

贵州交通职业技术学院  
喀斯特山区公路工程安全技术研究与科普教育基地

# 初步设计

第一册 共二册  
(第3分册 共4分册)

隧道健康监测

# 贵州交通职业技术学院

## 喀斯特山区公路工程安全技术研究与科普教育基地

# 初步设计

第一册 共二册  
(第3分册 共4分册)

隧道健康监测

设计负责人：李江勇  
技术负责人：张勇  
分院院长：齐永兵  
事业部总工程师：范志明  
事业部总经理：张明华  
总工程师：杨建  
总经理：谭贵平

勘察设计单位：贵州省交通规划勘察设计研究院股份有限公司

工程勘察证书：中华人民共和国住房和城乡建设部勘察综合甲级 B152000746

工程设计证书：中华人民共和国住房和城乡建设部公路行业甲级 A152000746

技术成果资料专用章  
(三)

# 目录

设计说明.....	1
1 总体说明.....	1
1.1 工程概况.....	1
1.1.1 隧道概况.....	1
1.1.2 结构特点.....	1
1.2 系统概况.....	1
1.3 服务范围.....	1
1.4 设计依据及规范.....	1
2 总体设计.....	2
2.1 设计目的.....	2
2.2 设计目标.....	2
2.3 系统功能.....	2
2.4 系统功能设计.....	2
2.4.1 自动化监测系统.....	2
2.4.2 隧道灾害气体预警系统.....	3
3 监测主要设备.....	3
3.1 监测设备.....	3
3.1.1 液压式静力水准仪 RSM-HHL.....	3
3.1.2 测斜仪.....	4
3.1.3 多点位移计.....	4
3.1.4 拉线式位移计.....	5
3.1.5 水压计.....	5
3.1.6 土压力盒.....	5
3.1.7 钢筋计.....	6
3.1.8 锚索计.....	6
3.1.9 渗压计.....	7
3.1.10 一体化雨量计.....	7
3.2 数据采集与传输设备.....	8
3.2.1 振弦式多通道采集仪.....	8
3.2.2 数码式多通道采集仪.....	9
4 工程量清单.....	9

# 设计说明

## 1 总体说明

### 1.1 工程概况

#### 1.1.1 隧道概况

实训隧道选择合适位置往山体里修筑一段 80 米左右二车道隧道，断面采用现今高速公路隧道通用断面，建筑限界 10.25×5m，即可满足相关功能。隧道设计长度为 80 米，其中二衬展示 50 米，初支展示 30 米。

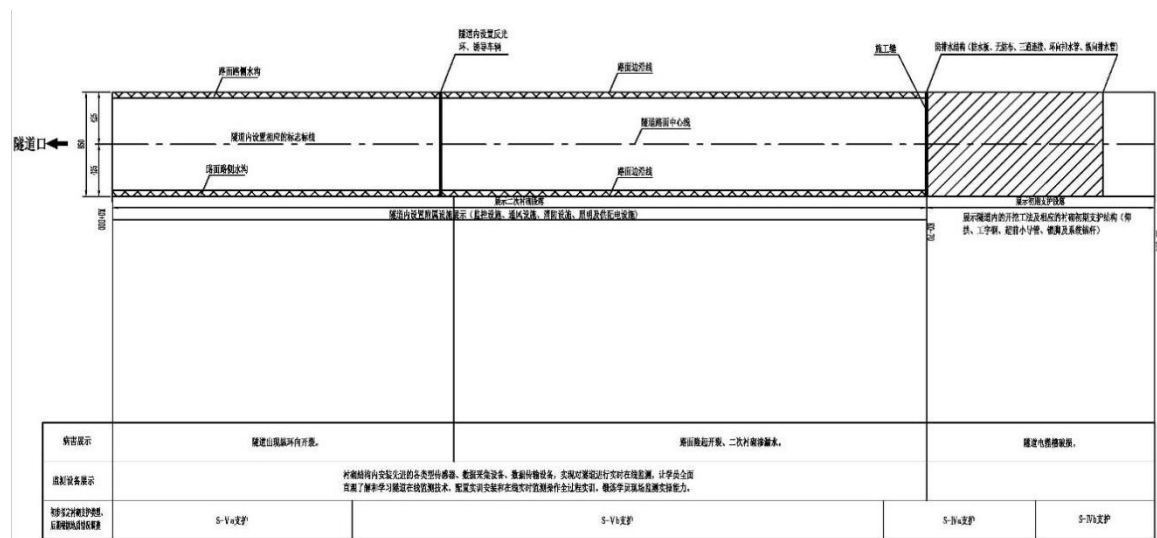


图 1.1.1 实训隧道展示图

#### 1.1.2 结构特点

##### (1) 初支

初支：分为上下台阶，上台阶10米，安装超前小导管、超前锚杆以及自动化监测设备。下台阶为20米（其中5米为仰拱段），安装系统锚杆以及锁脚锚杆，在边墙位置安装不同长度、不同类型的锚杆，可以进行锚杆长度及密实度检测、锚抗拉拔检测、锚杆轴力检测等实训教学。

##### (2) 二衬

安装交安标志标牌、气体自动化监测设备、隧道运营期自动化监测设备、通风照明等机电设备；修建二次衬砌时预留几处不同类型及施工过程中常见的缺陷，以便衬砌厚度及脱空检测教学。

### 1.2 系统概况

隧道自动监测管理系统，是通过改进监测仪器设备，实现了监测数据的自动采集、实时传输，并建立信息管理平台，通过数据分析，形成各类变化曲线和图形，使监测成果“形象化”；按照标准、规范对超标结果进行预警和报警，及时以短信的形式将报警结果发给监测单位和委托单位，使监测结果反馈更具时效性，以便及时采取相应措施，达到防灾减灾的目的。

### 1.3 服务范围

本系统服务范围：根据隧道的结构形式，结合后期养护管理要求，对系统总体结构、系统功能设计、监测内容、测点布设、硬件设备指标等内容进行了方案设计。

### 1.4 设计依据及规范

- (1) 《公路工程质量检验评定标准》（第一册 土建工程）（JTG F80/1-2017）；
- (2) 《公路隧道施工技术规范》（JTG/T-2020）；
- (3) 《公路技术状况评定标准》（JTG 5210-2018）；
- (4) 《公路工程技术标准》（JTG B01-2014）；
- (5) 《公路隧道设计规范》（第一册 土建工程）（JTG 3370.1-2018）；
- (6) 《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》（GB 50086-2015）；
- (7) 《公路工程地质勘察规范》（JTG C20-2011）；
- (8) 《岩土工程勘察规范》（GB50021-2001）；
- (9) 《铁路隧道超前地质预报技术规程》（Q/CR9217-2015）；
- (10) 《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》（JGJ/T 23-2011）；
- (11) 《铁路隧道衬砌质量无损检测规程》（TB 10223-2004/ J341-2004）；
- (12) 《公路工程物探规程》（JTG/T 3222-2020）；
- (13) 《工程测量标准》（GB50026-2020）；
- (14) 《实训施工图》；
- (15) 实训设计资料及其他相关资料

