



SHIYOU

中等专业学校教学用书

石油机械制造  
工艺学

王冠军 主编

石油工业出版社

(北京)

## 前 言

石油机械制造工艺学是以机械零件的常规切削加工工艺为主要内容的一门应用科学。这门课具有较强的实践性和综合性，是石油矿场机械与设备维修专业的主要专业课之一。

本书是根据石油工业部教育司1986年11月制定的中等专业学校“石油机械制造工艺学教学大纲”编写的。

本教材适用于四年制中等专业学校矿场机械专业，也适用于职工中专矿场机械专业。

编写时，考虑到目前各石油学校教学时数不尽一致的情况，教材中包括的范围较大，内容比较全面，有些章节可供各校自行选用。

在具体内容的组织上，力图“少而精”。注意了尽量减少石油机械制造、修理中不常遇到的内容和某些繁琐公式的推导及各部分之间的重复。

参加本书编写的有华北石油学校王冠军（主编）、任荣惠，插图主要由航空工业部惠阳机械厂庞清菊描清，全书由承德石油学校王麟生主审。

由于编者业务水平有限，又缺乏编写教材的经验，书中会有不少缺点和错误，诚恳地希望读者批评、指正。

编 者

1988年3月

# 目 录

第一章 机械制造工艺过程的基本概念和常用材料 .....	( 1 )
第一节 产品的工艺过程和工艺规程 .....	( 1 )
第二节 刀具材料 .....	( 17 )
第三节 工件材料的加工性能 .....	( 27 )
第四节 切削液 .....	( 31 )
第五节 润滑材料 .....	( 34 )
第二章 车刀及其几何角度 .....	( 45 )
第一节 车刀的种类和切削用量 .....	( 45 )
第二节 车刀切削部分的基本定义 .....	( 49 )
第三节 硬质合金焊接车刀 .....	( 56 )
第四节 车刀工作图 .....	( 59 )
第五节 刀具工作状态下的切削角度 .....	( 62 )
第三章 金属切削过程中的基本规律 .....	( 67 )
第一节 切削变形 .....	( 67 )
第二节 切削力 .....	( 72 )
第三节 切削热与切削温度 .....	( 81 )
第四节 刀具的磨损与刀具耐用度 .....	( 84 )
第四章 磨削加工 .....	( 89 )
第一节 砂轮 .....	( 89 )
第二节 磨床及其工作 .....	( 94 )
第三节 磨削的特点及磨削要素 .....	( 98 )
第四节 磨削表面质量的分析 .....	( 99 )
第五章 常用机床和获得工件形状及尺寸的方法 .....	( 103 )
第一节 机床的分类与编号 .....	( 103 )
第二节 车床及车削加工 .....	( 129 )
第三节 铣床及铣削加工 .....	( 141 )
第四节 刨床、镗床、拉床和钻床的应用范围 .....	( 154 )
第五节 获得工件几何形状和尺寸的方法 .....	( 160 )
第六章 几种常用刀具 .....	( 176 )
第一节 螺纹刀具 .....	( 176 )
第二节 镗刀 .....	( 184 )
第三节 麻花钻 .....	( 189 )
第四节 群钻 .....	( 193 )
第五节 铰刀 .....	( 196 )
第六节 铰刀与铰孔 .....	( 203 )

