

机械传动及曲柄压力机

JIXIE CHUANDONG JI QUBINGYALIJI

上册

华中工学院等五院(校)《机械传动及曲柄压力机》编写组编



人民教育出版社

机械传动及曲柄压力机

上 册

华中工学院等五院(校)

《机械传动及曲柄压力机》编写组编

*

人民教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

人民教育出版社印刷厂印装

*

1976年5月第1版 1977年3月第1次印刷

书号 15012·014 定价 1.40 元

编者的话

无产阶级文化大革命以来,遵照伟大领袖毛主席关于“教育要革命”、“课程设置要精简”、“教材要彻底改革”的教导,我们在教育革命实践中,深入批判了修正主义教育路线,批判了旧的课程体系和旧教材,并深入工厂实际认真进行调查研究,根据三大革命运动和开门办学的实际需要,把无产阶级文化大革命以前锻压专业设置的《机械原理》、《机械零件》和《曲柄压力机》三门课程有机地组合在一起,设置了《机械传动及曲柄压力机》一门新课,并编写了新教材。几年来,一些院校在开门办学实践中对新教材进行了试用,取得了较好的效果。最近,我们对该教材又进行了修订。

在编写和修订教材过程中,我们认识到,编写新教材应坚决贯彻“教育必须为无产阶级政治服务,必须同生产劳动相结合”的方针,努力把学员培养成为有社会主义觉悟的有文化的劳动者。在这个思想的指导下,我们从以下几方面作了一些努力:

1. 批判修正主义教育路线,批判旧教材宣扬的资产阶级、修正主义思想和唯心论、形而上学等谬论,努力以毛主席的《实践论》、《矛盾论》的观点作统帅,用辩证唯物主义占领学科阵地。书中介绍的曲柄压力机基本上是无产阶级文化大革命以来设计、制造的新产品,体现了我国工人阶级的创造精神;所采用的设计计算方法和数据,大都按照我国新型曲柄压力机的具体情况,根据在生产斗争中的实践经验,进行了核实修改,设计计算方法力求简明扼要;同时又根据“洋为中用”的原则,反映了世界先进技术。

2. 使理论密切联系实际,有利于培养学员分析问题和解决问题的能力。《机械原理》、《机械零件》和《曲柄压力机》都是阐述机械传动的原理和设计、计算方法的课程,我们努力将它们有用的内容有机地组合在一起,结合典型的锻压机械的具体条件和要求,讲述机械传动的理论和设计、计算方法,做到理论联系实际,便于学员结合实践学习,提高分析问题和解决问题的能力。

3. 按照辩证唯物论的认识论组织教材内容。曲柄压力机是一种典型的机械传动的锻压设备,包含有一般机械常用的各种机构和零部件,我们将《曲柄压力机》与《机械原理》和《机械零件》的有用内容组合在一起,从曲柄压力机这种典型机械入手,讲述机械传动的一般规律和设计、计算方法,便于学员从特殊到一般,深入理解和掌握机械传动的有关知识。

4. 精简课程。新课程将原来三门课程的有用内容穿插在一起,互相衔接,密切联系,避免了旧教材中的烦琐哲学和内容的重复、割裂、脱节等弊病。

本书分上、下两册。上册内容包括:曲柄压力机工作原理和主要参数,曲柄滑块机构的运动分析和受力分析,齿轮传动,皮带传动,轴和轴承,连杆、滑块和导轨。下册内容包括:离合器、制动器及联轴节,机身,曲柄压力机的辅助装置,电动机功率和飞轮尺寸,曲柄压力机的总体设计,曲柄压力机及其它锻压机械中的常用机构,各类型曲柄压力机简介和曲柄压力机的发展趋向。

由于我们对马列著作和毛主席的著作学习不够，认识水平不高，本书一定还存在不少缺点和错误，请读者批评指正。

参加本书编写的有：华中工学院，天津大学，北京工业大学，合肥工业大学和重庆大学等院（校）的有关同志。

一九七六年四月

目 录

第一章 曲柄压力机工作原理和主要参数.....	I
§ 1-1 曲柄压力机工作原理.....	1
§ 1-2 曲柄压力机的主要参数和型号.....	8
第二章 曲柄滑块机构的运动分析和受力分析.....	10
§ 2-1 滑块的位移与曲柄转角的关系.....	10
§ 2-2 滑块的速度与曲柄转角的关系.....	13
§ 2-3 曲柄、连杆和滑块所受的力.....	15
第三章 齿轮传动.....	22
§ 3-1 保证齿轮传动平稳的条件.....	23
§ 3-2 齿轮传动的主要参数和尺寸计算.....	29
§ 3-3 渐开线齿轮的加工方法.....	36
§ 3-4 渐开线齿轮的根切现象和最少齿数.....	39
§ 3-5 变位齿轮的种类和尺寸计算.....	40
§ 3-6 圆柱齿轮传动的精度选择和公差确定.....	51
§ 3-7 直齿圆柱齿轮的强度设计.....	67
§ 3-8 变位系数的选择.....	83
§ 3-9 直齿圆柱齿轮设计计算表格.....	90
§ 3-10 斜齿圆柱齿轮传动.....	100
§ 3-11 圆锥齿轮传动.....	116
§ 3-12 蜗杆传动.....	125
第四章 皮带传动.....	146
§ 4-1 皮带传动工作原理.....	146
§ 4-2 皮带传动的设计计算方法.....	149
§ 4-3 三角皮带轮的结构和皮带的张紧装置.....	154
第五章 轴和轴承.....	159
§ 5-1 轴的设计.....	159
§ 5-2 滑动轴承设计.....	185
§ 5-3 滚动轴承的选用与组合设计.....	190
第六章 连杆、滑块和导轨.....	210
§ 6-1 连杆及封闭高度调节装置.....	210
§ 6-2 滑块、导轨和平衡器.....	224
§ 6-3 超载保险装置.....	232
附 表.....	234

