



“做学教一体化”课程改革系列规划教材

亚龙智能装备集团股份有限公司校企合作项目成果系列教材

典型数控机床 电气连接与功能调试

DIANXINGSHUKONG JICHUANG DIANQI LIANJIE YU GONGNENG TIAOSHI

◎ 孟凯 翟志永 主编

双色印刷



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

“做学教一体化”课程改革系列规划教材

亚龙智能装备集团股份有限公司校企合作项目成果系列教材

典型数控机床电气 连接与功能调试

主 编 孟 凯 翟志永
副主编 张海英 陈海华
参 编 吕 洋 夏冰冰 陈昌安 耿金良
付 强 叶振弘 梁徽翔 李 岩
张坤领 冯桂香 潘一雷

RFID

本书通过对一台亚龙 YL—558 型数控实训设备进行装配,让读者了解数控机床的控制原理,熟悉数控机床的电气元器件和电气原理图,掌握数控机床的电气连接和功能调试方法,让读者最终可以根据电气图进行规范的数控机床电气连接、调试等工作。

本书的主要内容包括:认识亚龙数控维修设备及其构成,数控系统硬件及其综合连接,数控系统外围电气连接,数控系统参数设定,伺服参数调试,主轴参数调试,PMC 设定与编程,I/O LINK 连接与调试,数控系统典型功能的 PMC 编程与调试,刀架功能调试,辅助功能调试,数控系统数据备份,YL—558 型 Oi-TF 数控车床电气原理图。

本书可作为职业院校数控和机电类专业的教学用书,也可作为企业培训用书,还可作为从事数控机床调试工程技术人员的参考培训用书及自学书。

图书在版编目 (CIP) 数据

典型数控机床电气连接与功能调试/孟凯,翟志永主编. —北京:机械工业出版社,2019.3

“做学教一体化”课程改革系列规划教材 亚龙智能装备集团股份有限公司校企合作项目成果系列教材

ISBN 978-7-111-62152-2

I. ①典… II. ①孟… ②翟… III. ①数控机床—电气控制系统—连接技术—教材 ②数控机床—电气控制系统—调试方法—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 039171 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:赵红梅 责任编辑:赵红梅 陈文龙

责任校对:李一杉 封面设计:张静

责任印制:张博

北京铭成印刷有限公司印刷

2019 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·9.25 印张·201 千字

0001—2500 册

标准书号:ISBN 978-7-111-62152-2

定价:29.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88379833

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

序

《中国制造 2025》宣告中国制造业的转型升级已经处在现在进行时状态。它触动着各行各业的神经，也包括职业教育。

实现制造强国的战略目标，提高人才培养的质量，提升职业教育服务新产业、新业态、新商业模式、新生产生活方式的能力，是职业教育的职责，也是职业教育存在的价值。

在全球范围内，制造强国的实现路径和支撑条件各不相同，尽管传统的小作坊已被现代化的工业生产所取代，但沉淀下来的工匠精神和文化传统依旧贯穿于现代生产制造中，并应从个体化的“工匠”行为演变为群体性的制造文化，成为推动现代制造业发展的灵魂。

我国由制造大国向制造强国迈进，由传统制造向智能制造转型，将产生哪些新的职业岗位，传统的职业岗位将发生什么变化，这些职业岗位的工作任务有哪些，完成这些工作任务需要哪些知识和操作技能……职业学校在思考、探索，教育装备企业也在思考、探索。

亚龙智能装备集团股份有限公司与职业院校教师合作编写的这套教材，是现阶段思考与探索的结果。本套教材的特色如下：

一、教学内容与新职业岗位或职业岗位新的工作内容对接

《中国制造 2025》有多个重点领域和突破方向，本套教材选取了数控装备、互联网+、机器人等方向，介绍这些新技术、新知识带来的新设备、新工艺和新方法。

新设备的安装与调试、使用与维护，新工艺和新方法的应用，是行业、企业在转型和技术改造升级中遇到的主要问题，企业急需掌握智能装备安装调试和使用维护方法、懂得新工艺和新方法应用的高级技术技能人才。

