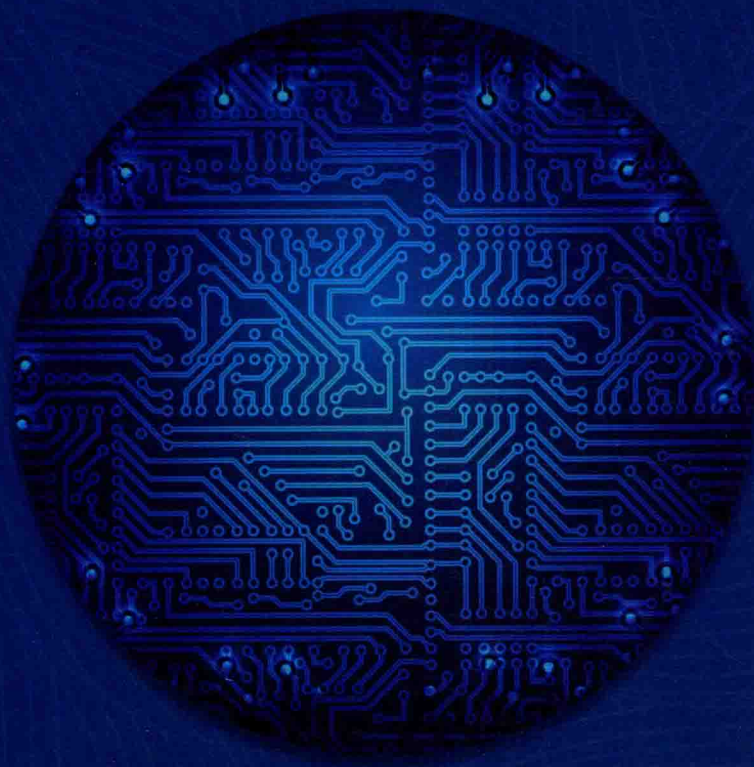


数控系统要义

SHUKONG XITONG YAOYI

郭金基 ○ 著



西南交通大学出版社

非外借

数控系统要义

SHUKONG XITONG YAOYI

郭金基 ○ 著

常州大学图书馆
藏书章

西南交通大学出版社
· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据
数控系统要义 / 郭金基著. —成都: 西南交通大学出版社, 2017.10
ISBN 978-7-5643-5827-3

I. ①数… II. ①郭… III. ①数控机床—数字控制系统 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 248571 号

数控系统要义

郭金基 著

责任编辑	穆 丰
助理编辑	李华宇
封面设计	何东琳设计工作室

出版发行	西南交通大学出版社 (四川省成都市二环路北一段 111 号 西南交通大学创新大厦 21 楼)
邮政编码	610031
发行部电话	028-87600564 028-87600533
官网	http://www.xnjdcbs.com
印刷	成都中铁二局永经堂印务有限责任公司

成品尺寸	185 mm × 260 mm
印张	33.5
字数	876 千
版次	2017 年 10 月第 1 版
印次	2017 年 10 月第 1 次
定价	150.00 元
书号	ISBN 978-7-5643-5827-3

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

自序

世宇四维，唯变所适。体物成智，唯识所转。物之大者，无若天地，天地虽大，数变而已。数之变者，法于阴阳，合于术数。数之控者，体乎数理，用乎测控。此书名为数控要义，实则发数理之幽光，列数控之妙用。数控内容庞杂，要点甚多，人人心头似有，个个笔下却无，今吾当仁不让，归其精要，贯之以义。

余本布衣，身无长处，但效法庖丁，游刃于车企，感数控之变而运于实际。余专心致力于西门子数控系统，想来已七年矣。往事如风，苦尽甘来，终于渐从有为之法（专攻技术）而转入无为之境（锤炼思想）。以前我常在外出差，无暇参悟，今则不同，略感轻松，闲云野鹤，不求闻达。某日余细思之，日积月累的资料和点滴札记确需整理，以备不时之需，温故知新，亦可提高工作效率。数控之道，包罗万象，不求甚解，未可通达。故偃武修文，隐于浦东，一心著述，无暇顾他，反复推敲，集腋成裘，终成此稿。

观制造业特别是机床制造和发动机动力总成领域，西门子数控系统之应用越来越广。西门子中高端数控代表之作为 840D 系统，目前已经全面更新为 SolutionLine 系列，并逐步取代之前的 PowerLine 系列。本书旨在抛砖引玉，介绍 840D sl 系统的各种软件设计方法，可作为从事数控行业软件设计的相关工作人员理解和应用 840D sl 时的学习参考，此书虽专论西门子数控系统，然立意不仅如此，其中蕴含的数理思想放之四海皆准，可举一反三。数控系统涵盖的内容很广，从事数控的人士需要参阅大量的资料，也需要学习很多实用的操作技巧。但无论是理论还是技巧皆属有为之法，而一切圣贤皆以无为法而有差别。若只求有为之法，终其一生尤有未尽，浩瀚宇宙，科技发达，江山代有贤才出，有为之法必层出不穷；而无为之法，无为无不为，实为究竟心法，功高不二，略不世出。颇能显发人之主观能动性，跳出窠臼，以究天人之际，通古今之变，可成一家之言。

学习数控不惟有超世之才，亦必有坚韧不拔之志方可。单从西门子数控手册来看就有几十种之多，卷帙浩繁，初学者很难入手。必须要结合实际生产过程，然后分析其根本原理，从全局上把握要点。本书可以帮助有志于数控的读者从中理清脉络，得到新的灵感和发现。

在工作中我也逐步形成了一套独特的认识数控系统的方法，近取诸身，远取诸物，法古判今，将 840D sl 数控系统的学问划分为三元（meta）八类，以求统一，依序言理，据器广传。缀

