

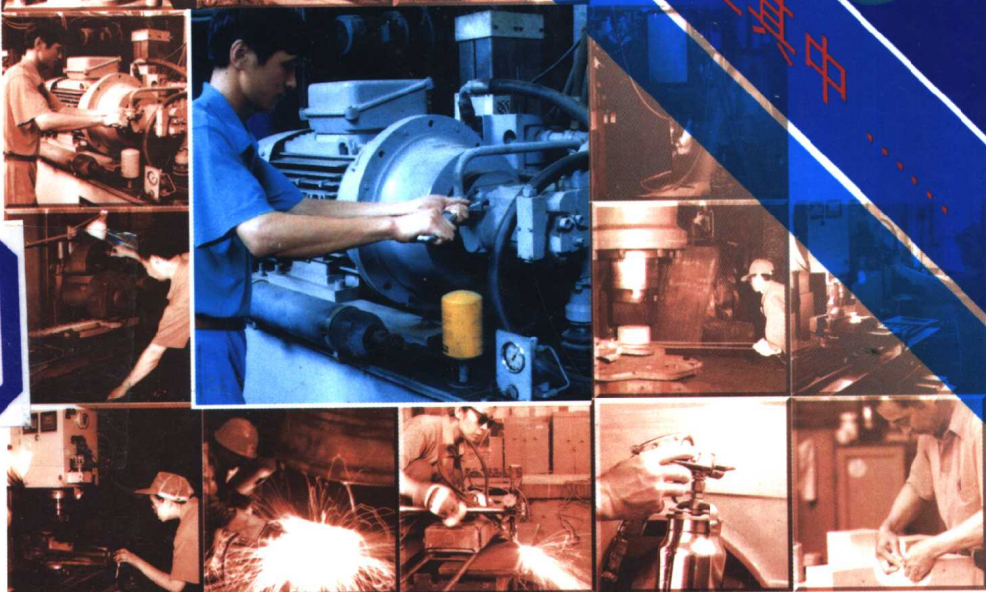
机械工人职业技能培训教材

高级

# 机修钳工技术

机械工业职业技能鉴定指导中心 编

理论技能尽在其中



机械工业出版社

**机械工人职业技能培训教材**

# **高级机修钳工技术**

机械工业职业技能鉴定指导中心 编

**机械工业出版社**

本书是根据原劳动部、机械工业部联合颁发的《职业技能鉴定规范》中的高级机修钳工内容编写的。主要内容有：精密量仪、精密平板平面度误差的测量与评定、精密导轨及修理、大型机床导轨的修理、精密组件及修理、机床液压系统的修理与故障排除、大型机床工件之间的联接、机床修理装配精度的检查、减少测量误差、精密机床修理、数控机床维修及机床改装。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

高级机修钳工技术/机械工业职业技能鉴定指导中心编.  
—北京：机械工业出版社，1999.11

机械工人职业技能培训教材

ISBN 7-111-07384-3

I. 高... II. 机... III. 机修钳工-技术培训-教材  
IV. TG947

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 46639 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑：朱 华 版式设计：张世琴 责任校对：李汝庚

封面设计：姚 毅 责任印制：路 琳

北京市密云县印刷厂印刷 · 新华书店北京发行所发行

2001 年 6 月第 1 版第 3 次印刷

850mm×1168mm<sup>1</sup>/<sub>32</sub>·12.375 印张 · 324 千字

8501—12500 册

定价：21.00 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 (010) 68993821、68326677-2527

