

# 基于 GPS 测量技术的 CORS 高精度测量系统研究

陈有林, 李 枫

(青海省柴达木综合地质矿产勘查院, 青海 格尔木 816099)

**摘要:** 为了保证 CORS 测量系统的正常稳定运行, 并能够对用户提供精度可靠地定位服务, 需要对 CORS 测量系统进行完善; 当前采用基于 RTK 测量技术的 CORS 系统测绘工作简单易操作, 但每次测量作业架设基准站的连接过程复杂, 受电离层折射影响, 导致基准站的覆盖范围较小, 测量精度不高; 为此, 提出一种基于 GPS 测量技术的 CORS 高精度测量系统设计方法; 该方法首先给出满足测量需求的 CORS 软、硬件原型构架, 采用 GPS 测量技术代替传统测量方式, 使用基准站子系统、控制中心子系统、数据通讯子系统、用户应用子系统来实现各种类型的 GPS 原始数据采集、修正数据进行实时、快速的定位、事后用户定位或者导航定位等测量实时同步一体化目标, 并借助 Trimble 的 GPS Tream 和 GPS Net 软件利用服务器、磁盘阵列实现观测数据存储, 通过长距离网络 GPS 流动站整周模糊度的解算过程提高基准站的测量精度; 实验结果表明, 所提方法构建的 CORS 系统, 能够满足快速精确测量的实际需求, 实现测量数据的采集及快速传输。

**关键词:** GPS 测量技术; CORS 系统; 高精度测量

## Research on CORS High Precision Measurement System Based on GPS Survey Technology

Chen Youlin, Li Feng

(Qinghai Qaidam Comprehensive Geology and Mineral Exploration Institute, Golmud 816099, China)

**Abstract:** In order to ensure the normal and stable operation of the CORS measurement system, and to provide users with accurate and reliable positioning services, CORS measurement system needs to be improved. RTK measurement technology makes the CORS system mapping work simple and easy to operate, but each measurement operation set up the base station connection process is complex, affected by the ionospheric refraction, resulting in the base station coverage is small, the measurement accuracy is not high. In this paper, a design method of CORS high precision measurement system based on GPS measurement technology is proposed. This method first gives the CORS software and hardware prototype architecture based on GPS measurement technology, which uses the GPS measurement technology instead of the traditional measurement method. The base station subsystem, the control center subsystem, the data communication subsystem, the user application subsystem to achieve the various types of GPS raw data acquisition, correction data for real-time, fast positioning, after the user positioning or navigation and positioning measurement real-time synchronization integration goals, and with Trimble's GPS Tream and GPS Net software using the server, disk array to achieve the observation data storage, through the long-distance network GPS mobile station ambiguity resolution process to improve the accuracy of the base station. The experimental results show that the proposed method can meet the actual requirements of fast and accurate measurement, and realize the measurement data acquisition and fast transmission.

**Keywords:** GPS measurement technology; CORS system; high precision measurement

## 0 引言

随着国际大地测量技术的飞速发展和应用普及, CORS 系统在资源勘察、城市环境保护以及运载工具导航等多个领域中的作用已越来越不可忽视<sup>[1-2]</sup>。连续运行参考站系统 (CORS) 是快速、高精度获取空间数据基础设施建设最重要的构成部分, 逐渐成为定位测量领域发展热点之一<sup>[3]</sup>。连续运行参考站系统能够向用户提供实时和事后的高精度定位服务, 能够满足各类应用领域对位置、空间信息实时获取的要求, 并且具有覆盖范围广、作业成本低、定位精度高等优点<sup>[4]</sup>。在 CORS 系统中测量点的定位精度容易受到测量站卫星分布、电离层干扰以及基准站数据等多方面影响, 相比常规测量方法具有测量质量控制不确定性<sup>[5]</sup>。现行的 CORS 系统处理软件采用 VRS 技术,

通过无线网络传送特定格式的概略坐标至控制中心, 通过用户位置, 由计算机自适应选取最优基准站, 根据接收的测量信息修正测量站卫星分布、电离层引起的误差, 将高精度的差分信号传送到移动站, 构建一个虚拟的参考基站, 可解决 RTK 测量作业距离上的问题, 但测量工作效率低, 且因环境以及地形等外界环境的影响, 测量系统基准站信号传输受到极大的影响, 系统测量稳定性较差<sup>[6]</sup>。为此, 如何解决野外环境下无线网络的信号盲区、作业环境以及高程错误等系统性问题, 实现 CORS 系统可靠、稳定运行, 成为测绘行业亟待解决的主要问题, 受到了广泛关注<sup>[7]</sup>。

