

DNC 系统译文集

中国科学院

沈阳自动化研究所情报组

一九七七年一月

毛主席语录

自然科学方面，我们比较落后，特别要努力向外国学习。但是也要有批判地学，不可盲目地学。在技术方面，我看大部分先要照办，因为那些我们现在还没有，还不懂，学了比较有利。但是，已经清楚的那一部分，就不要事事照办了。

我们一定要努力把党内党外、国内国外的一切积极的因素，直接的、间接的积极因素，全部调动起来，把我国建设成为一个强大的社会主义国家。

目 录

概述

DNC系统的方式及其优点	1
数字程序控制机床的计算机群控	10

典型系统

直接数字控制系统	17
群管理系统 FANUC·SYSTEM-T10	68
日本简易 DNC 系统	98

软件插补

简单的曲线插补标法	126
一种简单的圆弧插补标法	135
DNC 插补和加减速的软件方法	141

DNC系统的方式及其优点

即便在最近的杂志里，对DNC的定义也有各种完全相反的用语。例如有的作者认为这样的用法好，即应该把原来的NC控制装置是由硬线的控制电路所执行的职能，像由计算机的软件所执行的职能一样，也叫做DNC，因为都是用计算机直接控制的。而把具有普通的控制装置的NC工作机床群，象用计算机管理的工作机床群叫作CNC。虽然这种说法是有道理的，但一般来说好象以前也有很多人的叫法与此完全相反。

在这里，这两种都是DNC，打靶把每一种都作为DNC的一种方式来处理。因此，一般认为DNC是使用计算机来综合管理多台机床的，主要是想提高NC机床的启动率和生产率。DNC的方式多种多样，所以在系统的计划方面也就有若干不同的地方。

关于DNC的种类和方式，可以用下述几种观点来作为分类的依据：

(1) 对计算机所期望的作用及其作用范围；

(2) 计算机的种类、大小和机器构成；

(3) 系统所含机床的种类，台数和构成；

(4) 输入输出信息的形式及外理方法；

(5) 机床控制器的形式及职能。

不言而喻，不论根据上述分类还是根据使用环境和引工目标等所能得到的优点，也是各不相同的。虽然不能一概而论，还是可以把一般的优点列举如下：

(1) 不需要输入用的纸带；

(2) 不需要装和不装纸带的操作；

(3) 不需要纸带读出器；

(4) 提高了生产率；

(5) 减少了直接劳动力费用；

(6) 缩短了加工时间；

(7) 提高了材料处理的效率；

(8) 减少了库存保管费和库存的半成品；

(9) 有效地利用了空间；

(10) 机床的特性定工；

(11) 提高了刀具寿命的管理；

(12) 使工厂经营进一步完善；

(13) 减少了工人数量人员；

(14) 易于克服系统的老化；

(15) 是机械工厂无人化的有力手段之一；

(16) 易于和将来的发展方向相适应。

现在，从下面几个观点出发分析一下 DNC 系统及其同上优点的关系。

1. 纸带读出器的有无

历来的 NC 装置是由纸带读出器，逻辑运算电路，伺服机构等构成的，而在 DNC 的情况下，安装在每一台工作机床上的控制装置，一般都没有纸带读出器。在用计算机控制历来的 NC 机床群的情况下，由计算机传送的加工指令，由于要并联纸带读出器，要在纸带读出器后面输入，因此在使用计算机管理的情况下，就不需要纸带读出器。然而如安装纸带读出器，则可利用其职能，甚至也可使纸带读出器运转。

在应急情况下，计算机在因故障停止工作时，可用纸带

读出器运转。另外，在想替换 DNC 系统的 DNC 构成机时，还具有即使与 DNC 系统断开也可使用的优点。在新设置的系统的情况下，要不要装配纸带读出器，则由计算机的可靠性来决定。这样，在每台机床上安装一个从普通的 NC 装置上只除去纸带读出器的控制器的形式，叫做纸带读出器后接口方式。

