

主编致辞

地应力是存在于地壳中的天然应力,也是地壳运动过程中的基本作用力。地壳运动使板块或地块在不协调的动力作用下产生变形,容易在板块或地块的边界带上积聚应变能,当达到一定程度时,就会突发释放,产生各种构造活动现象(如断裂活动、地貌演化)及其伴生的地质安全风险问题。因此,地应力及其动态调整是板块或地块(岩体)产生变形、断裂、褶皱乃至地震的重要因素,而地应力测量与监测是获取原位地应力状态及其动态变化特征的重要途径。

“十四五”以来,国家深地深海探测、复杂地下工程规划建设、能源资源勘探开发等国家发展战略纷纷提上日程,地质安全问题贯穿工程规划设计、建设施工、后期运行等全生命周期的各个阶段,而地应力是评估地下工程地质安全、能源资源高效开采的关键参数之一。本专辑以“地应力测量与监测”为主题,以技术进步、创新性研究成果及其应用为抓手,设置了地应力监测技术与应用、地应力测量技术与应用、构造应力场数值模拟共 3 个专栏。

地应力监测技术与应用专栏:针对国家深地深海探测战略,特邀蔡美峰院士综述深井地壳活动综合观测技术进展及其前景构想,指出深部地应力及其相关地球物理现象观测研究的方向,为揭示板块驱动机制、块体相互作用、断裂活动、地震发生过程等内生地质作用提供宝贵的技术引领。文章综述了 20 世纪 60 年代以来地壳活动综合观测技术的国内外发展概况,提出了该项技术是深地观测的重要手段和获得高质量地壳应力场动态变化规律的主要途径,为地壳运动研究、深部矿产和地热资源开采工程致灾机理、地震活动趋势分析提供基础的研究资料;同时,介绍了中国地质科学院地质力学研究所在自然资源部北京地壳应力应变野外科研观测研究站的支持下研制的中深井地壳活动综合观测系统,及其在全国范围内关键构造区带的推广示范与应用,并立足“十四五”国家发展战略,提出了地球关键构造带(板块边界和地块边界)、深部矿山能源资源、国家复杂地下工程等领域开展深井地壳活动综合观测的构想,以及探索深海高盐、高压、高温环境下的洋壳活动、海底灾害监测的前景。彭华等发展了电容分量式钻孔应变仪关键技术,成功研制了新型 DRY-1B 型电容分量式钻孔应变仪,采用等电位环和压电陶瓷制动器等新技术,大大提高了监测仪器的抗电子干扰能力、热稳定性、频带与动态监测范围;孙尧等采用新型压电陶瓷微型泵技术标定体积、测定系统刚度,极大提高了 TY 系列体应变仪观测数据的精度和可靠性,使得应变监测分辨率达到了 $10^{-11}\epsilon$,与同类监测仪器相比,达到了国际先进水平,为地壳变形和地震预测研究提供了重要的技术支撑。同时,上述地应力监测技术已广泛应用于海岸带地貌演化和矿山开采动力灾害等研究领域,具有良好的应用效果。贾丽云利用海南琼东北地区 3 个台站两年多的体应变观测数据,分析了东寨港关键部位地应力变化与构造活动特征,成功将钻孔应变观测技术应用于探索海岸带典型震陷地貌演化规律与趋势研究中,具有重要的科学研究意义和学术应用价值;吴浩源基于分量式钻孔应变仪对区域应力场精准观测,分析了煤矿开采过程地应力作用规律,研究了矿山动力致灾模式,确定了动力灾害发生前形变异常的开始时刻,总结了以突跳-震荡-跌落为特征的煤矿动力灾害应变前兆判据,创新了应用于煤矿动力灾害超前预警的方法,可为煤矿相似开采环境条件下工作面安全高效回采提供借鉴和参考。

地应力测量技术与应用专栏:地应力是影响和控制断层活动的直接动力,由于构造应力场在一定程度上能反映板块(地块)构造运动特征,因此成为地质力学研究的基本内容之一。水压致裂地应力测量技术可以准确地揭示原位地应力状态,对地下工程开挖支护设计和长期稳定性分析等具有十分重要的意义。陈东升与纪洪广以山东纱岭金矿主竖井水压致裂地应力测量数据为基础,分析了岩石非均质程度对水压致裂地应力测试结果的影响,指出了水压致裂裂纹扩展方向和最大水平主应力方向夹角对最大、最小水平主应力的测量结果的影响程度,对精确探测非均质地层地应力场分布规律具有一定的指导作用;白金朋等创新性发展了干孔卸压技术,提升了水压致裂地应力测试方法的适用性,获取了山西太原抽水蓄能电站工程区关键部位地应力状态及其随深度的变化规律,指导了地下厂房布置设计和输水隧洞衬砌形式选择,该技术的

研究成果可在抽水蓄能电站工程勘察、规划设计中推广应用;张斌等采用现场水压致裂原位地应力测量结果,获取喜马拉雅东构造结墨脱关键构造带区域空白区地应力特征,为研究区重要交通廊道以及水电清洁能源基地规划建设提供了地应力参数;毛佳睿等利用水压致裂地应力测量技术获取了鸭绿江断裂带原位地应力状态,查明了断裂带现今活动特征及其潜在发展趋势,讨论了地应力作用下断裂活动对地热资源的控制作用,积极探索了地应力测量成果在地热研究领域中的应用思路;柳禄湧等通过山东省招远市水旺庄金矿 1881m 深孔水压致裂原位地应力测量,获得了矿区深部地应力特征及其随深度的变化规律,结合岩石力学参数,评估了深埋矿山围岩岩爆动力灾害的风险,为水旺庄金矿深部矿井设计、开挖和巷道支护提供重要科学依据。

构造应力场数值模拟专栏:针对地层结构为非均质体的实际情况,受局部断裂构造、富水地层、封闭空间超孔隙水压力等因素影响,在地应力测点较少时,需要采用数值模拟方法来反演区域应力场随空间的变化规律。朱明德等基于山东招远三山岛深竖井工程区水压致裂法地应力测量数据,采用有限元法反演分析出建井工程区内 2000 m 超深地层的地应力随深度、岩性变化的规律,对深地资源深大竖井工程井筒设计与风险评估具有重要的指导意义;李征征等基于藏东南某大型水电站工程区地应力状态,利用 ANSYS 有限元数值模拟方法,反演出工程区、地下厂房水平面和引水隧洞轴线剖面主应力分布特征,对后续工程设计施工和类似地下工程稳定性评价具有重要的参考价值。

综上,通过多种地应力测量与监测技术及其研究方法,获得科学的地应力状态和应力场动态变化特征,其成果已广泛应用于地球科学研究、地下工程场址地壳稳定性评价、水电站工程规划建设、深部矿山开采等领域。同时,该专辑较为系统地阐述了可借鉴的地应力测量与监测技术方法,以期能够帮助广大地质学家、读者学者们开拓研究思路,但受篇幅所限,上述研究成果未必能全面反映我国地应力测量与监测技术的进展与应用成效,不足之处,请各位专家学者批评斧正。最后,感谢论文作者、审稿专家和编辑部同仁为本期论文撰稿、审稿、精心策划和认真校稿出版付出的大量心血,也真诚欢迎全国同行能够反馈更多建设性意见或建议,共同推动我国地应力测量与监测技术的创新发展。

特邀主编:



主编:



2023 年 6 月