

# 机械工人学习材料

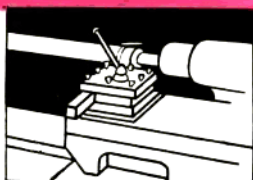
JIXIE GONGREN XUEXI CAILIAO

## 车削圆锥零件

张文宽 编著

车工

G506.6



机械工业出版社

## 目 录

一 圆锥要素及计算.....	1
1 圆锥的基本概念(1)——2 圆锥标注方法(6)——3 圆锥各部分尺寸的计算(11)	
二 标准圆锥及公差.....	13
1 标准圆锥(13)——2 精度及公差(16)	
三 圆锥零件的车削方法.....	23
1 转动小拖板法(23)——2 偏移尾座法(39)——3 靠模法(44)——4 钢丝展开法(50)——5 反正螺纹法(54)——6 卡盘偏移法(57)——7 宽刃刀具法(成形刀具法)(59)——8 专用夹具法(64)	
四 特殊圆锥零件的车削.....	66
1 精密圆锥零件的车削(66)——2 双圆锥零件的车削(69)——3 对配圆锥零件的车削(70)——4 深锥孔零件的车削(71)	
五 圆锥尺寸的控制及计算.....	73
1 卡钳和游标卡尺测量法(74)——2 界限量规计算法(74)——3 圆柱量棒计算法(76)——4 大拖板移动法(78)——5 留磨余量的控制及计算(79)	
六 圆锥的测量及计算.....	80
1 锥度的测量及计算(81)——2 圆锥直径的测量及计算(88)——3 圆锥长度的测量(96)——4 直线度测量(96)——5 圆度测量(97)	
七 车削圆锥表面常见的质量问题.....	98
1 车削圆锥表面常见的质量问题及防止方法(98)——2 双曲线误差分析(98)——3 双曲线误差的数学分析(102)	



B 534373

## 一 圆锥要素及计算

圆锥零件配合紧密，定位准确，装卸方便，且在发生磨损后，仍能保持精确的定心和配合作用，因而在机械产品结构中被广泛地应用。例如机床的主轴锥孔和尾座锥孔，刀具的圆锥尾柄，顶针的锥体，圆锥销轴等。圆锥零件的切削加工，在车削加工中占有一定比重。由于它几何形状特殊，配合要求精确，所以加工质量要求也高。为了了解和掌握圆锥零件的特征，并车削加工出合格的产品，这里就圆锥要素及其计算方面的主要内容介绍如下。

### 1 圆锥的基本概念

圆锥——指与轴线成一定角度，且相交于轴线的一条直线，围绕该轴线旋转，并受到一定尺寸所限定的几何体。

圆锥表面——指围成圆锥的表面。

圆锥母线——指围绕圆锥轴线旋转的直线，它在圆锥表面内。又称素线，简称母线。

圆锥零件——指全部或部分由圆锥所组成的零件。例如：锥孔主轴、锥体顶针、锥柄钻头、锥齿轮、锥夹头等，都是常见的圆锥零件。

#### (1) 圆锥三要素

由圆锥概念可知，组成圆锥的基本要素有三个：锥度、圆锥直径、圆锥长度。如图 1 所示，图中：

$D$ ——最大圆锥直径；

$d$ ——最小圆锥直径；

$d_x$ ——给定轴向距离  $x$  截面上的圆锥直径；

$L$ ——圆锥长度；

$\alpha$ ——圆锥角；

$\frac{\alpha}{2}$ ——圆锥母线角，又称圆锥斜角。

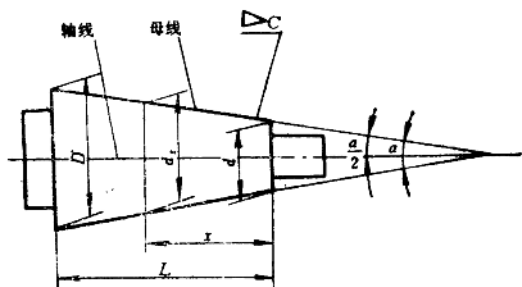


图1 圆锥要素及各部分名称

锥度——指两个垂直于圆锥轴线截面的圆锥直径差与该两截面间的轴向距离之比。也即，最大圆锥直径  $D$  与最小圆锥直径  $d$  之差和圆锥长度  $L$  之比。一般用比例或分数形式表示，也常用字母  $C$  和符号  $\triangleright$  标注，其表达式：

