

黄石综合管廊结构健康检测 技术方案

武汉中科智创岩土技术有限公司

2017 年 11 月 29 日

目 录

一、 城市综合管廊简介.....	2
二、 项目概况.....	2
三、 设计范围和依据.....	4
四、 结构健康检测系统设计方案.....	5
4.1 系统概述.....	5
4.2 结构健康检测系统简介.....	6
4.2.1 数码采集仪.....	8
4.2.2 测振仪.....	10
4.2.3 压差式沉降仪.....	12
4.2.4 倾角测量仪.....	14
4.3 系统集成.....	15
五、 检测项目及内容.....	16
5.3 规划纵一路工程.....	21
5.4 经三路工程.....	23
六、 组织机构及拟投入设备.....	25
6.1 组织机构.....	25
6.2 拟投入设备.....	25

一、城市综合管廊简介

综合管廊（日本称“共同沟”、台湾称“共同管道”），就是地下城市管道综合走廊。即在城市地下建造一个隧道空间，将电力、通讯，燃气、供热、给排水等各种工程管线集于一体，设有专门的检修口、吊装口和监测系统，实施统一规划、统一设计、统一建设和管理，是保障城市运行的重要基础设施和“生命线”。

随着城市经济的快速发展，综合管线建设规模不足、管理水平不高等问题凸现，一些城市相继发生大雨内涝、管线泄漏爆炸、路面塌陷等事件，严重影响着生命、财产安全和城市运行秩序。全国综合管线事故平均每天高达 5.6 起，每年由于路面开挖造成的直接经济损失高达 2000 亿元。

面对当前现状及存在的问题，中央适时出台《国务院关于加强城市基础设施建设的意见》【国发〔2013〕36 号】文件：在全国 36 个大中城市全面启动地下综合管廊试点工程；中小城市因地制宜建设一批综合管廊项目。新建道路、城市新区和各类园区地下管网应按照综合管廊模式进行开发建设。

二、项目概况

本工程为黄石市大冶湖生态核心区综合管廊试验段工程，管廊收纳了电力、电信、给水、污水燃气等市政管线，还包括相关的通风、照明、排水设施，共分为 4 个试验段工程：

圣明路工程：管廊全长 1.57 公里，含 8 个监控与报警区段，每个区段包含综合舱和燃气舱。

新城大道工程：管廊全长约 3.1 公里，含 17 个监控与报警区段，每个区段长约 200 米，每个区段包含三个舱：污水舱、综合舱和燃气舱。

规划纵一路工程：管廊全长约 0.82 公里，含 5 个监控与报警区段，每个区段含 2 个舱：综合舱和燃气舱。

经三路工程：管廊全长约 4.36 公里，含 25 个监控与报警区段，每个区段长约 200 米，其中 9 个区段包含 2 个舱：综合舱和燃气舱；16 个区段包含 3 个舱：污水舱、综合舱和燃气舱。

工程示意图如图 2.1 所示。

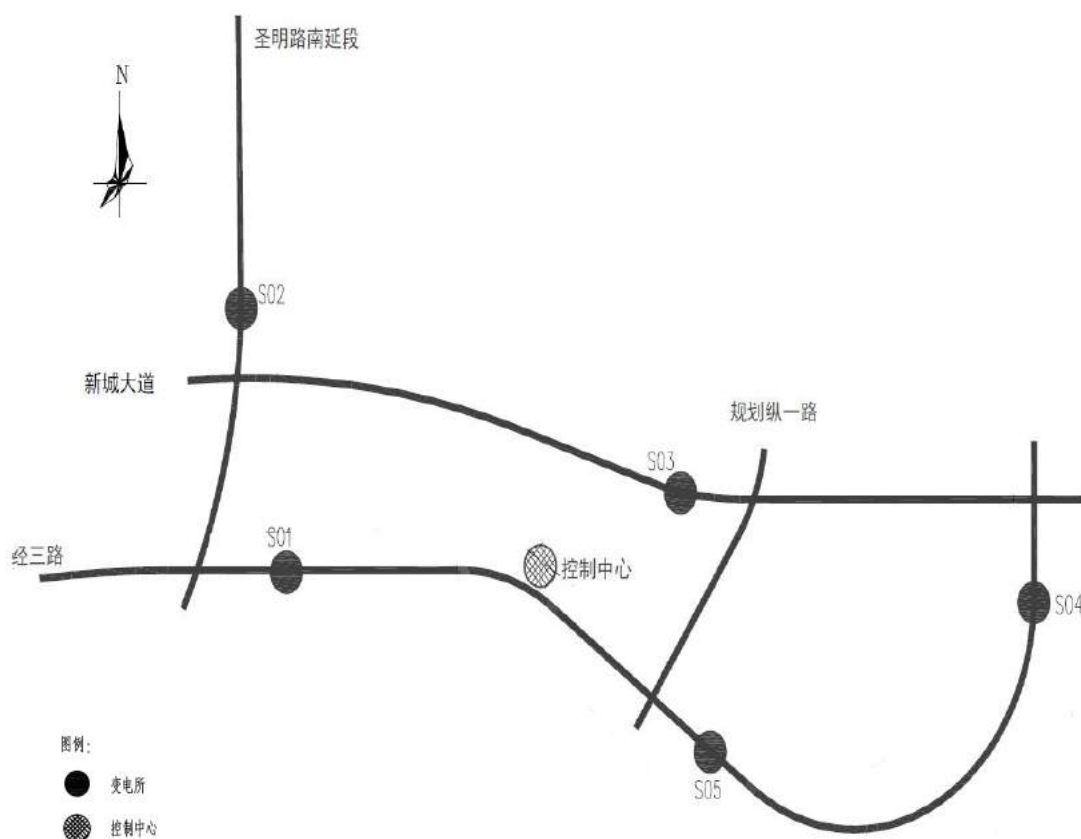
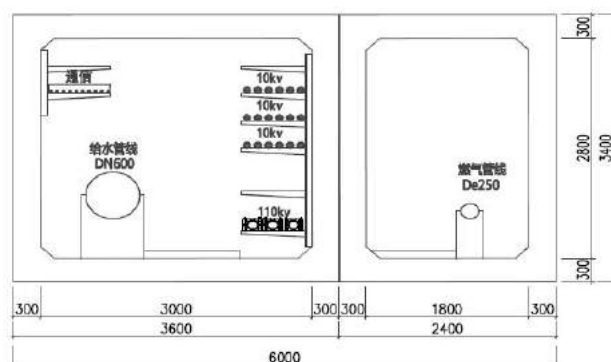
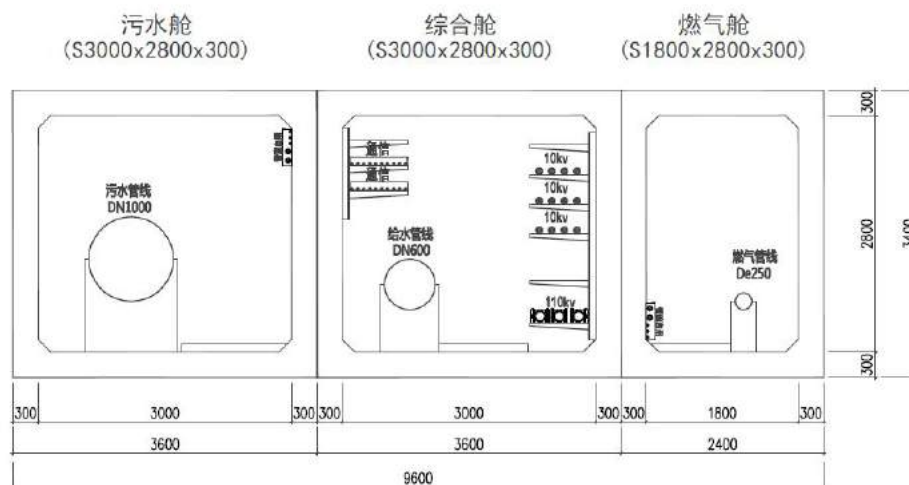


