

河南工程学院空天地建筑智能监测一体化实
训中心项目包一

包号（豫政采(2)20251538-1）

项目合同书

甲方：河南工程学院

乙方：北京东方中恒科技发展有限公司

日期：2025年 10月 21日

河南工程学院政府采购货物合同

合同编号：豫财招标采购-2025-1022

甲方（全称）：河南工程学院

乙方（全称）：北京东方中恒科技发展有限公司

根据《中华人民共和国民法典》《中华人民共和国政府采购法》及有关法律
规定，遵循平等、自愿、公平和诚实信用的原则，双方同意按照下述条款订立
本合同，共同信守。

一、供货范围及分项价格表（详见附件 1、附件 2）

1. 本合同所指货物包括原材料、燃料、设备、产品、硬件、软件、安装材料、备件及专用器具、文件资料等，详见附件 1、附件 2，此附件是合同中不可分割的部分。

2. 本合同总价包括但不限于货物价款、包装、运输、装卸、保险费、安装及相关材料费、调试费、软件费、检验费、培训费等各种伴随服务的费用以及税金等。合同总价之外，甲方不再另行支付任何费用。

二、质量及采购需求要求

乙方须按合同要求提供全新货物（包括零部件、附件、备品备件等）货物的质量标准、规格型号、具体配置、数量等应符合招标文件要求，其产品为原厂生产，且应达到乙方投标文件及澄清文件中承诺的技术标准。

乙方应在本合同生效后 7 个工作日内向甲方提供安装计划及质量控制规范；并于 11 月 7 日前进驻安装现场；所有货物运送到甲方指定地点后，双方在 2 日内共同验收并签署验收意见。如甲方无正当理由，不得拒绝接收；在安装调试过程中，甲方有权采取适当的方式对乙方货物质量标准、规格型号、具体

配置、数量以及安装质量和进度等进行检查。甲方如果发现乙方所供货物不符合合同约定，甲方有权单方解除合同，由此产生的一切费用由乙方承担。

三、包装与运输

货物交付使用前发生的所有与货物相关的运输、安装及安全保障事项等均由乙方负责；货物包装应符合抗震、防潮、防冻、防锈以及长途运输等要求，对由于包装不当或防护措施不力而导致的货物损坏、损失、腐蚀等损失均由乙方承担；在货物交付使用前所发生的所有与货物相关的经济纠纷及法律责任均与甲方无关。

四、质保期与售后服务（详见附件 3）

1. 所有设备免费质保期为 5 年（自验收合格并交付给甲方之日起计算），终身维护、维修。
2. 在质保期内，因产品质量造成的问题，乙方免费提供配件并现场维修，且所提供的任何零配件必须是其原设备厂家生产的或经其认可的。产品存在质量问题，甲方有权要求乙方换货。
3. 乙方须提供一年 1 次全免费（配件+人力）对产品设备的维护保养。
4. 乙方承诺凡设备出现故障，自接到甲方报修电话 1 小时内响应，3 小时内到达现场，24 小时内解决故障问题。保修期外只收取甲方零配件成本费，其他免费。
5. 乙方未在规定时间内提供原配件或认可的替代配件，甲方有权自行购买，费用由乙方承担。
6. 其它：无

五、技术服务

1. 乙方向甲方免费提供标准安装调试及 10 人次国内操作培训。
2. 乙方向甲方提供设备详细技术、维修及使用资料。
3. 软件免费升级和使用。
4. 乙方有责任对甲方相关人员实施免费的现场培训或集中培训措施, 保证甲方相关人员能够独立操作、熟练使用、维护和管理有关设备。

六、知识产权

乙方应保证甲方在使用该货物或货物的任何一部分时免受第三方提出的侵犯其知识产权、商业秘密权或其他任何权利的起诉。如因此给甲方造成损失, 乙方承诺赔付甲方遭受的一切损失。

七、免税

1. 属于进口产品, 用于教学和科研目的的, 中标价为免税价格。
2. 免税产品应由甲乙双方依据海关的要求签订委托进口代理协议, 确认甲乙双方的责任与义务。委托进口代理协议作为本合同的不可分割部分。
3. 免税产品通关时乙方必须进行商检, 未商检的, 造成的损失由乙方承担。

八、交货时间、地点与方式

1. 乙方于 2025 年 11 月 15 日之前将货物按甲方要求在甲方指定地点交货、安装、调试完毕, 并具备使用条件, 未经甲方允许每推迟一天, 按合同总额的千分之五支付违约金。
2. 乙方负责所供货物包装、运输、安装和调试, 并承担所发生的费用; 甲方为乙方现场安装提供水、电等便利条件。
3. 安装过程中若发生安全事故由乙方承担。
4. 乙方安装人员应服从甲方的管理, 遵守国家法律法规和学校相关制度, 否

则一切后果均由乙方承担。

5. 货物交付使用前，乙方负责对提供货物进行看管，并承担货物的丢失、损毁等风险。

九、验收方式

1. 初步验收。甲方按合同所列质量标准、规格型号、技术参数以及数量等在现场验收，并填写初步验收单（详见附件4）。验收时，甲方有权提出采用技术和破坏相结合的方法。

乙方应向甲方移交所供设备完整的使用说明书、合格证及相关资料。乙方在所有设备（工程）安装调试、软件安装完毕后，开展现场培训，使用户能够独立熟练操作使用仪器或设备，尔后由供需双方共同初步验收；甲乙双方如产生异议，由第三方重新进行验收。如果乙方提供的货物与合同不符，甲方有权拒绝验收，由此所产生的一切费用由乙方承担。

2. 正式验收：依据河南省财政厅“《关于加强政府采购合同监督管理工作的通知》【豫财购（2010）24号】”文件要求，政府采购合同金额50万元以上的货物采购项目，由使用单位初验合格后，向国有资产管理处提出验收申请，由采购单位领导牵头，会同财务、审计、资产管理及专家成立验收专家组进行正式验收。学校验收通过后，才能支付合同款项。

十、付款方式及条件

1. 本合同总价款（大写）为：壹佰陆拾壹万捌仟捌佰圆整（小写：¥1618800元）。

2. 付款方式：本项目经采购人验收合格后，支付合同款的100%。

十一、履约担保

履约担保金额为合同总额的 5%。履约担保方式：承包人以银行保函方式在合同签订前向发包人提供履约担保，验收合格，正式交付使用后退还。

账号名称：河南工程学院

账号：41001530010059000016

开户行：建行郑州陇海路支行

十二、违约责任

乙方所交的货物产地、品牌、型号、规格、质量以及技术标准、数量等不符合合同要求，甲方有权拒收，由此产生的一切费用由乙方负责；因货物更换而造成逾期交货，则按逾期交货处理，乙方应向甲方每天支付合同标总额日千分之五的违约金。

甲方无正当理由拒收设备，应向乙方偿付拒收设备款额百分之五的违约金。
甲方逾期付款，应向乙方支付本合同标的总额的日万分之四的违约金。

十三、其它

1. 组成本合同的文件及解释顺序为：本合同及其附件、双方签字并盖章的补充协议和文件；投标书及其附件；招标文件及补充通知；中标通知书；国家、行业或企业（以最高的为准）标准、规范及有关技术文件；投标书及其附件。

2. 双方在执行合同时产生纠纷，协商解决；协商不成，向甲方所在地人民法院提起诉讼。

3. 本合同共 10 页，一式 6 份，甲方执 2 份（用于合同备案、进口产品免税、验收、报账等事项），乙方执 2 份，招标公司执 2 份。

4. 本合同未尽事宜，甲方双方可签订补充协议，与本合同具有同等法律效力。

5. 本合同经双方法定代表人或其授权代理人签字并加盖单位公章后生效。

6. 法律文书接收地址（乙方）：北京市石景山区鲁谷路 51 号院 3 号楼 11

层 1115

甲方：河南工程学院（公章）

地址：河南省郑州市新郑龙湖祥和路 1 号

签字代表（或委托代理人）：

电话：0371-62508666

开户银行：建设银行郑州陇海路支行

账号：41001530010059000016

乙方：北京东方中恒科技发展有限公司

地址：北京市石景山区鲁谷路 51 号院 3 号

楼 11 层 1115

签字代表

电话：18210309378

开户银行：民生银行北京万寿路支行

账号：0109 0128 3000 3702

合同签署日期：2015 年 10 月 21 日

件 1:

