

来华技术座谈资料

螺 杆 式 空 气 压 缩 机

A286

(内部资料·注意保存)

上海科学技术情报研究所

一九七二年十一月

一、概 况

北越工业株式会社建立于1938年,现为日本压缩机专业厂。不仅是日本生产滑片式压缩机最大的厂家,也是世界上生产滑片回转式压缩机最大的厂家。仅从生产移动式压缩机的产量来说也是最大的。该厂从1958年开始研究螺杆压缩机技术,1964年开始试制,1965年开始生产,1971年开始大批量生产。

北越工业株式会社由于生产机械化自动化水平较高,年产量达11000~12000台,年产值8000万元(人民币)。全社职工620人,其中担负销售产品服务网的人员就占150人,工厂现场人员只有470人,其中职员100人(包括设计人员20人,工艺技术人员10人),真正参加生产的仅370人(全厂实行二班制)。

全厂占地面积28300米²,厂房面积30000米²(包括二层楼),车间、仓库、办公楼共13座建筑,全厂共有设备294台(其中机床109台,铸工设备12台,电焊机压力机等61台,热处理设备3台,试验设备93台),全厂共耗电力900kW。

北越工业株式会社生产21种产品,主要是压缩机,此外,还生产少量的移动式发电机。压缩机中以滑片回转式产量占85%,螺杆式压缩机产量占15%。

该厂铸、铆焊、锻、热处理、冷加工等全部工序均由厂内解决。仅动力机、轮胎及仪表需外购。

该厂认为滑片式压缩机结构简单,如有故障就可以修复。但当气量大时,滑片式耗功大,用螺杆式动力效率较高。

故该公司在: 2~17米³/分生产滑片式压缩机

10~34米³/分生产螺杆式压缩机

上述产品分类美国英格索兰(Engessoll-rand)与北越公司完全一样。

北越公司产品规格见表1。

表1 北越生产的压缩机型号一览表

滑 片 式 压 缩 机				螺 杆 式 压 缩 机	
移 动 式		固 定 式 (电 机 驱 动)		固 定 式	移 动 式
柴 油 机 驱 动	电 机 驱 动	空 冷	水 冷	电 动 驱 动	柴 油 机 驱 动
		*	*	*	
PDR **	PMR *	SAR	SWR	SWS	PDS
70 (2.0)	30S	11	11	37	370
PDR 90 (2.5)	PMR 37S	SAR 15	SWR 15	SWS 75	PDS 600
PDR125 (3.5)	PMR 45S	SAR 22	SWR 22	SWS 110	PDS 750
PDR160 (4.5)	PMR 75S	SAR 30	SWR 30	SWS 125	PDS 900
PDR175 (5.0)		SAR 37	SWR 37	SWS 160	PDS 1200
PDR250 (7.0)		SAR 45	SWR 45	SWS 200	
PDR370 (10.5)				SWS 250	
PDR600 (17.0)					

符号说明: PDR; PMR, SAR, SWR, SWS, PDS。

第一字母: P——表示移动式; S——表示固定式。

第二字母: D——表示柴油机驱动; M——表示电机驱动; A——表示空冷式; W——表示水冷式。

第三字母: R——表示滑片式; S——表示螺杆式。

注: * 电机功率千瓦,其后S表示带有消音器; ** 排气量立方呎/分; *** 排气量: 米³/分。

我国向北越公司先后进口了 4000 多台滑片式压缩机,并有少量的螺杆式压缩机。1971 年前北越公司未大量生产螺杆式压缩机,主机系神户制钢所买来的,而 1971 年已正式大批量生产螺杆式压缩机。

美国的 Gardner Denver 公司大小排量的压缩机皆生产螺杆式压缩机。英国的 Brum Wade 公司和美国的 Worthington 公司大小规格都生产滑片式压缩机。

北越公司与欧美几家压缩机厂年产量列于表 2。

表 2

国家名称	公司名称	年产量	备注
日本	北越	12000 台	
美国	英格索兰 (Engessoll-rand)	5000 台	
瑞典	阿特拉斯 (Atlas copco)	8000 台	
德国	德马克 (Demag)	3600~4800 台	工厂现场人员 1400 人
苏联	全国	10000 台	刚好满足本国需要,可不进口

二、螺杆式压缩机的发展趋势

在压缩机方面,过去最广泛采用的是活塞式压缩机。但近期非对称齿型以及改进了的新的螺杆式压缩机出现以后,过去在日本多数使用活塞式压缩机的用户,在更新设备时多逐步改用螺杆式压缩机。这种倾向在 75 kW (100 HP) 以上的固定式压缩机方面尤为显著。其理由如下:

(一) 振动小, 噪音低

螺杆式压缩机属于回转式压缩机,几乎没有振动。在噪音方面,线速度高的干式无油的螺杆压缩机仍存在若干问题有待解决。湿式(喷油式的)螺杆式压缩机由于喷油冷却减少内漏,从而成功地降低了转速(线速度在 25~30 米/秒左右)。加之使用了吸气消音器,相当程度地减少了噪音。如机组再采用隔音罩,噪音几乎消除。

(二) 容易维修

活塞式压缩机的吸排气阀检修最麻烦,耗费最多,而螺杆式压缩机没有这种情况。螺杆式压缩机润滑油每天检查一、二次(比往复式简单),固定式螺杆压缩机 3000~6000 小时才加一次润滑油,排气温度很低,可以实现无人操作。

(三) 小型、轻量

螺杆压缩机振动小,可以高转速运转。由于排出气体无脉动,无需大型贮气罐,全机组占地面积只需活塞式压缩机一半以下。同时由于螺杆式压缩机振动小,基础工程(底脚固定)很简单,根据使用条件,甚至可以不用基础工程。

