

PLC技术综述

A Technical Review on PLC

(北京大学) 吕卫阳



吕卫阳 (1968-)

男，1968年生，副教授，博士。北京科技大学机械电子工程系。主要研究方向：机电控制及自动化。

摘要：本文介绍了PLC的功能特点、应用领域和发展趋势。PLC已经成为当今工业自动化与企业信息化的支柱产品。

关键词：PLC；特点；应用；趋势

Abstract: The characteristic, application and trend of PLC are introduced in this paper. Nowadays, PLC has become the main production of industrial automation and enterprise information.

Key Words: PLC; Characteristic; Application; Trend

可编程逻辑控制器（PLC，Programmable Logic Controller）是以微处理器为核心的一种工业控制装置，它综合了计算机技术、自动控制技术和网络通信技术，逐渐成为当代工业控制领域的支柱产品。随着现代工业生产自动化水平的日益提高和微电子技术的飞速发展，PLC已经成为功能完备的自动化系统，并且在相关行业得到了广泛的应用。

1 什么是PLC

国际电工技术委员会（IEC，International Electrotechnical Commission）对PLC进行了明确的定义：

“PLC是一种数字式电子系统，专门为在工业环境应用而设计。PLC采用可编程的存储器，用来在其内部存储程序，执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等功能的面向用户的指令，并通过数字式或模拟式的输入和输出，控制各种类型的机械或生产过程。PLC及其相关外部设备，都应按照易于与工业控制系统联成一个整体、易于扩展其功能的原则而设计。”从上述定义可知，PLC可以完成程序的存储和指令的执行，从而进行信息的处理，实现从输入信号到输出信号的变换。但是，PLC的最终目的是用于控制机械设备或生产过程。所以从实质上讲，PLC是一种应用于工业环境的专用计算机系统。

2 PLC的功能特点

作为一种新型的工业自动控制装置，PLC之所以能够得到迅速的发展和广泛的使用，是因为PLC具有通用计算机所不及的许多特点。

2.1 功能丰富

PLC有高速工作的CPU、丰富的指令系统、各种各样的I/O接口和通信接口、大容量的内存、可靠的操作系统，因而具有丰富的功能。

(1) 信号采集功能。可以采集开关量信号、模拟量信号和脉冲量信号。

(2) 输出控制功能。可以输出开关量信号、模拟量信号和脉冲量信号。

(3) 逻辑处理功能。可以进行各种位、字节、字、双字等的逻辑运算。

(4) 数据运算功能。可以进行各种类型的整数运算和实数运算。

(5) 定时功能。可以进行延时或定时控制，时间可以精确到毫秒。

(6) 计数功能。可以进行计数控制，高速计数频率可以达到数百kHz。

(7) 中断处理功能。可以实现内部中断和外部中断，提高对输入的响应速度与精度。

(8) 存储功能。可以存储程序和数据，并且可以使得这些数据在掉电时不丢失。

(9) 网络通信功能。采用专用的网络通信模块，可以实现远程控制。

丰富的功能为PLC的广泛应用提供了可能，同时也为工业系统的自动化、远程化、信息化和智能化创造了条件。

2.2 性能可靠

工业生产对电气控制设备可靠性的要求非常高，应当具有很强的抗干扰能力，能够在很恶劣的环境下长期连续可靠地工作，平均无故障时间长，故障修复时间短。而PLC是专为工业控制设计的，能够适应工业现场的恶劣环境。在PLC的设计和制造过程中，采取了一系列提高可靠性的措施，使PLC的平均无故障时间可达数万小时，有些优质品牌的产品更高达几十万小时。

绝大多数用户都将可靠性作为选取控制装备的首要条件。用户选用PLC原因的调查报告指出，在各种选用PLC的原因中，第一位的原因是PLC的可靠性高，其次才是性能和维修方便等原因。可见，高可靠性是PLC的最突出的特点。

