



中等职业技术教育精品教材

FANUC 数控系统调试与维修项目教程

● 主 编 黄 富



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

中等职业技术教育精品教材

FANUC 数控系统调试与维修项目教程

主 编 黄 富
副主编 费伟杰
参 编 常运风 李金金



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

· 广州 ·

图书在版编目(CIP)数据

FANUC 数控系统调试与维修项目教程/黄富主编. —广州: 华南理工大学出版社, 2017. 8

中等职业技术教育精品教材

ISBN 978-7-5623-5332-4

I. ①F… II. ①黄… III. ①数控机床-调试方法-中等专业学校-教材 ②数控机床-维修-中等专业学校-教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017) 第 211666 号

FANUC Shukong Xitong Tiaoshi Yu Weixiu Xiangmu Jiaocheng

FANUC 数控系统调试与维修项目教程

黄 富 主编

出 版 人: 卢家明

出版发行: 华南理工大学出版社

(广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

http: //www. scutpress. com. cn E-mail: scutc13@scut. edu. cn

营销部电话: 020-87113487 87111048 (传真)

责任编辑: 黄丽谊

特约编辑: 杨林丰

印 刷 者: 虎彩印艺股份有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 15.5 字数: 394 千

版 次: 2017 年 8 月第 1 版 2017 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 39.80 元

版权所有 盗版必究 印装差错 负责调换

前言

近年来,随着装备制造业自动化水平的不断提升,数控技术得到了迅速发展,社会对数控系统调试与维修人员的需求量和技能要求也在不断提升。然而,国内关于数控系统装调与维修的教程相对集中在对某种数控系统维修说明书的重新编排、对主流的数控系统调试步骤与内容的对比说明以及对使用数控系统过程中故障案例的经验总结方面。这些教材对于从事数控行业的技术人员、本科或高职机电数控专业的学生来说有较强的实用性,但对于中职、技校学生而言,由于内容过深、不易理解和学习,教学效果难以保证。

本书正是在这种形势下,结合中职教育的特点和当前课程的要求,按照“以工作任务为中心选择、组织教学内容,并以完成工作任务为主要学习方式和最终目标”的原则,针对中职数控或机电专业开设的数控系统维护与维修类课程开发的适用性、实用性教材。在充分考虑中职学生认知薄弱特点的前提下,通过从简单到复杂、循序渐进的项目训练,加强中职学生对数控系统调试与维修知识的深入认识和理解,形成对数控系统故障解除的基本思路和方法。

本书具有以下特点:

(1) 以培养技能型人才为导向,以培养职业能力为核心,以项目工作任务及工作过程为依据,整合、序化教学内容,做到技能训练与知识学习并重。既注重理论与任务相结合的教学,同时遵循中等职业院校学生的认知规律,紧密结合广东省职业技能考核要求,在编写过程中充分考虑企业对技术人员的需求,与工作岗位结合,与职业岗位对接;以项目任务为驱动,强化知识与技能的整合;以技能鉴定为方向,促进学生养成规范职业行为;将创新理念贯彻到内容选取、教材体例等方面,以满足职业发展为中心,培养学生创新能力和自学能力。

(2) 除了大量设计项目实训和应用案例,每个项目模块都能覆盖本课程的知识,使抽象、难懂的教学内容变得直观、易懂和容易掌



握外，还充分利用互联网资源、本课程网站资源，在网上开展教学活动，包括网络课程学习、自主学习、课后复习、课件下载、专题讨论、网上答疑等，使学生可以不受时间、地点的限制，方便学习提高。

(3) 在内容上，本书以主流的 FANUC Oi Mate D 数控系统为载体，内容编排遵循系统调试与维护涉及的三大模块——系统硬件连接、参数设置、PMC 编程调试的基础知识和基本方法，同时增加了 FANUC 系统在使用过程中常见的报警故障的解除思路和处理方法模块。基于四大模块将章节细分为十五个任务，从数控机床的结构与电气控制的基础知识、系统的硬件连接到系统参数的设置，再到操作面板控制、进给轴与主轴的 PMC 控制程序编辑，最后到常见故障解除内容。

