

数字控制系统

国防工业出版社

数 字 控 制 系 统

〔日〕藤泽道夫

沈阳市日用机械研究所 译

江 文 校

国防工业出版社

内 容 简 介

本书主要介绍了各种数控机床的结构和特点、点位和直线切削、连续切削控制、手工程序和自动程序、数控的优点和经济分析、伺服马达和检测器、可控硅的放大器以及控制机器的可靠性等。

本书可供有关工人、技术人员参考，也可供大专院校师生阅读。

数値制御システム

藤沢道雄 著

工業調査会 1970 年

*

数字控制系统

〔日〕藤沢道雄 著

沈阳市日用机械研究所 译

江 文 校

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

850×1168¹/₃₂ 印张 7¹/₂ 188千字

1975年11月第一版 1975年11月第一次印刷 印数：00,001—34,000 册

统一书号：15034·1452 定价：0.96元

目 录

第一章 数字控制	9
1.1 什么叫数字控制	9
1.2 硬设备	10
1.3 纸带的作用和功能	12
1.4 软设备	13
第二章 数控的实例	16
2.1 数控钻床	16
2.1.1 东芝机械制造的 DT50-NC 钻床	16
2.1.2 藤田工厂制造的纵横移动工作台 PCT-100NC	20
2.2 数控铣床	24
2.2.1 牧野铣床制造的 KGANCC 铣床	24
2.2.2 日立精机制造的 2MD 型立式铣床	31
2.3 数控转塔式冲床	35
2.3.1 威得曼公司 (Wiedemann Co.) 制造的转塔式冲床	35
2.4 数控印刷电路板钻孔机床	39
2.4.1 碌碌产业制造的 SS-55 型超高速自动钻床	39
2.5 自动操作机 (工业机械手)	42
2.5.1 东芝机械制造的自动操作机	42
2.6 数控木工机械	44
2.6.1 平安机械厂制造的 NC-21 型木工铣床	44
2.7 数控气割机	49
2.7.1 小池氧气制造的数控气割机	49
2.8 自动绘图机, 座标解析机	52
2.8.1 武藤工业制造的自动绘图机 NUMERICON-1226 型	52
2.9 用数控机床节省的工时	58
第三章 数控的概况	61
3.1 自动控制和数字控制	62
3.2 数控的发展过程	64
3.2.1 美国数控的发展过程	64

6

3.2.2 日本数控的发展过程	67
3.3 数控的硬设备和软设备	69
3.3.1 数控的硬设备	69
3.3.2 数控系统和纸带的功能	69
3.3.3 TOSNUC 的概要	70
3.3.4 数控的软设备	71
3.4 数控的应用上的研究	75
3.4.1 数控的适用范围	75
3.4.2 数控的优点	77
3.4.3 数控装置制造厂的方向	78
第四章 点位、直线切削	79
4.1 点位方式的分类	79
4.1.1 增量方式、绝对方式	79
4.1.2 开环系统、闭环系统	81
4.2 点位控制	82
4.2.1 控制带的代码和程序格式	83
4.2.2 定位精度	87
4.2.3 位置检测器	88
4.2.4 定位时间	90
4.2.5 TOSNUC-P 系列	91
4.3 直线切削	93
4.3.1 TOSNUC-S 系列	93
4.4 工作位置显示装置: TOSNUC-D 系列	94
第五章 连续切削控制	96
5.1 连续切削控制的设计和制造	96
5.2 连续切削控制装置	99
5.2.1 TOSNUC-C-322 的概要	99
5.2.2 插补器	103
5.2.3 刀具半径补偿: 刀具半径设定	105
5.2.4 切削速度的控制	107
5.2.5 切削误差	109
5.3 自动绘图机	112
5.4 自动气割机	114
5.5 5 轴数字控制机床	117
第六章 手工编程序、自动编程序	119
6.1 手工编程序	119

6.1.1 点位、直线切削的手工编程序	120
6.1.2 点位方式中手工编程序的简化	121
6.1.3 连续切削手工编程序	123
6.2 自动编程序	125
6.2.1 点位、直线切削的自动编程序	127
6.2.2 数式输入数据的自动编程序	132
6.2.3 连续切削的自动编程序	133
6.3 APT	138
6.3.1 APT 语言	138
6.3.2 APT 的控制曲面	140
6.3.3 APT 语句	141
6.3.4 APT 程序编制	142
6.4 计算机辅助设计 (CAD)	144
6.4.1 光笔和 CRT 系统	145
第七章 数字控制的优点以及经济评价	148
7.1 数控的优点	149
7.1.1 钻床	149
7.1.2 转塔式冲床	150
7.1.3 模板加工机	151
7.1.4 铣床	154
7.1.5 数控检验机	154
7.2 数控节省的直接、间接费用	156
7.2.1 钻孔	156
7.2.2 镗孔	157
7.2.3 铣削 (连续切削)	158
7.3 数控的经济评价方法	159
7.3.1 在什么情况下应用数控机床有效	160
7.3.2 回收周期法	161
7.3.3 MAPI 法	162
7.3.4 PERA 法	169
7.4 数控的今后课题	170
7.4.1 研究数控机床的使用方法	170
7.4.2 零件的标准化	171
7.4.3 无人化操作	172
第八章 数控的标准和术语	173
8.1 有关数控的国际标准规格	173
8.1.1 ISO 标准和美国规格	174

