

柴荣建, 陈大庆. 基于迁移辅助投影线的中国大陆主要块体强震迁移特征初步研究[J]. 华南地震, 2017, 37(S1): 41–47. [CHAI Rongjian, CHEN Daqing. Preliminary Study on Characteristics of Strong Earthquake's Migration in Main Block of China, Based on Projection Line of Strong Earthquakes Migration[J]. South China journal of seismology, 2017, 37(S1): 41–47.]

基于迁移辅助投影线的中国大陆主要块体 强震迁移特征初步研究

柴荣建, 陈大庆

(广东省地震局, 广州 510070)

摘要: 利用块体强震展线分布特征而提出的迁移辅助投影线, 得到中国大陆华北、西域、南华、青藏四个主要一级块体强震相对辅助投影线起点的投影距离和时间的全时窗的 P_d - T 图。利用 P_d - T 图得到了 4 个块体 1900 年以来强震的迁移特征, 各块体的强震迁移呈现了不同的特征, 利用这些特征可以为未来各个分区强震活动的趋势判断提供一些可能的依据。

关键词: 中国大陆; 强震迁移; P_d - T 图

中图分类号: P315.7

文献标志码: A

文章编号: 1001-8662 (2017) S1-0041-07

DOI: 10.13512/j.hndz.2017.S1.006

Preliminary Study on Characteristics of Strong Earthquake's Migration in Main Block of China, Based on Projection Line of Strong Earthquakes Migration

CHAI Rongjian, CHEN Daqing

(Guangdong Earthquake Agency, Guangzhou 510070, China)

Abstract: Based on the partition dynamics and the liner distribution characteristics of strong earthquakes, this paper put forward the projection line of strong earthquakes migration, the projection distance–full time window P_d - T figure of the north China, south China, Xiyu and Tibetan block was presented. Using P_d - T figure, we got different migration characteristics of four blocks' strong earthquakes since 1900, which can be to judge the earthquake activities trend of each block.

Keywords: China; Migration characteristics of strong earthquake; P_d - T figure

收稿日期: 2017-01-10

作者简介: 柴荣建 (1981-), 男, 工程师, 主要从事地震工程研究。

E-mail: 382960047@qq.com.

0 前言

强震活动的迁移性是地震活动的时空分布特征之一,茂木清夫^[1]指出每个地区的大地震活动并非独立地进行,而是彼此密切关联的。宇津德治^[2]指出大地震往往是边迁移边连锁反应式地发生。吉田明夫根据大量震例清理的结果,认为迁移现象是确实存在的,并指出活动期,在构造块体或其边界相继发生大地震的情况很常见,地震往往表现出朝特定方向迁移和扩展的现象。

前人对中国大陆强震活动的迁移性也进行了较为深入的研究,马宗晋^[3]等对南北带、天山带、山西带和燕山带等 4 条地震带内地震迁移现象进行了研究,证明了迁移的定向性,发现了迁移快波和慢波现象。李献智^[4-5]研究了中国大陆 7 个主要地震带(区)的地震迁移方向,它们是天山带、青藏地震区、燕山带、长江中下游带和南北带、山西带、华北平原带。研究认为前 4 个带(区)的地震由西向东迁移,后 3 个带的地震由南南西向北北东迁移。李献智^[6]研究了东南沿海地震带的迁移规律,认为东南沿海地震带有由东向西定向迁移的规律,其各个迁移过程的迁移速度也相对稳定。高国英等^[7]研究了新疆及周边地区的强震成组活动,认为在地震活动期间强震存在由新疆西南向北东迁移的特点。

以往在研究强震的迁移规律的时候,多采用经纬度相对时间的迁移图,由于经度或者纬度坐标不能体现分析区内地震活动动力学特征,因此体现出来的迁移特征不够直观和显著。而体现空间迁移规律的某个时间内的空间分布迁移图,由于受到了时间限定的制约,因而未能体现强震迁

