

五轴工业机器人典型零件工艺设计

摘要

本次研究设计以关节型操作机五轴机器人为研究对象，该机器人由多个关节连结的基座、大臂、小臂和手腕等构成。整个设计对零部件加工精度要求较高，零部件较为复杂，对其零部件的加工工艺设计研究是具有典型代表意义的，为机器人行业结构设计及零部件加工工艺设计起到参考和指导意义，加工工艺设计包括工艺规程设计、工艺路线拟订、切削用量和工时定额的确定、工艺卡片的设计、夹具的设计等。

关键词：五轴机器人；加工工艺；切削用量；工艺路线；夹具

abstract

This design is based on the crank parts processing procedures and some procedures of the special fixture design. The main machined surface of crank parts is plane and hole system. Generally speaking, it is easier to ensure the processing accuracy of the plane than that of the hole system. Therefore, the design follows the principle of face before face. The processing of holes and planes is clearly divided into roughing and finishing stages to ensure the machining accuracy of holes. In the follow-up process, other holes and planes are positioned and processed by plane and process holes except for individual processes.

Keywords: Five axis robot; Processing technology; Cutting amount; Process route; Fixture

目录

1 引言	1
------------	---

1.1 研究的意义.....	1
1.2 国内外研究现状.....	1
2 总体方案.....	3
2.1 本次设计主要研究内容.....	3
2.2 五轴工业机器人结构方案.....	4
2.3 五轴工业机器人各部件的加工方案.....	5
3 零件底座的机械加工工艺流程设计.....	10
3.1 零件底座的工艺流程设计.....	10
3.2 零件底座的加工工艺路线的拟订.....	11
3.3 切削用量和工时定额的确定.....	13
4 机床专用夹具的设计.....	29
4.1 机床夹具设计的基本要求.....	29
4.2 立铣专用夹具 1 的设计.....	29
参考文献.....	34
附录 I 外文文献翻译.....	35

1 引言

1.1 研究的意义

随着现代化工业的发展和技术的进步工业机器人逐步替代传统人力的工作，其降低人力资本和提升工作效率为社会所认同，越来越多的工种所被工业机器人替代，随着对机器人的智能化、灵活化的市场需求五轴工业机器人日渐受到重视。五轴工业机器人拥有五个自由度，机器人更灵活，能够进行 x、y、z 三个空间进行转动的同时依靠底座完成周向旋转且手部可以灵活行动。

本次研究以关节型操作机五轴机器人为研究对象，该机器人由多个关节连结的基座、大臂、小臂和手腕等构成，手臂完全伸展时 1300mm，可抓取物体最大载荷 8kg，重复定位精度为 $\pm 0.08\text{mm}$ 。整个设计对零部件加工精度要求较高，零部件较为复杂，对其零部件的加工工艺设计研究是具有典型代表意义的，为机器人行业结构设计及零部件加工工艺设计起到参考和指导意义。

1.2 国内外研究现状

随着近些年国家政策及改革开放后国外先进技术的引进及学习，国内目前在机械、电子、化工等各行业都有了长足的进步，然而国外有其以美、德、日等先进国家的技术起步较早，经验及技术积累较为丰厚所以在基础研究及高端技术方面始终有较大差距，包括基础的材料学及相关的复核材料、高精度材料、高纯度材料等工艺基础材料上仍有差距，间接导致国内高精尖的机械加工制造产业仍以中低端为主，高端制造设备仍依靠进口实现。

目前国内外机器人热点以智能化研究为主要热点，在传统工业上的研究还是以小众全体上，以实现代替重复性劳动力为主（图 1.1 所示传统机床采用人工重复性工作现状，图 1.2 为现代化数控车床代替人工工作现场），以提升效率、降低不合格率为主。目前针对传统行业的代替机器人已经深入到六轴及以上的研究，而五轴工业技术无论是适用范围还是市场前景都有较好机会，抓住五轴工业机器人的研究及批量生产应用是提升生产效率、降低人力资本，加快社会发展进程，占有市场份额，去除落后产能的先机，所以对于五轴工业机器人的研究，尤其是对机器人关键件的研究是有必要的。



图 1.1 所示为传统车床（图片来源新浪新闻中心）



图 1.2 所示为现代化数控车床（图片来源国脉物联网）

2 总体方案

2.1 本次设计主要研究内容

本人将以关节型操作机五轴机器人为研究对象，如图 2.1 所示关节型操作机五轴机器人由多个关节连结的基座、大臂、小臂和手腕等构成，手臂完全伸展时 1300mm，可抓取物体最大载荷 8kg，重复定位精度为 $\pm 0.08\text{mm}$ 。通过表 2.1 关节型操作机五轴机器人技术参数，可见其对各零件的加工、安装精度较高，以保证灵活运行的同时具有高精度的动作，同时其内部结构复杂，壳体内装有电机、减速器、齿轮等，故而该机器人的各零件加工难度较大，对其零部件的加工工艺设计研究是具有典型代表意义的。本次研究志在填补研究空白，为机器人行业结构设计及零部件加工工艺设计起到参考和指导意义。