供货范围及分项价格表

单位: 元

序号	设备名称	品牌	型号规格	原产地	数量	单位	单价	小计	备注 (是否免税)
1	等比例隧道模型平台	东方中恒	定制	中国	1	套	¥160,000.00	¥160,000.00	否
2	隧道模型电控单元	东方中恒	TCC-SE	中国	1	套	¥5,000.00	¥5,000.00	否
3	隧道监测系统-非接触式激光测量传感器	东方中恒	TCW06-30	中国	2	套	¥3,000.00	¥6,000.00	否
4	隧道监测系统-缝宽感知系统	东方中恒	TCWY04	中国	2	套	¥3,000.00	¥6,000.00	否
5	隧道监测系统-应力采集单元	东方中恒	TCD-8XW	中国	4	套	¥400.00	¥1,600.00	否
6	隧道监测系统-物位感知系统	东方中恒	TCJ07	中国	4	套	¥3,000.00	¥12,000.00	否
7	隧道模型可控边缘网关	东方中恒	TSG2.0	中国	1	套	¥12,000.00	¥12,000.00	否
8	隧道模型屏显综合采集仪	东方中恒	E50	中国	1	套	¥18,000.00	¥18,000.00	否
9	隧道模型设备安装辅材	东方中恒	定制	中国	1	套	¥500.00	¥500.00	否
10	等比例桥梁模型平台	东方中恒	定制	中国	1	套	¥240,000.00	¥240,000.00	否
11	桥梁模型电控单元	东方中恒	TCC-SE	中国	1	套	¥5,000.00	¥5,000.00	否
12	等比例道路模型平台	东方中恒	定制	中国	1	套	¥65,000.00	¥65,000.00	否
13	道路模型电控单元	东方中恒	TCC-SE	中国	1	套	¥5,000.00	¥5,000.00	否
14	路基边坡自动化监测系统-物位感知系统	东方中恒	TCJ07	中国	3	套	¥3,000.00	¥9,000.00	否

15	路基边坡自动化监测系统- 分层沉降传感器	东方中恒	TCDW-80	中国	1	套	¥3,000.00	¥3,000.00	否
16	道路模型可控边缘网关	东方中恒	T5G2.0	中国	1	套	¥12,000.00	¥12,000.00	否
17	道路模型屏显综合采集仪	东方中恒	E50	中国	1	套	¥18,000.00	¥18,000.00	否
18	道路模型设备安装辅材	东方中恒	定制	中国	1	套	¥500.00	¥500.00	否
19	道路模型边坡模型平台	东方中恒	定制	中国	1	套	¥120,000.00	¥120,000.00	否
20	等比例露天矿边坡模型电控单元	东方中恒	TCC-SE	中国	1	套	¥5,000.00	¥5,000.00	否
21	等河道及水利模型平台	东方中恒	定制	中国	1	套	¥130,000.00	¥130,000.00	否
22	河道及水利模型电控单元	东方中恒	TCC-SE	中国	1	套	¥5,000.00	¥5,000.00	否
23	缺陷点模型设计安装	东方中恒	定制	中国	1	套	¥40,000.00	¥40,000.00	否
24	GNSS 多模态有源卫星天线	东方中恒	TC-GA2	中国	1	套	¥9,000.00	¥9,000.00	否
25	天线安装基础	东方中恒	定制	中国	1	套	¥1,500.00	¥1,500.00	否
26	北斗室内信号模拟器	东方中恒	TCCORS	中国	1	套	¥38,000.00	¥38,000.00	否
27	信号增益器	东方中恒	TCW-G05	中国	1	套	¥8,000.00	¥8,000.00	否
28	信号馈线	东方中恒	定制	中国	1	套	¥1,000.00	¥1,000.00	否
29	建筑结构及环境监测系统- 缝宽感知系统	东方中恒	TCW04	中国	2	套	¥1,500.00	¥3,000.00	否
30	建筑结构及环境监测系统- 物位感知系统	东方中恒	TCJ07	中国	2	套	¥3,000.00	¥6,000.00	否
31	建筑结构及环境监测系统- 表贴式应力采集单元	东方中恒	TCD-8XW	中国	5	套	¥400.00	¥2,000.00	否
32	建筑结构及环境监测系统- 测斜感知单元	东方中恒	TCQ30	中国	2	套	¥1,500.00	¥3,000.00	否

33	建筑结构及环境监测系统- 风速测量计	东方中恒	TCE-1E	中国	1	套	¥1,000.00	¥1,000.00	否
34	建筑结构及环境监测系统- 风向测量计	东方中恒	TCE-2E	中国	1	套	¥1,500.00	¥1,000.00	否
35	建筑结构及环境监测系统- 降雨测量单元	东方中恒	TCE-1A	中国	1	套	¥2,000.00	¥2,000.00	否
36	建筑结构及环境监测系统- 温湿度传感器	东方中恒	TCE-1C	中国	1	套	¥1500.00	¥1500.00	否
37	建筑结构及环境监测系统- 光照传感器	东方中恒	TCE-G1	中国	1	套	¥1500.00	¥1500.00	否
38	建筑结构及环境监测系统- 综合监测立杆	东方中恒	定制	中国	1	套	¥1500.00	¥1500.00	否
39	建筑结构及环境监测系统- 太阳能供电系统	东方中恒	TCC-E	中国	1	套	¥6,500.00	¥6,500.00	否
40	建筑结构及环境监测系统- 设备安装箱	东方中恒	定制	中国	1	套	¥1,500.00	¥1,500.00	否
41	建筑结构及环境监测系统- 屏显综合采集仪	东方中恒	E50	中国	1	套	¥38,000.00	¥38,000.00	否
42	建筑结构及环境监测系统- 设备安装辅材	东方中恒	定制	中国	1	套	¥900.00	¥900.00	否
43	隧道实验平台软件模块	东方中恒	TC	中国	1	套	¥95,000.00	¥95,000.00	否
44	道路路基实验平台软件模块	东方中恒	TC	中国	1	套	¥95,000.00	¥95,000.00	否
45	房屋建筑智能平台软件模块	东方中恒	TC	中国	1	套	¥90,000.00	¥90,000.00	否

46	智能测量巡检实验平台软件 模块	东方中恒	TC	中国	1	套	¥95,000.00	¥95,000.00	否
47	伺服机器人智能控制模块	东方中恒	TC	中国	1	套	¥95,000.00	¥95,000.00	否
48	多源数据融合智能灾变分析 系统	东方中恒	TC	中国	1	套	¥95,000.00	¥95,000.00	否
49	室内环境设计装修	定制	定制	中国	430	平方 米	¥110.00	¥47,300.00	否
合计： 小写：¥1,618,800.00 大写：人民币壹佰陆拾壹万捌仟捌佰圆整									

附件 2:

设备采购需求参数、功能描述及配置清单表

序号	设备名称	具体采购需求参数、功能描述及配置清单描述	单位	数量
1	等比例隧道模型平台	1、尺寸: 长 8m×宽 4m×高 3m, 采用模块化框架, 内衬吸音材料。	套	1
		2、模型分区: 标准检测段 (3m): 模拟正常地质条件, 衬砌厚度均匀, 预埋钢筋间距 20cm; 缺陷模拟段 (5m): 设置 3 处典型缺陷; 空洞区: 衬砌与围岩间预留 10cm 空腔, 模拟脱空缺陷; 不密实区: 采用泡沫混凝土填充, 模拟混凝土振捣不密实; 渗水区: 安装可拆卸式渗水板, 通过水泵加压模拟水压 (0-0、5MPa 可调)。		
2	隧道模型电 控单元	1、额定工作电压: 交流 220V。	套	1
		2、辅助电路工作电压: 交流 220V。额定频率: 50Hz。额定绝缘电压: 500V。		
		3、额定工作电流: 63A。短路耐受电流: 15KA。		
		4、通信接口: 配备 RS485 通信接口。		
		5、扩展能力: 电箱内部预留了一定的空间和电气接口。		
3	隧道监测系 统-非接触式 激光测量传 感器	1、测量范围: 0-5000mm。	个	2
		2、线性度: ±0.05%FS (FS 为满量程)。		
		3、分辨率: 0.01mm-0.05mm。		
		4、重复精度: ±0.01mm。		
		5、温度漂移: ≤0.002%FS/°C。		

