

齿轮手册

前言

齿轮是为了传递旋转力、从纪元前就开始使用的传动零部件。

为了使大家更多的了解自远古开始、今后也仍将在各行各业中被使用的齿轮的知识，我们编写了这部「齿轮手册」。

从现在开始大家一起来学习齿轮的基础，掌握齿轮的种类、运动方向、传动力的不同等有关齿轮的重要知识。

今后，「齿轮手册」还将进行修订。如果你感到讲义中有难懂的部分，请一定向讲师提出，不要客气。

希望能够得到大家的合作，谢谢。

齿轮手册第2版编写组



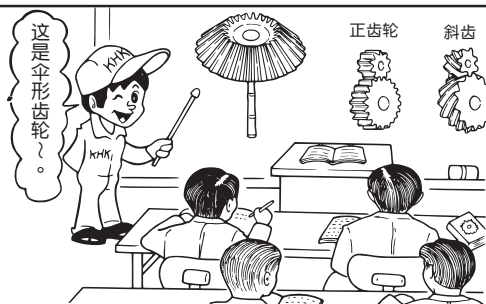
目录

| | |
|--------------------|-----------|
| 第一部分 关于齿轮 | 3 |
| 1. 齿轮的种类 | 4 |
| 2. 齿轮概述 | 7 |
| 3. 齿轮各部位名称 | 11 |
| 4. 渐开线齿形 | 14 |
| 5. 压力角 | 16 |
| 6. 变位齿轮 | 17 |
| 7. 齿轮的精度与检测 | 19 |
| 8. 齿轮的材质与热处理 | 21 |
| 9. 齿轮的噪音 | 24 |
| 10. 齿轮的问与答 | 26 |
| 第二部分 齿轮生产工序 | 27 |
| 1. 正齿轮 | 28 |
| 2. 齿条 | 30 |
| 3. 伞形齿轮 | 32 |
| 4. 生产设备机械 | 34 |

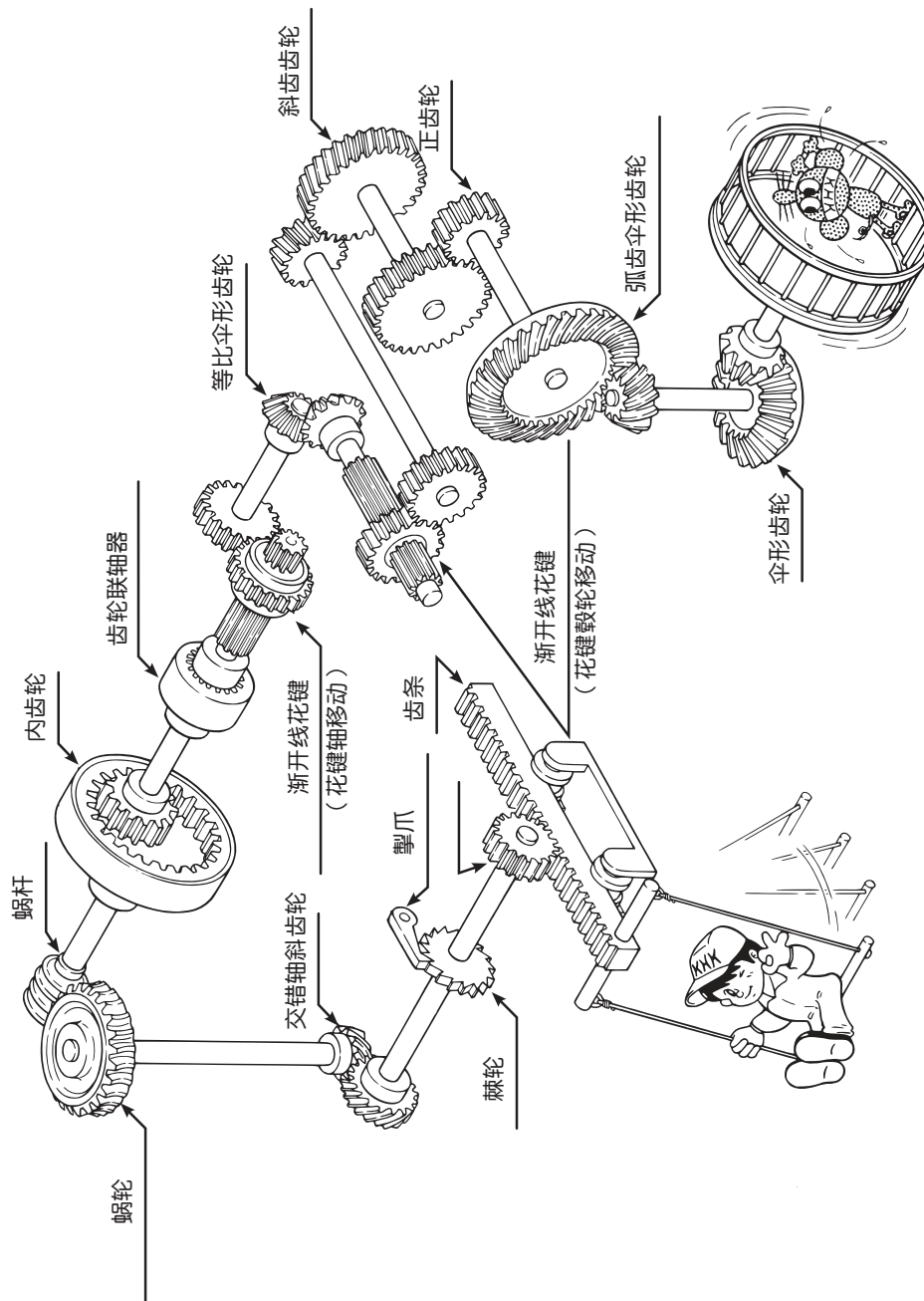
第一部分 关于齿轮

1. 齿轮的种类
2. 齿轮概述
3. 齿轮各部位名称
4. 渐开线齿形
5. 压力角
6. 变位齿轮
7. 齿轮的精度与检测
8. 齿轮的材质与热处理
9. 齿轮的噪音
10. 齿轮问与答

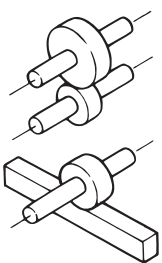


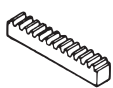

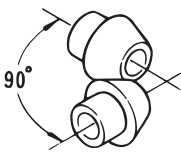



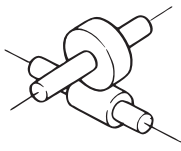



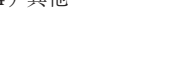

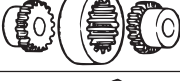

(1)-1 齿轮的种类



| | | |
|------------|------------|------------|
| 正齿轮 | 斜齿齿轮 | 齿条 |
| 伞形齿轮 | 弧齿伞形齿轮 | 交错轴斜齿轮 |
| 等比伞形齿轮 | 蜗杆蜗轮 | 内齿轮 |



齿轮大致分成三种类型。

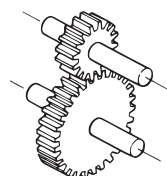
| | | | |
|--|-----------|---|---|
| 1) 平行轴  | 正齿轮 |  | MSG(A), SSG(S), SS, SSA, SSY, SSAY, LS, SUS, SUSA, SUSL, DSL, NSU, PU, PS, PSA, DS, BSS, SSCPG(S), SSCP, SUSCP, SSR, KTSCP |
| | 斜齿齿轮 |  | KHG, SH |
| | 齿条 |  | KRG(F), KRGD, SRGF, KRF, SR(F), SRFD, SUR(F), SURFD, BSR, DR, PR(F), SRO, SROS, SURO, KRHG(F), SRH, KRG(F)(D), SRCP(F)(D), KRCPF, SURCPF(D), SRCP, FRCP |
| | 内齿轮 |  | SI, SIR |
| 2) 相交轴  | 等比伞形齿轮 |  | MMSG, SMSG, MMSA(B), MMS, SMS, SMA(B)(C), MM, LM, SM, SAM, SUM, PM, DM |
| | 伞形齿轮 |  | SB, CB, SBY, SUB, PB, DB |
| | 弧齿伞形齿轮 |  | MBSG, SBSG, MBSA(B), SBS, KSP |
| 3) 交错轴  | 交错轴斜齿轮 |  | AN, SN, PN, SUN |
| | 蜗杆 |  | KWGD(L)(S), KWG, SWG, SW, SUW |
| | 蜗轮 |  | AGDL, AGF, AG, PG, CG, BG |
| 4) 其他  | 渐开线花键轴及毂轮 |  | SV, VI |
| | 齿轮联轴器 |  | GC, GC-I |
| | 棘轮及掣爪 |  | SRT, SRT-C |

