

渭河断陷及邻近地区震源空间分布规律探讨^{*}

袁志祥 狄秀玲 丁韞玉

(陕西省地震局, 西安 710068)

摘要 选取 $103^{\circ} \sim 113^{\circ}\text{E}$, $31^{\circ} \sim 39^{\circ}\text{N}$ 范围内陕西、山西、河南、湖北、甘肃、宁夏等省(区)共 79 个地震观测台站 1984—1993 年的观测资料, 对于被 4 个以上台站所记录到的地震, 根据其直达横波与纵波的到时差, 采用鲍威尔(Powell)搜索法重新进行了定位, 测定了震源深度, 共得到 2 051 个可定震中的地震的震源深度数据. 作出了渭河断陷及邻近地区现代地震的震中分布图、震源空间分布图、震源深度的平均等值线分布图、震源深度的经向剖面图和纬向剖面图. 根据这些资料对震源空间分布规律进行了初步探讨. 结果表明, 渭河断陷及邻近地区震源的空间分布是不均匀的, 与该地区大地构造的差异性及地壳速度结构的非均匀性密切相关.

主题词 陕西 渭河地堑系 震源深度 地震定位 Powell 搜索法

中国图书分类号 P315

1 引言

地震震源参数可以反映出岩石圈横向结构非均匀性及其受力状态. 通过对大量的震源深度的统计分析, 可以进一步认识震源深度的分布特点及其与地壳结构横向非均匀性的关系. 侯立臣等^[1]使用山东省地震台网测定的 1 050 个震源深度数据, 研究了山东地区震源深度的特点. 吴富春等^[2]利用《中国地震简目》中提供的 1 641 个有深度的地震, 研究了中国及其邻区地震震源深度的时空变化特征.

渭河断陷盆地是分隔中国华北和华南地块的一条重要的大地构造分界线. 它的东部为汾渭地震带, 曾发生过华县 8 级和临汾 8 级大震; 西部为南北地震带中段, 曾发生过海原 8.5 级和天水南 8 级等大地震; 南部为著名的秦岭造山带; 北部为稳定的鄂尔多斯地块. 研究渭河断陷及邻近地区的震源深度分布规律, 对于进一步研究和探讨大震发生的地壳构造背景有重要的意义.

对于渭河断陷及其邻近地区的地壳结构, 已有学者进行了研究. 如姜家兰等^[3]利用远震反射转换波和工业爆破的观测资料, 计算了西安等地震台站附近的地壳厚度. 丁韞玉、袁志祥、薛广盈等^[4~6]详细研究了该地区地壳三维 P 波速度结构及莫霍界面速度分布. 本文则详细研究渭河断陷及其邻近地区现代地震震源深度的分布规律, 并对该地区现代地震震源的空间分布规律进行初步探讨.

收稿日期: 1997-10-05

^{*} 地震科学联合基金资助项目(95208).

第一作者简介: 袁志祥, 男, 1963 年 11 月生, 高级工程师, 现从事地壳结构、震害预测、震害评估等方面研究工作.

2 资料及处理方法

选取 $103^{\circ} \sim 113^{\circ}\text{E}$, $31^{\circ} \sim 39^{\circ}\text{N}$ 范围内陕西、山西、河南、湖北、甘肃、宁夏等省(区)共 79 个地震观测台站 1984 年—1993 年地震观测资料,对于被 4 个以上台站记录到的地震,根据直达横波与纵波的到时差,采用鲍威尔(Powell)搜索法^[7~9]重新进行了定位,测定其震源深度,共得到 2 051 个震源深度数据.在定位计算中,尽量采用包围震中且震中距不大于 200 km 的台站的观测数据,搜索计算时以原目录中的震中位置作为搜索初值.

鲍威尔(Powell)搜索法的优点是利用相对走时差,减小了绝对观测误差,而且不需要事先给定研究区的速度结构.严尊国等^[8]用鲍威尔(Powell)搜索法对三峡地区 216 次地震重新定位,其所定震中的平均误差约 7 km,震源深度平均误差约 5 km.我们用同样的方法对研究区内的地震进行重新定位,经对 108 次地震的误差统计,所定震中的平均误差约 8.84 km,震源深度平均误差约 5.6 km.

