



深井原位地应力探测技术

孙东生、陈群策、杨跃辉、李阿伟、孙炜锋、吴邦宸
地应力研究室，自然资源部地应力工程技术创新中心

技术简介：作为固体地壳最重要的物理性质之一，地应力是矿产资源勘查和开发阶段不可或缺的关键基础数据，对深埋矿山详查阶段岩爆倾向性等地质安全风险评价、矿山工程设计和采矿方法研究等方面具有重要作用。在众多地应力探测方法中，原位地应力勘查技术（水压致裂法），以其大尺度原位探测、无需岩石力学参数和测量结果可重复等技术优势，已成为国内外开展深部地应力调查的最有效勘查技术，在世界范围矿产资源勘查中广泛应用。

原理方法：在构造应力场作用下，井壁上的切向应力分布，符合小孔应力集中原理，即水平最大主应力方向的切向应力最小。完整测试段在高压水注入加压过程中，在水平最大主应力方向起裂；停止注入，在地应力作用下压裂缝将逐渐闭合。解释得到的裂缝闭合压力即为水平最小主应力，基于闭合压力、重张压力和孔隙压力等参数可计算获得水平最大主应力。根据压裂缝方向即可确定水平最大主应力方向，地应力测试过程关键参数及井壁裂缝变化过程如图1所示。

装备研发：自主研发的原位地应力探测系统如图2所示。整套系统包括地面和井中设备两部分。地面设备包括高压小流量泵、高压水路控制单元和数据采集单元；井中设备包括井下水路控制装置和跨接式封隔器，以及集成在井下设备内部的压力、温度和流量传感器等。整套测试耐差压力指标为50MPa，耐温为120℃，流量范围为0~100L/min，适用钻孔直径范围为60~230mm，可基本满足3km深井地应力测试需求。

