

机电工人巧学技能系列

# 巧学

QIAOXUE  
MOGONG JINENG

# 磨工技能

邱言龙 编著



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

机电工人巧学技能系列

# 巧学

# 磨工技能

邱言龙 编著



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

《机电工人巧学技能系列》重在突出讲解技能与技巧，给初学者点出操作诀窍及禁忌。图文并茂，浅显易懂。

本书为其中的一本，全书共 11 章，主要内容包括：磨工常用量具，磨削加工原理，外圆磨削，内圆磨削，圆锥面磨削，平面磨削，无心外圆磨削，刀具刃磨，成形面磨削，磨床夹具和磨床等。

本书既便于磨工自学，又可供再就业部门对下岗、求职工人进行转岗、上岗再就业培训用，也可供农民工作为技能培训教材使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

巧学磨工技能/邱言龙编著. —北京:中国电力出版社, 2012. 2  
(机电工人巧学技能系列)  
ISBN 978-7-5123-2702-3

I. ①巧… II. ①邱… III. ①磨削-基本知识 IV. ①TG58

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 024254 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

·2012 年 6 月第一版 2012 年 6 月北京第一次印刷  
850 毫米×1168 毫米 32 开本 14.25 印张 375 千字  
印数 0001—3000 册 定价 27.00 元

### 敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失  
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



## 丛 书 前 言

近两年春节过后，珠江三角洲、长江三角洲及沿海各大城市，出现了明显的“用工荒”，“一工难求”。这在就业仍属难题的中国，显得令人费解。中央电视台财经频道栏目曾就这一话题，采访了国家人力资源和社会保障部副部长杨志明。杨志明说，部分企业招用技术工种困难，而相当多的地方，农民工就业难的状况也同时存在。

因此，“各方面需要用新的视角来看待民工荒”。“一工难求”导致的“用工荒”，实质上是技术工人乃至高级技能人才的严重短缺。近年来政府投入大量的资金，制订农民工新一轮培训计划，加大对农民工技能培训的力度，以使80后、90后新生代农民工能具有一技之长。

2010年以来我国继续建立农民工培训基本补贴制度，从中央到地方每年投入60多亿元，通过技校和有条件的企业以及有规模的培训机构，使600多万农村初、高中毕业生在国家培训资金补助下，通过实用技能培训，学到一门实用技能，拿到凭证，找到工作，切实缓解大部分农民工没有技能而多数企业招用技术工种困难所产生的所谓“用工荒”。具体来说，2010年以来农民工培训有农业部的阳光工程，有人力资源和社会保障部的技能培训计划，有教育部的农村劳动力转移就业计划，有国务院扶贫办的雨露计划，有科技部的星火计划。

为配合农民工培训的需要，为其提供一套内容起点低、

层次结构合理的培训教材，我们组织了一批技师学院、高级技工学校有多年丰富理论教学经验和高超实际操作水平的教师，编写了《机电工人巧学技能系列》丛书。本套丛书包括：《巧学车工技能》、《巧学钳工技能》、《巧学铣工技能》、《巧学磨工技能》、《巧学装配钳工技能》、《巧学模具钳工技能》、《巧学机修钳工技能》。作为机电工人的专业技能培训教材，每册内容主要由两大部分组成。第一部分为专业知识，主要介绍各工种工人生产实际中所需要使用的工、量、夹具及机床设备，刀具辅具及磨料、磨具等；第二部分具体介绍各工种的典型加工工艺方法和加工工艺实例，特别介绍了各工种加工工艺分析。

丛书力求简明扼要，不过于追求系统及理论的深度、难度，突出初、中级工实用技术的特点，而且从材料、工艺、设备及标准、名词术语、计量单位等各方面都贯穿着一个“新”字，以便于工人尽快与现代工业化生产接轨，与时俱进，开拓创新，更好地适应未来机械工业发展的需要。

