

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01R 19/00 (2006.01)

G08C 17/02 (2006.01)

G08C 19/00 (2006.01)



[12] 实用新型专利说明书

专利号 ZL 200720087964. X

[45] 授权公告日 2008 年 8 月 6 日

[11] 授权公告号 CN 201096825Y

[22] 申请日 2007. 11. 5

[21] 申请号 200720087964. X

[73] 专利权人 湖北省电力试验研究院

地址 430077 湖北省武汉市武昌徐东大街 361 号

共同专利权人 武汉大学

[72] 发明人 汪 涛 周文俊

[74] 专利代理机构 武汉宇晨专利事务所

代理人 王敏锋

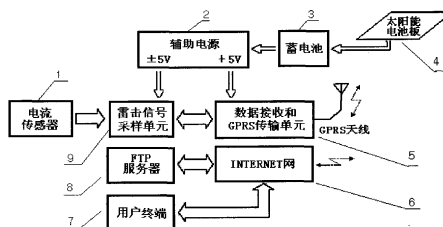
权利要求书 2 页 说明书 13 页 附图 6 页

[54] 实用新型名称

输电线路雷击在线监测装置

[57] 摘要

本实用新型公开了一种输电线路雷击在线监测装置，它包括电流传感器、雷击信号采样单元、罗氏线圈，蓄电池分别与太阳能电池板、电压变换器相连接，电压变换器分别与雷击信号采样单元、数据接收和 GPRS 传输单元相连接，雷击信号采样单元分别与电流传感器、数据接收和 GPRS 传输单元相连接，雷击信号采样单元 A/D 采样后把得到的雷电流数据通过 RS232 接口送至数据接收和 GPRS 传输单元，数据接收和 GPRS 传输单元将各路雷电流传感器得到的数据通过手机网络传送至 INTERNET 网、后至 FTP 服务器、通过服务器用网络线连至用户终端。本实用新型结构简单，操作自动化，检测稳定，数据准确。



1、一种输电线路雷击在线监测装置，它包括电流传感器（1）、雷击信号采样单元（9）、罗氏线圈，其特征在于：

蓄电池（3）分别与太阳能电池板（4）、电压变换器（2）相连接，电压变换器（2）分别与雷击信号采样单元（9）、数据接收和 GPRS 传输单元（5）相连接，雷击信号采样单元（9）分别与电流传感器（1）、数据接收和 GPRS 传输单元（5）相连接，雷击信号采样单元 9 中的接口与数据接收和 GPRS 传输单元 5 中的接口相接，经处理后的数据通过 RS232 接口送至数据接收和 GPRS 传输单元 5，雷击信号采样单元（9）A/D 采样后把得到的雷电流数据通过 RS232 接口（22）送至数据接收和 GPRS 传输单元（5），数据接收和 GPRS 传输单元（5）将各路雷电流传感器（1）得到的数据通过手机网络传送至 INTERNET 网（6）、后至 FTP 服务器（8）、通过服务器用网络线连至用户终端（7）。

2、根据权利要求 1 所述的一种输电线路雷击在线监测装置，其特征在于：

雷击信号采样单元（9）它包括高速采样通道信号调理（10）、高速数据采集模块（11）、总线控制单元（12）、单片机微控制器（13）、基准电压产生器（19）和低速采样通道信号调理（20），高速采样通道信号调理（10）与高速数据采集模块（11）相连，高速采样通道信号调理（10）把电流传感器（1）送来的雷电信号进行分压，滤波后送至高速数据采集模块（11），单片机微控制器（13）分别与高速数据采集模块（11）、总线控制单元（12）、地址发生单元、通道识别单元、协调控制单元（8）相连接，总线控制单元（12）分别与高速数据采集模块（11）、单片机微控制器（13）、地址发生单元、通道识别单元、协调控制单元（18）相连接，在单片机微控制器（13）上装有调试用键盘（14）、调试用液晶显示器

(15)、PS232 通讯口 (16)、实时时钟 (17)、基准电压发生器 (19) 分别与高速采样通道信号调理 (10)、低速采样通道信号调理 (20) 相连接, 低速采样通道信号调理 (20) 与单片机微控制器 (13) 相连接。

3、根据权利要求 1 所述的一种输电线路雷击在线监测装置, 其特征在于:

电流传感器 (1) 上的线圈骨架 (36) 上绕有线圈线匝 (35), 在线圈线匝 (35) 上装有绝缘层 (34), 在绝缘层 (34) 上有屏蔽铁盒 (33), 在屏蔽铁盒 (33) 的内侧开有一条缝隙, 在线圈线匝 (35) 内有一次载流导线 (37), 在屏蔽铁盒 (33) 一侧有切断磁短路开槽 (38), 在屏蔽铁盒 (33) 的另一端有切断磁旁路开槽 (39)。

4、根据权利要求 1 所述的一种输电线路雷击在线监测装置, 其特征在于:

数据接收和 GPRS 传输单元 (5) 包括以太网接口 (21)、系统总线 (23)、嵌入式 CPU (24)、扩展串口 (25)、逻辑控制单元 (29) 和系统存储口 (32), 嵌入式 CPU (24) 通过 RS232 接口 (22) 与雷击信号采样单元 (9) 相连, CPU 的系统总线 (23) 分别与系统存储器 (32)、实时时钟 (31)、逻辑控制单元 (29)、以太网接口 (21) 和矩阵键盘 (26) 相连, 以太网接口 (21) 分别与系统总线 (23) 相连, 嵌入式 CPU (24) 分别与 RS232 接口 (22)、扩展串口 (25) 相连, 系统总线 (23) 分别与矩阵键盘 (26)、操作系统 (27)、实时时钟 (31)、系统存储器 (32) 相连, 逻辑控制单元 (29) 分别与扩展总线 (28)、通用 LED 显示接口 (30)、系统总线 (23) 相连。

输电线路雷击在线监测装置

技术领域

本实用新型涉及电力系统电气设备防雷领域，具体涉及一种架空输电线路雷击在线监测装置。适用于对架空输电线路遭受雷击的形式判断和雷电流参数与波形测量。

背景技术

迄今为止，国内外取得的相关研究成果主要有以下几种。

1 磁钢棒法

国外最早研制成功用于雷电流最大幅值测量的仪器是1941年由Komel—Kov与Stekoinikov用环形天线和磁钢棒制成，现在仍在电力系统中使用。其主要缺点有¹：磁钢棒的配方和生产工艺存在分散性，无法统一确定磁钢棒上剩磁与所测雷电流的准确关系；已记录雷电流信息的磁钢棒的剩磁易在运输过程中因振动而改变，导致“信息”丢失；磁钢棒无法测出几千安以下的雷电流，有时还会由于强雷电流出现饱和；测量环境的磁场也影响测量精度，误差分析表明最大误差可达100%以上。

