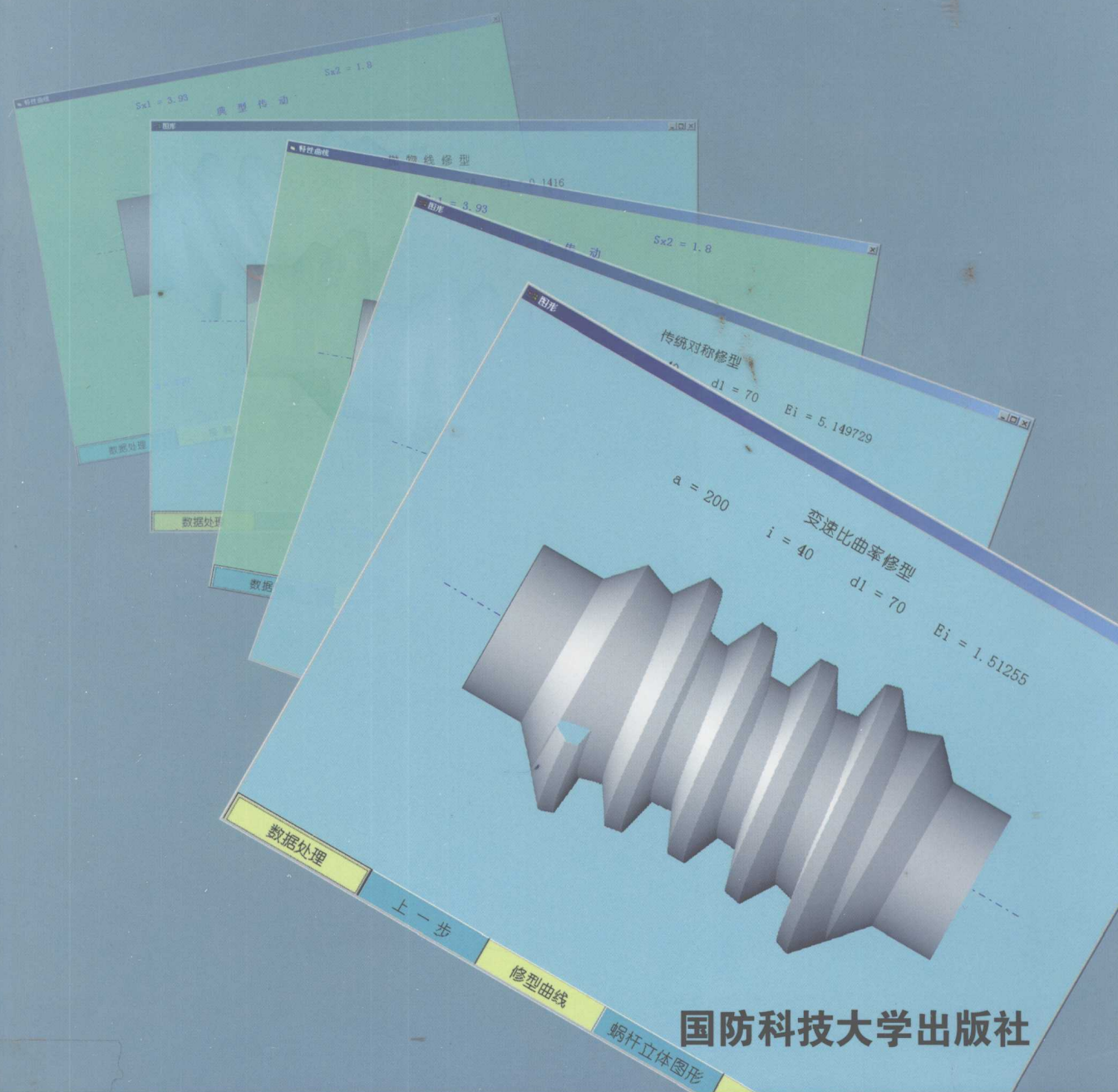


环面蜗杆修型原理 及制造技术

周良墉 著



国防科技大学出版社

TH132.44
Z778.1

环面蜗杆修型原理 及制造技术

周良墉 著

国防科技大学出版社

·长沙·

内 容 简 介

本书分为上、下两篇。上篇“原理篇”简要介绍了基础知识,重点介绍环面蜗杆的成形原理和修型原理,直线包络环面蜗杆和平面包络环面蜗杆新的参数设计方法、计算公式以及优化设计方法和数字仿真技术。下篇“制造篇”介绍了环面蜗杆加工机床、刀具、工装、制造工艺等方面的内容。附录中收录了平面包络环面蜗杆副的系列参数表和相关特性曲线图形。