(1) — 2 齿轮概述



正齿轮

齿线为直线（与轴平行）。在平行的两根轴之间做旋转运动。



〔特点〕

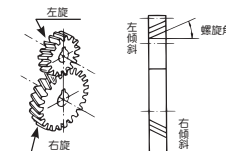
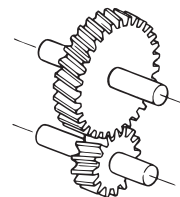
- (1) 最简单, 最容易生产。
- (2) 不产生轴向力。
- (3) 可以得到高精度的产品。
- (4) 使用范围最为广泛。

〔用途〕

一般传动用

斜齿齿轮

齿线相对于轴倾斜成一定角度。



从齿轮端面看时
左倾斜为左旋齿
右倾斜为右旋齿

一对齿轮的螺旋角相同, 螺旋方向相反。

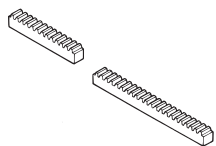
〔特点〕

- (1) 比正齿轮的强度高。
- (2) 与正齿轮相比, 噪音及振动小。
- (3) 缺点是轴方向产生推力。

〔用途〕

用于一般传动装置、汽车、减速机等。

齿条



将旋转运动改变为直线运动。
半径为无限大的正齿轮的一部分。
端面经过加工的产品可以连接起来使用。

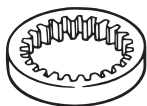
[特点]

(1) 将旋转运动改变为直线运动或是相反时。

[用途]

广泛使用在工作机械、印刷机械及机器人等各种自动装置、搬运机械上。

内齿轮



在圆筒的内侧加工有齿牙的齿轮。
与内齿轮相啮合的齿轮只能是外齿轮。

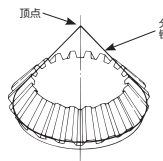
[特点]

- (1) 一对外齿轮相啮时, 齿轮的旋转方向相反。内齿轮副的旋向相同。
- (2) 大齿轮(内齿轮)和小齿轮(外齿轮)的齿数差有限制。
- (3) 一般情况下, 由小齿轮(外齿轮)驱动大齿轮(内齿轮)。
- (4) 构造简单, 可以达到小型化的目的。

[用途]

使用在高减速率的行星齿轮装置及离合器等装置中。

伞形齿轮

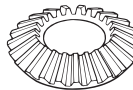


在相交的两轴之间传动的圆锥型齿轮。
将圆锥作为分锥面, 沿着分锥面加工齿牙的齿轮。

伞形齿轮根据齿线的不同分为两大类:

- 1) 直齿伞形齿轮
- 2) 弧齿伞形齿轮

1) 直齿伞形齿轮



面向圆锥的顶点, 齿线呈直线。

[特点]

- (1) 比较容易生产。
- (2) 利用伞形齿轮可实现减速比 1:5。

[用途]

工作机械、印刷机械等, 特别是适合使用在差动装置中。

2) 弧齿伞形齿轮



齿线呈曲线。
因为轮齿接触面积大, 所以强度提高, 而且静音旋转。

[特点]

- (1) 与直齿伞形齿轮相比较, 轮齿接触面积、强度、使用寿命等性能更高。
- (2) 可以得到大减速比。
- (3) 与直齿伞形齿轮相比较, 静音, 传动效率高。
- (4) 制作难度较高。

[用途]

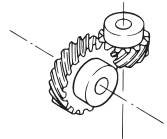
适合于使用在高负荷、高速运转的场合。广泛应用在汽车、货车、火车、船舶等的最终减速装置上。

等比伞形齿轮



两轴成正交、齿数相同的伞形齿轮通常被称为等比伞形齿轮。
通常使用在只需改变轴的旋转方向不需变速的场合。

交错轴斜齿轮



斜齿齿轮在交错轴状态下啮合使用时的名称。
使用在一对齿轮的轴既不平行亦不相交的场所。

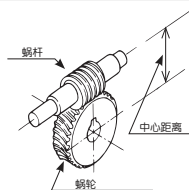
〔特点〕

- (1) 除减速外亦可增速。 (2) 轮齿为滑动接触, 所以容易产生摩擦损耗。
(3) 不适合使用在大功率传动上。

〔用途〕

使用在汽车的驱动装置、自动机械等做复杂旋转传动的机械装置上。

蜗杆副



齿数少, 轮齿形状呈螺旋状的是蜗杆, 与蜗杆相啮合的齿轮是蜗轮。
使用在同一平面上, 两轴互成直角的传动上。

〔特点〕

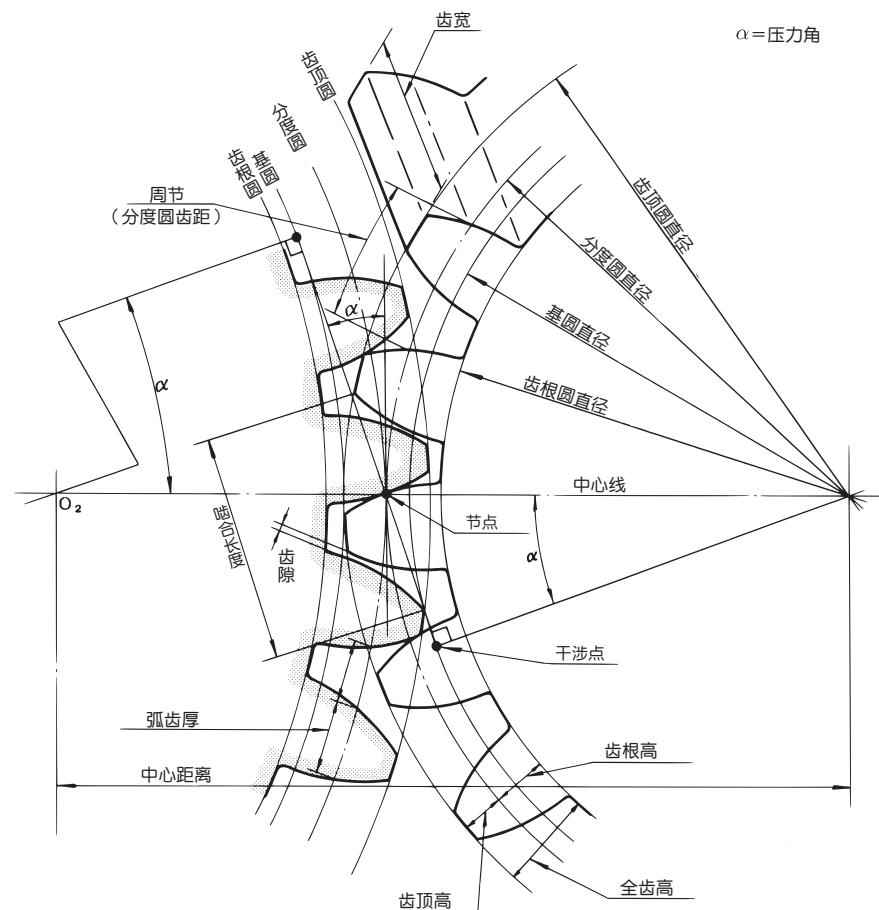
- (1) 体积小, 减速比大。 (2) 啮合静音、圆滑。
(3) 一般的说, 蜗轮不能驱动蜗杆。