2 雷电定位系统

雷电定位系统（LLS）是二十世纪七十年代中期由美国人Martin A Urnan、Kridler E P等首次研制成功。其基本原理是用多个测量天线测量雷击时的雷电电磁波，经过计算机的计算确定雷击地点、雷电流幅值与雷电流最大陡度。我国八十年代引进该技术。雷电定位系统已在国内的许多省市推广应用，在使用中发现了如下一些问题。

- （1）设备复杂，前期投资大；
- （2）定位系统本身存在一定误差与探测死区；

- (3) 地形因素对探测站的干扰大，误差较大；
- (4) 不能对被雷击的杆塔准确定位；
- (5) 定位系统对雷电流幅值的计算存在误差，目前还不能实际校核；
- (6) 不能给出雷电流波形。

3 磁带（卡）法

用磁带法测量雷电流幅值，最早是在上世纪八十年代初由美国宇航局提出并首先在航天中心使用，该法利用雷电流通过导体时可将靠近导体的磁带上预先录制的波形抹掉的特性，通过读取磁带上剩余波形测算出雷电流幅值，但未应用于现场测量。经检索未见到一种输电线路雷击在线监测装置被公开或使用。

发明内容

本实用新型的目的在于提供了一种输电线路雷击在线监测装置，该监测系统具有监测雷击输电线路的雷电流幅值、时间和波形等参数，可自动判断雷击线路杆塔号、雷击避雷线或导线相别、雷电流极性和雷击形式（反击或绕击），实现快速定位；结构简单，操作自动化，监测稳定，数据准确。

为了实现上述任务，本实用新型采用以下技术措施：

蓄电池分别与太阳能电池、电压变换器（辅助电源）相接，太阳能电池板从阳光转化的直流电用两根电线送至蓄电池，同时连至 DC/DC 变换模块——辅助电源，把蓄电池电压变换成监测系统弱电部分所需的电压，电压变换器分别与雷击采样单元、数据接收和 GPRS 传输单元相连，雷击信号采样单元分别与电流传感器、数据接收和 GPRS 传输单元相连接；该组电压用金属线或印刷电路板上覆铜线连至雷击信号采样单元与数据接收和 GPRS 传输单元；电流传感器将雷电流变换为弱电信号，用同轴电缆送至雷击信号采样单元，雷击信号采样单元中的接口与数据接收和 GPRS 传输单元中的接口相接；经处理后的数据通过 RS232 接口送

至数据接收和 GPRS 传输单元, 雷击信号采样单元中的单元 A/D 采样后把得到的雷电流数据通过 RS232 接口送至数据接收和 GPRS 传输单元; 数据接收和 GPRS 传输单元将各路雷电流传感器得到的数据通过手机网络传送至 INTERNET 网、后至 FTP 服务器、通过服务器用网络线连至用户终端。其中电流传感器和 5 路 10M 次/秒雷击信号采样单元自行研制, 太阳能电池板和蓄电池为外购常规产品, 数据接收和 GPRS 传输单元中处理板为工业级 PC104, 购置的带天线的 GPRS 为通用工业级模块。图 1 中雷击信号采集部分原理框图如图 7 所示。图 7 中“高速数据采集通道”对应杆塔避雷线地线支架和绝缘子串上的雷击取样电流的各通道, 按并行方式工作(按 6 路设计, 1 路备用)。高速数据采集通道的采样方式是: 8 位双极性采样、10MHz 采样速率。图 7 中“低速数据采集通道”考虑扩展测试环境温湿度、绝缘子串泄漏电流等(设计预留位置)。图 7 中的单片机微控制器实现各通道的采样控制和采样数据的转存、实时时钟(精度为秒级)、串口发送等。这部分是系统正常工作的核心。

(1) 雷击路径的确定。通过在杆塔地线支架和绝缘子串支路安装传感器, 区分线路的雷击点, 即在塔顶处安装传感器, 在各相绝缘子串横担侧处分别安装一个传感器。当线路发生绕击事故时, 各线路侧的传感器将测到雷电流波形, 塔顶传感器没有信号记录; 当线路发生反击事故时, 除了闪络相有信号记录外, 塔顶传感器有对应的记录波形。

(2) 电流传感器。通过对雷击输电线路电流波形的仿真计算, 根据输电线路的实际尺寸及安装位置, 设计出适合测量线路雷击电流及易于安装的电流传感器, 但同时要充分考虑环形传感器窗口尺寸, 防止雷电流通过传感器外壳。

(3) 雷击信号采样单元。信号采样单元分高速采样通道和低速采样通道。高速数据采集通道对杆塔和绝缘子上的雷电流波形进行 8 位双极性、10MHz 采样速率的采样, 各通道(按最多 8 路设计)按并行方式工作。低速数据采集通道(预留)对环境温度等各种附加监测信息进行 12 位双极性、100K 采样速率的采样, 各通道(按最多 8 路设计)按分时方式工作。

(4) 数据接收和 GPRS 传输单元。硬件部分主要由嵌入式网络模块+电子盘+开发底板+MC35i/GPRS 模块”构成，其软件部分由 DOS 环境下的用户应用程序构成。“嵌入式网络模块”是基于 Intel 的高性能 32 位嵌入式微处理器 i386EX 的单板计算机。通过与 PC/DOS 兼容性的实现，为应用程序的运行提供了与 PC/DOS 完全兼容的环境，同时也为各种应用软件开发工具的使用提供了完善的目标环境。电子盘采用 DiskOnChip2000 系列芯片，容量 16M~1G 可选，用于存储采集数据文件。西门子公司的 MC35i/GPRS 模块实现 GPRS 无线上网。通过 MC35i/GPRS 模块，用户应用程序按 FTP（文件传输协议）方式与远端 FTP 服务器实现采样数据文件的传输，远端 FTP 服务器对雷击数据进行实时处理，实现雷击电流波形的显示及参数测量，并通过数据的综合判断确定雷击杆塔及雷击形式，可实现雷害事故的精确定位。

(5) 设备供电电源。设备供电电源由安装在线路杆塔上的“光电池+蓄电池”系统构成，并由 DC/DC 模块构成电压调整器，以满足设备的辅助电源供电需要，使装置能长期在野外工作成为可能。

