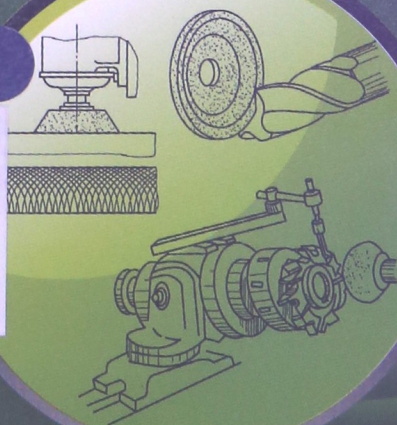


机械制造现场实用经验丛书

磨削技术经验

MOXIAO JISHU JINGYAN

郑文虎 编著



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

014044185

内容简介

TG58
30

机械制造现场实用经验丛书

磨削技术经验

郑文虎 编著



中国铁道出版社

2014年·北京



北航

C1732156

TG 58
30

内 容 简 介

本书以图文并茂的形式,较系统地介绍了磨削工艺、难磨材料的磨削、珩磨与研磨和先进的现代磨削共四章 201 条磨削技术经验,可供磨工师傅借鉴、参考和运用,也可供机械制造专业相关师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

磨削技术经验/郑文虎编著. —北京:中国铁道出版社,2014.4
(机械制造现场实用经验丛书)

ISBN 978-7-113-18116-1

I. ①磨… II. ①郑… III. ①磨削 IV. ①TG58

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 037638 号

书 名: 机械制造现场实用经验丛书
磨削技术经验
作 者: 郑文虎

责任编辑: 陈小刚 张卫晓 编辑部电话: 010-51873065
封面设计: 崔 欣
责任校对: 胡明锋
责任印制: 郭向伟

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址: <http://www.tdpress.com>

印 刷: 北京新魏印刷厂

版 次: 2014 年 4 月第 1 版 2014 年 4 月第 1 次印刷

开 本: 850 mm×1 168 mm 1/32 印张: 7.875 字数: 200 千

书 号: ISBN 978-7-113-18116-1

定 价: 26.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。

电话: (010) 51873174(发行部)

打击盗版举报电话: 市电 (010) 51873659, 路电 (021) 73659, 传真 (010) 63549480

前 言

磨削加工是现代机械加工的一个主要工艺技术工种,基本上绝大部分零件都要采用磨削,来达到高的加工精度和表面质量,以满足现代机械制造的技术要求和使用性能。

“经验是实践得来的知识或技能”。技术经验是巧妙运用基础技术理论的结晶,技术经验是长期实践后运用技术理论去进行总结的升华,技术经验是解决生产技术难题的有效捷径,技术经验也是一种社会财富。一个人要想为国家、社会和企业做出更大的贡献,实现人生最大的价值,除努力和创造性做好本职工作外,还必终生不断学习,总结和运用技术经验,学习、借鉴和运用他人的技术经验,提高自己在技术领域中的应变能力,促进生产技术进步和生产力发展,为实现中华复兴伟大的中国梦而尽自己的一份力量。

此书是总结我 50 多年的实践经验和收集社会上一些技术经验而成。其中包括各种磨削工艺、难磨材料的磨削、珩磨与研磨和先进的现代磨削,共 201 条。

在编写的过程中,得到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技术资料,在此一并表示衷心地感谢!由于编者水平所限,书中难免有错误之处,恳请读者指正。

编者

2013 年 12 月 15 日

目 录

第一章 磨削工艺	1
第一节 外圆磨削	1
1. 重视中心孔对轴类工件磨削的影响	1
2. 修研中心孔的方法	2
3. 用双顶尖装夹工件时应注意的问题	3
4. 用三爪或四爪卡盘装夹工件应注意的问题	3
5. 用卡盘和顶尖装夹工件注意的问题	5
6. 磨削时工件速度 v_w 的选择	5
7. 磨削深度的选择	6
8. 纵向进给量的选择	7
9. 台阶轴端面的磨削方法	7
10. 磨削轴类工件磨床的调整	9
11. 磨削外圆时防止烧伤的办法	10
12. 磨削外圆时螺旋纹的防止方法	11
13. 磨削外圆时防止椭圆的方法	11
14. 磨削外圆时防止直波纹的方法	11
15. 磨削轴时台阶端面问题的防止	12
16. 磨削台阶轴外圆防止同轴度误差大的方法	12
17. 磨削外圆时工件表面粗糙度值大的解决方法	13
18. 磨削细长轴时易产生的问题防止方法	13
19. 用 Z 形板拨动工件通磨轴外圆	14
20. 磨削轴类工件步骤的选择原则	14
第二节 内圆磨削	16
1. 砂轮直径的选择	16

