

机械工人技术问答丛书

金属切削加工 技术问答

JINSHU QIEXIAO JIAGONG
JISHU WENDA

郑文虎 编著

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



机械工人技术问答丛书

金属切削加工 技术问答

郑文虎 编著



机械工业出版社

本书以问答的形式,详细地介绍了金属切削加工中所涉及的基本知识、刀具材料、金属切削过程、切削力、切削热和切削温度、刀具磨损与刀具耐用度、工件材料的切削加工性、切削液、刀具几何参数的合理选择、切削用量的选择、已加工表面质量,以及磨削和难切削材料的加工。

本书既可供广大技术工人使用,还可供技工学校学生及相关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

金属切削加工技术问答/郑文虎编著. —北京:
机械工业出版社, 2013. 3
(机械工人技术问答丛书)
ISBN 978-7-111-41662-3

I. ①金… II. ①郑… III. ①金属切削-加工工艺-
问题解答 IV. ①TG506-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 037921 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: 胡艳萍

责任印制: 张楠

北京京丰印刷厂印刷

2013 年 4 月第 1 版·第 1 次印刷

130mm × 184mm · 10.875 印张 · 241 千字

0 001—4 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-41662-3

定价: 26.00 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

机工微博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着科学技术的快速发展，以计算机控制的各种数控机床广泛应用，改变了过去以手工操作为主的局面。但要使数控机床高效、优质和低成本地把工件加工出来，仍然需要以金属切削加工技术作为指导。数控机床只是用计算机控制代替工件在加工过程中的人工操作，但加工程序需要人工或自动编写。这些加工程序的合理与否。是由操作人员的技术理论水平和实践经验所决定的，也关系到如何发挥数控机床应有的性能和加工效率。这就要求技术工人和相关技术人员必须熟练掌握和运用金属切削加工技术。

本书以问答的形式介绍了金属切削加工中所涉及中的基本知识、刀具材料、金属切削过程、切削力、切削热和切削温度、刀具磨损与刀具耐用度、工件材料的切削加工性、切削液、刀具几何参数的合理选择、切削用量的选择、已加工表面质量，以及磨削和难切削材料的加工。

本书在编写的过程中，得到了中国北车集团北京南口轨道交通机械有限责任公司的大力支持，同时也参考了其他作者的相关资料和文献，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平所限，书中难免有不足和错误之处，恳请读者指正。

编 者

目 录

前言

一、基本知识	1
1. 什么是金属切削加工?	1
2. 切削运动时在工件上形成哪几个加工表面?	1
3. 什么是主运动和进给运动?	2
4. 什么是切削用量三要素?	2
5. 刀具切削部分有哪些构造要素?	4
6. 确定刀具几何角度有哪些参考基准平面?	5
7. 刀具有哪几个角度? 其定义是什么?	6
8. 什么是刀具的标注角度和工作角度?	8
9. 进给运动对刀具的工作角度有什么影响?	9
10. 刀尖(刃)安装高低对刀具工作角度有什么影响?	11
11. 刀杆中心线与进给方向不垂直(或不平行)对刀具 工作角度有什么影响?	12
12. 什么是切削层?	13
13. 什么是切削厚度、切削宽度和切削面积?	14
二、刀具材料	16
1. 刀具材料在切削加工中的作用是什么?	16
2. 刀具材料应具备哪些性能要求?	16
3. 刀具材料有哪几大类?	17
4. 普通高速钢有哪几种? 各有什么性能?	18
5. 高性能高速钢有哪几种? 各有什么性能和特点?	19
6. 粉末冶金高速钢有哪些性能特点?	22
7. 涂层高速钢刀具具有哪些性能特点?	23

