



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102721667 A

(43) 申请公布日 2012. 10. 10

(21) 申请号 201210225299. 1

(22) 申请日 2012. 06. 29

(71) 申请人 中国科学院自动化研究所

地址 100190 北京市海淀区中关村东路 95
号

(72) 发明人 梁自泽 林浩 李恩 杨国栋
谭民 翟波 杨明博 何烽光
赵德政

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021

代理人 宋焰琴

(51) Int. Cl.

G01N 21/45 (2006. 01)

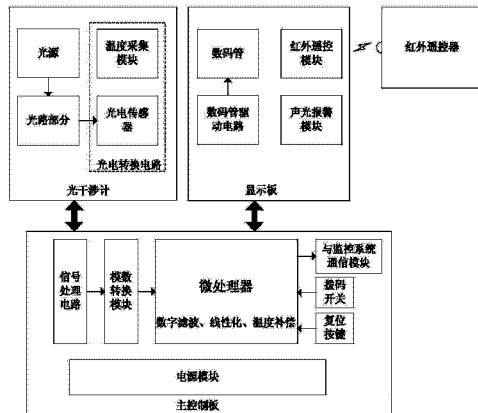
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 3 页

(54) 发明名称

光干涉式智能气体传感器

(57) 摘要

本发明公开了一种光干涉式智能气体传感器，包括光干涉计、主控制板、显示板，由光干涉计测量被测点的气体浓度与环境温度，经主控制电路滤波、线性化、温度补偿处理后，通过显示电路实时的显示气体浓度值，并以频率信号的形式上传到监控系统，当气体浓度超过设定的报警点时会自动声光报警；通过红外遥控可以设置报警点、断电点、复电点等参数，还可以对传感器的零点漂移、灵敏度漂移进行校正。本发明测量精度高、稳定性强、标校周期长且校准操作简单；可以进行多种气体浓度的测量，有利于气体的精确测量与自动化监测。



1. 一种光干涉式智能气体传感器，包括光干涉计、主控制板、显示板，其特征在于：

光干涉计包括光源、聚光镜、背面镀有全反射膜的平面镜、气室、折光棱镜、补偿棱镜、光电转换装置、标准气囊，所述气室由经黑化处理的铜壁水平隔开形成相互平行的两部分，分别为气样室和标准气室，气样室经过过滤室连接到进气口，标准气室用毛细管连接到标准气囊，标准气囊内为盘绕的毛细管，使用带有小孔的旋塞与大气相通，标准气室与气样室组成的气室的前后两端分别设置与铜壁和基座相互垂直的高透光平面透镜，所述背面镀有全反射膜的平面镜和折光棱镜也分别布置在气室外的前后两端，即与高透光平面透镜设置在相同的两端，背面镀有全反射膜的平面镜与气室呈 45° 角相对布置，光源与背面镀有全反射膜的平面镜也成 45° 角相对放置，但在气室的另一侧，聚光镜布置在光源和平面镜之间，所述补偿棱镜布置在平面镜与气室之间；由光源发出的光线经聚光镜会聚后以 45° 角入射到背面镀有全反射膜的平面镜，平面镜将光线分成两束光，其中一束光线穿过气样室，另一束光线穿过标准气室，穿过气室的两束光线分别经折光棱镜反射后再次穿过标准气室，然后穿过补偿棱镜后到达平面镜重新会合成一束光，产生的干涉条纹，经平面镜反射后到达光电转换装置，转换成电信号传输到主控制板；

主控制板对接收到的电信号进行低通滤波、调理后经模数转换器采集成为数字信号，再经数字滤波、线性化、温度补偿后利用显示板进行显示。

2. 根据权利要求 1 所述的光干涉式智能气体传感器，所述主控制板进一步包括：信号处理电路、模数转换模块、微处理器、与监控系统通信模块、电源模块、拨码开关、复位按键，其中所述信号处理电路包括低通滤波、差分运算单元，处理后的信号电压范围适合模数转换器采集；所述模数转换模块包括模数转换器与模数转换器基准源；所述微处理器为带有内部程序存储器与内部数据存储器的微处理器，对采集的信号进行数字滤波、线性化以及温度补偿处理；所述与监控系统通信模块为由微处理器控制的频率输出驱动电路；所述电源模块将输入电压经稳压后为系统供电，经精密稳压后为光电转换电路供电；所述拨码开关用以选择设备的工作模式、量程范围；所述复位按键为复位设备到出厂设置的状态。

