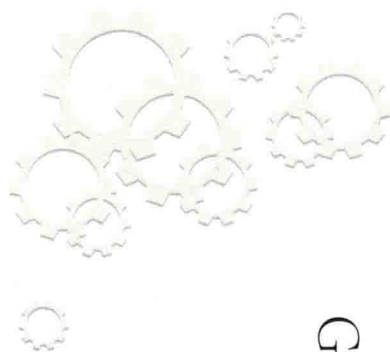


职业教育『十三五』规划课程改革创新教材

公差配合与测量技术实训

GONGCHA PEIHE YU CELIANG JISHU SHIXUN

韩祥凤 陈爱荣 张艳玲 主编



● 以项目任务为载体

● 以工作过程为导向

● 全面提升实践技能



科学出版社

职业教育“十三五”规划课程改革创新教材

公差配合与测量技术实训

韩祥凤 陈爱荣 张艳玲 主 编

王冬梅 王 丽 牛晓敏 副主编

张 欣 袁文革 李景才

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书根据高职高专人才培养方案“公差配合与测量技术”课程标准中对能力目标的要求,编写了5个项目,分别是课程导入 常用测量仪器的认知、项目1 孔、轴尺寸检测,项目2 表面粗糙度的检测,项目3 几何误差检测,项目4 螺纹、齿轮的检测。全书共18个实训,每个实训后均有思考题与实训报告单,方便学生实训后巩固学习效果。

本书是高职院校机械类、机电类、近机类专业的通用教材,也可供职工大学、业余大学、函授大学、中等专业学校的师生及有关工程技术人员、企业管理人员选用或参考。

图书在版编目(CIP)数据

公差配合与测量技术实训/韩祥凤,陈爱荣,张艳玲主编. —北京:科学出版社,2017

(职业教育“十三五”规划课程改革创新教材)

ISBN 978-7-03-050742-6

I. ①公… II. ①韩… ②陈… ③张… III. ①公差—配合—职业教育—教材 ②技术测量—职业教育—教材 IV. ①TG801

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第284456号

责任编辑:张振华 / 责任校对:王万红

责任印制:吕春珉 / 封面设计:曹 来

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

铭浩印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017年1月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2017年1月第一次印刷 印张:8

字数:180 000

定价:20.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈骏杰〉)

销售部电话 010-62136230 编辑部电话 010-62135120-2005 (VT03)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

前 言

《公差配合与测量技术实训》是《公差配合与测量技术》(主编:韩祥凤、马永杰、李新德,科学出版社)的配套实训教材。它是根据《教育部关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)精神,为深化校企合作、工学结合的人才培养模式,培养面向生产、建设、服务和管理第一线的高技能人才,将教学内容贴近企业的岗位需要而编写的。

本书是与《公差配合与测量技术》相配套的实训指导书,是在《公差配合与技术测量》课程将近结束时进行的课程综合实践活动,是学生迈向社会,从事职业工作前的一个必不可少的过程。本书从思想认识、实训内容、考核方式等方面的探索与实践,实现了理论教学与实际训练的紧密结合,使不同层次学生的实践能力都得到了较大提高,取得了满意的教学效果。

本书由韩祥凤、陈爱荣、张艳玲担任主编,王冬梅、王丽、牛晓敏、张欣、袁文革、李景才担任副主编。李新德审阅了全部书稿,并提出了许多宝贵意见和建议。编者在编写本书的过程中参考了大量的文献,没能全部列出,在此一并深表感谢!

由于编者水平有限,加之编写时间仓促,书中难免存在不足和疏漏之处,恳请读者批评指正。

编 者

2016年9月

目 录

课程导入 常用测量仪器的认知	1
0.1 测量与测量仪器	2
0.2 钢直尺、内外卡钳与塞尺	3
0.3 量块	10
0.4 游标卡尺	14
0.5 千分尺	17
0.6 机械测量仪器	23
0.7 角度量具	29
0.8 其他测量仪器	33
0.9 测量新技术与新测量仪器	41
习题	47
项目 1 孔、轴尺寸检测	49
实训 1.1 阶梯轴长度、直径和键槽深度的测量	50
实训 1.2 用内径百分表测量孔径	54
实训 1.3 用投影立式光学仪测量轴径	56
实训 1.4 用卧式万能测长仪测量孔径	62
项目 2 表面粗糙度的检测	69
实训 2.1 用样板比较法确定表面粗糙度	70
实训 2.2 用双管显微镜测量表面粗糙度	72
实训 2.3 用电动轮廓仪测量表面粗糙度	76
实训 2.4 用干涉显微镜测量表面粗糙度	78
项目 3 几何误差检测	82
实训 3.1 用框式水平仪测量机床导轨直线度误差	83
实训 3.2 用指示表检测键槽对称度误差	86
实训 3.3 用偏摆检测仪测轴的径向和端面圆跳动误差	88
实训 3.4 用两点法、三点法测量圆度误差	91
项目 4 螺纹、齿轮的检测	95
实训 4.1 用螺纹千分尺测量螺纹中径	96
实训 4.2 用工具显微镜测量外螺纹的主要参数	98