螺杆式压缩机用于大型固定式时,要比滑片式压缩机好。大型滑片式压缩机因滑片热膨胀大,效率降低,磨擦动力损失增加。螺杆式压缩机虽然初投资成本比滑片式压缩机略高,但运转维护费用较低,综合对比仍然有利。

过去螺杆式压缩机明显的缺点是动力消耗比往复式压缩机大。全负荷运转动力消耗比往复式大 5~10%,对于大型压缩机来说这一数值是很可观的。自从非对称齿型问世以后,

有效地降低了满载功率消耗,使螺杆式压缩机的比功率接近或略高于往复式。螺杆式压缩机一级压缩式空载动力消耗为满载的70%,二级压缩式空载动力消耗为50~60%。而往复式压缩机采用吸入口关闭气阀时,空载动力消耗为满载的20~25%,采用吸气阀顶开装置,空载功率可达到18%。一般动力用压缩机空负荷运转时间约占全部运转时间的30~40%,因此空载动力消耗较大。

北越公司创制了螺杆压缩机的空载装置,可以从根本上克服上述空载动力消耗较大的缺点,使螺杆式压缩机的空载动力消耗降低到满载的18%。

总之,由于非对称齿型的发展,空载装置的应用以及其他方面不断的改进,北越公司认为固定式动力用压缩机10年以后90%将是螺杆式压缩机。

三、齿型理论分析

(一)齿型发展过程

现在世界上有名的螺杆式压缩机制造厂几乎全部购买S. R. M.公司的齿型专利权来生产螺杆式压缩机。在日本买S. R. M.专利权的有日立制作所、三菱重工业(一开始即用非对称型线)、石川岛-JOY(石川岛是通过美国JOY公司中转的)、神户制钢所(是日本最早向S. R. M.公司购买专利权的,现已改为非对称齿型了)。不受S. R. M.公司专利范围限制而以自己的技术来制造的,除社会主义国家之外,仅有北越公司及德国Demag公司两家。

过去,S. R. M.公司的对称圆弧齿型的型线强调了如下几点:

(1) 消除阴、阳齿型在完全啮合时,两齿型间的封闭空隙,来消除再膨胀的损失。

(2) 使接触线不象摆线齿型的接触线那样的锐角曲折而又较长,以缩短漏泄部分的长度,减少内部泄漏。

(3) 型线大部分为圆弧型线,加工较容易。由于上述原因,因此在一个时期中,几乎给世界上以这样的印象: S. R. M.公司的对称齿型是螺杆式压缩机齿型的决定版。

S. R. M.公司现在认为:对称圆弧齿型不仅在排气侧轴向漏泄大,动力消耗大,而且由于一瞬间阴阳齿型发生接触或脱开因而产生噪音。在湿式条件下,将发生破坏油膜,使转子磨损的可能。因此S. R. M.公司创制了新的非对称齿型,并于1965年公开发表新齿型的专利权。S. R. M.系统的各制造厂逐步由对称齿型转向非对称齿型。早期购买S. R. M.公司专利权长时期采用对称齿型的制造厂如德国G. H. H.公司等由于不能迅速改变生产,以致于现在仍处于从对称齿型向非对称齿型过渡阶段。

(二)北越公司对齿型理论的认识

圆弧型线的阴转子与阳转子相互啮合的接触线确实仅在这一段分割了吸入腔及压缩腔,其延伸线较短,对防止轴向泄漏不利。根据北越公司的研究,当湿式转子接触线间的间隙约为0.07mm时,起密封作用的冷却润滑油充分时,接触线长度上的若干增减或有无曲折,对压缩机整体效率并无多大影响。

北越公司认为:邻接压缩室间的“泄漏三角形”泄漏空隙的存在比接触线长短及其形状在本质上显得更为重要。“泄漏三角形”存在使先行压缩腔的气体向后续压缩腔倒流,这对

压缩机来讲是最不好的。就象活塞式压缩机中的活塞存有缺陷而引起的泄漏一样。这对压缩机效率的影响显然比接触线长一点、短一点或“Z”形、“S”形要大得多。

北越公司认为：“泄漏三角形”在湿式条件下，虽可通过朝阻止泄漏方向喷射冷却润滑油，缓和泄漏，但不能从根本上堵绝这一漏洞。北越公司飞行家(Air man)齿型的理论基础是以完全消除“泄漏三角形”的空隙为其特征的(注：S. R. M. 非对称齿型的生产和发展也主要是为了缩小“泄漏三角形”的空隙)。

图1表示了飞行家(Air man)齿型啮合的特征。图1的(2)是(1)的部分放大图。

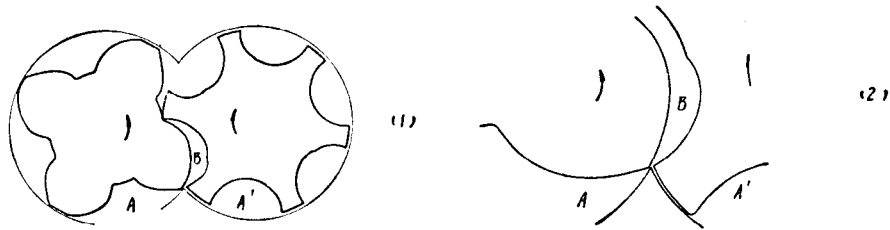


图 1

如图所示，当阳转子背侧齿顶离开气缸交线的瞬时，阴转子背侧顶点也同时到达气缸的交线，此后阴转子背侧顶端型线与阳转子背侧的型线同时接触进行啮合。这样就决定了阳转子的背侧顶点，而且从其顶点到背侧的型线即作为阴转子背侧顶端发生点的相属型线轨迹。在这种齿型中，先行压缩室 *B* 绝不会对后续压缩室 *A* 和 *A'* 开放。而且为了实际上可行，阴转子的型线背侧齿顶不修成圆弧形。

