

蔡美峰院士主要学术成就和学术贡献

Academic Achievement of Cai Meifeng, the Fellow of CAE

供稿|任奋华 / REN Fen-hua

■ 发明了一种完全温度补偿的地应力测量方法和装置，提出了符合工程岩体特性的地应力测量分析理论与计算方法，推进了我国矿山地应力测量的开展、普及与提高，为实现科学采矿创造了必要条件。

地应力测量难度大、成本高，致使我国矿山地应力测量开展少、资料缺乏，严重制约了采矿工程水平的提高。要改变这种状况，就必须开发低成本、高效率、高精度的测量技术与装置。为此，蔡美峰从上世纪80年代留学澳大利亚起的很长一时间内，主攻地应力测量技术，并将最适用于矿山的应力解除法作为研究重点。通过在澳大利亚5年多系统试验研究和回国后的继续研究与工程实践，发现了影响其测量精度的两个关键问题：一是测量元件电阻应变片对温度变化非常敏感，变化1℃就可引起测量结果很大误差；二是传统地应力测量理论假设岩石是线弹性、连续和各向同性的，这与实际岩体条件不完全相符，从而造成计算误差。针对这两个问题，蔡美峰发明了完全温度补偿的地应力测量方法和装置，其要点是研制出专用应变—电阻—电压转换装置和通过标定试验消除温度变化产生的虚假应变值；建立了符合工程岩体特性的地应力测量分析理论与计算方法，要点是在由应力解除测量应变计算地应力时，考虑和修正岩体非线性、不连续性和各向异性的影响。详细技术见蔡美峰著《地应力测量原理和技术》第七章。在提高应力解除法测量可靠性、实用性和精度方面取得重要突破。

蔡美峰长期致力于我国矿山地应力测量的开

拓、普及与提高，撰写了我国第一部系统介绍地应力测量的专著《地应力测量原理和技术》；带领课题组完成了30多个采矿和岩土工程的地应力测量，为应用地应力实测成果指导科学采矿做出了示范；第一次将地应力测量引入深凹露天矿边坡工程，测得峨口露天矿地应力场以水平构造应力为主导，否定了山坡地构造应力已充分释放的传统假设，为改变只考虑自重的边坡设计方法，实现深凹露天矿边坡设计科学化提供了依据；改进传统水压致裂技术，在山东万福煤矿首次采用水压致裂法完成超千米深部地应力场测定，开创了我国矿山在地质勘探阶段就进行地应力场测量的先河。

上述成果在国内外权威与重点刊物和重要学术会议发表论文数十篇，得到国内外同行高度关注和评价并被广泛引用和应用。获1999年国家技术发明三等奖(排名第一)。

■ 提出了以地应力为基础的采矿设计优化理论，创造性地解决了有代表性矿山开采中的关键技术难题，提高了我国采矿工程 and 技术的科学水平。

金属矿床多数是无定的脉状矿体，赋存状况极其复杂。经典力学方法无法计算具有复杂结构的采矿工程问题，因此传统采矿设计只能靠经验类比。采矿规模扩大和向深部发展，经验类比法失去了作用。为了保证开采安全和高回收，必须进行采矿设计的准确计算和分析，地应力作为矿体力学边界条件的确定使现代数值模拟等计算技术的应用成为可

能。在没有实测地应力资料时,假设自重应力场为条件,垂直应力是水平应力的2倍,而实际情况水平应力是垂直应力的2倍左右。如此计算,一个宽度为2倍高度才安全的巷道会设计成高度是宽度的2倍,宽高比失调将导致巷道坍塌破坏,影响正常回采和引起灾害事故。为此,蔡美峰提出以实测地应力为基础,根据实际矿体赋存条件,通过定量计算和分析,确定最佳开采总体布置、采场结构参数、开采顺序、开采工艺、支护加固与安全监控措施,最终实现安全高回收的开采目标,逐步形成了具有自身特色的采矿设计优化理论,并在地下、露天和露天转地下采矿工程中得到成功应用。