在本项研究中由于采用了研究区内各省(区)的区域地震观测台网中所有相关台站的资料,避免了利用单一省份地震台网的观测资料对邻近省界地区的地震定位带来的偏差,因而更有利于对地震震源参数的重新修定.

我们分别作出了研究区域内地震观测台站及现代地震震中分布(图 1)和现代地震震源的空间分布图(图 2).

对具有相同经纬度坐标的所有数据点,求其震源深度的算术平均值.所有这些数据点由一个平均震源深度值来代替,进而作出了震源深度的平均等值线分布图(图 3).上述这种取算术平均的方法也可以消除部分定位误差.

由于我们得到的震源深度是一系列不规则排列的样本点,为得到研究区域内震源深度的分布规律,需首先进行网格化处理.在进行网格化处理时,采用了距离倒数加权法^[10].^①该方法计算速度快,它是用加权平均技术,由一系列 (x, y, z) 三维数据通过内插网格结点创建出

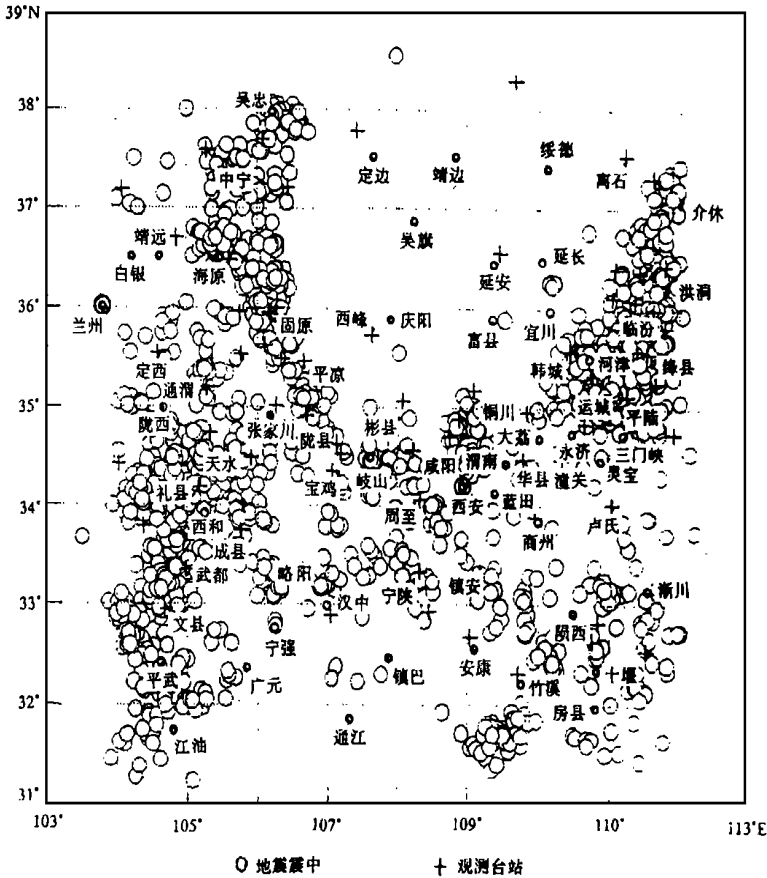


图 1 地震观测台站及现代地震震中分布
Fig. 1 Distribution of observation stations and present earthquakes.

① 吴保民,何冬孜.二维、三维科技绘图软件.中国科学院希望电脑技术公司,1991年4月.

