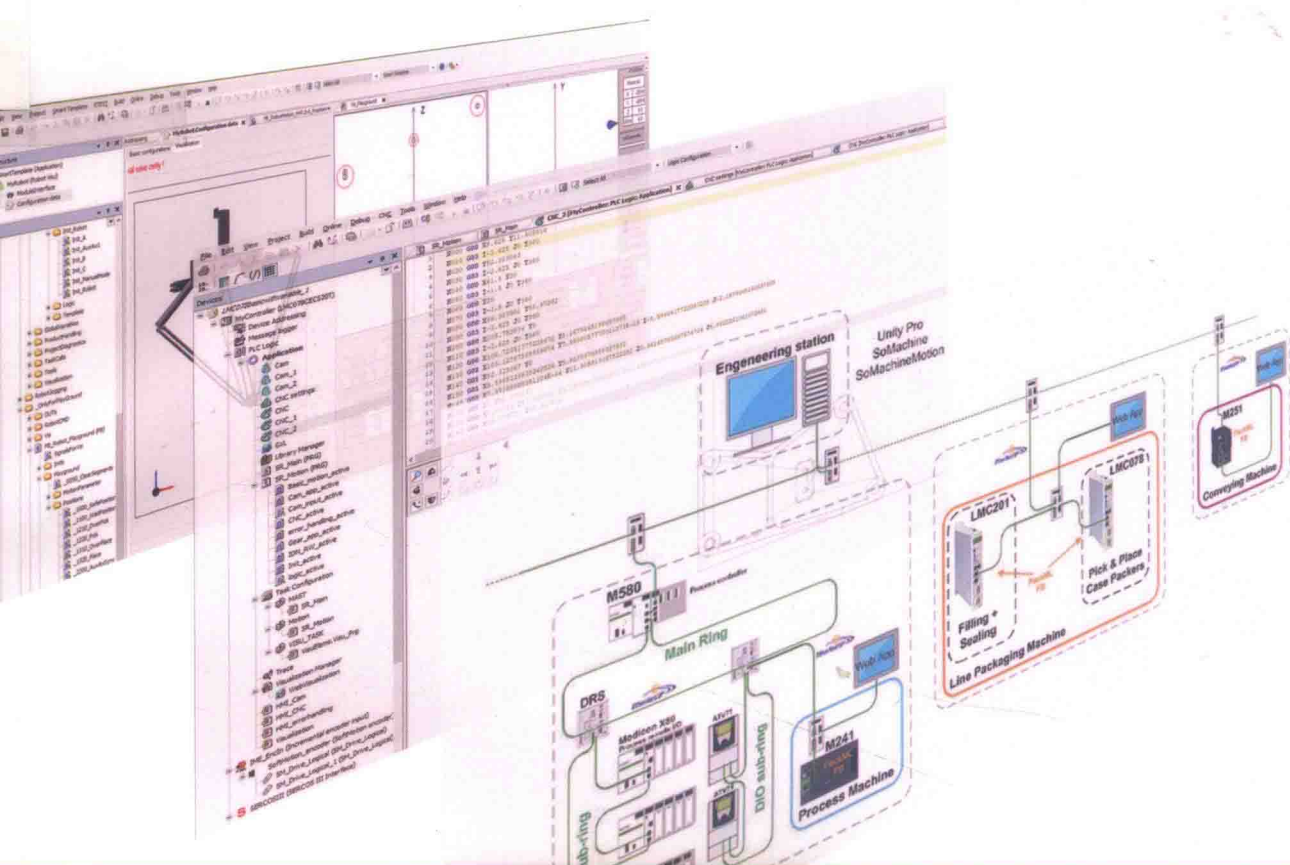




施耐德 EcoStruxure Machine控制器 应用及编程进阶

李幼涵 主编

施耐德 EcoStruxure Machine 控制器应用及编程进阶

主编 李幼涵



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书介绍了运动控制中多轴电机同步运动的应用；通过案例介绍了电子凸轮运动、电子齿轮运动和数控机床G代码编程的各种应用；详细介绍了各种通用总线（如EtherCAT、EtherNet/IP、PROFINET）的通信应用以及与过程控制网络连接的应用；最后介绍了面向对象编程（Object-Oriented Programming, OOP），并给出了编程技巧。

本书可供纺织、包装、物流、印染、印刷、机械加工等领域的应用设计工程师和大专院校相关专业的师生阅读，具有较强的实用价值。

图书在版编目（CIP）数据

施耐德 EcoStruxure Machine 控制器应用及编程进阶 / 李幼涵主编.
—北京：机械工业出版社，2019.9

ISBN 978-7-111-63598-7

I . ①施… II . ①李… III . ①可编程序控制器 IV . ①TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2019）第 185041 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：林春泉 责任编辑：林春泉

