

全国中等职业技术学校电工类专业

QUANGUO ZHONGDENG ZHIYE JISHU XUEXIAO DIANGONGLEI ZHUANYE

# 机械知识课 教学参考书

与《机械知识（第四版）》配套



中国劳动社会保障出版社

全国中等职业技术学校电工类专业

# 机械知识课 教学参考书

与《机械知识（第四版）》配套

中国劳动社会保障出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

机械知识课教学参考书/王玉林主编. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2007

ISBN 978-7-5045-6457-3

I. 机… II. 王… III. 机械学-专业学校-教学参考资料  
IV. TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 121198 号

## 中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出 版 人: 张梦欣

\*

北京隆昌伟业印刷有限公司印刷装订 新华书店经销  
850 毫米×1168 毫米 32 开本 4.875 印张 122 千字

2008 年 2 月第 1 版 2008 年 2 月第 1 次印刷

定价: 12.00 元 (本书附光盘)

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64954652

# 目 录

|     |           |        |
|-----|-----------|--------|
| 第一章 | 极限与配合     | ( 1 )  |
| I   | 概述        | ( 1 )  |
| II  | 内容分析与教学建议 | ( 3 )  |
| III | 参考资料      | ( 13 ) |
| 第二章 | 带传动与链传动   | ( 18 ) |
| I   | 概述        | ( 18 ) |
| II  | 内容分析与教学建议 | ( 19 ) |
| III | 参考资料      | ( 25 ) |
| 第三章 | 渐开线齿轮传动   | ( 29 ) |
| I   | 概述        | ( 29 ) |
| II  | 内容分析与教学建议 | ( 31 ) |
| III | 参考资料      | ( 38 ) |
| 第四章 | 定轴轮系      | ( 43 ) |
| I   | 概述        | ( 43 ) |
| II  | 内容分析与教学建议 | ( 44 ) |
| III | 参考资料      | ( 48 ) |
| 第五章 | 常用机构      | ( 50 ) |
| I   | 概述        | ( 50 ) |
| II  | 内容分析与教学建议 | ( 51 ) |

|     |           |         |
|-----|-----------|---------|
| III | 参考资料      | ( 59 )  |
| 第六章 | 轴承        | ( 63 )  |
| I   | 概述        | ( 63 )  |
| II  | 内容分析与教学建议 | ( 64 )  |
| III | 参考资料      | ( 70 )  |
| 第七章 | 联接        | ( 75 )  |
| I   | 概述        | ( 75 )  |
| II  | 内容分析与教学建议 | ( 76 )  |
| III | 参考资料      | ( 82 )  |
| 第八章 | 液压与气动基础   | ( 88 )  |
| I   | 概述        | ( 88 )  |
| II  | 内容分析与教学建议 | ( 90 )  |
| III | 参考资料      | ( 101 ) |
|     | 习题册答案     | ( 114 ) |

# 第一章 极限与配合

## I 概 述

### 一、教学目的和要求

1. 了解互换性的概念及互换性在机械制造中的重要作用，了解互换性的分类。
2. 理解极限与配合的概念，掌握有关术语、定义、标准的基本构成，学会有关表格的查阅方法。
3. 理解形状和位置公差（简称形位公差）、表面粗糙度的基本术语、定义，了解有关国家规定。

### 二、教材分析与说明

本章分为四部分：互换性概念、极限与配合、形状和位置公差概述、表面粗糙度概述。本章的重点是极限与配合的基本术语和国家标准的构成。

#### 1. 互换性概念

§ 1—1 讲解了互换性的条件，在叙述互换性的种类时，按互换范围不同把互换性分为完全互换性和不完全互换性，同时还讲解了互换性的重要性及实现互换性的基本条件。本节的教学重点是互换性定义及互换性的意义。

