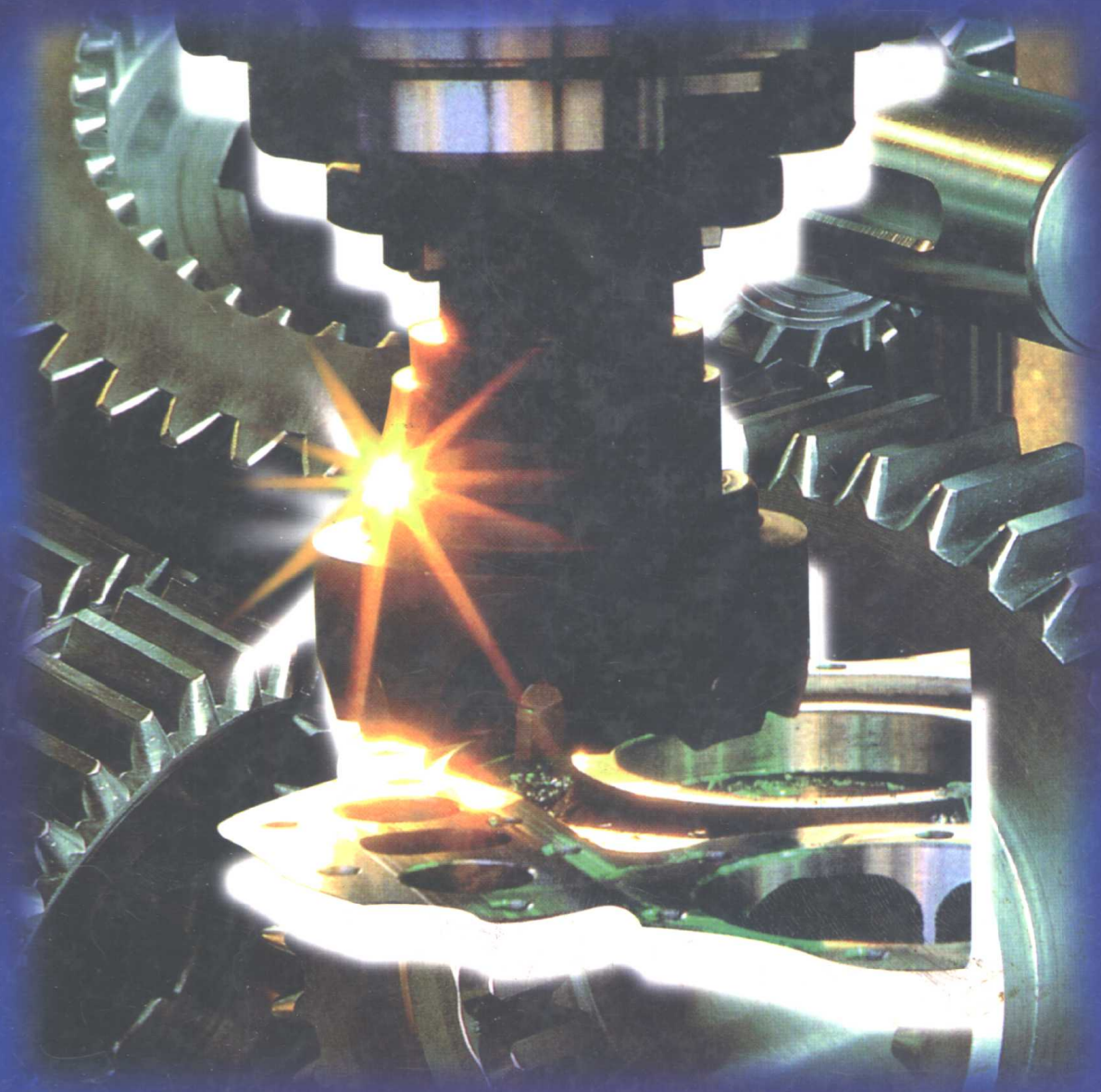


机械加工实用手册

机械加工实用手册编写组 编



机械工业出版社

科学的机械加工是提高加工效率、降低成本、提高产品质量的重要保证。

本手册汇集了作者几十年来积累的行之有效的宝贵经验，并多次在全国机械加工研讨会上推广。

本手册以加工方法为主线，加工数据与加工方法、经验紧密结合。内容包括机械加工质量，刀具角度、加工余量、刀具材料、切削液、通用工、夹、刀具装卡技术，实用数学知识和力学知识，车铣刨镗磨钻等机械加工工艺，钳工，装配，检测，金属材料和热处理，提高加工效率和质量实用技术，等等，共18章。

本手册适用于机械加工工人、技术人员阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械加工实用手册/机械加工实用手册编写组编. —北京: 机械工业出版社, 1997. 4

ISBN 7-111-05486-5

I. 机… II. 机… III. 金属加工-工艺-手册 IV. TG-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 24181 号

出版人: 马九荣 (北京市百万庄南街1号 邮政编码100037)

责任编辑: 蓝伙金 版式设计: 冉晓华 责任校对: 罗凤书

封面设计: 姚学峰 责任印制: 王国光

煤炭工业出版社印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1997年10月第1版 第1次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·53印张·2插页·1810千字

0 001—3 000册

定价: 80.00元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

序 言

本世纪末下世纪初，是振兴我国机械工业使之成为国民经济支柱产业过程中非常关键的时期。

社会主义市场经济机制的建立、工业先进国家科技的发展、与国际接轨的要求、科技发展主体的转换和可以预计到“复关”的冲击，我国机械工业的发展面临新的挑战，机械加工技术的发展战略面临新的抉择。

提高产品质量、降低成本、提高加工效率，努力提高自己的竞争能力，这是各机械企业迫切解决的问题。

应广大机械加工工人、技术人员的要求，机械工业出版社特邀我们这些长期在一线工作的同志，编写了这本通俗、实用，便于查阅的《机械加工实用手册》。

本手册收录了作者近年来的现场工作经验和科研成果，同时编入了有关的常用技术标准，以及可供自学参考的基础知识。

编写过程中，我们力求做到简明、实用、多采用简化计算式和经验数据，并尽量图表化，做到便于查阅应用。

编写过程中，我们得到国内许多工厂和有关专家的鼓励和支持，恕不一一鸣谢。因编者水平有限，不足之处，恳请批评、指正。

编者

机械加工实用手册编写组

主 编 孙承松
编写人 安嘉禄、田慎昌、杜来友、苏恒钦
杨 智、郭 红、孙若真、邓淑敏
安群虎、任德山、徐仲雄、王小军
陈连山、薛连通、李长恩、孙彦才
张灵杰、宋彦华、李亚南、王 朋
王泽普、冯无难、王 非、刘国梁
梁 彬、王昭基、童田林、吕侗光
王永法、马喜德、程德光、孙日升
李玉成、陶喜侃、陶见山、孙序光
岳无病、康力欣、卢柱华

