

# 轨道温度在线监测系统设计方案

王 义

## 1、背景

温度是许多材料发生形变的重要因素之一，不同材料的热膨胀系数不同，因此温度也是不同部件之间发生相对形变的重要因素之一。对无渣轨道中钢轨、轨道板、轨枕、底座、及现场大气温度进行在线监测，获取长期运行的温度数据并进行相关性分析是研究各部件之间相对形变的重要依据之一，也为单个部件长期温度稳定性分析提供数据基础。

## 2、需求分析

考虑到轨道现场环境的复杂性，同时为了方便运行与维护，保障数据稳定可靠的前提下，需求可归纳为以下几点：

1. 温度精度应 $\leq \pm 1^{\circ}\text{C}$ ；
2. 体积小、防护高、个体独立性强，便于现场安装及维护更换；
3. 提供软、硬件整体解决方案；
4. 提供电源、通讯链路的冗余接口，方便个别条件苛刻的监测点供电系统与通讯系统的定制性改造；
5. 低成本。较低的硬件成本、安装及维护成本；

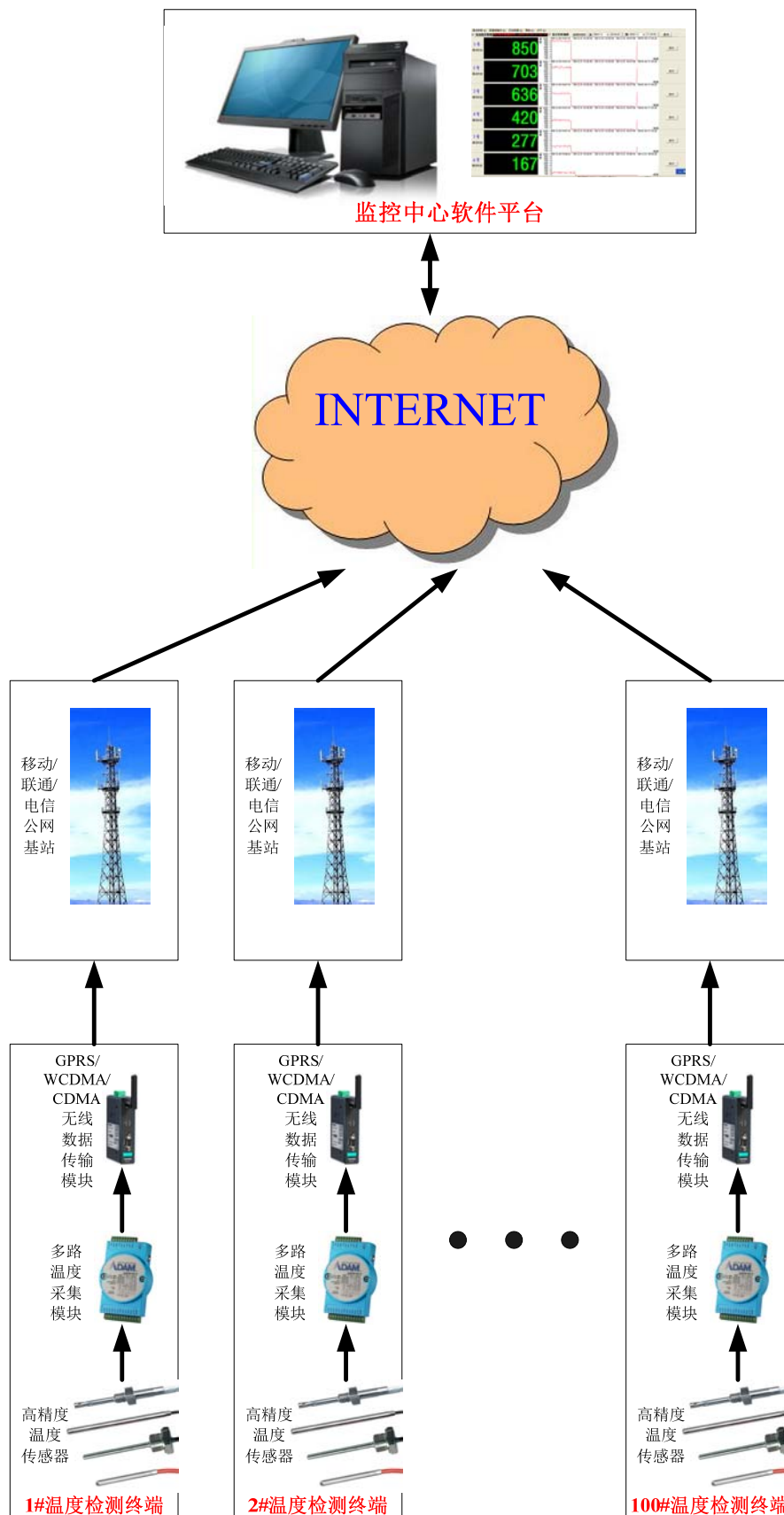
## 3、温度在线监测系统技术设计

### 3.1 技术背景

现场物理量及环境参数的在线监测最早应用于工业生产现场上并已非常成熟。随着近十多年来通讯技术的快速发展，通讯距离、带宽数据量、低成本制造与运营等方面都有了非常大的提升，互连网也在往物联网方向继续延伸，因此物理量状态及参数的在线监测已经在建筑、环境、水文水利、地质等方面都有了非常广泛应用与成功的案例。因此总的说来，轨道温度在线监测系统具有成熟的技术背景，抓住现场需求特征解决好精度、防护、稳定、独立性强、低成本等要点进行针对性设计成为该系统的设计要点。

### 3.2 系统设计

根据需求，轨道温度在线监测系统从组成上包括现场温度检测采集终端与监测中心的数据收集分析管理软件平台。图 3.2.1 是该系统组成图。