一般说来没有纸带读出器有如下优点：

(1) 不需要以纸带的形式编制加工指令；

(2) 不需要纸带指令的保管、维修的时间和场所；

(3) 可节约上下纸带的时间和人力，从而缩短了机床停车时间；

(4) 消除了制作纸带时因穿孔失误所引起的误差；

(5) 避免了因纸带损伤，沾污所产生的误差和纸带读出器读数失误所引起的误差的发生；

(6) 节约了纸带读出器的费用。

作为纸带读出器后接口方式的优点有：

(1) 能有效利用历来的 NC

装置；

(2) 只要把过去由历来的 NC 装置所完成的多数令件的指令纸带，重新外存于存储装置里，便可使用；

(3) 在插补等逻辑电路里，因为不用计算机的容易，所以能增加用小型计算机可以管理的机床台数。用小型计算机可以管理很多台机床。

(4) 然而作为设备费来说，仅减少了从 NC 装置中去掉纸带读出器的部分。

属于这种纸带读出器后接口方式的 DNC 系统是很多的，如富士通的 FANUC SYSTEM-M-K；通用电器的 Common Dir；Kennedy & Trecken 公司的 Cremni 系统；Molins 公司的系统 24 等。

2. 插补的位置

在上述纸带读出器后接口方式中，位于机床侧面的控制装置 (MCU) 具有插补逻辑运算电路，与此相适应，计算机侧面也具有相应的逻辑运算电路 (表 1-a)。其中一部分是在计算机侧面，一部分是机床两侧进行控制的。这是因

为由于在计算机侧面集中了插补电路，使用起来更加有效，并可以使各机床上的 MCU 更加简化而且价廉。

至于在计算机和工作机床的侧面这两方面所进行插补，是在计算机侧面进行粗插补，在机床侧面进行精插补。因为如果全部插补都在计算机旁进行，则可管理机床的台数就要减少，所以在计算机旁进行灵活必要的粗插补。由于缩短了向各机床传送信息长度，并使之定形化，便可以在机床侧面进行简单的插补。可以说一定要用心思考，以便在一定程度上确保输入信息的灵活性和管理机床的台数这两个方面。

属于这种方式的有 Varian & Swasey 公司和 Tridea 公司的系统。

3. 采用硬线还是软线

把进行插补的电路用电子线路固定起来的是硬线，而如果用软件指定电路并改变软件，从而使相同的电子元件担负不同的插补职能的是软线。软线，因为全部是用软件指定逻辑运算，富于灵活性，变得更加简

羊，所以选择的追加是很容易的。至于以前因高价用硬件不能实现特殊职能，也能够很容易地执行了，输入信息的纪录也变得容易了。

富士通的FANUC-SYSTEM—T、上述Warner & Swasey公司和Tradea公司的系统，各种计算机的NC装置都属于这种路线。

与此相反，Sundstrand公司的Omni Control，虽然是在计算机旁进行插补的，是插补电路却是硬线。

4、按时间分配还是按位置分配

为了向多架机床分配插补电路，有在各机床安装插补电路的位分法和用划分一条插补电路的按使用时间向各机床分配的时分法。位分法可管理多台机床，而时分法则可节约设备费，因为是多台机床使用一条电路。

属于时分法的有富士通的FANUC-SYSTEM—T系统，属于位分法的有Sundstrand公司的Omni Control系统。

5、修正从现场来的加工指令的机能

排除加工指令信息的故障，和加工中的修正是一项很重要的工作。若观察用指令信息使机床运转的情况，则修正误差或找到最佳修正最佳往往是非常必要的。为此，在机床工作的现场，观察呼出其工作指令，并根据其工作情况和需要修正其工作，同时，修正外存储指令，并从下次开始使其工作达到完善，提高到最佳条件，这是可望变得容易而又简便的。

如果没有这个机能，则要经过与硬程序室联系并记述现场意见，硬程序修正程序卡片并修正外存储信息等阶段，因此，花费了时间，这时机床的启动将根本不能进行。

6、自动编程序的机能

借助计算机来编制加工指令，叫做自动编程序，有的使用DNC系统外的计算机来完成这项工作。也有本身没有用小型计算机构成的自动编程序系统的，还有利用管理用的计算机的空闲时间的。