移的全时间窗特征。本文中利用基于块体强震展线分布特征提出迁移辅助投影线,各分区的迁移辅助投影线的方向主要综合考虑了块体主压应力轴的方向及强震活动最长展线分布的方向,辅助投影线的起止点的选择对研究无影响。利用迁移辅助投影线可以得到研究区内强震沿投影线方向相对投影起点的距离,这样将强震二维的空间分布转变成有动力学意义的一维相对投影线的投影距离上,从而可以得到的投影距离-全时窗的 P_d-T 图,利用 P_d-T 图可以将研究区内强震空间迁移的时空演化特征展现的更加显著。

1 研究方法

根据中国大陆活动构造及其现代构造变形的研究,张培震^[8]等较系统地提出了中国大陆活动地块的科学假说,并对中国大陆及邻区正式划分了 6 个 I 级活动块体。为了整体研究块体内部及边界上强震的迁移特征,本研究将滇西南属于滇缅块体的部分强震和青藏块体及其边界的强震一起研究。东北亚(不包括东北深源地震)的强震并入华北块体一起研究。这样研究区域为华北块体、西域块体、青藏块体和南华块体 4 个 I 级块体,每个块体根据其地震活动强度取不同的震级下限,华北块体取 6 级;西域块体和青藏块体取 7 级、南华块体取 5 级。每个块体如图 1 所示,参考块体主压应力方向以地震活动最长展线方向的平行线为迁移辅助投影线,取投影线经度最小方向为起点,块体内每个地震取在投影线上相对起点的投影距离 P_d 为 X 轴坐标,时间为 Y 轴坐标,得到每个区域的投影距离 P_d 和时间的 P_d-T 图。

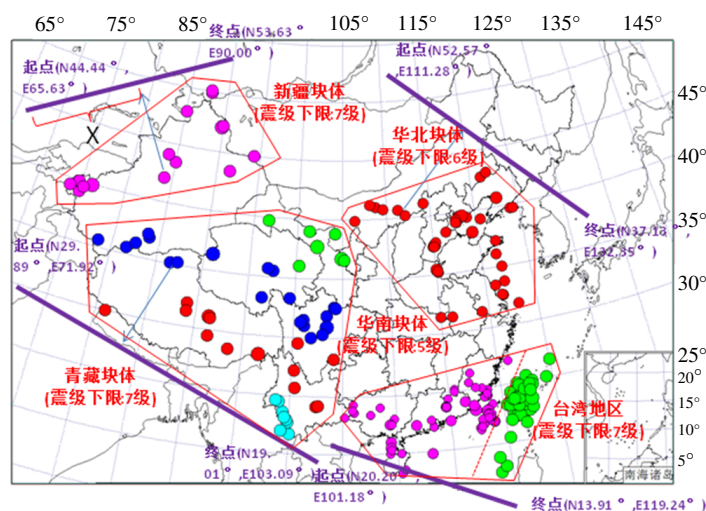


图 1 块体划分及研究方法示意图

Fig.1 Block division and the projection line

2 华北块体地震迁移特征

华北块体 P_d - T 图迁移辅助投影线起点, 终点坐标分别为 ($N52.27^\circ$, $E111.28^\circ$), ($N37.13^\circ$, $E132.35^\circ$), 震级下限为 6 级。由于华北地区历史记录较为准确, 并且利用 P_d - T 图得到了较为统一的迁移特征, 因此将其时间轴延长到第 4 活跃期 1815 年以来的所有 6 级地震。空间范围包括河套带、山西带、河北平原、张-渤带、辽河带及郯庐带, 南黄海等区域。

图 2 中可以看到, 1815 年以来华北地区的强震

活动可以分为 4 个活跃期, 每个活跃期间隔 15~21 年的平静期。由于本研究中将南黄海的强震也包括在内, 因此第二活跃期 1846—1888 的时间比朱红彬^[9]等人的划分要长。图中可以看到每个活跃期沿着北西向的投影线有较为统一的迁移特征。第一、四活跃期为从北西向东南方向迁移, 而第二、三活跃期迁移方向相反。每一个活跃期可能存在多条并行的同方向迁移进程, 由于多条迁移进程在时间上的交叉, 因而强震在时间先后上并不一定绝对满足本活跃期内的迁移方向, 而体现的是整个区域内的迁移背景。