# 机械工人职业技能培训教材与试题库 编审委员会名单

(按姓氏笔画排列)

|       |     |     |     |         |
|-------|-----|-----|-----|---------|
| 主任委员  | 邵奇惠 |     |     |         |
| 副主任委员 | 史丽雯 | 李成云 | 苏泽民 | 陈瑞藻     |
|       | 谷政协 | 张文利 | 郝广发 | (常务)    |
| 委 员   | 于新民 | 田力飞 | 田永康 | 关连英     |
|       | 刘亚琴 | 孙 旭 | 李明全 | 李 玲     |
|       | 李超群 | 吴志清 | 张 岚 | 张佩娟     |
|       | 邵正元 | 杨国林 | 范申平 | 姜世勇     |
|       | 赵惠敏 | 施 斌 | 徐顺年 | 董无岸     |
| 技术顾问  | 杨溥泉 |     |     |         |
| 本书主编  | 隋福海 | 吴全生 | 参编  | 李生宝 郭万春 |
|       |     |     |     | 赵中文     |
| 本书主审  | 沈为兴 |     |     |         |

# 前 言

这套教材及试题库是为了与原劳动部、机械工业部联合颁发的机械工业《职业技能鉴定规范》配套，为了提高广大机械工人的职业技能水平而编写的。

三百六十行，各行各业对从业人员都有自己特有的职业技能要求。从业人员必须熟练地掌握本行业、本岗位的职业技能，具备一定的包括职业技能在内的职业素质，才能胜任工作，把工作做好，为社会做出应有的贡献，实现自己的人生价值。

机械制造业是技术密集型的行业。这个行业对其职工职业素质的要求比较高。在科学技术迅速发展的今天，更是这样。机械行业职工队伍的一半以上是技术工人。他们是企业的主体，是振兴和发展我国机械工业极其重要的技术力量。技术工人队伍的素质如何，直接关系到行业、企业的生存和发展。在市场经济条件下，企业之间的竞争，归根结底是人才的竞争。优秀的技术工人是企业各类人才中重要的组成部分。企业必须有一支高素质的技术工人队伍，有一批技术过硬、技艺精湛的能工巧匠，才能保证产品质量，提高生产效率，降低物质消耗，使企业获得经济效益；才能支持企业不断推出新产品去占领市场，在激烈的市场竞争中立于不败之地。

机械行业历来高度重视技术工人的职业技能培训，重视工人培训教材等基础建设工作，并在几十年的实践中积累了丰富的经验。尤其是在“七五”和“八五”期间，先后组织编写出版了《机械工人技术理论培训教材》149种，《机械工人操作技能培训教材》85种，以及配套的习题集、试题库和各种辅助性教材共约700种，基本满足了机械行业工人职业培训的需要。上述各类教材以其行业针对性、实用性强，职业工种覆盖面广，层次齐备

和成龙配套等特点，受到全国机械行业工人培训、考核部门和广大机械工人的欢迎。

1994年以来，我国相继颁布了《劳动法》、《职业教育法》，逐步推行了职业技能鉴定和职业资格证书制度。我国的职业技能培训开始走上了法制化轨道。为适应新形势的要求，进一步提高机械行业技术工人队伍的素质，实现机械、汽车工业跨世纪的战略目标，我们在组织修改、修订《机械工人技术理论培训教材》，使其以新的面貌继续发挥在行业工人职业培训工作中的作用的同时，又组织编写了这套《机械工人职业技能培训教材》和《技能鉴定考核题库》，共87种，以更好地满足行业和社会的需要。

《机械工人职业技能培训教材》是依据原机械工业部、劳动部联合颁发的机械工业《工人技术等级标准》和《职业技能鉴定规范》编写的，包括18个机械工业通用工种。各工种均按《职业技能鉴定规范》中初、中、高三级“知识要求”（主要是“专业知识”部分）和“技能要求”分三册编写，适合于不同等级工人职业培训、自学和参加鉴定考核使用；对多个工种有共同要求的“基本知识”如识图、制图知识等，另编写了公共教材，以利于单科培训和工人自学提高。试题库分别按工种和学科编写。

本套教材继续保持了行业针对性强和注重实用性的特点，采用了国家最新标准、法定计量单位和最新名词、术语；各工种教材则更加突出了理论和实践的结合，将“专业知识”和“操作技能”有机地融于一体，形成了本套教材的一个新的特色。

