第17章　插齿机的修理

赵玉祥

第1节　插齿机型号、结构及传动系统

（一）插齿机的型号与规格

目前国内生产插齿机的专业工厂有三个，即天津第一机床厂、南京第二机床厂和长江机床厂。此外，重庆机床厂、上海第一机床厂、营口机床厂、鞍山第一机床厂等15个工厂也生产过。从1954年重庆机床厂首先试制成功Y54型插齿机以后，30多年来，国内生产厂共同开发插齿机的品种约有30多个，规格由200～2500mm（不包括仪表机床），不仅满足了国内生产的需要，而且向国外出口。

我国第一种插齿机在1954年由重庆机床厂试制成功后，1957年改由天津第一机床厂成批生产。该机床连续生产了30多年，由于不断改进设计和加工工艺，制造精度稳定，是我国拥有量最大的品种之一。80年代初期又进行了一次较大的改进，性能和精度均有所提高，型号相应改为Y54B。在这个插齿机上派生的产品有YT54型齿条插齿机、YK54型非圆插齿机等。

50年代末期，南京第二机床厂试制成功了仿苏5B12型插齿机，我国的型号为Y5120。是我国第一种小型插齿机，布局形式与Y54插齿机相同。在60年代中期进行了一次较为重大的改进，型号相应改为Y5120A。该机床的性能与加工精度均很稳定，为我国主要的小型插齿机。

60年代初期，天津第一机床厂试制成功了仿苏5A150型插齿机，我国型号为Y58。这是一种中型插齿机，非常适用于工程机械和重型机械部门，用来加工大型圆柱齿轮，尤其是内齿圈。由于加工件的重量很大，工作台作让刀运动非常不便，因此在布局上改用刀具摆动让刀，工作台作径向进给运动的纵向布局型式。该插齿机刚度很好，加工性能稳定，为我国中型插齿机的主要产品，后经改进，型号相应改为Y58A。

在掌握上述三个仿苏产品生产以后，随着科学技术的发展，国内插齿机生产厂考虑有必要设计一种新型插齿机来更新换代，作为我国的基型产品。60年代中期开始了新型插齿机的生产准备。嗣后，天津第一机床厂等厂进行了大量的试验和国内外的调查研究工作，最后确定采用纵向布局，即刀具作让刀运动，工作台作径向进给运动的方案。70年代中期，开发了Y5132型插齿机，以后又在该机的基础上，重新设计了Y5150型插齿机。这种插齿机具备许多先进结构，如插齿刀切向让刀、工件液压卡紧，插齿刀在粗精加工过程中可自动变速，工作余量可进行分配，加工内齿轮时插齿刀上停机构等，功能齐全。该插齿机在80年代初试制成功后，受到使用单位的好评。它标志我国的插齿机在设计与工艺方面进入了世界先进行列。

为满足航天工业、制氧工业等部门的需要，又对该插齿机进行了提高精度的工作，使加工精度能稳定达到6级以上，其型号为YM5150A。目前专业生产厂均生产这种插齿机。

在大型插齿机方面，我国开发的品种陆续增多。早在70年代，上海第一机床厂首先生产了Y51200型插齿机，为国家提供了大型关键设备。长江机床厂于70年代中期生产出Y51250型插齿机，是我国当前最大规格的插齿机，是装备矿山等工业的重点设备。天津第一机床厂在开发大型插齿机方面也做了大量工作，先后生产出Y51125、Y51150、T_1-Y51200型插齿机。目前，我国大型插齿机已形成系列。

近年来，数控技术在各个领域中的应用也为插齿机的发展开辟了新路。80年代中期各专业生产

表17-1-1　国内外主要插齿机的型号规格和技术数据

国别		中国								
型号		Y5120A	YZ5125 YZX5125	Y5132 YM5132	Y54B	YM5150A	YM5150H	Y5150 YM5150	Y58A	Y5180 YM5180
最大加工直径 (mm)		200	250	320	500	500	500	500	800	800
最大加工模数 (mm)		4	6	6	6	8	8	8	12	8
最大加工齿宽 (mm)		50	60	80	105	100	90	100	170	100
主轴	轴颈直径 (mm)	31.75	31.75	31.75	31.75	31.75	31.75	31.75	31.75	31.75
	锥孔	莫氏锥度3号								
工作台	圆柱孔或锥孔直径 (mm)	35	100	70	40	100H6	100H6	100	130H7	100
	锥度	1:10			1:10					
插齿刀支承面至工作台面的距离 (mm)		70～140	160～245	130～250	35～160	125～250	145～250	90～260	150～350	180～350
插齿刀轴线至工作台轴线的距离 (mm)		250	-60～220	30～250	0～330	0～330	0～330	0～365	0～700	0～515
主轴冲程级数		4		6	6	12	8		7	
主轴冲程范围 (次/min)		200～600	250～900 250～1350	115～700	80～400	83～538	160～710	65～540	25～150	65～540
圆周进给级数		8								
圆周进给范围 (mm/冲程)		0.10～0.46	0.04～2.263	0.097～0.526	0.11～0.49	0.1～0.6	0.1～0.6	0.073～0.457	0.17～1.5	0.073～0.457
主功率 (kW)		1.7	4/5.5	5.97①	3	4	3.5/5.5	11①	7.5	11①
机床重量 (kg)		1700	5000	4800	3500	6000	7500	6000	9600	6500
外形尺寸(长×宽×高) (mm)		1303×960×1830	2510×2230×2210	1900×1040×2045	1750×1300×2060	2100×1650×2520	2720×1530×2580	2240×1465×2285	3552×1763×3792	2410×1465×2385
备注										

