



文件编号:	HT/HIST1.3
当前版本:	V 1.3

石油/天然气输送管道监测

——方案概述

修订历史记录				
日期	版本	说明	作者	审核人
2017 年 4 月 1 日	V1.0	初始版本。	丁思龙	
2017 年 4 月 2 日	V1.1	修改方案概述功能目标	丁思龙	
2017 年 6 月 15 日	V1.2	增加产品参数及安装部署	丁思龙	
2017 年 9 月 7 日	V1.3	增加视频监控功能	丁思龙	

目录

1.	背景介绍.....	1
2.	方案概述.....	2
3.	系统架构.....	3
4.	系统特点.....	7
5.	产品介绍.....	8
6.	安装部署.....	13

1. 背景介绍

石油石化、天然气行业一直是国家安全防范的重点行业，一旦发生火灾或爆炸等事故，将会造成重大的人员伤亡和国家财产的严重损失。回顾 2010—2014 年间，大连石化公司发生的“四年八爆”仍历历在目，在国内众多油气管道已经运营多年的情况下，油气管道的安全问题日益凸显，而对油气管道安全隐患进行定期排查、巡检亟待进行。

目前，我国的油气管道总里程已近 15 万公里，纵横万里的油气管道为国民经济和居民的日常生活提供着重要的能源。为了有效保证能源传输的安全，必须对它们进行定期巡查。对于石油管线的巡检项目，尤其是长距离输油输气管道（长度在 400km 以内）、区域性油气田断块系统（面积在 100km² 左右）而言，这些项目经常要求“短平快”，测量周期短、任务重、质量高，区域内地形、地貌复杂多变，常常穿越无人区如沙漠戈壁、森林、高山等，有时人员和测量仪器无法到达。

传统的对石油管道泄漏进行检测的方法往往是通过探测仪和人力巡逻的方法，由于依靠人力，其劳动强度大、作业程序复杂、资源配置臃肿繁多、工效低、周期较长，特别是在困难地段往往无法按时保质保量完成测量任务，不能实时地对石油管道进行全面监控，所以并不能有效地保证管道线路的安全。

因此，为了保证石油管道线路的安全运输，石油石化行业迫切需要一种高效、简便、低成本的电子监测系统来替代传统的监测手段，实现对石油天然气输送管道进行自动的数据采集和上报，使得泄漏能被及时发现，并采取补救措施，从而达到降低企业经济损失，减少环境污染的目的。

2. 方案概述

基于上述需求,本方案提出一套基于物联网技术的全天候远程在线管道监测系统,系统采用高可靠的扩频通信技术,确保野外环境下数据链路的稳定。同时,系统还具有低功耗、远距离、无线、多跳、自组织的优点,配合移动通信网络(GPRS/3G/4G网络)、本地宽带网络和北斗卫星导航定位系统短报文业务,可实现不同场景下的管道在线监测数据远程实时上报,有效应对石油管道铺设距离远、范围广的行业特殊需求。结合用户配套软件进行大数据综合分析,实现对全部监控点位采集数据的存储、计算和融合。用户可随时查看特定点位的历史数据和数据变化曲线,进而预测接下来一段时间的数据变化走向,达到管道腐蚀提前预警和参数超标时及时报警,减少巡检人员工作量,提高工作效率和管理水平,从而降低管线维护的成本,增强管线运营的安全性。

项目一期产品(监测终端设备)主要包含如下监测内容:1)管道腐蚀电压;2)检测桩图像采集;3)设备供电参数;4)检测桩姿态检测(有无倾倒),整机功耗约1w。

项目二期产品(监测终端设备)可拓展监控如下参数:1)管道震动参数;2)管道泄露参数;

系统整体架构示意图如下:

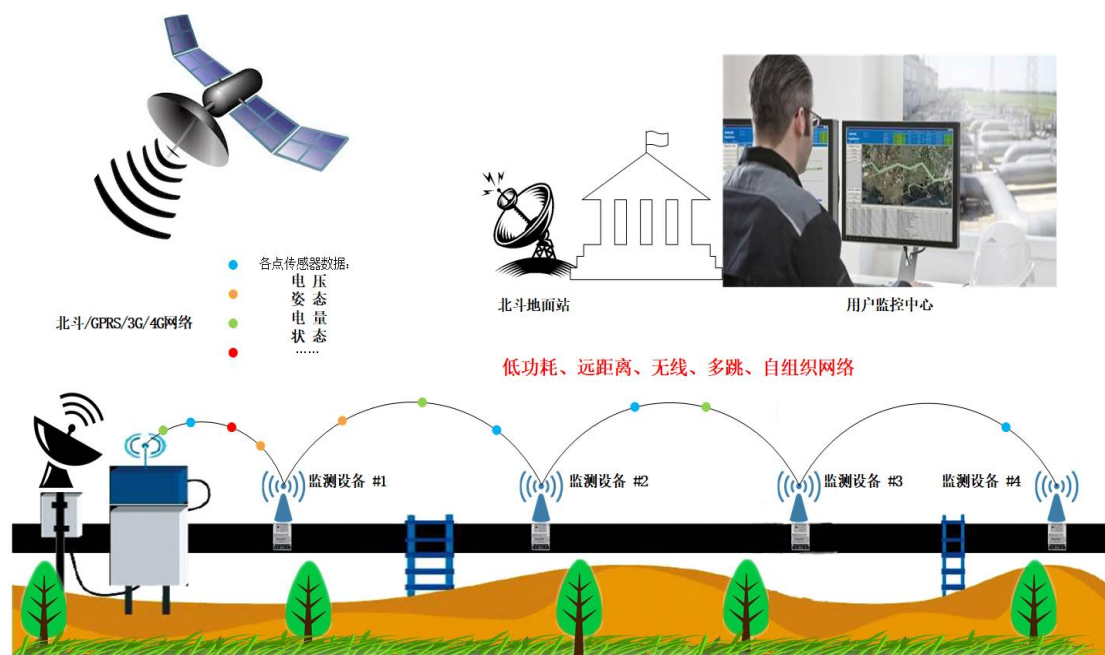


图1 系统示意图

3. 系统架构

3.1 技术简介

系统数据传输基于 LoRa 无线低功耗广域网技术、北斗卫星通信技术和移动通信技术，其中，LoRa 无线网络应用于每一个间隔 2-3 公里的管道监测节点，采集每个监控点位的管道腐蚀电压、电池电量、当前工作状态等相关参数，多个监控点位的 LoRa 网络监测设备通过无线多跳自组的方式连接成网，实现分散监控点位的数据多跳传输，减少网络系统中网关的部署数量，实现节约系统部署成本和简化系统维护的目的。移动通信网络（包含 GPRS/3G/4G）与 LoRa 网关设备相结合，将网关收集到的本地网络覆盖范围内所有的监控节点数据通过移动通信网络发送到用户监控中心的服务器上，实现不同地区的数据远程实时上报。在偏远地区、野外、山区等没有移动通信网络，或移动通信网络覆盖质量不高的地区，系统采用北斗卫星导航定位系统提供的短报文业务，实现网关收集数据的远程实时上报，以满足不同应用环境中的数据传输需求。通过在每间隔 30-50 公里的距离部署一套网关设备，即可将区域内所有监控点位的监测数据实时上传。

其中 LoRa 无线网络是一种基于扩频技术的远距离、低带宽、低成本的广域无线网络传输技术。该网络主要应用于智慧农业，无线抄表，工业互联网，智能停车场，智慧城市等物联网应用领域。本系统通过 LoRaWAN 协议，构建运营商级广域网络的石油管道监测管理系统，以保证用户 QoS 服务质量，确保系统的健壮性和稳定性。此外，基于标准协议之上，我们还开发了 CTP 多跳自组网协议，实现每一个管道监测点不仅可以将自己的数据上传，还可以帮助周围的监测节点进行中继通信，以增加自身功耗的代价来换取更广泛的网络覆盖范围，有效保证了系统在复杂应用环境下的网络全覆盖能力。节点单跳最大通信范围 5 公里左右，最大支持 10 跳以上自由组网传输。在自组织协议自由组网模式下，协议会根据链路质量自动选择最佳路径。系统中每个节点都有一条或几条传送数据的路径，如果最近的节点出现故障或者受到干扰，数据包将自动路由到备用路径继续进行传输，整个网络的运行不会受到影响。