图 2.1 工程示意图



1: 100

图 2.2 两舱标准断面图



1: 100

图 2.3 三舱标准断面图

三、设计范围和依据

本方案设计内容为以上四个管廊工程每个分区段的结构健康监控系统与所属附属设备。不包含安防系统设计、通信系统设计及控制中心设计范围。

设计依据：

初设评审意见；

《城市综合管廊工程技术规范》GB50838-2015；

《建筑物电子信息系统防雷技术规范》GB50343-2012；

《安全防范工程技术规范》GB50348-2004；

《出入口控制系统工程设计规范》GB50396-2007；

《工程测量规范》（GB 50026-2007）；

《国家一、二等水准测量规范》（GB/T12897-2006）；

《建筑基坑支护技术规程》（JGJ 120-2012）；

《城市测量规范》（CJJ/T8-2011）；

国家或行业其它相关规范、强制性标准。

四、结构健康检测系统设计方案

4.1 系统概述

目前国内地下管廊的监控基本上仍处于初级阶段：一是靠人工巡视；二是靠人工测量电缆金属护层环流；三是靠停电测量电缆护层绝缘电阻和主绝缘电阻以及做交流耐压试验。这些传统的做法不仅费时费力，而且需要停电，影响输电线路可用率和供电可靠性。此外，传统的手段和方法不能有效及时地发现电缆的缺陷和隐患，有些试验（如耐压试验）可能对电缆线路造成永久性伤害。例如做护层绝缘电阻试验，可能使本来就薄弱的护层绝缘进一步恶化，扩大了缺陷。有些管廊虽然配置多种监视或控制装置，但每种装置间缺乏必要的联系和有效的协调，无法实现真正的信息共享，不具备综合监控的能力，未建立起真正意义上的综合性综合管廊计算机综合监控系统。

应对城市综合管廊的不断发展，综合管廊的运行管理模式必将向计算机综合监控方向发展，进而实现集约化、智能化的综合管廊监控网的监控模式，建立起真正意义上综合管廊计算机综合监控系统。

结合国内外综合管廊的发展,对综合管廊计算机综合监控系统可得出以下结论:

①综合管廊计算机综合监控系统是城市管理发展和综合管廊建设的必然需求;

②综合管廊监控系统系统应具有数字化、网络化、集成化、智能化、和可视化的现代工业监控系统的特点;

③综合管廊监控系统宜采用分层分布式网络结构,综合管廊监控系统应以电缆运行状况的实时监测为主要任务,同时兼顾对管廊环境、辅助设施和管廊安全防范的监测和监控;

④现场各类信息的采集应以数字传感技术为首选方案,注重统一信息库的建立和信息的高度共享;

⑤在信息共享和有效通信的基础上,监控系统应在现场层和管理层不同程度地实现系统性的协调控制能力;

⑥在系统的管理控制终端,应积极采用视频图像监视技术、电子地图技术以提供的综合智能控制手段、建立友善的人机交互界面。

4.2 结构健康检测系统简介

此次综合管廊项目使用的沉降仪、倾角仪及测振仪采用屏蔽线缆及套管连接,配合数码采集仪实时上传智能数据云平台进行可视化数据处理,真正实现多个传感器 24 小时连续数据采集上传,实时监控、分析、预测综合管廊结构健康数据。且可通过智能数据云平台进行在线实时报警,直接通过手机终端与相关责任人进行报警。

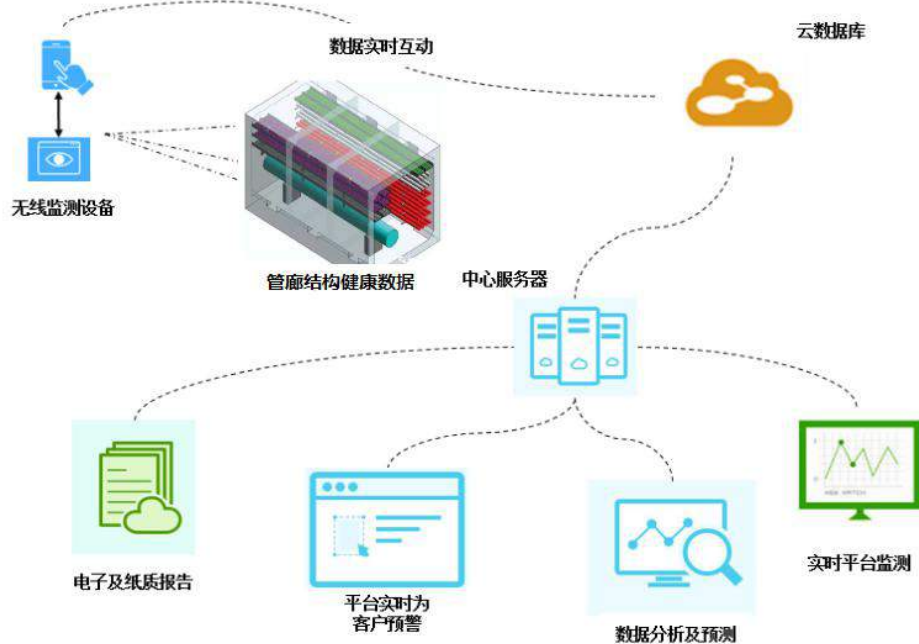
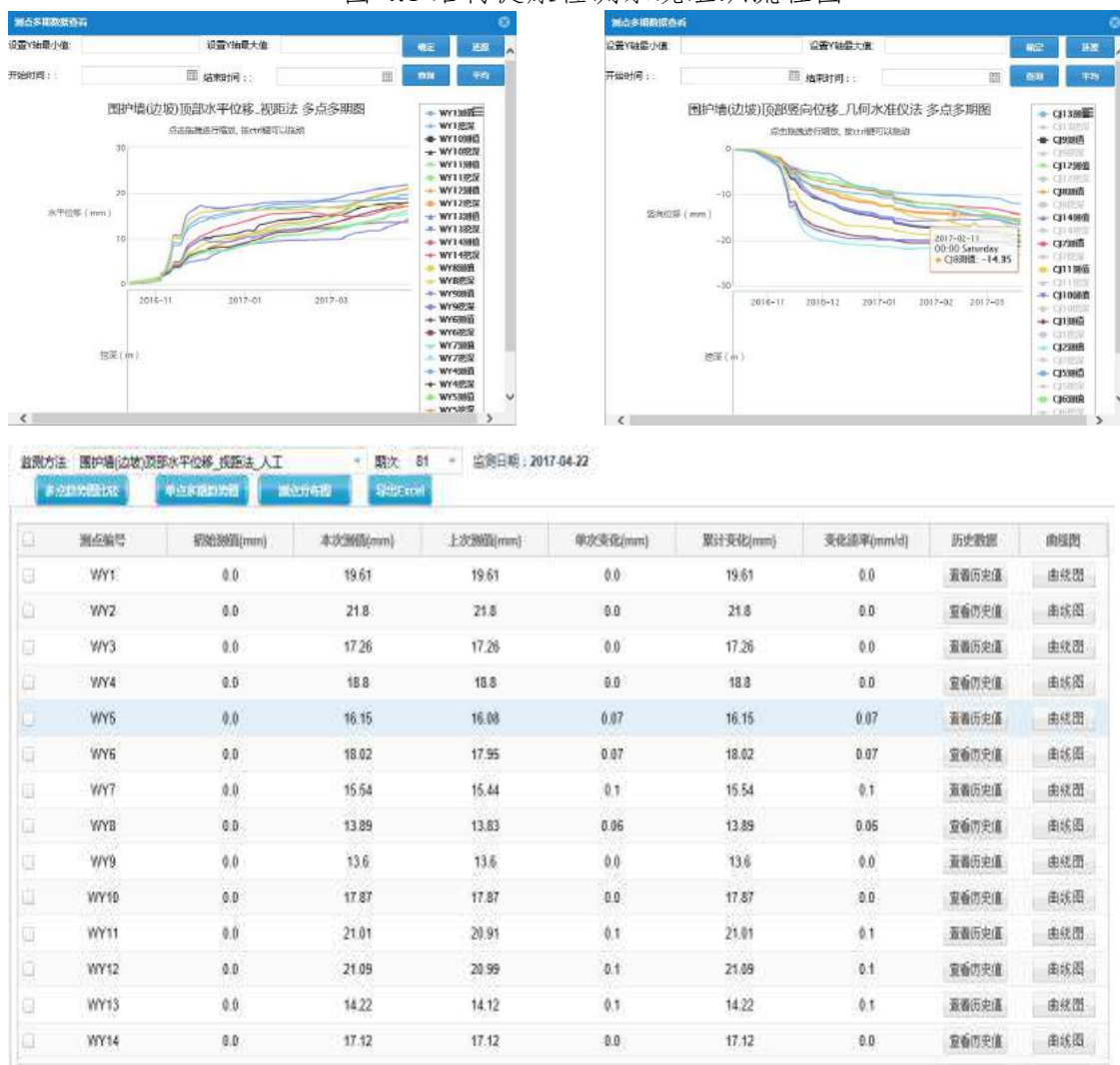


