



飞梦电子科技

Feimeng Electronic Technology

---

# 供水工程管线渗漏监测系统 方案说明（电学式）



---

## 目 录

一、	管线渗漏监测系统 .....	1
1.1	工程方案 .....	1
1.2	系统构成与配置 .....	1
1.3	系统功能要求 .....	2
1.4	系统技术要求 .....	2
1.5	主要设备技术参数 .....	6
1.6	系统工程量清单 .....	11
二、	施工方案 .....	13
2.1	布设位置 .....	13
2.2	水听器、高频压力传感器安装方案 .....	15
2.3	RTU 安装方案 .....	16
2.4	布线方案 .....	17



## 一、管线渗漏监测系统

### 1.1 工程方案

某某工程在管线的排气阀井设置 xx 套传感器(高频压力+水听器+RTU 套件), 用于监测管线爆管、泄露及压力瞬变(水锤监测)。RTU 通信采用物联网技术插入运营商 SIM 卡, 通过 3/4G 无线传输进行通信, 将信息传输至泵站后台系统, 进行统一管理。完成对管线联络工程渗漏监测系统的功能要求, 本工程与另一项目共用太阳能供电系统。

### 1.2 系统构成与配置

#### 1、系统配置原则与性能要求

在确定排气阀位置上安装一体式传感器, 必须包括高频压力计和水听器, 同时传感器接触到管道内的水。安装传感器位置间距的设置原则: 800-1200 米, 现场条件在此间距范围内适当调整位置。

为保证管道正常安全运行, 本系统中传感器安装在专属结构件中, 结构件加装在排气阀上, 结构件中水与主管道内水相通即可, 无需将传感器放入主管道内。

传感器通过现场数据采集通信装置 RTU, 3G/4G 无线方式, 将采集到数据传输到调度控制中心分析平台对管道进行实时监测和分析。

#### 2、系统配置要求

现场硬件设备必须包含:

高频压力传感器

水听器

通信数据传输装置 RTU

GSM (3G/4G) 和同步授时时钟天线

不锈钢控制箱及电源附件

通信方式: 3G/4G 无线通信



监测分析平台软件：客户端服务器安装方式

电源：太阳能供电

供电冗余：RTU 本体需内置锂电池和外部太阳能供电，互为备用。

接地：设备控制箱接入太阳能供电系统的接地网。

调度中心配置硬件

系统部署用计算机

### 1.3 系统功能要求

1、识别和展示管线压力瞬变水锤事件（水泵开停、阀门开闭、施工、冲洗、排气故障等），在线记录显示水锤压力变化曲线，实现报警，并确定压力瞬变源和定位；

2、基于管内 3bar 运行压力以上，传感器沿主管道 800-1200 米安装间距，能够实现 5 升/分钟的微小漏损监测和报警，4 升/秒的爆管大漏损事件监测和报警。通过时钟同步技术确定漏失位置，精度 $\leq 30$  米；

3、压力瞬变（水锤）分析，结合供水带压管道（GIS）材质、管龄、管径等等参数，基于现场存在的压力瞬变强度和数量，评估管道的爆管风险，并展示危险管线的区域；精度 $\leq 50$  米；

4、管线异常事件管理，完整、准确掌握输水系统运行状态，通过高频压力和声纳数据实时监测排气阀工作状态；

5、系统能够快速判断给水系统问题，提高管线运行的可靠性、安全性，基于供水压力实现供水调度，并及时自动发现运行异常，提高调度管理的效率和水平。

### 1.4 系统技术要求

状态数据服务器用于存储和管理从各数据采集 RTU 传送过来的实时状态数据、历史状态数据及各特征数据，并能根据相关数据进行自动分析和诊断。



状态数据服务器应可以接收其他数据采集系统的数据，具有良好的扩展性和兼容性。状态数据服务器应可供现场工程师进行相关系统设置和监测分析工作。服务器数据库软件采用实时数据库软件，以满足大规模数据仓库（MongoDB）中的查询处理管理的需求，并分成系统分析和发布层。

系统分析和发布层的作用是将采集到的数据结合用户管道和设备数据（或 GIS 系统提供数据）进行计算和分析并在地图上进行展示。同时，将报警信息或压力瞬变分析结果封装成 WebService 接口，实现系统与系统之间的交互。