3. 根据权利要求 2 所述的光干涉式智能气体传感器，所述显示板包括显示模块、红外遥控模块、声光报警模块，所述显示模块包括数码管与数码管驱动电路；所述红外遥控模块为红外接收器及其驱动；所述声光报警模块为发光二极管与有源蜂鸣器。

4. 根据权利要求 3 所述的光干涉式智能气体传感器，其进一步包括红外遥控器，该红外遥控器通过红外遥控实现报警点、断电点、复电点的设置，在调试与工作状态切换，并对零点漂移、灵敏度漂移进行校正。

5. 根据权利要求 4 所述的光干涉式智能气体传感器，其中所述光源由单色高亮发光二极管精密加工处理而成，使 LED 顶端形成光滑、平整、无肉眼可见纹理的光滑平面，并外套有经黑化处理的带狭缝的黄铜外壳，所述光源采用高稳定度精密稳压源供电。

6. 根据权利要求 5 所述的光干涉式智能气体传感器，其中在所述平面镜与气室之间的光路中，设置有通过转轴安装的补偿棱镜，所述补偿棱镜可以绕转轴旋转或前后摆动，实现光路补偿与调节后锁定。

7. 根据权利要求 6 所述的光干涉式智能气体传感器，其中所述光电转换装置由光电转换电路和两个 L 型活动组件组成，所述光电转换电路包括光电传感器、温度传感器，所述 L 型活动组件上下左右调节使光干涉条纹照射在光电传感器上转换成电信号输出。

8. 根据权利要求 7 所述的光干涉式智能气体传感器，其中光干涉计通过排线与主控制板相连，主控制板与显示板通过双排排针排母叠插在一起。

9. 根据权利要求 8 所述的光干涉式智能气体传感器，其中该传感器在上电后首先对硬件进行初始化，从 EEPROM 中读取报警点、断电点、复电点、密码值、线性化参数以及温度补偿参数；然后判断工作模式，如果为工作状态，则采集光干涉计输出电压值、温度值，对采集的电压值进行线性化处理并进行温度补偿得到当前的气体浓度值；将得到的气体浓度值与设置的报警点比较，若小于报警点，则进入下一循环继续判断工作模式；若大于报警点，则进行声光报警操作，并判断是否大于断电点，若大于断电点，则输出断电信号，若小于断电点，则判读是否已经进行过断电处理，如果已经断电，进一步判读气体浓度值是否小于复电点，若小于复电点，则进行复电操作，然后继续对光干涉计输出电压值与温度值进行采集并处理后依次判断是否大于报警点、断电点。

10. 根据权利要求 9 所述的光干涉式智能气体传感器，其中如果工作模式为设置状态，则进入参数设置状态，首先需要输入四位密码，若密码输入错误，则提示出错信息并显示输入的错误密码后返回继续判断工作模式；若密码输入正确，则选择所需设置的参数，参数设置完成后判断是否设置成功，若设置失败，则显示错误信息并返回继续判断工作模式，若设置成功，将新设置的参数写入 EEPROM 替代原有参数并显示成功信息。

光干涉式智能气体传感器

技术领域

[0001] 本发明属于气体浓度检测技术领域，具体地说涉及基于光干涉原理，运用波动光学、微处理器、智能信息处理技术的智能气体传感器。

背景技术

[0002] 煤矿事故中，因瓦斯爆炸死亡的人数最多，瓦斯是造成煤矿事故的最主要原因。目前，矿井中瓦斯测量的主要设备是基于热催化的瓦斯检测器，但由于热催化元件的固有性质，该检测器的稳定性差、标校周期短；而光干涉式瓦斯传感器，具有测量精度高、稳定性强、标校周期长的优点。在基于光干涉的瓦斯检测方面，中国专利 200820039611.7《光干涉式甲烷测定器》，设计了一种方便测量、利于井下操作的光学甲烷测定器；专利 200810195648.3《光干涉甲烷检测器》，对所用的光路和气室与外界的联系方式进行了改进，但需通过人眼观察光干涉条纹获得瓦斯浓度值，读数不直观、操作复杂；专利 9120528.3《智能化光干涉瓦斯检测仪》利用微处理器对数据进行了处理，但未考虑外界环境温度、气压对测量结果的影响；中国专利 201010107767.6《瓦斯浓度智能测试系统及方法》，对外界环境温度和气压变化进行了考虑，提高了测量准确性，但其不能进行红外遥控、无现场浓度显示，且标校复杂。