<b>第七章 机械加工的表面质量</b> .....	( 207 )
第一节 工件表面质量的概念 .....	( 207 )
第二节 影响表面粗糙度的因素 .....	( 208 )
第三节 刀具几何参数的合理选择 .....	( 211 )
第四节 切削用量的合理选择 .....	( 217 )
第五节 机械加工中的振动 .....	( 221 )
<b>第八章 机床夹具简介</b> .....	( 226 )
第一节 概述 .....	( 226 )
第二节 定位和定位元件 .....	( 227 )
第三节 工件的夹紧原理及螺旋夹紧机构 .....	( 236 )
<b>第九章 机械加工精度</b> .....	( 242 )
第一节 加工精度的基本概念 .....	( 242 )
第二节 工艺系统的几何误差 .....	( 242 )
第三节 工艺系统的热变形 .....	( 251 )
第四节 工艺系统的受力变形 .....	( 255 )
第五节 工件内应力引起的变形 .....	( 262 )
第六节 其它误差 .....	( 264 )
第七节 保证和提高加工精度的途径 .....	( 264 )
第八节 加工精度的统计分析法 .....	( 267 )
<b>第十章 工艺规程的制定</b> .....	( 275 )
第一节 加工零件的工艺分析 .....	( 275 )
第二节 定位基准的选择 .....	( 277 )
第三节 工艺尺寸链 .....	( 281 )
第四节 工艺路线的制定 .....	( 291 )
第五节 工序内容的进一步完善 .....	( 296 )
第六节 工艺方案的技术经济分析(简介) .....	( 309 )
第七节 制定机械加工工艺过程的实例 .....	( 314 )
<b>第十一章 轴加工</b> .....	( 333 )
第一节 轴类零件的特点 .....	( 333 )
第二节 制定轴加工工艺路线的原则 .....	( 335 )
第三节 轴类零件外圆表面的车削加工 .....	( 336 )
第四节 轴类零件的加工实例 .....	( 337 )
第五节 减速器低速轴简图 .....	( 343 )
第六节 涡轮钻主轴的加工工艺 .....	( 345 )
第七节 轴外圆表面的两种精加工方法 .....	( 353 )
<b>第十二章 箱体加工</b> .....	( 362 )
第一节 箱体的特点 .....	( 362 )
第二节 拟订箱体工艺路线的原则 .....	( 367 )
第三节 分离式箱体的工艺特点 .....	( 369 )
第四节 箱体孔系加工 .....	( 371 )

第十三章	圆柱齿轮加工 .....	( 376 )
第一节	概述 .....	( 376 )
第二节	铣齿与齿轮铣刀 .....	( 380 )
第三节	滚齿与滚刀 .....	( 382 )
第四节	插齿与插齿刀 .....	( 387 )
第五节	圆柱齿轮的加工工艺 .....	( 390 )
第十四章	钻具管螺纹及钻杆接头的制造工艺 .....	( 399 )
第一节	钻具管螺纹的特点和分类 .....	( 399 )
第二节	钻杆接头 .....	( 402 )
第三节	钻杆接头的制造 .....	( 403 )
第四节	钻杆接头螺纹的检验及误差影响 .....	( 405 )
第十五章	装配方法及装配尺寸链 .....	( 410 )
第一节	装配概述 .....	( 410 )
第二节	零件精度与装配精度的关系 .....	( 411 )
第三节	互换法及装配尺寸链的解法 .....	( 413 )
第四节	修配法 .....	( 422 )
第五节	调整法 .....	( 423 )
第六节	部件装配与总装配 .....	( 427 )
第十六章	机械制造工艺的发展 .....	( 430 )
第一节	机械制造的发展概况 .....	( 430 )
第二节	机械加工工艺方法 .....	( 431 )
第三节	成组加工与柔性制造系统 .....	( 433 )
附录		
附录一	新国标与旧国标公差等级对照表 .....	( 437 )
附录二	表面粗糙度(Ra)GB1031—83与表面光洁度对照表 .....	( 437 )
附录三	各章表格索引 .....	( 437 )
参考文献	.....	( 441 )

# 第一章 机械制造工艺过程的基本概念和常用材料

## 第一节 产品的工艺过程和工艺规程

机器制造业的工厂（或公司）中，之所以能有条不紊地进行生产，合格产品源源不断地投放市场，是因为工厂按照生产过程和工艺过程把人力、物力合理地组织了起来，厂内各种人员才有条理地高效率地进行着工作。

### 一、生产过程和工艺过程

#### 1. 生产过程

制造机器时，由原材料到成品之间相互关联的劳动过程的总和，称为生产过程。其中包括下列子过程：

- ①原材料的运输和保存；
- ②生产准备工作；
- ③毛坯制造过程；
- ④毛坯经机械加工变为零件的机械加工过程；
- ⑤零件装配成机器的装配过程；
- ⑥检验及试车；
- ⑦机器的油漆和包装。

