

● 汽车维修系列丛书

起重举升汽车 维护与修理

姚铁城 编著

QY8B



QY12



QY25A



LTM1050 全地面越野起重機



科学技术文献出版社

● 汽车维修系列丛书

起重举升汽车维护与修理

姚铁城 编著

秦德申 审校

江苏工业学院图书馆
藏书章

科学技术文献出版社

(京)新登字130号

内 容 简 介

本书主要介绍汽车式起重机、轮胎式起重机和叉式装卸车的类型、构造及原理,主要性能指标,常见故障的分析、预防和排除,整机零部件的维护与修理,以及传动机构的基本知识等。

本书可供驾驶员、修理工、有关工程技术人员以及汽车专业师生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

起重举升汽车维护与修理/姚铁城编著.-北京:科学技术文献出版社,1995.3
(汽车维修系列)
ISBN 7-5021-2391-0

I.起… II.姚… III.汽车起重机-维修 IV. TH213.6

中国版本图书馆CIP数据核字(94)第08246号

科学技术文献出版社出版

(北京复兴路15号 邮政编码100038)

北京昌平星城印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

1995年3月第1版 1995年3月第1次印刷

787×1092毫米 16开本 10.25印张 262千字 2插页

科技新书目, 338—095 印数: 1—3000册

定价: 12.00元

前 言

汽车维修系列丛书是由从事汽车教学、设计、制造、检测、维修和车辆技术管理方面的专家、教授、工程技术人员联合撰写的。本丛书汇集了国产和进口汽车的车型、技术参数及维护与修理的工艺和方法,相信它的问世对于做好车辆定期检测和维护修理,保持车辆良好技术状况,减少零部件、总成故障率,延长车辆使用寿命,降低维修费用,保证安全运输生产,提高经济效益、社会效益和环保效益能有重要的参考作用。

这套丛书分为《客车维护与修理》、《越野汽车维护与修理》、《轿车维护与修理》、《汽车列车维护与修理》、《冷藏保温汽车维护与修理》及《起重举升汽车维护与修理》等分册。从1992年起陆续出版与广大读者见面。

本丛书与其它同类书籍不同之处在于它的系统性、新颖性和实用性。它密切配合当前我国汽车运输业贯彻实施国家有关政策法规,实行车辆技术管理改革的需要,对管理、使用大量汽车的交通、公安、城建、旅游等部门的关系尤为密切。它又是国内出版的一套介绍各种类型汽车检测与维修技术的工具书,不论在形式上或内容上均具鲜明的新颖性。本丛书各分册对各种汽车、发动机、底盘、车身、电器的检测与维修实用数据、技术标准、维修工艺、检验规范等都有详细介绍,具有较强的实用价值。此外,丛书各分册的内容比较重视图文并茂、推陈出新,在文字上力求删繁就简,突出重点,不落俗套,是本丛书另一特色。

本丛书可供汽车运输企事业领导、管理干部以及汽车检测站、维修厂的工程技术人员、维修工、驾驶员阅读,也可作为汽车检测及维修人员的培训教材,可供大专院校师生参考。

编辑出版这套系列丛书,工作量较大,加之我们的经验不多,诚恳希望得到国内外汽车生产、使用部门和广大读者给予支持和帮助,并对存在的缺点和错误,给予批评指正。

汽车维修系列丛书编辑委员会

1992年2月于长沙

编 者 的 话

本书主要讲述国内常见的汽车式起重机、轮胎式起重机、叉式装卸车的类型、基本构造与工作原理，主要性能指标，常见故障的分析和预防及排除方法，安全检查与操作要领，整机及主要零部件的维护与修理等。书中还简要地讲述了机械传动、液压传动和电工学的基本知识，常用元件的结构、工作原理、设计计算和选型方法。

