

盐类矿床水压致裂水溶开采的多场耦合理论及应用研究

梁卫国^{1,2}

(1. 太原理工大学 采矿工艺研究所, 山西 太原 030024; 2. 中国科学院 武汉岩土力学研究所, 湖北 武汉 430071)

博士学位论文摘要: 由于盐类矿物具有易溶于水的特性, 因而对盐类矿床的开采常采用水溶开采的方法。然而, 由于水溶开采过程是一个涉及化学流体运移、矿物溶解、传热传质、固体变形等多场相互作用的固-流-热-传质耦合问题, 使得水溶开采理论的建立复杂困难, 水溶开采技术的发展受到制约。因此, 进行盐类矿床水溶开采的多场耦合理论及其应用的研究, 可以深入奠定盐类矿床水溶开采的理论基础, 进一步促进水溶开采技术的发展以及加强盐类矿床科学合理的开发应用, 具有十分重要的意义和价值。

通过试验研究、理论分析、数值模拟以及现场试验的方法, 围绕盐岩高温力学特性、盐类矿床水压致裂-溶解理论、盐类矿床水溶开采多场耦合理论、群井致裂控制水溶开采技术及应用进行了系统的研究。主要研究内容及结果如下:

(1) 盐岩高温及再结晶力学特性的试验研究。在盐岩基本力学特性试验的基础上, 进行了 240 °C 范围内盐岩高温力学特性和损伤盐岩高温再结晶力学特性的试验研究。研究发现: 盐岩力学特性具有明显的温度效应特征, 随温度的升高, 盐岩的强度与温度呈对数关系增强, 弹性模量(E)与温度(T)的关系近似为: $E = 3.02 - 0.006T$ (GPa); 高温再结晶可以使损伤盐岩晶间摩擦系数得以恢复, 但对粘聚力的恢复不明显。

(2) 盐类矿床压裂溶解理论及技术研究。盐类矿床水力压裂是一个岩体断裂、溶液渗流、盐岩溶解扩散的多因素综合作用的固流溶解扩散耦合作用过程。通过耦合理论分析, 建立了盐类矿床压裂溶解理论, 提出了盐类矿床的压裂连通技术。数值模拟结果表明: 水压致裂过程中, 盐岩水力裂缝呈扇形张开, 与普通岩石的水压致裂明显不同, 其裂缝宽度(w)与距离(x)和时间(t)的关系为: $w = (0.0034 + 0.0006t) e^{(0.0007 + 0.0018t)x}$; 数值模拟结果与现场压裂试验结果相吻合。

(3) 盐类矿床水溶开采的固-流-热-传质耦合理论研究。盐类矿床水溶开采过程, 是一个化学流体运移、矿物溶解、传热传质、固体变形等多场相互作用的固流热传质耦合作用过程, 矿物的溶解与溶腔内流场、溶液浓度场以及温度场密切相关。本文以岩体力学、流体力学、传热传质学等理论为基础, 建立了盐类矿床水溶开采的固流热传质多场耦合理论, 并进行了数值模拟, 揭示了多场之间各物理量的相互作用及规律。

(4) 盐类矿床水溶开采试验模拟研究。在室内进行了盐类矿床水溶开采的试验模拟, 研究盐类矿床水溶开采过程中各物理量的变化及相互作用规律。模拟结果表明: 在水溶开采过程中, 盐岩溶解速度与溶蚀面积成指数关系, 而溶解速度则在一定范围内随流速的增大而增大; 水力压裂可以使得裂缝沿软弱夹层大面积扩展, 并实现群井间连通, 矿床的溶解特征与数值模拟结果相一致。

(5) 盐类矿床群井致裂控制水溶开采技术与应用研究。群井致裂控制水溶开采技术, 是利用盐类矿床水压致裂裂缝大面积扩展及流体流向群井间可控的特性, 对盐类矿床实施高效、低成本的控制溶解开采。在上述理论分析及试验研究的基础上, 提出了群井致裂控制水溶开采技术, 并进行了现场试验研究。试验结果表明, 群井致裂控制水溶开采, 是一项理论上科学、技术上可行的可以实现高回采率、高效率、高效益、低成本的水溶开采方法。

(6) 盐类矿床内油气储备和核废料处置。对在盐类矿床内进行石油、天然气储备和核废料地质处置的主要问题、储库溶腔的建造技术方法、以及加强对盐类矿床的综合开发利用, 进行了初步的分析探讨。

关键词: 采矿工程; 盐类矿床; 水溶开采; 力学特性; 温度效应; 压裂溶解; 固流热传质耦合理论; 盐岩溶腔; 油气储库
中图分类号: TD 313 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-6915(2005)06-1090-01

STUDY ON MULTI-FIELD COUPLING THEORY AND ITS APPLICATION OF HYDRAULIC FRACTURING AND SOLUTION MINING FOR SALT DEPOSITS

LIANG Wei-guo^{1,2}

(1. Institute of Mining Technology, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China;
2. Institute of Rock and Soil Mechanics, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430071, China)

收稿日期: 2005-01-21

作者简介: 梁卫国(1972-), 男, 2004年6月于太原理工大学采矿工程专业获工学博士学位, 导师为赵阳升教授, 现为中国科学院武汉岩土力学研究所博士后, 主要从事岩石力学与采矿工程方面的研究工作。E-mail: master_lwg@yahoo.com.cn.