

基于微观机理的高温后大理岩动态力学特性分析

宋世兴

(中铁二十五局集团第二工程有限公司)

摘要:为研究温度对大理岩动态力学特性的影响,对常温(25℃)及高温(200℃、400℃、600℃和800℃)后的大理岩试样开展 SHPB 试验、XRD 和 SEM 微观试验,探究了高温后大理岩动态力学特性与温度的关系及微观损伤机理。结果表明:高温后大理岩的动态压缩应力-应变曲线分为弹性、屈服、破坏3个阶段;大理岩的峰值应力及破坏特征均存在明显的温度效应,即随温度的升高,大理岩的峰值应力逐渐下降,破碎程度加剧;大理岩的动态力学特性与其矿物组分及晶体结构密切相关,200℃~600℃时,微缺陷增多,且白云石发生了热分解转化,在800℃时,矿物分解生成CO₂气体和氢氧化钙,且晶体结构发生熔融破坏,内部损伤严重,塑性增强,从而导致宏观力学特性的大幅下降。

关键词:深部开采;大理岩;高温作用;微观损伤机理;动态力学特性;动态压缩试验

中图分类号:TU451 TD315

文章编号:1001-1277(2024)07-0011-06

文献标志码:A

doi:10.11792/hj20240703

引言

随着浅部资源的日益枯竭,深部开采已成为国内外矿产资源开发与利用的必然趋势^[1],但随着开采深度的增加,深部岩石所处的地质条件日益复杂化,深部岩体工程处于高地应力、高地温、高水压及动荷载扰动的特殊地质力学环境^[2],导致深部岩石不仅要承受不同温度的作用,而且还受到不同种类动荷载的侵扰。因此,深部岩石问题已成为学者们的研究重点^[3-4]。与浅部岩石相比,深部岩石力学特性及其工程响应有着明显的不同,深部岩体开挖过程中易引发工程灾害问题,所需要的开挖技术条件更加复杂。所以进行深部岩石高温后动态力学特性及微观机理的研究具有重要意义。

目前,国内外学者在高温后岩石的静态力学特性及物理性质方面的研究较多。例如:SHA等^[5]研究了高温后花岗岩的物理力学性能。ZHU等^[6]对不同温度处理后砂岩的物理力学特性进行了研究,发现当温度大于500℃时,砂岩的变形模量及强度均呈现下降趋势。贾蓬等^[7]研究了高温水冷后花岗岩的物理力学特性,随着温度的升高,花岗岩单轴抗压强度逐渐降低,而峰值应变不断增大。吴阳春等^[8]探究了温度对高温后花岗岩物理力学特性的影响。随着深部岩体工程的进行,有学者已开始利用分离式霍普金森压杆测试技术对高温后岩石的动态力学特性展开

研究。例如:YANG等^[9]研究了高温后砂岩的动态力学特性,并分析了温度与砂岩峰值应力及动态弹性模量的关系。WANG等^[10]分析了温度及应变率与花岗岩动态力学特性的关系。平琦等^[11]研究了温度与高温循环次数对砂岩动态力学特性的影响。蔚立元等^[12]对高温水冷后的花岗岩进行了动态单轴压缩试验,并分析讨论了温度和应变率对花岗岩动力特性的影响。顾超等^[13]利用分离式霍普金森压杆系统对高温后2种层理砂岩进行了动态压缩试验,结果表明高温后层理砂岩的动态力学特性受冲击速度、温度及各向异性的共同影响。朱晶晶等^[14]通过动态压缩试验,探究了应变率与动态抗压强度和单位体积吸能的关系。

综上所述,以往学者们的研究主要从宏观角度去分析温度对岩石动态力学特性的影响,而从微观角度深入探究动荷载与温度耦合作用后岩石内部矿物组分及微观结构变化对岩石动态力学特性的影响较少,且学者们的研究对象主要为花岗岩和砂岩,对高温后大理岩的研究仍不够充分。因此,本文选用大理岩作为研究对象,对高温后大理岩的动态压缩力学特性及微观损伤机理进行分析研究,为深部岩体工程的建设提供参考依据。