本书是《汽车维修系列丛书》分册之一，由姚铁城主编、秦德申审校。

本书可供轮式起重机、叉式装卸车的驾驶员、修理工及有关的工程技术人员阅读和参考。

目 录

第一章 基础理论知识	(1)
第一节 机械传动.....	(1)
第二节 液压传动.....	(15)
第三节 电工基础.....	(27)
第二章 汽车式和轮胎式起重机概述	(37)
第一节 汽车式和轮胎式起重机的分类.....	(37)
第二节 汽车式起重机的组成.....	(39)
第三节 轮式起重机的主要参数.....	(40)
第四节 轮式起重机发展概况.....	(42)
第三章 起重机机构的主要零部件	(43)
第一节 联轴器.....	(43)
第二节 制动器.....	(43)
第三节 卷筒.....	(44)
第四节 吊钩装置.....	(45)
第五节 滑轮组.....	(45)
第四章 起重机的动力及工作装置	(47)
第一节 起重机的机械式动力传动及装置.....	(47)
第二节 汽车式起重机液力式传动装置.....	(50)
第三节 起重及其它装置.....	(51)
第五章 汽车起重机的安全操作	(54)
第一节 起重机的安全鉴定.....	(54)
第二节 起重机作业前的安全检查.....	(54)
第三节 起重机安全操作规程.....	(54)
第四节 负载质心、吊索角度的确定.....	(56)
第五节 起重机的稳定性.....	(56)
第六章 汽车起重机的使用与维护	(59)
第一节 汽车起重机的驾驶.....	(59)
第二节 汽车起重机的维护.....	(59)
第三节 汽车起重机主要零部件的检验与修理.....	(61)
第七章 汽车起重机底盘 (下车) 主要总成的维护与修理	(77)
第一节 汽车发动机常见故障的诊断与排除.....	(78)
第二节 汽车底盘常见故障与排除.....	(83)
第八章 汽车起重机的润滑	(90)
第一节 润滑材料基本知识.....	(90)
第二节 常见的几种汽车起重机的润滑系统 (上车部分)	(92)

第九章 几种汽车起重机（上车）常见故障与排除	(97)
第一节 几种国产汽车起重机（QY8、QY12、QY16）的常见故障及排除方法	(97)
第二节 日本加藤（KATO）汽车起重机常见故障及排除方法	(102)
第十章 轮胎式起重机	(104)
第一节 电传动式轮胎起重机	(105)
第二节 液压式轮胎起重机	(108)
第十一章 叉式装卸车的使用与维护	(112)
第一节 叉车的分类	(112)
第二节 叉车主要性能参数	(113)
第三节 叉车的工作装置	(114)
第四节 叉车的动力传动系统	(116)
第五节 叉车传动系统的主要部件	(117)
第六节 叉车的转向系	(126)
第七节 叉车的制动系	(129)
第八节 叉车液压传动系统	(130)
第九节 叉车的使用、维护与主要总成的维修	(135)
附录一 常见的几种汽车起重机的基本参数和规格	(145)
附录二 常见的几种汽车起重机易损件一览表	(151)
参考文献	(156)

第一章 基础理论知识

第一节 机械传动

一、皮带传动

1. 概述

皮带传动是靠挠性的传动带和刚性的轮子之间的摩擦力来工作的一种传动。与其它传动相比，其主要优点有：传动带富有弹性，能缓冲、吸振、传动平稳、噪声小；在机器发生过载时，传动带将在带轮上打滑，可预防零件超载损坏；结构简单，制造安装的精度要求低，使用维护方便；可用于两轴中心距较大的传动。其主要缺点为：由于传动带和带轮之间存在相对滑动，所以带传动不能保证恒定的传动比；传动装置的外廓尺寸较大，传动效率较低，使用寿命较短；不宜于高温、易燃场合工作。

皮带传动广泛应用于各工业部门。皮带传动所传递的功率通常在40kW以内，超过1500kW时，很少采用皮带传动。皮带的工作速度一般在5~25m/s之间，速度过高要产生很大的离心力，致使皮带伸长，降低了皮带与带轮间的压力和摩擦力。速度过低，皮带传动的传递功率就很小。平皮带传动的传动比（指一对皮带轮）通常不超过3（很少用到5），如果安装张紧轮，可达到7。三角皮带的传动比一般不超过7，少数的可达10。皮带传动的中心距在0.4~15m，个别情况下可以更大。

带传动的类型有平型带、三角带、圆形带、同步齿形带等。其中常用的有平型带和三角带的传动。

2. 平型带传动

平型带传动根据两个皮带轮轴线在空间的相互位置可分为开口传动、交叉传动和半交叉传动等三类。见表1-1。

开口传动：用于两轴平行并且旋转方向相同的情况下。两轴保持平行，两皮带轮的中间平面应重合。这种形式可以传递较大的功率，应用最为广泛。

交叉传动：用于两轴平行但旋转方向相反的情况下。由于交叉处皮带有摩擦和扭转，因此皮带的寿命和载荷容量都较低，允许的工作速度也较小，线速度一般在15m/s以下。传动比可到6。为了减少磨损，轴间距离不应小于20倍的皮带宽度。

半交叉传动：用于空间的两交叉轴之间的传动，交角通常是90°。

平型带传动带轮的包角 α 。皮带包围在皮带轮上的弧线部分叫做接触弧，接触弧对中心所成的角度叫做带轮的包角。包角愈大，传动能力也愈大。

包角太小，将造成皮带和带轮之间打滑。一般要求包角应不小于120°，其应用范围见表1-1。一般仅需对小带轮的包角 α 进行验算。当皮带轮的传动比较大时，小轮的包角较小，为了增大小轮包角、张紧皮带，防止皮带打滑，可选择适当位置增加一个（或两个）张紧轮。如图1-1所示，即为增加一个张紧轮装置。