由于它不仅担任编制加工

指令，而是担任编制管理指令，在发生故障时编制管理程序的自动修正系统，并直接用这个 DNC 系统制造各种零件等工作，所以利用计算机来完成每个零件或每天必须完成的程序是很理想的，但从所使用软件的大小，使用时间等方面来看，用 DNC 系统里的计算机来处理全部工作，也未必不是最好的。根据当时当地情况，有时利用其他的大计算机或公司外的计算机中心也是比较好的。

7. 统计、报告等的编写

如上所述，在执行编制指令的职能的同时，就记录了系统运行的实际情况并做了统计处理，编写了机床及其运行时间的报告，产品及其加工完了的统计、工具及其使用时间的报告，以及其他各种管理用的信息。若这些情况都自动迅速地向上部报告，则可迅速得到工厂经营管理上的信息，而且对此能迅速采取必要的处理对策。这点与前项相同，在 DNC 系统内处理全部工作是不必要的，上部应与外部的计算机相连接，并准备处理用的软件等。

8. 可控机床的种类和台数

按照包括在这个 DNC 系统内成为控制对象的机床的种类和台数，可分为以下几种：

(1) 有管理数台同一种机床的；

(2) 有管理许多台不同种机床的；

(3) 有的不仅含有单个 NC 工作机床，而且含有适应控制的工作机床，并分出计算机的职能来进行适应控制；

(4) 还有各种各样由 NC 工作机床群和 NC 测定机床所构成的，并包括检查结果的反馈；

(5) 还有用计算机管理全部工作的，不仅包括工作机床，而且包括机器人和连续自动工作机床，以及自动仓库等程序控制机械群，也还有连接并管理下一道程序的装配机械群，并进一步扩大其范围的。这样，DNC 系统从其构成机械看，也是各种各样的。

9. 构成 DNC 系统的计算机

至于构成 DNC 系统的计算机，有的系统是用小型计算机，

机构成的，从小的由一台小型计算机构成的系统，到每管理一台机床和每一个职能使用一台小型计算机，这些小型计算机群由上一级小型计算机管理；也有的用一台大型计算机完成各种职能；还有的用小型计算机弥补中型计算机功能上的缺陷。在逐步扩大系统或试行时期采用小型计算机构成系统是有利的。（图3）

结束语

DNC 系统正作为今后机械工业的一个发展方向，并且和机械工业无人化以及工业知识向总结概括方面发展的方针是完全一致的。现在的 DNC 所处的地位，正是十年前 NC 所处的地位，而在十年后将是现在 NC 所处的地位。DNC 系统富于灵活性，能够易于用来应付适应控制等新的趋势。

在 DNC 系统中，利用软件占有重要的地位，由于软件的更新，新的机能的更新也是容易的，因此可以少担心其陈旧化。另外，由于不把软件的充实和系统的发展方向停留在一般管理信息的处理上，并

且进一步同经营，出售、需要、预测等的软件相结合，作为 Integrated Manufacturing 系统恐怕是可以进一步扩大的。

另外，在把加工指令信息同数据存储和自动设计等系统的软件相连接的同时，由于和装配等的软件连系，则可能向 CAM 系统的方向发展。而且可以想象，在各种硬件发展改善的同时，能够推进工厂的无人化。特别是，软件可以说越来越占有重要的地位。

