

岩石破裂多场耦合虚内键（VIB）模拟方法及其应用

Multi-physical field coupled virtual internal bond simulation approach to rock failure and its application

张振南

Zhennan Zhang

（上海交通大学船舶海洋与建筑工程学院, 上海 200240）

（School of Ocean and Civil Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai, 200240, China）

摘要：油气储层压裂改造涉及岩石多物理场耦合的破裂过程，如何对这一过程进行有效的数值模拟是一个非常具有挑战性的难题。鉴于传统连续介质方法在分析岩石方面的局限性，近年来发展了一套多场耦合离散虚内键方法（DVIB）。该方法认为岩石在细观上是由一个个键元胞组成，每个键元胞由有限条虚内键组成。在分析纯力学场时，每条键只看作为两个节点之间的力学连结件，遵循特定的力学粘结法则（Cohesive law）。在分析渗流场时，每条键可看作为水流通道的；在分析热场时，每条键看作为热传导通道；而分析化学场时，每条键看作为酸液的输运通道及化学反应场所。当酸液流经每条键时，会不断地溶蚀键，增加其孔隙度，增强了导流能力，同时降低了力学性能，直到键完全被溶蚀，形成一个微孔穴。大量微孔穴组合在一起就形成了蚓孔结构。同时，力学场、渗流场和温度场又反过来影响化学场。这些场的相互耦合是一个复杂过程。但是通过 DVIB，这个复杂的三维问题可退化为一维问题，这些物理场在虚内键层面上得到了统一，使得控制方程一维化，大大简化了多场耦合分析，提高了模拟效率。诸多算例表明该方法是有用的，并用于实际工程中，取得了可喜的进展。本文对这一套理论方法原理和发展过程进行综述和评论。

关键词：油气储层；压裂改造；多场耦合；虚内键；数值模拟