丛书根据《国家职业标准》的初、中级技术工人等级标准及职业技能鉴定规范编写，主要具有以下两个鲜明的特点：

#### 一、突出技能与技巧

- (1) 归纳典型性、通用性、可操作性强的加工工艺实例。
- (2) 总结技术工人操作中的工作要求、加工方法、操作步骤与技巧。

#### 二、把握诀窍与禁忌

- (1) 对“不宜做”、“不应做”、“禁止做”和“必须注意”、“不容忽视”的事情，以反向思维，用具体的实例，加以说明和表达。

- (2) 理论联系实际，总结操作过程中具有典型性的禁忌问题，在进行必要的工艺分析的基础上，给出适当的预防方

法，提出合理的解决措施。

本丛书通俗易懂、简明实用，旨在让工人通过相应工种基础理论的学习，了解本工种的基本专业知识和基本操作技能、技巧，轻松掌握一技之长，信步迈入机电工人之门。本丛书图文并茂，浅显易懂，既便于工人自学，又可供再就业部门对下岗、求职工人进行转岗、上岗再就业培训用，也可供农民工作为技能培训教材使用。

由于编者水平所限，加之时间仓促，书中疏漏在所难免，望广大读者不吝赐教，以利提高。欢迎读者通过 E-mail: qiuxm6769@sina.com 与作者联系。

**编 者**

2012.5



# 目 录

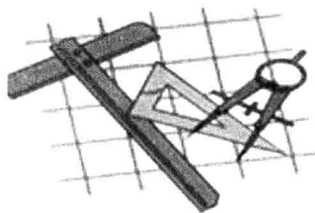
## 丛书前言

<b>第一章 技术测量基础与磨工常用量具</b> .....	1
第一节 技术测量基础.....	1
第二节 磨工常用计量器具.....	9
第三节 磨工常用量具使用技能与技巧、诀窍与禁忌 ...	30
<b>第二章 磨削加工原理</b> .....	41
第一节 磨削加工的基本知识 .....	41
第二节 砂轮及其选择 .....	52
第三节 磨料和磨具 .....	67
第四节 磨削加工原理 .....	73
第五节 磨工基本技能与技巧、诀窍与禁忌 .....	84
<b>第三章 外圆磨削</b> .....	97
第一节 外圆磨削的形式 .....	97
第二节 外圆磨削的方法与诀窍.....	100
第三节 外圆的测量及磨削质量分析.....	112
第四节 外圆磨削技能与技巧、诀窍与禁忌.....	118
<b>第四章 内圆磨削</b> .....	146
第一节 内圆磨削的形式及特点.....	146
第二节 内圆磨床操作和调整的技巧与诀窍.....	150
第三节 内圆砂轮及其正确使用.....	158
第四节 内圆磨具.....	164
第五节 工件装夹和找正的技巧与诀窍.....	168

第六节	内圆磨削常用方法与诀窍·····	177
第七节	内圆的测量方法与诀窍·····	180
第八节	内圆磨削技能与技巧、诀窍与禁忌·····	191
<b>第五章</b>	<b>圆锥面磨削</b> ·····	207
第一节	圆锥的各部分名称及计算·····	207
第二节	圆锥面磨削的方法·····	214
第三节	圆锥的精度检验·····	222
第四节	圆锥面磨削的技能与技巧、诀窍与禁忌·····	230
<b>第六章</b>	<b>平面磨削</b> ·····	241
第一节	平面磨削的形式·····	241
第二节	平行面的磨削·····	246
第三节	垂直面的磨削·····	252
第四节	斜面的磨削·····	260
第五节	平面零件的精度检验·····	263
第六节	平面磨削的技能与技巧、诀窍与禁忌·····	268
<b>第七章</b>	<b>无心外圆磨削</b> ·····	289
第一节	无心外圆磨削的特点及磨削原理·····	289
第二节	无心外圆磨削的方法·····	292
第三节	无心外圆磨床操作调整技巧、诀窍与禁忌·····	294
第四节	无心外圆磨削技能与技巧、诀窍与禁忌·····	306
<b>第八章</b>	<b>刀具刃磨</b> ·····	319
第一节	刀具刃磨的基本知识·····	319
第二节	铰刀的刃磨·····	326
第三节	铣刀的刃磨·····	335
第四节	刀具刃磨技能与技巧、诀窍与禁忌·····	345
<b>第九章</b>	<b>成形面磨削</b> ·····	355
第一节	成形磨削概述·····	355



