

公差配合与测量技术(第七版)



大连理工大学出版社

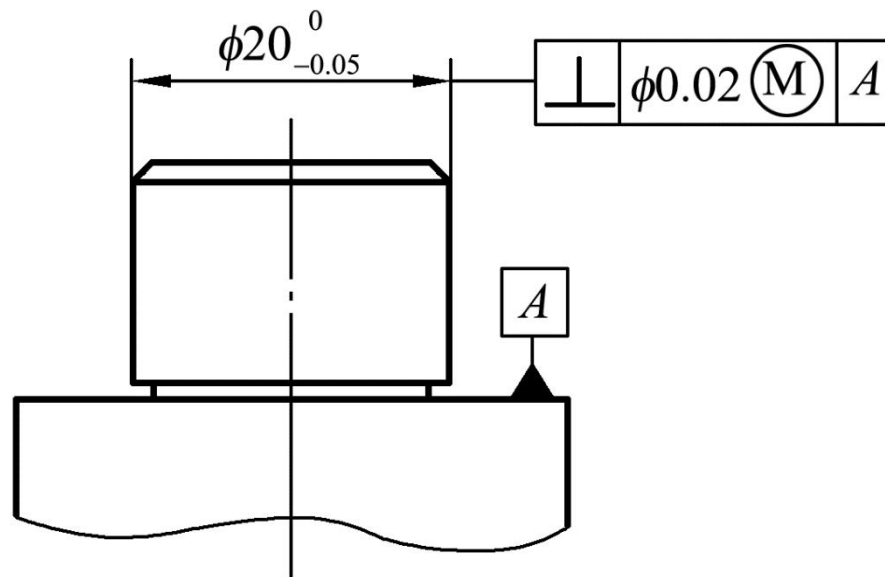
新世纪高职高专教材编审委员会 组编
主编：王美姣 吕天玉

第2章 几何公差及检测



学习目标

如图所示，图样上除尺寸公差以外的数字和字母($\perp$ 、 $\textcircled{M}$ 、A等)的含义是什么？如何保证零件的几何公差？



零件图样



第2章 几何公差检测



学习及技能目标

通过本章的学习，学生应掌握以下知识及技能：

1. 分析图纸上的零件几何精度的要求，读懂零件的几何公差要求，解释几何公差的含义。
2. 掌握几何公差项目代号及标注知识。
3. 熟悉基准、最小条件、公差原则、几何误差检测及评定知识。
4. 熟悉百分表、内径百分表、扭簧比较仪、圆度仪等仪器的结构与使用方法，会测量零件的几何公差。



第2章 几何公差检测

2.1 几何公差概述

2.2 几何公差的研究对象

2.3 几何公差的标注

2.4 几何公差带及几何公差

2.5 公差原则与公差要求

2.6 几何公差的选择

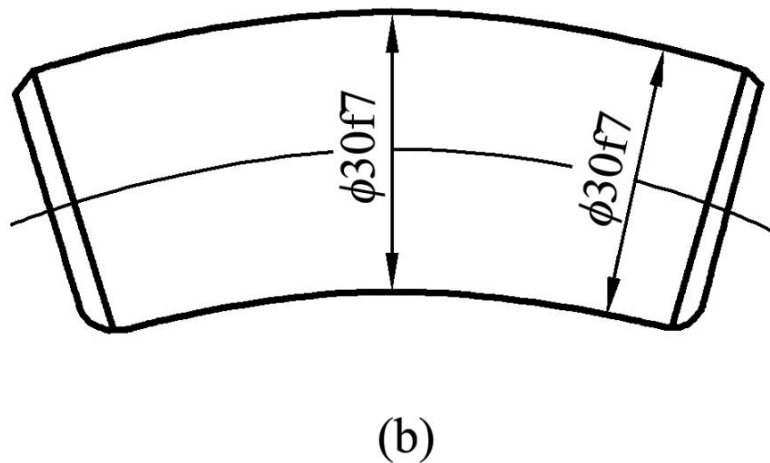
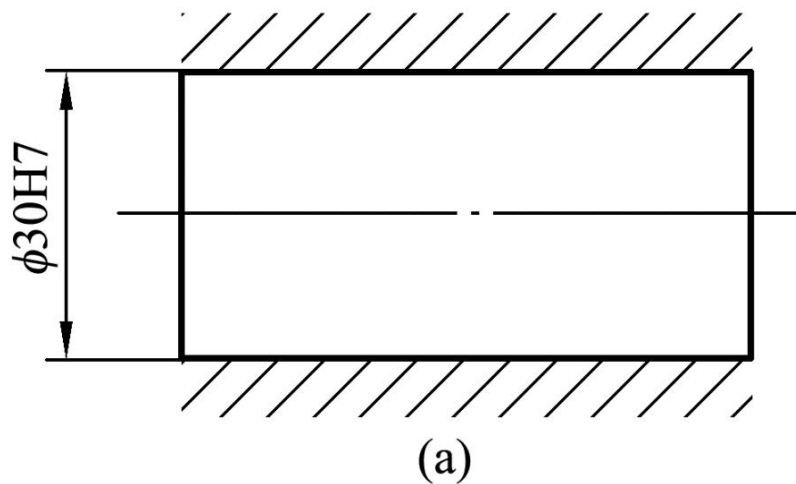
2.7 几何误差的检测及评定原则

技能训练



2.1 概述

在机械制造中，零件加工后其表面、轴线、中心对称平面等的实际形状、方向和位置相对于所要求的理想形状、方向和位置不可避免地存在着误差。零件不仅会产生尺寸误差，还会产生形状和位置误差，即几何误差。如图所示。

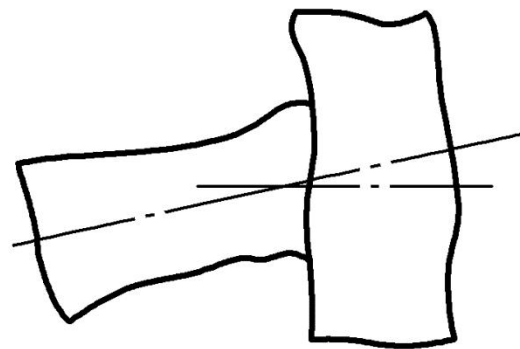
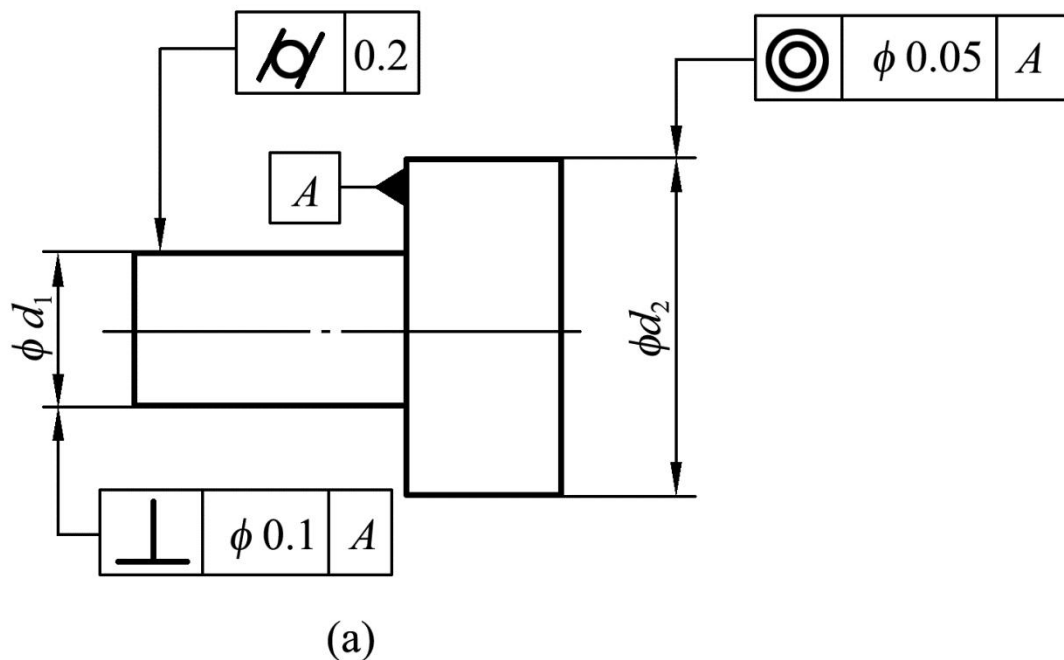


形状误差对孔和轴使用性能的影响



2.1 概述

图(a)所示为一阶梯轴图样，要求 Φd_1 表面为理想圆柱面， Φd_1 轴线应与 Φd_2 左端面相垂直。图(b)所示为加工后的实际零件， Φd_1 圆柱面的圆柱度(形状误差)不好； Φd_1 轴线与端面也不垂直(方向误差)； Φd_1 轴线与 Φd_2 轴线不同轴(方向误差)，均为几何误差。

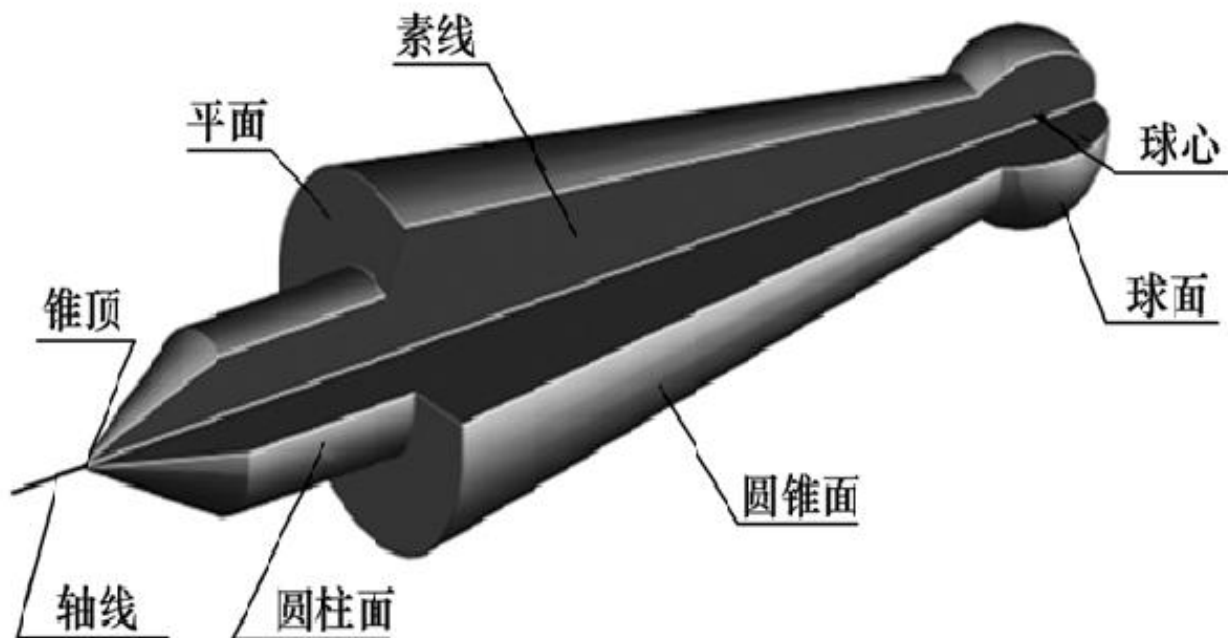


几何误差对产品的影响



2.2 几何公差的研究对象

基本几何体均由点、线、面构成，这些点、线、面称为几何要素(简称要素)。如图所示，组成这个零件的几何要素有：点，如球心、锥顶；线，如圆柱素线、圆锥素线、轴线；面，如球面、圆柱面、圆锥面、端面。



零件的几何要素



2.3 几何公差的研究对象

零件几何要素的分类

1. 组成要素

组成要素原称为轮廓要素，是指构成零件外形的面或面上的线，它包括：

（1）公称组成要素 又称公称尺寸，是指由技术制图或其他方法确定的理论正确的组成要素。

（2）实际（组成）要素 由加工得到的、实际存在并将整个工件与周围介质分隔的要素。

（3）提取组成要素 按规定的方法、由实际（组成）要素提取有限的点所形成的实际（组成）要素的近似替代。

2. 导出要素 导出要素原称为中心要素，是指由一个或几个组成要素得到的中心点、中心线或中心面，它包括：

（1）公称导出要素 由一个或几个公称组成要素导出的中心点、中心线或中心面。

（2）提取导出要素 由一个或几个提取组成要素导出的中心点、中心线或中心面。



2.3 几何公差的研究对象

零件几何要素的分类

3. 拟合要素

拟合要素原称为理想要素，是指不存在任何误差的纯几何的点、线、面，它在检测中是评定实际（组成）要素几何误差的依据，它包括：

- （1）拟合组成要素 按规定的方法，由提取组成要素形成的并具有理想形状的组成要素。
- （2）拟合导出要素 由一个或几个拟合组成要素导出的中心点、中心线或中心面。

4. 单一要素

单一要素仅对要素本身提出几何公差要求的要素。

5. 关联要素

关联要素是指与零件上其他要素有功能关系的要素。

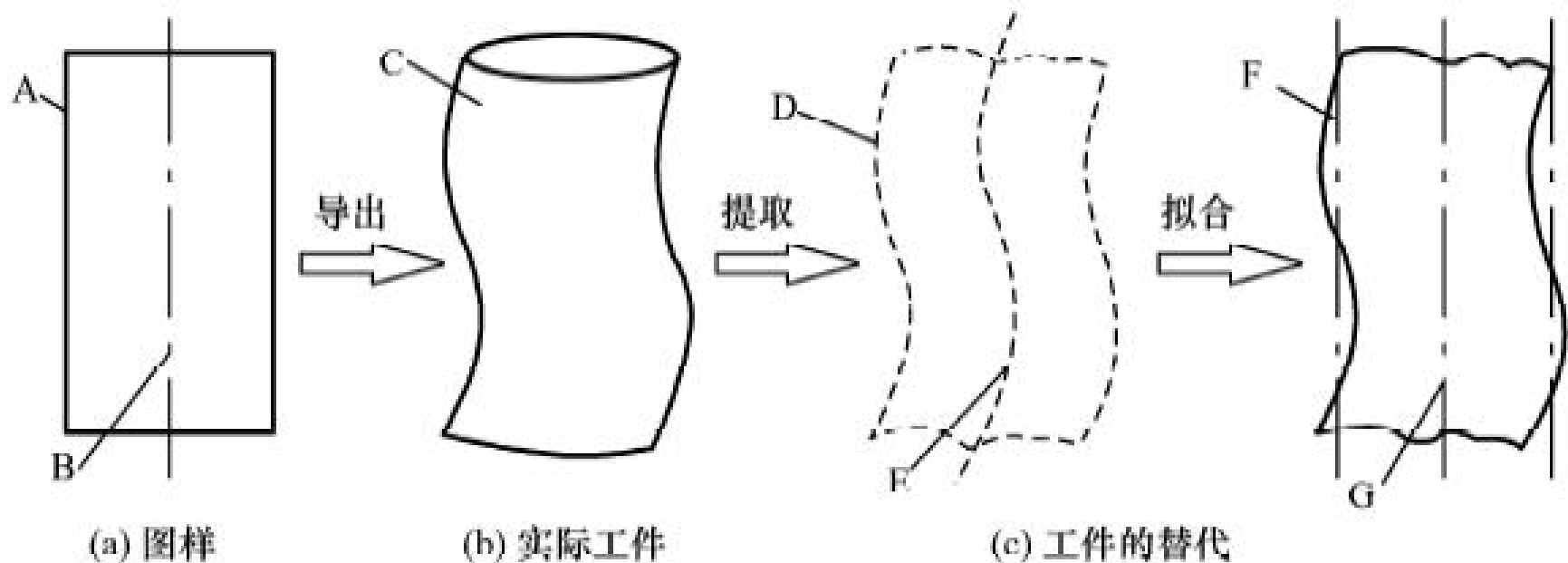
6. 基准要素

基准要素是指用来确定提取组成要素的理想方向或（和）位置的要素。



2.3 几何公差的研究对象

零件几何要素的分类



各要素的含义

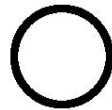
A—公称组成要素； B—公称导出要素； C—实际（组成）要素； D—提取组成要素；
E—提取导出要素； F—拟合组成要素；
G—拟合导出要素



2.3 几何公差标注

2.3.1 几何公差的几何特征及其符号

几何特征及其符号

公差类型	集合特征	符 号	有无基准要求
形状公差	直线度	—	无
	平面度		无
	圆度		无
	圆柱度		无
	线轮廓度		无
	面轮廓度		无



2.3 几何公差的标注

2.3.1 几何公差的几何特征及其符号

几何特征及其符号

公差类型	集合特征	符 号	有无基准要求
方向公差	平行度	//	有
	垂直度	⊥	有
	倾斜度	∠	有
	线轮廓度	⌒	有
	面轮廓度	⌢	有



2.3 几何公差标注

2.3.1 几何公差的几何特征及其符号

几何特征及其符号

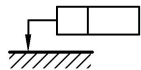
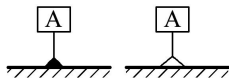
公差类型	集合特征	符 号	有无基准要求
位置公差	位置度		有或无
	同心度		有
	同轴度		有
	对称度		有
	线轮廓度		有
	面轮廓度		有
跳动公差	圆跳动		有
	全跳动		有



2.3 几何公差标注

2.3.1 几何公差的几何特征及其符号

几何公差标注要求及附加符号

说明	符号	说明	符号
提取要素		包容要求	ⓔ
基准要素		可逆要求	Ⓡ
基准目标		公共公差带	CZ
理论正确尺寸		小径	LD
延伸公差带	Ⓟ	大径	MD
最大实体要求	Ⓜ	中径、节径	PD
最小实体要求	Ⓛ	线素	LE
自由状态条件	ⓕ	不凸起	NC
全周		任意横截面	ACS

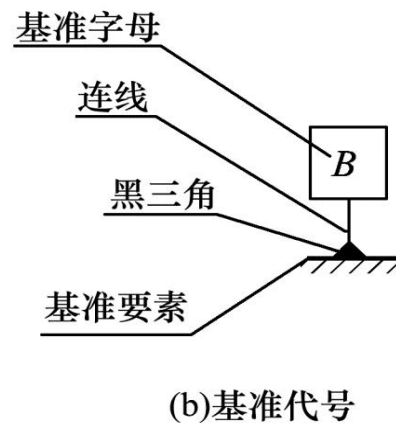
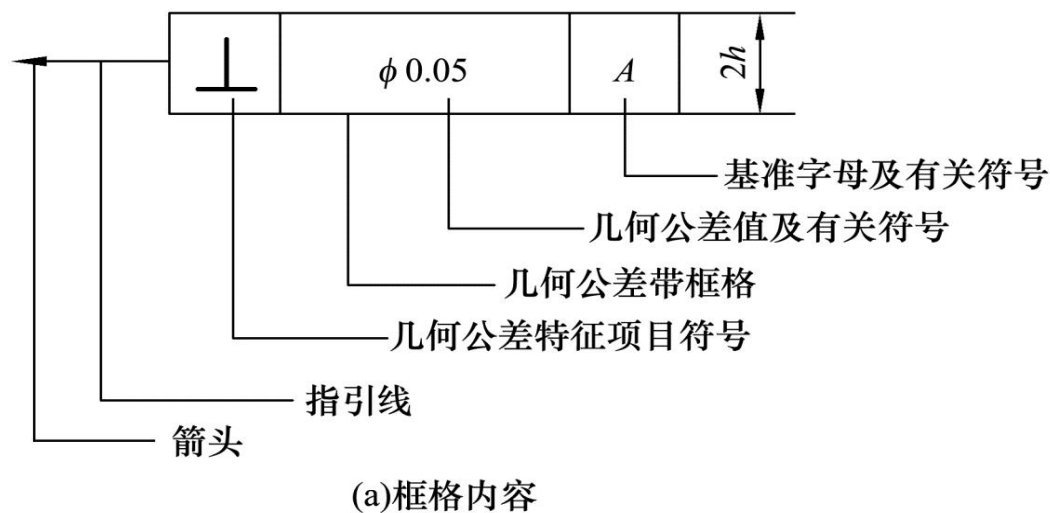


2.3 几何公差的标注

2.3.2 几何公差的标注

1 几何公差代号

几何公差代号包括几何公差框格及指引线、几何公差特征项目符号、几何公差数值和其他有关符号、基准符号等，如图所示。



几何公差代号及基准代号

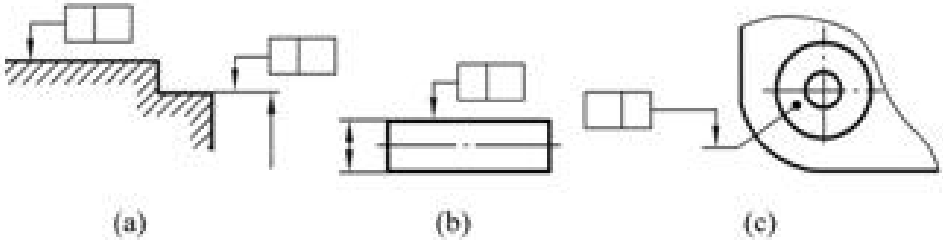
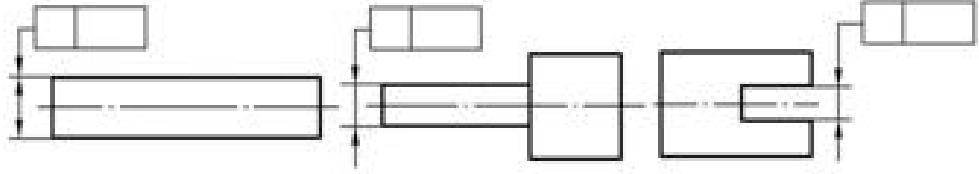


2.3 几何公差标注

2.3.2 几何公差标注

2 几何公差代号标注示例

几何公差代号标注示例

说 明	图 案	解 释
框格与被测提取要素相连		被测提取要素为轮廓线或表面
指引线与尺寸线对齐		被测提取要素为中心线、中心面或中心点

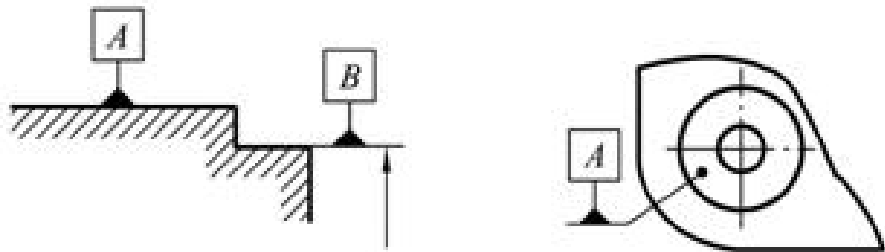
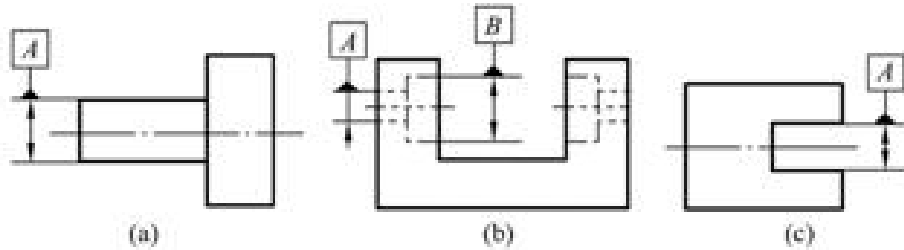


