

计算机辅助编制零件程序

(工业研究)

21

国防工业出版社

计算机辅助编制零件程序

(工业研究)

〔美〕 John D. 麦克卡诺尔 著

北京航空学院机械加工工艺教研室 译

国防工业出版社

内 容 简 介

本书以工业调查为依据,系统地阐述了数字控制加工中用计算机辅助编制零件数控加工程序(或称程序编制自动化)的基本知识。介绍了计算机辅助编制程序的原理和特点、计算机辅助编制程序的系统和各种程序编制语言的特点及选用。此外,还介绍了程序编制人员方面的问题以及关于数控系统和输入纸带的有关资料。本书还列举了一些计算机辅助编制程序的例子和一些调查数字统计资料。

本书可供从事数控加工程序编制的工人、技术人员及有关大专院校师生参考。

Computer-Aided Part Programming
For Numerical Control. An Industry Study
John D. McCarroll
Industrial Development Division
Institute of Science and Technology
The University of Michigan
1969

计算机辅助编制零件程序 (工业研究)

北京航空学院机械加工工艺教研室 译

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

850×1168 1/32 印张4 3/8 110千字

1976年9月第一版 1976年9月第一次印刷 印数: 00,001—17,000册

统一书号: 15034·1484 定价: 0.57元

译 者 的 话

遵照伟大领袖毛主席“洋为中用”的教导，为了配合我国社会主义建设中数控加工技术广泛应用和发展的需要，我们翻译了这本书。

本书以广泛的工业调查为依据，较系统地介绍了数控加工中用电子计算机辅助编制零件数控加工程序（或称程序编制自动化）方面的基本知识。

遵照毛主席“对于外国文化，排外主义的方针是错误的，应当尽量吸收进步的外国文化，以为发展中国新文化的借镜；盲目搬用的方针也是错误的，应当以中国人民的实际需要为基础，批判地吸收外国文化。”的伟大教导，对于本书，我们应当批判地阅读。在翻译过程中对原书有关资本主义的生产方式和技术无关的内容，尽量作了删除。但由于我们对马列主义和毛泽东思想学习不够，实践经验不足，译文中必然存在不少缺点和错误，敬希读者批评指正。

北京航空学院机械加工工艺教研室

目 录

第一章	零件程序的编制	5
第二章	数字计算机和数字控制	30
第三章	计算机辅助编制零件程序系统的选择	55
第四章	常用数控语言评价	74
第五章	本学科的现状和展望	96
附录 A	数字控制系统	100
附录 B	纸带——物理量输入	120

计算机辅助编制零件程序

(工业研究)

〔美〕 John D. 麦克卡诺尔 著

北京航空学院机械加工工艺教研室 译

国防工业出版社

内 容 简 介

本书以工业调查为依据,系统地阐述了数字控制加工中用计算机辅助编制零件数控加工程序(或称程序编制自动化)的基本知识。介绍了计算机辅助编制程序的原理和特点、计算机辅助编制程序的系统和各种程序编制语言的特点及选用。此外,还介绍了程序编制人员方面的问题以及关于数控系统和输入纸带的有关资料。本书还列举了一些计算机辅助编制程序的例子和一些调查数字统计资料。

本书可供从事数控加工程序编制的工人、技术人员及有关大专院校师生参考。

Computer-Aided Part Programming
For Numerical Control. An Industry Study
John D. McCarroll
Industrial Development Division
Institute of Science and Technology
The University of Michigan
1969

计算机辅助编制零件程序 (工业研究)

北京航空学院机械加工工艺教研室 译

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

850×1168 1/32 印张4 3/8 110千字

1976年9月第一版 1976年9月第一次印刷 印数: 00,001—17,000册

统一书号: 15034·1484 定价: 0.57元

译 者 的 话

遵照伟大领袖毛主席“洋为中用”的教导，为了配合我国社会主义建设中数控加工技术广泛应用和发展的需要，我们翻译了这本书。

本书以广泛的工业调查为依据，较系统地介绍了数控加工中用电子计算机辅助编制零件数控加工程序（或称程序编制自动化）方面的基本知识。

遵照毛主席“对于外国文化，排外主义的方针是错误的，应当尽量吸收进步的外国文化，以为发展中国新文化的借镜；盲目搬用的方针也是错误的，应当以中国人民的实际需要为基础，批判地吸收外国文化。”的伟大教导，对于本书，我们应当批判地阅读。在翻译过程中对原书有关资本主义的生产方式和技术无关的内容，尽量作了删除。但由于我们对马列主义和毛泽东思想学习不够，实践经验不足，译文中必然存在不少缺点和错误，敬希读者批评指正。

