



教育部高职高专规划教材

公差配合与技术测量 实验指导书

郭连湘 主编



化学工业出版社
教材出版中心

教育部高职高专规划教材

公差配合与技术测量实验指导书

郭连湘 主编



化学工业出版社
教材出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

公差配合与技术测量实验指导书/郭连湘主编. —北京: 化学工业出版社, 2004. 6
教育部高职高专规划教材
ISBN 7-5025-5728-8

I. 公… II. 郭… III. ①公差-配合-实验-高等学校: 技术学院-教学参考资料②技术测量-实验-高等学校: 技术学院-教学参考资料 IV. TG801-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 058890 号

教育部高职高专规划教材
公差配合与技术测量实验指导书

郭连湘 主编

责任编辑: 高 钰

文字编辑: 韩庆利

责任校对: 蒋 宇 战河红

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
发行电话: (010) 64982530
<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京红光印刷厂印装

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 9½ 字数 230 千字

2004 年 8 月第 1 版 2004 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5728-8/G·1498

定 价: 16.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

出版说明

高职高专教材建设是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分吸取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

前 言

公差实验是公差课程教学的重要组成部分，也是培养学生技术应用能力的重要手段与途径，历来受到广泛的重视。根据高职高专的人才培养要求和相关院校《公差配合与技术测量》课程教学改革的实际情况，在总结相关院校教学实践经验的基础上，我们编写了这本实验指导书，以满足师生的实验需要。

为了适应我国社会进步和经济发展的需要，适应教学方法不断改革的需求，本教材在编写过程中力求体现以下一些特色。

(1) 注重社会发展和就业需求，以培养职业岗位群的综合能力为目标，有针对性地培养学生的职业技能。

(2) 加强实践性，精练理论，充实训练内容，强化应用，突出实用技能；把课程的单纯的实验型转向为操作型、应用型、设计型，结合应用工程实际，增加了设计型实验。

(3) 教材内容反映了新知识、新技术、新工艺和新方法，体现了时代性和先进性。

(4) 本书编写中参照了相关院校有关专业的《公差》课程教学大纲。在内容上扩大了覆盖面，尽量贴近教学需要，以满足不同的实践教学要求。

(5) 本教材指导书是《公差配合与技术测量》教材的配套教材，可作为课程实验（实训）教学的学生用书，也可供计量检验人员参考。同时配套教材还有《公差配合与技术测量习题及解答》。

(6) 本教材附有相应的实验报告和思考题，并附有相关的资料以供使用选择。每章节标有“*”的项目，供选做。

本实验指导书由郭连湘副教授主编，刘越副教授主审。在编写过程中得到了何频、罗国昌、陈闽鄂、周志良、刘兆平、张惠蓉等老师的大力支持和帮助。限于编者的水平，书中缺点、错误在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

2004 年 3 月

内 容 提 要

本书内容包括孔与轴的检测、形状位置误差的检测、表面粗糙度的检测、角度的检测、螺纹的检测、齿轮的检测、复杂零件的测量、综合实验，且附有相应的实验报告。书中反映了新知识、新技术、新工艺和新方法，贴近教学需求，能满足实践技能的训练。

本书可作为机械类、计量专业类学生教材，也可作为计量专业人员的参考资料。

目 录

实验守则	1
第一章 孔、轴检测	2
实验一 内径指示表检测孔径	2
实验二 立式光较仪检测轴径	3
实验三 万能测长仪检测孔径	6
实验四* 数显式测长仪检测轴径	9
实验五* 电感测微仪检测塞规	13
第二章 形状位置误差的检测	17
实验一 平板平面度的检测	17
实验二 导轨直线度的检测	19
实验三 自准直仪测量直线度	21
实验四 光学分度头检测轴的圆度误差	23
实验五* 圆度仪检测圆度误差	27
实验六 轴类零件位置误差的检测	29
实验七 箱体零件位置误差的检测	30
第三章 表面粗糙度检测	33
实验一 比较法检测表面粗糙度	33
实验二 光切显微镜检测表面粗糙度	34
实验三* 干涉显微镜检测表面粗糙度	36
实验四* 表面粗糙度检查仪检测表面粗糙度	39
第四章 角度的检测	45
实验一 游标角度规检测角度	45
实验二 正弦规检测锥角	46
实验三* 测角仪检测角度	47
实验四* 多齿分度台检测多面棱体	49
第五章 螺纹的检测	52
实验一 螺纹千分尺检测螺纹中径	52
实验二 三针法检测螺纹中径	53
实验三 影像法检测螺纹中径、螺距和牙型半角	54
实验四* 轴切法检测螺纹中径、螺距和牙型半角	58
实验五* 圆柱坐标法测量螺旋线	60
第六章 齿轮的检测	65
实验一 径向跳动检查仪检测齿圈径向跳动	65
实验二 周节仪检测齿距偏差和齿距累积误差	66

