

自动机床系统

—柔性制造系统—

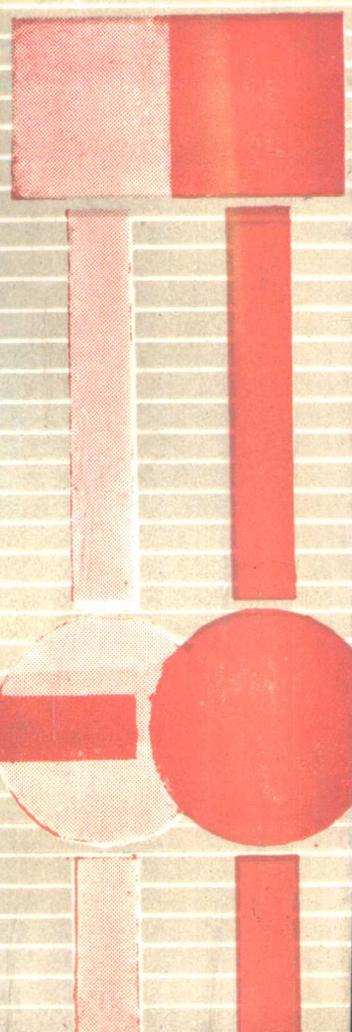
〔苏〕

В·Э·普什

Р·皮格尔特

В·Л·索松金 合著

机械工业出版社



78.38
890 8433

自动机床系统

——柔性制造系统——

〔苏〕 B. Ө. 普 什
P. 皮格尔特 合著
B. Л. 索松金
陈循介 译



机械工业出版社

本书系统地论述了主要由数字控制机床组成的自动机床系统的原理和设计理论。其主要内容是：工件的种类及加工方案分析；机床系统的不同型式；控制原理；数学保证的拟制原则；自动机床系统控制结构的特点；机床设备；毛坯更换装置；处理器控制装置和机床的伺服驱动控制等等。并列举了苏联和民主德国的一些典型的自动机床系统实例。

本书可供从事机床及自动机床系统研究、设计、制造和使用的科技人员以及高等院校有关专业的师生参考。

АВТОМАТИЧЕСКИЕ СТАНОЧНЫЕ СИСТЕМЫ

В. Э. Пуш

Р. Пигерт

В. Л. Сосонкин

МОСКВА

«МАШИНОСТРОЕНИЕ»

1982

* * *

自动机床系统

— 柔性制造系统 —

[苏] В. Э. 普什 Р. 皮格尔特 В. Л. 索松金 合著
陈循介 译

责任编辑：林佩珊 责任校对：刘志文

封面设计：肖 晴 版式设计：霍永明

责任印制：庞方武

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南里一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

重庆印制一厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 850×1168 1/32 · 印张 10³/₈ · 字数 274 千字

1989年2月重庆第一版 · 1989年2月重庆第一次印刷

印数 0.001—2.400 · 定价：6.20 元

ISBN 7-111-00632-1/TH·101

译者序

由现代数字控制机床组成的柔性制造系统，是70年代末和80年代初世界上新发展的先进工艺装备，它适用于在机器制造厂实现中、小批量，多品种零件的自动化生产，具有较好的经济效果，也是进一步实现无人化自动工厂和计算机集成制造系统（CIMS）的重要组成部分。

苏联把这种先进的工艺装备称为“自动机床系统”，在欧、美、日本，则称之为“柔性制造系统”（FMS——Flexible Manufacturing System），它是在应用数字控制机床的技术基础上，随着计算机控制技术的发展而迅速发展起来的。在一些先进工业国家中，这种柔性制造系统已进入实用阶段。近年来，我国有一些单位和高等院校在陆续开始从事这方面的研究工作，但是，系统的理论和分析参考资料很少，给科研的开展造成了不小的困难，为适应科学技术与生产发展的需要，翻译了这本书。

