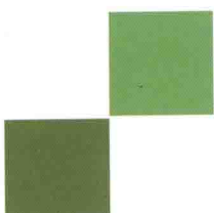


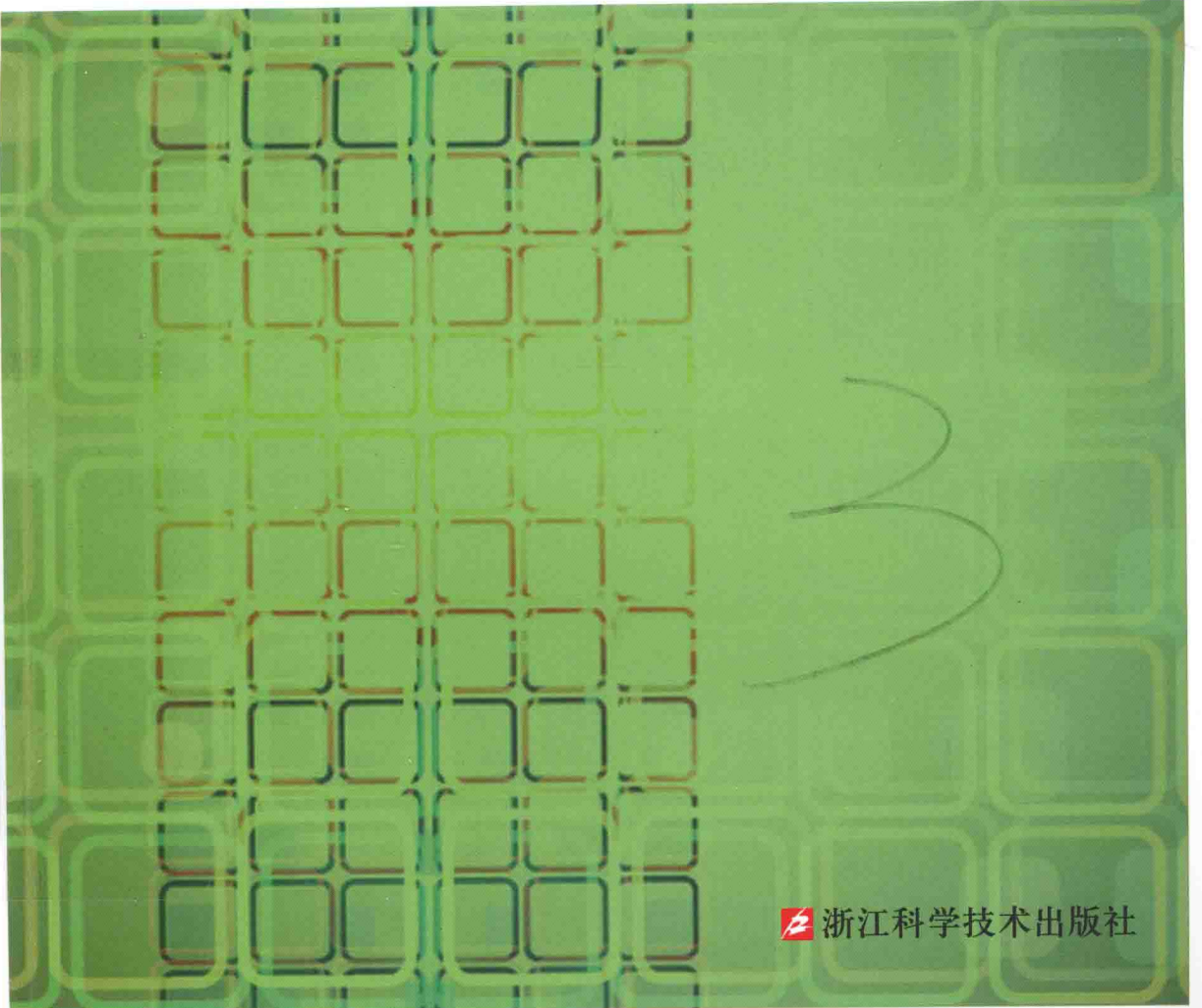


FANUC数控机床

PMC梯形图设计方法研究



张中明 吴晓苏 著



 浙江科学技术出版社

FANUC数控机床

PMC梯形图设计方法研究

● 张中明 吴晓苏 著

 浙江科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

FANUC 数控机床 PMC 梯形图设计方法研究/ 张中明,
吴晓苏著. —杭州: 浙江科学技术出版社, 2015. 6
ISBN 978-7-5341-6716-4