实验三 基节仪检测基节偏差	68
实验四 公法线千分尺检测公法线长度变动量	69
实验五 齿厚游标卡尺检测齿厚偏差	70
实验六 双啮仪检测齿轮径向综合误差	72
实验七* 渐开线检查仪检测齿形误差	73
实验八* 单啮仪检测齿轮切向综合误差	75
第七章 复杂零件的测量	79
实验一 非整圆弧工件的测量	79
实验二 薄壁样板的测量	82
实验三* 二维、三维曲线测量	85
第八章 综合实验	92
综合实验例一 基座的测量	93
综合实验例二 箱体形位误差的测量	93
综合实验例三 精密心轴的测量	100
附录	101
参考文献	143

实 验 守 则

一、实验基本要求

1. 实验前，必须认真预习实验指导书及教材中的有关内容，熟悉仪器、设备及相关测量器具的工作原则和初步了解操作要求。没有预习实验指导书的学生不得进入实验室。

2. 实验中对各种数据应会处理，并考虑如何书写实验报告；实验中出现的误差或其他情况应进行分析说明。

二、实验须知

1. 学生应在规定的时间进入实验室。进入实验室前，应换上工作服。与实验无关的物品不得带入实验室。进入实验室后，注意保持实验室清洁和安静。

2. 实验前，要清理工件和工作台的油迹，熟悉仪器的操作规程和注意事项。经指导老师同意后，方可接上电源。要小心操作，用力适当。

3. 如发现仪器有故障时，不得擅自拆修，应立即报告指导老师。

4. 学生应积极动手操作，并独立完成实验和实验报告。

5. 实验完毕后，将计量器具和被测工件整理好，并认真填写实验数据，交指导老师检查后，方可离开实验室。

6. 在规定的时间内未能完成实验者，须经实验室领导同意，或延长实验时间或另行安排补做时间。

第一章 孔、轴检测

圆柱形孔，轴检测，在长度测量中占很大的比例。根据生产的批量大小、直径精度高低和直径尺寸的大小等因素，可用不同的检测方法。成批生产的孔、轴，一般用光滑极限量规检测；中、低精度的孔、轴通常采用游标卡尺，内、外径千分尺，杠杆千分尺等进行绝对测量，或用百分表、千分表、内径百分表等进行相对测量；高精度的孔、轴，则用机械比较仪、立式光较仪、万能测长仪、电感测微仪或接触式干涉仪等仪器进行测量。

实验目的

1. 掌握孔、轴测量的常用方法。
2. 熟练使用内径指示表。
3. 了解万能测长仪和立式光较仪及电感测微仪的工作原理、测量方法。
4. 掌握等精度测量的数据处理方法。

