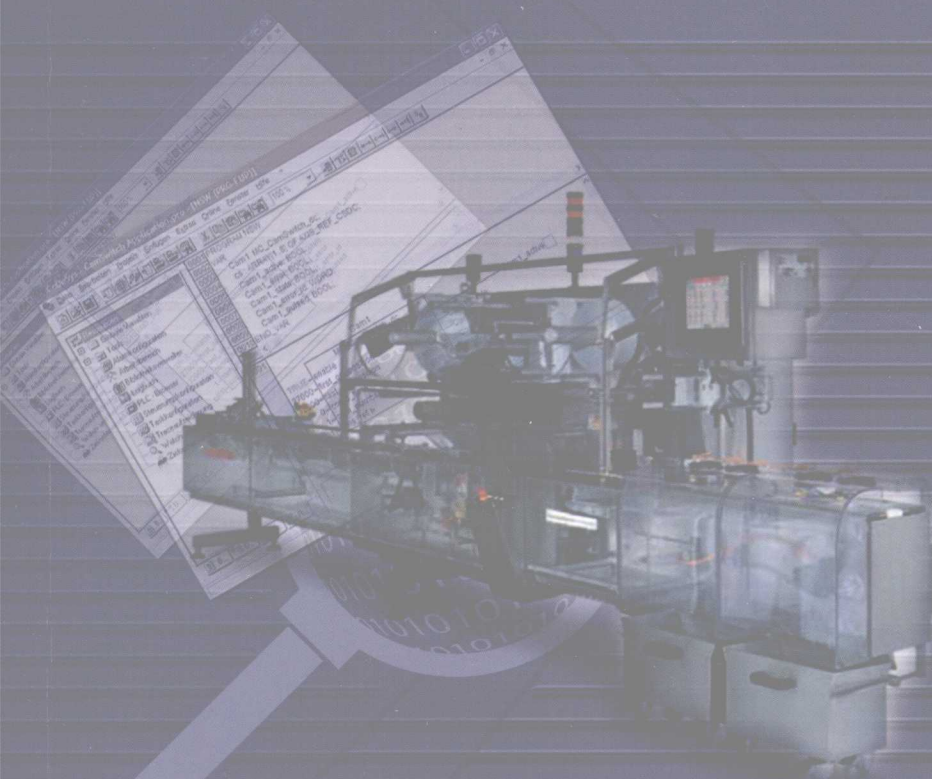


电气信息工程丛书

IEC 61131-3

编程语言及应用基础

彭瑜 何衍庆 编著



电气信息工程丛书

IEC 61131-3 编程

语言及应用基础

彭瑜 何衍庆 编著

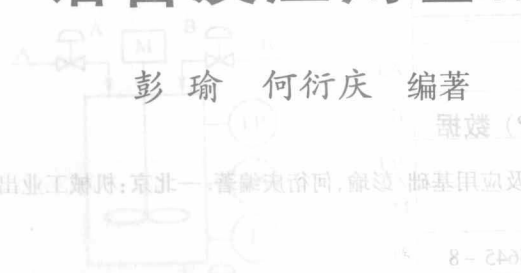


图 1-1-1 电动机控制电路

中国版本图书馆 CIP 数据 (2008) 第 180495 号

ISBN 978-7-111-25042-8

《电气信息工程丛书》

IEC 61131-3 编程语言及应用基础 编著 何衍庆 彭瑜 北京：机械工业出版社，2009.1



机械工业出版社

地址：北京市西城区百万庄大街 25 号 邮编：100037

电话：(010) 88379230

ISBN 978-7-111-25042-8

定价：32.00 元

本书共分7章,主要介绍了 PLCopen 组织和编程语言基本概念、标准编程语言的公用元素和程序组织单元、指令表和结构化文本的文本类编程语言、梯形图和功能块图的图形类编程语言、顺序功能表图编程语言和可编程控制器的基本应用,最后并用两个实例说明,可编程控制器的编程方法和注意事项。

本书可作为自动化和仪表专业以及相关专业本、专科学生的教材和编程语言的培训教材,还可以作为工矿企业工程设计人员、科研开发单位工程技术人员的重要参考资料。

ISBN 978-7-111-25645-8

机械工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

IEC 61131-3 编程语言及应用基础/彭瑜,何衍庆编著. —北京:机械工业出版社,2009.1
(电气信息工程丛书)

ISBN 978-7-111-25645-8

I. I… II. ①彭… ②何… III. 生产过程-自动控制系统-程序设计 IV. TP278

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 186492 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:李馨馨

责任印制:邓博

北京诚信伟业印刷有限公司印刷

2009 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·19.5 印张·484 千字

0001—4000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-25645-8

定价:33.00 元



凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379739

封面无防伪标均为盗版

前 言

PLC 在当今自动化技术和市场中的重要地位是毋庸置疑的。它的总体设计思想来源于实际生产需要——从硬件、软件以及 I/O 接口等多个方面保证可靠而方便地实现离散流程的逻辑控制和顺序控制的基本功能。显然,按控制的要求编制程序在实际生产中是非常重要的。本书专门就这一方面以 PLC 的编程语言国际标准 IEC 61131-3 为主线展开了详尽的阐述。

1993 年,IEC 颁布可编程控制器的国际标准 IEC 1131(以后改为 IEC 61131),将信息技术领域的先进思想和技术引入工业控制领域,弥补并克服了传统 PLC、DCS 等控制系统开放性差、兼容性差、应用软件可维护性差以及可再用性差等弱点。目前,IEC 61131 标准已在发达国家得到广泛应用,不符合该标准的产品已不被最终用户接受。