末学心得于三元，综各门精要于八类。三元为体，四相缘生，五行归综，八类为用，终作数控要义一以贯之。三元八类，道在其中也。数控表于内分为控制元、接口元、运动元。表于外则成四相：形成以 NCK 和 PLC 二相为代表的控制元，以 DRV 驱动为代表的运动元，和以 HMI 为代表的接口元。四相既出，五行便生。五行就指分别研究 NCK 编程和设置、PLC 编程调试、DRV 配置调试、HMI 编程调试，以及最终将四相全部集成在一起的西门子集成方法（Sinumerikintegration）。八类则是将三元再细分以便于具体应用，控制元可细分为核心架构类、监视诊断类，接口元分为信号接口和通信类，运动元分为轴容器类、刀库管理类、测量补偿类、辅助系统类，最后一类归为特殊功能类。依照这种划分方式归类研究，可对数控的理论和应用了然于心。本书的各个章节也都遵循这种划分方式展开针对性的论述。

本书开篇先概述了西门子 840D sl 数控系统的总体情况，侧重于数控系统的软件设计和编程，提出了一种软件架构框图，可以帮助理解软件开发和应用。工欲善其事，必先利其器。数控人员必须首先学会安装相关的应用软件，才能进行后续的设计工作，才可在数控领域游刃有余，进而概要介绍了三元八类的划分方法。然后对于数控的各种基本概念如方式组、通道、轴的概念进行一些基本的阐述和介绍，在第 1 章的结尾部分，针对数控系统本身的文件数据结构做了一个基本的描述，有助于工程师了解数控文件系统的构成。

第 2 章开始就正式进入系统的软件编程设计环节，首先进入 PLC 软件编程和设计环节，介绍数控系统的 PLC 和普通的 PLC 有何异同点，并在此基础上讲解数控常用的逻辑功能块的使用法，以及数控 PLC 的整体框架和细节设计。

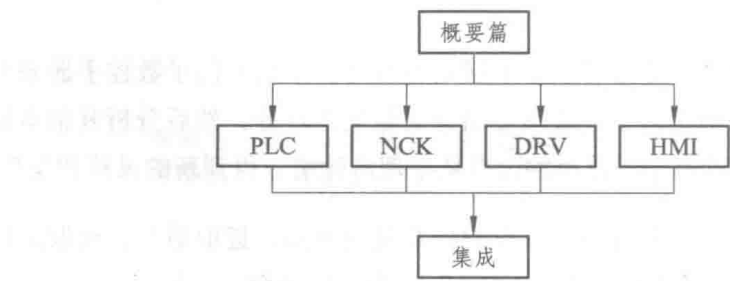
第 3 章进入 NCK 数控程序的设计环节，先论 NCK 数控加工程序的定义、结构、常用编程方式，最终构建两类程序模型。

第 4 章研究驱动 DRV 系统，关注驱动的数据结构、topo 图设计、配置和选型、驱动优化等。

第 5 章关注 HMI 用户界面，介绍常用的三种设计界面的编程方法。

第 6 章将主要介绍集成方法，将前述各章设计程序使用特殊软件集成，主要是应用 CMC 集成软件，以及我所设计的两类小的集成软件。原计划最后单开一章详解八类思想和方法，将前述各章有待综合论述的细节问题再行具体分析，但因篇幅所限，此次不作详谈。

本书的架构可用下图表示：



书者人之志，非书志莫传。人和心尽见，天与意相连。最后，由衷希望亲爱的读者提出批评和建议，也希望读者能够认真地读完这本书，这本书可能不如您想象中那么完美，但若您能从本书中得到一点灵感和共鸣，那我就心满意足了！

郭金基
2017年7月

目 录

1	概要篇——840D 数控系统总体介绍	001
1.1	三元八类思想概述	001
1.2	840D SL 硬件总体介绍	005
1.3	840D SL 软件总体介绍	008
1.4	840D 数控系统基本概念	029
1.5	840D 数控系统的文件系统数据结构	036
2	四相之 PLC 程序设计	043
2.1	PLC 硬件配置概要	043
2.2	S7-300 PLC 程序基本架构和程序块描述	066
2.3	监视诊断和分析 PLC 系统	136
2.4	大项目 PLC 软件结构的控制规范	148
2.5	自动化金属切削生产线中的加工中心 PLC 控制概述	152
2.6	自动化金属切削生产线中的机械手 PLC 控制概述	162
3	四相之 NCK 程序设计	185
3.1	NCK 程序概述	185
3.2	NCK 程序的文件系统	186
3.3	NCK 变量和宏定义	187
3.4	运算和控制指令	192
3.5	文件和字符串功能	201
3.6	主程序和子程序的调用	209
3.7	多通道程序间的协调运行	219
3.8	浅谈同步和异步程序	224
3.9	浅谈工艺功能组——G 功能代码和辅助功能代码	224
3.10	浅谈坐标系指令——框架编程与坐标变换	236
3.11	某些特殊指令说明	260
3.12	利用 Notepad++ 来设计 NCK 程序	262

3.13	利用 RCS-commander (Access Mymachine) 访问在线 NCK 文件数据	265
3.14	一些现场调试技巧	265
3.15	构建加工单元 NCK 程序模型	266
3.16	构建机械手 NCK 程序模型	274
3.17	引申思考——将传统程序流程图转化为 NS 流程图甚至矩阵图	287
4	四相之 DRV 驱动系统设计	292
4.1	驱动的基础	292
4.2	驱动的拓扑	303
4.3	驱动的配置	308
4.4	驱动的诊断	314
4.5	驱动的调试和优化	322
4.6	引申思考——探讨 ALM 模块与电机节能	341
5	四相之 HMI 程序设计	348
5.1	840D sl 系统的 HMI 界面和操作简要介绍	349
5.2	界面编程旨归——大话面向对象的编程理念	366
5.3	常见的人机界面二次开发手段	372
5.4	扩展接口做画面的方法	373
5.5	Operate programming package 制作画面	397
5.6	HMI Pro 软件 (Transline 2000 标准) 制作画面的方法	409
5.7	生产线界面的标准说明	474
5.8	引申思考——为何通过简单的 xml 或 ini 配置文件就可以实现软件功能和对象的改变?	484
6	集成篇——SINUMERIK Integrate 融四相于一体	487
6.1	组态集成	487
6.2	生产集成	489
6.3	CMC——机床的整体模块化离线设计	491
6.4	RTS 软件	512
6.5	NCU-Link	516
6.6	文档集成——DocOnCD 和 DocPro	519
6.7	未来的集成理念	524
	参考文献	526
	跋	527

