

## 地铁周边建筑物自动化监测标准化方案



编制单位：江西飞尚科技有限公司

编制日期：二〇一七年二月

# 目 录

1.工程概况.....	1
1.1 地铁车站概况.....	1
1.2 建筑物概况.....	1
2. 监测必要性及意义.....	3
2.1 监测必要性.....	3
2.2 监测意义.....	3
3.监测依据.....	4
4.监测内容.....	5
5. 系统设计.....	6
5.1 系统设计原则.....	6
5.2 系统组成.....	6
5.2.1 传感器子系统.....	7
5.2.2 数据采集子系统.....	7
5.2.3 数据传输子系统.....	7
5.2.4 数据库子系统.....	8
5.2.5 数据处理与控制子系统.....	8
5.2.6 安全评价与预警子系统.....	8
6. 监测布点及设备.....	9
6.1 传感器选择原则.....	9
6.2 监测项目及设备参数.....	9
6.2.1 建筑沉降监测.....	10
6.2.2 建筑物裂缝监测.....	11
6.2.3 风险源建筑倾斜在线监测.....	12
6.2.4 建筑物爆破振动速度监测.....	14
7.系统数据的采集、传输、处理.....	20
7.1 在线健康监测系统无线数据传输方式.....	20
7.1.1 无线数传模块.....	20
7.1.2 无线远程数传采集系统具备的特点.....	20
7.2 数据处理.....	21
7.3 数据优化.....	22
8. 监测预警、报警机制.....	24
8.1 监测数据预警.....	24
8.2 监测数据报警.....	24
8.3 监测控制值.....	25
9.系统供电和防雷.....	26
9.1 系统供电.....	26
9.2 系统防雷.....	26
10. 监测数据整理、分析与反馈.....	27
10.1 在线监测软件简介.....	27
10.2 监测信息反馈.....	31
11. 监测应急措施.....	33
12. 监测点位平面布置图.....	34

# 1.工程概况

## 1.1 地铁车站概况

台东路站为地铁 1 号线和 2 号线的十字换乘车站，1 号线台东路站沿人和路南北走向布置，车站长 165 米，宽 29 米。2 号线台东路站沿台东一路东西走向布置，车站长 171 米，宽 42 米。该站采用明挖矿山法施工。

## 1.2 建筑物概况

台东一路 32 号工程位于青岛市台东一路，共五层，为砖混结构，建筑面积约为 1315m<sup>2</sup>。台东一路 32 号外立面如图 1-1。台东一路 32 号已经建成数十年。

台东一路 32 号为五层砖混结构，该住宅楼承重墙体主要为烧结砖墙，楼板为预制板，屋面为平屋顶。台东一路 32 号建筑平面图如图 1-2 所示。该段地铁地下施工工法为钻爆法。地铁与该建筑物的结构关系为侧穿，其与地铁设计结构线的水平最短距离约为 6.1m，垂直最短距离约为 4.53m，沿线为密集民宅、商铺，多层建筑，上覆台东一路，交通繁忙。地面标高 16.54~18.30m，地形起伏较大。第四系填土层厚度 0.4~2.80m，下部局部为粉质黏土、下伏基岩为中生代燕山晚期侵入岩，强风化花岗岩，富水性较丰富，工程地质条件较为复杂，花岗岩岩性变化大。



图 1-1 台东一路 32 号住宅楼外立面照片

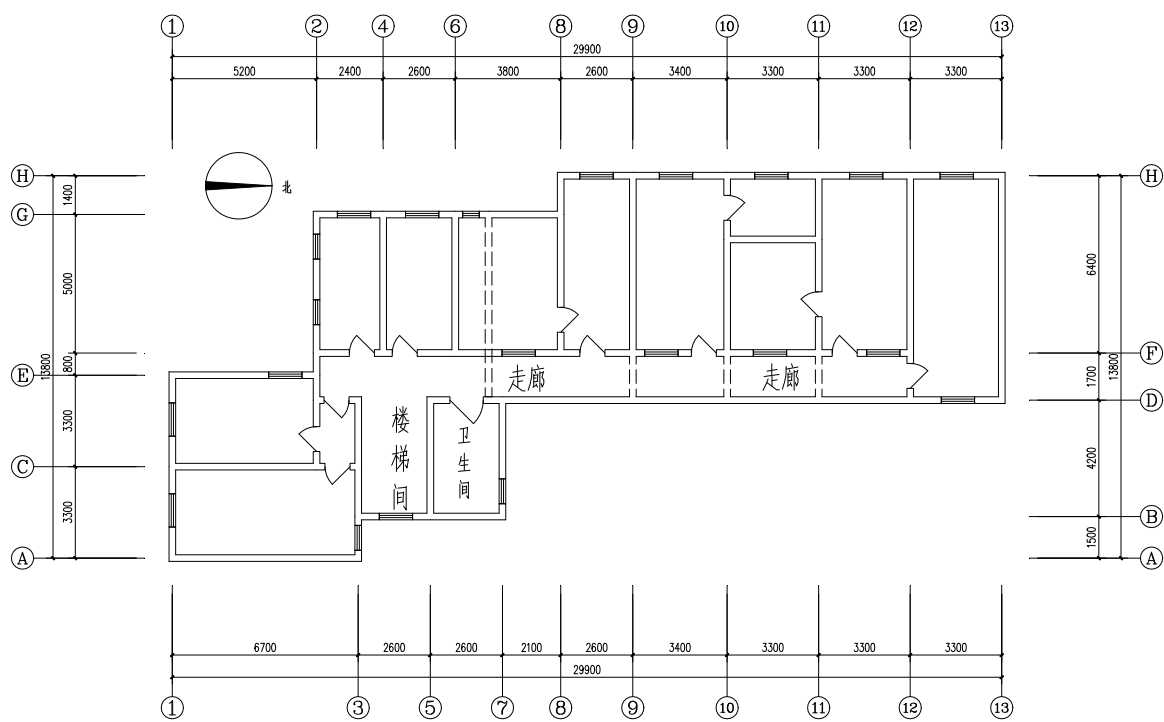


图 1-2 台东一路 32 号住宅楼标准层平面布置示意图

## 2.监测必要性及意义

### 2.1 监测必要性

《城市轨道交通工程监测技术规范》（GB 50911-2013）3.1.8 指出：“对穿越既有轨道交通、重要建（构）筑物等安全风险较大的周边环境，宜采用远程自动化实时监测。”

《建筑与桥梁结构监测技术规范》（GB 50982-2014）8.2.4 指出：“应对所穿越的重要结构进行穿越施工期间的实时监测”

《地铁工程监控量测技术规范》（DB11/490-2007）3.3.2 指出：“对于穿越重要建（构）筑物的地铁工程，除应对地铁本身进行施工监测外，还应对所穿越工程进行穿越施工期间 24 小时不间断监测。”

综合以上规范，针对地铁施工期周边重要的建（构）筑物应进行 24 小时实时监测。

### 2.2 监测意义

对地铁沿线风险源建筑进行自动化安全监测，除了及时掌握建筑物的工作性态，确保其安全外，还有**诊断、预测、法律和研究**等 4 个方面的需要：

（1）**诊断的需要**：包括验证设计参数改进未来的设计；对新的施工技术优越性进行评估和改进；对不安全迹象和险情的诊断并采取措施进行加固；验证建筑物运行是否处于持续良好的正常状态。

