

XXXX 隧道在线安全监测系统

初步 设计

目 录

1、 概述	1
1.1 项目背景	1
1.2 项目概况	1
1、 监测内容	2
2.1 监测项目	2
2.2 监测项目设计	2
2、 系统构成	3
3.1 系统功能	4
3.2 系统特点	4
4、 设备选型	5
4.1 表面位移设备选型	5
4.2 环境监测设备选型	8
4.3 裂缝监测设备选型	9
4.4 应力应变监测设备选型	10
4.5 采集设备及采集软件	12
5、 设备安装	15
5.1 表面位移监测设备安装	15
5.2 环境监测设备安装	19
5.3 裂缝监测设备安装	20
5.4 应力应变监测设备安装	21
6、 通讯及供电系统设计	26
6.1 通讯系统设计	26
6.2 供电系统设计思路	26
6.3 市电供电	26
6.4 太阳能供电	28
7、 防雷系统设计	29
7.1 直击防雷	29
7.2 感应防雷	31
8、 监控中心设计	32
8.1 设计原则	32
8.2 总体布局	32
8.3 环境基本要求	33
9、 售后服务及培训计划	34
9.1 售后服务	34
9.2 培训方案	35
10、 项目概算	37
10.1 项目效益分析	37
10.2 项目主要产品预算清单	37

1、概述

1.1 项目背景

近些年来，高速等基础设施建设事业的快速发展，我国隧道建设工作进入了迅猛发展时期，随之而来的各种隧道事故也频频发生。隧道穿越的山体工程地质及水文地质等条件复杂多变。既有隧道又受修建时期的设计与施工技术条件的限制，早期修建的隧道经常出现隧道拱顶开裂、边墙开裂、拱顶空洞、衬砌损坏、隧道渗漏水、隧道冻害、围岩大变形、衬砌厚度薄、混凝土强度低、隧道内空气污染等病害；另外，由于各方面的原因，隧道内部的照明设施不足等引发交通事故，也是可能引发灾难性火灾事故的隐患所在。因此，铁路隧道的健康问题变得日益突出，如何对现役营运隧道或新建隧道进行健康诊断和病害与灾害预防和控制就显得极为重要。随着各地如火如荼地发展高速公路、铁路建设，接踵而来的隧道施工事故也频频发生，敲响了安全生产的警钟。

HC隧道监测系统是利用现代电子、信息、通信及计算机技术，可实现对隧道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。通过监控量测对施工中可能出现的事故和险情进行预报，以便及时采取措施，防患于未然。

1.2 项目概况

略

1、监测内容

2.1 监测项目

1) 变形监测

沉降、位移、收敛等监测，自动化监测方式主要采用静力水准仪、固定式测斜计、多点位移计、收敛计等

2) 应力应变监测

主要监测衬砌结构及支撑的应力应变情况，自动化监测方式主要采用衬砌应力计、表面应变计、埋入式应变计、钢筋计、锚索计、轴力计等

3) 裂缝监测，主要采用裂缝计。

4) 环境监测

主要监测隧道内的地下水位、温湿度等，采用渗压计、温湿度计等。

综上所述，隧道监测指标及监测设备汇集成下表。

监测项目及指标	监测设备
变形监测	静力水准仪、固定式测斜仪、多点位移计、收敛计
应力应变监测	应变计、土压力计、钢筋计、锚索计、锚杆计、轴力计
环境监测	渗压计、土壤含水量、温度计
裂缝监测	裂缝计

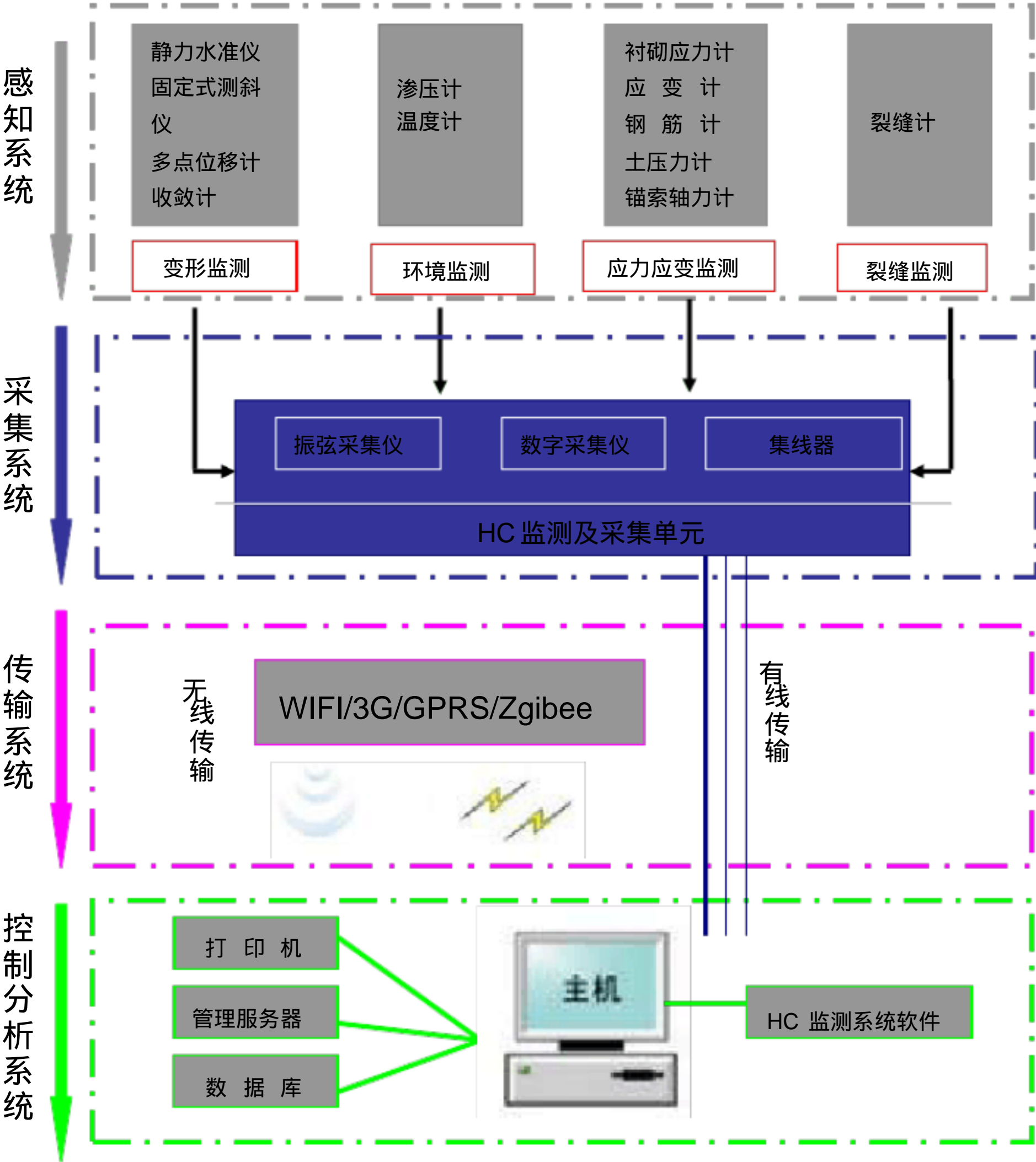
2.2 监测项目设计

根据项目实际情况，本项目选择 XX/XX 进行监测

2、系统构成

隧道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（监控中心软件、显示）。系统拓扑结构示意图见下图。



3.1 系统功能

- 1) 实现对隧道重要运行数据的实时采集、传输、计算、分析。
- 2) 直观显示各项监测数据，监测数据的历史变化过程及当前状态。
- 3) 一旦出现紧急情况，系统能及时的发出预警信息。
- 4) 可实现安全监测信息的多级共享。
- 5) 可实现安全预警信息的发布。

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 隧道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。

4、设备选型

4.1 表面位移设备选型

1、静力水准仪

静力水准仪选择 HC-4100 型，

1) 技术指标

HC-4100系列静力水准仪主要技术参数

测 量 范 围(mm)： 50-400

分 辨 力(mm/F)： 0.25

温度测量范围（ ）： -20~80

温度测量精度（ ）： ± 0.1



2) 系统工作原理

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；边坡地滑仪通过测量两个长距离点之间的位移变化情况，来反映边坡整个断面上的位移变化情况。



2、固定式测斜仪

HC-5100 型固定式测斜仪

1) 主要技术参数如下：

功能	详细指标
标准量程	± 15 °
测量精度	0.1%F.S
灵敏度	< 10 弧秒 (± 0.005mm/m)
温度范围	-20~+80 ° C

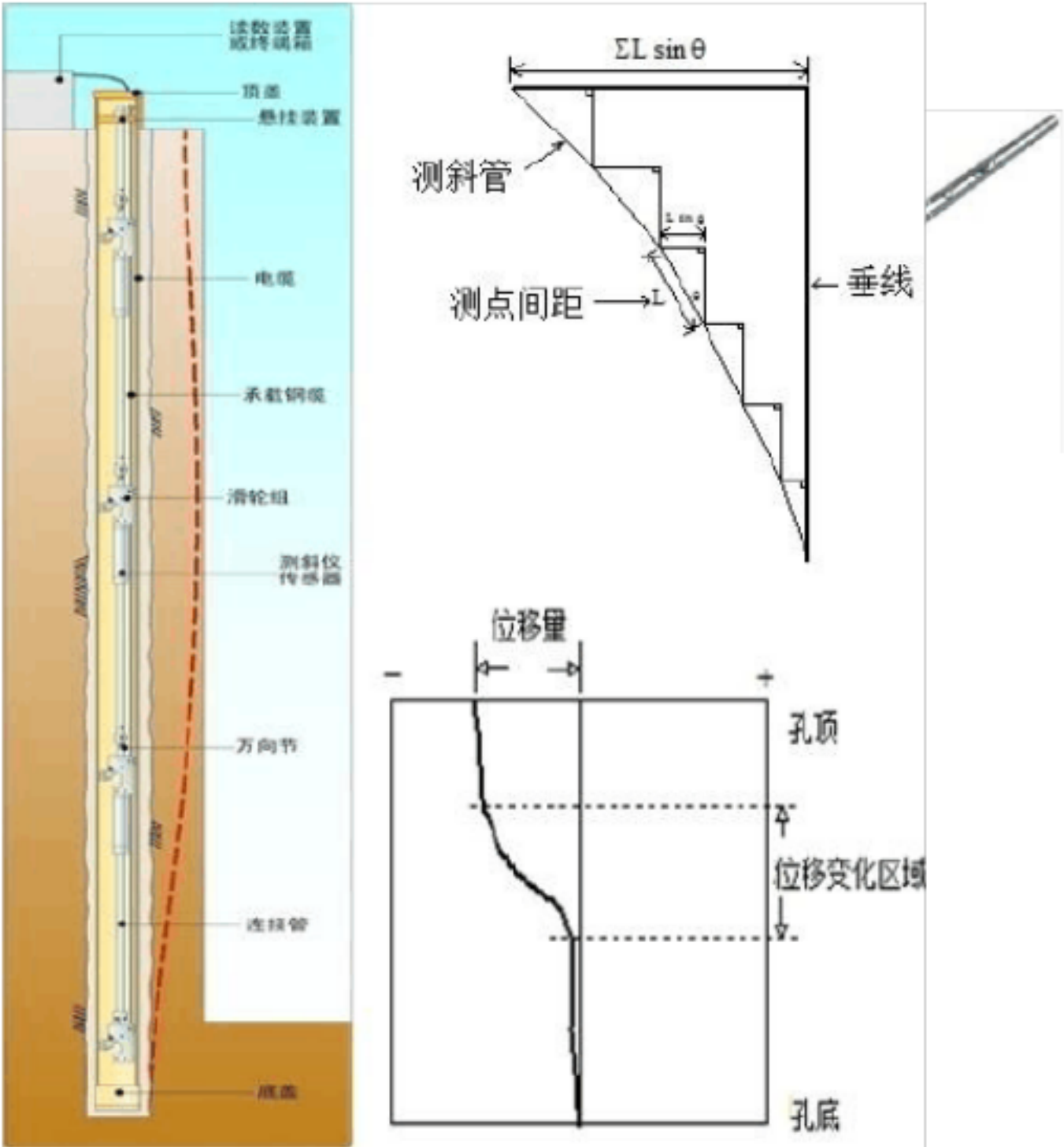


供电电压	12V
输出电压	$\pm 3V@ \pm 10^\circ$
直径 × 长度	$\varnothing 32 \times 187mm$
耐冲击	2000g

2) 工作原理

多支测斜仪串联后，将这些仪器产生的位移变化量进行累加即可获取整个剖面的垂直位移变形曲线，固定式测斜仪用于内部位移监测的工作原理如下图所示。

3、HC-2200 多点位移计



HC-2200 系列型振弦式多点位移计由 HC-2100 系列振弦式位移计 3-6 支组成。有位移传递杆及其保护管、减摩环、安装支座、锚固头等部件构成。用于精确测量钻孔内岩土体纵向分层位移。

主要技术参数：

待测线性变形通过拉杆传递给拉簧产生

一与变形成线性关系的力 F 作用于感应体上，引起振 3 的自振频率发生变化，由二次仪表通过线圈对振弦激振并接收数字信号，便可按照给出的计算公式求得作用在位移计两端线性变形的大小。

主要技术参数								
型 号 规 格	HC-2200							
测量范围 (mm)	50	100	50	100	50	100	50	100
灵敏度 (mm/F)	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03
传感器测点数	3		4		5		6	
温度测量范围 ()	-25~60							
温度测量精度 ()	± 0.5							
允许电缆接长 (m)	>1000							
防渗水压力 (MPa)	>1.0							

注：F · S 表示满量程输出， $F = H_z^2 \cdot 10^3$ 。

4、9430电子式收敛计

9430净空变位计或电子式收敛计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。

本产品主要用于测量两个标定点之间的长度变化，包括：

- 隧道中收敛位移监测。
- 开挖中基地附近建筑物的位移监测。
- 桥梁、桥墩等工程结构物的变形监测。



主要技术参数

量测范围： 50mm 100mm (其他范围可定制)

操作温度： -20 至 +80

变位计本体长度： 352mm 505mm

感应线长度： 3m
感应频率范围： 1200 ~ 3500Hz
灵敏度： 0.025% F.S.
非线性： < 0.5% F.S.
对应测读仪： VW405 (B档位)

4.2 环境监测设备选型

1、9500 振弦式渗压计。

1) 技术指标

产品型号： 9500A (标准型) / 9500B (低压型) / 9500C (细长型) / 9500D (尖头型)

量测范围 A ： 175KPa / 350KPa / 700KPa / 1000KPa(1MPa)

量测范围 B ： 70KPa / 175KPa

量测范围 C ： 350KPa / 700KPa / 1000KPa(1MPa)

量测范围 D ： 70KPa / 175KPa / 350KPa / 700KPa / 1000KPa(1MPa)

最大量测范围： 额定量测范围 x 2 倍

长度 x 外径： 131.5 x 19mm (9500A 标准型) / 127 x 25.5mm (9500B 低压型) / 125 x 11.5mm (9500C 细长型) / 185 x 32.5mm (9500D 尖头型)

感应线长度材质： 3m (24AWG - 4 芯) PE 外被覆 - 高压防水电缆线

操作温度： -20 至 +80

非线性： <0.5% F.S.

灵敏度： 0.025% F.S.

精确度： ± 0.1% F.S.