第二节	成形砂轮的修整·····	359
第三节	球面磨削·····	367
第四节	仿形磨削·····	372
第五节	成形面磨削技能与技巧、诀窍与禁忌·····	380
<b>第十章</b>	<b>磨床夹具·····</b>	<b>390</b>
第一节	机床夹具概述·····	390
第二节	磨床通用夹具·····	392
第三节	典型专用磨床夹具简介·····	404
<b>第十一章</b>	<b>磨床·····</b>	<b>409</b>
第一节	磨床主要部件的名称和用途·····	409
第二节	磨床传动系统分析·····	417
第三节	磨床的精度检验·····	426
第四节	磨床操作技能与技巧、诀窍与禁忌·····	434



# 第一章 技术测量基础 与磨工常用量具

## 第一节 技术测量基础

### 一、技术测量的一般概念

要实现互换性，除了合理地规定公差，还需要在加工的过程中进行正确的测量或检验，只有通过测量和检验判定为合格的零件，才具有互换性。测量技术基础主要介绍零件几何量的测量和检验。

“测量”是指以确定被测对象量值为目的的全部操作。实质上是将被测几何量与作为计量单位的标准量进行比较，从而确定被测几何量是计量单位的倍数或分数的过程。一个完整的测量过程应包括测量对象、计量单位、测量方法和测量精度四个方面要素。

“检验”只确定被测几何量是否在规定的极限范围之内，从而判断被测对象是否合格，而无须得出具体的数值。

测量过程包括的四个方面要素如下：

#### 1. 测量对象

测量对象主要指几何量，包括长度、角度、表面粗糙度、几何形状和相互位置等。由于几何量的种类较多，形式各异，因此应熟悉和掌握它们的定义及各自的特点，以便进行测量。

#### 2. 计量单位

为了保证测量的正确性，必须保证测量过程中单位的统一，为此我国以国际单位制为基础确定了法定计量单位。我国的法定计量单位中，长度计量单位为米（m），平面角的角度计量单位为弧度（rad）及度（°）、分（′）、秒（″）。机械制造中常用的长



度量单位为毫米 (mm),  $1\text{mm}=10^{-3}\text{m}$ 。在精密测量中, 长度计量单位采用微米 ( $\mu\text{m}$ ),  $1\mu\text{m}=10^{-3}\text{mm}$ 。在超精密测量中, 长度计量单位采用纳米 (nm),  $1\text{nm}=10^{-3}\mu\text{m}$ 。机械制造中常用的角度计量单位为弧度、微弧度 ( $\mu\text{rad}$ ) 和度、分、秒。  $1\mu\text{rad}=10^{-6}\text{rad}$ ,  $1^\circ=0.017\ 453\ 3\text{rad}$ 。度、分、秒的关系采用 60 进制, 即  $1^\circ=60'$ ,  $1'=60''$ 。

确定了计量单位后, 要取得准确的量值, 还必须建立长度基准。1983 年第十七届国际计量大会规定米的定义:  $1\text{m}$  是光在真空中  $1/299\ 792\ 458\text{s}$  的时间间隔内所经路径的长度。按此定义确定的基准称为自然基准。

在机械制造中, 自然基准不便于直接应用。为了保证量值的统一, 必须把国家基准所复现的长度计量单位量值经计量标准逐级传递到生产中的计量器具和工件上去, 以保证测量所得量值的准确和一致, 为此需要建立严密的长度量值传递系统。在技术上, 长度量值通过两个平行的系统向下传递: 一个系统是由自然基准过渡到国家基准米尺、工作基准米尺, 再传递到工程技术中应用的各种刻线线纹尺, 直至工件尺寸。这一系统称为刻线量具系统。另一系统是由自然基准过渡到基准组量块, 再传递到各等级工作量块及各种计量器具, 直至工件尺寸。这一系统称为端面量具系统。