本书系统地总结了苏联、民主德国等近年来在建立自动机床系统方面的经验，既有理论分析，又有实践统计数据，内容比较丰富、系统。本书最大的优点是理论与实践相结合。

全书共分五章：

第一章，着重对工件的种类和机床系统的不同型式作了详细的分析，并对机床系统的初步设计及在多机床看管理论基础上的系统分析作了叙述。

第二章，论述了系统的控制原理，对结构构成和器件的实现原理、群控系统和数学保证的拟制原则、自动机床系统控制结构的特点等分别进行了系统的叙述。

第三章，对自动机床系统中采用的机床设备所应具有的条件和特点进行了叙述。并对机床的主要参数和特性、主要部件结

构、驱动系统和毛坯更换装置等扼要地作了论述。

第四章，叙述了系统的处理器控制装置。着重对器件的结构和数学保证的原理作了分析，并对数字控制多处理器结构方案的优缺点进行了具体比较。在形式语法语言方面的叙述中，通过一种新的状态图分析方法来说明输入规范、初始调度、手动控制、穿孔带自动规范和诊断等各种功能。

第五章，列举了苏联和民主德国等的一些典型自动机床系统的实例，扼要地介绍了这些系统中加工的零件及其有关加工工艺，并详细列出了系统的布置图。还扼要介绍了由苏联金属切削机床科学实验研究院（ЭНИМС）在综合研究分析基础上拟制的加工箱体类零件的模块式机床原理和模块式机床系统的例子。

本书由遇立基、李昌琪两位同志对全文进行了仔细校对，在此深表感谢。

译文中有错误或不妥之处，恳请读者指正。

1986年10月1日
于北京机床研究所

前 言

现代机器制造的重要发展趋势，是逐步从采用一组工艺的机床过渡到使用自动的机床系统。在大量生产中，由组合机床和自动机床组成的自动线已获得了广泛的应用。在小批生产中，只是在最近几年由于计算技术方法的发展和控制电子计算机的出现，过渡到机床系统才成为可能。由数控机床、传送-贮存装置和电子计算机控制相结合的自动机床系统，具有高度的灵活性。这种灵活性在零件品种经常改变的情况下是加工多品种零件所必需的。在小批和成批生产中，采用自动机床系统，能显著提高劳动生产率（与普通机床相比，劳动生产率可提高到3~5倍），提高产品质量和减少劳动量。自动更换成套切削刀具和装置使机床调整到加工新零件的一些自动化原则，在大批生产中也可应用。这样，既能减少手工劳动，并可提高劳动生产率。

进一步扩大自动机床系统的使用范围，必将逐步改变机器制造业生产的性质，并将其转变到无人操作的工艺基础上去。将机床系统联结成自动化车间和工厂，并在此基础上建立统一的、自动的机器制造业生产，必将保证符合共产主义社会的劳动生产率水平。

机床制造业的发展，决定整个机器制造业生产的水平。创制自动机床、组合机床和自动线，在大批和大量生产中能显著提高自动化程度。在机床上应用数字程序控制和微处理器，有可能建立柔性的机床系统，它是将来在各个机器制造部门的零件小批和成批生产条件下实现最高自动化程度的无人化机器制造生产的基础。

本书总结了苏联和民主德国等在创制自动机床系统方面的经验，研究了在其设计中决定技术任务时的工艺原则和原始规定、机床系统控制的原理、主要的和辅助的设备和微处理器装置，并列举了一些用于加工箱体零件和回转体零件的机床系统实例。

目 录

译者序

前言

第一章 概述	1
1.1 加工零件的种类.....	3
1.2 机床系统的不同型式.....	22
1.3 机床系统的初步设计.....	36
1.4 在多机床看管理论基础上的系统分析.....	52
第二章 控制原理	74
2.1 结构构成和器件实现的原理.....	74
2.2 群控系统的拟制原则.....	87
2.3 数学保证的拟制原则.....	91
2.4 句法分析、翻译和编辑理论的简明知识.....	100
2.5 自动机床系统控制结构的特点.....	110
第三章 机床设备	122
3.1 主要参数和特性.....	122
3.2 机床的支承系统.....	136
3.3 导轨.....	149
3.4 主传动和主轴部件.....	160
3.5 进给驱动和牵引装置.....	177
3.6 毛坯更换装置.....	189
第四章 处理器控制装置	200
4.1 器件结构.....	200
4.2 数学保证的一般原理.....	215
4.3 形式语法语言的描述.....	225
4.4 译码器的构造原理.....	242
4.5 机床的电气自动控制.....	253
4.6 机床伺服驱动的控制.....	275
第五章 机床系统实例	282

VI

5.1	АП和АСК系统	282
5.2	ПРИЗМА2系统	285
5.3	МАРК500系统	294
5.4	FZ200系统	298
5.5	机床单元	305
5.6	模块式的AKM系统	310
	结束语	317
	参考文献	321
	附录 俄汉词汇对照	325

