

# 基于 DGPS 的接触线弛度测量方法及数据分析

韩伟<sup>1 2</sup> 李鹏<sup>1 2</sup> 吴英<sup>3</sup>

(1. 西南交通大学电气工程学院, 四川成都 610031; 2. 兰州交通大学信息与电气工程学院, 甘肃兰州 730070;  
3. 银川铁路分局石嘴山车辆段, 宁夏石嘴山 753203)

## Measurement and Data Analysis of Catenary Line Sag Based on the Differential GPS

Han Wei<sup>1 2</sup> Li Peng<sup>1 2</sup> Wu Ying<sup>3</sup>

**摘要** 提出一种基于 DGPS 技术的电气化铁路接触网线弛度测量方法, 实现了实时直接测量, 而不需要通过张力、温度和环境等条件间接计算得到。采用数字信号处理方法对测量的原始数据进行处理, 建立神经网络模型进行参数估计, 降低了 DGPS 的测量误差。

**关键词** 差分 GPS 弛度 数字信号处理 神经网络

电气化铁路的供电接触网由支柱及支柱间悬挂的接触网线组成, 两支柱间悬挂的接触线在自重和附加负载的作用下, 自然形成一个弛度。弛度的大小对列车运行质量将产生直接的影响。因此, 精确合理地确定弛度的量值是十分重要的。通常弛度值都是由导线张力、环境温度和悬挂方式等条件确定并间接计算出来的。由于张力、温度等参数是不断变化的, 因此计算得出的接触线弛度准确度不高。本文提出一种基于 DGPS 的测量方法, 实现了接触线弛度的实时直接测量, 并采用人工神经网络方法进行参数估计, 降低了 DGPS 测量的误差。

### 1 DGPS 的概念及测量原理

众所周知, GPS 是全球定位系统的简称。GPS 提供两种服务, 一种为精密定位服务, 只供美国的军事部门使用。另一种为标准定位服务 (SPS), 向全世界开放。标准定位服务的导航型接收机已在船舶定位、海洋捕鱼等领域中得到广泛应用。由于 SPS 的定位误差太大, 加之美国又对 GPS 工作卫星实行了选择可用性的保护措施, 极大的限制了 GPS 的精密动态应用。后来出现的测地型接收机虽然提高了测量精

度, 但其测量属于静态相对测量, 难于应用于动态实时测量。

面对导航型接收机的定位精度不高和测地型接收机不能用于实时动态的局面, 便出现了差分 GPS 技术, 即 DGPS。差分 GPS 是指在基准站上进行 GPS 观测, 利用已知的基准站精密坐标计算出基准站到卫星的伪距改正数, 并将这一改正数实时发送出去。用户接收机在进行 GPS 观测的同时, 也接受基准站的伪距改正数, 对其伪距观测值进行改正, 再利用改正过的伪距进行定位计算, 求解出精密的用户接收机位置。这种改正能将公共误差抵消, 从而提高了定位精度。

### 2 测量接触线弛度的 DGPS 构造

DGPS 的基准站和用户接收机的距离必须在 500 km 以内, 才能保证获得可靠的误差校正。在接触网的一个跨距中, 选择接触线上的测量点并安装一个用户接收机。将基准接收机安装于任意一个已知位置作为基准站接受差分信号校正, 这个基准站可以作为控制中心。假定将导线在  $X - Y$  平面上的位移忽略不计, 主要考虑接触线在垂直平面上的最大位移。在等高悬挂的情况下, 弛度是导线对两悬挂点连线的最大背离。对于不等高悬挂, 可以将弛度的测量值进行简单的几何计算, 得出导线距地面的最小距离。图 1 为测量接触线弛度的 DGPS 构造原理。