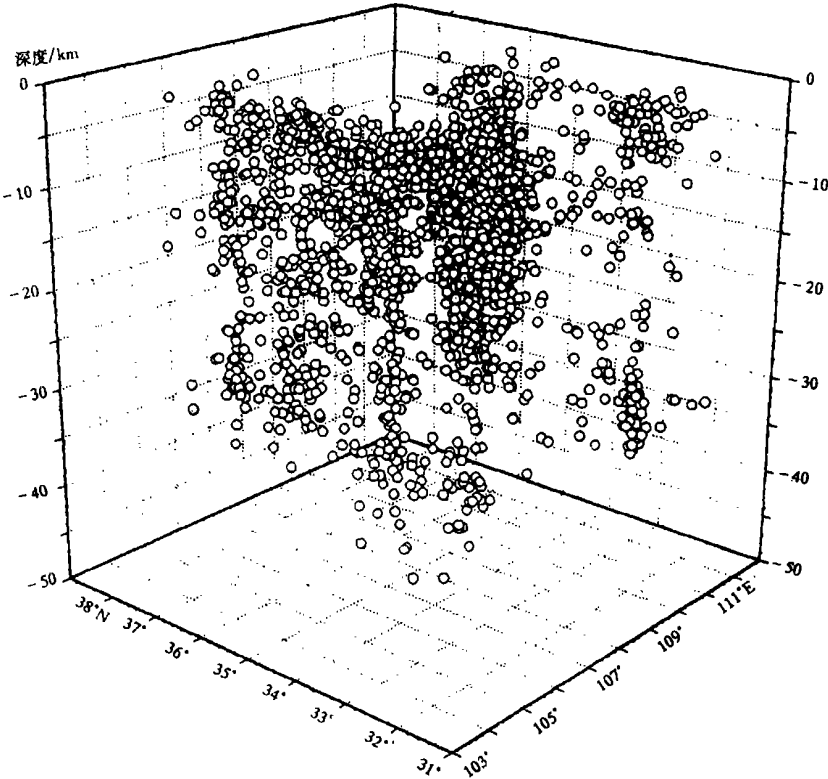


图 2 现代地震震源空间分布

Fig. 2 Spatial distribution of present earthquake hypocenters.

三维曲面网格. 在每一个网格结点的计算中, 以数据点到要计算的网格结点的距离的倒数作为加权因子, 用网格结点周围最邻近的 10 个数据点按其距离的远近参与加权平均计算.

为了保证等值线的连续光滑, 我们选择了三次样条函数插值法在网格结点之间插入新值, 这样增加了网格密度, 从而使等值线连续光滑.

全部绘图工作功能强大的二维和三维绘图软件——GRAFTOOL 和美国 Golden 软件公司

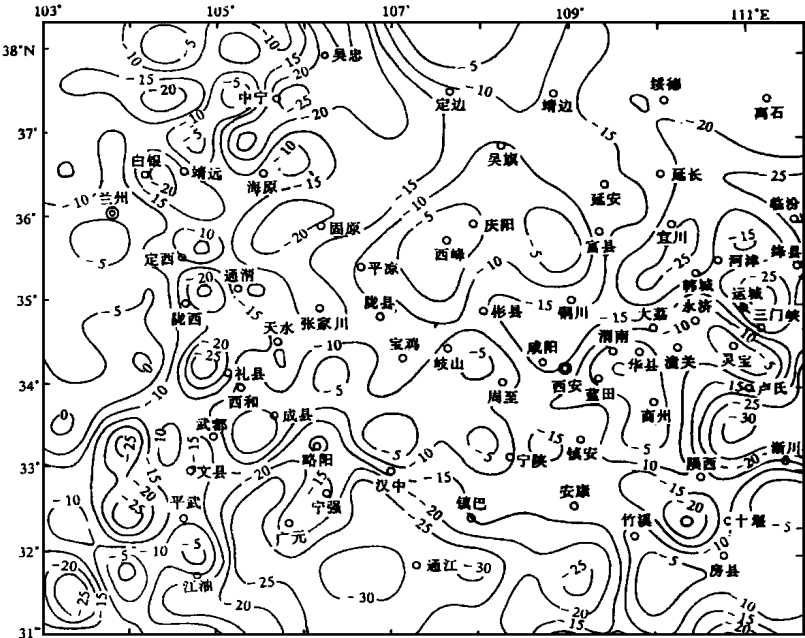


图 3 渭河断陷及邻近地区现代地震平均震源深度的等值线

Fig. 3 Isogram of average focal depths of present earthquakes in and around the Weihe downfaulted basin.

