



# 华测智能在线监测系统

之

# 桥梁在线监测系统

北京华测智创科技有限公司

---

地址：北京市朝阳区万红路5号蓝涛中心 C109A-C111

电话：010-64382873/64359546 传真：010-51413365 邮箱：bjhuace@163.com

网址：[www.beijinghuace.com](http://www.beijinghuace.com)

# 目 录

1、概述 .....	1
2、监测内容.....	1
3、系统构成.....	2
3.1 系统功能.....	3
3.2 系统特点.....	4
3.2 系统特点.....	4
4、监测系统主要设备介绍 .....	5
5、华测方案.....	15
5.1 主要案例列举 .....	15
5.2 华测方案设计流程 .....	15
5.3 华测项目运作设计流程.....	16

## 1、概述

随着我国公路、铁路桥梁事业的发展，桥梁越来越多，同时既有的许多桥梁亦逐渐进入了养护维修阶段，有关专家认为桥梁使用超过 25 年以上则进入老化期，据统计，我国桥梁总数的 40% 已经属于此范畴，均属“老龄”桥梁。而且随着时间的推移，其数量还在不断增长，桥梁管理者对桥梁的养护已日益重视。为了适应公路运输载重量不断发展的要求，充分利用现有的公路桥梁，使之能继续安全地为公路运输服务，根据交通部颁布的《公路养护技术规范》要求，必须对桥梁进行鉴定。

随着各地如火如荼地发展桥梁，接踵而来的桥梁施工事故也频频敲响了安全生产的警钟。

屡屡发生的桥梁施工事故让人触目惊心，原因可能不尽相同，地质、勘察、设计、施工、监理等过程，每个方面的疏忽都可能酿成安全事故，但有一点是可以肯定的，事故折射出的是安全施工监测技术和手段的不足，以及施工安全管理和监管力度的欠缺。桥梁施工中的高技术含量和高风险性无不需要强烈的安全意识、周密的安全管理和严格的安全监管来实现，桥梁工程很大程度上就是一项考验安全管理的工程。而坍塌等事故频发，不仅仅是技术上的失误，也是安全意识的坍塌。

为了随时了解桥梁施工状态，对突发事故进行提前预警，维护桥梁施工的安全和社会稳定，让类似于杭州桥梁塌方这样的悲剧不会再次上演，对桥梁施工安全监测已经刻不容缓！HC 桥梁监测系统是利用现代电子、信息、通信及计算机技术，可实现对桥梁监测指标的实时采集、实时传输、实时预警。亦可用于非长期或人工形式的监测检测中。

## 2、监测内容

桥梁在线监测可分为施工期监测和运营期监测两部分，监测项目基本相同，主要有以下几部分

### 1) 环境监测

环境监测主要为温度、湿度、风速（大跨径桥梁）等，主要采用温度计、湿度计、风速传感器等

2) 变形监测

变形监测主要针对沉降、水平位移、倾斜、挠度等进行监测，主要采用 GPS、位移计、固定式测斜计、位移计、静力水准仪、裂缝计等；

3) 应力应变监测

主要针对混凝土结构表面、内部应变、钢筋受力、钢索受力等。主要采用表面应变计、埋入式应变计、钢筋计、锚索计、轴力计等；

4) 动静态荷载试验

监测桥梁在动态或静态荷载时桥梁的变化情况，结合分析软件可掌握桥梁的自振频率、冲击系数、疲劳分析等，对桥梁的稳定性进行评估，主要采用加速度传感器、拾振器、应变片等

综合以上内容，桥梁在线监测项目及采用设备汇总如下表：

监测项目及指标		监测设备
环境监测	温湿度	温度传感器
	风速	风速传感器
变形监测	沉降	GPS、静力水准仪
	倾斜	固定式测斜计、测斜尺
	挠度	挠度仪、位移传感器
	裂缝	裂缝计
应力应变监测		表面应变计、埋入式应变计、钢筋计、锚索计、轴力计
荷载试验		应变片、拾振器、加速度传感器、动/静态应变仪

表 1 桥梁在线监测指标及设备

### 3、系统构成

桥梁在线监测系统主要有以下几部分组成：

- 1) 数据感知部分（各监测指标各类型传感器）；
- 2) 数据采集部分（采集单元）；
- 3) 数据传输部分（有线、无线）；
- 4) 控制分析部分（软件）。

