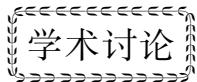


文章编号: 0253-3782(2005)06-0691-05



钻地炸弹爆炸诱发了地震?*

Serguei Yu. Balassanian

(Armenian Association of Seismology and Physics of the Earth (AASPE) 41
Orbeli Str. Yerevan, 375028, Republic of Armenia)

摘要 提供 4 次钻地炸弹爆炸前、后各一年内离爆点分别为 500 km 和 1 000 km 范围内发生的 $M \geq 5$ 地震的活动情况。4 次爆炸分别为 1999 年南斯拉夫科索沃的爆炸、1991 年伊拉克巴格达的爆炸、2001 年阿富汗托拉波拉的爆炸和 2003 年伊拉克基尔库克的爆炸。地震活动资料表明钻地炸弹爆炸可能触发了一些远处的地震。在地震活动区应该禁止进行钻地炸弹爆炸。

关键词 诱发地震 爆炸 触发地震

中图分类号: P315 **文献标识码:** A

引言

诱发地震问题是现代地震学广为研究的课题之一。这一课题中还有许多问题仍然存在着争论, 例如, 使岩石层受到强烈冲击作用的地震或地下核爆炸是否能触发远处的其它地震? 诸如此类问题还需要进一步研究(Console, Nikolaev, 1994)。

本文研究一些地区的地震的远程触发问题, 所依据的资料是 1999—2003 年期间在距钻地炸弹爆炸 500 km 和 1 000 km 范围内, 在爆炸前和爆炸后发生的 $M \geq 5.0$ 的地震(根据 NEIC 资料)。

1 观测资料

图 1~4 分别给出了 4 次爆炸前后地震的时空分布, 每幅图给出了在距爆点 500 km 和 1 000 km 范围内, 在爆炸前一年和后一年内发生的 $M \geq 5.0$ 的地震(图 3 是 $M \geq 5.5$)。这 4 次爆炸分别是 1999 年南斯拉夫科索沃的爆炸、1991 年伊拉克巴格达的爆炸、2001 年阿富汗托拉波拉的爆炸和 2003 年伊拉克基尔库克的爆炸。

由图 1 可见, 1999 年科索沃爆炸后一年内, 在离爆点 500 km 和 1 000 km 范围内发生的地震似乎比爆炸前一年的地震增加了一倍。对于这次爆炸, 另一值得注意的事是就在

* 这是作者的最后一篇论文——在亚洲地震委员会第五次大会(Yerevan Armenia)之后, 作者因车祸不幸遇难。本刊特发表此文以表示对 Serguei Yu. Balassanian 教授不幸逝世的深切悼念。

