

边,按标准规定,验收极限对所偏向的最大实体极限一边按内缩方式确定,而对另一边按不内缩方式确定,则

$$\text{上验收极限} = D_{\max} = 30 + 0.033 = 30.033 \text{ mm}$$

$$\text{下验收极限} = D_{\min} + A = 30 + 0.0033 = 30.0033 \text{ mm}$$

又根据表 3—3 可知,工件尺寸在 18~30 mm 范围内,分度值为 0.005 mm (相当于放大倍数 250 倍) 的比较仪的不确定度为 0.003 0 mm,小于  $u_1 = 0.005 \text{ mm}$ ,可以满足要求。

### § 3—3 光滑极限量规

#### 一、概述

光滑极限量规 (简称量规) 是一种没有刻度的定值测量工具。用它来检验工件时,只能确定工件的尺寸是否在极限尺寸的范围,不能测出工件的实际尺寸。由于量规结构简单,使用方便,检验效率高,因而在生产中得到广泛应用,特别适用于大批量生产的场合。

量规按检验对象的不同分为塞规和卡规两种,塞规用于检验孔,卡规用于检验轴。量规都是成对使用的。孔用量规和轴用量规都有通规和止规,如图 3—4 所示。通规按工件的最大实体尺寸制造;止规按工件的最小实体尺寸制造。用它们检验工件时,只要通规能通过工件,止规不能通过工件,则认为该工件合格。

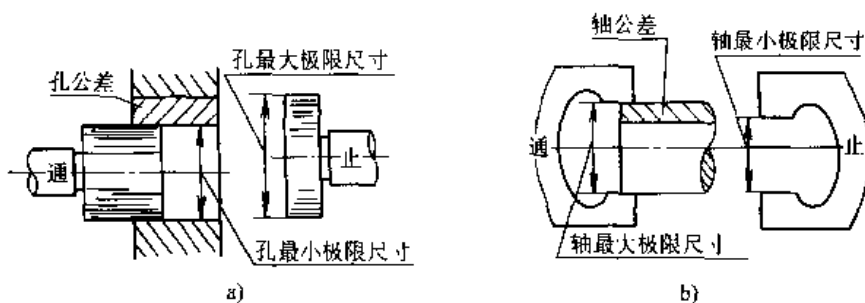


图 3—4 光滑极限量规

a) 塞规 b) 卡规

#### 二、量规的种类

按照用途,可以把量规分为三类:

##### 1. 工作量规

在零件制造过程中,操作者对零件进行检验所使用的量规称为工作量规。通规用“T”表示,止规用“Z”表示。为了保证加工零件的精度,操作者应该使用新的或者磨损较小的通规。

##### 2. 验收量规

检验部门或用户代表在验收产品时所使用的量规称为验收量规。检验人员应该使用与生产工人相同类型且已磨损较多但未超过磨损极限的通规。这样就可保证由生产工人自检合格的工件,检验人员验收时也应该合格。

在用上述规定的量规检验工件时,如果判断有争议,应使用下述尺寸的量规来仲裁:通规应等于或接近于工件的最大实体尺寸;止规应等于或接近于工件的最小实体尺寸。

##### 3. 校对量规

检验轴用量规在其制造和使用过程中的尺寸、磨损或变形的量规称为校对量规。轴用工

作量规测量比较困难，使用过程中又易于磨损和变形，所以必须用校对量规进行检验；而孔用量规的刚性较好，不易变形，也不易磨损，必要时也便于用通用测量仪器进行检验，所以孔用量规没有校对量规。

### 三、工作量规的尺寸公差带

因为产品的使用要求是必须满足的，极限量规应该只接受位于规定极限尺寸之内的工件，误收的现象是不允许发生的，所以量规的尺寸不得超出工件的尺寸公差带。然而，量规制造时不可能做成某一规定的尺寸，因此需要给出量规制造公差。而且对于通规，因为它经常通过被检零件，磨损较大，还应该规定磨损极限，以限制其使用过程中的磨损情况。