实训 4.3 用螺纹量规和光滑极限量规综合检验螺纹的合格性	104
实训 4.4 用齿厚游标卡尺测量齿轮的弦齿厚	108
实训 4.5 用万能测齿仪测量齿轮齿距	112
实训 4.6 用渐开线检查仪检测齿廓偏差	116
参考文献	120

课程 导入

常用测量仪器的认知



◎ 项目导读

认知常用测量仪器（钢直尺、内外卡钳、塞尺、量块、游标类量具、千分尺类量具、机械式测量仪器、角度量具）和其他测量仪器（立式光学仪、万能测长仪、表面粗糙度测量仪、万能工具显微镜）的结构、原理及使用方法。认知测量新技术与新型测量仪器（光栅测量技术、激光测量技术、坐标测量技术与三坐标测量机）。

0.1

测量与测量仪器

0.1.1 测量与检测

为了实现互换性要求,除了需要合理地规定公差之外,还应当用正确的检测方法检测完工后零件的实际尺寸,只有检验合格的零件才具有互换性功能。在生产过程中,由于相配合零件可能是在不同的时间、不同的地点,利用不同的生产设备,并由不同的生产人员加工而得,所以,如何保证测量值的准确和计量单位的统一便成为一个现实的问题。为了确保测量值准确和计量单位统一而进行的工作就称为计量工作,它是实现互换性的重要环节之一,包括检验和测量两大类。

测量是指为确定被测对象的几何要素而进行的一系列检测工作,有时也称为量测。检验的特点是一般情况下只确定被测要素是否在规定的合格范围内,而不管被测要素的具体数值。测量的特点是测量结果都是被测要素的具体数值。

一个完整的检测过程包括检测对象、测量方法、测量单位和测量误差4个方面。

1. 检测对象

在长度计量工作中,检测对象的表现形式多种多样,如孔和轴的直径、槽的宽度和深度、螺纹的螺距和公称直径、表面粗糙度及各种几何误差等。

2. 测量方法

测量方法是计量器具的使用步骤、方式及检测条件的总称。

3. 测量单位

我国采用的是国际单位制。在国际单位中,长度的主单位是米,在机械行业中,常用的单位是毫米。

4. 测量误差

测量误差是测量结果与被测要素实际值之间的差。由于各种因素的影响,不可避免地会出现测量误差,所以不可能得到被测要素的真值,只能得到其近似值。如何在减小测量误差的情况下提高测量效率、降低测量成本,以及如何避免废品的产生,是检测工作的重要内容。

0.1.2 计量器具的类型

计量器具是测量工具与测量仪器的总称。测量工具是直接测量几何量的计量器具,不具有传动放大系统,如游标卡尺、90°角尺、量规等。具有传动放大系统的计量器具称为测量仪器,如机械比较仪、投影仪和测长仪等。

计量器具按照其结构特点可以分为以下几类。

1. 标准测量工具

标准测量工具是以固定形式复现测量值的计量工具，一般结构比较简单，没有测量值的传动放大系统。标准测量工具中有的可以单独使用，有的需要和其他的计量器具配合才能使用。

测量工具根据其复现的测量数值分为单值测量工具和多值测量工具。

单值测量工具是用来复现单一测量数值的测量工具，又称为标准测量工具，如量块、直角尺等。多值测量工具是用来复现一定范围内的一系列不同测量数值的测量工具，又称为通用测量工具。

多值测量工具按照其结构特点可以分为：

- 1) 固定刻线测量工具，包括钢直尺、角度尺、卷尺等。
- 2) 游标测量工具，包括游标卡尺、万能角度尺等。
- 3) 螺旋测微测量工具，包括外径千分尺、内径千分尺、螺旋千分尺等。