（2）**预测的需要**：运用实时积累的观测资料掌握变化规律，对建筑物的未来性态作出及时有效的预报。

（3）**法律的需要**：对于工程事故而引起的责任和赔偿问题，观察资料有助于确定其原因和责任，以便于法庭作出公正判决。

（4）**研究的需要**：观测资料是建筑物工作性态的真实反映，为未来设计提供定量信息，可改进施工技术，利于设计概念的更新和对破坏机理的了解。

### 3.监测依据

某建筑物监测系统设计主要参考下相关规范和标准和相关的技术文件等，主要参考规范为：

- (1) 《建筑地基基础设计规范》（GB50007-2011）；
- (2) 《工程测量规范》（GB50026-2007）；
- (3) 《安全防范工程技术规范》（GB50348-2004）；
- (4) 《建筑变形测量规范》（JGJ8-2016）；
- (5) 《电气装置安装工程施工及验收规范》（GB50254-96）；
- (6) 《城市轨道交通技术规范》（GB50490-2009）；
- (7) 《国际布线标准》（ISO11801）；
- (8) 《岩土工程勘察规范》（GB50021-2009）；
- (9) 《城市轨道交通地下工程建设风险管理规范》（GB50652-2011）；
- (10) 《城市轨道交通工程监测技术规范》（GB50911-2013）；
- (11) 《爆破安全规程》（GB6722-2003）；
- (12) 《地铁噪声与振动控制规范》（DB11/T 838-2011）；

以及其他相关的标准、规范等。此外还包括其它设计依据和设计基础资料、以及提供图纸及相关说明文档、现场工勘资料。

## 4.监测内容

监测系统设计中，根据工程结构地质条件等实际情况，本工程拟对以下项目进行监测：

- 1) 建筑沉降监测；
- 2) 建筑裂缝监测；
- 3) 建筑倾斜监测；
- 4) 建筑爆破振动速度监测；

具体监测仪器及测点数量见表 4.1。

表 4.1 自动化监测的具体项目

序号	监测项目	监测仪器	数量
1	建筑沉降	压差式变形测量传感器	24个
2	建筑裂缝监测	裂缝计	8个
3	建筑倾斜监测	盒式固定测斜仪	4个
4	建筑爆破振动监测	爆破振动自动监测仪	200点次

# 5.系统设计

## 5.1 系统设计原则

系统的设计应满足一定的原则，尽量做到可靠、经济、合理。监测系统是提供获取结构信息的工具，使决策者可以针对特定目标做出正确的决策，设计原则如下：

(1) 保证系统的**有效性**：根据结构状态识别和安全性评估要求确定监测系统的监测项目与传感器测点布置。

(2) 保证系统的**可靠性**：需保证系统的可靠性，否则先进的仪器，在系统损坏的前提下也发挥不出应有的作用及效果。

(3) 保证系统的**先进性**：设备的选择、监测系统功能与现在技术成熟监测及测试技术发展水平、结构安全监测的相关理论发展相适应，具有先进和超前预警性。

(4) **可操作和易于维护性**：系统应易于管理、易于操作，对操作维护人员的技术水平及能力不应要求过高，方便更新换代。

(5) 系统应该具有很好的**开放性、兼容性**：在满足功能要求的前提下，应充分考虑现代技术的快速发展，以便系统升级。

(6) 系统具有远程固件**升级功能**：根据系统自检以及系统需求可通过远程固件进行完善，且系统具备各种类型的通讯协议和接口，可为后期设备升级服务。

(7) 以最优**成本控制**：监测系统的一个原则就是利用最优布控方式做到既节省项目成本、后期维护投入的人力及物力，又能最大限度发挥出实际监测、监测的效果。

总之，系统坚持贯彻“技术可行、实施可能、经济合理”的基本原则，使得监测系统做到可用、实用、好用的程度，充分发挥作用。

## 5.2 系统组成

系统由感知层、传输层和运用层组成，具体为传感器系统、数据采集子系统、数据传输子系统、数据库子系统、数据处理与控制系统、安全评价和预警子系统，通过各个层相互协调，实现系统的各种功能。现就系统组成及功能进行介绍。



图 5-1 在线监测系统拓扑图

### 5.2.1 传感器子系统

自动化监测传感器子系统作为感知层，是整个监测系统的基础部分，能在恶劣条件下，对监测结构物的各监测项能提供真实、实时和可靠的安全监测数据。传感器子系统即把结构等的变化，转换成其他信号的方式，例如声、光、电、磁等，对结构的变化进行定量，转换成人们比较熟悉的数值等，从而了解结构的受力及其他参数等。

### 5.2.2 数据采集子系统

数据采集子系统就是采集传感器子系统测量的环境条件和结构自身的声、光、电、磁等信号，并将信号处理成数字信号。数据采集子系统应当具有一定的诊断功能，对于异常的信息数据、传感器失效和损坏部位等能进行快速的分辨，并且保证系统能够在恶劣的气候条件（如雨、雪、飓风、地震、暴雨等）下正常运行，连续的采集传输结构安全监测各监测项的信息数据。数据采集子系统还具有一定的数据初步处理功能。

### 5.2.3 数据传输子系统

数据传输子系统常用的通信方式有 GPRS/3G/4G、光纤和无线网桥。视频数据的传输常用的方式有光纤等。组网方式的选择原则如下：

(1) 手机信号能够覆盖的地区，应优先考虑选用 GPRS/3G/4G 进行组网，运营商根据实际情况选择；

(2) 现场和监控中心可通视，且距离不超过 10km，可考虑采用无线网桥的方式进行数据传输；

(3) 现场无手机信号或数据流量过大（含视频监控）时，需采用光纤进行传输。

## 5.2.4 数据库子系统

数据库子系统是一种数据处理系统，为实际可运行的存储、维护和应用系统提供数据的软件系统，是存储介质、处理对象和管理系统的集合体。其软件主要包括操作系统、各种宿主语言、实用程序以及数据库管理系统。数据库子系统由数据库管理系统统一管理，数据的插入、修改和检索均要通过数据库管理系统进行。数据管理员负责创建、监控和维护整个数据库，使数据能被任何有权使用的人有效使用。

## 5.2.5 数据处理与控制子系统

数据处理与控制子系统是数据传输子系统的下一个环节，对于数据采集和传输子系统采集传输过来的大量原始数据资料，需要通过数据处理与控制子系统，进行进一步的分析和处理。通过软件、硬件系统的处理，进行数据校对检验、总体数据初步分析、响应后续子系统功能模块的指令等等。数据处理和控制子系统实现了数据查询、存储、可视化等结构化处理，控制着安装的数据采集设备，通过数据库操作实现了数据的提取和处理，是对原始数据进行处理和分析的关键系统部分。

数据处理与控制主要包括对数据进行过滤、二次处理等，并用原始数据或曲线等进行展示，然后 APP 或者 PC 端，进行原始数据或者以曲线的形式等进行展示，打印相关表、数据等。针对动态称重系统，可通过监控中心设备进行查看和展示。

## 5.2.6 安全评价与预警子系统

安全评价与预警子系统的主要功能就是对采集数据进行统计分析，并对各种环境条件下，在一定的温度和荷载作用下，结构关键部件和控制截面的参数值，确定应力等的值域范围。在各种情况下，监测关键参数的变化，并通过数据判断出变化趋势，在遇到突发状况的时候，能够提前判断结构各种状况，在应力和应变等达到限值的时候发出预警信息，结合预警机制，及时对不稳定结构或可能出现失稳的结构采取一定的治理措施进行防治，防止灾害的发生或扩大，减少损失。

## 6.监测布点及设备

### 6.1 传感器选择原则

测试元件以及监测仪表的好坏从根本上决定了整个安全监测及安全监控预警系统中数据采集和数据传输是否准确、有效。由于国内外生产、销售可用于土木工程结构监测、检测设备的厂家众多，各厂家生产的传感器性能及价格千差万别，即便是同一类型的传感器，不同型号技术性能和价格亦不尽相同，因此在进行系统监测仪器的选择上应参考如下要求：

