

核爆破地震效应观测研究



核爆破地震效应观测研究文集编委会

核爆破地震效应观测研究

《核爆破地震效应观测研究》文集编委会 编

1992. 10

核爆破地震效应观测研究

《核爆破地震效应观测研究》文集编委会 编

责任编辑：周可兴

陕西省非出版单位编印内部使用图书准印证

陕宝新出批〔1992〕字第028号

陕西省眉县印刷厂印刷

1092×787mm 1/32 12印张 250千字

1992年10月第1次印刷

印数：1500册

工本费：8.50元

编辑说明

在80年代中期，为了推进地震预报研究和地震工程技术的发展，地震部门组织不同学科的研究人员，赴地下核试验现场，观测研究核爆破地震效应，即由核爆破引起的地面运动和地球物理、地球化学场变化，取得了丰富的资料和观测研究成果。《核爆破地震效应观测研究》即是一本系统反映这一研究成果的文集。

国家地震局所属工程力学研究所、地质研究所、地球物理研究所、兰州地震研究所、分析预报中心、地震仪器厂，云南省、江苏省、新疆区地震局，基地研究所，以及国家地震局科技监测司土地电交变信息研究组等单位的研究技术人员，在国家地震局科技监测司的组织领导下，在国防科工委、基地研究所的周密安排与有力支持下，确立了不同的参试项目与方案，分别多次进行了强震、地震、地下水动态、地球化学、电磁波、地电交变信息和深部结构探测等项目的地下核试验观测研究，从而开辟了地下核爆破试验为研究地震科学难题服务的途径。观测研究成果表明，地下核试验现场不仅是近场地震学研究的一种试验室，而且是地震前兆科学观测研究的一种场所。

1985年8月国家地震局科技监测司在工程力学研究所的协助下，召集17个单位的39位研究技术人员，对地下核试验

地震效应观测研究进行了初步总结。会议决定各单位在会后再分别对观测结果进行深入研究，并决定将其成果汇集成文集。会议确定此文集由陈章立、谢礼立任主编，徐宗和、李宣瑚、于双久、车用太、李彤起、陈星杰、柴保平为编委。

根据国家有关规定，对作者提供的稿件进行了必要的技术处理，全书的编辑工作由周可兴完成。

本文集主要反映了以下一些观测研究成果。

在近场强震观测中，按照不同的设计目的布设了多种型号强震仪近30台，爆破时取得了近场强震加速度记录百余条。经过系统的数字化处理分析，给出了有关未校正加速度、校正加速度、加速度反应谱和富氏谱数据。分析研究所得到的观测数据资料，在地振动主要参数的衰减规律、局部场地效应、局部地形效应、主控站结构地震反应、爆破地振动波谱以及观测技术若干问题等内容方面，获得了一些较有价值的成果。通过地面的脉动观测和脉动记录的数字化分析，给出了试验场区基岩、场址在微幅振动下的频率特征，故可从脉动观测中预测强震下的频谱特性。因此，近场强震观测及其资料的利用，对地震工程学、地震学研究的实际需要是很有价值的。

地下核爆破的地震前兆观测更是令人鼓舞的，在水动态、地球化学、电磁波、地电交变信息等项目观测中，获得了对地震预报有较高科学价值的结果。

距离爆心 0.6~2公里范围内布设19口井孔，观测爆前、爆时、爆后井水位动态，得到有效的动态记录曲线216条。记录曲线反映了井孔水位的固体潮、气压变化、含水层受压效应以及爆心破裂效应等多种动态变化。通过对资料的

分析研究可以看到，基岩裂隙潜水井也能较好的反映地壳应力应变状态的变化。

距离爆心 0.2~32 公里范围内布设了 24 个地球化学项目观测点，共取得有效数据 11 个。给出的观测结果是：岩石与水中的 R_n 、 He 、 H_2 等气体对爆破反应最为明显，其异常量可达百分之几十，最高可达到背景值的 11 倍，水中的 H_2 、 F 、 Co_2 含量与 PH 值等对爆破也有程度不同的反应。

距离爆心 0.8~12.6 公里范围内布设有 3 个电磁波观测点。从记录到的两组电磁波脉冲信号结果分析认为，第一组是核爆破本身及其后爆心外围岩石破裂产生的混合信号，第二组是地震波作用岩石微破裂产生的信号。

距离爆心 0.8~32 公里范围内布设了 5 个地电交变信息观测点。不同材料的电极探头和多种记录方式得到同一结果：爆破的地振动过程可产生交变电流信息，电极式探头对这种信息具有响应能力。所记录的信号有 3 类：第 1 类是零时到达的，为核爆产生的信号；第 2 类是零后先于地震波到达的，可能是爆心岩石破裂产生的信息；第 3 类是与地震波同时到达的。

