



中国照明电器协会团体标准

T/CALI TR 0804—2021

照明系统用传感器技术报告

Technical Report of Sensors used in Lighting Systems

2021-06-11 发布

中国照明电器协会发布

目 次

前言	III
1 简介	1
2 传感器的定义和分类	1
2.1 传感器的定义	1
2.2 传感器的分类	1
3 与室内照明相关的传感器	2
3.1 照度传感器	2
3.2 占位/占空传感器	4
3.3 烟雾传感器	6
3.4 生命体征传感器	7
4 与室外多功能路灯相关的传感器	8
4.1 温湿度传感器	8
4.2 PM2.5 传感器	8
4.3 风速风向传感器	9
4.4 雨量传感器	10
4.5 噪声传感器	10
4.6 图像传感器	11
4.7 RFID 传感器	12
4.8 门磁传感器	13
4.9 水浸传感器	14
4.10 位移传感器	15
4.11 倾斜传感器	15

4.12 漏电检测传感器	16
5 传感器的相关标准	17
6 传感器的发展趋势	19
附录 A（资料性）传感器产业现状	20
参考文献	23

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中国照明电器协会（CALI）制定发布，版权归CALI所有，未经CALI许可不得随意复制，任何单位或个人引用本文件的内容需指明文件的标准号。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别专利的职责。

本文件由上海时代之光照明电器检测有限公司提出。

本文件由中国照明电器协会归口。

本文件起草单位：上海时代之光照明电器检测有限公司、昕诺飞（中国）投资有限公司、路川金域电子贸易（上海）有限公司、上海亚明照明有限公司、上海顺舟智能科技股份有限公司、江苏新广联光电股份有限公司、深圳莱福德科技股份有限公司、威凯检测技术有限公司、杭州华普永明光电股份有限公司、中国照明电器协会、上海三思电子工程有限公司、杭州勇电照明有限公司、惠州雷士光电科技有限公司、横店集团得邦照明股份有限公司、英飞特电子（杭州）股份有限公司、欧普照明股份有限公司、浙江晶日照明科技有限公司、鸿利智汇集团股份有限公司、浙江利尔达客思智能科技有限公司。

本文件主要起草人：庄晓波、黄峰、黄宁、朱华荣、陈云飞、华利生、李丰平、倪济宇、夏誉、陈燕生、王卓、侯莎、宋洁琼、王春林、陈磊、岳建国、周鼎、殷学伟、吕天刚、安波。

本文件首次发布。

照明系统用传感器技术报告

1 简介

传感器与通信、计算机被称作为现代信息系统的三大支柱，传感器技术也成为衡量一个国家信息化程度的重要标志，同样也是衡量一个国家科技发展水平的重要标志之一。

目前传感器在照明领域已经被广泛地应用在室内智能家居和室外多功能路灯上。在室内智能家居、智能楼宇应用中，传感器探测环境信息，比如光照度、温度、人流、CO/CO₂等，反馈给控制系统，控制系统根据环境对照明系统乃至智能家居系统进行控制。在室外多功能路灯应用中，传感器成为智慧城市的感知层的重要组成部分，其收集环境信息，交通流量/人流量信息，健康照明光环境和灯杆信息，给智慧城市运营提供数据支持。传感器在具体使用场所的工作条件（温度、湿度、腐蚀性等）下正常工作的同时，还必须满足相关的安全要求、性能要求、安装要求、电磁兼容等要求。

本文件旨在引导照明行业从业者了解传感器，为如何选择正确的传感器、如何正确使用提供参考。

2 传感器的定义和分类

2.1 传感器的定义

传感器（英文名称：sensor/transducer）的定义是：能感受被测量并按一定规律转换成可用输出信号的器件或装置。

传感器一般由敏感元件、转换元件、调理电路组成。敏感元件是构成传感器的核心，是指能直接感测或响应被测量的部件。转换元件是指传感器中能将敏感元件感测或响应的被测量转换成可用的输出信号的部件，通常这种输出信号以电量的形式出现。调理电路是把传感元件输出的电信号转换成便于处理、控制、记录和显示的有用电信号所涉及的有关电路^[1]。

2.2 传感器的分类

传感器的种类很多，目前尚没有统一的分类方法，一般常采用的分类方法有如下几种：

a) 按输入量分类

如输入量分别为温度、压力、位移、速度、加速度、湿度等非电量时，则相应的传感器称为温度传感器、压力传感器、位移传感器、速度传感器、加速度传感器、湿度传感器等。这种分类方法给使用者提供了方便，容易根据测量对象选择所需要的传感器。

b) 按测量原理分类

现有传感器的测量原理主要是基于电磁原理和固体物理学理论。如根据变电阻的原理，相应的有电位器式、应变式传感器；根据变磁阻的原理，相应的有电感式、差动变压器式、电涡流式传感器；根据半导体有关理论，则相应的有半导体力敏、热敏、光敏、气敏等固态传感器。

c) 按结构型和物性型分类

所谓结构型传感器，主要是通过机械结构的几何形状或尺寸的变化，将外界被测参数转换成相应的电阻、电感、电容等物理量的变化，从而检测出被测信号，这种传感器目前应用得最为普遍。物性型传

传感器则是利用某些材料本身物理性质的变化而实现测量，它是以半导体、电介质、铁电体等作为敏感材料的固态器件^[2]。

3 与室内照明相关的传感器

3.1 照度传感器

3.1.1 工作机理



图1 照度传感器示意图

照度传感器是把光信号转换为电信号的一种传感器，用于检测环境光照强度，以对光环境进行调整。照度传感器可以直接连接灯具并对其控制，也可以与灯控系统或网关连接，实现情景联动、远程手机消息推送等复杂控制、管理功能，如图1所示。

