

设备诊断现场实用技术丛书

红外诊断现场实用技术

程玉兰摇编著



机械工业出版社

摇摇本书综述了国内外红外技术、红外检测技术、红外诊断技术和红外测温仪器的概况，从人们熟知的电磁波和热辐射作为切入点，比较全面地介绍了必要而实用的红外基础知识；论述了红外点温仪、红外行扫仪、红外热电视、激光扫描热像仪和焦平面热像仪的原理、结构、技术性能及使用特点；不仅系统归纳了各行业共同需要的红外检测技术、方法、工作内容和要求，而且详述了红外简易诊断与精密诊断的技术、方法、影响因素及对策；分别对电力、石化、冶金和铁路的红外诊断技术作了具体而实用的阐述；并按设备或用途分门别类地列举了数百个国内外红外诊断技术应用的实例，供读者实测借鉴参考，以推动现场应用红外诊断技术的实施。

本书可供现场从事设备诊断技术应用的初、中级技术人员、大、中专院校有关专业的师生及有关管理人员学习参考。

摇摇图书在版编目（悦录）数据

摇摇红外诊断现场实用技术 摇摇玉兰编著 圆北京：机械工业出版社，

圆园园园

摇摇（设备诊断现场实用技术丛书）

摇摇陈星列 圆北京：机械工业出版社，

摇摇 I 圆红 摇摇 II 圆程 摇摇 III 圆红外线检测 圆技术摇摇 IV 圆景圆

摇摇中国版本图书馆 悦录数据核字（圆园园园）第 圆圆圆圆号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 圆圆号摇摇邮政编码 圆圆圆圆）

责任编辑：李万宇摇摇曾摇摇红摇摇版式设计：霍永明

责任校对：张摇摇媛摇摇封面设计：陈摇摇沛摇摇责任印制：路摇摇琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

圆园园园年 源月第 员版·第 员次印刷

员圆圆页 皂伊员圆圆皂 月缘·忽缘缘印张·远插页·猿园千字

圆圆圆圆·猿圆圆圆册

定价：圆圆圆圆元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

本社购书热线电话（圆园园）远圆圆圆圆圆 远圆圆圆圆圆 远圆圆圆圆圆

《设备诊断现场实用技术丛书》 编委会

摇摇摇摇主摇任：黄昭毅

摇摇摇摇委摇员：袁宏义摇邢井明摇杨其明

摇摇摇摇摇摇摇摇叶晓明摇莽克伦摇吴柏青

序

随着现代化生产的高速发展，设备不仅是作为重要的物质基础，而且还在其中起着越来越重要的作用，诸如生产的提高、质量的改善、成本的降低、资源的节约、环境的保护以及效益的增长等，都无一不和它有着密切的关系。然而当这些现代化设备一旦发生了故障，所带来的严重后果也非过去可比，有的还会成为人类历史的悲剧。过去的一个世纪里，曾在世界范围内发生的重大设备事故，是很值得我们予以充分重视的。

在二十世纪五十年代初，世界上一些发达国家在总结经验教训的基础上，开发和创立了一种叫作“设备诊断技术”的高新技术，它能在设备运行中或基本不拆卸全部设备的情况下，掌握设备运行状态，判定产生故障的部位和原因，并预测预报未来的技术状态，从而可在早期有效地发现，以及在后期及时地抑制故障，保障生产的可持续发展。1956年11月国家经委采纳了各方建议，及时地在国营工业交通企业设备管理试行条例中作了明确规定，强调采用这项技术，发展以状态监测为基础的预防维修体制。

十八年来，在国家倡导、企业重视以及各级有关管理部门、大专院校、科研单位和群众团体的大力支持、共同努力下，设备诊断技术已经兴旺发达，得到了广泛共识，取得了众多效益，不仅在理论研究、科研试验、产品开发及工程应用上达到了较高水平，而且在保证设备安全、防止突发事件、保障设备精度、提高产品质量、节约维修费用以及防止环境污染上，也都体现出重要的地位与作用。