本实用新型具有以下优点和效果：

(1) 雷电流传感器测量范围：3kA~150kA，雷电流尺寸结构使安装于绝缘子串和地线支架上雷电流不会从传感器表面流过。

(2) 采样频率：5 路、每路 10M 次/秒，每通道每次纪录长度：48ms。

(3) 同时监测三相绝缘子串及地线支架通过的雷电流幅值和波形及雷击时刻。

(4) 智能判断雷击线路形式。

(5) 实现雷击线路快速精确定位、定相。

(6) 通过 GPRS 无线传输技术，将采样数据文件传送至指定的远端 FTP 服务器，实现数据共享。

(7) 结构简单，操作自动化，检测稳定，数据准确。该系统于 2006 年 7 月 1 日前安装于湖北省咸宁供电公司 110kV 汪官线等 3 条线路。运行后于 2007 年 4

月 22 日 2 点 26 分 59 秒监测到雷击于 51#塔顶，流过铁塔雷电流。初峰时间：
0.45 μ s，峰值时间：1.80 μ s，幅值：-10.81 kA，半峰值时间：2.18 μ s，雷电流
极性：负极性。

附图说明

图 1 为一种输电线路雷击在线监测装置结构示意图。

图 2 为一种罗氏线圈的结构和铁盒屏蔽示意图。

图 3A、图 3B 为一种传统型罗氏线圈结构示意图。

图 4、图 5 为一种单层绕制的回绕线匝补偿措施示意图。

图 6 为一种雷击信号采样单元结构示意图。

图 7 为一种 NetBox-II 嵌入式网络模块示意图。

图 8 为一种设备供电电源组成示意图。

图 9 为一种单片机程序总体流程示意图。

图 10 为一种 i386X 用户应用程序总体流程示意图。

其中：1—电流传感器，2—电压变换器，3—蓄电池，4—太阳能电池板，5—数据接收与 GPRS 传输单元，6—INTERNET 网，7—用户终端，8—FTP 服务器，9—雷击信号采样单元，10—高速采样通道信号调理，11—高速数据采集模块，12—总线控制单元，13—单片机微控制器，14—调试用键盘，15—调试用液晶显示器，16—RS232 通讯口，17—实时时钟，18—地址发生单元、通道识别单元、协调控制单元，19—基准电压产生器，20—低速采样通道信号调理，21—以太网接口，22—RS232 接口，23—系统总线，24—嵌入式 CPU，25—扩展串口，26—矩阵键盘，27—操作系统，28—扩展总线，29—逻辑控制单元，30—LCD 显示接口，31—实时时钟（串口），32—系统存储器，33—屏蔽铁盒，34—绝缘层，35—线圈线匝，36—线圈骨架，37—载流导线，38—磁短路开槽，39—磁旁路开槽。

具体实施方式

图 1 给出了输电线路雷击在线监测装置结构框图，其连接关系和作用如下。

蓄电池 3 分别与太阳能电池板 4、电压变换器（辅助电源）2 相接，太阳能电池板 4 从阳光转化的直流电用两根电线送至蓄电池 3，同时连至 DC/DC 变换模块—电压变换器（辅助电源）2，把蓄电池 3 电压变换成监测系统弱电部分所需的电压；电压变换器 2 分别与雷击信号采样单元 9、数据接收和 GPRS 传输单元 5 相接，雷击信号采样单元 9 分别与电流传感器 1、数据接收和 GPRS 传输单元 5 相接，该组电压用金属线或印刷电路板上覆铜线连至雷击信号采样单元 9 与数据接收和 GPRS 传输单元 5；电流传感器 1 将雷电流变换为弱电信号，用同轴电缆送至雷击信号采样单元 9，雷击信号采样单元 9 中的接口与数据接收和 GPRS 传输单元 5 中的接口相接，经处理后的数据通过 RS232 接口送至数据接收和 GPRS 传输单元 5；数据接收和 GPRS 传输单元 5 将各路雷电流传感器 1 得到的数据通过手机网络传送至 INTERNET 网 6、后至 FTP 服务器 8、通过服务器用网络线连至用户终端 7。其中电流传感器 1 和 5 路 10M 次/秒雷击信号采样单元 9 自行研制，太阳能电池板和蓄电池为外购常规产品，数据接收和 GPRS 传输单元 5 中处理板为工业级 PC104，购置的带天线的 GPRS 为通用工业级模块。

图1所示的电流传感器部分采用传统罗戈夫斯基线圈。罗氏线圈骨架几何尺寸骨架内半径的确定要根据实际安装尺寸确定，根据实测的绝缘子尺寸，最大盘径为 $A = 15\text{cm}$ ，高度为 $H = 13\text{cm}$ 。为避免线圈表面对绝缘子表面放电造成的测量误差，应保证线圈金属外壳到绝缘子表面的最小距离不小于杆塔到绝缘子表面的距离。考虑线圈外还要加装屏蔽盒，内半径相对要缩小2cm，几何关系有以下约束条件：

$$(13 - h)^2 + (a - 17)^2 \geq 13^2$$

合理选择 a ， b 及 h 值为 $a = 290\text{mm}$ ， $b = 350\text{mm}$ ， $h = 65\text{mm}$ 。

根据图2可知，电流传感器1包括屏蔽铁盒33、绝缘层34、线圈线匝35、线圈

骨架36、载流导线37，电流传感器1上的线圈骨架36上绕有线圈线匝35，在线圈线匝35上装有绝缘层34，在绝缘层34上有屏蔽铁盒33，在屏蔽铁盒33的内侧开有一条缝隙，在线圈线匝35内有一次载流导线37，在屏蔽铁盒33一侧有切断磁短路开槽38，在屏蔽铁盒33的另一端有切断磁旁路开槽39。电流传感器1采用传统型罗氏线圈。传统型罗氏线圈是将漆包线均匀地在截面均匀（通常为圆形或矩形，本实用新型选用矩形截面）的非磁性绝缘材料环形骨架上缠绕数匝，在载有大电流的导线垂直穿过其中心时，通过载流导体周围磁场的变化感应出能反映被测电流大小的电压信号的一种电流互感器。位于中心的载流导体为互感器的一次绕组，缠绕在骨架上的 N 匝线圈即为其二次绕组。截面为矩形的圆环形骨架的罗氏线圈结构示意图如图3所示， i_1 为载流导体中（一次）电流， u_0 为线圈两端的输出电压， a 、 b 分别为圆环形骨架的内外半径， h 为矩形截面的高度。传统型罗氏线圈，结构简单，造价低廉，可设计成开口结构，易于安装，自感系统大，内阻小易于实现自积分结构，适宜于冲击大电流测量。

罗氏线圈的制作和抗干扰措施是：

罗氏线圈不存在饱和、具有良好的线性特性，且体积小、重量轻，可以认为是理想的电流传感器。但罗氏线圈也是一个敏感元件，对装配要求较高，几何结构尺寸对线圈精度影响较大，电磁兼容性差，输出易受干扰。因此在线圈的结构设计和使用过程中应采取相应的抗干扰措施。