的GRAPHER 和 SURFER 绘图软件绘制完成。

3 震源空间分布规律讨论

图4为研究区主要地震构造以及强震震中分布图^[3], 为了便于分析, 我们作出了研究区震源深度的经向剖面图(图5)和纬向剖面图(图6)。

分析图1~图6可以看出:
(1) 渭河断陷及邻近地区现代地震震中的空间分布是不均匀的, 大多数地震沿活动断裂带分布, 如汾渭地震带、南北地震带等。而鄂尔多斯地块中央及秦岭造山带现代地震活动则相对较弱。总体看来, 研究区内现代地震分布的成带性极其显著, 几个方向的地震带基本勾画出鄂尔多斯地块的东、西、南边界线。各地震密集带上的地震分布也是不均匀的, 在某些特殊的构造部位或区段地震丛集, 如汾渭地震带的临汾周围地区, 南北地震带上的海原、固原地区等。

(2) 该区域内现代地震震源主要集中分布在35 km范围之内, 分布也极不均匀。从震源深度的经向剖面图(图5)可以明显看出, 研究区东部(110°~112°E)地震的震源相对较深一些, 且分布也较为密集; 西部以中、浅源地震为主, 也有一定数量的震源深度在30 km左右的深源地震; 中部107°~110°E范围内地震分布较为稀疏, 主要以浅源地震为主, 震源深度在10 km以内。从震源深度的纬向剖面图(图6)可以明显看出, 地震震源深度有从南向北由浅逐渐变深的趋势, 在33.5°~36.5°N之间尤为明显。

(3) 对比分析震源深度的平均等值线图(图3)和地壳平均速度分布图象(图7)^[2]可以看出, 研究区域内的深源地震主要分布在运城附近、卢氏以南、通江以西, 平均震源深度在30 km

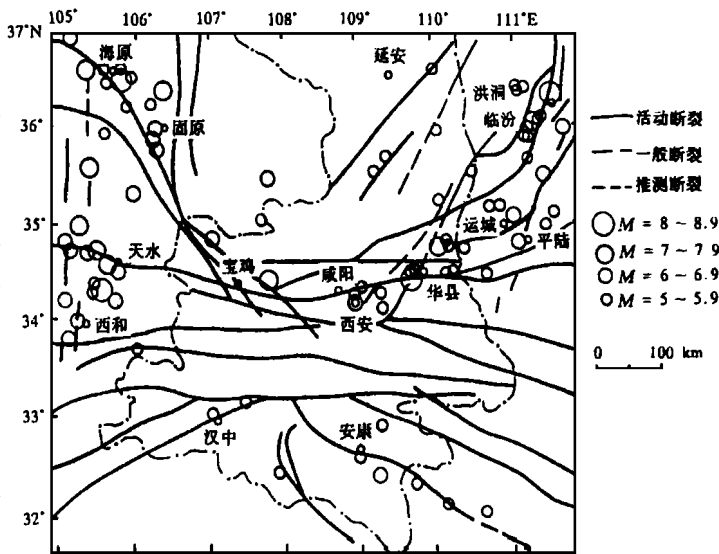


图4 渭河断陷及邻区地质构造以及强震震中分布
Fig. 4 Distribution of geological structures and strong earthquakes in Weihe downfaulted basin and its adjacent areas.