8. 我国硬质合金分为哪几大类?	23
9. 硬质合金有哪些性能特点?	24
10. 国际标准化组织 (ISO) 怎样对硬质合金进行分类?	25
11. 钨钴 (WC + Co) 类硬质合金有哪些牌号、性能与用途?	25
12. 钨钛钴 (WC + TiC + Co) 类硬质合金有哪些牌号、性能与用途?	29
13. 通用 (YW) 类硬质合金有哪些牌号、性能与用途?	31
14. 碳化钛 (TiC) 基硬质合金有哪些牌号、性能与用途?	32
15. 超细晶粒硬质合金有哪些牌号、性能与用途?	33
16. 专用铣削用硬质合金有哪些牌号、性能与用途?	34
17. 还有哪些性能良好的硬质合金牌号?	36
18. 我国从国外引进的硬质合金有哪些牌号、性能与用途?	38
19. 硬质合金涂层的材料有哪些? 各有什么特点?	44
20. 涂层硬质合金有哪些牌号与用途?	48
21. 陶瓷刀具材料有哪几类? 各有哪些性能特点?	54
22. 陶瓷刀具材料有哪些牌号、性能与用途?	55
23. 金刚石刀具材料有哪几种?	61
24. 金刚石刀具具有哪些特点?	61
25. 金刚石刀具具有哪些用途?	62
26. 立方氮化硼刀具材料有哪些性能特点?	64
27. 立方氮化硼刀具适合于切削哪些工件材料?	65
三、金属切削过程	66
1. 对金属切削过程的研究有哪些意义?	66
2. 切削时怎样划分切削变形区?	66
3. 金属切削过程中有哪些变形?	67
4. 切屑有哪些类型?	69

5. 什么是切屑的变形系数?	70
6. 哪些因素对切屑变形有影响?	71
7. 国际标准化组织 (ISO) 将切屑分为哪几类?	72
8. 切屑形状对切削过程有什么影响?	73
9. 断屑的方法有哪几种? 各有什么特点?	74
10. 怎样选择可转位刀片的断屑槽型?	76
11. 什么是积屑瘤?	79
12. 积屑瘤的生长过程是怎样的?	81
13. 积屑瘤在切削过程中有什么影响?	82
14. 积屑瘤的成因是什么?	82
15. 影响积屑瘤产生的因素有哪些?	83
16. 怎样防止积屑瘤的产生?	84
17. 什么是切削加工硬化?	84
四、切削力	86
1. 什么是切削力?	86
2. 切削力的来源有哪些?	86
3. 什么是合力和分力?	87
4. 怎样对切削力进行分解?	88
5. 怎样计算切削力?	88
6. 什么是单位切削力?	89
7. 影响切削力的因素有哪些?	91
8. 什么是切削功率? 怎样计算?	92
五、切削热和切削温度	94
1. 切削热是怎样产生的?	94
2. 切削热是怎样传出的? 什么是切削温度?	94
3. 切削用量对切削温度有什么影响?	97
4. 刀具几何参数对切削温度有什么影响?	98
5. 刀具磨损对切削温度有什么影响?	99
6. 工件材料对切削温度有什么影响?	99

7. 切削温度对切削过程有什么影响?	101
8. 怎样限制和利用切削热?	102
六、刀具磨损与刀具耐用度	104
1. 刀具磨损的形态有哪几种?	104
2. 刀具磨损的原因有哪些?	105
3. 刀具磨损过程分为哪几个阶段?	107
4. 什么是刀具的磨钝标准?	108
5. 什么是刀具耐用度和刀具寿命?	109
6. 影响刀具耐用度的因素有哪些?	110
7. 怎样合理选择刀具耐用度?	111
8. 什么是刀具的破损? 其形式有哪些?	111
9. 怎样防止刀具破损?	112
七、工件材料的切削加工性	113
1. 什么是工件材料的切削加工性?	113
2. 什么是工件材料的相对切削加工性?	113
3. 怎样衡量材料的切削加工性?	113
4. 材料的物理性能对切削加工性有什么影响?	115
5. 材料的化学成分对切削加工性有什么影响?	116
6. 材料的力学性能对切削加工性有什么影响?	119
7. 材料的金相组织对切削加工性有什么影响?	120
8. 怎样确定材料切削加工性等级?	121
八、切削液	124
1. 切削液分哪几大类?	124
2. 切削液有哪些作用?	125
3. 切削液有哪些添加剂?	127
4. 怎样选用切削液?	132
5. 怎样使用切削液?	136
九、刀具几何参数的合理选择	138
1. 合理选择刀具几何参数有哪些意义?	138

