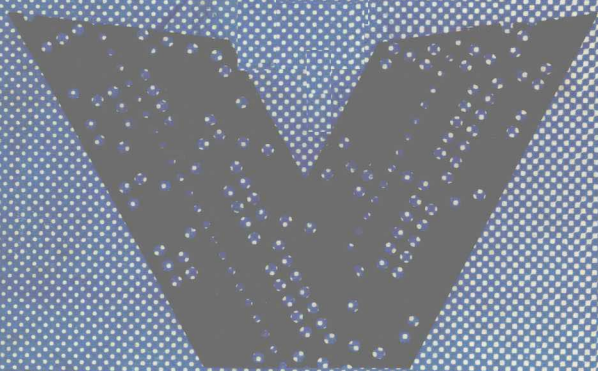


数控机床的合理使用 和经济分析

[西德] 教授 博士 日·罗斯等 著
李 锐等 译



机械工业部机床研究所

数控机床的合理使用 和经济分析

[西德]教授 工学博士

H. 罗斯等著

李钝
孙希

章慈定 译
王明德

李钝

李景才 校

马克洪

姚振华 编审

机械工业部机床研究所

1982年10月

目 录

前 言

第一章 导 论	(1)
第二章 投资决策	(4)
一、投资决策的技术依据	(5)
(一) 机床订货的提出	(5)
(二) 工件种类表的确定	(7)
(三) 对机床的要求	(8)
二、投资判断的经济依据	(10)
三、工艺方法对比计算	(12)
(一) 工艺方法对比计算的依据	(12)
(二) 成本构成	(13)
(三) 一种简易计算单	(15)
(四) 求值计算	(21)
(五) 工艺方法对比计算的两个例子	(24)
(六) 影响工艺方法对比的因素	(37)
(七) 考核经济性的几种简易计算方法	(41)
1、每一切削小时的加工费用	(41)
2、变动计算	(44)
(八) 不能用数字来表达的费用	(47)
四、投资计算方法	(50)
(一) 用统计法计算投资	(51)
1、利润率的计算	(51)
2、回收期计算	(52)

(二) 用动态法计算投资.....	(55)
1、资本净现值法.....	(56)
2、内部利率法.....	(57)
(三) 投资计算的例子.....	(60)
(四) 小结.....	(62)
第三章 应用数控技术的生产准备工作.....	(64)
一、利用网络技术(即计划评审法)做好初次应 用数控机床的准备工作.....	(64)
(一) 数控机床生产准备调度员.....	(68)
(二) 生产部门的数控调度员.....	(75)
二、为即将到货的数控机床做好选定工件的 准备工作.....	(78)
三、正确地选择和培训工作人员.....	(81)
四、数控机床的刀具准备.....	(89)
(一) 刀具的预调.....	(89)
(二) 数控机床刀具的标准化.....	(95)
1、刀夹的标准化.....	(95)
2、刀具的标准化.....	(98)
3、预调尺寸的标准化.....	(98)
(三) 工艺对于数控机床经济使用的影响.....	(100)
1、加工成本最佳的切削速度.....	(101)
2、加工成本最佳的刀具使用寿命.....	(102)
3、刀具材料的选择.....	(105)
4、刀具费用.....	(106)
第四章 编程系统的选择.....	(110)
一、在车间内编程.....	(115)

(二) 随机编程 (即在机床上编程)	(115)
(二) 在车间内用输入设备编程	(117)
(三) 在车间内编程的应用范围	(118)
(四) 车间内编程的其他问题	(122)
二、在生产准备部门编程	(124)
(一) 手工编程	(124)
(二) 计算机辅助编程	(132)
(三) 用小型计算机辅助编程	(137)
(四) 在大型计算机上使用编程语言的 计算机辅助编程	(146)
三、程序编制方法的对比	(157)
四、编程费用对经济使用数控机床的影响	(159)
第五章 数控机床的使用	(171)
一、试运转和开车	(172)
二、数控机床使用中的日常管理	(174)
三、数控加工中的工资计酬问题	(177)
四、使用过程中的经济性分析	(177)
参考文献	(179)

