



筑养路机械检测 与故障诊断

ZHUYANGLU JIXIE JIANCE YU GUZHANG ZHENDUAN

李鹏飞 主编 元军伟 副主编
吴劲松 主审



筑养路机械检测 与故障诊断

ZHUYANGLU JIXIE JIANCE YU GUZHANG ZHENDUAN

李鹏飞 主编 元军伟 副主编
吴劲松 主审

 江苏大学出版社
JIANGSU UNIVERSITY PRESS

镇 江

图书在版编目(CIP)数据

筑养路机械检测与故障诊断 / 李鹏飞主编. — 镇江:
江苏大学出版社, 2014. 5
ISBN 978-7-81130-712-2

I. ①筑… II. ①李… III. ①筑路机械—故障诊断②
筑路机械—故障检测③养路机械—故障诊断④养路机械—
故障检测 IV. ①U415.5②U418.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 067872 号

筑养路机械检测与故障诊断

主 编/李鹏飞
责任编辑/李经晶
出版发行/江苏大学出版社
地 址/江苏省镇江市梦溪园巷 30 号(邮编: 212003)
电 话/0511-84446464(传真)
网 址/<http://press.ujs.edu.cn>
排 版/镇江新民洲印刷有限公司
印 刷/句容市排印厂
经 销/江苏省新华书店
开 本/787 mm×1 092 mm 1/16
印 张/12
字 数/291 千字
版 次/2014 年 5 月第 1 版 2014 年 5 月第 1 次印刷
书 号/ISBN 978-7-81130-712-2
定 价/27.00 元

如有印装质量问题请与本社营销部联系(电话:0511-84440882)

前 言

在国家中等职业教育改革发展示范学校的建设过程中,江苏省交通技师学院联合高等职业技术学院、工程机械生产企业、公路工程施工与养护企业的学者专家,进行了广泛调研,建立了基于国家职业标准和企业岗位需求的课程体系,并在此基础上进行了系列教材的开发工作。

本书的编写有以下几个特点:

第一,以国家标准为核心。本书以国家职业标准为依据,涵盖了筑养路机械操作、维修等职业或工种的相关知识和技能要求,使双证书制度在人才培养过程中得到可靠落实。

第二,以行业和企业的需求为导向。从用人单位的岗位要求入手,分析现代筑养路机械行业对专业技术工人的能力结构要求,明确教学目标,确定教学内容,强化图书内容的针对性和实用性。

第三,方便自学。本书努力实现“教材”向“学材”的转变,在编写过程中充分考虑了技工学校学生的基础和学习特点,同时考虑到筑养路机械操作使用人员的文化基础普遍不高这一事实,全书尽力摒弃冗长的理论叙述和复杂的公式,力求做到以图代文、通俗易懂、简明扼要,便于读者自学使用。

第四,以岗位技能要求为重点。根据对筑养路机械操作与维修专业人员主要职业岗位的调研情况,以及大量用人单位提出“会操作、会维护”的技能要求,针对筑养路机械操作与维修工作的特点,通过典型案例的分析,重点解决筑养路机械检测与故障诊断的典型问题,以提高学生在这方面的技能。

参加本书编写工作的有:江苏省交通技师学院李鹏飞(编写单元二、八),江苏省交通技师学院李静(编写单元一、六),江苏省交通技师学院元军伟(编写单元三、四),江苏省交通技师学院李欣(编写单元五),江苏柳工机械有限公司沈泳(编写单元七),全书由李鹏飞担任主编,元军伟担任副主编,江苏华通动力重工有限公司吴劲松担任主审。

本书在编写过程中得到江苏大学、江苏省交通工程集团有限公司、江苏柳工机械有限公司、江苏华通动力重工有限公司等单位专家和一线技术人员的大力支持和帮助,在此表示感谢!

由于业务水平和教学经验有限,书中难免有不妥之处,恳请广大读者提出宝贵意见。

编者

2014.3.18

目 录

单元一 筑养路机械的一般检测与诊断方法	001
课题一 简易检测与诊断技术	001
课题二 噪声检测与诊断技术	002
课题三 温度检测与诊断技术	006
课题四 无损检测技术	013
单元二 筑养路机械发动机常见故障诊断	018
课题一 故障检测与诊断方法	018
课题二 发动机功率的检测	022
课题三 气缸密封性的检测	025
课题四 柴油机燃油供给系检测与故障诊断	030
课题五 润滑系故障诊断	038
课题六 冷却系常见故障诊断	042
课题七 发动机异响的故障诊断	045
课题八 排烟异常的故障诊断	053
单元三 筑养路机械底盘与工作装置常见故障诊断	057
课题一 概述	057
课题二 传动系检测与故障诊断	057
课题三 转向系检测与故障诊断	066
课题四 制动系检测与故障诊断	069
课题五 履带式底盘行驶性能检测	072
课题六 工作装置检测	076
单元四 筑养路机械电气设备常见故障诊断	082
课题一 电气设备检测与故障诊断的基本步骤与方法	082
课题二 蓄电池检测与故障诊断	086
课题三 交流发电机及调节器检测与故障诊断	093
课题四 启动系检测与故障诊断	103



