

## 基于 ZigBee 技术的管道监测无线数据传输网络

关键词：Zigbee、管道监测、GPRS/CDMA、无线数据传输网络

应 用：石油管道远程监测、天然气管道监测、城市热网管道监测

### 一、应用需求

石油管道、天然气管道、城市热网管道等输送管道的维护监测中，如何保障输送管道的安全是石油、天然气和城市热力部门的一项重要责任。但是近年来针对输油、输气和热力管道的打孔盗油、盗气现象非常严重，各管道储运部门投入大量的人力物力进行管道的安全保障维护工作，很多储运公司都布置了大量的管道巡线人员，但是人工的巡线方式并不能有效保证管网的安全。因此对于管道的储运公司来讲，采用经济合理的方案布置 24 小时全天候的输油管道监控系统，才能够对于管网的安全给予有效的技术支持，从而减少损失。

### 二、系统概述

由于油气管道的空间跨度很大，一般来讲都要绵延上百上千公里，所以管道监控装置要布置在较大的空间跨度上，各监测节点成链型线性分布，所以数据的传输必须满足这一空间要求，可以考虑采用经济的 ZIGBEE 无线数据传输方式。

由于油气管道一般都是露天布置、野外无人值守方式工作，所以要求监控设备必须适合野外工作，具有较高的稳定性和环境适应能力，系统供电具有双电源系统和蓄电池以及太阳能电池，停电时太阳能电池自动供电，确保正常有效工作，对山区和距离较远的监测点，还有遥测中继站，能接受并转发信号，亦由太阳能电池供电，保持长期可靠运行。

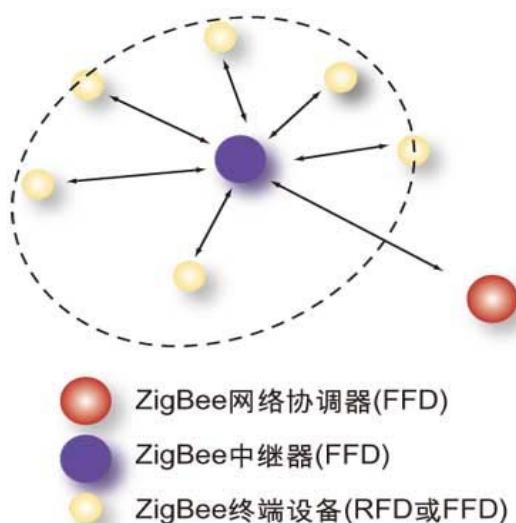
需要采集输油管道各个参数采集点的多种参数，比如压力、流量、温度等，数据返回监控中心便于进行综合分析。

随着无线通信技术的不断发展，近年来出现了面向低成本设备无线联网要求的技术，称之为 zigbee，它是一种近距离、低复杂度、低功耗、低数据速率、低成本的双向无线通信技术，主要适合于自动控制、远程数据采集领域及家用设备联网，我们采用 zigbee 技术和 GPRS/CDMA 技术结合，可以为管道监控系统的远程数据传输通信提供很好的解决方案。