1 试验概况

1.1 试样制备

本次试验所用大理岩试样均取自云南省东南部

的卡房矿山,呈灰色,均一性良好,表面无明显裂纹。根据国际岩石力学学会 (ISRM) 的标准^[15],利用岩石取芯机、切割机和磨平机等设备将大理岩加工制备成长径比为 0.8 的试样,即 $\phi 50\text{ mm} \times 40\text{ mm}$ 大理岩圆柱试样 (如图 1 所示)。为减小试验误差,提高试验准确性,试样磨平后两端面的不平整度应控制在 $\pm 0.04\text{ mm}$,高度与直径的误差应控制在 $\pm 0.2\text{ mm}$ 。



图 1 $\phi 50\text{ mm} \times 40\text{ mm}$ 大理岩圆柱试样
Fig. 1 $\phi 50\text{ mm} \times 40\text{ mm}$ marble sample

1.2 试样高温处理

采用 XH7L-12 型箱式电阻炉对制备完成的大理岩试样进行高温处理,该设备炉膛采用陶瓷纤维材料制成,最高加热温度可达 $1\,200\text{ }^{\circ}\text{C}$,控温精度为 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。为了研究不同温度对大理岩力学性能的影响,将试样处理温度设为常温 ($25\text{ }^{\circ}\text{C}$)、 $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ 5 组,且每个温度等级的试样至少控制在 3 个。首先,将箱式电阻炉的升温速率设置为 $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 对试样进行加热处理,当试样达到预定温度值后恒温保持 3 h,使试样均匀受热;其次,恒温结束后,关闭箱式电阻炉电源,打开炉门使试样在炉膛中自然冷却至室温;最后,将经历不同温度处理的试样存放于密封袋中,以备后续 SHPB 试验和微观试验使用。

1.3 试验设备及 SHPB 基本原理

本文大理岩 SHPB 试验均使用昆明理工大学国土资源工程学院 $\phi 75\text{ mm}$ 分离式霍普金森压杆试验系统,该设备主要由加载驱动装置、应力传递装置和测试系统 3 个部分组成。加载驱动装置包括氮气瓶、高压气储存室、压强控制器等;应力传递装置包括纺锤形子弹、入射杆、透射杆、吸能杆等;测试系统则包括速度测试系统、应变测试系统等。入射杆和透射杆的相关物理参数:长为 2 m ,密度为 $7\,794\text{ kg}/\text{m}^3$,弹性模量为 211 GPa ,纵波波速为 $5\,189\text{ m}/\text{s}$,泊松比为 0.285 。微观试验中采用 JSM-6510 钨丝扫描电镜 (SEM) 和 X 射线衍射仪 (XRD)。

岩石 SHPB 试验均基于 2 个基本原理,即一维应力假设理论和应力均匀性假设理论^[16-17]。在试验过

程中,入射杆上的应变片 1 和透射杆上的应变片 2 将反射波和透射波采集记录到超动态应变仪中,形成应力脉冲波的时间历程曲线,利用二波法^[18]对试验数据进行处理,可得岩石试样的平均应力 $\sigma_s(t)$ 、平均应变 $\varepsilon_s(t)$ 和平均应变率 $\dot{\varepsilon}_s(t)$ 。

$$\sigma_s(t) = \frac{A_0 E_0}{A_s} \varepsilon_T(t) \tag{1}$$

$$\varepsilon_s(t) = -\frac{2C_0}{l_s} \int_0^t \varepsilon_R(t) dt \tag{2}$$

$$\dot{\varepsilon}_s(t) = -\frac{2C_0}{h_s} \varepsilon_R(t) \tag{3}$$

式中: $\varepsilon_T(t)$ 和 $\varepsilon_R(t)$ 分别为 t 时刻的透射应变和反射应变; E_0 、 A_0 和 C_0 分别为杆件的弹性模量 (MPa)、横截面面积 (mm^2) 和波速 (m/s); A_s 、 l_s 和 h_s 分别为岩石试样的横截面积 (mm^2)、长度 (m) 和高度 (m)。