表 2.1 关节型操作机五轴机器人技术参数

类别	技术参数	类别	技术参数	
本体结构	5 自由度关节型	额定负载	8kg	
本体重量	$\leq 130\text{kg}$	重复定位精度	$\pm 0.08\text{mm}$	
工作半径	1300mm	末端执行器重量	$\leq 10\text{kg}$	
工作范围	关节 1（底座）	额定转速	关节 1（底座）	$210^\circ/\text{s}$
	关节 2（大臂）		关节 2（大臂）	$210^\circ/\text{s}$
	关节 3（小臂）		关节 3（小臂）	$220^\circ/\text{s}$
	关节 4（手腕）		关节 4（手腕）	$360^\circ/\text{s}$
	关节 5（手爪）		关节 5（手爪）	$360^\circ/\text{s}$



图 2.1 关节型操作机五轴机器人（图片来源百度图库）

2.2 五轴工业机器人结构方案

如图 2.2 所示为本组设计的关节型操作机五轴机器人整体结构，本次设计在满足应用条件下尽可能的降低成本以适应激烈的市场竞争。因此，该设计电机等都以市场已有标准件为基础进行设计。

该结构以腕部步进电机、大臂步进电机、腰部步进电机、小臂步进电机、手爪步进电机为依托，通过电机带动减速器驱动齿轮机构使腰部、大臂、小臂、腕部、手爪实现周向旋转及径向旋转，同时通过对各连接件材料强度、性能的校核，使机器人能够实现抓取重物后能够灵活、安全的完成指定任务。

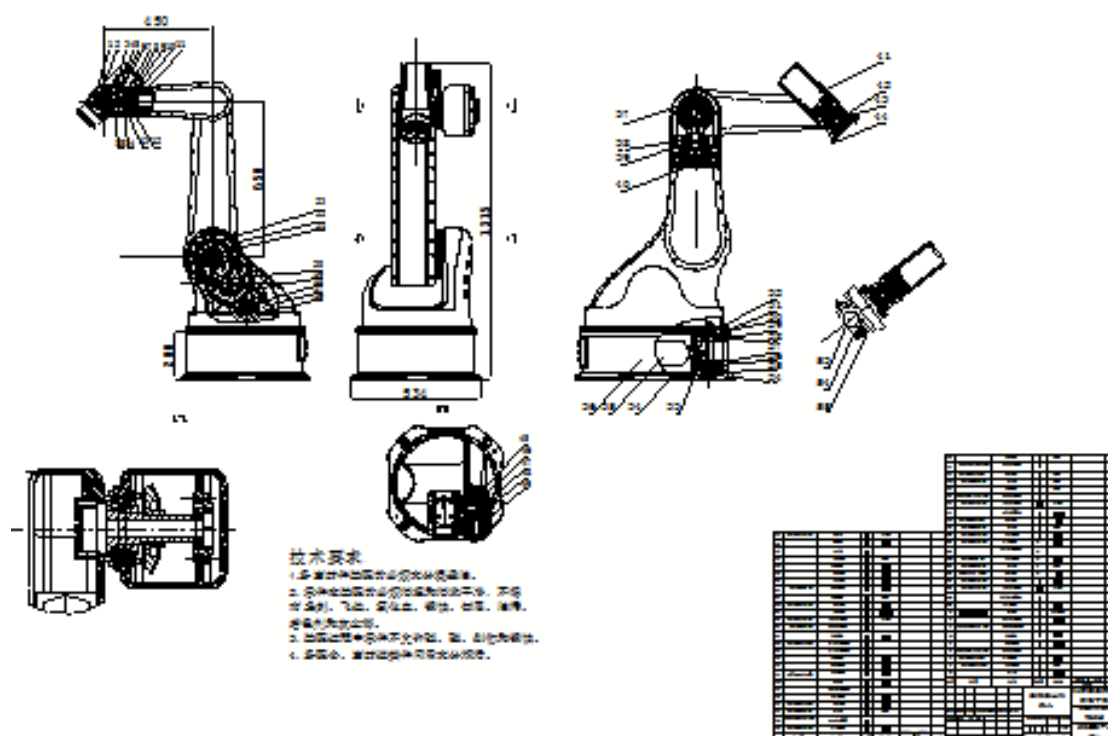


图 2.2 关节型操作机五轴机器人整体结构

2.3 五轴工业机器人各部件的加工方案

表 2.2 关节型操作机五轴机器人零部件明细表

序号	代号	零部件名称	类型	数量	材质	获得方式
1		外壳	非标件	1	ZG250	铸造、机加工
2	GB/T12370-1990	大锥齿轮 1	标准件	1	45	外购
3	GB/T12370-1990	小锥齿轮 1	标准件	1	40Cr	外购
4	6203GB/T276-1994	深沟球轴承	标准件	1		外购
5		轴承支座	非标件	1	45	机加工
6		连接轴	非标件	1	40Cr	机加工
7	30203GB/T279-1994	圆锥滚子轴承	标准件	1		外购
8		行星齿轮架	非标件	1	42CrMo	机加工
9	ISO 3601-1-A 0125	O 型环	标准件	1	丁腈橡胶	外购
10		中心齿轮	非标件	1	40Cr	机加工
11		腰部步进电机	标准件	1		外购
12	GB/T5786-2000	六角头螺栓	标准件	20	8.8 级	外购
13	GB/T1356-2001	行星轮	标准件	6	40Cr	外购
14	ISO 2338-3h8×14	圆柱销	标准件	1	316L	外购