原稿系英文, 由许忠淮译为中文。

2004-10-10 收到初稿, 2005-04-01 决定采用。

爆炸一个月后开始频繁发生地震。

从图2的结果看，1991年伊拉克巴格达爆炸后地震活动没有明显增加的迹象，爆炸后只在500 km范围内发生一次 $M \geq 5.5$ 的地震。

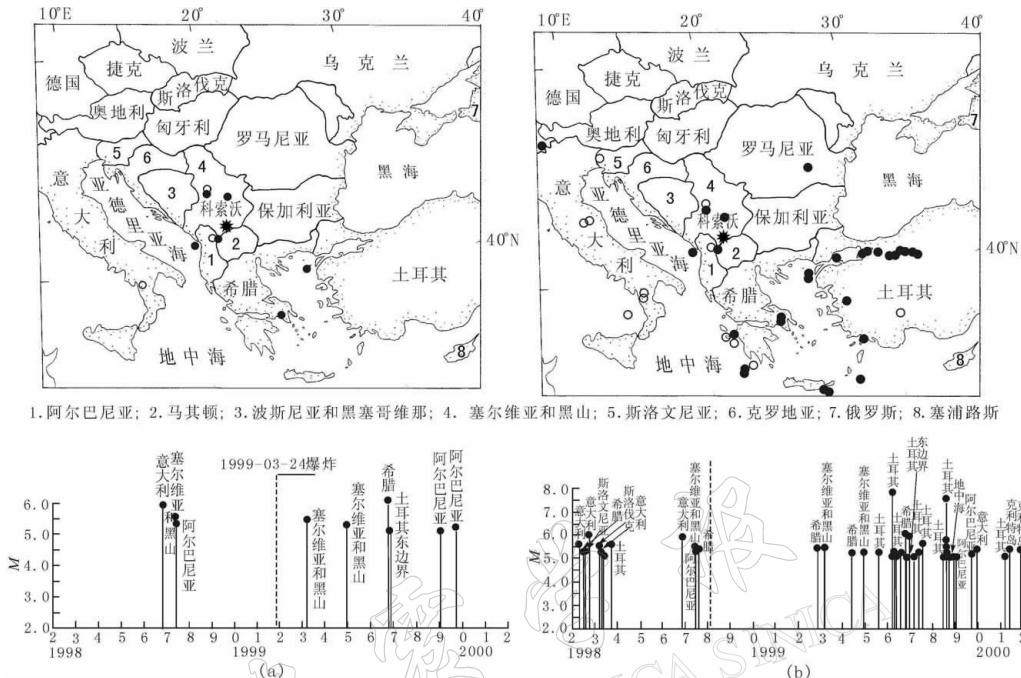


图1 1999年南斯拉夫科索沃爆炸前(○)、后(●)距爆炸点500 km(a)和1 000 km(b)
范围内的 $M \geq 5.0$ 地震分布示意图(上图). 下图为相应的震级-时间关系(M - t)图

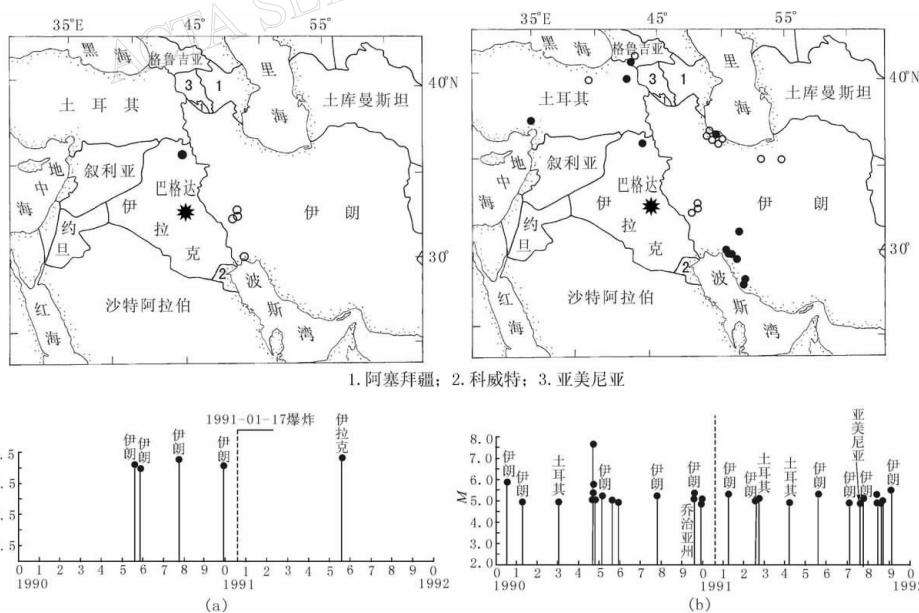


图2 1991年伊拉克巴格达爆炸前(○)、后(●)距爆炸点500 km(a)和1 000 km(b)
范围内的 $M \geq 5.0$ 地震分布示意图(上图). 下图为相应的 M - t 图

图3表明,2001年阿富汗托拉波拉爆炸前一年在其周围500 km和1 000 km范围内只发生过2次 $M \geq 5.5$ 地震。而在爆炸后同一时期内, $M \geq 5.5$ 地震在500 km范围内发生了9次,在1 000 km范围内发生了10次。