2.3 几何公差标注

2.3.2 几何公差标注

2 几何公差代号标注示例

几何公差代号标注示例

说 明	图 案	解 释
基准符号应放置的位置		基准要素为轮廓线或轮廓面
		基准要素为中心线、中心面或中心点

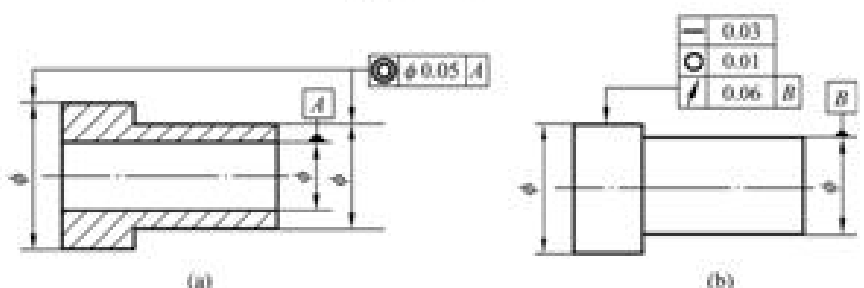
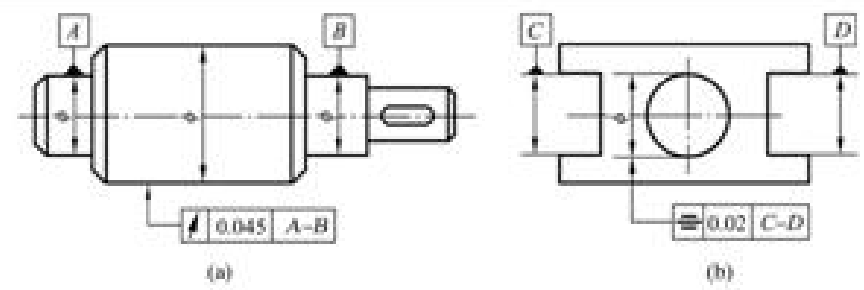


2.3 几何公差标注

2.3.2 几何公差标注

2 几何公差代号标注示例

几何公差代号标注示例

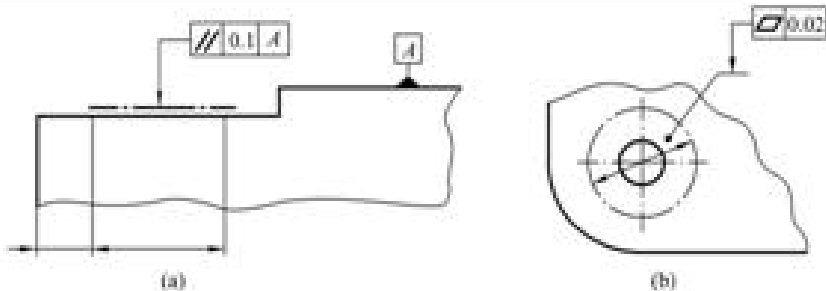
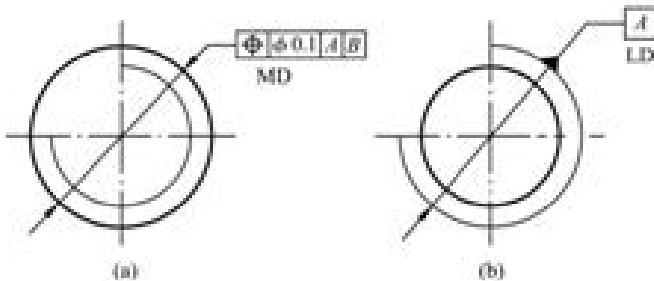
说 明	图 案	解 释
基准符号应放置的位置	 (a) (b)	多个被测提取要素或多项几何公差要求
	 (a) (b)	由两个或两个以上被测提取要素组成的基准称为公共基准

2.3 几何公差标注

2.3.2 几何公差标注

2 几何公差代号标注示例

几何公差代号标注示例

说 明	图 案	解 释
要素的某一局部作为基准		被测提取要素 局部限定性标注
螺纹轴线为被测提取要素或基准要素		“MD”表示大径 “LD”表示小径

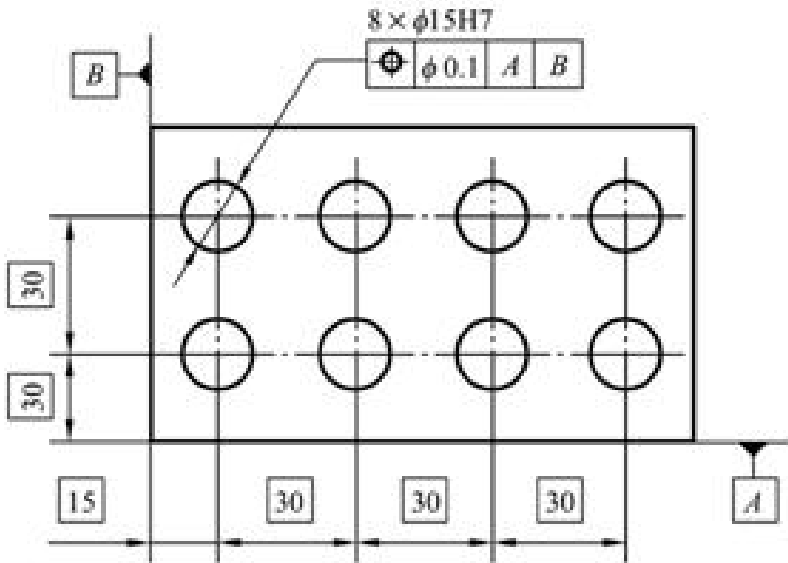


2.3 几何公差标注

2.3.2 几何公差标注

2 几何公差代号标注示例

几何公差代号标注示例

说 明	图 案	解 释
用来确定一个或一组要素的位置、方向或轮廓的尺寸	 The diagram shows a rectangular plate with 8 holes arranged in a 2x4 grid. The grid spacing is 30mm. The first hole is offset 15mm from the left edge. The holes have a diameter of 15mm and are specified as H7. A feature control frame points to the holes, containing the text: 8xφ15H7, ⊕φ0.1, A, B. Datum A is the bottom surface of the plate, and datum B is the left surface. Dimension lines indicate the 30mm grid spacing and the 15mm offset.	理论正确尺寸的标注

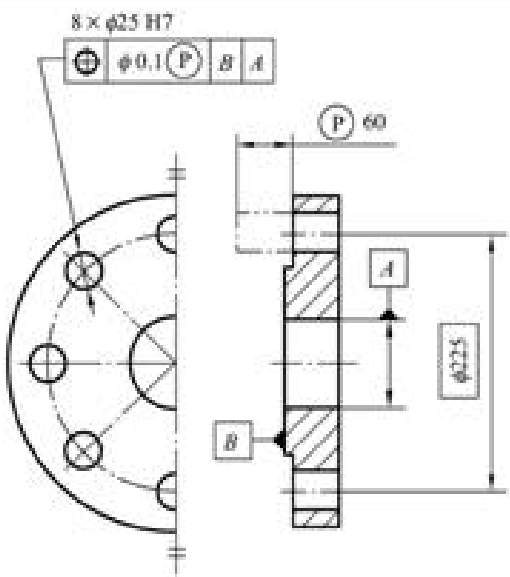


2.3 几何公差标注

2.3.2 几何公差标注

2 几何公差代号标注示例

几何公差代号标注示例

说 明	图 案	解 释
用模范的附加符号表示		延伸公差带的标注

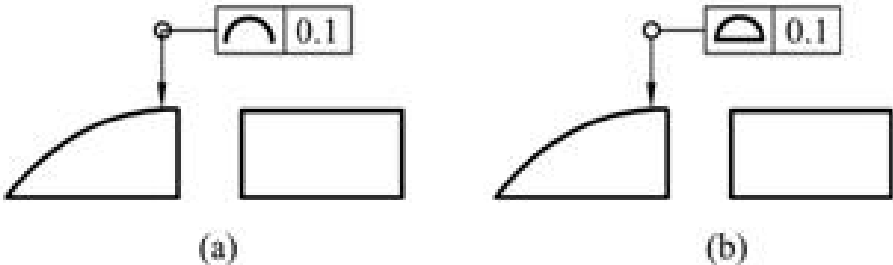


2.3 几何公差标注

2.3.2 几何公差标注

2 几何公差代号标注示例

几何公差代号标注示例

说 明	图 案	解 释
公差数值后面加注各种规范的附加符号	 (a) (b)	自由状态下的标注
适用于横截面的整周轮廓或由该轮廓所示的整周表面时	 (a) (b)	全周符号的标注



2.3 几何公差标注

2.3.3 几何公差值及有关规定

1 图样上注出公差值的规定

对于几何公差有较高要求的零件，均应在图样上按规定的标注方法注出公差值。几何公差值的大小由几何公差等级并依据主要参数的大小确定，因此确定几何公差值实际上就是确定几何公差等级。

在国家标准中，将几何公差分为12个等级，1级最高，依次递减，6级与7级为基本级。



2.3 几何公差的标注

2.3.3 几何公差值及有关规定

1 图样上注出公差值的规定

对于几何公差有较高要求的零件，均应在图样上按规定的标注方法注出公差值。

在国家标准中，将几何公差分为12个等级，1级最高，依次递减，6级与7级为基本级。

2 几何公差的未注公差值的规定

和尺寸公差相似，几何精度要求由未注几何公差来控制。国家标准规定，未注公差值符合工厂的常用精度等级，不需要在图样上注出。这样可节省设计绘图时间，使图样清晰易读。



2.3 几何公差标注

2.3.3 几何公差值及有关规定

2 几何公差的未注公差值的规定

- (1) 直线度、平面度的未注公差值 共分H、K、L三个公差等级。
- (2) 圆度的未注公差值规定采用相应的直径公差值。
- (3) 圆柱度 圆柱度误差由圆度、轴线直线度、素线直线度和素线平行度组成。
- (4) 线轮廓度、面轮廓度 未作规定，受线轮廓、面轮廓的线性尺寸或角度公差控制。
- (5) 平行度 等于相应的尺寸公差值。



2.3 几何公差的标注

2.3.3 几何公差值及有关规定

2 几何公差的未注公差值的规定

(6)垂直度 分为H、K、L三个等级。

(7)对称度 分为H、K、L三个等级。

(8)位置度 未作规定，属于综合性误差，由分项公差值控制。

(9)圆跳动 分为H、K、L三个等级。

(10)全跳动 未作规定，属于综合项目，可通过圆跳动公差值、素线直线度公差值或其他注出或未注出的尺寸公差值控制。



2.3 几何公差标注

2.3.3 几何公差值及有关规定

3 未注公差的标注

在图样上采用未注公差值时，应在图样的标题栏附近或在技术要求中标出未注公差的等级及标准编号，如GB/T 1184—K、GB/T 1184—H等，也可在企业标准中进行统一规定。

在同一张图样中，未注公差值应采用同一个公差等级。

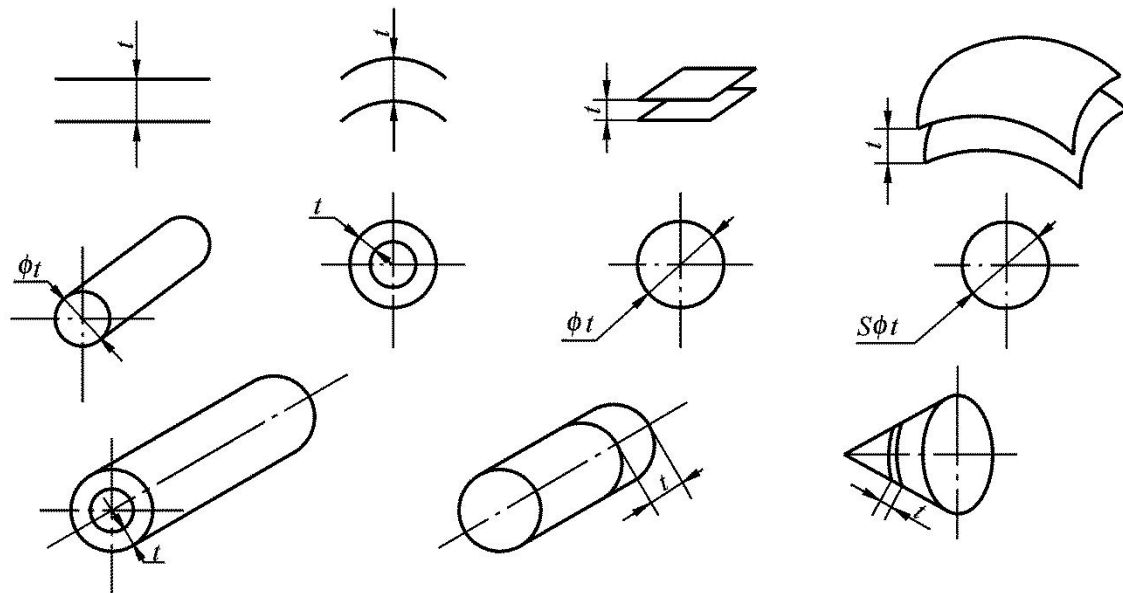


2.4 几何公差带及几何公差

2.4.1 几何公差带

几何公差带用来限制被测提取要素变动的区域。只要被测提取要素完全落在给定的公差带区域内,就表示被测提取要素的形状和位置符合要求。

几何公差带由形状、大小、方向和位置四个因素确定。如图所示。



几何公差带的形状



2.4 几何公差带及几何公差

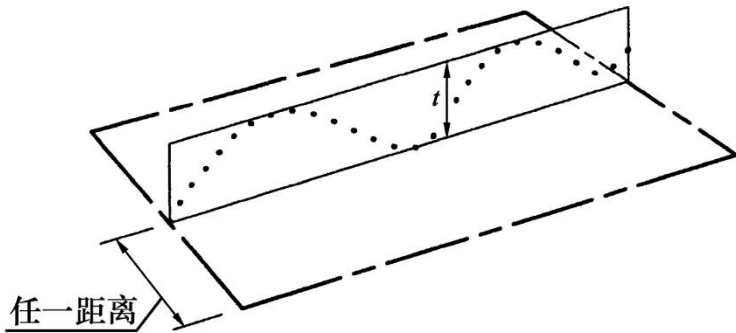
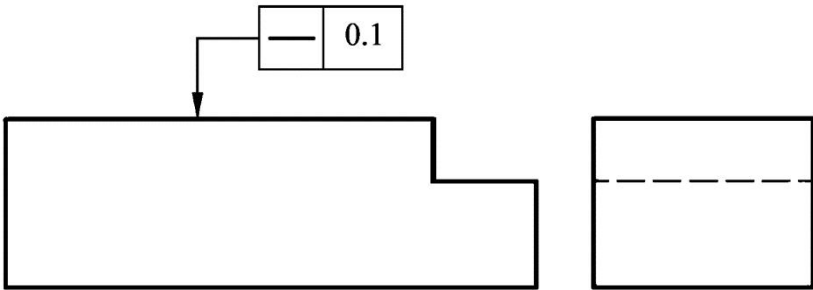
2.4.2 形状公差

形状公差是为了限制形状误差而设置的。除有基准要求的轮廓度外，形状公差用于单一要素，具体表述为单一实际要素的形状所允许变动的全量。形状公差用形状公差带来表达，用以限制实际要素变动的区域。显然，实际要素在该区域内则为合格；反之，则为不合格。



2.4 几何公差带及几何公差

2.4.2 形状公差

几何特征	公差带的定义	标注及解释
直线度公差	直线度公差是限制被测提取直线对拟合直线变动量的一项指标	
	在给定平面内的直线度公差带为间距等于公差值t的两平行直线所限定的区域 	在任一平行于图示投影面的平面内，上平面的被测提取直线应限定在间距等于0.1 mm的两平行直线之间 



动画

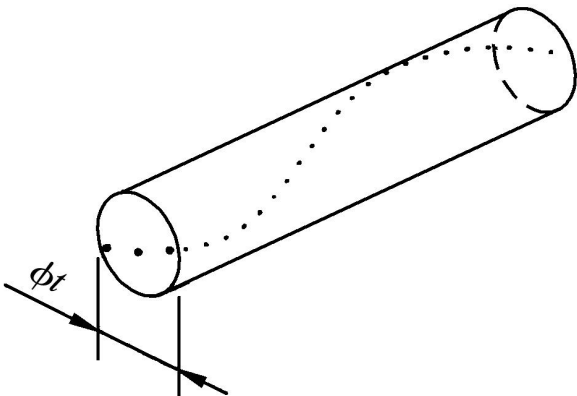
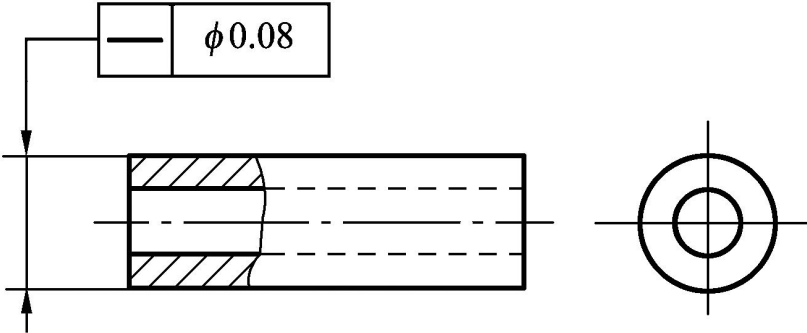


大连理工大学出版社



2.4 几何公差带及几何公差

2.4.2 形状公差

几何特征	公差带的定义	标注及解释
直线度公差	直线度公差是限制被测提取直线对拟合直线变动量的一项指标	
	在任意方向上直线度公差带为直径等于公差值t的圆柱面所限定的区域 	外圆柱面的被测提取中心线应限定在直径等于0.08 mm 的圆柱面内 



动画

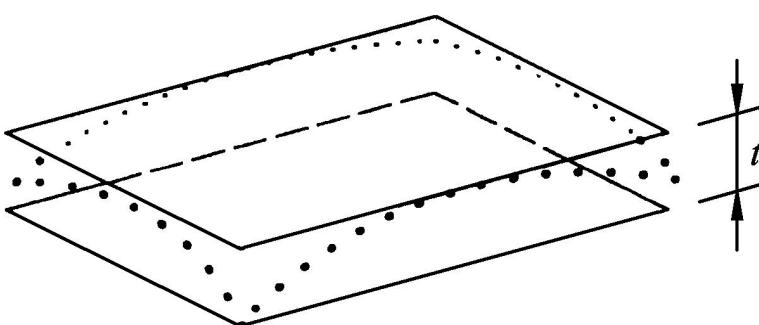
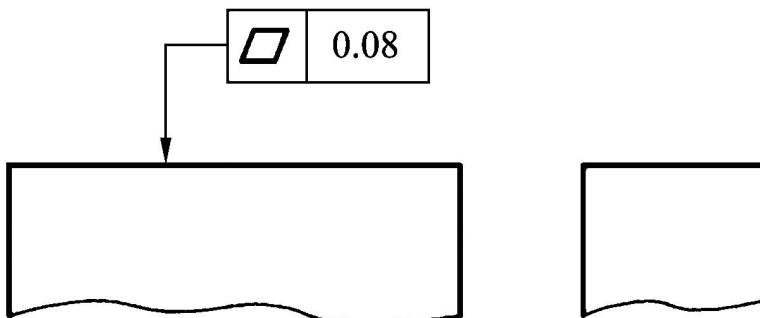


大连理工大学出版社



2.4 几何公差带及几何公差

2.4.2 形状公差

几何特征	公差带的定义	标注及解释
平面度公差	平面度公差是限制被测提取平面对其拟合平面变动量的一项指标	
	在任意方向上直线度公差带为直径等于公差值t的圆柱面所限定的区域 	外圆柱面的被测提取中心线应限定在直径等于 0.08 mm 的圆柱面内 



动画

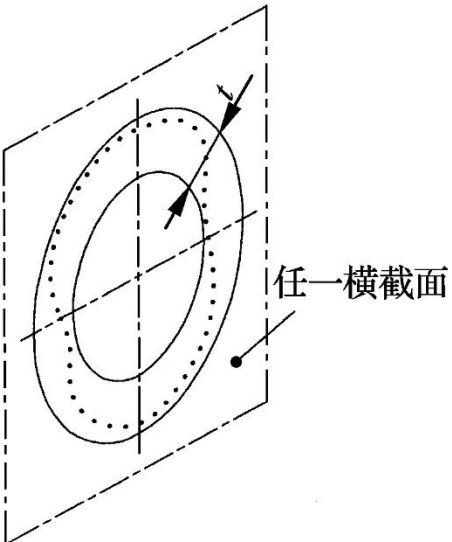
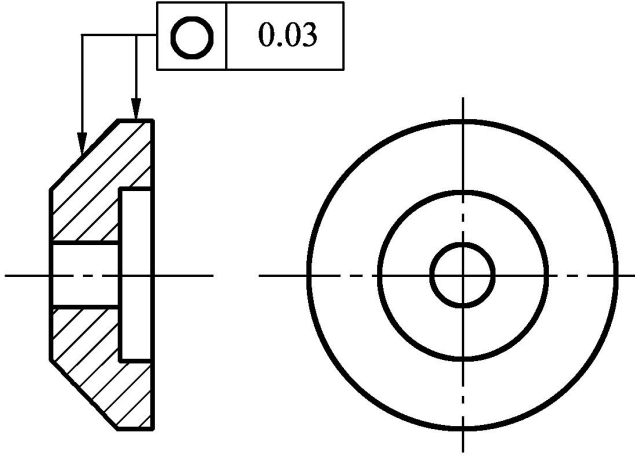


大连理工大学出版社



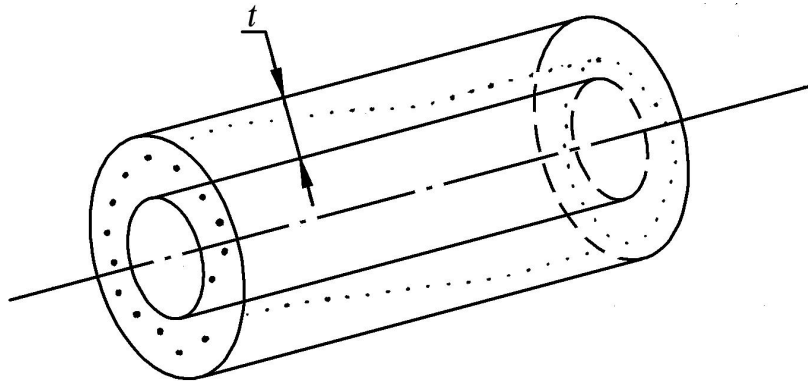
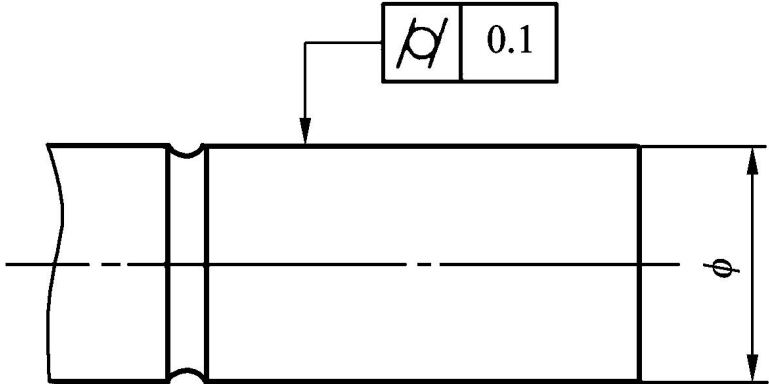
2.4 几何公差带及几何公差

2.4.2 形状公差

几何特征	公差带的定义	标注及解释
圆度公差  动画	圆度公差是限制被测量提取圆对其拟合圆变动量的一项指标 公差带为在给定横截面内，半径差等于公差值t的两同心圆所限定的区域 	在圆柱面和圆锥面的任意截面内，提取被测圆周应限定在半径差等于0.03 mm的两共面同心圆之间 

2.4 几何公差带及几何公差

2.4.2 形状公差

几何特征	公差带的定义	标注及解释
圆柱度公差	圆柱度公差是限制被测提取圆柱面对其拟合圆柱面变动量的一项指标	
	公差带为半径差等于公差值t的两同轴圆柱面所限定的区域 	被测提取圆柱面应限定在半径差等于0.1 mm的两同轴圆柱面之间 