针对目前 CORS 系统测量精度方面的诸多不足, 相关专家学者针对其影响方面进行了深入研究, 例如 CORS 测量系统基准站坐标时间序列中的共性误差, 文献 [8] 提出了一种优化方案, 通过利用区域叠加滤波法提取 CORS 测量系统基准站坐标时间序列中的共性误差, 计算去除共性误差后 CORS 测量系统基准站坐标时间序列的周期功率谱图, 分析系统测量误差对坐标时间序列的影响, 最后采用最大似然法确定估计

收稿日期: 2017-06-29; 修回日期: 2017-08-23。

作者简介: 陈有林 (1985-), 男, 青海民和人, 工程师, 主要从事矿山测量方向的研究。

CORS 测量系统测量误差的基准站坐标时间序列噪声模型，并通过相关方案消除电离层折射对测量精度的影响，但该方案测量工作效率低。文献 [9] 针对 CORS 测量系统的坐标转换存在的诸多不足，提出一种 CORS 测量系统设计方法，采用狄洛尼三角形建立 CORS 测量基准站网络，以实时获取坐标转换参数来得到 CORS 系统高精度平面坐标，该方法较为简单，但难以克服测量站卫星分布、电离层干扰以及基准站数据等多方面影响，系统响应性较差。文献 [10] 针对 CORS 系统测量数据质量问题，进行了相关阐述，通过 CORS 测量系统卫星精密单点定位获得了载波相位观测量的残差时间序列，对多个测量站获得的多路径误差进行建模，通过设定一定约束关系的格网，计算落入该格网的载波相位观测量后残差的均值及标准差，作为 CORS 测量系统载波相位观测量在该方向的多路径误差，对 CORS 测量系统定位观测量进行质量控制，以该方法为基础的 CORS 测量系统实时数据质量控制精度较高，但传输测量数据有延迟。

针对上述问题，本文结合相关先验知识，介绍 GPS 测量技术在 CORS 测量系统中的应用，并对其测量精度进行深入分析，实验结果表明，采用该测量系统完全可以符合相关规范要求，可在无人值守的情况下稳定运行，并有效提升工作效率。

## 1 基于 GPS 测量技术的 CORS 高精度测量系统

### 1.1 CORS 高精度测量系统软硬件原型构架

CORS 高精度测量系统采用 GPS 测量技术，依据实际应用需求组建连续运行参考站，采用计算机、数据通信技术将参考站与 CORS 系统测量数据中心构成网络，CORS 高精度测量系统由测量数据中心、基准站系统、数据通讯系统和用户系统 4 个部分构成，各个子系统由数据通信系统互联，构成一个分布控制区域的局域网。CORS 高精度测量系统框架如图 1。

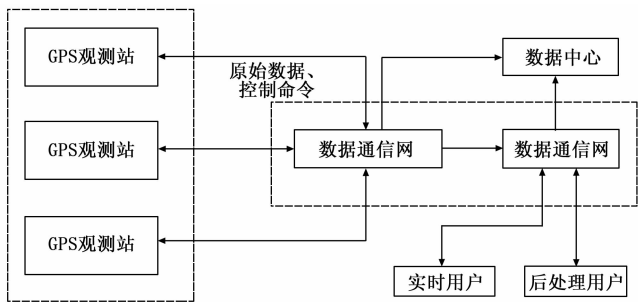


图 1 CORS 高精度测量系统建设结构图

### 1.2 组成 CORS 高精度测量系统的硬件环境

CORS 高精度测量系统有基准站子系统、控制中心子系统、数据通讯子系统、用户应用子系统 4 部分构成，下面分别对各个子系统做下简单的介绍。

#### 1.2.1 CORS 高精度测量基准站子系统

基准站主要多个均匀分布的 CORS 参考站构成，主要负责 GPS 卫星观测数据的采集和将采集的测量数据传输至数据中心或是测量数据传播中心，各个基准站配置后备电源，可在意外断电情况下，依据后备电源维持测量数据采集以及传输工作，各个基准站与数据中心对接，通过数据中心对其进行监控管理，对接过程利用公共网络实现对向传输，通过定时自动对设备进行检测，具备 CORS 系统检测功能，可在整个数据对接过程出现问题时及时报警，CORS 测量系统的基准站服务器以