实验内容

1. 内径指示表检测孔径。
2. 立式光较仪检测轴径。
3. 万能测长仪检测孔径。
- 4*. 数显式测长仪检测轴径。
- 5*. 电感测微仪检测塞规。

实验一 内径指示表检测孔径

一、仪器介绍

内径指示表是生产中测量孔径常用的测量仪，它是由指示表和装有杠杆系统的测量装置所组成，如图 1-1 所示。

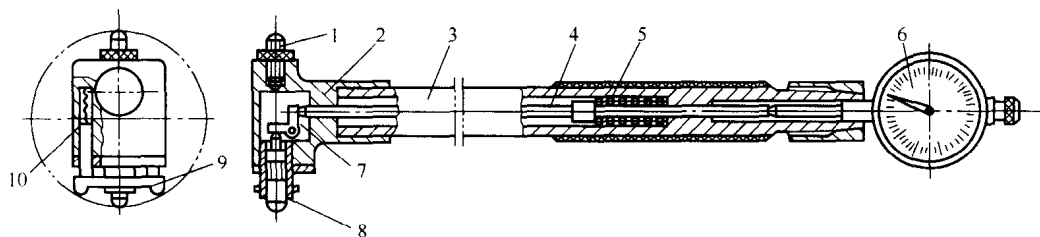


图 1-1 内径指示表

1—可换测量头；2—测量套；3—测杆；4—传动杆；5，10—弹簧；6—指示表；
7—杠杆；8—活动测量头；9—定位装置

活动测量头 8 的移动可通过杠杆系统传给指示表 6。内径指示表的两测头放入被测孔径内，位于被测孔径的直径方向上，这可由定位装置来保证。定位装置借助弹簧力始终与被测

孔径接触，其接触点的连线和直径是垂直的。

内径指示表测孔径属于相对测量，根据不同的孔径可选用不同的可换测量头，故其测量范围可达 6~1000mm。内径指示表的分度值为 0.01mm。

二、测量步骤

1. 根据被测孔径的大小正确选择测头，将测头装入量杆的螺孔内。
2. 按被测孔径的基本尺寸选择量块，擦净后组合于量块夹内。
3. 将测头放入量块夹内并轻轻摆动，按图 1-2 (a) 的方法在指示表指针的最小值处，将指示表调零（即指针转折点位置）。
4. 按图 1-2 (b) 的方法测量孔径，在指示表指针的最小值处读数。

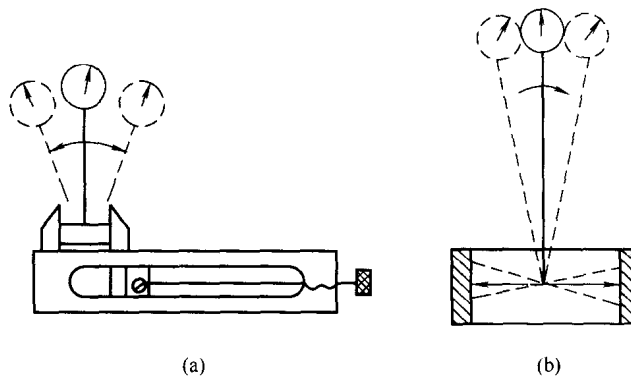


图 1-2 内径指示表找转折点

5. 在孔深的上、中、下三个截面内，互相垂直的两个方向上，共测六个位置。
6. 填写实验报告，实验报告见附录实验 1-1。进行相关数据处理并按是否超出工件设计公差所确定的最大与最小极限尺寸，判断其合格性。

三、思考题

1. 检测孔径的方法有哪些（举三个例子说明）？
2. 什么是绝对测量？什么是相对测量？内径指示表是属于哪种测量？
3. 使用内径指示表时要注意哪些问题？
4. 内径指示表的组成及其测量原理？

实验二 立式光较仪检测轴径

立式光较仪主要用于工件外尺寸的相对测量，是计量室常用的计量仪器之一。

一、仪器介绍

图 1-3 所示为 LG-1 型立式光较仪的外形结构。

其光学系统见图 1-4。光线经反射镜 1 照亮分划板一侧的标尺 8。由于分划板是放置在物镜 3 的焦平面上，于是，标尺 8 经垂直于主光轴的平面镜 4 反射回来，在分划板另一侧与主光轴对称的位置上成像（标尺像 9）。在标尺像 9 上刻有零位指示线。

若被测尺寸变动，使测杆 5 推动平面镜 4 绕支点转动某一角度 α ，则反射光线相对于入射光线偏转角度 2α ，使标尺像相对指示线产生位移 t ，见图 1-4 (a)。 t 代表被测尺寸的变动

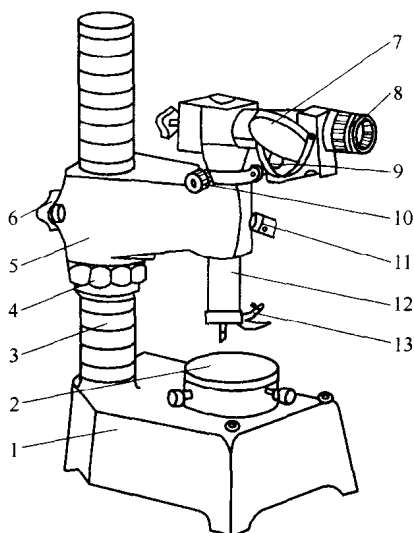


图 1-3 立式光较仪的外形结构

1—底座；2—工作台；3—立柱；4—粗调节螺母；5—支臂；6—支臂紧固螺钉；7—平面镜；
8—目镜；9—零位调节手轮；10—微调手轮；11—光管紧固螺钉；12—光学计管；13—提升器