## 2 总体设计

### 2.1 设计目的

近年来，高速公路、高铁等基础建设事业快速发展，我国隧道工程进入了迅猛发展的时期，而随之而来的各种隧道事故也频繁发生。隧道穿越山体、水文地质条件复杂多变，隧道的健康问题显得尤为突出。如何对现役或者新建隧道进行健康诊断及病害和灾害的预防、控制显得尤为重要。地下工程与隧道工程专业、城市轨道交通工程专业作为路桥工程系的特色专业，每年向社会输送了大量的工程技术人员，而他们扎实的专业技术水平得到了相关单位的一致好评。为了更好的培养他们的实操能力以及对隧道前沿监测设备、施工技术认知能力，亟需修建一实体隧道工程供相关人员学习。

### 2.2 设计目标

本项目实训区依托校内新建实体隧道，模拟隧道施工及后期运营维护期间的现场在线监测，在结构重要监测部位安装先进的各类型传感器、数据采集设备、数据传输设备，实现对隧道进行实时在线监测，让学员全面直观了解和学习隧道在线监测技术，配置实训安装和在线实时监测操作全过程实训，锻炼学员现场监测实操能力。隧道监测数据统一接入在线监测系统，可以实现监测数据的自动采集、分析、预警、评估，使监测结果反馈更具时效性，以便及时采取相应措施，达到防灾减灾的目的。同时，实训隧道内可展示不良地质（溶洞、煤层、断层、涌水等）、隧道开挖工法（台阶法、CD法、CRD法、双侧壁法等）及相应施工机械设备（二衬台车、仰拱栈桥等）、隧道洞门结构（端墙式洞门、削竹式洞门、套拱等）、隧道洞身支护体系（初支、二衬、仰拱、超前支护）及防排水体系（防水板、无纺布、三通连接、环向排水管、纵向排水管、路侧边沟、中心排水沟）等结构、隧道附属设施（监控设施、通风设施、消防设施、照明及供配电设施、反光环等）、隧道结构缺陷（衬砌裂缝、路面开裂、内装饰破损剥落、检修道破损等），可以使学员对隧道从施工至运营全寿命周期的建设及运维有全面而直观的认识。

### 2.3 系统功能

管理系统可自动采集分析监测数据，及时发现边坡、挡墙隐患，进而预防事故发生。主要功能如下：

#### （一）报警功能

管理系统根据监测值的情况标示为绿灯、黄灯、橙灯和红灯，进行亮灯报警。正常为绿

灯、超过预警值为黄灯、超过报警值为橙灯、超过控制值为红灯。

#### （二）短信报警功能

对于达到黄灯、橙灯、红灯，管理系统将自动以短信形式预警或报警通知监测单位和委托大内；亦可通过登陆管理系统调取监测原始数据及图线，详细了解监测数据，会同相关单位及时提出整改措施，消除工程隐患。

#### （三）实时监控功能

监测单位和委托单位可通过管理系统直接查询、调用现场的监测数据，实时掌握监测情况，直观分析监测数据。

#### （四）数据存储功能

管理系统可分类存储在建或已建工地的项目信息，包括工程概况、监测方案及监测报告、开工申请、开工报告、现场签证、竣工验收意见表、监测人员上岗证、监测设备检定证书等，由此实现了项目资料、人员、设备的信息化管理。

#### （五）监管功能

可监管监测人员、监测单位是否按规范、标准、监测方案实施监测，减少人为因素干扰，保证数据真实有效；亦可对工程责任主体是否履行相关职责，是否及时跟进处理存在的问题进行有效监管，确保工程运营或施工安全。