第一章 导 论

可以毫不夸张地说,数控机床已是一种经过实践考验的普通加工设备。如图1.1所示,西德1979年拥有近10000台数控机床,与美国的拥有量60000台相比,差距很大。而且还落后于日本。虽然日本使用数控机床比西德晚,但它1979年已拥有18000台数控机床。

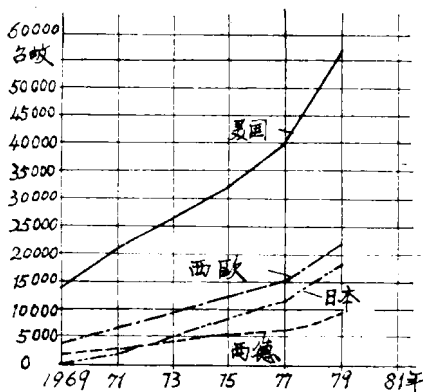


图1.1 各国数控机床拥有量 (资料来源: 西德政府统计资料; 西德机床制造商协会特别调查; 美刊《美国机械师》。)

图1.2所示为西德生产的数控机床的构成比。其中车床占55%, 铣床、镗床、镗铣床和加工中心占其余的绝大部分, 加工中心一项占14%。冲床和步冲轮廓机、火焰切割机、电火花加工机床、布线机和少量外圆磨床包括在其他数控机床一栏内。

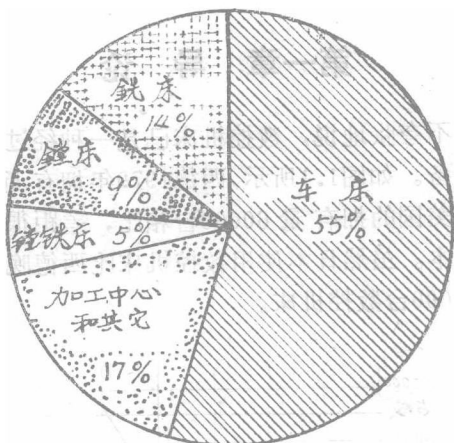


图1.2 西德生产的各类数控机床的构成比
(资料来源: 西德政府统计; 西德机床制造商协会特别调查)。

近期的出版物、会议和报告中, 人们已不大解释数控技术的原理; 不大讨论控制结构、检测系统和穿孔带代码等问题。这种现象说明数控机床已发展到越出内部技术框框的阶段, 进而不断讨论经济使用这种新型加工设备的可能性和途径。在经济使用数控机床方面, 有许多尚待改进和探讨的地方。

目前, 人们原则上都知道使用数控机床要讲求经济效益。许多用户也积累了一些经验数据。当然还不能说, 所有的用户在使用数控机床时都真正获得了最大经济效益。为了获得最大的经济效益, 在购置数控机床以前, 必须认真研究其使用情况; 而在购置以后, 则应仔细编制计划和作好生产准备, 并不断改善其工作状况。

不适当地使用数控机床，会使加工费用急剧提高。数控机床单位时间的开动费用随机床价值不同而变化，一般在60~200马克/小时（约40~140元人民币/小时—译者注）之间，有的甚至更高。为了避免停机和工效过低，需要及时采取有效措施。

本书的正文，将首先阐述投资决策过程的各个步骤，并举例加以说明。接着讨论在决定投资后和机床到货前必须采取的各项措施，以便将来数控机床投入使用后确实能取得预期的经济效果。

第二章 投资决策

由于数控机床所起的作用日益增长，目前用户也越来越多地需要对数控机床的投资进行分析判断。为了在投资前审查判断采用数控机床在经济上是否合理，需要经过许多阶段。首先必须为投资决策作技术准备。然后在此基础上，与使用情况相同的其他机床对比投资的经济效果。第三步是与其他可行的投资方案作利润对比分析。事实上投资决策还需要考虑其他一些影响，首先是企业领导的观点。这类考虑有时会得出一个与经济分析的结果相矛盾的结论。然而，投资决策必须以经济分析为基础，决策人员应清楚地了解经济分析计算的结果。