#### 2. 极限与配合

§ 1—2，§ 1—3 是本章的重点，介绍了极限与配合的基本

术语和定义、极限与配合国家标准的基本规定、极限与配合的标注、线性尺寸的一般公差四个方面的内容。

(1) 极限与配合基本术语和定义。§1—2 介绍了尺寸的有关术语和定义、偏差与公差的有关术语和定义、配合的有关术语和定义。这些术语及定义是构成极限与配合标准的基础，是极限与配合方面的技术语言，是学生学习和掌握极限与配合国家标准必备的基础知识。所有术语及定义均是本节的重点。

(2) 极限与配合国家标准的基本规定。§1—3 包括标准公差、基本偏差与配合三个方面的内容。

对于标准公差的介绍，教材从决定标准公差数值大小的两个因素（公差等级和基本尺寸）入手，讲述了公差等级及其分级和基本尺寸分段。由于要求学生查标准公差即可，所以教材直接列出了标准公差数值表（见教材表 1—5），这是教材中的重要表格。

在基本偏差部分，教材介绍了什么是基本偏差和国家标准对孔、轴所规定的 28 种基本偏差代号。在公差带部分，列出了优先、常用和一般用途的公差带。在极限偏差表部分，教材主要叙述查表的步骤以及举例说明如何查极限偏差表。

在配合部分，教材介绍了国家规定的两种制度（基孔制和基轴制）。教材中的插图便于学生理解和掌握基孔制和基轴制的定义以及对基孔制和基轴制的规定。本节的重点是标准公差、基本偏差、基准制的定义和标准公差数值表、极限偏差数值表的使用方法。

(3) 极限与配合的标注。本部分主要介绍了尺寸公差在零件图上的标注方法、配合在图样上的标注方法。

(4) 线性尺寸的一般公差。本部分在介绍了线性尺寸的一般公差定义后，接着叙述了为什么会出现线性尺寸的极限偏差数值表，重点是线性尺寸的极限偏差数值的确定。

### 3. 形状和位置公差概述

§1—4 包括零件的几何要素、形位公差的概念和项目、形位公差的标注方法和形位公差识读四个方面的内容。

对于零件的几何要素,教材从介绍各种要素入手,并通过具体图例对各要素作了解释,增强了教学的直观性,易于学生理解接受。

对于形位公差的标注方法,教材讲述了形位公差框格和基准符号的标注,并通过例题简单讲述了识读的方法,重点是形状和位置公差的定义、项目、符号及标注、识读一般的零件图。

#### 4. 表面粗糙度概述

§1—5 包括表面粗糙度基本术语、表面粗糙度的评定参数和表面粗糙度代号及其标注三个方面的内容。教材首先介绍了表面粗糙度对机械零件使用性能的影响;然后介绍了主要术语及定义、主要评定参数。对于表面粗糙度代号,教材通过表1—12讲述了各项具体标注所表示的意义。对于表面粗糙度在图样上的标注方法,教材通过图1—26进行了介绍。

### 三、课时分配建议

|                     |      |
|---------------------|------|
| §1—1 互换性概念          | 1 学时 |
| §1—2 极限与配合基本术语、定义   | 3 学时 |
| §1—3 极限与配合国家标准的基本规定 | 4 学时 |
| §1—4 形状和位置公差概述      | 2 学时 |
| §1—5 表面粗糙度概述        | 2 学时 |

## II 内容分析与教学建议

### §1—1 互换性概念

1. 在讲解机械制造工业中互换性的定义时,要注意强调

“不需经任何挑选、调整和修配”，这是保证互换性的前提。可举例说明，如机械结构、电器产品或日常生活中的实例。

2. 互换性分为完全互换性和不完全互换性两种形式，是按照装配前、装配中和装配后三个阶段的要求不同而划分的。完全互换性又称为绝对互换性，所谓“绝对”就是指零件在装配前、装配时不需挑选、调整和修配，装配后能满足预定的技术要求；而不完全互换性又称为有限互换性，所谓“有限”就是指“有条件的”，此条件指装配前允许有附加的选择，装配时允许有附加的调整但不允许修配。

3. 互换性的重要性主要从设计、生产制造和使用维修三个方面入手，适当举一些学生易于理解的实例进行讲解。正是由于互换性的技术、经济意义，才使互换性成为现代工业生产中的重要生产原则与有效的技术措施。