3.2.1 轨道在线监测系统组成图

### 3.3 终端硬件设计

轨道温度在线监测系统硬件部分主要为温度采集终端。该终端主要由温度传感器、多通道采集控制模块、供电模块、通讯模块四个部分组成。硬件的设计遵循精度高、独立、稳定、易安装、低成本等要求。

#### 3.3.1 温度传感器

温度传感器有热电偶、RTD 正温度系数电阻温度探头、NTC 负温度系数热敏电阻、半导体温度传感器及红外线测温传感器等种类。轨道各组件温度探测点具有温度变化范围窄、精度要求高、温度变化速度慢的特征，可以选择 RTD 正温度系数电阻温度探头作为该系统温度传感器。

RTD 正温度系数电阻温度探头一般为铂金属电阻，具有精度高、线性度好、长期温度稳定性高（温度漂移系数非常小）、小巧、安装方便、成本低等优点。RTD 温度探头主要有以下一些形式的安装外形以适应不同的应用场合。



图 3.3.1 各种安装方式的 RTD

RTD 温度传感器一般分无源纯阻性器件（可通俗地认为模拟信号器件）或者有源模拟信号器件（例如 4-20mA 通用变送器信号）。这两种形式的器件传输距离都比较近，一般为数米，最多可延长到 20 米左右，延长对测量精度影响较大，同时对延长线缆的要求也非常高（有点类似音响的音频线），在本系统中接入点少，范围窄的地方（例如 5 米），可考虑直接采用无源纯阻性 RTD 温度传感器，它的成本是最低的。对范围较大的地方，本系统也提供了设计方案，即把 A/D 转换模块挪到前端与 RTD 元件集成为数字式温度传感器（如图 3.3.2），再通过数字传输模式把信号传给采集模块，这样的优点是温度点的分布可以延伸到数十甚至上百米，缺点就是更换维护成本会高一些。



