

机械工人自学丛书

答 工 问 考
公 差 · 配 合 · 量 具 · 量 仪

甘肃人民出版社

出版说明

《机械工人自学丛书》是根据第一机械工业部颁布的《工人技术等级标准》第三册《机床加工》和第四册《钳工》共二十个工种的应知应会条款，由甘肃省科普创作协会组织甘肃工业大学、兰州石油化工机器厂、甘肃电视厂等单位的教师、工程技术人员参加编写而成。为使这套丛书具有一定适应性和便于自学参考，并没有按照工级分级的方法编写，而是在问答内容上由浅入深，由低工级应知到高工级应知，读者在使用中可以自由选取。这样做，实际上保持了不同工级应知内容的连续性，避免了某一工种某一工级仅仅囿于若干个问答的简单化做法，使广大机械工人有一个知识的自适应范围和发展天地。本书也可作为职工培训的教材。

限于编者的经验和水平，我们的良好愿望同丛书编写的实际水平之间肯定有不小的差距，恳请广大读者批评指正。

目 录

一、公差与配合	(1)
1.为什么要在图纸上标注“公差”与“配合”?	(1)
2.公差与配合为什么要标准化?	(2)
3.什么叫基本尺寸、实际尺寸、极限尺寸、最大实体尺寸和 最小实体尺寸?	(2)
4.什么叫尺寸偏差?	(3)
5.什么叫尺寸公差?	(5)
6.尺寸、偏差和公差之间的关系如何? 偏差和公差有什么 不同的作用?	(6)
7.什么叫标准公差? 什么叫公差等级?	(7)
8.什么是基本偏差?	(12)
9.如何应用表1—5和表1—6查取轴和孔的基本偏差数值	(14)
10.如何应用基本偏差和标准公差来求得极限偏差(上偏差 和下偏差)?	(15)
11.什么叫配合? 什么叫孔或轴的作用尺寸?	(17)
12.什么叫间隙或过盈?	(18)
13.配合有几大类? 各类配合的特点是什么?	(18)
14.对间隙配合、过渡配合和过盈配合各举一例,并分别计算 最小间隙、最大间隙、最小过盈和最大过盈.	(19)
15.什么叫配合公差?	(21)
16.什么叫基孔制和基轴制?	(22)
17.基孔制配合和基轴制配合在图纸上如何表示?	(24)
18.分析图1—12中各配合代号是什么含义?	(25)

19. 装配图上标有 $\phi 3000 \frac{H6}{f6} MF\phi$ 或 $3000 \frac{F6}{h6} MF$, MF 的含义是什么? (26)
20. 怎样根据极限尺寸来判断孔、轴是否合格? (28)
21. 旧国标 (GB159~174-59) 的轴、孔公差带与新国标 (GB1800~1804-79) 的轴、孔公差带如何对应? (30)

二、形状和位置公差 (35)

1. 形状和位置公差在生产中有什么重要作用? (35)
2. 形位公差国家标准由哪几部分组成? (36)
3. 形位公差是如何分类的? 它包括哪些项目? (36)
4. 什么是要素? (37)
5. 什么是形状公差和位置公差? (39)
6. 什么是公差带? 形位公差的公差带是如何构成的? (40)
7. 什么是最小条件? (41)
8. 怎样在图样上标注形位公差的要求? (43)
9. 什么是直线度? (45)
10. 什么是平面度? (48)
11. 什么是圆度? (49)
12. 椭圆度和圆度有什么不同? (50)
13. 什么是圆柱度? (50)
14. 什么是线轮廓度? (51)
15. 什么是面轮廓度? (52)
16. 什么是平行度? (53)
17. 什么是垂直度? (56)
18. 什么是倾斜度? (58)
19. 什么是同轴度? (60)
20. 什么是对称度? (61)
21. 什么是位置度? (64)

