



全国机械类职业岗位
技能培训系列教材

数控车床操作工 基本技能

郎一民 主编

与生产岗位对接
提升技能



全国机械类职业岗位技能培训系列教材

数控车床操作工

基本技能

主编 郎一民

参编 马红军 李 林 赵冬辉

主审



机械工业出版社

本书是根据国家职业鉴定数控车工中级标准的技能要求、以实际训练为主要形式进行编写的,内容以国内主流 FANUC 0i 系统的编程理论基础及实践操作加工为主。全书分基础篇和实践篇,共十五个单元。基础篇主要介绍机械识图与测量基础、数控车削加工基础、零件尺寸精度检测、数控车床及加工工艺、数控车削编程基础子程序与车削固定循环、复合切削循环及应用等内容;实践篇内容包括数控车床操作、典型实例应用,从相关知识、编程技巧、工艺分析、相关计算、加工路线、刀具选择、切削用量、参考程序到机床常见故障处理等都作了详细讲解。单元后有单元小结和思考练习题,以便于教学与自学。

本书可作为职业学校和同等层次的中级数控车工培训教材,也可作为从事数控车床工作相关人员的实训参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

数控车床操作工基本技能/郎一民主编. —北京:机械工业出版社, 2012. 2

全国机械类职业岗位技能培训系列教材

ISBN 978-7-111-37342-1

I. ①数… II. ①郎… III. ①数控机床: 车床—车削—技术培训—教材 IV. ①TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 015902 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 汪光灿 责任编辑: 汪光灿 王亚明

版式设计: 霍永明 责任校对: 张媛

封面设计: 赵颖喆 责任印制: 乔宇

北京机工印刷厂印刷 (三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2012 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 13.5 印张 · 329 千字

0 001—3 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-37342-1

定价: 29.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010) 88379649

读者购书热线: (010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前

言

目前,随着现代工业的不断快速发展,市场急需大量掌握数控加工技术的应用型人才。为满足广大青年学习数控加工技术、掌握数控车床操作技能,特别是为了满足以社会力量办学的单位和农村举办短期职业培训班的需求,依据国家中级职业资格鉴定标准,我们以实用、够用为原则,以突出职业技术应用型人才的培养为目的,编写了这套浅显易懂、图文并茂的培训教材。

本书选用了国内企业主流的 FANUC Oi 数控系统,从数控车床加工的实际要求出发,以职业活动为导向,以指导职业技能为中心,以数控加工实际操作为出发点,将机械加工的基础理论知识、数控车削工艺、数控编程与机床操作有机结合,联系实际典型工件,从相关知识、工艺分析、加工参数、编程计算、注意事项等几个方面作了细致的讲解,并且编程的程序段配以简明文字说明,步骤清晰明了,可使读者对每个实例的操作全过程一目了然,便于教学和自学。在内容的选取上,本书克服了传统培训教材中理论内容偏深、偏难、偏多、抽象的弊端,突出结合实际的特点,既可满足学员对中级数控车削加工技能的掌握,又可应对国家中级职业资格鉴定考试。

本书包括基础篇和实践篇两部分,在内容的组织上突出针对性、可操作性和实用性的特点,力求把传授知识和培养技能有机地结合起来,采取循序渐进的原则,突出实践,接近生产,如单件生产与批量生产在程序编制上的差异。单元后附有本单元小结及少量的思考练习题,以供广大学员学习时参考。

