

內 容 提 要

本书是苏联专家、技术科学博士阿·謝·普罗尼柯夫教授1956~1957年在交通大学讲授时写的讲义。

本书阐述了自动机床及自动线理论、设计及使用方面的问题。书中反映了苏联自动机床制造业的先进经验，阐述了自动机床设计方面的一些共同问题。工作机的生产率、最适宜切削用量的选择、自动机床及自动线工位效应的选择、自动机床的机构、凸輪、夹紧机构及其它机构的設計問題等。此外，还扼要地介绍了普罗尼柯夫教授本人在机床寿命和机件磨损以及凸輪計算方面的研究工作。

本书适合高等工业学校机械制造工艺、机床及刀具专业学生作为教材之用，也可供机器制造厂工程技术人员参考。

本书译文由郑兆益、胡葆珩、顏子平、張策、張致祥等五位同志校閱。部分译文并由馮王柱同志作了文字上的修飾。

自动机床及自动线

АВТОМАТЫ И АВТОМАТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ

原著者 [苏联] А. С. ПРОНИКОВ

譯者 沈长荆 朱立三

上海科学技术出版社出版

(上海南京西路2004号)

上海市书刊出版业营业許可證出 093 号

新华书店上海发行所发行 各地新华书店經售

商务印书馆上海厂印刷

开本 850×1168 1/32 印长 12 插頁 3 总 数 302,000

1960年1月第1版 1960年1月第1次印刷

精裝 1—120
印数 平裝 1—4 500

統一書号：15119·1388

定 价：(十四) 2.10 元

目 录

作者自序

序 言

緒 論 1

第一部分 自动机床

第一章 工作机的生产率原理	11
1. Г. А. 沙烏勉 (Г. А. Шаумян) 教授的生产率定律.....	11
2. 自动机床制造的基本問題.....	20
第二章 工艺过程-自动机床的设计基础	29
1. 工序集中的原則.....	29
2. 自动机床的主要型式.....	34
第三章 自动机床上的加工用量	48
1. 考虑到刀具方面损失的机床和自动机床的生产率.....	48
2. 最适宜的加工用量.....	56
第四章 机床及自动机床的寿命	62
第五章 自动机床的运动学和结构	75
1. 自动机床的分类.....	75
2. 自动机床上的螺紋切削.....	91
3. 自动机床的结构.....	97
4. 齿接合器的計算.....	112
第六章 自动机床的凸輪机构	116
1. 凸輪机构的类型.....	116
2. 凸輪机构的运动計算.....	121
3. 凸輪机构的机械效率.....	130
4. 确定凸輪机构的最适宜的压力角.....	134
5. 凸輪輪廓的繪制.....	142
第七章 自动机床的送料(装料)机构	150
1. 卷料及棒料送料机构.....	150
2. 料仓送料.....	154
3. 料斗送料.....	158

03199

4. 应用振动来装料和运送单件的毛坯169

第八章 毛坯夹紧机构173

1. 弹簧夹头夹紧机构的结构173

2. 夹紧机构的计算176

第九章 自动机床的转位及定位机构186

1. 转位及定位机构的类型186

2. 馬氏机构的计算189

第十章 自动机床的调整195

1. 自动机床调整的一般原则195

2. 成形纵切自动机床的调整198

3. 转塔自动机床的调整208

4. 多轴自动机床的调整216

第二部分 自动线

第十一章 自动线的类型224

1. 自动线及其结构224

2. 在通用设备基础上建立起来的自动线232

3. 由组合机床构成的自动线254

4. 综合自动线、自动车间及自动工厂266

5. 连续自动线285

第十二章 自动线的生产率288

1. 自动线生产率的确定288

2. 自动线中的工位及工段数292

3. 自动线上工艺过程的特点和加工用量298

第十三章 自动线的专门机构303

1. 零件的运输机构303

2. 料仓及料斗装置327

3. 零件的夹紧及定位机构333

4. 操纵机构341

第十四章 检验自动化345

1. 自动线中的检验345

2. 自动化中所采用的检验尺寸的方法349

3. 工件自动检验机355

参考文献369

緒 論

使生产过程自动化和創造高生产率的自动机床，是现代机床制造业发展的基本趋向之一。当我们生产一种新型号机床的时候，那么工程师和生产者所提出的第一个问题就是：“机床自动化的程度怎样？机床能不能在没有人操作的情况下完成基本的生产作业？”

