

（四）硬质合金石油管螺纹刀具的使用

（1）影响石油管螺纹加工质量和刀具切削性能的三要素

（a）刀具本身的外部要素。包含：

- ①、刀具结构设计的合理性；
- ②、刀片刃面及齿形精度、光洁度及表层组织状况；
- ③、刀片刃口强化质量；
- ④、刀杆制造精度及附件如断屑器等的质量。

（b）刀片本身的内在要素。主要包含：

- ①、刀片基体材料质量与性能；
- ②、刀片表面涂层质量与性能；
- ③、刀杆材质及热处理性能。

（c）刀片的使用要素。主要包含：

- ①、刀具的正确选择和使用；
- ②、螺纹加工设备状况；
- ③、切削冷却方式及效果；
- ④、被加工材料的可加工性及材质均匀性；
- ⑤、螺纹加工切削规范的正确选择。

要素（a）、（b）取决于刀具生产者单位，要素（c）取决于刀具使用者单位。刀具合理使用的重要性可见一斑。

（2）石油管螺纹加工的两种方式

第一种：螺纹车削方式：（油、套管及钻杆螺纹加工均采用）

其切削运动的特点为：

- 工件（管体或接箍、接头）作旋转运动。产生切削主运动。
- 刀具（螺纹刀具及拔荒刀）作沿锥螺纹母线方向的走刀运动及间断的吃刀。
- 螺纹车削方式最为广泛应用的石油管螺纹加工方式。其中有单个刀片切削及成组刀片（一般为二片刀）配合组合刀具切削二种，视具体生产条件及车丝机而定。钻杆接头螺纹加工全部采用单刀螺纹车削方式。

第二种：螺纹切头加工方式：（仅油、套管螺纹加工采用）

其切削运动的特点为：

- 工件（管体或接箍）在切削加工时被定位装夹牢固及静止。
- 刀具（螺纹刀具及拔荒刀）作绕工件轴线旋转的切削主运动及同时作沿锥螺纹母线方向的走刀运动及间断的吃刀。
- 螺纹切头加工方式分为外切头及内切头两种。适用于大量生产油管、套管及其接箍的加工，生产效率高。外切头一般含三片刀片的成组螺纹刀片及成组的拔荒刀，内切头含一片螺纹刀片及多片拔荒刀片等。

(3) 硬质合金石油管螺纹刀片的选用建议

(1) 油管套管螺纹刀片:

(A) 大批量生产条件

(a) 采用螺纹切头加工方式的车丝机选用的刀片:

加工外螺纹(成组刀片)有:

P8W1-31/ P8W1-32/ P8W1-33; P10W1-31/2/3; P5BW1-31/2/3等。

加工内螺纹有:

P8N1-7; P10N1-8; P5BN1-5;

(b) 采用螺纹车削方式的车丝机选用的刀片:

加工外螺纹:

成组刀片有:

C8W1-31/C8W1-32; C10W1-31/C10W1-32; C5BW1-31/C5BW1-32

BC8W2-31/BC8W2-32; BC10W2-31/BC10W2-32

C8W1-3; C10W1-4;

单片刀片有:

B8W2-3; B10W2-4; B5BW2-2

S8W2-3; S5BW2-2

BM8W2-3; BM10W2-4;

K8W2-4; K5BW2-3

5BW1-3; C5BW1-5

加工内螺纹:

C8N1-7; C10N1-8; C5BN1-5; C5BN1-2

B8N2-3; B8N2-5; B10N2-4; B5BN2-3

S8N2-4; S5BN2-2

K8N2-4; K5BN2-3

SK8N1-3; SK8N1-5

(B) 小批量生产条件(均采用螺纹车削方式加工)选用的刀片:

加工外螺纹:

10W1-2; 8W1-2;

8W3-2; 10W3-2;

5BWL3;

加工内螺纹:

10N4-2; 8N4-2;

10N3-2; 8N3-2;

5BNL3-1;

(2) 钻杆螺纹刀片(均采用螺纹车削方式加工):

