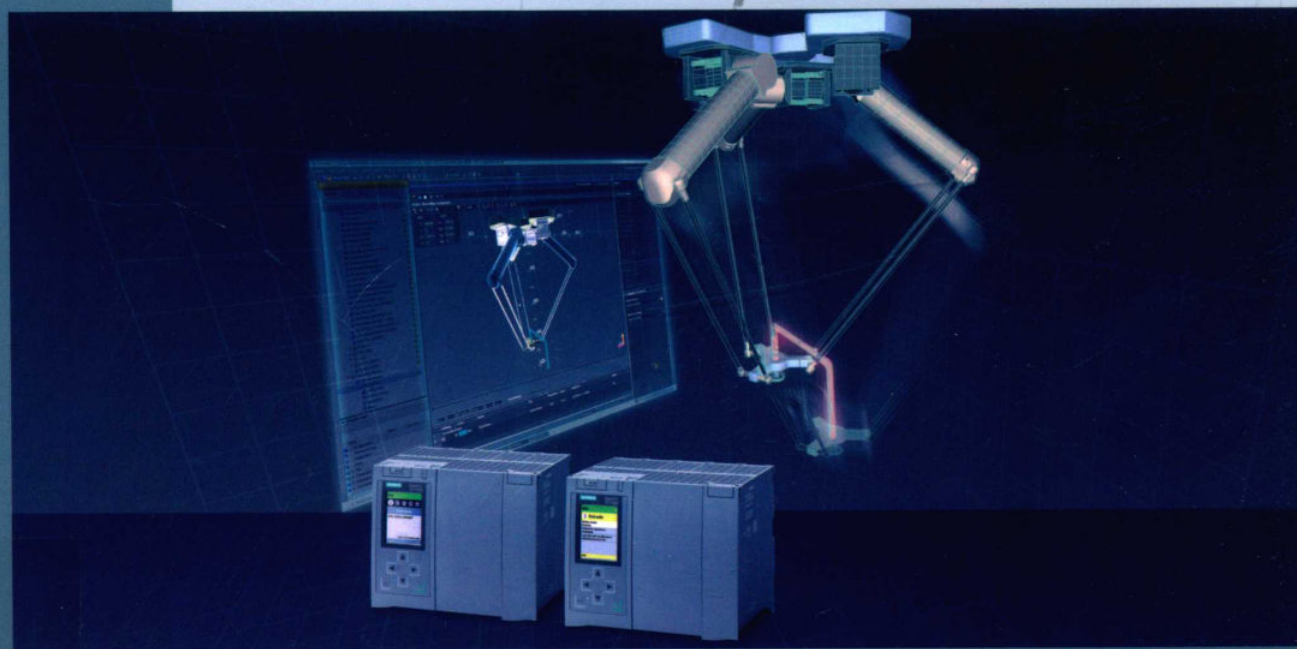


西门子工业自动化技术丛书

深入浅出西门子运动控制器 S7-1500T使用指南

组 编 西门子(中国)有限公司
主 编 张雪亮
副主编 王 薇



西门子工业自动化技术丛书

深入浅出西门子运动控制器 S7-1500T 使用指南

组 编 西门子（中国）有限公司
主 编 张雪亮
副主编 王 薇

机械工业出版社

自动化技术在不断地升级、创新，西门子公司作为自动化领域的领导者，不断地推出新产品和新技术。为了使广大用户更好地学习、掌握和应用西门子运动控制器，特编撰出版此书。

本书主要介绍了学习和使用运动控制器的必备基础知识，第1章介绍了产品的软硬件结构及相关选型工具，典型方案的配置，并且以仿真软件为例进行运动控制编程的初期准备；第2章以PROFIdrive为基础进行通信的操作说明，介绍了西门子公司各种伺服驱动器的组态、优化和配置；第3~6章介绍了各种工艺对象的使用，并且给出了实战案例；第7章介绍了故障安全功能，通过安全运动控制器和驱动器的安全功能结合从而保证人身和设备的安全；第8章以数字化概念为核心，通过多个案例介绍了数字化虚拟调试过程；第9章介绍了常用标准化、模块化的高效程序库。

本书每个章节互相独立、深入浅出、内容完整，并配有大量的例图，便于读者学习和掌握。

本书可供广大工业产品用户、系统工程师、工程技术人员和大专院校相关专业师生阅读，具有较强的实用价值。

图书在版编目 (CIP) 数据

深入浅出西门子运动控制器 S7-1500T 使用指南/张雪亮
主编. —北京: 机械工业出版社, 2019. 4

(西门子工业自动化技术丛书)

ISBN 978-7-111-62440-0

I. ①深… II. ①张… III. ①运动控制—控制器—指南
IV. ①TP24-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 063047 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: 张晓蓉 封面设计: 鞠 杨

责任印制: 张 博

三河市宏达印刷有限公司印刷

2019 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 21.5 印张 · 529 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-62440-0

定价: 98.00 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: 010-88361066

机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: 010-68326294

机工官博: weibo.com/cmp1952

金书网: www.golden-book.com

封面防伪标均为盗版

教育服务网: www.cmpedu.com

序

2013年，自德国推出“工业4.0”概念以来，全球工业领域正在快速进入一个崭新的时代。在第四次工业革命到来之时，我国也在全面提升中国制造业发展质量和水平。随着人口红利的逐渐消失，许多国内企业都面临着全球化制造业加速竞争的挑战：在全球市场中，当低廉的劳动力成本不能再作为“中国制造”的优势标签时，企业对于变革的需求更为迫切，“机器换人”、智能制造必然成为当前中国制造业发展的主旋律。

自动化是实现工业强国的重要前提之一。随着中国日益旺盛的产业升级需求态势，广大的自动化设备厂商、生产企业均对产品和服务提出了更严苛的要求，以期实现更短的上市时间、更大的灵活性、更高的效率以及更好的质量。西门子公司始终以客户面临的挑战为驱动力，凭借卓越的工程技术与创新能力，以领先的电气化、自动化和数字化产品，解决方案和服务，助力中国制造业的智能化转型升级，实现可持续发展。西门子 SIMATIC 作为种类繁多的工业自动化产品中的重要一员，是一个面向所有制造应用和所有行业独有的控制系统。