《云译 张海泉校》

表一、DNC 的各种方式

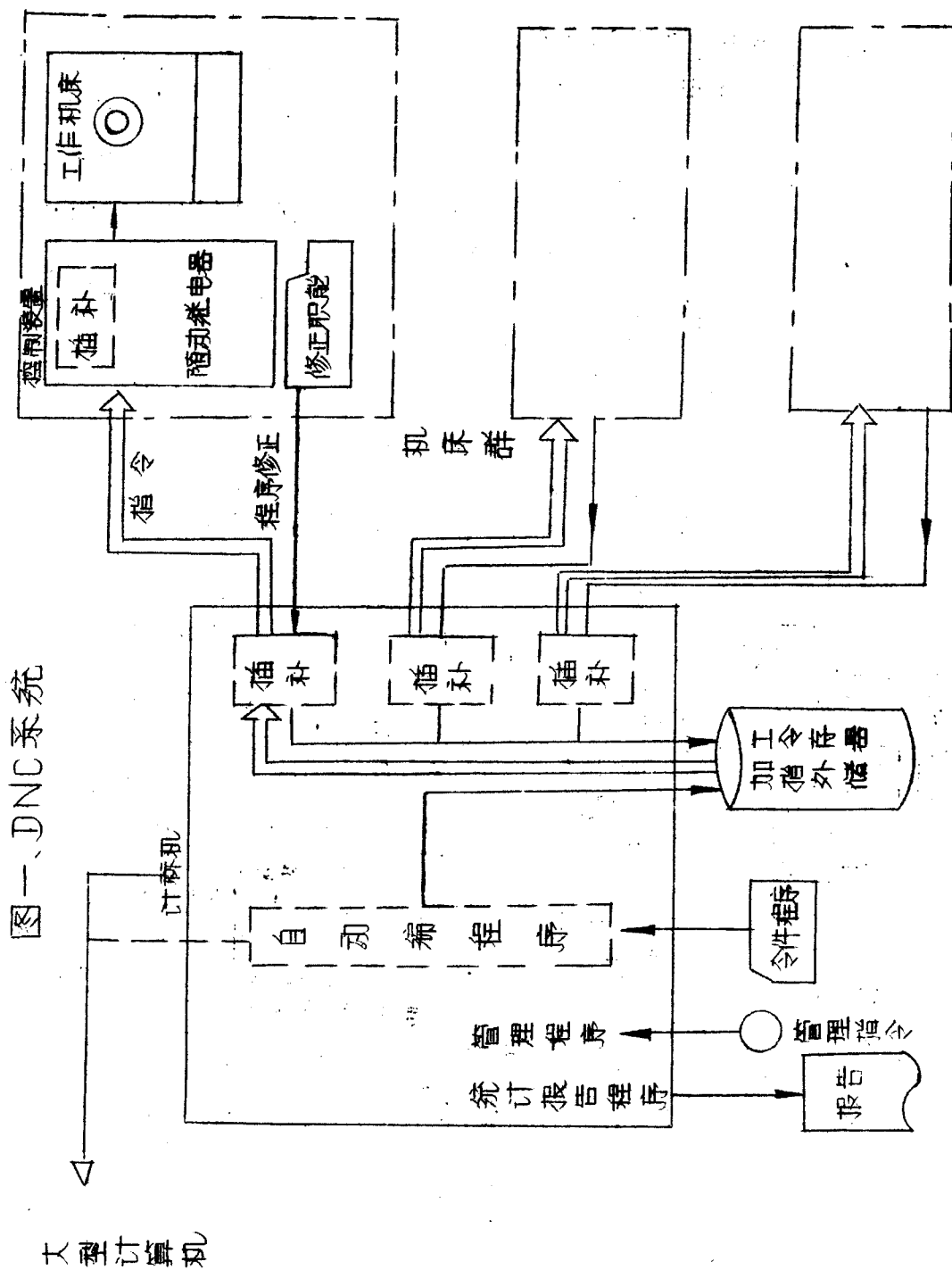
a、插补逻辑线路的位置：

- a-1、插补线路装于工作机床侧面（BTR 方式）；
- a-2、插补线路装于工作机床侧面和计算机侧面；
- a-3、插补线路装于计算机侧面。

b、插补线路的构成：

- b-1、硬线方式；
- b-2、软线方式。

c、插补线路向各机床的分配；



C-1、每台机床安装插补线路(分配位置法)；

C-1、分配一条插补线路的使用时间(分配时间法)。

d、编制加工指令的职能：

d-1、不含自动编制程序职能；

d-2、含自动编制程序职能。

d-21、标记方式；

d-22、会话方式。

d-221 打印方式；

d-222 CRT 方式。

e、修正现来的加工指令的职能：

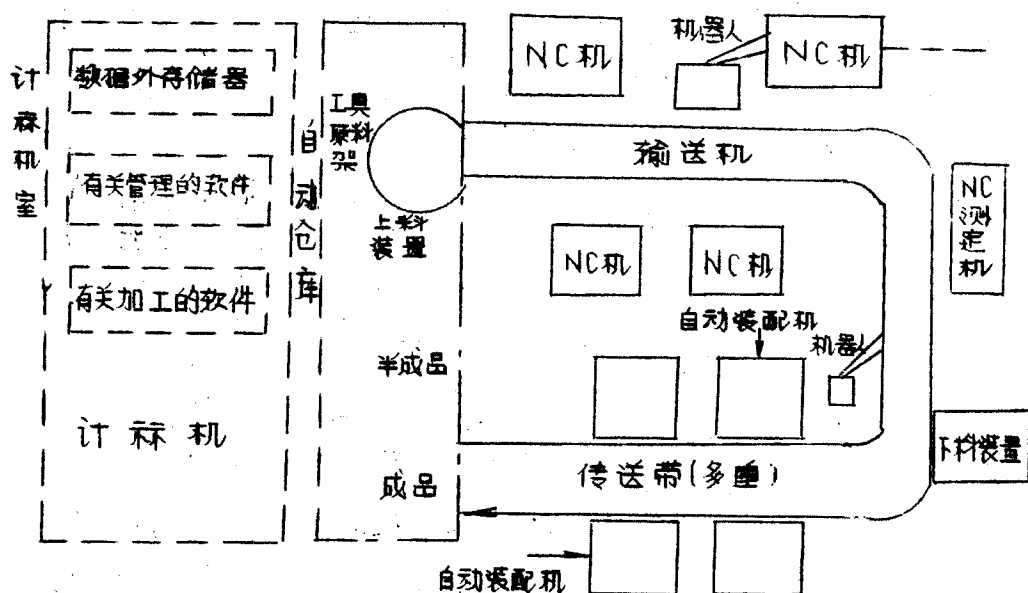
e-1、无修正从现来的加工指令的职能；

e-2、有修正从现来的加工指令的职能。

e-21 打印方式；

e-22 CRT 方式。

图二、DNC 系统的扩大

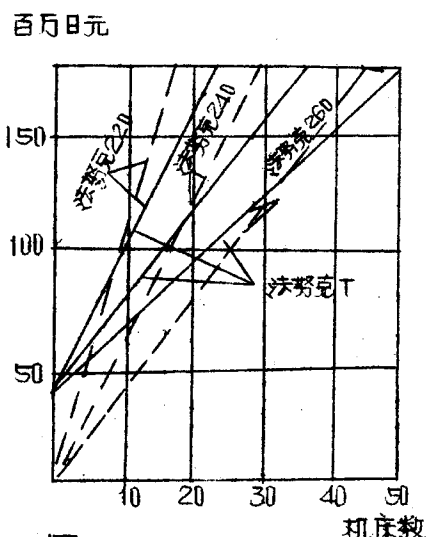


数字程序控制机床 的计算机群控