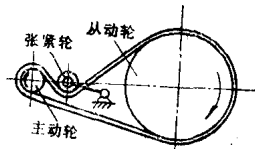
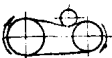


图1-1 张紧轮装置

表1-1 带传动的形式和应用范围

传动形式	简 图	应用范围	平行带	三角带	圆型带	同形齿带
开口传动		平行轴、双向、同向传动	✓	✓	✓	✓
交叉传动		平行轴、双向、反旋向传动，交叉处有摩擦	✓	×	✓	×
半交叉传动		交错轴、单向传动	✓	✗	✓	×
有张紧轮的传动		平行轴、单向、同旋向传动用于传动比大、包角小的场合	✓	✓	✓	✓
有导轮的传动		相交轴、双向传动	✓	×	✓	×
多从动轮传动		简化传动结构带的寿命短	✓	✓	✓	✓

注：表内符号 ✓—适用 ✗—不合理 ×—不适用

表1-2 各型皮带的Y值 (mm)

皮带型号	O	A	B	C	D	E	F
Y	19	25	33	44	60	74	95

3. 三角带传动

三角带是没有接头的环形带，截面形状为梯形，两侧面是工作面，夹角为 40° ，工作时以侧面和皮带轮接触，摩擦力较大，因而其传递功率能力也较大，比平型皮带约大三倍。标准三角带分为帘布结构和线绳结构两种。在一般传动中用帘布结构，在小直径皮带轮的高速传动中，采用线绳结构。线绳结构比较柔软，挠性好，但拉伸强度低，仅用于载荷不大的场合。按照国家标准规定，我国生产的三角带共分O、A、B、C、D、E、F七种型号，而线绳结构的三角带，目前只生产O、A、B、C四种型号。三角带是以其内圆周长作为名义尺寸，称为标准长度。三角带的型号和标准长度都压印在胶带的外表面上，以便识别和选用。如B2240，即表示B型三角带，标准长度为2240mm。在三角带的传动计算中要使用三角带中性层的长度，叫做计算长度，它与标准长度的关系为

计算长度=标准长度+Y

其中Y为修正值。三角皮带的基本尺寸及修正值Y见表1-2。

在三角皮带传动中,采用单根皮带传动的情况较少,一般均采用两根以上皮带传动。皮带根数也不应太多,一般不应超过8根,个别情况可到12根。这是因为当根数太多时,由于带轮加工与安装误差以及皮带本身制造误差的存在,将使各根皮带受力不均,严重时个别皮带甚至不受力。此外,还会加速皮带的磨损。为避免这种情况,可改选较大型号的皮带重新进行计算或提高带轮的加工精度。单根三角带允许传递的最大功率可根据皮带的型号及线速度 v 的大小来确定。皮带的线速度 v 可按下式计算

$$v = \frac{\pi D n}{60 \times 1000}, \quad \text{m/s} \quad (1-1)$$

式中 D ——带轮计算直径(通过三角带横截面中性层的带轮直径), mm

n ——带轮转速, r/min

线速度 v 应小于三角带型号所允许的最大速度 $v_{\max}$, 对于O、A、B、C型三角带, $v_{\max} = 25\text{m/s}$; 对于D、E、F型的三角带, $v_{\max} = 30\text{m/s}$ 。

三角皮带轮一般均用铸铁铸造;少数用钢材车削加工而成;较小的三角皮带轮也有用铝或塑料制造的。

三角皮带传动常用于减速传动,即小轮为主动轮,大轮为从动轮。为了使结构紧凑,常将小轮直径尽量选小一些。但带轮直径与皮带的弯曲应力有关,带轮直径愈小,皮带弯曲就愈厉害,其断面上的弯曲应力就愈大,寿命也就愈短。所以皮带轮的直径不宜选得过小。各种型号的皮带所允许的最小带轮直径 $D_{\min}$ (mm)见表1-3。三角皮带轮直径数列见表1-4。

表1-3 最小带轮直径表

皮带型号	O	A	B	C	D	E	F
一般最小许用直径	71	100	140	200	315	500	800
传动尺寸受到限制时, 最小许用直径	63	90	125	180	300	450	710

