

 高职高专“工学结合”特色教材



主编 陈兴和 周益军

机械制造工艺与 专用夹具设计

 江苏大学出版社
JIANGSU UNIVERSITY PRESS



高职高专“工学结合”特色教材

数控车床编程与操作实训

机械设计

机械零件加工与设备

冷冲压模具设计与实训

机械制造工艺与专用夹具设计

责任编辑：李菊萍
装帧设计：米 兰

ISBN 978-7-81130-549-4



定价：38.00元



高职高专“工学结合”特色教材



主 编 陈兴和 周益军

机械制造工艺与 专用夹具设计



江苏大学出版社
JIANGSU UNIVERSITY PRESS

镇 江

图书在版编目(CIP)数据

机械制造工艺与专用夹具设计 / 陈兴和, 周益军主
编. —镇江: 江苏大学出版社, 2014. 2
ISBN 978-7-81130-549-4

I. ①机… II. ①陈… ②周… III. ①机械制造工艺
—高等教育—教材 ②机床夹具—设计—高等教育
—教材 IV. ①TH16②TG750.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 012623 号

机械制造工艺与专用夹具设计

Jixie Zhizao Gongyi yu Zhuanyong Jiaju Sheji

主 编/陈兴和 周益军

责任编辑/李菊萍

出版发行/江苏大学出版社

地 址/江苏省镇江市梦溪园巷 30 号(邮编: 212003)

电 话/0511-84446464(传真)

网 址/http://press. ujs. edu. cn

排 版/镇江文苑制版印刷有限责任公司

印 刷/句容市排印厂

经 销/江苏省新华书店

开 本/787 mm×1 092 mm 1/16

印 张/17.5

字 数/448 千字

版 次/2014 年 2 月第 1 版 2014 年 2 月第 1 次印刷

书 号/ISBN 978-7-81130-549-4

定 价/38.00 元

如有印装质量问题请与本社营销部联系(电话:0511-84440882)

Contents

目 录

机械制造工艺的基础知识	1
0.0 引 言	1
0.1 基本概念	2
0.1.1 生产过程	2
0.1.2 工艺过程	2
0.1.3 生产纲领	4
0.1.4 生产类型的划分	4
0.1.5 生产类型的工艺特征	5
0.2 结构工艺性分析	5
0.2.1 零件分析	5
0.2.2 分析零件的结构工艺性	6
0.2.3 装配和维修的零件结构工艺性	10
0.3 基准的定义和分类	11
0.3.1 基准的定义	11
0.3.2 基准的分类	11
模块 1 轴套类零件机械加工工艺编制	13
1.1 轴类零件的工艺路线拟定	15
1.1.1 实心轴的工艺路线拟定	15
1.1.2 空心轴的工艺路线拟定	18
1.1.3 丝杆加工	26
1.2 套类零件的工艺路线拟定	28
1.2.1 概 述	28
1.2.2 套筒类零件的工艺路线拟定	30
1.3 曲轴的工艺路线拟定	31
1.3.1 曲轴概述	31
1.3.2 曲轴的机械加工工艺过程分析	33
1.3.3 曲轴机械加工工艺过程	35
1.3.4 采用车-车拉数控加工的曲轴加工工艺	36