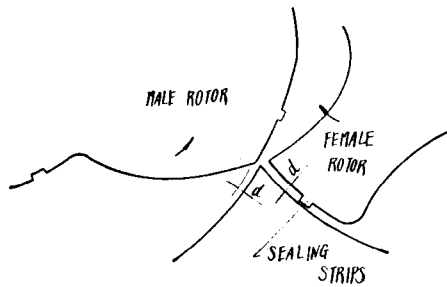


图 2

在转子外径上设置有密封筋时，如同过去一样，只设置在转子齿顶的中央，如图2所示，由于密封筋的高低所形成的空隙发生于气缸交线的密封点上，密封筋一般高度为0.3~0.7mm，这种间隙在理论上也是不容忽视的。

在图1所示的飞行家(Air man)齿型中，不设置密封筋，但当需要设置时，应设置于图3所示的位置。当阴阳转子在气缸交线上开始啮合时，如图3(1)到(2)那样的进行，因而完全不发生无接触空间(泄漏三角形)。实用上究竟以何种齿型为最佳，仍在继续研究发展之中。但不论齿型多少种及采用何种型线，都应使阳转子和阴转子相互啮合的接触线在压缩封闭侧上能达到气缸内壁的交线，以期完全消除

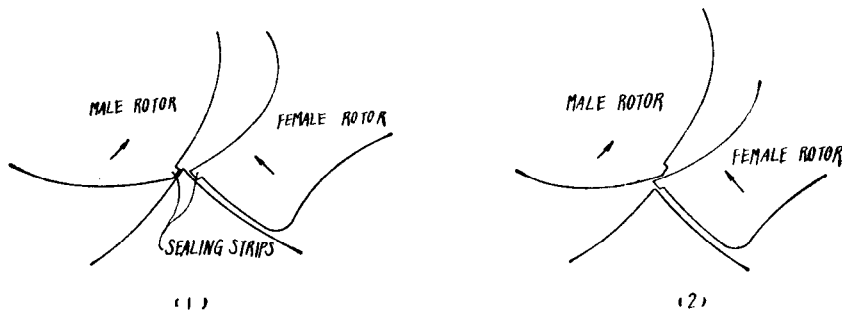


图 3

“泄漏三角形”。飞行家 (Air man) T_5 齿型完全地达到了气缸交线, 因此, “泄漏三角形”已全部消除了。

北越公司根据飞行家 (Air man) 齿型理论使用了 T_1 、 T_5 两种试验齿型, 经过了反复试验。 T_1 齿型中的阴转子齿顶端部仍有修正圆弧, 而且密封筋也和过去做法相同, 设置于转子齿顶的中央。这种齿型可以不改变过去气缸直径, 因而有适应当前工艺的价值, 如目前系列产品所用。另一种 T_5 齿型, 阴转子齿顶没有修正圆弧, 密封筋也不设置于齿顶中央, 而设置在背侧顶端的边角上。

图 4 表示 T_1 及 T_5 的齿型。

(三) 不同齿型的性能比较

比较动力效率时, 考虑了因测定装置和测定方法所引起的差异的因素。

表 3 为拥有长期经验的英国豪登哥弗莱 (Howden Godfrey) 公司直接提供的螺杆压缩机 (S. R. M. 公司系列齿型) 的性能数据。表 4 列举了北越公司旧齿型和 T_1 齿型的性能数据。

表 3 豪登哥弗莱公司

$D=127$ $L/D=1.65$

阳转子圆周速度 m/s	对称齿形 (SRM)			非对称齿形 (SRM)		
	空气量 m^3/min	轴动力 kW	$kW/m^3/min$	空气量 m^3/min	轴动力 kW	$kW/m^3/min$
14.95	2.76	2.24	8.116	2.97	18.6	6.263
19.94	3.92	29.8	7.602	4.16	26.5	6.370
26.59	5.41	39.5	7.301	5.80	37.3	6.431
33.23	6.98	51.5	7.378	7.36	48.5	6.590
39.88				8.92	58.9	6.603
44.86	9.27	73.8	7.961	10.11	67.1	6.637

表 4 北越工业株式会社试验资料

$D=200$ $L/D=0.90$

阳转子圆周速度 m/s	北越旧齿形			北越 T_1 齿形		
	空气量 m^3/min	轴动力 kW	$kW/m^3/min$	空气量 m^3/min	轴动力 kW	$kW/m^3/min$
17.53	4.04	33.6	8.317			
21.92	5.52	40.2	7.283	5.92	38.1	6.436
26.30	6.97	47.5	6.815	7.20	45.3	6.292
30.69	8.20	54.9	6.695	8.43	52.6	6.240
35.06	9.38	63.5	6.770			
39.45	10.53	72.6	6.895	10.83	70.0	6.510

