3857	0.6256	143.8316	0.6441	118.43	60.82	7.2	313	86	170	A
1945-04-15	2	35	36.955	0.465	57.2503	0.0746	163.6713	0.0975	30	fixed	7.09	257	80	196	A
1945-11-27	21	56	53.594	3.665	24.7417	0.5177	63.1003	0.3685	0	fixed	8.1				
1946-05-03	22	23	49.727	3.846	-3.4167	0.5913	155.2372	0.6902	0	fixed	7.06				
1946-09-29	3	2	10.338	2.558	-4.2355	0.3889	153.6038	0.4874	0	fixed	7.68				
1946-11-02	18	28	37.592	0.455	41.6837	0.0743	71.7218	0.0697	0	fixed	7.54	130	85	24	C
1946-11-04	21	47	58.759	0.345	39.5929	0.0572	54.467	0.0474	62.95	fixed	7.02	127	90	45	A
1946-12-20	19	19	13.946	1.609	33.278	0.1688	135.9158	0.1845	0	fixed	8.3	218	90	289	C
1946-12-21	10	19	0.032	0.409	43.3398	0.0573	148.1209	0.0684	86.94	fixed	7.2	218	35	10	C
1947-04-02	5	39	22.269	2.407	-0.5232	0.312	138.1205	0.4184	30	fixed	7.3				
1947-04-14	7	15	42.995	1.219	43.9132	0.1688	149.0218	0.2013	0	fixed	7.06	255	67	146	C
1947-05-06	20	30	49.581	2.588	-5.6728	0.3701	150.4569	0.4632	30	fixed	7.43				
1947-05-27	5	59	5.267	2.178	-1.7449	0.26	135.0441	0.3773	30	fixed	7.6				
1947-06-12	9	2	29.722	1.401	1.6413	0.1675	125.6601	0.2067	30	fixed	7.08				

发震日期	时	分	秒	误差/s	纬度/(°)	误差/(°)	经度/(°)	误差/(°)	深度/km	误差/km	震级	走向(°)	倾角/(°)	滑动角/(°)	备注
1947-06-13	20	25	16.15	2.421	21.95	0.2871	145.7205	0.3245	82.24	fixed	7	113	44	17	A
1947-06-19	7	34	44.444	2.535	22.1359	0.3161	145.8192	0.3528	30	fixed	7.2	184	36	178	C
1947-07-29	13	43	28.432	1.809	28.7668	0.26	94.0716	0.2028	30	fixed	7.3	195	86	173	A
1947-11-04	0	9	21.592	0.367	44.2146	0.039	140.9735	0.0906	30	fixed	7.1	1	74	335	B
1948-01-24	17	47	17.571	2.775	10.4135	0.3657	122.8524	0.3652	284.23	fixed	7.8	184	72	98	C
1948-02-09	12	58	25.315	1.155	35.6778	0.1317	27.2467	0.1262	30	fixed	7.3	270	83	24	C
1948-03-03	9	9	55.791	2.578	19.6254	0.3732	119.1629	0.3828	0	fixed	7.14	190	52	40	C
1948-04-17	16	11	40.074	1.064	33.0972	0.1085	135.6021	0.1059	42.97	fixed	7.44	228	73	268	A
1948-10-05	20	12	17.736	1.251	37.9742	0.1088	58.3628	0.0652	33.28	7.23	7.15	283	83	173	C
1949-02-23	16	8	13.406	0.74	41.8418	0.1092	83.9717	0.1028	0	fixed	7.36	255	51	110	C
1949-03-04	10	19	35.042	0.955	36.7403	0.1356	70.7448	0.1497	246.48	fixed	7.5	255	71	350	B
1949-03-27	6	34	6	3.189	3.1065	0.4318	127.428	0.4693	0	fixed	7.05				
1949-07-02	19	57	19.615	1.052	16.6588	0.1184	147.5611	0.1449	30	fixed	7.1	189	86	227	C
1949-07-10	3	53	47.3	1.297	39.3054	0.1861	70.8581	0.1543	30	fixed	7.5	35	60	163	B
1949-12-29	3	4	6.044	3.718	17.5818	0.4662	122.5286	0.5396	30	fixed	7.21	320	90	79	C
1950-02-28	10	21	5.672	0.468	45.9383	0.0369	143.2225	0.0523	329.94	4.36	7.7	173	69	347	A
1950-08-15	14	9	35.77	1.075	28.3451	0.1744	96.2091	0.1039	0	fixed	8.6	256	90	283	A