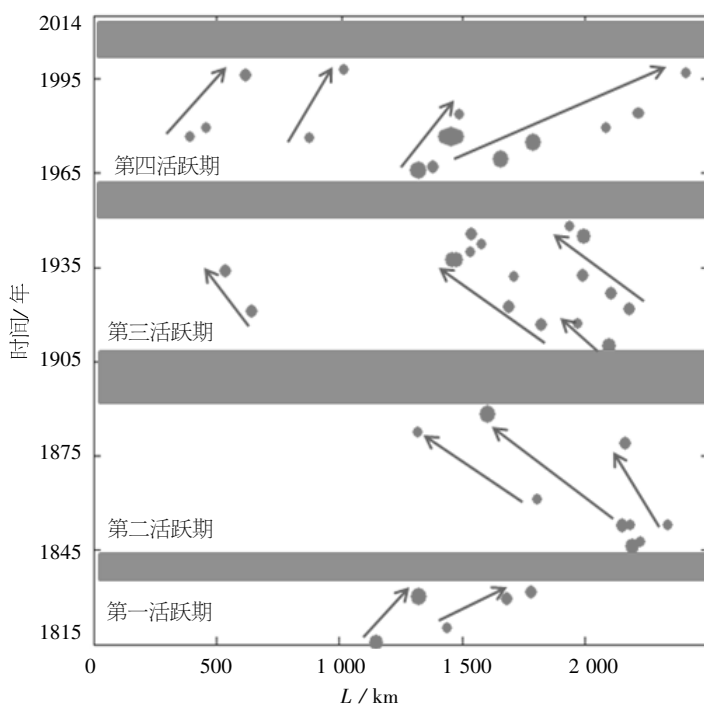


图 2 华北块体 1815 年以来 6 级强震 P_d - T 图

Fig.2 The P_d - T diagram of the earthquakes with $M \geq 6$ in north China block Since 1815

第四活跃期以 1966 年 3 月 8 日的河北邢台 6.8 级地震为开始。图 2 中体现的是并行了 4 条由北西向东南的强震迁移路线。河套带从 1976 年 9 月 23 日内蒙古阿拉善左旗的 6.2 级地震开始到 1979 年五原的 6.0 级地震再到 1996 年 5 月 3 日的包头 6.4 级地震; 山西带北缘从 1976 年 4 月 6 日内蒙古和林格尔的 6.2 级地震到 1998 年 1 月 10 日的张北 6.4 级地震; 华北平原以 1966 年 3 月 8 日的河北邢台 6.8 级地震、1967 年 3 月 27 日河间 6.3 级地震为起点, 出现了两条分支, 一条到 1976 年 7 月 28 日唐山的 7.8 级地震, 后到 1983 年 11 月 7 日山东菏泽的 6.0 级地震; 另外一条先向东北到 1969 年 7 月 18 日渤海的 7.4 级地震、1975 年 2 月 4 日辽宁海城的 7.3 级地震, 后折回东南到 1979

年 7 月 9 日江苏溧阳的 6.0 级地震、1984 年 5 月 21 日黄海的两次 6.1、6.2 级地震, 最后终止于 1996 年 11 月 9 日南黄海的 6.1 级地震(图 3)。

华北块体的强震活动在 P_d - T 图上呈现了同一活跃期内多进程同方向由北西向东南或者由东南向北西向迁移的过程。但空间迁移图像上具体的迁移进程轨迹上会出现北东、西南方向的迁移回跳过程。

3 南华块体强震迁移特征

南华块体是中国大陆较为稳定的块体,但在滨海的东南沿海地震带上也发生过 7 级以上地震,前人的研究认为东南沿海地震带的强震活动有从东

向西迁移的特征,并且该带的强震活动和台湾地区的强震有一定的对应关系。图 4 为南华块体 P_d-T 图辅助投影线起点,起点坐标为(N20.20°, E101.18°),终点坐标为(N13.91°, E119.24°),震级下限为 5 级,台湾地区的强震震级下限取 7 级。从图中也基本印证了上述特征,台湾地区 7 级地震的丛集时间

