

HONG WAI XIAN
ZHOU WEN TAN CE QI



上海、老林、北京、济南、郑州铁路局编

红外线轴温探测仪

人民铁道出版社

红外线轴温探测器

上海、吉林、北京、济南、郑州铁路局编

人 民 铁 道 出 版 社

1978年·北京

内 容 提 要

本书较详细地介绍了我国铁路目前使用的几种描笔式红外线轴温探测器及轴温信号载波传输装置的构造性能、作用原理和管理维修等方面的知识，并简要地介绍了一些有关应用电子计算机自动判别热轴故障和数字显示热轴信号的新技术，可供铁路车辆部门有关工人、工程技术人员和领导干部阅读参考之用。

红外线轴温探测器

上海、吉林、北京
济南、郑州 铁路局编

铁道部车辆局审核

人民铁道出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092☆ 印张：6.75 字数：146 千

1978年9月第1版 1978年9月第1次印刷

统一书号：15043·5099 定价：0.50 元

前 言

在毛主席革命路线指引下，我国科研人员走与工农相结合的道路，自力更生，奋发图强，在阶级斗争、生产斗争、科学实验三大革命运动的实践中应用红外线新技术，研制成功了红外线轴温探测器。这种仪器能对运行中的铁路车辆轴箱温度进行非接触方法的检测，对早期预报热轴，减轻广大检车人员的劳动强度，提高工作效率有其积极的意义。这项科研成果受到了广大铁路列检工人的欢迎，同时给我国列检工作广泛采用新技术、新工艺、新材料、新装备，进一步改善列检人员的劳动条件，展现了广阔的前景。

我国目前应用比较成熟的红外线轴温探测器是用室温红外元件，采用红外探头瞄准轴箱上部的探测方式（简称上探式），轴箱温度信息经过电子线路处理后，经电缆传输或载波传输到列检值班室或其他指定地点，用描笔记录仪在纸带上以脉冲波型来显示车辆轴温的高低。热轴故障是由值班人员凭经验根据脉冲幅度的大小加以判别。

近年来广大科技人员和车辆职工，在各级党委领导下，顶住“四人帮”的干扰破坏，对红外线新技术的研究试验和普及、提高等工作做出了很大的成绩。现在全国各铁路局都有了红外线轴温探测点。实践证明，这种仪器技术上是先进的，性能是可靠的，效果是显著的。为了进一步完善、提高探测器的性能，各局积极应用了数字显示方式，集成电路和电子计算机等新技术，有的局还组织专门力量，成立了红外线轴温探测器研究所，取得了可喜的进展。

但是我国红外线轴温探测器的研制和使用工作还是刚刚开展起来，与国外先进技术水平相比，在理论分析、元件选择、轴温信息处理、探测方式、光学角度研究、热轴故障标

准的选定、热轴的显示方式等各方面尚有一定的差距。

英明领袖华主席号召我们，科学要兴旺发达起来，要捷报频传。红外线轴温探测器的普及推广，仅仅是改变目前我国铁路车辆落后的手工作业检查方式的开端。我们相信，广大车辆职工和科研人员在以英明领袖华主席为首的党中央领导下，坚持政治挂帅，不断革新创造，广泛采用电子、激光、超声波、红外线、工业电视等各种先进技术，研制检查车辆故障的各种探测器，一定会迅速改变列检工作的落后面貌，努力赶超世界先进水平，更好地为运输服务，为实现四个现代化做出应有的贡献。

为了满足有关部门的领导干部、工人和技术人员学习与了解红外线轴温探测器的构造、性能及维修管理等方面知识的需要，我们组织了上海、吉林、北京、济南、郑州等五个铁路局的有关同志，共同编写了“红外线轴温探测器”一书，供有关人员参考。

本书着重介绍在我国铁路上应用比较成熟的几种轴温探测器，对其结构型式、红外元件、放大和传输电路，以及热轴的显示方式等，做了较为详细的介绍。为了使读者进一步了解我国红外线轴温探测器的研试改进工作，还向读者简要地介绍了某些集成电路、新的红外元件，电子计算技术在轴温探测器中的应用等新的技术。

