

工人高级操作技能
训练辅导丛书

齿 轮 工

工人高级操作技能训练辅导丛书编委会 编

机械工业出版社

本书内容包括：圆柱齿轮的滚齿、插齿、剃齿、磨齿和直齿锥齿轮的刨齿、弧齿锥齿轮的铣齿等加工技能。介绍了上述加工方法的工作原理、典型机床的结构、传动系统和精度检验；介绍了刀具的选用及刃磨方法、典型夹具的结构及使用；结合生产实践中的问题进行了加工误差分析。此外，还介绍了齿轮的检测及常用仪器、齿轮工艺编制、齿轮加工新技术等。

本书为工人高级操作技能训练辅导丛书之一。主要适用于工人在较系统地学完齿轮工中、高级技术理论及掌握中级操作技能的基础上，进行自学高级操作技能，以提高工艺分析及技术应变能力，也可供有关工程技术人员参考。

本书由上海第一机床厂徐涌森，上海汽轮机厂章慕恩、梅启炎、王士礼、王亨鼎、戴春宏、黄德纯、孙善忠编写，章慕恩任主编。由南京机床厂王宏硕、赵敬、鲍柯城、许绍蕴审定，王宏硕任主审。

齿 轮 工

工人高级操作技能训练辅导丛书编委会 编

*

责任编辑：吴天培 版式设计：王 颖

封面设计：肖 晴 责任校对：陈立耘

责任印制：王国光

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ · 印张 $19 \frac{3}{4}$ · 字数 484 千字

1991 年 4 月北京第一版 · 1991 年 4 月北京第一次印刷

印数 0,001—4,400 · 定价：9.70 元

*

ISBN 7-111-02621-7/TH·260



工人高级操作技能训练辅导丛书

编 委 会 名 单

主任委员：郭洪泽

副主任委员：李宣春 田国开

委 员：（以姓氏笔划为序）

王美珍 刘葵香 杨晓毅 张惠英

胡有林 胡振中 董无岸 董慎行

前 言

高级技术工人是体力劳动与脑力劳动融为一体的新型的专门人才，是增强企业活力和国家四化建设中的重要技术力量。高级技术工人的状况如何，是企业素质好坏的一个重要标志。

当前，机电工业企业中高级技术工人数量不足、技术素质偏低、年龄偏高、青黄不接、后继乏人，已成为企业生产发展和技术进步的严重障碍。大力开展高级技术工人培训工作，加紧培养一批高级技术工人，尽快改变企业高级工严重短缺的局面，建成一支以中级工为主体、高级工为骨干的技术工人队伍，是进一步发展机电工业的当务之急。

1987年原国家机械工业委员会制定颁布了《工人高级操作技能训练大纲（试行）》，作为机械行业开展高级工操作技能培训的依据。为了帮助企业更好地贯彻《大纲》，提高技能培训质量，并为广大中、高级技术工人自学成才提供方便，现又组织力量编写了《工人高级操作技能训练辅导丛书》。《丛书》共16种，包括了《大纲》中列入的15个通用技术工种，有车工、镗铣工（镗工部分）、镗铣工（铣工部分）、刨工、磨工、齿轮工、钳工、工具钳工、铸造工、锻工、模锻工、铆工、电焊工、模样工、热处理工和维修电工。

《丛书》是依据《工人技术等级标准（通用部分）》中有关工种的“应会”部分和《工人高级操作技能训练大纲（试行）》的要求编写的。编写的指导思想坚持了“面向企业，面向生产，自学为主，学以致用”的原则，紧密围绕提高工人的实际操作技能和分析解决生产中实际问题的能力这一根本宗旨，重点介绍了具有代表性和先进性的生产工艺、设备及操作方法、技能技巧，并把有关的技能知识有机地融合进去。

在具体内容的安排上，各书以本工种中级工“应会”为起点，依次介绍了高级工应掌握的复杂设备的调整、试车方法；复杂装置和设备生产岗位的全部操作要求；复杂、典型零件的加工工艺、检查方法和先进的操作技巧；国内外有关的新技术、新工艺、新材料、新设备的推广、应用情况。书中收集列举了大量的操作实例，图文并茂，具有较强的针对性、实用性，有助于工人举一反三，利用所掌握的工艺分析能力、技能知识和操作方法，解决生产中的实际问题，开展技术革新。

《丛书》是由上海机电工业管理局组织企业的工程技术人员、技工培训教师和优秀的老技师、老工人合作编写的。北京、江苏、河南、湖南、陕西等省、市机械工业企业的有关同志参加了审稿。

编写、出版高级工操作技能训练方面的书，在我国还是第一次，缺乏借鉴，难度很大。为了编好《丛书》，编、审人员和有关方面付出了艰巨的劳动，谨向他们致以衷心的感谢！并恳切地希望广大技工教育工作者和读者给《丛书》多提宝贵意见，以便将来修订，使之更好地为高级工培训工作服务。

工人高级操作技能训练辅导丛书编委会

1989年2月

目 录

前言	
第一单元 概述	1
第二单元 滚齿	5
(一) 滚齿机	5
(二) 齿轮滚刀	19
(三) 滚齿加工的调整操作	21
(四) 误差分析和解决措施	37
思考题	41
第三单元 插齿	42
(一) 插齿机	42
(二) 插齿刀	52
(三) 插齿夹具	63
(四) 插齿加工操作方法	65
思考题	83
第四单元 剃齿	84
(一) 剃齿机	84
(二) 剃齿刀	97
(三) 剃齿加工中的若干问题	101
(四) 误差分析与降低齿面表面粗糙度值的途径	109
(五) 剃齿加工中的新技术	113
思考题	117
第五单元 磨齿	118
(一) 磨齿机	118
(二) 磨齿夹具	128
(三) 磨齿加工操作方法	131
思考题	159
第六单元 刨齿	160
(一) 刨齿机	160
(二) 刨齿刀及其刃磨	175
(三) 刨齿夹具	178
(四) 刨齿加工操作方法	180
思考题	203
第七单元 弧齿锥齿轮加工	204
(一) 弧齿锥齿轮铣齿机	204
(二) 弧齿锥齿轮铣刀盘的类型、结构及其刃磨要求	221
(三) 弧齿锥齿轮夹具	227
(四) 弧齿锥齿轮加工操作方法	229
思考题	260
第八单元 齿轮测量及仪器	261
(一) 概述	261
(二) 圆柱齿轮测量方法及仪器	266
思考题	283
第九单元 齿轮工艺编制	284
(一) 齿轮工艺编制方法	284
(二) 齿轮典型工艺路线及实例	292
思考题	300
第十单元 齿轮加工的新技术简介	301
(一) 硬齿面加工新工艺	301
(二) 涂层齿轮刀具的使用	303
(三) 精挤齿轮加工	305
(四) 立方氮化硼 (CBN) 材料在齿轮加工中应用	307
思考题	308