系统拓扑结构示意图见图 1

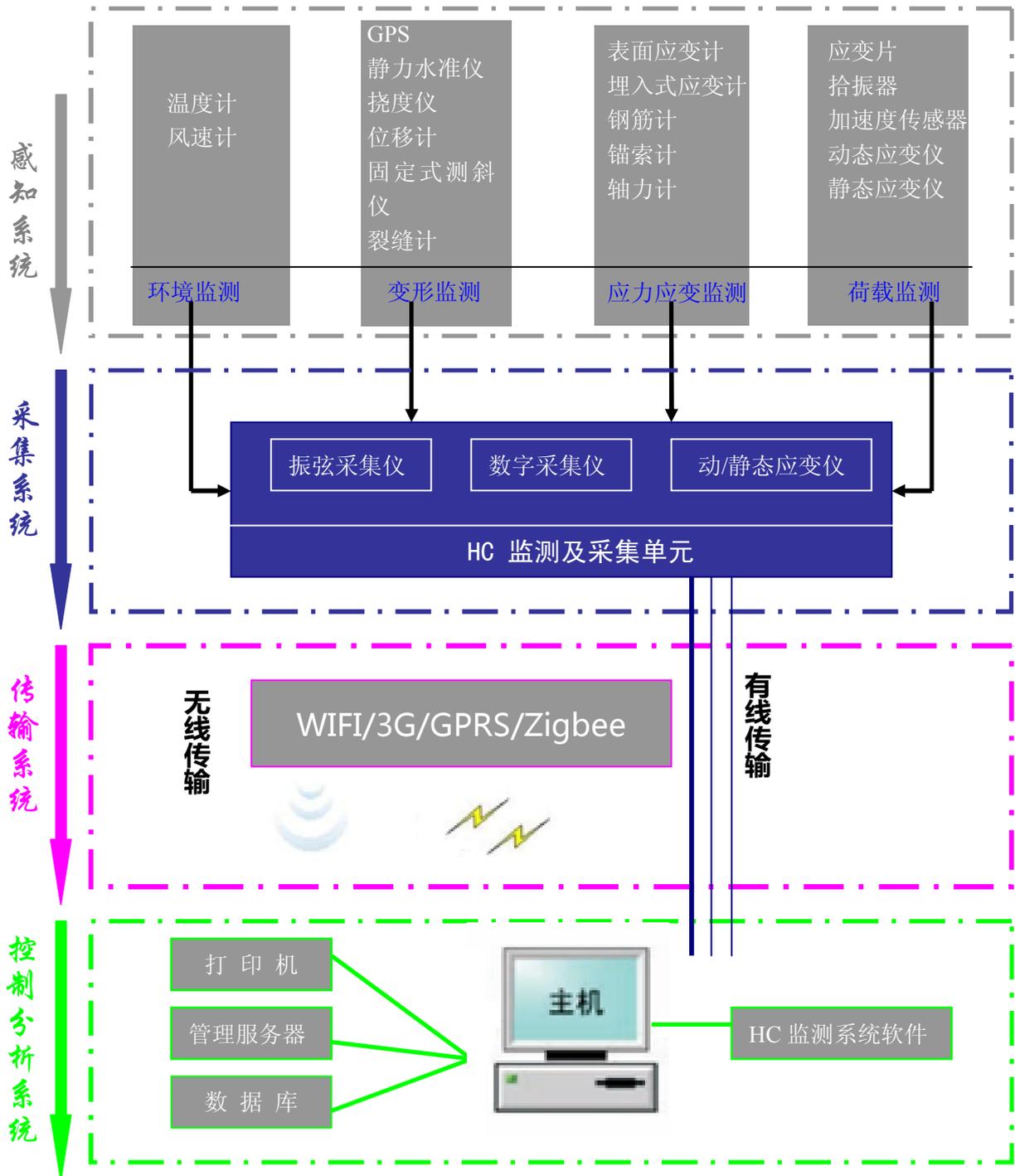


图 1 桥梁在线监测系统拓扑图

### 3.1 系统功能

- 1) 可实现 24 小时连续观测，满足高精度桥梁隧道、基坑监测的需要。
- 2) 能够进行长期、稳定、不间断运行，数据传输和发布具有保密性和可靠性，真正做到无人值守，放心又省心。

