

互换性与测量技术

第 6 章 几种常用标准件的互换性



第6章 章节内容

6.1 滚动轴承的互换性

6.2 键联结的互换性

6.3 螺纹联接的互换性

6.1 滚动轴承的互换性

6.1.1 滚动轴承的精度等级及应用

滚动轴承的精度是按照其外形尺寸公差和旋转精度分级的。外形尺寸公差指成套轴承的内、外径和宽度的尺寸公差，旋转精度主要指轴承内、外圈的径向跳动、端面对滚道的跳动和端面对内孔的跳动等。

国家标准 GB / T307.3—2005 规定向心轴承（圆锥滚子轴承除外）分为0、6、5、4、2五级，精度等级依次增高（相当于GB3073—1984中的G、E、D、C和B级），圆锥滚子轴承精度分为0、6x、5和4四级，推力轴承分为0，6，5和4四级。



滚动轴承各级精度的应用如下：

0级—普通级。应用最广泛，用于低、中速及旋转精度要求不高的一般机构。例如普通机床变速箱及进给箱的轴承，汽车、拖拉机变速箱的轴承，普通电动机、水泵、压缩机等旋转机构中的轴承。

6级—用于转速较高、旋转精度要求较高的机构。例如普通机床的主轴后轴承，精密机床变速箱的轴承等。

5级、4级—用于高速和旋转精度要求高的机构。例如精密机床的主轴轴承，精密仪器仪表的主要轴承等。

2级—用于转速很高、旋转精度要求也很高的机构。例如齿轮磨床、精密坐标镗床的主轴轴承，高精度仪器仪表的主要轴承等。

6.1.2 滚动轴承的内、外径公差带及其特点

滚动轴承的内圈和外圈都是薄壁零件，在制造和使用时容易引起变形，但当轴承内圈与轴、外圈与外壳孔装配后，这种少量的变形会得到一定程度的矫正。国家标准对轴承内、外径分别规定了两种尺寸公差及其尺寸的变动量，用以控制配合性质和限制自由状态下的变形量。

对配合性质影响最大的是单一平面平均内、外径偏差 Δd_{mp} 和 ΔD_{mp} ，即轴承套圈任意横截面内测得的最大直径与最小直径的平均值 $d_m(D_m)$ 与公称直径 $d(D)$ 的差，必须在极限偏差范围内，因为平均直径是配合时起作用的尺寸。

滚动轴承是标准件，为了保证其互换性，轴承内圈与轴采用基孔制配合，外圈与孔采用基轴制配合，如图6-1所示。标准中规定的轴承外圈单一平面平均直径 D_{mp} 公差带的上偏差为零，这与一般基轴制相同。而单一平面平均内径 d_{mp} 公差带的上偏差也为零，这和一般基孔制的规定不同。

