

公差配合与技术测量

孙学涛 主编

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书根据全国职业院校机械类专业教学计划与教学大纲编写，内容分为5个模块，包括走进机械产品检测、线性尺寸公差与检测、几何公差与检测、表面粗糙度与其检测和现代测量技术。

本书采用新型活页式、工作手册式和融媒体相结合的编写形式，采用任务驱动、理实一体化等教材编写模式，以实际工作中的典型工作任务为主线展开，通过对典型零件的测量，学生能够将理论知识应用到实践中，培养解决实际问题的能力。

本书采用最新国家标准，在讲清概念以及标准应用的同时，着重介绍各种常用的测量方法，编写了众多的操作实训题和实例，并配有丰富的图表，既有利于学生在直观的认知环境下，加深对国家标准的理解，也便于学生在今后的工作中使用和参考。本书既适用于职业院校机械类专业的学生使用，也可作为相关从业人员的培训教材。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签，无标签者不得销售。

版权所有，侵权必究。举报：010-62782989，beiqinquan@tup.tsinghua.edu.cn。

图书在版编目(CIP)数据

公差配合与技术测量 / 孙学涛主编. — 北京：

清华大学出版社，2025. 6. — ISBN 978-7-302-68517-3

I. TG801

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 2025UW5547 号

责任编辑：王 定

封面设计：周晓亮

版式设计：思创景点

责任校对：马遥遥

责任印制：刘 菲

出版发行：清华大学出版社

网 址：<https://www.tup.com.cn>，<https://www.wqxuetang.com>

地 址：北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编：100084

社 总 机：010-83470000 邮 购：010-62786544

投稿与读者服务：010-62776969，c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈：010-62772015，zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者：三河市铭诚印务有限公司

经 销：全国新华书店

开 本：185mm×250mm 印 张：15.75 字 数：326 千字

版 次：2025 年 6 月第 1 版 印 次：2025 年 6 月第 1 次印刷

定 价：59.80 元

产品编号：108640-01

编 委 会

主 编	孙学涛		
副主编	张智辉	万小菲	陆军华
主 审	顾学福		
编 委	惠 姣	戴泽瑞	田文娟
	林喜良	张建永	张爱琴
	卢新祖	杨世涛	

前 言

为贯彻落实《中共中央关于认真学习宣传贯彻党的二十大精神的决定》《习近平新时代中国特色社会主义思想进课程教材指南》《职业院校教材管理办法》等文件精神，陕西省中等职业院校骨干教师与企业一线技术人员一道，以“坚持立德树人、德技并修”为宗旨，坚持“思想政治教育与技术技能培养融合统一”，将专业培养目标与实际工作中的典型工作任务有机结合，共同编写了本书。

本书是一本阐述机械加工有关公差配合与技术测量的知识和技能的教材。编者在多年教学实践的基础上，吸取同类教材的经验，打破传统的章节式架构，采取模块化教学任务，每个任务都设计了学习目标、任务描述、任务分析、制订方案、任务实施、鉴定结论、任务评价、检测相关知识、知识拓展及练习与思考等教学要素，有的任务还设有精技弘德，通过模块课程间灵活合理的搭配，培养学生基础人文素质、基础从业能力及专业职业能力。

本书共分为5个模块，包括走进机械产品检测、线性尺寸公差与检测、几何公差与检测、表面粗糙度与检测和现代测量技术。本书根据最新国家标准，在讲清概念以及标准应用的同时，着重介绍各种常用的测量方法，编写了众多操作实训题和实例，并增加了不少图表，以满足教师教学和学生进一步自学的需要。本书的主要特点如下。

(1) 根据最新的国家标准，在讲清概念以及标准应用的同时，着重介绍了各种常用的测量方法。

(2) 编写了众多操作实训题和实例，既有利于学生在直观的认知环境中，加深对国家标准的理解，也便于在今后的工作中使用和参考。

(3) 采用新型活页式、工作手册式和融媒体相结合的编写形式，采用任务驱动、理实一体化等教材编写模式，以实际工作中的典型工作任务为主线展开，通过对典型零件的测量，学生能够将理论知识应用到实践中，培养解决实际问题的能力。

本书由孙学涛任主编并统稿，由张智辉、万小菲、陆军华任副主编，由顾学福任主审。其中，陕西省电子信息学校孙学涛编写模块一，张智辉编写模块二，惠姣编写模块三，万小菲编写模块四，戴泽瑞编写模块五，参与编写工作的还有田文娟、林喜良等骨干教师。

本书在编写过程中得到了西安航空职业技术学院张爱琴的悉心指导和帮助，还得到了杭州中测科技有限公司陆军华、卢新祖、杨世泽的大力协助，在此一并致以衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请广大读者批评指正。

本书提供教学大纲、教学课件、电子教案、练习与思考参考答案、模拟试卷，读者可扫下列二维码获取。另外，本书还配有教学视频，读者可扫相应任务的二维码学习。



教学大纲



教学课件



电子教案



练习与思考
参考答案



模拟试卷

编者

2025年2月10日

目 录

模块一 走进机械产品检测	1
模块二 线性尺寸公差与检测	7
任务一 叶片连接轴的尺寸精度与检测	7
任务二 支撑座连接轴的尺寸精度与检测	23
任务三 燃烧缸的尺寸精度与检测	35
任务四 活塞的尺寸精度与检测	50
任务五 顶板的尺寸精度与检测	60
模块三 几何公差与检测	81
任务一 直线度公差及其检测	81
任务二 平面度公差及其测量	91
任务三 圆度和圆柱度公差及其检测	102
任务四 平行度公差及其检测	113
任务五 垂直度公差及其检测	124
任务六 同轴度公差及其检测	138
任务七 对称度公差及其检测	147
任务八 圆跳动和全跳动公差及其检测	154
模块四 表面粗糙度与检测	167
任务一 用表面粗糙度比较样块检测底板上表面的表面粗糙度	167
任务二 用表面粗糙度仪检测活塞的表面粗糙度	180
模块五 现代测量技术	206
任务一 轴类零件的三坐标检测及尺寸报告	206
任务二 箱体类零件三坐标检测及尺寸报告	223
附表	241
参考文献	242

模块一 走进机械产品检测

学习目标

知识目标：

- (1)掌握互换性的概念、分类及互换性在设计、制造、使用和维修等方面的重要作用。
- (2)掌握互换性与公差、检测的关系。
- (3)掌握检测的内容。

技能目标：

- (1)能够识别具有互换性的零件。
- (2)熟悉机械零件检测的主要内容。

素养目标：

- (1)树立机械标准意识，坚定文化自信。
- (2)培养工匠精神，严谨判断公差。
- (3)激发创新探索精神，厚植爱国情怀。

1.1.1 任务描述

图 1-1 所示为不同规格的螺栓和螺母，请同学们使用钢直尺、游标卡尺和螺纹规等测量工具(以下简称量具)，通过简单的测量和装配，找出螺栓和螺母能够正确旋合在一起的条件。



图 1-1 螺栓和螺母

1.1.2 任务分析

通过对螺栓与螺母自由旋合的分析,可知同规格的零件可以实现互换。通过对可互换螺栓尺寸的测量,可知零件在加工过程中产生的公差只要在公差范围内即可满足互换性要求。零件的互换性是现代化生产的需求,由公差来保证,而公差的数值由国家标准规定。将公差控制在公差范围内是通过检测手段来实现的,即检测技术是零件加工质量的保障。

1.1.3 检测相关知识

1. 互换性

在日常生活中,人们经常使用的自行车和手表的零件、生产中使用的各种设备的零件等损坏以后,修理人员很快就可以用同样规格的零件换上,恢复自行车、手表和设备的功能。

互换性是指在同一规格的一批零件或部件中,任取其一,不需要挑选、调整或附加修配(如钳工修理)就能进行装配,并能满足机械产品的使用性能要求的一种特性。具有这种特性的零件或部件即具有互换性的零件或部件,如滚动轴承(图 1-2)、螺栓、螺母等。



互换性的概念
与作用



图 1-2 滚动轴承

1) 互换性的种类

(1) 根据使用场合的不同分类。

① 内互换。标准部件内部各零件之间的互换性称为内互换。

② 外互换。标准部件与其相配零件之间的互换性称为外互换。

例如,滚动轴承的外圈与机座孔、内圈与轴颈的配合为外互换,其外圈、内圈滚道与滚动体间的配合为内互换。

(2) 根据互换程度的不同分类。

① 完全互换性。零部件在装配时不需要选配或辅助加工即可装成具有规定功能的机器,称为完全互换。



②不完全互换性。零部件在装配时需要选配(但不需要进一步加工)才能装成具有规定功能的机器,称为不完全互换。

提出不完全互换是为了降低零件制造成本。在机械装配时,当机器装配精度要求很高时,若采用完全互换,会使零件公差太小,造成加工困难,成本很高。这时应采用不完全互换,将零件的制造公差放大,并利用选择装配的方法将相配零件按尺寸大小分为若干组,然后按组匹配,即大孔和大轴匹配、小孔和小轴匹配,同组内的各零件实现完全互换,组间则不能互换。为了制造方便和降低成本,内互换零件应采用不完全互换;但是为了使用方便,外互换零件应实现完全互换。

2) 互换性的意义

在机械工业设计、制造、装配、使用和维修的各个环节,互换性都发挥着重要作用。具体互换性的意义见表 1-1。

表 1-1 互换性的意义

应用	措施	效果
机构工业设计	采用标准件或通用件	简化绘图与计算,缩短设计周期,有利于计算机辅助设计和产品的多样化
制造、装配	采用分散加工、集中装配	有利于组织专业化协作生产,有利于实现加工和装配过程的机械化、自动化
使用和维修	易耗品采用标准件、通用件,规范维修操作	减少了维修时间,降低了费用,提高了机械的利用率

3) 实现互换性的条件

为满足机械制造中零件所具有的互换性,生产零件尺寸应在公差范围内。这就必须对一种零件的形式、尺寸、精度、性能等制定统一的标准。同类产品还需按尺寸大小合理分档,以减少产品的系列,这就是产品标准化。

