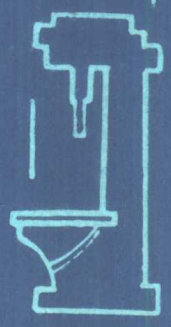
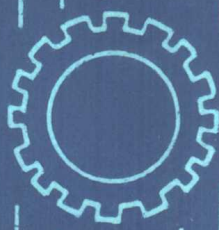


中华人民共和国机械工业部统编

机械工人技术培训教材

# 齿轮工艺学

(中级本)



科学普及出版社



中华人民共和国机械工业部  
统编机械工人培训教材

# 齿 轮 工 工 艺 学

(中 级 本)

科学普及出版社

本书是机械工业部统编的机械工人技术培训教材之一。它是根据《工人技术等级标准》和原一机部审定的工人技术培训教材大纲编写的。本书内容包括：花键轴的滚切加工、弧齿锥齿轮铣切加工的计算和调整。为与初级本的内容衔接，由浅入深地介绍了变位齿轮的应用和计算方法、滚齿机上的其他加工方法、齿轮的测量与分析、齿轮工艺编制和齿轮夹具的设计要点。最后还介绍了当前齿轮加工的新工艺。本书可做齿轮工技术培训的中级教材，也可供有关工人技术人员参阅。

本书由孙恪良、仇天任、蔡志侯同志编写，由陈祝平、周富康同志审订。

中华人民共和国机械工业部统编  
机械工人技术培训教材  
齿 轮 工 工 艺 学  
(中级本)

责任编辑：任杏华

\*

科学普及出版社 出版（北京海淀区白石桥路32号）  
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售  
北京市联华印刷厂印刷

\*

开本：787×1092毫米  $1/16$  印张：20 字数：475千字

1985年4月第1版 1985年4月第1次印刷

印数：1—65,000册 定价：2.90元

统一书号：15051·1133 本社书号：0720

对广大工人进行比较系统的技术培训教育，是智力开发方面的一件大事，是一项战略性的任务。有计划地展开这项工作，教材是个关键。有了教材才能统一培训目标，统一教学内容，才能逐步建立起比较正规的工人技术教育制度。

教材既是关键，编写教材就是一件功德无量的事。在教材行将出版之际，谨向为编写这套教材付出辛勤劳动的同志们致以敬意！

机械工业部第一副部长 **杨 毅**

一九八二年五月

## 前 言

为了更好地落实中共中央、国务院《关于加强职工教育工作的决定》，对工人特别是青壮年工人进行系统的技术理论培训，以适应四化建设的需要，现确定按初级、中级、高级三个培训阶段，逐步地建立工人培训体系，使工人培训走向制度化、正规化的轨道，以期进一步改善和提高机械工人队伍的素质。为此，我们组织了四川省、江苏省、上海市机械厅（局）和第一汽车厂、太原重型机器厂、沈阳鼓风机厂、湘潭电机厂，编写了三十个通用工种的初级、中级的工人技术培训教学计划、教学大纲及其教材，作为这些工种工人技术理论培训的统一教学内容。

编写教学计划、教学大纲及其教材的依据，是原一机部颁发的《工人技术等级标准》和当前机械工人队伍的构成、文化状况及培训的重点。初级技术理论以二、三级工“应知”部分为依据，是建立在初中文化基础上的。它的任务是为在职的初级工人提供必备的基础技术知识，指导他们正确地使用设备、工夹具、量具、按图纸和工艺要求进行正常生产。中级以四、五、六级工“应知”部分为依据，并开设相应的高中文化课，在学完了初级技术理论并具有一定实践经验的工人中进行。它的任务是加强基础理论教学，使学员在设备、工夹具、量具、结构原理、工艺理论、解决实际问题 and 从事技术革新的能力上有所提高（高级以七、八级工“应知”部分为依据，这次未编）。编写的教材计有：车工、铣工、刨工、磨工、齿轮工、镗工、钳工、工具钳工、修理钳工、造型工、化铁工、热处理工、锻工、模锻工、木模工、内外线电工、维修电工、电机修理工、电焊工、气焊工、起重工、煤气工、工业化学分析工、热工仪表工、锅炉工、电镀工、油漆工、冲压工、天车工、铆工等工艺学教材和热加工的六门基础理论教材：数学、化学、金属材料及其加工工艺、机械制图、机械基础、电工基础。

在编写过程中，注意了工人培训的特点，坚持了“少而精”的原则。既要理论联系生产实际。学以致用，又要有理论的高度和深度；既要少而精，又要注意知识的科学性、系统性、完整性；既要短期速成，又要循序渐进。在教学计划中对每个工种的培养目标，各门课程的授课目的，都提出了明确的要求，贯彻了以技术培训为主的原则。文化课和技术基础课的安排，从专业需要出发，适当地考虑到今后发展和提高的要求，相近工种的基础课尽量统一。

这套教材的出版，得到了有关省、市机械厅（局）、企业、学校、研究单位和科学普及出版社的大力支持，在此特致以衷心的感谢。

编写在职工人培训的统一教材，是建国三十年来第一次。由于时间仓促，加上编写经验不足，教材中还难免存在缺点和错误，我们恳切地希望同志们试行中提出批评和指正，以便进一步修改、完善。