3) 具有远程数据传输、远程状态浏览、远程系统设置以及数据管理、用户管理、安全管理等功能；能进行超短基线解算、已知点符合归算、坐标计算、精度估算。

4) 通过计算实现数据处理分析为工程施工提供及时的反馈信息；能够掌握桥梁结构和相邻环境的变形和受力情况，对可能出现的险情和事故提出警报，确保整个桥梁施工进程的安全。

5) 当施工或运营过程中发生潜在危险的时候，可以实现提前预报警，提前采取预防措施，减少事故的发生概率。

### 3.2 系统特点

#### 1) 数据采集快

可根据客户的要求进行指定时间采集、按时间表采集等各种采集方式；

#### 2) 监测精度高

HC 桥梁监测系统都采用长期应用证明稳定的国内、国外传感器、保证了监测精度；

#### 3) 硬件层次少

系统组成简单、结构清晰、运行稳定、维护方便；

#### 4) 分析手段多

能生成各种报表、曲线、图片；

#### 5) 信息发布快

能对监测数据进行初步的分析和简单的评价，并可根据事先设定的预警值进行报警，报警可实现手机短信、邮件、声光报警器等方式。

### 3.2 系统特点

#### 1) 数据采集快

可根据客户的要求进行指定时间采集、按时间表采集等各种采集方式；

#### 2) 监测精度高

HC 桥梁监测系统都采用长期进事件证明稳定的国内、国外传感器、保证了监测精度；

### 3) 硬件层次少

系统组成简单、结构清晰、运行稳定、维护方便；

### 4) 分析手段多

GPS 可解算出监测点的三维坐标，能生成各种报表、曲线、图片；

### 5) 信息发布快

能对监测数据进行初步的分析和简单的评价，并可根据事先设定的预警值进行报警，报警可实现手机短信、邮件、声光报警器等方式。

## 4、监测系统主要设备介绍

### 1、9980 标准温度计（原装进口）

9980 标准型温度计是由不锈钢外壳、内部热敏电阻、电磁线圈和电缆线组成。当温度变化，感应器内部热敏电阻阻值改变，透过电阻-温度转换公式将电阻读数转化为温度。



9980 温度计主要用于混凝土及大地工程中测量温度，包括：

- ◆ 监测混凝土固化过程的温度上升情况。
- ◆ 监测液化天然气储液槽附近地区土壤温度。
- ◆ 监测大地工程仪器安装后的温度影响。
- ◆ 水库和地下井水温度测量。

#### 详细规格

操作温度：-40℃ 至 +120℃

灵敏度： 0.025% F.S.

精度： ±0.5% F.S.

长度： 160mm

外径： 11.5mm

材质： 300 系列不锈钢

### 2、HC-FS100 风速触感器

FS100 风速传感器是具有高灵敏度、高可靠性的风速观测仪器。采用三风杯式传统风速传感器结构，风杯的旋转带动内部锯齿状红外栅栏转动，再经过红外

效应变成脉冲信号进行采集，经过精密微芯计算得到风速值。该方式测风速动态特性好，测量平滑。本仪器有多样化输出，多种输入可选，方便客户搭配各种嵌入式系统或工业集成系统。

### 技术参数

测量范围：0~45m/s

分辨率：0.1m/s

精确度：±0.3m/s

启动风速：≤0.3m/s

供电方式：DC5V / DC12V / DC24V

输出形式：脉冲信号 / 电压 0-2.5V / 电流 4-20mA / TTL 电平 / RS232 / RS485

线缆长度：标配 2.5M

工作环境：温度-40℃~+50℃ / 湿度≤100%RH

防护等级：IP45



### 3、GPS

N200 接收机内置 OEMStar 单频板卡，该板卡是加拿大 NovAtel 公司推出的一款高性能低成本的 GNSS 接收板卡，是目前市场上体积最小、功耗最低、可支持 GPS+GLONASS 的高精度、高灵敏度、高稳定性的板卡。



N200型GPS主要技术参数如下：

功能	指标
位置精度	垂直： 5mm+1ppm； 水平： 3mm+1ppm （基线 5km 之内）
通讯接口	2 个 RS-232 通信口
首次定位时间	热启动： <35s ； 冷启动： <65s
重捕获时间	L1： <1.0s （典型值）
输入电压	9 ~32 VDC 输入
时间精度	20ns
灵敏度	-80~-105dBm（天线输入电平）
工作温度	-40℃ ~ +75℃
湿度	95% 无冷凝

