HR型红外热象仪

王泽普*
（电子部华北光电所，北京100015）

摘　要　本文介绍HR-2型红外热象仪的设计、规范、特点和应用。

关键词　红外热象仪

The Model HR Infrared Imaging System

Wang Zepu
(North China Research Institute of Electro-Optics, Beijing 100015)

Abstract　In this paper the design, specifications, features and applications of the model HR-2 infrared imaging system are introduced.

Keywords　infrared imaging system

自然界一切温度高于绝对温度的物体，每时都在辐射出具有载体特征信息的红外辐射。红外热象仪是一种采用光机扫描和红外辐射探测器的仪器。它通过光学系统将红外辐射能量转为电子视频信号，经过处理后形成被测物体的红外热图象，该图象可在彩色监视器上显示，可送入计算机进行数据处理，或存贮在硬盘或软盘上，也可由打印机打印，也可用照相机拍摄成照片。

红外热象仪最早是因军事应用而发展的，它可在黑夜或浓厚的烟幕、云雾中探测对方的目标，包括已伪装的目标和高速运动的目标，同时军事上还要求在1km或更远的距离上识别目标。一般称之为红外夜视仪。开始时由于保密的原因，在发达国家中也仅限于军用，以后才逐渐发展到民用上。我国对红外夜视仪的研制起步也较早。十一届三中全会后，随着军转民政策的开始贯彻，红外热象探测开始在冶金、电子、电力、石化、建筑等行业和科研中通过热分布图进行故障和隐患检测、质量控制、节约能源等方面获得了应用。由于人体本身也是一个红外辐射源，在医学诊断中，红外诊断技术可根据人体表面温度分布图象了解人体的病理生理变化。近年来，随着热象仪温度分辨率的提高，在医疗诊断中的应用不断扩大，从体表病变发展到体内深层病变的检查。红外医疗诊断在西方国家发展较早，在我国近十年来应用发展也甚快，并且创造了丰富的成果。尤其将这种高新技术与传统中医学结合，用于中医辨证检查诊断，是实现中医诊断客观化、数据化、现代化的重要措施。以红外图象作为中医八纲辨证论治的客观指标之一，近年来，我国中医界应用红外热象图研究针灸方面的经络理论和气功机制方面，取得了可喜的成果。

我所研制红外夜视仪，以后又根据需要开发了专用红外森林探火仪、港口海面油污监测仪等，已有二十多年历史。随着我国经济体制改革不断深入，社会主义经济市场不断发展，医疗界和国民经济各部门对红外热象仪的需求愈来愈多。通过开发民用热象仪的经验，我们认为将军用红外热象仪转为民用红外热象仪，不是一种简单的移植，而是要根据民用状况、国家市场经济特点来一次再研

---

* **王泽普**　男，1936年生。高级工程师。1964年毕业于清华大学精密仪器系。长期在电子部华北光电所从事红外夜视仪、热象仪的研制、开发和推广应用。为HR型红外热象仪产品设计负责人。

究和再开发❶。军用热象仪虽然有功能众多，性能高超的长处，但在民用上却有着较大的局限，首先是造价昂贵。军品研制有国家经费的投入和支撑，而开发民品只能按市场规律在市场中求得支持。根据我国当前市场情况，要使红外热象仪能在各行各业和医院中得到推广和应用，降低成本从而降低售价是一个关键因素。军用热象仪需要在远距离处探测到目标，但测温方面要求不高；而民用热象仪虽作用距离短，但温度分辨率要求较高，如对医学诊断应用，至少要达0.1℃或更为精确才行，而且还要求有比军用更清晰的图象。此外，民用中还极少需用探测高速运动的目标，又由于是近距离观测，可以不考虑大气吸收所造成的影响。根据民用和军用在诸多方面的不同情况和要求，我们重新研究了设计方案，如：不必采用军用机中的高扫描速度，从而提高了温度分辨率，现在HR-2型热象仪的技术规范是0.1℃，而仪器实际能力已达0.05℃，并增加了象元素，帧象素达256×256×8bit，从而提高了图象质量，以便从热图中获得更多的细节信息，观察距离可近到20cm。采用两维物场扫描，既提高了光学系统成象质量，又降低了光学系统成本，提高了扫描镜面的利用效率，压缩电子通频带。以上仅举例说明我们对HR型热象仪设计上的考虑，提出了各种方案，不同方案有其优点，也各有其技术难度。经过不断反复研究和实验比较，最后实现了功能/价格比最佳、满足用户需要，而售价又适合我国民用市场的最佳设计方案，开发了HR系列热象仪。目前生产的HR-2型，其外形图见图1和封面彩图。仪器的主要规范见下页。