目前，以电子计算机控制数控机床为基础而进行的建立自动生产工段的工作，进展十分迅速。一些著名的系统性能的比较列于下表。

系统名称	控制机床台数	计算机台数及类型	计算机与 被控制设 备联系方法	外存 手段	自动仓 库和自 动传送	自动准备 控制程序
DimiControl (美)	15—255台	1台 IBM ^{360/30} 或 IBM ^{360/50}	通过插补器	磁盘	无	APT 语言
Уорнер-III ПБЭИЭИ (美)	15台	1台 PDP-9/1	直接联系	磁盘	无	无
УКС-Целио (美)	16台	1台 MAC-16	通过专用 转换器	磁盘	有	无
ДЖЭМИН (美)	1台计算机 控制 10台 五坐标机床	1部 HP2116B 监控器和10 部 HP2114B 游星齿轮	通过连 接装置和 视频显示器	磁盘 和 磁带	有	APT 语言
西门子-300 (西德)	60台	一部 301 型 监控器和 两个 4004 型 游星齿轮	通过 4 部 多路控制器	活动 磁盘	无	APT 或 EXAPT 语言
法努克-4 (日本)	钻床可达 50 台 车床可达 30 台 铣床可达 25 台	一台型计算机	通过一部多 路控制器 和一个多程 序插补器	磁盘	有	FAPT 语言