段对应了东南沿海地震带 5 级地震活跃期,时间上大体呈现了台湾地区 7 级先活跃、后是东南沿海地震带东段 5 级活跃,再到东南沿海地震带西段的过程。而主要在广西的右江地震带北西走向上分布的 5 级地震和台湾 7 级强震及东南沿海地震带的地震活动联系不太紧密,未呈现上述特征。

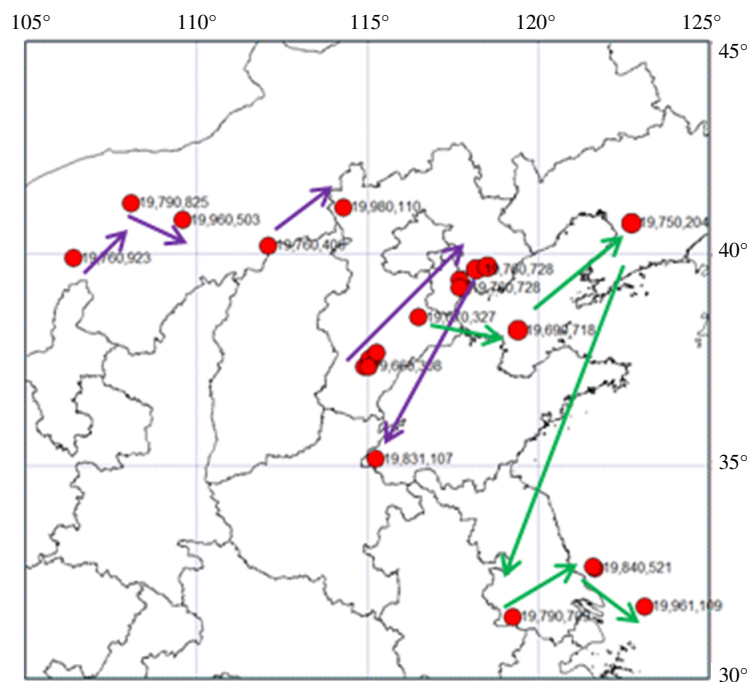
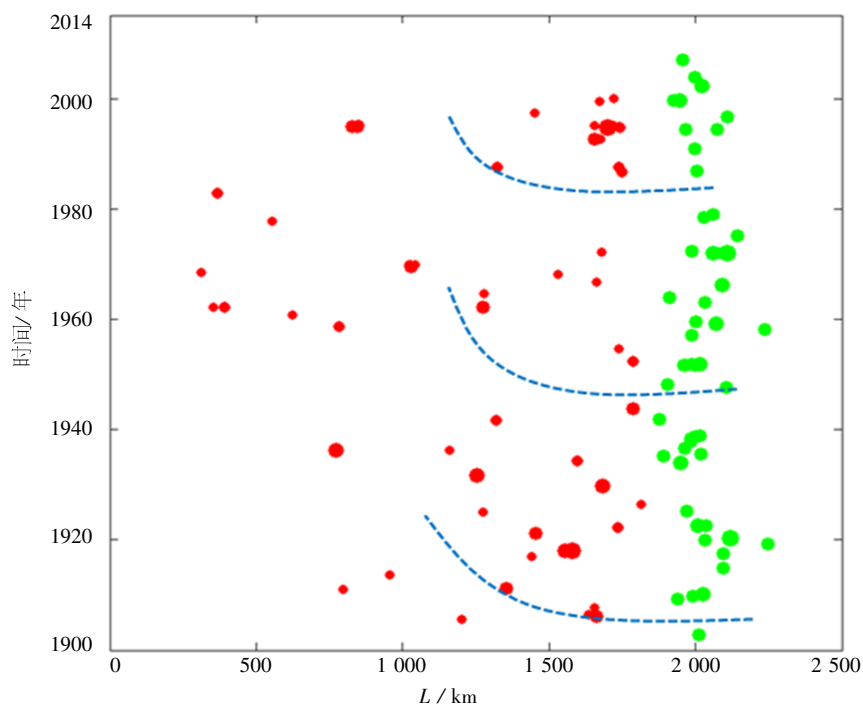