### 3. 测量方法

测量方法是指测量时所采用的计量器具和测量条件的综合。测量前应根据被测对象的特点, 如精度、形状、质量、材质和数量等来确定需用的计量器具, 分析研究被测参数的特点及与其他参数的关系, 以确定最佳的测量方法。

### 4. 测量精度

测量精度是指测量结果与真值的一致程度。任何测量过程总不可避免出现测量误差, 误差大, 说明测量结果离真值远, 精度低; 反之, 误差小, 精度高。因此精度和误差是两个相对的概念。由于存在测量误差, 任何测量结果都只能是要素真值的近似



值。以上说明测量结果有效值的准确性是由测量精度确定的。

## 二、计量器具的分类

计量器具按结构特点可以分为以下四类。

### 1. 量具

量具是以固定形式复现量值的计量器具，一般结构比较简单，没有传动放大系统。量具中有的可以单独使用，有的也可以与其他计量器具配合使用。

量具又可分为单值量具和多值量具两种。单值量具是用来复现单一量值的量具，又称为标准量具，如量块、直角尺等。多值量具是用来复现一定范围内的一系列不同量值的量具，又称为通用量具。通用量具按其结构特点划分有以下几种：①固定刻线量具，如钢尺、圈尺等；②游标量具，如游标卡尺、万能角度尺等；③螺旋测微量具，如内、外径千分尺和螺纹千分尺等。

### 2. 量规

量规是把没有刻度的专用计量器具，用于检验零件要素的实际尺寸及形状、位置的实际情况所形成的综合结果是否在规定的范围内，从而判断零件被测的几何量是否合格。量规检验不能获得被测几何量的具体数值。如用光滑极限量规检验光滑圆柱形工件的合格性；用螺纹量规综合检验螺纹的合格性等。

### 3. 量仪

量仪是能将被测几何量的量值转换成可直接观察的指示值或等效信息的计量器具。量仪一般具有传动放大系统。按原始信号转换原理的不同，量仪又可分为如下四种。

(1) 机械式量仪。机械式量仪是指用机械方法实现原始信号转换的量仪，如指示表、杠杆比较仪和扭簧比较仪等。这种量仪结构简单、性能稳定、使用方便，因而应用广泛。

(2) 光学式量仪。光学式量仪是指用光学方法实现原始信号转换的量仪，具有放大比较大的光学放大系统。如万能测长仪、立式光学计、工具显微镜、干涉仪等。这种量仪精度高，性能稳定。



(3) 电动式量仪。电动式量仪是指将原始信号转换成电量形式信息的量仪。这种量仪具有放大和运算电路,可将测量结果用指示表或记录器显示出来。如电感式测微仪、电容式测微仪、电动轮廓仪、圆度仪等。这种量仪精度高,易于实现数据自动化处理和显示,还可实现计算机辅助测量和检测自动化。

(4) 气动式量仪。气动式量仪是指以压缩空气为介质,通过其流量或压力的变化来实现原始信号转换的量仪。如水柱式气动量仪、浮标式气动量仪等。这种量仪结构简单,可进行远距离测量,也可对难以用其他计量器具测量的部位(如深孔部位)进行测量,但示值范围小,对不同的被测参数需要不同的测头。

#### 4. 计量装置

计量装置是指为确定被测几何量值所必需的计量器具和辅助设备的总体。它能够测量较多的几何量和较复杂的零件,有助于实现检测自动化或半自动化,一般用于大批量生产中,以提高检测效率和检测精度。

### 三、测量方法的分类

广义的测量方法是指测量时所采用的测量器具和测量条件的综合,而在实际工作中往往从获得测量结果的方式来理解测量方法,即按照不同的出发点,测量方法有各种不同的分类。

#### 1. 根据所测的几何量是否为要求被测的几何量

测量方法可分为以下两种。

(1) 直接测量。直接用量具和量仪测出零件被测几何量值的方法。例如,用游标卡尺或者是比较仪直接测量轴的直径。

(2) 间接测量。通过测量与被测尺寸有一定函数关系的其他尺寸,然后通过计算获得被测尺寸量值的方法。如对图 1-1 所示零件,显然无法直接测出中心距  $L$ ,但可通过测量  $L_1$  (或  $L_2$ )、 $\phi_1$  和  $\phi_2$  的值,并根据关系式

$$L = L_1 - \frac{\phi_1 + \phi_2}{2} \text{ 或 } L = L_2 + \frac{\phi_1 + \phi_2}{2}$$