标准不是一成不变的,随着技术的进步以及生产条件的改善,标准在执行过程中需要不断修改与完善,以更好地服务工业生产。

2. 极限与配合国家标准简介

国家标准是随着社会的需求和科学技术的发展而发展的,并随着工业化程度的提高而不断完善。

我国最早的极限与配合国家标准是 1959 年国家科学技术委员会颁布的《公差与配合》(GB 159~174—1959)。该标准属于 OCT 制(苏联)标准,对我国当时国民经济(特别是机械工业)的发展起到了重要作用。20 世纪 70 年代,随着机械工业的迅速发展,我国与世界各国的经济技术交流日益频繁,该标准已不再适用。1979 年,我国颁布了《公差与配合》(GB 1800~1804—1979)。这是以 ISO/R286—1962 等国际标准为基础的新国家标准。

20世纪90年代,随着改革的不断深入,我国工业生产与国际接轨,为使国际交流向纵深方向发展,我国以国际标准ISO 286-1—1988为基础颁布了《极限与配合基础》(GB/T 1800.1—1997、GB/T 1800.2—1998、GB/T 1800.3—1998)、《极限与配合 标准公差等级和孔、轴的极限偏差表》(GB/T 1800.4—1999)。

随着国际化进程的加速,2008年,我国将这四项目国家标准修订整合为《产品几何技术规范(GPS) 极限与配合》(GB/T 1800.1—2009、GB/T 1800.2—2009)。这两项标准是在跟踪和研究ISO 286-1—1988系列标准的基础上发展起来的。它们的修订反映了几十年来国际与我国尺寸公差理论、技术和方法的发展状况。修订后的标准更加适合我国目前的生产发展水平。

随着国内的工业发展向数字化、绿色化、智能化转型,国家标准修订为GB/T 1800.1—2020和GB/T 1800.2—2020,即《产品几何技术规范(GPS) 线性尺寸公差ISO代号体系》。

掌握和应用极限与配合国家标准,是机械设计和制造的重要环节,是保障零件满足使用性能要求及控制制造成本的重要环节。

3. 认识检测技术

零件的检测技术是实现互换性生产的必要条件和手段,是工业生产中进行质量管理、贯彻质量标准必不可少的技术保证。

1) 零件的加工质量及其检测

(1)零件的加工质量。在机械切削加工过程中,零件的加工质量主要包括加工精度和表面质量。加工精度和表面质量是判断零件加工质量好坏的主要指标。其中,加工精度的主要指标包括尺寸精度、几何精度,表面质量的主要指标是表面结构要求。

(2)检测。检测是测量与检验的总称。测量是用量具或量仪对零件进行比对,从而确定被测零件量值的过程。检验是判断产品合格性的过程,通常不一定要测出被测量的具体数值。

只有对零件的加工质量进行检测,才能对合格性做出正确判断。因此,检测工作是生产制造过程中的重要环节,是加强质量控制的重要保障。

2) 检测的主要内容

(1)尺寸精度的检测。尺寸精度是由尺寸公差控制的。同一公称尺寸的零件,公差值的大小决定了零件的精确程度,常用游标卡尺、千分尺等量具来测量。若测得值在上极限尺寸与下极限尺寸之间,则零件合格;否则,零件不合格。

(2)几何精度的检测。在机械加工过程中,零件表面形状和零件几何要素间的相互位置关系不可能绝对准确,它们是由几何公差控制的,常用百分表等量具测量。

(3)表面结构参数的检测。零件的表面质量是由表面结构参数控制的,常用表面粗糙度仪、电动轮廓仪和光切显微镜等测量。

(4)特殊几何参数的检测。螺纹、齿轮和链条等产品检测,由于参数不止一个,检

测方法也比较复杂，常用螺纹规、公法线千分尺等工具测量。

在机械加工过程中，对加工、检测人员的技术要求包括：看懂图样中的几何图形与技术要求，能根据被测几何量选择合适的量具进行检测，达到控制零件质量的目的。

4. 检测技术的发展

我国早在商代就有了象牙尺，秦朝统一了度量衡，出现了互换性的萌芽；东汉时期制造的铜质卡尺，使互换性生产成为可能。

19世纪中叶有了游标卡尺，其加工精度达到0.1mm。20世纪初有了千分尺，其加工精度达到0.01mm。20世纪中叶各种光学仪器出现。图1-3所示为20世纪的检测设备，它们使零件的加工精度以约每10年提高1个数量级的速度飞跃。



图 1-3 检测设备

- (1)1940年有了机械式比较仪，使加工精度达到 $1\mu\text{m}$ 。
- (2)1950年有了光学比较仪，使加工精度达到 $0.2\mu\text{m}$ 。
- (3)1960年有了电感式测量仪和图度仪，使加工精度达到 $0.1\mu\text{m}$ 。
- (4)1969年有了激光干涉仪，使加工精度达到 $0.01\mu\text{m}$ 。
- (5)1982年有了扫描隧道显微镜(STM)，使分辨率达到了纳米级。

检测技术这一强劲的动力源泉，不仅为机械工业的蓬勃发展注入了源源不断的活力，更是在国防工业的腾飞之路上扮演着举足轻重的角色。以我国的载人航天工程为例，从神舟系列飞船的逐梦苍穹之旅，到空间站建设的稳步推进，其间所运用的测试设备浩如烟海，数以万计。每一台设备、每一次检测，都如同在编织一张精密的安全防护网，严格把关航天器各个部件的性能、系统的稳定性，确保航天员能够安全无畏地穿梭于浩瀚宇宙，向着星辰大海奋勇进发，为我国载人航天事业的辉煌成就筑牢坚

实的根基。

随着近代科学技术的发展,几何尺寸和几何误差的测量已从一维坐标测量、二维坐标测量发展到三维物体测量。常用的三维轮廓测量法有三维坐标法、干涉法、莫尔等高线法及相位法等。

由于企业的规模不同,其基础设施及检测设备也不尽相同。考虑到经济性,以上这些新技术、新仪器还不能普遍应用于实际生产,大量的机械式测量工具和光学测量仪器在大部分企业中还发挥着主导作用,但它们并不能完全满足现代生产的需求,有待科技工作者不断研究新方法,研发新技术,研制新仪器。

1.1.4 练习与思考

1. 什么是互换性?为什么说互换性已成为现代机械制造业中的普遍原则?试列举互换性应用实例。

2. 生产中常用的互换件有哪几种?采用不完全互换的条件和意义是什么?

3. 选择题。

(1)互换性的零件应是()。

- A. 相同规格的零件
- B. 不同规格的零件
- C. 相互配合的零件
- D. 上述三种都不对

(2)互换性按互换()的不同可分为完全互换和不完全互换。

- A. 方法
- B. 性质
- C. 程度
- D. 效果

(3)某种零件,在装配时需要进行修配,则此种零件()。

- A. 具有完全互换性
- B. 具有不完全互换性
- C. 不具有互换性
- D. 上述三种都不对

(4)检测是互换性生产的()。

- A. 保障
- B. 措施
- C. 基础
- D. 原则

精技弘德

从标准化——国产大飞机 C919 质量把控的核心力量看制度自信与创新精神

在全球航空产业的激烈竞争中,国产大飞机 C919 成功翱翔蓝天。这不仅是我国航空工业的骄傲,更是我国高端制造业崛起的重要标志。C919 卓越的质量背后,标准化发挥着不可替代的核心作用,是国产大飞机 C919 质量把控的核心力量。它贯穿 C919 从设计、生产到检测认证的全过程,为飞机的高质量提供了坚实的保障。未来,随着 C919 不断发展和完善,持续推进标准化工作,将进一步提升其质量和性能,助力我国航空工业在全球市场取得更大的突破。

模块二 线性尺寸公差与检测

尺寸精度的高低直接影响零件的安装、配合、使用和寿命，本模块以 2023 年现代加工技术赛项斯特林风扇中的典型零件为检测对象，进行零件尺寸精度的检测。

任务一 叶片连接轴的尺寸精度与检测

要实现叶片连接轴尺寸精度的精准检测，需要深入理解尺寸和偏差的术语及其定义，了解游标卡尺的结构与分度原理，掌握游标卡尺的读数和使用方法。

学习目标

知识目标：

- (1) 理解尺寸和偏差的术语及其定义。
- (2) 理解一般公差的含义。
- (3) 了解游标卡尺的结构与分度原理。
- (4) 掌握游标卡尺的读数和使用方法。

技能目标：

- (1) 能查询一般公差的极限偏差数值表。
- (2) 能正确分析任务。
- (3) 能规范使用游标卡尺进行测量。
- (4) 具有制订检测零件方案的能力。

素养目标：

- (1) 培养严谨细致和精益求精的工匠精神。
- (2) 加强团队协作精神，强化集体主义观念。
- (3) 严谨对待检测过程，严守职业准则。

2.1.1 任务描述

实习车间加工了一批叶片连接轴，在装配过程中却发现有一些连接轴无法安装上叶片，还有一些叶片能安装上去却并不牢固，容易掉下来。请同学们通过使用车间现有的量具，对这批连接轴进行检测，分析叶片不易安装的原因。

2.1.2 任务分析

风扇是标准件，尺寸精度都在公差范围内，是厂家检测合格的零件，所以问题在于叶片连接轴的尺寸精度是否在公差范围内，检测叶片连接轴的尺寸精度就是解决问题的关键。图 2-1 所示为叶片连接轴尺寸精度检测流程，图 2-2 所示为叶片连接轴图纸，图 2-3 所示为叶片连接轴实物图。