动画

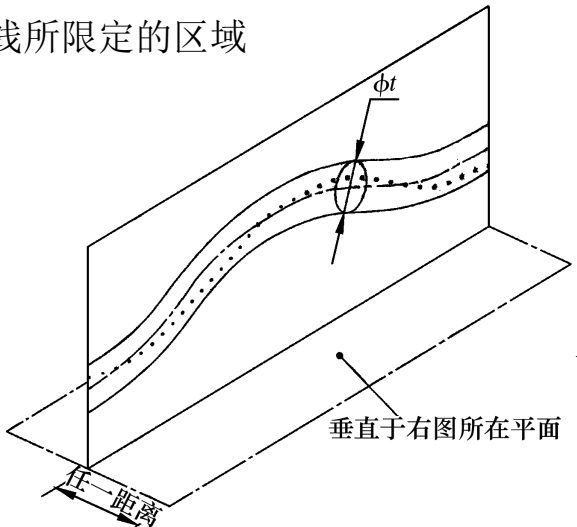
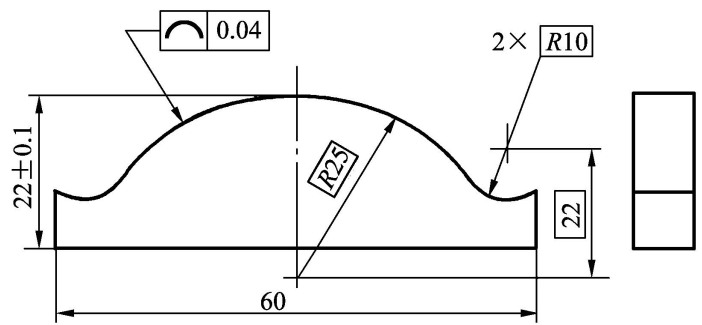


大连理工大学出版社



2.4 几何公差带及几何公差

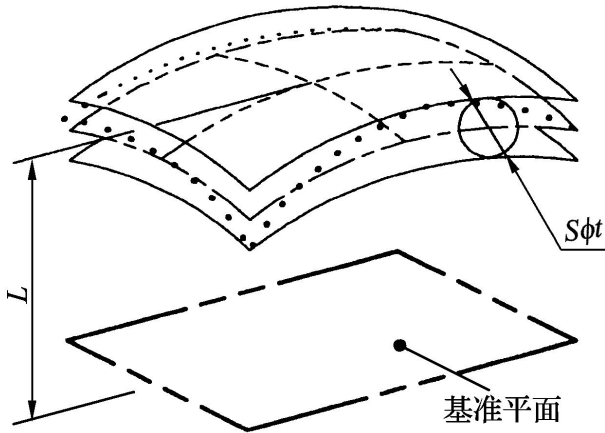
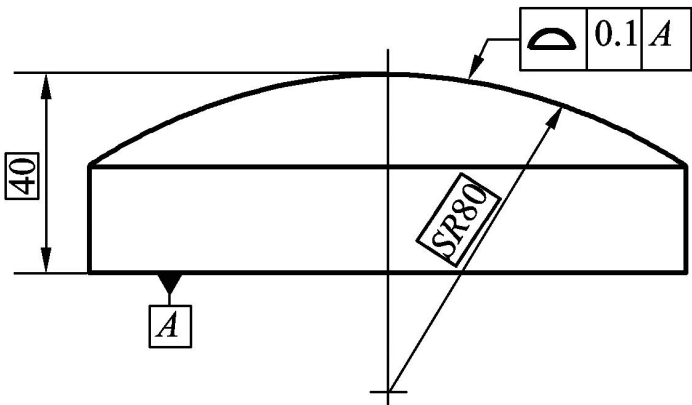
2.4.2 形状公差

几何特征	公差带的定义	标注及解释
线轮廓度公差	线轮廓度公差是限制被测提取平面曲线对其拟合曲线变动量的一项指标	
	无基准的线轮廓度公差带为直径等于公差值t，圆心位于具有理论正确几何形状上的一系列圆的两包络线所限定的区域  垂直于右图所在平面	在任一平行于图示投影面的截面内，被测提取轮廓线应限定在直径等于0.04 mm,圆心位于提取组成要素理论正确几何形状上的一系列圆的两等距包络线之间 



2.4 几何公差带及几何公差

2.4.2 形状公差

几何特征	公差带的定义	标注及解释
面轮廓公差 	面轮廓度是限制被测提取曲面对其拟合曲面变动量的一项指标	
	有基准的面轮廓度公差带为直径等于公差值t, 球心位于由基准平面A确定的提取组成要素理论正确几何形状上的一系列圆球的两包络面所限定的区域  该图展示了面轮廓度公差带的定义。上方是一个三维曲面，下方是一个基准平面，标注为“基准平面”。公差带由一系列圆球的两包络面限定，公差值为$S\phi t$。图中还标注了L。	被测提取轮廓面应限定在直径等于0.1 mm, 球心位于由基准平面A确定的提取组成要素理论正确几何形状上的一系列圆球的两等距包络面之间  该图展示了面轮廓度公差带的标注示例。图中是一个带有圆顶的零件，基准平面标注为A。公差带标注为$\phi 0.1 A$。图中还标注了40和$SR80$。



2.4 几何公差带及几何公差

2.4.3 方向公差

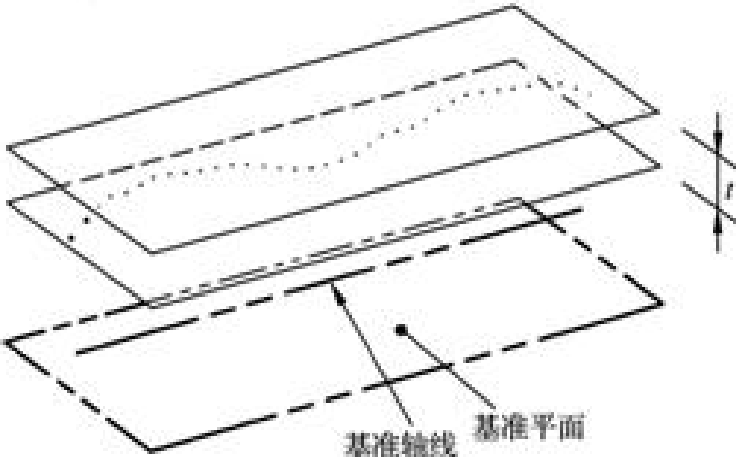
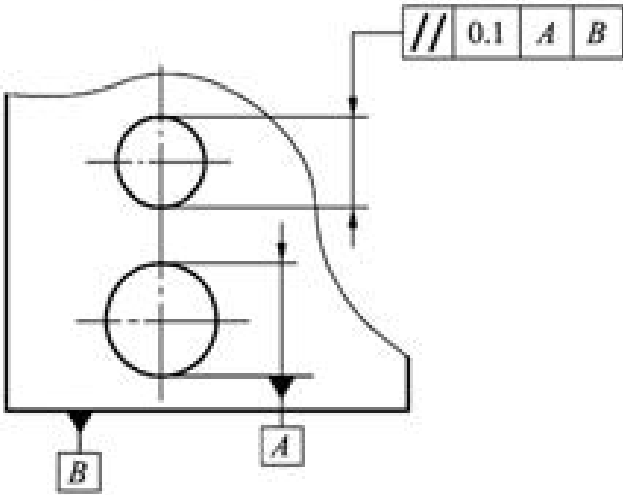
方向公差是关联实际要素对基准要素在方向上允许的变动全量，用于控制定向误差，以保证被测提取要素相对于基准要素的方向精度，它包括平行度、垂直度和倾斜度。

当要求被测提取要素对基准要素为 0° (要求提取要素对基准等距)时，方向公差为平行度;当要求被测提取要素对基准要素成 90° 时，方向公差为垂直度;当要求被测提取要素对基准要素成其他任意角度时，方向公差为倾斜度。



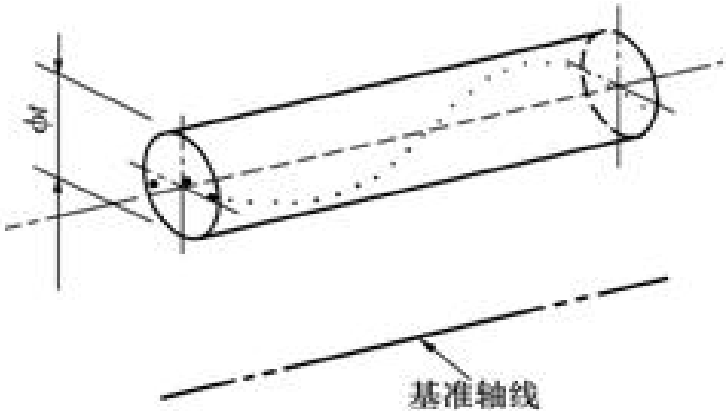
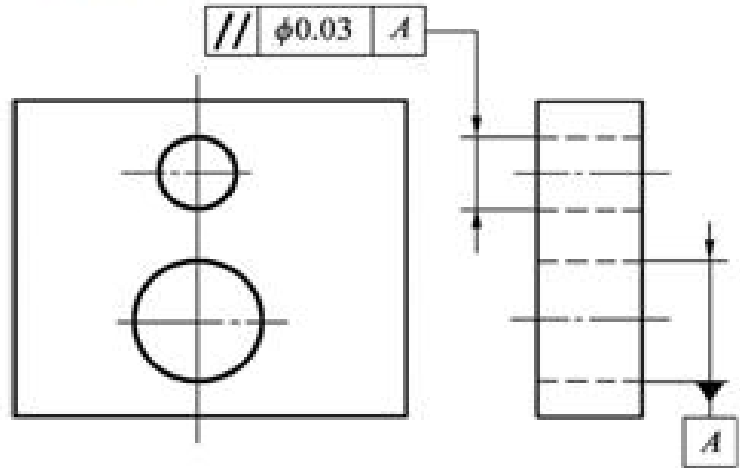
2.4 几何公差带及几何公差

2.4.3 方向公差

几何特征	公差带的定义	标注及解释
平行度公差	平行度公差是限制被测提取要素对基准在平行方向上变动量的一项指	
	平行度公差是限制被测提取要素对基准在平行方向上变动量的一项指 	被测提取中心线应限定在间距等于0.1 mm,平行于基准轴线 <i>A</i> 和基准平面 <i>B</i> 的两平行平面之间 

2.4 几何公差带及几何公差

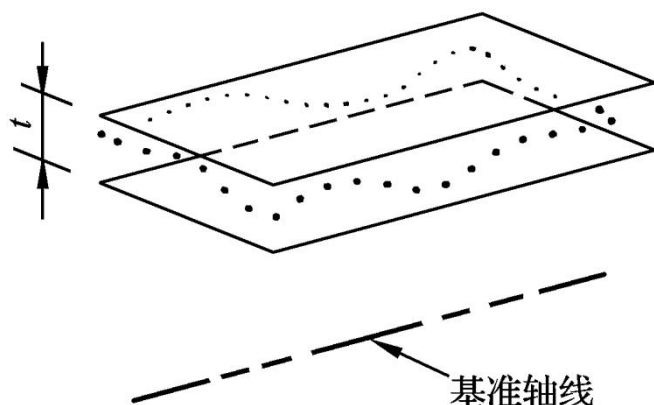
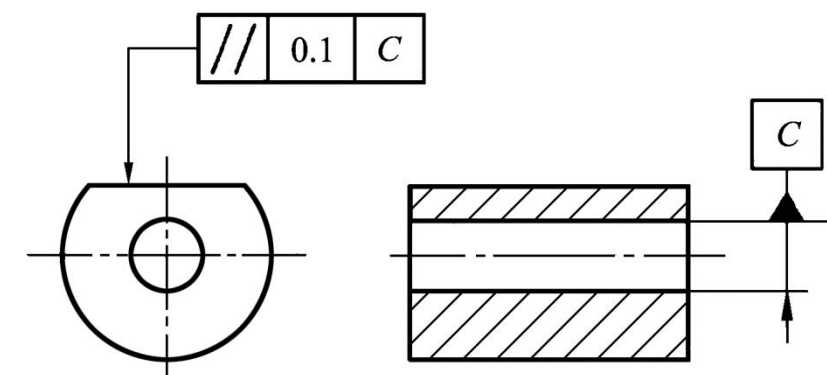
2.4.3 方向公差

几何特征	公差带的定义	标注及解释
平行度公差	平行度公差是限制被测提取要素对基准在平行方向上变动量的一项指标	
	线对基准线的平行度公差带为平行于基准轴线、直径等于公差值 ϕ 的圆柱面所限定的区域 	被测提取中心线应限定在平行于基准轴线 A 、直径等于 $\phi 0.03 \text{ mm}$ 的圆柱面内 



2.4 几何公差带及几何公差

2.4.3 方向公差

几何特征	公差带的定义	标注及解释
平行度公差	平行度公差是限制被测提取要素对基准在平行方向上变动量的一项指	
	平行度公差是限制提取(实际)要素对基准在平行方向上变动量的一项指 	被测提取中心线应限定在间距等于0.1 mm,平行于基准轴线 <i>A</i> 和基准平面 <i>B</i> 的两平行平面之间 



动画



2.4 几何公差带及几何公差

2.4.3 方向公差

几何特征

公差带的定义

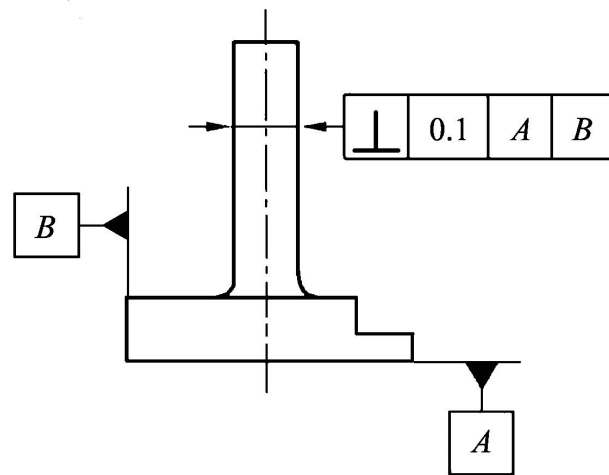
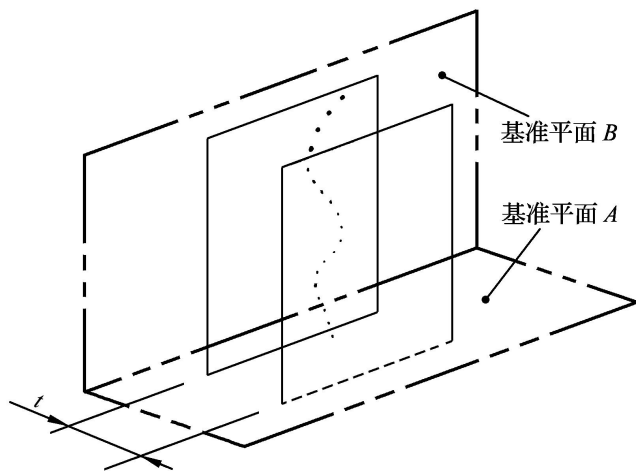
标注及解释

垂直度公差是限制被测提取要素对基准在垂直方向上变动量的一项指标

线对基准体系的垂直度公差带为间距等于公差值 t 的两平行平面所限定的区域。该两平行平面垂直于基准平面 A ，且平行于基准平面 B

圆柱面的被测提取中心线应限定在间距等于 0.1mm 的两平行平面之间。该两平行平面垂直于基准平面 A ，且平行于基准平面 B

垂直度公差

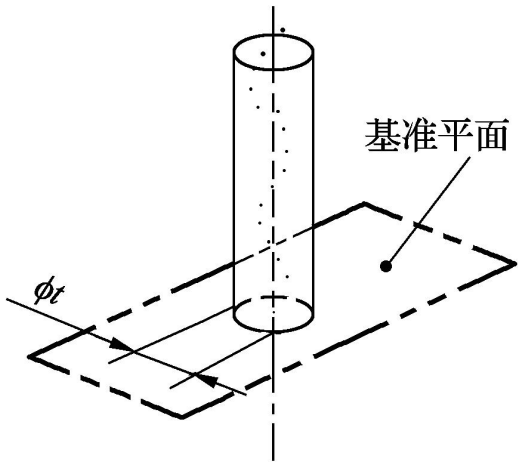
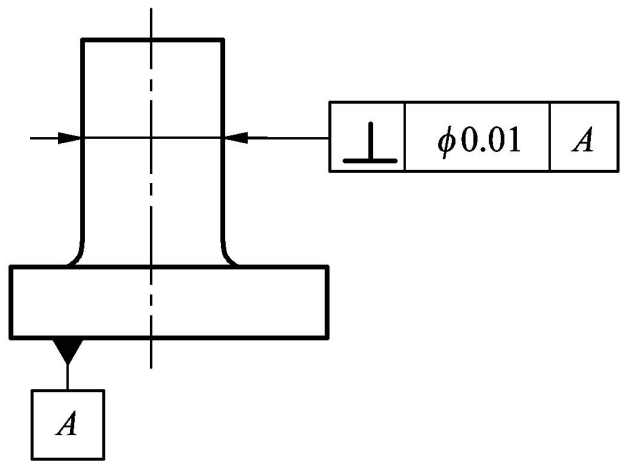


大连理工大学出版社



2.4 几何公差带及几何公差

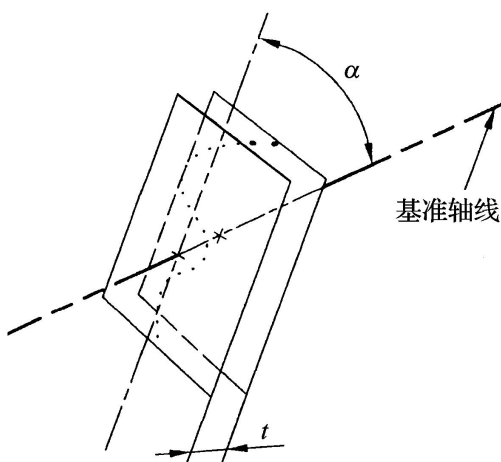
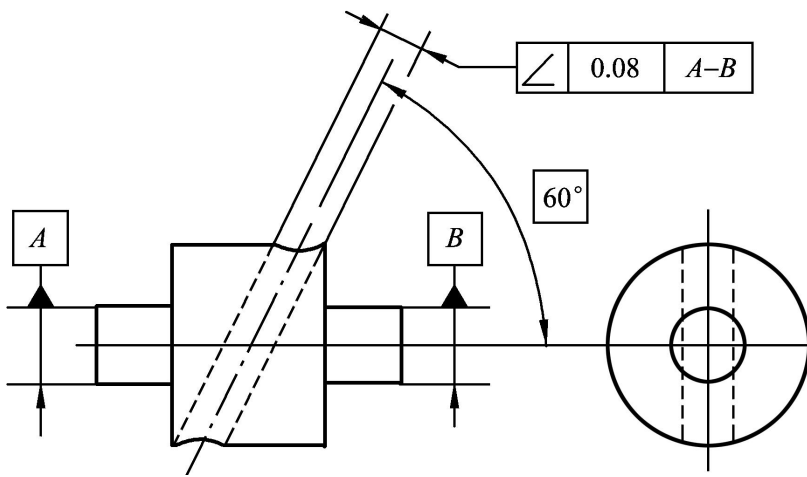
2.4.3 方向公差

几何特征	公差带的定义	标注及解释
垂直度公差	垂直度公差是限制被测提取要素对基准在垂直方向上变动量的一项指标	
	线对基准面的垂直度公差带为直径等于公差值ϕt，轴线垂直于基准平面的圆柱面所限定的区域 	圆柱面的被测提取中心线应限定直径等于 0.01 mm，垂直于基准平面A的圆柱面内 



2.4 几何公差带及几何公差

2.4.3 方向公差

几何特征	公差带的定义	标注及解释
倾斜度公差	倾斜度是限制被测提取要素对基准在倾斜方向上变动量的一项指标	
	线对基准线的倾斜度公差带为间距等于公差值t的两平行平面所限定的区域。该两平行平面按给定角度倾斜于基准轴线 	被测提取中心线应限定在间距等于0.08 mm的两平行平面之间。该两平行平面按理论正确角度60° 倾斜于公共基准轴线A-B 



2.4 几何公差带及几何公差

2.4.4 位置公差

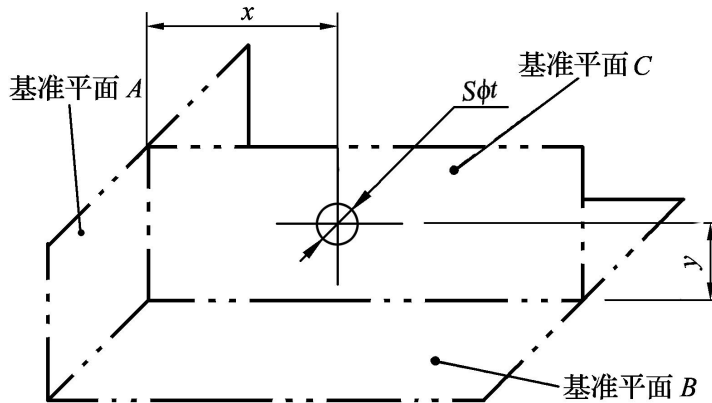
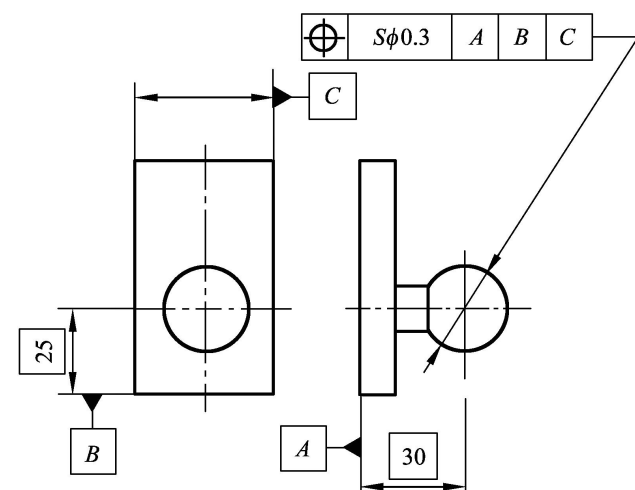
位置公差是关联实际要素对基准要素在位置上允许的变动全量。

定位公差分为同轴度、对称度和位置度三个项目。当被测提取要素和基准要素都是中心要素，要求重合或共面时，可用同轴度或对称度。



2.4 几何公差带及几何公差

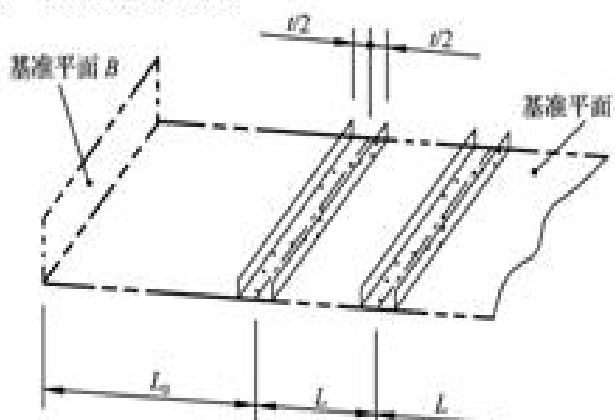
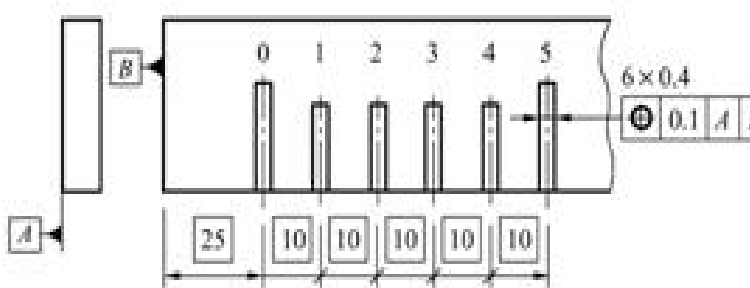
2.4.4 位置公差

几何特征	公差带的定义	标注及解释
位置度公差	位置度公差是用以限制提取点、线、面的实际位置对其拟合位置变动时的一项指标	
	点的位置度公差带为直径等于公差值$S\phi t$的圆球面所限定的区域。该圆球面中心的理论正确位置由基准A、B、C和理论正确尺寸确定 	被测提取球应限定在直径等于$S\phi 0.3$ mm的圆球面内，该圆球面的中心由基准平面A、基准平面B、基准平面C和理论正确尺寸30 mm和25 mm确定 