1 概要篇——840D 数控系统总体介绍

天地万物，皆定位于时空，数控即是用数字、数理来理解和控制时间、空间的艺术。时间常用周期、频率来描述，空间常用位置、角度来描述。由一元格物为时空二元，以时空组成坐标系框架，进而在此基础上描写出点、线、面、体而演绎成各种对象，研究对象本身的属性，进而研究对象间的关系，将以上这种种组环成局就形成一整套数控理论和方法。

数控系统是数字控制系统（Numerical Control System）的简称，是一种根据控制器存储的控制程序，执行部分或全部数值控制功能，并配有接口电路和伺服驱动装置的专用计算机系统，通过利用数字、文字和符号组成的数字指令来实现一台或多台机械设备的动作控制。它所控制的通常是位置、角度、速度等机械量和开关量。

目前世界上的数控系统种类繁多，形式各异，组成结构上都有各自的特点。这些结构特点来源于系统初始设计的基本要求及硬件和软件的工程设计思路。对于不同的生产厂家来说，基于历史发展因素以及各自因地而异的复杂因素的影响，在设计思想上也可能各有千秋。现在市场上占有率较高的是日本 Fanuc 和德国 Siemens 系统。然而，无论哪种系统，它们的基本原理和构成是十分相似的。

20 世纪 90 年代开始，由于 PC 结构计算机的广泛应用，PC 构架下计算机 CPU 及外围存储、显示、通信技术的高速进步，制造成本的大幅降低，PC 构架数控系统日趋成为主流的数控系统结构体系。PC 数控系统的发展，形成了“NCK+PC”过渡型结构，即保留传统 NC 硬件结构，仅将 PC 作为 HMI（人机界面接口）来使用，代表性产品包括发那科的 160i、180i、310i、840D 等。还有一种是将数控功能集中以运动控制卡的形式实现，通过扩增 NC 控制板卡（如基于 DSP 的运动控制卡等）来发展 PC 数控系统，典型代表有美国泰通（DELTA TAU）公司用 PMAC 多轴运动控制卡构造的 PMAC-NC 系统。另一种更具革命性的结构是全部采用 PC 平台的软硬件资源，仅增加与伺服驱动及 I/O 设备通信所必需的现场总线接口，从而实现非常简洁的硬件体系结构。

1.1 三元八类思想概述

本书针对的是西门子 840D sl 系统，840D sl 系统架构既严谨又灵活，适用性很广，功能很多。正因为如此，初接触时使人感到神秘，刚入门时使人感到非常方便，但有时却无从下手，有所领悟时又感到博大精深，最终顿悟后又感到万变不离其宗。而相关的参考文档又卷帙浩繁，汗牛充栋。初学者若没有整理出一根主线大纲，很难分析透彻并掌握其精要。

任何大系统都可分为表象和本质两部分，数控系统亦是如此。因此，从事和研究数控的人也大致分为两大类：制造商和用户。对于内核的开发是原始设备制造商的主要任务，对于基本程序架构和特殊应用功能的开发是普通制造商的主要任务，而对于外部的简单操作应用则会交给普通用户去做。本书的定位是站在制造商的角度来探讨基本程序架构和某些特殊应用功能的实现过程和方法，而非只是站在普通用户的角度来学习如何操作和掌握数控系统。

一般情况会将 840D 系统分为三大部件：NCK、PLC、HMI，如图 1-1 所示。

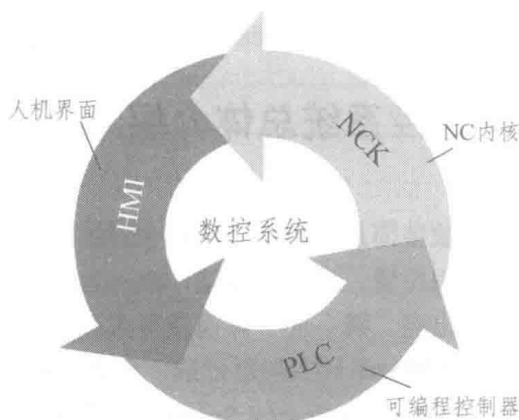


图 1-1 数控架构图

图 1-1 所示数控架构并不十分完善，它没有包含重要部件之一的驱动系统 DRV，为表现更多细节和接口，参照数控本体的工程设计，总结出更加完善的数控系统架构如图 1-2 所示。