$$C = \frac{D-d}{L} = (D-d) : L$$

锥度具有角度的含义，通常用圆锥角或圆锥斜角来表示。

圆锥角——指在通过圆锥轴线的截面内，两条母线（素线）间的夹角，简称锥角，用字母  $\alpha$  来标注。

圆锥斜角——指在通过圆锥轴线的截面内，一条母线与轴线间的夹角，简称斜角。圆锥斜角等于圆锥角之半，即为

$$\frac{\alpha}{2}。$$

圆锥直径——指圆锥在垂直轴线截面上的直径，包括最大圆锥直径和最小圆锥直径，分别用字母  $D$  和  $d$  表示。

圆锥长度——指最大圆锥直径与最小圆锥直径之间的轴向距离，用字母  $L$  表示。

由此可见，只要具备以下三种条件之一，即可组成基本圆锥：一个圆锥直径（ $D$  或  $d$ ）、圆锥长度和锥度；一个圆锥直径（ $D$  或  $d$ ）、圆锥长度和圆锥角；二个圆锥直径（ $D$  和  $d$ ）和圆锥长度。

新标准 GB157—83 与旧标准 GB157—59 中圆锥名称及代号的主要区别，可见表 1。

表1 新旧标准中圆锥名称及代号的主要区别

名 称	新标准 GB157—83	旧标准 GB157—59
锥 度	$C$	$K$
圆 锥 直 径	最大圆锥直径、最小圆锥直径	大端直径、小端直径
圆 锥 角	$\alpha$	$2\alpha$
圆 锥 斜 角	$\frac{\alpha}{2}$	$\alpha$

### (2) 锥度与斜度的关系

锥度既然有角度的含义，就有锥度与锥角和斜角的关系。其关系表达式如下：

$$C = \operatorname{tg} \alpha = 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 1 : \frac{1}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}$$

例如：已知  $C = 1 : 20$ ，那么  $\alpha = 2^{\circ} 51' 51''$ 。

斜度——指最大圆锥直径  $D$  与最小圆锥直径  $d$  之差和

两倍圆锥长度  $L$  之比，用字母  $S$  表示。旧标准中用字母  $M$  表示。其表达式：

$$S = \frac{D-d}{2L} = \frac{\frac{D-d}{2}}{L}$$

对于同一圆锥来说，锥度总是等于斜度的两倍，即

$$C = 2S \quad \text{或} \quad S = \frac{C}{2}$$

同样，斜度与斜角的关系为：

$$S = \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

例如，已知  $C = 1 : 20$ ，那么  $S = 1 : 40 = 0.025$ ， $\frac{\alpha}{2} = 1^{\circ}25'56''$ 。

### (3) 圆锥种类

圆锥可按不同特征和用途来划分种类。按内外表面可分为外圆锥和内圆锥；按最大圆锥直径或最小圆锥直径的位置方向，可分为正向圆锥（正圆锥）和反向圆锥（反圆锥）；按锥角大小可分为大圆锥和小圆锥；按同一零件上两个圆锥的锥角大小和方向，可分为对称圆锥和不对称圆锥；按圆锥长度的长短可分为长圆锥和短圆锥；按制造精度要求可分为一般圆锥和精密圆锥；按使用标准可分为标准圆锥和特殊圆锥，等等。现将常见圆锥种类分述如下：