第一单元 概 述

内容提要 本单元主要介绍齿轮的类型和齿轮齿形的加工方法,高级操作技能的培训要求、目的及提高工人高级操作技能的方法。

目的 通过本单元的学习,应对各种齿轮加工方法有一个总体了解,明确培训要求和目的,掌握学习方法。

齿轮是现代机械传动中应用最广泛、最常见的一种传动零件。它用于传递运动和动力、变换运动方向、指示读数及变换机构的位置等。例如,各种机床、通用机械、仪器仪表、汽车、拖拉机、飞机,甚至火箭上也采用齿轮传动。所以说,齿轮是现代工业文明的象征。因此,齿轮在国民经济中占有十分重要的地位。

齿轮主要分圆柱齿轮、锥齿轮和蜗轮蜗杆三种。齿轮的用途不同,其传动形式和种类也不同。一般齿轮传动的分类按照两齿轮轴线在机构中所处装配位置不同,可分为平行轴、相交轴和交错轴间等。

1. 平行轴间齿轮传动的种类和特点

1) 直齿圆柱齿轮(简称直齿轮)传动,两齿轮轴线互相平行,齿轮的齿长方向线与齿轮轴线互相平行。外啮合传动时,两齿轮转动方向相反;内啮合传动时,两齿轮转动方向相同。其轮齿可做成正常齿、短齿,也可做成修正齿轮。

2) 斜齿圆柱齿轮(简称斜齿轮)传动,轮齿的齿长方向线与齿轮轴线倾斜一个角度。与直齿圆柱齿轮相比,同时参加啮合的齿数增多,故传动平稳,传递的转矩也比较大,但传动时会产生轴向力,结构设计较复杂,加工制造比直齿圆柱齿轮麻烦些。

3) 人字齿轮传动,如同两个方向相反的斜齿圆柱齿轮合并成一个齿轮,它具有斜齿轮的优点,传动时轴向力相互抵消,适用于传递大功率和正反方向旋转的机构中,加工制造较斜齿轮麻烦。为了便于制造,在人字齿轮齿宽中间开有退刀槽。

4) 齿轮与齿条传动,齿轮直径无限放大便形成齿条,它是圆柱齿轮的一种特例,所以,它与直齿轮和斜齿轮相啮合时都具有圆柱齿轮的特点。可以用来把旋转运动变为直线运动,反之,也可把直线运动变为旋转运动。

5) 非圆齿轮传动,目前常见的非圆齿轮有椭圆形和扇形两种。前者当主动齿轮作等速转动时,从动齿轮可实现有规律的不等速运动,此种传动都用于自动化机构中。

2. 相交轴间齿轮传动的种类和特点

1) 直齿锥齿轮传动,其两轮的轴线相交于锥顶点,轴交角 Σ 有三种情况: $\Sigma = 90^\circ$ (正交)、 $\Sigma > 90^\circ$ 、 $\Sigma < 90^\circ$ 。轮齿齿线的延长线通过锥顶点。

2) 斜齿锥齿轮传动,轮齿齿线呈斜线,其齿线的延长线不通过锥顶点,而是与某一圆相切。两啮合齿轮副的螺旋角相等但方向相反。此类齿轮目前都由弧齿锥齿轮所替代。

3) 弧齿锥齿轮传动,轮齿齿线呈圆弧形,两啮合齿轮副的螺旋角相等,螺旋方向相反。它与直齿锥齿轮相比,同时参加啮合的齿数增多,传动平稳,噪声低,传递转矩较大。

3. 交错轴间齿轮传动的种类和特点

1) 交错轴斜齿轮传动, 两轮轴线不在同一平面上, 可成任意交错或成垂直交错。两啮合齿轮副的螺旋角可相等, 也可以不相等; 两轮的螺旋方向可以相同, 也可以不相同。就单个齿轮而言, 与斜齿轮相同, 但其中一轮也可以是直齿轮。

2) 蜗轮蜗杆传动, 蜗杆轴线与蜗轮轴线成垂直交错, 可以实现较大的传动比, 传动平稳, 噪声低, 当螺旋角小于 6° 时, 其自锁性较好, 但传动效率较低, 蜗杆的线速度受到一定限制。

3) 准双曲面齿轮传动, 两轮螺旋角不相等, 螺旋方向相反, 两轮轴线成垂直交错。它与弧齿锥齿轮相比, 传动更平稳可靠, 噪声较低。

轮齿齿形的加工方法可按其在加工中有无切屑而区分为两大类, 即无切屑加工和有切屑加工(切削加工)。

无切屑加工方法有热轧、冷挤、模锻、精密铸造等。但无切屑加工方法由于某些工艺条件的限制, 一般只能达到较低的精度。

有切屑加工方法有滚齿、插齿、剃齿、珩齿、磨齿、刨齿和弧齿锥齿轮铣齿等。根据齿轮齿形成形的原理不同, 可分为仿形法和展成法两种。其具体的切削加工方法有铣齿(略)、滚齿、……等。

