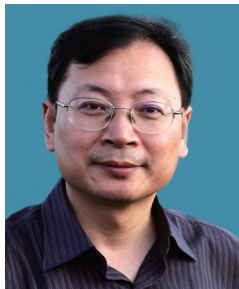


室内光照度自动测量智能系统

使用无线通信技术和智能化处理系统改进现有照度测量设备,改变现有照度测量技术和方法工作量大、准确度低及难以找到照度最大点或最小点的缺陷。新型室内光照度自动测量智能系统提供“手动模式”、“快速模式”和“精准模式”三种测量模式,既可以定点测量照度,也可以对空间进行整体照度测量。智能处理模块根据采集到的信息可快速寻找出亮度最大或最小的部位。测量准确度根据选择模式的不同略有差别,可满足不同的准确度需求。

袁景玉 王 婧 唐小波/河北工业大学建筑与艺术设计学院
许亚惠 曹丽鹏/河北工业大学电气工程学院



袁景玉/教授

照度水平是评价室内物理环境优劣的重要标准,绿色建筑要求室内空间尽可能利用天然光。充分利用天然光不仅能够节约因人工照明产生的能源消耗,而且在天然光下工作和生活对人们的身心健康更为有利^[1]。照度具有测量方便和不依赖于观察角度的特点,在大部分标准中都作为光环境的基本评价指标。其他光环境评价标准如照度均匀度、采光系数、采光量和有效照度等指标也以照度为基础^[2]。

工作面的照度应该控制在合理的范围之内,照度过高、对比过大容易形成眩光,对视力造成损伤,而对于只依靠天然采光不能满足需求的低照度区域则需要人工照明进行改善。人工照明技术参数主要包括照度、照度均匀度、照明功率密度限值、统一眩光值、相关色温和显色指数^[3]。照度设计需要通过照度计算为灯具和灯源的选择提供量化的设计依据。照度计算常用的方法有利用系数法、单位容量法和逐点计算法^[4]。不同灯具配光不同,为方便计算需要在实验

室内进行测定,绘制配光曲线。对于非旋转对称的灯具,如要满足逐点照度计算法或利用系数法,需要至少每隔15°给出一个方位面上的配光曲线才能满足计算上的要求,数据量大,测量难以准确^[5]。

现有照度测量方法主要分中心布点法和四角布点法^[6]。即将测量空间划分成等距离的网格,并用照度测量设备对网格中心点或四角逐一测量。这种测量方法存在诸多弊端:第一,测量点位有限,采集到的数据难以体现出照度异常或突变区域的变化情况;第二,无法快速找到照度最大或最小的点;第三,对于测量点位较多的大空间测量工作量大、耗时长,测量结果可能受到自然光变化的干扰;第四,测量者靠近测量仪器,对光环境造成干扰,影响测量结果的准确性。

为了减小工作量,提高测量准确度,需要更为有效的测量仪器及测量方法。本文提出一种室内光照度自动测量智能系统。系统包括控制终端与移动终端两部分,两个部分以无线传输方式连接,实现遥控测量,避免测量者自身对测量的干扰。该测量系统具有“手动模式”、“快速模式”和“精准模式”3种运行模式。当系统运行于“手动模式”时可以单测某一地点的光照强度。运行于“快速模式”时能够以快速方式测量室内照度,并找出室内光照强度最低的或者最高的地点。“精准模式”是以规定路线测量室内各点的照度,准确反映室内的照度情况。

关键词/Keywords

照度测量系统 ·
无线传输 ·
自动测量 ·
智能化 ·

照度自动测量智能系统的组成

室内光照度自动测量智能系统包括控制终端和移动终端。

控制终端各部分连接如图1所示,以ARM处理器为核心。蓝牙模块、输入模块和LCD液晶显示屏分别与ARM处理器连接,并由电源模块为整个控制终端提供电能。输入模块使用机械键盘,对这个系统进行选择、设置,并可对移动终端进行遥控。

