

第18章 直齿锥齿轮刨齿机的修理

李玉祥

第1节 刨齿机的型号、结构及传动系统

(一) Y236B刨齿机

我国生产的刨齿机分为普通、精密、大型三种。普通型直齿锥齿轮刨齿机以Y236/Y236B为代表,在国内市场拥有量最多。精密型直齿锥齿轮刨齿机型号为Y_M2350以刨削鼓型齿为主。大型直齿锥齿轮刨齿机型号为Y2380,刨削用于矿山机械和重型机械的大模数大直径直齿锥齿轮。

1. 工作原理

(1) 空间渐开线啮合原理

1) 球面啮合原理 两个锥齿轮啮合可以看成两节圆锥在作无滑动的纯滚动,渐开线的形成是在相当于球面上展成的球面渐开线(图18-1-1)。

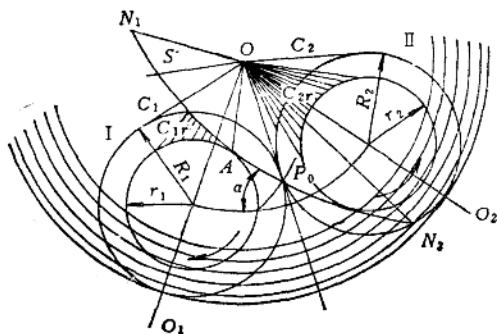


图18-1-1 球面渐开线啮合原理

两节圆锥 C_1 和 C_2 作无滑动的纯滚动, O 为其球心,以两节圆锥相重合的节锥母线 $\overline{OP_0}$ 为半径的一球与两节圆锥相切,分别形成两个底圆I和II。以此球面作纯滚动研究,通过节锥母线 $\overline{OP_0}$ 在球内取

一平面 S 与 O 、 O_1 、 P_0 及 O_2 所构成的平面成 α 角(α 为啮合角), S 平面与球表面相交线成 N_1N_2 圆弧。 $\overline{OO_1}$ 轴上各点对 S 平面作垂直线,垂直线与 S 平面相交的各点连线为 $\overline{OA}$,将直线 $\overline{OA}$ 绕 $\overline{OO_1}$ 轴回转即得基圆锥 C_{1r} , S 平面就是基圆锥 C_{1r} 的切平面。同样在 $\overline{OO_2}$ 轴上也可另作出一基圆锥 C_{2r} ,如果 S 平面沿基圆锥作纯滚动就可形成齿廓, S 平面上 P_0 点在球表面上画出的即球面渐开线。同样直线 $\overline{OP_0}$ 上各点同样可以在不同半径的球面上画出渐开线,这些球面渐开线就形成渐开线圆锥齿轮啮合齿廓表面,这样 C_1 与 C_2 间回转运动就能获得精确的圆锥渐开线啮合。

由于球面不能展成平面,给精确的渐开线圆锥齿轮啮合的设计和制造带来许多实际困难。因此迫使我们用近似的方法利用背锥来代替底圆I、II,图18-1-2中两根相交的轴 $\overline{OO_1}$ 和 $\overline{OO_2}$, $\overline{OAP_0}$ 和 $\overline{OBP_0}$ 代表两圆锥齿轮的节圆锥。精确的渐开线应在以 O 为中心, OP_0 为半径的球面上构成,而近似的齿廓是在背锥 $O_1b_1b_1$ 上形成(bOb 和 aOa 分别为精确的齿顶锥和齿根锥)。从而使端面齿廓 ab 以 a_1b_1 来代替。显然,球半径 OP_0 与齿轮模数的比值愈大则背锥上的渐开线来代替球面渐开线的误差就愈小。由于背锥可以展开成平面,因此在设计和制造上的困难得以解决。

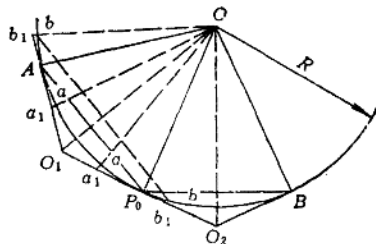


图18-1-2 两齿轮节圆锥

设已知节圆锥 1 和 2 (图 18-1-3) 限制齿宽的平面分别为 DE 和 EC , 背锥为 P_0O_1A 和 P_0O_2B 。现将背锥在投影面上展开得圆 I 和 II, 其半径分别 ρ_1 和 ρ_2 。圆 I 及 II 上的扇形圆弧 P_0KL 和 P_0NM 的长度分别等于以 R_1 和 R_2 为半径的圆周长度, 根据圆柱齿轮原理在圆 I 和 II 上获得两个渐开线圆柱齿轮, 再将这两齿轮上的扇形部分卷到背锥上齿廓 (在背锥端面上) 和 O 点联接之后, 就得到近似球面渐开线的齿廓, 即成为相当于半径为 ρ_1 和 ρ_2 的节圆柱齿轮的轮齿。这种齿轮的啮合线的形状象 8 字, 因此也叫做八字啮合。

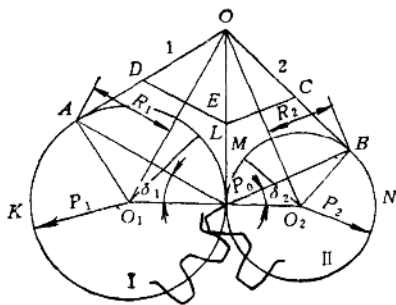


图 18-1-3 球面渐开线齿廓

从以上可以看出, 圆锥齿轮的渐开线可以由圆柱齿轮的渐开线来转化, 其转化关系式为

$$\rho_1 = \frac{R_1}{\cos \delta_1}, \quad \rho_2 = \frac{R_2}{\cos \delta_2}$$

$$\rho_1 \beta_1 = 2\pi R_1, \quad \rho_2 \beta_2 = 2\pi R_2$$

式中, β_1 和 β_2 为扇形齿轮的扇形角:

$$\beta_1 = \frac{2\pi R_1}{\rho_1} = 2\pi \cos \delta_1$$

$$\beta_2 = \frac{2\pi R_2}{\rho_2} = 2\pi \cos \delta_2$$

扇形齿轮的齿数 z_1 和 z_2 也即圆锥齿轮齿数, 如果将扇形齿轮补满至整圆时其齿数为 z'_1 和 z'_2 , 用 z'_1 和 z'_2 齿数来进行齿轮一切性质的计算均适用于齿数为 z_1 和 z_2 的圆锥齿轮工作性质。由于 z'_1 、 z'_2 大于 z_1 、 z_2 , 因此圆锥齿轮较圆柱齿轮有较大的重合度 e 和较小的齿数 $z_{\min}$ 。

2) 收缩齿锥齿轮的特点

① 锥齿轮用于不平行而相交的两轴互相传动 (常用两轴的夹角为 90°);

② 锥齿轮的齿顶、齿槽、齿面、节圆等都象雨伞一样交于顶尖 O , 每个齿两端大小不同, 齿

高、齿厚、节圆越近 O 点越小;

③ 互相配合的两锥齿轮顶点必须交于 O 点, 而且相应接触部分的齿厚必须相等, 节锥母线必须重合;

④ 如果节锥母线不重合, 模数、压力角虽相等也不能正确啮合;

⑤ 锥齿轮大小端不同, 一般设计以大端为准, 但在强度计算时是按中间部分计算。

(2) 刨齿机刨齿原理

1) 假想平面齿轮原理 假想平面齿轮的形成是根据一对被加工圆锥齿轮传动过程而制订的, 将其中一只圆锥齿轮转化为平面齿轮, 其节圆锥为 180° , 其啮合作用仍然存在。因此任意两互相啮合的圆锥齿轮皆可与同一个平面齿轮啮合运转。

平面齿轮是节锥角等于 90° 的锥齿轮, 其节平面为平面。平面齿轮实质上相当于圆形齿条, 齿侧为直线, 锥齿轮和圆齿条啮合相当于齿轮与齿条啮合。所以在加工过程中, 把刀具看成假想平面齿轮的两个齿廓, 以相应运动, 而把被加工的齿坯看成与假想平面齿轮啮合的圆锥齿轮, 以展成运动来加工出齿形来。

