

文章编号: 1001-1455(2013)01-0054-07

大直径 SHPB 实验中的高温加载技术及其应用*

范飞林^{1,2}, 许金余^{1,3}

(1. 空军工程大学航空航天工程学院, 陕西 西安 710038;

2. 中国人民解放军 93975 部队, 新疆 乌鲁木齐 830005;

3. 西北工业大学力学与土木建筑学院, 陕西 西安 710072)

摘要: 为研究材料的高温动态力学行为, 提出一套由自主设计的温控系统和 $\varnothing 100$ mm SHPB 装置组成的高温 SHPB 实验系统, 采用 ANSYS 软件对界面热传导及其对实验结果的影响进行了计算分析, 论证了该实验技术的可靠性, 并对混凝土的高温动态力学性能进行了研究。结果表明: 在大直径合金钢材质 SHPB 装置上对混凝土等热惰性材料进行高温冲击实验, 冷接触时间临界值为 1.00 s, 本文中提出的高温加载技术可将冷接触时间控制在 0.50 s 以内, 实验技术可靠; 同一加载速率下, 随着温度从常温升到 1 000 °C, 高温混凝土的动态应力应变曲线呈现出塑性变化趋势, 动态抗压强度先提高后降低, 动态峰值应变则不断增大。

关键词: 固体力学; 温控系统; ANSYS 软件; SHPB; 界面热传导; 冷接触时间

中图分类号: O347; TU528.1

国标学科代码: 1301515

文献标志码: A

高温分离式霍普金森压杆(split Hopkinson pressure bar, SHPB)实验是研究材料与温度相关的动力行为的重要手段。目前, 高温 SHPB 实验方法主要分为 2 类: (1) 对局部压杆和试件共同加热^[1-3], 需要修正温度梯度的影响; (2) 利用特殊实验装置, 降低并进而忽略温度梯度的影响, 如先只对试件加热, 实验前快速将试件安装在系统中^[4-8], 或者在试件和压杆之间加装弹性隔热保护块或隔热短杆^[9]。由于第 2 类方法不考虑温度梯度的影响, 数据处理相对简单, 是目前应用和研究较多的一种方法。

关于高温 SHPB 实验技术及其应用研究, 较有代表性的有: 贾彬等^[10]、陶俊林等^[11]、李奎等^[12]采用先加热试件, 再将试件安装到系统中的方法对混凝土和水泥砂浆进行了实验研究; 李玉龙等^[13]、B. Davoodi 等^[14]、邓志方等^[15-16]对界面热传导及其对实验结果的影响进行了研究; 谢若泽等^[6]、张方举等^[7]、李玉龙等^[8, 13]提出了利用机械装置对预加热完毕的试件进行同步组装的实验方法。但已有研究尚存在不足之处, 比如机械组装装置改造复杂, 同步组装不易实施; 加热和保温装置简易, 实验效率较低; 利用大直径(如 $\varnothing 100$ mm) SHPB 压杆装置对混凝土材料进行高温实验的研究相对不足, 远不能满足工程设计和数值计算等的需要。

针对存在的不足, 本文中提出一套由自主设计的温控系统和 $\varnothing 100$ mm SHPB 装置组成的高温 SHPB 实验系统, 采用 ANSYS 软件对界面热传导及其对实验结果的影响进行计算分析, 论证该实验技术的可靠性, 并对混凝土的高温动态力学性能进行实验研究。

1 $\varnothing 100$ mm SHPB 高温加载技术

1.1 系统组成及特点

高温 SHPB 实验系统由自主设计的温控系统和常规 $\varnothing 100$ mm SHPB 装置组成, 如图 1 所示。温控系统由箱式预热炉和管式实时加热装置组成, 管式实时加热装置位于入射杆和透射杆之间。

箱式预热炉加热元件采用 U 型硅碳棒, 均布在炉膛内两侧, 控温精度为 ± 1 °C, 最高加热温度为 1 300 °C, 炉膛空间尺寸约为 720 mm \times 300 mm \times 350 mm, 通过电脑利用固定于炉体中部的热电偶对

* 收稿日期: 2011-10-24; 修回日期: 2012-03-07

基金项目: 国家自然科学基金项目(51078350)

