

云南地区中小震分布的活动构造意义^{*}

杨润海, 王 彬, 庞卫东, 郑定昌

(云南省地震局, 云南 昆明 650224)

摘要: 利用2000年1月至2010年11年间云南地震台网有定位结果的19 737个中小地震和从公元前20年至2009年11月共567次破坏地震震中, 探讨云南地区地震空间分布与构造活动的关系, 结果表明: 地震震中密集分布地带是现今活动构造主要位置, 地震震中的空间分布具有明显的活动构造意义。

关键词: 云南地区; 中小地震; 空间分布; 活动构造

中图分类号: P315.2

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2014)04-0603-04

0 引言

地质体内部的节理和原生结构(如不整合面, 层间软弱面/层等)等软弱面, 尤其是地质体内部和边界的断裂等大尺度的软弱面, 在地质作用力下, 容易产生应力集中, 达到破裂强度后发生破裂, 释放弹性波, 不同的破裂量级释放不同的能量, 成为震级大小不同的地震。地震活动与活动构造密切相关, 包含了丰富的构造信息。震源(震中)资料成为研究地壳断裂、隐伏活动构造、板块俯冲带和火山区构造等的重要手段(Waldhauser, Ellsworth, 2000; Shaw, Shearer, 1999; Cassidy, Waldhauser, 2003; Wolfe *et al.*, 2003), 且地震的震源位置具有显著的构造意义。

近十多年, 震源定位的最常用方法是双差定位法(Waldhauser, Ellsworth, 2000), 双差定位法反演的是一组丛集的地震中的每个地震相对于该丛集的矩心的相对位置, 即使丛集地震的空间跨度很大也适用, 像其他相对定位方法一样能有效地减小由于对地壳结构了解不够精细而引起的误差。

朱艾斓等(2005)使用双差定位法对1992~2002年川西地区13 367个小震进行重新定位, 分析了地震活动性与地表活动构造的关系及其揭示的构造信息, 结果显示地震活动沿活动断裂成线(带)状分布现象非常突出, 呈现出与地表活动构造的密切关系, 同时他分析了不同构造类型的地

震分布特征, 并以高温高压实验结果为基础, 通过计算川西地区地壳强度, 说明缺震层的出现具有地壳物质塑性变形基础。

徐彦等(2005)用双差定位法, 对云南区域数字地震遥测台网记录的1999~2003年云南地区 $M_L \geq 1.0$ 地震进行重新定位, 得到3 000多个地震的精确定位结果。重定位结果显示, 在 100°E 和 103°E 线附近存在两个震源深度较深的区域, 最深达50 km, 刚好对应金沙江—红河断裂带的北段和小江断裂带。同时, 姚安、大姚地震序列的重定位结果也说明双差定位法是一种比较好的地震定位方法。

虎雄林等(2006)用双差定位方法对1999~2003年发生在云南红河断裂带上的中小地震进行了重新定位, 并分析了精确定位结果与地质构造的关系, 结果显示红河断裂带上重定位前、后的震中分布变化不大, 只是重定位后震中分布略向两端集中, 北段地震多于南段。

从理论上讲, 双差定位法对丛集事件如地震序列的定位结果具有较高的精度, 但在云南地区这样一个大尺度的地理区域, 必须分区域、分序列进行定位, 工作量巨大。虽然常规地震定位的精度不高, 会将构造的精细信息模糊, 限制了地震资料在地震活动性、活动构造等方面的应用, 但中小地震在地震活跃区经常发生, 在构造指示方面, 如果取一长时段的地震活动记录, 还是有一定意义的。随着测震台网台站加密, 震源定位精度得到了提高。

^{*} 收稿日期: 2013-11-15.

基金项目: 云南省政府十项措施“云南强震活动与板缘动力学机制研究”(JCYB-20080601-4)和“地球物理场和化学场动态变化与强震活动关系研究”(JCYB-20080601-7)联合资助。

因此,本文通过一段时间尺度的中小地震和破坏性地震的空间分布特征来研究和探讨地震空间分布的活动构造意义,以期对测震台网定位结果的进一步应用作尝试。

1 资料选取与处理

选用2000年1月至2010年11年间云南地区有定位结果的19 737个中小地震,最大震级6.6,最小震级0;破坏性地震目录($M \geq 5.0$)选自《云南地震活动性》(皇甫岗等,2010),从公元前26年至2009年11月,共有破坏性地震567次,最大震级8.0,最小震级5.0级。将地震震中(震源)与云南主要断裂构造投影在同一张图上,探讨云南地区中小地震空间分布与活动构造的关系。