第一章 曲柄压力机工作原理和主要参数

“社会的财富是工人、农民和劳动知识分子自己创造的。”曲柄压力机是劳动人民在三大革命运动实践中创造的、用来进行冲压和锻造生产的一种机器。它的类型虽然很多，但“矛盾的普遍性即寓于矛盾的特殊性之中”，“就人类认识运动的秩序说来，总是由认识个别的和特殊的事物，逐步地扩大到认识一般的事物。”因此，我们以JA31-160B型通用压力机(图1-1)为例，来说明曲柄压力机的工作原理和主要参数。

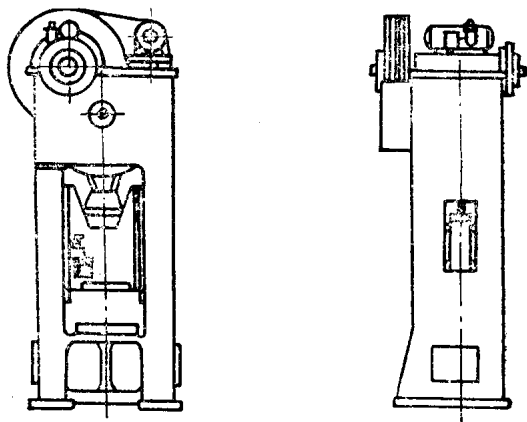


图 1-1 JA 31-160 B 型曲柄压力机外形图

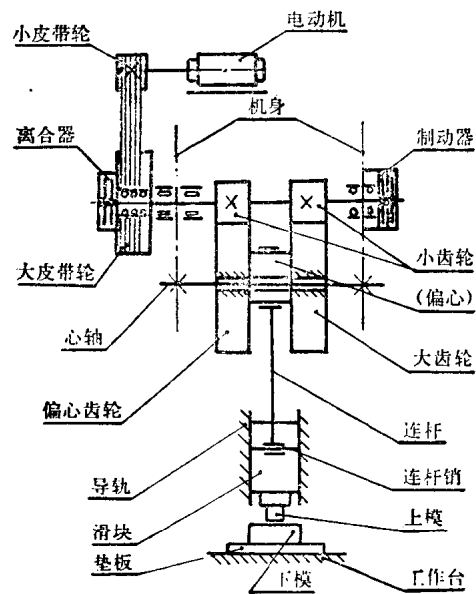


图 1-2 JA31-160 B 型曲柄压力机的传动示意图

§ 1-1 曲柄压力机工作原理

图1-2 是JA31-160B型曲柄压力机的传动示意图。电动机经小皮带轮、大皮带轮和一对小齿轮，带动偏心齿轮(铸有偏心的大齿轮，通常称为偏心齿轮)和大齿轮绕固定在机身上的心轴旋转。偏心齿轮又通过它上面的偏心和连杆，带动滑块在机身的导轨内上、下移动。加工用的模具，上模固定在滑块的下平面上，下模固定在工作台面的垫板上。因此，滑块每上下移动一次，完成一次冲压动作。

从这个例子来看，曲柄压力机的主要组成部分为：

- (1) 由偏心、连杆和滑块组成的工作机构；
- (2) 由电动机、皮带轮、皮带和齿轮等组成的传动系统；

(3) 机身。

一、工作机构

由于锻压工艺要求滑块作直线往复运动,而作为动力的电动机却是作旋转运动,因此,需要一套机构,将旋转运动转变为直线往复运动。图 1-3 中的偏心、连杆和滑块组成的工作机构,就是起这个作用的。

有些曲柄压力机,特别是小型曲柄压力机,采用曲轴(图 1-4)代替图 1-3 中的偏心和心轴,同样可以将旋转运动转变为滑块的直线往复运动。

图 1-3 和图 1-4 在结构上虽然差别较大,但它们的工作原理是相同的。图 1-3 中的两个齿轮和心轴的中心到偏心的距离,相当于图 1-4 中的曲轴中心到曲柄颈中心的距离,这个距离通常都叫做曲柄半径,并用 R 表示。图 1-3 和图 1-4 所示的工作机构,叫做曲柄滑块机构。工作台面较窄的压力机,采用一套曲柄连杆,它对滑块只有一个加力点,叫做单点压力机;工作台面左右较宽的压力机,采用两套曲柄连杆,它们对滑块有两个加力点,叫做双点压力机;工作台面左右和前后都较宽的压力机,采用四套曲柄连杆,它们对滑块有四个加力点,叫做四点压力机。

图 1-3 和图 1-4 所示的工作机构可以用示意图 1-5 来表示。图中 OA 代表曲柄半径; AB 代表连杆长度,对图 1-3 所示连杆销传力的连杆,这个长度是连杆大端中心到连杆销中心的距离,对图 1-4 所示圆球面传力的连杆,这个长度是连杆大端中心到球头中心的距离。当 A 点转到下极限位置 A_1 时,曲柄和连杆成一条直线,连杆销(或球头)中心到达下极限位置 B_1 点,即滑块移到了下极限位置(又称下死点)。当 A 点转到上极限位置 A_2 时,曲柄与连杆重合,连杆销(或球头)中心到达上极限位置 B_2 点,即滑块移到了上极限位置(又称上死点)。 B_1B_2 代表滑块的行程,常用 S 表示。从图上可以看出,滑块的行程是曲柄半径的两倍,即:

$$S=2R$$

当滑块处于下死点位置时,滑块下平面离工作台上平面(不是到垫板的上平面)的高度,叫做压力机的封闭高度,这个尺寸应与模具的高度相适应。为了使压力机适应于不同高度的模具,和便于模具的安装调整,压力机的封闭高度应能进行调整。JA31-160 B 型曲柄压力机的封闭高度,用图 1-6 所示的装置调整。