2. 砂轮宽度的选择	17
3. 砂轮粒度和硬度的选择	17
4. 对砂轴接长轴的要求	18
5. 砂轮与接长轴的紧固方法	18
6. 用三爪自定心卡盘装夹和找正工件	20
7. 用四爪单动卡盘装夹和找正工件	22
8. 用卡盘和中心架装夹和找正工件	22
9. 用法兰盘和压板装夹工件磨内孔	23
10. 用花盘装夹工件	24
11. 内孔纵向磨削法	25
12. 内孔横向磨削法	28
13. 修整砂轮的方法	29
14. 内孔磨削用量的选择	30
15. 保证套类工件相互位置精度的方法	31
16. 防止工件变形的措施	32
17. 磨削内孔时工件表面产生直波纹的防止方法	33
18. 磨削内孔时工件表面出现螺旋纹的防止方法	33
19. 磨削内孔时工件表面产生划伤的防止方法	34
20. 磨削内孔时工件表面产生烧伤的防止方法	34
21. 磨削内孔时工件圆度超差的防止方法	34
22. 磨削内孔时工件产生喇叭形的防止方法	35
23. 磨削内孔时圆柱度达不到要求的防止方法	35
24. 采用法兰盘或花盘装夹磨内孔工件端面与孔不垂直的防止方法	36
25. 磨削小孔时的砂轮装夹方法	36
26. 小砂轮的夹紧方法	36
27. 干磨橡胶轴承内孔	37
28. 用电镀金刚石或立方氮化硼砂轮磨小孔	37
29. 提高内圆磨削效率的方法	37
第三节 圆锥工件的磨削	38

1. 磨削外圆锥面时工件的装夹方法	38
2. 磨削内圆锥面时工件的装夹方法	38
3. 外圆锥面的磨削方法	40
4. 内圆锥面的磨削方法	43
5. 锥度(或角度)的检验	44
6. 圆锥尺寸的检测	46
7. 圆锥尺寸的控制方法	49
8. 磨削圆锥面时锥度不准确的防止方法	52
9. 磨削圆锥面时母线不直的防止方法	52
10. 磨削圆锥内孔时圆度不好的防止方法	53
11. 修磨活顶尖 60° 锥面的方法	55
第四节 平面磨削	56
1. 平面的磨削方法	56
2. 平面磨削时砂轮的选择	58
3. 磨削平面时工件的装夹	59
4. 磨削平面时的方法	60
5. 磨削平面时磨削用量的选择	61
6. 小尺寸薄壁环形工件的磨削	62
7. 宽工件平面的磨削	63
8. 垂直平面的磨削	64
9. 磨削斜面的方法	67
10. 台阶平面的磨削	70
11. 磨削直角槽平面的方法	72
12. 磨削平面时工件表面产生波纹的防止方法	72
13. 磨削平面时出现划伤的防止方法	72
14. 磨削平面时工件表面出现直线痕迹的防止方法	73
15. 磨削平面时几何误差大的防止方法	73
16. 磨削平面时工件表面烧伤的防止方法	74
17. 平面磨削时应注意的问题	74
第五节 无心磨削	74