单元五 筑养路机械液压系统常见故障诊断	108
课题一 液压泵使用维修技术	108
课题二 液压马达使用维修技术	123
课题三 液压缸使用维修技术	127
课题四 液压系统检测与常见故障诊断	131
课题五 液压系统的正确使用与维护	136
单元六 挖掘机检测与常见故障诊断	140
课题一 概述	140
课题二 挖掘机各系统检测与常见故障诊断	144
课题三 挖掘机检测与故障诊断实例分析	149
单元七 装载机检测与常见故障诊断	157
课题一 概述	157
课题二 装载机各系统检测与常见故障诊断	161
课题三 装载机检测与故障诊断实例分析	164
单元八 平地机检测与常见故障诊断	169
课题一 概述	169
课题二 平地机各系统检测与常见故障诊断	175
课题三 平地机检测与故障诊断实例分析	177
参考文献	184



单元一

筑养路机械的一般检测与诊断方法

随着筑养路机械设备在现代工程建设中的作用和影响越来越大,与其相关的费用也越来越高,机器运行中发生的任何故障或失效不仅会造成重大的经济损失,还可能导致人员伤亡事故。对设备工况进行检测,对故障发展趋势进行早期诊断,找出故障原因,采取措施避免设备的突然损坏,使之安全经济地运转,这在现代工程建设中具有重要作用。

现代筑养路机械设备运行的安全性与可靠性,主要取决于两个方面:一是筑养路机械设备设计与制造的各项技术指标的实现;二是筑养路机械设备安装、运行、管理、维修和检测诊断措施的实施。现代筑养路机械设备的检测诊断技术、修复技术和润滑技术已成为推进设备管理现代化、保证设备安全可靠运行的重要手段。

课题一 简易检测与诊断技术

简易检测与诊断就是靠人的感官功能,如视觉、听觉、触觉、嗅觉等,或再借助一些简单仪器、常用量具对机械设备的运行状态进行检测和诊断的过程。

虽然简易检测与诊断是定性的、粗略的和经验性的,但对机械设备的管理和维修具有一定的现实意义。首先,虽然精密检测技术比较先进,但其应用还不普及,开发和推广还需要较长的时间。其次,在普通机械设备上应用过于复杂的高价值检测仪器,无疑会增加设备的使用成本。再次,无论科学技术发展到何种水平,现代化的精密检测技术也不可能完全取代人的感官检测技术。因此,从实际出发,简易检测与诊断技术的推广和应用是十分必要的,尤其是对普通筑养路机械设备而言。

一、运用人工方式进行检测与诊断

1. 听诊法

根据声音推断故障是进行筑养路机械维修时常用的一种手段,在实际工作过程中经常被采用。机械正常运转时,伴随发出具有一定音律和节奏的声响。只要熟悉和掌握这些正常的音律和节奏,当设备发生异常时,通过人的听觉功能进行对比就可以得知机械是否出现重、杂、怪、乱的异常噪声,从而判断机械内部是否出现松动、撞击、不平衡等隐患。用手锤敲打零件,听其是否发生破裂杂声,可判断有无裂纹产生。



2. 触测法

触测法是指用人手的触觉来检测机械的温度、振动及间隙等变化情况的方法。通常,用手晃动机件可以感觉 $0.1 \sim 0.3 \text{ mm}$ 的间隙大小;用手触摸机件可以感觉振动的强弱变化及是否产生冲击。

3. 观察法

观察法是指通过人的肉眼观察以发现故障现象,并对故障现象进行分析,从而判断设备故障的方法。通常,可以通过人的视觉观察机械上的机件有无松动、裂纹及其他损伤;也可以通过观察发动机的排烟状况确定发动机工作是否正常;可以检查润滑是否正常,有无干摩擦和跑、冒、滴、漏现象;可以通过查看油箱沉积物中金属磨粒的多少、大小及特点,判断相关零件的磨损情况;可以观察机械运动是否正常,有无异常现象发生;可以观察机械上安装的各种反映机械工作状态的仪表,了解数据的变化情况;可以通过观察测量工具所测数据和机械表面状况,检测产品质量,判断机械工作状况。最后,将所观察到的各种信息进行综合分析,就能对机械设备的状态及是否存在故障,以及故障部位、故障的程度和故障原因作出判断。