2. 怎样改变刀具几何参数?	138
3. 前角有哪些作用? 其选择的原则是什么?	139
4. 怎样选择前刀面的形状?	140
5. 怎样选择硬质合金车刀的几何参数?	141
6. 负倒棱有哪些作用? 其选择原则是什么?	145
7. 后角有哪些作用? 其选择原则是什么?	146
8. 主偏角和副偏角有哪些作用? 其选择原则是什么?	146
9. 刃倾角有哪些作用? 其选择原则是什么?	147
10. 刀尖的作用有哪些? 其选择原则是什么?	149
十、切削用量的选择	150
1. 合理选择切削用量有哪些意义?	150
2. 选择切削用量时应考虑哪些因素?	150
3. 选择切削用量有哪些原则和步骤?	151
4. 怎样具体选择切削用量?	151
5. 提高切削用量的途径有哪些?	151
十一、已加工表面质量	156
1. 表面质量的含义是什么?	156
2. 表面质量对零件的使用性能有哪些影响?	156
3. 有哪些因素影响表面粗糙度?	157
4. 刀具几何形状与切削运动对残留面积高度有什么 影响?	157
5. 减小残留面积高度的措施有哪些?	158
6. 刀具刃磨质量对表面粗糙度有哪些影响?	159
7. 积屑瘤对表面粗糙度有哪些影响?	160
8. 鳞刺对表面粗糙度有哪些影响?	161
9. 切削过程中的振动对表面粗糙度有哪些影响?	163
10. 残余应力是怎样产生的?	164
11. 什么是加工硬化? 其成因有哪些?	166
12. 提高表面质量的途径有哪些?	167

十二、磨削	170
1. 磨削加工有哪些特点?	170
2. 磨削有哪些形式?	171
3. 磨具组成的三要素及其作用是什么?	174
4. 磨具有哪几类? 主要用途是什么?	175
5. 磨料有哪几类? 各有哪些性能、特性和适用范围?	180
6. 怎样选择砂轮磨料的粒度?	183
7. 怎样选择砂轮的硬度?	185
8. 怎样选择砂轮的结合剂?	186
9. 怎样选择砂轮的组织?	187
10. 怎样选择砂轮的尺寸和强度?	188
11. 怎样综合选用砂轮?	188
12. 怎样安全使用砂轮?	190
13. 怎样保管砂轮?	190
14. 怎样平衡砂轮?	191
15. 怎样修整砂轮?	193
16. 怎样选择磨削余量?	196
17. 合理选择磨削用量时应掌握哪些原则?	198
18. 怎样选择砂轮速度?	199
19. 怎样选择磨削时的工件速度?	199
20. 怎样选择轴向进给量?	200
21. 怎样选择磨削深度?	201
22. 怎样选择一般磨削的参数?	202
23. 怎样选择磨削液?	203
24. 磨削液过滤的方法有哪些?	204
25. 外圆磨削有哪几种方法? 各有什么特点?	204
26. 外圆磨削时应注意什么?	206
27. 外圆磨削时, 工件可能产生哪些缺陷及如何消除?	207
28. 内圆磨削有哪几种方法?	210

29. 内圆磨削时, 常见的缺陷及防止措施有哪些?	211
30. 平面磨削时应注意哪些问题?	213
31. 平面磨削薄片工件时, 应注意哪些问题?	213
32. 平面磨削工件时, 有哪些常见的缺陷和产生原因与 防止措施?	214
33. 无心外圆磨削时, 有哪些常见缺陷和防止措施?	215
34. 其他磨削中有哪些常见的缺陷和防止措施?	217
35. 金刚石磨料砂轮有哪些性能和磨削特点?	219
36. 立方氮化硼磨料的砂轮有哪些性能和磨削特点?	221
37. 金刚石和立方氮化硼砂轮各适用于磨削哪些材料?	222
38. 金刚石和立方氮化硼砂轮是怎样构造的? 有哪些形状 和适用范围?	223
39. 怎样选择金刚石和立方氮化硼砂轮的粒度?	226
40. 怎样选择金刚石和立方氮化硼砂轮的结合剂?	227
41. 怎样选择金刚石和立方氮化硼砂轮的浓度?	229
42. 怎样选择金刚石和立方氮化硼砂轮的硬度?	230
43. 怎样选择金刚石和立方氮化硼砂轮的磨削用量?	230
44. 怎样选择金刚石和立方氮化硼砂轮磨削时的磨削液?	233
45. 怎样对金刚石和立方氮化硼砂轮进行修整?	234
46. 使用金刚石和立方氮化硼砂轮应注意什么?	235
47. 提高磨削生产率的措施有哪些?	236
48. 在选择砂轮特性时, 采取哪些措施可以降低磨削表面 粗糙度值、防止烧伤和裂纹?	237
49. 什么是高速磨削? 它有哪些特点?	238
50. 高速磨削对机床有哪些要求?	239
51. 怎样选择高速磨削的砂轮?	241
52. 怎样选择高速磨削的工艺参数?	242
53. 深切缓进强力磨削有哪些特点?	243
54. 深切缓进强力磨削对机床有哪些要求?	245
55. 怎样选择深切缓进强力磨削的砂轮?	247