I型刀片: 通用

II型刀片: 通用

III型刀片: 主要适用于 $3\frac{1}{2}$ "以下小规模格钻杆接头内外螺纹加工。

(4) 石油管螺纹刀片切削图形

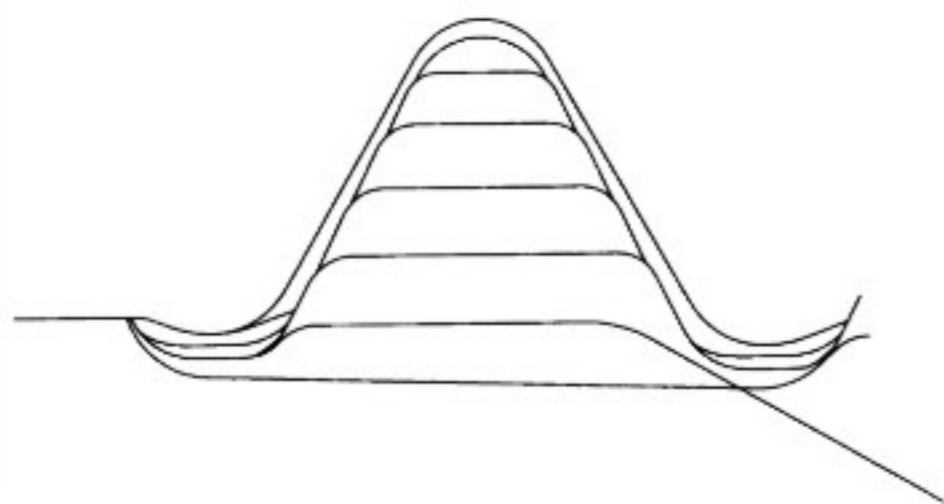
石油管螺纹刀片存在如何合理设计各齿结构的切削图形及各齿切削负荷的分配问题，它对于改善及提高螺纹加工质量、效率及刀具寿命十分重要。单齿刀片（如钻杆接头刀片）存在设计不同进给及吃刀方式决定每次切削行程的切削图形问题，而不由刀齿齿形结构决定。

(1) 一次走刀行程完成全螺纹切削的情况：

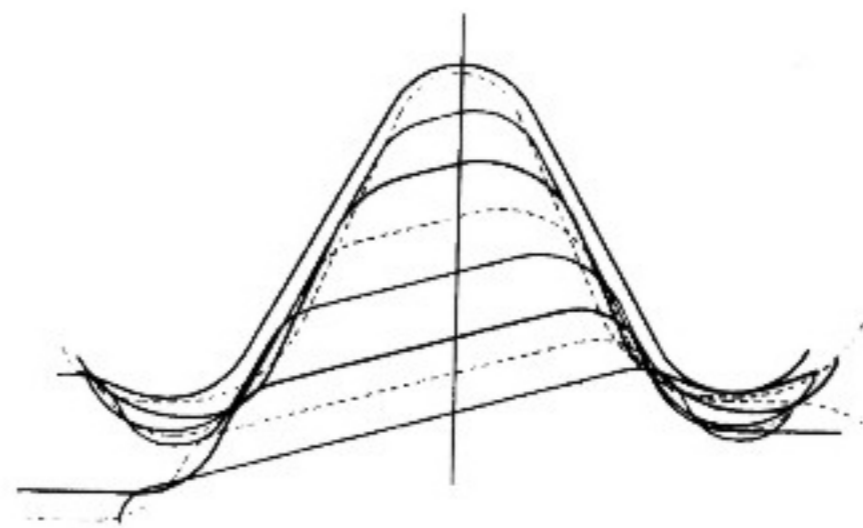
在机床功率及刚性足够大时，以一次行程完成全螺纹切削的方案为最佳方案，即可以显著提高效率，又可最为合理设计切削图形，提高螺纹刀片寿命。必须注意，无论是一次走刀行程还是多次行程完成全螺纹切削的螺纹刀片，其最后一个精车齿即为保证螺纹精度的齿形，必须覆盖全螺纹牙形并在各部位均含有合理切削余量。（两齿侧为0.07-0.12mm，齿底齿顶为0.10-0.20mm）