本套教材是由机械工业相对集中和发达的上海、天津、江苏、山东、四川、安徽、沈阳等地区机械行业管理部门和中国第一汽车集团公司等企业组织有关专家、工程技术人员、教师、技师和高级技师编写的。在此，谨向为编写本套教材付出艰辛劳动的全体人员表示衷心的感谢！教材中难免存在不足和错误，诚恳希望专家和广大读者批评指正。

# 目 录

## 前言

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| <b>第一章 精密量仪</b> .....            | 1   |
| 第一节 声级计 .....                    | 1   |
| 第二节 测振仪 .....                    | 3   |
| 第三节 温度测量仪 .....                  | 7   |
| 第四节 经纬仪与平行光管 .....               | 12  |
| 复习思考题 .....                      | 15  |
| <b>第二章 精密平板平面度误差的测量与评定</b> ..... | 16  |
| 第一节 精密平板的技术要求 .....              | 16  |
| 第二节 检验平板平面度误差的测量 .....           | 22  |
| 第三节 检验平板平面度误差的评定 .....           | 55  |
| 第四节 基面转换法 .....                  | 58  |
| 复习思考题 .....                      | 66  |
| <b>第三章 精密导轨及修理</b> .....         | 68  |
| 第一节 滚动导轨 .....                   | 68  |
| 第二节 静压导轨 .....                   | 76  |
| 复习思考题 .....                      | 84  |
| <b>第四章 大型机床导轨的修理</b> .....       | 85  |
| 第一节 大型机床地基基础及修理 .....            | 85  |
| 第二节 大型机床直导轨的刮研及测量 .....          | 88  |
| 第三节 大型机床环形导轨的刮研及测量 .....         | 96  |
| 复习思考题 .....                      | 114 |
| <b>第五章 精密组件及修理</b> .....         | 115 |
| 第一节 动静压混合轴承 .....                | 115 |
| 第二节 滚珠丝杠螺母机构 .....               | 129 |
| 第三节 分度蜗杆副 .....                  | 138 |
| 第四节 镗床主轴机构 .....                 | 150 |

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| 复习思考题 .....                     | 158        |
| <b>第六章 机床液压系统的修理与故障排除 .....</b> | <b>160</b> |
| 第一节 液压操纵箱、伺服阀、比例阀的维修 .....      | 160        |
| 第二节 液压基本回路故障的排除 .....           | 177        |
| 第三节 查找液压系统故障的方法 .....           | 204        |
| 第四节 液压系统常见故障与排除 .....           | 212        |
| 第五节 液压系统的清洗、安装与调试 .....         | 225        |
| 复习思考题 .....                     | 227        |
| <b>第七章 大型机床工件之间的联接 .....</b>    | <b>229</b> |
| 第一节 双柱立式车床 .....                | 229        |
| 第二节 龙门刨床 .....                  | 233        |
| 复习思考题 .....                     | 238        |
| <b>第八章 机床修理装配精度的检查 .....</b>    | <b>239</b> |
| 第一节 机床定位精度 .....                | 239        |
| 第二节 机床重复定位精度 .....              | 240        |
| 第三节 机床分度精度 .....                | 243        |
| 第四节 机床传动链精度 .....               | 249        |
| 复习思考题 .....                     | 254        |
| <b>第九章 减少测量误差 .....</b>         | <b>255</b> |
| 第一节 产生测量误差的原因 .....             | 255        |
| 第二节 测量基准误差的消除 .....             | 256        |
| 第三节 测量工具误差的消除 .....             | 262        |
| 第四节 测量条件误差的消除 .....             | 266        |
| 第五节 测量方法误差的消除 .....             | 273        |
| 复习思考题 .....                     | 288        |
| <b>第十章 精密机床的修理 .....</b>        | <b>290</b> |
| 第一节 滚齿机 .....                   | 290        |
| 第二节 坐标镗床 .....                  | 311        |
| 复习思考题 .....                     | 319        |
| <b>第十一章 数控机床的维护与故障排除 .....</b>  | <b>320</b> |
| 第一节 数控机床的维护 .....               | 320        |
| 第二节 数控车床机械故障的排除 .....           | 322        |



|                          |            |
|--------------------------|------------|
| 第三节 数控铣床机械故障的排除 .....    | 336        |
| 第四节 数控加工中心机械故障的排除 .....  | 339        |
| 复习思考题 .....              | 349        |
| <b>第十二章 机床改装 .....</b>   | <b>350</b> |
| 第一节 概述 .....             | 350        |
| 第二节 机床改装的基本思路及主要途径 ..... | 357        |
| 复习思考题 .....              | 384        |

