

文章编号:1001-5078(2021)06-0797-05

· 光电技术与系统 ·

大流量人体红外测温筛查方法研究

何少杰¹, 胡月², 鹿玮¹, 田宇¹, 高延烁¹, 肖其宣¹

(1. 中国电子科技集团公司第十一研究所, 北京 100015; 2. 航天恒星科技有限公司, 北京 10094)

摘要:首先阐述了红外测温筛查的基本概念以及红外测温筛查设备的工作原理;然后针对实际使用中遇到的不足之处,提出了基于动态数据统计的大流量人群测温筛查方法;最后结合高分辨率、大视场的红外测温筛查设备在不同季节进行的实验和实际应用,验证了这种方法在大人流量的场景下的测温准确性。

关键词:红外测温筛查;动态数据统计;双光测温;宽工作温度;体表温度校正

中图分类号:TN219 **文献标识码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.1001-5078.2021.06.017

Research on the method of infrared temperature measurement and screening of human body with large flow

HE Shao-jie¹, HU Yue², LU Wei¹, TIAN Yu¹, GAO Yan-shuo¹, XIAO Qi-xuan¹

(1. The 11th Research Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Beijing 100015, China;
2. Space Star Technology Co., LTD, Beijing 100094, China)

Abstract: This article first describes the basic concepts of infrared temperature measurement and screening, the working principle of infrared temperature measurement and screening equipment. Then, in response to the shortcomings encountered in actual use, a temperature measurement method based on dynamic data statistics for large-flow crowds is proposed. Finally, combined with the experiments and practical applications of high-resolution, a large-field infrared temperature measurement and screening equipment with a combination of high resolution and large field of view, undergoes experiments and practical applications in all seasons. The accuracy of the temperature measurement with large flow of people is thus verified.

Keywords: infrared temperature measurement screening; dynamic data statistics; dual optical band temperature measurement; wide operating temperature; body surface temperature correction

1 引言

新型冠状病毒感染疫情从2020年1月底开始大面积爆发,该病毒传染性强,危险性高。1月底正值春运时期,返乡及回城旅客流量大、持续久,人员密集区域疫情防控压力大。在机场枢纽、火车站、客运站等人流密集地区,做好疫情初检工作,降低疾病传播风险,筛选出高温发热患者,是疫情防控的重要环节。基于红外测温的广域远距离大流量人群体温筛查设备在此次疫情防控中得到了广泛应用,并取得了一定的成效^[1]。本文针对现有红外测温筛查设备在实际应用中的不足,提出了基于动态数据统计的大流量人体红外测温筛查方法,并得到实际验证。

2 红外测温筛查原理

只要高于绝对零度的物体,都会向外辐射能量,其辐射能包括各种波长,其中波长范围在0.76~1000 μm之间的称为红外光波。红外光的物理特性具有很强的热效应,温度越高,发出的热辐射越强,

收稿日期:2020-12-02;修订日期:2021-01-13

这正是红外测温技术所感兴趣的。红外测温技术的理论基础是普朗克分布定律,该定律揭示了黑体辐射能量在不同温度下按波长的分布规律,其数学表达式为:

$$E_{b\lambda} = \frac{c_1 \lambda^{-5}}{e^{c_2/\lambda T} - 1} \quad (1)$$

式中, $E_{b\lambda}$ 为黑体光谱辐射通量密度, $\text{W} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \mu\text{m}^{-1}$; c_1 称为第一辐射常数, $c_1 = 3.7415 \times 10^{-12} \text{W} \cdot \text{cm}^2$; c_2 称为第二辐射常数, $c_2 = 1.43879 \times 10^{-12} \text{cm} \cdot \text{K}$; λ 为光谱辐射的波长, μm ; T 为黑体的热力学温度, K 。

红外测温的基本结构包括:光学镜头和红外探测器。红外热像仪可以将接收到的红外波段的热辐射能量转换为电信号,经过放大、补偿,AD 转换后成为数字信号,在显示器上通过图像显示出来。图像中的每一个点的灰度值与被测物体上该点发出并到达光电转换器件的辐射能量相对应。经过运算,就可以从红外热像仪的图像上读出被测物体表面的每一个点的辐射温度值,这是红外测温的基本原理^[2],如图 1 所示。