在控制一定数目的机床时，计算机中央控制系统的价格会分配到每个机床上的部分，要比单个数控机床低（见图1）。该图所



图一

示为日本富士通公司生产的法努克T中央控制系统的价格与单个数控系统法努克220、240、260的价格的比较关系。

中央控制系统的构成和功能。

这类系统能解决的问题可分为三部分：

- ①计划和调度，②对设备进行直接控制，③自动准备控制程序。属于第一部分问题的有：

生产进程的统计，根据请求和机床功能给每个机床分配工作，编制自动仓库的产品作业目录和控制程序的分配目录，编制关于生产进程的文件报告等々。第二部分问题包括：根据任务的变化及其完成情况对计算机与被控设备的通道进行转换，根据被控机床的访问给出调整的控制程序，对料堆和其它装卸设备进行程序控制等々。第三部分问题有：数据计算，控制程序的调整，对控制程序进行控制并根据首批零件的加工结果进行补偿。

中央控制系统以时间制工作，以完成上述功能。该系统按分级原理构成，并根据本身的结构分为几个等级水平。较高一级的设备控制较低一级的设备。这种情况下，较低一级的设备是自治的，这就可保证在自动化水平降低时进行控制。通常，这类系统由五级构成，从最低一级（第四级）到最高一级（零级）。

第四级设备是执行机构和发送器的综合体，它直接设置在机床上，其作用是使动力电信号转换成机械位移的反之使机械位移变为电信号。它们包括被控进给传动机构，自动箱控制机构、终端开关等々。第三级设备称为机床控制设备，它包括自动循环

和中继元件，指令判读者，可控转换器，随动和前进传动机构的控制环节即直接控制第四级设备的元件。第三级设备的主要功能是根据译了码的程序来控制传动机构以及对工艺指令和补充指令进行判读和传送。第二级设备是将编码程序转换为解码程序的设备。如果控制程序被编成数控系统所采用的码中的一种码，例如 BUK-5 或 ISD-7 毕特，则通常的插补器可以完成第二级设备的功能。

对数控机床进行中央群控时，系统包括第一级设备。该中央控制也就是一台控制计算机，它具有与各个被控对象联系的多路控制器並用於保存控制程序，保存关于机床状况、自动仓库中毛坯、半成品、工具的现有量等信息。第一级计算机根据计划任务产生指令接通某些机床，对毛坯和工具的搜索和传送进行控制，在外存储器中选取控制程序段並根据访问将其送至第二级，並进行生产流程统计和打印各种报告文件。

零级控制系统的自动化水平最高。它拥有在计算机中心工作的、通过数据距离传输设备与第一级计算机相连接的大型或中型计算机。大型计算机在毛坯和工具充分保证的情况下，对数控机床群长期的有效的计划工作进行运转，解决机床负载问题和修理问题，计算机控制程序及其自动传送问题。

零级系统的构成由图 2 示出。从图中可看出，日计划和零件加工工艺数据及结构数据组成了控制仓库和传输的指令，组成了接通机床并使工具按 X、Y、Z 轴移动的指令，也组成了工艺指令和辅助指令 L、T、M。

对计算机速度的要求

将控制程度的程序段给到插补器的方式或将其判读给到机床控制设备的方式，就是计算机动作速度的临界方式。在这种情况下，对计算机的访问不超过对指令进行缓冲存储所耗用的时间，就可以认为是满意的。在多数设备中，输入缓冲寄存器的容量等于工作寄存器的容量，因而给出回答与所访问列表之间的平均时间示，与缓冲存储耗用的平均时间相等。将可以得到被使用的设