例1：P8N1-7的套管接箍圆螺纹的内螺纹切削图形（图D-1）

例2：P8W1-31/P8W1-32/P8W1-33的三大片成组套管管体圆螺纹的外螺纹切削图形（图D-2）



图D-1

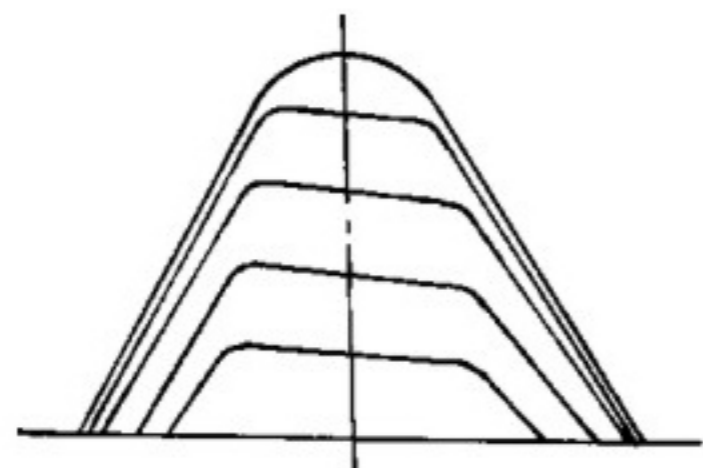


图D-2

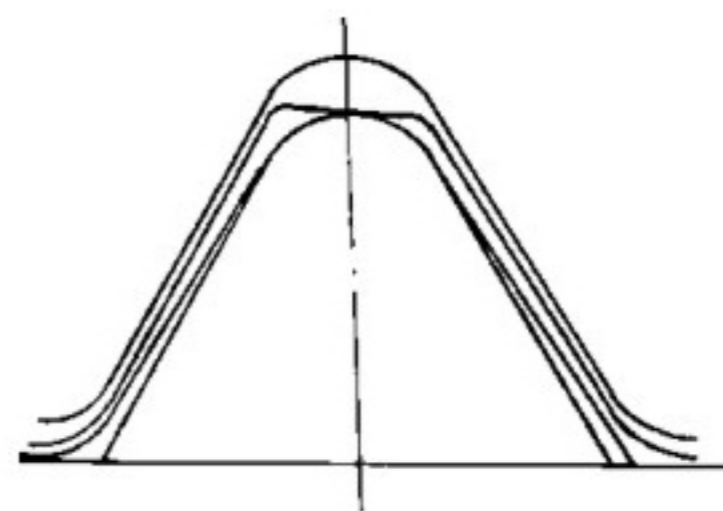
(2) 多次走刀行程完成全螺纹切削的情况：

在车丝机功率及刚性不能满足一次走刀行程完成全螺纹切削的情况下只能采取多次走刀行程来完成。此时，第一次行程应切除主要的余量，（特别是对3个齿以上的刀片），故螺纹刀片切削图形设计以第一次行程的分配作为依据。随后的行程对各粗车齿而言，切削量都是较小的。