这样的一些问题的提出并不是偶然的，因为只有使生产自动化，才有可能保证从不大的生产面积上大量地制造出各种产品。

在社会主义社会里，自动化还具有特别的意义，因为这可使人们从繁重的体力劳动中解放出来，使他们成为机器的主人，成为生产的指挥者。

因此，“自动机床”课程在培养机床工程师的教学大纲中应占有特别的地位。在学习所有与机床有关的课程中，该课程是最后的一部分。要知道现代的自动机床是最复杂的机床，在这类机床上采用了所有科学和技术上的最新成就。

在“自动机床”课程里将研究自动机床的设计、计算和使用的問題。

此外，很多将研究的自动机床的规律性和结构特点，不仅适合于切削加工用的自动机床，而且还适合于各种其他用途的自动机，如冲压、装配、包装、检验以及其他等等自动机。这是由于各种自动机在计算方法上，在基本机构的设计上以及在运动学上，是具有很多共同之点的。

“自动机床”课程是以在苏联（Г. А. 沙烏勉教授的学派）創立的工作机生产率原理为基础的。这一原理可以解决合理地使用自动机

的問題，可以解決設計自動機和選擇其結構的問題，以及創造高生產率的機器、自動綫、自動車間和自動工廠的問題，並可以科學地總結生產革新者的經驗。

在闡明工作機的生產率的理論之前必需講一下“工作機”和“自動機”的概念，以及生產過程自動化在社會主義工業中所起的作用。

為了確定作為生產資料的機器的作用，必需從生產關係出發，也就是從生產資料和工具是屬於誰的這一點出發。

在資本主義社會里機器是屬於剝削階級的，是剝削工人階級的工具。

在社會主義社會里，則機器就是利用自然力為社會創造財富的工具。它減輕工人的勞動，並提高他們的勞動生產率。

可以給機器下怎樣的科學的定義呢？一些怎樣的特點可以把機器和生產工具區分開來呢？馬克思就曾對於這些問題給予很大的注意。

假如以馬克思所表示的為根據，那麼就可得到如下的解釋。首先我們應該把機器分為兩類：第一類是原動機，這一類機器是用來改變能量的；第二類是用作工具的工具，或者如馬克思所稱的工作機，這一類機器是用來實現某一種適當的工作的。

對於工作機可以用下列定義來說明：那些可以用來改變勞動對象的形狀、性質、狀態和位置的機器，稱為工作機。因此，“工作機”的概念就包括：金屬切削機床，加工金屬的壓力機，把已加工好的機件裝配起來的裝配機和檢驗機，紡織機，食品工業的機器如包糖機，以及包裝機等。

工作機由那一些部分組成呢？一般的工作機是由三個主要部分組成(圖1)：

- (1) 原動機構；
- (2) 傳動機構；
- (3) 執行機構。

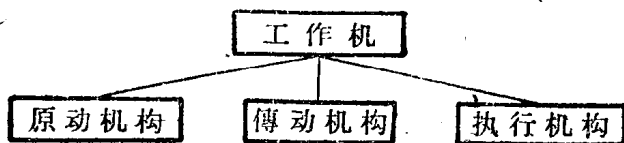


图 1

这些部分中的那一个是基本的呢？

原动机 虽然提供了整个机器机构的运动，但是对于机器所完成的职能的特性而言不是基本的。

馬克思着重指出，获得运动的方式，即原动机这样的特征，还不能确定“机器”的概念。馬克思写道：“当一个发明者向世界正式宣布已经出现了織布机时，那么这个发明者一个字也没有提到說，他的机器不过是用一个驢子来拖动的。虽然他沒有指出机器上的原动机，而这也沒有原則性的意义，主要的在于，对要加工的某种織物要完成怎样的运动，而不在于用怎样的方法来驱动机器。

