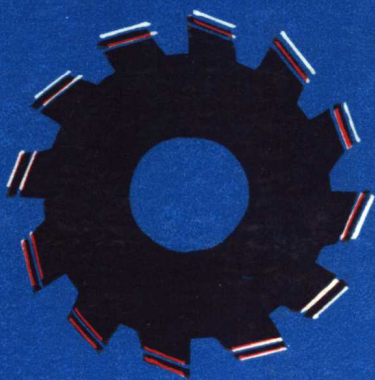
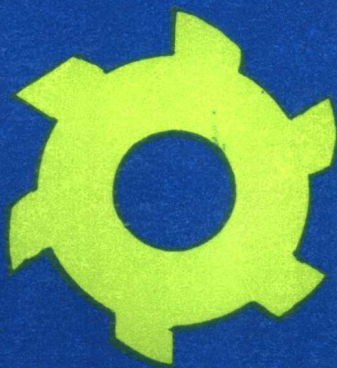


整体硬质合金仪表齿轮 滚刀及铣刀的设计与制造

欧阳志喜 编著



国防工业出版社

整体硬质合金仪表齿轮 滚刀及铣刀的设计与制造

国防工业出版社

(京)新登字 106 号

图书在版编目(CIP)数据

整体硬质合金仪表齿轮滚刀及铣刀的设计与制造/欧阳志喜编著. —北京:国防工业出版社, 1994

ISBN 7-118-01213-0

I. 整…

I. 欧…

Ⅱ. ①齿轮滚刀-硬质合金-设计 ②硬质合金-齿轮滚刀-制造 ③铣刀-硬质合金-设计 硬质合金-铣刀-制造

N. TG71

整体硬质合金仪表齿轮滚刀及铣刀的设计与制造

欧阳志喜 编著

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

新华书店经售

北京市王史山胶印厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 22¼ 502 千字

1994 年 8 月第 1 版 1994 年 8 月北京第 1 次印刷 印数: 1—2000 册

ISBN 7-118-01213-0/TH·84

定价: 18.90 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

致 读 者

本书由国防科技图书出版基金资助出版。

国防科技图书出版工作是国防科技事业的一个重要方面。优秀的国防科技图书既是国防科技成果的一部分,又是国防科技水平的重要标志。为了促进国防科技事业的发展,加强社会主义物质文明和精神文明建设,培养优秀科技人才,确保国防科技优秀图书的出版,国防科工委于1988年初决定每年拨出专款,设立国防科技图书出版基金,成立评审委员会,扶持、审定出版国防科技优秀图书。

国防科技图书出版基金资助的对象是:

1. 学术水平高,内容有创见,在学科上居领先地位的基础科学理论图书;在工程技术理论方面有突破的应用科学专著。
2. 学术思想新颖,内容具体、实用,对国防科技发展具有较大推动作用的专著;密切结合科技现代化和国防现代化需要的高新技术内容的专著。
3. 有重要发展前景和有重大开拓使用价值,密切结合科技现代化和国防现代化需要的新工艺、新材料内容的科技图书。
4. 填补目前我国科技领域空白的薄弱学科和边缘学科的科技图书。
5. 特别有价值的科技论文集、译著等。

国防科技图书出版基金评审委员会在国防科工委的领导下开展工作,负责掌握出版基金的使用方向,评审受理的图书选题,决定资助的图书选题和资助金额,以及决定中断或取消资助等。经评审给予资助的图书,由国防工业出版社列选出版。

国防科技事业已经取得了举世瞩目的成就。国防科技图书承担着记载和弘扬这些成就,积累和传播科技知识的使命。在改革开放的新形势下,国防科工委率先设立出版基金,扶持出版科技图书,这是一项具有深远意义的创举。此举势必促使国防科技图书的出版,随着国防科技事业的发展更加兴旺。

设立出版基金是一件新生事物,是对出版工作的一项改革。因而,评审工作需要不断地摸索、认真地总结和及时地改进,这样,才能使有限的基金发挥出巨大的效能。评审工作更需要国防科技工业战线广大科技工作者、专家、教授,以及社会各界朋友的热情支持。

让我们携起手来,为祖国昌盛、科技腾飞、出版繁荣而共同奋斗!