15	GB/T1096-2003	平键	标准件	1	45	外购
16	GB/T960-1986	夹紧挡圈	标准件	1	65Mn	外购
17	GB/T1356-2001	小直齿轮	标准件	1	40Cr	外购
18	GB/T1356-2001	大直齿轮	标准件	1	40Cr	外购
19	GB/T1096-2003	平键	标准件	3	45 钢	外购
20	GB/T1356-2001	斜齿轮	标准件	1	40Cr	外购
21		减速器外壳	非标件	1	ZG250	铸造、机加工
22	GB/T5786-2000	六角头螺栓	标准件	30	8.8 级	外购
23		连接轴 2	非准件	1	42CrMo	机加工
24	GB/T1096-2003	平键	标准件	2	45 钢	外购
25	GB/T12370-1990	锥齿轮	标准件	1	45 钢	外购
26	6203GB/T276-1994	深沟球轴承	标准件	2		外购
27		法兰盘 1	非标件	1	45 钢	机加工
28	GB/T1356-2001	小直齿轮	标准件	1	40Cr	外购
29	6203GB/T276-1994	深沟球轴承	标准件	2		外购
30	GB/T1096-2003	平键	标准件	2	45 钢	外购
31	GB/T12370-1990	锥齿轮	标准件	1	45 钢	外购
32		电机支架	非标件	1	304 板	钣金、机加工
33		腰部步进电机	标准件	1		外购
34		底座	非标准	1	HT200	铸造、机加工
35	GB/T12370-1990	大锥齿轮	标准件	1	40Cr	外购
36		轴承支座 2	非标件	1	45	机加工
37		连接轴 1	非标件	1	40Cr	
38	GB/T176-1994	深沟球轴承	标准件	2		外购
39	GB/T5786-2000	六角头螺栓	标准件	10	8.8 级	外购
40		法兰盘 3	非标件	1	45 钢	
41	GB/T11356-2001	斜齿轮	标准件	1	40Cr	外购
42		连接轴 3	非标件	1	45 钢	机加工
43	GB/T960-1986	轴承挡圈	标准件	1	65Mn	外购
44		右端盖	非标件	1	HT150	铸造、机加工
45		轴承座	非标件	1	HT200	铸造、机加工
46		连接轴 4	非标件	1	40Cr	机加工
47		法兰盘 4	非标件	1	45 钢	机加工
48	GB/T5786-2000	螺栓	标准件	1	8.8 级	外购

表 2.2 所示为关节型操作机五轴机器人零部件明细表，由明细表所知，关节型操作机五轴机器人主要由标准件和非标准件组成，其中标准件为符合国标、ISO 标准及行业标准等的零部件、电器等，如螺栓、电机等均可通过采购直接获得，且标准件采购成本一般远低于自制成本。除标准件外为非标件，该类零件需要自制或定制等，表 2.3 所示为非标准件的一般加工方法。

表 2.3 关节型操作机五轴机器人非标准零部件加工方法

序号	零部件名称	材质	获得方式	工序	设备	工艺路线
1	外壳	ZG250	铸造、机加工	铣序	XK5025	铣平面
				钻序	Z525	钻孔
				车序	CA6140	车外圆、车内孔
2	轴承支座	45	机加工	车序	CA6140	平端面车外圆、内孔；
				车序		掉头平端面，车外圆台阶及内孔台阶。
3	连接轴	40Cr	机加工	车序	CA6140	车外圆
				铣序	XK5025	铣键槽
				钻序	Z525	钻销孔
4	行星齿轮架	42CrMo	机加工	车序	CA6140	车外圆、车内孔
				钻序	Z525	钻扩铰齿轮轴孔
				铣序	XK5025	铣齿轮轴孔键槽
5	中心齿轮	40Cr	机加工	车序	CA6140	车外圆、车内孔
				铣序	XK5025	铣齿轮轴孔键槽
				插齿	Y5120A	齿轮插齿
6	减速器外壳	ZG250	铸造、机加工	铣序	XK5025	铣平面
				钻序	Z525	钻孔
				车序	CA6140	车外圆、车内孔
7	连接轴 2	42CrMo	机加工	车序	CA6140	车外圆
				铣序	XK5025	铣键槽
				钻序	Z525	钻销孔
8	法兰盘 1	45 钢	机加工	车序	CA6140	车外圆、车内孔
				钻序	Z525	钻销孔
9	电机支架	304 板	钣金、机加工	钣金	DH-JH3015	切割
				折弯	AMADA-	折弯