对线圈骨架加工及线匝绕制工艺的要求：

用于加工骨架的绝缘材料和绕线必须选用温度系数小的骨架材料和漆包线，材料性质均匀稳定。线圈的内外半径设计合理，保证在6:7左右，保证线匝能均匀密绕并与磁通方向垂直，从工艺上保证 N 、 S 均匀。在骨架制作工艺方面要求保证表面的光洁度，严格控制线圈骨架内外半径及高度的加工尺寸，线圈的几何尺寸符合设计的要求。在线匝的绕制方面要保证连续密绕，绕线张力保持恒定，松紧程度合适，线圈绕制之后必须经过三次以上的温度老炼。

保证线圈小线匝的截面积 S 、平均半径 r_0 、线匝密度 n 绝对均匀，使线圈形成无定向结构，能有效抑制径向磁场的干扰。为消除轴向干扰磁场在大线匝产生感应电势的影响，在线圈为单层绕制时，一般需在线圈内部，即骨架内，串接一匝中心回环，绕制的方向与螺旋前进方向相反，绕组的出口与入口在同一端，图5、图6为两种有效补偿措施的示意图。

这样，当外界磁场影响两串接方向相反的绕组回环，由电磁感应而引起的电压误差信号能较好地抵消，从而在某种程度上抑制了部分外界干扰。其中中心回环半径为 r_c ，在实际中一般取为 $r_c = (a + b) / 2$ ，而一种更加准确的方法是使中心回环与线圈内、外形成的两部分面积相同，也即：

$$pb^2 - pr_c^2 = pr_c^2 - pa^2$$

得： $r_c = \sqrt{(a^2 + b^2)/2}$ 。一般而言两者没有很大的区别，为了简便，一般取 $r_c = (a + b)/2$ 。如果是双层的线圈，两层线圈的走线方向应该相反，自身形成回绕层，不需要额外增加回绕线匝。

此外，为减小外界磁场的干扰，可把线圈放在铁盒内屏蔽起来，抑制杂散磁场进入线圈。线圈的输出电压应该是反映被测电流在线圈中建立的磁通量的变化，而不是其它磁场（杂散磁场）在线圈内感应的电动势所引起。为了正确的反映被测电流，必须只让被测电流产生的磁通经过线圈，而不让其他外来磁通经过线圈。因此应该注意两点：其一，为了使一次电流产生的主磁通能够进入线圈，在铁屏蔽盒的内侧开有一条缝隙。被测电流将会在二次线圈的线匝内部建立反映一次电流大小的磁通量，防止磁旁路。其二，防止铁盒形成磁短路，要在屏蔽盒的圆周处开槽。

为减小装配误差，对线圈的安装有以下要求：

(1) 一次载流导体的长度应该在线圈平均半径的十倍以上，线圈安装应该在载流导体的中部，相对线圈来说可以近似按无限长直导线处理。若安装在导线的一端，将要对线圈的输出信号进行修正。

(2) 线圈安装时，保证一次载流导线处在线圈中心，并要求垂直于线圈平面，即尽量让一次载流导体和线圈轴线重合，减少对线圈几何尺寸的严格要求，提高线圈对外界磁场的抗干扰能力。

(3) 线圈的感应电势服从安培定律，并且在电流穿过线圈时，线圈的灵敏度与位置无关，必须尽量使线圈的平均半径远大于线径截面半径，这样可以近似认为整个线圈内部的磁场强度 H 处处相等。

图 1 中雷击信号采样单元 9 的原理框图如图 6 所示。根据图 6 可知，雷击信号采样单元 9 包括高速采样通道信号调理（可 8 路）10、高速数据采集模块 11、总线控制单元 12、单片机微控制器 13、调试用键盘 14、调试用液晶显示器 15、RS232 串口 16、实时时钟芯片 17、地址发生、通道识别和协调控制单元 18、基准电压产生器 19 和低速采样通道信号调理（可 8 路）20。其特征在于高速采样通道信号调理 10 与高速数据采集模块 11 相连，其中高速采样通道信号调理 10 把电流传感器送来的雷电信号进行分压，滤波后送至高速数据采集模块 11，单片机微控制器 13 分别与高速数据采集模块 11、总线控制单元 12、地址发生单元、

通道识别单元、协调控制单元 8 相连接，总线控制单元 12 分别与高速数据采集模块 11、单片机微控制器 13、地址发生单元、通道识别单元、协调控制单元 18 相连接，在单片机微控制器 13 上装有调试用键盘 14、调试用液晶显示器 15、PS232 通讯口 16、实时时钟 17，基准电压发生器 19 分别与高速采样通道信号调理 10、低速采样通道信号调理 20 相连接，低速采样通道信号调理 20 与单片机微控制器 13 相连接。“高速数据采集通道”对应杆塔避雷线和绝缘子上的雷击取样电流的各通道，按并行方式工作（按 6 路设计，1 路备用）。高速数据采集通道的采样方式是：8 位双极性采样、10MHz 采样速率。“低速数据采集通道”考虑扩展测试环境温湿度、绝缘子串泄漏电流等（设计预留位置）。单片机微控制器 13 实现各通道的采样控制和采样数据的转存、实时时钟（精度为秒级）、串口发送。这部分是系统正常工作的核心。采样通过单片机微控制器 13 控制各路采样；采样出的数据的传送及存取通过总线控制单元 12 完成，地址发生、通道识别、协调控制单元 18 完成存取地址和通道的协调；低速采样通道信号调理 20 对风速、温度等信号进行分压滤波后送至单片机微控制器 13 内 A/D 采样；高速与低速采样信号调理的基准电压由基准电压发生器 19 产生；采集的数据由单片机控制通过 RS232 通讯口 16 传给数据接收和 GPRS 传输单元 5，以实现采样数据的异步传输；实时时钟芯片 17 产生的时钟信号送至单片机微控制器 13。图 6 中的调试用键盘 14 和调试用液晶显示器 15 接口供调试用。

“雷击信号采样单元”由：CPU 控制板、通道采样板和信号控制底板等三个部分组成，上述元件采用通用器件。雷击信号采样单元 9 中的 CPU 控制板与通道采样板、信号控制底板依次相连。

“CPU 控制板”以高速混合信号单片机 C8051F020 为核心，构成含 12 位 A/D、D/A 的通用单片计算机系统，板上含有 64K 的程序空间和 64K 的数据空间。通过对数据空间的分页控制，以 32768 字节数据空间为一页，可寻址片外通道采样板上的 512K 数据空间。精密设计的 CPU 控制板尺寸小，直接固定在信号控制底板上。