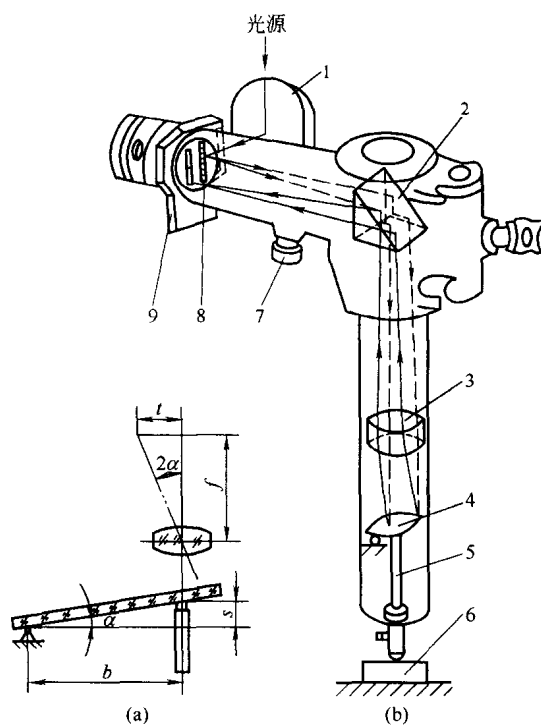


图 1-4 立式光较仪的光学系统

1—反射镜；2—棱镜；3—物镜；4—平面镜；5—测杆；6—工件；
7—微调手轮；8—标尺；9—标尺像

量。标尺 8 至物镜 3 的光心间的距离为物镜焦距 f 。设 b 为测杆中心至平面镜 4 支点间的距离， s 为测杆 5 移动的距离，则仪器的放大比 K 为

$$K = \frac{t}{s} = \frac{f \tan 2\alpha}{b \tan \alpha}$$

当 α 很小时, $\tan 2\alpha \approx 2\alpha$, $\tan \alpha \approx \alpha$, 故

$$K = \frac{2f}{b}$$

例如, 当 $f=200\text{mm}$, $b=5\text{mm}$, 则 $K=2 \times 200/5=80$, 标尺的分度值 i 为 0.001mm , 故标尺的刻度间隔 c 为

$$c=iK=0.001 \times 80=0.08\text{mm}$$

如立式光较仪的目镜放大倍数为 12, 仪器总放大倍数 N 为

$$N=12K=12 \times 80=960 \approx 1000$$

仪器的测量范围: $0 \sim 180\text{mm}$

仪器的分度值: 0.001mm

仪器的示值范围: $\pm 0.1\text{mm}$

仪器的不确定度: $\pm 0.25\mu\text{m}$ (按仪器的最大示值误差给出)

测量不确定度: $\pm (0.5 + \frac{L}{100})\mu\text{m}$ (按仪器的总测量误差给出)

二、测帽的选择

测量时被测工件与测帽的接触面必须最小, 因此在测量圆柱形时使用刀刃形测帽, 见图 1-5 (a); 测量平面时需使用球面测帽, 见图 1-5 (b); 测量球形时, 则使用平面测帽, 见图 1-5 (c)。