在编写本书过程中，得到中国科学院上海技术物理研究所、铁道部科学研究院金属化学研究所的大力支持，在此一并表示谢意。

由于我国对热轴探测器研制使用的实践时间较短，编写人员水平有限，而且时间仓卒，书中可能有不少错误，欢迎读者批评指正。

铁道部车辆局

一九七八年一月

目 录

第一章 基本知识	1
第一节 红外线轴温探测器的发展概况	1
第二节 红外线基本知识	2
一、什么叫红外线	2
二、红外线辐射的三个基本定律	4
三、红外探测器	8
四、红外测温	8
第三节 红外线轴温探测器简介	10
一、红外线轴温探测器的构造	10
二、红外线轴温探测器的技术性能	14
第二章 红外探头	16
第一节 概述	16
第二节 光学系统	18
一、红外线轴温探测器光学系统介绍	18
二、红外线轴温探测器光学系统分析	19
第三节 热敏元件	22
一、构造和性能	22
二、热敏元件的主要参数	26
三、使用热敏元件要注意的事项	28
四、热敏电阻偏置电路的改进和偏置电源	28
第四节 光栅的结构和作用原理	31
第五节 前置放大器电路	34
一、作用和选用原则	34
二、上海局使用的前置放大器电路	35

三、集成电路前置放大器	37
四、低频前置放大器电路	38
五、哈尔滨局供热敏电阻用前置放大器电路	41
六、配合钽酸锂元件的前置放大器电路	42
第三章 控制部分	48
第一节 磁头	48
一、磁头结构与组成	48
二、产生电信号的原理	48
三、安装要求	50
第二节 光栅调制控制电路	51
一、组成和作用	51
二、另一种放大整形电路	53
三、射极耦合双稳态触发器（施密特触发器）	53
第三节 电子门电路	59
一、作用和电路分析	59
二、元件选择和电路调试	60
第四节 走纸自动开关电路	61
第五节 稳压电源	62
一、对晶体管稳压电源的基本要求	62
二、串联型稳压电源	63
三、具有辅助电源的串联型晶体管稳压电源	64
第六节 电源自动开关电路	68
第四章 记录部分	71
第一节 记录部分的作用和组成	71
第二节 直耦式记录放大器电路	72
一、记录放大器电路的工作原理	72
二、差动放大电路	75
三、桥式功率放大电路	81

四、放大电路调试方法和注意事项	82
第三节 交流调制式直流放大器电路	83
一、方框图及电路工作原理	83
二、各部分的作用	85
第四节 磁电笔	89
一、磁电笔的工作原理	89
二、使用注意事项	92
第五节 走纸机构	94
一、采用直流电动机的走纸机构	94
二、采用交流电动机的走纸机构	95
第五章 轴温信号的载波传输	96
第一节 概述	96
一、什么是载波	97
二、利用载波装置能重叠开通多路信 号的基本原理	98
三、采用载波传输的优点	99
第二节 轴温载波机的原理方框图	100
第三节 载波传输发送端机的主要电路	104
一、衰减器和放大器	105
二、调制器	107
三、带通滤波器	110
四、送信放大器	120
五、调制振荡器	121
六、高低通滤波器	124
第四节 载波传输接收端机的主要电路	125
一、带通滤波器频率衰减特性和路 际串音之间的关系	125
二、收信放大器	126

三、检波器	126
第五节 其它电路	130
一、3.2KC走纸振荡器	130
二、3.2KC谐振放大器	131
三、仪表回路	132
第六章 安装使用和维修	134
第一节 红外线轴温探测器的安装	134
一、轴温探测器安设位置的选择	134
二、轴温探测器探头的安装	134
三、磁头的安装	139
四、连接线、地线和传输线	139
五、轴温信号载波机的安装和使用前的调整	140
六、探头在轴箱上的瞄准点和开关门磁头间的水平距离的调整	144
第二节 使用和管理	146
第三节 日常保养	148
第四节 故障处理	152
一、红外线轴温探测器常见故障和处理	152
二、红外线轴温探测器及其载波传输设备在使用中容易发生的故障及处理方法	157
第七章 介绍数字显示红外线轴温探测器	166
第一节 概述	166
第二节 定标方法	167
第三节 车辆、车轴自动计数	168
第四节 轴温信号的模数转换	172
一、什么是模数转换	172
二、模数转换工作原理	172
第五节 主机和显示部分	175

