

机械制造工艺设计手册

哈尔滨工业大学 王绍俊 主编

机械制造工艺设计手册

哈尔滨工业大学 王绍俊 主编

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ · 印张 $19^{1/4}$ · 字数 463 千字

1985年11月北京第一版·1985年11月北京第一次印刷

印数 00,001—~~1,000~~ 定价 4.00 元

统一书号: 15033·~~15033~~187

前 言

《机械制造工艺设计手册》是受机械工业部机械制造（冷加工）类专业教材编审委员会工艺教材编审组的委托编写的，并于1983年10月在南京工学院召开的编审组第二次全体委员会议上讨论审定为全国高校《机械制造工艺学》课程的辅助试用教材。

自从五十年代初期在全国各高等工科院校开设《机械制造工艺学》课程以来，便同时设置了机械制造工艺学课程设计及毕业设计。但是，由于没有一本完整的机械制造工艺设计手册，这给设计带来了很大困难。为了解决教学急需，我们在整理哈尔滨工业大学1981年校内出版的《机械制造工艺设计手册》的基础上，又吸收了一些兄弟院校和有关工厂提供的意见和材料，参阅了一些国外资料，重新编写了这本手册，力图达到在选材上能与机械制造工艺学课程设计和毕业设计紧密配合，在内容上能够具有系统性、完整性和先进性。但由于我们的水平有限，唯恐事与愿违。我们愿意在实践中不断改进，逐步完善，以期达到这一目的。

本手册内容包括：机械加工余量计算与选择；切削用量的计算与选择；各种机械加工方法的经济精度和表面粗糙度；常用金属切削机床的主要技术参数；金属切削刀具；常用量具；机械加工工时定额的计算与选择；机械加工工艺过程的技术经济分析等。

本《手册》由哈尔滨工业大学王绍俊主编，由华中工学院段守道审阅。参加编写的人员有王绍俊（第一篇和第七篇），颜婉蓉（第二篇和第四篇），李益民（第三篇和第八篇），王启平（第五篇和第六篇）。

本《手册》供学生做机械制造工艺学课程设计和毕业设计时使用。由于《手册》中的数据与各类工厂的具体情况有所差异，所以工厂工艺人员仅可作参考。

本《手册》不足之处恳请各位读者批评指正。

编者

一九八四年五月

目 录

第一篇 机械加工余量

一、机械加工余量的定义	1
二、用计算分析法确定加工余量	1
1. 成批及大量生产时加工余量计算	1
轧制件的表面质量 (表1-1)	6
轧制件的空间偏差 (表1-2)	7
轧制毛坯 (紧靠支点) 切割的端面 质量和精度 (表1-3)	7
轧制毛坯机械加工后的精度和表面 质量 (表1-4)	8
模锻毛坯表面质量 (表1-5)	8
模锻毛坯空间偏差 (表1-6)	8
立式径向锻锤上锻件外表面的质量 (表1-7)	11
立式径向锻锤上锻件空间偏差 (表1-8)	11
锻造后锻件端面质量 (表1-9)	11
锻造切割的缺陷和空间偏差 (表1-10)	11
在模锻压力机上, 用挤压法模锻阀 体类锻件的精度和表面质量 (表1-11)	11
机械加工后锻件的精度和表面质量 (表1-12)	12
铸造毛坯的精度和表面质量 (表1-13)	13
铸件的单位弯曲 $\Delta_{\text{弯}}$ (表1-14)	13
铸件在机械加工后的精度和表面质 量 (表1-15)	13
孔加工 (表1-16)	14
钻孔的空间误差 (表1-17)	15
2. 单件生产时加工余量计算	16
毛坯的表面质量 (表1-18)	16
毛坯弯曲 (翘曲) (表1-19)	17
机械加工后的精度和表面质量 (表1-20)	18

机械加工 (每工步) 后确定 剩余 误差的计算公式 (表1-21)	18
精度提高系数 $K_{\text{精}}$ 值 (表1-22)	19
三、用查表法确定机械加工余量	19
轴类零件采用精轧圆棒料毛坯的直 径 (表1-23)	20
轧制件切断和端面加工等的加工余 量 (表1-24)	21
在套和板类零件上冲孔 (孔径为 D) 时, 冲头的基本直径 $d_{\text{冲}}$ (表1-25)	21
在锻锤和压力机上有色合金锻件的 机械加工余量 (表1-26)	21
轴类 (外旋转表面) 零件的机械加 工余量 (表1-27)	22
平面加工的余量 (表1-28)	25
基孔制 7 级精度 [H7] 孔加工 (表1-29)	26
基孔制 8、9 级精度 [H8、H9] 孔 加工 (表1-30)	27
按照 7 级与 8 级精度加工预先铸出或热 冲出的孔 (表1-31)	28
拉孔加工余量 (表1-32)	29
磨孔加工余量 (表1-33)	29
金刚石细镗孔加工余量 (表1-34)	30
珩磨孔直径加工余量 (表1-35)	30
研磨孔加工余量 (表1-36)	30
刮研加工余量 (表1-37)	30
槽宽加工余量 (表1-38)	31
端面的加工余量 (表1-39)	31
齿厚粗切或插齿后精切加工余量 (表1-40)	31
剃齿的齿厚加工余量 (表1-41)	31
磨齿的齿厚加工余量 (表1-42)	31
有色金属和有色合金零件的机械加 工余量 (表1-43)	32
热轧圆钢直径及公差 (表1-44)	36
冷拔圆钢直径及偏差 (表1-45)	37