结合我国国情，研究最佳设计

HR-2型红外热象仪采用光机扫描系统。将来自目标的红外辐射能会聚到光电导型碲镉汞红外探测器上，红外探测器将红外辐射能转变为电能，经低噪声前置放大器放大成

图1 HR-2型红外热象仪(包括红外摄象机、三脚架、计算机、显示器、液氮罐)

与温度有一定关系的电压信号，用电缆传送到计算机主机。同时还传送行同步信号和场同步信号，经A/D变换为数字量在计算机屏幕上以伪彩色或灰度级显示出物体的温度分布图象、并可将数据存在软硬盘上进行各种分析处理。主光路采用二次聚焦系统，在第一焦点上放置调制器，调制器与行扫描镜有固定相位差，在行扫描的空隙时间引入了环境温度电平作为测温的基准。

HR-2型红外热象仪原理示意图见图2。

前置放大器能将红外探测器提供的微弱电信号进行高倍数放大、直流电平恢复、环境温度补偿等，然后送入主机图象处理器，通过各种算法处理，可以从原始图象中提取各种感兴趣的信息，以满足医疗、工程、工业、科研、教学中的多种用途。图象系统处理功能包括图象采集、显示、图象存盘、读盘、多点测温(最多可测26点)、矩形区域平均温度和任意区域平均温度测量、纵横向温度分布曲线显示、图象增强、滤波、动画，等温区域显示等多种处理功能。图象以256级伪彩色或灰度显示，并提供多种伪彩色调色板，能使不同的目标的图象达到最佳显示效果，图象采集时可动态地调节温度分辨率和温度范围，以便迅

❶ 本项目在1990年由国家计委、国防科工委、国家科委、国家对外经贸部联合授予军转民高技术出口产品金奖

HR-2 型红外热象仪技术规范 Specifications of Model HR-2 Infrared Imaging System

HR—2 红外热像仪是集红外热成像技术、计算机图像处理技术为一体的高技术产品。它将观察目标的温度分布场以可见图像的形式显示出来，使其温度分布一目了然。

HR-2 Infrared Imaging System is a high-tech product incorporating together infrared imaging technology and computer image processing technology. The apparatus transfers the temperature of the object measured into color image, making a clear temperature display.

主要特点

- ●只接收目标本身发出的红外辐射，对被测目标无任何损害
- ●非接触式遥测方式，适合于对高温、高压等危险目标的检测
- ●高温度分辨率和高图像清晰度
- ●数字图像记录，丰富的图像处理功能

Features

- ●Nondestructive detection by merely receiving the infrared radiation from the object measured
- ●Remote contactless measurement suitable for dangerous objects such as high-temperature ones, high-voltage ones etc.
- ●High temperature sensitivity and high image resolution
- ●Digital image recording mode and multi-functional image processing

技术指标 Specifications

- ●视　场　Field of View: 12°×12°
- ●帧 时 间　Frame Cycle: 5 seconds
- ●作用距离　Object Distance: 0.2m to ∞
- ●测温范围　Temperature Range:　R. T. to 100℃ (extendible if necessary)(根据用户要求测温范围可扩展)
- ●空间分辨率　Spatial Resolution: 2 mrad
- ●温度分辨率　Temperature Sensitivity: 0.1K(NETD)
- ●帧 像 素　Frame Pixels: 256×256×8 bits
- ●显示方式　Display Mode: color or B/W(256 color scales, 64 gray scales)256 级彩色，单色 64 级灰度　彩色/单色