为了把这项先进技术成果充分肯定，努力推向未来并与世界接轨，国内的设备工程界人士，特别是在现场从事设备诊断的广大技术人员，长期以来盼望能有一套诊断丛书是由我们自己的现场人员，在消化吸收国外经验，并经过充分生产考核认定的基础上写作出来，它们应当有别于当前一些教科书、专著，具备为现场维修服务的明确观点，能够采用通俗易懂的语言和图表，总结介绍丰富的现场经验与工作案例，以求达到更好地适合企业技术人员学习和使用的目的。

在机械工业出版社的大力支持下，经过了充分蕴酿和多方论证，进行了必要性与可行性研究，终于在1983年秋于北京筹组了一个七人的小型编委会，以负责确定丛书的题目，提出编写内容及特点要求，以落实各分册作者的任务，与此同时还多方面地收集了丛书的编写意见，从而为这一工作的良好进展提供了条件。

编委会成立后，首先明确了书的名称为《设备诊断现场实用技术丛书》，按照诊断技术及对象设备的综合分类，初步定为十个分册，每册约四万字左右，分

期发行；其次明确了读者对象为在现场从事设备诊断技术应用的初、中级技术人员（包括技术员、技师和工程师），大中专院校有关专业的教师和学生以及有关管理人员；再次明确了编写人员的要求，主要邀请有十年以上现场经验、并具有一定理论基础、善于总结和有写作能力的工程师们参加，但也要吸收那些理论联系实际较好，并有一定现场体会的教授们，以及仪器公司和生产厂家中从事技术开发及咨询服务的工程师们。

为了统一编写，编委会还制定了“通用写作导则”以及“分类编写参考意见”，其中对写作特点强调了要以现场性、实用性和系列性为主，既不同于学报，也有别于教科书。现在丛书的编写进展顺利，作者们都把此书作为自己一生经验的总结，广泛收集资料，认真比较分析，以此作为对伟大的社会主义建设的积极贡献，读者们不难从书中内容有所理解。

此套丛书共分为十个分册，分别为《简易振动诊断现场实用技术》；《精密振动诊断现场实用技术》；《油液监测分析现场实用技术》；《红外诊断现场实用技术》；《无损检测诊断现场实用技术》；《电气设备诊断现场实用技术》；《往复机械诊断现场实用技术》；《大型回转机械诊断现场实用技术》；《滚动轴承诊断现场实用技术》；《齿轮和齿轮箱诊断现场实用技术》。

此套丛书的创式有别过去，尚少经验可供借鉴，更限于作者的时间和水平，不足之处在所难免，欢迎读者批评指正。

摇

《设备诊断现场实用技术丛书》编委会

前摇摇言

本书旨在介绍红外诊断的现场实用技术，作者遵循在十多年前为华北电网编写红外诊断技术教材的初衷，即“使更多的第一线生产者掌握它”。有些十分难能可贵的资料，由于没有发表出版，通过通信交流作者把它收集起来，提供大家参考。

本书的特色是从现场实用的观点出发，从实用中来，再到实用中去，一切为了现场更好地应用红外诊断技术。大量电力、石化、冶金等行业的红外诊断技术应用实例，是集中了多年国内外的应用精华，是从事红外技术同行的智慧结晶，它们可以起到举一反三、触类旁通的作用，是推动红外诊断技术发展和深化的得力助手。

在探索和应用红外诊断技术的道路上，同作者共事的很多人，包括设备诊断技术的管理者、大学教授及从事现场应用的高级工程师和工人们，都曾给予了作者多方的帮助，在此表示诚挚的谢意。

在编写本书的过程中，不少友人和各行业的红外技术工作者，都给予了大力的支持。其中应特别提出的是黄昭毅先生，他为设备诊断技术的应用推广所作的大量有实效的努力是令人敬佩的。最后，作者深切感谢自己的家庭，尤其是女儿张严，在他们的鼎力帮助下，作者才得以在千禧龙年内将此书基本脱稿。

