

项目名称：大型复杂露天矿欠稳定边坡灾害预测与防治关键技术

完成单位：煤炭科学技术研究院有限公司；中煤平朔集团有限公司；
神华准能集团有限责任公司

项目简介：

一、项目立项依据

随着我国越来越多的矿区进入深部开采，许多进入残采期的露天矿均形成了高大陡边坡，而其它正处旺盛期的现代化大型露天矿最终也将闭坑，也必然要形成复杂边坡系统。由于露天矿多年开采积累，当受到降雨（雪）、地震、地应力场重构、地表及地下岩层原生及次生结构破坏、水系调整等多种、多相复杂环境作用时，岩层结构弱化，应力状态重新调整，其边坡变形演化过程变得极其复杂，形成欠稳定边坡。另外，为了更多地开采煤炭资源，剥离与开采的矛盾日益突出，使整个露天矿的结构趋于不稳定，致使灾害性事故随着采矿工作的深入频繁发生。

以前的研究多注重单一因素作用下边坡结构稳定性问题，本项目试图从非线性系统科学的角度，统筹考虑露天复杂边坡系统在动力、露井联采、水弱化岩石、顺层急倾斜等复杂环境作用下岩层运动规律及灾害的孕育、潜伏、爆发、持续、衰减等演化过程和控制变量支配作用，研究灾害发生的机制，有利于预测、预报、评价、治理等重大问题的进一步研究。

二、主要内容

本项目从露天复杂欠稳定边坡系统复杂结构和复杂环境作用入手,研究多因素影响条件下露天矿复杂欠稳定边坡系统内在的结构特征及其变形演化规律,主要研究内容包括:

1) 研究硬岩、软岩的水力学性质,水作用导致软岩力学指标及岩体孔隙水压力的变化,分析了水对边坡岩石力学系统运动稳定性的影响。结合神华准格尔哈尔乌素露天矿现场实际,多角度系统地研究了积水入渗作用下排土场边坡的稳定性,并提出了科学合理的治理措施。

2) 研究了井采影响下边坡岩体的变形破坏特征、平盘移动特征和应力分布规律,揭示了露井协采时空关系,提出了采动边坡变形破坏的“三区转换”理论和变形失稳的“四阶段”理论,建立了相应的工程力学模型,推导了近水平煤层露井协采边坡滑动深度的预计公式,结合工程实例,对公式的适用性进行了验证,为露天井工时空关系优化、采动边坡滑移深度的科学预测及保护煤柱的合理留设提供了理论依据。

3) 对含弱面边坡在地震波作用下的破坏过程及震动对边坡稳定的影响规律进行了研究,提出了震动对边坡稳定影响的“四阶段”理论,为震动影响下露天矿边坡变形的监测预报、稳定控制措施的制定提供了理论依据。

4) 从非线性系统科学的角度,建立露天矿边坡系统变形破坏力学模型,对顺层急倾斜边坡溃屈破坏机理进行分析,揭示了边坡变形破坏机理。

5) 选取典型矿区对复杂因素作用下露天矿欠稳定边坡系统变形破坏演化过程和趋势进行评价、预测,对演化过程中对应的灾害进行预报;

6) 划分典型矿区复杂欠稳定边坡系统岩体结构稳定度区域, 对可能失稳的结构, 利用人为调整控制变量的方式, 模拟并优化边坡系统岩层加固方案、控制手段、治理措施, 提交矿区予以治理。

三、创新点

1) 基于非线性系统科学的基本原理, 建立露天高大边坡岩体结构承受高应力流变、地震动力、水导致岩体强度弱化、露井协采等复杂作用演化规律的非线性模型;

2) 利用系统结构弱场控制原理, 寻求支配复杂环境作用下边坡系统演化的控制变量, 了解支配作用, 掌握系统演化趋势, 建立复杂因素作用下岩体破坏准则;

3) 基于连续介质力学的离散元方法(CDEM)及物理模拟方法, 研究井采影响下露天矿边坡变形破坏演化规律, 揭示露井协采作用下边坡岩层的变形、破坏及致灾机理, 修正露井协采条件下边坡岩体力学评价方法;

4) 揭示了露井协采边坡变形破坏机理与失稳模式, 提出了露井协采边坡变形破坏分区方法, 建立了露井协采边坡稳定性动态评价方法, 提出了采动边坡变形破坏的“三区转换”理论和变形失稳的“四阶段”理论, 发明了露井协采边坡位移监测装置与多参量同步测试实验装置;

5) 对露天开采与井工开采在时间上的先后顺序与空间上的协调关系进行优化, 揭示露井协采时空影响规律, 提出露井协采时空优化方案, 阐明各优化方案的适用条件。