
一、项目工程概况

西安长大公路工程检测中心有限公司经陕西关环麟法高速公路有限公司统一招标，承担麟游至法门寺高速公路野河山隧道、石臼山隧道第三方监控量测，本项目采用隧道自动化监测。

二、项目实施的背景和动因

在信息网络发展如此迅速的今天，将信息传递与智能应用合理有效地结合在一起，形成了能够实时掌握高速公路隧道变形情况的自动化监测系统。一方面，传统的高速公路隧道人工监测已经无法满足建设期内的监测要求，对于变形数据无法及时获取并传递到相关各方；另一方面，自动化监测能够实时提供隧道内的各类监测数据信息、甚至是图像、影像信息，当出现异常时，能做到自动报警，这对于及时掌握安全隐患、控制变形等具有非常重要的保障作用。因此，自动化监测也就成为高速公路隧道监测的最佳选择。

三、隧道自动化监测工艺及方法

3.1 监测工艺

(1) 系统设备布置方案以通讯基站三公里范围内为一个监测单元结合自组网无线网桥技术，设置分布式无线数据采集器，安放于测试现场各测点附近，使得传感器输出的微弱信号传输距离最短，减少干扰及信号传输线路。

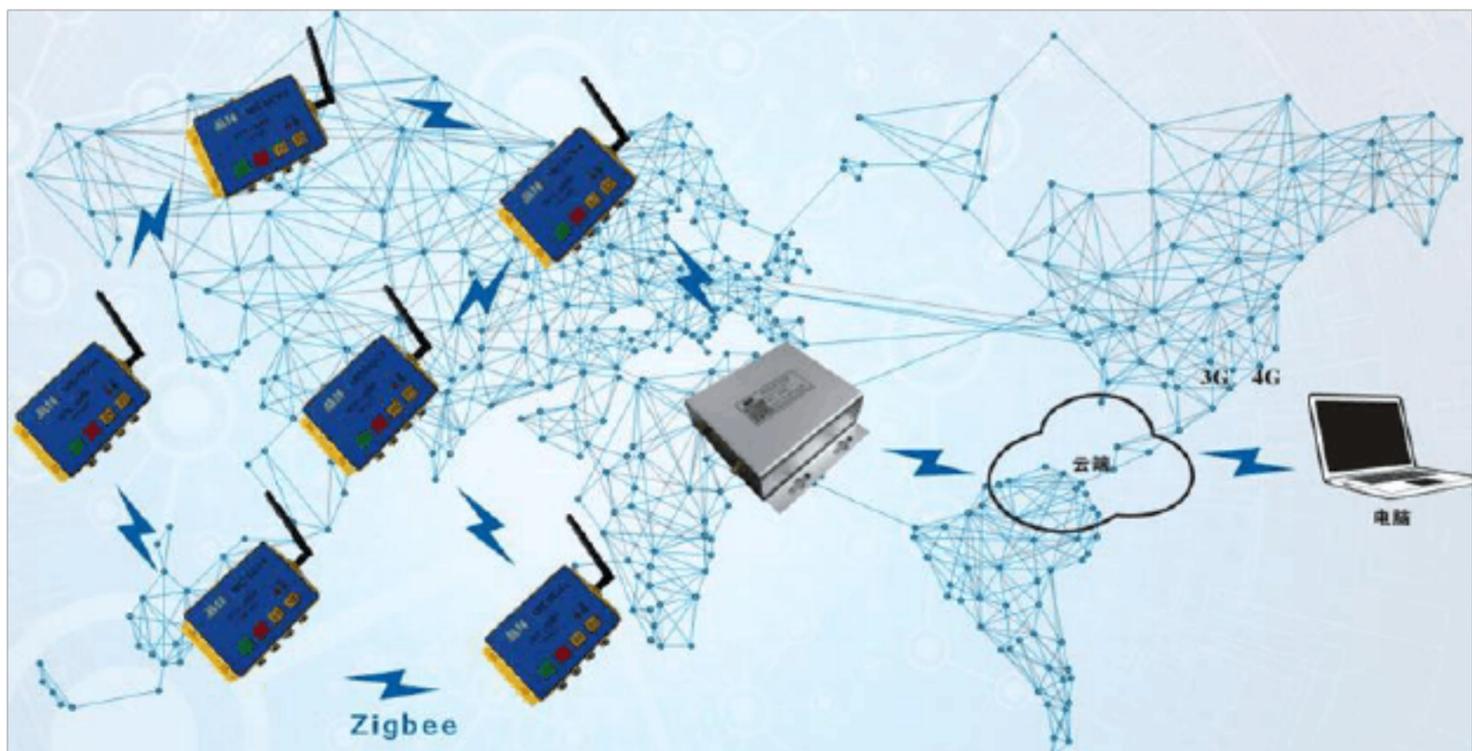
(2) 网络控制器通过网线接到相近基站，保证与现场网络通讯传输距离最短，便于安装，节约成本。同时保证