本书由郎一民主编,编写了单元一~单元九,并做了统稿工作;单元十~单元十二由马红军、李林编写;单元十三~单元十五由赵冬辉、李又李编写;全书由肖鹏主审。

由于编写时间仓促,书中难免有一些错误或疏漏之处,望各位读者批评指正。

编 者

前言

上篇 基础篇

单元一 机械识图与测量基础	2	思考练习题	44
第一节 常见零件图尺寸的标注	2	单元四 数控车床及加工工艺	45
第二节 极限与配合的基本概念及其标注	6	第一节 数控车床基本知识	45
第三节 常见零件图几何公差的标注	8	第二节 数控车削加工工艺	49
第四节 常见零件图表面粗糙度的标注	10	第三节 数控车削工艺分析实例	57
第五节 零件图识读基础	13	本单元小结	60
第六节 轴类零件图的识读	16	思考练习题	61
本单元小结	18	单元五 数控车削编程基础	63
思考练习题	18	第一节 数控编程概述	63
单元二 数控车削加工基础	20	第二节 数控车床的坐标系统	67
第一节 常用数控车削刀具	20	第三节 数控系统准备功能	70
第二节 机械工程材料	23	第四节 常用数控基本编程指令	72
第三节 钢的热处理	27	第五节 数控车床坐标系指令	76
本单元小结	29	第六节 刀具补偿功能指令	78
思考练习题	30	本单元小结	81
单元三 零件尺寸精度检测	31	思考练习题	83
第一节 游标卡尺的结构、读法及使用	31	单元六 子程序与车削固定循环	84
第二节 千分尺的结构及使用	36	第一节 子程序	84
第三节 百分表与游标万能角度尺的使用	39	第二节 简单固定切削循环	88
第四节 圆锥环规与圆锥塞规的使用	41	第三节 螺纹简单固定切削循环	93
第五节 环规和塞规的使用	42	本单元小结	98
本单元小结	43	思考练习题	99
		单元七 复合切削循环及应用	101
		第一节 内、外圆粗、精车复合切削循环	101
		第二节 端面与内腔粗、精车复合切削循环	105
		第三节 封闭轮廓粗、精车复合切	

削循环·····	108	第五节 螺纹复合切削循环·····	114
第四节 外圆槽、端面槽（钻孔）		本单元小结·····	116
复合切削循环·····	111	思考练习题·····	117

下篇 实 践 篇

单元八 数控车床的基本操作·····	120	思考练习题·····	162
第一节 FANUC 数控系统编辑面		单元十二 螺纹类零件的编程与训	
板的基本操作·····	120	练·····	164
第二节 FANUC 数控系统控制面		第一节 普通外螺纹零件·····	164
板的基本操作·····	122	第二节 梯形螺纹零件·····	169
第三节 FANUC 系统数控车床的		思考练习题·····	171
对刀操作·····	131	单元十三 中等复杂零件类编程与	
思考练习题·····	138	训练·····	173
单元九 外圆柱、台阶与外圆锥面		第一节 复杂圆弧外成形面零件·····	173
类零件的编程与训练·····	140	第二节 梯形槽外成形面零件·····	176
第一节 外圆柱、台阶零件·····	140	思考练习题·····	180
第二节 外圆锥面零件·····	143	单元十四 内、外腔类零件的编程	
思考练习题·····	148	与训练·····	182
单元十 切断与槽类零件的编程与		第一节 内腔零件·····	182
训练·····	149	第二节 内、外腔零件·····	185
第一节 切断与径向槽零件·····	149	第三节 简单组合零件·····	188
第二节 端面槽零件·····	155	思考练习题·····	192
思考练习题·····	156	单元十五 数控车床常见故障处理	
单元十一 外圆弧类零件的编程与		与国家职业标准·····	194
训练·····	157	第一节 数控车床常见故障处理·····	194
第一节 简单外圆弧零件·····	157	第二节 数控车工国家职业标准·····	198
第二节 复杂外圆弧零件·····	161	参考文献·····	208

上篇 基础篇

1

单元一

机械识图与测量基础



学习目标

掌握常见数控车削零件结构形状的表达方法、零件图的尺寸标注、轴类零件配合与公差
的标注、几何公差与表面粗糙度的标注及零件图的识读。

第一节 常见零件图尺寸的标注

零件图上的尺寸是零件图的重要内容之一，是零件加工制造的主要依据。标注尺寸时除了应满足正确、齐全、清晰的要求外，还应满足尺寸标注较为合理的要求。尺寸标注合理是指所标注的尺寸既满足设计要求，又满足加工、测量和检验等工艺要求。为了做到尺寸标注合理，必须对零件进行结构分析、形状分析和工艺分析，据此确定尺寸基准，选择合理的标注形式，结合零件的具体情况标注尺寸。