不同层次的人才在职业岗位上的工作任务是不相同的。我们把初、中级技术技能人才在职业岗位中的工作内容、知识与技能要求，编写进中职学校的教材中；把高级技术技能人才在职业岗位中的工作内容、知识与技能要求，编写进高职院校的教材中。教材的内容不仅与新的职业岗位或主要岗位新的工作内容对接，而且层次分明、对象明确。

二、理实一体的职业教育理念

不同的职业岗位，工作内容不同，但包括资讯、决策、计划、实施、检查、评价等在内的过程却是相同的。

本套教材按照工作任务的描述、相关知识介绍、完成工作任务的引导、各工艺过程的检查内容与技术规范和标准等工作学习流程组织内容，为学生完成工作任务所进行



的决策、计划、实施、检查和评价，并在此过程中为学习专业知识与技能提供了足够的信息。把学习过程与工作过程、学习计划与工作计划结合起来，实现教学过程与生产过程的对接，有利于解决怎样做、怎样学、怎样教的问题。

三、将培养工匠精神贯穿在教学过程中

严谨执着、精益求精、踏实专注、尊重契约、严守职业底线、严格执行工艺标准的工匠精神，不是一朝一夕能够养成的，而是在长期的工作和学习中，通过不断地反省、改进、提升而形成的。教学过程，就是要让学生的思维方式由“习惯是标准”转变为“标准是习惯”。

在完成教材设计的工作任务中，强调职业素养、操作的规范、技术标准，并按这些规范和标准评价学生完成的工作任务：

60分可以及格，90分可以优秀，但没有达到100%的要求，你就很难成为“工匠”。

四、遵循规律，循序渐进

知识的认知与掌握有其自身的规律。本套教材按循序渐进的原则呈现教学内容、规划教学进程，符合职业学校学生认知和技能学习的规律。

本套教材是校企合作的产物，是亚龙智能装备集团股份有限公司与职业院校教师在我国由制造大国向制造强国迈进、由传统制造向智能制造转型过程中对职业教育思考与探索的结晶。它们需要人们的呵护、关爱、支持和帮助，才有生命力。

亚龙智能装备集团股份有限公司

陈继权

浙江温州

前言

本书是中、高职数控或机电一体化专业的专业课程教材，依据数控机床的特点，并参照相关的国家职业技能标准编写而成。本书在编写过程中贯彻“以服务为宗旨、以就业为导向”的职教理念，结合企业技术工程师的一线技术经验，紧密结合工作岗位，与就业岗位对接；将创新理念贯彻到内容选取、教材体例等方面。

本书以一台亚龙 YL—558 型数控实训设备的装配任务为主线，从数控系统设计、操纵的实际需求出发，对接行业标准，将数控系统的组成与硬件结构、系统硬件连接、PMC 调试基础、系统参数设定、机床运行动作确认及调整、数据备份等多方面的内容贯穿其中，其目的是让读者了解数控机床的控制原理，熟悉数控机床的电气元器件和电气原理图，掌握数控机床的电气连接和功能调试方法，让读者最终可以根据电气图进行规范的数控机床电气连接、调试等工作。

本书突出实用性，所有的训练项目都以“做中学，学中教”为导向进行编写，内容既能体现教材易读易懂的特点，同时也具有技术手册的可查阅性。这使得本书既适用于初学者，也适用于经验丰富的专业技术人员。

本书采用项目式结构组织内容，采用栏目贯穿的方式，图文有机搭配，力求文字精炼，图文并茂，文字叙述贴近学生，适当采取叙事方式，减少论述方式，力求语言通而不俗，文字显而不浅，插图清晰直观。

本书共 12 个学习项目，建议安排 90 学时，各部分学时分配建议见下表：

学习项目	标题与内容	建议学时数
项目 1	认识亚龙数控维修设备及其构成	4
项目 2	数控系统硬件及其综合连接	10
项目 3	数控系统外围电气连接	10
项目 4	数控系统参数设定	8
项目 5	伺服参数调试	8
项目 6	主轴参数调试	4
项目 7	PMC 设定与编程	8
项目 8	I/O LINK 连接与调试	4
项目 9	数控系统典型功能的 PMC 编程与调试	12
项目 10	刀架功能调试	10
项目 11	辅助功能调试	8
项目 12	数控系统数据备份	4
总学时		90