1) 外圆锥——指零件全部或一部分的外表面为圆锥表面的几何体，简称为锥体，如图2<sup>a</sup>。

2) 内圆锥——指零件全部或一部分的内表面为圆锥表面的几何体，简称为锥孔，如图2<sup>b</sup>。

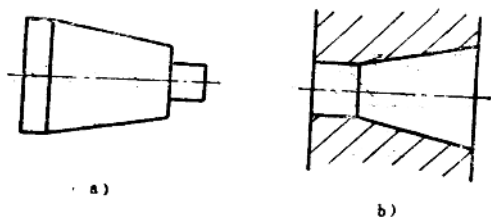


图2 外圆锥和内圆锥

3) 正向圆锥——指圆锥的最大圆锥直径位置在圆锥正视方向的左端或下方，简称为正圆锥，如图3a。正向圆锥又俗称“顺锥”。

4) 反向圆锥——指圆锥的最大圆锥直径位置在圆锥正视方向的右端或上方，简称为反圆锥，如图3b。反向圆锥又俗称“倒锥”。

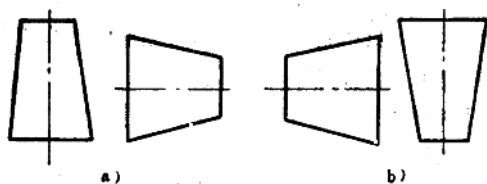


图3 正向圆锥和反向圆锥

5) 对称圆锥——指同一零件上有两个锥度相同、方向对称的同轴线圆锥。它是双圆锥的一种特殊结构，如图4a。

6) 不对称圆锥——指同一零件上有两个锥度不同、方向相反的同轴线圆锥。它是双圆锥的常见结构，如图4b。

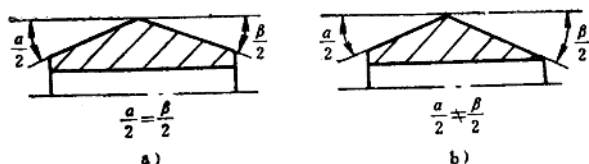


图4 对称圆锥和不对称圆锥

7)精密圆锥——指组成圆锥的基本要素有严格的公差要求，如圆锥直径  $D$  和  $d$ 、圆锥长度  $L$  的公差在  $\pm 0.01 \sim 0.05\text{mm}$ ；圆锥斜角  $\frac{\alpha}{2}$  的公差在  $\pm 30'' \sim \pm 3'$ 。常用的锥度量规设计与制造，就比一般圆锥的要求为精密。

8)对配圆锥——指对圆锥直径、圆锥长度和圆锥斜角无严格要求，而对相互密合有严格要求（通常为密合度90%以上）的内、外圆锥。例如阀门的锥面配合等。这种圆锥往往根据使用功能，只要求在加工中保证精确的定心和良好的密合，而不要求具备互换性。

## 2 圆锥标注方法

### (1)规定标注方法

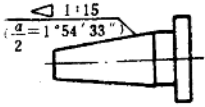
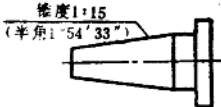
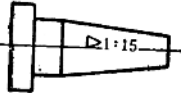
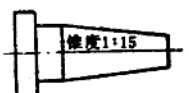
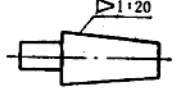



机械制图标准 GB4458.4—84 中对圆锥的锥度和斜度标注方法有明确的规定。凡是标准锥度的标注，都应采用规定方法，如表 2 所列。

### (2)常用标注方法

标准规定的标注方法，在生产实践中往往不能满足加工和检测工作的要求，因此很少在生产图纸上得到应用。为了便于加工和检测工作，常用三要素标注方法，即用带有一定



表2 标准锥度标注示例

	符号标注示例	文字说明标注示例
锥 度 标 注		
		
		
		