例1：B8N2-5套管接箍圆螺纹的内螺纹切削图形（图D-3）



第一次行程



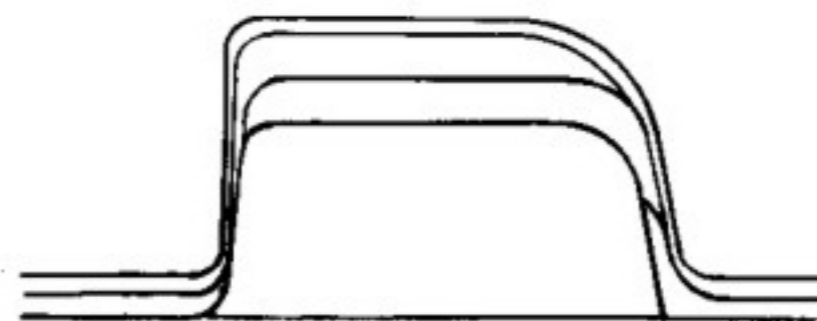
第二次行程

图D-3

例2：P5BN1-5套管接箍偏梯形螺纹的内螺纹切削图形（图K-4）



第一次行程

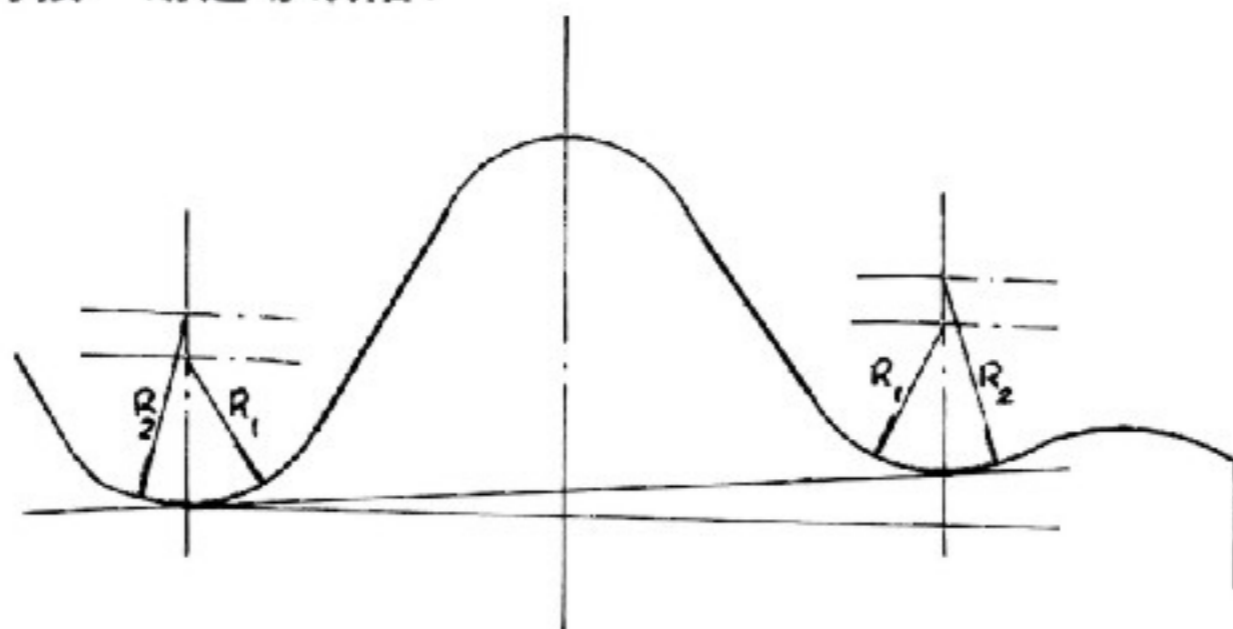


第二次行程

图D-4

(5) 石油油管套管圆螺纹刀片精车齿底的“双圆弧”结构

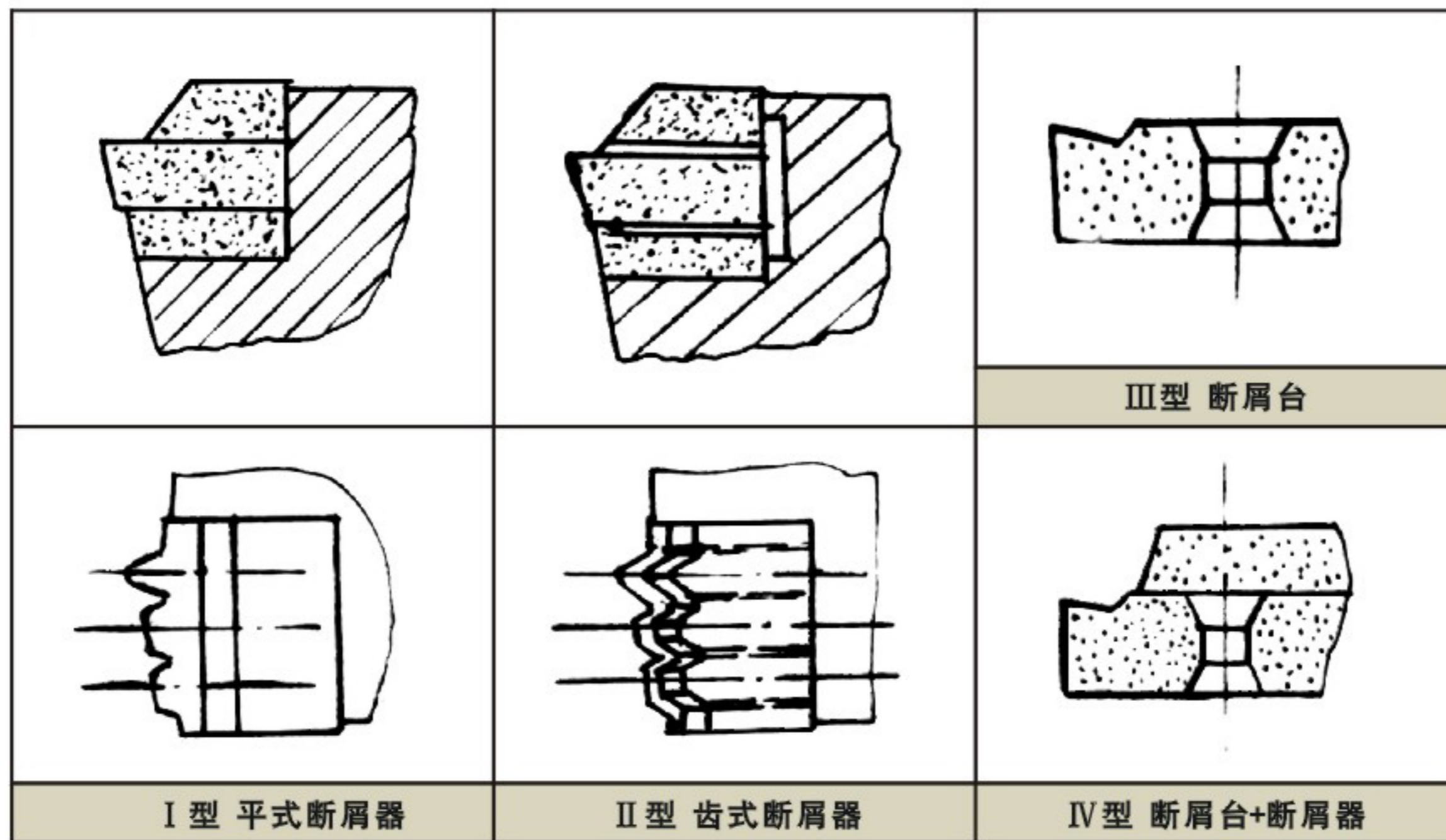
如图D-5所示，石油油管及套管和其接箍加工的圆螺纹刀片，在精车齿两侧齿底处采用“双圆弧”结构，即： R_1 与 R_2 二个圆弧段，且 $R_2 \approx R_1 + (0.2 \sim 0.3)$ ，(R_1 为0.508mm或0.432mm)，实践证明，可避免工件螺纹齿顶出现“小平顶扣”及齿顶“对接”划道等缺陷。