移动终端如图2所示,包括无线通信模块、处理器模块、存储模块、环境照度检测模块、距离测量模块、角速度检测模块、方向定位模块、驱动模块、报警模块、电源模块和电动小车。无线通信模块、存储模块、方向定位模块和驱动模块分别与ARM处理器电连接,环境照度检测模块、距离测量模块、角速度检测模块和报警模块分别与单片机电连接。电源模块为整个移动终端提供电能。

处理器模块包括ARM处理器和单片机,ARM处理器与单片机通过非同步收发传输器相连。无线通信模块包括WiFi单元和蓝牙单元,是一种将WiFi与蓝牙二合一的无线通信模块。移动终端通过蓝牙单元与控制终端连接^[7],通过WiFi单元或者蓝牙单元与智能电子设备连接。移动终端的环境照度检测模块采用照度传感器,用于测量移动终端所在处的光照强度^[8]。距离测量模块采用红外测距传感器,用于检测移动终端同四周物体的距离^[9]。角速度检测模块采用光电编码器,用于检测移动终端的移动速度。方向定位模块采用电子指南针,用于检测移动终端的移动方向。存储模块用于存储测量点的坐标及光照强度。驱动模块包括直流电动机、直流电动机驱动和舵机,直流电动机与直流电动机驱动电连接,直流电动机驱动和舵机分别与移动终端的ARM处理器电连接。舵机与电子指南针配合使用以控制移动终端沿指定方向移动。报警模块包括语音芯片及LED灯,当系统找到室内光照强度最低点或最高点时语音播报其坐标及光照强度,同时LED灯闪烁。当系统正常

运行时LED灯保持常亮。

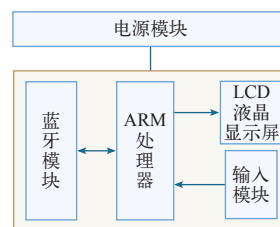


图1 室内光照度自动测量智能系统控制终端结构框图

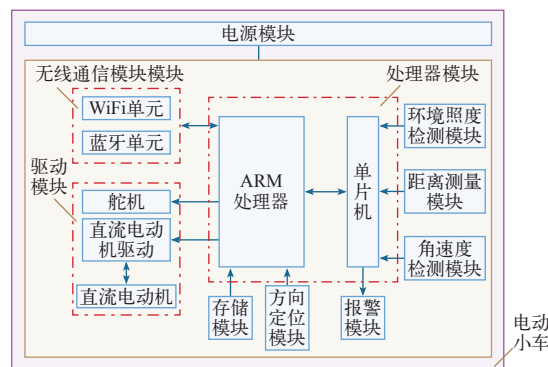


图2 室内光照度自动测量智能系统移动终端的结构框图

室内光照度自动测量智能系统使用时,可以选择智能电子设备代替控制终端与移动终端组成室内光照度自动测量智能系统。智能电子设备中室内光照度自动测量智能系统的客户端与移动终端连接时,具有与控制终端相同的作用。

手动模式

“手动模式”运行方式为直接将移动终端放置于光照强度待测地点或者通过控制终端遥控移动终端至光照强度待测地点。移动终端的处理器模块将环境照度检测模块测得的待测地点光照强度数据,通过蓝牙实时传输至控制终端的ARM处理器,测量者可以通过LCD液晶显示屏读取待测地点的光照强度。同时控制终端每隔一段时间对待测点的照度进行记录,间隔的时间可根据测量的准确度需求进行设定。

快速模式

“快速模式”以移动终端起始位置为坐标原点,正北方向为X轴正方向,正东方向为Y轴正方向建立直角坐标系。测量者确定室内某位置为移动终端的起始点。

开启室内光照度自动测量智能系统并选择用“快速模式”进行测量后可通过控制终端,手动选择寻找室内光照强度最低点或最高点。“快速模式”的运行次数 n 根据测量需求自由设定,但 n 值必须大于0,否则系统将提示测量者重新设定 n 值。

测量时,移动终端首先向正北方向移动2 s后倒退至起始位置,然后通过驱动模块转向至正东北方向移动2 s后倒退至起始位置,以此类推移动终端分别沿向正北方向、正东北方向、正东方向、正东南方向、正南方向、正西南方向、正西方向和正西北方向分别移动2 s。移动过程中每间隔0.2 s记录一次某点的坐标与光照强度 (x, y, z) 。其中 (x, y) 为位置坐标, z 为光照强度。