电动机经一级圆锥齿轮传动并由蜗杆带动蜗轮转动。蜗轮本身又是螺母,它安装在滑块内,上端被滑块上的导向套筒挡住,只能在滑块内转动,而不能相对于滑块作轴向移动。滑块经导向

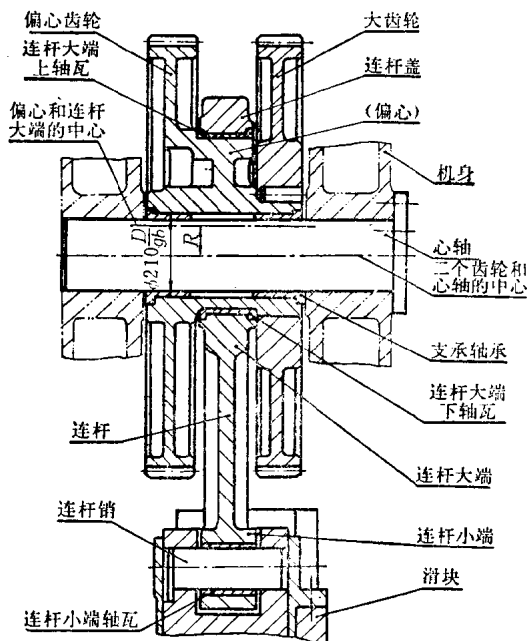


图 1-3 JA 31-160B 型曲柄压力机的工作机构

套筒、蜗轮、调节螺杆和连杆销悬挂在连杆上。由于调节螺杆是用连杆销连接在连杆上的，蜗轮转动时，便带动滑块相对连杆上下移动，于是封闭高度得到调整。

二、传动系统

曲柄压力机的传动系统按传动级数可分为单级、两级和多级传动。图 1-2 所示的 JA31-160B 型曲柄压力机为两级传动，第一级是皮带传动，第二级是齿轮传动(偏心两边都有齿轮的双边传动)。

“对于物质的每一种运动形式，必须注意它和其他各种运动形式的共同点。但是，尤其重要的，成为我们认识事物的基础的东西，则是必须注意它的特殊点”。曲柄压力机的传动系统有下述特点：

1. 采用了飞轮

JA31-160B 型曲柄压力机虽然采用一般三角皮带传动，但大皮带轮轮缘的宽度和厚度比一般的三角皮带轮大。为什么曲柄压力机的皮带轮要这样做呢？这是由曲柄压力机的负荷性质决定的。

当曲柄旋转一圈，滑块上、下往返一次时，滑块只在上模接触坯料后到冲压出工件这段工作行程中(通常还不到曲柄旋转的 $1/4$ 圈)，才承受负荷，而在其余空行程中，不承受负荷。此外，在手工操作时，滑块每完成一次工作后，还有一段停顿时间，以便操作者取出工件和送料。这样，滑块承受负荷的时间，相对于不承受负荷的时间来说，就更短了。压力机的负荷时间虽然很短，但承受的负荷却很大，在短时间里消耗的能量也很多。所以，曲柄压力机的负荷特点是：短期的高峰负荷和较长期的空负荷互相交替。如果按照工作行程所需要的功率来选用电动机，要求的功率则会很大，而用大功率的电动机，又只是在很短的工作行程时间内才满负荷，大部分时间负荷很小，这样就造成浪费。为了解决这个矛盾，把皮带轮轮缘加宽加厚，增大它的转动惯量，使它在滑块不承受负荷时，转速升高，动能增大；而在压力机工作行程时，转速下降，释放出能量，从而大大减少电动机所需的功率，可以选用较小功率的电动机。这种起储存能量和释放能量作用的轮子，叫做飞轮。

2. 装设了离合器和制动器

由于工艺上要求滑块每往返一次后，能够在上死点附近停下来，以便取出工件和送料，同时在调整模具时也需要滑块作少量移动。所以，压力机的传动系统中，一般都有一个离合器和一个制动器。JA31-160B 型曲柄压力机的离合器装在大皮带轮内，制动器装在空心轴的右端(图 1-7)。下面介绍离合器和制动器的工作情况。

离合器由主动部分、从动部分、使主动与从动部分接合的连接零件以及操纵机构四部分组成。主动部分包括大皮带轮、离合器内齿圈、主动摩擦片、气缸、活塞和推杆等；从动部分包括从动摩擦片(两片)和齿轮 1 等；使主动部分与从动部分接合的连接零件是主动摩擦片(它又是主动部分的一个零件)和从动摩擦片(它又是从动部分的一个零件)；操纵机构包括气缸、活塞(两者均