及管理软件采用 Eagle，数据传输与采集选用 Base Trans 软件，具体建设结构如图 2 所示。

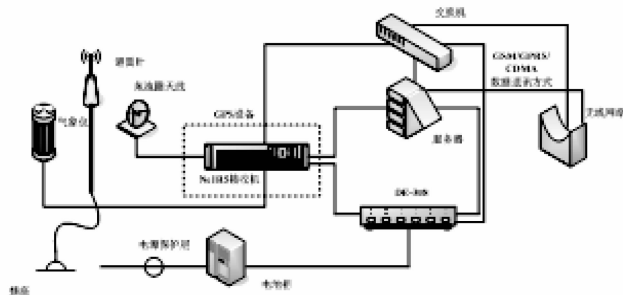


图 2 CORS 高精度测量系统建设结构图

在 CORS 高精度测量基准站建设过程中，如果测量设备遭受雷电击中将会影响 CORS 测量系统中控制中心、数据通讯接收端等相关设备的使用寿命，为了减少被雷电击中的概率，在合适区域安装了相应的避雷针，CORS 测量系统基准站的建设要求要满足关于国土资源管理所涉及到的各类测量定界，卫星接收选用美国全球卫星定位系统 GPS，同时基准站设置在给定区域露天制高点。

#### 1.2.2 CORS 高精度测量控制中心子系统

控制中心是 CORS 测量系统各个子系统的服务中心，是 CORS 测量系统的保障，主要负责对各个基准站的 GPS 观测数据进行接收、处理、发布和存储，控制中心选用 Trimble 的 GPS Tream 和 GpsNet 软件利用服务器、磁盘阵列实现观测数据存储，分析观测数据质量，对其参建单位通过网络传输专线和数据中心相连，实现数据传输接收，并设定存储设备采集 TJ-CORS 基准站的原始观测数据，对采集的观测数据进行统一解算，实时估计出 CORS 测量系统残差，对其进行修正，将修正后的测量数据依据数据播发中心传输给用户，用图 3 进行描述。

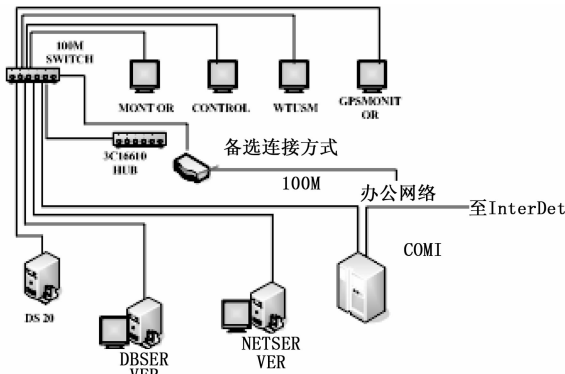


图 3 CORS 高精度测量控制中心子系统

#### 1.2.3 CORS 高精度测量数据通讯子系统

测量数据通讯子系统由各个基准站数据的传输以及 GPS 网络数据发布两部分构成，一部分选用 E1 - PRI 数字中继线路，可实现多路用户实时接入；另一部分按照 GPS 网络形式向注册用户传递测量和数据，基准站与测量数据处理中心之间选用 SHD 网络，通过注册用户可以采用数据转播中心以及用户端进行双向通讯，通讯选用 GSM, GPRS, CDMA 等形式，获得 GPS 网络数据。在测量数据转播中心设定无线中继站，可采用此链路实现 RDS 的测量数据转播，并配置 UHF/VHF 设备，可以进行 CORS 高精度测量系统基准站差分数据的转播，

