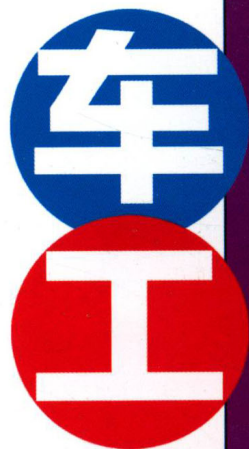
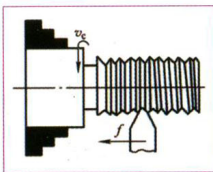
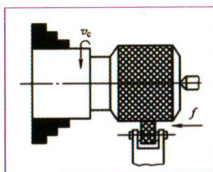
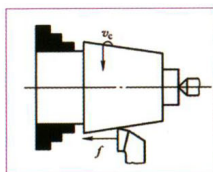
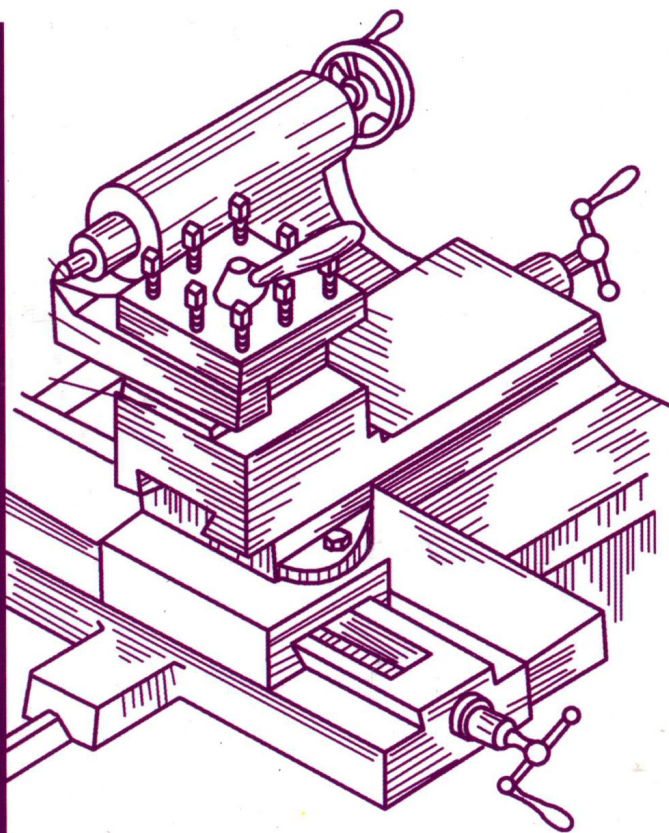




国家职业技能鉴定培训教程

依据最新《国家职业技能标准》编写



(技师、高级技师)

闫纂文 崔兆华 © 主编



内容全面、实用

聚焦培训、考证

便于学习、自测

理论知识、操作技能、配套试题库全包括，素材均源于企业生产实际
紧扣国家职业技能标准和鉴定考核要求，将考证和技能提升有机结合
设有考核要求、重点解析、章后练习等栏目，使学习和自测更高效便捷



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

国家职业技能鉴定培训教程

车工（技师、高级技师）

主 编 闫纂文 崔兆华

副主编 于 斌

参 编 张再成 官德瑞 袁启玉 张 萌 金 涛

主 审 贾恒旦



机械工业出版社

本书是根据《国家职业技能标准 车工》(2009 年修订)技师、高级技师规定的知识要求和技能要求,按照“以职业标准为依据,以企业需求为导向,以职业能力为核心”的原则编写的。本书主要内容包括:大型精密轴类零件的加工、复杂套类零件加工、复杂螺纹及蜗杆加工、偏心件及曲轴加工、复杂形体零件加工、技术攻关与工艺能力、车床扩大使用、车削加工精度分析、数控车削加工技术、车床精度检验与调整。每章章首有理论知识要求和操作技能要求,章末有考核重点解析以及复习思考题,便于企业培训和读者自查自测。

本书既可作为企业培训部门、各级职业技能鉴定培训机构的考前培训教材,又可作为读者考前复习用书,还可作为职业技术学院、技工学校的专业课教材。

图书在版编目(CIP)数据

车工:技师、高级技师/闫纂文,崔兆华主编. —北京:机械工业出版社,2014.7

国家职业技能鉴定培训教程

ISBN 978-7-111-47232-2

I. ①车… II. ①闫…②崔… III. ①车削-职业技能-鉴定-教材
IV. ①TG51

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 147191 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:赵磊磊 责任编辑:赵磊磊

版式设计:霍永明 责任校对:闫玥红 肖琳

封面设计:张静 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2014 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·18.25 印张·398 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-47232-2

定价:35.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

机械制造业是技术密集型的行业，历来高度重视技术工人的素质。在经济条件下，企业要想在激烈的市场竞争中立于不败之地，必须有一支高素质的技术工人队伍。车削加工技术不断发展，新的国家标准和行业技术标准也相继颁布和实施，因此培训与鉴定的要求也在不断变化。为了适应新形势，我们编写了本书，以满足广大车工学习的需要，帮助他们提高相关理论知识水平和技能操作水平。

本书是根据《国家职业技能标准 车工》（2009年修订）技师、高级技师规定的知识要求和技能要求，按照“以职业标准为依据，以企业需求为导向，以职业能力为核心”的原则编写的。本书主要内容包括：大型精密轴类零件的加工、复杂套类零件加工、复杂螺纹及蜗杆加工、偏心件及曲轴加工、复杂形体零件加工、技术攻关与工艺能力、车床扩大使用、车削加工精度分析、数控车削加工技术、车床精度检验与调整。本书主要特色如下：