机械工业部工人技术培训教材编审领导小组

一九八二年五月

# 目 录

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 第一章 花键轴的滚切加工 .....                | 1   |
| 第一节 花键滚切的工作原理 .....               | 1   |
| 第二节 Y 631K 型花键轴铣床的简述及传动系统 .....   | 2   |
| 第三节 花键滚刀的基本知识 .....               | 7   |
| 第四节 Y 631K 型花键轴铣床的操作方法及调整步骤 ..... | 17  |
| 第五节 机床的安全生产及维护保养 .....            | 21  |
| 第二章 弧齿锥齿轮铣切加工 .....               | 24  |
| 第一节 螺旋锥齿轮的类型、特点及主要参数 .....        | 24  |
| 第二节 弧齿锥齿轮的加工原理和方法 .....           | 28  |
| 第三节 Y 225 铣齿机的概况 .....            | 34  |
| 第四节 铣刀盘的基本知识 .....                | 44  |
| 第五节 弧齿锥齿轮的切齿计算 .....              | 56  |
| 第六节 Y 225 铣齿机的调整 .....            | 84  |
| 第七节 弧齿锥齿轮接触区的调整 .....             | 88  |
| 第八节 铣齿误差产生的原因 .....               | 97  |
| 第三章 变位齿轮的应用和计算方法 .....            | 101 |
| 第一节 什么是变位齿轮及为什么要用变位齿轮 .....       | 101 |
| 第二节 齿轮加工中的根切现象及变位齿轮的应用 .....      | 104 |
| 第三节 高度变位齿轮与角度变位齿轮传动 .....         | 115 |
| 第四节 变位系数的选取 .....                 | 122 |
| 第五节 直齿变位齿轮应用举例 .....              | 130 |
| 第六节 斜齿变位齿轮及其应用举例 .....            | 143 |
| 第四章 滚齿机上的其它加工方法 .....             | 148 |
| 第一节 大质数斜齿轮的加工 .....               | 148 |
| 第二节 蜗轮加工 .....                    | 155 |
| 第三节 圆弧齿轮的计算及加工 .....              | 161 |
| 第四节 链轮的计算与加工 .....                | 169 |
| 第五节 其他类型齿轮的加工 .....               | 176 |
| 第五章 齿轮的测量与分析 .....                | 183 |
| 第一节 万能测齿仪的用途及测量方法 .....           | 183 |
| 第二节 周节累积误差的测量与计算 .....            | 187 |
| 第三节 渐开线检查仪的用途及测量方法 .....          | 190 |
| 第四节 齿形误差值的计算与曲线的分析 .....          | 194 |
| 第五节 单面啮合仪测量 .....                 | 199 |
| 第六节 齿轮噪声的检验方法 .....               | 210 |
| 第七节 齿轮制造的误差分析 .....               | 215 |
| 第六章 齿轮工艺的编制 .....                 | 230 |

|            |                          |            |
|------------|--------------------------|------------|
| 第一节        | 工艺规程的基本知识 .....          | 230        |
| 第二节        | 冷热加工的合理协调 .....          | 239        |
| 第三节        | 几种典型工艺的介绍 .....          | 245        |
| 第四节        | 编制工艺的步骤及一般方法 .....       | 247        |
| <b>第七章</b> | <b>齿轮夹具 .....</b>        | <b>253</b> |
| 第一节        | 夹具的基本知识 .....            | 253        |
| 第二节        | 齿轮夹具的设计要求及结构型式 .....     | 272        |
| <b>第八章</b> | <b>齿轮加工的新工艺及其他 .....</b> | <b>288</b> |
| 第一节        | 剃齿刀修磨 .....              | 288        |
| 第二节        | 冷挤齿轮 .....               | 298        |
| 第三节        | 蜗杆砂轮磨齿机简介 .....          | 303        |
| 第四节        | 精密锻造齿轮 .....             | 307        |

# 第一章 花键轴的滚切加工

## 第一节 花键滚切的工作原理

### 一、概 论

花键轴是一种利用多键联结的零件。花键轴联结较单键轴联结有如下的优点：（1）在等同的条件下，联接强度高，传递扭矩大；（2）相配的零件能准确地对准中心；（3）与花键轴配合的零件，其导向性能好，并能在轴向灵活移动，因此，在机械传动中被广泛地应用。花键轴的缺点是制造成本高。

花键轴的种类较多，按齿廓的形状分有渐开线齿、三角形齿和矩形齿等。花键的定心方式有齿侧定心、外径定心和内径定心三种，其中矩形齿外定心花键，由于制造方便，应用最广泛。

#### （一）花键轴的加工方法

花键轴常用的加工方法，是在专用的花键轴铣床上用花键滚刀连续展成法进行加工，这种方法具有较高的生产率和加工精度。在缺乏专用花键轴铣床或加工零件数量较少的情况下，也可以在普通卧式铣床上利用分度头来进行铣削。为了提高齿侧面的分度精度，使所有的齿侧面都能同时传递扭矩，（图1-1）及消除热处理所引起的变形，可以在花键轴磨床上进行磨削加工。至于冷打花键轴，国外已有先例，国内尚在试验阶段。

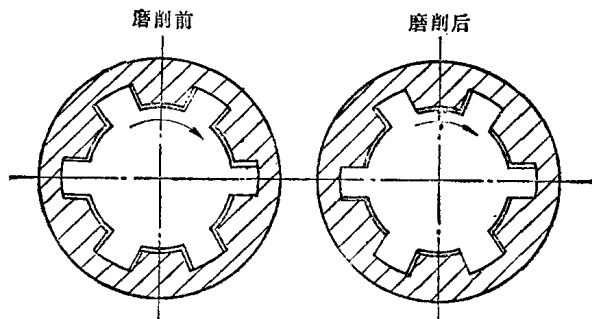


图 1-1 花键轴磨削前后接触情况对比

#### （二）花键轴的材料和硬度

制作花键轴的材料常用调质钢（45、40Cr等）和渗碳钢（20、20CrMnTi等）两种。前者用于按外径定心的花键轴。但是花键孔是用拉削制成的，考虑到拉刀的使用寿命，一般硬度不宜过高。目前以采用花键轴调质最为普遍，硬度控制在HB280~320之间。后者用于对精度与硬度要求较高的按内径定心的花键轴，因为花键孔的内径可以在磨床上加工，因此花键轴的表面硬度可以提高，增加其耐磨性和强度，有利延长花键联结的使用寿命，但又不能硬脆而造成折断。故宜用渗碳淬火提高其表面硬度（HRC60），而芯部含碳量较低不会淬硬。这样在使用时既不易磨损，强度又高，而心部韧性好又不致于产生脆性断裂，因此比较理想。