2 地震空间分布与活动构造关系

2.1 破坏性地震与活动构造关系

许多研究表明,中强地震尤其是 $M \geq 6$ 地震,往往具有明显的发震构造,与断裂关系密切。图1为公元前26年至公元2009年 $M \geq 5$ 地震震中分布图。从图1看出, $M \geq 5$ 破坏性地震与活动断裂有一定关系,在红河断裂以东,主要破坏性地震与川滇菱形块体边界断裂有关,菱形块体内部尤其在楚雄中生代盆地内也有不少破坏性地震发生,总体而言破坏性地震主要发生在菱形块体边界及其东南端内。但在红河断裂中段,几乎没有破坏性地震发生。在红河断裂以西,破坏性地震与活动断裂关系密切,多沿活动断裂分布,但南汀河断裂几乎没有破坏性地震发生。在无量山断裂与澜沧江断裂夹持块体内部,有较多破坏性地震发生。

历史地震的震中精度较差,因此从中选取1970~2009年间212次 $M \geq 5$ 破坏性地震(图2),从图2中可以看出与图1类似的结果,但地震与断裂的关系更清晰,破坏性地震多沿断裂分布,尤其分布在不同方向的断裂交汇区附近。

2.2 中小地震与活动构造关系

图3是2000年1月~2010年12月云南及其邻区中小地震震中图,最大震级6.6级。从图3可以看出,地震分布特征与图1类似,川滇菱形块体内部地震密集分布。十分明显的是从瑞丽到芒市、

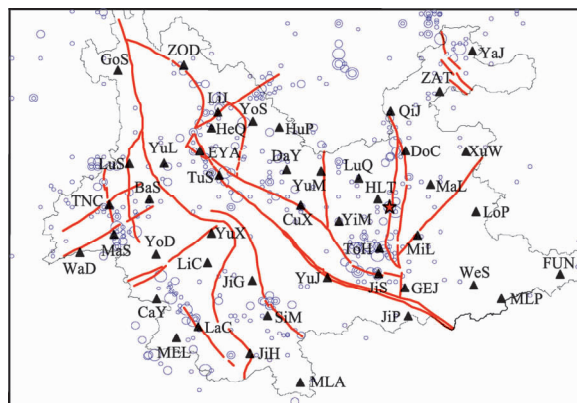


图1 公元前26年至2009年云南地区
567次 $M \geq 5.0$ 破坏性地震震中

Fig. 1 Epicenter distribution of 567 $M \geq 5.0$ destructive earthquakes in Yunnan area from 26 BC to 2009

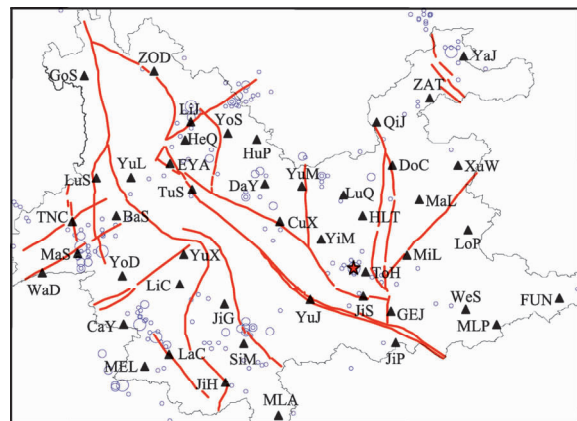


图2 1970~2009年云南地区
212次 $M \geq 5.0$ 破坏性地震震中

Fig. 2 Epicenter distribution of 212 $M \geq 5.0$ destructive earthquakes in Yunnan area from 1970 to 2009

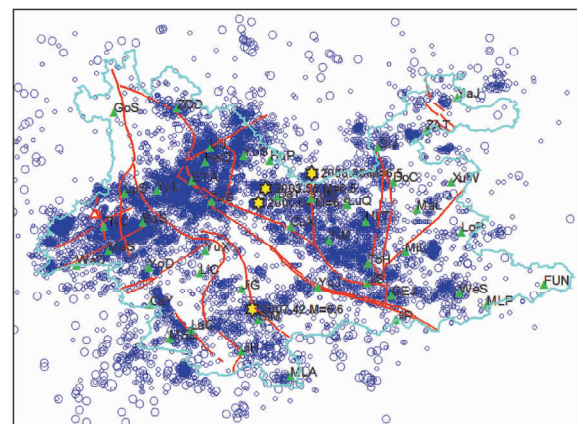


图3 2000~2010年云南及邻区
19 737次中小地震震中分布

Fig. 3 Epicenter distribution of 19 737 moderate and small earthquakes in Yunnan area from 2000 to 2010