表 2 N200 GPS 技术指标

### 4、静力水准仪

静力水准仪沉降监测系统是由静力水准仪、数据采集仪、数据通信电缆、数据采集软件等组成，通过监控室内监控主机控制数据的采集，并可进行数据的分析、整理等工作。

静力水准仪是由一系列智能液位传感器及储液罐组成，储液罐之间由连通管连通。基准罐置于一个稳定的水平基点，其他储液罐置于标高大致相同的不同位置，当其他储液罐相对于基准罐发生升降时，将引起该罐内液面的上升或下降。通过测量液位的变化，了解被测点相对水平基点的升降变形。主要有以下配件组成：静力水准仪传感器、静力水准仪储液罐、静力水准仪支架、静力水准仪通液管、浮球。

1) HC-4100 系列静力水准仪（国产）

主要技术参数

测量范围(mm): 50-400

分辨力(mm/F): ≤0.25

温度测量范围(°C): -20~80

温度测量精度(°C): ±0.1



2) 9675 连通管式沉降计（原装进口）

主要技术指标

量测范围: 150mm, 300mm, 600mm, 1000mm(1m)

操作温度: -20°C 至 +80°C

精确度: ±0.1% F.S.

灵敏度: 0.025% F.S.

长度 x 外径: 680mm x 100mm (300mm Type)

固定架尺寸: 160mm x 140mm x 10mm



6、位移计

9425 振弦式伸缩仪的内部包括一根振动钢弦组件固定于一组经过高温热处理之伸缩弹簧组件，当仪器前端之伸缩杆件受外力影响而伸缩时，内部钢弦的张力将因此递增或衰减，其共振频率随之改变。使用振弦式读数仪或自动化集录器可以测得该共振频率进而精确推算出其变位置。

安装本仪器时请远离讯号干扰源如：高压电塔、变电所、发电机、天线、马

达、电焊机等并且确实接地(包括仪器端及自动化主机端)。勿将仪器电缆线与电源管线埋设在一起，此举将造成仪器讯号频率被电流干扰，难以稳定测读。

### 主要技术参数

量测范围：50, 100mm

操作温度：-20℃ 至 +80℃

仪器长度：280mm

感应线长度：2m

感应频率范围：1200 ~ 3500Hz

非线性：< 0.5% F.S.

灵敏度：0.025% F.S.



## 7、HC-5100固定式测斜仪

### 1) HC-5100B 固定式测斜盒（国产）

HC-5100 型硅微式固定倾斜仪用在常规便携式测斜仪难于现场测读的场所以及各种岩土体及钢结构的数据远传式变形监测，广泛适用于长期埋设在水工建筑物或其他混凝土建筑物（如港口岸边）、高层建筑、地下建筑物、隧道收敛、桥拱体收敛变形、岩土边坡内部或表面等，测量基础或结构物倾斜后垂直方向水平位移(变形)或水平方向沉降(隆起)变位等。本型号产品具有多种结构形式，更辅以不同的安装附件可充分满足各种不同的安装需要。



### 性能特点

- 1、水平、垂直表面安装，钻孔分层安装，隧道收敛、桥拱变形监测，使用范围广；
  - 2、长期稳定，高防水性能；
  - 3、单轴、双轴测量，可任意选取。
  - 4、采用硅微差分工作原理，灵敏度、精度高，不受温度影响。
  - 5、传感器采用差分信号输出，提高了产品的灵敏度，并显著减小共模噪声。
- 电路中采用 16 位精密的连续自校准的 A/D 转换器，充分保证倾角传感器的精度。

特别指出的是在 485 输出接口加有浪涌吸收电路，防止雷电感应、静电脉冲，同时对接口的热拔插起到了很好的保护作用，传感器更加稳定、可靠。

型号规格参数	HC-5100B			
	单轴		双轴	
轴向数				
测量范围 (°)	±15	±30	±15	±30
分辨力 (")	4	4	8	8
综合误差 (%F.S)	≤0.1			
零点稳定性 ≤ (°/年)	0.005	0.01	0.005	0.01
耐水压 (MPa)	1			