动态应力平衡是试验数据有效性的前提条件,因此选取大理岩 SHPB 试验过程中的代表性数据进行应力平衡检验,如图 2 所示。从图 2 可以看出,入射波与反射波叠加的曲线与透射波曲线几乎重合,表明 SHPB 试验过程中岩石试样满足动态应力平衡条件。

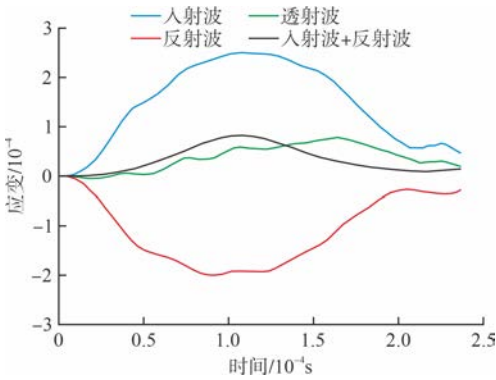


图 2 大理岩 SHPB 试验动态应力平衡图

Fig. 2 Dynamic stress balance chart for marble SHPB test

1.4 试验方案

为研究高温对大理岩动态压缩力学特性的影响,本文将每组动态压缩试验中的冲击速度定为 $14.5\text{ m}/\text{s}$,即在每次试验前固定纺锤形子弹的位置,使得子弹在同一冲击气压下可获得相同的冲击速度。大理岩的研究温度共设置 5 组,即常温 ($25\text{ }^{\circ}\text{C}$)、 $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。因此,本文动态压缩试验共分为 5 组,且为保证数据的准确性,每组需进行 3 次独立重复试验,并从中选取最具统计学意义的数据进行分析。最后,利用 X 射线衍射仪对不同温度处理后大理岩的矿物组分进行测试,SEM 电镜扫描仪对每组冲击压缩破坏后的断口进行微观结构观察试验。

2 SHPB 试验结果及分析

2.1 应力 - 应变曲线

不同温度作用后大理岩动态压缩典型的应力 - 应变曲线如图 3 所示。从图 3 可以看出,大理岩的动态压缩应力 - 应变曲线大致可分为弹性、屈服、破坏 3 个阶段。

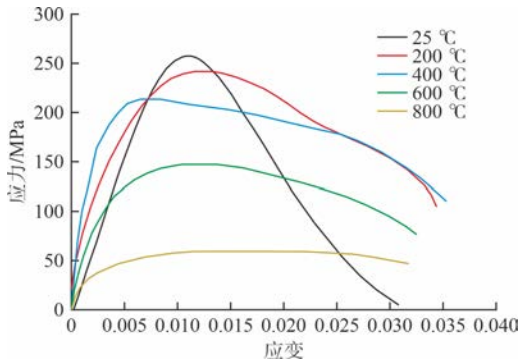


图 3 不同温度作用后大理岩动态压缩典型的应力 - 应变曲线

Fig. 3 Typical stress - strain curve for marble dynamic compression under the effect of different temperatures

在弹性变形阶段,试样在 25 °C ~ 400 °C 阶段曲线斜率变化较小;而当温度达到 600 °C ~ 800 °C 后,试样由于受到高温作用,内部微裂纹逐渐扩展发育,使得其抵抗变形的能力下降,曲线斜率发生较大下降。在屈服阶段,作用温度不同,曲线应力的变化趋势也不同,即随着温度的升高,曲线应力的增大速率逐渐变缓,曲线塑性屈服平台越显著。在破坏阶段,当应力达到峰值时,25 °C 试样迅速破坏,峰后曲线呈快速下降趋势;而随着温度的升高,峰后曲线逐渐变缓,表明试样塑性逐渐增强。综上,随着温度的升高,大理岩动态压缩应力 - 应变曲线逐渐变缓,塑性逐渐增强。