(4) 在形式上，本书结合中职学生的学习特点，每个章节设置情景引入、任务内容与要求、任务实施、知识梳理和拓展练习等板块。学生看到一种现象(或故障)，通过教材内容操作步骤的指引，尝试解决这种故障，思考为什么通过这种方式能解决问题，进而学习相应的理论知识，并在掌握理论后尝试解决类似的问题，同时实现技能的不断强化。基于以上板块，提高学生学习兴趣，引导学生自主学习，拓展学生的知识应用能力，避免学生产生因常规教材较难而造成积极性受打击的挫败感。

本书由黄富主编，费伟杰副主编，全书由黄富统稿。具体写作分工如下：黄富编写了任务四，并与常运风共同编写了任务五；费伟杰编写了任务一、任务二、任务九至任务十三，常运风编写了任务三、任务六至任务八；李金金编写了任务十四和任务十五。在编写过程中，东莞理工学校、北京发那科机电有限公司、东莞信息技术学校、东莞数控加工相关企业给予了大力支持，在此一并表示衷心感谢。

限于编者的水平，书中难免有错误和不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者
2017 年 6 月

目 录

模块一 FANUC Oi Mate D 系统硬件控制线路的连接	1
任务一 系统硬件的认识	1
情景引入	1
任务内容与要求	2
任务实施	2
知识梳理	5
拓展练习	15
任务二 系统控制线路的连接	16
情景引入	16
任务内容与要求	16
任务实施	16
知识梳理	22
拓展练习	30
模块二 FANUC Oi Mate D 系统参数设置	31
任务三 系统各界面操作	31
情景引入	31
任务内容与要求	32
任务实施	32
知识梳理	45
拓展练习	48
任务四 系统编程	49
情景引入	49
任务内容与要求	49
任务实施	50
知识梳理	63
拓展练习	69
任务五 基本参数的设置	72
情景引入	72
任务内容与要求	72





	任务实施	73
	知识梳理	80
	拓展练习	85
任务六	系统参数的备份、恢复和全清	86
	情景引入	86
	任务内容与要求	86
	任务实施	87
	知识梳理	100
	拓展练习	103
任务七	系统全清后参数的调试	104
	情景引入	104
	任务内容与要求	104
	任务实施	105
	知识梳理	113
	拓展练习	120
任务八	参考点和软限位的设置	121
	情景引入	121
	任务内容与要求	121
	任务实施	122
	知识梳理	125
	拓展练习	131
模块三	FANUC Oi Mate D 系统 PMC 编程调试	132
任务九	PMC 的基本知识	132
	情景引入	132
	任务内容与要求	133
	任务实施	133
	知识梳理	145
	拓展练习	151
任务十	简单功能的 PMC 编程	152
	情景引入	152
	任务内容与要求	152
	任务实施	153
	知识梳理	166
	拓展练习	172
任务十一	机床运行模式的 PMC 编程	173
	情景引入	173

任务内容	任务内容	173
任务实施	任务实施	174
知识梳理	知识梳理	180
拓展练习	拓展练习	184
任务十二	进给轴移动的 PMC 编程	185
情景引入	情景引入	185
任务内容	任务内容	185
任务实施	任务实施	186
知识梳理	知识梳理	193
拓展练习	拓展练习	196
任务十三	主轴运动的 PMC 编程	197
情景引入	情景引入	197
任务内容	任务内容	197
任务实施	任务实施	198
知识梳理	知识梳理	203
拓展练习	拓展练习	205
模块四	FANUC Oi Mate D 系统常见的报警故障处理	206
任务十四	Oi Mate D 系统常见的参数设置错误引起的故障报警处理	206
情景引入	情景引入	206
任务内容	任务内容	207
任务实施	任务实施	207
知识梳理	知识梳理	214
拓展练习	拓展练习	217
任务十五	Oi Mate D 系统常见的硬件线路引起的故障报警处理	218
情景引入	情景引入	218
任务内容	任务内容	218
任务实施	任务实施	219
知识梳理	知识梳理	226
拓展练习	拓展练习	229
参考文献	参考文献	230
附录 1	FANUC Oi Mate D 系统基本参数的设置	231
附录 2	FANUC 系统 PMC 常用 G 信号地址	234