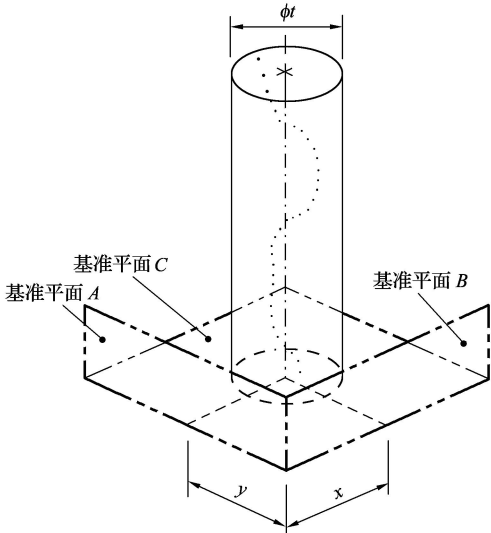
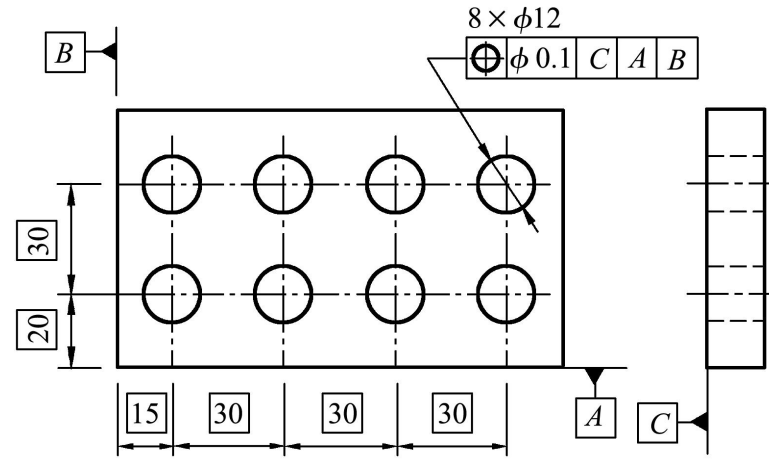
2.4 几何公差带及几何公差

2.4.4 位置公差

几何特征	公差带的定义	标注及解释
位置度公差	位置度公差是用以限制提取点、线、面的实际位置对其拟合位置变动时的一项指标 线的位置度公差在给定一个方向时，公差带为间距等于公差值t，对称于线的理论正确位置的两平行平面所限定的区域。线的理论正确位置由基准平面A、B和理论正确尺寸确定。公差只在一个方向上给定 	各条刻线的被测提取中心线应限定在间距等于0.1 mm,对称于基准平面A、B和理论正确尺寸确定25和10确定的理论正确位置的两平行平面之间 

2.4 几何公差带及几何公差

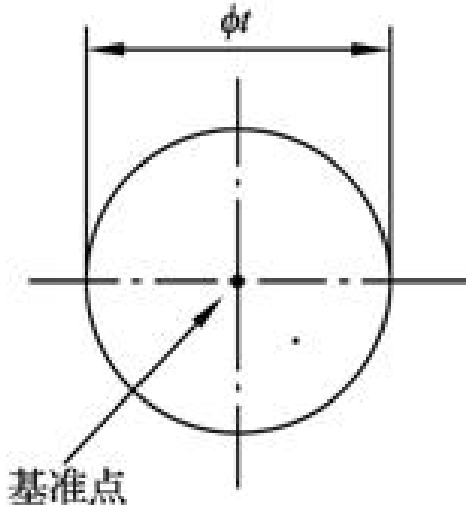
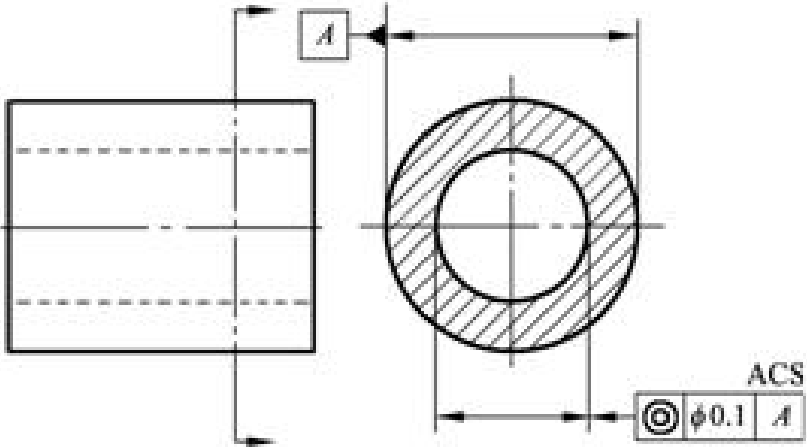
2.4.4 位置公差

几何特征	公差带的定义	标注及解释
位置度公差	位置度公差是用以限制提取点、线、面的实际位置对其拟合位置变动时的一项指标 线的位置度公差在任意方向时，公差带为直径等于公差值Φt的圆柱面所限定的区域。该圆柱面的轴线由基准平面C、A、B和理论正确尺寸确定 	被测提取中心线应各自限定在直径等于$\Phi 0.1$ mm的圆柱面内。该圆柱的轴线的位置处于由基准平面C、A、B和理论正确尺寸20 mm、15 mm和30 mm确定的各孔轴线的理论正确位置上 



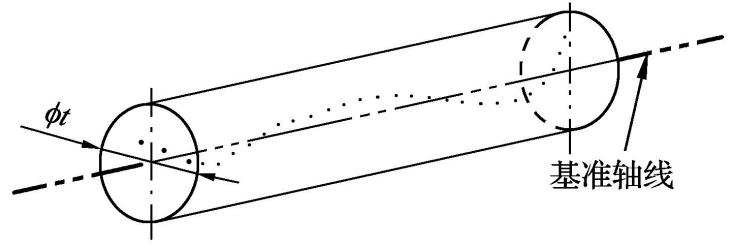
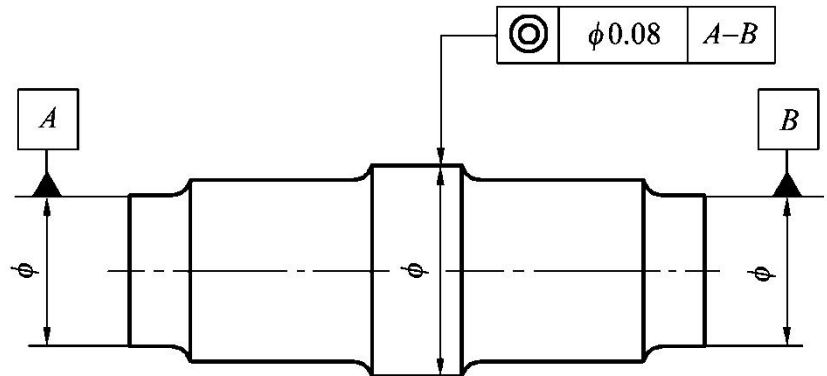
2.4 几何公差带及几何公差

2.4.4 位置公差

几何特征	公差带的定义	标注及解释
同心度和同轴度公差	同心度和同轴度公差是用以限制被测提取要素(点、轴线)对基准要素(点、轴线)的同心和同轴位置误差的一项指标点的	
	同心度公差带为直径等于公差值ϕ的圆周所限定的区域。该圆周的圆心与基准点重合  The diagram shows a circle representing the tolerance zone. A horizontal dashed line and a vertical dashed line intersect at the center, which is labeled '基准点' (Datum Point) with an arrow pointing to it. Above the circle, a dimension line indicates the diameter of the tolerance zone is ϕt.	在任意横截面内，内圆的被测提取中心应限定在直径等于$\phi 0.1 \text{ mm}$，以基准点A为圆心的圆周内  The diagram shows a cross-section of a part with a rectangular feature and a circular feature. A feature control frame points to the circular feature. The frame contains the concentricity symbol (two concentric circles), a tolerance of $\phi 0.1$, and datum A. Datum A is indicated by a box with the letter 'A' and an arrow pointing to the rectangular feature. The circular feature is shaded with diagonal lines. A label 'ACS' is present near the feature control frame.

2.4 几何公差带及几何公差

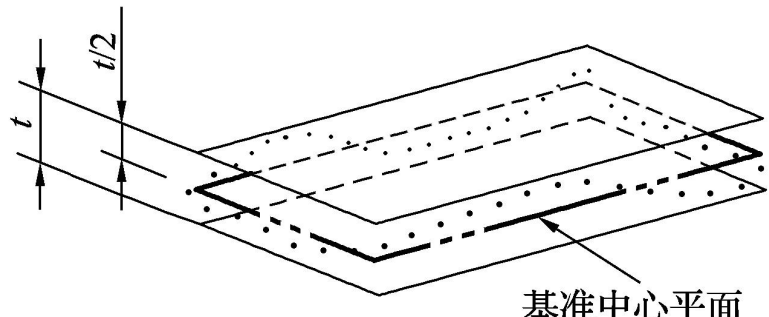
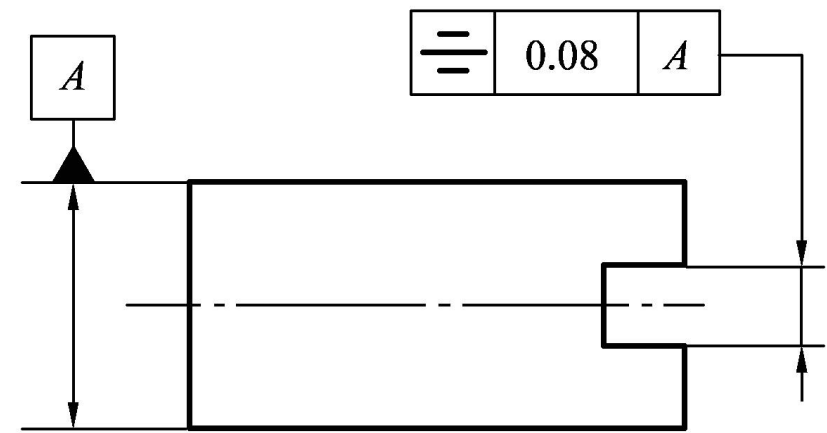
2.4.4 位置公差

几何特征	公差带的定义	标注及解释
同心度和同轴度公差  动画	同心度和同轴度公差是用以限制被测提取要素(点、轴线)对基准要素(点、轴线)的同心和同轴位置误差的一项指标点的	
	轴的同轴度公差带为直径等于公差值 t 的圆柱面所限定的区域。该圆柱面的轴线与基准轴线重合 	大圆柱面的提取中心线应限定在直径等于0.08 mm,以公共基准轴线 $A-B$ 为轴线的圆柱面内 



2.4 几何公差带及几何公差

2.4.4 位置公差

几何特征	公差带的定义	标注及解释
对称度公差	对称度公差是用以限制理论上要求共面的被测提取要素(中心平面、中心线或轴线)偏离基准要素(中心平面、中心线或轴线)的一项指标	
	公差带为间距等于公差值t, 对称于基准中心平面的两平行平面所限定的区域  基准中心平面	被测提取中心面应限定在间距等于0.08 mm, 对称于基准中心平面A的两平行平面之间 



2.4 几何公差带及几何公差

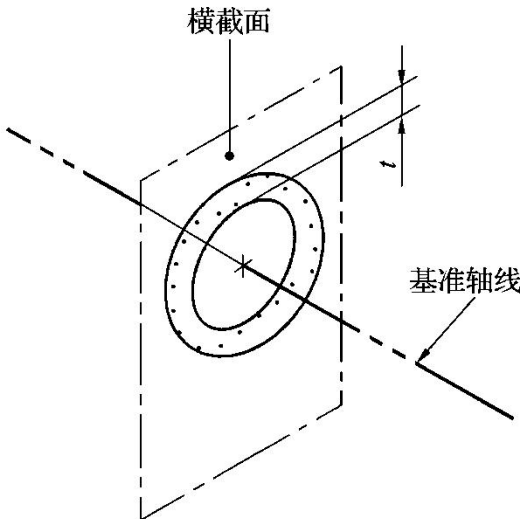
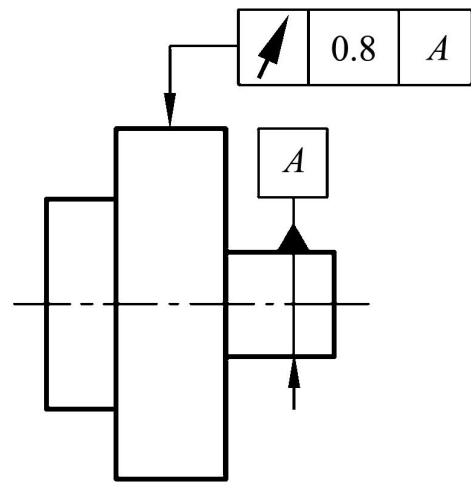
2.4.5 跳动公差

跳动公差是关联实际要素对基准轴线旋转一周或若干次旋转时所允许的最大跳动量。按被测提取要素旋转情况，分为圆跳动和全跳动两项。



2.4 几何公差带及几何公差

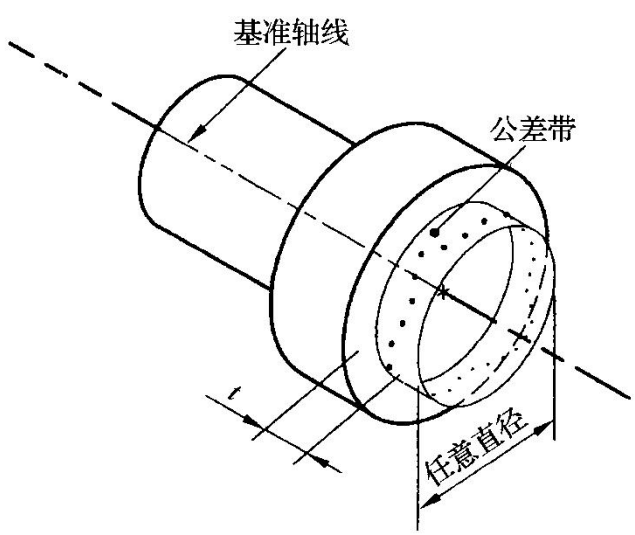
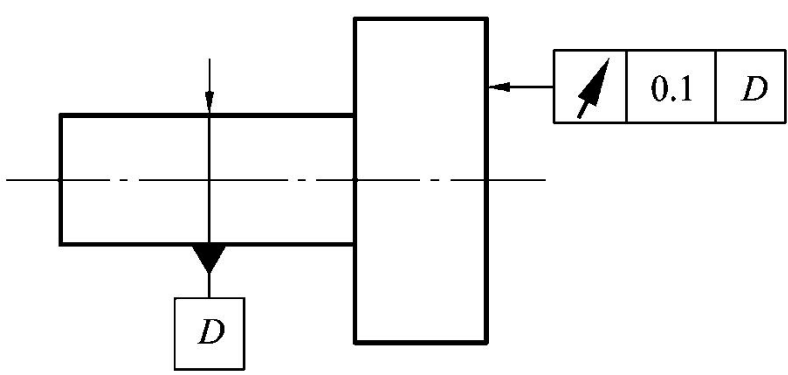
2.4.4 位置公差

几何特征	公差带的定义	标注及解释
径向圆跳动公差	圆跳动公差是指被测提取要素在某一固定参考点绕基准轴线旋转一周时所允许的最大跳动量	
	径向圆跳动公差带为任一垂直于基准轴线的横截面内，半径差等于公差值t，圆心在基准轴线上的两同心圆所限定的区域 	在任一垂直于基准轴线A的截面内，被测提取圆应限定在半径差等于0.1 mm，圆心在基准轴线A上的两同心圆之间 



2.4 几何公差带及几何公差

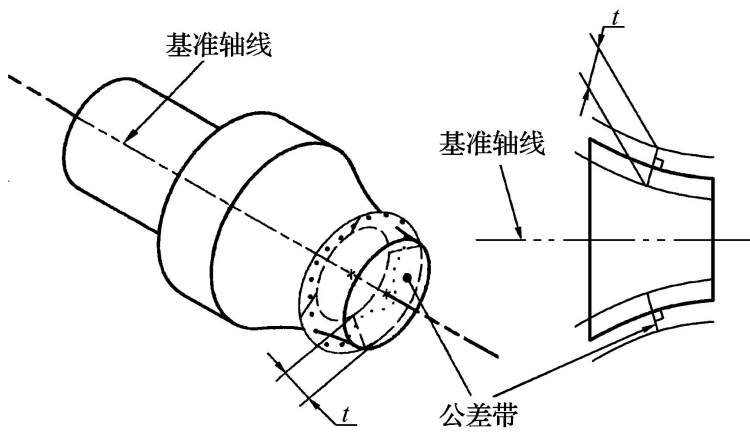
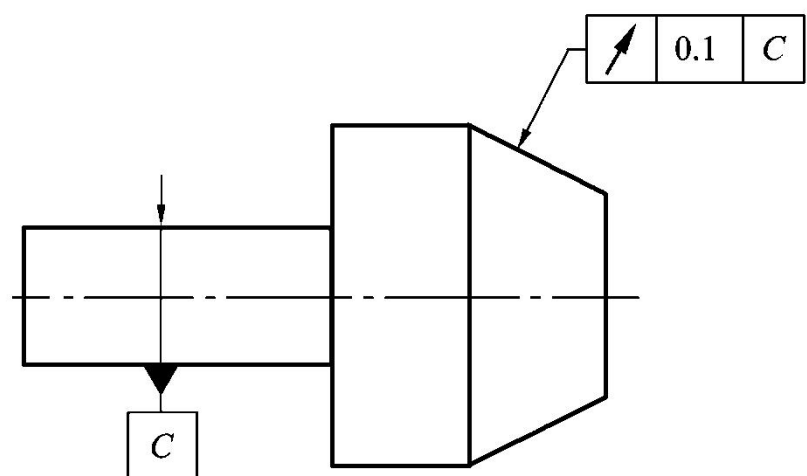
2.4.4 位置公差

几何特征	公差带的定义	标注及解释
圆跳动公差	圆跳动公差是指被测提取要素在某一固定参考点绕基准轴线旋转一周时所允许的最大跳动量	
	轴向圆跳动公差带为与基准轴线同轴的任一半径的圆柱截面上，间距等于公差值 t 的两圆所限定的圆柱面区域 	在与基准轴线 D 同轴的任一圆形截面上，被测提取圆应限定在轴向距离等于 0.1 mm 的两个等圆之间 



2.4 几何公差带及几何公差

2.4.4 位置公差

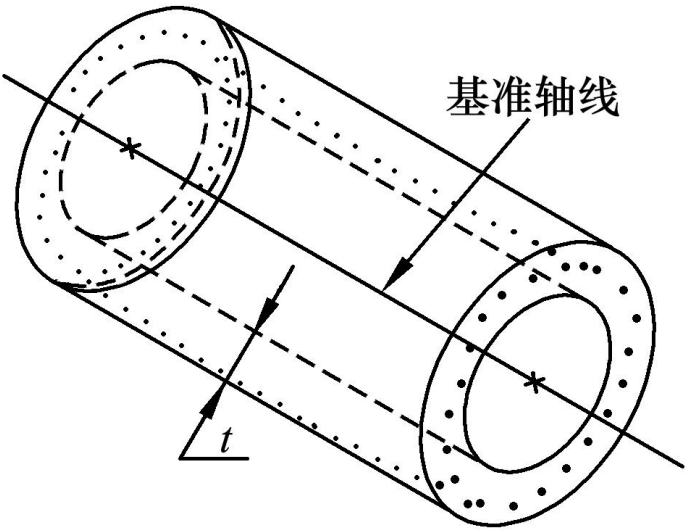
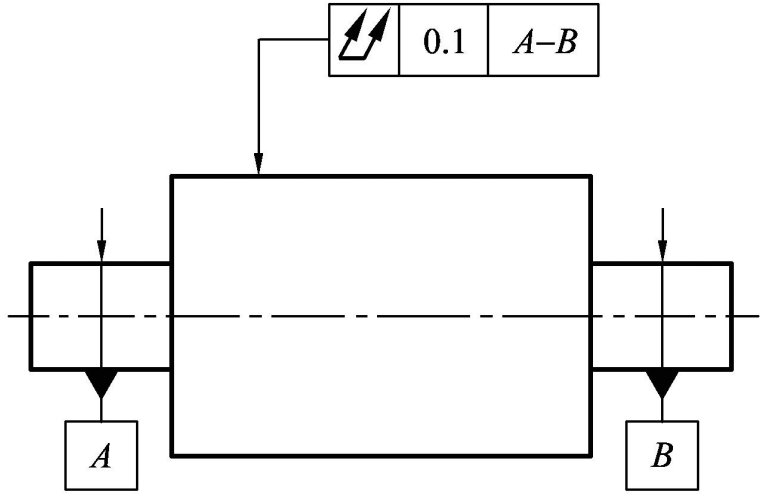
几何特征	公差带的定义	标注及解释
圆跳动公差	圆跳动公差是指被测提取要素在某一固定参考点绕基准轴线旋转一周时所允许的最大跳动量	
	斜向圆跳动公差带为与基准轴线同轴的某一圆锥截面上，间距等于公差值t的两圆所限定的圆锥面区域 	在与基准轴线C同轴的任一圆锥截面上，被测提取线应限定在素线方向间距等于0.1 mm 的两个不等圆之间 

径向圆跳动公差



2.4 几何公差带及几何公差

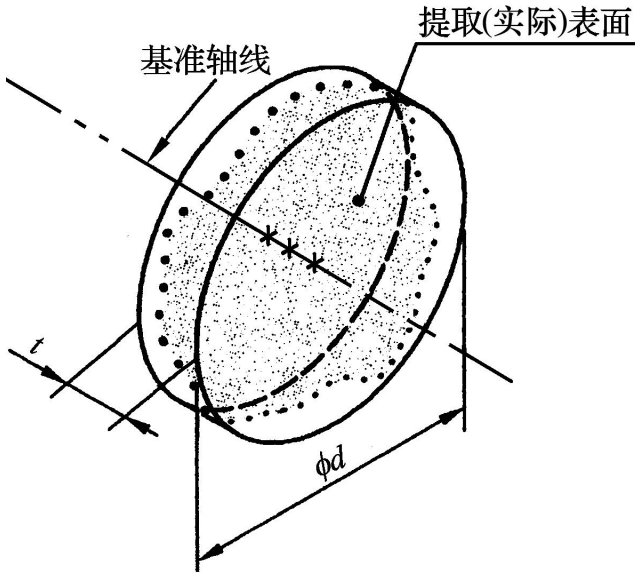
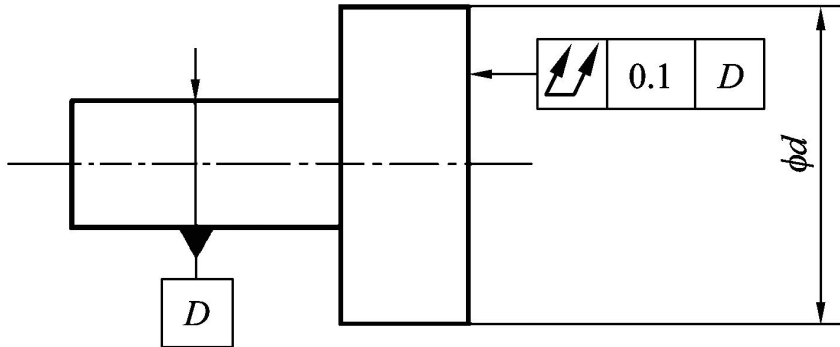
2.4.4 位置公差

几何特征	公差带的定义	标注及解释
全跳动公差	全跳动公差是指被测提取要素绕基准轴线做若干次旋转所允许的最大变动量	
	径向全跳动公差带为半径等于公差值 t ，与基准轴线同轴的两圆柱面所限定的区域 	被测提取表面应限定在半径差等于0.1 mm，与公共基准轴线 $A-B$ 同轴的两圆柱面之间 



2.4 几何公差带及几何公差

2.4.4 位置公差

几何特征	公差带的定义	标注及解释
全跳动公差	全跳动公差是指被测提取要素绕基准轴线做若干次旋转所允许的最大变动量	
	轴向全跳动公差带为间距等于公差值t，垂直于基准轴线的两平行平面所限定的区域 	被测提取表面应限定在间距等于0.1 mm，垂直于基准轴线D的两平行平面之间 