1958年，SIMATIC 品牌在德国专利局注册商标，之后从第一代 SIMATIC S3 可编程序逻辑控制器到具有突破意义的可编程序 SIMATIC S5，从 S7-300/400 和全集成自动化 TIA 实现横向及纵向集成到 S7-1200/1500 和 TIA 博途平台成为数字化工厂的基石，SIMATIC 控制器已经成为自动化领域不可或缺的产品，为众多用户熟知和喜爱。2016年，在运动控制领域中，SIMATIC 控制器不断创新，随着 TIA 博途 V14 版本的发布，西门子公司推出了全新的工艺型 CPU，SIMATIC S7-1500 T-CPU。它无缝扩展了中高级 PLC 的产品线，在标准型/安全型 CPU 功能基础上，实现了更丰富的运动控制功能。

为了帮助广大用户快速、全面地掌握这一新产品、新技术，我们特别邀请西门子资深工程师编写了这本书。本书在知识结构上突出系统性，在内容上突出实践性，以工程应用为主线，力求概念清晰、叙述简洁、通俗易懂。书中大量实例来自生产实际和服务实践，融汇了作者长期积累的工作经验和研究成果。希望本书能够成为您学习基于 SIMATIC 运动控制器的实用工具书，在此感谢您对西门子品牌一直以来的关注和信赖！

西门子（中国）有限公司
数字化工业集团
工厂自动化生产机械业务总经理
段诚
2019年2月

前 言

随着工业制造生产效率的不断提升，运动控制系统也在快速发展。在经历了从步进控制系统到总线型伺服控制系统等诸多阶段后，当前运动控制已经进入到高速、高精度的数字化控制系统阶段。传统的 PLC 正在适应这种发展，逐步集成了众多的运动控制功能。并且随着以太网在工业领域中的大量应用，传统的脉冲、模拟量控制已经开始向基于以太网的实时通信控制方向进行转换。其它新技术的引入，也使当前的自动化运动控制具有了越来越丰富的功能和属性，例如通过 OPC UA 通信实现标准化行业数据传递、驱动器与电动机通过通信的方式进行数据交换，以及统一的软件平台实现控制器、驱动器和人机界面的集成调试等。

数字化是工业领域发展的新阶段，随着大量的数字化技术与传统自动化技术的快速融合、交汇，数字化的理念逐渐被工业领域所熟悉并且接受。通过机械、电气以及自动化控制的有机结合，运动控制设备展现了蓬勃发展的强大生命力。利用虚拟调试技术极大地缩短了调试时间，利用统一的数字化平台使参与各个调试环节的工程师可以有效地沟通和协作，再加上生产和加工数据的大量采集和分析，使数字化为工业领域带来诸多优势和价值。

为了适应运动控制的发展趋势，为广大客户提供具有数字化基因的高端产品，西门子数字化工业集团于 2016 年推出了新一代基于 PLC 平台的运动控制产品 S7-1500T，它在 PLC 中集成专用的运动控制器内核，适用于所有执行运动控制任务的机器，从简单的调速控制到高性能的多轴协调运动，为众多运动控制任务提供一个简单而灵活的解决方案。通过便于操作的 PLCopen 命令和友好的编程测试环境，可以快速地实现定位、同步以及运动机构控制等功能。为了提高 S7-1500T 的可用性，提高工程师的编程效率并使项目规范化，西门子公司提供了种类丰富的标准化程序库供用户使用，可以缩短工程师编程以及调试的时间，降低了使用和维护难度。目前，S7-1500T 已应用于印刷、包装、纺织、连续物料加工以及金属成型等行业。

本书基于编者多年从事这方面工作的体会，详细介绍了西门子 S7-1500T 的性能特点及应用技术。在内容的编写上力求实用性与先进性并举，避免过多的抽象概念，更加偏重实用性。从产品综述、通信、工艺对象、运动系统功能、扩展功能介绍、安全功能、数字化实践及常用库等多方面为工程应用人员做了全面介绍，是一本非常好的实用型参考书。本书可作为自动化与驱动领域的工程技术人员及高等院校师生的参考书，也可作为培训教材。

本书即将出版之际，特别要感谢西门子（中国）有限公司数字化工业集团工厂自动化生产机械业务总经理段诚先生为本书撰写序言。同时本书还得到了西门子工厂自动化工程有限公司相关领导及众多同事的大力支持和指导。本书主编张雪亮先生，副主编王薇女士，参编人员曹健、赵东晓先生对本书的编写和审核付出了辛勤汗水，在此一并表示深深的谢意！

由于时间紧迫、资料有限，受技术能力及编纂水平所限，难免存在错漏和不足之处。请各位专家、学者、工程技术人员以及广大读者给予批评指正。

西门子（中国）有限公司

数字化工业集团

工业客户服务部总经理

王 飙

2019 年 2 月

目 录

序	
前言	
第 1 章 SIMATIC 西门子 S7-1500T/TF	
高级运动控制器	1
1.1 硬件、工艺模块以及驱动器	4
1.1.1 硬件结构及接口	4
1.1.2 网络架构	6
1.1.3 工艺模块扩展	6
1.1.4 适用各种应用的驱动平台	7
1.2 软件结构、运动控制资源及选型工具	8
1.2.1 存储器	8
1.2.2 组织块	9
1.2.3 运动功能框架	10
1.2.4 运动资源	11
1.2.5 选型工具	12
1.3 常用系统的控制结构	17
1.3.1 PROFIdrive 通信方式	17
1.3.2 模拟量或者脉冲形式	18
1.3.3 典型应用及配置方案	18
1.4 软件环境的准备及与设备的连接	20
1.4.1 博途软件	20
1.4.2 博途软件“Portal 视图”	20
1.4.3 博途软件“项目视图”	20
1.4.4 工具栏和常用快捷键	22
1.4.5 仿真软件 PLCSIM/PLCSIM Advanced	22
1.4.6 基本项目的虚拟调试举例	23
1.4.7 其它相关的选件和工具	27
第 2 章 S7-1500T/TF 与驱动的通信	29
2.1 PROFIdrive 通信	29
2.1.1 应用类别	29
2.1.2 常用报文	30
2.2 PROFINET 通信	31
2.2.1 PROFINET IO 系统	31
2.2.2 PROFINET IO 的 RT 和 IRT	32
2.2.3 等时模式	34
2.2.4 IO 设备的地址	35
2.3 S7-1500T 和 V90 PN 的通信实例	35
2.3.1 V90 PN 硬件组态和优化	35
2.3.2 S7-1500T 与 V90 PN 通信配置和轴配置实例	39
2.4 S7-1500T 和 S210 通信实例	44
2.4.1 S210 硬件组态和优化	44
2.4.2 S7-1500T 与 S210 通信配置和轴配置实例	48
2.5 S7-1500T 和 S120 (基于 Startdrive 软件) 通信实例	53
2.5.1 S120 硬件组态和优化	53
2.5.2 S7-1500T 与 S120 通信配置和轴配置实例	58
第 3 章 速度轴和定位轴	63
3.1 轴的基本概念	63
3.1.1 速度轴	64
3.1.2 定位轴	64
3.1.3 创建轴以及轴的基本参数	65
3.2 轴的驱动装置设置	67
3.3 轴及编码器机械参数的设置	70
3.3.1 测量编码器数据的设置	70
3.3.2 机械参数的设置	72
3.4 动态默认值	73
3.5 急停	74
3.6 位置限制的设置	75
3.6.1 位置限制	75
3.6.2 动态限制	76
3.6.3 扭矩限制	77
3.6.4 固定停止检测	79
3.7 回零	79
3.7.1 主动回零	80
3.7.2 被动回零	82
3.7.3 直接回零 (设置回零位置)	83
3.7.4 绝对值编码器校正	84
3.7.5 回零状态位的复位	84