目 录

序言	
第一章 机械加工装配质量 1	
一、概述..... 1	
二、机械加工质量..... 2	
三、毛坯件和粗加工后的热处理..... 4	
四、常见加工工艺过程与质量的关系..... 4	
五、影响三项加工精度的一般性因素..... 6	
六、影响机器装配质量的一般性因素..... 7	
七、影响表面粗糙度的几个方面..... 8	
第二章 刀具角度、加工余量、刀具材料、切削液 9	
一、单刃刀具几何角度..... 9	
二、多刃刀具..... 9	
三、常用铣刀的主要参数..... 10	
四、线速度 v 15	
五、进给量、切削深度..... 16	
六、切削刀具材料的选用..... 17	
七、切削液的选用..... 18	
第三章 通用工、夹、刀具的装卡技术 20	
一、概述..... 20	
二、三爪卡盘装卡..... 22	
三、平口钳装卡..... 25	
四、螺钉、螺母、垫圈装卡..... 29	
五、压板装卡..... 34	
六、挡铁(定位块)装卡..... 38	
七、弯板装卡..... 41	
八、锥体心轴装卡..... 43	
九、两体镗刀精度要求及安装实用技术..... 43	
十、使用旋具和扳手时应注意的问题..... 46	
第四章 实用数学知识及力学知识 47	
一、实用数学知识..... 47	
(一) 平行线与平行度..... 47	
(二) 两条相交直线与斜度、倾斜度..... 47	
(三) 相似三角形..... 49	
(四) 实用偏心距及投影..... 51	
(五) 直角三角形边与角的关系..... 54	
(六) 实用圆上三角形..... 55	
(七) 正弦定理与余弦定理及其应用..... 56	
(八) 实用切线与法线..... 58	
(九) 常用四边形..... 60	
(十) 弧度与角度的转换关系及用途..... 60	
二、实用力学知识..... 62	
(一) 理论力学基本知识..... 62	
(二) 理论力学常用定理..... 62	
(三) 力的合成与分解..... 65	
(四) 实用力矩知识..... 67	
(五) 机器制造中的滑动摩擦力..... 70	
(六) 摩擦力与摩擦力矩..... 70	
(七) 均布力及其合力..... 71	
(八) 实用运动速度知识..... 73	
(九) 切削力与切削热..... 73	
(十) 实用振动知识..... 74	
(十一) 切削加工中的离心力..... 75	
(十二) 离心力的平衡..... 76	
(十三) 实用弯曲知识..... 77	
(十四) 实用接触刚度与防松性知识..... 78	
第五章 车床加工实用技术 81	
一、三爪卡盘装卡加工..... 82	
(一) 一次装卡..... 82	
(二) 两次装卡..... 82	
(三) 车床四项斜度误差对工件加工精度的影响..... 84	
(四) 引起螺母牙型半角误差的因素..... 85	
(五) 引起螺母产生螺距误差的因素与对刀方式..... 86	
(六) 粗车时工件与主轴同时倾斜产生的误差..... 88	
(七) 常用螺母螺纹槽底尺寸表..... 88	
(八) “抬头”、“低头”和鼓肚、凹心问题..... 90	
(九) 用卡盘装卡加工环、套产生的误差及采取措施..... 91	
(十) 用卡盘装卡加工盘、环、套产生直径	

上的垂直误差	93	(九) 多线螺纹的形、数特点	134
(十一) 悬臂式车削端面常见质量问题及采取 措施	93	(十) 车削多线螺纹的分线方法	136
(十二) 用卡盘装卡加工短圆锥面操作 要点	94	(十一) 螺纹车刀	136
(十三) 内、外圆锥长度与小拖板长度差	96	(十二) 车削大螺旋角螺纹车刀安装	139
(十四) 常见内、外圆锥有关尺寸与公差	96	(十三) 车削多线螺纹扳转车刀体的 方法	156
(十五) 台阶式盘、套件的装卡	97	(十四) 直刃螺纹车刀引起的牙形误差	156
(十六) 端面切槽刀具的几种安装方式	98	(十五) 后顶尖偏高引起的牙型半角误差 $\Delta\alpha$	156
(十七) 切断	99	(十六) 螺距误差	158
(十八) 钻、扩、铰孔	99	(十七) 车削丝杠的中径误差	160
(十九) 只用卡盘装卡镗孔	101	(十八) 车削细长轴	163
(二十) 在卡盘上用专用夹具装卡加工	103	(十九) 床面鼓肚、凹心引起各段轴颈的 误差	166
(二十一) 在车床上冷缠弹簧	104	九、用夹一支方式装卡加工	167
二、车床调整	104	(一) 中心架的使用	167
(一) 车床尾座上的有关结构	106	(二) 夹一支方式车削加工	168
(二) 四种主轴受齿轮传动作用力的 方向	107	(三) 提高深孔钻、镗刀具稳定性的 措施	169
(三) 车刀安装	108	(四) 滚花	171
三、用四爪卡盘装卡加工	109	十、在花盘上装卡加工	171
四、装刀方式与进给方向	109	(一) 镗孔件在花盘上的装卡	172
五、莫氏圆锥心轴装卡加工	110	(二) 弯板装卡选用与安装	176
六、楔一顶方式装卡加工	112	(三) 装卡中找加工中心的方法	176
七、用顶一顶方式装卡加工	113	(四) 花盘装卡的镗孔精度	179
(一) 四种顶尖孔	113	(五) 曲柄的装卡加工	179
(二) 常用顶尖	115	十一、在床鞍、滑板上装卡加工	180
(三) 常用卡固、拨盘等辅助工具的 使用	118	(一) 在床鞍、滑板上装卡加工的范围及 扩大措施	180
(四) 推、拉尾座操作要领	119	(二) 镗孔刀具及工件装卡	182
(五) 前、后顶尖不同轴情形分析	119	(三) 诸孔中心高不相同的装卡加工	185
(六) 后顶尖与套筒松动的原因	121	十二、在刀架上装卡加工	185
(七) 用顶一顶方式车削较长锥体操作 要领	122	十三、用靠模加工	186
(八) 用顶一顶方式车削套筒操作要领	123	十四、特殊金属材料工件的车削 加工	188
八、用夹一顶方式装卡加工	124	(一) 铝合金与镁合金工件的车削加工	188
(一) 概述	124	(二) 不锈钢工件的车削	189
(二) 蜗杆螺纹与梯形螺纹	126	(三) 高温合金钢工件的车削	190
(三) 常用丝杠(杆)牙底宽度 a	126	(四) 淬火钢件的车削	191
(四) 车削丝杠及蜗杆在构形方面的 比较	127	(五) 橡胶件的车削	192
(五) 车削外螺纹的车刀与对刀	127	十五、车削振动与波纹	193
(六) 卡盘里边设堵头的作用	129	(一) 车削中的强迫振动与自激振动	194
(七) 车削外螺纹的方法比较	129	(二) 常见波纹、刀痕及原因	195
(八) 车刀前角 γ 引起的半角误差 $\Delta\alpha$	132	十六、新车床和大修合格车床应有的	