3.1.2 性能要求

照度传感器的性能与安装的位置、视场角（FOV）、光谱响应、控制算法等因素有关，如图2所示：

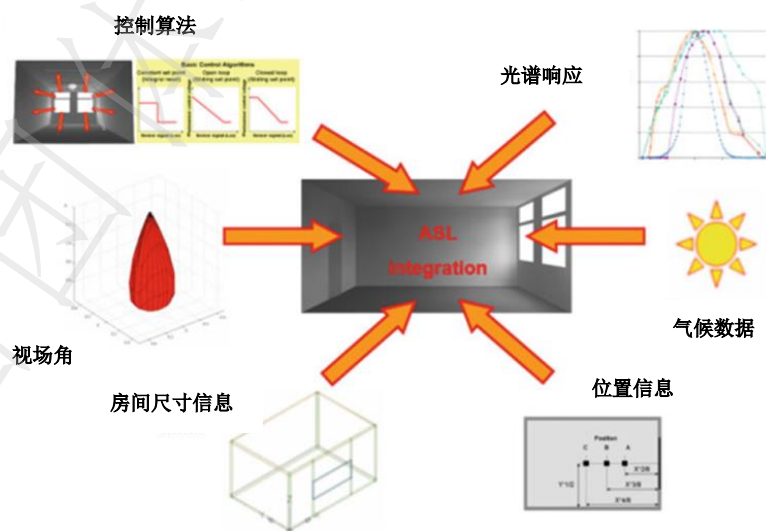


图2 照度传感器的性能影响因素^[3]

性能宜满足以下要求：

- a) 照度测量范围：室内：0 lx~1500 lx / 0 lx~10000 lx，分辨率优于 5 lx；
- b) 精度：±10%（25℃）；

- c) 工作温度、湿度：室内一般场所温度-5℃ ～ 40℃、相对湿度 0% ～ 90%，特殊场所应根据实际使用环境确定；
- d) 波长测量范围：380 nm ～ 780 nm。

3.1.3 安装要求

在室内应用时，用于灯光控制时，可集成在灯具上，或独立安装在天花板上，监测环境光照强度，安装处要求无遮挡。

安装在天花上，可以采用紧贴安装或嵌入式安装，和灯具电源的连接可以采用连接器方式连接，比如 Zhaga book 20。

3.1.4 应用场景

照度传感器主要用于获取不同光照的强度信息从而进行光的调配，例如：设计时需充分利用天然采光的人工照明场所，在能获得充足的自然光时，则可以关闭人工光的输出从而降低电力消耗，而当天然光太过刺眼时发送信号启动电动窗帘、遮阳幕布等，或者调节遮阳格栅的角度，如图 4 所示。不仅可利用日光在室内产生的光影变化效果和色温变化效果，又可以保障照度控制在一定范围内，维持室内光环境的和谐，这都需要考虑与诸如电动窗帘等设备的一起联动配合，如图 3～图 5 所示。



图 3 自然采光和人工光的结合^[3]

a) 恒照度应用

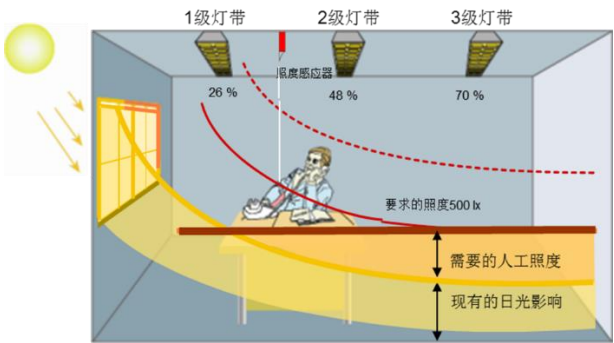


图 4 上海中心办公区域桌面 500 lx 恒照度示意图

b) 与窗帘联动



图5 与窗帘联动的照明传感器应用

3.2 占位/占空传感器

3.2.1 工作原理

占位/占空传感器 (Occupancy/Vacancy Sensor) 是基于检测在其检测范围内是否存在物体或人 (运动) 来开关或调节空间中的照明, 实现“自动开关”的控制要求。占位传感器在检测到物体或人 (运动) 时激活照明, 这在诸如走廊的循环空间或诸如卫生间的无窗内部空间中是非常有用的^[4]。

占位传感器一般可以由红外传感器、微波传感器、超声波传感器和声学传感器等一个或多个的组合来实现, 应用场景和类型见表 1。

常用的红外传感器和微波传感器的工作原理如下:

红外人体感应传感器主要分为主动红外 (AIR) 和被动红外 (PIR) 两种。主动红外传感器需要红外线发射源和相应的接收设备, 依靠红外线的对射或反射的方式进行。当红外光束被遮挡时, 红外线接收器的输出电信号强度就会发生变化, 经放大和处理后可进行采样。主动红外传感器输出的波形稳定性较好, 但比较单一, 无法区分行人的移动方向。被动红外又称热释电红外, 它的原理是人体辐射的红外线引起的热释电效应。被动红外线传感器通常包含 2 个电极化方向相反、串联的热释电元, 如此可减少环境因素的影响。

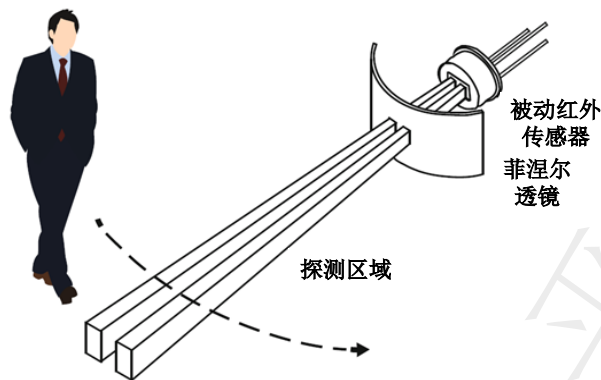


图 6 被动红外传感器工作原理示意图^[3]

如图 6 所示，这两种红外传感器都有自己的优点和不足，主动红外传感器对是否有人通过非常敏感，但环境因素的影响较大，同时也不能区分行人的移动方向；被动红外传感器可以正确区分行人的移动方向，对环境的影响较不敏感，但有时行人通过后信号略有振荡，影响信号的识别。