I. ①F… II. ①张… ②吴… III. ①数控机床—程序
设计—研究 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 118936 号

书 名 FANUC 数控机床 PMC 梯形图设计方法研究
著 者 张中明 吴晓苏

出版发行 浙江科学技术出版社
杭州市体育场路 347 号 邮政编码: 310006
办公室电话: 0571-85176593
销售部电话: 0571-85171220
网址: www.zkpress.com
E-mail: zkpress@zkpress.com

排 版 杭州大漠照排印刷有限公司
印 刷 杭州丰源印刷有限公司

开 本 710×1000 1/16 印 张 15
字 数 253 000
版 次 2015 年 6 月第 1 版 2015 年 6 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5341-6716-4 定 价 50.00 元

版权所有 翻印必究

(图书出现倒装、缺页等印装质量问题,本社销售部负责调换)

责任编辑 罗 瑾
责任美编 金 晖

责任校对 马 融
责任印务 崔文红

一台高品质数控机床的问世与许多因素有关,其直接因素是性能优越的数控系统以及机床侧各部件之间的有机配合。在这两者之间,还存在着一个任由人们发挥想象力和创造力的广阔驰骋空间——可编程序机床控制器(简称 PMC)。人们可以在这个平台上编写出各种功能的梯形图程序,以实现 CNC、PMC 与机床三者之间的信号传递。

本书以 FANUC 数控系统 PMC 为工作环境,系统地研究了 PMC 梯形图的设计方法。内容包括:

1. 描述工具

本书先讨论了在设计 PMC 梯形图之前所需做的准备工作。作为程序设计者,对所面临的工作任务进行基本描述只是工作的开始,描述的工具有时序图、顺序功能图及信号流程图等,通过这些工具来归纳自己设计 PMC 梯形图的工作思路、实现方法和调试过程;作为系统维护和程序改进者,通过阅读他人的描述可以迅速了解程序设计者的意图。因此,正确进行工作任务描述是设计符合机床工艺要求的 PMC 梯形图程序的重要保证。

2. 程序结构的归纳

机床工艺、程序设计,工程技术人员通过 PMC 梯形图,构建了数控系统与数控机床的桥梁,由于该语言在数据和程序结构方面没有做十分严格的定义,工程技术人员可以尽自己所能进行机床功能开发。目前,许多人在使用该语言时只是更多地重视程序功能的实现,忽视程序结构的合理设计,从而导致编写出来的程序阅读性差、功能布局不合理及扩充功能困难等不良结果。本书作者在前人研究的基础上,提出了将 PMC 梯形图的结构划分成顺序结构、重复结构、分支结构、并行结构及状态转换结构等,并对每一种结构的适用范围、使用方法及构造特点进行归纳,规范的程序格式为设计大型和复杂程序奠定了基础。



3. 案例的选取

本研究在案例选取上兼顾了两个方便,其一,数控机床在调试过程中涉及模块包括键盘扫描、辅助功能、主轴运行、伺服驱动、冷却电机、刀架控制及报警显示等 PMC 梯形图的设计方法,在此基础上以主轴为例,研究了嵌入式主轴调速的控制方法。本调速方法是在原有功能基础上建立起来的,它保留了原有的调速功能,通过键盘定义后,增加了一组扩展的调速按键。本功能的开发主要用于主轴电机性能的独立测试,其调速范围更广,调速方法也由波段开关扩展到了点动控制,以此为案例研究了 PMC 梯形图的嵌入设计方法。其二,案例还涉足活动密码锁设计、手部控制力竞赛、液压动力滑台控制及 24 工位刀库控制等内容,更多地描述了随机数产生、数值计算及状态转换等问题。虽然数值计算并不是传统数控机床控制中所深入研究的内容,但是随着柔性制造生产线与数控系统关系的日益密切,势必引起程序设计者通过复杂数值计算,用数学建模的方法实现柔性生产过程中对工件运送、装夹、卸载和入库等过程的功能优化。将液压动力滑台的状态转换问题移植到现有的 PMC 梯形图环境中,探索出更好地解决问题的方法;将 24 工位刀库与小型数控系统之间进行信号接口、流程分析及算法设计是一种新的尝试,体现了数控系统 PMC 梯形图对于外部设备的广泛适用。

