

TOEHOLD  
同禾



# 隧道 自动化监测 解决方案



关注同禾





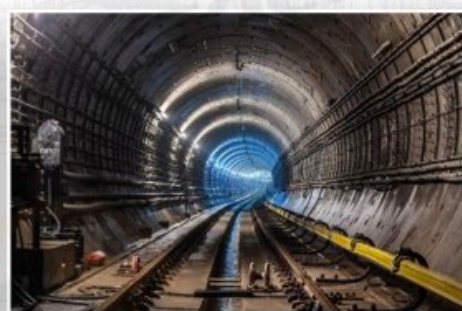
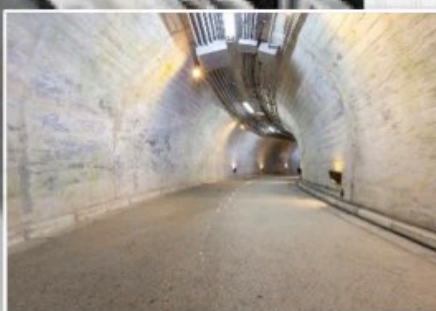
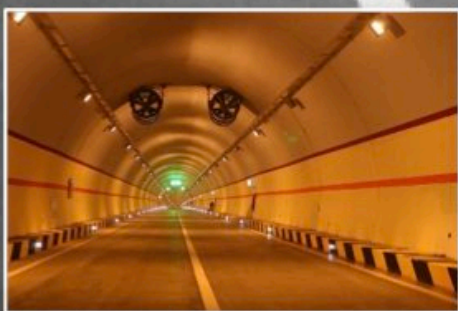
TOEHOLD

# 隧道

随着经济建设的快速发展，我国交通基础设施的建设也进入了迅猛发展期。隧道能够提升交通运输能力、改善运营条件，已经成为交通基础设施的重要组成部分。

隧道往往修筑在地形复杂的关键区域，是交通贯穿的重要节点，更是安全风险的防御难点。在长期的服役过程中经受外界各种环境因素的影响，会出现拱顶开裂、渗漏水、衬砌损坏、隧道内空气污染等病害现象。

隧道工程建造费用高、服役期长、结构安全影响因素多且不可拆除重建，因此对隧道的健康状况进行实时监测与评估极为重要。



# 隧道

## 主要分类



隧道按施工方式主要分为3种形式：**矿山法隧道、盾构/顶管法隧道、明挖法隧道。**



矿山法隧道

### 矿山法

用钻眼爆破法开挖断面，修筑隧道，将整个断面分部开挖至设计轮廓并随之修筑衬砌。

矿山法隧道一般围岩性质好，隧道下卧层岩质强度大，当周围土体不存在软弱土层时，基本不发生结构整体沉降现象。在荷载作用下隧道结构一般出现拱顶下沉变形。



盾构隧道

### 盾构法/顶管法

属于非开挖隧道，一般使用盾构机械切削土体，再拼装预制混凝土管片。



明挖法隧道

### 明挖法

先将地面挖开，在露天情况下修筑衬砌，然后再覆盖回填土。

盾构/顶管法和明挖法隧道的围岩强度较低，相比之下，隧道结构的整体性好，在荷载作用下通常发生结构整体的沉降。



# 隧道

## 主要病害分析



当隧道开挖后，岩体原有的三向应力平衡被破坏，隧道围岩应力重分布，当应力超过围岩强度后，隧道周边围岩将首先发生变形或破坏，并逐渐扩展，进而影响隧道结构的应力状态发生改变，并产生不同程度的结构变形。

隧道穿越不良地质体时，围岩自身稳定性较差，易发生失稳破坏。表现形式多为围岩变形增大、应力重分布，进而引起隧道衬砌的变形和应力变化，降低衬砌结构及隧道整体的稳定性。

隧道周边存在施工扰动时，施工造成周围土层或土体的变形和应力场的改变，外加施工机械的挤压、振动，都会导致既有隧道结构的受力失衡，使隧道结构发生局部的水平位移、沉降、拉伸、压缩、剪切、弯曲、扭转等诸多形变，重则造成道床的沉降，隧道坍塌。