模块一

FANUC 0i Mate D 系统 硬件控制线路的连接

本模块介绍 FANUC 系统硬件组成及线路的连接

包含的内容有:

- 任务一: 系统部件的认识;
- 任务二: 系统控制线路的连接。



任务一 系统硬件的认识

情景引入

工厂的一台 FANUC 0i MD 系统的加工中心出现故障, 经过设备管理师傅认真检查, 发现 X 轴的驱动器上的编码器反馈接口出现问题。师傅让新来的小王到采购部报单, 小王拿到采购部给的表格后却犯难了, 上面对产品的型号、规格等信息要求得非常具体, 小王却连驱动器是哪个部件都没搞清楚, 无奈小王只得找办公室的其他同事帮忙。经过同事的介绍, 小王发现组成数控系统的部件并不多, 为了加深印象, 小王用示意图将它们标示出来。



任务内容与要求

任务与要求见表 1-1。

表 1-1 任务要求与评价表

本节任务：数控系统组成部件的认识		完成所用时间：	
学前具备条件	实训设备准备：线路连接完整的数控维修实训台(不上电)； 学习资料准备：教材； 知识准备：熟悉数控机床的编程加工操作		
需要完成的任务	认识系统各部件的形态、型号及铭牌参数		
任务分解	具体要求	完成情况	未完成原因说明
子任务一：认识系统各部件	能够准确说明各部件的名称，能够简单阐述其功能		
子任务二：查找实训台上各部件的铭牌信息	查找出系统各部件的信息，完成相应的表格		
学完本节内容后，你还想了解或掌握的内容			

任务实施



子任务一：认识系统各部件

熟悉数控机床的编程加工与操作，通过观察数控机床的动态运行过程，便于帮助我们快速理解数控机床的结构。出于安全和生产方便，数控机床增加了防护罩、工作台、防护挡板等附件，使我们不容易看清内部结构。拆开来看，一台数控机床主要是由机械和电气这两部分组成。相对于同轴数的普通车床或铣床，数控机床的机械结构已大大简化，但采用数控系统控制的电气线路要比普通机床复杂。分清各部件并了解这些部件的功能对后续维修内容的学习有重要影响。下面将分别对机械和电气两部分进行说明，机械结构如图1-1所示。