加工原理:

在切齿过程中, 假想有一平面齿轮与机床摇台同心并随着摇台而转, 与被切齿轮作无间隙的啮合, 而机床上的刨刀作为平面齿轮上的齿廓在摇台上作往复运动, 从而将被加工齿轮切出齿廓来 (图 18-1-4)。

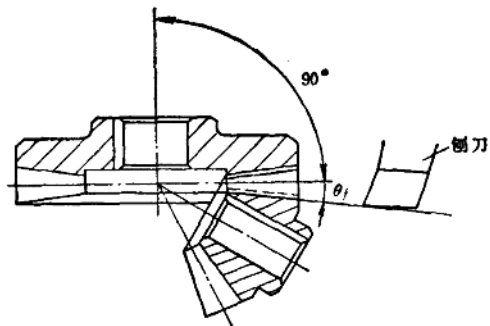


图 18-1-4 假想平面齿轮原理

2) 假想平顶齿轮原理 假想平面齿轮的齿顶为锥面 (图 18-1-4), 顶锥角等于 $90^\circ + \theta_f$ 。如要用刨刀加工齿坯, 为了在齿坯上切出根角, 刨刀的

运动方向必须与机床摇台平面斜成 θ_f 角度。由于 θ_f 角度随被加工齿轮的齿根角大小而异, 因此机床结构上须具备刀具倾斜调整装置, 这样不但结构复杂, 而且造成刚性不好, 影响加工精度。

为此引入了假想平顶齿轮原理(图18-1-5)。假想平顶齿轮的顶锥角等于 90° , 而节锥角为 $90^\circ - \theta_f$ 。所谓平顶齿轮原理加工锥齿轮, 即在切齿过程中, 以刨齿刀作为平顶齿轮的齿廓, 而机床分齿箱的调整角度以工件齿轮的节锥面与假想平顶齿轮的节锥面相切, 因此工件轴线与摇台轴线间的夹角 δ_M :

$$\delta_M = 90^\circ - \theta_f + \delta' = 90^\circ + \delta_f$$

式中 δ' —— 工件的节锥角;

δ_f —— 工件的根锥角。

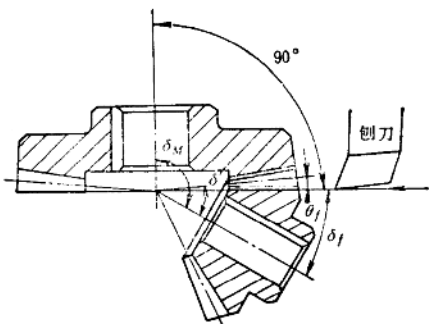


图18-1-5 假想平顶齿轮原理

Y236B刨齿机的锥齿轮加工是根据假想平顶齿轮原理, 采用两把直线刀刃的刨齿刀为刃具, 在刀架座上作往复运动, 刀架座装在摇台上, 摇台由蜗轮副带动并绕其轴线往复摆动。这样, 刨齿刀代表假想平顶齿轮的两个齿廓, 工件固定在分齿箱上, 与摇台相对滚, 展成切出一齿, 然后由分齿机构使工件进行分齿。

(3) 刨齿机传动原理 如图18-1-6所示, 刨刀的往复运动是由电动机经过切削速度交换齿轮 $i_{速度}$ 和曲柄连杆实现的。工件进给量由进给交换齿轮来调节。滚切运动把刀具摇台和工件联系起来, 通过滚切交换齿轮 $i_{滚切}$, 差动机构和分齿交换齿轮 $i_{分齿}$ 几个环节, 保证工件每转一转, 刀具摇台回转 $\frac{2\pi}{z_c}$, 分度是靠刻度盘及分齿挂轮来实现的。

2. Y236B刨齿机的结构

Y236B与Y236型刨齿机结构基本相同,

图18-1-7是Y236刨齿机总图。床身下有一平板形底座, 安装在地基上。床身的后上方装有滚切摇

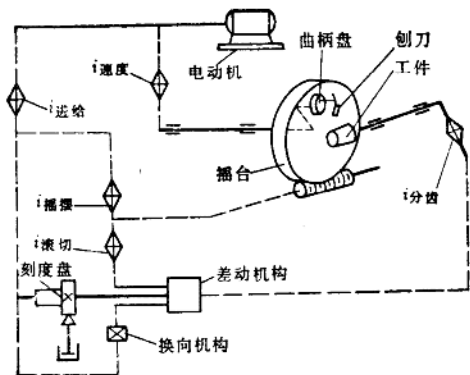


图18-1-6 刨齿机传动原理

台, 用来安装扇形回转板(即刀架底座)、刀架(滑板)及滑枕。刀架和刀架底座的间隙, 可用镶条来调节。滑枕可用手沿着刀架的T形槽移动, 并可用螺钉紧固。在刀架上装有两个夹刀板, 可以摆动。床身的后端面装有滚切机构, 起着滚切及换向的作用。床身的左前方装有驱动机构, 右前端面安装进给机构, 所起的作用是使进给鼓轮在切削过程中鼓轮慢慢地转动, 通过摇拐的作用, 使床鞍连同分齿箱及工件向刨齿刀送进, 以便进行切削。加工一齿后, 靠鼓轮继续旋转, 就可使工件脱离刀具进行分齿, 再加工下一个齿。床身的右上面装有床鞍, 其上装有回转板, 在回转板的上面装有分齿箱及工件。电气装置在床身的正面中间, 在机床的后面安装有集中润滑的油泵及冷却泵。

对直齿锥齿轮加工机床而言, 机床在工作位置时, 工件主轴的旋转轴线、分齿箱连同回转板的旋转轴线及摇台的旋转轴线等三个轴线在空间相交于一点, 该点即为机床几何中心。在加工的过程中, 被加工的锥齿轮的节锥顶点应与机床几何中心相重合。

3. Y236B与Y236刨齿机结构改进的比较

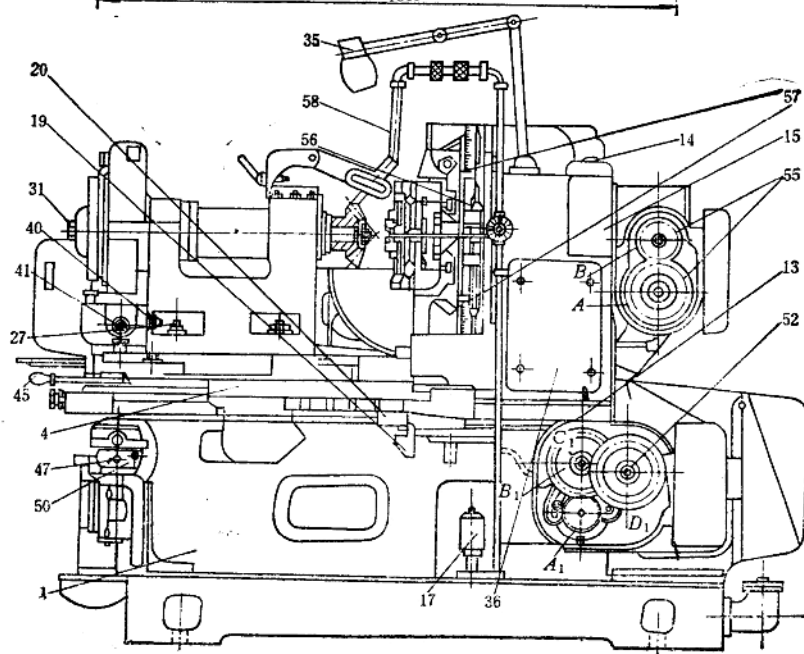
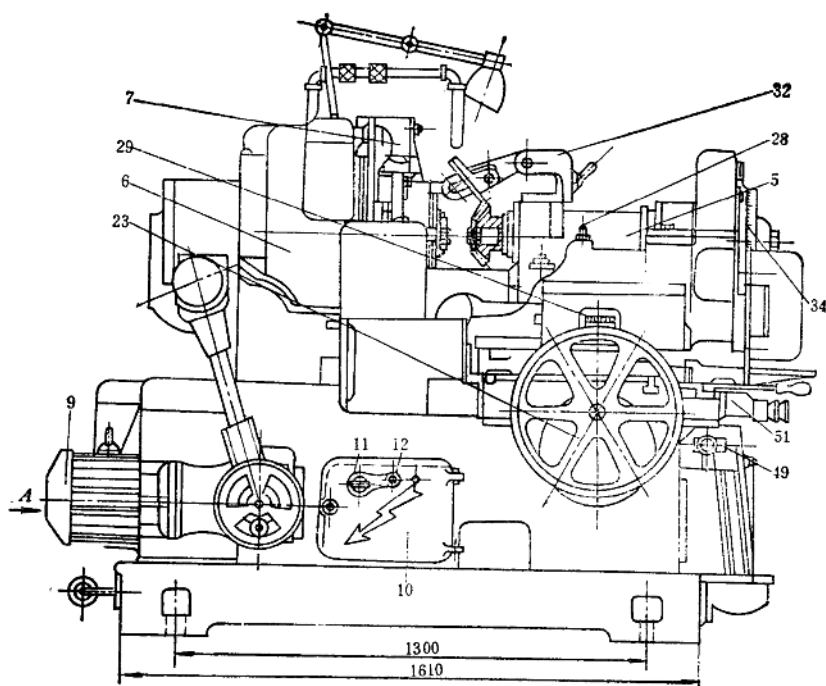
(1) 分齿箱主轴的改进(图18-1-8)