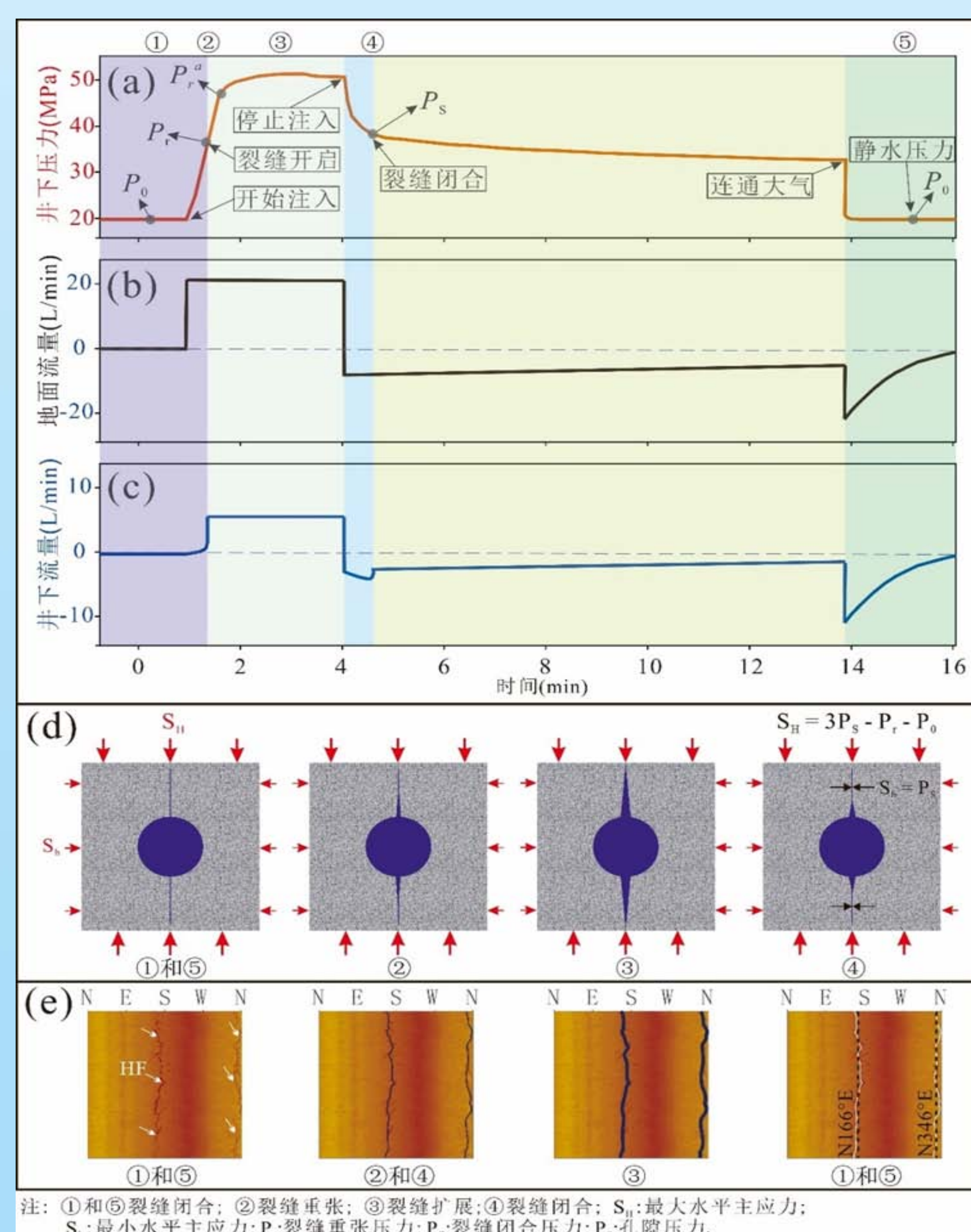


图1 深井原位地应力勘查基本原理图

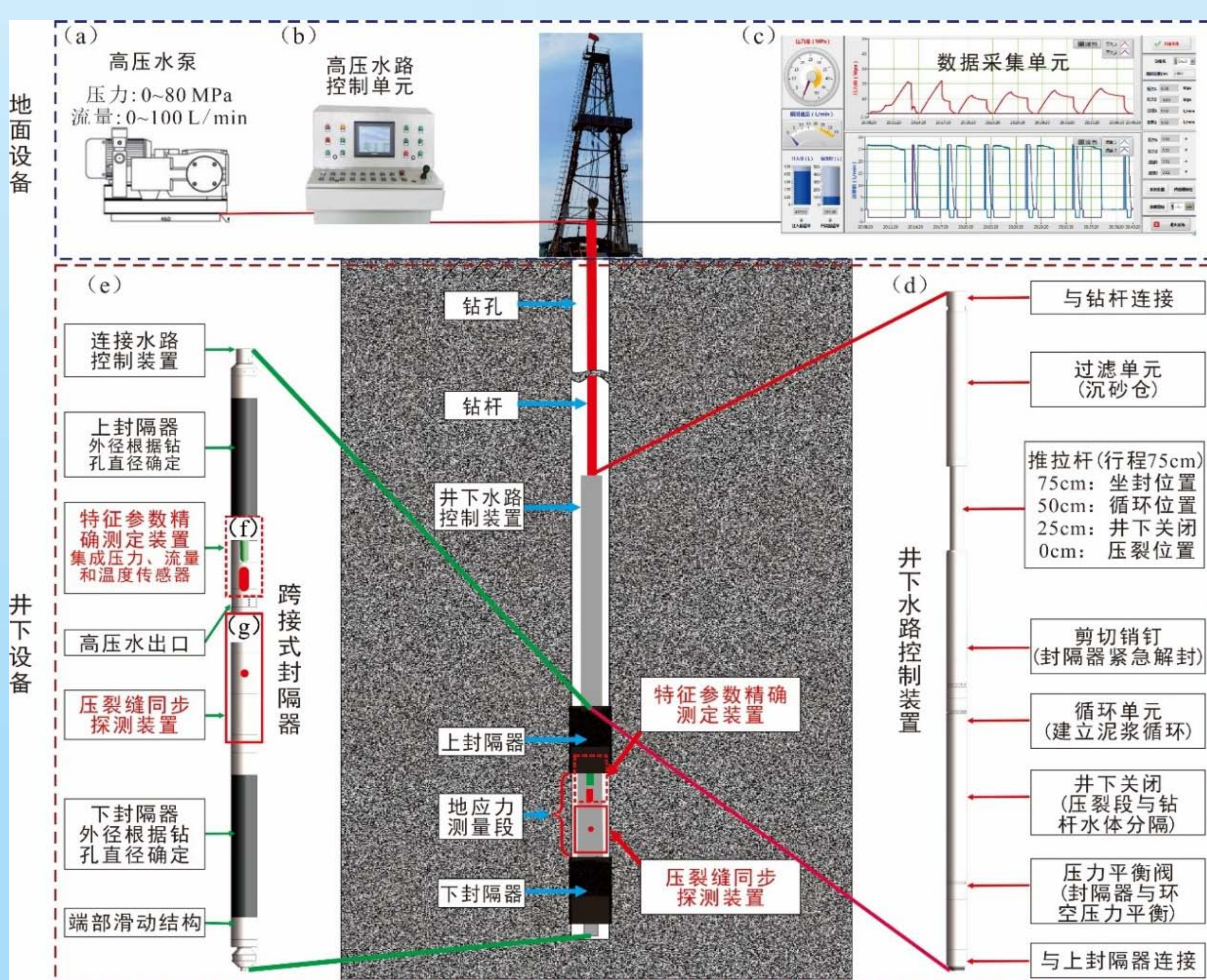


图2 深井原位地应力探测系统示意图

成果转化：原位地应力探测技术在矿产勘查和油气开发等领域得到了推广和应用，支撑服务了包括秘鲁Don Javior铜矿和多宝山铜山矿自然崩落法采矿方法研究；在深埋矿山可采性方面，服务了贵州高地、道沱、大路等深埋锰矿开采过程中发生岩爆或大变形等地质安全风险评价；在油气开发和存储方面，支撑服务了陕镇页1井地应力探测、冀东油田南堡凹陷1-29储气库和盐穴储气库上限运行压力评价等，近5年累计科技成果转化合同额超过2000万元。

主要结论：通过科技攻关，显著提升了装备的耐温压指标和系统可靠性，将我国井中原位地应力探测能力从1km提升至3km，技术指标总体达到了国际先进水平，支撑服务了深部矿产资源勘查、非常规油气开发和地下储气库建设等领域。