多年使用PLC的经验也说明，PLC工作是非常可靠的。正在使用的PLC，往往不是由于PLC损坏而被淘汰，而是由于PLC技术发展太快，由于技术落后而被淘汰。

PLC的可靠性高，主要是因为PLC在硬件和软件两个方面均采取了一系列有效的措施。

(1) 选用性能的优良的开关电源，对采用的电子器件进行严格的筛选，对印刷电路板的设计、加工及焊接都采取了极为严格的工艺措施。

(2) 采用合理的系统结构与制造工艺，加固和简化安装，具有较强的抗振动、抗冲击、耐高温、耐低温等能力。

(3) 采用软件代替传统继电器控制系统中大量的中间继电器和时间继电器，只剩下与输入和输出有关的少量硬件，使得接线大大减少，因触点接触不良而造成的故障大为减少。

(4) 对输入信号进行滤波，普通输入端口采用RC滤波器，高速输入端口采用数字滤波器，实现对高频干扰信号的滤波作用。

(5) 输入输出电路与内部CPU电路之间采用光电隔离，使得工业现场的外部电路与PLC的内部电路之间实现电气上隔离。其信息依靠光耦器件或电磁器件进行传递。同时，CPU还具有抗电磁干扰的屏蔽措施，可确保PLC程序的运行不受外界的电磁干扰。

(6) 内部各模块均采用电磁屏蔽措施，以防外界辐射干扰。有很多这样的实例，原来是用计算机的采集卡采集数据，由于干扰大而无法正常工作，而改换用PLC后，则立即可以正常工作。

(7) PLC的工作方式一般为扫描方式和中断方式，这样既

可以保证能够实现有序和确定的控制作用，又可以处理各种中断请求，从而保证了对应急情况的及时响应，使PLC能够可靠地工作。

(8) 设置了系统运行监控程序，一旦程序出现了死循环，使之能够立即跳出、系统启动并发出报警信号。系统运行监控程序可保证PLC的用户程序正常运行，避免出现死循环而影响其工作的可靠性。

(9) 设置了故障检测及诊断程序，用来检测系统硬件或用户程序是否正常工作，进而能够自动地做出相应的处理，例如报警、封锁输出、保护数据等。

(10) 大型PLC还可以构成冗余系统或表决系统，使可靠性进一步增强。CPU模块、I/O模块、电源模块都可以实现冗余，或者其中的部分器件实现冗余。这样可以使系统出现故障的可能性几乎为零，能够做到万无一失。当然，这样的系统成本比较高，一般用于特别重要的场合。

2.3 使用方便

采用PLC实现对系统进行控制非常方便。在硬件方面，PLC的硬件系统高度集成化，已集成为系列化与规格化的各种模块，使用起来非常方便。在软件方面，PLC采用程序来建立控制逻辑，用程序来代替硬件接线，编制程序比硬件接线要方便得多。具体地讲，PLC使用方便体现在下列各个方面。

(1) 编程简单。PLC采用梯形图作为主要的编程语言。梯形图是一种面向用户的编程语言，表达方式类似于继电器控制系统电路图，具有形象直观和简单易学的特点。对于企业中熟悉继电器控制电路图的电气技术人员来说，很快就可以学会梯形图语言，并可以掌握基本的编程方法。

(2) 设计和调试周期短。PLC已实现了产品的系列化、标准化和通用化，设计者可以在规格繁多和品种齐全的PLC产品中选用高性价比的产品。PLC用软件功能取代了继电器控制系统中大量的中间继电器、时间继电器和计数器等器件，从而使控制柜的设计、安装和接线工作量大为减少。用户程序的大部分可以在实验室模拟进行，调试好后再将PLC控制系统放到生产现场联机调试，这样既快速又安全方便，从而就大大缩短了设计和调试周期。

(3) 接线和安装简单。在硬件设计方面，PLC对现场环境要求不高，无论是接线或安装都非常简单。在PLC构成的控制系统中，只要确定PLC的硬件配置和I/O通道外部接线，不需要诸如继电器之类的固体电子器件和大量繁杂的硬接线电路。而且一次接好后，更换模块时，把接线器安装到新模块上即可，可不必再接线。内部什么线都不要接，只要做些必要的软件设定就可工作。