国防科技图书出版基金
评审委员会

国防科技图书出版基金
第一届评审委员会组成人员

主任委员：冯汝明

副主任委员：金朱德 太史瑞

委员：(按姓氏笔画排列)

尤子平 朵英贤 刘琯德

何庆芝 何国伟 张汝果

范学虹 金 兰 柯有安

侯 迁 高景德 莫梧生

曾 铎

秘书长：刘琯德

前 言

整体硬质合金仪表齿轮滚刀及铣刀是近二三十年间才发展起来的一种高硬度、高耐用度的新型精密仪表齿轮刀具。这种刀具已在国内外钟表、相机、兵器、量仪等仪器仪表和国防工业中得到越来越广泛的应用,对提高仪表齿轮的产品质量和生产效率起着十分重要的作用。

仪表齿轮刀具按其被切齿轮分类,主要有小模数渐开线齿轮和仪表圆弧齿轮两大类刀具。鉴于小模数渐开线齿轮刀具与大、中模数渐开线齿轮的刀具大同小异,因此本书将以仪表圆弧齿轮刀具为重点,对整体硬质合金仪表齿轮滚刀及铣刀的设计理论、计算方法和制造工艺进行了系统的介绍和讨论。全书分两大部分共十二章。设计理论与计算方法部分共七章:简要介绍了小模数齿轮铣刀及滚刀的设计;系统讨论了用计算作图法、平面啮合的二元方法和空间啮合的精确计算方法设计仪表圆弧齿轮滚刀理论齿廓,还简要介绍了几种加工异形仪表齿轮用定装滚刀的设计。制造工艺部分共五章:重点介绍了以硬质合金滚刀内孔精密珩磨工艺和齿形“电-机”铲磨工艺为主要特征的,当前国内外最先进的加工工艺流程中的各主要工序,以及二次刀具的设计与制造。

本书介绍了作者在长期从事整体硬质合金仪表齿轮刀具的技革与科研、设计与制造及其实际操作加工中所取得的点滴经验和科技成果;同时也介绍了国内外有关这种刀具的先进经验、最新成果和发展动向。对一些齿轮刀具的新设计理论和计算方法作了较详细的阐述,并给出了实例齿轮刀具的设计计算步骤。本书列出了较多的图表、资料和数据。全书共列举实例达40例之多,为应用微机设计齿轮刀具的程序编制提供了数学模型或方框图,可供齿轮刀具设计和现场工艺人员在生产中参考或直接使用。

由于作者水平有限,书中缺点和错误在所难免,恳请读者批评指正。

李启渝工程师对本书作了仔细校对,爰乃文、郭永和刘镇湖等高级工程师提供了宝贵资料;许香谷教授和丁培然高级工程师对本书提出了指导性意见,在此一并致以衷心感谢。

作 者

内 容 简 介

本书较系统地介绍和讨论了整体硬质合金仪表圆弧齿轮和小模数齿轮滚刀及铣刀的设计理论和计算方法;重点地介绍了以整体硬质合金滚刀内孔精密珩磨工艺和齿形的“电—机”铲磨工艺为主要特征的,当前国内外最先进的加工工艺流程中的主要工序及其二次刀具的设计与制造。

本书可供从事仪表齿轮刀具设计、制造的工程技术人员和技工使用,也可供大专院校有关专业师生参考。

目 录

本书常用符号表.....	XI
--------------	----

第一章 仪表盘形齿轮铣刀设计	1
第一节 小模数渐开线齿轮铣刀设计	1
一、标准模数齿轮铣刀齿形的设计	2
二、标准模数铣刀渐开线齿形的代圆弧计算与优化设计	11
三、小模数齿轮铣刀齿顶过渡曲线齿形设计	18
四、小模数渐开线齿轮铣刀齿形设计举例	20
第二节 仪表圆弧齿轮铣刀设计	22
一、仪表圆弧齿轮国家标准简介	22
二、仪表圆弧齿轮基本齿形的校验换算	25
三、仪表圆弧齿轮工艺齿形的确定	28
四、仪表圆弧齿轮铣刀齿形的设计计算	30
五、仪表圆弧齿轮铣刀齿形设计举例	32
第三节 整体硬质合金仪表盘形齿轮铣刀结构、技术条件及其工作图	35
一、仪表齿轮铣刀结构尺寸和参数的确定	36
二、仪表齿轮铣刀的主要技术条件	38
第二章 仪表渐开线齿轮滚刀设计	41
第一节 小模数齿轮滚刀滚齿的工作原理及其对滚刀几何形状的要求	41
第二节 标准小模数齿轮滚刀齿形设计	44
一、标准小模数齿轮滚刀容屑槽的确定	44
二、标准小模数齿轮滚刀侧铲面的导程	44
三、阿基米德侧铲面齿轮滚刀齿形计算	45
四、阿基米德侧铲面齿轮滚刀基本蜗杆的性质及其滚刀齿形的造形误差计算	46
五、阿基米德小模数齿轮滚刀的齿形图	48
第三节 全切式小模数齿轮滚刀的齿形设计与选用	49
一、全切式小模数齿轮滚刀齿形设计	50
二、全切式小模数齿轮滚刀的调查	53
三、全切式小模数齿轮滚刀的选用	55
第四节 小模数齿轮滚刀结构参数的确定	56
一、滚刀外径和孔径的确定	56
二、小模数齿轮滚刀的最小长度	60
三、小模数齿轮滚刀齿顶圆角半径	61
四、小模数齿轮滚刀的后角和铲背量及其容屑槽数的确定与校验	64