图 4.1 结构健康检测系统组织流程图



监测方法: 测斜位移-移动式测斜仪法_人工读数 期次: 14 监测日期: 2017-03-13

多点同步比较 单点同步比较 测点分布图 导出Excel

测点编号	测点深度(m)	初始测值(mm)	本次测值(mm)	上次测值(mm)	单次变化(mm)	累计变化(mm)	变化速率(mm/d)	历史数据	曲线图
CX1	0.5	0.86	9.67	9.72	-0.05	8.81	-0.01	查看历史值	曲线图
CX1	1.0	0.47	9.34	9.44	-0.1	8.87	-0.01	查看历史值	曲线图
CX1	1.5	0.71	7.37	7.82	-0.45	6.66	-0.06	查看历史值	曲线图
CX1	2.0	0.08	8.03	7.73	0.3	7.95	0.03	查看历史值	曲线图
CX1	2.5	0.46	7.45	7.3	0.15	6.99	0.02	查看历史值	曲线图
CX1	3.0	0.84	10.73	10.63	0.1	9.89	0.01	查看历史值	曲线图
CX1	3.5	0.98	11.07	11.32	-0.25	10.09	-0.03	查看历史值	曲线图
CX1	4.0	0.89	8.44	8.54	-0.1	7.55	-0.01	查看历史值	曲线图
CX1	4.5	1.07	9.71	9.51	0.2	8.64	0.02	查看历史值	曲线图
CX1	5.0	0.94	8.73	8.48	0.25	7.79	0.03	查看历史值	曲线图
CX1	5.5	0.79	5.88	5.58	0.3	5.09	0.03	查看历史值	曲线图
CX1	6.0	0.59	6.03	5.63	0.4	5.44	0.04	查看历史值	曲线图
CX1	6.5	0.71	3.8	3.45	0.35	3.09	0.04	查看历史值	曲线图
CX1	7.0	0.62	-0.64	-0.64	0.0	-1.26	0.0	查看历史值	曲线图

图 4.2 智能数据云平台数据

4.2.1 数码采集仪

RSM-DAS(D1004) 数码式多通道采集仪



主要用途:

广泛应用于管廊、地铁、危房、桥梁、地灾等自动化监测工程，配套使用监控平台可实时对现场采集的数据进行分析预测，及时预警。

技术特点:

1. 功能强大，稳定耐用，界面友好，携带方便，现场连接操作简单。
2. 自动化程度高，实现无人值守，断电情况下能够自动恢复采集的功能，同时提供实时人工控制功能。
3. 电脑与采集仪连接为无线和有线兼容的方式，无线或者有线二者选一种的方式进行通讯。
4. 配套使用 GPRS 无线传输模块、433 无线通讯模块和上位机操作软件，能进行数据的无线传输。
5. 仪器精度高、可靠性好。

6. 兼容性强，目前兼容倾角计、静力水准仪、拉线式位移计、土壤温湿度传感器、雨量计等各类数码类传感器，后期还可根据客户不同需求增加其他类型的数字信号传感器。
7. 多种供电方式：内置锂电池可以支持连续采集 24 小时；支持长期带电使用；对于恶劣的地区支持太阳能电池板供电。
8. 数据容量：支持数据直接采集保存 U 盘。

性能参数：

型号	RSM-DAS (D1004)
采样方式	连续、定时采集
显示模式	外接 PC 显示
存储模式	外置 U 盘
通讯方式	内置有线通讯、433 无线通讯、GPRS 无线传输
传感器供电电压	+12V、+24V
外部供电电压	12.6V
可测传感器类型	倾角仪、静力水准仪、拉线式位移计等各数字型传感器
采样间隔	$\geq 3\text{min}$
温度误差	0.1℃
通道数	4 道（2 道 24V、2 道 12V）
可挂载传感器数量	每个通道数可挂载个数（16~32 个），根据具体传感器来确定
数据传输模式	兼容有线无线传输
工作温度	-20~+55℃
供电模式	内置锂电池 ≥ 24 小时或外接电长期工作
外壳	全金属外壳；配套防水箱可以长期使用
接口	R485、USB2.0
体积	135×88×60mm
重量	1.0kg（含锂电池）

4.2.2 测振仪

RSM-VM1004 (A) 振动监测仪



主要用途:

本产品适用于振动、爆破监测工程。主要用于记录爆破现场采集到的振动数据，并后对现场采集的数据进行分析预测、管理及地震监测方面的应用。

1. 爆炸、辐射、腐蚀等人员无法在场的危险测量环境
2. 野外远离供电电源的测量环境和需要携带方便的测试场合
3. 需要多次自动分段测量的场合
4. 水下、地下、运动物体等信号难以传出的场合
5. 爆破、管廊、大坝、桥梁、矿山、公路、铁路、隧道、水电、机车、地震台站、建筑等工程现场的振动监测、拆除活动、打桩分析、结构分析等