2.2 峰值应力及破坏特征

不同温度作用后大理岩的基本物理力学参数如表 1 所示。根据表 1,利用一次函数对不同温度作用后试样的峰值应力进行拟合,可分析得出大理岩峰值应力随温度的变化,结果如图 4 所示。

表 1 不同温度作用后大理岩的基本物理力学参数

Table 1 Basic physical parameters of marble under the effect of different temperatures

温度/°C	密度/(g · cm ⁻³)	纵波波速/(m · s ⁻¹)	峰值应力/MPa
25	2.73	3 995.2	256.7
200	2.69	2 304.7	240.7
400	2.59	1 804.3	213.3
600	2.67	1 362.0	151.9
800	1.86	950.7	59.4

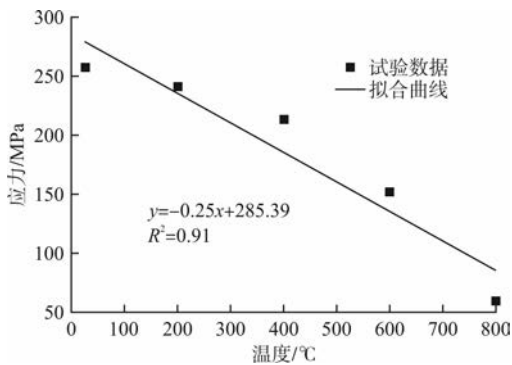


图 4 大理岩峰值应力随温度的变化曲线

Fig. 4 Curve of peak marble stress variation with temperature

应力相比,200 °C、400 °C、600 °C、800 °C 温度作用后试样的峰值应力分别下降了 6.2 %、16.9 %、40.8 %、76.9 %。随着温度的升高,大理岩的峰值应力逐渐下降,且下降幅度不断增大,在 800 °C 时峰值应力下降幅度达到最大,表明此时试样受高温影响损伤严重,这主要是由于高温作用后,大理岩内部矿物受热膨胀产生热应力,使得裂纹裂隙逐渐萌生发育,而作用温度越高,内部分子热运动越剧烈,内部微缺陷越多,从而导致试样在 800 °C 时峰值应力达到最低值。

岩石的破坏是岩石内部微裂隙相互扩展贯通的结果^[19],为表征不同温度作用后大理岩的受力状态,对大理岩的冲击破坏特征进行观察,结果如图 5 所示。从图 5 可以看出:在冲击速度相同的情况下,大理岩冲击破坏后的碎屑随温度的升高而增多,其主要原因为高温作用后,大理岩内部的水分蒸发,矿物成分及含量发生改变,导致其内聚力逐渐变小,使得试样破碎后的碎块尺寸由粗粒向细粒变化,试样破碎程度加剧。

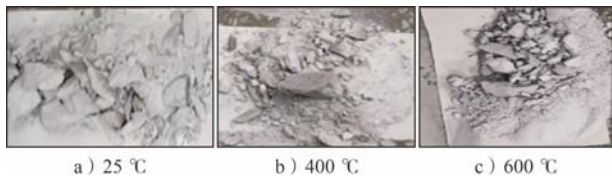


图 5 冲击荷载下不同温度作用后大理岩的破坏特征

Fig. 5 Characteristics of marble damage through impact load induced high temperatures

3 微观试验结果及分析

3.1 XRD 试验

为研究不同温度作用后大理岩的矿物成分及相对含量,对大理岩试样进行了 XRD 试验,随后利用 Jade 软件对试验数据进行分析处理,可分别得到不同温度(25 °C、200 °C、400 °C、600 °C、800 °C)作用后大理岩的成分分析谱图和主要矿物种类及相对含量,结果如图 6、表 2 所示。