8.1.2 标准代码.....	175
8.1.3 程序格式标准.....	176
8.1.4 坐标轴和运动符号.....	177
8.2 数控的术语和定义	178
8.2.1 数控系统.....	178
8.2.2 闭环系统.....	182
8.2.3 增量坐标、绝对坐标.....	183
8.2.4 重复精度.....	184
8.2.5 浮动原点.....	185
8.3 数控机床的分类和标准化	186
第九章 伺服马达和检测器	187
9.1 伺服马达的外形规格	187
9.2 伺服电机	190
9.3 液压伺服马达	197
9.4 位置检测器	198
第十章 可控硅放大器	201
10.1 可控硅的触发特性.....	201
10.2 可控硅的触发电路.....	203
10.3 可控硅的保护.....	207
10.4 可控硅式直流电机速度控制装置.....	209
第十一章 控制机器的可靠性	211
11.1 控制机器的可靠性.....	212
11.2 提高控制机器可靠性的方法举例.....	216
11.2.1 电磁接触器的机械寿命和电气寿命	216
11.2.2 使用环境、操作条件	218
11.3 电子逻辑电路中的干扰障碍.....	220
11.4 使用上的注意.....	221
附录 1 东芝数控装置系列的规格	222
1. TOSNUC-P 系列.....	222
2. TOSNUC-S 系列.....	224
3. TOSNUC-C 系列.....	226
4. TOSNUC-D 系列.....	227
5. TOSNUC-DR 系列	228
6. TOSNUC-A 系列.....	230
7. TOSNUC-G 系列.....	232
附录 2 表 6-4 APT 语言词汇注解.....	236

数 字 控 制 系 统

〔日〕藤泽道雄 著

沈阳市日用机械研究所 译

江 文 校

国防工业出版社

内 容 简 介

本书主要介绍了各种数控机床的结构和特点、点位和直线切削、连续切削控制、手工程序和自动程序、数控的优点和经济分析、伺服马达和检测器、可控硅的放大器以及控制机器的可靠性等。

本书可供有关工人、技术人员参考，也可供大专院校师生阅读。

数値制御システム

藤沢道雄 著

工業調査会 1970 年

*

数字控制系统

〔日〕藤沢道雄 著

沈阳市日用机械研究所 译

江 文 校

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

850×1168¹/₃₂ 印张 7¹/₂ 188千字

1975年11月第一版 1975年11月第一次印刷 印数：00,001—34,000 册

统一书号：15034·1452 定价：0.96元

译者的话

数字控制是把机器的运动，例如座标、方向、移动量；旋转的轴、转向、转速和其他功能以数字的形式预先记录在易于更换的介质上，如磁带、纸带、卡片，或者存储于计算机的存储器中，用来自动地控制机器的运动部分，以及完成自动换刀、自动测量、润滑和冷却等功能。

由于数字控制技术有着提高生产率和加工精度，缩短生产准备周期，降低对工人技术水平的要求，减轻体力劳动强度，减少设备费用而降低生产成本等优点。近年来国内外对数字控制技术的发展极为重视，已被广泛应用于机械制造、航空工业、造船和车辆工业、金属加工、自动设计等部门。它适用于中小批量、多品种、复杂形状零件的加工。