本书深入浅出，理论指导现场实践，既适合于初步涉猎红外诊断技术的入门者，又对欲深入者有一定的参考价值，也是设备管理人员的可读之书。

限于作者的水平，限于红外诊断技术的应用正处于发展阶段，仅以此书“抛砖引玉”。书中存在的不足和错误，敬请指正。

目 录

序	
前言	
第 1 章 概 论	1
1.1 红外技术的发展简史	1
1.2 红外检测技术的特点及其应用	2
1.3 红外测温的特点	3
1.4 红外技术的应用概况	3
1.5 红外诊断技术的发展概况	4
1.6 国外的发展概况	4
1.7 国内的发展概况	5
1.8 红外仪器的概况	5
第 2 章 红外基础知识	6
2.1 红外波 谱	6
2.2 电磁波的应用领域	6
2.3 红外波 谱	6
2.4 热辐射与红外辐射	6
2.5 热辐射	6
2.6 热与温度、温标	6
2.7 红外辐射的普遍性	6
2.8 红外基本名词和术语	6
2.9 红外光谱学	6
2.10 点辐射源	6
2.11 辐射功率	6
2.12 能谱曲线	6
2.13 辐 射 出 射 度	6
2.14 辐射强度	6
2.15 发射率	6
2.16 反射及反射系数	6
2.17 透射及透射系数	6
2.18 吸收及吸收系数	6
2.19 散射	6
2.20 黑 体	6

摇摇摇摇摇摇简介实用的红外行扫仪	苑圆
摇摇摇摇摇摇红外热电视	苑源
摇摇摇摇摇摇红外热电视的特点	苑源
摇摇摇摇摇摇红外热电视的基本结构和工作原理	苑源
摇摇摇摇摇摇红外热电视的类型及其特点	苑远
摇摇摇摇摇摇红外热电视的主要技术性能	苑愿
摇摇摇摇摇摇红外热电视在使用中的一些问题	苑愿
摇摇摇摇摇摇红外热像仪	苑怨
摇摇摇摇摇摇红外热像仪的概况	苑怨
摇摇摇摇摇摇光机扫描红外热像仪的原理与结构	愿园
摇摇摇摇摇摇非扫描型红外热像仪——焦平面热像仪	愿苑
摇摇摇摇摇摇红外热像仪的图像处理系统	愿员
摇摇摇摇摇摇红外热像仪的性能参数	愿苑
第 源章摇摇红外检测与红外诊断技术	员圆
摇摇摇摇摇摇红外检测技术的原理及其优势	员圆
摇摇摇摇摇摇红外检测	员圆
摇摇摇摇摇摇红外检测的原理	员圆
摇摇摇摇摇摇红外检测的优势	员圆
摇摇摇摇摇摇红外检测的基本方法	员猿
摇摇摇摇摇摇被动式红外检测	员猿
摇摇摇摇摇摇主动式红外检测	员猿
摇摇摇摇摇摇加热方式	员源
摇摇摇摇摇摇红外检测仪器的安装和运载方式	员源
摇摇摇摇摇摇红外检测的工作内容及基本要求	员源
摇摇摇摇摇摇红外检测的工作内容	员源
摇摇摇摇摇摇红外检测的基本要求	员缘
摇摇摇摇摇摇红外诊断技术	员愿
摇摇摇摇摇摇红外诊断技术的原理	员愿
摇摇摇摇摇摇红外诊断技术的构成	员怨
摇摇摇摇摇摇红外诊断技术与设备维修制度的转变	员怨
摇摇摇摇摇摇红外简易诊断技术	员员
摇摇摇摇摇摇什么叫红外简易诊断	员员
摇摇摇摇摇摇红外简易诊断技术的实施	员员
摇摇摇摇摇摇红外简易诊断的目的与要求	员圆
摇摇摇摇摇摇红外精密诊断技术	员圆
摇摇摇摇摇摇什么是红外精密诊断	员圆
摇摇摇摇摇摇红外精密诊断的目的与要求	员圆
摇摇摇摇摇摇红外诊断方法	员猿