铸铁件和铸钢件的尺寸公差 (偏差为 $\pm\frac{1}{2}$ 公差)(表1-46).....	38
有色金属及其合金铸件的尺寸公差 (表1-47).....	39
铸造拔模斜度和铸件上表面(浇注 时的位置)的附加量(表1-48).....	39
铸铁件及铸钢件的机械加工总余量 (表1-49).....	40
在锻锤和压力机上自由锻造件的加 工总余量和偏差(表1-50).....	43
模锻件的斜度和圆角半径(表1-51).....	44
合模模锻件机械加工总余量及偏差 (表1-52).....	45
套模模锻件机械加工总余量及偏差 (表1-53).....	46
四、余量计算实例.....	47
“刹车壳”零件工序间加工余量和 极限尺寸的计算实例(误差复映法) (表1-54).....	47
“刹车壳”零件工序间加工余量和 极限尺寸的计算实例(极值法) (表1-55).....	48
参考文献.....	49
第二篇 各种加工方法的经济精度 和表面粗糙度	
一、各种加工方法能够达到的尺寸 的经济精度.....	50
孔加工的经济精度(表2-1).....	50
圆锥形孔加工的经济精度(表2-2).....	50
圆柱形深孔加工的经济精度 (表2-3).....	51
花键孔加工的经济精度(表2-4).....	51
外圆柱表面加工的经济精度 (表2-5).....	51
端面加工的经济精度(表2-6).....	51
用成形铣刀加工的经济精度(表2-7).....	52
同时加工平行表面的经济精度 (表2-8).....	52
平面加工的经济精度(表2-9).....	52
公制螺纹加工的经济精度(表2-10).....	53
花键加工的经济精度(表2-11).....	53
齿形加工的经济精度(表2-12).....	54
二、各种加工方法能够达到的形状 的经济精度.....	54
平面度和直线度的经济精度 (表2-13).....	54
圆柱形表面形状精度的经济精度 (表2-14).....	55
曲面加工的经济精度(表2-15).....	55
在各种机床上加工时形状的平均经 济精度(表2-16).....	55
三、各种加工方法所能够达到的相 互位置的经济精度.....	57
平行度的经济精度(表2-17).....	57
端面跳动和垂直度的经济精度 (表2-18).....	57
同轴度的经济精度(表2-19).....	57
轴心线相互平行的孔的位置经济精 度(表2-20).....	58
轴心线相互垂直的孔的位置经济精 度(表2-21).....	58
四、各种加工方法能够达到的零件 表面粗糙度(表2-22).....	58
各种加工方法能够达到的零件 表面粗糙度(表2-22).....	58
五、各类型面的加工方案及经济精 度.....	62
外圆表面加工方案(表2-23).....	62
孔加工方案(表2-24).....	62
平面加工方案(表2-25).....	63
六、标准公差及形位公差值.....	64
附表2-1 标准公差值.....	64
附表2-2 平面度、直线度公差值.....	65
附表2-3 圆度、圆柱度公差值.....	65
附表2-4 平行度、垂直度、倾斜度 公差值.....	66
附表2-5 同轴度、对称度、圆跳动、 全跳动公差值.....	66
参考文献.....	66
第三篇 切削用量	
一、车削.....	68
1. 车削切削力的计算.....	68

1) 用实验公式计算车削切削力 (表3-1)	68	用 YG8 宽刃刨刀 (在龙门刨床上) 加工铸铁件的刨削用量 (表3-33)	93
2) 用单位切削力计算车削切削力 (表3-2~3-12)	70	插槽的进给量 (表3-34)	94
2. 切削功率 P_m 的计算	70	高速钢刀具 W18Cr4V 插槽切削用 量 (表3-35)	94
1) 用主切削力 F_z 计算切削功率	70	四、钻削与铰削	95
2) 用单位切削功率 P , 计算切削功 率	70	1. 钻削力的计算	95
3. 车削用量选择	76	高速钢标准钻头钻削力及功率的计 算公式 (表3-36)	95
粗车外圆和端面时的进给量 (表3-13)	76	群钻的轴向力及扭矩的计算公式 (表3-37)	96
半精车与精车外圆和端面时的进给 量 (表3-14)	77	2. 钻削用量选择	97
镗孔进给量 (表3-15)	78	高速钢钻头钻孔时的进给量 (表3-38)	97
切断及车槽的进给量 (表3-16)	79	硬质合金 YG8 钻头钻灰铸铁时的进 给量 (表3-39)	97
成形车削进给量 (表3-17)	79	高速钢钻头切削速度的计算公式 (表3-40)	98
硬质合金车刀切削速度的计算公式 (表3-18)	79	硬质合金钻头钻孔时的切削用量 (表3-41)	100
外圆车削切削速度参考表 (表3-19)	81	高速钢钻头钻孔时的切削速度 (表3-42)	101
切断及车槽的切削用量 (表3-20)	82	深孔钻切削用量 (表3-43)	101
成形车削的切削用量 (表3-21)	83	群钻加工钢时的切削用量 (表3-44)	102
镗孔的进给量 (表3-22)	83	群钻加工铸铁时的切削用量 (表3-45)	103
高速钢刀具 W18Cr4V 的切削速度 (表3-23)	83	3. 铰削用量选择	103
二、铣削	84	机铰刀铰孔时的进给量 (表3-46)	103
1. 各类铣刀的 a_p 与 a_e 的定义	84	铰刀的耐用度 (表3-47)	104
2. 各类铣刀切削力的分解及其比例关 系	84	铰孔时切削速度的计算公式 (表3-48)	104
3. 铣削力的计算 (表3-24~3-27)	85	高速钢铰刀铰碳钢及合金钢时的切 削速度 (用冷却液) (表3-49)	105
4. 铣削功率的计算	88	高速钢铰刀铰灰铸铁时的切削速度 (表3-50)	105
5. 铣削用量的选择	88	金属材料的加工性等级 (表3-51)	106
铣刀的每齿进给量 a_f (表3-28)	88	硬质合金铰刀铰孔时的切削用量 (表3-52)	106
铣削时切削速度的计算公式 (表3-29)	89	钻中心孔的切削用量及在热处理后 修整中心孔的时间 (表3-53)	107
铣削时的铣削速度 v 推荐值 (表3-30)	92	4. 扩钻与扩孔的切削用量 扩钻与扩孔的切削用量 (表3-54)	107
三、刨插削	92		
考虑冲击载荷影响, 刨削速度的修 正系数 K_{Hv} (表3-31)	92		
龙门刨床切削用量 (刀具 YG8 加工 灰铸铁 HB=190) (表3-32)	93		