1950-09-19	20	30	6.572	3.497	-1.886	0.2309	138.3891	0.2902	93.41	24.36	7.2	86	32	324	C
1950-10-08	3	23	14.059	0.574	-4.2175	0.0673	128.2351	0.0869	0	fixed	7.3	262	80	359	C
1950-11-02	15	27	58.112	2.01	-6.1135	0.2242	128.905	0.3125	30	fixed	7.7	255	61	172	A
1951-04-14	13	33	8.047	0.564	61.3854	0.0515	136.5	0.1753	10.61	fixed	7.07	170	54	161	C
1951-07-11	18	22	5.068	0.504	28.475	0.0419	139.4409	0.0487	510.27	3.37	7.1	148	89	51	C
1951-10-21	21	34	23.001	2.003	22.9708	0.2439	120.7598	0.2003	0	fixed	7.48	342	78	152	C

发震日期	时	分	秒	误差/s	纬度/(°)	误差/(°)	经度/(°)	误差/(°)	深度/km	误差/km	震级	走向(°)	倾角/(°)	滑动角/(°)	备注
1951-10-22	3	29	36.845	2.056	23.1666	0.2466	121.1929	0.1979	0	fixed	7.23	214	69	222	A
1951-11-06	16	40	16.305	0.355	47.546	0.0498	153.9986	0.0689	0	fixed	7.02	240	80	201	C
1951-11-18	9	36	2.572	0.924	31.1439	0.1535	91.3319	0.0822	30	fixed	7.7	118	44	177	C
1951-11-24	18	50	33.653	1.879	23.7299	0.2443	121.2633	0.1907	30	fixed	7.81				
1952-02-14	3	38	20.583	0.929	-7.4927	0.1063	126.4489	0.1567	0	fixed	7.02	269	64	56	C
1952-03-04	1	22	52.869	0.732	41.8849	0.069	144.1869	0.1227	0	fixed	8.1	235	78	199	A
1952-03-19	10	57	22.781	1.055	9.8124	0.1187	126.8112	0.1503	30	fixed	7.34	27	87	0	A
1952-08-17	16	2	23.412	0.598	30.7455	0.0908	91.4983	0.0647	30	fixed	7.4	248	41	342	C
1952-11-04	16	58	35.129	0.997	52.715	0.1369	159.9124	0.2143	0	fixed	8.9	235	84	188	C
1953-01-05	7	48	37.914	0.395	53.6479	0.0576	171.0386	0.0777	30	fixed	7	281	52	215	C
1953-03-18	19	6	20.235	0.454	40.1883	0.0612	27.5913	0.0487	0	fixed	7.3	61	80	192	B
1953-04-23	16	24	40.604	1.267	-4.2931	0.1595	152.6292	0.2524	0	fixed	7.38	253	73	3	C
1953-11-25	17	49	5.649	0.611	34.2876	0.0577	141.3322	0.0587	101.62	fixed	7.9	289	19	255	A
1954-02-01	1	7	3.904	0.617	24.0421	0.0494	143.4337	0.0836	30	fixed	7.2	204	63	315	A
1954-03-31	18	25	53.697	0.786	12.5029	0.1102	57.9943	0.0647	0	fixed	7.1	249	83	3	A
1955-03-18	0	6	53.333	0.398	54.2128	0.0309	161.013	0.0526	49.86	2.92	7.16	232	53	130	C
1955-03-22	14	5	10.079	0.61	-8.9196	0.0915	91.6288	0.0806	0	fixed	7	349	42	163	C
1955-03-31	18	17	2.959	2.04	7.7764	0.1134	123.4178	0.1547	2.98	10.76	7.37	83	72	159	C
1955-04-14	1	29	7.05	0.734	30.1002	0.1106	101.7478	0.0631	0	fixed	7.09	345	88	11	A
1955-05-30	12	30	37.768	4.33	22.712	0.343	142.8534	0.531	30	fixed	7.2	128	58	336	A
1955-10-10	8	57	57.024	0.477	-5.1529	0.0765	152.7249	0.1077	30	fixed	7.31	224	62	131	C
1956-02-18	7	34	31.961	0.837	30.8169	0.088	137.948	0.1109	564.25	fixed	7.3	294	61	322	A
1956-06-09	23	14	1.8	0.656	35.1144	0.106	67.5854	0.0747	30	fixed	7.27	201	60	90	A



发震日期	时	分	秒	误差/s	纬度/(°)	误差/(°)	经度/(°)	误差/(°)	深度/km	误差/km	震级	走向(°)	倾角/(°)	滑动角/(°)	备注