精度.....	196	(八) 直线移距分度法	247
第六章 实用铣床加工技术	197	(九) 顶尖座与挂轮用具	249
一、铣工应避免的问题及铣削方式的确定	197	(十) 用分度头卧式加工常用的工、夹具及工件装卡	250
二、铣刀的选用与使用及安装	201	(十一) 对刀	252
(一) 铣刀的选用	201	(十二) 用分度头卧式加工产生误差的原因和解决办法	259
(二) 铣刀的使用	202	(十三) 铣等分平面、轴上键槽和花键	259
(三) 卧铣刀的安装	202	(十四) 铣削直齿铰刀、盘刀周齿	267
(四) 立铣刀的安装	205	(十五) 铣削直齿圆柱齿轮	274
三、铣床调整与铣床精度及选用	206	(十六) 铣螺旋槽	275
(一) 铣床的调整	206	(十七) 铣斜齿轮	289
(二) 铣床精度	210	(十八) 铣蜗轮	292
(三) 铣床的选用	211	(十九) 铣蜗杆	297
四、顺铣与逆铣的选用	212	(二十) 卧式铣链轮	300
五、铣削噪声、波纹与扭刀痕	215	(二十一) 卧式铣球面	307
(一) 卧铣时产生的噪声与波纹原因及消除措施	215	十、用分度头装卡倾仰加工	310
(二) 立铣时产生的噪声与波纹原因及消除措施	216	(一) 工件倾仰加工的装卡特点	310
(三) 噪声、波纹造成的其他问题	216	(二) 倾仰加工的对刀	310
六、铣削各种单一平面	217	(三) 铣直齿圆锥齿轮	311
(一) 铣水平面	217	(四) 铣齿轮常应保证的精度要求	317
(二) 铣削斜平面	218	(五) 铣盘形等速凸轮	318
(三) 铣削垂直平面	219	(六) 倾仰铣端面凸轮	322
七、铣削窄槽、宽槽	221	(七) 倾仰铣球面	322
(一) 铣窄槽的加工方式与误差因果关系	221	(八) 倾仰铣齿形离合器	324
(二) 铣宽槽	223	(九) 倾仰铣三面刃铣刀端面齿	337
八、铣各种平面和宽、窄槽的几项比较	225	(十) 分度头的倾仰方向与进给方向	341
(一) 不同工件材料的切削要素比较	225	(十一) 使工件松动的力矩	342
(二) 铣削加工方式的比较	226	十一、在圆转台上装卡加工	343
(三) 直齿三面刃与有分屑槽的加工比较	226	(一) 工件在圆转台上找正方法	343
(四) 工件装卡方面的比较	227	(二) 手动圆转台和手动铣曲面	346
九、使用分度头装卡加工	231	(三) 铣局部球面	351
(一) 万能分度头	231	(四) 用挂轮法铣滚子链轮	352
(二) 立、卧两用的分度头	232	(五) 用挂轮法铣凸轮	353
(三) 分度头、尾座的安装	232	十二、卧式镗孔	354
(四) 分度操作法和分度方法的应用	233	十三、立式镗孔	357
(五) 简单分度法	234	十四、铣齿条	359
(六) 角度分度法	234	十五、刻线	366
(七) 差动分度法	245	十六、铣刀改进实例	369
		十七、工件装卡实例	374
		十八、减轻导轨、丝杠不均匀磨损的措施	378
		十九、在万能工具铣床上加工	379
		第七章 实用刨床加工技术	382

一、牛头刨床加工	382	(二) 砂轮使用方面的特性	467
(一) 牛头刨床与加工有关的结构	382	(三) 砂轮的平衡	468
(二) 刨各种平面的常用刨刀	387	(四) 砂轮的修整	469
(三) 刨床常用的装卡工具	388	(五) 砂轮参数与磨削面粗糙度的关系	473
(四) 牛头刨床各部工作精度	390	(六) 砂轮的安裝	475
(五) 刨水平面、垂直平面和斜平面的定位精度	391	二、平面磨削	475
(六) 工件的装卡	392	(一) 平面磨削的工件装卡	478
(七) 刨削加工应注意的问题	395	(二) 平面磨床的调整	480
(八) 刨 V 形槽、燕尾槽、T 形槽	397	(三) 薄板工件的磨削	481
(九) 刨斜铁	398	(四) 精细磨削与超精磨削	481
(十) 刨孔中键槽	401	(五) 镜面磨削	482
二、龙门刨床加工	401	(六) 平磨装卡实例	483
(一) 龙门刨床各部工作精度	402	(七) 平面磨床应有的精度	486
(二) 工件装卡	402	(八) 平磨的表面质量	486
(三) 多刀同时加工	404	三、工具磨床加工	487
(四) 加工质量	406	(一) 工具磨床常用的砂轮	487
(五) 精刨刀—宽刃刨刀	406	(二) 磨削各种平面的基本方式	488
(六) 提高加工效率的刨刀—强力刨刀	408	(三) 刀具的磨削	489
(七) 刨刀角度与刨削力的关系	411	(四) 工具磨床附件	497
(八) 工件装卡实例	412	(五) 碗形砂轮倾斜磨削平面产生的误差	497
第八章 实用镗床加工技术	415	(六) 两种刀具磨削砂轮直径的确定	498
一、常用坐标镗床	415	(七) 磨削各种平面工件的装卡	500
(一) 镗床的运动关系	415	四、圆磨加工	502
(二) 镗床的主要部件和加工范围	416	(一) 圆磨机床的主要部件	503
(三) 常用镗床应有的精度	419	(二) 圆磨加工的工件装卡	506
(四) 万能转动工作台	424	(三) 圆磨砂轮和切削用量	509
(五) 与保证镗孔质量有关的几个问题	425	(四) 外圆磨床应有的精度	513
二、工件在镗床上装卡的用具	425	(五) 圆磨常见的加工误差	514
三、镗孔与镗杆的找正	427	(六) 内孔磨床应有的精度	516
(一) 找正方法	427	(七) 圆磨加工方法的比较	516
(二) 找正工具	431	(八) 圆磨装卡实例	517
(三) 通镗杆的找正	434	五、无心磨加工	518
(四) 以工件对称中线找正	437	(一) 无心磨床的参数和导轮	518
四、单刃镗刀和双刃镗刀及镗刀杆	439	(二) 导板的用途、选用和安装	520
五、镗床调整	450	(三) 砂轮直径与磨削面粗糙度和无心磨削误差	521
六、镗孔技术	452	第十章 实用钻孔、扩孔、铰孔加工技术	523
七、镗孔质量分析	458	一、钻孔	524
八、镗床扩大加工范围	462	(一) 钻头角度的选用和刃磨	524
第九章 实用磨床加工技术	464	(二) 常用群钻	528
一、砂轮的选用、平衡、安装、修整	465	(三) 钻头的安装	537
(一) 砂轮及其磨削范围	465	(四) 钻孔的切削用量	537