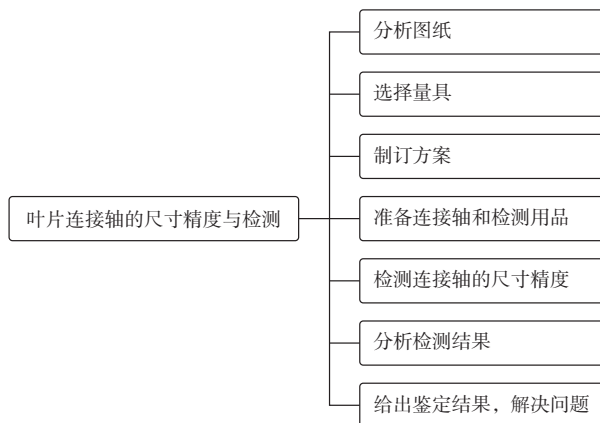


图 2-1 叶片连接轴尺寸精度检测流程

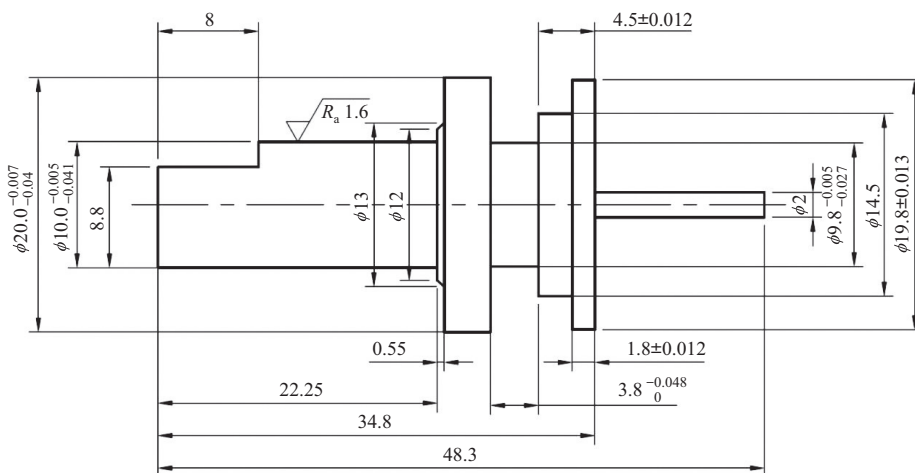


图 2-2 叶片连接轴图纸



图 2-3 叶片连接轴实物图

1. 分析图纸

通过对叶片连接轴图纸(图 2-2)进行分析可知:叶片连接轴的直径尺寸为 $\phi 14.5\text{mm}$ 、 $\phi 13\text{mm}$ 、 $\phi 12\text{mm}$ 、 $\phi 2\text{mm}$,长度尺寸为 48.3mm 、 34.8mm 、 22.25mm 、 8mm 、 0.55mm ,高度尺寸为 8.8mm ,在公称尺寸后面都没有标准极限偏差数值,属于一般公差要求。对于一般公差要求,需要根据一般公差的公差等级和公称尺寸的大小,查询线性尺寸的极限偏差数值表,找出相应的极限偏差数值。

与风扇安装相关的尺寸是叶片连接轴右端的直径尺寸 $\phi 2\text{mm}$,它的尺寸精度关系到风扇安装的松紧程度,所以同学们在测量时要对这个尺寸的检测加以重视。

2. 选择量具

测量或检验零件尺寸时,必须按照零件尺寸的精度要求,选用相应的量具。根据本次测量任务中零件的公称尺寸和公差要求,我们选用分度值为 0.02mm 、测量范围为 $0\sim 200\text{mm}$ 的游标卡尺。本次使用的游标卡尺为四用游标卡尺*II型($0\sim 200\text{mm}$,分度值为 0.02mm),如图 2-4 所示,执行标准为《游标、带表和数显卡尺》(GB/T 21389—2008)。



常用量具
综述

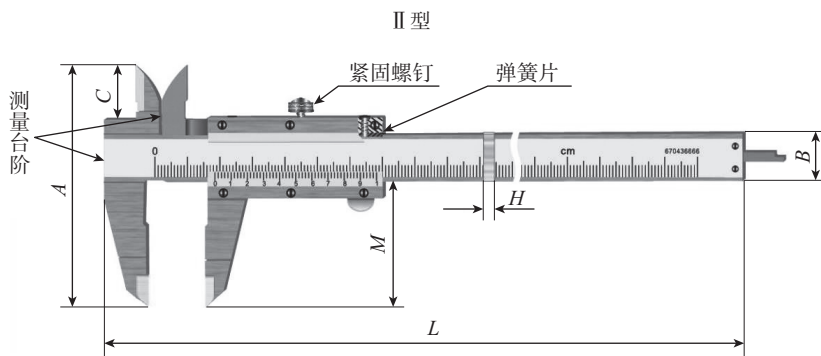


图 2-4 游标卡尺

2.1.3 制订方案

一般公差的极限偏差数值可根据公差等级和公称尺寸的大小在一般公差的极限偏

差列表中查得。本次测量任务尺寸的公差值可以按照公差等级 m 查表得到，将查到的数据填写到表 2-1 中。

表 2-1 叶片连接轴测量方案(单位: mm)

检测项目	尺寸	极限偏差数值	极限尺寸数值	量具
直径	13			
	2			
	14.5			
长度	8			
	22.25			
	0.55			
	34.8			
	48.3			
高度	8.8			

2.1.4 任务实施

- (1)准备好叶片连接轴和游标卡尺。
- (2)用全棉布清洁叶片连接轴和游标卡尺等。
- (3)按图 2-5 所示的测量方法，分别测量叶片连接轴的外径尺寸、长度尺寸和高度尺寸。

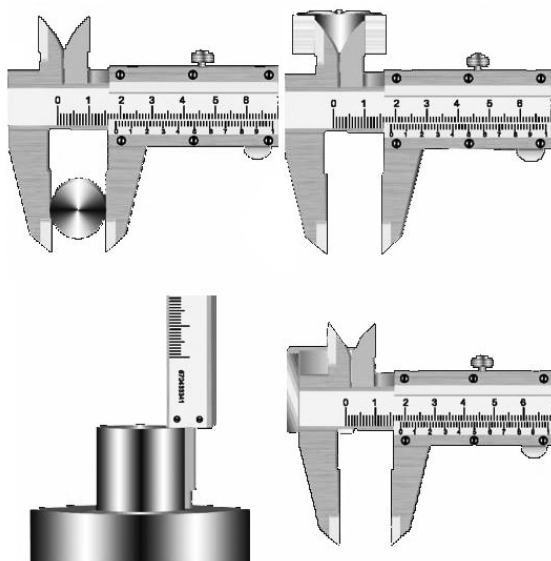


图 2-5 游标卡尺检测

(4)做好测量记录，填写表 2-2。

表 2-2 叶片连接轴测量记录表(单位：mm)

检测项目	尺寸	第一次测量	第二次测量	第三次测量	平均值
直径	3				
	2				
	14.5				
长度	8				
	22.25				
	0.55				
	34.8				
	48.3				
高度	8.8				

(5)检测结束，清洁并整理游标卡尺。

2.1.5 鉴定结论

(1)将检测数据的平均值填写到表 2-3 中，处理检测数据。

表 2-3 检测数据表(单位：mm)

检测项目	尺寸	极限尺寸数值	测量平均值	结论
直径	13	12.8~13.2		
	2	1.9~2.1		
	14.5	14.3~14.7		
长度	8	7.8~8.2		
	22.25	21.95~22.55		
	0.55	0.45~0.65		
	34.8	34.5~35.1		
	48.3	48.0~48.6		
高度	8.8	8.6~9.0		

(2)给出鉴定结论，解决问题，完成任务。

2.1.6 任务评价

任务结束后，根据本次任务的完成情况，认真填写表 2-4。

表 2-4 任务评价表

项目	自我评价			小组评价			教师评价			增值评价		
	9~10	6~8	1~5	9~10	6~8	1~5	9~10	6~8	1~5	9~10	6~8	1~5
	占总评的 10%			占总评的 20%			占总评的 30%			占总评的 40%		
量具校验												
规范检测												
检测报告												
整理现场												
职业素养												
小计												
总评												

2.1.7 检测相关知识

1. 孔和轴的定义及特点

1) 孔

孔是指工件的圆柱形内尺寸要素及非圆柱形内尺寸要素(由两个平行平面或切面形成的包容面),如图 2-6(a)所示。图 2-6(b)(c)所示的键槽和方形孔两个非圆柱形内尺寸要素都视为孔。因为方形孔是由两个单一尺寸确定的包容面,键槽是由两个平行平面所构成的包容面,所以方形孔和键槽都是孔。



孔、轴与尺寸术语定义

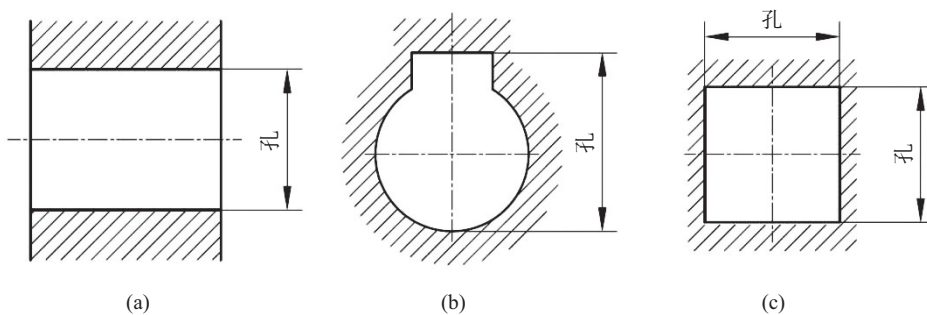


图 2-6 孔

孔的特点如下:

- (1) 装配后孔是包容面。

(2)加工过程中,零件实体材料变少,而孔的尺寸由小变大。

2) 轴

轴是指工件的圆柱形外尺寸要素及非圆柱形外尺寸要素(由两个平行平面或切面形成的被包容面),如图 2-7(a)(b)所示。图 2-7(c)所示的横截面为长方形的轴,是非圆柱形外尺寸要素,它是由两个单一尺寸确定的,所以为轴。