〔用途〕

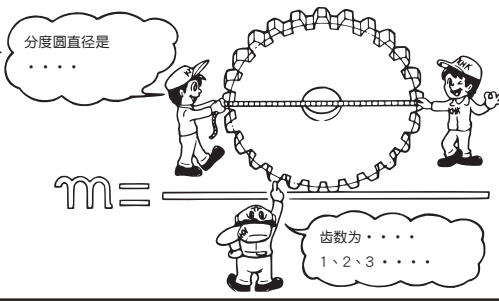
应用在减速装置及利用其不能逆转的特点, 使用在防止逆转的齿轮装置、工作机械、分配装置、滑轮链及携带发电机上。

(1) — 3

齿轮各部位的名称



表示轮齿大小的是「模数」



如上所述, 轮齿的大小由模数来决定。

用公式来表示为: $m = \frac{d}{z}$ (模数 = $\frac{\text{分度圆直径}}{\text{齿数}}$)

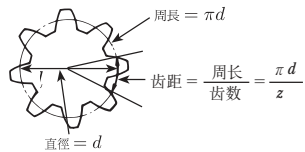
与模数的关系如下所示。

分度圆直径 $d = mz$ (分度圆直径 = 模数 × 齿数)

齿数 $z = \frac{d}{m}$ (齿数 = $\frac{\text{分度圆直径}}{\text{模数}}$)

齿距 $p = \pi m$ (齿距 = $\pi \times$ 模数)

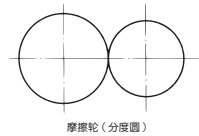
齿距是.....?



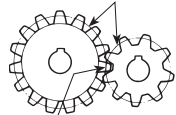
周长除以齿数的商是齿距的长度。也就是说:

(齿距 = $\frac{\text{周长}(\pi d)}{\text{齿数}(z)}$)

那末, 分度圆是.....?



这是摩擦轮, 施加的外力过大会产生滑动, 达不到理想的传动效果。



所以, 人们在摩擦轮的外周上作了一些突起, 让这些突起相互啮合旋转, 这就是齿轮。

摩擦轮的外周作为分度圆, 两个齿轮的分度圆一定要相切。

两个分度圆必须相切

〔总结〕

- (1) 轮齿的大小用模数来表示。
- (2) 为了使齿轮相互啮合, 两个齿轮的法向基圆齿距必须相等。

习题

正齿轮

模数 $m = 3$ 小齿轮齿数 $z_1 = 15$ 大齿轮齿数 $z_2 = 55$

(1) 分度圆直径

$$\text{齿数} \times \text{模数} = \begin{cases} z_1 \cdots \cdots \square \times \square = \square \\ z_2 \cdots \cdots \square \times \square = \square \end{cases}$$

(2) 齿顶圆直径

$$\text{分度圆直径} + \text{模数的} 2 \text{ 倍} = \begin{cases} z_1 \cdots \cdots \square + 2 \times \square = \square \\ z_2 \cdots \cdots \square + 2 \times \square = \square \end{cases}$$

(3) 中心距离

$$\text{分度圆直径的和除} 2 \text{ 的商} \cdots \cdots \frac{\square + \square}{2} = \square$$

斜齿齿轮

模数 $m = 3$ 小齿轮齿数 $z_1 = 15$ 大齿轮齿数 $z_2 = 55$ 螺旋角 $\beta_0 = 16^\circ 15'$

※ $\cos \beta_0 = 0.96$

(1) 分度圆直径

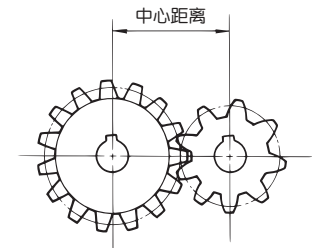
$$\begin{cases} z_1 \cdots \cdots \frac{\square \times \square}{\square} = \square \\ z_2 \cdots \cdots \frac{\square \times \square}{\square} = \square \end{cases}$$

(2) 齿顶圆直径

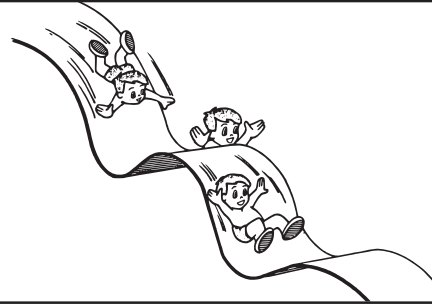
$$\begin{aligned} z_1 \cdots \cdots \square + 2 \times \square &= \square \\ z_2 \cdots \cdots \square + 2 \times \square &= \square \end{aligned}$$

(3) 中心距离

$$\cdots \frac{\square + \square}{2} = \square$$



(1) — 4 渐开线齿形



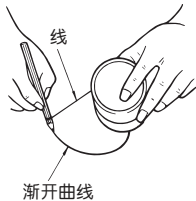
仅仅在摩擦轮的外周上分割出等分的齿距,装上突起,然后相互啮合转动的话,会出现如下问题:

- 轮齿的切点产生滑动
- 切点的移动速度时快时慢
- 产生振动及噪音

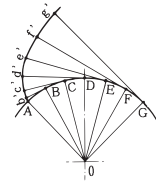
因此无法作为齿轮使用。

轮齿传动时既要安静又要圆滑,由此,诞生了渐开曲线。

渐开线齿形中使用的渐开曲线是····?

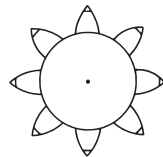


将一端系有铅笔的线缠在圆筒的外周上,然后在线绷紧的状态下将线渐渐放开。此时,铅笔所画出的曲线即为渐开曲线。圆筒的外周被称为基圆。



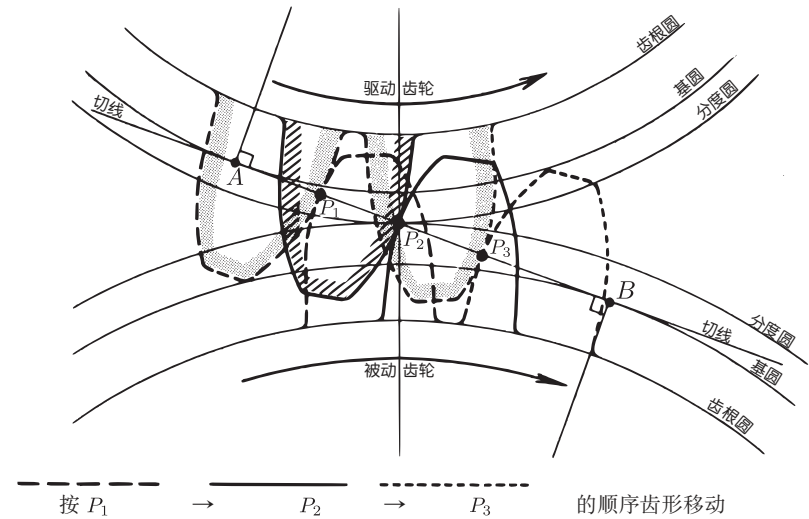
从两侧反松卷线后画出的八条渐开曲线。

将圆筒 8 等分后,系上 8 根铅笔,画出 8 条渐开曲线。然后,将线向相反方向缠绕,按同样方法画出 8 条曲线,这就是以渐开曲线作为齿形,齿数为 8 的齿轮。



渐开曲线齿形的齿轮

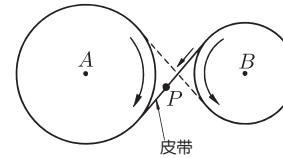
两个齿轮的渐开曲线齿形传递旋转运动时的模样。



渐开曲线的切点按 $P_1 \rightarrow P_2 \rightarrow P_3$ 的顺序移动。

怎么样?象在滚动一样切点在逐渐移动。

而且,切点 P_1 、 P_2 、 P_3 都在基圆(圆筒的外周上)的共同切线上。



正象将皮带斜交地套在两个圆盘的外周上,皮带上的 P 点在移动一样。

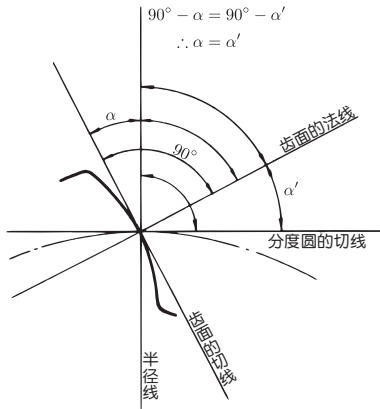
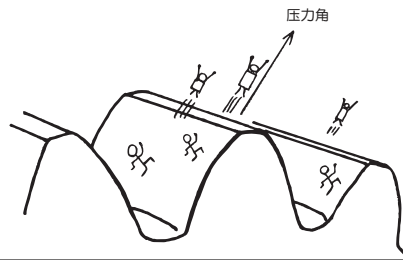
也就是说,使用渐开曲线的话,两条切线的切点可以做圆滑的滚动传达动力。作为齿形的曲线,真的是没有话说。