这些地下核试验地震观测研究的结果，无疑对地震工程、地震前兆现象及其机理的认识和研究，都有着重要的意义。因此，本文集可供地震工程、地震预报方面的科学技术人员参考。

限于水平，书中错误缺点在所难免，敬请读者批评指正。

目 录

两次地下核爆破的强震观测

.....杨兴军 郑学峰 (1)

地下核试验结构物的强震观测与分析

.....艾买提 白超英 (7)

地下核试验强震观测中的几个问题

.....黎家佑 高 东 陈 勤 赵永庆 (29)

人工地震的矩张量反演

.....倪江川 陈运泰 王培德 孙次昌

王 鸣 周家玉 吴明熙 柯兆明 (56)

核爆破震级与当量关系初探

.....赵克敏 (103)

“8402”地下核爆破地震效应的观测与分析

.....于双久 胡成祥 (116)

试验场的地面脉动观测

.....肖培杰 安绍思 钱渠杭 (171)

地下核试验井孔水位动态观测与研究

.....车用太 杨会年

朱清钟 刘兆顺 郭一新 (189)

竖井核试验地表地震破坏效应

.....	郑学峰 孟广魁 (244)
地下核爆破的气体地球化学效应	
.....	范树全 高清武 (254)
地下核爆破水文地球化学效应观测与研究	
.....	李彤起 王振亚 任定荣 (270)
地下核爆破氦、汞、氮气体观测与分析	
.....	张 平 石锡钟 罗光伟 申春生 (298)
地下核爆破近场氦射气观测结果及其 变化机理的初步研究	
.....	罗光伟 石锡钟 张 平 申春生 (305)
地下核爆破的水化学效应观测	
.....	崔进忠 (309)
地下核试验同位素地球化学观测	
.....	张仲禄 (317)
伴随岩石破裂的电磁现象	
.....	钱书清 李聚臣 (326)
地动过程中的极低频地电信号	
.....	国家地震局科技监测司 地电交变信息研究小组 (335)
地下核爆破前后的地磁观测及其结果	
.....	詹志佳 高金田 胡荣盛 张世利 赵从利 沈文志 (364)

两次地下核爆破的强震观测

杨兴军

郑学峰

(西北核技术研究所)

为了总结由核爆破引起的地表运动加速度随距离的衰减关系,了解并总结爆破当量与距离及加速度之间的关系,为以后地下核试验的安全和抗核加固的研究提供实测数据,我们开展了不同爆心距下的强震观测。

一、测区地质概况及测点布设

整个测区位于一个地向斜褶皱带内的复向斜的南翼。该区的岩石以泥盆系砂砾岩及变质岩为主,并有海西期的黑云母花岗岩。该区构造运动主要有两次,即海西早期的构造运动和海西中期构造运动。使中晚泥盆纪浅海相碎屑岩、下石炭统的浅海碎屑岩发生了区域性变质,并形成了东西向的褶皱和几条近东西向断裂,伴有中酸性岩浆的侵入活动。在测区有三条较大断裂,东西延伸约40余千米,破碎带宽20余米,结构上具有明显的压性特性。两次核爆破分别在花岗岩和砂岩中进行,每次爆炸在距爆心1—23千米各布设6个测点,两次试验的测点布设在相同的位置上(见图1)。

以上6个测点除4号测点设在松散的第四系洪积物上以外,其余5个测点安装仪器的水泥墩与基础均有良好的接

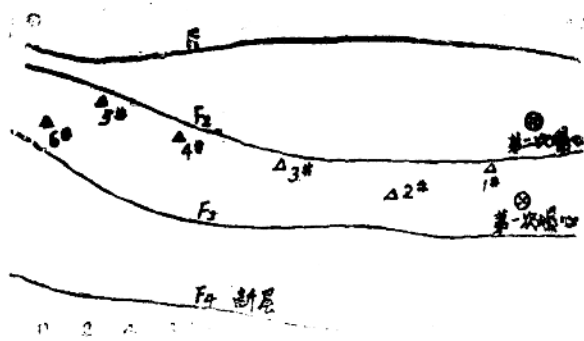


图1 测点、断层与爆心相对位置示意图

触，使仪器与大地固成一体，保证了仪器记录的加速度真实反映了地表的运动状态。

虽然第二次爆心与各测点之间地震波的传播是经过 F_1 断层的衰减作用，但影响不大。

二、测试仪器的主要性能及控制

两次试验中地表运动加速度测量所使用的仪器是国家地震局哈尔滨工程力学所制造的GQⅡ型工程强震仪。该仪器具有体积小、结构简单、操作方便、性能稳定等优点。并采用了光直记式记录系统，避免了电干扰，记录真实可靠，其主要技术指标如下：

加速度自振频率	$28 \pm 8 \text{ Hz}$
加速度灵敏度	20 mm/g
时标振动频率	$2 \text{ Hz} \pm 1\%$
记录轨迹	$< 0.3 \text{ mm}$