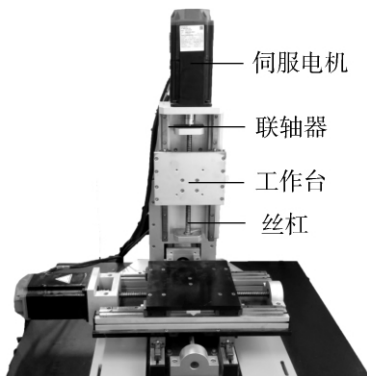


图 1-1 机械结构模型

数控机床的电气系统各部件及名称如图 1-2 所示。

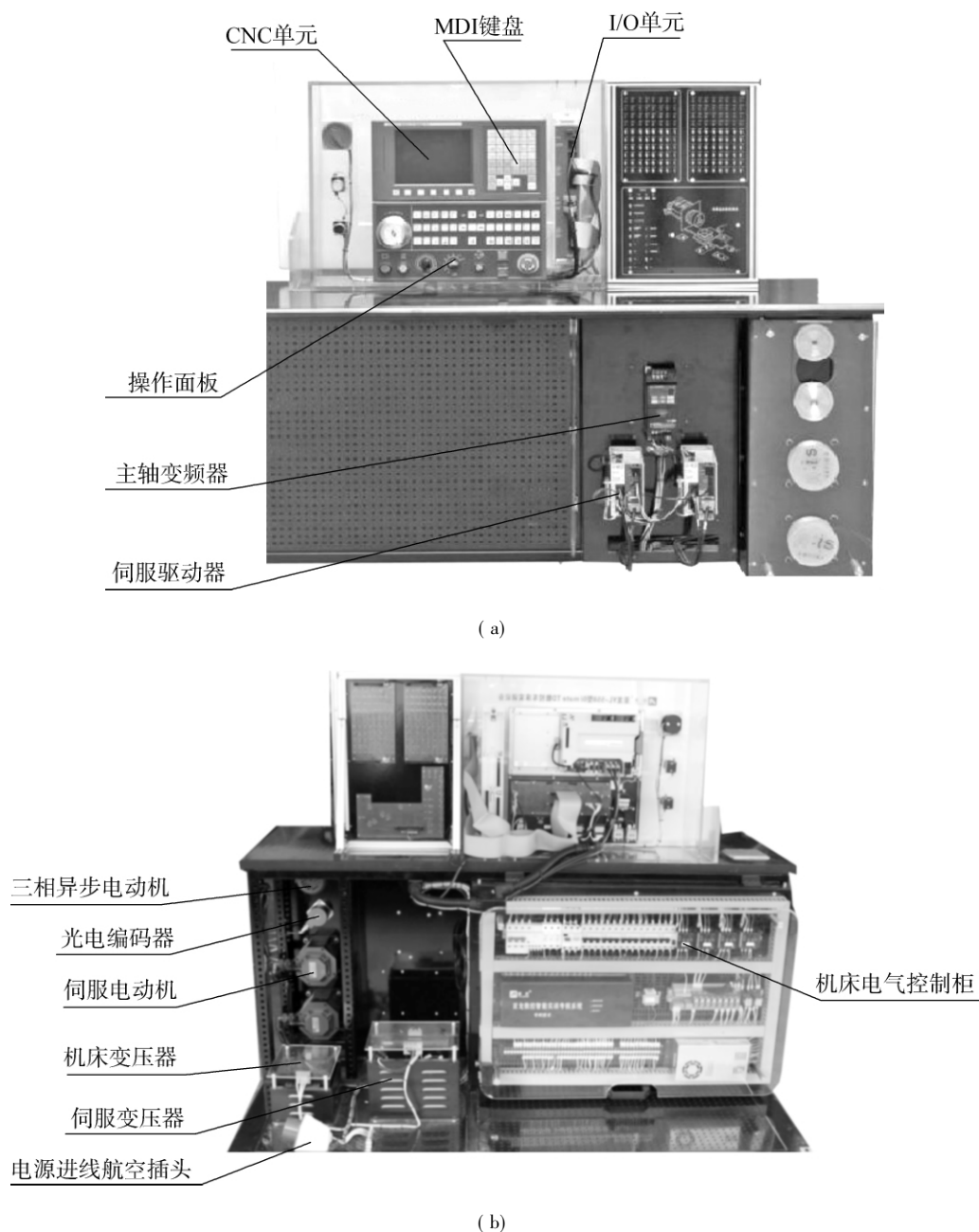


图 1-2 电气系统组成部件

各部件的功能介绍:

CNC 单元: 是数控机床的控制核心, 完成数控机床的所有运行控制。

MDI 键盘: 用于加工程序的输入与编辑、工作方式或显示方式的选择、参数设置等。

I/O 单元: 用于数控机床 PMC 进行逻辑顺序功能控制(如换刀、主轴正反转、冷却、润滑等)信号的输入输出。



主轴变频器：根据主轴转速信号，调整输出给三相异步电动机的电压和频率，使主轴电动机达到要求的转速，控制主轴的运行。

伺服驱动器：CNC 单元根据用户程序进行插补运算和位置控制，将运算结果数字信号输出到伺服驱动器，伺服驱动器利用这些信号对输入的三相交流电进行调节，从而控制伺服电动机的力矩、速度和位置，进而能够控制工作台移动速度和位置精度。