机器的生产过程，往往是由许多工厂联合起来完成的。这样，除了较经济外，还能使各个工厂按其产品的不同而专业化，更加便于提高产品质量和生产效率。常见的专门化工厂有冶金厂、标准件厂、油漆厂、电机制造厂等。汽车的生产过程就是在汽车总厂和许多专门化工厂（如玻璃厂、电气设备厂、轮胎厂、仪表厂等）里联合完成的。其它如拖拉机、机床的生产也都是如此。由此可以看出，在一个产品的生产中，某些厂是把另外一些专门化厂的产品或半成品作为原材料的。例如机械加工工厂的原材料就是冶金厂的产品。

某个工厂的生产过程，又是由若干车间的生产过程联合而成的。某一车间的原材料（半成品），可能是另一车间的成品，而它的成品，又可能是某个车间的半成品。

#### 2. 工艺过程和工艺规程

机械加工车间的生产过程大体包括如下内容：工件在机床上进行改变其尺寸、形状和性能的工作过程；为生产正常进行的各项准备工作；质量检验工作；工件的运输和库存保管等。在此车间，直接改变毛坯的形状、尺寸和材料性能，使之成为成品的机械加工过程，通常被称为机械加工工艺过程。它是机械加工车间生产过程中的主要部分。

说明并规定工艺过程的卡片（通常是图表）称为工艺规程。工艺规程应是指导生产、保证稳定的产品质量和生产计划性的技术文件。它体现出工厂或一个部门的生产水平。工艺规程是工厂生产过程中执行工艺纪律的根据，也是挖掘生产潜力，提高技术水平所必须的文件。

同样，装配车间将零件装配成机器的过程，称为装配工艺过程。这一过程也是装配车间的主要生产过程。说明并规定装配工艺过程有关内容的卡片称为装配工艺规程。表1—1至表

1—3是几个零件工艺过程的简表。工艺文件中常用规范化的表格，见表1—7、表1—8和表1—9。它们分别是“机械加工工艺过程卡片”，“机械加工工序卡片”，“机械加工 工艺过程综合卡片”。

## 二、工艺过程的组成

从表1—1至表1—6可以看出，一个机械加工产品从毛坯到产品，是根据不同加工内容分阶段进行的。这里每个阶段有其专用名词和定义。

### 1. 工序

机械加工工艺过程是由一系列工序组合而成的，毛坯依次通过这些工序而变为成品。

工序——一个（或一组）工人在一个工作地点，所连续完成的一个（或同时几个）零件加工工艺过程中的某一部分工作，称为一个工序。判断和划分工序的关键在于工作地点或设备的更换情况。例如表1—1中的2工序是在一台机床上进行，即在一个工作地点进行，则称为一个工序。如果是在两台机床上进行，就变成两个工序了。

一个零件往往需经过若干道工序才能制成成品。表1—1中的阶梯轴外圆表面需加工到IT6级精度，其工艺过程共分为五个工序。工序数多少视其零件加工内容和加工精度的不同而各异。

工序除是工艺过程的基本组成部分外，还是生产计划的基本单元。

### 2. 工位

在同一道工序中，工件可能只被装夹一次（装夹是指工件定位和夹紧的全过程），也可能被装夹几次。但是，应尽量减少装夹次数，因为多一次装夹就多一次误差，而且增加装卸工件的辅助时间。生产中常采用不需重新装卸工件便能改变工件位置的装置，进行多内容加工。

工位——工件被一次装夹后，根据加工内容的需要可作若干次的位置改变，工件在这每个需要位置上所进行的部分工艺过程中的内容，称为一个工位。如表1—3中，2工序内容的加工是在具有回转工作台的专用铣床上进行，此工序共包括四个工位，其中工位2、3、4分别加工工件的三个表面，工位1装卸工件。

### 3. 工步

在生产的一些情况下，可把工序的内容分成若干工步，以各种不同的切削工具和切削用量加工不同表面。这样做，有时是为了提高生产效率，有时是为了提高加工质量。

工步——在一个工序中，以同样刀具、同样切削用量加工同一个或同一组表面的工作内容，称为一个工步。判断工步的关键在于是否是同一工具和同一切削用量。这两个要素中有一个改变，就应算作不同工步。