3.8 轴的位置监视功能	85	5.1.5 运动机构的运动类型	146
3.9 轴的控制回路	87	5.1.6 运动机构的多个运动衔接	147
3.9.1 动态伺服控制功能	87	5.1.7 运动机构的区域监视	150
3.9.2 控制回路	88	5.1.8 运动机构工艺对象的配置	152
3.10 运动控制基本命令编程	89	5.2 运动机构的调试	158
3.10.1 运动控制命令和时序	89	5.2.1 运动机构的控制面板	158
3.10.2 轴的使能与停止命令	91	5.2.2 运动机构的轨迹	158
3.10.3 速度轴和定位轴的控制命令	92	5.3 运动机构编程	159
3.10.4 轴的扭矩限制及运行到固定 挡块命令	94	5.3.1 运动状态和剩余距离	160
3.11 工艺对象报警的查询与处理	96	5.3.2 中断、继续、停止和复位 运动机构	160
3.12 使用 Trace 功能跟踪记录工艺对象 的状态	99	5.3.3 运动区域	160
3.13 练习 1: S7-1500T 速度及定位控制 项目的创建和组态	105	5.3.4 工具	161
第 4 章 同步轴	111	5.3.5 坐标系的设置	161
4.1 电子齿轮同步功能	112	5.3.6 指令缓冲区的设置	161
4.1.1 相对电子齿轮同步 (“MC_GearIn”)	112	5.4 练习 4: 通过路径插补命令画 “S”曲线	162
4.1.2 绝对齿轮同步(“MC_GearInPos”)	114	第 6 章 扩展功能	171
4.1.3 练习 2: S7-1500T 齿轮同步项目 的创建和配置	117	6.1 外部编码器	171
4.2 电子凸轮同步功能	121	6.1.1 外部编码器支持的硬件	171
4.2.1 电子凸轮编辑工具	121	6.1.2 通过工艺模块(TM)连接 编码器	172
4.2.2 电子凸轮同步功能	121	6.1.3 通过 PROFINET/PROFIBUS (PROFIdrive) 通信连接 编码器	175
4.2.3 练习 3: S7-1500T 凸轮同步项目 的创建和配置	132	6.1.4 通过驱动连接编码器	176
4.3 实际值耦合(引导轴为实轴或者 编码器)	136	6.2 测量输入	179
4.3.1 实际值耦合参数	137	6.2.1 支持测量输入功能的硬件	179
4.3.2 预推断参数的计算	138	6.2.2 测量输入功能	180
4.4 解除同步	139	6.2.3 用 ET200SP TM Timer DIDQ 作为测量输入的组态	181
4.5 其它同步命令和功能	140	6.2.4 用 SINAMICS S120 CU 上的快 速输入(带时间戳功能)作为 测量输入的组态	185
4.5.1 静止时进行同步以及维持同步 关系的方法	140	6.2.5 测量输入工艺对象的配置 步骤	187
4.5.2 读取凸轮曲线的数值	140	6.2.6 测量输入命令	190
第 5 章 S7-1500T 运动机构功能	142	6.2.7 练习 5: S7-1500T 测量输入 在切标机中的应用	191
5.1 运动机构工艺对象的基本概念	142	6.3 输出凸轮和凸轮轨迹	195
5.1.1 运动机构工艺对象的基本 工作原理	142	6.3.1 输出凸轮和凸轮轨迹使用 的硬件	195
5.1.2 坐标系的基本知识	143	6.3.2 输出凸轮及凸轮轨迹的功能	196
5.1.3 运动机构的类型	144		
5.1.4 运动机构的正逆变换	145		

6.3.3	用 ET200SP TM Timer DIDQ 作为 输出凸轮的组态	199	9.1.2	库文件的使用示例	272
6.3.4	用数字量输出模块作为输出 凸轮的组态	203	9.2	与驱动的非周期性通信功能库 (LAcycCom)	275
6.3.5	输出凸轮及凸轮轨迹工艺对象 的配置步骤	203	9.2.1	库中的功能块	275
6.3.6	输出凸轮及输出凸轮轨迹 的命令	207	9.2.2	库文件的使用示例	275
6.3.7	练习 6: S7-1500T 电子齿轮 同步及输出凸轮的应用	208	9.3	驱动控制功能库 (Drive_Lib)	280
第 7 章	故障安全功能	212	9.3.1	库中的功能块	281
7.1	故障安全规范	212	9.3.2	库文件的使用示例	281
7.2	实现机械安全的步骤	212	9.4	动态生成 Cam 曲线的功能库	283
7.3	驱动器的安全功能	213	9.4.1	通过编程动态生成 Cam 曲线	283
7.3.1	基本安全功能	214	9.4.2	库文件的使用示例	284
7.3.2	扩展安全功能	215	9.5	飞锯功能库	287
7.3.3	高级安全功能	217	9.6	色标修正功能库	290
7.4	安全 PLC	217	9.7	收放卷及张力控制功能库	293
7.5	基于 PROFIsafe 实现安全功能 的步骤	218	9.8	运动机构的控制功能库	293
7.5.1	配置驱动器和安全 PLC	218	9.8.1	运动机构控制功能库的应用	293
7.5.2	配置驱动安全控制报文和 编写安全控制程序	222	9.8.2	HMI 运动机构手动控制模板	294
7.5.3	配置驱动器的安全功能	224	9.9	常见问题	296
7.5.4	测试安全功能	226	9.9.1	“MC_Power” 使能出错	296
第 8 章	S7-1500T 虚拟调试功能	229	9.9.2	S120 电源模块通过通信启动	296
8.1	虚拟调试功能	229	9.9.3	驱动速度环优化和轴位置 环优化	297
8.2	MCD 的应用	230	9.9.4	编程规范及特定的编程模板	299
8.3	虚拟调试应用案例一: 定位控制 的仿真	236	9.9.5	在线修改配置参数	302
8.4	虚拟调试应用案例二: 电子凸轮 曲线的 MCD 仿真	240	第 10 章	参考资料及下载资料	304
8.5	虚拟调试应用案例三: 运动机构 功能的仿真	246	10.1	常用应用库下载链接	304
8.6	虚拟调试应用案例四: 两个虚拟 PLC 的数据交叉链接	252	10.2	S7-1500T Motion Control 常用 下载链接	306
8.7	虚拟调试应用案例五: SIMATIC Machine Simulator 虚拟调试软件包	256	10.3	S7-1500T 轴数据块常用变量	306
第 9 章	常用库	270	10.4	组态用于运动控制的工艺模块	307
9.1	轴控制功能库 (LAxisCtrl)	270	10.4.1	TM Count 1 × 24V/TM Count 2 × 24V 模块	308
9.1.1	库中的功能块	271	10.4.2	TM PosInput 1/TM PosInput 2 模块	310
			10.4.3	TM Timer DIDQ 10 × 24V/TM Timer DIDQ 16 × 24V 模块	311
			10.4.4	TM Pulse 2 × 24V 模块	313
			10.4.5	TM PTO 4 模块	314
			10.5	常见故障和常见问题的处理 方法	316