### 三、Zigbee 无线技术简介

zigbee是一种新的无线连接技术，该无线连接技术主要解决低成本、低功耗、低复杂度、低传输速率、近距离的设备联网应用。

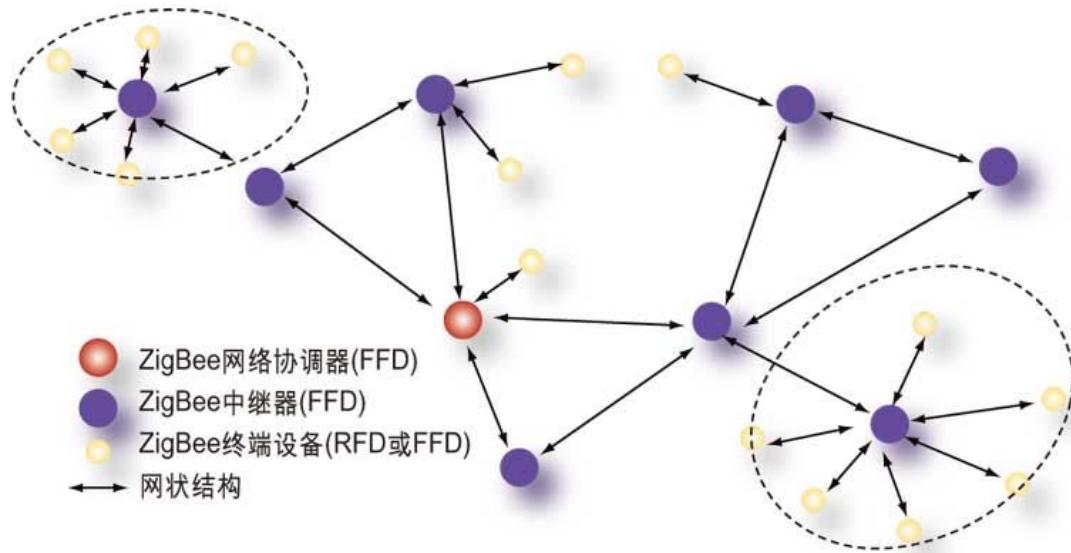
ZigBee 标准基于 802.15.4 协议栈而建立，具备了强大的设备联网功能，它支持三种主要的自组织无线网络类型，即星型结构、网状结构(Mesh)和簇状结构(Cluster tree)，并且系统节点具有多跳路由功能，特别是能够组成蜂窝网状网络结构，具有很强的网络健壮性和系统可靠性。



图一 ZIGBEE 星型网络结构

#### 星型网络结构特点

- ④ 支持点对点、点对多点通信
- ④ 中心节点为 ZIGBEE 协调器，终端节点为 ZIGBEE 终端设备
- ④ 所有数据经过中心节点
- ④ 适合圆形分散、距离较近的设备联网



图二 ZIGBEE 网状网络结构

#### MESH 网状网络结构特点

- ④ 系统采用多跳式路由通信
- ④ 网络容量很大
- ④ 可以跨越很大的物理空间，适合距离较远比较分散的结构

MESH网状网络拓扑结构的网络具有强大的功能，网络的所有实体只有要通信范围之内，都可以互相通信，如果没有直接通路，还可以通过“多级跳”的方式来通信；该拓扑结构还可以组成极为复杂的网络；除此之外，网络还具备自组织、自愈功能。

#### 四、Zigbee 无线技术优点

##### ④ 设备省电

zigbee 技术采用了多种节电的工作模式，可以确保两节五号电池支持长达 6 个月到 2 年左右的使用时间；

##### ④ 通信可靠

zigbee 采用了 CSMA—CA 的碰撞避免机制，同时为需要固定带宽的通信业务预留了专用时隙，避免了发送数据时的竞争和冲突；MAC 层采用了完全确认的数据传输机制，每个发送的数据包都必须等待接收方的确认信息；

#### ④ 网络的自组织、自愈能力强

zigbee的自组织功能：无需人工干预，网络节点能够感知其他节点的存在，并确定连接关系，组成结构化的网络；

zigbee自愈功能：增加或者删除一个节点，节点位置发生变动，节点发生故障等等，网络都能够自我修复，并对网络拓扑结构进行相应地调整，无需人工干预，保证整个系统仍然能正常工作。