图1-1所示，为在六角自动车床上加工的工序，它包括六个工步。

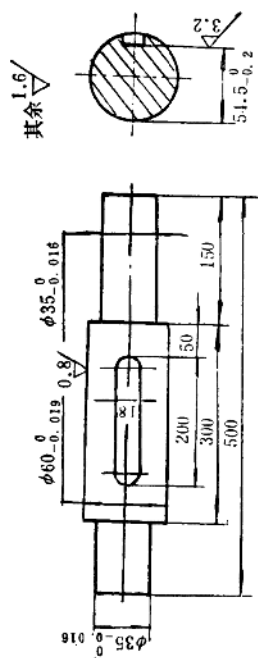
复合工步——用几把刀具同时加工几个表面的工步，称为复合工步。如图1-1中的4工步，既镗内孔又车端面，就属于复合工步。复合工步在工艺规程中也写作一个工步。

图1-2是钻和铰四个 $\phi 15\text{mm}$ 孔的工步。加工过程是用一个钻头顺序钻完四个孔后，再用同一铰刀顺序铰四个孔。这里把钻四个孔或铰四个孔看作各是一个工步。其原则是，当加工表面完全相同（图1-2同是四个孔表面），所用的刀具及切削用量也不变，则工艺规程上就把它们当作一个工步看待。

### 4. 走刀

走刀——在一个工步中若所需切除的金属层很厚，不能一次切完，则可分几次切削，每

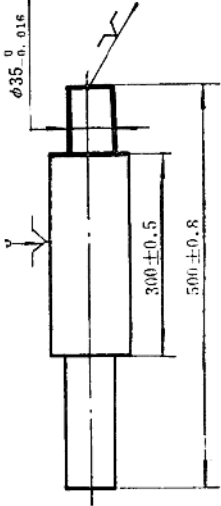
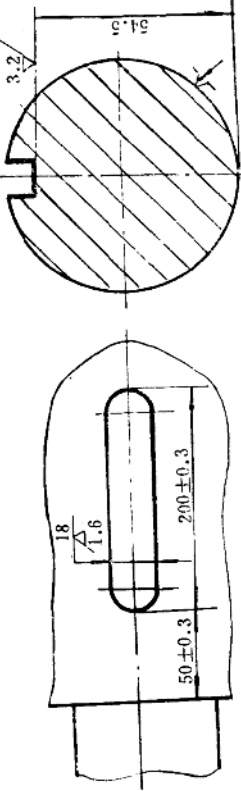
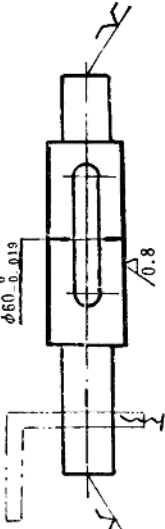
表 1-1 阶梯轴工艺过程简表



零件图

工序号	工序名称	工序简图	设备与工装
1	铣两端面， 打中心孔		顶尖孔机床，专用夹具，A 型中心钻头 $\phi 10\text{mm}$
2	车 (1) 车 1 外 为 150 的 一 端 图		车床 C6140，三爪， 顶尖，卡尺 0~500 mm



工序号	工序名称	工序简图	设备与工艺
2	车 (2)车另 一端 外圆		车床C6140, 三爪, 顶尖, 千尺0~500mm
3	铣键槽		铣床X62, 铣床夹具, 卡尺, 深度尺
4	磨外圆		M10W磨床, 双顶尖, 鸡形夹, 千分尺
5	去毛刺		钳工台, 什锦锉

说明: (1) 工序简图的形状是本工序完成后的形状, (2) 本工序的加工表面要用特粗黑实线示出, (3) 图形的图示位置应尽量与加工安装位置相同, (4) 工序简图中的尺寸, 只注本工序必须保证的尺寸, 每个尺寸都要注出偏差值(入体方向单向偏差), (5) 在简图上必须标明定位、夹紧表面。