表1-4 三角带轮直径数列表

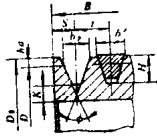
50	(53)	56	(60)	63	(67)	71	75	80	85
90	95	100	(106)	112	(118)	125	(132)	140	(150)
160	(170)	180	(190)	200	(212)	224	(236)	250	(265)
280	(300)	315	(335)	355	(375)	400	(425)	(450)	(475)
500	(530)	560	(600)	630	(670)	710	(750)	800	(850)
900	(950)	1000	1120	1250	1400	1600	1800	2000	2250
2800	3200	3600	4000						

注: 括号内尺寸尽可能不用。

三角皮带轮的结构通常由轮缘、轮辐和轮毂三部分组成。轮缘是皮带轮的工作部分, 其结构尺寸列于表1-5。

表1-5 三角带轮结构尺寸表

槽 型			型 号							
尺 寸			O	A	B	C	D	E	F	
H			10	12.5	16	21	28.5	34	43	
ha			2.5	3.5	5	6	8.5	10	12.5	
bp			8.5	11	14	19	27	32	42	
t			12	16	20	26	37.5	44.5	58	
S			8	10	12.5	17	24	29	38	
K			5.5	6	7.5	10	12	15	18	
B			$B=(z-1)t+2S$ Z为带的根数							
φ	34°	D	63~80	90~112	125~180					
		b'	10	13.1	17.1					
	36°	D				200~280	315~475	500~600		
		b'				22.9	32.5	38.5		
	38°	D	≥90	≥125	≥200	≥300	≥500	≥630	≥800	
		b'	10.2	13.4	17.4	23.1	32.9	38.9	50.6	



需要说明的是，标准三角皮带两侧面的夹角均为40°，而轮槽夹角φ则有34°、36°、38°三种。其原因是三角皮带在皮带轮上弯曲时剖面形状发生了变化。其外边（宽边）受到拉伸作用而变窄，内边（窄边）受到压缩作用而变宽，因此，使皮带侧面的夹角变小。带轮直径愈小，这种作用愈显著。所以，为使皮带侧面和轮槽较好的接触，轮槽角应小于40°，且随直径的减小而减小。

带轮轮辐和轮毂的结构和带轮直径有关。当直径 $D \leq 300\text{mm}$ 时，皮带轮可做成辐板式； $D > 300\text{mm}$ 时，皮带轮可做成辐条式（图1-2a）； $D \leq (2.5 \sim 3)d$ （轴径）时，皮带轮做成实心式。

在皮带传动中，皮带受力后由于产生塑性变形而使皮带变长，从而产生打滑，甚至不能工作。为了消除这种现象，可以采用一些防松措施：对于平型皮带传动，工作一个时期后，将皮带卸下，减短长度，缝合后再行使用；也可用定期改变两轮中心距的方法，使皮带保持足够的拉紧力。这种传动在设计安装时，使一个轮子的轴心位置可在一定范围内调节（图1-3）；还可用可调节位置的张紧轮，使皮带保持所需的拉力（图1-1）。这种方法对平型皮带传动尤为适合，因平型皮带的两面都可作为工作面，张紧轮可装在环形带的外侧，不仅增加皮带张力，而且可使包角增大。对于梯形断面的三角皮带，其工作面位于环形带的内侧，故张紧轮也只能装在环带的内侧，虽然可增加皮带的张紧力，但使包角减小（图1-4）。

4. 同步齿形带传动

同步齿形带是内表面带齿的传动带（图1-5），工作时靠齿带上的齿和带轮上的齿相啮合

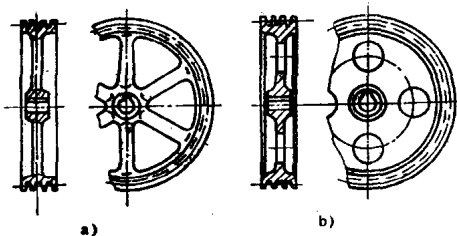


图1-2 带轮结构形式

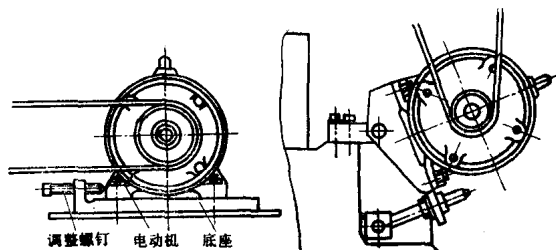


图1-3 皮带轮中心距调节

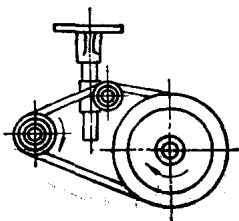


图1-4 三角带张紧轮装置

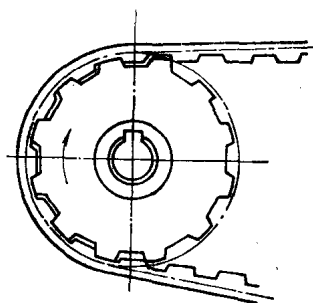


图1-5 同步齿形带

而传递动力。由于齿的啮合作用，齿带在轮上没有滑动，兼有带传动和链传动的优点，故有同步的特点。

由于不受摩擦力的限制，同步齿带使用范围很广，线速度 v 可达40m/s（有时允许达80m/s）；传递功率可达100kW（有时达500kW），传动比可达10；效率可达92~98%左右。适用于转速要求准确的地方。