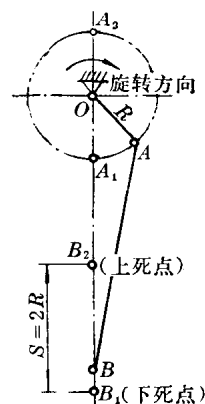


图 1-5 曲柄滑块机构示意图

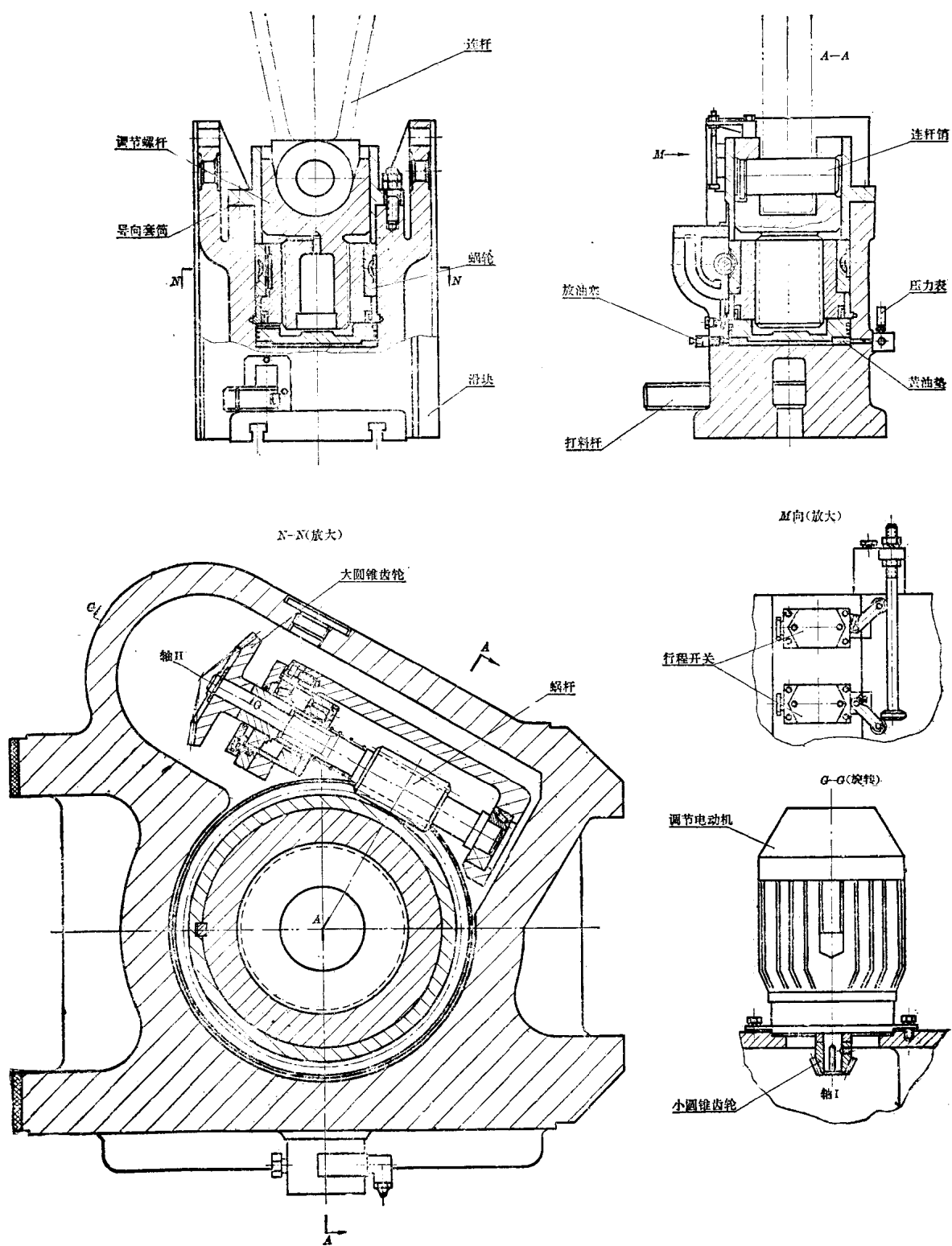


图 1-6 JA31-160B 型曲柄压力机的封闭高度调节装置

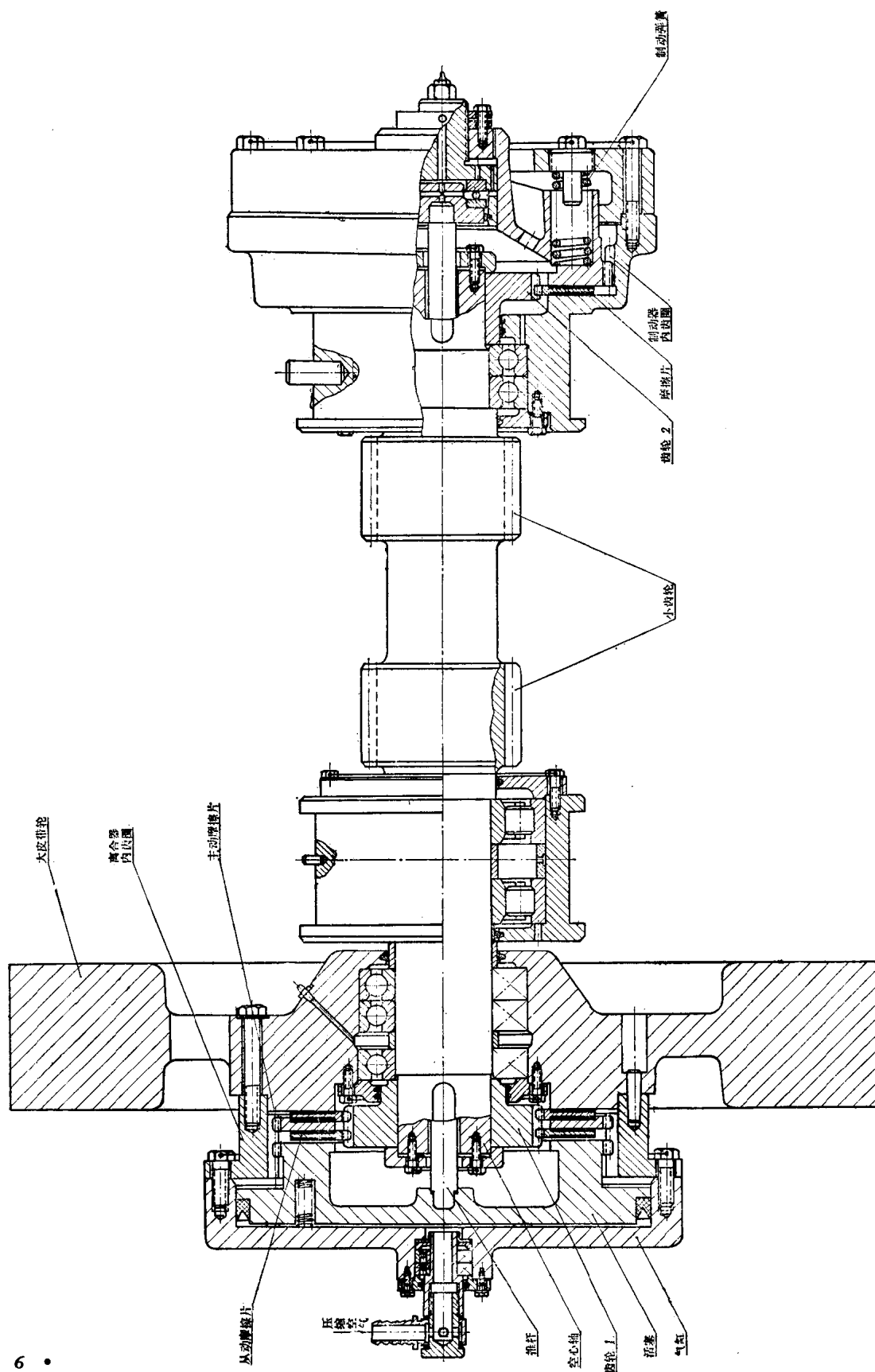


图 1-7 JA31-160B 型曲柄压力机的离合器和制动器

为主动部分的零件)和压缩空气控制系统(图 1-7 中未画出)。主动摩擦片的外缘有齿,套在和大皮带轮(飞轮)相连的离合器内齿圈上,它一方面随着大皮带轮旋转,另一方面还能作轴向移动。从动摩擦片的内缘有齿,套在齿轮 1 上,既能与空心轴一同旋转,又能作轴向移动。由于大皮带轮安装在滚动轴承上,当主动摩擦片和从动摩擦片没有压紧前,大皮带轮空转,空心轴不转动。要使空心轴随大皮带轮一道旋转,必须向气缸内通入压缩空气,使活塞向右移动并压紧主动摩擦片和从动摩擦片,依靠主动摩擦片和从动摩擦片之间的摩擦力带动空心轴旋转。所以,这种离合器叫做气动摩擦离合器。

制动器的构造和离合器相似,所不同的是它的内齿圈固定在机身上,因而摩擦片被压紧后,产生制动作用,空心轴就不能旋转了。压紧力由制动弹簧产生。

离合器和制动器的动作要协调。离合器接合前,制动器应先松开;制动器接合前,离合器应先松开。它们之间的配合,是由空心轴内的推杆来实现的。

离合器和制动器的动作由电磁空气分配阀(图 1-7 中未画出)来控制。电磁空气分配阀通电开启后,压缩空气进入离合器气缸,向右推动活塞,空心轴内的推杆向右移动,压缩制动弹簧,于是制动器松开,失去制动作用;而离合器的主动摩擦片和从动摩擦片被压紧,大皮带轮带动空心轴、小齿轮、偏心齿轮和大齿轮旋转,滑块也就跟着上、下移动。电磁空气分配阀断电后,离合器的气缸与大气连通,在制动弹簧的作用下,空心轴内的推杆推动活塞向左移动,摩擦离合器松开,制动器的摩擦片被压紧,产生制动作用,于是大皮带轮在空心轴上空转,而空心轴、连杆和滑块便停住。所以,只要控制电磁空气分配阀的电路,就能使滑块移动或静止。