一、主机	175
二、显示部分	177
附 录	179
附录一、电平与分贝	179
附录二、常用晶体管参数选录	182
附录三、常用的透红外材料	204

第一章 基本知识

第一节 红外线轴温探测器的发展概况

铁路车辆使用的轴承有滚动轴承和滑动轴承两种。车辆在运行过程中,在各种外力的作用下,由于车轴与轴承或轴承与滚柱之间的摩擦,将使轴箱发热。如果轴温超过了正常的运转热而达到某一数值时,就称为热轴故障。这种热轴故障必须及时地发现和处理,以彻底消除产生热轴的原因,否则就可能造成行车事故。轻则发生列车中途甩车,重则有可能造成切轴事故,使国家和人民的生命财产受到损失。

列检工作的主要任务之一,是及时地发现车辆的热轴故障并把它修好,以防止故障扩大化。为了做到及时发现热轴故障,我国列检人员在长期实践中创造了大量的先进经验。例如检车员要提前到达接车线,采用蹲、看、听、闻、联的方法,检查车辆运行状态,列车进站停稳后,立即进行手摸轴箱检查轴温,通过摸、比、看的方法检查发现热轴故障。

由于货物列车编挂辆数多,站线长,作业场地分散,单纯靠列检工人用手摸轴箱,凭轴箱表面温度判断热轴故障,不仅准确性差、作业时间长,消耗工时多,劳动强度大,而且不易做到早期发现,以致漏检漏修,放出故障车。随着我国运输事业的迅速发展,为了适应牵引动力的改革,提高行车速度,加快车辆周转,改善列检作业条件,逐步实现检车仪器化、修车机械化,我国车辆部门广大职工在毛主席革命路线指引下,自力更生,艰苦奋斗,研制成功了“红外线轴温探测器”。这项科研工作首先由上海铁路局科研所、铁道

部四方车辆研究所、上海激光技术试验站和上海东车辆段等单位，于一九七〇年十二月间，组成“红外线轴温探测器”三结合会战小组，在各级党组织的直接领导下，经过会战小组的工人、技术人员、领导干部的共同努力，于一九七三年在上海研制成功第一台“红外线轴温探测器”，并在上海铁路局南翔编组站正式投产使用，为我国铁路采用先进技术填补了一项空白，受到了广大列检职工的欢迎。

“红外线轴温探测器”系全晶体管自动化的探测装置，用于探测运行中列车的热轴状况，根据探测器的记录脉冲波形，可以判断轴箱的发热情况和热轴位置，以便及时处理，防止发生事故。

在列检技术作业中采用“红外线轴温探测器”是一项重大的技术革命。它不仅解决了列检及时发现车辆热轴的问题，而且具有探测准确、效率高、能减轻劳动强度等优点，更主要的是缩短了技术检查时间，加速了车辆周转，为铁路运输现代化增添了新的成果。

目前，“红外线轴温探测器”已在全国各铁路局推广，很多列检所已建立了红外线轴温探测点，有的已完全甩掉了手摸轴箱检查轴温的落后方式。同时铁道部已订出规划，根据先干线后支线、先编组站后区段站、先站场后区间的原则，在全路逐步建立起一套红外线轴温检测网。

第二节 红外线基本知识

红外线技术是属于近代物理学中一门新的学科，理论性较强，在此我们介绍一些与热轴探测有关的红外线基本知识，供读者研究铁路车辆红外线轴温探测器参考之用。

一、什么叫红外线

当人们观察太阳时，为了保护自己的眼睛，用着色玻璃

滤光片挡光。这样,太阳影象的亮度是减弱了,可是透过的热量仍能使眼睛受到灼伤,说明太阳的热效应仍然存在。我们用棱镜分光技术,(如图 1—1 所示)就会看到太阳光通过棱镜