一、零件图的尺寸标注

1. 尺寸基准及其分类

尺寸基准指标注尺寸的起点，是确定零件上几何元素位置的一些点、线、面。在零件设计和生产实践中，尺寸基准按作用可以分成设计基准和工艺基准。

(1) 设计基准 根据零件的构造特点及对零件的设计要求，用以确定零件在机械中位置的一些点、线、面，称为设计基准。如图 1-1 所示，依据轴线及右轴肩确定齿轮轴在机械中的位置尺寸“A”，因此该轴线和右轴肩端面分别为齿轮轴的径向和轴向设计基准。

(2) 工艺基准 根据零件加工制造、测量和检测等工艺要求选定的一些点、线、面，称为工艺基准。图 1-2 所示的齿轮轴，加工、测量时是以轴线和左右端面分别作为径向和轴向基准，因此该零件的轴线和左右端面为工艺基准。在标注尺寸时，最好把设计基准和工艺基准统一起来。这样可以同时满足设计要求和工艺要求。

2. 尺寸基准的选择

可作为设计基准或工艺基准的点、线、面主要有：球心，回转面的素线、轴线、对称中



心线, 对称中心平面、主要加工面、接合面、底平面、端面、轴肩端面等。应根据零件的设计要求和工艺要求, 结合零件的实际情况恰当选择尺寸基准。

从设计基准出发标注尺寸, 能反映设计要求, 保证零件在机械中的工作性能; 从工艺基准出发标注尺寸, 应尽可能把零件尺寸标注与设计基准和工艺基准统一起来, 从而可保证工艺要求、方便加工和测量。如图 1-1 和图 1-2 中的齿轮轴轴线既是径向设计基准, 也是径向工艺基准, 即工艺基准与设计基准是重合的。这样既能满足设计要求, 又能满足工艺要求。一般情况下, 工艺基准与设计基准是可以做到统一的。当两者不能统一起来时, 要按设计要求标注尺寸, 在满足设计要求的前提下, 力求满足工艺要求。

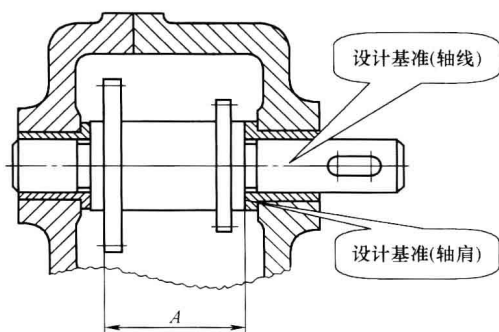


图 1-1 设计基准

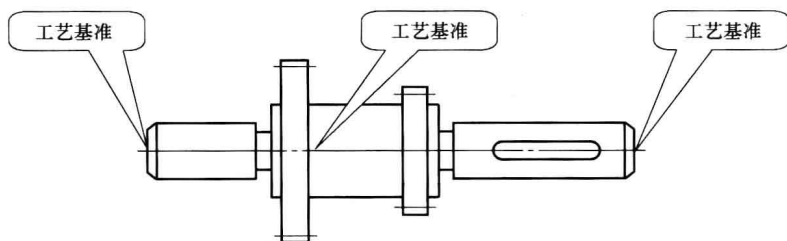


图 1-2 工艺基准

二、尺寸标注的基本原则

(1) 重要的尺寸一定要单独注出

(2) 避免出现封闭尺寸链 封闭尺寸链是指一个零件同一方向上的尺寸像链条一样, 一环扣一环首尾相连, 成为封闭状态。如图 1-3 所示, 各分段尺寸与总体尺寸间形成封闭的尺寸链。在机械加工中这是不允许的, 因为各段尺寸不可能加工得绝对准确, 总有一定的尺寸误差, 而各段尺寸误差之和不可能正好等于总体尺寸的误差。因此, 在标注尺寸时, 应将次要的轴段尺寸空出不标注 (称为开口环), 如图 1-4a 所示。这样, 其他各段加工的误差都积累至这个不要求检验的尺寸上, 而全长及主要轴段的尺寸则因此得到保证。如需标注开口环的尺寸时, 可将其标注成参考尺寸, 如图 1-4b 所示。