传动机构 只是为了輸送或傳遞原动机所产生的能量給执行机构时才需要的，以便使后者能完成工作机所应做的必需的工作。所以每一个工作机的基础和主要部分，就是执行机构。

执行机构是由若干单独的专门机构所組成，这些专门机构各用以完成一部分任务。每一台工作机的完善程度，首先决定于执行机构的完善程度。

机床的专门机构就是刀架、主軸、夹紧机构、毛坯送进机构等等。

当开始出现更完善的工作机的时候，就产生这样的问题：怎样来建造这些新的机器呢？以什么作为工艺过程的基础、以什么作为加工那些材料的执行机构运动的基础呢？

从前曾有过这样的見解，就是加工某一材料的工艺过程，是以观察了工人用手完成的运动作为基础而得到的。在設計机床时，就应该试图把这些运动用机动来完成。

这种見解是不正确的，假如朝这条道路走就不能創造出完善的

工作机来。例如,怎样可以創造出用展成法工作的齒輪加工机床呢?作为这些机床的基础的不是人手的运动,而是一定的机械的和工艺的原理。因此在設計机器中,作为它的基础的是力学的原理和在加工所要求的形状时所应该完成的基本运动。馬克思指出,只有随着車床的出現,才能够得到圓柱形和其他的形状,而这个加工过程并不决定于工人的技巧、經驗或手艺。机构本身不依赖于工人,而自己完成这种工艺过程。这样,机器自己完成工艺过程的这一事实,就可以成为工作机及其基本器官——执行机构的特点。

随着工作机以及这些工作机执行机构的发展,同时开始出现了自动的工作机,它們現在在工业中占据愈来愈多的地位。

什么是自动机呢?假如你观察一下非自动的工作机的工作,例如車床,那么不管这机器怎样完善,仍只有部分与工艺过程有关的行程是由机器(机床)完成的。其他所謂輔助或空行程部分,則将是工人自己来完成。这些空行程(接通速度、安装零件、引进刀架等等),对于准备完成一定工艺过程的条件基本上是需要。

定义:自动机是这样一种工作机,它具有有一些专门机构,用来完成工作行程和空行程,使操作工人只需要担任檢查工作。

这样一来,自动机完全把人从参加实现工艺过程中解放出来,而工作的操作者只要校正这个过程。

除了自动机外,还广泛地采用了半自动机。所謂半自动机就是这样的工作机,它按一个自动的循环工作,但为了使循环再次进行,这时就需要工人进行操作。

我們简单地研究一下自动的工作机的专门机构(图 2)。

自动机的执行机构,由下列专门机构組成: 1) 实现工作行程的专门机构; 2) 实现空行程的专门机构,操纵用的专门机构也属于这类机构。

普通的非自动的工作机上,只有工作行程专门机构是必不可缺的。这就是用于直接完成加工过程的专门机构。完成空行程的专门

机构以及操縱用的专门机构,在非自动的工作机上照例是没有的。

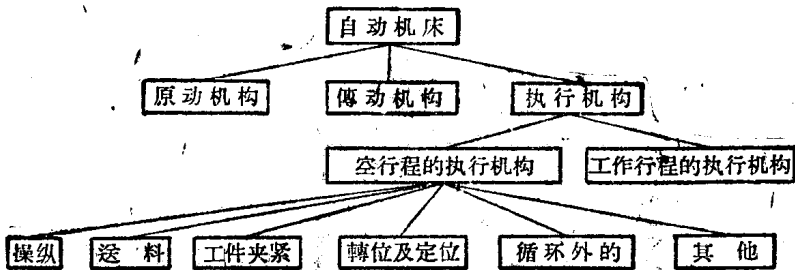


图 2

操縱用的专门机构,是作为自动工作机特征的基本机构之一,它可以建立在机械的、液压的或综合的基础上。

建立在机械基础上的各式自动机都有分配轴,分配轴上装有凸轮,这些凸轮把必需的运动传递给机器的工作机构。例如图 3 所示为使用得最广泛的转塔自动机床的立体图,世界上所有工业先进的国家都制造这种型式的自动机床,而在中华人民共和国南京机床厂也生产它。这种机床的传动系统如下:

电动机 2 通过变速箱 3,将运动传递给主轴 1。除此以外,还有专门的运动链传动分配轴 4。在这个轴上装有一些凸轮,这些凸轮操縱着循环过程中的主要运动及调动各专门机构:接通主轴离合器,操縱转塔的回转,移动刀架,送进及夹紧棒料等等。

这样一来,自动机床的机构,不仅完成工作运动,而且也完成空行程运动。

下列是空行程的典型机构: 1) 装料或送料机构,这种机构用来装送半成品,也就是装送在该工艺过程中被加工的零件; 2) 被加工工件的夹紧机构,它在加工时夹紧材料; 3) 转位与定位机构,这类机构的存在就是多刀或多轴自动机床的特点,它们把刀具或把工件引向加工位置。这类机构转动转塔或工作台,并把毛坯或刀具在该位

置上定位；4) 刀具或毛坯的引进及退出机构；5) 循环以外的机构，即不在循环期内工作，而是周期性工作的机构，例如清除切屑的机构，定期潤滑的机构；6) 在加工过程中檢驗毛坯的檢驗机构，以及許多其他机构。

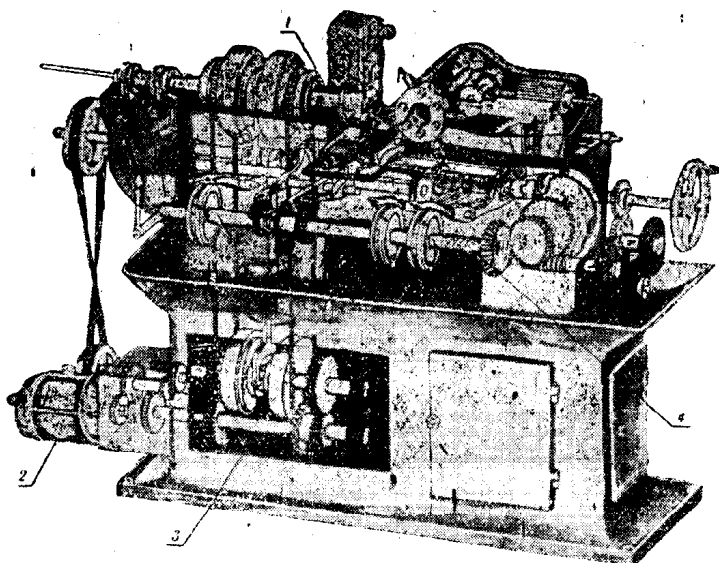


图 3

假如你看一下各种用途的自动机床，則照例可以看到所有这些主要机构的存在。因此，这些专门机构的设计和計算的方法及自动机的设计和計算的方法，整个說来对各种各样用途的自动机都有很多共同之点。

談到自动机床，必須指出它在資本主义及社会主义条件下的不同用途。

在資本主义条件下自动机床的出現是由这种条件决定的，就是在工业中采用自动机床是否有利于資本家获取更大利潤。因此，在資本主义条件下除自动机床以外，还使用一种会損害工人的机器，在那里工人实际上完全成为机器的附属品。可以拿瑞士的机床“巴列依”(Bolex) 作为例子，这个机床生产率高，在資本主义企业中采用

非常有利。但是用什么方法来达到这个高的生产率呢？这个高生产率是这样获得的：在机床前面有一个箍圈，工人把它扣在自己的腰上。此外，机床有一个用脚和手来操纵机床的踏板，箍圈和手柄是用来移动刀架和变更速度的。在这里生产率是依靠系在这机床上的工人的极度疲憊而达到的。当然，尽管这些机床的生产率很高，社会主义工业是不会走向生产这种机床的。