责任校对：杜雨霏 封面设计：鞠 杨

责任印制：郇 敏

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

2019 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 15.5 印张 · 382 千字

0 001—3 000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-63598-7

定价：69.00 元

电话服务

网络服务

客服电话：010-88361066 机 工 官 网：www.cmpbook.com

010-88379833 机 工 官 博：weibo.com/cmp1952

010-68326294 金 书 网：www.golden-book.com

封底无防伪标均为盗版 机工教育服务网：www.cmpedu.com

时光荏苒，在经历了二三十年的高速发展之后，中国工业来到了从制造大国向制造强国转型的时刻。制造强国意味着工业企业不仅要生产更优质的产品，还要以更绿色、更智能、可持续的方式重塑生产流程。基于此，施耐德电气率先提出绿色智能制造的理念。为了帮助客户践行这些理念，施耐德电气逐步扩充自身的软件、硬件能力，利用基于物联网的 EcoStruxure 架构与平台，通过互联互通的产品、边缘控制、应用分析和三个层面的创新，为工业客户的转型升级赋能。由施耐德电气技术专家李幼涵领衔编写的《施耐德 EcoStruxure Machine 控制器应用及编程进阶》一书，它是本着推动工业企业的数字化转型和智能制造向纵深发展而推出的指导书。该书支持施耐德 EcoStruxure 架构与平台在工厂生产流程和机器离散制造的自动化及智能化的落地，也给出了实现物联网设备的互联互通解决方案，回答了应用工程师们在开发智能机器、绿色工厂实践中遇到的问题。书中的大量案例也是施耐德电气这些资深工程师们实践经验的总结和展示，相信对广大工程技术人员及大专院校师生会有所帮助和裨益。该书以施耐德电气当前最新软硬件技术为平台，介绍了互联互通采用的前沿总线通信技术、以太网通信技术及编程架构，对我国的科研机构 and 高校教学发展也有一定的参考作用。

施耐德电气真诚地愿为中国工业的不断升级、技术的不断进步、创新的不断涌现而贡献力量，持续向市场推出接受度更高的产品和解决方案。该书的出版必定会成为工业制造领域重要的数字化和自动化参考资料及培训教材。期待着该书早日面世，以飨读者。

施耐德电气（中国）有限公司 高级副总裁

工业自动化业务中国区负责人

庞邢健

2019 年 7 月

前言

本书是已出版的《施耐德 EcoStruxure Machine 控制器应用及编程指南》进阶篇。本书介绍了运动控制的复杂应用，包括电子凸轮、电子齿轮以及数控单元 CNC 的各种应用，内容虽然有些复杂，但是通过案例和大量的图说，可深入浅出地帮助读者更好地学习和应用。本书中，对插补控制的应用给出了不用运动控制器实现同步插补运动的编程方法和算法，可以降低硬件的成本。由于智能制造和智能机器的设计越来越多地注重互联互通，因此本书也介绍了各种流行的通信协议的设计方法和设备之间的互联互通的编程方法，并给出了案例，其中涉及 EtherCAT、EtherNet/IP、PROFINET、SERCOS、OPC (Object Linking and Embedding for Process Control) 以及采用 C 语言的自由编程案例。在本书的最后一章，介绍了面向对象编程 (Object-Oriented Programming, OOP) 的内容，因为面向对象编程是一种编程趋势，它使应用程序的扩展性和可维护性更友好。

本书的编写得到了施耐德电气 (中国) 有限公司的几位资深主任工程师的大力帮助，李振工程师编写了第 1 章和第 2 章；唐海丽工程师编写了第 3 章；李融工程师编写了第 4~6 章；方平工程师编写了第 7 章和第 8 章；李幼涵编写了第 9 章和第 10 章并对全书进行了审阅、修改和校对。在此感谢他们将多年的应用经验分享给读者，感谢工业事业部刘立新总监和沈伟峰经理的一贯支持。他山之石，可以攻玉。愿我国的工程师们利用一切先进技术和设计理念，将产品设计得更加完美！

由于水平有限，难免有不尽人意之处，恳请广大读者批评指正。

李幼涵

2019 年 7 月

目录

序

前言

第1章 电子凸轮功能	1
1.1 电子凸轮的概念	1
1.1.1 什么是机械凸轮	1
1.1.2 什么是电子凸轮	1
1.1.3 机械凸轮与电子凸轮的区别	1
1.1.4 电子凸轮的应用场合	2
1.2 电子凸轮的实现	2
1.3 电子凸轮功能块详解	2
1.3.1 MC_Power 使能功能块	4
1.3.2 MC_Jog 点动功能块	5
1.3.3 MC_MoveVelocity 速度移动功能块	5
1.3.4 MC_Stop 停止功能块	6
1.3.5 MC_ReadStatus 读取轴状态功能块	6
1.3.6 MC_CamTableSelect 电子凸轮表选择功能块	7
1.3.7 MC_CamIn 电子凸轮啮合功能块	8
1.3.8 MC_CamOut 电子凸轮脱开功能块	9
1.3.9 SMC3_CAN_WriteParameter 写参数功能块	10
1.3.10 SMC3_CAN_ReadParameter 读参数功能块	10
1.3.11 MC_Home 原点回归功能块	10
1.4 如何在线切换电子凸轮曲线	11
1.5 如何在线修改电子凸轮曲线的坐标	12
1.6 如何在线创建电子凸轮曲线	13
1.7 电子凸轮曲线的缩放功能	15
1.8 电子凸轮曲线的镜像功能	17
1.9 电子凸轮凸点 Tappets 的应用	19
1.10 电子凸轮开关的应用	21
1.11 电子凸轮的高级功能块	24
1.12 电子凸轮点的批量导入	30

