

基础设施健康监测

隧道安全情况监测说明书目录

隧道安全情况监测说明书目录 1

隧道安全情况监测说明 2

一、概述 2

二、设计依据 2

三、布设原则 2

四、布点方案 2

五、数据传输及设备供电 2

六、主要设备技术指标 3

七、设备安装 3

八、数据采集与传输子系统 4

九、工程量清单 5

隧道安全情况监测说明

一、概述

本项目地处东北严寒季冻区，隧道冻害会引起衬砌冻胀开裂掉块、洞内渗水、拱部挂冰、边墙结冰、围岩冻胀、路面堆冰、排水沟与出水口冰塞等病害现象，隧道冻害的循环会降低衬砌结构的安全可靠性，造成隧道衬砌结构的失稳破坏，影响安全运营和正常使用。

结合本项目情况，选取松岭 2 号隧道为安全情况监测对象，布设健康监测系统。松岭 2 号隧道右幅（K102+776～K104+992）长 2216m，左幅（LK102+700～LK104+991）长 2291m，对隧道安全情况监测具有代表性。根据松岭 2 号隧道施工过程中的地质不良段落发生围岩坍塌、地下水发育等影响隧道结构安全段落进行安全监测。

二、设计依据

- (1) 《公路隧道设计规范第一册土建工程》（JTG3370.1-2018）；
- (2) 《公路隧道施工技术规范》（JTGF60-2009）；
- (3) 《公路隧道施工技术细则》（JTG/TF60-2009）；
- (4) 《锚杆喷射混凝土支护技术规范》（GB50086—2015）；
- (5) 《公路隧道养护技术规范》JTGH12-2015；
- (6) 《公路工程质量检验评定标准》（JTGF80/1—2017）；
- (7) 《工程测量规范》（GB50026-2007）；
- (8) 《国家一、二等水准测量规范》（GB/T12897-2006）；
- (9) 《公路养护安全作业规程》（JTGH30-2015）。

三、布设原则

隧道监测断面布置在围岩等级相对较差、结构形式特殊、受力较为复杂或者有研究价值的地段，甚至有滑移倾向的不稳定岩层、裂缝较发育地段。布置对应的裂缝、二衬应力、温湿度传感器、拱顶沉降和拱腰收敛等传感器，了解关键断面结构响应和环境。

四、布点方案

本次工程隧道安全情况监测终端布设在松岭 2 号隧道。在衬砌及围岩中布设温湿度传感器、应

变计、表面裂缝计等，实时监测拱顶下沉、周边位移及衬砌开裂，在隧道监测预警系统中设置阈值，超值自动报警，使隧道管理做到防患于未然。

松岭 2 号隧道桩号为 K109+103～K111+800，右幅（K109+103～K111+800）长 2697m，左幅（LK109+076～LK111+850）长 2774m。根据松岭 2 号隧道施工过程中的地质不良段落发生围岩坍塌、地下水发育情况，在左右线分别选取 5 个最不利位置作为监测断面，每个断面布置 2 个激光测距仪（监测拱顶沉降和拱腰收敛）、2 个裂缝计、5 个表面式应变计和 1 个温湿度传感器。

同时在松岭 2 号隧道右幅（白山至临江方向）布置温度测点，监测隧道的温度梯度。每个断面布置在拱顶、拱腰和拱脚，每个断面布置五个测点。

隧道温度监测断面

断面编号	距进口距离（m）
断面1	5
断面2	55
断面3	205
断面4	405
断面5	655
断面6	955
断面7	1305
断面8	1655
断面9	1955
断面10	2255
断面11	2405
断面12	2555
断面13	2605

五、数据传输及设备供电

隧道监测系统数据采用无线模块进行无线传输，隧道内采用短程无线模块，隧道外采用无线数传模块，该传输模块是由无线数传终端和无线数传主机组成，数据采集完临时存储在本地，依靠成熟的 4G/5G 网络，在网络覆盖内区域内可以快速组建数据通讯，外网传输到靖宇监控分中心备份

数据中心，实现实时远程数据传输。隧道内部无通讯信号的，先传感器经过采集仪采集数据后采用短程无线模块，将隧道内信号通过无线方式传输到洞口，后经过4G/5G网络传输到中心。

隧道在线监测系统根据隧道实际现场情况进行供电，遵循方便、快捷、稳定的供电方式，以就近用电，稳定长期供电为准。拟采用松岭2号隧道内部供电进行电缆传输供电，电压220V，YJV22-2×16mm²电缆。从松岭2号隧道内铺设电缆2500m，与松岭2号隧道内的配电设施连接。

