

中华人民共和国机械工业部统编

机械工人技术培训教材

镗工工艺学

(中级本)

科学普及出版社

本书是机械工业部统编的机械工人技术培训教材,是根据原一机部《工人技术等级标准》和教学大纲编写的。

本书对镗削原理及镗削加工作了全面的叙述,对镗工的量具、技术检测、工艺规程,镗床的夹具以及镗床的传动等方面知识作了比较系统的介绍。对镗床的调整、维护和保养方面也作了必要的介绍。为了便于教学和复习,在各章后皆附有复习思考题。

本书主要作为4~6级镗工技术培训教材,也可供有关工人和技术人员学习参考。

本书由周昌锐、王澄溪、张宏洲等同志编写,张龙祥、吴元吉等同志审稿。

中华人民共和国机械工业部统编
机械工人技术培训教材

镗 工 工 艺 学

(中 级 本)

责任编辑:张成全

*

科学普及出版社出版(北京海淀区白石桥路32号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

河北省新城县印刷厂印刷

*

开本:787×1092毫米 1/16 印张:18¹/₂。插页:2 字数:430千字

1985年9月第1版 1985年9月第1次印刷

印数:1—39,200册 定价:2.60元

统一书号:15051·1140 本社书号:0719

对广大工人进行比较系统的技术培训教育，是智力开发方面的一件大事，是一项战略性的任务。有计划地展开这项工作，教材是关键。有了教材才能统一培训目标，统一教学内容，才能逐步建立起比较正规的工人技术教育制度。

教材既是关键，编写教材就是一件功德无量的事。在教材行将出版之际，谨向为编写这套教材付出辛勤劳动的同志们致以敬意！

机械工业部第一副部长 **杨 铨**

一九八二年五月

前 言

为了更好地落实中共中央、国务院《关于加强职工教育工作的决定》，对工人特别是青壮年工人进行系统的技术理论培训，以适应四化建设的需要，现确定按初级、中级、高级三个培训阶段，逐步地建立工人培训体系，使工人培训走向制度化、正规化的轨道，以期进一步改善和提高机械工人队伍的素质。我们组织了四川省、江苏省、上海市机械厅（局）和第一汽车厂、太原重型机器厂、沈阳鼓风机厂、湘潭电机厂，编写了三十个通用工种的初级、中级的工人技术培训教学计划、教学大纲及其教材，作为这些工种工人技术理论培训的统一教学内容。

编写教学计划、教学大纲及其教材的依据，是原一机部颁发的《工人技术等级标准》和当前机械工人队伍的构成、文化状况及培训的重点。初级技术理论以二、三级工“应知”部分为依据，是建立在初中文化基础上的。它的任务是为在职的初级工人提供必备的基础技术知识，指导他们正确地使用设备、工夹具、量具，按图纸和工艺要求进行正常生产。中级以四、五、六级工“应知”部分为依据，并开设相应的高中文化课，在学完了初级技术理论并具有一定实践经验的工人中进行。它的任务是加强基础理论教学，使学员在设备、工夹具、量具、结构原理、工艺理论、解决实际问题 and 从事技术革新的能力上有所提高（高级以七、八级工“应知”部分为依据，这次未编）。编写的教材计有：车工、铣工、刨工、磨工、齿轮工、镗工、钳工、工具钳工、修理钳工、造型工、化铁工、热处理工、锻工、模锻工、木模工、内外线电工、维修电工、电机修理工、电焊工、气焊工、起重工、煤气工、工业化学分析工、热工仪表工、锅炉工、电镀工、油漆工、冲压工、天车工、铆工等工艺学教材和热加工的六门基础理论教材：数学、化学、金属材料及其加工工艺、机械制图、机械基础、电工基础。

在编写过程中，注意了工人培训的特点，坚持了“少而精”的原则。既要理论联系生产实际，学以致用，又要有理论的高度和深度；既要少而精，又要注意知识的科学性、系统性、完整性；既要短期速成，又要循序渐进。在教学计划中对每个工种的培养目标，各门课程的授课目的，都提出了明确的要求，贯彻了以技术培训为主的原则。文化课和技术基础课的安排从专业需要出发，适当地考虑到今后发展和提高的要求，相近工种的基础课尽量统一。

这套教材的出版，得到了有关省、市机械厅（局）、企业、学校、研究单位和科学普及出版社的大力支持，在此特致以衷心的感谢。

编写在职工人培训的统一教材，是建国三十年来第一次。由于时间仓促，加上编写经验不足，教材中还难免存在不少缺点和错误，我们恳切地希望同志们在试行中提出批评和指正，以便进一步修改、完善。