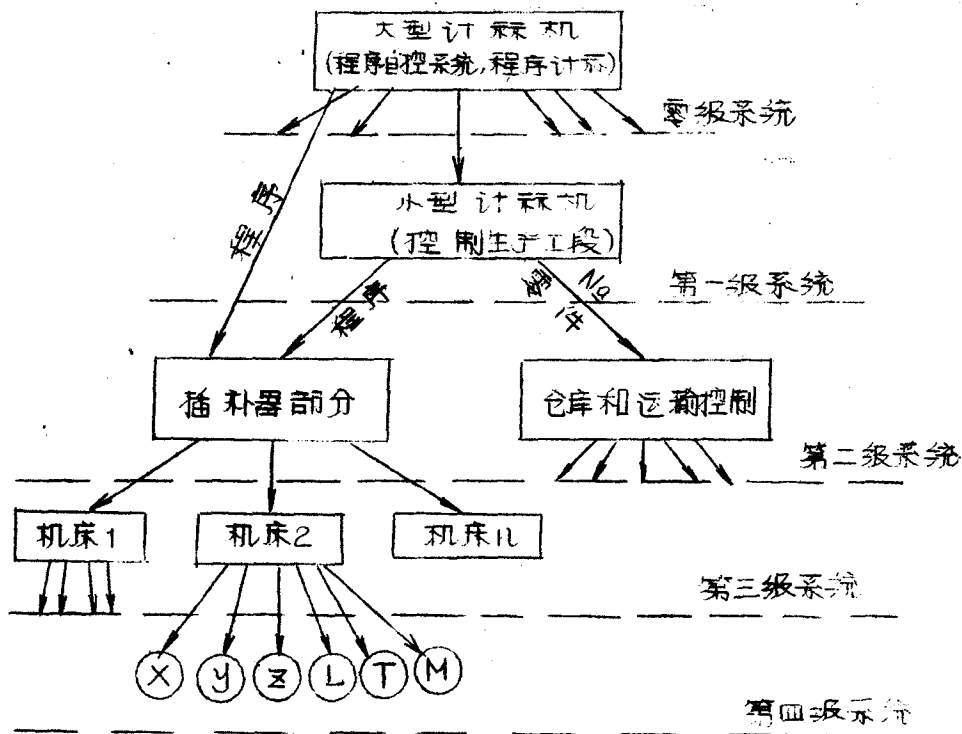


图 2

备的数目 N ，对每一访问直接给出回答的平均时间 τ_2 ，以及询问到来与回答结果之间的平均时间 τ 这三者之间的关系。

如果被次序组成 j 个访问的话，可以认为系统处于 j 状态。假设时间 τ_1 和 τ_2 依照指数规律分布，只要不得到前一个访问的回答，每个用户就不向系统发出新的询问，而又使由一个访问的回答程序转为另一个访问的回答程序的时间等于零，则系统向各种状态过渡就构成了一个过程，它可以写成一个过渡速度的矩阵。

如果系统处于 j 状态，则询问可以从 $N - j$ 用户发出来，

而系统过渡到 $j+1$ 状态时的速度则是 $\frac{N-j}{\bar{\tau}_1}$ 。由于对是否发出程序段的访问的回答是由带一个中央处理器的第一级计算机给出的，所以一个访问便在同时被利用，而过渡到 $j-1$ 状态的速度将为 $1/\bar{\tau}_2$ 。下面列出的是过渡速度的矩阵（横行和纵行的号从 0 到 N 变化）。

$-\frac{N}{\bar{\tau}_1}$	$\frac{N}{\bar{\tau}_1}$	0	0	...	0	0	0
$\frac{1}{\bar{\tau}_2}$	$-\frac{1}{\bar{\tau}_2}$	$-\frac{N-1}{\bar{\tau}_1}$	$\frac{N-1}{\bar{\tau}_1}$	0	...	0	0
0	$\frac{1}{\bar{\tau}_2}$	$-\frac{1}{\bar{\tau}_2}$	$-\frac{N-2}{\bar{\tau}_1}$	$\frac{N-2}{\bar{\tau}_1}$	...	0	0
0	0	$\frac{1}{\bar{\tau}_2}$	$-\frac{1}{\bar{\tau}_2}$	$-\frac{N-3}{\bar{\tau}_1}$	...	0	0
.....						$\frac{3}{\bar{\tau}_1}$	0
0	0	0	0	$\frac{1}{\bar{\tau}_2}$	$-\frac{1}{\bar{\tau}_2}$	$-\frac{2}{\bar{\tau}_1}$	$\frac{2}{\bar{\tau}_2}$
0	0	0	0	0	$\frac{1}{\bar{\tau}_2}$	$-\frac{1}{\bar{\tau}_2}$	$-\frac{1}{\bar{\tau}_1}$
0	0	0	0	0	0	$\frac{1}{\bar{\tau}_2}$	$-\frac{1}{\bar{\tau}_2}$

通过固定状态时，系统的过渡速度应为零。这一条件可以从下述方程式的 N 引入系统。其中 P_j 是 j 个用户的顺序规律。