图 3 华北块体第四活跃期 6 级强震空间迁移图像

Fig.3 The spatial migration of earthquakes with $M \geq 6$ in the fourth active phase of the north China



(红色为南华块体 5 级以上地震, 绿色为台湾地区 7 级以上地震, 空间分布见图 1)

图 4 南华块体 5 级地震与台湾地区 7 级强震的对应关系

Fig.4 The corresponding relationship between earthquakes with $M \geq 5$ of the south China block and earthquakes with $M \geq 7$ in Taiwan

4 西域块体强震活动迁移特征

高国英^[7]等研究认为新疆地区强震活动存在成组活动的特征,在地震活动期间强震存在由新疆西南向北东迁移的特点,其中天山地震带尤其是南天山西为强震主要的活动区域。图 5 为新疆块体 7 级强震 1900 年以来 P_d - T 图,迁移辅助投影线起点坐标为(N44.44°, E65.63°),终点坐标为(N53.63°, E90.00°)。从图中可以看到西域块体 1900 年以来的 7 级强震确实存在上述两个特征,7 级强震成组活动而且 1900 年以来由西南向东北迁移呈现两个轮回都是由南天山西的帕米尔-西昆仑构造角为起点(图 6),第一个轮回由 1902 年 8 月 22 日阿图什的 8.25 级地震到 1906 年 12 月 23 日南天山中沙湾

的 7.7 级地震,到 1914 年 8 月 5 日北天山东巴里坤的 7.5 级地震,随后是回迁的过程,相继发生了 1931 年 8 月 11 日富蕴的 8.0 级地震、1944 年 3 月 10 日新源的 7.2 级地震、1949 年 2 月 24 日库车的 7.25 级地震,最后回到 1955 年 4 月 15 日乌恰的 7.0 级地震。完成整个由西南向北东向迁移再回迁的过程。第二个轮回以 1974 年 8 月 11 日、1985 年 8 月 23 日乌恰的 7.3、7.1 级地震为起点,未经过天山地震带直接到了阿尔泰 1990 年 6 月 14 日吉木乃的 7.2 级地震,再到 2003 年 9 月 23 日和 10 月 1 日俄、蒙、中交界交界的 7.9、7.3 级地震。西域块体的第二个轮回由北东向南西回迁的过程还未完成,因此下一个 7 级强震发生在南天山、北天山、阿尔泰地震带东中部的可能性较大

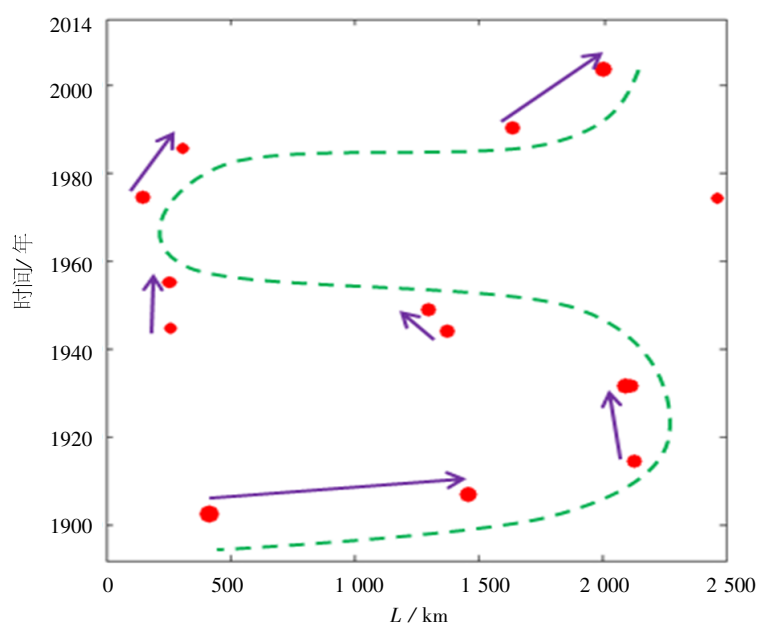


图 5 西域块体 7 级强震 1900 年以来 P_d - T 图

Fig.5 The P_d - T diagram of the earthquakes with $M \geq 7$ in Xiyu block Since 1900