五、齿轮滚刀的分圆柱直径与螺旋升角	66
第五节 小模数齿轮滚刀制造公差及技术要求	67
一、齿轮滚刀的误差及其分类	67
二、小模数齿轮滚刀成品检查项目的分组	69
三、高速钢小模数齿轮滚刀的技术要求	73
四、整体硬质合金小模数齿轮滚刀的制造公差与技术要求	73
第六节 整体硬质合金全切式小模数滚刀设计举例	76
一、实例滚刀的设计计算步骤	76
二、 $m0.5$ 整体硬质合金全切式小模数齿轮滚刀	77
第三章 计算作图法设计仪表圆弧齿轮滚刀齿形	78
第一节 计算作图法设计滚刀齿形的原理与步骤	80
第二节 齿轮工艺齿形和节圆半径的确定	80
一、仪表圆弧齿轮工艺齿形的确定	80
二、齿轮节圆半径 r' 和样板齿形的确定	81
三、最小滚动角 $\varphi_{\min}$ 和最大滚动角 $\varphi_{\max}$ 的计算	82
第三节 滚轳作图求滚刀法向理论齿廓	82
一、手工作图求滚刀法向理论齿廓	82
二、样板铣床画图求滚刀法向理论齿廓	85
第四节 滚刀齿廓代圆弧及拟合误差计算	88
一、滚刀齿根代圆弧的拟合计算	88
二、滚刀齿腰代圆弧的拟合计算	89
三、滚刀齿顶代圆弧的确定	91
四、滚刀齿形拟合误差验算	91
五、滚刀齿形的其它参数计算	92
第五节 反滚校验仪表圆弧齿轮滚刀齿形	92
一、手工作图反滚校验滚刀齿形	93
二、样板铣床画图反滚校验滚刀齿形	94
第六节 仪表圆弧齿轮滚刀齿形设计举例	95
一、齿轮滚刀齿形设计举例	95
二、船轮滚刀齿形设计举例	97
三、电极齿轮滚刀齿形的设计举例	99
第四章 二元算法设计仪表圆弧齿轮滚刀齿形	104
第一节 仪表圆弧齿轮滚刀法向理论齿廓方程	104
一、包络原理算法	104
二、啮合线原理算法	110
三、两组滚刀齿廓方程的等效性及应用	112
第二节 仪表圆弧齿轮滚刀法向理论齿廓通式方程	115
一、问题的提出	115
二、非标准仪表圆弧齿轮滚刀法向理论齿廓方程	116
三、仪表圆弧齿轮滚刀法向理论齿廓通式方程	119
第三节 仪表圆弧齿轮滚切节圆半径的确定	120

一、保证存在与工件齿形共轲的滚刀齿廓	120
二、关于滚刀理论齿廓上的反折点	121
三、保证过渡曲线不超出齿腰直线长度要求	125
四、保证滚刀齿廓各部分有一定的后角	127
五、滚刀齿顶宽度与节圆半径的关系	128
六、滚切齿轮节圆半径的确定原则	129
第四节 滚刀理论齿廓曲线的几何特性	129
一、仪表圆弧齿轮滚刀法向理论齿廓的拐点	129
二、仪表圆弧齿轮滚刀理论齿廓的曲率变化规律	131
三、滚刀理论齿廓几何特性的应用	132
第五节 仪表圆弧齿轮滚刀齿形代圆弧结构设计	133
一、滚刀齿根和齿腰段代圆弧的构成	133
二、滚刀齿底和齿顶代圆弧的确定	134
第六节 仪表圆弧齿轮滚刀齿形设计举例	138
一、轮片滚刀齿形的设计计算	138
二、韶轮滚刀齿形的设计计算	141
三、 $+\gamma$ 韶轮滚刀齿形的设计计算	144
四、 $-\gamma$ 电极齿轮滚刀齿形的设计计算	148
第五章 仪表圆弧齿轮滚刀理论齿廓圆弧拟合的最小二乘法	151
第一节 滚刀齿廓的圆弧(或直线)拟合	151
一、滚刀理论齿廓圆弧拟合最小二乘法	151
二、滚刀齿腰理论齿廓的直线拟合	155
三、滚刀理论齿廓曲线拟合误差计算	157
第二节 滚刀理论齿廓圆弧拟合带约束条件的最小二乘法	159
一、带约束条件的圆弧拟合的主要特点	159
二、曲线的圆弧拟合及其拟合方程	160
三、区间分段及分段方法	165
四、拟合圆弧的调整	167
第六章 展成滚刀齿形的精确设计	170
第一节 展成加工齿形工件的理论问题	170
一、齿形工件和刀具发生面的参数	170
二、用齿条刀加工齿形工件	176
三、用滚刀展成加工齿形工件	185
第二节 计算齿条刀和滚刀齿廓的具体作法与建议	189
第三节 仪表圆弧齿轮滚刀齿形设计计算	190
一、仪表圆弧齿轮齿廓参数的计算	190
二、确定仪表圆弧齿轮的节圆柱半径 r'	192
三、仪表圆弧齿轮滚刀齿廓计算实例	194
第四节 直线齿形工件展成滚刀齿形设计	199
一、擒纵轮齿廓参数的计算	199
二、擒纵轮节圆柱半径 r' 的计算	201
三、擒纵轮滚刀齿形的设计计算举例	203