第一章 概 述

从成批和小批生产过渡到零件的自动化制造，可以提高劳动生产率、安全性和产品质量，降低零件的成本和劳动消耗，有利于改变社会主义社会中劳动的性质。

提高生产效率，是实现自动化的必要条件，它可按下列公式来评价：

$$E = \frac{MQ}{K}$$

式中 M ——生产率参数； Q ——加工质量参数； K ——加工总消耗。

生产率参数可用时间之比来表示（图1.1）：

$$M = \frac{T_m - T_n}{T_m}$$

式中 T_m ——单件时间； T_n ——加工的时间损失； T_m ——机动时间的平均值。

图1.1表示在自动化设备上特别是在自动机床系统中加工时

T					
T_k					T_{on}
T_m				T_p	
T_o					
T_m	T_b	T_{n3}	T_1	T_2	
T_n					
T_m	T_n				

图1.1 自动机床和机床系统的时间分布

T —例行（按日历规定的）时间 T_k —单件—计算时间 T_{on} —组织停工时间
 T_m —单件时间 T_p —计划修理损失 T_o —工序时间 T_n —时间损失 T_m —基本（机动）时间 T_b —辅助时间 T_1 —循环损失 T_2 —循环外损失 T_n —循环时间 T_{n3} —准备—终结时间 T_n —非生产时间（各种损失）

的各部分时间。

参数 Q 可根据要求质量和实际质量的比较按尺寸、形状、材质、加工表面质量等各个判据来确定。同时，对于每个判据引入权系数 $p_i=0\sim 1.5$ ；

$$Q = \sum_i^j p_i \sqrt{\prod_1^j \left(\frac{Q_{\text{实际}}}{Q_{\text{要求}}} \right)^{p_i}}$$

式中 j ——所采用的评定质量判据的数目。

费用由总的资金消耗 K_o 、时间消耗 K_B 和所制零件的消耗 K_{III} 来决定；

$$K = K_o + K_B + K_{III}$$

而 $K_o = K_A/n$ ，式中 K_A ——一年折旧的资金消耗。由于自动化设备的高生产率和所增加的无形磨损 \ominus ，年数 n 必须减少。

关于评价生产手段的经济效果的这些总的设想，产生出如下的先决条件：

具体加工零件的种类(品名)必须与要求生产的数量相适应；

应该利用高效的加工工艺，保证最少的基本时间和平均机动时间；

必须采用合理的机床设备结构，以便在高的自动化水平下实现高效率的工艺；同时降低资金消耗和减少基本的与辅助的时间以及相应的消耗；

机械手 \ominus 、传送装置和贮存器应符合整个系统的结构，应减少资金消耗和准备-终结时间；

必须要有高的工艺可靠性和预防性看管组织，保证应有的加工质量，并提高系统的技术利用时间；

对于辅助设备和附加装置的选择，应该进行系统的分析，以便减少资金消耗并使手工劳动量最少；

\ominus 无形磨损，指设备陈旧过时的损失。——校者注

\ominus 原文为Манипулятор (操作器)，我国通常称为“机械手”。——译者注

可靠的控制和相应的数学保证[⊖]是必需的，以便使机床设备具有最高的负荷，能自动更换毛坯和刀具、自动检验加工零件以及检查加工过程和机床、刀具、夹具的状态，发展完善的诊断系统。