3. 可以按以下几种行程规范动作

由于工艺操作上的要求,滑块可以实现以下几种动作:

(1) 单次行程。按下启动按钮或踏下脚踏控制开关后,电磁空气分配阀通电,气缸进气,制动器松开,离合器接合,电动机经飞轮、小齿轮,带动偏心齿轮和大齿轮旋转,滑块下行并完成冲压工作。随后滑块返回,当它到达上死点以前,电磁空气分配阀自动断电,气缸排气,离合器松开,制动器接合,产生制动作用,滑块便停止在上死点附近。曲柄压力机以单次行程工作时,即使不松开启动按钮或脚踏控制开关,滑块也只能进行一次行程。要继续开动压力机,必须松开后再按下启动按钮或踏下脚踏控制开关。当用手工送料和取出工件时,一般以单次行程工作。这样可以防止连冲现象,以免发生人身事故或损坏模具、压力机和加工好的工件。

(2) 连续行程。当压力机以连续行程工作时,按下启动按钮或踏下脚踏控制开关,滑块便不停歇地上、下移动。要待按下停止按钮后,滑块才能停止在上死点附近。

(3) 寸动行程。在调整机器和安装模具时,常常需要滑块作少量移动,这种行程动作称为寸动行程。按下寸动行程按钮,制动器松开,离合器接合,滑块移动;松开寸动行程按钮,离合器松开,制动器接合,滑块停住。滑块的移动量,由按下按钮时间的长短而定。

三、机身

JA31-160B 型曲柄压力机的机身(见图 1-1),左右两侧各有一立柱,操作者只能从机身前后

方向接近模具,这种机身叫做闭式机身,这种压力机又叫做闭式曲柄压力机。有的曲柄压力机,机身做成C形(见图1-8),操作者能从左、右和前面接近模具,称为开式机身,这种曲柄压力机又称为开式曲柄压力机。