5 青藏块体强震活动迁移特征

青藏块体是中国大陆强震最为发育的主体地区,其动力源是印度板块北东向的推挤作用。其东北缘受到鄂尔多斯盆地,东边界受到成都平原的阻挡,块体内又受到多个近乎北西走向的二级地块的切割,因此其强震的迁移特征也较为复杂。依据构造特征,将整个青藏块体(图 1)分为 4 个部份,最北缘的柴达木、祁连山两个地块为第一部分,整个巴颜喀拉地块及边界为第二部分,第三部分为包括整个喜马拉雅、拉萨、羌塘、川滇 4 个二级地块。第四部分为相对独立出来的滇西南地块。图 7 为青藏块体 7 级强震 1900 年以来 P_d - T

图,迁移辅助投影线起点坐标为(N29.89°, E71.92°),终点坐标为(N19.01°, E103.09°)。

从图中我们看到巴颜喀拉地块 1900 年以来 7 级强震基本都呈现由西向东迁移,共经历了 5 个过程(图 8),都以地块南、北边界的正断或走滑型地震为起始地震,终止于地块东边界龙门山断裂带的逆段型地震。其中第 4、5 个迁移进程在时间上有交叉,即第 5 迁移进程的起始于田 7.3 级地震已经早于第 4 进程的结束地震汶川 8.0 级地震。同样红色表示的喜马拉雅、拉萨、羌塘、川滇 4 个二级地块总体上也有类似迁移特征。从 1908 年 8 月 20 日西藏奇林湖的 7.0 级地震到 1915 年 12 月 3 日西藏桑日的 7.0 级地震;从 1916 年 8 月 28 日

西藏普兰的 7.5 级地震到 1934 年 12 月 15 日西藏申扎的 7.0 级地震, 1947 年 7 月 29 日西藏朗县的 7.7 级地震到 1950 年 8 月 15 日西藏察隅的 8.6 级地震。而绿色表示的柴达木、祁连山两个地块则和以上两个部分呈现了相反的迁移方向, 从 1920 年 12 月 16 日宁夏海原的 8.5、7.0 级地震到 1927 年 5 月 23 日甘肃古浪的 8.0 级地震再到 1932 年

12 月 25 日甘肃玉门的 7.6 级地震。青色滇西南地块的 7 级强震在时间上有丛集性, 从 1941 年澜沧、耿马的 2 次 7.0 级地震到 1950 年 2 月 3 日勐海的 7.0 级地震为第一个丛集段; 后 1976 年 5 月 29 日龙陵的 7.3、7.4 级地震到 1988 年 11 月 6 日澜沧、耿马的 7.6、7.2 级地震到 1995 年 7 月 12 日中缅交界的 7.3 级地震为第二丛集时间段。