本书由孟凯、翟志永担任主编，张海英、陈海华担任副主编，全书由孟凯统稿。编写分工如下：项目1和项目12由付强编写；项目2由叶振弘和梁徽翔编写；项目3由耿金良和潘一雷编写；项目4由吕洋编写；项目5由翟志永编写，项目6由陈海华和张坤领编写；项目7和项目9由孟凯编写；项目8由冯桂香和陈昌安编写；项目10由夏冰冰和李岩编写；项目11由张海英编写。本书由亚龙智能装备集团股份有限公司吕洋审稿。

本书在编写过程中参考了大量的文献资料，在此向文献资料的作者致以诚挚的谢意。由于编者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，恳请广大读者批评指正。

欢迎教材的使用者及同行对本书提出意见或给予指正！

编者

项目1 数控机床的组成	1
项目2 数控机床的坐标系	11
项目3 数控机床的伺服系统	21
项目4 数控机床的进给系统	31
项目5 数控机床的刀库系统	41
项目6 数控机床的换刀系统	51
项目7 数控机床的冷却系统	61
项目8 数控机床的润滑系统	71
项目9 数控机床的排屑系统	81
项目10 数控机床的防护系统	91
项目11 数控机床的电气控制系统	101
项目12 数控机床的故障诊断与排除	111

目 录

序	
前 言	
项目 1 认识亚龙数控维修设备及其构成	1
项目 2 数控系统硬件及其综合连接	6
项目 3 数控系统外围电气连接	16
项目 4 数控系统参数设定	30
项目 5 伺服参数调试	42
项目 6 主轴参数调试	54
项目 7 PMC 设定与编程	61
项目 8 I/O LINK 连接与调试	67
项目 9 数控系统典型功能的 PMC 编程与调试	71
项目 10 刀架功能调试	88
项目 11 辅助功能调试	99
项目 12 数控系统数据备份	105
附录 YL—558 型 Oi-TF 数控车床电气原理图	111
参考文献	138



项目1

认识亚龙数控维修设备及其构成

项目目标

- 1) 了解亚龙 YL—558 型数控实训设备的组成部分。
- 2) 通过对亚龙 YL—558 型数控实训设备的学习初步认识 FANUC 数控系统。

项目任务

- 1) 了解亚龙 YL—558 型数控实训设备的组成部分。
- 2) 在亚龙 YL—558 型数控实训设备上找到 FANUC 数控系统。
- 3) 认识 FANUC 数控系统的组成及基本配置。
- 4) 了解各部分的功能和特点。

实训设备

亚龙 YL—558 型数控实训设备。

1. 设备概述

亚龙 YL—558 型数控实训设备（见图 1-1）是一套多功能数控维修实训平台，学生通过该设备可直观、清晰地学习数控维修技术，可以进行数控机床的安装调试、参数设置、伺服性能优化、数据备份、PMC 编程、故障诊断与维修、数控编程操作等多种技能的实训。

2. 技术参数

- 1) 电源：三相五线 AC 380V(±5%)、50Hz。
- 2) 数控控制台尺寸：长(mm)×



图 1-1 亚龙 YL—558 型数控实训设备

宽(mm)×高(mm)=1600×1020×1350。

- 3) 整机功率: $\leq 5\text{kW}$ (主机项目, 不含选配模块功率)。
- 4) 断相自动保护、过载保护。
- 5) 环境温度: $-10\sim 40^{\circ}\text{C}$ 。
- 6) 相对湿度: $\leq 90\%$ (25°C)。