注：1.符号所示方向应与锥度的方向一致。

2.必要时，可在标注锥度的同时，在括号中注出其角度值。

公差范围的最大圆锥直径或最小圆锥直径、圆锥长度、圆锥角（或圆锥斜角或锥度），来标注圆锥。

三要素标注方法，虽然不同于标准规定，但是可以比较完整地表示圆锥特征，满足实际使用要求。所以在实际生产中，有相当的使用价值。

表3是生产图纸中常见的几种圆锥标注方法，可根据已知条件来确定标注形式。

表3 圆锥体三要素的几种标注方法

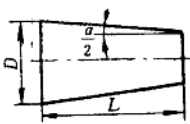
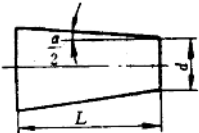
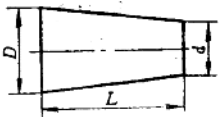
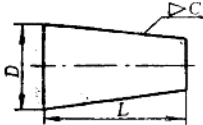
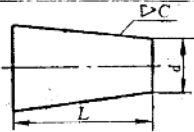
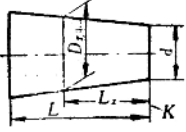
图 例	说 明
	<p>已知条件为最大圆锥直径、圆锥长度和斜角，可形成圆锥体</p>
	<p>已知条件为最小圆锥直径、圆锥长度和斜角，可形成圆锥体</p>
	<p>已知条件为最大圆锥直径和最小圆锥直径、圆锥长度，但应换算得到斜角，即可车削形成圆锥体</p>
	<p>已知条件为最大圆锥直径、圆锥长度和锥度，但应将锥度换算成斜角，即可车削形成圆锥体</p>
	<p>已知条件为最小圆锥直径、圆锥长度和锥度，但应将锥度换算成斜角，即可车削形成圆锥体</p>
	<p>已知条件为最小或最大圆锥直径、圆锥长度和以K端面为基准的长度<math>L_1</math>处直径，经换算成斜角，即可在全长<math>L</math>形成圆锥体</p>

表4 圆锥各部分尺寸计算

尺寸名称	代号	单位	计算公式	计算举例
最大圆锥直径	$D$	mm	$D = d + 2L \times \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$ $= d + L \times C$ $= d + 2L \times S$ $\approx d + \frac{\alpha \cdot L}{28.7^\circ} \quad (\text{近似式})$	例: $\frac{\alpha}{2} = 9^\circ 27' 44''$ $d = 30\text{mm}$ $L = 60\text{mm}$ 解: $D = 50\text{mm}$
最小圆锥直径	$d$	mm	$d = D - 2L \times \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$ $= D - L \times C$ $= D - 2L \times S$ $= D - \frac{\alpha \cdot L}{28.7^\circ} \quad (\text{近似式})$	例: $\frac{\alpha}{2} = 9^\circ 27' 44''$ $D = 50\text{mm}$ $L = 60\text{mm}$ 解: $d = 30\text{mm}$
圆锥长度	$L$	mm	$L = \frac{D-d}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} = \frac{D-d}{C}$ $= \frac{D-d}{2S} = 28.7^\circ \times \frac{D-d}{\alpha}$ (近似式)	例: $\frac{\alpha}{2} = 9^\circ 27' 44''$ $D = 50\text{mm}$ $d = 30\text{mm}$ 解: $L = 60\text{mm}$

尺寸名称	代号	单位	计算公式	计算举例
锥度	C		$C = \frac{D-d}{L} = 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$ $= 2S = \frac{\alpha}{28.7^\circ} \text{ (近似式)}$	例: $D=50\text{mm}$ $d=30\text{mm}$ $L=60\text{mm}$ 解: $C=1:3$
斜度	S		$S = \frac{D-d}{2L} = \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$ $= \frac{C}{2} = \frac{\alpha}{57.4^\circ} \text{ (近似式)}$	例: $\frac{\alpha}{2} = 9^\circ 27' 44''$ 或 $C=1:3$ 解: $S=1:6$
锥角	$\alpha$	(°)	$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{D-d}{2L} = \frac{C}{2} = S$ $\alpha = 2 \times \frac{\alpha}{2}$ 近似式: $\frac{\alpha}{2} = 28.7^\circ \times C$ $= 28.7^\circ \times \frac{D-d}{L}$ $\alpha = 2 \times \frac{\alpha}{2}$	例: $D=50\text{mm}$ $d=30\text{mm}$ $L=60\text{mm}$ 解: $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 0.1667$ $\frac{\alpha}{2} = 9^\circ 27' 44''$ $\alpha = 18^\circ 55' 28''$ $C=1:3$ 解: $\frac{\alpha}{2} = 28.7^\circ \times \frac{1}{3}$ $= 9.567^\circ$ $= 9^\circ 34'$
斜角	$\frac{\alpha}{2}$	(°)		