滤石孔径： 50 ~ 60μ m

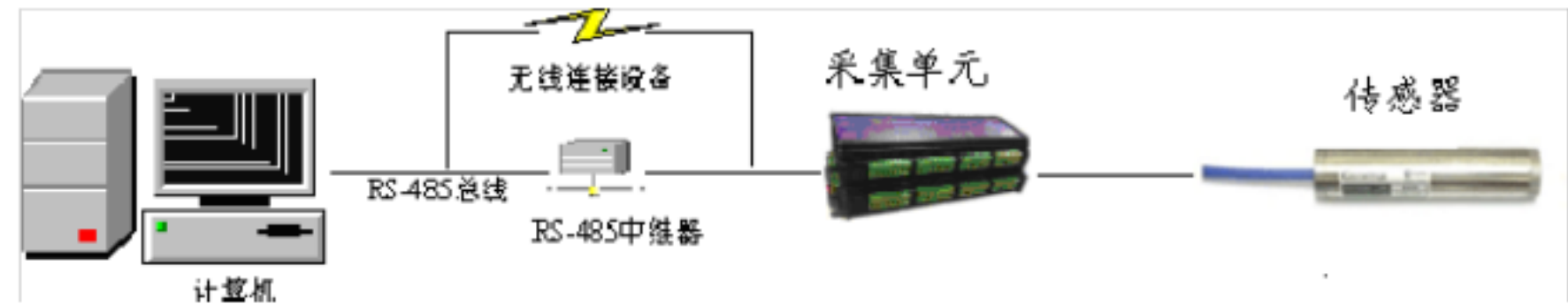
感应频率范围： 1200 ~ 3500Hz



2) 工作原理

9500 系列振弦式水压计由一组振弦式感应组件固定于不锈钢圆柱体内两端。一组电磁线圈用来激发钢弦的振动，透过测量钢弦的振动频率即可以用校正系数推算出作用于感应组件上的压力值，从而实现对水压力的监测。进而也可

以通过水压的大小，换算处水位的位置。



2、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



4.3 裂缝监测设备选型

裂缝监测选择 HC-2400 型裂缝计

1) 主要技术参数

规格代号	HC-2400			
最大外径外形尺寸 (mm)	20×184	20×218	20×280	26×580
测量范围 (mm)	20	50	100	200
综合误差 (%F· S)	1			
最小读数 K (mm/ F)	0.006	0.015	0.03	0.06
温度测量范围 ()	-25 ~ 60			
温度测量精度 ()	± 0.5			
温度修正系数 b (% F· S/)	0.05			
绝缘电阻 (M)	50			
纵向刚度 G (N/mm)	0.25 ~ 1.25			

2) 工作原理

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。读数仪或自动化集录系统可以测读

裂缝计振动频率数据。然后通过计算公式可得出裂缝的大小、及裂缝的变化趋势等情况。



4.4 应力应变监测设备选型

1) 9000/ 9050 振弦式支撑应变计主要技术指标

量测范围：3000μ （微应变）

灵敏度：1μ （微应变）

非线性： $< 0.5\%F.S.$

操作温度： -20 至 $+80$

热敏电阻： $3K$

应变计长度： $170mm$ (VG-9000)

$265mm$ (VG-9050)

感应线长度： $2m$ (24AWG-芯-PVC外被)

感应频率范围： $450\sim 1000Hz$



2) 9011振弦式钢筋应力计主要技术指标

量测范围： $\pm 3000kg/cm^2$

非线性： $< 0.5\%F.S.$

灵敏度： $0.025\%F.S.$

操作温度： -20 至 $+80$

产品全长： $750mm$

钢筋外径： $\#4$ ($12.7mm$) , $\#5$ ($15.9mm$) , $\#6$ ($19.1mm$) , $\#7$ ($22.2mm$)

$\#8$ ($25.4mm$) , $\#9$ ($28.7mm$) , $\#10$ ($32.2mm$) , $\#11$ ($35.8mm$)



3) 9800 振弦式土压计主要技术指标量

测范围： $350Kpa$, $700Kpa$, $1Mpa$

最大量测范围： $1.5X$ 额定量程

系统精度： $\pm 0.1\% F.S.$

操作温度： -20 至 $+80$

灵敏度： $0.025\% F.S.$

仪器外径： $230mm$

仪器高度： $6mm$

感应频率范围： $1200 \sim 3500Hz$



4) 9900型振弦式锚索计主要技术参数

量测范围： $50T$, $100T$, $200T$, $300T$, $400T$, $500T$

过载荷重： $150\% F.S.$

产品高度： $100mm$ (100T)

产品外径： $140mm$ (100T)

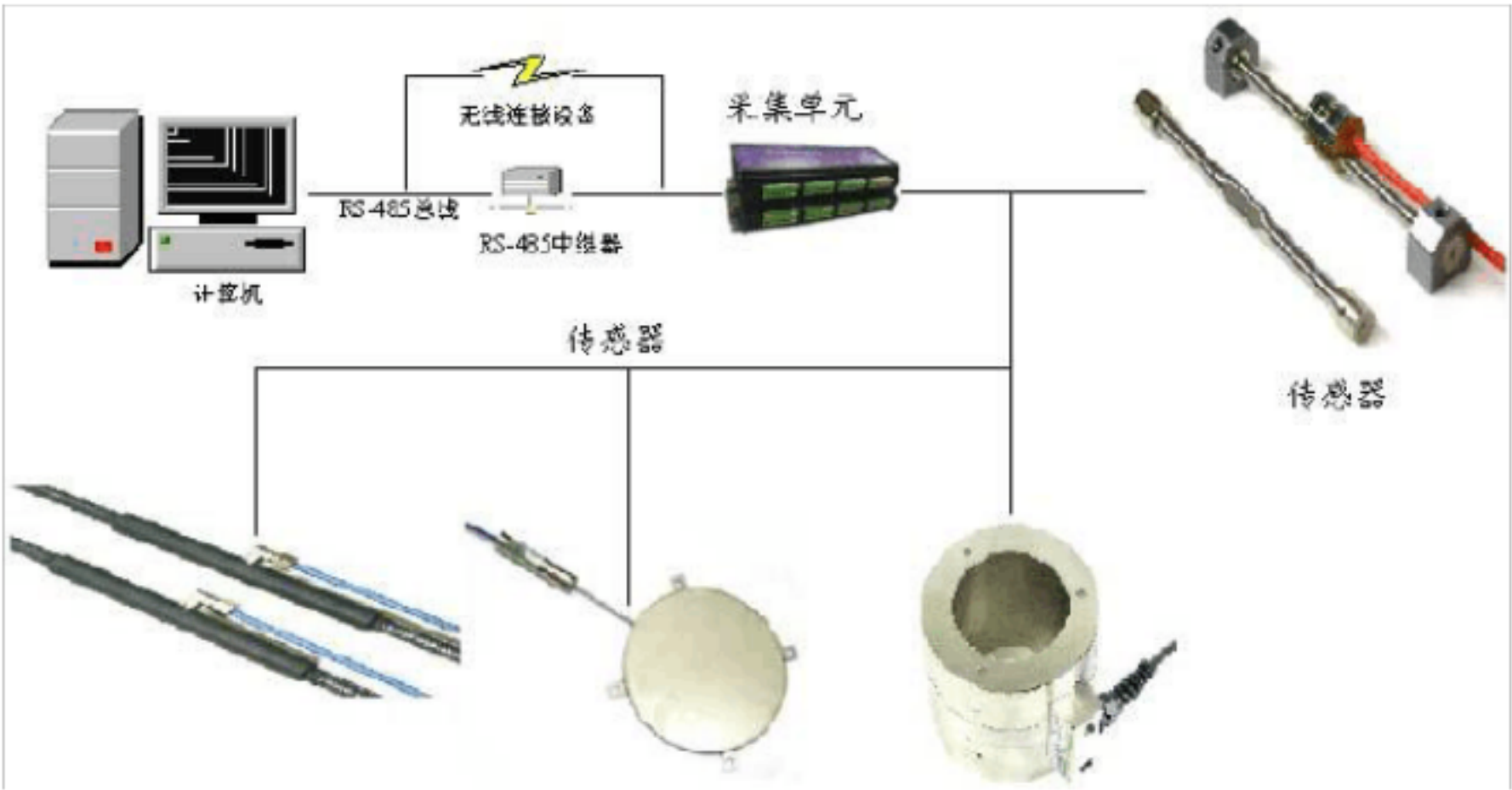


产品内径： 90mm (100T)

非线性： < 0.5% F.S.

操作温度： -20 至 +80

灵敏度： 0.025% F.S.



4.5 采集设备及采集软件

1、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。

2、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。

3、HC 隧道在线监测系统软件

数据采集：支持所有传感器的单次、定时及按时间表的上位机自动采集

数据分析：支持监测数据、报警数据、操作统计、统计、分析、对比输出

曲线生成：系统支持生成历史数据曲线；

安全报警：可以发送短信到指定的负责人手机；

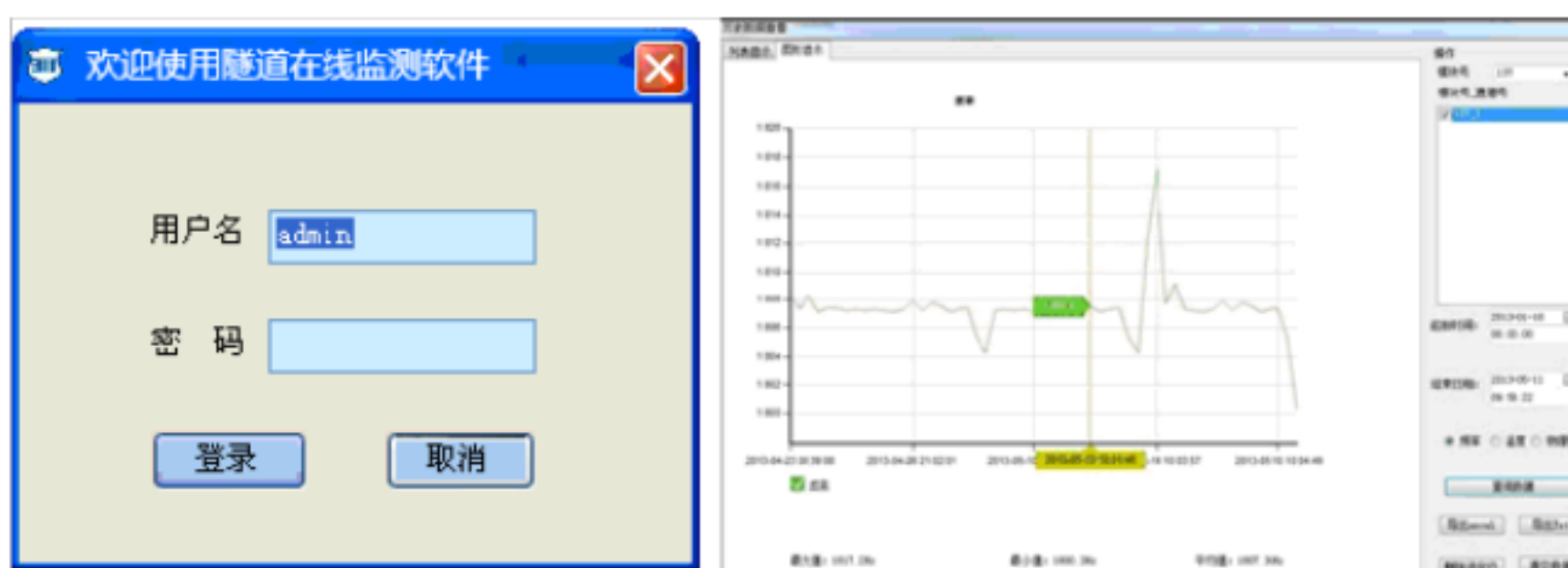
权限管理：操作者级别不同，系统授予的权限不同。

协同管理：采集软件C/S 版，管理软件采用 B/S 结构，支持局域网和Internet
网上浏览、操作

发布公告：用户可以内部发布公告；

系统日志：系统对于用户的敏感操作做了日志记录；

用户管理：管理员可以分配系统的使用者和使用者的权限



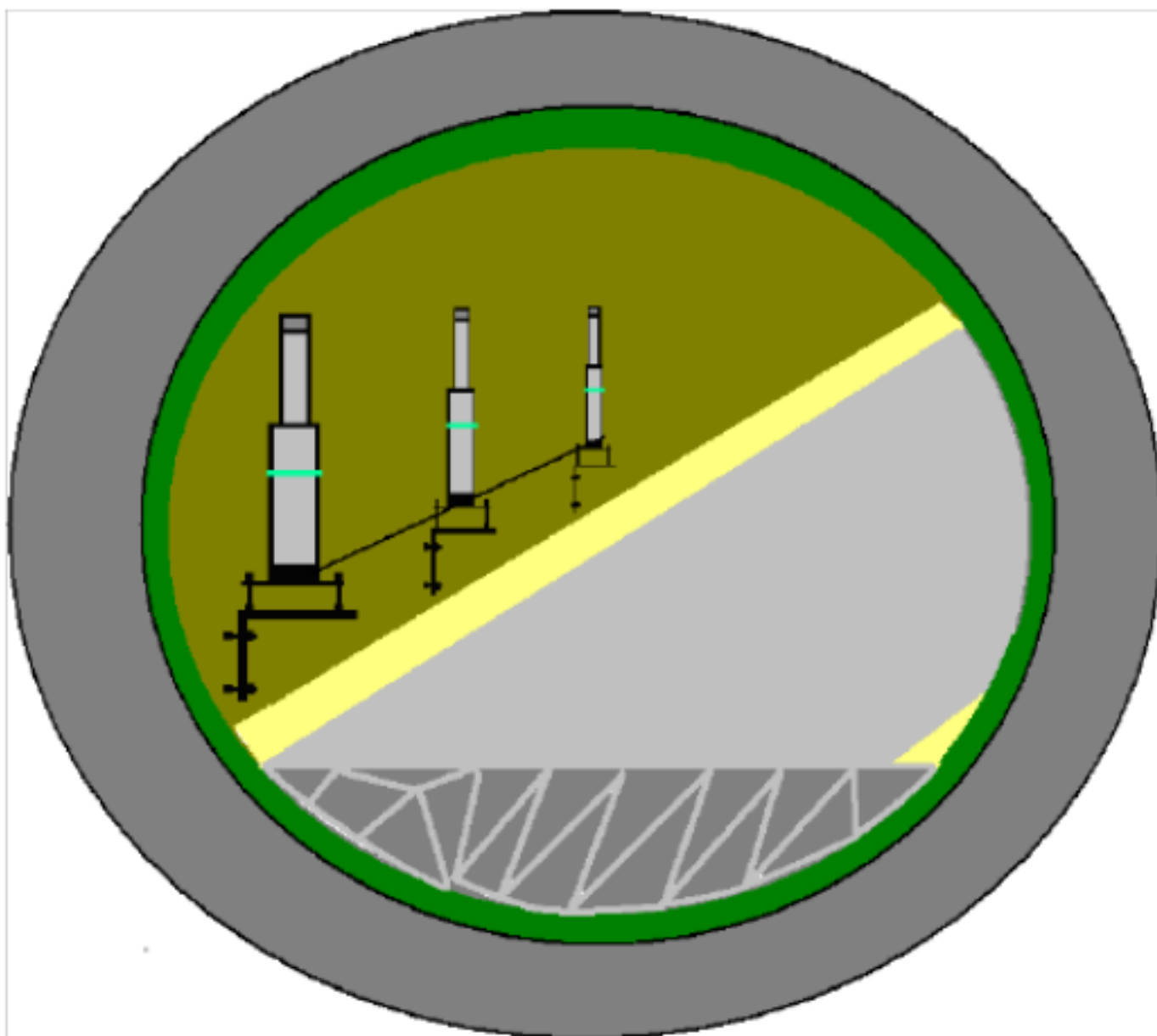
5、设备安装

5.1 表面位移监测设备安装

1、静力水准仪安装步骤：

1) 安装储液筒

将所有容器安装在相同的标高，这在监测程序开始前是非常重要的。将各托架用螺栓固定于设计的墙面上或者测墩上。托架可为一“L”形钢板，一面有三孔，一面有两孔。两孔的一面用于和墙面或测墩相联，三孔的一面用于和储液筒底部相连。托架和墙面或测墩相联可用直径为 10 毫米的膨胀螺栓，每一螺栓应拧紧或者在螺纹间用少许环氧胶固定。各托架应处于同一水平位置。托架安装完毕后，再在托架上安装储液筒。托架和储液筒用三螺纹支撑杆相连，在储液筒上面放一水平尺来抄平，调节螺纹支撑杆上的螺帽使储液筒水平。