3. 设备结构

YL—558 型数控实训设备结构如图 1-2 所示。



图 1-2 YL—558 型数控实训设备结构

项目实施

(一) 数控系统的连接框图

数控系统的连接框图如图 1-3 所示。

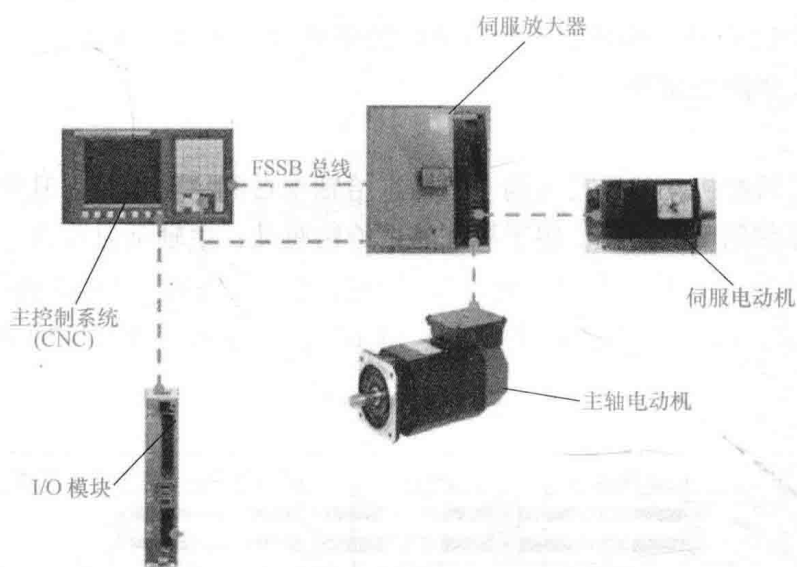


图 1-3 数控系统的连接框图

(二) FANUC 数控系统的结构及功能

FANUC 数控系统一般由 3 个重要部分组成，分别是主控制系统、伺服机构和可编程机器控制器（Programmable Machine Controller, PMC）。

1. 主控制系统

主控制系统就是数控机床的大脑和中枢，如 FANUC Oi-Model F 系列的控制器类型，FANUC Oi-F 系统的外观如图 1-4 所示。

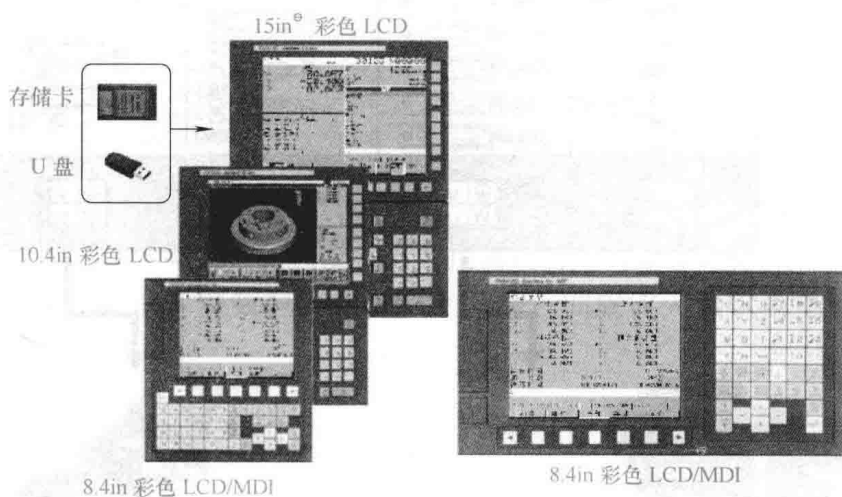


图 1-4 FANUC Oi-F 系列系统外观

① 1in=0.0254m。

主控制系统由主 CPU、存储器、数字伺服轴控制卡、主板、显示卡、内置 PMC、LCD 显示器和 MDI 键盘等构成，0i-F 系统已经把显示卡集成在主板上。主 CPU 负责整个系统的运算及中断控制等。

2. 伺服机构

伺服机构是数控机床的执行机构，包括进给轴项目和主轴项目。其中，进给轴项目包含伺服放大器和伺服电动机，用于机床的进给轴驱动；主轴项目包含主轴放大器和主轴电动机，用于机床的主轴驱动。通过最新的控制（即伺服 HRV 控制和主轴 HRV 控制）可实现高速、高精度和高效率控制。以 α i 系列为例，伺服机构的外观如图 1-5 所示。