计算, 间接得到  $L$  的值。间接测量法存在着基准不重合误差, 故仅在不能或不宜采用直接测量的场合使用。

2. 根据被测量值是直接由计量器具的读数装置获得还是通过对某个标准值的偏差值计

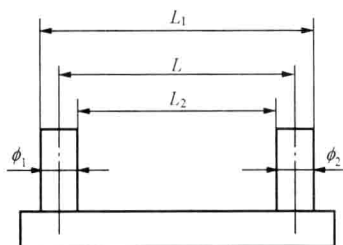


图 1-1 用间接测量法测两轴中心距

算得到

测量方法可分为以下两种。

(1) 绝对测量。测量时, 被测量的全值可以直接从计量器具的读数装置获得。例如用游标卡尺或测长仪测量轴颈。

(2) 相对测量 (又称比较测量或微差测量)。将被测量与同它只有微小差别的已知同种量 (一般为标准量) 相比较, 通过测量这两个量值间的差值以确定被测量值。

3. 根据工件上同时测量的几何量的多少

测量方法可分为以下两种。

(1) 单项测量。对工件上的每一几何量分别进行测量的方法, 一次测量仅能获得一个几何量的量值。例如用工具显微镜分别测量螺纹单一中径、螺距和牙侧角的实际值, 分别判断它们是否合格。

(2) 综合测量。能得到工件上几个有关几何量的综合结果, 以判断工件是否合格, 而不要求得到单项几何量值。例如用螺纹通规检验螺纹的作用中径是否合格。实质上综合测量一般属于检验。

单项测量便于进行工艺分析, 找出误差产生的原因, 而综合测量只能判断零件合格与否, 但综合测量的效率比单项测量高。

4. 根据被测工件表面是否与计量器具的测量元件接触  
测量方法可分为以下两种。

(1) 接触测量。测量时计量器具的测量元件与工件被测表面



接触，并有机械作用的测量力。例如用机械式比较仪测量轴颈，测头在弹簧力的作用下与轴颈接触。

(2) 非接触测量。测量时计量器具的测量元件不与工件接触。例如，用光切显微镜测量表面粗糙度。

接触测量会引起被测表面和计量器具的有关部分产生弹性变形，因而影响测量精度，非接触测量则无此影响。

5. 根据测量在加工过程中所起的作用

测量方法可分为以下两种。

(1) 主动测量。是指在加工过程中对工件的测量，测量的目的是控制加工过程，及时防止废品的产生。

(2) 被动测量。是指在工件加工完后对其进行的测量，测量的目的是发现并剔除废品。

主动测量常应用在生产线上，使测量与加工过程紧密结合，根据测量结果随时调整机床，以最大限度地提高生产效率和产品合格率，因而是检测技术发展的方向。

6. 根据测量时工件是否运动

测量方法可分为以下两种。

(1) 静态测量。在测量过程中，工件的被测表面与计量器具的测量元件处于相对静止状态，被测量的量值是固定的。例如，用游标卡尺测量轴颈。

(2) 动态测量。在测量过程中，工件被测表面与计量器具的测量元件处于相对运动状态，被测量的量值是变动的。例如，用圆度仪测量圆度误差和用偏摆仪测量跳动误差等。

动态测量可测出工件某些参数连续变化的情况，经常用于测量工件的运动精度参数。

#### 四、计量器具的基本计量参数

计量器具的计量参数是表征计量器具性能和功用的指标，是选择和使用计量器具的主要依据。基本计量参数如下。

1. 刻度间距

刻度间距是指标尺或刻度盘上两相邻刻线中心的距离。一般



刻度间距在  $1\sim 2.5\text{mm}$  之间, 刻度间距太小, 会影响估读精度; 刻度间距太大, 会加大读数装置的轮廓尺寸。

## 2. 分度值

分度值又称刻度值, 是指标尺或刻度盘上每一刻度间距所代表的量值。常用的分度值有  $0.1$ 、 $0.05$ 、 $0.02$ 、 $0.01$ 、 $0.002\text{mm}$  和  $0.001\text{mm}$  等。一般来说, 分度值越小, 计量器具的精度越高。