移动终端的单片机分别分析处理这8个方向的光照强度数据后,找出光照强度下降或上升最快的方向,并控制移动终端沿此方向移动。移动过程中每间隔0.2 s记录一次某点的坐标与光照强度 (x, y, z) ,直至遇到障碍物或者移动10 s时停止移动。若移动终端距离障碍物小于8 cm且行进时间不足10 s,则移动终端返回初始测量位置,重新沿照度下降或上升最快的方向移动。完成一次“快速模式”后,移动过程中光照强度最弱点或最强点的坐标及光照强度数据存储于存储模块的特定存储单元,然后移动终端从停止移动点开始沿剩余的7个方向中光照强度下降或上升最快的方向移动,即开始下一轮的“快速模式”。“快速模式”运行结束后,控制终端的ARM处理器会将室内光照强度最低点或最高点的坐标及光照强度 (x, y, z) 显示于LCD液晶显示屏。

使用者输入的“快速模式”运行次数 n 正比于以“快速模式”寻找的室内光照强度最低点或最高点的准确度。故使用者可根据房间的大小以及室内物品的多少选择运行次数 n ,以确保最后寻找的室内光照强度最低点或最高点能达到要求的准确度。

精准模式

“精准模式”将测量面视为一个长方形,使用者将移动终端置于长方形一角。系统以该初始

点为坐标原点,以一条边为 Y 轴正方向,以相邻的另一边为 X 轴正方向建立直角坐标系。

“精准模式”又分为“手动方式”与“自动方式”。选择“精准模式”下的“自动方式”后,输入测量区域的长与宽,移动终端将以“一条龙”的方式来来回行走移动。移动过程中每间隔0.2 s记录一次某点的坐标与光照强度 (x, y, z) ,记录数值被存储于存储模块的特定存储单元。若移动中途遇到障碍物或未走到尽头则返回继续移动。移动完成后,LCD液晶显示屏会显示室内光照强度最弱点或最强点的坐标及光照强度 (x, y, z) 。

“精准模式”下的“手动方式”为测量者使用控制终端手动控制移动终端在室内行走。移动过程中每间隔0.2 s记录一次某点的坐标与光照强度 (x, y, z) ,并将当前记录的点的坐标及光照强度数据存储于存储模块的特定存储单元。移动结束后光照强度最弱点或最强点的坐标及光照强度 (x, y, z) 显示于LCD液晶显示屏。

相关计算

系统对测量点位置坐标计算分为三个步骤:

第一步,根据方向定位模块判断移动终端的移动方向与 X 轴正方向的夹角 θ 。

第二步,角速度检测模块测量电动小车的角速度。

第三步,单片机根据电动小车的车轮半径 r 以及行走时间 t 计算出其位移 $S = r\omega t$,并以此得出移动终端当前位置坐标 (x, y) ,其中 $x = S \cos \theta$, $y = S \sin \theta$ 。

系统寻找光照强度下降或上升最快方向分为六个步骤:

第一,记存储模块中8个方向的光照强度数据为 (x_{ij}, y_{ij}, z_{ij}) ($i = 1, 2, \dots, 8, j = 1, 2, \dots, 10$; i 表示方向, j 表示 i 方向的第 j 个数据)。

第二,单片机分别计算这8个方向光照强度数据的平均值 $z_{eqi} = \sum_{j=1}^{10} z_{ij} / 10$ 。

第三,单片机分别对这8个方向的光照强度 z_{ij} ($i = 1, 2, \dots, 8$) ($j = 1, 2, \dots, 10$)进行排序,记各个

方向光照强度最高点的坐标及光照强度为 (x_{1i}, y_{1i}, z_{1i}) ($i=1,2,\dots,8$)，最低点的坐标及光照强度为 (x_{2i}, y_{2i}, z_{2i}) ($i=1,2,\dots,8$)。