图D-5 刀片精车齿

(6) 石油管螺纹刀片槽形及断屑器的几种类型：

采用如图D-6的四种型式的螺纹刀片槽形或断屑器结构。



图D-6

必须指出，石油管螺纹加工中的断屑问题是当今的技术难题之一，且在多齿的刀片上尤甚，特别是精车齿的断屑最为困难。上述刀片槽形及断屑器结构可对排屑及卷屑状况以明显改善，也能部分断屑。

(7) 石油管螺纹刀片装夹结构及刀杆结构的几种形式

刀杆是介于刀片和刀架（或刀座）之间的连接部分。应具有足够的强度、硬度和精度。

刀杆头部是装夹刀片的部分，柄部是装入刀架（或刀座）的部分。

刀杆头部即装夹刀片部分的结构主要是依据刀片形状而确定的。除要求本身具有足够强度和刚性外，还要保证装夹刀片的刚性、定位可靠性准确性、使用方便以及排屑断屑等要求。

不同结构形状的刀片有相应的装夹结构。可参见硬质合金石油管螺纹刀杆型号标注说明。

上压式（M及C结构）为不带孔的四方形刀片（或扇形刀片）的装夹结构。大多用于加工油、套管接箍内螺纹。勾形螺母的螺钉两端各带左、右螺纹并起压板作用将刀片及导屑板夹紧。

斜拉杆内拉式（P结构）为带双锥孔刀片的内拉式夹紧结构。具有双向夹紧作用。刀片双锥孔应保证需要的精度。结构紧凑、定位可靠、刀片材料利用率高等是其特点。油、套管及钻杆等刀片（双锥孔刀片）均适用。

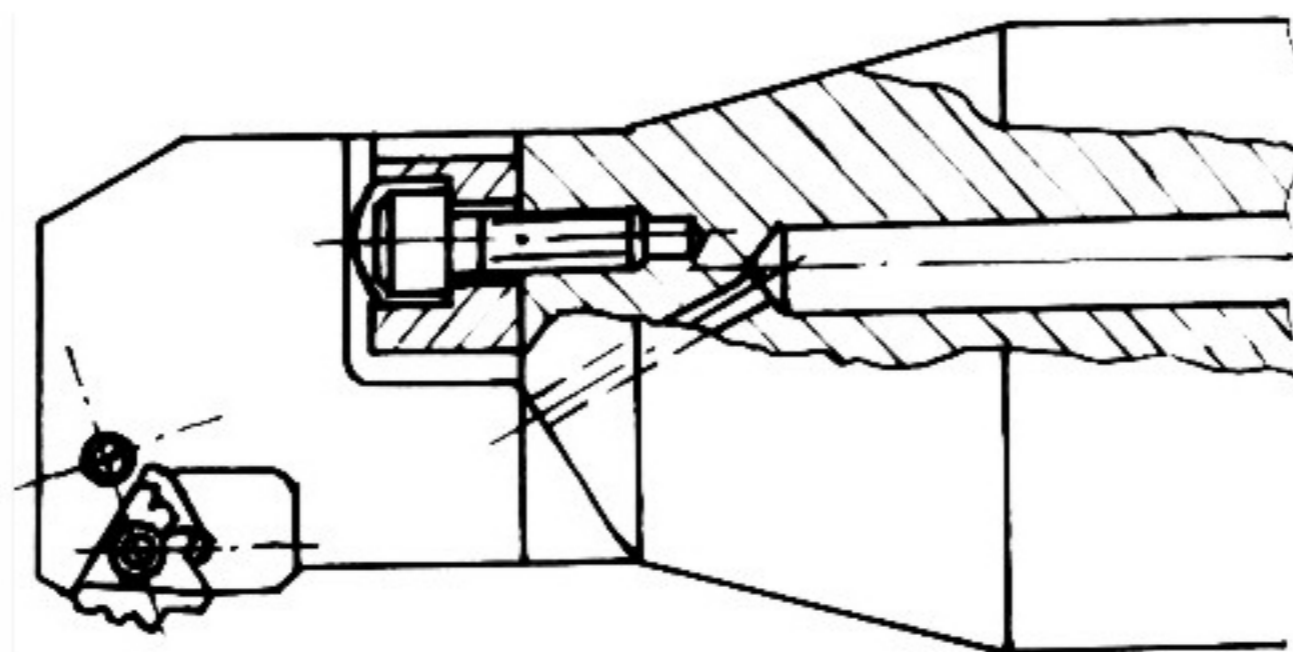
带芯杆压板斜面双向夹紧结构（J结构）主要用在钻杆接头螺纹刀片及抽油杆部件油管螺纹的三角形直孔刀片的夹紧。