# 第一章 精密量仪

培训要求 了解各种量仪的分类、特点及原理。掌握各种量仪的选用，使用方法和注意事项。

## 第一节 声级计

声级计是用来测量噪声等级的仪器，它既可单独使用，又可与相应的仪器配套进行频谱分析、振动测量等。声级计测得的噪声是经仪器听感修正后的声压级。

### 一、声压级

振动产生的声波作用于物体上的压力称为声压。单位是 Pa。声压的大小是由声压级来表示的。其定义为

$$L_p = 20 \lg \frac{p}{p_0}$$

式中  $L_p$ ——声压级单位是分贝 (dB)；

$p$ ——声压 (Pa)；

$p_0$ ——参考声压 (Pa)。

由上式可见，声压每增大 10 倍，声压级仅增大 1 倍。这恰恰与人耳的响声特点相一致。这样，人耳能听到的声压级的范围是 0~120dB。0dB 称为参考声压级。120dB 称为最大声压级。

### 二、声压计的组成

声压计由传声器、放大器、衰减器、频率计权网络以及有效值指示表头等部分组成。

### 三、工作原理

声压信号经传声器转换为电压信号，通过放大器放大后，经计权网的处理，表头上可显示分贝值。声压计测得的噪声是经具有三种频率的计权网络处理后得到的。有三种声级即：A 声级、

B声级、C声级。因为A声级较接近人耳对声音的感觉，所以最常用。声级计的测量范围是40~120dB。

#### 四、使用方法

声级计分快、慢两档。当噪声起伏大于4dB时用慢档，否则用快档。其读数为有效值。

例如：用ND10声级计（图1-

1）测铣床噪声的使用过程如下：

（1）选用A声级（A、C声级是一个钮控制，不按下为A声级）。

（2）把声级计放在距铣床1m，高1.5m处。将传声器安装在声级计顶端。

（3）检查电源电压，先按一下电池按钮，再按一下通的按钮。若指针顺时针转到“电池检查”方框内，表示电压有效。否则，更换电池。

（4）测量时，选择钮从高往低依次选择。铣床噪声标准为84dB。所以先选90档。然后按一下“慢”和“通”钮。如表头指针未动，可再选80档，按“慢”、“通”钮，指针指到3，则铣床噪声为83dB。