得益于近些年移动互联网技术的飞速发展，国内三大运营是在全国范围内已经实现了良好的移动通信网络覆盖（GPRS/3G/4G 网络）和宽带接入覆盖，通过移动网络或宽带接入，可以将户外 LoRa 网络中全部的监控节点数据发送到用户控制中心的服务器中。在极端恶劣的野外、山谷、乡村等没有移动网络或宽带网络覆盖的应用情况下，系统还可以通过北斗卫星导航定位系统的短报文业务，实

现远程数据的上传，确保数据链路的畅通无阻。

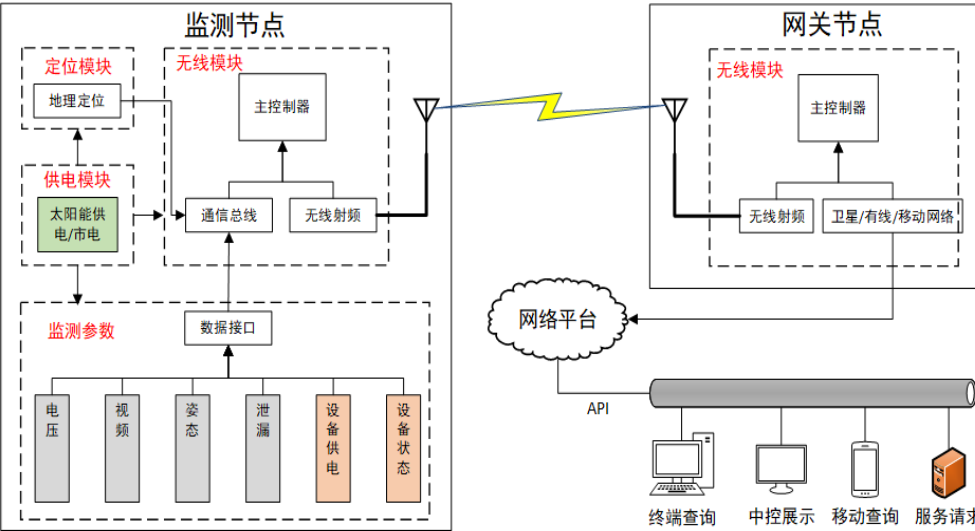
3.2 电压监测节点

每一个管道监测节点配备无线通信模块、供电模块和传感器采集模块。监测节点将自身的状态信息，连同传感器检测到的管道电压、检测桩姿态、电量等数据，按照用户设置的采样周期自动上传到管道监测网关节点，该通信方式采用多跳自组网方式，满足在没有移动网络覆盖的情况下进行远距离通信的功能需求，有效扩展无线的通信距离，同时也避免了过高的功耗需求，有助于减少网关的部署密度，降低系统建设和使用成本。网关节点周边约 30-50 公里范围以内的监测节点收集完成后，统一通过移动通信网络或本地有线网络将数据集中发送到网络端的服务器，然后通过 Internet 传输至监控数据中心。

3.3 网关通信节点

网关节点同时配备 LoRa 无线通信模块、移动通信网络模块。LoRa 无线通信模块用于收集网络覆盖范围以内的全部管道监测节点上报的监测数据，移动通信网络模块用于将全部数据汇聚到本地网关，然后通过移动通信网络系统将全部数据发送到网络端的服务器系统。在地形极端恶劣的情况下，没有移动通信网络和本地有线网络覆盖时，可以选择配备采用北斗卫星通信模块，实现数据的传输。满足在移动网络覆盖良好的城市范围内，以及没有移动网络覆盖的山区、野外场景中的使用要求，保障管道监控点位采集的相关参数及时有效的上报到远程监控数据中心。

通过有机组合利用 LoRa 低功耗广域网技术、移动通信网络和北斗卫星通信技术，可以有效减少系统中网关（包含移动通信终端或北斗卫星通信终端）的部署数量，极大的降低了系统建设部署成本。同时，通过局部汇聚数据统一进行数据传输，有效提高了移动通信网络或北斗卫星通信链路的使用效率，也有利于降低后续使用及服务成本。