IEC 61131-3 编程语言标准已对整个控制领域造成巨大冲击。它不仅适用于 PLC 产品,而且适用于运动控制产品、DCS 和基于工业 PC 的软逻辑、SCADA 等,其市场领域正在不断扩大。采用符合 IEC 61131-3 标准的产品,已经成为工业控制领域的发展趋势。

我国可编程控制器硬件的开发和应用起步较晚,对国际标准编程语言的使用相对较好。1995 年,与国际标准等效的国家标准相继颁布,2006 年,IEC 61131-3 最新国际标准的中文对照版 GB/T 15969.3 出版。但对该标准及有关产品的推广工作还做得不够,许多技术人员至今仍不知道该国际标准和国家标准的存在,一些大专院校还未采用该标准进行教学。

2005 年,我国成立 PLCopen 中国组织(PC5),它标志着我国与国际标准接轨的决心。我国致力于开发具有自主知识产权的 IEC 61131-3 编程系统的工作所取得的长足进展,极大地促进和加快了我国自动化控制设备的发展。但标准的推广介绍、资料翻译、可编程控制器标准产品的各级认证和授权等还有大量工作要做。为推广标准编程语言及其应用,我们编写了本书。

本书完全按照 PLCopen 国际组织为 IEC 61131-3 标准的国际工程师培训所制定的培训大纲的要求编排,而详尽程度则远超过培训大纲的规定。在介绍文本类编程语言、图形类编程语言以及顺序功能图编程语言时,均给出了一定数量的应用实例,力求体现本书对实际应用的参考价值。本书对于顺序功能图语言的内容给予了较多的篇幅,希望能使读者进一步认识这种语言的结构性功能,尤其是它在编程设计的各个阶段可以发挥的作用,以及它与其他 4 种语言的互补关系,也专门有阐述。本书专门开辟编程举例一章,从对控制系统的功能要求出发,说明了按 IEC 61131-3 标准的软件模型的概念完整地程序设计的方法。

本书由彭瑜、何衍庆编著。本书的编写工作得到了 PLCopen 中国组织 PC5 的积极支持和帮助,得到了上海工业自动化仪表研究所和华东理工大学等单位的关心和支持,PLCopen、科维、一方梯队、贝加莱、施耐德、Rockwell 等组织和公司的有关技术人员为本书的编写提供了大量的资料和技术支持,谨在此一并表示诚挚谢意。在本书的编写过程中,编者参考了相关专业书籍和产品说明书,在此向有关作者和单位表示衷心感谢。

由于编者水平所限,错漏在所难免,恳请读者不吝指正。

编者

目 录

前言	2.5.2 变量的属性和初始化	45
第1章 概述	2.6 程序组织单元	52
1.1 PLCopen	2.6.1 函数	52
1.1.1 PLCopen 组织	2.6.2 功能块	75
1.1.2 认证等级	2.6.3 程序	93
1.1.3 PLCopen 的工作	2.6.4 程序组织单元	97
1.2 IEC 61131 标准	第3章 文本类编程语言	99
1.2.1 IEC 61131 的基本情况	3.1 文本类编程语言及其公用元素	99
1.2.2 IEC 61131-3 编程语言	3.1.1 文本类编程语言概述	99
1.2.3 标准编程语言的特点	3.1.2 文本类编程语言的公用元素	99
第2章 公用元素和程序组织单元	3.2 指令表编程语言	100
2.1 软件模型、编程模型	3.2.1 指令	100
2.1.1 软件模型	3.2.2 函数和功能块	114
2.1.2 编程模型	3.2.3 示例	119
2.2 公用元素	3.3 结构化文本编程语言	125
2.2.1 字符集	3.3.1 结构化文本的表示	125
2.2.2 标识符	3.3.2 语句	129
2.2.3 分界符	3.3.3 示例	141
2.2.4 关键字	第4章 图形类编程语言	151
2.2.5 空格和注释	4.1 图形类编程语言的公用元素	151
2.3 数据外部表示	4.1.1 线、模块和流向	151
2.3.1 数值文字	4.1.2 网络求值和执行控制元素	152
2.3.2 字符串文字	4.2 梯形图编程语言	155
2.3.3 时间文字	4.2.1 传统梯形图编程语言的缺点	155
2.4 数据类型	4.2.2 梯形图的组成元素	157
2.4.1 基本数据类型	4.2.3 梯形图的执行	165
2.4.2 一般数据类型	4.2.4 示例	167
2.4.3 衍生数据类型	4.3 功能块图编程语言	173
2.4.4 数据类型的允许取值范围和 初始化	4.3.1 功能块图图形符号和功能块的 组合	173
2.4.5 衍生数据类型的应用准则	4.3.2 功能块图的编程和执行	175
2.5 变量	4.3.3 示例	176
2.5.1 变量的表示	第5章 顺序功能表图编程语言	186