2) 联接通液管

通常在每个储液筒的底部有两通液孔（在出厂时用两螺纹堵头封住，如果此点只和两个测点相连，可只卸一个通液孔），卸下螺纹堵头，在原孔上安装三通阀门（此配件已随仪器配置）。在安装三通阀门时应保证它和储液筒的密封，可

在三通阀门螺纹上缠生料带或涂密封硅胶。安装完三通阀门后，根据各测点间的距离，裁取通液管的长度。然后用通液管和三通上的接口相连，把各测点串联在一起。

3) 系统充液

在系统内应充入纯净水，通过任意储液筒对系统充液（如果系统所处的环境温度有可能下降到零度以下，应在纯净水中加入一定比例的防冻液）。操作时，应小心排除管内的空气和气泡。加液时应缓慢不间断加入，可通过水位显示管观察系统内液位的高度。当液位距储液筒口有 10 厘米左右时，停止充液。检查系统的密封性能，观察各接头部位有无液体渗出。如无渗漏可进行下一步操作。

4) 安装传感器

这一操作步骤要求相当高，并且应极为小心地操作完成。在安装期间，任何草率或者不当的操作都可能导致传感器损坏。传感器体与挂钩之间的连接螺母必须松开，直到使其不再与传感器体相连（这些螺母仅仅是为运输安全而装上的）。根据传感器保护罩上的编号，找出和其相对应的浮筒（二者编号应一致）。拿着浮筒上的挂钩，把浮筒放入储液筒，当浮筒底部和储液筒内液体接触时，用传感器的挂钩挂住浮筒的挂钩，下降浮筒进入容器内，手握传感器保护罩，安装于储液筒顶部。现在使传感器保护罩上的孔与储液筒上的螺丝孔对正，将传感器保护罩下部的台阶缓慢下降装入储液筒内。当传感器保护罩按上述方式就位后，将三颗螺丝拧紧（不要过紧）。把水位显示管和传感器保护罩上螺帽相连。对所有的储液筒重复该操作步骤。

5) 连接通气管

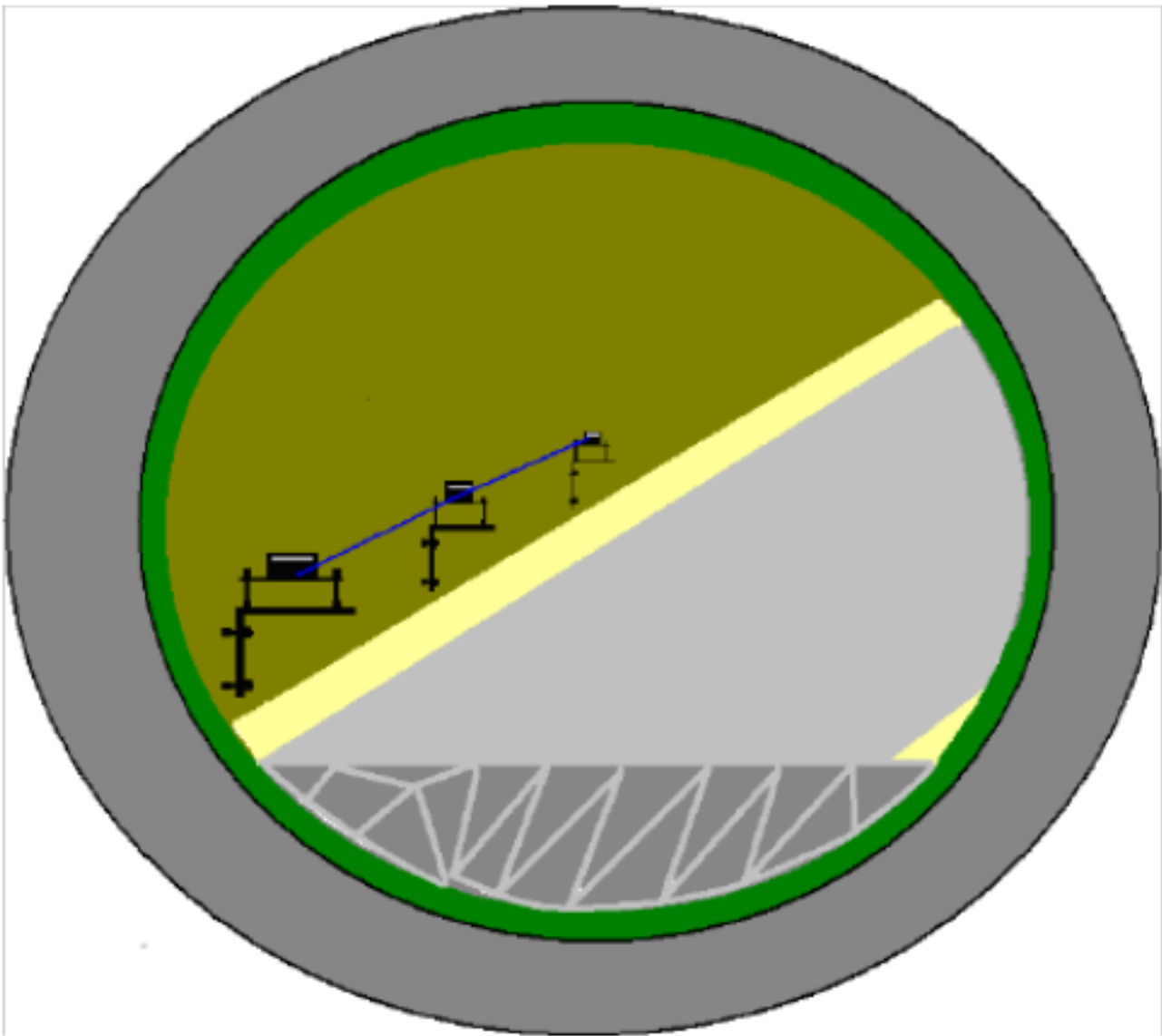
通气的作用是使所有容器内液面以上压力保持恒定，整个通气系统应相互连通并仅在一点和大气连通。先用配置的通气管把各传感器通气孔串联，再用储液筒通气管把各储液筒通气孔串联。松开干燥管一端的螺帽，使其和大气导通，然后再在干燥管上套一气球，对其进行保护。

2、固定式测斜计安装

安装步骤：

- 1) 在选定的监测点位通过膨胀螺栓安装测斜设备支架；
- 2) 将固定测斜传感器安装到支架上

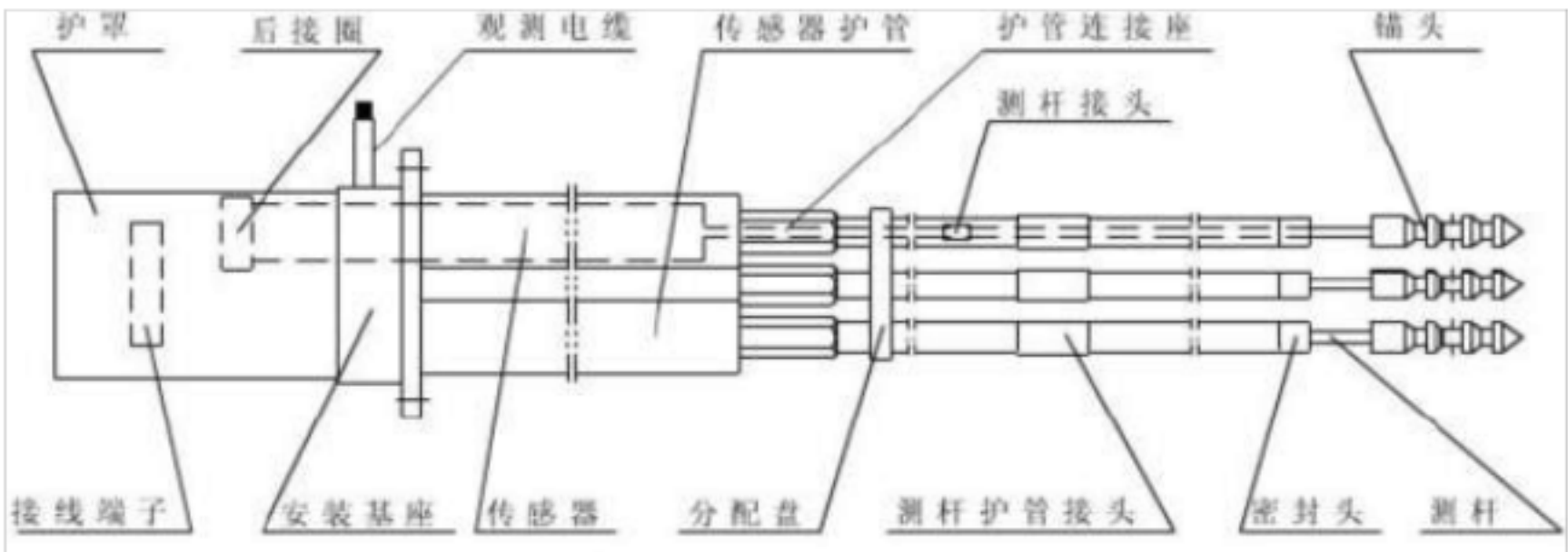
- 3) 安装设备采集箱，箱内安装接收机、通讯模块等
- 4) 整理连接线缆，并保护。



3、多点位移计安装

1) 安装测杆束。按侧点数将灌浆锚头组件与不锈钢测杆、测杆接头、测杆保护管及密封件、测杆减阻导向接头、测杆定位块等可靠连接固定后集成一束，捆扎可靠，整体置入钻孔中。如遇长测杆 (>6m)，可分段置入、孔口连接。

2) 灌浆锚固。全部测杆完全置入孔中，使测杆束上端面尽量处于同一平面内并距 160mm扩孔底面以下约 5cm,, 测杆护管比测杆短约 15cm。位置定位可靠后浇注混凝土砂浆至测杆保护管上端面以下约 20cm，凝固后方可撤去约束。浇注混凝土砂浆时要特别注意保护测杆保护管口及测杆端口，避免受到损伤和沾结混凝土砂浆。



3) 安装测头基座。先将测杆护管调节段(长度现场调整)及带刺接头插入测杆保护管中,此时全部测杆及保护管的上端应基本处于相同平面内。放入事先连接好的安装基座和 PVC 传感器定位芯座,将测杆及其护管与定位芯座上的多孔一一对准后落下定位,注意调节基座法兰的底面位置使测杆不受轴向压力为宜,可用底面加填钢制垫片实现。调节准确后钻地脚螺栓孔并用地脚螺栓将此组件可靠固定于 160mm 孔底面上。

4) 安装位移传感器。将位移传感器逐一通过 PVC 定位芯座上对应定位孔与测杆端接头加螺纹胶旋紧固定可靠。如果发现测杆连接面陷得太深而使传感器无法拧入时,可以加装仪器商预备的加长件。待胶凝固后,用频率读数仪监测状态下调节传感器“零点”,并通过安装在芯座上的予置机构锁定位置。按测点数逐一完成上述调节。每支仪器的埋设零点由监测设计者按该测点的“拉压”范围而定。

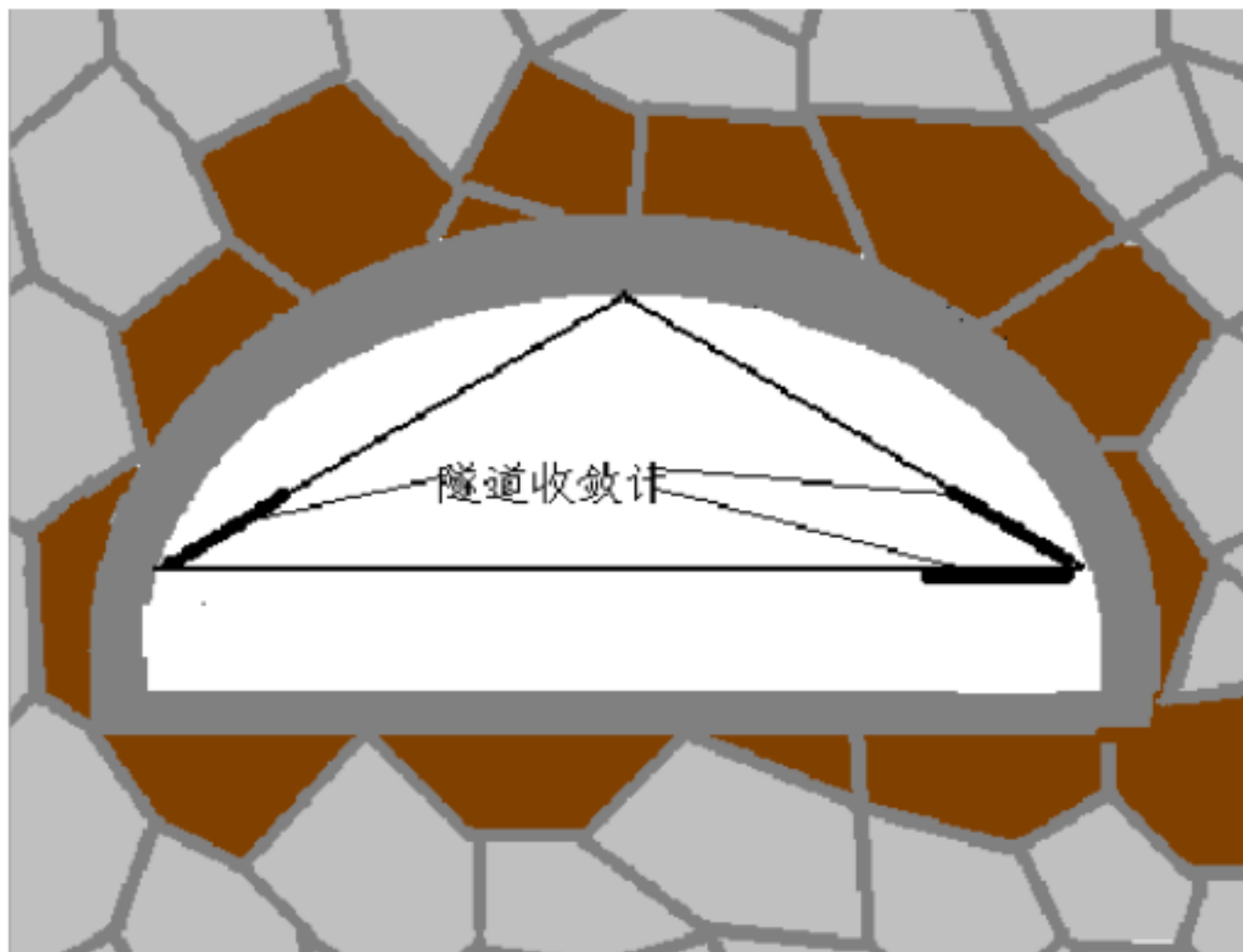
5) 安装保护罩。用频率读数仪逐一测读各支传感器并做好记录,若全部测读正常,即可装上保护罩,此时保护罩的电缆出口处已装好了橡胶保护套。将全部测点传感器的信号电缆集成一束从橡胶护套中沿保护罩由内向外穿出。安装保护罩时,可在保护罩的 M90×1.5 外螺纹上涂以适量螺纹胶。连接可靠后,整理电缆,再逐一检测一遍各支仪器的读数是否正常。