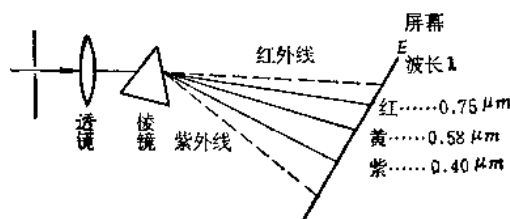


图 1—1 棱镜分光技术

分成红、橙、黄、绿、青、蓝、紫等可见光谱。当用灵敏水银温度计去测各色光的温度时,发现在红色光谱的外端,温度计仍有上升的现象。即在红色光外端虽然已看不见光线,但温度计的读数远比可见光处为高。这说明在可见光的红色光谱外端还有看不见的辐射线存在,而且具有热效应。人们就称它为红外线。

除了太阳能辐射红外线外,自然界中任何物体,只要它本身具有一定温度(高于绝对零度即高于 -273.16°C),例如:炉火、电灯、房屋,甚至冰块,都能辐射红外线。我们把这些能辐射红外线的物体叫做红外辐射源。把用来探测红外辐射的仪器叫做红外探测器。

红外线是一种用眼睛看不见的光线,是一种电磁波,波长范围大约从 0.76 微米(μm)到 760 微米(μm)。各种电磁波谱的波长如表 1—1 所示。

凡物体因受热而产生辐射的现象称为热辐射,也就是红外辐射。(“热辐射”只是说明产生的方式,而“红外辐射”则表明辐射的波长比可见光中的红光还要长。)

表 1—1

波段名称	低频振动	无线电波	红外线	可见光	紫外线	x射线	γ射线
波 长	2000m	760μm	0.76μm	4000 Å	50 Å	0.4 Å	

注：Å是长度单位， $1 \text{ Å} (\text{埃}) = 10^{-10} \text{ m}$ 。

红外线和所有电磁波一样，具有反射、折射、散射、干涉、吸收等性质。它在真空中的传播速度 $C = 3 \times 10^8$ 米/秒。红外线辐射在介质（如大气）中传播时，会产生衰减。其原因主要是由于介质的吸收和散射作用。

红外辐射是一种电磁辐射，在通过介质时由于和构成介质的原子、分子或离子相互作用而被吸收。金属对红外辐射衰减非常大，即基本上不透明；多数半导体及一些塑料能透过红外辐射，大多数液体对红外辐射的吸收非常大；气体对于红外辐射也有不同程度的吸收。介质的不均匀，晶体不完整，有杂质或有悬浮的小颗粒等，则会引起红外辐射的散射。例如：大气中的雾、云、雨、雪、烟雾和玻璃中的气泡，都会引起散射。

大气对不同波长红外辐射的穿透程度是不一样的，这是因为构成大气的一些分子（如水蒸气、二氧化碳、一氧化碳、臭氧、甲烷等）对红外辐射存在着不同程度的吸收带。大气对整个红外波段来说，对有些波长透明度大些，对另一些波长透明度较小或不透明。例如：大气对 1~3 微米、3~5 微米、8~14 微米之间区域的红外辐射是比较透明的。我们称这些波段范围为“大气窗口”。

二、红外线辐射的三个基本定律

（一）基尔霍夫定律

一个物体向周围发射热辐射能时，同时也吸收周围物体

所发射的辐射能。如各个物体处于热平衡辐射，即当几个物体处于同一温度下，各物体的发射本领正比于它的吸收本领，这就是基尔霍夫定律。用公式表示，则有：

$$E = \alpha E_0 \quad (1-1)$$

式中 E ——物体在它单位面积和单位时间内发射出的辐射能（即发射本领）；

α ——这物体对辐射的吸收系数（ < 1 ）；

E_0 ——常数（即黑体在同温度下的发射本领）。

不同物体的吸收本领（同时也是发射本领，以下同）是不同的。如黑色物体的吸收本领较大，而白色物体的吸收本领较小。在物理上把吸收本领为百分之百的物体（即反射等于零）叫做绝对黑体。绝对黑体是一个理想物体。实际物体的吸收本领很大，但不能达到百分之百，我们把它叫做灰体。例如铁路车辆的外皮一般都采用绿的、黑的或其他深颜色，而保温车和罐车则采用白的或其他淡颜色。这是因为黑色的物体容易吸热，白色的物体不容易吸热。而实验又告诉我们，黑色的物体一经加热恰恰是最容易向外辐射热量的物体。相比之下，处于同一温度的白色物体向外辐射的热量却不多。这正说明了：吸收本领大的物体，它的辐射本领也大。