二、运用简单仪器进行检测与诊断

借助一些简单仪器对机械进行检测,扩大了机械检测的手段范围,提高了检测的准确性。例如,用配有表面热电偶探头的温度计测量滚动轴承、滑动轴承、主轴箱、电动机等机件的表面温度,具有判断热异常位置迅速、数据准确、检测过程方便的特点。除利用温度仪器外,还可以借助声学仪器(如电子听诊器)进行检测与诊断。电子听诊器是一种振动加速度传感器,它可将机械振动状况转换成电信号并放大,检测人员用耳机监听运行机械的振动声响,以实现声音的定性测量。通过测量同一检测点的不同时期、相同转速、相同工况下的信号,并进行对比,来判断机械是否存在故障。

简易检测与诊断技术是筑养路机械维修和保养中必不可少的技术手段,但是简易检测与诊断技术对操作人员的经验要求较高。当面临一些复杂故障或简易方法不易察觉的问题时,就必须借助一些专门方法来进行排查。现在,常用的检测与诊断技术有噪声检测与诊断技术、温度检测与诊断技术和无损检测技术等。下面,将一一介绍这3种检测与诊断技术。

课题二 噪声检测与诊断技术

人们早就知道利用声波能检测物品的质量。例如,通过拍打西瓜听声音可以判断西瓜的生熟;通过花盆、瓷器的相互撞击声能判断其质量的优劣;医生利用听诊器探测人体内部声音来诊断人的健康状况;熟练工人通过听机器运行的声音能判断机器工作状态的好坏;电风扇噪声可反映风扇运行性能的好坏等。因此,机械运行过程中的噪声以及敲击所发出的声音都可以反映机械的内部状态,并借以判断其是否存在故障。噪声诊断是机械设备检测与诊断常用的方法之一。



噪声是多个频率、不同声强的不同声音无规律的组合。机械运转过程中所产生的振动与噪声是反映机械工作状态的重要信息来源,机械的噪声值是其质量的评价指标之一。机械在运行中不可避免地要产生振动和噪声,不同的机械以其自身可能的方式产生振动和噪声,但机械的振动和噪声较正常状态下的增加和频率成分的改变,意味着机械性能的降低及故障的出现。机械敲击时会发出特定音频的信号,当内部出现裂纹等缺陷时,其信号的音频会发生改变。因此,研究掌握机械及其零部件的声振机理和特征,可对机械的状态进行诊断。

一、噪声的来源

声音是一种机械波,称为声波,它是机械振动通过弹性介质传播的结果。噪声主要来源于机械的振动,包括气体振动、液体振动、固体振动及电磁振动。因此,噪声分为气体噪声、液体噪声、固体噪声以及电磁噪声等。

气体噪声是气体振动的结果,如发动机混合气体爆燃声、发动机进气和排气声等;液体噪声是液体振动的结果,如液体流动中的冲击声、海浪的咆哮声;固体噪声又称结构噪声,它是结构之间相互撞击、摩擦等产生的噪声,如气门撞击声、轴承摩擦声等;电磁噪声是电磁与电流相互作用的结果,如电动机定子与转子之间的吸力引起的噪声等。在机械系统中,凡发出声音的振动系统都称为声源。

二、噪声的基本参数

衡量噪声的基本物理参数有很多,包括声压(级)、声强(级)、声功率(级)、响度(级)等。

1. 声压 p 和声压级 L_p

有声音传播时空气中压强与无声音传播时静压强之差称为声压强,简称声压,用符号 p 表示,声压的单位是帕(Pa)。正常人刚刚能听出来的声音的声压是 2×10^{-5} Pa,人耳对声音感觉疼痛的声压是 10^{-4} Pa。可见,人耳的听觉范围为 $10^{-5} \sim 10^{-4}$ Pa。用声压评定声音强弱相当不便,因此引入声压级的概念。

声压级定义为声音的声压与基准声压之比的常用对数乘以 20,即

$$L_p = 20 \lg \frac{p}{p_0} \quad (1-1)$$

式中, p_0 为基准声压, 2×10^{-5} Pa。

声压级是个相对量,用分贝(dB)表示其单位。折合成声压级后,人耳的听觉范围相当于声压级 0 ~ 130 dB。其中,声压级为零,表示人耳能够听到的声音的最低限度,声压级为 130 dB 会使人耳感到疼痛。在噪声测量中通常测量的是噪声的声压级,如室内 1 m 处的高声谈话为 68 ~ 72 dB;公共汽车内的噪声为 85 ~ 95 dB;收录机声音为 50 ~ 90 dB;洗衣机声音为 50 ~ 80 dB;电视机声音为 60 ~ 83 dB;空调器噪声为 50 ~ 67 dB;吸尘器噪声为 50 ~ 90 dB;人耳对声音强弱的分辨率大于 0.5 dB。测量噪声声压级的仪器称为声级计。