X	
摇摇源源摇表面温度判断法·····	员猿
摇摇源源摇相对温差判断法·····	员猿
摇摇源源摇同类比较法·····	员猿
摇摇源源摇热谱图分析法·····	员猿
摇摇源源摇档案分析法·····	员源
摇摇源源摇影响红外诊断结果的首要因素及其对策·····	员源
摇摇源源摇发射率的影响·····	员源
摇摇源源摇距离系数的影响·····	员远
摇摇源源摇太阳光的影响·····	员远
摇摇源源摇粉尘的散射影响·····	员愿
摇摇源源摇风力的冷却影响·····	员愿
摇摇源源摇邻近辐射体及表面粗糙度的反射影响·····	员愿
摇摇源源摇大气吸收的影响·····	员愿
摇摇源源摇设备负荷率的影响·····	员怨
摇摇源源摇仪器工作波段不同的影响·····	员怨
第 缘章摇电力红外诊断技术 ·····	员园
摇摇缘缘摇电力设备故障的红外诊断技术原理·····	员园
摇摇缘缘摇电力设备与发热升温有密不可分的关系·····	员园
摇摇缘缘摇故障发热对电力设备的危害·····	员园
摇摇缘缘摇红外诊断电力设备故障的基本原理·····	员员
摇摇缘缘摇电力设备红外诊断方法·····	员园
摇摇缘缘摇温度判断法·····	员园
摇摇缘缘摇相对温差法·····	员园
摇摇缘缘摇同类比较法·····	员园
摇摇缘缘摇档案分析法·····	员猿
摇摇缘缘摇热像异常诊断方法与判据·····	员猿
摇摇缘缘摇输电线路的红外航测·····	员怨
摇摇缘缘摇红外航测输电线路的必要性·····	员怨
摇摇缘缘摇红外航测的初级方法·····	员怨
摇摇缘缘摇使用陀螺平台的红外航测·····	员员
摇摇缘缘摇热像专用操作支架·····	员圆
摇摇缘缘摇红外航测概况·····	员圆
第 远章摇石化红外诊断技术 ·····	员缘
摇摇远远摇红外诊断技术对石化设备诊断的高度适用及其广泛的应用·····	员缘
摇摇远远摇红外诊断技术高度适用于石化设备的故障诊断·····	员缘
摇摇远远摇红外诊断技术在石化工业中的广泛应用·····	员远
摇摇远远摇石化红外检测方法·····	员苑
摇摇远远摇石化红外检测的设备范围·····	员苑

摇摇摇摇石化红外检测的分类	员苑
摇摇摇摇石化红外检测时间和地点的选择	员苑
摇摇摇摇石化红外检测的准备工作	员苑
摇摇摇摇石化红外检测的实施	员愿
摇摇摇摇石化红外诊断技术	员怨
摇摇摇摇石化红外诊断技术的特色	员怨
摇摇摇摇石化红外诊断技术的实施	员园
第 苑章 摇摇冶金、铁路红外诊断技术及其他	员苑
摇摇摇摇冶金红外诊断技术	员苑
摇摇摇摇冶金红外诊断技术的应用范围	员苑
摇摇摇摇冶金红外检测与诊断的方法	员苑
摇摇摇摇铁路红外诊断技术	员象
摇摇摇摇铁路红外诊断技术的特色	员象
摇摇摇摇红外轴温探测器	员獭
摇摇摇摇红外轴温监测系统	员緣
摇摇摇摇建材红外诊断技术的应用	员苑
摇摇摇摇回转窑内衬故障的红外诊断	员苑
摇摇摇摇回转窑火焰温度的监测	员怨
摇摇摇摇轴承温度的监测	员怨
摇摇摇摇电气接点接触不良的诊断	员园
摇摇摇摇其他	员园
摇摇摇摇红外显微镜	员园
摇摇摇摇特殊物体的红外测温	员员
摇摇摇摇测温片	员猿
第 愿章 摇摇红外诊断技术的应用实例	员缘
摇摇摇摇电力红外诊断技术的应用实例	员缘
摇摇摇摇红外点温仪的单独应用	员缘
摇摇摇摇红外点温仪与热像仪的配合使用	员怨
摇摇摇摇红外热电视的应用实例	员园
摇摇摇摇红外热像仪的应用实例	员园
摇摇摇摇电力红外诊断技术应用的消缺效果	圆员
摇摇摇摇石化红外诊断技术的应用实例	圆源
摇摇摇摇石化设备的缺陷检测和故障诊断	圆源
摇摇摇摇设备生产监测、维修决策和设备改造	圆园
摇摇摇摇材料性能、施工质量和设备技术的鉴定	圆苑
摇摇摇摇保温评估与节能	圆愿
摇摇摇摇检测容器内物料界面	圆员
摇摇摇摇泄漏、堵塞及化学清洗的检测	圆缘