(1) 先进性：为提高建成后系统的信息化、数字化管理水平，要求系统的传感测试仪器等监测设备必须具有一定国际先进水平；

(2) 精确性：可靠的监测仪表还必须具备必要的精度，能准确的反映出效应量（或原因量）的变化。选择传感器时，必须对结构部位的受力进行分析，选择精度满足监测要求的传感测试仪器；

(3) 可靠性：选择的监测仪器设备必须能在自然环境下长期稳定可靠运行，尽可能选择已在同类项目中广泛使用，并证明使用效果好的监测仪表及传感设备；

(4) 简便性：仪器结构简单，牢固可靠，率定、埋设、测读、操作、维修方便，便于更换，使操作人员易于掌握，有利于提高量测速度和精度。

(5) 经济实用性：传感测试仪器及配套仪表须有合理的性能/价格比，满足结构监测特性及养护管理实用性的要求；

(6) 自动化性：传感测试及采集设备选型时，应从技术先进、可靠实用、经济合理以及自动化测控技术发展水平相适应等方面进行综合分析确定，以便系统集成和调试及自动控制；

(7) 冗余度：考虑到传感测试元件存活率可能出现的问题，系统设计中个别监测项目的监测点时适当考虑冗余度；

(8) 耐久性：结构安全监测系统通常要运行数年，这就要求传感器必须经久耐用，尽可能少的更换，以保证测试数据的长期连续有效。

### 6.2 监测项目及设备参数

## 6.2.1 建筑沉降监测

### (1) 测点布置

根据《城市轨道交通工程监测技术规范》（GB 50911-2013）6.2 节，建筑物竖向位移监测点应布设在外墙或承重柱上，且位于主要影响区时，监测点沿外墙间距为 10~15m。

### (2) 监测设备选型

建筑物沉降采用 FS-LTG-Y500-Z 型压差式变形测量传感器，其技术指标见表 6.1。

表 6.1 FS-LTG-Y500-Z 型压差式变形测量传感器技术指标

监测项	设备名称	设备型号	技术指标	设备图片
沉降监测	压差变形测量传感器	FS-LTG-Y500-Z	量程：500mm 精度：±0.1% F·S 供电：DC12V 环境温度：-20~80℃	

### (3) 基点布置

建筑物沉降基点布置在远离基坑一侧的柱或墙上。

### (4) 基点复核

在基点附近布设人工校核测点，采用人工方式定期（每周一次）复核基点传感器的高程。

### (5) 安装方法

1) 储液罐支架为“L”型不锈钢板，短边 4 个孔用于固定于结构表面；另一个长边上的 4 个孔用于与储液罐连接固定。

2) 传感器支架也是“L”型喷塑钢板，短边 4 个孔用于固定于结构表面；另外一个长边的 2 个孔用于固定传感器安装外壳。

3) 使用桥架保护，线槽或桥架尺寸根据现场情况及走线根数确定；线槽或桥架必须与结构物可靠固定，线槽使用胶粒和自攻螺丝固定于结构物，桥架使用膨胀螺丝和托架固定于结构物。

4) 通液管铺设、连接：储液罐安装固定完成后，可进行通液管铺设、连接工作，同时进行传感器安装，主要是通过从储液罐流通到安装位置的液体，尽可能将通液管内的气泡排出。根据需要连接的两个测点之间的距离，截取相应的通液管，应留有一定的余量，两个测点间通液管安装好之后，管线中间应比两段低，这样有利于排出空气。管线

铺设时，应避免打折、扭曲和划伤。管线必须紧固、可靠的连接到三通、直通上，以免漏液。

5) 注意：为防止储液罐内液体蒸发，建议将储液罐内添加不具有挥发性的硅油，使硅油覆盖在溶液表面形成油膜以隔绝空气，从而限制水分的挥发。油膜厚度以 0.2~0.5mm 为宜。添加硅油应使用粘度单位为 5~10 厘丝的品种，粘度太大的硅油不利于液面的平衡。

6) 通气管铺设、连接：调试工作完成，传感器正常工作后，可进行通气管连接、铺设工作。通气的作用是使储液罐液面以上气压及传感器内部压力保持一致，整个通气系统应相互连通并仅在一点和大气连通。根据需要连接的两个测点间的距离，截取连通管应留有一定的富余量。松开干燥管一段的螺丝，使其和大气导通，然后再在干燥管上套一呈自然干瘪状态且较大的气球，对其进行保护，有利于延长干燥剂的使用寿命。通气管安装完毕后，可与通液管聚拢、绑扎在一起，管线铺设时，应避免打折、扭曲和划伤。

## 6.2.2 建筑物裂缝监测

### (1) 测点布置

建筑物裂缝测点布置于建筑物沉降缝及现有裂缝上，且在裂缝的最宽处及裂缝首、末端按组布设，每组布设 2 个监测点。

### (2) 监测设备选型

裂缝监测选用裂缝计传感器，如图 6-1 所示。



图 6-1 裂缝计传感器

### (3) 安装方法

裂缝计应用于混凝土结构、岩土工程中，主要用于观测被测结构裂缝或伸缩缝的开合度变化。裂缝计安装埋设时，应确保传感器能自由伸缩。

1) 将裂缝计置于被测结构上确定安装位置。注意调试到合适裂缝计初读数，最好处于量程的中间读数位置。

- 2) 在被测结构表面安装位置处打两个安装孔（可安装膨胀螺钉）。
- 3) 装上膨胀螺钉并将孔内间隙用强力粘结胶填满。
- 4) 待胶固化后，再将裂缝计装上，用螺母拧紧。
- 5) 记载安装的工作时间，测记各裂缝计的初始读数。

特别提示：

1) 在上述各步工作完成后，对于进行长期检测/监测的裂缝计，应安装保护罩（根据实际情况用胶粘贴或点焊），以防止外界碰撞、灰尘等对传感器长期性能的影响。

2) 记录好每个测试点的裂缝计编号，并妥善保存记录资料。我公司传感器具有自己的唯一编号，可通过采集仪读取。

#### (4) 监测技术指标

裂缝监测如表 6.2 所示技术指标。

表 6.2 建筑物裂缝监测系统技术指标

技术参数	产品型号	FS-LF25-Z
	量程 (mm)	25
	精度 (mm)	0.5%
	灵敏度 (mm)	0.01%
	长期稳定性	$\geq \pm 0.25\%FS/\text{年}$
	动态频率	0~200Hz
	工作温度	-20~+80℃
	供电	DC24V