被监测的杆塔上共有 5 个雷电闪络信号采样点，每个采样点对应一个采样通

道，由1块“通道采样板”进行8位10MHZ的高速数据采集。5块精密设计的小尺寸“通道采样板”固定在信号控制底板上，可同时进行5个通道的数据采集。单片机C8051F020同时控制5个通道的数据采集，分时对5个通道的采集数据进行处理，并实现与NetBox-II模块上工业级i386EX嵌入式CPU的串口数据通讯。

通道的采样频率为10MHz，每个采样点数据为一字节的8位二进制数。原则上ffH对应正的满量程值，00H对应负的满量程值，80H对应0值中心点。

“信号控制底板”实现输入信号的调理和逻辑控制功能，与CPU控制板和通道采样板一起构成了一个完整的雷击信号采样单元9。

图6所示的“雷击信号采样单元”由单片机C8051F020进行控制，单片机服务程序流程图如图10所示。

图7所示为以工业级i386EX芯片为核心的“NetBox-II嵌入式网络模块”的原理框图，主要实现数据接收和GPRS传输功能。NetBox-II模块和MC35i/GPRS模块连接在开发底板上。

根据图7可知，数据接收和GPRS传输单元5包括以太网接口21、系统总线23、嵌入式CPU1(i386EX)24、RS232接口22、系统存储器32、实时时钟(串行)31、逻辑控制单元29、扩展串口(RS232/485)25、通用LCD显示接口30、和矩阵键盘(4×5)26。该模块核心为嵌入式CPU(i386EX)24，它通过RS232接口22与前面的雷击信息采样单元9相连。CPU的系统总线分别与系统存储器32、实时时钟(串行)31、逻辑控制单元29、以太网接口21和矩阵键盘(4×5)26相连。以太网接口21分别与系统总线23相连，嵌入式CPU24分别与RS232接口22、扩展串口25相连，系统总线23分别与矩阵键盘26、操作系统27、实时时钟31、系统存储器32相连，逻辑控制单元29分别与扩展总线28、通用LED显示接口30、系统总线23相连。系统存储器32用于存储采集数据文件；实时时钟芯片34与CPU1采用串行通讯；预留以太网接口24以备扩展通讯连接；逻辑控制单元预留有多个多功能I/O口，以备日后扩展系统功能；逻辑控制单元29上设有

通用 LCD 显示接口 30，它与 4×5 矩阵键盘 26 一起，用于调试过程中的状态监测。嵌入式 CPU1(i386EX)241 还预留有扩展串口 (RS232/485) 25，便于系统扩展时，与其它 CPU 实现数据通讯。

C8051F020 与 i386EX 的通讯协议包括通讯联络方式和数据传输协议两部分。当完成了一次通道数据采集后，C8051F020 作为主动方，向 i386EX 发送请求数据传输的联络信号，i386EX 按规定的应答方式应答。联络成功后，C8051F020 就依次发送规定字节的数据，i386EX 将接收到的数据依次保存为相应的文件。

“数据接收和 GPRS 传输单元”由 i386EX 嵌入式 CPU 芯片和 MC35i/GPRS 模块组成，i386EX CPU 芯片的软件程序在 DOS 环境下编写。调试时可在 BC3.1 环境下用 C 语言（或 C++）进行程序设计，设计完成后将用户应用程序放在 NetBox-II 模块的电子硬盘中运行。为减少无线传送数据量，软件中设计有滤波程序，将 1.5MHz 以上谐波滤除。

“数据接收”是指 i386EX 接收“雷击信号采样单元”的采样数据。

“GPRS 传输”是指 i386EX 控制 MC35i/GPRS 模块通过无线方式与远端公共互联网上的 FTP 服务器连接，向远端 FTP 服务器所指定的目录传送采样数据文件。i386EX 用户应用程序总体流程图如图 11 所示。

在 PC 机上架设 FTP 服务器除了保证从公共互联网上能访问到该 PC 机外，还要为架设的 FTP 服务器申请一个域名，如果是动态域名，则要保证能可靠进行动态域名解析。本设计使用网域科技网站的花生壳客户端程序进行动态域名解析。架设个人 FTP 服务器有多种可用软件，本设计采用 Serv-U5.1 FTP 服务器软件，其使用方便，稳定性好。

图 8 所示为设备供电电源组成示意图。

根据图 8 可知，电压变输器 2 分别与蓄电池 3、数据接收和 GPRS 传输单元 5、雷击信号采样单元 9 相连，太阳能光电板 4 与蓄电池 3 相连，太阳能光电板 4 把太阳能转换为电能给蓄电池 3 充电；充电和放电由充放电控制模块 A 控制；蓄电

池 3 与 DC/DC 电压变换器 2 用两根金属导线相连,电压变换器 2 把 12V 电压变换为 5V 电压供给数据接收和 GPRS 传输单元 5 和数据采集单元 9 使用。

图 9 所示为单片机 C8051F020 的服务程序流程,该程序普通技术人员根据其基本知识均能编写程序,采用 Basic 语言或 Pascal 语言或 C/C++语言或 Fortran 语言编程,也可采用普通程序(市场均有购置),以实现雷击信号采样单元进行控制。

启动程序后,会对状态标志及相关数据存储单元进行初始化(过程 A),然后读取 GPS 实时时钟信号,校准系统时间(过程 B),下面判断系统是否处于调试状态(过程 C),如果是,则调用键盘和 LCD 显示程序,方便调试人员查看程序执行的中间状态(过程 D),如果不是调试状态,为节省程序运行时间,则不用调键盘显示程序,接着判断采样是否被触发(过程 E),如果尚未被触发,则返回至过程 B,如果采样已被触发,则记录触发时间(过程 F),并等待直至采样数据准备好为止(过程 G),然后启动串口发送服务程序,该子程序采用了串口中断方式(过程 H),直至采样数据发送完毕(过程 J),发送完毕后返回过程 B,等待下一轮采样触发。

图 10 所示为 i386 用户应用程序总体流程示意图,该程序普通技术人员根据基本知识均能编写程序,采用 Basic 语言或 Pascal 语言或 C/C++语言或 Fortran 语言编程,也可采用普通程序(市场均有购置),其功能是实现 i386EX 控制 MC35i/GPRS 模块通过无线方式与远端公共互联网上的 FTP 服务器连接,向远端 FTP 服务器所指定的目录传送采样数据文件。