2. 声强 I 和声强级 L_I

声音具有一定的能量,可用来表征它的强弱。声场中某点在指定方向的声强 I (单位 W/m^2) 表示单位时间内通过该点上一个指定方向垂直的单位面积上的声能。

$$I = \frac{W}{S} \quad (1-2)$$

式中, W 为声功率, W ; S 为垂直指定方向的面积, m^2 。

声强级 (单位 dB) 定义为

$$L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0} \quad (1-3)$$

式中, I_0 为参考声强, $I_0 = 10^{-12} \text{ W}/\text{m}^2$ 。

3. 响度 N 和响度级 L_N

声音大小通过听觉反应出来,人耳对声音的感觉除了与声压有关外,还与频率有关。例如,大型压缩机的噪声和小轿车内的噪声都是 90 dB ,但前者听起来比后者大得多,这是由于前者是高频,后者是低频。由此可见,人耳对不同频率的声音有不同的灵敏度,因此提出了响度的概念。

响度是反映人耳听觉判断声音强弱的量,响度单位是宋 (sone)。对应于响度有响度级,响度级的单位是方 (phon)。响度级指选取 1000 Hz 纯音作为基准声,当某噪声听起来与该纯音一样响时,则这一噪声的响度级 (phon) 就等于该纯音的声压级 (dB)。例如,某一柱塞泵噪声听起来与声压级为 85 dB 、频率为 1000 Hz 的基准声压同样响,则该噪声的响度级就是 85 phon 。因此,响度和响度级是表示声音强弱的主观量。

4. 计权网络

人耳对声音的感受不仅与声压有关,而且与频率有关。声压级相同、频率不同的声音,听起来不一样;相反,不同声压级的声音,其频率也不一样,有时听起来却相同。图 1-1 为等响度曲线,每条曲线上的声音听起来都是相同的。

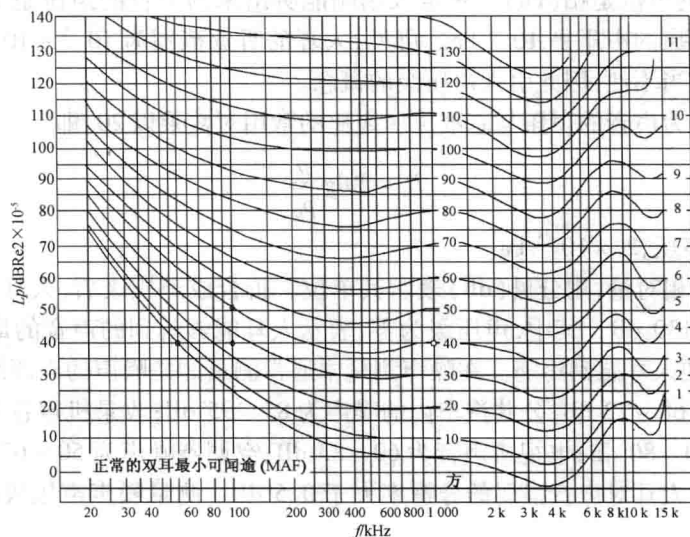


图 1-1 等响度曲线



一般来说,人耳对低频声音反应不够敏感,人耳听觉最敏感的范围是 $1 \sim 6 \text{ kHz}$,这说明人耳对不同频率的声音有不同的灵敏度。考虑这一影响,一般声级计中都设有计权网络。计权网络是出于考虑人耳对不同频率的声音有不同灵敏度这一影响而加入的特殊滤波器,作用相当于带通滤波器。一般声级计都有 A,B,C 共 3 种标准计权网络。其中,A 计权网络是最常用的一种,因为测量声音通过 A 计权网络后将与人耳听到的声音一致,经过 A 计权网络的噪声的声压级可用来衡量噪声对人耳的影响程度。

5. 噪声的频谱

噪声的频谱是用来反映噪声大小——声压级与频率关系的特征量。噪声的频率成分可能很复杂,有无限多个频率成分,通常噪声是在频率上的连续信号。实际当中测量每一个频率下的声压级是不可能的,因此,在一般的噪声测量中,噪声的频谱分析是在一些宽度范围的频带上进行的,测量的声压级是各个频带对应的声压级。噪声测量中最常用的带宽是倍频程和 $1/3$ 倍频程。