五、螺纹加工	108	十、组合机床切削用量	155
车螺纹的切削速度计算公式		用高速钢钻头加工铸铁的切削用量	
(表3-55).....	108	(表3-117).....	155
车螺纹的功率计算公式(表3-56).....	109	用高速钢钻头加工钢件的切削用量	
车螺纹的切削用量(表3-57~3-61).....	109	(表3-118).....	156
旋风切削螺纹的进给量及切削速度		用高速钢钻头加工铝件的切削用量	
计算公式(表3-62).....	115	(表3-119).....	156
攻螺纹的切削用量(表3-63).....	116	用高速钢钻头加工黄铜及青铜件的	
磨螺纹的切削用量(表3-64).....	116	切削用量(表3-120).....	156
旋风切削螺纹的切削用量(表3-65).....	117	用高速钢扩孔钻扩孔的切削	
六、齿轮、花键加工	118	用量(表3-121).....	156
滚齿、插齿、滚花键的切削速度及		用高速钢铰刀铰孔的切削用量	
功率计算(表3-66).....	118	(表3-122).....	157
滚齿的进给量(表3-67~37-2).....	119	镗孔切削用量(表3-123).....	157
滚花键的进给量(表3-73~3-75).....	125	攻丝切削速度(表3-124).....	158
插齿的进给量(表3-76~3-79).....	128	用硬质合金端面铣刀的铣削用量	
剃齿的切削用量(表3-80).....	132	(表3-125).....	158
刨齿的切削用量(表3-81).....	133	扩、铰、镗孔的切削深度(表3-126).....	158
螺旋圆锥齿轮切齿的切削用量		组合机床用切削速度计算公式	
(表3-82).....	134	(表3-127).....	159
磨齿的磨轮选择(表3-83).....	135	刀具切削用量和耐用度的参考数据表	
磨齿的切削用量(表3-84~3-85).....	136	(表3-128~3-129).....	160
七、拉削	138	切削用量选择例题.....	162
拉削的进给量(单面的齿升)(表3-86).....	138	参考文献	165
各种材料的切削速度组别(表3-87).....	139	第四篇 金属切削机床	
拉削的切削速度(表3-88).....	141	一、通用机床型号	166
拉刀切削刃每1mm长度的单位切削		1. 表示方法.....	166
力 F (表3-89).....	142	2. 机床的分类代号.....	166
拉削功率(表3-90).....	143	3. 机床的特性代号.....	166
八、磨削	144	二、金属切削机床的主要技术参数.....	167
1. 砂轮的特性和砂轮的选择		六角车床(表4-1).....	167
(表3-91~3-98).....	144	立式车床(表4-2).....	168
2. 磨削力及磨削功率的计算		普通车床(表4-3).....	170
(表3-99~3-100).....	148	摇臂钻床(表4-4).....	175
3. 磨削用量的选择(表3-101~3-110).....	148	立式钻床(表4-5).....	176
国内、外磨料、结合剂及硬度符号对		台式钻床(表4-6).....	177
照表(表3-111~3-113).....	152	卧式镗床(表4-7).....	177
九、光整加工	154	坐标镗床(表4-8).....	179
珩磨料的选择(表3-114).....	154	金刚镗床(表4-9).....	181
珩磨头的回转和往复运动速度		外圆磨床(表4-10).....	181
(表3-115).....	154	万能外圆磨床(表4-11).....	182
金刚石镗床镗孔(表3-116).....	155	内圆磨床(表4-12).....	183

卧轴矩台平面磨床(表4-13)	184	直柄机用铰刀(表5-15)	208
卧轴圆台平面磨床(表4-14)	185	直柄螺旋槽机用铰刀(表5-16)	209
立轴平面磨床(表4-15)	185	锥柄机用铰刀(表5-17)	209
立式铣床(表4-16)	186	带刃倾角锥柄机用铰刀(表5-18)	209
卧式(万能)铣床(表4-17)	187	套式机用铰刀(表5-19)	210
万能工具铣床(表4-18)	189	镶齿套式机用铰刀(表5-20)	210
龙门刨床(表4-19)	189	硬质合金套式机用铰刀(表5-21)	211
牛头刨床(表4-20)	191	直柄莫氏锥度铰刀(表5-22)	211
插床(表4-21)	192	锥柄莫氏锥度铰刀(表5-23)	211
拉床(表4-22)	193	1:50直柄销子铰刀(表5-24)	212
铣端面钻中心孔机床(表4-23)	193	1:50、1:30锥柄销子铰刀(表5-25)	212
花键铣床(表4-24)	194	六、拉刀	212
滚齿机(表4-25)	195	圆孔拉刀(表5-26)	212
插齿机(表4-26)	197	键槽拉刀(表5-27)	213
剃齿机(表4-27)	197	矩形齿花键拉刀(表5-28)	213
磨齿机(表4-28)	198	七、丝锥	213
螺纹磨床(表4-29)	199	公制粗牙手用丝锥(表5-29)	214
参考文献	200	公制细牙手用丝锥(表5-30)	214
第五篇 金属切削刀具		公制粗牙机用丝锥(表5-31)	214
一、常用标准刀具的类别	201	公制细牙机用丝锥(表5-32)	214
二、硬质合金可转位车刀	201	八、铣刀	215
1. 车刀的组成和结构	201	直柄立铣刀(表5-33)	215
2. 可转位车刀刀片的形状	201	锥柄立铣刀(表5-34)	215
3. 常用可转位车刀刀片的结构尺寸	202	铲齿锥柄立铣刀(表5-35)	215
三角形刀片结构尺寸(表5-1)	202	圆柱柄键槽铣刀(表5-36)	216
正方形刀片结构尺寸(表5-2)	203	锥柄键槽铣刀(表5-37)	216
偏8°三边形刀片结构尺寸(表5-3)	203	T形槽铣刀(表5-38)	216
凸三边形刀片结构尺寸(表5-4)	204	半圆形键槽铣刀(表5-39)	217
三、钻头	204	燕尾槽铣刀(表5-40)	217
中心钻(表5-5)	204	套式面铣刀(表5-41)	218
直柄麻花钻(表5-6)	204	镶齿套式面铣刀(表5-42)	218
锥柄麻花钻(表5-7)	205	不重磨硬质合金刀片套式面铣刀	
镶硬质合金刀片钻头(表5-8)	205	(表5-43)	218
四、扩孔钻	206	圆柱形铣刀(表5-44)	219
锥柄扩孔钻(表5-9)	206	直齿、错齿三面刃铣刀(表5-45)	219
镶齿套式扩孔钻(表5-10)	206	不重磨硬质合金刀片三面刃铣刀	
镶硬质合金刀片套式扩孔钻		(表5-46)	219
(表5-11)	207	尖齿槽铣刀(表5-47)	220
锥柄铰钻(表5-12)	207	锯片铣刀(表5-48)	220
圆柱头螺钉锥柄沉孔钻(表5-13)	208	切口铣刀(表5-49)	221
五、铰刀	208	单角铣刀(表5-50)	221
手用铰刀(表5-14)	208	不对称双角铣刀(表5-51)	222