结构一旦发生渗漏水、冰冻等现象会导致隧道衬砌冻胀开裂、疏松剥落，从而引起隧道衬砌结构的失稳破坏，降低隧道结构的安全可靠性，严重影响隧道的安全和正常运行。

因此隧道结构的变形和应力是必要测项，变形监测又可分为**结构沉降、收敛、裂缝**，考虑到隧道运行中的车辆荷载，还应对**振动**进行监测。





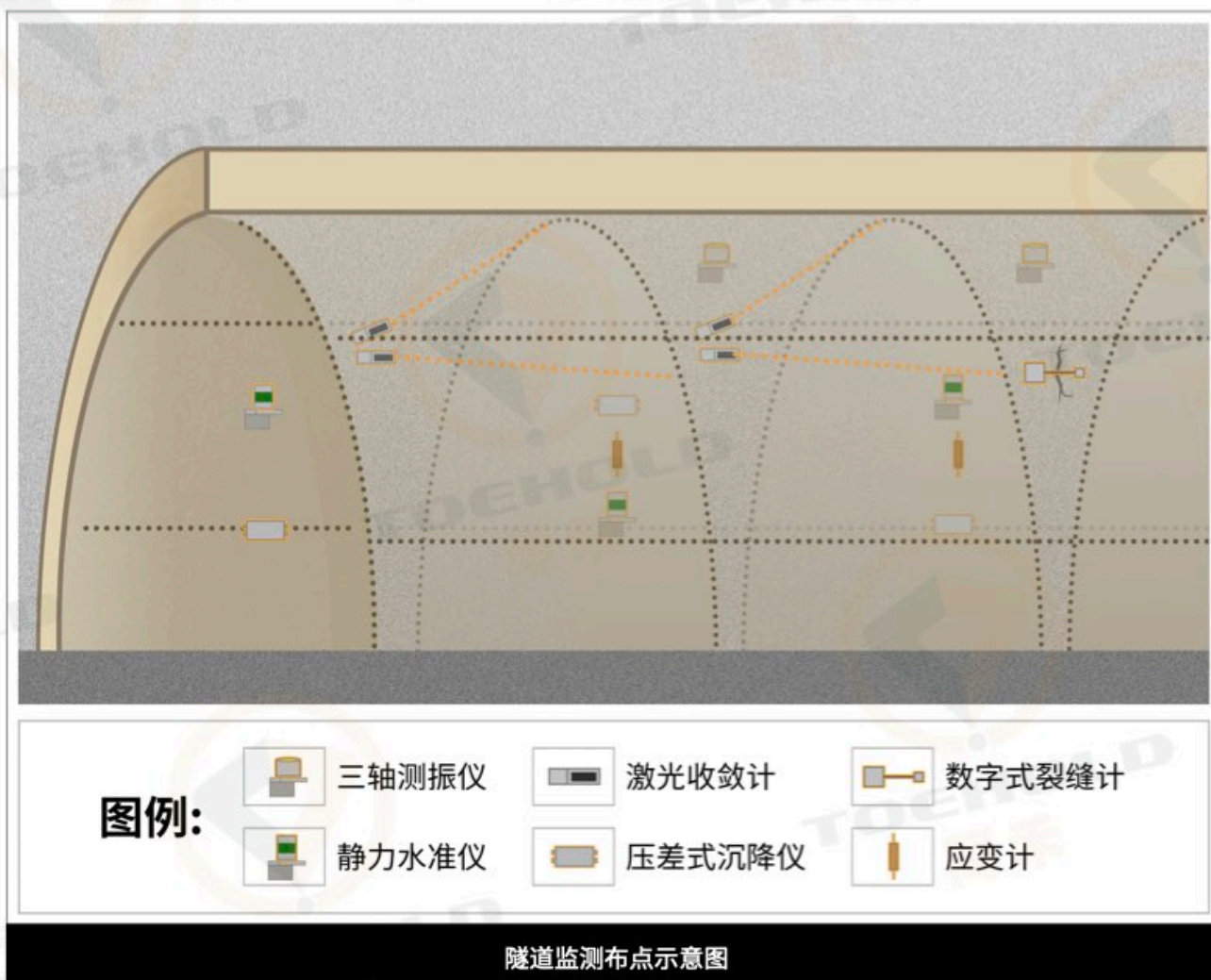
## 测项与监测方案

隧道结构沉降采用压差式沉降仪（或静力水准仪）进行监测，具体安装要求如下：

- （1）测点间距宜为20-50m，在工法变化的部位、车站与区间结合部位、车站与风道结合部位以及马头门处等部位均应设置测点。
- （2）压差式沉降仪/非接触式静力水准仪安装在隧道边墙或轨道板一侧，每条测线的起始段都需要布设一个基准点。

隧道的收敛采用激光收敛计进行监测，具体安装要求如下：

- （1）测点间距宜为20-50m，在工法变化的部位、车站与区间结合部位、车站与风道结合部位以及马头门处等部位均应设置测点。
- （2）压差式沉降仪/非接触式静力水准仪安装在隧道边墙或轨道板一侧，每条测线的起始段都需要布设一个基准点。



## 测项与监测方案

隧道结构的沉降和收敛还可以通过机器视觉智能测量仪进行监测，具体安装要求如下：

- (1) 在隧道各个需要监测的断面上均匀布设红外靶标测线，一般至少五个测点，在拱顶、拱腰及拱脚处对称布设。
- (2) 在相对监测区域稳定处安装机器视觉智能测量仪，机器视觉智能测量仪安装位置应保证能够观测到所有红外靶标。
- (3) 当一台机器视觉智能测量仪无法观测到所有红外靶标时，应增设机器视觉智能测量仪。