第 2 章 CNC 功能	32
2.1 常用 G 代码的功能	32
2.2 如何在 CNC 编辑器中直接使用带变量的 G 代码指令	38
2.3 如何在 NC 文件中直接使用带变量的 G 代码指令	45
2.4 LMC058 读取并执行 U 盘上的 NC 文件	48
2.5 SMC_Interpolator 插补功能块的应用	51
2.6 CNC 功能的多轴控制	52
2.7 CNC 功能的多通道控制	55
2.8 如何显示正在执行的 G 代码行	59
2.9 如何在线切换 NC 文件的执行	61
2.10 使用 CAD/CAM 软件转换成 G 代码文件时的注意事项	65
2.11 CNC 的 M 码功能	68
2.12 CNC 的 H 码功能	70
2.13 CNC 的路径圆滑或圆整功能	72
2.14 CNC 的路径规避功能	75
2.15 CNC 的刀具半径补偿功能	77
第 3 章 PLC 插补位置的控制	80
3.1 插补的概念和应用	80
3.2 典型插补算法	80
3.2.1 直线插补算法	80
3.2.2 三次多项式插补算法	81
3.2.3 五次多项式插补算法	83
3.3 伺服驱动器插补位置模式	84
3.3.1 Interpolated Position 模式	84
3.3.2 伺服驱动器 IP 模式原理和参数	86
3.4 PLC 插补位置控制的实现	87
3.4.1 PLC 插补位置控制系统架构	87
3.4.2 PLC 插补位置控制实现原理	87
3.4.3 PLC 位置算法	88
3.5 PLC 插补位置控制的应用案例	91
第 4 章 EtherCAT 的应用	96
4.1 系统架构	96
4.2 Somachine Motion 中的操作	97
4.2.1 在 Somachine Motion 软件中添加 LXM32M 的 XML 文件	97
4.2.2 硬件配置	98
4.2.3 工程设置	104
4.2.4 PLC 设定	105

4.2.5	声明全局变量并映射	105
4.2.6	声明控制需要用到的局域变量	106
4.2.7	状态字与控制字	107
4.2.8	模式控制	108
第 5 章	EtherNet/IP 的应用	113
5.1	PD3 与 M241 之间的 EtherNet/IP 通信	113
5.1.1	Somachine 中的配置	113
5.1.2	Somachine Motion 中的配置	115
5.1.3	联机后的测试	121
5.2	M241 与 ATV340 之间的 EtherNet/IP 通信	122
5.2.1	变频器的参数设置	122
5.2.2	Somachine 的配置	124
5.2.3	联机测试	129
第 6 章	PROFINET 的应用	130
6.1	系统架构	130
6.2	使用的软件和固件版本	131
6.3	SoMove 的设置	131
6.4	Somachine Motion 的操作	131
6.4.1	在 Somachine Motion 软件中添加 LXM32M 的 XLM 文件	131
6.4.2	硬件配置	132
6.4.3	工程设置	136
6.4.4	声明变量	137
6.4.5	数据映射	137
6.4.6	参数通道	138
6.4.7	dmControl 数据	141
6.4.8	模式控制	141
第 7 章	基于 OPC 的通信应用	145
7.1	OPC 简介	145
7.2	OPC 经典架构	145
7.3	OPC 统一架构	146
7.4	Somachine 和 Somachine Motion 软件对 OPC UA 的支持	147
7.4.1	Somachine/Somachine Motion 平台 OPC DA 服务器配置	148
7.4.2	OPC 配置工具的文件菜单	151
7.4.3	OPC 配置工具的编辑菜单	151
7.4.4	Somachine/Somachine Motion 平台 OPC DA 服务器的使用	152
7.4.5	Somachine 平台控制器 OPC UA 服务器配置	152

7.4.6	Somachine Motion 平台控制器 OPC UA 服务器配置	154
7.4.7	Somachine 程序配置	156
7.4.8	Somachine Motion 程序配置	158
7.4.9	激活 PACDRIVE3 控制器 OPC UA 服务器	161
7.5	应用案例	162
7.5.1	VijeoCitect 与 M241 通过 OPC DA 通信示例	162
7.5.2	VijeoCitect 与 PDR3 通过 OPC UA 通信示例	167
第 8 章	Somachine PLC 与 M580 以太网的通信	172
8.1	通信协议	172
8.1.1	Modbus TCP	173
8.1.2	EtherNet/IP	175
8.2	通信示例	177
8.2.1	M580 作为 EtherNet/IP 扫描器与 M241 通信示例	177
8.2.2	M580 作为 Modbus TCP 客户端与 M241 通信示例	185
8.2.3	M241 作为 EtherNet/IP 扫描器与 M580 通信示例	188
8.2.4	M241 作为 Modbus TCP 客户端与 M580 通信示例	195
第 9 章	基于 Modbus TCP 的 PC 与 LexiumController 的通信实现	198
9.1	Modbus TCP	198
9.2	程序结构	199
9.2.1	客户端 TCP/IP 类的实现	200
9.2.2	Modbus 协议类的实现	200
9.2.3	对话框类的实现	204
9.2.4	Somachine 控制器侧的编程	208
第 10 章	面向对象编程	211
10.1	OOP 概述	211
10.2	OOP 的传承	217
10.3	OOP 的界面	221
10.4	OOP 的 SUPER 指针	236