[0003] 总之，在现有光干涉式瓦斯浓度监测技术与方法中，传感器不能直观的显示瓦斯浓度、标校复杂、不能联接到煤矿监控系统，并且只能测量瓦斯气体浓度，这些都不利于矿井下瓦斯等有害气体的准确的自动化检测。

发明内容

[0004] 本发明的目的旨在克服上述现有光干涉式气体浓度监测方面的缺陷，设计了一种基于光干涉原理的智能气体传感器，不仅保留了传统光干涉式瓦斯气体传感器操作简单、精度高、稳定性强、标校周期长的优点，还加入了数码显示、红外遥控、与监控系统通信的功能，不但可以实时的测量显示当前瓦斯浓度，还能将测量点的瓦斯浓度与温度信息实时的上传到煤矿监控系统；不仅能测量瓦斯浓度，还能选择测量其他气体浓度，如 CO₂, C₂H₆, SO₂, NO₂, C₂H₂, NH₃, H₂S 等；通过红外遥控的方式可以实现报警点、断电点、复电点等参数的设置，还可以对零点漂移、灵敏度漂移进行校正，使得设置、校正过程更简单。

[0005] 本发明通过以下技术方案来实现：一种光干涉式智能气体传感器，包括光干涉计、主控制板、显示板、红外遥控器。其特征在于：光干涉计包括光源、聚光镜、背面镀有全反射膜的平面镜、气室、折光棱镜、补偿棱镜、光电转换装置、标准气囊，所述气室中间由经黑化处理的铜壁水平隔开，形成相互平行的两部分，分别是气样室与标准气室，气样室经过滤室连接到进气口，标准气室用毛细管连接到标准气囊，标准气囊内为盘绕的毛细管，使用带有小孔的旋塞与大气相通，标准气室和气样室组成的气室的前后两端分别设置与铜壁和基座相互垂直的高透光平面透镜，所述背面镀有全反射膜的平面镜和折光棱镜也分别布置在气室外的前后两端，即与高透光平面透镜设置在相同的两端，背面镀有全反射膜的平面镜与

气室呈 45° 角相对布置，光源与背面镀有全反射膜的平面镜也成 45° 放置，并在气室的另一侧，聚光镜布置在光源和平面镜之间，所述补偿棱镜布置在平面镜与气室之间；由光源发出的光线经聚光镜会聚后以 45° 角入射背面镀有全反射膜的平面镜，平面镜将光线分成两束光，其中一束光线穿过气样室，另一束光线穿过标准气室，穿过气室的两束光线分别经折光棱镜折射后再次穿过标准气室，然后穿过补偿棱镜后到达平面镜重新会合成一束光，产生的干涉条纹，经平面镜反射后到达光电转换装置，转换成电信号传输到主控制板。

[0006] 主控制板包括信号处理电路、模数转换模块、微处理器、与监控系统通信模块、电源模块、拨码开关、复位按键；所述信号处理电路包括低通滤波、差分运算单元，处理后的信号电压范围适合模数转换器采集；所述模数转换模块包括模数转换器与模数转换器基准源；所述微处理器为带有内部程序存储器与内部数据存储器的微处理器，对采集的信号进行数字滤波、线性化以及温度补偿处理；所述与监控系统通信模块为由微处理器控制的频率输出驱动电路；所述电源模块将输入电压经稳压后为系统供电，经精密稳压后为光电转换电路供电；所述拨码开关用以选择设备的工作模式、量程范围；所述复位按键为复位设备到出厂设置的状态。

[0007] 显示板包括显示模块、红外遥控模块、声光报警模块，所述显示模块为数码管与数码管驱动电路；所述红外遥控模块为红外接收器及其驱动；所述声光报警模块为发光二极管与有源蜂鸣器。

[0008] 红外遥控器采用小型遥控器，通过红外遥控可以进行报警点、断电点、复电点等参数的设置，可以在调试与工作状态切换，还可以对零点漂移、灵敏度漂移进行校正。

[0009] 光源由单色高亮发光二极管精密加工处理而成，使 LED 顶端形成光滑、平整、无肉眼可见纹理的光滑平面，可使 LED 在前端发射的光线变得集中，减少了光线的损耗，增加了光路中的光量，并外加带狭缝的经黑化处理的黄铜外壳，防止不必要的光线射出；所述光源采用高稳定度精密稳压源供电。