三、声级计

声级计是一种袖珍型的声学测量仪器,用来测量噪声的计权声压(简称省级),图 1-2 所示为 CEM 华盛昌 DT-8850 型声级计。

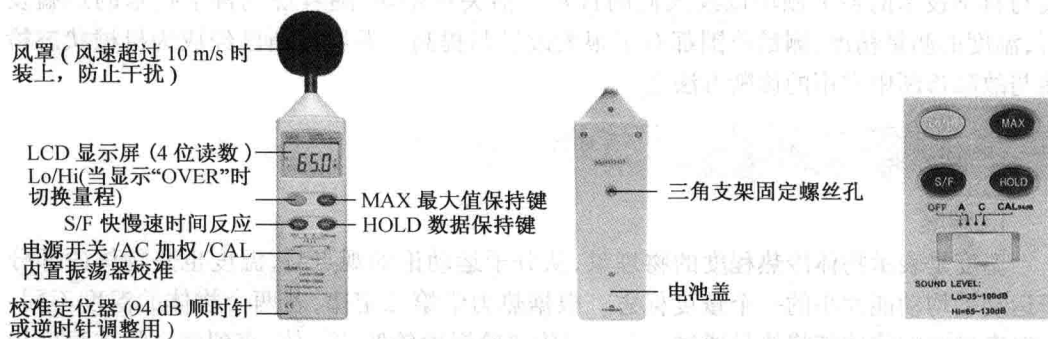


图 1-2 CEM 华盛昌 DT-8850 型声级计

1. 使用方法

DT-8850 型声级计是一款专业用于噪音工程、品质控制、健康防治及各种环境声音测量的仪表,具有 A/C 频率加权、高/低频段测量、交直流电压模拟输出等特征,使用方法如下:

- ① 装上一个 9 V 电池,打开电源开关。
- ② 选择 A/C 挡:要测量人耳感受的噪音量请调至 A 挡;测量分析机械噪音量则调至 C 挡。
- ③ 选择 F/S 挡:测量短暂突发声源或仅需获得声音的最大值,则选择快速 FAST;若测量一般的声音,则选择慢速挡 SLOW。
- ④ 选择 Lo 或 Hi:根据需要进行高、低频段级别。
- ⑤ 选择 MAX:此仪表会在一定时间内显示记录最大读数。
- ⑥ 选择 HOLD 数值保持:仪表会显示保持记录当前读数;再按此键则将退出数据保



持功能。

⑦ 手持噪音表或将噪音表架在三脚架上,以麦克风距离音源约 1 ~ 1.5 m 的距离测量。

⑧ 测量完成后关闭仪表,并在不使用时取出电池。

2. 使用注意事项

DT-8850 型声级计在使用时还应注意以下问题:

① 在有风的情况下使用仪表时,必须装上挡风风罩,以防止受到无关的噪音干扰。

② 如果仪表很长时间没有使用或在恶劣的环境下操作过,使用前请先校准仪表。

③ 不要在高温和高湿度的环境下保存或使用仪表,并避免剧烈的振动。

④ 当提示“OVER”时,应按 Hi 键切换到高频段量程。

⑤ 不使用时,请将电池和仪表放在低湿度的环境下保存。

课题三 温度检测与诊断技术

温度是表征物体性质的重要状态参数,是国际单位制(SI)7 个基本物理量之一。温度与科学技术的各个领域以及人们的日常生活关系密切,随着现代科学技术的迅猛发展,温度的测量精度、测量范围都有了很大改进与提高。温度诊断已经成为机械状态检测与故障诊断中常用的诊断方法之一。

一、概述

1. 温度

温度是表示物体冷热程度的物理量,从分子运动论的观点看,温度也是物体内部分子运动平均动能大小的一个量度标志。根据热力学第二定律,若两个物体的温度不同,则温度较高的物体就将热量通过一定方式传递给温度较低的物体,直到两个物体温度相同为止,因此就有了温度“高”、“低”的概念。

根据人体温度可以了解人体健康状况,机械温度同样可反映机械运行状态的优劣,说明机械有无发热、过热现象,若出现发热、过热现象,则表示机械可能存在某种故障。

2. 温标

温度计都是按理想气体的温标来刻度的,用来量度温度高低的尺度称为温度标尺,简称温标。目前我国用得较多的有热力学温标和摄氏温标。

摄氏温标用符号 t 表示,单位为 $^{\circ}\text{C}$ 。热力学温标也叫绝对温标,用符号 T 表示,单位为 K。摄氏温标与热力学温标存在以下关系:

$$T = t + 273.15 \quad (1-4)$$

由式 1-4 可知,绝对温度 0 K 等于 -273.15°C 。因此,在使用时,一般 0°C 以上用摄氏温标表示, 0°C 以下用热力学温标表示,这样可以避免使用负值。