4	隧道监测系统-缝宽感知系统	1、测量范围：0-100mm，可定制扩展至 0-200mm。 2、灵敏度：0.001mm-0.009mm。 3、线性度：±0.1%FS。 4、重复性误差：≤0.01mm。 5、零点漂移：±0.05mm/年。 6、供电电压：DC12V/24V 可选。 7、工作电流：≤20mA。 8、输出信号：模拟信号：4-20mA、0-5V 可选。数字信号：RS485、Modbus 协议，支持长距离传输且抗干扰能力强，可实现与控制电箱及上位机的高效通信。	个	2
5	隧道监测系统-应力采集单元	1、测量范围：±15000 $\mu\epsilon$（微应变）。 2、灵敏度：2.0mV/V±0.05%。 3、非线性度：≤0.05%F.S。 4、供电电压：DC5-15V，宽电压供电范围。 5、输入电阻：380 Ω ±10 Ω，输出电阻：350 Ω ±0、5 Ω。 6、输出信号：模拟信号 0-5V 或 4-20mA 可选，满足不同数据采集系统需求；数字信号支持 RS485、SPI 协议，实现与控制电箱及上位机的高效通信，且抗干扰能力强。	个	4
6	隧道监测系统-物位感知系统	1、测量范围：0-500mm。 2、分辨率：0.01mm—0.05mm。 3、线性度：≤0.05%FS。 4、RS485 数字信号，支持 Modbus 协议。	个	4

		5、可选模拟信号输出，4-20mA、0-5V，满足不同数据采集设备和系统的接入需求。		
		1、网络接口：以太网接口：4个RJ45接口，支持10/100/1000Mbps自适应。		
		2、无线网络：支持Wi-Fi6，传输速率需要达到2700Mbps-3000Mbps；内置4G/5G模块，频段覆盖n1/n3/n5/n7/n8/n28/n41/n78等，可在有线网络不便时，实现数据的无线传输，适应隧道模型不同实验环境的网络需求。		
		3、协议支持：支持ModbusTCP/RTU、MQTT、OPCUA、HTTP/HTTPS等多种工业协议		
		4、串口通信：配备≥2个RS485。		
		5、处理器：采用ARMCortex-A72架构64位四核处理器，主频2.0GHz。		
		6、内存与存储：≥4GBDDR4内存；内置≥32GBeMMC存储，支持MicroSD卡扩展，最大可扩展至128GB，可存储传感器历史数据，满足隧道模型长时间实验数据存储需求。		
		7、边缘计算能力：支持Python、Node-Red等开发环境，可在边缘侧运行机器学习算法和自定义数据处理程序，实现数据的本地分析与处理，减少数据上传云端的压力。		
		1、采集通道：具备≥16路模拟量输入通道，可同时接入应变传感器、静力水准传感器等模拟信号设备；≥8路数字量输入通道，适配激光位移传感器、裂缝位移传感器等数字信号设备，满足隧道模型多类型传感器的数据采集需求。		
7	隧道模型可控边缘网关		台	1
8	隧道模型显示屏 综合采集仪		台	1

		2、采样频率：模拟量采样频率最高可达 9kHz-10kHz，数字量采样频率最高可达 90kHz-100kHz。 3、采集精度：模拟量采集精度为$\pm 0.1\%$FS，数字量采集误差$\leq 0.01\%$。 4、信号类型：支持 4-20mA、0-5V、0-10V 等模拟信号输入，以及 RS485、RS232、Modbus 等数字信号输入，兼容多种传感器的输出信号格式。		
9	隧道模型设备安装辅材	1、电源线 规格：RVV2$\times$1.5mm²，铜芯聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套软电缆。 性能：额定电压 300/500V，工作温度范围-15℃-70℃。 2、信号传输线：模拟信号线：RVVP4$\times$0.5mm²，铜芯聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套屏蔽软电缆。额定电压 300/300V，工作温度-20℃-70℃。 3、数字信号线：RS485 专用通讯线，特性阻抗 120Ω，线规 2$\times$24AWG（约 0.22mm²），适用于激光位移传感器、裂缝位移传感器等数字信号传输，满足 RS485 通信协议对线路的要求，支持长距离稳定数据传输。	批	1
10	等比例桥梁模型平台	1、结构比例：按照真实桥梁的 1:20-1:100 比例进行制作，具体比例依据桥梁实际尺寸、展示需求及场地条件确定。对于大跨度跨海大桥，可选用 1:100 比例；小型城市桥梁，可采用 1:30 比例，确保模型能精准呈现桥梁的整体轮廓与关键结构细节。 2、材质： 主体结构：铝合金或高强度工程塑料（如聚碳酸酯）。	套	1

		辅助部件：栏杆、装饰等非承重部件：亚克力或树脂材料。		
		3、尺寸规格：跨度：根据比例换算后的模型跨度1-3米。高度：包含桥墩高度与桥面高度，按比例确定。		
		1、额定工作电压：交流 220V。		
		2、辅助电路工作电压：交流 220V。额定频率：50Hz。		
		3、额定绝缘电压：500V。		
		4、额定工作电流：63A。		
		5、短路耐受电流：15KA。		
		6、通信接口：配备 RS485 通信接口，与外部设备（如监控计算机、其他智能控制系统等）进行数据通信。		
		7、扩展能力：电箱内部预留 $\geq 10\text{cm}$ （长） $\times 10\text{cm}$ （宽） $\times 4\text{cm}$ （高）的空间和5个电气接口，可根据实际需求方便地扩展功能模块。		
11	桥梁模型电 控单元	1、结构比例：按照 1:20-1:100 比例制作，具体比例根据真实路基尺寸、展示需求及场地空间确定。	套	1
		2、材质		
		主体结构：路基填土部分采用特殊配比的工程塑料颗粒混合轻质黏土，模拟真实填土的密度和力学特性；路基层和面层：高强度树脂材料。		
		增强部件：金属丝网或碳纤维材料模拟土工格栅、排水板等加固元件。		
12	等比例道路 模型平台	3、尺寸规格：长度：3-8 米，宽度：0.8-1.5 米。	套	1

		高度：0.5-1.2 米，包含路基填土、基层、面层及地基处理部分的高度，清晰呈现路基垂直方向的结构层次。		
13	道路模型电 控单元	1、额定工作电压：交流 220V。 2、辅助电路工作电压：交流 220V。 3、额定频率：50Hz。 4、额定绝缘电压：500V。 5、额定工作电流：63A。 6、短路耐受电流：15KA。 7、通信接口：配备 RS485 通信接口，与外部设备（如监控计算机、其他智能控制系统等）进行数据通信。 8、扩展能力：电箱内部预留 $\geq 10\text{cm}$ （长） $\times 10\text{cm}$ （宽） $\times 4\text{cm}$ （高）的空间和 5 个电气接口，可根据实际需求方便地扩展功能模块。	套	1
14	路基边坡自 动化监测系 统-物位感知 系统	1、测量范围： $\pm 50\text{mm}$ 、 $\pm 100\text{mm}$ 、 $\pm 200\text{mm}$ 、 $\pm 500\text{mm}$ 、 $\pm 1000\text{mm}$ 可选。 2、分辨率： $0.01\text{mm}-0.09\text{mm}$ 。 3、精度： $\pm 0.01\%\text{FS}$ （满量程）。 4、线性度： $\leq 0.02\%\text{FS}$ 。 5、工作原理：压差式测量原理，通过测量液体压力变化来计算液位高度差，进而得到测点的沉降变化。 6、连通管：透明尼龙管或不锈钢管，内径 6-8mm，外径 10-12mm。 7、容器：不锈钢或铝合金材质制成，容器容量 500-2000ml。	个	3