4. 叙述的条理性

本书在案例研究时分为三个阶段,即任务描述、过程实现及方法分析。由于 PMC 梯形图的设计是依据现场工作需求进行的,因此无论这些需求是复杂还是庞大,都将工作过程划分成合适的工作任务进行描述、归纳和求解。任务描述是指以工作需求为目标,用语言、图像和表格为工具对所要解决的问题进行叙述,指出解决问题的方法;过程实现是指用所指出解决问题的方法,去完成工作任务,并不断地调试完善;方法分析是指对该方法在控制方案中的实践过程进行讨论,得到解决问题的最优数学模型及途径。人们编写 PMC 梯形图程序的最终目的是为了解决工程实际问题,而编写的程序是否能够完成这些任务,还需要在调试阶段进一步去发现与解决,需要剔除不合理的代码,优化解题过程和步骤,形成可执行的正确代码。无论是基本的逻辑判断、信号灯闪烁及联锁关系,或者是复杂的程序结构设计、过程状态转换及计算方法设计等,均依据这样的过程进行描述,以形成其特定的描述风格。

我国正处于由制造大国向制造强国的转变过程,经过长期的努力,已经拥

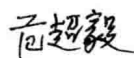
有自主知识产权的数控系统,这些系统的产生为提高国产数控机床性能提供了有力保证。随着改革开放及世界经济一体化时代的到来,会有更多的机会去接触、借鉴和使用国外先进的数控系统,这些系统经过长期的发展形成了许多值得我们学习的优点,通过对这些先进技术的学习、消化、吸收和改进,可形成我们自身的创新能力。同时,PMC 梯形图在数控机床中扮演着信号接口、命令译码及直接驱动等重要角色,这使得现代数控机床具有可编程性强、工作精度高及重复性能好等特点,这对于专业从事数控机床设计、制造、装调、维修及技术改造的工作人员的专业素养要求越来越高。此外,数控机床从业人员有制造业专家、工程师、技师及一线“蓝领”技术工人等,人员分布广泛,这些人员理解和掌握 PMC 梯形图语言能力的差异程度很大,在一定程度上也制约了数控技术的发展和进步。目前,数控系统的国际化程度越来越高,除了各自底层核心技术的特点之外,各个系统之间在公共平台上的差异越来越小。鉴于此,在机床设计与制造过程中,人们需要更多地从程序设计方法的合理性、编制过程的人文性及调试过程的安全性等角度来分析和解决问题,选择其中一种成熟系统进行深入剖析和研究具有现实意义。本书在这些方面都做了有益的尝试,值得读者阅读。

中国机械工程学会高级会员

武汉市享受政府专项津贴专家

多项国家级、省部级数控机床科研公关项目主持人

江汉大学教授



2015 年 4 月于江汉大学

数控机床是以内置的专用计算机为工具,以字符和数字编码形式所记录的信息为处理对象,在程序指挥下控制工件和刀具实现相对位移,实现金属制品加工的自动化设备。人们可以从机械零件加工、超精细刻画、柔性生产流水线以及机械设备的升级改造等场合看到数控机床的影子。无论这些设备的外形、加工对象以及使用场合有着多大的差异,但都有一个共同的特点,那就是这些设备中都安装有各自的数控系统单元和 PMC 梯形图程序环境。

PMC 是英文 Programmable Machine Controller 的缩写,意思是可编程序机床控制器(内置于数控机床的可编程序控制器),它主要由两部分组成:其一是硬件环境,它包括微处理器、存储单元以及相应的接口电路;其二是提供了一个允许用户进行符号编辑、调试和运行的软件环境,目前主要的处理对象是梯形图符号和相关的数据。如果是独立式可编程序控制器,仍用 PLC 表示。读者没有必要纠结于 PMC 与 PLC 这两种表述,区别是它们应用领域的不同,前者主要应用于控制数控机床,后者用于一般工业控制环境。

数控机床中的 PMC 梯形图是数控系统生产厂商提供给用户的用于机床功能二次开发的主要平台。对于同一种数控系统来说,由于机床侧设备和型号的差异,如刀架工位数、冷却方式或者伺服设备性能的不同,这些 PMC 梯形图程序也会有很大的差异。然而,即使是同一种型号的数控机床,不同开发人员写出来的程序也有很大的差别。因此,无论是一个已经工作多年的数控机床 PMC 梯形图编程者,还是准备进入这个行业并为之努力奋斗的青年学者,如何正确阅读和理解一个别人已经写好的 PMC 梯形图程序,如何针对这些程序中的一些缺陷进行改进或提高其性能,以及根据工作任务要求编写出合乎规范的 PMC 梯形图程序,就成为机床制造、调试、维修和升级改造等从业人员需要认真面对的课题。