具备自组织、自愈能力的无线通信网络才是自动抄表系统最理想的通信方式。

#### ⑤ 成本低廉

设备的复杂程度低，且 Zigbee 协议是免专利费的，这些可以有效地降低设备成本；

Zigbee 的工作频段灵活，为免执照频段的 2.4GHz，就是没有使用费的无线通信。

#### ⑥ 网络容量大

一个 ZigBee 网络可以容纳最多 254 个从设备和一个主设备，一个区域内可以同时存在 200 多个 ZigBee 网络；

#### ⑦ 数据安全

ZigBee 提供了数据完整性检查和鉴权功能，加密算法采用 AES-128，同时各个应用可以灵活确定其安全属性。

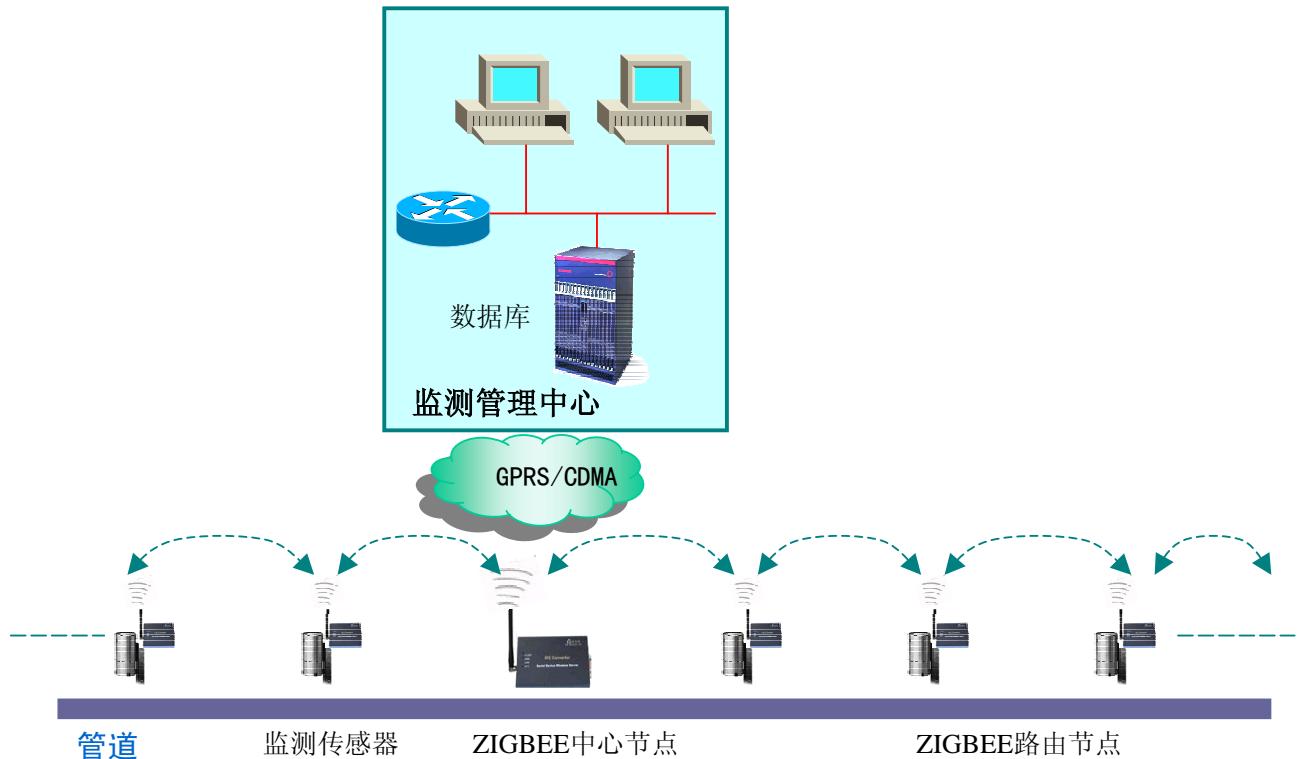
## 五、基于 ZigBee 和 GPRS 结合的管道监测无线数据传输网络

通过前面对管道监测系统的通信技术要求分析，结合 zigbee 技术特点和技术优势，我们采用 zigbee 技术和 GPRS 相结合的无线数据传输系统，来实现管道远程监测是一个非常理想的无线数据通信解决方案。