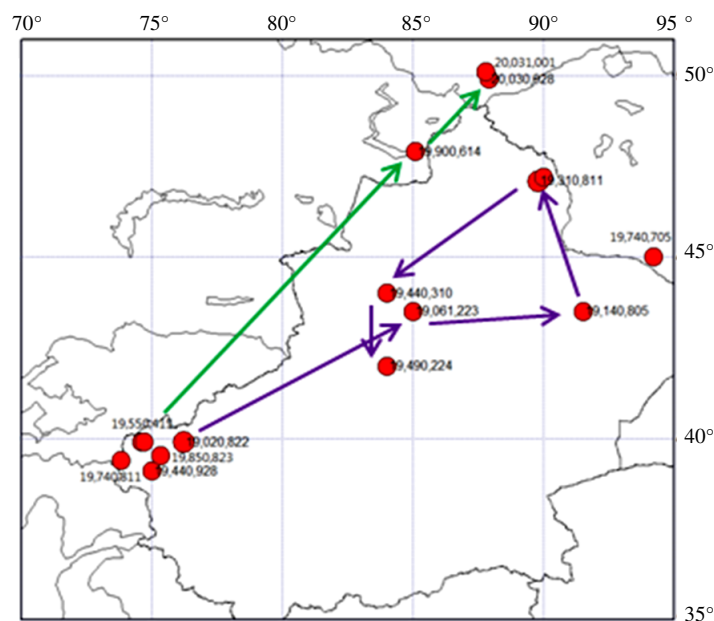
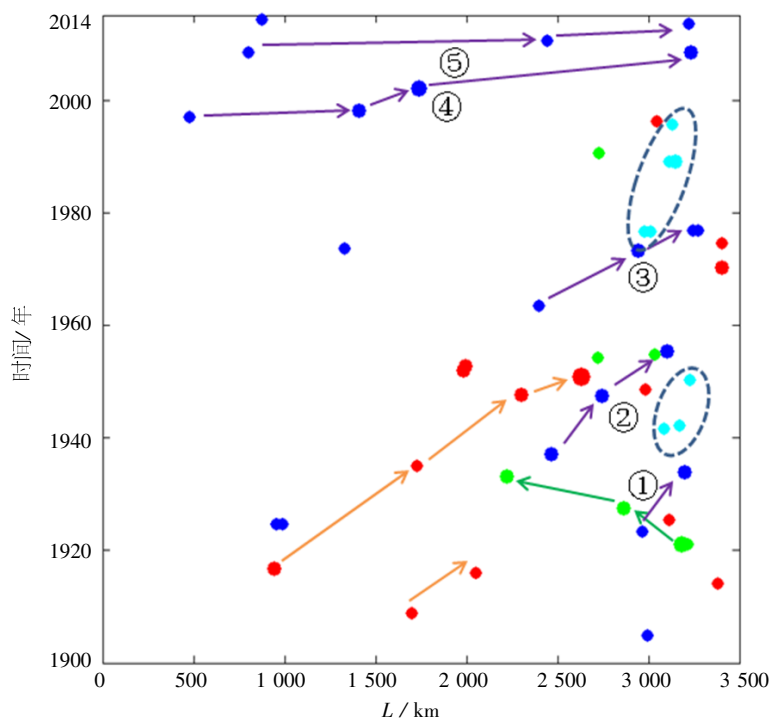


图 6 西域块体 1900 年以来 7 级强震空间迁移图像

Fig.6 The spatial migration of earthquakes with $M \geq 7$ in Xiyu block Since 1900



(绿色: 柴达木、祁连山地块及边界; 蓝色: 巴颜喀拉地块及边界; 红色: 喜马拉雅、拉萨、羌塘、川滇地块及边界; 青色: 滇西地块)

图 7 青藏块体 7 级强震 1900 年以来 P_d - T 图

Fig The P_d - T diagram of the earthquakes with $M \geq 7$ in Qingzang block Since 1900

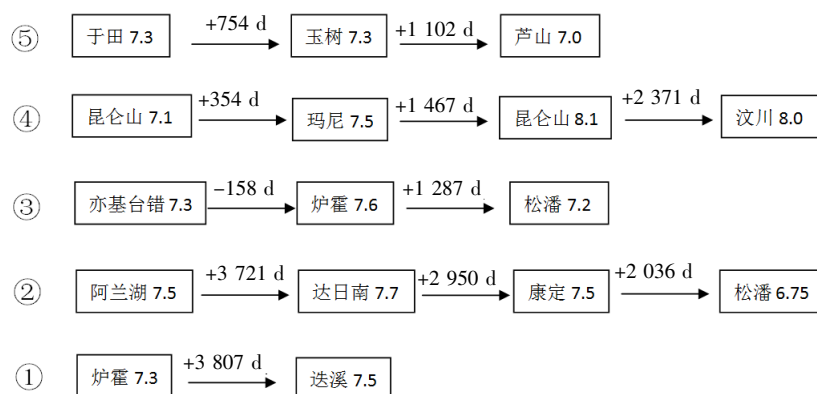


图 8 巴颜喀拉地块 1900 年以来 7 级强震 5 次迁移进程图

Fig.8 The 5 migration process maps of strong earthquakes with $M \geq 7$ in Bayan Har block since 1900