1. 在编写原则上，突出以职业能力为核心。本书内容结合企业实际，反映岗位要求，突出新知识、新技术、新工艺、新方法，注重职业能力培养。

2. 在使用功能上，注重服务于培训和鉴定。根据职业发展的实际情况和培训需求，本书力求体现职业培训的规律，反映职业技能鉴定考核的基本要求，满足培训对象参加鉴定考试的需要。

3. 在内容安排上，强调提高学习效率。为便于培训、鉴定部门在有限的时间内把最重要的知识和技能传授给培训对象，同时也便于培训对象迅速抓住重点，提高学习效率，在书中精心设置了“理论知识要求”“操作技能要求”“考核重点解析”“复习思考题”和“特别注意”等栏目。

本书由闫纂文、崔兆华任主编，于斌任副主编，张再成、官德瑞、袁启玉、张萌、金涛参加编写。全书由贾恒旦主审。本书在编写过程中，参考了部分著作，并邀请了一些技术精湛的高技能人才进行了示范操作，在此谨向有关作者和参与示范操作的人员表示最诚挚的谢意。

由于编者水平有限，书中难免存在错误和不足之处，恳请广大读者批评指正。

编 者



前言

第1章 大型精密轴类零件的

加工..... 1

1.1 新型刀具 1

1.1.1 可转位车刀 1

1.1.2 涂层刀具 7

1.1.3 陶瓷刀具 9

1.1.4 金刚石刀具 11

1.1.5 立方氮化硼刀具 12

1.2 滚压加工 13

1.2.1 概述 13

1.2.2 常用的滚压方法 14

1.2.3 细长轴的滚压加工 15

1.3 高精度、大型传动轴类零件

加工 16

1.3.1 轴类零件概述 16

1.3.2 大型精密轴类零件的 特点 18

1.3.3 大型精密轴类零件车削 实例 19

1.3.4 大型精密轴类零件的 检验 29

技能训练 钻床主轴的加工 32

复习思考题 36

第2章 复杂套类零件加工 38

2.1 复杂多件套加工 38

2.1.1 正弦规及其使用 38

2.1.2 多件套加工的技术工艺 特点 39

2.1.3 多件套的技术工艺要求 40

2.1.4 复杂多件套加工实例 40

2.2 薄壁件加工 54

2.2.1 薄壁件的加工特点及装夹 方法 54

2.2.2 防止薄壁件变形的办法 55

2.2.3 减少薄壁件车削振动的 措施 58

2.2.4 有色金属薄壁套加工 实例 60

复习思考题 63

第3章 复杂螺纹及蜗杆加工 66

3.1 复杂螺纹与变齿厚蜗杆的 加工 66

3.1.1 平面螺纹的加工 66

3.1.2 不等距螺纹的加工 70

3.1.3 车削变齿厚蜗杆 71

3.1.4 大模数滚刀的特点 77

3.2 复杂螺纹及蜗杆加工技能 训练 78

技能训练一 渐深螺纹的加工 78

技能训练二 平面螺纹的加工 81

技能训练三 变齿厚蜗杆的加工 82

复习思考题 84

第4章 偏心件及曲轴加工 85

4.1 三偏心孔工件的加工 85

4.1.1 三偏心孔工件的特点 85

4.1.2 三偏心孔工件的装夹 86

4.1.3 三偏心孔工件的检测方法 87

4.2 六拐曲轴加工 89

4.2.1 曲轴的特点 89

4.2.2 六拐曲轴的技术要求 89

4.2.3 六拐曲轴的车削方法 90

4.3 偏心件及曲轴加工训练 94

技能训练一 三偏心孔的加工 94

技能训练二 六拐曲轴的加工 96

复习思考题 98

第5章 复杂形体零件加工 100

5.1 工艺尺寸链 100



5.1.1 工艺尺寸链概述	100	6.4.4 成形车刀的使用	165
5.1.2 工艺尺寸链的计算方法	101	6.5 技术攻关及工艺能力技能	
5.1.3 工序尺寸及公差确定	102	训练	168
5.2 轴承座类零件加工	106	技能训练一 高锰钢的加工	168
5.2.1 全焊钢结构水冷式轴		技能训练二 不锈钢的加工	170
承座	106	技能训练三 钛合金的加工	171
5.2.2 轴承座的装夹与定位	106	技能训练四 8 字油槽的加工	173
5.2.3 轴承座的加工实例	108	复习思考题	174
5.3 薄板类零件加工	111	第 7 章 车床扩大使用	175
5.3.1 薄板类零件的装夹	112	7.1 在卧式车床上磨削工件	176
5.3.2 薄板类零件加工的技术		7.1.1 常见车床辅助磨具	176
措施	113	7.1.2 在车床上磨削工件的	
5.4 畸形零件加工	114	实例	177
5.4.1 畸形零件的定位与装夹	114	7.2 在车床上研磨工件	182
5.4.2 畸形零件加工实例	115	7.2.1 研具材料与研磨剂的	
5.5 复杂零件加工技能训练	122	选择	182
技能训练一 薄板的加工	122	7.2.2 研磨方法	183
技能训练二 十字孔的加工	123	7.2.3 研磨时的注意事项	187
技能训练三 冲床连杆的加工	126	7.3 在车床上镗削和铣削工件	188
技能训练四 拨叉的加工	129	7.3.1 镗削心轴工件上的孔	188
技能训练五 齿轮架的加工	131	7.3.2 在车床上镗削连杆孔	189
复习思考题	134	7.3.3 车床铣削实例	190
第 6 章 技术攻关与工艺能力	136	7.4 在车床上盘绕螺旋弹簧	195
6.1 难加工材料的加工	136	7.4.1 螺旋弹簧的种类及各部分	
6.1.1 难加工材料的特点	136	名称	195
6.1.2 加工难加工材料的车刀	137	7.4.2 盘绕弹簧的工艺方法	196
6.2 特型面加工	140	复习思考题	200
6.2.1 概述	140	第 8 章 车削加工精度分析	201
6.2.2 特型面专用夹具装夹及加		8.1 加工精度的基本概念	201
工工件的方法	140	8.1.1 车削加工精度的主要	
6.3 车床夹具	144	内容	201
6.3.1 车床夹具的类型	144	8.1.2 尺寸精度的控制方法	202
6.3.2 车床夹具设计要求及		8.2 产生加工误差的原因	202
步骤	147	8.2.1 影响尺寸精度的因素	202
6.3.3 其他车床夹具	152	8.2.2 影响形状精度的因素	203
6.4 成形车刀	155	8.2.3 影响位置精度的因素	211
6.4.1 成形车刀的概述	155	8.2.4 影响加工表面粗糙度的	
6.4.2 成形车刀的截形设计	159	因素	212
6.4.3 成形车刀的设计实例	163	8.3 减小工件表面粗糙度值的	



