

·RS 推介·

# 英国皇家学会纪念伯崔姆·霍普金森 关于冲击和爆炸重要论文发表100周年

在工程技术、军事技术、科学研究等领域乃至日常生活中,人们会遇到各种各样的爆炸/冲击载荷问题。物体在爆炸/冲击载荷下的力学响应往往与静载荷下有显著不同。分离式霍普金森杆被认为是最常用、最有效的研究脉冲动载作用下材料力学性质的实验设备。

霍普金森杆研发成功归功于霍普金森父亲的贡献。1872年,约翰·霍普金森(John Hopkinson)完成了弹性波研究方面的一个著名实验——一端固定的铁丝冲击拉伸实验。通过研究杆(丝)中应力波传播的理论,得到了不同加载条件下铁丝断裂强度的实验结果。这项研究从理论和实验两方面增强了人们对波在杆中传播规律及其在界面透、反射规律的理解。

1905—1914年,伯崔姆·霍普金森(Bertram Hopkinson)继续他父亲的研究工作,于1914年完成了霍普金森压杆的实验设计,并发表“高能炸药爆炸或弹丸撞击产生压力的测量方法”研究论文(Hopkinson B. A method of measuring the pressure produced in the detonation of high explosives or by the impact of bullets[J]. Proceedings of the Royal Society of London: Series A, 1914, 89(612): 411-413),用霍普金森压杆测定和研究了炸药爆炸或子弹射击杆端时的压力-时间关系。这种测量压力脉冲的方式迅速在第一次世界大战中广泛应用。在随后的几十年中,多位科学家对霍普金森压杆进行研究改进,霍普金森杆的应用领域也从最初测量金属的动态力学性能,发展到现场测量岩石、混凝土、陶瓷、高聚物、炸药、固体推进剂、塑料、复合材料、泡沫材料、减震材料、黏结层、纤维等多种材料的动态力学性能,不仅适用于压缩试验,还能成功地进行拉伸和剪切试验,并且扩展到具有加速度、力与压力传感器标定功能。

2014年是霍普金森这篇重要研究论文发表100周年。为示纪念,英国皇家学会组织出版了“冲击和爆炸”专题,相关领域科学家也将在2014年7月聚到霍普

金森曾工作过的英国剑桥大学,探讨材料和结构的撞击、冲击、爆炸载荷研究的最新进展及未来趋势。

“纪念冲击和爆炸”专题的主要内容包括:冲击和爆炸载荷对活体组织的影响(包括由军事冲突和恐怖袭击带来的医疗问题、通过彗星运动在星球间转移细菌的可能性等)、从动态事件中获取全视野信息的新型光学技术、散体中的动载荷、用于车辆防撞性的板和泡沫塑料的动态性能等。第1部分内容发表在 *Philosophical Transactions of The Royal Society A* 2014年372卷2015期(图1),由 Stephen Walley, Hugh MacGillivray, John Field, Dan Eakins, Fabrice Pierron 和 Clive Siviour 整理编辑,刊载了1篇介绍性文章、1篇综述、10篇研究论文。本期“英国皇家学会推介”栏目选介该专题中具有代表性的3篇文章。



图1 “冲击和爆炸”专题——庆祝 Bertram Hopkinson 的研究论文发表100周年  
<http://rsta.royalsocietypublishing.org/site/2014/2015.xhtml>

## 通过实验模拟高速变形探讨 速率和温度对聚碳酸酯和 PMMA 的影响

牛津大学的 Kendall 等通过一种最近发展的技术可以实现聚合物高速变形反应的实验模拟。使用2种非晶聚合物,聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)和聚碳酸酯,通过低应变速率实验和温度变化来复制高速率行为,补充完善了以往研究从增塑聚氯乙烯中获得的数据。文中给出了在这项模拟中获得的力学数据与高速载荷下观测数据的对比。对这些数据

的分析探讨及这些数据呈现的温度分布,为这些材料中的屈服与屈服后行为提供了重要信息。

<http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/372/2015/20130202.abstract>

## 夹心复合材料在爆炸后的 压缩强度

复合夹心材料具备优异的强度质量比和较低的雷达反射率,广泛应用于海军舰艇建造。帝国理工学院的 Arora 等将注意力集中到爆炸引起损坏后残余材料的强度。该文作者进行了全尺寸爆破实验。通过散斑应变测绘,进一步分析了在爆炸载荷下 CFRP 夹心板对比 GFRP 夹心板的表现。进行爆破事件后,使用一艘军舰正常工作所需维持的载荷条件来实验测定剩余的压缩承载力。剩余强度的测试通过冲击后弹道实验进行,但是对爆炸后夹心复合材料剩余强度的研究还是很少。

<http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/372/2015/20130212.full.pdf+html>

## 玻璃状聚合物黏结的压缩颗粒 复合材料力学性能

美国空军研究实验室(AFSOR)的 Jordan 等在一定的应变速率和温度范围内,研究了对准聚合物链的挤压态聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)杆和 Al-Ni-PMMA 微粒复合材料的压缩响应。通过注射成型技术制备的微粒复合材料,形成了高度各向异性的微结构。通过与以往研究中的 PMMA 相关结果及具有相同颗粒的环氧基复合材料比较发现,压缩应变与应变速率和温度相关,在最高的应变速率和最低的温度下观察到了脆性破坏。Al-Ni-PMMA 复合材料与 PMMA 的应力应变响应相似,但屈服后的应变软化情况有所降低,在复合材料中增加颗粒的体积分数会导致材料强度降低。

<http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/372/2015/20130215.abstract>

(编译 田恬)