本书以目前比较流行的 FANUC Series oi Mate—TD 数控系统为背景,以

系统内置的 PMC 梯形图开发环境为平台,系统地研究了基本指令系统、定时器、计数器以及功能模块的使用方法,提出了工作任务描述方法,并且以结构分类的方式研究了顺序结构、重复结构、选择结构、并行结构以及状态转换结构等程序设计方法。这些方法都是基于独立可编程序控制器的,也就是说,即使你将来用其他类型的控制器也可以采用这样的结构进行 PLC 梯形图程序设计。为了进一步提高对复杂问题的处理能力,这里选用了手部控制力竞赛这样一个项目来综合地应用已经学习过的方法,通过规范地学习工作任务描述、数据结构设计、数学建模、数值计算方法以及设计程序代码,最终设计并调试出所需要的结果。此外,还以液压动力滑台为背景研究了对于经典顺序功能图缺陷的分析以及改进方法。研究表明,在独立式可编程序控制器中要很好地处理手动和自动两种方式之间的正确转换也非易事,需要建立更多的微循环支路以支持复杂变量的信号传递。

在数控系统支持下的可编程序控制器具有更强大的功能,其最重要的原因是 PMC 梯形图环境与上层数控系统之间建立了 G 和 F 信号之间的联络机制,这比独立式的可编程序控制器具有更多的优点。本书以某 oi Mate TD 数控车床设备为背景,全面研究了面板键盘扫描、辅助功能、伺服设备、主轴控制、冷却系统和刀架等设备的 PMC 梯形图程序设计方法。其中,有许多代码都在原来的基础上进行了重新编写,最后以 24 工位圆盘刀库为背景,研究了现有数控系统与其接口方式,实现了刀盘运转的基本控制算法,所有程序均在该环境下调试通过。

第 1 章主要研究了在该数控系统环境下编写 PMC 梯形图所采用的最小模型结构。在避开原有资源占用的情况下,尽管这里只分离出了一个 8 输入/8 输出的小系统,也足以让我们写出复杂的程序。介绍中引出了工作任务的描述方法,如何在编写一个足够大的并且可以实际工作的程序之前,进行合理的规划和描述,有时这样的规划和描述甚至超过程序设计本身。本章还研究了系统的数据存储格式和指令分类方法,最后以组合逻辑、联锁控制和相关案例研究了 PMC 梯形图程序的基本设计方法和规范。

第 2 章研究了在梯形图环境下对时间和脉冲信号的测量方法,从两个最常用的定时器和计数器模块入手。为了提高数控系统的安全性,定时器和计数器在数据预置方法上分内置和外置两种,前者是在程序代码中把延迟时间或者把计数器次数写进去,如果需要更改这些设定值,则需要打开源代码程序,这对于一些不愿意公开自己代码的系统来说是不方便的。为了方便终端用户在不打



开源程序的情况下也能够修改时间和计数器设定值,该系统提供了外部设置方式。这种数据设置特性非常适合机床产品,既保护了程序开发者的知识产权,又允许根据现场要求调整所需要的参数。本章最后以多电机顺序控制、电机状态测试以及活动密码设置等项目来开拓大家的视野,其中活动密码设置中使用了整数运算方法,目的是提高大家处理比较复杂任务的能力。

第3章以结构分类的方式研究了顺序、重复、选择、并行以及状态转换五种典型的处理问题方式。对于这些程序结构的理解、掌握和熟练应用,将有助于我们写出更加符合规范、安全性好以及可阅读性强的高质量代码。具有独立结构的可编程序控制器在处理状态转换结构时也有着自身的局限性,本章以图论为基础对经典顺序功能图中存在的缺陷进行了建模分析,并提出了在原有结构中增加微小回路,从而构造出更长的路径来增加系统的稳定性,为后续改进状态转换性能提供了理论依据。本章还研究了十字滑台实现精确移动的程序设计方法,尽管这样的移动可以在加工程序中通过固定格式的命令来实现,但作为机床制造、调试和维修环节,在PMC梯形图中能够实现这样的移动,对于在设备底层检测、定位移动和研究设备行走轨迹算法方面具有重要意义。