四、直线齿形工件展成滚刀齿形设计小结	206
第五节 特殊齿形工件展成滚刀齿形设计	206
一、慢门卡轮齿廓参数的计算	207
二、慢门卡轮的节圆柱半径 r' 的确定	207
三、实例慢门卡轮滚刀齿形的设计	208
第七章 仪表齿轮定装滚刀设计	211
第一节 渐开线直齿锥齿轮定装滚刀设计	211
一、成形定装滚刀的工作原理	211
二、成形定装滚刀的齿形设计计算	212
三、圆锥直齿轮定装滚刀设计举例	217
四、两齿定装滚刀的缺点及其改进	219
第二节 离合轮直齿成形定装滚刀设计	220
一、端面直齿定装滚刀齿形设计计算	220
二、四齿定装滚刀的结构和尺寸	221
第三节 擒纵轮组合成形滚刀设计	222
一、擒纵轮组合成形滚刀工作原理	223
二、木钟擒纵轮组合成形滚刀的设计	223
三、手表擒纵轮组合成形滚刀的设计	227
四、弧形组合成形滚刀的优缺点	231
第四节 擒纵轮仿形展成组合滚刀设计	232
一、按展成原理设计正齿形角侧滚刀齿形	232
二、按仿形原理设计负齿形角侧滚刀齿形	234
三、滚刀左右两侧齿形的配置	235
四、仿形展成组合滚刀的优缺点	237
第八章 整体硬质合金仪表齿轮滚刀的制造工艺简介	239
第一节 整体硬质合金滚刀制造工艺概述	239
第二节 整体硬质合金滚刀毛坯制造	240
一、整体硬质合金滚刀毛坯压制工艺	240
二、硬质合金滚刀毛坯的烧结工艺	241
第三节 整体硬质合金滚刀制造工艺过程	242
第四节 金刚石磨轮的结构及其特征	242
一、金刚石磨轮的结构及基本特性	242
二、影响金刚石磨轮使用性能的因素	247
三、金刚石磨轮的磨削效果	249
第九章 整体硬质合金仪表齿轮滚刀基面和前面的加工工艺	250
第一节 硬质合金仪表滚刀内孔的珩磨工艺	250
一、内孔珩磨的基本原理	251
二、珩磨头和珩磨条	252
三、滚刀内孔珩磨的切削过程	252
四、珩磨硬质合金滚刀内孔应注意的问题	253
五、硬质合金滚刀内孔的珩磨工艺试验	254