第四，比较极差 $z_i = z_{1i} - z_{2i}$ ($i=1,2,\dots,8$)。

第五，计算 $Z_i = (z_i + z_{eqi})/2$ ($i=1,2,\dots,8$) 并比较得出最大值 $Z_{\max}$ 和最小值 $Z_{\min}$ 。

第六，当寻找室内光照强度最高点时最大值 $Z_{\max}$ 所在方向为光照强度上升最快的方向。若有两个方向均为最大值 $Z_{\max}$ ，则优先选择平均值较大者所在方向。当寻找室内光照强度最低点时最小值 $Z_{\min}$ 所在方向为光照强度下降最快的方向。若有两个方向均为最小值 $Z_{\min}$ ，则优先选择平均值较小者所在方向。

照度自动测量智能系统的优点

1) 室内光照度自动测量智能系统的“手动模式”可以单测某一地点的光照强度。“快速模式”或“精准模式”可以分别以快速方式、精准方式寻找出室内光照强度最弱的或者最强的点，为改善室内光照条件提供依据。“精准模式”还可以沿固定路线测量并记录途径线路上各点位的照度。

2) 室内光照度自动测量智能系统运行于“快速模式”时，使用时可以根据房间的大小以及室内物品的多少选择运行次数 n ，以确保最后寻找的室内最亮点或最暗点能达到要求的准确度。

3) 室内光照度自动测量智能系统移动终端的距离检测模块位于移动终端的前后左右四侧，以避免移动终端与周围物体的碰撞。

结束语

照度是评价建筑采光设计的重要标准，也是绘制灯具配光曲线的基础，但照度是一个极为敏感的物理量，环境中细微的改变都会对照度的测量造成影响。现有的照度测量仪器和测量方法工作量大、准确度低，为此新的测量方法应该同时具备无线控制、自动测量并记录的能力。

本文提出的室内照度自动测量智能系统包含多种测量模式，分别针对不同的测量需求。“手

动模式”主要用于对特定点位进行测量，并对特定点位的照度变化进行记录。“快速模式”主要用于快速寻找室内照度最高点或最低点。寻找照度最高的地点可以排查容易形成眩光的区域，采取相应措施。而对于光控的光补偿设备需要将室内照度监测器安装在室内光线最暗的位置。“快速模式”弥补了现有测量方法难以准确找到照度最大或最小点的不足。“精准模式”通过移动终端的快速移动在短时间内测量并记录下室内各点的照度值，为绘制照度分布图提供数据，大大减少了测量的工作量，且在一定程度上提高了测量的准确度，同时“精准模式”也可以精确地寻找照度最大或最小的点位。

参考文献

- [1] 李伟, 王爱英. 导光管在天然光照明中的应用前景探讨 [J]. 灯与照明, 2003, 27 (2): 4-6.
- [2] 孔令玉. 以亮度为基础的天然采光评价指标研究 [D]. 天津: 天津大学, 2012.
- [3] 李蔚. 照明节能应选用合理的照明方案 [J]. 电气应用, 2013 (11): 17.
- [4] 谈东波, 王冰, 朱胜萱. 浅谈工程中照度计算的近似算法 [J]. 电气应用, 2005, 8 (2): 46-48.
- [5] 袁景玉, 沈天行, 檀柏红. 一种基于投光灯的配光特性图象表示法 [J]. 中国图象图形学报, 2002, 7 (8): 776-779.
- [6] 孙丽, 关德鹏, 范魁元, 等. 车间照度测量与分析方法研究 [J]. 大连交通大学学报, 2015, 36 (1): 55-57.
- [7] 周瑛, 杨盛国, 黄凌云. 基于蓝牙技术遥控小车的设计与实现 [J]. 福建师大福清分校学报, 2012, 113 (5): 18-22.
- [8] 吴卓葵. 基于单片机和光照检测的开关控制装置设计 [J]. 电子技术, 2014, 16 (7): 52-57.
- [9] 唐秦崴, 瞿哲奕, 朱焜秋. 基于单片机的机器人用红外测距仪系统设计 [J]. 应用科技, 2010, 37 (4): 11-14.

(收稿日期: 2015-02-15) **EA**