4. 实现互换性的基本条件，从理论上讲，必须使同一规格的零、部件的几何要素完全相同，但这在实际生产中是办不到的，从而引出几何量的误差是不可避免的，利用几何量的公差控制几何量的误差，从而保证互换性的实现。

## § 1—2 极限与配合基本术语、定义

极限与配合是机械工程方面重要的基础标准，它不仅是机电工业各部门进行产品设计、工艺设计和制定其他标准的基础，也是广泛组织协作和专业化生产的重要依据。它几乎涉及国民经济的各个部门，国际上公认它是特别重要的基础标准之一。书中介绍的内容是最新的国家标准，即《极限与配合》GB/T 1800.1—1997、GB/T 1800.2~1800.3—1998、GB/T 1804—2000，这些新标准是依据国际标准（ISO）制定的。

### 1. 尺寸

在讲解这些术语定义时，应根据国家标准给出严格的定义，然后再采用比较通俗的语言进行讲解；同时尽量举出实例，以利

于学生接受。

尺寸、基本尺寸、实际尺寸、极限尺寸的定义讲起来显得较枯燥，但它们又很重要，必须弄清它们之间的联系。

(1) 基本尺寸是通过它及上、下偏差可计算出极限尺寸的尺寸，是零件满足使用要求所必需的标准尺寸，是判别零件加工后尺寸是否合格的依据，而不是零件在制造时必须获得的尺寸。

(2) 实际尺寸是通过测量获得的某一孔、轴的尺寸。由于在实际生产过程中，受到工艺系统以及工人技术水平等诸多因素的影响，加工好的一批零件的实际尺寸总存在一定的误差。为了不影响装配、保证产品的质量和性能，该误差必须限制在一定范围内，通过极限尺寸来限制。

(3) 极限尺寸是指一个孔或轴允许尺寸的两个极限值。实际尺寸位于其中，也可达到极限尺寸。孔或轴允许达到的最大尺寸称为最大极限尺寸，孔或轴允许达到的最小尺寸称为最小极限尺寸，见教材表 1—1 尺寸的定义、符号及说明。

合格零件的实际尺寸应满足：最小极限尺寸  $\leq$  实际尺寸  $\leq$  最大极限尺寸。

孔和轴的区分是本节的难点内容。孔通常是指工件的圆柱形内表面，也包括非圆柱形内表面。轴是指工件的圆柱形外表面，也包括非圆柱形外表面。在切削加工过程中，孔的尺寸由小变大，轴的尺寸由大变小，参见教材图 1—1 和图 1—2。

## 2. 偏差与公差

(1) 偏差。某一尺寸（实际尺寸、极限尺寸）减其基本尺寸所得的代数差称为尺寸偏差，简称偏差。它反映其他尺寸对基本尺寸偏离的大小程度。

1) 上偏差。最大极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为上偏差。孔用 ES 表示，轴用 es 表示。

2) 下偏差。最小极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为下偏差。孔用 EI 表示，轴用 ei 表示。

上、下偏差统称极限偏差。

3) 实际偏差。实际尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为实际偏差。因此,合格零件尺寸的实际偏差应大于或等于下偏差以及小于或等于上偏差。

在讲课时,要注意强调由于各类偏差是用代数差来定义的,因而偏差的数值可能为正值、负值或零。

(2) 公差。最大极限尺寸减最小极限尺寸之差或上偏差减下偏差之差称为尺寸公差,简称公差。它是允许的尺寸变动量。

在讲解时,要突出以下几点:一是要讲清尺寸公差是一个没有符号的绝对值。二要突出尺寸公差是允许尺寸的变动量,而加工中,一批孔或一批轴的尺寸不可能完全一样,因此,所允许的变动量也绝不可能为零值。三是尺寸公差可以用两种方法确定:由极限尺寸得到,即  $T_h = |D_{\max} - D_{\min}|$ ,  $T_s = |d_{\max} - d_{\min}|$ ;或由极限偏差得到,即  $T_h = |ES - EI|$ ,  $T_s = |es - ei|$ 。