可提供 2 种数据输出的方式：

(1)Url：系统发布在线安全监测系统 URL 地址，其他系统可直接调用地址，访问在线安全监测系统平台，包含统一认证功能。

(2)WebService 接口：WebService 接口提供了其他系统调用报警信息、数据分析结果的访问方式。系统可以通过该接口实时将报警信息推送至用户相关业务系统，共享监控和分析数据。

为了保证系统的完整性和健壮性：口对外部系统的接入提供企业级的支持，在系统的高并发和大容量的基础上提供安全可靠的接入；提供完善的信息安全机制，以实现信息的全面保护，保证系统的正常运行，应防止大量访问，以及大量占用资源的情况发生，保证系统的健壮性；保证在充分利用系统资源的前提下，实现系统平滑的移植和扩展，同时在系统并发增加时提供系统资源的动态扩展，以保证系统的稳定性。

软件应符合国际开放系统组织推荐的开放式系统，网络系统采用符合 TCP/IP 协议的网络软件，状态数据、分析服务器、WEB 服务器、等均使用实时多任务多窗口操作系统。

渗漏监测系统应采用一个服务型基础架构进行实施，由数据库和分析的框架组成，由虚拟服务器来承担。数据库以结构化和非结构化数据库的形式进行管理，未来可以扩展和增加新的数据域/数据集。这些数据通过 WEB 服务提供给分析模块，进行数字运算，确定水锤异常状况。这些分析模块的结果又反馈到数据库，用户界面应用程序从中提取数据，提供给用户，用于基于地图的可视化和交互。

系统采用高级别的安全设计，并遵守数据安全和设计指导方针 ISO 27001。用户通过活动目录进行身份认证，仅具有已定义的角色和权利的注册用户才能访问系统。

访问控制：对用户访问网络资源的权限进行严格的认证和控制。例如，进行用户身份认证，对口令加密、更新和鉴别，设置用户访问目录和文件的权限，控制网络设备配置的权限。同时在需要时，针对数据传输进行加密处理，确保安全。



系统并采用 B/S 架构的架构，且符合 SOA 架构的体系结构设计。该系统可以容忍故障，但不会影响用户体验、安全性或造成数据丢失。所有服务器和服务都处于持续监控中，以防未经授权访问、内存问题、磁盘空间问题和操作系统补丁。如果某个系统发生故障，该高可用性架构将触发备用系统，代替该故障系统，从而最大程度减少对整体系统的影响。

在线监测和分析软件平台基于 web 浏览器界面（B/S 构架），必须基于管线 GIS 数据，可提供用户一个可视化的界面查看传感器位置信息、管网图和其他的分析结果，并会为用户提供可交互式的、统一的报警列表界面。该平台应体现很强的可扩展性和可伸缩性，提供软件架构及分析原理说明。

需提供的功能模块至少包括：

- 1、管线数据展示功能、监测设备展示功能

以 GIS 为基础，以 GIS 一张图方式展现被监测的原水管网、并能对管网数据的属性等基本信息进行查看；以地图方式展现安装在原水管网上的监测设备，并能查看实时监测信息。



## 2、能进行历史数据的查询与分析：

通过多种展现方式展示采集上来的压力数据以及水听器采集到声音数据及分析；支持数据的导出功能。

## 3、压力瞬变/爆管监测功能

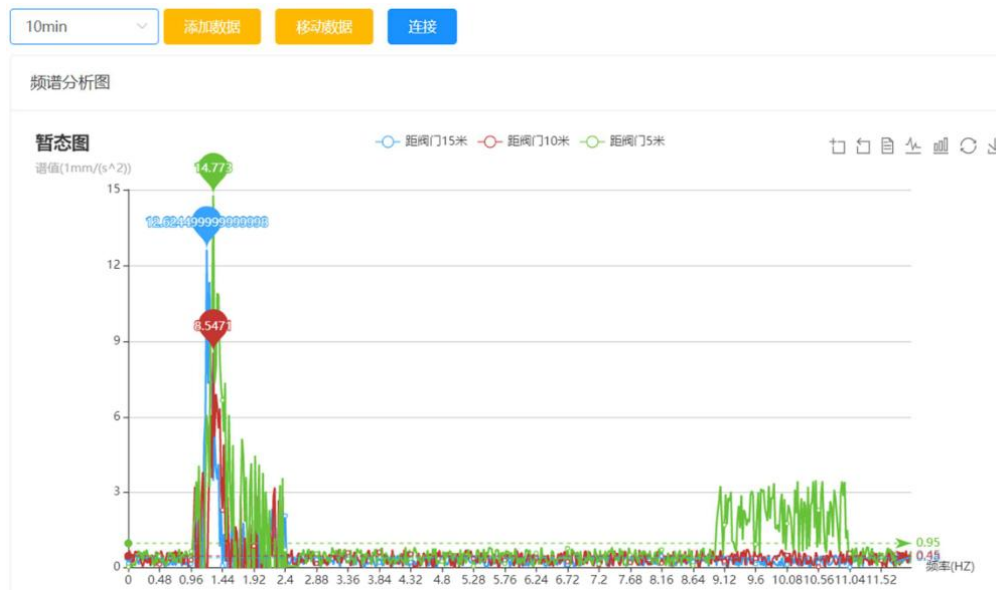
压力传感器（采集频率：256Hz）采集在线连续数据，监测压力瞬变，提供管道爆管报警，定位爆管位置。