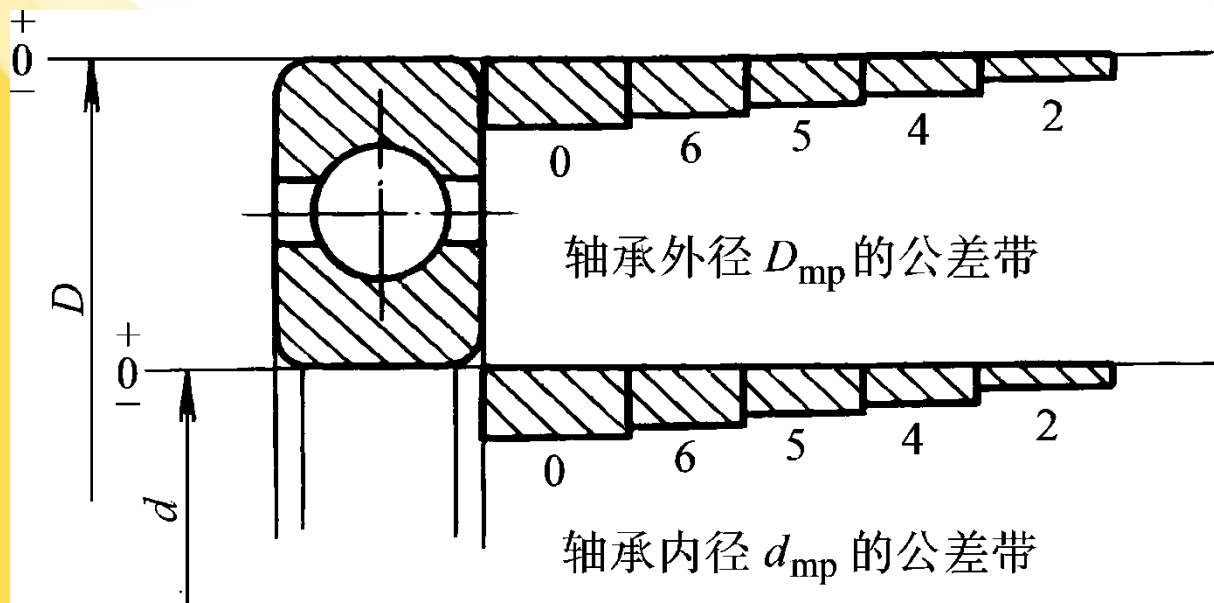


图 6-1

6.1.3 滚动轴承与轴和外壳孔的配合

1. 轴和外壳孔的公差带

国家标准 GB / T 275—1993 对与 0 级和 6 级轴承配合的轴颈规定了 17 种公差带，对外壳孔规定了 16 种公差带，如图 6-2 所示。

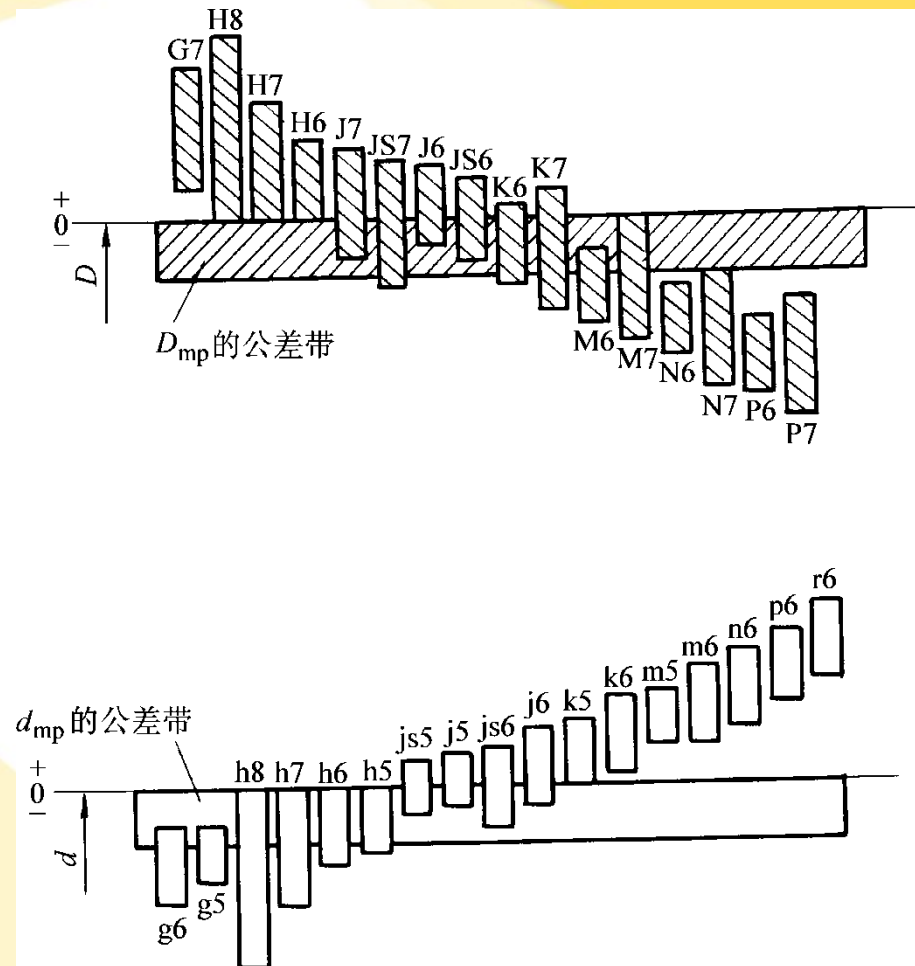


图 6-2

2. 配合的选用

正确选择轴承的配合，对保证机器正常运转、提高轴承使用寿命、充分发挥其承载能力关系很大，选择时主要考虑的因素：

(1) 负荷类型， (2) 负荷大小， (3) 其它因素

表 6-2、6-3 列出了国家标准推荐的安装向心轴承和角接触轴承的轴以及外壳孔的公差带的应用情况，供选用时参考。

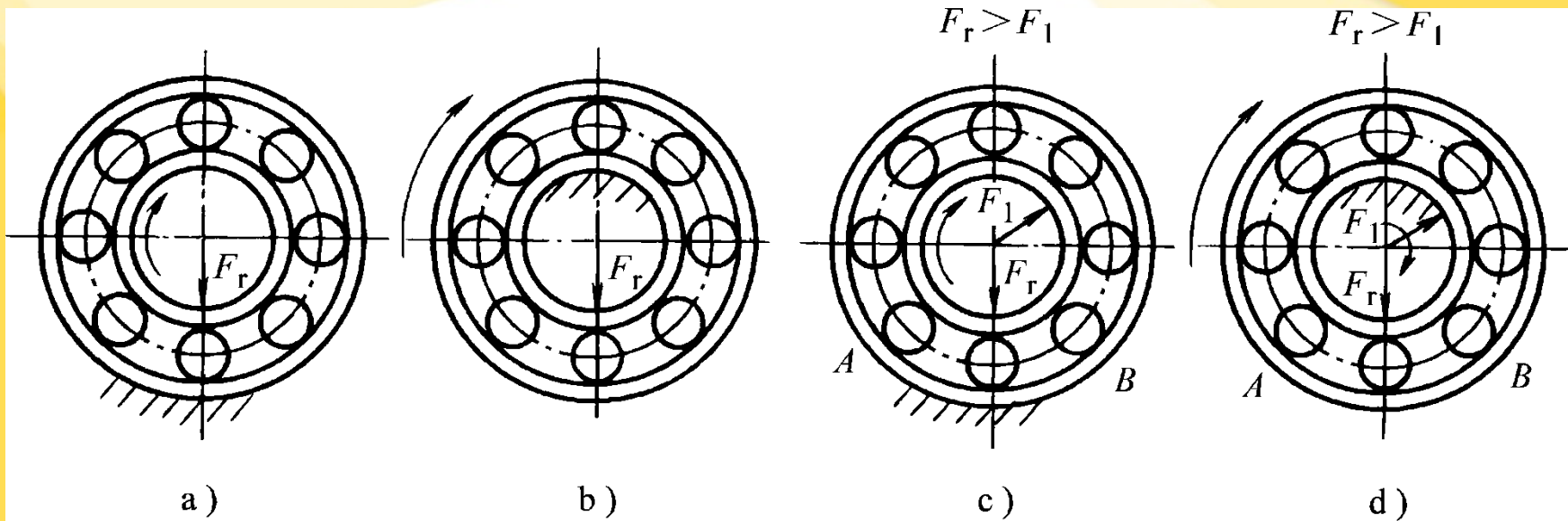


图 6-3 轴承套圈承受的负荷类型

a) 内圈旋转负荷，外圈定向负荷 b) 内圈定向负荷，外圈旋转负荷

c) 内圈旋转负荷，外圈摆动负荷 d) 内圈摆动负荷，外圈旋转负荷

3. 其它公差要求

表 6-4、6-5 列出了 GB/T275—1993 规定了与轴承相配合的轴、轴承座孔零件的形位公差、表面粗糙度要求等，供参考选用。

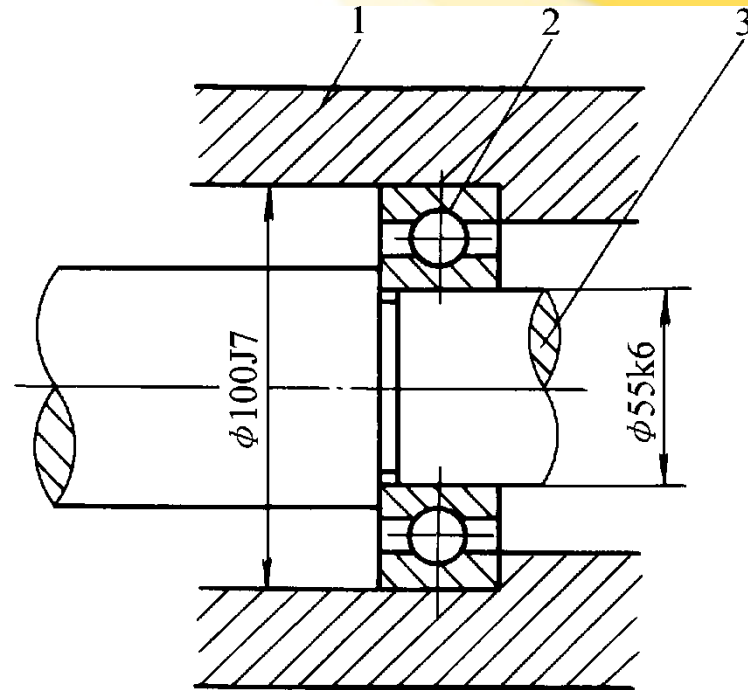


图 6-5 轴承在装配图上的标

注

1—轴承座 2—轴承 3—轴

6.2 键联结的互换性

键属于联结件，有单键、花键之分。单键种类比较多，按照其结构和形状分平键、半圆键和楔键。平键又分为普通平键、导向平键和滑键；楔键分为普通楔键和钩头楔键。

采用键使轴与其上的零件如链轮、齿轮、带轮、凸轮、手轮、拨叉等结合在一起的联结称为键联结，其作用是用来传递运动或扭矩。键联结是机械制造中最常用的联接方式之一，其中平键联结应用最广。

6.2.1 平键联接的互换性

平键是一种截面呈矩形的零件，其一半嵌在轴槽里，另一半嵌在安装于轴上的其它零件的孔槽里。对平键联结互换性的要求主要是，应使键与键槽的侧面有充分的有效接触面积来承受负荷，以保证键联结的强度、寿命和可靠性，键嵌在轴槽里要牢固、防止松动，方便装拆。因此，国家标准对键与键槽规定了尺寸极限与配合。