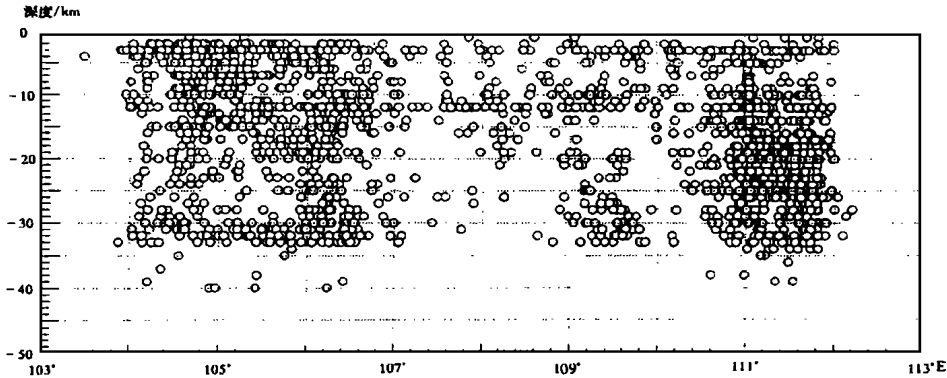


图5 渭河断陷及邻近地区现代地震震源深度的经向剖面
Fig. 5 Longitudinal section of focuses of present earthquakes in and around the Weihe downfaulted basin.

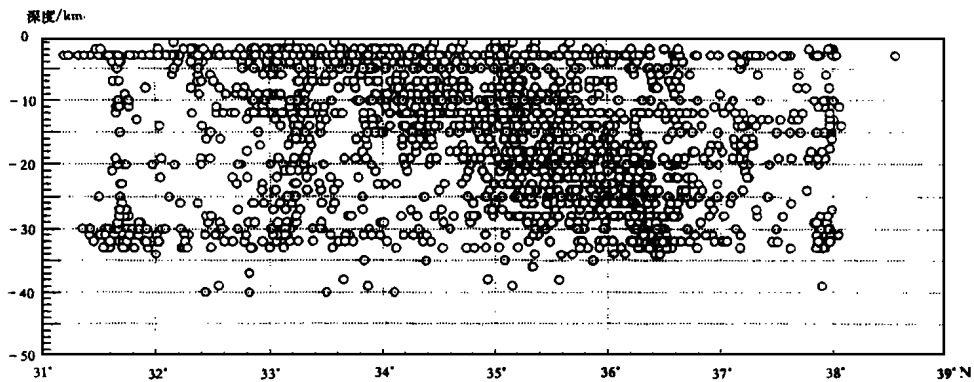


图 6 渭河断陷及邻近地区现代地震震源深度的纬向剖面

Fig. 6 Latitudinal section of focuses of present earthquakes in and around the Weihe downfaulted basin.

以上,而这些地区除运城以外都处于地壳平均速度图象的负异常区内.鄂尔多斯地块中央的彬县以北、富县以西、平凉以东、吴旗以南,西和以东直至周至以西,西安以东直至三门峡以西,平均震源深度均较浅,大多在 10 km 以内,特别是华县大震的老震区,平均震源深度也仅为 5 km,这些地区基本上全位于地壳平均速度图象的正异常区内.反映出现代地震空间分布与地壳速度结构密切相关,而速度结构是地壳深部构造的主要特征与标志.

(4) 南北地震带震源分布以 15 ~ 25 km 深度为主,汾渭地震带山西段的震源深度大多为 15 ~ 30 km,而这 2 个地区又是现代地震较为活跃的地区.研究区内大部分震源深度在 15 km 以内的地区,基本上是现代地震活动相对较弱的地区.

4 结束语

总之,渭河断陷及邻近地区震源空间分布的非均匀性,与各地区地震活动水平有一定的关系,同时与研究区内大地构造的差异性及地壳速度结构的非均匀性密切相关.

本文通过对震源深度的修定,对渭河断陷及其邻近地区现代地震空间分布规律进行了初步探讨,震源深度分布的非均匀性所包含的其它有用信息,尚待进一步的深入研究与探讨.

