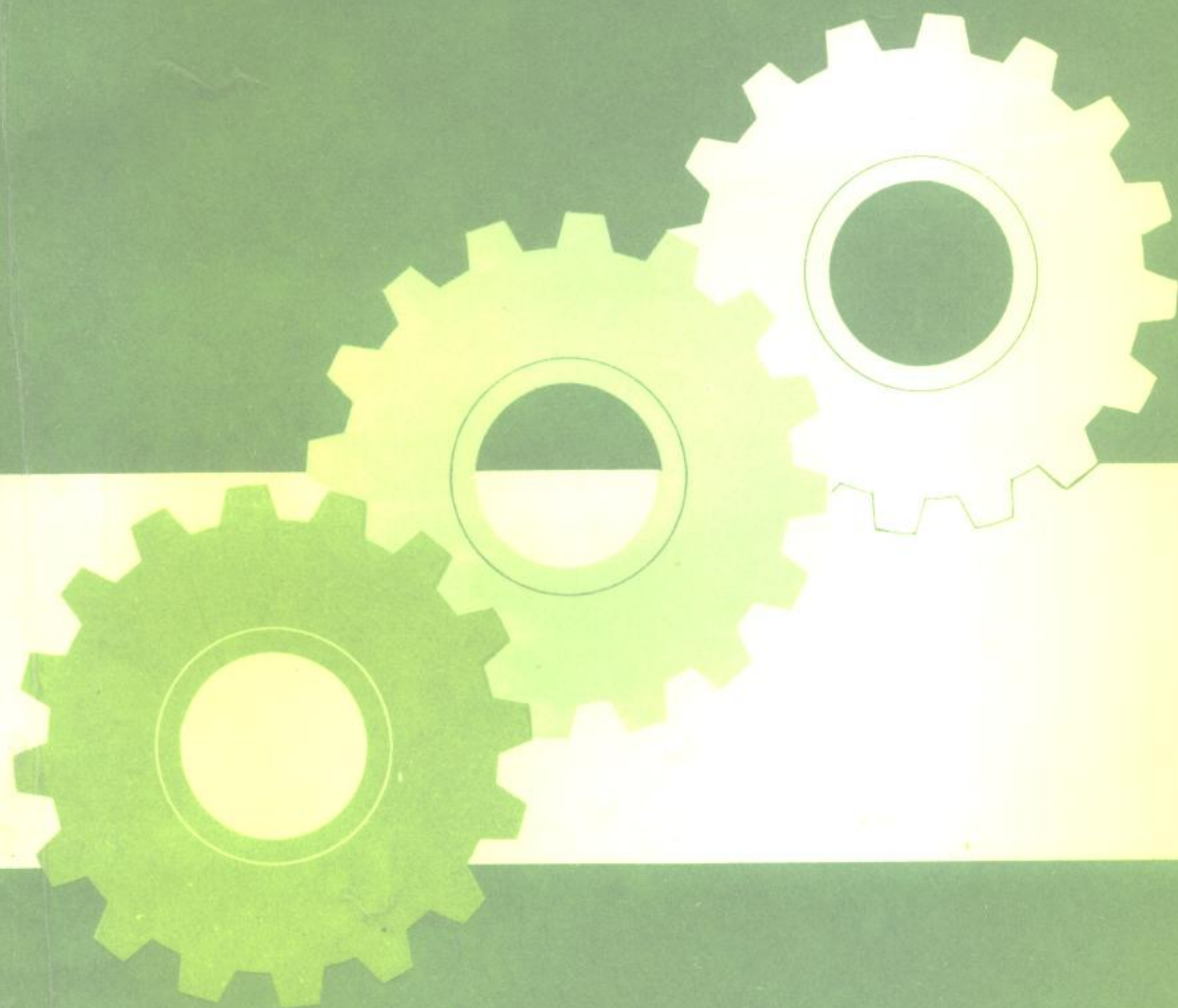


机械设计基础

实验、习题解答和电算

谈嘉祯 陶 晋 陈 键 主编



中国标准出版社

机械设计基础 实验、习题解答和电算

谈嘉祯 陶晋 陈健 主编

中国标准出版社

图书在版编目(CIP)数据

《机械设计基础》实验、习题解答和电算/谈嘉祯等主编. -北京:中国标准出版社,1996.10

ISBN 7-5066-1299-2

I. 机… II. 谈… III. 机械设计-高等学校-教学参考资料 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 12740 号

中国标准出版社出版
北京复兴门外三里河北街 16 号

邮政编码:100045

电 话:68522112

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

版权专有 不得翻印

*

开本 787×1092 1/16 印张 7 字数 165 千字

1996 年 9 月第一版 1996 年 9 月第一次印刷

印数 1—3 000 定价 12.00 元

前 言

本书是与主教材《机械设计基础》配套使用的系列教材之二。它是在综合有关专业历届毕业生反馈的信息和我们多年教学经验的基础上,并参照国家教委课程教学指导委员会制订的有关本课程的《教学基本要求》进行编写的。

参加本书编写的同志有:陶晋、王小群、陈键、邱丽芳、卢梅、史铁军、崔兴山、王国华、刘萍甫和谈嘉祯。由谈嘉祯、陶晋、陈键担任主编。全书插图由陶晋、卢梅、解乃如描绘。

本书承朱孝录、郭启扬两教授审阅,并提出宝贵意见,在此谨表衷心谢意。

本书中错误不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