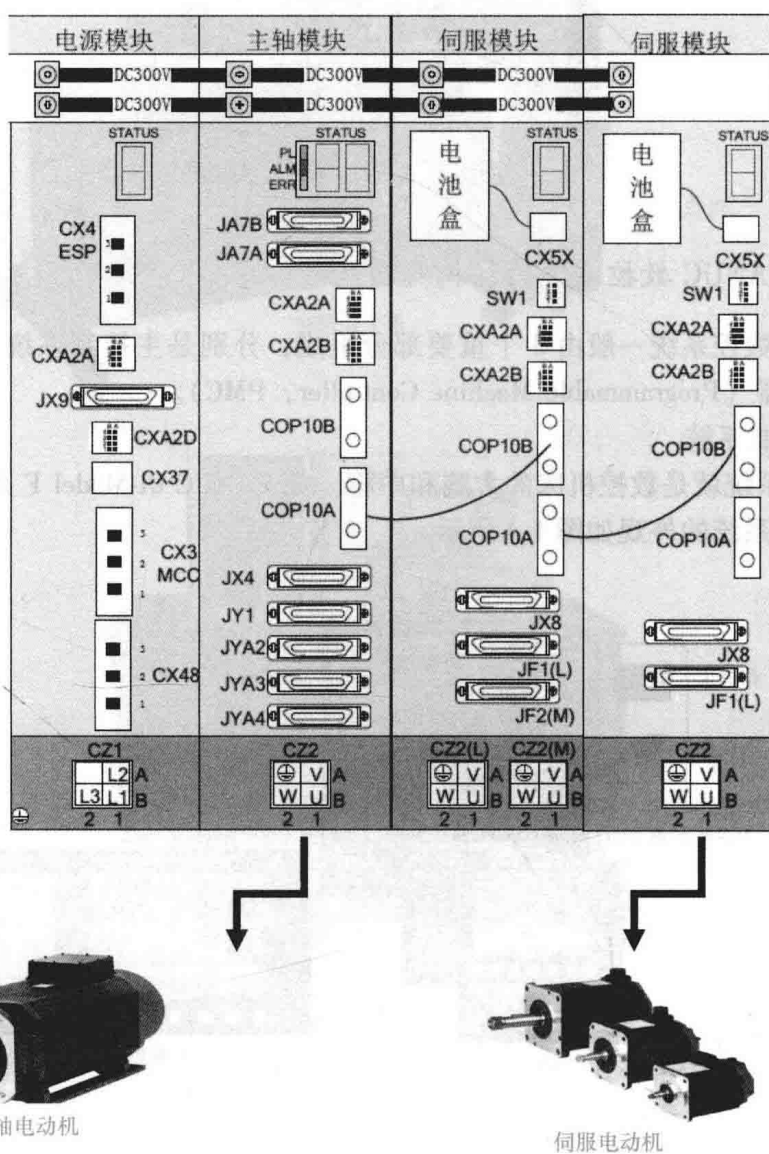


图 1-5 α i 系列伺服机构外观



3. 可编程机器控制器 (PMC)

可编程机器控制器 (PMC), 是装在 CNC 内部的顺序控制器, 用于完成刀库换刀、润滑、冷却等辅助功能的控制。PMC 的工作原理与其他自动化设备的 PLC 工作原理相同, 只是 FANUC 公司根据数控机床特点开发了专用的功能指令以及相匹配的硬件结构。PMC 由内装 PMC 软件、接口电路和外围设备 (接近开关、电磁阀及压力开关等) 构成。连接系统与从属 I/O 接口设备的电缆为高速串行电缆, 被称为 I/O LINK。通过 I/O LINK 可以连接 FANUC β is 系列伺服放大器, 作为 I/O LINK 轴使用。

PMC 通过专用的 I/O LINK 与外部 I/O 模块进行通信, 控制机床外围信号。图 1-6 所示为常见 I/O 模块。

目前, FANUC 数控产品将 PMC 内置, 也就是说不需要独立的 PLC 设备, PMC 已成为数控系统的重要组成部分。主控制系统、伺服机构、PMC 三大部分构成完整的数控系统。

