

用冲击大电流的磁场测定爆轰参数

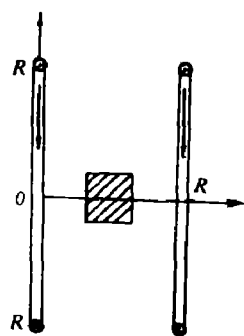
史慧生 徐康

(1984年6月6日收到)

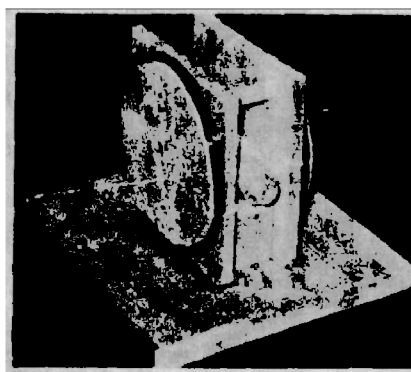
EMVG技术(简称电磁法)是测量炸药爆轰参数及冲击波参数的有效方法。然而目前由于采用电磁铁作为磁场装置,给这种方法带来一定的缺点:如为了避免磁场装置受到破坏,必须对实验用的装药量严格限制;由于电磁铁的磁饱和及其它原因,磁场不易做得很强,因而信噪比较低;每次爆炸都会使磁极受到不同程度的破坏,磁场的重复性难以保证等。为了克服这些缺点,提高电磁法的科学性与实用性,我们进行了一些初步的改进。

一、实验装置及方法

根据理论计算,亥姆霍茨线圈在中心部分 $0.2R$ 的区域内,可以形成相当均匀的磁场。其轴向及径向的不均匀度都 $< 1\%$ 。因此我们用这样一对线圈来代替电磁铁产生均强磁场的。由于线圈是一次性使用,因此对实验药量不再有严格的限制。为了提高线圈内部的磁感应强度,我们采用了冲击大电流技术。用一组容量为4000微法的储能电容器做电源,充电到1000伏左右,与线圈一起组成放电回路,利用RLC暂态过程得到较大的冲击电流。实验中所用的一对 $\phi 150$ 毫米,每边各10匝的线圈。线圈用 $\phi 1.2$ 毫米的普通漆包线绕制。情况见图1。采用这



a) 亥姆霍茨线圈



b) 试件外型图

图1

套装置,最大冲击电流可达5000安培以上,在这对线圈中心附近的均强区内,磁感应强度可达6000高斯以上。

由于本实验用的是冲击电流,因此除了触发记录系统外,还要一套充放电系统和同步系统。实验的总体方框图见图2。

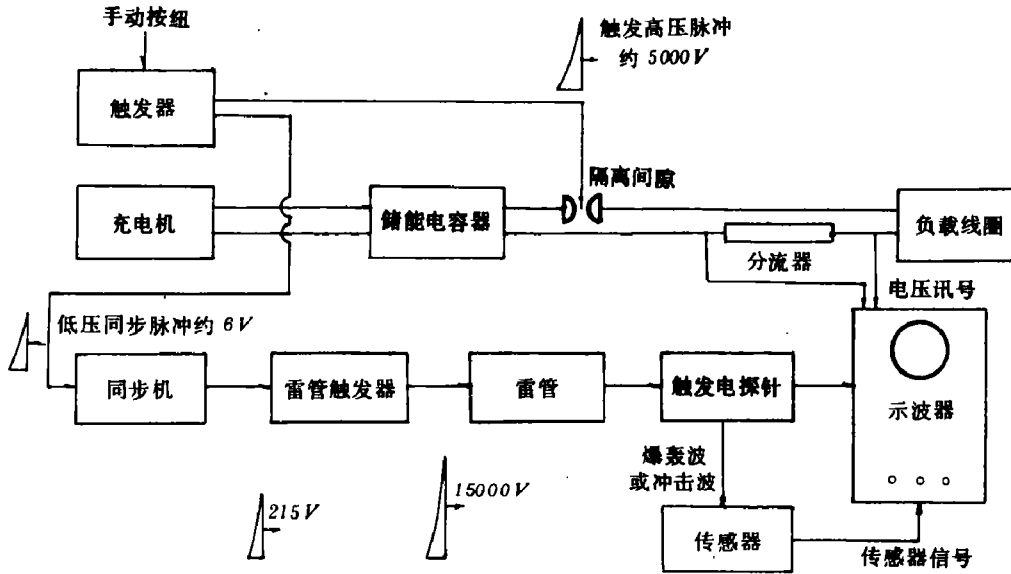


图2 实验总体方框图

实验操作程序为:储能电容器由直流充电机充至所需电压,按下手动按钮,触发器内同时输出两个脉冲。一个是约5000伏的触发高压脉冲,用以击穿隔离间隙而接通放电回路,另一个是约6伏的低压同步脉冲,输到同步机,经过适当延时之后,输出一个215伏的脉冲。这脉冲在雷管触发器内进行电压转换,变成15千伏的高压脉冲,用以引爆微秒雷管。这样就可以把需要记录的过程,控制在磁场最强,且变化率近似为零的似稳区域内,达到同步的目的。