### （三）花键轴的精度检查

为了保证花键联接的配合精度，应对花键轴的尺寸和形状进行严格的检查。检验项目有：周节误差、花键侧面对称性、花键对根圆偏差，花键外径对根圆的不同轴度、齿面偏差、花键齿厚等。在实际生产中往往从实用出发，操作者只用千分尺和公法线千分尺检验花键齿厚和根圆直径大小。以上两项符合图纸要求后，再用一标准综合套规检验，要求花键套规能在花键轴上滑动自如，但在径向没有松动。一般地，经过以上检查即可以代替各种单项检验。

## 二、花键轴铣床的工作原理

连续展成法的花键轴铣削，可以看作是在卧式滚齿机上用滚刀加工齿宽较长而齿数较少的齿轮，因而其工作原理与滚齿加工大致相同。花键轴铣床有滚刀旋转运动（主切削）、切出不同槽数的分齿运动（分度）、切出花键轴长度和齿深的纵横向进给运动及调整花键滚刀中心的上下移动所组成，其传动原理如图1-2所示。

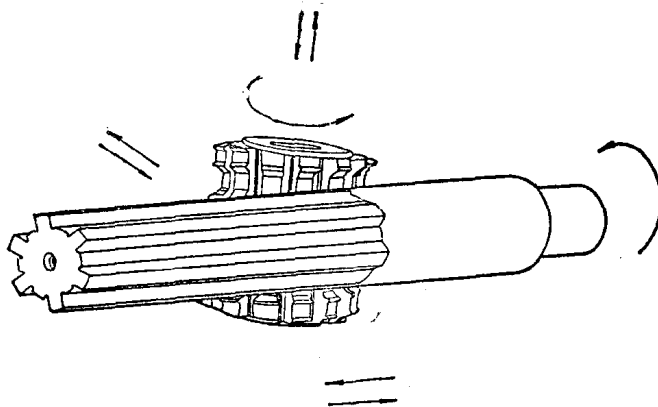


图 1-2 花键轴铣床传动原理

## 第二节 Y631K型花键轴铣床的简述及传动系统

### 一、Y631K型花键轴铣床的简述

#### （一）Y631K型花键轴铣床的主要规格及使用范围

##### 1. 型号说明

Y——齿轮机床类

6——卧式花键轴铣床

31——工作台工作面宽度310毫米

K——改进型，与Y631型规格相同，但结构不同

## 2. 机床的主要技术规格

|                 |                  |
|-----------------|------------------|
| 最大加工直径          | 80毫米             |
| 最大加工长度          | 600毫米            |
| 顶尖距             | 640毫米            |
| 铣刀转速的级数         | 6级               |
| 铣刀转速的范围         | 80~250转/分        |
| 进给量的级数          | 10级              |
| 进给量的范围          | 0.33~3.75毫米/工件每转 |
| 工件中心线到铣刀中心线间的距离 | 50~185毫米         |
| 最大安装铣刀直径        | 140毫米            |
| 最大安装铣刀长度        | 140毫米            |
| 铣刀杆直径           | 22、27、32毫米       |
| 铣刀主轴孔的锥度        | 莫氏4号             |
| 铣刀主轴轴向移动        | 30毫米             |
| 车头主轴套孔的锥度       | 莫氏4号             |
| 尾架套筒孔的锥度        | 莫氏4号             |
| 尾架套筒最大移动量       | 45毫米             |
| 移动铣头用手轮每转一格     | 0.01毫米           |
| 移动铣头用手轮每转一周     | 2毫米              |
| 溜板快速移动          | 2米/分             |
| 主电动机功率          | 4千瓦              |
| 转速              | 1440转/分          |
| 快速电机功率          | 1.5千瓦            |
| 转速              | 1430转/分          |
| 冷却泵电机功率         | 0.125千瓦          |
| 转速              | 2790转/分          |
| 润滑泵电机功率         | 0.125千瓦          |
| 转速              | 2790转/分          |
| 机床外形尺寸(长×宽×高)   | 1830×1790×1700毫米 |
| 机床净重            | 3000公斤           |

**3. 机床的主要用途** Y631K型花键轴铣床, 是一种用花键齿滚刀(以下简称花键滚刀)进行连续滚切(展成法)加工直槽花键轴的专用机床。适宜于成批大量生产的汽车、拖拉机工业与机床制造业的未经淬硬或经调质的各种齿形的花键轴。有时也可以加工直齿圆柱齿轮(用标准滚刀)。

### (二) Y631K型花键轴铣床的主要组成部分

**1. 床身** 床身为长方形, 内有相互垂直的筋条, 使其有足够的刚性。床身腹腔的右侧安装电气设备, 左前方安装进给箱; 底部右边是冷却液箱, 左边是润滑油箱; 床身前方及左侧面均有可打开的门, 用于修理内部机构。主要电气控制按钮, 操纵手柄全部集中在床身前斜面上(图1-3(1))。

2. 变速箱 变速箱在床身后方, 用螺钉与床身牢固地连接成一体。左侧安装有主电动机, 后方装有变速交换齿轮机构与润滑泵电动机, 底部是润滑油箱并与床身润滑油箱连通(图1-3(2))。

3. 铣头及铣头箱 为了充分利用花键滚刀的切削刃, 刀轴可作轴向移动; 为了调整花键滚刀的螺纹升角, 铣头又可旋转至需要的角度。利用床身前方的手轮通过丝杠螺母使铣头箱沿导轨移动, 实现工件滚切深度的调整(图1-3(3))。