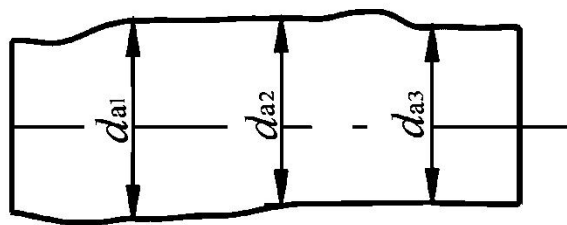


2.5 公差原则与公差要求

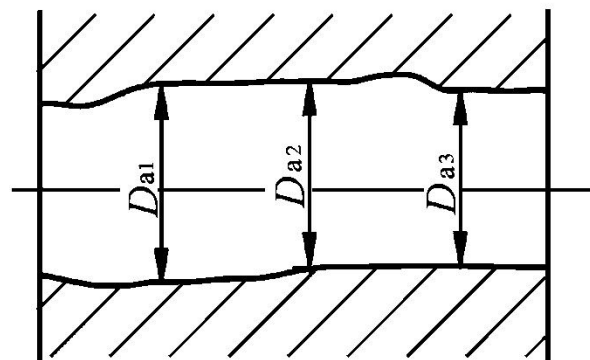
2.5.1 有关术语及定义

1 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，如图中的 d_{a1} 、 D_{a1} 均为提取组成要素的局部尺寸。



(a)



(b)

提取组成要素的实际尺寸

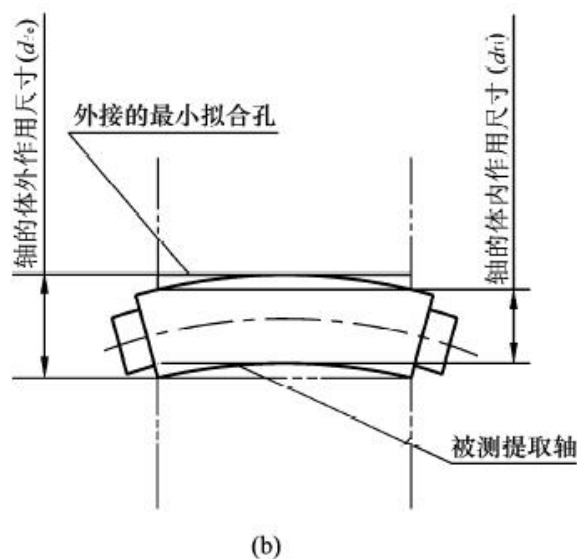
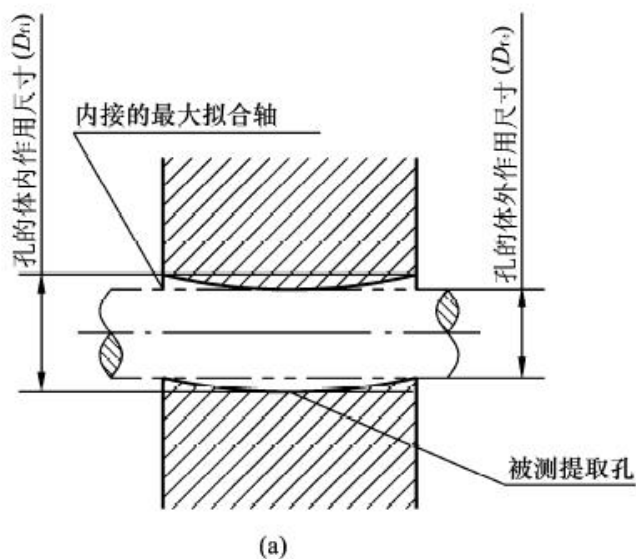


2.5 公差原则与公差要求

2.5.1 有关术语及定义

2 体外作用尺寸

体外作用尺寸是指在被测提取要素的给定长度上，与实际内表面体外相接的最大拟合面或与实际外表面体外相接的最小拟合面的直径或宽度，如图所示，其内表面和外表面的体外作用尺寸分别用 D_{fe} 和 d_{fe} 表示。



孔、轴的作用尺寸



2.5 公差原则与公差要求

2.5.1 有关术语及定义

2 体外作用尺寸

对于关联要素，该拟合面的轴线或中心平面必须与基准保持图样给定的几何关系。

孔、轴的体外作用尺寸为：

$$D_{\text{fi}} = D_{\text{a}} + f_{\text{几何}}$$

$$d_{\text{fi}} = d_{\text{a}} - f_{\text{几何}}$$



2.5 公差原则与公差要求

2.5.1 有关术语及定义

3 体内作用尺寸

体内作用尺寸是指在被测量提取要素的给定长度上，与实际内表面体内相接的最小拟合面或与实际外表面体内相接的最大拟合面的直径或宽度。

对于关联要素，该理想面的轴线或中心平面必须与基准保持图样给定的几何关系。

孔、轴的体内作用尺寸为

$$D_{fi} = D_a + f_{\text{几何}}$$

$$d_{fi} = d_a - f_{\text{几何}}$$



2.5 公差原则与公差要求

2.5.1 有关术语及定义

4 实体状态、实体尺寸、边界

(1)最大实体状态(MMC)

是指假定提取组成要素的局部尺寸处处位于尺寸极限之内并具有实体最大时的状态。

(2)最大实体尺寸(MMS)

是指确定要素在最大实体状态下的极限尺寸。对于外表面，为上极限尺寸；对于内表面，为下极限尺寸，分别用 d_M 和 D_M 表示，即

$$d_M = d_{\max}$$

$$D_M = D_{\min}$$



2.5 公差原则与公差要求

2.5.1 有关术语及定义

4 实体状态、实体尺寸、边界

(3)最大实体边界(MMB)

尺寸为最大实体尺寸的边界称为最大实体边界。显然边界的尺寸为最大实体尺寸。

(4)最小实体状态(LMC)

是指假定提取组成要素的局部尺寸处处位于尺寸极限之内并具有实体最小时的状态。同样也可以说, 最小实体状态是实际(组成)要素在极限尺寸范围内具有材料量最少的状态。



2.5 公差原则与公差要求

2.5.1 有关术语及定义

4 实体状态、实体尺寸、边界

(5)最小实体尺寸(LMS)

是指确定要素在最小实体状态下的极限尺寸。

$$d_L = d_{\min}$$

$$D_L = D_{\max}$$

(6)最小实体边界(LMB)

尺寸为最小实体尺寸的边界称为最小实体边界。显然，该边界的尺寸就是最小实体尺寸。



2.5 公差原则与公差要求

2.5.1 有关术语及定义

5 实效状态、实效尺寸、实效边界

(1)最大实体实效状态(MMVC)

是指拟合组成要素的尺寸为其最大实体实效尺寸(MMVS)时的状态。

(2)最大实体实效尺寸(MMVS)

是指尺寸要素在最大实体尺寸与其导出要素的几何公差(形状、方向和位置)共同作用产生的尺寸, 分别用 D_{MV} 和 d_{MV} 表示。

$$D_{MV} = D_M - t = D_{\min} - t$$

$$d_{MV} = d_M + t = d_{\max} + t$$



2.5 公差原则与公差要求

2.5.1 有关术语及定义

5 实效状态、实效尺寸、实效边界

(3)最大实体实效边界(MMVB)

是指拟合组成要素的尺寸为其最小实体实效尺寸(LMVS)时的状态。

(4)最小实体实效状态(LMVC)

是指在给定长度上，实际要素处于最小实体状态，且其中心要素的形状或位置误差等于给出公差值时的综合极限状态。



2.5 公差原则与公差要求

2.5.1 有关术语及定义

5 实效状态、实效尺寸、实效边界

(5)最小实体实效尺寸(LMVS)

是指要素在最小实体尺寸与其导出要素的几何公差(形状、方向和位置)共同作用产生的尺寸,分别用 D_{LV} 和 d_{LV} 表示。

$$D_{LV} = D_L + t = D_{\max} + t$$

$$d_{LV} = d_L - t = d_{\min} - t$$

(6)最小实体实效边界

是指要素处于最小实体实效状态时的边界。显然,该边界的尺寸为最小实体实效尺寸。



2.5 公差原则与公差要求

2.5.2 独立原则 (IP)

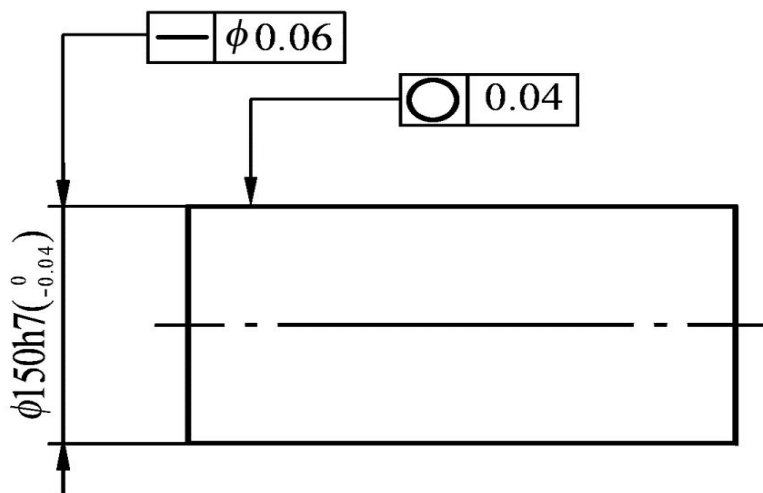
2 标 注

如果尺寸和几何(形状、方向、位置)公差要求之间的互相关系有特定要求,应在图样上规定。如图所示为独立原则示例。

1

含 义

独立原则是指图样上给定的每一个尺寸和几何(形状、方向、位置)公差要求均是独立的,应分别满足要求。



独立原则示例



2.5 公差原则与公差要求

2.5.2 独立原则 (IP)

3

用 途

独立原则一般用于非配合零件或对形状和位置要求严格而对尺寸精度要求相对较低的场合。例如，为防止液压传动中常用的液压缸的内孔泄漏，对液压缸内孔的形状精度(圆柱度、轴线直线度)提出了较严格的要求，而对其尺寸精度则要求不高，故尺寸公差与几何公差按独立原则给出。



2.5 公差原则与公差要求

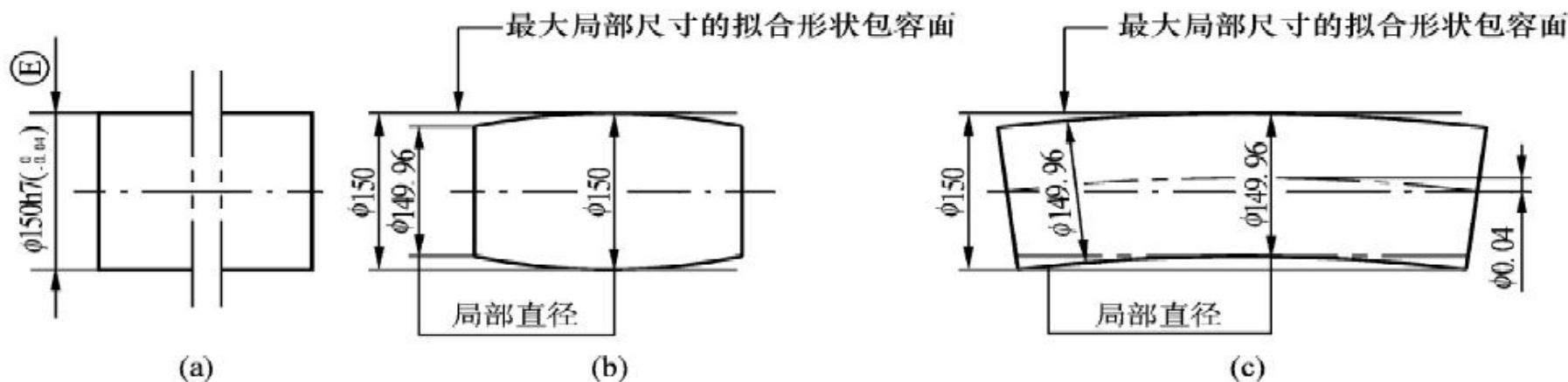
2.5.3 相关要求

(1) 含义

1 包容要求

包容要求是指尺寸要素的非理想要素不得违反其最大实体边界(MMB)的一种要素要求。也就是提取组成要素不得超越其最大实体边界(MMB), 其局部尺寸不得超出最小实体尺寸(LMS)。

(2) 标注及解释



包容要求



2.5 公差原则与公差要求

2.5.3 相关要求

1

包容要求

(2)标注及解释

采用包容要求时，实际轮廓应遵守最大实体边界，即要素的体外作用尺寸不得超越其最大实体尺寸，且提取组成要素的局部尺寸不得超越其最小实体尺寸，即

对于外表面

$$d_{fe} \leq d_M(d_{\max})$$

$$d_a \geq d_L(d_{\min})$$

对于内表面

$$D_{fe} \geq D_M(D_{\min})$$

$$D_a \leq D_L(D_{\max})$$

(3)应用

包容要求常用于机器零件上的配合性质要求较严格的配合表面。



2.5 公差原则与公差要求

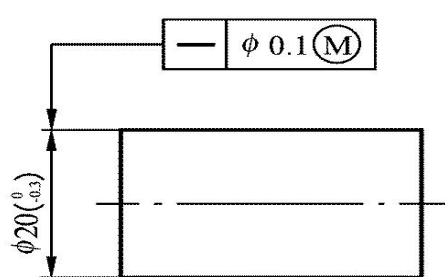
2.5.3 相关要求

(1) 含义

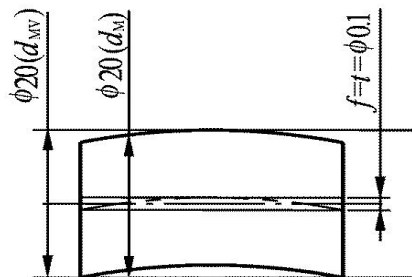
是指尺寸要素的非理想要素不得违反其最大实体实效状态(MMVC)的一种要求, 当其提取组成要素的实际轮廓偏离最大实体尺寸时, 允许其几何误差超出在最大实体状态下给出的公差值。

2 最大实体要求(MMR)

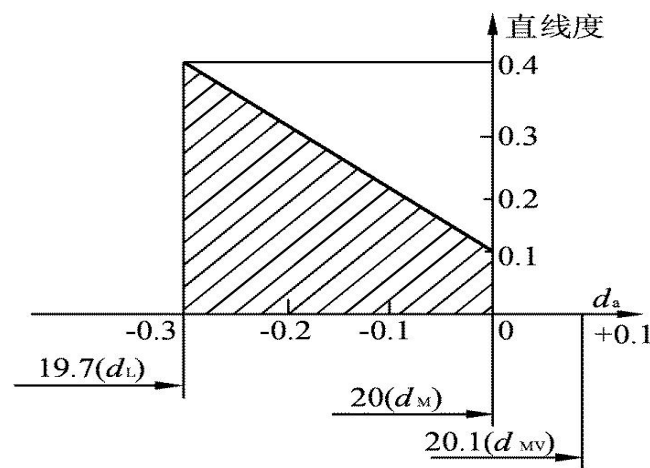
(2) 标注及解释



(a)



(b)



(c)

最大实体要求



2.5 公差原则与公差要求

2.5.3 相关要求

2 最大实体要求(MMR)

(2)标注及解释

最大实体要求用于提取组成要素时，提取组成要素应遵守最大实体实效边界，即要素的体外作用尺寸不得超越最大实体实效尺寸，且提取组成要素的局部尺寸在最大与最小实体尺寸之间，即

对于外表面

$$d_{fe} \leq d_{MV} = d_{\max} + t$$

$$d_{\max} \geq d_a \geq d_{\min}$$

对于内表面

$$D_{fe} \geq D_{MV} = D_{\min} - t$$

$$D_{\max} \geq D_a \geq D_{\min}$$



2.5 公差原则与公差要求

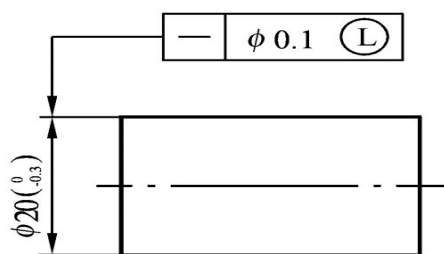
2.5.3 相关要求

3 最小实体要求(LMR)

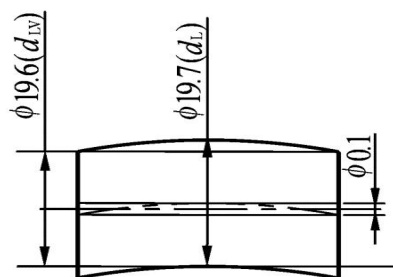
(1)含义

是指尺寸要素的非理想要素不得违反其最小实体实效状态(LMVC)的一种尺寸要求。当其提取组成要素偏离最小实体尺寸时，允许其几何误差超出在最小实体状态下给出的公差值。

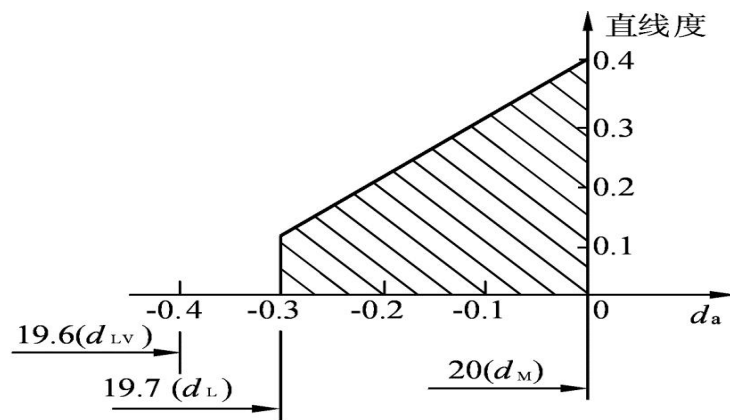
(2)标注



(a)



(b)



(c)

最小实体要求



2.5 公差原则与公差要求

2.5.3 相关要求

3 最小实体要求(LMR)

(2)标注

最小实体要求用于提取组成要素时，实际轮廓应遵守最小实体实效边界，即提取组成要素的实际轮廓在给定长度上处处不得超出其最小实体实效边界，也就是其体内作用尺寸不应超出最小实体实效尺寸，即

对于外表面

$$d_{fi} \geq d_{LV} = d_{\min} - t$$

$$d_{\max} \geq d_a \geq d_{\min}$$

对于内表面

$$D_{fi} \leq D_{LV} = D_{\max} + t$$

$$D_{\max} \geq D_a \geq D_{\min}$$



2.5 公差原则与公差要求

2.5.3 相关要求

3 最小实体要求(LMR)

(4)应用

最小实体要求适用于导出要素，如轴线、中心平面等。最小实体要求多用于保证零件的强度要求。对孔类零件，保证其壁厚；对轴类零件，保证其最小有效截面。



2.5 公差原则与公差要求

2.5.3 相关要求

4

可逆要求

(1)含义

是指最大实体要求或最小实体要求的附加要求，表示尺寸公差可以在实际几何误差小于几何公差之间的差值范围内增大的一种要求。

(2)标注及解释

①可逆要求用于最大实体要求 图样上几何公差框格中，在提取组成要素几何公差值后的符号 $\textcircled{M}$ 后标注符号 $\textcircled{R}$ 时，则表示提取组成要素遵守最大实体要求的同时遵守可逆要求。

②可逆要求用于最小实体要求 图样上在公差框格内公差数值后面的符号 $\textcircled{L}$ 后标注符 $\textcircled{R}$ 号时，表示提取组成要素遵守最小实体要求的同时遵守可逆要求。

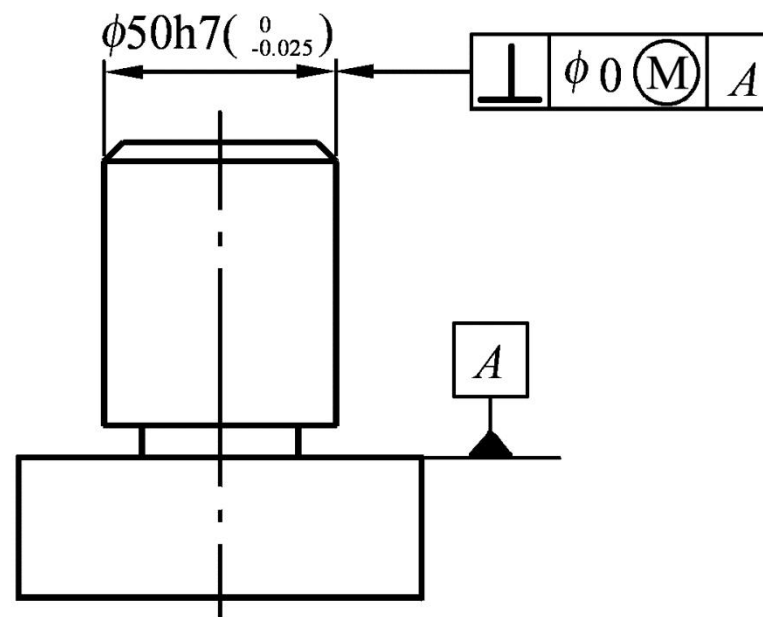


2.5 公差原则与公差要求

2.5.3 相关要求

5 零几何公差

如图所示。零几何公差可以视为最大(最小)实体要求的特例。此时,提取组成要素的最大(最小)实体实效边界等于最大(最小)实体边界,最大(最小)实体实效尺寸等于最大(最小)实体尺寸。



零几何公差



2.6 几何公差的选择

2.6.1 几何公差项目的选择

1 零件的几何特征

零件的几何特征不同，会产生不同的几何误差。例如回转类(轴类、套类)零件中的阶梯轴，它的组成要素是圆柱面、端面，导出要素是轴线。

3

方便检测

2

零件的功能要求

机器对零件不同功能的要求，决定了零件需选用不同的几何公差项目。若阶梯轴两轴承位置明确要求限制轴线间的偏差，则应采用同轴度。但如果阶梯轴对几何精度有要求，而无须区分轴线的位置误差与圆柱面的形状误差，则可选择跳动项目。

为了方便检测，应选用测量简便的项目，如与滚动轴承内孔相配合的轴颈位置公差的确定



2.6 几何公差的选择

2.6.2 几何公差值（或公差等级）的选择

几何公差值的确定应根据零件的功能要求，并考虑加工的经济性和零件的结构、刚性等情况，几何公差值的大小又决定于几何公差等级(结合主参数)，因此，确定几何公差值实际上就是确定几何公差等级。