1996年5月

于北京科技大学

目 录

第一部分 实验指导书

实验一 机构运动简图的测绘	3
实验二 渐开线齿轮范成	5
实验三 齿轮基本参数的测定	8
实验四 回转构件的静平衡	11
实验五 不同材料副的滑动摩擦系数和耐磨性比较	13
实验六 材料的抗磨料磨损能力的测定	16
实验七 弹簧特性的测定	19
实验八 减速器拆装	21

第二部分 习题参考解答

一、平面机构运动简图及自由度习题解答	25
二、平面连杆机构习题解答	27
三、凸轮机构习题解答	31
四、间歇运动机构习题解答	34
五、联接习题解答	35
六、螺旋传动习题解答	40
七、带传动习题解答	42
八、链传动习题解答	44
九、渐开线齿轮传动习题解答	46
十、蜗杆传动习题解答	56
十一、轮系和减速器习题解答	60
十二、轴习题解答	63
十三、滑动轴承习题解答	68
十四、滚动轴承习题解答	69
十五、联轴器、离合器和制动器习题解答	72
十六、弹簧习题解答	74
十七、起重零件习题解答	77
十八、液压传动习题解答	80
十九、平衡与调速习题解答	82

第三部分 机构和机械零件电算程序设计指导书

一、曲柄摇杆机构的运动分析.....	87
二、凸轮机构程序设计.....	90
三、齿轮机构程序设计.....	92
四、螺旋传动程序设计.....	93
五、三角(V)带传动程序设计	96
六、滚子链传动程序设计	101
七、渐开线直齿圆柱齿轮传动程序设计	103

第一部分

实验指导书

实验一 机构运动简图的测绘

工程上对机器进行结构、运动及动力研究时,不可能也不必要按机器的结构图来进行分析,而是按照机构的运动简图来研究。由于机构简图既简单明显而又能正确地反映机器各构件的内在关系、相对运动及动力特性,因此正确测量和绘制机构运动简图,是机械设计中的重要组成部分。