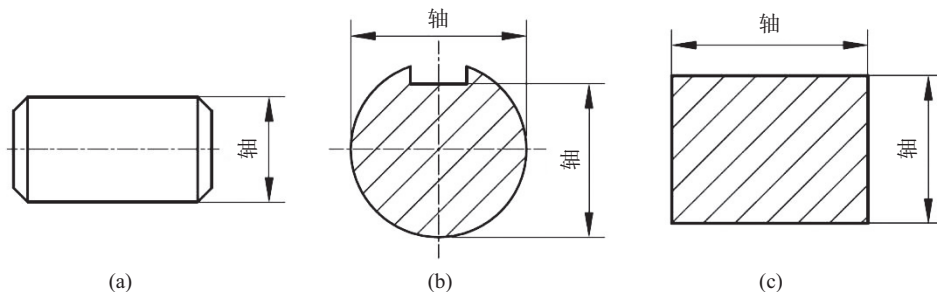


图 2-7 轴

轴的特点如下:

(1)装配后轴是被包容面。

(2)加工过程中,零件的实体材料变少,而轴的尺寸由大变小。

2. 尺寸的术语及定义

1) 尺寸

尺寸是指以特定单位表示线性尺寸值的数值。

国标规定:在机械工程中,一般均采用毫米(mm)作为尺寸的特定单位。例如,一个孔的直径是 50mm,深为 200mm,则 50 和 200 都是尺寸。图样上标注的尺寸,凡是采用特定计量单位的均不用标出单位,只标注数值。除孔、轴的直径外,半径、长、宽、高和中心距等都称为尺寸。

2) 公称尺寸

公称尺寸是由图样规范确定的理想形状要素的尺寸,是指设计时给定的尺寸。公称尺寸可以是一个整数或一个小数,如 32、15、8.75、0.5 等。设计时应尽量把公称尺寸圆整成标准尺寸。

孔的公称尺寸用“ L ”表示,轴的公称尺寸用“ l ”表示。

3) 实际(组成)要素

实际(组成)要素是指由接近实际(组成)要素所限定的工件实际表面的组成要素部分,是加工时获得的尺寸。

孔的实际(组成)要素用“ L_a ”表示,轴的实际(组成)要素用“ l_a ”表示。

4) 提取组成要素的局部尺寸

提取组成要素的局部尺寸是一切提取组成要素上两对应点之间距离的统称，在实际测量中，它指一个孔或轴的任意横截面中的任一距离，即在任意两相对点之间测得的尺寸。

由于零件表面有几何误差，同一表面不同位置、不同部位的实际(组成)要素也不一定相同。

5) 极限尺寸

极限尺寸是指尺寸要素允许的两个极限。两个极限尺寸中，较大的一个称为上极限尺寸，较小的一个称为下极限尺寸。上极限尺寸和下极限尺寸是控制加工尺寸的两个尺寸界线。

孔的上极限尺寸用“ L_{max} ”表示，轴的上极限尺寸用“ l_{max} ”表示；孔的下极限尺寸用“ L_{min} ”表示，轴的下极限尺寸用“ l_{min} ”表示。合格零件的实际(组成)要素必须大于或等于下极限尺寸，且小于或等于上极限尺寸。

在机械加工中，因为有各种误差的存在，要把同一规格零件的同一尺寸准确地加工成同一数值是不可能的。从使用的角度来看，也没有这种必要，所以极限尺寸是为了方便加工和满足使用要求而确定的。

3. 偏差的术语及其定义

1) 尺寸偏差

某一尺寸减去其公称尺寸所得的代数差称为尺寸偏差(以下简称偏差)。

2) 上极限偏差

上极限尺寸减去其公称尺寸所得的代数差称为上极限偏差。

孔的上极限偏差用“ES”表示，轴的上极限偏差用“es”表示，如图 2-8 所示，其计算公式为

$$ES = L_{max} - L \quad (2-1)$$

$$es = l_{max} - l \quad (2-2)$$

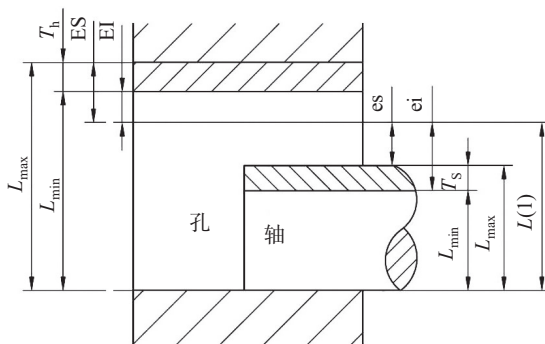


图 2-8 尺寸的偏差与公差



偏差与公差

3) 下极限偏差

下极限尺寸减去其公称尺寸所得的代数差称为下极限偏差。

孔的下极限偏差用“EI”表示，轴的下极限偏差用“ei”表示，如图 2-8 所示，其计算公式为

$$EI = L_{\min} - L \quad (2-3)$$

$$ei = l_{\min} - l \quad (2-4)$$

4) 极限偏差

上极限偏差、下极限偏差统称极限偏差。

5) 实际偏差

实际(组成)要素减去其公称尺寸所得的代数差称为实际偏差。

由于极限尺寸和实际(组成)要素有可能大于、小于或等于公称尺寸，所以极限偏差和实际偏差可以为正值、负值或零。显然，合格零件的实际偏差应控制在极限偏差范围以内。

6) 尺寸公差

尺寸公差(简称公差)是指允许尺寸的变动量。尺寸公差的大小应等于上极限尺寸与下极限尺寸代数差的绝对值，或上极限偏差与下极限偏差代数差的绝对值。公差是一个没有符号的绝对值。零件在加工过程中，零件尺寸很难加工到公称尺寸，实际(组成)要素与公称尺寸总有一个差值，只要差值在允许的范围内即合格。这个允许的范围就是公差。孔的公差用“ T_h ”表示，轴的公差用“ T_s ”表示。

孔、轴公差公式如下：

$$T_h = |L_{\max} - L_{\min}| = |ES - EI| \quad (2-5)$$

$$T_s = |l_{\max} - l_{\min}| = |es - ei| \quad (2-6)$$

【例 2-1】孔的尺寸为 $50^{+0.048}_{+0.009}$ mm，求孔的公差 T 。

解：根据公式得

$$L_{\max} = L + ES = 50 + (+0.048) = 50.048(\text{mm})$$

$$L_{\min} = L + EI = 50 + (+0.009) = 50.009(\text{mm})$$

$$T_h = |L_{\max} - L_{\min}| = |50.048 - 50.009| = 0.039(\text{mm})$$

$$T_h = |ES - EI| = (+0.048) - (+0.009) = 0.039(\text{mm})$$

由上述内容可知，公差和极限偏差是两个不同的概念。公差大小决定允许尺寸的变动范围。公差值是绝对值，没有正负号，也不能为零。极限偏差决定极限尺寸相对其公称尺寸的位置(在公差带图中)，极限偏差值可以是正值、负值或零。

4. 未注公差的线性尺寸和角度尺寸的公差

构成零件的所有要素总是具有一定的尺寸和几何形状。由于尺寸误差和几何特征(形状、方向、位置、跳动)误差的存在，为保证零件的使用功能就必须对它们加以限制，否则将会损害零件功能。因此，零件在图样上表达的所有要素都有一定的公差要求。

对功能上无特殊要求的要素可给出一般公差。一般公差是指在车间通常加工条件下可保证的公差。采用一般公差的尺寸，在该尺寸后不需注出其极限偏差数值。

1) 未注公差尺寸的适用范围

(1) 线性尺寸，如外尺寸、内尺寸、阶梯尺寸、直径、半径、距离、倒圆半径和倒角高度等。

(2) 角度尺寸，包括通常不注出角度值的角度尺寸。

2) 一般公差的公差等级和极限偏差数值

一般公差分为 f(精密级)、m(中等级)、c(粗糙级)和 v(最粗级)共四个等级。下面按未注公差的线性尺寸和角度尺寸分别给出了各公差等级的极限偏差数值。

(1) 线性尺寸。表 2-5 为线性尺寸的极限偏差数值，规定了不同尺寸分段的倒圆半径和倒角高度尺寸的极限偏差数值。

表 2-5 线性尺寸的极限偏差数值(单位: mm)

公差等级	公称尺寸分段							
	0.5~3	>3~6	>6~30	>30~120	>120~400	>400~1000	>1000~2000	>2000~4000
精密级 f	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	—
中等级 m	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2
粗糙级 c	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2	±3	±4
最粗级 v	—	±0.5	±1	±1.5	±2.5	±4	±6	±8

极限偏差的具体数值根据公差等级和公称尺寸的大小在一般公差的极限偏差列表中查得。例如，公差等级为 m、尺寸为 100mm，查得其极限偏差为 +0.3 mm。

(2) 角度尺寸。表 2-6 为角度尺寸的极限偏差数值，其值按角度短边长度确定，圆锥角按圆锥素线长度确定。

表 2-6 角度尺寸的极限偏差数值(单位: mm)

公差等级	长度分段				
	~10	>10~50	>50~120	>120~400	>400
精密级 f	±1°	±30'	±20'	±10'	±5'
中等级 m					
粗糙级 c	±1°30'	±1°	±30'	±15'	±10'
最粗级 v	±3°	±2°	±1°	±30'	±20'

3) 一般公差的图样表示方法

国标规定，一般公差在图样标题栏附近或技术要求、技术文件(如企业标准)中注出标准号及公差级代号。例如，选取中等级时标注为 GB/T 1804-m，其中，GB/T



1804 为标准号，m 为公差等级代号。

5. 游标卡尺

游标卡尺是一种中等精度的量具，利用游标原理进行读数，其结构简单、使用方便、测量范围大，是应用较广泛的通用量具。常见的游标类卡尺有游标卡尺、深度游标卡尺、高度游标卡尺、齿厚游标卡尺等。



游标卡尺
读数与使用

游标卡尺可以用来测量工件的内外尺寸，包括长度、宽度、厚度、内径和外径，也可以用来测量孔距、高度和深度等。按游标的分度值来分类，游标卡尺可分为 0.1mm、0.05mm、0.02mm 三种。