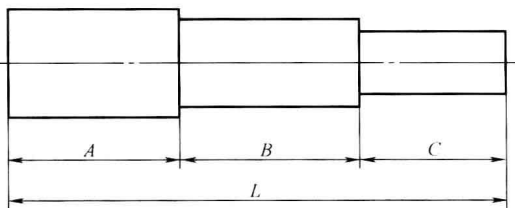


图 1-3 封闭尺寸链

(3) 考虑零件加工、测量和制造的要求

1) 考虑方便看图。不同加工方法所用的尺寸应分开标注。如图 1-5 所示, 将车削尺寸标在上方, 铣削尺寸标在下方。另外, 若有几个平行尺寸, 应使小尺寸在内, 大尺寸在外。

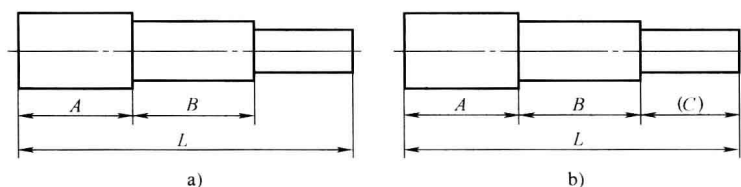


图 1-4 开口环的尺寸标注

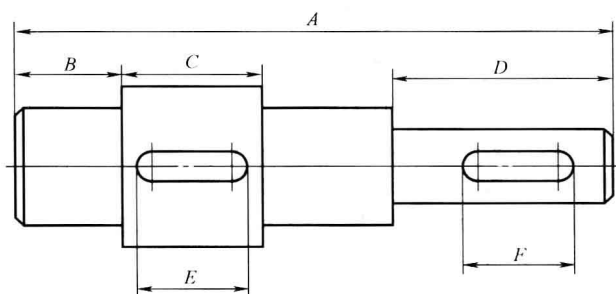


图 1-5 不同加工方法所用的尺寸应分开标注

2) 考虑方便测量。尺寸标注有多种方案,但要注意所标注的尺寸是否便于测量。如图 1-6 所示,两种不同的尺寸标注方案中,不便于测量的标注方案是不合理的。

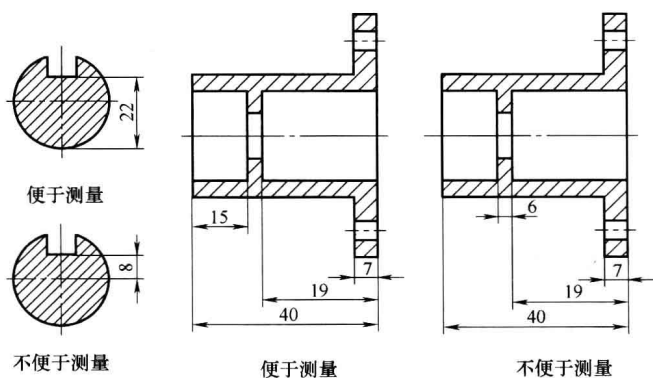


图 1-6 考虑方便测量

3) 考虑方便加工。两端加工的零件在尺寸标注时,应以两端为基准向中间标注。图 1-7 所示为不合理的尺寸标注方式,图 1-8 所示为合理的尺寸标注方式。图 1-8 所示的尺寸标注方式符合加工顺序,每一加工工序均可由图中直接看出所需尺寸。