国别		中国								
型号		Y51125A YM51125	T_1-Y51200	Y51250B	YM51250/1	YKD5130	YKD5180	Y58125A	YBJ5612	YJ5620
最大加工直径 (mm)		1250	2000	2500	2400	300	600	L1250	108	125
最大加工模数 (mm)		12	16	16	20	6	6	8	6.5	10
最大加工齿宽 (mm)		200	180	250	320	60	270	100	40	75
主轴	轴颈直径 (mm)	88.9	101.6	88.9	101.6	31.75	31.75	31.75		
	锥孔									
工作台	圆柱孔或锥孔直径 (mm)	200	—	350	350	60	90		110H6	120H6
	锥度									
插齿刀支承面至工作台面的距离 (mm)		240～520	240～480	200～610	350～750	80～155	90～300	55～180		
插齿刀轴线至工作台轴线的距离 (mm)		175～800	260～1160	350～1400	210～1355	0～225	0～380			
主轴冲程级数		11	8	6	6	无级	7		4	4
主轴冲程范围 (次/min)		45～262	21～122	23～125	13～65	100～800	20～120	83～538	125～350	80～100
圆周进给级数										
圆周进给范围 (mm/冲程)		0.1～0.2	0.1～1.02	0.04～1.25	0.06～1.67	0.002～0.2	0.05～0.5	0.15～0.6	0.03～0.82	0.03～0.82
主功率 (kW)		16.19 19.19①	18.5	20.27①	21.07①	4	7.5	4	3.3/4.5	3/4
机床重量 (kg)		18000	30000	28000	30000	3000	8500	5500	4500	4500
外形尺寸(长×宽×高) (mm)		3600×1570 ×2955	4540×2700 ×3720	4750×2260 ×3610	4750×2260 ×400	2348×941 ×1916	2995×1245 ×4318	1700×2500 ×2520	2000×1600 ×2000	2000×1600 ×2650
备注										

（续）

国别		美国					英国	
型号		No 4GS	No 8AGS	No 10-2	6A	36″	V6	HS-200
最大加工直径 （mm）		152	203	250	457	915	152.4	200
最大加工模数 （mm）		5	—	6	6.4	8.27	6	6
最大加工齿宽 （mm）		50	50.8	50	127	127	90	64
主轴	轴颈直径 （mm）		67.1			44.443		
	锥孔							
工作台	圆柱孔或锥孔直径 （mm）					150		
	锥度							
插齿刀支承面至工作台面的距离 （mm）					54～193	64～222		
插齿刀轴线至工作台轴线的距离 （mm）						-395～550		
主轴冲程级数		—	6	—	6	12	—	—
主轴冲程范围 （次/min）		635	200～600	1300	111～342	18～300	1500	2500
圆周进给级数								
圆周进给范围 （mm/冲程）		—	—	—	—	—	—	—
主功率 （kW）		—	—	—	2.2	3.7	1.1	—
机床重量 （kg）		—	—	—	2600	5600	2500	
外形尺寸(长×宽×高) （mm）		—	—	—	1580×1220×1960	1800×1410×2130	—	—
备注			采用双速电动机，机床刚性较好					

国别		英国		前苏联				
型号		V10B/1	V400	5B12	514	5140	5A150	E3-15
最大加工直径 (mm)		267	400	208	462	500	800	2500
最大加工模数 (mm)		6.5	6	4	6	8	12	12
最大加工齿宽 (mm)		≈50	100	50	105	—	170	170
主轴	轴颈直径 (mm)	31.743		31.743	31.743		44.443	44.443
	锥孔			莫氏3号				
工作台	圆柱孔或锥孔直径 (mm)	76.2			40		120	
	锥度				1:10			
插齿刀支承面至工作台面的距离 (mm)				70～40	35～160		150～350	
插齿刀轴线至工作台轴线的距离 (mm)				-100～150	-160～350	～350	0～750	
主轴冲程级数		无级	—	4	4		7	
主轴冲程范围 (次/min)		80～720	1000	200～600	125～359	80～500	25～150	25～150
圆周进给级数		无级			5		11	
圆周进给范围 (mm/冲程)		0.11～0.69	—	0.1～0.46	0.17～0.44	—	0.17～1.5	—
主功率 (kW)		3.75	3	1.7	2.8	4.5	7	7
机床重量 (kg)		3000	3920	1850	3530	4100	10200	18000
外形尺寸(长×宽×高)(mm)		1570×1190×2030	—	1320×940×1820	1760×1270×2000	1720×1050×2350	3150×1620×3720	4000×2960×3800
备注				在分齿传动链中不采用相交轴，因而避免使用锥齿轮			刀具摆动让刀，工作台径向进给	系5A150的变型产品

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

（续）

国别		日本					意大利		
型号		HGS-18	GPB-35	GP-25	SH630	TF-62	SRI180	SRI220	SR16/550
最大加工直径 (mm)		220	340	510	650	890	180	220	550
最大加工模数 (mm)		5	5.5	5.5	8	6	4.5	5	6
最大加工齿宽 (mm)		60	80	55	200	127	50	50	75
主轴	轴颈直径 (mm)		70			31.743	31.743 44.443	31.743 44.443	31.743 44.443
	锥孔		莫氏4号						
工作台	圆柱孔或锥孔直径 (mm)			50		292			
	锥度								
插齿刀支承面至工作台面的距离 (mm)			105～245				～107		
插齿刀轴线至工作台轴线的距离 (mm)			0～200					-100～170	
主轴冲程级数		13	11	6		8	6	6	16
主轴冲程范围 (次/min)		90～925	60～584	185～350	320	22～150	150～460	147～464	28～453
圆周进给级数		9	—	—	—	—	10	10	8
圆周进给范围 (mm/冲程)		0.05～0.18 (刀具直径1"时)							
主功率 (kW)		2.2	—	1.5	15/11	2.2	1.85/1.1	1.85/1.1	2.2/4.4
机床重量 (kg)		4200	—	2850	8500	3380	2350	2450	3600
外形尺寸(长×宽×高) (mm)		1500×1260 ×1940	—	1610×1840×--	—	1740×1260×2200	1500×1200×2000	1450×1000×1800	1770×1020×2080
备注									

国别		意大利		德国				
型号		SI8/750	D450	Zstwz 250×4	SSM1	Zstwz 1000×10	SSM2	SSM3
最大加工直径 (mm)		750	457	250	900	1000	1800	3000
最大加工模数 (mm)		8	—	4	8	10	8	14
最大加工齿宽 (mm)		130	—	50	140	140	140	140
主轴	轴颈直径 (mm)	31.743 44.443	—	27	31.743	31.743	31.743	80
	锥孔					米制40		
工作台	圆柱孔或锥孔直径 (mm)			42	105	125	105	450
	锥度							
插齿刀支承面至工作台面的距离 (mm)					130～280		130～280	
插齿刀轴线至工作台轴线的距离 (mm)								
主轴冲程级数		6	4	6	12	9	12	12
主轴冲程范围 (次/min)		42～240	111～342	200～600	39～208	45～280	39～208	20～158
圆周进给级数		8	6	8	18	9	18	18
圆周进给范围 (mm/冲程)			0.24～0.3	0.06～0.363	0.027～1.00	—	0.027～1.00	0.023～0.8
主功率 (kW)		3.7	2.2	1.1/1.5	4	7.5	5	17.1
机床重量 (kg)		4350	3590	2050	3450	8000	6000	18500
外形尺寸(长×宽×高) (mm)		2100×1020×2150	1620×1380×1980	1450×1020×2080	2500×1200×2500	3000×1200×2300	3300×1700×2500	—
备注			带有可调的插斜齿齿轮机构			新系列产品，插齿刀往复运动，由专用端面凸轮带动径向切入，采用预选机构		