机械工业部工人技术培训教材编审领导小组

一九八二年五月

目 录

绪论	1
第一章 镗削原理及刀具	2
第一节 镗削用量的基本概念	2
第二节 镗刀的材料和几何参数	9
第三节 切削力和切削功率	18
第四节 镗削加工中的振动	22
第五节 加工不锈钢的镗刀和切削参数的选择	27
第六节 提高镗削质量的途径和方法	32
第七节 先进镗刀介绍	36
复习思考题	41
第二章 镗工的量具和技术检测	43
第一节 量具	43
第二节 镗孔对刀工具	56
第三节 多孔位轴孔的坐标尺寸换算	59
第四节 镗削加工的技术检测	65
复习思考题	70
第三章 工艺规程的基本知识	71
第一节 生产过程和工艺过程	71
第二节 工艺规程的编制	72
第三节 基准的意义和选择原则	75
第四节 工艺路线的拟定及其对加工的作用和影响	80
第五节 工艺文件和典型零件的工艺分析	84
复习思考题	93
第四章 卧式镗床加工	94
第一节 卧式镗床加工概述	94
第二节 孔的加工方法	104
第三节 复杂箱体的加工	113
第四节 大型零件的镗削加工	132
第五节 利用镗床进行其它的加工	136
第六节 影响镗削加工质量的因素及解决措施	144
复习思考题	147
第五章 坐标镗床的加工	149
第一节 概述	149
第二节 坐标镗床的附件和刀具	153
第三节 坐标镗床的孔类加工	168
第四节 坐标镗床的铣削及其它	180
第五节 空间角度孔的加工	185
复习思考题	188

第六章 镗床夹具	189
第一节 夹具的基本概念	189
第二节 夹具的定位与定位误差	192
第三节 组合夹具	198
第四节 镗模	207
复习思考题	217
第七章 镗床的传动和结构	218
第一节 镗床的分类和型号编制	218
第二节 卧式镗床的结构、性能、传动系统分析与速比计算	223
第三节 落地镗铣床的结构、特性和传动系统分析及运动的计算	251
第四节 T4163 型单柱坐标镗床结构和传动系统	257
复习思考题	267
第八章 镗床的调整、维护与保养	268
第一节 镗床的精度检查和一般调整	268
第二节 镗床的常见故障分析和故障排除	275
第三节 镗床的润滑和维护、保养	279
复习思考题	283

绪 论

随着我国国民经济的发展,对机械工业提出了新的更高的要求,要求制造出更多的高精度、高效率的金属切削机床,以满足各工业系统的需要。在金属切削机床中,镗床是一种万能性强,精度高的工作母机,在精密镗削和多功能的加工中起着重要的作用。

自从十八世纪七十年代,英国研制了世界上第一台卧式镗床以来,卧式镗床在品种和规格上得到了很大的发展,到了十九世纪末出现了大型镗床。从一九〇五年起由于钟表、仪器制造业的迅速发展,迫切需要加工孔距精度高的精密机床,瑞士研制了世界上第一台筒式坐标镗床。一九五五年以后,由于电子仪表工业、空间技术和精密机械制造的进一步发展,促使坐标镗床沿着高精度、高自动化、大型化的方向发展。

近十年来,无论是卧式镗床,还是坐标镗床,发展极其迅速,并且广泛地应用了机械、电子、液压、光学等综合先进技术,把镗床的制造和加工水平推向到新的更高的阶段。

我国的镗床制造业在过去一无所有,自从新中国成立以后,镗床制造业才得到了重视和发展,在一九五四年造出了第一台卧式镗床,又在一九五八年研制成功了坐标镗床。近年来,我国镗床的新品种新系列不断地研制成功,镗削技术不断提高,使其用途更加广泛,生产效率更加提高。镗床在金属切削机床中已成为发展较快的一种。到目前为止,我国镗床的品种已经有几十种,生产厂家有几十家。不仅有高精度的坐标镗床,还有数控卧式镗床和加工中心。随着大、重型零件的加工需要,还研制出了新型的落地镗床和铣镗床等新的机种,为我国机械工业提供了精良的技术装备。

镗工工艺学是为了进一步适应我国镗床工业的发展,提高镗工的镗削加工水平,研究镗削机理和加工实践的一门应用学科。

镗工工艺学中级教材是学员经过初级技术学习后,在掌握镗工基础理论知识和加工实践的基础上,进一步提高镗工的加工技术水平和分析能力。通过学习,应达到如下要求。

1. 进一步了解镗削的作用原理、各类镗削先进刀具和使用特点。
2. 了解精密量具的构造、原理、正确的使用方法,维护和保养知识。
3. 能掌握复杂箱体类零件的加工,并能进行一定的工艺分析。
4. 能掌握镗床的扩大加工,以适应大、重型零件的加工。
5. 能掌握较复杂的坐标计算及有关空间的角度孔计算。
6. 了解熟悉各类镗床夹具,掌握复杂零件装夹原理。
7. 正确执行工艺规程,并能编制一般零件的工艺。
8. 能了解镗床精度的检查和分析一般故障。

镗工工艺学是一门密切结合生产实践的课程,通过理论研究和生产实践正在得到不断的发展。学习本课程时,必须联系实际,学用结合。在教学中可根据各单位的生产特点,总结、补充好的加工经验,还可结合生产实例进行教学,便于学员将感性知识变为理性知识,再用来指导生产实践,不断创造出新的镗削工艺和镗削刀具,使镗削工艺更加完善。