22. 什么是圆跳动? (67)
23. 什么是全跳动? (69)
24. 在图2—59中, 公差数值用 100 ± 0.02 、 $\square 500 \pm 0.04$ 、 $\frac{0.05}{200 \pm 0.02}$ 等形式给出, 这表示什么含义? (70)
25. 形位公差框格中, 有时在公差值后面标注(+)、(-)、($\angle$)等符号, 例如 $\square -0.01(+)$, 应如何理解? (71)
26. 在形位公差框格的周围, 有时注有文字说明(图2—60、2—61), 应如何理解? (72)
27. 什么是基准? (73)
28. 什么是单一基准要素? (73)
29. 什么是组合基准要素? (74)
30. 什么是三基面体系? (75)
31. 什么是基准目标? (76)
32. 图2—72、2—73中公差框格两端均有带箭头的指引线, 或基准符号用箭头代替, 应如何理解? (78)
33. 什么是独立公差和相关公差? 图样上标注M是什么意思? (79)
34. 图2—75中所标公差框格的含义是什么? (80)
35. 图2—77(a)(b)所标公差框格的含义是什么? (81)
36. 图2—78所标注的公差框格的含义是什么? (82)
37. 图2—80所示公差框格中OM的含义是什么? (83)
38. 图2—81所示的公差框格中, OM与独立公差同时应用, 应如何理解? (84)
39. 采用相关公差或独立公差, 它们在检验方法上有什么不同? (85)
40. 什么叫复合位置度? 图2—83所示的公差框格应如何理解? (87)

41. 图2—85中的符号P表示什么含义? (37)
42. 图2—88中, 在尺寸公差后面加注符号E, 表示
什么含义? (90)
43. 图中未注出E和M符号的要素, 应如何理解?..... (91)
44. 图样上未注出形位公差要求的要素, 它们是否没有
形位公差要求? (91)
45. 当图样上未注出形位公差要求时, 应如何控制? (92)
46. 图样上给出的形位公差, 共有多少个公差等级? (93)
47. 图2—92中所示的各种不同标注方法各有什么含义? (94)
48. 图2—93所标注的各公差框格, 表示什么技术要求? (96)
49. 图2—94中所标注的各公差框格, 表示什么技术要求? ... (96)
50. 图2—95中所示公差框格的含义是什么? (97)

三、通用量具..... (98)

1. 游标量具有哪些种类、用途和规格? (98)
2. 游标量具的结构特点和读数原理是什么? (100)
3. 如何正确使用游标卡尺? (101)
4. 游标卡尺应该如何维护保养? (105)
5. 如何使用游标深度尺? (106)
6. 如何使用游标高度尺? (106)
7. 如何使用齿厚游标卡尺? (107)
8. 千分量具的种类有哪些? 有什么规格? 用途如何? (109)
9. 千分量具的读数原理是什么? (111)
10. 如何正确使用外径千分尺? (112)
11. 外径千分尺应如何维护保养? (113)
12. 如何正确使用内径千分尺? (114)
13. 如何使用公法线千分尺? (115)
14. 如何使用螺纹千分尺? (117)
15. 指示式量具有哪几种? 用途如何? (118)

16. 如何正确使用百分表?	(119)
17. 百分表应如何维护和保养?	(122)
18. 如何使用内径百分表?	(123)
19. 如何使用杠杆百分表?	(124)
20. 如何使用直角尺?	(126)
21. 如何使用角度尺?	(127)
22. 什么是光滑极限量规? 它们的用途和种类如何?	(129)
23. 怎样合理使用光滑极限量规?	(131)
24. 如何维护保养光滑极限量规?	(132)
25. 螺纹量规的作用是什么?	(132)
26. 怎样正确、合理地选择量具?	(133)
27. 举例说明如何按被测零件的精度选择量具?	(134)