楔块斜面侧面夹紧（F结构）用于棱体长条形非涂层可重磨式刀片的装夹结构。使用在油、套管管体外螺纹加工，夹紧牢固，刀刃磨损后可沿前刃面进行重磨以多次使用。使用时刀刃中心高可根据需要进行调整。

立装刀片侧面压紧（G结构）主要用于立装三角形可转位偏梯形套管螺纹单齿刀片的装夹结构。刀片强度及刚性较好，夹紧牢固是其特点。此结构在上压及侧压两个方向分别加以夹固。

刀杆的柄部装入刀架（或刀座）内，一般的刀杆柄部截面为方形或长方形。在某些加工内螺纹的数控车丝机上，柄部截面为圆形。柄部尺寸应保证刀杆具有足够的强度和刚性的要求，并使刀杆头部伸出长度应尽可能小，以防止产生切削振动及螺纹表面波纹。

大多数情况下，刀杆柄部和头部为整体结构，但也有将头部及柄部分离的模块式拼装结构，主要在内螺纹刀杆上使用，如图D-7所示。头部损坏时，只需要更换头部，不要更换整个刀杆。



图D-7

为了保持加工螺纹时刀片两侧刃有大致相同的侧刃法向后角，刀片安装在刀杆上需要倾斜一个角度，其值应等于或接近于螺纹的螺旋升角。故与螺距及螺纹直径有关。这一倾斜角在刀杆上已加工出来，大约 $0^{\circ} \sim 1^{\circ} 20'$ 之间，分四种档次。故使用者在刀杆选用时应在管螺纹规格（直径及螺距）确定之后，来选取相应的刀杆规格。本样本C-050页中刀杆标注说明⑥的A、B、C、D即表示适用不同直径管材的刀杆规格。

刀杆及刀杆部件需用优质钢材制造，并进行热处理以保持及达到要求的硬度及强度，断屑器应由性能良好的硬质合金制造。刀杆基面及定位面等均应磨削以达到要求的精度。

(8) 石油管螺纹刀片切削用量的选择建议

(1) 切削速度推荐表: (见表D-1)

表D-1 切削速度推荐表

刀片类型	工件钢级		
	普通级钢	次高钢级	高钢级
	以J55为代表 其他如H40、K55、M65等	以N80为代表 其他如C75、L80等	以P110为代表 其他如C90、T95、Q125等
	切削速度 (米/分)		
非涂层刀片	90~120	80~100	---
涂层刀片	140~200	120~180	100~160

注: 表列数据为带冷却液充分冷却时的选择; 如为干切削则速度应低20%

(2) 走刀次数及各次吃刀深度推荐表 (见表D-2)

表D-2 走刀次数及各次吃刀深度推荐表

刀片种类规格		走刀行程次序												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
		吃刀深度 (mm)												
每英寸8牙圆螺纹	内螺纹	2齿刀片	0.60	0.40	0.35	0.30	0.20	0.20						
		3齿刀片	0.80	0.60	0.40	0.20								
		5齿刀片	1.75	0.25										
		7齿刀片 (二次)	1.80	0.20										
		7齿刀片 (一次)	2.00											
	外螺纹	2齿刀片	0.70	0.45	0.40	0.30	0.20							
		3齿刀片	0.85	0.60	0.35	0.20								
		3齿刀片 (2片成组)	2.00											
每英寸10牙圆螺纹	内螺纹	3齿刀片 (3片成组)	2.00											
		2齿刀片	0.55	0.40	0.35	0.20	0.15							
		3齿刀片	0.80	0.55	0.20									
		4齿刀片	1.00	0.50	0.15									
	外螺纹	8齿刀片	1.60											
		2齿刀片	0.55	0.50	0.35	0.20								
		3齿刀片	0.90	0.55	0.15									
		4齿刀片	1.05	0.50	0.15									
		3齿刀片 (2片、3片成组)	1.60											