如图 4 所示。

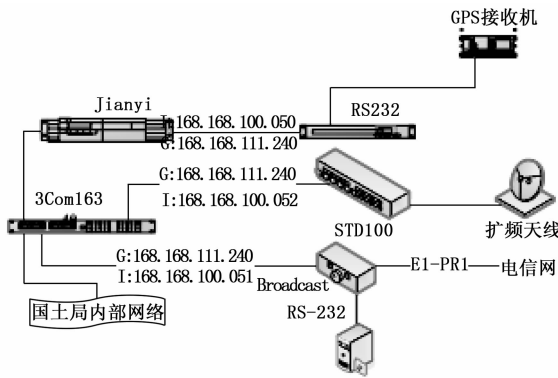


图 4 CORS 高精度测量控制中心子系统

### 1.2.4 CORS 高精度测量用户应用子系统

用户通过 GPS 接收机接收卫星测量数据，并与基准站以及数据播发中心进行数据对接，通过 CORS 高精度测量系统的事后数据可达到毫米级定位精度，目前 CORS 高精度测量系统最主要服务目标为测绘类用户和导航类用户，CORS 高精度测量用户应用子系统考虑了符合上述用户需求的多种 GPS 接收机的兼容性，选用已通过测试的 Trimble 和 Javad 双频 GPS 接收机，与数据通讯子系统间的通信链路通过 GSM 数据通信，CORS 高精度测量系统用户单元结构图见图 5。

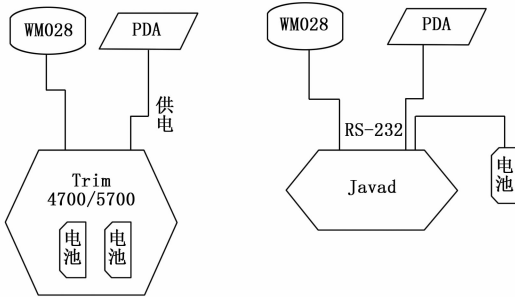


图 5 CORS 高精度测量用户应用子系统

## 2 CORS 高精度测量系统软件环境

考虑到对相关专业软件的兼容性，实现 CORS 高精度测量系统实时定位的前提条件基准站的参数测量，软件部分对此进行深入研究。

首先需要准确固定基准站的整周模糊度，在确定该值后计算测量区域误差改正数，理论上分析载波相位的模糊度为整数，然而在 CORS 高精度测量系统基准站间距离较长的情况下，CORS 高精度测量系统基准站之间的双差电离层延迟、对流层延迟等综合误差的影响随着基准站间的距离的增大而逐渐增大，可采用 GPS 载波相位观测值和 P 码伪距综合的组合观测值计算基准站间双差宽巷整周模糊度，利用公式 (1) 计算 CORS 高精度测量系统基准站间宽巷模糊度的初值：

$$\nabla \Delta MW_{AB}^p = \frac{(f_1 \nabla \Delta L_1 - f_2 \nabla \Delta L_2) - (f_1 \nabla \Delta P_1 - f_2 \nabla \Delta P_2)}{(f_1 - f_2)} \quad (1)$$

式中， $\nabla \Delta$  代表双差因子， $\nabla \Delta L_1$  和  $\Delta L_2$  分别代表以基准站距离为单位的  $L_1$ 、 $L_2$  双差观测值， $\nabla \Delta P_1$ 、 $\nabla \Delta P_2$  代表伪距  $P_1$ 、 $P_2$  的双差观测值， $\nabla \Delta MW_{AB}^p$  代表组合观测值， $f_1$  和  $f_2$  分别代表

载波  $L_1$ 、 $L_2$  的频率。为了解算载波相位的整周模糊度、需要消除上述各项误差的影响，其中 CORS 基准站间的电离层延迟误差可依据 GPS 观测值的无电离层进行消除。

结合上述硬件描述的基准站的建设要求，选用较好的天线，可在一定程度上减少相位多路径效应，采用 CORS 基准站多路径效应的周期性减少多路径的影响，利用下式给出 CORS 基准站 A、B 对 GPS 卫星  $p$ 、 $q$  的双差载波相位观测方程：

$$\frac{c}{f_1} \nabla \Delta \Phi_{AB}^p = \nabla \Delta \rho_{AB}^p - \frac{c}{f_1} \nabla \Delta N_{AB}^p - I_0 T \epsilon \quad (2)$$

式中， $\Phi_{AB}^p$  代表以周为单位的 GPS 载波相位观测值， $\rho$  代表 GPS 测量卫星至接收机的几何距离， $I_0$  代表与频率无关的电离层延迟， $T$  代表对流层延迟， $\epsilon$  代表系统观测噪声， $c$  代表观测复合量，由公式 (2) 可获得 CORS 基准站间无电力差组合载波相位观测方程：

$$\lambda_{LC} \cdot \nabla \Delta \Phi_{LC} = \nabla \Delta \rho_{AB}^p - \lambda_{LC} \nabla \Delta N_{LC} + \nabla \Delta N_{AB}^p + \nabla \Delta \epsilon_{LC} \quad (3)$$