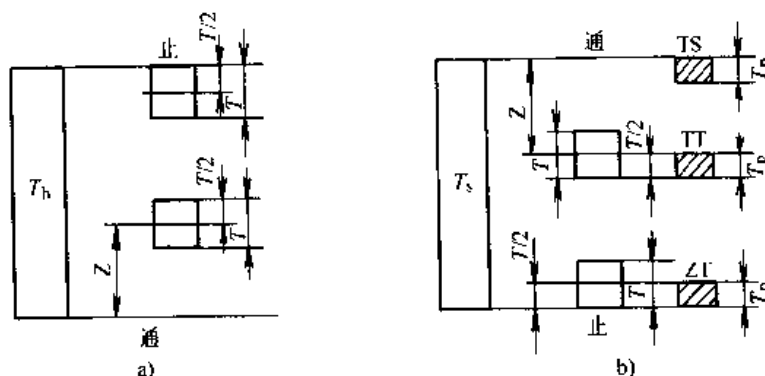


图 3—5 工作量规公差带

a) 孔用量规 b) 轴用量规

根据上述原则，国家标准规定了工作量规和校对量规的公差带，如图 3—5 所示。由图可知，工作量规的公差带全部位于工件公差带之内。止规的最大实体尺寸等于工件的最小实体尺寸，即孔用止规的最大极限尺寸等于孔的最大极限尺寸  $D_{\max}$ ；轴用止规的最小极限尺寸等于轴的最小极限尺寸  $d_{\min}$ 。通规的磨损极限尺寸等于工件的最大实体尺寸，即孔的最小极限尺寸  $D_{\min}$  或轴的最大极限尺寸  $d_{\max}$ 。

轴用工作量规有三种校对量规。TT 和 ZT 是分别模拟工作通规和工作止规最大实体尺寸（最小极限尺寸）的校对量规，用于防止通规和止规的尺寸过小。合格的通规和止规应该分别被 TT 和 ZT 所通过，所以称为工作通规的校对通规和工作止规的校对通规。TS 是模拟工作通规磨损极限尺寸（轴的最大极限尺寸）的校对量规，用于防止工作通规使用时因磨损而使尺寸过大。不能被校对量规 TS 通过的工件量规，其尺寸没有超出磨损极限尺寸，因此可以继续使用。

### 四、量规的公差值

GB/T 1957—1981 规定了用于检验基本尺寸至 500 mm、公差等级为 IT6~IT16 的孔和轴用工作量规的尺寸公差 T 和工作通规的尺寸公差带中心到工件最大实体尺寸之间的距离 Z（亦称“位置要素”），见表 3—5 所列。同时还规定各种校对量规的尺寸公差  $T_p$  等于被检验的工作量规的尺寸公差 T 的一半，即  $T_p = T/2$ 。

此外，标准还规定量规的形状和位置误差应在其工作量规制造公差范围内，其公差为量规制造公差的 50%。当量规制造公差小于或等于 0.002 mm 时，其形状和位置公差为 0.001 mm。校对量规的形状误差应在校对量规的制造公差范围内。