收稿日期 2004-04-23

第一作者简介: 韩伟 (1978—), 女, 西南交通大学电气工程学院硕士研究生, 兰州交通大学信息与电气工程学院助教。

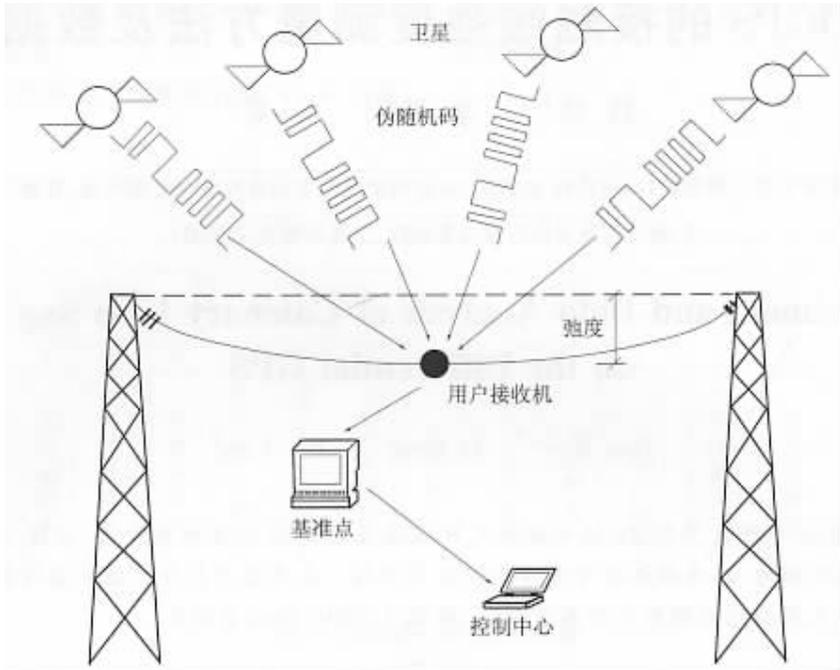


图 1 测量接触线弛度的 DGPS 的构造原理

### 3 测量设备

测量接触线弛度的 DGPS 由以下几个部分构成：  
DGPS 接收装置(基准接收机和用户接收机),DGPS 和

无线电通讯天线,直流电源,数字信号处理模块,无线电通信线路和 RS232 电缆。测量设备及测量流程如图 2 所示。

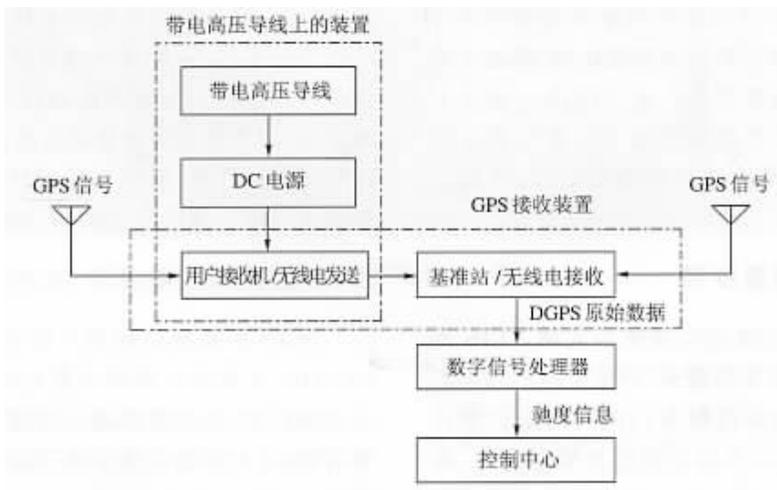


图 2 测量设备及测量流程

### 4 数字信号处理

GPS 技术很大程度上依赖于数字信号处理。从 GPS 卫星上接收到的伪随机信号经过数字解码转化为随机信号,包括接收机的位置和时间都要被数字

$$R(d) = E(x_1, x_2) = \sigma^2 e^{-d/D_c}$$

化。从某种程度上说,DGPS 所能提供定位精度的改进优于 GPS。但是,基准接收机和用户接收机间的距离增大,所产生的空间延时使得 DGPS 的定位精度大大恶化。距离为  $d$  的两点间的自相关函数  $R(d)$  与相关距离  $D_c$  和方差  $\sigma^2$  的关系可以表示如下