数据稳定的通过基站形成的局域网传输数据。

(3) 信号通过总基站传上服务器，并且存在数据库中。

(4) 服务器管理软件会对数据进行自动初步分析，如果超限，会发送短信通知相关人员。

(5) 管理部门可通过远程方式在办公室查看数据。



自动化监测信息组网图

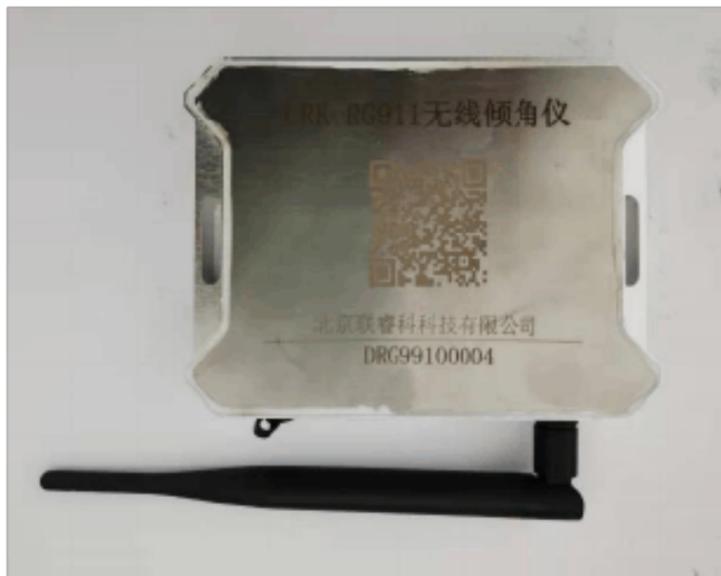
3.2 监测方法

3.2.1 沉降监测

拱顶沉降监测采用无线倾角仪，无线倾角仪是一种集角度换算沉降测量、数据采集、电源供电、数据通讯与一体的倾斜测量智能传感器，设备采用物联网单点通讯、自主休眠技术，结合自动报警紧急传输方式，保证数据的稳定性，可应用于隧道沉降自动化监测。

工作原理：设备读取显示出来的是倾斜率，计算沉降是变化值*倾角仪间距/1000就是沉降值，所以就是通过倾斜率以及相邻两个设备的距离测得相对位移。

本方案采用无线倾角仪，测倾斜率换算沉降技术进行变形沉降测量，在保证测量精度的同时还兼顾安装使用的便捷性，相较于人工监测，在隧道拱顶上设置监测点，按照等级水准的要求进行测量，能够更加及时、准确、精密、快速地提供监测数据，是人工监测所无法比拟的，在实际工作中也是应用最广泛的方式。