第 1 章 SIMATIC 西门子 S7-1500T/TF 高级运动控制器

高级运动控制器

随着制造业的快速升级，降低人工成本和缩减制造成本的需求与日俱增。巨大的竞争压力促使自动化和驱动技术以及运动控制技术不断发展。在机械制造领域中，尤其是以运动控制为主的机器，旧有设备内的机械运动以往是依靠机械元件完成的，如齿轮、凸轮机械等。这意味着，即使是一个很小的功能变化或者增加额外的功能，都需要更换机械元件，更新机械结构，甚至重新进行机械设计等工作。同时，由于机械磨损在所难免，会使系统控制精度逐渐降低，并且还需要准备大量的机械备件库存。与此同时，日益激烈的市场竞争要求生产机械能够生产出多样化、高质量的产品以及具有更高的产能，这会使生产机械的运动愈发复杂，对机械的运行速度及控制精度的要求越来越高，而传统的生产机械无法满足这些要求。因此，利用电气设备替代机械结构，这种机电一体化的技术在工业领域得到了广泛的应用，如图 1-1 所示。

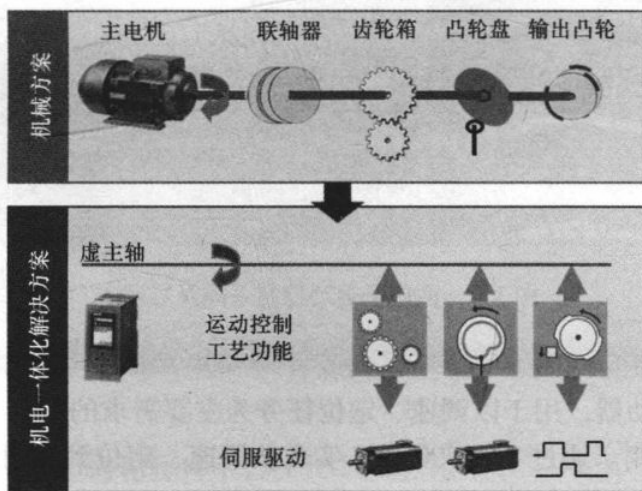


图 1-1 用运动控制系统替代传统机械的解决方案

机电一体化技术的发展，带动了以伺服电动机为主的运动控制系统的蓬勃发展，利用伺服产品对传统设备进行升级改造是大势所趋。因为利用伺服驱动器和伺服电动机可以实现快速的运动控制，满足各个行业对运动控制的需求，如包装机、弯管机、拉丝机、套标机、拧紧机、绕线机和印刷机等生产机械。

为了顺应制造业的转变，传统的可编程序控制器（PLC）也进行了升级和改进，除了执行基本的逻辑控制任务和通信任务之外，还要执行多种多样的运动控制任务，以满足在机械自动化任务中越来越多、越来越复杂的运动控制需求，如速度控制、定位控制、多轴之间的同步控制等功能。西门子公司推出的基于 PLC 平台的 SIMATIC S7-1500T/TF 高级运动控制器（以下简称 S7-1500T/TF），它在 PLC 中集成专用的运动控制器内核，适用于所有执行运动控制任务的机器，从简单的调速控制到高性能的多轴协调运动机构，为众多运动控制任务

提供了一个简单而灵活的解决方案。这种将运动控制、PLC 和工艺控制三种功能组合在一起的运动控制产品可以降低工程组态开销，提高机器性能，同时也节省了各个控制部件之间的数据传输时间，便于对整个机器进行统一、透明地编写程序和诊断。通过便于操作的 PLCopen 命令和友好的编程测试环境，可以快速地实现定位、同步以及运动机构控制等运动控制功能。

1. 西门子运动控制产品介绍

最新一代 S7-1500T/TF 控制器是为最终用户、设备制造商和项目调试工程师提供的一个灵活、快速、精确且易于使用的产品。基于统一的 TIA 博途软件平台，能够实现从基本的逻辑控制到复杂的运动控制的高效编程，可以满足当前工业领域的各种需求。除了 S7-1500T/TF 控制器外，西门子公司还提供了不同层级的运动控制产品（见图 1-2），以满足不同的运动控制功能需求，简要说明如下：

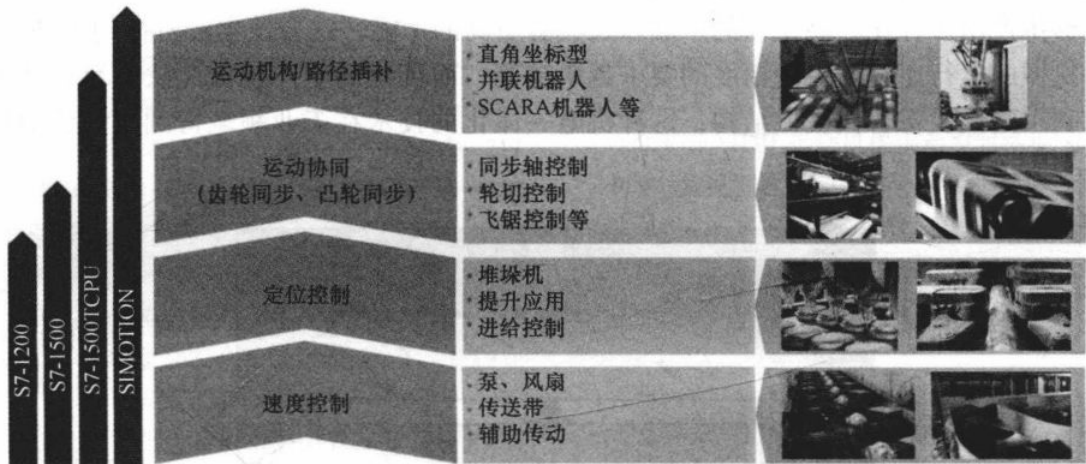


图 1-2 西门子运动控制系统及应用

1) 基本的运动控制。通过 S7-1200 系列或者 S7-200 SMART PLC 以脉冲或者 PROFINET RT 通信的方式连接驱动器，用于以调速、定位任务为主要需求的场合。