（续）

国别		德				国				瑞士
型号		SN15	SB/630	LS200	LS400	LSt30	LS1000	LS1250	LS2000	SH45
最大加工直径 （mm）		500	630	200	400	630	1000	1250	2000	450
最大加工模数 （mm）		5	8	4	6	12	12	12	15	6
最大加工齿宽 （mm）		90	180	50	70	200	200	200	250	130
主轴	轴颈直径 （mm）									
	锥孔									
工作台	圆柱孔或圆锥孔直径（mm）						400H6	400H6		
	锥度									
插齿刀支承面至工作台面的距离（mm）										130～330
插齿刀轴线至工作台轴线的距离（mm）						0～450	0～640	0～765		
主轴冲程级数										9
主轴冲程范围 （次/min）		424	300	1250	1000	510	340	340	175	37.5～235
圆周进给级数										72
圆周进给范围 （mm/冲程）										9～80
主功率 （kW）		4	9	3/4	5/7	15	15	15	34	6.6
机床重量 （kg）		4100	5500	6000	6500	10000	10500	11000	25000	3600
外形尺寸（长×宽×高）（mm）										2270×1500×2000
备注										

国别		瑞士						捷克	
型号		SH45B	SH75C	SH100	SH180	SH300	SH250	OH4	OH6
最大加工直径 (mm)		450	750	1200	1800	3000	2500	200	500
最大加工模数 (mm)		4	10	15	20	25	30	4	6
最大加工齿宽 (mm)		120	200	325	425	520	660	40	90
主轴	轴颈直径 (mm)							31.743	44.443
	锥孔								
工作台	圆柱孔或圆锥孔直径(mm)								38
	锥度								
插齿刀支承面至工作台面的距离 (mm)		160～360	90～290 (100～360)	150～460	70～1300	430～1500		60～120	50～200
插齿刀轴线至工作台轴线的距离 (mm)									180～300
主轴冲程级数		9	9	12		13		4	9
主轴冲程范围 (次/min)		37.5～235	23.5～150	8.6～110	4.5～107	2.7～85		220～635	50～315
圆周进给级数		72	72	72		111		8	6
圆周进给范围 (mm/冲程)		9～80	9～80	9～80	10～120	10～120		0.1～0.51	0.16～0.50
主功率 (kW)		6.6	6.6	9	11	13	34	1.2/0.75	3
机床重量 (kg)		3600	3800	7300	16000	22000	38000	1500	2500
外形尺寸(长×宽×高)(mm)		2270×1500×2000	2270×1650×2000	2840×2200×2700	4780×3000×2900	5550×3560×3600		2300×1200×1700	2100×1000×2100
备注		马格公司的产品统一采用刀具让刀，工作台进给的纵向布局方式，用齿条刀加工，结构较复杂，生产率较低，但加工精度较高							

① 系机床总功率。

厂均生产出微机控制的插齿机，如天津第一机床厂生产的YKD 5130型、YKD 5180型；长江机床厂生产的Y 5132D等微机控制的插齿机。微机控制技术的采用，不仅简化了机床结构，提高了机床的加工精度，而且开拓了用途，不仅能加工出精度很高的齿轮，还能加工出非圆齿轮和凸轮。

插齿机在特种用途上也有开拓。80年代以来，我国的汽车尤其是小型汽车的方向机上广泛采用变速比齿扇，以代替原来陈旧的方向机结构。采用变速比齿扇的方向机操作省力、方便，是方向机的重大改进。天津第一机床厂于80年代中期开发了能加工变速比齿扇的插齿机如YBJ 5612，YJ 5620等型号的齿扇插齿机，满足了用户要求。这种机床目前只有少数国家能够制造，我国处于世界先进行列。

以上简述说明，我国插齿机在设计、工艺方面都进步很大。

现将国内外主要的插齿机生产厂及其生产的型号、规格列于表17-1-1中，以供参考。

（二）插齿机的结构与特点

国内外插齿机的发展都是围绕着提高生产率、提高精度（包括减小表面粗糙度）和便于操作维修三方面进行的。多少年来，国内外优秀的设计人员想方设法，设计出很多新结构来满足社会的需求，使插齿机的功能日趋完善。插齿机的进步更促进了相关工业的发展。近年来，由于国际交往频繁、产品交换加多，各国生产的插齿机彼此借鉴，相互促进，致使各国生产的插齿机都有所发展并且趋向一致。为对国内外插齿机有所认识，现将各国插齿机采用过的新结构，简介于后。

1．插齿机新结构简介

（1）采用静压轴承和静压滑块　提高生产率最有效的方法是提高插齿刀的冲程次数，这相当于提高车床主轴的转数。过去生产的旧型插齿机如Y 54A、Y 5120A等冲程次数较低，均未超过600次/min。国外生产的旧型插齿机也不过如此。其原因，一方面是刀架中的固定导轨与滑动导轨之间的滑动面为滑动摩擦，过高的冲程次数会使二者之间的滑动表面磨损加快。另一方面，用高速钢制造的插齿刀的允许切削速度很低，因此限制了冲程次数的提高。随着工业技术的发展，静压技术在插齿机上得到应用。事实证明，插齿机上的刀架中的静压轴承和静压滑块磨损很小，能长期保持运动精度。目前德国的劳伦茨LS系列、日本三菱重工的SH系列插齿机均采用了静压技术，冲程次数一般均在1000次/min以上。如日本SH 251的冲程数为1350次/min。目前冲程次数最高的已达到2500次/min，如HS200型插齿机，比一般插齿机提高3～5倍，机动时间大为缩短，因之生产率大大提高。图17-1-1所示为德国LS 200型插齿机的静压轴承与静压滑块。

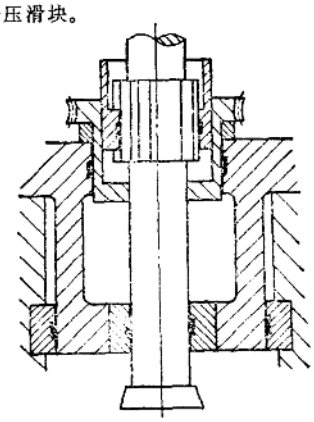

图17-1-1　静压轴承与静压滑块

（2）采用球拉杆结构　旧型插齿机的刀具往复运动多采用齿轮齿条（如Y 54型插齿机）、扇形齿轮（如Y 58型插齿机）等传动零件来完成，不仅惯性大，往复运动不平衡，并且影响插齿刀冲程次数的提高。图17-1-2所示的球拉杆机构在国内外的中小型插齿机上被广泛采用，它结构简单、轻巧，能适应插齿刀冲程次数的提高。