1) 游标卡尺的结构

游标卡尺主要由主尺、游标、深度尺、内测量爪、外测量爪、紧固螺钉和凸钮组成。如图 2-9 所示，游标用紧固螺钉固定在主尺上，可在尺身上平稳移动。外测量爪用来测量外表面尺寸，内测量爪用来测内表面尺寸，深度尺用来测量深度。游标卡尺的规格可分为 0~150mm、0~200mm、0~300mm 和 0~500mm 等。

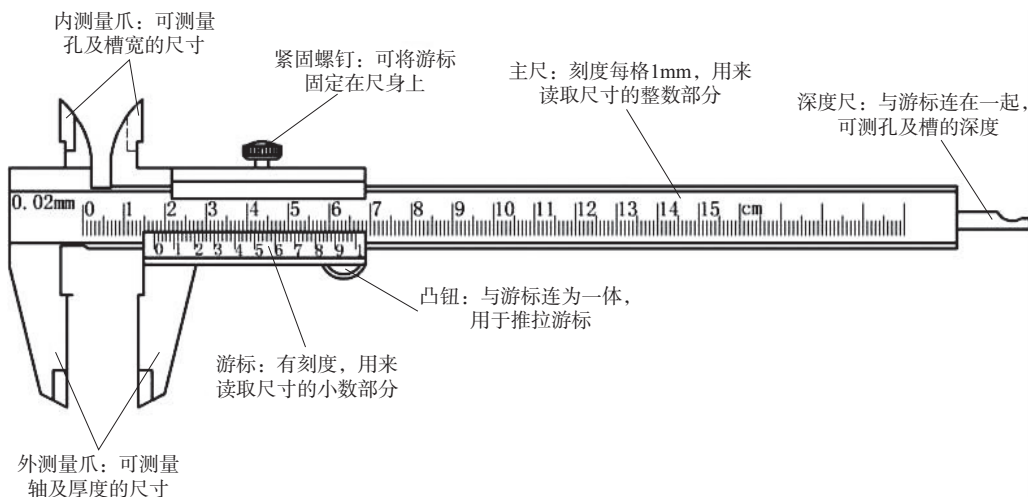


图 2-9 游标卡尺结构

2) 游标卡尺的刻线原理

以精度为 0.02mm 的游标卡尺为例，游标卡尺的主尺上刻有间隔为 1mm 的刻度，每 10 个格写一个数字；游标上共有 50 个格，每格刻线的距离为 0.98mm。两量爪合并时，游标上 50 格的长度刚好等于主尺上的 49mm，即主尺每格尺寸与游标每格尺寸之差为 $1 - 49/50 = 0.02\text{mm}$ 。

3) 游标卡尺的读数方法

以精度为 0.02mm 的游标卡尺为例，读取数据一般分为三个步骤，如图 2-10 所示。

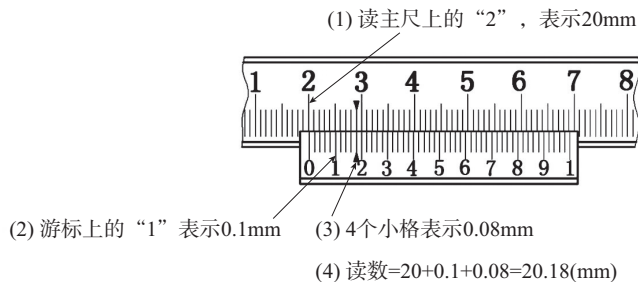


图 2-10 游标卡尺读数方法

(1) 读出游标零刻线左边主尺上最近刻度的毫米数，即测量结果的整数部分。图 2-10 所示为 20mm。

(2) 读出游标上与主尺对齐的刻线数，再乘以分度值，即测量结果的小数部分。图 2-10 所示为一个大格和四个小格，小格部分为 $4 \times 0.02\text{mm} = 0.08(\text{mm})$ 。

(3) 把读出的整数部分与小数部分相加，即测量尺寸。图 2-10 所示被测尺寸为 $28\text{mm} + 0.10\text{mm} + 0.08\text{mm} = 20.18(\text{mm})$ 。

4) 使用游标卡尺的注意事项

- (1) 测量前必须了解测量的安全要领，防止刮碰、砸伤事故的发生。
- (2) 去除零件上的毛刺及污物。
- (3) 测量前将游标卡尺擦净并检查游标卡尺测量面的刃口是否平直，再校对游标卡尺的零位。

校对零位的方法：先用干净棉丝或软质白细布将两个外测量爪的测量面擦净，右手大拇指慢慢推动凸轮，使两个测量面接触后，看游标的零刻线与主尺的零刻线是否对齐。若对齐，则说明该游标卡尺的零位正确；若不对齐，则需要检修或在测量结果中加修正值。

(4) 检测力度要适中，尽量不要将游标卡尺从零件上拔下再读数，否则会磨损检测面和造成检测误差。若要取出游标卡尺读数，测量到位后应将紧固螺钉拧紧并顺着零件滑出，不得歪斜。即使这样，还是容易出现误差。

(5) 读数时，双眼要在垂直于游标刻线面的方向去读，以减少读数误差。

(6) 检测时，不要让游标卡尺歪斜，否则会造成检测误差。

(7) 游标卡尺的测量爪部位较锐利，操作时应小心。

(8) 检测结束后，使用全棉布擦净游标卡尺，放回量具盒。

2.1.8 知识拓展

1. 高度游标卡尺

高度游标卡尺是指用于测量零件高度的卡尺(简称高度尺)，如图 2-11 所示。

1) 高度游标卡尺的使用

高度游标卡尺结构如图 2-12 所示。高度游标卡尺主要由尺身微调装置、立柱、微进给螺母、微调锁紧装置、尺框架固螺钉、底座、基面、尺面、划线器、测量面、划线器支架、划线器安装盒、划线器紧固螺钉、游标刻度、滑尺和尺身刻度等部分构成，它可以用于测量零件的高度和精密划线。



图 2-11 高度游标卡尺

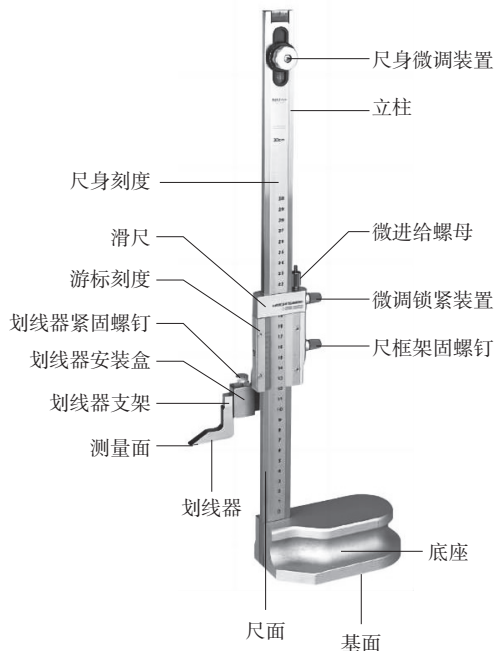


图 2-12 高度游标卡尺结构

2) 高度游标卡尺的应用

使用高度游标卡尺划偏心线[图 2-13(a)]、划拨叉轴[图 2-13(b)]、划箱体[图 2-13(c)]。

3) 高度游标卡尺的使用注意事项

(1) 测量前应擦净工件测量表面和高度游标卡尺的主尺、游标、测量爪，检查测量爪是否磨损。

(2) 使用前调整测量爪，使测量面与基座的底平面位于同一平面，检查主尺、游标零刻线是否对齐。测量工件高度时，应将测量爪轻微摆动，在最大部位读取数值。

(3) 读数时，应使视线正对刻线；用力要均匀，测力 3~5N，以保证测量准确性。

(4) 使用过程中，注意清洁高度游标卡尺测量爪的测量面。

(5) 不能用高度游标卡尺测量锻件、铸件表面与运动工件的表面，以免损坏卡尺。

(6) 长时间不使用的高度游标卡尺，应擦净上油放入盒中保存。

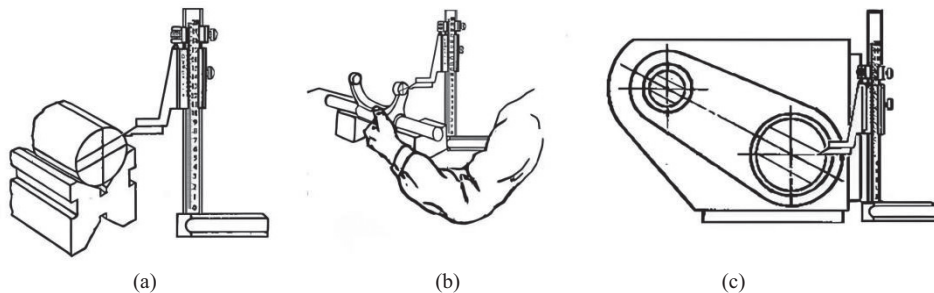


图 2-13 高度游标卡尺的应用

2. 深度游标卡尺

深度游标卡尺如图 2-14 所示。深度游标卡尺主要用于测量零件的深度尺寸或台阶高低和槽的深度，它的读数方法和高度游标卡尺完全一样。

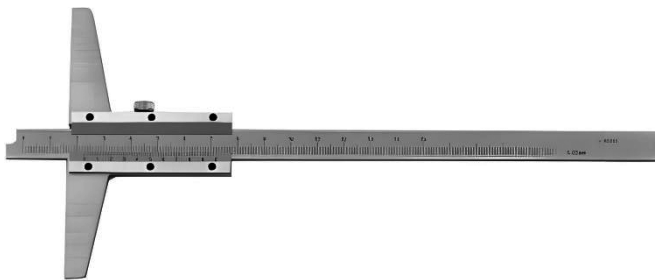


图 2-14 深度游标卡尺

测量时，先把测量基座轻轻压在工件的基准面上，深度游标卡尺两个端面必须接触工件的基准面。测量台阶时，测量基座的端面一定要压紧基准面，再移动尺身，直到尺身的端面接触工件的测量面(台阶面)，然后用紧固螺钉固定游标，提起卡尺，读出深度尺寸。

