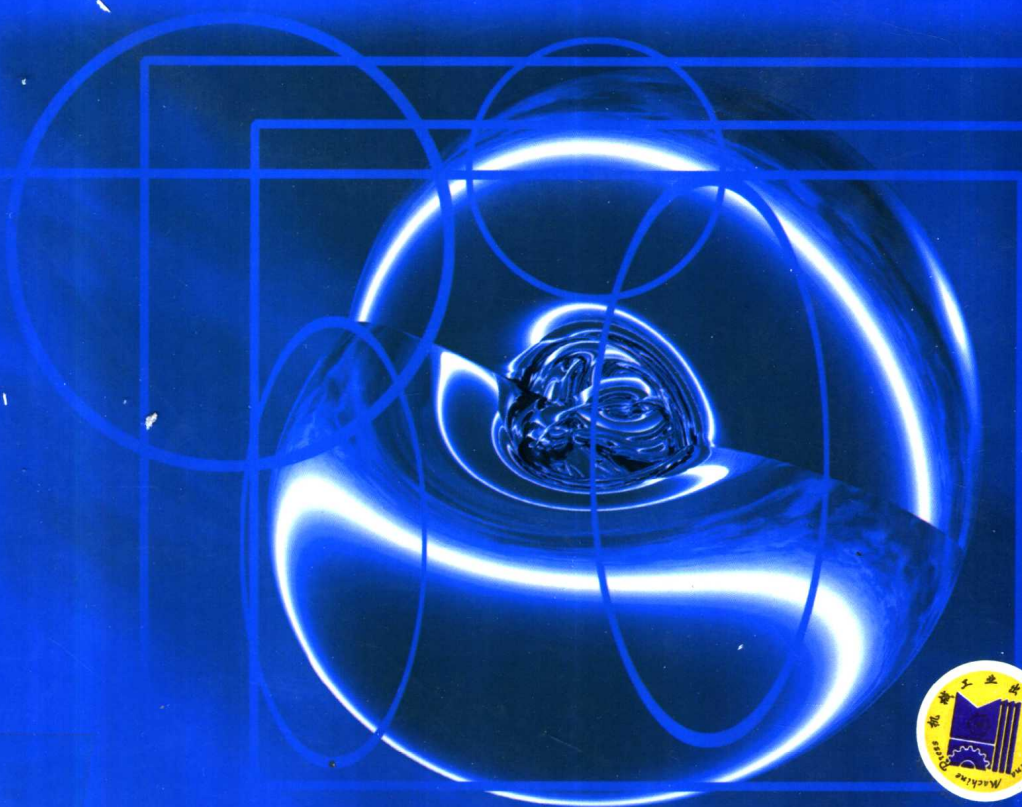


教育部 高职高专规划教材配套用书
Jiaoyubu Gaozhi Gaozhuan Guihua Jiaocai Peitao Yongshu

机械设计基础实训

全国机械职教基础课教学指导委员会机械设计学科组 组编

周嘉麟 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

教育部高职高专规划教材配套用书

机械设计基础实训

全国机械职教基础课教学指导委员会

机械设计学科组 组编

主 编 周嘉麟

参 编 于兴芝 ~~叶军朝~~ 柳 欣 彭来强

主 审 胡家秀



机械工业出版社

本书是根据高职教育强调学生工程实践能力培养的特点,参照教育部制订的“机械设计课程基本要求(机械类专业)”编写的,旨在指导该课程的实训,加强课程的实践性教学。

全书包括实验、拆装实习、常用机构虚拟装配和运动仿真等三章内容,共十四个实训课题。每个课题均编写了实验目的、实验原理、实验设备和工具、实验步骤及注意事项,并附有实验报告与思考题,可指导学生顺利完成该课题的实训。

为了方便第三章常用机构虚拟装配和运动仿真中有关课题的实训,本书附有这些课题所需的零件图形库光盘同时将各课题虚拟装配的结果也收录其中,便于读者对照。

本书可作为《机械设计基础》(高职高专规划教材,胡家秀主编,机工版)的配套教材使用,适用于高职高专机械类专业,学时数为30左右;也可供其他有关专业及工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础实训/周嘉麟主编. —北京:机械工业出版社, 2004.1
教育部高职高专规划教材配套用书
ISBN 7-111-13292-0