4. 进给箱 进给箱安装在床身左腔内, 采用交换齿轮实现分度与进给工作。通过装在进给箱上的快速电机与双向超越离合器, 使溜板获得快速移动(图1-3(19)内)。

5. 车头箱 车头箱固定在溜板右端, 内装有工件主轴和分度蜗轮副, 并装有调整其中心距的结构。车头箱顶面有视油窗, 观察供油情况(图1-3(4))。

6. 溜板(工作台) 溜板成 $30^\circ$ 安装在床身导轨上, 以便清理铁屑。其四周有回油槽, 右端有一润滑油池和一个齿轮油泵, 用来润滑分度蜗轮副。溜板前面安装有“T”型槽板, 该槽板上安装有三块挡铁, 当中一块是主电机限位挡铁, 两端的两块是快速移动限位挡铁, 可根据加工工件长度进行调整。当滚切到需要长度与快速移动到一定位置时, 挡铁压下开关触头, 主电动机或快速电动机自动停止, 机床不致发生故障(图1-3(5))。

7. 尾架 尾架安装在溜板左端导轨上, 尾架套筒由两对锁紧块固定。根据工件长度, 可将尾架固定在工作台的任何位置上(图1-3(6))。

各部件之间配置关系见机床外形图1-3

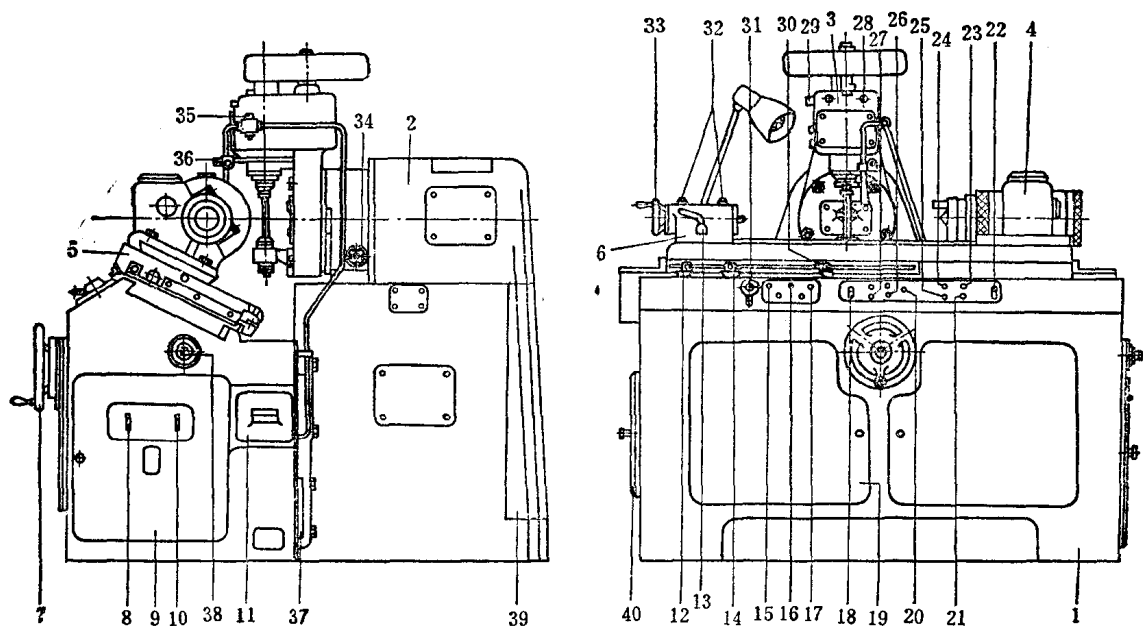


图 1-3 Y631K型花键轴铣床外形图

1—床身; 2—变速箱; 3—铣头及铣头箱; 4—车头箱; 5—溜板; 6—尾架; 7—调整滚切深度用手轮; 8—接通电源用开关; 9—配电箱盖; 10—主电机正反转旋钮; 11—铁屑过滤箱; 12—快速限位开关撞块; 13—紧固尾架用手柄; 14—主电动机限位开关撞块; 15—快速移动限位开关; 16—主电动机限位开关; 17—快速移动限位开关; 18—冷却泵电动机开关; 19—分度, 进给交换齿轮箱盖; 20—主电动机微动开关; 21—工作台快速向左移动按钮; 22—照明开关; 23—工作台快速向右移动按钮; 24—主电动机开关; 25—主电动机停止按钮; 26—松开铣头按钮; 27—刹紧铣头按钮; 28—紧固主轴用手柄; 29—轴向移动主轴用手柄; 30—快速移动限位开关撞块; 31—粗、精进给手柄; 32—紧固尾架套筒用手柄; 33—移动尾架套筒用手轮; 34—调整铣头角度用手轮; 35—冷却液流量调整阀; 36—冷却喷嘴紧固手柄; 37—电源线接入盖板; 38—手移动溜板用手轮; 39—变速交换齿轮箱盖; 40—丝杠离合拉销用盖

## 二、Y631K型花键轴铣床的传动系统

Y631K型花键轴铣床的传动系统由以下四个运动链组成 (图1-4)