多台阶小直径的内孔深度测量，要注意尺身的端面是否要在要测量的台阶上。当基准面是曲线时，测量基座的端面必须放在曲线的最高点上，这时测量出的深度尺寸才是工件的实际尺寸，否则会出现测量误差。

2.1.9 练习与思考

1. 填空题

(1) 游标卡尺主要由_____、_____、深度尺、内测量爪、外测量爪、紧固螺钉和凸钮组成。

(2) 如果按游标的分度值来分类，游标卡尺可分_____、_____和_____三种。

(3) 精度为 0.02mm 的游标卡尺的游标上共有_____个格，每格刻线的距离为_____ mm。



- (4) 某一尺寸减去其公称尺寸所得的代数差称为_____。
- (5) _____和_____是控制加工尺寸的两个尺寸界线。
- (6) 孔 $\phi 45^{+0.034}_{+0.009}$ mm 的公称尺寸为_____ mm, 上极限偏差为_____ mm, 下极限偏差为_____ mm, 上极限尺寸为_____ mm, 下极限尺寸为_____ mm, 公差值为_____ mm。
- (7) 轴 $\phi 45^{-0.009}_{-0.025}$ mm 的公称尺寸为_____ mm, 上极限偏差为_____ mm, 下极限偏差为_____ mm, 上极限尺寸为_____ mm, 下极限尺寸为_____ mm, 公差值为_____ mm。
- (8) 公差的大小应等于_____与_____代数差的绝对值, 或_____与_____代数差的绝对值。
- (9) _____的大小决定了允许尺寸的变动范围。_____是绝对值, 没有正负号, 也不能为零。
- (10) _____决定了极限尺寸相对其公称尺寸的位置, _____可以是正值、负值或零。

2. 判断题

- (1) 国标规定, 轴只指圆柱形的外表面。 ()
- (2) 零件装配后孔为包容面, 轴为被包容面。 ()
- (3) 零件的实际尺寸即零件的真值。 ()
- (4) 零件的极限偏差可以是正值、负值或零。 ()
- (5) 零件的实际尺寸越接近其公称尺寸, 其精度越高。 ()
- (6) 某一尺寸减其公称尺寸的代数差是极限偏差。 ()
- (7) 零件的极限偏差是用来控制实际偏差的。 ()
- (8) 公差通常为正值, 在个别情况下也可以为负值或零。 ()
- (9) 零件同一表面上不同位置的实际尺寸一定相等。 ()
- (10) 将某轴的直径正好加工到其公称尺寸, 则此轴必然是合格件。 ()

3. 选择题

- (1) 在切削过程中, 轴的尺寸()。
- A. 由小变大 B. 由大变小 C. 不会变化 D. 无规律变化
- (2) 在切削过程中, 孔的尺寸()。
- A. 由小变大 B. 由大变小 C. 不会变化 D. 无规律变化
- (3) 公称尺寸是()。
- A. 加工时得来的 B. 测量时得出的
C. 装配后得来的 D. 设计时直接给定的
- (4) 实际偏差是()。
- A. 设计时给定的 B. 直接测量得到的

- C. 通过测量, 计算求得的
D. 加工者自己设定的
- (5) 国标规定, 在机械加工中, 通常用()作为尺寸的特定单位。
A. m B. cm C. mm D. μm
- (6) 上极限尺寸与公称尺寸的关系是()。
A. 前者小于后者 B. 前者等于后者
C. 前者大于后者 D. 两者之间的大小无法确定
- (7) 孔的上极限偏差用()表示。
A. ES B. EI C. es D. ei
- (8) 轴的下极限偏差用()表示。
A. ES B. EI C. es D. ei
- (9) 上极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差称为()。
A. 上极限偏差 B. 下极限偏差 C. 基本偏差 D. 极限偏差
- (10) 下列说法正确的是()。
A. 上极限偏差总是大于下极限偏差
B. 上极限偏差的绝对值一定大于下极限偏差的绝对值
C. 尺寸偏差越大, 说明该尺寸与公称尺寸相差越大
D. 尺寸偏差的绝对值越大, 说明该尺寸与其公称尺寸相差越大

4. 综合题

分析图 2-15 所示的自行车前轴零件图, 选用合适的量具, 并制订检测方案, 检测该轴的直径尺寸和长度尺寸。

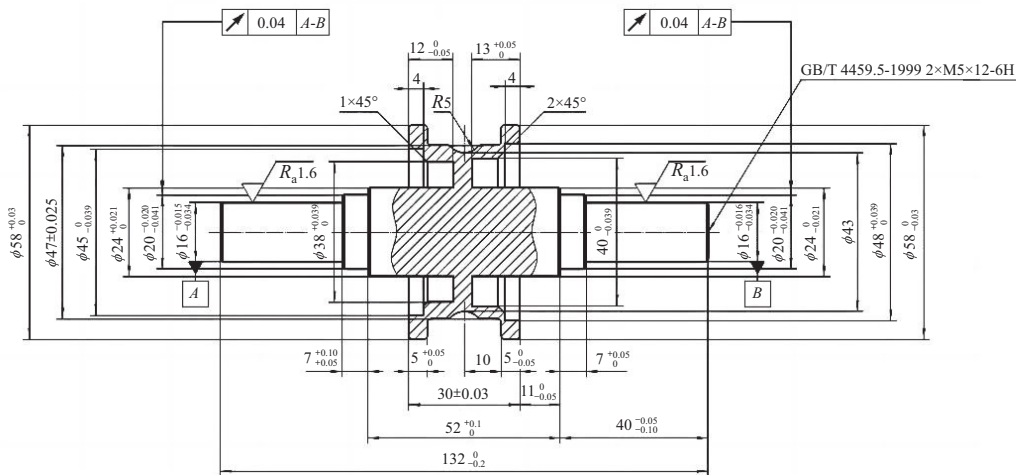


图 2-15 自行车前轴零件图



任务二 支撑座连接轴的尺寸精度与检测

要实现对支撑座连接轴尺寸精度的精确检测，就需要透彻理解标准公差和极限尺寸等基本概念，了解外径千分尺的构造和测量原理，并能够正确使用外径千分尺。

学习目标

知识目标：

- (1) 理解标准公差的术语及其定义。
- (2) 掌握极限尺寸的计算方法。
- (3) 了解外径千分尺的结构与分度原理。
- (4) 掌握外径千分尺的读数和使用方法。

技能目标：

- (1) 能准确快速地查阅标准公差数值表。
- (2) 能正确规范地使用外径千分尺进行测量。
- (3) 能合理制订检测零件外径尺寸精度的方案。
- (4) 能正确处理检测数据并分析检测结果。

素养目标：

- (1) 精细测量，锻造工匠品质。
- (2) 制订方案，提升问题解决能力。
- (3) 攻克难关，培育协作精神。

2.2.1 任务描述

实习车间加工了一批支撑座连接轴，在装配过程中发现有一些连接轴无法安装到支撑座内孔中，还有一些连接轴虽然能安装到支撑座内孔中，但是却出现明显的晃动。请通过车间现有的量具，对这批支撑座连接轴进行检测，分析其无法安装的原因。

2.2.2 任务分析

底板零件是经过质检员检测合格的零件，底板上内孔的尺寸精度都是在公差范围之内的，问题在于支撑座连接轴的尺寸精度是否在公差范围之内，检测支撑座连接轴的尺寸精度为解决本次装配问题的关键。图 2-16 所示为支撑座连接轴的尺寸精度检测流程，图 2-17 所示为支撑座连接轴图纸，图 2-18 所示为支撑座连接轴实物图。

1. 分析图纸

因为支撑座连接轴要安装到支撑座的内孔中，所以主要考虑支撑座连接轴的外部尺寸，主要检测支撑座连接轴的外径 $[27_{-0.04}^{-0.007}$ mm、26mm、 (49.5 ± 0.016) mm]和长度 $[10_{+0.015}^{+0.045}$ mm、 $12_{0}^{+0.043}$ mm、 (39.5 ± 0.025) mm]。其中，与支撑座安装相关的尺寸是连接轴左端的尺寸 $27_{-0.04}^{-0.007}$ mm，因为 $27_{-0.04}^{-0.007}$ mm 的尺寸精度关系到支撑座连接轴安装的松紧程度，所以要对这个尺寸的检测尤为重视。

2. 选择量具

支撑座连接轴外径为 26mm，长度为 10mm、12 mm、39.5mm，尺寸公差均大于 0.03mm，使用精度为 0.02mm 的游标卡尺即可。上述尺寸的检测，量具可使用四用游标卡尺 * II 型，测量范围为 0~200mm，精度为 0.02mm。

而对于外径 27mm、49.5mm，公称尺寸为 25~50mm，考虑到外径 27mm 的重要性，选用精度为 0.01mm，测量范围为 25~50mm 的外径千分尺，如图 2-19 所示。



图 2-19 外径千分尺

2.2.3 制订方案

已根据零件的公称尺寸及其极限偏差数值，计算出极限尺寸数值，请同学们根据尺寸的精度要求，选择合适量具进行测量，将测量结果填入表 2-7。

表 2-7 支撑座连接轴测量方案(单位: mm)

检测项目	尺寸	极限偏差数值	极限尺寸数值	量具
外径	27	-0.007	26.96~26.993	
		-0.04		
	49.5	± 0.016	49.484~49.516	
长度	10	+0.045	10.015~10.045	
		+0.015		
	12	+0.043 0	12~12.043	
	39.5	± 0.025	39.475~39.525	

2.2.4 任务实施

(1)准备好支撑座连接轴、工作台和外径千分尺等。

(2)清洁支撑座连接轴被测表面、外径千分尺及工作台。

(3)校对零位。图 2-20 所示为 0~25mm 外径千分尺校准，采用标准样块(校块)或量块，使其与外径千分尺 15mm 刻度零位对齐，当测微螺杆与测砧接触后，微分筒上的零刻线应与固定套筒上的水平线对齐。同学们可参考 0~25mm 外径千分尺的校准方法，对 25~50mm 外径千分尺进行校准。