15	路基边坡自动化监测系统-分层沉降传感器	1、测量范围：常规量程：0-1000mm（可定制 0-5000mm）；分段精度：每 100mm 区间误差$\leq \pm 0.1$mm。 2、分辨率与精度：分辨率：0.01mm-0.05mm（静态监测）/0.1mm-0.05mm（动态监测）； 3、重复精度：$\leq \pm 0.05\%$FS（满量程）； 4、在 1000mm 量程下，可识别 0.1mm-0.15mm 的细微沉降。 5、线性度与迟滞：线性度：$\leq 0.03\%$FS、迟滞误差：$\leq 0.02\%$FS，	个	1
16	道路模型可控边缘网关	1、网络接口：以太网接口：≥ 4 个 RJ45 接口，支持 10/100/1000Mbps 自适应。 2、无线网络：支持 Wi-Fi6，传输速率可达 2700Mbps-3000Mbps；内置 4G/5G 模块，频段覆盖 n1/n3/n5/n7/n8/n28/n41/n78 等，可在有线网络不便时，实现数据的无线传输，适应隧道模型不同实验环境的网络需求。 3、协议支持：支持 ModbusTCP/RTU、MQTT、OPCUA、HTTP/HTTPS 等多种工业协议，能够无缝对接裂缝位移传感器、静力水准传感器等不同协议的设备，实现数据的统一采集与转发。 4、串口通信：配备≥ 2 个 RS485。 5、处理器：ARMCortex-A72 架构 64 位四核处理器，主频 2.0GHz。 6、内存与存储：≥ 4GBDDR4 内存；内置≥ 32GBeMMC 存储，支持 MicroSD 卡扩展，最大可扩展至 128GB。	台	1

		7、边缘计算能力：支持 Python、Node-Red 等开发环境，可在边缘侧运行机器学习算法和自定义数据处理程序。		
17	道路模型显示屏 综合采集仪	1、采集通道：具备 ≥ 16 路模拟量输入通道，可同时接入应变传感器、静力水准传感器等模拟信号设备；≥ 8 路数字量输入通道，适配激光位移传感器、裂缝位移传感器等数字信号设备，满足隧道模型多类型传感器的数据采集需求。 2、采样频率：模拟量采样频率最高可达 9kHz-10kHz，数字量采样频率最高可达 90kHz-100kHz。 3、采集精度：模拟量采集精度为 $\pm 0.1\%FS$，数字量采集误差 $\leq 0.01\%$。 4、信号类型：支持 4-20mA、0-5V、0-10V 等模拟信号输入，以及 RS485、RS232、Modbus 等数字信号输入，兼容多种传感器的输出信号格式。	台	1
18	道路模型设备 安装辅材	1、电源线：规格：RVV2$\times$1.5mm²，铜芯聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套软电缆。 2、性能：额定电压 300/500V，工作温度范围 -15$^{\circ}C$-70$^{\circ}C$。 3、信号传输线：模拟信号线：RVVP4$\times$0.5mm²，铜芯聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套屏蔽软电缆。额定电压 300/300V，工作温度 -20$^{\circ}C$-70$^{\circ}C$。 4、数字信号线：RS485 专用通讯线，特性阻抗 120Ω，线规 2$\times$24AWG（约 0.22mm²），适用于激光位移传感器、裂缝位移传感器等数字信号传输，满足 RS485 通信协议对线路的要求，支持长距离稳定数据传输。	批	1

19	等比例露天 矿边坡模型 平台	1、结构比例：按照 1:50-1:200 比例制作，具体比例根据真实露天矿边坡尺寸、展示需求及场地条件确定。 2、材质：主体结构：边坡岩土体部分采用特殊配比的混合材料，通过调整砂石、黏土、添加剂的比例，模拟不同岩土体的密度、强度、抗剪等力学特性；岩层结构使用树脂或工程塑料制作，表面雕刻出节理、裂隙等特征，还原真实地质构造。 3、加固部件：锚杆、锚索等加固结构采用金属丝或碳纤维材料制作，模拟其锚固和张拉效果；挡土墙等防护设施使用 PVC 塑料或金属薄片，确保模型结构强度与真实边坡加固措施相似。 4、尺寸规格：长度：4-10 米，覆盖露天矿边坡典型剖面，包含台阶坡面、坡顶线、坡底线等关键部位；高度：1-2.5 米，体现边坡不同台阶高度和整体坡高，满足传感器和监测设备安装需求；宽度：1-1.5 米。	套	1
20	露天矿边坡 模型模型电 控单元	1、额定工作电压：交流 220V。 2、辅助电路工作电压：交流 220V。额定频率：50Hz。 3、额定绝缘电压：500V。 4、额定工作电流：63A。 5、短路耐受电流：15KA。 6、通信接口：配备 RS485 通信接口，与外部设备（如监控计算机、其他智能控制系统等）进行数据通信。 7、扩展能力：电箱内部预留$\geq 10\text{cm}$（长）$\times 10\text{cm}$（宽）$\times 4\text{cm}$（高）的空间和 5 个电气接口，可根据实际需求方便地扩展功能模块。	套	1

21	河道及水利模型平台	1、结构比例：按照 1:20-1:200 比例制作，具体比例根据真实河道及水利工程规模、展示需求和场地条件确定。	套	1
		2、材质：河道部分：河床：树脂或工程塑料，表面雕刻出砂石纹理模拟真实河床形态；河道边坡：混合黏土与工程纤维材料，模拟土壤力学特性；水体部分：透明亚克力或环保型仿真液体。		
		水利设施：水坝、闸门、泵站等设施：金属合金与工程塑料混合材质，关键受力结构使用金属增强，确保模型强度；表面进行防腐处理，适应长期水环境模拟。		
		3、尺寸规格：长度：5-15 米，包含弯道、浅滩、深潭及水利工程节点；宽度：1-3 米；高度：0.8-2 米，涵盖河床深度、水位变化范围及水利设施高度。		
		4、水流模拟系统参数：流速调节：变频水泵控制水流速度，调节范围 0.01-2m/s，满足不同河道工况下的流速模拟需求；水位控制：电动升降式水位调节装置，调节精度±1mm，可模拟枯水期、洪水期等不同水位状态；水质模拟：预留水质调节接口，支持添加化学试剂模拟污染、富营养化等水质变化。		
22	河道及水利模型电控单元	1、额定工作电压：交流 220V。	套	1
		2、辅助电路工作电压：交流 220V。		
		3、额定频率：50Hz。		
		4、额定绝缘电压：500V。		
		5、额定工作电流：63A。		
		6、短路耐受电流：15KA。		

		7、通信接口：配备 RS485 通信接口，与外部设备（如监控计算机、其他智能控制系统等）进行数据通信。 8、扩展能力：电箱内部预留$\geq 10\text{cm}$（长）$\times 10\text{cm}$（宽）$\times 4\text{cm}$（高）的空间和 5 个电气接口，可根据实际需求方便地扩展功能模块。		
23	缺陷点模型 设计安装	1、主体结构：石膏+钢筋网模拟混凝土梁柱，弹性模量 26GPa-28GPa，抗压强度 29MPa-30MPa。 2、墙体：轻质砌块+水泥砂浆模拟，导热系数 $0.58\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K}) - 0.60\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$。 3、结构性缺陷：梁体裂缝（宽度 0.1-2mm）、柱体倾斜（1/1000-1/500）。 4、功能性缺陷：屋面渗漏（模拟防水层破损）、墙体空鼓（面积$\geq 0.1\text{m}^2$）。 5、环境缺陷：室内甲醛超标（浓度 0.1-0.5mg/m^3）、墙体结露（湿度$\geq 80\%\text{RH}$）	套	1
k) 24	GNSS 多模态 有源卫星天 线	1、信号接收：支持频段：全面覆盖北斗 B1I/B2I/B1C/B2a、GPS L1/L2/L5、GLONASS G1/G2、Galileo E1/E5a/E5b 等频段，兼容多卫星导航系统，。 2、增益：在各工作频段内，天线增益$\geq 3\text{dBi}$。 3、抗多径效应：多径抑制能力$\geq 25\text{dB}$（典型值）。 4、零值深度$\geq 15\text{dB}$。 5、相位中心稳定性：水平相位中心变化$\leq 2\text{mm}$，垂直相位中心变化$\leq 3\text{mm}$，保证在不同方位和仰角接收信号时，相位中心偏移极小，满足河道堤岸、水坝等静态监测场景的高精度需求。	个	1