### 五、量规的设计

#### 1. 量规形式的选择

表 3—5 光滑极限量规的公差值

μm

| 工件基本尺寸<br><i>D</i><br>mm | IT6 |     | IT7 |     | IT8 |     | IT9 |     | IT10 |     | IT11 |    | IT12 |     | IT13 |     | IT14 |     | IT15 |    | IT16 |     |    |     |       |    |     |       |    |     |       |     |     |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|----|------|-----|------|-----|------|-----|------|----|------|-----|----|-----|-------|----|-----|-------|----|-----|-------|-----|-----|
|                          | IT6 |     | IT7 |     | IT8 |     | IT9 |     | IT10 |     | IT11 |    | IT12 |     | IT13 |     | IT14 |     | IT15 |    | IT16 |     |    |     |       |    |     |       |    |     |       |     |     |
|                          | T   | Z   | T   | Z   | T   | Z   | T   | Z   | T    | Z   | T    | Z  | T    | Z   | T    | Z   | T    | Z   | T    | Z  | T    | Z   |    |     |       |    |     |       |    |     |       |     |     |
| 3                        | 6   | 1   | 10  | 1.2 | 1.6 | 14  | 1.6 | 2   | 25   | 2   | 3    | 40 | 2.4  | 4   | 60   | 3   | 6    | 100 | 4    | 9  | 140  | 6   | 14 | 250 | 9     | 20 | 400 | 14    | 30 | 600 | 20    | 40  |     |
| 大于3至6                    | 8   | 1.2 | 1.4 | 12  | 1.4 | 2   | 18  | 2   | 2.6  | 30  | 2.4  | 4  | 48   | 3   | 5    | 75  | 4    | 8   | 120  | 5  | 11   | 180 | 7  | 16  | 300   | 11 | 25  | 480   | 16 | 35  | 750   | 25  | 50  |
| 大于6至10                   | 9   | 1.4 | 1.6 | 15  | 1.8 | 2.4 | 22  | 2.4 | 3.2  | 36  | 2.8  | 5  | 58   | 3.6 | 6    | 90  | 5    | 9   | 150  | 6  | 13   | 220 | 8  | 20  | 360   | 13 | 30  | 580   | 20 | 40  | 900   | 30  | 60  |
| 大于10至18                  | 11  | 1.6 | 2   | 18  | 2   | 2.8 | 27  | 2.8 | 4    | 43  | 3.4  | 6  | 70   | 4   | 8    | 110 | 6    | 11  | 180  | 7  | 15   | 270 | 10 | 24  | 430   | 15 | 35  | 700   | 24 | 50  | 1 100 | 35  | 75  |
| 大于18至30                  | 13  | 2   | 2.4 | 21  | 2.4 | 3.4 | 33  | 3.4 | 5    | 52  | 4    | 7  | 84   | 5   | 9    | 130 | 7    | 13  | 210  | 8  | 18   | 330 | 12 | 28  | 520   | 18 | 40  | 840   | 28 | 60  | 1 300 | 40  | 90  |
| 大于30至50                  | 16  | 2.4 | 2.8 | 25  | 3   | 4   | 39  | 4   | 6    | 62  | 5    | 8  | 100  | 6   | 11   | 160 | 8    | 16  | 250  | 10 | 22   | 390 | 14 | 34  | 620   | 22 | 50  | 1 000 | 34 | 75  | 1 600 | 50  | 110 |
| 大于50至80                  | 19  | 2.8 | 3.4 | 30  | 3.6 | 4.6 | 46  | 4.6 | 7    | 74  | 6    | 9  | 120  | 7   | 13   | 190 | 9    | 19  | 300  | 12 | 26   | 460 | 16 | 40  | 740   | 26 | 60  | 1 200 | 40 | 90  | 1 900 | 60  | 130 |
| 大于80至120                 | 22  | 3.2 | 3.8 | 35  | 4.2 | 5.4 | 54  | 5.4 | 8    | 87  | 7    | 10 | 140  | 8   | 15   | 220 | 10   | 22  | 350  | 14 | 30   | 540 | 20 | 46  | 870   | 30 | 70  | 1 400 | 46 | 100 | 2 200 | 70  | 150 |
| 大于120至180                | 25  | 3.8 | 4.4 | 40  | 4.8 | 6   | 63  | 6   | 9    | 100 | 8    | 12 | 160  | 9   | 18   | 250 | 12   | 25  | 400  | 16 | 35   | 630 | 22 | 52  | 1 000 | 35 | 80  | 1 600 | 52 | 120 | 2 500 | 80  | 180 |
| 大于180至250                | 29  | 4.4 | 5   | 46  | 5.4 | 7   | 72  | 7   | 10   | 115 | 9    | 14 | 185  | 10  | 20   | 290 | 14   | 29  | 460  | 18 | 40   | 720 | 26 | 60  | 1 150 | 40 | 90  | 1 850 | 60 | 130 | 2 900 | 90  | 200 |
| 大于250至315                | 32  | 4.8 | 5.6 | 52  | 6   | 8   | 81  | 8   | 11   | 130 | 10   | 16 | 210  | 12  | 22   | 320 | 16   | 32  | 520  | 20 | 45   | 810 | 28 | 66  | 1 300 | 45 | 100 | 2 100 | 66 | 150 | 3 200 | 100 | 220 |
| 大于315至400                | 36  | 5.4 | 6.2 | 57  | 7   | 9   | 89  | 9   | 12   | 140 | 11   | 18 | 230  | 14  | 25   | 360 | 18   | 36  | 570  | 22 | 50   | 890 | 32 | 74  | 1 400 | 50 | 110 | 2 300 | 74 | 170 | 3 600 | 110 | 250 |
| 大于400至500                | 40  | 6   | 7   | 63  | 8   | 10  | 97  | 10  | 14   | 155 | 12   | 20 | 250  | 16  | 28   | 400 | 20   | 40  | 630  | 24 | 55   | 970 | 36 | 80  | 1 550 | 55 | 120 | 2 500 | 80 | 190 | 4 000 | 120 | 280 |