第4章是建立在前三章基础之上的综合项目设计。该项目的背景是源自于人们在按动键盘时对于触觉的一种感知能力,通常来说,在现代计算机键盘上能够轻快地输入信息,操作的特点是人在接触键盘时其时间是短促和基本恒定的。那么这个时间到底是多少呢?在实验中发现,如果一个人在规定的次数内其触碰键盘的时间值与给定值之间的偏差越小,则这个人在手部触觉、眼睛观察、大脑判断和身体协调能力就越强,两者之间具有很强的相关性。通过曲线拟合法测试还可以提高游戏的难度,这个游戏程序设计涉及了工作任务描述、数学建模以及数值计算等比较复杂的程序设计问题,你可以在此基础上进一步改进程序的性能。

第5章研究了液压力滑台控制算法的改进方法。组合机床是一种以通用部件为基础,配以按工件特定形状和加工工艺设计的部件所形成的半自动或专用机床。由于具有通用部件的标准化、系列化和允许灵活配置的特点,组合机床具有工作效率高和成本低的优势。因此,组合机床中一般是没有配置完整意义上的数控系统的,取而代之的是小型可编程序控制器。在正常情况下,它可以准确处理经典的工艺过程:工进、快进、延迟和快退等,但是如果需要在某个环节上做一个小的停顿和技术处理,然后再从这个环节继续往下执行程序,则会产生不可预知的问题。其原因是经典顺序功能图中无法表示自动循环与

手动处理这两种状态的切换问题,以经验法编制出来的工作程序,由于缺乏严谨性而可能招致动作的失灵,而以图论数学建模分析为基础,通过对经典顺序功能图的模型重构,以此设计出的 PMC 梯形图具有更高的安全性。

第 6 章是以一种典型数控车床配置:一个主轴、两个直线轴、一个四工位刀架、一个冷却电机以及三色灯等设备为环境进行的 PMC 梯形图程序设计。在这一章里,可程序控制器的应用是以数控单元为基础的,因此在处理手动、自动和 MDI 等多种工作方式的切换方面比独立的可程序控制器具有更大的灵活性。其根本原因是数控单元与可程序控制器之间有效地建立了 G 和 F 信号之间的联系,G 通常是由可程序控制器发往数控单元的申请信号,而 F 则是数控单元向可程序控制器发回的确认信号,这就使得内置式的可程序控制器比独立式具有更多的资源,同时又很好地保持了数控单元内容的封闭性、完整性和安全性。深刻理解 G 和 F 信号的含义有助于编写出符合工艺要求的机床控制程序。

第 7 章是以对象描述、参数分析、电气回路、继电器隔离以及接近开关连接方式等环节研究了 24 工位圆盘式刀库与数控单元之间的接口电路设计,并在此基础上全面描述了以圆盘为控制对象,从框图算法、数据结构以及 PLC 梯形图代码设计和调试的整个过程。研究了如何设计一个循环计数器、数值转换以及各种情况的入口和出口处理方法,从而阐明如何设计一个结构合理、功能正确以及行文优美的 PLC 梯形图。作为刀库测试系统,本文还提出了如何采集刀盘动作时间样本、构造测试方法、作出问题假设、建立数学模型,以及如何进行模型验证以探测刀库在运转过程中可能隐匿的机械故障,把 PLC 梯形图的设计和应用提高到一种新的境界。

关于参考文献的引用,本文在写作过程中主要引用了 FANUC 制造商所提供的技术文献资料,它们是《梯形图语言编程说明书》《连接说明书》《参数说明书》《维修说明书》以及《PMC 功能》等,引用过程为实引,主要涉及如下两个方面的内容:其一是基本信号定义,包括 X[标号]、Y[标号]、G[标号]、F[标号]、K[标号]、D[标号]和 R[标号](包括 R9091.0、R9091.1 和 R9091.6)等;其二是功能模块,主要包括定时器、计数器、加法、减法、乘法、除法、数值比较、窗口指令等。通过引用和借鉴这些文献的思路和技术规范,为本书全部 PMC 梯形图程序的正确编辑、调试、运行并获得预想的结果打下了坚实的基础。

