序号	产品名称	技术标准	数量
1	隧道全寿命周期智能监测预警与防治系统	一、加载主机模块 ▲1、可加载试验样品模型尺寸：长×宽×高≥1000mm×1000mm×1000mm； ▲2、隧道尺寸：直径×长度≥Φ200mm×1000mm； ▲3、垂直分布 9 套液压缸，单点最大加载力≥700kN，出具液压缸设计图； ▲4、水平（左右）各分布 9 套液压缸，单点最大加载力≥700kN，出具液压缸设计图； 5、液压缸位移行程：≥150mm； 6、力值加载分辨率：0.001kN； 7、力值加载速率：0.01～10kN/s； 8、位移加载分辨率：0.001mm； 9、位移加载速率：0.001～1mm/s； 10、具备力控制、位移控制功能； ▲11、垂直方向设置动态加载液压缸，最大动载力≥±150kN，最高动载频率≥20Hz； 12、动载波形：正弦波、余弦波、自定义波形等； 13、控制精度：±0.5%F.S； 14、隧道洞口方向为观测面，可进行光学观测，观测范围≥800mm×800mm； ▲15、高水压泵送系统，主要用于配合隧道模型箱完成高压富水隧道的试验工况，最大加载水压:≥1.0MPa； 16、水压加载分辨率：0.001MPa； 17、泵送流量：≥0.1～4000mL/min； 18、流量分辨率：0.1mL； 19、控制精度：±0.5%F.S； 20、采用双泵系统，实现连续无脉动泵注，压力流量双控模式，单泵容积≥2000mL； 21、满足多种工况环境渗流突水试验； ▲22、对试样进行低温环境模拟，与水压泵送模块配合，模拟因季节性冻融循环对隧道结构的破坏，最低试验温度:-20℃； 23、设置温度传感器，监测隧道内温度； 24、温度显示分辨率：0.1℃； 25、温度控制精度：±1℃； 26、设置传感器监测低温冻融状况下应力、应变； 27、主机刚度：≥5GN/m； ★28、采用力学、视觉、图像、声学、光纤感测和智能传感、物联网、大数据、云计算、模式识别等技术，在线监测隧道健康安全状态。使用定制的观测面应变测量分析系统、分布式光纤传感监控系统、隧道衬砌空洞探测系统、内部裂隙情况立体定位及裂隙发育过程监测分析系统等	1

		多种监测手段，精准监测预警隧道运营期间的非法挖掘钻侵害、拱顶渗漏水、不均匀沉降、环向应变、围岩水（土）压力、内衬（管片）结构受力、衬砌结构变形、衬砌破裂等数据和事件。设置综合监测展示系统直观展示监测对象实时状态，360°全方位、无死角的针对隧道安全情况进行监测、评估、预警； ▲29、配套传感器及辅助监测设备： 29.1 孔隙水压计：数量 4，量程：0～1MPa，使用温度：-40～90℃； 29.2 变形缝位移传感器：数量 4，量程：≥2000mm，精度：≤0.2%FS，分辨率：0.1mm； 29.3 激光测距仪：数量 1，测距≥30 米，精度≤1mm，分辨率：1mm； 29.4 三轴加速度计：数量 1，量程：0-100Hz，精度：≤1%FS； 29.5 土压力盒：数量 4，量程：0～6MPa，使用温度：-40～120℃，分辨率：0.001MPa，精度：≤0.5%FS； 29.6 应力计：数量 4，量程：-200MPa～350MPa，使用温度：-40～120℃，精度：≤0.5%FS，分辨率：0.1MPa； 29.7 应变计：数量 4，量程：±2500με，使用温度：-40～120℃，精度：≤0.5%FS，分辨率：0.1με； 29.8 静力水准仪：数量 1，量程：≥200mm，精度：≤0.5%FS，分辨率：0.01mm； 29.9 观测面应变测量分析系统：数量 1，相机像素≥500 万，相机数量不少于 2 只； 29.10分布式光纤传感监控系统：数量1，传感长度≥50m，空间分辨率1mm，应变测量范围±12000με，应变测量精度±1.0με，温度测量范围-200～1200℃，温度测量精度±0.1℃； 29.11隧道衬砌空洞地质雷达探测系统：数量1，天线频率：400MHz+900MHz，采样频率：0.2-100GHz可调； 29.12 内部裂隙情况立体定位及裂隙发育过程声发射监测分析系统：数量 1，通道数≥16，连续采集、存储长度：同步采集多通道信号，可以连续存储数小时的波形数据，损伤定位点颜色、大小：颜色可以随到达时间设置成不同颜色，可以从定位图中清楚的区分实验早期中期末期的损伤定位点；根据定位点能量大小，等比例划分定位点尺寸大小，具备边采集边回放功能； 29.13 无人机：数量 4，最大上升/下降速度≥5m/s，最大飞行速度≥10m/s，续航时间≥30min，机载内存≥32GB，最高像素≥5000 万； 29.14 工作站：数量 3，处理器：物理核心≥8 核，线程≥16 线程，≥16GB 内存，≥512GB SSD+2TB HDD 硬盘； 二、地震扰动模块	