二、链传动

链传动是在两个（或多个）链轮之间用链条作为挠性拉曳元件的一种啮合传动。它是靠链与链轮轮齿的啮合来传动的。适用于中心距较大而只要求平均传动比准确或工作条件恶劣（如温度高、有油污、淋水等）的场合。因此，链传动广泛应用于矿山机械、农业机械、机床及摩托车中。通常链传动的传动比 $i \leq 8$ ；中心距 $a \leq 5 \sim 6m$ ；传递功率 $p \leq 100kW$ ；圆周速度 $v \leq 15m/s$ ；传动效率约为95~98%。

按用途不同，链传动可分为：

1. 传动链 用于一般机械中传递动力和运动。
2. 起重链 用于起重机械中起吊重物。
3. 牵引链 用于运输机械中曳引输送带等。

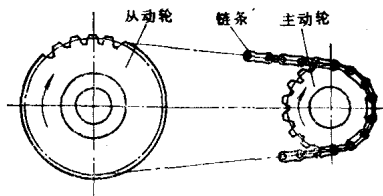


图1-6 链传动

传动链的主要类型有套筒滚子链和齿形链两种，最常用的是套筒滚子链。套筒滚子链的标记方法是：链号、等级、排数-节数、国标号。例如，TG158A2-45GB1243-76表示节距为15.875mm，A级、双排、45节的套筒滚子链。B级不标等级，单排链不标排数。例如，TG190-40GB1243-76表示节距为19.05mm、40节的单排B级套筒滚子链。

链传动的传动比就是主动链轮的转速 n_1 与从动链轮转速 n_2 之比，与其两链轮齿数成反比。即

$$i_{12} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{Z_1}{Z_2} \quad (1-2)$$

公式求得的传动比是平均值。实际上，当主动链轮等速转动时，由于链节的多边形运动（像把平型皮带绕在两个正多边形的带轮上传动一样），从动轮的转动是不均匀的，链条的线速度也是不均匀的。链速这种忽快忽慢，忽上忽下的变化，给链传动带来了工作的不平稳性和有规律的振动。因而，传动中要产生一定的动载荷和冲击，传动平稳性较差，急速反向转动的性能也较差。因此，为使链传动的运动平稳，小链轮齿数不宜过少。对于套筒滚子链，可根据链速由表1-6选取 Z_1 。然后按传动比确定大链轮的齿数（ $Z_2=iZ_1$ ）。一般 $Z_2 \leq 120$ ，因大链轮齿数过多，当链条的铰链发生磨损时，传动容易发生跳齿和脱链现象。

表1-6 小链轮齿数与链速关系表

链速V m/s	0.6~3	3~8	>8
Z1	≥17	≥21	≥25

一般链条节数为偶数，而链轮齿数最好选取奇数，这样可以使磨损较均匀。

三、齿轮传动

齿轮传动是机械传动中应用最广的一种传动。具有传动比准确、传力大、效率高、结构紧凑、可靠、耐用等特点。从仪器中的直径小于1mm的小齿轮一直到大功率机器中的圆周速度达150m/s、传递功率达上万kW、直径达数米的大型齿轮。

1. 齿轮传动的分类

齿轮传动中，常见的有直齿圆柱齿轮、斜齿圆柱齿轮、直齿圆锥齿轮、齿条、蜗轮、蜗杆等。齿轮的分类见表1-7。

表1-7 齿轮传动的分类

齿 传 动	圆 柱 齿 轮	两 轴 平 行	直 齿 圆柱齿轮	外啮合传动	
				内啮合传动	
				齿条啮合传动	
				斜 齿 圆柱齿轮	外啮合传动
					内啮合传动
					齿条啮合传动
			人字齿圆柱齿轮传动		
	圆 锥 齿 轮	两轴相交	直齿圆锥齿轮传动		
			斜齿圆锥齿轮传动		
			曲齿圆锥齿轮传动		
	齿 轮	两轴交叉	螺旋齿轮传动		
			蜗轮蜗杆传动		
			准双曲线齿轮传动		