(2) 走刀次数及各次吃刀深度推荐表 (见表D-2)

表D-2 走刀次数及各次吃刀深度推荐表

刀片种类规格			走刀行程次序												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
			吃刀深度 (mm)												
每英寸5牙偏梯形圆螺纹	内螺纹	单齿立装刀片	0.35	0.30	0.25	0.25	0.20	0.20	0.20						
		3齿	0.50	0.40	0.35	0.30	0.20								
		5齿	1.30	0.45											
	外螺纹	单齿立装刀片	0.45	0.35	0.30	0.25	0.25	0.20							
		2齿	0.45	0.40	0.35	0.35	0.20								
		3齿	0.55	0.50	0.40	0.30									
		3齿(3片成组)	1.75												
钻杆接头螺纹	内螺纹	4y1、4y2、5y3 单齿刀片	0.50	0.45	0.40	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15	0.15	0.10		
		4y4、4y5 单齿刀片	0.50	0.45	0.45	0.40	0.35	0.35	0.35	0.30	0.30	0.25	0.15	0.10	
		4y6 单齿刀片	0.45	0.45	0.40	0.40	0.30	0.30	0.25	0.20	0.20	0.10			
	外螺纹	4y1、4y2、5y3 单齿刀片	0.50	0.45	0.45	0.40	0.35	0.30	0.30	0.25	0.20	0.10			
		4y4、4y5 单齿刀片	0.55	0.50	0.45	0.40	0.40	0.35	0.35	0.35	0.30	0.20	0.10		
		4y6 单齿刀片	0.50	0.45	0.40	0.40	0.35	0.35	0.25	0.20	0.10				

注：加工钻杆接头螺纹如用普通刀粗车，再用成形刀片精车时，则此表中成形刀片的吃刀次数应相应减少。

(9) 石油管螺纹刀具使用中应注意的若干问题

(1) 使用前, 使用者应了解刀具结构, 加工要求及使用要求。

(2) 刀杆必须正确牢固装夹在刀架(或刀座)上。安装前, 刀架及刀杆基面应擦拭干净。普通车丝机的刀杆柄部基面应采用百分表进行找正, 使之平行或垂直于螺纹轴线方向。找正误差应在 $0.015\text{mm}/100\text{mm}$ 之内。否则将引起螺纹牙形误差, 甚至超差。

(3) 螺纹刀片应正确安装到刀杆的刀片槽内。用手将刀片侧边定位面靠牢, 然后拧紧夹紧螺钉。刀片定位应正确可靠, 夹紧牢固。夹紧螺钉或其他夹紧另件以及断屑器等如有损坏应及时更换, 以免在切削时损坏螺纹刀片。每次换刀片时, 刀杆上的刀片槽及刀片各基面均应擦拭干净, 不得有碎屑夹入, 否则会影响定位精度或把刀片夹碎。

(4) 机床锥度板一定要调整准确, 尽量减少加工螺纹锥度误差。

(5) 根据不同螺纹直径和螺距大小, 螺纹刀杆上的刀片槽底面具有不同的刃倾角, 以适应螺旋升角的变化需要, 改善刀片侧后角状况, 使用者在选用刀杆时应加以注意。

(6) 在加工过程中, 应随时注意螺纹表面状态、刀片刃口状态及车丝机运转状态, 以便及时调整操作, 保持加工正常进行。螺纹表面缺陷最常见的是波纹和划道, 影响其出现的因素较多, 有螺纹刀片方面的, 有机床方面的等。划道的出现可能由于: 或因刀刃的光洁度, 或因刀刃有微小崩刃及缺口, 或因刀刃上粘有积屑瘤或因切屑缠绕刮伤所致。精车齿底圆弧在一侧为全圆弧者最易出现“对接”划道(指油、套管圆螺纹)。加工螺纹时, 吃刀深度不够以致未能加工完拔荒的余量则在螺纹牙顶会出现明显划道。机床系统刚性差时易在管端处几扣出现牙顶划道(刀片切削时)。螺纹表面的波纹系因系统的振动引起, 可能由于: 系统刚度较差、机床功率不够, 或由于刀刃过于锋利(如非涂层刀片的刀刃未强化的情况), 或因刀刃磨损过大, 或因系统自振频率与切削时强迫振动频率交接近时均可能引起波纹。如出现上述划道和波纹缺陷均应根据具体情况及原因加以处理。