					RG-100	
				钻序	Z525	钻销孔
10	底座	HT200	铸造、机加工	铣序	XK5025	铣平面
				钻序	Z525	钻孔
				车序	CA6140	车外圆、车内孔
11	轴承支座 2	45	机加工	车序	CA6140	车外圆、车内孔
				铣序	XK5025	铣键槽
				钻序	Z525	钻销孔
12	连接轴 3	40Cr		车序	CA6140	车外圆
				铣序	XK5025	铣键槽
				钻序	Z525	钻销孔
13	法兰盘 3	45 钢		车序	CA6140	车外圆、车内孔
				钻序	Z525	钻销孔
14	连接轴 4	45 钢	机加工	车序	CA6140	车外圆
				铣序	XK5025	铣键槽
				钻序	Z525	钻销孔
15	右端盖	HT150	铸造、机加工	铣序	XK5025	铣平面
				钻序	Z525	钻孔
				车序	CA6140	车外圆、车内孔
16	轴承座	HT200	铸造、机加工	铣序	XK5025	铣平面
				钻序	Z525	钻孔
				车序	CA6140	车外圆、车内孔
17	连接轴 5	40Cr	机加工	车序	CA6140	车外圆
				铣序	XK5025	铣键槽
				钻序	Z525	钻销孔
18	法兰盘 4	45 钢	机加工	车序	CA6140	车外圆、车内孔
				钻序	Z525	钻销孔

表 2.3 关节型操作机五轴机器人非标准零部件加工方法，其中底座（图 2.3 所示为底座工程图）从结构上看由四部分组成，该四部分结构可以分为 1-底座、2-护罩、3-定位座、4-电机固定板四个零件通过焊接、螺栓固定等组装为一体，可降低加工难度和制造成本，但是焊接工艺常伴有焊接后变形及焊接定位尺寸不易保证等问题；通过螺栓连接虽然能解决焊接带来的问题，但是由于结构空间限制及底座需要起到支撑和承受扭矩作用，同时螺纹间隙较大，螺纹

孔加工垂直度、同轴度等不易保证，螺栓连接也存在高精度定位困难问题。

考虑底座作为整个机器人的基础，起到支撑和承受扭矩作用，需要保证强度，满足作业安全，同时底座上需要固定、安装电机等精密部件，这些部件在底座上的安装、定位等决定了五轴工业机器人能否达到设计指标的最基本要求，因此底座各定位、安装结构加工时需要保证精度，同时为节省空间、降低重量、降低成本等以上因素，底座采用铸造成型后进行加工以保证安装、定位精度。

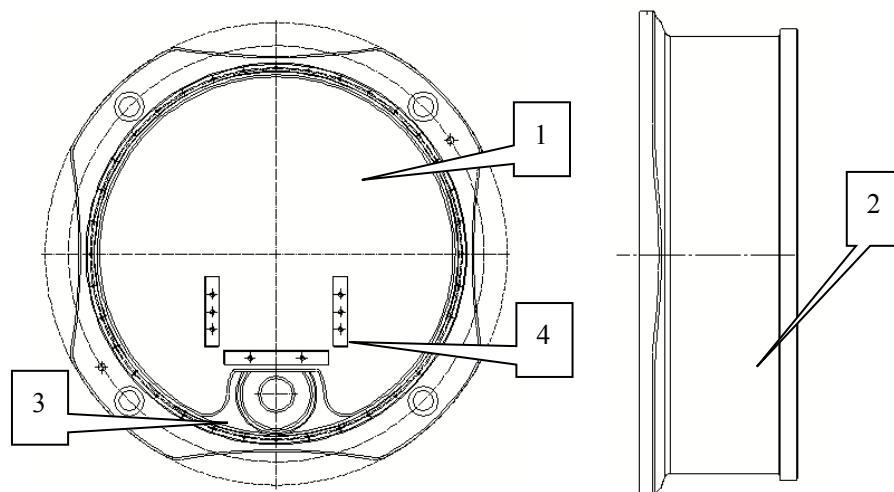


图 2.3 底座工程图（1-底盘、2-护罩、3-定位座、4-电机固定板）

因此本课题的研究目标是以底座为研究对象，对其进行加工工艺设计、工艺规程的制定及专用夹具设计。

机械加工工艺是实现工业化的基础，是一个产品进行设计时需要全面考虑的，要想保证产品的质量，降低消耗，需要一个合理的机械加工工艺设计。

3 零件底座的机械加工工艺规程设计

3.1 零件底座的工艺规程设计

3.1.1 零件底座的结构工艺性分析

对于零件的工艺性，需要根据计划期内应当生产的产品产量和进度计划以及类型采取全面的分析。其中，零件的切削加工的工艺性分析是重要的一环，包括：

工件应该尽可能地便于在机床或夹具上的装夹，并且力求将装夹的次数降到最低；

力求将走刀和刀具调整次数降到最低；

刀具容易接近加工部位，使进刀、测量、退刀和越程更加方便，并且方便观察切削情况等；

在经济合理的情况下力求将加工条件变得更好，从而使加工更方便；

提升生产率，力求将空行程及加工面积降到最低；

方便使用标准刀具，力求将刀具种类降到最低；

力求将工件和刀具的受力变形降到最低。

3.1.2 计算生产纲领，确定生产类型

设年产量为 2 万件，假设它的备品率为 4%，机械加工的废品率为 0.7%，现在确定其生产纲领：

$$\begin{aligned} N &= An(1+a\%+b\%) & (2-1) \\ &= 20000 \times 1 \times (1+4\%+0.7\%) \\ &\approx 20806 \text{ 件/年} \end{aligned}$$