对称双角铣刀 (表5-52)	222
九、齿轮、花键刀具	223
齿轮铣刀 (表5-53)	223
齿轮滚刀 (表5-54)	223
矩形齿花键滚刀 (表5-55)	224
锥柄直齿插齿刀 (表5-56)	224
碗形直齿插齿刀 (表5-57)	225
盘形直齿插齿刀 (表5-58)	226
盘形剃齿刀 (表5-59)	227
参考文献	228

第六篇 常用测量工具

一、常用测量工具的分类	229
二、各种量规	229
针式双头塞规 (表6-1)	229
锥柄双头塞规 (表6-2)	230
套式双头塞规 (表6-3)	230
单头固定不全形塞规 (表6-4)	231
螺纹塞规及螺纹环规 (表6-5)	231
方形量块 (表6-6)	232
三、游标卡尺	232
多用游标卡尺 (表6-7)	232
深度游标卡尺 (表6-8)	233
高度游标卡尺 (表6-9)	233
万能角度游标尺 (表6-10)	233
四、百分尺及千分尺	234
外径百分尺 (表6-11)	234
内径百分尺 (表6-12)	234
深度百分尺 (表6-13)	235
螺纹百分尺 (表6-14)	235
公法线百分尺 (表6-15)	236
杠杆千分尺 (表6-16)	236
杠杆卡规 (表6-17)	236
五、百分表、千分表和比较仪	237
百分表 (表6-18)	237
杠杆百分表 (表6-19)	237
内径百分表 (表6-20)	238
千分表 (表6-21)	238
杠杆千分表 (表6-22)	239
杠杆比较仪 (表6-23)	239
扭簧比较仪 (表6-24)	240
六、其他测量工具	240
宽座角尺及刀口形角尺 (表6-25)	240

方形平尺 (表6-26)	241
正弦规 (表6-27)	241

参考文献	241
------------	-----

第七篇 工时定额

一、时间定额的组成及其计算	242
二、基本时间 T_1 的计算	243
1. 车削基本时间的计算 (表7-1)	244
试切附加长度 l_s (表7-2)	245
2. 刨削、插削基本时间的计算 (表7-3)	246
刨床行程超出的长度数值 ($\pi_1 + \pi_2$)	
(表7-4)	246
3. 钻削基本时间的计算 (表7-5)	247
与清除切屑有关的钻头退出及引入	
次数 (表7-6)	248
4. 铣削基本时间的计算 (表7-7)	249
5. 螺纹加工基本时间的计算 (表7-8)	251
6. 齿轮加工基本时间的计算 (表7-9)	254
在插齿机上用梳形插齿刀加工时的	
计算齿数 z_1 (表7-10)	257
单锥形砂轮磨齿时工作行程 L	
(表7-11)	257
7. 拉削基本时间的计算 (表7-12)	258
8. 磨削基本时间的计算 (表7-13)	259
外圆磨削的系数 K (表7-14)	261
无心磨, 内圆磨和平面磨削的系数	
K (表7-15)	262
光整时间 τ (表7-16)	262
光整时间的修整系数 k (表7-17)	262
三、切削机床上其它时间的确定	262
1. 普通车床时间定额	262
在车床上工作时用手安装及卸下工	
件的辅助时间 (表7-18)	263
在车床上有关定程的辅助时间	
(表7-19)	263
工作地点服务时间与休息及自然需要	
时间 (表7-20)	264
车床上的准备—结束时间定额	
(表7-21)	264
2. 高速螺纹车床时间定额	265
高速螺纹车床的准备—结束时间、辅	
助时间、工作地点服务时间及自然	
需要时间 (表7-22)	265

3. 多刀车床时间定额 (表7-23)	266
4. 六角车床时间定额	267
六角车床上有关工步的辅助时间 (表7-24)	267
六角车床上准备—结束时间、工作地 点服务及自然需要时间(表7-25)	270
5. 刨床时间定额	271
在牛头刨床上工作时安装及卸下工 件的辅助时间 (表7-26)	271
工作地点服务时间及自然需要时间	271
在牛头刨床(或插床)上工作时的 辅助时间 (表7-27)	271
在牛头刨床上工作时的准备—结束时 间 (表7-28)	272
6. 铣床时间定额	272
在卧式及立式铣床上工作时装上及取 下零件所需的辅助时间(表7-29)	272
在卧式及立式铣床上工作时有关定 程的辅助时间 (表7-30)	273
工作地点服务及自然需要时间 (表7-31)	273
卧式及立式铣床的准备—结束时间 (表7-32)	274
7. 钻床时间定额	275
钻床的辅助时间 (在钻模及工作 台上) (表7-33)	275
立式钻床有关工步的辅助时间 (表7-34)	276
立式钻床的准备—结束时间、工作地 点服务时间及自然需要时间 (表7-35)	279
8. 切齿时间定额	280
切削齿轮时与工序有关的辅助时间、 工作地点服务时间和准备—结束时间 (表7-36)	280
9. 拉床时间定额	281
拉床工作的辅助时间 (表7-37)	281
拉床的准备—结束时间、工作地点服	