方法	214	9.4.3 数控车床的手动操作	252
复习思考题	215	9.4.4 手动数据输入（MDI） 操作	255
第9章 数控车削加工技术	217	9.4.5 对刀操作	255
9.1 数控车床概述	217	9.4.6 数控程序处理	257
9.1.1 数控车床的组成	217	9.4.7 自动加工方式	258
9.1.2 数控车床的工作过程	219	9.5 数控车床加工综合技能 训练	259
9.1.3 数控车床的特点	219	复习思考题	264
9.2 数控车床编程基础	220	第10章 车床的精度检验与 调整	266
9.2.1 数控加工程序及其编制 过程	220	10.1 卧式车床精度检验	266
9.2.2 坐标系与运动方向的 规定	222	10.1.1 机床精度的概念	266
9.2.3 数控加工程序	224	10.1.2 卧式车床精度检验的 内容	267
9.3 数控车床的编程	228	10.2 车床精度对加工质量的 影响	276
9.3.1 数控车床编程的基础 知识	228	10.3 车床主轴部件及方刀架的 调整	278
9.3.2 常用准备功能指令 介绍	229	10.3.1 主轴部件	278
9.3.3 刀具圆弧半径补偿	234	10.3.2 方刀架	280
9.3.4 单一形状固定循环	236	复习思考题	281
9.3.5 复合固定循环	241	参考文献	283
9.4 数控车床的操作	247		
9.4.1 系统控制面板	247		
9.4.2 机床操作面板	249		



第 1 章 大型精密轴类零件的加工

理论知识要求

1. 掌握大型精密轴类零件的特点及加工方法。
2. 掌握新型刀具材料的种类、特点及应用。
3. 掌握主轴加工过程中的工艺方法及检测技术。

操作技能要求

1. 学会选择和使用新型刀具进行车削加工。
2. 学会大型精密轴类零件的车削及测量方法。
3. 学会分析大型精密轴类零件加工过程中出现的问题并加以解决。

1.1 新型刀具

1.1.1 可转位车刀

可转位车刀是把压制有几个切削刃，并有合理几何参数的硬质合金可转位刀片，用机械夹固方式，装夹在标准刀柄上的一种刀具。可转位车刀由刀柄、刀片、刀垫和夹紧机构组成，如图 1-1 所示。

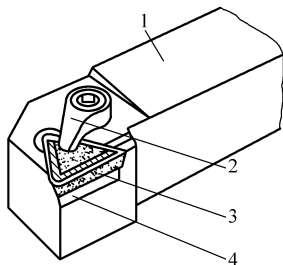
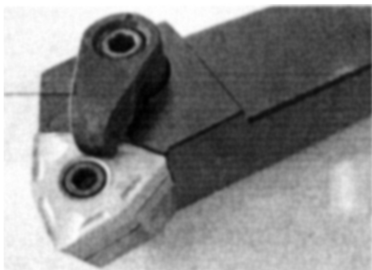


图 1-1 可转位车刀

1—刀柄 2—夹紧机构 3—刀片 4—刀垫

可转位车刀的特点是切削刃磨损后不重磨，通过刀片转位来更新切削刃，全部切削刃用钝后更换刀片即可，使用起来方便快捷。与整体式或焊接式车刀相比，可转位车刀具有以下优点：

