

岩石爆破动力学实验管理与教学

张宇菲 岳中文^{通信作者} 余妍妍

(中国矿业大学(北京) 力学与建筑工程学院 北京 100083)

摘要: 从爆破实验室安全管理制度建立、民用爆炸危险品申领流程、岩石爆破动力学实验教学内容以及安全操作规程等方面, 提出一套安全、高效、实操性强的爆破实验管理与教学方案, 保持爆破实验多年“零事故”教学, 提高了爆破实验课程在同类高校中的教学质量, 为培养出能够满足未来能源革命需求的高素质创新型人才创造条件。

关键词: 爆破实验; 管理制度; 实验教学; 民用爆炸危险品

中图分类号: TD235 文献标识码: A

实验环节在本科教学中的地位与作用具有不可替代性, 是培养学生理论联系实际、提高学生实验技能的重要实践途径, 随着现今高等教育专业领域地不断深化调整, 原煤炭、冶金系统各大院校开设的“钻眼爆破”、“凿岩爆破”等课程也逐步统一为“爆破工程”。因此, 如何开展岩石爆破动力学实验教学、如何在实验教学中引入学科前沿、如何进一步推动一流专业发展, 对激发学生创新思维与能力, 提升国家、社会与学生三者间期望与能力的符合程度, 培养出能够服务于未来能源革命的高素质创新型人才至关重要。

本文以某岩石爆破项目为背景, 从民用爆炸危险品(实验用炸药)申请与领用、室内岩石爆破动力学测试常用设备与方法, 以及相关安全操作规程与注意事项等方面, 系统性介绍开展岩石爆破动力学实验教学与管理的途径与技术。

1 爆破工程实验中心建立

始建于 20 世纪 90 年代的中国矿业大学(北京)爆破工程实验中心能够为岩石爆破动力学测试提供较为完备的实验条件。实验中心下设矿山深部三维模型实验室、动态光测力学实验室、超高速 DIC 实验室与高速霍普金森冲击实验室, 并针对不同实验测试技术, 配备了数据采集系统。特别是爆炸碉堡, 作为目前北京市五环以内唯一获准从事爆破、爆炸测试的室内基地, 为实验研究的开展提供了有力保障。实验中心先后承担着多项国家级重点研究项目与研发计划, 在岩石爆破理论和技术方面具有重要的学术影响力。

2 民用爆炸危险品使用申请

作为室内岩石爆破测试必不可少的动力加载源, 民用爆炸危险品的申请、购买、运输、储存、领用以及销毁等步骤均须严格遵循公安部发布的相关规范与行业标准, 以下将分阶段展开介绍。

2.1 购买

在申请与购买民用爆炸危险品阶段, 中国矿业大学(北京)作为科研单位, 属于危险品的受买方, 需要事先向属地公安局提出《非营业性爆破作业单位许可证》申请, 提供爆破作业人员相关资质, 其中, 爆破工程技术人员不少于 1 人、爆破员不少于 5 人、安全员不少于 2 人, 以及保管员不少于 2 人, 明确准许购买危险品的种类和购买量, 导爆索精确到米, 雷管精确到发, 炸药精确到克。相应

地, 依据民用爆炸物品安全管理条例, 受卖方也需具备《营业性爆破作业单位许可证》, 以证明该单位具备危险品的生产和销售资质。待两方各种资质齐备后, 方可向属地公安局提出危险品购买申请。

2.2 运输

在运输阶段, 需要联系具备危险品运输资质的物流公司, 作为起爆器材的一种, 雷管务必与炸药分车运送, 每辆危险品运输车要同时配备一名驾驶员与一名安全员。在向公安局提出的危险品运输申请中, 须提供明确的运输时间与详细的行车路线, 申请一经批准就无法更改, 因此, 运输许可证申请常被作为危险品申请的最后一环。

《民用爆炸物品安全管理条例》是提出危险品购买与运输申请的重要依据, 严格依照条例规定向属地公安局提供相应资质证明, 获取各类危险品的购买许可证和运输许可证后, 即可联系受卖方购入, 购买程序结束后的三日内, 受买方需要将运输回执上交到属地公安局备案, 具体流程如图 1 所示。

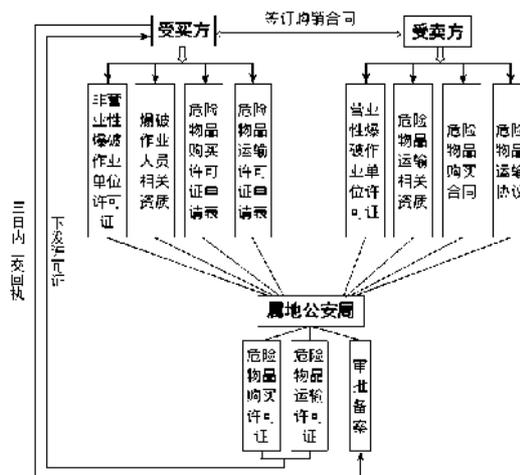


图 1 民用危险品申请流程

2.3 储存

我校爆炸碉堡的地下建有小型药库, 用于短期少量存放危险品, 其设计建造完全依照《GA838-2009 小型民用爆炸物品储存库安全规范》中的相关要求, 并定期进行安全评估检测。与运输阶段类似,

雷管类起爆器材与炸药也须分库储存,药库间使用气压式防爆门分隔。

在药库的治安防控管理方面,主要依据《GA837—2009 民用爆炸物品储存库治安防范要求》中的内容,在库中存药期间严格坚持“人防”、“物防”、“技防”相结合的方式,即设立值班员轮岗制度,确保24小时专人值守,一门双锁;安装入侵报警系统,除领用期间撤防外,药库周界报警装置保持全天设防状态;加设出入库视频监控探头与通讯系统,实时记录重点区域内人员及车辆的标识性特征;联动视频监控与报警系统,如若发生紧急情况可及时复现图像,按照实验中心制定的应急预案进行妥善处理。