几何公差等级与尺寸等级、表面粗糙度、加工方法等因素有关，故选择几何公差等级时，可参照这些影响因素综合加以考虑。



2.6 几何公差的选择

2.6.2 几何公差值（或公差等级）的选择

1 形状公差与位置公差的关系

同一要素上给定的形状公差值应小于位置公差值。如对于同一平面，平面度公差值应小于该平面对基准的平行度公差值。即应满足

$$\text{形状公差} < \text{方向公差} < \text{位置公差}$$

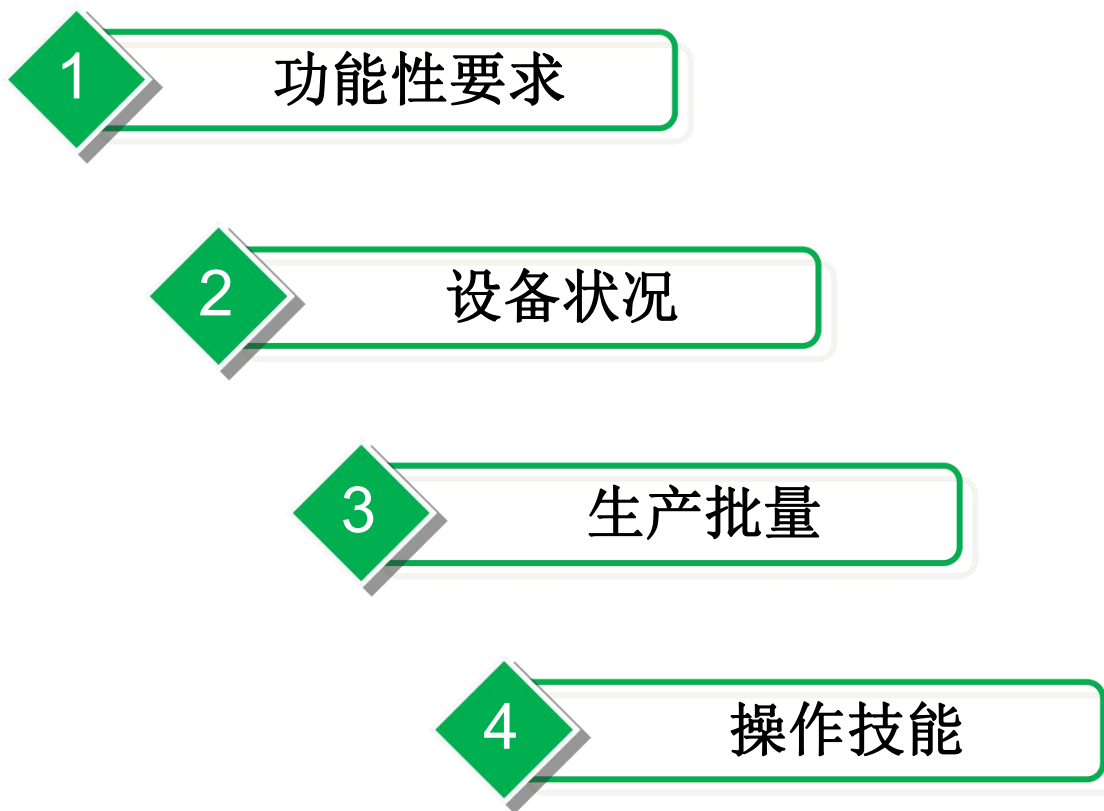
2 形状公差与尺寸公差的关系

圆柱零件的形状公差值(轴线直线度除外)应小于其尺寸公差值，平行度公差值应小于其相应距离尺寸的公差值



2.6 几何公差的选择

2.6.3 公差原则与公差要求的选择



2.7 几何误差的检测及评定原则

2.7.1 几何误差的检测原则

名 称	图 示
与拟合要素比较原则	(a)测量值由直接法获得 (b)测量值由间接法获得

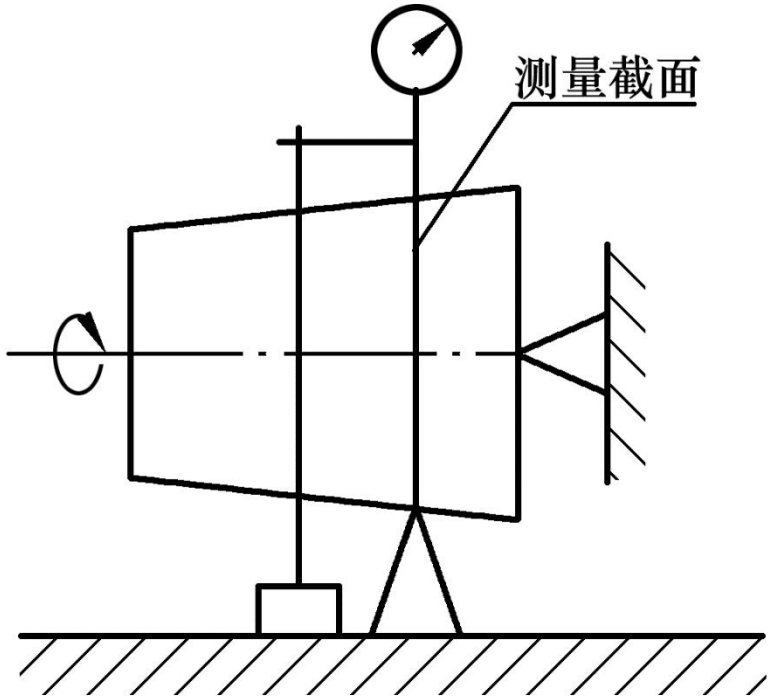
2.7 几何误差的检测及评定原则

2.7.1 几何误差的检测原则

名 称	图 示
测量直角坐标值	

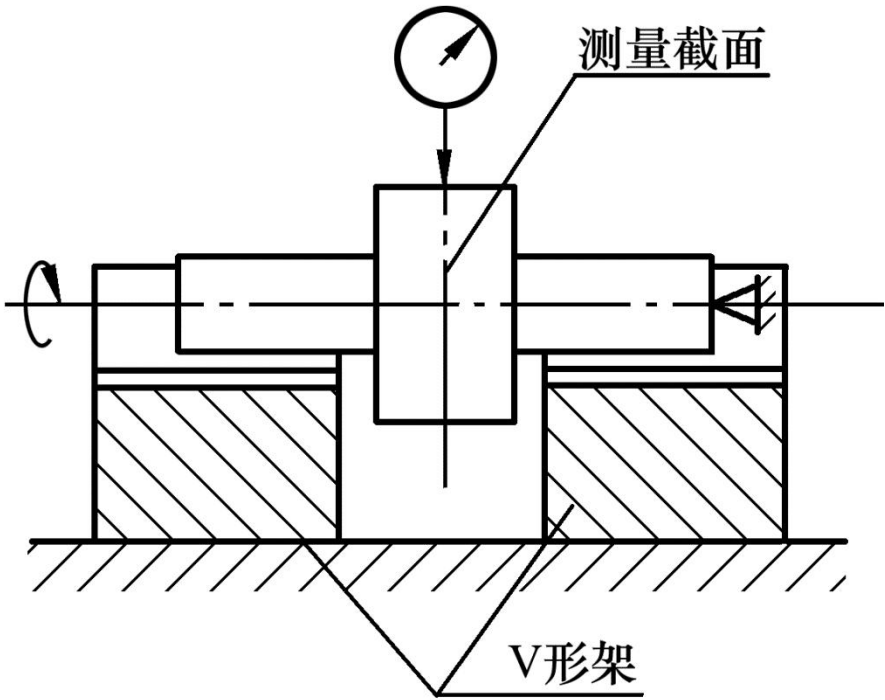
2.7 几何误差的检测及评定原则

2.7.1 几何误差的检测原则

名 称	图 示
测量特征参数原则	

2.7 几何误差的检测及评定原则

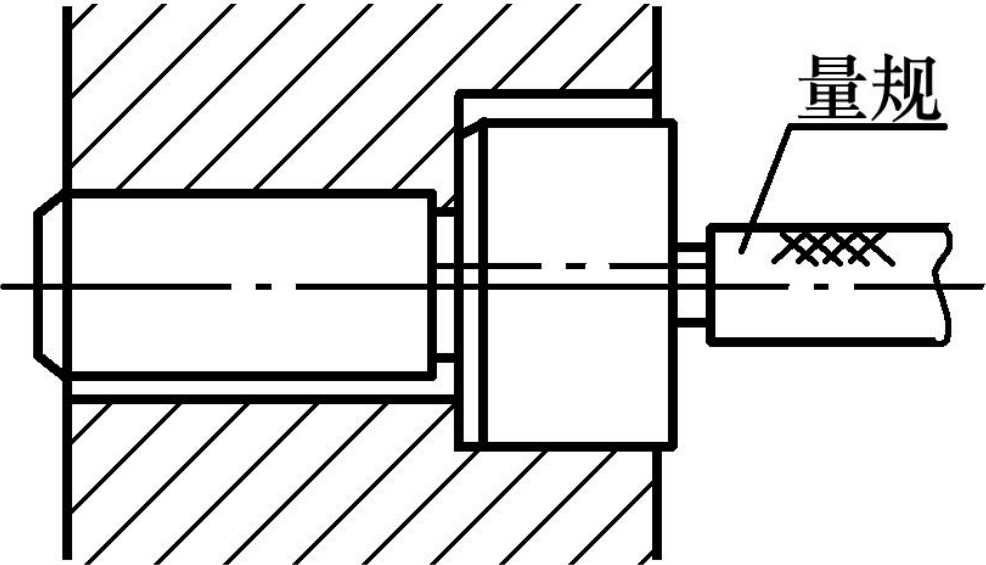
2.7.1 几何误差的检测原则

名 称	图 示
测量跳动原则	



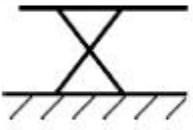
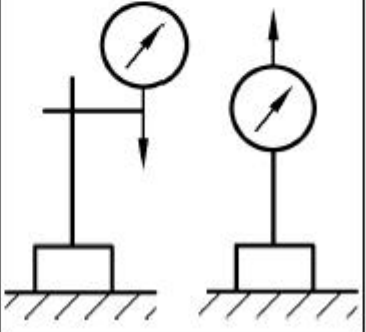
2.7 几何误差的检测及评定原则

2.7.1 几何误差的检测原则

名 称	图 示
控制失效边界原则	

2.7 几何误差的检测及评定原则

2.7.1 几何误差检测方法示例中的常用符号

序号	符 号	说 明	序号	符 号	说 明
1		平板、平台或 被测提取要素平面	8		间断转动(不超过 1 周)
2		固定支承	9		旋转
3		可调支承	10		指示器或记录器
4		连续直线移动	11		带有指示器的测量架(测 量架符号根据测量设备的 用途,可画成其他式样)
5		间断直线移动			
6		沿多个方向直线移动			
7		连续转动(不超过 1 周)			



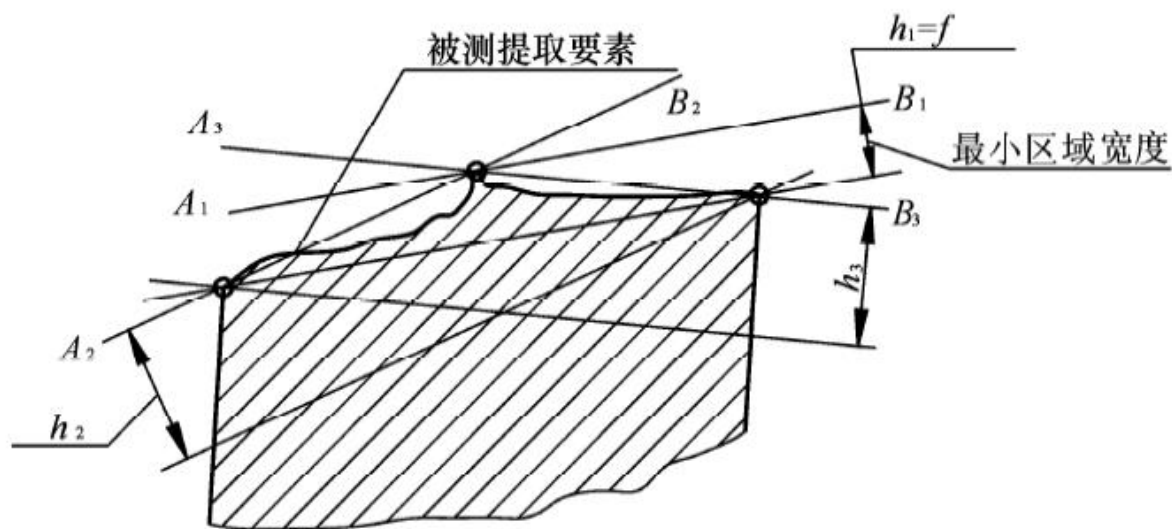
2.7 几何误差的检测及评定原则

2.7.2 几何误差的评定准则

1 形状误差的评定

(1)最小条件 是指被测提取要素相对于拟合要素的最大变动量为最小。

①对于组成要素，符合最小条件的拟合要素位于实体之外并与被测提取要素相接触，使被测提取要素相对于拟合要素的最大变动量为最小。



拟合组成要素的位置

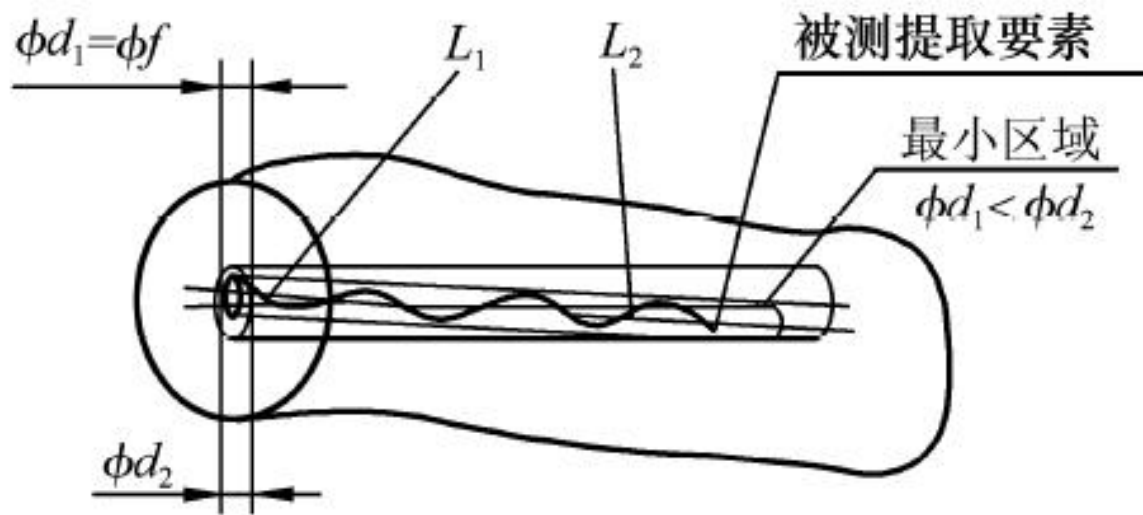


2.7 几何误差的检测及评定原则

2.7.2 几何误差的评定准则

1 形状误差的评定

②对于导出要素，其拟合要素应位于被测提取要素之中，使被测提取要素对其拟合要素的最大变动量为最小。如图所示。



拟合导出要素的位置



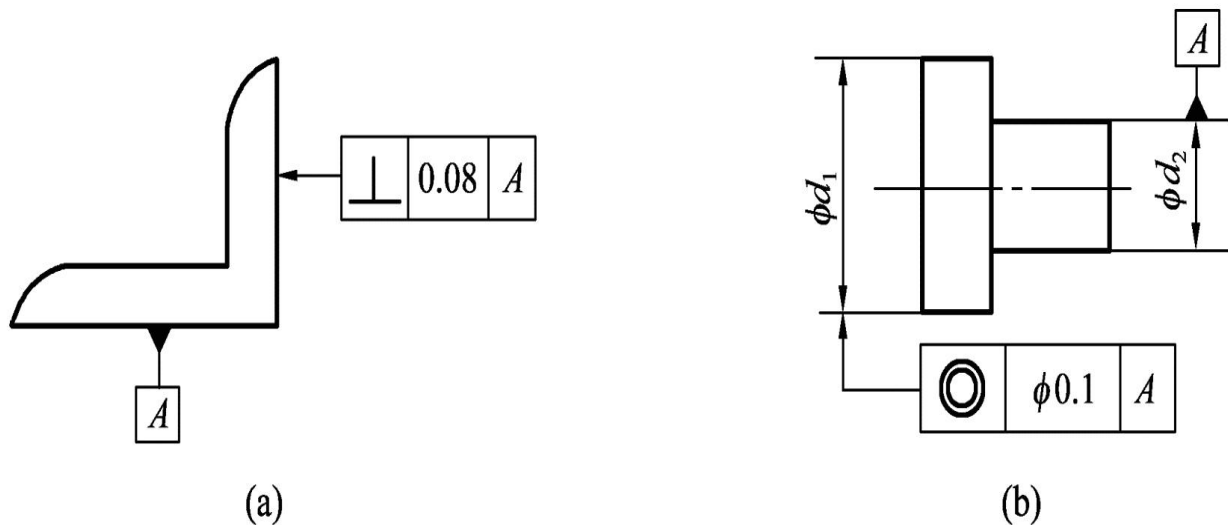
2.7 几何误差的检测及评定原则

2.7.2 几何误差的评定准则

2 方向误差及评定

(1) 基准及分类基准是具有正确形状的拟合要素，是确定被测提取要素方向和位置的依据。在实际应用时，则由基准实际要素来确定。

① 单一基准由一个要素建立的基准。如图所示。



单一基准



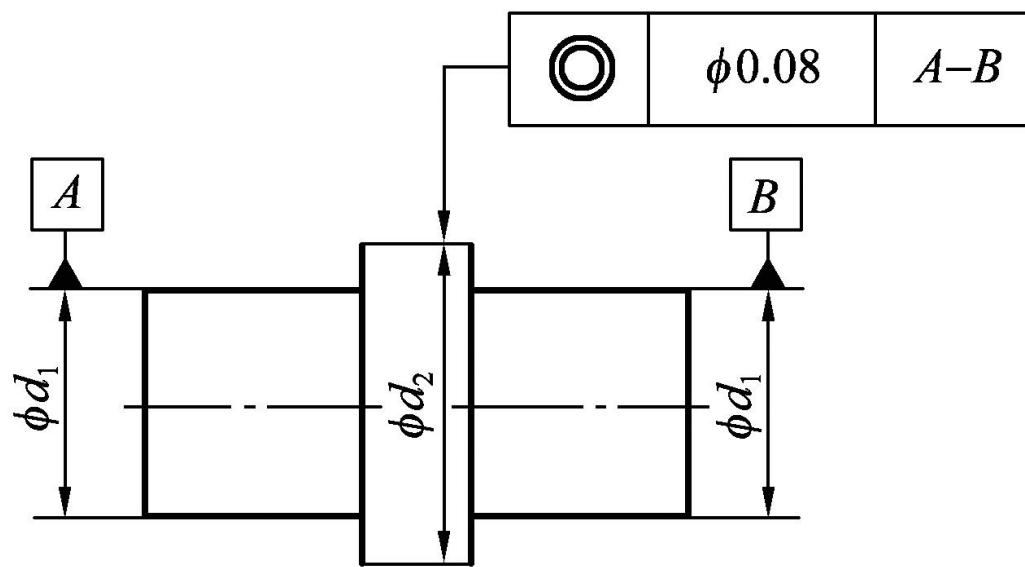
2.7 几何误差的检测及评定原则

2.7.2 几何误差的评定准则

2

方向误差及评定

②组合基准(公共基准)由两个或两个以上的要素建立的一个独立的基准，如图所示为由两个轴线 A 、 B 建立起公共基准轴线 $A-B$ 。



组合基准



大连理工大学出版社



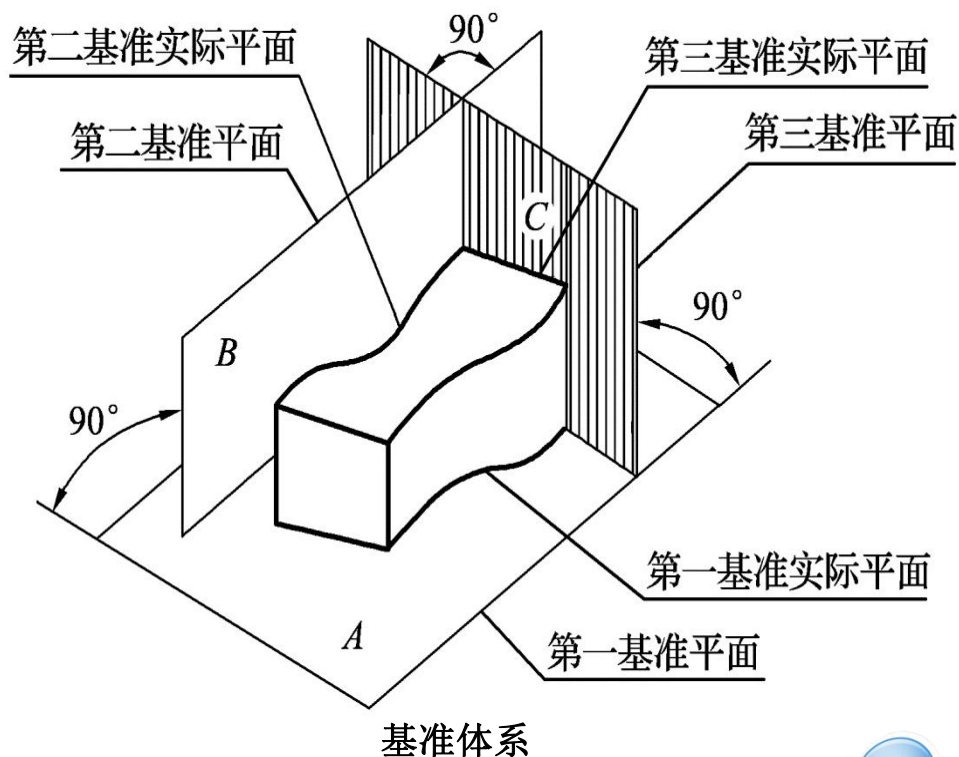
2.7 几何误差的检测及评定原则

2.7.2 几何误差的评定准则

2

方向误差及评定

③基准体系(三基面体系)是指由两个或三个互相垂直的平面所构成的基准体系。



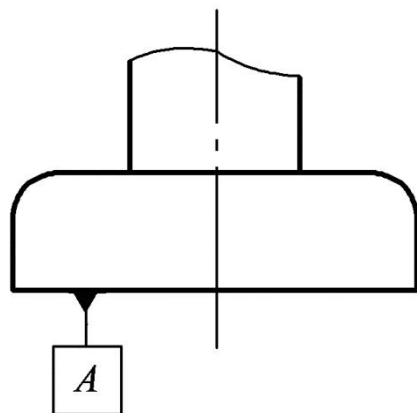
2.7 几何误差的检测及评定原则

2.7.2 几何误差的评定准则

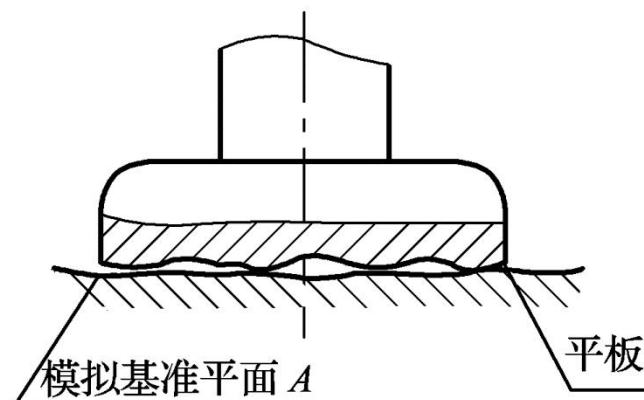
2 方向误差及评定

(2)常用的基准体现方法基准建立的基本原则应符合最小条件，但为了方便起见，允许在测量时用近似的方法来体现基准。

①模拟法采用形状精度足够高的精密表面来体现基准的方法。



(a)



(b)

用平板模拟基准平面

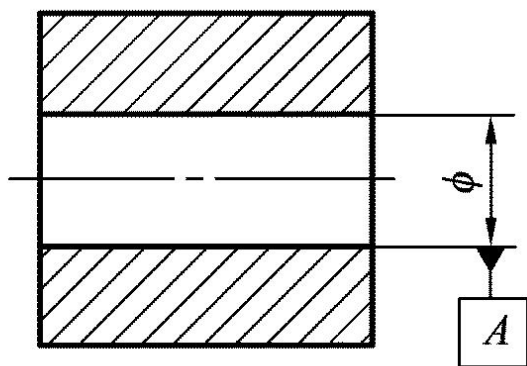


2.7 几何误差的检测及评定原则

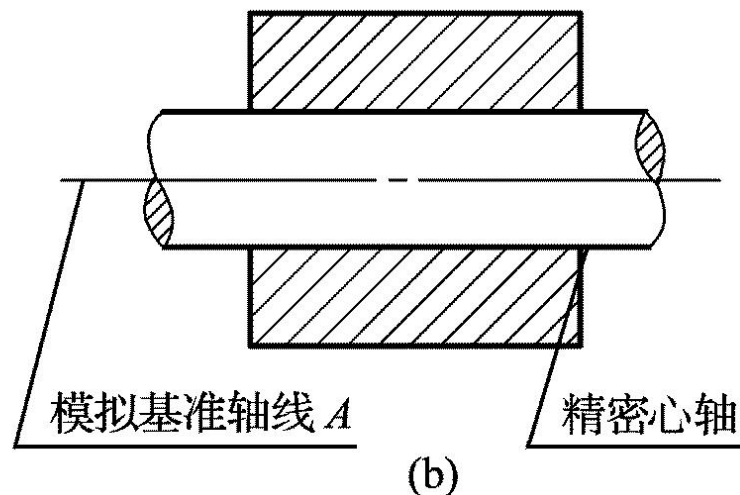
2.7.2 几何误差的评定准则

2 方向误差及评定

用精密心轴装入基准孔内，用其轴线模拟基准轴线。



(a)