光滑极限量规的国家标准是建立在按泰勒原则来判断工件合格性的基础上的,即要求工件的体外作用尺寸不超出最大实体尺寸,实际尺寸不超出最小实体尺寸。

体外作用尺寸是指在被测要素的给定长度上,与实际内(外)表面体外相接的最大(最小)理想面的直径或宽度(见图3—6)。内、外表面的体外作用尺寸分别用 $D_{fe}$ 和 $d_{fe}$ 表示。

体内作用尺寸是指在被测要素的给定长度上,与实际内(外)表面体内相接的最小(最大)理想面的直径或宽度(见图3—6)。内、外表面的体内作用尺寸分别用 $D_{fi}$ 和 $d_{fi}$ 表示。

根据泰勒原则,对于工作通规,不仅其尺寸应该模拟工件的最大实体尺寸,而且其测量面应该是与被检验孔、轴相对应的完整表面,其长度不小于给定长度,通常称为全形量规;对于工作止规,不仅其尺寸应该模拟工件的最小实体尺寸,而且其测量面应该是点状的。符合这一原则的量规,通规应该是全形塞规(孔用)和环规(轴用),止规应该是球端杆规(孔用)和卡规(轴用)。否则,会因工件的形状误差而造成误收。

当量规型式做成不符合泰勒原则而检验不注意时,便会发生“误收”。图3—7c所示,被检验孔是椭圆形,其实际轮廓在 $x$ 和 $y$ 方向均超出尺寸极限。如果按照泰勒原则制造量规,即通规做成图3—7a所示的完整轮廓,则用它来检验工件时,不可能通过工件,从而可发现该工件不合格。相反,如果量规做成图3—7b所示的片状塞规,若检验不注意,即只在 $y$ 方向插入工件(在 $x$ 方向不检验),则该通规能通过工件而误认为合格。同样如果止规型式不符合泰勒原则,做成图3—7e所示的完整轮廓,用它来检验该工件时,将不可能通过工件,也会误认为该工件合格。

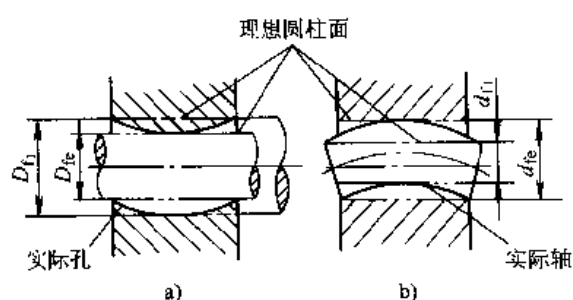


图3—6 作用尺寸

a) 孔的体外、体内作用尺寸

b) 轴的体外、体内作用尺寸

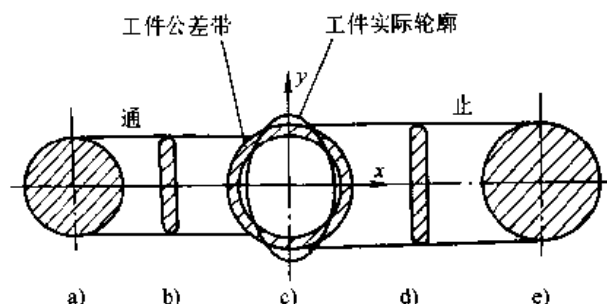


图3—7 量规型式的影响

a) 圆柱塞规 b) 片状塞规 c) 量规不符合泰勒原则

d) 片状塞规 e) 圆柱塞规

在实际生产中,完全按照泰勒原则来设计量规,有时其制造和使用都会有困难,甚至难以实现。为此,标准规定可在保证被检验工件的形状误差不致影响配合性质的条件下,使用偏离泰勒原则的量规。例如,用全形塞规检验大尺寸的孔,既笨重又不方便使用,允许用不全形塞规或球端杆规;环规通规不能检验曲轴的连杆轴颈,只能用卡规检验等。因此,GB 1957—1981列出了推荐的量规型式和应用尺寸范围。图3—8所示为孔用量规型式和应用尺寸范围,图3—9所示为轴用量规型式和应用尺寸范围。