2. 量规

量规是一种没有刻度的专用测量器具，只能用于检测零件要素的实际形状、位置的测量结果是否处于规定的范围内，从而判断出该零件被测要素的几何量是否合格，但不能得出具体测量数值。量规主要有光滑极限量规等。

3. 测量仪表

测量仪表是将被测几何量的测量值通过一定的传动放大系统转换成可直接观察的指示值或等效信息的计量器具。根据转换原理，测量仪表分为以下几类。

- 1) 机械式测量仪表，如杠杆比较仪、扭簧比较仪等。
- 2) 光线式测量仪表，如万能测长仪、立式光学仪、工具显微镜、干涉仪等。
- 3) 电动式测量仪表，如电感式测微仪、电容式测微仪、电动轮廓仪、圆度仪等。
- 4) 气动式测量仪表，如水柱式气动测量仪表、浮标式气动测量仪表等。

4. 计量装置

为了确定被测几何量数值所必需的计量器具和辅助设备就是计量装置。它结构较为复杂，功能较多，能够用来测量几何量较多和较复杂的零件，可以实现检测自动化和智能化，一般应用于大批量零件的检测中，从而提高检测优良率与检测精度。例如，齿轮综合精度检查仪和发动机缸底孔几何精度测量仪表就是这种计量装置。

0.2

钢直尺、内外卡钳与塞尺

0.2.1 钢直尺及其使用

钢直尺是最简单的长度测量工具，它的长度有 150mm、300mm、500mm 和 1000mm

4 种规格。图 0-1 所示的是常用的 150mm 钢直尺。

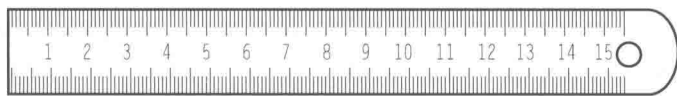


图 0-1 150mm 钢直尺

钢直尺用于测量零件的长度尺寸，如图 0-2 所示，但它的测量结果不太准确。这是因为钢直尺的刻线间距为 1mm，而刻线本身的宽度就有 0.1~0.2mm，测量时读数误差比较大，只能读出毫米数，即它的最小读数值为 1mm，比 1mm 小的数值，只能估计而得。

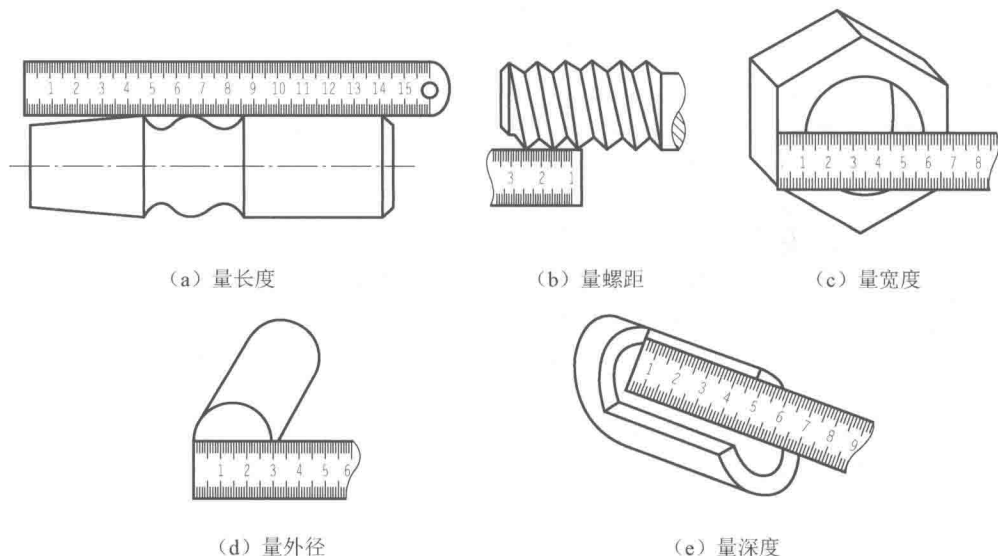


图 0-2 钢直尺的使用方法

如果用钢直尺直接去测量零件的直径尺寸（轴径或孔径），则测量精度更差。其原因是除了钢直尺本身的读数误差比较大之外，钢直尺还无法恰好放在零件直径的正确位置。因此，测量零件的直径，需要将钢直尺和内、外卡钳配合使用。

