

Study on heat infrared technology of information acquisition of digital human body

BI Si-wen

(State Key Laboratory of Remote Sensing Science, Institute of Remote Sensing Application, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

[Abstract] The heat infrared technology basis and heat infrared technology application of information acquisition of digital human body were mainly described in this paper. The heat infrared, black body, ratio radiation, radiation illuminance and heat inertia were introduced in heat infrared technology basis. The method and advantages were summarized in heat infrared technology application. It provided a theoretical gist for the study of heat infrared technology of information acquisition of digital human body.

[Key words] Digital human body; Heat infrared; Information acquisition; Technology

数字人体信息获取的热红外技术研究

毕思文

(中国科学院遥感应用研究所遥感科学国家重点实验室,北京 100101)

[摘要] 本文主要阐述了数字人体信息获取的热红外技术基础和数字人体信息获取的热红外技术应用。在热红外技术基础中介绍了热红外、黑体、比辐射和辐射照度及热惯量;在热红外技术应用中概述了方法和优点等。为数字人体信息获取的热红外技术研究提供了理论依据。

[关键词] 数字人体; 热红外; 信息获取; 技术

[中图分类号] TP391.9 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2004)10-1610-02

人体不论在白天还是在夜晚都发出人眼看不到的热辐射红外波长,为了获取、监测人体系统极其环境因子的热辐射特征,必须采用热红外技术。

空间所有的物体都通过辐射方式交换着能量,人体也不例外。如果没有其他方式的能量交换,则物体热状态的变化就取决于放射与吸收辐射能量的差值。当物体的辐射能量等于吸收的外来辐射能量时,这时该物体处于热平衡状态,因而我们可以用一整函数温度来描述它。热力学定律可以用于研究平衡辐射的吸收与放射的规律。一般来说,人体的辐射能量收支并不相等,人体处于非辐射平衡状态,但是如果辐射热交换过程相当慢,以致人体中的内能的分布能够变化均匀,并继续处于热平衡状态,那么这时的辐射可视为具有准平衡性质。此时,人体的温度是在变化的,但每一给定的瞬时,人体的状态都可以看作是平衡的,仍可用一定的温度来描述它^[1]。

1 数字人体信息获取的热红外技术基础

1.1 热红外 在热红外技术探测中,所观测的电磁波段的辐射源是目标物,常温地表物体辐射电磁波的最高值在 10 μm 左右。通过对由太阳辐射引起的目标物的光谱辐射亮度曲线与由物体辐射引起的目标物的光谱亮度曲线进行比较,发现两条曲线的交点随目标物的反射率、发射率、温度而改变,大约在 3 μm 附近。所以,在比 3.0 μm 短的波长范围内,主要是观测目标物的反射辐射,而在比 3.0 μm 长的波长范围内,主要是观测目标物的热辐射。

1.2 黑体、比辐射和辐射照度 人体不断辐射具有能量和光谱分布的电磁波,而这种能量又依人体的发射率和温度而变化。由于这种辐射依赖于温度,因而称为热辐射。由于热辐射根据构成人体的物质及条件不同而变化,所以确定了以黑体为基准的热辐射的定量法则。根据定义,黑体是一种完全吸收入射到它上面的辐射能的物质,即

$$A_{bs} = 1 \quad (1)$$

式中 A_{bs} 为吸收率。黑体也辐射出最大的能量,能量的大小取决于黑体的动温度。动温度即人体的动热密度,该温度可以用温度计与人体直接接触测量的。根据斯坦芬-玻尔兹曼定律,动温度为 T_{kin} 的黑体,其辐射通量 F_b 为

$$F_b = \sigma T_{kin}^4 \quad (2)$$

[作者简介] 毕思文(1956—),男,北京大学和清华大学双博士后,研究员,中国医药信息学会和北京医药信息学会“数字人体——人体系统数字学”专业委员会主任委员。研究方向:数字人体——人体系统数字学。

E-mail: bisw@irsa.ac.cn

[收稿日期] 2004-08-16

式中 σ 为斯坦芬-波尔兹曼常数, 等于 $5.67 \times 10^{-12} \text{ W}/(\text{cm}^2 \cdot \text{K}^4)$; W 为 *Watt* (瓦特) 的缩写。黑体是物理学抽象的理想情况, 因为没有任何一种物质都有等于 1 的吸收率, 也没有任何一种物质能辐射出全部能量。在数字人体信息获取观测热辐射的温度时, 由于通常观测的人体不是黑体, 因此对于实际物质, 称为比辐射率等于吸收率的这一性质定义为

$$\epsilon = \frac{F_r}{F_b} \quad (3)$$

式中 F_r 为实际人体物质系统的辐射通量。对于黑体而言, $\epsilon = 1$, 但对所有实际人体物质系统来说, $\epsilon < 1$ 。比辐射率与波长有关, 所以, 当用不同波长的辐射能测量时, 人体物质系统的比辐射值就不同。根据方程(2)和(3)求解, 可得到实际人体物质系统的辐射通量为

$$F_r = \epsilon \sigma T_{kin}^4 \quad (4)$$

式中 ϵ 为人体物质系统的比辐射率。比辐射率是人体物质系统辐射能量和吸收能量的能力的量度。比辐射率高的物质吸收大部分入射能量, 并能辐射出大部分能量。比辐射率低的物质吸收和辐射较少的能量^[2]。