北京航空学院机械加工工艺教研室

目 录

第一章	零件程序的编制	5
第二章	数字计算机和数字控制	30
第三章	计算机辅助编制零件程序系统的选择	55
第四章	常用数控语言评价	74
第五章	本学科的现状和展望	96
附录 A	数字控制系统	100
附录 B	纸带——物理量输入	120

第一章 零件程序的编制

很久以前,在麻省理工学院试制成功了第一台数字控制机床。由于技术上的大量需要,产生了人们已熟知的这种方法。虽然,在第二次世界大战期间及以后,伺服控制系统已被飞机设计者全面地研究了。但是,近百年来,机械加工工艺的变化还是缓慢。数字控制得到发展的关键在于提出了把加工讯息通过编码控制带输入系统的想法。直至今日,这种方法成功的运用,取决于控制带的有效和正确。

制备控制带的编码信息涉及到零件的程序编制。通常,程序编制就是指应用数字控制系统,将设计图纸转换为加工零件的过程。其中需要做的大量工作是把零件图转换为控制带,这种控制带应正确地控制机床。数控技术的用户必须能够制作或取得正确的控制带,才能有效和经济地使用他们的数字控制系统。

加工技术的发展常常要求使用数控设备。这种新的方法比常规的加工方法具有的主要优点是:

- 对于设计方面变化的适应性。
- 由于取消或减少了夹具和专用工具,大大缩短了生产准备时间。
- 不需要高度熟练的技术工人和专用机床,便能加工各种复杂的零件或复杂的形状。
- 节省机床占用时间和总的制造周期。
- 能实现加工工序全自动控制,无需加工工人读图。
- 高的精度和重复能力。
- 几乎完全消除废品。

正确制订零件加工程序是获得上述好处的先决条件。编写和

穿制孔带花去的大量时间，比起由于其它原因造成废品还是值得的。数控机床如果由于缺乏控制带造成停工将会减少收益。数控机床的费用是很大的。一台多用途的加工中心，车间的费用每小时超过 100 美元，这是很平常的。因此，大部分公司每个有效小时都必须开动这些机床。图 1 列出四十五家公司利用数控机床的情况。

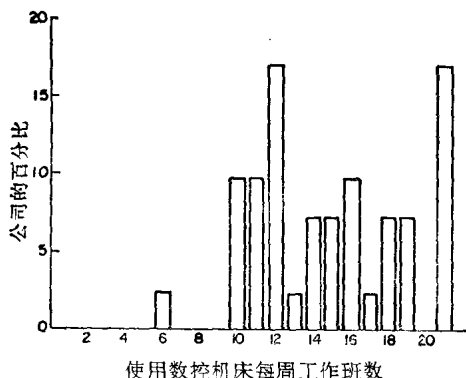


图1 数控设备的利用情况

最近调查^①表明，一些公司每周七天、每天三班地使用他们的数控机床并不是奇怪的。要做到这样，必须准备好新的加工工件，使所有时间都能开动这些机床。数控机床上加工零件的批量通常为小批类型，如 1 到 200 件。只有能够迅速和正确地制备控制带的工厂，才能实现数控机床的全部优点。数控机床的使用者，必须了解零件程序编制功能及其实现的方法。上述调查报告的其它部分着重致力于这个问题。

数控加工零件程序的编制

实现从设计图纸及其技术说明到穿制控制带的信息转换，从而得以在数控机床上加工出要求的零件，这个过程称为零件的

^① John D. McCarroll 和 D. N. Smith 著《数字控制今日之方向》《数字控制，今日工艺之展望》，见数控协会第五次年会和技术讨论会会议录，1968 年 4 月 3~5 日，费城，宾夕法尼亚州第 247~268 页。

程序编制。程序编制主要包括八个方面的工作：

- 审查零件的合理性^①
- 零件图的工艺分析
- 工艺过程制订
- 工夹具设计
- 编制程序单
- 制作穿孔带
- 检查穿孔带
- 检查用穿孔带加工的首件

一般,零件程序编制者实际上并不完成上述所有工作。但是,至少要负责零件的工艺分析和编制程序稿。然而,他应当具有全部加工过程的知识,并具有能够调整它们的能力。

审查零件的合理性

零件程序编制者通常应具有选择最适合用数控设备加工的零件的技能。

零件图的工艺分析

零件图的工艺分析是进行上面所列许多工作的先决条件。在确定工夹具、制订工艺过程和编制零件加工程序单之前,零件图的工艺分析工作是必须的。设计意图可以用各种各样方法提供给零件的程编者:如自动化公司的粘土实物模型、用于飞机骨架制造的主要尺寸数据,或者像最通常的设计图纸和蓝图。无论如何,数控加工关键性的步骤是把设计数据转换为工艺过程、工夹具设计(如果需要的话),并最后变成机床代码。