（3）采用快速返程机构　旧型插齿机的主运动，多采用曲柄连杆机构，刀具在整个切削过程中切削速度很不均匀，呈现0—最大—0的情况，加速度变化较大，并且容易产生振动。插齿刀的返回行程时间与工作行程时间基本相同，相对来说空行程时间较大，这是一种损失。美国弗洛斯公司设计制造的20-4型插齿机采用非圆齿轮传动，返回行程速度为工作行程的2.5倍。德国劳伦茨公司生产的LS 420型插齿机采用了双曲拐机构来驱动曲柄盘等，都是较好的措施。

（4）采用余量预选控制机构　在切削过程中将加工余量分为几次切削，在旧型插齿机（如Y 5a型）中采用二次、三次径向进给凸轮来完成，径向进给量的选择不能满足工艺的要求，并且变换调整很不方便。国外劳伦茨、赛克斯、三菱重工等公司采用电气、液压联合控制，配合千分尺（或挡块）与

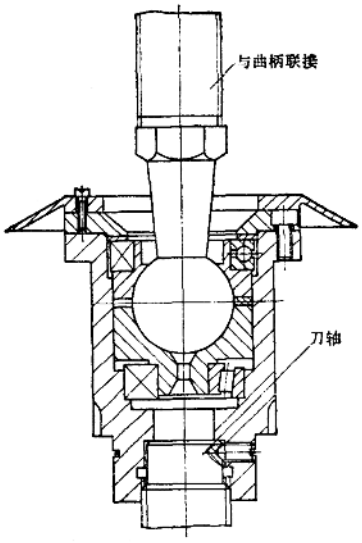

图17-1-2 球拉杆机构

微动行程开关来实现多次径向进给。我国Y5150A插齿机也采用这种机构。

（5）采用液压夹紧机构 旧系列的插齿机安装工件的装置多为芯轴与螺母、垫圈，费时费力。当前较为先进的插齿机大多改用液压夹紧机构以节约安装工时，我国的Y5150A插齿机也配有此机构。

（6）改进刀具 高速钢制造的插齿刀已不能满足当前的生产要求。国外生产的插齿刀在材质及刃部镀层方面均有所突破，如日本在插齿刀上镀碳化钛等，使刀具切削速度大为提高。

（7）主运动自动变速机构 理论分析和工艺要求，在粗切过程中冲程次数较低而圆周进给量较大，当进入精切时则希望自动提高插齿刀冲程次数并转换为较小的圆周进给量，以充分利用刀具和充分发挥机床的效能。因此，要求主运动在粗、精加工时能够自动变速。这种要求，旧型插齿机均未实现。在国外，日本SH系列的插齿机采用双速电动机，粗切时采用电动机的低速，当粗切结束后自动接通电动机的高速，使插齿刀冲程次数增加。我国Y5150A插齿机则采用液压离合器来实现这个要求。

（8）工作台自动夹紧 在精切过程中，工作台最好自动地被夹紧在床身导轨上，以保持工作台轴线与插齿刀轴线距离不变，这无疑对插齿精度有益，可有效地提高被加工齿轮的运动精度及减低粗糙度。目前较先进的插齿机均有此结构。

（9）采用插齿刀上停机构 旧型插齿机在切削完毕后，插齿刀停在工件的齿宽的任意位置，这对拆卸工件、测量工件均十分不便，对内齿圈尤甚，影响自动化程度。因此希望在加工完毕后，插齿刀能自动停在最上位置，这对加工内齿圈更加需要。国外一些较先进的插齿机附带此种上停机构。

（10）增加排屑装置 在大量生产中，切屑很多，清理切屑也是一件费时、费工的事情。一些较为先进的插齿机则备有排屑装置，如日本的SH251型插齿机，切屑不断地由切屑运输器运送到停在机床外面的小车中，并可以很方便的推到切屑集中的地方，不仅省时省力，同时也改善了环境卫生。

2. 插齿机的结构与特点

上述新结构，在一般的插齿机上并非全都带有，只是根据需要带有其中一部分，而各国插齿机的具体结构、形状尺寸并不相同，不可能一一介绍。现简单介绍部分国内外插齿机的结构与特点，以增进了解。

（1）英国赛克斯公司V400型插齿机 V400型插齿机是在V10B/1型的基础上改进设计的，机床刚性很好，精度高，使用范围广泛，是该公司的代表产品。其结构特点为：

1）采用刀架平行让刀，工作台作纵向进给的纵向布局型式。

2）插齿刀往复运动由曲柄盘直接带动。曲柄盘设计在插齿机上方右侧面，曲柄盘的旋转轴线与工作台的进给方向垂直，简化了传动结构，有利于提高冲程次数。

3）主运动和圆周进给运动采用球形无级变速机构，可在加工过程中改变切削用量。调速靠电位器和伺服电动机，不用操纵手柄；冲程次数和圆周进给量的值由电流表显示，操作方便而直观。

4）径向进给由液压缸驱动，微量进给由特制的计量阀调节，温度和液压油粘度的变化不影响该机构的稳定性。径向进给自动循环次数和加工余量可以通过工作台前面的三个千分尺精确地调整。

5）在机床的分度传动链中，没有采用圆锥齿轮传动副。

6）在开始进入精加工的同时，工作台能自动地被夹紧在床身的导轨上。

7）工作台可以向左或向右偏移调整，实现斜向让刀，以避免圆周进给量过大或插削斜齿轮时产生齿形干涉现象，有益于刀具和减低齿面的粗糙

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

度。

8）附件齐全，如附带插齿条装置、螺旋导轨、工件液压卡紧、插齿刀上停机构、工件尾架顶针装置、自动上下料机构和切屑运输器等，扩大了使用范围。

（2）德国劳伦茨公司 LS 200 型插齿机 该插齿机为系列产品，其结构与特点为：

1）采用插齿刀摆动让刀、工作台径向进给的纵向布局型式。

2）刀架采用静压轴承，静压滑块为四齿渐开线齿形。

3）主驱动采用双速电动机，因此能在粗、精加工过程中自动改变冲程次数。

4）径向进给由液压缸驱动，进给量和齿深由挡块控制。加工余量可预先选择分配，能完成1～3次自动进给循环动作，当转入精加工循环时，插齿刀冲程次数能提高一倍并且相应地减少圆周进给量。