滚齿 滚齿是最常见的齿轮加工方法。滚齿按其加工方法属于展成(滚切)法加工。用于滚齿加工的机床结构比较简单, 加工范围较广, 刀具制造较容易, 机床的调整计算也不复杂, 而且切齿时所产生的热量是沿着整个刀具和齿坯均匀地散去, 变形较小, 因此加工精度和生产率都较高。

如在滚齿机上装有独立分度机构及专用刀架时, 可在刀架主轴上安装指状铣刀进行铣齿, 其刀刃外形为所切齿轮齿槽的形状, 铣齿时, 刀具一方面绕其自身轴线旋转, 另一方面沿轮齿齿宽方向作进给运动, 一齿槽切削后, 将齿坯转至第二齿槽再重复上述运动, 这种加工方法称为仿形法。指状铣刀能铣削模数较大(一般模数为 20mm 以上)的直齿圆柱齿轮或斜齿圆柱齿轮。若滚齿机上附设自动转向机构时, 也可加工无退刀槽人字齿轮。按仿形法加工的齿轮在重型机器制造方面应用很广。

插齿 插齿虽能加工出较正确的齿形, 但生产率和加工精度方面都不如滚齿高, 且插齿刀的技术要求比较高, 又由于在插齿机上加工斜齿圆柱齿轮的工艺性较差(因为对于每一种螺旋角通常都需一副相应的螺旋导轨), 所以不如滚齿那样具有万能性。但它能加工滚齿机上一般无法加工的齿轮。例如, 多联齿轮、内齿轮等, 故插齿加工在实际生产中应用较广泛。

剃齿 其加工精度主要决定于剃齿刀及被剃齿轮剃前加工的精度, 能加工6~7级精度的齿轮, 一般用于齿轮的滚、插预加工后, 热处理前的齿形精加工工艺, 该工艺为机床及汽车行业广泛采用。

珩齿 采用珩磨轮可在珩磨机或剃齿机上对经过剃齿和轮齿表面淬硬后的齿形精加工。一般对精度为6~7级的齿轮, 可采用滚、剃、珩加工工艺。

磨齿 它是使硬齿面轮齿达到高精度和理想表面粗糙度的唯一可靠方法。磨齿根据其加工方法也可分为仿形法和展成法两种。一般来说磨齿的生产率较低(用蜗杆砂轮磨齿例外), 只适用于加工精度要求较高的齿轮以及剃齿刀、插齿刀等齿轮刀具的热处理后的精加

工。

刨齿 它主要加工直齿锥齿轮, 采用刀具简单, 而加工精度也比较高。刨齿机床的结构较复杂, 调整工作量大, 生产率较低, 所以它的应用受到一定限制。

弧齿锥齿轮铣齿 它主要用于加工弧齿锥齿轮。加工这类齿轮时, 无论在刀具的结构和要求, 铣刀盘的刃磨和校正, 铣齿机床的结构及机床的调整计算, 以及工艺装备等方面均较其它齿轮加工复杂得多。由于锥齿轮的设计与制造技术的日益发展, 弧齿锥齿轮有了很多新的类型, 在某些方面已实现了大传动比高效率传动, 部分地代替了蜗轮传动。尤其对于弧齿锥齿轮的加工方法, 在半滚切法基础上, 出现了用圆拉刀盘切削大轮轮齿的螺旋成形法, 这种方法无论在产量和接触精度方面都具有很好的效果。

为了更好地贯彻落实原中华人民共和国机械工业部 1985 年修订颁布的《工人技术等级标准 (通用部分)》高级齿轮工“应会”部分的内容和要求, 编写本书以便于齿轮工自学及岗位培训。在编写过程中, 我们围绕原中华人民共和国国家机械工业委员会 1987 年制订的《工人高级操作技能训练大纲 (试行)》对齿轮工的要求, 结合齿轮加工中的滚齿、插齿、剃齿、珩齿、磨齿、刨齿、弧齿锥齿轮铣齿等, 详细地分析了各种典型机床的结构、性能、传动原理; 各种齿轮刀具的技术要求及其刃磨和检验方法; 各种典型机床上工夹具的设计原则和要求; 机床精度对加工齿轮质量影响, 各种齿轮加工工艺的编制方法; 精密齿轮测量仪器的使用等, 尤其在机床加工调整一节中, 结合生产实际问题, 对各种高难度齿轮加工方法和机床的调整计算等方面作了较详细的剖析。同时, 是紧密围绕高级工的操作技能知识、操作技能训练、工艺能力分析以及对各种齿轮机床进行精度检验、调整和试车等要求而编写的。并介绍了有关专业知识和新工艺、新技术、新设备、新材料方面的内容。通过本课程学习能达到如下要求:

1. 操作技能知识方面

- 1) 熟悉齿轮加工机床的结构、性能和机床精度对加工齿轮质量的影响。
- 2) 了解各种齿轮刀具的主要精度及其刃磨和检验方法。
- 3) 选择复杂齿轮加工基准面的原则, 改进和设计较复杂工夹具的一般原则与要求。
- 4) 掌握齿轮精密测量仪器的使用。
- 5) 能编制各种齿轮加工工艺规程。
- 6) 了解各种齿轮加工机床液压部分及其使用。

2. 操作技能训练方面

- 1) 根据齿轮机床说明书, 对各种齿轮机床进行精度检验、调整和试车。
- 2) 掌握各种齿轮机床加工齿轮的操作技能及质量问题的分析和消除方法。
- 3) 掌握精密滚齿机、弧齿锥齿轮铣齿机的传动系统、液压系统、电气线路的应用。
- 4) 掌握高精度分度蜗轮、大质数斜齿轮、人字齿轮、剃齿刀、测量齿轮、插齿刀、直齿锥齿轮、弧齿锥齿轮的加工技能和机床调整等方法。

3. 工艺分析能力方面

- 1) 能独立处理和解决加工过程中的有关技术问题。
- 2) 能对切削各种齿轮过程中所产生问题的原因进行分析。
- 3) 具有提出包括工夹具、刀具、操作方法等改进措施的能力。