在“九五”国家攻关专题“新城金矿复杂条件矿床采矿方法研究”中,针对该矿围岩破碎、稳定性差和原有的两步回采工艺造成的生产能力小、开采难度大、矿石损失率大等问题,首先实测获得矿区地应力状态,然后进行开采顺序和工艺的优化,提出了“品”字形布置采场进路的一步连续回采技术,使采场生产能力和劳动生产率大幅度提高,矿石损失率和贫化率显著下降。获2000年国家科技进步二等奖(排名第二)。

在“十五”国家攻关课题“大型深凹露天矿高效运输系统及强化开采技术研究”中,针对随着开采深度增加开采难度越来越大、生产效率下降,生产成本急剧上升的难题,在系统的地应力测量和岩石力学研究基础上,首次采用三维数值模拟和三维极限平衡分析相结合的边坡优化设计方法,将首钢水厂铁矿总体边坡角提高 3° 以上,减少剥岩量近亿吨。同时,在该矿建立了新型高效运输系统和自动化实时生产调度系统。攻关5年中,尽管开采深度不断增加,矿石成本仍然下降31%,劳动生产率提高2.3倍,创经济效益1.39亿元/年。获2007年国家科技进步二等奖(排名第一)。

在“十一五”国家科技支撑计划课题“露天转地下相互协调安全高效开采关键技术研究”中,为了避免首钢杏山铁矿露天与地下开采相互扰动或脱节,出现减产、停产局面,基于地应力实测结果和矿体赋存条件,制定了露天转地下开采优化设计方案,实现了不停产平稳过渡,产能和效益提高2倍以上。2011年1月科技部验收认定课题成果总体达到国

际先进水平,部分处于国际领先水平。

■ 以由地应力主导的能量聚集和演化为主线,揭示矿震、岩爆等诱发规律及其与采矿过程的关系,为开采动力灾害的预测和防控研究提供了一条有效途径。

随着开采深度的增加,地应力越来越大,由此引发矿震、岩爆等一系列灾害事故。蔡美峰提出了以地应力主导的能量聚集和演化为主线,进行矿震、岩爆等开采动力灾害预测和防控研究的方法,取得了重要的实用成果。

在“抚顺矿震时间—空间—强度预测及其对城市危害性评价研究”中,首次提出了开采扰动势模型,建立了矿震与开采量、开采深度、断层构造和应力环境的关系。根据开采扰动势模型计算出抚顺老虎台矿开采扰动诱发的能量,由能量结合地震学知识对抚顺矿震趋势和震级作出了预测,并被随后的事实所证实。研究成果在指导抚顺城市安全规划和老虎台矿减震防灾中发挥了重大作用。

在“玲珑金矿深部岩石力学与采矿方法综合研究”中,提出了金属矿发生岩爆的两个必要条件:岩石具备储存高应变能的能力,采场具有产生高能量的应力环境。以此为指导,根据现场实测地应力,通过定量计算获得深部采场围岩中的应力、应变分布和能量聚集与演化规律(应力乘应变之积为能量);同时通过试验获得岩石的力学特性参数。在此基础上,对该矿深部开采岩爆趋势做出了预测,提出了以优化采矿方法为主的岩爆防控措施。

“深部开采动力灾害预测及其危害性评价与防治研究”成果获2003年国家科技进步二等奖(排名第一)。

供稿作者简介:任奋华,副研究员,博士,硕士生导师。2005年3月毕业于北京科技大学工程力学专业。先后承担完成“十五”国家重点科技攻关项目1项、“十一五”国家科技支撑计划课题3项和国家“863”计划2项;目前在研项目“十一五”国家科技支撑计划课题重大项目《井中科学探测》和国家自然科学基金重点项目《深凹露天矿高陡边坡稳定性研究》;参与完成横向科研课题等10余项。获省部级科技进步奖2项,发表学术论文30余篇,其中被SCI、EI和ISTP检索15篇。主要研究方向:岩石力学与工程,工程地质灾害分析预测与防治,岩土工程,采矿工程设计优化,矿山压力控制。