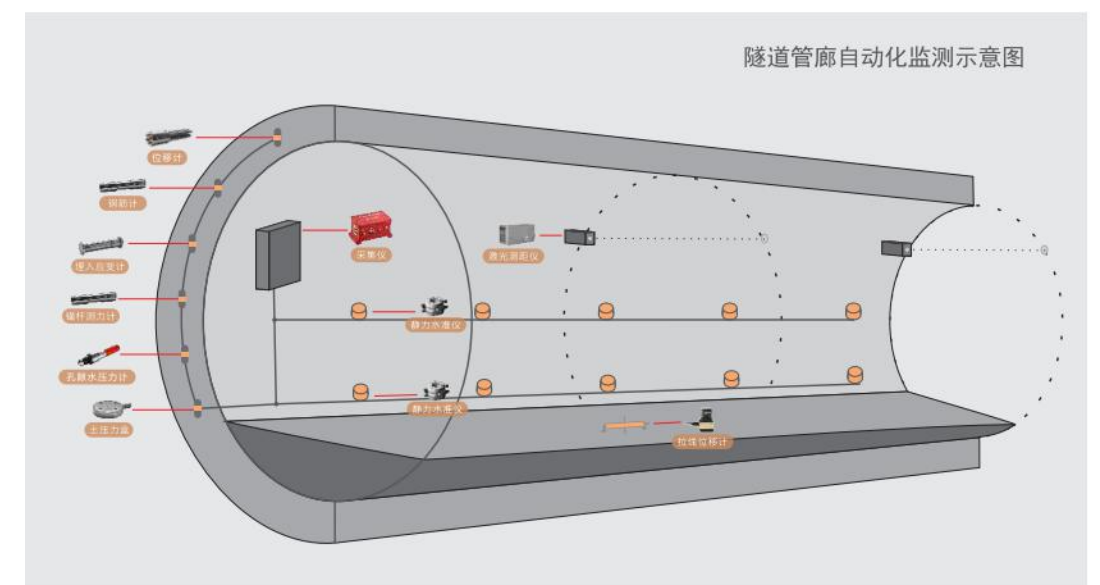


图 2.3 隧道自动化监测示意图

## 2.4 系统功能设计

### 2.4.1 自动化监测系统

自动化监测系统由监测仪器（传感器、数据采集仪、无线传输设备）和监测数据管理云

平台组成。本系统对监测数据进行处理、分析、预测以及分级报警，真正实现自动化监测管理。

相对于传统监测人工测量和静态测量模式，自动化监测系统是通过验证的高稳定性、高精度的自动化监测产品。

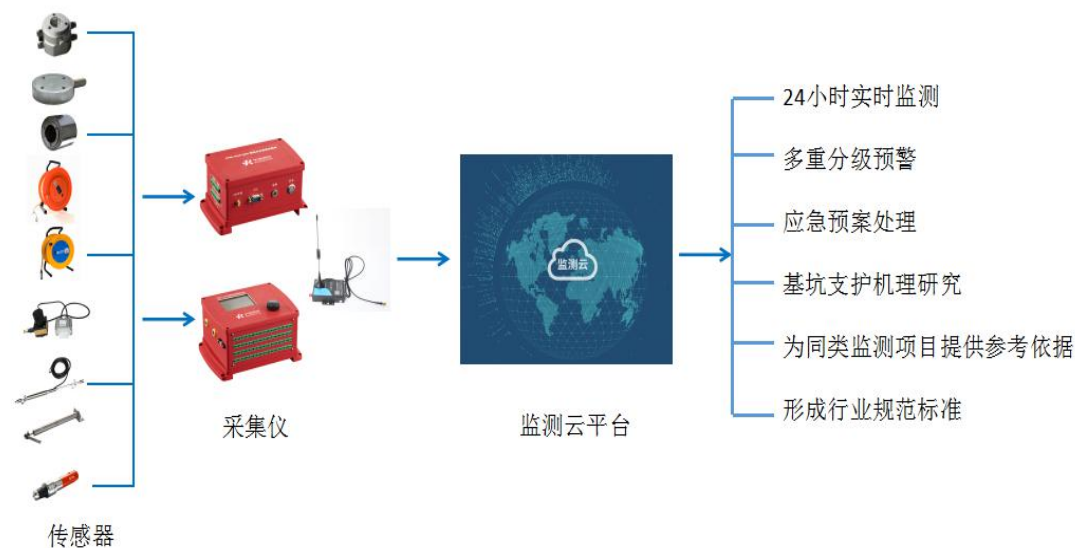


图 2.4.1 自动化监测系统示意图

自动化监测系统实现功能：

- 1、安全监测管理模块：具备单位信息管理，人员管理，设备管理，项目信息资料管理，项目申报审核流程，数据整理审核，报告编辑审核等。
- 2、监测数据分析模块：各项监测项目单点或多点趋势显示，综合过程线分析，数据表分析等内容。
- 3、平面图显示：多工程地图显示。单工程平面图测点显示。
- 4、多级管理平台：可实现安全监测信息公司平台与公共平台等多个平台无缝对接。
- 5、24小时实时监测：各个监测点的监测数据可实时显示，并可以图表等形式直观显示各项监测、监控信息数据的历史变化过程及当前状态。
- 6、物联网运营：具有远程登录、远程访问、远程管理、运行软件远程维护功能。
- 7、全自动化采集：配合使用自动采集设备，平台能24小时不间断自动采集数据并存储记录。
- 8、监测项目完善：监测项目齐全，包括位移，沉降，裂缝，应力，应变，水位，索力，温度，湿度，振动，倾斜，天气等。
- 9、多重分级预警：各点采用三级预警管理，出现异常后，第一时间以短信、邮件等形式发送给相关部门。实现综合预警功能。

贵州省交通规划勘察设计研究院股份有限公司

10、报警处理：有报警解除功能，通过专业人员现场排查，上传现场资料，及时解除或处理现场报警情况。

11、历史报警记录：报警类型、区域名称、报警时间，报警期间最大值及时刻。

12、多种输入方式：兼容多种数据输入方式，可以满足不同设备配置监测单位的工作要求。

13、报告编辑及推送：监测结果实时显示，自动生成监测图形数据报告，定期推送报表给监管部门。

14、历史数据存储：监测数据存储，为以后同类工程设计、施工提供类比依据。

15、专家库系统：建立经济方案专家系统库，遇到紧急事件，及时提取处理方案，采取人员介入、封锁现场等措施，将风险消除在萌芽状态。

16、现场视频查看：可在线远程操作现场摄像头，并可截图，掌握实时现场情况。

## 2.4.2 隧道灾害气体预警系统

此隧道灾害气体预警系统能够实时监测隧道有害气体情况，数据实时分析，可设置阈值报警。为隧道管理者提供决策依据，为隧道施工、运营正常进行提供数据支持，为隧道安全提供保障。

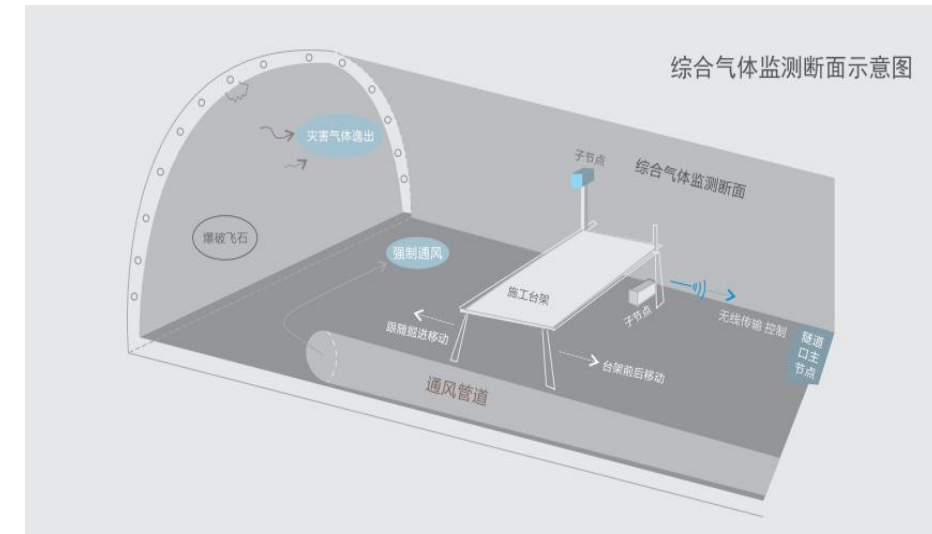


图 2.4.2 隧道灾害气体监测示意图

## 3 监测主要设备

### 3.1 监测设备

#### 3.1.1 液压式静力水准仪 RSM-HHL

液压式静力水准仪技术参数如下：

表 3.1.1 液压式静力水准仪技术参数

型号	RSM-HHL
量程	0.2-2000mm
精度	±0.2mm
分辨率	0.001mm
系统误差	±0.3mm
波特率	9600-115200
分辨率	0.1Hz
通信参数	RS485/232
无限扩展类型	ZigBee/433/Bridge/GPRS/BD/Microwave(可扩展)
供电方式	5 ~ 12v
可靠性 MTBF	5000/h
	WDT 看门狗设计, 保证系统稳定
	内置 15KVESD 保护
环境稳定范围	-30 ~ +80°C
存储容量	4MByts
无故障时间	> 5000h
防护等级	IP67
采集远程管理	支持远程参数配置 (同时支持平台配置方式和短信配置)

设备特点:

- 适用于大型结构、地铁、桥梁、隧道、铁路、水库、大坝及采空区等自动化沉降监测应用领域。
- 由测点、基点、储液罐、连通管、采集仪等组成, 有别于其他传统沉降监测系统。
- 具有量程大, 精度高, 安装简单, 体积小, 重复性好, 无需转点等特点。
- 可在多种恶劣环境下使用, 具有较高的抗震、防水、防护等级, 能够满足军工级别的应用要求。
- 支持自报、确认、应答三种通信方式, 三种通信方式可混合组网。
- 支持掉电、休眠、永久在线三种电源管理模式, 可实现低功耗工作模式下的双向通信一体化结构, 无需集成, 安装简单。
- 测量两点间或多点间相对高程变化;
- 静力水准系统一般安装在被测物体等高的测墩上或被测物体墙壁等高线上, 通常采用

一体化模块化自动测量单元采集数据, 通过有线或无线铜须与计算机连接, 从而实现自动化观测。



图 3.1.1 液压式静力水准仪

### 3.1.2 测斜仪

测斜仪技术参数如下:

表 3.1.2 测斜仪技术参数表

项目	技术指标
量程	±10°/±15°/±30°
精度	±0.001°
分辨率	0.001mm

设备特点:

RSM-CXY 固定式测斜仪是一种用于长期监测结构物内部变形的高精度传感器。它具有极高的稳定性、并彻底消除了抗振难题, 测头上下有两组导轮, 便于沿测斜管导轮升滑动。



图 3.1.2 RSM-CXY 固定式测斜仪

### 3.1.3 多点位移计

多点位移计技术参数如下:

表 3.1.3 多点位移计参数表

规格	2、5、10
测量范围	20、50、100mm

分辨力	$\leq 0.04\%F \cdot S$
综合误差	$\leq 2.0\%F \cdot S$
测温范围	$-25^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$
测温精度	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$
测点数	2~6



图 3.1.3 RSM-WYJ(S)多点位移计

### 3.1.4 拉线式位移计

拉线式位移计技术参数如下:

表 3.1.4 拉线式位移计参数表

规格	20	30
标准量程(mm)	0~20	0~30
最小读数(mm)	0.1	
系统误差(mm)	$\leq 0.2$	
钢尺拉力(Kg)	8	
温度修正系统(mm/°C)	$12 \times 10^{-6}$	
仪器重量(Kg)	1.8	

设备特点:

RSM-SLJ(L)拉线位移计是一种用于测量两点间相对距离的便携式仪器。仪器结构简单,操作方便,体积小,重量轻,可用来测量地下厂房、坑道、隧道式坑口对应的墙体间或顶面到地面间距的微小变化,也可以用于监测结构与支承的变形,以及测量不稳定边坡的移动性。



图 3.1.4 RSM-SLJ(L)拉线位移计

### 3.1.5 水压计

水压计技术参数如下:

表 3.1.5 水压计参数表

型号	RSM-SYJ(H)
测量范围(Mpa)	0.2、0.4、0.6、0.8、1.0、1.6、2.5、4.0、6.0
分辨率(%F.S)	$\leq 0.08$
综合误差(%F.S)	$\leq 1.5$
测温范围(°C)	$-25 \sim +60$
测温精度(°C)	$\pm 0.5$

设备特点:

RSM-SYJ(H)水压计用于监测岩土工程和其它混凝土建筑物的水压力,适用于长期埋设在水工建筑物或其它建筑物内部及其基础,或安装在测压管内,测量结构物内部及基础的水压力,并同时测量埋设点的温度。也可用于水库水位或边坡地下水位的测量。

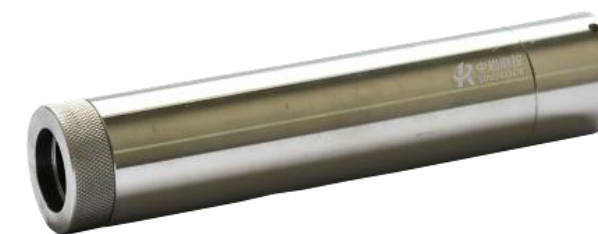


图 3.1.5 RSM-SYJ(H)水压计

### 3.1.6 土压力盒

土压力盒技术参数如下:

表 3.1.6 土压力盒技术参数表



规格	1、2、4、6、8、10、16、25、40、60
测量范围	0.1、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0、1.6、2.5、4.0、6.0Mpa
分辨力	$\leq 0.08\%F \cdot S$
综合误差	$\leq 1.5\%F \cdot S$
测温范围	$-25^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$

设备特点:

土压力计适用于测量土石坝、防波堤、护岸、码头岸壁、高层建筑、桥墩、挡土墙、隧道、地铁、机场、公路、铁路、防渗墙结构等建筑基础与土体的压应力，是了解被测物体内部土压力变化量的有效监测设备。



图 3.1.6 土压力盒

### 3.1.7 钢筋计

钢筋计技术参数如下:

表 3.1.7 钢筋计技术参数表

规格	$\phi 16$ 、 $\phi 18$ 、 $\phi 20$ 、 $\phi 22$ 、 $\phi 25$ 、 $\phi 28$ 、 $\phi 30$ 、 $\phi 32$ 、 $\phi 36$
测量范围	最大压应力: 100Mpa    最大拉应力: 200Mpa
分辨力	受压时: $\leq 0.12\%F \cdot S$ 受拉时: $\leq 0.05\%F \cdot S$
综合误差	$\leq 1.5\%F \cdot S$
测温范围	$-25^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$

设备特点:

钢筋计通常埋设于各类建筑基础、桩、地下连续墙、隧道衬砌、桥梁、边坡、码头、船坞、闸门等混凝土工程及深基坑开挖安全检测中、测量混凝土内部的钢筋应力、锚杆的锚固力、拉拔力等。



图 3.1.7 钢筋计

### 3.1.8 锚索计

锚索计技术参数如下:

表 3.1.8 锚索计技术参数表

规格	50	100	150	200	300	400	500	600
测量范围 (KN)	0~500	0~1000	0~1500	0~2000	0~3000	0~4000	0~5000	0~6000
分辨率 (% F.S)	$\leq 0.08$							
综合误差 (% F.S)	$\leq 2.0$							
温度测量范围 $^{\circ}\text{C}$	$-25 \sim +60$							
温度测量精度 $^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.5$							

设备特点:

安装方便，长期稳定；灵敏、精确性高；防水性好；不受距离影响；适合自动化监测。



图 3.1.8 锚索计

### 3.1.9 渗压计

渗压计技术参数如下:

表 3.1.9 渗压计技术参数表

规格	2、4、6、8、10、16、25、40、60
测量范围	0.2、0.4、0.6、0.8、1.0、1.6、2.5、4.0、6.0Mpa
分辨力	$\leq 0.08\%F \cdot S$
综合误差	$\leq 1.5\%F \cdot S$
测温范围	$-25^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$

设备特点:

振弦式孔隙水压力计适用于钻孔法安装,埋设在水工建筑物或其它建筑物地基内,测量建筑物内的孔隙(渗透)水压力。



图 3.1.9 渗压计

### 3.1.10 一体化雨量计

一体化雨量自动监测站(RSM-YLJ型)具有雨量数据智能采集、长期固态存储和远距离传输功能,与其他监测设备互相联动采集功能,是一款非常适合野外恶劣环境,具有高性价比的雨量自动监测终端产品。

雨量筒中内置的传感器采集降雨量数据,通过 GPRS /SMS 等通讯方式将数据传输至监测

预警中心的数据汇集管理软件平台,经系统校验、解析后,通过与设定的警戒值进行对比,如果位降雨量超过预设的警戒值,系统将发出告警信息,将信息发送到前端告警器和监测预警中心,及时告知相关人员并进行转移。

一体化雨量自动监测仪可实现对设备自身电源电压、工作温度及设备状态的监测,支持多中心工作模式,可向多个中心站发送数据,并响应中心命令,每个中心站可拥有两种通信信道且互为备份。系统含太阳能板、电池、保护罩等。

设备特点:

- 一体化结构,体积小、无需集成,安装简便。
- 利用法拉第原理设计的一体化结构具有出色的防雷特性,其所有电子设备与地保持“悬空”,电子设备在雷电影响下均保持等电位,不会产生任何感应电流,从而有效保护设备。
- 支持自报、自报-确认、应答三种通信方式,三种通信方式可混合组网。
- 可通过无线显示器实现对雨量数据的计算及查询功能,如:场雨量/雨强/时段雨量/日雨量/最大降雨量/累计雨量等,并可实现对测站的配置和人工置数。
- 支持掉电、休眠、永久在线三种电源模式,可实现低功耗工作模式下的双向通信。
- 具有大容量 8G Flash 存储,支持本地存储,雨量数据可以存储 5 年以上,可随时从仪器中取出储存数据。
- 采用太阳能供电方式,极低功耗控制,在无日照情况下,后备电源能保障连续正常工作 2 个月以上。
- 雨量计分辨率任意可选,采用增量控制、定时控制两种数据发送触发机制,预警阈值支持系统远程设定和本地设定;
- 采用 GPRS/SMS 等方式进行数据传输,并在滑坡灾害威胁对象所在地进行即时报警;
- 可实现对设备电源电压及工作环境温度及系统状态信息的实时监测。
- 支持远程唤醒,响应中心命令。在监测仪器休眠状态下,中心可以随时唤醒监测仪器进行数据采集、读取任意时段自记数据或修改监测仪器配置信息等工作。