4) 能写出切齿加工中的误差分析、工艺综合分析的书面材料。

近年来,从事齿轮生产的工人,尤其是青年工人队伍不断壮大,为了适应他们自学工人高级操作技能的需要,本书在编写过程中注重实际操作技能的叙述,对于各类有关手册可查找的技术数据本书不再重述,请读者自行查找。

本书的编写原则是工人应通过系统地学完齿轮工中、高级技术理论及掌握中级操作技能的基础上,才可进入本等级的培训,在学习本书时,应做好理论联系实际并进行实际操作练习,敢于探索,勤于实践,只有这样才能养成良好的操作习惯和作风,才能具有高超的实际操作技能,我们殷切期望本书能对提高工人的高级操作技能有所帮助和启迪。

第二单元 滚 齿

内容提要 本单元主要介绍滚齿机的工作原理及类型；以Y3150E型滚齿机为例，介绍滚齿机的传动系统、差动机构和精度检验；介绍齿轮滚刀的选用和刃磨；加工操作以介绍高难度的加工对象为主，介绍大质数直齿圆柱齿轮、大质数、大螺旋角斜齿圆柱齿轮和高精度蜗轮的加工；最后，为了保证滚齿加工的质量，根据生产实践体会，用表格形式，介绍了滚齿误差产生的主要原因及应该采取的措施。

目的 通过本单元的学习，使学员能掌握滚齿加工的各种操作技能，并能针对生产中存在的问题，提出有效的解决办法或改进措施。

(一) 滚 齿 机

1. 滚齿机的工作原理及类型

(1) 滚齿原理 滚齿加工是齿轮制造的主要工艺手段。在滚齿机上，按展成原理进行加工，它相当于一对互相啮合且轴线交错的斜齿轮副的啮合传动，如图2-1所示。

图2-1a所示，是一对轴线交错的斜齿轮副的啮合传动。就其单个齿轮来说，两个都是斜齿圆柱齿轮。如果将其中一个齿轮的齿数，减少到只有一个或几个，螺旋角增至很大，轮齿很长，可以绕其轴线好几圈，这样的斜齿轮就成了一个蜗杆，如图2-1b所示。

在图2-1c上，这个蜗杆经过开槽并铲背，成了齿轮滚刀，这就是滚齿加工时的情况，所以，滚齿加工是按交错轴斜齿轮副的啮合原理加工齿轮的。

按照滚齿原理，齿轮滚刀应该是渐开线滚刀。但是，在实际生产中，由于渐开线滚刀的制造十分困难，用阿基米德滚刀或法向直廓滚刀近似替代。

(2) 滚齿机的传动原理 滚齿机的传动系统图，一般都比较复杂。先了解滚齿机基本运动的传动路线及其相互关系，可便于掌握机床的调整原理和方法。

滚齿机的传动路线，主要有四条，其相互关系，如图2-2所示。

1) 主体运动，即滚刀转动，见图示 A_1 转动。

传动自电动机始，到滚刀止。传动路线为1—2—3—4，其中，速比 i_1 是变速挂轮，用来改变滚刀的转速或转向。

这条传动链，属于外联系传动链，它的传动元件，精度要求不高。

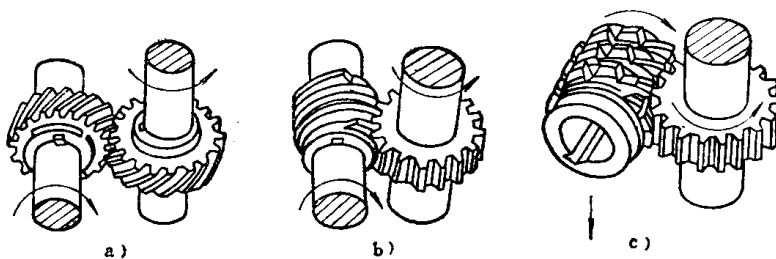


图2-1 滚齿原理

a) 一对轴线交错的斜齿轮啮合 b) 将其中一个齿轮，齿数减少到一个或几个，螺旋角很大，成了蜗杆 c) 将蜗杆开槽并铲背，就是滚刀

2) 展成运动, 又称分齿运动, 见图示 A_2 转动。

传动自滚刀始, 到工件止。传动路线为 4—5—6—7—8—9, 其中, 速比 i_2 是分齿挂轮, 用来改变展成速比或工件转向, 以适应滚切不同齿数的工件。

分齿挂轮调整时, 应满足“滚刀转过一转——工件转过 z_0/z 转”。通常, 使用单头滚刀加工, 因为 $z_0=1$, 所以滚刀转过一转, 工件转过 $1/z$ 转, 即工件转过一齿。

这条传动链, 属于内联系传动链, 它的传动元件精度要求较高。尤其是两端件, 例如滚刀主轴处的斜齿圆柱齿轮副、工作台中的分度蜗轮副等, 精度要求都很高。

3) 滚刀垂直进给运动, 见图示 B 移动。

传动自工件轴线开始, 到滚刀移动为止。传动路线为 9—10—11—12, 其中, 速比 i_3 是垂直进给挂轮, 用来改变垂直进给量的大小与进给方向。

调整垂直进给挂轮时, 应满足“工件转过一转——滚刀垂直进给 f_z ”。

4) 附加运动, 见图示 A_3 转动。

传动自滚刀移动开始, 到工件轴线为止。传动路线为 12—13—14—15—6—7—8—9, 其中, 速比 i_4 是差动挂轮用来改变附加转动量的大小或方向, 以适应加工斜齿圆柱齿轮或大质数齿轮。

调整差动挂轮时, 应满足“滚刀移动一个工件导程 P_z ——工件附加转动一转”。

图示合成机构, 即是滚齿机中的差动机构。它的作用是将两种转动合成为一种转动。

由图可见, 一个转动来自滚刀主轴, 从点 5 处输入; 另一个转动来自进给丝杠, 从点 15 处输入, 经差动机构合成后, 从点 6 处输出, 传至机床工作台, 使工件作展成运动与附加运动合成后的运动。

