

广东芝麻洲大爆破的地质地貌 条件与震害预测*

刘尚仁 刘美南

(中山大学地理学系)

陈国能 李 强

(中山大学地质学系)

摘 要 地处莲花山深断裂带地段的芝麻洲,数万年来断块活动不明显。芝麻洲大爆破没有出现爆震烈度异常,证明该断裂系统的地应力积累距离临界状态尚远。^[1]与现代海面对应的大亚湾海蚀平台普遍宽20m或更多,是在晚更新世以来形成的,显示构造较稳定。可以把中国爆破安全规程公式与爆破震害调查相结合,来定量预测爆震烈度。芝麻洲大爆破的震害预测方法和结果,经爆后核查基本正确。

关键词 芝麻洲大爆破,海蚀平台,爆震烈度

芝麻洲是大亚湾西北澳头镇的近岸岩岛。为在澳头港建深水码头和油气库,1991年1月27日,芝麻洲进行了一次总炸药量3300t的微差爆破。它是继我国白银厂、攀枝花矿等万吨级爆破之后规模第三的大爆破,是我国港湾建设史上最大的一次爆破。进行爆破影响预测评价在国内尚属初次,因此,认真总结经验,进一步提高大爆破震害的预测水平是必要的。

1 芝麻洲爆震区的地质地貌条件

1.1 地 质

不同岩性的地震波速不同。芝麻洲附近的地层岩性有:中更新统至全新统的冲、洪、海积卵砾石、砂和粘性土,一般厚几米至10余米;白垩系红层,其中下白垩统上层为坚硬的流纹斑岩,是芝麻洲地段的岩石;中上侏罗统多为火山熔岩和凝灰岩;泥盆、奥陶、寒武系为碎屑岩。还有燕山期花岗岩。

地层和断裂带的走向常是爆破等震线的长轴方向。本区地层走向NEE为主,在澳头附近局部呈NW向。芝麻洲位于莲花山深断裂南北两断裂带之间的次级断裂系统中。该断裂系统的NEE向断裂有莲花山北主干断裂、葵涌断裂、背岗断裂。背岗断裂从哑铃湾湾头的背岗村入哑铃湾,可能通过芝麻洲和金门塘村的西侧再进入大亚湾,是荃湾半岛伸延方向由SE转向NEE,并出现NEE向岛列的因素。该断裂造成这次爆破等震线

本文1992年3月31日收到

* 参加大爆破核查的人员还有黄克中,叶锦昭,林英杰,甘雨鸣,陈俊合和钟恩清

长轴呈NEE向,与金门塘村爆心距相当的荃湾村,其爆震烈度比金门塘低一度,显示背岗断裂的减震作用;该断裂系统的NW向断裂有大鹏断裂和澳头断裂,澳头断裂可能被背岗断裂截断而对芝麻洲爆破无影响。

1.2 地貌

芝麻洲东西长900m,南北宽340m,高程95.5m,北距荃湾半岛500m。荃湾半岛和各列岛多属火山岩丘陵。芝麻洲爆破的等震线呈NEE向,与该位置的荃湾半岛及各列岛的走向一致。

减弱震害的地貌因素为:①芝麻洲附近主要是由各类岩石组成的山丘,堆积平原面积很小,有利抗震。岩石地面和岩石地基地震时不易变形;②芝麻洲四面临海,宽阔的海区和山丘中沟谷纵横地形对减震有利。最靠近芝麻洲的金门塘和荃湾村高程比芝麻洲爆源高程5~50m略低,也利于减震。

加重震害的地貌因素有:①村落房屋建在冲积、海积和人工堆积平原上,较厚的淤泥和新填土地基抗震性能差;②建在海蚀平台和海积平原上的金门塘村地面高程2m多,容易受爆震后雍浪的袭击。荃湾半岛东端的鞍部地形,使那里的砖木平房被震后高10m的雍浪冲平。