(五) 钻孔工件的装卡	540	(二) 工件的装卡与砂轮架的调整	617
(六) 钻床的使用与调整	544	(三) 磨齿循环过程	618
(七) 钻孔的方法	547	七、蜗轮蜗杆的精密加工	619
(八) 提高钻孔精度的措施	552	(一) 蜗轮的加工	619
(九) 钻头的折断	553	(二) 蜗杆的加工	620
二、扩孔与镗孔	554	八、刨齿加工	621
三、铰孔	557	(一) Y236 型刨齿机简介	621
(一) 铰刀	557	(二) 锥齿轮精刨刀的型式和尺寸及 安装	622
(二) 铰孔精度的保证	560	(三) 工件的装卡	627
(三) 新型铰刀	567	(四) 刨齿前的准备工作	629
第十一章 实用拉、插加工技术	568	(五) 刨齿机加工误差分析	629
一、拉削加工	568	第十三章 实用钳工加工技术	630
二、插削加工	569	一、锉削加工	630
第十二章 实用齿轮加工技术	571	二、锯切加工	634
一、渐开线齿轮的特性和精度	573	三、铣削加工	638
(一) 渐开线齿轮的特性	573	四、调直和调平	643
(二) 渐开线齿轮的几何计算	574	(一) 调直	643
(三) 变位齿轮	578	(二) 调平	645
(四) 齿轮传动精度与加工精度的关系	580	五、剪切、弯曲加工	650
(五) 齿坯的公差	581	(一) 手工剪切	650
二、滚齿加工	581	(二) 弯曲加工	650
(一) Y38-1 型滚齿机简介	582	(三) 缠制弹簧	654
(二) 滚刀的选用与安装	586	(四) 板料弯作	655
(三) 工、夹具与工件的装卡	590	六、铆接加工	656
(四) 滚齿加工方法	592	七、划线加工	659
(五) 斜齿轮的滚切加工	594	(一) 划线工具	659
(六) 大质数齿轮的滚切加工	599	(二) 实用基本划线法	664
(七) 蜗轮的滚切加工	600	(三) 量取尺寸	667
三、插齿加工	600	(四) 划线方法	667
(一) Y54 型插齿机简介	600	(五) 打样冲眼应注意的问题	673
(二) 插齿与滚齿加工的比较	601	(六) 用千斤顶支承划线	673
(三) 插齿刀的选用与安装	602	八、攻螺纹和套螺纹	675
(四) 工、夹具与工件的装卡	604	(一) 攻螺纹	675
四、剃齿加工	605	(二) 套螺纹	681
(一) Y4245 型剃齿机简介	605	(三) 用手摇钻攻螺纹	684
(二) 剃齿刀的选用与安装	606	(四) 机攻螺纹	685
(三) 工件的装卡	607	九、刮研加工	686
(四) 剃齿加工方法	607	(一) 刮研的精度和检验	687
五、滚、插、剃齿精度分析	609	(二) 刮刀及其刃磨与修磨	690
(一) 滚齿精度分析	609	(三) 刮削方法和刮削姿势	692
(二) 提高滚、插、剃齿精度的途径	612	(四) 推研的操作	698
(三) 插齿机应有的精度	614	十、研磨加工	699
六、磨齿加工	615		
(一) Y7131 型磨齿机简介	616		

(一) 研磨工具	699	四、传动零件受力简况和修理	747
(二) 研磨剂	702	五、丝杠和导轨的磨损和修理	748
(三) 研磨方法	703	六、箱体、支承座、床身的损伤和 修理	749
(四) 修理研磨	705	七、修理工艺	750
第十四章 实用装配技术	710	第十六章 实用检测技术	756
一、装配的精度和性能要求	710	一、量具、量仪的选用	757
二、装配前的准备工作	712	二、量具、量仪的应用	760
三、装配方法的应用	713	三、检测方法	808
四、装配工具	714	第十七章 实用金属材料和热处理 技术	820
五、键、销、螺纹联接的装配	716	一、金属材料	820
六、滑动轴承与滚动轴承的装配	724	二、热处理技术	832
七、传动轴部件的装配	731	第十八章 提高加工效率和质量的实用 技术	834
八、丝杠和导轨的装配	733	一、提高加工效率	834
第十五章 实用机器修理技术	737	二、提高加工、装配质量	838
一、准备工作	738		
二、键、销、螺纹联接的拆卸和 修理	740		
三、滚动轴承、滑动轴承和衬套的 拆卸和修理	745		