I. 机… II. 周… III. 机械设计-高等学校:技术学校-教材
IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 099413 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:王英杰 版式设计:冉晓华 责任校对:申春香

封面设计:陈 沛 责任印制:路 琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

1000mm×1400mmB5·5.125 印张·1 插页·198450 千字

0 001—5 000 册

定价:18.00 元(含 1CD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书作为高职高专院校机电类专业“机械设计基础”课程的配套教材,旨在通过实验、拆装实习及计算机模拟等实践教学手段帮助学生巩固该课程所学的基本知识,尽快地熟悉机械,为初步设计机械奠定基础。

本书注重培养学生认识机械与分析机械的能力,学生可从分析实验体的工作原理入手,通过观察、分析、拆卸、测绘、装配、调试、上机模拟等实践活动真正了解机械的工作原理与具体结构。作为实训教材,书中各课题均编写了实验目的、实验原理、实验步骤、注意事项、思考题等内容,以期提高教材的可指导性。学生只要能充分预习教材、按规定的步骤进行操作并认真撰写实验报告便可以达到预期的效果。

本教材在课题的选择上注意到以下几点:

- 1) 涵盖性,即所选课题对课程内容有一定的覆盖面。
- 2) 趣味性,即贴近生产或生活选课题,以激发学生的学习热情。
- 3) 综合性,即所选某些课题有一定的复杂程度,集观察、分析、拆卸、测绘、装配、调试等内容于一体,以获得良好的效果。
- 4) 先进性,用计算机模拟的方法实现机构的虚拟运动,是本教材将计算机技术用于本课程实习的一种尝试。
- 5) 经济性,即所选课题涉及的设备、工具等投资少,见效快,便于组织实施。

参加本书编写工作的有:河南工业职业技术学院于兴芝(第一章第一、二、三课题);金华职业技术学院柳欣(第一章第四、五、六课题);温州职业技术学院周嘉麟(第二章第七、八课题);浙江机电职业技术学院叶红朝(第二章第九、十课题);温州职业技术学院彭来强(第三章第十一、十二、十三、十四课题)。全书由周嘉麟担任主编。

本书承蒙全国机械工业职业教育基础课教学指导委员会副主任、浙江机电职业技术学院胡家秀副教授主审,并提出许多宝贵意见,编者深表感谢。在本教材的编写过程中,曾得到全国机械工业职业教育基础课教学指导委员会“机械设计”学科组众多老师的关心、支持与帮助,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,教材虽几易其稿,其中仍难免有错误与不妥之处,望读者与同仁们不吝指正。

编 者

目 录

前言

第一章 实验	1
课题一 机构运动简图的测绘	1
课题二 渐开线齿廓的展成实验	6
课题三 渐开线直齿圆柱齿轮的参数测定	10
课题四 带传动特性的测定及分析实验	14
课题五 刚性转子的静、动平衡实验	19
课题六 机械零件现场教学实验	26
第二章 拆装实习	32
课题七 N_1 型机械式闹钟的拆装	32
课题八 JA 型家用缝纫机的拆装	48
课题九 减速器的拆装及其轴系的结构分析	80
课题十 车床床头箱的拆装	89
第三章 常用机构的虚拟装配与运动仿真	103
课题十一 四冲程内燃机的虚拟装配与运动仿真	103
课题十二 牛头刨床主运动机构的虚拟装配与运动仿真	130
课题十三 简易冲床的虚拟装配与运动仿真	144
课题十四 摆动液压泵的虚拟装配与运动仿真	152
参考文献	160

第一章 实 验

课题一 机构运动简图的测绘

一、实验目的

- 1) 掌握平面机构运动简图测绘及其运动尺寸正确标注的基本方法。
- 2) 掌握平面机构自由度的计算和机构运动是否确定的判别方法。
- 3) 巩固和扩展对机构的运动及其工作原理的分析能力。