全书内容丰富,图文并茂,包含许多新观点、新理论、新公式和新技术,具有很高的理论和实用价值。本书是从事机械传动研究的科技人员和大中专院校学生、有关企业工程技术人员有用的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

环面蜗杆修型原理及制造技术/周良墉著. —长沙:国防科技大学出版社,2005.9
ISBN 7-81099-197-3

I.环… II.周… III.圆弧面蜗杆 IV.TH132.44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 066969 号

国防科技大学出版社出版发行

电话:(0731)4572640 邮政编码:410073

E-mail: gkdcbs@public.cs.hn.cn

责任编辑:张静 石少平 责任校对:黄 煌

新华书店总店北京发行所经销

国防科技大学印刷厂印装

*

开本:787×1092 1/16 印张:57.75 插页:48 字数:1441 千

2005年9月第1版第1次印刷 印数:1-3500册

*

ISBN 7-81099-197-3/TH·5

定价:280.00 元



作者简介

周良墉，重庆铜梁人，1948年2月18日出生，教授级高级工程师，享受政府特殊津贴，现任湖南华菱湘潭钢铁集团有限公司副总工程师。1982年元月毕业于北京钢铁学院（现北京科技大学）机械系机制77.1班。长期从事环面蜗杆原理及制造技术的研究，在机械设计、机械制造和冶金设备等方面取得多项成果。

E-mail: zlyong@mail.hnxcg.com.cn

序 言

周良墉同志的《环面蜗杆修型原理及制造技术》一书出版了，我谨对此表示衷心的祝贺！

环面蜗杆是一种性能优异的蜗杆。在 20 世纪 70 年代，为解决进口拉丝机的蜗轮蜗杆备件问题，湘钢与北京科技大学合作开发小传动比的平面二次包络环面蜗杆副，开始了平面包络环面蜗杆副的开发研制工作。近 30 年来，湘钢研制出了多头小传动比平面二次包络环面蜗杆副、大中心距平面二次包络环面蜗杆副、铸铁平面二次包络环面蜗轮和两级平面包络环面蜗杆副柔性传动等先进的环面蜗杆传动装置；开发了法向镶齿环面蜗轮滚刀和剃刀、摆动式平面砂轮磨头、滚齿机型环面蜗杆加工专用机床等先进的加工工装和设备，以及以平面包络蜗杆均化加工技术为代表的先进制造工艺。在湘钢的拉丝机、圆盘给料机、烧结机、高炉无料钟布料装置、连铸机、炼钢中间包倾翻装置等重大设备上成功地使用了自行设计制造的平面包络环面蜗杆副，对提高设备的技术水平、保证正常生产发挥了重要的作用。同时，在环面蜗杆修型原理、计算机优化设计程序和数字仿真技术方面，也取得了令人瞩目的成果。平面二次包络环面蜗杆副的研制和开发是湘钢的重大科技成果，是湘钢技术进步的标志之一。本书就是根据湘钢环面蜗杆研究开发的实践，对环面蜗杆修型理论和制造技术的总结。

修型既涉及环面蜗杆的成形原理，又是环面蜗杆设计和制造的重要技术，长期以来，一直是环面蜗杆理论和制造技术领域的重大课题。原有的“修形”理论，受到齿轮修形的影响，没有正确地反映环面蜗杆修型的实质，不能很好地从理论上说明为什么要修型和如何修型等问题，已经不能适应环面蜗杆发展实践的需要，急需新的修型理论出现。本书作者正是在实践中积累了丰富经验的基础上，揭示了环面蜗杆修型的实质，准确地指出环面蜗杆修型的实质是使环面蜗杆具备合理的齿长方向的齿形，阐明了为什么要修型的问题；并在此基础上创造性地提出了“曲率修型原理”，解决了如何修型的问题。这使环面蜗杆修型理论有了一个质的飞跃，理论的发展又促进了环面蜗杆制造技术的进步。在“曲率修型原理”的指导下，一批新技术开发出来，如环面蜗杆优化设计方法、环面蜗杆新的修型传动、平面包络环面蜗杆的均化加工技术、直线包络环面蜗杆和平面包络环面蜗杆的数字仿真技术等。环面蜗杆齿面是一种复杂的空间曲面，其成形原理的研究、加工制造都有很高的难度，环面蜗杆的数字仿真技术对于提高其设计、开发、制造的水平以及质量和效率有着非常重要的作用。本书从理论和实践上有机地详细地介绍了有关理论和技术，对开拓读者的思路、激发读者的灵感、辅助读者的工作，将