热象仪各部件外形尺寸重量 Outside dimension and weight of parts

●三角架	Tripod	140×140×830mm	5kg
●液氮罐	Liquid Nitrogen vessel	300×300×440mm	6kg
●摄像头	Infrared Camera	250×150×150mm	6.5kg
●计算机主机	Computer	520×490×240mm	14kg
●显示器	Display	380×200×200mm	13kg

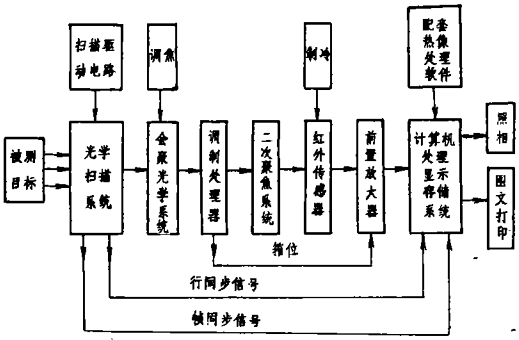

图2　HR-2型红外热象仪原理示意图

速摄取高清晰图象。图象处理软件全部用 C 语言开发完成。便于扩展开发，可根据用户多方面要求，开发专用和新的处理功能。

以质量为中心的指导思想

在获得最合理的设计之后，要能生产出可以进入市场、受用户欢迎的产品，必须解决一系列关于材料、加工工艺等方面的关键问题。而为使产品能在市场竞争中获胜，我们特别注意了产品质量。我们以对待军用产品质量的严格要求和措施来制造 HR 型红外热象仪。首先确定了产品质量为中心的指导思想，把质量作为第一位要求。元器件质量是整机质量的基础。因此对本机采用的电子、光学、机械元件都要事先经过筛选、检测、试用后，才确定使用，对每批要装用的元器件要逐个进行检测。

产品质量的一个重要意义在于能保持产品功能的稳定性和可靠性。像红外热象仪这样集光学、电子、机械、计算机技术为一体的产品对图象质量、温度分辨率要求都很高，必须能保持各种元器件特别是影响精度的关键元器件性能稳定，才能使整机性能稳定。而要做到这一点，必须进行大量试验和考察。例如，仪器的行扫描器是关键部件，对此，我们进行了多年的大量试验工作，将该部件在不同环境中、不同工作状态下进行考察检测，从开环到闭环控制，经过多次试验来选择材料，确定加工工艺，确定热处理工艺才能制造出长期稳定性好的器件。又例如红外探测器是热象仪光电转换的关键器件，而其工作稳定性又与液氮致冷用杜瓦瓶的密封质量密切有关。经过多次试验，最后确定采用全不锈钢结构的杜瓦瓶，用氩气保护焊接工艺，不仅可以再排气，而且每次能保持77K 的时间长。为了确定达到最好密封性的工艺，我们对不同批次杜瓦瓶进行密封性长期寿命试验，从而选定了各道加工工艺。并且了解到可以从早期泄漏试验中筛选出次品和有隐患品的方法，改善了探测器的稳定性与可靠性，并且在杜瓦瓶窗口上采用特殊保护措施，即使在高湿变温环境中，窗口不会凝霜，不会因影响光路而妨碍正常工作。在前面设计中提到放置在第一焦点位置的调制器，是保证仪器正常工作的关键部件，但如何能制造出长期工作稳定的调制器则是很困难的。我们经过大量试验，选择不同材料，采用不同加工工艺、热处理工艺，最后获得了较佳的材料与工艺，保证调制器在长期工作中不会由于材料疲劳和其他原因而产生不稳定现象，从而保证了调制器相位与行扫描镜的固定相位差。HR 型热象仪备有标准黑体炉，每台仪器均经过周密的计量定标和校准，而所用标准黑体炉又定期由国家计量局校准。红外仪都经过环境温度变化的检验和包装后的运输、冲击、震动试验等。