用心轴模拟基准轴线

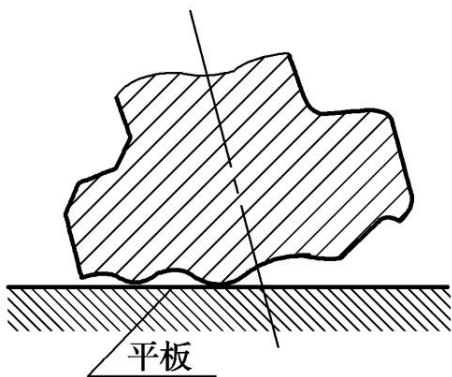
2.7 几何误差的检测及评定原则

2.7.2 几何误差的评定准则

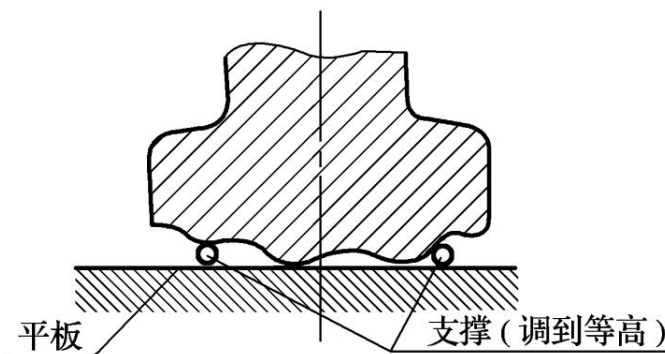
2 方向误差及评定

采用模拟法体现基准时，应符合最小条件。一般情况下，当基准实际要素与模拟基准之间非稳定接触时。

②直接法 当基准实际要素具有足够高的精度时，直接以基准实际要素为基准的方法。



(a)



(b)

非稳定接触



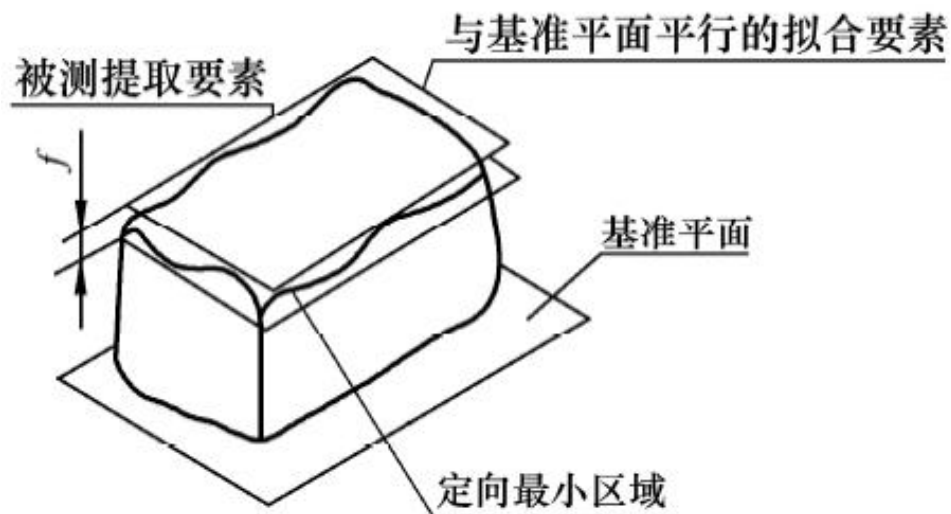
2.7 几何误差的检测及评定原则

2.7.2 几何误差的评定准则

2 方向误差及评定

(3)方向误差的评定是指被测提取要素对一具有确定方向的拟合要素的变动量，拟合要素的方向由基准确定。

方向误差值用定向最小包容区域的宽度或直径表示。



定向最小区域



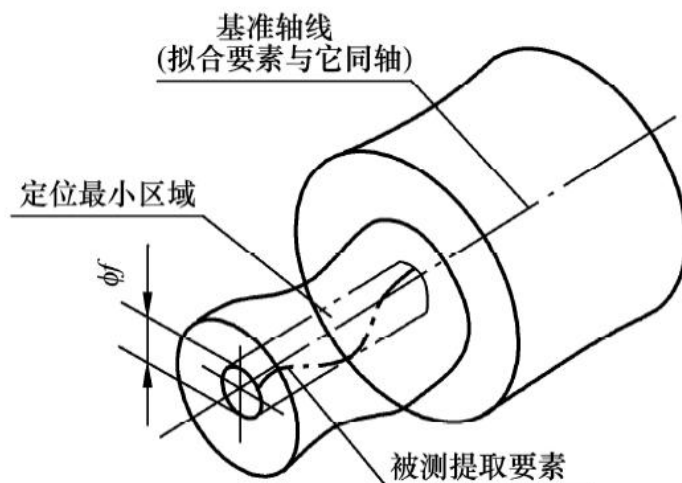
2.7 几何误差的检测及评定原则

2.7.2 几何误差的评定准则

3 位置误差及评定

位置误差是提取组成要素对一具有确定位置的拟合要素的变动量，拟合要素的位置由基准和理论正确尺寸确定被测提取要素理想形状、方向、位置的尺寸，该尺寸不带公差，用加方框的数字表示)确定。

定位最小包容区是指按拟合要素定位来包容提取组成要素时，具有最小宽度 f 或直径 Φf 的包容区域。



定位最小区域



2.7 几何误差的检测及评定原则

2.7.2 几何误差的评定准则

4

跳动误差及其评定

圆跳动误差是提取组成要素绕基准轴线无轴向移动回转一周时，由位置固定的指示器在给定方向上测得的最大与最小读数之差。

全跳动误差是指提取组成要素绕基准轴线无轴向移动回转，同时指示器沿基准轴线平行或垂直地连续移动(或被测提取要素每回转一周，指示器沿基准轴线平行或垂直地间断移动)，由指示器给定方向上测得的最大与最小读数之差。



实训 1 用内径百分表测量孔径

1

指示表的组成及原理

指示表是利用机械传动系统，将测量杆的直线位移转变为指针在圆度盘上的角位移，并由圆度盘进行读数的测量器具。

其中，分度值为 0.1 mm 的称为十分表，分度值为 0.01 mm 的称为百分表，分度值为 0.001 mm 、 0.002 mm 、 0.005 mm 的称为千分表。



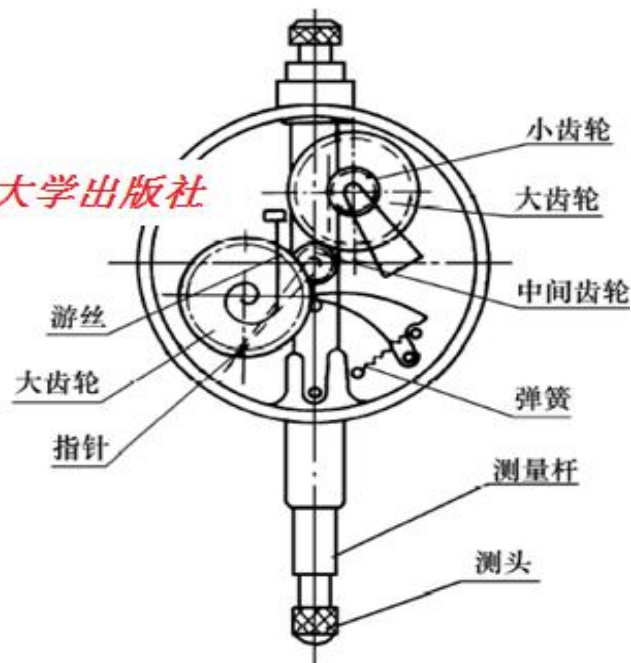
技能训练

实训 1 用内径百分表测量孔径

(1)百分表是将测量杆的直线移动，经过齿轮齿条传动放大，转变为指针的转动，并在刻度盘上指示出相应的示值。



(a)外形



(b)测量原理

百分表



大连理工大学出版社



技能训练

实训 1 用内径百分表测量孔径



与磁力表座配合使用

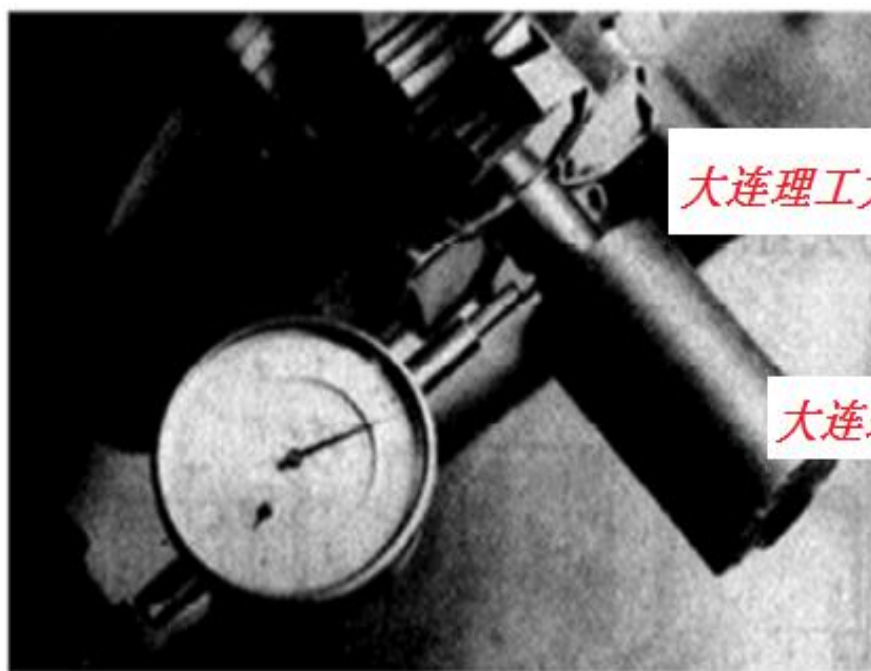


大连理工大学出版社

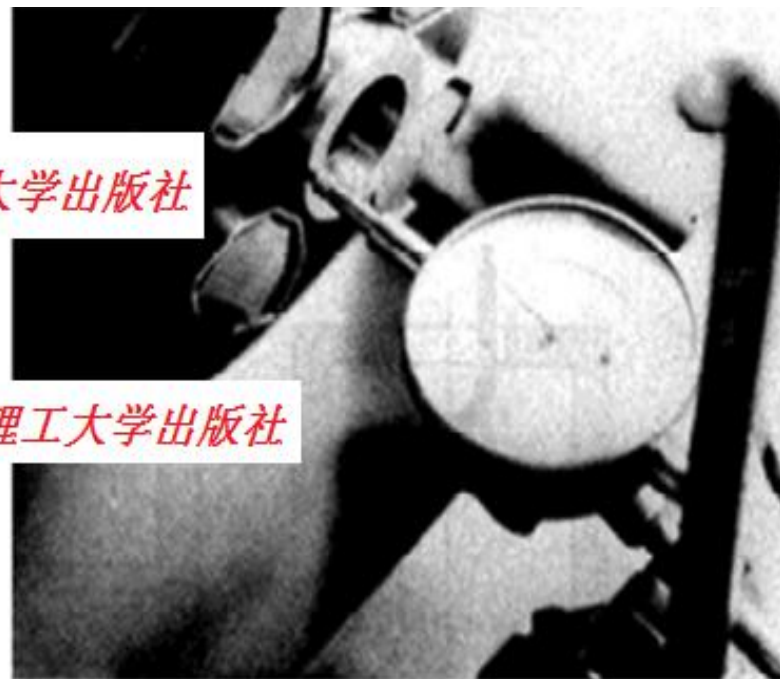


技能训练

实训 1 用内径百分表测量孔径



(a)加工时的定位



(b)检查被加工表面的变化

百分表用于车床上找正

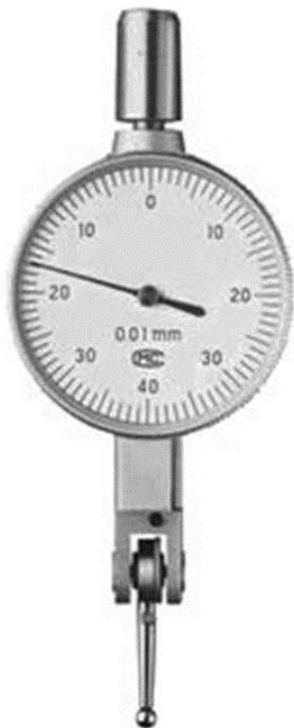


技能训练

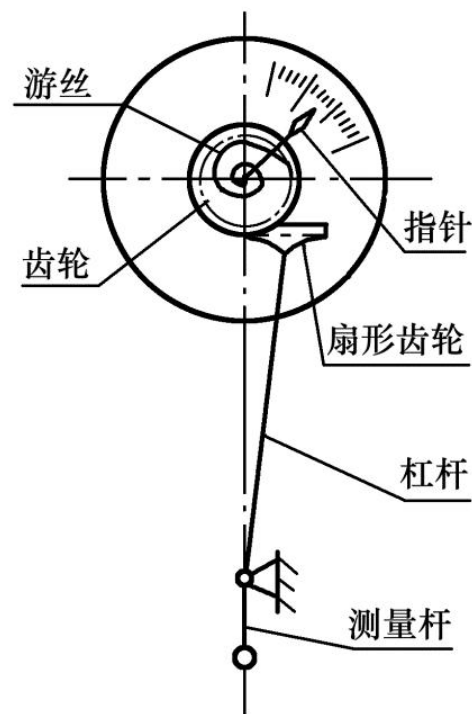
实训 1 用内径百分表测量孔径

(2) 杠杆百分表杠杆

百分表又称为靠表，其分度值为 0.01 mm ，示值范围一般为 $\pm 0.4\text{ mm}$ 。



(a) 外形



(b) 测量原理

杠杆百分表



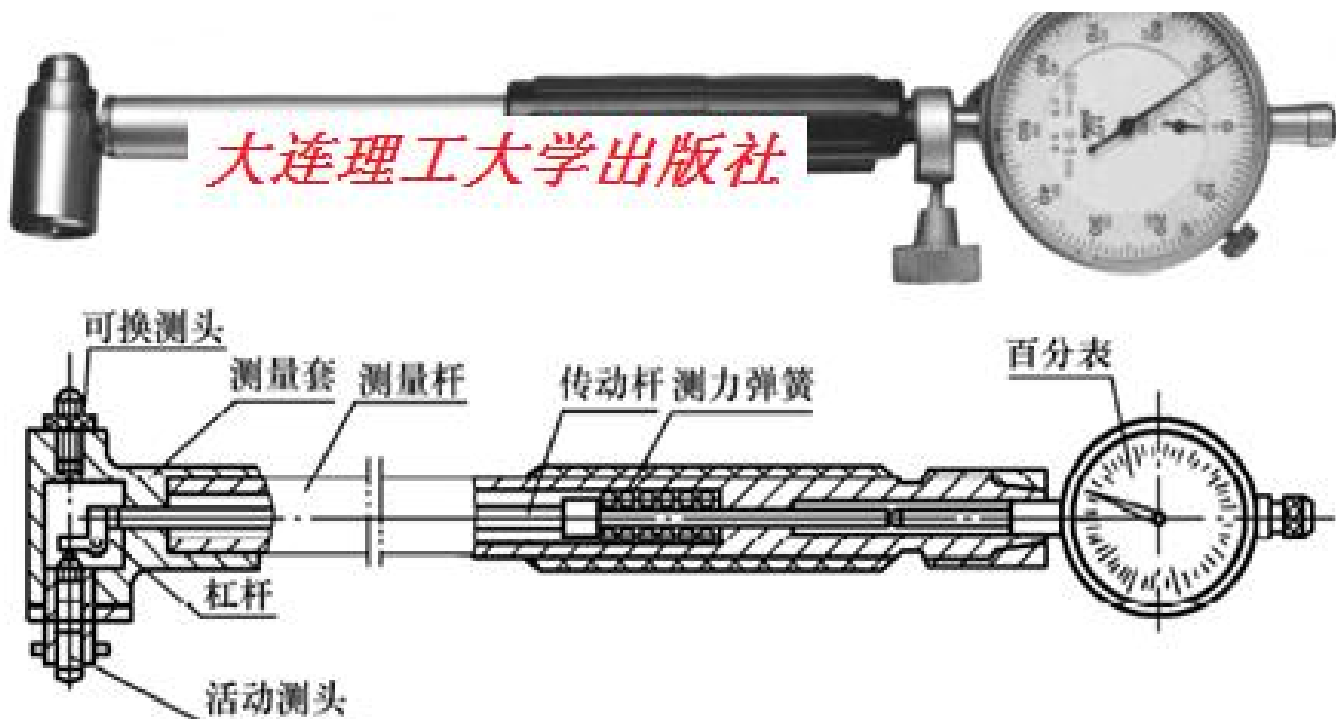
大连理工大学出版社



技能训练

实训 1 用内径百分表测量孔径

(3)内径百分表，它是一种以指示表为读数机构，配备杠杆传动系统的组合比较量具，它是将测头的直线位移转变为指针的角位移，用比较测量法完成测量。



内径百分表



技能训练

2

测量方法



大连理工大学出版社



大连理工大学出版社

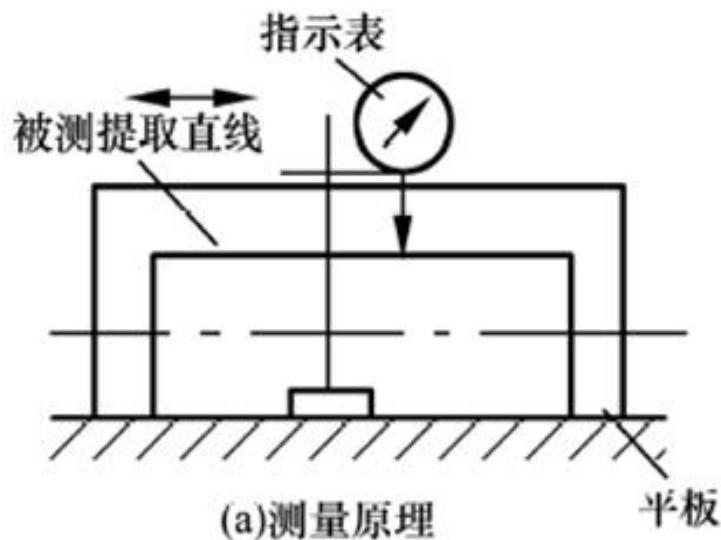
内径百分表测量孔径



实训 2 直线度测量

1 指示表法测量直线度

用平板模拟拟合要素，借助于指示表（如百分表）与被测提取要素作比较，记录指示表在被测提取要素全程范围内的测量读数，再经相应的数据处理评定该素线的直线度误差。

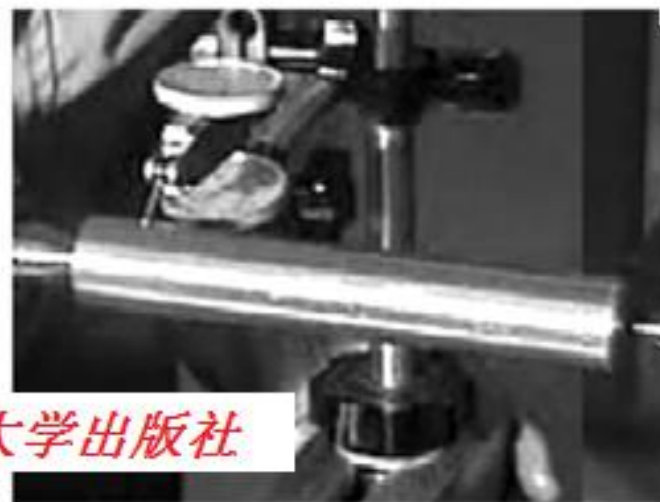
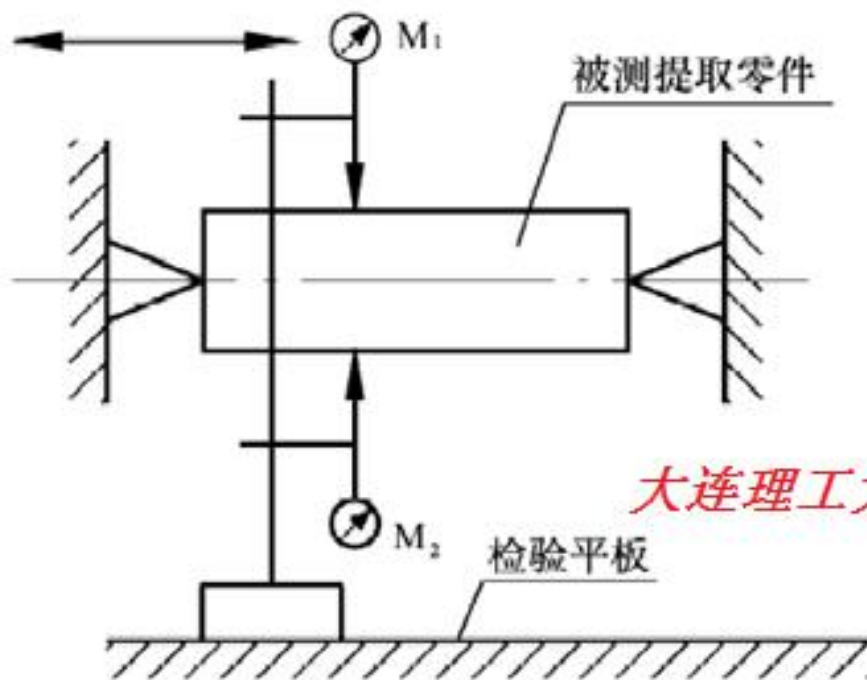