为了配合我国数字控制技术的推广，我们遵照伟大领袖毛主席关于“洋为中用”的教导，翻译了“数字控制系统”一书，供从事数字控制方面工作的工人和技术人员参考。

本书共分十一章，介绍了数字控制的应用范围、装置的构成和性能规格、几种控制方法、程序编制和经济评价等。

在翻译过程中，我们对书中某些与技术引进无关的部分以及重复的章节作了删改，但由于我们的思想和业务水平所限，书中可能存在一些错误，恳请同志们批评指正。

目 录

第一章 数字控制	9
1.1 什么叫数字控制	9
1.2 硬设备	10
1.3 纸带的作用和功能	12
1.4 软设备	13
第二章 数控的实例	16
2.1 数控钻床	16
2.1.1 东芝机械制造的 DT50-NC 钻床	16
2.1.2 藤田工厂制造的纵横移动工作台 PCT-100NC	20
2.2 数控铣床	24
2.2.1 牧野铣床制造的 KGANCC 铣床	24
2.2.2 日立精机制造的 2MD 型立式铣床	31
2.3 数控转塔式冲床	35
2.3.1 威得曼公司 (Wiedemann Co.) 制造的转塔式冲床	35
2.4 数控印刷电路板钻孔机床	39
2.4.1 碌碌产业制造的 SS-55 型超高速自动钻床	39
2.5 自动操作机 (工业机械手)	42
2.5.1 东芝机械制造的自动操作机	42
2.6 数控木工机械	44
2.6.1 平安机械厂制造的 NC-21 型木工铣床	44
2.7 数控气割机	49
2.7.1 小池氧气制造的数控气割机	49
2.8 自动绘图机, 座标解析机	52
2.8.1 武藤工业制造的自动绘图机 NUMERICON-1226 型	52
2.9 用数控机床节省的工时	58
第三章 数控的概况	61
3.1 自动控制和数字控制	62
3.2 数控的发展过程	64
3.2.1 美国数控的发展过程	64

6

3.2.2 日本数控的发展过程	67
3.3 数控的硬设备和软设备	69
3.3.1 数控的硬设备	69
3.3.2 数控系统和纸带的功能	69
3.3.3 TOSNUC 的概要	70
3.3.4 数控的软设备	71
3.4 数控的应用上的研究	75
3.4.1 数控的适用范围	75
3.4.2 数控的优点	77
3.4.3 数控装置制造厂的方向	78
第四章 点位、直线切削	79
4.1 点位方式的分类	79
4.1.1 增量方式、绝对方式	79
4.1.2 开环系统、闭环系统	81
4.2 点位控制	82
4.2.1 控制带的代码和程序格式	83
4.2.2 定位精度	87
4.2.3 位置检测器	88
4.2.4 定位时间	90
4.2.5 TOSNUC-P 系列	91
4.3 直线切削	93
4.3.1 TOSNUC-S 系列	93
4.4 工作位置显示装置: TOSNUC-D 系列	94
第五章 连续切削控制	96
5.1 连续切削控制的设计和制造	96
5.2 连续切削控制装置	99
5.2.1 TOSNUC-C-322 的概要	99
5.2.2 插补器	103
5.2.3 刀具半径补偿: 刀具半径设定	105
5.2.4 切削速度的控制	107
5.2.5 切削误差	109
5.3 自动绘图机	112
5.4 自动气割机	114
5.5 5 轴数字控制机床	117
第六章 手工编程序、自动编程序	119
6.1 手工编程序	119

6.1.1 点位、直线切削的手工编程序	120
6.1.2 点位方式中手工编程序的简化	121
6.1.3 连续切削手工编程序	123
6.2 自动编程序	125
6.2.1 点位、直线切削的自动编程序	127
6.2.2 数式输入数据的自动编程序	132
6.2.3 连续切削的自动编程序	133
6.3 APT	138
6.3.1 APT 语言	138
6.3.2 APT 的控制曲面	140
6.3.3 APT 语句	141
6.3.4 APT 程序编制	142
6.4 计算机辅助设计 (CAD)	144
6.4.1 光笔和 CRT 系统	145
第七章 数字控制的优点以及经济评价	148
7.1 数控的优点	149
7.1.1 钻床	149
7.1.2 转塔式冲床	150
7.1.3 模板加工机	151
7.1.4 铣床	154
7.1.5 数控检验机	154
7.2 数控节省的直接、间接费用	156
7.2.1 钻孔	156
7.2.2 镗孔	157
7.2.3 铣削 (连续切削)	158
7.3 数控的经济评价方法	159
7.3.1 在什么情况下应用数控机床有效	160
7.3.2 回收周期法	161
7.3.3 MAPI 法	162
7.3.4 PERA 法	169
7.4 数控的今后课题	170
7.4.1 研究数控机床的使用方法	170
7.4.2 零件的标准化	171
7.4.3 无人化操作	172
第八章 数控的标准和术语	173
8.1 有关数控的国际标准规格	173
8.1.1 ISO 标准和美国规格	174