曲柄压力机除了上述三个主要组成部分外,还有控制系统和润滑等辅助装置,这些部分将在以后有关章节中介绍。

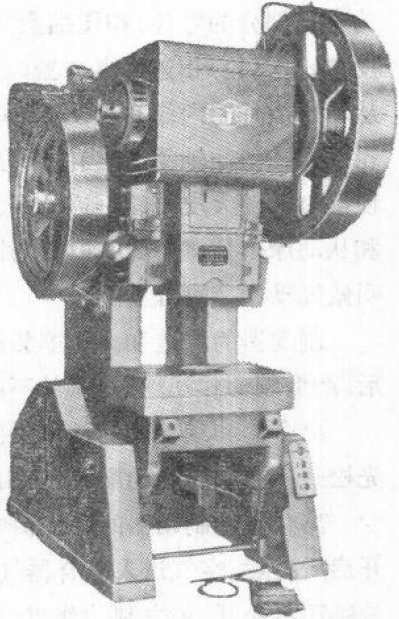


图 1-8 JC23-63 型开式曲柄压力机

§ 1-2 曲柄压力机的主要参数和型号

一、曲柄压力机的主要参数

1. 公称压力 P_p (吨)。曲柄压力机的公称压力,又称额定压力,它是指滑块离下死点前某一特定距离(此特定距离称为公称压力行程 S_p),或曲柄旋转到离下死点前某一特定角度(此特定角度称为公称压力角 θ_p)时,滑块上所允许的最大作用力。例如 JA31-160B 型曲柄压力机的公称压力为 160 吨,它是指滑块离下死点前 8.12 毫米(相当公称压力角 $\theta_p=25^\circ$)时,滑块上所允许的最大作用力。

公称压力是压力机的一个主要参数,是设计压力机的基本数据。我国压力机的公称压力已经有了标准,它是按公比为 $\sqrt[5]{10} \approx 1.6$ 或 $\sqrt[10]{10} \approx 1.25$ 的等比级数分级排列的,例如 4、6.3、10、16、25、40、63、80、100、125、160、200、250、315、400、630、800、1000……吨。这个标准是从生产实践中归纳整理后制订的,既能满足生产需要,又不致使曲柄压力机的规格过多,给制造带来困难。

一些国家的公称压力行程(或公称压力角)的值见表 1-1。

表 1-1 公称压力行程 S_p (或公称压力角 θ_p)的值

国 别	冲 压 类 压 力 机		锻造类压力机	曲柄肘杆式精压机
中 国	闭式单点压力机 $S_p=13$ 毫米*		$\theta_p=2^\circ \sim 5^\circ$	$S_p=0.5 \sim 5$ 毫米
美 国	开式压力机 $S_p=1/32^\circ$ (0.8 毫米) $\sim 1/4^\circ$ (6.4 毫米)	闭式压力机 $S_p=1/4^\circ$ (6.4 毫米) $\sim 1/2^\circ$ (12.7 毫米)		
日 本	一般压力机 $S_p=3$ 毫米 ~ 13 毫米	大扭矩压力机 $S_p=15$ 毫米 ~ 25 毫米	$S_p=5$ 毫米	
德 国	$\theta_p=0^\circ \sim 30^\circ$ (一般压力机 $\theta_p=30^\circ$)			$S_p=5$ 毫米
苏 联	通用压力机 $\theta_p=10^\circ \sim 30^\circ$	双动压力机 $\theta_p=10^\circ \sim 20^\circ$	$\theta_p=3^\circ \sim 5^\circ$	$\theta_p=50^\circ \sim 60^\circ$, $S_p=3$ 毫米

* 1975 年一机部“闭式压力机、切边压力机参数标准审查会”制定。

2. 滑块行程 S (毫米)。曲柄压力机的滑块行程, 是指滑块从上死点到下死点所经过的距离, 它的大小随工艺用途和公称压力不同而不同。冲裁、浅拉延和精压用曲柄压力机的行程较小; 深拉延压力机的行程较大。JA31-160B 型曲柄压力机的滑块行程为 160 毫米。

3. 滑块每分钟行程次数 n (次/分)。它是指滑块每分钟走过的行程次数 (滑块从上死点到下死点, 然后再回到上死点称为一次)。JA31-160B 型曲柄压力机, 滑块每分钟行程次数为 32 (次/分)。

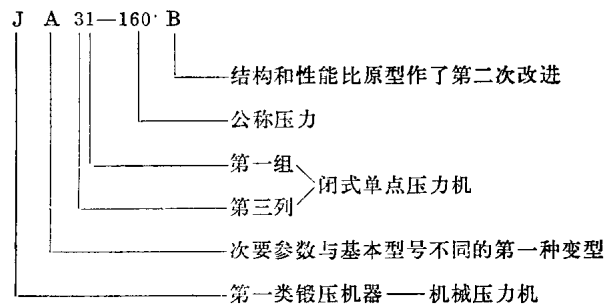
4. 最大封闭高度 H (毫米)。它是指滑块在下死点、且封闭高度调节装置将滑块调整到最上位置时, 滑块下平面离工作台上平面的高度。JA31-160B 型曲柄压力机的最大封闭高度为 480 毫米, 封闭高度的调节量为 120 毫米。

5. 最大装模高度 H_1 (毫米)。它是指滑块在下死点、且调节装置将滑块调整到最上位置时, 滑块下平面离工作台垫板上平面的高度。显然, H 与 H_1 的差值即为工作台垫板的厚度。JA31-160B 型曲柄压力机的最大装模高度为 375 毫米。

除了上述主要参数以外, 尚有工作台和滑块尺寸等参数, 这里就不一一列举了。

二、曲柄压力机的型号

曲柄压力机的型号用汉语拼音字母和数字表示。例如 JA31-160B 型曲柄压力机的型号是:



现将型号的表示方法叙述如下:

按照我国锻压机器分类方法, 锻压机器共分为机械压力机、液压机等八类, 拼音字母 J 表示第一类锻压机器——机械压力机, 这一类包括主要类型的曲柄压力机, 此外, 在第三、第五、第六和第七类中也包括有曲柄压力机。