(7) 加工石油管螺纹时, 对螺纹精度必须进行单项仪检查及螺纹量规检查。如果螺纹参数检查中的齿高及齿形角出现超差者, 通常与刀片的齿形精度有关。必须检查刀片齿形精度或更换新的刀片。精车齿刀尖若产生“塌尖”现象易引起齿高增大超差。刀尖磨损易引起齿高减小而超差。相应地也会影响齿形角的变化。其他螺纹参数如螺距、锥度、紧密距等产生误差则往往与机床调整不当有关, 需重新调整机床。

(8) 正确的刀片刃口强化对螺纹加工过程至关重要。涂层螺纹刀片的成品本身在生产厂家已进行合理的刃口强化工序。其刃口倒圆半径应选为 $R=0.04\sim 0.06\text{mm}$ 为合适。刀片齿顶及齿底的倒圆半径应均匀, 差值不能过大。非涂层的可重磨刀片往往在生产厂家未进行过刃口强化。加工过程中若出现不正常情况(如波纹等), 操作者可用小三角油石(碳化硅或金刚石油石)顺着刃口方向对刀刃进行仔细研磨以实现刃口强化要求。重磨后的刀片刃口也应如此处理。

(9) 在当前情况下, 石油管螺纹加工时必须进行充分的冷却, 仍以供给冷却液的方式为主。这是提高螺纹加工质量及刀具耐用度的重要因素。冷却液应正好喷射到刀齿切削部分。有条件时可用高压冷却液喷射。并在通过刀片前刃面或底面及断屑器或垫片的小槽将冷却液直接高压喷射到刀刃切削区域, 效果十分明显。且有利于增加排屑作用。

(10) 刀片的重磨: 涂层刀片一般不宜进行重磨。非涂层刀片一般应进行重磨。重磨时只刃磨刀片的前刃面, 按照原刀片前刃面的方向重磨。不应当在砂轮机上用手握持刀片或刀杆重磨, 而应当在工具磨床上采用专用夹具重磨。砂轮规格推荐:

JR1, 120#-180#粒度, 75%浓度: SBW100×20×35

使用中常见问题产生原因及推荐解决措施: (如表D-3)

表D-3 常见问题产生原因及推荐解决措施

常见问题	产生原因及推荐措施
(1) 切削时产生振动及波纹	(1) 检查系统刚度是否足够，工件及刀杆伸出量是否太长，主轴轴承是否适当调整、刀片是否夹紧牢固等。 (2) 调低或调高主轴一~二档转速试加工，选择避免波纹产生的转数。 (3) 对非涂层刀片，若刀刃原来未进行刃口强化，可在现场用细油石轻轻研磨刃口（顺着刃口方向）。或者在新刃口加工几个工件后，波纹即能减轻或消除。
(2) 刀片磨损很快，耐用度很低	(1) 检查一下切削用量是否选择太高，特别是切削速度及吃刀深度是否太大。并进行调整。 (2) 是否未供给足够冷却液。 (3) 切削挤住刀刃，引起细微崩刃而增大刀具磨损。 (4) 刀片夹固不牢，或者在切削过程中产生松动。 (5) 刀片本身质量问题。
(3) 刀片大块崩刃或碎裂	(1) 刀片槽内是否有碎屑或硬质颗粒夹入，在夹紧时已产生裂纹或应力。 (2) 切屑在切削过程中缠绕及打坏刀片。 (3) 走刀过程中刀片受到偶然碰撞。 (4) 拔荒刀等的前序刀具打刀引起螺纹刀片的随后崩裂。 (5) 用手操作退刀的机床，多次退时，因后面次数的退刀动作缓慢而引起刀刃负荷陡然增大打刀。 (6) 工件材质不均匀或可加工性很差。 (7) 刀片本身质量问题。
(4) 管螺纹齿形误差超差	(1) 刀片精车齿刀刃已磨损，需更换新的刀片。 (2) 刀片精车齿产生“塌尖”现象，应适当降低切削速度及吃刀深度。 (3) 刀片或刀杆安装不正确。如刀杆安装时未找正基面，刀片基面未靠牢等。 (4) 刀刃上产生微小崩刃，应及时换刀。 (5) 刀刃上产生积屑瘤，应适当提高切削速度，或用细油石轻轻研磨去除积屑瘤，或更换刀片。