国家标准 GB/T1095—2003 和 GB/T1566—2003 中有关平键的剖面尺寸与公差。

国家标准 GB/T1095—2003 规定了宽度有关平键的剖面尺寸及公差，如图 6-6 和表 6-6 所示。

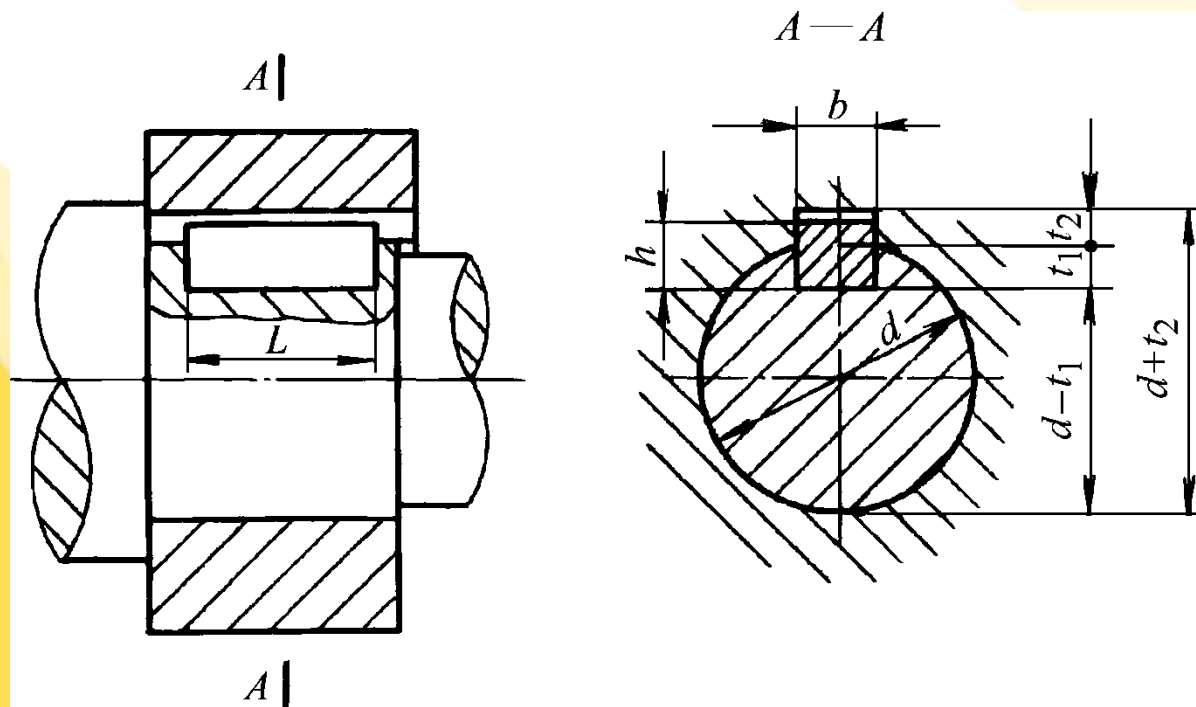


图 6-6 普通平键键槽的剖面尺寸

轴槽和轮毂槽的剖面尺寸及上、下偏差，键槽的形位公差、表面粗糙度参数在图样上的标注如图6-7所示。

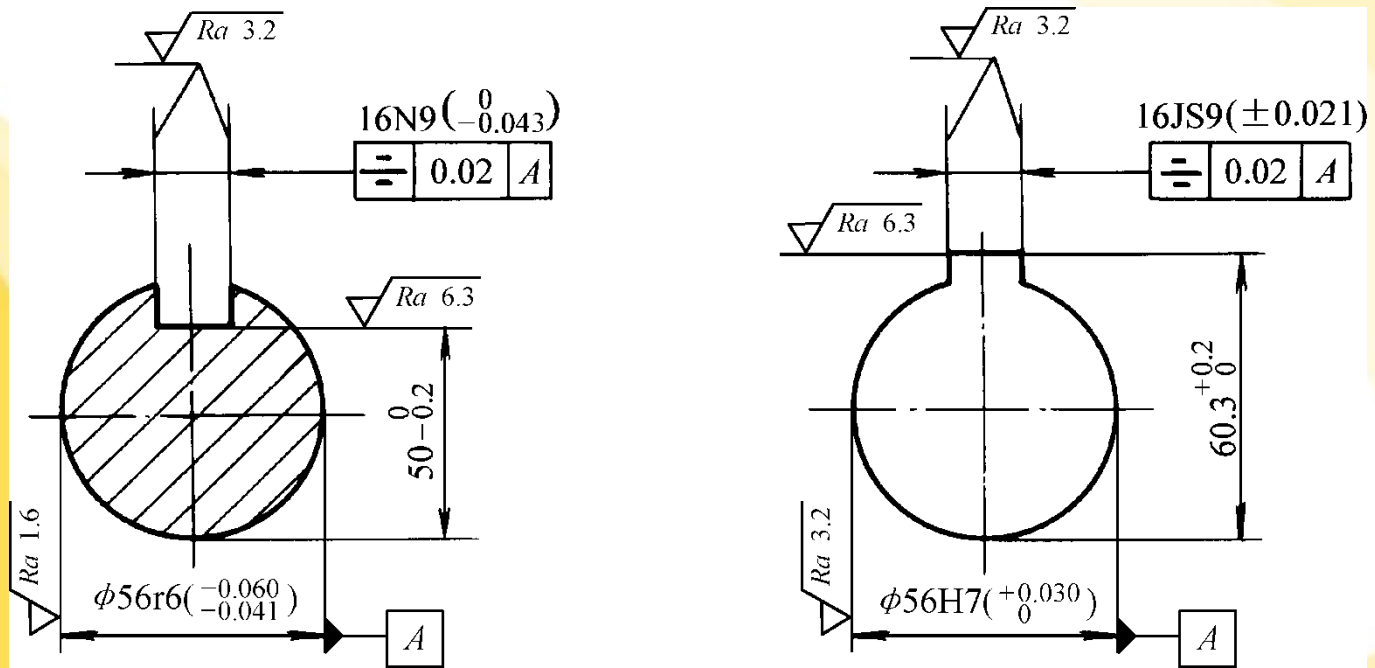


图 6-7 键槽尺寸及公差标注

6.2.2 花键联接的互换性

1. 花键联接的配合特点

- (1) 多参数配合 (D 、 d 、 B)
- (2) 采用基孔制配合
- (3) 几何公差的影响

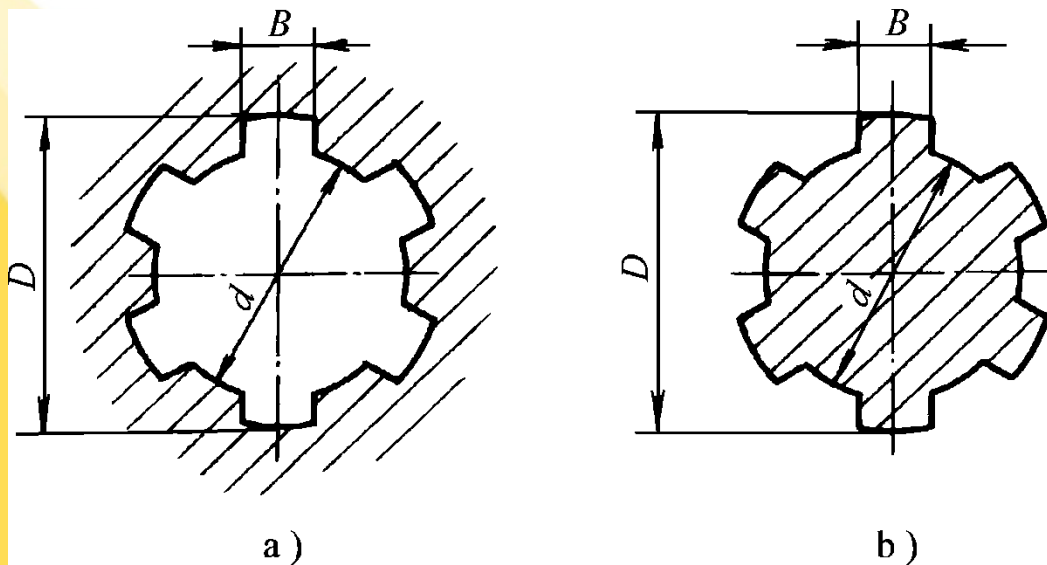


图 6-8 花键的基本尺寸

2. 花键的定心方式

三种定心方式：大径定心、小径定心、键宽定心。

定心尺寸应具有较高的尺寸精度，非定心尺寸可以有较低的尺寸精度。键宽 B 不论是否作为定心尺寸，都要求其具有一定的尺寸精度，因为花键联结传递扭矩和导向都是利用键槽侧面。

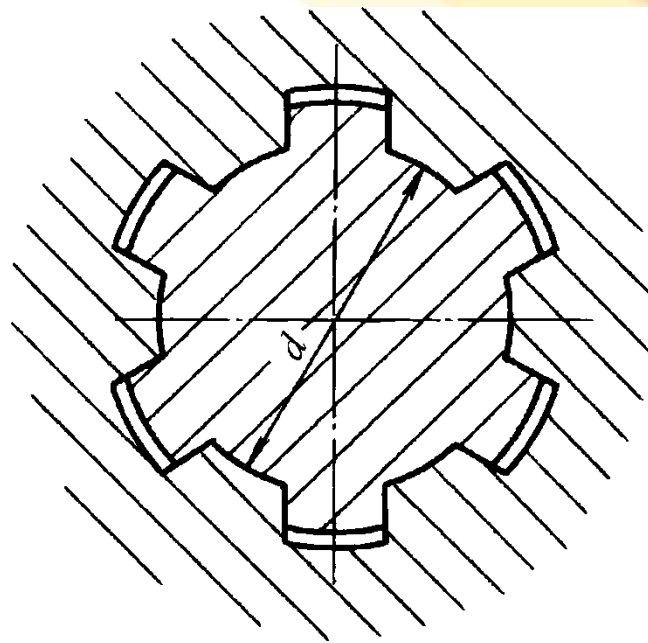


图 6-9 矩形花键的小径定心

国家标准《矩形花键尺寸 公差和检验》GB/T1144—2001 规定了小径定心矩形花键的基本尺寸、公差与配合、检验规则和标记方法。

为了便于加工和测量，键数规定为偶数，有6、8、10三种。按承载能力不同，矩形花键可分为中、轻两个系列。中系列的键高尺寸较大，承载能力强，轻系列的键高尺寸较小，承载能力较低。

矩形花键尺寸系列见表6-7。

表 6-7 矩形花键基本尺寸系列 (摘自 GB/T1144—2001) 单位: mm

小径 d	轻 系 列				中 系 列							
	规格 N×d×D×B	键 数 N	大 径 D	键 宽 B	规格 N×d×D×B	键 数 N	大 径 D	键 宽 B				
23	6×23×26×6 6×26×30×6 6×28×32×7	6	26	6	6×23×28×6 6×26×32×6 6×28×34×7	6	28	6				
26			30	6			32	6				
28			32	7			34	7				
32	8×32×36×6 8×36×40×7 8×42×46×8 8×46×50×9 8×52×58×10 8×56×62×10 8×62×68×12	8	36	6	8×32×38×6 8×36×42×7 8×42×48×8 8×46×54×9 8×52×60×10 8×56×65×10 8×62×72×12	8	38	6				
36									40	7	42	7
42									46	8	48	8
46									50	9	54	9
52									58	10	60	10
56									62	10	65	10
62									68	12	72	12