(b)测量过程

实训 2 直线度测量

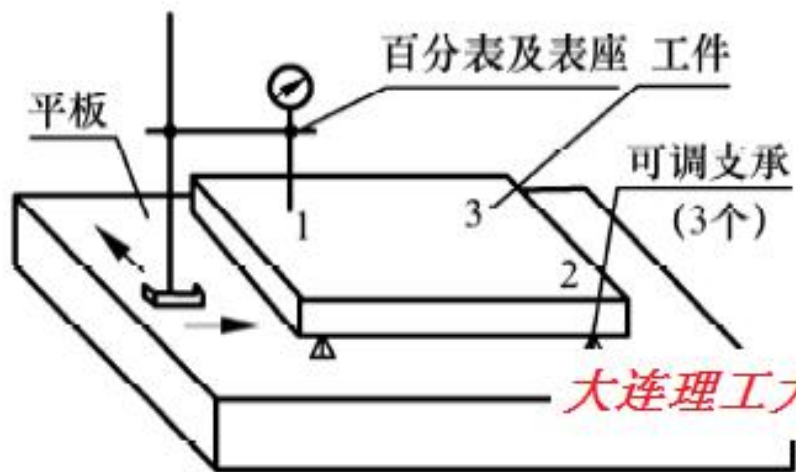
2

轴截面法测量直线度



技能训练

实训 3 三点法测量平面度



技能训练

实训 4 测量圆度

1 二点法测量圆度



大连理工大学出版社



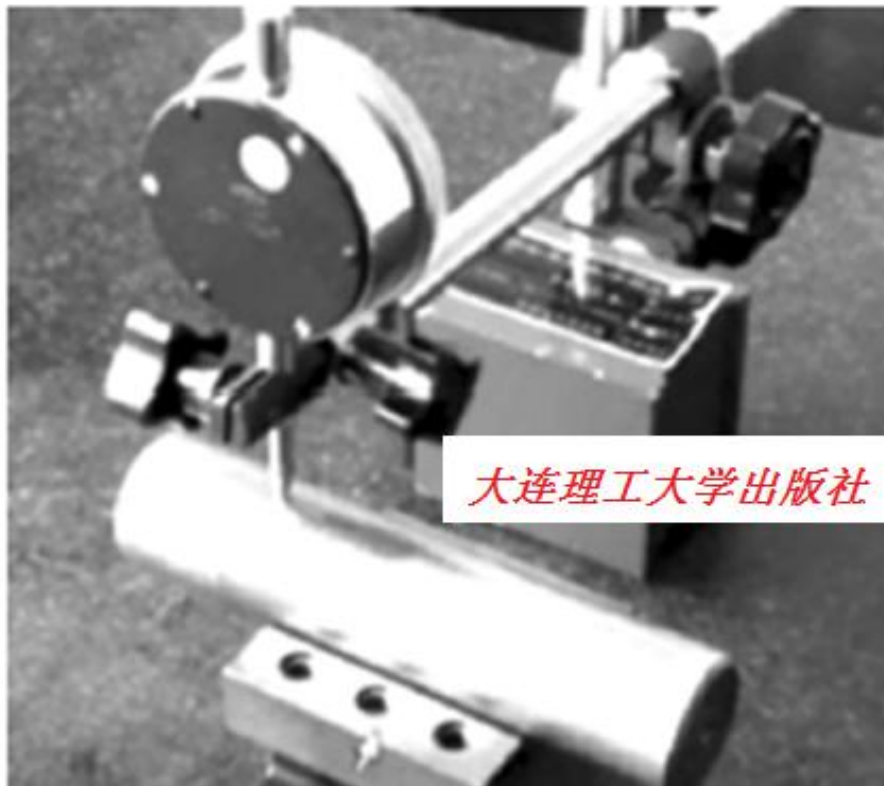
大连理工大学出版社



实训 4 测量圆度

2

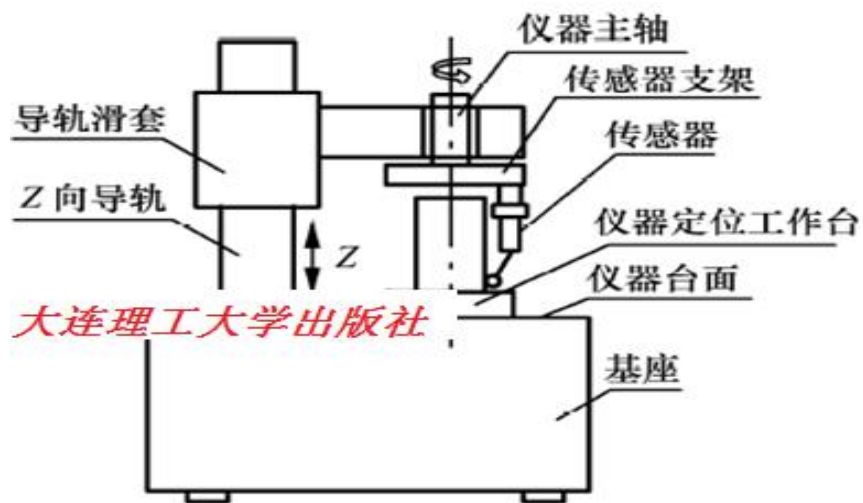
三点法测量圆度



实训 4 测量圆度

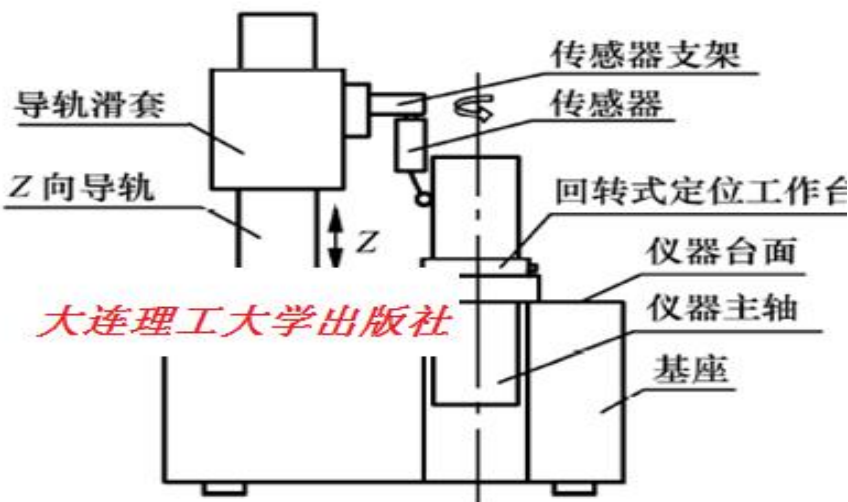
3 圆度测量仪测量圆度

(1) 转轴式圆度测量仪



(a) 转轴式圆度测量仪

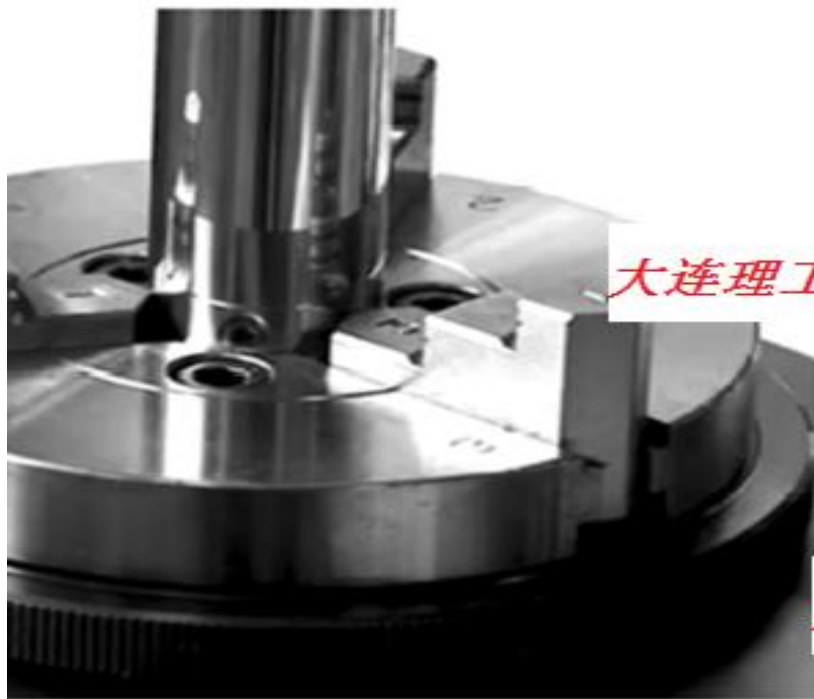
(2) 转台式圆度测量仪



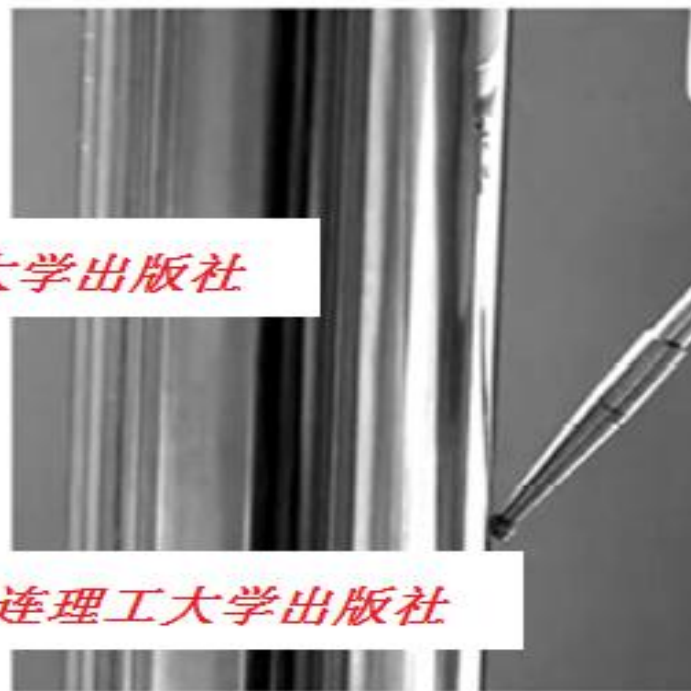
(b) 转台式圆度测量仪

实训 4 测量圆度

3 圆度测量仪测量圆度



大连理工大学出版社

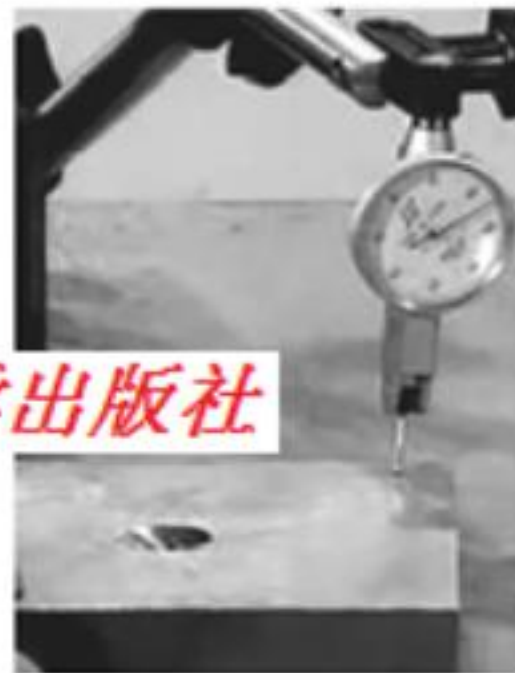
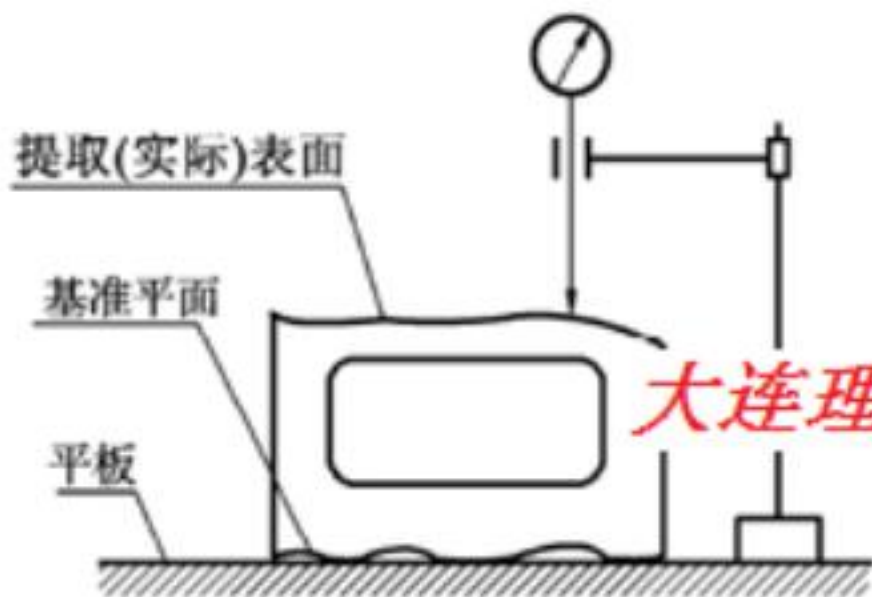


大连理工大学出版社



实训 5 指示表法测量平行度

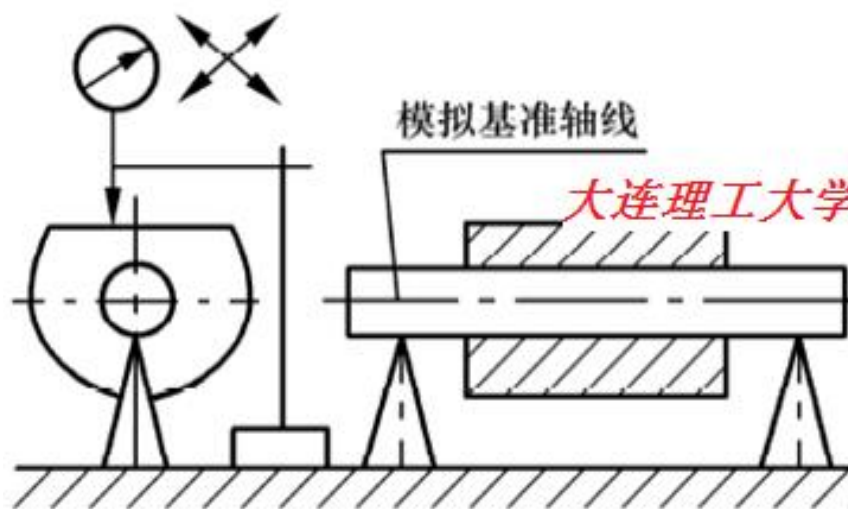
1 测量面对面的平行度



技能训练

实训 5 指示表法测量平行度

2 测量面对线的平行度

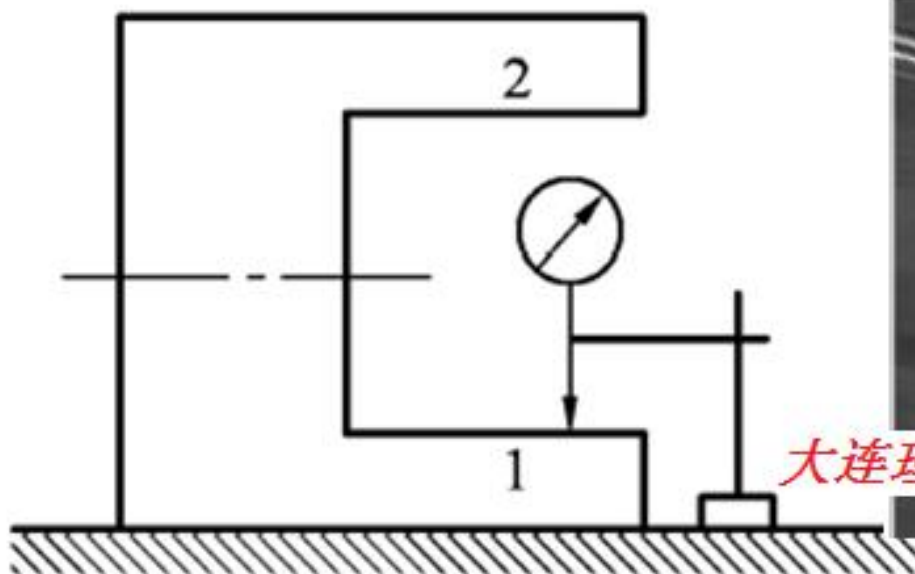


技能训练

实训 6 指示表法测量对称度

1

测量面对称度



大连理工大学出版社



大连理工大学出版社

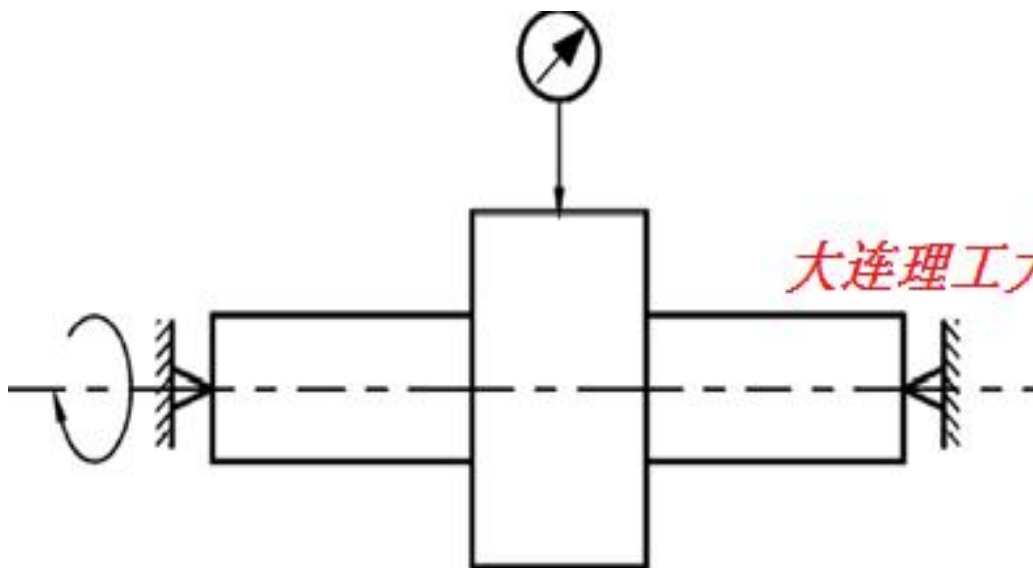


技能训练

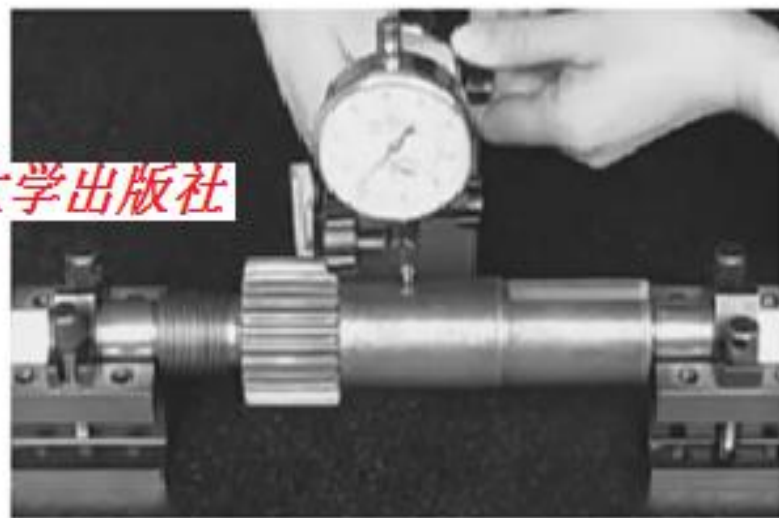
实训 7 指示表法测量跳动误差

1

测量径向圆跳动



大连理工大学出版社



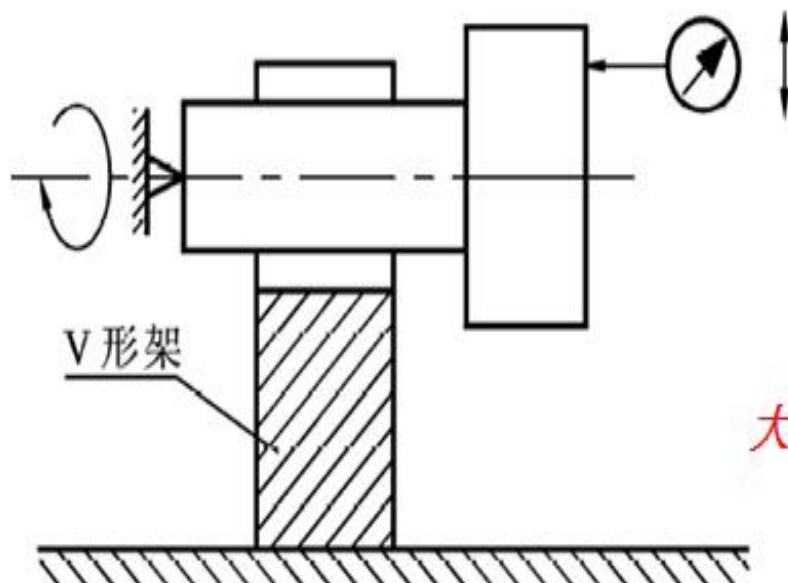
大连理工大学出版社



实训 7 指示表法测量跳动误差

2

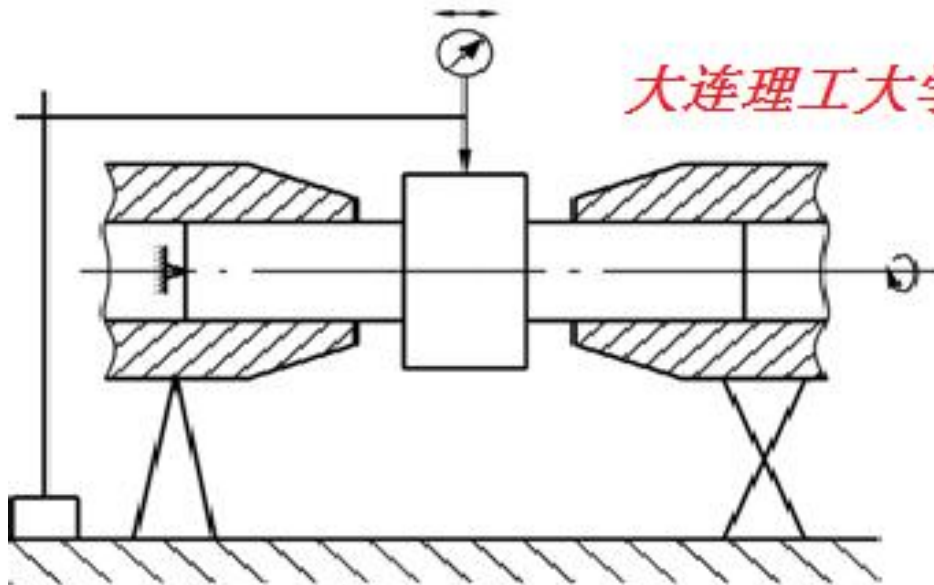
测量端面圆跳动



大连理工大学出版社

实训 7 指示表法测量跳动误差

3 径向全跳动误差的检测

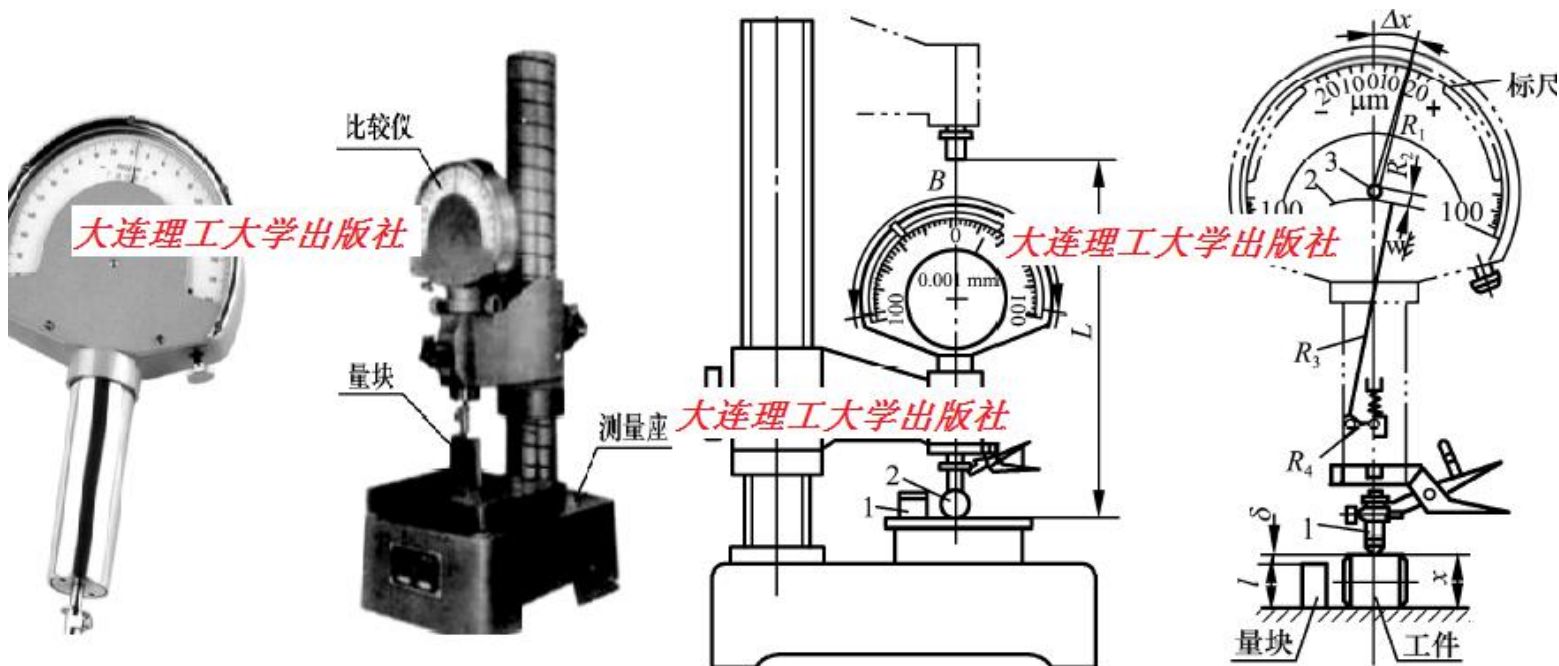


实训 8 齿轮比较仪测量圆跳动

1 杠杆齿轮比较仪的组成及原理

杠杆齿轮比较仪通过测量杆的上下变化带动杠杆齿轮转动，从而转换为指针的角位移。可分为

0.0005 mm、0.001 mm 和 0.002 mm 三种。



技能训练

实训 8 齿轮比较仪测量圆跳动

2 杠杆齿轮比较仪的测量方法



实训 8 齿轮比较仪测量圆跳动

3

扭簧比较仪

扭簧比较仪利用扭簧作为传动放大机构，将测量杆的直线位移转变为指针的角位移。