2.4 销毁

针对危险品的使用,实验中心执行当日领用、当日销毁、严禁退库的安全管理制度,即安排室内爆破测试当天向实验中心提交领用申请,在安全员、保管员与爆破员同时到场的情况下,领取计划使用量。当日完成爆破测试后,如果尚有余量,须由爆破员进行销毁。销毁作业须在爆炸碉堡中进行,单次销毁量不得超过爆炸碉堡的安全使用额定值:采用绑扎爆炸法销毁雷管,单次不超过30发;采用焚烧法销毁导爆索,单次销毁量不得超过10m(导爆索中黑索金含量为12g/m,单次销毁量为120g黑索金)。

3 岩石爆破动力学实验教学

近年来,现代岩石爆破技术持续发展,应用领域愈发广泛,如何在实验室复现爆破现场、如何在安全稳定的前提下顺利开展爆破动力学测试,是高效提升工程爆破技术的关键。现以某岩石爆破项目为背景,阐述实验中心开展岩石爆破动力学实验教学的具体步骤。

3.1 试件准备

选用花岗岩试件进行爆破动力学测试,分为长方体及圆柱体两种,试件尺寸及炮孔布置如图2所示(单位:mm)。

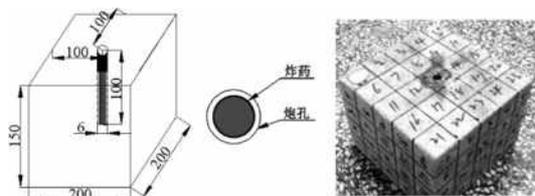


图2 试件尺寸与炮孔布置示意图

爆破前,先对花岗岩试件进行声波测试,了解岩石的初始损伤情况。试验中,不断调整炸药用量与装药结构,并测取试件的爆后声速。通过起爆前、后声速的变化,判定爆炸荷载下岩石损伤范围的变化规律。为方便定位声速测点,准备阶段用标记笔对试块进行网格划分,配合超声脉冲发射接收器、探头以及示波器完成声速测取。

3.2 炸药起爆

药包主药为黑索金,使用导爆管雷管起爆,具体起爆方式如下:首先,将起爆器的电火花探针与雷管尾部的导爆管连接,并将雷管端部与导爆索药包绑扎固定;其次,打开起爆器并调至充电状态,当电压值显示为2100V时,将起爆器调至准爆模式,待确认环境安

全后,按下起爆按钮进行爆炸加载;最后,待爆炸过程结束后,将起爆器调至放电模式,待电压值恒定显示为0V后,将起爆线拆下并做短接处理。

3.3 损伤判定

假定岩石试件密度、泊松比在爆破前后近似相等,建立了声波的波降率 η ,岩石完整性系数 K_v 与岩石损伤度 D 三者之间的关系:

$$D = 1 - \frac{E}{E_0} = 1 - \left(\frac{V}{V_0} \right)^2 \\ = 1 - K_v = 1 - (1 - \eta)^2$$

该方法为岩石损伤的测定和计算提供了一种新的途径。式中: E 为岩石爆破后的等效弹性模量; E_0 为岩石爆破前的弹性模量; V 为岩石爆破后的声波速度; V_0 为岩石爆破前的声波速度。

根据我国《水工建筑物岩石基础开挖工程施工技术规范》规定:当 $\eta > 10\%$ 时,即判定岩体受到爆破损伤破坏,则对应的岩石损伤阈值为 $D_{cr} = 0.19$ 。

4 爆破实验安全操作规程

使用前,仔细检查导爆索外观,若发现折断或表皮开裂等现象,需将问题段切割弃置;切割导爆索须用锐刀在木板上进行,严禁使用剪刀剪断;使用雷管引爆导爆索时,雷管绑扎在距导爆索端部15cm处,雷管聚能穴的朝向须与导爆索的传爆方向保持一致;起爆前,爆破员须进行倒计时警告,由安全员控制爆炸碉堡周边通道,禁止任何人员靠近;起爆前的全部准备工作,均由一名爆破员独立完成,严禁其他人员介入作业流程;起爆后,即刻对起爆器进行放电操作,将两根起爆引线短路;运行排风系统,等待10min后方可进入爆炸碉堡查看试验效果。

5 结语

岩石爆破动力学实验是专为我校特色课程“工程爆破”开设的实操型综合性实验教学课程,实验方案的设计从课程教学目标出发,针对工程应用中常见的岩石种类,结合多种先进的测试分析仪器进行损伤表征与破坏特征捕捉,探究各类岩石试件的损伤规律与断裂特性。通过爆破实验,将课堂教学内容与学科前沿相结合,提升学生对岩石材料动力学特性的测试分析能力,加深学生对课程基础知识的理解与掌握,增强学生的课堂参与度。同时,也为后期激发学生创新意识、培养科研素养、开展大学生创新创业科学研究项目以及毕业设计奠定坚实基础。

参考文献:

[1]张野,李明超,韩帅.基于岩石图像深度学习的岩性自动识别与分类方法.岩石学报,2018,34(2):333-342.

作者简介:张宇菲(1990-),女,汉族,北京,博士,实验师,主要从事爆破工程实验教学与研究工作。

通信作者:岳中文(1975-),男,汉族,安徽淮南,博士生导师,教授,主要研究方向为工程爆破与岩石破碎。

基金项目:中国矿业大学(北京)本科教育教学改革与研究项目资助(编号J20ZD20、J200701、J200722)