[特点]

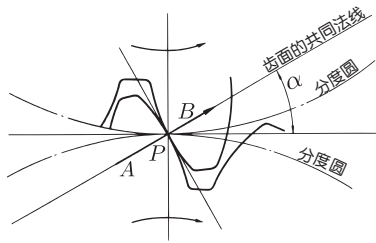
- (1) 由于齿面是由同一曲线所构成,所以,即使中心距离多少有些误差,也可以正确的啮合。
- (2) 齿形的加工容易,所以生产成本低,价格便宜。
- (3) 齿根粗壮,强度高。
- (4) 具有代表性的齿形。

(1) — 5 压力角



齿轮有「压力角」。
JIS的定义是：在齿面的一点（一般是指节点）上，半径线与齿形的切线间所成之角度。
也就是说， α 为压力角（如图所示）。
在图中，因为 $\alpha = \alpha'$ ，所以 α' 也是压力角。

A 齿与 B 齿的啮合状态从节点看上去时：

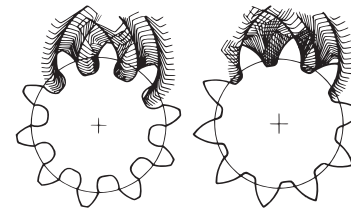


A 齿在节点上推动 B 点。
这个时候的推动力作用在 A 齿及 B 齿的共同法线上。也就是说，共同法线是力的作用方向，亦是承受压力的方向， α 则为压力角。

〔参考〕

过去，亦有使用 14.5° 压力角，现在广泛被使用的是 20° 压力角。

(1) — 6 变位齿轮



产生了根切的齿轮 未产生根切的齿轮

齿轮的齿数少，切齿时齿根会被挖出凹痕，使齿根部变细，这种现象被称为根切。

作为防止根切的方法，诞生了变位的想法。
变位还可以调节中心距离。

那末，实际上会是个什么样子呢？让我们来试算一下。

$$m = 3 \quad z_1 = 10 \quad z_2 = 60 \quad \alpha = 20^\circ$$

为了使 $z_1 = 10$ 的齿轮不产生根切，将齿轮做 $x_1 = +0.5$ 的正变位。

进行如下所示的计算。

(I) 首先，计算啮合压力角 α' 。

$$\begin{aligned} \operatorname{inv} \alpha' &= 2 \tan \alpha \left(\frac{x_1 + x_2}{z_1 + z_2} \right) + \operatorname{inv} \alpha \\ &= 2 \times 0.36397 \left(\frac{0.5}{10 + 60} \right) + 0.014904 \\ &= 0.020104 \end{aligned}$$

结果为 $\alpha' = 22^\circ 01' 03''$

(II) 接下来，让我们来求中心距离变动系数 y 。

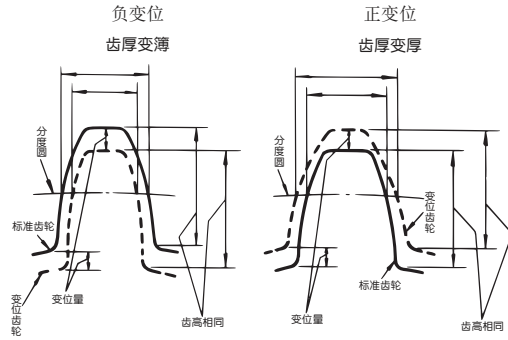
$$\begin{aligned} y &= \frac{z_1 + z_2}{2} \left(\frac{\cos \alpha}{\cos \alpha'} - 1 \right) \\ &= \frac{10 + 60}{2} \left(\frac{0.93969}{0.92707} - 1 \right) \\ &= 0.476447 \end{aligned}$$

(III) 然后求出中心距离 a 。

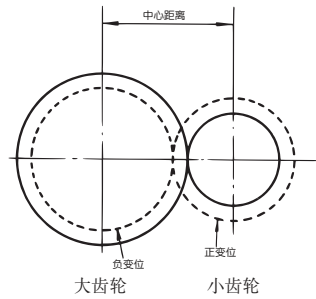
$$\begin{aligned} a &= \left(\frac{z_1 + z_2}{2} + y \right) m \\ &= \left(\frac{10 + 60}{2} + 0.4764 \right) 3 \\ &= 106.43 \end{aligned}$$

(IV) 最后，计算出齿顶圆直径 d_a 。

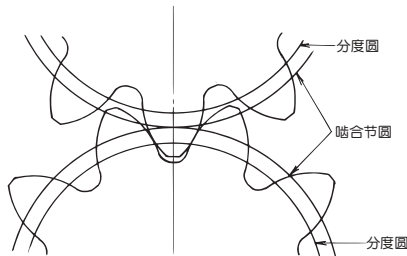
$$\begin{aligned} d_{a1} &= \{ z_1 + 2(1 + y - x_2) \} m \\ &= \{ 10 + 2(1.4764 - 0) \} 3 \\ &= 38.86 \end{aligned}$$



变位齿轮有正变位和负变位。
虽然齿高相同，但齿厚不同。齿厚变厚的为正变位齿轮，齿厚变薄的为负变位齿轮。



无法改变两个齿轮的中心距离时，对小齿轮施加正变位（避免根切），大齿轮施加负变位，以使中心距离相同。这种情况下，变位量的绝对值相等。



标准齿轮是在各个齿轮的分度圆相切状态下啮合。而经过变位的齿轮的啮合，如图所示，是在啮合节圆上相切啮合。
啮合节圆上的压力角被称为啮合角。
啮合角与分度圆上的压力角（分度圆压力角）不同。
啮合角是设计变位齿轮时的重要要素。

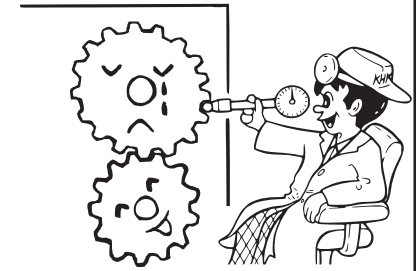
〔特点〕

- (1) 可以防止在加工时因为齿数少而产生的根切现象。
- (2) 通过变位可以得到所希望的中心距离。
- (3) 在齿数比很大的一对齿轮的情况下：

对容易产生磨损的小齿轮施加正变位，使齿厚变厚。相反，对大齿轮施加负变位，使齿厚变薄，以使得两个齿轮的寿命均等。

(1) — 7

齿轮精度与检测



本公司使用如下的测试设备检测齿轮的精度。

- (1) 齿轮检测仪器………齿轮的齿形、齿线、齿距、径向跳动等精度测定
(大阪精密机械、Tokyo Technical Instruments Inc.)
- (2) 三维测定仪器………齿条的齿距精度测定 (Mitutoyo Corporation、Carl Zeiss)
- (3) 啮合试验仪器………齿轮的啮合精度 (Tokyo Technical Instruments Inc.)