主要参数与基本型号相同, 只是次要参数与基本型号不同的, 称为变型, 在原型号的字母后加一个拼音字母 A、B、C…等表示, 依次表示第一、第二、第三……种变型。

在八类锻压机器中, 每类又分十列, 每列又分十组。字母后的第一位数字和第二位数字分别代表列和组。闭式单点压力机属于第三列第一组, 所以写成“31”。

对型号已确定的锻压机器, 若在结构上和性能上有所改进, 则在原型号末端加一个字母 A、B、C…等, 依次表示第一、第二、第三……次改进。

第二章 曲柄滑块机构的运动分析和受力分析

锻压机械的工作机构是完成工艺需要的主要动作的机构,它直接对工件施加变形力。因此,设计机器的时候,必须首先分析工作机构的运动和受力情况,以便检验它是否满足要求,并为其它部分的设计提供必要的依据。对于曲柄压力机上常用的工作机构——曲柄滑块机构,运动分析的主要任务是确定滑块位移、速度与曲柄转角等参数之间的关系,受力分析的主要任务是确定连杆、滑块上承受的作用力和偏心齿轮(或曲轴)所需传递的扭矩。

§2-1 滑块的位移与曲柄转角的关系

“一切客观事物本来是互相联系的和具有内部规律的”,滑块经连杆与曲柄连接,因此,滑块的位移与曲柄转角之间存在一定的规律,这个规律可由它们之间的几何关系得出。

图2-1是曲柄滑块机构处于任意位置时的情况。 R 表示曲柄半径, L 表示连杆长度。 θ 表示曲柄的转角,习惯上由曲柄最低位置(相当于滑块在下死点)、沿曲柄旋转的相反方向计算。 B 点表示连杆小端的中心,也是滑块上的一点,所以 B 点的位移可以代表滑块的位移。若以滑块的下死点 B_1 作为计算的原点,那末在任意位置时滑块的位移为:

$$\begin{aligned} S_B &= \overline{OB_1} - \overline{OB} = \overline{OB_1} - (\overline{OA'} + \overline{A'B}) \\ &= (R+L) - (R\cos\theta + L\cos\beta) \\ &= R(1 - \cos\theta) + L(1 - \cos\beta) \\ &= R \left[(1 - \cos\theta) + \frac{L}{R} (1 - \cos\beta) \right] \end{aligned}$$

令 $\frac{R}{L} = \lambda$ ——这个比值通常称为连杆系数,代入上式得:

$$S_B = R \left[(1 - \cos\theta) + \frac{1}{\lambda} (1 - \cos\beta) \right] \quad (2-1)$$

式中 β 是连杆与中心线 OB_1 的夹角,它的值可以从三角形 OAB 中求得:

$$\sin\beta = \frac{\overline{AA'}}{L} = \frac{R\sin\theta}{L} = \lambda\sin\theta \quad (2-2)$$

因为 $\cos\beta = \sqrt{1 - \sin^2\beta}$, 将上式代入得:

$$\cos\beta = \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2\theta}$$

上式代入式(2-1)得:

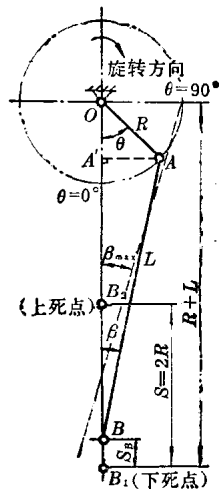


图2-1 滑块位移与曲柄转角的关系

$$S_B = R \left[(1 - \cos\theta) + \frac{1}{\lambda} (1 - \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2\theta}) \right] \quad (2-3)$$

根据二项式公式, 可以将 $\sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2\theta}$ 展开。由于 λ 一般小于 0.3, 展开后取前二项已有足够的精确度, 所以:

$$\sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2\theta} \approx 1 - \frac{1}{2} \lambda^2 \sin^2\theta$$

将此代入式(2-3), 整理后得:

$$S_B = R \left[(1 - \cos\theta) + \frac{\lambda}{4} (1 - \cos 2\theta) \right] \quad (2-4)$$

如果已知曲柄半径 R 和连杆系数 λ 时, 便可从上式求出对应于不同 θ 角的 S_B 值。

[例] 已知 JA31-160B 型曲柄压力机的滑块行程 $S = 160$ 毫米, 连杆系数 $\lambda = 0.0874$, 求曲柄转角 $\theta = 25^\circ$ 时的滑块位移 S_B 。

据式(2-4)求得位移为:

$$\begin{aligned} S_B &= R \left[(1 - \cos\theta) + \frac{\lambda}{4} (1 - \cos 2\theta) \right] \\ &= \frac{160}{2} \left[(1 - \cos 25^\circ) + \frac{0.0874}{4} (1 - \cos 2 \times 25^\circ) \right] \\ &\approx 8.12 \text{ 毫米} \end{aligned}$$

为了省去烦琐的计算, 我们将式(2-4)中方括号部分 $\left[(1 - \cos\theta) + \frac{\lambda}{4} (1 - \cos 2\theta) \right]$ 绘制成表 2-1。求滑块位移时, 可先根据连杆系数 λ 和曲柄转角 θ , 在表上查出对应的 $\left[(1 - \cos\theta) + \frac{\lambda}{4} (1 - \cos 2\theta) \right]$ 值, 然后将这个数值乘以曲柄半径 R 便是滑块位移 S_B 的值。

例如 JA31-160B 型曲柄压力机就可利用这个表求出 $\theta = 0^\circ \sim 90^\circ$ (包括压力机的工作行程范围) 时的 S_B 值。现将查表所得的 $\left[(1 - \cos\theta) + \frac{\lambda}{4} (1 - \cos 2\theta) \right]$