图 3.1.10 一体化雨量自动监测站示意图

### 3.2 数据采集与传输设备

#### 3.2.1 振弦式多通道采集仪

适用于基坑、边坡、隧道、桥梁等自动化监测工程，主要用于采集记录多道振弦式传感器的实时数据，并后续对现场采集的数据进行分析预测，及时报警。而且采集可扩展 GPS 无线上传，可配套使用监控平台，可以连续长期实时数据上传。

振弦式多通道采集仪技术参数如下：

表 3.2.1 振弦式多通道采集仪技术参数

型号	RSM-FAS1032
采样方式	分时连续激励采集
显示模式	3.5 寸屏幕，实时滚动显示
操作方式	旋钮
储存模式	内置 sd 卡，或外置 u 盘
通讯方式	内置有线通讯，433 无线通讯、GPRS 无线传输
工作电压	220V
激励电压	64v
可测传感器类型	振弦式传感器
可测频率范围	400Hz ~ 6000Hz
采样频率	1Hz

频率误差	≤0.01Hz
温度误差	≤0.1℃
通道数	32 道或 64 道
数据传输模式	USB 传输
工作温度	-20℃ ~ +55℃
供电模式	内置锂电池≥24 小时，或外接电长期工作
外壳	全金属外壳；配套防水箱可以长期使用
体积	33×23×12cm
重量	2.0kg（含锂电池）

设备特点：

- 32 通道采集，屏幕可以实时显示多通道数据，。
- 采集方式：独立工作采集数据；配合系统进行自动无线采集。
- 频段范围：400~6000Hz。
- 多种供电方式：内置锂电池可以支持连续采集 24 小时；支持长期带电使用；对于条件恶劣的地区支持太阳能板电池供电。
- 数据容量：内置 4G 内存卡，可支持 50 万组数据。支持数据直接采集保存 U 盘。
- 精度：0.1HZ，温度 0.5℃。
- 接口：RS485、USB2.0
- 无线采集：433 无线通讯、GPRS 无线传输；
- 采集功能：有断电续传功能，供电自动切换功能。



图 3.2.1 振弦式多通道采集仪

### 3.2.2 数码式多通道采集仪

RSM-DAS1004 数码式多通道采集仪是一种智能的数据采集仪,能采集并存储静力水准仪及倾角仪等数码式传感器的实时数据。其各项性能指标均达到或超过国际先进水平。

仪器设计人性化,功能强大,可在各种环境下的工地实现长期连续自动采集,并实时自动上传。广泛应用于边坡、地铁、危房、桥梁、地灾等自动化监测工程,配套使用监控平台可实时对现场采集的数据进行分析预测,及时预警。

数据采集卡技术参数如下:

表 3.2.2 数码式多通道采集仪技术参数

型号	RSM-DAS1004
采样方式	连续、定时采集
显示模式	外接 PC 显示
存储模式	外置 U 盘
通讯方式	内置有线通讯、433 无线通讯、GPRS 无线传输
传感器供电电压	+12V、+24V
外部供电电压	12.6V
可测传感器类型	倾角仪、静力水准仪、拉线式位移计等各数字型传感器
采样间隔	≥3min
温度误差	0.1℃
通道数	4 道 (2 道 24V、2 道 12V)
可挂载传感器数量	每个通道数可挂载个数 (16~32 个), 根据具体传感器来确定
数据传输模式	兼容有线无线传输
工作温度	-20~+55℃
供电模式	内置锂电池≥24 小时或外接电长期工作
外壳	全金属外壳; 配套防水箱可以长期使用
接口	R485、USB2.0
体积	135×88×60mm
重量	1.0kg (含锂电池)

设备特点:

- 功能强大, 稳定耐用, 界面友好, 携带方便, 现场连接操作简单。

- 自动化程度高, 实现无人值守, 断电情况下能够自动恢复采集的功能, 同时提供实时人工控制功能。

- 电脑与采集仪连接为无线和有线兼容的方式, 无线或者有线二者选一种的方式进行通讯。

- 配套使用 GPRS 无线传输模块、433 无线通讯模块和上位机操作软件, 能进行数据的无线传输。

- 仪器精度高、可靠性好。

- 兼容性强, 目前兼容倾角计、静力水准仪、拉线式位移计、土壤温湿度传感器、雨量计等各类数码类传感器, 后期还可根据客户不同需求增加其他类型的数字信号传感器。

- 多种供电方式: 内置锂电池可以支持连续采集 24 小时; 支持长期带电使用; 对于恶劣的地区支持太阳能电池板供电。

- 数据容量: 支持数据直接采集保存 U 盘。



图 3.2.2 数码式多通道采集仪

## 4 工程量清单

贵州交通职业技术学院新校区隧道实训场监测系统工程量清单详见下表。

表 4.1 隧道实训场专项检测参数实施工程量表

序号	实训项目	总工位	设备名称	单位	已有设备台套数	新采购设备台套数	参数
1	地表沉降	5	精密水准仪	台	5	0	/
2	分层沉降	/	分层沉降计	套	/	/	/
3	水平位移	5	全站仪	台	5	0	/
4	深层水平位移	/	基坑测斜仪	台	/	/	/

序号	实训项目	总工位	设备名称	单位	已有设备台套数	新采购设备台套数	参数
5	锚杆(索)承载力	5	锚杆拉力计	台	0	5	
6	锚杆(索)变形	/	锚杆拉力计	/	/	/	/
		5	位移传感器	个	0	5	
7	土钉承载力	5	锚杆拉力计	台	5	0	/
8	土钉变形	5	锚杆拉力计	/	5	0	/
		5	位移传感器	个	5	0	/
9	立柱变形	5	全站仪	台	5	0	/
		5	精密水准仪	台	5	0	/
10	桩墙内力	2	应变数据采集仪	台	0	2	
		2	振弦式钢筋应力计	台	0	2	量程: 200MPa; 灵敏度: 0.05%FS; 非线性: 直线: $\leq 1.0$ ; 多项式: $\leq 0.5\%FS$ ; 耐水压: 0.5MPa; 温度范围: $-20 \sim 80^{\circ}C$ 。
		2	混凝土应变计	台	0	2	量程: $\pm 1500\mu\epsilon$ ; 灵敏度: 0.1 $\mu\epsilon$ ; 非线性: 直线: $\leq 1.5\%FS$ ; 标距: 150mm; 温度范围 $-20 \sim 80^{\circ}C$ 。
12	地下水位	1	水位计	台	0	1	测量范围: 10m; 精度等级: $\pm 0.5\%FS$ ; 稳定性: $\pm 0.1\%FS/年$ ; 工作条件: 介质温度 $-40 \sim 60^{\circ}C$ ; 环境温度 $-40 \sim 85^{\circ}C$ ; 温度补偿: $-10 \sim 60^{\circ}C$ ; 过载能力: 200%满量程; 响应频率: $\leq 5Hz$ ; 温度漂移: $\pm 0.01\%FS/^{\circ}C$ (温度补偿范围内); 输出: RS485; 防护等级: IP68。
13	孔隙水压力	2	孔隙水压力计及数据采集仪	台	0	2	量程: 0.3MPa; 灵敏度: 0.05%FS; 非线性: $\leq 0.5\%FS$ ; 过载范围: 50%; 温度范围: $-20 \sim 80^{\circ}C$ 。
14	土压力	2	数据采集仪	台	2	0	/
15	土压力	5	土压力计	台	0	5	量程: 0.3MPa; 灵敏度: 0.05%F.S; 非线性: $\leq 0.5\%F.S$ ; 承压直径: 118mm; 过载范围: 50%; 温度范围: $-20 \sim 80^{\circ}C$ 。