注：尺寸、性能参数为常规产品参数，其它参数指标可按需求订制。

#### (5) 采集频率

建筑物裂缝监测传感器每 30 分钟采集一次。也可根据人工设置时间段进行实时采集。

### 6.2.3 风险源建筑倾斜在线监测

#### (1) 测点布置

根据《城市轨道交通工程监测技术规范》（GB 50911-2013），建筑倾斜监测点位宜选在下列位置：建筑角点、变形缝两侧的承重柱或墙上。

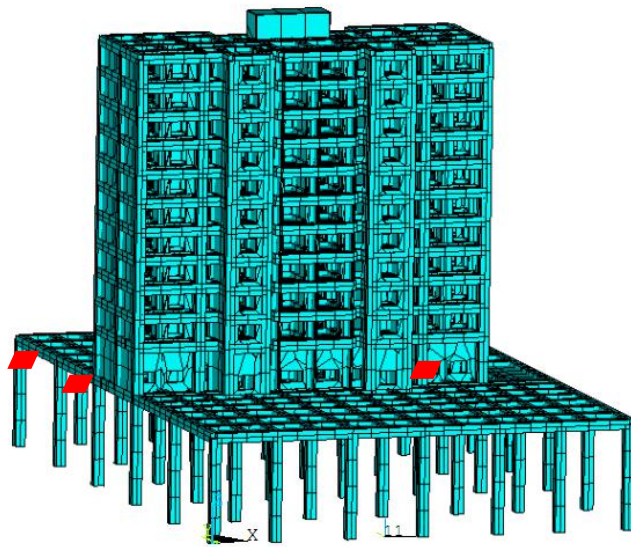


图 6-2 风险源建筑物倾斜测点布置示意图

### (2) 设备选型

建筑物倾斜监测选用盒式固定测斜仪进行监测，如图 6-3 所示。



图 6-3 盒式固定测斜仪

### (3) 工作原理

盒式测斜仪测量角度核心部件为一个基于 MEMS 技术开发生产的高精度双轴倾角传感器，器件内部包含了硅敏感微电容传感器以及 ASIC 集成电路。FS-HGC1 盒式固定测斜仪通过内部倾斜传感器测量地球的重力加速度在 X、Y 轴上分量来对倾角进行测量。也就是说倾斜传感器所测量到的重力加速度分量等于倾斜角度的正弦( $\sin$ ) $\times 1g$ ，通过逆运算就能得到角度数据。如果所测量到的重力加速度分量为  $0g$ ，那么倾斜角就为  $0^\circ$ 。

### (4) 监测技术指标

盒式固定测斜仪技术指标见表 6.3 所示：

表 6.3 倾斜监测系统的技术指标

技术参数	产品型号	FS-HGC01
	量程	±30°
	灵敏度	≤10 "
	精度	±0.01°
	供电电压	DC12V

### (5) 安装方法

1) 在测点区域位置选取传感器安装点，并利用角磨机对安装点表面进行打磨，以保证位移传感器安装面平滑；

2) 把传感器安装支架置于测点安装面上，保证安装支架左右方向基本处于水平状态，然后使用记号笔标记出传感器安装支架上三个安装孔在混凝土安装面上映射位置；

3) 在传感器支架安装孔标记处中心凿出一小凹槽，防止后续电锤钻孔时打滑偏位；

4) 钻孔后将灰尘吹出并安装膨胀螺栓。

5) 在膨胀螺丝外部及均匀涂抹环氧树脂胶，然后塞入安装孔内，接着把螺帽拧紧 2~3 圈后感觉膨胀螺栓比较紧而不松动后拧下螺帽，再把传感器支架上安装孔位对准膨胀螺丝嵌入，最后逐个安装每个膨胀螺丝垫片、弹簧片及螺母，并拧紧；

6) 测斜仪支架安装完毕后，把盒式固定测斜仪 X、Y 轴正方向指向规定要求的方向，然后把测斜仪紧固于安装支架上；

7) 24 小时候后，读取盒式固定测斜仪传感器数据，共读取 5 组数据，取其平均值作为初始读数；

8) 记录好测斜仪安装信息，如仪器编号、埋设日期、测试方向、初始读数等。

## 6.2.4 建筑物爆破振动速度监测

### (1) 测点布置

爆破振动监测点布置于距爆破源最近的外墙（承重墙）墙脚处，每栋建筑物布置 1 个爆破振动监测点。

### (2) 监测目的

爆破振动监测是爆破施工的重要环节，一方面爆破方法和爆破参数影响爆破的振动强度，通过监测指导爆破施工，增进爆破施工效率；另一方面确保被保护物（工区周围人员和建筑物）的安全性，避免纠纷发生，给企业带来利益。

爆破振动测试设备主要是通过监测质点振动速度的三个分量值、主振频率及振动速度随时间的衰减变化曲线。

通过爆破监测与试验，获取爆破振动沿不利断面或不安全方向的振动衰减规律，回归计算爆破振动的传播公式，估算开挖爆破最大允许药量与安全距离，未确定爆破施工方案与爆破参数提供依据。

通过爆破振动监测与试验，评价爆破施工方案和爆破参数的合理性，为控制与优化爆破施工参数提供依据；

通过爆破振动监测，测定开挖爆破作业对震动敏感建筑物、岩土体的振动影响程度，并根据相关规范及设计标准，对其安全性作出评估，并为控制或调整爆破参数提供依据。

### (3) 监测设备指标

爆破振动监测选用 FS-CS-CD-010H/V 型速度(微振)传感器进行监测，如图 6-3 所示。技术指标见表 6.4。



图 6-3 FS-CS-CD-010H/V 型振动速度传感器

表 6.4 振动监测传感器技术指标

静态指标	
灵敏度 (20±5℃)	~20mV/mms-1
频率范围	10~1000Hz(±3dB)
量程	50mms-1
线性误差	≤±3%
极性	CS-CD-010H 水平方向 CS-CD-010V 垂直方向 安装角度误差小于±10°
工作温度	-20 OC~70OC
电气指标	
振幅	1.5mm (P—P)
线圈电阻	390Ω
物理参数	
壳体材料	铝合金
重量	140 g

安装	M8
敏感件	检波器
输出方式	M12×1(两芯插座)
外形尺寸(mm)	Φ30×62

采用 FS-iZD08 型号的采集系统，可实现实时采集数据，拥有触发采样功能，将模拟信号转换成数字信号，通过无线方式传输至服务器。



图 6-4 云振动采集仪

表 6.5 振动监测系统采集仪技术指标

最高采样速率	4Ksps
AD 精度	24 位
动态范围	105dB(保证值)
通道数	8
抗混叠滤波	128 倍过采样+数字滤波+外部 6 阶抗混叠滤波器 总衰减-150dB/oct 以上
通道间串扰	-100dB 以下（邻道，1KHz 满量程）
量程	±10V
放大倍数	1、10、100、1000
本底噪声	< 0.05mVrms(满量程)
频率误差	< 0.01%FS
幅值误差	< 1%FS
幅值线性度	< 0.025%FS
总谐波失真	-108dB@1KHz,-5dBFS
输入阻抗	大于 5MΩ

输入接头	BNC
信号输入方式	电压 DC/AC、ICP（外部供电）
采集容量	16GB SDCard（可选配）
通信方式	GPRS 3G

### （5）采集频率

针对爆破振动监测：采取自动触发采集的方式，使采集频率与爆破频率保持一致，保证每次爆破都可采集到数据。优点是无须现场人工设置、调试、测试，通过软件设置即可随时对爆破进行振动监测。

### （6）设备安装

#### 整体式安装

1) 第一次进行传感器安装时，应预先把振动传感器紧固于一体化防护机壳内，按图 6-5 所示位置利用环氧树脂把传感器粘接于防护机壳内部，然后利用同轴电缆把传感器信号引出到机壳外部。