1.1 加工零件的种类

应根据具体的工艺过程及与之相适应的、为制造规定形状及尺寸零件的工艺装备来研究零件的加工任务。每个具体的任务，由接受加工的零件名称（种类）来表征。

研究机器制造零件的种类，可以看出其不变性。图 1.2 列出了零件的一般结构和程式化的分类——回转体的、棱柱形的、平面的、成型的和曲线形的。

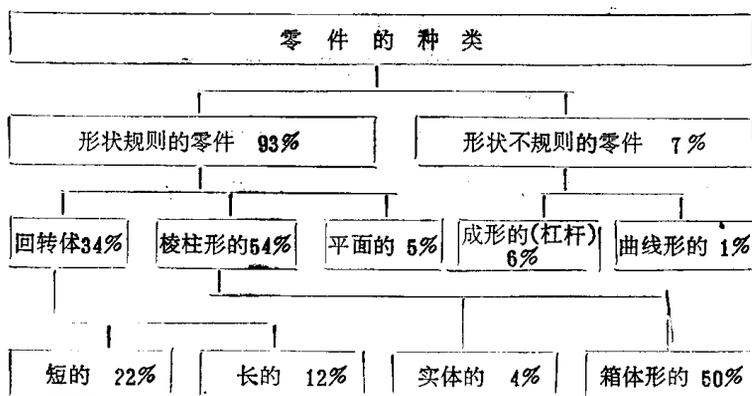


图1.2 加工零件的结构

应注意零件制造、装配的自动化与相应的设备和零件本身之间的关系。关于加工零件的知识，直接影响到工艺过程和刀具的选择，影响到设备的参数和工艺特性。同时，每个零件由决定工艺要求的一组工艺因素（材料、几何形状）及决定经济和组织要求的一组组织-经济指标（年产量、每批零件数、允许的制造费用）来表征（图1.3）。

⊖ 指象数学般保证逻辑的合理性，也可译作“软件”。——译者注

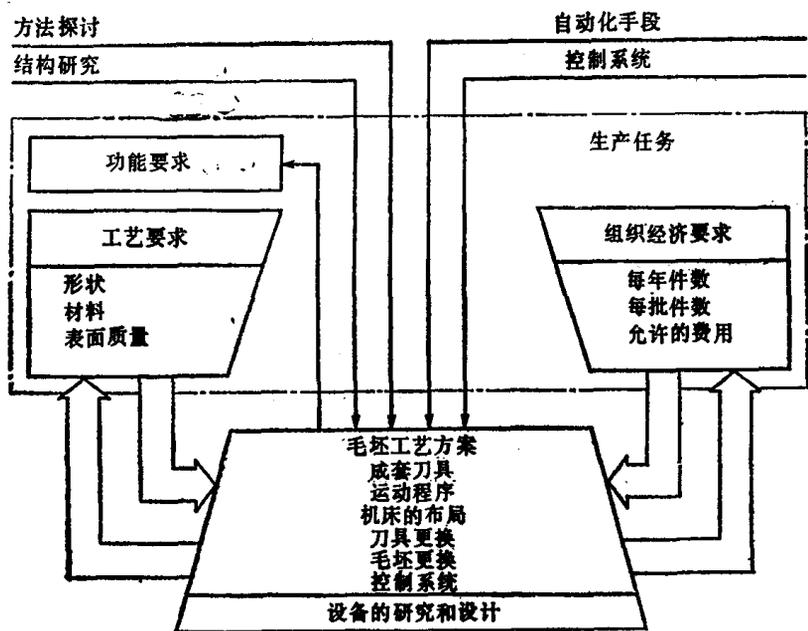


图1.3 生产任务与设备结构的关系

在解决不同零件的具体制造任务时，应注意其参数。零件可能是棱柱形体、回转体（轴类或短的卡盘加工零件）、或某种特定产品的专用件。但是，每台机床和每个机床系统保证制造一种类型的有限品种（例如齿轮），因此，必须分析其加工的构成。

回转体零件 根据其制造所采用的工艺来进行分析是合理的。当生产新的零件种类时，其制造也应根据典型工艺来进行。回转体零件按下关系式分成短的和长的（图1.4）：

$$L=10\sqrt{25+5D}-50$$

式中 L, D ——最大长度和直径（mm）。

在回转体零件中，最普遍的是具有特殊形状的零件，如齿轮、丝杠、花键轴。

工作图和技术文件包括有关零件尺寸（最大外径和长度）；坯料（棒料、锻件、铸件、焊接件）；毛坯与零件的质量；材料（牌号、硬度、加工性）；质量要求（尺寸公差、表面形状和相互

位置)；基本的加工表面(圆柱体、锥体、倒角、螺纹、槽、孔等)；夹紧次数和特点；车削、钻削、铣削时的成套刀具；生产规模(一年的产量和批量，一批的件数)；加工时间(基本时间和工序时间)；允许制造成本的数据等。根据要求的加工质量，列出总的原始数据并规定相应的限度。