1.3 区域稳定性分析

没有发现第四系被断裂错断。该区的中、晚更新统和全新统没有被错断,发育的河流阶地与大区域较一致。莲花山断裂带经过的淡水镇河谷,发育两级河流阶地:第一级阶地与高河漫滩类高,高度6~9m,高程约20m,上部由红黄花斑色冲积粘土组成,下部为砾石层。据上游汤坑的阶地沉积物 ^{14}C 年龄为 $13800 \pm 760 \sim 21900 \pm 350$ 年^[1]。这级阶地能被大洪水淹没,属半埋藏阶地^[2],在东江惠州、龙川,西枝江马安、平潭、惠东,增江棠村可见,广东省分布普遍。第二级属基座阶地,高程26~35m,高度15~20m,基座为下白垩统红层,上覆几米中更新统的红黄色粘性土及红土卵砾石,在淡水至秋长的公路收费站一带大面积分布。

大亚湾的海蚀平台普遍宽20m或更多,并与现代海平面相对应。霞涌新港的海蚀平台长60m,伸向海宽230m,宝塔岛附近有 $60 \times 210\text{m}^2$ 面积的平顶礁,核电站最大一处平顶礁 $205 \times 260\text{m}^2$ 。要在坚硬岩石中形成如此宽的海蚀平台和平顶礁,即使20m宽也不可能在玉木冰期后的几千年来浪蚀形成。如果吴尚时发现的广州七星岗海蚀平台是在距今约2000~8000年形成的,即用6000年时间使海蚀崖后退6m,平均浪蚀速度 1mm/a 。七星岗属上白垩统红层砂砾岩,其强度常为其它基岩的 $1/2 \sim 2/3$,较易受侵蚀。因此,由花岗岩、火山岩等坚硬岩石组成的海蚀崖后退速度将小于 1mm/a 。这个速度与山区基岩河床下蚀速度以及瀑布裂点后移速度有接近的数量级。既然塑造20m宽的海蚀平台需要2万年以上的的时间,也就是说当今许多海蚀平台主要是在晚更新世形成的,显示数万年来本区构造较稳定。由于这些海蚀平台与现代海平面相适应,可能反映更新世晚期累计相当长时间曾有接近现在的海平面。

大亚湾西侧的断裂岩和石英脉3个样品热释光年龄¹⁾为 $12.06 \pm 0.90 \sim 67.45 \pm$

1)中山大学地质系。深圳市大鹏澳水库库区陆上地质勘察和地形测量报告,1990,9

4.80万年。显示这些断裂自晚更世以来没有活动。

芝麻洲大爆破是对本区域稳定性的一次测试, 结果没有出现爆震烈度异常, 反映该岛附近的地应力积累距离临界状态尚远, 断裂活动性弱。该断裂系统对横穿的地震波起到减震作用。

2 芝麻洲爆破诱发天然有害地震的可能性

考虑以下事实: ①国内外多次万吨级的爆炸罕见有引起天然有害地震的报导; ②前苏联贝巴扎爆破^[3](最大一段药量1225t)在活动断裂上进行, 没有发生天然有害地震; ③前人研究认为, 近一万年来本区断裂属不活动断裂²⁾; ④芝麻洲附近的澳头断裂属拉张性断裂, 地应力不易积累; ⑤1990年芝麻洲旁的狗虱洲爆破也没有诱发出天然有害地震。可以认为本区域的稳定性较好, 芝麻洲爆破不会诱发出天然有害地震, 即爆破时不会出现明显大于按规程计算的爆震烈度值。芝麻洲爆后核查, 证实以上分析正确。