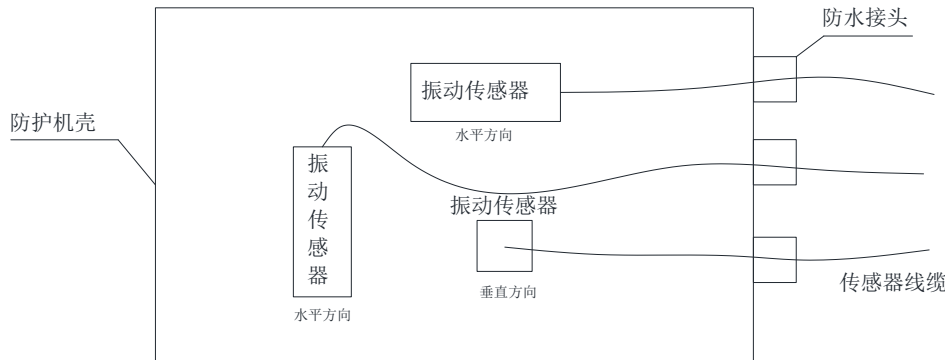


图 6-5 振动传感器连线图

2) 现场测点位置确定后，在测点处利用撬棍和铁锹挖取一个 400mm×400mm×500mm(长、宽、深)方形土坑；

3) 在方形土坑底部铺设一层 20mm 厚度水泥层，整平坑底平面；

4) 把内装振动传感器的防护机壳放置于水泥层上，轻微摁压使机壳陷入水泥层内 10mm，如图 6-6 所示；

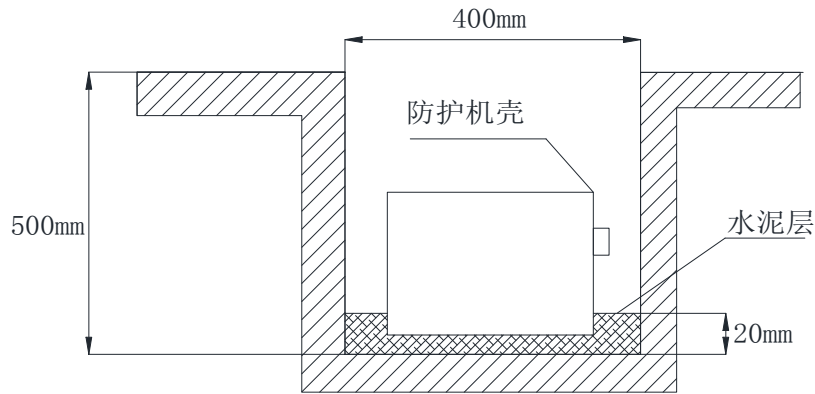


图 6-6 振动传感器保护壳安装图

5) 回填土坑，土坑表面根据周围情况选择铺设水泥层或土层，防护机壳引出线缆通过 $\Phi 30\text{mm}$ PVC管接至采集通信机箱处。

### 分体式安装

1) 现场测点位置确定后，在测点处利用撬棍和铁锹挖取一个 $400\text{mm}\times 400\text{mm}\times 500\text{mm}$ (长、宽、深)方形土坑，土坑底部需填平并夯实；

2) 把振动传感器底部固定托盘(如图 5-8，后续简称托盘)放置于土坑中心，利用铁锤敲击托盘中部凸起部位把托盘钉入土层直至托盘表面与土坑底部齐平；

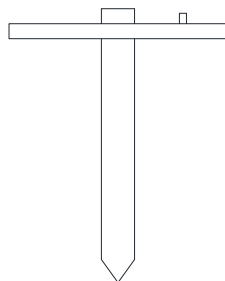


图 6-7 振动传感器底部固定托盘安装图

3) 把监测垂直方向的振动传感器通过底部内螺纹口与托盘上凸起外丝接口对接旋紧，两个监测水平方向的振动传感器通过半圆形卡箍紧固于托盘表面，同时接好各振动传感器同轴电缆线；

4) 在托盘紧邻四边边界部位用 703 胶涂抹宽度为 20mm 的密封带，然后把振动传感器防护顶盖粘接于托盘上。在粘接前，应先把振动传感器传输线缆从防护顶盖内部由防水接头处引出至顶盖外部，粘接完毕后，旋紧防水接头，如图 5-9 所示；

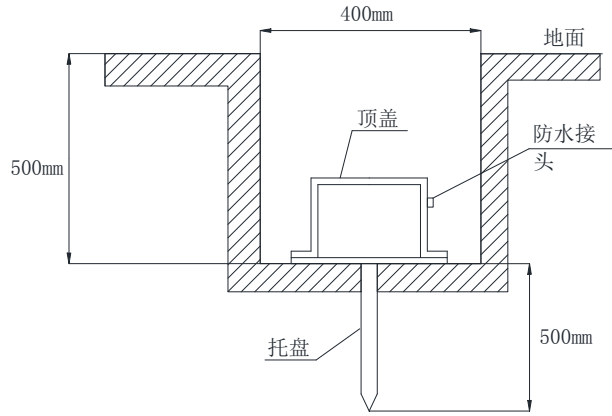


图 6-8 振动传感器整体安装图

5) 回填土坑，土坑表面根据周围情况选择铺设水泥层或土层，顶盖引出线缆通过 $\Phi 30\text{mm}$ PVC 管接至采集通信机箱处。

## 7.系统数据的采集、传输、处理

### 7.1 在线健康监测系统无线数据传输方式

现场传感器所有数据通过无线方式进行传输,该方式通过成熟的 GPRS/3G/4G 网络,通过灵活地控制设备的采集制度,进行远程控制。直接通过无线传输模块实现对现场设备数据的采集和控制,简单方便。

#### 7.1.1 无线数传模块

系统采用无线数传模块进行无线传输,该传输模块是由无线数传终端和无线数传主机组成,依靠成熟的 GPRS/3G/4G 网络,在网络覆盖内区域内可以快速组建数据通讯,实现实时远程数据传输。FS-DTU 系列通讯模块支持 AT 指令集,采用通用标准串口对模块进行设置和调试,提供标准的 RS232/485 接口,其工作参数如下:

表 7.1 无线参数模块技术指标

设备名称	设备型号	技术指标	设备图片
GPRS 无线模块	FS-DTU	环境温度: $-25^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$ ; 湿度: $0\sim 90\%$ , 非冷凝; 波特率: $300\sim 115200\text{bps}$ ; 接口: RS232/RS485/TTL232; 标准电源: DC9V	

#### 7.1.2 无线远程数传采集系统具备的特点

- ①支持 GPRS/3G/4G 网络;
- ②易于安装、维护;使用方便、灵活、可靠,即插即用;
- ③能强大的嵌入式互联网控制器,具备完整的 TCP/IP 协议栈及功能强大的透明传输保障机制;
- ④可实现点对点、点对多点多种方式的实时数据传输;
- ⑤不依赖于运营商交换中心的数据接口设备,直接通过 Internet 网络随时随地的构建覆盖全国范围内的移动数据通信网络。

特点：只要能够接入互联网，即可取得测试得到的数据；安全可靠。DTU 在应用之前首先要进行设置，通过软件设置好数据中心的 IP 和端口及其它参数的设置，设置好之后串口和采集器串口对接，DTU 上电之后根据事先设置好的中心 IP 和端口进行连接，成功连接到中心软件后即可双向透明传输数据。用户可以通过任何能联网的电脑，登录服务器输入自己的用户名密码及时查看自己监测的信息。系统提供的图标显示更直观的显示了被监测的数据。

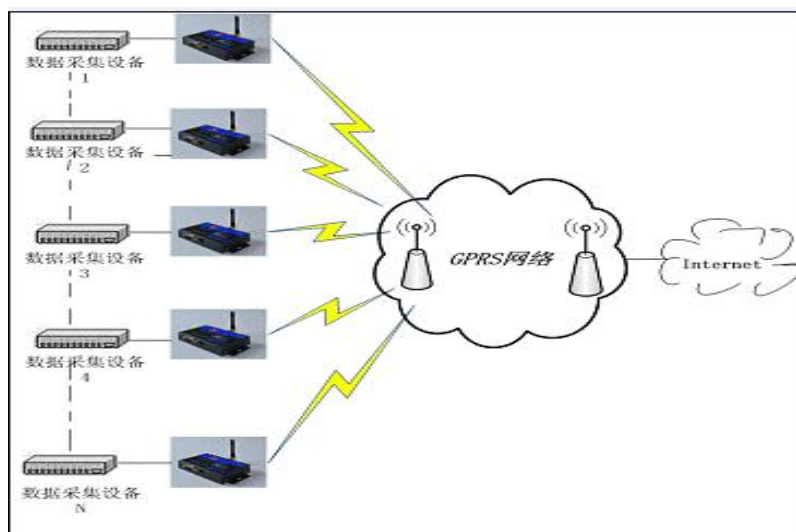


图 7-1 系统结构图

无线远程数传采集系统具备如下优点：

- (1) 能实现远程无线监控；
- (2) 可实现短信报警；
- (3) 可节省大量线材等费用；
- (4) 可在任何有网路的地方查看实时监测数据。

## 7.2 数据处理

信号在采集前与采集后均可进行数据处理，数据处理有滤波、分析等以下功能：

- (1) 信号实时显示；
- (2) 数据采集：随机采样、触发采样，多次触发采样，采样时间和采样数据长度自由设定，采样时实时观察波形变化，定时采样；
- (3) 数字滤波：低通，高通，带通，带阻滤波；
- (4) 幅域统计：描述信号的幅域特征参数有最大值、最小值、平均值、有效值、均方值、方差、标准差等值；