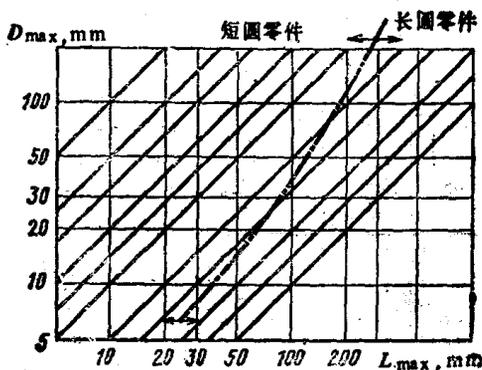


图1.4 回转体零件的划分

在加工基本表面时，可以使用不同的切削刀具和各种加工工艺方法。并且，加工工艺方法是由机床相应的一组运动来实现的。因此，加工方法的选择应符合于实际可使用的机床和提升-传送装置。

图1.5表示同一根轴的加工情况：可在两个刀架(1.1)的一台机床上先加工 D_1 面然后加工 D_2 面；或者调转零件在一台机床上加工(1.2)；或在两台机床上加工(1.3)。同样，在零件切端面和钻中心孔时，也可以采用不同的作法：在同一台机床上在直径 D_A 上切端面、并在同一端 F_A 面上钻中心孔(2.1+3.1)；在同一台机床上调转零件在两端切端面和钻中心孔(2.2+3.2)；在两台机床上对两端切端面和钻中心孔(2.3+3.3)。最终的加工方案，按规定的经济效果来选择。最后，圆柱表面可用垂直于轴心的端铣刀加工：在一台机床上加工(4.1)；在一台机床上调转零件加工(4.2)和在两台机床上加工(4.3)。

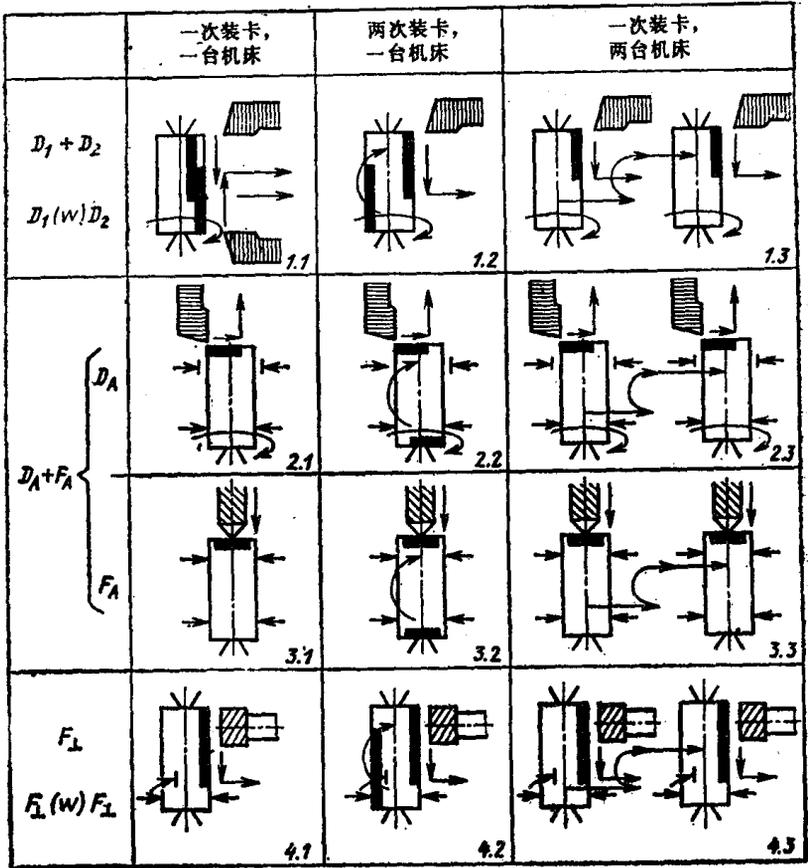


图1.5 制造轴时的主要工序

 F_{\perp} ——垂直于零件轴心的铣削和钻孔 (W) ——零件调转

在更细致的分析时，必须考虑到粗、精加工的可能性（图1.6）。不仅外圆必须精加工，而且端面也要精加工。还应考虑到淬火和以后磨削的可能性。这与对测量手段和磨床的补充的系统分析有关，这种分析一般近似地进行。

为了研究圆形零件（回转体类）的基本表面和典型部位，必须将它们分解为外部的（图1.7）和内部的（图1.8）基本表面、与回转体轴心线垂直的表面（图1.9）、与轴心线成角度的表面。