第一章 镗削原理及刀具

第一节 镗削用量的基本概念

一、镗 削 用 量

镗削用量包括镗床的主运动速度、走刀量和吃刀深度。它是镗削时重要的参数,称为镗削用量的三要素。主运动速度通常是指切削速度 v ;走刀量通常是指每转走刀量 s 或每分钟走刀量 $s_{分}$;吃刀深度是指镗削时的切削深度 t 。图1-1是坐标镗床的镗削加工工序中的镗削用量示意图。

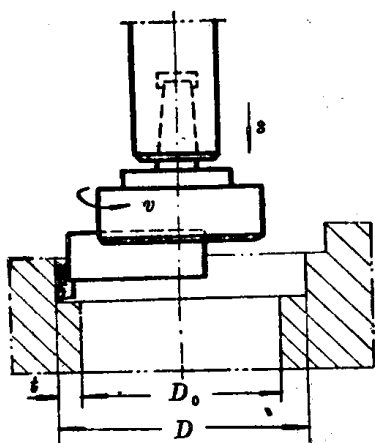


图 1-1 坐标镗床镗削工序中的切削用量

1. 切削速度 v 主运动的线速度,即刀具切削刃沿主运动方向相对工件的圆周速度(米/分)。

切削速度 v 由下式计算

$$v = \frac{\pi D n}{1000} \text{ 米/分}$$

式中 D ——刀具的回转直径,毫米;

n ——刀具每分钟的转速,转/分。

在实际生产中,往往先选择合适的切削速度,然后再确定相应的刀具旋转速度,此时上式可改写为

$$n = \frac{1000v}{\pi D} \text{ 转/分}$$

根据求得的主轴转速,再从机床转速铭牌中选取相近的实际转速。

2. 走刀量 切削时在进给方向上,刀具相对工件移动的距离。它表示走刀运动的快慢,有两种表示方法。

(1) 每转走刀量 s ,即刀具每旋转一周刀具相对工件在进给方向上移动的距离(毫米/转),又称转进给量。

(2) 每分钟走刀量 $s_{分}$,即每分钟刀具相对工件在进给方向上移动的距离(毫米/分)。

每转走刀量 s 和每分钟走刀量 $s_{分}$ 有以下关系:

$$s_{分} = s \times n$$

式中 n ——每分钟的刀具转速。

3. 吃刀深度(简称切深) t 它是工件上已加工表面和待加工表面之间的垂直距离(毫米)。

镗孔时:

$$t = \frac{D - D_0}{2} \text{毫米}$$

式中 D ——待加工表面直径, 毫米;

D_0 ——已加工表面直径, 毫米。

钻孔时:

$$t = \frac{D}{2} \text{毫米}$$

二、镗削用量选用的原则

镗削用量的选择主要依据刀具耐用度、加工精度和加工表面光洁度的要求。此外, 还应相应地考虑到机床的刚度、功率、消除振动等情况。

1. 吃刀深度的选择 粗加工时除留下精加工余量外, 尽可能以一次或较少的走刀次数将粗加工余量切除, 机床一刀具一工件系统刚性好的, 吃刀深度可选大一些; 不能一次切去时, 也应按先多后少的原则进行加工。镗削表层有硬皮的铸、锻件或镗削不锈钢等冷硬较严重的材料时, 应尽量使吃刀深度超过硬皮或冷硬层厚度。

精加工时往往采用逐渐减少吃刀深度的方法, 逐步提高工件的表面质量和加工精度。

2. 走刀量 s 的选择 精加工的走刀量 s 应按表面光洁度的要求选择。光洁度要求高, 应选较小的 s , 但也有一定的限度, s 选得过小时, 光洁度反而差。尤其是切削厚度过薄、与刀刃圆弧半径 r 相近时, 刀刃的实际切削厚度容易厚薄不均, 加剧刀具的磨损。

粗加工时, 走刀量的选择需考虑机床一刀具一工件系统的刚度, 如镗刀杆的刚度差, 镗削走刀量应比外圆车削时选得小。在刚度大的情况下、可根据断屑等其他因素适当加大走刀量。

3. 切削速度 v 的选择 切削速度主要根据工件材料和刀具材料选择, 以使在已选定的吃刀深度与走刀量的基础上达到规定的刀具耐用度。精加工时应尽量避开积屑瘤存在的切削速度区域。在断续镗削时, 为了减少冲击与热应力, 应适当降低切削速度。镗车端面的切削速度是随切削半径变化而变化的, 其最大值可比镗车外圆适当提高。选择切削速度时还应考虑机床的传动功率。如功率超过机床允许值, 则应首先降低切削速度。

三、推荐的镗削用量

普通镗床、组合镗床、金刚镗床和坐标镗床的切削用量, 分别见表1-1~表1-7。

普通镗床的切削速度和走刀量 (使用高速钢镗刀)