### 3 圆锥各部分尺寸的计算

在车削圆锥零件时，必须了解和掌握圆锥各部分的名称、代号、关系和计算公式，以便充分运用圆锥特征、车床及车削工具特点，来达到所需圆锥的质量要求。因此，熟悉和正确应用圆锥各部分尺寸的计算公式，是十分重要的。

锥体和锥孔的各部分概念及其尺寸计算都相同。表4列出了圆锥各部分尺寸的计算公式和计算实例。

表4的近似计算公式，一般只适用于圆锥斜角 $\frac{\alpha}{2} < 10^\circ$ 的情况，其计算误差值可小于 $8'$ ，否则，误差较大。应用近似计算公式，可不必查用三角函数表。

近似计算公式的证明如下：

〔证明〕 如图5所示，在直角三角形 $\triangle ABC$ 中，当 $\frac{\alpha}{2}$ 很小时， $AB \approx AC = L$ ， $BC$ 可近似地看作圆弧，即 $BC \approx \widehat{BC}$ 。这样，直角三角形变成扇形，根据计算弧度（弦）的公式，可得出：

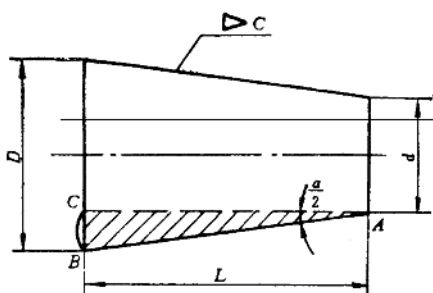


图5 近似计算证明图

$$\frac{\alpha}{2} (\text{弧度}) = \frac{\widehat{BC}}{L} \approx \frac{BC}{L} = \frac{D-d}{2L} = \frac{D-d}{2L} (\text{弧度})$$

$$\therefore 1 \text{ 弧度(弦)} = 57^{\circ}17'44.8'' \approx 57.3^{\circ}$$

$$\begin{aligned} \therefore \frac{\alpha}{2} &= 57.3^{\circ} \times \frac{D-d}{2L} = 28.65^{\circ} \times \frac{D-d}{L} \\ &\approx 28.7^{\circ} \times \frac{D-d}{L} (^{\circ}) \end{aligned}$$

$$\text{或 } \frac{\alpha}{2} = 28.7^{\circ} \times C (^{\circ})$$

由此证明，可以导出圆锥各部分尺寸的近似计算公式。

**例** 根据下列已知条件，用近似计算公式计算圆锥斜角，再用三角函数表法校验。

1)  $D = 25 \text{ mm}$ 、 $d = 24 \text{ mm}$ 、 $L = 25 \text{ mm}$ ;

2)  $D = 46 \text{ mm}$ 、 $L = 60 \text{ mm}$ 、 $C = 1 : 20$ ;

3)  $C = 1 : 4$ 。

**解** 用近似公式

$$\begin{aligned} 1) \quad \frac{\alpha}{2} &= 28.7^{\circ} \times \frac{D-d}{L} = 28.7^{\circ} \times \frac{25-24}{25} \\ &= 1.15^{\circ} \approx 1^{\circ}8'52.8'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \quad \frac{\alpha}{2} &= 28.7^{\circ} \times C = 28.7^{\circ} \times \frac{1}{20} \\ &= 1.435^{\circ} = 1^{\circ}26'6'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) \quad \frac{\alpha}{2} &= 28.7^{\circ} \times C = 28.7^{\circ} \times \frac{1}{4} \\ &= 7.175^{\circ} = 7^{\circ}10'30'' \end{aligned}$$

用三角函数表校验

$$1) \quad \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{D-d}{2L} = \frac{25-24}{2 \times 25} = \frac{1}{50} = 0.02$$

$$\therefore \frac{\alpha}{2} = 1^{\circ}9'$$

$$2) \quad \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{C}{2} = \frac{1}{2 \times 20} = \frac{1}{40} = 0.025$$

$$\therefore \frac{\alpha}{2} = 1^{\circ}26'$$

$$3) \quad \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{C}{2} = \frac{1}{2 \times 4} = \frac{1}{8} = 0.125$$

$$\therefore \frac{\alpha}{2} = 7^{\circ}7'$$

由计算和校验结果表明：1)和2)用两种方法计算的值相差很小，3)的值相差较大。可见，用近似计算方法计算圆锥斜角时，斜角愈大，误差愈大。

## 二 标准圆锥及公差

为了保证圆锥零件的互换性，适应不同用途，国家标准规定了一系列标准圆锥及公差。一般圆锥零件的设计与制造，应优先选用标准圆锥及公差，只有特殊用途和要求的圆锥，才选用非标准圆锥及公差。