四、量仪

1. 水平仪的用途是什么? 有哪些种类?	(139)
2. 水平仪的工作原理是什么?	(140)
3. 如何用水准仪测量导轨的直线度误差?	(142)
4. 水平仪的“0”位不正时, 应如何调整?	(145)
5. 立式光学比较仪的主要用途是什么? 它有哪些 测量指标?	(146)
6. 立式光学比较仪的工作原理是什么?	(146)
7. 应用立式光学比较仪测量工件时, 应注意哪些问题?	(148)
8. 立式光学比较仪应如何维护保养?	(149)
9. 工具显微镜的主要用途是什么?	(149)
10. 工具显微镜的工作原理是什么?	(150)
11. 应用工具显微镜测量工件, 应注意哪些事项?	(151)
12. 工具显微镜应如何维护保养?	(152)
13. 投影仪的用途是什么?	(153)
14. 投影仪的测量原理是什么?	(153)

15. 投影仪应如何维护保养?	(155)
16. 渐开线检查仪的用途是什么?	(155)
17. 渐开线检查仪的工作原理是什么?	(155)
18. 转速表的用途是什么?	(157)
19. ZJ ¹⁴ -3 型电动转速表的结构和工作原理如何?	(157)
20. 使用转速表应注意哪些问题?	(157)
五、附录: 形状和位置误差的检测实例	(158)

一、公差与配合

1. 为什么要在图纸上标注“公差”与“配合”？

答：为了提高劳动生产率，保证产品质量，达到多、快、好、省的要求，就需要进行高度专业化协作性生产。而要实现高度专业化协作性生产，就必须采用互换性原则。所谓互换性原则，就是机器中的零件或部件按规定的精度要求制造，在装配时，不经钳工修配或任何其他辅助加工和调整，就能装成机器，并完全符合规定的使用性能要求。按照这种原则生产的零件、部件和机器，就称为具有互换性。在机器使用中，当某些零件损坏而需更换时，该备件不经任何钳工修配即能装配到机器上，而且能完全满足规定的使用要求，这样的备件也称为具有互换性。

为了实现互换性生产，就必须保证零件的尺寸、几何形状和相互位置以及表面光洁度等技术要求的一致性。就尺寸而言，互换性要求尺寸的一致性，并不是要求零件都准确地制成一个指定的尺寸，而只是要求在一个合理的尺寸范围内。对于相互结合的零件，这个合理的范围既要保证相互结合的尺寸之间形成一定的关系，以满足不同的使用要求，又必须在制造上经济合理。这样，就形成了“公差”与“配合”的概念。由此可见，“公差”用于协调机器零件使用要求与制造经济性之间的矛盾；“配合”则反映机器零部件组合时相互之间的关系。因此，公差与配合决定了机器零部件相互配合的条件和状况，直接影响了产品的精度、性能和使用寿

命，它是评定产品质量的重要技术指标。所以，为了保证产品质量，图纸上必须标明必要的公差与配合要求。

2.公差与配合为什么要标准化？

答：公差与配合的标准化，是使机械工业能广泛组织专业化协作性生产、实现互换性的一个基本条件，对多快好省地发展机械工业有着极密切的关系。对于机械制造业来说，它不仅是进行产品设计、工艺设计和制定各项标准的共同基础，而且直接影响刀、夹、量具的品种、规格，又是生产检验等各个环节的重要依据。

我国1959年颁布的《公差与配合》国家标准（GB159~174-59），实施以来，对统一我国的公差与配合制度，促进机械工业的发展，起到了应有的作用。但随着工业生产的发展，GB159~174-59（以下简称旧国标）已不能适应，如标准规定的精度等级偏低，已不能满足高精度产品的需要；配合种类偏少，已不适应各类产品配合性能的要求等等。因此，在立足我国生产实际的基础上，考虑到生产发展的需要，制定了新的《公差与配合》国家标准 GB1800~1804-79。该标准已于1980年7月1日在全国施行。