表 1-1

加工 工序	刀具类型	铸 铁		钢 (铸钢)		铜、铝及其合金	
		v (米/分)	s (毫米/转)	v (米/分)	s (毫米/转)	v (米/分)	s (毫米/转)
粗 镗	单刃镗刀	20~35	0.3~1.0	20~40	0.3~1.0	100~150	0.4~1.5
	双刃镗刀	25~40	0.3~0.8			120~150	0.4~1.5
半 精 镗	单刃镗刀	25~40	0.2~0.8	30~50	0.2~0.8	150~200	0.2~1.0
	双刃镗刀	30~40	0.2~0.6			150~200	0.2~1.0
	粗 铰 刀	15~25	2.0~5.0	10~20	0.5~3.0	30~50	2.0~5.0
精 镗	单刃镗刀	15~30	0.15~0.5	20~35	0.1~0.6	150~200	0.2~1.0
	双刃镗刀	8~15	1.0~4.0	6.0~12	1.0~4.0	20~30	1.0~4.0
	精 铰 刀	10~20	2.0~5.0	10~20	0.5~3.0	30~50	2.0~5.0

注: 1. 采用镗模镗削, v 宜取中值。

2. 采用悬伸镗削, v 宜取小值。

3. 摘自机械工程手册第46篇。

普通镗床的切削速度和走刀量

表 1-2

加工 工序	刀具类型	铸 铁		钢 (铸钢)		铜、铝及其合金	
		v (米/分)	s (毫米/转)	v (米/分)	s (毫米/转)	v (米/分)	s (毫米/转)
粗 镗	单刃镗刀	40~80	0.3~1.0	40~60	0.3~1.0	200~250	0.4~1.5
	双刃镗刀	35~60	0.3~0.8			200~250	0.4~1.0
半 精 镗	单刃镗刀	60~100	0.2~0.8	80~120	0.2~0.8	250~300	0.2~0.8
	刀 板	50~80	0.2~0.6			250~300	0.2~0.6
	双刃镗刀	30~50	3~5			80~120	3~5
精 镗	单刃镗刀	50~80	0.15~0.5	60~100	0.15~0.5	200~250	0.15~0.5
	双刃镗刀	20~40	1.0~4.0	8~20	1.0~4.0	30~50	1.0~4.0
	精 铰 刀	30~50	2.0~5.0			50~100	2.0~5.0

组合机床镗孔的切削用量

表 1-3

工 序	刀具材料	铸 铁		钢	
		v (米/分)	s (毫米/转)	v (米/分)	s (毫米/转)
粗 镗	高 速 钢	20~25	0.25~0.8	15~30	0.15~0.4
	硬 质 合 金	35~50	0.4~1.5	50~70	0.35~0.7
半 精 镗	高 速 钢	20~35	0.1~0.3	15~50	0.1~0.3
	硬 质 合 金	50~70	0.15~0.45	95~135	0.15~0.45
精 镗	硬 质 合 金	70~90	D ₁ 级 ≤ 0.08 D级0.12~0.15	100~150	0.12~1.15

金刚镗床镗削铸铁的镗削用量

表 1-4

铸铁牌号和组织	刀具材料	切 削 用 量			刀具几何参数 $\varphi_1 = 45^\circ \sim 60^\circ; \lambda = 0^\circ$						取决于加工光洁度的耐用度 (按切削路程计) (千米)	加工表面光洁度
		v (米/分)	s (毫米/转)	f (毫米)	φ_1 (度)	γ (度)	α (度)	α_1 (度)	r (毫米)	f (毫米)		
HT10-26	YG3X	80~160	0.04~0.08	0.1~0.3	15	-3	12	12	0.5		18	$\nabla 5 \sim \nabla 6$
HT15-33和 HT20-40	YG3X	100~160	0.04~0.08		10	-6	12	12	0.5		21	$\nabla 6$
HT20-40和 HT25-47	YG3X	120~160	0.04~0.08		10	-6	8	10	0.5		23	$\nabla 6 \sim \nabla 7$
KT30-6和 KT33-8	YG3X	80~140	0.03~0.06		15	0	12	15	0.5		19	$\nabla 5 \sim \nabla 6$
KTZ15-5和 KTZ30-3	YG3X	120~160	0.03~0.06		15	0	12	15	0.5		17	$\nabla 6$
孕育铸铁	YG3X	120~160	0.04~0.08		10	-6	12	12	0.5		18	$\nabla 6 \sim \nabla 7$
高强度铸铁	YG3X	120~160	0.04~0.08		10	-6	8	10	0.5		21	$\nabla 6 \sim \nabla 7$

注：摘自“金属切削理论与实践”第一分册。

金刚镗床镗削钢件的镗削用量

表 1-5

工件材料	刀具材料	切 削 用 量			刀具几何参数 $\varphi = 45^\circ \sim 60^\circ$						取决于加工光洁度的耐用度 (按切削路程) (千米)	加工表面光洁度
		v (米/分)	s (毫米/转)	f (毫米)	φ (度)	γ (度)	α (度)	α_1 (度)	λ (度)	r (毫米)		
优质碳素结构钢	YT30	100~180	0.04~0.08	0.1~0.3	10	-5	8	12	0	0.2	12.5	$\nabla 6 \sim \nabla 8$
合金结构钢	YT30	120~180	0.04~0.08	0.1~0.3	20	-5	8	12	0	0.3	20.0	$\nabla 7 \sim \nabla 8$
不锈钢、耐热合金	YT30	80~120	0.02~0.04	0.1~0.2	20	-5	12	15	5	0.1	11.0	$\nabla 7 \sim \nabla 8$
铸 钢	YT30	100~160	0.02~0.06	0.1~0.3	20	-10	12	15	10	0.2	7.0	$\nabla 6 \sim \nabla 7$
调质结构钢 HRC26~30	YT30	120~180	0.04~0.08	0.1~0.3	10	-5	8	12	0	0.2	8.0	$\nabla 6 \sim \nabla 8$
淬火结构钢 HRC40~45	YT30	70~150	0.02~0.05	0.1~0.2	20	-5	8	12	0	0.1	7.0	$\nabla 7$