起到很好的作用。

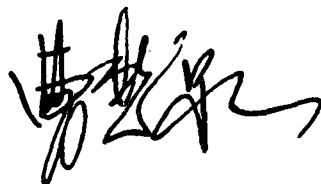
本书涉及面广，内容丰富，分为“原理篇”和“制造篇”上、下两篇，共计 13 章和一个附录。上篇系统地论述了环面蜗杆的修型原理，从环面蜗杆的成形一直到优化设计和数字仿真技术。全面地论述了环面蜗杆的曲率修型原理，应用空间啮合原理，推导出了环面蜗杆曲率修型的数学计算公式以及曲率修型环面蜗杆的接触线、蜗杆和蜗轮齿面的计算公式，对曲率修型环面蜗杆的性能进行了深入的研究，从而揭示了环面蜗杆修型的本质，并介绍了依据曲率修型原理开发的直线包络环面蜗杆优化设计程序和平面包络环面蜗杆优化设计程序，也重点介绍了环面蜗杆数字仿真技术开发的要点和成果。下篇详细地介绍了环面蜗杆加工专用机床、刀具、工装和制造工艺，特别阐述了平面包络环面蜗杆的均化技术，这项技术对整合加工工艺、减少加工环节，有重要的作用。附录集中了经优化的、包括国家标准中常用的 80 多种平面包络环面蜗杆副的参数表及对应的特性曲线图，读者可直接使用，无需再对标准系列内的平面包络环面蜗杆副作设计计算，极大地方便了平面包络环面蜗杆副的设计和使用；这对于解决平面包络环面蜗杆副设计难的问题将起到很好的作用，也为平面包络环面蜗杆副几何参数、工艺参数的标准化、系列化奠定了基础。

本书最大的特点是新颖、实用。读过本书后，感到书中充满新理论、新观点、新方法和新技术，这些理论和技术来自实践，对环面蜗杆的研究、开发和制造有很好的指导作用。本书的出版，标志着环面蜗杆修型理论和制造技术发展到一个新的阶段，将有力地推动环面蜗杆的普及和发展。

作为我们湘钢工程技术人员的杰出代表，周良墉同志在环面蜗杆修型理论和制造技术方面做了大量的开拓性的工作，取得了丰硕的成果。他在工作繁忙、缺少信息和资料、时间紧缺的条件下，凭着勤奋好学的精神和坚忍不拔的毅力，一步一个脚印地在科学技术的高峰上执着地攀登。攻克计算机“环面蜗杆优化设计程序”和环面蜗杆数字仿真技术这样尖端的课题，要克服无数难以想像的困难。周良墉同志艰辛的付出，终于取得了今天的成果。这本书是对周良墉同志出色工作的最好评价，也是“善于学习，不断创新，争创一流”湘钢精神的结晶。

我希望环面蜗杆副在湘钢的发展中发挥更大的作用，也祝愿这颗明珠放射出更加璀璨夺目的光彩！

湖南华菱湘潭钢铁集团有限公司
总经理



2005 年 8 月

目 录

原 理 篇

第 1 章 绪 论

1.1 环面蜗杆的发展概况	(3)
1.2 环面蜗杆传动的基本原理	(6)
1.2.1 环面蜗杆的形成	(6)
1.2.2 环面蜗杆的修型	(8)
1.2.3 环面蜗杆传动的特点	(10)
1.3 环面蜗杆传动的分类	(13)
1.4 环面蜗杆的几何要素代号及名词术语	(16)

第 2 章 啮合原理基础

2.1 矢量运算	(29)
2.1.1 矢量	(29)
2.1.2 矢量的加减法	(30)
2.1.3 矢量与数量的乘积	(31)
2.1.4 矢量的数积	(31)
2.1.5 矢量的矢积	(32)
2.1.6 矢量的混合积和二重矢积	(33)
2.1.7 矢量函数	(35)
2.1.8 矢量函数的导数	(40)
2.2 矩阵及坐标变换	(41)
2.2.1 矩阵简介	(41)
2.2.2 矩阵的运算	(43)
2.2.3 直角坐标系的平移变换	(47)
2.2.4 直角坐标系的旋转变换	(50)