3.4 视频监控节点

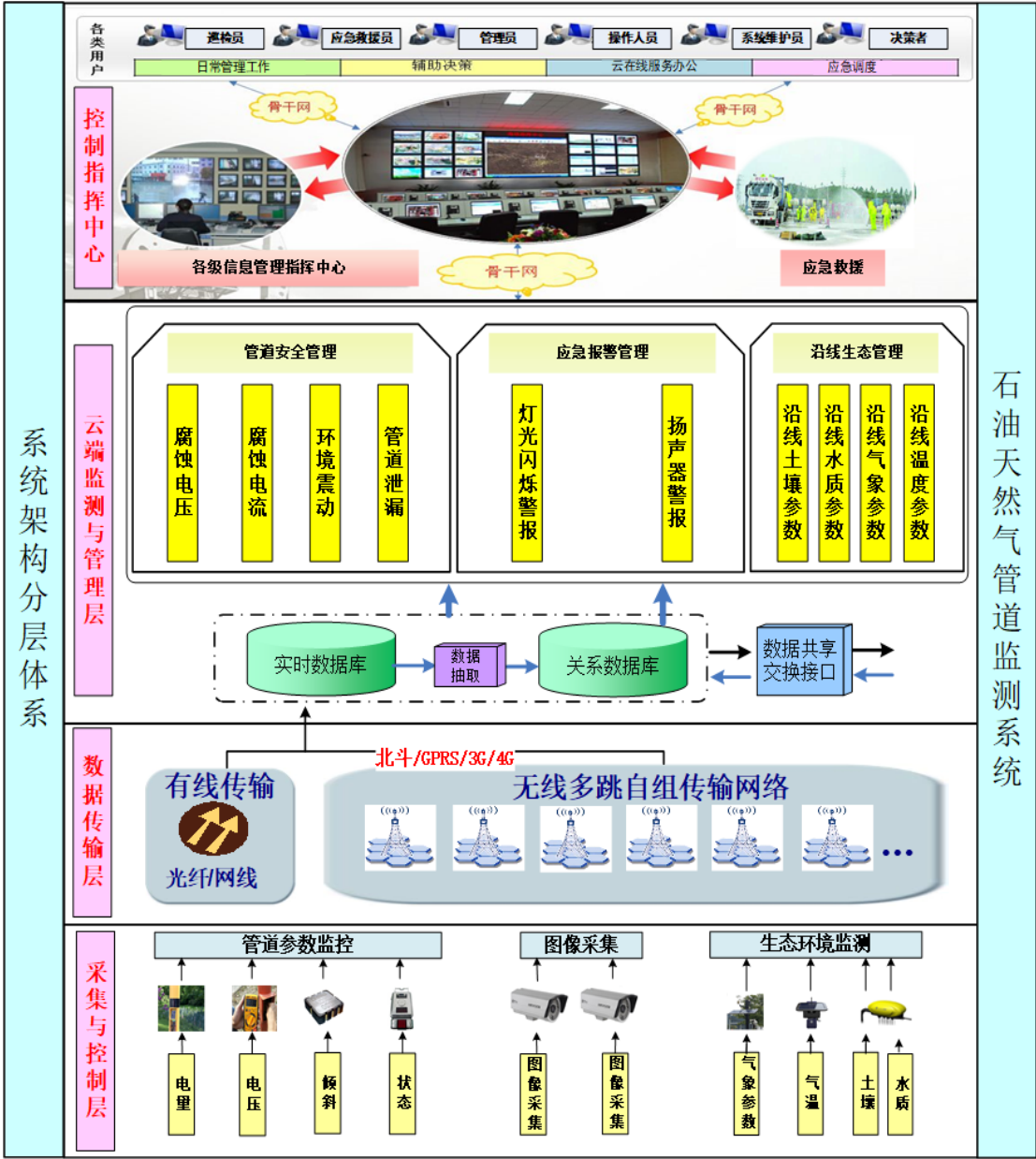


图 3 系统结构图

4. 系统特点

本套系统具备如下功能特点：

- 有效解决网络覆盖“最后一公里”连接问题，避免户外部署时带来的通信布线问题，系统快速组网，快速部署，快速应用；
- 标准化通信接口，提供多种传感器数据接入，方便后续新增加监测内容，随时可以根据现有标准添加新型传感器或更换老化的传感器。
- 具备多跳自组织功能，最大支持 10 跳，单跳通信范围 5 公里左右（可视的情况下），且距离可按需要进一步扩展，有效扩展网络覆盖范围，减少网关部署数量，降低系统部署成本和后续运营维护的成本及难度。
- 非视距通信特性，网络可以通过多跳传输减轻障碍物遮挡对无线网络的造成的影响，解决遮挡对无线通信造成的问题；
- 低功耗特性，通过太阳能配合充电电池实现户外自持，无需人工每日巡检，减少巡线人员数量，降低管理成本；
- 区域无缝全覆盖，多跳组网和动态路由能力有效扩展网络覆盖范围，系统可以作为骨干网络实现园区、厂区等的全覆盖。
- 网络健壮性，自诊断和自愈合特性保障了网络覆盖的健壮性，全部过程无需人为干预，极大提高系统整体的可靠性；系统无线设备通过实时链路质量评估，选择链路质量最优的用户设备作为下一跳数据包转发目标设备，当外界环境或设备位置变化时，模块能够根据新的链路质量评估结果形成新的网络拓扑，继而适应外界变化；
- 灵活性强，通过云端统一管理所有管道监测节点和网关节点，可实现网络的快速部署和延伸功能；
- 安全性强，该网络属于私有网络，全部数据传输过程采用 AES 加密技术，无法空中劫取数据，且所有监测节点加入网络都必须通过控制中心审核，防止伪造设备存在；