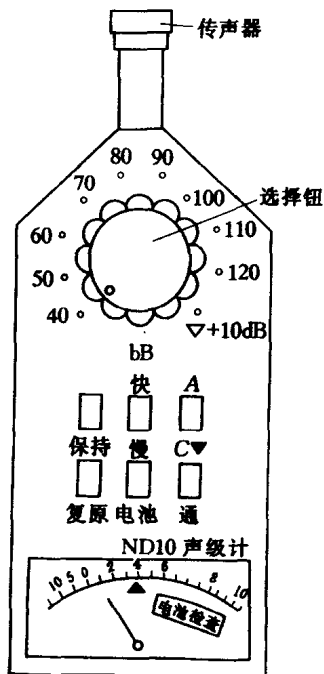


图 1-1 ND10 声级计

#### 五、使用注意事项

（1）一般应在距声源1m，高1.5m处安放仪器。若噪声大或设备危险，可取5~10m或更远处为测点。若机器很小，测点可选在距声源10~50cm处。

（2）记录时，一定标明测点、测量仪的型号和声源的工作状态。

(3) 声的反射面在距声源 2~3m 以上。为避开反射面的影响,测点应远离反射面。此外,还要注意物理环境的影响。如电磁场、振动、温度、湿度及风向等。

## 第二节 测振仪

测振仪是用来测定振动幅度的仪器。它与速度传感器和加速度传感器联用,可测轴承振动;与位移传感器联用可测轴的振动。

### 一、旋转机械振动标准

评定旋转机械振动的方式有两种,即:用轴承振动或轴振动。而这两种振动的评定又各有其评定标准。

轴承振动评定标准有两种,即以振动位移双幅值来评定或以振动烈度来评定。

1. 以振动位移双幅值来评定 典型的通用旋转机械,如鼓风机、汽轮发电机等的评定已有部颁标准,是以振动位移双幅值表示的。其振幅的大小是按转速的高低进行规定的。转速低,选大振幅,转速高,选小振幅。这样可以避免高速旋转带来的危害。

2. 以振动烈度评定 振动烈度就是振动速度的有效值。

当轴心以圆周轨迹振动时,振动速度( $v$ )等于圆周半径(单幅值) $r$ 乘上轴心角速度( $\omega$ )即

$$v = r\omega$$

式中  $\omega = 2\pi f = \frac{\pi n}{30}$ ;

$n$ ——转速。

由于振动的波形为正弦波,所以振动速度的有效值即振动烈度为

$$v_f = \frac{\sqrt{2}v}{2}$$

因为

$$v = r\omega = \frac{1}{2}S\omega$$

所以

$$v_f = \frac{\sqrt{2}}{4}S\omega$$

式中  $S$ ——双幅值 (mm)。

由上式可知, 振动烈度与线速度  $v$  无关, 而与角速度  $\omega$  有关。可以反映出振动的能量。因此, 该标准较合理。

转速为 600~1200r/min 的旋转设备的振动烈度标准可分为四个品质段, 即: A 段 (优级), B 段 (良级), C 段 (有一定故障, 应检修), D 段 (停止运行段)。

$v_f$  的选取与设备规模有关 (表 1-1)。 $v_f$  选取值可随设备的规模增大而适当放大。此外,  $v_f$  的选取还与支承类别有关。支承分为刚性支承和柔性支承。所谓刚性支承是指机械的主激振频率低于支承系统一阶固有频率的支承。余者为柔性支承其中固有频率是测得的, 而主激振频率就是转速频率。

表 1-1 振动烈度标准

| 振动烈度 $v_f$ / (mm/s) | 小型机械 | 中型机械 | 大型机械 |      |
|---------------------|------|------|------|------|
|                     |      |      | 刚性支承 | 柔性支承 |
| 0.45                | A    | A    | A    | A    |
| 0.71                |      |      |      |      |
| 1.12                | B    | B    | B    | B    |
| 1.8                 |      |      |      |      |
| 2.8                 | C    | C    | C    | C    |
| 4.5                 |      |      |      |      |
| 7.1                 | D    | D    | D    | D    |
| 11.2                |      |      |      |      |
| 18.0                |      |      |      |      |
| 28.0                |      |      |      |      |
| 45.0                |      |      |      |      |
| 71.0                |      |      |      |      |

**例 1** 某旋转设备的工作转速为 1450r/min, 测得其支承系统固有频率为 20Hz。判断其支承类别。

解 主激振频率 =  $\frac{1450\text{r/min}}{60\text{s}} = 24\text{Hz}$   
 $24\text{Hz} > 20\text{Hz}$

所以该系统属柔性支承。

**例 2** 某设备工作转速为  $2400\text{r/min}$ ，支承系统为柔性支承，达到 A 级， $v_{\text{fmin}} = 2.8\text{mm/s}$ ，求振动位移双幅值  $S$ 。

$$\text{解 } v_f = \frac{\sqrt{2}}{4} S \omega$$

$$\text{则 } S = \frac{4v_f}{\sqrt{2}\omega} = \frac{4v_{\text{fmin}}}{\sqrt{2} \frac{2400\pi}{30}} = \frac{4 \times 2.8\text{mm/s} \times 30}{\sqrt{2} \cdot 2400\pi} = 0.03125\text{mm}$$