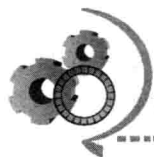


1.4 知识梳理	37
1.4.1 机械加工工艺流程的作用	37
1.4.2 机械加工工艺流程的常见形式	37
1.4.3 机械加工工艺流程的设计步骤	39
1.4.4 制定机械加工工艺流程的原则	41
1.5 知识拓展	42
1.5.1 轴类零件的种类	42
1.5.2 活塞类零件工艺路线拟定方法	42
1.5.3 拓展训练	54
练习与思考	56
模块2 盘盖类零件机械加工工艺编制	58
2.1 盘类零件的工艺路线拟定	59
2.1.1 圆柱齿轮工艺路线拟定	59
2.1.2 离合齿轮工艺规程编制	59
2.2 知识梳理——毛坯类型和余量确定方法	62
2.2.1 毛坯的种类和选择方法	62
2.2.2 毛坯余量的一般确定方法	65
2.2.3 齿轮加工中的相关知识	68
2.3 知识链接——工艺尺寸链计算方法	72
2.3.1 尺寸链的基本概念	72
2.3.2 尺寸链的分类	73
2.3.3 尺寸链的计算	73
2.3.4 设计基准重合时工艺尺寸链的建立和计算	75
2.3.5 工艺基准与设计基准不重合时工艺尺寸链的建立和计算	76
2.4 知识拓展	79
2.4.1 齿轮的其他形式	79
2.4.2 齿轮齿表面的精加工方法	79
练习与思考	86
模块3 箱体类零件机械加工工艺编制	88
3.1 箱体类零件工艺规程编制	89
3.2 知识梳理——箱体类零件表面加工方法	92
3.2.1 箱体平面加工方法	92
3.2.2 箱体孔系加工	95
3.3 知识链接——拟定箱体类零件的工艺路线应注意的问题	102
3.3.1 箱体加工粗基准和精基准选择原则	102
3.3.2 加工顺序和加工阶段	104
3.3.3 热处理工序和检验工序的安排	105
3.4 知识拓展——箱体类零件工艺过程中工序尺寸的计算	105

3.4.1 加工经济精度与加工方法的选择	105
3.4.2 孔系坐标尺寸(平面尺寸链)的计算	109
3.4.3 制订箱体工艺过程的共同性原则	110
3.4.4 拓展训练	113
练习与思考	116
模块4 叉架类零件机械加工工艺编制	120
4.1 连杆工艺规程编制	120
4.2 知识梳理——连杆加工的工艺特点及方法	124
4.2.1 概 述	124
4.2.2 连杆机械加工工艺过程分析	125
4.2.3 连杆的加工工艺过程分析	125
4.3 知识链接——如何保证加工精度	126
4.3.1 影响零件加工精度的因素	126
4.3.2 工艺系统的几何误差	129
4.3.3 工艺系统受力变形、受热变形、受内应力作用引起的误差	132
4.3.4 减小误差的途径	139
4.3.5 加工误差的统计分析和综合分析实例	141
4.4 知识拓展——影响零件表面质量的因素	153
4.4.1 加工表面质量的概念	153
4.4.2 影响表面粗糙度的因素及改善措施	156
4.4.3 影响加工表面物理力学性能的因素	159
4.4.4 机械加工振动理论	162
练习与思考	167
模块5 装配工艺编制及实施	170
5.1 罗茨鼓风机装配工艺编制	171
5.2 知识梳理——装配工艺的理论知识	175
5.2.1 装配的基本概念	175
5.2.2 制定装配工艺规程的原则与步骤	176
5.2.3 产品结构的装配工艺性	178
5.2.4 装配工艺规程的格式	182
5.3 知识链接——装配尺寸链原理与应用	183
5.3.1 有关装配尺寸链的概念	183
5.3.2 建立装配尺寸链的方法	183
5.3.3 装配尺寸链的查找方法	184
5.3.4 装配尺寸链的计算方法	186
练习与思考	199



模块 6 零件关键工序专用夹具设计	201
6.1 专用夹具简明设计过程	202
6.1.1 钻床夹具简明设计过程	202
6.1.2 车夹具设计	203
6.1.3 铣床夹具设计	206
6.2 知识梳理——专用夹具设计概述	209
6.2.1 夹具的功用和分类	209
6.2.2 工件的定位	210
6.2.3 专用夹具设计方法	214
6.3 知识链接——常见夹具定位误差计算	238
6.3.1 定位误差的定义	238
6.3.2 定位误差的组成	239
6.4 知识拓展——各类机床夹具	243
6.4.1 车床夹具	243
6.4.2 铣床夹具	250
6.4.3 钻床夹具	252
6.4.4 镗床夹具	261
练习与思考	268
参考文献	271