式中， $\nabla \Delta \Phi_{LC}$  代表 CORS 基准站无电离层相位观测值， $\lambda_{LC}$  代表基准站无电离层组合波长， $\nabla \Delta N_{LC}$  代表基准站无电离层组合模糊度， $\nabla \Delta \epsilon_{LC}$  和  $\nabla \Delta \rho_{AB}^p$  分别代表基准站无电离层组合的噪声以及该层色散性误差的残差。

CORS 基准站的载波相位整周模糊度确定后，采用最小二乘法对位置参数以及卫星整周模糊度参数进行估计，将其带入原始 CORS 基准站载波相位观测方程，对其进行最小二乘解算，求出 CORS 流动站的初始位置，基准站载波相位观测方程写成误差方程组的形式，利用下式表示矩阵形式：

$$V = [\nabla \Delta N_{LC} - \lambda_{LC}] \begin{bmatrix} \delta^x \\ N_1 \end{bmatrix} - L_1 \quad (4)$$

式中， $\delta^x$  代表 CORS 基准站载波相位观测值与几何距离以及综合误差修正数之差向量， $N_1$  代表  $L_1$  载波相位整数模糊度向量。

在获得 CORS 流动站  $L_1$  整周模糊度的误差方程后，对公式 (4) 进行最小二乘解算，获得  $L_1$  相位模糊度的浮点解以及协方差阵。假设基准站浮点解精度较高则可采用直接取整确定基准站载波相位的整周模糊度，为了确保基准站模糊度的固定成功率，也可采用基准站双差  $L_1$  载波相位模糊度的浮点解以及协方差矩阵，通过 LAMBDA 方法对模糊度进行搜索固定。

## 3 实验及结果分析

### 3.1 实验步骤

为了更好的说明本文提出的基于 GPS 测量技术的 CORS 高精度测量系统的综合有效性，本系统选用 Microsoft Visual Studio rc 2017 作为开发平台，基于 NET Framework2.0 构建，可提供效率极高的、基于标准的多语言环境，结合一个在农村进行地籍测量的实际例子进行分析。具体实验步骤如下：

1) 利用本文方法设计的 CORS 系统得出测量点区域分布图；

2) 选用联测 45 个 E 级 GPS 点数据作为参考系数，由此确定 CORS 观测数据的精确性，近似的认定 E 级点坐标为真实值，计算本文所设计的 CORS 系统检测坐标与真实值的较差；

3) 采用本文所设计的 CORS 测量系统和常规的 RTK 测量方式，采集测绘图根点和测量区域控制点的平面坐标，将架设的基准站作为坐标原点，通过距离的远近对比 CORS 测量系统与常规 RTK 测量误差值的大小；

4) 对比两种测量方式下的周跳比。

### 3.2 实验结果分析

首先采集覆盖整个测量工程全线范围控制点的 WGS-84 坐标, 与采集点的已知坐标进行参数拟合, 由于整个测量区域村庄分布不齐, 因此将控制点划分为 5 个部分, 最后通过 10 个人耗时一天完成该区域的测量任务, 而采用本文方法设计的 CORS 系统后, 仅需 3 个工人在 4 个小时内就完成了测量任务, 测量区域面积约 50 km<sup>2</sup>, 测量点区域分布如图 6 所示。

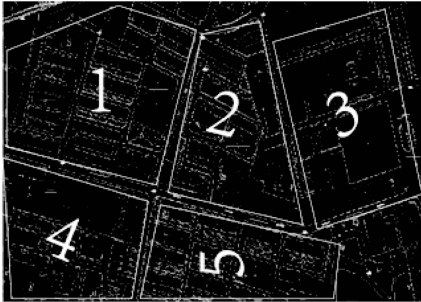


图 6 测量点位置分布图

由于测量的范围较大, 因此采用传统的测量技术会使整个测量工作时间紧张, 测量工作难以即时完成, 正因上述传统测量技术存在的原因, 所以本文所设计的 CORS 测量系统的优越性在地籍测量过程中显现出来, 各个观测点由于观测条件以及测量地形的不同, 因此要由若干单次观测构成一个测回, 在实际 CORS 系统中, 各个测量站可在 5 分钟之内即可完成观测任务。选用联测 45 个 E 级 GPS 点数据作为参考系数, 由此确定 CORS 观测数据的精确性, 近似的认定 E 级点坐标为真实值, 计算本文所设计的 CORS 系统检测坐标与真实值的较差, 如表 1 所示。