3. 矩形花键的公差与配合

矩形花键的公差配合采用基孔制，其尺寸公差带见表6-8。

表中所给定的公差带是成品零件的公差带，对于拉削后不进行热处理或拉削后热处理的零件，所用拉刀不同，采用不同的公差带。

4. 矩形花键的标记

矩形花键在图样上的标注为键数 N × 小径 d × 大径 D × 键宽 B ，其各自的公差带代号标注在各自的基本尺寸之后。

例如 某花键副 $N=8$ ， $d = 23 \frac{H7}{f7}$ ， $D = 26 \frac{H10}{a11}$ ， $B = 6 \frac{H11}{d10}$ 。

具体标注为 花键规格 $8 \times 23 \times 26 \times 6$

花键副 $8 \times 23 \frac{H7}{f7} \times 26 \frac{H10}{a11} \times 6 \frac{H11}{d10}$ GB/T1144—1987

内花键 $8 \times 23H7 \times 26H10 \times 6H11$ GB/T1144—1987

外花键 $8 \times 23f7 \times 26a11 \times 6d10$ GB/T1144—1987

图样中的标注如图 6-10 所示。

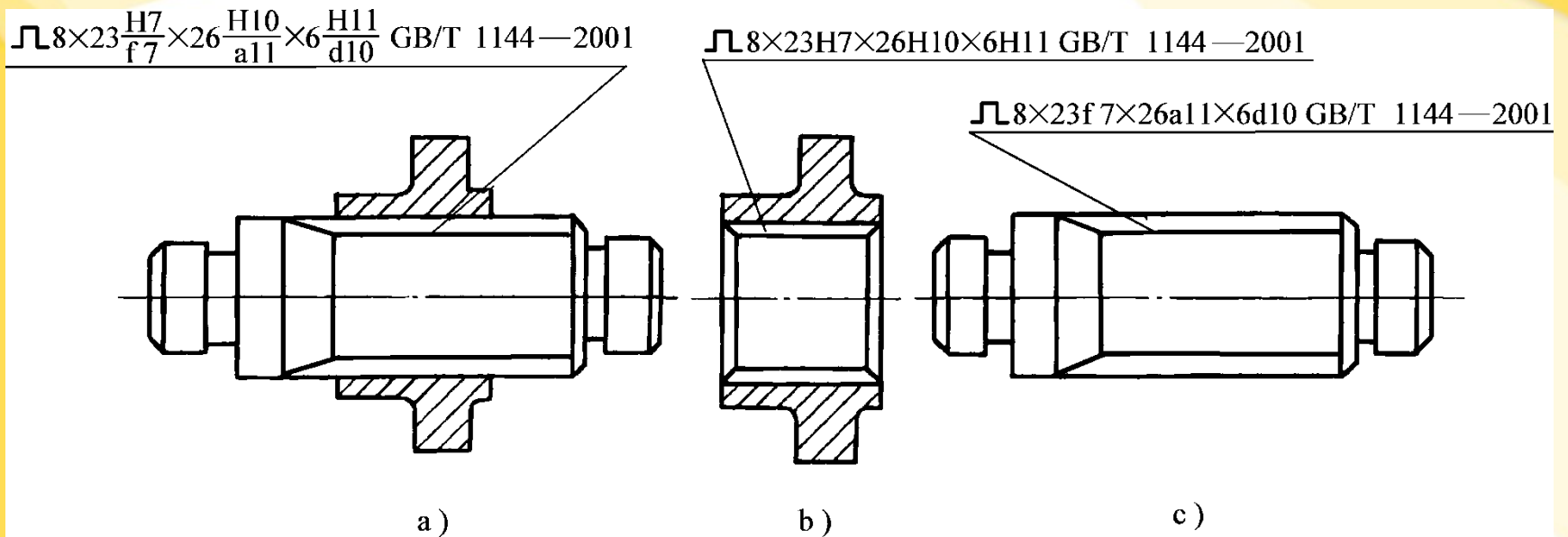


图 6-10 矩形花键在图样中的标注

5. 其它公差要求

矩形内、外花键的位置度标注按图 6-11 所示，位置度公差值见表 6-9。对称度公差值见表 6-10。表面粗糙度参考值见表 6-11。

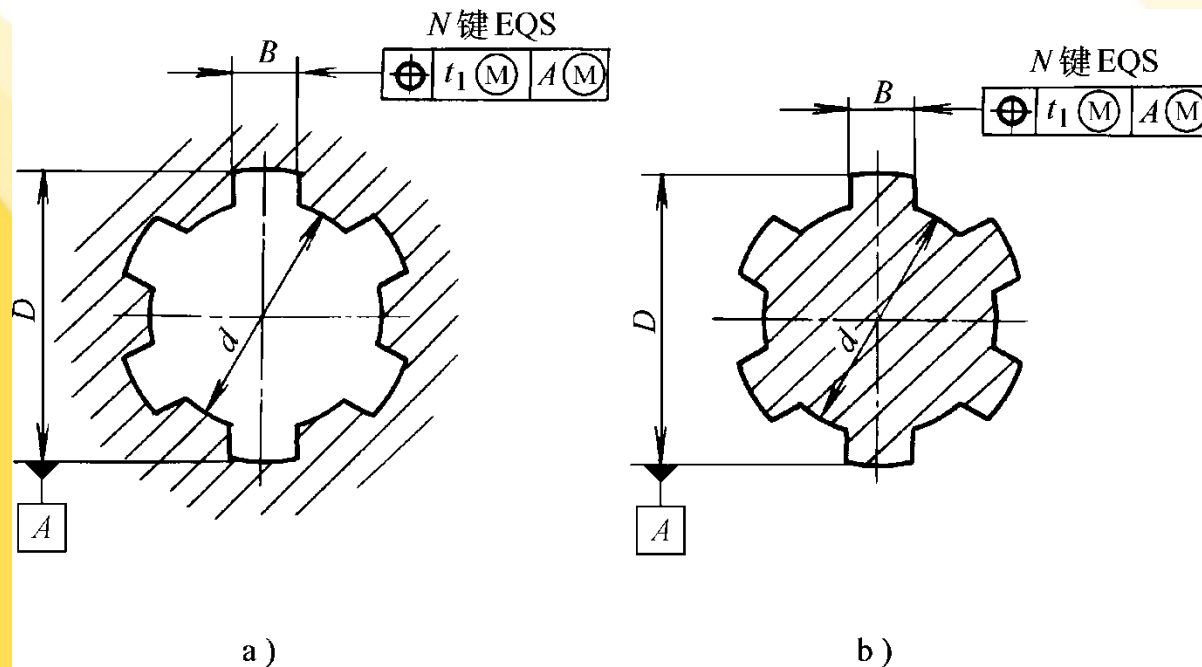


图 6-11

6.2.3 键与花键的检测

1. 平键的检测

对于平键联结，需要检测的项目有键宽、轴槽和轮毂槽的宽度、深度及槽的对称度。

(1) 键和槽宽 单件小批量生产，一般采用通用计量器具测量，如千分尺，游标卡尺等，大批量生产时，用极限量规控制，如图 6-12a 所示。

(2) 轴槽和轮毂槽深 单件小批量生产，一般用游标卡尺或外径千分尺测量轴尺寸 $d - t_1$ ，用游标卡尺或内径千分尺测量轮毂尺寸 $d + t_2$ 。大批量生产时，用专用量规如轮毂槽深度极限量规和轴槽深极限量规，如图 6-12b、c 所示。