式中：N-----生产纲领；

Q -----产品的年产量（件/年）；

n -----每件产品中该零件的数量（件/台）；

$a\%$ -----备品的百分率；

$b\%$ -----废品的百分率。

则年产量为 20806 件/年，生产类型一般可参照表 3.1 进行区分，现通过计算，可以确定其生产类型为大批量生产。

表 3.1 按年生产纲领划分生产类型

生产纲领 年产类型	单件生产	小批生产	中批生产	大批生产	大量生产
重型零件（件）	≤ 5	5~100	100~300	300~1000	>1000
中型零件（件）	≤ 20	20~200	200~500	500~5000	>5000
小型零件（件）	≤ 100	100~500	500~5000	5000~50000	>50000

3.1.3 毛坯种类及其制造方法的确定

1) 毛坯种类由工作环境、工作类型及强度分析等进行选择:

1. 工作环境对材料的化学性能要求不同, 如要求耐氧化腐蚀则需选用 304 等不锈钢材质; 对耐海水腐蚀要求高时可选用 10CrMoAl 等耐海水腐蚀专用钢;

2. 工作类型对材料往往会有不同的特性需求, 如弹簧类结构功能件一般选用弹簧 65Mn、60Si2Mn 等; 对于焊接件一般选用 20 号钢等。

3. 强度分析, 在零部件设计时要根据应用条件进行受力分析, 如螺栓类结构件要计算剪切强度、拉断强度等; 对于承压管路类零件要进行耐压计算, 采用三个强度理论、经验公式等。

本次底座毛坯材料综合分析选用 HT200 灰铸铁。

2) 加工余量的确定:

1、根据《机械加工工艺手册》及零件的技术要求和毛坯材料进行选择;

2、根据工作经验, 同类零部件类比等方式根据毛坯、零件的技术要求等进行选择。

3.2 零件底座的加工工艺路线的拟订

3.2.1 定位基准的选择

选择基准是很重要的一环, 想要使加工的质量得到保证, 需要我们合理地选择基准。如果基准的选择不合理, 在零件的加工过程中会导致很多毛病, 在某些严重的情况下, 会使生产的工件出现大规模报废, 造成巨大的损失。

1) 粗基准的选择: 要以无需加工的表面作为粗基准; 如果零件有多个无需加工的表面, 作为粗基准的应该是与加工表面要求相对位置精度更高的无需加工的表面。对于本零件来说, 应该用零件的外圆面做为主要的定位粗基准。

2) 精基准的选择: 精基准的选择应该在保证零件精度的前提下, 兼顾装夹的便利性, 并尽可能使夹具的结构简单。在选择精基准的时候一般考虑四个原则。对本零件而言, 根据“基准统一”和“基准重合”两个原则, 选择以底面和两个定位孔作为精基准。

3.2.2 制定工艺路线

出于经济上的考虑，我们需要将生产率尽可能地提高。根据零件的技术要求和加工方法的经济精度，我们可以选择合理地使用多种不同类型的机床。并且尽量使工序集中。

除此之外，制定工艺路线时最主要的是确保加工质量，并且使生产率更高、成本更低。首先要确保零件的加工质量，在此前提下，提升生产效率，降低成本消耗，从而获得更好的经济效益。

基于以上的考虑，最后制定的加工工艺路线如同下面表 3.2 所叙：

表 3.2：零件底座机械加工工艺路线

工序	工步	工序内容	简要说明
I	1	粗铣底面	XK5025 数控铣床
	2	半精铣底面	
	3	精铣底面	
	4	钻铰 $\phi 6$ 孔	
II	1	粗铣上端面、12mm 凸台面、半圆弧凸台面、 $\phi 60$ 孔底面	XK5025 数控铣床
	2	半精铣上端面、12mm 凸台面、半圆弧凸台面、 $\phi 60$ 孔底面	
	3	精铣 60×13 凸台面、半圆弧凸台面、 $\phi 60$ 孔底面	
	4	粗铣 $\phi 28$ 孔、 $\phi 32$ 孔、 $\phi 63$ 孔、 $\phi 68$ 孔、 $\phi 70$ 孔、 $4 \times \phi 26$ 盲孔	
	5	半精铣 $\phi 28$ 孔、 $\phi 32$ 孔、 $\phi 63$ 孔、 $\phi 68$ 孔、 $\phi 70$ 孔、 $4 \times \phi 26$ 盲孔	
	6	精铣 $\phi 70$ 孔	
	7	1.6 麻花钻钻孔	
	8	攻丝 M2 螺纹	
	9	3.3 麻花钻钻孔	
	10	攻丝 M4 螺纹	
III	1	铣侧面 60×110 开窗	X60W 卧式铣床