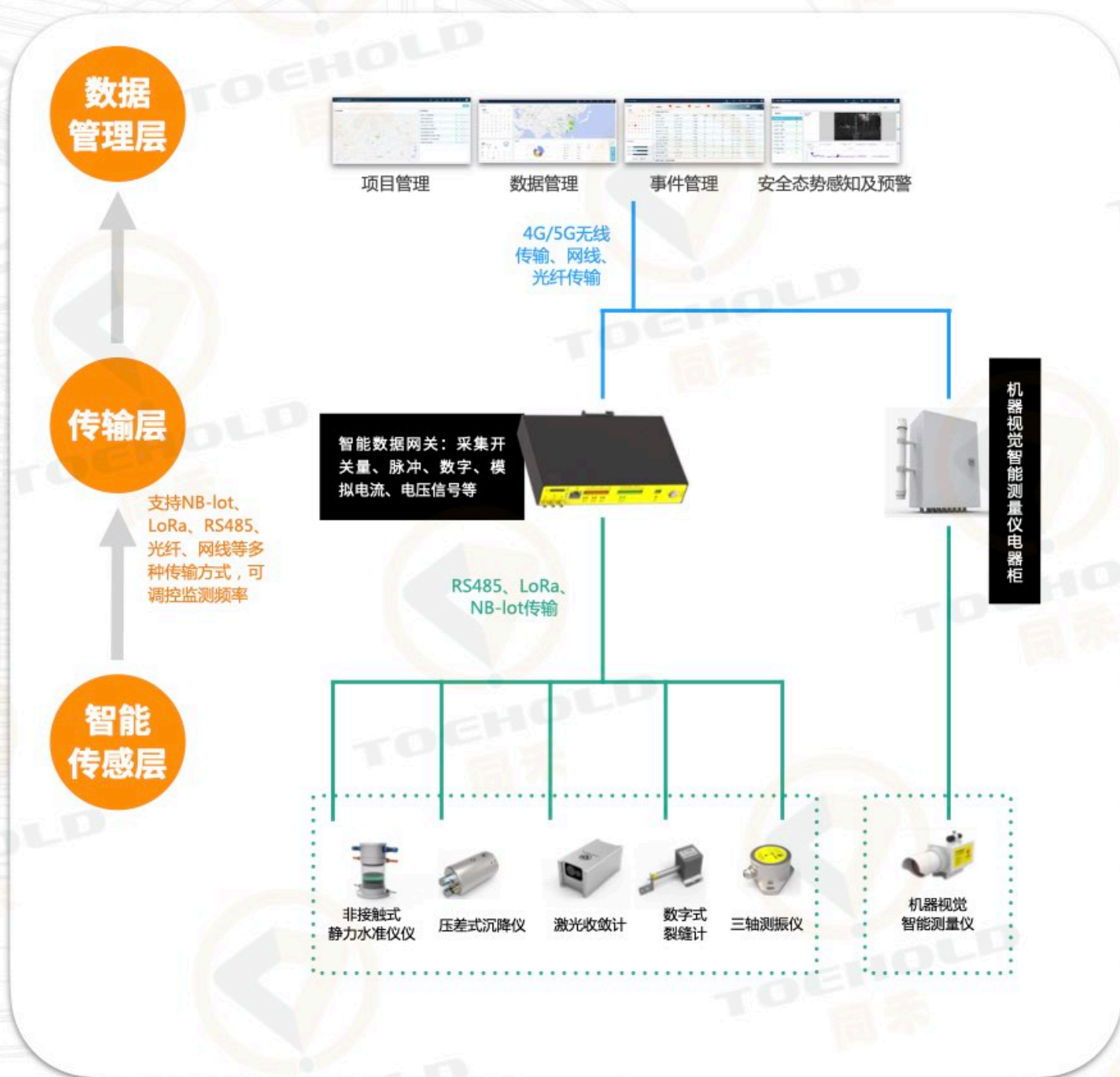
## 测项与监测方案

隧道监测的主要设备为压差式沉降仪、激光收敛计、数字式裂缝计、弦式应变计及三轴测振仪等。

### 隧道主要测项

分类	测项	设备	布设位置
变形监测	收敛	激光收敛计/ 机器视觉智能测量仪	隧道边墙
	沉降	压差式沉降仪/ 非接触式静力水准仪/ 机器视觉智能测量仪	隧道边墙、轨道板
	裂缝	裂缝计	出现裂缝处
周边环境	振动	三轴测振仪	振动影响区

## 同感云结构物安全监测系统架构



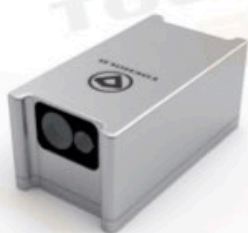


# 隧道

## 监测常用传感器



### 收敛监测



激光收敛计

参数	值
型号	TH-L40
物理量	位移
量程	0.2m~40m
分辨率	0.1mm
精度	±1mm
供电方式	DC 24~48V
测点功耗	1W
通讯接口	RS485数字信号
防护等级	IP65
工作温度	-10°C~+55°C
尺寸大小	120mm×40mm×50mm

### 沉降监测



压差式沉降仪

参数	值
型号	TH-STC2000
物理量	垂直位移
量程	2000mm
分辨率	0.1mm
精度	±1mm
供电方式	DC 10~48V
测点功耗	0.5W
通讯接口	RS485数字接口
防护等级	IP68 (可短时泡水)
工作温度	-20°C~+65°C
尺寸大小	Φ60mm×100mm



非接触式静力水准仪

参数	值
型号	TH-HSL-U100
物理量	垂直位移
量程	100mm
分辨率	0.01mm
精度	±0.1mm
供电方式	DC 24~48V
测点功耗	1.2W
通讯接口	RS485数字信号
防护等级	IP65
工作温度	-20°C~+65°C
尺寸大小	Φ116mm×195mm

# 隧道

## 监测常用传感器



### 裂缝监测



数字式裂缝计

参数	值
型号	TH-DCM-100
物理量	位移
量程	100mm
精度	±0.2mm
供电方式	DC 10~48V
测点功耗	0.5W
通讯接口	RS485数字接口
防护等级	IP67
工作温度	-20°C~+65°C
尺寸大小	200mm×115mm×70mm