2) 中端的运动控制。通过 S7-1500 PLC 实现从调速、定位到相对同步（不指定具体同步的位置）的运动控制功能。

3) 中端到高端的复杂运动控制。中端到高端的复杂运动控制任务可以使用 S7-1500T/TF 或者 SIMOTION 系列产品，除了调速、定位、相对同步之外还增加了绝对同步、凸轮同步以及运动机构控制功能。从功能上来看，SIMOTION 产品具有灵活、全面的命令库以及难以置信的开放度。而 S7-1500T/TF 运动控制器产品则是借助于博途平台，从友好、易用的角度提供与 SIMOTION 基本相同的功能。如图 1-3 所示。

通过涵盖各个层级的丰富产品线，用户可以根据需求来选择相应的运动控制产品。除了种类丰富的运动控制产品外，还有针对各个行业的多种解决方案。利用标准应用程序和统一的库文件可以大大减少设备制造商的工程量，使项目更加规范，为设备的未来发展和优化提供了强大助力，在本书第 9 章和第 10 章中进行具体的库功能介绍。

2. S7-1500T/TF 系列产品的特点

S7-1500T/TF 系列产品有六大特点，如图 1-4 所示。

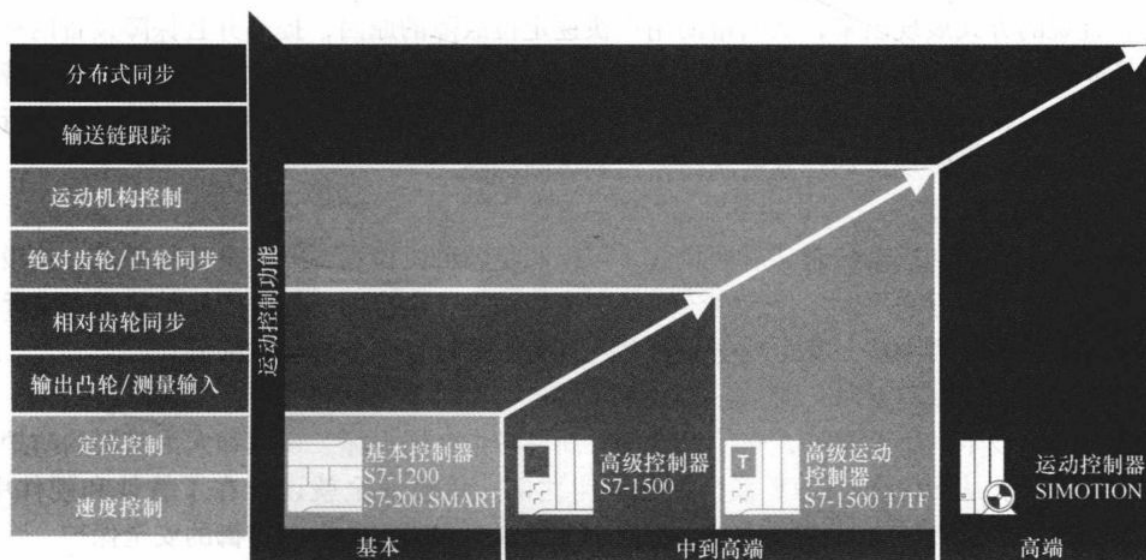


图 1-3 西门子运动控制器功能及性能

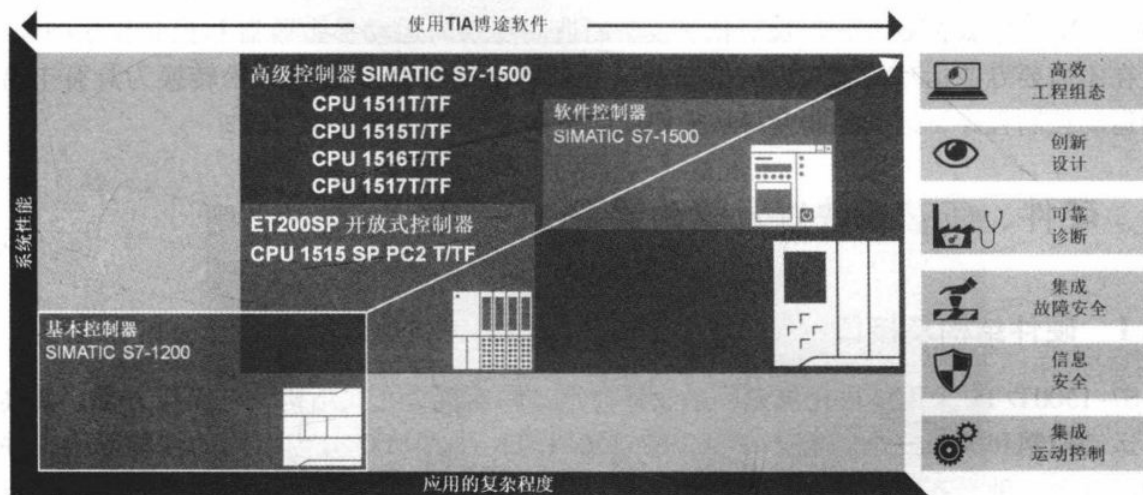


图 1-4 产品六大特点

(1) 优化的高效软件架构和硬件平台

众所周知，一个高效的软件架构和稳定的硬件平台是实现可靠的自动化控制的基础。在 TIA 博途软件平台这个统一架构下实现运动曲线的规划、运动状态监控，运动程序库的移植和复用，驱动产品的快速调试等功能。统一的数据共享用于快速开发人机界面（HMI），符合国际标准的 PLCopen 编程语言，使学习和使用此产品的工程师快速上手。