2.2.5	直角坐标系的复合变换	(56)
2.2.6	空间交错轴的坐标变换	(58)
2.3	曲线和曲面	(60)
2.3.1	空间曲线和曲面	(60)
2.3.2	空间曲线的切线和法平面	(62)
2.3.3	空间曲面的切平面和法线	(66)
2.4	共轭曲面及诱导法曲率	(71)
2.4.1	共轭曲面	(71)
2.4.2	包络面的求法	(75)
2.4.3	包络面上的界限线	(77)
2.4.4	二次接触现象	(79)
2.4.5	空间共轭曲面的相对运动速度	(81)
2.4.6	诱导法曲率	(84)

第3章 环面蜗杆的成形原理

3.1	环面蜗杆的基本形式	(87)
3.2	基本环面蜗杆的成形原理	(88)
3.2.1	坐标系的设置	(88)
3.2.2	坐标系的变换	(89)
3.2.3	基本蜗杆的齿面方程	(90)
3.2.4	环面蜗杆的几何参数	(92)
3.3	蜗轮齿面的成形原理	(94)
3.3.1	蜗轮齿面方程	(95)
3.3.2	蜗轮齿面接触线的方程	(96)
3.3.3	接触线的求法	(99)
3.4	原始型环面蜗杆与蜗轮的齿面结构	(102)
3.4.1	原始型环面蜗杆的齿面结构	(102)
3.4.2	蜗杆齿面上的界限线	(103)
3.4.3	蜗杆齿厚的计算	(105)
3.4.4	原始型传动蜗轮的齿面结构	(107)
3.4.5	蜗轮齿面上的界限线	(107)
3.5	环面蜗杆的修型原理	(108)
3.5.1	环面蜗杆修型问题的提出	(108)
3.5.2	修型原理基础	(109)

3.5.3 环面蜗杆修型原理的数学表达式	(113)
3.5.4 曲率修型原理	(117)
3.5.5 环面蜗杆的曲率方程及法曲率	(118)
3.5.6 曲率修型曲线	(122)
3.5.7 曲率修型原理的应用	(123)
3.5.8 修型规律对接触线的影响	(125)

第4章 直线包络环面蜗杆的修型传动

4.1 修型变量与修型量的关系	(131)
4.1.1 中心距增量与修型量的关系	(131)
4.1.2 工作台横向位移增量与修型量的关系	(136)
4.1.3 传动比修型增量与修型量的关系	(138)
4.2 倒坡修型	(139)
4.2.1 传动比变位倒坡修型	(140)
4.2.2 中心距变位倒坡修型	(141)
4.2.3 中心距变位和轴向偏移复合修型	(142)
4.2.4 倒坡修型的计算实例	(143)
4.3 对称修型	(145)
4.3.1 对称修型参数的计算公式	(145)
4.3.2 对称修型蜗杆和蜗轮齿面的表达式	(149)
4.3.3 对称修型的优化	(151)
4.3.4 对称修型的计算实例	(154)
4.4 变参数修型	(158)
4.4.1 变传动比修型	(158)
4.4.2 变中心距修型	(160)
4.4.3 变参数修型的实现	(166)
4.5 抛物线修型	(168)
4.5.1 抛物线修型的计算公式	(168)
4.5.2 抛物线修型的计算实例	(170)
4.6 曲率修型	(172)
4.6.1 曲率修型的计算公式	(172)
4.6.2 曲率修型接触线的优化	(174)
4.6.3 曲率修型的实现	(176)
4.6.4 曲率修型的计算实例	(177)

4.7	直线包络环面蜗杆副的诱导法曲率	(182)
4.8	蜗杆参数对啮合性能的影响	(191)
4.8.1	修型规律对啮合性能的影响	(191)
4.8.2	修型量对啮合性能的影响	(193)
4.8.3	修型量极小值点的影响	(194)
4.8.4	传动比对啮合性能的影响	(195)
4.8.5	蜗杆几何参数对啮合性能的影响	(196)
4.9	修型传动啮合状况的深入讨论	(200)
4.9.1	接触线与蜗轮齿面的位置关系	(200)
4.9.2	修型前后蜗轮齿面接触线的移动变化	(201)
4.9.3	接触线存在蜗轮齿面上的判别方法	(202)
4.10	“直线包络环面蜗杆优化设计程序”简介	(216)