注：摘自“金属切削理论与实践”第一分册。

坐标镗床的吃刀深度

表 1-6

工 序 名 称	半 精 镗	精 镗	精 钻、精 铰	扩 孔
切削深度(直径上)(毫米)	0.1~0.8	0.05~0.2	0.05~0.1	2~5

坐标镗床的切削速度和走刀量

表 1-7

工序名称	刀具材料	每转走刀量 s (毫米/转)	切削速度 v (米/分)				
			软 钢	中硬钢	铸 铁	铝镁合金	铜合金
半 精 镗	高 速 钢	0.01~0.3	18~25	15~18	18~22	50~75	30~60
	硬 质 合 金	0.08~0.25	50~70	40~50	50~70	150~200	150~200
精 镗	高 速 钢	0.02~0.08	25~28	18~20	22~25	50~75	30~60
	硬 质 合 金	0.02~0.06	70~80	60~65	70~80	150~200	150~200
钻 孔	高 速 钢	0.03~0.15	20~25	12~18	14~20	30~40	60~80
扩 孔	高 速 钢	0.1~0.2	22~28	15~18	20~24	30~50	60~90
精钻、精铰	高 速 钢	0.08~0.2	6~8	5~7	6~8	8~10	8~10

注：1.加工精度高、工件材料硬度高时，切削用量选低值。

2.刀架不平衡或切屑飞溅大时，切削速度选低值。

3.摘自机械工程手册第46篇。

四、镗床钻、扩、铰等工序推荐的切削用量

镗床在钻、扩、铰等工序中的切削用量，分别见表1-8~1-15。

采用高速钢刀具钻削的 v 及 s

表 1-8

加工直径 (毫米)	铸 铁		钢 (铸钢)		铜、铝及其合金	
	v (米/分)	s (毫米/转)	v (米/分)	s (毫米/转)	v (米/分)	s (毫米/转)
3~6	26~38	0.1~0.2	28~40	0.06~0.1	30~50	0.1~0.2
6~10	24~36	0.15~0.3	26~38	0.1~0.3	28~45	0.15~0.3
10~20	22~34	0.2~0.4	24~36	0.12~0.4	26~42	0.2~0.4
20~30	20~32	0.25~0.6	22~34	0.15~0.6	24~40	0.25~0.6
30~40	18~30	0.3~0.8	20~32	0.2~0.8	22~38	0.3~0.8
40~50	16~28	0.4~1.0	18~30	0.25~1.0	20~36	0.4~1.0
50~60	14~26	0.5~1.2	16~28	0.3~1.0	18~34	0.5~1.2
>60	12~24	0.6~1.5	14~26	0.3~1.0	16~32	0.6~1.5

采用硬质合金刀具钻削的 v 及 s

表 1-9

加工直径 (毫米)	铸 铁		铜、铝及其合金	
	v (米/分)	s (毫米/转)	v (米/分)	s (毫米/转)
10~20	50~80	0.2~0.4	60~90	0.2~0.5
20~30	45~75	0.3~0.6	55~85	0.3~0.8
30~40	40~70	0.4~0.8	50~80	0.4~1.0
40~50	35~65	0.5~1.0	45~75	0.5~1.2
>50	30~60	0.6~1.2	40~70	0.6~1.5

采用硬质合金刀具扩孔的 v 及 s

表 1-10

加工直径 (毫米)	铸 铁		钢 (铸钢)		铜、铝及其合金	
	v (米/分)	s (毫米/转)	v (米/分)	s (毫米/转)	v (米/分)	s (毫米/转)
20~30	60~85	0.3~0.8	50~70	0.2~0.7	70~90	0.5~0.8
30~40	58~82	0.35~1.0	48~68	0.25~0.8	65~85	0.4~1.0
40~50	55~80	0.4~1.2	46~65	0.3~0.9	60~80	0.4~1.2
50~60	53~78	0.5~1.4	43~62	0.35~1.0	55~78	0.5~1.5
60~70	50~75	0.6~1.6	40~60	0.4~1.2	50~75	0.6~1.8
>70	45~70	0.6~2.0	35~50	0.5~1.5	45~70	0.7~2.0

采用硬质合金刀具铰孔的 v 及 s

表 1-11

加工直径 (毫米)	铸 铁		钢 (铸钢)		铜、铝及其合金	
	v (米/分)	s (毫米/转)	v (米/分)	s (毫米/转)	v (米/分)	s (毫米/转)
6~10	50~80	0.5~1.5	60~90	0.5~1.0	70~90	0.8~1.5
10~20	50~75	0.8~2.0	65~85	0.8~1.5	65~85	1.0~2.0
20~40	45~70	1.0~3.0	60~80	1.0~2.0	60~80	1.5~3.0
40~60	40~65	1.5~4.0	55~75	1.5~3.0	55~75	2.0~4.0
>60	40~60	2.0~5.0	50~70	2.0~4.0	50~70	2.0~5.0