企业管理的流程和企业管理中加入投资决策职能的情况，随企业规模的大小而异。现以一家中等企业为例说明如下^{(1)*}。

企业每年汇总各个下属部门的投资申请，并编制一个中期（5～10年）投资计划。这一投资计划通常包含最近5～7年所需的投资额。由负责企业计划、生产管理、生产准备和设备维修的部门对投资作初步判断，按轻重缓急制订出投资优先次序的清单。如果某一机床在技术上过于落后或生产规划有变化，则对投资申请所留的判断余地就很小。这时投资的优先次序往往与下一个会计年度的年度预算发生矛盾。但是不论何种情况，都需由上述部门按本书以下各章介绍的投资决策方法提出明确的投资计划，这一计划还要包含各项详

*〔1〕、方括号中的数字是书末参考文献的号码，后文相同——译注

细的投资内容。

一、投资决策的技术依据

一个企业的各个部门由于各种原因会提出添置新设备的申请。根据所提理由可把设备投资分为三类：①更新性投资；②扩充性投资；③合理化投资。更新性投资是指现有的加工设备由于技术落后或面临失效而必须加以更新。扩充性投资是用于扩大设备的生产能力。合理化投资则是由于现有机器的工作效率与市场上新出现的设备相比，在经济上不能满足要求。也就是说这台设备虽然在技术上还完全可以使用，但在经济上是落后了，因此需要更新。下面两种因素往往是促成合理化投资的背景；①由于小批生产的比重日益增加，希望提高对多品种小批生产的适应能力（即加工柔性）；②希望提高加工的自动化程度来挖掘设备潜力。如果企业经常感到需要使用数控机床使企业的生产流程更加严密和紧凑，这就是说有必要经常进行合理化投资。

（一）机床订货的提出

在上述三种投资情况中，一般说来，用户对购置的新机床要用于哪些加工过程是比较了解的。然而，用户仍然应当认真拟订一个需要在计划购买的设备上加工哪些工件的种类表。同时还必须能明确回答以下三个问题：

（1）机床的工作空间应当多大？

（2）机床上必须配备哪些装置和具备什么特性（驱动功率、刀具数量、控制方式、精度、专用附件）？

形状代码		补充代码			补充代码		
第1位 工件类别	第2位 主要形状	第3位 回转表面加工	第4位 表面加工	第5位 辅助孔加工 切齿加工 形成加工	第1位	第2位	第3位
0	旋转体工件	$L/D \leq 0.5$	外部形状 外形要求	内部形状 内形要求	表面加工	辅助孔加工 切齿	尺寸
1		$0.5 < L/D < 3$	外部形状 外形要求	内部形状 内形要求	表面加工	辅助孔加工 切齿	原始形状
2		$L/D \geq 3$	外部形状 外形要求	内部形状 内形要求	表面加工	辅助孔加工 切齿	材料
3		尺寸偏差 $L/D \leq 2$	主要形状	回转加工 外圆+内面 形状要求	表面加工	辅助孔加工 切齿	精度
4		尺寸偏差 $L/D > 2$	主要形状	回转加工 外圆+内面 形状要求	表面加工	辅助孔加工 切齿	
5		特殊的	主形状	主要形状	表面加工	辅助孔加工 切齿	
6		$A/B \leq 3$ $A/B \geq 4$	主形状	主要形状	表面加工	辅助孔加工 切齿	
7		$A/B > 3$	主形状	主要形状	表面加工	辅助孔加工 切齿	
8		$A/B \leq 3$ $A/B \geq 4$	主形状	主要形状	表面加工	辅助孔加工 切齿	
9		特殊的	主形状	主要形状	表面加工	辅助孔加工 切齿	

图2.1 工件分类代码 (按 Opitz 编码法)

(3) 一般情况下每年有多少时间利用这台机床?