现场工作示意图



安装示意图

3.2.2 收敛监测

周边收敛监测根据根据测距仪信号发射与接收的时间计算距离，当距离发生变化后，根据时间差计算距离变化量。

激光测距传感器及反光片安装于隧道待测收敛测线两端。左边墙反射片贴于不锈钢板上，做永久监测点，要求定位准确。右边墙安装激光测距传感器，对准反射片。

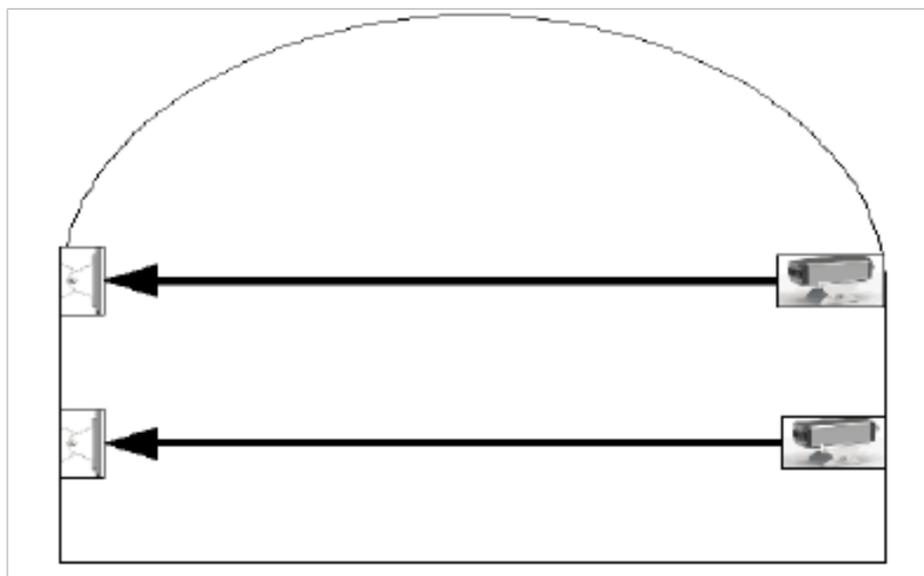


安装示意图



现场工作图

施工条件允许的情况下，进行嵌入式安装。传感器及反射片做好保护，制作不锈钢保护罩，外保护罩迎向施工方向部分特别加固。



激光测距仪断面布置

相对于人工的全断面监测及腰线收敛测量，采用自动化的方法更能及时、有效地反应隧道的变形情况，且易于实现，精度较高，能实时反馈隧道受保护区内工程施工的影响程度，并加以量化，便于对隧道安全状态进行分析判断。

四、隧道自动化监测实施成果分析

4.1 自动化监测成果的理论基础

(1) 数据采集及时、准确

自动化监测的数据获取通过网络实时采集，一方面可以有全时段的数据的进行分析以及及时准确地预测后续变形趋势，减少事故隐患；另一方面简化了工作程序内容，使工作得以更高效的完成。

(2) 高效的信息传输

通过运用 4G 等无线网络，提高数据信息和命令传达的速度和效率，打破了服务器之间的制约条件，提高了通信传输速度，还实现了实时获取各项监测数据的目的。

(3) 能够适应长时间监测，实用性强

为了确保高速公路隧道的监测能够持续有效，需要自动化监测系统具有长时间工作的性能，也就是说，系统在安装调试完成后，在整个工期过程中，应能提供有效、稳定的监测数据，还要具备安装方便、操作简单、维护便利等特性，利于其在监测项目中的推广应用。

(4) 技术领先，安全可靠

对于高速公路这种民生项目，不仅要运用先进的自动化监测技术，还要引进最为符合高速公路发展的先进技术配套设施，比如，技术手段和相关仪器设备。除此之外，安全可靠是保障高速公路能够长期、可持续使用的基本要求，这就需要依靠自动化监测的精准数据来提供安全保障，使监测技术人员随时掌控隧道情况，提高隧道安全

性。

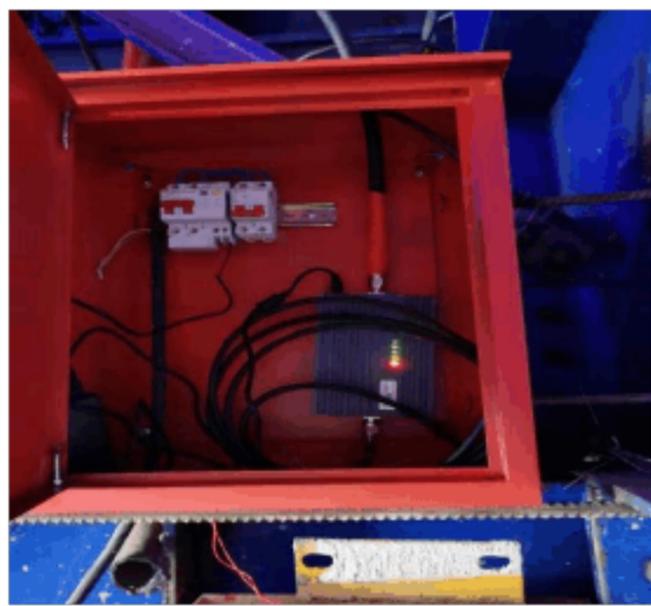
4.2 自动化监测解决的问题

(1) 现场网络问题

前期自动化设备通过 4G 信号将数据传输至服务器从而上传至平台，所以要求隧道内有 4G 网络，实际上隧道进深到一定程度，洞内就会断网，因此基于现场情况，在隧道安装了信号放大器，将洞外网络引进洞内，在洞外安装信号接收器格栅天线，洞内二衬台车上安装信号发射器，从而将信号传输至掌子面，故设备采集到数据就可以上传平台。