25	天线安装基础	1、对中精度：绝对中误差 $\leq \pm 0.05\text{mm}$ 。	个	1
		2、重复性对中精度 $\leq \pm 0.02\text{mm}$ 。		
		3、结构设计：材质：316L 不锈钢材质，表面经过钝化处理。		
		4、尺寸规格：圆形对中盘直径 200mm-220mm，厚度 13mm-15mm，粗糙度 $Ra \leq 0.8 \mu\text{m}$ ；方形对中盘边长 $\leq 200\text{mm}$ ，厚度同圆形，可根据现场安装空间选择。		
		5、连接方式：中心配备 5/8-24UNF 标准螺纹孔，与 GNSS 扼流圈天线支架底部螺纹精准匹配，连接扭矩 $\geq 10\text{N}\cdot\text{m}$ ，防止天线在强风、振动等环境下松动。周边均匀分布 4 个 M8 安装孔，用于将对中盘固定在安装基础上，通过配套的高强度螺栓紧固。		
26	北斗室内信号模拟器	1、信号频段：全面支持北斗三号（BDS-3）的 B1I、B1C、B2a、B2b 等频段，以及北斗二号（BDS-2）的 B1I、B2I 频段，确保与各类北斗接收机兼容，满足不同场景下的室内定位需求。	个	1
		2、可模拟多频点组合信号。		
		3、卫星信号模拟数量：能够同时模拟不少于 16 颗北斗卫星信号，为室内接收机提供充足的信号源，保证在复杂室内环境（如模型实验室有较多遮挡物）下也能实现稳定定位。支持灵活配置卫星星座，用户可根据实验或监测需求，自定义模拟特定卫星组合，模拟不同卫星分布情况对定位效果的影响。		

		4、信号调制方式：精确模拟北斗卫星信号的二进制偏移载波（BOC）调制方式，包括 BOC(1, 1)、BOC(6, 1) 等，确保信号的准确性和完整性。 5、具备高精度的导航电文模拟功能，可生成包含卫星星历、时钟信息、电离层延迟模型等内容的导航电文，模拟真实卫星信号传输过程，具有高精度授时功能，为本系统感知提供精准授时。		
27	信号增益器	1、增益范围：额定增益：25-35dB。	个	1
		2、增益平坦度：±1dB（典型值）。		
		3、噪声系数：≤2dB。		
		4、输出功率：最大输出功率≥10dBm。		
28	信号馈线	1、特性阻抗：50Ω。	批	1
		2、衰减特性：在北斗 B1 频段（1561.098MHz）：衰减≤0.15dB/m（典型值），保证信号在长距离传输过程中强度稳定。在北斗 B2 频段（1207.14MHz）：衰减≤0.12dB/m（典型值），确保不同频段信号的低损耗传输。		
		3、驻波比：≤1.2（在工作频段内）。		
		4、屏蔽性能：屏蔽衰减≥90dB（100MHz-3GHz）		
29	建筑结构及环境监测系统-缝宽感知系统	1、测量范围：0-50mm，可定制扩展至 0-200mm。	个	2
		2、灵敏度：0.001mm-0.009mm。		
		3、线性度：±0.1%FS。		
		4、重复性误差：≤0.01mm。		
		5、零点漂移：±0.05mm/年。		
		6、供电电压：DC12V/24V 可选。		

		7、工作电流：≤20mA。 8、输出信号：模拟信号：4-20mA、0-5V 可选。 9、数字信号：RS485、Modbus 协议，支持长距离传输且抗干扰能力强，可实现与控制电箱及上位机的通信。		
30	建筑结构及环境监测系统-物位感知系统	1、测量范围：0-500mm，可依据隧道模型规模、预期沉降幅度等实际需求定制更大量程。 2、分辨率：0.01mm-0.09mm。 3、线性度：≤0.05%FS。 4、RS485 数字信号，支持 Modbus 协议。 5、可选模拟信号输出，如 4-20mA、0-5V，满足不同数据采集设备和系统的接入需求。	个	2
31	建筑结构及环境监测系统-表贴式应力采集单元	1、测量范围：±15000 μ ε（微应变）。 2、灵敏度：2.0mV/V±0.05%。 3、非线性度：≤0.05%F.S.。 4、供电电压：DC5-15V。 5、输入电阻：380 Ω ±10 Ω，输出电阻：350 Ω ±0.5 Ω。 6、输出信号：模拟信号 0-5V 或 4-20mA 可选，满足不同数据采集系统需求；数字信号支持 RS485、SPI 协议，实现与控制电箱及上位机的通信。	个	5
32	建筑结构及环境监测系统	1、测量精度参数：静态测量精度：±0.05°。 动态测量精度：±0.1°。	个	2

统一测斜感知单元		2、量程参数：单轴量程：对于安装在桥墩、主梁等关键部位监测单一方向倾斜的单轴倾角传感器，量程设为 $\pm 30^{\circ}$ 。双轴量程：用于测量桥梁桥面水平度变化等需要同时监测两个方向倾斜的场景，双轴倾角传感器量程为 $\pm 45^{\circ}$ 。		
		3、响应时间参数：响应时间： $\leq 10\text{ms}$ 。 4、输出信号参数：数字信号输出：支持 RS485 接口输出，通信速率可在 9600-115200bps 之间设置。模拟信号输出（可选）：提供 0-5V 或 4-20mA 模拟信号输出方式。 5、零点漂移参数：零点漂移： $\leq \pm 0.02^{\circ}$ / 年。 6、频率响应参数：频率响应：0-50Hz。 7、迟滞参数：迟滞： $\leq 0.05\% \text{F.S.}$ 8、物理参数：材质：外壳：工程塑料；内部敏感元件：MEMS 芯片。安装方式：支持螺纹安装、磁吸式安装和胶粘安装。		
33	建筑结构及环境监测系统-风速测量计	1、量程范围：标准量程：0-60m/s（可选定制 0-100m/s）。	个	1
		2、分辨率：0.1m/s-0.3m/s。		
		3、精度指标：测量精度： $\pm (0.3\text{m/s}+3\%\text{测量值})$ ；重复性误差： $\leq 1\%$ ；响应时间： $\leq 0.5\text{s}$ 。		
34	建筑结构及环境监测系统-风向测量计	1、测量范围：角度范围： $0^{\circ}-360^{\circ}$ 。分辨率： 0.1° 。	个	1
		2、精度指标：测量精度： $\pm 3^{\circ}$ 。		
		3、重复性误差： $\leq 1^{\circ}$ 。响应时间： $\leq 1\text{s}$ 。		
35	建筑结构及	1、测量范围：降雨量范围：0-999.9mm。	个	1

	环境监测系统-降雨测量单元	2、分辨率：0.1mm-0.3mm。 3、精度指标：测量精度：±2%（降雨量≤10mm/h）；±3%（降雨量10-40mm/h）；±5%（降雨量>40mm/h）。 4、重复性误差：≤1%。 5、响应时间：≤5s。		
36	建筑结构及环境监测系统-温湿度传感器	1、温度测量范围：-40℃-85℃。 2、分辨率：0.1℃-0.3℃。测量精度：±0.3℃（25℃时）；±0.5℃（全量程）。 3、湿度测量范围：0-100%RH，覆盖从干燥到高湿的全湿度环境。 4、分辨率：0.1%RH-0.3%RH。 5、测量精度：±2%RH（20-80%RH）；±3%RH（其余范围），在常用湿度区间保证高精度测量。 1、测量范围：量程：0-200,000lux，覆盖从黑暗环境到强光直射的光照强度区间，满足室内外不同场景监测需求。	个	1
37	建筑结构及环境监测系统-光照传感器	2、分辨率：1lux-13ux。 3、测量精度：±3%（200-20,000lux）；±5%（其余范围），在常用光照强度区间保证较高测量准确性。 4、重复性误差：≤1%。 5、响应时间：≤200ms。	个	1