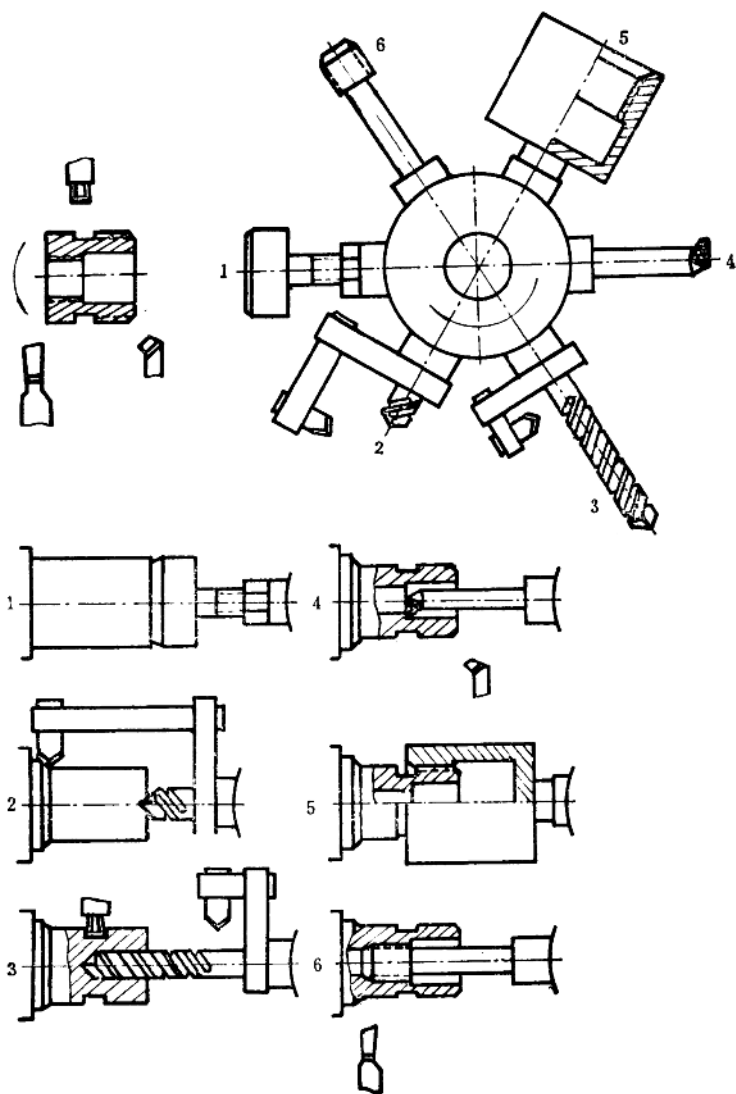
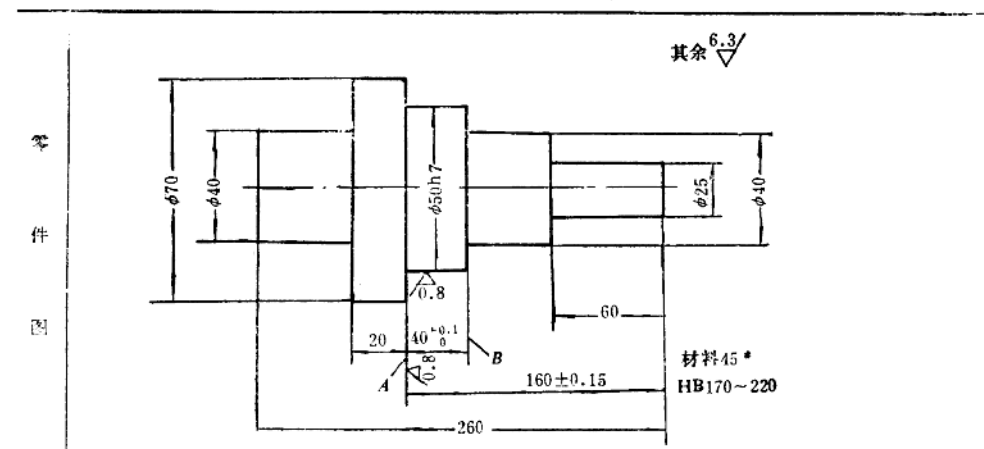


图1-1 包括六个工序的工序

1—装夹工件；2—车外圆和打中心孔；3—车槽和钻孔；4—镗内孔和车端面；5—套外螺纹；6—攻内螺纹和切断

表1-2 多阶梯轴的加工路线简表



工序号	工序名称	工序内容	使用机床
1	下料	下料, 打中心孔	锯床和车床
2	车	车削全部表面, A、B表面留磨削余量0.3mm	车床
3	磨	磨A、B表面, 直接保证 $40^{+0.1}_0$ mm的尺寸	外圆磨床