1) Y236型刨齿机主轴的缺点

① 刚性差主轴孔径小, 不适合于大齿轮加工;

② 由于主轴锥孔选用的6号莫氏锥度大端孔径只有 $\phi 69.348\text{mm}$, 配制切削心轴不方便, 同时互换性也差;

③ 由于6号莫氏锥度锥孔直径较小, 当主轴孔内不清洁时拉紧心轴, 主轴易产生变形, 使轴瓦



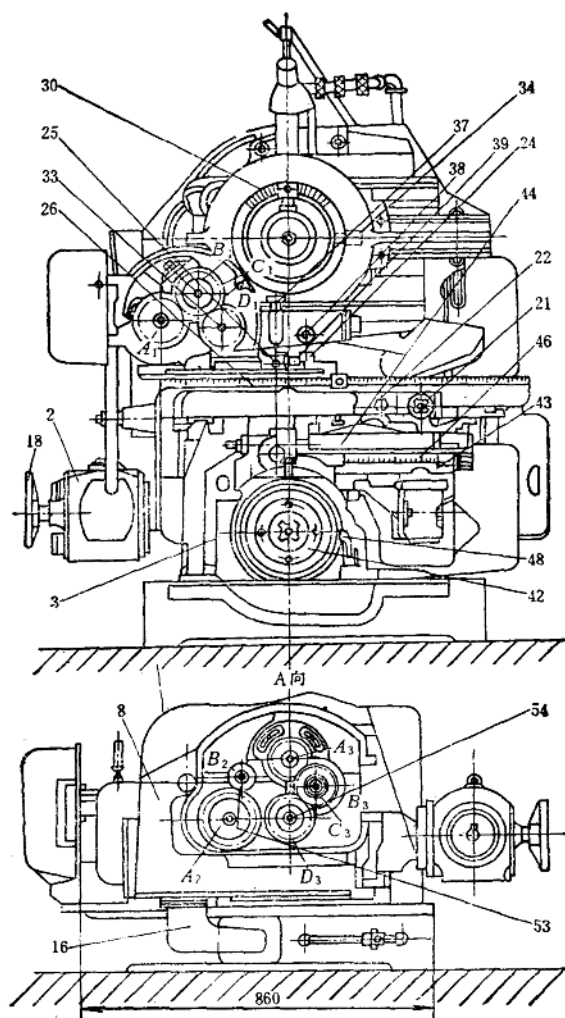


图18-1-7 Y236 B 刨齿机

- 1—床身 2—驱动机构 3—进给机构 4—床鞍 5—分齿箱 6—摇台 7—刀架
 8—滚珠机构 9—主电动机 10—电气箱 11—主电动机盒式转换开关 12—冷却
 泵盒式转换开关 13—集中润滑油泵 14—集中润滑油泵工作检查油窗 15—滤油器
 16—润滑油注油斗 17—电动冷却泵 18—转动机床用手轮 19—床身固定挡铁
 20—床鞍固定挡铁 21—床鞍弹簧挡铁 22—床鞍螺钉挡铁 23—移动床鞍用手
 轮 24—回转板 25—摆动分齿箱回转板用孔 26—确定内锥角用之刻度及游标
 27—紧固分齿箱用螺栓 28—移动分齿箱用轴 29—测定主轴端面到机床中心距
 的刻度尺及游标 30—校验主轴转动角度的刻度盘及游标 31—芯轴用拉紧螺栓
 32—余量分配规 33—分齿交换齿轮 34—终点开关 35—局部照明 36—差
 37—蜗杆箱注油杯 38—油标窗 39—分齿箱蜗杆啮合用调整螺钉 40—蜗杆箱用
 紧固螺栓 41—转动分齿箱主轴用之方头 42—进给鼓轮 43—进给机构的摇拐
 44—进给机构的杠杆 45—紧固进给机构用手柄 46—床鞍行程刻度及游标
 47—床鞍行程调整螺钉 48—进给机构床鞍和分齿箱润滑油器 49—变换摇杆上
 滚柱用的轴 50—调整摇杆摆条用螺栓 51—床鞍裙板 52—进给交换齿轮
 53—摆动角度交换齿轮 54—滚切比交换齿轮 55—切削速度交换齿轮 56—刀架
 角度调整螺栓 57—确定刀架角度用刻度及游标 58—冷却油管

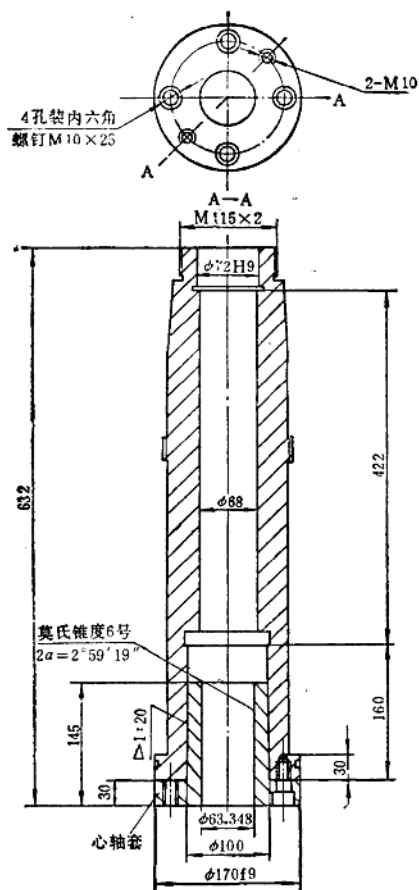


图18-1-8 分齿箱主轴

研伤，心轴与主轴锥孔咬死。

2) Y236B 主轴改进后的优点

① 精度和刚性得到提高，改进后的主轴锥孔改为大端直径 $\phi 100\text{mm}$ ，锥度为 1:20。

② 改进后的主轴备有心轴套 (图 18-1-9)，扩大了使用范围，即可用公制锥度心轴，也可以用莫氏锥度心轴。可使原有的 Y236 型 6 号莫氏锥度心轴继续使用，还可以与 Y_T2250、Y2280 弧齿锥齿轮铣齿机的心轴通用，即经济又方便。