- 1) 可以提高劳动生产率，保证加工精度，延长刀具寿命。可转位车刀无需焊接，

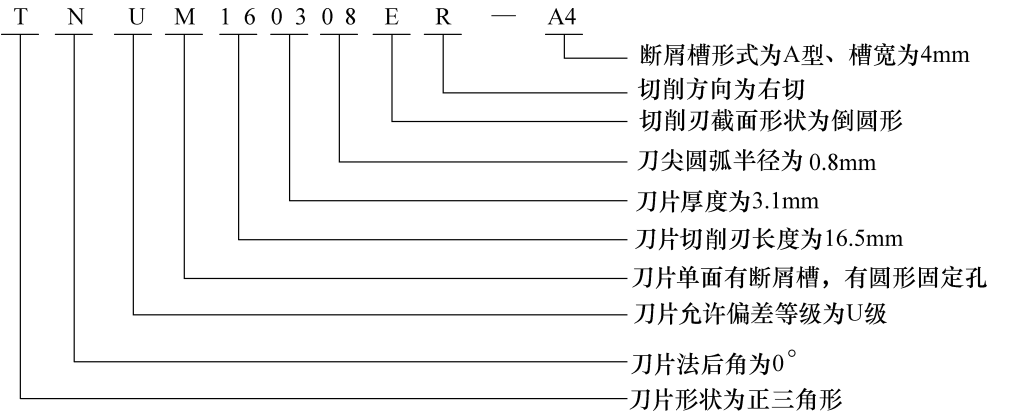


故可保证刀片原有的金相组织、硬度等性能，刀具耐用度大大提高；使用中由于减少了换刀、磨刀和对刀的辅助时间，零件的加工相对稳定，机床的利用率提高；刀片的断屑槽可保证稳定的断屑，可采用较大的切削用量，有利于切屑的清除，有利于减轻操作者的劳动强度，提高操作安全性。

- 2) 可节省大量制造刀杆的材料，提高硬质合金刀片的利用率，减少刀具的制造费用。
- 3) 有利于刀具的标准化生产和推广。
- 4) 有利于先进刀具的推广使用。可转位刀具的优点，可借鉴推广到一些不适宜重磨的涂层和陶瓷刀具材料上去。

1. 可转位车刀型号及表示方法

(1) 可转位刀片 可转位刀片的型号由具有一定意义的字母和数字代号按一定顺序排列所组成。如：



第一位表示刀片形状，用一个字母表示，具体见表1-1。

表 1-1 可转位刀片形状

刀片形状	代号	形状说明	刀尖角	示意图	刀片形状	代号	形状说明	刀尖角	示意图
等边等角	H	正六边形	120°		等边不等角	C	菱形	80°	
	O	正八边形	125°			D		55°	
	P	正五边形	108°			E		75°	
	S	正方形	90°			M		86°	
	T	正三角形	60°			V		35°	
等角不等边	L	矩形	90°		不等边不等角	W	等边不等角六边形	80°	
						P	不等边不等角六边形	82°	
						A	平行四边形	85°	
						B		82°	
						K		55°	
					圆形	R	圆形		



第二位表示刀片法后角，用一个字母表示，共有 10 种，见表 1-2。如 N 表示刀片法后角是 0°，A 表示刀片法后角是 3°，B 表示刀片法后角是 5°。使用最广的是 N 型（刀片法后角是 0°），刀片法后角靠刀片安装倾斜形成。

表 1-2 可转位刀片法后角

法后角	3°	5°	7°	15°	20°	25°	30°	0°	11°	其余法后角需要专门说明
代号	A	B	C	D	E	F	G	N	P	O

第三位表示刀片允许偏差等级，用一个字母表示。刀片主要尺寸包括刀片的内切圆直径 d 、刀片厚度 s 和刀尖位置尺寸 m 。刀片允许偏差等级共 12 级，其中 J、K、L、M、N、U 为普通级，A、F、C、H、E、G 为精密级。

第四位表示刀片有无断屑槽与中心固定孔，用一个字母表示，共有 15 种，见表 1-3。如 M 表示有圆形固定孔和单面有断屑槽。

表 1-3 可转位刀片固定方式和断屑槽

代号	固定方式	断屑槽	代号	固定方式	断屑槽	代号	固定方式	断屑槽
N	无固定孔	无断屑槽	A	有圆形固定孔	无断屑槽	B	单面 70°~90°	无断屑槽
R		单面有断屑槽	M		单面有断屑槽	H	固定沉孔	单面有断屑槽
F		双面有断屑槽	G		双面有断屑槽	C	双面有 70°~90°	无断屑槽
W	单面有 40°~60°	无断屑槽	Q	双面有 40°~60°	无断屑槽	J	固定沉孔	双面有断屑槽
T	固定沉孔	单面有断屑槽	U	固定沉孔	双面有断屑槽	X	其他尺寸和详情 需附图加以说明	

第五位表示刀片切削刃长度，用两位阿拉伯数字表示，取刀片理论边长的整数部分作为代号，如边长为 16.5mm 的刀片代号为 16。若舍去小数后只剩一位数，则在该数字前加 0，如边长为 8.325mm 的刀片代号为 08。

第六位表示刀片厚度，用两位阿拉伯数字表示，取刀片厚度的整数部分作为代号。若去掉小数后只剩一位数，则在该数字前加 0；当整数值相同，小数部分值不同时，则将小数部分值大的刀片代号用 T 表示，如刀片厚度分别为 3.18mm 和 3.97mm 时，则前者代号为 03，后者代号为 T3。