56. 怎样修整深切缓进强力磨削的砂轮?	248
57. 深切缓进给磨削对工艺有哪些要求?	249
58. 深切缓进强力磨削工件常见的有哪些缺陷与防止措施?	250
59. 恒压力磨削有哪些特点?	251
60. 恒压力磨削的原理是什么?	252
61. 恒压力磨削中应注意哪些问题?	256
62. 宽砂轮磨削有哪些特点?	257
63. 宽砂轮磨削对磨床有哪些要求?	258
64. 怎样选择宽砂轮磨削的砂轮?	259
65. 怎样选择宽砂轮磨削的工艺参数?	260
66. 多砂轮磨削有哪些特点?	262
67. 多砂轮磨削保证加工精度的措施有哪些?	264
68. 成形磨削有哪些特点?	264
69. 怎样修整成形磨削砂轮?	265
70. 采用成形砂轮磨削时, 应注意哪些?	268
71. 砂带磨削有哪些特点?	268
72. 怎样选择砂带的结构?	269
73. 怎样选择砂带磨削的接触轮?	271
74. 砂带磨削有哪些装置和设备?	271
75. 砂带磨削有哪些适用范围?	276
76. 怎样选择砂带磨削的工艺参数?	276
77. 砂带磨削有哪些优、缺点? 在使用时应注意什么?	277
78. 电解磨削的基本原理是什么?	277
79. 电解磨削砂轮的种类及特性有哪些?	278
80. 电解磨削对砂轮和机床有哪些要求?	279
81. 怎样选择和配制电解液?	280
82. 怎样选择电解磨削的工艺参数?	282
83. 电解磨削时应注意哪些问题?	283
84. 什么是镜面磨削?	284

85. 镜面磨削的原理是什么?	284
86. 镜面磨削有哪些特点?	285
87. 镜面磨削对磨床有哪些要求?	286
88. 镜面磨削时怎样选择砂轮?	287
89. 镜面磨削对砂轮平衡和修整有哪些要求?	287
90. 镜面磨削时怎样选择工艺参数?	288
91. 镜面磨削时应注意哪些问题?	289
92. 低粗糙度高精度的工件磨削时, 常见的有哪些缺陷和 防止措施?	289
93. 砂轮电解镜面磨削的原理是什么?	291
94. 影响砂轮电解镜面磨削的因素有哪些?	292
95. 砂轮电解镜面磨削适用于磨削哪些材料?	293
十三、难切削材料的加工	294
1. 什么是难切削材料? 其分类与特点是什么?	294
2. 难切削材料有哪些切削特点?	295
3. 改善难切削材料加工性的途径有哪些?	296
4. 怎样切削加工淬火钢?	297
5. 怎样切削加工不锈钢?	299
6. 怎样切削加工高强度和超高强度钢?	301
7. 怎样切削加工高锰钢?	303
8. 怎样切削加工钛合金?	305
9. 怎样切削加工高温合金?	309
10. 怎样切削加工冷硬铸铁和耐磨合金铸铁?	312
11. 什么是难熔金属? 其切削特点是什么?	314
12. 怎样切削加工钨及其合金?	315
13. 怎样切削加工钼及其合金?	316
14. 怎样切削加工铌?	317
15. 怎样切削加工钽?	318
16. 怎样切削加工锆?	318

17. 怎样切削加工纯镍?	319
18. 怎样切削加工喷涂(焊)材料?	320
19. 怎样切削加工软橡胶?	323
20. 怎样切削加工复合材料?	326
21. 怎样切削加工工程陶瓷?	329
22. 怎样切削加工硬质合金?	330
23. 怎样车削砂轮?	331
参考文献	333