1. 无心外圆磨削的基本原理	74
2. 无心外圆磨削的方法	76
3. 无心外圆磨削磨床的调整	78
4. 在无心磨床上磨削圆柱销	84
5. 在无心磨床上磨削圆锥体	85
6. 在无心磨床上磨削细长轴	87
7. 无心磨削时工件产生不圆的防止方法	88
8. 无心磨削时工件产生多边形的防止方法	88
9. 无心磨削时工件表面振痕的防止方法	89
10. 无心磨削时工件圆柱度超差的防止方法	89
11. 无心磨削时工件中间大两端小的防止方法	90
12. 无心磨削时工件中间小两端大的防止方法	90
13. 无心磨削时工件产生螺旋线的防止方法	90
14. 无心磨削时工件前部多磨去一小块的防止方法	91
15. 无心磨削时直线度超差的防止方法	91
16. 无心磨削时工件表面产生烧伤的防止方法	91
17. 无心磨削时工件后部被切去一条的防止方法	92
18. 无心磨削时工件表面粗糙度值大的防止方法	92
19. 无心磨削时工件尺寸分散的防止方法	92
第六节 刀具的磨削	93
1. 直齿铰刀的磨削	93
2. 圆柱螺旋齿铣刀的磨削	96
3. 交错三面刃铣刀的磨削	99
4. 锥柄立铣刀的磨削	100
5. 盘形插齿刀前刀面的磨削	104
6. 锥度铰刀的磨削	106
7. 小模数齿轮滚刀的磨削	108
8. 拉刀前刀面的磨削	110
9. 刃磨刀具时砂轮的选择	112
10. 刃磨刀具的注意事项	115

第七节 典型工件的磨削	115
1. 细长轴的磨削	115
2. 空心细长轴的磨削	118
3. 薄片工件的磨削	119
4. 外球面的磨削	120
5. 内球面的磨削	121
6. 大直径球面副的磨削	121
7. 高精度大型辊面的磨削	124
8. 人造金刚石刀具的磨削	125
9. 球面轴承的磨削	126
10. $R2\ 000\ \text{mm}$ 内圆弧面的磨削	126
11. 梯形螺纹丝杠的磨削	128
12. 双头蜗杆的磨削	130
13. 圆弧板的磨削	133

第二章 难磨材料的磨削 135

第一节 基本概念 135

1. 难磨材料的划分	135
2. 难磨材料的磨削特点	136
3. 改善难磨材料的措施	137

第二节 难磨材料的磨削 140

1. 铜、铝合金的磨削	140
2. 不锈钢的磨削	141
3. 高温合金的磨削	142
4. 钛合金的磨削	145
5. 采用浸渗润滑剂的砂轮磨削钛合金	147
6. 软橡胶的磨削	148
7. 磁钢的磨削	149
8. 热喷涂(焊)材料的磨削	150
9. 工程陶瓷的磨削	151

10. 高强度钢和超高强度钢的磨削	153
11. 高钒高速钢的磨削	154
12. 硬质合金的磨削	155

第三章 珩磨与研磨

第一节 珩磨加工

1. 珩磨加工的特点	157
2. 珩磨加工的原理	158
3. 珩磨头的结构形式	158
4. 珩磨用油石宽度和数量的选择	160
5. 珩磨用油石长度的选择	161
6. 珩磨油石磨料的选择	161
7. 珩磨油石粒度的选择	163
8. 珩磨油石硬度的选择	163
9. 珩磨油石结合剂的选择	163
10. 珩磨油石组织和浓度的选择	164
11. 珩磨油石在油石座上的固定方法	164
12. 珩磨油石的修整方法	165
13. 珩磨液的选择	166
14. 珩磨速度和切削交叉角的选择	167
15. 珩磨油石工作压力的选择	168
16. 珩磨时定量进给速度的选择	169
17. 珩磨时工作行程的调整	170
18. 珩磨余量的选择	171
19. 珩磨前对工件的要求	171
20. 珩磨工件常出现的缺陷和消除措施	172
21. 轮式珩磨的原理和特点	173
22. 轮式珩磨头的结构形式	174
23. 珩磨轮尺寸的选择	176
24. 珩磨轮特性的选择	177

25. 珩磨轮的制造	177
26. 珩磨轮的修整	178
27. 轮式珩磨工艺参数的选择	178
28. 轮式珩磨的珩磨液	179
29. 消除轮式珩磨缺陷的方法	179
第二节 研磨加工	179
1. 研磨和研磨的特点	179
2. 研磨可加工的材料和形状	180
3. 研磨的方法划分	181
4. 研磨的原理	181
5. 研磨能达到的加工精度	183
6. 研磨剂的磨料选择	184
7. 研磨剂的磨料粒度选择	185
8. 研磨液的选择	185
9. 研磨用辅助填料的选择	186
10. 研磨剂的配制	187
11. 金刚石研磨膏及使用注意的问题	187
12. 研具的作用和要求	188
13. 研具材料及选用	189
14. 平面研具的设计	189
15. 圆柱面研具的设计	190
16. 研磨时工件保持架的设计	192
17. 确定研磨运动轨迹的原则	192
18. 平面研磨运动轨迹形式和特点	193
19. 研磨压力、速度和余量的选择	196
20. 平板研具的研平的方法	197
21. 研磨圆盘的校平方法	198
22. 研磨平板压砂的方法	199
23. 研磨中工件的换位	199
24. 双面研磨机研磨圆柱形工件的方法	199