8.1.2 标准代码.....	175
8.1.3 程序格式标准.....	176
8.1.4 坐标轴和运动符号.....	177
8.2 数控的术语和定义	178
8.2.1 数控系统.....	178
8.2.2 闭环系统.....	182
8.2.3 增量坐标、绝对坐标.....	183
8.2.4 重复精度.....	184
8.2.5 浮动原点.....	185
8.3 数控机床的分类和标准化	186
第九章 伺服马达和检测器	187
9.1 伺服马达的外形规格	187
9.2 伺服电机	190
9.3 液压伺服马达	197
9.4 位置检测器	198
第十章 可控硅放大器	201
10.1 可控硅的触发特性.....	201
10.2 可控硅的触发电路.....	203
10.3 可控硅的保护.....	207
10.4 可控硅式直流电机速度控制装置.....	209
第十一章 控制机器的可靠性	211
11.1 控制机器的可靠性.....	212
11.2 提高控制机器可靠性的方法举例.....	216
11.2.1 电磁接触器的机械寿命和电气寿命	216
11.2.2 使用环境、操作条件	218
11.3 电子逻辑电路中的干扰障碍.....	220
11.4 使用上的注意.....	221
附录 1 东芝数控装置系列的规格	222
1. TOSNUC-P 系列.....	222
2. TOSNUC-S 系列.....	224
3. TOSNUC-C 系列.....	226
4. TOSNUC-D 系列.....	227
5. TOSNUC-DR 系列	228
6. TOSNUC-A 系列.....	230
7. TOSNUC-G 系列.....	232
附录 2 表 6-4 APT 语言词汇注解.....	236

第一章 数 字 控 制

1.1 什么叫数字控制

数字控制 (Numerical Control) 一般简称为 数控 (NC)。数控是指把各种机械 (如钻床、铣床、车床、冲床、气割机、绘图机等) 的操作用自动方式代替人工的手动方式的系统而言, 这种系统一般通过记录在纸带上或磁带上的位置等的数字数据和指令机械的操作顺序等的数据来控制机械操作的。

这种系统最先应用于机床, 后来推广到自动绘图机、自动设计机、自动布线机、气割机、自动操作机等很广的范围, 今后将应用到更多的部门。

最早的数控机床是美国麻省理工学院 (MIT) 的三维连续切削铣床, 于1952年公开发表。此后, 美国在其飞机制造、电机制造、电子、汽车等的工厂中应用了各种数控机床, 为生产率的提高创造了条件。

日本是从1955年前后, 由高等学校、科研单位、机床厂、电器厂等开始了对数控机床的研究。

根据其它资料介绍, 数控中直接数控 (DNC-Direct Numerical Control, 不用控制带而由电子计算机直接控制多台机床的群控制, 又称群控) 所占的百分比, 美国1972年约占全部机床的14%。由电子计算机直接控制机床将逐渐代替目前采用控制带控制的方式。

数控机床一般分为以下两种类型:

点位 (point to point)	P 型
连续切削 (contouring)	C 型

前者用于钻床、冲床等。将主轴或转塔移到顺次确定的位置, 进行钻孔、攻丝等加工的系统。后者用于铣床、车床、自动绘图机

等, 是进行二维、三维的任意形状工件的切削、绘图等的系统。与前者不同的是位置的确定是连续进行的, 在这个过程中, 切削加工随之而行。

在数控机床的发展过程中, 美国和日本都是先研究比较复杂的连续切削方式, 然后才发展了点位、直线切削方式的数控机床。

在美国连续切削用的数控, 多半都用于飞机和导弹等生产中, 而点位和直线切削用的数控在机械工业和电机制造工业等部门中的进展很显著。

世界上最大的数控装置生产者通用电气公司 (GE——General Electric Co.) 到目前为止生产了大约 7000 台数控装置, 约占美国数控总数的 45%。

美国近几年按机种的数控机床生产台数是以钻床、车床、镗床、铣床的次序排列的, 钻床约为车床的两倍。

1.2 硬 设 备

数控机床今后的任务可认为是伺服系统和程序编制 (软设备)。数控在硬设备方面的发展, 虽然是采用 IC (集成电路), 但更有必要研究的是如何实现可靠性好、结构小、价格低、快速特性好的伺服系统。近几年, 在美国和日本, 由于需要高速伺服系统, 液压马达和低惯性直流电机在互争优劣, 能够反证“液压马达优于电机”的机电时间常数为几毫秒的小惯量直流电机, 已经发表并在应用。因此, 低于 1 马力时用电机, 高于 1 马力时用液压马达可以认为是一个方向。

下面对数控机床伺服系统的闭环方式和开环方式加以叙述。

图 1-1 为东芝的数控机床 TOSNUC 的方框图。TOSNUC 系统一般采用如图 1-1 所示的闭环方式。图 1-2 为日立精机制造的铣床和 TOSNUC-C-322 连续切削型数控装置的照片。

该系统是位置的给定值和控制量由位置检测器检测后进行负反馈, 以此连续地使控制量和给定值相一致的系统。