3 芝麻洲爆破地震烈度的预测方法

下面按实施的微差爆破总炸药量3300t, 最大一段药量270t来进行预测计算。

3.1 计算公式选择

将爆震烈度和地面震速的关系^[4]与建筑物安全距离的计算联系起来, 从而借用有关爆震计算公式来定量确定其爆震烈度, 比由地震震级计算其烈度的方法更符合实际些。因为一般爆震不同于天然地震, 爆破震源在地表附近, 振幅小, 衰减快, 地震持续时间短, 振动频率较高。计算爆震建筑物安全距离的公式见表1。我们选用较安全的中国爆破安全规程公式来计算, 令爆破时地面震速1cm/s的弧线作为爆震烈度V度线, 这时土坯房、毛石砌房可能损坏, 与天然地震烈度V度时相似; 令地面震速2cm/s线作为爆震烈度VI度线, 这时普通砖房、非抗震的大型砌块建筑物可能损坏, 与天然地震VI度时接近; 令地面震速5cm/s线作为爆震烈度VII度线, 该震速可以造成某些钢筋混凝土框架结构的房屋损坏, 与天然地震VII度相当。据此预测芝麻洲的爆震烈度。

3.2 K、 α 参数的确定

按照下面方法来确定该规程公式中的K、 α 值: ①实测震速法。利用芝麻洲大爆破前的爆震六组数据, 用最小二乘法计算(表2); ②震害调查法。调查狗虱洲大爆破的房屋损坏和震感情况。根据震害判定其地震烈度和地面震速, 有两点的相关地面震速和爆心距, 就可由规程公式反求出K、 α 值(表3); ③查规程参数法(见表1说明)。由以上5组K、 α 值可绘出5条V-R曲线, 在这五条曲线围限的区间内决定出两条代表芝麻洲爆破等震线长、短轴方向的V-R预测曲线(图1的1、3曲线), 长轴K=130.4168, $\alpha=1.1433$; 短轴K=137.1319, $\alpha=1.3796$ 。

2)中国科学院南海海洋研究所。广东核电站蛇口—梅陇沿海地貌第四纪的新构造调查报告。1980

表1 计算爆震建筑物安全距离的公式

Tab.1 Count formular on building safety distance under condition of blast seism

| 计算公式 | 地面安全 震动速度 V(cm/s) | 微差爆破最大 一段炸药量 Q(kg) | 选用的参数 | 计算的建筑 物安全距离 R(m) | 说明 |
|--|-------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------|-------------------------|
| $R = (\frac{K}{V})^{1/\alpha} Q^{1/3}$ | 1.0 | 270 × 10 ³ | K = 150 α = 1.3 | 3050 | K、α取规程计算最大R的参数组合值 |
| | 2.0 | | | 1790 | |
| | 5.0 | | | 885 | |
| 中国爆破安全 规程公式 | 1.0 | 270 × 10 ³ | K = 100 α = 1.4 | 1734 | K、α取规程中坚硬岩石的参数中值 |
| | 2.0 | | | 1057 | |
| | 5.0 | | | 549 | |
| $V = K(\frac{Q^{1/2}}{R})^\alpha$ | 1.0 | 270 × 10 ³ | K = 11.2902 α = 1.5420 | 2502 | 根据狗虱洲、芝麻洲爆破试验实测数据反求K、α值 |
| | 2.0 | | | 1596 | |
| | 5.0 | | | 881 | |
| $V = C \frac{Q^{0.75}}{R^2}$ | 1.0 | 270 × 10 ³ | C = 300 | 1885 | C取隧道爆破参数 |
| | 2.0 | | | 1333 | |
| | 5.0 | | | 843 | |
| 日本公式 | 1.0 | 270 × 10 ³ | | 811 | |
| | 2.0 | | | 533 | |
| | 5.0 | | | 306 | |
| 无测震条件时的 估算公式 | 1.0 | 270 × 10 ³ | | 811 | |
| | 2.0 | | | 533 | |
| | 5.0 | | | 306 | |