25. 量块的研磨	201
26. 半球体的研磨	202
27. 整球体的研磨	202
28. 多齿分度盘的研磨	203

第四章 先进的现代磨削..... 205

1. 高速磨削	205
2. 深切缓进给强力磨削	206
3. 恒压力磨削	211
4. 宽砂轮磨削	212
5. 多砂轮磨削	215
6. 成形磨削	217
7. 砂带磨削	219
8. 电解磨削	225
9. 镜面磨削	231
10. 砂轮电解镜面磨削	236

参考文献..... 238

第一章 磨削工艺

第一节 外圆磨削

1. 重视中心孔对轴类工件磨削的影响

中心孔在外圆磨削中占有非常重要的地位,它的好坏将直接影响加工质量。因为工件以中心孔定位装夹在磨床前、后顶尖上磨削外圆时,中心孔是工件的定位基准。 60° 圆锥孔的几何形状误差,如椭圆、多角形和锥度不良等,都会全部反映到被磨外圆表面上去。为了保证外圆磨削质量,防止废品产生,中心孔应满足以下要求:

(1) 60° 圆锥孔的圆度较好。否则磨出的外圆表面会产生不圆等缺陷。

(2) 60° 圆锥孔的表面粗糙度值较小,更不得有毛刺、划伤、碰伤等缺陷。由于中心孔表面粗糙,磨削时摩擦大、生热多,容易造成中心孔和顶尖损伤,甚至产生工件报废。经过热处理的工件,它的中心孔必须经过研磨,不得留有盐类和氧化皮。

(3) 60° 圆锥孔的角度准确,两端的中心孔应在同一轴线上。否则会使中心孔与顶尖接触不良(图 1-1),容易使中心孔变形和加快磨损,从而磨削时工件会摇动,使磨出的外圆产生圆度误差以

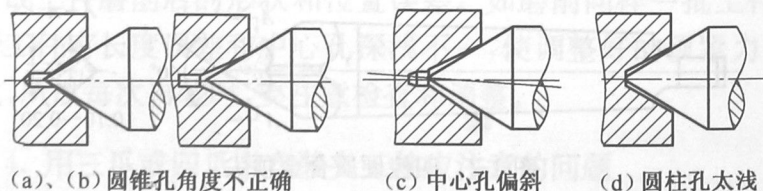


图 1-1 工件中心孔与顶尖接触不良

及各外圆同轴度误差。

(4)中心孔的尺寸应与工件大小相适应。大而重的工件,中心孔应较大;小型工件中心孔应相应小一些。如果中心孔尺寸太小,由于接触面积小,造成中心孔与顶尖容易磨损,装夹不牢固,甚至可能造成顶尖折断工件掉落或飞出事故。

(5)中心孔中小圆柱孔应足够深。如小圆柱孔太浅,会造成顶尖顶到孔底,60°圆锥面不能与顶尖锥面接触,使工件定位不可靠,影响磨削后工件质量。

2. 修研中心孔的方法

在磨削外圆或轴类工件时,工件上的中心孔的好坏,直接影响到工件磨后的加工精度和表面质量。因此在工件磨削前,要仔细对中心孔进行检查或研磨,使中心孔达到要求,修研的方法如下:

(1)用电镀金刚石或CBN顶尖研磨。它是在45钢顶尖60°圆锥头部电镀金刚石或CBN粉末,来研磨工件中心孔。在研磨时,在中心孔中加入润滑液和研磨膏,在300~500 r/min的速度下,就会很快地把中心孔研磨好,而且研具的寿命也高。