(4)图 2-21 所示为螺母套筒的直径测量。将工件平放在工作台上，左手握尺架，右手转动微分筒，使测微螺杆的测量面和被测面接近，再改为转动测力装置，直到听见“咔、咔”声时停止，然后读数。如果取下读数，则应将锁紧装置锁紧后取出外径千分尺。参考螺母套筒的直径测量方法，进行支撑座连接轴的测量。



图 2-20 0~25mm 外径千分尺校准



图 2-21 螺母套筒的直径测量

(5)测量完毕，将外径千分尺擦净，放回盒内，外径千分尺回位时不要摇转微分筒。

(6)做好支撑座连接轴测量记录，填写表 2-8。

表 2-8 支撑座连接轴测量记录表(单位: mm)

检测项目	尺寸	第一次测量	第二次测量	第三次测量	平均值
外径	27				
	49.5				
	26				
长度	10				
	12				
	39.5				



2.2.5 鉴定结论

(1)将检测数据的平均值填写到表 2-9 中，处理检测数据。

表 2-9 检测数据表(单位: mm)

检测项目	尺寸	极限尺寸数值	测量平均值	结论
直径	27	26.96~26.993		
	49.5	49.484~49.516		
	26	25.7~26.3		
长度	10	10.015~10.045		
	12	12~12.043		
	39.5	39.475~39.525		

(2)给出鉴定结论，解决问题，完成任务。

2.2.6 任务评价

任务结束后，根据本次任务的完成情况，认真填写表 2-10。

表 2-10 任务评价表

项目	自我评价			小组评价			教师评价			增值评价		
	9~10	6~8	1~5	9~10	6~8	1~5	9~10	6~8	1~5	9~10	6~8	1~5
	占总评的 10%			占总评的 20%			占总评的 30%			占总评的 40%		
量具校验												
规范检测												
检测报告												
整理现场												
职业素养												
小计												
总评												

2.2.7 检测相关知识

1. 标准公差

国标规定，公差带是由大小和位置两个要素构成的。其中，大小由



标准公差
概述及查表法

标准公差来确定，而位置由基本偏差来确定。在孔、轴配合中，由于公差带的大小和位置不同，可以形成不同性质和不同精度的配合。

图 2-22 所示为公差带大小和位置。通常取靠近零刻线的偏差为基本偏差，并由其确定公差带的位置。图(a)与图(b)、图(c)与图(d)公差带的位置相同，但公差带大小不同；图(a)与图(c)公差带的位置不同，但公差带大小相同；图(a)与图(d)公差带的位置和大小都不同。还可以这样说明：图(a)与图(b)基本偏差相等，标准公差不相等；图(a)与图(c)基本偏差不相等，标准公差相等；图(a)与图(d)基本偏差不相等，标准公差也不相等。

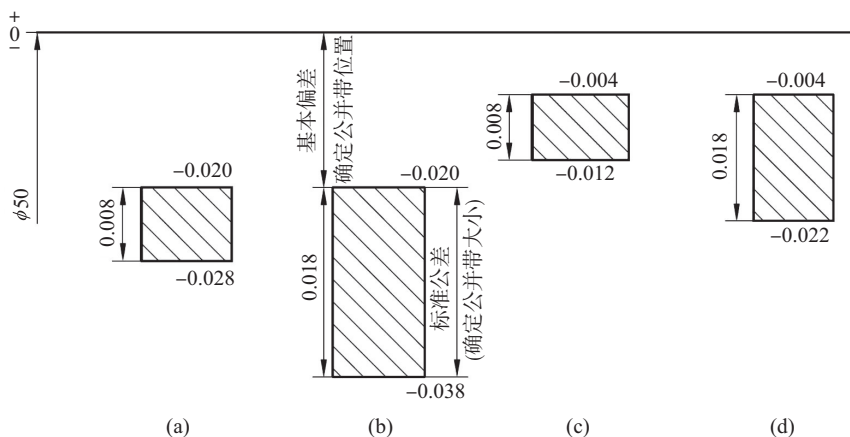


图 2-22 公差带大小和位置

1) 标准公差的定义

标准公差是极限与配合制中所规定的任一公差。标准公差用“IT”表示。国标规定的标准公差数值见表 2-11。

表 2-11 国标规定的标准公差数值

基本尺寸 mm		公差等级																	
		IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
大于	至	μm									mm								
~	3	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0.1	0.14	0.25	0.4	0.6	1	1.4
3	6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	0.12	0.18	0.3	0.48	0.75	1.2	1.8
6	10	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	0.15	0.22	0.36	0.58	0.9	1.5	2.2
10	18	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0.18	0.27	0.43	0.7	1.1	1.8	2.7
18	30	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0.21	0.33	0.52	0.84	1.3	2.1	3.3
30	50	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0.25	0.39	0.62	1	1.6	2.5	3.9

(续表)

基本尺寸 mm		公差等级																	
		IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
50	80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0.3	0.46	0.74	1.2	1.9	3	4.6
80	120	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0.35	0.54	0.87	1.4	2.2	3.5	5.4
120	180	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0.4	0.63	1	1.6	2.5	4	6.3
180	250	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0.46	0.72	1.15	1.85	2.9	4.6	7.2
250	315	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0.52	0.81	1.3	2.1	3.2	5.2	8.1
315	400	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0.57	0.89	1.4	2.3	3.6	5.7	8.9
400	500	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0.63	0.97	1.55	2.5	4	6.3	9.7
500	630	9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0.7	1.1	1.75	2.8	4.4	7	11
630	800	10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0.8	1.25	2	3.2	5	8	12.5
800	1000	11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0.9	1.4	2.3	3.6	5.6	9	14
1000	1250	13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1.05	1.65	2.6	4.2	6.6	10.5	16.5
1250	1600	15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1.25	1.95	3.1	5	7.8	12.5	19.5
1600	2000	18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1.5	2.3	3.7	6	9.2	15	23

国标对公差带的两个要素都进行了标准化，从而得到多种大小不等、位置不同的公差带，可以满足不同的使用要求，同时能达到简化统一、方便生产的目的。

2) 标准公差的等级

在极限与配合制中，标准公差的等级是指用于确定尺寸精确程度的等级。标准公差等级代号由符号 IT 和数字组成，标准公差共分 20 级，数字部分用 01, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 表示。其中 01 级最高，18 级最低。这样标准公差等级分为 IT01, IT0, IT1~IT18。IT01~IT11 为配合公差等级，IT12~IT18 为非配合公差等级。例如，6 级标准公差记作 IT6，读作公差等级 6 级。当公称尺寸相同时，随着公差等级的降低，相应的标准公差依次增大，即

高 ←————— 公差等级 —————→ 低

IT01、IT0、IT1……IT18

小 ←————— 标准公差 —————→ 大

显然，同一公称尺寸的孔与轴，其标准公差值的大小因标准公差等级的不同而不同。也就是说，标准公差等级高，标准公差数值小；标准公差等级低，标准公差数值大。另外，同一标准公差等级的孔与轴，公称尺寸不同，其标准公差数值的大小也不同。公称尺寸小，标准公差数值小；公称尺寸大，标准公差数值大。总之，标准公差的数值既与标准公差等级有关，又与公称尺寸有关。

3) 标准公差数值表说明

在生产中,使用的公称尺寸是很多的,如果每一个公称尺寸都对应一个公差值,势必形成一个相当庞大的公差数值表,给生产带来很多麻烦和困难。为了应用上的方便,减少公差数值的数量,统一公差数值,简化公差表。国标对公称尺寸进行了分段,对于同一公称尺寸段落内的所有公称尺寸,在相同公差等级下,规定具有相同的公差数值。

国标中,公称尺寸为 0~500mm 的分为 13 段,即 ≤ 3 、 $>3\sim 6$ 、 $>6\sim 10$ 、 $>10\sim 18$ 、 $>18\sim 30$ 、 $>30\sim 50$ 、 $>50\sim 80$ 、 $>80\sim 120$ 、 $>120\sim 180$ 、 $>180\sim 250$ 、 $>250\sim 315$ 、 $>315\sim 400$ 、 $>400\sim 500$ 。

极限与配合对公称尺寸 0~500mm 规定了 IT01, IT0, ..., IT18 共 20 个标准公差等级。

标准公差等级 IT01 和 IT0 在工业中很少用到,所以在表中没有给出这两个标准公差等级的标准公差数值,必要时可查阅相关资料。

4) 公差等级的选用

公差等级高,零件的精度高,使用性能好,但加工难度大,易产生不合格产品,生产成本低;公差等级低,零件的精度低,使用性能差,但加工容易,生产成本低。因此,要同时考虑零件的使用要求和加工经济性这两个因素,合理选用公差等级。

公差等级的选用原则:在满足零件使用要求的前提下,尽可能选择较低的公差等级,目的在于解决零件的使用性能要求和制造成本之间的矛盾。

常用配合精度为 IT5~IT13。其中,IT5~IT7 为高级精度,IT8~IT10 为中等精度,IT11~IT13 为低级精度。

2. 外径千分尺

外径千分尺常(简称千分尺)是比游标卡尺更精密的长度测量仪器。

1) 外径千分尺的结构和用途

外径千分尺由固定的尺架、测砧、测微螺杆、锁紧装置、螺纹轴套、固定套筒、微分筒、螺母、接头、测力装置等组成,其结构图如图 2-23 所示。外径千分尺用于测量精密零件的外径、长度和厚度等尺寸。常用的外径千分尺的测量范围有 0~25mm、25~50mm、50~75mm 等,每隔 25mm 为一挡,直到 500mm。