（二）斯忒藩——玻尔兹曼定律

物体温度越高，它辐射出来的能量越多。若以 W 表示某物体在温度 T 时的单位时间和单位面积的红外线辐射总能量，则：

$$W = \sigma \varepsilon \int_0^{\infty} f(\lambda, T) d\lambda = \sigma \varepsilon T^4 \text{ (瓦/厘米}^2\text{)} \quad (1-2)$$

式中 σ 为玻尔兹曼常数， $\sigma = 5.6697 \times 10^{-12}$ 瓦/厘米²·度⁴；

T 为物体的绝对温度，

ϵ 为比辐射率。

即一物体红外辐射的能量与它自身的绝对温度 T 的四次方成正比，并与它的表面比辐射率 ϵ 成正比。举个大家熟悉的例子。炉子烧得越旺，温度越高，它辐射出来的热能就越多。当炉子的绝对温度升高一倍时，它所辐射出来的热能量要增加到十六倍。

比辐射率 ϵ （通常又叫发射率，发射系数等）是物体表面辐射本领和理想辐射体（即黑体）辐射本领的比值。对于黑体 $\epsilon = 1$ ，对于灰体 $\epsilon < 1$ 。

例如：计算一个温度为 100°C 的铁路车辆轴箱所辐射的能量，假定轴箱表面比辐射率 $\epsilon = 0.8$ ，那么，该轴箱每单位面积在每单位时间内所辐射的总能量为

$$\begin{aligned} W &= \epsilon \sigma T^4 \approx 0.8 \times 5.67 \times 10^{-12} \times (273 + 100)^4 \\ &= 8.76 \times 10^{-2} \text{ 瓦/厘米}^2 \end{aligned}$$

从这个关系可以看出，物体的温度越高，该物体表面所辐射的能量也就越大，“红外线轴温探测器”就是根据这一原理，把车辆轴箱表面所辐射的一部分红外线接收下来，并变成电信号显示出来。一般地说，电信号越大，轴箱温度就越高，因此观察电信号的大小就可以判断车辆轴温的高低。

（三）维恩位移定律

研究物体的红外辐射情况，还必须了解其辐射能谱。这对于设计光学系统，选择光学材料和红外元件是必须考虑的因素。

热辐射发射的电磁波中包含着各种波长。其中哪个波长的电磁波辐射最强呢（这个波长叫做峰值辐射波长，记作 λ_{max} ）？从实验中找到了物体峰值辐射波长 λ_{max} 与物体自身的绝对温度 T 成反比，即：

$$\lambda_{\max} = 2897 / T \quad (\text{微米}) \quad (1-3)$$

峰值波长与温度的关系曲线如图 1—2 所示。它反映了

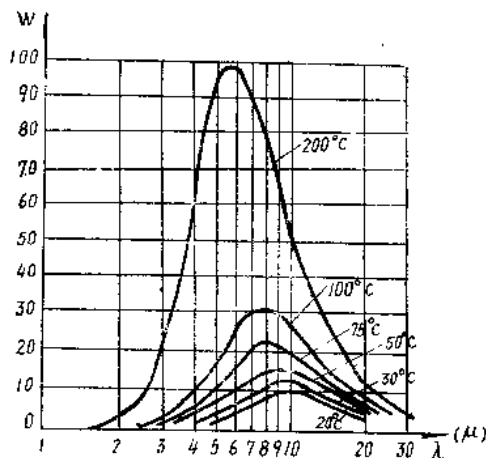


图 1—2 物体峰值辐射波长与温度的关系

辐射能量按波长的分布与温度的关系。从图中曲线可以看到，随着温度的升高它的峰值辐射波长向短波方向移动。同时也可以看出，在温度不很高的情况下，峰值辐射波长在红外区域。

举个应用这个定律的例子。热轴的时候，轴箱上部的温度随季节及气候不同而有差异。例如在上海地区，一般在摄氏十几度到一百多度范围内。少数强热或激热轴则更高。根据维恩位移定律可以估算在热轴时轴箱辐射能量主要分布在波长 $6 \sim 10 \mu$ 之间。上海地区的热轴探测仪中心峰值波长定为 8μ ，所用的热敏元件波长范围在 $2 \sim 18 \mu$ ，是足够用的。