务时间和自然需要时间(表7-38)	281
10. 磨床时间定额	282
装卸工件时间 (表7-39)	282
与磨削一个表面有关的辅助时间 (表7-40)	282
工作地点服务时间和休息及自然 需要时间	283
准备—结束时间(表7-41)	283
11. 花键铣床时间定额	283
花键铣床的准备—结束时间、辅助时间 及工作地点服务时间(表7-42)	284
参考文献	284

第八篇 工艺过程的技术经济分析

一、工艺成本的组成及其计算方法	285
1. 工艺成本的组成	285
2. 工艺成本各项费用的计算方法	285
二、工艺方案的比较方法	288
1. 基本投资或使用设备相同的情况	288
2. 基本投资差额较大的情况	289
三、工艺过程经济性分析实例	289
方案 I 用通用机床单件加工 (表8-01)	291
方案 II (在毛坯两侧面铸出工艺凸 台)(表8-02)	292
常用材料价格 (表8-1)	294
废料价格与材料价格的 比例系数 k_1 (表8-2)	294
材料利用系数 k_2 (表8-3)	294
生产工人工资标准(六类地区)(表8-4)	295
机床每分钟使用工艺装备及夹具的消耗 定额 (表8-5)	295
机床每分钟使用金属切削刀具的平均费 用(分)(按机床类型及尺寸)(表8-6)	296
机床每分钟使用金属切削刀具的平均费 用(分)(按刀具类型)(表8-7)	296
机床大修费用 (表8-8)	297
参考文献	297

第一篇 机械加工余量

一、机械加工余量的定义

加工余量 为保证零件规定的质量，在加工过程中从其表面上切除的金属层。

中间余量 为完成某一工艺工步切除的金属层。

总余量 为完成全部工艺工步，从毛坯到制成零件全部工序需要切除的金属层。

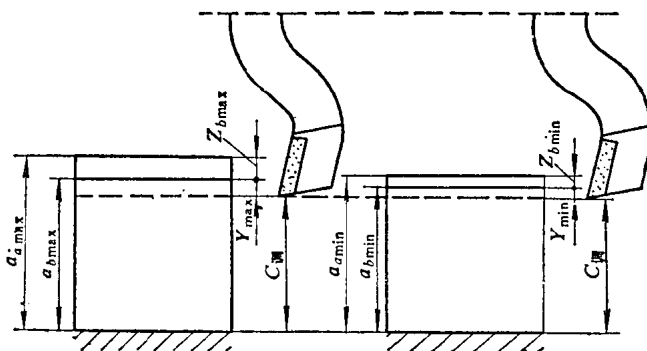
二、用计算分析法确定加工余量

1. 成批及大量生产时加工余量计算

成批及大量生产采用调整法加工得到给定尺寸时的余量可用“误差复映规律”和“极大极小”两种方法进行计算。前者称为“误差复映法”，后者称为“极值法”。

误差复映法计算余量的定义：

外表面加工时，其最小加工余量 (Z_{bmin}) 是被加工零件相邻两工步的两个最小极限尺寸之差；其最大加工余量 (Z_{bmax}) 是被加工零件相邻两工步的两个最大极限尺寸之差。(图 1-1)



Y_{max} 和 Y_{min} ——让刀量； $C_{调}$ ——刀具调整尺寸

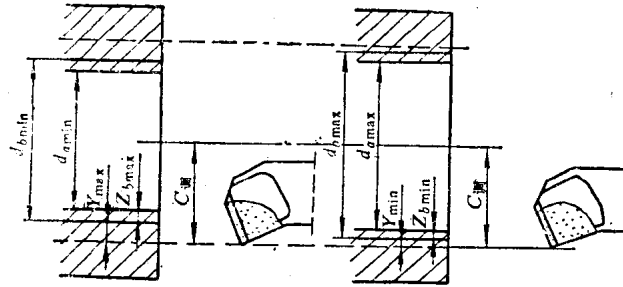
图 1-1 加工外表面时，毛坯最大余量和最小余量

内表面加工时，其最小加工余量是被加工零件相邻两个工步的最大极限尺寸之差；其最大加工余量是被加工零件相邻两个工步的最小极限尺寸之差。(图 1-2)

极值法计算余量的定义：

外表面加工时，其最小加工余量是被加工零件相邻两工步的前工步最小极限尺寸与后工步最大极限尺寸之差；其最大加工余量是被加工零件相邻两工步的前工步最大极限尺寸与后工步最小极限尺寸之差。

内表面加工时,其最小加工余量是被加工零件相邻两工步后工步的最小极限尺寸与前工步最大极限尺寸之差;其最大加工余量是被加工零件相邻两工步后工步的最大极限尺寸与前工步最小极限尺寸之差。



$Y_{\max}$ 和 $Y_{\min}$ ——让刀量; $C_{\text{调}}$ ——刀具调整尺寸

图1-2 加工内表面(孔)时,毛坯最大余量和最小余量

上述定义,对于外圆和孔加工来说,是双面余量或称直径余量。

余量的计算公式:

1) 最小余量的计算公式

① 误差复映法

对于外表面加工(参看图 1-1)

$$Z_{b \min} = a_{a \min} - a_{b \min} \quad (1-1)$$

对于外圆加工

$$2Z_{b \min} = d_{a \min} - d_{b \min} \quad (1-2)$$

对于内表面加工

$$Z_{b \min} = a_{b \max} - a_{a \max} \quad (1-3)$$

对内孔加工(参看图 1-2)

$$2Z_{b \min} = d_{b \max} - d_{a \max} \quad (1-4)$$

② 极值法

对于外表面加工

$$Z_{b \min} = a_{a \min} - a_{b \max} \quad (1-5)$$

对于外圆加工

$$2Z_{b \min} = d_{a \min} - d_{b \max} \quad (1-6)$$

对于内表面加工

$$Z_{b \min} = a_{b \min} - a_{a \max} \quad (1-7)$$

对于内孔加工

$$2Z_{b \min} = d_{b \min} - d_{a \max} \quad (1-8)$$

式中 $Z_{b \min}$ ——本工序单面最小余量;