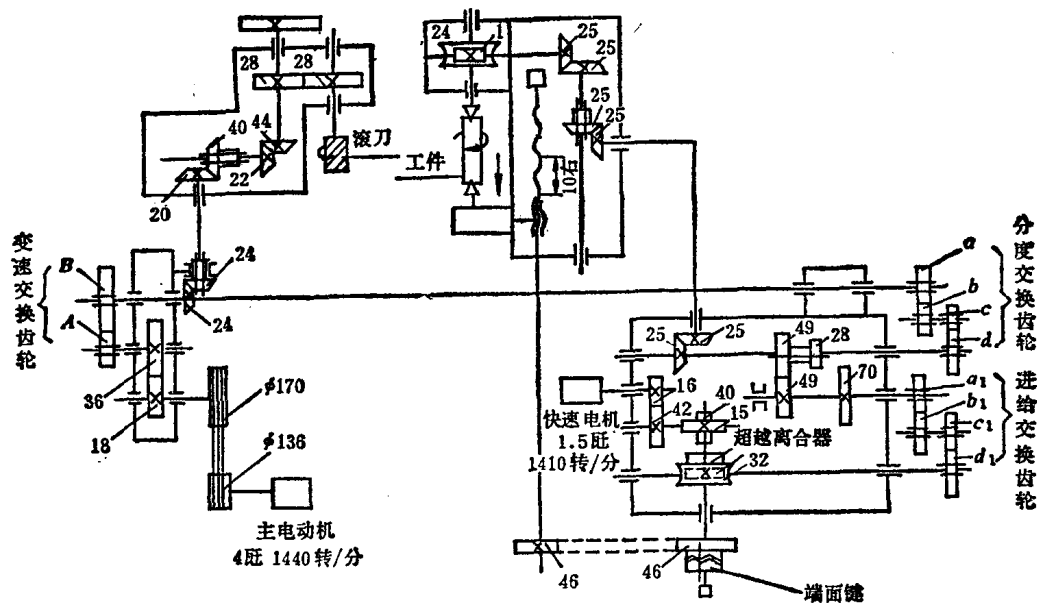


图 1-4 Y631K型花键轴铣床传动系统

**1. 滚刀的切削运动链** 滚刀旋转的动力来自主电动机, 其传动路线为主电动机至滚刀

主电动机  $\rightarrow$  皮带轮  $\frac{\phi 136}{\phi 170} \rightarrow$  直齿轮  $\frac{Z_{18}}{Z_{36}} \rightarrow$  速度挂轮  $i_{\text{速度}} \left( \frac{A}{B} \right) \rightarrow$  锥齿轮  $\frac{Z_{24}}{Z_{24}} \rightarrow$  锥齿轮  $\frac{Z_{20}}{Z_{40}} \rightarrow$  锥齿轮  $\frac{Z_{22}}{Z_{44}} \rightarrow$  斜齿轮  $\frac{Z_{28}}{Z_{28}} \rightarrow$  花键滚刀

关系式为

$$1440 \times \frac{\phi 136}{\phi 170} \times \frac{18}{36} \times i_{\text{速度}} \times \frac{24}{24} \times \frac{20}{40} \times \frac{22}{44} \times \frac{28}{28} = n_{\text{刀}}$$

化简得:

$$i_{\text{速度}} = \frac{A}{B} = \frac{n_{\text{刀}}}{144}$$

在Y631K型花键轴铣床上,  $A$ 和 $B$ 的中心距是固定的 ( $Z_{\text{和}}=93$ )。根据需要交换挂轮可得6种不同的滚刀转速, 如表1-1。

滚刀主轴转速表

表1-1

| 滚刀每分钟转速 | 交 换 齿 轮 |    | 模数, 3<br>齿数: 33、38、43、<br>50、55、60 |
|---------|---------|----|------------------------------------|
|         | A       | B  |                                    |
| 80      | 33      | 60 |                                    |
| 100     | 38      | 55 |                                    |
| 125     | 43      | 50 |                                    |
| 160     | 50      | 43 |                                    |
| 200     | 55      | 38 |                                    |
| 250     | 60      | 33 |                                    |

**2. 工件的分齿运动链** 分齿运动要保证花键滚刀转一转，工件转一齿这样的 恒定传动比（花键滚刀  $Z_n = 1$ ）。故其传动路线为：花键滚刀至车头

滚刀一转  $\rightarrow$  斜齿轮  $\frac{Z_{28}}{Z_{28}} \rightarrow$  锥齿轮  $\frac{Z_{44}}{Z_{22}} \rightarrow$  锥齿轮  $\frac{Z_{40}}{Z_{20}} \rightarrow$  锥齿轮  $\frac{Z_{24}}{Z_{24}} \rightarrow$  分齿挂轮  $i_{\text{分齿}} \left( \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \right) \rightarrow$  锥齿轮  $\frac{Z_{25}}{Z_{25}} \rightarrow$  锥齿轮  $\frac{Z_{25}}{Z_{25}} \rightarrow$  锥齿轮  $\frac{Z_{25}}{Z_{25}} \rightarrow$  蜗轮副  $\frac{Z_1}{Z_{24}}$ （车头）

关系式为

$$1_{(\text{滚刀转一转})} \times \frac{28}{28} \times \frac{44}{22} \times \frac{40}{20} \times \frac{24}{24} \times i_{\text{分齿}} \times \frac{25}{25} \times \frac{25}{25} \times \frac{25}{25} \times \frac{1}{24} = \frac{Z_n}{Z_x}$$

化简得：（ $\because Z_n = 1$ ）

$$i_{\text{分齿}} = \frac{a}{b} \times \frac{c}{d} = \frac{6}{Z_x}$$

式中  $Z_x$ ——花键齿（槽）数

**3. 溜板的进给运动链** 溜板的进给运动是实现花键滚刀能切出需要的花键长度，故工件转一转就必须由丝杆转动来推进一个距离  $S$ （进给）。其传动路线为：工件至 带动丝杆

工件一转  $\rightarrow$  蜗轮副  $\frac{Z_{24}}{Z_1} \rightarrow$  锥齿轮  $\frac{Z_{25}}{Z_{25}} \rightarrow$  锥齿轮  $\frac{Z_{25}}{Z_{25}} \rightarrow$  锥齿轮  $\frac{Z_{25}}{Z_{25}} \rightarrow$  双联变速齿轮  $\left\langle \begin{matrix} Z_{49} \\ Z_{49} \\ Z_{28} \\ Z_{70} \end{matrix} \right\rangle \rightarrow$  进给挂轮  $i_{\text{进给}} \left( \frac{a_1}{b_1} \right) \cdot \left( \frac{c_1}{d_1} \right) \rightarrow$  蜗轮副  $\frac{Z_1}{Z_{32}} \rightarrow$  直齿轮  $\frac{Z_{46}}{Z_{46}} \rightarrow$  进