软件功能:

1. 全面支持相关国标，《GB/T14124-93 机械振动与冲击对建筑物振动影响的测量和评价基本方法及使用导则》和《GB6722-2003 爆破安全规程》；
2. 主机具备友好 UI 界面设计，操作方便，实时显示监测结果，数据准确权威，强大的文件管理功能，文件、波形数据浏览一目了然；
3. 完善的数据处理功能，FFT 变换，逆 FFT 变换，功率谱分析，相关性分析，一阶积分，一阶微分，萨道夫回归，安全振速预测等；
4. 方便的打印输出功能，选择添加所需测点波形；
5. 完善的波形浏览功能，连续平移、连续压缩、连续拉伸、任意区域放大；

6. 任意定制的波形操作功能，波形截取、波形与常数运算、波形与波形运算；
7. 所见即所得的打印输出功能，选择任意测点的数据、波形、回归分析曲线输出到 Word、Bmp 或 Txt；

性能指标：

型 号	RSM-VM1004(A)
接口	USB2.0 高速传输 独立设置，独立采集
供电方式	锂电池/外部 9VDC 供电
最高采样率	可同时达到智能量程智能增益
输入通道	3 通道/台，单端电压信号输入
信号分辨率	多核 16 位 A/D，满足宽动态范围的信号记录
存储容量	8GB
量程	0.001cm/s-35cm/s ($\pm 10V$)
测量精度误差	$\leq \pm 2\%$ ，各通道均可与传感器互换
显示	320×480 高分辨 3.5 寸彩色液晶显示屏，强光下清晰可见
触发	电平触发，记录触发时刻
触发方式	内触发、信号触发、外触发
触发电平	在量程范围内分档可调
数据记录方式	单次/多次分段触发/实时显示记录
外壳	全金属外壳，适合户外使用；带配套金属仪器箱
外部尺寸	13.7×10×5.3cm
供电模式	内置电池可使用 20 小时以上

4.2.3 压差式沉降仪

RSM-HHL 液压式静力水准仪



主要用途:

主要用于管廊、大坝、核电站、高层建筑、基坑、隧道、桥梁、地铁、地质沉降垂直位移和倾斜的监测。

1. 测量两点间或多点间相对高程变化；
2. 静力水准系统一般安装在被测物体等高的测墩上或被测物体墙壁等高线上，通常采用一体化模块化自动测量单元采集数据，通过有线或无线铜须与计算机连接，从而实现自动化观测。

技术特点:

1. 该产品采用铝镁合金外壳设计
2. 可随时查看当前的液体的位置及有无液态气泡
3. 同时设计有弹压自锁排液装置，当有气泡时可随时进行排气处置
4. 操作简单快捷人性化设计，接线口采用航空插头
5. 具有非常高的防水特性整体防护等级 IP67
6. 连通管接口采用标准的启动连接件连接，抗压等级达到 2MPa
7. 传感器采用防水防震设计，可在特种条件下使用
8. 使用寿命高达 5 年以上，并且可以重复使用，一致性高
9. 内置嵌入式航空高精度硅压传感芯片

性能指标：

型 号	RSM-HHL
量 程	0.2-2000mm
精 度	±0.2mm
分 辨 率	0.001mm
系统误差	±0.3mm
波特率	9600-115200
分 辨 率	0.1Hz
通信参数	RS485/232
无限扩展类型	ZigBee/433/Bridge/GPRS/BD/Microwave(可扩展)
供电方式	5~12v
可靠性 MTBF	5000/h
	WDT 看门狗设计，保证系统稳定
	内置 15KVESD 保护
环境稳定范围	-30~+80℃
存储容量	4MByts
无故障时间	>5000h
防护等级	IP67
采集远程管理	支持远程参数配置（同时支持平台配置方式和短信配置）

4.2.4 倾角测量仪

RSM-QJS1000 倾角计



主要用途:

广泛应用于高铁轨距仪测平、高塔或高楼监测、高精密云台倾角控制、桥梁与大坝监测、高精度激光平台设备等。

技术特点:

1. 可进行双轴倾角测量(单轴可选), 精度高达 0.001° , 分辨率可达 0.0005° , 温漂: $0.0007^{\circ}/^{\circ}\text{C}$
2. 信号输出模式多种 (RS232/485/TTL/CAN) 可选;
3. 波特率 2400~115200 可选; 防护等级 IP67
4. 输出频率 5~100Hz 可选

性能指标:

测量范围($^{\circ}$)		± 5	± 15	± 30	± 90
测量轴		X-Y	X-Y	X-Y	X-Y
零点漂移($^{\circ}/^{\circ}\text{C}$)	$-40\sim 85^{\circ}\text{C}$	± 0.0007	± 0.0007	± 0.0007	± 0.0007
响应频率(Hz)		100	100	100	100
分辨率($^{\circ}$)		0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
精度($^{\circ}$)	常温	0.001	0.003	0.005	0.01
波特率		2400~115200	2400~115200	2400~115200	2400~115200

4.3 系统集成

由于统一管理信息平台依靠多个不同功能的系统,为了有效消除各系统间的信息孤岛,我们从门户集成、应用集成、通信集成、数据集成、安全集成和管理集成六个方面构建一个多系统集成互联网的数字化、网络化、集成化和智能化的统一管理信息平台。

门户集成。实现环境与设备监控系统、安全防范系统、通信系统、预警与报警系统、地理信息系统及其它所有系统在统一门户上的集成化统一管理。

- (1) 应用集成。基于网络架构、以电子地图为导航的综合集成管控平台,实现集成系统之间的信息交换和共享,并对集成信息进行综合应用。通信集成。集成平台通过建立起一套统一的信息体系,利用先进的 XML 语言,在各个前端采集设备与平台之间按照统一的标准接口,通过消息服务进行信息交换和控制信息交换。
- (2) 数据集成。通过对多系统数据采集和分析,可以实现系统之间的关联和统计,并可以输出不同的报表。
- (3) 安全集成。建立统一的权限管理体系,以密码技术为基础,在网络环境中实现统一用户管理、身份认证及单点登录、统一授权管理、安全审计与责任认定、统一门户管理功能等,为各系统提供完善的安全支撑。
- (4) 管理集成。通过统一的管理平台实现对五大系统的管理,包括对设备和软件平台的注册、配置、维护和更新。

