

考虑热水力全耦合效应的深部圆形隧道弹塑性解

A fully coupled thermo-hydro-mechanical elastoplasticity analytical model for the circular opening in deep depth

严志伟^{1,2} 张茹^{1,2} 任利³ 张泽天^{1,2} 谢晶^{1,4} 张安林^{1,2}
Zhiwei Yan¹ Ru Zhang¹ Li Ren² Zetian Zhang² Jin Xie Anlin Zhang

- (1. 四川大学 水利水电学院, 四川 成都 610065;
 2. 四川大学 深地工程智能建造与健康运维全国重点实验室, 四川 成都 610065;
 3. 四川大学 深地科学与工程教育部重点实验室, 四川 成都 610065;
 4. 四川大学 山区河流保护与治理全国重点实验室, 四川 成都 610065)
 (1.College of Water Resources and Hydropower, Sichuan University, Chengdu 610065, China;
 2.State Key Laboratory of Intelligent Construction and Healthy Operation and Maintenance of Deep Earth Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China;
 3.MOE Key Laboratory of Deep Earth Science and Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China;
 4.State Key Laboratory of Hydraulics and Mountain River Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

摘要: 地下工程建设日益向深部热水力耦合环境发展, 耦合环境下岩石的强度、围岩的开挖响应将与非耦合环境有显著区别。通过室内试验, 揭示了热-水-力耦合环境下岩石强度的退化机理, 获得了岩石热水力全耦合背景下岩石的强度参数、耦合参数演变方程。进而建立了热水力耦合环境围岩弹塑性求解模型。因耦合环境下洞室开挖的弹塑性求解无法仿照非耦合场下直接获得弹塑性界面上的应力状态, 因此将渗透量、热通量、塑性区半径看成是需要反演的参数, 通过梯度下降法数次迭代后获得热水力耦合环境下洞室开挖后围岩弹塑性解。利用工程案例和 Comsol 数值软件验证了模型的可靠性。研究表明, 随着地层温度以及水压的增加, 因环境变化导致的附加应力将加剧围岩的卸荷效应, 对隧道稳定性计算结果产生较大的影响, 因此忽略围岩的热水力耦合效应将促使工程出现不安全的计算结果。热水力耦合环境中的隧道建设应该注重注浆、隔热等措施在力学机理上对围岩稳定性控制方面的改善作用。研究结果可为热-水-力耦合环境下隧道稳定性预测提供工具, 并为后续隧道支护设计提供理论支持。

关键词: 深部隧道; 热水力耦合; 开挖响应预测; 弹塑性解; 稳定性分析。