(2) 创新的设计

利用西门子 PLM 软件 NX 的 MCD（机电一体化概念设计）功能模块与 PLC 仿真软件（PLCSIM Advanced）进行集成互联，实现所有的运动控制功能在控制器层面和 3D 机械模型之间进行仿真和测试；通过图形化的凸轮设计软件，可以在曲线设计的同时对转矩的大小和速度进行分析，从而避免机械振动；在博途软件中集成了运动机构 3D 运行轨迹的监控，便于各种多轴协同机械的设计和调试。

(3) 可靠的诊断

一套自动化控制系统仅实现功能是远远不够的，将生产过程中的故障报警等状态信息以

方便、直观的方式展现出来，从而帮助用户快速定位故障的原因，提高并且保障设备的利用率也是非常重要的。利用 S7-1500T/TF 控制器以及博途的统一诊断机制，故障诊断报警可以自动地显示在 HMI 上。同时在产品内部集成了网络服务器功能，可以通过浏览器进行监控和操作，还可以实现运动控制的状态监控和诊断功能。

(4) 故障安全集成

通过安全功能和运动控制功能的集成，可以满足各种机械设备的安全功能需求，使设备的安全保护达到国际水平。不仅有利于产品的出口销售，也有助于提升产品的机械安全保护等级。从长远的角度来看，安全功能是自动化设备重要而且必备的组成部分。

(5) 信息安全

随着网络技术的不断发展，在信息安全方面，防止数据损坏、窃取和人为错误的防护变得越来越重要。从 S7-1500T/TF 系列产品诞生之际，信息安全就设计在了软件和硬件中，不仅能实现各个层级的人员权限管理，而且还可以实现多层次的纵深防御的安全保护。

(6) 强大的运动控制功能

最为重要的是强大的运动控制功能，通过 TIA 博途软件平台友好的参数化配置界面，使用简便的 PLCopen 命令库，不仅简化了设备制造商复杂的运动参数配置和控制程序的编写，而且在不需要专业运动控制知识的情况下就可以将原有的 PLC 程序轻松转换为具有丰富功能的运动控制程序，运动控制变得从未如此简单！

1.1 硬件、工艺模块以及驱动器

1.1.1 硬件结构及接口

S7-1500T/TF 采用模块化与无风扇设计技术，易实现分布式结构，且操作方便。集高性能、运动控制和故障安全功能于一身，S7-1500T/TF 系列 PLC 分为不同的性能等级，并配有功能众多、种类齐全的模块，用户随时可以使用各种类型的模块对控制器的功能进行扩充，控制器的外观和布局如图 1-5、图 1-6 所示。在故障安全应用中，可以使用支持安全功能的 S7-1500TF 系列 PLC。S7-1500T/TF 系列 PLC 的电磁兼容性好、抗冲击和振动能力强，有很强的工业适应性。S7-1500T/TF 的防护等级为 IP20，建议安装在控制柜中。

图 1-5 中指示灯指示 PLC 当前操作模式和诊断状态（1 左至右依次为 RUN/STOP 运行状态灯、ERROR 出错指示灯和 MAINT 需要设备维护的状态指示灯）。通过前面板 2 可以读取产品信息、查看接口 IP 地址、获得诊断状态、修改接口的 IP 地址及复位等操作。显示屏 3 支持显示中英文并且支持自动息屏等功能。4 为前面板的操作功能按键。5 为 PROFIBUS 接口的前面板（仅 1516、1517T/TF 产品有此接口）。

图 1-6 中，通过模式开关 1 实现 PLC 的启动停止操作。LED 指示灯 2 暂无功能。仅 1516、1517T/TF 产品有 PROFIBUS 接口（X3）。PROFINET IO 接口（X2）6 为单端口，仅支持 PROFINET RT 实时通信功能。PROFINET IO 接口（X1）7 是具有双端口的交换机，支持 PROFINET RT/IRT 等实时通信功能，使用 X1 接口进行运动控制通信。8 为设备的 MAC 地址。9 为 PROFINET 接口 X1 和 X2 的 3 个端口连接和通信状态的 LED 指示灯。S7-1500T/TF 系列 PLC 必须有存储卡才可以使用，10 为 SIMATIC 存储卡的插槽。指示灯 12 是 PLC 当前操