2. 渐开线齿形

齿轮的齿形是指轮齿的齿廓曲线。常用的齿廓曲线有摆线和渐开线。摆线齿廓主要用于钟表和仪表齿轮。渐开线齿廓齿轮主要用于机床、汽车及其它大部分机械传动，其应用范围最广。

(1) 渐开线齿廓的形成。如图1-7所示，设以定长 r_b 为半径，画一个圆，这个圆称为基圆。有一直线AB与其相切，该直线称为发生线。使发生线沿基圆作无滑动的纯滚动，则发生线上任意一点k的轨迹，称为该基圆的渐开线。渐开线齿轮的轮齿由两条对称的渐开线齿廓而组成（图1-7b）。

(2) 渐开线的性质

① 发生线在基圆上滚过的线段长等于基圆上被滚过的一段弧长；

② 渐开线上任意一点的法线与基圆相切，并且也与发生线重合；

③ 渐开线上各点的曲率半径不相等，离基圆愈远的点，曲率半径愈大；

④ 渐开线的形状取决于基圆的大小，基圆愈大，渐开线愈平直，当基圆趋于无限大时，渐开线变成直线（即为齿条的齿廓线）；

⑤ 同一基圆形成的任意两条反向渐开线的公法线长度处处相等；

⑥ 渐开线上各点压力角不相等，离基圆愈远的点，压力角愈大，基圆上的压力角为零（渐开线上任意一点A的压力角 α_A 是指渐开线轮齿上A点的受力方向线与该点运动速度方向线之间的夹角）；

⑦ 基圆内无渐开线。

3. 直齿圆柱齿轮的主要参数和几何尺寸的计算

(1) 主要参数

压力角 α ：前已述及，渐开线齿廓上各点的压力角均不相等，我们把齿廓在分度圆上的压力角称为分度圆压力角，通常所说的齿轮压力角就是指分度圆压力角。标准齿轮的分度圆压力角为 20° 。

模数 m ：如图1-8所示，设分度圆直径为 d ，相邻两轮齿的同侧齿廓间在分度圆上的弧长（称为分度圆齿距）为 p ，则分度圆周长为

$$\pi d = zp \quad \text{可得} \quad \frac{p}{\pi} = \frac{d}{z}$$

式中 z 为齿轮的齿数。由于 π 为一无理数，为了制造上的方便，人为地把 p/π 规定为有理数，称为模数，用 m 表示，单位为mm，即

$$m = \frac{p}{\pi} = \frac{d}{z} \quad (1-3)$$

模数是计算齿轮几何尺寸的一个基本参数。模数越大，轮齿也就越大。在齿数相同时，模数越大，齿轮直径也就越大。国家规定了标准模数系列，见表1-8

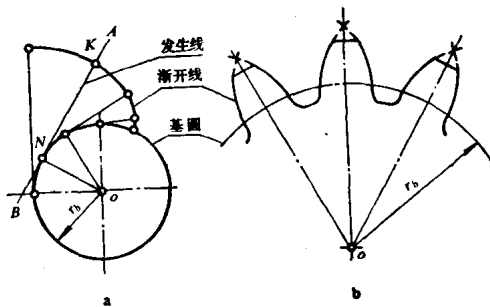


图1-7 渐开线齿廓的形成

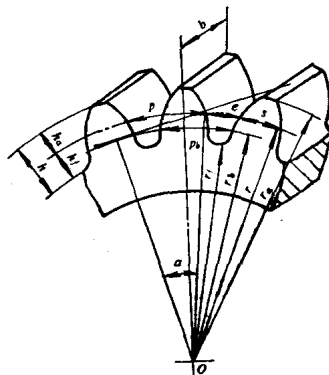


图1-8 渐开线齿轮各部尺寸

表1-8 齿轮标准模数系列 (JB111-60)

0.1	1	3.5	9	22
0.15	1.25	(3.75)	10	25
0.20	1.5	4	(11)	28
0.25	1.75	4.5	12	30
0.3	2	5	(13)	33
0.4	2.25	(5.5)	14	36
0.5	2.5	6	(15)	40
0.6	(2.75)	(6.5)	16	45
0.7	3	7	18	50
0.8	(3.25)	8	20	

(2) 标准直齿圆柱齿轮各部名称及几何尺寸计算 (参见图1-8)。

分度圆：是齿轮上具有标准模数和标准压力角的圆。在分度圆上轮齿的齿厚和槽宽相等。分度圆直径 $d=mz$ (mm)。

齿距：沿任意圆周上，相邻两轮同侧渐开线间的弧长。齿轮几何计算时，一般仅计算分度圆上的齿距 p ，而 $p=\pi m$ (mm)。

齿厚：沿任意圆周上，轮齿两侧渐开线间的弧长称为该圆上的齿厚。齿轮几何计算时，一般仅计算分度圆上的齿厚 s ，而 $s=\frac{\pi m}{2}$ (mm)。