## 二、工作原理

1. 与速度传感器、加速度传感器联用测轴承振动 传感器称为一次仪表，测振仪称为二次仪表。

(1) 与速度传感器联用测轴承振动。速度传感器又称拾振器。

磁电式速度传感器（图 1-2）是用铝架 4 把永久磁铁 2 固定在外壳 6 内。外壳与永久磁铁形成磁回路。工作线圈 7 在外壳和磁铁间的气隙的右边，阻尼环 3 在左边，它们通过心杆 5 联接起来，用两个弹簧片 1 和 8 支承在外壳上。

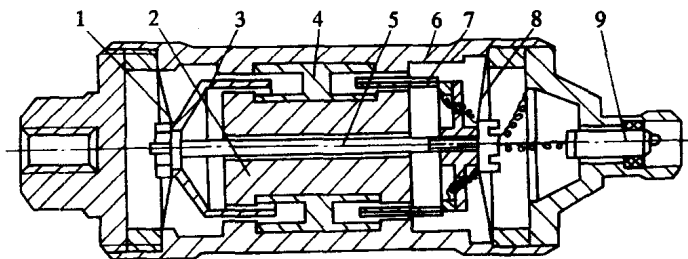


图 1-2 磁电式速度传感器

1—弹簧片 2—永久磁铁 3—阻尼环 4—铝架  
5—心杆 6—外壳 7—工作线圈 8—弹簧片 9—接头

测量时，使传感器与轴承一起振动。由于弹簧片的作用，使线圈与外壳产生相对运动，从而使它在工作气隙中切割磁力线而

产生感应电动势。电动势的大小与切割速度成正比。电动势的信号由接头传给测振仪,经电路变换后,即可在测振仪面板上示出振动速度值。

(2) 与加速度传感器联用测轴承振动的加速度。

压电式加速度传感器(图 1-3)的压电晶体 3 装在质量块 2 和基座 4 之间,始终被弹簧 1 压紧。当传感器与轴承同振时,质量块 2 靠惯性作用在压电晶体上。压电效应在晶体表面产生电信号,该信号由输出接头送给测振仪,经电路放大和变化后,可得振动值。

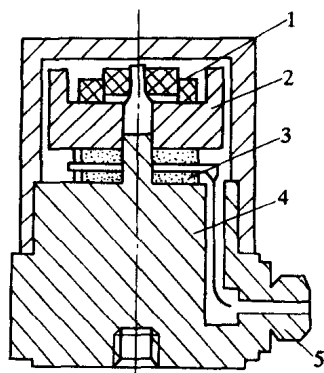


图 1-3 压电式加速度传感器  
1—弹簧 2—质量块 3—压电晶体  
4—基座 5—接头

2. 测量轴振动 利用位移传感器与测振仪联用来测量 涡流式位移传感器(图 1-4)的端部是一个电感线圈 1。测振仪输入的高频电流使线圈产生磁场,并在附近的轴表面 2 感应出涡电流(在轴的金属体内自成回路的电流)。线圈的电感值随之变化,引起线路的阻抗变化,输出电压就相应改变。测量时,被测轴的振动使传感器与轴之间的距离  $\delta$  改变。而当被测轴的尺寸、材料确定后,输出电压的变化只由  $\delta$  而定。这样,轴的振动就以变化的电压形式输给测振仪。从而示出振动位移。