机械制造工艺的基础知识

0.0 引言

机械制造工艺的学习涉及两大对象：一是制造什么；二是怎么制造。

(1) 制造什么？制造什么由市场决定，市场需求什么机器、设备或装置，就应制造相应的机器、设备或装置。机器、设备或装置由若干零件组成，只要将这些零件制造出来，然后将它们按照一定要求装配在一起，就可以形成所需要的机器、设备或装置。因此机械制造工艺的学习涉及零件制造与产品装配这两大内容。

(2) 怎么制造？如何制造零件和如何装配产品是本课程主要介绍的内容，涉及 3 方面的要求：① 质量；② 效率；③ 经济性。即要求在满足产品质量的前提下，用最高的效率、最经济的成本将产品制造出来。学习所涉及的具体内容如图 0-1 所示。由图可以看出，固态金属材料加工过程中的质量减少工艺可以采用的类型有整体成型、一维成型、二维成型和自由成型。

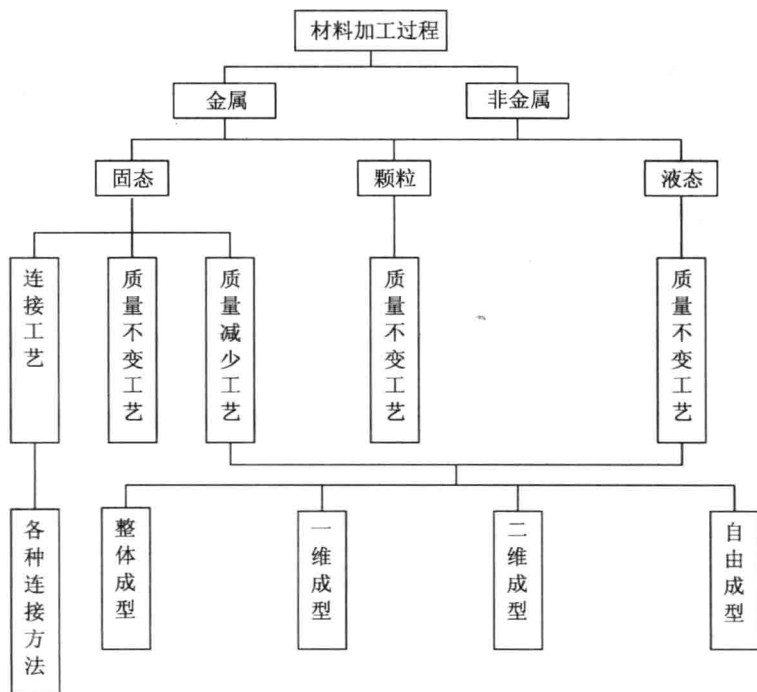


图 0-1 材料加工过程



0.1 基本概念

由于不同零件的结构形状、几何特征、精度、技术条件 and 生产数量等要求不同,一个零件往往要经过一定的加工过程才能将其由毛坯按照图样最终制成成品零件。因此,机械加工工艺设计人员只有从工厂现有的生产条件和零件的生产数量出发,根据零件的具体要求,在保证加工质量、提高生产效率和降低生产成本的前提下,对零件的各加工表面选择合适的加工方法,合理地安排加工顺序,科学地拟定加工工艺过程,才能获得合格的机械零件。下面介绍在确定零件加工过程时应掌握的一些基本概念。

0.1.1 生产过程

生产过程是指根据设计信息将原材料和半成品转变为产品的过程。机器的生产过程包括原材料的运输保管和准备、技术生产的准备、毛坯的制造、零件的加工、部件和产品的装配、质量检验和包装等工作,见表 0-1。