第七位表示刀片转角形状或刀尖圆弧半径，用两位阿拉伯数字表示。

第八位表示切削刃截面形状，用一个字母表示，共 4 种。其中 F 表示尖锐切削刃，E 表示倒圆切削刃，T 表示倒棱切削刃，S 表示既倒棱又倒圆的切削刃。

第九位表示切削方向，用一个字母表示。其中 R 表示右切，L 表示左切，N 表示既能用于左切，也可用于右切。

第十位表示断屑槽形式与宽度，用一个字母和一个数字表示，共 13 种。断屑槽宽度用舍去小数位部分的槽宽毫米数表示，见表 1-4。



表 1-4 可转位刀片断屑槽形式

代号	断屑槽形式举例	代号	断屑槽形式举例	代号	断屑槽形式举例
A		B		C	
D		G		H	
J		K		P	
T		V		W	
Y					

任何一个型号都必须用前七位表示，后三位在必要时才使用。

(2) 可转位车刀刀柄 可转位车刀刀柄的型号由按规定顺序排列的一组字母和数字组成。

如： C T G N R 32 25 M 16 — Q

精密刀柄的测量基准为外侧面和后端面
刀片边长为16.5mm
刀柄长度为150mm
刀柄宽度为25mm
车刀高度为32mm
切削方向为右切
刀片法后角为 0°
车刀头部形式为 90° 偏头侧切
刀片形式为三角形
夹紧方式为上压式

2. 可转位车刀刀片的夹紧机构

根据车刀的用途，可转位车刀刀片的夹紧方式有：杠杆式、楔块式、偏心销式、上压式、钩销式、杠销式和复合式。

(1) 杠杆式 杠杆式夹紧机构如图 1-2 所示。这种结构是利用杠杆原理的结构。当杠杆的横臂端部受力摆动时，就可将刀片松开或夹紧，夹紧稳定可靠，定位精度较高，夹紧行程也较大，能迅速使刀片转位或更换。其缺点是结构较复杂，制造杠杆比制



造钩销困难。杠杆式夹紧机构适用于轻型和中型负荷的车削。

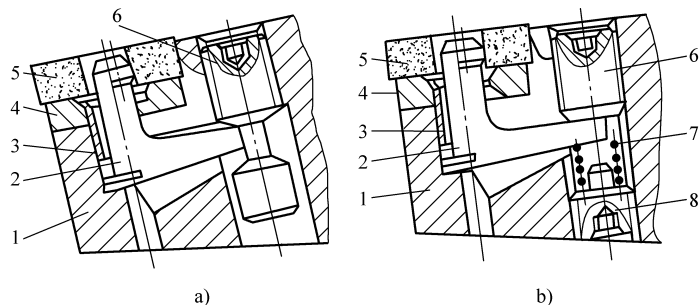


图 1-2 杠杆式夹紧机构

a) 压紧斜面夹紧机构

1—刀杆 2—杠杆 3—弹簧套
4—刀垫 5—刀片 6—压紧螺钉

b) 压紧端面夹紧机构

1—刀杆 2—杠杆 3—弹簧套 4—刀垫
5—刀片 6—压紧螺钉 7—弹簧 8—调节螺钉

图 1-2a 所示为压紧斜面夹紧机构，其工作原理是利用螺钉中部的斜面来使杠杆摆动；图 1-2b 所示为压紧端面夹紧机构，其特点是在杠杆横臂端部的下方用弹簧支承，用螺钉调节弹簧的作用力大小，可避免杠杆受力过大而变形或折断，松开螺钉时，在弹簧力的作用下，刀片自动松开。

(2) 楔块式 楔块式夹紧机构如图 1-3 所示。当旋紧螺钉 4 时，刀片 3 就会在斜楔块 5 的作用下压向固定中心销 2，将刀片夹紧。其特点是结构简单，使用方便，容易制造，且夹紧力大，夹紧可靠。其缺点是刀片定位精度差，中心销易变形。

(3) 偏心销式 偏心销式夹紧机构如图 1-4 所示。这种结构是利用偏心夹紧的原理，当转动偏心销 1 时，由于偏心作用，其头部夹紧刀片 2 且能自锁。它的优点是结构紧凑、装夹零件少，制造容易，刀片转位方便迅速，缺点是若设计不当，易造成刀片仅靠向一个定位侧面，且当冲击负荷较大时，夹紧并不十分可靠，一般仅适用于中、小型车刀。

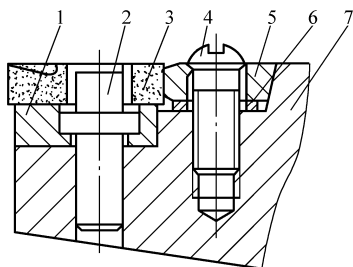


图 1-3 楔块式夹紧机构

1—刀垫 2—固定中心销 3—刀片 4—螺钉
5—斜楔块 6—弹簧垫圈 7—刀柄

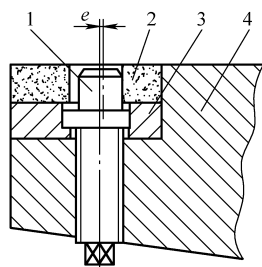


图 1-4 偏心销式夹紧机构

1—偏心销 2—刀片 3—刀垫 4—刀柄

(4) 上压式 上压式夹紧机构如图 1-5 所示。这种结构是利用压板向下的压力将



刀片压紧在刀片槽中，其结构简单，夹紧力大，定位精度高，使用方便，但若设计不当，夹紧件会阻碍切屑的流出，且刀头体积大，影响操作。上压式夹紧机构适用于中、重型及断续切削的情况。