(2) 调整刨刀行程手轮位置的改进

1) Y236 刨齿机手轮的位置不好，工作不方便，调整刨刀行程位置时往往需要二人完成，而且对传动轴、传动齿轮的寿命也有一定的影响；

2) Y236B 刨齿机手轮的位置改进后，只需一人进行调整即可。由于手轮位置改在上方，操作

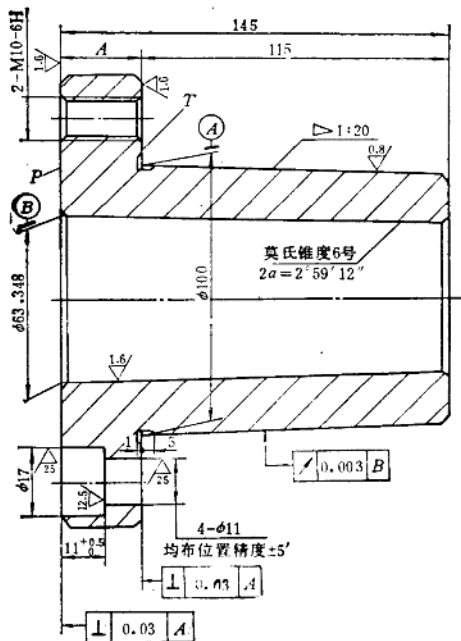


图18-1-9 心轴套

技术条件：

1. 轴套外锥面与主轴配合用手推合时端面 T 与主轴端面的间隙为 0.05~0.15，磨合后应无间隙
2. 锥孔用专用量规检查直径及接触面，外锥面用专用量规检查时，接触面不得少于 80%
3. 尺寸 A 的实际尺寸打印在 $\phi 170$ 外圆上 (准确到 0.01)

人员可以直立操作，视其刨刀位置情况任意转动手轮，传动距离比 Y236 刨齿机手轮传动距离缩短很多，因此操作起来极为方便。

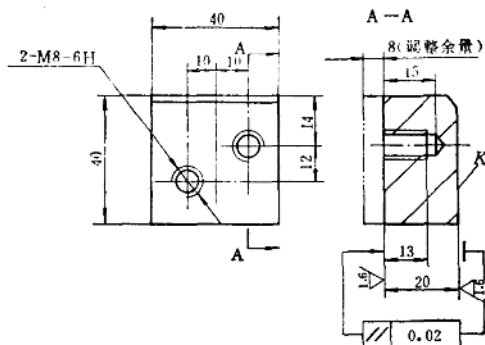
(3) 传动链元件精度的改进

1) Y236 型刨齿机摇台的扇形蜗轮副和工件箱分齿蜗轮副的精度均提高了一级；

2) Y236 刨齿机传动链的齿轮，将 Y236 刨齿机采用的直齿锥齿轮，全部改为弧齿锥齿轮。

(4) 定位挡铁的改进 Y236B 刨齿机改进了定位挡铁 (即床鞍挡铁)，增加了调整挡铁 (图 18-1-10)，使机床重复定位精度得到保证。

机床使用年久后，由于床鞍挡铁与床身挡铁长期撞击和磨损，产生了间隙，使机床加工定位不准。往往在机床大修时更换新的床身挡铁，并根据分齿箱游标定位要求的尺寸进行磨削。Y236B 刨齿机上的定位挡铁磨损后，则可根据定位数值磨削调整挡铁的 K 面。如果磨损超出调整余量 8mm 范



热处理: K面 S0.9—C59

图18-1-10 调整挡铁

围时,可重制调整挡铁。

Y236B刨齿机贯彻了JB4176—86《直齿锥齿轮刨齿机 精度》和GB5226—85《机床电气设备 通用技术条件》,在机床调整、操作、维修等方面都比Y236刨齿机方便,在精度、刚性、防渗漏油等方面也都得到了提高和完善。

4. Y236B刨齿机的传动系统

(1) Y236B刨齿机传动零件技术参数 见表18-1-1。

(2) Y236B刨齿机传动系统(图18-1-11)

刨齿机的运动可分为

- 1) 刨刀的切削运动(即主驱动);
- 2) 进给运动;
- 3) 摇台摆动;
- 4) 滚切及换向运动;
- 5) 分齿运动。

1) 刨刀的切削运动 机床是由2.8kW、1420 r/min的电动机带动,电动机经锥齿轮1、2传到轴Ⅰ锥齿轮3,由此传递锥齿轮4带动轴Ⅱ和该轴上的锥齿轮5,又传递锥齿轮6使轴Ⅲ转动。经A、B切削速度交换齿轮带动轴Ⅳ和锥齿轮7,接着又传递锥齿轮8带动曲柄盘轴Ⅴ和使轴Ⅵ产生摆动动作,从而使摇台上装有的两件刀架实现了刨刀的切削运动。

2) 进给运动 进给运动是由锥齿轮1和2带动轴Ⅰ,经A₁、B₁、C₁、D₁进给交换齿轮带动轴

表18-1-1 传动零件技术参数

部件名称	图中序号①	制造厂零件编号	名称	齿数或线数	模数或螺距(mm)	齿宽或蜗杆长(mm)	螺旋角及旋向	压力角	材料	热处理及硬度	精度	
											旧	新
驱动	1	262033A	弧齿锥齿轮	15	3.628	22	35°左	20°	40Cr	D0.4-500	Ⅱ	7
	2	262032A	弧齿锥齿轮	43	3.628	22	35°右	20°	40Cr	D0.4-500	Ⅱ	7
	3	262049A	弧齿锥齿轮	34	3.25	22	35°左	20°	40Cr	D0.4-500	Ⅱ	7
	9	262050A	齿轮	32	2.5	14		20°	45	G54	Ⅲ	8
摇台结构	4	263112A	弧齿锥齿轮	34	3.25	22	35°右	20°	40Cr	D0.4-500	Ⅱ	7
	5	263191A	弧齿锥齿轮	34	3.25	22	35°左	20°	40Cr	D0.4-500	Ⅱ	7
	6	263112A	弧齿锥齿轮	34	3.25	22	35°右	20°	40Cr	D0.4-500	Ⅱ	7
	7	263121A	弧齿锥齿轮	19	4.5	28	35°右	20°	40Cr	D0.4-500	Ⅱ	7
	8	263118B	弧齿锥齿轮	43	4.5	28	35°左	20°	40Cr	D0.4-500	Ⅱ	7
	20	263120	锥齿轮	20	4	20	—	20°	40Cr	D0.4-500	Ⅱ	7
	21	263119	锥齿轮	25	4	20	—	20°	40Cr	D0.4-500	Ⅱ	7
	22	263111	蜗杆	1	6	105	4°17'左	15°	20Cr	S0.8-C59	I	6
	23	263021	扇形蜗轮	120	6	50	4°17'左	15°	耐铸C-2		I	6
滚切机构	11	265091A	弧齿锥齿轮	15	3.25	18	35°右	20°	40Cr	D0.4-500	Ⅱ	7
	12	265094A	弧齿锥齿轮	45	3.25	18	15°左	20°	40Cr	D0.4-500	Ⅱ	7
	13	265093	齿轮	42	3.25	22	—	20°	40Cr	G52	Ⅱ	7

(续)