表 1 检测点精度统计表

序号	$\Delta X$	$\Delta Y$	$\Delta S$	$\Delta H$
1	0.25	0.027	0.036	0.048
2	-0.035	-0.018	0.080	0.024
3	0.028	0.036	0.026	0.038
4	0.015	0.045	0.014	0.019
5	0.024	0.025	0.035	0.045

分析表 1 可知, 采用本文设计的 CORS 测量系统的较差值均在 1:1 000 比例尺地籍地形测绘图中, 对测量区域各个测绘图根点所处的高程以及平面点位的定位精度均在要求的范围内, 说明本文设计的 CORS 系统测量的地籍图根点的精度分布较为合理均匀、准确无误。其中平面点位中的误差为:

$$m_H = \sqrt{\Delta S / (n - 1)} = 0.041, m_H \leq 0.05m \quad (5)$$

式中,  $\Delta S$  代表平面点位区域大小,  $n$  代表平面点数量。高程点位中误差为:

$$m_A = \sqrt{\Delta H / (n - 1)} = 0.041, m_A \leq 0.05m \quad (6)$$

式中,  $\Delta H$  代表高程点位区域大小, 采用常规的 RTK 技术对该区域进行测量, 架设基准站, 能够观测约 5 km 范围, 在网络信号良好的情况下, 完成整个测量过程需要耗时 9~10 个小时。如果选取本文所设计的 CORS 测量系统对该区域进行测量, 不受网络通信范围的限制, 节省了多次架设基准站和测量区域控制点拟合所需的时间, 完成该区域测量工作, 仅需 4~

5 个小时即可。

采用本文所设计的 CORS 测量系统和常规的 RTK 测量误差值的大小分析结果用图 7 进行表示。

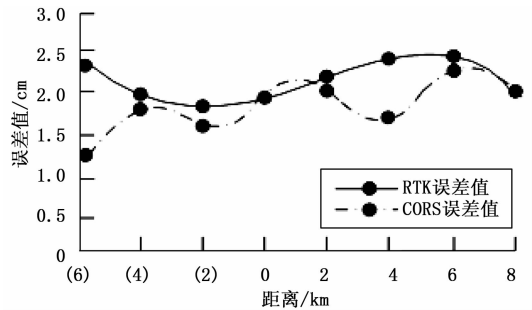


图 7 CORS 测量系统与常规 RTK 测量误差对比图

分析图 7 可知, 采用常规的 RTK 测量误差随着流动站与基准站之间的距离不断的变大, 累计的测量误差也会逐渐增加, 但是本文所设计的 CORS 测量系统误差不会随着距离的增加而增加累计误差, 证明本文设计系统的测量精度较优。

采用本文所设计的 CORS 测量系统和常规的 RTK 测量方式, 对比两种测量方式的周跳比 (%), 周跳比是 GPS 跟踪站总观测值数量和周跳比个数之比, 描述的是测量数据中含有周跳的情况, 利用下式进行计算:

$$CSR = \frac{1000}{O/Slips} \quad (7)$$

式中,  $O/Slips$  描述的是观测值与周跳的比值, 周跳值越小对应到周跳比越大, 因此该值越大说明测量方式越好, 两种测量方式下的周跳比对比结果用图 8 进行表示。

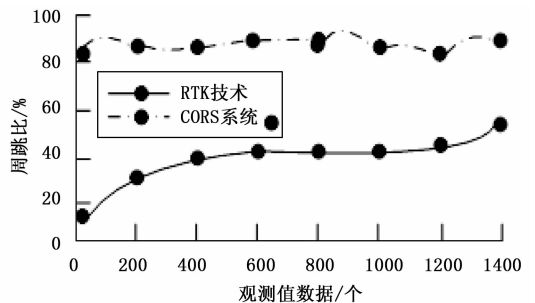


图 8 CORS 测量系统与常规 RTK 周跳比对比图

分析图 8 可知, 本文设计的 CORS 测量系统对应的周跳比要高于常规 RTK 技术对应的周跳比, 说明本文提出的基于 GPS 测量技术的 CORS 测量系统观测数据质量较优, 原因在于本文所设计的测量控制中心子系统通过 Trimble 的 GPS Tream 和 GpsNet 软件利用服务器、磁盘阵列实现观测数据存储, 在存储之前对采集的观测数据进行统一解算, 实时估计出 CORS 测量系统残差, 对其进行修正, 将修正后的测量数据依据数据播发中心传输给用户, 使得接收机的周跳比相比常规 RTL 技术较高, 保障了测量数据的质量。