三维测定仪器



齿轮检测仪器

下面，对制造齿轮时所使用的测试仪器加以说明。

- (1) 游标卡尺、内外径千分尺、圆筒径规………外径、内径及齿厚的测定
- (2) 偏心测定仪器………测定侧面及外圆周的偏心
- (3) 硬度计………硬度测定
- (4) 齿厚千分尺………测定公法线齿厚
- (5) 齿厚游标卡尺………测定蜗杆的齿厚
- (6) 蜗杆副检测仪器………齿接触及齿隙的测定
- (7) 伞形齿轮检测仪器………齿接触及齿隙的测定



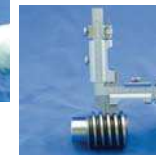
游标卡尺



齿厚千分尺



圆筒径规

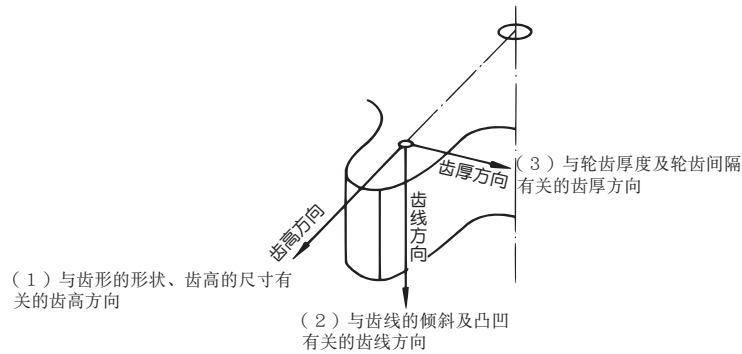


齿厚游标卡尺



偏心测定仪器

《齿轮的精度是立体的》

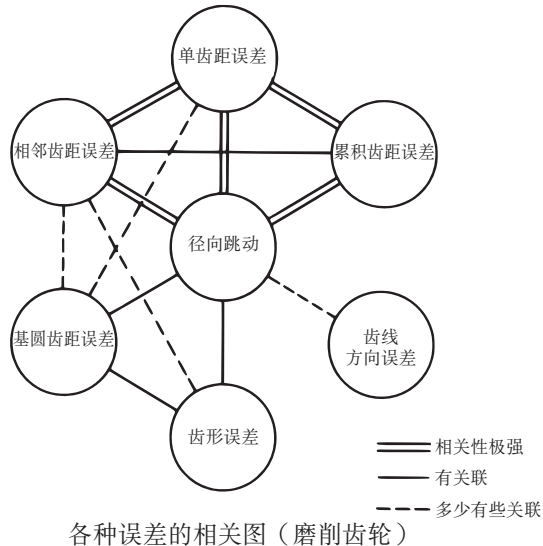


如上所述、决定齿轮精度需要对齿轮做三维方向的测定。根据需要，分别使用不同的测试仪。

- (1) 齿高方向………齿轮测定仪、三维测定仪
- (2) 齿线方向………齿轮测定仪、三维测定仪
- (3) 齿厚方向………齿厚千分尺、齿厚游标卡尺、测量用滚柱、滚球千分尺

另外、齿轮的精度如下所示互相关联。一般的说，径向跳动与其他误差的相关性强，各种齿距误差间的相关性也很强。

《齿轮精度的特点》



(1) — 8 齿轮的材料 及热处理



〈 渗 碳 硬 化 钢 〉

这是指低碳合金钢。含碳量为 0.15% ~ 0.20% の钢中添加了 Ni、Cr、Mo、Mn 等元素，通过渗碳淬火处理提高表面硬度后使用。

在日本，一般使用的材料如下表所示。

| JIS 牌号 | 化学成分 % | | | | | | | |
|---------|-----------|-----------|-----------|--------|--------|-----------|-----------|-----------|
| | C | Si | Mn | P | S | Ni | Cr | Mo |
| SCr420 | 0.18~0.23 | 0.15~0.35 | 0.60~0.90 | <0.030 | <0.030 | - | 0.90~1.20 | - |
| SCM415 | 0.13~0.18 | 〃 | 〃 | 〃 | 〃 | - | 〃 | 0.15~0.25 |
| SCM420 | 0.18~0.23 | 〃 | 〃 | 〃 | 〃 | - | 〃 | 〃 |
| SNC815 | 0.12~0.18 | 〃 | 0.35~0.65 | 〃 | 〃 | 3.00~3.50 | 0.6~1.00 | - |
| SNCM220 | 0.17~0.23 | 〃 | 0.60~0.90 | 〃 | 〃 | 0.40~0.70 | 0.40~0.60 | 0.15~0.25 |

〈 铝 青 铜 铸 造 合 金 〉

| 种类 | 合金 牌号 | 化学成分 % | | | | | | 拉伸试验 | | 硬度 测试 HB 10/1000 | 用途例 |
|--------------------|----------|-------------------|--------------|-------------|-------------|------|------|---------------------------|-----|---------------------------|--|
| | | Cu | Al | Fe | Ni | Mn | 不纯物 | 拉伸强度 N/mm ² | 延伸 | | |
| 铝青铜 铸造合金 第2种 | CAC702 | 80.0 ~ 88.0 | 8.0~ 10.5 | 2.5~ 5.0 | 1.0~ 3.0 | <1.5 | >0.5 | >490 | >20 | >120 | 适合于使用在要求 强度、耐腐蚀性及耐 磨损的场合。例如， 船用小形螺旋桨、齿 轮、轴承、衬套、阀 门、叶轮等。 |

〈 青 铜 铸 造 合 金 〉

| 种类 | 合金 牌号 | 化学成分 % | | | | | 拉伸试验 | | 用途例 |
|-------------|----------|-----------|---------|---------|---------|------|---------------------------|-----|--|
| | | Cu | Sn | Zn | Pb | 不纯物 | 拉伸强度 N/mm ² | 延伸 | |
| 连铸青铜 第6种 | CAC406C | 83.0~87.0 | 4.0~6.0 | 4.0~6.0 | 4.0~6.0 | >2.0 | >245 | >15 | 耐压、耐摩擦、易切削、铸 造性好，使用在一般用阀 栓类及机械部件上。 |

〈机械结构用碳素钢材〉

最为普及的材料,亦是本公司使用最多的材料。可以施加高频淬火处理。

| 金属牌号 | 化学成分 % | | | | |
|------|-----------|-----------|----------|--------|--------|
| | C | Si | Mn | P | S |
| S43C | 0.40~0.46 | 0.15~0.35 | 0.6~0.90 | <0.030 | <0.035 |
| S45C | 0.42~0.48 | // | // | // | // |
| S48C | 0.45~0.51 | // | // | // | // |

〈铬钼钢钢材〉

经过淬火、回火、高频淬火后使用。

| 种类 | 牌号 | 化学成分 % | | | | | | |
|----|--------|-----------|-----------|-----------|--------|--------|-----------|-----------|
| | | C | Si | Mn | P | S | Cr | Mo |
| 3种 | SCM435 | 0.33~0.38 | 0.15~0.35 | 0.60~0.90 | <0.030 | <0.030 | 0.90~1.20 | 0.15~0.30 |
| 4种 | SCM440 | 0.38~0.43 | // | // | // | // | // | // |

〈 淬 火 〉

对轮齿表面进行硬化处理以提高轮齿强度。

方法有很多,具有代表性的有以下几种。

渗碳淬火

渗碳 → 淬火 → 洗净 → 回火 → 喷砂处理 → 检查

〔方法〕

一般使用碳酸气进行气体渗碳。

- 表面硬度………55 ~ 60HRC
- 硬化深度………1.0 mm左右 (使用负载越大,硬化层就越深)