部件名称	图中 件号①	制造厂 零件编号	名 称	齿数或 线 数	模数或 螺 距 (mm)	齿宽或 蜗杆长 (mm)	螺旋角及 旋 向	压力角	材 料	热处理及 硬 度	精 度	
											旧	新
滚 切 机 构	14	265118	齿 轮	42	3.25	22	—	20°	40Cr	S 0.8-G59	II	7
	15	265097	齿 轮	18	3.25	22	—	20°	40Cr	G52	II	7
	16	265114	惰 轮	32	3.25	22	—	20°	40Cr	G52	II	7
	17	265122 A	齿 轮	38	3.25	22	—	20°	20Cr	S 0.8-C59	II	7
	18	265159	齿 轮	45	3.25	22	—	20°	40Cr	G52	II	7
	19	265161	齿 轮	36	3.25	22	—	20°	40Cr	G52	II	7
	24	265122 A	齿 轮	38	3.25	20	—	20°	40Cr	G52	II	7
	25	265148	齿 轮	61	3.25	20	—	20°	40Cr	G52	II	7
	26	26 ^{5139/21} _{5140/11}	锥 齿 轮	26	3.25	18	—	20°	40Cr	D 0.4-500	II	7
	41	265096	蜗 杆	2	3	62	4°54'	15°右	20Cr	S 0.8-C59	III	8
	42	265031	蜗 轮	34	3	20	4°54'	15°右	铸铁 I		III	8
床 鞍	27	266076	锥 齿 轮	32	3.25	18	—	20°	40Cr	D 0.4-500	II	7
	28	266065	锥 齿 轮	24	3.25	18	—	20°	40Cr	D 0.4-500	II	7
	29	266064	锥 齿 轮	26	3.25	16	—	20°	40Cr	D 0.4-500	II	7
	45	266053	齿 轮	24	2	16	—	20°	45	T 235	III	8
	46	266018	内 齿 轮	114	2	16	—	20°	铸铁		III	8
	47	266051	齿 轮	20	4	22	—	20°	45	Z-190~210	III	8
	48	266052	齿 条	13	4	22	—	20°	45		III	8
分 齿 箱 机 构	30	266064	锥 齿 轮	26	3.25	16	—	20°	40Cr		II	7
	31	267107	锥 齿 轮	26	3.25	16	—	20°	40Cr	D 0.4-500	II	7
	32	267106	锥 齿 轮	26	3.25	18	—	20°	40Cr	D 0.4-500	II	7
	33	267104	锥 齿 轮	36	3.25	18	—	20°	40Cr	D 0.4-500	II	7
	34	267105	锥 齿 轮	24	3.25	18	—	20°	40Cr	D 0.4-500	II	7
	35	267082	蜗 杆 轴	1	3.5	66	3°38'右	15°	20Cr	S 0.8-C59	I	6
	36	267019	蜗 轮	120	3.5	36	3°38'右	15°	耐磨铸铁		I	6
	43	267103	齿 轮	15	4	16		20°	45		III	8
进 给 机 构	44	267085	齿 条	31	4	16		20°	45		III	8
	37	265139	锥 齿 轮	26	3.25	18		20°	40Cr	D 0.4-500	II	7
	38	265139	锥 齿 轮	26	3.25	18		20°	40Cr	D 0.4-500	II	7
	39	268061	蜗 杆	4	4	66	15°57'左	20°	20Cr	S 0.4-C59	III	8
润 滑 泵	40	268014	蜗 轮	68	4	38	15°57'左	20°	铸铁		III	8
	10	269054 A	齿 轮	32	2.5	14	—	20°	45	G54	III	8

① 指 Y236 B 刨齿机传动系统图 18-1-11。

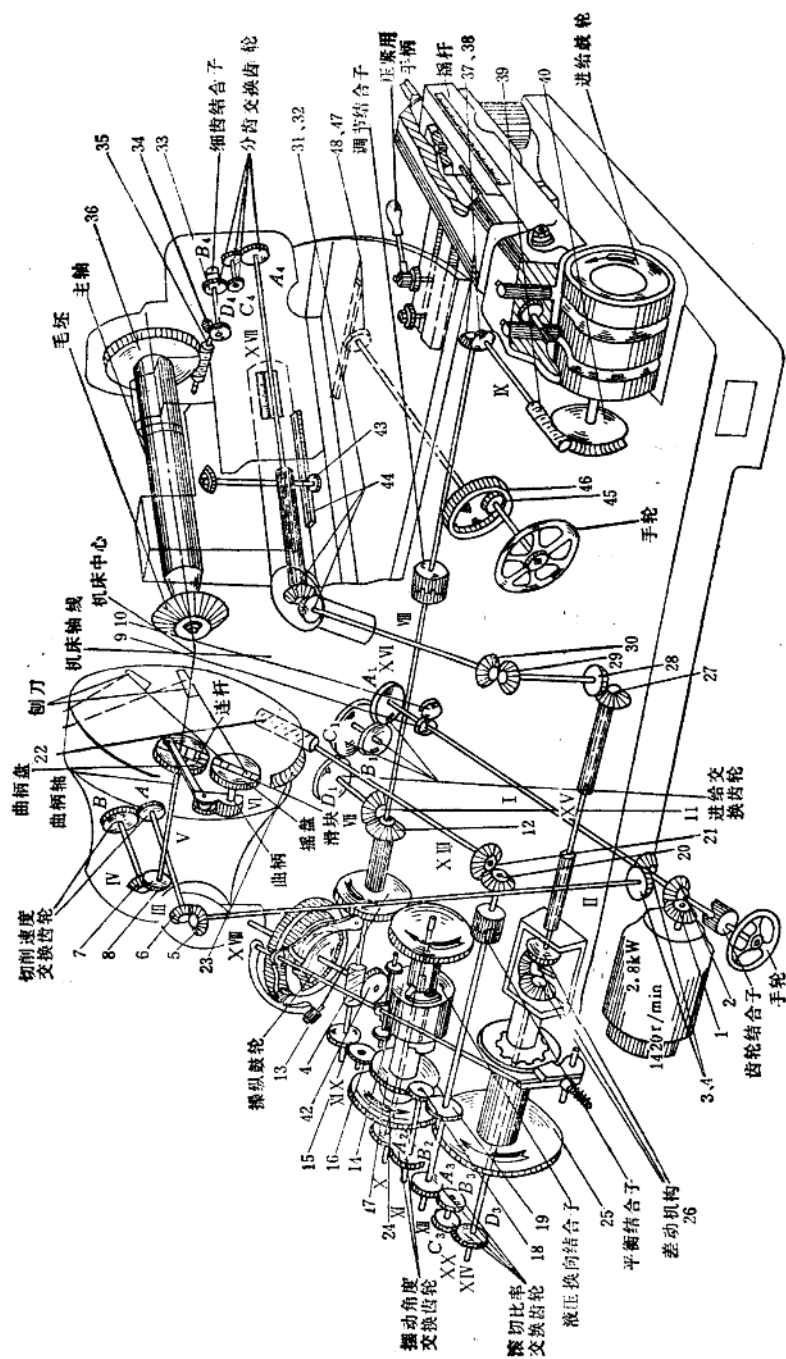


图18-1-11 Y236刨齿机传动系统

Ⅵ和锥齿轮11, 然后传递锥齿轮12带动带有调节结合子的轴Ⅶ, 又经锥齿轮37、38带动轴Ⅷ上的蜗杆39。由于进给鼓轮系安装在进给蜗轮40的壳体上, 因此通过蜗轮副的转动, 带动进给鼓轮转动。当进给鼓轮转一转, 即加工完一个齿轮, 再通过摇杆的结构即实现了进给运动。

3) 摇台摆动的运动 摇台的摆动仍然是通过锥齿轮1、2经轴I, 进给交换齿轮 A_1 、 B_1 、 C_1 、 D_1 , 和轴Ⅶ上的锥齿轮11传给轴Ⅷ左端锥齿轮12, 然后又经齿轮13、14啮合传动液压换向结合子轴X, 使轴X上的齿轮17经中间轮16传给轴Ⅷ左端的齿轮15旋转, 同时齿轮14和17可以在轴X上自由地以相反方向旋转, 并借助液压换向结合子可以先后与轴X结合。液压换向结合子借助操纵鼓轮进行换向, 然后经摆动角度交换齿轮 A_2 、 B_2 传动轴Ⅸ, 使齿轮18、19啮合传动轴Ⅹ, 并借平衡结合子的作用经锥齿轮20、21啮合传动轴XⅡ和该轴蜗杆22, 带动蜗轮23实现了摇台自下向上或自上向下地进行摆动及换向的运动。