### 主要技术参数

#### 2) 8350 固定式测斜仪 (原装进口)

MEMS邻房倾斜计即固定式测斜仪主要设计目的在于长期监测水坝、堤防、础墙、桥梁桥墩基、隧道壁等结构体倾斜变化。

本产品基本使用方式是将仪器固定于待测结构体上，利用测读仪测量其初始读值及当前读值以计算其倾角的相对变化。

倾斜计可由人工手动监测，也可使用自动化集录器长期记录数据。



#### 本产品详细规格

量测范围：±5°、±10°、±15°

操作温度：-20℃至+65℃

输入电压：8-15VDC

系统整体精度：<0.5%F.S

抗冲击力：2000G

重复性漂移：±0.025%F.S

解析度：±0.01mm/m (±2 arc seconds)

外径\*长度：32mm\*193mm

电缆线：4芯导线+PE外被，24AWG端部镀锡

对应测读仪：AB500

#### 8、BJQN-4A 型桥梁挠度检测仪

用于检测各类桥梁的振动幅度，动、静态挠曲位移数值，桥梁基座位移，墩台位移，大型建筑物形变位移等。

主要技术参数:

检测测量范围: 0-50mm ;

检测精度:  $\pm 0.05\text{mm}$  ;

分辨率:  $\pm 0.01\text{mm}$  ;

接口形式: RS485 接口 (可配备无线传输接口);

传输距离: 200m ;

可扩展测量点: 8 个点;

软件可显示最大挠度、最小挠度、振动幅度、时程曲线、静态位仪表等。



## 9、裂缝计

### 1) HC-2400 振弦式裂缝计 (国产)

HC-2400 型振弦式测缝计是长期埋设在水工建筑物或其他混凝土建筑物内或表面, 用于测量结构物伸缩缝或周边缝的开合度 (变形), 并可同步测量埋设点的温度。加装配套附件可组成基岩变位计、表面裂缝计、多点变位计等测量线性变形的仪器。



#### 主要技术参数

规格代号	HC-2400			
最大外径外形尺寸 (mm)	$\phi 20 \times 184$	$\phi 20 \times 218$	$\phi 20 \times 280$	$\phi 26 \times 580$
测量范围 (mm)	20	50	100	200
综合误差 (%F · S)	$\leq 1$			
最小读数 K (mm / F)	$\leq 0.006$	$\leq 0.015$	$\leq 0.03$	$\leq 0.06$
温度测量范围 ( $^{\circ}\text{C}$ )	$-25 \sim 60$			
温度测量精度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\pm 0.5$			
温度修正系数 b (% F · S / $^{\circ}\text{C}$ )	$\approx 0.05$			
绝缘电阻 (M $\Omega$ )	$\geq 50$			
纵向刚度 G (N/mm)	$0.25 \sim 1.25$			

表 2-5 裂缝计技术参数

### 2) 9420 振弦式裂缝计 (原装进口)

振弦式裂缝计系用于监测裂缝的扩张与收缩，包括：

- 水坝混凝土结构结合处
- 岩石隧道表面裂缝
- 桥梁桥墩表面裂缝
- 混凝土结构物结合处
- 捷运高架桥梁柱表面裂缝

9420 裂缝计采用振弦式位移传感器



测量裂缝，裂缝计内部包含一组振动钢弦

敏感组件，钢弦一端被固定，另一端则连接到弹簧拉力棒，现场裂缝变形时带动了拉力棒的移动，使弹簧改变了钢弦的振动频率，这个振动频率的大小与裂缝开合大小成比例关系。Model VW405 读数仪或自动化集录系统可以测读裂缝计振动频率数据。

### 详细规格

量测范围：12，25，50，100，150，200mm（其他范围可定制）

非线性：<0.5% F.S.

操作温度：-20℃ 至 +80℃

灵敏度：0.025% F.S.