六、主要设备技术指标

(1) 激光测距仪

序号	主要功能配置和技术参数	技术指标
1	量程	0.5m~30m
2	精度	±1.5mm
3	工作温度	-40℃~50℃
4	信号输出	RS485输出
5	安装方式	表面式安装

(2) 温湿度传感器

序号	主要功能配置和技术参数	技术指标
1	温度测量范围	-40℃~125℃
2	测温精度	±0.4℃
3	湿度测量范围	0~100%RH
4	湿度精度	±3.0%RH
5	安装方式	表面式安装

(3) 温度传感器

序号	主要功能配置和技术参数	技术指标
1	温度测量范围	-40℃~+125℃
2	精度	±0.5℃
3	安装方式	内埋安装

(4) 裂缝计

序号	主要功能配置和技术参数	技术指标
1	量程	25mm
2	精度	±0.25%FS
3	工作温度	-40~+80℃
4	安装方式	表面式安装

(5) 表面式应变计

序号	主要功能配置和技术参数	技术指标
1	测量范围	±3000 μ ε
2	灵敏度	0.5 μ ε
3	工作温度	-40~+70℃
4	测温精度	±0.5℃
5	安装方式	表面式安装

七、设备安装

基础设施安装原则：隧道监测设施的布设（开挖、钻孔等）及修复操作要符合施工及设计要求，减少避免对现有设施及环境的破坏。

钻孔时采取措施控制深度，钻孔应避开隧道的防护主筋、线缆等，不得损伤预应力筋且避开原结构筋保证隧道的稳定；涉及打孔设备安装完成后，应尽量恢复原状；施工中钻出的废孔，应采用高于构件混凝土一个强度等级的水泥砂浆、聚合物水泥砂浆或锚固胶粘剂（胶粘剂应通过耐冻融性能检验）进行填实，必要时插入钢筋；经专家评估会影响结构强度的，应采取加固措施，保证结构安全。