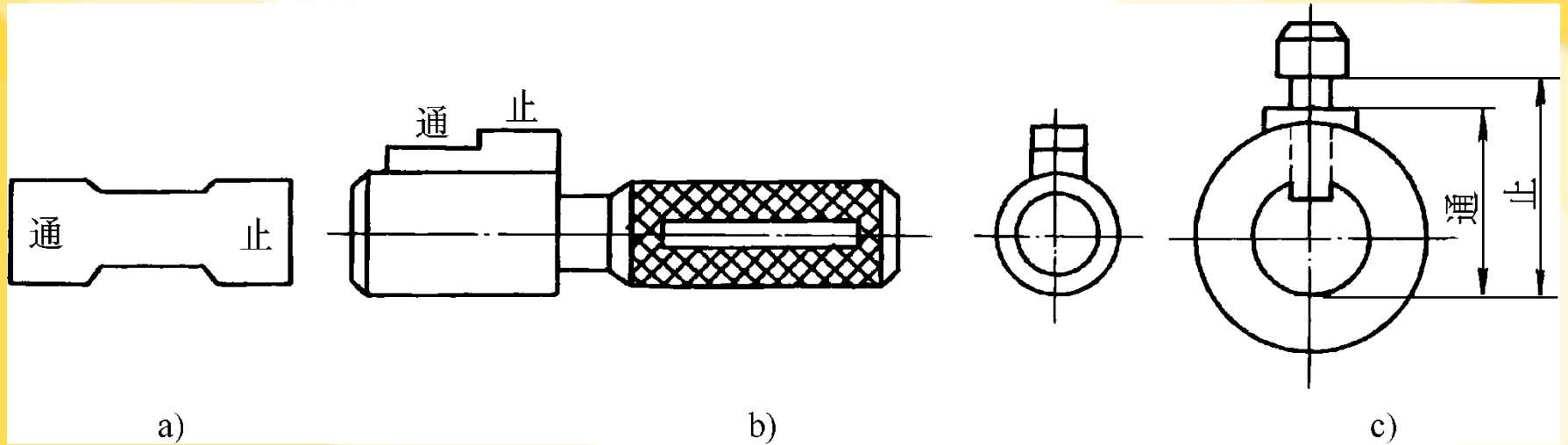


图 6 - 12 键槽尺寸量规

a) 槽宽极限量规 b) 轮毂槽深量规 c) 轴槽深量规

(3) 键槽对称度

单件小批量生产时，可用分度头、 v 型块和百分表测量，大批量生产时一般用综合量规检验，如对称度极限量规。只要量规通过即为合格，如图6-13a、b所示，图a为轮毂槽对称度量规，图b为轴槽对称度量规。

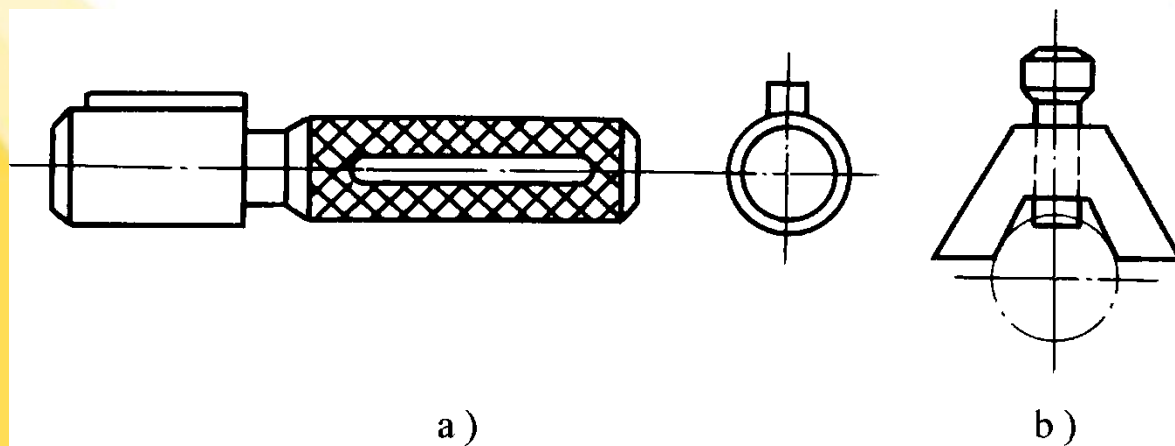


图6-13

a) 轮毂槽对称度量规 b) 轴槽对称度量规

2. 矩形花键的检测

矩形花键的检测包括尺寸检验和形位误差的检验。

单件小批量生产时，花键的尺寸和位置误差用千分尺、游标卡尺、指示表等通用计量器具分别测量。大批量生产时，内（外）花键用花键综合塞（环）规，同时检验内（外）花键的小径、大径、各键槽宽（键宽）、大径对小径的同轴度和键（键槽）的位置度等项目。此外，还要用单项止端塞（卡）规或普通计量器具检测其小径、大径、各键槽宽（键宽）的实际尺寸是否超越其最小实体尺寸。

检测内、外花键时，如果花键综合量规能通过，而单项止端量规不能通过，则表示被检测的内、外花键合格。反之，即为不合格。

内外花键综合量规的形状如图 6-14 所示，图 a、b 为花键塞规，图 c 为花键环规。

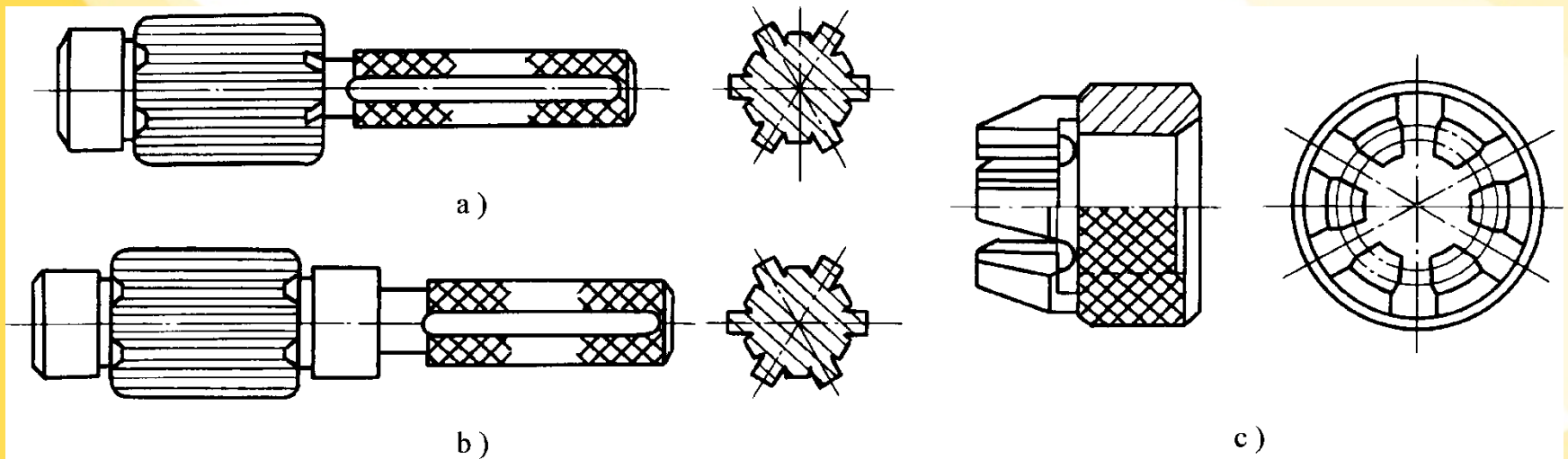


图 6-14 矩形花键综合量规

6.3 螺纹联接的互换性

6.3.1 螺纹及几何参数特性

1. 螺纹种类及使用要求

(1) 联接螺纹（紧固螺纹） 基本牙型是三角形。用于联接或紧固零件，如普通螺纹和管螺纹等。

(2) 传动螺纹 用于传递动力或运动，其基本牙型主要有梯形、矩形，如丝杠螺杆等。对传动螺纹主要要求是传动准确、可靠，螺牙接触性能好、耐磨性好。

本节主要讨论普通螺纹的互换性。

2. 普通螺纹基本几何参数

(1) 大径（ D 或 d ）

与内螺纹牙底或外螺纹牙顶相重合的假想圆柱体的直径。

普通螺纹大径的基本尺寸即螺纹公称直径。

内螺纹大径用 D 表示，外螺纹大径用 d 表示。

(2) 小径（ D_1 或 d_1 ）

与内螺纹牙顶或外螺纹牙底相重合的假想圆柱体的直径。内螺纹小径用 D_1 表示，外螺纹小径用 d_1 表示。

工程实际中习惯于将外螺纹牙顶 d 和内螺纹牙顶 D_1 称为顶径。

将内螺纹牙底 D 和外螺纹牙底 d_1 称为底径。

(3) 中径 (D_2 或 d_2)