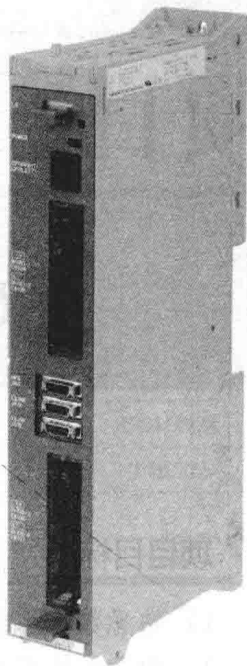


图 1-6 常见 I/O 模块

项目训练

- 1) 按照表 1-1 整理出数控系统配置清单。

表 1-1 数控系统配置清单

序号	名称	功能	附注
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

- 2) 在亚龙 YL—558 型数控实训设备上寻找实现功能的硬件结构。
- 3) 查看亚龙 YL—558 型数控实训设备上系统、伺服放大器以及电动机的类型和型号。

项目2

数控系统硬件及其综合连接

项目目标

- 1) 熟悉数控系统典型部件的控制对象及接口定义。
- 2) 根据数控系统硬件连接图完成数控系统各部件的连接。

项目任务

根据数控系统硬件综合连接图，进行数控系统实物连接并通电调试。

实训设备

亚龙 YL—558 型数控实训设备。

项目实施

(一) FS Oi-Model F 系统的主要规格

目前，北京发那科机电有限公司生产的 FANUC Oi-Model F 系统，包括加工中心/铣床用的 Oi-MF 和车床用的 Oi-TF。

FS Oi-MF/Oi-TF 系统的主要规格见表 2-1。

表 2-1 FS Oi-MF/Oi-TF 系统的主要规格

功 能	Oi-MF	Oi-MF Type 5	Oi-TF	Oi-TF Type 5
可控制路径	2	1	2	1
最大总控制轴数（伺服轴+主轴）	11/9（1 路径）	6	12/9（1 路径）	6
最大控制伺服轴数	9☆ /7☆	5○	10/7（1 路径）	5☆4○
最大控制主轴数	4/3（1 路径）	1	4/3（1 路径）	2☆1○
同时控制轴数	4	4○	4	4○
可连接伺服电动机	αi-B, βi-B	αi-B, βi-B	αi-B, βi-B	αi-B, βi-B

(续)

功能		Oi-MF	Oi-MF Type 5	Oi-TF	Oi-TF Type 5
显示器	8.4in 彩色 LCD	○	○	○	○
	10.4in 彩色 LCD	○	○	○	○
	15in 彩色 LCD	○	—	○	—
伺服 HRV+控制		○	○	○	○
程序容量	512KB	○	○	○	○
	1MB	○	—	○	—
	2MB	☆	☆	☆	☆
I/O LINK i		2048/2048	1024/1024	2048/2048	1024/1024
PMC 系统		PMC	PMC/L	PMC	PMC/L
PMC/L	5000 步	—	○	—	○
	8000 步	—	☆	—	☆
	24000 步	—	☆	—	☆
PMC	24000 步	○	—	○	—
	32000 步	☆	—	☆	—
	64000 步	☆	—	☆	—
	100000 步	☆	—	☆	—