三相异步电动机：带动主轴运行。

光电编码器：将主轴转速信号反馈给 CNC 单元。

伺服电动机：作为数控系统电气执行部件，带动工作台移动。

机床变压器：将单相电压转换成其他电压值，供给电气控制柜中的其他电气元器件。

伺服变压器：将三相交流电 AC 380 V 转换成三相交流电 AC 200 V(一些数控系统也常用 AC 220 V) 给伺服驱动器供电。



子任务二：查找各部件的铭牌信息

各部件的信息对部件的维修和更换具有重要作用，有效识别铭牌上的信息能够帮助维修人员准备部件，缩短设备维修时间。

以伺服电动机的铭牌信息为例，如图 1-3 所示。



图 1-3 伺服电动机铭牌

查找所在实训台部件铭牌，完成表 1-2。

表 1-2 各部件铭牌信息表

部件	型号	订货号	功能
CNC 单元			
I/O 单元			
主轴变频器			
进给伺服驱动器			
主轴伺服驱动器			
三相异步电动机			
光电编码器			
进给伺服电动机			
主轴伺服电动机			

知识梳理



一、FANUC 数控系统发展简介

了解一种产品的发展史，可知道该产品所在行业的发展历程。和其他厂家一样，FANUC 公司在每一时期都有其较为突出的产品。FANUC 数控系统典型产品系列及其主要特点如表 1-3 所示。

表 1-3 FANUC 数控系统典型产品系列及其主要特点

序号	年份	典型产品	主要特点
1	1976	FS5/FS7 系列	使用直流伺服电动机驱动
2	1979	FS6 系列	具备一般功能和部分高级功能的中档 CNC，使用了大容量磁泡存储器
3	1984	FS10/FS11/FA12 系列	采用大规模集成电路、32 位高速处理器、4MB 磁泡存储器、宏程序、刀具补偿功能、彩色显示器
4	1985	FS0 系列	体积进一步减小，采用高速高集成度处理器、COMS 大规模集成电路、会话菜单式编程、专用宏功能、彩色显示器
5	1987	FS15 系列	为划时代产品，是人工智能型数控系统，采用高速度、高精度、高效率的数字伺服单元、数字主轴单元、纯电子式绝对位置检测器



续表 1-3

序号	年份	典型产品	主要特点
6	1990	FS16 系列	性能介于 FS15 和 FS0 之间, 彩色液晶显示, 常用的型号有: FANUC 18i-TA/TB, FANUC 18i-MA/MB 等
7	1991	FS18 系列	
8	1992	FS20 系列	FS21/FS210 系列常用的数控系统型号有 FANUC 21i-MA/MB, FANUC 21i-TA/TB 等。本系列的数控系统适用于中、小型数控机床
9	1993	FS21/FS210 系列	
10	1996	FS16i, FS18i	超小型、超薄型, 纳米插补, 伺服 HRV, 有丰富的网络功能, 可远程诊断。FS16i 系列最多可以连接 4 个串行主轴。FS18i 系列最多可以连接 3 个串行主轴
11	2001	FS0i-A 系列 FS0i-B 系列	高可靠性、高性价比, 结构紧凑, 连接简单, 使用了高速串行伺服总线(光缆)和串行的 I/O 数据口, 具备以太网接口
12	2004	FS0i-C 系列	高可靠性、高性价比、高集成度的小型化数控系统, 使用了高速串行伺服总线(光缆)和串行的 I/O 数据口, 具备以太网接口, 可单机运行, 也可方便入网
13	2008	FS30i/FS31i/FS32i 系列	多系统控制, 纳米精度 FS30i 最大控制轴数 40(进给轴 32, 主轴 8), 10 个系统, 联动轴数 24; FS31i 最大控制轴数 26(进给轴 20, 主轴 6), 4 个系统, 联动轴数 4; FS32i 最大控制轴数 11(进给轴 9, 主轴 2), 2 个系统, 联动轴数 4
14	2008	FS0i-D 系列	功能基于 FS32i, 控制轴数 5, 联动轴数 4, 主轴 2, 使用 8.4 in/10.4 in 液晶显示、AI 轮廓控制、纳米插补、基于伺服电动机的主轴控制、标准嵌入式以太网
15	2016	FS0i-F 系列	控制轴数 9, 联动轴数 4, 主轴 2, 调整简单, 兼顾精度和平滑度, 将电脑的便利性应用到 CNC 中, 满足自动化要求的基于 G 代码的工件装卸控制