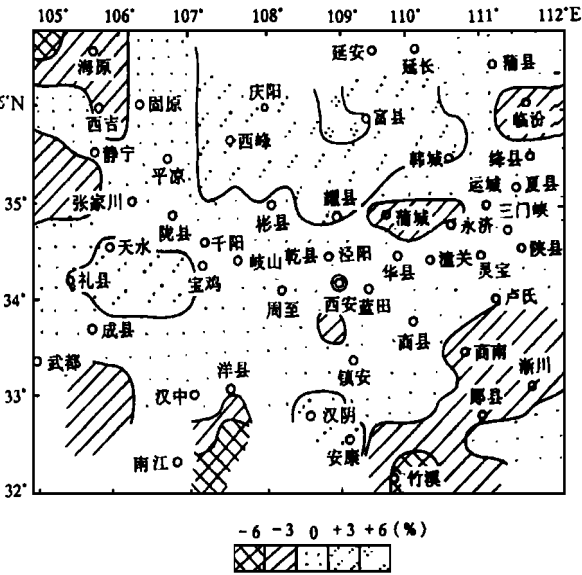


图 7 地壳平均速度分布图象^[2]

Fig. 7 Average seismic wave velocity image of the crust.

参考文献

- 1 侯立臣, 胡长和, 等. 山东省震灾损失预测研究. 北京: 地震出版社, 1993. 30~32.
- 2 吴富春, 米秋霞, 姬建中, 等. 中国及其邻区地震深度的特征和地震预报. 华北地震科学, 1995, 13(3): 21~27.
- 3 姜家兰, 黄长林. 陕西地区地壳厚度初探. 西北地震学报, 1986, 8(1): 43~51.
- 4 丁韞玉, 袁志祥, 黄长林. 渭河断陷及邻近地区地壳速度图象. 见: 陈运泰等主编, 中国固体地球物理学进展. 北京: 海洋出版社, 1994. 55~65.
- 5 袁志祥, 薛广盈, 丁韞玉, 等. 渭河断陷及邻近地区莫霍界面速度图象. 地震地质, 1995, 17(4): 446~452.
- 6 薛广盈, 丁韞玉, 袁志祥. 渭河断陷盆地地壳速度的层析成像研究. 地震学报, 1997, 19(3): 283~290.
- 7 唐国典. 用计算机确定地震参数的一个通用方法. 地震学报, 1979, 1(2): 186~196.
- 8 严尊国, 薛军蓉. 长江三峡地区弱震重新定位. 中国地震, 1987, 3(1): 52~59.
- 9 王彩云. 用搜索法对 1976—1987 年陕西区域弱震定位. 内陆地震, 1993, 7(1): 55~64.
- 10 晓羲. 功能最强的科学图形工具用户指南 GRAFTOOL3.0—3.3 版. 北京: 学苑出版社, 1994.

DISCUSSION ON THE REGULARITY OF SPATIAL DISTRIBUTION OF EARTHQUAKE SOURCES IN AND AROUND THE WEIHE DOWNFAULTED BASIN

YUAN Zhixiang DI Xiuling DING Yunyu

(*Seismological Bureau Institute of Shaanxi Province, Xi'an 710068*)

Abstract

The 2 051 earthquakes are relocated and their focal depths are determined by using Powell scanning method and time difference of P and S wave from earthquake data observed from 1984 to 1993 at 79 local seismic stations in the zone of $103^{\circ} \sim 113^{\circ}\text{E}$, $31^{\circ} \sim 39^{\circ}\text{N}$ in Shaanxi, Shanxi, Henan, Hubei, Gansu and Ningxia provinces. The maps of distribution of present earthquake epicenters, spatial distribution of present earthquake sources, isogram distribution of average focal depths and longitudinal and latitudinal sections of focal depths of present earthquakes in and around the Weihe downfaulted basin are drawn. On the basis of above-mentioned works the regularity of spatial distribution of earthquake sources are studied. The results show that the non-uniform spatial distribution of earthquake sources in and around the Weihe downfaulted basin basically reflects the differences of seismicity level of the region and closely related to the difference of geotectonics and heterogeneity of crustal velocity structure of the region.

Key words Shaanxi, Weihe graben system, Focal depth, Seismic location, Powell scanning method