注：○：标配功能 ☆：选项功能 —：不可使用

从表 2-1 中可知，各种系统的应用场合各有不同，用户在进行配置时需注意以下几个问题：

1) 双路径控制功能。可以实现两把刀具的独立控制，即一台自动车床上可以实现两把刀具同时加工，自动切削、车/铣同时进行，如图 2-1 所示。

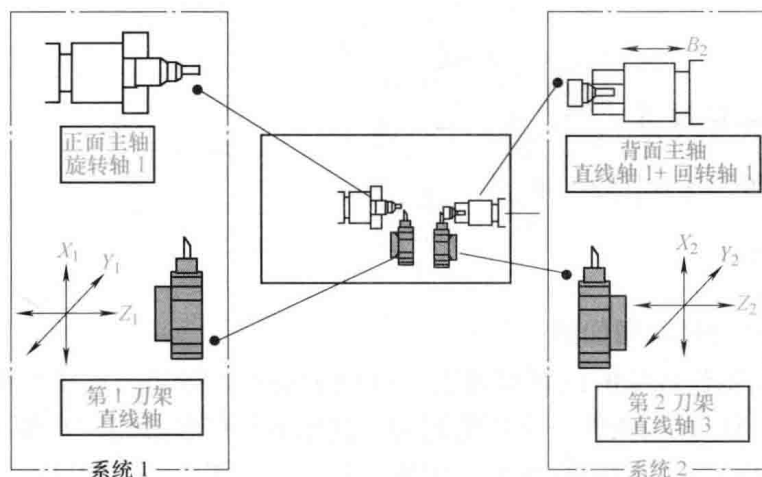


图 2-1 双路径控制示例

2) 控制轴数。使用的最大轴数/系统规格均需要进行选择，例如，某加工中心需要

5 轴控制，则需选择 Oi-MF 系统。

3) 加工程序。各路径的加工程序是独立保存的。CNC 在各路径内分别执行各自的加工程序，如图 2-2 所示。

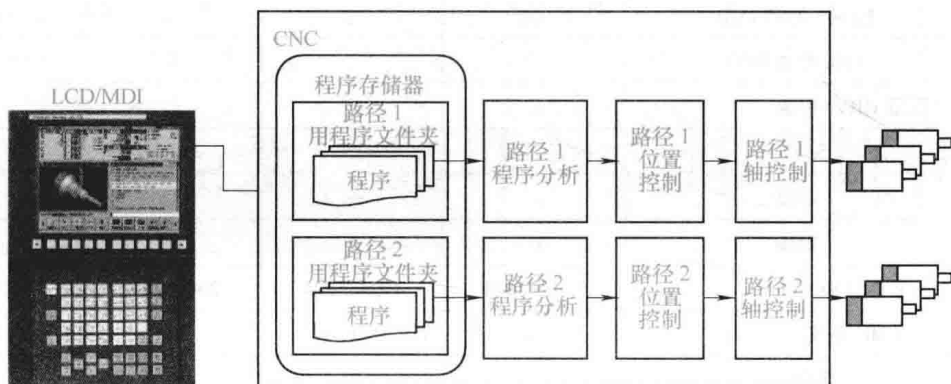


图 2-2 加工程序处理示意

4) 输入/输出信号。双路径系统 CNC 的所有通道用 1 个 PMC 进行控制，如图 2-3 所示。

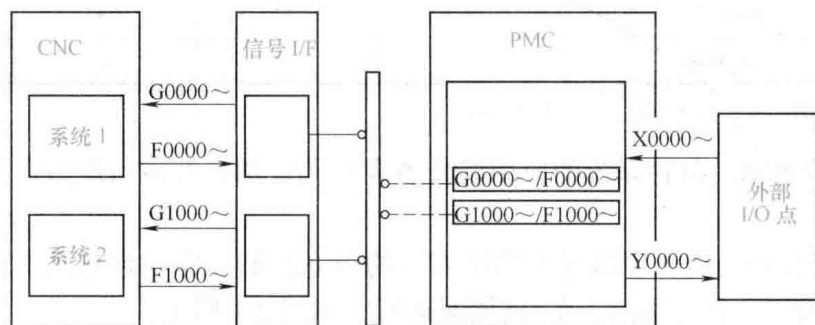


图 2-3 双路径 PMC 处理示意

(二) 数控系统配置

数控系统配置例图如图 2-4 所示。

(三) 功能模块图

数控系统的功能模块图如图 2-5 所示。

1) CNC 控制工作机械的位置和速度，可用于加工、搬运及印刷机的控制等，应用范围十分广泛。CNC 控制软件于出厂前装入，机床生产厂和最终用户都不能修改。使用宏程序和 C 语言执行程序时，可附加专用界面和循环加工。