#### 4、管道泄漏监测

系统软件基于采集到的原水管内声学数据，判断是否具有泄漏，确定漏水的区域。系统应提供便捷的分析工具方便用户分析判断。系统平台必须设有频谱分析功能，并提供傅里叶变换后的强度-频率图；提供在线的相关性定位功能，提供分析操作界面及系统截图。



#### 5、系统能够对异常的压力瞬变活动进行监测：

有对管道中水锤或压力瞬变活动的分析，对管网的影响范围以及影响程度分析。需提供和阐述系统爆管监测与定位、漏水监测与定位的原理。

### 1.5 主要设备技术参数

#### 1、高频压力传感器

工作温度：-20℃~80℃

压力监测采集频率 $\geq 256\text{Hz}$ ，以满足分析需求；

量程：0~300psia (0~2.1MPa)，需满足负压的监测；

精度： $\leq 0.1\%FS$

响应时间： $\leq 1\text{ms}$







材质：不锈钢隔离膜片

最大承受静压：68Bar

防护等级：IP68，包括传感器电缆连接处；

含 10 米电缆

## 2、水听器传感器

工作温度：-20 °C~80 °C

灵敏度：-170dB V<sub>re</sub>: 1V/μPascal

响应频率范围：20Hz-20KHz

传感器材质：PEEK

连接电缆：低噪同轴电缆

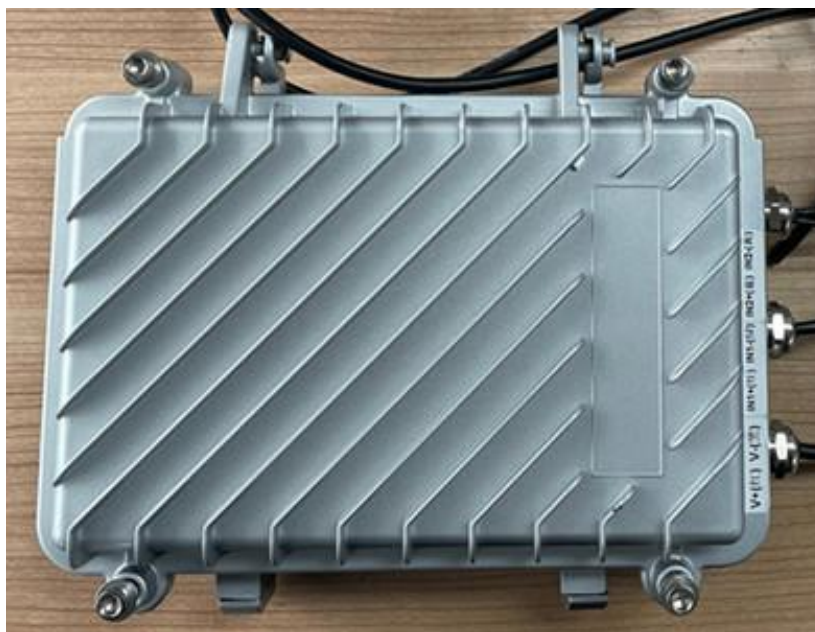
最大承受静压：68Bar

防护等级：IP68，包括传感器电缆连接处；

含 10 米电缆



## 3、采集和通信装置 RTU



运行温度：-30 °C~ 70 °C

防护等级：IP67

压力采集精度大于等于 16 位；



支持模拟量和音频信号接入，同时提供连接传感器电源供电；

支持 3G/4G 公共通信网络，TCP/IP 协议采集数据上传中控室；

支持 GPS/北斗，授时同步时钟精度： $\leq 1\text{ms}$ ；

本体内置锂电池，在外部电源失效后，以低功耗模式运行至少 30 天；

采集周期：数据上传时间可调整，自动连接中控上传。

内存：内置 16G 闪存卡，支持采集数据的存储保存 30 天不丢失；

低功耗设计，供电电压：12VDC，连接传感器后总功耗 $\leq 1\text{W}$ 。

#### 4、就地控制箱

材质：不锈钢 SS304

防护等级：户外型，IP65

壁厚： $\geq 1.5\text{mm}$

低温保护设计，满足现场 $-20^{\circ}\text{C}$ 环境工作；

预留授时同步天线接口；

尺寸：600\*400\*1200mm (W\*D\*H)，应满足放置采集和通信装置 RTU 等其它相关设备；

RTU 供电侧需单独采用直流断路器保护；

浪涌保护（进线）：

工作电压：12VDC

标称放电电流（8/20 $\mu\text{s}$ ）：10kA

最大放电电流（8/20 $\mu\text{s}$ ）：20kA

电压保护水平： $\leq 250\text{V}$

#### 5、太阳能供电系统（风光互补供电）

太阳能供电系统是为了满足野外监测的需要，在不方便取得外部电网供电的情况下，所设计的供电装置。

太阳能发电系统可以在 12V 直流侧并联后共同为负载供电。设计能够保证现场设备在没有日照的情况下，保证现场连接设备至少正常工作 20 天。

具体技术指标

A. 太阳能板