### 振动监测



三轴测振仪

参数	值
型号	TH-VBR
物理量	XYZ三向加速度
量程	±2g
分辨率	0.1mg
精度	±1mg (采样频率4Hz)
频率响应范围	0~200Hz
供电方式	DC 10~48V
测点功耗	0.5W
通讯接口	RS485数字接口
防护等级	IP68 (可短时泡水)
工作温度	-20°C~+65°C
尺寸大小	Φ68mm×42mm



# 隧道

## 监测常用传感器



### 收敛/沉降 监测



机器视觉测量仪

参数	值
型号	TH-ISM-ST型（静态）
靶标数	无限制
采样率	<1Hz
分辨率	1/100000 FOV（视场范围）
测量距离	0~400米（可定制）
测量方向	竖向与横向
精度	±1/50000 FOV（短边） 如短边视场大小10米，位移精度±0.2mm 如短边视场大小100米，位移精度±2mm (通过镜头的选择，可以灵活调整视场大小， 以适配靶标点数与精度要求)
标定方式	AI算法自动修正转角及距离影响，无需测距与调平
通讯接口	Ethernet（支持POE供电）
供电方式	DC 12V/AC24V
系统功率	7W
工作温度	-40°C~+80°C
防护等级	IP65
外观尺寸	376mm×136mm×115mm

# 同禾



## 隧道监测常用数据采集传输仪器



智能数据网关

参数	值
型号	TH-RTU-C
下行接口	磁隔离RS485*3
	LoRa射频接口*1
	数字输入*1
	12V数字输出*2
上行接口	4G/5G全网通（7模18频）
	Ethernet（RJ45）
通信协议	同感云™平台协议、各地MQTT协议
	TCP、HTTP等网络传输协议
功能特色	支持同时向多个数据中心发送数据功能
	具备断点续传功能
	具备阈值触发短信报警、触发预警喇叭报警功能
	采样率、上传周期可配置
供电方式	可本地查询传感器数据
	DC 9~36V
测点功耗	3W
防水等级	IP67（配合电气柜使用）
工作温度	-20℃~+65℃
尺寸大小	170mm×126mm×30mm



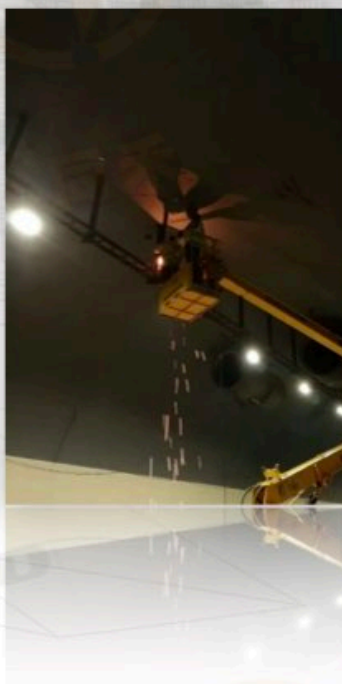
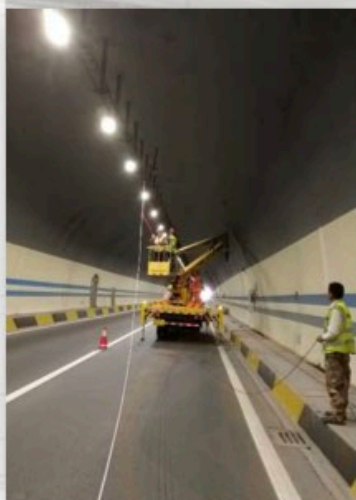
# 同禾