(1) 激光测距仪安装

第一步：对仪器设备进行检验，是否能正常使用，严禁安装不能正常使用的仪器；

第二步：通过量测确定激光测距仪的安装位置；

第三步：确定好安装位置后，固定激光测距仪的安装支架，并注意拱腰位置处的激光测距仪支架与激光测距仪需保持在同一水平；

第四步：调整激光测距仪的角度，保证一束打到拱顶，一束打到拱腰位置；

第五步：在拱顶固定顶板安装支架，需保证拱顶的支架保持轴线与地面垂直；

第六步：连接信号线缆和电路线缆，并对仪器设备进行测试和调试。

（2） 表面式应变计安装

第一步：设备检测。用便携式设备逐一采集各应变计出厂频率，每个表面应变计各采集5组数据，频率在一定范围内且波动小。

第二步：安装方向确认。安装前，确保安装方向正确。布置在拱顶、拱腰和拱脚。

第三步：在测点区域位置选取表面应变计安装点，并利用设备对安装点表面进行打磨，以保证表面应变计安装面平滑；

第四步：确定固定位置和打孔位置，并钻孔后采用膨胀螺栓进行固定。

第五步：采集初始值，记录应变计安装信息，如仪器编号、安装日期、测点编号等，填入对应表内；

（3） 温度传感器安装

为监测隧道的温度梯度，在隧道断面的拱顶、拱腰和拱脚位置。

第一步：确认安装位置和确认传感器线长；

第二步：根据安装工艺和要求，将温度传感器布置在二衬内部。第三步：将设备引至拱腰位置的采集设备处。线缆需进行保护。

（4） 裂缝计安装

采用表面安装方法，在典型裂缝两侧进行放样打孔，用膨胀螺钉固定安装夹具，再将测缝计用安装夹具固定，后安装保护罩。

安装注意事项

①安装时需保持仪器的同心度；

②注意安装方向需保持与监测方向一致；

③安装时需设置一定的量程；进场检验：安装前检查包装、配件及标定证书是否完好，保留包装盒及标定证书，同时对设备外观进行检查；

（5） 温湿度传感器安装

温湿度传感器安装布置在典型位置上，采用膨胀螺栓将折弯板固定在表面，后安装仪器，连接仪器时，断开系统电源。安装完成后安装保护罩。

选择位置时：

①位置一般要拥有监测断面需要测量的典型温度和湿度。

②禁止把温湿度传感器直接安装在发热、制冷的物体上，也最好不要把传感器直接安装在蒸汽、水雾环境中，这样都会造成传感器的损坏。

③温湿度传感器安装位置一般应该控制在隧道侧壁上，这样对于安装、调试、维护工作的更加方便，并注意连线。

（6） 基础浇筑

基础底部应埋在冻深线以下 25cm。

八、数据采集与传输子系统

隧道安全情况监测采集与传输子系统部署于基础设施健康监测平台，具体功能如下：

➤ 系统专为监测和传输隧道安全情况监测中激光测距仪、应变计、温湿度计及裂缝计等传感器的读数而设计；

➤ 可实现对各项监测参数的采集与传输；

➤ 隧道安全情况监测传感器信息的描述记录，可显示传感器的埋设位置及编号等信息，含GIS热点图；

➤ 自动化运行，能在无人值守的情况下进行24小时连续采样；

➤ 系统具有自诊断及扩展功能；

➤ 能对隧道安全情况监测数据进行工程量转换和初期预处理；

➤ 采集隧道安全情况监测数据能在采集站临时保存，当网络或传输发生异常时，不影响采集站对数据的采集、处理和保存。采集站本地能保存45天以上的数据；

➤ 本地和远程控制功能，能在本地或远程对隧道安全情况监测采样参数等进行设置；

➤ 数据的初期报警功能，当数据发生异常时应向监控中心进行报警；

➤ 详细日志功能，对日常的操作、异常情况的处理等均有详细的日志，供维护人员查看。

九、工程量清单

松岭 2 号隧道安全情况监测终端工程量清单

序号	名称	单位	数量	备注
1	激光测距仪	个	20	
2	裂缝计	个	20	
3	表面式应变计	个	50	
4	温湿度传感器	个	5	
5	温度传感器	个	65	
6	数据采集箱	套	4	
7	传感器传输电缆	米	11040	RS485
8	线缆保护	米	4416	
9	供电线缆	米	2500	YJV22-2×16mm ²
10	数据采集系统	项	1	
11	施工综合费	项	1	
12	健康监测系统研发	项	1	
13	初始预警值的确定	项	1	
14	系统手册编制及系统操作与维护人员培训费	项	1	
15	系统运行服务	项	1	2 年质保，3 年维护

隧道安全情况监测主要设备及材料数量表

白山至临江段高速公路

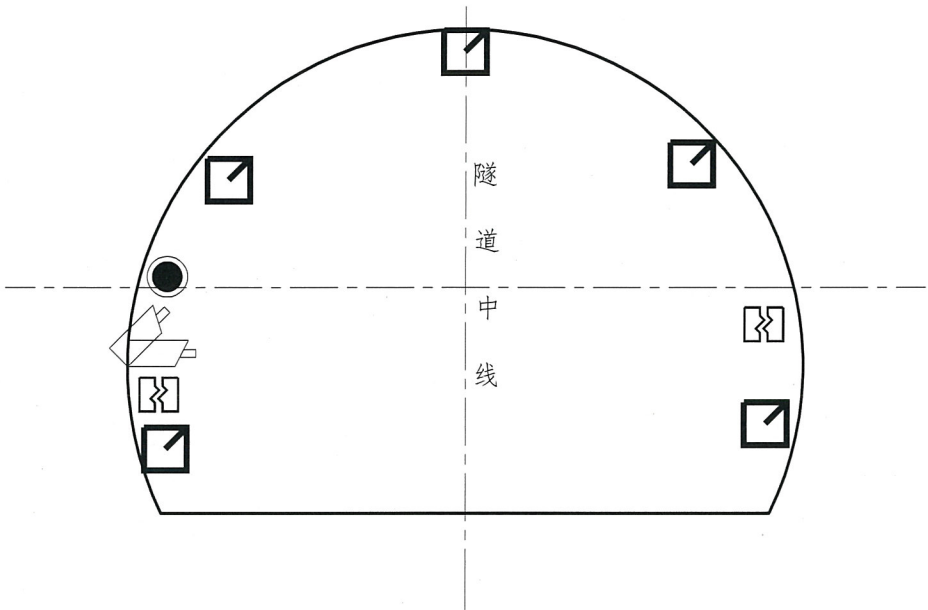
序号	名称	规格及型号	单位	数量		合计
				K80+999.12 ~K106+140	K106+140~ K125+724.05	
1	激光测距仪	量程：0.5m~30m，精度：±1.5mm，工作温度：-40℃-50℃，信号输出：RS485输出，安装方式：表面式安装	个		20	20
2	裂缝计	量程：25mm，精度：±0.25%FS，工作温度：-40~+80℃，安装方式：表面式安装	个		20	20
3	表面式应变计	测量范围：±3000μ ε，灵敏度：0.5μ ε，工作温度：-40~+70℃，测温精度：±0.5℃，安装方式：表面式安装	个		50	50
4	温湿度传感器	温度测量范围：-40℃-125℃，测温精度：±0.4℃，湿度测量范围：0-100%RH，湿度精度：±3.0%RH，安装方式：表面式安装	个		5	5
5	温度传感器	温度测量范围：-40℃~+125℃，测温精度：±0.5℃，安装方式：内埋安装	个		65	65
6	数据采集箱	包含数据采集箱、断路器、电源防雷器、电涌保护器、开关电源、导轨插座、避雷针等辅材	套		4	4
7	通信线缆	RS485通信电缆	米		11040	11040
8	线缆保护		米		4416	4416
9	供电线缆	电压 220V，YJV22-2×16mm² 电缆	米		2500	2500
10	数据采集系统	传感器数据采集、分析	项		1	1
11	施工综合费	含安装、调试、封路、驻地建设、安全生产、保险、工程用车、检测车等施工项	项		1	1
12	健康监测系统研发	根据监测内容及用户需求定向开发健康监测系统	项		1	1
13	初始预警值的确定	通过计算分析，设置初始预警值。	项		1	1
14	系统手册编制及系统操作 与维护人员培训费	编制监测系统使用手册、技术人员培训	项		1	1
15	系统运行服务	（1）2年质保期：4次系统现场维护施工，2次监测数据人工处理及分析，预警阈值修正，报警与特殊事件分析；（2）3年维护期中的服务：6次系统现场维护施工费，监测数据人工处理及分析费，预警阈值修正，报警与特殊事件分析，6次隧道安全状况报告。	项		1	1