(4) 改进方便。相对于传统的电气控制线路，PLC为改进和修改原设备提供了极其方便的手段，通过修改或重新编写应用软件就可以用一台PLC实现不同的控制功能。在系统控制要求改变需要变更控制系统的功能时，不必改变I/O通道外部接线，只要改变存储器中的控制程序即可。

(5) 维护方便。由于PLC本身的故障率极低,维修的工作量很小。PLC具有很强的自诊断能力,能随时检查出自身的故障,而且各种模块上大多有运行和故障状态指示装置,便于用户了解运行情况和查找故障。当PLC主机或外部的输入装置及执行机构发生故障时,操作人员能迅速检查、判断故障的原因,确定故障位置,迅速排除故障。又由于PLC采用模块化结构,因此一旦某模块发生故障,用户可以通过更换模块的方法使系统迅速恢复运行。至于软件,调试好后是不会出现故障的。最多也只是依据使用经验进行调整,使之完善。

(6) 模块丰富且灵活性好。大多数PLC系统采用模块化硬件结构及软件设计,并形成大、中、小系列产品,使PLC不仅适应大小不同、功能繁复的系统控制要求,而且适应工艺流程变更较多的场合。用户可以根据需要灵活组合成各种规模和要求

(7) 易于实现机电一体化。PLC结构紧凑、体积小、重量轻、可靠性高、抗干扰能力强,机器与电气部件被有机地结合在一个设备内,易于制造出机电一体化产品。

(8) 经济合理。高新技术的使用必将带来巨大的社会效益与经济效益,这是“科学技术是第一生产力”的体现,也是高新技术生命力之所在。PLC也是如此。尽管使用PLC比起继电器,首次投资要大些,但从全面及长远看,使用PLC还是经济的。这是因为,使用PLC的投资虽大,但它的体积小、所占空间小,辅助设施的投入少;使用时省电,运行费少;工作可靠,停工损失少;维修简单,维修费少;还可再次使用以及能带来附加价值等,从中可得更大的回报。所以,在多数情况下,它的效益是可观的。

总之,PLC除了功能丰富,还具有可靠性高和使用方便等特点,使得PLC非常有用、好用、耐用和省用,有无限的发展生命力和非常广阔的应用前景。短短30多年,从诞生、生长、成熟及不断完善与一代又一代的发展,PLC已成为工业自动化的支柱产品,并发展成为强大的高科技产业。可以这么说,在当代,一个工业控制系统,或较先进的工业产品,其控制装置如果不使用PLC,那是不可想象的。

3 PLC的应用领域

由于PLC自身的特点和优势,在工业控制中PLC已得到了广泛应用,包括机械、冶金、化工、电力、运输和建筑等众多领域,应用范围也在不断的扩大,它的应用范围大致介于继电器控制装置与工业过程控制计算机之间,适用于控制功能要求比较复杂和输入输出点数较多的场合。PLC主要的应用领域包括以下几个方面。

3.1 开关量逻辑控制

开关量逻辑控制是PLC最基本的应用,用来取代传统的继电器控制装置,例如机床电气控制和各种电机控制等。开关量逻辑控制是根据有关输入开关量的当前与历史的状况,产生所

要求的开关量输出,使系统能按一定顺序工作。这是系统工作最基本的控制,也是离散生产过程最常用的控制。常用的开关量逻辑控制包括顺序逻辑控制、动作逻辑控制、定时逻辑控制、计数逻辑控制和组合逻辑控制等。PLC的逻辑控制功能相当完善,既可以用于单机控制,也可以用于多机控制和自动化生产线控制。采用PLC实现开关量逻辑控制是开发PLC产品的最初目的。在开关量逻辑控制领域,至今还没有其它的控制器的能够取代PLC。