[0010] 在平面镜与气室之间的光路中，设置有通过转轴安装的补偿棱镜，所述补偿棱镜可以绕转轴旋转或前后摆动，实现光路补偿与调节后锁定。

[0011] 光电转换装置由光电转换电路和两个 L 型活动组件组成，所述光电转换电路包括光电传感器、温度传感器；所述 L 型活动组件可以上下左右调节使光干涉条纹照射在光电传感器上转换成电信号输出。

[0012] 光干涉计通过排线与主控制板相连，主控制板与显示板通过插接件叠插在一起。

[0013] 干涉式智能气体传感器的工作流程为，上电后首先对硬件进行初始化，从 EEPROM 中读取报警点、断电点、复电点、密码值、线性化参数以及温度补偿参数；然后判断工作模式，如果为工作状态，则采集光干涉计输出电压值、温度值，对采集的电压值进行线性化处理并进行温度补偿得到当前的气体浓度值；将得到的气体浓度值与设置的报警点比较，若小于报警点，则进入下一循环继续判断工作模式；若大于报警点，则进行声光报警操作，并判断是否大于断电点，若大于断电点，则输出断电信号，若小于断电点，则判读是否已经进行过断电处理，如果已经断电，进一步判读气体浓度值是否小于复电点，若小于复电点，则进行复电操作，然后继续对光干涉计输出电压值与温度值进行采集并处理后依次判断是否大于报警点、断电点；如果工作模式为设置状态，则进入参数设置状态，首先需要输入四位密码，若密码输入错误，则提示出错信息并显示输入的错误密码后返回继续判断工作模

式；若密码输入正确，则选择所需设置的参数，参数设置完成后判断是否设置成功，若设置失败，则显示错误信息并返回继续判断工作模式，若设置成功，将新设置的参数写入 EEPROM 替代原有参数并显示成功信息。

[0014] 气体浓度变化时，气样室里的气体折射率变化，从而穿过气样室和标准气室的两条光线光程差变化，产生的干涉条纹发生移动，使得光电传感器输出的电压信号改变，电压信号通过排线传输到主控制板上的信号调理电路，经信号滤波、调理后由微处理器的模数转换器采集成为数字信号，同时微处理器对温度传感器的信号进行采集，将采集到的电压信号和温度信号经过数字滤波、线性化处理后，通过多传感器数据融合技术对电压信号进行温度补偿，最后得到测量点的气体浓度值。将该气体浓度值通过显示驱动电路在数码管上显示出来，同时将该浓度值和温度值以频率信号的形式上传到监控系统，若该气体浓度值超过设定的报警点，将产生声光报警。通过红外遥控可以设定报警点、断电点与复电点等参数，还可以通过红外遥控的方式进行传感器标校。

[0015] 本发明光干涉式智能气体传感器与现有技术相比具有如下优点：直观、准确的显示瓦斯浓度，克服了传统光干涉瓦斯检测器测量时视觉误差大、检测数据计算复杂等缺点；可与监控系统通信；不仅对测量点的瓦斯浓度进行测量，还测量其环境温度，并利用软件对温度进行补偿，使得测量准确度高，计量性能稳定、可靠，标校周期长；红外遥控设置报警点、断电点、复电点等参数，进行传感器零点、灵敏度校正；功能齐全，一机多用，既可以检测瓦斯浓度，还能选择测量其他气体浓度，如 CO₂, C₂H₆, SO₂, NO₂, C₂H₂, NH₃, H₂S；除测量气体浓度外，还可作为数字温度计使用。

附图说明

- [0016] 图 1 是本发明光干涉式智能气体传感器的系统总原理框图；
- [0017] 图 2 是本发明光干涉计的总体结构图；
- [0018] 图 3 是光电转换装置位置调节元件图；
- [0019] 图 4 是本发明光干涉式智能气体传感器的工作流程图。

具体实施方式

[0020] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白，以下结合具体实施例，并参照附图，对本发明进一步详细说明。