二、CNC 主板结构介绍

实际上, CNC 的主板结构和普通 PC 的主板大体类似, 可以参照普通 PC 主板来理解。为了理解方便, 可结合图 1-4 主板结构示意图进行认识。

(1) 中央处理单元(CPU)负责整个系统的运行与管理, 通常由多个 CPU 作为功能模块构成多微处理器数控系统, 提高数控系统的运行速度。

(2) 轴卡数控系统采用全数字伺服控制, 由伺服控制软件及其支撑伺服软件工作的硬

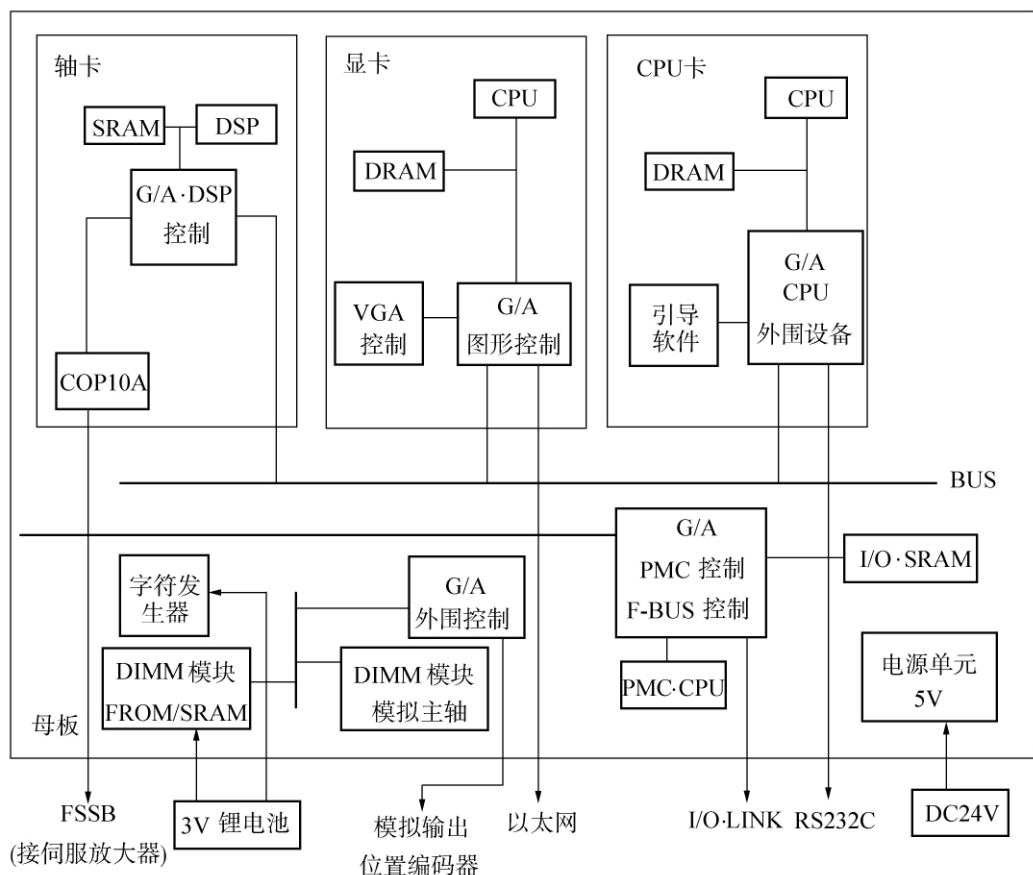


图 1-4 主板结构示意图

件结构完成全数字伺服控制。该硬件结构及其相关电路称为轴控制卡。

(3) 显卡。

(4) 存储器。FANUC 系统存储器包括：用于存放系统软件及最终用户 PMC 程序的 FROM 存储器，用于存放加工程序和数据的 SRAM 存储器，工作存储器 DRAM。

(5) 电源模块包括 DC24V 主板工作电源，存储器后备电池等。

(6) 其他接口有电源接口、主轴接口、伺服接口、通信接口、MDI 键盘接口、软键接口、DO/DI 接口。

不仅如此，某些版本，如 Oi D 系统还可以扩展网络功能板，实现数控机床的集成管理。

三、伺服驱动器介绍

FANUC Oi 系统配置的常见的伺服驱动器有两种： αi 和 βi 。

对于 αi 驱动器，通常搭配的是 FANUC Oi D 或更高版本的系统。值得注意的是， αi 驱动器有专门的电源模块，称为 αi PS 电源模块，提供电机的驱动电源和其他放大器的控制电源。部分常选型号如表 1-4 所示。

表 1-4 αi PS 电源模块型号示例

电源模块类型	电源模块名称	外形 (TYPE)	额定输出 (kW)	最大输出 (kW)	峰值最大输出 (kW)	动力电源输入容量 (kVA)	控制电源输入容量 (kVA)	订货号