量程范围	0.01g - 1g
阻尼系数	0.6±0.1
纸速	12mm/set

本仪器是为记录天然地震引起的地表建筑物上的加速度而设计的，地震信号可以自动触发仪器启动。因此，信号的始端难免丢失一部份，这对天然地震来说无关紧要。但对于核爆测量系统来说，由于最远的测点距爆心也仅有23千米，P.S波到时差小于0.1秒，如用自动启动系统来启动仪器，则有丢失最大振幅的可能。由于核爆时间是已知的，因此，我们采用了人工控制的办法，避免了波形的丢失现象。采用的办法是首先将仪器置于待控状态，用27V继电器来控制仪器的电源，在零前5分接通仪器电源，使仪器开始记录，直到零后5分钟断电为止，获得了完整的波形，仪器并联控制如图2所示。

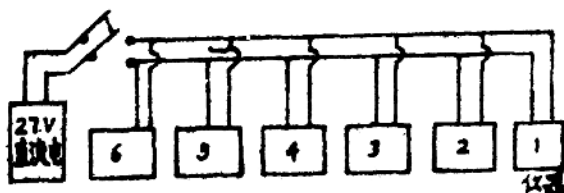


图2 仪器并联控制示意图

三、实测数据及数据分析

两次核试验中，12个强震观测点共取得10个完整波形，有两台次因仪器故障未获取数据。

根据记录波形的单振幅和拾震器的灵敏度计算出的两次试验实测数据如表1所示。

表1 两次核爆破地表运动加速度数据表

测点号	爆心距(米)	径向值(g)	切向值(g)	垂向值(g)
第一次爆炸测点	1	1968	0.320	0.280
	2	6020	0.295	0.153
	3	11298	0.128	0.039
	4	16058	0.111	0.057
	5	20141	0.068	0.053
	6	22433	0.060	0.028
第二次爆炸测点	1	2323	0.409	0.208
	2	7048	0.087	/
	3	11726	0.097	0.026
	4	16438	0.081	0.060
	5	20072	/	/
	6	22293	0.034	0.027

由于两次试验所在介质环境不同,而且能量不同,地表加速度随距离的衰减规律不尽相同,应分别处理。采用一元回归分析处理,分别获得了两次试验的径向、切向、垂向加速度随距离的衰减关系如下:

第一次试验的加速度随距离的衰减关系:

$$A_{\text{径向}} = 0.6777 R^{-0.71} \quad (km) (g) \dots\dots (1)$$

$$A_{\text{切向}} = 0.499 R^{-0.85} \quad (km) (g) \dots\dots (2)$$

$$A_{\text{垂向}} = 1.882 R^{-1.12} \quad (km) (g) \dots\dots (3)$$

第二次试验加速度随距离衰减关系:

$$A_{\text{径向}} = 0.873 R^{-1.024} \quad (km) (g) \dots\dots (4)$$

$$A_{\text{切向}} = 0.37 R^{-0.837} \quad (km) (g) \dots\dots (5)$$

$$A_{\text{垂向}} = 1.1902 R^{-1.192} \quad (km) (g) \dots\dots (6)$$

选用第一次试验 1、2 号测点的垂向数据和第二次试验 3、4、5 号测点数据, 进行二元回归分析, 得出测区地表运动加速度、距离及当量三者关系如下:

$$A_{\text{垂向}} = 0.001445 W^{5.09} R^{-0.75} \quad (g\%)$$

$$= 1.445 \times 10^{-6} W^{5.09} R^{-0.75} \quad (g)$$

$$(kT) (km)$$

其中: $2 km \leq R \leq 25 km$

以上所有公式中距离 R 的单位均为千米, 加速度 A 的单位为 g, 当量 W 的单位为千吨。

四、结果讨论

1、这两次核爆破引起的地表加速度随距离的衰减关系式中, 衰减指数较其它几次为小, 说明以下几个问题:

①这两次试验都是密闭式的, 由于爆室小, 回填严密, 因而弹性波衰减慢;

②弹性地震波在深层的传播较浅层的传播衰减要慢;

③湿性基岩中弹性波的衰减比干燥岩石中要慢。

2、这两次试验的第四号测点是设在松散土上的, 其所测得的数据是松散堆积物的加速度值。由上述经验公式(1)

一(3)反演计算出4号测点的加速度值都低于在4号松散堆积物测点上的实测值,说明松土具有一定的放大作用,至于在哪些频率上放大作用更明显,还有待于进一步做工作。

3、由两次试验的垂向数据所总结出的距离、加速度、当量之间的关系式,仅是初步总结,因数据量太少,以此进行加速度量程预估的误差是不会小的,还有待于进一步积累数据,进一步完善。