五、检测项目及内容

51. 圣明路工程

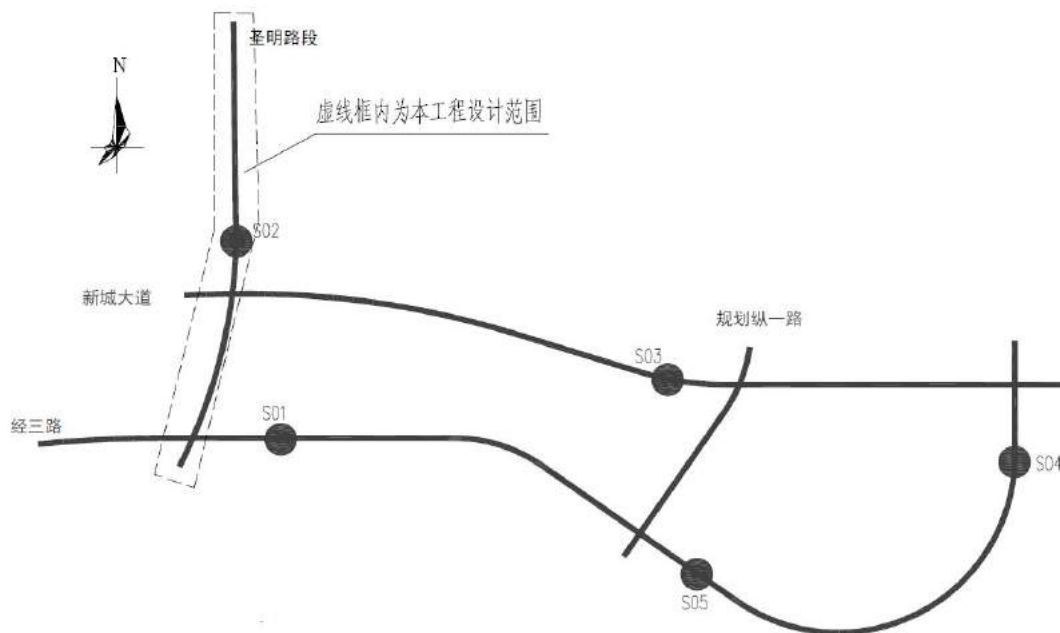


图 5.1 圣明路工程位置示意图

根据项目需要及相关规范，综合考虑设备布置合理方案，圣明路工程段共计布置压差式沉降仪 32 个，沉降基准箱 1 个，倾角测量仪 32 个，三轴测振仪 8 个，数据采集箱 3 个。设备布置断面示意图如图 5.2 所示。

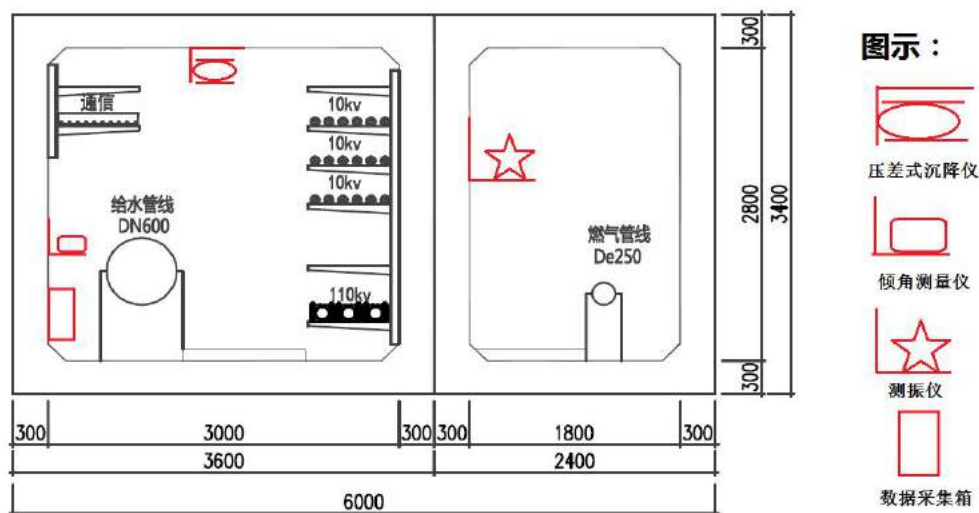


图 5.2 设备布置断面示意图

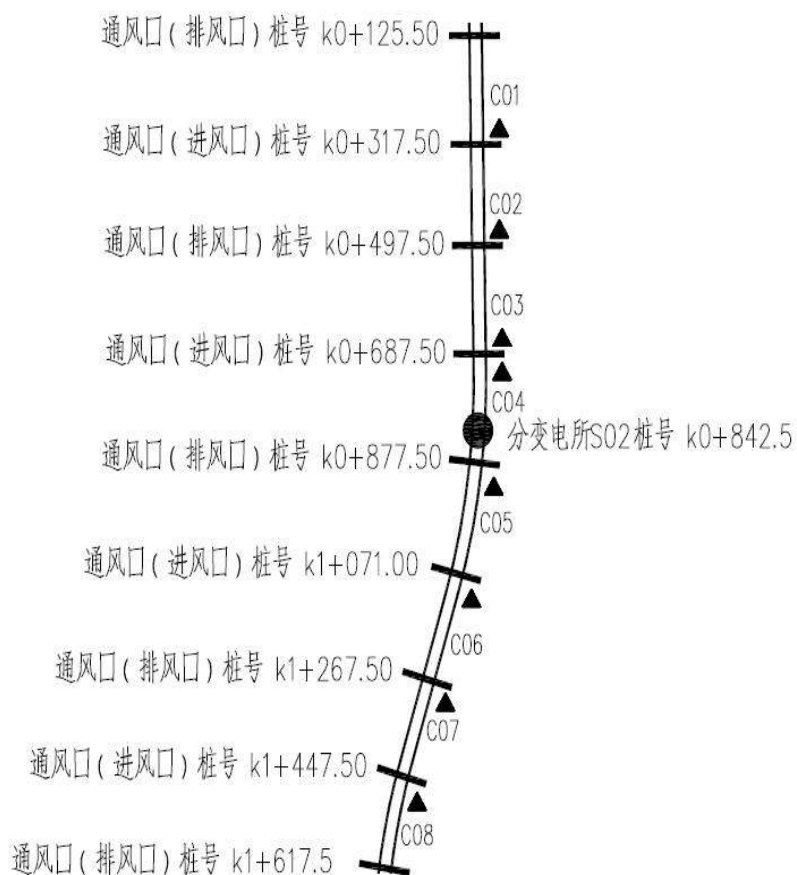


图 5.3 圣明路里程段

本管廊结构健康检测里程段设备布设统计表如下所示：

表 5.1 设备布设里程表

里程	压差式沉降	倾角测量仪	三轴测振仪	数据采集箱	沉降基准箱
K0+125.5	1	1	1	1	1
K0+173.5	1	1			
K0+221.5	1	1			
K0+269.5	1	1			
K0+317.5	1	1	1		
K0+365.5	1	1			
K0+413.5	1	1			
K0+461.5	1	1			
K0+509.5	1	1	1		
K0+557.5	1	1			
K0+605.5	1	1		1	

K0+653.5	1	1			
K0+701.5	1	1	1		
K0+749.5	1	1			
K0+797.5	1	1			
K0+845.5	1	1			
K0+893.5	1	1	1		
K0+941.5	1	1			
K0+989.5	1	1			
K1+37.5	1	1			
K1+85.5	1	1	1		
K1+133.5	1	1		1	
K1+181.5	1	1			
K1+229.5	1	1			
K1+277.5	1	1	1		
K1+325.5	1	1			
K1+373.5	1	1			
K1+421.5	1	1			
K1+469.5	1	1	1		
K1+517.5	1	1			
K1+566.5	1	1			
K1+617.5	1	1			
总计	32	32	8	3	1