扩、铰孔的吃刀深度

表 1-12

工 序 名 称	扩 孔		铰 孔	
	粗	精	粗	精
吃刀深度 (直径上) 毫米	3~8	1~3	0.3~0.5	0.1~0.3

铣削时的每齿走刀量 (毫米/齿)

表 1-13

工 件 材 料	工 件 硬 度 HB	硬 质	合 金	高 速 钢			
		端 铣 刀	三面刃铣刀	圆柱铣刀	立 铣 刀	端 铣 刀	三面刃铣刀
低 碳 钢	≈150	0.2~0.4	0.15~0.30	0.12~0.20	0.04~0.2	0.15~0.30	0.12~0.20
	150~200	0.2~0.35	0.12~0.25	0.12~0.20	0.03~0.18	0.15~0.30	0.10~0.15
中 高 碳 钢	120~180	0.15~0.5	0.15~0.3	0.12~0.20	0.05~0.20	0.15~0.30	0.12~0.20
	180~220	0.15~0.4	0.12~0.25	0.12~0.20	0.04~0.20	0.15~0.25	0.07~0.15
	220~300	0.12~0.25	0.07~0.20	0.07~0.15	0.03~0.15	0.10~0.20	0.05~0.12
灰 铸 铁	150~180	0.2~0.5	0.12~0.3	0.20~0.30	0.07~0.18	0.20~0.35	0.15~0.25
	180~220	0.2~0.4	0.12~0.25	0.15~0.25	0.05~0.15	0.15~0.30	0.12~0.20
	220~300	0.15~0.3	0.10~0.20	0.10~0.2	0.03~0.10	0.10~0.15	0.07~0.12
可 锻 铸 铁	110~160	0.2~0.5	0.10~0.30	0.20~0.35	0.08~0.20	0.02~0.40	0.15~0.25
	160~200	0.2~0.4	0.10~0.25	0.20~0.30	0.07~0.20	0.20~0.35	0.15~0.20
	200~240	0.15~0.3	0.10~0.20	0.12~0.25	0.05~0.15	0.15~0.30	0.10~0.20
	240~280	0.1~0.3	0.10~0.15	0.10~0.20	0.02~0.08	0.10~0.20	0.07~0.12

续表

工件材料	工件硬度 HB	硬质	合金	高 速 钢			
		端铣刀	三面刃铣刀	圆柱铣刀	立铣刀	端铣刀	三面刃铣刀
含碳量<0.3%的 合金钢	125~170	0.15~0.5	0.12~0.30	0.12~0.20	0.05~0.20	0.15~0.30	0.12~0.20
	170~220	0.15~0.4	0.12~0.25	0.10~0.20	0.05~0.10	0.15~0.25	0.07~0.15
	220~280	0.10~0.3	0.08~0.20	0.07~0.12	0.03~0.08	0.12~0.20	0.07~0.12
	280~300	0.08~0.2	0.05~0.15	0.05~0.10	0.025~0.05	0.07~0.12	0.05~0.10
含碳量>0.3%的 合金钢	170~220	0.125~0.4	0.12~0.30	0.12~0.20	0.12~0.20	0.15~0.25	0.07~0.15
	220~280	0.10~0.3	0.08~0.20	0.07~0.15	0.07~0.15	0.12~0.20	0.07~0.20
	280~320	0.08~0.2	0.05~0.15	0.05~0.12	0.05~0.12	0.07~0.12	0.05~0.10
	320~380	0.06~0.15	0.05~0.10	0.05~0.10	0.05~0.10	0.05~0.10	0.05~0.10

注：每齿走刀量是铣刀每转过一齿时，刀具相对工件在走刀方向的相对位移，用 s 分表示。 v 分= $s \cdot n$ (毫米/分)。

切削速度值

表 1-14

工件材料	硬度 HB	切削速度 (米/分)	
		硬质合金铣刀	高速钢铣刀
低中碳钢	<220	60~150	20~40
	225~290	55~115	15~35
	300~425	35~75	10~15
高碳钢	<220	60~130	20~35
	225~325	50~105	15~25
	325~375	35~50	10~12
	375~425	35~45	5~10
合金钢	<220	55~120	15~35
	225~325	35~80	10~25
	325~425	30~60	5~10
工具钢	200~250	45~80	12~25
灰铸铁	100~140	110~115	25~35
	150~225	60~110	15~20
	230~290	45~90	10~18
	300~320	20~30	5~10
可锻铸铁	110~160	100~200	40~50
	160~200	80~120	25~35
	200~240	70~110	15~25
	240~280	46~60	10~20
铝镁合金	95~100	360~600	180~300
不锈钢		70~90	20~35
铸钢		45~75	15~25
黄铜		180~300	60~90
青铜		180~300	30~50