指一个假想圆柱体的直径，该圆柱体的母线通过牙槽沟槽和凸起宽度相等的地方，中径圆柱的轴线称为螺纹轴线。中径圆柱的素线称为螺纹中径线。

对于普通螺纹，中径并不等于大径与小径的平均值。

(4) 单一中径

指一个假想圆柱体的直径，该圆柱体的母线在牙槽宽度等于基本螺距一半即 $P/2$ 的地方，而不考虑牙体宽度。如图 6-16 所示。

当螺距无误差的，中径就是单一中径，当螺距有误差时，则两者不相等。

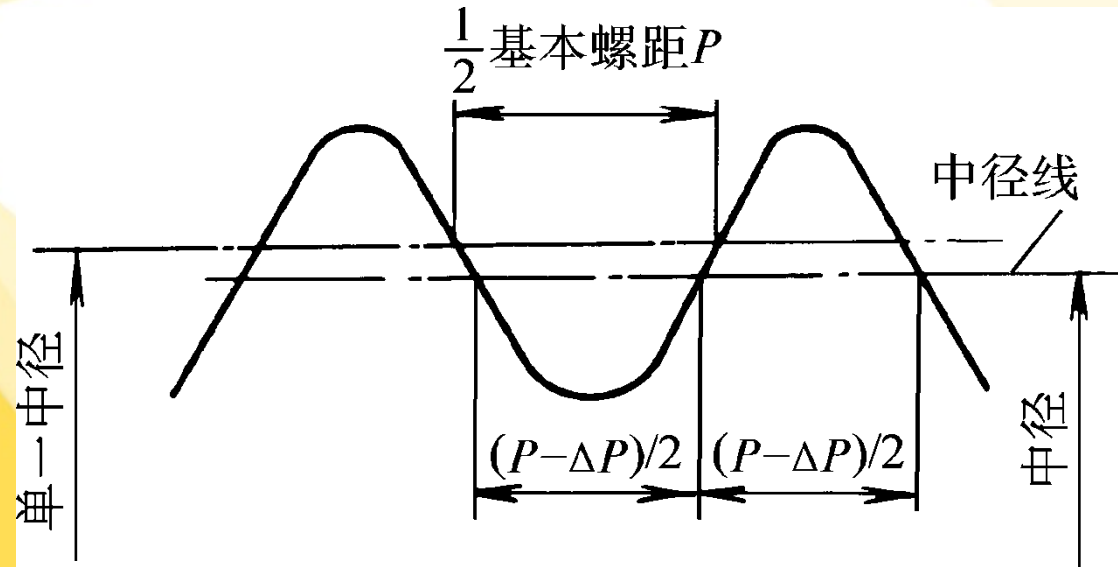


图 6-16 单一中径

(5) 螺距 P 与导程 S

螺距 P 是指相邻两牙在中径线上对应两点间的轴向距离。导程 S 指同一螺旋线上相邻两牙在中径线上对应两点间的轴向距离。对单线螺纹，导程即是螺距；对多线螺纹，导程是螺距与螺纹线数的乘积。

(6) 牙型角 α 和牙型半角 $\alpha/2$

牙型角 α 是在螺纹牙型上，相邻两牙侧间的夹角。普通螺纹牙型角 $\alpha=60^\circ$ 。牙型半角 $\alpha/2$ 即牙型角的一半，指在螺纹牙型上，牙侧与螺纹轴线的垂线间的夹角。

(7) 螺纹旋合长度 L

指两个相配合的螺纹相互旋合部分沿螺纹轴线方向上的长度。

6.3.2 普通螺纹公差与配合

国家标准《普通螺纹 公差》GB/T197—2003 将普通螺纹公差带的两个要素—公差带大小即公差等级和公差带位置即基本偏差进行标准化，组成各种螺纹公差带。

考虑到旋合长度对螺纹精度的影响，由螺纹公差带与旋合长度构成螺纹精度，形成了较为完整的螺纹公差体系。

1. 普通螺纹的基本偏差—公差带位置

国家标准 GB/T197—2003 要求按下面规定选取内外螺纹的公差带位置，如图 6-17 所示。

内螺纹 G—其基本偏差 EI 为正值，如图 6 - 19a 所示。

H—其基本偏差 EI 为零，如图 6 - 19b 所示。

外螺纹 e、f、g—其基本偏差 es 为负值，如图 6 - 19c 所示。

h—其基本偏差 es 为零，如图 6 - 19d 所示

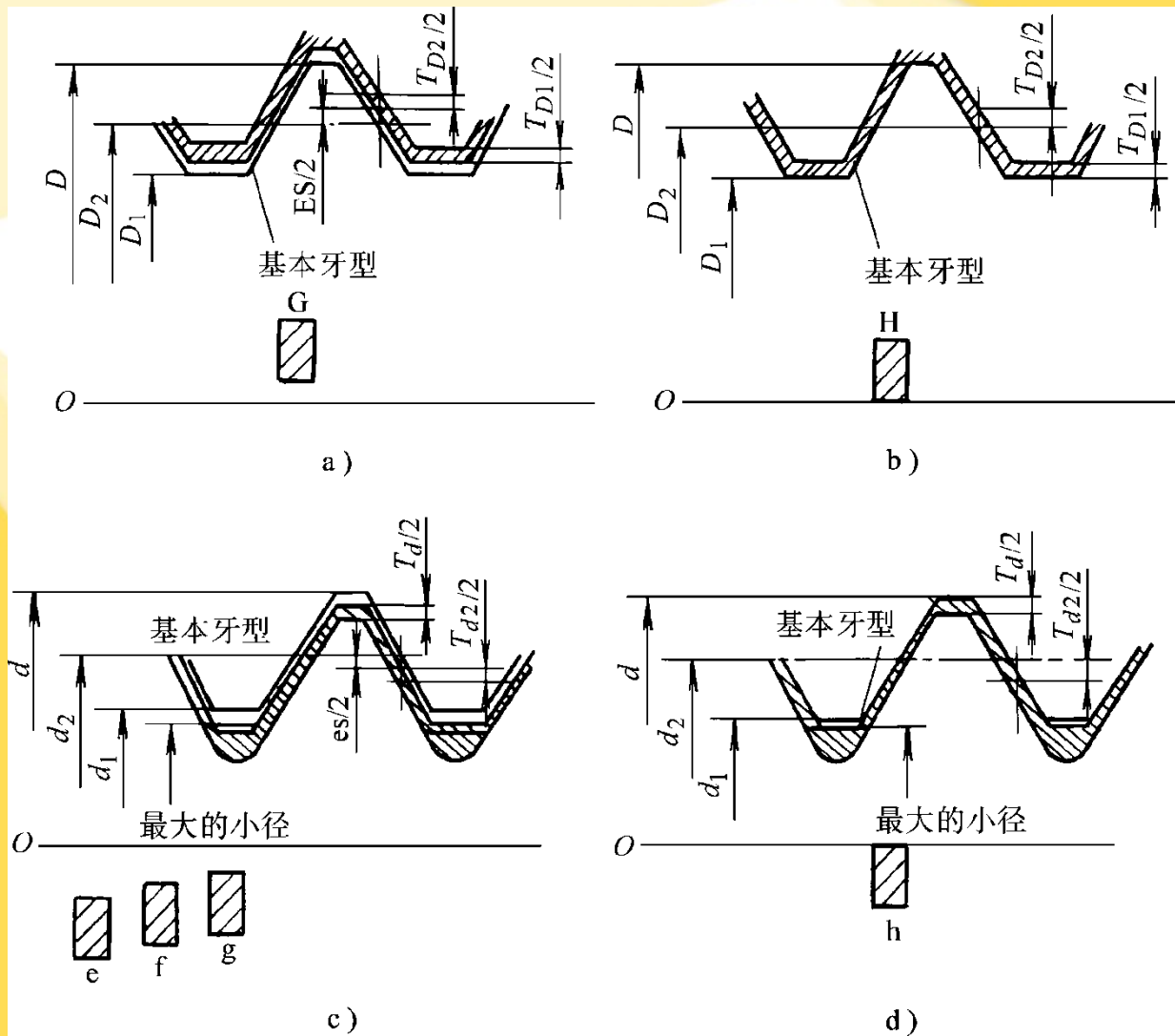


图 6-17 内外螺纹的公差带位置

T_{D1} —内螺纹小径公差 T_{D2} —内螺纹中径公差 T_d —外螺纹大径公差 T_{d2} —外纹中径公差

2. 普通螺纹的公差等级

国家标准 GB/T197—2003 要求按表 6-13 中的规定选取内外螺纹的公差等级。3 级精度最高，9 级精度最低，6 级为基本级。内螺纹较难加工，在同一公差等级中，内螺纹中径公差比外螺纹中径公差大 32%。

表中对内螺纹大径 D 和外螺纹小径 d_1 没有规定具体公差等级。

内外螺纹公差数值见表 6-14 和表 6-15。

表 6-13 普通螺纹的公差等级

螺纹直径	公差等级	螺纹直径	公差等级
内螺纹小径 D_1	4、5、6、7、8	外螺纹大径 d	4、6、8
内螺纹中径 D_2	4、5、6、7、8	外螺纹中径 d_2	3、4、5、6、7、8、9