二、实验原理

机构的运动取决于机构中的构件数目和运动副的数目、种类、相对位置等，与构件的形状和运动副的具体结构无关。用简单的线条或图形轮廓表示构件，以规定的符号代表运动副，按一定比例尺寸关系确定运动副的相对位置，绘制出能忠实反映机构在某一位置时各构件间相对运动关系的简图，即机构运动简图。

三、实验设备和工具

- 1) 机构实物或机构模型若干台套。
- 2) 钢直尺、卷尺，精密测绘时还应配备游标卡尺及内外卡钳。
- 3) 直尺、铅笔、橡皮、稿纸（自备）。

四、实验步骤

1) 缓慢运动被测机构或模型，从原动件开始仔细观察机构中各构件的运动，分出运动单元，确定机构的构件数目，进而确定原动件、执行构件、机架及各从动件。

2) 根据直接接触的两构件的联接方式和相对运动情况，确定各运动副的种类、数目和相对位置。

3) 按类别在某相应的位置上用规定符号画出运动副，并逐个标注运动副代号 A、B、C…。

4) 将位于同一构件的运动副用简单的线条连接，机架打上斜线表示，高副构件画出构件高副联接处的外廓形状，然后逐个标注上构件的序号 1、2、3…。

5) 测量出运动副之间的距离和移动副导路的位置尺寸或高度，并将测出的尺寸标注在图上。

6) 选取适当的比例尺、视图平面和原动件位置，将示意图绘制成机构运动简图。原动件要画上表示运动方向的箭头。长度比例尺按下式计算

$$\mu_l = \frac{l_{AB}}{AB}$$

式中 μ_l ——长度比例尺；

l_{AB} ——构件实际尺寸 (mm 或 m)；

AB ——简图机构运动中构件的尺寸 (mm)。

五、注意事项

- 1) 测绘出 4 个机构的运动简图，计算机构自由度，判断机构运动是否确定。
- 2) 在机构运动简图中，应正确标注出有关运动尺寸的符号，如杆长 l 、偏心距 e 等。
- 3) 注意一个构件在中部与其他构件用转动副联接的表示方法。
- 4) 机架的相关尺寸不应遗漏。
- 5) 两个运动副不在同一运动平面时，应注意其相对位置尺寸的测量方法。

六、思考题

1. 机构运动简图应包括哪些必要的内容？原动件的位置对机构运动简图有何影响？为什么？
2. 自由度大于或小于原动件的数目时，会产生什么结果？
3. 计算机构自由度应注意哪些问题？本实验中有无遇到此类问题？若有，你是如何处理的？

实验报告一

实验名称					日期	
班级		姓名		学号	成绩	

1. 机构名称

机构运动简图： $\mu_l = \left(\frac{\text{mm}}{\text{mm}}\text{或}\frac{\text{m}}{\text{mm}}\right)$

原动件数目：

自由度计算： $F = 3n - 2P_l - P_h = 3 \times (\quad) - 2 \times (\quad) - (\quad) =$

运动确定否：

2. 机构名称

机构运动简图： $\mu_l = \left(\frac{\text{mm}}{\text{mm}}\text{或}\frac{\text{m}}{\text{mm}}\right)$

原动件数目:

自由度计算: $F = 3n - 2P_1 - P_h = 3 \times (\quad) - 2 \times (\quad) - (\quad) =$

运动确定否:

3. 机构名称

机构运动简图: $\mu_l = (\frac{\text{mm}}{\text{mm}} \text{或} \frac{\text{m}}{\text{mm}})$

原动件数目:

自由度计算: $F = 3n - 2P_1 - P_h = 3 \times (\quad) - 2 \times (\quad) - (\quad) =$

运动确定否:

4. 机构名称

机构运动简图: $\mu_l = (\frac{\text{mm}}{\text{mm}} \text{或} \frac{\text{m}}{\text{mm}})$