6) 接长电缆。现场接长电缆处须具备交流电源。仪器电缆与接长电缆间须用锡焊连接芯线并不得使用酸性助焊剂,芯线外层及电缆表层护套上均应使用热缩套管包裹可靠。全部电缆连接工作完成后再用读数仪检测一遍各支仪器的读数是否正常。若认为必要,安装基座及传感侧头组件可用混凝土砂浆予以包裹整齐。多点位移计的安装工作即告完成。

4、收敛计安装

安装步骤:

- 1) 确定合适的设置距离。用电锤或其它合适的工具在确定的位置钻两个深约孔约 50mm。
- 2) 将膨胀锚栓插进钻孔,并上紧。
- 3) 将裂缝计两端用螺栓固定到锚头的螺孔中。
- 4) 用便携式读数仪检测读数测读初始值,并记录。



5.2 环境监测设备安装

1、渗压计安装

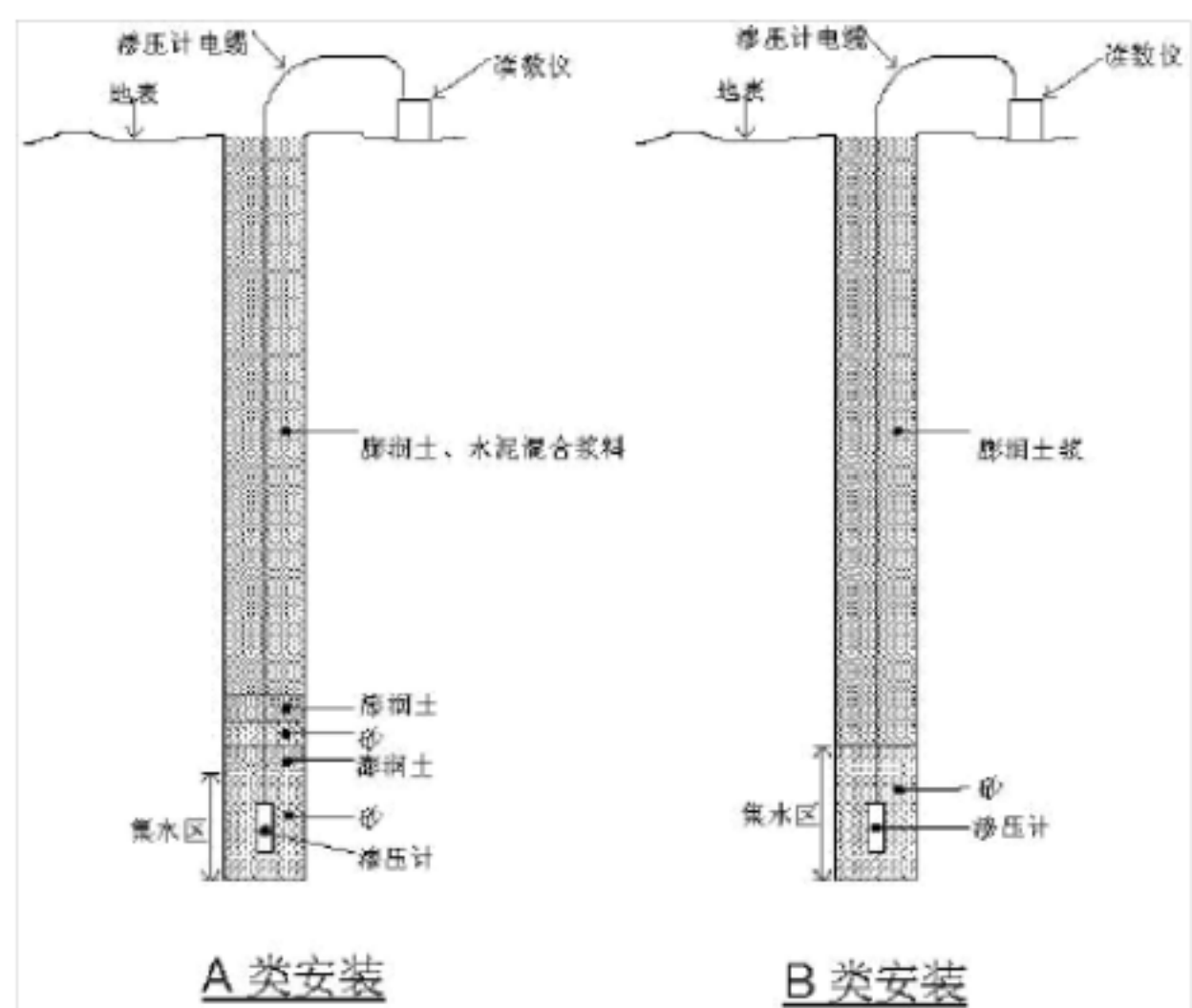
各类型的渗压计无论在有套管或无套管的钻孔里，都可以单支安装或多支安装，如果在一个特殊的地区监测微孔压力，就要特别注意钻孔的密封。推荐在钻孔中安装时使用加厚的聚乙烯护套电缆。

安装时不能使用随时间迅速下沉的材料，例如返料。钻孔应该钻至渗压计预定位置以下 15-30 厘米，并应洗净钻孔，然后将孔的底部用干净的细沙回填到渗压计端头以下 15 厘米时，即可放入渗压计，最好是将渗压计封装在一个砂袋里，保持干净。用水浸透砂子，然后放到位（在电缆上做标志），仪器在这个位置时，应环绕渗压计周围放进干净的砂子，砂子可以放到渗压计以上 15 厘米，图 2 - 3 详细说明了隔绝被监测区域的两种方法。

一旦到了上述的“集水区”就要将孔密封，可用两种方法，一是用膨润土和适量的沙回填交替层约 25 厘米，然后用普通的土回填，或是用不透水的膨润土与水泥浆的混合物回填。如果在一个单孔里安装多支渗压计，膨润土与沙应回填到上部渗压计的下部，并以每两个渗压计之间的距离为间隔交替进行。在设计与使用填塞工具时特别要小心，避免损坏渗压计的电缆。

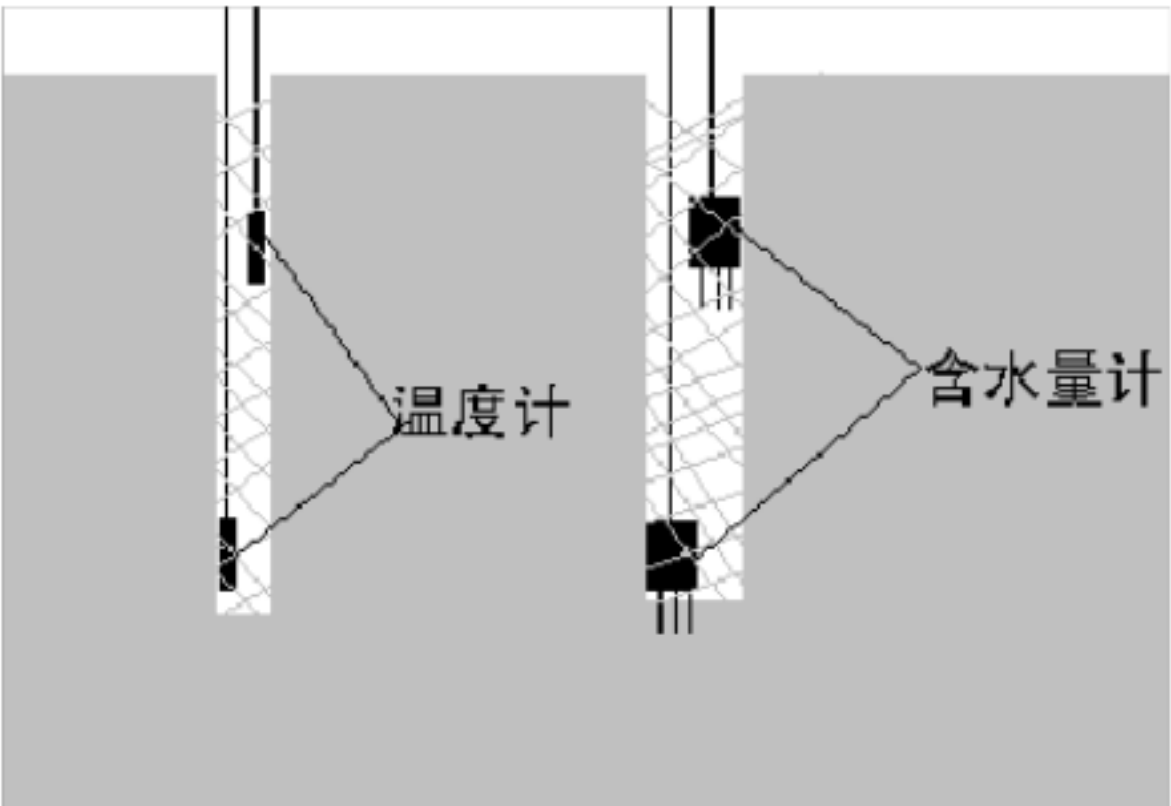
由于振弦式渗压计基本上是一个非流量仪器，所以其集水区不需要很大的尺寸，事实上，渗压计可以与大多数材质接触，因为这些材料的颗粒不能通过过滤

器。



2、温度计安装

温度计、含水量计的安装相对比较多简单，示意图如下：



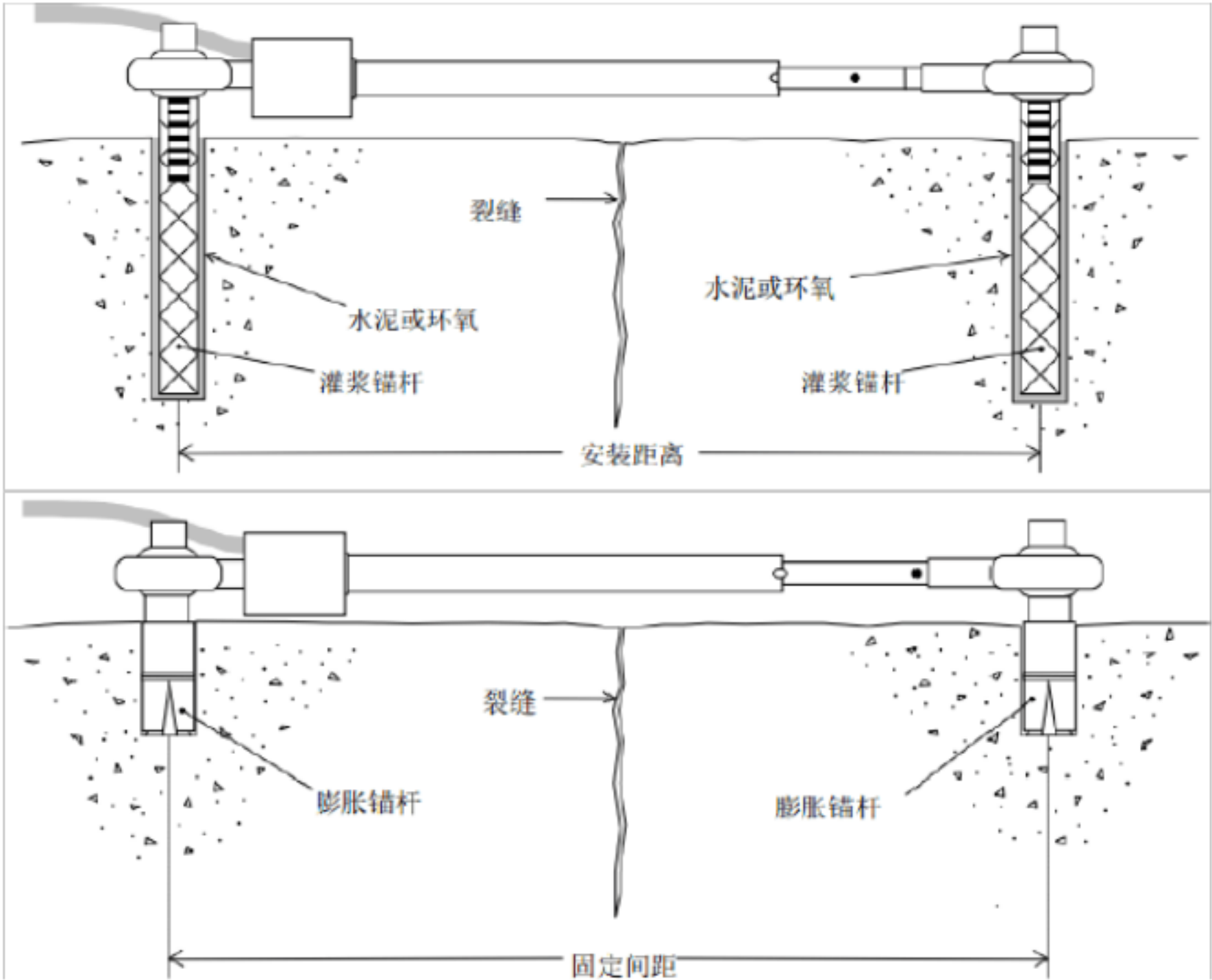
5.3 裂缝监测设备安装

裂缝计的安装主要采灌浆锚杆或者膨胀螺栓的方式。

安装步骤：

- 1) 确定合适的设置距离。用电锤或其它合适的工具在确定的位置钻两个深约孔约 50mm。
- 2) 将膨胀锚栓插进钻孔，并上紧。

- 3) 将裂缝计两端用螺栓固定到锚头的螺孔中。
- 4) 用便携式读数仪检测读数测读初始值，并记录。

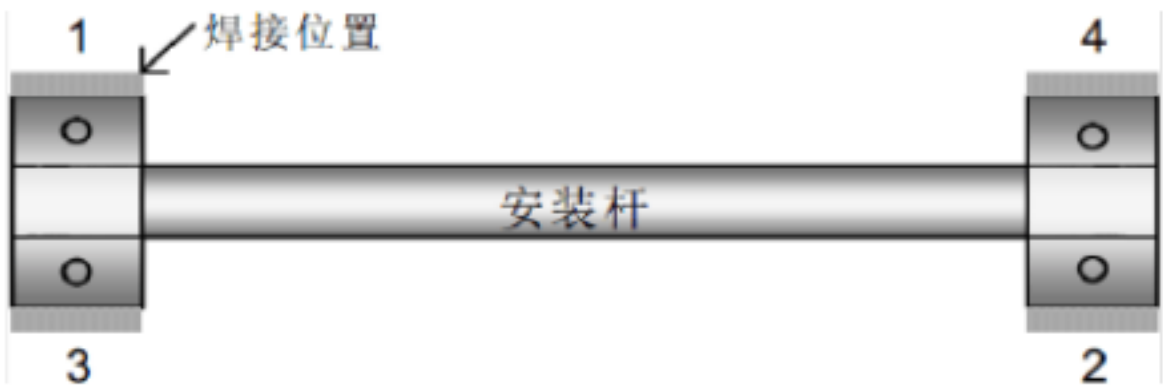


5.4 应力应变监测设备安装

1、应变计的安装

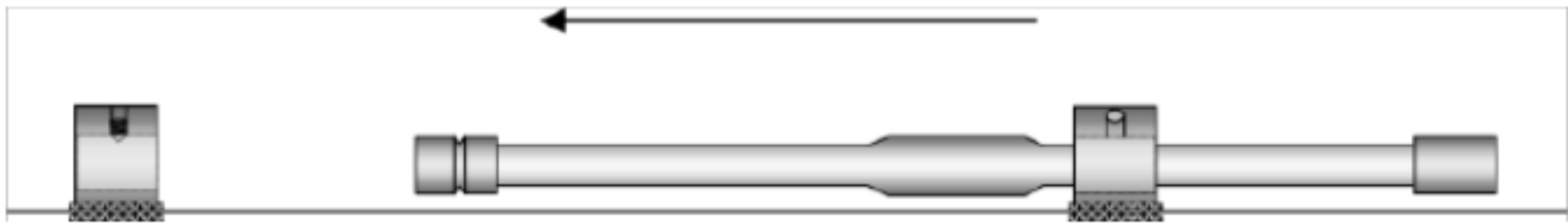
1) 在钢结构上安装

通常采用焊接安装块的方式。传感器体不能通过焊接电流，否则将造成传感器的损坏。因此，传感器的安装应在焊接工作全部完成后进行。可利用一个根据仪器尺寸制作的安装杆定位和焊接安装块（安装杆可使用外径 12mm 的钢筋制作或车削，要求长度不低于 165mm, 外表通直光滑）。安装块是成对提供的，其中带有锥尖固定螺钉，焊接表面应清理干净，焊接部位及顺序如图 3-2 所示：