微波传感器将非电磁物理量（尺寸、速度等）与电磁量（场强、极化、波速、阻抗）联系起来；或者将介质的非电磁性质（湿度、密度等）与介质的电磁性质（介电常数、磁导率等）联系起来。常见的微波传感器有微波测湿传感器、微波测厚传感器、微波测距传感器、微波物位和液位传感器、微波多普勒测速传感器等。照明系统常用的是微波多普勒测速传感器。微波多普勒测速传感器利用多普勒频移原理检测运动物体，同时包含一个微波（毫米波）发射器和一个接收器。利用微波的反射特性，当反射波投射到运动物体上时，反射波或散射波的频率由于多普勒效应而发生变化；将发射波与反射波混频，取出频差，即可检测运动物体的运动状态^[5]。

3.2.2 性能要求

根据应用，应要求满足检测不同类型人体动作的能力：

- a) 较大运动：例如人体室内行走等；
- b) 一般运动：例如人体坐姿情况下伸展手臂等；
- c) 精细运动：例如阅读时翻书等；
- d) 极精细运动：例如电脑前敲击键盘/呼吸、心跳。

3.2.3 安装要求

占位传感器可以和灯具集成在一起，安装在天花板上，占位传感器还可以是独立的传感器或和其他的传感器比如照度传感器集成在一起，可以安装在天花板上或墙面上^[4]。

占位传感器独立安装在天花板上或墙面上时，可以采用紧贴安装或嵌入式安装；如和灯具集成（与灯具电源连接）可以采用连接器方式连接，如采用 Zhaga book 20 连接方式等。

微波传感器可以安装在多功能路灯的灯杆上部或者挑臂上。

3.2.4 应用场景

占位传感器的类型和应用场景见表 1。

表 1 占位传感器的类型和应用场景

占位传感器类型	应用场景
被动红外	• 适用于无遮挡的封闭空间 • 不适用于人员移动较少的空间
超声波	• 适用于带隔断的空间 • 不适用于强对流或移动机械的空间 • 适用于无界空间
被动红外+超声波	• 人员移动较少的空间的最佳选择 • 不适用于强对流或移动机械的空间 • 适用于无界空间
被动红外+声学	• 可作为感测空间占空情况的第二传感器

3.3 烟雾传感器

3.3.1 工作原理

火灾的起火过程一般都伴有烟、热、光三种燃烧产物。在火灾初期，由于温度低，物质都处于阻燃阶段，所以会产生大量烟雾，是早期火灾的重要特征之一。通过烟雾传感器监测烟雾的浓度可以实现火灾防范。

常用的烟雾探测方式有离子感烟探测、光电感烟探测方式。离子感烟探测是，当没有烟雾时离子能到达对面电极，内、外电离室电压、电流平衡；有烟雾进入外电离室，烟雾阻挡了离子到达对面电极，外电离室电场失去平衡，报警器探测到后发出警报。光电式感烟探测器主要利用红外线探测，分前向反射式、后向反射式。

3.3.2 性能要求

- 工作电压： $5.0\text{ V} \pm 0.2\text{ V}$ （DC）；
- 报警时间：即时；
- 报警方式：声光报警。

3.3.3 安装要求

集成于灯具上、开关面板上或独立安装于天花板上。安装有烟雾传感器的集成式面板灯示例如图 7 所示。



图7 安装有烟雾传感器的集成式面板灯

3.3.4 应用场景

用于检测发生火灾时的烟雾，及时发出报警。

3.4 生命体征传感器

3.4.1 工作原理

采用微波毫米波雷达或无线通信信道监测技术，在不与人体进行任何接触的情况下，对人体的姿态、呼吸频率、心率进行实时健康监测。产品数据自动上传，亲人或者医护人员可以通过手机终端或设定终端对其健康数据实时查询。

功能性能及特点：

- a) 采用微波毫米波雷达、通信信道监测及信号处理技术，实现非接触式（近感式）测量人体姿态、呼吸、心跳和体温参数；
- b) 内嵌在灯具中安装于病房或家中实时监控病人或老人的生命状况；可通过毫米波传到 Wi-Fi 模块、手机终端等实现远距离实时监测生命体征；
- c) 通过设置阈值报警，对住院病人以及空巢老人提供更好地保护和更加及时的帮助；
- d) 解决不便、不能、不愿使用穿戴式生命体征传感器或因偶然因素掉落从而使得接触式的监测仪失去作用等问题，为我国智慧病房和智能养老监控提供了一种有效手段；
- e) 与传统传感器信息融合，实现实时监测老人或病人其他参数（如血压、血糖、运动状态（防跌倒）、位置（实时定位）等参数）；
- f) 最大功率密度仅为手机的三分之一。

3.4.2 性能要求

符合医学监控监测指标要求。

3.4.3 安装要求

集成在灯具内部，或独立安装于没有遮挡的天花板或墙面。

3.4.4 应用场景

可集成于灯具内，通过电路的设置使传感器一直处于通电状态对房间进行扫描，一方面实现有无外来入侵、有无人员活动、对病人或老人生活中的数据进行监测，同时另一方面相对于视频监控能更好保护了用户的隐私。尤其适合于独居老人的生活场所以及结合 AI 技术的智慧养老应用。

4 与室外照明相关的传感器

4.1 温湿度传感器

4.1.1 工作原理



图8 小型气象站示意图

如图8所示，室外小型气象站采集系统有风速传感器、风向传感器、温湿度传感器、雨雪传感器、PM2.5传感器构成，室外温湿度传感器核心部分由一组高度集成的温湿度传感器芯片组成。

温湿度传感器一般由温度和湿度两部分集成而成。温度传感器工作原理是利用电阻在不同温度下呈现不同电阻值，通过将该电阻值变换为 $0\text{ V} \sim 5\text{ V}$ 的信号电压，经过 A/D 转换由采集器接收，然后由采集器传送给芯片进行换算为温度值。湿度传感器是利用电容式湿度测量换能器将测量环境中气体的水分子含量转换为电信号进行处理和显示。