显然, 滚削直齿圆柱齿轮时, 没有附加运动, 图中点 15 处应锁住, 调整方法详见后述。

(3) 滚齿机的类型 在齿轮加工手段中, 滚齿加工的应用最普遍。长期以来, 为了适应各种不同的加工需要, 涌现了许多形式的滚齿机。因此, 滚齿机的种类较多。

按照机床的加工精度分, 主要有普通滚齿机和精密滚齿机两种。前者的加工精度, 一般是 7 级; 后者则在 6 级或 6 级以上。

按照机床部件的布置形式分, 有立式滚齿机和卧式滚齿机两种。

立式滚齿机, 有以下四种布置形式:

1) 立柱固定, 工作作水平移动。这种滚齿机, 最大加工直径 $D \leq 800\text{mm}$, 应用较广泛。

2) 工作台固定, 立柱作水平移动。这种滚齿机, 最大加工直径 $D \geq 800\text{mm}$ 。

此外, 属于这种布置形式的, 还有强力切削滚齿机和少齿数滚齿机, 可供特殊加工需要。

3) 刀架水平移动, 工作作垂直移动。这种滚齿机, 主要适用于加工小模数齿轮。

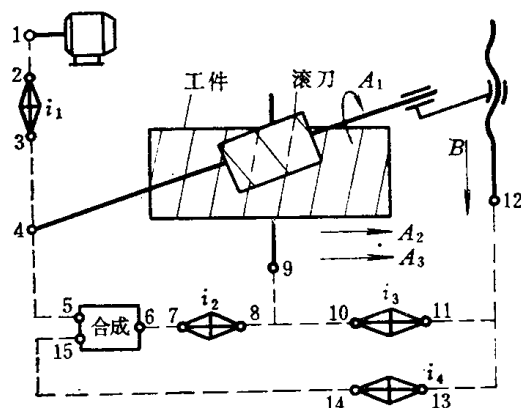


图2-2 滚齿机的传动原理

A_1 —滚刀转动 A_2 —展成运动 A_3 —附加运动
 B —滚刀垂直进给运动

4) 刀架和工作台都固定，立柱作水平移动。属于这种形式的，主要是基准蜗轮滚齿机，俗称蜗轮母机。这种滚齿机的加工精度很高，通用性很差，仅适用于加工几种规格的高精度蜗轮，所以，也称专业蜗轮滚齿机。

卧式滚齿机，主要是与大型立式滚齿机配套使用，适应于加工大模数、小直径的轴齿轮。它也有刀架可移或主轴箱可移两种形式，专业花键滚床也属于这一类型。

虽然滚齿机的种类很多，但是，它的工作原理仍是基本相同。下面，以Y3150E型滚齿机为例，介绍滚齿机的传动系统、典型结构和调整操作方法。

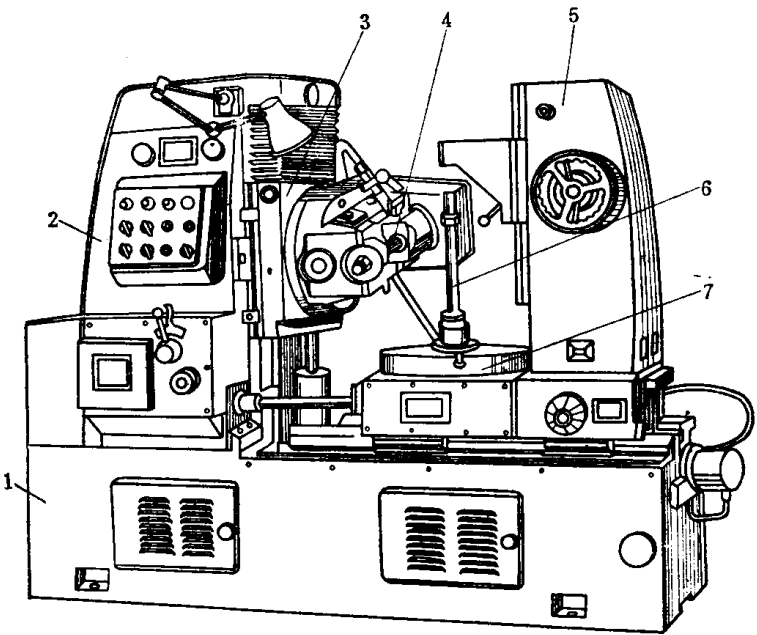


图2-3 Y 3150 E 型滚齿机

1—床身 2—立柱 3—刀架 4—滚刀主轴 5—后立柱
6—工件心轴 7—工作台

2. Y3150E型滚齿机的用途与规格

(1) 机床用途及外形

Y3150E 型 滚 齿 机 主 要 用 于 滚

切直齿圆柱齿轮和斜齿圆柱齿轮，此外，也可用于加工花键轴。

当需要加工蜗轮时，需使用蜗轮滚刀，采用手动径向进给进行滚切。粗滚与精滚时，可利用机床操作手柄，变换滚刀转速与垂直进给量。机床外形如图2-3所示。

(2) 机床的主要技术规格 见表2-1。

表2-1 Y 3150 E 滚齿机的主要技术规格

序号	规格名称	数值	序号	规格名称	数值
1	最大工件直径(mm)	500	11	允许安装刀具(mm)	最大直径 160
2	最大工件模数(mm)	8			最大长度 160
3	最大工件宽度(mm)	250	12	刀具最大回转角度	240°
4	工作台最高转速(r/min)	6	13	刀具回转角最小读数	5′
5	工作台直径(mm)	510	14	刀具轴向移动量(mm)	55
6	工作台孔径(mm)	80	15	滚刀转速(r/min)	最低 40
7	工作台水平手动每转移动量(mm)	2			最高 250
8	工作台水平移动最小读数(mm)	0.02			级数 9
9	工作台液压快速移动距离(mm)	50	16	滚刀的垂直进给量 (mm/工件每转)	最小 0.40
10	滚刀最大垂直行程(mm)	300			最大 4

(续)