图4给出了2003年伊拉克基尔库克爆炸前后的地震。根据已有资料,未见爆炸后地震

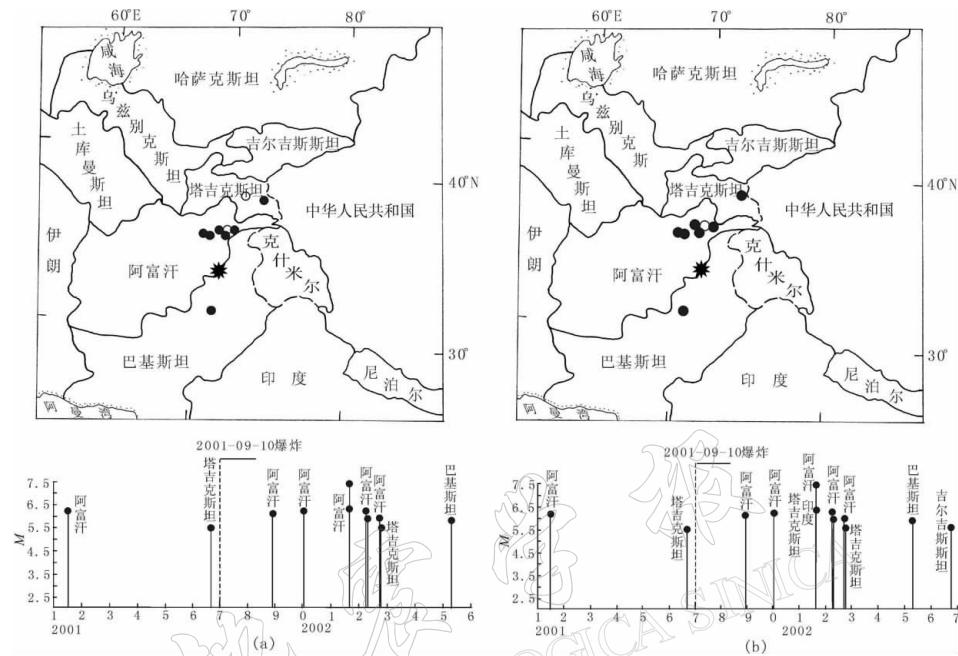


图3 2001年阿富汗托拉波拉爆炸前(○)、后(●)距爆炸点500 km(a)和1 000 km(b)范围内的 $M \geq 5.5$ 地震分布示意图(上图). 下图为相应的M-t图

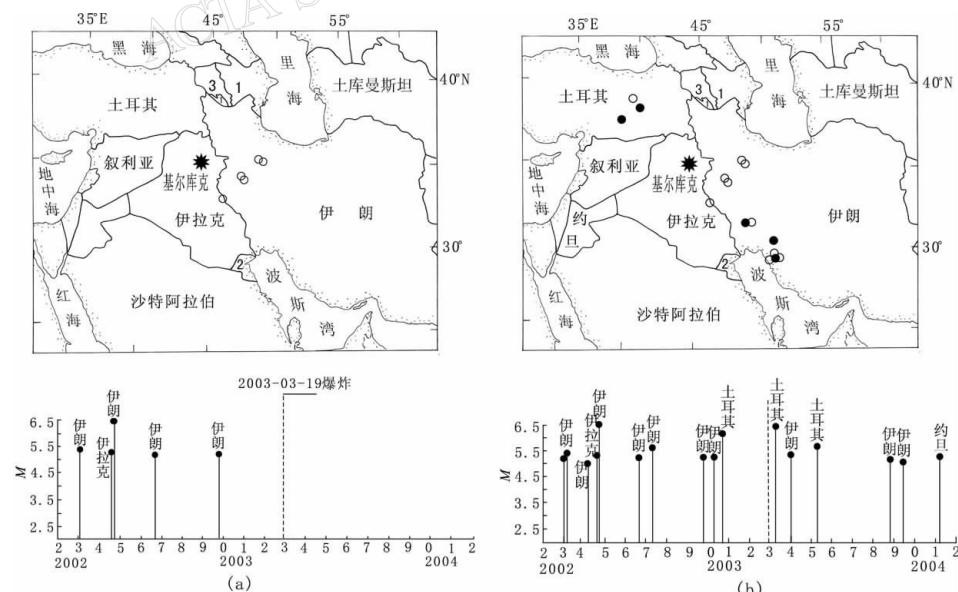


图4 2003年伊拉克基尔库克爆炸前(○)、后(●)距爆炸点500 km(a)和1 000 km(b)范围内的 $M \geq 5.0$ 地震分布示意图(上图). 下图为相应的M-t图