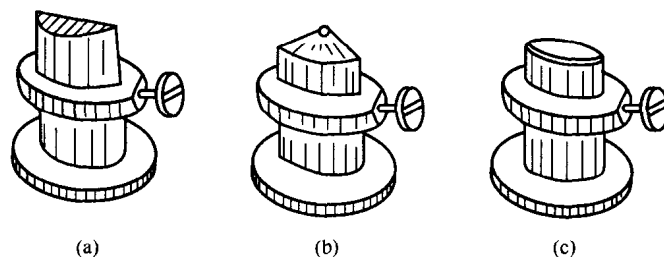


图 1-5 测帽

三、测量步骤

1. 根据被测工件形状, 正确选择测帽装入测杆中。
2. 按被测尺寸组合量块。
3. 将量块组放在工作台上, 按量块组尺寸调零。

先粗调: (见图 1-3) 松开支臂紧固螺钉 6, 旋转粗调节螺母 4, 直到目镜 8 中看到标尺像; 锁紧支臂紧固螺钉 6。

再细调: 松开光管紧固螺钉 11, 旋转微调手轮 10, 从目镜 8 中看到零位置指示线, 对准零位, 锁紧光管紧固螺钉; 拨动几次提升器 13, 若此时零位指示线仍偏离零位线, 则旋转零位调节手轮 9, 使零位指示线准确对准零位。

4. 抬起提升杠杆, 取出量块, 轻轻地将被测件放在工作台上, 并在测帽下来回移动, 其最高转折点即为测得值。

5. 在靠近轴的两端和轴的中间部位共取三个截面, 并在互相垂直的两个方向上共测量六次。

6. 填写实验报告, 实验报告见附录实验 1-2。并按是否超出工件设计公差带所限定的最大与最小极限尺寸, 判断其合格性。

四、思考题

1. 简述立式光较仪的工作原理。
2. 简述立式光较仪测量轴径的步骤。
3. 使用立式光较仪时, 选择工作台和测帽的原则是什么?
4. 使用立式光较仪测量前为什么要调整工作台?

实验三 万能测长仪检测孔径

一、仪器介绍

万能测长仪是根据阿贝原则制造的。在万能测长仪上测量工件, 是将被测几何量直接与精密刻线尺进行比较, 并通过测微显微镜进行读数。

万能测长仪主要由底座、工作台、测座、尾座及各种测量附件组成, 具体见图 1-6。

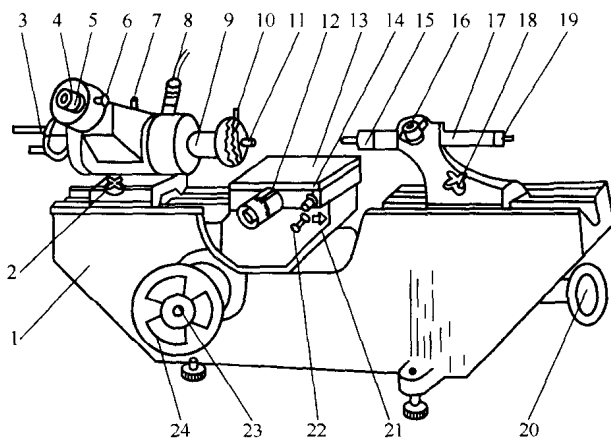


图 1-6 万能测长仪外形结构

- 1—底座; 2—测量座紧固螺钉; 3—测量轴限位杆; 4—毫米刻度尺位置调节手轮; 5—测微目镜;
6—微米刻度尺旋转手轮; 7—测量轴固定螺钉; 8—光源; 9—测量轴; 10—重锤拉线挂钩;
11—测头; 12—工作台横向移动微分筒; 13—工作台; 14—工作台水平回转手柄;
15—尾座测头调整螺钉; 16—尾管紧固螺钉; 17—尾座; 18—尾座紧固螺钉;
19—尾管轴向微动手柄; 20—工作台弹簧力调节手柄; 21—固定螺钉;
22—工作台偏摆手柄; 23—工作台升降锁紧螺母; 24—工作台升降手轮

工件安放在工作台上, 并通过调整工作台的位置使工件获得正确的测量位置。万能工作台可做以下五种运动:

- (1) 旋转工作台升降手轮 24 可使工作台上升或下降;
- (2) 旋转工作台横向移动微分筒 12 可使工作台横向移动;
- (3) 摆动工作台水平回转手柄 14 可使工作台水平回转 $\pm 4^\circ$;
- (4) 扳动工作台偏摆手柄 22 可使工作台具有 $\pm 3^\circ$ 的偏摆运动;
- (5) 在测量轴线上, 工作台可自由滑动 $\pm 5\text{mm}$ 。

测长仪的测量范围:

内尺寸 1~200mm

外尺寸 $\begin{cases} 0\sim 500\text{mm} \text{ (相对测量)} \\ 0\sim 100\text{mm} \text{ (绝对测量)} \end{cases}$