[0021] 图 1 为本发明的光干涉式智能气体传感器的结构框图。参照图 1，该传感器系统包括光干涉计、主控制板、显示板、红外遥控器。

[0022] 光干涉计包括光源、光路部分、光电传感器与温度采集模块。

[0023] 主控制板包括信号处理电路、模数转换模块、微处理器、与监控系统通信模块、电源模块、拨码开关、复位按键。所述信号处理电路包括有源低通滤波、差分运算单元，处理后的信号电压范围为 0V ~ 2.5V 适合模数转换器采集；所述模数转换模块包括 12 位模数转换器与 2.5V 模数转换器基准源；所述微处理器为带有内部程序存储器与内部数据存储器的微处理器，对采集的信号进行数字滤波、线性化与温度补偿；所述与监控系统通信模块为由微处理器控制的 200Hz ~ 1000Hz 频率输出驱动电路；所述电源模块使用 9V ~ 24V 输入经稳压后为系统供电，经精密稳压后为光电转换电路供电；所述拨码开关用以选择设备的工

作模式、量程范围；所述复位按键为复位设备到出厂设置的状态。

[0024] 显示板包括显示模块、红外遥控模块、声光报警模块，所述显示模块包括 5 位数码管与数码管驱动电路；所述红外遥控模块为红外接收器 HS0038 及其驱动；所述声光报警模块为高亮发光二极管与长鸣声压电式有源蜂鸣器；

[0025] 红外遥控器为 21 键小型超薄遥控器，通过红外遥控可以进行报警点、断电点、复电点的设置，可以在调试与工作状态切换，还可以对零点漂移、灵敏度漂移进行校正。

[0026] 气体浓度变化时，光线经过光路部分后在光电转换电路上形成干涉条纹，光电转换电路将光信号转换成电信号，然后电信号经主控制板的信号处理电路调理后，由模数转换模块转换为数字信号，主控制器采集数字信号经数字滤波、线性化处理和温度补偿后得到气体的浓度值，最后将该浓度值经显示驱动后在数码管上显示，并判断是否超过报警点与断电点，同时将该浓度值经频率输出模块输出频率信号到监控系统。

[0027] 图 2 为光干涉计的结构图（图 2 左侧图为光干涉计机械图的俯视图）。如图 2 所示，光干涉计的光路部分包括光源 1、聚光镜 2、背面镀有全反射膜的平面镜 3、气室、折光棱镜 6、补偿棱镜 7、光电转换装置，所述气室中间由经黑化处理的铜壁 18 水平隔开，形成相互平行的两部分，分别是气样室 4 与标准气室 5，气样室 4 经过滤室 15 连接到进气口 16，标准气室 5 用毛细管 9 连接到标准气囊 10，标准气囊 10 内为盘绕的毛细管，使用带有小孔的旋塞 17 与大气相通，标准气室与气样室组成的气室的前后两端分别设置与铜壁 18 和基座 19 相互垂直的高透光平面透镜 14，所述背面镀有全反射膜的平面镜 3 和折光棱镜 6 也分别布置在气室外的前后两端，即与高透光平面透镜 14 设置在相同的两端，背面镀有全反射膜的平面镜 3 与气室呈 45° 角相对布置，平面镜的正面与气室相对，光源 1 与背面镀有全反射膜的平面镜 3 也成 45° 角相对布置，但在气室的另一侧，聚光镜 2 布置在光源 1 和平面镜 3 之间，所述补偿棱镜 7 布置在平面镜 3 与气室之间；由光源 1 发出的光线经聚光镜 2 会聚后以 45° 角入射背面镀有 全反射膜的平面镜 3，平面镜 3 将光线分成两束光，其中一束光线穿过气样室 4，另一束光线穿过标准气室 5，穿过气室的两束光线分别经折光棱镜 6 反射后再次穿过标准气室 5，然后穿过补偿棱镜 7 后到达平面镜 3 重新会合成一束光，产生干涉条纹，经平面镜反射后到达光电转换装置。

[0028] 光源由单色高亮发光二极管精密加工而成，使 LED 顶端形成光滑、平整、无肉眼可见纹理的光滑平面，可使 LED 在前端发射的光线变得集中，减少了光线的损耗，增加了光路中的光量，并外套有经黑化处理的带狭缝的黄铜外壳，防止不必要的光线射出；所述光源采用高稳定度精密稳压源供电。

[0029] 在平面镜与气室之间的光路中，设置有通过转轴安装的补偿棱镜，所述补偿棱镜可以绕转轴旋转或前后摆动，实现光路补偿与调节后锁定。

[0030] 如图 1、图 2 和图 3 所示，光电转换装置由光电转换电路 11 和两个 L 型活动组件组成，所述光电转换电路包括光电传感器 13、温度传感器 8；所述 L 型活动组件包括带槽 23 的 L 型元件 20、L 型元件 22、带竖直槽 24 的元件 21，可以左右移动元件 20 与上下调节元件 21，从而使光干涉条纹照射在光电传感器上转换成电信号输出。