外径千分尺的
读数与使用

2) 外径千分尺的刻线原理

固定套筒上有一条水平线,这条水平线上、下各有一列间距为 1mm 的刻度线,上面的刻度线恰好在下面两相邻刻度线中间。活动套筒套在固定套筒上且与测微螺杆连为一体。当测微螺杆和活动套筒一起转动一周时,就沿轴向移动一个螺距,即 0.5mm。在活动套筒圆锥形边缘上刻有 50 等分的刻度线,把活动套筒分为 50 格,因此活动套管每转动 1 格(1/50 周),测微螺杆就沿轴向移动 $1/50 \times 0.5\text{mm} = 0.01(\text{mm})$,所以千

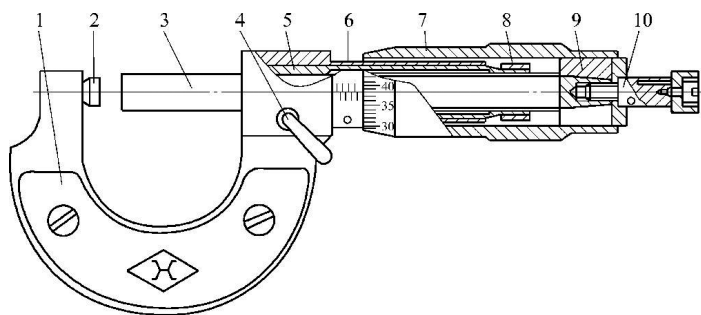


图 2-23 外径千分尺结构图

1—尺架；2—测砧；3—测微螺杆；4—锁紧装置；5—螺纹轴套；6—固定套筒；
7—微分筒；8—螺母；9—接头；10—测力装置

分尺的精度是 0.01mm。

3) 外径千分尺的读数方法

在实际测量时，外径千分尺的读数分为三步。

(1) 读出固定套筒上微分筒左边毫米刻线数值(包括整毫米数和 0.5mm 部分)。

(2) 读出微分筒上与固定套筒的主刻线对齐的刻线数值，再乘以 0.01mm。

(3) 如果微分筒上的刻线没有对齐主刻线，这时可以估读一位，估读的这一位数字放在千分位，也是有效数值。因此，对于精度为 0.01mm 的百分尺，习惯称其为千分尺。三部分读数相加，即被测零件的尺寸。例如，如图 2-24 所示，被测尺寸为 $10\text{mm} + 44 \times 0.01\text{mm} + 0.002\text{mm} = 10.442(\text{mm})$ 。

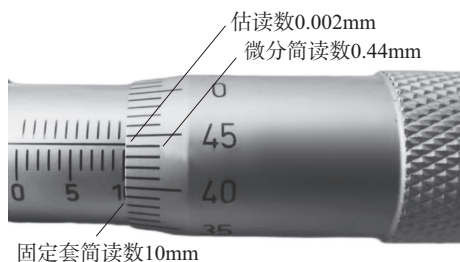


图 2-24 外径千分尺读数

4) 使用外径千分尺的注意事项

- (1) 测量时要握住隔热装置处，将外径千分尺放正并注意温度的影响。
- (2) 使用时和使用后都要避免发生掉碰。
- (3) 不能用外径千分尺测量毛坯件及未加工表面。
- (4) 不能在工件转动时进行测量。
- (5) 不能把外径千分尺当作其他工具使用。
- (6) 不能用砂纸或硬的金属刀具去污或除锈。
- (7) 外径千分尺不能和其他工具混放，若长时间不用，要擦净、上油，放进盒内，

防锈防尘。

(8)大型的外径千分尺使用后要平放在盒内，以免变形。

2.2.8 知识拓展

螺旋测微量具是一种较为精密的量具，常见的有以下八种类型。

1. 外径千分尺

图 2-25 所示为外径千分尺，主要用来测量工件的外圆直径、长度、厚度等各种外形尺寸。



图 2-25 外径千分尺



图 2-26 内测千分尺

3. 深度千分尺

图 2-27 所示为深度千分尺，主要用来测量孔深、槽深等尺寸。



图 2-27 深度千分尺

4. 叶片千分尺

图 2-28 所示为叶片千分尺，主要用来测量外径千分尺难以测量的沟和槽等尺寸。



图 2-28 叶片千分尺

5. 螺纹千分尺

图 2-29 所示为螺纹千分尺，主要用来测量螺纹中径尺寸。

6. 壁厚千分尺

图 2-30 所示为壁厚千分尺，主要用来测量精度较高的管形件的壁厚。



图 2-29 螺纹千分尺



图 2-30 壁厚千分尺

7. 公法线千分尺

图 2-31 所示为公法线千分尺，主要用来测量齿轮的公法线长度。



图 2-31 公法线千分尺

8. 三爪式内测千分尺

图 2-32 所示为三爪式内测千分尺，主要用来测量中小孔径的尺寸。



图 2-32 三爪式内测千分尺

2.2.9 练习与思考

1. 填空题

- (1) 外径千分尺由尺架、测砧、测微螺杆、锁紧装置、螺纹轴套、_____、_____、螺母、接头、测力装置等组成。
- (2) 常用的外径千分尺的测量范围有_____、_____和_____等，每隔_____为一挡，直到 500mm。
- (3) 标准公差等级代号由_____和_____组成。
- (4) 标准公差值的大小主要与_____和_____有关。
- (5) 公差等级的选用应在满足零件的使用要求的条件下，尽量选取_____的公差等级。

2. 判断题

- (1)公差大的一定比公差小的公差等级低。 ()
- (2)无论公称尺寸是否相同，公差值小的尺寸精度高。 ()
- (3)IT11~IT13 属于低级精度。 ()
- (4)公差等级代号数字越大，精度越高。 ()
- (5)标准公差确定了公差带的位置。 ()
- (6)公差数值越大，零件尺寸精度越高。 ()
- (7)同一公差等级的孔和轴的标准公差数值一定相等。 ()
- (8)IT 表示标准公差，标准公差从 IT01 至 IT18 共分 18 级。 ()
- (9)在尺寸精度的标准公差等级中，IT18 公差值最大，精度最低。 ()
- (10)用外径千分尺测量时，只需将被测件的表面擦干净，即使是毛坯也可测量。 ()

3. 选择题

- (1)关于外径千分尺的特点，下列说法中错误的是()。
- A. 使用灵活，读数准确 B. 测量精度比游标卡尺高
- C. 测量范围广 D. 可用来测量毛坯件
- (2)对标准公差的论述，下列说法中错误的是()。
- A. 在任何情况下，公差越大，标准公差必定越大
- B. 公称尺寸相同，公差等级越低，标准公差越大
- C. 标准公差的大小与公差和公差等级有关，与该公差表示的是孔还是轴无关
- D. 某一基本尺寸段 $>50\sim 80\text{mm}$ ，则基本尺寸为 60mm 和 75mm 的同等级的标准公差数值相同
- (3)线性尺寸的一般公差规定了()4 个公差等级。
- A. a、b、c、d B. f、m、c、v C. f、g、h、i D. 1、2、3、4
- (4)在机械制造中，中等精度是指()。
- A. IT5~IT6 B. IT6~IT7 C. IT8~IT9 D. IT10~IT13
- (5)同一公差等级的两个尺寸，其公差数值()。
- A. 相等 B. 不相等 C. 不一定相等 D. 不能相等

4. 综合题

分析图 2-33 所示自行车立柱零件图，选用合适的量具，并制订检测方案，检测该轴的直径尺寸。

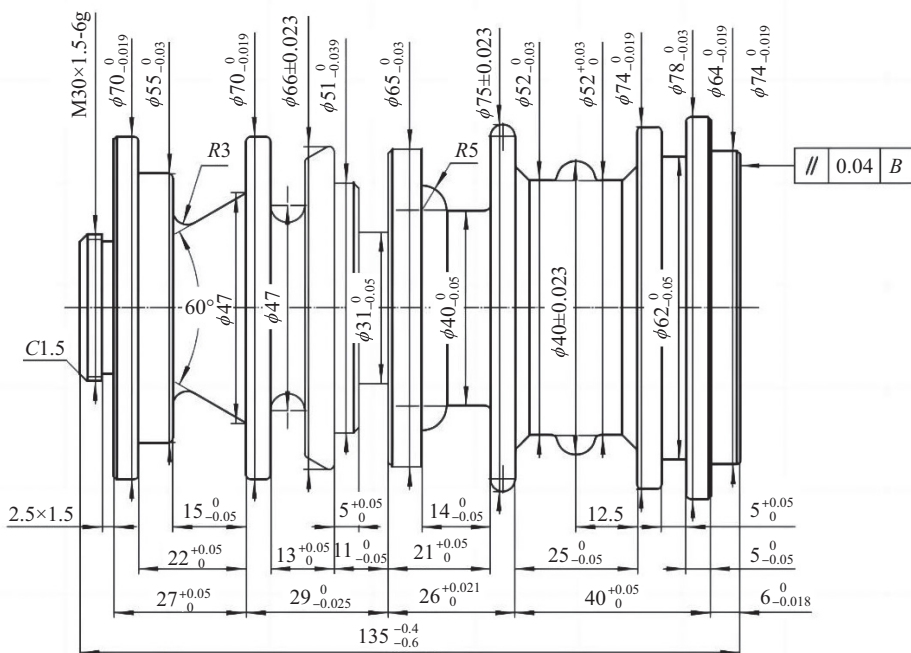


图 2-33 自行车立柱零件图

任务三 燃烧缸的尺寸精度与检测

要准确地检测燃烧缸的尺寸精度，需要理解基本偏差的术语及其定义。内径百分表是检测燃烧缸内径尺寸精度的重要量具，因此需要了解其结构与读数原理，并能够正确使用。

学习目标

知识目标：

- (1) 理解基本偏差的术语及其定义。
- (2) 了解内径百分表的结构与读数原理。
- (3) 掌握内径百分表的读数和使用方法。
- (4) 掌握内测千分尺和内径百分表的不同之处。

技能目标：

- (1) 能准确快速地查阅基本偏差数值表。
- (2) 能正确规范地使用内径百分表进行测量。
- (3) 能正确规范地使用内测千分尺进行测量。