## 4 结束语

随着科技的不断进步, 人们对测量精度的要求不断提高, 采用传统的测量方法难以保证所测数据的精确性和类型, 并且在测量过程中费时费力, 测量效率较低, 难以保证测量工作者和管理用户实时了解测量区域的变化信息, 而基于 GPS 测量技术的 CORS 高精度测量系统从根本上改进了传统测量方法

的测量模式, 测量过程中仅仅需要多建立参考站, 为用户实时提供测量信息, 保证用户接收测量数据的精准度, 在测量过程中仅仅需要对各个小区域停留几秒, 即可完成对测量区域坐标的测量, 节省了大量测量时间, 具有广阔应用前景。

#### 参考文献:

- [1] 王锦, 刘鹏, 尹川, 等. 机载北斗/GPS/SINS 组合导航系统软硬件设计 [J]. 计算机测量与控制, 2016, 24 (3): 267-269.
- [2] 吕伟才, 高井祥, 杭玉付, 等. 提高 CORS RTK 测量精度的卡尔曼滤波算法 [J]. 煤矿开采, 2016, 21 (2): 90-94.
- [3] 潘宇婷, 陈宇晨, 王承宇, 等. 基于 GPS 授时的电网频率测量技术的研究 [J]. 电源技术, 2016, 40 (3): 709-710.
- [4] 周博海, 郑建生, 陈鲤文, 等. GPS 接收机在高动态下的抗干扰

(上接第 20 页)

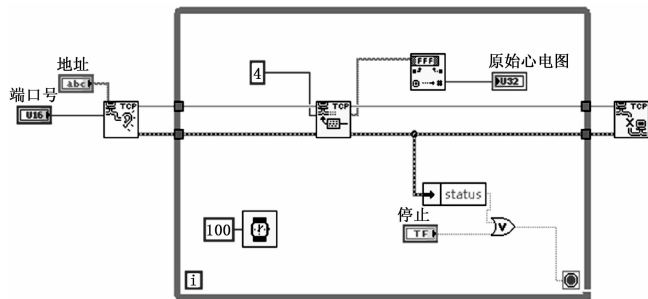


图 7 LabVIEW 的 TCP/IP 通讯程序框图

有 String 即字符串, LabVIEW 程序运行后, 当有数据来到时, 接收到的均为字符串形式, 需转换为无符号字节数组的形式, 再按字节逐个存入数据存储区。

## 4 远程通信测试

首先进入 LabVIEW 社区医疗监测平台系统, 平台工作主界面 (即 LabVIEW 前面板) 如图 8 所示。界面上方左侧区域为脉搏波实时显示区、右侧区域为已保存脉搏波回放区。界面下方左侧区域为脉搏值 (心率) 数显区, 还可通过最下方的最小值、最大值设置脉搏值报警限值; 中间区域为按键区和指示灯区; 右侧区域上部分为 TCP/IP 通讯参数设置区, 用于设置 IP 地址和端口号, 下部分为串口通讯参数设置区 (注: 本系统还可与本地便携式脉搏检测仪进行串口通讯连接, 此处不作论述)。在 TCP/IP 功能区设置端口号、IP 地址, 然后点击“开始”按钮, 监测平台系统作为服务器端即进入 TCP 侦听模式, 等待远程客户端与其建立连接。然后, 将 Pulse Sensor 传感器戴在指端固定, 上电启动便携式检测仪, LCD 触摸屏显示相关基础信息, 并提示按不同的硬按键将进入不同的 WiFi 模式: KEY0 键, WiFi STA + AP、KEY1 键, WiFi STA、WK\_UP 键, WiFi AP。按 KEY1 键选择 STA 模式, 此时检测仪开始配置 ATK-ESP8266 模块。WiFi 模块配置成功后, LCD 触摸屏显示检测仪已工作在 STA 模式下, 然后按 KEY0 (下一个) 键或 KEY1 (上一个) 键选择 TCP 客户端子模式, 按 WK\_UP 键确定, 画面跳转, 接着通过触摸屏显示的虚拟键盘设置远程服务器端 IP 地址, 输入完成后, 点击虚拟键盘的“连接”按键, 即建立与远程社区医疗监测平台系统通信连接, 开始进行数据传送。LCD 触摸屏与远程 LabVIEW 监测平

技术实现 [J]. 科学技术与工程, 2015, 15 (21): 136-141.