电池片类型尺寸：单晶硅

额定输出功率：150 W \*2；

理想工作环境：-30℃~85℃

表面最大荷载：5400Pa

寿命：25 年以上

材料：抗衰老 EVA+TPT+阳极氧化铝合金框架

## B. 蓄电池

类型：锂电池

容量：≥500AH；

工作电压：12VDC

工作温度范围：-20℃~60℃

单独熔丝保护设计；

## C. 充电控制器

采用独立的太阳能通道模块，可同时利用太阳能对负载供电和对储能蓄电池充电的换流及控制系统。

采用 MPPT 方式，具备大功率跟踪功能；

太阳能通道应可以独立配置或同时配置使用；

具备 RS232 /RS485 标准通讯接口，能够监测并上传以下信息：

控制器输出电压和电流，蓄电池充放电电流，蓄电池温度，负载电流，各子方阵的输出电压和电流，各风机的输出电压和电流，控制器柜内温度；

蓄电池过、欠压告警，熔断器/断路器告警，太阳能模块故障，风能模块故障，太阳能模块输出过流，蓄电池二次下电，太阳能供电状态；

可以保存 100 条以上历史故障和告警信息，断电后历史故障和告警信息可以继续保存。

具备以下本地显示、参数设置和调整、告警功能。

## D. 立杆

材料:Q235

表面处理：热镀+热喷塑



高度：3 m（高度可定制）

厚度：≥2.5mm

焊接：符合 GB/t13912-92 标准，没有裂纹，漏焊，咬边，焊接光滑平整，没有凹凸的波动或任何焊接缺陷，设计寿命 10 年以上。

## 6、系统部署用计算机

本系统硬件支撑服务器及工控机利用现有业务网超融合服务器及计算机（经核实满足本工程硬件支撑环境需求）。

项目	功能要求说明
硬件规格	硬件物理服务器数量不少于 3 台，满足渗漏监测系统对硬件实体环境要求。以下为单台技术参数：（尺寸为 2U 架构、CPU 不低于 2*Intel Silver 4210R 2.4GHZ、内存不低于 128GB SATA SSD、硬盘盘位不低于 8 个、系统盘不少于 1*128GB SSD、缓存盘不低于 2*960G SSD、数据盘不少于 4*4T、接口数量不少于 6 个千兆电口+2 万兆光口）。内部组网交换机 6 个万兆 SFP+光口、8 个千兆电口，1 个千兆 SFP 光口，，交换性能：1.28Tbps，包转发率：420Mpps；汇聚交换机：24 个 10/100/1000Base-T 自适应电口，4 个万兆 SFP+光口，交换性能：336Gbps，包转发率：108Mpps，配置 1 条万兆堆叠线。光口模块 10 个。电源为冗余电源
系统管理	需包含虚拟防火墙与虚拟负载模块授权，后期可根据实际需求开启虚拟行为管理、虚拟 SSL VPN、虚拟广域网优化等模块。服务器虚拟化软件、存储虚拟化软件满足设备使用要求。
	支持无代理跨物理主机的虚拟机 USB 映射，需要使用 USB KEY 时，无需再虚拟机上安装客户端插件，且虚拟机迁移到其它物理主机后，仍能正常使用迁移前所在物理主机上的 USB 资源，对于业务的自适应能力。
	支持平台中的集群资源环境一键检测，对硬件健康、平台底层的虚拟化的运行状态和配置，进行多个维度进行检查，提供快速定位问题功能，确保系统最佳状态。
	支持虚拟机卡死及蓝屏的检测功能并实现自动重启，无需人工干预减少运维工作量
	支持 3 台及以上组建集群，实现数据多副本存储，虚拟机在线迁移，实现高可用
虚拟防火墙	组件性能：带宽不低于 100M，并发会话数不低于 50W，七层新建会话