其中  $x_1$  和  $x_2$  分别表示位置 1 和位置 2 的伪距误

差。  
GPS 测量的精度主要取决于接收机的构造(标准 GPS 或差分 GPS), 测量中影响误差的参数, 卫星的数量和位置以及 GPS/GPS 的数字信号处理方法。图 3 为一种用于 DGPS 数据分析的 4 级 DSP 原理图。

### 5 神经网络参数估计

应用时间滞后前馈网络。图 4 为该网络示意图。  
 $p$  为  $x, y, z$  的预置值, 用来估计  $z$ 。

这是一个两层网络, 包括一个有  $h$  个节点的隐藏层和一个输出层。选取 Sigmoid 型函数作为隐节点的激活函数, 对于输入节点则选取线性函数。通过对样本的

学习, 调整网络中的连接权值, 可以获得  $p$  和  $h$  的最佳值:  $p = 9, h = 4$ 。

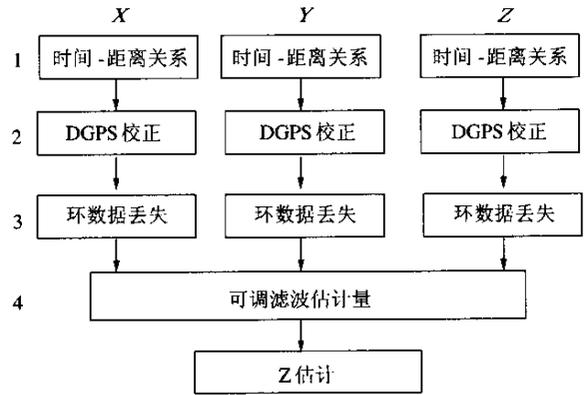


图 3 DGPS 数据的四级 DSP 原理图

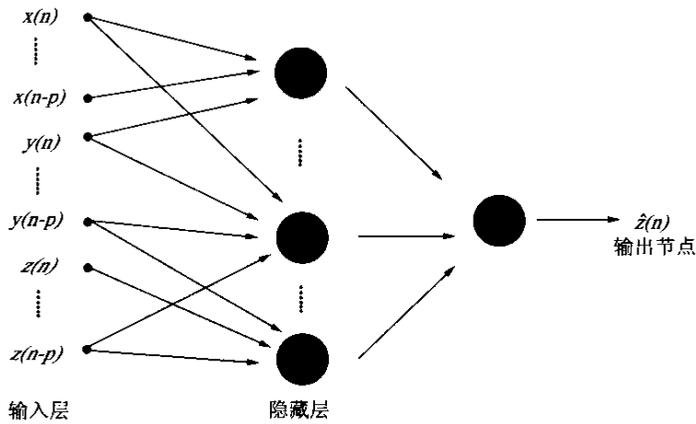


图 4 利用前馈神经网络对  $z(n)$  进行估计

### 6 结束语

本文构造了一个差分 GPS 对接触线的弛度进行实时测量。分析了系统的测量原理, 并给出了测量所需要的设备, 使用了数字信号处理的方法使 DGPS 测量得到了改善。最后建立了神经网络模型对参数进行估计, 大大降低 DGPS 测量原始数据的误差。

### 参 考 文 献

- 1 王广运, 郭秉义, 李洪涛. 差分 GPS 定位技术与应用 [M]. 北京: 电子工业出版社, 1996. 103 ~ 127
- 2 Chris Mensah-Bonsu. Instrumentation and measurement of overhead conductor sag using the differential global positioning satellite system [D]. Doctor Dissertation. Tucson: Arizona state university, 2000
- 3 于万聚. 高速电气化铁路接触网 [M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2003. 20 ~ 40
- 4 陈明. 神经网络模型 [M]. 大连: 大连理工大学出版社, 1995. 58 ~ 111