仪器长度：195mm（9420-12mm / 25mm / 50mm）

：250mm（9420-100mm）

：400mm（9420-150mm / 200mm）

对应测读仪：VW405（B 档位）

### 10、HC-126 加速度传感器

TST126 磁电式速度传感器是一种用于超低频或低频振动测量的多功能仪器，它主要用于地面和结构物的脉动测量，一般结构物的工业振动测量，高柔结构物的超低频大幅度测量和微弱振动测量。该传感器采用无源闭环伺服技术，以获得良好的超低频特性。设有加速度、小速度、中速度和大速度四档。



用户可根据需要，选取传感器上微型拨动开关选择开关相应的档位，可提供测点的加速度、速度或位移参量，并可提供不同频带和不同滤波陡度。本传感器具有体积小、重量轻、使用方便、分辨率高、动态范围大及一机多用的特点。本仪器可直接与各种数据采集系统配接。

系统特点

超低频、大位移测量；动态范围大；密封性能好，防护等级高；在桥梁安全测试，大地脉动测试上有显著效果；不需调零位，不需要供电，安装方便，可靠性高。

技术指标

档 位		1	2	3	4
		加速度	小速度	中速度	大速度
灵敏度 V/ (m/s) 或 V/ (m/s <sup>2</sup> )		~0.3	~20	~4	~0.3
最大量程	加速度 (m/s <sup>2</sup> p)	20			
	速度 (m/s p)		0.125	0.3	0.6
	位移 (mm p)		20	200	500
分辨率	加速度 (m/s <sup>2</sup> )	3×10 <sup>-6</sup>			
	速度 (m/s)		1×10 <sup>-8</sup>	4×10 <sup>-7</sup>	3×10 <sup>-6</sup>
	位移 (mm)		1×10 <sup>-8</sup>	4×10 <sup>-7</sup>	3×10 <sup>-6</sup>
频带 (Hz) (+1dB~-3dB)		0.25~100	1~100	0.5~100	0.17~80
输出负荷电阻 (MΩ)		10			
重 量 (kg)		0.8			
尺 寸 (mm)		63×63×63			
使用温度 (°C)		-10~+50			

11、HC-2000A 振弦采集仪

HC-2000A 是结合多年的现场项目经验加上先进的设计与技术，制造的一台方便安装、稳定耐用、成本低廉的振弦采集仪。

HC-2000A 多通道振弦采集模块，专为振弦型传感器的数据采集设计，精确采集传感器的频率和温度数据。可方便的应用于各种土木安全监测项目中。例如：桥梁健康、隧道挖掘、水库大坝安全、滑坡防护、混凝土养护等。



为了适应现场复杂的安装环境，HC-2000A 的外形结构非常的轻便小巧。底部两端有固定螺丝孔，只需要四个螺丝就可以方便的将仪器固定到配电柜内。全铝制机壳，轻便耐用，可使用在极端的岩土工程环境中去。机壳还提供了全金属屏蔽层，使仪器在电磁环境恶略的条件下得到的数据同样准确。

通信的连接和传感器的连接全部使用接线端子。减少传感器安装过程中的接线步骤，减轻现场人员的劳动强度，节省人力物力。有两个内部连接的通信端子，有多台仪器时，可直接通过通信端子串联使用。

### 技术指标：

- 内嵌高性能 ARM 控制器，反应快速，性能稳定。
- 频率采集范围 400Hz—5000Hz，精度 0.1Hz。
- 2k、3k 热电偶温度采集，精度 0.5℃。
- 通道选择使用松下高端 MOSFET 继电器，具有无火花、寿命长的优点。
- 标准 RS-485 通信，方便系统集成。
- IEEE 标准浮点型技术方式。
- 内置实时时钟，掉电后仍可正常计时。
- 内置 16Mbit 存储空间，自动采集时可存储 50000 条数据。
- 传感器接口和通信接口使用 5.08mm 接线端子，使用方便。
- 上下两排共 16 个振弦传感器连接通道，每通道都可采集温度信号。
- 防雷，防静电，防潮，防干扰。

## 12、HC-200A 数字量采集仪

HC-200A 型多通道数字量采集模块用于配套我公司 HC5100 系列等其他 RS485 接口传感器，它是一款专门为了解决复杂电磁环境下 RS485 接口传感器大系统要求而设计的总线分割集线器，RS485 接口端采用光电隔离技术，能有效抑制电浪涌窜入，电源供电采用分离两级隔离，DC-DC 隔离电压高达 2500V。