启动程序后,会对状态标志及相关数据存储单元进行初始化(过程 A),然后开 COM3 口串口接收中断(过程 B),则这个时候 CPU 将可能响应 COM3 口接收到的中断信号,收到中断信号后转入中断服务子程序,先读取接收缓冲区中的状态量(过程 C),判断系统是否处于调试状态(过程 D),如果是,则调用键盘和 LCD 显示程序,方便调试人员查看程序执行的中间状态(过程 E),如果不是调试状态,为节省程序运行时间,则不用调键盘显示程序,然后判断是否收到来自单片机的联络信号(过程 E),如果尚未收到,则返回至过程 C,循环等待,如果已

经收到来自单片机的联络信号，则向单片机发送应答信号，并判断接收数据的类型（过程 G），然后获取接收缓冲区中的数据量（过程 H），直到接收完规定字节（过程 I），下面连接 GPRS 网络，准备无线数据传输（过程 J），对远端 FTP 服务器域名进行解析（过程 K），完毕后，将 FTP 文件上传至远端 FTP 服务器（过程 L），直到 FTP 文件上传完成（过程 M），如果本次数据全部上传后，则返回过程 C，等待开始下一轮数据上传任务。

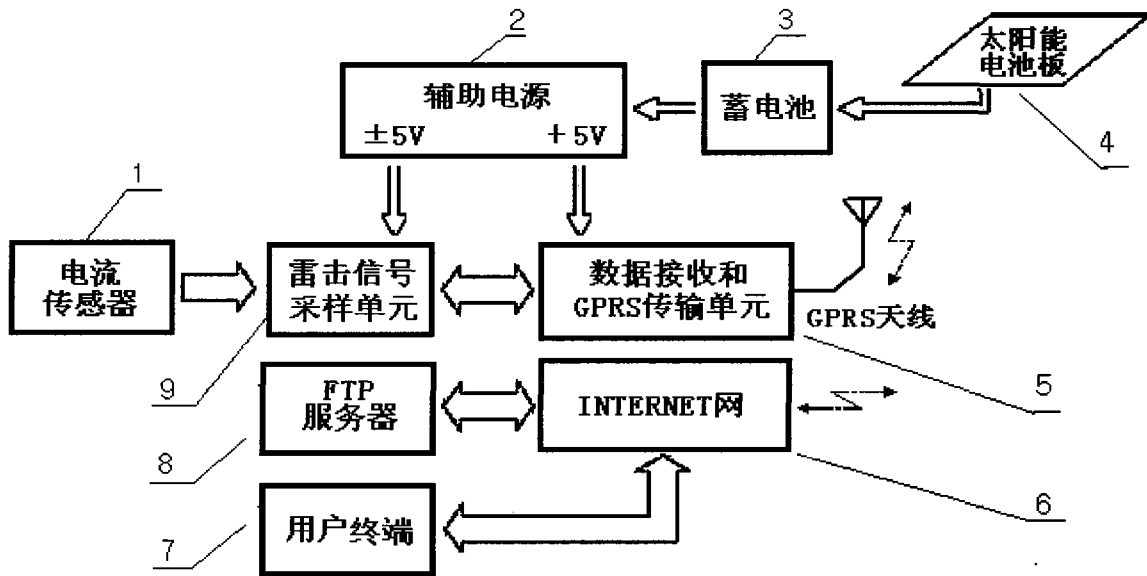


图1

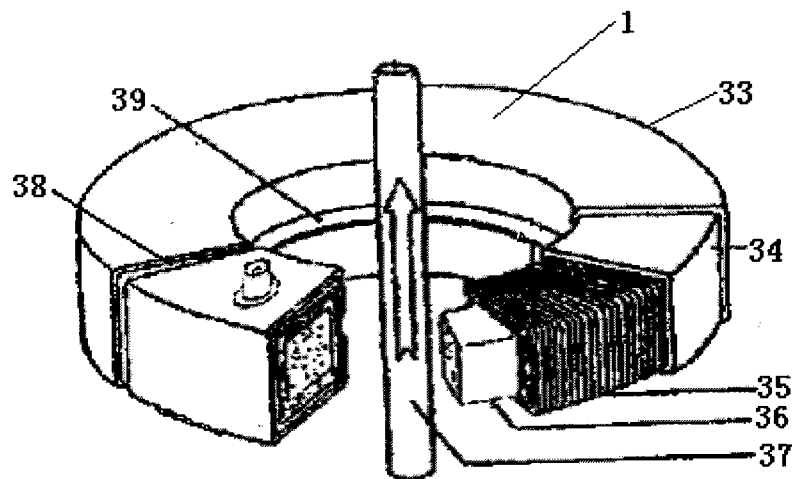


图2

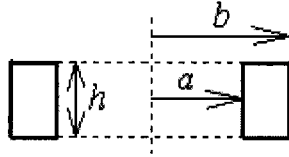


图 3A

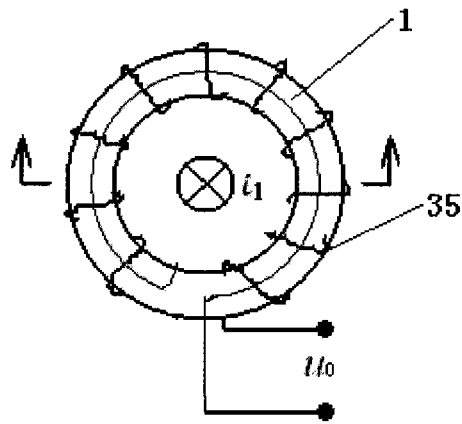