4.1.2 性能要求

用于多功能路灯的温湿度传感器有如下要求：

- a) 温度测量范围： $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 温度精度： $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- c) 湿度量程：相对湿度 $0\% \sim 100\%$ ；
- d) 湿度精度：相对湿度 $\pm 4.5\%$ 。

4.1.3 安装要求

安装在空气流通处，安装处避免被阳光直射，远离热源设备，安装高度 1.5 m 以上。

4.1.4 应用场景

智慧照明、智慧农业、智能家电/安防、智慧城市智能消防控制系统、气象和环保监测。

4.2 PM2.5 传感器

4.2.1 工作原理

红外散射式：LED 发射出光线遇颗粒物产生散射光，接收传感器检测到散射光的光强，输出信号，通过光强大小判断颗粒物的浓度；激光散射式：激光器发射出光线遇颗粒物产生散射光，接收传感器检测到散射光的光强，输出信号，通过光强大小判断颗粒物的浓度。

4.2.2 性能要求

用于多功能路灯的 PM2.5 传感器有如下要求：

- a) 测量范围：0 ug ~ 999 ug；
- b) 测试误差：±10% (100 ug ~ 999 ug)，±10 ug (小于 100 ug)；
- c) 响应时间：<10 s；
- d) 最小检感能力：0.3 μm；
- e) 工作温度：-20 ℃ ~ +50 ℃；
- f) 工作湿度：相对湿度 0% ~ 90%。

4.2.3 安装要求

出风口周围 2 cm 之内无遮挡，距地面高度不低于 2 m，在监测点周围，不应有障碍物阻碍环境空气的流通。

4.2.4 应用场景

公共场所的空气质量监测、环保监测、污染物快速定位系统。

4.3 风速风向传感器

4.3.1 工作原理

通过风速风向传感器将风速大小转换为电压信号，其值与来流风速的大小成一种函数关系，再由 A/D 转换芯片和运算放大器将这两个模拟信号转换为数字信号，由单片机为主控单元的发射机读入并进行处理，然后，单片机把处理完的数据包通过无线模块发送给接收机，接收机以无线模块进行接收，接收机分析采集到数据，进行记录、保存、显示。

4.3.2 性能要求

- a) 风向性能：
 - 测量范围：0° ~ 360°；
 - 精确性：± 3°。
- b) 风速性能：
 - 测量范围：(0~60) m/s；
 - 精确性：±0.3 m/s 或 ±3% (0 m/s~30 m/s)，±5% (>35 m/s) RMS。
- c) 整体性能：
 - 工作湿度范围：相对湿度 0% ~ 100%；
 - 工作温度范围：-40 ℃ ~ 60 ℃ (标准)，-50 ℃ ~ 80 ℃ (扩展)。

4.3.3 安装要求

- a) 抱箍式安装；为正确显示风向，传感器必须按顶端 N 指示方向朝北排列；
- b) 安装高度距地面至少 1.5 m；
- c) 传感器周围应空旷。

4.3.4 应用场景

智慧照明、风能发电、智慧农业、远洋航海和气象监测。

4.4 雨量传感器

4.4.1 工作原理

雨量传感器大多是光学式传感器。光学式传感器是根据光的折射原理工作的。在光学式传感器中有一个发光二极管，它发出一束锥形光线，这束光穿过前面玻璃。当前面玻璃上没有雨水、处于干燥状态的时候，几乎所有的光都会反射到一个光学传感器上，当下雨的时候，挡风玻璃上会存有雨水，一部分光线就会偏离，这就造成了传感器接收到光的总量的变化，从而检测到了雨水的存在。光学式传感器能够接收反射光的面积越大，得到的信息就越详尽。光学式传感器十分精确，甚至有可能准确地判断出落在被感应区域上的雨点数目。

4.4.2 性能要求

- a) 分辨率：0.2 mm；
- b) 工作湿度范围：相对湿度 0% ~ 100%；
- c) 工作温度范围：-40 °C ~ 60 °C；
- d) 雨量强度：大于 10 mm。

4.4.3 安装要求

- a) 安装高度距地面至少 1.5 m；
- b) 传感器周围应空旷。

4.4.4 应用场景

气象台（站）、水文站、农林、国防等有关部门用来遥测液体降水量、降水强度、降水起止时间。雨量传感器暗藏在前风挡玻璃后面，它能根据落在玻璃上雨水量的大小来调整雨刷的动作，因而大大减少了开车人的烦恼。

4.5 噪声传感器

4.5.1 工作原理

噪声传感器，也称之为声强（声音）传感器，该传感器利用内置一个对声音敏感的电容式驻极体话筒。声波使话筒内的驻极体薄膜振动，导致电容的变化，而产生与之对应变化的微小电压。这一电压随

后被转化成 $0\text{ V} \sim 5\text{ V}$ 的信号电压，经过 A/D 转换被数据采集器接收，并传送给计算机。声强传感器能显示声音强度大小也能研究声音波形。

4.5.2 性能要求

用于多功能路灯的噪声传感器有如下要求：

- a) 测量误差： $\pm 1.5\text{ dB(A)}$ ；
- b) 测量范围： $30\text{ dB(A)} \sim 130\text{ dB(A)}$
- c) 采样速率：1 秒/次
- d) 温度范围： $-30\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$
- e) 测量精度： 1.5 dB(A)
- f) 分辨率： 0.1 dB(A)

4.5.3 安装要求

安装在灯杆 1.2 m 以上高度。

4.5.4 应用场景

图书馆、教室、景区、园区、多功能灯杆等

4.6 图像传感器

4.6.1 工作原理



图9 图像传感器^[3]