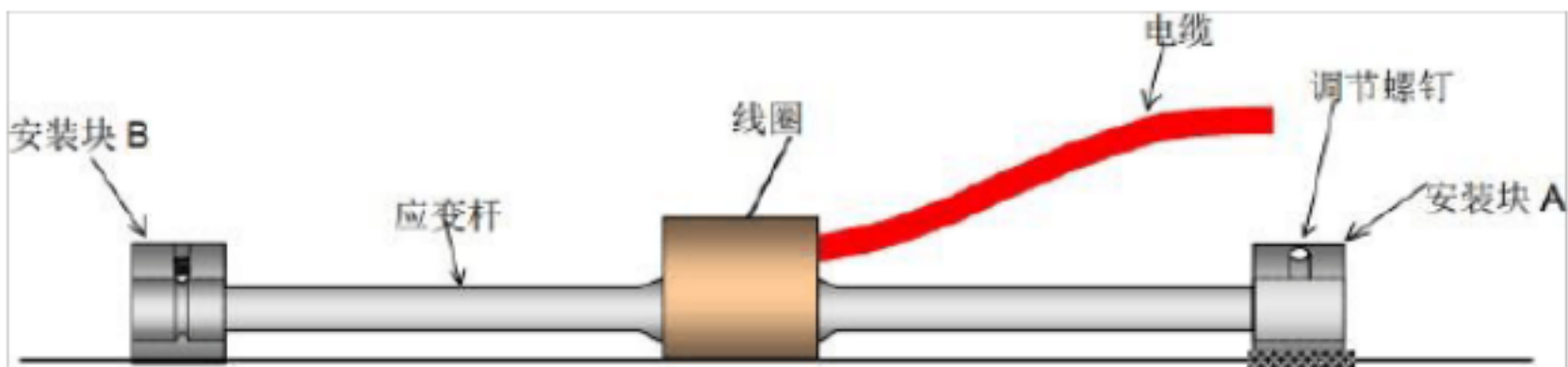


焊接时应避免过热，不能焊接平直端面，否则将影响仪器的拆装。焊接完成后，使用适当方法对安装块降温并去除焊渣，并检查调整两端块是否同心。拆下安装杆，安装仪器。如下列图示：

穿入应变杆，套上线圈并固定卡箍。



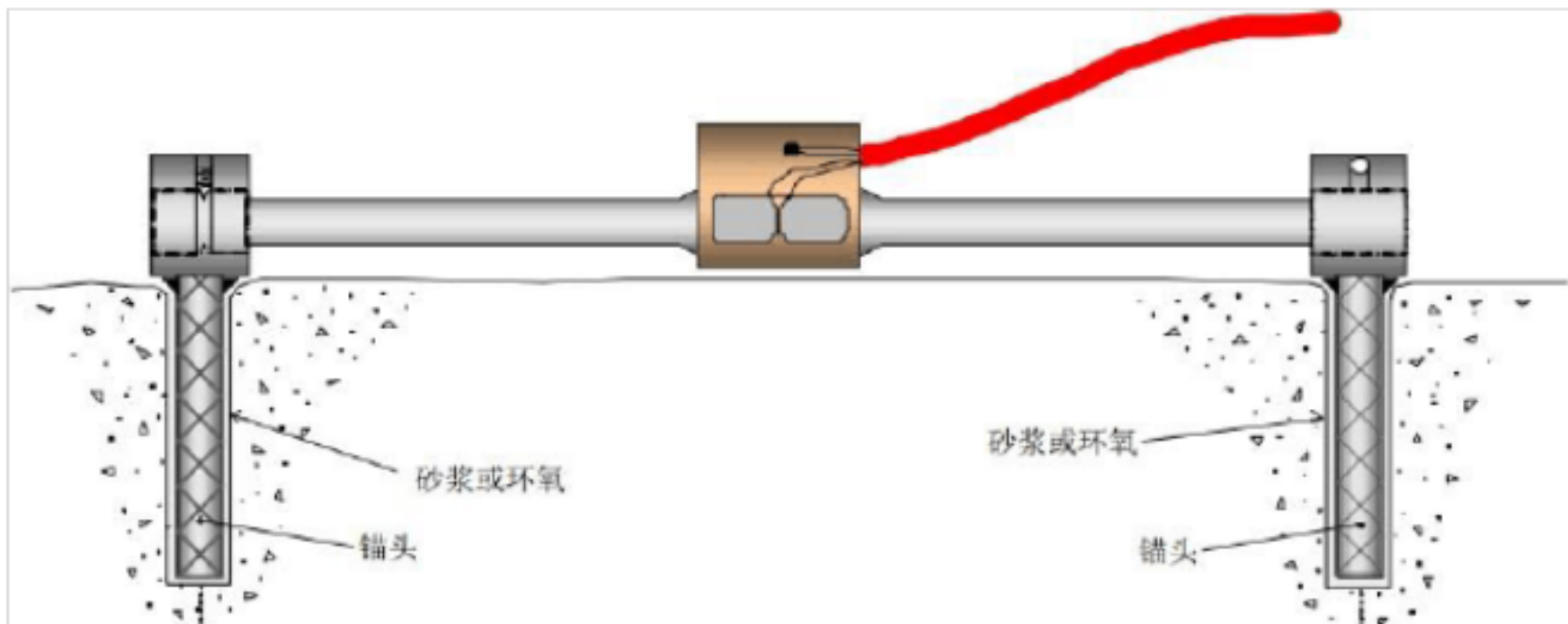
将线圈卡在应变计中部，将卡箍套在线圈上拧紧。



先将应变计有 V 型槽的一端用螺钉固定，调节另一端使之达到预期的初始读数，最后用螺丝固定。

2) 将应变计安装到混凝土表面上

安装块上焊好锚头（锚头可使用 8 ~ 10mm 螺纹钢，长度 60 ~ 80mm），利用安装杆定位，在合适的位置钻出两个 70 ~ 90mm 深的孔。孔的最小直径为 12 mm，将锚头用速凝砂浆或环氧固定在钻孔中。如图 3-3 所示：

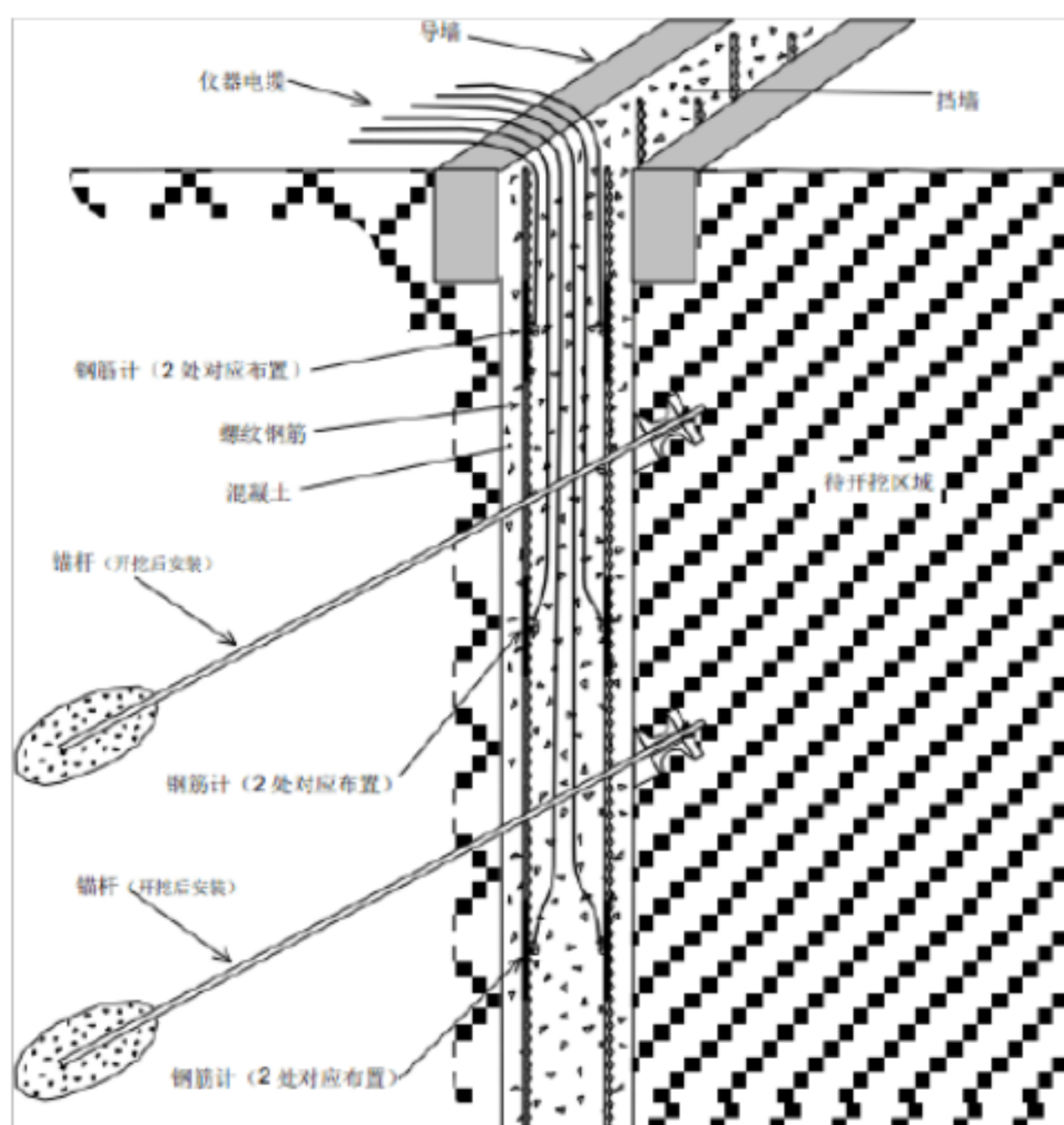


要保护措施完善，标准的安装块也可用专用粘合剂直接粘合到混凝土表面上。如果采用这种方法，清除安装部位砂粒等杂物，并清洗干净。使用安装杆定位，用环氧直接将安装块粘结到混凝土上。

2、钢筋计的安装

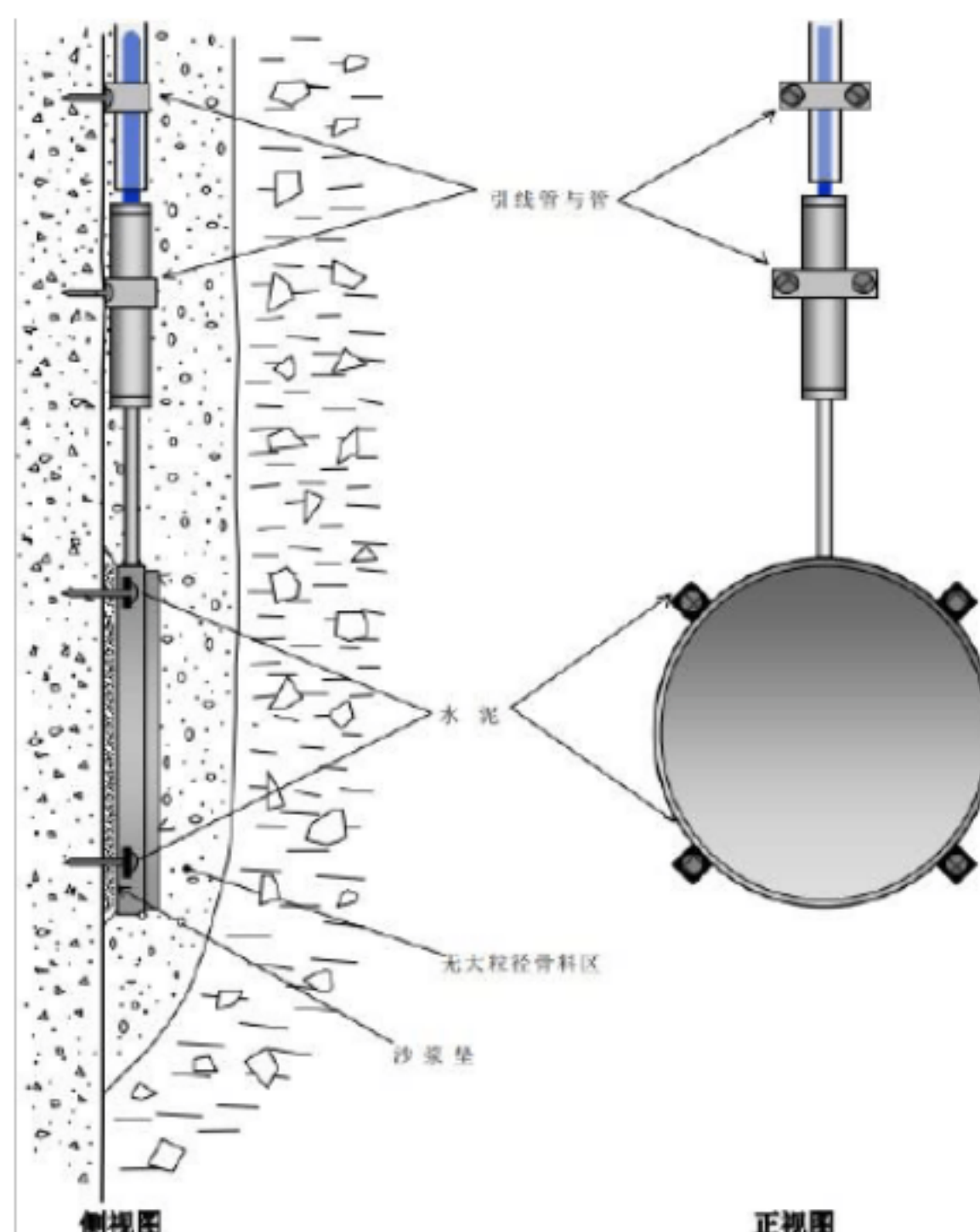
通常的步骤是将与钢筋计直接焊接到现场的待测钢筋上。钢筋计有足够的长度，可以在不损坏其内部的应变元件而焊接就位。然而，仍应小心以确保钢筋计中心部分不要变得太热，因为线圈骨架和防护环氧树脂可能会融化。为了防止该种情况发生，有必要在焊接部位和仪器中心 30cm 段放置湿抹布或焊接时在钢筋计中间部位浇水。同时，当焊接时还要当心不要因高温损坏电缆。特别注意的是电缆端部的芯线金属线头不要搭接在钢筋网上，以防止焊接时形成回路产生电弧打火而损坏！焊接结束后，仪器电缆应沿钢筋用尼龙扎线每隔 1 米绑扎好，避免用铁丝绑扎线固定，以避免电缆因此损伤。