序号	实训项目	总工位	设备名称	单位	已有设备台套数	新采购设备台套数	参数
16	断面尺寸	2	激光隧道断面仪	台	1	1	1.检测半径: (0.2~200)m; 2.检测精度: $\pm 1mm$ ; 3.检测方位角: $30^{\circ} \sim 330^{\circ}$ ; 4.角度分辨率: 0.01 $^{\circ}$ ; 5.角度精度: 优于 0.05 $^{\circ}$ ; 6.控制器操作系统: 安卓系统; 7.控制方式: WIFI; 8.控制器防护等级: IP68(1.5米防摔、1.5米防水、99%防尘); 9.控制器屏幕大小: 6英寸; 10.控制器屏幕分辨率: 2160*1080; 11.控制器支持传感器类型: 重力感应器、指纹传感器、接近传感器、光线传感器等; 12.储存容量: 32G
		5	全站仪	台	5	0	/
17	锚杆拔力	5	锚杆拉拔仪	台	5	0	/
18	衬砌(支护)厚度	1	地质雷达、天线	套	1	0	/
		/	电锤	台	/	/	/
19	二衬衬砌厚度及脱空	1	地质雷达、天线	/	1	0	/
		/	电锤	/	/	/	/
		1	敲击式隧道衬砌缺陷检测仪	套	0	1	1.检测对象: 隧道衬砌 2.仪器功能: 浅层缺陷、混凝土脱空, 开口裂缝宽度的识别和记录 3.仪器系统: Android 4.仪器硬件性能: 运行内存 $\geq 4GB$ , 存储空间 $\geq 32GB$ 5.外触发装置: 识别敲击波形, 蓝牙通讯 6.支持功能模块扩展

序号	实训项目	总工位	设备名称	单位	已有设备台套数	新采购设备台套数	参数
		1	冲击回波声频检测仪	套	0	1	1.触发模式：外触发，软件内特征波形触发 2.测试通道数：2 通道 3.采样点数：>20000 个，可调 4.采样频率：500kHz，可调 5.采样精度：24 位 6.传感器类型：传声器 7.耦合方式：非接触式 8.噪音处理及频谱分析：移动平滑、BPF、EMD、小波降噪，FFT、MEM 9.图形处理模式：等值线，支持连续扫描频谱成像 10.满足技术规程：铁路隧道衬砌质量无损检测规程 TB 10223-2004 11.支持数据库云管理服务，且与数据库直接、无缝连接；与 BIM 系统直接连接，实现检测结果模型可视化； 12.直接出频谱成像图，可直接现场判读 13.支持设备运维管理服务
		1	冲击回波声频检测仪(教学机)	套	0	1	1.功能：仪器以冲击声频信号为介质，通过分析其回波特性，进行结构物的缺陷、脱空等检测 2.测试通道数：1 通道 3.采样点数：>20000 个，可调 4.采样频率：500kHz，可调 5.采样精度：24 位 6.耦合方式：非接触式 7.接受频率范围：200~16000Hz 8.传感器类型：传声器 9.操作环境：WINDOWS 10.频谱分析：FFT、MEM 11.图形处理模式：等值线频谱成像 12.支持数据库云管理服务，且与数据库直接、无缝连接
		1	智能化机器人检测	套	0	1	1.功能：将传统的隧道衬砌敲击检测以全自动机器人的形式替代，大幅降低现场人员工作负担,提高检测效率。同时，仪器搭载后处理成像软件，可直观的显示衬砌结构云图,方便检测人员判读； 2.检测对象：隧道衬砌空洞

序号	实训项目	总工位	设备名称	单位	已有设备台套数	新采购设备台套数	参数
							缺陷及欠厚；3.采集部分：声信号采集器及自动激振装置；4.传声器带宽（包含）：100Hz~10kHz； 5.机械臂最大负载：不小于3kg；6.机械臂关节范围：±360°；7.信号处理：支持频谱成像，并可图像上标准缺陷位置
20	衬砌强度	1	混凝土强度检测仪	套	0	1	1.功能：仪器可现场对混凝土结构内部强度，施工冷缝情况进行快速无损检测；2.测试通道数：2 通道 3.采样点数：>20000 个，可调；4.采样频率：500KHz，可调；5.采样精度：24 位；6.传感器类型：加速度传感器；7.耦合方式：0.5m 固定支架；8.测试功能：混凝土内部强度，冷缝鉴别及状况检测；9.噪音处理及频谱分析：移动平滑、BPF、EMD、小波降噪、FFT、MEM；10.采样模式：单次、连续；11.强度修正：可导入现场试件标定值；12.对混凝土结构内部强度、冷缝情况进行快速的无损检测，支持数据库云管理服务，且与数据库直接、无缝连接；与 BIM 系统直接连接，实现检测结果模型可视化；13.支持设备运维管理服务
		1	混凝土面波检测仪(教学机)	套	0	1	1. 功能：仪器利用面波在不同结构体中的传播速度与能量衰减的区别，对结构（主要是深部）的物理特性进行分析检测；2. 测试通道数：2 通道；3. 采样点数：>20000 个，可调；4. 采样频率：500kHz，可调；5. 采样位数：24 位；6. 主要测试功能：混凝土材质强度，深部裂缝；7. 传感器类型：加速度传感器，可增配辅助支架；8. 波形功能：特征波形相位转换；9. 传感器类型：加速度传感器，可增配辅助支架；10. 噪音处理：移动平滑，BPF、EMD；11. 支持数据库云管理服务，且与数据库直接、无缝连接

序号	实训项目	总工位	设备名称	单位	已有设备台套数	新采购设备台套数	参数
		10	数显回弹仪	套	10	0	/
21	衬砌裂缝	5	裂缝测宽仪	套	5	0	/
		5	裂缝深度测试仪	套	5	0	/
		1	混凝土冷缝检测仪	套	0	1	1.功能: 仪器可现场对混凝土结构施工冷缝情况进行快速无损检测; 2.测试通道数: 2 通道; 3.采样点数: > 20000 个, 可调; 4.采样频率: 500KHz, 可调; 5.采样精度: 24 位; 6.传感器类型: 加速度传感器; 7.耦合方式: 0.5m 固定支架; 8.测试功能: 冷缝鉴别及状况检测; 9.噪音处理及频谱分析: 移动平滑、BPF、EMD、小波降噪、FFT、MEM; 10.采样模式: 单次、连续; 11.强度修正: 可导入现场试件标定值; 12.行业/协会规程: DL/T 5299-2013 大坝混凝土声波检测技术规范、TB 10223-2004 铁路隧道衬砌质量无损检测规程; 13.支持数据库云管理服务, 且与数据库直接、无缝连接; 与 BIM 系统直接连接, 实现检测结果模型可视化; 14.支持设备运维管理服务
		5	裂缝宽度检测及勾勒设备	套	4	1	功能: 可通过拍照进行裂缝的识别与形状勾勒; 可通过照片及标定进行裂缝宽度的计算
22	墙面平整度	5	2m 直尺	把	0	5	
		5	塞尺	把	0	5	
23	钢支撑间距	5	钢卷尺	把	5	0	/
24	钢筋网格尺寸	5	钢卷尺	把	5	0	/
25	衬砌内钢筋间距(主筋间距、两层钢筋间距)	5	钢卷尺	把	5	0	/
26	仰拱厚度	5	精密水准仪	台	5	0	/
27	仰拱填充质量	1	地质雷达	套	1	0	/
28	锚杆(钢管)长度	5	锚杆质量检测仪	台	2	0	/