在资本主义条件下，自动机床的推广增加了失业者的队伍，因此自动机床的出现并没有改善广大人民和工人阶级的物质福利。

在社会主义工业中自动机床起着另外的作用。自动机床服务于高尙的目的——它首先减轻工人的劳动和消灭脑力劳动与体力劳动之间的对立。假如你看一下我们现代的自动机床、自动线和自动车间，那么在那里很难看出工人和工程技术人员的差别。的确，工人的作用只在于控制工艺过程和调整这个过程，这样一来工人便成为生产的管理者了。在我们苏联特别注意对劳动有害的这种生产过程的自动化，此外也特别注意在体力方面是沉重的生产过程的自动化。因此在我们那里化学工业中广泛地采用了自动化，从劳动保护的 viewpoint 看，这是非常重要的。在我们那里把繁重的、工人很难靠体力完成的工作实行着自动化，也即把工人从繁重的体力劳动中解放出来提到首要的地位。

在苏联极为注意各种型式自动机床的生产，以及生产过程自动化的问题。

我们生产所有主要型式的金属切削的自动机床和半自动机床，既有通用的也有专用的。自动机床最大的用户，是大量及大批生产的工厂，如制造汽车、拖拉机、轴承、钟表以及金属制品（螺丝、螺母）的工厂等。

机床自动线也获得很大发展，而在最近几年中创立了一系列的自动车间，在这些车间中全部工作循环都是自动化的。

当研讨后面各个章节的时候，我们将会熟悉各种型式的自动机

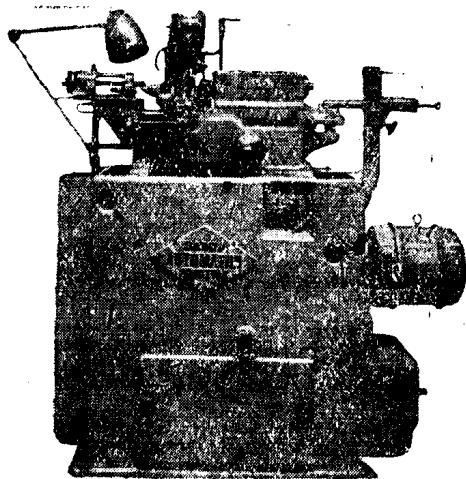


图 4

床和自动棧。現在举几个例子，來說明这个问题。如图4所示为1104型成形纵切自动机床，該自动机床是加工精密零件用的，原料为直径4毫米以內的棒料，这种自动机床也广泛地应用在仪器制造中，用以加工軸和螺絲型形状复杂的細小零件。1104型成形纵切自动机床的主要規格如下：最大加工直径4毫米，最大車削长度30

毫米，主軸轉数范围1,475~10,000轉/分钟，机床生产率0.365~29.7件/分钟，电动机功率1.2瓩。图5所示为加工卷料的1106型自动机床，該机床上用直径在8毫米以內的金属絲作原料加工零件。