(一) 实验目的

1. 掌握正确测绘机构运动简图的方法。
2. 运用并熟悉一些常用的构件及运动副的代表符号。
3. 将机构自由度公式在实际机构中予以应用。

(二) 实验原理与方法

机构运动简图是真实机器的抽象图形。如图 1-1 所示,为一杆式推钢机的结构图,而图 1-2 即为按一定比例尺绘制的机构运动简图。

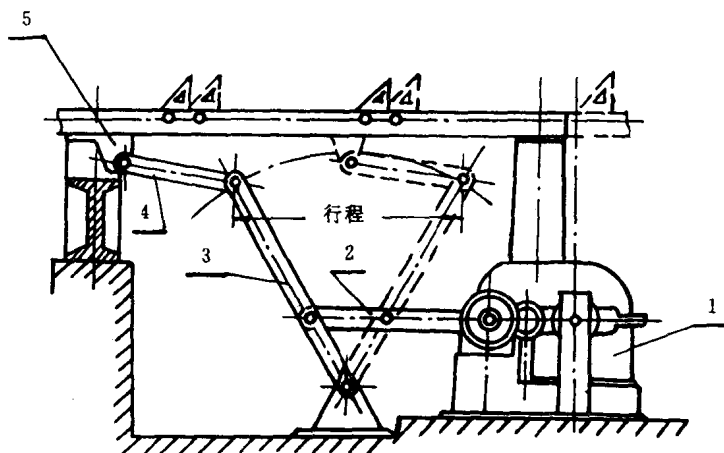


图 1-1 杆式推钢机结构图

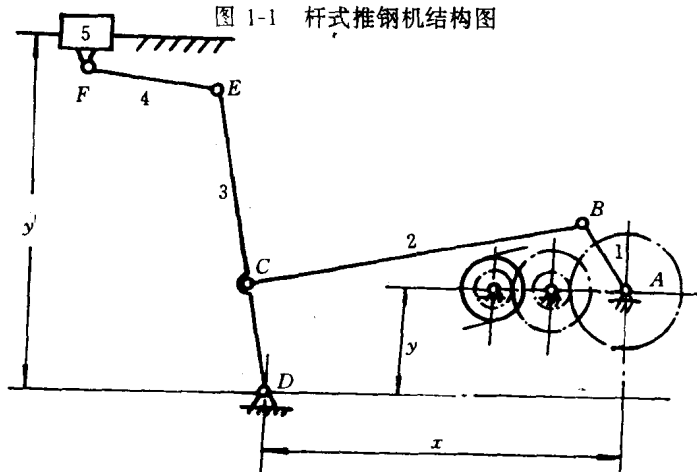


图 1-2 杆式推钢机机构运动简图

必须指出,在绘制机构简图时,一定要按国家统一规定的机器简图的表示符号进行。这些表示符号见主教材第一章或 GB 4460—84。

为了真实的反映机器的结构、运动及动力性质,机构简图就必须按照机器的尺寸并选取一定的比例尺来绘制。例如在图 1-2 中所示的推钢机,各构件的尺寸为:

$l_{AB}=250\text{mm}, l_{BC}=1\,495\text{mm}, l_{DC}=500\text{mm}, l_{DE}=1\,500\text{mm}, l_{EF}=770\text{mm}, x=1\,495\text{mm}, y=433\text{mm}, y'=1\,770\text{mm}。$

而长度比例尺为:

$$\mu_1 = \frac{\text{构件的实际尺寸(m)}}{\text{图中构件的尺寸(mm)}} \quad (1-1)$$

则:

$$\mu_1 = \frac{l_{AB}}{AB} = \frac{0.25}{8.33} = 0.3\text{m/mm}$$

在机构运动简图中,一般构件的符号是用序号 1,2,3……来标注的(自主动件起始);而运动副的符号是用 A,B,C……来表示的。

为了检查所绘制的机构运动简图是否正确,在绘制完毕后必须用机构的自由度公式

$$F = 3n - 2p_L - p_H \quad (1-2)$$

来计算其自由度,校核是否与机器的主动件数相符合。

(三) 实验设备与工具

1. 插床模型一台。
2. 破碎机模型一台。
3. 牛头刨床模型一台。
4. 内燃机模型一台。

(四) 实验步骤

1. 观察机器或机构的运动情况及传动的顺序。
2. 根据机器的传动路线,合理选择机构的运动平面,并作为视图平面以绘出机构简图。
3. 计算机构的自由度,校核所绘制的机构运动简图。

(五) 注意事项

1. 机构简图应为平面图形,不要绘成轴侧投影图。
2. 机构简图应按主教材第一章所规定的符号来绘制,不要自己任意创造代表符号。
3. 注意各构件间的比例关系与原机构相对应。
4. 在工厂中绘制简图时,应注意安全及不要影响生产。