38	建筑结构及 环境监测系 统-综合监测 立杆	1、结构参数：立杆材质：Q355B 低合金高强度结构钢，屈服强度$\geq 355\text{MPa}$，抗拉强度$\geq 490\text{MPa}$。立杆规格：高度：根据监测需求可选 5-12 米，满足传感器安装高度要求及监测视野需求。直径：顶部直径 80mm，底部直径 160mm，锥形设计增强抗风能力；壁厚$\geq 4\text{mm}$。 2、基础设计：钢筋混凝土基础，基础尺寸长$\times$宽$\times$高$\geq 1200\text{mm} \times 1200\text{mm} \times 1500\text{mm}$，底部配置 $\Phi 16\text{mm}$ 螺纹钢，间距 $150\text{mm} \times 150\text{mm} - 180\text{mm} \times 180\text{mm}$。预埋 4 根 M24 高强度地脚螺栓，露出基础表面 150mm，用于立杆固定，螺栓抗拉强度$\geq 800\text{MPa}$。	套	1
39	建筑结构及 环境监测系 统-太阳能供 电系统	1、太阳能板参数：功率：120W，峰值功率电压（Vmp）24V，峰值功率电流（Imp）5A，转换效率$\geq 22\%$。材质：采用单晶硅电池片，表面覆盖高透光率钢化玻璃（透光率$\geq 95\%$）；背板为耐候性 TPT 材料，防护等级$\geq \text{IP67}$。尺寸与安装：尺寸$\geq 1200\text{mm} \times 650\text{mm} \times 35\text{mm} - 1300\text{mm} \times 660\text{mm} \times 35\text{mm}$，重量$\leq 15\text{kg}$；配备铝合金边框，支持多角度可调支架安装，调节范围 $0-60^\circ$，适配不同地区光照角度需求。 2、蓄电池参数：容量：40AH-60AH，额定电压 12V，类型为磷酸铁锂电池（支持铅酸电池可选），循环放电次数≥ 2000 次（80%DOD）。性能指标：工作温度范围 $-20^\circ\text{C} - 60^\circ\text{C}$，自放电率$\leq 3\%/月$；具备过充、过放、短路保护功能。	套	1

40	建筑结构及 环境监测系 统-设备安装 箱	1、外形尺寸：长×宽×高=500mm×400mm×200mm-600mm×500mm×300mm，可容纳120W60AH太阳能供电系统的控制器、接线端子排、防雷模块等设备，同时预留20%空间用于线缆走线和未来设备扩展。 2、材质：箱体：冷轧钢板，厚度≥1.5mm，表面经过酸洗、磷化处理，进行静电喷涂工艺，涂层厚度≥80 μm，具备耐磨性和抗腐蚀性。 3、安装方式：支持壁挂式安装，箱体背部设有4-6个安装孔，孔径为Φ8mm-Φ10mm；也可配置底座实现落地式安装。	个	1
41	建筑结构及 环境监测系 统-屏显综合 采集仪	1、采集通道：具备≥16路模拟量输入通道，可同时接入应变传感器、静力水准传感器等模拟信号设备；≥8路数字量输入通道，适配激光位移传感器、裂缝位移传感器等数字信号设备，满足隧道模型多类型传感器的数据采集需求。采样频率：模拟量采样频率最高可达9kHz-10kHz，数字量采样频率最高可达90 kHz-100kHz。 2、采集精度：模拟量采集精度为±0.1%FS，数字量采集误差≤0.01%。 3、信号类型：支持4-20mA、0-5V、0-10V等模拟信号输入，以及RS485、RS232、Modbus等数字信号输入，兼容多种传感器的输出信号格式。	台	1
42	建筑结构及 环境监测系 统-设备安装	1、电源线：规格：RVV2×1.5mm²，铜芯聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套软电缆。性能：额定电压300/500V，工作温度范围-15℃-70℃。	批	1

	辅材	2、信号传输线：模拟信号线：RVVP4×0.5mm ² ，铜芯聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套屏蔽软电缆。额定电压 300/300V，工作温度-20℃-70℃。数字信号线：RS485 专用通讯线，特性阻抗 120Ω，线规 2×24AWG-3×24AWG（约 0.22mm ² ）。		
43	隧道实验平台软件模块	1、设备接入与数据采集模块：多协议适配：支持振弦式传感器（频率信号）、激光位移传感器（RS485）、GNSS 接收机（NMEA-0183）等 20+类设备协议，可兼容隧道实验平台中的土压力计（TXC-1A）、钢筋计（TXB-1C）、振弦式应变计（TCDBM150）等各类监测设备。采样策略管理：可动态配置采样频率，范围从 1 次/10 秒至 1 次/小时；在隧道开挖、不良地质模拟等试验时，支持 10 次/分钟的高频采集，满足动态监测需求。数据预处理：内置卡尔曼滤波算法、零点校正、温度补偿功能，提升原始数据质量，减少环境干扰对隧道监测参数（如围岩压力、衬砌应变）的影响。 2、数据存储与管理模块： 2.1 混合数据库架构：时序数据库（InfluxDB）：用于存储隧道高频监测数据（如拱顶下沉、断面收敛、振动响应等），支持百万级数据点秒级查询。 2.2 关系型数据库（MySQL）：管理隧道实验的结构化数据，包括实验项目信息、传感器布置参数（如土压力计测点位置）、用户权限等。 2.3 数据生命周期管理：自动归档历史数据，支持冷热数据分离存储，降低长期存储成本，同时保证隧道长期监测数据（如季节性变形）的可追溯性。	套	1

	3、数据分析与预警模块： 3.1 基础分析功能：统计分析：可计算隧道监测参数的位移速率、应力极值、振动频率等关键指标。 3.2 曲线绘制：支持生成应力-时间曲线、位移-荷载曲线、拱顶下沉-开挖步序曲线等 20+类图表。 3.3 空间分析：基于 GIS 技术绘制隧道断面收敛云图、衬砌应力分布云图，呈现空间分布特征。 3.4 阈值管理与预警：支持多级预警（黄色/橙色/红色），可自定义隧道安全预警参数（如拱顶下沉$\geq 5\text{mm}/\text{天}$、衬砌应变≥ 1250 微应变等）。 3.5 预警响应时间≤ 10 秒，预警方式包括弹窗提醒、短信通知、邮件推送，支持多终端同步报警，及时响应隧道结构异常。 4、实验教学管理模块 4.1 实验配置：可自定义隧道实验的传感器布置方案（如土压力计在拱顶、拱肩的测点分布）、采样频率、监测周期，适配“隧道开挖过程监测”“不良地质工况模拟”等实验需求。 4.2 数据记录与报告：自动保存实验过程数据，支持手动标注关键事件（如开挖步序、荷载等级）；基于模板自动生成实验报告，包含数据图表、分析结论（如围岩应力重分布规律）。 4.3 学生实训支持：提供传感器安装虚拟实训模块（如模拟 TXC-1A 土压力计的安装流程）；设置数据分析题目，系统自动评判学生对隧道监测数据的解读能力。	

44	道路路基 实验平台软件 模块	5、可视化展示模块： 多终端展示：Web 端：响应式设计，支持 PC 与平板访问，包含隧道实时数据仪表盘（如当前拱顶下沉值、衬砌应力值）。大屏端：液晶拼接屏专用可视化界面，动态展示隧道模型的整体监测状态。 6、提供平台功能演示：多终端展示：Web 端：响应式设计，支持 PC 与平板访问，包含隧道实时数据仪表盘（如当前拱顶下沉值、衬砌应力值），支持动态展示隧道数字孪生模型及传感器点位，可实时查询传感器数据并展示可视化数据曲线。大屏端：液晶拼接屏专用可视化界面，动态展示隧道数字孪生模型的整体监测状态。（需提供演示视频）		
		1、设备接入与数据采集模块： 1.1 多协议适配：支持静力水准仪、激光位移传感器、振弦应变计、TDR 含水量传感器、热电偶温度传感器等 20+类设备协议，可兼容路基监测中用于沉降、位移、应力应变、含水量、温度等参数测量的各类传感器。 1.2 采样策略管理：动态配置采样频率，沉降、位移监测为 1 次/分钟；应力应变监测在加载试验时为 10 次/分钟，正常状态为 1 次/分钟；含水量、温度监测为 5 次/小时，满足不同试验场景的数据采集需求。 1.3 数据预处理：内置滤波、去噪、零点校正等功能。 2、数据存储与管理模块	套	1