全心全意为用户服务

红外热象仪只有通过用户的应用才能发挥其功能，才能在各行业的建设和发展中起作用。所以多年来我们一直树立全心全意为用户服务的思想，跟踪采访收集用户反馈的建议和意见，这些意见成为我们改进产品思想的源泉。例如，本仪器采用交流和直流两用，可以在无交流电源的场合应用，用户感到十分方便。在红外摄象机中由于有杜瓦瓶，所以一般俯仰为45°；但对某些工程用户，需要对天或对地观察，我们已制成可以俯仰90°的装置；有的用户建议观察者与目标可以分在两室，如医生对病人某些部位的检查诊断，或

观察者对某些有害环境(气体或放射)中目标的观测,为此,我们又开发了用电动调整摄象头焦距和方位角与俯仰角,操作者只要根据显示屏幕图象,在计算机上操作,即可遥控调整摄象机,也可遥控电动调焦光学系统的焦点等。以上改进措施,都是吸收了用户的宝贵建议而改进的。

在对用户服务方面还包括完善售后的维修服务,开办座谈会、用户培训活动等。而各方面的用户又以热象仪基本功能为中心开发了各种应用软件,如医用专家诊断系统,印制电路板故障诊断系统等。

HR 型红外热象仪由于其优越的功能,可作非接触式检测,可以快速获得直观、精确、细节丰富的热分布图象。本机只耗用直流12V,十分安全,也不像 X 光、激光、微波机会辐射能量。红外热象仪只接收被测目标的红外辐射能,而自身并不发出任何辐射能,所以对人身安全,对环境无污染和干扰。在我国各行业中对这种仪器应用还不十分多,许多可以采用的领域尚未采用,或由于对红外热象仪功能和应用不十分了解,或者对国产品的功能、质量等还不太了解,红外热象仪包括图象处理系统本身价值有限,但利用它之后为各个工业领域以及在医疗诊断中所创造的经济效益和社会效益是十分巨大的。这对我国早日实现现代化,提高国家综合国力和人民健康的贡献是巨大的。而在我国要推广这项技术的应用,要依靠广大用户。所以我们一直认为:制造者与用户间之关系决不仅仅是一种供求关系、商业关系,而是为了发展我国科技事业的合作者。只有依靠广大用户的共同开发创造、交流经验,依靠广大用户的合作与支持,才能使这门红外技术在我国更快地发展。为此,我们诚恳地希望与用户长期合作,提供信息,交流经验。我们将建立 HR 红外热象仪用户协会来推进这种交流合作,也准备采用编印出版物、组织交流会等方式。让我们一起努力,为我国社会主义建设事业共同携手前进。

(上接第13页)

4. 瑞典

瑞典电力部用热象检测变电站最早始自1965年,每年检测一次所有变电站。为避免停电,对主要目标采取红外连续监测的方式。

5. 英国

英国中央电力公司(CEGB)用车载和机载热象设备进行电气设备的检测,取得显著成效。有关技术人员说:"我们的目标是以最可能低的费用生产电力,而热象帮助我们达到这个目标","扫寻潜在问题并在实际故障发生前进行维修,对电力公司是最宝贵的"。

6. 其它国家

法国于1976年开始采用热象诊断,认为它是一个有效的故障诊断武器,成立专门机构以保证工业生产的安全与经济,其主要的检测手段是红外测温;巴西在1979年已有25台热象仪用于变电设备的检测;委内瑞拉已将热象检测订为标准方法;日本于1968年开始使用热象仪,包括电力设备在内,其各行各业应用红外技术非常普遍;印度约在1976年开始应用热象检测;加拿大还将红外用于表面热耗定量检测;科威特应用红外热象技术也很成功。

各国对使用热象技术的观点是:

"电力红外检测可从发电厂到用户这一整个系统进行"

"今天的热象图可显示明天的电气问题"

"今天热象显示定位一个'小故障',明天就能变成一个'大灾难'"

"在不重要的、小的缺陷故障转变成大规模维修问题以前很长时间,热图就可迅速地、显而易见地、准确地指出问题所在"

"热象检测提供了一个预防潜在电气故障有效而安全的方法"。

"热象检测给使用者一种灵活性,热象可帮助他安排电气设备现在与将来维修计划的日程"。