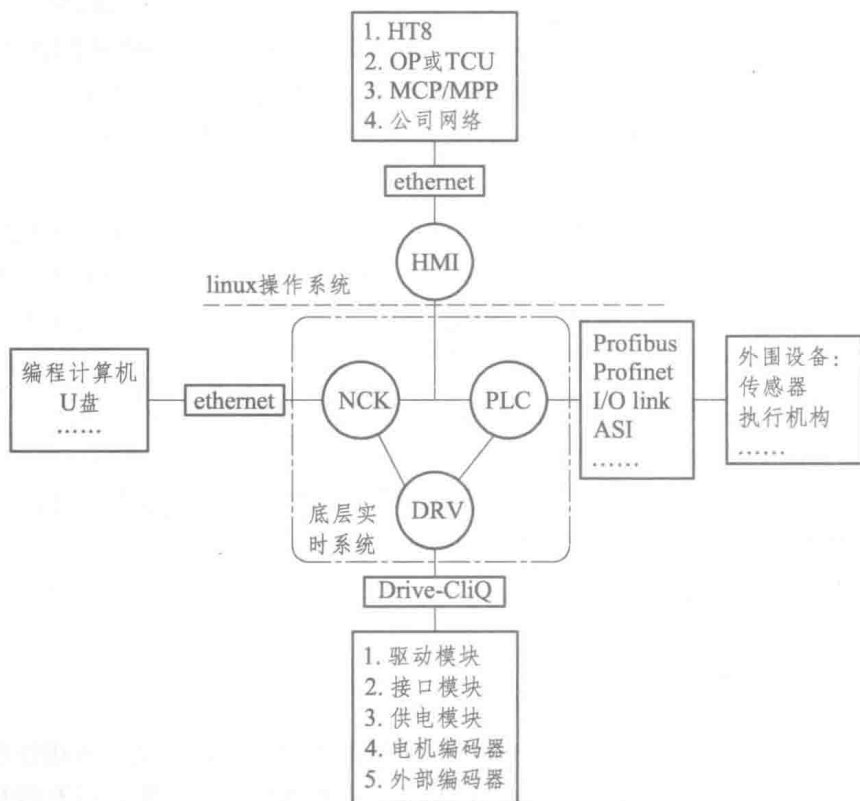


图 1-2 数控系统架构总图

由图 1-2 可知，840D sl 系统可分成三大构件：NCK+PLC（控制内核）、DRV（驱动模块）、HMI（人机界面接口）。其中，NCK+PLC 为数控系统特有的控制组合。如果在纯粹使用 PLC 的工业自动化控制领域，此控制内核可用 PLC 来完全替代。如果采用单片机或工控机实现，此控制内核可用单片机或工控机来替代。其本质都是做算法逻辑控制。数控中常称 NCK+PLC 的结构为 NCU（NC 单元）。PLC 连接外围设备以及内部模块采用的接口是多种多样的，常见的有 Profibus，Profinet，I/O link，AS-I 等数据总线。NCK 的主要任务和目的就是实现控制和逻辑运算。

DRV 在 840D sl 系列中就特指 S120 驱动组件，它采用 Drive-CliQ 总线连接，其本质是以太网+Profibus 的组合。驱动部件的主要任务和目的就是实现伺服电机的运动。

NCK+PCL+DRV 共同组成了底层的实时系统。

位于其上的 HMI 可以类比于其他领域俗称的上位机系统，数控的 HMI 可以连接多种多样的操作和显示单元。840D sl 系统主要使用以太网进行通信，其 X130 口可作为系统和外界工厂网络的通信端口。HMI 的主要任务和目的就是完成人机对话。

图 1-2 所示只是表象系统，表象系统给人的直观印象就是这三大构件，但并不能反映更加深层的共性内涵。我们注意到 NCK 和 PLC 都含有共性就是 C（control，控制），由此可得到一个分类——控制组件。而由 DRV 驱动伺服电机以及 NCK 控制的外围部件的相关运动，可以归纳得到另一个分类——运动组件 M（Motion）。再由 HMI（人机界面接口）联想到 HMI 同 NCK 接口，NCK 同 DRV 接口，NCK 和 PLC 的接口，得出第三个共性分类——接口组件 I（Interface）。因此我们得到了一个具有普遍意义的共性模型，即三元八类划分中的第一个模型——三元模型（C-I-M），如图 1-3 所示。

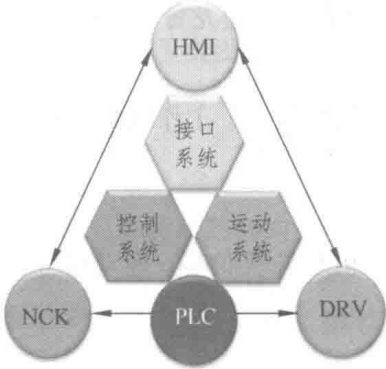


图 1-3 三元模型（C-I-M）

三大系统：控制系统、接口系统、运动系统，这就是数控的“本体——体”，而在具体应用实践中，往往用户或制造商只需关注实现手段，即数控的软件和硬件应用层，相应表现出的应用可分为三大构件即 NCK+PLC 部分、DRV 部分、HMI 部分，这就是数控的“应用部分——用”。体用同源，这两种划分方式都是源于数控本身，源头一样，但是表现却不一样。我们日常接触的都是表面的应用层，实际却是在和核心的体打交道。这个三元的划分可以说是数控系统的本体论。

三元的相通之处有很多，例如，Step 7 编程软件的 PLC 程序中有 FB，WinCC flexible hmi 程序中有 faceplate 模板，PLC 中有全局符号表，NCK 中有 DEF 全局定义文件，HMI 中有全局变量，驱动中也有全局参数。三元互相之间存在对应关系。

基于三大系统的本体论，针对具体的应用层面，再将数控本体三大系统细分为 8 个子类，如图 1-4 所示，按照功能的不同将数控的各种概念、各种应用和解决方案归入这 8 个子类中的一个或几个，而这八个类又隶属于三大系统，这样就有了一个宏观架构，本书的各个子章节也都围绕这三大系统和八个子类来阐述。

和编写程序一样，首先要定义全局变量和控制架构，然后再谈具体实现。综观全书，三大组成系统在内表现为控制、接口、运动，在外应用表现为 NCK+PLC、DRV、HMI。

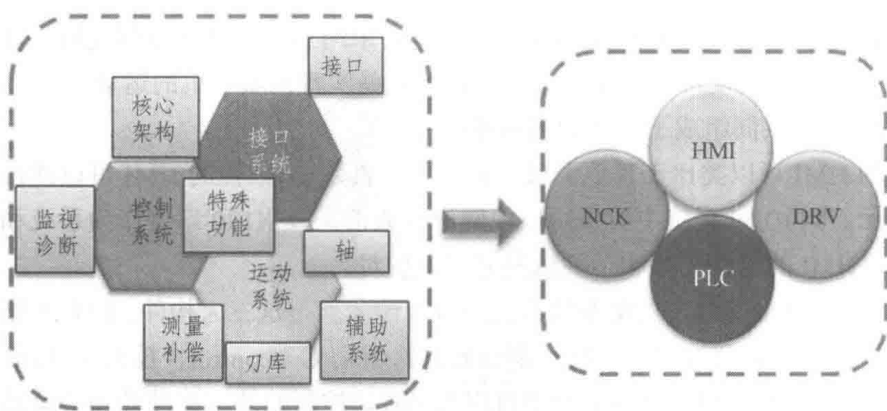


图 1-4 八类模型

1. 第 1 类为核心架构类

核心架构类包括主程序，子程序结构和相互调用，通道程序调用和协调，异步程序，同步指令，变量类（如程序运行的变量、通道变量、用户自定义变量等）、控制类和逻辑类指令，安全集成功能等。核心架构类是整个系统的核心龙骨。