3. 测温方法和特点

温度的测量常常借助于某些物体的物理性质与温度之间存在的一定关系,通过对其物理性质的测量,用某种温标反映该物体温度的高低。

1) 测温方法

测温的方法很多,仅从测量体与被测介质接触与否来分,就有接触式测温和非接触式测温两大类。

① 接触式测温。温敏元件与被测介质相互接触,借助热传导和热平衡原理,测定被测介质的温度。例如,玻璃管温度计。

② 非接触式测温。温敏元件与被测介质相互不需要接触,基于热辐射原理而工作,通过接收被测介质发出的辐射热来测定温度。例如,红外线温度计。

2) 测温方法的特点

① 接触式测温会影响被测介质温度场,且测温元件易发生氧化和还原反应;而非接触式测温因不与被测介质接触,所以测温范围广。

② 接触式测温需使测温元件与被测介质达到热平衡,时间滞后较明显。非接触式测温是通过热辐射进行的,反应速度较快;但受到介质的发射率、被测介质到仪表之间的距离、烟尘和水汽等其他介质的影响,一般测温误差较大。

③ 接触式测温因测温元件与被测介质要达到相同的温度,所以测高温时受到一定的限制,但可测低温和超低温。非接触式测温便于测高温,但不利于测低温,因为温度低,辐射能量小。

④ 接触式测温仪器简单、可靠,测量精度较高,测量误差一般在1%以下。非接触式测温仪器较复杂,测温时受环境条件影响大,测量精度低。

二、接触式测温

根据不同被测介质,可选用不同的接触式测温仪表或传感器,为了正确应用仪表或传感器,掌握它们的原理和应用特点是必要的,本课题介绍几种接触式测温方法及仪表。

1. 膨胀式温度计测温

利用物质的体积随温度升高而膨胀的特性制作的温度计,称为膨胀式温度计。

1) 玻璃管液体温度计

根据所充填工作液体的不同,可分为水银温度计和有机液体温度计两种。水银不粘玻璃,不易氧化,膨胀系数几乎和温度呈线性关系,可作为精密的标准温度计。使用玻璃管液体温度计应注意零点漂移的问题,玻璃的热胀冷缩会引起零点位置的移动,应定期校验零点位置。

2) 压力式温度计

压力式温度计根据封闭的液体或气体受热后压力变化的原理而制成,由温包、毛细管和弹簧管所构成的密闭系统及传动指示机构组成(见图1-3)。根据密闭系统内工作物质的不同,可分为充气体的压力式温度计、充蒸气的压力式温度计和充液体的压力式温度计。

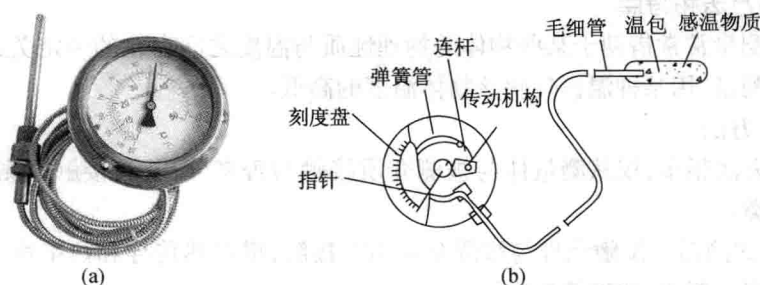


图 1-3 压力式温度计及其结构原理图

3) 双金属温度计

膨胀系数不同的两种金属片焊成一体(见图 1-4),一端固定,另一端自由。温度变化时,两种金属的膨胀不同,双金属片产生与被测物质温度大小成比例的变形,其偏转角就反映了被测物质温度的大小,测量范围为 $-60 \sim 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。双金属温度计抗震性好、坚固,但精度较低。

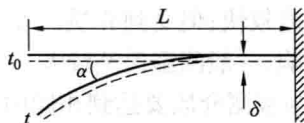


图 1-4 双金属温度计原理图

2. 热电偶测温

热电偶是由两种不同金属导体组成的测温元件,结构简单,制作方便(见图 1-5),测量范围宽,准确度高,热惯性小,易于实现远距离、多点检测,因直接输出电压信号,更便于测量、自动记录、集中控制和数字显示。



图 1-5 热电偶

将两种不同材料的导体或半导体 A 和 B 焊接起来,构成一个闭合回路。当 A 和 B 的两个接点 1 和 2 之间存在温差时,两者之间便产生电动势,在回路中形成电流,这种现象称为热电效应(见图 1-6a)。根据热电效应原理制成的温度测量仪器称为热电偶。热电偶中,直接用作测量介质温度的一端叫作工作端(也称为测量端),另一端叫作冷端(也称为补偿端);冷端与显示仪表或配套仪表连接,显示仪表会指出热电偶所产生的热电势(见图 1-6b)。