第 1 章

电子凸轮功能

1.1 电子凸轮的概念

1.1.1 什么是机械凸轮

在介绍电子凸轮之前，我们先来了解一下机械凸轮，机械凸轮的结构如图 1-1 所示。所谓机械凸轮是将圆周或旋转运动转换为直线运动的一种方式。在运动过程中，会产生一个循环中的动作曲线，在制作机械凸轮时，按照这个动作曲线的形状制作，并设置一个从轴，则从轴运行时即为机械凸轮所获得的直线运动。

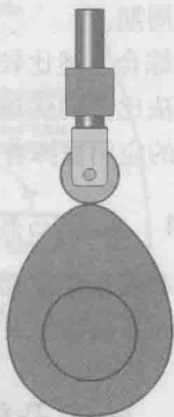


图 1-1 机械凸轮结构

1.1.2 什么是电子凸轮

电子凸轮，顾名思义，其动作曲线可通过电子调整的方式，从而通过控制规则的受控对象而得到与机械凸轮运动时相一致的曲线，如图 1-2 所示。在运动控制器中，只需要将主轴与从轴的位置关系规划好，运动控制器则会严格按照该位置关系进行工作。

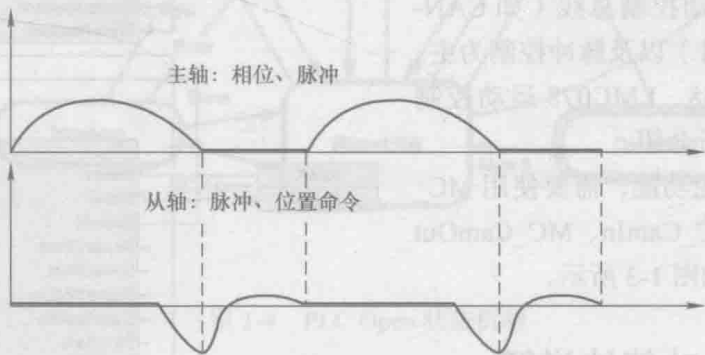


图 1-2 电子凸轮曲线

1.1.3 机械凸轮与电子凸轮的区别

机械凸轮是实际存在的机械结构，需要根据具体的应用设计机械结构；而电子凸轮是在运动控制器内部完成曲线规划的，不需要实际的机械结构，只需要规划好电子凸轮曲线。

当机械凸轮的动作曲线需要进行更改时，必须重新设计机械凸轮并重新加工，耗时耗力，其适应性仅局限于某一个特定的局部，而电子凸轮则只需要在运动控制器中更改电子凸轮曲线即可，适用性远远高于机械凸轮。

由于机械凸轮是机械结构，因此必然会出现机械磨损的现象，长时间运行则会导致精度降低，而电子凸轮由于主从轴之间并无实际连接，所以不存在这样的问题。

除上述两者的区别之外，机械凸轮还存在的缺点为设计复杂程度高，一旦设计好的机械凸轮加工完成后无法满足机器的需求，则该工件将被闲置，仍需要重复设计，重复验证，重新加工，直至满足工艺要求；在运行过程中产生的噪声大，机械性能的可量测性较差，无法预测机器的性能。而电子凸轮则在不需要改变外部机械结构的前提下，可灵活地设计电子凸轮曲线，且运行稳定，降低了维修周期与成本，可靠性大大提高，缩短了设计周期与机器的上市周期。

综合上述比较，无论从设计、调试、运行、维护等哪个方面出发，电子凸轮都有着机械凸轮无法比拟的优越性。随着我国经济的高速发展，国内机器设备的自动化水平日新月异，电子凸轮的应用发挥着巨大作用。

1.1.4 电子凸轮的应用场合

在复杂的运动控制中，特别是非线性运动时，需要对其进行相应的数学建模，将主轴与从轴的关系描绘出来，电子凸轮则是其最优的选择。典型的应用如飞剪、追剪等。

1.2 电子凸轮的实现

在实际应用中，虚轴、外部编码器、实轴（实际的伺服系统轴）均可作为主轴使用，而虚轴与实轴又可作为从轴使用。

目前，可以实现电子凸轮的运动控制器的方式主要以运动控制总线（如 CAN-Motion、SERCOS III）以及脉冲控制为主。本书主要以 LMC058、LMC078 运动控制器中的相关功能进行介绍。

要实现电子凸轮功能，需要使用 MC_CamTableSelect、MC_CamIn、MC_CamOut 功能块，基本应用如图 1-3 所示。

1.3 电子凸轮功能块详解

在 LMC058、LMC078 运动控制器中，无论是 CANMotion 或是 SERCOS III 的控制方式，均遵循 PLC Open 状态机制，如图 1-4 所示。