3. 普通螺纹旋合长度和螺纹精度

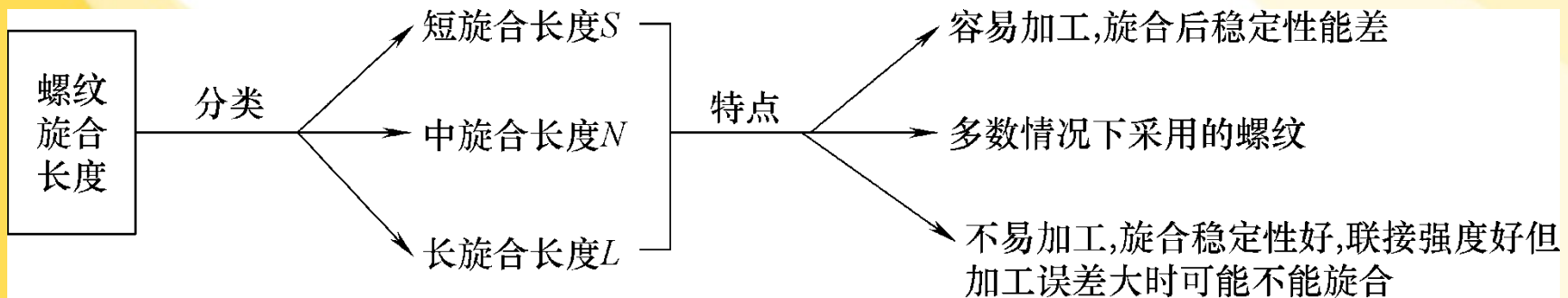


图 6-18 螺纹旋合长度

4. 螺纹公差带组合及选用原则

内外螺纹的推荐公差带见表 6-17 和表 6-18。

表中内螺纹公差带与外螺纹公差带可以形成任意组合，推荐加工后的螺纹零件宜优先组成 H/g、H/h 或 G/h 配合。对公称直径小于 1.4mm 的螺纹，应选用 5H/6h、4H/6h 或更精密的配合。

公差带优先选用的顺序为粗字体公差带、一般字体公差带、括号内公差带。带方框的粗字体公差带用于大量生产的紧固件螺纹。

6.3.3 的普通螺纹的标注与检测

1. 普通螺纹标注

完整的螺纹标注由螺纹特征代号、尺寸代号、公差带代号及其它必要的说明信息。

普通螺纹特征代号用 M 表示；Ph 导程、P 螺距；螺纹尺寸代号与公差带间用“—”分开；外螺纹中径公差带为 5g、顶径公差带为 6g：5g6g。

装配图样上表示内、外螺纹配合时，内螺纹公差带代号在前，外螺纹公差带代号在后，中间用斜线分开。图 6-19 所示。

对短旋合长度组和长旋合长度组的螺纹，在公差带代号后分别标注“S”和“L”代号。旋合长度代号与公差带间用“-”号分隔。中等旋合长度组的螺纹不标注旋合长度代号“N”。

左旋螺纹应在旋合长度代号之后标注“LH”，旋合长度代号与旋向代号用“-”号分隔。右旋螺纹不标注旋向。

在图样上标注螺纹应标在螺纹的大径尺寸线上。

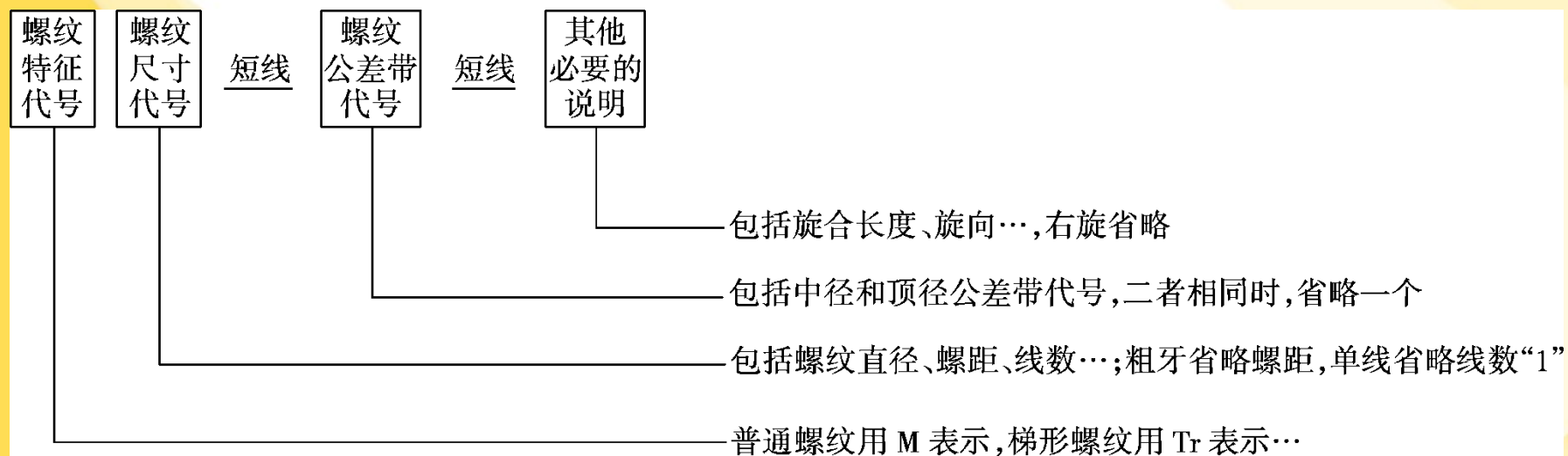


图 6 - 19 螺纹标注说明

2. 螺纹的测量

螺纹的测量方法分为综合测量和单项测量。

(1) 综合测量 用螺纹量规检验螺纹是否合格属于综合测量。在成批生产中，普通螺纹均采用综合量法。

螺纹量规分为塞规和环规（或称卡规）。塞规用于检验内螺纹，环规用于检验外螺纹。检验时，通端螺纹环规（通规）能顺利与螺纹工件旋合，而止端螺纹环规（止规）不能旋合或不完全旋合，则螺纹合格。反之，则说明内螺纹过小，外螺纹过大，螺纹应予以退修。当止规与工件能旋合，则表示内螺纹过大，外螺纹过小，螺纹是废品。