序号	规格名称	数值	序号	规格名称	数值
16	滚刀的垂直进给量 (mm/工件每转)	级数 12	19	刀具垂直快速移动速度(m/min)	0.53
17	刀具轴线与工作台 面的距离(mm)	最小 235	20	主电动机	$P(\text{kW})$ 4
		最大 535			$n(\text{r/min})$ 1430
18	刀具轴线与工作台 轴线的距离(mm)	最小 30	21	机床净重(kg)	4300
		最大 330			

3. Y 3150 E 型滚齿机的传统系统

图 2-2 所示的滚齿机传动原理,是所有滚齿机的共性。在分析生产现场的滚齿机时,可按此图逐条进行对照整理。以下,以 Y 3150 E 机床为例,说明此方法,以期收到举一反三的效果。

Y 3150 E 型滚齿机的传统系统图,如图 2-4 所示。

(1) 主体运动传动链

两端件:电动机——滚刀

传动关系:电动机转速 1430 r/min——滚刀转速 n_0

传动路线:电动机的转动,经过 V 带轮 $\phi 115/\phi 165 \rightarrow$ 齿轮 21/42 $\rightarrow$ 滑移齿轮组(速比 $K_1 = 31/39、35/35、27/43$) $\rightarrow$ 变速挂轮 $A_1/B_1 \rightarrow$ 锥齿轮 28/28 $\rightarrow$ 锥齿轮 28/28 $\rightarrow$ 锥齿轮 28/28 $\rightarrow$ 斜齿圆柱齿轮 20/80,传至滚刀主轴,使滚刀转动。

传动链平衡式:

$$1430 \times \frac{115}{165} \times \frac{21}{42} \times K_1 \times \frac{A_1}{B_1} \times \frac{28}{28} \times \frac{28}{28} \times \frac{28}{28} \times \frac{20}{80} = n_0$$

经整理,变速挂轮的计算式为

$$\frac{A_1}{B_1} = \frac{n_0}{124.583} \times \frac{1}{K_1} \quad (2-1)$$

式中 A_1 与 B_1 ——变速挂轮的齿数;

n_0 ——滚刀的转速 (r/min);

K_1 ——轴 II 与轴 III 间的滑移齿轮组速比,等于 31/39、35/35 或 27/43。

(2) 展成运动传动链

两端件:滚刀——工作台(工件)

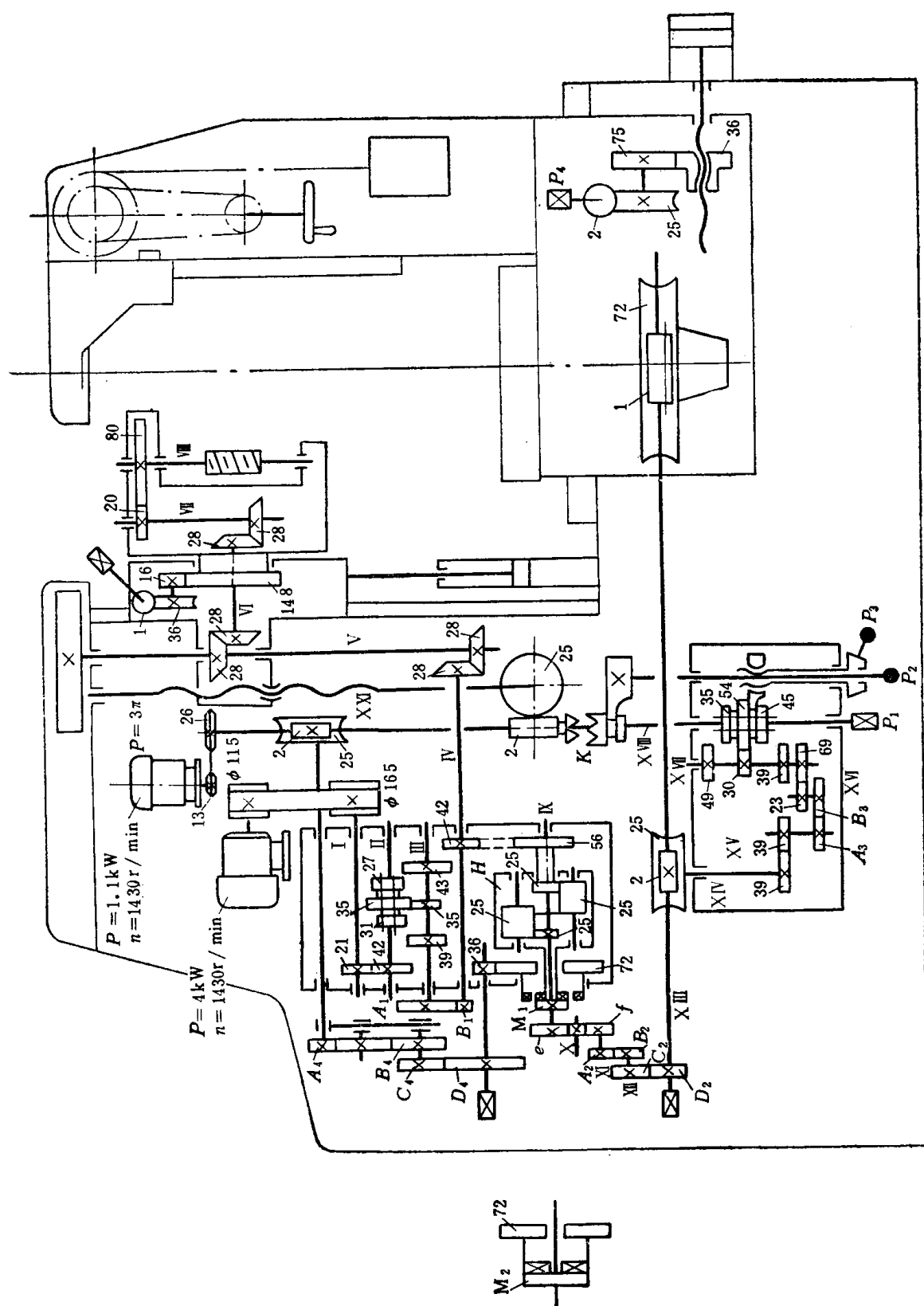
传动关系:滚刀转 1 转——工件转过 z_0/z 转

传动路线:滚刀每转过 1 转,经过斜齿圆柱齿轮 80/20 $\rightarrow$ 三对锥齿轮 28/28 $\rightarrow$ 齿轮 42/56 $\rightarrow$ 差动机构 $i_{\text{差}} \rightarrow$ 分齿挂轮 $\frac{e}{f} \cdot \frac{A_2 C_2}{B_2 D_2} \rightarrow$ 分度蜗轮副 1/72,传至工作台,使工件转过 z_0/z 转。