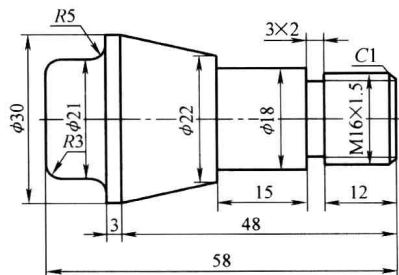


图 1-7 不合理的尺寸标注方式

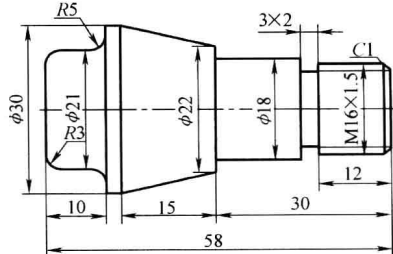


图 1-8 合理的尺寸标注方式



三、常见零件结构的尺寸标注

1. 倒角尺寸标注

45°倒角用 C 表示, C 后的数字表示倒角的大小, 按图 1-9a 所示的标注形式标注。非 45°倒角按图 1-9b 所示的标注形式标注。

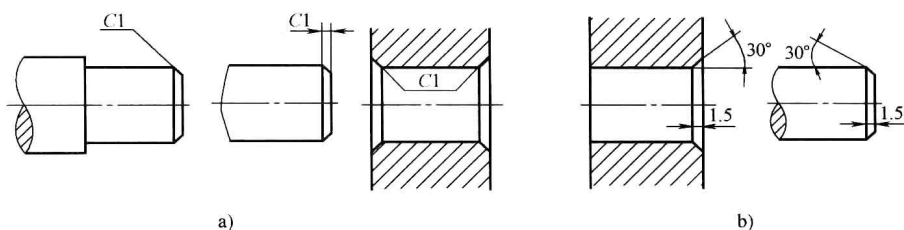


图 1-9 倒角尺寸标注

a) 45°倒角的标注形式 b) 非 45°倒角的标注形式

2. 圆角尺寸标注

圆角尺寸标注如图 1-10 所示。

3. 斜度和锥度尺寸标注

锥度尺寸标注示例如图 1-11 所示。斜度尺寸标注示例如图 1-12 所示。表示锥度、斜度的符号方向应与锥度、斜度的方向一致。

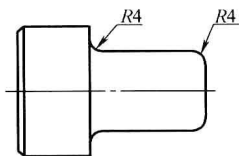


图 1-10 圆角尺寸标注

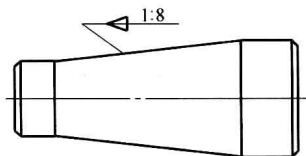


图 1-11 锥度尺寸标注示例

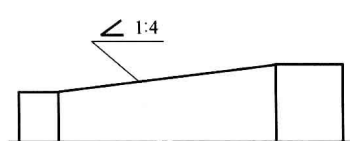


图 1-12 斜度尺寸标注示例

4. 退刀槽及砂轮越程槽尺寸标注

一般退刀槽的尺寸, 可按“槽宽×直径”或“槽宽×槽深”的形式标出, 如图 1-13 所示。

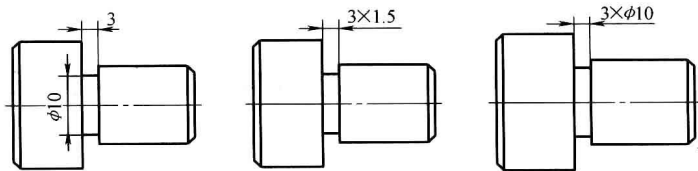


图 1-13 退刀槽及砂轮越程槽尺寸标注

5. 螺纹孔的标注方法

螺纹孔的标注方法如图 1-14、图 1-15 所示。

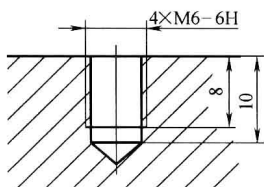


图 1-14 螺孔普通标注

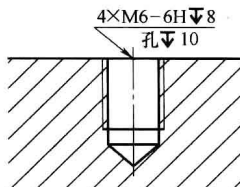


图 1-15 螺孔简化标注

6. 销孔标注方法

销孔标注方法如图 1-16 所示。

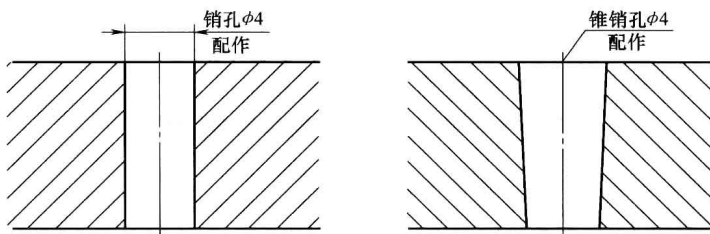


图 1-16 销孔标注

四、尺寸标注常用的符号和缩写词

尺寸标注常用的符号和缩写词见表 1-1。

表 1-1 尺寸标注常用的符号和缩写词

名 称	符号或缩写词	名 称	符号或缩写词
直径	ϕ	45°倒角	C
半径	R	深度	∇
球直径	S ϕ	沉孔或铰平	┐
球半径	SR	埋头孔	∨
厚度	t	均布	EQS
正方形	□		