IV	1	精车上端面	CA6140 卧式车床
	2	精车 $\phi 310$ 内孔	

3.3 切削用量和工时定额的确定

(一) 工序 I 工序简图如图 3.1 所示

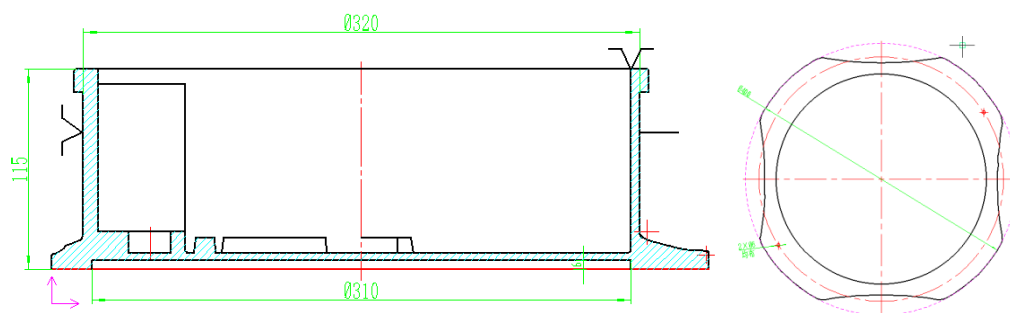


图 3.1 工序 I 简图

工步 1 粗铣底面

(1). 加工条件

工件材料: HT200

机 床: XK5025

夹 具: 三爪卡盘

量 具: 游标卡尺 (量程 0~150 精度 0.02)

加工要求: IT8, Ra3.2

刀 具: 直柄立铣刀 $d_w=20\text{mm}$ $Z=4$

(2). 计算切削用量及工时定额

1. 确定背吃刀量 面的加工余量为 2mm, 1 次走刀切深分别是 $a_p = 0.5\text{mm}$

2. 确定进给量 根据《机械制造技术基础课程设计指导教程》表 2.4-74, 查表有:

表 2.4-74 圆柱铣刀的进给量

铣削深度 (mm)	机床功率 (kW)	钢		铸铁机铜合金	
		每齿进给量 (mm/z)			
≤30	5-10	YT16	YT6	YG6	YG8
	>10	0-0.18	0.12- 0.18	0.14- 0.24	0.2- 0.29

每尺进给量 $a_f = 0.12 \text{ mm/r}$

则进给量 $f_z = 0.48 \text{ mm/r}$

3. 根据《机械制造技术基础课程设计指导教程》表 2.4-89

表 2.4-89 高速钢立铣刀铣槽的铣削用量

$\frac{d_w}{z}$	a_f (mm/r)	a_p (mm)					
		0.5		5		15	
		v (m/s)	p (kW)	v (m/s)	p (kW)	v (m/s)	p (kW)
$\frac{20}{4}$	0.12	0.58	0.4	0.32	0.7	0.38	0.7

取切削速度 $v_c = 35 \text{ m/min}$

4. 确定机床主轴转速

$$n = \frac{1000v_c}{d_w \pi} = \frac{1000 \times 35}{20 \times 3.14} \approx 557 (r/\text{min}) \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

在实际生产中采用: $n = 600 (r/\text{min})$

$$\text{实际的切削速度为: } v = \frac{nd_w \pi}{1000} = \frac{600 \times 20 \times \pi}{1000} \approx 37.7 (m/\text{min}) \dots \dots \dots \textcircled{2}$$

5. 计算工时定额、辅助时间及作业时间

刀具切入长度:

$$l_1 = \sqrt{a_e(d_0 - a_e)} + 3 = \sqrt{5(20 - 5)} + 3 = 6 \text{ mm} \dots \dots \dots \textcircled{3}$$

被切削层长度: $l = 1256 \text{ mm}$

刀具切出长度: $l_2 = 5 \text{ mm}$

铣削次数: $i = \frac{h}{a_p} = 5 \dots \dots \dots \textcircled{4}$

$$\text{基本时间 } T_j = \frac{L}{v_f} i = \frac{l + l_1 + l_2}{f_z \cdot n_w \cdot z} \times 5 = \frac{1256 + 6 + 5}{360} \times 5 = 17.5 \text{ min} \dots \dots \dots \textcircled{5}$$

$$\text{辅助时间 } T_f = 20\% T_j = 3.5 \text{ min} \dots \dots \dots \textcircled{6}$$

作业时间 $T_f + T_j = 21\text{min}$

工步 2 半精铣底面

(1) . 加工条件

工件材料: HT200

机 床: XK5025

夹 具: 三爪卡盘

量 具: 游标卡尺 (量程 0~150 精度 0.02)

加工要求: IT8, Ra3.2

刀 具: 直柄立铣刀 D=20mm Z=4

(2) . 计算切削用量及工时定额

1. 确定背吃刀量 面的加工余量为 1.5mm, 1 次走刀切深分别是 $a_p = 0.5\text{mm}$ 知:
2. 确定进给量 根据《机械制造技术基础课程设计指导教程》表 2.4-79 查表有:

每尺进给量 $a_f = 0.12\text{mm/r}$

则进给量 $f_z = 0.48\text{mm/r}$

3. 根据《机械制造技术基础课程设计指导教程》表 2.4-89

取切削速度 $v = 35\text{m/min}$

4. 确定机床主轴转速

由公式①有 $n \approx 557(\text{r/min})$

则在实际生产中采用 $n = 600(\text{r/min})$

因此实际的切削速度由公式②有 $v \approx 37.7(\text{m/min})$

5. 计算工时定额、辅助时间及作业时间

刀具切入长度由公式③有 $l_1 = 6\text{mm}$

被切削层长度: $l = 1256\text{mm}$

刀具切出长度: $l_2 = 5\text{mm}$

铣削次数由公式④有 $i = 4$

则基本时间由公式⑤有 $T_j = 14\text{min}$

由公式⑥有辅助时间 $T_f = 2.8\text{min}$

则作业时间 $T_f + T_j = 16.8\text{min}$

工步 3 精铣底面

(1) . 加工条件

工件材料: HT200

机 床: XK5025

夹 具: 三爪卡盘

量 具: 游标卡尺 (量程 0~150 精度 0.02)

加工要求: IT8, Ra3.2

刀 具: 直柄立铣刀 D=20mm Z=4

(2) . 计算切削用量及工时定额

1. 确定背吃刀量 面的加工余量为 1.5mm, 1 次走刀切深分别是 $a_p = 0.5\text{mm}$

2. 确定进给量 根据《机械制造技术基础课程设计指导教程》表 2.4-74 查表有: 每尺进给量 $a_f = 0.12\text{mm/r}$, 则进给量 $f_z = 0.48\text{mm/r}$ 。

3. 根据《机械制造技术基础课程设计指导教程》表 2.4-89

取切削速度 $v = 35\text{m/min}$

4. 确定机床主轴转速

由公式①有 $n \approx 557(r/\text{min})$, 则在实际生产中采用 $n = 600(r/\text{min})$, 因此实际的切削速度由公式②有 $v \approx 37.7(m/\text{min})$ 。

5. 计算工时定额、辅助时间及作业时间

刀具切入长度由公式③有 $l_1 = 6\text{mm}$ 、被切削层长度: $l = 1256\text{mm}$ 、刀具切出长度: $l_2 = 5\text{mm}$ 、铣削次数由公式④有 $i = 4$

则基本时间由公式⑤有 $T_j = 14\text{min}$

由公式⑥有辅助时间 $T_f = 2.8\text{min}$

则作业时间 $T_f + T_j = 16.8\text{min}$

工步 4 钻铰 $\phi 6$ 孔

(1) . 加工条件

工件材料: HT200

机 床: XK5025

夹 具: 三爪卡盘

量 具: 游标卡尺(量程 0~150 精度 0.02)

加工要求: H7, Ra1.6

刀 具: 锥柄麻花钻 D=5.8mm Z=3, 高速钢铰刀 D=6mm

(2). 计算钻孔时切削用量及工时定额

1. 确定进给量 根据《机械制造技术基础课程设计指导教程》表 2.4-39 查表有:
表 2.4-39 硬质合金 YG8 钻头钻灰铸铁时的进给量

钻头直径 (mm)					
≤8	>8-12	>12-16	>16-20	>20-24	>24-26
进给量 (mm/f)					
0.18-0.22	0.22-0.28	0.30-0.36	0.35-0.4	0.4-0.48	0.5-0.6

进给量 $f_z = 0.2 \text{ mm/r}$

2. 根据《机械制造技术基础课程设计指导教程》表 2.4-41, 查表有
表 2.4-41 高速钢钻头切削时切削速度、扭矩及轴向力

f (mm/r)	V (m/s)	F (N)	M (N.m)
0.2	0.45	1050	1.344

取切削速度 $v = 0.45 \text{ m/s}$

3. 确定机床主轴转速

由公式①有 $n \approx 1433(r/\text{min})$, 则在实际生产中采用 $n = 1500(r/\text{min})$, 因此实际的切削速度由公式②有 $v \approx 28.26(m/\text{min})$ 。

4. 计算工时定额、辅助时间及作业时间

$$l_1 = \frac{D}{2} \text{ctg}k_r + 2 = \frac{6}{2} \text{ctg}120^\circ + 2 = 3.68 \approx 4 \dots \dots \textcircled{7}$$

$$l = 8 \text{ mm}$$

$$l_2 = 4 \text{ mm}$$

$$\text{基本时间 } T_{j1} = \frac{L}{v_f} i = \frac{l + l_1 + l_2}{f_z \cdot n} i = \frac{8 + 4 + 4}{600} \times 2 = 0.052 \text{ min} \dots \dots \textcircled{8}$$