表 0-1 生产过程

序 号	内 容	举 例
1	原材料的运输保管和准备	
2	技术生产的准备	如产品的开发和设计、工艺规程的编制、专用工装设备的设计和制造、各种生产资料的准备和生产组织方面的工作等
3	毛坯的制造	如铸造、锻造、冲压各种材料的棒料等
4	零件的加工	如机械加工、焊接、铆接和热处理等
5	部件和产品的装配	如部装、调试、总装等
6	质量检验和包装	如各种尺寸和位置精度的要求等

0.1.2 工艺过程

工艺过程是指用机械加工方法,改变毛坯的形状、尺寸和表面质量,使其成为零件的过程。零件的机械加工工艺过程由许多工序组合而成,每个工序又由安装、工位、工步和走刀组成。

(1) 工序:一个或一组工人在一个工作地对同一个或同时对几个工件连续完成的那一部分工艺过程。

(2) 工步:加工表面、加工工具和切削用量中的转速和进给量均保持不变的情况下完成的那一部分工序,如图 0-2 所示。

(3) 复合工步:为提高劳动生产率,用几把刀具同时加工几个表面,可以看作一个工步,称为复合工步。

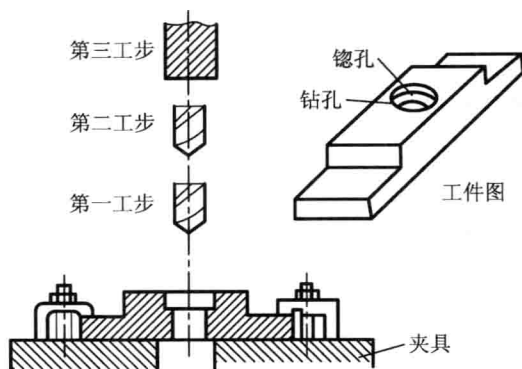


图 0-2 底座零件底孔加工工序

(4) 走刀: 在一个工步内, 有些表面由于加工余量太大或由于其他原因, 需用同一把刀具以及同一切削用量对同一表面进行多次切削。这样刀具对工件的每一次切削就称为一次走刀。以棒料加工阶梯轴如图 0-3 所示。