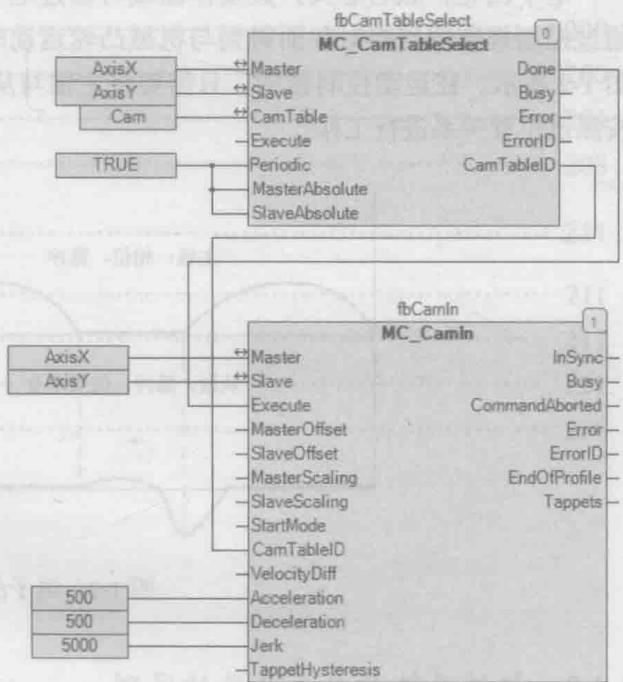


图 1-3 电子凸轮的实现

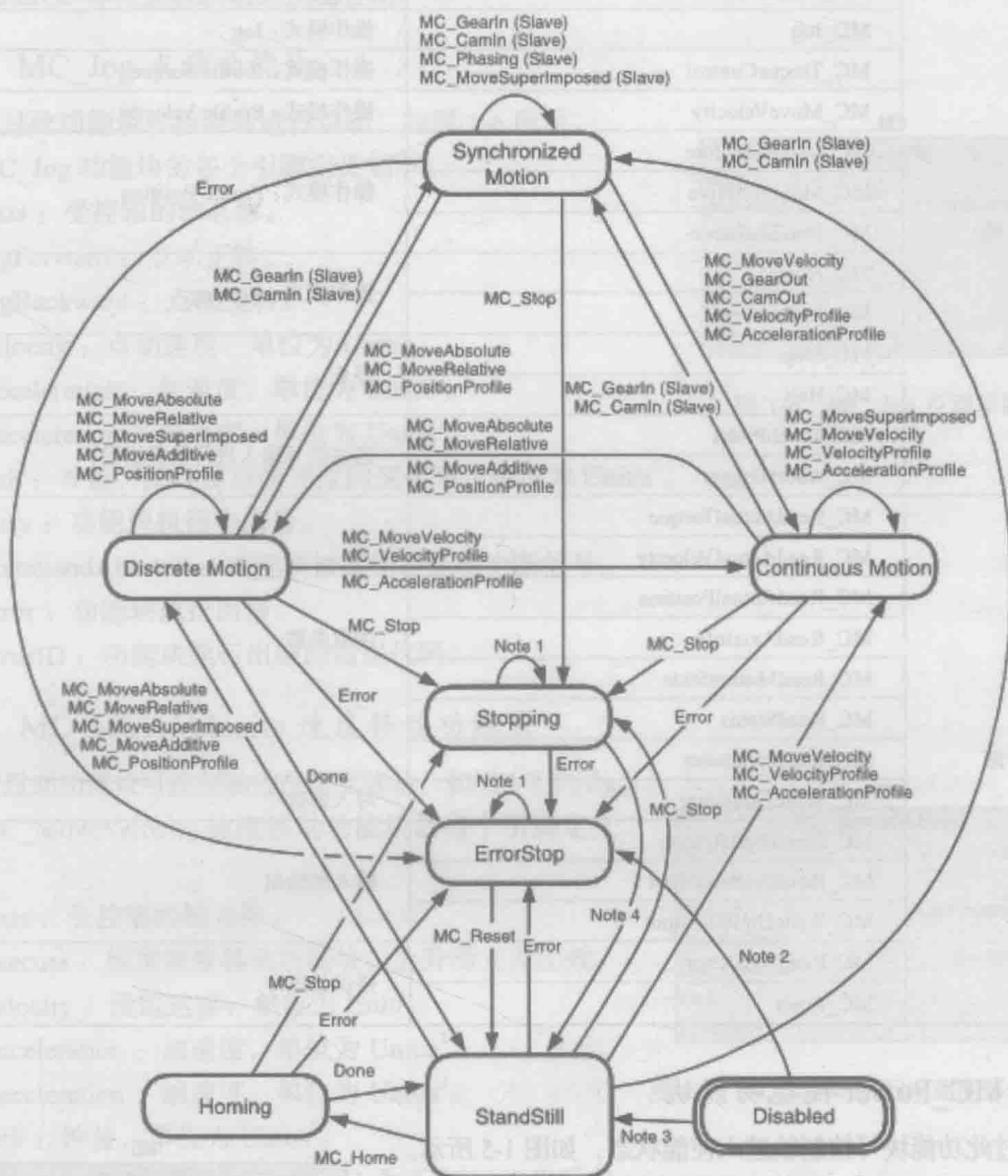


图 1-4 PLC Open 状态机制

所有与轴相关的控制功能块列表见表 1-1（此处的功能块仅适用于 CANMotion、SERCOS III 控制方式的 LMC058、LMC078 运动控制器，不适用于 CANopen 等通信方式控制的伺服系统的场合）。表 1-1 中的功能块适用于 Lexium 05、Lexium 23、Lexium 28、Lexium 32、Lexium SD3 系列的伺服系统。