### 性能特点

1. 模块化安装，方便集成，卡线端子，线头不用二次处理。
2. RS485 电路高智能切换电路，四路主干线分割。

3. 弱电电源输入输出独立，可以随意切换供电电压（9—30V）。
4. RS485 电路和电源电路都有完善的防护电路，相互独立，互不影响。

### 13、HC-5961 动态在线监测系统

TST5961 在线监测分析系统能够实现桥梁、建筑及机械状况快速检测与评定。它的主要特点是高度集成化，采用全屏蔽机箱结构设计，抗干扰能力强，能够直接安装于现场各种复杂环境；采用进口航空接插件，方便现场接线。以太网数据传输，高速可靠；系统可测量转速、位移、振动、温度等多种物理量；内置工控机，大容量硬盘存储，最高采样频率可达 10kHz。通过软件系统同步实现信号的采样、传送、处理、存盘和显示。

#### 系统概述

桥梁及大型建筑结构远程在线健康监测系统，即通过对桥梁或大型建筑结构状态的监测与评估，为桥梁或大型建筑在特殊气候，特殊交通条件下或运营状况严重异常时触发预警信号，分析评估桥梁及大型建筑使用寿命，并为建筑的养护、维修与管理决策，验证建筑设计理论，改进建筑设计方法和相应的规范标准提供科学的依据。随着经济的快速发展，人们对桥梁及大型建筑等公共基础设施安全性越来越重视，这套系统的开发对于保证桥梁及大型建筑的正常运营有着重大意义。



#### 系统特点

1、抗干扰能力强：系统前置调理器；每通道独立放大器；全屏蔽机箱设计；同时隔离电源的使用与合理的接地，使现场任何干扰信号均不能对系统产生影响，大大提高了系统抗干扰能力，最大限度满足野外及恶劣环境的使用，适合户外长期数据采集。

2、可靠性高：采用高可靠性的工控机作为系统的主体，完善的自检功能，断电自动恢复和错误报告功能，意外停机后的自恢复能力强；大规模集成电路，可靠性高。

3、多种信号测量：配接各种类型传感器，可测量应力、索力、挠度、振动、温度、强度、噪声等物理量。

4、基于 Internet 网络或 3G 网络实现远程数据采集，所采数据直接存放于远程监控室计算机内，便于数据的查看和分析。

5、可远程对现场数据采集系统进行采样控制、通道参数修改以及测试结果查看和分析。可以实现无人值守的情况下进行长时间的数据采集。

### 软件特点

1、信号采集软件来自 VC++ 开发平台，核心模块采用标准 C++ 编写，方便移植。界面友好，使用方便

2、基于 B/S 和 C/S 网络构架，通过网络可远程进行数据查看和保存。

3、软件有连续采样和触发断续采样, 满足大型建筑和桥梁结构复杂的外荷载及受力状态监测，保证获得准确、可靠的荷载信息和结构参数信息, 捕捉到具有代表性的和突发性的危险工作状态。

4、后期数据处理功能强大，重采样、数字滤波、平滑、修正、统计分析、幅域分析、频域分析、时频域分析等。

5、软件设有报警功能，可设置警戒值，当采集数据超过警戒值时，软件将进行报警。

## 5、华测方案

### 5.1 主要案例列举

- ◆ 四川乐山四望关大桥动静态监测
- ◆ 福建晋江大桥在线监测
- ◆ 灌河大桥远程在线监测
- ◆ 淮安大桥远程在线健康监测
- ◆ 新沂河大桥在线健康监测