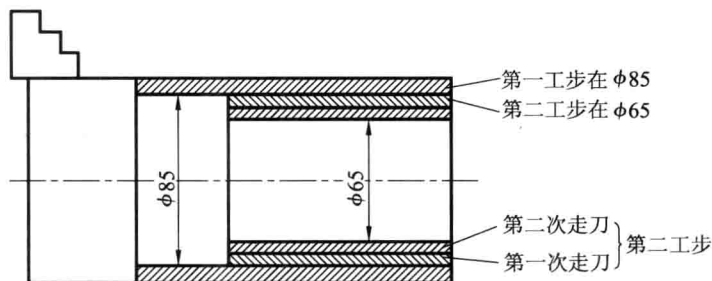


图 0-3 以棒料加工阶梯轴

(5) 定位: 使工件相对于机床或夹具占有一正确位置。

(6) 夹紧: 保持工件已经占有一正确位置。

(7) 安装: 工件经一次装夹(定位和夹紧)后所完成的那一部分工序。

(8) 工位: 为了完成一定的工序部分, 一次装夹工件后, 工件与夹具相对刀具或设备的固定部分所占据的每一个位置, 如图 0-4 所示。

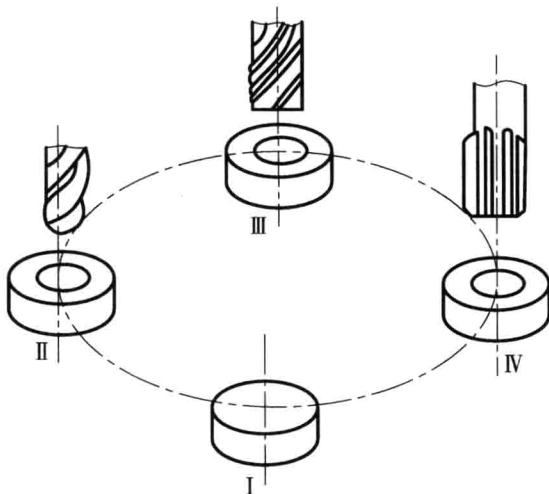


图 0-4 多工位加工



由此不难看出,工序是工艺过程的基本组成单位,工步是工序的基本组成单位。一次安装包含一次定位和一次夹紧,在一次安装过程中可完成一个或多个加工工序。在一个工序中,每个工件可能经过多个加工位置,每个位置则为一个工位。

0.1.3 生产纲领

生产纲领是企业根据市场需求和自身的生产能力决定的在计划生产期内应当生产的产量和进度计划。计划期为一年的生产纲领称为年产量。零件的年生产纲领按以下公式计算:

$$N = Qn(1 + \alpha\% + \beta\%) \quad (0-1)$$

式中: N ——零件的生产纲领,件/年;

Q ——产品的年产量,台/年;

n ——每台产品中所含该零件的数量,件/台;

$\alpha\%$ ——零件的备品百分率;

$\beta\%$ ——零件的废品百分率。

0.1.4 生产类型的划分

生产类型是指企业(或车间、工段、班组、工作地)生产专业化程度的分类,一般分为单件生产、成批生产和大量生产3种类型。

(1) 单件生产产品品种不固定,每一品种的产品数量很少,大多数工作地点的加工对象经常改变。例如,重型机械、造船业等一般属于单件生产。

(2) 成批生产产品品种基本固定,但数量少,品种较多,需要周期性地轮换生产,大多数工作地点的加工对象周期性变换。在成批生产中,根据批量大小可分为小批、中批和大批生产。小批生产的特点接近于单件生产,大批生产的特点接近于大量生产,中批生产的特点介于单件和大量生产之间。因此,生产类型可分为单件小批生产、大批大量生产和中批生产。

(3) 大量生产产品品种固定,每种产品数量很大,大多数工作地点的加工对象固定不变。例如,汽车、轴承制造等一般属于大量生产。在企业中,生产纲领决定了生产类型,但产品大小也对生产类型有影响。表0-2所示是不同生产类型和生产纲领的关系。

表 0-2 不同生产类型和生产纲领的关系

生产类型	零件的年生产纲领/件		
	重型零件 (30 kg 以上)	中型零件 (4~30 kg)	轻型零件 (4 kg 以下)
单件生产	≤ 5	≤ 10	≤ 100
小批量生产	5~100	10~200	100~500
中批量生产	100~300	200~500	500~5 000
大批量生产	300~1 000	500~5 000	5 000~50 000
大量生产	$\geq 1 000$	$\geq 5 000$	$\geq 50 000$

0.1.5 生产类型的工艺特征

生产类型不同,产品制造的工艺方法、所采用的设备和工艺装备以及生产的组织形式等均不同,各种生产类型的工艺特征详见表 0-3。

表 0-3 各种生产类型的工艺特点

项 目	单件小批量生产	中批生产	大批大量生产
加工对象	不固定、经常更换	周期性变换	固定不变
机床设备和布置	采用通用设备,按机群式布置	采用通用设备,按工艺路线呈流水线布置或机群式布置	广泛采用专用设备,全按流水线布置,广泛采用自动线
夹具	非必要时不采用专用设备	广泛使用专用夹具	广泛使用高效能的专用夹具
刀具和量具	通用刀具和量具	广泛使用专用刀、量具	广泛使用高效专用刀、量具
毛坯情况	用木模手工制造、自由锻,精度低	金属模、模锻,精度中等	金属模机器造型、精密铸造、模锻,精度高
安装方法	广泛采用划线找正等方法	保持一部分划线找正,广泛使用夹具	不需划线找正,一律用夹具
尺寸获得方法	试切法	试切法、调整法	用调整法、自动化加工
零件互换性	广泛使用配刮	一般不用配刮	全部互换,可进行选配
工艺文件形式	过程卡	工序卡	操作卡及调整卡
操作工人平均技术水平	高	中等	低
生产率	低	中等	高
成本	高	中等	低