槽宽：沿任意圆周上，相邻轮齿近侧渐开线间的弧长称为该圆上的槽宽。一般仅计算分度圆上的槽宽 e 。对于标准齿轮，槽宽 e 等于齿厚 s ，即 $e=s=\frac{\pi m}{2}$ (mm)。

齿顶高：分度圆与齿顶圆之间的径向距离，用 h_a 表示，其值为

$$h_a = h_a^* m \quad (1-4)$$

式中 h_a^* ——齿顶高系数。对于正常标准齿轮 $h_a^*=1$ ，短齿制标准齿轮 $h_a^*=0.8$ 。

齿根高和顶隙：分度圆与齿根圆之间的径向距离称为齿根高，用 h_f 表示。为了使两齿轮在啮合传动时，避免一齿轮的齿顶与另一齿轮的齿槽底部接触，在齿顶和齿槽底部留有一定的间隙，称为顶隙，用 c 表示，即

$$c = c^* m \quad (1-5)$$

式中 c^* ——顶隙系数，对于正常标准齿轮， $c^*=0.25$ 。短齿制标准齿轮， $c^*=0.3$ 。

齿全高：齿顶圆和齿根圆之间的径向距离称为齿全高，用 h 表示，单位为mm。

$$h = h_a + h_f = 2h_a + c \quad (1-6)$$

对于正常标准齿， $h=2.25m$ 。

齿顶圆：过齿轮轮齿顶部的圆称为齿顶圆，其直径 d_a 为

$$d_a = d + 2h_a = m(z + 2) \quad (\text{mm}) \quad (1-7)$$

齿根圆：过齿轮各齿槽底部的圆称为齿根圆，其直径 d_f 为

$$d_f = d - 2h_f = m(z - 2.5) \quad (\text{mm}) \quad (1-8)$$

基圆：渐开线齿轮形成渐开线的圆称为基圆，其直径 d_b 为

$$d_b = d \cos \alpha \quad (\text{mm})$$

中心距：相啮合的一对齿轮两轴线间的距离称为中心距，用 a 表示，则

$$a = \frac{1}{2} m (z_1 + z_2) \quad (\text{mm}) \quad (1-9)$$

4. 斜齿圆柱齿轮传动

斜齿轮的斜齿可以这样来理解：把直齿圆柱齿轮切成宽度相等的圆柱齿轮片，并使每片齿轮沿同一方向转过一个角度（图1-9b），当片数增加到无穷多时，就成为连续的斜齿圆柱齿轮了（图1-9c）。

斜齿圆柱齿轮的齿的走向是螺旋方向。齿形走向线与轴线的夹角叫螺旋角（用 β 表示）。在齿顶、齿根等处的螺旋角是各不相同的，所以斜齿轮的螺旋角仅是指在分度圆上的螺旋角（图1-9a）。

(1) 斜齿圆柱齿轮传动的特点

①啮合特点 一对斜齿轮啮合时，齿面上的接触线是：一个齿轮的一端齿顶（或齿根）处开始逐渐由短变长，再由长变短，至另一端的齿根（或齿顶）为止（如图1-10b）。因此，每一个轮齿上所受的载荷也是连续地由小到大，又由大到小。此外，由于斜齿轮的轮齿是螺旋状的，实际啮合线长了，同时进入啮合的齿数比直齿轮多。

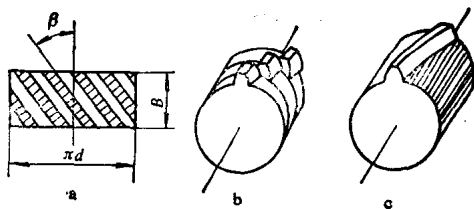


图1-9 斜齿圆柱齿轮

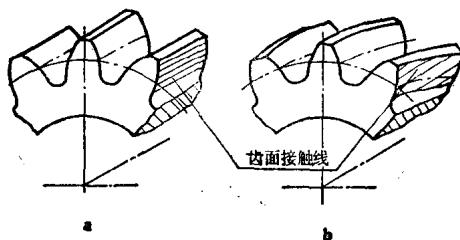


图1-10 齿轮接触线

②斜齿轮传动与直齿轮传动的比较 承载能力比直齿轮大，可用于大功率传动；传动平稳，冲击、噪声和振动大为减小，可用于高速传动；使用寿命长；传动时产生轴向力，螺旋角愈大，轴向力愈大。