第二节 极限与配合的基本概念及其标注

一、基本概念

如图 1-17 所示，极限与配合的基本概念如下。

- (1) 公称尺寸 设计给定的尺寸 $\phi 30\text{mm}$ 。
- (2) 实际尺寸 实际测量所得的尺寸。



(3) 极限尺寸 允许尺寸变动的两个极限值,分为上极限尺寸 ($30\text{mm} + 0.01\text{mm} = 30.01\text{mm}$) 和下极限尺寸 ($30\text{mm} - 0.01\text{mm} = 29.99\text{mm}$)。

(4) 极限偏差 极限尺寸减公称尺寸所得的代数差。孔的上极限偏差与下极限偏差分别用 ES 和 EI 表示,轴的上极限偏差与下极限偏差分别用 es 和 ei 表示。极限偏差可以是正值、负值或零。

图 1-17 中,极限偏差分别如下。

上极限偏差 ES: $30.01\text{mm} - 30\text{mm} = +0.01\text{mm}$

下极限偏差 EI: $29.99\text{mm} - 30\text{mm} = -0.01\text{mm}$

(5) 公差 允许尺寸的变动量。其值为上极限尺寸减下极限尺寸之差,也等于上极限偏差减下极限偏差之差。公差是一个没有符号的绝对值。

图 1-17 中的公差值为 $|30.01 - 29.99| = 0.02$ 或 $|0.01 - (-0.01)| = 0.02$ 。

(6) 标准公差 国标中规定的确定公差带大小的任一公差。标准公差等级分为 18 级,即 IT1 ~ IT18,尺寸精度依次降低。

(7) 基本偏差 用以确定公差带相对零线位置的那个极限偏差。基本偏差代号用拉丁字母表示,大写字母表示孔,小写字母表示轴,各有 28 个。

(8) 配合 公称尺寸相同、相互结合的孔和轴公差带之间的关系。根据相互结合的孔、轴公差带相对位置关系的不同,配合可分为间隙配合、过盈配合、过渡配合三种。

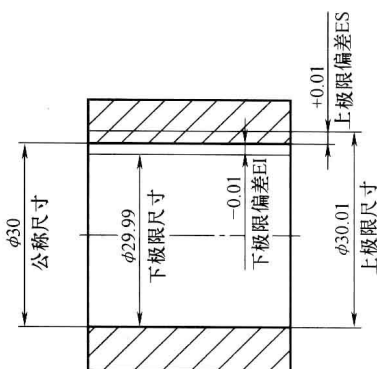


图 1-17 孔尺寸公差示意图

二、极限与配合在零件图上的标注

极限与配合有三种标注形式。图 1-18a 所示标注形式标注出了基本偏差代号和公差等级,用于成批生产的零件图上;图 1-18b 所示标注形式用于中小批量生产的零件图,一般可只标注极限偏差,上极限偏差注在右上方,下极限偏差应与公称尺寸注在同一底线上;图 1-18c 所示标注形式用于生产批量不定的零件图,基本偏差代号和极限偏差值同时标注,极限偏差值加上括号。