摇摇摇摇产品性能的改进	摇摇
摇摇摇摇冶金红外诊断技术的应用实例	摇摇
摇摇摇摇高炉及其管道内衬的磨损诊断	摇摇
摇摇摇摇热风炉拱顶的监测	摇摇
摇摇摇摇平炉的监测	摇摇
摇摇摇摇热风炉的故障诊断	摇摇
摇摇摇摇高炉炉瘤的诊断	摇摇
摇摇摇摇炉窑内衬的磨损诊断	摇摇
摇摇摇摇指导生产工艺的改进	摇摇
摇摇摇摇其他红外诊断技术的应用实例	摇摇
摇摇摇摇在供热、通风和空调系统 (匀灾粤兑) 中的应用	摇摇
摇摇摇摇小目标的温度监控——轴承外圈感应加热温度的监控	摇摇
摇摇摇摇红外行扫仪的应用	摇摇
第 怨章 摇摇导则与标准	摇摇
摇摇摇摇国家电力行业红外诊断技术的应用标准	摇摇
摇摇摇摇简介石化红外诊断技术应用标准化软件——匀灾月—员红外诊断工程软件包	摇摇
摇摇摇摇匀灾月—员红外诊断工程软件包的特点	摇摇
摇摇摇摇匀灾月—员红外诊断工程软件包的构成	摇摇
摇摇摇摇匀灾月—员红外诊断工程软件包的应用范围	摇摇
摇摇摇摇铁路红外线轴温探测系统的设计规范 (摘录)	摇摇
摇摇摇摇铁路红外诊断技术应用标准——红外线轴温探测技术运用检修管理规程	摇摇
附录	摇摇
摇摇附录 粤 摇摇红外案例检索表	摇摇
摇摇附录 月 摇摇可选仪器	摇摇
摇摇摇摇摇摇红外点温仪	摇摇
摇摇摇摇摇摇红外行扫仪 (红外行扫描器)	摇摇
摇摇摇摇摇摇红外热电视	摇摇
摇摇摇摇摇摇红外热像仪	摇摇
摇摇摇摇摇摇红外轴温探测系统	摇摇
摇摇摇摇摇摇车载红外热成像检测站	摇摇
摇摇摇摇摇摇黑体辐射源	摇摇
摇摇摇摇摇摇测温贴片 (温度贴片)	摇摇
摇摇附录 悦 摇摇红外故障诊断彩色热像图	摇摇
参考文献	摇摇

第 1 章 概 论

1.1 红外技术的发展简史

红外技术是 19 世纪发展起来的新兴应用技术。红外线与众所周知的紫外线同属电磁波谱范畴，它最早被发现于 1800 年，而红外线的波段范围到 20 世纪 40 年代左右才被确定下来，其间经过了一百多年。

在 18 世纪 70 年代初期，人类对于早已司空见惯的太阳光才有了进一步的认识，知道了太阳照射的白色光线是由七色光，即红、橙、黄、绿、青、蓝、紫单色光所组成。1800 年，英国物理学家 威廉·赫胥尔提出：既然白光是由七种单色光组成，每种单色光的热能是一样多吗？为此他做了个实验，让阳光通过一个大三棱镜，在白色屏上展示出一幅七色光带，然后将七支温度计分别挂在每种单色光带上，为了监测环境温度，又在七色光带周围放置几个温度计。实验结果令他大为惊奇：从紫外区到红光区的温度显示象阶梯一样，一个比一个高，但最高温度不在可见的有色光区，却在可见红光区外的不可见的无光区，那里温度竟比紫外区的温度高出 5℃。这一发现意味着人类捕捉到了一个肉眼看不见的红外辐射区，它蕴藏着丰富的热能，它必将成为人类利用自然的巨大本领。