问题(1)、(2)与问题(3)是相互影响的。一台机床的工作空间愈小,配备的装置和特性愈差,则加工的工件种类愈少。因此拟购机床的工作空间、配备的装置和具有的特性,应当根据企业现有的工件种类来仔细确定,以便既能保证充分利用机床,又使机床不致太大和太贵。

(二) 工件种类表的确定

数控机床的加工性能近似于柔性很高的万能机床。因此要制订一个在数控机床上可加工的工件种类表是很困难的,因为这张表中可能会包含成百上千种不同工件。

用户可首先制订一个“期望性工件种类表”,这是一个按计划需要在购买的机床上加工的全部工件清单。根据这些工件预期的年产量和每件的加工时间,进一步算出机床每年可能使用的台时数。这个数据是这台机床能否得到充分利用的一个指标,同时也是以后作经济性计算时要考虑的决定因素。

如果按照一种能体现工件形状和加工特点的代码来判别工件,就容易拟订工件种类表。图2.1是一个比较好的工件代码的例子(2)。

利用这种工件代码后不用图纸或加工计划,就能大致判断出工件的主要特点如几何形状和所需精度等。也可判断出工艺上的重要特点如加工方法或工件材料等。代码相同的工件,通常在形状和加工工艺方面都是类似的。由此就能确定适于在拟购机床上加工的工件组或工件族的代码(期望代码)。再把本企业全部工件的代码输入计算机,经过计算机

与期望代码比较分析，直接算出全部工件中与期望代码相符的工件种数。然后再按生产计划算出这些工件每年需要的加工时间。

如果工件没有编码，就必须手工选图，同时利用有关的加工计划（加工工艺计划）来归纳分类。然后根据工件对机床要求的高低把工件分类，并把有相似要求的工件归并成组。对每一组工件（若干种工件为一组），都必须确定其在拟购机床上每年所需的加工时间，这样就容易拟定哪些工件需要在拟购机床上加工，从而充分利用这台机床。

当然，上述两种确定工件种类的办法，都必须考虑这个公司未来发展的生产纲领。每个企业经理也要把机床的规格选择得稍大一点，以便留有余地。

如果制订出这台机床的生产计划，就很容易确定每种工件全年在这台机床上的加工工时，并进一步确定各组工件的加工工时。在购置一台新型的高效机床时，情况会更复杂一些。对于预期有更高生产率的新机床，必须用一个系数乘上现有加工计划中的加工时间。这个系数既可由新机床的制造厂给出一个近似值，也可由用户通过精确计算若干工件的加工时间得出。加工工时在以后的经济性对比计算中是很重要的。虽然用于经济性计算中的加工工时必须相当精确，但对估算机床的时间利用率，近似值就足够了。为了正确估算工时，本章第三节之（六）还有若干说明。

（三）对机床的要求

根据以上介绍，用户就可以准确地确定对拟购机床的要求。如果这时有不同自动化程度或不同加工效率的机床可供

选择：就必须对每种可供选择的机床进行分析。然后从中选出适用的机床，并对它的适应能力进行研究。这时，用一种评定表是很有帮助的。

对数控机床来说，评定表应掌握下列重点：

1) 机床

工作空间；操作性能；上料性能；刚性；加工精度；切屑防护；切屑排除；润滑冷却（液）系统；操作安全性；维修方便性。

2) 主驱动

功率和主轴的转矩；转速范围；转速级数；转速范围的重叠。

3) 进给驱动

最大和最小进给速度；进给级数；最大进给力；快速行程速度。

4) 刀具系统

机床上的刀具数量；刀架的种类；刀具系统的通用性；换刀精度；换刀时间。

5) 控制系统

控制系统的种类；程序存储器的容量；手动输入数据的可能性；显示的种类；输入设备；刀具校正数值；影响转速和进给速度的可能性；备用的固定循环和子程序；修改程序的可能性。