本书经历了六年多时间,作者通过下企业锻炼、指导国家省市技能竞赛、课题研究、数控机床维修升级改造及产品开发等活动,积累了丰富的现场经验,为



本书的开发创造了条件。其间一次获国家技能竞赛奖、七次获省市技能竞赛奖、获国家发明及新型专利三项,并获由中华职业教育社授予“黄炎培杰出教师奖”、浙江省人民政府授予“浙江省高校优秀教师”、杭州市人民政府授予“杭州市模范集体”、杭州市总工会授予“杭州市高技能人才创新工作室”。

本书可作为数控机床安装调试维修及升级改造方面工程技术人员的参考用书,也可作为高等职业院校机械设计及其自动化、数控技术、机电一体化技术、电气自动化技术等专业的教学用书。本书得到浙江省高等教育教学改革研究项目“基于岗位需求的数控专业学生能力培养(yb09109)”、“基于校企共同体的数控机床维修与升级改造课程改革与实践(jg2013281)”,浙江省示范性实训基地“数控加工与维修实训基地”、杭州市重点实训基地“数控机床操作与维护实训基地”资助。本书在写作过程中得到了友嘉实业集团及数控机床装调维修多位专家的帮助,他们为本书的撰写提供了许多有价值的案例,在程序设计和调试方面做了许多有益的工作,在此一并表示感谢。

由于作者水平有限,书中难免存在不足,请广大读者批评指正。

张中明 吴晓苏

2015年4月于杭州职业技术学院

第1章 PMC 梯形图设计导论 1

- 1.1 PMC 概述 / 1
- 1.2 研究 PMC 梯形图设计方法的意义 / 2
- 1.3 数控系统的组成与结构 / 4
- 1.4 工作任务描述方法 / 11
- 1.5 组合逻辑控制 / 15
- 1.6 以功能语句实现的组合逻辑控制 / 18
- 1.7 联锁控制 / 20
- 1.8 工程项目设计 / 27

第2章 时间和脉冲信号测量 36

- 2.1 定时器的分类 / 36
- 2.2 固定式定时器 / 37
- 2.3 延时式定时器 / 39
- 2.4 单个定时器的编程 / 42
- 2.5 若干个定时器的编程 / 44
- 2.6 固定式计数器 / 46
- 2.7 外置式计数器 / 49
- 2.8 典型处理方法 / 50
- 2.9 工程项目设计 / 62

第3章 程序控制结构 79

- 3.1 顺序结构 / 79
- 3.2 重复结构 / 85
- 3.3 选择结构 / 91
- 3.4 并行结构 / 99
- 3.5 状态转换结构 / 105
- 3.6 SET—RST 指令序列 / 109
- 3.7 工程项目设计 / 119



第4章 手部控制力竞赛 131

- 4.1 项目背景 / 131
- 4.2 工作任务描述 / 132
- 4.3 数据结构设计 / 133
- 4.4 数据采集的方法 / 135
- 4.5 数值计算方法 / 136
- 4.6 工作任务的改进 / 136
- 4.7 程序设计概要 / 137

第5章 液压动力滑台控制算法的改进 147

- 5.1 典型案例分析 / 148
- 5.2 工作过程描述 / 149
- 5.3 顺序功能图的实现方法 / 149
- 5.4 顺序功能图的重构 / 150
- 5.5 算法验证 / 152

第6章 机床梯形图设计 155

- 6.1 工作方式选择 / 155
- 6.2 机床功能的实现 / 160
- 6.3 伺服控制 / 169
- 6.4 冷却控制 / 177
- 6.5 主轴控制 / 182
- 6.6 刀架控制 / 193
- 6.7 三色灯控制 / 200
- 6.8 用户报警信息处理 / 203

第7章 刀库接口与编程 206

- 7.1 总体方案设计 / 206
- 7.2 主要环节设计 / 209
- 7.3 软件功能设计 / 213
- 7.4 刀盘旋转与数学建模 / 223
- 7.5 改进的讨论 / 226

参考文献 / 227

PMC 梯形图设计导论

1.1 PMC 概述

PMC 是英文 Programmable Machine Controller 的缩写,意思是可编程序机床控制器,它的主要特点是可编程性。目前,FANUC 公司出品的数控系统型号非常多,即使对于同一种型号的数控单元来说,它所面对的具体机床信号点数量、种类和控制要求也有很多不同。这些不同点包括键盘功能分布、电动刀架位置信号采集方法、旋转轴个数、直线轴个数、手轮信号形式以及刀库型号等,这些差异的存在就决定了仅仅为一种数控系统编写一个特定的梯形图是无法满足工作需要的,这就需要有一部分专业人员以 PMC 梯形图工具,为数控机床设计、编写和调试梯形图,使这些设备在金属加工过程中能够按照预定的规律有序地进行工作。站在梯形图编程者的角度,我们可以将 PMC 的功能作如下归纳:

(1) 接口功能。接口是指机床侧设备与数控单元之间的一个界面,这个界面不仅仅是为了解决数控单元本身的安全问题而做的物理隔离,同时也建立了 PMC 输入与输出之间特定的信号映射关系。例如,人工按动机床面板上的一个特定的按钮,则可以使冷却电机启动或停止,这就建立了机床设备与数控单元之间的接口关系。同样的,加工程序中的命令语句与 PMC 梯形图代码之间也形成了检测与控制接口关系。

(2) 译码功能。所谓译码是将具有特定意义的二进制代码翻译成一定的输出信号,以实现二进制代码的控制要求。在加工程序的命令行中或者在数控机床 MDI 方式下,这些二进制代码是以命令形式出现的,比较典型的是 M 命令、T 命令或者 S 命令等。例如,以正转方式并且以一定的速度使主轴运转为例,这是通过内部特定的 R 继电器去控制对应的 Y 信号向外输出触点的,这个过



程是由 PMC 梯形图程序“翻译”的,而这样的预设的功能是非常多的。

(3) 驱动功能。这里的驱动对象指的是 PMC 梯形图直接可以控制数控系统自带伺服放大器、电机以及手轮设备等。这些设备的特点是其变量单元符号由数控系统厂家自己设定的,其中大多是 G 信号和 F 信号,这些信号规定了伺服轴运行的方向、倍率、轴选择信号以及极限位置等。从广义上来说,为了辨识当前的工作模式,需要通过对 G 信号进行编码,并向 CNC 系统发出申请,当 CNC 接受到这组编码信号后需要进行识别,如果识别后的信号符合规定的编码组合,则发出对应的 F 信号,表示正确识别了一种工作状态,这个过程体现了 PMC 和 CNC 在内部传递接口信号的关系,这些直接驱动功能是该控制器所特有的。

从本章开始,我们将围绕着 PMC 的可编程性特点系统地研究梯形图接口功能、解码功能以及驱动功能的分析、调试和实现方法,同时引入大量的案例来尝试设计出功能正确、形式优美、易于扩充以及可读性强的梯形图代码,为设计、制造和调试出高品质的数控机床做好基础工作。

1.2 研究 PMC 梯形图设计方法的意义

对于今后欲从事数控机床设备装配、调试、维修或升级改造等技术工作的学生和在职工程技术人员来说,熟练掌握从梯形图程序代码去测试、分析和定位设备动作情况是一项非常重要的工作技能,这是除了万用表、示波器和逻辑分析仪等之外的又一个重要工具,掌握好这个工具的使用,有助于相关人员由内而外地进行设备检测、维修和技术升级。其典型过程是 PMC 程序定位→发控制信号→屏幕读取设备状态→外部设备动作,在这四个检测过程中,前三项属于内部信号的处理,高度体现了 PMC 的工具性,外部设备的动作可以用万用表或示波器来进行观测,内外两种工具的使用会极大地提高数控设备诊断、调试或者维修的速度,对于新机床的制造或者旧机床的改造更具有决定性作用。归纳起来,学习 PMC 梯形图程序设计具有如下意义:

1. 读懂原有机床的 PMC 程序

机床生产厂家已经在数控单元中存放好了经过精心调试的参数和梯形图文件,其主要内容有:机床类型信息、机床参数、交叉对照表和梯形图程序代码等。其中,机床类型信息规定了该 PMC 程序所针对的机器类型:车床、铣床或

加工中心等;机床参数规定了数据类型:二进制或 BCD 码以及编辑 PMC 程序的支持文件类型;交叉对照表则对应列出了元件名称、地址值和含义等信息,是帮助阅读梯形图的重要信息;梯形图程序是用各类元件有机组合而成的软件代码,掌握这些代码的含义、模块的功能和信号流关系等内容,可以了解和掌握数控机床的基本输入/输出信息、键盘编码方式、辅助功能实现方式、主轴调速方式、电动刀架以及直线轴等的控制方式等,这是实现用 PMC 工具进行设备检测和调试的重要基础。