0.2.2 内、外卡钳及其使用

图 0-3 所示是常见的两种内、外卡钳，内、外卡钳是最简单的比较测量工具，外卡钳是用来测量零件的外径和平面的，内卡钳是用来测量零件的内径和凹槽的，它们本身都不能直接读出测量结果，而是把测量得到的长度尺寸（直径也属于长度尺寸），在钢直尺上进行读数，或在钢直尺上先取下所需尺寸，再去检验零件的直径是否符合要求。

1. 卡钳开度的调节

首先检查钳口的形状，钳口形状对测量精度影响很大，应注意经常修整钳口的形状，图 0-4 所示为卡钳钳口形状好与坏的对比。

调节卡钳的开度时，应轻轻敲击卡钳脚的两个侧面。先用两手把卡钳调整到和工件尺寸相近的开口，然后轻敲卡钳的外侧来减小卡钳的开口，敲击卡钳内侧来增大卡钳的开口，

如图 0-5 (a) 所示,但不能直接敲击钳口,如图 0-5 (b) 所示,这会使卡钳的钳口损伤量测面而引起测量误差,更不能在机床的导轨上敲击卡钳,如图 0-5 (c) 所示。

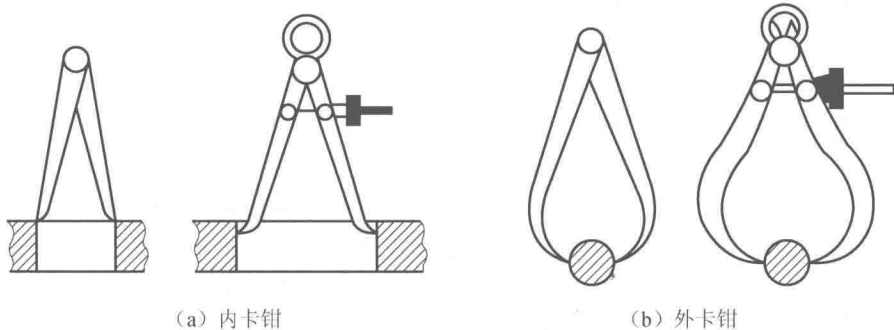


图 0-3 内、外卡钳

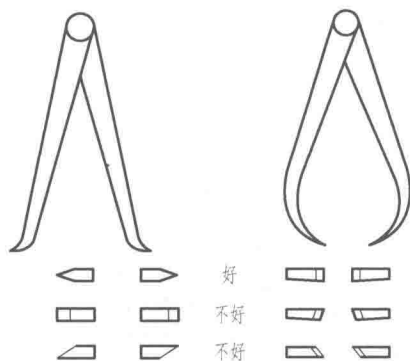


图 0-4 卡钳钳口形状好与坏的对比

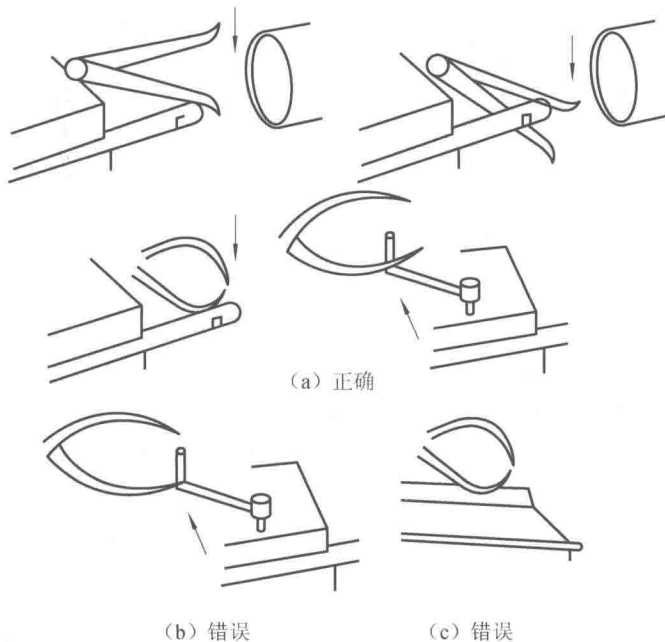


图 0-5 卡钳开度的调节

2. 外卡钳的使用

外卡钳在钢直尺上取下尺寸时,如图 0-6 (a) 所示,一个钳脚的量测面靠在钢直尺的端面上,另一个钳脚的量测面对准所需尺寸刻线的中间,且两个量测面的连线应与钢直尺平行,测量人员的视线要与钢直尺垂直。