(图1.10)、齿形的和花键形的型面(图1.11)等。

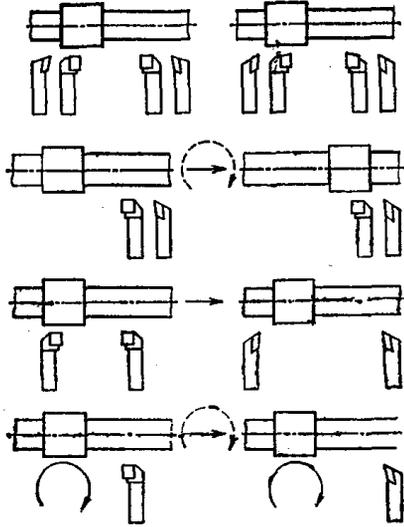


图1.6 粗-精加工方案

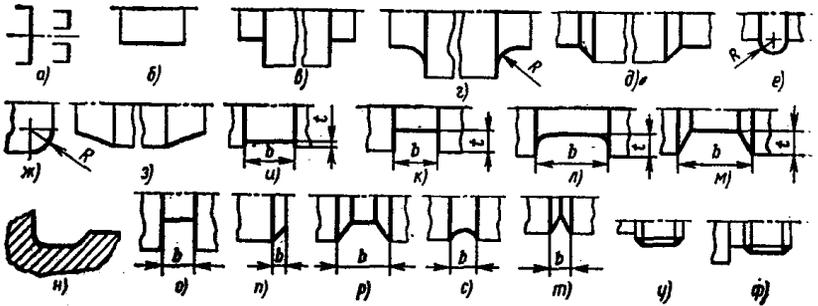


图1.7 回转体零件的外基本表面

a—平面 b—台阶 c—带尖角过渡的台阶(倒圆 $R < 0.6\text{mm}$) d—带倒圆的台阶($R > 1\text{mm}$) e—带尖角过渡到圆锥表面的圆柱表面 f—倒角(半圆) $R > 1\text{mm}$
 z—倒圆锥面 u—深 $t \leq 1\text{mm}$, 宽 $b > 8\text{mm}$ 的沟槽 k—带尖角过渡的沟槽($t > 1\text{mm}$, $b > 8\text{mm}$) p—带大倒圆过渡的沟槽($t > 1\text{mm}$, $b > 8\text{mm}$)
 m—带圆锥过渡的沟槽($t > 1\text{mm}$, $b > 8\text{mm}$) n—螺纹空刀 o—装挡圈的槽($b < 8\text{mm}$)
 r—倒角($b < 8\text{mm}$) p—装密封圈的槽($b < 8\text{mm}$) c—圆槽($b < 8\text{mm}$)
 m—三角槽($b < 8\text{mm}$) y—带长空刀的公制螺纹 f—带很短空刀的公制螺纹

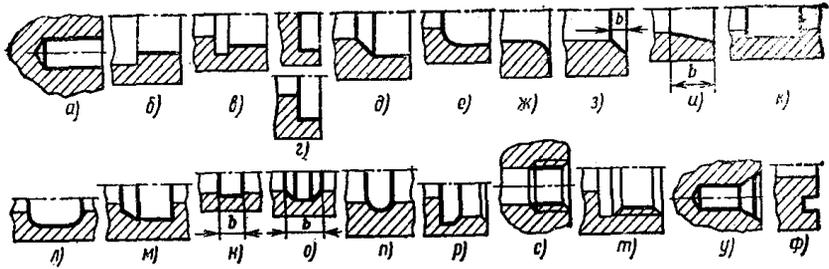


图1.8 内基本表面

а—同心或偏心的轴向孔 б—带空刀的圆柱表面 в—带有限空刀的圆柱表面
 г—带尖角过渡到平面的内圆柱表面 д—带尖角过渡到锥孔的内圆柱表面 е—带倒圆过渡到平面的内圆柱表面 ж—内孔边缘倒圆 з—内圆柱表面上的倒角 ($b < 6\text{mm}$)
 и—内锥面 ($b > 6\text{mm}$) й—带尖角过渡的沟槽 л—带尖角过渡的沟槽 ($b < 6\text{mm}$) м—带圆锥过渡的沟槽
 н—带尖角过渡的沟槽 ($b < 6\text{mm}$) о—带圆锥过渡的沟槽 ($b < 6\text{mm}$) п—带圆锥过渡的沟槽
 р—带圆锥过渡的沟槽 ($b < 6\text{mm}$) с—带圆锥过渡的沟槽 ($b < 6\text{mm}$) т—带圆锥过渡的沟槽
 у—带圆锥过渡的沟槽 ($b < 6\text{mm}$) ф—带圆锥过渡的沟槽 ($b < 6\text{mm}$)