(3) 公差带与公差带图。在公差带图中零线是表示基本尺寸的一条直线,并以其为基准确定偏差和公差。通常,零线沿水平方向绘制,正偏差位于其上,负偏差位于其下,偏差值以微米为单位。

在公差带图中,公差带是指由代表上偏差和下偏差或最大极限尺寸和最小极限尺寸的两条直线所限定的一个区域。它是由公差带的大小和相对零线的位置这两个要素确定的。

对于公差带图,要突出确定公差带的两个要素,公差带的大小由标准公差确定,公差带的位置由基本偏差确定。而且在此处介绍标准公差及基本偏差的定义,为后面讲解标准公差系列和基本偏差系列打下基础。

### 3. 配合

对配合的定义要明确两点:一是相互配合的孔和轴的基本尺寸应该是相同的;二是从相互结合的孔和轴的公差带之间的关系出发来进行定义。

间隙和过盈都是用孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸，所得的代数差为正时是间隙（表示孔比轴大），为负时是过盈（表示孔比轴小）。

从配合的定义出发，当孔公差带在轴公差带之上时（包括孔的下偏差与轴的上偏差相等，代表两偏差的线在公差带图中重合时），孔和轴的配合为间隙配合；当孔公差带在轴公差带之下时（包括孔的上偏差与轴的下偏差相等，代表两偏差的线在公差带图中重合时），孔和轴的配合为过盈配合；当孔公差带和轴公差带相互交叠时（在公差带图中反映出的是孔和轴的公差带部分或完全重合），孔和轴的配合为过渡配合。

在介绍间隙与过盈以及三类配合时，要讲清楚共性与个性的区别。间隙与过盈是指一个孔的尺寸减去相配合的一个轴的尺寸，此处突出的是个性，即是指某一个孔和某一个轴的关系。而三类配合是对于一批孔或一批轴之间的关系而定义的，此处突出的是共性，即是指某一批孔和某一批轴的关系。对于间隙配合出现最大间隙或最小间隙，对于过盈配合出现最大过盈或最小过盈，对于过渡配合出现最大间隙或最大过盈。

对于三类配合的选用，应从实际需要出发，当配合的孔轴之间要求有相对转动、摆动或滑动时，应采用间隙配合；当相配合的孔轴要求装配后相对固定，尤其是需传递一定的转矩或轴向力时，应采用过盈配合。而过渡配合一般用于要求能够拆卸的定位配合，加键或紧固件后可传递一定的载荷。

### § 1—3 极限与配合国家标准的基本规定

#### 1. 标准公差与基本偏差

##### (1) 标准公差及其系列

1) 定义。标准公差指国家标准所规定的任一公差。

2) 标准规定。标准公差分为 20 个等级，依次表示为 IT01, IT0, IT1, ..., IT18。其中，IT01 精度最高，精度逐级下降，

IT18 精度最低。具体数值见教材中表 1—5。

3) 要说明标准公差数值不仅与标准公差等级有关,还与基本尺寸有关。从横向看,同一基本尺寸的标准公差值随着公差等级的降低而增大,表明其制造的难易程度从难到易;纵向看,同一公差等级的标准公差值随着基本尺寸的增大而增大,但应理解为它们都具有同等的精确程度。为避免标准公差数值表过于庞大,标准对基本尺寸进行了分段。

### (2) 基本偏差及其系列

1) 从基本偏差的定义出发,说明在两个偏差中如何确定哪一个基本偏差,可举例说明。

2) 孔和轴各有 28 种基本偏差代号,其中,有 21 种是单字母,7 种采用了双字母,其中插入的是 cd, ef, fg, js, 插入 js 的目的是为了逐渐取代 j, 延伸的是 za, zb, zc。大写字母表示孔,小写字母表示轴。