表2 根据爆破测震资料来计算K、α参数

Tab.2 Parameters K, α are calculated based on the blast seismic information

| 爆破时间与地点 | 微差爆破最大一段药量 Q(kg) | 地面震动速度 V(cm/s) | 爆心距 R(m) | 计算结果 | 测震单位 |
|---------------|---------------------|-------------------|-------------|--------------------------------|--------------|
| 1990年5月18日芝麻洲 | 450 | 0.174 | 350 | k = 162435.65 | 中国科学院地球物理研究所 |
| | 450 | 0.07 | 520 | | |
| | 115440 | 1.25 | 1297 | | |
| 1990年5月25日狗虱洲 | 115440 | 1.04 | 1605 | α = 3.4698 (相关系数 0.9388) | |
| | 115440 | 0.95 | 1605 | | |
| | 115440 | 1.00 | 1870 | | |

表3 根据狗虱洲大爆破震害调查来确定K、 α 参数
Tab.3 Parameters K, α are fixed based on investigation for large blast seismic hazard in Goushi Isle

| 房屋位置 | 房屋结构 | 损坏情况 | 相应的地震烈度(度) | 相应的地面震动速度V(cm/s) | 爆心距R(m) | 计算结果 |
|------------|------------|------------------------|------------|------------------|---------|---------------------------|
| 前湾西南250m沟旁 | 钢筋混凝土框架平房 | 砖墙有垂向、水平2~3m长的裂缝,最宽1cm | Ⅵ~Ⅶ | 4.5 | 350 | $K = 162.8487$ |
| 荃湾村 | 土坯、毛石砌房和危房 | 安全 | Ⅳ~Ⅴ | 1 | 800 | $\alpha = 1.8195$ (短轴) |
| 牛过水珍珠场 | 钢筋混凝土框架平房 | 框架有长几十厘米细裂缝,后来倒塌 | Ⅵ | 5 | 500 | $K = 36.4622$ |
| 澳头镇建设银行二楼 | 钢筋混凝土框架五层楼 | 砖墙顶抹压层有宽1mm,长3m裂缝 | Ⅳ~Ⅴ | 1 | 3300 | $\alpha = 0.8530$ |
| 澳头镇 | 土坯、毛石砌房、危房 | 安全,震感强烈 | | | | (长轴) |

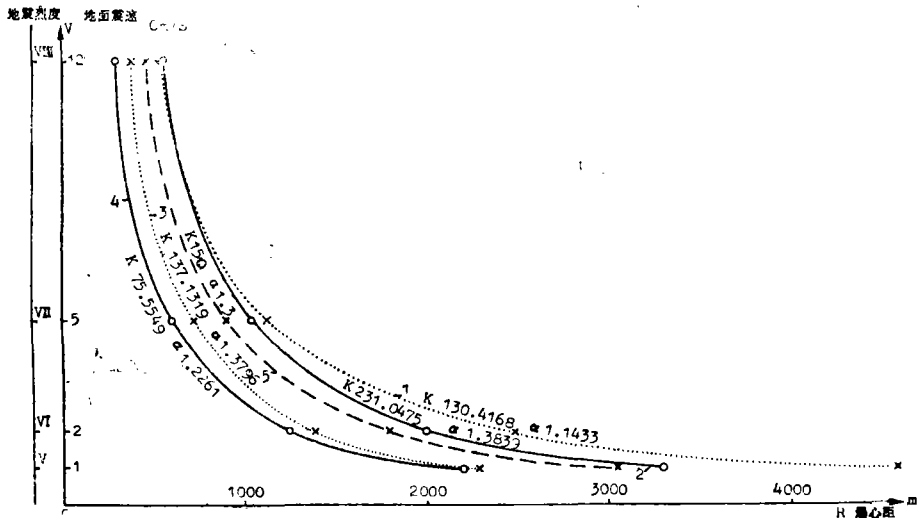


图1 澳头镇芝麻洲岛爆破V-R预测与实测曲线图

Fig.1 Curves of V-R forecast and practice for blast seism at Zhima Isle in Aotou Town

1. 爆破地震烈度等震线长轴方向的预测V-R曲线。
2. 爆破地震烈度等震线长轴方向的实际V-R曲线。
3. 爆破地震烈度等震线短轴方向的预测V-R曲线。
4. 爆破地震烈度等震线短轴方向的实际V-R曲线。
5. 根据爆破安全规程参数危险配合值的V-R曲线