第一章 机械加工装配质量

各种机器都具有既定的几种工作性能，这些性能都是由各种零件来实现的，这就要求各种零件都要有相适应的精度和表面粗糙度。

1. 加工质量

由板料、棒料和各种毛坯变成合格零件，主要是依靠切削加工来完成的。加工质量主要是指切削加工质量，包括加工尺寸精度、形状精度和位置精度，还有表面粗糙度。

2. 装配质量

装配质量主要包括：

(1) 各个部件之间应有的位置精度及位置尺寸精度。

(2) 振动（噪声要求）。

(3) 与位置精度和振动有关的固定连接可靠性。

一般说来，由原材料、毛坯到合格零件，是由粗加工到精加工的过程，加工精度逐渐地高起来。最后工序就是零件图样上的精度要求。

零件质量高低是装配质量高低的基础。装配技术好，是装配质量好的主要方面。

装配质量合格的标志可归纳成下述几条：

(1) 所有精度要求项目都合格，且在机器工作起来不发生精度下降很快的现象。

(2) 所有固定连接尤其是接近工作部位的那些固定连接不发生提前松弛和松动情况。

(3) 机器工作起来振动引起噪声没有提前加大的情况发生。

简单说，既要达到精度要求又要稳定耐用，修理后的机器也应当如此。

一、概 述

机器的一般性制造过程见表 1-1。

表 1-1

制造过程	工作 内 容	备 注
准备工作	准备原材料：棒料、板材、型材，安排锻件、铸件等	买进时，检验质量、查点数量，后入库（场）保管
	准备刀具：各种标准刀具、砂轮、车刀、刨刀，安排二类刀具的生产	
	准备辅料：砂布、砂纸、棉丝、机油、煤油、乳化液、刷子等	

(续)

制造过程	工作 内 容	备 注
机械加工	铸件时效处理，锻件的退火、正火处理等	在各个生产工序（工步）周转，包括热处理
	粗加工——车、铣、刨、钻——热处理（调质、正火）	
	半精加工——车、铣、刨、拉、插、滚齿、插齿——热处理（调质、正火、淬火）	
装配	检测零件，包括批量生产的分组机构装配、组合件装配 部件装配——零件与某些机构的装配 整机装配——各个部件的装配 检验	装配中的刮修、研磨、修补等，为必备手段
	包装、入库	

机械加工指的是：切削加工、无屑加工，铸、锻、冲压和热处理及冰冷处理，工作内容见表 1-2。

表 1-2 机械加工过程的工作内容

加工类型	工作 内 容	备 注
毛坯制造	轧制——棒材、板材、线材、型材	多为钢材、铸铁、铜、铝件比较少
	锻造加工——自由锻、模锻，轴类包括丝杠、盘类、套和环类等	
	铸造加工——床身、基座、箱体、尾座及带轮、套类和齿形离合器、铸造棒材等	
	冲切、压延——罩式件、端盖件、盒式件等各种板材零件	

(续)

加工类型	工作内容	备注
切削加工	轴类件——车、磨、铣 丝杠——车、磨 齿轮——车、磨、滚、插、剃等 复杂铸件——刨、铣、磨、刮研、钻、攻、铰 连杆、杠杆——铣、刨、钻(扩)、镗(铰) 套、筒、环——车、磨、拉(推)、插	机器零件大多数是切削加工出来的
无屑加工	挤光、滚光、抛光等	这两项与生产批量大小有关,也与技术水平有关
特种加工	电火花加工、电解加工、超声加工、激光加工等	
热处理 冰冷处理	淬火——整体淬火、局部淬火包括渗碳、渗氮淬火、退火、正火、调质 冰冷处理——精密仪器主轴等重要零件	提高耐磨性、改善金属内部组织
表面加工	电镀、发黑、发蓝、喷漆	

二、机械加工质量

各种加工的质量范畴见表 1-3。

表 1-3 各种机械加工的质量范畴

项目	加工质量范畴	备注
原材料和毛坯质量	表面粗糙——皆为原材料和毛坯的原表面 精度低——尺寸精度、形状精度、位置精度皆低	这些工艺的 加工过程注 定如此
切削加工质量	粗加工 } 表面粗糙度 R_z 、 R_a 逐 半精加工 } 步减小。尺寸精度、 形状精度、位置精度 精加工 } 逐步提高,即:三项 超精加工 } 要求的公差(偏差) 逐步减小	应当注意:即 是铣刨加工也 能加工出精度 高的工件,即 是磨削加工有 时精度与铣刨 类同
无屑加工质量	粗糙度 R_a 很小,多数比超精加工的粗糙度还高,尺寸精度、形状精度和位置精度在切削加工的精与超精加工之间	与特种加工类似,加工精度究竟有多高,还看具体工艺过程而定

(续)

项目	加工质量范畴	备注
热处理质量	表面硬度、材料组织符合要求 轴件、板式件有弯曲变形,环盘、套孔变形不圆。表面有粘附料	凡经热处理的件,多少都有变形,表面都粘附杂物
冰冷处理质量	表面洁净 消除内部残余奥氏体、稳定内部马氏体 各种变形非常小	此种工艺过程完了不留给人们再要劳作的余迹
表面处理质量	电镀层深度、发黑厚度符合要求 发黑、发蓝颜色符合要求 喷漆层是否结实	一般不会引起零件变形

切削加工平面粗加工精度见表 1-4。

表 1-4 粗铣、刨、磨、拉平面的加工精度

(μm)

高度或厚度基本尺寸(mm)	用圆柱铣刀、端齿铣刀粗铣、刨削			粗磨一次		粗拉
	IT14	IT13-12	IT11	IT8-9	IT8~9	IT11-10
10~18	430	220	110	35	18~35	—
>18~30	520	270	130	45	21~45	130~84
>30~50	620	320	160	50	25~50	160~100
>50~80	740	380	190	60	30~60	190~120
>80~120	870	440	220	70	35~70	220~140
>120~180	1000	510	250	80	40~80	250~160
>180~250	1150	590	290	90	46~90	290~185
>250~315	1300	660	320	100	52~100	—
>315~400	1400	730	360	120	57~120	—

粗加工外圆表面精度见表 1-5、表 1-6。

表 1-5 粗车、粗磨外圆表面的加工精度

(μm)

直径基本尺寸(mm)	粗车	粗磨	直径基本尺寸(mm)	粗车	粗磨
	IT13~12	IT8~9		IT13~12	IT8~9
1~3	140~100	14	>50~80	460~300	46
>3~6	180~120	18	>80~120	510~350	54
>6~10	220~150	22	>120~180	680~400	63
>10~18	270~180	27	>180~250	720~460	72
>18~30	330~210	33	>250~315	810~520	81
>30~50	390~250	39	>315~400	890~570	89

表 1-6 粗加工圆柱孔的方法、精度 (μm)