表 1-1 控制功能块列表

类别	功能块	描述
单轴	MC_Power	初始化
	MC_Jog	操作模式：Jog
	MC_TorqueControl	操作模式：Profile Torque
	MC_MoveVelocity	操作模式：Profile Velocity
	MC_MoveAbsolute	操作模式：Profile Position
	MC_MoveAdditive	
	MC_MoveRelative	
	MC_Home	操作模式：Homing
	MC_SetPosition	
	MC_Stop	停止
	MC_Halt	
	MC_TouchProbe	通过信号输入进行位置捕捉
	MC_AbortTrigger	
管理	MC_ReadActualTorque	读取参数
	MC_ReadActualVelocity	
	MC_ReadActualPosition	
	MC_ReadAxisInfo	
	MC_ReadMotionState	
	MC_ReadStatus	
	MC_ReadParameter	写入参数
	MC_WriteParameter	
	MC_ReadDigitalInput	输入和输出
	MC_ReadDigitalOutput	
	MC_WriteDigitalOutput	
	MC_ReadAxisError	错误处理
	MC_Reset	

1.3.1 MC_Power 使能功能块

通过此功能块可控制轴进入使能状态，如图 1-5 所示。

MC_Power 功能块的各个引脚定义如下。

Axis：受控轴的轴名称。

Enable：激活使能功能块。

bRegulatorOn：使能。

bDriveStart：取消快速停止。

Status：使能状态。

bRegulatorRealState：使能状态。

bDriveStartRealState：取消快速停止状态。

Busy：功能块执行中信号。

Error：功能块执行出错。

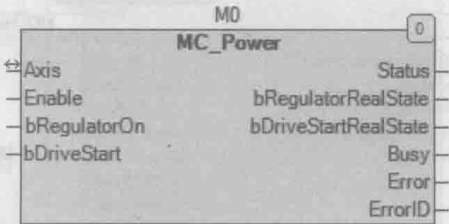


图 1-5 MC_Power 使能功能块

ErrorID：功能块执行出错的错误代码。

在需要单独控制某一个轴的使能时，可将 Enable、bDriveStart 设置为 TRUE，单独设置 bRegulatorOn 即可实现该轴的使能控制。

1.3.2 MC_Jog 点动功能块

通过此功能块可控制轴进行点动，如图 1-6 所示。

MC_Jog 功能块的各个引脚定义如下。

Axis：受控轴的轴名称。

JogForward：点动正转。

JogBackward：点动反转。

Velocity：点动速度，单位为 Unit/s。

Acceleration：加速度，单位为 Unit/s²。

Deceleration：减速度，单位为 Unit/s²。

Jerk：冲量，加速度或减速度的变化率，单位为 Unit/s³。

Busy：功能块执行中信号。

CommandAborted：功能块被其他功能块中断信号。

Error：功能块执行出错。

ErrorID：功能块执行出错的错误代码。

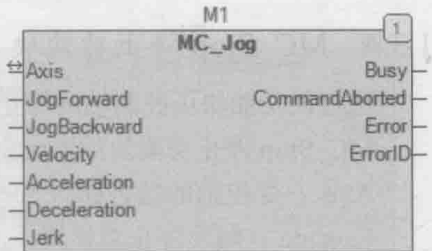


图 1-6 MC_Jog 点动功能块

1.3.3 MC_MoveVelocity 速度移动功能块

通过此功能块可控制轴进行速度移动，如图 1-7 所示。

MC_MoveVelocity 速度移动功能块的各个引脚定义如下。

Axis：受控轴的轴名称。

Execute：触发速度移动功能块，上升沿立即生效。

Velocity：设定速度，单位为 Unit/s。

Acceleration：加速度，单位为 Unit/s²。

Deceleration：减速度，单位为 Unit/s²。

Jerk：冲量，单位为 Unit/s³。

Direction：速度移动的方向，1 为正向，-1 为反向。

InVelocity：速度到达设定速度信号。

Busy：功能块执行中信号。

CommandAborted：功能块被其他功能块中断信号。

Error：功能块执行出错。

ErrorID：功能块执行出错的错误代码。

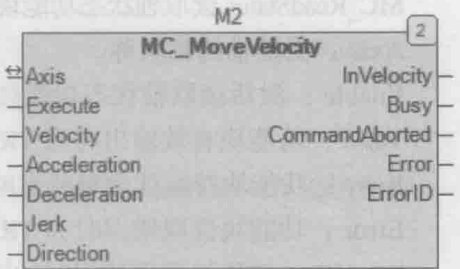


图 1-7 MC_MoveVelocity 速度移动功能块

当 Exceute 为 TRUE 时，InVelocity 在伺服轴加速到达设定速度后此信号为 TRUE，当 Exceute 为 FALSE 时，InVelocity 为 FALSE。