实验二 渐开线齿轮范成

在工程中,齿轮齿廓的制造方法很多,但其中以用范成法制造最为普遍。因此,有必要对这种方法的基本原理及齿廓的形成过程加以研究。

(一) 实验目的

1. 了解范成法制造齿廓符合高副机构的包络原理。
2. 了解渐开线齿轮在加工中齿廓曲线的形成过程。
3. 了解齿轮在制造中产生根切现象的原因及其避免方法——变位。

(二) 实验原理和方法

1. 用范成法制造齿轮齿廓的方法有:用插齿刀(齿条插刀、齿轮插刀)在齿轮插床上加工的插齿法和用齿轮滚刀在滚齿机上进行的滚齿法。其中,由于滚齿法在保证一定精度的情况下,具有生产率高、制造成本低以及机床构造简单等一系列优点,因此在工程上被广泛地采用。故本实验主要就这种制造方法的原理加以研究。

由于齿轮滚刀在通过其本身轴线的剖面内为一齿条,在切制轮齿过程中就象齿轮与齿条相互啮合传动一样。图 1-3 表示其啮合情况。

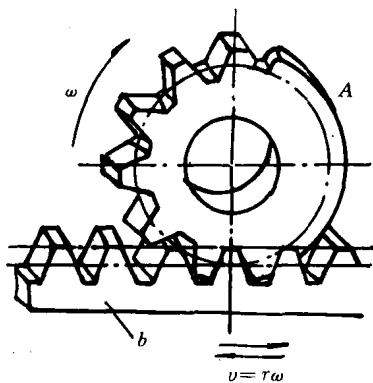


图 1-3 齿条与齿轮的啮合

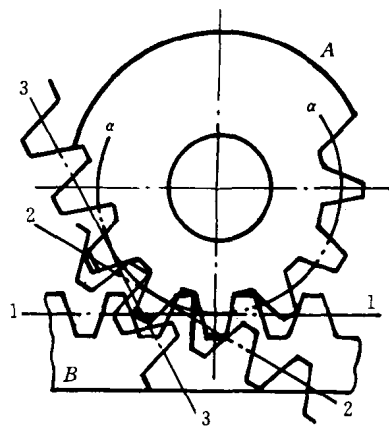


图 1-4 齿条与齿轮啮合运动关系

由图 1-4 中齿条与齿轮的相对运动关系进一步说明了齿廓曲线的形成。设已知齿条刀具的齿廓及两瞬心线 1-1 和 $\alpha-\alpha$ (1-1 为齿条的节线或分度线, $\alpha-\alpha$ 为齿轮的分度圆), 当将齿轮 A 固定不动而使齿条 B 的节线沿分度圆作纯滚动时, 得到齿条 B 的各个顺次位置 2-2、3-3……等, 此时齿条齿廓也占有相应的位置。由于齿条齿廓为一直线, 故在相对运动中可得一簇直线, 而根据渐开线原理这簇直线的包络线就是齿轮 A 的渐开线齿廓曲线。于是得齿轮的参数如下:

$$\text{齿轮分度圆直径} \quad d = mz \quad (1-3)$$

$$\text{齿轮齿顶圆直径} \quad d_a = d + 2(h_a^* \pm x)m \quad (1-4)$$

$$\text{齿轮齿根圆直径} \quad d_f = d - 2(h_a^* + c^* \mp x)m \quad (1-5)$$

$$\text{齿轮分度圆上的齿厚} \cdot S = \frac{\pi m}{2} \pm 2xm \tan \alpha \quad (1-6)$$

式中: x ——变位系数, 其值应满足如下关系:

$$x \geq h_a^* \frac{z_{\min} - z}{z_{\min}} \quad (1-7)$$

$$\text{则齿条移动距离为} \quad xm \quad (1-8)$$

2. 根据上述原理, 这一实验是在“齿轮范成仪”上进行的。如图 1-5 中 1 为一有机玻璃盘, 它的下面固结有直径为 d 的圆盘 2 (相当于齿轮分度圆), 此圆盘 2 与齿条 5 上的节线 $t-t$ 相切。当转动手把 4 时, 丝杠也随之转动, 并通过固结在滑板 3 上的螺母 8 带动齿条 5 在水平方向移动, 同时由于齿轮与齿条啮合装置 (图中未画出) 而使圆盘 2 相对于滑板 3 作纯滚动。换句话说, 被加工齿轮的分度圆与齿条刀具节线的相对运动为纯滚动, 在此相对运动过程中即可形成渐开线齿廓。当需要调整齿条节线 $t-t$ 与齿轮分度圆之间的相对位置时 (变位时) 可转动手把 6 则齿条 5 即可沿滑板 3 上下滑动。所调节的距离由固结在滑板 3 上的标尺 7 读出。