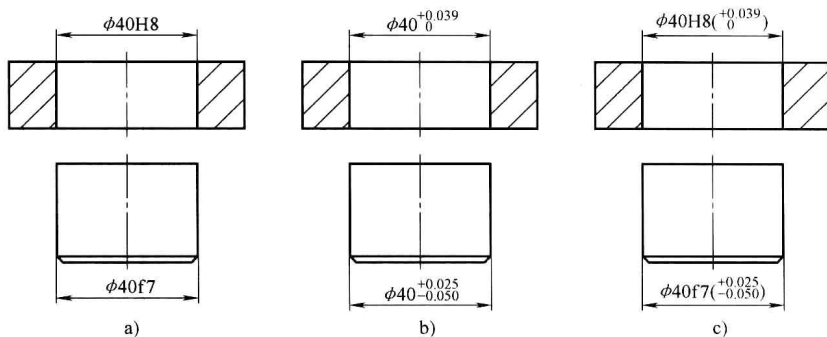


图 1-18 极限与配合的三种标注形式



第三节 常见零件图几何公差标注

一、几何公差的标注及代号

零件图几何公差是以几何公差代号来表达的。它主要包括：公差框格、指引线、几何公差值、几何特征符号、基准字母等，如图 1-19 所示。

公差框格内的字高与图样中的尺寸数字等高。基准符号由基准字母、方格、等边黑三角和连线组成，如图 1-20 所示。几何特征符号见表 1-2。

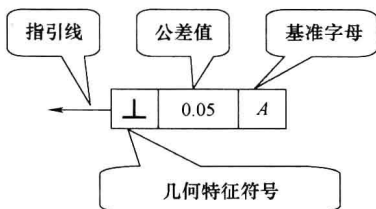


图 1-19 几何公差代号



图 1-20 基准符号

表 1-2 几何特征符号

公差类型	几何特征	符 号	有无基准
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
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



(续)

公差类型	几何特征	符 号	有无基准
位置公差	位置度		有或无
	同心度 (用于中心点)		有
	同轴度 (用于轴线)		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

二、几何公差代号在零件图上的标注

1) 当公差涉及轮廓或表面时，将箭头置于要素的轮廓线或轮廓线的延长线上，如图 1-21 所示。

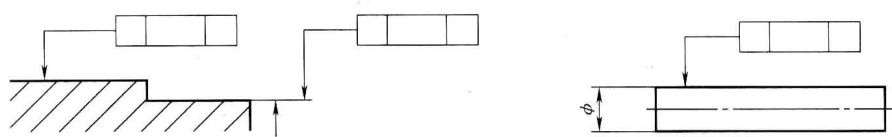


图 1-21 当公差涉及轮廓或表面时几何公差代号的标注

2) 被测要素是轴线、对称中心平面或球心时，指引箭头应与尺寸线对齐，如图 1-22 所示。

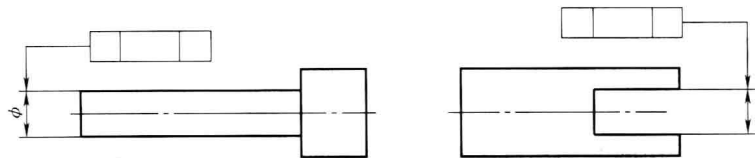


图 1-22 被测要素是轴线、对称平面或球心时几何公差代号的标注

3) 当基准要素是轮廓线或表面时，放在基准要素的外轮廓或它的延长线上（应与尺寸线明显错开），如图 1-23 所示。

4) 当被测要素为圆锥体轴线时，指引箭头应与圆锥体直径尺寸线（大端或小端）对齐，如图 1-24 所示。



5) 当基准要素是轴线或中心平面或中心点时, 则基准符号中的线与尺寸线一致, 如图 1-25 所示。如尺寸线间安排不下两个箭头, 则另一个箭头可用基准三角形替代。