注：精加工的切削速度可比表值增加30%左右。

精 铣 铣 削 用 量

表 1-15

铣 刀	铣削用量 每分钟走刀量 v (毫米/分)	每齿进给量 s 齿 (毫米/齿)	切削深度 t < (毫米)	铣刀转速 n (转/分)	切削速度 v (米/分)
端 铣	240	0.12	0.5	125	98
滚 铣	150	0.08	0.5	160	60
反 端 铣	150	0.06	0.5	160	70

第二节 镗刀的材料和几何参数

一、镗刀的材料

1. 镗刀材料的基本要求 镗刀由切削部分和刀体两部分组成。镗削过程中, 直接完成切削工作的是镗刀的切削部分。镗刀切削性能的好坏, 首先决定于构成镗刀切削部分的材料。镗削加工的生产率和刀具耐用度的高低、加工精度和表面质量的优劣等等, 在很大程度上都取决于镗刀材料的选择是否合理。为了使镗刀能在不同的镗削条件下满足加工要求, 作为镗刀材料应具备以下的基本要求:

(1) 要有足够的硬度。硬度是镗刀材料应具备的基本特性。要从工件上切下切屑, 其硬度必须大于工件材料的硬度。一般应在HRC60以上。

(2) 要有足够的强度和韧性。在切削过程中, 镗刀切削部分受到很大的压力、冲击

各种镗刀材料的物理机械性能

表 1-16

材料	材 料 种 类					
性能	碳素工具钢	合金工具钢	高 速 钢	硬 质 合 金	陶 瓷	金 刚 石
比 重	7.6~7.8	7.7~7.9	8.0~8.8	8.0~15	3.6~4.7	3.47~3.56
硬 度	HRC60~65 (HRA81.2~ ~84)	HRC60~65 (HRA81.2 ~84)	HRC63~70 (HRA83~ 86.6)	HRA89~94	HRA91~95	HV10000
抗弯强度 (公斤力/毫米 ²)	220	240	200~450	75~260	45~70	21~49
抗压强度(公斤力/ 毫米 ²)	400	400	250~400	350~590	300~500	200
冲击韧性(公斤力 ·米/厘米 ²)	—	—	1—6	0.25~0.6	0.05~0.12	—
弹性模量 $\times 10^4$ (公 斤力/毫米 ²)	2.1	2.1	2~2.3	4~7	3.8~4.2	9
导热系数(卡/厘 米·秒·度)	~0.1	~0.1	0.04~0.06	0.04~0.21	0.01~0.05	0.35
热膨胀系数 $\times 10^{-6}$ (毫米/毫米·度)	11.72	—	9~12	5~7.5	6.3~9.0	0.9~1.18
耐热性(℃)	200~250	300~400	600~700	800~1000	1200	700~800

和振动，因此刀具材料必须具有足够的强度和韧性。

(3) 应有高的热硬性。镗刀切削部分是在高温下工作的，很容易磨损，因此，要求镗刀材料在高温下工作时硬度不下降，仍能保持良好的切削性能。

(4) 应有高的耐磨性。刀具材料抵抗磨损的能力越强，刀具的耐用度越高。

各类镗刀材料的性能差别很大，它们的适用范围也各有不同。因此，了解各种镗刀材料的基本性能及其适用范围，是合理选择镗刀材料的基础。

2. 镗刀材料的种类 常用的镗刀材料有金属和非金属两种。金属材料有碳素工具钢、合金工具钢、高速钢、硬质合金等。非金属刀具材料有金刚石、陶瓷、立方氮化硼等。

各种镗刀材料的物理机械性能，见表1-16。

各种镗刀材料热硬性的比较，见图1-2。

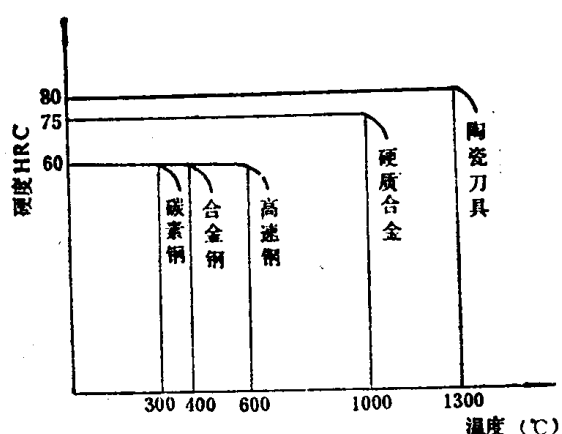


图 1-2 各种刀具材料热硬性的比较

由表1-16和图1-2可见，强度或韧性高的材料，其耐磨性或热硬性就比较高，而耐磨性或热硬性高的材料则强度或韧性较低。其中碳素工具钢和合金工具钢的热硬性最差，在切削时极易磨损，目前很少用作镗刀材料，只有在切削某些有色金属时才有应用，这里不予介绍。

(1) 高速钢。它是一种含较多的钨、钼、铬、钒等合金元素的高合金工具钢，其中含碳量在0.70~1.65%范围内，含钨约9~20%，铬3~5%，钒1~3%。常叫做“锋钢”、“风钢”或“白钢”。

高速钢具有高的热硬性，切削温度达600°C时尚能进行切削，较之碳素工具钢和合金工具钢，可以成倍地提高切削速度。切削速度可达30米/分。高速钢具有良好的淬透性，通常在空气中冷却就能获得高的硬度。它的强度较高，能承受较大的冲击力，在一些毛坯余量分布不均或冲击性较大的镗削加工中比较耐用，使用较为普遍。