孔径基本尺寸 (mm)	钻孔	粗拉孔	粗镗孔	粗磨孔	粗扩孔
	IT13 ~11	IT11 ~10	IT13 ~12	IT10 ~9	
1~3	60				
>3~6	75				
>6~10	90				
>10~18	220~110	160~100	220	43	220
>18~30	270~130	190~120	270	52	270
>30~50	320	220~140	320	62	320
>50~80	380	250~160	380	74	380
>80~120			440	87	440
>120~180			510	100	
>180~250			590	115	
>250~315			660	130	
>315~400			730	140	

半精加工平面的方法与粗加工相同,对于同样工件来说,粗加工与半精加工的区别主要是切削用量的不同。半精加工平面的精度见表 1-7~表 1-9。

表 1-7 半精铣、刨、拉平面的精度

高度或厚度基本尺寸 (mm)	用圆柱铣刀和端齿铣刀加工、刨削 (mm)		高度或厚度基本尺寸 (mm)	用圆柱铣刀和端齿铣刀加工、刨削 (mm)	
	半精拉削			半精拉削	
	IT13 ~8	IT9 ~8		IT13 ~8	IT9 ~8
10~18	220~110	45	>120~180	510~250	90
>18~30	270~130	50	>180~250	590~290	
>30~50	320~160	60	>250~315	660~320	
>50~80	380~190	70	>315~400	730~360	
>80~120	440~220	80			

表 1-8 半精车、一次磨成外圆表面的加工精度

直径基本尺寸 (mm)	半精车或一次加工		直径基本尺寸 (mm)	半精车或一次加工	
	IT13 ~11	IT7 左右		IT13 ~11	IT7 左右
1~3	120~60	10	>6~10	200~90	15
>3~6	160~75	12	>10~18	240~110	18

(续)

直径基本尺寸 (mm)	半精车或一次加工		直径基本尺寸 (mm)	半精车或一次加工	
	IT13 ~11	IT7 左右		IT13 ~11	IT7 左右
>18~30	280~130	21	>120~180	530~250	40
>30~50	340~160	25	>180~250	600~290	46
>50~80	400~190	30	>250~315	680~320	52
>80~120	460~220	35	>315~400	760~360	57

半精车和一次磨成,同粗加工外圆表面相比,主要差别是切削用量不同。

表 1-9 半精加工内孔表面的精度

孔径基本尺寸 (mm)	半精加工内孔表面的精度 (μm)		
	半精铰孔 IT11~10	半精镗孔 IT11	半精拉孔 IT9
1~3			
>3~6	75~48		
>6~10	90~58		
>10~18	110~70	110	43
>18~30	130~84	130	52
>30~50	160~100	160	62
>50~80	190~120	190	74
>80~120	220~140	220	87
>120~180	250~160	250	100
>180~250	290~185	290	
>250~315	320~210	320	
>315~400		360	

精加工同样工件的平面、外圆表面和内孔表面,主要是切削深度和进给量比半精加工的更小。精加工精度见表 1-10~表 1-12。

表 1-10 精铣、精磨、精拉平面的加工精度

高度或厚度基本尺寸 (mm)	精加工平面的加工精度 (μm)				
	精铣 IT9~8	细铣 IT7~6	精拉 IT7~6	精磨 IT7	细磨 IT6
10~18	35	18~11		18	11
>18~30	45	21~13	21~13	21	13
>30~50	50	25~16	25~16	25	16
>50~80	60	30~19	30~19	30	19
>80~120	70	35~22	35~22	35	22

(续)

高度或厚度基本尺寸 (mm)	精铣	细铣	精拉	精磨	细磨
	IT9~8	IT7~6	IT7~6	IT7	IT6
>120~180	80	40~25	40~25	40	25
>180~250	90	46~29	46~29	46	29
>250~315	100	52~32		52	36
>315~400	120	57~36		57	40

表 1-11 精加工外圆表面的精度

(μm)

直径基本尺寸 (mm)	精车	精磨	滚柱滚压
	IT8	IT7~6	IT7~6
1~3	14	10~6	10~6
>3~6	18	12~8	12~8
>6~10	22	15~9	15~9
>10~18	27	18~11	18~11
>18~30	33	21~13	21~13
>30~50	39	25~16	25~16
>50~80	46	30~19	30~19
>80~120	54	35~22	35~22
>120~180	63	40~25	40~25
>180~250	72	46~29	46~29
>250~315	81	52~32	52~32
>315~400	89	57~36	57~36

表 1-12 精加工内孔表面的精度 (μm)

孔径基本尺寸 (mm)	精铰	细铰	精镗	金刚镗	精磨
	IT9~8	IT7~6	IT9~8	IT7~6	IT8~7
1~3	30~18				
>3~6	36~22	12~8			
>6~10	43~27	15~9			
>10~18	52~33	18~11	43~27	18~11	27~18
>18~30	62~39	21	52~33	21~13	33~21
>30~50	74~46	25	62~39	25~16	39~25
>50~80	87~54	30	74~46	30~19	46~30
>80~120	100~63	35	87~54	35~22	54~35
>120~180	115~72	40	100~63	40	63~40
>180~250	130~81	43	115~72	46	72~46
>250~315		52	130~81	52	81~52
>315~400			140~89	55	89~57

上列表由粗加工到精加工三种基本表面的过程,特点是:

1. 加工精度越来越高,表面粗糙度同时越来越小。
2. 切削深度、进给量越来越小。
3. 最后一道工序的加工精度就是零件图样上的精度。

三、毛坯件和粗加工后的热处理

(表 1-13)

各种原材料和毛坯都有不同程度的材料组织方面的不足,若不经适当的热处理、直接投入切削加工,首先容易发生的问题是打刀刃,接着是钝化刀刃、有局部表面质量问题等。

表 1-13 毛坯件和粗加工后的热处理

项目	造成质量问题的原因	热处理方法	备注
毛坯热处理	1. 冷却时间短,温度低 2. 地面湿或有水 3. 风雨氧化 4. 铸件内部有砂眼、白口铁 5. 内部组织不均匀	铸件——退火(焖火)、人工时效、自然时效、振动处理 锻件——退火、正火 轧制件——正火、退火	消除硬皮、内应力和使内部组织改善,以利切削加工
粗加工后热处理	1. 粗加工形成的新硬层 2. 进一步改善原组织的各种不均匀状况	钢材工件——调质、正火、退火 铸造工件——人工时效、自然时效	改善切削性能,提高力学性能和加工质量