活动有所增加。但有一个突出的事件是，就在爆炸后几天，在土耳其发生了一次 $M_{6.4}$ 的破坏性强震，地震与爆点的距离在 1 000 km 以内。

2 讨论

也许有人会问，所观测到的钻地炸弹爆炸前后地震活动的变化是否只是一种随机现象？爆炸是否能远程触发地震？

阿富汗托拉波拉爆炸后，在一半径为 500 km 的局部地区在如此短的时间（半年）内发生了 9 次 $M \geq 5.5$ 的地震（图 3），这恐怕很难是一种巧合。考虑到在如此小的区域内和如此短的时间内 $M \geq 5.5$ 地震的频度发生了急剧增加，这不但在阿富汗的地震活动史上是绝无仅有的，在世界其它地震活跃区也是少见的，因而这一事件是随机发生的观点令人难以接受。

对于地下核爆炸和大型工业爆破，在爆点附近会发生构造应力释放，这是人们熟知的实事。考虑到钻地炸弹爆炸可能会引起岩石层内应力的永久变化，这种变化甚至可与万吨级的地下核爆炸引起的应力变化相比拟，我认为在本文所述的爆炸附近也有可能出现同样的构造应力释放效应。在结构很不均匀的地区，爆炸可能会引起岩体运动、断层滑动、或岩层块体间的相互作用，以致在某些特定地区会产生库仑应力变化。

除了静态库仑应力变化外，大地震辐射的地震波产生的动态应力变化也可能触发其它地震。与一般弹性应力变化的作用不同，动应力变化本身并不显著提高断层带上的应力水平，而是引起另一次级过程，导致岩体内孔隙压力增加。

在有小型块体构造的地区，爆炸引起的块体边界上的应力变化可能会比其它地方的应力变化更大，这将更加有利于触发地震。

3 结语

2001 年阿富汗爆炸（图 3）以后，2003 年 3 月发生了下一次的伊拉克的爆炸。伊拉克爆炸刚发生不久，2003 年 4 月 1 日我受到亚美尼亚记者的采访，问及爆炸可能会产生什么后果。我当时表示了自己的担忧，指出如果在伊拉克爆炸后，在距爆点 500~1 000 km 范围内地震活动也会像阿富汗爆炸后那样发生急剧增加的话，由于诱发地震活动概率的提高，地震危险性将会增加。我的这一担忧被发表在亚美尼亚的报纸上（见 2003 年 4 月 2 日第 36 期的“Golos Armenii”，2003 年 4 月 2 日第 62 期的“Azg”），并在 2003 年 4 月 1 日的亚美尼亚电视节目中作了报道。

2003 年 5 月 1 日的记者招待会后一个月，在伊拉克爆炸的西北方向距爆炸地点基尔库克市 600 km 处发生了 $M_{6.4}$ 的土耳其地震，这次造成重大灾害的地震几乎与阿富汗爆炸后的强地震一样，发生在相同距离（500 km）上和相近的时间间隔（1—3 个月）内。

根据本文的资料以及上述发生的事情，我建议地震学家应进一步研究钻地炸弹爆炸诱发的地震活动变化，因为钻地炸弹爆炸可能会成为地震活动区强烈地震的触发因素。

我认为，应将这里的讨论反映到政界去，建议有关当局要像禁止地下核试验一样禁止在地震活动区实施钻地炸弹爆炸。因为这类爆炸可能会在爆点附近及相当远的范围内，提高发生破坏性地震的概率。不过，要下最后的结论，还有待进一步地研究，以为此提供更多的、更为可靠的证据。在目前阶段，我只是提出这一科学问题。

参 考 文 献

Console R, Nikolaev A. 1994. *Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Inducing of Earthquakes by Underground Nuclear Explosions: Environmental and Ecological Problems*[C]. Moscow, Russia, November 9-12, 1994. NATO ASI Series, 2. Environment, Vol. 4.

EARTHQUAKES INDUCED BY DEEP PENETRATING BOMBING?

Serguei Yu. Balassanian

(Armenian Association of Seismology and Physics of the Earth (AASPE) 41
Orbeli Str. Yerevan, 375028, Republic of Armenia)

Abstract: The data of $M \geq 5$ earthquakes occurred in one year before and after 4 deep penetrating bombs in the region within 500 km and 1 000 km from the shooting site are presented. The 4 bombs are the 1999 Kosovo, Yugoslavia, the 1991 Baghdad, Iraq, the 2001 Tora Bora, Afghanistan, and the 2003 Kirkuk, Iraq, bomb, respectively. The data indicate that the deep penetrating bombs may have remotely triggered some earthquakes. The deep penetrating bombs in seismically active regions should be forbidden.

Key words: induced earthquake; bombing; triggered earthquake