	不低于 1W
	支持基于区域和 IP 地址配置连接控制策略，对特定 IP 地址设置最大并发连接数，实现内部资源保护和系统资源合理分配。
	支持应用控制策略生命周期管理，包含安全策略的变更时间、变更类型和策略变更用户，并对变更内容记录日志，方便策略的管理和运维。
	具备僵尸网络检测功能，可基于僵尸网络检测引擎发现主机的异常外联行为，并提供威胁等级和非法外联次数作为举证。
虚拟负载	组件性能：带宽不低于 500M，并发连接数不低于 100W，四层新建 CPS 不低于 10W，七层新建 RPS 不低于 3W
	支持用户自定义方式的健康检查，支持多种编程语言（如 Python、Java 等），用户可根据节点运行的实际业务流程来编写代码，检查业务处理逻辑是否正常。
	支持源 IP、Cookie（插入/被动/改写）、HTTP-Header、SSL Session ID 等多种会话保持机制，支持跨虚拟服务的会话保持。
	厂商为国家信息安全漏洞共享系统 CNVD 用户组成员，提供证明材料；

## 1.6 系统工程量清单

序号	名称	技术说明	数量	备注
一	传感器部分			
1	高频压力传感器	300PSIA, 64-256Hz 采集频率, 0.1%FS, IP68, 10m 电缆和接插件（详见技术要求）	xx	
2	水听器	灵敏度: -170dB Vre: 1V/μPascal, IP68, 10m 电缆和接插件（详见技术要求）	xx	
3	传感器安装三通	排气阀安装-三通附件-碳钢, 支管带 DN40 不锈钢球阀	xx	
4	数据采集和传输 RTU	支持高频压力和音频数据采集, 4G/GPS 通信, IP68, 内置锂电池; 通信 SIM 卡; （详见技术要求）	xx	与排气阀供应商核实安装尺寸后最终确定
5	供电系统			
6	就地控制箱			



序号	名称	技术说明	数量	备注
二	软件部分			
1	软件分析平台	管线安全监测和分析软件 主要功能模块包括： 基于 GIS 的管道、监测点信息展示、查询模块，可进行多站点采集数据的对比展示与查询；（含用户所提供 GIS 数据的处理，或所提供 GIS 数据 WebService 服务的对接入软件分析平台） 管道漏水分析及报警模块； 压力瞬变监测模块； 现场监测设备管理模块。	1	
三	设备安装调试培训及系统对接			
1	系统调试	系统调试服务	xx	
2	系统对接第三方平台	提供软件接口，便于其他系统调用数据或分析结果。比如监测数据接口、报警事件接口、支持单点登录等。	1	
3	软件系统部署及操作培训	客户现场监测平台部署；软件操作培训；	1	
4	前端设备及后台系统安装		1	
5	SIM 卡及通讯		1	SIM 用户提供