5.1 顺序功能表图的三要素	186	6.1.2 电动机的正、反转控制	235
5.1.1 基本概念	186	6.1.3 电动机的星-三角转换控制	237
5.1.2 步	187	6.1.4 三相步进电动机的相序控制	239
5.1.3 转换	192	6.1.5 电动机带反接制动电阻的可逆运转	242
5.1.4 有向连线	196	反接制动控制	242
5.2 顺序功能表图的程序结构	197	6.2 定时器、计数器的编程	243
5.2.1 单序列结构	198	6.2.1 电动机的定时运行	243
5.2.2 选择序列结构	198	6.2.2 长定时器的实现	245
5.2.3 并行序列结构	198	6.2.3 信号发生器的实现	245
5.2.4 不安全序列和不可达序列结构	199	6.2.4 计数器的应用	247
5.3 顺序功能表图编程语言	199	6.3 比较函数的应用	250
5.3.1 顺序功能表图的进展	199	6.3.1 旋转定位控制	250
5.3.2 顺序功能表图的兼容	210	6.3.2 分度盘工位控制	252
5.4 示例	210	6.3.3 自动增益控制	253
5.4.1 冲压机控制系统	210	6.4 运算函数的应用	254
5.4.2 交通信号控制系统	212	6.4.1 控制算法	254
5.4.3 物料混合控制功能块	217	6.4.2 运算函数的应用	258
5.5 发挥 SFC 的潜力,改善当前 PLC 程序的开发实践	221	6.5 移位函数的应用	262
5.5.1 程序开发过程中必须遵循的基本方法	221	6.5.1 霓虹灯顺序点亮程序	262
5.5.2 采用 SFC 作为设计系统控制的主要工具	222	6.5.2 操作权限确认控制	266
5.5.3 重视 SFC 语言与其他 4 种编程语言的互补关系	222	6.5.3 长循环移位控制	267
5.5.4 SFC 与状态图的对应关系及异同	224	第 7 章 编程举例	268
5.5.5 SFC 与 Petri 网的关系及异同	226	7.1 火力发电厂蒸汽轮机驱动给水泵的控制	268
5.6 顺序功能表图程序的转换	227	7.1.1 过程简介	268
5.6.1 顺序功能表图程序中基本序列的转换	227	7.1.2 设计方法	269
5.6.2 顺序功能表图程序中动作控制功能块的转换	229	7.1.3 控制问题分解	272
第 6 章 基本应用	231	7.1.4 程序分解	276
6.1 电动机控制的编程	231	7.1.5 低层次功能块	279
6.1.1 电动机起保停控制	231	7.1.6 信号流	280
		7.2 分选器控制	281
		7.2.1 分选器过程简介	281
		7.2.2 程序设计和优化	281
		第 8 章 实验	287
		8.1 用梯形图和功能块图编程语言编写程序	287
		8.2 用指令表和结构化文本编程	

第1章 概述

1.1 PLCopen

1.1.1 PLCopen 组织

1. PLCopen 组织的宗旨

PLCopen 组织是独立于制造商和产品的国际组织。它成立于 1992 年,总部在荷兰,在北美和日本等国家设有分支机构。它是一个致力于编程语言标准化的非赢利性国际化组织。目前,PLCopen 组织拥有分布在 21 个国家的 100 多个会员。

PLCopen 组织的宗旨是促进 PLC 兼容软件的开发和使用。其主要工作是支持、宣传和推广 IEC 61131-3 国际标准。它以解决与控制编程相关的主题和支持该领域内国际标准的使用为使命。其目标是使用户通过在众多程序开发环境中应用该标准,在不同品牌产品和不同类型控制器之间移植控制程序,实现互换。为此,该组织采用如下方法:

- 1) 采用 IEC 61131-3 国际标准的编程语言。
- 2) 接受 PLCopen 会员的委托,生产或采用符合 IEC 61131-3 标准的可编程控制器产品。
- 3) 市场推介。采用共同的市场策略,如举行展览会或专题研讨会等。
- 4) 支持国际标准化委员会的工作。
- 5) 支持国家标准化委员会工作,推广和介绍有关标准化的产品等。
- 6) 建立有关编程系统的基本级、符合级和可重复使用级的认证体系,由独立机构进行测试以执行必要的检验。

2. PLCopen 组织结构

PLCopen 组织结构如图 1-1 所示。

(1) 技术委员会(Technical Committee)

技术委员会下设 6 个分支机构。

1) TC1:与 IEC 组织合作,共同发展、提高和完善 IEC 61131-3 标准。主要工作包括对 IEC 61131-3 标准的勘误和修改、与 IEC 组织的合作和开发、对标准版本的修订等。

2) TC2:负责定义功能块的程序库,协调功能块的约定。目前主要进行运动控制库的工作,包括逻辑和运动的各种技术的集成等。

3) TC3:制定编程语言一致性的测试标准。检验不同编程系统是否真正具有开放性。由于 IEC 61131-3 仅提供制订编程语言一致性的基本规则,并没有为用户提供实际编程系统的导则。因此,该委员会制订一致性测试的定义并进行测试。编程系统的一致性测试包括对不同编程语言的 3 种不同等级的测试。

4) TC4:负责制订通信接口及应用交换格式等。包括通信界面、与附加软件的接口、应用交换格式、与 Profibus 和 CANopen 等现场总线的映像等。

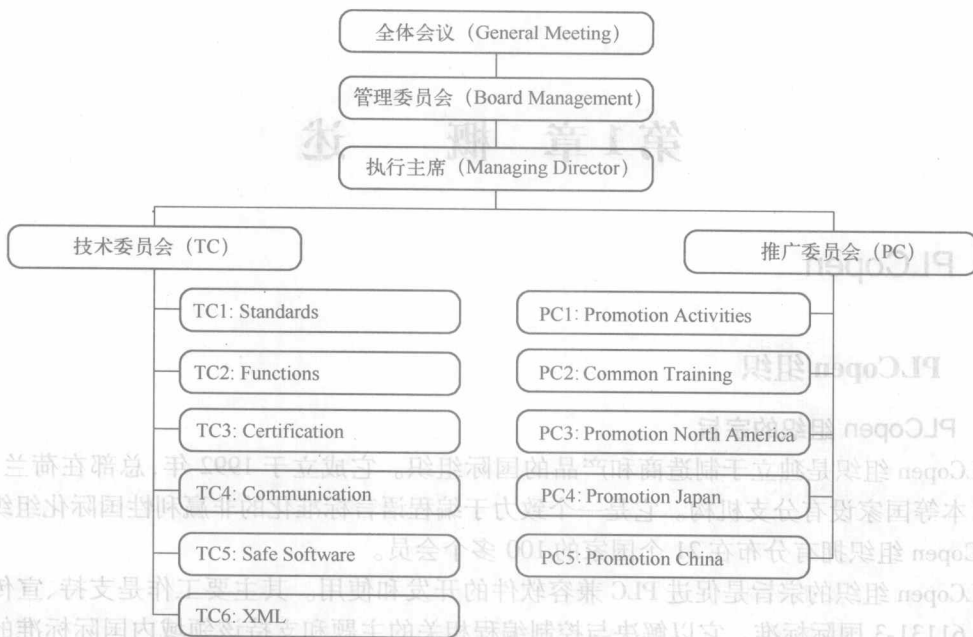


图 1-1 PLCopen 组成结构

5) TC5: 负责制订安全软件导则, 用 IEC 61508 支持安全编程技术。集中于安全相关系统的功能安全性研究, 包括 IEC 标准的使用指南、安全运行的基础、与功能块的结合等。工作重点是 IEC 61508 和 IEC 61511 新安全标准的制定。