龙陵、腾冲、保山、大理、剑川、丽江，一直往东北方向，有一较宽的密集地震分布带，这一带断裂格局也比较复杂，北东向、北西向和近南北向断裂交错。

从耿马到澜沧一带，有一较窄的北西走向的密集地震分布带，线性结构十分明显，在其东北一侧，地震很少，这是一条新生的断裂带（皇甫岗等，2010）。从小震震中分布看，这条断裂是现代活跃较明显的构造带，1988 年澜沧—耿马地震就发生在此断裂带上。

从孟连到澜沧、宁洱一直延伸到元江以北，有一密集分布的北东走向中小地震分布带，前人对此一带研究结果表明有断续的北东走向的活动断裂存在，但从地震分布看，这可能是正在贯通活动的断裂构造。

在南汀河断裂、红河断裂、澜沧—耿马断裂和孟连—元江条带所围限的区域内，地震整体分布较少，只是在这一区域内由澜沧江断裂和无量山断裂夹持的块体地震相对较多。

2.3 中小地震的震源深度特征

图 4 是中小地震的震中和震源深度分布图，且用不同颜色表示不同的震源深度，从图 4 可看出，云南地区绝大多数地震震源深度在 20 km 以内，通常称为多震层。在澜沧—耿马断裂带北东一侧震源深度较浅及地震少，其南西侧震源深度较深，

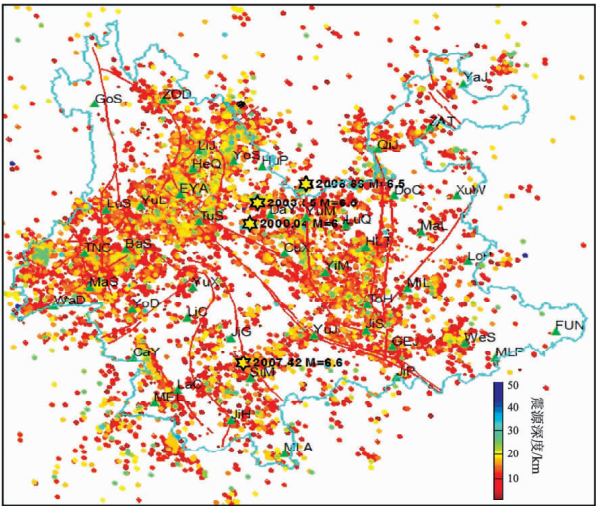


图 4 2000~2010 年云南及邻区
19 737 次中小地震震中及震源深度分布
Fig. 4 Epicenter and focal depth distribution of
19 737 earthquakes in Yunnan and its adjacent
area from 2000 to 2010

地震密集分布，提示断裂带倾向南西（图 5），与楚雄—建水断裂带正好相反（图 6）。而南北向的小江断裂带南段，东支以东地震分布较少，往西震源深度加深（图 7），提示小江断裂带总体向西倾，这与地震测深结果是一致的。

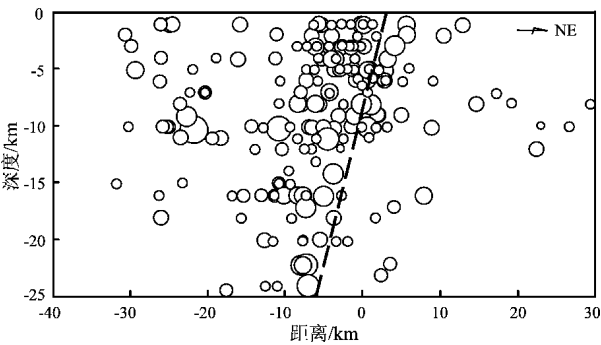


图 5 澜沧—耿马断裂两侧地震震源深度分布
Fig. 5 Focal depth distribution of earthquakes in the
two sides of Lancang-Gengma Fault

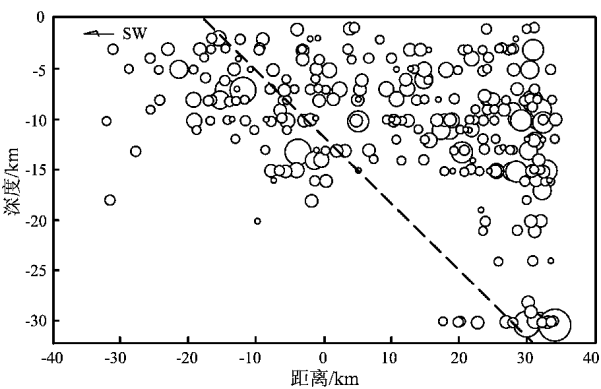


图 6 楚雄—建水断裂两侧地震震源深度分布
Fig. 6 Focal depth distribution of earthquakes in the
two sides of Chuxiong-Jianshui Fault