测长仪的示值范围 $0\sim 100\text{mm}$

分度值 0.001mm

二、工件正确位置的确定

在圆柱体的测定中（无论是外圆柱面或是内孔），必须使测量轴线穿过该曲面的中心，并垂直于圆柱体的轴线。为了满足这一条件，在被测件固定于工作台上后，就要利用万能工作台各个可能的运动条件，通过寻找“读数转折点”，将工件调整到符合阿贝原则的正确位置上。

例如，孔径测量（见图 1-7）。

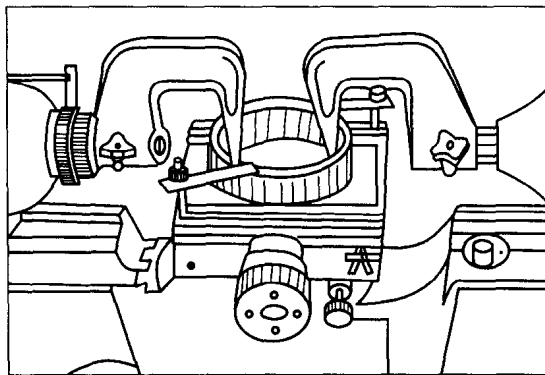


图 1-7 孔径测量

转动工作台升降手轮 24，调整工作台的高度，使测头位于孔内适当的位置。再慢慢旋转工作台横向移动微分筒 12，同时观察目镜中刻度尺的变化，以读数最大值为转折点，在此处将工作台横向固定。最后再调整工作台偏摆手柄 22，以读数最小值为转折点，在此处将工作台纵向偏摆固定，方可正式读数（见图 1-8）。此时，测量轴线穿过被测件的曲面中心，且与圆柱体的轴线垂直。

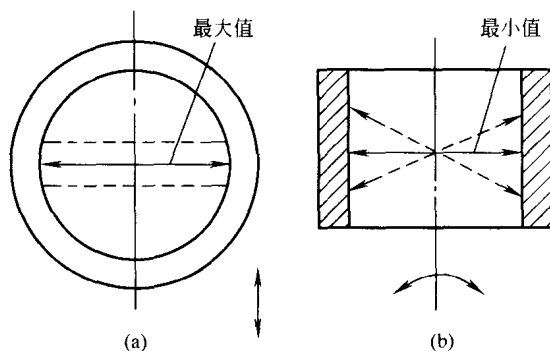


图 1-8 找回转点

若是测量轴径，将工件安放在工作台上，将测头接触工件外径。先慢慢转动工作台升降手轮 24，观察毫米刻度线的变化，以读数最大值为转折点，在此处将工作台的高度固定。然后扳动工作台水平回转手柄 14，以读数最小值为转折点，在此处将工作台的水平位置固定，然后进行正式读数。

对于平面，则万能工作台的各个运动都必须进行调整。

三、测量步骤

1. 按被测孔径组合量块，用量块组调整仪器零位或用仪器所带的标准环调零。
2. 将被测工件安装在工作台上，并用压板固定。
3. 松开测量轴固定螺钉 7，按上述方法调整万能工作台，使工件处于正确位置，从读数显微镜中读数。
4. 重复上述步骤 3，记录每次测量结果。
5. 进行等精度多次测量的人工数据处理，并判断被测孔径的合格性。也可事先编制程序，将工件公差与测得值输入计算机，由计算机进行数据处理，并将合格性判断打印或在屏幕上显示出来。
6. 填写实验报告，实验报告见附录实验 1-3。

例 在测长仪上测量工件的 $\phi 75\text{H}6$ 孔径。假定已消除了系统误差，进行等精度测量 15 次，求测量结果，并判断其合格性。

测得数据见表 1-1。

表 1-1 测得数据

测量次数	测量值 x_i/mm	剩余误差 $v_i = x_i - \bar{x}/\mu\text{m}$	$v_i^2/\mu\text{m}^2$
1	75.0031	+0.1	0.01
2	75.0030	0	0
3	75.0032	+0.2	0.04
4	75.0029	-0.1	0.01
5	75.0030	0	0
6	75.0030	0	0
7	75.0029	-0.1	0.01
8	75.0031	+0.1	0.01
9	75.0031	+0.1	0.01
10	75.0029	-0.1	0.01
11	75.0030	0	0
12	75.0030	0	0
13	75.0029	-0.1	0.01
14	75.0029	-0.1	0.01
15	75.0030	0	0
	$\bar{x} = 75.0030$	$\sum_{i=1}^{15} v_i = 0$	$\sum_{i=1}^{15} v_i^2 = 0.12$