$2Z_{b \min}$ ——本工序双面最小余量或直径余量;

$a_{a \min}, d_{a \min}, a_{a \max}, d_{a \max}$ ——前一工步（毛坯）最小和最大极限尺寸；

$a_{b \min}, d_{b \min}, a_{b \max}, d_{b \max}$ ——本工步（加工后）最小和最大极限尺寸。

最小余量可从手册中查出有关数据进行计算：

对称两表面分两个工序按顺序加工时每一表面的最小余量

$$Z_{b \min} = R_{za} + T_{\text{装}a} + \rho_a + \epsilon_b \quad (1-9)$$

对称两表面在同一工序中用两把刀具分别同时加工（平行加工）两表面时的最小余量

$$2Z_{b \min} = 2(R_{za} + T_{\text{装}a} + \rho_a + \epsilon_b) \quad (1-10)$$

回转表面加工时的最小余量

$$2Z_{b \min} = 2(R_{za} + T_{\text{装}a} + \sqrt{\rho_a^2 + \epsilon_b^2}) \quad (1-11)$$

式中 $R_{za}, T_{\text{装}a}, \rho_a$ ——所研究表面上工步的微观不平度、表面缺陷层深度、空间偏差的向量和；

ϵ_b ——本工步的毛坯安装误差，空间偏差 $\rho_a = \rho_1 \rho_2$ 安装误差一般取定位误差 $\epsilon_{\text{定}}$ 和夹紧误差 $\epsilon_{\text{夹}}$ 的向量和。

当向量方向相同时

$$\rho_a = \rho_1 + \rho_2$$

$$\epsilon_b = \epsilon_{\text{定}} + \epsilon_{\text{夹}}$$

当向量方向相反时，

$$\rho_a = |\rho_1 - \rho_2|$$

$$\epsilon_b = |\epsilon_{\text{定}} - \epsilon_{\text{夹}}|$$

在向量方向不易确定的情况下，可用平方和的平方根计算其近似值

即

$$\rho_a = \sqrt{\rho_1^2 + \rho_2^2}$$

$$\epsilon_b = \sqrt{\epsilon_{\text{定}}^2 + \epsilon_{\text{夹}}^2}$$

在加工过程中，由于空间偏差按一定的规律逐步减小，所以通常在精加工之后偏差值已很小，可忽略不计。而对于第一道工序前的毛坯、粗加工、半精加工之后、热处理之后的工件都必须考虑空间偏差。

2) 最大余量的计算公式

① 误差复映法

$$Z_{b \max} = Z_{b \min} + T_a - T_b \quad (1-12)$$

$$2Z_{b \max} = 2Z_{b \min} + Td_a - Td_b \quad (1-13)$$

② 极值法

$$Z_{b \max} = Z_{b \min} + T_a + T_b \quad (1-14)$$

$$2Z_{b \max} = Z_{b \min} + Td_a + Td_b \quad (1-15)$$

式中 T_a, Td_a ——上工序的尺寸公差、直径公差；

T_b, Td_b ——本工序的尺寸公差、直径公差。

3) 基本余量的计算公式

① 误差复映法

加工外表面时的基本余量

$$Z_{b \text{基本}} = Z_{b \min} + |\epsilon_{\text{定}}| - |\epsilon_{\text{夹}}| \quad (1-16)$$

$$2Z_{b\text{基本}} = 2Z_{b\text{min}} + |eid_a| - |eid_b| \quad (1-17)$$

加工内表面时的基本余量

$$Z_{b\text{基本}} = Z_{b\text{min}} + ES_a - ES_b \quad (1-18)$$

$$2Z_{b\text{基本}} = 2Z_{b\text{min}} + ESD_a - ESD_b \quad (1-19)$$

② 极值法

加工外表面和内表面时的基本余量

$$Z_{b\text{基本}} = Z_{b\text{min}} + T_a \quad (1-20)$$

$$2Z_{b\text{基本}} = 2Z_{b\text{min}} + Td_a \quad (1-21)$$

$$2Z_{b\text{基本}} = 2Z_{b\text{min}} + TD_a \quad (1-22)$$

式中 ei_a, ei_b ——上工序和本工序的尺寸下偏差;

eid_a, eid_b ——上工序和本工序的直径尺寸下偏差;

ES_a, ES_b ——上工序和本工序的尺寸上偏差;

ESd_a, ESD_b ——上工序和本工序的直径尺寸上偏差。

4) 被加工表面的最小余量和极限尺寸的计算步骤

① 根据工件的工作图和机械加工工序卡片,按加工时每一表面加工的先后次序,将被加工的表面和加工工步填写在计算卡片中(见表 1-54,表 1-55 计算实例)。

② 填写 R_z 、 $T_{\text{毛}}$ 、 ρ 、 ε 和 T 值。

③ 按所有工艺工步确定加工时最小余量的计算值 Z_{min} 。

④ 在“计算尺寸”栏中,对于最终工步,按图纸填工件的最小(内表面为最大)极限尺寸。

⑤ 对于最终工步的前一工步,按图纸将计算余量 Z_{min} 加到工件的最小极限尺寸,来确定其计算尺寸(对于内表面应从工件的最大极限尺寸减去计算余量 Z_{min})。

⑥ 从最终工步起,按顺序往前推算。对于每一工步的相邻前工步,应将和它相连的后工步的计算余量 Z_{min} 加到本身的计算尺寸上,来确定其计算尺寸(对于内表面应从计算尺寸中减去计算余量 Z_{min})。