大多数热红外探测记录的是人体表面的辐射温度 T_{rkl} , 而不是辐射通量。为了确定 T_{rkl} , 如果一个黑体和一个实际的物质, 它们的动温度不同, 但辐射通量却相同, 因此有 $F_b = F_r$ 。

$$T_{rkl} = \epsilon^{1/4} T_{kin} \quad (5)$$

式中, 辐射温度 T_{rkl} 是可以用来探测人体热红外波段电磁辐射的仪器。

1.3 热惯量 在人体信息获取的热红外探测仪中, 人体物质系统的热惯量也是重要的研究参数之一。热惯量 P 是人体物质系统对温度变化的热响应的量度, 它以 $\text{cal}/(\text{cm}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ 为单位。热惯量可由下式计算:

$$P = (k\rho c)^{1/2} \quad (6)$$

式中 k 为热导率, ρ 为密度, c 为热容量。在确定热惯量的三个

性质中, 密度是最重要的。

例如在每个太阳日周期内, 热惯量较低的物质, 在白天达到一个相当高的表面温度。在夜晚, 这些物质则会冷却至一个相当低的温度。与此相反, 热惯量较高的物质, 其温度在白天较凉, 在夜间较暖。换句话说, 与热惯量较低的物质相比, 热惯量较高的物质表面温度昼夜变化比较均匀^[3]。

2 数字人体信息获取的热红外技术应用

在人体的温度变化方面, 现在可以应用医学用热红外摄影装置等加以测量, 并且根据温度差的不同, 可以精确地确定人体的各个部位。因而可以用科学的方法, 证明人体热红外辐射特征的机制^[2]。

应用热红外技术来获取人体信息有如下优点: ①不接触体表; ②无副作用; ③可以反复重复多次进行; ④可在短时间内同时测出全身的皮肤温度, 从而获得人体机能状态的大量信息; ⑤测定面积可以调节; ⑥操作简便; ⑦在测定部位与温度之间可做定量的分析等。

[参考文献]

- [1] Bi SW. Pandect on digital human body - human body digital science [J]. China J Med Imaging Technol, 2003, 19 (204): 1-8.
毕思文. 数字人体——人体系统数字学总论 [J]. 中国医学影像技术, 2003, 19(204): 1-8.
- [2] Bi SW. Study on heat infrared exploration technology of information obtaining of digital human body [J]. China J Med Imaging Technol, 2003, 19 (204): 83-85.
毕思文. 数字人体信息获取的热红外探测技术研究 [J]. 中国医学影像技术, 2003, 19(204): 83-85.
- [3] Mei AX, Peng WL, Qin QM, et al., Remote sensing guide theory [M]. Beijing: Higher Education Press, 2001.
梅安新, 彭望球, 秦其明, 等. 遥感导论 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.

新书消息

——《符合线路探测正电子成像与临床》

由北京大学第一医院王荣福教授主编的专著《符合线路探测正电子成像与临床》(书号 ISBN 7-81071-596-81R · 596) 于 2004 年 9 月由北京大学医学出版社正式出版。

该书由国内十余位在正电子成像领域具有丰富实践经验的专家和学者共同编写而成, 汇集了大量研究成果、最新文献资料以及在临床实践中的经验和体会, 对当今先进的核医学显像技术——正电子成像, 特别是利用符合线路 SPECT 实现这一技术的原理及应用做了系统而全面地介绍, 为核医学专业人员更好地应用这一技术提供了一个很好的参考工具, 同时也使临床医师和相关领域的研究人员可以更深入地了解这一技术。全书分为四个部分, 共十七章, 近 60 万字, 引用图像 200 余幅。

本书定价为 75 元, 需邮购者另加书款的 15% 邮寄费(包括挂号费)。

联系地址: 北京大学第一医院核医学科; 邮编: 100034。

联系人: 胡怀湘; 电话: 010-66551122-5252、2387、2732, 小灵通: 010-81429511。

E-mail: rongfu_wang2003@yahoo.com.cn。