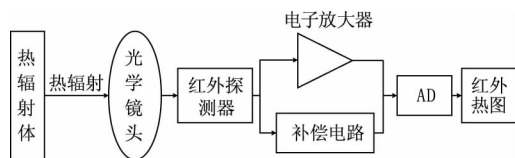


图 1 红外测温基本结构框图

Fig. 1 Structure of Infrared temperature measurement device

为了提高测温准确性,目前红外测温筛查设备多与可见光人脸识别、目标检测技术相结合:在可见光图像下检测人脸区域,采用基于 Faster-RCNN、YOLO 系列等深度学习算法,增强数据集的适用性,提高对非正脸、戴口罩的脸的检测准确性和检测速度。利用 PNN、LVQ 网络进行人脸朝向识别,对人脸候选框进行朝向判断,进一步确定人脸额头区域。可见光与热红外的图像配准部分,利用特征点匹配方法实现图像的精确配准,实时地将可见光图像的人脸额头区域映射到热红外图像上,有效地解决不同成像距离的图像配准偏差^[3]。最后根据预先设置的高温阈值,筛查人群中的疑似高温人员。如图 2 所示,红外测温筛查设备包括红外采集模块、可见光采集模块、计算处理模块和多媒体显示模块等四个部分。

相应的,如图 3 所示,红外测温筛查设备具有视频图像采集功能,包括获取人体红外热成像、人脸等图像信息,红外热成像图像中除了视频信号外还包含了温度帧,作为原始温度的输入;以及通过分析处理与显示功能,包括目标检测、温度分析和数据分析,并提供信息显示和存储功能,并能根据设定的温度阈值实现对疑似高温被测目标的自动报警。



图 2 红外测温筛查设备组成框图

Fig. 2 Composition of infrared temperature measurement device

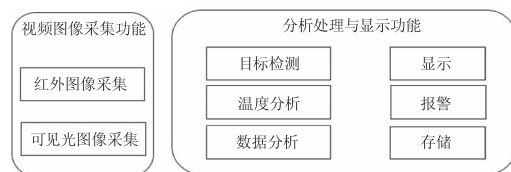


图 3 红外测温筛查设备功能模块图

Fig. 3 Function of the infrared temperature measurement device

3 红外测温筛查应用中的不足之处

红外测温筛查应用中存在的主要不足之处有:

1) 热像仪自身因温漂、环境温度、大气透过率等因素导致测温不准。

2) 热像仪视场中存在热力管、热饮、暖气等干扰热源导致测温结果偏高。

3) 热像仪与被测人员之间的距离引起的温衰问题,如在有效测温作用距离内,同一人员离热像仪越远测温结果越低。

4) 人体本身的生理特征导致的测温、预警不准,例如人员面部表面温度不等同于体温,此外人体温度会随环境、时间等因素的变化而变化,这对红外测温筛查设备判定某个人是否为疑似发烧人员都会带来困难。

上述不足中,前三个均存在有效的解决手段:

针对第一点,可通过优化红外测温筛查设备测温算法^[4-9]以及配套参考黑体的方法能够大大提升红外测温筛查设备的测温准确度,目前市面主流红外测温筛查设备的都能将测温误差控制在 $\pm 0.3 \text{ K}$ 以内(设定测温距离下)。

针对第二点,通过可见光人脸识别辅助确定热像仪测温范围的方法^[10],热像仪只测量人脸范围内的温度数值,能够有效排除干扰热源的影响。

针对第三点,可通过对被测目标光学测距方法得到被测目标距离,在对应的距离上通过距离-温度曲线做被测目标温度补偿修正^[10]。

本文重点论述第四个不足之处的解决方法。

本文采用的方法是用红外测温筛查设备在一小段时间内、相似场景下测得大量人员的额头温度,根据动态数据统计算法,将个人额头温度转换为正常人平均体温附近的某一温度,表示为该人的体温,人的正常体温范围为36~37℃^[11],我们取36.5℃为正常人的平均体温。为了统一名称,我们将转换前的红外测温筛查设备测得人员额头温度称为体表温度,转换后的温度为显示温度。具体转换方法在下一节介绍。