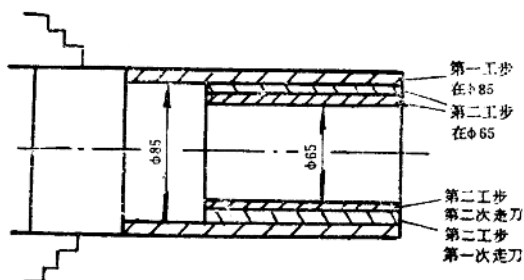
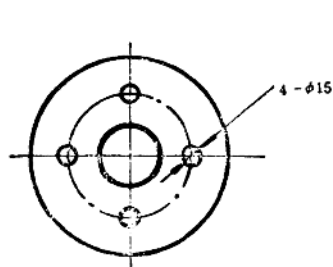


图1-2 包括四个相同加工表面的工步

图1-3 走刀示意图

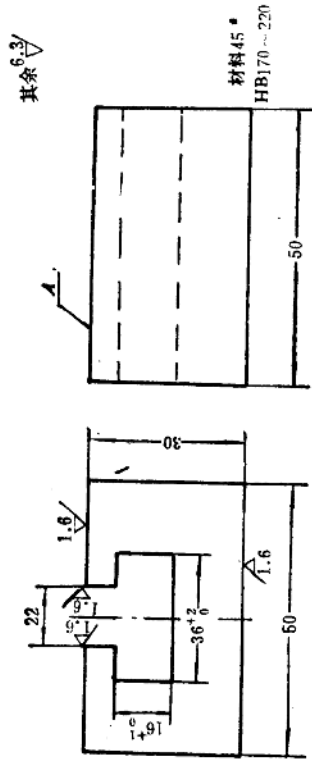
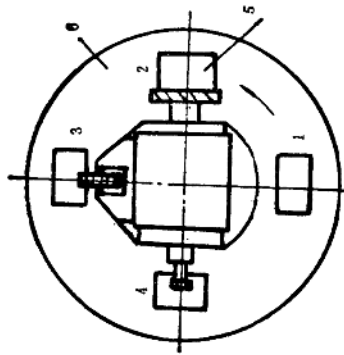
一次切削就是一次走刀, 如图1-3所示。

这里应注意零件和工件的异同。

零件——可以用来装配成机器、工具等的单个制品。具有固定的几何形状、精度、技术要求、材料及材料的物理机械性能。它是组成机器的最小单元。

工件——也称作“制品”或“作件”, 是作为工作对象的零件。多指在机械加工过程中的零件。就整个加工过程而言, 工件的几何形状、精度、技术要求及材料性能, 都是处于不断地演化过程中。或者说, 处于各工序(或工步)的工件, 其形状、精度、技术要求及材料性能, 一般说来是不一样的。工件经过整个工艺过程的演化, 逐步具备零件的全部属性。

表1-3 T形槽方块的加工路线简表



工序号	工序名称	工序内容	使用机床
1	铣	铣下底面和两侧面	普通铣床
2	铣	铣A面和T形槽	专用多工位铣床

表1—4 轴承套加工过程综合卡简表

零件图		<p>6.3 其余 <math>\nabla</math></p>
工序号	工序名称	设备与工装
0	<p>准备毛坯</p>	<p>模锻机</p>
1	<p>粗车 大端面 和内孔</p>	<p>12.5 车C6140, 四爪卡盘, 卡尺</p>

续表

工序号	工序名称	工 序 简 图	设备与工装
2	粗车 及精车 外圆表面		车C6140, 三爪卡盘, 卡尺
3	精车 大端面 和内孔		车C6140, 三爪卡盘, 卡尺
4	精镗内孔		金刚镗床, 三爪卡盘 (软爪), 内径千分尺
5	靠火花 磨端面 和磨外 圆表面		磨床 M120W, 千分尺