序号	实训项目	总工位	设备名称	单位	已有设备台套数	新采购设备台套数	参数
29	锚杆(钢管)锚固密实度	5	锚杆质量检测仪	台	2	0	/
30	防水层施工质量(缝宽、搭接宽度、固定点间距、气密性)	5	钢卷尺	把	5	0	/
		2	防水板焊缝气密性检测仪	台	0	2	
31	洞内外观察	10	地质罗盘	台	0	10	
32	周边位移	2	收敛计	台	0	2	
33	拱顶下沉	5	精密水准仪	台	5	0	/
34	地表下沉	5	精密水准仪	台	5	0	/
35	围岩内部位移	2	采集系统	套	2	0	/
		5	位移计	台	0	5	量程: 50mm; 分辨率: 0.01mm; 温度范围: -20°C-80°C。
36	锚杆轴力	2	采集系统	套	2	0	/
		5	钢筋应力计	台	0	5	量程: 200MPa; 灵敏度: 0.05%FS; 非线性: 直线: ≤1.0; 多项式: ≤0.5%FS; 耐水压: 0.5MPa; 温度范围: -20 ~ 80°C。
37	围岩压力及两层支护间压力	2	采集分析系统	套	2	0	/
		5	土压力盒	台	5	0	量程:0.3MPa; 灵敏度: 0.05%F.S; 非线性: ≤0.5%F.S; 承压直径: 118mm; 过载范围: 50%; 温度范围: -20 ~ 80°C。
38	钢支撑内力	2	采集分析系统	套	2	0	/
		2	应变计(埋入式)	套	0	2	量程: ±1500με; 灵敏度: 0.1με; 非线性: 直线: ≤1.5%FS; 标距: 150mm; 温度范围 -20 ~ 80°C。
		2	应变计(表贴式)	套	0	2	测量范围: ±1500με(微应变); 准确度: <0.5%F.S; 灵敏度: 1με(微应变); 热敏电阻: 3KΩ; 产品全长: 170mm; 操作温度: -20°C ~ +80°C。
39	支护(衬砌)内应力	2	采集分析系统	套	2	0	/
		2	应变计(埋入式)	台	0	2	量程: ±1500με; 灵敏度: 0.1με; 非线性: 直线: ≤1.5%FS; 标距: 150mm; 温度范围 -20 ~ 80°C。

序号	实训项目	总工位	设备名称	单位	已有设备台套数	新采购设备台套数	参数
		2	应变计(表贴式)	台	0	2	测量范围: ±1500με(微应变); 准确度: <0.5%F.S; 灵敏度: 1με(微应变); 热敏电阻: 3KΩ; 产品全长: 170mm; 操作温度: -20℃ ~ +80℃。
40	渗水压力	2	采集分析系统	套	2	0	/
		1	水压计	台	0	1	量程: 0.3、0.6、1.0、2.0、3.0MPa(可选); 灵敏度: 0.05%FS; 非线性: ≤0.5%FS; 过载范围: 50%; 温度范围: -20 ~ 80℃。
41	地下水位	1	水位计及采集分析系统	套	1	0	测量范围: 10m; 精度等级: ±0.5%FS; 稳定性能: ±0.1%FS/年; 工作条件: 介质温度 -40 ~ 60℃; 环境温度 -40 ~ 85℃; 温度补偿: -10 ~ 60℃; 过载能力: 200%满量程; 响应频率: ≤5Hz; 温度漂移: ±0.01%FS/℃(温度补偿范围内); 输出: RS485; 防护等级: IP68。
42	照度	5	照度计	台	0	5	
43	噪声	5	精密声级计	台	0	5	1.频率范围 20Hz-12.5KHz; 2.测量区间: 30dB~133dB; 3.显示器: 2.6寸彩屏显示、分辨率 240*320; 4.滤波器中心频率 20Hz-12.5KHz
44	风速	5	风速计	台	0	5	量程: 0 ~ 30m/s; 分辨精度: 0.2m/s; 启动风力: 0.4 ~ 0.8m/s; 供电电压: DC12 ~ 24V; 输出: RS485。
45	CO 浓度	1	CO 浓度检测仪	台	0	1	
46	NO <sub>2</sub> 浓度	1	气体检测仪(含相应气体传感器)	台	0	1	
47	CO <sub>2</sub> 浓度	1	气体检测仪(含相应气体传感器)	/	1	0	/
48	SO <sub>2</sub> 浓度	1	气体检测仪(含相应气体传感器)	/	1	0	/
49	NO 浓度	1	气体检测仪(含相应气体传感器)	/	1	0	/
50	O <sub>2</sub> 浓度	1	气体检测仪(含相应气体传感器)	台	0	1	

序号	实训项目	总工位	设备名称	单位	已有设备台套数	新采购设备台套数	参数
51	硫化氢浓度	1	气体检测仪(含相应气体传感器)	/	1	0	/
52	瓦斯浓度	1	气体检测仪(含相应气体传感器)	台	0	1	
53	烟尘浓度	1	能见度检测仪	台	0	1	
54	前方地质条件	1	地质雷达探测仪	/	1	0	/
		1	地震探测仪	套	1	0	/
55	不良地质体的分布和性质	1	地质雷达探测仪	/	1	0	/
		1	地震探测仪	套	1	0	/
56	隧道施工	1	隧道二次衬砌台车	个	0	1	
		1	隧道仰拱栈桥	个	0	1	
		1	喷浆机	台	0	1	
		1	风钻	套	0	1	
57	隧道机电附属工程	1	含隧道监控、隧道通风、隧道照明、隧道消防等所涉及所有设备	套	0	1	

表 4.2 隧道实训场健康监测工程量表

序号	实训项目	设备名称	数量	单位	参数
1	拱顶沉降/地表沉降	液压式静力水准仪	10	台	量程: 0.2~3000mm; 精度: 0.2mm; 分辨率: 0.01mm; 系统误差: ±0.3mm; 温度范围: -20~80℃; 输出: RS485; 防护等级: IP68。
		液位罐	2	个	/
		动态位移测量教学设备	5	个	1)可调量程: 50mm; 2)精度: 1mm; 3)最大控制距离: 20m(无遮挡); 4)供电电压: 12v
2	地表位移	GNSS 一体机	2	台	通道: 120 通道; 单点定位精度: 水平: ≤1.5m; 高程: ≤3m; 伪距精度: GPS: L1、L2<10cm; BDS: B1、B2 <10cm; 载波相位精度: GPS: L1、L2<1mm; BDS: B1、B2 <1mm; 动态测量精度: 水平: ±(20+1×10 <sup>-6</sup> ×D)mm; 垂直: ±(40+1×10 <sup>-6</sup> ×D)mm; 静态测量精度: 水平: ±(5+1×10 <sup>-6</sup> ×D)mm; 垂直: ±(8+1×10 <sup>-6</sup> ×D)mm; 授时精度: 20ns RMS; 网络协议: Ntrip、TCP、IP MQTT; 供电电压: 6V~+25V DC; 功耗: <0.5W; 工作温度: -40° C — +75° C; 储存温度: -40° C — +80° C; 工作湿