6 结语

本文在前人研究的基础上,参考块体内主压应力的方向及强震活动最长展线分布的方向提出强震迁移的辅助投影线,进而得到中国大陆 4 个主要块体强震投影距离-全时窗的 P_d - T 图,依据 P_d - T 图得到的强震迁移特征如下:

(1) 华北地区 1815 年以来的强震活动可以分为 4 个活跃期,每个活跃期间隔 15~21 年的平静期。每个活跃期沿着北西向的投影线有较为统一的迁移特征。第一、四活跃期为从北西向东南方向迁移,而第二、三活跃期迁移方向相反。每一个活跃期的迁移可能存在多条并行的同方向进程,由于多条迁移进程在时间上的交叉,因而强震在时间先后上并不一定绝对满足本活跃期内的迁移方向,而体现的是整个区域内的迁移背景。

(2) 东南沿海地震带的强震活动有从东向西迁移的特征,并且该带的强震活动和台湾地区的强震有一定的对应关系。

(3) 西域块体新疆地区强震活动存在成组活动的特征,而且 1900 年以来由西南向东北迁移呈现两个轮回。都是由南天山西的帕米尔-西昆仑构造角为起点。

(4) 青藏块体是中国大陆强震最为发育的地区,本文得到的迁移特征也较为复杂,其巴颜喀拉地块 1900 年以来 7 级强震基本都呈现由西向东迁移,共经历了 5 个过程,都以地块南、北边界的正断或走滑型地震为起始地震,终止于地块东边界龙门山断裂带的逆段型地震。而喜马拉雅、拉萨、羌塘、川滇 4 个二级地块大体上也有类似迁移特征;柴达木、祁连山两个地块则和以上两个部分大体呈现相反的方向,滇西地块的 7 级强

震在时间上有丛集性,1941-1950 年和 1976-1995 年为两个时间丛集段。

本文利用全时窗的 P_d - T 图得到的各块体强震迁移特征,体现的是整个区域内的迁移背景,在具体某个迁移周期内由于多进程的迁移路线在时间上的交叉可能会出现时间先后上并不一定绝对满足本活跃期内的迁移方向。并且在青藏块体由于其动力学过程的复杂性,可能的迁移特征也较为复杂,特别是对于巴颜卡拉地块南部的喜马拉雅、拉萨、羌塘、川滇 4 个二级地块及北部的柴达木、祁连山两个地块,本文总结给出的迁移特征震例不是太充分,还需要后续更加深入的研究。

参考文献:

- [1] Mogi.K. Migration of seismic activity. Bull [J]. Bulletin of the Earthquake Research Institute University of Tokyo, 1968, 46:53-74.
- [2] 宇津德治. 地震事典[M]. 李裕澈,卢振业,丁鉴海,等,译. 北京:地震出版社. 1990:236-238.
- [3] 马宗晋,李献智,金继宇. 地震迁移的规律、解释和预报[J]. 地震地质,1992,14(2):129-139.
- [4] 李献智,李志雄. 沿地震带地震迁移的有序性[J]. 地震地磁观测与研究,1993,14(1):7-12.
- [5] 李献智. 中国大陆及邻区强震活动主体地区的迁移[J]. 内陆地震,1995,9(1):43-48.
- [6] 李献智. 中国大陆东南沿海地震带地震迁移规律[J]. 地震地磁观测与研究,1995,16(6):22-26.
- [7] 高国英,王筱荣,温和平,等. 新疆及周边地区强震成组活动及其预测研究[J]. 地震,2007,27(4):18-25.
- [8] 张培震,邓起东,张国民,等. 中国大陆的强震活动于活动地块[J]. 中国科学 D 辑,2003,33(增刊):12-20.
- [9] 朱红彬,李红,邢成起,等. 华北地区第三、四活动期平静幕后期强地震活动与未来强震[J]. 地震,2010,30(4):114-123.