给丝杆（ $t = 10$ ）

关系式为

$$1_{(\text{工件转一转})} \times \frac{24}{1} \times \frac{25}{25} \times \frac{25}{25} \times \frac{25}{25} \times \left\langle \begin{matrix} 49 \\ 49 \\ 28 \\ 70 \end{matrix} \right\rangle \times i_{\text{进给}} \times \frac{1}{32} \times \frac{46}{46} \times 10 = S$$

化简得

$$i_{\text{粗进给}} = \frac{a_1}{b_1} \times \frac{c_1}{d_1} = \frac{2S}{15}$$

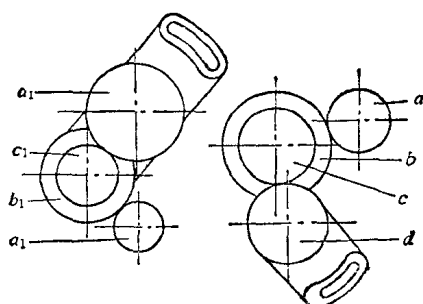
$$i_{\text{精进给}} = \frac{a_1}{b_1} + \frac{c_1}{d_1} = \frac{S}{3}$$

除特殊需要，挂轮可按计算公式计算，一般按表1-2选择工件槽数与进给挂轮，并按图示位置按装挂轮。

**4. 溜板的快速移动链** 溜板快速移动是为了节约空程往返时间而设置的，用快速电动机单独带动。其传动路线为：快速电动机至带动丝杆

| 分度交换齿轮表 |      |    |    |   |
|---------|------|----|----|---|
| 花键槽数    | 交换齿轮 |    |    |   |
|         | a    | b  | c  | d |
| 4       | 60   | 30 | 40 |   |
| 6       | 30   | 50 | 30 |   |
| 8       | 30   | 50 | 40 |   |
| 10      | 30   | 40 | 50 |   |

| 进给交换齿轮表     |      |       |       |       |       |
|-------------|------|-------|-------|-------|-------|
| 工作每转进给量(毫米) |      | 交换齿轮  |       |       |       |
| 粗进给         | 精进给  | $a_1$ | $b_1$ | $c_1$ | $d_1$ |
| 0.33        | 0.33 | 20    | 60    | 20    | 60    |
| 1.25        | 0.50 | 20    | 60    | 30    | 60    |
| 1.88        | 0.75 | 30    | 60    | 30    | 60    |
| 2.50        | 1.00 | 30    | 30    | 20    | 60    |
| 3.75        | 1.50 | 30    | 30    |       | 60    |



模数: 2.5

齿数: 20(2)、30(4)、40、50、60(3)

快速电动机 → 直齿轮  $\frac{Z_{16}}{Z_{42}}$  → 斜齿轮  $\frac{Z_{15}}{Z_{40}}$  → 超越离合器 → 直齿轮  $\frac{Z_{46}}{Z_{46}}$  → 进给丝杆 ( $t=10$ )

关系式为

$$1410 \times \frac{16}{42} \times \frac{15}{40} \times \frac{46}{46} \times 10 = f$$

化简得  $f = 2$  米/分

### 第三节 花键滚刀的基本知识

#### 一、花键滚刀的种类

##### (一) 渐开线花键滚刀

1. 加工范围 渐开线花键滚刀适用于加工 GB1104-72《渐开线花键联结》中, 按渐开线齿形定中心, 2级精度平齿根的花键轴。其原始参数为: 分圆压力角  $\alpha = 30^\circ$ , 齿高系数  $f' = 0.5$ , 径向间隙系数  $C' = 0.2$ , 理论工作高度  $h_g = m$ 。