3. 什么叫基本尺寸、实际尺寸、极限尺寸、最大实体尺寸和最小实体尺寸？

答：设计给定的尺寸叫基本尺寸（过去叫公称尺寸）。图1-1中孔径 $\phi 25$ 和轴径 $\phi 25$ ，就是基本尺寸。

实际尺寸是指通过测量所得到的尺寸。如图1-1中，用千分尺测得轴径为 $\phi 24.985$ 毫米，这个 $\phi 24.985$ 毫米就是

该轴的实际尺寸。应当指出，由于存在着测量误差，所以实际尺寸并非尺寸的真值。又由于几何形状误差的存在，孔、轴的不同部位的实际尺寸往往是不相等的。

极限尺寸是允许尺寸变化的界限值，它是以基本尺寸为基数来确定的。两个界限值中较大的一个称为最

大极限尺寸，较小的一个称为最小极限尺寸。

孔或轴具有允许的材料量为最多时的状态，称为最大实体状态（简称 MMC ）。在此状态下的极限尺寸，称为最大实体尺寸（简称 MMS ），它是孔的最小极限尺寸和轴的最大极限尺寸的统称。孔或轴具有允许的材料量为最少时的状态，称为最小实体状态（简称 LMC ）。在此状态下的极限尺寸，称为最小实体尺寸（简称 LMS ），它是孔的最大极限尺寸和轴的最小极限尺寸的统称。

4. 什么叫尺寸偏差？

答：尺寸偏差（简称偏差）的定义是：某一尺寸减其基

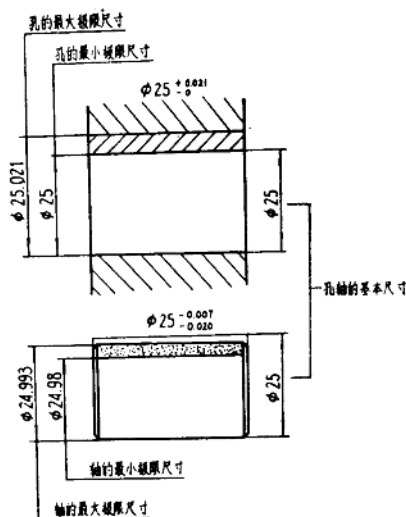


图 1-1 尺寸示意图

本尺寸所得的代数差。所谓“某一尺寸”，可以是最大极限尺寸、最小极限尺寸或某个实际尺寸。最大极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为上偏差；最小极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为下偏差。实际尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为实际偏差。因为极限尺寸和实际尺寸可能大于、小于也可能等于基本尺寸，所以偏差可以为正、负或零值。实际偏差在极限偏差范围内，这个零件为合格品。

新国标（GB1800~1804-79）对偏差的代号规定如下：

孔的上偏差 ES ；孔的下偏差 EI

轴的上偏差 es ；轴的下偏差 ei

根据上述定义，图1—1中的极限偏差为

$$ES = 25.021 - 25 = +0.021 \text{ 毫米}$$

$$EI = 25.000 - 25 = 0$$

$$es = 24.993 - 25 = -0.007 \text{ 毫米}$$

$$ei = 24.980 - 25 = -0.020 \text{ 毫米}$$

尺寸偏差在图样上标注时，应标注在相应的基本尺寸后面，上偏差标注在基本尺寸的右上方，下偏差标注在基本尺寸

的右下方，如 $\phi 25^{+0.041}_{+0.020}$ 、 $\phi 25^{+0.008}_{-0.013}$ 、 $\phi 25^{-0.022}_{-0.066}$ 、