		2.1 混合数据库架构：时序数据库（InfluxDB）：存储路基高频监测数据（如加载试验中的应力应变、动态位移等），支持百万级数据点秒级查询。 2.2 关系型数据库（MySQL）：管理路基实验的结构化数据，包括实验项目信息（如荷载-沉降试验参数）、传感器布置方案（如静力水准仪沿路基中心线的布设位置）、用户信息等。 2.3 数据生命周期管理：自动归档历史数据，支持冷热数据分离存储，降低长期存储成本，同时确保路基长期性能监测数据（如季节性温度-含水量影响的长期记录）的可追溯性。 3、数据分析与预警模块 3.1 统计分析：计算路基监测参数的沉降量、位移速率、应力极值、含水量变化率等关键指标。 3.2 曲线绘制：生成荷载-沉降曲线、应力-应变曲线、温度-含水量-变形关系曲线等 20+类图表，直观展示路基在不同荷载、环境工况下的性能变化。 3.3 空间分析：基于 GIS 绘制路基沉降分布云图、应力应变空间分布图，呈现不同部位的受力与变形差异。 3.4 阈值管理与预警：支持多级预警（黄色/橙色/红色），可自定义路基安全预警参数（如沉降速率超限、边坡位移过大等）。 3.5 预警响应时间≤ 10 秒，通过弹窗提醒、短信通知、邮件推送等方式同步报警，及时反馈路基结构异常状态。 4、实验教学管理模块
--	--	--

	4.1 实验配置：可自定义路基实验的传感器布置方案（如激光位移传感器在边坡坡顶、坡脚的安装位置）、采样频率、监测周期，适配“路基荷载-沉降关系试验”“边坡稳定性试验”“季节性温度-含水量影响试验”等不同实验需求。 4.2 数据记录与报告：自动保存实验过程数据，支持手动标注关键事件（如荷载等级提升、降雨开始等）；基于模板自动生成实验报告，包含数据图表及分析结论（如路基承载力判断、边坡失稳风险评估等）。 4.3 学生实训支持：提供传感器安装虚拟实训模块（如模拟静力水准仪的布设流程）；设置数据分析题目，系统自动评判学生对路基监测数据的解读能力（如根据荷载-沉降曲线判断路基工作阶段）。	
	5、可视化展示模块 多终端展示： 5.1 Web 端：响应式设计，支持 PC 与平板访问，包含路基实时数据仪表盘（如当前荷载值、沉降量、边坡位移等）。 5.2 大屏端：液晶拼接屏专用可视化界面，动态展示路基模型的整体监测状态（如荷载分布、沉降趋势）。	

		6、提供平台功能演示：多终端展示：Web 端：响应式设计，支持 PC 与平板访问，包含道路路基实时数据仪表盘（如荷载分布、沉降趋势），支持动态展示道路路基数字孪生模型及传感器点位，可实时查询传感器数据并展示可视化数据曲线。大屏端：液晶拼接屏专用可视化界面，动态展示道路路基数字孪生模型的整体监测状态。（需提供演示视频）。		
45	房屋建筑智能平台软件模块	1、设备接入与数据采集模块 1.1 多协议适配：支持北斗信号接收设备（适配北斗系统 B1、B2、B3 等频段信号协议）、建筑结构环境监测传感器（如温湿度传感器、大气压力传感器、风速风向传感器、PM2.5 传感器等）等 20+ 类设备协议，可兼容房屋建筑智能平台中北斗信号室内覆盖系统及建筑结构环境监测系统的各类设备。 1.2 采样策略管理：动态配置采样频率，北斗信号相关数据根据信号接收强度及实际需求调整（如 1 次/秒至 1 次/分钟）；建筑结构环境参数（温度、湿度、气压等）监测频率为 1 次/分钟，PM2.5 噪声等参数可设为 1 次/5 分钟，满足不同监测场景需求。数据预处理：内置信号滤波、噪声消除、零点校正等功能。 2、数据存储与管理模块 2.1 混合数据库架构： （1）时序数据库（InfluxDB）：存储高频监测数据，支持百万级数据点秒级查询。	套	1

	(2) 关系型数据库 (MySQL)：管理房屋建筑智能平台实验的结构化数据，包括实验项目信息（如北斗信号室内覆盖效果测试参数）、传感器布置方案（如气象站在楼顶的安装位置）、用户信息等。 2.2 数据生命周期管理：自动归档历史数据，支持冷热数据分离存储，降低长期存储成本，同时确保房屋建筑相关长期监测数据（如季节性环境参数变化、北斗信号稳定性长期记录）的可追溯性。 3、数据分析与预警模块 3.1 基础分析功能： (1) 统计分析：计算北斗信号覆盖率、信号强度均值、环境参数极值（如最高温度、最大风速）、PM2.5 超标时长等关键指标。 (2) 曲线绘制：生成北斗信号强度-时间曲线、温度-湿度关联曲线、风速-风向变化曲线等 20+类图表，直观展示房屋建筑智能平台的监测参数变化规律。 4、提供平台功能演示：多终端展示：Web 端：响应式设计，支持 PC 与平板访问，包含房屋建筑实时数据仪表盘（北斗信号、环境参数、PM2.5 等），支持动态展示房屋建筑智能数字孪生模型及传感器点位，可实时查询传感器数据并展示可视化数据曲线，直观展示房屋建筑智能平台的检测数据变化规律。大屏端：液晶拼接屏专用可视化界面，动态展示房屋建筑数字孪生模型的整体监测状态。（需提供演示视频）。	
46	1、设备接入与数据采集模块	套
		1

检实验平台 软件模块	1.1 多协议适配：支持视觉位移监测系统（含靶标相机、补光灯等设备协议）、伺服测量机器人（全站仪等设备的蓝牙、4G 通信协议）、电子水准仪（蓝牙无线传输协议）、室内无人机检测系统（无人机及机巢的控制与数据传输协议）、地质雷达（Wi-Fi 等数据传输协议）等 20+ 类设备协议，可兼容智能测量巡检实验平台中各类测量、检测设备。 1.2 采样策略管理：动态配置采样频率，视觉位移监测系统最高支持 50Hz 检测输出，伺服测量机器人可按多测回测角测量需求设置采样间隔，电子水准仪实时传输测量数据，水下机器人及地质雷达根据检测场景灵活调整采样频率，满足高精度、高频次的测量巡检需求。 1.3 数据预处理：内置 AIISP 算法（优化视觉监测图像质量）、球差改正、高程投影改化、高斯投影改化等处理功能，结合滤波、零点校正技术，提升测量数据（如位移精度、坐标精度）的准确性，减少环境干扰（如高温、雾气、水下浑浊度）的影响。 2、数据存储与管理模块 2.1 混合数据库架构： （1）时序数据库（InfluxDB）：存储高频测量数据，支持百万级数据点秒级查询。 （2）关系型数据库（MySQL）：管理智能测量巡检实验的结构化数据，包括实验项目信息（如无人机巡检路径参数）、设备配置方案（如全站仪监测点布设位置）、用户信息等。
-----------------------	--

	2.2 数据生命周期管理：自动归档历史测量数据，支持冷热数据分离存储，降低长期存储成本，同时确保测量巡检数据（如结构损伤检测的历史记录）的可追溯性。	
	3、数据分析与预警模块	
	3.1 基础分析功能： (1) 统计分析：计算位移精度（如视觉监测 20 米处 0.1mm、50 米处 0.2mm）、测量误差（如全站仪严密平差结果）、结构损伤参数（如裂缝宽度、空洞位置）等关键指标。 (2) 曲线绘制：生成位移-时间曲线、测量精度-距离关系曲线、结构损伤分布折线图等 20+ 类图表，直观展示测量巡检结果的变化规律。 (3) 空间分析：基于 GIS 绘制结构位移云图、损伤位置分布图（如桥梁箱梁内部空腔体位置），呈现空间分布特征。	
	3.2 阈值管理与预警：支持多级预警（黄色/橙色/红色），可自定义预警参数（如位移超限、结构损伤尺寸超标等）。	
	3.3 预警响应时间≤10 秒，通过弹窗提醒、短信通知、邮件推送等方式同步报警，及时反馈测量巡检中发现的结构异常。	
	4、实验教学管理模块	
	4.1 实验配置：可自定义智能测量巡检实验的设备布置方案（如视觉监测靶标的安装位置、无人机巡检航迹）、采样频率、监测周期，适配视觉位移监测、伺服机器人测量、无人机损伤检测等不同实验需求。	