当安装钢筋计时，要注意区分并记录所有仪器的安装位置和编号，以便在进行数据处理时，提供正确的率定系数和后期结构应力分析。



3、土压力计的安装

将焊在土压力计边上的吊耳，用水泥钢钉、膨胀螺栓、绑扎丝等将土压力计背板对着结构表面固定在结构上，即使结构表面是光滑的，尤其是当结构表面粗糙或不规则时，都须在土压力计与结构表面之间垫些砂浆。



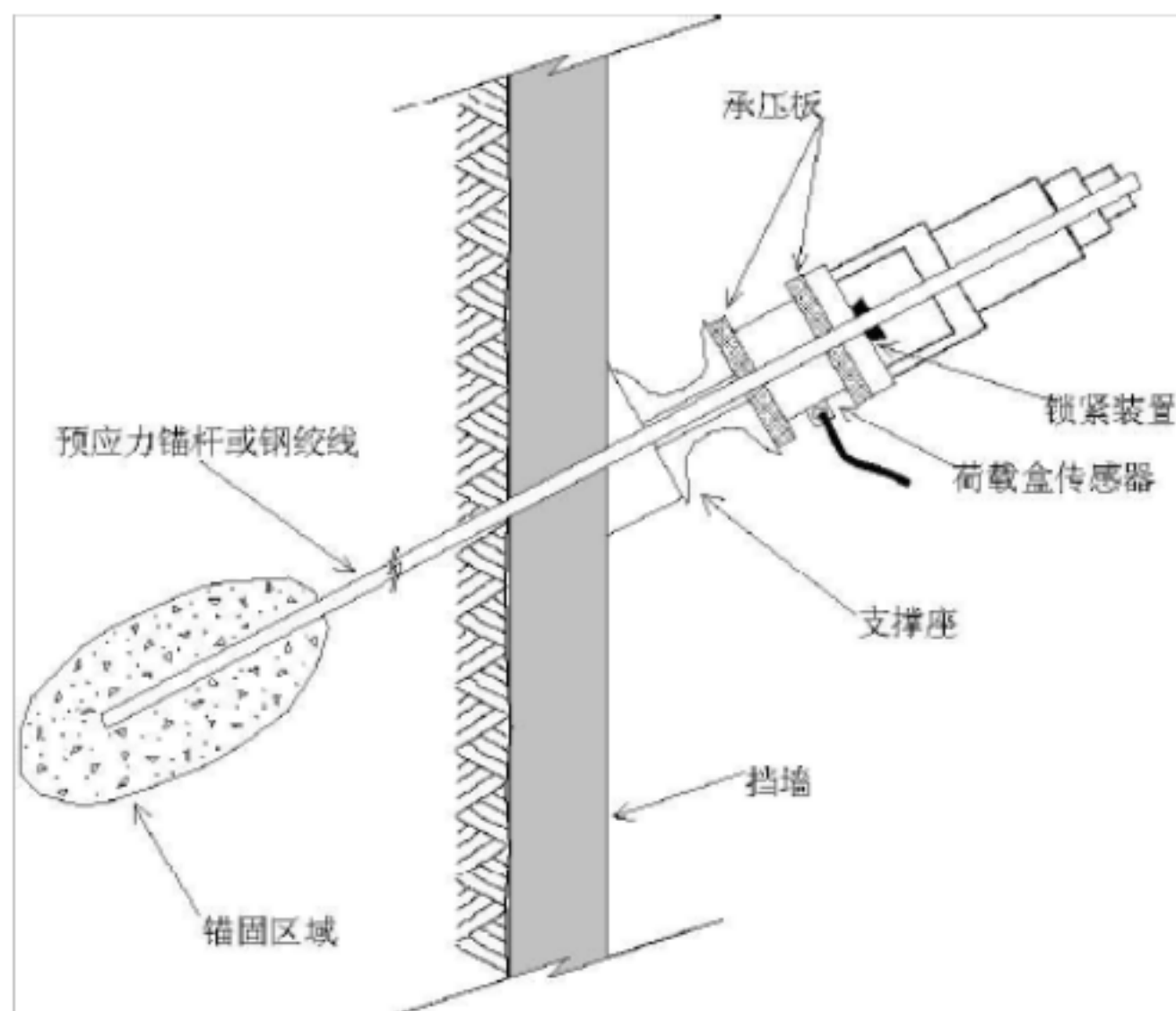
用土压力计上的挂耳作为模板，以便确定钻孔的位置，这些钻孔用于安装膨胀螺栓，将土压力计直接安装在膨胀螺栓上，也可以将膨胀螺栓安装在土压力计附近并用绑扎丝将土压力计固定就位。换句话说，土压力计可用挂耳作为向导将土压力计固定到位。首先拌合一些速凝水泥砂浆或环氧砂浆，将它们抹在表面上，然后，将土压力计压进水泥砂浆中，使多余的水泥砂浆从土压力计周边挤出。按住压力计不动直至水泥砂浆凝固，然后通过加上螺栓并拧紧或用钢钉将土压力计就位，从而完成安装。要注意保护土压力计、传感器本体和电缆，使其不直接接触大块的岩石，应避免用粒径大于 10mm 石块的细颗粒回填材料覆盖。细颗粒材料是作为填充料被放进去的，以保持它们与土压力计和电缆接触，用金属保护管将电缆引到结构表面。

4、锚索计的安装

锚索测力计安装前，除应符合相关规范外，保证锚索计安装基面与钻孔方向的垂直十分必要。应检查锚垫板与锚束张拉孔的中心轴线是否相互垂直，允许的垂直偏差范围是 $90 \pm 1.5^\circ$ 。任何超过该偏差范围的安装将会导致锚索测力计在

锚束张拉过程中在垫板上产生滑移、测值偏小或测值失真。

在可能的情况下，锚索测力计应该尽量对中，以避免过大的偏心荷载。锚索测力计承载筒上下面可设置承载垫板以保证平整结合以便荷载均匀传递，承载垫板应经平整加工，不得有焊疤、焊渣及其他异物。



6、通讯及供电系统设计

6.1 通讯系统设计

系统的通讯主要有有线通信、无线通讯、混合通讯等几种形式。通讯方式的选择应优先选用有线通信的方式，有线通信系统比较稳定，故障容易判断，比较好实施。对于有线通信方式条件不具备的情况下，可考虑采用无线传输的方式。

6.2 供电系统设计思路

1) 优先考虑采用宽电压工作设备。

2) 电源系统采用拓扑形式供电网络，总体宜构建三相火线、一相零线的供电总干线，各横断面上分支接出支干线。其中一条火线和零线作为监测监控系统总电源，另两条火线作为补光照明总电源（如果需要）。

3) 电源设置总线路稳压器，根据线路长度设置后端稳压器。

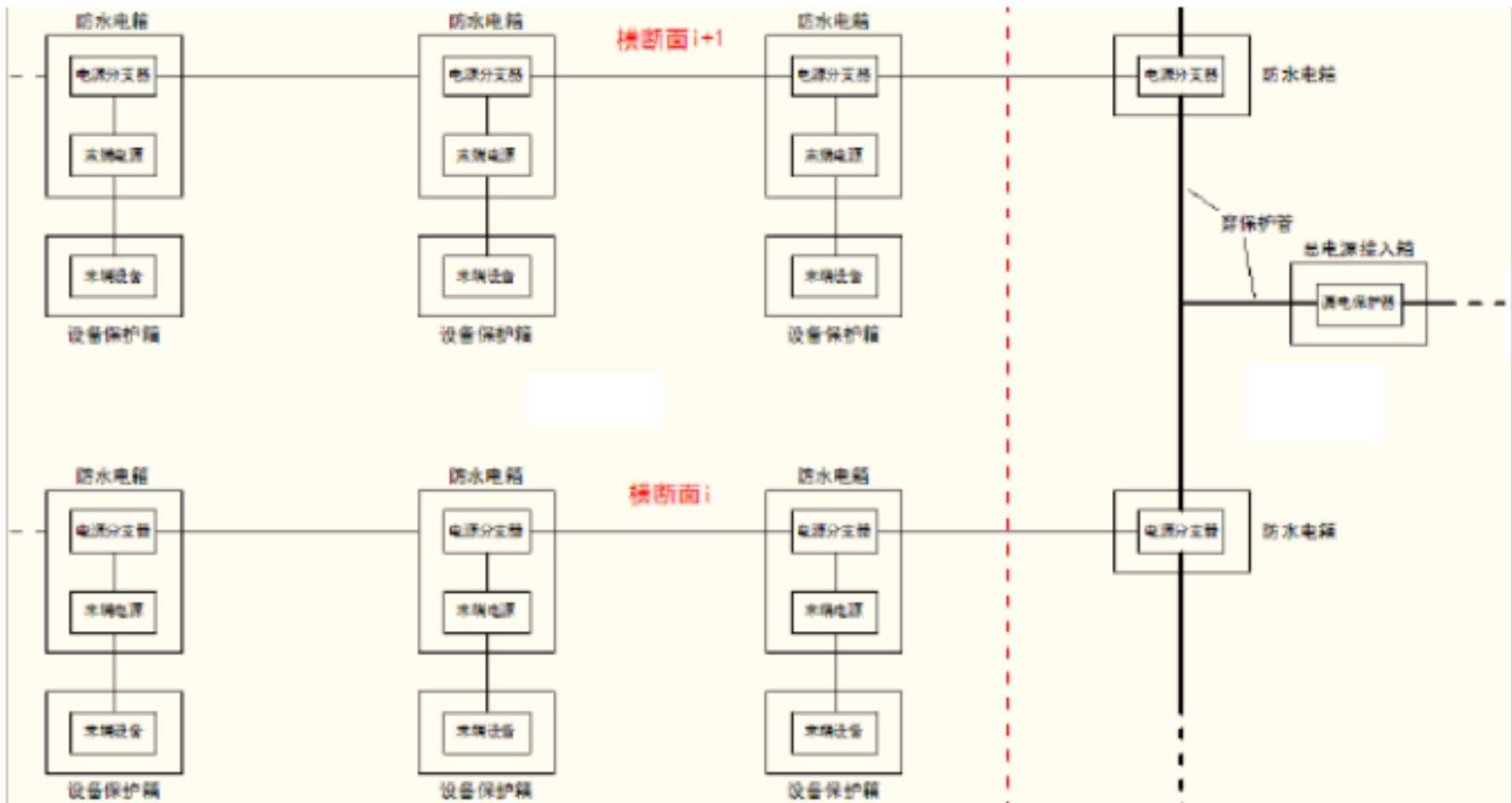
4) 根据需要在总电源处设置备用柴油 / 汽油发电机，发电机功率应有富余。如果监控中心与库区监测网电源是独立的，还应考虑为监控中心独立配置小型发电机。