用已在钢直尺上取好尺寸的外卡钳去测量外径时,要使两个测量点的连线垂直相交于零件的轴线,靠外卡钳的自重滑过零件外圆时,手中的感觉应该是外卡钳与零件外圆正好是点接触,此时外卡钳两个测量点之间的距离,就是被测零件的外径。因此,用外卡钳测量外径,就是比较外卡钳与零件外圆接触的松紧程度,如图 0-6 (b) 所示,以外卡钳的自重,能刚好滑下为合适。如当外卡钳滑过外圆时,手中没有接触感觉,就说明外卡钳比零件外径尺寸大;如靠外卡钳的自重不能滑过零件外圆,就说明外卡钳比零件外径尺寸小。切不可将外卡钳歪斜地放在工件上测量,这样有误差,如图 0-6 (c) 所示,由于卡钳有弹性,把外卡钳用力压过外圆是错误的,更不能把卡钳横着卡上去,如图 0-6 (d) 所示。对于大尺寸的外卡钳,靠它自重滑过零件外圆的测量压力已经很大了,此时应托住卡钳进行测量,如图 0-6 (e) 所示。

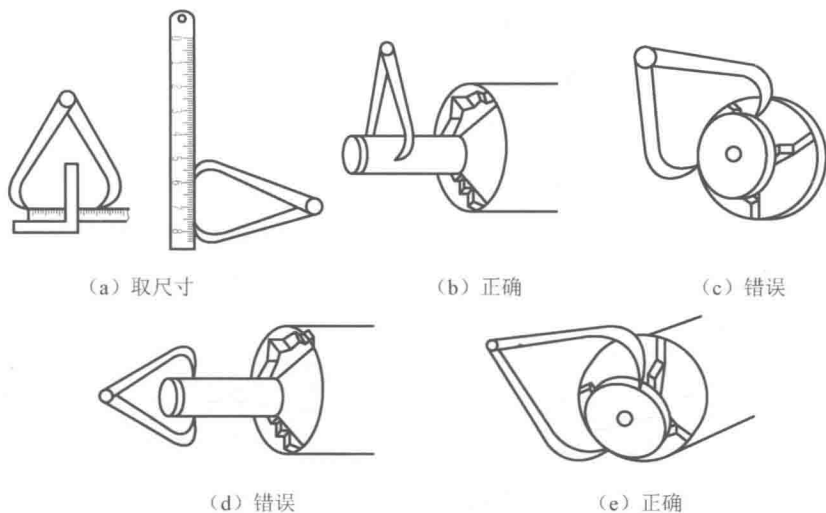


图 0-6 外卡钳在钢直尺上取尺寸和测量方法

3. 内卡钳的使用

用内卡钳测量内径时,应使两个钳脚的测量点的连线正好垂直相交于内孔的轴线,即钳脚的两个测量点应是内孔直径的两端点,测量时应将下面钳脚的测量点停在孔壁上作为支点,如图 0-7 (a) 所示,上面的钳脚由孔口略往里一些逐渐向外试探,并沿孔壁圆周方向摆动,当沿孔壁圆周方向能摆动的距离最小时,表示内卡钳钳脚的两个测量点已处于内孔直径的两端点了,再将卡钳由外至里慢慢移动,可检验孔的圆度误差,如图 0-7 (b) 所示。

用已在钢直尺上或在外卡钳上取好尺寸的内卡钳去测量内径,如图 0-8 (a) 所示,就是比较内卡钳在零件孔内的松紧程度。如果内卡钳在孔内有比较大的自由摆动幅度,就表

示卡钳尺寸比孔径小；如果内卡钳放不进去，或放进孔内后紧得不能自由摆动，就表示内卡钳尺寸比孔径大；如果内卡钳放入孔内，按照上述的测量方法能有 $1\sim 2\text{mm}$ 的自由摆动距离，这时孔径与内卡钳尺寸正好相等。测量时不要用手抓住卡钳测量，这样手感就没有了，难以比较内卡钳在零件孔内的松紧程度，且易使卡钳变形而产生测量误差。在实际应用时要避免采用图 0-8 (b) 所示的错误方法来测量。