52.新城大道工程

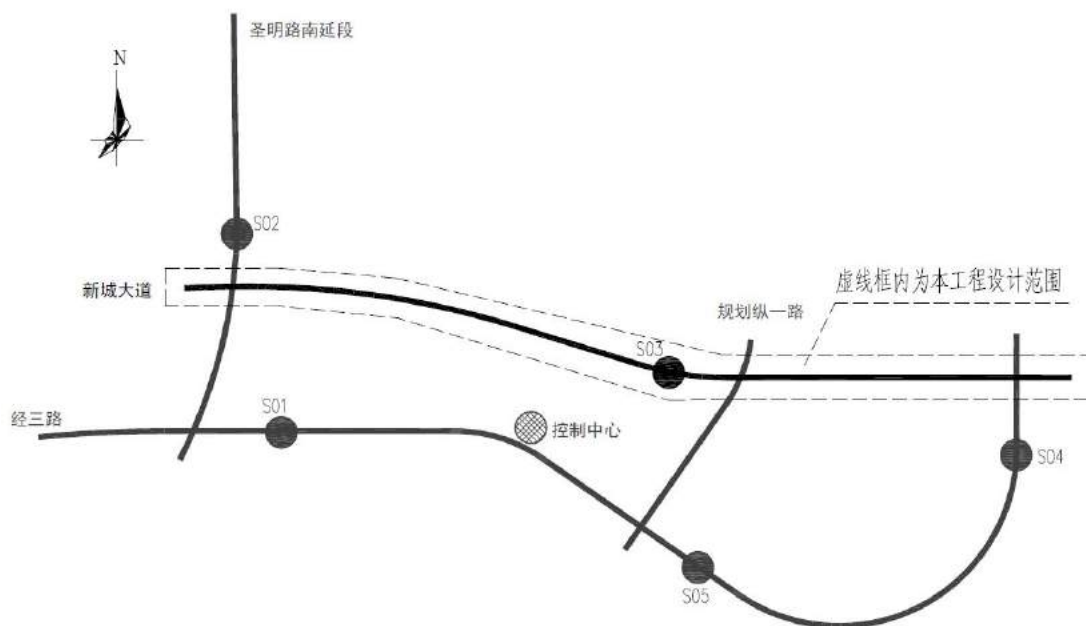


图 5.4 新城大道工程位置示意图

根据项目需要及相关规范，综合考虑设备布置合理方案，新城大道工程段共计布置压差式沉降仪 68 个，沉降基准箱 1 个，倾角测量仪 68 个，三轴测振仪 17 台，数据采集箱 5 个。设备布置断面示意图如图 5.5 所示。