5) 科学计算各设备功率及线路损耗，根据要求合理配置备用电源，如在各监测点末端配备合理容量的在线式备用电源、在监控中心配置大容量智能在线式备用电源和电池组等。

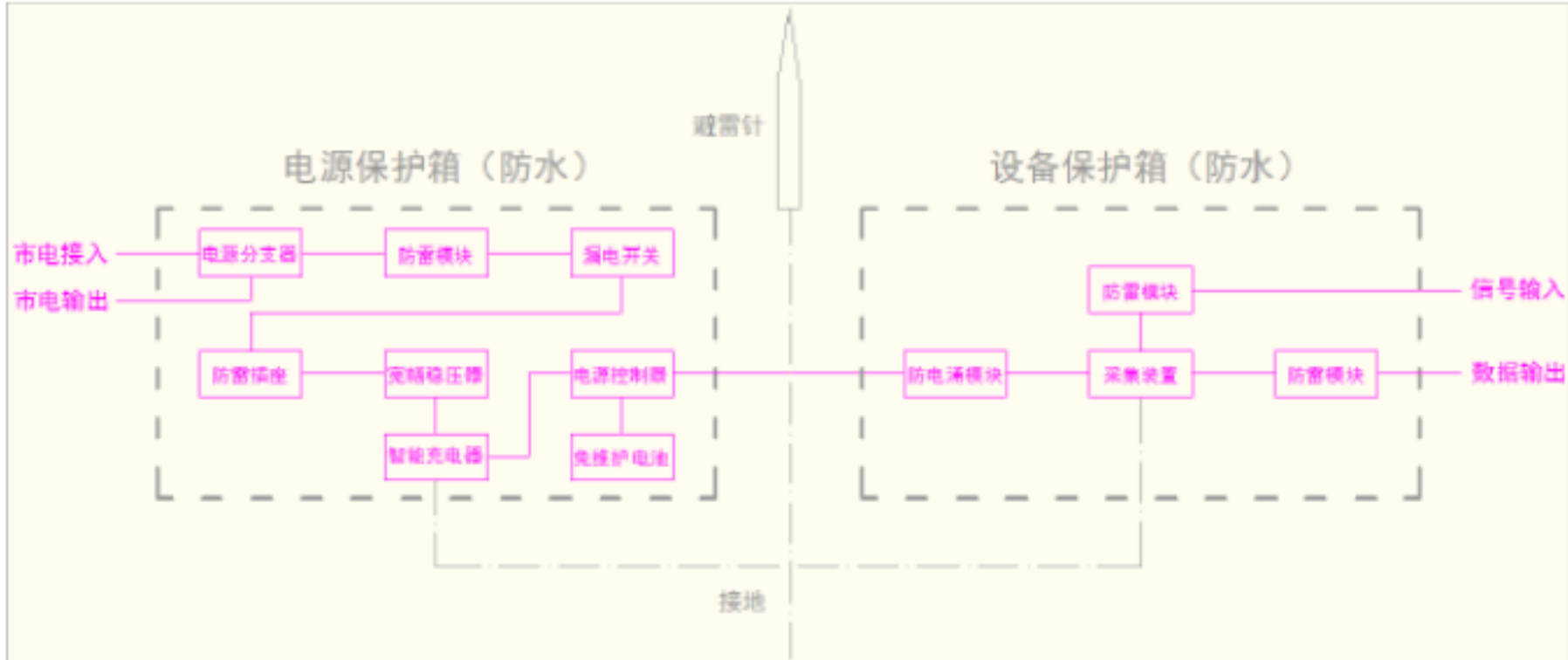
6.3 市电供电

根据系统功耗及线路长度，电源线采用 $2\sim 6\text{mm}^2$ 铜芯(铝芯)电缆（接入市电）。

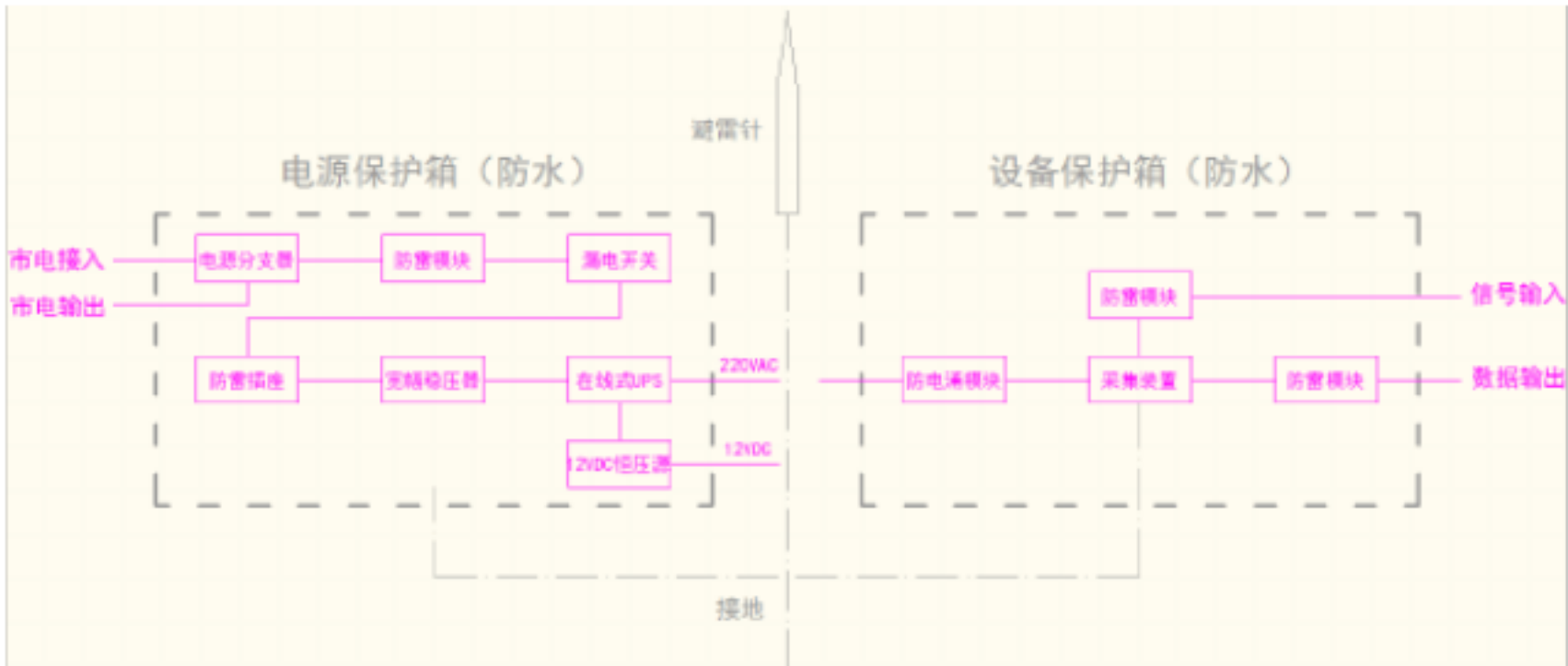
电源系统相关示意图如下所示：



电源系统结构示意图



末端电源系统示意图（一）

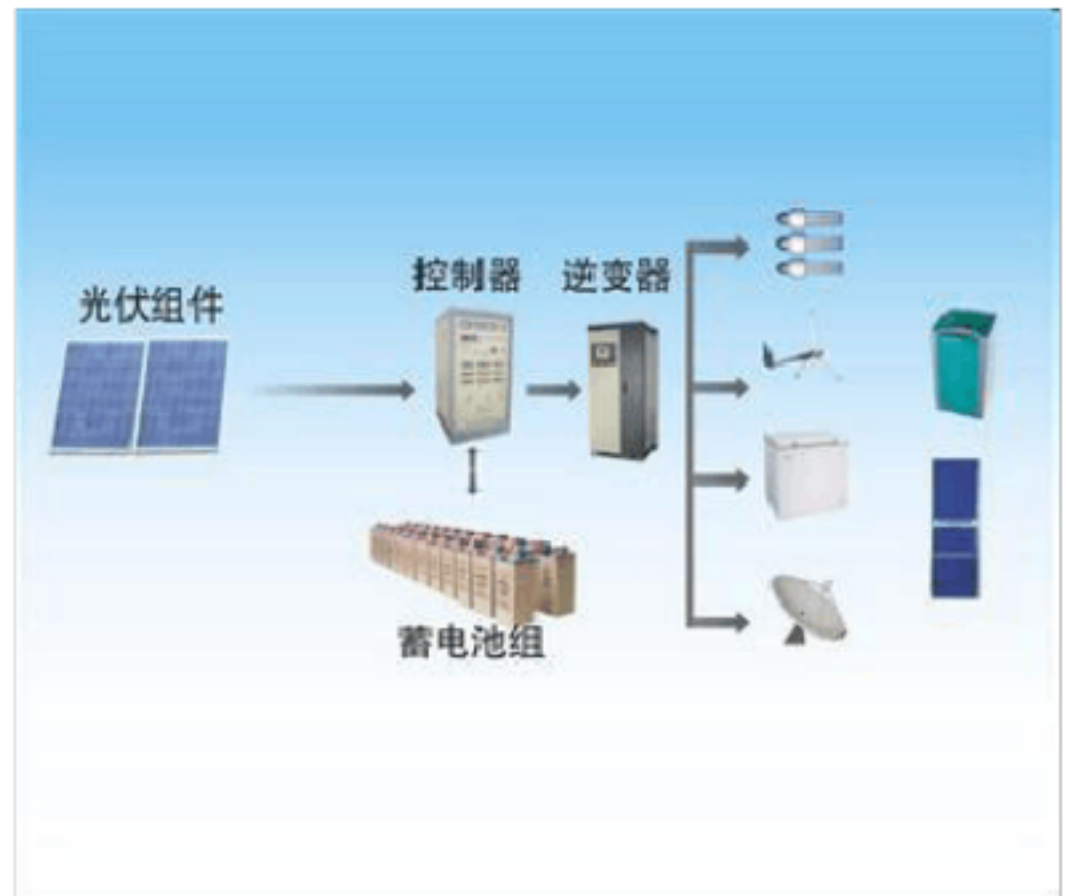


末端电源系统示意图（二）

6.4 太阳能供电

太阳能发电系统由太阳能电池组、太阳能控制器、蓄电池（组）组成。如输出电源为交流 220V 或 110V，还需要配置逆变器。各部分的作用为：

（一）太阳能电池板：太阳能电池板是太阳能发电系统中的核心部分，也是太阳能发电系统中价值最高的部分。其作用是将太阳的辐射能力转换为电能，或送往蓄电池中存储起来，或推动负载工作。太阳能电池板的质量和成本将直接决定整个系统的质量和成本；



（二）太阳能控制器：太阳能控制器的作用是控制整个系统的工作状态，并对蓄电池起到过充电保护、过放电保护的作用。在温差较大的地方，合格的控制器还应具备温度补偿的功能。其他附加功能如光控开关、时控开关都应当是控制器的可选项；

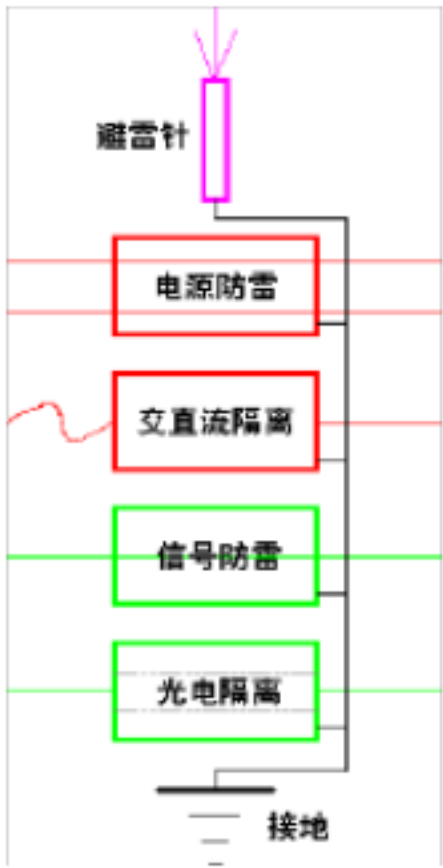
（三）蓄电池：一般为铅酸电池，小微型系统中，也可用镍氢电池、镍镉电池或锂电池。其作用是在有光照时将太阳能电池板所发出的电能储存起来，到需要的时候再释放出来。

（四）逆变器：在很多场合，都需要提供 220VAC、110VAC 的交流电源。由于太阳能的直接输出一般都是 12VDC、24VDC、48VDC，为能向 220VAC 的电器提供电能，需要将太阳能发电系统所发出的直流电能转换成交流电能，因此需要使用 DC-AC 逆变器。在某些场合，需要使用多种电压的负载时，也要用到 DC-DC 逆变器，如将 24VDC 的电转换成 5VDC 的电（注意，不是简单的降压）。

7、防雷系统设计

各种电子系统，包括计算机、通信设施、控制系统（通称为信息系统）等对雷电过电压的耐受能力很低，对雷电电磁脉冲干扰极为敏感。它们在遭受雷击电磁效应的侵害后，很容易受到坏，从而严重地影响到信息系统的安全正常运行。

但是，雷电电磁脉冲在空间传播是逐渐衰减的，尤其是碰到金属网络体或金属平面物后，会有明显的衰减。信息系统通常都安放在有有钢筋骨架的现代化大楼内，甚至是有专门的金属屏蔽网的房屋内，在这些不同空间，雷电电磁脉冲衰减特性不同，因此，出于防雷电电磁脉冲的目的，又考虑节约开支，常将需要保护的空間划分为多个不同的防雷保护区（LPZ）。



一个完善的防雷体系应包括三方面内容：1)

外部防雷，即由外部防雷装置（接闪器、引下线和接地装置）承接 50% 以上的雷电流泄入大地；2)

内部防雷，即采用等电位连结、屏蔽、防闪络技术和装置阻塞雷电波沿金属导线和空间电磁场入侵的途径；

3) 电涌保护，利用某些元件的非线性特性，组成电涌保护器（SPD)并将其连结在配电和信号线路中，将累计产生的过电压和过电流通过 SPD泄入大地。

7.1 直击防雷

直击防雷最有效的方式为避雷针。工程项目一般情况下都按照“一类防雷建筑物”的防雷标准设计，都采用独立避雷针，要求接地地租不大于 10 欧姆，关键设备点地租不大于 4 欧姆。钢接地体和接地线的最小规格如下表

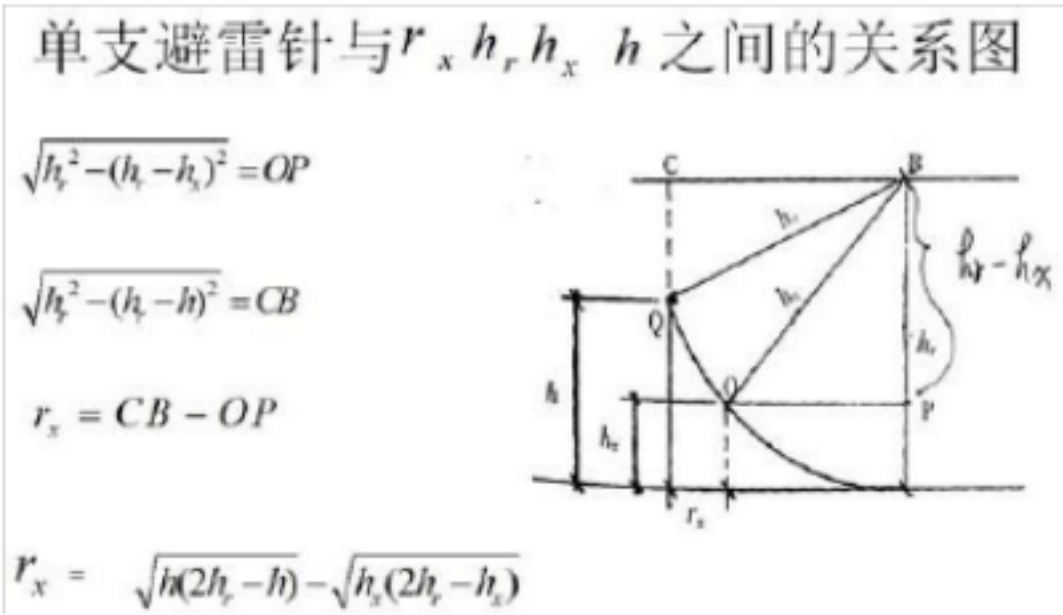
类 别		地 上		地 下
		屋内	屋外	
圆钢直径（毫米）		5	6	8
扁钢截面（ cm ² ）		24	48	48
厚 度（毫米）		3	4	4
角钢厚度（毫米）		2	2.5	4
钢管管壁厚度	作为接地体	2.5	2.5	2.5

(毫米)	作为接地线	1.6	2.5	1.6
------	-------	-----	-----	-----

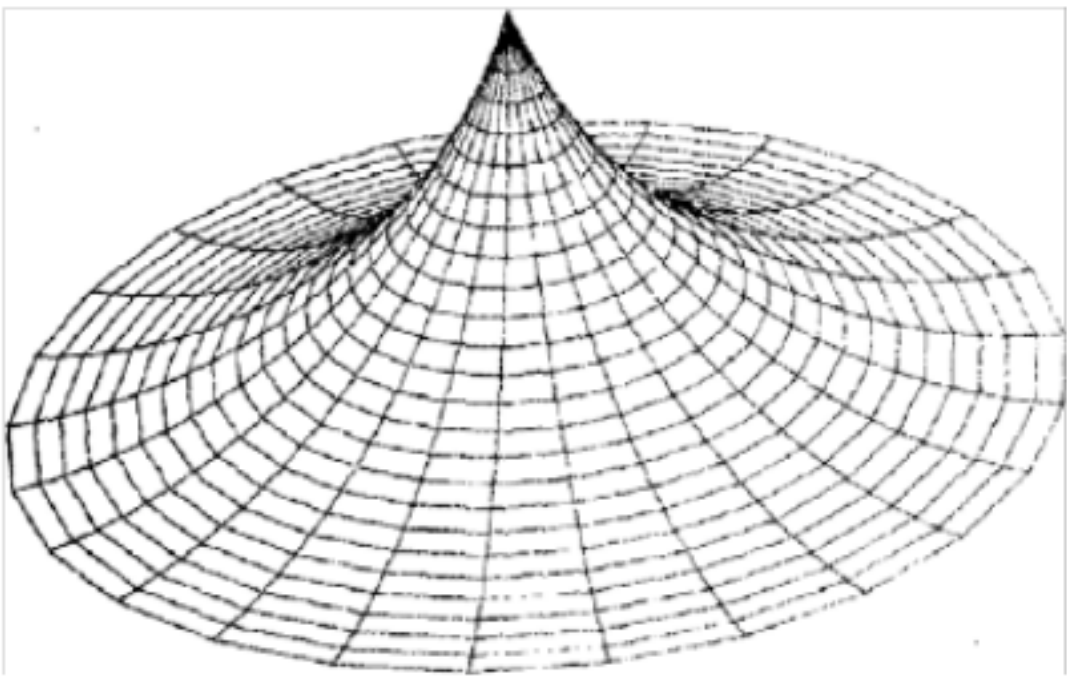
1、滚球半径法计算防雷范围

单支避雷针的高度不大于滚球半径 ds ，确定避雷针保护范围的确定方法如下
图,其具体步骤如下：

- a、距地面 ds 处作一平行于地面的平行线；
- b、以避雷针的针尖为圆心， ds 为半径画圆弧，该圆弧线交于平行线的 A 、 B 两点；
- c、分别以 A 、 B 为圆心， hr 为半径画圆弧，这两条圆弧线上与避雷针尖相交，下与地面相切。再将圆弧与地面所围面以避雷针为轴旋转 180° ，所得圆弧曲面圆锥体即为避雷针的保护范围。

