

2022 年陕西高等学校科学技术奖励推荐项目公示材料

项目名称：外荷载作用下边坡锚固系统工作性能及破坏机理研究

完成单位：长安大学，青岛理工大学

完成人：郝建斌，汪班桥，李楠，门玉明，韩冬冬，刘妮娜

项目简介：

该项目依托国家自然科学基金项目（41102177、41440021）、国土资源大调查项目（1212011220145）、长安大学优秀博士学位论文培育资助项目（310826175029），围绕土质边坡锚杆支护系统，对锚杆支护边坡的工作机理、外荷载作用下边坡锚杆的受力特征及土锚相互作用、地震荷载作用下边坡锚杆、格构的受力特征以及边坡的动力响应等进行了系统研究。主要研究内容如下：

1. 开展了锚杆支护结构的病害分析及评价研究。（1）建立了基坑锚杆工程总体和工序两级危险性评价准则，实现了锚杆工程危险度的动态评估和及时控制；（2）建立了土层锚杆支护体系的 FMEA（失效模式和效果分析）表，并通过分析土层锚杆的 RPN（风险系数）值实现了土层锚杆高风险病害的预测；（3）基于人工神经网络的反向传播算法，建立了锚杆支护边坡坡面最大侧向位移的智能预测模型；（4）构造了基坑锚杆支护结构脱粘的事故树，提出了将权重系数与级差概率相结合的方法来确定土层锚杆脱粘失效的基本事件的概率。

2. 进行了锚喷支护结构的受力特征及土锚相互作用研究。通过室内模型试验：（1）揭示了分级荷载作用下锚杆的轴向应变特征及其随荷载作用时间的变化规律以及锚喷支护边坡的失稳破坏特征；（2）研究了拉、压锚杆的承载特性、锚杆的应力传递及破坏过程；（3）总结分析了全长粘结型锚杆和端锚型边坡锚杆在地面荷载作用下的受力差异。

3. 分析了预应力格构锚固支护体系受力特性。通过大型物理模型试验：（1）模拟了滑坡防治格构式预应力锚杆从预应力施加至破坏的过程，分析了预应力锚杆对滑坡的防治过程、单根锚杆及各锚杆之间的受力变形规律；（2）研究了预应力格构锚固体系中格构梁在预应力作用下、滑坡发展过程中及滑坡极限状态的内力分布规律；（3）得到了土质滑坡格构锚杆体系在坡顶荷载下的变形和位移，

揭示了格构锚杆的抗滑机制，探讨了锚固力与坡体位移及锚杆变形的关系，建立了极限锚固力的计算方法；（4）分析研究了预应力格构梁基底反力的分布规律与特征。

4. 揭示了地震荷载作用下格构锚杆支护体系动力响应特性。通过振动台模型试验和数值模拟：（1）对比研究了无支护边坡和格构锚杆支护边坡在地震作用下的动力响应及破坏特征，揭示了锚杆支护边坡的抗震机理；（2）研究比较了不同激励强度、不同频率条件下拉力型和压力型锚杆地震作用下的动力响应特征、以及地震动参数（振幅、频率、时间）对边坡、支护体系动态响应的影响。

（3）研究了不同位置纵、横格构梁的动力响应特征，揭示了地震荷载作用下格构梁的受力变形及破坏机理，提出了格构梁的抗震设计建议；（4）研究了不同位置压力型锚杆的动力响应特征，揭示了压力型锚杆的受力机制，提出了压力型锚杆抗震设计建议。