从图 4 可以看出:与 25 °C 温度作用后试样的峰值

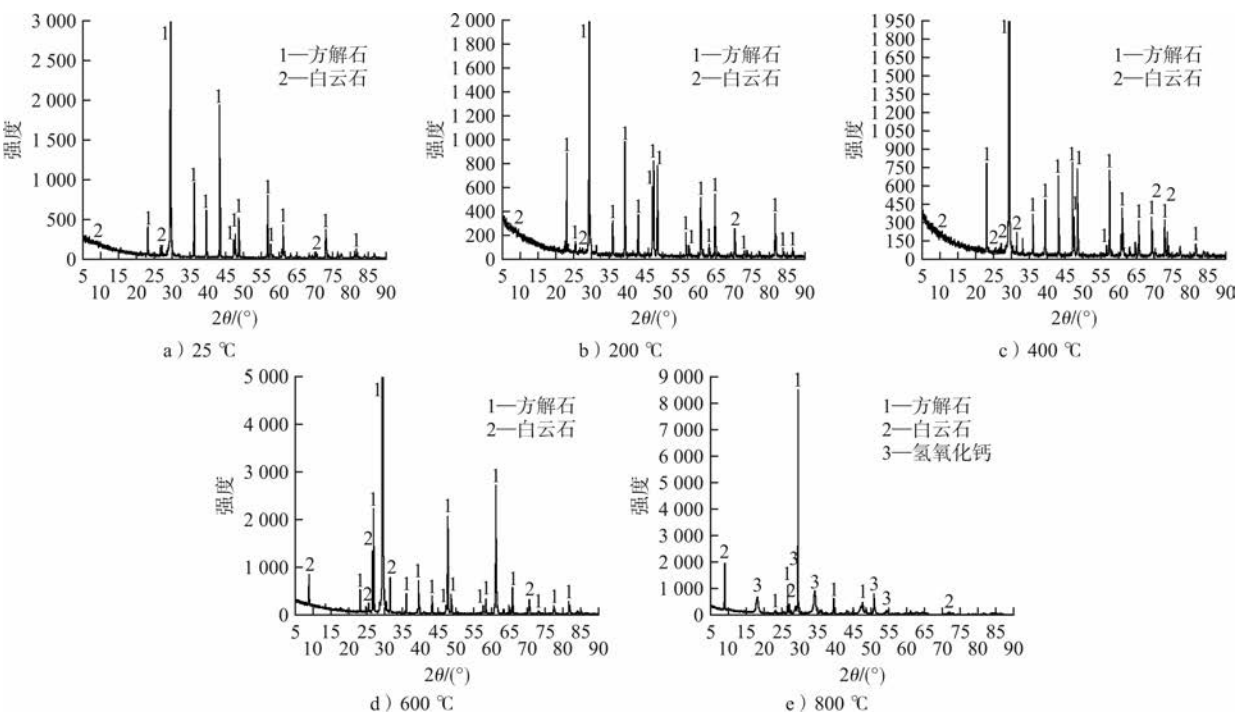


图 6 不同温度作用后大理岩的衍射谱图

Fig. 6 Diffraction spectrum of marble under the effect of different temperatures

表 2 不同温度作用后大理岩主要矿物种类及相对含量

Table 2 Main mineral types and relative contents of marble under the effect of different temperatures %

温度/℃	白云石	方解石	氢氧化钙
25	93.5	6.5	
200	74.4	25.6	
400	29.4	70.6	
600	28.6	71.4	
800	46.4	47.7	5.2

从图 6 和表 2 可以看出:大理岩主要矿物成分为白云石和方解石,且白云石相对含量最高。在通常情况下,白云石的硬度均大于方解石,所以白云石相对含量越高,大理岩的强度则越大,而当方解石相对含量升高,且白云石相对含量下降时,大理岩的强度则减小。在 25 ℃ ~ 200 ℃ 时,岩石内部的水分由于温度的升高而蒸发,部分白云石发生分解,并生成方

解石;200 ℃ 之后,白云石热分解作用随温度的升高更加剧烈,方解石相对含量逐渐上升;当温度达到 800 ℃ 时,方解石也出现了热分解作用,分解剧烈程度大于白云石,使得方解石和白云石相对含量分别呈现降低和升高趋势,但方解石和白云石实际含量均因热分解而降低,且矿物在分解过程中产生了 CO₂ 气体与氢氧化钙,导致大理岩体积膨胀,内部颗粒疏松,使大理岩整体强度降低。因此,当温度达到 800 ℃ 时,大理岩内部矿物成分和含量发生变化,其抵抗冲击荷载的能力降至最低。