## 2. 量规工作尺寸的计算

量规工作尺寸的计算步骤见例3—4。

**例3—4** 计算 $\phi 30H7/g6$ 孔与轴用量规的极限偏差及工作尺寸。

**解:** (1) 查出孔与轴的上、下偏差,并画出公差带图(见图3—10)。

$$\phi 30H7 \quad ES = +21 \mu m, EI = 0$$

$$\phi 30g6 \quad es = -7 \mu m, ei = -20 \mu m$$

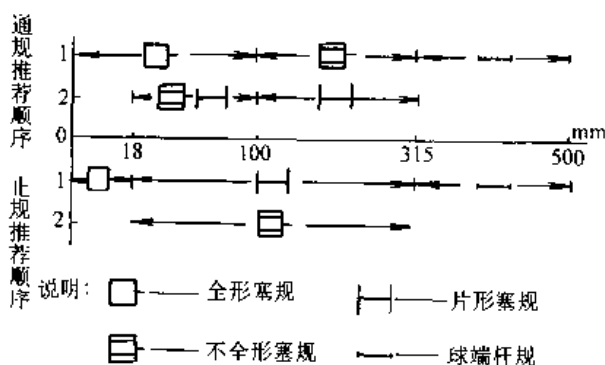


图 3—8 孔用量规型式和应用尺寸范围

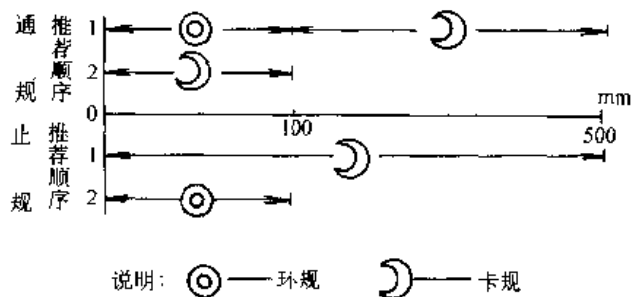


图 3—9 轴用量规型式和应用尺寸范围

(2) 由表 3—5 查出工作量规的制造公差  $T$  和通规位置要素  $Z$  值, 并标在公差带图上。

孔用量规  $T = 2.4 \mu m, Z = 3.4 \mu m$

轴用量规  $T = 2 \mu m, Z = 2.4 \mu m$

校对量规  $T_p = T/2 = 2/2 = 1 \mu m$

(3) 计算各种量规的极限偏差和确定量规的工作尺寸, 见表 3—6。

### 3. 量规的技术要求

量规可用合金工具钢、碳素工具钢、渗碳钢及硬质合金等尺寸稳定性好且耐磨的材料制造。钢制量规测量面的硬度为 58~65 HRC, 测量面的表面粗糙度应符合表 3—7 的规定, 并不应有锈迹、毛刺、黑斑、划痕等明显影响外观和使用质量的缺陷。其他表面也不应有锈蚀和裂纹。通常, 量规应经稳定性处理。