2. 第 2 类为监视诊断类

监视诊断类包括报警、警告、信息显示、工作区域限制、轴速度限制和监控、软硬限位功能、诊断图等。

3. 第 3 类为信号通信接口类

信号通信接口类包括 NCK 与 PLC 交互信号、驱动信号、编码器信号、参考点信号、与外围设备交互等。

4. 第 4 类为轴容器类

轴容器类包括进给轴类、主轴类、通道几何轴等多重属性分析，轴变换，轴变量类等。其要点在于关注轴的配置、轴的变换、关注速度控制、位置控制、基本插补（如圆弧直线等）。

5. 第 5 类为辅助系统类

辅助系统是为了完成运动任务所必备的协助系统，如运动部件的润滑系统、气动系统、液压系统等。

6. 第 6 类为刀库管理类

刀库管理是一个很重要的内容，刀库并非每台机床都具有，大部分轴类加工因为刀具简单（一般就是砂轮、车刀），所以不需要刀库管理，但是特殊的轴类加工可能会碰到特殊的刀库设计如车床或多刀管理等，而大部分箱体类零件加工因为刀具种类很多，一般为铣床加工中心，所以必须要进行刀库管理。最后可将刀库管理的模式引申为机械手的夹爪库管理，甚至夹具库管理。

7. 第 7 类为测量与补偿类

测量与补偿类包括测量功能、补偿功能等。

8. 第 8 类为特殊功能类

特殊功能类包括特殊轴转换、轴耦合、特殊轨迹等，主要是针对某个具体应用领域解决某种特殊任务，完成特殊功能等。如多项式插补、样条曲线、表格插补、电子齿轮等，也包含诸

如切线控制等特殊轨迹的实现。其要点在于关注运动的轨迹和变换。

顺说八类划分：

这 8 个子类有着相对固定的演变顺序，首先应由核心架构类定出基本框架，进而系统需要实时监控、维修诊断功能，以便及时反馈和掌握当前的各种状态，而后又扩展出和外围相关的各种通信接口，如与 PLC 的接口、与 HMI 的接口，建立起外围的信号系统和驱动系统，然后才定义运动执行器，首先建立相关的几何模型和轴容器模型，进而计算出相关的运动轨迹，到此涉及具体实现过程，机床当然是采用主轴加刀具为其执行器，故而关注刀具管理，而其他领域，如装配领域将拧紧枪、夹爪作为执行器，此时可将各种特殊工具看做刀具来进行管理。在此运动加工过程中需要辅助系统辅助配合。对于工艺过程和运动状态，需要实时测量和补偿，因此测量与补偿应运而生，至此，一台机床初步成型，但是涉及特殊领域加工中工艺过程，如磨床磨削补偿、摆动控制、铣床五轴联动、曲线加工等，必须开发相应特殊工艺功能来配合应用。因此，诞生了特殊工艺类。到此为止，制造商的任务已经基本完成，接下来用户登场，进行产品的操作和使用。

所有 840D 的设计和应用均离不开这 8 个类，任何一个任务都是这几个方面中的一个或者多个方面综合使用。举一例子，例如，优化轴主要要点在于使得速度更快，位置更精确，那么它一定属于轴类，但是，光靠轴类功能不够，还需要监视诊断轴的运行状态，分析伯德图，这样就用了监视诊断功能，而在优化的具体过程中，前馈补偿和加速度补偿往往要分别进行，做速度环和位置环优化时一定要去掉这两种功能，因此又涉及补偿类。轴的优化过程可作为西门子数控系统的典型应用和分析案例，其他有关运动控制的问题也可举一反三。

再举一例，例如，数控辅助功能指令，它涉及面其实很广。M00、M02、M30 这几个指令都是作程序结束控制的，因此归为程序类；而 M03、M04、M05 这几个又属于主轴控制，可归为轴类；而有些功能如 M06 换刀，可归为刀具管理类；H 指令用于记忆功能，可完成程序段记忆，这时候属于程序类，而 H 指令用于速度值分配，又属于轴类。但总的来讲，辅助功能指令都属于辅助系统类，目的是为了辅助运动过程的完成。基于这些特性，辅助系统起着沟通神经系统（核心程序架构）和运动系统（轴和轨迹运动）的作用。

由此可见，若不进行深入的分类解析，就寻不到要点，没有纲要，就会乱用、误用，开放性的西门子数控虽然灵活，可带来方便，但也会带来危险，若不小心谨慎，就会陷入各种杂乱信息的泥潭。

1.2 840D sl 硬件总体介绍和概览

本书介绍的 840D sl 系统是典型的 NCK+PLC 的架构方式。一般来说，840D sl 数控系统大量用于机床行业，是各类数控机床完成金属切削加工、装配制造的核心控制部件。

840D 数控系统共分为两个系列：powerline 与 solutionline。目前 powerline 近乎停产，以后将彻底以 solutionline 为主，所以本书内容将重点针对 solutionline 的设计应用。从 840D 的硬件构成来看，以 NCU 主控制器为核心部件，简化忽略掉一些次要的外围设备，可以将一台机床的数控系统抽象为如图 1-5 所示的模型。

其中，840D sl 的 NCK（NC Real-time kernel）+PLC 控制器集成在一起，称为 NCU。它是西门子数控实时操作系统的核心，就好比我们的计算机用的是 Windows 7 操作系统一样。NCU 早期时有两个版本：① NC（Numerical Control）：代表旧版的、最初的数控技术；② CNC