多功能路灯用的图像传感器或网络摄像机，一般用于人头识别，车辆识别等，以统计照明节点系统视觉覆盖范围内的移动人群或者车辆的数量，如图9所示。

人头检测指的是根据输入图像中所有人体头部的分布位置和大小，提取所需要的信息，便于实现对相关人体目标的跟踪、识别、分析等操作。在行人检测识别的过程中，人的肢体运动普遍具有不规律性，相对来说只有人头的变化较小。且由于摄像监控的距离和角度等因素，往往只能获得部分人体头部信息，无法获取图像中的完整人脸，这时需要依靠头部检测方法取代人脸检测对人体进行跟踪和定位。人体头部检测的目标就是在图像序列中搜索并定位人体头部位置。由于人体头部检测技术在计算机视觉领域的重要性和一些工程项目中的普遍需求，因此在远距离、多角度拍摄的图像视频中，通常会采用头部特征提取和检测的方法。

头部检测技术主要包括特征提取和特征检测。头部特征主要由头顶轮廓特征、头发颜色特征、面部

皮肤特征组成,特征的选取应当取决于图像中人头的距离、角度、清晰度等。在实际应用中,由于检测目标在图像中的位置、方向和姿势都是动态的,遮挡条件和光照条件也并不是静止不变的,所以进行头部检测有一定的难度。

可以采用帧间差灰度的方法来处理视频,差分图像,对得到的图像进行二值化处理,可以较好地保留头部特征信息,去掉其他大部分的身体干扰信息。对二值化后的黑白图像进行过滤,可以得到更清晰、更饱和的身体轮廓信息。然后细化图像,提取出身体骨架轮廓。最后对图像采用 Hough 变换进行人头边缘轮廓检测,统计出图像中的人数。

4.6.2 性能要求

- a) 分辨率: 720p 以上;
- b) 环境照度适应性: 0.5 lx 以上;
- c) 最大亮度等级: 10 级以上;
- d) 几何失真: 少于 5%。

4.6.3 安装要求

焦距处于最佳聚焦状态。

4.6.4 应用场景

用于户外环境和状况的监控。比如道路占用情况,非法停车监控等。

4.7 RFID 传感器

4.7.1 工作原理

RFID (Radio Frequency Identification, 射频识别技术), 又称电子标签、射频标签, 是利用射频方式进行非接触式双向通信数据交换, 无需识别系统与特定目标之间建立机械或光学连接。最基础的 RFID 系统是由标签、阅读器和天线三部分组成^[6], 如图 10 所示。



图 10 RFID 基础系统

RFID 利用天线发送和接收信号自动识别标签, 得到标签附着物体信息。阅读器通过自身天线发送信息, 标签天线将收到的信息传输给芯片。芯片利用标签天线将返回信息传输给阅读器, 它将收到的信息处理后得到标签信息。信号传输过程中, 天线的性能决定了 RFID 系统的读取能力。

- a) 阅读器: 读/写标签信息的设备, 它通过控制自身的射频模块产生连续波的射频调制信号, 传输调制信号给标签, 并接收标签返回的信号进行解调。根据灵活性, 将其分为手持式和固定式阅读器。手持式阅读器的体积较小, 移动方便, 但是其读取标签距离较近。固定式阅读器

的体积较大，移动不便，然而其读取标签距离较远；

- b) 标签：由标签芯片组成。当收到的调制信号的能量大于标签芯片阈值功率时，标签芯片被唤醒，并对收到的信号做出对应的响应，将标签信息调制后反向散射回阅读器。不同标签被赋予一个电子编码(Electronic Product Code, EPC)，用于识别附着物体。标签分为三种：无源、半有源和有源标签；
- c) 天线：阅读器与标签相互收发信号的器件。阅读器天线功能是发送调制信息和接收散射回的调制信息；标签天线功能是发送自身的调制信息和接收阅读器发送的调制信息。

RFID 的工作原理：首先，阅读器向自由空间中发射“询问”信号，激活在可识别距离范围内的标签。标签天线把接收的功率传递给芯片，它被唤醒。其次，阅读器开始发送调制信号，标签接收到调制信号后，标签芯片对信号解调，根据信号指令通过标签天线发射“应答”信号，阅读器通过接收到的标签应答信号来获取标签携带的信息，从而识别标签附着的目标对象^[7]。

4.7.2 性能要求

a) 阅读器：

- 识别方式：全向识别；
- 信号调制方式 GFSK；
- 通信速率：1 Mbit/s；
- 最大灵敏度：-90 dbm；
- 通讯接口：NET\RS485；
- 天线增益：2 dBi，双极化；
- 工作电压：DC 9-15 V。

b) 标签：

- 识别速度：200 km/h；
- 识别方式：全向识别；
- 识别能力：具备 200 张/秒的防冲突性能；
- 通讯机制：基于 HDLC 时分多址和同步通信机制；
- 抗干扰性：频道隔离技术，多个设备互不干扰；
- 安全性：加密计算与安全认证，防止链路侦测；
- 封装特性：ABS 工程塑料，抗高强度跌落与振动。

4.7.3 安装要求

阅读器安装方式：壁挂式；标签安装方式：腕带、卡扣等。

4.7.4 应用场景

多功能杆上集成 RFID 阅读器，可实现巡逻打卡、人员考勤、室内跟踪管理、灯杆周边固定资产管理、智能交通停车场车辆管理等应用。

4.8 门磁传感器

4.8.1 工作原理

门磁是由干簧管和永磁块两部分组成，一般分为 NC-常闭型、NO-常开型，当磁体与干簧管的距离保持一定范围内时，干簧管处于闭合/断开状态，一旦磁体与干簧管分离的距离超过一定范围时，干簧管就会断开/闭合。

4.8.2 性能要求

- a) 工作距离：15 mm $\pm$ 5 mm；
- b) 工作温度：-30 $^{\circ}\text{C}$ $\sim$ 60 $^{\circ}\text{C}$ ；
- c) 使用寿命：100 万次。

4.8.3 安装要求

- a) 磁铁和干簧管对齐平行安装，安装间距不大于 10 mm；
- b) 避免周围有强磁场，大电流环境中使用磁控开关。

4.8.4 应用场景

多功能灯杆、照明配电柜安全检测。

4.9 水浸传感器

4.9.1 工作原理

接触式水浸探测器，利用液体导电原理进行检测。正常时两极探头被空气绝缘；在浸水状态下探头导通，传感器输出干接点信号。当探头浸水高度约 1 mm 时，即产生告警信号。本产品采用挂重设计，便于部署。