6) TC6: 制定用于 IEC 61131-3 标准的 XML (Extended Markup Language) 格式。它规定 IEC 61131-3 各种编程语言的 XML 格式, 包括对图形视觉信息的表示、与其他开发工具的界面、转发功能块库分布等, 它使编程环境成为开放系统环境。

(2) 推广委员会 (Promotional Committee)

推广委员会下设 5 个分支机构。其任务包括公共培训、各地区的推广和介绍等事务。PC5 委员会主要管理与中国有关的推广和介绍等事务。

1.1.2 认证等级

为使产品等符合标准, 设置了基本级、符合级和可重复使用级 3 个等级。图 1-2 所示是 3 个等级的标识。

1) 基本级 (BL), 表示由该产品开发的程序基本结构与 IEC 61131-3 兼容, 能够提供编程语言的基本语言元素。目前, 5 种编程语言的基本级定义已经完成, 除梯形图编程语言外, 其他编程语言的基本级测试软件也已完成。

2) 符合级 (CL), 表示产品符合 IEC 61131-3 标准的全部 26 种性能, 所支持的数据类型与它的服务适配。符合级已经完成, 并已经认证了第一批产品。

3) 可重复使用级 (RL), 表示编程单元函数和功能块可在不同的可编程控制器系统内重复使用, 它通过结构化文本语言的简单文本格式转换实现。可重复使用级已经完成, 也已经认证了第一批产品。26 种软件都已经被认证。



图 1-2 认证等级的标识

此外,对运动控制的产品和安全认证的产品,以及具有培训资质的单位也有相应的认证标识。

只有具有相应认证标识的产品和单位才具有相应的资质,并被用户所接受。

1.1.3 PLCopen 的工作

PLCopen 组织自 1992 年建立以来不懈地支持工业控制编程相关领域内国际标准的推广和发展。其最主要的成果之一就是构筑上述的编程软件包的开发环境;同时,还在这些编程系统的基础上进一步发展,为统一工程平台做了许多基础性的开创工作。这些工作大大推进了可编程控制器软件技术的发展。

为了让厂商能提供符合 IEC 标准的软件产品,又使用户容易辨别出符合 IEC 61131-3 的编程系统,PLCopen 组织开展了编程系统符合 IEC 标准的认证工作。在制定对编程系统进行符合 IEC 61131-3 程度的判据时,PLCopen 组织将它划分为 3 个等级,即基本级(Base Level, BL)、符合级(Conformity Level, CL)、可重复使用级(Reusability Level, RL)。不过,CL 级是和 RL 级组合使用的。如果能使 IL、ST、SFC、LD 和 FBD 这 5 种语言均达到 CL 级和 RL 级,则该编程系统就达到了全兼容、全开放的高度。

PLCopen 组织在 1996 年启动了运动控制功能库的制定工作,其目标是要在 IEC 的研发环境里加入运动控制技术,控制软件的编制则是组合了 PLC 和运动控制的功能。目前已形成了运动控制的 5 个标准:第 1 部分,运动控制库(2001 年 11 月发布),现已由多家供应商实现;第 2 部分,扩展(2004 年 4 月发布);第 3 部分,用户导则(2004 年 4 月发布);第 4 部分,内插多功能协调(待公布);第 5 部分,回零功能(待公布)。运动控制功能库的制定给了 PLCopen 组织一个崭新的定位,使其在推广 IEC 标准的基础上,增加了重要的技术含量。PLCopen 组织的运动控制部分在市场上的成功,也促使 PLCopen 组织的威望进一步提高。与以前相比,PLCopen 组织的发展更显广阔,它不仅着重于推广应用 IEC 标准,还在现有的标准以外附加了新的内容,为进一步丰富 IEC 标准或扩展标准使用的软件环境打下了基础。

PLCopen 组织考虑到编程仅仅是控制软件完整应用开发套件的一个环节,为规范它与其他环节间的数据交换的接口,有必要提供为实现 IEC 61131-3 编程的数据交换的 XML 格式。此外,利用 PLCopen 组织规范的 XML 格式,还可以实现不同硬件定义的 I/O 变量和内部变量之间的变换,从而为控制程序的无障碍移植创造了前提条件。考虑到编程仅仅是控制软件完整应用开发套件的一个组成部分,虽然 XML 并不是 IEC 61131-3 标准的内容,但为规范它与其他组成部分间的数据交换接口,PLCopen 组织还是强调通过为 IEC 61131-3 规定一种 XML

的格式倡导一种开发环境,使得各种不同目的的开发软件工具能克服交换数据的瓶颈,在此基础上构成统一平台。2005年4月正式发布的关于XML的文本包括技术文件、XML模式(scheme)和说明文件。XML的特性是其结构和内容可以与它们的表达方式分隔开来,这样,同一个XML源文件可被再写一次,用多种形式来表达。XML的优点在于它的可扩展性,可以通过它提供的XML模式来检查所包含数据的一致性,同时,在不同软件的XML模式之间,也可提供一种检查它们之间的不兼容性的方法。