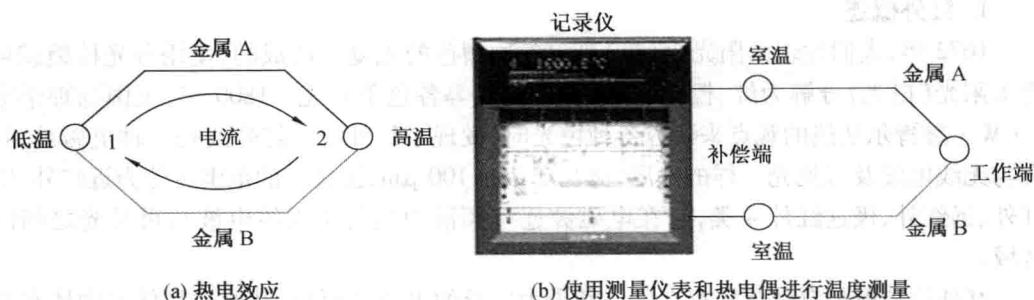


图 1-6 热电偶原理图

3. 热电阻测温

热电阻是中低温区最常用的一种温度检测器。它的主要特点是测量精度高,性能稳定。其中,铂热电阻的测量精确度是最高的(见图 1-7),其不仅广泛应用于工业测温,而且被制成标准的基准仪。

与热电偶测温原理不同,热电阻是基于电阻的热效应(即电阻体的阻值随温度变化而变化的特性)来进行温度测量的。因此,只要测量出感温热电阻的阻值变化,就可以测量出温度。目前主要有金属热电阻和半导体热敏电阻两类。

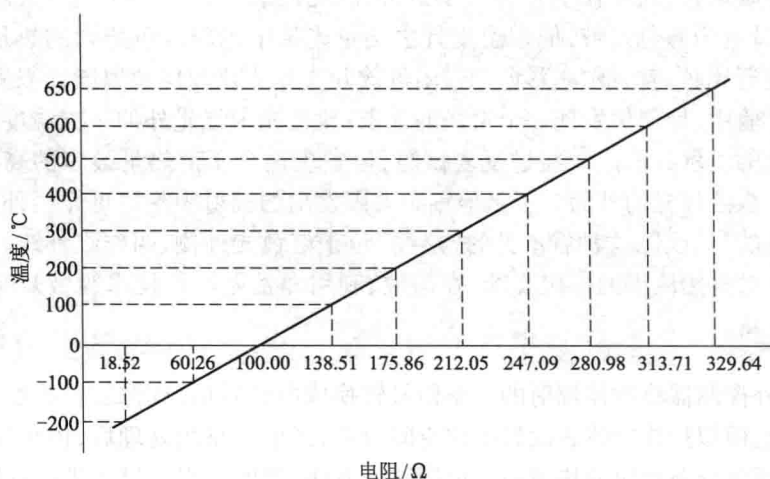


图 1-7 铂热电阻随温度变化曲线图

金属热电阻一般适用于 $-200 \sim 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内的温度测量,其特点是测量准确、稳定性好、性能可靠,但敏感度差。相比较而言,热敏电阻的温度系数更大,常温下的电阻值更高(通常在数千欧以上),但互换性较差,非线性严重,测温范围为 $-50 \sim 300\text{ }^{\circ}\text{C}$,大量应用于家电和汽车温度检测和控制中。

三、非接触式测温

随着科学技术的发展,传统的接触式测温方式已经不能满足一些领域(如高温、强腐蚀、强电磁场条件下或较远距离)的测温需求,对非接触、远距离测温技术的需求越来越大。红外测温技术应运而生,成为目前最常用的非接触式测温方法。



1. 红外概述

1672年,人们发现太阳光(白光)是由各种颜色的光复合而成的,使用分光棱镜就可把太阳光(白光)分解为红、橙、黄、绿、青、蓝、紫等各色单色光。1800年,英国物理学家F·W·赫胥尔从热的观点来研究各种色光时,发现了红外线。红外线是一种电磁波,具有与无线电波及可见光一样的性质,波长 $0.76 \sim 100 \mu\text{m}$,按波长的范围可分为近红外、中红外、远红外、极远红外4类,它在电磁波连续频谱中是处于无线电波与可见光之间的区域。

红外线辐射是自然界所存在的一种最为广泛的电磁波辐射,其原理是任何物体在常规环境下自身的分子和原子都会进行无规则运动,并不停地辐射出热红外能量,分子和原子的运动愈剧烈,辐射的能量愈大;反之,辐射的能量愈小。温度在绝对零度以上的物体,都会因自身的分子运动而辐射出红外线。辐射强度和温度成正比,温度越高红外辐射越强。



延伸阅读

1800年,英国物理学家F·W·赫胥尔在研究各种色光的热量时,有意把暗室唯一的窗户用暗板堵住,并在板上开了一个矩形孔,孔内装一个分光棱镜。太阳光通过棱镜后,便被分解为彩色光带,他用温度计去测量光带中不同颜色所含的热量。为了与环境温度进行比较,赫胥尔在彩色光带附近放几支作为比较用的温度计来测定周围环境温度。试验中,他偶然发现一个奇怪的现象:放在光带红光外的一支温度计,比室内其他温度计的显示数值高。经过反复试验,他发现这个所谓热量最多的高温区,总是位于光带边缘处红光的外面。于是他宣布太阳发出的辐射中除可见光线外,还有一种人眼看不见的“热线”,这种看不见的“热线”位于红色光外侧,叫作红外线。红外线的发现是人类对自然认识的一次飞跃,在研究、利用和发展红外技术领域开辟了一条全新的广阔道路。