- 本系统提供了一种简便高效的管道管理方法，通过物联网和传感器技术实现管道沿线的数据采集和传输，避免人工失误造成数据偏差，全部监控点位数据在线，提高管道管理的效率和质量，

5. 产品参数介绍

5.1 电压监测节点：

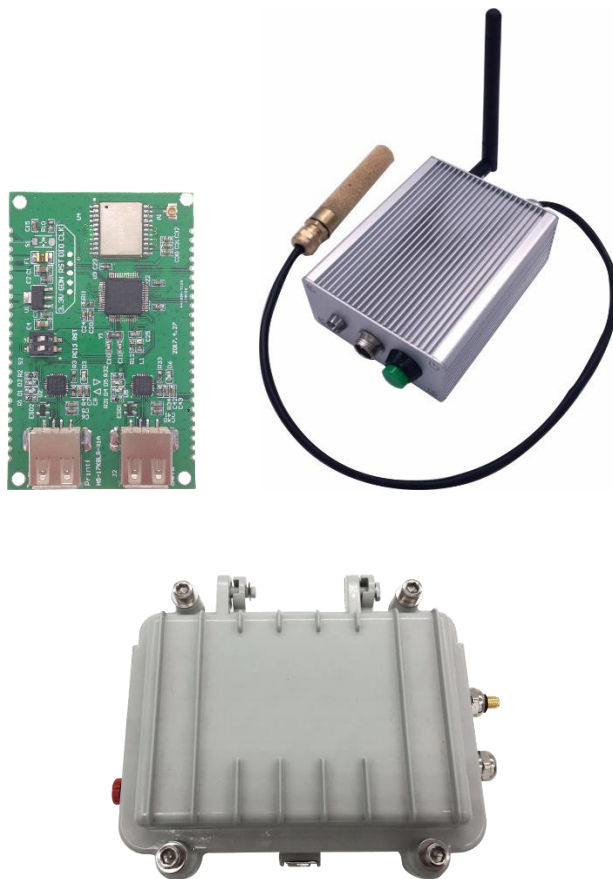


图 4 监控节点（模块产品、封装产品）

- 主控制器：STM32 系列 ARM Cortex-M0 低功耗处理器
- 内存：8KB RAM / 64KM Flash
- 兼容 LoRaWAN 协议：Class A, Class C
- 470~510Mhz 工作频段
- 250~10Kbps 工作速率
- 200byte 单次可发送数据包长度
- 2~20dBm 发射功率
- 视距通信距离可达 5km，非视距 2~3km
- ~220mA 最大发射工作电流

- ~16mA 平均工作电流（一小时采样频率）
- AES 数据加密
- -40~+85°C工作温度
- 支持采样频率动态调整
- 支持丢包重传
- 支持上下行链路双向通信
- 支持动态跳频，有效提高信道利用率
- 同时支持温湿度、电压、电量 GPS、加速度、烟感、光照、CO、CO2 等多种传感器
- 设备防雨，防尘，防腐蚀，可用于户外部署
- 最大 16 级中继级数
- 最大 250 个路由数量

5.2 网关通信节点：



图 5 网关设备（室内版、室外版）

- 主控制器：ARM Cortex A53 64 位四核处理器，主频 1.2G
- 内存：1GB RAM / 16GB Flash
- 系统采用 Linux Debian 操作系统，稳定可靠
- 支持 RJ45 / HDMI / USB / SPI / I2C / ADC 数据通信接口
- 基带采用 SX1301 支持 10 路可编程并行解码通道
- 同时支持 8 个 LoRaWAN 信道同时通信