非接触式水浸探测器，利用光在不同介质截面的折射与反射原理进行检测。塑料半球内放置有 LED 和光电接收器，当探测器置于空气中时，因全反射，绝大部分 LED 光子被光电接收器接收；当靠近半球表面时，由于光的折射，光电接收器接收到的 LED 光子将会减少，从而输出也发生改变。适合于部署在一般腐蚀导电液体泄露地点。

4.9.2 性能要求

- a) 工作温度：0 $^{\circ}\text{C}$ $\sim$ 50 $^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 工作湿度：相对湿度 20% $\sim$ 100%；
- c) 误报率： $\leq 0.1\%$ ；
- d) 静态功耗： $\leq 0.5\text{ W}$ ；
- e) 供电电压：DC 12 V/24 V（可选）；
- f) 功耗： $\leq 2\text{ W}$ ；
- g) 工作温度：-20 $^{\circ}\text{C}$ $\sim$ +60 $^{\circ}\text{C}$ 。

4.9.3 安装要求

应放置在易浸水区域之内。

4.9.4 应用场景

在特殊区域，如低洼区域、雨水多城市等，为防止因积水过多而造成不必要的损失，需要增加水浸传感器。通过 RS485 或者开关量信号接入多功能杆智能网关。

地下管网系统、城市综合管廊、智能楼宇卫生间、茶水间、数据中心机房、电力配电室、变电站、仓库、档案馆、半导体厂房等。水浸传感器还可用于监测雨水的水浸情况，园林绿化工程中水浸传感器用于植物种植的雨水浸泡监测，并远程监控查看水浸情况，方便定时花草浇水。

4.10 位移传感器

4.10.1 工作原理

位移（距离）传感器是一种利用超声波测量物体距离的传感器，主要用来测量运动物体的位置随时间变化的规律，使用它可以完成多种运动学和动力学物理实验。

该传感器内部有一个超声波发射器和接收器，该传感器先发出一个超声波脉冲，在空气中和运动物体一块运动，发出的超声波被被测物体反射回来后由接收器接收，然后传感器内的处理器将根据时差和声速来计算被探测物体的距离。结果将被转换为电信号，然后被数据采集器转化为合适的距离数据传送给系统。

4.10.2 性能要求

- a) 量程：0.4 m~8 m；
- b) 分辨率：1 mm。

4.10.3 安装要求

传感器有约 0.4 cm 的探测盲区，被测物体应处于盲区之外。

4.10.4 应用场景

监控道路的车速。

4.11 倾斜传感器

4.11.1 工作原理

理论基础是牛顿第二定律：根据基本的物理原理，在一个系统内部，速度是无法测量的，但却可以测量其加速度。如果初速度已知，就可以通过积分算出线速度，进而可以计算出直线位移，所以它其实是运用惯性原理的一种加速度传感器。当倾角传感器静止时也就是侧面和垂直方向没有加速度作用，那么作用在它上面的只有重力加速度。重力垂直轴与加速度传感器灵敏轴之间的夹角就是倾斜角了。一般意义上的倾角传感器是静态测量或者准静态测量，一旦有外界加速度，那么加速度芯片测出来的加速度就包含外界加速度，故而计算出来的角度就不准确了，因此，现在常用的做法是增加 MEMS 陀螺芯片，并采用优先的卡尔曼滤波算法。加速度 3 个轴，陀螺仪 3 个轴，所有这里产品也叫 6 轴或 VG (vertical gyro)。

4.11.2 性能要求

- a) 供电电压: DC 12 V/24 V (可选);
- b) 分辨力: 0.02° ;
- c) 最高精度: 0.2° ;
- d) 量程: $\pm 90^{\circ}$;
- e) 防水等级: IP67;
- f) 输出方式: RS485;
- g) 工作温度: $-40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ 。

4.11.3 安装要求

保证传感器安装面与被测面完全紧靠,被测量面要尽可能水平,不能出现与水平面的夹角。安装时应保持传感器底边线与被测物体转动轴线平行或正交,传感器的安装面与被测量面必须固定紧密、接触平整、转动稳定,要避免由于加速度、振动产生的测量误差。

4.11.4 应用场景

通过在多功能杆上加装倾斜传感器,可对灯杆是否倾斜、倾斜角度进行检测。通过把静态重力场的变化转换为倾角变化,以数字方式直接输出水平倾角数值。

4.12 漏电检测传感器

4.12.1 工作原理

漏电检测使用零序电流互感器,其基本原理是基于霍夫电流定律:流入电路中任一节点的复电流的代数和等于零。在线路与电气设备正常的情况下,各相电流的矢量和等于零,因此,零序电流互感器的二次侧绕组无信号输出,执行原件不动作。当发生接地故障时的各相电流的矢量和不为零,故障电流使零序电流互感器的环形铁芯中产生磁通,零序电流互感器的二次侧感应电压使执行元件动作,带动脱扣装置,切换供电网络,达到接地故障保护的目的。

4.12.2 性能要求

- a) 电压等级: 0.66 kV;
- b) 频率范围: 50/60 Hz;
- c) 耐压等级: $1/2$ kV;
- d) 精度等级: 1 级;
- e) 阻燃特征: UL94-V0;
- f) 防护等级: IP20;
- g) 工作温度: $-25^{\circ}\text{C} \sim +75^{\circ}\text{C}$;
- h) 安装方式: 椭圆形开口闭合式。

4.12.3 安装要求

采用卡扣式安装，方便简单。

4.12.4 应用场景

随着多功能杆的广泛应用，路灯杆必须 24 小时不间断带电。为了加强用电安全管理，及时排除安全隐患，防范用电安全事故，保障人民生命财产安全。增加漏电检测传感器，通过智能网关采集电流信号进行数据分析，及时把漏电流告警上报给管理人员。