## 二、施工方案

### 2.1 布设位置

压力传感器和水听器通过结构件安装于排气阀之中，安装用结构件与排气阀的结构尺寸匹配设计。

压力传感器和水听器电缆通过预埋穿缆钢管从阀井中接出，与阀井外设备设备箱中的 RTU 相连接。

传感器采集与传输终端（RTU）放置在设备控制箱内。

应用服务器等硬件设备设置在数据中心，通过无线网络与压力传感器和水听器通讯。

水听器、高频压力传感器安装点的位置如图 1 所示：

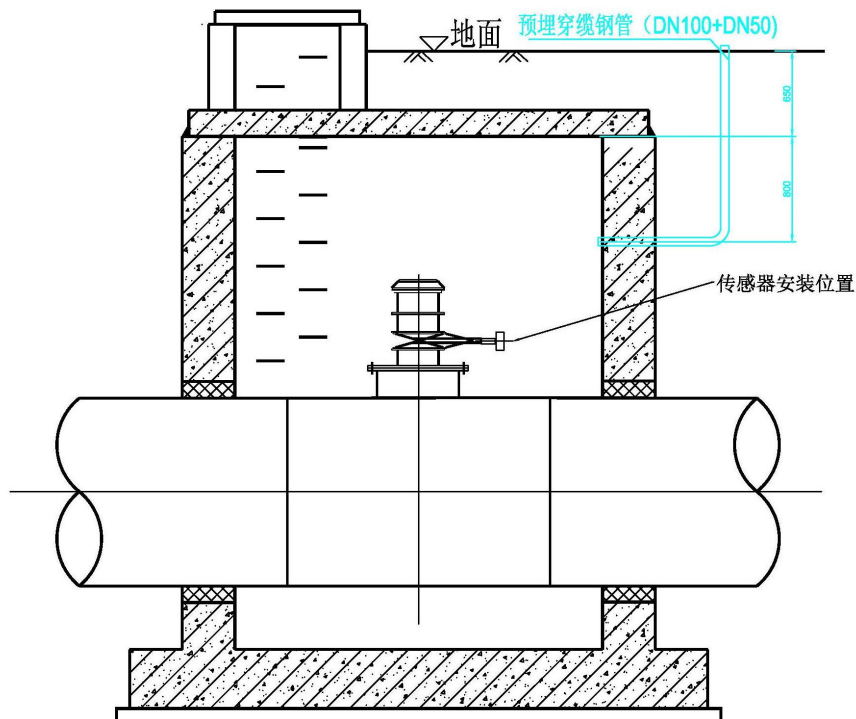


图 1 水听器、高频压力传感器安装点  