- 支持多信道多扩频因子并行接收
- 兼容 LoRaWAN 协议：Class A, Class C
- 470~510Mhz 工作频段
- 250~10Kbps 工作速率
- 200byte 单次可发送数据包长度
- 2~20dBm 发射功率
- 视距通信距离可达 5km, 非视距 2~3km
- 网关支持远程控制维护, 便于管理更新
- 网关支持丢包率移动统计, 分析网络状态
- 远程监测节点电池实时电量, 及时通知用户更换电池
- 网关支持 GIS 地理信息设置, 便于用户进行设备管理
- 同时兼容本地或云端快速假设
- 网关支持 Mqtt 通行协议接口实现
- 网关支持 gRPC 通行协议接口实现
- 网关支持 Web UI 管理 LoRaWAN 网络
- 针对不同传感器硬件配置, 快速解析数据并存储第三方 SaaS 平台
- -40~+85°C工作温度
- 同时支持有线以太网、WiFi、4G/3G 网络接入方式
- 设备防雨, 防尘, 防腐蚀, 可用于户外部署
- 移动通信功能支持 GSM/CDMA2000/EVDO/WCDMA/TD-SCDMA/LTE-FDD/LTE-TDD/GNSS
- 支持 GPS、北斗卫星定位功能
- 支持北斗短报文功能, 60 秒/次, 每次传输容量 78 字节

5.3 视频监控节点



- 主控制器：ARM Cortex A53 64 位四核处理器，主频 1.2G
- 内存：1GB RAM / 16GB Flash
- 系统采用 Linux Debian 操作系统，稳定可靠
- 支持 RJ45 / HDMI / USB / SPI / I2C / ADC 数据通信接口
- 百万像素网络监控摄像机
- 支持 POE 网线供电
- 带红外夜视功能，有效距离 20 米
- 镜头焦距 4mm, 6mm, 8mm, 12mm, 16mm 可选
- -40~+85°C 工作温度
- 同时支持有线以太网、WiFi、4G/3G 网络接入方式
- 设备防雨，防尘，防腐蚀，可用于户外部署
- 移动通信功能支持 GSM/CDMA2000/EVDO/WCDMA/TD-SCDMA/LTE-FDD/LTE-TDD/GNSS
- 设备供电 DC12V，峰值功率 12W

5.4 网络服务器：

- 提供 web 展示页面
- 支持云端软件动态升级
- 提供云端安全维护维护
- 入网节点加密鉴权
- 支持云端或本地数据存储
- 支持云端或本地 HTTP 和 websocket API 用户交互接口
- 用户交互接口包括：历史数据获取、实时数据通知、实时数据获取、下行链路发送等
- 我们提供稳定可靠的云服务，用户只需通过 API 接口调用即可访问全部数据，方便快捷，且稳定高效。



6. 安装部署

6.1 电压监测节点部署：

- 监控节点与供电部分安装在观测桩内部，用观测桩对监控节点进行防雨、防日晒、风沙侵蚀的保护，无法放置在观测桩内部的，可用室外防护等级的封装进行安装保护。
- 通信天线通过馈线引出到观测桩外部，固定在观测桩顶部，天线安装位置务求尽量高出观测桩，周围不要出现太多金属物体和草木遮挡。
- 通过引线连接底下管道、CuSO₄ 参比电极，连接到监控节点主板上，实现对管道腐蚀电位的采集。
- 通过引线连接到地下进行供电，供电我方不提供。
- 监控节点与观测桩之间通过螺丝刚性固定，监测节点自带加速度传感器，可以检测检测桩的倾斜情况。



图 6 监控节点部署

6.2 网关通信节点部署：

- 网关节点务求部署在有宽带网络、移动网络覆盖的地方。
- 网关节点采用室外封装，天线设备应尽量固定在高处，以扩大网关的无线覆盖范围。
- 网关需要支持多个监控点位的数据传输，同时支持数据上传到远程监控数据中心，因此功耗高于普通监控节点，推荐使用大功率供电系统或有线供电方式。
- 网关设备固定在高处，需考虑周围防雷设计，安装有效避雷针，确保设备处在避雷针斜下方 45° 防护范围之内。
- 网关安装部署务求稳定可靠，禁止出现设备与立杆或墙面安装不紧密，出现晃动甚至跌落的情况。
- 网关天线安装要求垂直固定，天线尽量处于开阔地带，周围无金属、树木、墙壁等障碍物。