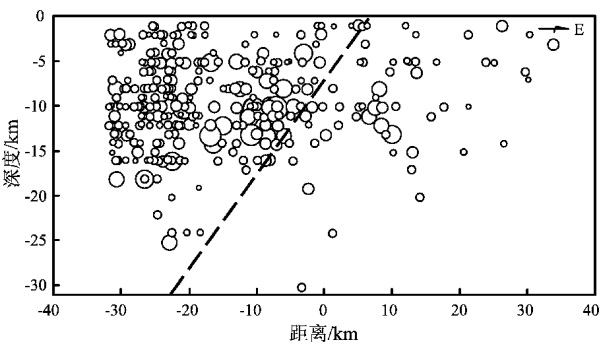


图 7 小江断裂带两侧地震震源深度分布
Fig. 7 Focal depth distribution of earthquakes in the
two sides of Xiaojiang Fault

3 结论与讨论

从材料力学的观点来看,当应力达到一定强度时,在结构软弱部位容易形成应力集中,发生破裂,释放弹性波,小的软弱部位在应力作用下不断发展,发生较大的结构软弱带,形成较大的破裂,释放更大能量的弹性波。地壳介质也具有类似特征,在地质应力作用下,地壳介质内的软弱面容易形成应力集中,从而发生不同强度的失稳,释放弹性波,这就是不同强度的地震。活动构造是地壳内较明显的软弱结构,容易形成地应力集中,相对容易形成失稳,所以不同大小地震震中的空间分布,能较好反映活动构造的空间位置。尤其在云南西部水系切割比较明显的地方,地貌特征明显受水系控制,而与原生构造关系不明显,地震空间分布更好地反映了活动构造的空间关系。

与中强地震相比,云南地区中小地震数量多,更具有统计规律,在研究活动构造时,中小地震也具有强烈的构造意义;虽然没有进行精定位,但中小地震震中及震源信息提供了丰富的活动构造细节,如果能分区域进行精定位,那么较小区域地震的空间分布信息能反映更详细活动构造特征。

测震台网的定位数据,虽然精度相对较差,但随着台站的增加,定位精度提高,在大区域小比例尺图件下,不失为研究区域地震构造活动的良好资料。

参考文献:

- 虎雄林,张建国,李朝才,等. 2006. 云南红河断裂带中小地震重定位及其与地质构造的关系[J]. 地震研究, 29(4): 349-354.
- 皇甫岗,陈颢,秦嘉政,等. 2010. 云南地震活动性研究[M]. 昆明: 云南科技出版社.
- 徐彦,杨晶琼,苏有锦,等. 2005. 云南地区地震精确定位及其构造意义分析[J]. 地震研究, 28(4): 340-344.
- 朱艾澜,徐锡伟,周永胜,等. 2005. 川西地区小震重新定位及其活动构造意义[J]. 地球物理学报, 48(3): 629-636.
- Cassidy J. F., Waldhauser F.. 2003. Evidence for both crustal and mantle earthquakes in the subducting Juan de Fuca plate[J]. J. Geophys. Res., 30(2): 671-674.
- Shaw J. H., Shearer P. M.. 1999. An elusive blind-thrust fault beneath Metropolitan Los Angeles[J]. Science, 283(5407): 1516-1518.
- Waldhauser F., Ellsworth W.. 2000. A double-difference Earthquake Location Algorithm: Method and Application to the Northern Hayward Fault, California[J]. Bull. Seism. Soc. Am., 90(6): 1353-1368.
- Wolfe C. J., Okubo P. G., Shearer P. M.. 2003. Mantle Fault Zone Beneath Kilauea Volcano, Hawaii [J]. Science, 300(5618): 478-480.

Activity Tectonic Significance of Spatial Distribution of Small and Moderate Earthquakes in Yunnan Area

YANG Run-hai, WANG Bin, PANG Wei-dong, ZHENG Ding-chang

(Earthquake Administration of Yunnan Province, Kunming 650024, Yunnan, China)

Abstract

Basing on 19 737 small and moderate earthquakes with the location results which was recorded by Yunnan Seismic Network (YEN) from Jun., 2000 to Nov., 2010, and the epicenter of 567 destructive earthquakes from 20 BC to Nov., 2009, we discussed the relationship between spatial distribution of these earthquakes and the tectonic activity in Yunnan. The result shows that the concentrate distribution belt of the epicenter is the most important area in current active tectonic, therefore the spatial distribution of epicenters has the obvious tectonic significance.

Key words: Yunnan area; small and moderate earthquake; spatial distribution; active tectonic