续表

工序号	工序名称	工序简图	设备与工装
6	打毛刺、清洗		钳工台、什锦锉
7	终检	图形同零件图	检验台, 卡尺, 千分尺, 内径千分尺

表1—5 台阶块加工路线综合卡简表

零件图			
工序号	工序名称	工序简图	设备与工装
0	锻造毛坯		自由锻

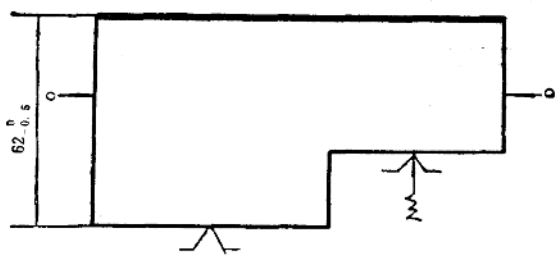
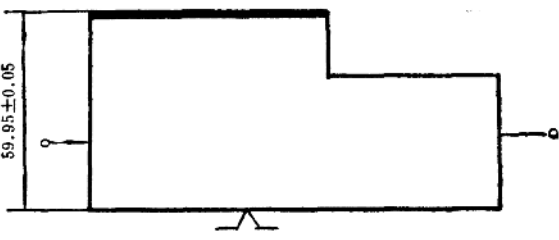
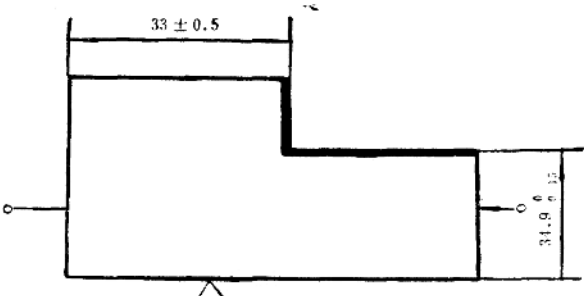
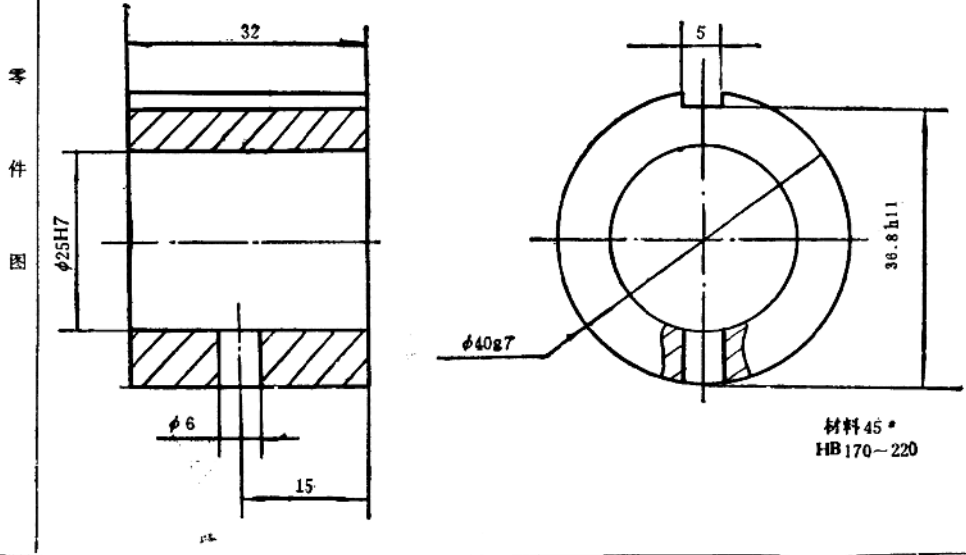
工序号	工序名称	工 序 简 图	设备与工装
5	铣大底面		铣X62W. 专用夹具, 卡尺
16	铣小顶面		铣X62W. 夹具, 千分 尺
15	铣台阶面		铣X62W. 夹具, 千分 尺



表1-6 轴套工艺过程综合卡简表

1.6  
▽



工序号	工序内容	设备与工装
0	下管料	车床
1	车端面和外圆	车床, 三爪卡盘
2	车另一端面和镗内孔	车床, 三爪卡盘
3	铣槽	铣床, 专用夹具
4	钻孔	钻床, 专用钻模