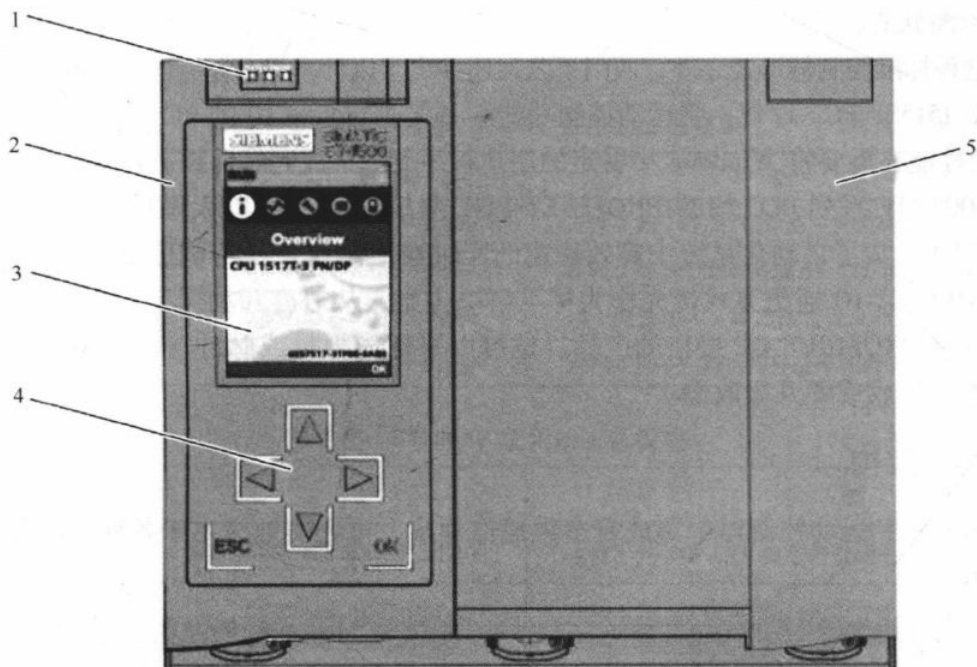


图 1-5 S7-1500T/TF PLC 的外观

1—指示灯 2—前面板 3—显示屏 4—控制键 5—PROFIBUS 接口的前面板

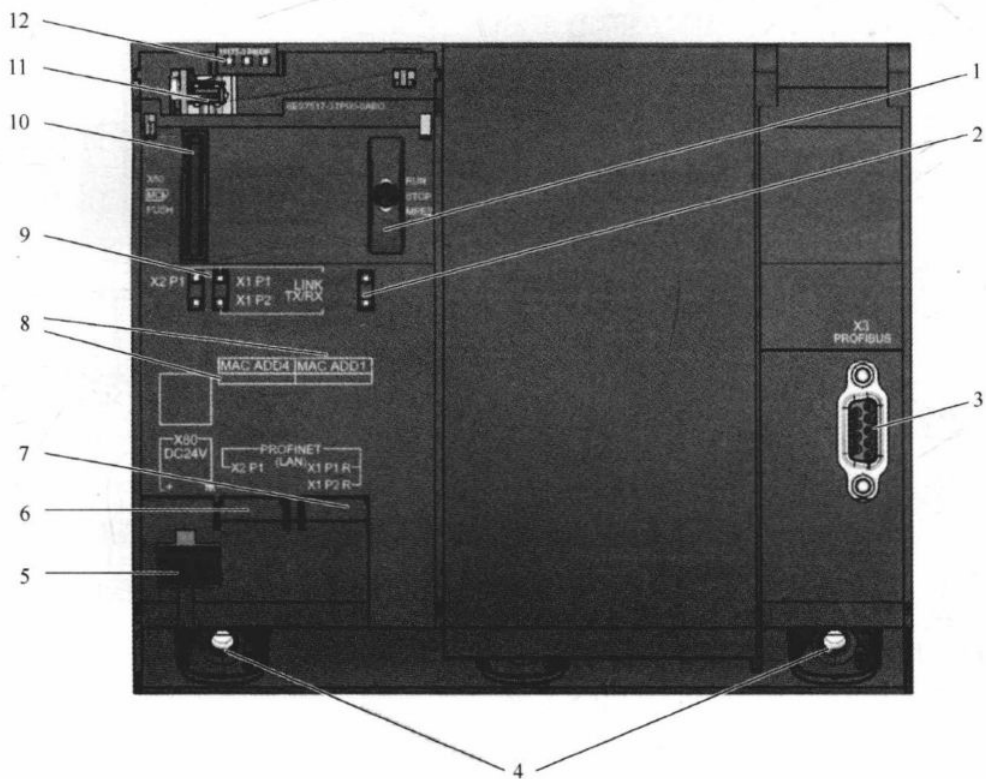


图 1-6 不带前面板的模块正视图

1—模式开关 2—LED 指示灯 3—PROFIBUS 接口 (X3) 4—固定导轨螺钉 5—24V 电源电压连接器
6—PROFINET IO 接口 (X2) 7—PROFINET IO 接口 (X1) 8—MAC 地址 9—PROFINET 接口指示灯
10—SIMATIC 存储卡的插槽 11—显示屏连接接口 12—LED 指示灯

作模式和诊断状态的 LED 指示灯。

除了这种标准控制器形式之外，西门子公司还推出了以计算机为基础的 ET200SP 开放式控制器产品 CPU 1515SP PC2 T/TF，将运动控制功能和基于 Windows 10 的 PC 系统完美的集成在一起，优异的性能在需要将 Windows 中特定的用户程序无缝集成到软件控制器中时尤为彰显。

S7-1500T/TF 系列 PLC 均有 PROFINET 以太网接口，基于以太网的自动化技术标准，PROFINET IO 定义了自动化系统中高效稳定的实时通信协议。在与伺服驱动器进行连接时，建议将 PROFINET IO 通信方式优先作为标准解决方案，从兼容和利用旧有设备的角度出发，可以选择具有 PROFIBUS DP 接口的产品。也可以采用模拟量或脉冲接口，方便对旧有的方案和产品进行集成或者升级改造。

1.1.2 网络架构

S7-1500T/TF 运动控制器中集成有多种通信标准，可完美地应用于各种自动化层级，如图 1-7 所示。

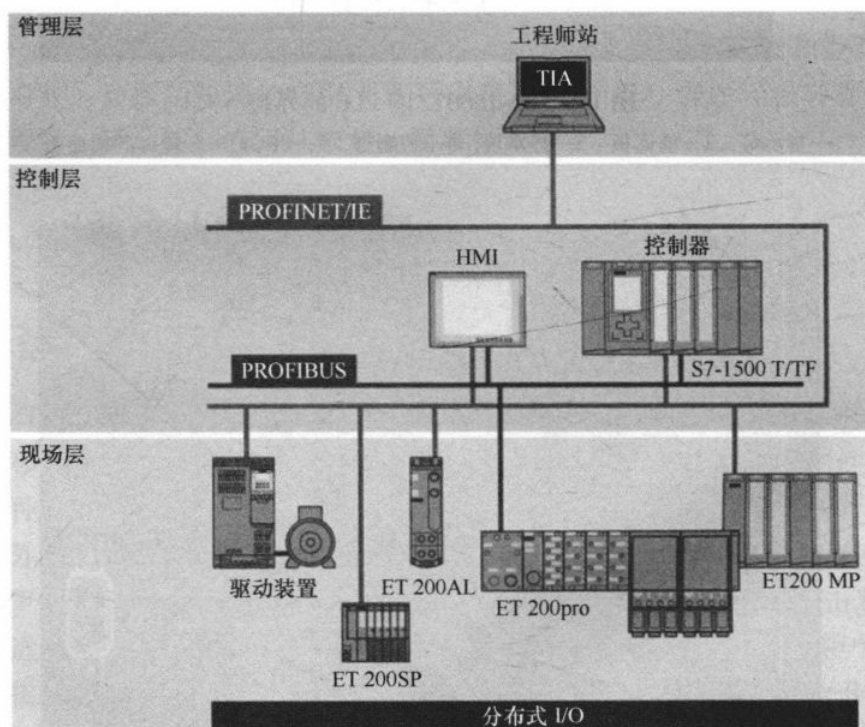


图 1-7 S7-1500T/TF 网络架构

S7-1500T/TF 网络架构有以下三种方式：

- 1) PLC 通过 PROFINET 或 PROFIBUS 现场总线，连接伺服驱动装置和分布式 IO。
- 2) 模块可直接安装到 PLC 机架上，也可以安装在分布式 I/O 系统中。
- 3) 使用集成安全功能的 S7-1500TF PLC 和支持故障安全功能的 IO 模块，可以实现各种安全功能。