5）主柱可以向左或向右移动，实现斜向让刀。

6）插齿机的电气箱、液压箱单独设置，便于维修。

7）万能性大，附带有螺旋导轨、尾座顶针机构、工件液压夹紧和转盘上下料装置等，可实现单机自动并可方便地列入自动线生产。

（3）前苏联 5140 型插齿机 是前苏联 50 年代插齿机的代表产品，结构与特点如下：

1）采用插齿刀摆动让刀，工作台径向进给的纵向布局型式。

2）在切削过程中，粗、精加工可以自动改变插齿刀的冲程次数和圆周进给量，生产率比5M14提高 15%～20%，生产率较高。

3）精加工时，工作台被夹紧在床身导轨上，提高了精切加工的稳定性。

4）采用两个油缸完成径向进给运动，其中一个液压缸使工作台做快速进退运动，另一个液压缸置于工作台的横面，通过斜铁推动工作台做微量的切入进给运动。

5）采用液压夹紧机构，便于装拆工件。

6）具有测量插齿刀轴线与工件轴线之间距离的刻度游标，精度可达 0.02mm。

（4）日本三菱重工 SH 251 型插齿机 为 80 年代产品，在日本已成系列。该型插齿机为系列中的小型产品，结构与特点为：

1）采用插齿刀让刀，工作台作径向进给的纵向布局型式。

2）床身与立柱均采用钢板焊接，刚性好。

3）插齿刀往复运动采用曲柄盘和球拉杆机构，粗、精加工时能自动改变电动机的转数（电动机为双速电动机）来改变插齿刀的冲程次数及圆周进给量。

4）采用静压轴承和静压滑块，刀具的冲程次数可达 1350 次/min。

5）加工余量可预先选择分配。

6）在开始精加工时，工作台自动地被夹紧在床身导轨上，保持刀具轴心线与工作台轴心线之间的距离不变，有利于提高工件精度。

7）安装与拆卸工件采用液压装置，省时省力。

8）带有切屑运输器，根据需要可提供插齿刀的上停机构。

（5）美国弗洛斯 No 60 型插齿机 为美国的大型插齿机，结构特点如下：

1）采用工作台固定，刀架沿横导轨移动以完成径向进给运动，插齿刀让刀。其型式与Y 54 型插齿机相似，为横向布局型式，这种布局型式在大型插齿中还是少见的。

2）插齿刀往复行程运动采用曲柄盘，齿轮齿条机构也与Y 54 型插齿机相似。

3）刀具作让刀运动。由于刀具主轴直径为 $6^3/_4$英寸，为减轻刀轴重量，刀轴做成空心的。

4）刀架沿横向导轨移动，可快速移动并完成径向进给运动。

5）圆周进给量通过改变交换齿轮来变换。

6）刀具往复行程和冲程次数采用改变交换齿轮来变换；当采用直流电动机时，通过交换直流电动机的转速来改变。

（6）瑞士马格公司SH250型插齿机 为马格公司新系列产品中的大型插齿机，其结构特点如下：

1）刀具让刀，工作台固定，立柱拖带刀架做径向进给运动。为纵向布局型式。

2）采用齿条刀加工直齿、斜齿圆柱齿轮，其精度可达 5 级。

3）万能性广，可采用多种加工方法以满足不同类型的齿轮加工要求，尤其是在内齿轮加工方法

上较为突出，如加上圆盘插齿刀后可以加工模数为12mm以内的内齿轮；再如采用单齿单刃刀具加工内齿轮，刀具作间断径向切入的同时，工作台与滑板以相应的滚切运动相配合，当切到齿深后，刀具退回原位，工作台与滑板也同时退回并进行分齿运动。加工模数可达40mm，但用单齿单刃加工时必须预先将工件中的齿槽切出后方可进行。

4）带有切屑运输器。

（7）德国西士（SCHIESS）RS 20型插齿机　该插齿机装有两把插齿刀，尤其适用于大直径的内齿轮加工，生产率约为同类型单刀插齿机的两倍。结构与特点如下：

1）工作台固定，立柱沿床身导轨作径向进给运动，两立柱间夹角为30°。

2）刀具的往复运动采用液压驱动，切削速度为常数，插齿刀的冲程长度由挡块控制，挡块位置可在插齿机外面调整。

3）粗、精加工可以分开进行，也可使一把插齿刀用于粗切而另一把用于精切。两把插齿刀交替进行切削，一把插齿刀向下进行切削时，另一把即向上返程。

4）工作台回转运动由斜齿轮或蜗杆副传动。斜齿轮的齿数与蜗轮的齿数相等，粗切或调整时采用斜齿轮传动，精加工时则用蜗轮，二者之间有互锁装置，防止同时转动。工作台蜗杆副采用双蜗杆传动以消除在运转时的间隙，蜗轮用青铜制造。

工作台下面装有可调的精密止推轴承，转动轻快并能降低工作台面承载后对圆导轨的接触压力。

5）立柱由液压缸带动作径向进给运动，切削深度可由液压装置或手动分别进行调整。当径向进给停止后立柱自动地被夹紧在床身导轨上，床身导轨为矩形并在其滑动表面上镶上钢块。

（8）英国德拉蒙德Maxicut H.D型插齿机　该机床加工工件直径较小，但加工模数、机床功率、切削速度等方面的增长显得很突出。其体积和重量是同类型插齿机中最大的一种。插齿机的效率较高。结构特点如下：

1）采用刀具平行让刀，工作台作径向进给运动的纵向布局型式。

2）插齿刀主轴采用静压轴承，导向采用两个带90°角的静压滑块。

3）立柱可以向左或向右偏移，以实现斜向让刀。

4）工作台由液压油缸带动作快速进、退运动，微量进给靠凸轮实现。

5）加工余量采用控制凸轮进行分配。

6）在粗、精加工过程中能自动变换切削用量，以保证加工精度和充分发挥插齿机的最大效能。

（9）中国Y5150A型插齿机　为我国新设计的中型插齿机，具有很多新结构，性能良好、功能齐全，是我国插齿机的代表产品。其结构与特点如下：

1）插齿刀摆动让刀，工作台做径向进给运动，为纵向型式的插齿机。

2）插齿刀的往复行程运动采用先进的曲柄盘、球拉杆机构。由于国内生产的插齿刀目前改进不大，因此主轴轴承没有采用静压轴承，导向没有采用静压滑块（在新设计的Y5150H型插齿机上已采用），刀具主轴轴承用有色金属制造。在粗、精加工过程中，刀具的冲程次数可以变换，也可以不变换，可视工艺要求而定。如需变速，则只需将旋钮转至“变速”位置，在精切时冲程次数即可升高1.58倍。