## 隧道监测典型案例

### A隧道 在线监测项目

该隧道某段顶部因修建高铁需要对土体进行卸载，为及时了解隧道在卸荷过程中的变形情况，确保施工过程中隧道的安全性，需要对隧道结构进行实时监测。



# 同禾

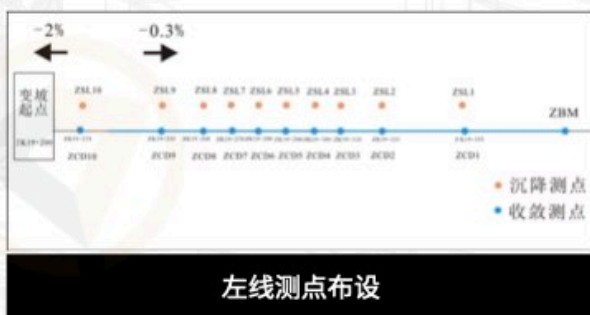


## 隧道监测典型案例



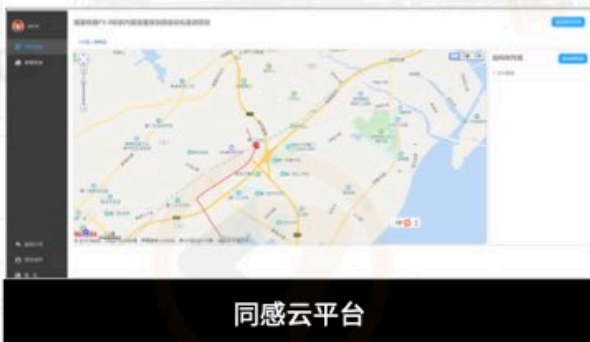
### 现场 布设

对该隧道受影响区段的结构进行自动化安全监测，采用非接触式静力水准仪进行结构沉降监测，采用激光收敛计进行收敛监测。左右线隧道分别布设沉降、收敛测线各一条，静力水准仪安装在隧道拱顶，激光收敛计安装在隧道腰部，两种测点安装在同一断面，监测区域长度约200米，共36个测点。



### 监测 效果

从数据曲线图可知：卸载位置移动变化明显，隆起约10mm。





# 同禾



## 隧道监测典型案例

### B隧道 在线监测项目

该隧道是黄浦江底最长最深的超大直径盾构隧道，于2015年12月30日贯通。隧道全长5.26公里，最大埋深达59m，下穿高危易爆石化管线，结构要求极高。为确保越江隧道的运营安全，需要对隧道的沉降进行实时监测。



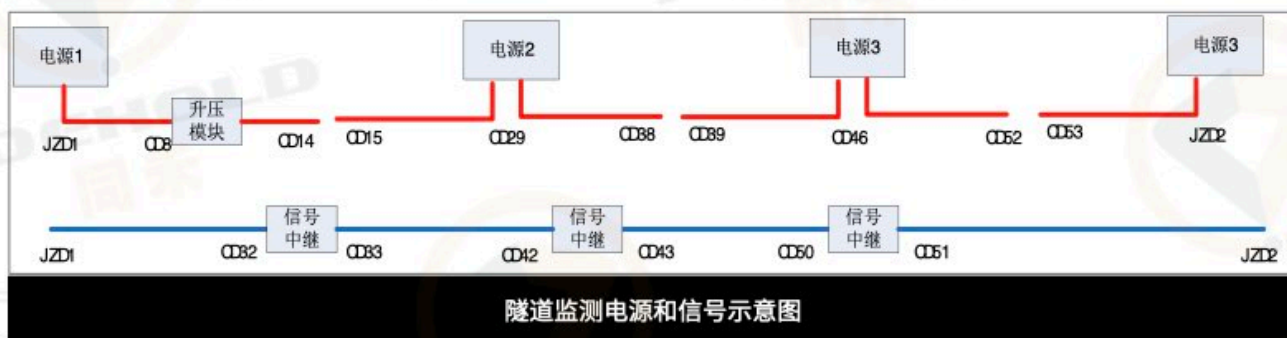
## 隧道监测典型案例



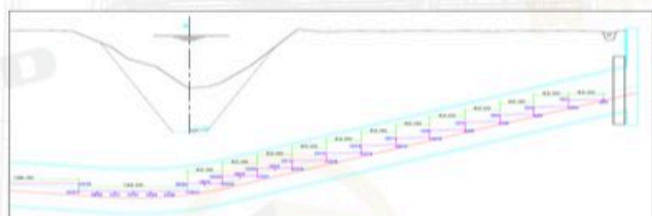
### 现场 布设

对该隧道中央逃生通道的沉降进行自动化安全监测。采用非接触式静力水准仪进行沉降监测，分为黄浦江南、北侧两条测线，共2个基准点，60个测点。

整条隧道存在一定坡度，标高变化幅度较大，当超出等高测线上所布设测点的测量范围时，需要在测线上增设转点。在跨越黄浦江区段时，对测点布设间距进行加密，约30m布设一个测点。考虑到监测范围长达3km，存在供电电压压降及信号衰减问题，对监测系统加设3个中继盒，4个电源盒，1个升压模块盒。