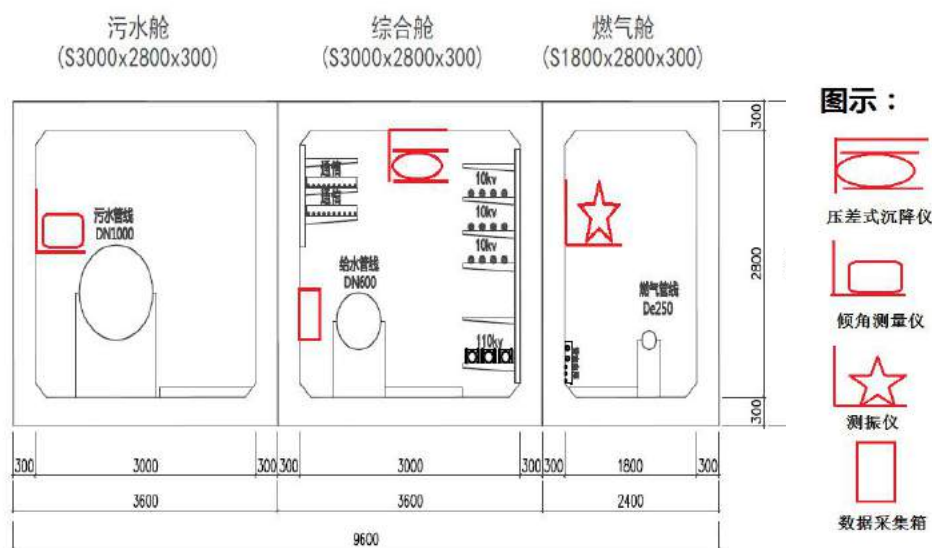


图 5.5 设备布置断面示意图

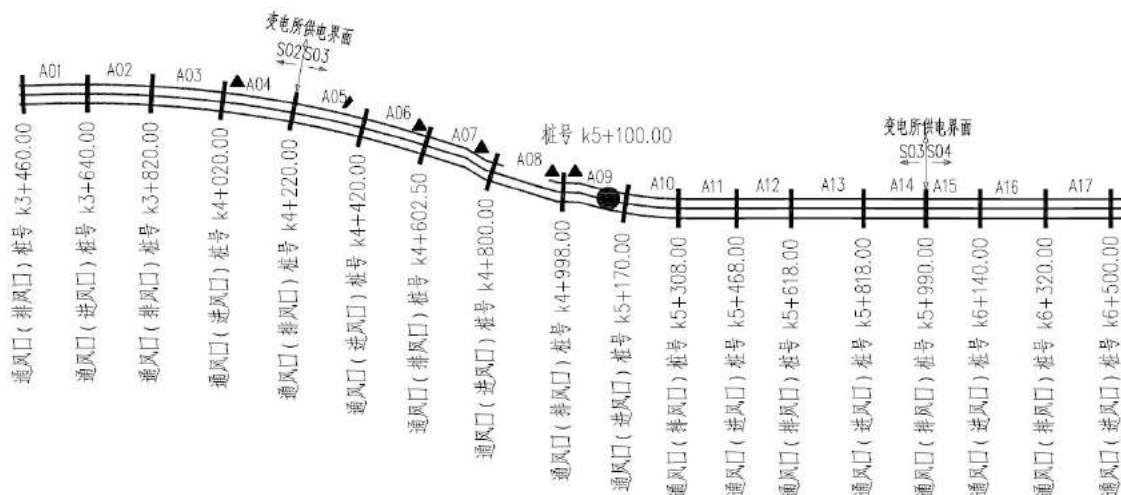


图 5.6 新城大道里程段

此里程段设备布设情况为：

压差式沉降仪：从 K3+460-K6+500 间隔 45.4m 布设一个，共计 68 个；

倾角测量仪：从 K3+460-K6+500 间隔 45.4m 布设一个，共计 68 个；

三轴测振仪：从 K3+460-K6+500 间隔 190m 布设一个，共计 17 台；

数据采集箱：间隔 13 个压差沉降仪布置一个，共计 5 个；

沉降基准箱：K3+460 处布置一个，共计 1 个。

总计：压差式沉降仪 68 个，倾角测量仪 68 个，三轴测振仪 17 台，

数据采集箱 5 个，沉降基准箱 1 个。

5.3 规划纵一路工程

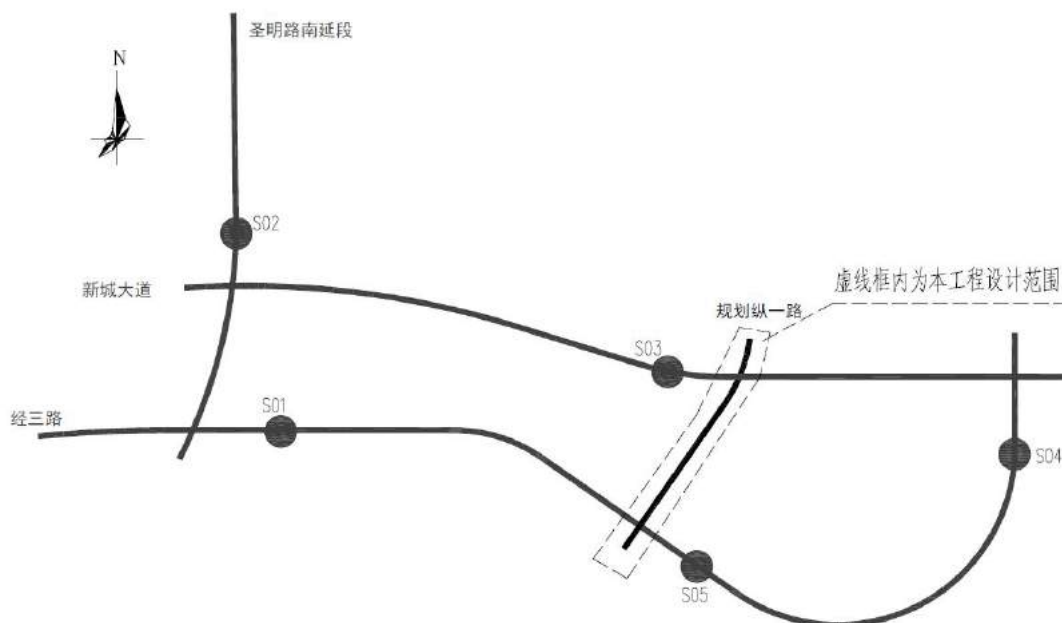


图 5.7 规划纵一路工程位置示意图

根据项目需要及相关规范，综合考虑设备布置合理方案，规划纵一路工程段共计布置压差式沉降仪 20 个，沉降基准箱 1 个，倾角测量仪 20 个，三轴测振仪 5 台，数据采集箱 3 个。设备布置断面示意图如图 5.8 所示。

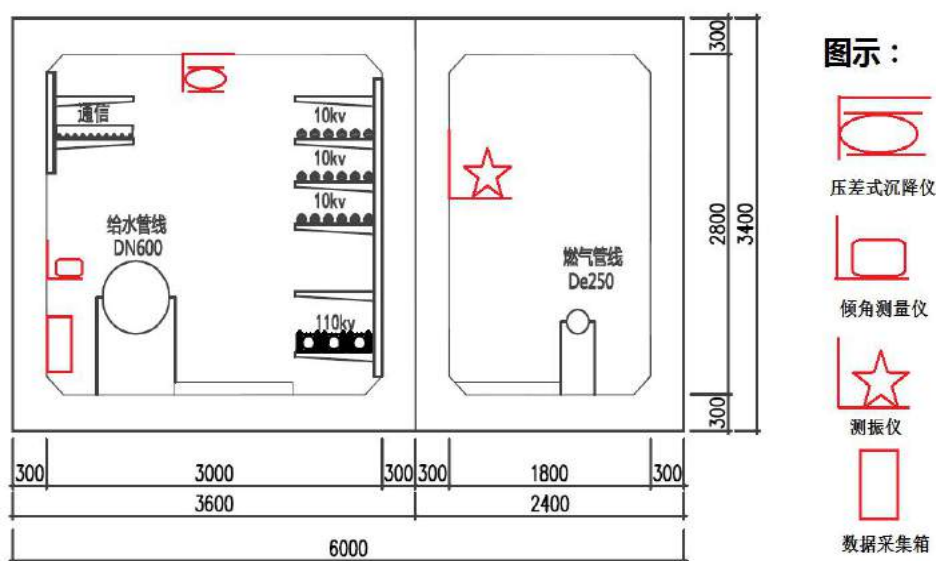


图 5.8 设备布置断面示意图



图 5.9 规划纵一路里程段

此里程段设备布设情况为：

压差式沉降仪：从 K0+782-K1+567 间隔 41.3m 布设一个，共计 20 个；

倾角测量仪：从 K0+782-K1+567 间隔 41.3m 布设一个，共计 20 个；

三轴测振仪：从 K0+782-K1+567 间隔 196m 布设一个，共计 5 台；

数据采集箱：间隔 6 个压差沉降仪布置一个，共计 3 个；

沉降基准箱：K0+782 处布置一个，共计 1 个。

总计：压差式沉降仪 20 个，倾角测量仪 20 个，三轴测振仪 5 台，数据采集箱 3 个，沉降基准箱 1 个。

5.4 经三路工程

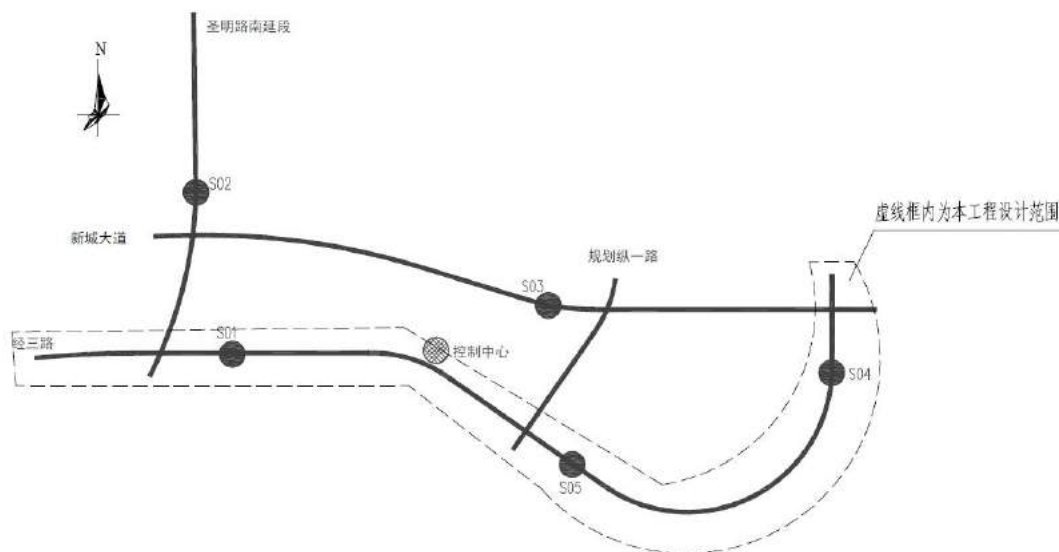


图 5.10 经三路工程位置示意图

根据项目需要及相关规范，综合考虑设备布置合理方案，规划纵一路工程段共计布置压差式沉降仪 100 个，沉降基准箱 2 个，倾角测量仪 100 个，三轴测振仪 25 台，数据采集箱 7 个。设备布置断面示意图如图 5.11 及图 5.12 所示。