作者简介: 范飞林(1983—), 男, 博士, 工程师。

电炉实施监控,并进行温度记录。管式实时加热装置由支撑平台和管式加热炉组成,其中管式加热炉位于支撑平台上,支撑平台上设有滑动轨道,整个炉体可以沿轨道前后、左右滑动以方便取放试件和调节位置,同时整个炉体可上下调节。管式加热炉加热元件采用耐高温硅碳棒,沿圆周均匀布置,工作区尺寸为 $\varnothing 120\text{ mm}\times 100\text{ mm}$ 。采用固定于炉膛中间正上方的热电偶对电炉实施监控,内部圆形炉膛由刚玉管和耐热钢管组成,其中与工件接触部分采用耐热钢管,以防止试件破碎损坏炉膛。采用智能控制,可根据设定温度自动调节输出功率大小,控温精度为 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$,最高工作温度为 $1\ 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

实验时,先用箱式预热炉对多个试件进行预热处理,之后逐一利用管式实时加热装置进行实验,能大大提高工作效率。整个高温实验系统具有结构简单、操作方便、控温准确、工作效率高的特点。

1.2 工作原理

试件定位:通过调节炉体位置,利用耐热垫片对试件进行定位。首先调节管式炉位置,使其轴线与压杆轴线对齐,然后利用夹具将垫片和试件先后装入炉内,再利用辅助工具调节试件位置,使试件的轴线与炉体和压杆的轴线对齐。

对杆方法:同时缓慢推动入射杆和透射杆进入炉内,当2杆推入炉内到预先标记好的位置时,两边同时用力,可确保接触良好,也能避免试件运动造成定位不准。

组装方法:依托管式实时加热装置进行人工组装。高温下,当管式炉中的试件恒温加热到预定时间时,打开端盖人工快速推动压杆到预先标记好的位置,压杆和试件接触的瞬时下达触发子弹口令,并迅速离开,操作人员听到口令的瞬时摁下触发按钮进行加载,待加载完毕,迅速将入射杆和透射杆推出进行冷却。

经过计算和测试,人工组装可将冷接触时间(cold contact time, CCT) t_c ,即压杆与试件完成对接到入射波到达试件端面的延时,控制在 0.50 s 以内,这是目前人工组装所能达到的普遍时间^[13]。

1.3 界面热传导及其对实验技术可靠性影响的计算分析

由已有研究^[7,13,15-16]得知,CCT的长短决定界面热传导对试件温度均匀性和压杆端部温升的影响程度,是进行实验技术分析必须考虑的一个重要参数。CCT应有一个临界值^[13],当其在临界值以内时,热传导的影响可以忽略不计,这个临界值应该既能满足使实验技术可靠的最低要求,又能使技术上简便可行。本文中描述的高温加载技术主要是为利用大直径的合金钢材质压杆对混凝土、岩石等脆性和热惰性材料进行冲击实验而设计的,下面利用ANSYS软件对混凝土试件和压杆中的温度场进行数值分析,以确定CCT的临界值 $t_{c,c}$ 。

1.3.1 模型建立

试件和压杆之间的热传导实际上是存在界面接触热阻的热传导问题^[13,15-16],鉴于接触热阻的复杂性^[17-18],为计算方便,按最不利情况考虑,引入2个基本假定:(1)忽略压杆和混凝土试件之间的接触热阻;(2)假定材料的比热容和导热系数为常数。

高温 SHPB 实验中材料内部温度场的求解属于瞬态热传导问题。混凝土试件几何模型按实际尺寸建立,长度为 48 mm ,直径为 98 mm ;入射杆和透射杆分别取与试件接触端部的长 50 mm 的部分进行分析,直径为 100 mm 。根据轴对称性,建立轴对称 $1/4$ 二维有限元模型。计算时材料参数^[17-19]按不利情况取值:混凝土密度为 $2\ 400\text{ kg/m}^3$,比热容为 $840\text{ J/(kg}\cdot^{\circ}\text{C)}$,导热系数为 $1.63\text{ W/(m}\cdot^{\circ}\text{C)}$;合金钢压杆密度为 $7\ 850\text{ kg/m}^3$,比热容为 $520\text{ J/(kg}\cdot^{\circ}\text{C)}$,导热系数为 $34.9\text{ W/(m}\cdot^{\circ}\text{C)}$ 。