(2)用四棱(或三棱)硬质合金顶尖刮研。刮研用的硬质合金顶尖的60°圆锥修磨成角锥状,使圆锥面只留下四条(或三条)均匀分布的狭窄棱带(图1-2)。刮研时,可在专用的中心研磨机进行,也可在立钻和车床上进行。在刮研的过程中,在中心孔中涂上氧化铝研磨膏,手握工件以 $n=1\,200\sim 2\,000$ r/min的速度进行研磨。

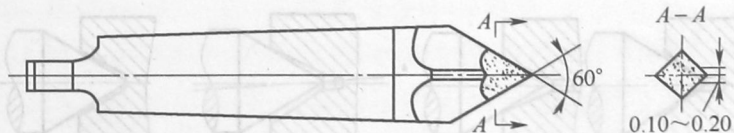


图 1-2 四棱硬质合金顶尖

(3)用油石研磨。把圆柱形油石装夹在车床三爪自定心卡盘

中,用人造聚晶金刚石复合片(PCD)刀具或金刚石笔,扳好小刀架把油石车成 60° 圆锥体(如同前顶尖),然后把工件顶在油石顶尖和后顶尖上,手握工件慢慢转动,并浇上切削液对工件进行研磨。研磨时,车床 $n=300\sim 500$ r/min 的转速。如油石尖磨损了,应及时修复。

(4)用铸铁顶尖研磨。这种研磨在车床或立钻上进行,研磨过程中需在中心孔和顶尖上涂氧化铝微粉研磨膏。

(5)在车床上用中心钻和车刀修整。对尺寸较大的工件采用这种方法修整。但修整后,应用硬质合金顶尖挤压一下,以提高中心孔表面的硬度和降低中心孔表面的粗糙度值。

3. 用双顶尖装夹工件时应注意的问题

(1)根据中心孔的尺寸选用合适的顶尖。当使用半圆顶尖时,必须注意顶尖上的削扁部分不得进入中心孔内,否则顶尖上的锐边会把中心孔 60° 锥面刮伤或使工件磨出椭圆。淬过火的工件,最好使用硬质合金顶尖,以减小顶尖的磨损,保证磨削过程中定位准确。

(2)保证中心孔和顶尖干净。在装夹工件前,应把中心孔和顶尖擦干净,不得有污物、磨屑和灰尘,并在中心孔内涂上润滑脂。

(3)顶尖对工件的顶紧力要适当。顶紧时不能太松或太紧。顶紧力太大,中心孔与顶尖之间接触面上的润滑剂被挤掉,形成干摩擦,中心孔和顶尖易磨损和拉伤。另外,工件顶得太紧和用力太大,会使一些刚度差的工件(如细长轴、曲轴等)产生严重变形,直接影响磨削后的加工精度。如顶紧力太小或工件在双顶尖松动,会造成工件磨削后的形状和位置误差。如磨削同样一批工件时,由于工件有长度误差和中心孔深浅不一,使调整好的顶紧力发生变化,所以每次再装时,要注意检查和调整。

4. 用三爪或四爪卡盘装夹工件时应注意的问题

端面上没有中心孔长度不太长的工件,可用三爪自定心卡盘

或四爪单动卡盘来装夹工件,装夹时用百分表来找正工件的位置。特别是用四爪单动卡盘装夹工件时,对操作者的技术水平要求熟练,否则装夹效率与工件定位质量较低。由于磨床头架的运动精度(径向跳动和轴向窜动)的影响,其加工精度不如双顶尖装夹工件高。因此,只能适用于单件生产。

在卡盘上装夹工件时,视工件尺寸和形状的大小,可分为正夹、反夹和撑夹三种,如图 1-3 所示。为了找正方便,找正时不应夹得太紧或过长,长度以小于 10 mm 为宜。三爪自定心卡盘,应事先检测是否和头架主轴同轴,不同轴需要调整。调整好后,装夹工件时只需找正右端外圆或端面即可。