第5章 平面包络环面蜗杆传动

5.1	平面包络环面蜗杆的成形原理	(266)
5.1.1	一次包络的坐标设置	(266)
5.1.2	平面包络环面蜗杆的齿面方程	(266)
5.2	平面包络环面蜗杆	(270)
5.2.1	平面包络环面蜗杆的修型曲线	(270)
5.2.2	蜗杆参数对修型曲线的影响	(279)
5.2.3	平面包络环面蜗杆齿厚的计算	(280)
5.2.4	平面包络环面蜗杆的实际齿形角	(285)
5.2.5	蜗杆主要参数对齿顶变尖的影响	(288)
5.2.6	平面包络环面蜗杆的根切	(293)
5.2.7	蜗杆参数对根切的影响	(296)
5.2.8	减小和避免根切的措施	(299)
5.2.9	蜗杆齿面的螺旋升角	(300)
5.3	平面蜗轮传动	(301)
5.3.1	平面蜗轮齿面上的接触线	(301)
5.3.2	平面蜗轮齿面上的界限线	(305)
5.3.3	蜗杆参数对接触线的影响	(307)
5.3.4	平面蜗轮副参数的选取原则	(311)
5.4	平面包络环面蜗杆的二次包络	(312)
5.4.1	平面包络环面蜗杆的二次包络过程	(312)

5.4.2	二次包络蜗轮齿面的方程	(314)
5.4.3	典型传动平面包络环面蜗杆副蜗轮的齿面结构	(317)
5.4.4	蜗轮齿面上的界限线	(320)
5.4.5	蜗轮齿面上的非工作区	(322)
5.4.6	蜗杆参数对接触线的影响	(323)
5.5	平面包络环面蜗杆的修型传动	(326)
5.5.1	平面包络环面蜗杆的修型与修型参数	(326)
5.5.2	平面包络环面蜗杆的变位修型	(330)
5.5.3	平面包络环面蜗杆的变中心距修型	(335)
5.5.4	平面包络环面蜗杆的变传动比修型	(349)
5.5.5	平面包络环面蜗杆的变 β 角修型	(357)
5.5.6	平面包络环面蜗杆修型效果的讨论	(369)
5.5.7	平面包络环面蜗杆修型的要点	(373)
5.5.8	平面包络环面蜗杆修型传动的实例	(376)
5.6	平面包络环面蜗杆副的诱导法曲率	(379)

第6章 环面蜗杆副参数的设计计算

6.1	环面蜗杆副参数设计的原则	(398)
6.1.1	环面蜗杆副的参数	(398)
6.1.2	参数设计的原则	(398)
6.1.3	关于设计原则的讨论	(400)
6.2	环面蜗杆副几何参数的选取	(400)
6.2.1	环面蜗杆副参数的选取方法	(400)
6.2.2	环面蜗杆副几何参数的计算实例	(407)
6.3	环面蜗杆副参数的优化设计	(410)
6.3.1	复合形法	(411)
6.3.2	优化变量	(412)
6.3.3	优化目标函数	(413)
6.3.4	平面包络环面蜗杆副的优化设计	(416)
6.3.5	优化设计程序的编制要点	(419)
6.3.6	平面包络环面蜗杆传动优化设计程序——“环光软件”简介	(420)
6.4	环面蜗杆的数字仿真	(455)
6.4.1	环面蜗杆数字仿真简介	(455)
6.4.2	环面蜗杆仿真数学模型的建立	(455)

6.4.3	环面蜗杆的数字三维模型	(461)
6.4.4	环面蜗杆仿真程序的编制	(462)
6.4.5	环面蜗杆数字仿真的校验	(468)
6.4.6	环面蜗杆数字仿真技术的意义	(471)