4) 滚切运动 滚切运动是摇台与分齿主轴相连接。运动从轴Ⅸ借滚切比率交换齿轮 A_3 、 B_3 、 C_3 、 D_3 的作用传给轴Ⅶ的锥齿轮副26 (差动机构壳体在

工作行程时不动), 装在床鞍支架上的并沿着轴XⅦ的锥齿轮副27、28啮合, 传动给锥齿轮29、30, 经锥齿轮29、30啮合, 传给轴XⅥ, 再经锥齿轮31、32的啮合, 传动轴XⅤⅠ, 借分齿交换齿轮 A_4 、 B_4 、 C_4 、 D_4 , 使传动锥齿轮33、34, 而且又带动了蜗杆35与蜗轮36啮合运动。通过以上传动过程, 使主轴转动完成滚切运动。

5) 分齿运动 当加工一齿之后, 工件自动离开刨刀, 并且转过一个齿, 然后工件再送至切削位置而刨下一个齿。分齿运动是操纵鼓轮控制差动机构所完成的, 齿轮24套于相邻齿轮17上并与能在轴XⅣ的套上自由旋转的齿轮25啮合, 轴XⅣ的套与差动机构外壳相连。在循环相应的时间中, 分度机构推开销住差动机构壳体的杠杆使齿轮25与轴XⅣ相连接, 使轴XⅣ旋转一个齿后, 该套与齿轮25脱开, 杠杆重新销住差动机构的壳体。因差动机构旋转一转, 工件即得到一种附加运动。又因差动机构的传动比为2:1, 所以轴XⅤ旋转2转, 在这个时间内, 被加工齿轮转过一个齿。

(3) Y236B刨齿机轴承配置 轴承配置如图18-1-12所示。轴承一览表见表18-1-2和表18-1-3。

表18-1-2 滚动轴承

安 装 位 置 代 号 (见配置图)	型 号	规 格	名 称	数 量
F	204	20×47×14	单列向心球轴承	1
M	205	25×52×15	单列向心球轴承	2
O	206	30×62×16	单列向心球轴承	1
E、L、N	207	35×72×17	单列向心球轴承	5
H	209	45×85×19	单列向心球轴承	1
G	211	55×100×21	单列向心球轴承	2
K	307	35×80×21	单列向心球轴承	2
I	7508	40×80×25	单列圆锥滚子轴承	2
R	8208	40×68×19	单向推力球轴承	1
P	A206	30×62×16	单列向心球轴承	1
Q	A36306	30×72×19	单列向心推力球轴承	2
J	B36307	35×80×21		2

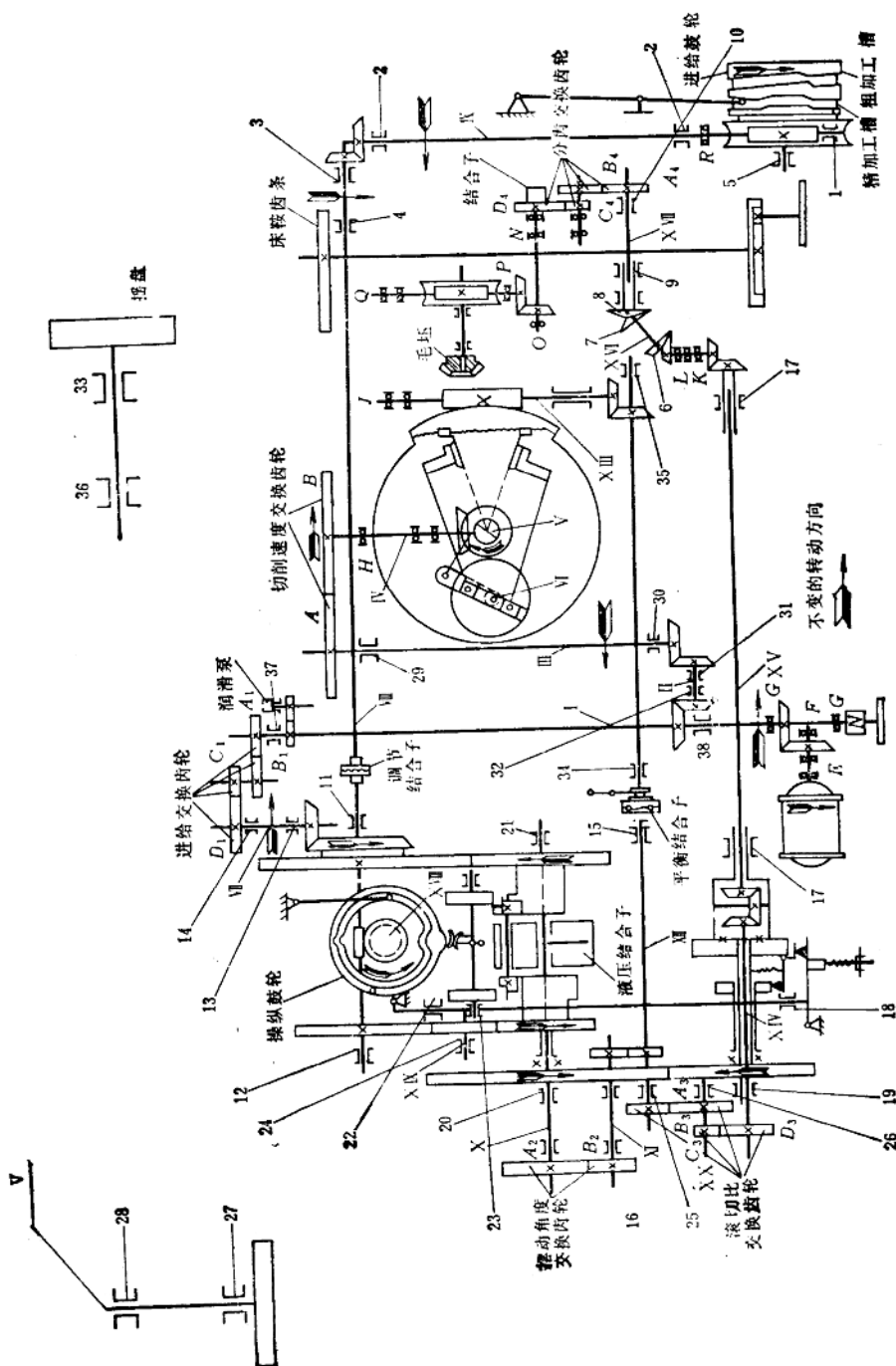


图 18-1-12 液动轴承配置图

表18-1-3 滑动轴承

代 号	规 格 (mm)	材 料	数 量	安 装 部 位
1	70×φ45js6×φ35H7	HT200	1	进给机构
2	50×φ50js6×φ35H7	HT200	2	
3	70×φ45n6×φ35H7	HT200	1	
4	T1Q41-1-D45×60	烧结铁石墨粉	1	
5	85×φ130k6×φ115H7	HT200	1	
6	80×φ42m6×φ37H7	ZQSn6-6-3	1	分齿机构
7	80×φ42m6×φ37H7	ZQSn6-6-3	1	
8	100×φ65m6×φ50H7	ZQSn6-6-3	1	
9	100×φ65m6×φ50H7	ZQSn6-6-3	1	
10	T1Q41-1-C45×45	烧结铁石墨粉	2	
11	T1Q41-1-C50×70	ZQSn6-6-3	1	滚切机构
12	75×φ50k6×φ45H7	HT200	1	
13	80×φ52k6×φ44H7	ZQSn6-6-3	1	
14	80×φ52k6×φ44H7	ZQSn6-6-3	1	
15	65×φ50k6×φ35H7	ZQSn6-6-3	1	
16	T1Q41-1-C55×60	烧结铁石墨粉	2	
17	T1Q41-1-C45×50	烧结铁石墨粉	2	
18	95×φ68k6×φ58H7	ZQSn6-6-3	1	
19	T1Q41-1-C45×50	烧结铁石墨粉	2	
20	T1Q41-1-D55×60	烧结铁石墨粉	2	
21	89×φ55k6×φ45H7	HT200	1	
22	30×φ18k6×φ12H7	HT200	2	
23	70×φ40js6×φ24H7	HT150	2	
24	60×φ40k6×φ30H7	HT200	1	
25	124×φ65n6×φ24H7	HT200	1	
26	55×φ32s6×φ22H7	15	1	
27	100×φ80n6×φ62H7	ZQSn6-6-3	1	摇台机构
28	100×φ80n6×φ62H7	ZQSn6-6-3	1	
29	90×φ55m6×φ45H7	ZQSn6-6-3	1	
30	90×φ55k6×φ45H7	烧结铁石墨粉	1	
31	80×φ55r6×φ45H7	HT200	1	
32	115×φ55k6×φ45H7	ZQSn6-6-3	1	
33	88×φ90n6×φ72H7	ZQSn6-6-3	1	
34	90×φ50n6×φ35H7	ZQSn6-6-3	1	
35	T1Q41-1-B35×45	烧结铁石墨粉	1	
36	60×φ62 $\begin{smallmatrix} +0.04 \\ -0.02 \end{smallmatrix}$ ×φ45H7	ZQSn6-6-3	1	
37	T1Q41-1-B55×80	烧结铁石墨粉	2	驱动机构
38	80×55k6×φ45H7	HT200	1	