原动件数目：

自由度计算： $F = 3n - 2P_l - P_h = 3 \times (\quad) - 2 \times (\quad) - (\quad) =$

运动确定否：

注：上面所画的 4 张图中，如有复合铰链、局部自由度、虚约束应在图中指明。

课题二 渐开线齿廓的展成实验

一、实验目的

- 1) 掌握展成法加工渐开线齿廓的原理。
- 2) 通过观察齿条刀具用展成法加工渐开线齿廓的过程，了解齿轮的根切现象及采用变位修正来避免根切的方法。
- 3) 了解变位后对轮齿尺寸产生的影响。

二、实验原理

齿轮在实际加工中，看不到轮齿齿廓渐开线的形成过程。本实验通过齿轮展成仪来实现轮坯与齿条刀具之间的相对运动过程，并用铅笔将刀具相对轮坯的各个位置记录在图纸上，这样就能清楚地观察到渐开线齿廓的展成过程。

齿轮展成仪有许多种结构形式，常用的是采用齿轮齿条啮合传动，其结构如图 2-1 所示。

绘图纸做成圆形轮坯，用压环 10 固定在托盘 1 上，托盘可绕固定轴 O 转动。代表齿条刀具的齿条 5 通过螺钉 7 固定在刀架 8 上，刀架装在滑架 3 上的径向导槽内，旋转螺旋 6，可使刀架带着齿条沿垂直方向相对于托盘中心 O 作径向移动。因此，齿条 5 既可以随滑架 3 作水平左右移动，又可以随刀架一起作径向移动。滑架 3 与托盘 1 之间采用齿轮齿条啮合传动，保证轮坯分度圆与滑架基准刻线作纯滚动，当齿条 5 的分度线与基准刻线对齐时，能展成标准齿轮齿廓。调节齿条刀具相对齿坯中心的径向位置，可以展成变位齿轮齿廓。

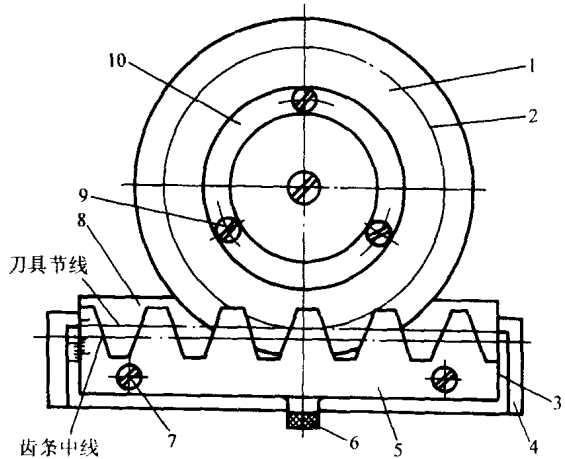


图 2-1 齿轮展成仪结构示意图

- 1—托盘 2—轮坯分度圆 3—滑架
4—支座 5—齿条（刀具） 6—调节螺旋
7、9—螺钉 8—刀架 10—压环

三、实验设备与工具

- 1) 齿轮展成仪。
- 2) 钢直尺、圆规、剪刀。
- 3) 铅笔、三角板、绘图纸（自备）。

四、实验步骤

(一) 展成标准齿轮

1) 根据所用展成仪的模数 m 和托盘中心至刀具中线的距离 (轮坯与分度圆半径 r)，求出的被加工标准齿轮的齿数 z ，再计算出齿顶圆直径 d_a 、齿根圆直径 d_f 和基圆直径 d_b 。

2) 在一张图纸上，分别以 d_a 、 d_f 、 d_b 和分度圆直径 d 画出 4 个同心圆，并将图纸剪成直径为 d_a 的圆形轮坯。

3) 将圆形纸片 (轮坯) 放在展成仪的托盘 1 上，使二者圆心重合，然后用压环 10 的螺钉 9 将纸片夹紧在托盘上。

4) 将展成仪上的齿条 5 的中线与滑架 3 上的标尺刻度零线对准 (此时齿条刀具的分度线应与圆形纸片上所画的分度圆相切)。

5) 将滑架 3 推至左 (或右) 极限位置，用削尖的铅笔在圆形纸片 (代表被加工轮坯) 上画下齿条刀具 5 的齿廓在该位置上的投影线 (代表齿条刀具插齿加工每次切削所形成的痕迹)。然后将滑架向右 (或左) 移动一个很小的距离，此时通过啮合传动带动托盘 1 也相应转过一个小角度，再将齿条刀具的齿廓在该位置上的投影线画在圆形纸片上。连续重复上述工作，绘出齿条刀具的齿廓在各个位置上的投影线，这些投影线的包络线即为被加工齿轮的渐开线齿廓。