### 1 标准圆锥

根据标准规定所设计与制造的圆锥，称为标准圆锥。在国家标准 GB157—83中，规定了一般用途圆锥的锥度与锥角

系列和特殊用途圆锥的锥度与锥角系列，见表5和表6。为了便于圆锥的设计、生产和管理，表5和表6中还列出了锥度和锥角的推算值。

表5 一般用途圆锥的锥度与锥角(摘自GB157—83)

基 本 值		推 算 值		
系 列 1	系 列 2	圆 锥 角 $\alpha$	锥 度 C	
120°		—	—	1 : 0.288675
90°	75°	—	—	1 : 0.500000
		—	—	1 : 0.651613
60°		—	—	1 : 0.866025
45°		—	—	1 : 1.207107
30°		—	—	1 : 1.866025
1 : 3		18°55'28.7"	18.924644°	—
	1 : 4	14°15'0.1"	14.250033°	—
1 : 5		11°25'16.3"	11.421186°	—
	1 : 6	9°31'38.2"	9.522783°	—
	1 : 7	8°10'16.4"	8.171234°	—
	1 : 8	7°9'9.6"	7.152669°	—
1 : 10		5°43'29.3"	5.124810°	—
	1 : 12	4°46'18.8"	4.771888°	—
	1 : 15	3°49'5.9"	3.818305°	—
1 : 20		2°51'51.1"	2.864192°	—
1 : 30		1°54'34.9"	1.909683°	—
	1 : 40	1°25'56.4"	1.432320°	—
1 : 50		1°8'45.2"	1.145877°	—
1 : 100		0°34'22.6"	0.572953°	—
1 : 200		0°17'11.3"	0.286478°	—
1 : 500		0°6'52.5"	0.114592°	—

注：优先选用第一系列，当不能满足需要时，选用第二系列。

特殊用途的标准圆锥中，莫氏圆锥用得较多。一般用途的标准圆锥中，1 : 20的公制圆锥也常用。



表6 特殊用途圆锥的锥度与锥角(摘自GB157-83)

基本值	推 算 值		备 注
	圆 锥 角 $\alpha$	锥 度 $C$	
18°30'	—	—	1:3.070115
11°54'	—	—	1:4.797451
8°40'	—	—	1:6.598442
7°40'	—	—	1:7.462208
7:24	16°35'39.4"	16.594290°	1:3.428571
1:9	6°21'34.8"	6.359660°	
1:16.666	3°26'12.7"	3.436853°	
1:12.262	4°40'12.2"	4.670042°	
1:12.972	4°24'52.9"	4.414696°	
1:15.748	3°38'13.4"	3.637067°	
1:18.779	3°3'1.2"	3.050335°	
1:19.264	2°58'24.9"	2.973573°	
1:20.288	2°49'24.8"	2.823550°	
1:19.002	3°0'52.4"	3.014554°	
1:19.180	2°59'11.7"	2.986590°	
1:19.212	2°58'53.8"	2.981618°	
1:19.254	2°58'30.4"	2.975117°	
1:19.922	2°52'31.4"	2.875402°	
1:20.020	2°51'40.8"	2.861332°	
1:20.047	2°51'26.9"	2.857480°	

注:特殊用途圆锥,通常只用表中最后一栏所指的适用范围。

莫氏锥度——通常分为7号,即0、1、2、3、4、5、6,其中0号最小,6号最大。它们的号数不同,锥度不同,斜角也不同。号数愈大,圆锥尺寸也相应增大。其圆锥尺寸可查阅有关手册,锥度可见表7。

公制圆锥——常用公制圆锥分为4、6、50、60、80、100、120、140、160、180、200等十一种号,它们具有相同的锥度1:20,锥角2°51'51.1"。公制圆锥的号数代表最大圆锥