1.1.3 工艺模块扩展

PLC 可以通过扩展各类工艺模块完成多种工艺任务，如果将工艺模块用于运动控制，

必须对工艺模块及 PLC 进行参数及工艺对象的组态。用于计数、测量和定位的各种工艺模块型号见表 1-1 和表 1-2。

表 1-1 S7-1500/ET200MP 使用的工艺模块

S7-1500/ET200MP	订 货 号	功 能
TM Count 2 × 24V	6ES7 550-1AA00-0AB0	连接 2 路 24V HTL 类型增量编码器
TM PosInput2	6ES7 551-1AB00-0AB0	连接 2 路 SSI 绝对值或 5V TTL 增量类型编码器
TM Timer DIDQ 16 × 24V	6ES7 552-1AA00-0AB0	用于测量输入、输出凸轮以及凸轮轨迹工艺对象
TM PTO4 16 × 24V	6ES7 553-1AA00-0AB0	连接 4 路 5V TTL 差分信号或者 24V 脉冲输出信号

表 1-2 ET200SP 使用的工艺模块

ET 200SP	订 货 号	功 能
TM Count1 × 24V	6ES7 138-6AA00-0BA0	连接 1 路 24V HTL 类型增量编码器
TM PosInput1	6ES7 138-6BA00-0BA0	连接 1 路 SSI 绝对值或者 5V TTL 增量类型编码器
TM Timer DIDQ 10 × 24V	6ES7 138-6CG00-0BA0	用于测量输入、输出凸轮以及凸轮轨迹工艺对象
TM Pulse 2 × 24V	6ES7 138-6DB00-0BB1	2 路 PWM (脉宽调制) 输出, 可以与驱动装置连接

如果要工艺模块与运动控制结合使用, 必须组态参数, 每一种模块组态参数的说明请参考第 10.4 节说明。

1.1.4 适用各种应用的驱动平台

为了满足不同的应用需求, 西门子公司提供了种类丰富的驱动系列产品, 如图 1-8 所示。从简单定位到数控加工, 从风机泵类到动态伺服系列产品。种类丰富的驱动产品与 S7-1500T/TF 运动控制器结合, 以可靠的品质为自动化设备的长期高效运行做好了准备。

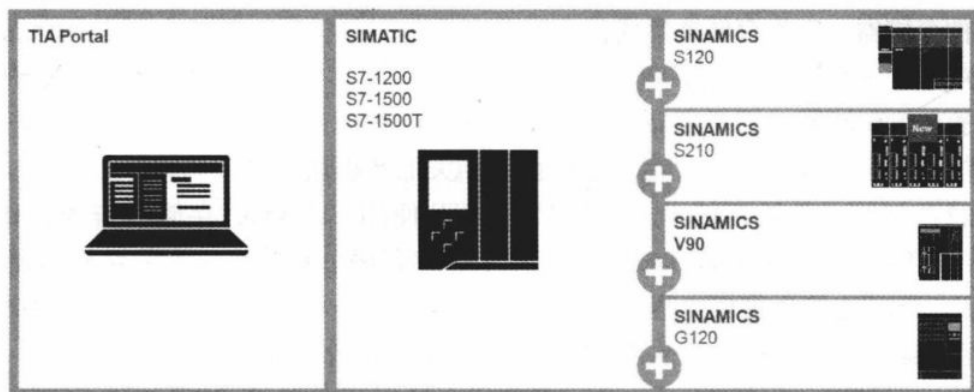


图 1-8 多种类型的驱动满足多种需求

1. SINAMICS V90 伺服驱动系统

作为 SINAMICS 驱动系列中的单轴驱动产品, SINAMICS V90 伺服驱动和 SIMOTICS S-1FL6 伺服电动机组成了性能优化、易于使用的伺服驱动系统。8 种驱动类型, 7 种不同的

电动机轴高规格，功率范围从 0.05 ~ 7.0kW 以及单相 220V 和三相 380V 的供电系统，使其广泛用于各行各业，如定位、传送、收放卷等设备，同时该伺服系统可以通过在博途软件中安装 HSP 的形式与 S7-1500T/TF 进行完美配合，实现丰富的运动控制功能。

2. SINAMICS S210 伺服驱动系统

此系列为单轴 AC/AC 驱动器，具有扩展的安全功能、便利连接的特性和优异的运动控制性能，专为高动态运动控制应用而设计。伺服驱动系统包括 SINAMICS S210 伺服驱动器、SIMOTICS S-1FK2 伺服电动机（提供紧凑或高动态版本），以及电动机和驱动器之间的专用“单电缆连接”。配合 S7-1500T/TF 控制器执行运动控制任务，如定位、同步以及运动机构控制功能。

3. SINAMICS S120 伺服驱动系统

作为 SINAMICS 系列驱动产品的高性能驱动器，SINAMICS S120 是适用于机械设备制造领域的高性能模块化驱动系统。SINAMICS S120 面向广泛的工业应用，提供单轴和多轴驱动，支持多种类型的电动机，并且依托良好的扩展性和灵活性，是满足日益增长的多轴和高性能需求的顶级产品。在驱动器内部，支持 DCC 编程功能，可以快速实现定制的驱动解决方案。

4. SINAMICS G120 变频驱动系统

SINAMICS G120 通用型驱动器是 SINAMICS 驱动器系列的重要组成部分，采取模块化设计，具有安装高度友好和维护极其便利的特性。0.37 ~ 630kW 的大功率范围可满足各种调速应用的需求。

1.2 软件结构、运动控制资源及选型工具

1.2.1 存储器

S7-1500T/TF 存储器的结构如图 1-9 所示。

S7-1500T/TF 存储器主要由以下几部分组成：

1) 工作存储器。工作存储器集成在 PLC 中，不能进行扩展，是掉电不保持存储区，相当于计算机的内存，断电后数据无法保存。在 PLC 中，工作存储器又划分为以下两个存储区域：

- ① 程序工作存储器：用于存储与运行系统相关的程序代码。
- ② 数据工作存储器：用于存储与运行系统相关的数据块。

2) 装载存储器（外置存储卡）。S7-1500T/TF 使用 SIMATIC 存储卡作为程序存储器，是掉电保持存储器，相当于计算机的硬盘，用于存储程序、数据块、工艺对象和硬件配置数据。计算机与 PLC 连接后将用户程序传输到 PLC，这就是将用户程序写入到 SIMATIC 存储卡（装载存储器）中。PLC 只有插入 SIMATIC 外置的存储卡后，才能操作使用。

3) 保持性存储器。保持性存储器集成在 PLC 中，当 PLC 停止或电源故障后重新启动时，其数据值仍然保留。以下数据或对象可以定义为保持性数据：

- 全局数据块的变量。
- 函数块中背景数据块的变量。
- 位存储器（M 区）、定时器和计数器。
- 工艺对象中的变量（例如，绝对值编码器的调整值）无需定义始终具有保持性。