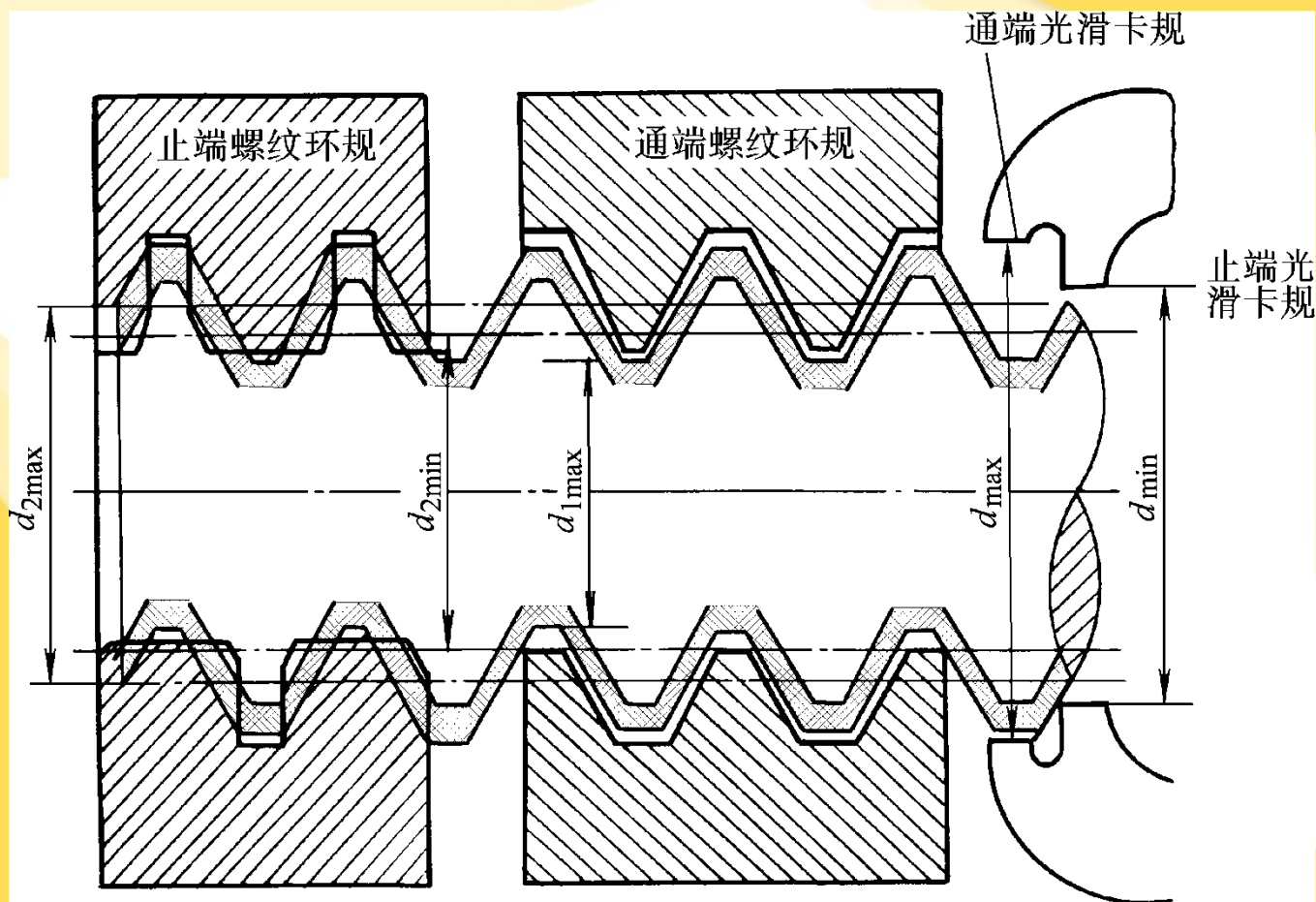


图 6-20 环规检验外螺纹

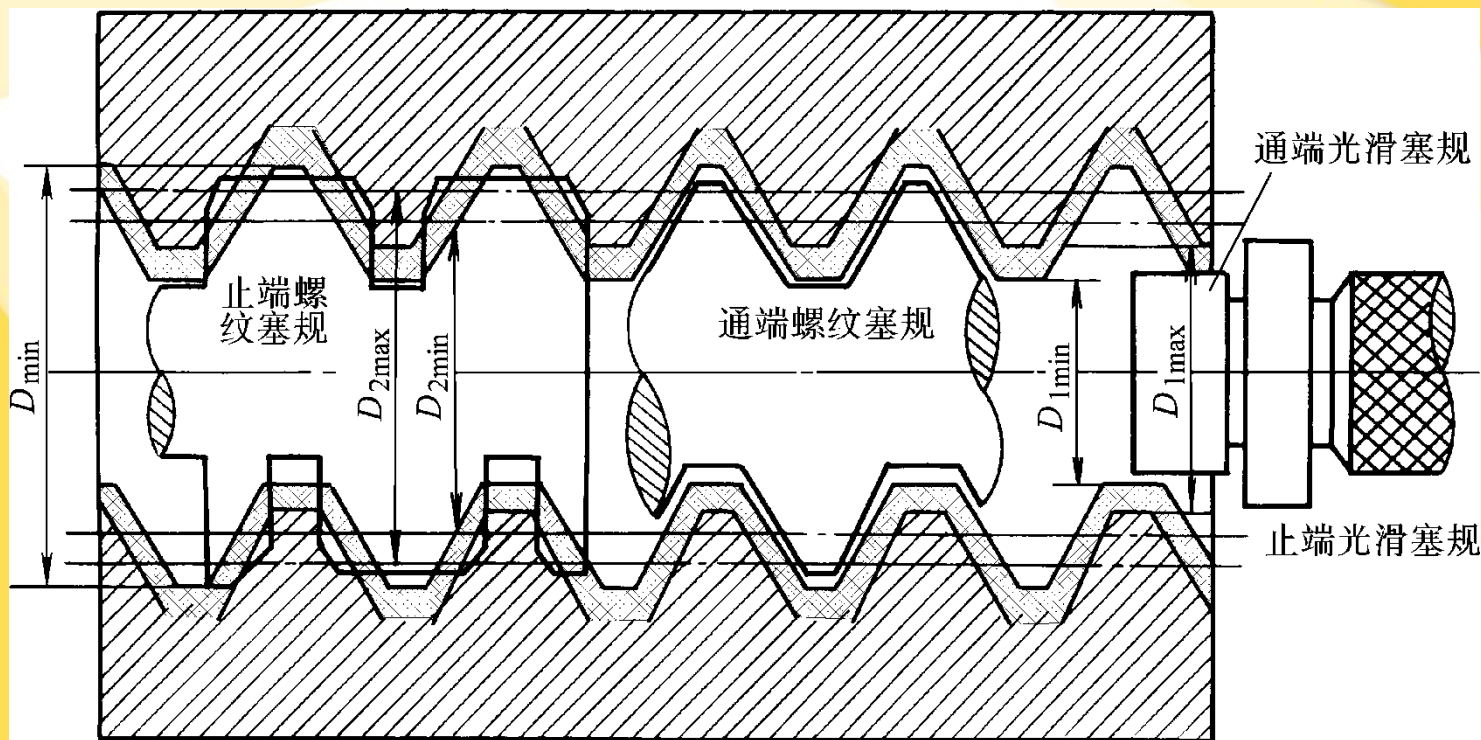


图 6-21 塞规检验内螺纹

(2) 单项测量 螺纹的单项测量指分别测量螺纹的各项几何参数，主要是中径、螺距和牙型半角。常用的方法有三针法和影像法。

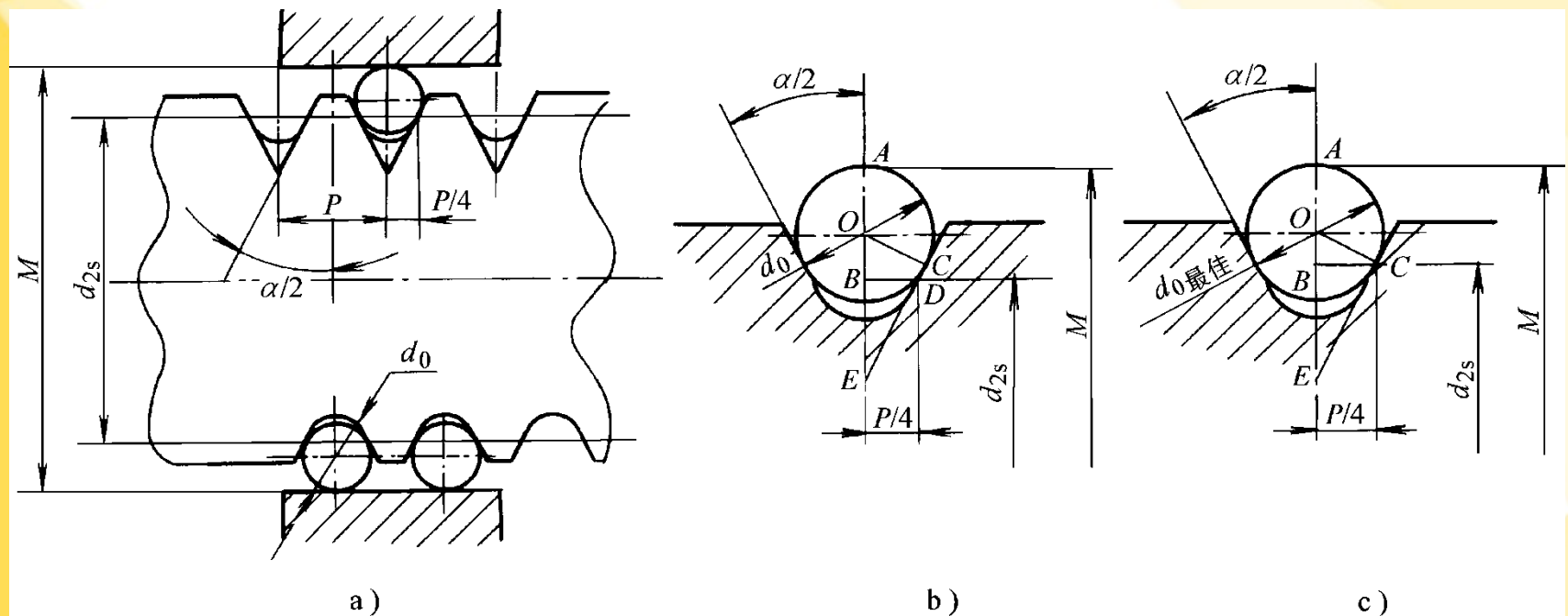


图 6-22 三针法测量外螺纹单一中径

谢谢！



互换性与测量技术