4 大流量人群测温筛查方法

首先,我们认为在一段时间内,红外测温筛查设备所处环境温度不会发生突变,且通过红外测温筛查设备的绝大多数人的体温是正常的,若某一个体温度与同一时段内的人员整体平均温度的差值超过一定值,我们判定该个体为疑似高温人员。我们记被检测人群中第 n 个被红外测温筛查设备测得的人员的额温为 $T_{表n}$,在其之前测得的50个人额温的平均值为 $\bar{T}_{表}$ 。

$$\bar{T}_{表} = \begin{cases} \frac{\sum_{n=50}^n T_{表n}}{50}, n \geq 50 \\ \frac{\sum_{n=1}^n T_{表n}}{n}, n < 50 \end{cases} \quad (2)$$

根据式(2),随着红外测温筛查设备持续工作,每新检测一名人员,动态更新一次平均值 $\bar{T}_{表}$ 。如果在一段时间内,检测人流量越大,样本越多,那么算的平均体温 $\bar{T}_{表}$ 更能反映当前时段的水平值,该水平值会随时间变化而动态跟新。由此,个体体温 $T_{n表}$ 与当下的平均体温 $\bar{T}_{表}$ 相比较是有意义的。另一方面,由于热像仪具备远距离、大视场成像,这使大流量人体测温得以实现。

其次,通过红外测温筛查设备的外置温度传感器测得的环境温度,通过将红外测温筛查设备测得的体表温度归一化为人体的在该环境温度下的体温数值,并将其呈现在温度显示界面上。由于红外测温筛查设备只能测得额头的表面温度,该数值受环境温度及测温距离影响,由于选用的红

外测温筛查设备已经给距离温衰作了温度补偿,因此须根据环境与体温的对应关系,将测得的第 n 名人员的额温近似归一化为体温 T_n ,即显示温度。转换公式如下:

$$T_n = T_0 + \frac{\Delta T}{b} \quad (3)$$

其中, $T_0 = 36.5^\circ\text{C}$; $\Delta T = T_{表n} - \bar{T}_{表}$ 。 $T_{表n}$ 为红外测温筛查设备测得的第 n 个人的额头体表温度; $\bar{T}_{表}$ 为该被测人员之前50个人的额温的动态平均值; b 为调节系数。根据多次测量经验,取 $b = 3.5$ 。

最后,结合双光成像、人脸识别、筛查,设备完整的工作流程如图4所示。

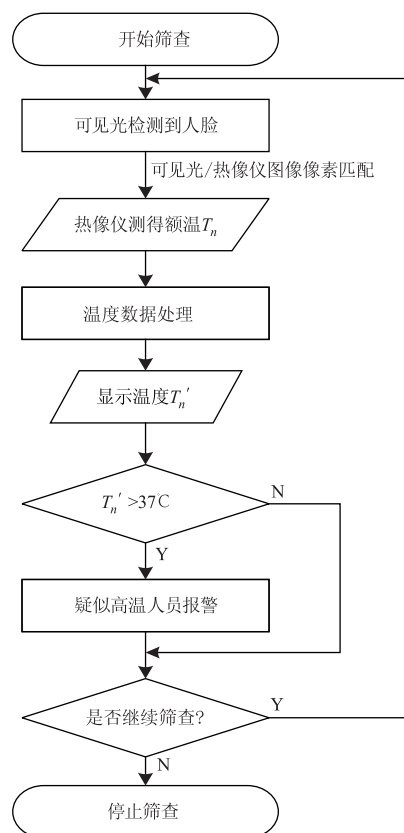


图4 红外测温筛查设备工作流程

Fig. 4 Procedure of the infrared temperature measurement

5 实验结果分析

本文选用中国电子科技集团公司第十一研究所研制的BOPCLU-640ST型人体红外测温传感器用作测温筛查设备,红外探测器采用 640×512 , $17\mu\text{m}$ 氧化钒探测器,红外光学视场达到 $31^\circ \times 25^\circ$,可实现大范围、大流量人员测温;同时配备1080P高清广角可见光摄像机用作人脸检测。实物如图5所示。



图5 红外测温筛查设备实际安装图

Fig. 5 Infrared temperature measurement equipment

通过红外测温筛查设备分别在冬季(2月,测试环境温度 16°C)和夏季(8月,测试环境温度 28°C)测得两组对比数据,被测人员距红外测温筛查设备均为 5 m ,红外测温筛查设备所有参数都一致,每组数据包含红外测温筛查设备测得额头体表温度、经数据处理后设备的显示温度以及被测人员的真实腋下温度(用腋下温度近似为人体温度)。其中冬季样本容量为201人次,夏季样本容量为204人次,具体如图6和7所示。