## 3. 示值范围

示值范围是指计量器具标尺或刻度盘所指示的起始值到终止值的范围。

## 4. 测量范围

测量范围是指计量器具能够测出的被测尺寸的最小值到最大值的范围。如千分尺的测量范围就有  $0\sim 25\text{mm}$ ,  $25\sim 50\text{mm}$ ,  $50\sim 75\text{mm}$ ,  $75\sim 100\text{mm}$  等多种。

图 1-2 以机械式比较仪为例说明了以上 4 个参数。该量仪的刻度间距是图中两条相邻刻线间的距离  $c$ , 分度值为  $1\mu\text{m}$ , 即  $0.001\text{mm}$ , 标尺的示值范围为  $\pm 15\mu\text{m}$ , 测量范围如图中标注所示, 其数值一般为  $0\sim 180\text{mm}$ 。

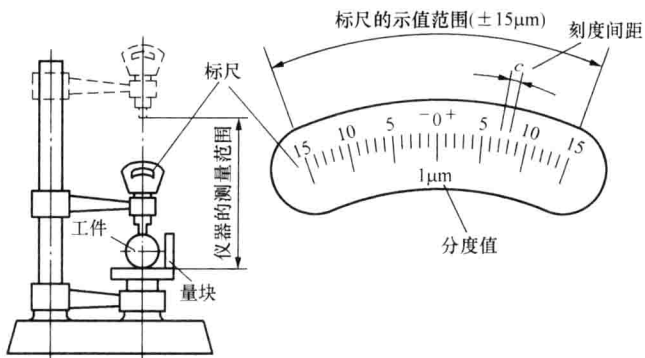


图 1-2 刻度间距、分度值、示值范围、测量范围的比较

## 5. 示值误差

示值误差是指计量器具的指示值与被测尺寸真值之差。示值





误差由仪器设计原理误差、分度误差、传动机构的失真等因素产生，可通过对计量器具的校验测得。

#### 6. 示值稳定性

在工作条件一定的情况下，对同一参数进行多次测量所得示值的最大变化范围称为示值的稳定性，又可称为测量的重复性。

#### 7. 校正值

校正值又称为修正值。为消除示值误差所引起的测量误差，常在测量结果中加上一个与示值误差大小相等符号相反的量值，这个量值就称为校正值。

#### 8. 灵敏阈

能够引起计量器具示值变动的被测尺寸的最小变动量称为该计量器具的灵敏阈。灵敏阈的高低取决计量器具自身的反应能力。灵敏阈又称为鉴别力。

#### 9. 灵敏度

灵敏度是指计量器具反映被测量变化的能力。对于给定的被测量值，计量器具的灵敏度用被观察变量（即指示量）的增量 $\Delta L$ 与其相应的被测量的增量 $\Delta X$ 之比表示，即 $\Delta L/\Delta X$ 。当 $\Delta L$ 与 $\Delta X$ 为同一类量时，灵敏度也称为放大比，它等于刻度间距与分度值之比。

灵敏度和灵敏阈是两个不同的概念。如分度值均为0.001mm的齿轮式千分表与扭簧比较仪，它们的灵敏度基本相同，但就灵敏阈来说，后者比前者高。

#### 10. 测量力

测量力是指计量器具的测量元件与被测工件表面接触时产生的机械压力。测量力过大会引起被测工件表面和计量器具的有关部分变形，在一定程度上降低测量精度；但测量力过小，也可能降低接触的可靠性而引起测量误差。因此必须合理控制测量力的大小。