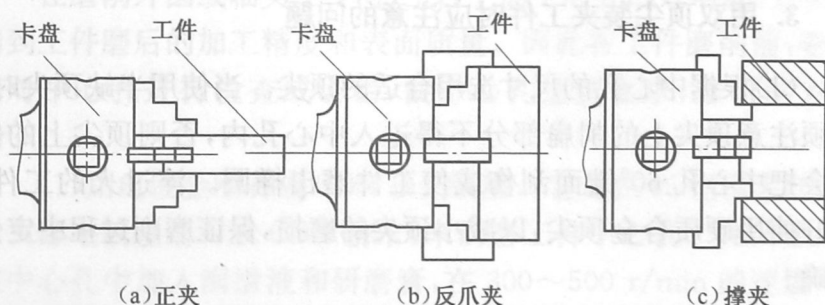


图 1-3 用四爪单动卡盘装夹工件

如果是用四爪单动卡盘装夹稍长的工件外圆时,必须用百分表找正工件左右两端外圆。找正工件左端时,采用松紧卡爪来完成。找正工件右端时,采用铜锤敲击工件来达到要求。这样反复几次,使两端外圆都达到要求,即完成了工件的定位与夹紧。

为了防止卡爪夹伤工件外表面,在用卡盘装夹工件时,还必须要在卡爪和工件之间垫一个铜垫片,要求所垫的铜垫片的厚度、大小和垫的位置一样,否则会使卡爪内的工件发生歪斜和不易找正,如图 1-4 所示。

有的工件要求磨的外圆与端面垂直,或磨的外圆与其他外圆同轴,就要反复找正两表面(图 1-5),以达到其要求。在夹紧时,力求各卡爪的夹紧力一致。

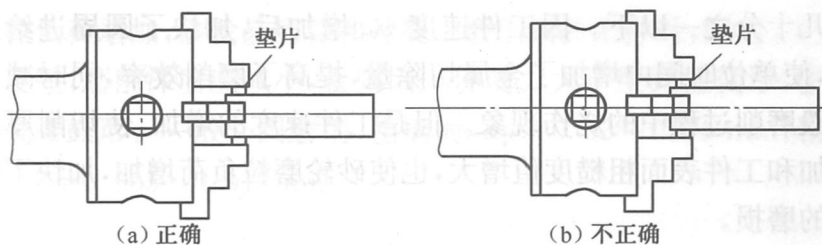


图 1-4 垫铜片的方法

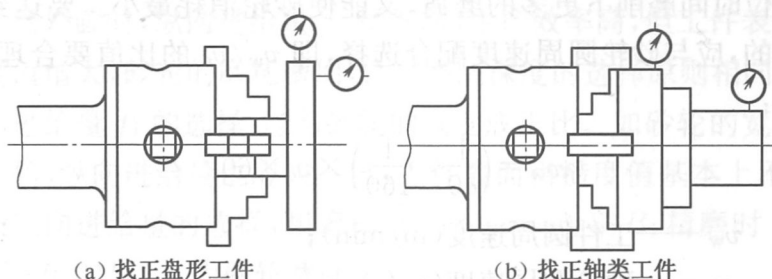


图 1-5 四爪单动卡盘装夹工件时的找正

5. 用卡盘和顶尖装夹工件注意的问题

如果工件较长,而且只有一端有中心孔时,就必须采用左端用卡盘夹,右端用顶尖支承,如图 1-6(a)所示。装夹时,除首先把磨床头架扳转到零位(即头架主轴轴线与纵向工作台移动方向平行),还必须找正工件靠近卡盘处的跳动。如果不行或不在一条直线上,工件会发生变曲甚至憋劲,如图 1-6(b)所示,使磨出的工件直径不一样,圆柱度严重超差。如磨圆锥工件,造成母线不直。

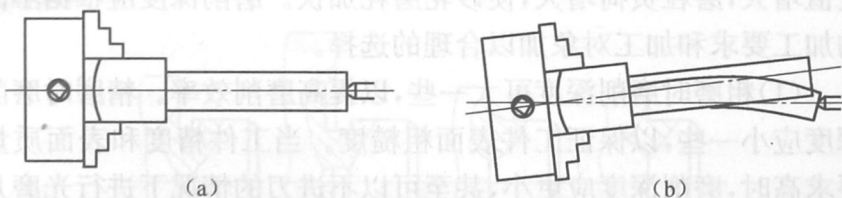


图 1-6 用卡盘和顶尖装夹工件

6. 磨削时工件速度 v_w 的选择

磨削外圆时,砂轮的速度 $v_c \geq 35 \text{ m/s}$,而工件速度 v_w 只有 v_c