图 3B

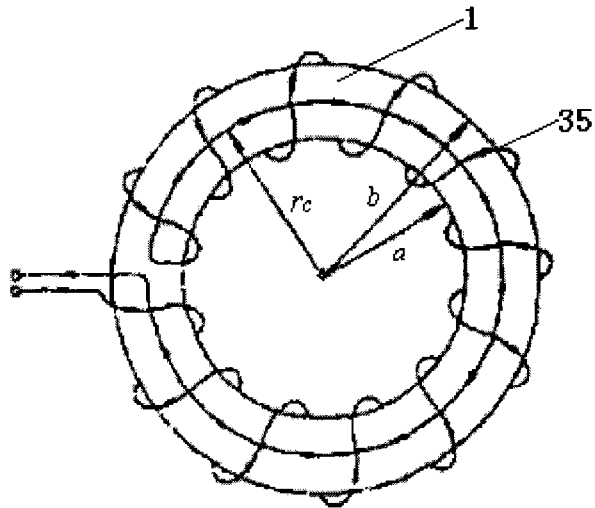


图 4

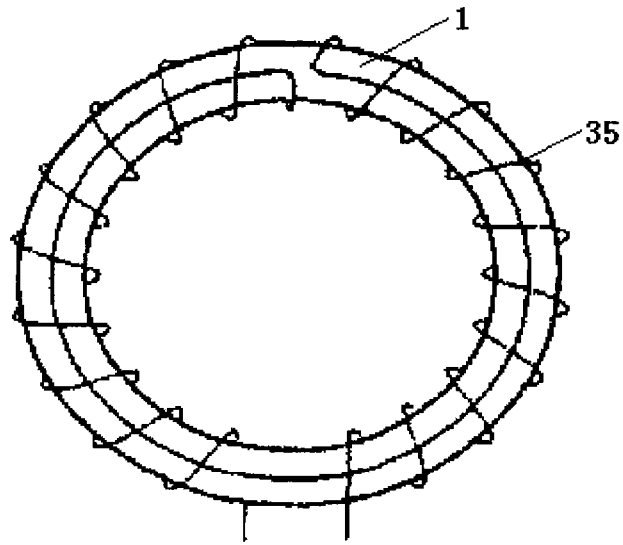


图 5

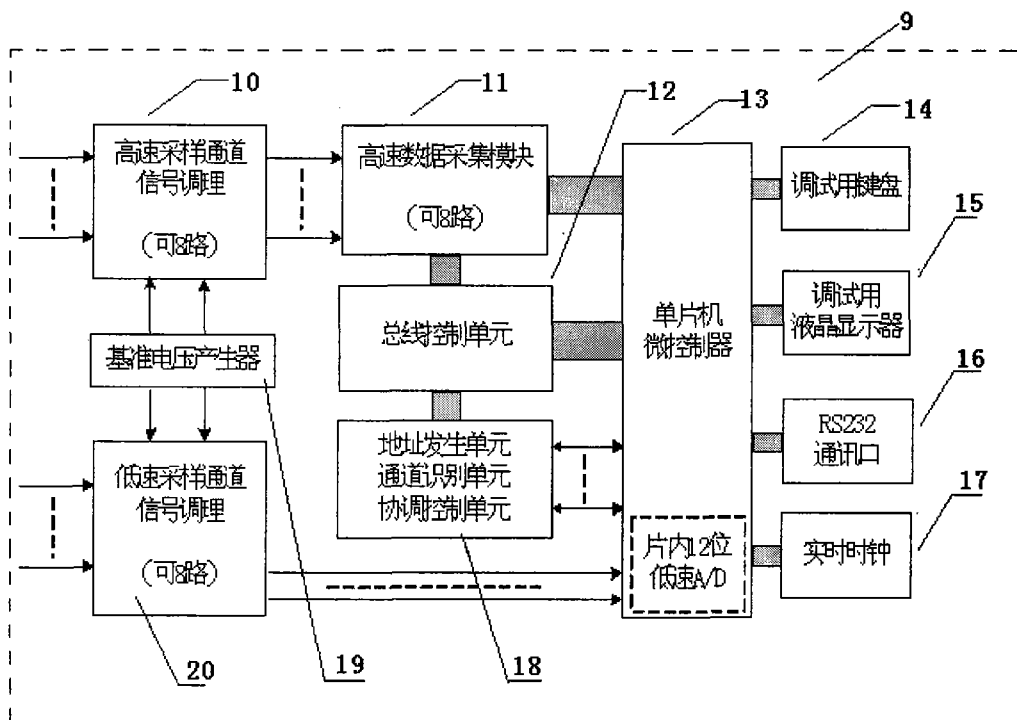


图 6

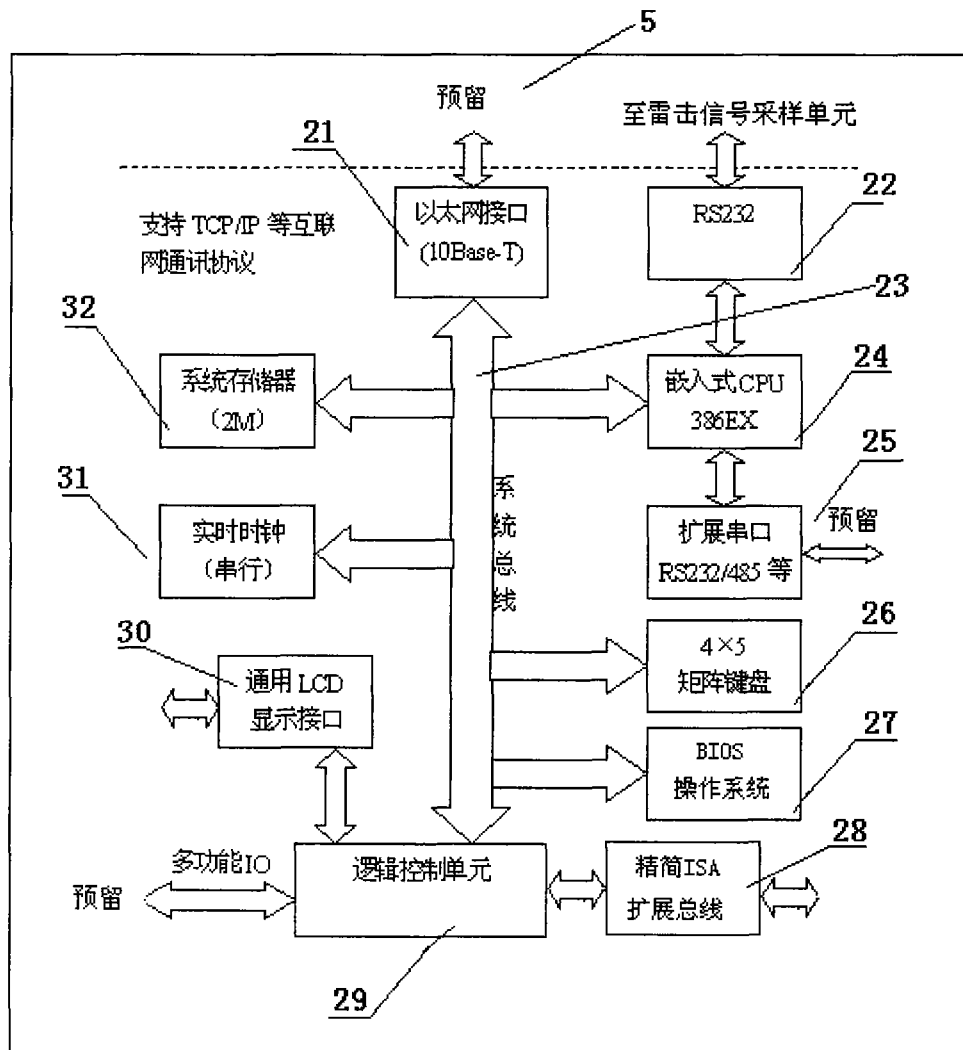


图 7

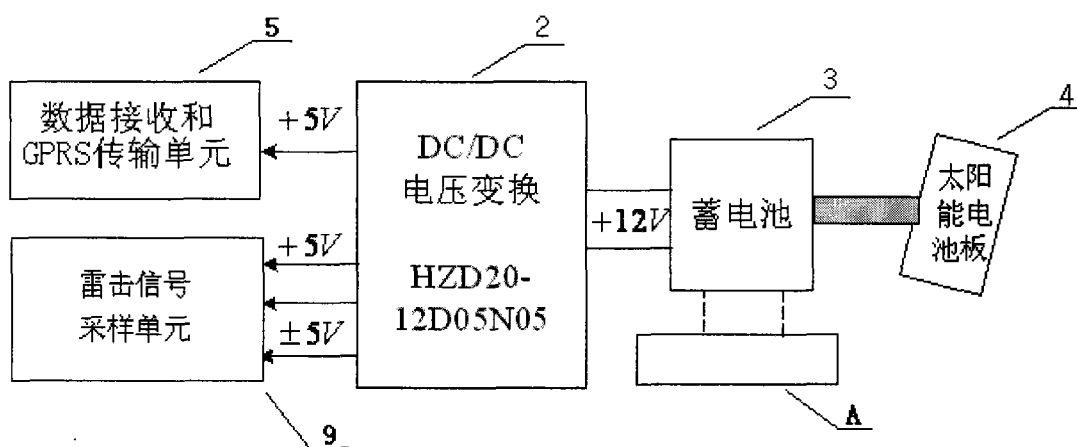


图 8

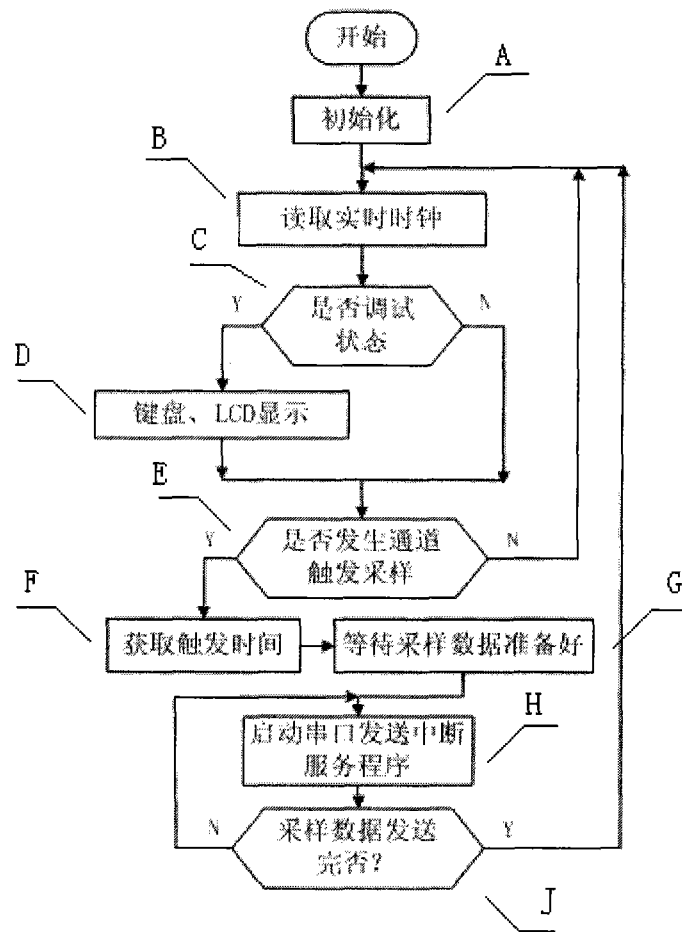


图 9

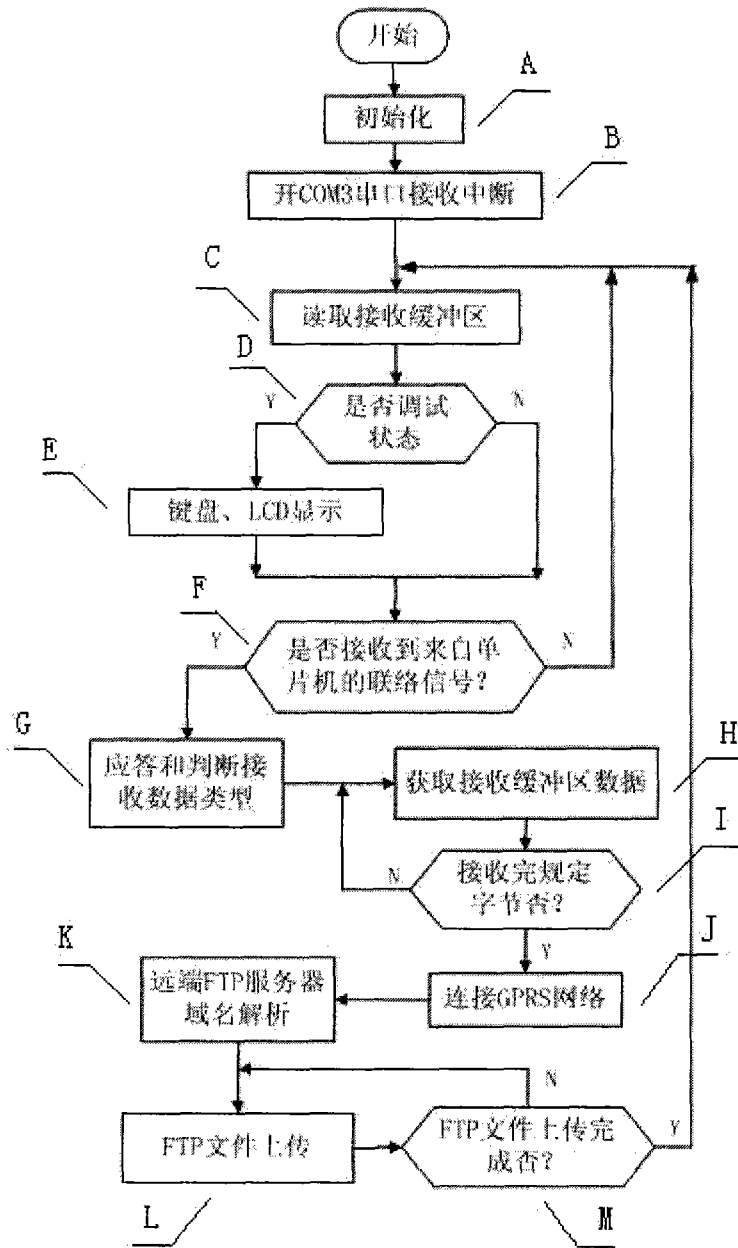


图 10