图1 高温 SHPB 系统

Fig. 1 High-temperature SHPB system

试件初始温度 θ_0 分别为 800 和 1 000 °C, 压杆初始温度为 20 °C, CCT 依次为 0.05、0.25、0.50、0.75 和 1.00 s; 不考虑系统与环境之间的热交换; 网格划分选取四节点矩形轴对称单元, 压杆沿轴向和径向 100 等分, 试件沿轴向 96 等分, 径向 98 等分, 网格尺寸均为 0.5 mm×0.5 mm。

1.3.2 模拟结果分析

(1) 混凝土试件上的温度分布。当温度下降超过试件初始温度的 5% 时, 认为是显著下降, 定义温度下降比例因数 ξ 为: 一定 θ_0 和 CCT 下温度显著下降区厚度与试件厚度的比值, 可表示为 $\xi = l_a/l_s$, 其中 l_a 为轴向温降超过初始温度 5% 的区域厚度, l_s 为试件厚度。图 2 是 θ_0 为 1 000 °C, 不同 CCT 下试件轴向温度分布对比情况, L 为距试件端部的距离。由图 2 可见, 试件的温降仅限于端面局部区域, CCT 越大, 则温降范围越大。图 3 是 θ_0 分别为 800 和 1 000 °C 时, ξ 随 CCT 的变化情况。由图 3 可见, 试件的温降范围随 CCT 的延长而增大, 当初始温度升高时, 试件的温降范围基本没有变化。CCT 为 1.00 s 时, 初始温度为 1 000 °C 的混凝土试件的温降范围比例因数为 10%。

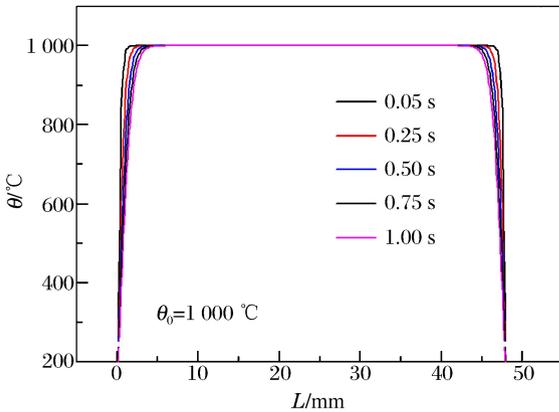


图 2 试件轴向温度分布

Fig. 2 Axial distribution of specimen temperature

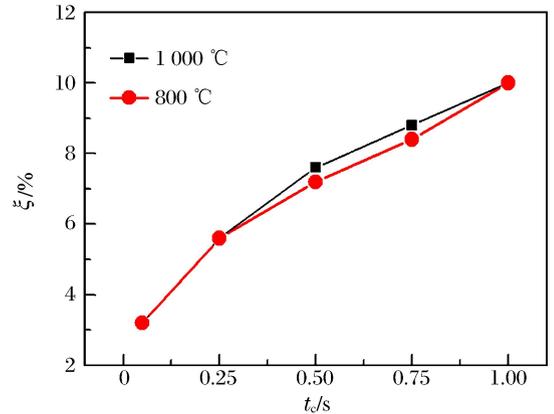


图 3 ξ 随 CCT 的变化

Fig. 3 Changes of ξ with CCT

(2) 压杆上的温度分布。图 4 是 θ_0 为 1 000 °C, 不同 CCT 时压杆端部的轴向温度分布情况。由图 4 可见, 温升主要发生在与试件接触的局部区域, 压杆上远处的绝大部分区域是没有温度变化的, CCT 越大, 温升范围相对越大。考察不同初始温度时, 入射杆和透射杆端部温度最大值 θ_{\max} 随 CCT 的变化情况, 如图 5 所示。由图 5 可见, θ_{\max} 随 CCT 的延长而不断升高, 但升高的速度逐渐变慢, 当 θ_0 分别为 800 和 1 000 °C, CCT 为 1.00 s 时压杆端部的温度最大值分别为 105 和 126 °C。