传动链平衡式:

$$1 \times \frac{80}{20} \times \frac{28}{28} \times \frac{28}{28} \times \frac{28}{28} \times \frac{42}{56} \times i_{\text{差}} \times \frac{e}{f} \times \frac{A_2 C_2}{B_2 D_2} \times \frac{1}{72} = \frac{z_0}{z}$$

式中, $i_{\text{差}}$ 为差动机构传动比。滚切直齿圆柱齿轮时,用爪式离合器 M_1 ,使轴 IX 与壳体 H 相连。这样,差动机构就如同一个联轴器。此时, $i_{\text{差}} = 1$ 。



经整理, 滚切直齿圆柱齿轮的分齿挂轮计算式为

$$\frac{e}{f} \times \frac{A_2 C_2}{B_2 D_2} = \frac{24 z_0}{z} \quad (2-2)$$

式中 A_2 、 B_2 、 C_2 与 D_2 ——分齿挂轮的齿数;

z_0 ——滚刀的头数;

z ——工件齿数。

e 与 f 是一对“结构性挂轮”, 调整时, 根据工件齿数选取。

当 $5z_0 \leq z \leq 20z_0$ 时, 取 $e/f = 48/24$;

当 $21z_0 \leq z \leq 142z_0$ 时, 取 $e/f = 36/36$;

当 $143z_0 \leq z$ 时, 取 $e/f = 24/48$ 。

滚切斜齿圆柱齿轮时, 用爪式离合器 M_2 , 使齿轮 72 与壳体 H 相连。此时, $i_{\Sigma} = -1$ 。即轴 IX 右端的齿轮 56 与左端的挂轮 e , 两者转速相等、方向相反。所以, 滚切斜齿圆柱齿轮时, 分齿挂轮仍可按式 (2-2) 计算, 但工作台转向将会相反, 需加挂一个中间轮。

(3) 滚刀垂直进给运动传动链

两端件: 工作台——滚刀架

传动关系: 工作台转一转——滚刀架垂直移动 f_a 。

传动路线: 工作台每转过一转, 经过分度蜗轮副 $72/1 \rightarrow$ 蜗杆蜗轮 $2/25 \rightarrow$ 齿轮 $39/39 \rightarrow$ 垂直进给挂轮 $A_3/B_3 \rightarrow$ 齿轮 $23/69 \rightarrow$ 滑移齿轮组 (速比 $K_3 = 39/45$ 、 $30/54$ 、 $49/35$) $\rightarrow$ 蜗杆蜗轮 $2/25 \rightarrow$ 丝杠 ($P = 3\pi$), 使滚刀架垂直进给 f_a 。

传动链平衡式:

$$1 \times \frac{72}{1} \times \frac{2}{25} \times \frac{39}{39} \times \frac{A_3}{B_3} \times \frac{23}{69} \times K_3 \times \frac{2}{25} \times 3\pi = f_a$$

经整理, 垂直进给挂轮的计算式为

$$\frac{A_3}{B_3} = \frac{2.17014}{\pi K_3} f_a \quad (2-3)$$

式中 A_3 与 B_3 ——垂直进给挂轮的齿数;

f_a ——滚刀的垂直进给量 (mm/工件每转);

K_3 ——轴 XⅦ 与轴 XⅧ 间的滑移齿轮速比, 等于 $39/45$ 、 $30/54$ 或 $49/35$ 。

(4) 附加运动传动链

两端件: 刀架——工件

传动关系: 滚刀垂直进给 P_r ——工件转一转

传动路线: 若滚刀垂直进给一个工件导程 P_r , 丝杠应转过 $P_r/3\pi$ 转, 经过两对蜗杆蜗

轮 $2/25 \rightarrow$ 差动挂轮 $\frac{A_4 C_4}{B_4 D_4} \rightarrow$ 齿轮 $36/72 \rightarrow$ 差动机构 $i'_{\Sigma} \rightarrow$ 分齿挂轮 $\frac{e}{f} \times \frac{A_2 C_2}{B_2 D_2} \rightarrow$ 分度蜗轮副 $1/72$, 传至工作台, 使工件转 1 转。

传动链平衡式:

$$\frac{P_r}{3\pi} \times \frac{25}{2} \times \frac{2}{25} \times \frac{A_4 C_4}{B_4 D_4} \times \frac{36}{72} \times i'_{\Sigma} \times \frac{e}{f} \times \frac{A_2 C_2}{B_2 D_2} \times \frac{1}{72} = 1$$

式中, i'_{Σ} 也是差动机构的传动比。但它是挂轮 e 与齿轮 72 (壳体 H) 的速比。此处, $i'_{\Sigma} = 2$, 即挂轮 e 的转速是壳体 H 的 2 倍。

P_s 为被切斜齿圆柱齿轮的导程,它等于

$$P_s = \frac{\pi m_n z}{\sin \beta}$$

此处,分齿挂轮仍为

$$\frac{e}{f} \times \frac{A_2 C_2}{B_2 D_2} = \frac{24 z_0}{z}$$

将上列关系式,代入平衡式,经整理,差动挂轮计算式为

$$\frac{A_4 C_4}{B_4 D_4} = 9 \frac{\sin \beta}{m_n z_0} \quad (2-4)$$

式中 A_4 、 B_4 、 C_4 与 D_4 ——差动挂轮的齿数;

m_n ——工件的模数 (mm);