注: 1. 对于铸铝、铸铜件,内部组织常有缺陷,也需要先经适当热处理,然后再加工。

2. 重要的铸件应当经过足够时间的人工时效,才能满足加工需要和多年工作的需要。

3. 重要的零件如机器主轴,半精加工后还需要经过调质处理等。

四、常见加工工艺过程与质量的关系

1. 加工外圆常见工艺过程与质量的关系(表 1-14)

机器零件中的盘、套、筒、环、轴和丝杠及铣刀、齿轮加工刀具等,其外圆表面要切削加工,不同的零件和刀具,由于粗到精的加工过程不相同,所得精度及表

面粗糙度也不一样。

(续)

表 1-14 外圆加工常见工艺过程与质量的关系

工艺过程	精 度	表面粗糙度 R_a (μm)
粗车、半精车、精车	IT9~IT7	1.25~0.63
粗车、半精车、精车、细车	IT9~IT6	1.25~0.32
粗车、调直、半精车、精磨	IT8~IT6	0.63~0.16
粗车、调直、精车、精抛光	IT8~IT6	0.16~0.08
粗车、半精车、精抛光、细抛光	IT8~IT6	0.08~0.04
粗车、半精车、精车、精磨、细磨	IT6	0.32~0.16
粗车、半精车、精磨、细磨、研磨	IT6~IT5	0.16~0.08
粗车、调质、精车、调直、磨削、冰冷处理、研磨	IT5	0.16~0.08
粗车、精车、精磨、细磨、研磨	IT5	0.08~0.04
粗车、半精车、精车、精磨、细磨、研磨、细研	IT5~IT4	0.08~0.04

注：抛光的加工精度比研磨低，表面粗糙度 R_a 值却很小。

2. 内孔加工常见工艺过程与质量的关系 (表 1-15)

盘形零件包括铣刀、齿轮加工刀具和连杆、杠杆、支座孔、箱体孔等，经过不同的工艺过程，得到不同的加工精度和表面粗糙度。

表 1-15 内孔加工常见工艺过程与质量的关系

工艺过程	精 度	粗糙度 R_a (μm)
钻孔、粗扩孔、精扩孔	IT12~10	2.5
钻孔、扩孔、铰孔	IT10~9	2.5~1.25
钻孔、扩孔、粗铰、精铰	IT8~7	1.25~0.10
钻孔、扩孔、粗镗、精镗	IT9~7	1.0~0.63
钻孔、调质、粗镗、调质、精镗、细镗	IT8~6	0.63~0.10
钻孔、调质、粗镗、拉削	IT7~6	0.32~0.16
粗镗、退火、精镗、刮研	IT6~5	0.32~0.16
钻孔、退火、粗镗、精镗、精金刚镗	IT5左右	0.08~0.04
粗镗、退火、精镗、粗研磨	IT5~4	0.08~0.04

工艺过程	精 度	粗糙度 R_a (μm)
粗镗、精镗、退火、精研、细研	IT4左右	0.08~0.025
钻孔、拉孔、调质、珩磨、精研、细研	IT4左右	0.08~0.025
粗镗、退火、拉削、退火、金刚镗、研磨	IT4~3	0.32~0.16
粗镗、退火、时效处理、精镗、精研、细研	IT7~5	0.08~0.025

外圆加工由粗到精，其直径尺寸逐步减小。内孔加工由粗到精，其直径尺寸逐步加大。其切削深度都是逐步减小，其加工精度则是逐步提高。

3. 平面加工常见工艺过程与质量的关系 (表 1-16)

连杆、杠杆的两个平面，支座、尾座的底平面，各种模具的 2~6 个平面，箱体和大件的 2~4 个平面，各种夹具体的 2~6 个平面，各种导轨的 2~6 个平面等等，都要切削加工到合格零件为止。加工工艺过程的不同，得到的加工质量也不相同。

表 1-16 平面加工常见工艺过程与质量的关系

工艺过程	精 度	粗糙度 R_a (μm)
粗刨、半精刨、时效处理、精刨	IT9~8	1.25~0.63
粗刨、退火、半精刨、退火、精刨、细刨	IT8~6	0.63~0.32
粗铣、退火、半精铣、精铣	IT8~7	0.63~0.32
粗铣、调质、半精铣、粗磨、精磨	IT8~6	0.63~0.32
粗刨、退火、粗磨、精磨、细磨	IT7~5	0.32~0.10
粗铣、调质、精铣、精磨、细磨	IT6~5	0.10

表 1-4~表 1-16 均未涉及到具体工件的形状尺寸结构特点，也未涉及使用具体工、夹具和刀具及机床，表中数据只是一般能达到的加工质量。具体工艺措施与所能达到的加工精度与粗糙度，将在以后车、铣、刨、镗、磨、钻、铰等有关章节详细讨论。

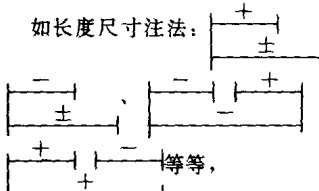
五、影响三项加工精度的一般性因素

三项加工精度：尺寸精度、形状精度和位置精度。

尺寸精度：机器零件在切削加工和无屑加工时，首要保证的精度要求是尺寸公差。

影响切削加工尺寸精度的常见因素见表 1-17。

表 1-17 影响加工尺寸精度的主要方面

主要方面	说 明	备注
进给量不准确	1. 对自用机床刻度盘的刻度精度，包括刻线粗细不一的影响，应当尽早了解和掌握 2. 尽早能准确地读出 1 小格的 $\frac{1}{2}$ 、 $\frac{1}{3}$ 、 $\frac{1}{4}$ 、 $\frac{1}{5}$ 所具有的数值 3. 能影响进给深度准确的因素如丝杠“空程”、有关接触端面引起的松弛等	有关部位失常时应当自行检查调整复原
工作台下沉	如万能铣床、立铣床、工具铣床等，对刀时得到的深度尺寸，加工起来工作台连同工件一起下沉，引起加工深度减小等	若已查知有下沉问题，应将升高量酌情加大
长度尺寸加工先后等方面	如长度尺寸注法：  等等，加工的先后与余量大小、装卡与切削注意程度等方面皆会有影响	相关长度尺寸加工先后顺序由工艺规程决定时，应在各段长度留有足够余量
使用量具不正确和考虑不全	1. 可用卡尺也可用百分尺检测，可用 0.05 卡尺也可用 0.02 卡尺检测等，会在微小数值范围不一致 2. 同是 0.02 卡尺、0.01 百分尺，因使用情况和时间的不同，实际精度不同，也会在微小数值范围不一致 3. 同样量具使用和读数的正确程度不同，也会引起上述类似问题。 4. 小工件在量具量面的位置、接触程度不同，也会引起上述类似问题	