各齿型在不同的圆周线速度下的比功率 (kW/m³/min) 比较显示了不同的性能。这里说明了随齿型的特性不同,最佳圆周速度的变化。

图 5 系以座标曲线表示了不同齿型的性能。

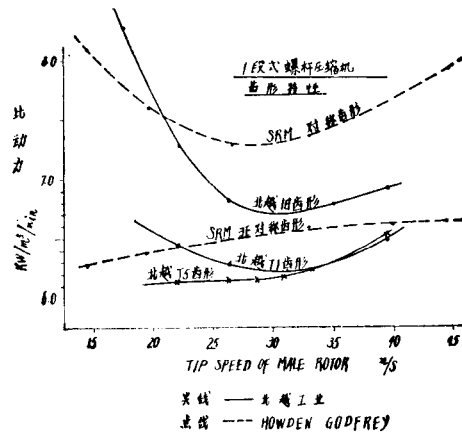


图 5

北越公司的 T_5 齿型现仍处于改良阶段,迄今进行的试验性能数值列于下表,并已标注在上列座标图中。

表 5

$D=200 \quad L/D=0.9$

阳转子圆周速度	北越 T_5 齿形		
	空气量 m ³ /min	轴动力 kW	kW/m ³ /min
21.90	5.48	33.61	6.133
26.31	6.64	40.89	6.150
28.51	7.27	44.64	6.141
30.70	7.83	48.47	6.190
32.89	8.41	52.51	6.244
39.47	10.00	65.39	6.539

技术优秀的制造厂日立公司的 S. R. M. 齿型和北越 T_1 齿型性能比较列于下表。

表 6

	日立制作所 OS-16			北越工业 SWS 160	
	7.0	7.0	8.5	7.0	8.5
排出压力 kg/cm ²	7.0	7.0	8.5	7.0	8.5
齿形	SRM 新齿形			AIR MAN TI	
轴动力 kW	153.7	153.7	171.0	152.0	165.0
实空气量 m ³ /min	28.3	28.6	28.45	28.6	28.6
比动力 kW/m ³ /min	5.431	5.37	6.01	5.314	5.750
测定者	日立	北越	北越	北越	北越
使用场所	锻造工场			大清水トンネル	

北越 SWS 160 压缩机在全负荷运转中的动力消耗多消耗了兼作空载时回收油泵用的驱动马力 2kW。

当然在压缩机整个效率比较时，如不以总消耗值为基础进行比较，实用上是无意义的。但仅从评定齿型效率优劣上来比较时，则可减去 2kW 后进行比较。在排气压力为 7 kg/cm^2 时，其轴功率应计为 150kW，单位排气量的比功率实际应计为 $5.25 \text{ kW/m}^3/\text{min}$ 。

在日本技术水平可以信赖的活塞式压缩机应为石川岛-JOY 公司的立式活塞式压缩机和日立制作所的对称平衡型压缩机。但与这些产品比较，从上列数值可以看出螺杆式压缩机较之活塞式压缩机在动力效率方面已不相上下，图 6 表示了各种齿型运转时比功率曲线的趋向。

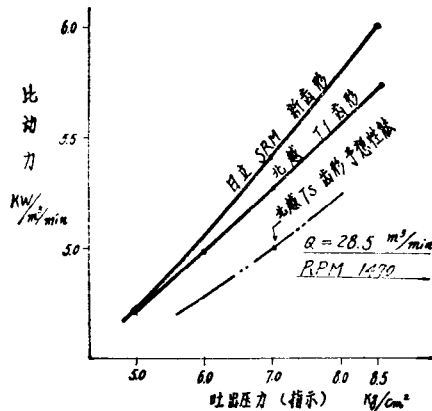


图 6

T_5 齿型被采用于上述 SWS 160 型螺杆压缩机时，其比功率预计将为 $5.00 \text{ kW/m}^3/\text{min}$ (1972 年底试制出新产品)。

如图 6 所示，齿型效率随转子最佳线速度发生变化。线速度低噪音虽小，但过低会使结构尺寸庞大，所以以 25 米/秒~30 米/秒范围可获得最佳的齿型效率，在实用中最为有利。

(四)对设置密封筋的认识

飞行家(Air man)齿型的基本齿型理论是同意没有密封筋的。具有密封筋的 T_1 、 T_5 齿型只是基本齿型的一种应用型。

北越公司认为螺杆式压缩机结构精度要求高，转子上设置密封筋在一定程度上确可避免因轴承尺寸少许尺寸误差所引起的事故。但转子外圈的运动能量大时，仅仅靠 1mm 左右宽的密封筋来密封，其效果是值得怀疑的。

如果由于装配精度上的问题，当将转子整个齿顶外圈扩大到密封筋的外圈上并保持微小的间隙有困难时，则将转子外圈与气缸壁之间的间隙较密封筋时的间隙适当增加一些，以避免接触的危险。这样取得在无密封筋条件下旋转。在转子外圈齿顶的一定宽度下，保持密封的极好的效果是可以想象的。飞行家(Air man)齿型即使是阳转子的齿顶也有充分长的宽度，至少也有 5mm 以上。

将阳转子齿顶外圆作为气缸内壁的同心圆，使其相互密接，是北越公司作为申请专利的内容之一。这样既不引起装配上的困难，又可以减少加工密封筋所需的成本，性能经实验证明又有所提高。北越公司打算在未来的新齿型中将此设想付诸实现。

西德德马克(Demag)公司现行产品中已取消密封筋。他们认为:干式无油螺杆式压缩机其润滑油系统是单独的,可以持久保持清洁,不象喷油式从吸入口带入灰尘到润滑油中,容易损伤转子和轴承。该厂认为只要气体入口过滤可靠,转子定位精度可靠,在干式螺杆压缩机转子上首先取消密封筋是可以的。

四、转子加工

(一)如何做到铣刀吃深准确

转子加工时,即使刀具轮廓正确,当吃深不同时也会使齿型变形。所以吃深应符合公差范围。北越公司采用了在进刀一端的转子端部轴颈上留有二个工艺台肩。一个是齿根上偏差,一个是齿根下偏差。在加工时,上偏差的台肩应该切到,而下偏差的台肩不应切着。既便于加工,又便于检验。在机床、刀具正确的情况下,加工精度可以得到正确地保证。