(5) 时域、频域分析：可对动态信号进行时域、频域范围的不同类型分析，可进行不同点数的 FFT 分析；

(6) 相关分析：可对各系统间信号的相关性进行分析。

### 7.3 数据优化

目前绝大多数结构安全与安全监控预警系统所遵循的采集制度是实时采集，这样得到的数据量最大化，信息量也最多，可是随之而来的问题是数据量太多了，以至于没有足够的人力资源进行处理分析，而且得到的信息中有很多是重复的冗余信息。这种情况使得重要的信息不突出，导致其湮没于众多巨大的信息中，造成了主次不分明的问题，很容易使重要的信息被遗漏，给结构的安全监控预警带来极大的麻烦。因此数据采集中必须有采集优化方法，以便能采集到有意义的数据，尽可能减少重复性的、冗余的、日常性的数据。

下图为数据采集优化的流程图。

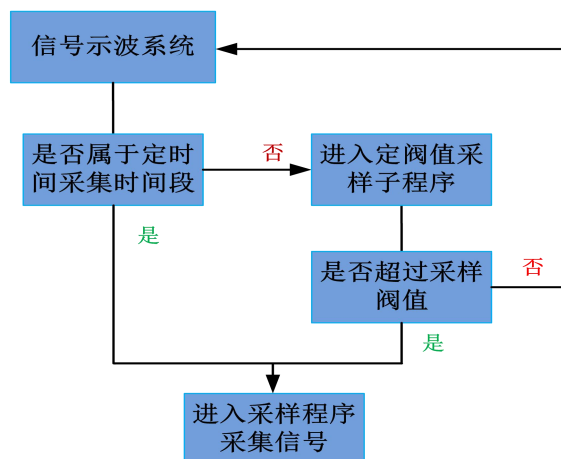


图 7-2 数据采集优化流程图

针对结构实时监测功能，必须考虑系统的优化采集情况，即具有定时间段采集以及定阈值采集。

采样时间和采样长度可以根据实际情况灵活设置。



图 7-3 采样时间设置图

### 阈值设置

多条件触发采样参数有触发逻辑和各通道的触发值设置，用户可根据需要在这里进行设置。触发逻辑是设定各触发通道之间的触发关系，“或”表示设定的触发通道只要有一个达到触发阈值就进行触发采样，采到设定的时间长度为止；“与”表示设定的触发通道必须都达到触发阈值才进行触发采样。



图 7-4 阈值设置图

## 8. 监测预警、报警机制

### 8.1 监测数据预警

根据设计单位提出的监控量测控制值和相关监测规范的规定，当监测数据“双控指标”（累计变化量、变化速率）均超过监控量测控制的 75%，或者“双控指标”之一累计变化量超过控制值 80%或变化速率连续 3 天超过控制值 80%，即刻发起预警，发出预警快报，通知建设分（项目）公司业主代表、安全监控中心、监理单位、施工单位。预警报告的主要内容包括：①施工进度和工程概况；②对数据超过预警值的测点，进行分析，提出预警和启动预案的建议性意见，并提出处理意见。第三方监测单位和施工监测单位同时加密监测频率，加强对地面和周围建筑物沉降的动态观察，尤其加强对预警点附近的压力管线的检查和处理，时刻关注工程结构本身和周围环境的变化情况。

现场业主代表应立即主持召开现场警情分析会，与会单位：现场业主代表、监理单位、施工单位、第三方监测单位、施工方监测单位。与会各方应对警情原因进行分析，并提出具体措施防止情况进一步扩大。

监理单位撰写会议纪要，并报地铁集团安全质量部、建设分（项目）公司备案。

### 8.2 监测数据报警

监测数据“双控指标”均超过监控量测控制值或者监测数据变化速率出现急剧增长即刻发起报警，发警情快报，安全监控中心应根据监测值将报警进行分级，级别分为黄色报警、橙色报警和红色报警，且通知地铁集团安全质量部、建设分（项目）公司现场业主代表、监理单位、施工单位。

现场业主代表立即主持召开现场警情分析会，与会单位：安全质量部、建设分（项目）公司、技术处、现场业主代表、安全监控中心、勘察设计单位、监理单位、施工单位、第三方监测单位、施工方监测单位。与会各方应对警情原因进行分析，并提出具体措施，确保工程本体及周边环境安全。

监理单位撰写现场警情分析会会议纪要，并报地铁集团安全质量部、建设分（项目）公司备案。

### 8.3 监测控制值

根据《长兴路 2 号住宅楼安全可靠性鉴定报告》、《台东一路 32 号住宅楼安全可靠性鉴定报告》及《城市轨道交通工程监测技术规范》（GB 50911-2013）相关要求，监测控制值如下表：

表 8.1 监测控制值

监测项目	监测控制值	备注
建筑物沉降	累计值：20mm 变化速率：2mm/d	根据《城市轨道交通工程监测技术规范》
建筑物倾斜	整体倾斜不超过 0.004，局部倾斜不超过 0.002	根据安全鉴定报告
爆破振动速度	1.0 cm/s	根据安全鉴定报告

# 9.系统供电和防雷

## 9.1 系统供电

自动化监测系统根据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。保证长期有效的供电和稳定安全的用电方式，能为系统长期稳定的工作起到决定性的作用。

市电供电方便的可采用市电供电；市电为半天供电的采用市电供电和蓄电池结合供电的方式；工程现场离最近的电源输出点距离如果较远，可考虑采用太阳能供电系统。正式施工前应对直接使用市电、市电+蓄电池和太阳能做出准确的选择。工程费用大体相同的情况下优先考虑稳定的电源直接供电方案。

根据现场条件，采用市电供电，经济合理。

## 9.2 系统防雷

(1) 多重防雷措施并举，包括防直击雷、防感应雷。防直击雷主要采用预放电避雷针及有效接地来实现；防感应雷包括电源防雷和信号防雷，其中电源防雷主要通过交直流隔离、电源防雷器以及有效接地来实现，而信号防雷则主要通过信号光电隔离及信号防雷器来实现。

(2) 所有监测点其主机均安装保护箱内并设置防直击雷避雷针（视现场情况。

(3) 所有监测点主机信号线路设置信号防雷保护器。

(4) 所有设备及其保护箱都严格接地，接地电阻应小于  $4\Omega$ 。

(5) 同一横断面上多个防雷接地点在距离较近时可考虑连接成防雷网。

# 10. 监测数据整理、分析与反馈

## 10.1 在线监测软件简介

**软件架构：**我司开发的在线实时监测系统采用集成技术，将计算机、传感、信号处理技术、云计算、结构分析与结构监测技术等项融合，以 windows 为操作平台，以 html5、css3、jqure 和 asp.net 为技术核心，研究开发功能全面、强大，操作简便的结构健康监测与评估管理系统软件，将监测对象的信息、工程管理、施工和使用监测及结构状态评估等相综合，为工程结构的健康监测和状态评估管理提供科学的手段和方法。