3）采用加工余量分配盘、组合开关和撞块实现一次或多次自动进给循环。

4）工作台由液压油缸驱动作快速前进、后退运动。径向进给则采用径向凸轮控制。

5）工作台可向左或向右移动以实现斜向让刀，避免刮伤已加工完的齿面。

6）附带有插齿刀上停机构，（根据需要提供）。

7）带有工件液压夹紧机构，便于安装或拆卸工件，省时省力。

（三）插齿机的传动系统

为扩大对插齿机的了解，现简单介绍其加工原理，基本运动和部分传动系统。

1. 加工原理

插齿加工是采用两个齿轮啮合的展成法原理。在两个齿轮中，一个是插齿刀（插齿刀可视为一个磨有前、后角和具有切削刃的齿轮），另一个是被加工的齿轮。插齿刀与被加工齿轮的啮合为无间隙啮合，插齿加工是按展成法进行的。

2. 基本运动

插齿机的结构形式很多，性能、规格也不尽相

同，但在加工过程中主要有以下五个运动：

（1）插齿刀往复运动　插齿刀沿刀轴轴线作快速垂直往复运动，它以每分钟往复行程数来计算。行程长度和位置根据被加工齿轮的齿宽调整。这一运动与其它运动无关，可以单独进行调整。

（2）插齿刀的圆周进给运动　在插齿时，插齿刀与被加工齿轮无间隙啮合，可认为插齿刀是主动的，因而插齿刀转动的快慢，决定被加工齿轮的快慢。插齿刀的圆周进给运动就是插齿刀绕刀轴轴线作回转运动。圆周进给量以插齿刀每一往复行程在刀具的节圆上转过的弧长来计算。

（3）径向进给运动　当插齿刀开始接触工件以后，与圆周进给的同时，插齿刀向工件作径向进给运动（或工件向插齿刀作径向进给运动），直到加工至需要的齿全深而自动停止。因为这个运动是在插齿刀的半径方向进给的，所以称为径向进给运动。径向进给量的大小以插齿刀的每一往复行程的径向移动量（mm）表示。常见的径向进给机构有进给凸轮或进给丝杠配合径向挂轮。

（4）工作台回转运动（分度运动）　工作台带动被加工齿轮配合插齿刀同时作回转运动。通过调整分度挂轮，严格保持插齿刀转过一个齿，工件亦相应转过一个齿。分度运动在插齿加工时，是影响工件精度最重要的运动。

（5）让刀运动　为了避免插齿刀在回程时擦伤被加工齿轮和减少刀具磨损，因此当插齿刀在回程时，工作台带动被加工齿轮自动退离插齿刀（称为工作台让刀），或插齿刀自动退离工作台上的被加工齿轮（称为刀具让刀），而在工作行程时又移至原来的位置。这种运动常靠凸轮来控制。让刀运动在插齿加工时是影响工件齿面粗糙度的重要运动。

以上五个运动是完成插齿加工的主要运动。此外还有当一个齿轮加工完毕后，插齿刀快速退离出切削位置的退刀运动；为在加工时找正齿坯，或便于调整、测量，工作台具有快速运动，以及齿轮加工过程中的计数机构和加工完毕的自动停车机构。机床在圆周进给箱上还装有反向机构，作为同时改变被加工齿轮、插齿刀旋转方向之用，以尽量利用插齿刀的刀刃。

此外，还有在加工内齿轮时，当加工完毕后，插齿刀自动上升至最上位置的插齿刀自动上停运动。

3. 国内外部分插齿机的传动系统

为扩大对国内外插齿机的了解，现介绍几种传动系统。

（1）Y5120A型插齿机的传动系统（图17-1-3）

1）插齿刀往复运动的传动路线　由主电动机经带轮将动力传给轴Ⅰ的曲柄盘，经连杆使扇形齿轮带动环形齿条，从而使插齿刀主轴作上下往复运动。

2）插齿刀圆周进给运动的传动路线——由曲柄轴Ⅰ传给蜗杆传动副$\frac{4}{50}$，圆周进给交换齿轮$\frac{a_1}{b_1}$，齿轮64、70、$\frac{64}{35}$、$\frac{35}{64}$，经轴Ⅶ带动蜗杆传动副$\frac{1}{90}$，使插齿刀做圆周进给运动。

3）工作台回转运动的传动路线　曲柄轴Ⅰ转动时，经圆周进给交换齿轮a_1、b_1⟶轴Ⅲ、分度交换齿轮a_2、b_2、c_2、d_2⟶轴Ⅸ，齿轮52、74、$\frac{44}{35}$、$\frac{35}{80}$、$\frac{80}{39}$⟶轴XⅣ，蜗杆传动副$\frac{1}{120}$使工作台慢速回转，通过分度交换齿轮的调整，与插齿刀回转运动一起，构成滚切分度运动。

4）径向进给运动的传动路线　轴Ⅸ，链轮传动副$\frac{39}{81}$⟶轴XⅤ，经三联滑移齿轮⟶轴XⅥ，蜗杆传动副$\frac{1}{100}$⟶轴XⅧ，使径向进给凸轮回转，进向进给凸轮推动刀架作径向进给运动。

5）让刀运动的传动路线　轴Ⅰ转动时，通过机床的让刀机构传到轴XⅧ，复经偏心机构带动连杆轴XⅨ，使工作台作让刀运动。

（2）Y5150A型插齿机传动系统（图17-1-4）

1）插齿刀往复行程运动的传动路线　插齿刀的往复行程运动，其速度有Ⅰ速、Ⅱ速两种，由液压结合子YL1控制。运动由主电动机M_1经同步齿形胶带传至轴Ⅰ。当Ⅰ速时，液压结合子YL1接通右端，经齿轮1、3⟶轴Ⅱ，双联滑移齿轮4分别与齿轮6、7啮合⟶轴Ⅲ、齿轮7或8或9分别与三联滑移齿轮10啮合⟶轴Ⅳ，轴Ⅳ前端的曲柄盘、球拉杆带动插齿刀作上下往复运动。如需Ⅱ速时，液压结合子YL1移向左端，经齿轮2，5⟶轴Ⅱ，经双联滑移齿轮4⟶Ⅲ，经三联滑移齿轮10⟶轴Ⅳ，经由曲柄、球拉杆带动插齿刀作上下往复运动。