4、几次试验证明,GQⅡ型强震仪用于观测地下核爆破引起的地表运动加速度是可行的。但由于其量程小,范围较窄,对近区和远区(20km)测量的兼顾显得有些欠缺。

参加这项工作的还有季天明、赵明珍同志。

地下核试验结构物的强震观测与分析

艾买提 白超英

(新疆维吾尔自治区地震局)

摘 要

本文叙述了利用地下核试验所获得的结构物的强震记录与爆破前用脉动法测得的结构脉动记录,二者采用富氏谱分析方法进行对比分析并初步分析了结构在地震力作用下的反应,为进一步深入研究结构的抗震性能提出了重要的依据。

一、观测仪器及测点布设

(一)强震观测仪器

我们这次观测仪器使用的是国家地震局地震仪器厂生产的GQ—I型工程强震加速度仪。该仪器9线道记录,整机通频带0.5—50Hz,时频为10Hz±0,记录器配接FC—120型电流计振子。仪器灵敏度取0.2mm/gal,观测前整机未系统的标定,但对各线道普遍作了定量标定,观测记录时采用了人工触发。

(二)脉动观测仪器

我们对观测点的场地条件用哈尔滨工程力学研究所研制、韶山仪器厂生产的MJ微震加速仪进行了脉动测量。该仪器对于加速度、速度、位移这三个物理量都能任意选择测量,具有低频特性好,分辨力高,可直接与电流记录器和磁带记录器配接等优点。

拾震器自振频率为：

水平向 $1.6\text{Hz} \pm 0.3$

垂直向 $2.6\text{Hz} \pm 0.3$

该仪器在 2—22Hz 内有较好的幅频特性。

本次记录分别采用上海电表厂生产的 SC—9 白炽灯示波器和北京录音机厂生产的 CJ—1 型磁带记录器配接 MJ—1 型磁带记录器和 MJ 微震加速度仪进行记录。

(三) 测点布设

参加观测的两台 GQ—Ⅰ 型工程强震加速度仪分别布设在结构物和自由地面上。由于布设在自由地面上的仪器发生故障，未取得记录，十分可惜。另一台仪器布设在座落于泥盆纪基岩山包的两层小楼房上，为砖混凝土结构，地面为水泥面，走向近于南北。我们把结构物分为三个单元：二楼顶单元、二楼单元、一楼单元，一楼与二楼高差 3.3 米，二楼与二楼顶高差为 2.94 米，每个单元分别记录东西、南北、垂直三个分向的加速度量。加速度仪用罗盘定位，由 502 粘合剂固定在每个单元的水泥地面上，二楼顶单元上加速度仪布设在房顶边沿上，同时为了进行脉动资料与强震资料的对比，脉动观测点和强震观测点的布设相同。作为比较，在脉动测量中还选择了一个基岩测点，如图 1。

二、场地条件

(一) 地形地貌条件

该区位于南天山东段，地形上最大特点是山脉与山间凹地相间排列，呈北西西—南东东向延伸。山间凹地一般比较平缓，宽 10 千米左右，凹地中大部分为洪积物。

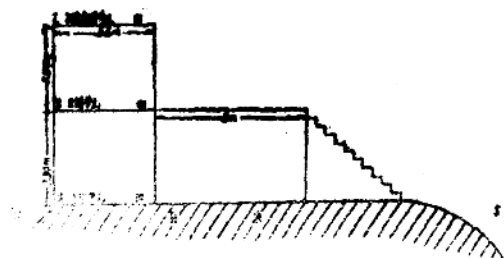
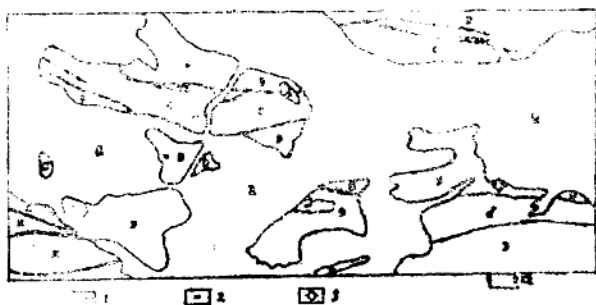


图1 观测点强震加速度仪布设示意图

北部有呈北西方向延伸的高角度的克孜勒塔格南侧断裂，倾角为 80° 左右。断裂东端及中段为第四系覆盖，沿断裂带有断层角砾岩出现，并在地形上形成明显的阶梯。南部有东西长约90千米的塞纳尔塔格断裂，其间大部分为第四系所覆盖。在塞纳尔塔格以西一般呈北西向，以东呈东西向。根据断裂对南北二区构造性质、沉积环境的控制分析认为其为深大断裂，其两侧尚有一些羽毛状分支断裂发育，如图2。



1 断层 2 观测点 3 爆点

图2 观测场地地质构造示意图