PLCopen XML规范的主要内容如下:规定了IEC 61131-3标准的全部5种编程语言的交换格式;类似于建模工具,规定了与图形和逻辑信息的生成程序的接口;类似于文件生成程序和管理程序以及版本管理,规定了与图形和逻辑信息的使用程序接口;还规定了功能块库的分配格式。用图形的方式可以更直观地表达如何实现不同开发工具之间的数据交换。

利用XML可在软件集成方面做很多事情。例如,通过在通用建模语言UML和IEC 61131-3编程语言之间交换数据,使用户有可能通过功能强大的系统级图形化软件开发工具(如UML)对所开发的项目进行描述,建立整套系统的形式化模型。只要能够建立起正确的系统模型,图形化开发工具就可以根据该模型生成PLC或C语言的源代码,提供完善的系统流程图、标准化的软件说明文档,并对系统功能进行仿真校验,显著缩短现场调试时间,可以极大提高自控软件的开发效率。再如,在不同的阶段(如设计、组态和管理3个阶段)使用不同内容和功能的软件包,可以通过XML进行完整耦合,将不同软件集成起来构成统一工程平台的工具,而采用基于变量的寻址方式(Tags-Based Addressing),使用户可以直接运用实名变量,不必使用交叉参考列表来完成变量名与物理地址的转换。在使用多种软件工具时,统一的变量名对应惟一的地址。这种超越传统的解决方式大大节省了工程设计、调试、投运的时间和费用,减少了编程和调试运行中的错误,使技术文档更便于阅读和理解,使维护更加方便。此外,在与其他控制器通信进行数据交换时,在程序中可直接采用参与通信的控制器数据的实名制变量名,而不必采用物理地址。

近年来功能安全倍受关注和重视,特别是涉及安全的控制装置已由硬接线控制发展为可编程控制,再进一步发展到应用安全型现场总线控制。因而涉及安全的环节包括硬件、通信、基础软件(嵌入式操作系统、固件等)和应用软件。在安全方面,PLCopen组织涉及的工作界定为PLC编程语言的功能安全。PLCopen组织的成员与专业的安全机构TÜV(国际安全认证的权威机构——德国莱茵技术监督服务公司)一起定义了IEC 61131-3标准的开发环境下涉及安全的规范。这必须由集成在IEC 61131-3标准的软件开发平台上的安全专用软件工具支持。安全功能性实现的标准化包括:定义与安全相关的函数集和功能块集;在编程环境中的支持,包括编程语言(LD/FBD)和功能性(安全数据类型和说明等);出错处理和诊断等。

为了让使用者对所用PLC在具体应用中的性能做出评估,还为了比较不同PLC的性能并发现其在具体应用中所表现出来的优点和缺点,PLCopen组织在2006年6月底以技术文件的形式公布了《PLC性能的基准测试方法》。该文件通过所定义的测试概要,以一种客观的方式,为寻求不同PLC平台的真实性能提供了标准化的方法。为更贴近实际应用,将基准测试方法划分为5种类别,它们分别是:数字式I/O处理(典型应用是无伺服驱动的小型机械);使用SFC/状态机并在每个步序有数字式I/O的处理(典型应用是装配自动化);运动控制应用程序(典型应用是包装、印刷);数据处理应用程序(典型应用是测量记录和处理、协议);闭环控制应用程序(典型应用是过程控制)。

1.2 IEC 61131 标准

1.2.1 IEC 61131 的基本情况

1993年3月由国际电工委员会 IEC(International Electro-technical Commission)正式颁布可编程控制器的国际标准 IEC 1131(1131 前面添加 6 后作为国际标准的编号,即 IEC 61131)。IEC 61131 标准将信息技术领域的先进思想和技术(如软件工程、结构化编程、模块化编程、面向对象的思想及网络通信技术)引入工业控制领域,弥补并克服了传统 PLC、DCS 等控制系统的弱点(如开放性差、兼容性差、应用软件可维护性差以及可再用性差等)。目前,IEC 61131 标准已在发达国家得到广泛应用,不符合该标准的产品已不被最终用户接受,但在我国,对该标准及有关产品的推广工作还做得不够,许多技术人员还不知道有这样的国际标准。

符合 IEC 61131 标准的控制器产品,即使是由不同制造商生产的,其编程语言也是相同的,其使用方法也是类似的。因此,编程、维修技术人员可以一次学习,多次使用,从而大大减少了人员培训、技术咨询、系统调试和系统维护等费用。

IEC 61131 代表不同标准的组合和延续。它参考的其他标准有 IEC 50、IEC 559、IEC 617-12、IEC 617-13、IEC 848、ISO/AFNOR、ISO/IEC 646、ISO 8601、ISO 7185H 和 ISO 7498 等。IEC 61131 是第一个国际(和工业界)必须接受的标准,其最重要的先驱文件见表 1-1。

表 1-1 IEC 61131 标准最重要的先驱文件

年份	德国标准	国际标准
1977	DIN 40719-6(功能块图)	IEC 848
1979		第一个 IEC 61131 草案工作组启动
1982	VDI 导则 2880, -4, PLC 编程语言	完成第一个 IEC 61131 草案,分为 5 个子工作组
1983	DIN 19239, PLC 编程	Christensen 报告(AB 公司), PLC 编程语言
1985		第一个 IEC 65A WG6 TF3 的成果
1990		完成 IEC 61131 标准第 1 和第 2 部分
1992		IEC 61131-1, IEC 61131-2
1993	DIN EN 661131 第 3 部分	IEC 61131-3
1994	DIN EN 661131 第 1 和第 2 部分	
1995		IEC 61131-4
1996	DIN EN 661131 附加导则(用户导则, IEC 61131-4)	
1994~2001		IEC 61131-3 的勘误
1995~1996		类型 2 和 3 的技术报告
1996~2001		IEC 61131 修订