1957-03-09	14	22	38.014	1.722	51.0487	0.3214	-173.992	0.2777	0	fixed	8.6	215	35	123	C
1957-03-12	11	45	2.843	0.601	51.3536	0.1145	-177.272	0.0978	0	fixed	7.11	231	90	283	C
1957-03-14	14	47	56.898	0.269	51.3805	0.0534	-176.757	0.0453	30	fixed	7.14	233	48	17	B
1957-03-16	2	34	21.043	0.28	51.6889	0.0564	-178.936	0.0469	16.76	fixed	7.18	240	56	157	C
1957-04-24	19	10	16.742	0.398	36.4439	0.0356	28.6972	0.033	59.73	2.81	7.1	309	21	193	C
1957-04-25	2	25	44.247	0.423	36.4514	0.0364	28.6479	0.0343	67.37	2.99	7.3	297	20	182	C
1957-05-26	6	33	41.41	0.363	40.8067	0.054	31.125	0.0428	25.96	fixed	7.09	201	88	87	C
1957-06-22	23	50	41.532	0.635	-1.6669	0.068	136.5718	0.114	30	fixed	7.1	124	59	13	C
1957-06-27	0	9	35.663	0.19	56.3431	0.0293	116.4451	0.0567	0	fixed	7.4	229	88	156	C
1957-09-24	8	21	17.425	0.705	5.2979	0.0474	127.0041	0.0547	65.39	5.64	7.25	153	76	13	A
1957-10-27	22	32	47.484	0.231	55.9323	0.0398	160.9645	0.0659	167.36	fixed	7.6	212	34	121	C
1957-12-04	3	37	56.349	0.859	45.1197	0.1484	99.0554	0.127	0	fixed	8.1	102	68	21	B
1958-03-11	0	26	10.854	1.518	24.6155	0.1835	123.9531	0.1551	98.28	fixed	7.15	269	56	166	C
1958-11-06	22	58	14.483	0.492	44.2991	0.054	148.4695	0.0803	61.18	fixed	8.4	204	33	65	A
1958-11-12	20	23	38.217	1.257	44.2372	0.074	148.8005	0.1026	34.27	6.74	7	220	51	138	A
1959-05-04	7	15	49.988	0.473	53.3895	0.0599	159.7407	0.1078	71.76	fixed	7.9	224	82	324	C
1959-08-15	8	57	11.637	0.298	21.9362	0.0372	120.872	0.035	30	fixed	7.22	51	70	88	A
1959-08-17	21	4	50.898	0.256	-7.7919	0.0356	156.103	0.0625	0	fixed	7.01	178	87	196	B
1960-03-20	17	7	29.737	0.287	39.8326	0.0278	143.4278	0.0421	30	fixed	7.95	190	12	104	B
1960-03-23	0	23	26.929	0.538	39.6945	0.0553	143.377	0.085	0	fixed	7.01	232	90	292	C
1961-01-16	7	20	13.392	0.467	36.0844	0.0436	141.9582	0.051	30	fixed	7.2	195	35	129	C
1961-01-16	12	12	30.226	0.551	36.2051	0.0482	142.0837	0.0579	30	fixed	7.03	225	79	326	C
1961-02-26	18	10	51.824	0.268	31.5999	0.0335	131.4647	0.0335	30	fixed	7.54	147	39	43	A

发震日期	时	分	秒	误差/s	纬度/(°)	误差/(°)	经度/(°)	误差/(°)	深度/km	误差/km	震级	走向(°)	倾角/(°)	滑动角/(°)	备注
1961-04-13	16	34	44.01	0.158	39.7428	0.0256	77.6461	0.0238	30	fixed	7.04	33	56	45	A
1961-07-18	14	3	43.479	0.218	29.5946	0.0227	131.685	0.0247	33.12	fixed	7.03	212	64	311	C
1961-08-11	15	51	42.886	0.365	42.8165	0.0352	144.9446	0.057	87.4	fixed	7.07	243	28	137	A
1962-04-12	0	52	46.826	0.233	37.9923	0.0239	142.6951	0.0317	52.22	fixed	7.3	236	80	270	B
1962-04-23	5	58	10.68	0.274	42.7796	0.0268	143.524	0.0517	30	fixed	7.1	284	86	270	A
1962-05-15	5	23	50.01	0.575	-7.497	0.0676	128.0235	0.0938	30	fixed	7.1	259	48	31	C