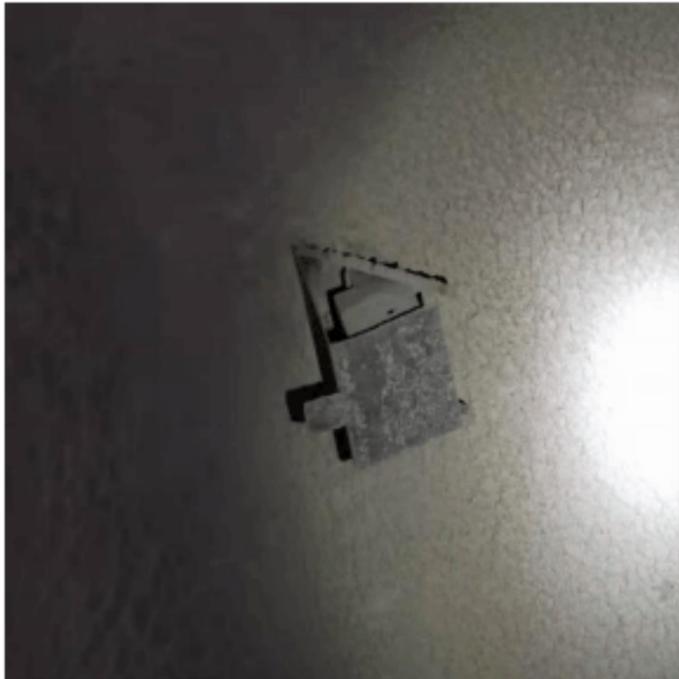
洞外天线



网络基站正常工作

(2) 现场爆破对设备的影响问题

前期隧道拱顶采用二位激光传感器，由于此设备必须全部外露，所以掌子面及下导爆破会对设备严重破坏。比如安装的第一台设备由于固定不牢靠，爆破导致设备掉落遗失。



爆破后倾斜的设备



爆破冲击后的保护壳

目前隧道拱顶采用倾角仪，通过倾斜率以及相邻两个设备的距离测得相对位移；拱腰采用激光测距仪测距，通过连接数字采集器传输及上传数据。解决了设备外露现场爆破对其的影响。

（3）现场安装问题

前期安装设备用膨胀螺丝固定，所以固定性不好，设备晃动导致数据不稳定。

自动化设备须在立拱架时安装，架立拱架时有锚杆台车，前期需要焊工协助，待喷浆完成去除拱腰设备封口

（拱顶设备不用去除封口）即可正常工作，去除封口时以及设备出现问题时需要现场铲车协助，以解决安装问题。



拱顶设备焊接



拱腰设备焊接

(4) 现场施工机械、台车、环境对测点遮挡问题

目前拱顶、拱腰所安装设备数据均已传输上平台，拱顶数据正常，拱腰数据由于两处设备距离掌子面较近，所以放炮，出渣，锚杆台车等会大概率遮挡测点，另一方面洞内灰尘较大，堵塞激光头，导致无法传输数据，从而导致平台数据不稳定，所以增加了数据筛选功能，滤去无效数据。