IEC 61131 标准由 8 部分组成。除了第 6 部分功能安全标准尚未颁布外,其他部分都已颁布。

1) IEC 61131-1 通用信息(1992)。定义可编程控制器及其外围设备,如编程和调试工具(PADT)、人机界面(HMI)等的有关术语。

2) IEC 61131-2 设备特性(1992)。规定适用于可编程控制器及有关外围设备的工作条件、结构特性、安全性及试验的一般要求、试验方法和步骤等。

3) IEC 61131-3 编程语言(2000)。规定可编程控制器编程语言的语法和语义,规定编程语言有文本语言和图形语言,并描述了可编程控制器与第1部分规定的程序登录、测试、监视和操作系统的功能。

4) IEC 61131-4 用户导则(1995)。为从事自动化项目各阶段的用户提供可编程控制器系统应用中除第8部分外的其他方面的参考,如系统分析、装置选择、系统维护等。

5) IEC 61131-5 通信(2000)。规定可编程控制器的通信范围。包括任何设备与作为服务器的PLC通信、PLC与任何设备的通信、PLC为其他设备提供服务和PLC应用程序向其他设备请求服务时PLC的行为特性等。

6) IEC 61131-7 模糊控制编程(2000)。将第3部分编程语言与模糊控制的应用结合,为制造商和用户提基本意义的综合理解,提供不同编程系统间交换可移植模糊控制程序的可能性。

7) IEC 61131-8 编程语言应用和实现导则(2001)。为实现在可编程控制器系统及其程序支持的环境下编程语言的应用提供导则,为可编程控制器系统应用提供编程、组态、安装和维护指南。

在我国,从1992年开始,根据与国际标准等效原则,全国工业过程测量和控制标准化技术委员会着手进行国际标准的翻译和出版,并于1995年颁布了GB/T 15969.1~15969.4等4个可编程控制器的国家标准,分别等效于IEC 61131-1~IEC 61131-4。其后,IEC 61131-5、IEC 61131-7和IEC 61131-8相继颁布,等效的国家标准也随后问世。IEC 61131-6功能安全的有关标准也将于近期颁布。

1.2.2 IEC 61131-3 编程语言

IEC 61131-3 编程语言标准是第一个为工业控制系统提供标准化编程语言的国际标准。该标准针对工业控制系统所阐述的软件设计概念、模型等,适应当今世界软件、工业控制系统的发展方向,是一种非常先进的设计技术。它极大地推动了工业控制系统软件设计的发展,对现场总线设备的软件设计也产生了很大的影响。符合IEC 61131-3标准的软件系统是一个结构完美、可重复使用、可维护的工业控制系统软件,它不仅能应用于可编程控制器,而且能应用于流程过程和制造过程软件中,因此,它是新型的,先进的工业控制编程系统。

1. IEC 61131-3 标准编程语言的主要内容

IEC 61131 标准第3部分 IEC 61131-3 讨论编程语言,1993年颁布第1版,2000年颁布第2版。

IEC 61131-3 是第一个,也是至今为止惟一的为工业自动化控制系统的控制软件设计提供编程语言的国际标准。这个标准将现代软件的概念和现代软件工程的机制与传统的PLC编程语言成功地结合,又对当代种类繁多的工业控制器中的编程概念及语言进行了标准化。IEC 61131-3对可编程控制器软件技术的发展,乃至整个工业控制软件技术的发展,起着举足

轻重的推动作用。可以说,没有编程语言标准化便没有今天 PLC 走向开放式系统的坚实基础。自 IEC 61131-3 正式公布后,经过十来年的推广应用和不断完善,它获得了广泛的接受和支持,在工业控制领域产生了重要的影响,被全球越来越多的制造商和客户所接受,并且成为 DCS、PLC、IPC、PAC、运动控制以及 SCADA 的编程系统事实上的标准。

IEC 61131-3 标准编程语言分为公用元素和编程语言两部分。公用元素部分除了说明各种编程语言中使用的字符集、标识符、关键字等外,还定义了数据的外部表示、数据类型、变量和程序组织单元等,并对顺序功能表图的基本元素等进行了定义。与传统的可编程控制器编程语言不同,在公用元素中,编程语言标准还定义了配置、资源、任务和存取路径等基本概念。

IEC 61131-3 的编程语言部分定义了两大类编程语言:文本化编程语言和图形化编程语言。文本化编程语言包括指令表编程语言(Instruction List, IL)和结构化文本编程语言(Structured Text, ST),图形化编程语言包括梯形图编程语言(Ladder Diagram, LD)和功能块图编程语言(Function Block Diagram, FBD)。在标准中定义的顺序功能表图(Sequence Function Chart, SFC)既没有归入文本化编程语言,也没有归入图形化编程语言,它被作为公用元素予以定义。这表示顺序功能表图既可用于文本化编程语言,也可用于图形化编程语言。

IEC 61131-3 标准编程语言对程序中的数据类型进行了严格定义。由于在以前的编程过程中,人们发现许多程序错误是由于在程序的不同部分中,数据类型表达的不同及处理方法的不同所造成的。因此,在 IEC 61131-3 标准编程语言中严格定义了有关变量的数据类型,从而防止发生因对变量定义了不同数据类型而造成的错误。编程语言中对变量数据类型的定义,使程序的可靠性、可维护性和可读性大大提高。

IEC 61131-3 标准编程语言还支持数据结构的定义。由于该标准支持数据结构,因此,相关数据元素如果不是相同的数据类型,也可在程序的不同部分传送,类似于在同一实体内的传送。此外,在不同程序组织单元之间传送的复杂信息,也可像传送单一变量一样。因此,IEC 61131-3 标准编程语言使程序的可读性大大提高,也保证了有关数据存取的准确性。