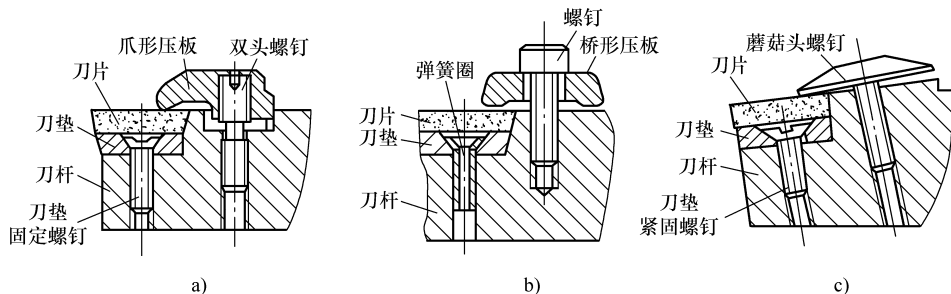


图 1-5 上压式夹紧机构

a) 爪形压板 b) 桥形压板 c) 蘑菇形压板

上压式夹紧机构的压板形式很多，图 1-5 所示为三种典型的结构。图 1-5a 所示为爪形压板，结构较紧凑。图 1-5b 所示为桥形压板，结构较简单，压板下可设置卷屑板，但切屑易堵塞在压板下，不易排除，妨碍操作。图 1-5c 所示为蘑菇形压板，压板与螺钉是一个整体，为了保证螺钉蘑菇头的周边能将刀片压紧，螺钉孔的轴线要与刀片槽底面成一定的倾角。其结构简单，元件少，但是螺钉受力不均。

(5) 钩销式 钩销式夹紧机构如图 1-6 所示。这种结构是利用旋紧螺钉推动钩销，将刀片压紧在刀片槽的定位表面上。其优点是结构简单，夹紧可靠，定位精度高，排屑通畅，而且钩销较容易制造。钩销式夹紧机构适用于轻型和中型车削，一般在立装刀片的车刀上常采用钩销式夹紧结构。

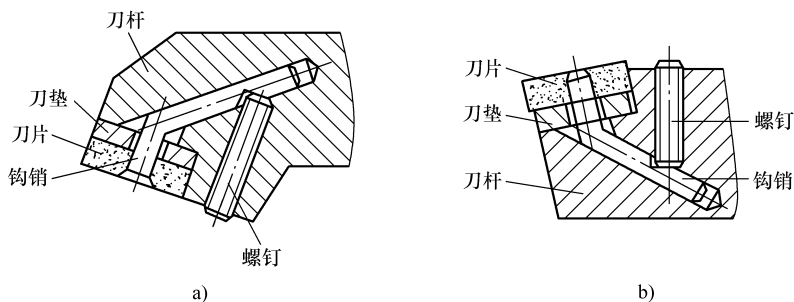


图 1-6 钩销式夹紧机构

a) 倒锥形头部的钩销 b) 圆柱形头部的钩销

钩销的结构有两种：图 1-6a 所示为倒锥形头部的钩销，其特点是夹紧刀片受力的情况较好，但更换刀片不方便，并且要求刀片上也要有相应的锥形沉孔。图 1-6b 所示为圆柱形头部的钩销，这种钩销制造较简便。



(6) 杠销式 杠销式夹紧机构如图 1-7 所示。这种结构是利用杠杆原理，当在杠销的下端施以一个垂直于其轴线的作用力后，杠销就会绕本身中部的台阶球面与刀杆孔壁的接触点摆动，将刀片压紧在刀片槽的侧面。它的优点是夹紧力方向较稳定，可保证刀片同时贴合在刀片槽的两个侧面，定位精度较高，结构较简单。但杠销的刚度较差，夹紧行程较小，主要适用于中、小型机床。

杠销下端的施力方式很多，具体见图 1-7。其中图 1-7b 所示的施力方向最为稳定，结构也较简单。

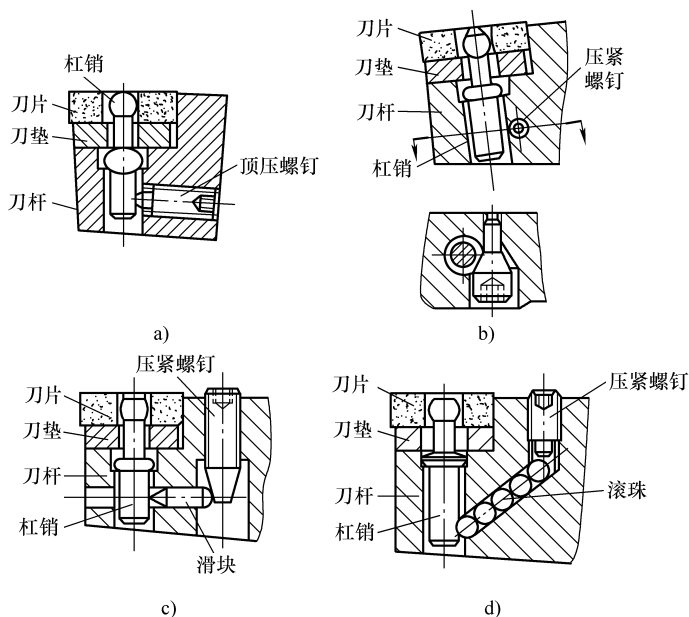


图 1-7 杠销式夹紧机构

a) 螺钉头部顶压 b) 螺钉锥面施力 c) 螺钉加上滑块施力 d) 用螺钉和钢球施力

(7) 复合式 这种夹紧机构是采用两种夹紧方式同时夹紧刀片的复合结构，夹紧可靠，能承受较大的切削负荷及冲击，适用于重负荷切削。

图 1-8 所示为几种典型的复合式夹紧结构，图 1-8a 和图 1-8b 所示的结构适用于平装刀片；图 1-8c 和图 1-8d 所示的结构适用于立装刀片。

1.1.2 涂层刀具

为了提高刀具性能，可以通过涂层的方法在韧性较好的刀具基体上，涂覆一层或多层耐磨性好的难熔化合物，将刀具基体与难熔化合物相结合，以此提高刀具的表面硬度，改善刀具的耐磨性、润滑性，这就是涂层刀具。