预埋穿缆钢管如图 2 所示：

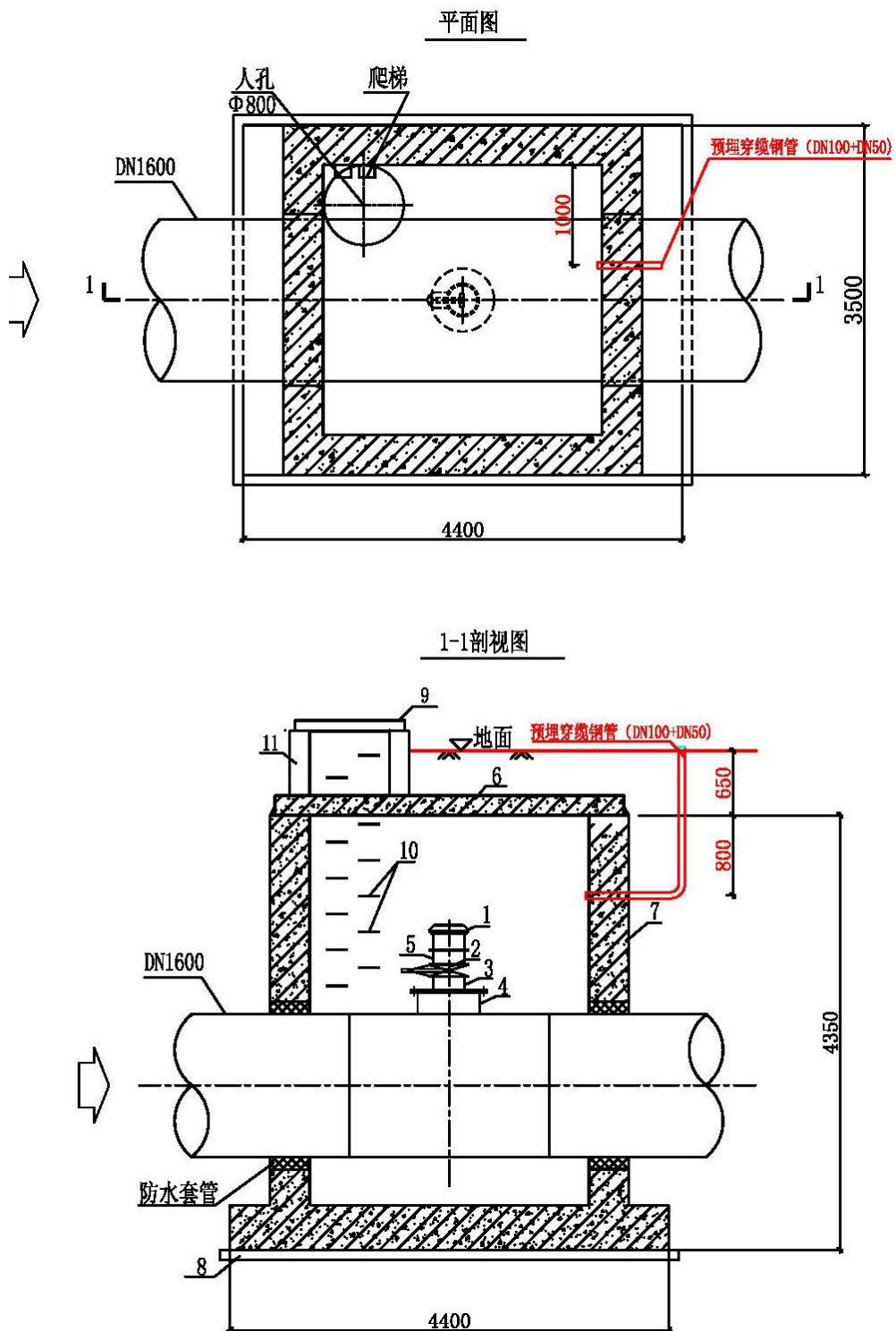


图2 预埋穿缆钢管示意





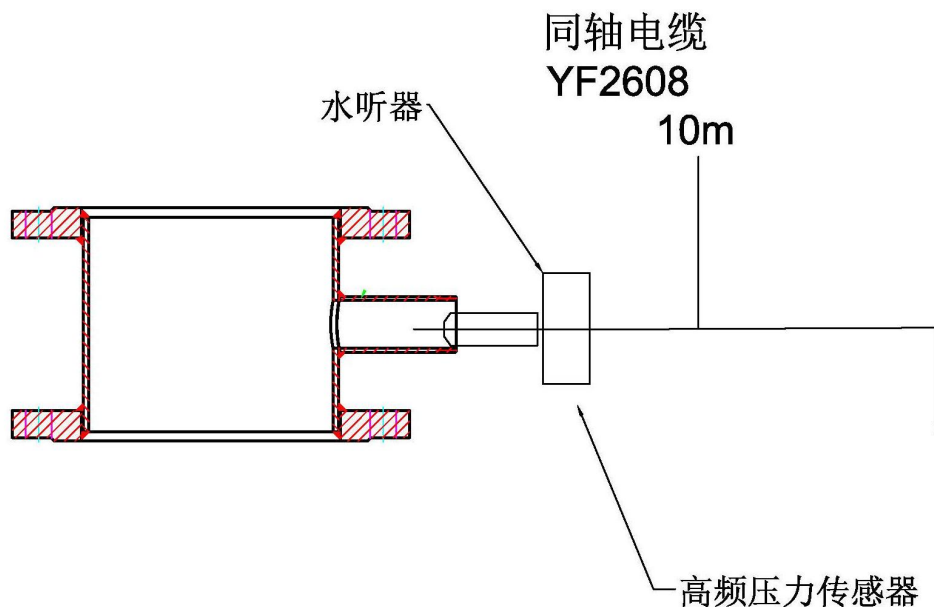
## 2.2 水听器、高频压力传感器安装方案

在本项目中，排气阀处设置有传感器安装管（DN200）及二通管（DN40），将二通阀（DN40，1.5 寸内螺纹）与二通管（DN40，1.5 寸外螺纹）相连，水听器和压力传感器装置在标准三通（接口密封处理）后通过接头与二通阀连接。