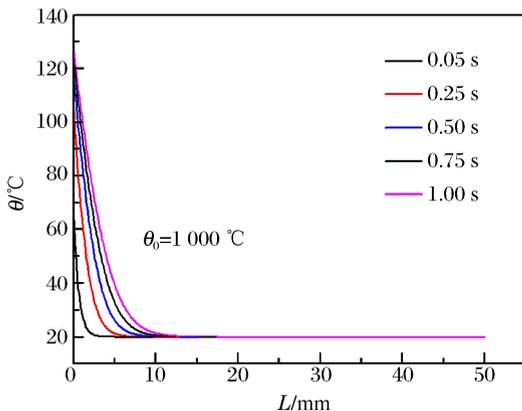


图 4 入射杆和透射杆端部轴向温度分布

Fig. 4 Axial distribution of temperature at the incident and transmission bar tips

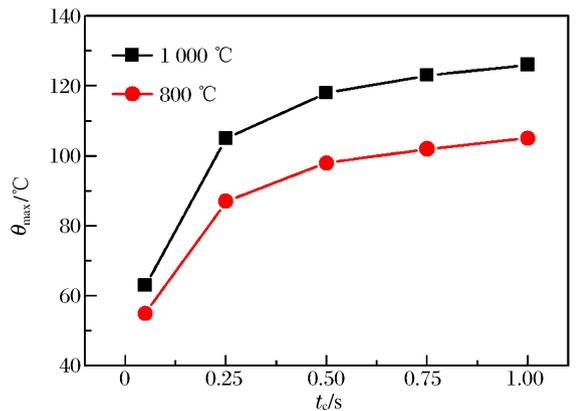


图 5 θ_{\max} 随 CCT 的变化

Fig. 5 Changes of θ_{\max} with CCT

1.3.3 技术可靠性分析

根据 A. M. Lennon 等^[4]的观点“高温 SHPB 实验中,可接受的试件温度为试件上 85% 部分的温度下降不超过 10%”,并参照已有研究^[7,15-16]对热传导影响的允许范围“试件的温度不均匀性不超过 10%,钢质压杆端部温度最大值不超过 200 °C 的弹性行为变化可忽略范围”,针对本文的实验条件(∅100 mm 合金钢质压杆)和实验对象(混凝土类热惰性材料),可建议较保守的 CCT 临界值条件为:试件温度不均匀区域不超过 10%,压杆端部温度最大值不高于 200 °C。

由上文按最不利情况对混凝土试件和合金钢压杆进行的数值计算结果可以看出:当实验温度低于 1 000 °C,CCT 小于 1.00 s 时,可将试件温度不均匀区域比例控制在 10% 以内,将压杆端部最高温度控制在 200 °C 以内,能满足建议的 CCT 临界值条件,即当 CCT 小于 1.00 s 时,热传导对实验结果的影响在允许范围内,可忽略不计,CCT 临界值为 1.00 s。本文实验技术可将 CCT 控制在 0.50 s 以内,小于 CCT 临界值,因而界面热传导的影响可忽略不计,实验技术可靠。

2 混凝土高温 SHPB 实验

利用上文描述的高温加载技术对混凝土进行高温动态压缩实验,实验温度分别为 20、200、400、600、800 和 1 000 °C,弹速均控制为 8 m/s。试件加热速率为 10 °C/min,温度达到指定值后,恒温 4 h 再进行实验。试件几何尺寸约为 ∅98 mm × 48 mm,每立方米混凝土材料的配比如下:强度等级为 42.5R 的普通硅酸盐水泥,375 kg;硅灰,25 kg;粉煤灰,125 kg;中砂,690 kg;碎石,1 030 kg;水,180 kg;高效 FDN 减水剂,5 kg。