3.2 SEM 电镜扫描试验

高温作用后,由于岩石内部矿物颗粒之间的热膨胀系数不同,其受热后会发​​生体积膨胀,从而导致岩石表面出现热开裂裂纹^[20]。本次试验中,大理岩试样断口产生是由于高温和外部冲击荷载耦合作用,为探究高温冲击对岩石微观形貌的影响,可利用 SEM 电镜扫描技术观察高温冲击后大理岩的断口形貌特征,结果如图 7 所示。

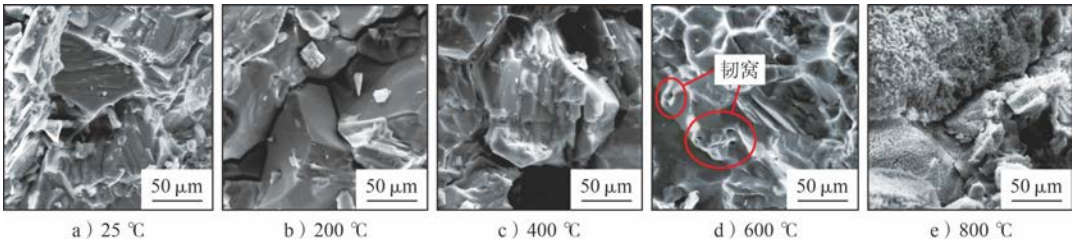


图 7 不同温度作用后大理岩 SEM 微观结构特征

Fig. 7 SEM microscopic structural characteristics of marble under the effect of different temperatures

高温作用后,由于岩石内部矿物对温度的敏感程度不同,其内部颗粒间的晶体结构呈现差异性。从图7可以看出:在200℃前,试样的断口形状为台阶状,整体结构较完整,无明显裂纹,局部存在微孔隙;200℃~400℃时,试样表面出现裂纹,但裂纹宽度较小,断口整体呈现三角坑状,说明晶体结构开始受到一定的损伤和发生了脆性破坏;600℃时,温度升高使得大理岩试样内部晶体结构的破坏特征发生变化,局部区域发生了塑性破坏,已经出现典型的塑性破坏-韧窝凹坑^[21](如图7-e所示);当温度达到800℃时,试样断口裂纹裂隙逐渐扩展贯通,裂纹数量增多且宽度增大,晶体结构表面变得粗糙,受温度与冲击荷载的影响,试样晶体结构的破坏特征主要为塑性破坏,此时试样的塑性较强,与宏观力学试验结论一致。

综上可知,在较低温度(<200℃)时,大理岩试样断口整体结构较完整,无明显变化,局部呈现微孔隙微裂纹;200℃后,随着温度升高,裂纹裂隙逐渐增多;600℃时,试样内部晶体结构局部区域发生了塑性破坏;而800℃时,晶体表面变得粗糙,晶体结构发生熔融破坏,内部损伤严重,使得试样力学强度降至最低,与宏观试验结论一致。

4 宏-微观参数响应特征分析

随着温度的升高,岩石内部矿物受热会发生分解、相变和化学键断裂的物理化学反应,且裂纹裂隙逐渐扩展贯通,内部微缺陷逐渐增多,使得岩石损伤严重,在冲击荷载的作用下最终发生破坏。根据上述大理岩宏观与微观试验的相关结论,将不同温度作用后大理岩宏-微观参数的响应特征分成了阶段Ⅰ(25℃~200℃)、阶段Ⅱ(200℃~600℃)、阶段Ⅲ(600℃~800℃)3个阶段,并进行了分析。