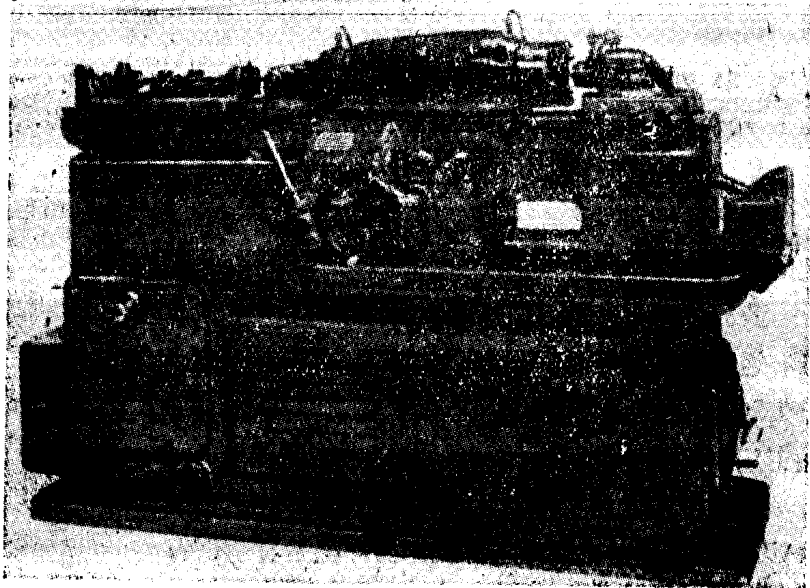


图 5

金屬絲是從卷料展開的，因此主軸不轉而是刀頭旋轉。在這種自動機床上一般是加工外形簡單的零件。在蘇聯還生產多軸的自動機床和半自動機床，在這類機床上同時有數個零件進行加工。圖 6 所示為 1240-6 型多軸自動機床。

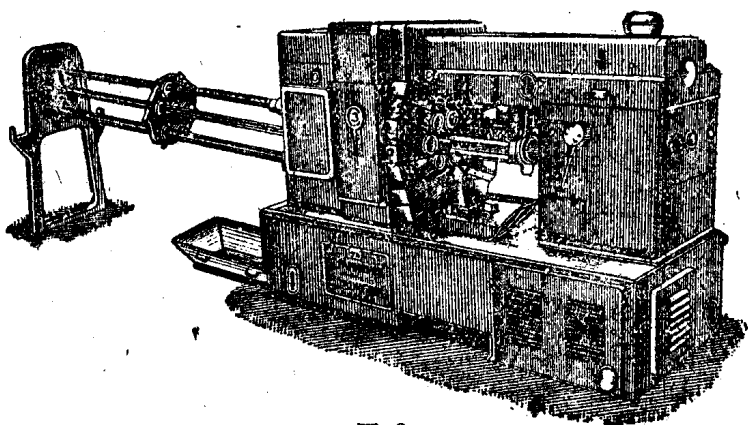


圖 6

在蘇聯，在生產中應用自動綫的數目日益增長。

例如圖 7 所示，為一條由組合機床組成的自動綫的外貌圖。該自動綫由 33 台機床組成，用於加工發動機頭。

自動車間及自動工廠的建立是自動化的高級形式，在這種車間及工廠中實現了工藝過程的綜合自動化。蘇聯第一個在世界上建立了具有金屬切削設備的自動工廠——生產汽車活塞的工廠。