[0031] 光干涉计通过排线与主控制板相连，主控制板与显示板通过插接件叠插在一起。

[0032] 如图 4 所示，本发明光干涉式智能气体传感器的工作流程为，上电后首先对硬件进行初始化，从 EEPROM 中读取报警点、断电点、复电点、密码值、线性化参数以及温度补偿

参数；然后判断工作模式，如果为工作状态，则采集光干涉计输出电压值、温度值，对采集的电压值进行线性化处理并进行温度补偿得到当前的气体浓度值；将得到的气体浓度值与设置的报警点比较，若小于报警点，则进入下一循环继续判断工作模式；若大于报警点，则进行声光报警操作，并判断是否大于断电点，若大于断电点，则输出断电信号，若小于断电点，则判读是否已经进行过断电处理，如果已经断电，进一步判读气体浓度值是否小于复电点，若小于复电点，则进行复电操作，然后继续对光干涉计输出电压值与温度值进行采集并处理后依次判断是否大于报警点、断电点；如果工作模式为设置状态，则进入参数设置状态，首先需要输入四位密码，若密码输入错误，则提示出错信息并显示输入的错误密码后返回继续判断工作模式；若密码输入正确，则选择所需设置的参数，参数设置完成后判断是否设置成功，若设置失败，则显示错误信息并返回继续判断工作模式，若设置成功，将新设置的参数写入 EEPROM 替代原有参数并显示成功信息。

[0033] 本发明基于光干涉原理设计，光源发射出光，在背面镀有全反射膜的平面镜作用下形成两束光线，分别通过气样室和标准气室进入折光棱镜后反射回标准气室，最后再次经过平面镜作用，两束光线重新会合成一束光线。当采用气室中的瓦斯浓度 ρ 变化时，瓦斯的折射率 $n(CH_4)$ 变化，从而经过瓦斯气室与标准气室的两束光线产生光程差 $\Delta L = (n(CH_4) - n(\text{空气})) * L$ ，其中 L 为气室长度。由于该光程差的存在，重新会合的光线照射到光电传感器上时，形成干涉条纹，随着瓦斯浓度 ρ 的改变，光程差 ΔL 改变，从而干涉条纹发生移动，使得光电传感器输出的电信号改变。变化的电信号经过有源低通滤波、调理后经模数转换器采集成为数字信号，在微处理器中经线性化、温度补偿后利用数码管显示出瓦斯浓度值，同时将该值以频率信号的形式上传到监控系统，当瓦斯浓度值超过设定的报警点时，产生声光报警。

[0034] 根据甲烷折射率 $n(CH_4)$ 与其他其他折射率 $n(gas)$ 的对应关系 $n(gas) = k * n(CH_4)$ ，得到测量其他气体时产生的光程差 $\Delta L = (n(gas) - n(\text{空气})) * L = (k * n(CH_4) - n(\text{空气})) * L$ 。利用红外遥控器设置不同的系数 k ，可以测量不同气体浓度。

[0035] 以上所述的具体实施例，对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明，所应理解的是，以上所述仅为本发明的具体实施例而已，并不用于限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内，所做的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