机床的上述技术性能是必要条件，但对购置决策说来还不够充分，因为机床的经济性也是同等重要的，必须紧接上述研究之后进行经济性计算加以验证。

二、投资判断的经济依据

购置一台数控机床必须在经济上是合理的。所以在购置这类机床之前就必须研究，把资金用于这个目的是否恰当。由于从不同角度考虑其经济合理性，相应地有许多估算方法。

从经济角度来看投资过程是为了挖掘生产潜力而支出资金，并利用这种潜力来回收资金。投资者所期待的结果是回收资金额要大于支出资金额，所以必须掌握一些作为判断指标的特征数据。下面介绍的经济性计算实质上就是为了确定某项投资的预期经济效果。

按照决策方式来区分，经济性计算可分为两种方法。即：①工艺方法对比计算和②投资计算。

工艺方法对比计算可用来说明使用几种不同的工艺方法生产同样产品时的成本差别。所以，产品成本中所包含的一切企业开支都应掌握，才能评价各种方案的优劣。换句话说，工艺方法对比计算的实质是：哪种工艺方法能用最低成本提供同样产品。

现举例说明一个典型机床订货的决策过程：

一种工件或一组工件可在：

- 1、一台加工中心上加工；或
- 2、一台数控卧式镗铣床和一台摇臂钻床上加工；或
- 3、一台传统的卧式镗铣床和一台传统的立式镗铣床上加工。

工艺方法对比计算就是要从中选择一个单件制造成本最低的设备方案。

与工艺方法对比计算不同，投资计算方法的目的在于说明所占用资本的利润率。从财务帐目的角度看，所谓赢利性考核，就是要为手头的资本找出一个最好的（即利润率最高的）投资方案。投资计算的结果是得出各种投资方案的企业财务指标。投资计算中必须考虑从购置起到报废止与这一投资计划有关的全部收支款项。

在投资计算方法中，投资方案的确定过程大致如下：

某企业有一笔投资额，可供下列三种投资计划之一使用：

- 1、从生产合理化的角度出发，购置一定数量的数控机床；或
- 2、为了节省管理费用，采用一个电子数据处理系统；或
- 3、增加产品品种以提高销售额。

利用投资计算方法，可以找出一种利润率最高的方案。但是，如果把资金存入银行而获得利息，也可作为一种投资的补充方案。

下面三条原则是投资决策的经济依据；

- 1、投资的利润率（相对赢利值）；
- 2、对企业流动资金的影响（供给资金的可能性）；
- 3、投资的风险（资本回收时间）。

在具体企业中究竟采用哪种投资计算方法，要看上面三个原则中哪几个是需要确定的。如果上述各项原则不能定量计算，至少也应附上一个定性说明。

进行经济性计算时，要谨慎地取舍经济性计算的结果和细心地确定原始数据。同时还要估计机床的使用寿命和利用

率。这些估算数值会对计算结果有很大影响。其他数据多大可从企业的会计表报中查得并作出未来变化的预测。

在后面各节中，将具体介绍各种经济性计算方法。首先介绍工艺方法对比计算，然后介绍投资计算。这样的排列顺序是因为各种投资计算方法都需要多次引用工艺方法对比计算的数据。

三、工艺方法对比计算

工艺方法对比计算的任务，是对同一加工任务的几种不同工艺方法的加工费用进行对比。

（一）工艺方法对比计算的依据

工艺方法对比计算是以同一种工件用各种工艺方法获得相同的加工质量为出发点来比较制造成本的，所以只需比较与其对应的加工费用。如果加工完成的结果不相同，就必须加入别的工序（同时也计算这些工序的加工费用）来达到同样的结果。

工艺方法对比计算必须遵守下面两项原则。

1、必须确定用不同工艺方法加工时出现的一切不同的费用。

例如两种工艺方法就会出现不同的刀具费用，就应分别列入对比计算中。而正式的企业预算和决算，很可能把刀具费作为总附加费的形式包含在“工时费用”中了。材料费与刀具费的情况不同，如果两种工艺方法所用的材料在材质上和数量上是相同的，则作对比时可不必考虑材料费用。