**用户管理：**用户通过输入指定登入账号进入用户管理模块主界面(图 10-1)。



图 10-1 用户管理模块

**主页面：**用户可在主页面中对不同的项目中监测数据选择查看，主要包括：施工概况与进度、监测数据分析说明、监测项目、测点布置图、监测成果表（包括阶段测值、累计测值、变形差值、变形速率、数据预警判断结论等）、监测时程变化曲线，沉降断面图等。主页面如图 10-2 所示。



图 10-2 系统主页

**数据采集传输功能：**我公司的数据采集传输系统的设备主要包括：数据采集仪，串口服务器，A/D 转换设备、传输线缆以及无线数传模块组成。对各个监测子项，将视结构物现场环境布置信息采集传输节点，将各类参数传感器所获取的实时数据经由无线数传模块上传至中心服务器主机进行数据记录与分析。

**数据采集传输预留人工端口：**当实际施工要求为人工监测的时候，我公司的数据采集传输系统依然留有供人工便携采集仪使用的传输端口，可人工采集数据。

**数据分析功能：**监测分析选项是现场所有设备采集返回的数据进行整理并根据时间排序展示在系统中。系统会对数据进行自诊断，判断其有效性，主要实现方法是通过对比同组别的与历史数据，查看其是否是单一突变值。对有效的数据，系统将分类进行整理分析，用户可根据自己所需要的数据进行查看和分析，如图 10-3 所示。

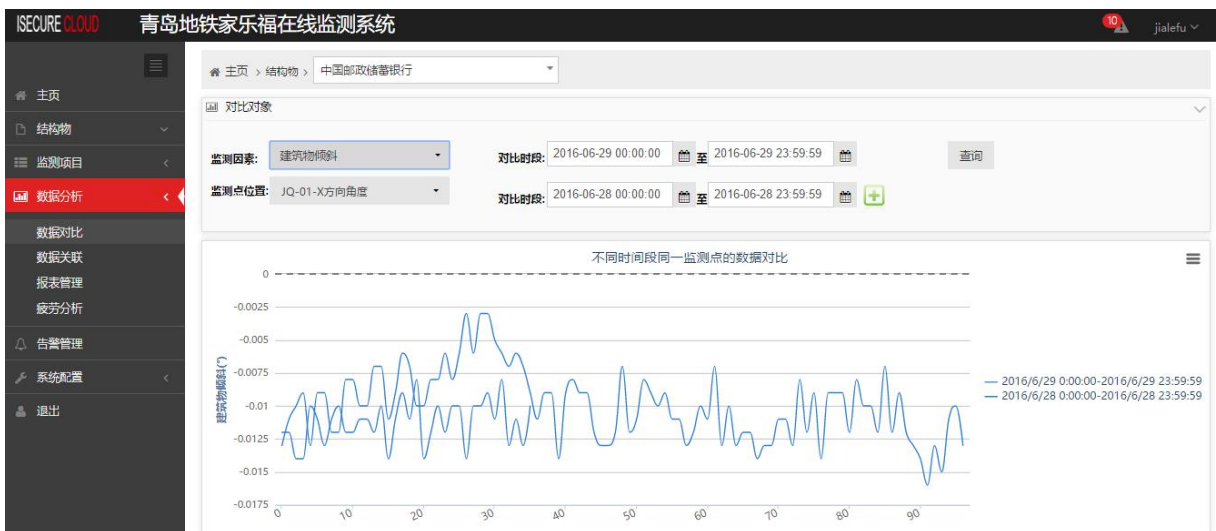


图 10-3 监测数据自动对比功能图

进入监测分析页面后是工程所对应的所有设备模块，用户可选择所需相应的设备进行时间选择查看。如查看数据变化的时程曲线如图 10-4，或查看数据的历史累计值如图 10-5。