2.1 波形整形技术和数据处理

入射波整形技术^[20]是解决大直径 SHPB 实验中弥散效应的重要手段,周子龙等^[21]认为,对于混凝土的大直径 SHPB 实验,半正弦加载波是比矩形波优越的理想加载波形。本文中采用 H62 黄铜波形整形器对入射波进行整形,结果表明,入射脉冲呈半正弦状,不仅消除了过冲及高频振荡,还可以延长入射脉冲升时,让试件有足够的时间达到应力均匀,也有利于平滑波形和实现恒应变率加载。图 6 为运用高温加载技术和波形整形技术后得到的混凝土在 400 °C 高温下的典型波形,图中 ϵ_i 、 ϵ_r 和 ϵ_t 分别为杆中的入射、反射和透射应变。数据处理方法与常温 SHPB 实验相同,采用三波法^[22]可求得试件中的平均应力、平均应变和平均应变率。

2.2 应力均匀性分析

根据应力均匀假设^[22],将 $\epsilon_i + \epsilon_r$ 与 ϵ_t 进行比较,可直观判断应力均匀情况,典型的应力均匀性情况如图 6 所示,可见应力均匀性良好;采用应力不均匀因数 D 对应力均匀性问题进行定量描述,即

$$D = \left[\int_0^T (\epsilon_i + \epsilon_r) dt - \int_0^T \epsilon_t dt \right] / \int_0^T \epsilon_t dt$$

式中: T 为应力脉冲作用时间。图 7 为 D 的变化情况,图中 t_p 为试件开始破坏的时刻,显然,试件在开始破坏之前就已经达到应力均匀分布,且在整个加载过程中的绝大多数时间内保持应力均匀状态。

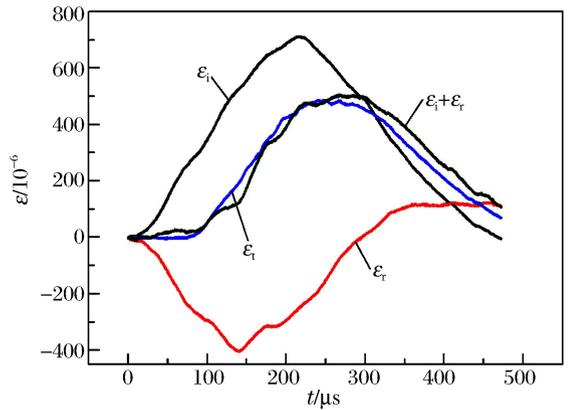


图 6 典型应力均匀性情况
Fig. 6 Typical stress uniformity

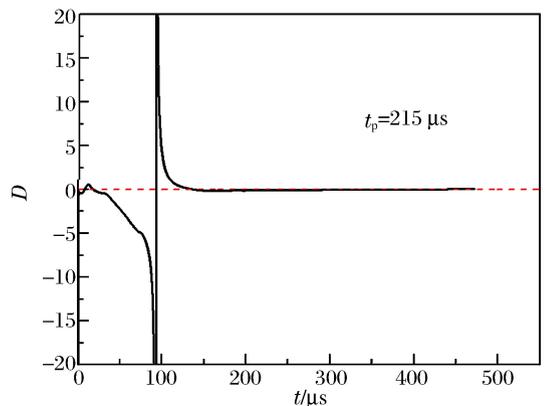


图 7 应力不均匀因数的变化
Fig. 7 Changes of D

2.3 实验结果和讨论

混凝土在常温和高温下的动态应力应变曲线如图 8 所示。由图 8 可见:随温度的逐渐升高,动态应力应变曲线的上升段变得平缓,曲线逐渐表现出塑性特性,1 000 °C 时的曲线存在较明显的塑性阶段。

测得的高温混凝土动态应力应变曲线的下降段斜率较大,说明试件卸载较快,峰点后承载能力较差,这一点不同于常温混凝土。值得注意的是:高温下试件完全破坏时的应变小于最大应变,这一现象从文献[10-12]中的应力应变曲线或原始波形上也可看到。这是因为,冲击荷载下,高温产生的已有大量微裂缝、微孔隙和冲击力产生的新微裂缝在不断扩展和贯通的同时会被压实和挤密,随着冲击力的卸载,被压实的大量微裂缝和微孔隙会有部分的惯性回扩,表现在应力应变曲线上,就是完全破坏时的应变小于最大应变。

混凝土的动态抗压强度和动态峰值应变随温度的变化曲线如图 9~10 所示,其中 f_{cd} 为动态抗压强度, f_{cs} 为静态抗压强度, ε_p 为动态峰值应变, θ 为实验温度。