0.2 结构工艺性分析

零件结构的工艺性是指所设计的零件在满足要求的前提下,制造的可行性和经济性。良好的结构工艺性是指在现有工艺条件下既能方便制造,又有较低的制造成本。对零件进行工艺分析的目的,一是形成有关零件的全面深入的认识和工艺过程的初步轮廓,做到心中有数;二是从工艺的角度审视零件,扫除工艺上的障碍,为后续各项程序确定工艺方案奠定基础。

零件结构工艺性的分析,包括零件尺寸和公差的标注、零件的组成要素和整体结构等方面的分析。

0.2.1 零件分析

应用场合和使用要求的不同决定了各种零件在结构特征上的差异。通过零件图可了解零件的结构特点、尺寸大小与技术要求,必要时还应研究产品装配图以及查看产品质量验收标准,借以熟悉产品的用途、性能和工作条件,明确零件在产品(或部件)中的功用及各零件间的相互装配关系等。



(1) 分析零件的结构。首先,分析组成零件各表面的几何形状和加工零件的过程,实质上是分析形成各种表面的过程,表面不同,其典型的工艺方法不同;其次,分析组成零件的基本表面和特形表面的组合情况。

(2) 分析零件的技术要求。零件的技术要求一般包括:各加工表面的加工精度和表面质量、热处理要求,以及动平衡、去磁等其他技术要求。分析零件的技术要求应首先区分零件的主要表面和次要表面。主要表面是指零件与其他零件相配合的表面或直接参与机器工作过程的表面,其余表面则称为次要表面。分析零件的技术要求还要结合零件在产品中的作用、装配关系、结构特点,审查技术要求是否合理。过高的技术要求会使工艺过程复杂,加工困难,影响加工的生产率 and 经济性。如果发现不妥甚至遗漏或错误之处,应提出修改建议,与设计人员协商解决;如果要求合理,但现有生产条件难以实现,则应提出解决方法。

(3) 分析零件的材料。材料不同,工作性能、工艺性能也就不同,这会影响毛坯制造和机械加工工艺过程。如图 0-5 所示的方头销,其上有一孔 $\phi 2H7$,要求在装配时配作,零件材料为 T8A,要求头部淬火硬度 HRC55~60。而零件长度只有 15 mm,方头长 4 mm,局部淬火时,全长均被淬硬,配作时, $\phi 2H7$ 孔无法加工。若建议材料改用 20Cr,进行渗碳淬火,便能解决问题。

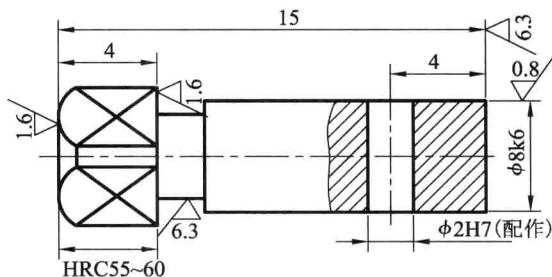


图 0-5 方头销

0.2.2 分析零件的结构工艺性

切削加工对零件结构工艺性总的要求是使零件安装、加工和测量方便,提高切削效率,减少加工量并易于保证加工质量。表 0-4 和表 0-5 对照列出最常见的零件切削加工工艺性的优劣,可供分析时参考。

表 0-4 便于安装的零件结构工艺性分析示例

设计准则	结构简图		说 明
	改进 前	改进 后	
改变结构			工件安装在卡盘上车削圆锥面,若用锥面装夹,工件与卡盘呈点接触,无法夹牢;改用圆柱面后,定位、夹紧都可靠