编制：刘伟

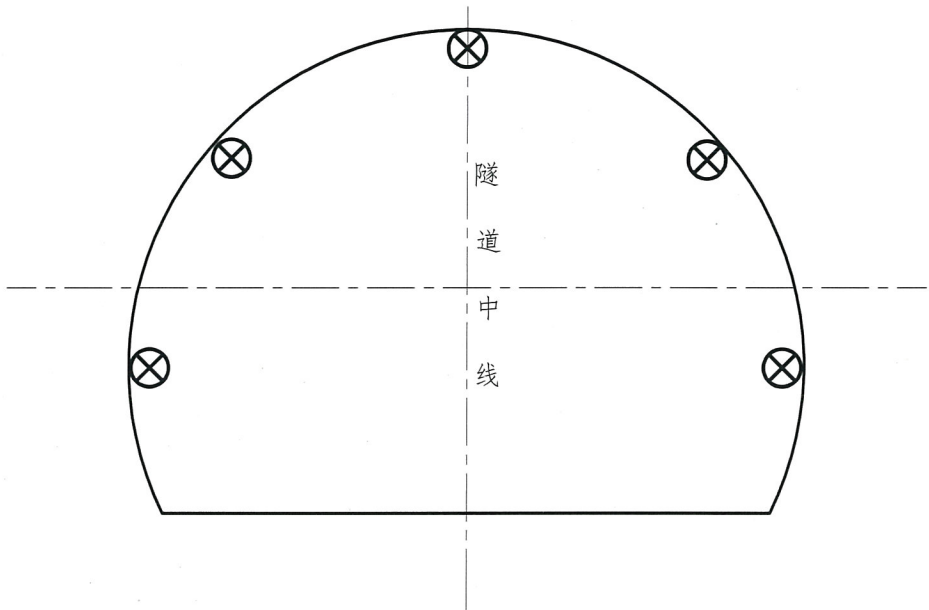
复核：贾春富

审核：刘伟

结构监测断面布置示意图



温度梯度监测断面布置示意图



松岭2号隧道测点数量表

图例	设备	监测内容	数量（个）
	表面应变计	二衬应变	50
	激光测距仪	拱顶沉降和拱腰收敛	20
	温湿度传感器	环境温湿度	10
	裂缝计	裂缝	20
	温度传感器	环境温度	65

注：

- 1、松岭2号隧道左幅5个监测断面桩号分别为：
LK109+450、LK109+950、LK110+450、LK110+950、LK111+450。
松岭2号隧道右幅5个监测断面桩号分别为：
K109+400、K109+900、K110+400、K110+900、K111+400。每个断面布置2个激光测距仪（监测拱顶沉降和拱腰收敛）、2个裂缝计、5个表面式应变计和1个温湿度传感器。
- 2、白山至临江方向布设13个温度测点断面，监测隧道的温度梯度。每个断面布置在拱顶、拱腰和拱脚，每个断面布置五个测点。断面分别布置在距离进口5m、55m、205m、405m、655m、955m、1305m、1655m、1955m、2255m、2405m、2555m、2605m处。