### 5.2 华测方案设计流程

华测方案的设计流程采取循序渐进的方式，这样形成的方案更加契合工程现有条件和实际需求，尽量实现“量体裁衣”的设计理念。

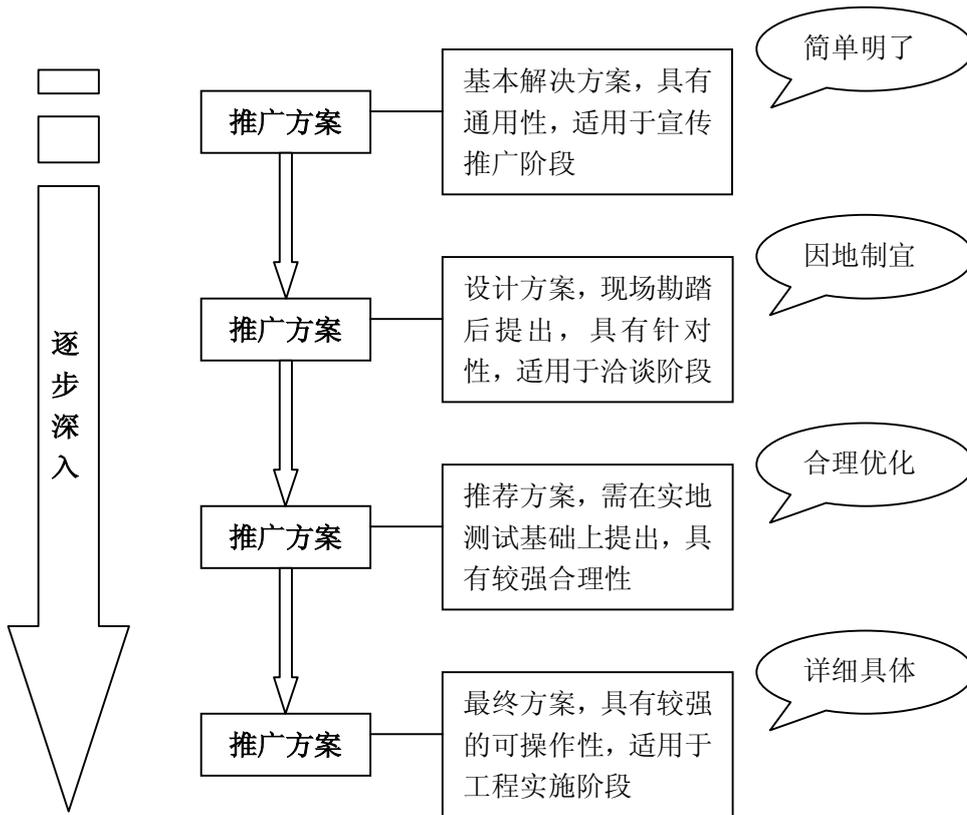


图 3 华测方案设计流程

### 5.3 华测项目运作设计流程

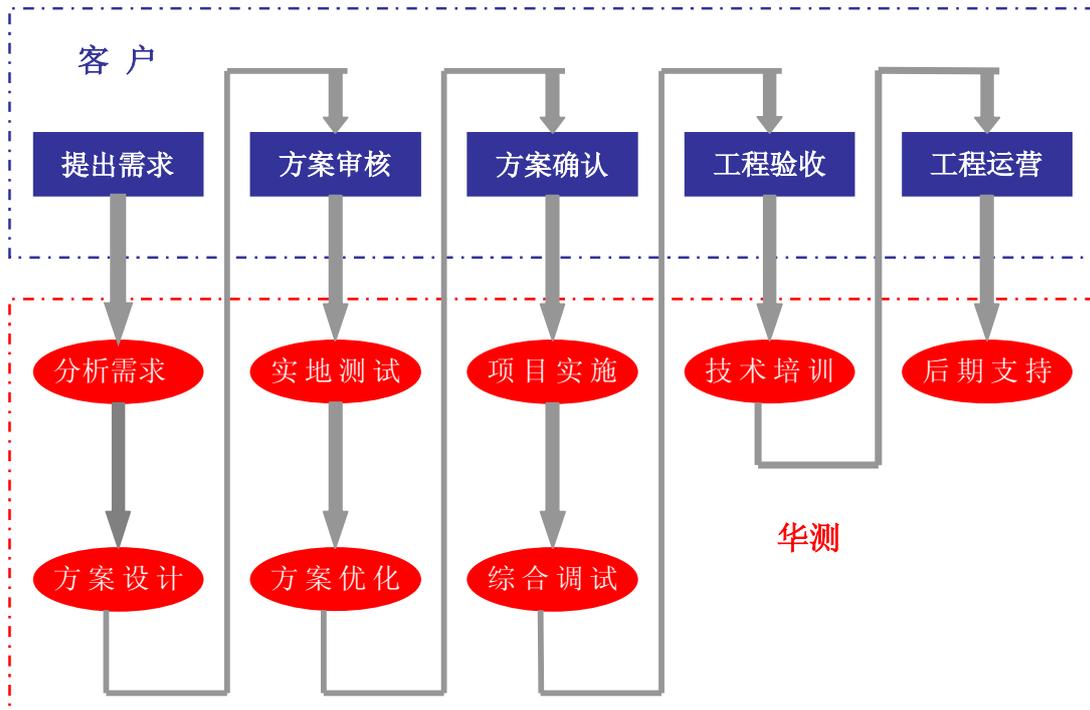


图 4 华测项目运作流程