仪器安装分为两段，第一段为黄浦江以南部分，共设1个基准点（JZD1）、34个测点（CD1~CD34），第二段为黄浦江以北部分，共设1个基准点（JZD2）、26个测点（CD35~CD60）。



黄浦江南侧隧道沉降监测点布置



黄浦江北侧隧道沉降监测点布置



## 隧道监测典型案例



监测  
效果

通过叠合同感云数据管理平台得到的数据曲线及上海水务局公布的沙港水位可以看出：黄浦江水位的潮汐变化对越江隧道的沉降产生了周期性的影响，且沉降曲线与水位曲线的变化规律基本一致。



# 同禾

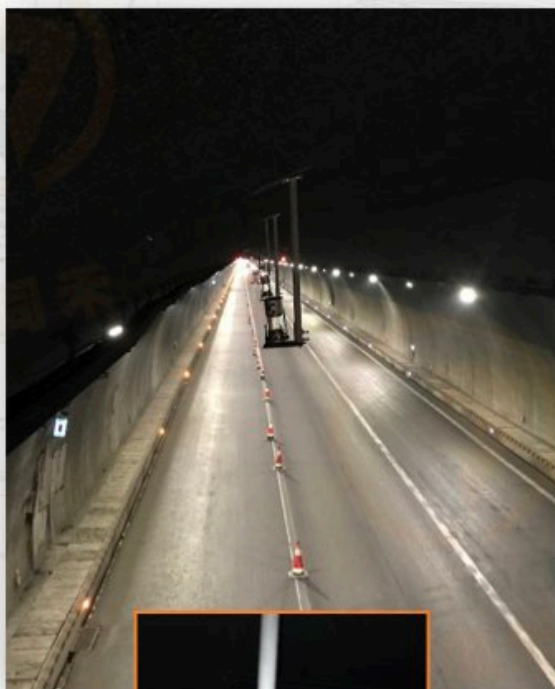


## 隧道监测典型案例

### C隧道 在线监测项目

河北省某隧道一区段曾发生过坍塌，为监测该区域的稳定性，对隧道拱顶及两边各延伸10m进行沉降监测，为隧道行车安全提供保障。

采用静力水准仪进行拱顶沉降监测，采用激光收敛计进行收敛监测。





# 同禾

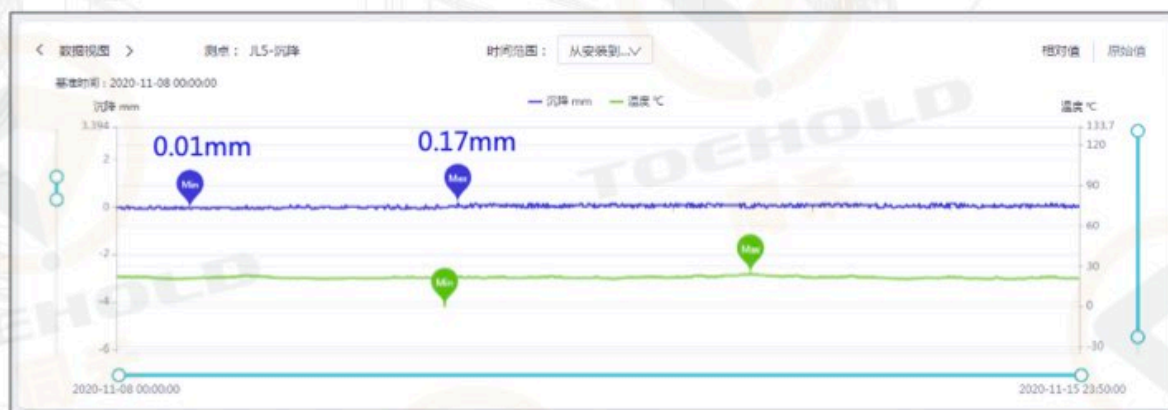
## 隧道监测典型案例



TOEHOLD



监测  
效果



## 隧道监测典型案例

### D隧道 在线监测项目

地铁隧道周边市政道路施工，会对地铁隧道结构产生卸荷、加载、激振等作用，致使隧道结构发生沉降或隆起位移，因此采用非接触式静力水准仪对相关区域进行自动化实时监测。

目前地铁沉降监测普遍使用接触式（浮子式）沉降仪，当列车经过监测区域时所产生的振动及气流扰动会带动浮子振动，造成较大的误差，且难以稳定。

同禾的非接触式超声波静力水准仪，通过超声波在液面中心处的反射测得仪器内部液面的位置，振动及气流扰动对其影响很小。

该项目在运行时段内，振动及气流扰动对其精度的影响约0.3mm。





## 同感云结构物健康监测解决方案



同禾先后研发了三十余项拥有自主知识产权的智能化施工、监测、检测设备及相关物联网管理平台。形成了一套以“同感云”为品牌，包括智能传感、数据传输设备以及SaaS软件平台在内的结构物健康监测完整解决方案。

同感云结构物健康监测解决方案是以前端传感器数据采集、数据网络传输、云端算法处理及物联网应用技术为核心，通过对结构物的安全状态进行全天候自动化监测，实时感知可能存在的结构风险，及时预警。应用于交通、市政、地质灾害、矿山、铁路、水利、风电、古建筑保护、轨道交通等领域，为结构物全生命周期的安全管控及养护管理提供决策依据。