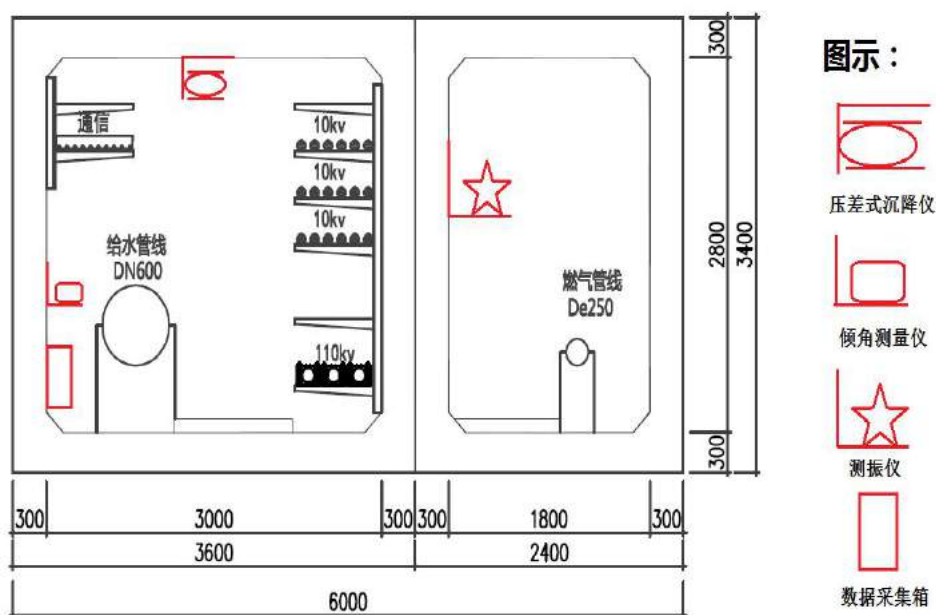


图 5.11K2+320-K3+900 两舱室设备布置断面示意图

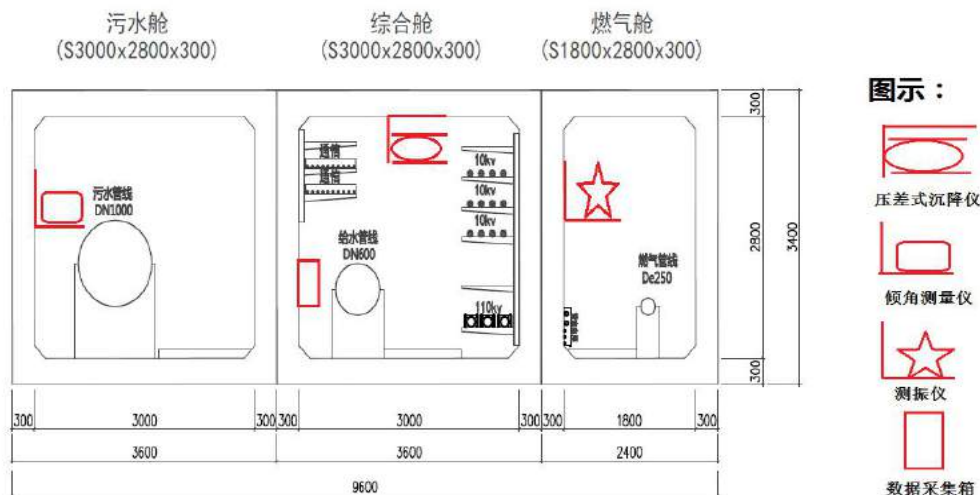
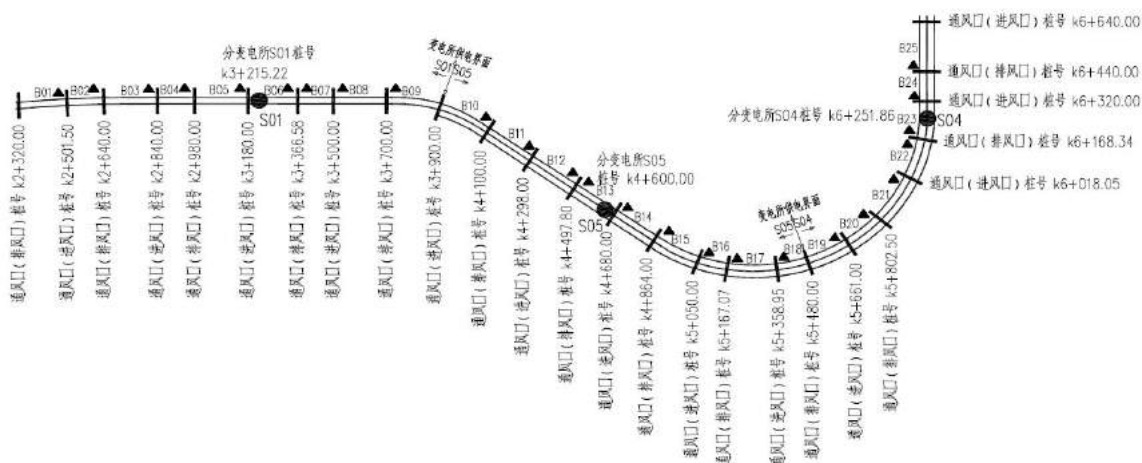


图 5.12K3+900-K6+640 三舱室设备布置断面示意图



此里程段设备布设情况为：

压差式沉降仪：从 K2+320-K6+640 间隔 43.6m 布设一个，共计 100 个；

倾角测量仪：从 K2+320-K6+640 间隔 43.6m 布设一个，共计 100 个；

三轴测振仪：从 K2+320-K6+640 间隔 180m 布设一个，共计 25 台；

数据采集箱：间隔 13 个压差沉降仪布置一个，共计 7 个；

沉降基准箱：K0+782 处布置一个，K3+900 处布置一个，共计 2 个。

总计：压差式沉降仪 100 个，倾角测量仪 100 个，三轴测振仪 25 台，

数据采集箱 7 个，沉降基准箱 2 个。

六、组织机构及拟投入设备

6.1 组织机构

针对本工程检测项目的特点成立检测管理小组和专业监管组，检测管理小组由项目经理、总工程师及检测主管组成，检测项目理由具有相应资质并有类似工程经验的检测单位承担，检测主管及人员由具有丰富施工经验，具有较高结构分析和计算能力的专职检测工程师担任。

检测组在检测主管的领导下负责日常检测工作及资料整理工作。检测工作在总工程师直接领导下，并建立与设计、监理及业主的协调与联系，作到检测数据的及时可视化、共享的特点，确保管廊结构安全。

6.2 拟投入设备

检测仪器设备是完成管廊结构安全检测的手段，仪器的精度影响检测的质量，而仪器设备的数量则是顺利完成此次检测任务的重要保证。

为满足检测工作的需要，项目部将在检测工作中投入了先进的仪器设备（见表 6.1）。

我单位保证投入仪器设备、办公、交通等资源的配置数量充足。

表 6.1 拟投入本项目的仪器设备成本统计表

管廊名称	序号	类型	仪器名称	型号	单价（元/个）	数量（个）	小计（元）	合计（元）
四管廊合计	(一)	监测元器件	压差式沉降仪	RSM-HHL	3,800	220	836,000	3111639
			倾角测量仪	RSM-QJS1000	1,800	220	396,000	
			三轴测振仪	RSM-VM1004 (A)	12,000	55	660,000	
			通用数据采集箱	RSM-DAS (D1004)	18,000	18	324,000	
			沉降基准箱		6,500	5	32,500	
			(一) 合计				2,248,500	
	(二)	辅材	仪器名称	型号	单价(元/m)	数量(m)	小计（元）	
			PU Φ 8x5mm	PE Φ 8x6mm	10	10601	106,010	
			联通气管	PU Φ 8x5mm	6	10601	63,606	
			传输电缆	4 芯屏蔽电缆	8	10601	84,808	
			镀锌保护管	2 寸	15	10601	159,015	
			(二) 合计				413,439	
	(三)	安装费	(一) *20%				449,700	