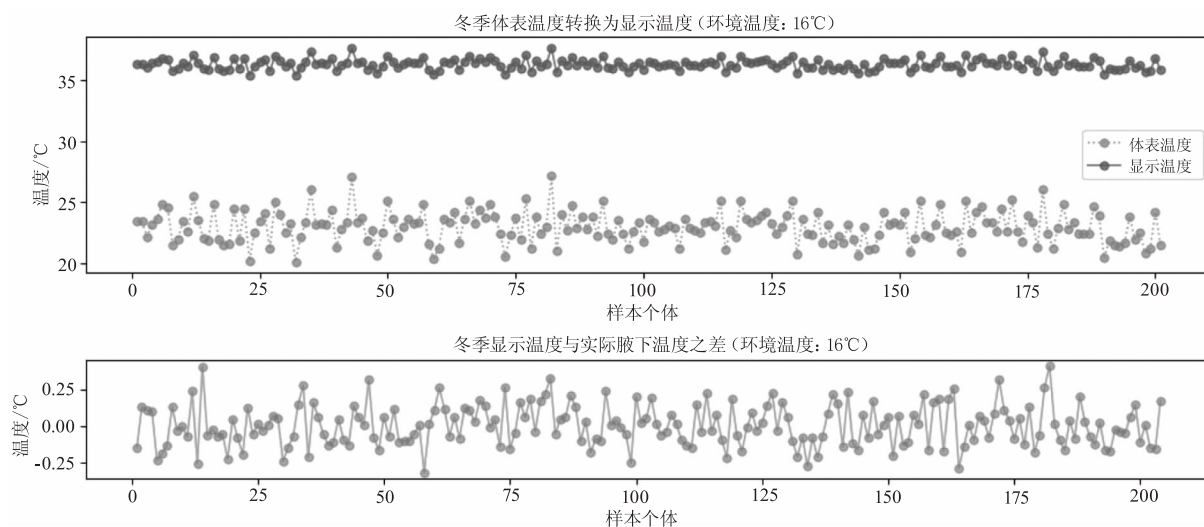


图6 冬季实验结果

Fig. 6 The results and deviation of body temperature by infrared temperature measurement in winter

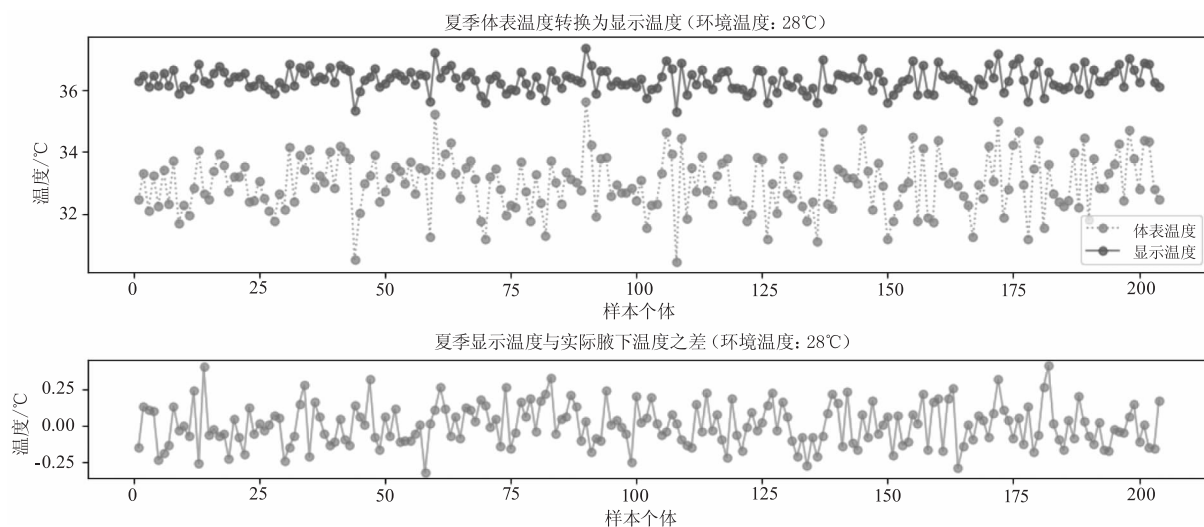


图7 夏季实验结果

Fig. 7 The results and deviation of body temperature by infrared temperature measurement in summer

从冬季和夏季的实验结果中可以看出:

1) 经过数据处理,红外测温筛查设备测得的额头体表温度均被线性转换到 36.5°C 附近,显示温度

符合体温读数习惯。

2) 每个被测人员的显示温度与真实腋下体温误差较小,且受环境温度变化影响较小。其中冬季

测温误差为: $0.12\text{ }^{\circ}\text{C}$ (RMS), 夏季测温误差为: $0.11\text{ }^{\circ}\text{C}$ (RMS)。能够满足实际应用需求。大流量场景下的实际应用如图 8 所示。



图 8 实际应用测温界面

Fig. 8 Application of the infrared temperature measurement system

6 结 语

本文针对红外测温筛查设备常见不足,提出了基于动态数据统计的大流量人群测温筛查方法,结合高分辨率、大视场的红外测温筛查设备,经过不同季节的实验和实际应用,验证了这种方法在大流量场景下的测温准确性。后续,我们将在此测温筛查设备的基础上形成区域联网,对重点区域形成人员体温常态化监测,为相关部门提供区域人员体温变化支撑。

参考文献:

- [1] 汪洪军,柏成玉,王景辉,等. 红外测温仪在应对新冠疫情中的应用[J]. 中国计量,2020,(5):17-20.
- [2] Sun Xiaogang, Li Yunhong. Review of the development of temperature measurement technology with infrared thermal imager[J]. Laser & Infrared, 2008, 38(2): 101-104. (in Chinese)
孙晓刚,李云红. 红外热像仪测温技术发展综述[J]. 激光与红外,2008,38(2):101-104.
- [3] Yuan Haoqi. The design of image fusion temperature detection system based on floating population[D]. Guangzhou:Guangdong University of Technology,2019. (in Chinese)
袁浩期. 基于图像融合的流动人群体温检测系统设计[D]. 广州:广东工业大学,2019.
- [4] Krzysztof Chrzanowski. Experimental verification of a theory of the influence of measurement conditions on temperature measurement accuracy with IR systems[J]. Applied Optics,1996,35(19):3540-3547.
- [5] Zhang Youwen, Zhang Caigen, Victor Klemas. Quantitative measurements of ambient radiation, emissivity, and truth temperature of a grey body: methods and experimental results[J]. Applied Optics,1986,25(20):3683-3689.
- [6] Zhang Caigen, Zhang Youwen. Effect of the circumstance radiation on the measurement of the target thermal radiation properties[J]. Acta Physica Sinica, 1981, 30(7): 953-961. (in Chinese)
张才根,张幼文. 环境辐射对目标热辐射特性测试的影响[J]. 物理学报,1981,30(7):953-961.
- [7] Fang Chunli, Yang Li, Hua Shunfang. Effect of the temperature of thermal detector on temperature measurement of uncooled infrared imager[J]. Infrared Technology, 2002,24(5):22-24,45. (in Chinese)
范春利,杨立,华顺芳. 热探测器温度对非制冷红外热像仪测温的影响[J]. 红外技术,2002,24(5):22-24,45.
- [8] Zhang Jian, Yang Li, Liu Huikai. Effect of environmental object on infrared temperature measurement[J]. Infrared Technology, 2005,27(5):419-422. (in Chinese)
张健,杨立,刘慧开. 环境高温物体对红外热像仪测温误差的影响[J]. 红外技术,2005,27(5):419-422.
- [9] Krzysztof Chrzanowski, Joachim Fischer, Robert Matyszkiewicz. Testing and evaluation of thermal cameras for absolute temperature measurement[J]. Optical Engineering,2000,39(9):2535-2544.
- [10] Peng Jun, Ji Gang, Zhang Yanhong, et al. Application of accurate face recognition and temperature measurement technology in epidemic prevention & control—a typical cases of public commercial precision identification technology[J]. Software Guide, 2020, 19(10): 8-14. (in Chinese)
彭骏,吉纲,张艳红,等. 精准人脸识别及测温技术在疫情防控中的应用——普利商用精准识别技术典型案例[J]. 软件导刊,2020,19(10):8-14.
- [11] Liu Bo, Tang Xiaoying, Liu Weifeng, et al. Review on human core body temperature measurement method[J]. Chinese Journal of Biomedical Engineering, 2017, 36(5): 608-614. (in Chinese)
刘博,唐晓英,刘伟峰,等. 人体核心温度的测量方法研究进展[J]. 中国生物医学工程学报,2017,36(5):608-614.