根据涂层刀具基体材料的不同，可将涂层刀具分为高速钢涂层刀具、硬质合金涂层刀具、陶瓷涂层刀具、金刚石涂层刀具和立方碳化硼涂层刀具等。硬质合金涂层刀具就

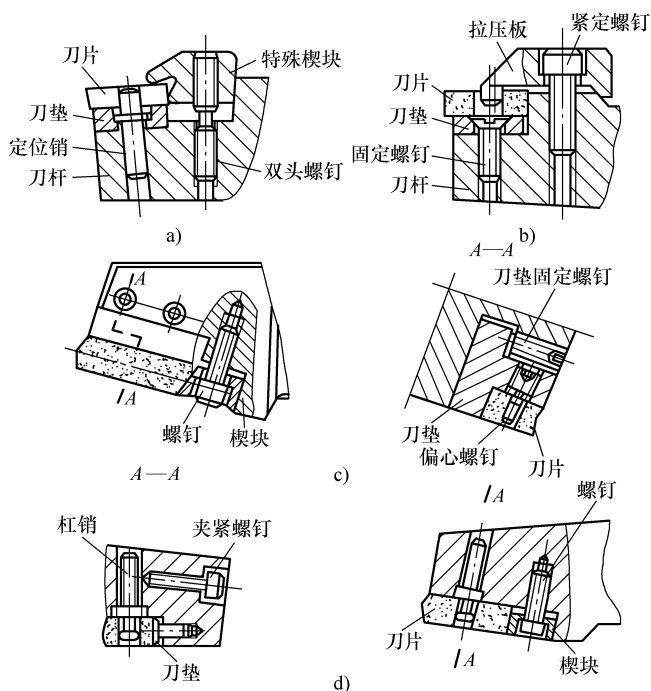


图 1-8 复合式夹紧机构

是通过化学气相沉积和真空溅射等方法，在硬质合金刀片表面喷涂一层厚度为 $5 \sim 12 \mu\text{m}$ 的 TiC 、 TiN 或 Al_2O_3 等化合物材料。根据涂层方法不同，涂层刀具可分为化学气相沉积（CVD）涂层刀具和物理气相沉积（PVD）涂层刀具。在硬质合金刀具基体上，涂层一般采用化学气相沉积法，沉积温度为 1000°C 左右，在高速钢刀具基体上涂层一般采用物理气相沉积法，沉积温度为 500°C 左右。

涂层刀具具有较高的抗氧化性能和抗粘接性能，既保持了基体良好的韧性和较高的强度，又具有涂层的高硬度、高耐磨性和低摩擦因数，降低了切削力和切削温度。在硬质合金刀具基体上涂上 $5 \sim 6 \mu\text{m}$ 厚的 TiC 涂层后，其表面硬度可高达 $2500 \sim 4200\text{HV}$ 。

涂层方式有单涂层、多涂层、梯度涂层、软硬复合涂层、纳米涂层、超硬薄膜涂层等，如图 1-9 所示。

常用的涂层材料是 TiN 、 TiC 和 Al_2O_3 ，涂层材料已由最初的 TiN 和 TiC 涂层发展到复合多涂层，如 $\text{TiC}-\text{TiN}$ 、 $\text{TiC}-\text{Al}_2\text{O}_3$ 等。它们的共同特点就是硬度高，化学稳定性好，抗扩散磨损，摩擦因数小，因而切削加工时切削力较小，切削温度低，刀具的切削性能得到显著提高。

目前，国外涂层硬质合金可转位刀片的涂层比例在 75% 左右，广泛应用于各种普通钢、铸铁和不锈钢、高温合金钢的加工。

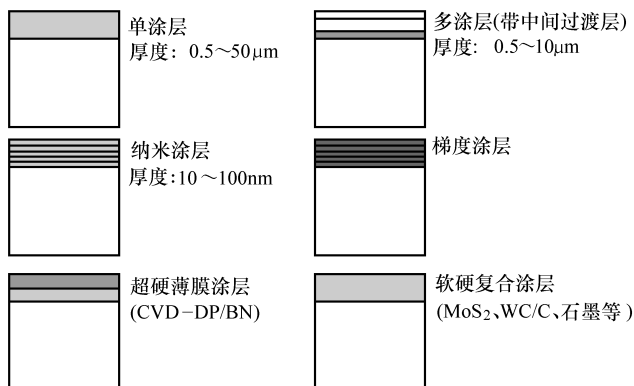


图 1-9 刀具涂层结构

1.1.3 陶瓷刀具

陶瓷刀具是以人造化合物为原料，在高压下成形、在高温下烧结而成的。它具有很高的硬度和耐磨性，耐热性高达 1200°C 以上，化学稳定性好，不易与金属产生粘接。现在，由于制造方法的改进，组织的微粒化、高密度化以及在其成分中加入碳化物、氮化物、硼化物、氧化物和其他金属（如 Ni、Mo）等，使得陶瓷刀具的抗弯强度、断裂韧度和抗冲击性能都显著提高。陶瓷刀具广泛应用于高速切削、干切削、硬切削以及难加工材料的切削加工。