在阶段Ⅰ中,大理岩的微观结构特征无明显变化,局部出现微裂纹孔隙,而该温度区间大理岩的宏观力学特性变化也较小,具体表现为动态抗压强度与密度损失率小幅度下降。在阶段Ⅱ中,温度的升高使得大理岩试样内部晶体结构的破坏特征发生变化,局部区域发生了塑性破坏,且裂纹数量和宽度增加;白云石则出现热分解,使得方解石相对含量逐渐增加。综合分析,在阶段Ⅱ岩石热损伤加剧,宏观力学特性降低(纵波波速和动态抗压强度下降),这主要是由于岩石裂纹裂隙逐渐扩展贯通,微缺陷增多,且内部矿物发生了热分解转化。在阶段Ⅲ中,600℃时试样内部晶体结构局部区域发生了塑性破坏,而在800℃时,晶体表面变得粗糙,晶体结构发生熔融破坏,内部损伤进一步加剧;此阶段方解石也出现了热分解作

用,同时产生CO₂气体与氢氧化钙,导致大理岩体积膨胀,内部颗粒疏松;晶体结构的损伤与矿物的变化共同导致了大理岩的宏观力学特性下降至最低值。综上所述,大理岩的高温-动荷载破坏机理主要为微裂纹、裂隙及孔隙的萌生、扩展与贯通,微缺陷随温度的升高而增多,以及岩石内部矿物的分解与转化。大理岩微观参数与宏观参数变化趋势的一致,印证了微观反映宏观的宏-微观关系。

5 结论

对常温和经历高温(200℃、400℃、600℃和800℃)后的大理岩进行了动态冲击压缩试验和微观XRD、SEM试验。探究了高温后大理岩的动态压缩力学特性及微观损伤机理。主要结论如下:

1)高温后大理岩的动态压缩应力-应变曲线可分为弹性、屈服、破坏3个阶段,且随着温度的升高,大理岩应力-应变曲线逐渐变缓,塑性逐渐增强。

2)大理岩的峰值应力及破坏特征均存在明显的温度效应。随着温度的升高,大理岩的峰值应力逐渐下降,且下降幅度不断增大;随着温度的升高,大理岩破碎后的碎块尺寸逐渐减小,破碎程度加剧。

3)大理岩的力学性质与其矿物成分及相对含量密切相关,200℃~600℃时,白云石相对含量逐渐减少,方解石则不断增加,使得大理岩强度降低;800℃时,矿物分解生成CO₂气体和氢氧化钙,使得大理岩体积膨胀,颗粒疏松,强度大幅下降。

4)高温会造成大理岩颗粒间晶体结构上的差异,200℃后,随着温度的升高,裂纹数量增多;600℃时局部区域发生了塑性破坏;而当温度达到800℃时晶体结构发生熔融破坏,内部损伤严重,发生了塑性破坏。

[参考文献]

- [1] 谢和平. 深部岩体力学与开采理论研究进展[J]. 煤炭学报, 2019, 44(5): 1 283-1 305.
- [2] 刘业科, 曹平, 衣永亮, 等. 基于地下深部工程岩体特性的RMR系统修正[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2010, 41(4): 1 497-1 505.
- [3] 朱万成, 唐春安, 左宇军. 深部岩体动态损伤与破裂过程[M]. 北京: 科学出版社, 2014: 1-3.
- [4] 周创兵, 陈益峰, 姜晴辉. 复杂岩体多场广义耦合分析导论[M]. 北京: 水利水电出版社, 2008.
- [5] SHA S, RONG G, CHEN Z, et al. Experimental evaluation of physical and mechanical properties of geothermal reservoir rock after different cooling treatments[J]. Rock Mechanics and Rock Engineering, 2020, 53(11): 4 967-4 991.
- [6] ZHU T T, JING H W, SU H J, et al. Physical and mechanical properties of sandstone containing a single fissure after exposure to high temperature[J]. International Journal of Mining Sciences and Technology, 2016, 26(2): 319-325.
- [7] 贾蓬, 杨其要, 刘冬桥, 等. 高温花岗岩水冷却后物理力学特性

及微观破裂特征[J]. 岩土力学, 2021, 42(6): 1 568 – 1 578.