第二节 滚刀两端面和轴台的精磨加工	255
第三节 整体硬质合金滚刀前面的刃磨	256
一、开刃夹具	257
二、刃磨机床及磨轮的选择与调整	259
三、滚刀刃磨的操作规程及注意事项	260
四、滚刀前面刃磨后的检验	261
第十章 铲磨工序的二次刀具设计与制造	262
第一节 铲磨用盘形磨轮截形修正计算	262
一、盘形磨轮理论截形的解析计算法	262
二、磨轮截形的近似修正计算法	268
三、磨轮截形的宽度修正	269
四、铲磨用盘形磨轮直径 D_K 的解析计算	269
第二节 几种常用铣刀和滚刀铲磨用盘形磨轮截形的修正计算	271
一、仪表圆弧齿轮铣刀铲磨用磨轮截形修正计算	271
二、仪表圆弧滚刀铲磨用磨轮截形修正计算	273
三、小模数渐开线滚刀铲磨用磨轮截形计算	276
第三节 样板刀、刮刀和梳刀的设计与制造	278
一、样板刀的设计与制造	278
二、刮刀的设计与制造	281
三、梳刀的设计与制造	281
第四节 挤压轮的设计与制造	282
一、挤压轮的设计与制造	283
二、挤压轮刮制中的注意事项	283
三、挤压轮的热处理	285
四、小模数滚刀用挤压轮的制造	285
第五节 投影样板的设计与制造工艺	286
一、投影样板的设计	286
二、投影样板的制造工艺	286
三、采用银光玻璃板工艺制作投影底板	288
四、采用精密绘图仪制作投影样板	289
第十一章 硬质合金滚刀齿形的电火花和电解铲磨加工工艺	290
第一节 硬质合金滚刀电火花铲磨工艺	290
一、电火花铲磨加工的原理和特点	290
二、电火花铲磨机床简介	290
三、电火花铲磨硬质合金滚刀加工规范	295
四、电火花铲磨机床的操作程序	296
五、电火花铲磨加工的工艺小结	297
六、瑞士米克龙厂电火花铲磨加工简介	298
第二节 硬质合金滚刀全电火花铲磨工艺	298
一、全电火花铲磨工艺流程和工艺特点	299
二、全电火花铲磨工艺条件及加工规范	300
三、电火花精铲磨硬质合金刀具表面层的测试与分析	300

四、全电火花铲磨用梳刀齿形修正计算	302
第三节 硬质合金滚刀电解铲磨工艺	304
一、电解磨削加工的原理和特点	304
二、电解铲磨机床及工艺条件	305
三、电解铲磨工艺规范及注意事项	306
第十二章 整体硬质合金仪表齿轮滚刀齿形的精铲磨加工工艺	308
第一节 硬质合金仪表滚刀铲磨用机床	308
一、仪表滚刀铲齿车床的改装	308
二、螺纹磨床的改装	310
第二节 硬质合金仪表滚刀铲磨用磨头主轴	314
一、中间夹片式滑动磨头主轴	314
二、铲磨用高速风动磨头	317
三、铲磨用改装机械磨头	321
四、铲磨用高速机械磨头主轴	322
第三节 金刚石磨轮的制造与成形修整	323
一、青铜基金刚石磨轮的制造与成形修整	323
二、铝基金刚石磨轮的制造与成形修整	326
三、树脂基金刚石磨轮的成形修整	329
第四节 硬质合金仪表滚刀铲磨操作要点	332
一、滚刀的安装与调整	332
二、铲磨机床及磨头转轴的调整	333
三、铲磨加工操作要点与磨削用量的选择	333
第五节 仪表圆弧滚刀检测中的若干问题	334
一、仪表圆弧齿轮滚刀检测企业标准拟定	335
二、滚刀检测用心轴	335
三、滚刀切削刃的螺旋线误差测量	336
四、滚刀齿形误差的检测	336
参考文献	338

第一章 仪表盘形齿轮铣刀设计

仪表盘形齿轮铣刀是按仿形原理工作的齿轮刀具。这类铣刀的前角为零时,其刀齿形状

就是被切仪表齿轮的槽形。在仿形铣齿过程中(见图 1-1),刀具齿形上的各点与被切齿轮槽形的各相应点完全重合。仪表齿轮按齿形分类,主要有小模数渐开线齿轮和仪表圆弧齿轮两大类。因此,仪表盘形齿轮铣刀(简称仪表齿轮铣刀)也有小模数渐开线盘形齿轮铣刀(简称小模数齿轮铣刀或小模数铣刀)和仪表圆弧盘形齿轮铣刀(简称仪表圆弧齿轮铣刀或仪表圆弧铣刀)之分。在现代化仪器仪表生产中,多采用整体硬质合金仪表齿轮铣刀加工某些齿数极少($z \leq 12$)的仪表齿轮。整体硬质合金仪表齿轮铣刀齿形经过精铲磨加工,使这类铣刀具有齿形精度高、刀齿表面粗糙度小、刀具使用寿命长等特点。由于两类仪表齿轮的齿形差异大,因此两种仪表齿轮铣刀有其各自的设计特点和要求。本章先介绍小模数齿轮铣刀设计,后讨论仪表圆弧齿轮铣刀的设计。