图 7 网关设备部署

6.3 视频监控节点部署

- 视频监控节点与网络摄像机部分安装在观测桩立杆上，采用室外封装进行防雨、防日晒、风沙侵蚀的保护。
- 通信天线通过馈线引出到封装外部，固定在封装顶部，天线安装位置务求尽量高出观测桩，周围不要出现太多金属物体和草木遮挡。
- 通过引线连接到地下进行供电，供电我方不提供。
- 视频监控节点与观测桩之间通过螺丝刚性固定，确保设备不会松动脱落，否则将影响无线通信和摄像机采集图像角度。



6.4 网络服务器部署：

- 网络服务器采用室内部署方式，安装在监控数据中心机房。
- 网络服务器需要具有网络接入能力。
- 网络服务器需要有专人维护（供电、散热、清洁、网络升级等）。
- 我们为用户云在线版网络服务器，无需搭建本地服务器。
- 用户通过 API 接口从云服务器获取数据，方式参见《附件一》。



图 8 网络服务器部署

附件一、《LoRa 在线数据 API》示例

LoRa 在线数据 API

摘要：本文是 LORA 在线数据 API 说明文档，说明第三方访问 LORA 数据的技术、流程和格式。

1 功能描述

第三方应用可以使用预先分配到的 username 和 password，通过本文 API 获取属于该账户下的所有 LoRa 的最新数据和设置新数据通知 URL。在设置好数据通知 URL 之后，当新的 LoRa 数据到达时，主服务器会通过 GET 该数据通知 URL 的方式通知应用服务器新数据到达。

用户和密钥

每一个第三方应用会收到一对 username 和 password（相当于“用户名和密码”），在访问 API 时用来鉴别用户是否是合法。该文档中出现的用户名密码皆作为例子，无法实际使用。

请求格式

对于 POST 和 PUT 请求，请求的主体必须是 JSON 格式，而且 HTTP header 的 Content-Type 需要设置为 application/json。用户验证是通过 HTTP header 来进行的，在 HTTP Header 中设置 username 和 password 字段用来鉴权。

响应格式

对于所有的请求的响应格式都是一个 JSON 对象。

一个请求是否成功是由 HTTP 状态码标明的。一个 2XX 的状态码表示成功，而一个 4XX 表示请求失败。当一个请求失败时响应的主体仍然是一个 JSON 对象，但是总是 res 这字段以及对应的 status code，你可以用它们来进行调试。举个例子，如果忘记在调用设置回调 URL 的时候没有添加 notifyurl 参数，则会得到下面的信息：

```
{
  "res": "error, set notifyurl fail"
}
```

错误代码见最后附表

2 API 详解

2.1 设置新数据通知 URL

新数据通知 URL 是一定数目的新的 LoRa 数据被 LoRa 节点汇报到 LoRa 云之后，第三方用来接收数据通知的 URL，LoRa 云将使用 HTTP GET 方法请求这个 URL，实现第三方新数据到达的目的。第三方应用通过 POST 方法来设置自己的通知 URL，请求需要包含 notifyurl 字段，例如，用 curl 命令方式来设置第三方通知 URL：

```
curl -k -X POST -H "password:123456789012" -H "username:handsometechs" \
-H "Content-Type: application/json" \
-d '{"notifyurl": "http://XX3XX.com/newdata"}'
https://loradata.handsometechs.com/api/notifyurl
```

(注：因为尚未购买域名的证书，所以 curl 选项中增加了 -k 选项来避免证书检查不通过)

操作成功会返回：

```
{
  "res": "success, set notifyurl success"
}
```

操作失败会返回错误信息：

```
{
  "res": "error, set notifyurl fail"
}
```

2.2 数据通知请求响应格式

在第三方设置好“新数据通知 URL 后”，当有新的 LoRa 数据到达 LoRa 的云服务时，LoRa 云服务会通过 GET 方法通知该“新数据通知 URL”，第三方接到通知后应该通过以下 JSON 格式返回。