## 智能监测硬件

### 稳定 普适 高精度

同禾自主研发生产出：非接触式静力水准仪、压差式沉降仪、固定式测斜仪、激光收敛计、无线拉绳式裂缝计、三轴测振仪、机器视觉智能测量仪及通用数据采集控制器等一系列智能监测硬件。



# 同感云结构物健康监测解决方案

## 数据管理平台

高可用性、高延展性、可按需定制、多终端服务、  
海量数据存储、数据与视频界面相结合

同感云数据管理平台采用B/S架构，可对数据进行智能化管理，包含数据存储与分析、自动形成报表、结构物状态评析与报警、现场设备管理等多项功能。为用户提供真实的数据呈现，并构建结构物安全模型，对结构物进行智能诊断和结构健康分析。



### 平台布设灵活

可私有化布设，也可以在平台布设



### 信息推送及报警机制

可按需求制定实时控制策略，通知告警分级下达



### 可定制专属界面

独有的地址，独立的空间



### 数据报表与分析

自动生成数据报表，并可自定义多种分析形式



### 数据与视频界面相结合

界面友好，操作便捷，所见即所得

同感云平台软件包含PC（web浏览器）端和移动端（ios+andriod），可在各大应用市场及App Store 直接搜索“同感云”下载使用。





# 同禾

## 提供一站式整体服务



### 全生命周期服务



01  
方案设计



03  
项目实施



02  
系统集成



04  
数据运维

- 专业土木团队，针对项目特点定制方案，保证方案设计科学性和性价比。
- 自主研发50余项高性能传感器、数据采集与传输系统、数据管理平台，可按需搭建。
- 企业标准十余项，施工管理方法十余项，专业的施工团队保证施工质量。
- 7\*24小时不间断运维，数百个项目和上亿条数据量的运维经验。



**TOEHOLD**  
**同禾**

**为工程质量与安全而存在**

**上海同禾工程科技股份有限公司**

地址：上海市虹口区中山北二路1515号E段十一层（同济虹口绿色科技产业园）

电话：021-65108390 021-65018806 邮箱：info@toehold.cn 网址：www.toehold.cn

**浙江同禾传感技术有限公司**

地址：浙江省嘉兴市南湖区亚太路  
522号31幢2号

**杭州同禾数控液压有限公司**

地址：浙江省杭州市萧山区山末址村  
1098号21幢

**同禾科技成都研发中心**

地址：四川省成都市高新区天府大道北段  
1700号环球中心1-3-1002