和最后计算所得的 S_B 值, 列在下面, 其中 λ 取近似值 0.09。据此绘出的 $S_B - \theta$ 曲线如图 2-2 所示。

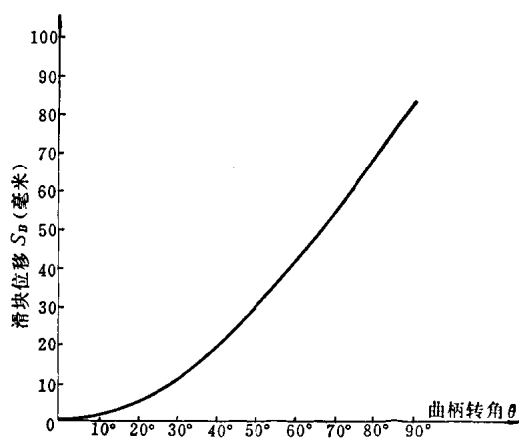


图 2-2 JA31-160B 型曲柄压力机滑块位移与曲柄转角的关系, 即 $S_B - \theta$ 曲线

θ	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
$\left[(1 - \cos\theta) + \frac{\lambda}{4} (1 - \cos 2\theta) \right]$ (查表 2-1)	0	0.0166	0.0656	0.1453	0.2526	0.3836	0.5338	0.6978	0.8700	1.0450
S_B (毫米)	0	1.33	5.25	11.62	20.20	30.70	42.70	55.80	69.60	83.60

表 2-1 $(1 - \cos \theta) + \frac{\lambda}{4}(1 - \cos 2\theta)$ 的值

λ θ	0.30	0.25	0.22	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.06	0.04	λ θ
0°	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0°
5°	0.0049	0.0048	0.0046	0.0046	0.0046	0.0045	0.0045	0.0044	0.0044	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	0.0042	0.0041	0.0041	0.0040	0.0040	5°
10°	0.0197	0.0190	0.0185	0.0182	0.0181	0.0179	0.0178	0.0176	0.0175	0.0173	0.0172	0.0170	0.0169	0.0167	0.0166	0.0164	0.0161	0.0158	10°
15°	0.0442	0.0425	0.0415	0.0408	0.0405	0.0401	0.0398	0.0395	0.0392	0.0388	0.0385	0.0381	0.0378	0.0374	0.0371	0.0368	0.0361	0.0354	15°
20°	0.0778	0.0749	0.0732	0.0720	0.0714	0.0708	0.0703	0.0697	0.0692	0.0685	0.0679	0.0673	0.0667	0.0662	0.0656	0.0650	0.0638	0.0626	20°
25°	0.1205	0.1160	0.1133	0.1116	0.1107	0.1098	0.1089	0.1080	0.1071	0.1062	0.1053	0.1044	0.1035	0.1026	0.1017	0.1008	0.0991	0.0973	25°
30°	0.1715	0.1652	0.1615	0.1590	0.1578	0.1565	0.1553	0.1540	0.1528	0.1515	0.1503	0.1490	0.1478	0.1465	0.1453	0.1440	0.1415	0.1390	30°
35°	0.2302	0.2219	0.2170	0.2137	0.2121	0.2104	0.2088	0.2071	0.2055	0.2038	0.2022	0.2005	0.1989	0.1973	0.1956	0.1940	0.1907	0.1874	35°
40°	0.2960	0.2856	0.2794	0.2753	0.2733	0.2712	0.2691	0.2670	0.2650	0.2629	0.2609	0.2588	0.2568	0.2547	0.2526	0.2505	0.2464	0.2423	40°
45°	0.3679	0.3554	0.3479	0.3429	0.3404	0.3379	0.3354	0.3329	0.3304	0.3279	0.3254	0.3229	0.3204	0.3179	0.3154	0.3129	0.3079	0.3029	45°
50°	0.4452	0.4306	0.4217	0.4159	0.4130	0.4100	0.4071	0.4041	0.4012	0.3983	0.3954	0.3924	0.3895	0.3865	0.3836	0.3807	0.3748	0.3689	50°
55°	0.5270	0.5103	0.5002	0.4935	0.4902	0.4868	0.4835	0.4801	0.4768	0.4734	0.4701	0.4667	0.4634	0.4600	0.4566	0.4532	0.4465	0.4398	55°
60°	0.6125	0.5938	0.5825	0.5750	0.5713	0.5675	0.5638	0.5600	0.5563	0.5525	0.5488	0.5450	0.5413	0.5375	0.5338	0.5300	0.5225	0.5150	60°
65°	0.7006	0.6801	0.6678	0.6595	0.6554	0.6513	0.6472	0.6431	0.6390	0.6349	0.6308	0.6267	0.6226	0.6185	0.6144	0.6103	0.6020	0.5938	65°
70°	0.7904	0.7684	0.7551	0.7463	0.7419	0.7375	0.7331	0.7286	0.7242	0.7198	0.7154	0.7110	0.7066	0.7022	0.6978	0.6933	0.6845	0.6757	70°
75°	0.8812	0.8578	0.8438	0.8345	0.8299	0.8252	0.8205	0.8158	0.8112	0.8065	0.8019	0.7972	0.7925	0.7878	0.7831	0.7785	0.7692	0.7539	75°
80°	0.9718	0.9475	0.9331	0.9233	0.9185	0.9136	0.9088	0.9039	0.8991	0.8942	0.8894	0.8845	0.8797	0.8748	0.8700	0.8651	0.8554	0.8457	80°
85°	1.0617	1.0368	1.0220	1.0120	1.0071	1.0021	0.9972	0.9922	0.9873	0.9823	0.9773	0.9723	0.9674	0.9624	0.9574	0.9525	0.9426	0.9326	85°
90°	1.1500	1.1250	1.1100	1.1000	1.0950	1.0900	1.0850	1.0800	1.0750	1.0700	1.0650	1.0600	1.0550	1.0500	1.0450	1.0400	1.0300	1.0200	90°