		4.2 数据记录与报告：自动保存实验过程数据，支持手动标注关键事件（如测量机器人学习测量阶段、无人机巡检起点）；基于模板自动生成实验报告，包含数据图表及分析结论（如结构位移规律、损伤检测结果评估等）。 4.3 学生实训支持：提供设备操作虚拟实训模块（如模拟全站仪联合平差流程、地质雷达扫描操作）；设置数据分析题目，系统自动评判学生对测量巡检数据的解读能力（如根据雷达图识别结构内部空洞）。		
		5、可视化展示模块 5.1 多终端展示： （1）Web 端：响应式设计，支持 PC 与平板访问，包含智能测量巡检实时数据仪表盘（如当前位移值、测量精度、损伤检测结果等）。 （2）大屏端：液晶拼接屏专用可视化界面，动态展示测量巡检的整体状态（如无人机巡检路径、结构损伤分布热力图）。		
		6、提供平台功能演示：多终端展示：Web 端：响应式设计，支持 PC 与平板访问，实时动态展示智能测量巡检整体状态（如无人机巡检路径、结构损伤分布热力图等）。大屏端：液晶拼接屏专用可视化界面，动态展示智能测量巡检整体监测状态。（需提供演示视频）。		
47	伺服机器人	1、核心控制功能	套	1

智能控制模块	1.1 自动化测量控制：支持多测回测角测量：通过预设测量程序，自动完成对监测点的多测回观测，减少人工操作误差，确保测量精度与人工精密测量数据等精度。 自适应学习测量：通过蓝牙连接完成外业学习测量，记录基准点与监测点位置信息，建立测量控制网，为后续自动化监测提供基础数据。 1.2 24 小时不间断测量：搭载一体化采集箱与自动采集软件，结合 4G 或有线数据传输，实现无人值守的连续监测，适配涉铁、隧道、桥梁等场景的长期监测需求。 1.3 数据处理与校正控制： (1) 内置精密处理算法：支持球差改正、高程投影改化、高斯投影改化等数据校正功能，消除测量过程中的系统误差，提升坐标计算精度。 (2) 平差模型控制：采用严密平差模型，支持多站联合平差、先整体后局部多级控制网两种模式，可实现大长区间的精密测量，满足大型工程结构（如长隧道、桥梁群）的监测需求。 1.4 设备兼容与联动控制： (1) 多品牌仪器支持：兼容中纬、徕卡、中海达等全站仪，通过统一控制协议实现不同设备的标准化操作。 (2) 与平台联动：接入实验室教学平台，可通过 Web 端、移动端或大屏端远程控制测量流程，实时调取测量数据，实现“控制-采集-分析”闭环。 2、技术参数特性
--------	---

		2.1 通信与传输：支持蓝牙（外业学习）、4G、数据线等多种连接方式。 2.2 控制响应：指令响应时间≤ 1秒，测量流程自动化程度高，可根据预设频率（如1次/分钟至1次/小时）自动执行测量任务，高频场景下支持10次/分钟的密集测量。 2.3 兼容性：适配“空天地一体化智能监测检测巡检教学平台”的设备接入模块，支持与其他监测系统（如视觉位移监测、应力监测）的数据融合分析。 3、教学与实验支持 3.1 虚拟实训：在实验教学管理模块中提供虚拟控制实训功能，模拟伺服测量机器人的学习测量、自动测量流程。 3.2 数据回溯：支持测量过程的全数据记录与回溯，可手动标注测量阶段（如“基准点校准”“监测点观测”）。 3.3 自定义任务：学生可通过平台配置测量参数（如测回数、采样频率），设计不同场景的监测任务（如桥梁变形监测、基坑沉降监测）。 4、提供平台功能演示：平台能实现自动化测量控制，包括多测回测角和自适应学习测量；支持24小时不间断测量；具备数据处理与校正控制能力。平台提供虚拟实训、数据回溯和自定义任务等教学与实验支持。			
48	多源数据融合智能灾变分析系统	1、多源数据融合功能 1.1 数据接入与整合 支持整合实验室各平台的多类型监测数据，包括但不限于：	套	1	

	(1) 结构参数：位移（激光位移传感器、视觉监测系统数据）、应力应变（振弦式应变计、钢筋计数据）、振动（加速度传感器数据）等； (2) 环境参数：温湿度、风速风向、降雨量、水质、土壤含水量等（来自各平台环境传感器）； (3) 空间参数：GNSS 定位数据（北斗信号系统）、三维激光扫描数据（如地质雷达检测结果）等。 1.2 通过统一的数据接口适配 20+ 类传感器协议，实现跨平台数据的标准化整合。 1.3 融合算法与模型：采用数据级、特征级、决策级三级融合策略。 1.4 数据级融合：对不同位置激光位移传感器数据）进行时空对齐、滤波去噪，消除冗余与误差； 1.5 特征级融合：提取多源数据的关键特征（如位移速率、应力极值、降雨量阈值），通过机器学习算法（如神经网络、支持向量机）建立特征关联模型； 1.6 决策级融合：结合各领域工程规范（如隧道支护阈值、边坡稳定性系数），对多维度特征进行综合研判，生成统一的灾变风险评估结果。 2、智能灾变分析与预警 2.1 灾变识别与趋势预测： 实时监测：基于融合后的多源数据，实时识别结构异常状态； 趋势预测：通过时间序列分析（如 ARIMA 模型）与深度学习算法，预测灾变发展趋势。	
--	--	--

	2.2 分级预警与响应: (1) 支持多级预警 (黄色/橙色/红色), 可根据不同工程类型自定义预警阈值; (2) 预警触发: 当融合数据满足预设条件 (如 “隧道拱顶下沉$\geq 5\text{mm}/\text{天}$+围岩压力超限” “边坡位移速率$\geq 2\text{mm}/\text{h}$+降雨量$\geq 50\text{mm}/\text{h}$”) 时, 自动触发对应等级预警; 2.3 响应机制: 通过平台弹窗、短信、邮件同步推送预警信息, 响应时间≤ 10 秒, 并关联展示相关数据图表 (如位移-时间曲线、应力分布云图), 辅助快速决策。	
	3、与实验室平台的集成应用 3.1 数据存储与管理: 融合后的数据存储于实验室混合数据库 (InfluxDB 时序库+MySQL 关系库), 支持历史数据追溯与灾变案例库构建; 3.2 可视化展示: 通过平台三维可视化模块, 在隧道、桥梁等结构的三维模型上动态映射融合分析结果 (如用颜色梯度标注灾变风险区域), 直观呈现灾变演化过程; 3.3 教学与科研支持: 为实验教学提供多源数据融合分析案例 (如 “降雨+荷载联合作用下路基灾变分析”), 支持科研人员基于融合模型开展灾变机理研究, 验证防灾减灾方案的有效性。	

		4、提供平台功能演示：平台支持在隧道、桥梁等结构的三维模型上，动态映射融合分析结果。在教学与科研支持方面，为实验教学提供多源数据融合分析案例（如“降雨+荷载联合作用下路基灾变分析”）。支持科研人员基于融合模型，通过可视化方式开展灾变机理研究，验证防灾减灾方案的有效性。		
49	室内环境设计装修	1、结合以上六个场景模型设计符合现实实景环境的风格； 2、屋顶采用天空场景布置。	m²	430

售后服务计划及保障措施

一、售后服务方案

我公司秉承“客户为尊、服务为荣、创意为先、技术为实”的经营理念，设置专门的售后服务部门，拥有一支专业的技术服务队伍，服务技术人员均通过我公司定期组织的技能考核，可承担产品、项目或工程的售后咨询、技术维护、用户投诉及用户回访等工作。

二、服务计划及保障措施

根据以往项目售后服务经验不断优化服务方式，公司售后服务中心围绕用户的具体问题，提供以下几种服务形式：

(1) 7*24 小时电话支持

北京东方中恒科技发展有限公司提供统一的 7*24 小时服务热线，为用户提供及时、有效的售后服务、技术维护、用户投诉等服务。

(2) 现场服务

北京东方中恒科技发展有限公司提供现场技术服务，定期对公司的产品运行状态、系统进行巡检；

针对远程电话支持服务不能解决的设备故障，公司将安排经验丰富的维护工程师赴现场进行故障诊断并提供服务。

(3) 存卡建档

施行“一户一档”，将用户资料、每次服务信息建立用户服务档案，定期分析、总结为用户提供定制化和专业化的服务建议。

(4) 回访服务

我公司项目售后负责人定期对售后服务情况进行回访，调查用户满意度，详细了解、记录用户的意见及建议，及时改进缺失，以保证公司售后服务的质量、不断提升用户的满意度。

(5) 咨询服务

北京东方中恒科技发展有限公司提供服务热线、E-mail、微信公众号及公司网站等在线咨询服务，我们的工程师将耐心地为提供专业的咨询服务。