不久以前，生產軸承的自動車間投入生產了。在這個車間中所有車削加工、磨削加工、熱處理、檢驗、裝配以及包裝等作業，都完全自動化了。

蘇聯自動機製造業廣泛的發展，是與科學的發展以及培養科學研究人員、工程師、幹部的发展緊密連系着的。

專門的機床科學研究院 ЭНИМС 解決了很多重要的自動機製造的問題。在莫斯科鮑曼高等工業學校 (МВТУ им. БУМАНА)，不僅

培养自动机制造方面的工程师,而且也建立了自动机、自动线的設計和使用的科学基础。

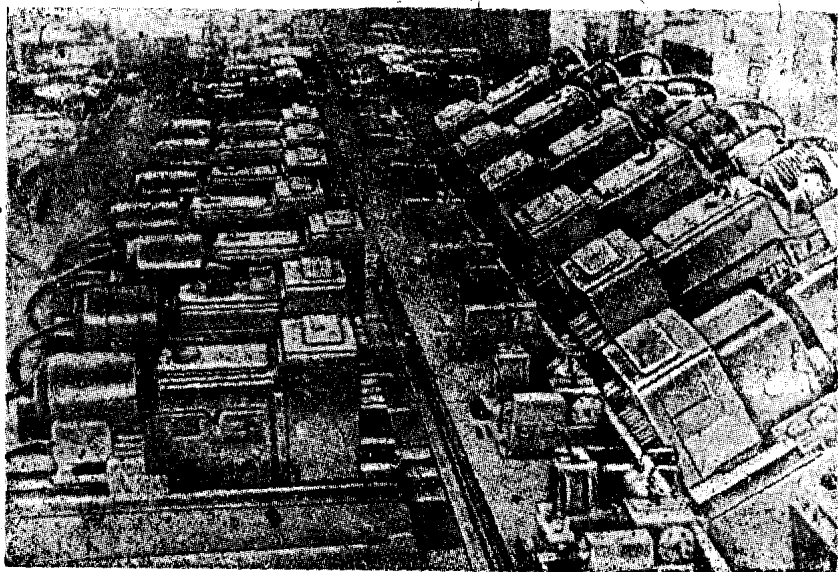


图 7 由組合机床組成的自动线

很多科学研究院及学校致力于研究生产过程自动化的問題。

在发展自己的工业有着巨大成就的中国面前,也摆着发展自动机制造业和培养自己的这方面的工程师和科学干部的巨大任务。

第一部分 自动机床

第一章 工作机的生产率原理

1. Г. А. 沙烏勉(Г. А. Шаумян)教授的生产率定律

机床和其他任何工作机一样,其生产率就是它的基本特性。

当设计新的机器和运用现有设备时,设计人员和生产人员的主要力量,照例是用力求机器或机床达到高度的生产率上。

当然,机床首先应完成它应做的工作,也就是在机床上应保证制造出一定形状的和质量(精度、表面光洁度等)合乎需要的零件。

可是在这样的机床创造或设计好以后,对它的基本评价将是回答一个问题——该机床将能保证制造多少数量的产品?要知道现在有着大量的各种各样的机床,能够保证制造几乎所有种类的机械制造或其他部门所需要的零件。虽然如此,随时仍一直出现着式样和型号都完全新颖的机床,而其结构发展的基本动力,就是为争取高生产率而斗争。

怎样从同样的工厂面积得到更多的产品,怎样使生产过程自动化,怎样长时期保证机床可靠的工作——这就是在生产中及在设计部门中所必需首先去解决的一些问题。

工作机(机床)的生产率,应该怎样理解以及应该以怎样的单位来衡量呢?

前文曾确定,加工任何零件,均要耗费掉工作行程和空行程,因此可写成:

$$T = t_{\text{工作}} + t_{\text{空程}}$$

式中 T ——一个工件(或材料的一部分)进行全部加工所需的时间;
 $t_{\text{工作}}$ ——工作行程的时间,亦即直接耗费在加工零件上的时间。
 在机床上这就是切削时间;
 $t_{\text{空程}}$ ——空行程的时间,在机床上这就是在引进或退出刀具、送料、变换速度等等的时间。

那么工作机(机床)的生产率 Q , 可以用制造一个工件的时间的倒数表示之:

$$Q = \frac{1}{T} = \frac{1}{t_{\text{工作}} + t_{\text{空程}}} \quad (1)$$

单位时间内被加工产品的数量,就是工作机的生产率。机床生产率的度量单位,通常为单位时间内的件数——件/分钟。对于其他工作机以及某些机床,生产率可用米/分钟、公斤/分钟、升/分钟等表示之。

必须指出,在某些书中,特别是金属切削方面的,至今还可以遇到这样的生产率的定义,即认为生产率是单位时间内除掉的切屑的公斤数,认为机床能除掉的切屑愈多,则它生产得愈多,而也就愈好。这种对机床生产率的想法,我们认为是不正确的。这样只可以估计功率,但不是机床的生产率。

的确,假如设计一台新的机床,在该机床上依靠了较先进的工艺过程将除去较少的切屑,可是将生产更多的零件,那么按照“切屑”生产率的概念,这样的机床将是较坏的,这完全清楚,事实上恰恰相反。由公式(1)可见,无论是工作行程或空行程,都影响着机床的生产率。