3.2 模拟量过程控制

过程控制要使用模拟量。模拟量过程控制一般是指对电流、电压、温度、压力、流量等连续变化的模拟量的闭环控制。过程控制的目的是根据有关模拟量的当前与历史的输入状况,产生所要求的模拟量或开关量的输出,使系统的工作参数能够按照一定的要求进行工作。模拟量过程控制是连续生产过程中最常用的控制。PLC通过模拟量I/O模块,采用数据处理和数据运算等功能实现对模拟量的闭环控制。现代PLC一般都具有PID控制功能,这一功能可以通过调用PID子程序来实现,或者采用PID模块来实现。因为PLC供应商已经开发出用于过程控制的各种模块和相关软件,所以采用PLC进行过程控制已变得很容易,编程也很简单,价格也比较低。在进行模拟量控制的同时,还可很方便地进行其它相关功能的控制。PLC用于过程控制已经是一个发展趋势。

3.3 脉冲量运动控制

运动控制主要指对工作对象的位置、速度及加速度所进行的控制。可以是单坐标控制,即控制对象作直线运动。也可以是多坐标控制,即控制对象作平面运动或空间运动。有时还需要控制多个对象,而这些对象之间的运动可能还需要协调。基于脉冲量的运动控制技术现在已发展到比较完善的境地,并且已经成为当今自动化技术的一个重要支柱。

PLC已经具备了处理脉冲量的能力,脉冲信号输入模块接收脉冲量输入,脉冲信号输出模块产生脉冲量输出。有了处理脉冲量的能力,再加上PLC已有的数据处理和运算能力,完全可以进行运动控制。PLC采用专用的运动控制模块对直线运动或圆周运动的位置、速度和加速度进行控制,实现单轴、双轴和多轴位置控制,并使运动控制和顺序控制功能有机结合在一起。PLC的运动控制功能可用于各种机械,如机器人金属切削机床、金属成形机械等场合,可方便地实现机械设备的自动化控制。

采用PLC实现运动控制,其成本比采用专用的数控系统要低得多,并且在进行运动控制的同时,还可进行其它控制。近年还出现了专门用于运动控制的PLC,这为PLC用于精度更高、运动行程更大、控制坐标更多、操作更方便的运动控制提供了很好的平台。所以,采用PLC进行运动控制,在相当程度上可以代替价格比其昂贵的数控系统。

3.4 数据处理与信息控制

数据处理与信息控制是指数据的采集、存储、检索、变换、传输等操作。随着技术的发展与进步, PLC不仅可以进行系统的工作控制, 而且还可以进行系统的数据处理与信息控制。现代PLC具有数学运算、数据传送、转换等功能, 可以完成数据的采集、分析和处理等操作。这些数据可以与储存在存储器中的参考值进行比较, 也可以用通信传送到其它智能装置或将它们打印制表。数据处理功能一般用于大型控制系统, 如无人柔性制造系统, 也可以用于过程控制系统, 如造纸、冶金、食品加工中的一些大型控制系统。采用PLC进行系统的数据处理与信息控制, 既是PLC应用的一个重要方面, 又是企业信息化的技术基础。

3.5 网络通信与远程控制

网络通信与远程控制是指对系统的远程部分的行为及其效果实施检测与控制。PLC有多种通信接口, 有很强的联网和通信的能力, 并不断有新的联网的模块与结构推出。所以, PLC远程控制是很方便的。

PLC的通信包括主机与远程I/O之间的通信, 多台PLC之间的通信, PLC与其它智能设备, 例如计算机、变频器或数据处理装置等之间的通信。PLC与其它智能控制设备一起, 可以组成集中管理, 分散控制式的分布式控制系统。

(1) PLC与PLC可组成控制网。可以相互通信、交换数据和相互操作。参与通信的PLC可以多达几十个, 网与网还可以互联。这样, 参与通信的PLC数量则更多, 甚至不受限制。

(2) PLC与智能传感器、智能执行装置或变频器等也可以联成设备网, 可以相互通信、交换数据和相互操作。可以连接成远程控制系统, 既提高了控制能力, 又简化了硬件接线及维护。