在实际应用中，我们选择了将 zigbee 技术与 GPRS/CDMA 结合起来，根据监测区域监测设备的不同分布，来灵活地构建检测数据传输无线网络。

- 监控点布置在管道的通过的途径上，每隔一段距离就布置一个监控点采集管道中的压力、流量、温度等参数，然后监控点通过 ZIGBEE 无线网络把采集到的数据传到 ZIGBEE 中心节点，中心节点的数据通过 GPRS 上传到监控中心，由监控中心负责分析记录数据，然后通过对数据的分析判断出哪一段的管道发生了泄露，通知管理人员进行处理。

- 所构建的 zigbee 网络线型发散的网络拓扑，可以根据实际的组网需要，设计合理的网络结构。



### ZigBee管道监测无线数据传输方案—系统拓扑图

- 采用线型网络结构，随管道方向设置监测节点，数据采用多跳逐级路由发送
- 每个监测节点设置一个ZIGBEE路由节点，负责发送本节点数据，并负责中继转发其他节点数据
- 一个区域监测中心设置一个ZIGBEE中心节点
- ZIGBEE中心节点数据通过GPRS/CDMA或ADSL上传到监测中心

## 六、Zigbee 技术方案优势

目前的管道监测系统，从数据传输角度划分，可分为有线、无线两大类，这两大类抄表系统各有其适用的应用领域，但就抄表系统的投资、建设、维护等几方面而言，无线数据传输系统显然具有更大优势。

目前市场上的无线通信系统大致可分为基于无线数传模块、基于 GPRS/CDMA 数字蜂窝网络、或者是二者结合等几种方式，从应用角度而言，都存在以下一种或几种问题：

### ① 使用成本较高

GPRS/CDMA 数据传输需要付费，对于家庭电表抄表来说，系统的运行成本很高；  
ZigBee 无线数据传输网解决了这个问题，系统运行不需要支付任何费用。

### ② 网络的自管理能力有限

采用无线数传模块，除了数据轮询时间随节点数增加而线形增加外，所组建的无线网络的自管理功能非常有限，增加或者减少节点，都需要人工去修改相应的数据库配置；节点出现故障，也常常需要人工去诊断等等；

抄表终端的供电问题难以很好地解决，由于抄表终端难以做到极低功耗，所以供电问题始终是一个瓶颈。

比较项目	Zigbee	GPRS/CDMA	WLAN	光纤 电缆
网络使用	2.4G 免费频段，无使用费	需要使用费	免费频段，无使用费	有线方式
设备功耗	极低	高	高	高
网络规模	容量很大，65536	1	32	小
传输距离	1—1000 米	远距离	1—50 米	远
传输带宽	最大 256K	128K	11M	大
技术优点	成本低，功耗低，网络容量大，网络安全性高	覆盖范围广，适合远距离传输	数据速率大	建设成本太高

## 七、顺舟网络科技的 ZIGBEE 通信模块



顺舟科技 SZ02-ZIGBEE 通信模块

参数名称	性能参数
频 段	2.4-2.483GHz
通讯协议标准	IEEE 802.15.4 zigbee
网络拓扑结构	网状网、星型
调制方式	DSSS (O-QPSK)
数据传输速率	最大 250KBps
寻址方式	64 位 IEEE 地址, 8 位网络地址
数据加密	128-bit AES
错误校验	CRC-16/32
信道接入方式	CSMA-CA 和时隙化的 CSMA-CA
信道数	16
通信时延	15ms (激活或信道接入), 30ms (设备搜索)
最大发射功率	25dbm
接收灵敏度	-94dbm
工作温度	-40-85°C
天线	2.4G 外置天线
通信距离	1000 米
数据接口	RS232/485 (RJ45 接口)
配置端口	RS232 (RJ45 接口)
电源	9V (标准工业接线端子)
工作功耗	1.8W