(Computerized Numerical Control): 计算机数控技术新版, 数控的首选形式。

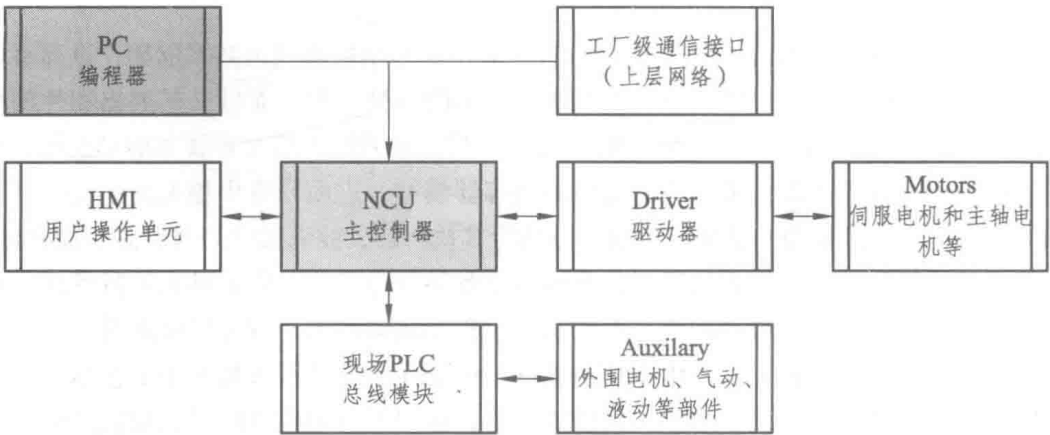


图 1-5 数控机床的抽象模型

PLC 主要用来控制外围设备，HMI 操作单元给用户良好友善的操作界面，驱动器用来控制各种伺服电机和数控主轴。编程器主要是指个人的计算机，用来和控制器通信完成设计和调试过程。

840D 采用 Siemens S7-300 的工作站，故而 PLC 程序基于 S7-300 架构，NC 加工程序是符合国际标准的 G 代码，为了便于高级应用和参数化编程，其高级编程的语法格式近于中高级编程语言如 C 和 Basic。840D 的用户界面可以采用多种方式实现，最常用的有扩展接口 Easyscreen，Transline 即 HMI-pro（汽车行业采用），OA 二次开发所使用的 VC++、Qt-designer 等。

1.2.1 硬件大致介绍

一台 840D sl 系统最多支持控制 31 根轴、10 个通道，如图 1-6 所示，可以看出，基本分成两个系列 PCU 和 TCU。PCU 中安装的是 HMI-advanced 界面系统，TCU 安装的是 Operator 界面系统，相应地，PCU 可以支持 WinCC flexible、Easyscreen、OA 等几种开发方式，而 TCU 系列就不包含 WinCC flexible 开发方式。PCU 中可以安装普通的.exe 软件，因为运行的系统是基于 Win XP 的，TCU 就不能运行.exe 文件，因为系统是基于 Linux 的，只能运行.so 文件等 Linux 系统支持的文件。其他的组件如手柄操作单元、电机编码器等就不一一介绍，详见西门子样本手册。

在此提示，有关西门子选型工具的主要是两个：一个是 TIA selector，另一个是 SINAMICS Sizer。

针对数控系统中部件选型主要使用 Sizer 来进行，Sizer 可对 SINAMICS、MICROMASTER 4、DYNAVERT T、SIMATIC ET 200S/pro FC 等驱动系统、电机起动器以及 SINUMERIK solution line、SIMOTION 和 SIMATIC Technology 等控制系统进行设计，并对驱动应用所需的组件进行规格设计、组态和选型。Sizer 可指导用户完成所有设计步骤：从材料供应开始，然后是电机的设计，最后是驱动器组件的设计。Sizer 软件才是数控驱动设计的核心，但因篇幅所限，此书并不对其详解，只有通过手工计算或是通过此类选型设计软件进行大量分析计算后的提出设计方案才是可行的，否则不能称为设计，只能是仿造。