根据表 1-1 可计算出：

单次测量的标准偏差 σ

$$\sigma = \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2 + \cdots + v_n^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0.12}{14}} \approx 0.093\mu\text{m}$$

算术平均值的标准偏差 σ_x

$$\sigma_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{0.093}{\sqrt{15}} \approx 0.024\mu\text{m}$$

算术平均值的极限误差 Δ_{lim}

$$\Delta_{im} = \pm 3\sigma_x = \pm 3 \times 0.024 = \pm 0.072 \mu\text{m}$$

测量结果

$$D = \bar{x} \pm 3\sigma_x = 75.0030 \text{mm} \pm 0.000072 \text{mm}$$

按 $\phi 75\text{H6}$ 的公差查 GB 1008—1998, 此孔的最大直径为 $\phi 75.019$, 最小直径为 $\phi 75$, 所以该工件合格。

四、思考题

1. 万能测长仪能测量哪些参数?
2. 为什么说万能测长仪符合阿贝原则?
3. 简述万能测长仪测量轴径的操作步骤。
4. 万能测长仪工作台有哪几种运动形式? 其运动范围是多大?

实验四* 数显式测长仪检测轴径

一、仪器介绍

数显式万能测长仪是一种用于绝对测量和相对测量的仪器。除了显示装置外, 其余部分均与万能测长仪相同。图 1-9 所示为 JD25-C 型数显式万能测长仪的外形。

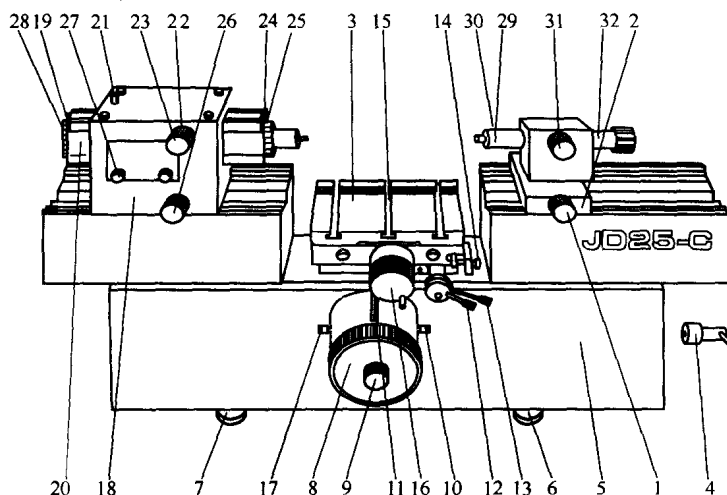


图 1-9 数显式万能测长仪的外形

1—尾座紧固螺钉; 2—尾座; 3—万能工作台; 4—工作台平衡调节手轮; 5—底座; 6, 7—底脚螺丝; 8—工作台升降锁紧手轮; 9—工作台升降手轮; 10—工作台升降下限设定螺钉; 11—工作台升降高度刻度盘; 12—工作台摆动锁紧手柄; 13—工作台摆动调节手柄; 14—工作台转动调节手轮; 15—“T”形槽; 16—工作台测微鼓; 17—工作台升降上限设定螺钉; 18—阿贝测量头; 19—外测张力索夹头; 20—测量主轴; 21—测量主轴锁紧螺钉; 22—测量主轴微动机构啮合手轮; 23—测量主轴微动手轮; 24—内测张力索夹头; 25—测量主轴前端锁紧螺母; 26—阿贝测量头紧固螺钉; 27—重锤门开关; 28—测量主轴后端锁紧螺母; 29, 30—尾管测帽固定轴调节螺钉; 31—尾管紧固螺钉; 32—尾管

二、操作步骤

(一) 进入主菜单

其主菜单见表 1-2, 按屏幕下方提示即可选择相应的功能。