制 造 篇

第7章 环面蜗杆加工专用机床

7.1	环面蜗杆专用机床的工作原理	(475)
7.1.1	环面蜗杆专用机床的加工对象及主要工艺	(475)
7.1.2	专用机床的主运动	(476)
7.1.3	专用机床的辅助运动	(476)
7.1.4	环面蜗杆加工机床的类型	(478)
7.2	车床型环面蜗杆专用加工机床	(479)
7.2.1	车床的基本情况	(479)
7.2.2	改造的总体方案	(479)
7.2.3	传动系统的改造方案	(480)
7.2.4	差动箱设计方案	(484)
7.2.5	回转工作台的设计方案	(488)
7.2.6	床头箱与尾架的增高垫块	(490)
7.2.7	中心距测量装置	(491)
7.2.8	主轴的换向机构	(493)
7.2.9	车刀刀尖半径测量装置	(495)
7.3	滚齿机型专用加工机床	(495)
7.3.1	滚齿机的基本情况	(495)
7.3.2	改造的总体方案	(496)
7.3.3	主传动变速箱	(498)
7.3.4	刀架	(499)
7.3.5	圆周进给装置	(505)
7.3.6	车削齿顶圆弧的方法	(507)
7.3.7	自动工作循环和中心距测量装置	(509)

第8章 蜗杆加工的工装及刀具

8.1	车削用刀盘和刀座	(513)
-----	----------------	-------

8.1.1	刀盘	(513)
8.1.2	刀座	(516)
8.2	车刀	(518)
8.2.1	齿顶圆弧车刀	(518)
8.2.2	中间切槽车刀	(518)
8.2.3	齿面车刀	(521)
8.3	铣削动力头和铣刀	(522)
8.3.1	铣削动力头	(523)
8.3.2	铣刀	(525)
8.3.3	铣削动力头用车刀盒	(527)
8.4	旋转式平面砂轮磨头	(528)
8.4.1	旋转式平面砂轮磨头的结构	(529)
8.4.2	旋转式平面砂轮磨头的调整原理	(532)
8.5	摆动式平面砂轮磨头	(537)
8.5.1	摆动式磨头的原理	(537)
8.5.2	摆动式磨头的结构	(537)
8.5.3	摆动式磨头的调整	(541)
8.6	磨头的设计要点	(543)
8.6.1	磨头的选型	(543)
8.6.2	磨头规格的选择	(544)
8.6.3	选择合理的结构	(544)
8.7	砂轮	(545)

第9章 蜗轮加工刀具

9.1	飞刀	(547)
9.1.1	单齿飞刀	(547)
9.1.2	双齿飞刀	(549)
9.1.3	多齿飞刀	(551)
9.2	滚刀	(552)
9.2.1	环面蜗杆滚刀的种类与结构	(552)
9.2.2	滚刀刀齿部分的设计计算	(554)
9.2.3	整体式滚刀	(557)
9.2.4	镶片式滚刀	(561)
9.3	镶齿式滚刀	(562)

9.3.1	镶齿式滚刀的种类与结构	(563)
9.3.2	锥销定位镶齿滚刀的设计计算	(568)
9.4	整体滚刀的加工制造	(578)
9.4.1	滚刀的粗加工	(578)
9.4.2	整体式滚刀的热处理	(580)
9.4.3	滚刀的精加工	(580)
9.4.4	直线包络环面滚刀刀齿的刃磨	(581)
9.4.5	平面包络环面滚刀刀齿的刃磨	(584)
9.5	镶齿滚刀的制造	(584)
9.5.1	刀体的制作	(584)
9.5.2	刀齿的制作	(595)
9.5.3	直线包络滚刀刀齿的刃磨	(598)
9.5.4	平面包络滚刀刀齿的刃磨	(601)
9.5.5	滚刀的保管和维护	(604)
9.6	蜗轮的精加工刀具	(604)
9.6.1	蜗轮剃刀	(604)
9.6.2	珩磨蜗杆	(605)
9.6.3	剃齿与珩磨的比较	(606)
9.7	环面滚刀 CAD	(607)
9.7.1	环面滚刀 CAD 的功能	(607)
9.7.2	滚刀 CAD 程序的编制	(608)
9.7.3	滚刀 CAD 程序的应用效果	(608)

第 10 章 平面包络环面蜗杆磨削余量的均化

10.1	包络法与传统对称修型法	(617)
10.1.1	包络法均化	(617)
10.1.2	传统对称修型法	(618)
10.2	分段均化法	(619)
10.2.1	分段均化法的原理	(619)
10.2.2	均化参数的计算	(620)
10.2.3	分段均化法的加工步骤	(622)
10.2.4	均化铣刀	(624)
10.2.5	分段均化法的效果	(625)
10.3	综合修型均化法	(626)