从历史上看，红外技术是随着红外探测器的发展而发展的。1800 年时，赫胥尔发现红外辐射是使用的普通温度计来探测的。到 1824 年，制成了辐射热电偶探测器，这种探测器比温度计的性能大为提高，因而就相应地提高了红外辐射的观察范围和测量的准确度，促进了对红外辐射性能的研究，进一步证实了红外辐射的很多性能和可见光一样。1857 年，赫胥尔等人根据物体不同温度的分布，制定了温度谱图。到 19 世纪下半叶时，物理学家们仍在研究热辐射的规律，最先由哥斯塔夫·基尔霍夫提出“黑体”术语，并在 1859 年发表了基尔霍夫定律，即一个良好的热吸收器，也是一个良好的热辐射器；以后相继由约瑟夫·斯忒藩以试验测量得出量化结论：由黑体辐射出的能量与其绝对温度的四次方成正比；接着留达维·玻耳兹曼对此结论作了论证，创立了斯忒藩-玻耳兹曼定律。与此同时，英国物理学家克拉克·马克斯威尔预言了电磁波在理论上的存在，提出电磁波与光波一致性的论点；而德国的海因利希·赫兹在实验室里发现了电磁波，显示其速度与光速相同；一直到红外线发现后的一百年，即 1899 年德国物理学家马克思·普朗克用量子力学准确地提出了黑体的辐射定律。直到 1928 年后红外线的波段范围才得以确立。

红外形成应用技术是始自军事，在二次大战中出现了军用红外仪，战后以半导体为基础出现的光子型红外探测器，促进了红外探测器的发展。从 20 世纪 50 年代起到现在，红外制导、红外前视、红外侦察得到迅猛发展，在现代化战争中发挥了空前的威力。比军用稍后，到 20 世纪 70 年代时红外热像技术也开始用于工业领域。

最初的热成像系统就是 1945 年发明的自动温度记录仪，这是一台颇不敏感的非扫描式装置，是采用薄膜浸积在超饱和的油化气中制作而成，其对比度、灵敏度和响应时间存在固有的限制，因而不能满足大多数热成像的要求。原始扫描热像仪前称自动温度记录仪，它是以照相胶卷记录图像的，是单个探测器单元和慢帧扫描器，不是实时记录装置。

第二次世界大战中，德国人用红外变像管作为光电转换器件，研制成功了主动式夜视仪和红外通信设备。1945 年，美国陆军曾利用一个 1 英寸的探照灯反射器、一个双轴扫描器和一个测辐射热探测器，制成美国国内第一台自动温度记录仪。由于在 20 世纪 50 年代还没有快速响应时间的探测器，所以发展帧热像仪是不可能的。

在 20 世纪 50 年代初期，机械红外前视系统的概念由美国空军和德克萨斯仪器公司及海军和休斯飞机公司分别制定的发展计划而受到重视。经德克萨斯仪器公司近一年的探索，在 1953 年开发研制了第一代用于军事领域的红外成像装置，称为红外前视系统（FLIR）。在 1953~1959 年期间，至少已研制出了 20 多种不同的 FLIR，产品有几百件，其地面和空中用的 FLIR 功能相类似，而且在很多情况下都是相同的。所以 FLIR 这个术语现在已经完全代表任何一种实时热像仪。

到了 20 世纪 70 年代，FLIR 工艺已发展到能研制探测器阵列的成熟阶段，这种阵列能达到或接近于理论热灵敏度极限，并且提供了信号的快速响应，足以能满足视场与分辨的高比率所需的带宽。坚固而有效的低温致冷器和探测器杜瓦瓶使 FLIR 有适宜的功率补偿成为可能，而且电子元件封装的继续发展，能进一步简化信号处理容量和功率补偿。FLIR 工艺日益向小型化、低功率方向发展，成本适中，使它成为一种通用的电光成像器件。