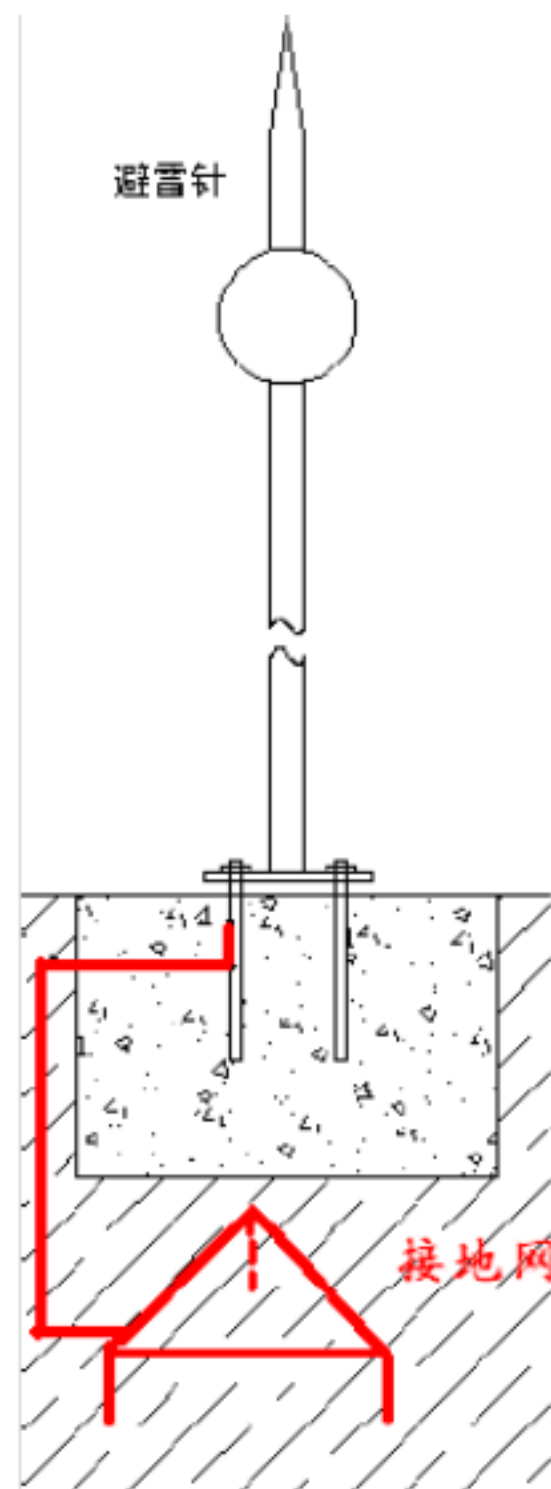


具体的防雷范围如下图：



防雷范围示意图

避雷针设计示意图如下：



7.2 感应防雷

感应防雷主要采用各种类型的防雷模块，主要为电源防雷模块、信号防雷模块，对于采用防雷模块特别应该注意的是保证好接地的效果。

8、监控中心设计

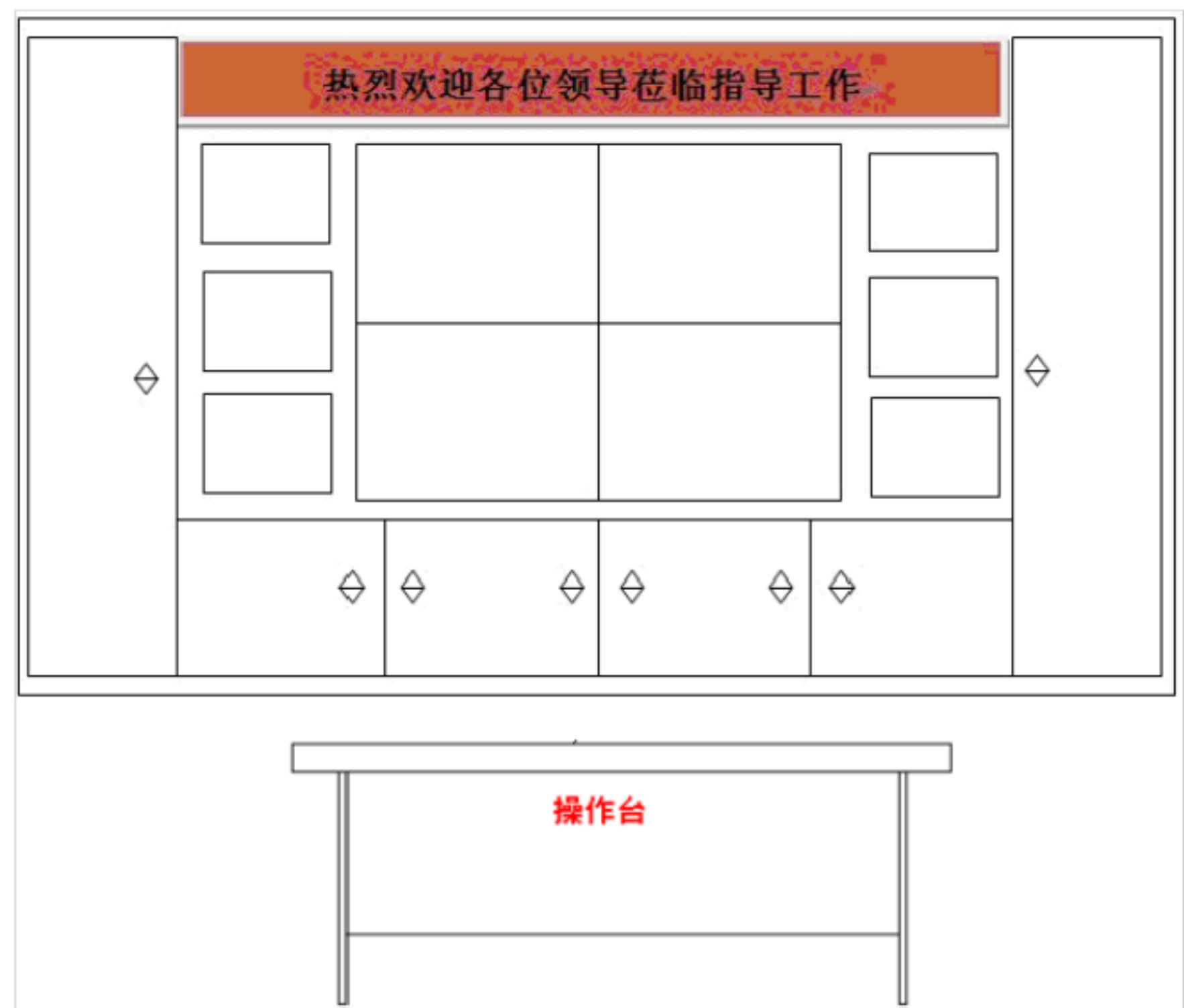
8.1 设计原则

监控中心应考虑整体防潮、防尘及降温；应配置专用万维网络接入，方便实现远程联接；中心应配置专用机柜、服务器电脑、操作机电脑及显示设备等。监控中心要求整体布局合理、设备规整、运行环境符合相关要求。

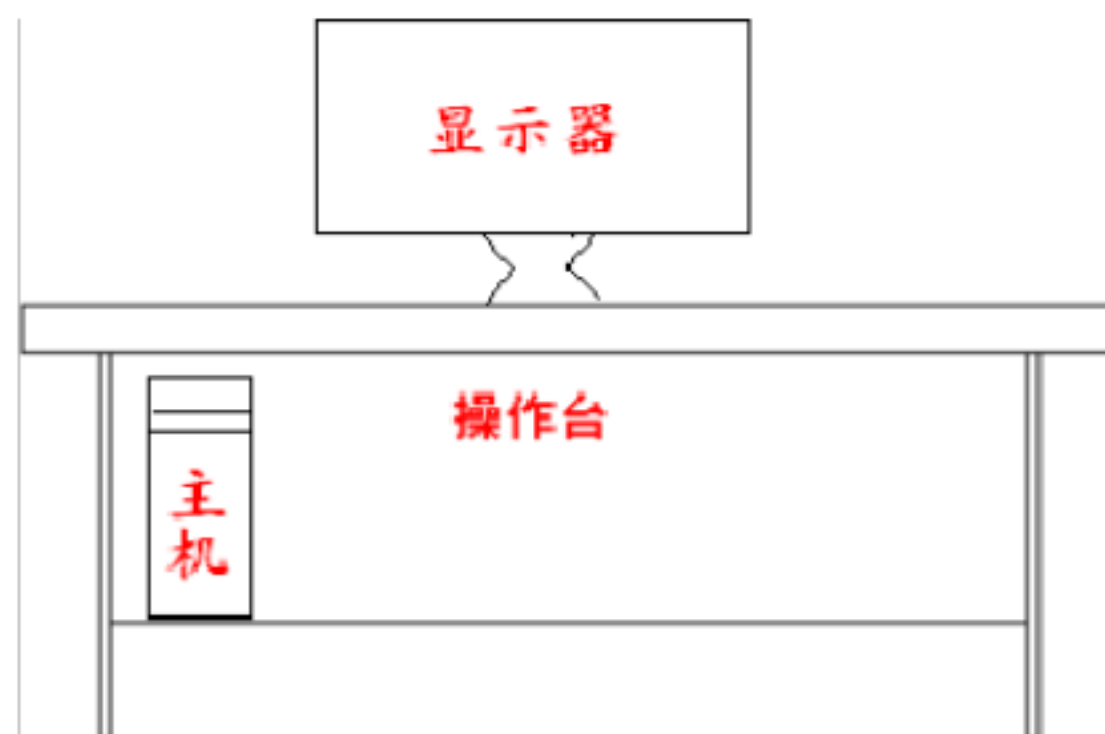
8.2 总体布局

监控中心布置服务器电脑、操作电脑、专用显示设备、硬盘视频录像机、短信发送器、高速交换机等设备，有条件的还可考虑防潮、防尘、防静电、空调等设施。

监控中心的典型布置如下图所示：
含电视墙型：



简单型：



8.3 环境基本要求

业主必须保证监控中心如下参数：

- 1、机房建设面积不小于 8m^2 ，层高不小于 2.1m 。
- 2、机房内控制温度及湿度（温度保持在 $20^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ ，湿度保持不大于 85% ），需配备空调。
- 3、监控中心具有值班通讯专线（电话）。

9、售后服务及培训计划

9.1 售后服务

本公司为隧道在线安全监控系统工程提供长期（不少于 10 年期，下同）的系统维护、升级服务，确保本系统能够不断满足国家法规新要求。

系统建成后每年定期对用户进行回访，对系统进行保养。产品售出后的服务质量和后续支持是客户最关心的问题，也是公司实力和技术能力、服务能力的一种体现。我公司将对售出的产品提供如下的服务：

1、产品部分：

系统硬件设备免费质量保证期为 1 年，并提供终身维修与更换服务。

系统软件免费软件升级、质量保证期为 1 年，并提供终身软件升级与系统维护服务。

保修期满后，按《合同》约定价格提供有偿服务。

2、服务团队：

负责对委托方有关技术人员进行相关技术培训。

针对本项目组建专业软硬件服务人员各 2 名，保证系统 24 小时正常运行。

质量保证期内因产品设计、安装、性能等质量问题发生的故障，由我公司负责维修并承担费用。我方在收到甲方通知后 1 个工作日内派技术人员抵达现场维修。质量保证期内的正常状态下若发生监测设备损坏，我公司将免费更换同类型监测设备。

免费质量保证期满后，若设备发生故障，我公司在收到甲方通知后 2 个工作日内派人上门维修或更换，按《合同》约定价格收取服务费。

3、服务响应时间：

系统软件免费定期维护，承诺对于系统运行中出现的任何问题，接到项目故障电话通知后，在 1 个工作小时内解答客户疑问，如果电话沟通无法解决问题，我公司在 16 个工作小时内派人到达故障现场。逢双休及法定节假日在 24 小时内提供解决方案。

4、服务有限保证：

本公司对产品提供的售后服务只是产品应用方面的技术支持，对于产品在应

用过程中引起的非产品质量瑕疵造成的损失，不承担责任。

以下情况不属于保修范围：

因不正常操作及人为或自然灾害而引起的损坏。

自行拆卸改装产品任何部分（如：线路、零件、外壳损坏）造成损坏。

非按我方产品使用说明书的规范操作而引起的故障。

5、技术咨询：

公司设有技术服务专线电话（ 010-64382873 ） 传真（ 010-51413365 ） 网站（ www.beijinguace.com ）或电子邮件（ bjhuace@163.com ）为用户提供专业的技术参考意见。

9.2 培训方案

1、技术服务

在监测系统安装、调试、试运转以及整机质量保证期内，业主应派遣必要数量的有资格、有经验、有技术、健康、能胜任工作的技术人员（须为专业工程师）到项目现场从事技术服务工作，在正确安装维修、故障排除及操作使用等方面为项目提供技术上的帮助和支持，以保证系统能顺利投入使用。

2、技术培训

合同生效后，承建方要为业主的操作和维修人员提供必要的技术培训，并应设计编写专业的培训教材或资料及操作培训资料。免费提供安全、维修和操作规程、培训。

培训在项目监控中心进行，承建方只需派遣培训专家到项目监控中心进行培训，要注重现场培训，实际动手操作的培训。

（1）培训对象

要求业主组织相关称职的人员、值班人员、安全技术人员等参加在线监测系统的培训。

（2）培训目的

通过培训，应使业主熟练并掌握本系统的操作和日常维护，并具备独立工作的能力。

（3）培训安排

培训主要分为室内培训和室外培训，室内指在监控中心对参加培训人员进行软件、监测系统和监控中心硬件设备的培训，室外指现场监测设备异常问题处理、点位具体功能的相关培训。

初步规划在监测系统进入试运行后，组织为期 2 天的培训，培训次数至少在两次以上，视参加培训人员数量和具体掌握情况再制定详细的培训计划。

培训过程中我们将理论结合实践，以通俗易懂的词语代替专业名词，保证所有参加培训人员都能够充分理解在线监测系统的目的和意义，确保每位人员都能够熟练并掌握本系统的操作和日常维护，并具备独立工作的能力。

10、项目概算

10.1 项目效益分析

（一）项目估算：项目总投资根据隧道实际情况以及业主需求制定专业的监测方案，综合考虑隧道监测项目、监测点数、通讯方式、供电方式、业主特殊需求以及其他现场条件。

（二）社会效益分析：隧道实时在线安全监测系统，便于各级管理部门实时掌握隧道的运行状况和安全现状，提高隧道的安全性，在出现报警的情况下便于及时的采集应急措施，确保人民群众的生命财产安全。

隧道在线监测系统的逐步实施和推广，可以大幅度提高我国对于隧道灾害机理的认识水平，全面提升隧道安全监管和日常管理水平，增强企业、社会、政府对于隧道灾害的预警响应能力，建立隧道稳定性综合评判的科学方法，有效保障人民的生命财产安全。

10.2 项目主要产品预算清单