按基本化学成分不同，高速钢可分为钨系（只含钨，不含钼）和钼系（同时含钨及钼）高速钢。按切削性能不同，高速又可分为普通和高性能高速钢。

1) 普通高速钢。它的工艺性好，切削性能满足加工一般常规工程材料的要求，常见有以下几种：

W18Cr4V。它含钨（W）18%、铬（Cr）4%、钒（V）1%，属钨系高速钢，热处理性能好，耐磨性也较高，热处理后的硬度为HRC63~66，抗弯强度约为320公斤/毫米²，比硬质合金能承受较大的冲击。600°C时硬度约为HRC48.5，易于刃磨，使用最为广泛。

W6Mo5Cr4V2。它属钼系高速钢，耐磨性和切削性能与钨系高速钢相近，但有高的热塑性和耐冲击性能，主要用于热轧刀具如麻花钻等。

W14Cr4VMnRe。它是一种新型的钨系高速钢，这种钢中加入锰（Mn）0.35~0.55%和铼（Re）0.07%，因而改善了钢的热塑性，这种钢的抗弯强度可达400公斤/毫米²，高于W18Cr4V，其它性能与上述两种高速钢相近。

2) 高性能高速钢。它是在普通高速钢中加入一些合金元素(最常加入的是钴和钒)后形成的新钢种。由于钢的耐磨性和热硬性高,适用于加工高强度合金钢、不锈钢、耐热钢和高温合金等难加工材料,它具有比普通高速钢更高的刀具耐用度。

W12Cr4V4Mo。其属高钒高速钢,含钒量在2.4%以上,与W18Cr4V相比,常温硬度和高温硬度都略有提高,耐磨性较好。但磨削性能较差。

95W18Cr4V。其属高碳高速钢,为高碳的W18Cr4V硬度达HRC67~68,600°C时耐磨性及耐热性都优于W18Cr4V。切削不锈钢等难加工材料时,可显著地提高刀具的耐用度和提高已加工表面的光洁度。

W10Mo4Cr4V3Al (5F6)。其属高硬度高性能高速钢。耐磨性高,经淬火、回火后硬度为HRC68~69,600°C时硬度仍能维持HRC54~56,它的耐用度是W18Cr4V的二倍,加工耐热钢,高钒合金和高强度钢时,耐用度与含钴高速钢相近。

W6Mo5Cr4SiNbAl (B201)。其属高硬度高性能高速钢,也适宜切削难加工材料。

(2) 硬质合金。它由难熔金属碳化物和金属粘结剂经粉末冶金方法制成的。通常使用的碳化物是碳化钨(WC)、碳化钛(TiC)、等。常用的粘结剂为钴(Co)。

由于硬质合金中的难熔金属碳化物都有熔点高、硬度高、热稳定性好等特点,因此其硬度、耐磨性、耐热性都高于高速钢。例如硬质合金的硬度可达HRA89~94;耐热温度可达800~1000°C以上,切削速度比高速钢可提高4~10倍,耐用度可提高几十倍。

但是硬质合金的韧性差,抗弯强度只有W18Cr4V高速钢的1/2~1/4,刀刃不易磨得象高速钢刀那样锐利。

常用的硬质合金可分为三个大类:

1) 钨钴类硬质合金。它由碳化钨、碳化钴组成。这类合金的代号是YG,一般以含钴量的多少来表示成分,如YG6表示含钴6%,其余是碳化钨。按不同的含钴量有YG3, YG6, YG8等。钨钴类硬质合金的韧性好,适用于加工铸铁、有色金属等脆性材料。通常YG8用于粗加工, YG6用于半精加工, YG3用于精加工。

2) 钨钴钛类硬质合金。它由钨、钴、钛元素的碳化物组成,代号为YT。按碳化钛含量不同分为YT5、YT15、YT30等多种牌号。代号后的数字表示碳化钛的百分数。

由于钛能提高硬质合金与钢的熔结温度,减少摩擦系数,因此耐磨性和硬度略有增加,热硬性较好。它的缺点是使硬质合金的抗弯强度和韧性下降,增加了脆性,切削时不宜加工脆性材料。含钛量越少,韧性越好,如YT5适用于粗加工;含钛量越多,韧性越差,如YT30适用于精加工。

3) 钨钛钽(铌)钴类硬质合金。这类硬质合金是在上述硬质合金成分中添加碳化钽、碳化铌而成的,其代号为YW。由于它既能加工钢、又能加工铸铁,故又称通用硬质合金。

YW类硬质合金的韧性比YT类合金好,并有较好的热硬性,除切削钢、铸铁有色金属外,还能用来切削高锰钢、高速钢、不锈钢等难加工材料。常见有YW1、YW2两种。YW1适用于高速切削, YW2的切削速度比YW1稍低一些。

各种牌号硬质合金的化学成分、物理性能、使用性能和用途分别见表1-17、表1-18。操作时可根据不同加工条件,从表1-19中选用不同牌号的硬质合金。