磁场的磁感应强度 B 是采用硅霍尔元件测量的。所用的霍尔片及恒流源经国家计量科学院的标定,在1000~7000高斯的范围内、线性偏差 $< 1\%$ 。然而由于爆轰波破坏性很大,在实验中不能将霍尔片置入线圈之中,只有通过测量放电回路中的电流变化进行间接测量。其方法是在放电回路中串联一个分流器,观察在放电过程中其两端电压降的变化,由此得到任意时刻的电流强度 $I(t)$ 。我们用OK—17双踪示波器,一路接霍尔元件两端,以得到任意时刻的磁感应强度 $B(t)$;一路接分流器两端,以得到线路中的电流强度 $I(t)$,求出两者间的比例系数 K 。这样,在实际的爆炸实验中,我们只要从分流器上得到 $I(t)$,再乘以这个 K ,就得到了任意时刻的磁感应强度 $B(t)$ 。

二、初步结果

我们用初步建立起来的上述方法,进行了一些爆炸实验,得到的讯号如图3所示。照片

上最上边的扫描线是在爆轰过程中EMVG给出的讯号。中间的一条虚线是最下边那条扫描线的扫描基线。最下边的扫描线是分流器上给出的讯号，这条线与中间虚线间的高度反映了任意时刻线圈中的电流强度 $I(t)$ 。我们的初步结果如下

1. 有机玻璃粒子速度及冲击波压力的测定，是用钝感黑索金药柱加载，药柱密度 $\rho_0 = 1.66 \pm 0.005$ 克/厘米³用VMVG测出有机玻璃的粒子速度，再通过Jacobs给出的雨贡纽关系 $u_s = 2.56 + 1.61u_p$ ^[2]计算出 u_s ，即可得到冲击波压力。测得结果见表1。



图3 实验中得到的讯号照片

表1. 有机玻璃粒子速度及冲击波压力测定结果

试件编号	传感器宽度 (mm)	粒子速度 (mm/ μ s)	冲击波速度 (mm/ μ s)	冲击波压力 (GPa)
有一-1	8.5	2.55	6.66	19.5
有一-2	9.0	2.59	6.72	20.0
有一-3	9.2	2.46	6.52	18.5

平均值及均方偏差： $u_p = 2.53 \pm 0.07$ mm/ μ s 相对偏差3% $p_s = 19.3 \pm 0.8$ GPa 相对偏差4%

2. 固体钝感黑索金炸药爆轰压力的测定，加载药柱长63毫米， $\rho_0 = 1.67 \pm 0.005$ 克/厘米³。爆速 $D = 8.4$ 毫米/微秒，传感器有效长度 $L = 10$ mm，测定结果见表2。

表2. 钝感黑索金爆轰压力测定结果

试件编号	药柱直径(mm)	粒子速度(mm/ μ s)	爆轰压力(GPa)
钝-1	40	2.00	28.1
钝-2	40	1.94	27.3
钝-3	60	1.98	27.7

平均值及均方偏差 $P = 27.7 \pm 0.4$ GPa 相对偏差 $<1.5\%$

这个结果与水箱法测得的结果^[3]($\rho_0 = 1.67$ g/cm³ $P_{c-1} = 26.7$ GPa) 相比，偏高近4%。

三、结 语

用亥姆霍茨线圈代替电磁铁进行爆轰测试，近年来在国外已经逐步开展起来。我们对文献〔4〕上所用的方法作了改进，把冲击大电流用于一次性使用的亥姆霍茨线圈，得到了一

个瞬态的、高强度的脉冲磁场。利用这个磁场进行了电磁法爆炸测试,得到了合理的结果。实践证明,这种方法对于装药量不再有严格的限制,只要将线圈做得大一些就可以用于较大药柱的试验,其次是磁场的磁感应强度高。在我们的实验中, $B > 5000$ 高斯,讯号幅度为十几伏,这使信噪比有了明显的改善。另外,如果把线圈做得大一些,就可以得到相当大的均匀区,只要线圈做得严格一致,就可得到较好的重复性。同时,装置简单,容易搬动,不受场地限制,可以广泛用于爆轰过程及爆炸作用的实验研究,是一种较好的实验方法。

由于条件有限,我们的工作还是很初步的,有许多问题(如示波器性能较差,线圈还不够标准等)尚待今后进一步改进。

本工作得到了黄正平、洪广义、黄久华、于德洋、刘德海、张银亮、曾雄飞等人的帮助,在此一并表示感谢。

参 考 文 献

- (1) 义井胤景《磁工学》国防工业出版社(1977)。
- (2) Jacobs, S. J. Preprint Pro., 5th. Symp. on Detonation, (1970), 323.
- (3) 徐康等,《爆炸与冲击》, 1.(2) (1981), 89.
- (4) Hayes, B., *Rev. Sci. Instrum.*, 52(4) (1981), 594.

DETERMINATION OF DETONATION PARAMETERS WITH IMPULSIVE ELECTROMAGNETIC PROBE METHOD

Shi Huisheng Xu Kang

Abstract

In this paper an improved electromagnetic probe method i.e. measurement of detonation pressure using magnetic field produced by pulsed high current, is described. Capacitor banks are used as energy source. After discharging of the capacitors into a consumable helmholtz coil, instantaneous high magnetic field is produced and explosion experiment is carried out with electromagnetic velocity gauge in this magnetic field. The advantages of this method are: amount of explosives not limited, high magnetic field strength, rather large welldistributed region of magnetic field, good reproducibility, in equipments, easy to move etc. We consider, that this is a good test method and can be wicely used in experimental research of detonation and explosion effect. We have measured particle velocities in plexiglas and detonation pressure of explosives. The preliminary results obtained are reasonable.