2. 改进 PMC 程序

机床厂家提供的参数和软件在当时出厂的条件下其代码的编写一般是具备经典性、正确性和规范性等原则的,或者说这些代码至少是能够符合当时的工作要求的。但是,经过数年的运行,当我们用现在的眼光再去阅读这些代码时,我们可能会觉得当时对一些功能的处理方法也许不尽合理,有些写法可能还是有一定缺陷的。因此,我们也不必完全拘泥于原来的程序书写方式,完全可以按照自己的想法重新优化程序代码。例如,在编写机床辅助功能控制的程序设计方法中,其经典的方法是用三-八译码器的实现方法,也就是在一个模块中可以写 1~8 个辅助功能。其优点是代码结构紧凑,但是这种写法的缺点是难以对每个辅助功能进行注释,工作方式不容易理解。另一种程序编写方法就是每一个辅助功能只用一组特定的 BCD 码比较指令来实现,每一组功能可以单独注释,虽然代码写得比原来代码较长一些,但是容易在程序中编写注解语句,提高了程序的可阅读性,这个过程就是对原有代码的重新编写。改进后的代码在完成原有工作任务的前提下,其表现形式非常适合阅读、注释和功能扩展,实际上也改善了代码的质量。

3. 测试与调整机床指定设备

对于从事机床的检测与调试工作来说,自如地对一些指定设备编写驱动程序是非常必要的。例如,当需要仅仅对主轴功能进行测试时,只要写上与主轴有关的语句就可以工作了,其他无关语句是不用编写的,这样可以大大缩小检查范围,甚至可以编写一些特定的功能来测试特定设备的性能。例如,编写主轴速度测试程序,使主轴在规定的时间内进行加速度或减速度控制,并用电流表或功率表来检测主轴的运行参数,以此来判断主轴的故障位置,这对于检测主轴中的疑难故障是非常有用的。只针对特定设备编写特定的代码并使设备正确运行是真正理解梯形图程序的关键,甚至可以针对某一环节写出更复杂的



检测代码来诊断一些疑难故障。

4. 流水线改造与机床升级

这里有两个方面的问题需要讨论。其一是生产流水线改造问题。有些待加工零件的体积大或数量比较多,一般需要特定的夹具来进行辅助操作,它们的动作类似一个机械手功能。例如,需要实现机械手下降、夹紧、上升及固定等动作;另一方面,有些毛坯料的运送过程也有专门的设备,上面有一些传感器来检测这些零件是否处于正确的位置,这些控制程序都可以在 PMC 环境下编写,并通过接口电路去控制液压或气动方式的工作夹具来完成毛坯料的运送、夹紧和成品零件的入库等系列操作,由于这种设备都是“非标准”的,因此必须由用户自己编写出适合特定设备的程序,在加工过程中可以通过 M 指令来调用和执行这些新定义的功能。其二是设备升级问题。例如,早些年有许多单位购买的三轴的加工中心,其主要配置为:主轴、X 轴、Y 轴、Z 轴以及刀库设备等。以立式加工中心为例,其有效的加工面仅为工件的一个侧面,现在设想在工作台上再安装一个可以环绕 X 轴旋转的工作台,我们定义其为 A 轴,A 轴一般工作范围可以在 $-180^{\circ} \sim +180^{\circ}$ 之间任意设置,并且该轴的最小分度值一般为 0.001° ,这样可以把工件几乎细分成可以任意控制的角度,当 A 轴与 X、Y 和 Z 三个直线轴实现联动时,就可加工出更为复杂的空间曲面。这样的设备升级和改造除了硬件的费用之外,其关键技术就是新增加的 PMC 程序设计、参数设置第四轴的机械和电信号连接了。

1.3 数控系统的组成与结构

1.3.1 PMC 的体系结构

对于 FANUC 数控系统来说,其控制体系的描述方法可以有多种,在该系统所提供的关于《梯形图语言编程说明书》,通常将其描述成图 1-1 所示形式,从中我们可以观察到与 PMC 相关的重要组成信息。首先,PMC 是处于中心位置,它与 CNC、内部继电器、非易失性存储器以及机床之间存在着信号联系。因此,这种描述主要强调了编制 PMC 程序时需要处理四种类型的地址变量关系,其特点是将 CNC 和 PMC 看成是地位平行的关系。事实上,由于 CNC 由数控单元制造商设计,其内容是独立设计的,并且普通用户是看不到其内容