⑦ 按每一加工工步填写最小极限尺寸,用增加(对内表面用减少)计算尺寸的方法,将它凑成整数,其方法是用每一工步给定尺寸公差的小数进行凑整。(例如:最小极限尺寸的计算数值为 23.324mm·公差为 0.2mm 时,取 23.324 的小数后两位,即外表面取 23.33,内表面取 23.32mm)。

⑧ 用凑整后的最小(内表面为最大)极限尺寸加上(内表面为减去)公差就可确定最大(内表面为最小)极限尺寸。

⑨ 填写余量极限值 Z_{max} ,其值是上工步和本工步最大(内表面为最小)极限尺寸之差。而 Z_{min} 是两者最小(内表面为最大)极限尺寸之差。

⑩ 将所有中间余量加起来就可确定总余量 $Z_{\text{总max}}$ 和 $Z_{\text{总min}}$ 。

⑪ 按公式对计算结果进行校验:

误差复映法

$$Z_{b\text{max}} - Z_{b\text{min}} = T_a - T_b$$

$$2Z_{b\text{max}} - 2Z_{b\text{min}} = Td_a - Td_b$$

$$Z_{\text{总max}} - Z_{\text{总min}} = T_{\text{毛}} - T_{\text{净}}$$

$$2Z_{\text{总max}} - 2Z_{\text{总min}} = Td_{\text{毛}} - Td_{\text{净}}$$

极值法

$$Z_{b\max} - Z_{b\min} = T_a + T_b$$

$$2Z_{b\max} - 2Z_{b\min} = Td_a + Td_b$$

$$Z_{\text{总}\max} - Z_{\text{总}\min} = T_{\text{毛}} + T_{\text{零}}$$

$$2Z_{\text{总}\max} - 2Z_{\text{总}\min} = Td_{\text{毛}} + Td_{\text{零}}$$

最终工艺工步的公差和表面质量应该按工件图纸选定。

在计算尺寸时，对外表面和内表面，由于具有不同的计算方法，最好在计算表中将二者分开填写，避免发生错误。

当工艺基准有变换时，应画出被加工表面和测量基准相互关系的尺寸链。

5) 对于不同种类毛坯余量计算的规定

① 轧制毛坯

对极限尺寸的规定：

对于阶梯轴，按最大直径计算，当各轴颈的直径相同时，按其加工精度和表面质量要求最高的轴颈计算。

对于轧制毛坯，最小极限直径按下式确定

$$d_{\text{毛}\min} = d_{\text{工}\min} + 2Z_{\text{总}\min} \quad (1-23)$$

式中 $d_{\text{工}\min}$ ——图纸上工件的最小极限尺寸；

$2Z_{\text{总}\min}$ ——直径上的最小总加工余量。

计算得到的尺寸 $d_{\text{毛}\min}$ ，要按轧制规格向靠近的直径尺寸 $d'_{\text{毛}\min}$ 凑整，凑大不凑小，最小极限尺寸不能小于 $d_{\text{毛}\min}$ ，这时实际加工的总余量为：

$$2Z'_{\text{总}\min} = d'_{\text{毛}\min} - d_{\text{工}\min} \quad (1-24)$$

热轧圆钢和冷拔圆钢的规格及其精度见表 1-44 和表 1-45。

轧制轴类工件的外圆和端面加工余量计算所需资料见表 1-1 至表 1-4，加工孔见表 1-16 和表 1-17。

② 锻件毛坯

在锻锤、压力机和水平锻机上热模锻或自由锻的加工余量及偏差值，见表 1-50 至表 1-53

计算得到的总余量和毛坯尺寸要按下列附加说明进行校正：

规定必要的模锻拔模斜度；在热加工时，为了提高毛坯强度需规定适当的工艺余料；为进行物理机械性能试验准备试样时，也需规定工艺余料；为简化毛坯的外形或消除局部凹处、空刀和凸台也需规定余料。

有关圆角半径或斜面尺寸的规定：

$$r'_{\text{毛}} \geq r_{\text{工}} + Z_{\text{基本}} (r'_{\text{毛}} \leq r_{\text{工}} - Z_{\text{基本}} \text{ 对内圆弧})$$

式中 $r_{\text{工}}$ 和 $r'_{\text{毛}}$ ——与加工工件和毛坯有关的圆角半径或斜面尺寸；

$Z_{\text{基本}}$ ——按公式 (1-16) 至 (1-19) 计算出来的基本余量。

当不符合理想条件时，要适当增加被加工工件圆角半径或斜面尺寸 $r_{\text{工}}$ ；如果根据结构的要求不允许这样做时，可修整基本余量（从 $Z_{\min}$ 变到 $Z'_{\min}$ ）。即

$$Z'_{\min} \geq (r_{\text{毛}} - r_{\text{工}} + e_{i\text{工}} - e_{i\text{毛}})$$

式中 $e_{i\text{工}}$ 和 $e_{i\text{毛}}$ ——工件和毛坯尺寸的下偏差。

模锻毛坯加工外表面和端面时,其计算余量资料见表 1-5 至表 1-12,加工孔见表 1-16 和表 1-17。

③ 铸件毛坯

余量和极限尺寸计算的一些规定:

计算得到的总余量和毛坯尺寸必须考虑下列条件进行修整:

为简化毛坯外形和平整局部凹坑、空刀和让刀必须规定有铸造工艺余料;铸造时,在浇注位置的上表面规定有附加余量。(见表 1-48)

当铸件断面尺寸改变时,应对该部分的铸造圆角半径,过渡部分和有关结构进行修改或修改计算余量;应在连接面上增加余量以保证在连接面的拐角处有足够加工的余量。

因准备模型是根据基本尺寸,所以应根据余量极限尺寸确定毛坯的基本尺寸和偏差。毛坯的基本尺寸要考虑拔模斜度和铸造金属材料的收缩率。

灰铸铁和钢铸件的尺寸公差见表 1-46。有色金属及其合金铸件的尺寸公差见表 1-47。铸造拔模斜度和铸件上表面(浇注时的位置)的附加量见表 1-48。铸铁件及铸钢件的机械加工总余量见表 1-49。