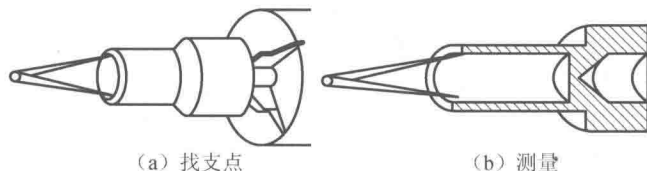
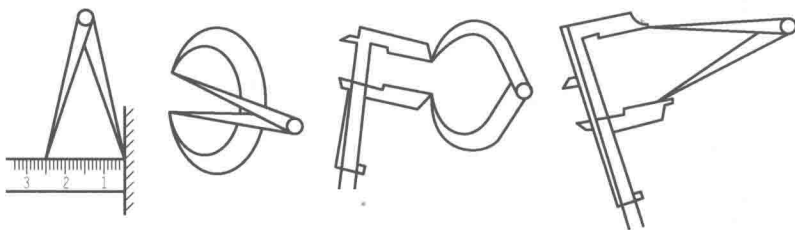
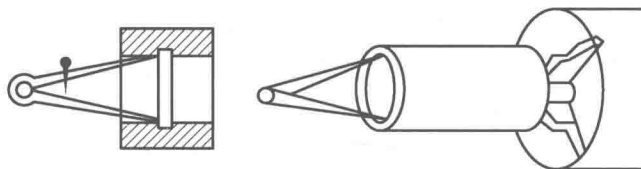


图 0-7 内卡钳的测量方法



(a) 正确



(b) 错误

图 0-8 内卡钳量取尺寸和测量方法

4. 卡钳的使用范围

卡钳是一种简单的测量工具，具有结构简单、制造方便、价格低廉、维护和使用方便等特点，广泛应用于要求不高的零件尺寸的测量和检验方面，尤其是对锻铸件毛坯尺寸的测量和检验，卡钳是最适合的测量工具。

卡钳虽然是简单的测量工具，但只要掌握得好，也可以获得较高的测量精度。例如，用外卡钳比较两根轴的直径大小时，即使直径只相差 0.01mm ，有经验的技术工人也能分辨得出。又如，用内卡钳与外径百分尺联合测量内孔的尺寸时，有经验的技术工人完全有把握用这种方法测量高精度的内孔。这种内径测量方法，称为“内卡钳搭百分尺”，即先利用内卡钳在外径百分尺上读取准确的尺寸，如图 0-9 所示，再去测量零件的内径；或使用内卡钳先在孔内调整好与孔接触的松紧程度，再在外径百分尺上读取具体尺寸。这种测量方法，在缺少精密的内径测量工具时，是测量内径的好方法。另外，对于某些零件的内径，如图 0-9 所示的零件，由于它的孔内有轴，即使使用精密的内径测量工具测量也有困难，

但是采用内卡钳搭外径百分尺测量内径的方法，就能较好地完成测量。

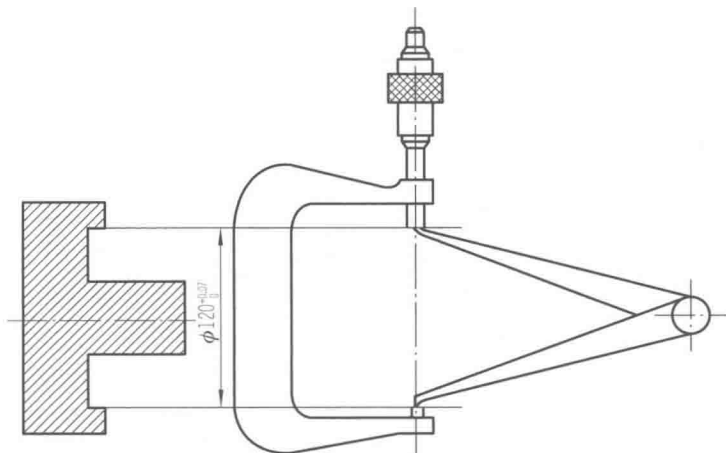


图 0-9 内卡钳搭外径百分尺测量内径

0.2.3 塞尺及其使用

塞尺又称厚薄规或间隙片，主要用来检验机床特别紧固面和紧固面、活塞与气缸、活塞环槽和活塞环、十字头滑板和导板、进排气阀顶端和摇臂、齿轮啮合间隙等两个结合面之间的间隙大小。塞尺是由许多层厚薄不一的薄钢片组成的，如图 0-10 所示。按照塞尺的组别制成一把一把的塞尺，每把塞尺中的每片都具有两个平行的测量平面，且都有厚度标记，以供组合使用。测量时根据结合间隙的大小，用一片或数片重叠在一起塞进间隙内。例如，用 0.03mm 的一片能插入间隙，而 0.04mm 的一片不能插入间隙，这说明间隙在 0.03~0.04mm 之间，因此塞尺也是一种间隙量规。塞尺的规格如表 0-1 所示。