假如有这样一个理想的机器,在它那里没有空行程($t_{\text{空程}}=0$),那么它的生产率等于:

$$Q_{\text{理想}} = \frac{1}{t_{\text{工作}}} = K \text{ 件/分钟} \quad (2)$$

K 值就称为工作机的工艺生产率。它表明了这种只在连续地切削加工零件、无空行程的情况下才有的机床生产率。

假如公式(1)中的分子和分母各除以 $t_{\text{工作}}$ 则得:

$$Q = \frac{K}{K \cdot t_{空程} + 1} \quad (3)$$

数值

$$\eta = \frac{1}{K \cdot t_{空程} + 1} \quad (4)$$

称之为生产率系数。

由公式可见，生产率系数表明实际的机床生产率与工艺（理想的）生产率之比：

$$\eta = \frac{Q}{K}$$

因此机器的生产率为：

$$Q = K \cdot \eta \quad (5)$$

可能提出一个问题，为什么要把较简单的生产率公式(1)改为较复杂的用 K 及 η 表示的形式呢？

为了解决更复杂的提高机器生产率的问题，例如选择切削用量以及自动机床上的工位数目等等，这些都是必要的。从生产率公式分出工艺生产率 K 和系数 η ，这样我们就能分析，如何依靠切削用量和如何依靠空行程来改变生产率。

例：假设在机床上加工小轴，长为 100 毫米，走刀量 $s=0.1$ 毫米/转，则对于其车削就需要：

$$\eta = \frac{100}{0.1} = 1000 \text{ 转}$$

假如机床主轴每分钟 1000 转，那么

$$t_{工作} = 1 \text{ 分钟}$$

则

$$K = 1 \text{ 件/分钟}$$

假设空行程要耗费一半时间，

即

$$\eta = 0.5$$

那么

$$Q = 1 \times 0.5 = 0.5 \text{ 件/分钟}$$

设依靠增加切削用量，使 K 增加到 10 倍，

即

$$K = 10 \text{ 件/分钟}$$

則生产率 Q 将等于什么呢?

$$\eta = \frac{1}{10 \times 1 + 1} = \frac{1}{11} = 0.091$$

(此处我們仍取了以前的空行程时间 $t_{空程} = 1$ 分钟)

$$Q = 10 \times 0.09 = 0.9 \text{ 件/分钟}$$

这样可見,生产率的增长不是 10 倍,而总共只 1.8 倍。显然,再

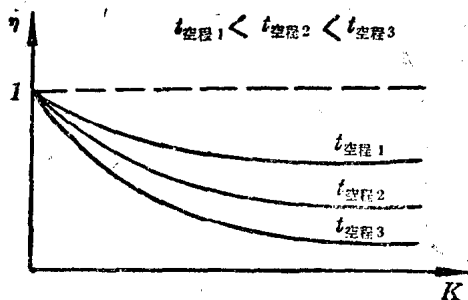


图 8 具有不同 $t_{空程}$ 值的工作机的生产率系数曲线

繼續增加 K 值将不再有很大的意义,因为生产率的主要的后备将在于縮短空行程,这个很低的 $\eta = 0.09$ 的生产率系数的值說明了这一点。由此例可見,系数 η 不仅决定于 $t_{空程}$,而且还决定于 K 。在图 8 中表明当 $t_{空程}$ 等于不同的常数

值时,生产率系数 η 依 K 为轉移的特性。因此,工艺生产率 K 的提高,一方面增加生产率,另一方面减少了系数 η 。

工艺生产率 K 的提高(例如依靠切削用量),怎样影响总的生产率 Q 呢?

在图 9 上指出了这个相互关系,这是公式(4)的图解。只有对于

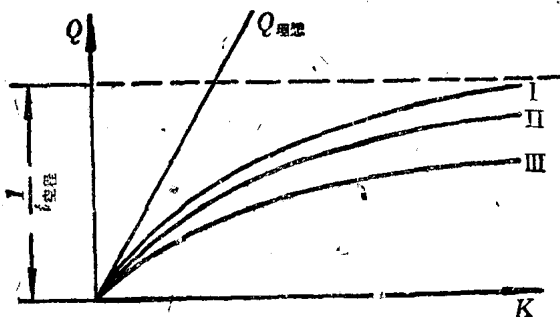


图 9 具有不同 $t_{空程}$ 值的工作机生产率曲线