		▲1、振动台运行方向：X 向、Y 向二维振动； ▲2、振动台面尺寸：≥1500mm×1500mm； 3、振动行程：±50mm； 4、动态加载力：±250kN； ★5、振动台峰值加速度：≥0.8g，最大倾覆力矩：≥20kN·m； ▲6、振动频率：≥0.01～20Hz； 7、软件可选的波形有正弦波、斜波、三角波、地震波、方波，以及自由编程波形； 8、数据采集伺服控制系统，实现力振幅、位移振幅、波形、g 值等全部由同一套系统控制，实现多种数据实时同步监测； 9、采用 32bit 处理器，浮点 160MHz，24h 独立完成设备监控； 10、控制器模拟信号分辨率±100,000,000 码；≥28 位精度内部处理器，32 位测量数据分辨率，32 位采样和 28 位数模转换，采样频率 256kHz； 11、模拟传感器采集精度误差±0.001%FS； 12、多种闭环控制方法，可根据试验机特性进行针对性优化； 13、可高精度输出信号规格为 4～20mA 电流、±10V 电压、数字量、脉冲信号等； 14、100kHz 信号输出频率,输出信号的分辨率为 0.003%FS； 15、支持多轴/多作动器联动，并保证联动的相对误差，用以实现复杂准确的多点加载。 三、断层错动模块 ▲1、通过施加垂直和水平荷载模拟断层错动； ▲2、断层错动加载应力≥6MPa,断层倾斜角度 45°～90°可调节； 3、力值加载分辨率：0.001kN； 4、错动最大行程：≥200mm； 5、位移加载分辨率：0.001mm； 6、控制精度：±0.5%F.S； 7、可与振动台配合，模拟由地震引发断层的现象； 四、隧道支护力学性能测试模块 1、对隧道锚杆（索）锚固体在工程环境的作用下，支护长期稳定性、围岩裂隙扩展情况和锚杆（索）长期服役耐久性进行评估； 2、试验样品拉拔试验尺寸：≥200mm×200mm×600mm； 3、锚杆尺寸：Φ18mm～Φ32mm； 4、锚杆（索）锚固体剪切试验尺寸：≥900mm×300mm×300mm； ▲5、拉拔最大压力：≥800kN； ▲6、围压最大压力：≥500kN；	

		7、围压分级：≥3 级； 8、拉拔行程：≥200mm； ▲9、锚固体剪切力：≥600kN； 10、锚固体剪切位移量：≥150mm； 11、力值加载分辨率：0.001kN； 12、力值加载速率：0.01～10kN/s； 13、位移加载分辨率：0.001mm； 14、位移加载速率：0.001～1mm/s； 15、控制精度：±0.5%F.S； 五、配套设施 1、系统配套制样工装，可制备规定尺寸的相似材料试样； 2、系统配套吊装工具，起吊重量≥5t，方便试验盒拆卸和试样的取放； 3、整体设备安装前，对实验室地面做环境处理，满足安装要求。	