低碳合金钢在渗碳环境中加热到转变点以上并保持这个温度,碳素从表面渗入。

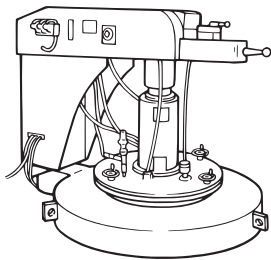
碳素渗入后,与 S45C 等在同等条件下进行淬火处理,表面硬度提高。

〔特点〕

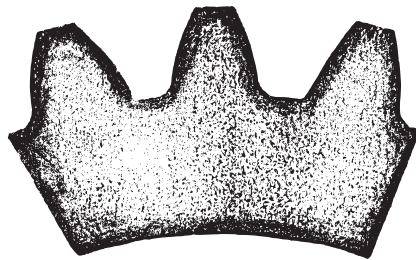
由表面到中心部,硬度由硬到软连续变化,所以表面硬而内部富有韧性。

材料一般使用 SCM415 等。

《渗碳淬火炉》

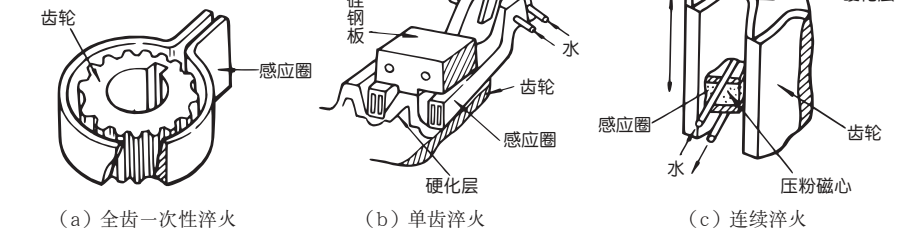


《齿轮的淬火层》



高频淬火

〔方法〕



(a) 全齿一次性淬火

(b) 单齿淬火

(c) 连续淬火

调质材 → 淬火 → 回火

〔特点〕

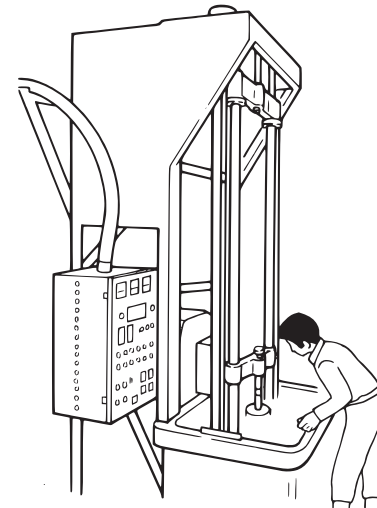
只有被感应圈所加热的周围产生硬化。

根据形状使用各种不同的感应器,不熟悉的话,会产生裂纹及翘曲变形。

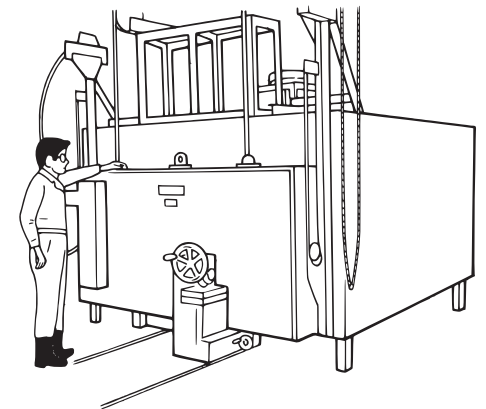
为了防止淬火裂纹,使用含硫、含磷量少的材料。通常,含碳量在 0.55% 以下的材料产生淬火裂纹的可能性比较小。

材料牌号有 S45C、SCM440 等等。

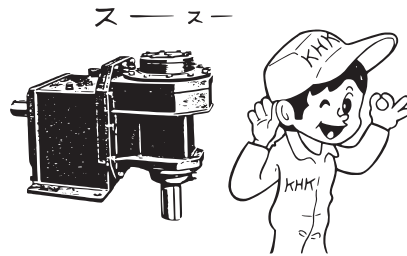
《淬火设备》



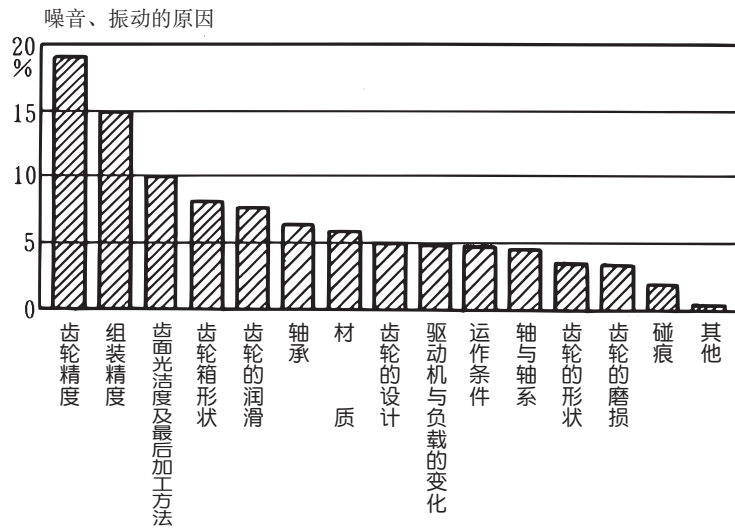
《回火炉》



(1) — 9 齿轮的噪音



下图是生产车用齿轮、工作机械、减速机等的公司提出的关于齿轮的振动及噪音的调查结果。



各种原因分别来看,如下所示。

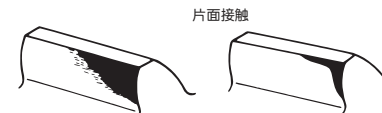
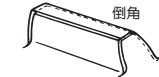
- 设计上的原因.....35%
- 制作上的原因.....30%
- 使用上的原因.....20%
- 不正确的组装.....15%

[原因] (对噪音产生影响的原因)

- 齿接触不良
- 齿距误差过大
- 齿形误差过大
- 齿面光洁度差
- 转速太快
- 齿轮箱将噪音扩大
- 齿距误差过大
- 齿轮轴的传动扭矩有波动
- 中心距离过小
- 滚珠轴承、滚子轴承产生噪音
- 热处理所造成的翘曲变形

[对策] (制作静音旋转的齿轮需要:)

- 按正确的齿距制作齿轮,做到没有齿距误差。
- 齿形要拥有正确的渐开曲线。
- 轮齿施加鼓形加工。
- 由于轮齿的挠曲而产生的齿距误差,对从动齿轮的齿顶进行修正加工(削端加工)。
- 增加同时啮合齿数。
- 齿轮箱有正确的开孔位置,设计成不产生振动或吸收振动的形状。
- 齿轮箱的形状设计为近似于圆形。
- 安装冲击吸收器吸收齿轮箱的振动。
- 对齿面周围的棱角施加倒角加工。
- 组装时注意齿面不发生片面接触。



- 轴与轴(驱动轴、齿轮轴...等之间)使用弹性联轴器。
- 齿顶附近施加削端加工以修正齿形(适合使用在高速旋转的情况下)。
- 施行最后精加工,去除齿面的伤痕,保证平滑的齿面。

一般采用剃齿或磨削加工。

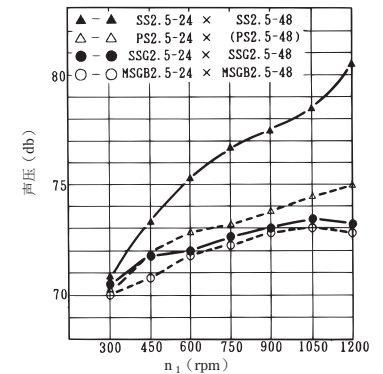
弧齿伞形齿轮的最终精加工为研磨。

以上内容摘自技术评论社 大山政一着「齿轮组装作业的秘诀」

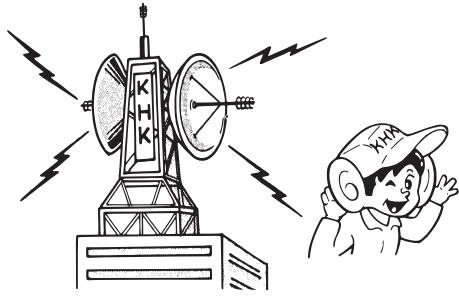
右图是「KHK 标准齿轮」噪音试验的一例。

KHK 标准齿轮的噪音试验例 1984 ~ 1985

- ▲ — ▲ : S45C 不经热处理 (SS2.5-24, SS2.5-48)
- △ — △ : 尼龙齿轮 (PS2.5-24, PS2.5-48)
- — ● : S45C 轮齿经济火研磨加工 (SSG2.5-24, SSG2.5-48)
- — ○ : SCM415 全件渗碳淬火轮齿研磨加工 (MSGB2.5-24, MSGB2.5-48)