当 Exceute 为 TRUE 时，Busy 在伺服轴启动后此信号为 TRUE；当 Exceute 为 FALSE 时，Busy 仍为 TRUE，直至 MC_Stop 功能块发出命令使伺服轴停止。

如果有两个 MC_MoveVelocity 速度移动功能块，当第一个功能块的 Exceute 为 TRUE，如果此时触发第二个功能块的 Exceute 为 TRUE 时，第一个功能块的 CommandAborted 信号为 TRUE；当第一个功能块的 Exceute 为 FALSE 时，第一个功能块的 CommandAborted 信号变为 FALSE，若第一个功能块的 Exceute 为跳变沿触发，若第二个功能块的 Exceute 触发时，第一个功能块的 CommandAborted 信号为 FALSE；反之亦然。

1.3.4 MC_Stop 停止功能块

通过此功能块可控制轴的停止，如图 1-8 所示。

MC_Stop 停止功能块的各个引脚定义如下。

Axis：受控轴的轴名称。

Execute：触发停止功能块，上升沿立即生效。

Deceleration：减速度，单位为 Unit/s²。

Jerk：冲量，单位为 Unit/s³。

Done：功能块执行完成信号。

Busy：功能块执行中信号。

Error：功能块执行出错。

ErrorID：功能块执行出错的错误代码。

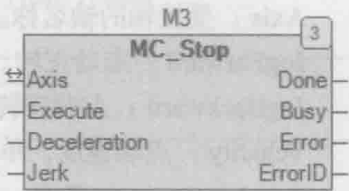


图 1-8 MC_Stop 停止功能块

1.3.5 MC_ReadStatus 读取轴状态功能块

该功能块用来读取轴的工作状态，如图 1-9 所示。

MC_ReadStatus 读取轴状态功能块的各个引脚定义如下。

Axis：受控轴的轴名称。

Enable：激活读取轴状态功能块。

Valid：功能块有效输出时为 TRUE。

Busy：功能块持续读取轴状态时为 TRUE。

Error：功能块读取错误时为 TRUE。

ErrorID：功能块读取错误时的错误代码。

Disabled：当轴未使能时，此信号为 TRUE，使能后此信号为 FALSE。

Errorstop：异常停止时此信号为 TRUE，直至轴被复位。

Stopping：执行 MC_STOP 功能块时，停止过程中此信号为 TRUE，停止完成后此信号为 FALSE。

StandStill：当轴被使能，无任何运动指令被执行，无报警时，此信号为 TRUE。

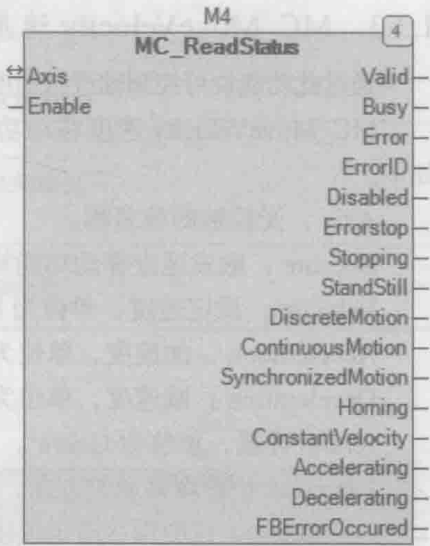


图 1-9 MC_ReadStatus 读取轴状态功能块

DiscreteMotion、ContinuousMotion、SynchronizedMotion 三种类型的状态，参考 PLC Open 的状态机制。

Homing：执行原点回归时此信号为 TRUE。

ConstantVelocity：到达设定的速度后此信号为 TRUE。

Accelerating：加速过程中此信号为 TRUE。

Decelerating：减速过程中此信号为 TRUE。

FBErrorOccured：功能块错误，且没有被 SMC_ClearFBError 功能块清除错误时，此信号为 TRUE。

1.3.6 MC_CamTableSelect 电子凸轮表选择功能块

该功能块用来选择电子凸轮的表格，如图 1-10 所示。

MC_CamTableSelect 电子凸轮表选择功能块的各个引脚定义如下。

Master：主轴。

Slave：从轴。

CamTable：需要选择的电子凸轮表。

Execute：触发电子凸轮表选择功能块，上升沿立即生效。

Periodic：周期或非周期凸轮选择，TRUE 为周期性电子凸轮，重复执行电子凸轮；FALSE 为非周期性电子凸轮，触发后执行一次电子凸轮。默认为周期性凸轮。

MasterAbsolute：主轴的坐标系，TRUE 为绝对坐标，主轴的当前位置以电子凸轮曲线的起始位置开始；FALSE 为相对坐标，电子凸轮曲线的起始位置以主轴的当前位置开始。

SlaveAbsolute：从轴的坐标系，TRUE 为绝对坐标，从轴的当前位置以电子凸轮曲线的起始位置开始；FALSE 为相对坐标，电子凸轮曲线的起始位置以从轴的当前位置开始。