(2) 斜齿圆柱齿轮的主要参数及几何尺寸计算 斜齿轮与直齿轮在端面上都具有渐开线齿形。但斜齿轮的轮齿是螺旋形的，在垂直于螺旋线方向的法面上，其齿形与端面齿形不同。因此便出现法向参数和端面参数。斜齿轮的法向模数和压力角是标准值。但在计算斜齿轮的几何尺寸时，一般均按端面参数进行计算。所以必须建立两种参数之间的换算关系。

①主要参数

模数：有法面模数 m_n 和端面模数 m_s ，它们之间的关系为 $m_n = m_s \cos \beta$ ，式中 β 为螺旋角。法向模数取为标准值。

压力角：也有法面压力角 α_n 和端面压力角 α_s ，而法面压力角为标准值，即 $\alpha_n = \alpha = 20^\circ$ 。

齿顶高系数和顶隙系数：取法向齿顶高系数 h_{an}^* 为标准值（等于1），法向顶隙系数也为标准值，即 $C_n^* = 0.25$ 。

螺旋角：前面已讲过螺旋角 β 的意义。齿轮轮齿的螺旋方向有左旋与右旋之分。右旋和

左旋可以这样来判断：将齿轮的轴线垂直放置，轮齿自左至右上升者为右旋。反之为左旋。

②斜齿圆柱齿轮的几何尺寸计算

分度圆直径 d

$$d = m_n z = \frac{m_n}{\cos \beta} z, \quad (\text{mm}) \quad (1-10)$$

齿顶高 h_a 、齿根高 h_f 和齿全高 h

$$h_a = h_{an} m_n \quad (\text{mm}) \quad (1-11)$$

$$h_f = (h_{an} + c_n) m_n, \quad (\text{mm}) \quad (1-12)$$

$$h = h_a + h_f = (2h_{an} + c_n) m_n, \quad (\text{mm}) \quad (1-13)$$

齿顶圆直径 d_a

$$d_a = d + 2h_a = \left[\frac{z}{\cos \beta} - 2(h_{an} + c_n) \right] m_n, \quad (\text{mm}) \quad (1-14)$$

齿根圆直径 d_f

$$d_f = d - 2h_f = \left[\frac{z}{\cos \beta} - 2(h_{an} + c_n) \right] m_n, \quad (\text{mm}) \quad (1-15)$$

中心距 a

$$a = \frac{1}{2} (d_1 + d_2) = \frac{m_n}{2 \cos \beta} (z_1 + z_2) \quad (1-16)$$

式中 m_n ——斜齿轮法面模数，(mm)

β ——斜齿轮螺旋角

z_2, z_1 ——大、小斜齿轮齿数

h_{an} ——法面齿顶高，(mm)

c_n ——法面顶隙系数

(3) 斜齿圆柱齿轮的配对条件 要使一对外啮合的渐开线斜齿圆柱齿轮配对使用，必须使两轮的模数和压力角分别相等；此外，两轮在分度圆上的螺旋角必须大小相等、旋向相反，即一轮是左旋，另一轮则是右旋。

5. 圆锥齿轮传动

圆锥齿轮(俗称伞齿轮)用来传递两轴相交的运动，例如汽车驱动桥中的主减速器齿轮。圆锥齿轮的轮齿是分布在一个截圆锥面上(如图1-11)。轮齿有直齿、斜齿及曲齿(弧齿、螺旋齿)等多种形式，其中直齿圆锥齿轮传动应用最多。两圆锥齿轮轴线之间的夹角可以是任意的，但在一般机械中，大多采用两轴相互垂直的传动。

圆锥齿轮的轮齿从大端到小端的齿廓是逐渐减小的，按规定取大端的参数作为圆锥齿轮的参数，并取大端参数为标准值。

和圆柱齿轮相类似，圆锥齿轮有分度圆锥、齿顶圆锥、齿根圆锥和基圆锥。

一对圆锥齿轮传动，就相当于一对作纯滚动的圆锥摩擦轮传动(图1-11)。该摩擦轮的圆锥称为节圆锥。一对标准直齿圆锥齿轮传动，两齿轮的分度圆锥和节圆锥重合。直齿圆锥齿轮的正确啮合条件是两齿轮的大端模数和压力角分别相等。

标准直齿圆锥齿轮的各部尺寸(图1-12)可按表1-9所列公式计算。

6. 齿轮齿条传动

由渐开线的形成原理可知，一直线在基圆上纯滚动时，直线上一点的轨迹就是渐开线。当基圆直径扩大到无限大时，渐开线就变成直线了。齿条的齿形就是直线，它是渐开线的特