由图 9~10 可见,动态抗压强度随温度升高表现出先提高后降低的变化规律,动态峰值应变随温度升高不断增大。图 9 显示,当温度低于 400 °C 时,常温下的动态抗压强度比高温下的小。根据文献[19,23-24],静力条件下,当温度为 200~300 或低于 350 °C 时,混凝土的立方体抗压强度会高于 100 °C 时或常温下的。在冲击荷载和高温共同作用下,当温度低于 400 °C 时,常温下的动态抗压强度比高温下的小是由温度和加载速率对混凝土微观结构共同作用造成的。高温动态条件下混凝土强度的影响因素较多,变化机理复杂,对该结果更详细的解释有待于对混凝土动态条件下微、宏观力学性能及变化机理更深入的研究。

3 结论

(1)在大直径钢材质 SHPB 装置上对大尺寸的混凝土等热惰性材料试件进行高温冲击实验,冷接触时间临界值为 1.00 s,本文中提出的高温加载技术可控制冷接触时间小于 0.50 s,实验技术可靠。

(2)同一加载速率下,随着温度从常温升高到 1 000 °C,混凝土的动态应力应变曲线呈现出塑性变化趋势,动态抗压强度先提高后降低,动态峰值应变不断增大。

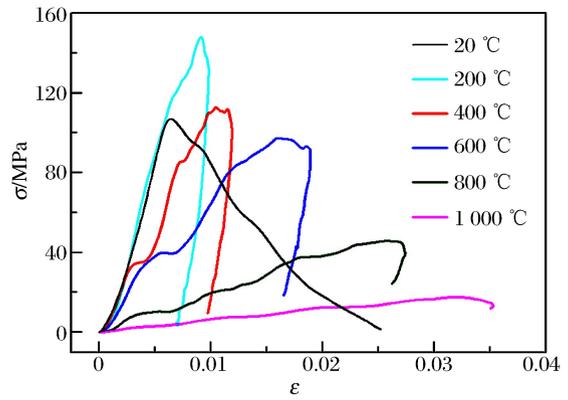


图 8 不同温度下的应力应变曲线

Fig. 8 Stress-strain curves at different temperatures

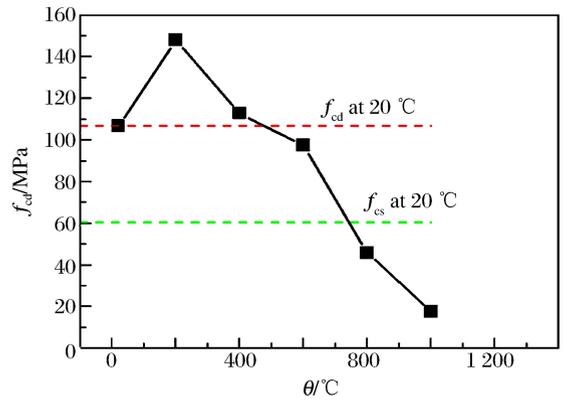


图 9 动态抗压强度随温度的变化

Fig. 9 f_{cd} varied with θ

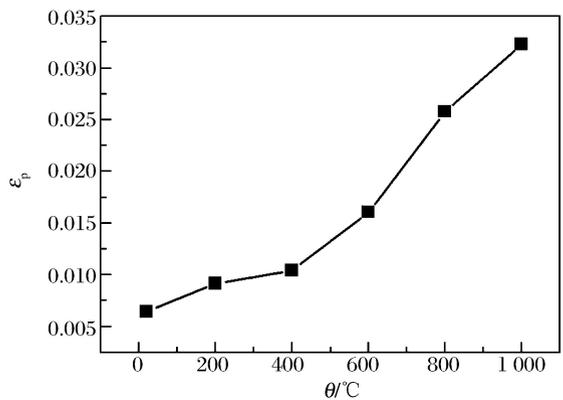


图 10 动态峰值应变随温度的变化

Fig. 10 ε_p varied with θ

参考文献:

- [1] Chiddister J L, Malvern L E. Compression-impact testing of aluminum at elevated temperatures[J]. *Experimental Mechanics*, 1963,3(4):81-90.
- [2] 尚兵,王彤彤,庄茁. 高温 SHPB 实验温度修正的差分方法[J]. *高压物理学报*, 2010,24(3):219-224.
Shang Bing, Wang Tong-tong, Zhuang Zhuo. Difference scheme for modifying the experimental temperature in high-temperature SHPB test[J]. *Chinese Journal of High Pressure Physics*, 2010,24(3):219-224.
- [3] 周国才,胡时胜,付峥. 用于测量材料高温动态力学性能的 SHPB 技术[J]. *实验力学*, 2010,25(1):9-15.
Zhou Guo-cai, Hu Shi-sheng, Fu Zheng. SHPB technique used for measuring dynamic properties of material in high temperature[J]. *Journal of Experimental Mechanics*, 2010,25(1):9-15.
- [4] Lennon A M, Ramesh K T. A technique for measuring the dynamic behavior of materials at high temperatures[J]. *International Journal of Plasticity*, 1998,14(12):1279-1292.
- [5] Lee O S, Choi H B, Kim H M. High-temperature dynamic deformation of aluminum alloys using SHPB[J]. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 2011,25(1):143-148.
- [6] 谢若泽,张方举,颜怡霞,等. 高温 SHPB 实验技术及其应用[J]. *爆炸与冲击*, 2005,25(4):330-334.
Xie Ruo-ze, Zhang Fang-ju, Yan Yi-xia, et al. High temperature SHPB experimental technique and its application [J]. *Explosion and Shock Waves*, 2005,25(4):330-334.
- [7] 张方举,谢若泽,田常津,等. SHPB 系统高温实验自动组装技术[J]. *实验力学*, 2005,20(2):281-284.
Zhang Fang-ju, Xie Ruo-ze, Tian Chang-jin, et al. Auto-assembling technique used in high temperature experiment of SHPB[J]. *Journal of Experimental Mechanics*, 2005,20(2):281-284.
- [8] 李玉龙,索涛,郭伟国,等. 确定材料在高温高应变率下动态性能的 Hopkinson 杆系统[J]. *爆炸与冲击*, 2005,25(6):487-492.
Li Yu-long, Suo Tao, Guo Wei-guo, et al. Determination of dynamic behavior of materials at elevated temperatures and high strain rates using Hopkinson bar[J]. *Explosion and Shock Waves*, 2005,25(6):487-492.
- [9] 肖大武,李英雷,胡时胜. 组合式隔热陶瓷短杆高温 SHPB 实验技术[J]. *高压物理学报*, 2010,24(1):37-42.
Xiao Da-wu, Li Ying-lei, Hu Shi-sheng. High temperature SHPB system with heat insulation for short ceramic bars[J]. *Chinese Journal of High Pressure Physics*, 2010,24(1):37-42.
- [10] 贾彬,李正良,陶俊林,等. 混凝土高温动态特性 SHPB 试验研究[J]. *武汉理工大学学报*, 2010,32(21):34-37.
Jia Bin, Li Zheng-liang, Tao Jun-lin, et al. SHPB test on high temperature dynamical mechanical behavior of concrete[J]. *Journal of Wuhan University of Technology*, 2010,32(21):34-37.
- [11] 陶俊林,秦李波,李奎,等. 混凝土高温动态压缩力学性能实验[J]. *爆炸与冲击*, 2011,31(1):101-106.
Tao Jun-lin, Qin Li-bo, Li Kui, et al. Experimental investigation on dynamic compression mechanical performance of concrete at high temperature[J]. *Explosion and Shock Waves*, 2011,31(1):101-106.
- [12] 李奎,陶俊林. 水泥砂浆高温 SHPB 实验及动态力学特性研究[J]. *武汉理工大学学报*, 2010,32(24):22-27.
Li Kui, Tao Jun-lin. Research on impact compressive experiment and dynamic mechanic behavior of cement mortar at high temperature[J]. *Journal of Wuhan University of Technology*, 2010,32(24):22-27.
- [13] Li Yu-long, Guo Ya-zhou, Hu Hai-tao, et al. A critical assessment of high-temperature dynamic mechanical testing of metals[J]. *International Journal of Impact Engineering*, 2009,36(2):177-184.
- [14] Davoodi B, Gavrus A, Ragneau E. An experimental and numerical analysis of the heat transfer problem in SHPB at elevated temperatures[J]. *Measurement Science and Technology*, 2005,16(10):2101-2108.
- [15] 邓志方. 高温 SHPB 试验中的界面热传导特性及其影响[D]. 绵阳:中国工程物理研究院, 2006:48-49.
- [16] 邓志方,李思忠,颜怡霞,等. 一种高温 SHPB 实验技术中的温度场分析[J]. *实验力学*, 2005,20(Suppl 1):65-69.
Deng Zhi-fang, Li Si-zhong, Yan Yi-xia, et al. An analysis of temperature gradients in high-temperature SHPB experimental technique[J]. *Journal of Experimental Mechanics*, 2005,20(Suppl 1):65-69.
- [17] 马庆芳,方荣生,项立成,等. 实用热物性性质手册[M]. 北京:中国农业机械出版社, 1986:1054-1056.
- [18] 张美杰. 材料热工基础[M]. 北京:冶金工业出版社, 2008:145-146.
- [19] 过镇海,时旭东. 钢筋混凝土原理和分析[M]. 北京:清华大学出版社, 2003:395-396.