续表

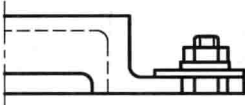
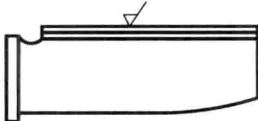
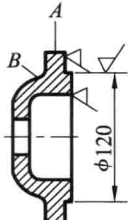
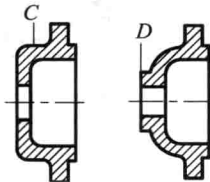
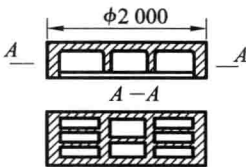
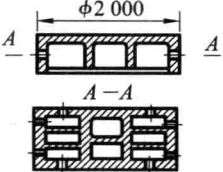
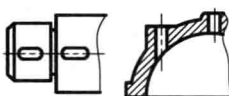
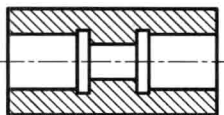
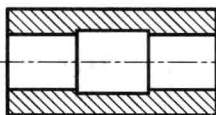
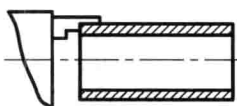
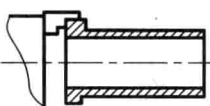
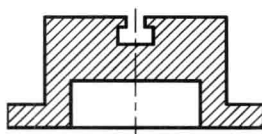
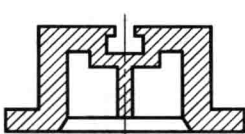
设计准则	结构简图		说 明
	改进前	改进后	
改变结构			加工大平板顶面,在两侧设置装夹用的凸缘和孔,既便于用压板及 T 型螺栓将其固定在机床工作台上,又便于吊装和搬运
增设方便安装的定位基准		 工艺凸台	受机床床身结构限制或考虑外形美观,加工导轨时不好定位。为满足工艺要求,可在毛坯上增设工艺凸台,精加工后再将其切除
			车削轴承盖上 $\phi 120$ mm 外圆及端面,将毛坯 B 面构形改为 C 面或增加工艺凸台 D,使定位准确,夹紧稳固
			在划线平板的 4 个侧面上各增加两个孔,以便加工顶面时直接用压板及螺栓压紧,且方便吊装起运
减少安装次数			键槽或孔的尺寸、方位应尽量一致,便于在一次走刀中铣出全部键槽或在一次安装中钻出全部孔
			轴套两端轴承座孔有较高的相互位置精度要求,最好能在一次装夹中加工出来
有足够的刚性			薄壁套筒夹紧时易变形,若一端加凸缘,可增加零件的刚性,保证加工精度;而且较大的刚性允许采用较大的切削用量进行加工,利于提高生产率
减轻重量			在满足强度、刚度和使用性能的前提下,零件从结构上应减少壁厚,力求体积小、重量轻,减轻装卸劳动量。必要时可在空心处布置加强筋



表 0-5 便于加工和测量的零件结构工艺性分析示例

设计准则	结构简图		说 明
	改进前	改进后	
易于进刀和退刀			留出退刀空间,小齿轮可以插齿加工;有砂轮越程槽,方便磨削锥面时清根
			加工内、外螺纹时,其根部应留有退刀槽或保留足够的退刀长度,使刀具能正常地工作
降低加工时的困难程度			钻孔一端留空刀或减小孔深,既可避免深孔加工和钻头偏斜,减少工作量和钻头损耗,又能减轻零件重量,节省材料
			斜面钻孔时,钻头易引偏和折断。只要零件结构允许,应在钻头进出表面上预留平台
			箱体内存放轴承座的凸台面属不敞开的内表面,加工和测量均不方便。改用带法兰的轴承座与箱体外部的凸台连接,则加工时,刀具易进入、退出和顺利通过凸台外表面
			在常规条件下,弯曲孔的加工是不可能实现的,应改为几段直孔相接而成