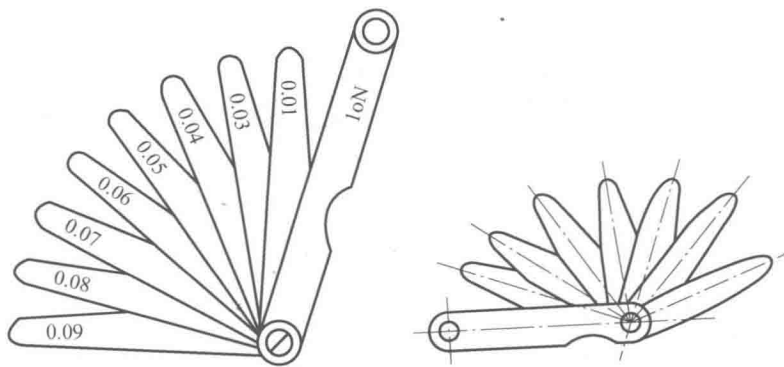


图 0-10 塞尺

图 0-11 所示是主机与轴系法兰定位检测，将直尺贴附在以轴系推力轴或第一中间轴为基准的法兰外圆的素线上，用塞尺测量直尺与之连接的柴油机曲轴或减速器输出轴法兰外圆的间隙 Z_X 、 Z_S ，并依次在法兰外圆的上、下、左、右 4 个位置上进行测量。

表 0-1 塞尺的规格

A 型	B 型	塞尺片长度	片数	塞尺片厚度及组装顺序
级别标记				
150A13 200A13 300A13	75B13	75	13	0.10, 0.02, 0.02, 0.03, 0.03, 0.04, 0.04, 0.05, 0.05, 0.06, 0.07, 0.08, 0.09
	100B13	100		
	150			
	200			
150A14 200A14 300A14	75B14	75	14	1.00, 0.05, 0.06, 0.07, 0.08, 0.09, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.40, 0.50, 0.75
	100B14	100		
	150			
	200			
150A17 200A17 300A17	75B17	75	17	0.50, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05, 0.06, 0.07, 0.08, 0.09, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40, 0.45
	100B17	100		
	150			
	200			
150A20 200A20 300A20	75B20	75	20	1.00, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40, 0.45, 0.50, 0.55, 0.60, 0.65, 0.70, 0.75, 0.80, 0.85, 0.90, 0.95
	100B20	100		
	150			
	200			
150A21 200A21 300A21	75B21	75	21	0.50, 0.02, 0.02, 0.03, 0.03, 0.04, 0.04, 0.05, 0.05, 0.06, 0.07, 0.08, 0.09, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40, 0.45
	100B21	100		
	150			
	200			

注：保护片厚度建议不小于 0.30mm。

图 0-12 所示是用塞尺检验机床尾座紧固面的间隙 ($<0.04\text{mm}$)。

使用塞尺时必须注意下列几点：

- 1) 根据结合面的间隙情况选用塞尺片数，但片数越少越好。
- 2) 测量时不能用力太大，以免塞尺弯曲和折断。
- 3) 不能测量温度较高的工件。

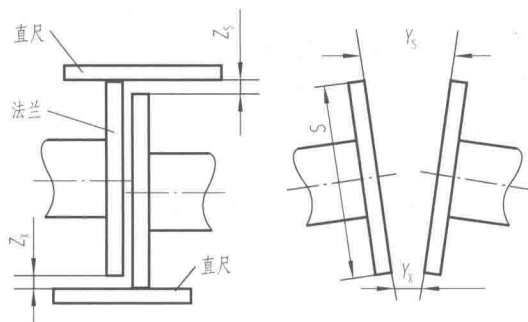


图 0-11 用直尺和塞尺测量轴的偏移和曲折

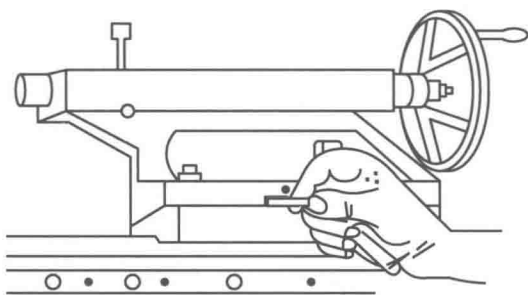


图 0-12 用塞尺检验机床尾座紧固面的间隙

任务 0.3

量块的认知

0.3.1 量块的类型

1. 长度量块

量块，又称块规，是由两个相互平行的量测面之间的距离来确定某工件长度的高精度量具，其长度为计量器具的长度标准，通过对计量仪器、器具和量规等示值误差的检定等方式，使机械加工中各种制成品的尺寸能够溯源到长度基准。