在工业生产中的应用，结合工业用红外探测的特点，通过减小扫描速度来提高图像分辨率等措施才逐渐发展到民用领域。世界上第一台民用的红外成像系统是在 20 世纪 70 年代中期出现的，仪器系液氮制冷，仪器重量达 100 多公斤，使用异常不便。此后，随着科学技术的发展，如上所述第一代红外热像仪的综合性都有了很大的提高，到 20 世纪 80 年代末，仪器的测量、修正、分析、采集和存储合于一体，总体重量不到初期的五分之一，而精度和可靠性都有了更大的改进。但这第一代扫描型热成像技术好比集成电路发明以前的电子管技术，它的探测器单元数目最多超不过 100 个，系统的体积重量仍嫌大，灵敏度差，作用距离

不远，其性能无法满足未来战争的需要。

近三十年来，美、英、法、荷、德等国为了增强其军事实力和扩大军用高技术产品的出口，除大力开拓第一代红外热像技术的应用外，还在积极研制第二代热成像技术，即焦平面阵列。在 20 世纪 80 年代初，美国已在设法降低焦平面阵列的成本，当时一个 128 元 128 元锑化铟焦平面阵列的成本约 10 万美元，每个像素的成本约合 1 美元，这是军事部门无法接受的。经国会批准，其国防高级研究计划局自 1983 年开始执行“红外焦平面阵列倡议”计划，旨在把锑化铟、碲镉汞、硅化铅三种有军用价值的探测器单元成本从 1 美元降至 0.1 美元。随着国际形势的变化，很快在民用部门的热像仪上采用了凝视成像的焦平面技术，再加上计算机技术的迅猛发展，这种新型的热像仪整体性能和体积都显得更合乎人们的要求，其重量甚至不足 1 磅，轻巧便携，使用相当方便。美国德克萨斯仪器公司在 1984 年承包了美国军队红外前视系统升级到第二代装备的任务，定于 1988 年 1 月 ~ 1990 年 12 月完成，使军队在 21 世纪能很好地“拥有夜晚”。

在发展焦平面阵列技术的同时，发展非致冷红外探测器也是另一重要方面。尽管在相同单元数目的前提下，非致冷热电探测器的热灵敏度比致冷到 4K 的光子探测器的热灵敏度差 100 倍，但随着热电探测器大规模阵列芯片的发展，其热灵敏度得到提高。20 世纪 80 年代初研制成功由十几万个探测器单元阵列组成的热电探测器，其最小可分辨温差已达到 0.1℃，这相当第一代热成像技术的热灵敏度水平。但由于热电探测器在常温下工作，不需致冷设备和相关电源，重量可以大大减轻，便于使用，所以受到人们的重视。

红外技术的军事应用更高级发展是“红外自动目标识别技术”。这种系统利用前视红外与毫米波、激光雷达、可见光电视组成多功能传感器，配用多功能目标捕捉处理机，以及信息处理技术，帮助作战人员对目标实现高速、自动、可靠地探测、识别、测距、定方位、跟踪，灵巧地为弹药选择瞄准点。

在 20 世纪末，我国建成红外热成像技术民用产品生产基地，把这种在国际上顶尖的高科技产业化，以为我国的现代化作出更大的贡献。

2. 红外检测技术的特点及其应用

红外诊断技术实施的第一步是红外检测，红外检测的实质是红外测温。红外测温区别于传统的接触测温，它是非接触测温，其原理是通过测量表征被测温度的物理参数来求得被测温度的，它不存在热接触和热平衡带来的缺点和应用范围的限制。红外测温不仅可以测量温度很高的、有腐蚀性的、高纯度的物体，而且可以测量导热性差的、小热容量的、微小的目标、运动的物体，以及进行固体、液体表面温度的测量，其测温速度快、测温范围宽、灵敏度高、对被测温度场无