10.3.1	综合修型均化法的原理	(626)
10.3.2	综合修型均化参数的计算	(627)
10.3.3	均化参数的优化	(629)
10.3.4	综合修型均化的加工过程	(632)
10.3.5	计算实例	(632)
10.4	平面包络环面蜗杆均化方法的选用	(637)

第 11 章 环面蜗杆副的制造工艺

11.1	蜗杆的加工工艺	(638)
11.1.1	蜗杆加工的工艺流程	(638)
11.1.2	蜗杆的车削加工	(640)
11.1.3	蜗杆的铣削加工	(652)
11.1.4	蜗杆的磨削加工	(660)
11.1.5	多头蜗杆的加工	(670)
11.1.6	倒坡修缘	(678)
11.1.7	齿面的研磨和光整加工	(681)
11.1.8	钳工修整工序	(682)
11.1.9	提高蜗杆加工精度的措施	(683)
11.1.10	环面蜗杆加工工艺卡	(684)
11.2	蜗轮的加工工艺	(688)
11.2.1	蜗轮的制造工艺流程	(688)
11.2.2	蜗轮的齿部加工	(689)
11.2.3	平面蜗轮的加工	(698)
11.2.4	蜗轮齿槽残留三角形的清除	(708)
11.2.5	蜗轮加工工艺卡	(711)
11.3	蜗轮与蜗杆的对研检查	(712)
11.3.1	对研的设备与方法	(712)
11.3.2	对研的结果及处理方法	(714)
11.4	环面蜗杆副的装配与跑合	(723)
11.4.1	蜗轮蜗杆相对位置的调整	(723)
11.4.2	轴承间隙的调整	(730)
11.4.3	蜗杆副的跑合	(732)
11.4.4	齿侧间隙的检测	(734)
11.5	环面蜗杆副的加工精度	(735)

11.5.1	环面蜗杆传动精度的定义及代号	(736)
11.5.2	环面蜗杆传动的精度等级	(743)
11.5.3	环面蜗杆传动精度的检测	(746)
11.5.4	齿坯的精度公差	(748)
11.5.5	蜗杆副加工工艺参数公差及极限偏差	(748)

第 12 章 环面蜗杆副的失效

12.1	磨损	(751)
12.1.1	齿面磨损的机理	(751)
12.1.2	磨损产生的原因	(753)
12.1.3	预防磨损的措施	(755)
12.2	点蚀	(755)
12.2.1	点蚀产生的机理	(755)
12.2.2	点蚀产生的原因	(759)
12.2.3	预防点蚀的措施	(761)
12.3	断齿(折断)	(762)
12.3.1	断齿产生的机理	(762)
12.3.2	断齿产生的原因	(763)
12.3.3	预防断齿的措施	(764)
12.4	其它种类的失效形式	(765)
12.4.1	塑性变形	(765)
12.4.2	胶合	(765)
12.5	环面蜗杆副的制造缺陷	(766)
12.5.1	精度超差	(766)
12.5.2	加工缺陷	(766)
12.5.3	热处理缺陷	(767)
12.5.4	毛坯缺陷	(767)

第 13 章 环面蜗杆传动设计

13.1	环面蜗杆副的强度计算	(768)
13.1.1	环面蜗杆副的受力分析	(768)
13.1.2	蜗杆副受力的计算	(772)
13.1.3	蜗轮承载能力的计算	(778)
13.2	环面蜗杆副的传动效率	(792)

13.3	环面蜗杆副的许用功率	(793)
13.4	环面蜗杆和蜗轮的常用材料	(798)
13.5	环面蜗杆传动的结构设计	(799)
13.5.1	环面蜗杆的结构设计	(799)
13.5.2	蜗轮的结构设计	(800)
13.5.3	轴承的组合形式	(802)
13.5.4	减速箱体的结构设计	(802)
13.6	环面蜗杆减速器	(806)
13.6.1	环面蜗杆减速器的种类	(806)
13.6.2	平面包络环面蜗杆副柔性传动装置	(813)
13.6.3	减速器的润滑	(813)
13.6.4	环面蜗杆减速器的使用和维护	(820)
附录		(821)
后记		(906)
参考文献		(908)