通知成功，第三方应该返回：

```
{
  "code": 200,
  "message": "success"
}
```

通知过程出错，第三方应该返回：

```
{
  "code": 405,
  "message": "can not resolve domain name ..."//执行的错误信息
}
```

2.3 获取尚未处理的新的 LoRa 数据

第三方引用在接受到 LoRa 新数据通知后，根据自己记下的最新的数据的时间戳，发送包含起始时间戳的 GET 命令到 LoRa 服务器，获取尚未处理掉的新的数据。GET 请求时和使用的参数如下：

参数名称	作用	内容
sTime	某一个时间点到当前时间的所有数据，每次获取数据量不超过一千条。	Unix 时间戳，例如： 1498635403
readerid	特定 LoRa 节点号对应的所有数据	节点号，例如： 4786e6ed00380057
datatype	获取数据格式设定，默认为数组	json

例如，用 curl 命令实现获取属于该 APP 的所有数据，需要根据某一 Unix 时间戳（sTime）之后的特定 LoRa 节点（readerid）号来获取数据。由于响应时间有限，每次获取的数据量不超过一千个。用户可以通过多次调用的方式来获取所有数据。下面的例子用于获取从 2016-3-2 15:00:00 到当前时间 test1 号 LoRa 节点的数据（如果命令中没有设置 readerid，则默认检索从 sTime 到现在的所有节点的数据）：

```
curl -k -H "password:123456789012" -H "username:handsometechs" \
-H "Content-Type: application/json" \
https://loradata.handsometechs.com/api/history?sTime=1456902000&readerid=test1
```

（注：因为尚未购买域名的证书，所以 curl 选项中增加了 -k 选项来避免证书检查不通过）

操作成功，返回的数据格式是：

```
{
  "latestTime": "Thu Feb 23 2017 16:38:25 GMT+0800" //表示最近一个数据的储存时间
  "records":[
    [ //这个数组的元素是一个 LoRa 节点单次储存的完整信息，包含：
      "test2_2", //test2_2,是 LoRa 节点号
      ""Thu Feb 23 2017 16:20:20 GMT+0800"", //LoRa 节点储存时间
      4.02 //电流大小，单位：毫安
    ],
    ... ..
  ]
}
```

（注：存储的数据类型可根据项目情况进行更改）

如用户希望获取 json 格式数据可采用如下指令：

```
curl -k -H "password:123456789012" -H "username:handsometechs" \
-H "Content-Type: application/json" \

https://loradata.handsometechs.com/api/history?sTime=1456902000&readerid=test1&datatype=json
```

操作成功，返回的数据格式是：

```
{
  "latestTime": "Thu Feb 23 2017 16:38:25 GMT+0800"    //表示最近一个数据的储存时间
  "records":[
    [
      {
        "nodeId":"4786e6ed00380301",
        "time":"Wed Jun 28 2017 14:25:55 GMT+0800",
        "current":5.42
      }
    ],
    ... ..
  ]
}
```

2.4 获取账户下所有 LoRa 节点的 ID 号

第三方可通过 GET 方法获取自身账户所有 LoRa 节点的 ID 号。例如，用 curl 命令实现 handsometechs 账户下所有节点号：

```
curl -k -H "username:test" -H "password:test" \
-H "Content-Type: application/json" \
https://loradata.handsometechs.com/api/notifyids
```

（注：因为尚未购买域名的证书，所以 curl 选项中增加了 -k 选项来避免证书检查不通过）
操作成功，返回的数据格式是：

```
{"res":"success",
"notifyids":[
  "4786e6ed00380053",
  "4786e6ed00380054",
  "4786e6ed00390053",
  "4786e6ed00380200",
  "4786e6ed00380201"
]}
```

2.5 下行链路通信

第三方可通过 POST 方法将特定指令发送给指定节点。例如，用 curl 命令实现将字符串“11”，发送给“4786e6ed00380041”节点：

```
curl -k -X POST -H "password:test" -H "username:test" \
-H "Content-Type: application/json" -d '{"nodeid": "4786e6ed00380041","message": "11"}' \
'https://loradata.leanapp.cn/api/downlink'
```

操作成功，返回数据格式是：

```
{"res": "success, post downlink success"}
```

附：错误代码表

401	invalid user or key	鉴权失败，用户名或者 key 错误
200	success	执行命令成功
405	Parameters missing	缺少起始参数
406	failed	内部执行错误