使用 Sizer 进行硬件选型和设计具有以下优点：

- (1) 可以非常快速、方便地进行驱动系统的设计；

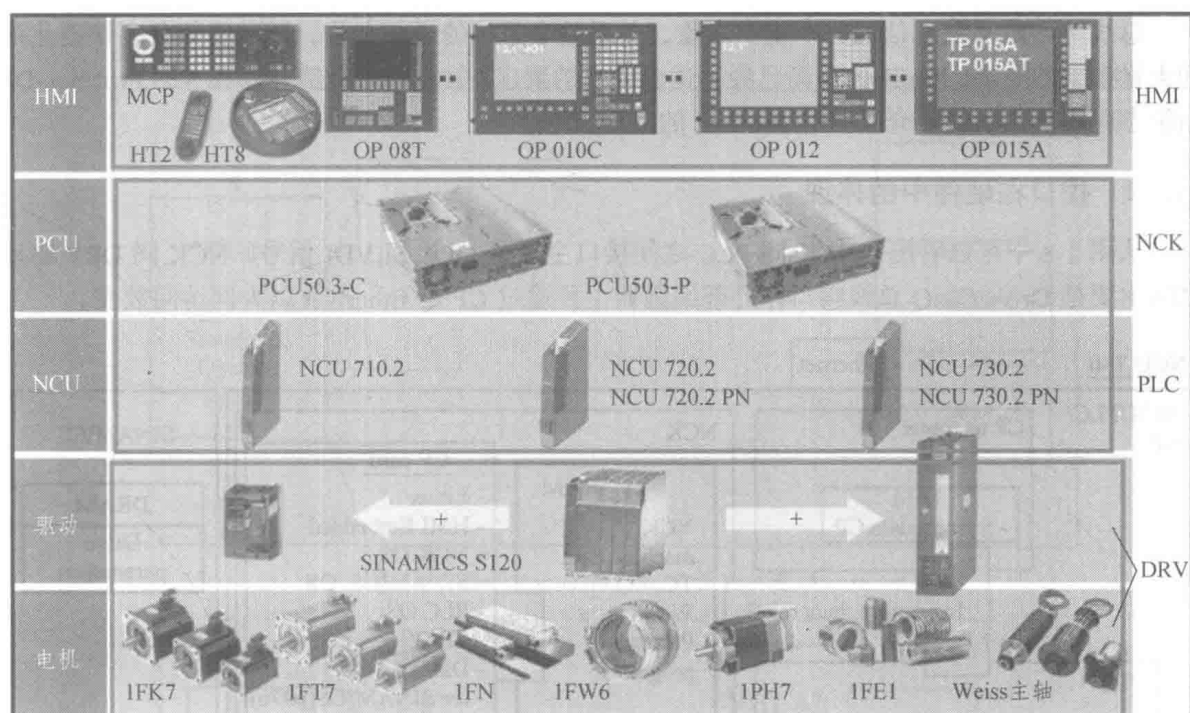


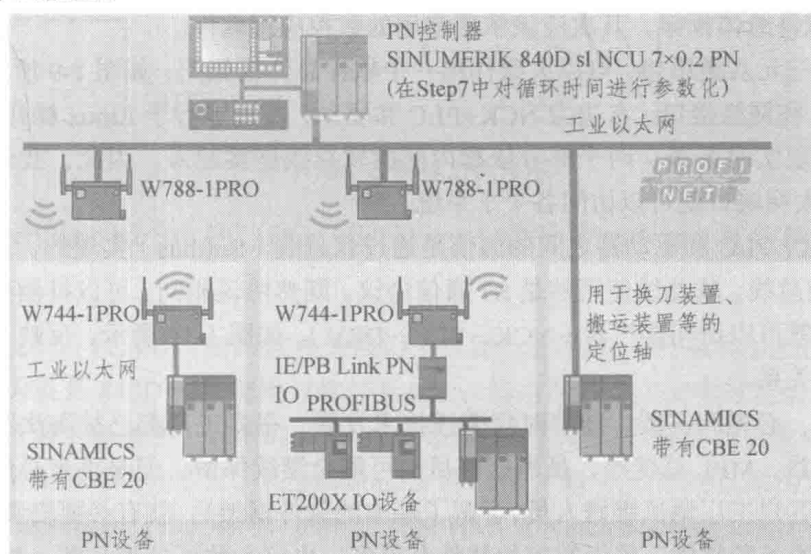
图 1-6 数控硬件分类图

(2) 使用全局驱动设计可进行各种电机规格设计；

(3) 从简单选型和机械系统设计，直至选择面向应用的驱动和控制解决方案；

(4) 高一致性和可用性直观地引导完成整个工作流：对基本驱动器直至伺服驱动器进行相同地处理，有选择地进行快速优化。SINAMICS Sizer 现在的版本为 V3.4。

此处略提有关未来总线的应用，传统的西门子数控一般大量采用 Profibus 总线和 Asi 总线等，但是未来基本会全部采用无线以太网或者 Profinet 总线加扩展 IO link，如图 1-7 所示，几乎所有的设备在未来均可通过无线总线连接，甚至连能量也可以通过无线来传递，未来可以使用无线技术输送大功率的能量。



灵活使用远程IO或定位轴，也可使用I-WLAN

图 1-7 无线以太网和 Profinet

总线应用是系统通信的一个重中之重，关系整个系统的通信架构，随着智能化、快速化处理大量数据的要求，Profibus 逐渐已经不适合未来的要求，但是本书仍然要以基本的 Profibus-DP 站组态应用为主，简要介绍一些 Profinet 的应用。

1.2.2 接口在硬件中的体现

从图 1-8 中可以看出，NCK 同 PLC 之间接口主要是 DPR 和 VDI 信号，NCK 同 DRV 驱动之间主要是 Drive CLiQ 总线接口，外部编程器主要通过 CP 走 EtherNet 以太网访问数控。

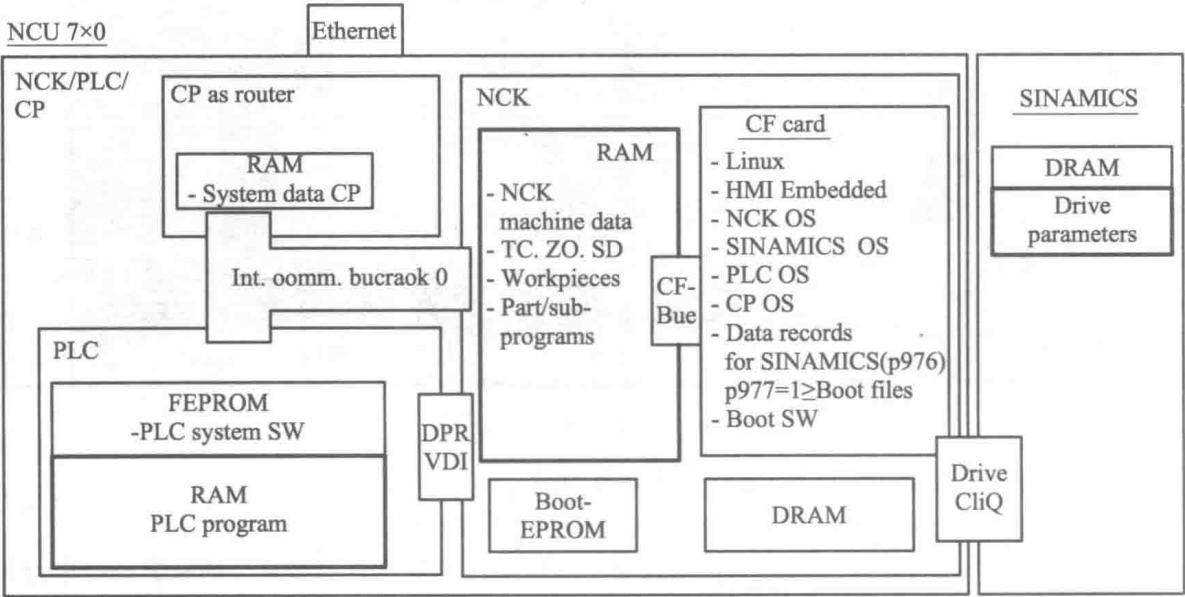


图 1-8 数控系统接口总体架构图

1.3 840D sl 软件总体介绍和概览

本书侧重于西门子 840D 数控软件设计和编程应用，作为制造商和设计人员，首先应了解 840D sl 数控的软件总体框架，其次应该掌握常用的数控应用软件。

按照前述的三元八类思想，可以大致作出一个软件总体框架图，如图 1-9 所示，分为两大部分，左边是 HMI 和网络接口，右边为 NCK+PLC 和驱动，左边运行于 Linux 操作系统平台之上，右边是内部的底层实时系统。两个部分依靠内部的软总线连接起来。因此，我们使用编程器计算机连接 CP 以太网端口就可以访问各个子系统。