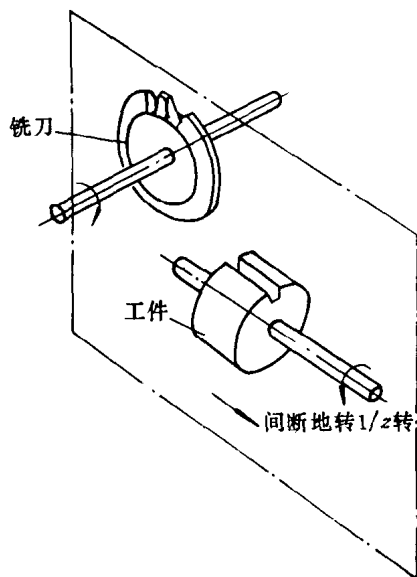


图 1-1 用盘形齿轮铣刀仿形加工齿轮

第一节 小模数渐开线齿轮铣刀设计

从渐开线啮合原理可知:同模数不同齿数的直齿圆柱齿轮,可采用一把相同模数的渐开线齿轮滚刀滚切加工。但从渐开线齿形的形成原理可知:模数相同而齿数不同的齿轮,由于基圆大小不同,其渐开线齿形是不相同的。齿轮齿数愈少,基圆直径亦愈小,则渐开线齿形的曲率半径愈小;齿数较多时,则情况正好相反。因此,从理论上讲,同模数不同齿数的每一种小模数渐开线齿轮,都需要有一把专用铣刀。这样一来,就需要有很多规格的小模数齿轮铣刀,从而使生产成本提高,刀具管理复杂化。在机械和仪器仪表制造业中,会经常遇到要加工一些精度要求不太高的渐开线齿轮,完全可以采用一把小模数齿轮铣刀加工一些齿数相接近的齿轮。这样做虽会产生一些齿形误差,但却大大减少了刀具的品种和规格。为此,国内外工具制造业早已对标准模数盘形齿轮铣刀(简称标准模数齿轮铣刀或标准模数铣刀)进行分号,成套供应这类齿轮铣刀。在成套标准模数齿轮铣刀中,虽然也包括加工 $m0.3 \sim m1.5$ 的小模数渐开线齿轮用的铣刀,但由于采用高速钢材料制造的这类齿轮铣刀,齿形未经过铲磨,制造精度偏低,不能满足仪表齿轮加工精度要求。但标准

模数齿轮铣刀齿形的设计计算,作为一种业已成熟的齿形计算方法,对于整体硬质合金小模数齿轮铣刀齿形的设计计算,仍具有指导意义。因此,本节先介绍标准模数齿轮铣刀齿形设计计算,后讨论小模数齿轮铣刀齿形的圆弧拟合及其设计方法。

一、标准模数齿轮铣刀齿形的设计

(一)成套标准模数齿轮铣刀的分号方法

成套供应的标准模数齿轮铣刀是以 8 把(或 15 把,或 26 把)为一套,每把铣刀可以用来加工在所规定范围内的不同齿数但模数相同的渐开线齿轮。每一号数的标准模数齿轮铣刀所加工的齿数范围的划分是按齿形误差不超过一定数值的原则确定的。其具体作法如图 1-2 所示,先画出齿数从 $z=12$ 到 $z=\infty$ (齿条)齿轮的齿形,然后将这些齿形的极限差额 AB 分成 8(或 15,或 26)段大致相等的部分,并分别确定相应于分段点 1,2,3, ..., 8(或 15,或 26)之间的那些齿轮的齿数。每一段即相当于一个刀号标准模数齿轮铣刀所加工的齿数范围。这样就实现了齿数接近、齿形差异不大的相同模数齿轮,采用同一号铣刀加工之目的。这样一来,被切齿轮虽有一定的齿形误差,但却大大减少了刀具规格,简化刀具管理和降低了加工成本。常用的 8 把一套的成套标准模数齿轮铣刀的刀号及其加工齿数范围见表 1-1。