3) 基本偏差系列示意图反映了各个基本偏差所代表的公差带在公差带图中的情况,这里简要介绍一下它们的分布规律。

对于孔: A→H 的基本偏差为下偏差 EI,除 H 基本偏差为零外,其余均为正值,其绝对值依次减小; J→ZC 的基本偏差为上偏差 ES,除 J, K 和 M, N 外,其余均为负值,其绝对值依次增大。

对于轴: a→h 的基本偏差为上偏差 es,除 h 基本偏差为零外,其余均为负值,其绝对值依次减小; j→zc 的基本偏差为下偏差 ei,除 j 和 k 外,其余均为正值,其绝对值依次增大。

可以看出,孔的基本偏差系列和轴的基本偏差系列呈“倒影”关系,即用同一字母表示的孔、轴基本偏差相对于零线是对称配置的。

4) 要重点说明 H 和 h 的基本偏差与零线重合, H 的下偏差  $EI=0$ , h 的上偏差  $es=0$ , JS (js) 跨零线对称分布,其基本偏差可以是上偏差  $(+IT/2)$ ,也可以是下偏差  $(-IT/2)$ 。

5) 各公差带仅绘出了表示基本偏差的一端, 未绘出的另一端有待于根据具体公差值的大小来确定, 所以, 在基本偏差系列示意图中公差带是开口的。

## 2. 公差带系列

(1) 公差带代号。公差带代号用基本偏差代号和公差等级数字的组合表示, 可举例说明。

(2) 公差带系列。国标规定了 20 个公差等级和 28 种基本偏差, 如将任一基本偏差与任一标准公差组合, 在基本尺寸不大于 500 mm 范围内, 孔公差带有  $20 \times 27 + 3$  (J6, J7, J8) = 543 个, 轴公差带有  $20 \times 27 + 4$  (j5, j6, j7, j8) = 544 个。这么多的公差带都使用显然是不经济的, 因为它必然导致定值刀具和量具规格的繁多。为此, 国标规定了一般、常用和优先轴公差带分别是 116, 59, 13 种, 孔公差带分别是 105, 44, 13 种。在教材图 1—9 中方框内为常用公差带, 圆圈内为优先公差带。此处教师可说明一下, 在选用公差带时, 应按优先、常用、一般公差带的顺序选取。

(3) 极限偏差表。这是一个重点, 要求学生查表确定某尺寸的极限偏差数值, 先举例然后再让学生自己练习。

## 3. 配合制

(1) 在讲解时要突出说明为什么要设立基孔制和基轴制两种配合制度。一是从使用要求上来解释, 固定一个公差带而改变另一个公差带可得到不同性质的配合, 这些配合能满足实际生产中的使用要求。二是从设立两种配合制度所带来的好处上解释, 它能简化设计工作和工艺编排, 减少专用的工装夹具、刀具和量具, 这样就更有利于生产的组织、生产质量的提高和生产成本的降低。在介绍完基孔制配合和基轴制配合的概念后, 应再进行对比讲解, 以加深学生对两种配合制的理解。