Done：功能块执行完成信号。

Busy：功能块执行中信号。

Error：功能块执行出错。

ErrorID：功能块执行出错的错误代码。

CamTableID：电子凸轮表格，连接 MC_CamTableSelect 功能块的 CamTableID 输出引脚。非周期性电子凸轮如图 1-11 所示。

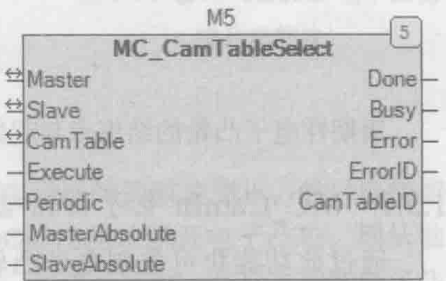


图 1-10 MC_CamTableSelect 电子凸轮表选择功能块

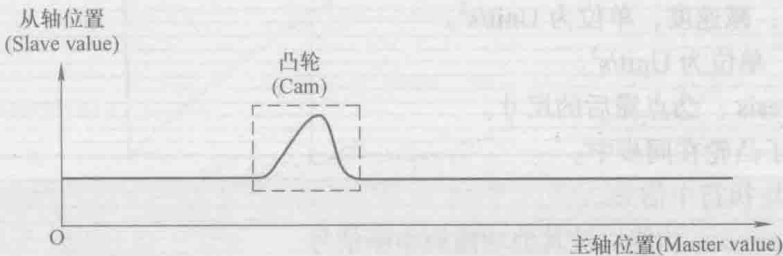


图 1-11 非周期性电子凸轮图

每次触发后只执行一个电子凸轮周期。

电子凸轮的坐标与主从轴的位置不一致时，会导致电子凸轮周期不完整或有相移的现象。周期性电子凸轮如图 1-12 所示。

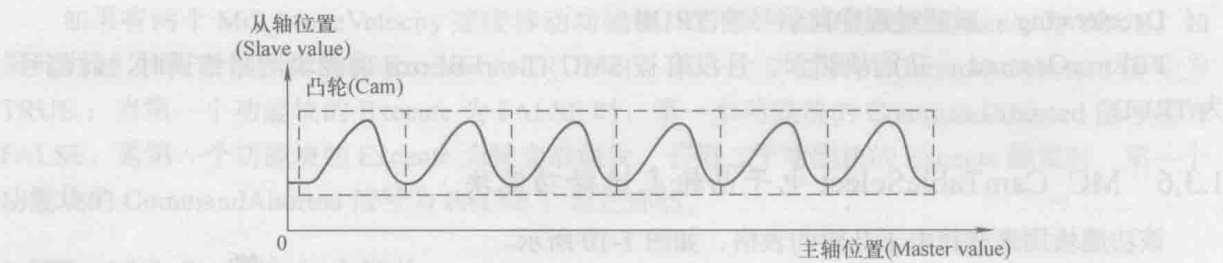


图 1-12 周期性电子凸轮图

周期性电子凸轮的结束点与起始点需要无缝连接，必须保证速度与加速度恒定。

1.3.7 MC_CamIn 电子凸轮啮合功能块

通过此功能块可控制电子凸轮轴的啮合，如图 1-13 所示。

MC_CamIn 功能块的各个引脚定义如下：

Master：主轴。

Slave：从轴。

Execute：触发电子凸轮啮合功能块，上升沿立即生效。

MasterOffset：主轴的偏移量。

SlaveOffset：从轴的偏移量。

MasterScaling：主轴的缩放比例。

SlaveScaling：从轴的缩放比例。

StartMode：启动模式，有绝对坐标模式、相对坐标模式、加速跟踪模式，最常用的是加速跟踪模式，即 ramp_in。

CamTableID：电子凸轮表格，连接 MC_CamTableSelect 功能块的 CamTableID 输出引脚。

VelocityDiff：速度偏差，当主从轴位置在电子凸轮周期中无法匹配时，以该速度进行跟踪。

Acceleration：加速度，单位为 Unit/s^2 。

Deceleration：减速度，单位为 Unit/s^2 。

Jerk：冲量，单位为 Unit/s^3 。

TappetHysteresis：凸点滞后的尺寸。

InSync：电子凸轮在同步中。

Busy：功能块执行中信号。

CommandAborted：功能块被其他功能块中断信号。

Error：功能块执行出错。

ErrorID：功能块执行出错的错误代码。

EndOfProfile：电子凸轮的周期信号，每执行完成一个电子凸轮周期，该信号导通一个扫描周期的时间。

Tappets：凸点的状态数据。

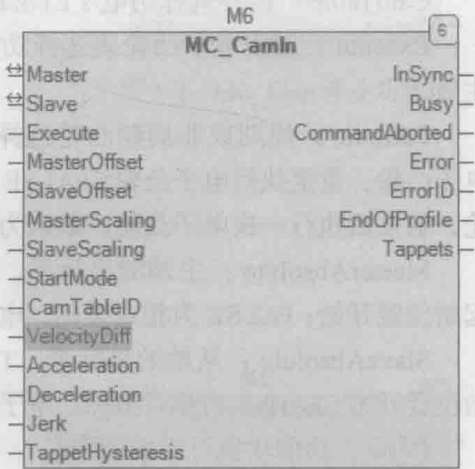


图 1-13 MC_CamIn 电子凸轮啮合功能块