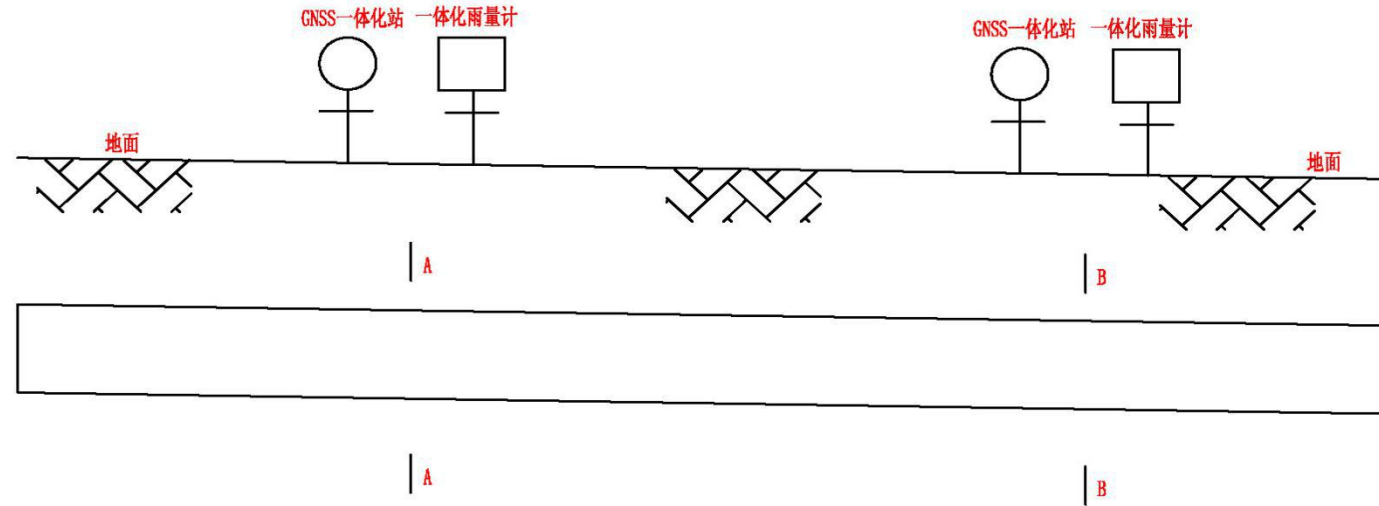
贵州交通职业技术学院新校区  
隧道健康监测

# 施工图纸

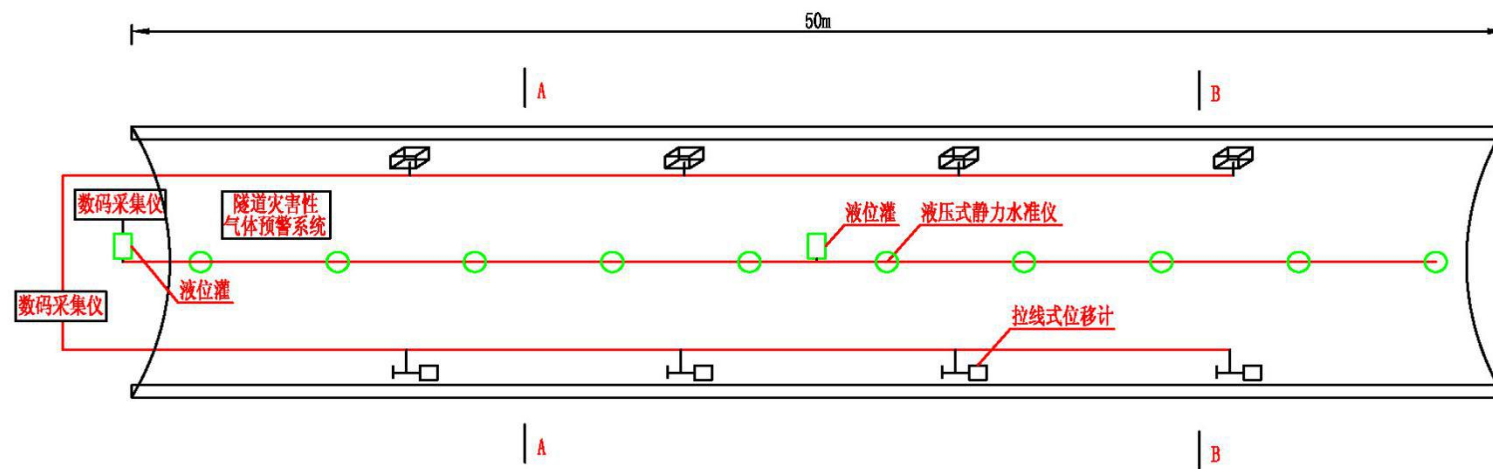
贵州省交通规划勘察设计研究院股份有限公司

二〇二一年

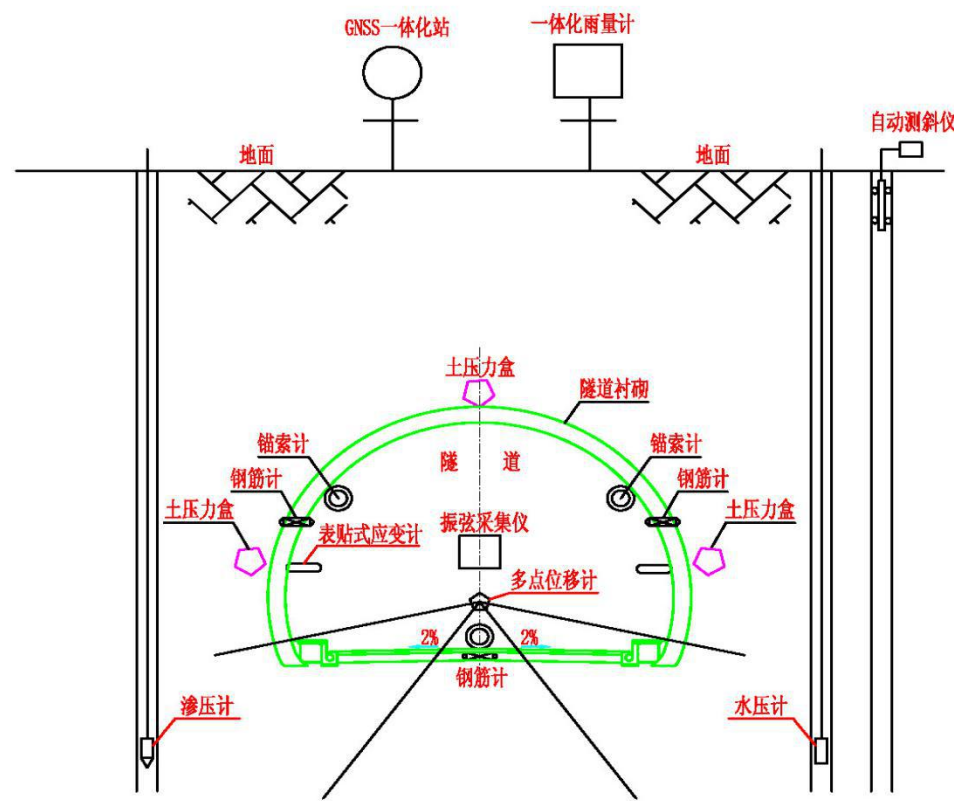
隧道立面布局图



隧道平面布局图



断面A示意图



断面B示意图