$\phi 25^{+0.021}_0$ 、 $\phi 25^0_{-0.013}$ 等。如果上、下偏差的绝对值相

等，而符号相反，则在基本尺寸后面标注一个上、下偏差的共同数值并冠以正、负号，如 $\phi 25 \pm 0.026$ 。

在实用中，常根据基本尺寸和极限偏差来计算极限尺寸。孔、轴的极限尺寸可按下式计算：

$$\text{孔的最大极限尺寸 } L_{\max} = L + ES$$

孔的最小极限尺寸 $L_{\min} = L + EI$

轴的最大极限尺寸 $l_{\max} = l + es$

轴的最小极限尺寸 $l_{\min} = l + ei$

式中， L 和 l 分别为孔和轴的基本尺寸。

在图 1—1 中，

$$L_{\max} = 25 + 0.021 = 25.021 \text{ 毫米}$$

$$L_{\min} = 25 + 0 = 25 \text{ 毫米}$$

$$l_{\max} = 25 + (-0.007) = 24.993 \text{ 毫米}$$

$$l_{\min} = 25 + (-0.020) = 24.980 \text{ 毫米}$$

5. 什么叫尺寸公差？

答：尺寸公差（简称公差）的定义是：允许尺寸的变动量。就数值而言，公差等于最大极限尺寸与最小极限尺寸之代数差的绝对值；也等于上偏差与下偏差之代数差的绝对值。上述定义，也可用公式表达

$$T_h = L_{\max} - L_{\min}$$

或 $T_h = ES - EI$

$$T_s = l_{\max} - l_{\min}$$

或 $T_s = es - ei$

式中， T_h 和 T_s 分别为孔的公差和轴的公差。

在图 1—1 中，孔的公差和轴的公差分别为

$$T_h = 25.021 - 25.000 = 0.021 \text{ 毫米}$$

或 $T_h = +0.021 - 0 = 0.021 \text{ 毫米}$

$$T_s = 24.993 - 24.980 = 0.013 \text{ 毫米}$$

或 $T_s = -0.007 - (-0.020) = 0.013 \text{ 毫米}$

公差是一个不为零而且也没有正负号的数值。所以，零公差或负公差的说法是不妥当的。

6. 尺寸、偏差和公差之间的关系如何？偏差和公差有什么不同的作用？

答：尺寸、偏差和公差之间的关系可用图 1—2 表示。为了简化起见，在实用中常常不画出孔和轴，而只画出放大的孔和轴的公差带来分析问题，这就是公差与配合图解，简称公差带图。图 1—3 就是图 1—2 的公差带图。在公差带

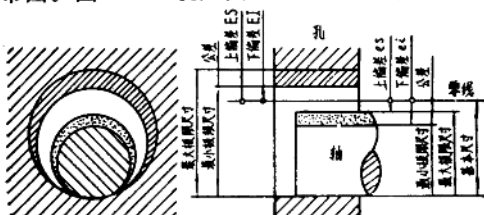


图 1—2 公差与配合示意图

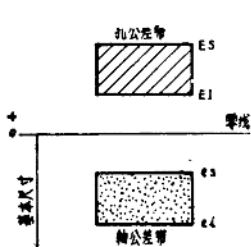


图 1—3 公差带图

图中，有一条零线，它是确定偏差的一条基准直线，即零偏差线。通常用零线表示基本尺寸。代表上、下偏差的两条直线所限定的区域，叫公差带。

由图 1—2 可见，偏差可为正值、负值和零值，其数值取决于加工时机床的调正（进刀）。

极限偏差用于限制实际偏差，它代表了公差带的位置，影响配合松紧。公差是一个绝对值，当基本尺寸一定时，它的数值能反映尺寸的制造精度，并可用它来限制尺寸误差；此外，公差值也代表公差带的大小，当基本尺寸一定时，它影

响配合的精度。

7. 什么叫标准公差？什么叫公差等级？

答：为了将公差数值标准化，以减少刀、夹、量具的规格，同时又要能满足各类机器所需要的不同精度要求，新国标规定了标准公差。新国标将标准公差分成20个等级，即 $IT01$ ， $IT0$ ， $IT1$ ， $IT2$ …… $IT16$ ， $IT17$ ， $IT18$ 等。 IT 表示标准公差，阿拉伯数字01，0，1，2…表示公差等级序号。从 $IT01$ 到 $IT18$ ，等级依次降低，而相应的标准公差则依次加大。表1—1是标准公差数值表。表上用来确定公差带大小的任一公差，都叫标准公差。