水听器和压力传感器电缆通过预埋穿缆钢管接出阀井，与 RTU 连接。

连接三通、二通阀及二通短管需要与排气阀供应商核实安装尺寸后最终确定。

水听器、高频压力传感器安装结构如图 3 所示：



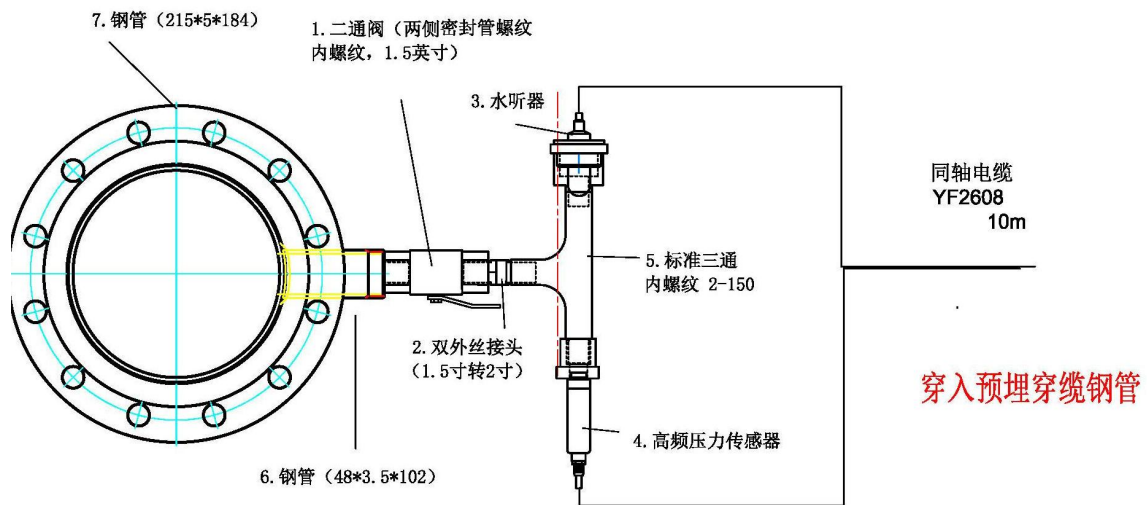


图3 水听器、高频压力传感器安装结构图及缆线示意

具体安装步骤为：

- 1) 将标准球阀与排气阀二通管（DN40 钢管）连接，球阀 1.5 寸内螺纹与排气阀二通管外螺纹连接；
- 2) 水听器、高频压力传感器安装结构中双外丝接头与球阀相接，标准三通与双外丝接头相连；
- 3) 标准三通上安装水听器（含转接头）、高频压力传感器（含转接头）；
- 4) 安装传感器时需将传感器的黑色电缆一起转动，释放电缆预应力，防止传感器损坏；
- 5) 安装接头处须使用生料带保证密封性，安装完成后检查各处密封是否做好。

### 2.3 RTU 安装方案

RTU 安装在现场设备箱内，尺寸为 250×195×72（mm），外接线缆 3 根（穿孔处做防水密封处理），接出线缆直径≤10mm。两根为电缆，与阀井内传感器连接，一根连接 WIFI 天线，天线以磁吸式方式固定在设备箱外部。

RTU 如图 4 所示：



图 4 RTU 结构图

- (1) 将 RTU 中①处的螺钉拧开，固定于安装导轨上，安装导轨如图 5 所示



图 5 安装导轨

- (2) 安装导轨固定在设备控制箱内
- (3) 将 RTU 天线吸在设备控制箱外，并从设备控制箱的进线孔接入 RTU；
- (4) 将 RTU 电源线接入设备控制箱；
- (5) 测试 RTU 供电与信号传输是否正常。

## 2.4 布线方案

将 RTU、高频压力传感器、水听器等均安装好后，需要将他们连接，组成监测系统，具体接线步骤为：

- (1) 将高频压力传感器、水听器电缆分别套入两段包塑金属软管（长度根据现场情况裁剪），端口黑胶带紧固，如图 6 所示



图 6 包塑金属软管

- (2) 确定高频压力传感器、水听器电缆上有相应标签，若没有应贴标，并从阀井外使用穿线器将电缆引出阀井，如图 7 所示；



图 7 穿线器

- (3) 阀井内包塑金属软管使用骑马卡或胶水固定于井壁上，以整洁美观不影响检修活动为宜；
- (4) 阀井外电缆接入设备箱
- (5) 高频压力传感器、水听器电缆、RTU 的电缆线每根线芯上套入接线端子并紧固，如图 8 所示；



图 8 接线端子

- (6) 高频压力传感器、水听器电缆与 RTU 上相同标签的电缆使用防水接线盒相接，如图 9 所示，接线图见《RTU 说明书》；



图 9 防水接线盒

- (7) 测试 RTU 与高频压力传感器、水听器连接是否正常。