渐开线花键滚刀分 A级和 B级两种精度等级。A级为精加工滚刀, B级为粗加工(即留磨)滚刀。

2. 基本尺寸 滚刀一般制成单头、右旋，刀齿前面容屑槽为平行于轴线的直槽，螺旋升角为 $\lambda_t$ 。滚刀的基本尺寸按（图1-5）和表1-3制造。

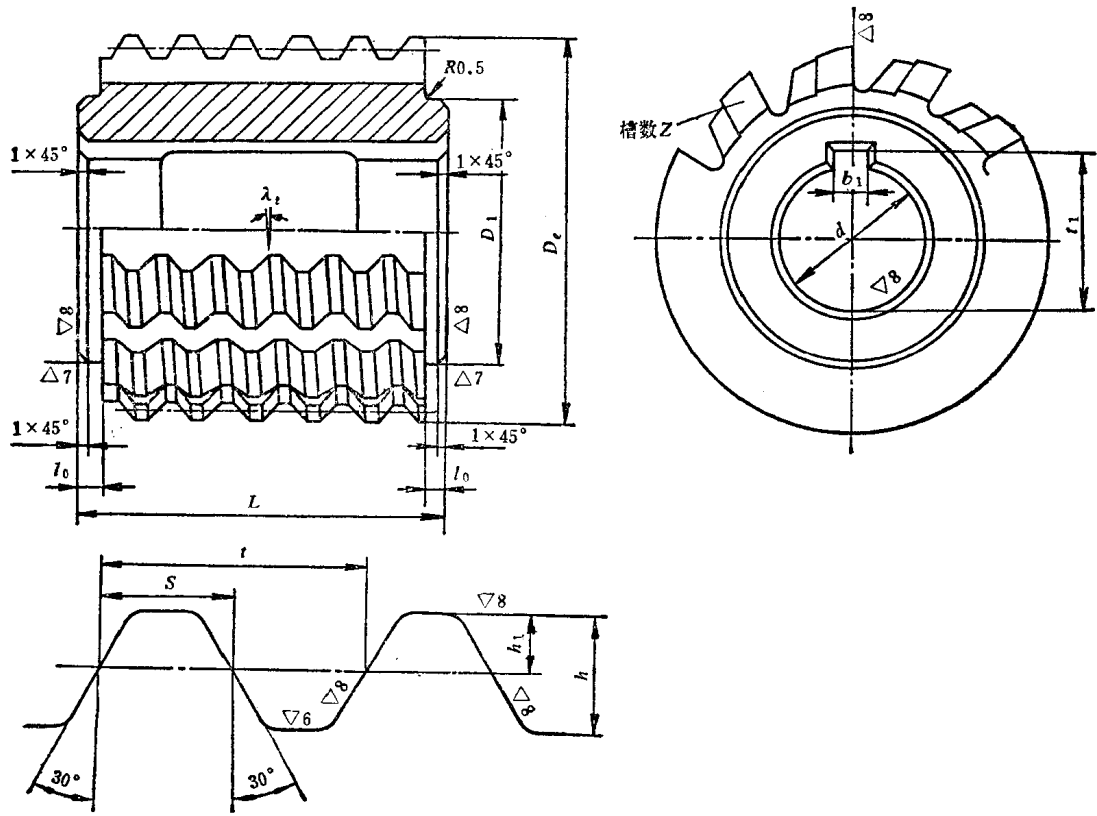


图 1-5 渐开线花键滚刀工作图

渐开线花键滚刀尺寸表（毫米）

A 级滚刀

表 1-3a

| 模数   | 螺旋升角<br>$\lambda_t$ | $D_e$ | $L$ | $d$ | $D_1$ | $l_0$ | $b_1 \times t_1$ | $Z$ | $t$    | $S$    | $h_1$ | $h_{\text{最小}}$ |
|------|---------------------|-------|-----|-----|-------|-------|------------------|-----|--------|--------|-------|-----------------|
| 0.5  | 0°39'               | 45    | 30  | 22  | 35    | 3.5   | 6.08 × 24.1      | 15  | 1.571  | 0.74   | 0.35  | 0.775           |
| 0.8  | 1°3'                |       |     |     |       |       |                  |     | 2.513  | 1.212  | 0.56  | 1.24            |
| 1.0  | 1°11'               | 50    | 50  |     |       |       |                  |     | 3.143  | 1.527  | 0.7   | 1.4             |
| 1.25 | 1°30'               |       |     |     |       |       |                  |     | 3.928  | 1.901  | 0.875 | 1.75            |
| 1.5  | 1°49'               | 63    | 63  | 27  | 40    |       |                  |     | 4.714  | 2.294  | 1.05  | 2.1             |
| 2.0  | 1°55'               |       |     |     |       |       |                  |     | 6.287  | 3.081  | 1.4   | 2.8             |
| 2.5  | 2°26'               | 70    | 70  |     | 45    |       | 6.08 × 29.4      | 12  | 7.861  | 3.868  | 1.75  | 3.5             |
| 3.0  | 2°38'               |       |     |     |       |       |                  |     | 9.435  | 4.638  | 2.1   | 4.2             |
| 3.5  | 3°7'                | 80    | 80  | 32  | 50    |       |                  |     | 11.012 | 5.426  | 2.45  | 4.9             |
| 4.0  | 3°7'                | 90    | 90  |     | 55    |       | 8.1 × 34.8       | 10  | 12.585 | 6.213  | 2.8   | 5.6             |
| 5.0  | 3°30'               | 100   | 100 | 40  | 60    | 4     |                  |     | 15.737 | 7.789  | 3.5   | 7               |
| 6.0  | 3°49'               | 112   | 112 |     | 70    |       | 10.1 × 43.5      |     | 18.892 | 9.356  | 4.2   | 8.4             |
| 8.0  | 4°37'               | 140   | 140 |     |       |       |                  |     | 25.215 | 12.518 | 5.6   | 11.2            |
| 10   | 4°37'               |       |     |     |       |       |                  |     | 31.518 | 15.669 | 7     | 14              |

渐开线花键滚刀尺寸表 (毫米)

B级滚刀

表1-3b

| 模 数  | 螺纹升角<br>$\lambda_s$ | $D_e$ | $L$ | $d$ | $D_1$ | $l_0$  | $b_1 \times t_1$ | $Z$ | $t$         | $S$         | $h_1$      | $h_{\text{最小}}$ |        |        |       |       |
|------|---------------------|-------|-----|-----|-------|--------|------------------|-----|-------------|-------------|------------|-----------------|--------|--------|-------|-------|
| 0.5  | 0°39′               | 45    | 30  | 22  | 35    | 3.5    | 6.08 × 24.1      | 15  | 1.571       | 0.586       | 0.35       | 0.7             |        |        |       |       |
| 0.8  | 1°3′                |       |     |     |       |        |                  |     | 2.513       | 1.057       | 0.56       | 1.12            |        |        |       |       |
| 1.0  | 1°11′               | 50    | 50  | 27  | 40    |        |                  |     | 6.08 × 29.4 | 12          | 3.143      | 1.372           | 0.7    | 1.4    |       |       |
| 1.25 | 1°30′               |       |     |     |       |        |                  |     |             |             | 3.928      | 1.714           | 0.875  | 1.75   |       |       |
| 1.5  | 1°49′               |       |     |     |       |        |                  |     |             |             | 4.714      | 2.107           | 1.05   | 2.1    |       |       |
| 2.0  | 1°55′               | 63    | 63  |     |       | 50     | 55               | 4   |             |             | 8.1 × 34.8 | 10              | 6.287  | 2.894  | 1.4   | 2.8   |
| 2.5  | 2°26′               |       |     |     |       |        |                  |     |             |             |            |                 | 7.861  | 3.681  | 1.75  | 3.5   |
| 3.0  | 2°38′               | 70    | 70  | 60  | 70    |        |                  |     | 10.1 × 43.5 | 31.518      |            |                 | 15.409 | 7      | 14    |       |
| 3.5  | 3°7′                |       |     |     |       |        |                  |     |             |             |            |                 |        |        |       | 9.435 |
| 4.0  | 3°7′                | 80    | 80  | 40  | 70    |        |                  |     | 4           | 10.1 × 43.5 |            |                 | 10     | 11.012 | 5.256 | 2.45  |
| 5.0  | 3°30′               | 90    | 90  |     |       | 12.585 | 6.043            | 2.8 |             |             | 5.6        |                 |        |        |       |       |
| 6.0  | 3°49′               | 100   | 100 | 40  | 70    | 4      | 10.1 × 43.5      | 10  | 15.737      | 7.519       | 3.5        | 7               |        |        |       |       |
| 8.0  | 4°37′               | 112   | 112 |     |       |        |                  |     | 18.892      | 9.096       | 4.2        | 8.4             |        |        |       |       |
| 10   | 4°37′               | 140   | 140 | 40  | 70    | 4      | 10.1 × 43.5      | 10  | 25.215      | 12.258      | 5.6        | 11.2            |        |        |       |       |
|      |                     |       |     |     |       |        |                  |     |             |             |            |                 |        |        |       |       |