同时, 孔和轴可能形成的不同配合不仅与它们的基本偏差有关, 而且与它们的公差等级有关。对图中基准孔和基准轴画出的

两条虚线表示在公差等级不同时，另一极限偏差可能会发生变化，也可能在这一区域形成过渡配合或过盈配合。

(2) 配合制的选用。应讲明从零件的结构、工艺性和经济性等几个方面综合分析，从而合理地确定配合制。

1) 一般情况下优先选用基孔制，主要是从工艺性和经济性来考虑的。

2) 在个别情况下，应选用基轴制，如采用具有一定公差等级的冷拉钢材，其外径不经切削加工即能满足使用要求，此时用基轴制在技术上、经济上都是合理的。

3) 与标准件配合时，应以标准件为基准件来确定配合制。具体地说，与滚动轴承内圈配合的轴应选用基孔制，而与滚动轴承外径相配合的外壳孔应选用基轴制。

4) 在特殊需要时可采用非配合制配合，即不包含基本偏差 H 和 h 的任一孔、轴公差带组成的配合，如  $\phi 18 \frac{F8}{p7}$ 。

#### 4. 公差带与配合的标注

(1) 公差带在零件图上的标注方法有三种，注意第二种与第三种的不同处理方法，即第二种标注极限偏差数值，不加括号；而第三种两者同时标注时，极限偏差应加括号。

(2) 配合代号写成分数形式，分子为孔的公差带代号，分母为轴的公差带代号，如  $\frac{H7}{g6}$  或 H7/g6。

#### 5. 线形尺寸的一般公差

注意以下几点：

(1) 采用一般公差带来的主要好处，即简化制图，使图样清晰易读，简化零件上某些部位的检验。

(2) 采用一般公差的条件：在车间普通工艺条件下，机床设备的一般加工能力可以保证。正是因为有了这个条件，才能在图样上不标注具体的公差值，才能在一般情况下加工完后不必进行

检验。

(3) 一般公差主要应用于精度较低的非配合尺寸。

(4) 国标对线形尺寸的一般公差规定了四个等级：f（精密级），m（中等级），c（粗糙级）和 v（最粗级）；并规定不论孔和轴还是长度尺寸，其极限偏差的取值都采用对称分布的公差带，这样使用更方便，概念更清晰，数值更合理。

### § 1—4 形状和位置公差概述

在本节的开头就指出零件在加工过程中不仅会产生尺寸误差，而且会形成形状和位置误差，如教材中的图 1—14。这种误差也会影响零件的互换性和产品的使用性能，如零件的工作精度，运动件的运动平稳性、耐磨性、润滑性，联接件的联接强度、密封性能等。由此可见，要保证零件几何要素的互换性，除规定尺寸公差外，还必须规定形位公差。本节所介绍的内容是按 1996 年的标准。

#### 1. 零件的几何要素

构成零件几何特征的点、线、面称为零件的几何要素。

零件的几何要素按照分类方式的不同，即理解的出发点不同，有不同的结果。教材中仅介绍了两种：一是按在形位公差中所处的地位分，即该要素是给出形位公差要求的要素，还是用来确定其他要素位置的要素，可分为被测要素和基准要素。二是按几何特征分，即根据要素在零件上的位置，是构成零件外形而能被人们所直接感受到的几何要素，还是零件上不能直接感受到的轴线、球心、对称平面等几何要素，可分为轮廓要素和中心要素。其他还有按存在的状态分为理想要素和实际要素，按功能关系分为单一要素和关联要素。

#### 2. 形位公差的概念和项目

与尺寸公差一样，定义形位公差也是先提出形状和位置误差，而为了限制形位误差，用所允许的最大变动量去限制实际要

素的实际变动量。

1996 年的标准将形位公差分为三大类,即形状公差、形状或位置公差、位置公差,将线轮廓度和面轮廓度划为形状或位置公差类,此两个公差项目具有双重属性,根据具体的条件而确定。

### 3. 形位公差的标注方法

标注包括公差框格、被测要素指引线、形位公差特征符号、形位公差值、基准符号和相关要求符号等。讲授时要结合图例进行。

在标注时,重点分清是轮廓要素还是中心要素,前者的指引线箭头要明显地与尺寸线错开,后者要对齐。

## § 1—5 表面粗糙度概述

1. 通过机械加工或者其他加工方法获得的零件表面,微观上总会存在较小间距的峰谷痕迹。表面粗糙度就是表述这些峰谷高低程度和间距状况几何形状特性的指标,反映的是实际几何形状误差的微观特性。它有别于表面波纹度和形状误差,通常以波距或波距与波高之比来划分。

表面粗糙度对零件的使用性能有重要影响,反映在零件的配合性质、耐磨性、耐腐蚀性、疲劳强度、接触刚度,此外还影响结合面的密封性、产品的外观和表面涂层的质量等。教师可举出几个实例加以阐述。

表面粗糙度的国家标准有三个\*: GB/T 3505—2000, GB/T 1031—1995, BG/T 131—1993。

---

\* 为与教材配套,2007 年 2 月 1 日实施的《产品几何技术规范,(GPS) 技术产品文件中表面结构的表示法》(GB/T 131—2006) 本教参未涉及。