IEC 61131-3 标准编程语言规定对程序执行具有完全控制能力。传统的可编程控制器对程序的执行是按扫描原理进行的,因此,不能实现对事件驱动的程序执行、程序的并行执行等。IEC 61131-3 标准编程语言允许程序的不同部分在不同的时间条件下,以不同的扫描速率并行执行。它允许对程序的不同部分规定不同的执行次数和执行时间。因此,对程序执行具有完全的控制权。

IEC 61131-3 标准编程语言已对整个控制领域形成巨大冲击。它不仅适用于 PLC 产品,而且适用于运动控制产品、DCS 和基于工业 PC 的软逻辑、SCADA 等。其适用的市场领域正在不断扩大。采用或应用符合 IEC 61131-3 编程语言标准的产品,已经成为工业控制领域的发展趋势。

IEC 61131-3 标准编程语言的制定对可编程控制器的发展,以及整个工业控制软件的发展,起到了十分重要的推动作用。因为,该标准是控制领域第一次制定的有关数字控制软件技术的编程语言标准。它的制定订为可编程控制器走向开放系统奠定了坚实基础,也为其他计算机控制装置数字控制软件的开发提供了统一标准。工控编程语言是一类专用的计算机语言,建立在对控制功能和要求的描述和表达的基础

上。作为实现控制功能的语言工具,工控编程语言不可能是一成不变的,其进步和发展必然受到计算机软件技术和编程语言的发展,以及它所服务的控制工程在描述和表达控制要求与功能的方法的影响。但是不论其如何发展和变化,这些年来事实表明,它总是在 IEC 61131-3 标准的基础和框架上展开的。这就是说,IEC 61131-3 标准不仅仅是工控编程语言的规范,也是编程系统的实现架构的参考标准。

IEC 61131-3 标准分为公用元素和编程语言两大部分,可用图 1-3 描述它们的关系。

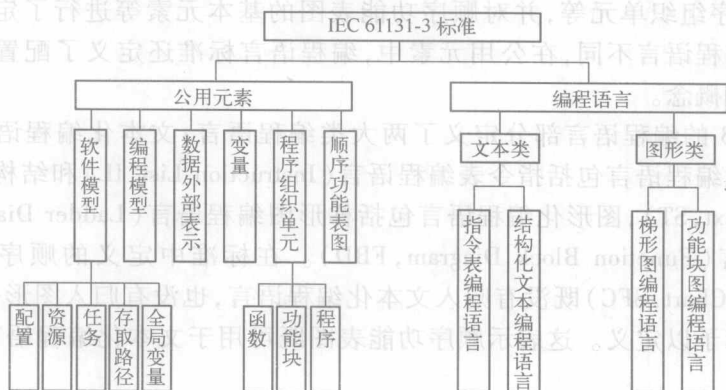


图 1-3 IEC 61131-3 标准的层次结构

IEC 61131-3 标准的公用元素中还包含语言元素,如标识符、分界符、关键字等。标准将顺序功能表图作为公用元素,因为它的动作和转换条件可以用标准规定的其他 4 种编程语言来编程。

可编程控制器的通信模型在 IEC 61131-5 规定。因此,在 IEC 61131-3 中仅作简单说明。

2. IEC 61131-3 的发展

IEC 61131-3 标准被市场广泛接受和支持之后,得到了良好的维护和发展,在应用过程中发现的缺陷逐步被改进;同时为了适应技术的进步和市场要求的环境,IEC 61131-3 标准也进行了适当的修订。IEC 61131-3 标准的第 3 次修改版将与 IEC 61499 标准相协调,在保持 IEC 61131-3 标准原有优点的同时,消除了以下两个最大的缺陷:

1) IEC 61131-3 标准沿用了直接表示与硬件有关的变量的方法,如果不解决与硬件相关变量之间的变换,就难以做到 PLC 系统之间(即使它们的编程系统都符合标准)实现真正意义上的程序可移植。

2) IEC 61131-3 标准只给出一个单一的集中 PLC 系统的配置机制,这显然不能适应分布式结构的软件要求。近些年来,现场总线和以太网在工业中大量应用,给工业自动化的体系结构带来了巨大影响。IEC 61131-3 标准必须适应客观形势的发展,在这方面有所突破。它应该允许功能块不一定集中常驻在单个硬件中,允许分散于不同硬件中的功能块通过通信方式也可以构成一个控制程序。这就是 IEC 61499 标准的主攻方向。制定 IEC 61499《工业过程测量和控制系统用功能块》标准的一个目的,就是对 IEC 61131-3 标准进行适当的扩展。主要是给出使 PLC 具有表达 IEC 61499 标准设备特性的能力。智能传感器和执行器本身就具有执行控制功能的能力,如果 IEC 61131-3 标准能支持分布式系统体系结构的编程,那么只要开发出相

应的软件工具,就能组成灵活性极强的现场总线控制系统。

只要有了符合标准的基本编程系统,即使使用不同的实时操作系统和 CPU 芯片不同的控制器或系统,都可以获得所需的编程软件和运行软件。换句话说,不同目标系统之间的差异并不妨碍使用同一个基本编程系统。近些年来,PLC 编程系统就是沿着这条轨迹在发展。国外商品化工业控制软件的编程系统平台的发展模式是专业化、集中化,即由为数不多的且专门从事工业控制基础软件的小型企业承担,他们向工控界提供一类不具体地依赖于特定 PLC 或其他控制系统硬件产品的开放式编程软件包,如加拿大 ICS Triplex 公司的 ISaGRAF,德国 KW 公司的 MULTIPROG,德国 Infoteam 公司的 OpenPCS,德国 3S 公司的 CoDeSys。许多的工业控制设备厂商(包括像西门子、横河电机、欧姆龙、三菱电机、ABB 公司等)都购买了这些商品化基础软件的使用权,并在此基础上再进行工作量不大的二次开发,或在此基础上将其高附加值的诀窍和控制算法嵌入其中。