量块具有的经过精密加工的很平整、很光滑的两个平行平面，叫做量测面。量块就是以其量测面之间的距离为长度的实物基准，是一种单值量具。其两个量测面之间的距离为工作尺寸，又称为标称尺寸，该尺寸具有很高的精度。为了消除量块量测面的平面度误差和两个量测面的平行度误差对量块长度的影响，将量块的工作尺寸定义为量块的中心长度，即两个量测面中心点的长度。

量块的标称尺寸大于或等于 10mm 时，其量测面尺寸为 35mm×9mm；标称尺寸在 10mm 以下时，其量测面的尺寸为 30mm×9mm。量块材料通常都用铬锰钢、铬钢和轴承钢制成，其材料与热处理工艺可以满足量块的尺寸稳定、硬度高、耐磨性好的要求，线胀系数与普通钢材相同，即 $(11.5 \pm 1) \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ ，稳定性为年变化量不超出 $\pm (0.5 \sim 1.0) \mu\text{m}$ 。

绝大多数量块制成直角平行六面体，如图 0-13 所示，也有制成 $\phi 20\text{mm}$ 的圆柱体。每块量块的两个量测面非常光洁，平面精度很高，用少许压力推合两块量块，使它们的量测面紧密接触，两块量块就能黏合在一起，量块的这种特性称为研合性。利用量块的研合性，就可用不同尺寸的量块组合成所需的各种尺寸。

量块的应用较为广泛，除了作为量值传递的媒介以外，还用于检定和校准其他器具、量仪，相对测量时调整器具和量仪的零位，以及精密机床的调整、精密划线和直接测量精密零件等。

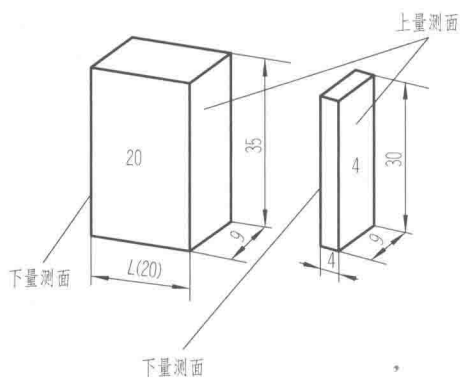


图 0-13 量块

2. 角度量块

角度量块有三角形（一个工作角）和四边形（4 个工作角）两种。三角形角度量块只有一个工作角（10° ~ 79°），可以用作角度测量的标准量；四边形角度量块则有 4 个工作角（80° ~ 100°），也可以用作角度测量的标准量。

0.3.2 量块的等和级

在实际生产中，量块是成套使用的，每套量块由一定数量的不同标称尺寸的量块组成，以便组合成各种尺寸，满足一定尺寸范围内的测量需求，标准 GB/T 6093—2001 共规定了 17 套量块，常用成套量块（91 块、83 块、46 块、38 块等）的级别、尺寸系列、间隔和块数如表 0-2 所示。

表 0-2 成套量块尺寸表（摘自 GB/T 6093—2001）

套别	全套块数	级别	尺寸系列/mm	间隔/mm	块数
1	91	0, 1	0.5	—	1
			1	—	1
			1.001, 1.002, ..., 1.009	0.001	9
			1.01, 1.02, ..., 1.49	0.01	49
			1.5, 1.6, ..., 1.9	0.1	5
			2.0, 2.5, ..., 9.5	0.5	16
			10, 20, ..., 100	10	10
2	83	0, 1, 2	0.5	—	1
			1	—	1
			1.005	—	1
			1.01, 1.02, ..., 1.49	0.01	49
			1.5, 1.6, ..., 1.9	0.1	5
			2.0, 2.5, ..., 9.5	0.5	16
			10, 20, ..., 100	10	10