源

干扰、热隋性误差小，可用于显微和远距离测温，特别是可测二维温度场的热像仪，由于它可以代替成千上万支温度计和热电偶的同时工作，使其他的测温方法更加相形见绌。近年来，微机图像处理技术与红外技术的结合，使红外成像技术如虎添翼，它的应用在世界各国、各个领域中获得飞速发展。

众所周知，在一切物体的运动过程中和一切生产的过程中，几乎可以说热和温度的变化无处不在，生产中的温度控制与监测比比皆是。各种设备的缺陷和故障，基本可罗列为以下各种状态，即磨损、疲劳、裂纹、破裂、变形、腐蚀、剥离、渗漏、堵塞、松动、熔融、绝缘老化、油质劣化、粘合污染、异常振动等，这些状态的绝大多数都直接间接地和温度变化相关，而这种温度的变化往往不能使用常规的接触测温方法监测，只适合于非接触的红外测温。综上述，把红外检测视为各行各业的通用技术是不过分的。

二、红外测温的特点

红外测温和接触测温相比，它们的性能特点和测温要求都有显著的区别，如表 1-1 所示。

表 1-1 红外测温和接触测温方式的性能比较

	红外测温	接触测温
特点	非接触测温对被测物体无影响 检测物体表面温度 响应速度快，可测运动中的物体和瞬态温度 测温范围宽 测温精度高，分辨力可更小 可对小面积测温，直径可达数微米 可同时对点、线、面测温 可测绝对温度，也可测相对温度	接触测温对被测物温度场有影响 不适合测瞬态温度 不便于测运动中的物体 测温范围不够宽 不便于同时测量多个目标 要求精度高时，测温要求较简单
要求	被测物表面发射率要求严格 被测物的辐射能充分抵达红外探测器 尽量消除背景噪声	测温设备与被测物间良好接触 被测物温度不能有显著变化

基于红外测温的大量优点，必然给予红外诊断技术以极其出色的特点。国外有关专家曾指出：“从 载光有史以来，工业领域中，红外技术是最有力、最有前途、可视性强的检测技术。”红外检测技术在工业领域中的适用范围很广，见表 1-2。

三、红外技术的应用概况

红外技术在军用和民用两方面均有广泛而重要的应用，诸如战略报警、战术报警、侦察、观察瞄准、导航、遥感、制导、气象、医学、地球资源探测、空间科学、工业探伤、节能、设备诊断、过程控制、质量管理、农业、林业、自然现

象的观察及公安、消防、海关等部门等等，不一而足。

表 员 摇红外检测技术在工业中的适用范围

适用范围	效摇摇果
运行设备	摇摇唯准确诊断设备故障，最大限度减少对全系统的损害，避免整个系统的关闭和灾难性故障的发生 摇摇圆指导设备检修，变预防性维修为知性维修
新设备	摇摇唯保证设备性能、质量 摇摇圆为设备提供有价值的基础档案
修后设备	摇摇唯确保设备检修质量 摇摇圆提高设备效率

圆红外技术在国民经济中的应用摇摇红外技术在国民经济领域中的应用见表 员 所示。

表 员 摇红外技术在国民经济中的应用

领摇摇域	部摇摇门	应摇摇用摇摇内摇摇容
工摇摇业	摇电力、石化、钢铁冶金、电子、橡胶、水泥、造纸、纺织印染、飞机、汽车、建筑、材料、印刷、食品加工工业等	摇摇唯设备故障诊断 摇摇圆日常维护检查 摇摇猿工艺流程监控 摇摇源产品性能实验 摇摇缘试验研究
农摇摇业	摇农业、林业、畜牧业、渔业	摇摇唯农作物估产 摇摇圆病虫害探查 摇摇猿家畜数量遥测 摇摇源渔场勘查
交摇摇通	摇铁路、公路、航空、航海	摇摇唯火车轴温监测 摇摇圆交通流量测定 摇摇猿飞机监视 摇摇源船舶监测
消摇摇防	摇森林火灾、粮食火灾、储煤及其他火灾	摇摇唯查看火灾险情、定位 摇摇圆火情早期探测 摇摇猿寻找伤亡人员 摇摇源防止复燃