加工外表面和端面的余量计算资料见表 1-13 至表 1-15。孔加工见表 1-16 和表 1-17。

用各种方法加工的孔,其直径精度和表面质量与工件类型和毛坯加工方法无关,资料见表 1-16 和表 1-17。用定尺寸刀具(钻头、扩孔钻、铰刀、拉刀等等)加工时,刀具直径按产品说明书选用,刀具的最小极限尺寸必须大于计算得到的毛坯孔最小尺寸 $d_{\text{毛min}}$ 。

表1-1 轧制件的表面质量

精 压 轧 制 毛 坯				热 轧 毛 坯				
加工性质	精度等级	粗糙度	缺陷层	直 径 (mm)	高 精 度		一 般 精 度	
	IT	$R_z(\mu\text{m})$	$T_{\text{缺}}(\mu\text{m})$		$R_z(\mu\text{m})$	$T_{\text{缺}}(\mu\text{m})$	$R_z(\mu\text{m})$	$T_{\text{缺}}(\mu\text{m})$
冷拔	14	60	60	到 25	100	100	150	150
				>25~75	100	150	150	250
磨	8	10	20	>75~150	150	200	200	300
				>150~250	250	300	300	400

横向螺旋轧制毛坯

直 径	粗糙度 $R_z(\mu\text{m})$		缺陷层 $T_{\text{缺}}(\mu\text{m})$	直 径 (mm)	粗糙度 $R_z(\mu\text{m})$		缺陷层 $T_{\text{缺}}(\mu\text{m})$
	轧 制 件 精 度				轧 制 件 精 度		
	高精度	标准精度			高精度	标准精度	
到10	0.06	0.10	0.10	>50~80	0.50	0.80	0.8
>10~18	0.10	0.18	0.18	>80~120	0.80	1.20	1.20
>18~30	0.18	0.30	0.30	>120~180	1.20	1.80	1.80
>30~50	0.30	0.50	0.50	>180~220	1.80	2.20	2.20

注: 1. 轧制件切削后端面质量见表1-3。

2. 横向螺旋轧制, 毛坯的表面性质(R_z 、 $T_{\text{缺}}$)是热处理(正常化或调质)后的数值。

3. 热轧圆钢直径及公差见表1-44。

表1-2 轧制件的空间偏差

轧 制 条 件	单位弯曲值 $\Delta_{\text{弯}}$ ($\mu\text{m}/\text{mm}$)					轧 制 条 件	单位弯曲值 $\Delta_{\text{弯}}$ ($\mu\text{m}/\text{mm}$)				
	轧制毛坯直径(mm)						轧制毛坯直径(mm)				
	到 30	$\wedge$ 30~50	$\wedge$ 50~80	$\wedge$ 80~150	$\wedge$ 150		到 30	$\wedge$ 30~50	$\wedge$ 50~80	$\wedge$ 80~150	$\wedge$ 150
精 压 轧 制 毛 坯						热 轧 毛 坯					
按轧制毛坯精度等级提供的情况:						热加工后(不进行矫直):					
IT7 级						在炉中					
IT8 级						高频加热					
IT10和11级						在压力机矫直之后					
IT12 级						横向螺旋轧制毛坯					
热加工之后(不进行矫正):						轧制精度					
在 炉 中						标准的					
高 频 加 热						提高的					

注: 1. 局部弯曲 $\rho_{\text{局部}}$ 按公式进行计算

$$\text{悬臂夹紧时 } \rho_{\text{局部}} = \Delta_{\text{弯}} L_{\text{弯}}$$

$$\text{中心孔安装时 } \rho_{\text{局部}} = 2\Delta_{\text{弯}} L_{\text{弯}}$$

式中 $L_{\text{弯}}$ 从要确定弯曲度的断面到悬臂加工夹紧点的距离($L_{\text{弯}} \leq L$)。用中心孔安装时, 为计算断面到支点的距离(这时 $L_{\text{弯}} \leq 0.5L$)。式中 L 为毛坯全长。

2. 全部弯曲值不超出 $\rho_{\text{全}}$, $\rho_{\text{全}} = \Delta_{\text{弯}} L$

式中 L —— 毛坯全长。切下来的毛坯全部弯曲度也按此公式确定。

3. 空间偏差值总和

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{弯}}^2 + \rho_{\text{定}}^2}$$

式中 $\rho_{\text{弯}}$ —— 弯曲值(全部或局部); $\rho_{\text{定}}$ —— 定位中心孔与毛坯中心的偏移量

$$\rho_{\text{定}} = 0.25\sqrt{T^2 + 1}$$

这里 T —— 定中心时所使用的毛坯定位表面直径公差(mm)

4. 本工步加工之后毛坯的剩余弯曲按表1-21, 或按下式计算:

$$\rho_{\text{剩}} = K_{\text{精}} \rho_{\text{毛}}$$

式中 $\rho_{\text{毛}}$ —— 毛坯弯曲; $K_{\text{精}}$ —— 精度提高系数(见表1-22)

表1-3 轧制毛坯(紧靠支点)切割的端面质量和精度

切 割 方 法	切割精度(mm)(±)				表面质量 ($R_z + T_{\text{缺}}$)	单位垂直 度允差 $\Delta_{\text{垂}}(\mu\text{m}/\text{mm})$
	毛坯直径 d					
	到25	>25~75	>75~150	>150~250	(μm)	
剪 床	1.0	1.3	1.8	2.8	300	见注
带锯, 在铣床上用圆盘铣刀	0.3	0.4	0.5	—	200	0.010
切 削 刀 具	0.25	0.35	0.40	0.50	200	0.045
在冲床上冷切割	1~2	2~4	4~6	—	$R_z = 15 \sim 300$ $T = 1000 \sim 1500$	—

注: 在剪床和冲床上切割时, 在垂直切割表面方向上出现压痕可达 $0.2d$, 端面倾斜达 3° 。压痕和倾斜的数值在毛坯下一步加工时, 对端面, 对直径都必须考虑。