6) 按上述方法，绘出 2~3 个完整的齿形，如图 2-2 所示。

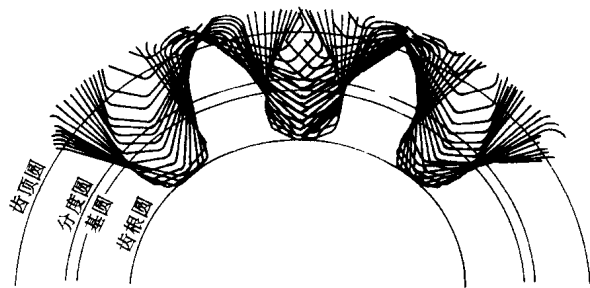


图 2-2 标准渐开线齿轮齿廓的展成过程

(二) 展成正变位齿轮

1) 根据所用展成仪的参数，计算出不发生根切现象时的最小变位系数 $x_{\min}$ 。然后确定变位系数 x ($x \geq x_{\min}$)，计算变位齿轮的齿顶圆直径 d_a 、齿根圆直径 d_f 。

2) 在另一张图纸上，分别以 d_a 、 d_f 、 d_b 和分度圆直径 d 画出四个同心圆，并将图纸剪成直径为 d_a 的圆形轮坯。

3) 同展成标准齿轮步骤 3。

4) 将齿条 5 向离开齿坯中心 O 的方向移动一段距离 xm 。

- 5) 同展成标准齿轮步骤 5。
- 6) 同展成标准齿轮步骤 6, 绘出的齿廓如图 2-3 所示。

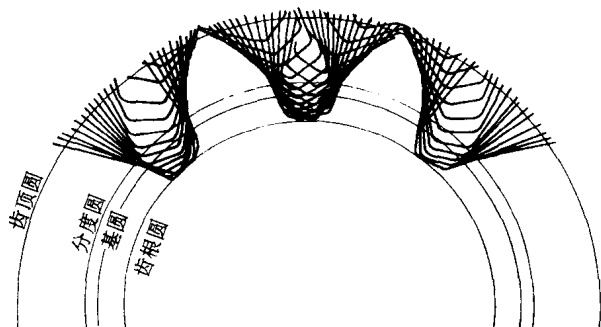


图 2-3 正变位渐形线齿轮廓的展成过程

五、注意事项

- 1) 本实验最好选用模数较大 ($m \geq 15\text{mm}$) 而分度圆较小的展成仪, 使 $z \leq 10$, 以便在展成标准齿轮齿廓时能观察到较为明显的根切现象。
- 2) 代表轮坯的纸片应有一定厚度 (至少在 70g 以上), 纸面应平整无明显翘曲, 以防在实验过程中顶在齿条 5 的齿顶部。为了节约实验时间与纸片, 亦可将标准齿轮与变位齿轮的轮坯以直径为界画在同一张纸上使用。
- 3) 轮坯纸片装在托盘 1 上时应固定可靠, 在实验过程中不得随意松开或重新固定, 否则可能导致实验失败。
- 4) 在做实验步骤 5 时, 应自始至终将滑架从一个极限位沿一个方向逐渐推动直到画出所需的全部齿廓, 不得来回推动以免展成仪啮合间隙影响实验结果的精确性。

5) 画出齿廓的轮坯纸片连同实验报告作为实验结果交指导教师审阅。

六、思考题

1. 齿廓根切现象是怎样产生的? 如何避免?
2. 齿廓曲线是否全是渐开线?
3. 最小变位系数 $x_{\min}$ 如何确定?
4. 变位后齿轮的哪些尺寸不变? 轮齿尺寸将发生什么变化?