PSM (电源回馈型)	αi PS 5.5	II	5.5	13	22	9	0.7	A06B-6140-H006
	αi PS 11	III	11	24	38	17		A06B-6140-H011
	αi PS 15	III	15	34	51	22		A06B-6140-H015
	αi PS 26	IV	26	48	73	37		A06B-6140-H026
	αi PS 30	IV	30	64	85	44		A06B-6140-H030
	αi PS 37	IV	37	84	106	53		A06B-6140-H037
	αi PS 55	V	55	125	192	79		A06B-6140-H055

在进行选型时，主要以输出功率的大小来考虑，功率的大小可通过下列公式进行计算。

电源模块的额定输出功率 $\geq \Sigma$ 主轴电机额定连续输出功率 $\times 1.15 + \Sigma$ 伺服电机额定连续输出功率 $\times 0.6$;

电源模块的最大输出功率 $\geq \Sigma$ 主轴电机加速时最大输出功率 $+ \Sigma$ 伺服电机加速时最大输出功率(加速时间按 0.3 计算);

电源模块的峰值最大输出功率 $\geq \Sigma$ 主轴电机加速时最大输出功率 $+ \Sigma$ 伺服电机加速时最大输出功率(以所有轴同时加速计算)。

在使用时一定要注意其输入电源的要求。例如，对于 200 V 系列的电源模块，它输入的动力电源要求是三相 200 ~ 240 V 交流电源，电压波动范围为 $+10\% \sim -15\%$ ，这和我们电网提供的三相 380 V 交流电是有区别的，因此不能直接将电网的电压直接接入到驱动器中，需经过伺服变压器将 380 V 降压到 200 V 再接入驱动器；对于输入的控制电源要求是单相 200 ~ 240 V 交流电源，电压波动范围为 $+10\% \sim -15\%$ 。