近些年来,国内致力于自主知识产权的 IEC 61131-3 编程系统开发的有亚控科技、浙大中自、大连理工大学计控研究所,以及北京凯迪恩自动控制技术公司等。其中亚控科技的 KingAct 已经投入使用,浙大中自的 SunyIEC 实现了 IEC 61131-3 标准中的 5 种控制语言,使目前国内自行开发并拥有自主知识产权的编程系统达到了较高的技术水平,极大地促进和加快了我国自动化控制设备的发展。最有说服力的例子就是在建立了编程开发平台后,浙大中自每开发一个新的控制系统系列,不必再在编程软件方面花费大量重复劳动,因此大大缩短了新产品的开发周期并降低了成本。

IEC 61131-3 第 2 版于 2000 年下半年表决通过并公布施行。第 2 版对第 1 版进行了部分修改,主要包括提高程序组织单元(用 IEC 61131-3 标准编程语言编写的程序、功能和功能块)的可读性和实用性。例如,规定了新字符串 WSTRING 的数据类型,对 ST 编程语言的句法进行改进,以适应多输出连接的需要等。

标准编程语言的发展仍在进行中。为适应数字控制技术的发展,使编程语言能够适用于可编程控制器、DCS、FCS、运动控制及 SCADA 等工业控制领域的应用,还需要不断努力和完善有关编程语言标准。此外,标准编程语言的推广工作也是一项十分重要的工作,必须在一个非赢利国际组织的全面规划和安排下积极推广,才能使标准深入到各种应用中,充分发挥其开放系统的功能。

《控制工程》2004 年报道,目前,在欧洲大约有 70% ~ 80% 的工程师在使用 IEC 61131-3。日本已把 IEC 61131-3 列为日本工业标准(JISB3503《可编程序控制器——编程语言》)。我国在 1995 年颁布了 PLC 的国家标准 GB/T15969—1995(它等效于国际标准 IEC 61131),并于 2005 年成立 PLCopen 中国组织 PCS,并进而推动了 IEC 61131-3 标准在我国 PLC 和工控市场的应用。

1.2.3 标准编程语言的特点

1. 标准编程语言的多样性

标准编程语言的多样性表现为编程语言有文本编程语言,还有图形编程语言,更有可用于文本编程,也可用于图形编程的顺序功能表图编程语言。语言的多样性是可编程控制器软件发展的产物,它为可编程控制器的应用提供了良好的操作环境。

(1) 易操作性

编程人员可柔性选择编程语言,可根据对编程语言的熟悉程度选用既适应应用项目要求,又能够发挥自身优势的编程语言,从而缩短程序设计时间,缩短调试时间。

(2) 编程的灵活性
不同的工程应用具有不同的最佳编程方式,不同的编程语言具有不同的特点,可根据工程应用的需求选用合适的编程语言。

1) 梯形图编程语言:与电气操作原理图相对应,具有直观性和对应性;电气技术人员易于掌握和学习;与语句表编程语言有一一对应的关系,便于相互转换和对程序的检查;但对复杂控制系统的编程,程序描述仍不够清晰。

2) 功能块图编程语言:以功能块为设计单位,能从控制功能入手,使控制方案的分析 and 理解变得容易;功能块具有直观性强、容易掌握的特点,有较好的操作性;对复杂控制系统仍可用图形方式清晰描述;但每种功能块要占用程序存储空间,并延长程序执行时间。

3) 语句表编程语言:容易记忆,便于掌握;与梯形图编程语言有一一对应的关系,便于相互转换和对程序的检查;不受显示屏幕大小的限制,输入元素不受限制;对复杂控制系统的编程,程序描述不够清晰。

4) 结构化文本编程语言:可实现复杂控制运算;对编程人员的技能要求高;直观性和易操作性差。

5) 顺序功能表图编程语言:以完成的功能为主线,操作过程条理清楚,便于对程序操作过程的理解和思路的沟通;对大型程序,可分工设计,采用较灵活的程序结构,节省程序设计时间和调试时间;由于只对活动步进行扫描,因此,可缩短程序执行时间。

(3) 多种编程语言的融合,实现程序优化

标准编程语言中,顺序功能表图编程语言作为公用元素,既可用于文本类编程语言,也可用于图形类编程语言,使多种编程语言融合,实现了程序的优化。

2. 标准编程语言的兼容性

标准编程语言的兼容性表现为其不仅能够用于不同制造商生产的可编程控制器产品的编程,而且也适用其他数字控制装置的编程。例如,不少 DCS 产品的说明书强调指出,该产品符合 IEC 61131-3 标准,即满足标准编程语言的有关性能,能够用标准编程语言进行控制系统的组态。

标准编程语言能够适用于可编程控制器、分散控制系统、现场总线控制系统、数据采集和监视系统、运动控制系统等,是功能强、应用广、使用方便的国际标准。

标准编程语言的软件模型适应各种不同行业、不同规模、不同结构的工业应用。因此,标准编程语言与所使用的硬件无关。对用户来说,其对硬件的依赖性变得越来越小,从而不必为选用何种产品而烦恼。

3. 标准编程语言的标准化和开放性

IEC 61131-3 标准编程语言是用于可编程控制器编程的国际标准。因此,它定义了编程语言的语法和语义,也定义了语句和句法。标准编程语言包括公用元素和编程语言,对编程语言中所使用的变量、数据类型、程序、功能和功能块等都有统一表达方式和性能定义,这使编程语言的应用变得容易。