(5) 平台建立问题

前期设备和平台端口不匹配，调整平台，调试设备使其相匹配，打到设备采集到的数据可以在平台，尽量避免端口不匹配带来的数据波动。

4.3 隧道自动化监测需施工现场配合要点

4.3.1 喷射混凝土覆盖

现场设备安装后，会被混凝土扫面工作严重影响工作，会导致设备镜头被混凝土覆盖、破碎，所以需要项目部和现场沟通，避免设备镜头被混凝土覆盖、破碎。



拱顶设备被损坏

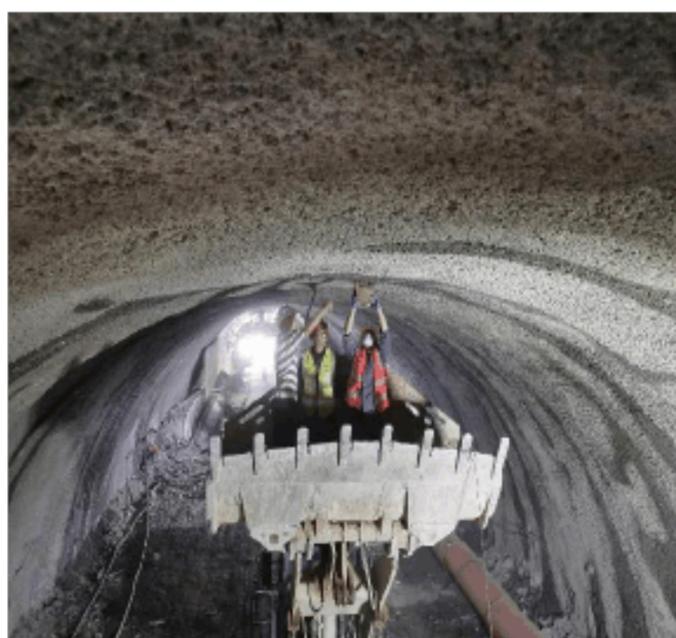


收敛设备被损坏

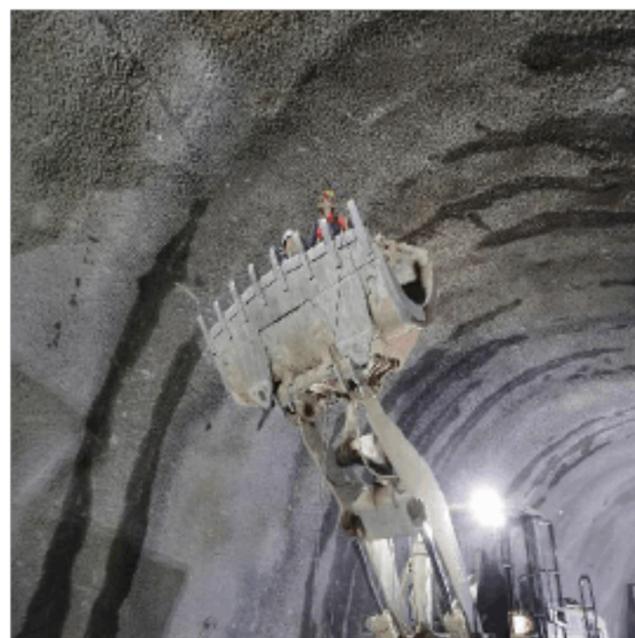
4.3.2 自动化设备预埋及安装

第三方监控量测队伍先现场安装设备时，由于现场安装高度等问题，需要施工单位现场机械协助。

自动化监控设备循环使用，防水板铺设时需通知第三方监控量测队伍拆除当前位置设备，向预埋件所在里程处安装，此时由于高度问题需要现场机械协助拆除及安装。



拱顶设备拆卸



拱腰设备拆卸

4.3.3 自动化设备保护

第三方监控量测队伍需定期对自动化设备进行巡查，

免设备不正常工作的情况发生。

第三方监控量测队伍在平台发现数据异常，需要现场有人对接及时对设备进行查看，发现问题所在，以便及时解决，尽快让设备正常工作。

解决了隧道爆破对自动化监测的影响

隧道掌子面及台阶法开挖下导爆破对隧道自动化设备影响偏大，数据异常波动。

自动化设备安装在初支上，由于设备在隧道断面内完全裸露，距离隧道掌子面近的设备或者处于爆破下导坑位置的设备会被爆破碎石、冲击波、气流等冲击的掉落或者变形偏位，从而导致数据异常。

由于以上因素，更换了必须裸露在外的监测设备，取而代之的是可以嵌进混凝土的监测设备，这样爆破的冲击力就不会直接作用于自动化设备，直接通过震动导致数据异常，由于设备有筛选异常数据的功能，所及设备会及时对震动时采集的数据进行筛选，故而打到数据稳定有效。

4.4.2 弥补人工监测的不足

实现全天候、 小时无人值守，连续监测施工中隧道变形，真正指导当前及下一步的施工。

4.4.3 全时段的监测频率来实时分析隧道安全问题

自动化监测通过传感器、网络和数据可对高速公路隧道情况进行实时监测，不仅节约了工作人员的工作时间，

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/338063117112006133>