由公式⑥有辅助时间 $T_{f1} = 0.0104 \text{ min}$

(3). 计算铰孔时切削用量及工时定额

1. 确定进给量 根据《机械制造技术基础课程设计指导教程》表 2.4-39 查表有: 进给量 $f_z = 0.4 \text{ mm/r}$

2. 根据《机械制造技术基础课程设计指导教程》表 2.4-59, 查表有

表 2.4-59 高速钢铰刀铰削速度

进给量 (mm/r)	铰刀直径 d (mm)			
	5	10	15	20
≤0.5	切削速度 (m/s)			
	0.4	0.38	0.35	0.3

取切削速度 $v = 0.4 \text{ m/s}$

3. 确定机床主轴转速

由公式①有 $n \approx 1273(r/\text{min})$, 则在实际生产中采用 $n = 1300(r/\text{min})$, 因此实际的切削速度由公式②有 $v \approx 24.5(m/\text{min})$ 。

4. 计算工时定额、辅助时间及作业时间

$$l_1 = \frac{D-d}{2} \text{ctg}k_r + 2 = \frac{6-5.8}{2} \text{ctg}120^\circ + 2 = 2.056 \approx 3 \dots \dots \textcircled{9}$$

$$l = 8 \text{ mm}$$

$$l_2 = 4 \text{ mm}$$

则基本时间由公式⑧有 $T_j = 0.058 \text{ min}$

由公式⑥有辅助时间 $T_f = 0.0115 \text{ min}$

作业时间 $T_{f1} + T_{f2} + T_{j1} + T_{j2} = 0.1319 \text{ min}$

(一) 工序 2 工序简图如图 3.2 所示

			6	1037	5			
2	半精铣 12mm 宽 凸台面		6	210	5			
3	半精铣 半圆弧 凸台面		6	180	5			
4	半精铣 $\Phi 60$ 孔 底面		6	251	5			
工步 3								
顺 序 号	工 步	工 艺 装 备	主轴转速 r/min	切削速度 m/min	进给量 mm/r	工步工时 (min)		
						基本	辅助	作业
1	精铣 12mm 宽 凸台面	直柄立铣刀 $d_w=20\text{mm}$ $Z=4$	600	37.7	0.48	7.49	1.5	8.99
			刀具切入长 度 l_1 mm	被切削层 长度 l_1 mm	刀具切 出长度 l_2 mm			
6	251		5					
2	精铣 Φ 60 孔底 面		6	251	5			
3	精铣半 圆弧凸 台面		6	180	5			
工步 4								
顺 序 号	工 步	工 艺 装 备	主轴转速 r/min	切削速度 m/min	进给量 mm/r	工步工时 (min)		
						基本	辅助	作业
1	粗铣 Φ 28 轮廓	直柄立铣刀 $d_w=20\text{mm}$ $Z=4$	600	37.7	0.48	11.6	2.32	13.9 2
			刀具切入长 度 l_1 mm	被切削层 长度 l_1 mm	刀具切 出长度 l_2 mm			
6	65.97		5					
2	粗铣 Φ 32 轮廓		6	78.54	5			
3	粗铣 Φ 63 轮廓		6	175.93	5			
4	粗铣 Φ 68 轮廓		6	191.64	5			
5	粗铣 Φ 70 轮廓	6	188.496	5				

6	粗铣 ϕ 26 盲孔 轮廓		6	69.115	5			
工步 5								

表 3.3 半精铣上端面、12mm 宽凸台面、 $\phi 60$ 孔底面、半圆弧凸台面工时

序号	工步	工艺装备	主轴转速 r/min	切削速度 m/min	进给量 mm/r	工步工时 (min)		
						基本	辅助	作业
1	半精铣 $\phi 28$ 轮廓	直柄立铣刀 $d_w=20\text{mm}$ $Z=4$	600	37.7	0.48	9	1.8	10.8
			刀具切入长度 l_1 mm	被切削层长度 l_1 mm	刀具切出长度 l_2 mm			
6	78.54		5					
2	半精铣 $\phi 32$ 轮廓		6	91.106	5			
3	半精铣 $\phi 63$ 轮廓		6	188.496	5			
4	半精铣 $\phi 68$ 轮廓		6	204.204	5			
5	半精铣 $\phi 70$ 轮廓	6	201.062	5				
6	粗铣 $\phi 26$ 盲孔轮廓	6	69.115	5				
工步 5								
序号	工步	工艺装备	主轴转速 r/min	切削速度 m/min	进给量 mm/r	工步工时 (min)		
						基本	辅助	作业
1	精铣 $\phi 70$ 轮廓	直柄立铣刀 $d_w=20\text{mm}$ $Z=4$	600	37.7	0.48	2.46	0.49	2.95
			刀具切入长度 l_1 mm	被切削层长度 l_1 mm	刀具切出长度 l_2 mm			
			6	210.478	5			

工步 7 钻 $\phi 1.6$ 孔

(1). 加工条件

工件材料: HT200

机 床: XK5025

夹 具: 三爪卡盘

量 具: 游标卡尺 (量程 0~150 精度 0.02)

加工要求: H7, Ra1.6

刀 具: 锥柄麻花钻 $D=1.6\text{mm}$ $Z=3$

(2). 计算钻孔时切削用量及工时定额

1. 确定进给量 根据《机械制造技术基础课程设计指导教程》表 2.4-39 查表

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/477023020036006060>