通过红外探测器将物体辐射的功率信号转换成电信号后,成像装置的输出信号就可以一一对应地模拟扫描物体表面温度的空间分布,经电子系统处理后,传至显示屏上,得到与物体表面热分布对应的热像图。运用这一方法,便能实现对目标进行远距离热状态图像成像和测温并进行分析判断的目标。

2. 红外测温仪表

红外测温仪表也称为红外光学辐射式仪表,测温范围为不可见光的红外温度段,可分为全辐射型、单色型和比色型等。图1-8是这类仪表的典型系统框图。

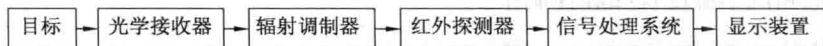


图1-8 红外测温仪表系统框图

其各部分的工作原理及作用如下:

- ① 光学接收器。接收目标的部分红外辐射并传输给红外传感器,常用的是物镜。
- ② 辐射调制器。它又称作调制盘或斩波器,一般是用微电机带动一个齿轮盘或等距



离孔盘旋转,切割入射辐射成交变的信号;将待测辐射调制成交变辐射光,并滤除大面积背景干扰信息。

③ 红外探测器。它是利用红外辐射与物质相互作用的物理效应探测红外辐射的传感器,多数情况下所利用的是这种相互作用所呈现的电学效应。

④ 信号处理系统。它将探测器所接收到的低电平信号进行放大和滤波,提取所需信息,并转换成所要求的形式,最后输出到显示装置。

图 1-9 是全辐射型红外测温仪及其结构原理,它由辐射感温器、显示仪表及辅助装置构成。被测物体的热辐射能量,经物镜聚集在热电堆(由一组微细的热电偶串联而成)上并转换成热电势输出,其值与被测物体的表面温度成正比,用显示仪表进行指示记录。

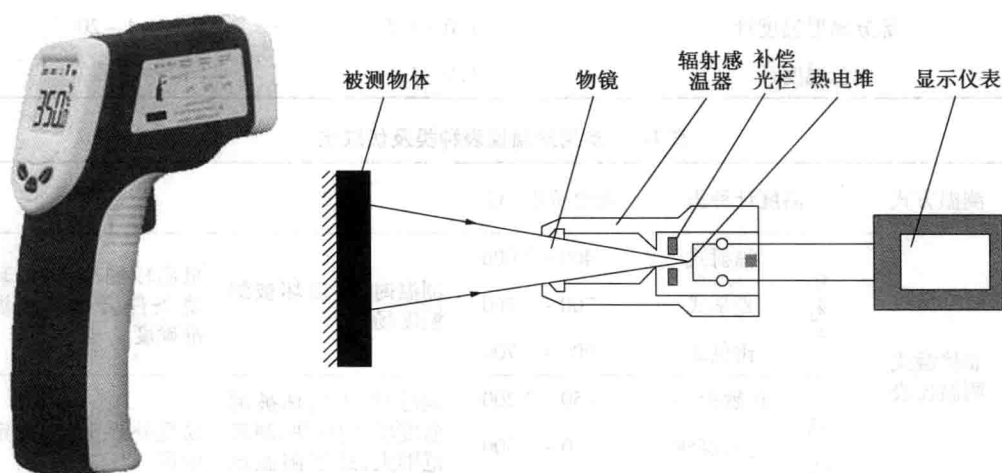


图 1-9 全辐射型红外测温仪及其结构原理图

四、测温仪表选用原则

① 根据测温范围、精度要求、环境条件及操作维护等条件正确选择温度测量仪表。正常使用范围一般为量程的 30% ~ 90%。

② 现场进行接触式测温的仪表中,玻璃液体温度计用于指示精度较高和现场没有振动的场合;压力式温度计用于就地集中测量,并要求指示清晰的场合;半导体温度计用于间断测量固体表面的场合。

③ 用于远距离测温的热电偶、热电阻,应根据测温要求与范围,选用适合的规格品种、惯性时间、连接方式、补偿导线、保护套管与插入深度等。

④ 测量细小物体和运动物体的温度,或测量高温,或具有振动、冲击而又不能安装接触式测温仪表的场合,应采用光学高温计、辐射高温计、光电高温计或比色高温计。

表 1-1 为温度计测量仪表的精度等级和分度值;表 1-2 为常用测温仪表种类及缺点。