3.3 爆震烈度预测图的编制和评价

依照这两条V-R预测曲线,将芝麻洲爆破药量和地面震速 $V = 1, 2, 5$ cm/s依次代入规程公式,可计算出爆震烈度V、Ⅵ、Ⅶ度在长轴、短轴方向上不同的R值,爆震烈度预测图便可绘出。据此对各村镇不同类别房屋进行评价,对Ⅶ度以上的地段还要考虑崩塌、滑坡等地面变形。经计算,预测金门塘、荃湾村的爆震烈度为Ⅵ度,澳头镇Ⅳ~Ⅴ度,大亚湾核电站、淡水和霞涌镇无影响。

4 芝麻洲大爆破的震害核查

在荃湾半岛南坡、爆心距850m的钢筋混凝土框架平房(表3),砖墙裂缝略加宽和增多。约20余米远的矮旧机房,同时受到11m高的雍浪袭击,房裂更严重。该坡脚海边,原筑有长100m的灰浆毛石砌海堤,决堤20m长。爆心距970m的码角鞍部砖平房被震后高10m的雍浪冲平。爆心距1.1~1.55km的金门塘村,有几幢框架钢筋混凝土房的第2~4层的单砖墙各产生数条水平裂缝(长2m,宽小于1mm),甚至将贴墙瓷砖拉裂,反映该框架强烈变形;有的砖楼房出现垂直和倾斜裂缝,长数10cm至2m;金门塘小学附近的手扶拖拉机移位,该小学门好的门被冲击波打开。距爆心1.35~1.55km的荃湾村基本是土坯和毛石砂浆房屋,危房近百间,爆后少数房屋裂缝加宽,个别房屋的窗玻璃被冲击波打裂,个别抬面物品和炉灶砖块掉落。爆心距2.21km的纯洲岛围观群众震感很强烈。澳头镇、衙前村震感微弱。爆心距2.5km的深涌石场,其土坯房、毛石砌房和原来有裂缝的房屋爆后均无恙。

上述况情表明,前湾、码角、金门塘村的爆震烈度最高,为Ⅵ度,与预评结果一致;荃湾村、纯洲岛西段属Ⅴ度,深涌石场、澳头镇和衙前村在Ⅳ度和Ⅳ度以下,比预测降低约1度。可见,芝麻洲大爆破的震害基本上在预测结果之内。

参 考 文 献

- 1 卢滨涛,孙建中.地震地质,1991,13(2):138~146
- 2 刘尚仁.中山大学学报(自然科学版),1984,23(4):135~142
- 3 A. A科尼科夫.地震危险性定量评价问题.北京:地震出版社,1981.69~73
- 4 赵福兴.控制爆破工程学.西安:西安交通大学出版社,1988

Geologic Geomorphologic Condition and Forecast for Large Blast Seismic Hazard at Zhima Isle in Guangdong

Liu Shangren* Chen Guoneng Li Qiang Liu Meinan

Abstract In Zhima Isle section of Lianhua Mountain deep fault zone, the block motion has not been apparent since tens thousand years at least. Intensity abnormality of the blast seismic appeared not for the large blast at Zhima Isle, it is proved that accumulation of Earth stress in the fault system is far apart the critical state. Width of marine-erosion platform corresponding to nowadays sea level is generally 20m or more in Daya Bay. The marine-erosion platforms formed mainly in Late Pleistocene Epoch, showing the sea level near these days existed for a long time totaled in Late Pleistocene Epoch. To combine formula on rules of blast safety China with investigation for the blast seismic hazard, calculated quantitatively the blast seismic intensity is possible. It is basically right that method and conclusion for forecasting the large blast seismic hazard at Zhima Isle are checked after the blast.

Keywords large blast at Zhima Isle, marine-erosion platform, blast seismic intensity

* Department of Geography, Zhongshan University