1. 陶瓷刀具材料性能

(1) 具有很高的硬度和耐磨性 陶瓷刀具材料的高温硬度达 $91 \sim 95\text{HRA}$ ，而硬质合金的硬度在 $89 \sim 94\text{HRA}$ 之间。陶瓷刀具材料的切削速度比硬质合金快 $5 \sim 10$ 倍，耐磨性是一般硬质合金的 4 倍以上，因而具有很高的刀具寿命。其在加工高硬度、高耐磨性的难加工材料方面具有明显的优势。

(2) 高温性能好 陶瓷刀具材料在 760°C 的高温下切削时，硬度为 87HRA ，在 1200°C 的高温下硬度为 80HRA ，此时仍能进行切削。陶瓷刀具具有很好的高温力学性能，在高温下的抗弯强度变化不大，在高温下的抗压强度也很好，即在高温下不易变形失效。陶瓷刀具良好的高温性能为加工高硬度、高耐磨性的难加工材料奠定了坚实基础。

(3) 化学稳定性好以及与金属的亲合力小 在高温下，陶瓷材料有很高的化学稳定性，与钢不发生任何化学作用和粘结，也不易高温氧化，适于加工高硬度、高耐磨性的难加工材料，并可提高切削速度。

(4) 摩擦因数小 陶瓷材料在切削加工时的摩擦因数小于硬质合金材料，可降低切削力和切削温度，对保持其高硬度和抗弯强度等很有利，且切削不易粘结，不易产生积屑瘤，故加工表面质量好。

陶瓷材料刀具的缺点是抗弯强度和冲击韧度低，脆性大，热导率低，承受冲击载荷



的能力低。在冲击力和高温急变时，陶瓷材料刀具易产生裂纹甚至碎裂。

2. 陶瓷刀具的种类

(1) 氧化铝基陶瓷刀具 最早出现的是纯氧化铝陶瓷，其主要成分为氧化铝及微量用于细化晶粒的氧化镁，经冷压烧结而成，硬度为 92 ~ 94HRA，抗弯强度和韧性较低，使用范围较小。随后，在此基础上研制出复合氧化铝陶瓷，即在 Al_2O_3 基体中添加诸如 TiC、Ni 和 Mo 等合金元素，经热压成形，硬度达到 93 ~ 94HRA，其强度、硬度和韧性均有较大幅度的提高，切削速度及进给量都有明显的增加，使用范围迅速扩大。由于研发技术的不断成熟，出现了在 Al_2O_3 中添加 TiB_2 、TiC、SiC 等的陶瓷刀具，其各项性能进一步提高，广泛应用于碳钢、合金钢和铸铁的精加工或半精加工。表 1-5 列出了国内典型氧化铝基陶瓷刀具材料的性能。

表 1-5 国内典型氧化铝基陶瓷刀具材料的性能

牌号	主要成分	密度/(g/cm^3)	硬度/HRA	抗弯强度/MPa	断裂韧度/MPa
LT-55	Al_2O_3 、TiC	4.96	93.7 ~ 94.8	900	5.04
SG-4	Al_2O_3 、WC、TiC	6.65	94.7 ~ 95.3	850	4.94
JX-1	Al_2O_3 、SiCw	3.63	94 ~ 95	700 ~ 800	8.5
LP-1	Al_2O_3 、 TiB_2	4.08	94 ~ 95	800 ~ 900	5.2
LP-2	Al_2O_3 、 TiB_2 、SiCw	3.94	94 ~ 95	700 ~ 800	7.8

(2) 氮化硅基陶瓷刀具 最早出现的是 Si_3N_4 陶瓷刀具，此种刀具热膨胀系数低，化学稳定性好，抗热冲击性能好。其热稳定性和抗热裂性高于 Al_2O_3 刀具，适用于高速加工铸铁及铸铁合金、冷硬铸铁等高硬度材料。随后研制出 $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{TiC}$ 陶瓷刀具，这种刀具具有优良的耐磨性、热硬性和抗热冲击性。在 Si_3N_4 基体中添加 TiC，进一步提高了切削性能，刀具寿命是硬质合金刀具的十几倍。随着研发技术的不断成熟，国际上又出现了 Sialon 陶瓷刀具。Sialon 陶瓷刀具是用氮化铝、氧化铝和氮化硅的混合物在高温下进行热压烧结而得到的材料。在组织里添加了 Y_2O_3 ，使组织致密化。Sialon 陶瓷刀具具有良好的综合性能，具有很高的强度和韧度，主要用于加工铸铁、镍基合金等难加工材料。

(3) 新型陶瓷刀具材料 目前已开发出许多新型陶瓷刀具材料，如纳米复合陶瓷刀具、晶须增韧陶瓷刀具、梯度功能陶瓷刀具、粉末涂层陶瓷刀具和自润滑陶瓷刀具等。

3. 陶瓷刀具几何角度的选择

常用陶瓷刀具前角、后角、主偏角和刃倾角，可根据工件材料、工艺系统情况等因素进行选择。

(1) 前角 陶瓷刀具一般采用负前角进行切削，通常随工件材料硬度的不同，宜选用前角的大小为 $-10^\circ \sim -5^\circ$ 。

(2) 后角 陶瓷刀具的推荐后角大小一般为 $5^\circ \sim 12^\circ$ 。车削高硬度铸铁和淬硬钢时，一般选择较大的后角，其范围为 $8^\circ \sim 10^\circ$ 。

(3) 主偏角 主偏角的大小主要是根据工艺系统的刚度来选择，一般取 $30^\circ \sim 75^\circ$ 。车削细长工件时，为了减小背向力和变形，应选择较大的主偏角，一般取 $45^\circ \sim 75^\circ$ 。加