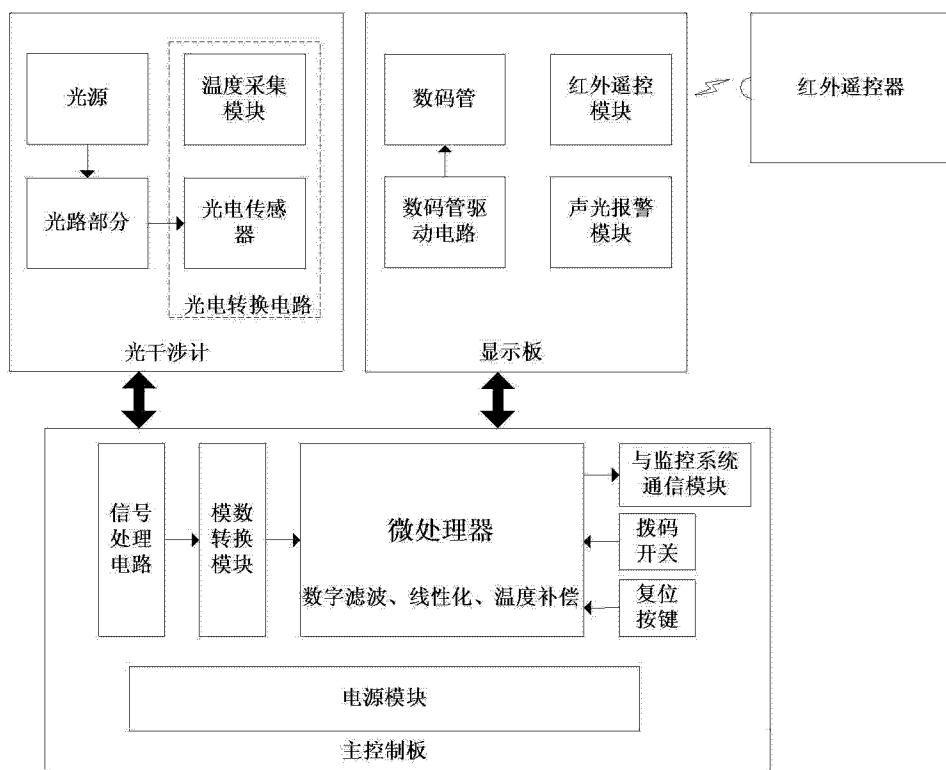


图 1

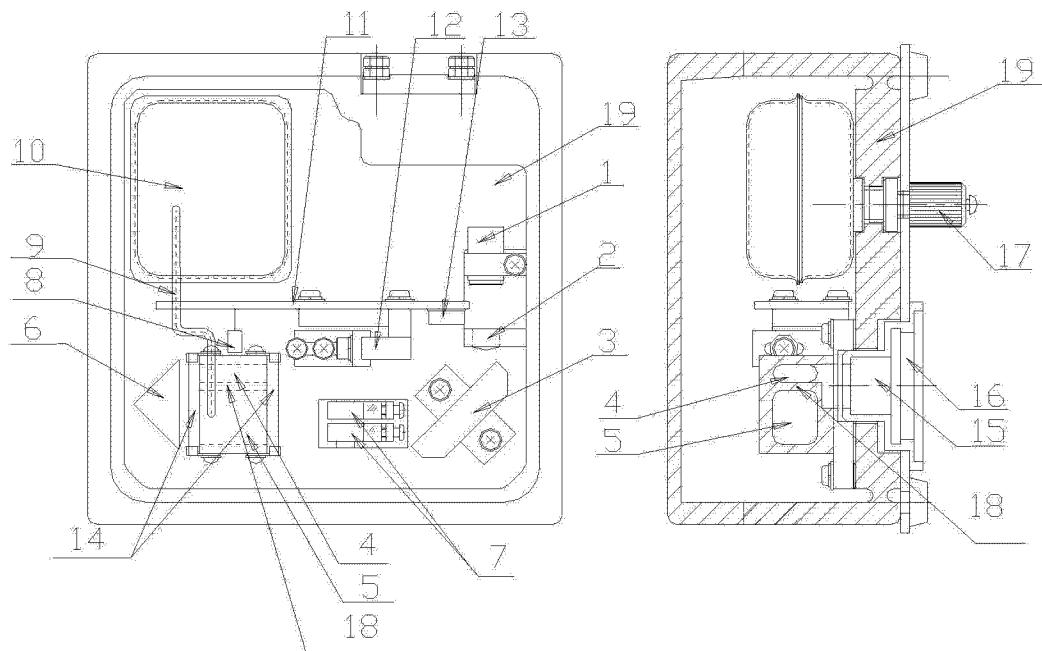


图 2