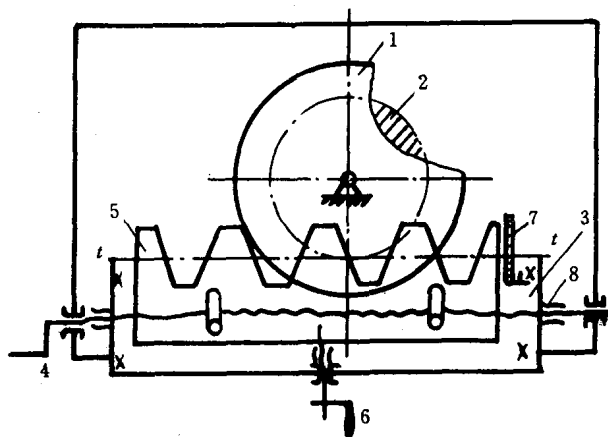


图 1-5 齿轮范成仪示意图

(三) 实验设备和用具

1. 齿轮范成仪一台 (附用手把一个), 如图 1-5 所示。
2. 准备直径为 D (约 240~245mm) 的圆纸片 (绘图纸) 一张, 按图 1-6 所示要求制作。
3. 圆规、三角板、铅笔等。

(四) 实验步骤

1. 根据已给的 $m=20\text{mm}$, $z=9$, $\alpha=20^\circ$, 算出被加工齿轮的分度圆、顶圆、根圆和基圆直径, 并在纸片上画出分度圆、基圆。
2. 计算变位系数值。
3. 在纸片上用一半画出标准齿轮齿顶圆、齿根圆, 另一半画出变位齿轮的齿顶圆、齿根圆和极限啮合点 N (自 P 作基圆之切线即得切点 N , 见图 1-6)。
4. 分别按零变位、正变位在纸片的对称位置上画出齿条齿廓的包络线——渐开线 (此项在实验仪器上进行)。

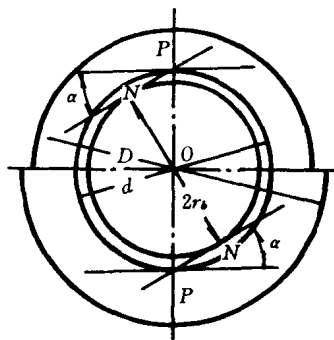


图 1-6 标准齿轮和变位齿轮的顶圆、根圆和极限啮合点

(五) 注意事项

1. 在开始描绘齿廓曲线前,先将圆纸片之纵轴对准有机玻璃圆盘上的刻线,调整齿条刀使中线与分度圆相切,然后再将齿条摇至某一端(左端或右端),即可开始描绘齿廓曲线(按相反方向摇动手把)。
2. 描绘时所用之铅笔要求尖细,并垂直于圆盘而与齿条齿廓靠紧。
3. 为使画出的包络线均匀,建议手柄每转动两周描绘一次。
4. 描绘工作开始前,应检查在零变位时齿条中线是否与齿轮的分度圆相切。
5. 特别注意确定极限啮合点 N 的位置,此时齿轮上节点 P 的位置必须在齿条的节线上。

(六) 讨论问题

1. 在理论上用零变位描绘出的齿廓曲线是否发生根切现象? 你做的结果如何?
2. 除了用齿条(刀具)变位的方法避免根切外,还有没有其他方法?
3. 变位齿轮的基圆压力角、分度圆压力角和齿顶压力角是否与标准齿轮的相同?