2) PMC 主要用于因机床控制而装在 CNC 内部的顺序控制器。

3) 机床操作面板的开关和指示灯、机床上的限位开关均通过 I/O LINK 与 CNC 进行通信。根据机床规格和使用目的，由机床生产厂家编制顺序程序。

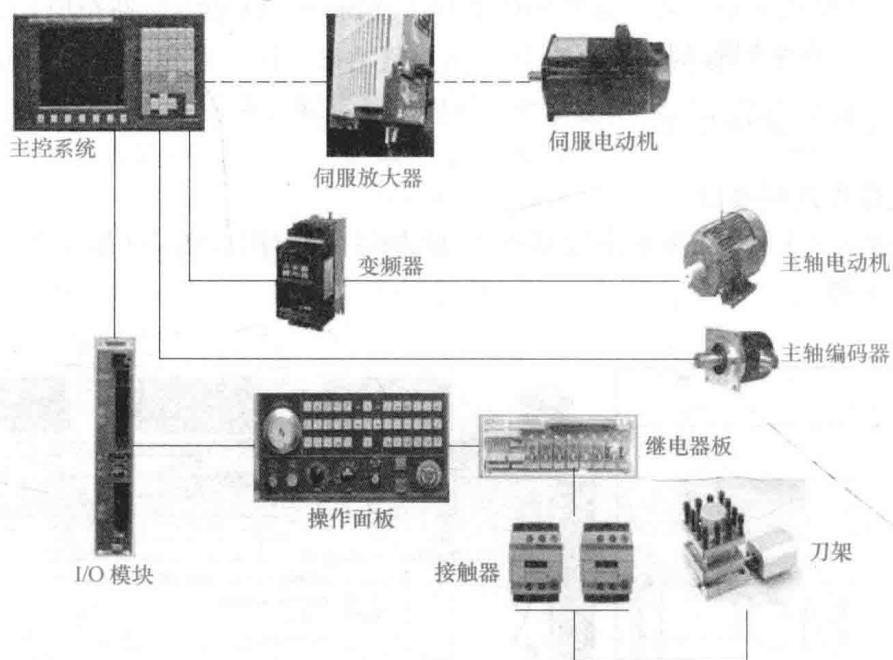


图 2-4 数控系统配置例图

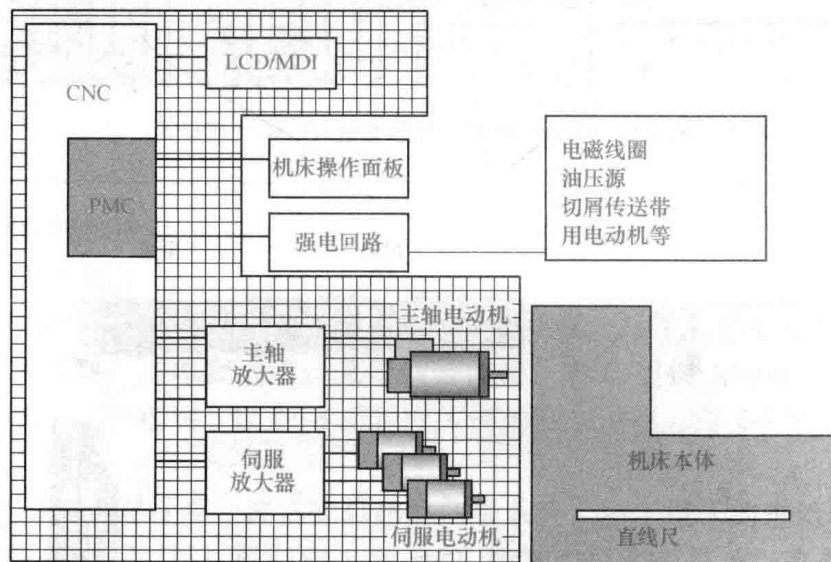


图 2-5 数控系统的功能模块图

4) CNC 控制软件、PMC 控制软件和顺序程序等都存在快速只读存储器 F-ROM 中。通电时, BOOT 系统把这些控制软件传送到 D-RAM 中, 并根据程序进行 CNC 处理。断电后, D-RAM 中的数据全部消失。

5) 数字伺服 CPU 控制机床的位置、速度和电动机的电流。通常, 1 个 CPU 控制 4 个轴。数字伺服 CPU 运算的结果通过 FSSB 的伺服串行通信总线送到伺服放大器, 伺服放大器与伺服电动机连接, 驱动电动机运行。