(1) — 10 齿轮问答



Q：什么类型的齿轮是静音齿轮？

A：齿面经过研磨的高精度制品是静音齿轮。与正齿轮相比，因为斜齿齿轮的「重合度」高，所以可以获得更加静音的旋转。塑料齿轮也是静音齿轮。（但是，强度降低。）

Q：什么类型的齿轮防锈性能高？

A：不锈钢、塑料齿轮的防锈性能高。塑料制齿轮可以无润滑使用。但是，因为同是塑料制齿轮啮合时，容易发热并产生膨胀，所以，选用金属制的齿轮相配使用效果要好。

Q：什么是齿隙？

A：齿隙是指一对齿轮啮合时，齿面间的间隙。一对齿轮要想达到圆滑流畅的旋转传动，需要齿隙。

Q：可以完全去除齿隙吗？

A：KHK 标准齿轮中，没有齿隙为零的产品。但是，有可将齿隙调整到最小限的产品。例如，「锥形齿条 & 小齿轮」「双导程蜗杆副」等。

Q：通过淬火处理可以使强度提高多少？

A：SS 正齿轮等，材质为 S45C 的产品，齿面经过高频淬火处理后，齿面强度大约可提高 4 倍。但是其反面，齿距误差等精度约会下降 1 个等级。

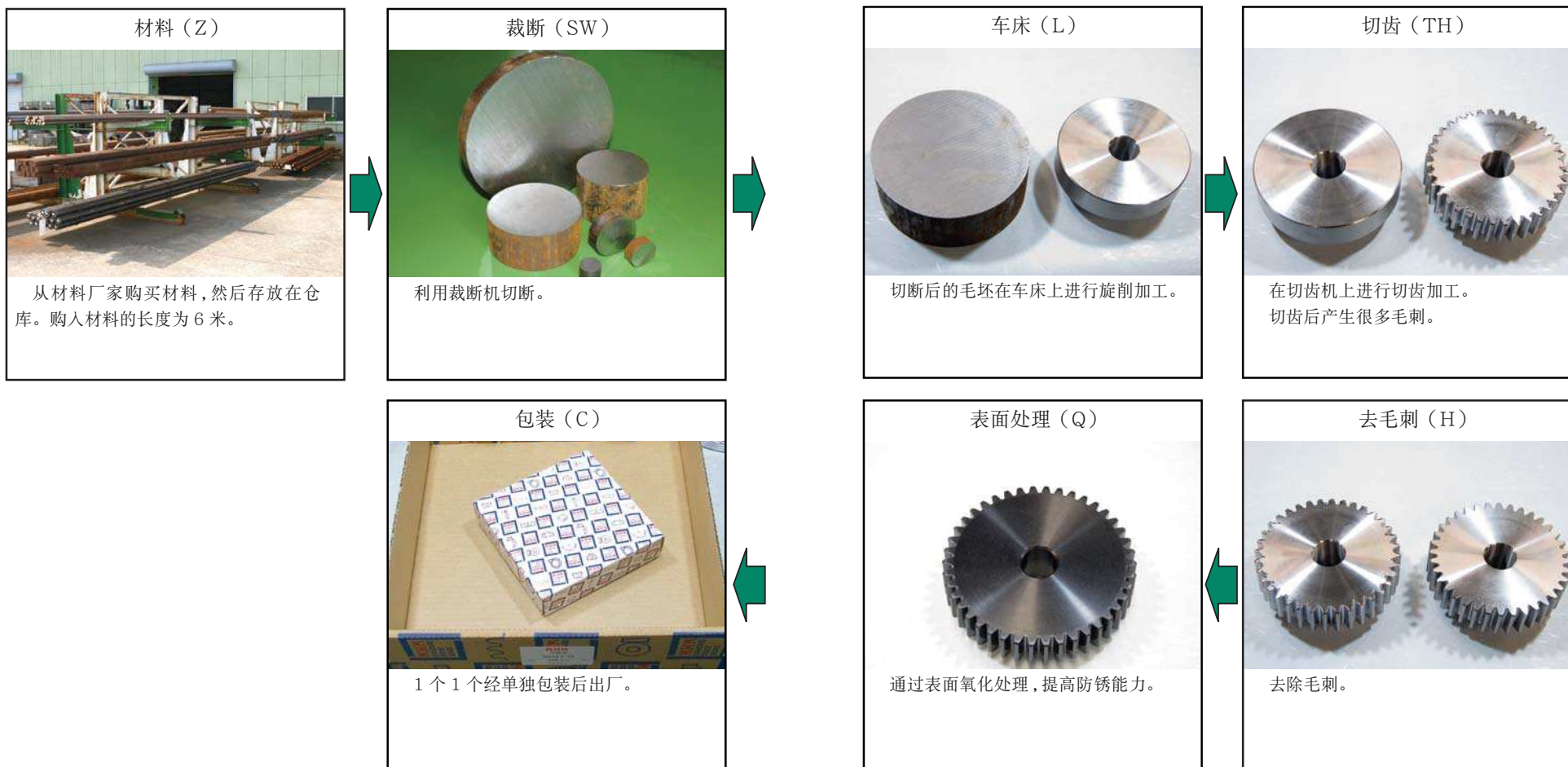
第 2 部分 齿轮生产工序

1. 正齿轮
2. 齿条
3. 伞形齿轮
4. 机械设备

(2) - 1

正齿轮的生产工序

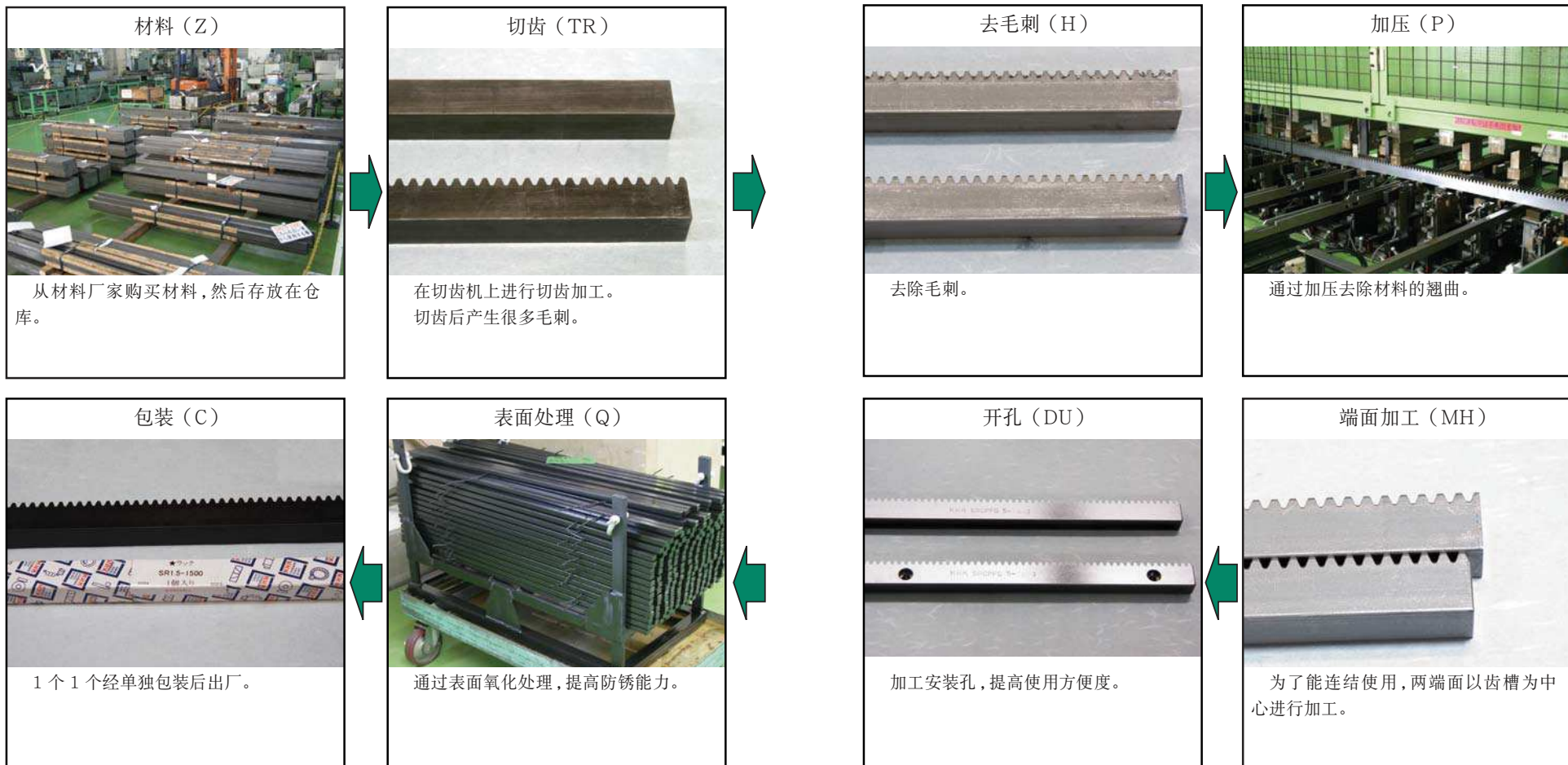
介绍生产正齿轮产品时具有代表性的工序。



(2)-2

齿条的生产工序

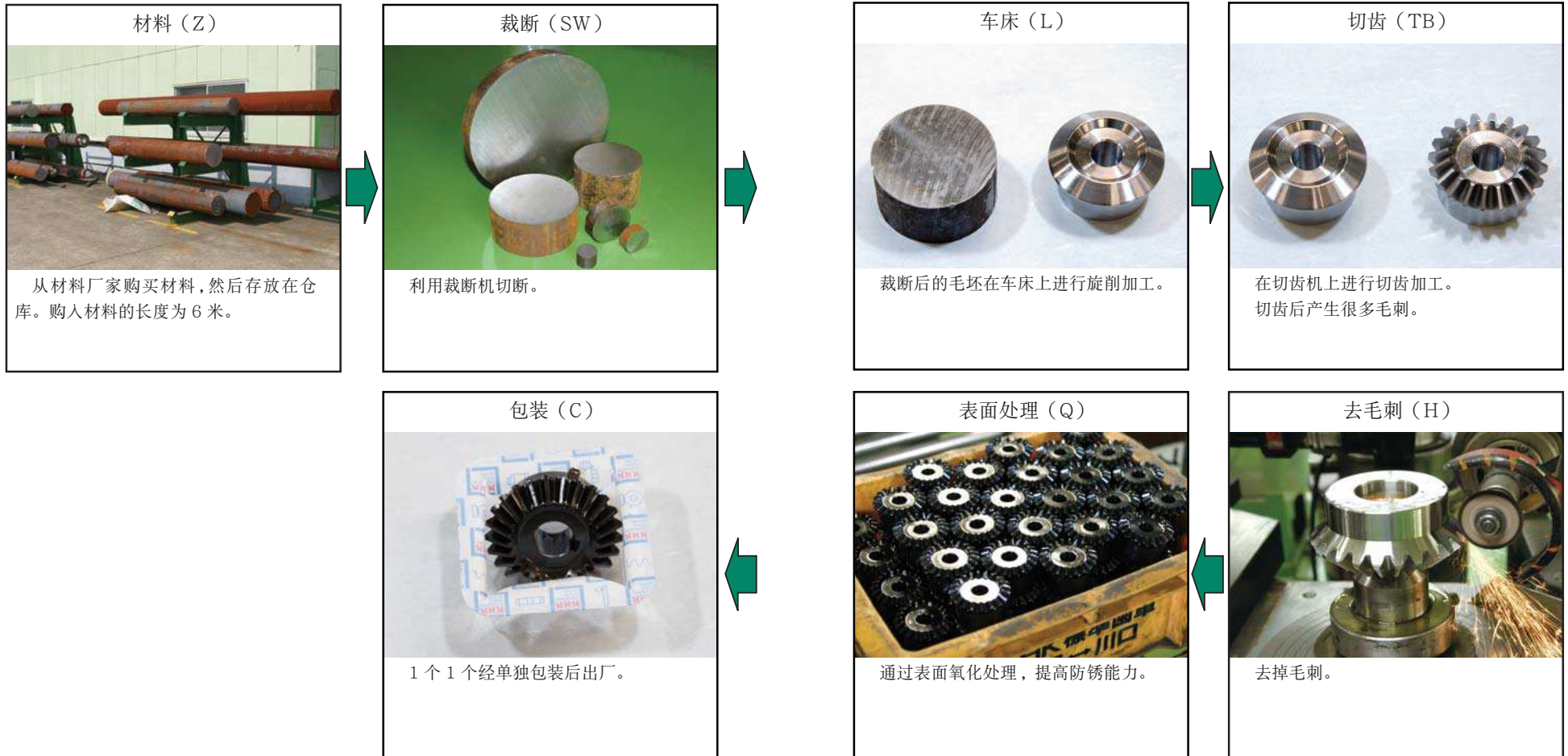
介绍生产齿条产品时具有代表性的工序。



(2) - 3

伞形齿轮的生产工序