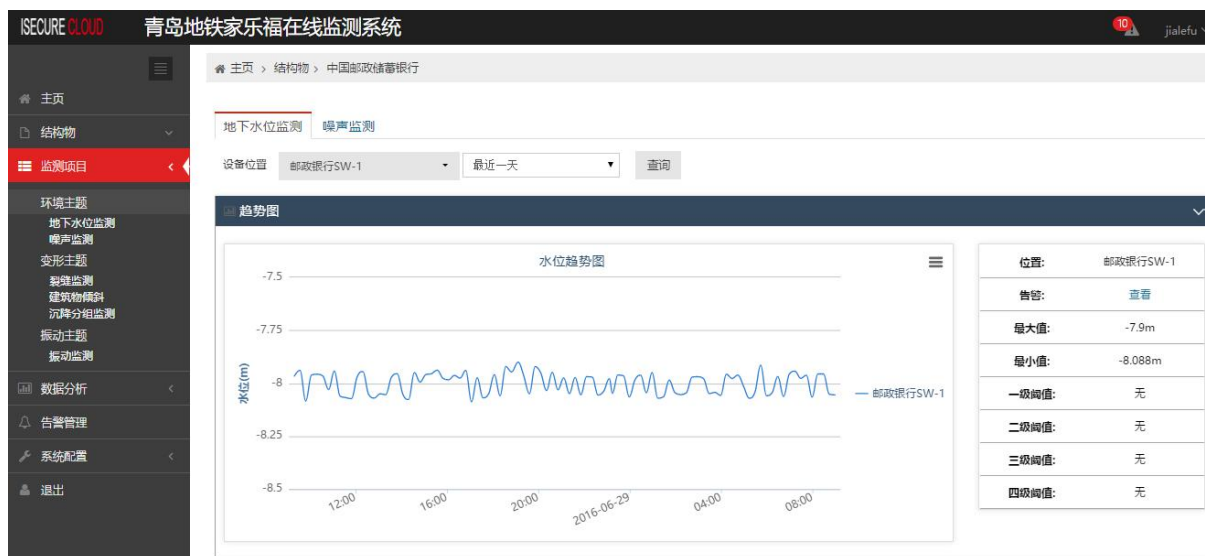


图 10-4 数据线图

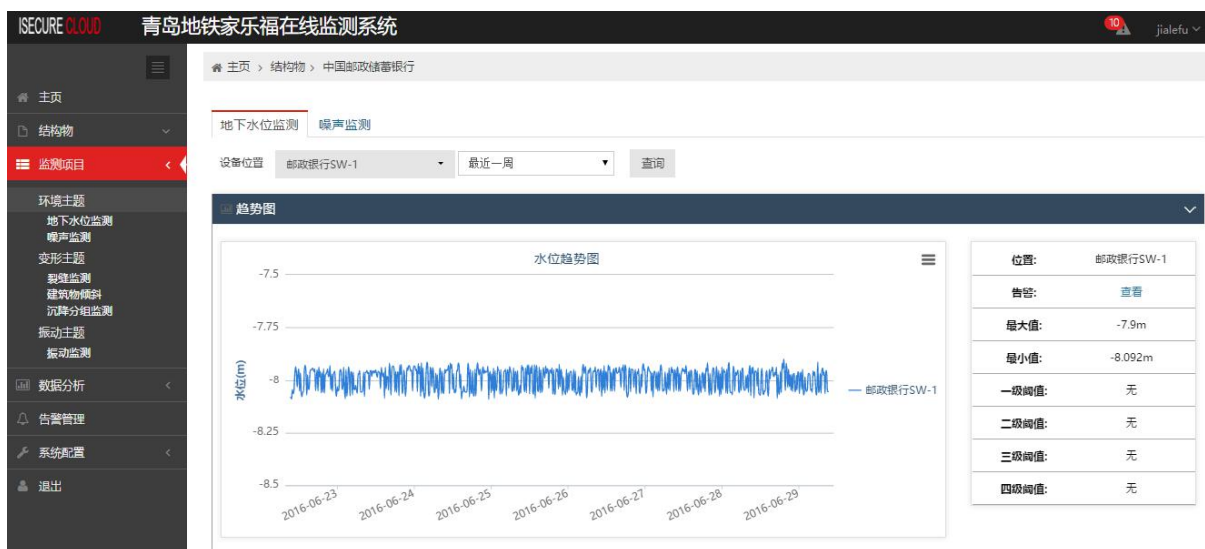


图 10-5 监测数据历史曲线图

**监测告警功能：**全部监测数据均由计算机数据库管理。同时对数据设置分级控制，根据监测控制指标的不同范围将预警分为三级来进行监测过程管理，将监测数据与三级预警值（如图 10-6）进行比较，确定工地现场的监测预警级别。



图 10-6 告警管理界面

**信息推送功能：**我们的在线监测系统为全天 24 小时不间断工作，一旦发生结构物发生异常状况，会向用户的移动终端发送预警信息，根据用户添加不同的报警等级，系统会自动按照报警的级别进行短信发送，如图 10-7、10-8。



图 10-7 短信预警设置



图 10-8 短信预警界面

**报表制作功能：**用户可以对进行查出来的数据进行报表导出，用户进入本系统后，可以对自己需要的数据进行下载，下载之后即使在没有网络的地方，也可以随时随地的查看数据和分析数据。图 10-9 显示的是各监测项以日报表的形式呈现，并且系统会自动到处数据并发送。



图 10-9 监测日报及自动导出推送功能图

## 10.2 监测信息反馈

监测成果报告包括：

(1) 日报：当日报送全部监测数据；主要包括：工程概况及施工进度、监测数据、施工建议等；

(2) 预警快报：当判断风险工程可能达到一级综合预警状态（红色）或发生重大突发风险事故时，应进行快报，报送内容主要为风险时间、地点、风险概况、原因初步分析及变化趋势、处理建议等；

(3) 周报、月报：内容应分别包括近一周、近一月的工程概况及施工进度、监测工作简述、监测数据汇总、巡视信息及其汇总分析、监测结论与建议、预警情况、监控跟踪情况、变化趋势和存在问题等；

(4) 工程竣工提交总结报告，内容包括：工程概况、监测目的、监测工作大纲和实施方案、工程进展、监测执行标准、监测内容和监测点布设、使用仪器型号规格和标定资料、监测成果、监测值全时程变化曲线、超前预报效果评述、监测结果评述、总结与展望。

监测信息送报方式：在线监测项目其监测数据可提供全天候 24 小时实时数据查询功能，方便管理者在第一时间了解施工监测情况。

监测报告提交方式：报表首先提交到项目经理，然后再报给业主和监理方，并在每周例会上汇报本周监测结果。

# 11. 监测应急措施

## (1) 成立应急组织机构

由公司总工、专家和现场项目负责人等组成立应急指挥部，负责指挥协调工作。

## (2) 应急指挥部分工与职责明确

抢险现场监测按照抢险需要具体安排监测工作，制定现场抢险人员值班表，值班表信息包括上下班时间、交接班的各类事务交接注意事项，人员联系电话等，协调落实总指挥的抢险措施、要求等工作。

(3) 成员的主要责任是，按照抢险工作对监测内容、时间、频率、类别等具体工作，具体实施时进行具体分工负责现场数据采集汇总并形成报表，提交监测指挥部按照具体要求统一格式上交工程抢险指挥部。

## (4) 仪器、人员调集措施

工程发生险情时，监测抢险总指挥有权对公司仪器室为抢险而备用各类监测仪器及对工程事业部的高精度测量量测、自动化监测仪器，技术过硬的一线工人进行统一调配，仪器人员在险情发生 2 个小时以内调集到位，满足抢险的要求。公司规章制度中有明确规定，公司现场管理人员必须手机 24 小时开机，确保了人员及时通讯。

## 12. 监测点位平面布置图

监测点位平面布置图如图 12-1 所示。

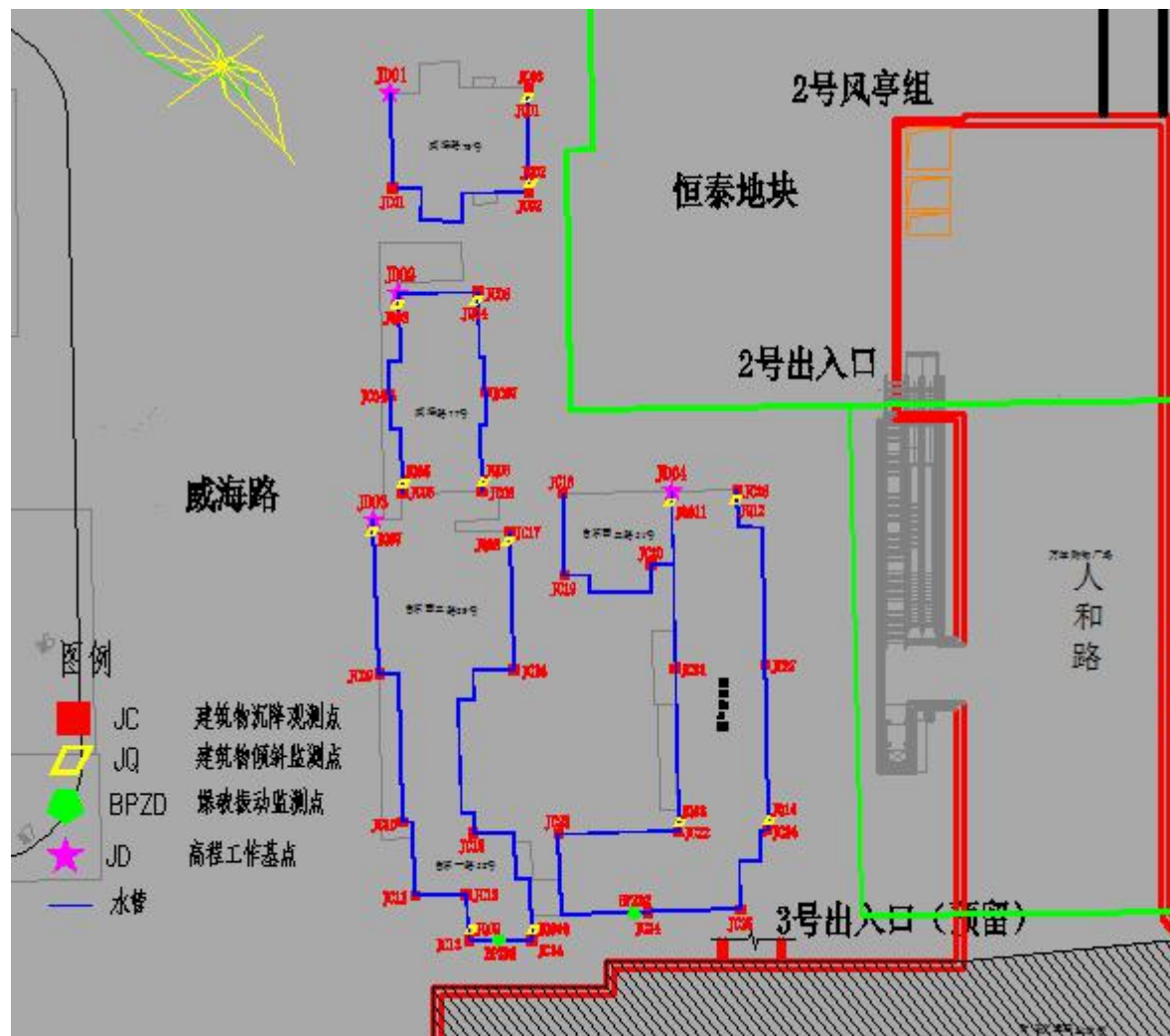


图 12-1 监测点位平面布置图