5 传感器的相关标准

传感器的相关标准见表2，可以分为术语标准、总则和分类标准、接口标准、计量标准、光学相关标准和占位/红外相关标准等。

表 2 传感器的相关标准

标准类别	标准号	标准名称
术语	GB/T 7665-2005	传感器通用术语
	GB/T 30269.2-2013	信息技术 传感器网络 第 2 部分术语
	GB/T 33905.3-2017	智能传感器 第 3 部分：术语
总则和分类	GB/T 33905.1-2017	智能传感器 第 1 部分：总则
	GB/T 7666-2005	传感器命名及代码
	GB/T 36378.1-2018	传感器分类与代码 第 1 部分：物理量传感器
	GB/T 34069-2017	物联网总体技术 智能传感器特性与分类
	GB/T 20521-2006	半导体器件 第 14-1 部分：半导体传感器-总则和分类
接口	GB/T 30269.701-2014	信息技术 传感器网络第 701 部分：传感器接口：信号接口
	GB/T 30269.804-2018	信息技术 传感器网络 第 804 部分：测试：传感器接口
	GB/T 30269.1001-2017	信息技术 传感器网络 第 1001 部分：中间件：传感器网络节点接口
	GB/T 30269.401-2015	信息技术 传感器网络 第 401 部分：协同信息处理：支撑协同信息处理的服务及接口
	GB/T 30269.702-2016	信息技术 传感器网络 第 702 部分：传感器接口：数据接口
	GB/T 34068-2017	物联网总体技术 智能传感器接口规范
计量	JJG 245-2005	光照度计检定规程
	JJG 134-2003	磁电式速度传感器检定规程
	JJG 188-2017	声级计
	JJG 391-2009	力传感器检定规程
	JJG 624-2005	动态压力传感器检定规程
	JJG 632-1989	动态力传感器检定规程

表2 传感器的相关标准(续)

标准类别	标准号	标准名称
计量	JJG 644-2003	振动位移传感器检定规程
	JJG 669-2003	称重传感器检定规程
	JJG 846-2015	粉尘浓度测量仪
	JJG 860-2015	压力传感器(静态)检定规程
	JJF 1076-2001	湿度传感器校准规范
	JJF 1305-2011	线位移传感器校准规范
	JJF 1352-2012	角位移传感器校准规范
	JJF 1453-2014	角运动传感器(角冲击绝对法)校准规范
	JJF 1469-2014	应变式传感器测量仪校准规范
	JJF 1560-2016	多分量力传感器校准规范
	JJF 1863-2020	声发射传感器
	JJF 1871-2020	磁电式转速传感器
可靠性	GB/T 34071-2017	物联网总体技术 智能传感器可靠性设计方法与评审
光学相关	GB/T 33702-2017	光电式日照传感器
	QC/T 1039-2016	汽车空调用阳光传感器
	IEC 62386-304:2017	数字可寻址照明接口 第304部分:输入设备的特殊要求 光感应器
	GB/T 33702-2017	光电式日照传感器
占位/红外相关	GB 10408.5-2000	入侵探测器 第五部分:室内用被动红外线探测器
	GB 10408.6-2009	微波和被动红外复合入侵探测器
	GB/T 31355-2014	包装件和容器水蒸气透过性测试方法 红外传感器法
	IEC 62386-303:2017	数字可寻址照明接口 第303部分:输入设备的特殊要求 占位传感器
	JB/T 11624-2013	热释电红外传感器
	JG/T 310-2011	人行自动门用传感器
气体相关	GB/T 34004-2017	家用和小型餐饮厨房用燃气报警器及传感器
	JB/T 13999-2020	电化学 VOCs 气体传感器
温湿度相关	GB/T 15768-1995	电容式湿敏元件与湿度传感器总规范
	GB/T 30412-2013	塑料薄膜和薄片水蒸气透过率的测定 湿度传感器法
PM2.5 相关	HJ 618-2012	环境空气质量 PM2.5&PM10 测定 重量法
	HJ 93-2013	环境空气颗粒物(PM10&PM2.5)采样器技术要求及检测方法
	HJ 653-2013	环境空气颗粒物(PM10&PM2.5)连续自动监测系统技术要求及检测方法
	HJ 655-2013	环境空气颗粒物(PM10&PM2.5)连续自动监测系统安装和验收技术规范
雨量相关	GB/T 21978.2-2014	降水量观测仪器 第2部分:翻斗式雨量传感器
声学相关	GB/T 3785.1-2010	电声学 声级计 第1部分:规范
	GB/T 3785.2-2010	电声学 声级计 第2部分:型式评价试验
图像相关	SJ/T 11539-2015	接触式图像传感器通用规范

表 2 传感器的相关标准（续）

标准类别	标准号	标准名称
MEMS 相关	GB/T 35086-2018	MEMS 电场传感器通用技术条件
力学相关	GB/T 15478-2015	压力传感器性能试验方法
	GB/T 20522-2006	半导体器件 第 14-3 部分：半导体传感器-压力传感器
	GB/T 33010-2016	力传感器的检验
	GB/T 15478-2015	压力传感器性能试验方法
	GB/T 28855-2012	硅基压力传感器
	GB/T 28854-2012	硅电容式压力传感器
	GB/T 26807-2011	硅压阻式动态压力传感器
	JB/T 12240-2015	无线传感器网络节点型压力传感器
	JB/T 7482-2008	压电式压力传感器
	JB/T 6170-2006	压力传感器
	JB/T 9451-2017	大气压力传感器 试验导则