(3) PLC与可编程终端也可联网、通信。PLC的数据可在它上面显示, 也可通过它向PLC写数据, 使它成为人们操作PLC的界面。

(4) PLC可与计算机通信, 加入信息网。利用计算机具有强大的信息处理及信息显示功能, 可实现计算机对控制系统的监控与数据采集。同时, 还可用计算机进行PLC编程、监控及管理。

(5) PLC还有以太网模块, 可用其使PLC加入互联网, 并且还可以设置自己的网址与网页。有这种PLC控制的工厂, 有的称之为透明工厂(Transparent Factory)。在地球上任何可上网的计算机, 只要权限允许, 就可直接对其进行访问。

远程控制威力是非常大的, 可以提升PLC的控制能力、扩大控制地域及提高控制效益。总之, 远程控制也已经是PLC应用的重要方面。

以上介绍了PLC的五大应用领域。逻辑控制、过程控制和运动控制可以使不同的系统都能实现自动化。信息控制是为了实现信息化, 其目的是使自动化能建立在信息化的基础上, 实

现管理与控制结合。远程控制则是在信息化基础上实现远程自动控制。

随着自动化、信息化及远程化的推进, 系统将越来越复杂, 因此必须实现这些控制。而PLC就具有对这些控制能力。当然, 可以完成这么多控制功能的系统不仅仅只是PLC, 但是PLC成为其中的主角已是公认的趋势。

4 PLC的发展趋势

PLC自问世以来, 得到了迅速发展, 功能越来越强大, 应用范围也越来越广泛。随着市场需求的不断提高, PLC的发展体现出以下趋势。

4.1 功能向增强化和专业化的方向发展

在发展的初期, PLC只能完成开关量逻辑控制。随着技术的发展, 在原有开关量处理的基础上, PLC将进一步增强模拟量的处理能力, 不断融合顺序控制、过程控制和运动控制的功能。同时, PLC的运算速度、处理能力和存储容量也将不断提高。大型PLC系统在实现自动控制功能的基础上, 不断增加管控一体化功能。小型PLC不仅具有顺序控制和逻辑控制的功能, 还移植了大型PLC的一些高级功能, 如模拟量的闭环控制和运动控制等。有些PLC还具有模糊控制、自适应控制和参数自整定等智能模块, 使系统的调试时间减少, 控制精度提高。智能模块是一种带微处理器的功能部件, 可以与PLC的主CPU并行工作, 占用主CPU的时间很少, 一般执行预处理功能或控制功能。智能模块本身就是一个小的微型计算机系统, 有很强的信息处理能力和控制功能。有些智能模块甚至可以自成系统单独工作, 完成PLC的主CPU难以兼顾的功能, 简化某些控制领域的系统控制和编程, 提高PLC的适应性和可靠性。

不同行业在选择和使用PLC时, 关注点会有所不同, 所以功能需求也会不一样。因此, 在PLC通用功能的基础上, 针对不同行业应用特点, 开发专业化的PLC产品, 不仅可以提高产品性能和降低产品成本, 而且还可以提高产品的易用性和专业化水平, 提高产品的综合竞争实力。这种专业化的应用, 不仅体现在软件功能上, 而且还体现在硬件构成上。

4.2 规模向小型化和大型化的方向发展

一方面, PLC向小型化和微型化的方向发展。在提高系统可靠性的基础上, 产品的体积越来越小, 功能越来越强。同时PLC的制造厂商也开发了多种类型的高功能模块型产品, 当输入和输出点数增加时, 可以根据过程控制的需求, 采用灵活的组合方式进行配套, 完成所需的控制功能。

另一方面, PLC向大型化和多功能的方向发展。为了在工业过程控制领域有较大的应用市场, PLC制造商纷纷扩大产品的适用范围, 应用的规模从几十点扩展到上千点, 应用的功能从单一的逻辑运算扩展到几乎能够满足所有的用户需求。在过

(下转第25页)