

真三轴加载方向与卸载路径对含孔洞岩石破坏特性影响的实验研究

Influence of true triaxial loading direction and unloading path on the damage characteristics of hollow cubic rock: Experimental study

肖胤¹ 王少锋^{1*}

Yin Xiao¹ Shaofeng Wang^{1*}

(1.中南大学资源与安全工程学院, 长沙 410083)

(1. School of resources and safety engineering, Central South University, Changsha 410083)

摘要: 为了全面了解地下巷道沿不同主应力方向开挖时围岩的破坏特性及不同卸载路径对围岩稳定性的影响, 本文利用岩石真三轴电液伺服诱变(扰动)试验系统和孔内加卸荷装置对含圆形孔洞($\phi 30$ mm)的立方体($100\text{ mm}\times 100\text{ mm}\times 100\text{ mm}$)岩石试样进行一系列室内真三轴加载和卸载实验, 包括孔洞沿不同方向布置的真三轴压缩实验、真三轴约束应力下的孔内加卸载实验及真三轴约束应力下的孔内孔外加卸载实验。研究发现, 岩石孔洞沿不同主应力方向发生破坏时的峰值应力顺序为: 最大主应力方向>最小主应力方向>中间主应力方向。岩石孔洞沿中间主应力方向布置时最容易发生破坏, 而沿最大主应力方向布置时最安全。在这三种情况下, 岩石均以剪切破坏模式为主。在孔内加卸载实验中, 当围压相同时, 试样的强度越低, 破坏时对应的内压值越小。岩石试件发生破坏时的应力跌落比仅受三轴应力情况慢, 塑性增强, 且破坏时岩石内壁向孔洞方向收敛。在孔内卸载和围压卸载共同作用下, 岩石破坏程度最为剧烈, 且应力路径越复杂, 岩石破坏程度越大。此外, 还通过微裂纹扩展分析反映岩石破坏损伤过程, 孔洞岩石受力分析论证实验结果的可靠性。该研究为地下巷道开挖提供了理论基础, 合理地预测实际工程破坏模式, 指导围岩支护方案的优化。

关键词: 真三轴; 孔洞岩石; 应力应变曲线; 破坏模式