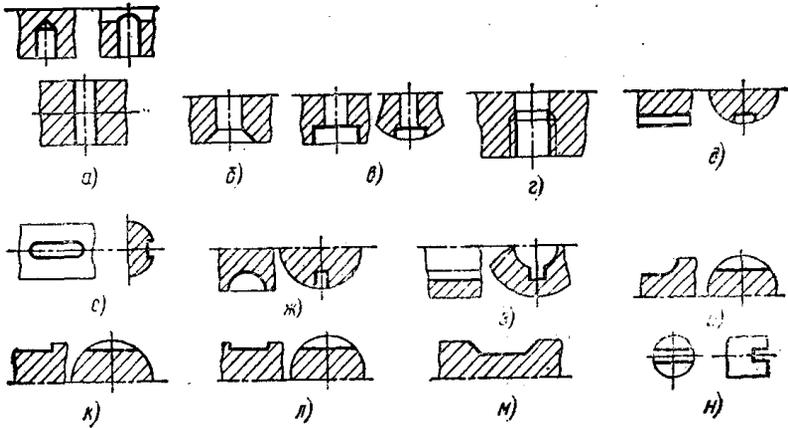


图1.9 与回转中心垂直的基本表面

а—与回转中心垂直的孔 б—锥形扩孔 в—圆柱形扩孔 г—公制螺纹 д—外圆柱表面上的纵向槽
 е—带圆弧的槽 ж—月牙槽 з—内圆柱表面上的纵向槽 и—带退刀的平头
 к—有台阶的平台 л—两面有限制的平台 м—带过渡的平台 н—一端面上的切口

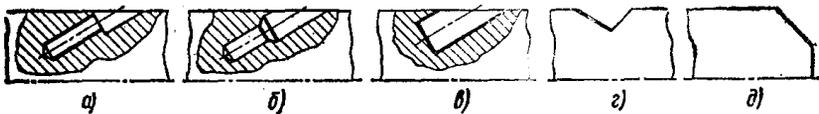


图1.10 与回转中心成角度的表面

а—钻孔 б—锥形扩孔 в—平底孔 г—有凹口的平面 д—带任意倒角的平面



图1.11 特殊型面

a—齿形型面 b—花键形型面 c—正方形 d—六角形

为了有利于有效的生产，常在自动机床系统中取消很少遇到的一些基本表面的加工。这些表面（例如，成角度的表面）的加工，必需配备附加的机床，这将使加工系统昂贵，并且要配置附加的专用切削刀具，将会超过自动换刀刀库的容量，这是不合算的。很少遇到的一些基本表面，可用其他同样功能的表面来代替。

加工零件的数目，应在充分长的时间内预先计划好。在此基础上，决定生产率和产量，以及加工系统的柔性和可调性的程度。应考虑制造的时间耗费与其对生产率和产量的影响，以及在缩短基本时间和辅助时间、工序集中、并行使用切削刃、刀具和工艺工步方面的措施。

图1.12和图1.13表示民主德国八个机器制造企业（六个机床制造厂、一个液压件工厂和一个仪表制造工厂）的圆形零件（回转体）种类的统计数据。由此仅能作出一些选择机床与整个机床系统的工作范围的一般结论，而在各个具体情况下，必须研究该零件的特点。

棱柱形零件 主要用铣削和钻削加工。在制定设计技术任务时，必须考虑机床工作空间的体积、年需要量（件数）、平均加工时间和零件的材料（表1.1）。在制造箱体形零件时，需要较多的时间耗费，因此，以后将着重考虑箱体零件的加工。

按照加工零件的尺寸，可以进行分组，以符合于机床的工作空间。表1.2列有四组相似的箱体形零件。

分析零件工作图是制定机床设计技术任务的基础。这时，起主要作用的是：外形尺寸，材料（铸铁件或钢焊接结构），余量