5. 刨齿机的调整与计算

(1) 基本调整与计算

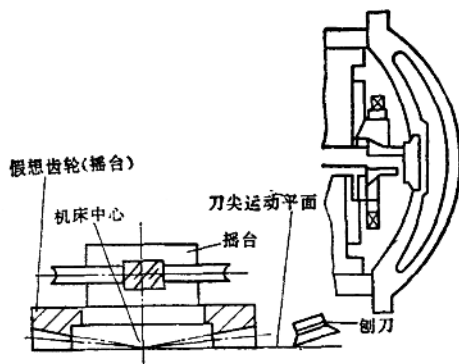
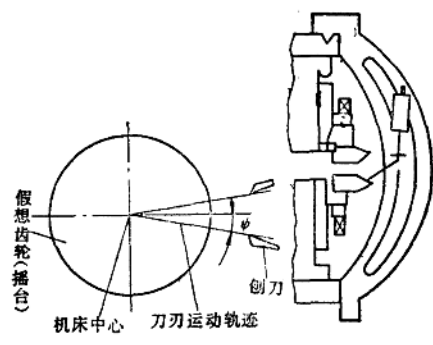
1) 刀位 刨刀在机床上的几何位置 (表 18-1-4)。

2) 轮位 工件在机床上的几何位置 (表 18-1-5)。

3) 交换齿轮公式 (表 18-1-6)。

4) 其它项目调整 (表 18-1-7)。

表 18-1-4 刀位的调整与计算

序号	项 目	调 整 与 计 算
1	长度对刀规对刀	根据刨齿加工原理, 其刀尖运动平面应通过机床几何中心 
2	高度对刀规	根据刨齿加工原理, 其刀刃运动轨迹应通过机床几何中心 
3	齿厚半角 ψ ($^{\circ}$)	$\psi = \frac{57.290 \left(\frac{s}{2} + R \sin \theta_f \tan \alpha \right)}{R \cos \theta_f}$ 简易计算: 当 $\alpha = 20^{\circ}$, $h_a^* = 0.20$ 时, $\psi = \frac{140.05}{z_e} \quad \text{或} \quad \psi = 1.02 \theta_f$

(续)

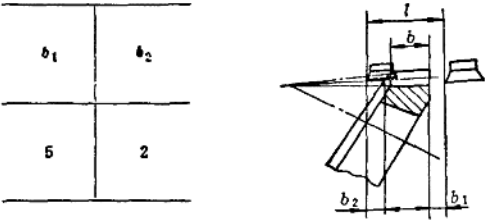
序号	项 目	调 整 与 计 算
4	调节刨刀行程长度 l 和位置 $l = b + b_1 + b_2$	

表18-1-5 轮位的调整与计算

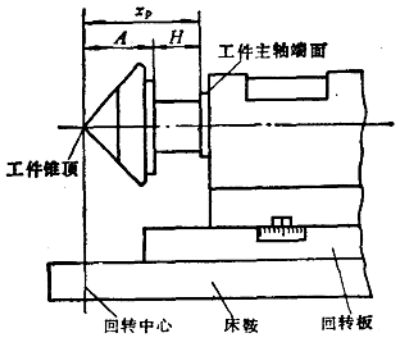
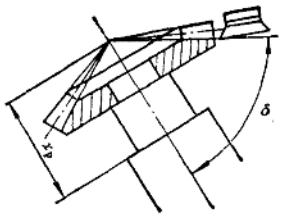
序号	项 目	调 整 与 计 算
1	水平轮位 $x_p = A + H$	根据加工原理, 工件锥顶应与床鞍回转中心重合, 工作时位于机床几何中心 $x_p = A + H$ A—工作安装距 H—心轴端面与机床主轴端面距离 
2	回转板安装角 δ	该刨齿机产形轮是平顶齿轮, 所以回转板安装角即为工件根锥角 

表18-1-6 交换齿轮公式

序号	项目	Y 236 B
1	切削速度交换齿轮 i_v	$\frac{n}{219}$
2	滚切交换齿轮 i_x	$\frac{z_c}{75}$
3	分齿交换齿轮 i_y	$\frac{30}{z}$
4	进给交换齿轮 i_s	$\frac{6.18}{f}$
5	摇台摆角交换齿轮 i_θ	$\frac{\theta^\circ}{23}$ θ —下摆角

(2) 调整公式

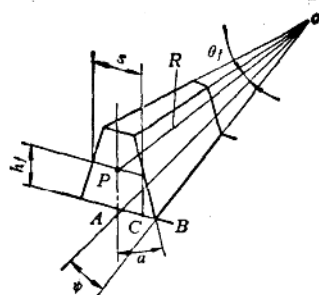
1) 齿厚半角 ψ (图18-1-13)

图18-1-13 齿厚半角计算

$$\psi = \frac{57.296 \left(\frac{s}{2} + R \sin \theta_f \tan \alpha \right)}{R \cos \theta_f} (^\circ)$$

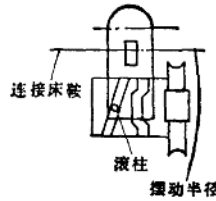
$$\tan \psi = \frac{AB}{OA}$$

$$= \frac{s}{2} + h_f \tan \alpha$$

$$= \frac{s}{2} + R \sin \theta_f \tan \alpha$$

$$\overline{AB} = \overline{AC} + \overline{BC}$$

表18-1-7 其它项目调整

序号	项目	Y 236 B
1	滚切法改为切入法的调整	在摇台“0”时取下摇台摆角交换齿轮 i_θ 并锁住摇台, 同时鼓轮滚柱调入粗切槽
2	滚切法加工时床鞍退出量调整	调整摆杆摆动半径 
3	终点自动停车	在分齿刚结束时调整
4	滚切法时 $i_x - i_y$ 交换齿轮组正确性检查	$\theta_{工检} = \theta_{滚切} \frac{z_c}{z}$ 式中 z_c —铲形齿轮齿数
5	切入法时 i_y 交换齿轮正确性检查	$\theta_{工检} = 360^\circ \frac{1}{z}$

$$\overline{OA} = R \cos \theta_f$$

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{\frac{s}{2} + R \sin \theta_f \operatorname{tg} \alpha}{R \cos \theta_f}$$

① 当齿轮不修正, 且 $\alpha = 20^\circ$ 、 $h_a^* = 0.20$ 时
且 $\theta_f \rightarrow 0$, $\cos \theta_f \approx 1$