应用表1—1查取标准公差时，应根据基本尺寸的大小和公差等级的高低进行查找。如基本尺寸为50毫米，则应查阅基本尺寸大于30至50毫米尺寸段落，7级标准公差则查阅 $IT7$ ，得标准公差值为0.025毫米。又如基本尺寸为400毫米，12级标准公差，其标准公差值为0.57毫米（查阅表1—1时请注意 $IT01\sim IT11$ ，标准公差的单位是微米； $IT12\sim IT18$ 时标准公差的单位是毫米）。

另外，还应注意，属于同一公差等级的公差，对于不同的基本尺寸，虽然数值不同，但却认为它们具有同等的精确程度。例如，基本尺寸在大于30至50毫米尺寸段落时，7级标准公差（ $IT7$ ）是0.025毫米；基本尺寸在大于400至500毫米尺寸段落时，7级标准公差（ $IT7$ ）是0.063毫米，虽然这两个不同尺寸段落的标准公差数值不同，但它们的公差等级都是7级，则认为它们在制造上和使用上具有相等的精确程度。公差等级就是确定尺寸精确程度的等级。

标准公

基本尺寸mm		公差								
大于	至	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7
—	3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10
3	6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12
6	10	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15
10	18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18
18	30	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21
30	50	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25
50	80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30
80	120	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35
120	180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40
180	250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46
250	315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63
500	630	4.5	6	9	11	16	22	30	44	70
630	800	5	7	10	13	18	25	35	50	80
800	1000	5.5	8	11	15	21	28	40	56	90
1000	1250	6.5	9	13	18	24	34	46	66	105
1250	1600	8	11	15	21	29	40	54	78	125
1600	2000	9	13	18	25	35	48	65	92	150
2000	2500	11	15	22	30	41	57	77	110	175
2500	3150	13	18	26	36	50	69	93	135	210

注：1mm以下无IT14~IT18

差 数 值

表 1—1

等 级										
μm				mm						
IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
14	25	40	60	0.10	0.14	0.25	0.40	0.60	1.00	1.40
18	30	48	75	0.12	0.18	0.30	0.48	0.75	1.20	1.80
22	36	58	90	0.15	0.22	0.36	0.58	0.90	1.50	2.20
27	43	70	110	0.18	0.27	0.43	0.70	1.10	1.80	2.70
33	52	84	130	0.21	0.33	0.52	0.84	1.30	2.10	3.30
39	62	100	160	0.25	0.39	0.62	1.00	1.60	2.50	3.90
46	74	120	190	0.30	0.46	0.74	1.20	1.90	3.00	4.60
54	87	140	220	0.35	0.54	0.87	1.40	2.20	3.50	5.40
63	100	160	250	0.40	0.63	1.00	1.60	2.50	4.00	6.30
72	115	185	290	0.46	0.72	1.15	1.85	2.90	4.60	7.20
81	130	210	320	0.52	0.81	1.30	2.10	3.20	5.20	8.10
89	140	230	360	0.57	0.89	1.40	2.30	3.60	5.70	8.90
97	155	250	400	0.63	0.97	1.55	2.50	4.00	6.30	9.70
110	175	280	440	0.70	1.10	1.75	2.80	4.40	7.00	11.0
125	200	320	500	0.80	1.25	2.00	3.20	5.00	8.00	12.5
140	230	360	560	0.90	1.40	2.30	3.60	5.60	9.00	14.0
165	260	420	660	1.05	1.65	2.60	4.20	6.60	10.5	16.5
195	310	500	870	1.25	1.95	3.10	5.00	7.80	12.5	19.5
230	370	600	920	1.50	2.30	3.70	6.00	9.20	15.0	23.0
280	440	700	1100	1.75	2.80	4.40	7.00	11.00	17.5	28.0
330	540	860	1350	2.10	3.30	5.40	8.60	13.50	21.0	33.0