对于像表 1-4 中的回馈型电源模块，当电机减速时使用再生回馈功能将电机减速产生的电能回馈到电网中。

上述的 αi PS 电源模块是为 αi SV 伺服驱动器(驱动进给轴)提供电能。 αi SV 伺服驱动器用于驱动 αi S 与 αi F 系列伺服电机。按驱动电压分为 200 V(SVM) 与 400 V(SVM-HV)，选择的驱动器电压须与相应的电源模块电压一致。按照驱动电机数分为单轴、双轴、三轴。表 1-5 是 αi SV 驱动器较为详细的信息介绍。

与进给驱动器类似， αi 也有主轴驱动器，称为 αi SP 主轴伺服驱动器，它的选择是根据主轴需要的功率和需要的功能。部分产品型号如表 1-6 所示。

表 1-5 αiSV 伺服驱动器型号示例

驱动 轴数	伺服放大器 名称	HRV2/3	HRV4	外形 (TYPE.)	额定输出 电流 (A)	峰值输出 电源 (A)	订货号	电机组									
								A	B	C	D	E	F	G	H	I	
单轴	αiSV 4	○	○	I	1.5	4	A06B-6117-H101	○									
	αiSV 20	○	—	I	6.5	20	A06B-6117-H103		○								
	αiSV 40	○	—	II	13	40	A06B-6117-H104			○	○						
	αiSV 80	○	—	II	19	80	A06B-6117-H105					○					
	αiSV 160	○	—	II	45	160	A06B-6117-H106						○	○			
	αiSV 360	○	○	IV	115	360	A06B-6117-H109									○	(×2)
	αiSV 20L	○	○	II	6.5	20	A06B-6117-H153		○								
	αiSV 40L	○	○	II	13	40	A06B-6117-H154				○	○					
	αiSV 80L	○	○	II	19	80	A06B-6117-H155						○				
	αiSV 160L	○	○	III	45	160	A06B-6117-H156							○	○		
	αiSVi 4/4	○	○	I	1.5/1.5	4/4	A06B-6117-H201	L/M									
	αiSVi 4/20	○	—	I	1.5/6.5	4/20	A06B-6117-H203	L	M								
双轴	αiSVi 20/20	○	—	I	6.5/6.5	20/20	A06B-6117-H205		L/M								
	αiSVi 20/40	○	—	II	6.5/13	20/40	A06B-6117-H206		L	M	M						
	αiSVi 40/40	○	—	II	13/13	40/40	A06B-6117-H207			L/M	L/M						
	αiSVi 40/80	○	—	II	13/19	40/80	A06B-6117-H208			L	L	M					
	αiSVi 80/80	○	—	II	19/19	80/80	A06B-6117-H209					L/M					
	αiSVi 80/160	○	—	III	19/39	80/160	A06B-6117-H210					L	M				
	αiSVi 160/160	○	—	III	39/39	160/160	A06B-6117-H211						L/M				
	αiSVi 20/20L	○	○	II	6.5/6.5	20/20	A06B-6117-H255		L/M								
	αiSVi 20/40L	○	○	II	6.5/13	20/40	A06B-6117-H256		L	M	M						
	αiSVi 40/40L	○	○	II	13/13	40/40	A06B-6117-H257			L/M	L/M						
	αiSVi 40/80L	○	○	III	13/19	40/80	A06B-6117-H258			L	L	M					
	αiSVi 80/80L	○	○	III	19/19	80/80	A06B-6117-H259						L/M				
三轴	αiSVi 4/4/4	○	—	I	1.5/1.5/1.5	4/4/4	A06B-6117-H301	L/M/N									
	αiSVi 20/20/20	○	—	I	6.5/6.5/6.5	20/20/20	A06B-6117-H303		L/M/N								
	αiSVi 20/20/40	○	—	II	6.5/6.5/13	20/20/40	A06B-6117-H304		L/M	N	N						
	αiSVi 40S/40S/40	○	—	II	10.5/10.5/13	40/40/40	A06B-6117-H306			L/M/N	N						