则齿厚半角 ψ 的计算公式可以简化 (图 18-1-14) 为

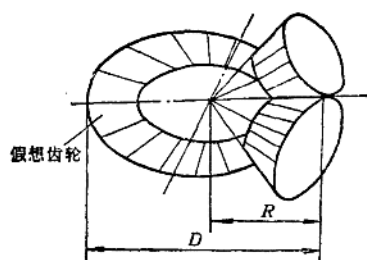


图18-1-14 假想齿轮啮合

a. $\alpha = 20^\circ$, $\operatorname{tg} \alpha = 0.36397$, $h_f = 1.2m$,

$$\frac{s}{2} = \frac{\pi m}{4}, R = \frac{1}{2} m z_e \text{ 代入}$$

$$\text{则 } \psi = \frac{57.296 \left(\frac{\pi m}{4} + 1.2m \times 0.36397 \right)}{\frac{1}{2} m z_e}$$

$$= \frac{140.05}{z_e} (^\circ)$$

b. 由于: $\theta_f \rightarrow 0$

$$\therefore \sin \theta_f \approx \theta_f \text{ (rad)} = \frac{\theta_f}{57.296} = \frac{h_f}{R}$$

$$R = \frac{57.296 h_f}{\theta_f}$$

$$\text{则 } \psi \approx \frac{57.296 \left(\frac{\pi m}{4} + 1.2m \times 0.36397 \right)}{\frac{57.296 \times 1.2m}{\theta_f}} \approx 1.02 \theta_f (^\circ)$$

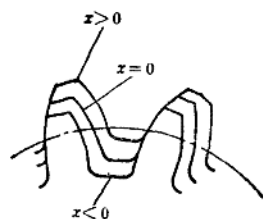


图18-1-15 高度变位

② 当齿轮修正时

a. 高度变位 (图18-1-15)

$x_1 + x_2 = 0$, 变位后, 齿轮齿根高及节圆齿厚分别发生改变。将改变后的 s 、 h_f 代入齿厚半角 ψ 公式, 其结果不变, 所以齿厚半角 ψ 与齿轮高度变位无关。

$$s = \frac{\pi m}{\alpha} + 2xm \operatorname{tg} \alpha, s = \frac{\pi m}{2} - 2xm \operatorname{tg} \alpha$$

$$h_f = 1.2m - xm, h_f = 1.2m + xm$$

b. 切向变位 (图18-1-16)

小轮齿厚增加 $x_1 m$ (x_1 为切向变位系数) 大轮齿厚减薄 $x_2 m$, 以达到大小轮等强度的目的。此时机床调整齿厚半角 ψ 不变, 但其高度对刀规上表值不是 0 而是 $\pm \frac{1}{2} x_1 m$ 。

2) 切削速度交换齿轮 i 。

传动链平衡方程: $n i i_x = n_1$

式中 n ——电动机转速;

n_1 ——刀架冲程次数。

$$n = 1420 \times \frac{15}{43} \times \frac{34}{34} \times \frac{34}{34} i_v \times \frac{19}{43}$$

$$i_v = \frac{n}{219}$$

3) 滚切交换齿轮 i_x 。

传动链平衡方程:

$$\frac{1}{z} = \frac{1}{z_e} i i_x$$

$$\frac{1}{z} = \frac{1}{z_e} \times \frac{120}{1} \times \frac{25}{20} i_x \times \frac{32}{24} \times \frac{26}{26} \times \frac{26}{26} i_y \times \frac{36}{24} \times \frac{1}{120}$$

式中 $i_y = \frac{30}{z}$ (即单分齿法)

$$i_x = \frac{z_e}{75 \sin \delta} \text{ (即双分齿法)}$$

4) 分齿交换齿轮 i 。

传动链平衡方程:

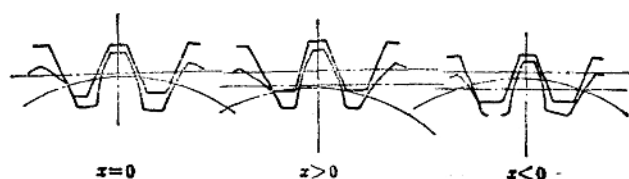


图18-1-16 变位齿轮

分齿运动 $i i_v = \frac{1}{z}$

分齿运动是差动壳体，分齿运动为附加 2 转：

$$2 \times \frac{32}{24} \times \frac{26}{26} \times \frac{26}{26} i_v \times \frac{36}{24} \times \frac{1}{120} = \frac{1}{z}$$

$$i_y = \frac{30}{z}$$

5) 进给交换齿轮 i_s 。

鼓轮进给，鼓轮 1 转即为加一个齿所需的循环，所以传动链平衡方程：

$$N i i_s = n' = \frac{60}{t}$$

即 $1420 \times \frac{15}{43} i_s \times \frac{15}{45} \times \frac{26}{26} \times \frac{4}{68} = \frac{60}{t}$

$$\therefore i_s = \frac{6.18}{t}$$

式中 t —— 分齿箱单分齿时一齿加工时间或双分齿时二齿加工时间 (s)。

6) 摇台摆角交换齿轮 i_θ 。

摇台反向是机械控制，所以摇台摆角是有级的鼓轮，凸轮 1 转，蜗杆旋转 $17\pi/\text{min}$ ，故单向摆动为 $8.5\pi/\text{min}$ ，换向时丢 $1/2$ 转，液压结合子丢 $1/3$ 转，所以摇台摆角交换齿轮主动轴实际为 $8\frac{1}{2} - \frac{1}{2} - \frac{1}{3} = 7\frac{2}{3}$ 转。

传动链平衡方程：

$$\theta = 7\frac{2}{3} i_\theta 360^\circ$$

$$\theta = 7\frac{2}{3} i_\theta \times \frac{45}{36} \times \frac{20}{25} \times \frac{1}{120} \times 360^\circ$$

$$i_\theta = \frac{\theta}{23}$$

摇台摆角 θ 是为了能够切出完整的齿形(图 18-1-17)，为切出完整齿形，上摆时切 AC 、 BD ，下摆时则切另一半，为了切出 AC 、 BD ，则刨刀须走

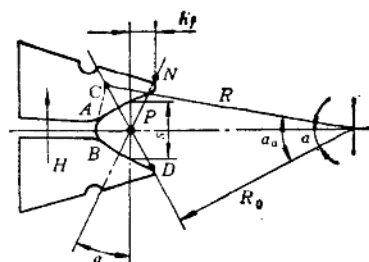


图 18-1-17 齿形

直线距离 H ， $H = \frac{\overline{BN}}{\cos \alpha}$ ，包括下摆则为

$$2H = 2 \times \frac{\overline{BN}}{\cos \alpha}$$

$$= 2 \times \frac{(\overline{BP} + \overline{PN})}{\cos \alpha}$$

$$= 2 \times \frac{0.5s \cos \alpha + \frac{h_f}{\sin \alpha}}{\cos \alpha}$$

$$= 2h_f (\tg \alpha + \ctg \alpha) + s$$

当 $\alpha = 20^\circ$ ， $h_f = 1.2\text{m}$ 时， $s = 0.5\pi\text{m}$ ， $R =$

$$\frac{1}{2}mz_c, \theta = 57.3 \frac{2H}{R}$$

$$\therefore \theta = \frac{713 \times \frac{h_f}{m} + 180^\circ}{z_c}$$

$$= \frac{713 \frac{h_f}{m} + 180^\circ}{z} \sin \delta$$

7) 齿厚半角修正量 (图 18-1-18、19)

$$\Delta\psi = 3440 \frac{V}{R} (')$$

$$\tg \psi \approx \psi (\text{rad}) = \frac{s}{2R}$$

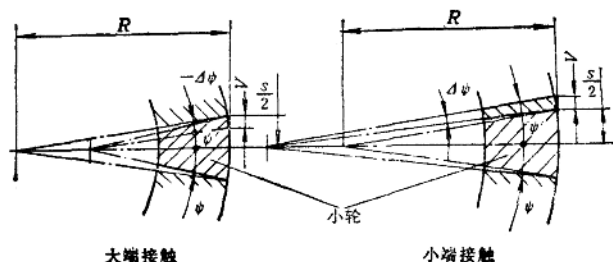


图 18-1-18 齿角修正