工艺过程制订

零件数控加工的工艺过程制订和常规的是相似的。零件程序

① 判定那些零件适合于用数控加工。——译者

编制者或数控加工工艺过程制订者必须精确地决定完成加工零件的步骤;必须设计加工顺序和加工工序;如果要成功地完成他的零件加工的话,他还必须知道设备的各种性能和加工工艺。一个程序编制者如果对工艺过程工程技术缺少训练的话,会直接影响到降低成本的可能性。

工 夹 具 设 计

为数控加工设备设计工夹具也和一般的加工一样。在大多数情况下,零件程序编制者不进行实际设计。但是,他有责任指定他所需要的刀具和夹具。通常,用有说明的草图规定他所需用的刀、夹具。一般,数控设备很少需要专用的工夹具。这就相应简化了零件程序编制人员的设计工作。

编 制 程 序 单

在上面所有准备工作完成后,可以开始编制用来穿制控制带的指令表格。零件程序编制有两种主要的方案:手工编制和用计算机辅助编制。手工编制程序稿按机器代码编写,如附录所示。用计算机辅助的方法编制程序,要求程序编制者用一种简洁的英语编写程序单。这种语言比起 EIA 代码(见附录 B)更加接近于程序编制者自己所用的语言。计算机把这些语句转换成代码带。用计算机辅助编制程序,消除了手工编制程序所需要的计算,并且用不着去具体熟悉每台机床控制机的代码及其格式。

把工程数据转换为程序稿是程序编制者的主要任务。他们应当确切地了解零件如何制造以及机床将如何去完成工件的加工。

制 备 穿 孔 带

穿制孔带是一件纯机械性的工作。手工编制程序时,编码控制带直接依据程序编制者的底稿穿孔。通常,穿孔在穿孔机上进行,如Friden Flexowriter 穿孔机。用计算机辅助编制程序时,穿

孔带或者由计算机直接穿制, 或者由控制卡通过脱机的“卡片-孔带转换器”转换。上述任一种方法都能打印出表格来。因此, 程序编制者有一个“严格复制品”的底稿, 在此稿中精确地载明了控制带上穿制了什么内容。

检查穿孔带

穿孔带的检查包括奇偶校验^①穿孔错误和发现明显的编码错误。奇偶校验通常自动进行, 它能发现穿孔总数的错误, 例如遗漏或多穿了孔。但数字或字母穿制错误则不能被自动发现。

程序编制者在确信穿孔带的奇偶性是正确的, 并且仔细检查了程序单的明显错误后, 应当校核穿孔带, 以证明它能制造出合乎要求的零件来。这可能是一个花时间和使人腻烦的工作。但是, 这是非常必要的。特别当零件采用费用很大的复杂铸件或大型锻件的情况下。

穿孔带可用各式各样的方法进行检查。通常有好几种方法来查明控制带是否正确地控制机床。下面是几种比较常用的方法:

- 用穿孔带一个程序段一个程序段地控制机床空运转。
- 在绘图机上绘制机床的运动图(如 CALCOMP 绘图机, 它能直接由穿孔带得到运动)。
- 在一些非金属或某些易加工材料上加工实物模型。
- 用废的铸件或锻件加工试验件。
- 用数字控制检验机。

表 1-1 是对一些公司调查关于检查穿孔带情况的记录。由于连续轨迹数控设备销售量的增加, 绘图检验的方法正在变得越来越流行。随着对这些设备的进一步需求, 无疑将会带来成本的降低。

① 奇偶校验是通过校验每排被穿孔的奇偶特性是否是奇数(在奇数校验的情况下); 如果是偶数(在 EIA 代码中, 奇数孔为正确, 偶数孔为错——译者)就出现了穿制错误。

表 1-1 检查数字控制带的一般方法

检查方法	公 司 的 百 分 比			
	数控协会的调查①		本书调查	
	PTP②	CP③	PTP	CP
机床空运转	83%	64%	32%	27%
绘图机	11	30	18	46
切削废毛坯或廉价金属	3	9	—	—
首件检验	—	—	36	27
其它	46	18	—	—