(续)

主要方面	说 明	备注
切削温度影响	机床一停就进行检测，对于精细加工，如磨削、研磨等，检测直径、厚度等外部尺寸都“偏大”，检测孔、槽等内部尺寸则都“偏小”。待切削工件冷却之后，外部尺寸偏小、内部尺寸则变大	按精度要求高低和工件厚度确定冷透时间，再行检测即可消除此项
检测方法不统一	如检测轴颈测其中部尺寸一次、测其里端尺寸一次和测其外端尺寸一次，不一样的多；检测板件厚度时测处不同得到的数值差度会更大；较深的孔，用内径表检测、用卡尺内量面测其两端等，皆会得到不同结果	应与检验人员尽早统一。自检方法应尽早正确起来
不甚了解检测允许的误差	各种刻线量具皆有示值精度，检测尺寸大小不同允许的检测误差不一样	

形状精度：保证形状精度的具体过程是车、铣、镗、磨等具体章节的使命。表 1-18 列出影响加工形状精度的主要方面。

表 1-18 影响加工形状精度的主要方面

主要方面	说 明	备注
机床制造误差、磨损和弯曲变形	1. 机床床面的鼓肚、凹心 2. 后顶尖与主轴不同轴 3. 工件(刀具)与移动部分的不垂直、不平行，移动部分之间的不垂直、不平行 4. 移动部分与固定部分(基准)不平行、不垂直 5. 刀具或工件运动轨迹不精确	机床本身精度不一样，使用时间长短不一样，使其实际加工形状精度也不相同
夹具的制造与安装误差	1. 夹具自身制造误差、磨损和松弛、变形 2. 夹具在机床上安装不够精确 3. 工件在夹具中的安装误差 4. 夹具相对刀具的安装误差	

(续)

主要方面	说 明	备 注
切削当中出现松弛	<ol style="list-style-type: none"> 1. 刀具装卡牢固性不足在加工中发生松弛 2. 夹具装卡牢固性不足在加工中发生松弛 3. 工件装卡牢固性不足在加工中发生松弛 4. 机床某些部位在加工中松弛程度大到引起工件产生形状误差 	松弛部位有二： <ol style="list-style-type: none"> 1. 距切削位置附近的地方容易松 2. 固联接接触刚性差的部位先松
成形刀具包括螺纹车刀的制造、安装误差	各种铣刀、齿轮加工刀具、成型砂轮等制造误差和安装误差及磨损，皆会成为工件加工表面产生形状误差的因素，包括棒式刀具如钻头、铰刀、立铣刀等	一是这些刀具安装误差，一是这些刀具相对切削面的位置误差为主
工件存放不当	中、长轴及丝杠，面积较大的板件、内腔较大的主体和箱体、薄环、薄壁套筒等等，存放不当，皆会产生弯曲、弯翘等变形，造成形状乃至相互位置改变	

注：表中产生几何误差的因素中，包含了一些同时也产生的位置误差和位置尺寸误差。

位置精度：零件形状不复杂，但用途比较重要，位置精度要求项目较多；结构形状比较复杂，用途也比较重要，其位置精度要求项目更多些，位置精度的要求密切地联系着零件的结构形状及用途。

表 1-19 影响加工位置精度的主要方面

主要方面	说 明	备 注
工件两次装卡	<ol style="list-style-type: none"> 1. 工件在三爪卡盘和四爪卡盘中两次装卡不同轴，产生位置误差 2. 在平口钳上两次装卡产生的倾斜程度不同 3. 在工作台面两次装卡的位置不相同 	包括在专用夹具上装卡，两次装卡大多数有位置误差
用间隙配合轴装卡	车、铣、圆磨、滚齿、插齿等切削加工，用圆柱心轴与工件孔相配有间隙的装卡，加工外圆柱面、外部齿形，皆有位置误差	各种位置误差皆与配合间隙大小和不均匀度有关系

(续)

主要方面	说 明	备 注
以工件侧面定位加工	在车、铣、刨、工具磨机床上以工件侧面定位加工，定位件定位误差、工件未全贴好、定位件产生位移等，皆会引起加工位置误差	工件数量多，后来出现定位件松弛；装卡中工件位移、未全贴好等
对刀位置不够精确	<ol style="list-style-type: none"> 1. 车削螺纹的刀具对刀时考虑影响因素少 2. 在铣床上夹一顶和顶一顶等方式加工多齿工件的对刀位置不够精确 3. 滚齿、刨齿等加工渐开线齿轮的对刀不够精确 	对刀不精确，直接影响加工面位置精度
装卡加工方式方法不当	<ol style="list-style-type: none"> 1. 用一把三面刃铣刀铣宽槽、铣花键等 2. 用碗形砂轮磨削垂直平面等 3. 某些垂直平面和直槽位处平磨磁盘外边加工 	半精加工，方式方法不当引起的位置误差应予重视。精加工时应予减小
机床自身结构特点	<ol style="list-style-type: none"> 1. 牛头刨床工作台在切削中外端下斜 2. 工具铣床用分度头和尾座装卡加工等，工作台外端下斜 3. 卧式镗床镗几个深孔时镗杆与升降导轨下斜 	加工前适当调整、从装卡工件和刀具方面予以补偿，是减小误差的途径

注：其中有一些原因也包含着产生形状误差的成分。

六、影响机器装配质量的一般性因素 (表 1-20、表 1-21)

表 1-20 影响机器装配质量的主要方面

主要方面	说 明	备 注
位置精度要求	<ol style="list-style-type: none"> 1. 机器主轴的径向圆跳动和端面圆跳动 2. 主轴与尾座顶尖的同轴度 (多为双向要求) 3. 垂直导轨的垂直度 4. 主要部件之间的平行度、垂直度等 	没有充分利用互补和可补的方法装配，装配采用的补偿手段不当情况居多
机器工作精度的持久性	<ol style="list-style-type: none"> 1. 某一项乃至几项工作精度不到寿命期限就下降 2. 某一种或两、三种分布状况的波纹提前出现 3. 派人到用户修理、因质量问题而退货 	多由松弛引起，少数为设计、运输、安装不当所致