1962-09-01	19	20	39.956	0.17	35.578	0.032	49.8613	0.0193	0	fixed	7	300	33	91	C
1963-02-13	8	50	6.894	0.464	24.5796	0.0569	122.0624	0.0516	30	fixed	7.2	15	70	128	C
1963-02-26	20	14	13.432	0.416	-7.533	0.0248	146.163	0.0441	198.93	3.36	7.5	179	90	266	A
1963-03-16	8	44	53.828	0.456	46.643	0.0608	154.7345	0.0769	27.51	fixed	7.2	198	62	130	C
1963-04-16	1	29	23.178	0.413	-1.0123	0.0461	127.9302	0.0649	30	fixed	7.13	320	90	286	C
1963-04-16	1	55	9.226	0.688	-0.9002	0.0875	128.0004	0.1161	0	fixed	7.07	334	71	204	C
1963-09-15	0	46	50.186	0.376	-10.609	0.0503	165.637	0.0759	0	fixed	7.4	308	74	348	A
1963-09-17	19	20	16.023	0.203	-10.279	0.0317	165.508	0.0462	30	fixed	7.21	334	79	325	C
1963-10-12	11	26	59.818	0.484	44.596	0.0597	149.3038	0.0817	30	fixed	7	245	90	290	B
1963-10-13	5	17	57.469	0.159	44.9341	0.0256	149.6418	0.0338	22.22	fixed	8.5	221	89	292	C
1963-10-20	0	53	11.28	0.479	44.7131	0.069	150.5969	0.0862	17.22	fixed	7.8	317	75	48	C
1963-11-04	1	17	24.977	0.292	-6.8526	0.0517	129.5733	0.0642	107.15	fixed	8.1	92	46	112	C
1963-12-15	19	34	51.355	0.201	-4.6586	0.0278	108.1134	0.0312	700	fixed	7.04	109	90	196	B
1964-05-07	7	58	18.305	0.109	40.3387	0.0129	139.0247	0.0235	46.26	fixed	7	46	10	268	B
1964-06-16	4	1	43.608	0.313	38.4031	0.0335	139.3267	0.053	0	fixed	7.6	259	53	53	C
1965-01-24	0	11	13.273	0.236	-2.4921	0.0393	125.8751	0.0546	0	fixed	8.2	48	49	118	B
1965-02-04	5	1	23.013	0.199	51.2625	0.0454	178.5041	0.0401	30	fixed	8.7	238	78	208	C

发震日期	时	分	秒	误差/s	纬度/(°)	误差/(°)	经度/(°)	误差/(°)	深度/km	误差/km	震级	走向(°)	倾角/(°)	滑动角/(°)	备注
1965-02-04	8	40	43.871	0.357	51.5791	0.0649	179.6732	0.0788	0	fixed	7.34	265	30	180	C
1965-03-14	15	53	8.524	0.255	36.4615	0.0227	70.6941	0.0202	208.41	2.13	7.44	227	47	111	C
1965-03-30	2	27	3.582	0.144	50.361	0.03	177.7949	0.0314	0	fixed	7.6	262	42	42	B
1965-06-11	3	33	46.495	0.329	44.8264	0.0462	148.7015	0.0631	30	fixed	7	257	40	58	C
1966-03-12	16	31	17.101	0.361	24.3615	0.0511	122.639	0.0511	0	fixed	7.5	334	54	117	C
1966-06-15	0	59	53.699	0.185	-10.313	0.0332	160.9355	0.0458	22.69	fixed	7.1	332	55	103	C
1967-01-05	0	14	43.795	0.154	48.1057	0.0299	102.9524	0.0339	30	fixed	7	120	53	76	C
1967-07-22	16	57	4.107	0.145	40.6639	0.0234	30.7732	0.0203	30	fixed	7.4	291	36	77	C
1967-12-25	1	23	33.985	0.491	-5.1891	0.0311	153.745	0.0399	54.71	4.1	7.15	296	44	61	B
1968-01-29	10	19	8.203	0.575	43.6018	0.0435	146.7445	0.0549	42.14	4.82	7.37	225	83	275	C
1968-02-12	5	44	48.168	0.322	-5.347	0.0554	153.2728	0.0683	35.51	fixed	7.3	309	58	49	B
1968-02-26	10	50	17.825	0.177	22.936	0.028	121.3328	0.0322	0	fixed	7.14	354	83	188	C
1968-04-01	0	42	3.508	0.392	32.3895	0.0503	132.1211	0.0471	0	fixed	7.5	205	90	284	C