介绍生产伞形齿轮产品时具有代表性的工序。



(2) - 4

加工机械设备

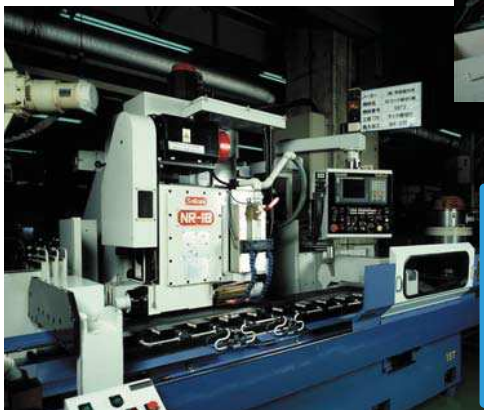
介绍加工制造齿轮时具有代表性的机械设备。



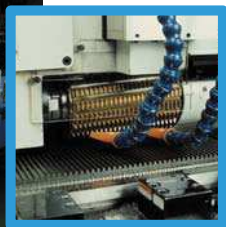
CNC齿条磨削机 (NRG-100)



CNC干式滚齿机 (N60)



CNC齿条切齿机 (NR-18S)



CNC齿轮磨削机 (TAG 400)



CNC干式滚齿机 (GP130)



CNC伞形齿轮磨削机 (PH-200G)

KHK[®]

小原齒車工業株式会社

本社 〒332-0022 埼玉県川口市仲町 13-17 TEL:048-255-4871(代) FAX:048-256-2269

大阪営業所 〒540-0012 大阪市中央区谷町 5-6-32 谷町优越馆ビル 4F TEL:06-6763-0641 FAX:06-6764-7445

名古屋営業所 〒465-0093 名古屋市名东区一社 3-96 ルーブルビル 6F 603 TEL:052-704-1681 FAX:052-704-1803

URL <http://www.khkgears.co.jp/> E-mail kohara@khkgears.co.jp

齿轮手册

昭和 61 年 5 月 1 日 初版第 1 刷发行

平成 18 年 4 月 1 日 第 2 版第 2 刷发行

发行人 小原敏治

发行所 小原齿轮工业株式会社

〒332-0022 埼玉県川口市仲町 13 番 17 号

編集制作 齿轮手册第 2 版编写组