HMI 与 NCK、PLC 和驱动器之间的通信是通过软总线（Softbus）实现的，该总线的功能相当于 PLC 的通信总线。软总线使用的是 S7 通信协议。既然协议相同，可以推测到想到使用共性的数据结构变量就可以访问这三者（NCK，PLC，DRV）。如图 1-10 所示，反映了四相之间的接口和相关的编程关系。

工欲善其事，必先利其器。随着时代变迁技术发展，很多工具都已被淘汰不再适用，如串口线、专用编程器、MPI 总线等，虽然这些目前可能会继续保留，但是将来必然会被取代。作为机床制造商或客户工厂调试维修人员，了解了基本的软件框架后，就有必要安装与西门子 840D sl 数控系统相关的各种软件。关于数控的软件有很多，也可大致可分为几类：关于 PLC 的、关于 HMI 的、关于驱动通信调试的等。常用的重要软件总结如下：

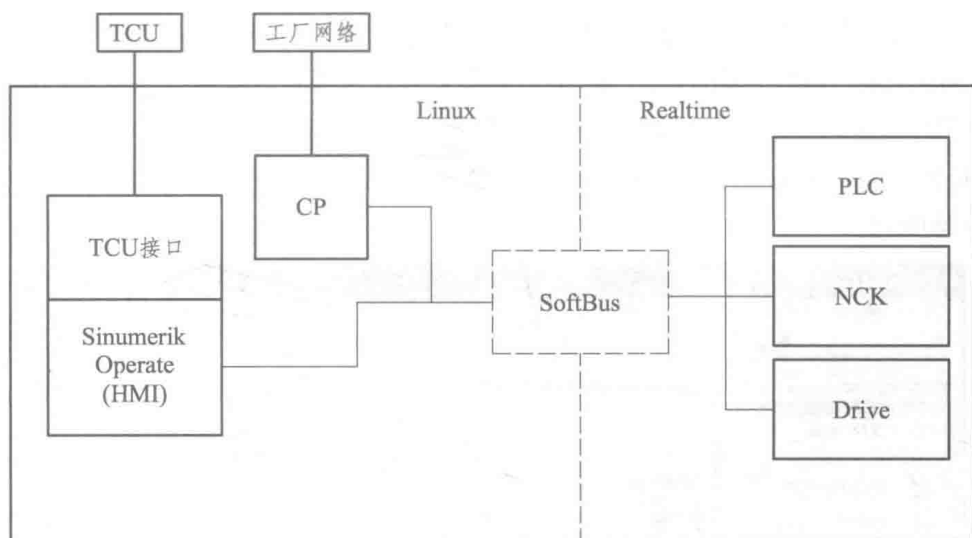


图 1-9 基于 Linux 系统的总体软件架构

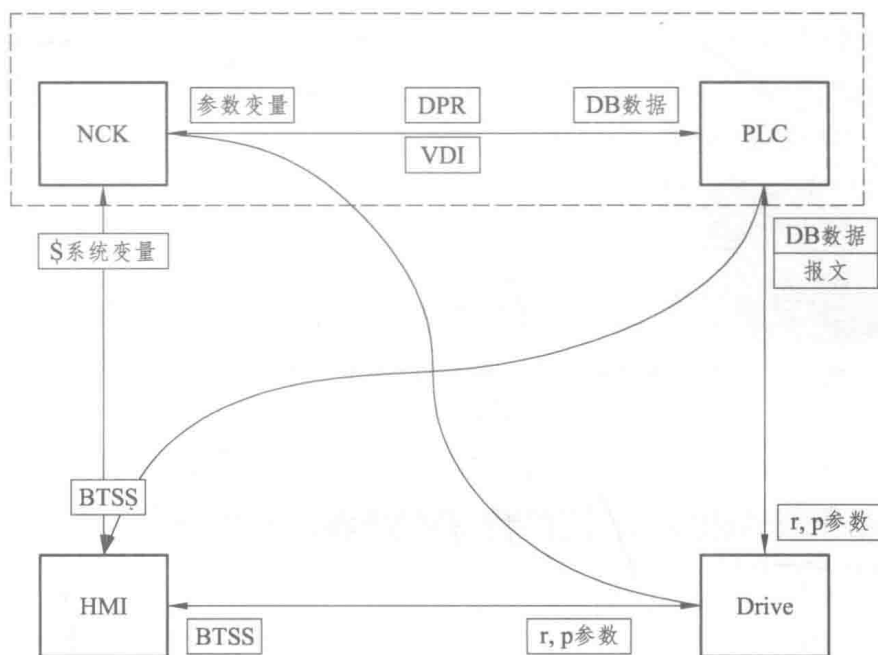


图 1-10 四相接口关系图

1.3.1 HMI-Advanced for PC/PG (IBN) —— 基于 Windows 系统的操作界面

1. 概述

HMI-Advanced for PC/PG (IBN) 软件为西门子开发，分为 PC 运行版和 MMC 运行版。MMC 运行版可以理解为就是 840D 的系统操作软件光盘，一般由西门子在交货时安装，或者由机床制造商在调试初期安装到系统中，以前的 powerline 系统中，当硬盘分好区后，就可以通过 U 盘或光盘安装 HMI-Advanced 软件平台。在 solutionline 系统中，如果使用 PCU 架构，可以直接安装 HMI-Advanced；如果使用 TCU 架构，则不能安装 HMI-Advanced，只能安装 Operate 版本，因此相关的调试工作例如配置电机，优化电机不能直接在低版本的 Operate 平台上进行优化（V4.7 支持直接优化，V4.7 以上版本才支持优化功能）。因此，在 solutionline 相关调试过程中，需在