实验三 齿轮基本参数的测定

当没有图纸资料而又需要修配损坏的齿轮时,通常需要进行实物测定以确定齿轮的参数。因此,必须了解齿轮中一些基本参数的测量方法。

(一) 实验目的

1. 掌握齿轮基本参数、模数、变位系数及齿顶降低系数的测定方法。
2. 运用并巩固所学的渐开线的基本性质、齿轮参数与各尺寸间的关系。

(二) 实验原理和方法

1. 模数的测定

测定模数时,首先用游标卡尺卡住被测齿轮的 n 个齿, n 可参考表 1-1 选取。如图 1-7 所示(图中 $n=3$),此时两卡爪平面应切于齿廓。由渐开线的性质知,渐开线上两个切点处的公法线必定切于基圆,其距离可由卡尺读出为 l_1 ;然后用卡尺再测量 $n+1$ 个齿,得读数 l_2 ,由图 1-7 及渐开线的性质可知,这两个读数之差即为齿轮的基圆齿距 p_b 。

表 1-1 跨齿数的选择

齿轮齿数	12~19	20~27	28~36	37~45	46~54	55~63	64~72
n	2	3	4	5	6	7	8

表 1-2 模数系列

.....	1	1.25	1.5		2
2.5	3	4			5
6	8	10	12	16	
.....	2.25		2.75		(3.25)
3.5	4.5	5.5	(6.5)	7	
9	14				

即: $l_2 - l_1 = p_b = \pi m \cos \alpha$

由上式得模数:

$$m = \frac{l_2 - l_1}{\pi \cos \alpha} \text{ mm} \quad (1-9)$$

式中: α ——刀具角。

由上式求得模数后,再按表 1-2 查取标准值。

2. 变位系数的测定

由任意半径上的齿厚公式

$$S_1 = S \frac{r_1}{r} - 2r_1(\operatorname{inv}\alpha_1 - \operatorname{inv}\alpha)$$

得基圆的齿厚 S_b 为: (因 $\alpha_b = 0$, 故 $\operatorname{inv}\alpha_b = 0$)

$$S_b = S \frac{r_b}{r} + 2r_b \operatorname{inv}\alpha$$

$$S_b = \cos\alpha(S + mz \operatorname{inv}\alpha)$$

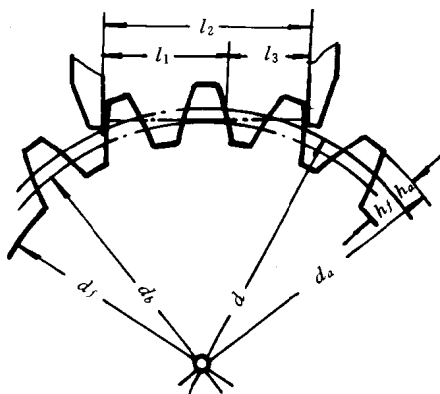


图 1-7 用游标卡尺测定齿轮参数

将分度圆齿厚 $S = \frac{\pi m}{2} + 2x m \tan\alpha$ 代入上式并移项后得变位系数:

$$x = \frac{S_b - \frac{\pi m}{2} \frac{r_b}{r} - 2r_b \operatorname{inv}\alpha}{2m \tan\alpha \frac{r_b}{r}} = \frac{S_b \frac{r}{r_b} - \frac{\pi m}{2} - 2r \operatorname{inv}\alpha}{2m \tan\alpha}$$

$\because \frac{r}{r_b} = \frac{p}{p_b}$ 及 $2r = mz$, 故上式化简后得:

$$x = \frac{\frac{S_b}{p_b} \pi - \frac{\pi}{2} - z \operatorname{inv}\alpha}{2 \tan\alpha} \quad (1-10)$$

式中: S_b ——基圆齿厚, 其值为:

$$S_b = l_1 - (n-1)p_b \quad (1-11)$$

当求出基圆齿厚 S_b 后, 代入公式(1-10)中即可求出变位系数。

3. 齿顶降低系数的测定

由齿顶圆直径的公式

$$d_a = m(z + 2h_a^* + 2x - 2\sigma) \text{ 得齿顶降低系数}$$

$$\sigma = \frac{m(z + 2h_a^* + 2x) - d_a}{2m} \quad (1-12)$$

式中齿顶系数 $h_a^* = 1$ 。齿顶圆直径 d_a 可用卡尺量出,当齿轮的齿数为偶数时可由齿轮两相对应的距离直接量出;当齿轮之齿数为奇数时,则应间接的先测量轴孔的直径 $d_{\text{孔}}$ 及尺寸 H (图 1-8),然后再用下式算出齿顶圆直径 d_a 。