3.3.2 数字式 RTD 温度传感器

### 3.3.2 采集控制单元

采集控制模块主要负责各个 RTD 元件的温度采集、计算、暂时存储及定时给监控中心软件平台上传温度数据，同时它也具有自我诊断功能，对自身故障及温度传感器异常故障的警报信息上传。考虑到现场安装情况，减小整套设备的体积，做好防水、防尘等防护工作，同时也出于成本的考虑，本系统将供电模块、采集控制模块、通讯模块集成到一起而称之为采集控制单元，其外形如图 3.3.3 所示，预估体积可控制在  $180 \times 140 \times 80\text{mm}$  左右。控制单元防护等级按 IP67 标准设计，具有良好的散热功能及一定的抗腐蚀功能（初步考虑压铸铝材质，也可以采用不锈钢材质，后者成本会贵一些）。



图 3.3.3 温度采集控制单元示意图

### 3.3.3 数据通讯

为了满足安装灵活、独立性强、传输距离远的使用需求，本系统采用 WCDMA、GPRS、CDMA2000 这一类型的公网通讯模块作为无线数据传输方式。按每半个小时上传一次温度数据，每次 1k 数据量计算，一天 50k，一年也在 20M 范围内，因此数据传输运营成本并不高。

对于无公网信号的路段，可考虑第三种通讯方式，控制单元内部会预留 RS232/RS485 之类的通用通讯接口。但是其它通讯方式会存在通讯距离短（数传）、组成复杂（中继+转发）、成本高（卫星通讯）的一些短板。

### 3.3.4 功耗与供电

温度采集终端的整体功耗是比较低的，在整个硬件系统中最耗电的是无线通讯模块，其峰值功耗可达到 6W 以上，得益于数据上报频率低，在不传输数据阶段，可将模块设置在休眠模式以减低整机功耗，据初步评估，整个终端的平均功耗可优于 1W。对于 220V 交流供电点，这种估算的意义不是很大。

对于个别条件比较苛刻的监测点，交流电没法到达，可以采用铅酸电池或者镍氢可充电电池供电方式，在太阳光照条件好的地方可考虑安装太阳能板，在长期阴雨或者有雾的山区路段，也可以采用定期置换电池的方式。以 1W 的平均功耗计算，12V 20AH 的电池（约摩托车电池大小）可以用 10 天，而普通的小汽车电瓶（约 60AH）可以使用约一个月，同时也可以通过减小上报频率（例如 2 小时 1 次）来增加待机时间。使用太阳能板也是可以的，太阳能装置的选择受天气、日照时间等多方因素的影响而变得复杂，太阳能装置的选择也有非常专业的算法。

一个 240W 的太阳能板面积约为 1 平方米,所以这些点的太阳能装置不会太庞大。

### 3.3.5 防护与安装

温度采集终端本身具备 IP67 的防护等级,可以很好地防尘防水,在电气方面,会有防浪涌冲击保护措施。在公网信号好的地方,采集终端天线可近地安装(例如高出地面 50cm),而对于信号弱的地方,需要升高天线安装(例如 2m 甚至更高),此时,需要做避雷针防止天线受雷击而损坏整个采集终端。

关于安装可采用近地立装挂装或者钉装,电缆须做好防护措施。

## 3.4 软件平台

监控中心软件平台的设计与其它监测软件的构架差不多,但其功能实现受管理方式与具体细节而定,开发前需要详细的软件设计需求书,我们在其它行业监测系统中已经有相关成熟的软件产品,这里不作详细阐述。

## 4、预计工期

关于温度采集终端所包含的各个模块虽然在工业现场总线上已经广泛应用,也有相关独立的模块可以购买进行系统集成,但是考虑到小型化、一体化及安装要求,特别是低成本的要求,保守估计,这套系统预计工期约为 1 个月。

## 5、成本估算

因现场环境苛刻,在满足系统稳定可靠的同时要将整套系统做到十分低廉的价格是不太可能的。据初步估计,温度采集终端(包含采集控制单元与 4 路温度探头)批量生产的价格在 3000 元±20%。