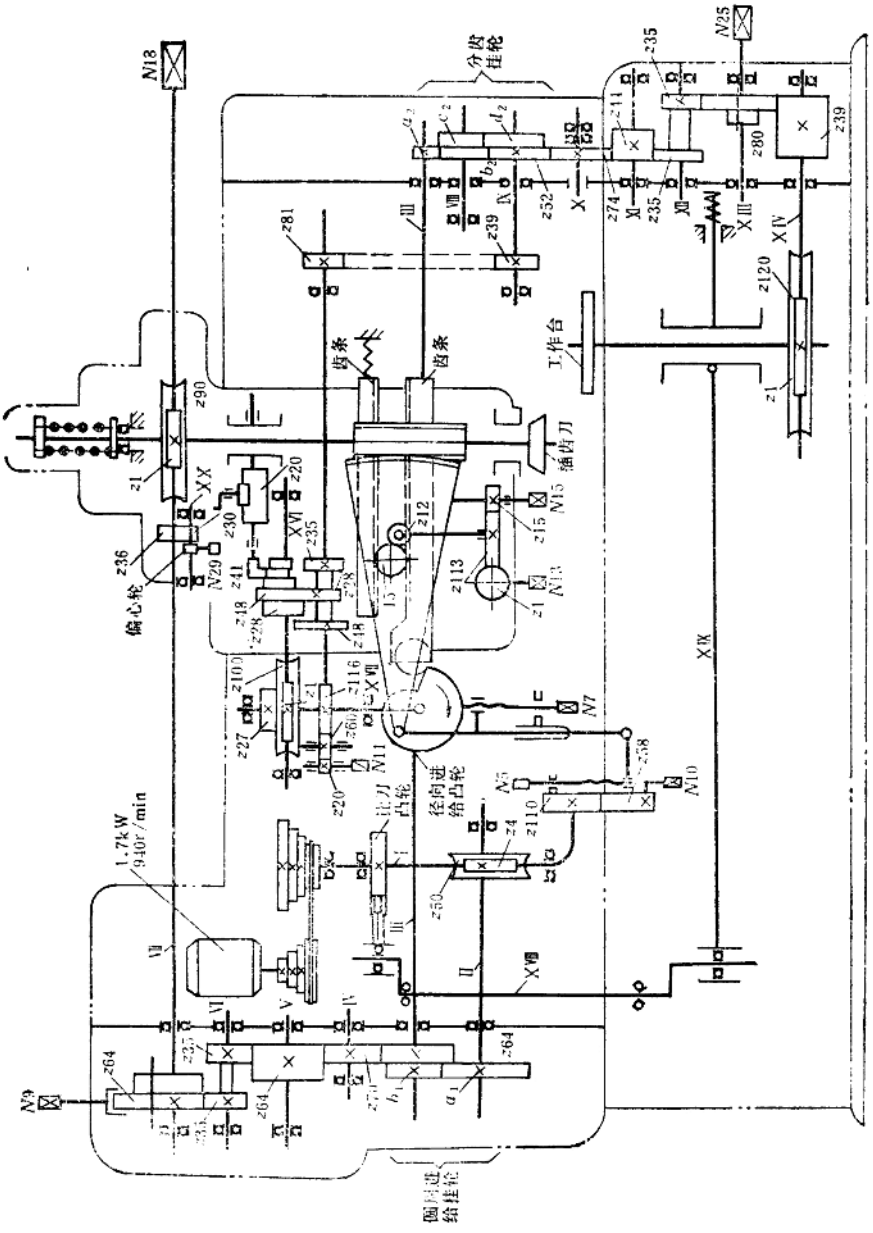

图17-1-3 Y5120A插齿机传动系统图

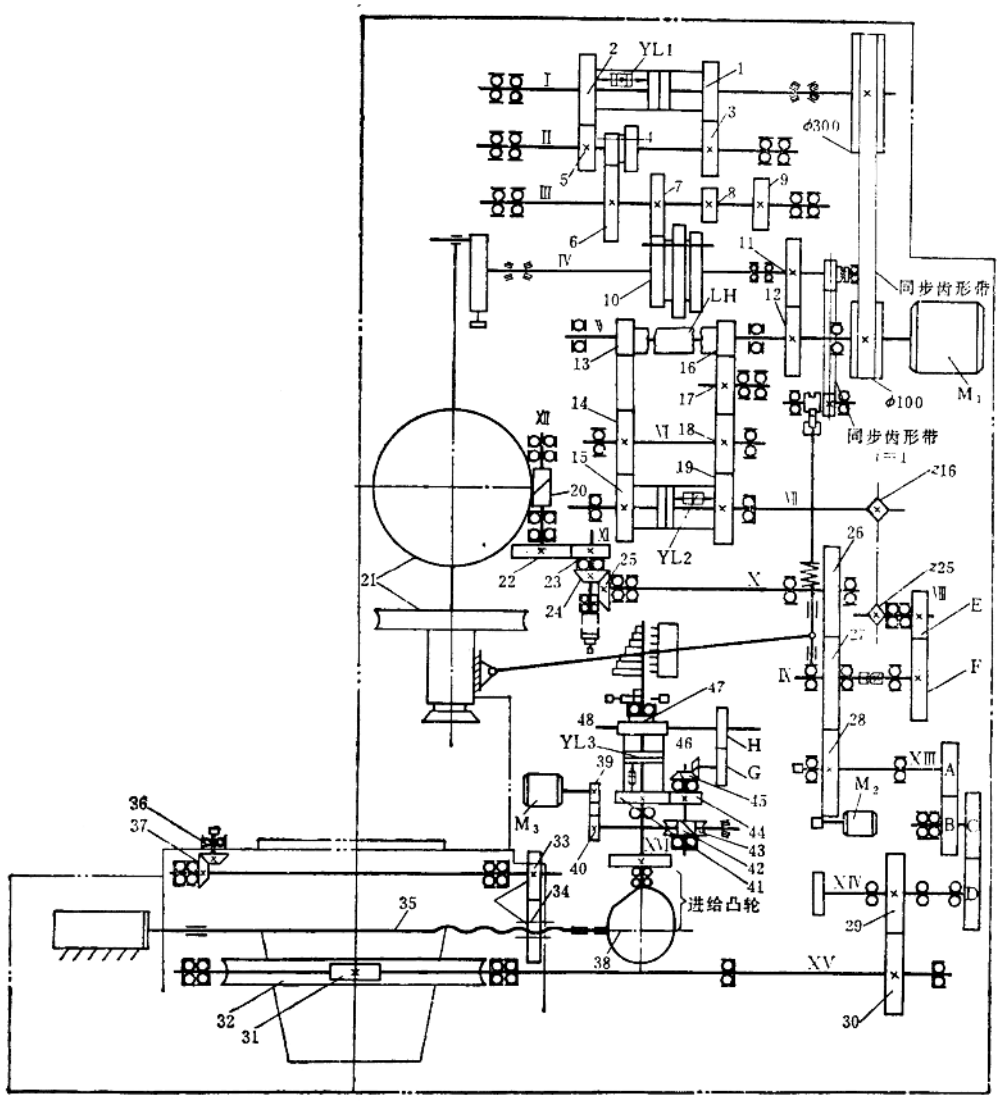

图17-1-4　Y5150A型插齿机传动系统图

经过滑移齿轮变速，Ⅰ速、Ⅱ速各有6种速度，Ⅰ速相应低于Ⅱ速。如在加工过程中，在猪切时需由低速转换为高速，旋钮应转至“变速”位置，则插齿刀主轴自动变速（升速）。

2）插齿刀圆周进给传动路线　由曲柄轴Ⅳ、齿轮11、12——轴Ⅴ，齿轮16、17、18、19——轴Ⅶ（液压结合子YL2右移时），链轮传动副——轴Ⅷ经圆周交换齿轮E、F——轴Ⅸ，齿轮27、26——轴Ⅹ，锥齿轮传动副25、24——轴Ⅺ，齿轮23，22——轴Ⅻ，蜗杆传动副20、21使刀具作慢速回转运动。液压结合子YL2用来改变链轮的转数。在圆周交换齿轮E、F不变的情况下，液压结合子YL2左移与右移，反应到刀具上为圆周进给量不同，向左移动较与向右移动为大，其比值约为1.25倍。图中的牙嵌离合器LH用来改变插齿刀、工作台的旋向，以实现左切削或右切削。

在加工过程中，粗加工结束转入精加工时，主驱动改为高速，与此同时，YL2与YL1同时动作，圆周进给量转为低值。

圆周进给量的改变，由改换圆周进给交换齿轮来达到。

3）径向进给运动的传动路线　当机床的调整工作完毕后，按压“循环起动”按钮，工作台在进给液压缸的推动下，快速趋向刀具，同时电动机M3被接入电网，开始转动。经齿轮39、40，蜗杆副42、43，齿轮44、41——凸轮轴ⅩⅥ，此时液压接合子YL3下移，使进给凸轮回转（插外齿时逆时针回转；插内齿时，顺时针回转），在其上端的分配盘的控制下，转至径向进给起始位置。当工作台碰压床身上的“刀轴起动”开关后，液压油缸停止动作。与此同时主运动开始，插齿刀开始往复运动，YL1、YL2液压结合子右移，YL3液压结合子上移，此时径向进给运动改由锥齿轮传动副45、46，径向进给交换齿轮G、H、蜗杆副47、48使凸轮轴ⅩⅥ转动，因之进给凸轮慢速回转，从而使工作台作径向进给运动。

4）工作台快速回转运动传动路线　工作台快速回转由电动机M2单独传动，运动由齿形带传至轴ⅩⅣ、齿轮29、30——轴ⅩⅤ，蜗杆31带动蜗轮32使工作台作快速回转运动。

5）让刀运动的传动路线　当曲柄轴转动时，齿形带传动使让刀凸轮回转，让刀凸轮推动让刀滑块移动，经连杆机构使插齿刀作让刀运动。