一、基本知识

1. 什么是金属切削加工？

在金属切削机床上，用金属切削刀具切除工件上多余的金属，而使工件的形状、尺寸精度和表面质量都符合预定的要求，这种加工称为金属切削加工。

在切削加工过程中，刀具和工件之间有相对的切削运动，它是由金属切削机床来完成，使刀具切除多余的金属变为切屑而排离工件，完成工件的加工。机床、刀具和工件，构成了金属切削加工的工艺系统三要素。切削过程中的各种现象（切削变形和切屑、切屑瘤、切削热和切削温度、切削力、刀具磨损和刀具耐用度等）和规律，都要在这个工艺系统的运动状态中去研究。只有掌握切削加工过程中的这些现象和规律，才能充分发挥机床和刀具的效能，多快好省地把工件切削加工出来。

2. 切削运动时在工件上形成哪几个加工表面？

车削加工是一种典型而常见的切削加工方法。在车削加工中的切削运动，是由两个运动单元组合而成的，一是工件的回转运动，也即主运动，它是切除工件上多余金属以使工件形成新表面的基本运动；二是刀具纵向（或横向）的进给运动，它使切削加工连续进行。在这两个运动合成的切削运动作用下，工件上的一层金属被切下来而变为切屑，使工件上形成所需要的新表面。在新表面的形成过程中，工件上就有三个变化着的表面，如图 1-1 所示，它们是待加工表

面、加工表面（也称切削表面）和已加工表面。

(1) 待加工表面 加工时即将切除的工件表面。

(2) 加工表面 加工时由刀具切削刃在工件上正在形成的那部分表面。

(3) 已加工表面 已被切去多余金属，而形成符合要求的工件新表面。

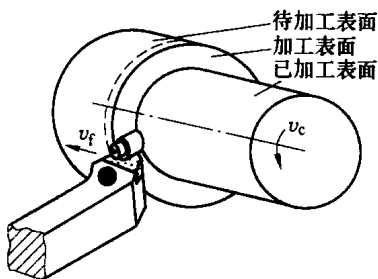


图 1-1 车削运动和加工表面

金属切削的方法很多，如车削、铣削、刨削、磨削、拉削、镗削等，一般都是以车削加工运动和加工表面的分析为基础来认识其他切削方法的。

3. 什么是主运动和进给运动？

各种切削加工中的运动，按照它们在切削过程中所起的作用，分为主运动和进给运动。

(1) 主运动 在切削运动中，速度最高、消耗功率最大的运动称为主运动。如车削时的工件旋转，铣、钻、镗、铰的刀具旋转，磨削时的砂轮旋转，刨和插的刀具往复运动，都为主运动。主运动在每种切削加工中只有一个。主运动用切削速度 v_c 表示。

(2) 进给运动 它是配合主运动使新的金属层连续或间断投入切削而获得所需工件形状和尺寸的运动。在切削加工过程中可以有一个或几个进给运动。进给运动可分为吃刀运动和走刀运动。吃刀运动用切削深度 a_p 表示；走刀运动用每转进给量 f 或进给速度 v_f 表示。

4. 什么是切削用量三要素？

在切削时，要根据工件材料的性能和刀具材料的性能及

工件表面的技术经济要求，来选定切削速度 v_c 、进给量 f 或进给速度 v_f 和切削深度 a_p 值。 v_c 、 f 、 a_p 总称为切削用量三要素，缺少任何一项，都不能从工件上切下切屑，也不能形成已加工表面。

(1) 切削速度 (v_c) 它是指切削刃上的选定点（习惯上采用切削刃工件部分切削速度最高的点）相对于工件主运动或刀具主运动的瞬时速度（或主运动的线速度），单位为 m/min 或 m/s 。

1) 车削、铣削、钻削、磨削、镗削、铰削等的计算：

$$v_c = \frac{\pi dn}{1000} \quad (\text{单位为 } m/min)$$

$$v_c = \frac{\pi dn}{1000 \times 60} \quad (\text{单位为 } m/s)$$

式中 n ——工件（刀具、砂轮）每分钟转速 (r/min)；

d ——工件（刀具、砂轮）直径 (mm)。

已知 v_c 和 d ，用下式求 n ：

$$n = \frac{v_c 1000}{\pi d} \approx \frac{v_c^3}{d} \times 100$$

2) 刨、插切削速度的计算：

$$v_c = \frac{nL(1+m)}{1000}$$

式中 n ——每分钟往复次数 ($次/min$)；

L ——行程长度 (mm)；

m ——一般为 0.7。

(2) 切削深度 (a_p) 它是工件上已加工表面和待加工表面间的垂直距离，单位为 mm 。

车外圆时：