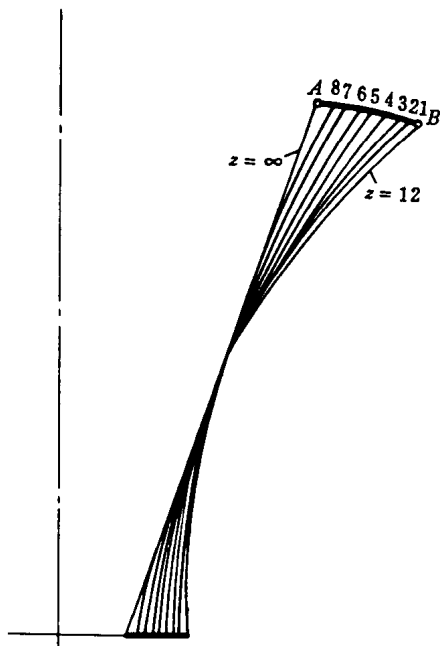


图 1-2 成套标准模数齿轮铣刀造形图

表 1-1 标准模数齿轮铣刀刀号及加工齿数范围

铣刀刀号	1	2	3	4	5	6	7	8
被加工齿轮的齿数	12~13	14~16	17~20	21~25	26~34	35~54	55~134	135~∞

(二)标准模数齿轮铣刀齿形的设计要点

1. 标准模数齿轮铣刀齿形是按压力角 $\alpha=20^\circ$ 、齿顶高系数 $h_a^*=1$ 、齿根高系数 $h_f^*=1.2$ 、变位系数 $\xi=0$ 和齿厚减薄量 $\Delta s=0$ 的标准齿轮槽形设计的。因此,对于 $\alpha \neq 20^\circ$ 和 $\xi \neq 0$ 的非标准渐开线齿轮,必须设计制造专用铣刀。

2. 每号标准模数齿轮铣刀的齿形是按该铣刀可加工的最小齿数的齿轮槽形设计的。因为这种铣刀齿形的曲率半径较小,所切出的齿轮与齿条啮合时楔住的危险性小。但每号铣刀的齿高要求按该铣刀可加工的最多齿数的齿轮齿高设计,其目的是为了保证能加工所规定齿数范围内的最大齿数齿轮。

3. 标准模数齿轮铣刀齿顶处的过渡曲线部分要求按同一刀号中所加工最小齿数齿轮在与齿条啮合过程中不发生干涉所需要的槽形设计。要求被切齿轮根部有适当的圆角,要求被切齿轮渐开线齿形与过渡曲线应光滑连接,还要求被切齿轮过渡曲线部分应低于

齿轮理论渐开线齿形的起点(要求有一定的超越量)。

(三)标准模数齿轮铣刀齿形设计计算

标准模数齿轮铣刀齿形设计计算分二部分进行:渐开线齿形与过渡曲线齿形。

1. 渐开线齿形的计算(见图 1-3)

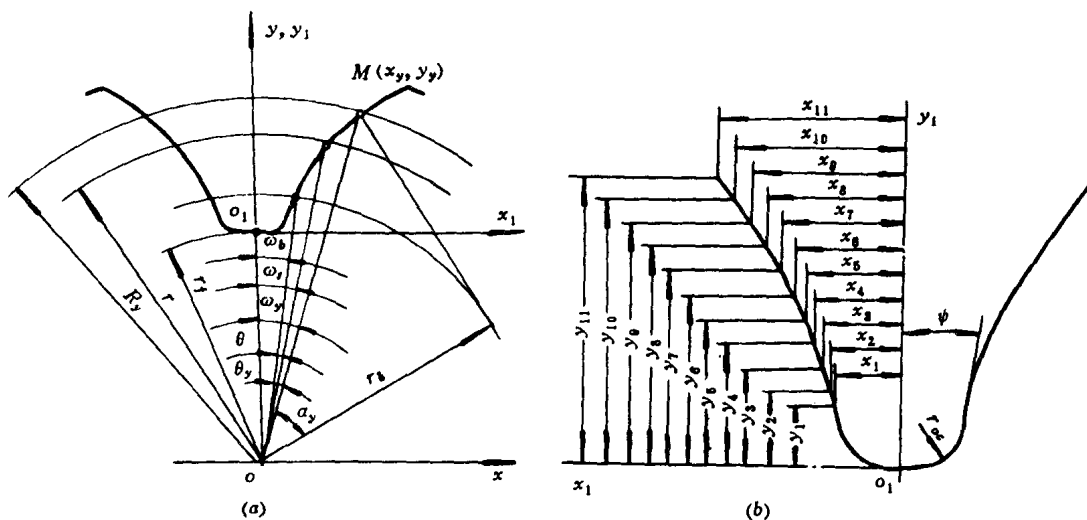


图 1-3 渐开线齿形的计算

(a)渐开线齿形计算;(b)样板齿形。

标准模数齿轮铣刀齿形计算的依据是被切齿轮的基本参数:模数 m , 齿数 z , 分度圆压力角 α , 齿顶高系数 h_a^* , 齿根高系数 h_f^* , 变位系数 ξ 及分度圆弧齿厚 s_f 等。由计算可得

$$r = m \cdot z/2 \quad r_a = \left(\frac{z}{2} + h_a^* + \xi\right)m$$

$$r_b = r \cdot \cos \alpha \quad r_f = \left(\frac{z}{2} - h_f^* + \xi\right)m$$