实验报告二

实验名称						日期	
班级		姓名		学号		成绩	

1. 测量数据

基本参数	$m =$	$\alpha =$	$z =$	$h_a^* =$	$c^* =$
变位量	$X = xm =$				

2. 计算结果

项 目	标准齿轮	变位齿轮
分度圆直径 d/mm		
齿顶圆直径 d_a/mm		
齿根圆直径 d_f/mm		
基圆直径 d_b/mm		
齿距 p/mm		
分度圆齿厚 s/mm		
分度圆齿槽宽 e/mm		
变位系数 x		
齿形比较		

3. 体会与建议

课题三 渐开线直齿圆柱齿轮的参数测定

一、实验目的

- 1) 掌握用常用量具测定渐开线直齿圆柱齿轮基本参数的方法。
- 2) 通过测量和计算，加深理解齿轮各参数之间的相互关系。

二、实验原理

1) 通过测量齿顶圆直径 d_a 与齿根圆直径 d_f 计算出全齿高 h ，再用试算法确定齿轮的 m 、 h_a^* 与 c^* 。

如图 3-1a 所示，偶数齿齿轮的 d_a 与 d_f 可直接用游标卡尺测量；如图 3-1b 所示，奇数齿齿轮的 d_a 与 d_f 须间接测量

$$d_a = D + 2H_1 \quad (3-1)$$

$$d_f = D + 2H_2 \quad (3-2)$$

于是
$$h = \frac{d_a - d_f}{2} = H_1 - H_2 \quad (3-3)$$

式中 D —— 齿轮内孔直径 (mm)；

H_1 —— 齿轮齿顶圆至内孔壁的径向距离 (mm)；

H_2 —— 齿轮齿根圆至内孔壁的径向距离 (mm)。

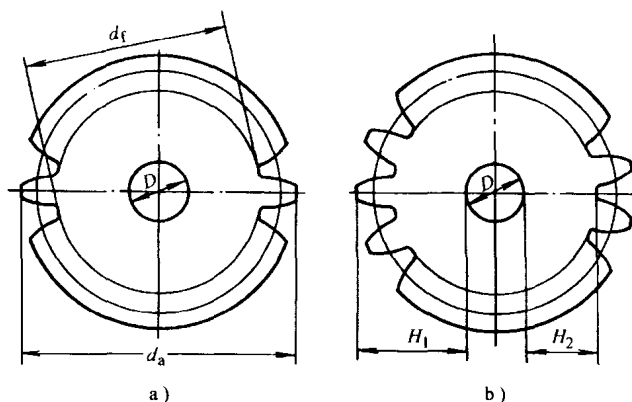


图 3-1 齿轮 d_a 与 d_f 的测量方法

a) 偶数齿齿轮 b) 奇数齿齿轮

根据 $h = (2h_a^* + c^*)m$ ，分别将 $h_a^* = 1$ ， $c^* = 0.25$ （正常齿）或 $h_a^* = 0.8$ 、 $c^* = 0.3$ （短齿）代入进行试算，所求得的模数 $m = \frac{h}{2h_a^* + c^*}$ 接近标准值者即为该齿模的实际模数（一定要圆整成标准值）。

对于变齿轮，由于 $h = (2h_a^* + c^* - \sigma)m$ ，按上述方法确定 m 时可能会与

标准值差异较大而难以圆整。这时可先假定一个 m 的标准值, 再根据 $p_b = \pi m \cos \alpha$ 与后述确定压力角 α 值结合起来验证。若试算出来的 α 接近标准值, 即可判断该 m 值是正确的。