- [5] 张小鸣, 王燕萍. 相位式激光测距系统优化设计及仿真 [J]. 计算机仿真, 2016, 33 (2): 41-46.
- [6] 孙媛. 大数据网络协作传输优化编码方法 [J]. 科技通报, 2017, 33 (3): 104-107.
- [7] 战杰, 孙贵新. 双频 GPS 载波相位相对定位精度分析与评估 [J]. 电子设计工程, 2016, 24 (16): 70-72.
- [8] 石颖, 王卫星, 陆健强, 等. 基于 CORS 技术的农业机械差分定位系统设计 [J]. 农机化研究, 2017, 39 (6): 120-123.
- [9] 陈忠伟, 陈西斌, 邱川, 等. 基于 JSCORS 的矿区变形监测基准站选取研究 [J]. 工矿自动化, 2015, 41 (9): 44-48.
- [10] 王琰, 张传定, 胡小工, 等. 一种地面连续运行参考站实时质量控制算法 [J]. 仪器仪表学报, 2016, 37 (11): 2506-2513.

台同时显示脉搏波和心率值。

## 5 结论

本文基于光电容积脉搏波检测原理, 开发了基于 STM32 的便携式人体脉搏检测仪和基于图形化虚拟仪器工程设计平台 LabVIEW 的远程脉搏波信号采集系统, 既可以通过触摸屏实现脉搏生理参数的本地实时采集与显示, 也可通过互联网完成远程社区医疗监测系统平台脉搏信号的显示、保存与回放。完成了远程社区智慧医疗监测系统的初步搭建, 为之后扩展心电图、体温等生理信号的远程监测提供了一定的技术支持。后期, 将继续验证本系统基于 LabVIEW 的 TCP/IP 工作于一个服务器对应多个客户端的可行性与可靠性, 以扩展所连接的便携式脉搏检测仪的数量, 扩展系统的应用功能, 进一步提高其实用价值。

#### 参考文献:

- [1] 卫兵, 张磊, 李斌, 等. 基于物联网的新型远程医疗监护系统的设计与研究 [J]. 宿州学院学报, 2014, 29 (6): 74-77.
- [2] 仝兆景, 时俊岭, 李月, 等. 基于无线通讯技术脉搏检测仪的设计与实现 [J]. 计算机测量与控制, 2017, 25 (1): 242-244.
- [3] 田树香, 朱健铭, 陈真诚. 一种新的人体呼吸波采集方法与实现 [J]. 中国医学物理学杂志, 2014, 31 (5): 5169-5173.
- [4] 胡静, 王成, 李章俊, 等. 基于光电脉搏波描记方法的多生理参数测量研究 [J]. 光电子·激光, 2012, 23 (8): 1631-1634.
- [5] Yuka Maeda, Masaki Sekine, Toshiyo Tamura. The Advantages of Wearable Green Reflected Photoplethysmography [J]. Journal of medical systems, 2011, 35 (5): 829-834.
- [6] 李智茹, 许金林, 李晓风, 等. 一种基于绿光的可穿戴式光电容积脉搏波测量系统 [J]. 现代电子技术, 2016, 39 (20): 125-128.
- [7] 宋小兰, 忻尚芝, 文磊. 基于 MSP430 的脉搏信号采集系统的设计 [J]. 信息技术, 2015 (3): 156-160.
- [8] 余泽峰, 王军, 林艺文, 等. 基于 HKG-07B 传感器的人体脉搏信号采集系统设计及实现 [J]. 传感器世界, 2013, 19 (8): 24-27.
- [9] Pulse SensorGetting Started Guide [DB/OL]. [20140423] https://wenku.baidu.com/view/f1763cb1aef8941ea76e05bd.html.
- [10] ATK-ESP8266 WIFI 用户手册 [Z]. 广州: 广州市星翼电子科技有限公司, 2016.
- [11] 龙耀球. 基于 Labview 仿真的温度监控系统设计 [D]. 广州: 华南理工大学, 2011.