(二)提高转子加工效率的新动向

最近西德(Liebherr)公司试制成螺杆加工铣床。粗加工只需18分钟。特点是铣床的铣头与床身刚性都非常好,刀具采用了超硬质合金刀片。北越公司粗加工一只转子走刀三次,留0.1~0.2mm余量,需8.2小时;精加工一只阳转子1.5小时,一只阴转子2小时。该公司有三台英国铣床,一台日本铣床。

(三)转子的检验

导程靠机床保证,阴阳转子不单独检查,而装在检验台上对滚检查转子间的间隙。新产品端面齿型在试制后,将端面齿型放大20倍,在投影仪中检查刀具样板是否正确。

北越公司转子的材料是含铅碳钢,含碳量0.35%,钢中含铅成易切削钢。

五、 T_1 端面齿型摆线推导公式

(一)摆线(阳转子齿型背侧)

阴阳转子节圆对滚时,阴转子节圆上一点的轨迹。

(1)公式的推导(图7)

阴转子节圆直径;	$2a$
阳转子节圆直径;	$2b$
阳转子中心;	O
阴转子中心;	O'
摆线起点;	R

阳转子固定,阴转子沿着阳转子滚动。阴转子节圆上的固定点 S 。

从 S 点作 x 轴的垂线交于 x 轴的点 W 。

从 S 点作 y 轴的垂线交于 y 轴的点 V 。

从 O' 点作 x 轴的垂线交于 x 轴的点 T 。

从 O' 点作 y 轴的垂线交于 y 轴的点 U 。

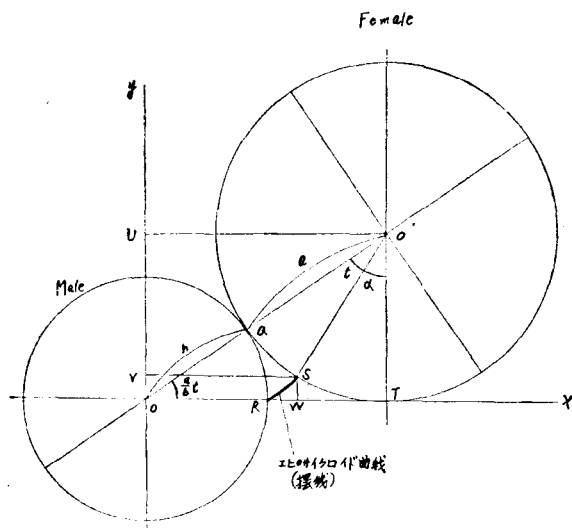


图 7

$$\angle QO'S = t \quad \therefore \angle QOR = a/bt.$$

在 $\triangle OO'T$ 内:

$$\overline{OT} = (a+b) \cos a/bt \quad (1)$$

$$a/bt + t + \alpha = 90^\circ, \quad \alpha = 90^\circ - \left(t + \frac{a}{b}t\right) = 90^\circ - \left(\frac{a+b}{b}t\right)$$

$$\overline{WT} = a \sin \alpha = a \sin \left(90^\circ - \frac{a+b}{b}t\right) = a \cos \frac{a+b}{b}t \quad (2)$$

由式(1)(2)得:

$$x = \overline{OT} - \overline{WT} = (a+b) \cos \frac{a}{b}t - a \cos \frac{a+b}{b}t \quad (3)$$

$$\overline{OU} = (a+b) \sin \frac{a}{b}t \quad (4)$$

$$\overline{UV} = a \cos \alpha = a \cos \left(90^\circ - \frac{a+b}{b}t\right) = a \sin \frac{a+b}{b}t \quad (5)$$

由式(4)(5)得:

$$y = \overline{OU} - \overline{UV} = (a+b) \sin \frac{a}{b}t - a \sin \frac{a+b}{b}t \quad (6)$$

由式(3)(6)得:

$$\begin{cases} x = (a+b) \cos \frac{a}{b}t - a \cos \frac{a+b}{b}t \\ y = (a+b) \sin \frac{a}{b}t - a \sin \frac{a+b}{b}t \end{cases}$$

(2) 阳转子齿型计算方法:

在 $x-y$ 坐标上摆线方程可用下式表示:

$$x = (a+b) \cos \frac{a}{b}t - a \cos \frac{a+b}{b}t$$

$$y = (a+b) \sin \frac{a}{b}t - a \sin \frac{a+b}{b}t$$

a 是代表阴转子节圆半径, $a=96$

b 是代表阳转子节圆半径, $b=64$

$$\therefore \begin{cases} x=160 \cos 1.5t - 96 \cos 2.5t \\ y=160 \sin 1.5t - 96 \sin 2.5t \end{cases} \quad (1)$$

① t (阴转子回转角) 的范围可求出来:

曲线 AB (图 8) 是点 S (图 9) 所产生的轨迹, 所以图 9 的啮合状态是曲线 AB 的终点。故阴转子回转角 β 可由图 9 求出:

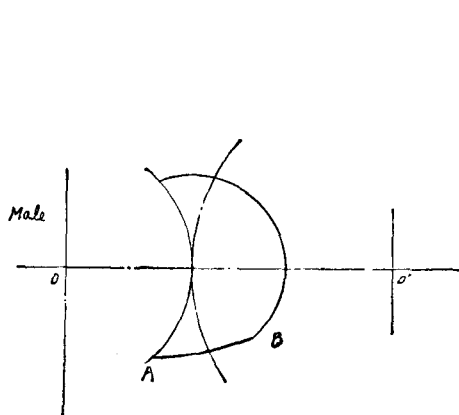


图 8

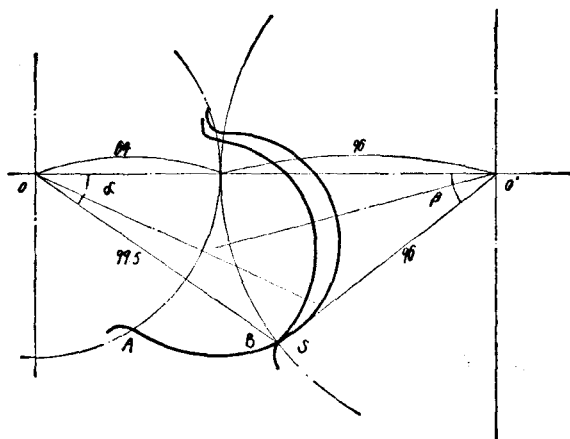


图 9

$$99.5^2 = 96^2 + 160^2 - 2 \times 96 \times 160 \cos \beta$$

$$\cos \beta = \frac{96^2 + 160^2 - 99.5^2}{2 \times 96 \times 160} = 0.8110596$$

$$\beta = 35^\circ 48' 015''$$

$\therefore t$ 是由 $0^\circ \sim 35^\circ 48' 015''$ 之间变化

② 把 $x-y$ 座标上摆线的数值变换至 $X-Y$ 座标:

由图 10, $36^2 = 96^2 + 96^2 - 2 \times 96 \times 96 \times \cos \beta'$

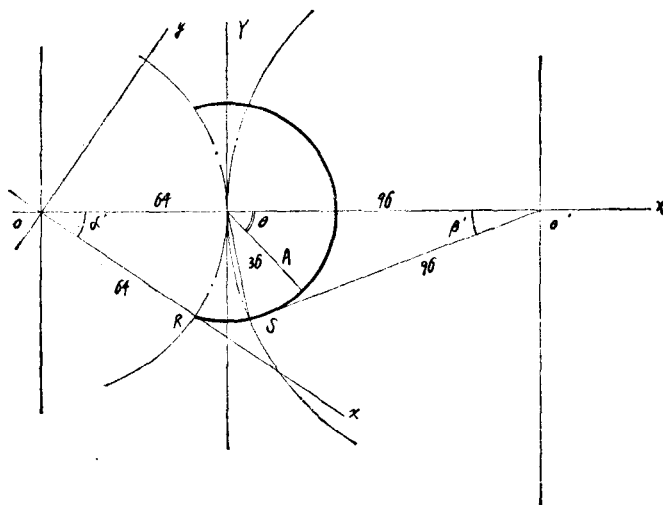


图 10

$$\cos \beta' = \frac{96^2 + 96^2 - 36}{2 \times 96 \times 96} = 0.9296875$$

$$\beta' = 21^\circ 36' 49.9''; \alpha = 3/2\beta' = 32^\circ 25' 14.9''$$

$$\sin \alpha' = 0.5361334; \cos \alpha' = 0.8441333$$

所以 $X-Y$ 坐标上的方程为:

$$\begin{cases} X = 0.8441333x + 0.5361334y - 64 \\ Y = 0.8441333y - 0.5361334x \end{cases} \quad (2)$$

把 $X-Y$ 坐标式变为极坐标式:

$$\begin{cases} A = \sqrt{X^2 + Y^2} \\ C = \operatorname{tg}^{-1} \left| \frac{Y}{X} \right| \end{cases} \quad (3)$$

t 在 $0^\circ \sim 35^\circ 48' 015''$ 范围内变化。

由 (1)(2)(3) 式可求出 A 及 Q 值。

(二) 延长外摆线(阴转子齿型背侧)

阴阳转子对滚时, 阳转子节圆外一点的轨迹。

(1) 公式推导: (图 11)

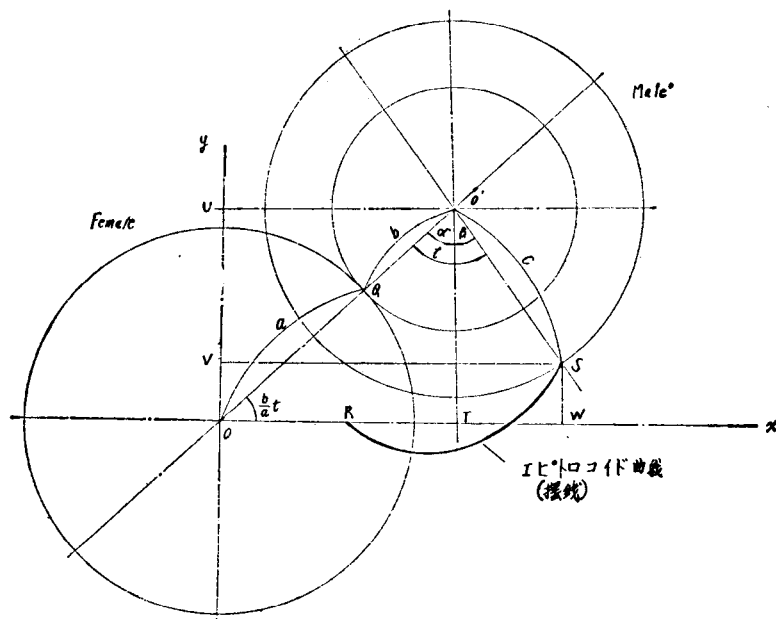


图 11

阴转子节圆直径; $2a$

阳转子节圆直径; $2b$

阳转子中心到发生点 S 之距离; C

阴转子中心; O

阳转子中心; O'