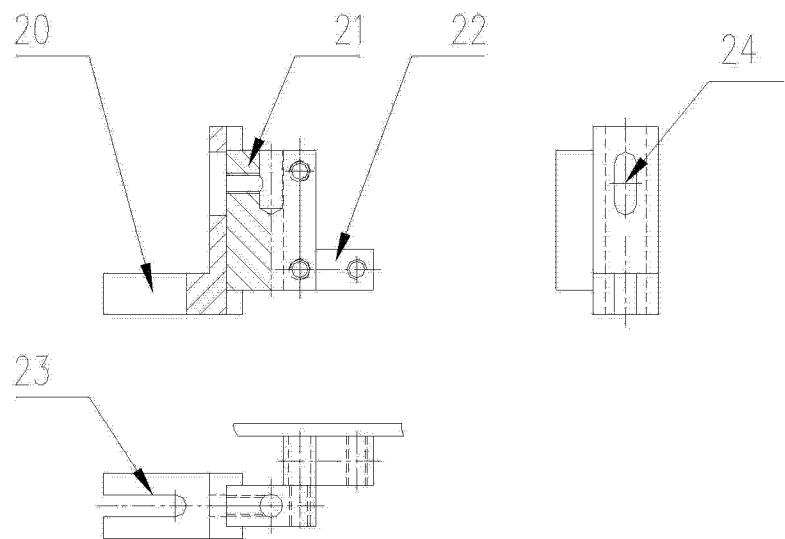


图 3

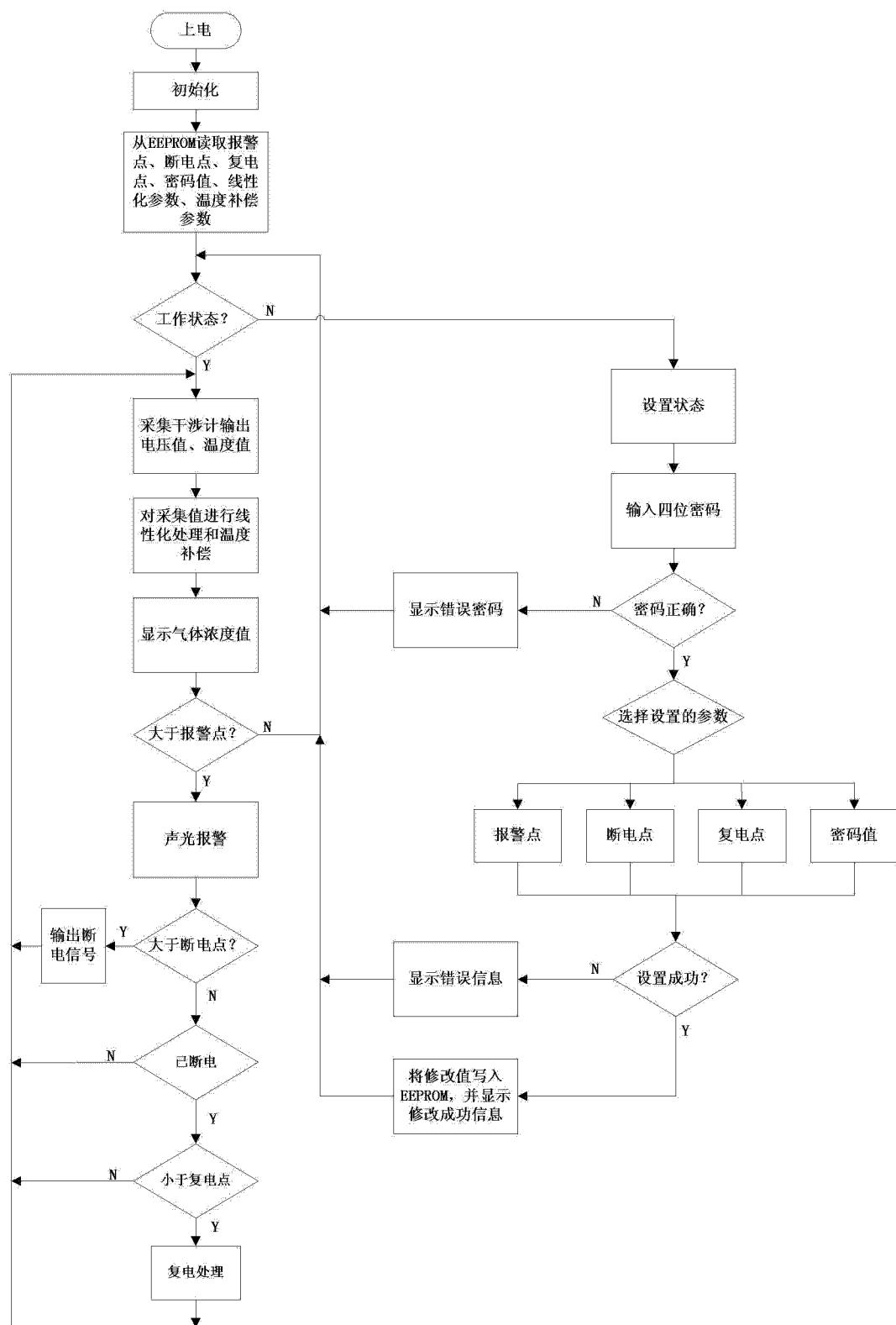


图 4