① N.C.S.——数控协会调查结果,在多数情况下多于一种检查方法。

② PTP 即点位式(point-topoint)。

③ CP 即连续轨迹式(continuous path)。

数字控制检验机的使用也正在增加。数控检验机和数控机床十分相似。通常,它有记录笔记录被测零件关键点的位置。改变测量位置的运动可用数字控制,也可用手动操纵。每一个检验点的结果坐标用伺服系统感受,并且在数字读数器上或者用打印稿显示。然后,将其和原控制带上或工程图上详细规定的正确尺寸进行比较,进行零件的校验。或者两种比较都进行。虽然数控检验机还没有在工业上得到广泛应用,但将来是有希望的。因为检验机常常能用控制加工机床的同一个控制带来管理,这有利于全部加工过程自动化,并且有助于降低制造周期和费用。

由于连续自动监视已进入数控系统,在首件检验合格后,零件的进一步检验将大大减少。

小 结

很清楚,程序编制是完成数控加工的首要工作。事实上,编制程序是加工一个零件所需全部过程的一种协调工作;是机械加工工作的汇总和准备。即使加工具有最适于用数控加工的零件,如果没有合适的控制带,那么,最好的数控设备也将不能发挥作用。

如果编制程序太慢或费用太大,即使有了合适的编码带,也将会失去数控加工的许多优点。要充分发挥数控加工自动化的潜力,唯一途径是通过高效率的零件程序编制。

此外,程序编制必须在尽可能降低费用的情况下,高效率地、快速和正确地制造控制带。有些方法虽然廉价、准确,但有时需要经过三、四次尝试,才能穿制一个正确的穿孔带。这样便可能比一个更有效而贵一些的方法费用更多。数控加工的优点之一是减少加工周期。如果不能有效地制作穿孔带,会使这个优点不能发挥出来。既正确又经济的每一种方法在付诸实施时,应当在时间和效果上表明是有价值的。

制备穿孔带的方案选择

采用数控设备的企业,制备穿孔带一般使用两种流行的方案,即用手工方法或者用某些类型的计算机辅助程序编制。很多公司两种方法都采用,这主要取决于被加工工件表面的类型和设备的复杂程度。数控设备不多的一些公司经常选用两种方法中之一。由于一般车间生产零件的多样性和自动化生产方法的多种多样,自然会影响到方案的选择。

像评定任何其它方案一样,除非由于特殊的要求,可以不考虑出现的低成本的方法,最后的证明必须在于能减少费用。但是,在研究减少费用时,程序编制者应当考虑一些特殊的因素。例如,大大缩短生产准备周期是数控加工方法最基本的优点之一。这样就使需添制的设备减少,从而大量降低费用。要缩短准备周期,必须加快程序编制。假如缺少正确穿制的穿孔带,则机床就不能运转。因此,即使在表面上看来似乎要花更多的费用,也必须用快速的方法获得穿孔带。由于提高了机床生产率而间接得到的弥补,几乎总是超过可能增加的直接费用的差额。如果,自动化程序编制也比常规方法费用较少的话,则可从两方面获得好处。

类似的理由可以联想起程序编制时可能造成错误的情况。如

果自动化的方法比手工方法较少出错,那么,在修改和校正控制带方面花费的时间就较少。这里,间接节省下的准备时间和检查穿孔带所费的时间同样值得重视。并且,检查穿孔带的自动化方法提供了同样的好处。穿孔带出现错误会从两方面引起加工费用的增加。首先,改正穿孔带必将额外增加费用;其次,可能造成废品的损失。

由于这些理由,数字控制机床使用部门感到慎重地研究穿孔带的制备是重要的。当进行这个问题的研究时,注意到自动化系统能够进行剪辑,以广泛适应各种各样的要求,以及用某种程度的自动化程序编制,即使用最基本的数控加工也常常进行得更有效,费用更少。没有一种方法是十全十美的。然而,大量零件程序编制的经济效果必然引起很多公司慎重地研究它。

手工编程序

顾名思义,手工编程序是指在没有自动化手段帮助的情况下,把加工数据转换成纸带的过程。主要在把设计数据转换成加工指令的阶段用手工工作。手工编程序的其它环节可以稍为自动。例如,穿制孔带的工作经常在一台像电动打字机一样的穿孔机上进行。手工程序编制者必须完成下列几方面的工作:

- 对零件图进行工艺分析
- 把设计图转换成数值
- 熟悉机床和控制机
- 了解系统对输入的要求
- 编写程序单以备穿制控制带
- 书写操作人员的指令表

零件图的工艺分析工作在后面部分进行讨论。加工工人首先面临的共同任务是按照零件图制成零件。不同的是,工人加工零件依靠转动刻度盘、操作离合器、调整刀具等,把设计数据转换成成品。但是,程序编制者把设计数据转换成另一种抽象形式的机