延长外摆线的起点; R

当阴转子不动, 阳转子沿着阴转子滚动时, 阳转子节圆外的定点; S

从 S 点向 x 轴作垂线交于 x 轴上的点, W

从 S 点向 y 轴作垂线交于 y 轴上的点, V

从 O' 点向 x 轴作垂线交于 x 轴上的点, T

从 O' 点向 y 轴作垂线交于 y 轴上的点, U

$$\angle QO'S = t \quad \therefore \angle QOT = \frac{b}{a}t$$

$\triangle OO'T$ 内

$$\overline{OT} = (a+b) \cos \frac{b}{a}t \quad (1)$$

$$\alpha + \frac{b}{a}t = 90^\circ \quad \therefore \alpha = 90^\circ - \frac{b}{a}t$$

$$\alpha + \beta = t \quad \therefore \beta = t - \alpha = t - 90^\circ + \frac{b}{a}t = \frac{a+b}{a}t - 90^\circ \quad (2)$$

由式(1)(2)得:

$$x = \overline{OT} + \overline{TW} = (a+b) \cos \frac{b}{a}t - c \cos \frac{a+b}{a}t \quad (3)$$

$$\overline{OU} = (a+b) \sin \frac{b}{a}t \quad (4)$$

$$\overline{UV} = c \cos \beta = c \cos \left(\frac{a+b}{a}t - 90^\circ \right) = c \sin \frac{a+b}{a}t \quad (5)$$

由(4)(5)式得:

$$y = \overline{OU} - \overline{UV} = (a+b) \sin \frac{b}{a}t - c \sin \frac{a+b}{a}t \quad (6)$$

由(3)(6)式得:

$$x = (a+b) \cos \frac{b}{a}t - c \cos \frac{a+b}{a}t$$

$$y = (a+b) \sin \frac{b}{a}t - c \sin \frac{a+b}{a}t$$

(2) 阴转子计算方法:

在 $x-y$ 坐标上的延长外摆线可用下列方程表示:

$$\begin{cases} x = (a+b) \cos \frac{b}{a}t - c \cos \frac{a+b}{a}t \\ y = (a+b) \sin \frac{b}{a}t - c \sin \frac{a+b}{a}t \end{cases}$$

a 是阴转子节圆半径, $a=96$

b 是阳转子节圆半径, $b=64$

c 是阴转子中心到定点 S 的距离, $c=99.57$

$$\begin{cases} x = 160 \cos 2/3t - 99.57 \cos 5/3t \\ y = 160 \sin 2/3t - 99.57 \sin 5/3t \end{cases} \quad (1)$$

(1) t (阴转子的回转角) 的数值可从图 12 求出, SQ 曲线是 B 点的轨迹。由图 12 阳转子的回转角 α 可求出 t 的范围。

$$96^2 = 99.57^2 + 160^2 - 2 \times 99.57 \times 160 \times \cos \alpha$$

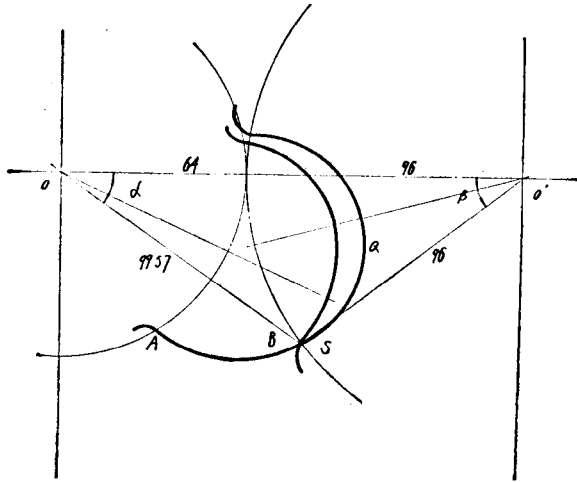


图 12

$$\cos \alpha = \frac{99.57^2 + 160^2 - 96}{2 \times 99.57 \times 160} = 0.8253674$$

$$\alpha = 34^\circ 22' 27.25''$$

∴ t 变化至 $34^\circ 22' 27.25''$ 。

(2) 把 $x-y$ 坐标上的延长外摆线的数值变换到 $X-Y$ 座标:

由图 13 根据阳转子计算 ($t = 35^\circ 48' 015''$)

$$\alpha' = 34^\circ 22' 26.4''; \quad A = 39.88175$$

$$\therefore A' = A + 0.07 = 39.95175$$

$$39.95175^2 = 64^2 + 99.57^2 - 2 \times 64 \times 99.57 \cos \beta$$

$$\cos \beta = \frac{64^2 + 99.57^2 - 39.95175^2}{2 \times 64 \times 99.57} = 0.9740354$$

$$\beta = 13^\circ 05' 059''; \quad \delta = b/a \beta = 2/3 \beta = 8^\circ 43' 23.9''$$

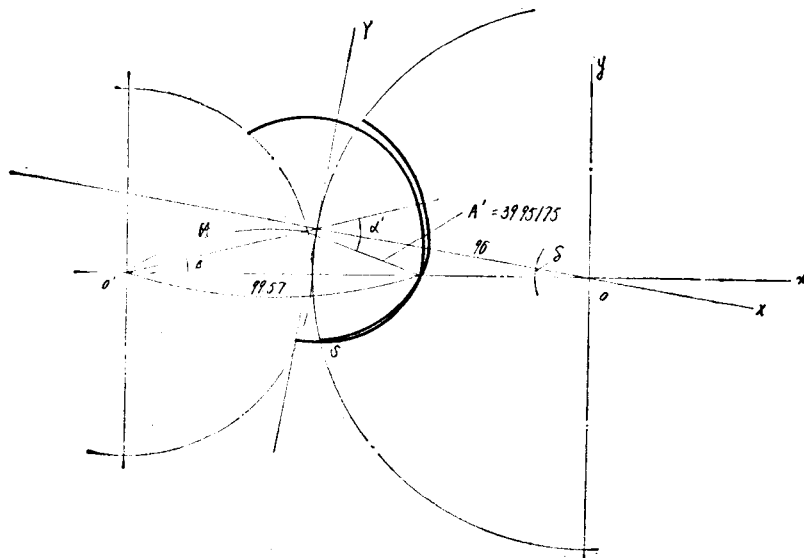


图 13

$$\cos \delta = 0.9884322; \quad \sin \delta = 0.1516629$$

故在 $X-Y$ 坐标上可用下列表示:

$$\begin{cases} X = 0.9884322x + 0.1516629y - 96 \\ Y = 0.9884322y - 0.1516629x \end{cases} \quad (2)$$