$$d_a = d_{\text{孔}} + 2H \quad (1-13)$$

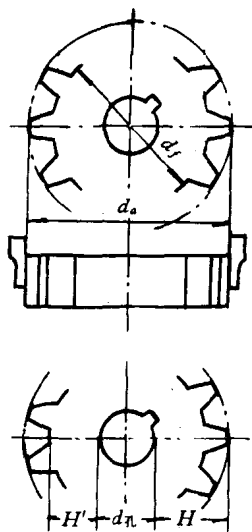


图 1-8 齿顶圆直径的测定

(三) 实验设备与工具

1. 齿轮。
2. 游标卡尺。

(四) 实验步骤

1. 数出齿轮的齿数并用卡尺测定齿轮的有关尺寸: l_1 、 l_2 、 d_a 、 $d_{\text{孔}}$ 与 H 。
2. 计算 p_b 及 d_a 。
3. 根据公式(1-9)、(1-10)及(1-12)确定齿轮的模数、变位系数及齿顶降低系数。

(五) 注意事项

1. 测定 l_1 及 l_2 时,卡爪必须与齿廓渐开线部分相切。
2. 读数要准确。

(六) 讨论问题

1. 当分度圆上的压力角 α 及齿顶高系数 h_a^* 的大小未知时,那么本实验的参数能否测定? 或者如何来测定?
2. 测定时的卡爪若在齿廓的不同位置上,对所测定 l_1 和 l_2 有无影响? 为什么?

实验四 回转构件的静平衡

在现代机械制造中,对高速回转构件进行惯性力和惯性力矩的平衡,占极重要的地位。根据构件对平衡的不同要求,可分为静平衡和动平衡两种。静平衡是平衡构件的惯性力,在静平衡试验台上进行,它适用于厚度较薄的零件,如飞轮、窄皮带轮等。

(一) 实验目的

1. 了解回转构件的静平衡原理。
2. 掌握回转构件的静平衡方法。

(二) 实验原理和方法

如果回转构件的几何轴线通过构件的质心,则这种构件是静平衡的,亦即将构件任意转过一个角度,它都可以停止在任意位置,而处于平衡状态。如果当几何轴线不通过构件的质心,如图 1-9 所示,这种构件是静不平衡的。设构件的质量为 m ,质心 S 对几何轴线的偏距为 e 。而平衡的目的,就是要改变构件质心的位置,使它落在几何轴线上,这可以用增加质量或除去质量的方法来达到。当加上(或除去)质量 m' 时,必须使它们质径积相等(如图 1-9 所示)即:

$$me = m'r$$

式中: r ——增加的质量 m' 对轴线的距离。

构件的静平衡是在静平衡试验台上进行的。先将构件放在静平衡试验台上,由于构件是不平衡的,所以当它停止时,其质心必定铅直向下。这样,我们只要在其相反的方向渐渐加上质量(选定适合的位置),直至使构件在任意位置都能完全停止为止。然后称出加上的质量,量出距离,即可计算出质径积。最后,再进行平衡的处理。

(三) 实验设备与工具

1. 刀口式静平衡实验台一台。
2. 滚子式平衡实验台一台。
3. 试验的构件一个。
4. 天平一台。
5. 水平仪一个。

(四) 实验步骤

1. 调整好静平衡试验台的水平位置。
2. 将试验构件放在试验台上,并找出其不平衡时的稳定位置。
3. 在构件上不平衡质量所在的相对位置加上胶粘水泥,直到使它在任意位置都能停住为止。

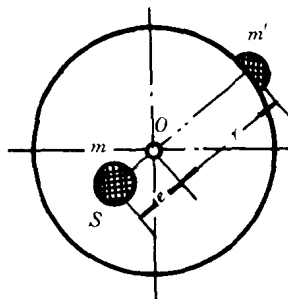


图 1-9 圆盘的静平衡