2) 通过测量公法线长度求出 p_b , 进而确定齿轮的压力角 α 。

按 $k = \frac{z}{9} + 0.5$, 确定被测齿轮的跨齿数 k 。

如图 3-2 所示测出跨 k 个齿的公法线长度 W'_k , 然后再测出跨 $k+1$ 个齿的公法线长度 W'_{k+1} 。

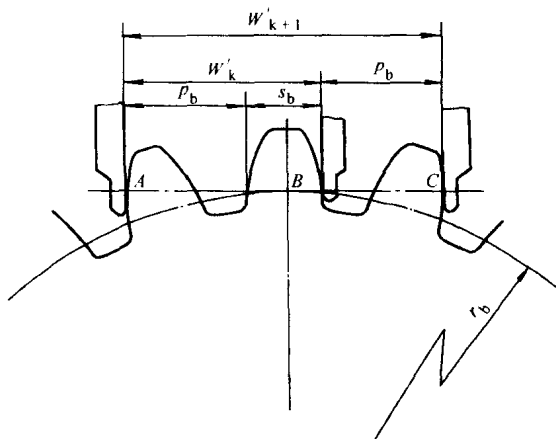


图 3-2 齿轮公法线长度的测量

于是

$$p_b = W'_{k+1} - W'_k = \pi m \cos \alpha \quad (3-4)$$

$$\text{则 } \cos \alpha = \frac{p_b}{\pi m} = \frac{W'_{k+1} - W'_k}{\pi m} \quad (3-5)$$

$$\alpha = \arccos\left(\frac{W'_{k+1} - W'_k}{\pi m}\right) \quad (3-6)$$

所求得的 α 值应圆整到标准值, 如 $\alpha = 20^\circ$, $\alpha = 15^\circ$ 等。

3) 计算出变位系数 x 。

$$\text{因为 } W_k = m \cos \alpha [(k - 0.5)\pi + z \cdot \text{inv} \alpha] \quad (3-7)$$

$$W'_k = m \cos \alpha [(k - 0.5)\pi + z \cdot \text{inv} \alpha] + 2x m \sin \alpha \quad (3-8)$$

若测得的 W'_k 与计算出来的 W_k 相等, 则说明 $x = 0$, 该齿轮为标准齿轮; 若 $W'_k \neq W_k$,

$$\text{则 } W'_k - W_k = 2x m \sin \alpha \quad (3-9)$$

$$x = \frac{W'_k - W_k}{2m \sin \alpha} \quad (3-10)$$

根据式 (3-10) 即可求出被测齿轮的变位系数。

三、实验设备和工具

- 1) 被测齿轮两个 (偶、奇数齿各一个)。
- 2) 游标卡尺和公法线千分尺各一把。
- 3) 计算器 (自备)。

四、实验步骤

- 1) 熟悉游标卡尺与公法线千分尺的使用和正确读数方法。
- 2) 数出被测齿轮的齿数并作好记录。
- 3) 测量各齿轮的 d_a 、 d_f 、 W'_k 和 W'_{k+1} 。
- 4) 确定各被测齿轮的基本参数: z 、 m 、 α 、 h_a^* 、 c^* 及变位系数 x 。

五、注意事项

1) 实验前应检查游标卡尺与公法线千分尺的初读数是否为零, 若不为零应设法修正。

2) 齿轮被测量的部位应选择在光整无缺陷之处, 以免影响测量结果的正确性。在测量公法线长度时, 必须保证卡尺与齿廓渐开线相切, 若卡入 $k+1$ 齿时不能保证这一点, 需调整卡入齿数为 $k-1$, 而 $p_b = W'_k - W'_{k-1}$ 。

3) 量齿轮的几何尺寸时, 应选择不同轮齿测量 3 次, 取其平均值作为测量结果。

4) 通过实验求出的基本参数 m 、 α 、 h_a^* 、 c^* 必须圆整为标准值。

5) 测量的尺寸精确到小数点后第 2 位。计算 x 时取小数点后两位数字。

六、思考题

1. 测量偶数与奇数齿齿轮的 d_a 与 d_f 时, 所用的方法有什么不同? 为什么?
2. 齿轮公法线长度的计算公式 $W'_k = (k-1)p_b + s_b$ 是依据渐开线的哪条性质推导出来的? $x \neq 0$ 的变位齿轮的公法线长度, 上式中哪一项与标准齿轮有所差异?
3. 影响公法线长度测量精度的因素有哪些?
4. 通过全齿高 h 测定来确定变位齿轮的 m 与 h_a^* 、 c^* , 其 m 的计算结果往往与标准值相差较远, 其原因是什么? 如何处理这一问题。