[8] 吴阳春, 郇保平, 王磊, 等. 高温后花岗岩的物理力学特性试验研究[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2020, 51(1): 193 – 203.

[9] YANG R, FANG S, LI W, et al. Temperature effects on dynamic compressive behavior of siliceous sandstone[J]. Arabian Journal of Geosciences, 2020, 13(10): 1 – 13.

[10] WANG Z L, SHI H, WANG J G. Mechanical behavior and damage constitutive model of granite under coupling of temperature and dynamic loading[J]. Rock Mechanics and Rock Engineering, 2018, 51(10): 3 045 – 3 059.

[11] 平琦, 张传亮, 孙虹键. 不同高温循环作用后砂岩动力特性试验研究[J]. 采矿与安全工程学报, 2021, 38(5): 1 015 – 1 024.

[12] 蔚立元, 武东阳, 张涛, 等. 高温 – 水冷却花岗岩动态压缩力学特性的应变率效应研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2022, 41(增刊 1): 2 615 – 2 625.

[13] 顾超, 许金余, 孟博旭, 等. 高温作用后 2 种层理砂岩的动态力学试验及微观分析[J]. 煤炭学报, 2019, 44(9): 2 710 – 2 720.

[14] 朱晶晶, 李夕兵, 宫凤强, 等. 冲击载荷作用下砂岩的动力学特性及损伤规律[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2012, 43(7): 2 701 – 2 707.

[15] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑地基处理技术规范: JGJ 79—2012[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.

[16] KOLSKY H. An investigation of the mechanical properties of materials at very high rates of loading[J]. Proceedings of the Physical Society(Section B), 1949, 62(11): 676 – 700.

[17] LI X B, ZHOU Z L, LOK T S, et al. Innovative testing technique of rock subjected to coupled static and dynamic loads[J]. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 2008, 45(5): 739 – 748.

[18] 宋力, 胡时胜. SHPB 数据处理中的二波法与三波法[J]. 爆炸与冲击, 2005, 25(4): 368 – 373.

[19] 徐景龙, 郭连军, 王军祥, 等. 基于细观角度的岩石冲击动力学研究进展及展望[J]. 矿业研究与开发, 2022, 42(9): 68 – 78.

[20] 余莉, 祝瀚政, 李国伟, 等. 高温及冷却方式对花岗岩的影响规律分析[J]. 科学技术与工程, 2022, 22(14): 5 784 – 5 791.

[21] 刘磊, 李睿, 秦浩, 等. 高温后深部砂卡岩动力学特性及微观破坏机制研究[J]. 岩土工程学报, 2022, 44(6): 1 166 – 1 174.

Analysis of the dynamic mechanical properties of marble after high-temperature exposure based on microscopic mechanisms

Song Shixing

(2th Engineering Co., Ltd., China Railway 25th Bureau Group Corporation)

Abstract: To study the effect of temperature on the dynamic mechanical properties of marble, dynamic compression tests, XRD, and SEM microscopic tests were conducted on marble samples at room temperature (25 ℃) and after exposure to high temperatures (200 ℃, 400 ℃, 600 ℃, and 800 ℃). The relationship between the dynamic mechanical properties of marble and temperature, as well as the microscopic damage mechanisms, were explored. The results show that the dynamic compressive stress – strain curves of marble after high-temperature exposure can be divided into 3 stages: elastic, yield, and failure. The peak stress and failure characteristics of marble exhibit a significant temperature effect: as the temperature increases, the peak stress of marble gradually decreases, and the degree of fragmentation intensifies. The dynamic mechanical properties of marble are closely related to its mineral composition and crystal structure. Between 200 ℃ and 600 ℃, micro-defects increase, and dolomite undergoes thermal decomposition and transformation. At 800 ℃, mineral decomposition produces CO₂ gas and calcium hydroxide, and the crystal structure undergoes melting damage, leading to severe internal damage and increased plasticity, resulting in a substantial decline in macroscopic mechanical properties.

Keywords: deep mining; marble; high-temperature effect; microscopic damage mechanism; dynamic mechanical property; dynamic compression test