渐开线齿形点的坐标计算见表 1-2^[2]。

设齿轮中心为坐标原点 O , Oy 为齿槽的对称线。齿形上任意点 M 的半径为 R_y , 其坐标 x_y, y_y 可按下式计算(见图 1-3(a)):

$$\left. \begin{aligned} x_y &= R_y \sin \omega_y \\ y_y &= R_y \cos \omega_y \end{aligned} \right\} \quad (1-1)$$

式中 ω_y —— M 点的齿间中心半角

$$\omega_y = \omega_b + \text{inv} \alpha_y$$

其中 α_y —— M 点的压力角

$$\alpha_y = \arccos r_b / R_y$$

ω_b ——基圆齿间中心半角

$$\omega_b = \omega_i - \text{inv} \alpha$$

ω_i ——分度圆齿间中心半角

$$\omega_i = \frac{\pi - 4\xi \text{tg} \alpha}{2z} + \frac{\Delta s}{mz}$$

最后可得 ω_y 的弧度值为

$$\omega_y = \frac{\pi - 4\xi \operatorname{tg} \alpha}{2z} + \frac{\Delta s}{mz} + (\operatorname{inv} \alpha_y - \operatorname{inv} \alpha)$$

对于标准模数齿轮铣刀,渐开线齿形点的计算,取变位系数 $\xi=0$,分度圆减薄量 $\Delta s=0$ 。

给出一系列 R_y ,即可求得一系列渐开线齿形点的坐标。计算时采用的最小 R_y 值应略小于齿轮的有效工作部分起始点的向径(当 $r_b > r_f$ 时,取 r_b ;当 $r_b < r_f$ 时,取 r_f);最大 R_y 值应稍大于 r_a ,对于仪表齿轮铣刀可大于顶圆半径 $(0.3 \sim 0.5)m$ 。将一系列渐开线齿形点相连,即可得出模数铣刀的渐开线齿形。

以上求得的渐开线齿形上一系列点的坐标,也就是模数齿轮铣刀齿形相应点的坐标。国内外工具制造厂就是根据这种坐标点所构成的齿形样板,来加工和检验模数齿轮铣刀齿形的。为了齿形样板制作或齿形放大图绘制方便起见,可将原点 o 位移到 o_1 处。在新的坐标系 $x_1o_1y_1$ 中,渐开线齿形坐标按下式计算(见图 1-3(b)):

$$\left. \begin{aligned} x_{1y} &= x_y \\ y_{1y} &= y_y - r_f \end{aligned} \right\} \quad (1-2)$$

直齿圆柱齿轮渐开线齿形计算参见表 1-2。

表 1-2 渐开线齿轮齿形坐标计算表

被切齿轮 基本参数	$m =$ $h_a^* =$	$z =$ $h_f =$	$\alpha =$ $\Delta s =$	$\xi =$
序号	计算项目	符号	计算公式及查表	
1	基圆半径	r_b	$r_b = \frac{mz}{2} \cos \alpha$	
2	分度圆半径	r	$r = \frac{mz}{2}$	
3	顶圆半径	r_a	$r_a = (\frac{z}{2} + h_a^* + \xi)m$	
4	根圆半径	r_f	$r_f = (\frac{z}{2} - h_a^* + \xi)m$	
5	分度圆齿槽中心半角	ω_t	$\omega_t = \frac{\pi - 4\xi \operatorname{tg} \alpha}{2z} + \frac{\Delta s}{mz}$	
6	渐开角	θ	$\theta = \operatorname{inv} \alpha$ (查渐开线函数表)	
7	基圆齿槽中心半角	ω_b	$\omega_b = \omega_t - \operatorname{inv} \alpha$	
8	任意圆半径	R_y	$R_{y\min}$ 取 $r_b (r_b > r_f)$ 或 $r_f (r_f > r_b)$, $R_{y\max}$ 取 $r_a + (0.2 \sim 0.5)m$, 共取 6~20 点,其中包括 r, r_a 处点	
9	任意点压力角	α_y	$\alpha_y = \arccos (r_b / R_y)$	
10	任意点处渐开角	θ_y	$\theta_y = \operatorname{inv} \alpha_y$ (查渐开线函数表)	
11	任意半径齿槽中心半角	ω_y	$\omega_y = \omega_b + \operatorname{inv} \alpha_y$	
12	M 点横坐标	x_y	$x_y = R_y \sin \omega_y$	
13	M 点纵坐标	y_y	$y_y = R_y \cos \omega_y$	
14	样板横坐标	x_{1y}	$x_{1y} = x_y$	
15	样板纵坐标	y_{1y}	$y_{1y} = y_y - r_f$	

2. 过渡曲线齿形的计算

标准模数齿轮铣刀所切渐开线齿轮,必须保证能与同模数中任意齿数齿轮相啮合。因