### 3. 技术条件

(1) 滚刀的表面不得有裂纹、刻痕、锈迹、烧伤等缺陷, 切削刃必须锋利, 不得有崩刃和钝口。

(2) 滚刀的表面光洁度按 GB131-74 规定: 刀齿前面、齿形表面、内孔表面和两支承端面不低于  $\nabla 8$ ; 轴台外圆表面不低于  $\nabla 7$ 。

(3) 滚刀各部尺寸的偏差按 GB159-59 规定: 内孔的偏差为  $D_1$  级; 滚刀外径、轴台直径和轴台长度的偏差为 10 级; 滚刀总长的偏差为 9 级。

(4) 滚刀的制造与刃磨公差见表 1-4。



渐开线花键轴滚刀的主要项目公差 (微米)

表1-4

| 序号 | 检 查 项 目                    | 精 度<br>等 级 | 模 数     |         |              |            |            |             |
|----|----------------------------|------------|---------|---------|--------------|------------|------------|-------------|
|    |                            |            | 0.5~0.8 | 1.0~2.5 | 大 于<br>2.5~4 | 大 于<br>4~6 | 大 于<br>6~8 | 大 于<br>8~10 |
| 1  | 相邻齿距的偏差                    | A          | ±6.3    | ±10     | ±10          | ±15        | ±15        | ±25         |
|    |                            | B          | ±10     | ±15     | ±15          | ±25        | ±25        | ±35         |
| 2  | 在任意三个齿距长度内齿距的最大累积误差        | A          | ±10     | ±15     | ±15          | ±25        | ±25        | ±40         |
|    |                            | B          | ±16     | ±25     | ±25          | ±40        | ±40        | ±50         |
| 3  | 外径的径向跳动                    | A          | 25      | 30      | 30           | 40         | 40         | 50          |
|    |                            | B          | 32      | 40      | 50           | 60         | 60         | 80          |
| 4  | 在轴向剖面内的齿形误差                | A          | 3       | 8       | 9            | 10         | 14         | 17          |
|    |                            | B          | 4.5     | 10      | 14           | 17         | 20         | 23          |
| 5  | 在齿形有效高度内前面的径向性误差<br>(只许斜入) | A          | 20      | 40      | 50           | 70         | 90         | 120         |
|    |                            | B          | 25      | 60      | 80           | 110        | 140        | 170         |
| 6  | 容屑槽圆周节距最大累积误差              | A          | 32      | 35      | 40           | 50         | 50         | 60          |
|    |                            | B          | 40      | 40      | 40           | 50         | 60         | 70          |
| 7  | 外径锥度 (在全长上)                | A          | 16      | 30      | 30           | 40         | 40         | 50          |
|    |                            | B          | 25      | 40      | 40           | 45         | 45         | 50          |
| 8  | 轴台的径向跳动                    | A          | 8       | 20      | 20           | 20         | 20         | 20          |
|    |                            | B          | 12      | 20      | 20           | 20         | 20         | 20          |
| 9  | 轴台的端面跳动                    | A          | 5       | 10      | 10           | 20         | 20         | 20          |
|    |                            | B          | 8       | 20      | 20           | 20         | 20         | 20          |
| 10 | 齿厚的偏差                      | A          | ±14     | ±20     | ±25          | ±30        | ±40        | ±50         |
|    |                            | B          | ±16     | ±20     | ±25          | ±30        | ±40        | ±50         |
| 11 | 刀齿前面对内孔轴心线的不平行度            | A          | 16      | 35      | 45           | 50         | 60         | 70          |
|    |                            | B          | 25      | 45      | 55           | 65         | 80         | 90          |

(5) 滚刀用W18Cr4V 高速钢制造;

(6) 热处理硬度: HRC64~66。

## (二) 三角花键滚刀

1. 加工范围 三角花键滚刀适用于加工 GB1145-74《三角花键联结》中, 按渐开线定心的花键轴。它的原始参数为: 分圆压力角  $\alpha = 45^\circ$ , 齿高系数  $f' = 0.4$ , 径向间隙系数  $C' = 0.2$ , 理论工作高度  $h_x = 0.8m$ 。

三角花键滚刀的精度等级只有一种, 对于具有不同齿厚公差的花键轴, 可用不同的切深来达到该项要求。

2. 基本尺寸 滚刀为单头、右旋, 刀齿前面容屑槽为平行于轴线的直槽, 螺纹升角为  $\lambda$ 。滚刀的基本尺寸按 (图1-6) 和表1-5制造。