6) 对于由两个或两个以上要素组成的公共基准, 如公共轴线、公共中心平面, 其基准字母应用横线连起来, 并写在公差框格的同一格内, 如图 1-26 所示。

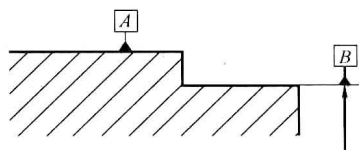


图 1-23 基准要素的图样标注

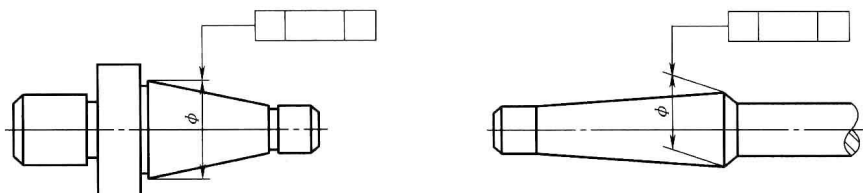


图 1-24 被测要素为圆锥体轴线时几何公差代号的标注



图 1-25 基准要素的图样标注

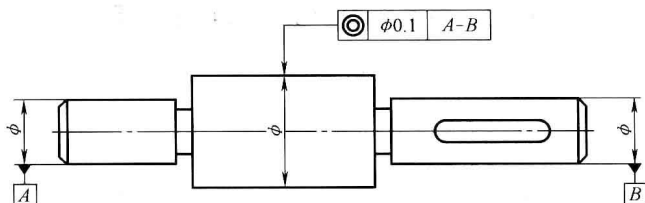


图 1-26 基准要素的图样标注

第四节 常见零件图表面粗糙度的标注

一、表面粗糙度

1. 表面粗糙度的概念

零件加工时, 由于切削变形和机床振动等因素的影响, 零件的实际加工表面上存在着微观的高低不平。表面粗糙度是指零件加工表面具有较小间距的峰和谷的微观几何形状特征。

表面粗糙度对零件的配合性质、疲劳强度、抗腐蚀性、密封性等影响较大。

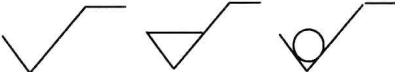
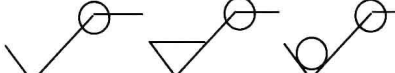
2. 表面粗糙度的评定参数

零件图上表面粗糙度的评定参数常采用轮廓的算术平均偏差 Ra 来表示。 Ra 值越大, 表面越粗糙; Ra 值越小, 表面越光滑。

3. 表面粗糙度的标注方法

表面粗糙度的图形符号及意义见表 1-3。

表 1-3 表面粗糙度的图形符号及意义

符 号	说 明
	基本符号，表示工件表面可用任何方法获得。当不加注粗糙度参数值或有关说明时，仅适用于简化代号标注
	基本符号上加一短线，表示表面是用去除材料的方法获得，例如车、铣、钻、磨、剪切、抛光、腐蚀、电火花加工、气割等
	基本符号上加一小圆，表示表面是不去除材料的方法获得，例如铸、锻、冲压变形、热轧、冷轧、粉末冶金等
	在上述三个符号的长边上均可加一横线，用于标注有关参数和说明
	在上述三个符号上均可加一个小圆，用以表示所有表面具有相同的表面粗糙度要求

4. 表面粗糙度的图形代号及画法

GB/T 131—2006《产品几何技术规范（GPS） 技术产品文件中表面结构的表示法》规定，表面粗糙度的完整图形符号是由规定的图形符号和有关的参数值所组成。

表面粗糙度图形符号的画法如图 1-27 所示。图形符号和附加标注的尺寸见表 1-4。

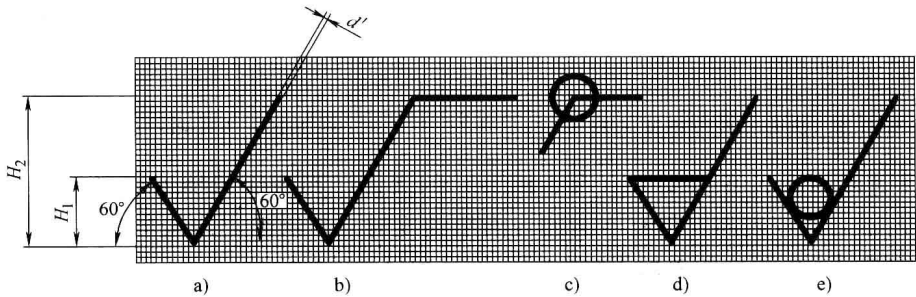


图 1-27 表面粗糙度符号

表 1-4 图形符号的尺寸 (单位：mm)

数字和字母高度 h (见 GB/T 14690)	2.5	3.5	5	7	10	14	20
符号线宽 d'	0.25	0.35	0.5	0.7	1	1.4	2
字母线宽 d							
高度 H_1	3.5	5	7	10	14	20	28
高度 H_2 (最小值) ^①	7.5	10.5	15	21	30	42	60

① H_2 取决于标注内容。

5. 表面粗糙度的选择

选择表面粗糙度时一般应遵从以下原则。