6）工作台回转运动的传动路线　由曲柄轴Ⅳ、齿轮11、12——轴Ⅴ，在牙嵌离合器右移嵌合时，经齿轮16、17、18、19——轴Ⅶ，链传动副——轴Ⅷ，圆周交换齿轮E、F——轴Ⅸ齿轮27、28——轴ⅩⅢ，经分度交换齿轮A，B，C，D——轴ⅩⅣ、齿轮29、30——轴ⅩⅤ，蜗杆31带动蜗轮32，使工作台作慢速回转运动。

分度交换齿轮根据加工的齿数，作相应改变。

（3）Y58型插齿机传动系统（图17-1-5）

1）插齿刀上下往复运动的传动路线　运动由主电动机M1经带轮1、2——轴Ⅰ、齿轮3、4——轴Ⅱ，齿轮5、6——轴Ⅲ，齿轮7、8——曲柄轴Ⅳ，经侧面的曲柄连杆机构，使扇形齿轮9摆动，带动刀轴10作上下往复运动。

2）插齿刀圆周进给运动的传动路线　由曲柄轴Ⅳ上的链轮11经链条将运动传至轴Ⅴ，圆周进给交换齿轮E、F、G——轴Ⅵ，锥齿轮传动副16、17——轴Ⅶ，蜗杆副18、19——轴Ⅷ，换向锥齿轮对20、21或22、21——轴Ⅸ，齿轮23、24、25——蜗杆轴Ⅺ，蜗杆26带动蜗轮27，使刀轴10作慢速圆周进给运动。圆周进给量的大小通过调整圆周进给交换齿轮来改变。

3）工作台的分度运动传动路线　由曲柄轴Ⅳ、链轮传动副11、12——轴Ⅴ，圆周进给交换齿轮E、F、G——轴Ⅵ，锥齿轮副16、17——轴Ⅶ，分度交换齿轮A、B、C、D——轴ⅩⅦ，可换齿轮，H、I——轴ⅩⅢ，蜗杆传动副30、31使工作台慢速回转。通过分度交换齿轮与插齿刀回转运动相配合，形成滚切分度运动。

4）工作台径向进给运动的传动路线　由曲柄轴Ⅳ，链轮传动副11、12——轴Ⅴ，锥齿轮副28、29——轴ⅩⅡ，齿轮副32、33——轴ⅩⅣ，锥齿轮副34、35——轴ⅩⅤ，蜗杆副36，37——轴ⅩⅦ，径向进给交换齿轮L，M，齿轮副38、39（插内齿时只啮合一个齿轮）——轴ⅩⅧ，径向进给丝杠40带动装有螺母的工作台沿床身导轨作径向进给运动。

5）插齿刀的让刀运动传动路线　由曲柄轴Ⅳ、齿轮副13、14使让刀凸轮57回转，杠杆59因之摆动，拨叉60带动插齿刀刀轴摆动，当插齿刀返回行程时作让刀运动。

6）自动计数装置运动的传动路线　当工作台径向进给至预先调整好的齿深的时候，径向进给即

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com