- [20] 李为民, 许金余. 大直径 SHPB 试验中的波形整形技术研究[J]. 兵工学报, 2009, 30(3): 350-355.
Li Wei-min, Xu Jin-yu. Pulse shaping techniques for large-diameter SHPB test[J]. Acta Armamentarii, 2009, 30(3): 350-355.
- [21] 周子龙, 李夕兵, 赵国彦, 等. 岩石类 SHPB 实验理想加载波形的三维数值分析[J]. 矿冶工程, 2005, 25(3): 18-20.
Zhou Zi-long, Li Xi-bing, Zhao Guo-yan, et al. Three dimensional numerical analysis of perfect loading wave-form of rock with SHPB[J]. Mining and Metallurgical Engineering, 2005, 25(3): 18-20.
- [22] 王礼立. 应力波基础[M]. 北京: 国防工业出版社, 2005: 52-54.
- [23] 过镇海, 时旭东. 钢筋混凝土的高温性能及计算[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002: 13-22.
- [24] 李引擎. 建筑防火工程[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 413.

High-temperature loading techniques in large-diameter SHPB experiment and its application *

Fan Fei-lin^{1,2}, Xu Jin-yu^{1,3}

(1. *College of Aerospace Engineering, Air Force Engineering University, Xi'an 710038, Shaanxi, China;*

2. *Troops 93975 of the PLA, Urumuchi 830005, Xinjiang, China;*

3. *College of Mechanics and Civil Architecture, Northwest Polytechnic University, Xi'an 710072, Shaanxi, China)*

Abstract: To study the dynamic mechanical properties of material at high temperatures, a new high-temperature split Hopkinson pressure bar (SHPB) system was proposed by combining a self-developed temperature-controlling system and an ordinary 100-mm-diameter SHPB system. The ANSYS software was used to analyze the interface heat transfer phenomenon and its influences on the experimental results. The reliability of the experimental technique proposed was demonstrated. And the experimental technique proposed was utilized to investigate the dynamic mechanical properties of concrete at high temperatures. The results show that for the high temperature impact tests on heat-inertia materials such as concrete using the large-diameter SHPB made of alloy steels, the critical value of cold contact time (CCT) is 1.00 s, and the CCT for the experimental technique proposed does not exceed 0.50 s, the experimental technique proposed is credible; and that at invariable loading rate with temperature increasing gradually from normal temperature to 1 000 °C, the dynamic stress-strain curves of concrete exhibit gradually plasticity properties, the dynamic compressive strength first rises, then falls, and the dynamic peak strain rises constantly.

Key words: solid mechanics; temperature-controlling system; ANSYS software; SHPB; interface heat transfer; cold contact time

* Received 24 October 2011; Revised 7 March 2012

Supported by the National Natural Science Foundation of China (51078350)

Corresponding author: Fan Fei-lin, flybeyond007@163.com