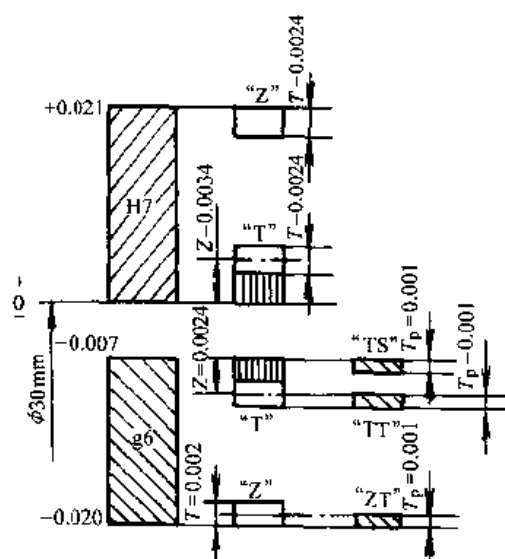


图 3—10 例 3—4 的量规公差带

表 3—6

例 3—4 的数据表

| 量规种类   |      | 上偏差 $\mu m$                                | 下偏差 $\mu m$                                | 工作尺寸 $mm$   |
|--------|------|--|--|---|
| 孔用工作量规 | “T”  | $EI + Z + T/2$<br>$= 0 + 3.4 - 1.2 = +4.6$ | $EI + Z - T/2$<br>$= 0 + 3.4 - 1.2 = +2.2$ | $\phi 30 \begin{smallmatrix} +0.0046 \\ -0.0022 \end{smallmatrix} = \phi 30.0014 \begin{smallmatrix} -0 \\ -0.0024 \end{smallmatrix}$ |
|        | “Z”  | $ES - +21$                                 | $ES - T$<br>$= -21 - 2.4 = +18.6$          | $\phi 30 \begin{smallmatrix} +0.021 \\ -0.0186 \end{smallmatrix} = \phi 30.021 \begin{smallmatrix} -0 \\ -0.0024 \end{smallmatrix}$   |
| 轴用工作量规 | “T”  | $es - Z + T/2$<br>$= -7 - 2.4 + 1 = -8.4$  | $es - Z - T/2$<br>$= -7 - 2.4 - 1 = -10.4$ | $\phi 30 \begin{smallmatrix} -0.0084 \\ -0.0104 \end{smallmatrix} = \phi 29.9916 \begin{smallmatrix} +0.002 \\ 0 \end{smallmatrix}$   |
|        | “Z”  | $ei + T = -20 + 2 = -18$                   | $ei = -20$                                 | $\phi 30 \begin{smallmatrix} -0.018 \\ -0.020 \end{smallmatrix} = \phi 29.980 \begin{smallmatrix} +0.002 \\ 0 \end{smallmatrix}$      |
| 校对量规   | “TT” | $es - Z = -7 - 2.4 = -9.4$                 | $es - Z - T_p$<br>$= -7 - 2.4 - 1 = -10.4$ | $\phi 30 \begin{smallmatrix} -0.0094 \\ -0.0104 \end{smallmatrix} = \phi 29.9906 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.001 \end{smallmatrix}$   |
|        | “ZT” | $ei + T_p = -20 + 1 = -19$                 | $ei = -20$                                 | $\phi 30 \begin{smallmatrix} -0.019 \\ -0.020 \end{smallmatrix} = \phi 29.981 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.001 \end{smallmatrix}$      |
|        | “TS” | $es = -7$                                  | $es - T_p = -7 - 1 = -8$                   | $\phi 30 \begin{smallmatrix} -0.007 \\ -0.008 \end{smallmatrix} = \phi 29.993 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.001 \end{smallmatrix}$      |

表 3—7

量规测量面的表面粗糙度

| 工 作 量 规                            | 工件基本尺寸 mm                   |              |              |
|------------------------------------|-----------------------------|--------------|--------------|
|                                    | 至 120                       | 大于 120 至 315 | 大于 315 至 500 |
|                                    | $R_a$ 值 (不大于) $\mu\text{m}$ |              |              |
| IT6 级孔用量规                          | 0.04                        | 0.08         | 0.16         |
| IT6 至 IT9 级轴用量规<br>IT7 至 IT9 级孔用量规 | 0.08                        | 0.16         | 0.32         |
| IT10 至 IT12 级孔、轴用量规                | 0.16                        | 0.32         | 0.63         |
| IT13 至 IT16 级孔、轴用量规                | 0.32                        | 0.63         | 0.63         |

量规工作图的尺寸标注如图 3—11 所示。

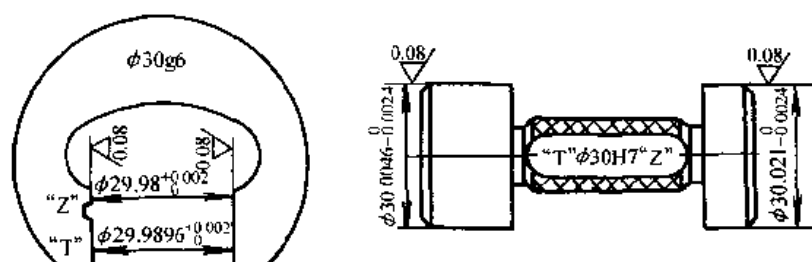


图 3—11 例 3—4 的量规工作图

## 复习思考题

1. 为什么验收时不能把工件的极限尺寸作为验收工件是否合格的界限？
2. 国标中对验收原则是如何规定的？何谓安全裕度？安全裕度的大小与什么有关？
3. 确定验收极限的方式有哪两种？各适用于什么场合？
4. 试述内缩方式的含义，其验收极限如何确定？
5. 选择计量器具的原则是什么？
6. 选择下列工件的计量器具，并确定各尺寸的验收极限（按内缩方式）。  
(1) 轴  $\phi 20h9$ ；(2) 轴  $\phi 30f7$ ；(3) 孔  $\phi 60H10$ 。
7. 某内尺寸为 120 mm，其加工精度为线性尺寸一般公差 GB/T 1804—f。试确定其验收极限并选择适当的计量器具。
8. 量规按照用途可分为哪三类？各用于什么场合？
9. 检验员和操作工人检验工件时如果判断有争议，应使用何种尺寸量规进行仲裁？
10. 制造光滑极限量规时应遵循什么原则？其通规和止规的型式应如何？