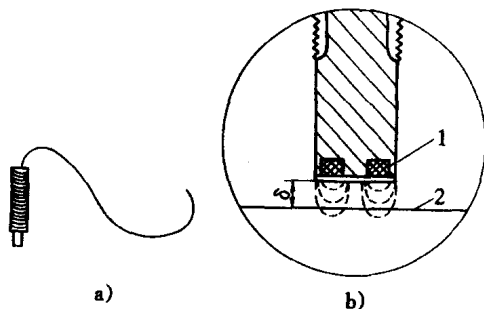


图 1-4 涡流式位移传感器  
1—电感线圈 2—轴表面

### 三、使用方法

#### 1. 测量轴承振动

(1) 与速度传感器联用时, 应把速度传感器放在轴承反应振动最直接、最灵敏的位置上。如测量垂直振动值时, 应选在轴承宽度中间位置的正上方为测点。当测量水平振动时, 应选轴承宽度中央的中分面为测点。测轴向振动值时, 应选轴心线附近的端面为测点。这样安装后与测振仪联用进行测量。

(2) 与加速度传感器联用时, 把加速度传感器用螺杆通过基座下的螺孔固定在轴承上; 有时也用永久磁铁将传感器与轴承吸在一起。然后与测振仪联用进行测量。

2. 测量轴振动涡流式位移传感器测量轴振动时, 测点在轴承的壳体上。测量轴向位移时, 测点选在轴肩的两侧。但传感器与轴表面之间的距离通常为  $1 \sim 1.5\text{mm}$ 。因为大了将超测量范围, 小了易使传感器端部被碰坏。通过这样安装后, 与测振仪联用, 便可测量。

#### 四、使用注意事项

(1) 要与速度传感器、加速度传感器、位移传感器等一次仪表联用, 才能发挥其二次仪表的作用。

(2) 在与一次仪表联用时, 一定要保证一次仪表的测点选择正确, 否则将影响测量结果。

(3) 在与位移传感器联用时, 轴的被测表面要有较高的几何精度、较小的表面粗糙度值和材料金相组织的均匀性。否则会产生机械或电气上的障碍, 从而影响测量精度, 甚至是无法实现测量。

### 第三节 温度测量仪

温度测量仪是用来监测温度的仪器。可对设备内部温度进行监测, 如测循环水温; 也可对表面温度进行监测, 如轴承座外壁温度等。



## 一、分类及其工作原理

温度测量仪按接触与否可分为两大类，接触式温度测量仪和非接触式温度测量仪。

### 1. 接触式温度测量仪

(1) 工作原理 测温元件与被测物体必须接触可靠，通过传导和对流两种热传递方式实现热平衡，进而把该测量信息平稳输出（既可近距离输出，又可远距离输出）。

(2) 特点 使用较方便。但其精度受接触的程度控制。接触可靠，精度就高（表面测温时，可将感温元件嵌入或焊在被测物上）；而反应时间受传感器热容量控制，装置越大，反应越慢。

### (3) 常用的接触式测温仪

1) 液体膨胀式温度计通常以水银和酒精作测温介质。根据介质随温度的变化而膨胀或收缩的原理工作。精度较高（0.5～2.5级），但易损。水银温度计测温范围 $-35^{\circ}\sim +350^{\circ}\text{C}$ 。而酒精等有机液体温度计测温最大范围可达 $-200^{\circ}\sim +200^{\circ}\text{C}$ 。此类温度计使用时，要避免温度的骤变。应注意避免断液、液中气泡和视差现象的发生。在精密测量时，要考虑其测量部分与露出部分的温差的影响。

2) 压力推动式温度计通常以液体、气体或低沸点液体的饱和蒸汽为测温介质。依据被封闭的介质受热后，体积膨胀或所受压力的变化来推动传动机构，实现温度值的输出。精度不高（1级、1.5级、2.5级），测温范围因介质而异。应注意的是，使用时要将温包全部没入被测介质中，以减少测温误差。小型压力推动式温度计，常用于内燃机和机械设备的冷却水、润滑油系统的测温。

3) 热电阻温度计它是用铂、铜、镍等金属导体或半导体制成的热敏电阻为测温介质。通过上述介质的电阻随温度的变化值，在测温回路的转换，来显示出被测的温度值。虽然金属热电阻的阻值随温度的变化呈较规则的直线性，而且重复使用时，一致性较好。但阻值变化与温度变化的同步性差。所以不能测点温