β ——工件螺旋角;

z_0 ——滚刀的头数。

由式 (2-4) 可知,本机床进给丝杠的螺距为 $P = 3\pi$, 差动挂轮的计算式比较简单,在生产现场,可避免计算错误。

其它型号的滚齿机,计算式中都含有一个很复杂的多位数,例如:

$$\text{Y 38型滚齿机: } \frac{A_4 C_4}{B_4 D_4} = 7.957747 \frac{\sin \beta}{z_0 m_n}$$

$$\text{Y 3150型滚齿机: } \frac{A_4 C_4}{B_4 D_4} = 8.355615 \frac{\sin \beta}{z_0 m_n}$$

实质上, $7.957747 = 25/\pi$, 即 Y 38型机床的差动常数 $Q = 25/\pi$; $8.355615 = 105/4\pi$, 即 Y 3150型机床的差动常数 $Q = 105/4\pi$ 。

为了保证工件的齿向精度,计算时,差动挂轮的速比,一般都要准确到小数点后第五位。加工时,因为差动挂轮的速比与工件齿数无关,因此,一对互相啮合的斜齿圆柱齿轮,最好用相同的挂轮,在同一台机床上加工。这样,工件齿面的接触精度较好。

(5) Y 3150 E型滚齿机
各组挂轮的计算公式及机床常数 见表2-2。

4. 滚齿机中的差动机构

差动机构是滚齿机中的典型机构,主要有三种结构形式:叉架类差动机构、T轴类差动机构和由圆柱齿轮组成的差动机构。

在结构上,前两种由四个锥齿轮组成,后一种由六个圆柱齿轮组成。虽然传动原理基本相同,但传动比仍有差异。在机床调整计算时,需加以注意。

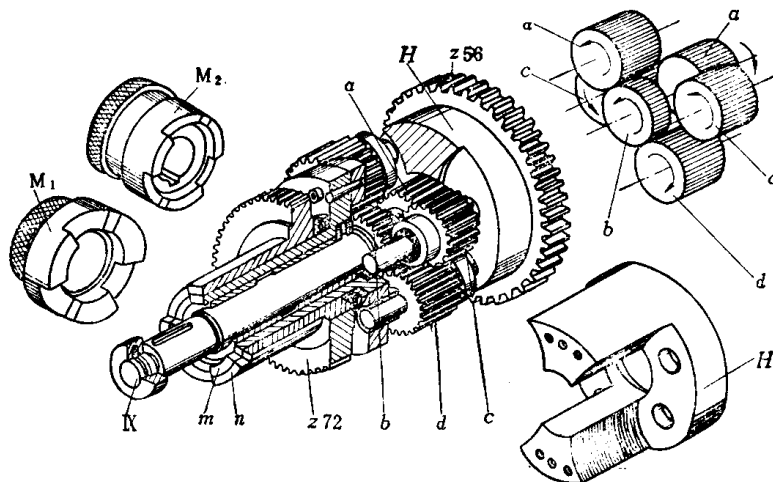


图2-5 Y 3150 E型滚齿机的差动机构

a—输入端中心轮 b—输出端中心轮 c与d—行星轮 (各两个)
H—壳体 m—壳体H左端的凸爪 n—齿轮z72左端的凸爪 M₁—
宽三爪牙嵌离合器 M₂—窄三爪牙嵌离合器

表2-2 Y 3150 E型滚齿机各组挂轮计算及常数

计 算 公 式	主体运动链			展成运动链				进给运动链			附加运动链	
	变速挂轮 $\frac{A_1}{B_1}$	变速常数 N	工件齿数 z	挂轮 $\frac{e}{f}$	分内挂轮 $\frac{A_2 C_2}{B_2 D_2}$	分齿常数 K	进给挂轮 $\frac{A_3}{B_3}$	进给常数 P	差动挂轮 $\frac{A_4 C_4}{B_4 D_4}$	差动常数 Q		
	$\frac{1}{124.583 K_1} n_0$	$\frac{1}{124.583 K_1}$	$z \leq 142 z_0$	$\frac{36}{36}$	$24 \cdot \frac{z_0}{z}$	24	$\frac{2.17014}{\pi K_3} f_a$	$\frac{2.17014}{\pi K_3}$	$9 \cdot \frac{\sin \beta}{m_n z_0}$	9		
			$z > 142 z_0$	$\frac{24}{48}$	$48 \cdot \frac{z_0}{z}$	48						
滑 移 齿 轮 速 比	K_1	滚刀转速 n_0 (r/min)	40	50	63	80	100	125	160	200	250	
		变速挂轮 $\frac{A_1}{B_1}$	$\frac{22}{44}$	$\frac{22}{44}$	$\frac{22}{44}$	$\frac{33}{33}$	$\frac{33}{33}$	$\frac{33}{33}$	$\frac{44}{22}$	$\frac{44}{22}$	$\frac{44}{22}$	
		滑移齿轮速比 K_1	$\frac{27}{43}$	$\frac{31}{39}$	$\frac{35}{35}$	$\frac{27}{43}$	$\frac{31}{39}$	$\frac{35}{35}$	$\frac{27}{43}$	$\frac{31}{39}$	$\frac{35}{35}$	
	K_3	进给量 f_a (mm/工件每转)	0.4	0.56	0.63	1	1.16	1.41	1.6	1.8	2.5	4
		进给挂轮 $\frac{A_3}{B_3}$	$\frac{26}{52}$	$\frac{32}{46}$	$\frac{26}{52}$	$\frac{26}{52}$	$\frac{46}{32}$	$\frac{32}{46}$	$\frac{52}{26}$	$\frac{46}{32}$	$\frac{52}{26}$	$\frac{52}{26}$
		滑移齿轮速比 K_3	$\frac{30}{54}$	$\frac{30}{54}$	$\frac{39}{45}$	$\frac{49}{35}$	$\frac{30}{54}$	$\frac{49}{35}$	$\frac{39}{45}$	$\frac{49}{35}$	$\frac{39}{45}$	$\frac{49}{35}$