6 传感器的发展趋势

6.1 小型化

随着灯具紧凑性和复杂性的增加，灯杆的多功能化，需要传感器小型化以满足用户新的需求，使传感器可以安装在狭窄空间中。

6.2 远程化

考虑到高天棚和户外的应用场景，需要检测距离更长。

6.3 节能化

节能化是趋势，低能耗的传感器提供更广泛的应用。

6.4 集成化

为了探测更多的环境信息，集成化的传感器更符合需求。

6.5 标准化

为了安装方便，尤其是室内照明传感器会定义标准化安装方式。

6.6 智能化

传感器作为照明网络环境感知层，收集到环境信息，具备网络连接的能力，将数据传输到数据分析平台进行分析，还需要和照明设备进行联动。随着嵌入式技术、集成电路技术和微控制器的引入，使传感器与 DSP、SoC 结合成为硬件和软件的结合体具备边缘计算能力，具有自我诊断，提供状态指示反馈、处理环境信息等功能。

附录 A

(资料性)

传感器产业现状

随着科学技术的发展,物联网已成为当前世界新一轮经济和科技发展的战略制高点之一,发展物联网对于促进经济发展和社会进步具有重要的现实意义。传感器作为物联网的感知前端,在物联网产业的发展中有着极其重要的作用。

传感器是电子信息装备制造业中的基础类产品,是重点发展的新型电子元器件中的特种元器件。传感器产业作为国内外公认的具有发展前途的高技术产业,以其技术含量高、经济效益好、渗透能力强、市场前景广等特点为世人瞩目。在蓬勃发展的电子信息产业市场的推动下,我国传感器已形成了一定的产业基础,并在技术创新、自主研发、成果转化和竞争能力等方面有长足进展,为促进国民经济发展做出了重要贡献。

从全球来看,2018 年全球传感器行业市场规模突破 2000 亿美元,预估 2019 年达到 2256 亿美元,同比增长 10%,预计到 2025 年,全球传感器规模将达到 3200 亿美元左右。

中国传感器市场近几年一直持续增长,2018 年传感器市场规模达到 1472 亿元,2019 年市场规模达到 1678 亿元,同比增长 14%,预计到 2025 年,中国传感器市场的规模将超过 2700 亿元,是 2019 年的 2 倍左右。但存在技术水平总体较低,高端产品严重依赖进口等问题。

目前,全世界约 40 个国家从事传感器的研制、生产和应用开发,研究机构 6000 余家。其中美、日、德等国实力较强,产品门类繁多,各种产品累计 2 万余种。全球著名的公司包括霍尼韦尔、意法、飞思卡尔、博世等,如表 A.1 所示。

我国传感器产业已由仿制、引进逐步走向自主设计、创新发展阶段,国内传感器及芯片厂商快速发展,基本掌握了中低端传感器研发的技术,并向高端领域拓展,产生了包括华工科技、大立科技、歌尔声学、瑞声声学、广陆数测、汉威电子、航天机电、美新半导体、中航电测、格科微电子、昆仑海岸、青鸟元芯、华润半导体等一批传感器龙头企业,特别是在声波传感器等领域有所突破,已开始在中高端传感器上取得一定进展。国内主要传感器制造企业及其涉及领域如表 A.2 所示^[1]。

表 A.1 全球著名传感器厂商、产品类型及应用领域

厂商	产品类型	应用领域
霍尼韦尔	压力、温度、湿度、红外、超声波、磁阻、霍尔、 电流传感器	航空航天/国防、交通运输、医疗以及工业领域
意法	压力、加速度传感器、MEMS 射频器件、陀螺仪	汽车电子、工业控制、医疗电子、消费电子、 通讯、计算机
飞思卡尔	加速度、压力传感器	汽车电子、消费电子等领域
博世	压力、加速度、气体传感器、陀螺仪	汽车电子、消费电子（全球最大的 MEMS 传感器 制造商）
PCB	加速度、压力、力、扭矩传感器	航空、航天、船舶、兵器、核工业、石化、水 力、电力、轻工、交通和车辆等领域
ABB	容性、电流、感性、光电、超声波、电压传感器	电流电压测量、电力、动力机车
Vishay	称重传感器	工业称重
HBM	力、扭矩、位移、称重传感器	工业生产监控
MEAS	压力、位移、角位移、霍尔、磁阻、加速度、振 动、湿度、温度、液体特性、红外、光电、压电 薄膜传感器	航天航空/国防、机械设备、工业自动控制、汽 车电子、医疗、空调、石油化工、气象检测
飞利浦	称重、温度传感器	工业、汽车

表 A.2 国内主要传感器制造企业及其涉及领域

传感器企业	主营传感器产品或领域
高德红外	红外热成像仪
科陆电子	电力传感器
瑞声声学	MEMS 麦克风
华工科技	汽车、家电用温湿度、雨量传感器
中航电测	板式传感器、不锈钢传感器、合金钢传感器、铝传感器、微型传感器
大立科技	红外热成像仪
航天机电	汽车用传感器
歌尔声学	MEMS 麦克风
汉威电子	气体传感器
广陆数测	激光位移传感器
美新半导体	加速度传感器
格科微电子	CMOS 图像传感器
昆仑海岸	压力传感器、液位传感器、温湿度传感器
青鸟元芯	MEMS 压力传感器、加速度传感器、温湿度传感器
杭州麦乐克	红外传感器
华润半导体	光敏传感器

参 考 文 献

- [1] 2014 年中国传感器产业发展白皮书[R]. 北京: 工业和信息化部电子科学技术情报研究所, 2014.
- [2] 王化祥, 张淑英. 传感器原理及其应用[M]. 天津: 天津大学出版社, 2016.
- [3] Robert Karlicek, Ching-Cherng Sun, Georges Zissis, et al. Handbook of Advanced Lighting Technology [M]. Switzerland: Springer International Publishing, 2017.
- [4] DiLaura D, House K, Mistrick R, et al. *The Lighting Handbook: Reference and Application* [M]. 10th ed. New York: The Illuminating Engineering Society of North America, 2011.
- [5] 李科杰. 新编传感器技术手册 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2002.
- [6] 郭小珊, 董世武, 李志, 等. RFID 传感器网络及其应用[J]. 湖北师范学院学报(自然科学版), 2011, 31 (2): 99-103.
- [7] 王博. 射频识别集成天线的关键技术研究 [D]. 西安: 西安电子科技大学, 2016.