1968-05-16	0	48	59.033	0.351	40.9459	0.0399	143.5655	0.0661	0	fixed	8.2	219	45	144	C
1968-05-16	10	39	3.997	0.675	41.6943	0.0299	142.8372	0.0508	13.98	3.81	7.9	209	32	110	C
1968-05-20	21	9	46.515	0.337	44.7471	0.0492	150.2701	0.0593	30	fixed	7.04	182	27	62	C
1968-05-28	13	27	20.224	0.652	-2.8509	0.0371	139.3046	0.0469	68.35	5.38	7.5	103	42	86	B
1968-06-12	13	41	53.128	0.143	39.4681	0.0194	142.984	0.0296	30	fixed	7	242	36	59	C
1968-08-01	20	19	20.519	0.168	16.5196	0.0321	122.1431	0.0357	30	fixed	7.6	330	55	89	C
1968-08-10	2	7	6.633	0.179	1.5286	0.0346	126.2031	0.0391	18.21	fixed	7.61	0	55	139	C
1968-08-14	22	14	20.905	0.256	0.1657	0.0489	119.6428	0.0517	0	fixed	7.21	28	56	68	C
1968-08-18	18	37	36.016	1.707	-9.7084	0.3302	160.3799	0.367	30	fixed	7.27	308	68	28	C
1968-08-31	10	47	44.204	0.537	34.2139	0.0994	58.9885	0.0824	0	fixed	7.1	247	49	42	C

发震日期	时	分	秒	误差/s	纬度/(°)	误差/(°)	经度/(°)	误差/(°)	深度/km	误差/km	震级	走向(°)	倾角/(°)	滑动角/(°)	备注
1968-10-07	19	20	41.56	1.18	27.2036	0.1472	139.7861	0.212	777.06	fixed	7.31	351	23	180	C
1968-10-23	21	4	48.138	1.049	-3.3074	0.0507	143.3082	0.0698	26.89	6.7	7	255	56	86	C
1969-01-05	13	26	47.307	0.197	-7.9603	0.0401	158.886	0.0411	91.56	fixed	7.04	318	58	63	C
1969-01-30	10	29	39.467	0.905	4.7654	0.0486	127.4184	0.0508	57.21	7.91	7.6	5	83	130	C
1969-02-11	22	16	33.884	1.057	-6.8584	0.1794	126.4741	0.2491	655.57	fixed	7.22	176	53	100	B
1969-02-23	0	36	55.668	0.282	-3.025	0.0556	118.761	0.0554	30	fixed	7.03	359	68	128	C
1969-04-21	7	19	28.58	0.416	31.9924	0.0493	131.8631	0.0532	30	fixed	7.02	254	33	96	B
1969-08-11	21	27	37.109	0.423	43.5073	0.0559	147.9045	0.0732	30	fixed	8.2	300	22	172	B
1969-08-14	14	19	5.985	0.12	43.2262	0.0188	147.5464	0.0218	30	fixed	7.12	228	90	280	B
1969-11-21	2	20	25.84	2.758	2.1346	0.3059	94.3242	0.2229	30	fixed	7.59	348	33	99	C
1969-11-22	23	9	39.452	0.126	57.7616	0.0236	163.5505	0.043	0	fixed	7.44	281	49	103	C
1970-01-04	17	0	39.953	0.321	24.2368	0.0605	102.5627	0.0488	0	fixed	7.1	325	64	339	C
1970-01-10	12	7	4.127	0.168	6.8297	0.0333	126.5457	0.037	30	fixed	7.2	103	42	83	C
1970-02-28	10	52	19.183	0.208	52.7883	0.0446	-175.243	0.0613	30	fixed	7.11	270	81	185	C
1970-04-07	5	34	7.208	0.186	15.8377	0.032	121.6275	0.0375	30	fixed	7.44	158	39	95	B
1970-05-27	12	4	26.744	1.764	25.9664	0.1638	140.9556	0.2792	30	fixed	7.12	124	43	57	B
1970-07-25	22	41	14.6	0.16	32.1092	0.0231	131.6187	0.0227	50.13	fixed	7	257	73	190	C
1970-07-29	10	16	17.834	0.221	26.2996	0.0441	95.2752	0.0382	30	fixed	7	23	53	83	B
1970-08-30	17	45	14.707	1.498	54.8382	0.2257	148.5428	0.4607	30	fixed	7.31	285	55	112	A

说明: 误差为“fixed”表示固定深度反演的结果, 这样的反演通常能得到较好的水平方向的不确定度; 备注栏为震源机制解的质量类别。