$X-Y$ 坐标变换为极坐标:

$$\begin{cases} A = \sqrt{X^2 + Y^2} \\ C = \operatorname{tg}^{-1} \left| \frac{Y}{X} \right| \end{cases} \quad (3)$$

由以上 t 值变化至 $34^\circ 22' 27.25''$

由(1)(2)(3)式 A, Q 的数值可求出。

六、齿型端面图及技术数据

(一) 齿型端面图(见图 14, 图 15)各段型线说明:

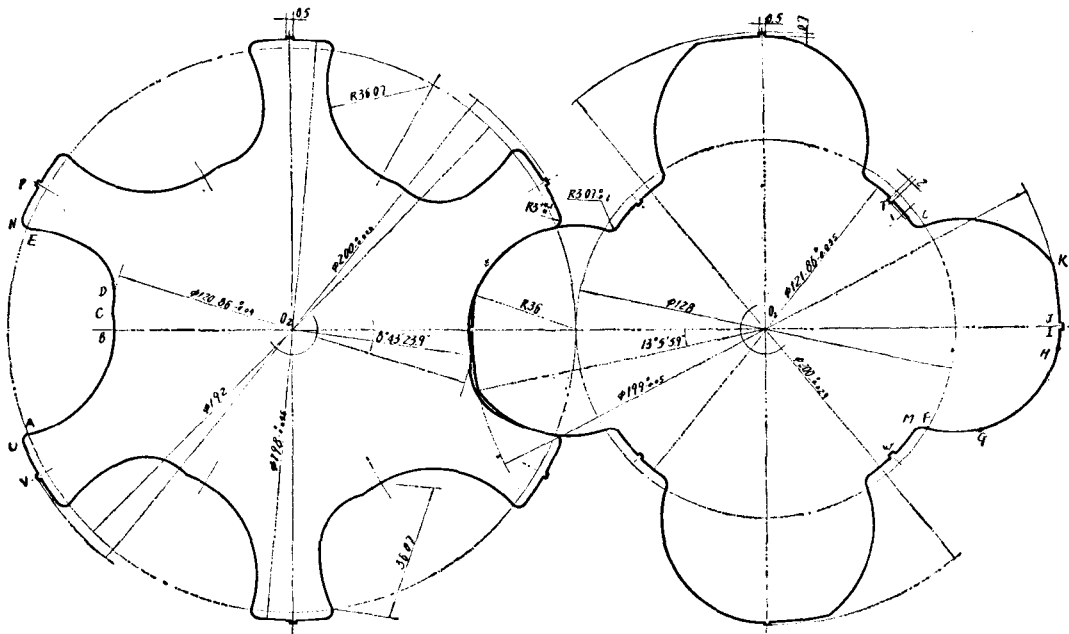


图 14 T_1 齿型

阳转子: FG : 以阴转子上的 A 点沿节圆圆周加上 0.07 毫米(间隙量)后的点为形成点所范成的外摆线

GH : 圆心在节圆上半径为 36.00 毫米的圆弧

HI : 以 O_1 为圆心半径为 99.50 毫米的圆弧

JK : 以 O_1 为圆心半径为 99.50 毫米的圆弧

(二) 齿型参数

表 7 SWS 160 螺杆压缩机齿型参数表

参 数	一 级 转 子		二 级 转 子	
	阳 转 子	阴 转 子	阳 转 子	阴 转 子
齿 型	T_1		T_2	
齿 数	4	6	4	6
节圆螺旋角	40°20'59"	40°20'59"	52°37'20"	52°37'20"
外径螺旋角	53°0'29"	41°30'27"	63°56'42"	53°44'391"
螺旋方向	右	左	左	右
导 程	710	1065	384	576
节 距	177.5	177.5	96	96
节圆直径	195	288	160	240
外圆直径	300	300	250	250
转子长度	496	496	287	287
铣刀安装角	52°52'45"	—	63°51'15"	—
材 质	S35CP	同左	同左	同左
调质硬度	HB149-207	同左	同左	同左

(三) SWS 160 装配修理间隙

表 8

		公称尺寸	公 差	标准间隙 (组立基准)	最大允许 间 隙	使用限度	处 置	
低 压 级 转 子 和 机 壳	转 子 外 径	300	-0.12 -0.15	0.22~0.30	0.9	299.25	转子	
	机 壳 内 径	300	+0.15 +0.10				调换	
	转 子 长 度	496	-0.40 -0.45	0.80~0.90	1.2	495.25	转子	
	机壳内转子腔长度	496.4	+0.05 0				调换	
	转子机壳排出端间隙				0.20~0.30			调整
	阳	机 壳 内 径	170	+0.04 0	0.20~0.28	0.6	170.36	换垫卷
		转 子 轴 外 径	169.8	0 -0.04				
	阴	垫 卷 外 径	114.8	0 -0.02	0.20~0.255	0.6	114.435	换垫卷
机 壳 内 径		115	+0.035 0					