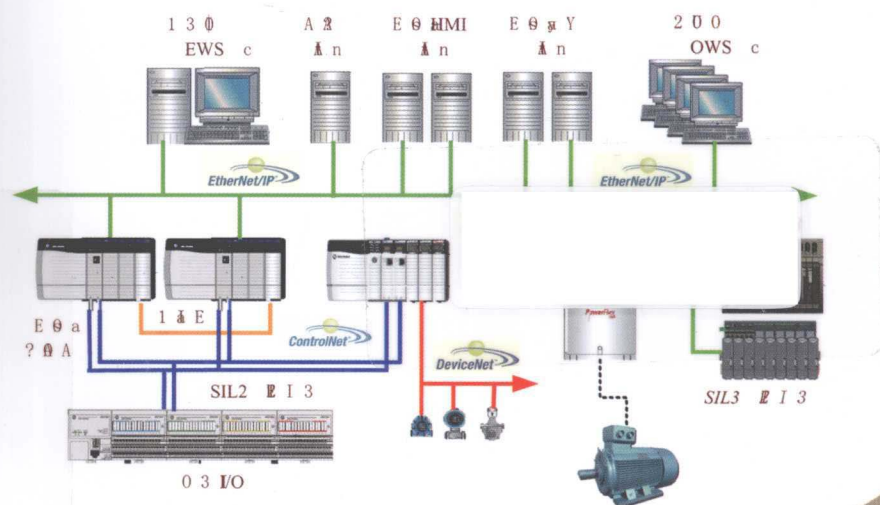


东北大学研究生教材建设立项资助项目

ControlLogix系统 组态与编程

——现代控制工程设计

主 编 钱晓龙
副主编 赵 强 李成铁
主 审 王广野

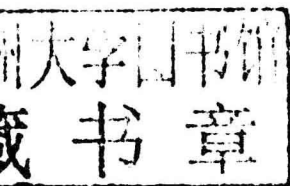


东北大学研究生教材建设立项资助项目

ControlLogix 系统组态与编程

——现代控制工程设计

主 编 钱晓龙
副主编 赵 强 李成铁
主 审 王广野



机械工业出版社

本书是罗克韦尔自动化 ControlLogix 控制系统在工程设计中应用的教材。

本书以 ControlLogix 系统的 DEMO 实验平台为对象,设计出有针对性的实验题目。首先介绍了 ControlLogix 系统的组成及硬件;通过讲解 RSLogix5000 的 4 种编程方法,教会读者如何使用编程软件;通过讲解罗克韦尔自动化 NetLinx 网络通信的几个典型应用案例,使读者学会对网络的合理设置和组态,解决应用中存在的问题;特别是详细地描述了 ControlLogix 系统如何兼容 DH+、Remote I/O 和 DH-485 等原有的网络体系,又能够与第三方产品如 Modbus、Profibus 网络设备进行通信。针对当前工业应用中对系统的可靠性要求,介绍了 ControlLogix 如何实现热备冗余系统的功能;针对系统的安全性要求,介绍了安全体系的标准及罗克韦尔自动化特有的 GuardLogix 安全控制产品在实际应用中是如何使用的。最后以循序渐进的方式,引领读者一步一步地学会使用 FactoryTalk View 监控软件,并以 PowerFlex 变频器在 PanelView Plus 中进行的首要集成为例,使读者初步体会分布式控制的优势。

本书立足于提高控制工程领域专业学位研究生和从事自动化专业的工程技术人员对罗克韦尔自动化 ControlLogix 控制系统的综合运用能力。本书是东北大学为培养控制工程专业学位研究生而开设的“现代控制工程设计”等实践技能课程群的教学参考书,同时也可作为罗克韦尔自动化公司的高级培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

Control Logix 系统组态与编程:现代控制工程设计/钱晓龙主编.
—北京:机械工业出版社,2013.6
(罗克韦尔自动化技术丛书)
ISBN 978-7-111-42627-1

I. ①C… II. ①钱… III. ①可编程序控制器—程序设计
IV. ①TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 109262 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:赵 任

版式设计:霍永明 责任校对:李锦莉 刘秀丽

封面设计:鞠 扬 责任印制:张 楠

北京京丰印刷厂印刷

2013 年 6 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·25.25 印张·610 千字

0 001—3 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-42627-1

定价:65.00 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

社服务中心:(010) 88361066

销售一部:(010) 68326294

销售二部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203

网络服务

教材网:<http://www.cmpedu.com>

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着科技及工程应用的发展,企业对工程师的能力提出了更高的要求,期望他们不仅要具备科学研究、技术开发、工程设计和组织管理能力,还要具有国际化视野、创新精神和知识的综合应用能力。在这种形势之下,根据2010年教育部提出的《关于实施专业学位研究生教育综合改革试点工作的指导意见》的有关精神,东北大学制订了控制工程领域专业学位研究生教育综合改革试点实施方案,依托罗克韦尔自动化等校企联合实验室,规划并开设了“现代控制工程设计”等实践技能课程群。目的是培养控制工程领域专业硕士在巩固原有理论知识的基础上,熟悉工程实际;充分锻炼和提高学生的设计能力、施工能力和维护能力;为现代企业培养最急需、最实用的人才。

本书正是在此背景下,总结以往的教学经验,借鉴国内外一些著名自动化公司对工程师的培训方法,编写了大量与工程相关的实践内容,引导学生通过实训项目的演练,掌握自动化产品的使用 and 技巧,强化学生分析问题和解决问题的能力,提高他们的工程设计能力和训练水平。

全书共分八章,详细地讲述了ControlLogix控制系统在各种网络环境下的组态过程和工程应用中的编程方法。其中第1章介绍了ControlLogix控制系统的组成及硬件组态;第2章介绍了RSLogix5000编程软件的使用;第3章介绍了RSLogix5000编程的4种方法,通过编程实验教会学生对方法的使用;第4章列举了罗克韦尔自动化NetLinx网络通信的几个典型应用案例,通过对网络的合理设置和组态,解决在应用中存在的问题;第5章介绍了ControlLogix控制系统如何兼容DH+、Remote I/O和DH-485等传统的网络体系,给出了两个与第三方产品,如Modbus、Profibus网络设备的通信实例;第6章介绍了如何发挥ControlLogix热备冗余系统的特点,实现了一些特殊的应用案例;第7章针对FactoryTalk View监控软件的特点,重点介绍了人机界面在PowerFlex变频器首要集成控制中的使用和如何发挥PanelView Plus的优势,实现一些特殊的功能;第8章介绍了GuardLogix安全控制系统产品在应用中如何组态与编程,由于该产品主要应用在汽车、轮胎等安全等级要求很高的行业,目前国内鲜有介绍,但是在教材中做如此详细的讲解是首次。

本书第1章由沈阳航空航天大学的张晓东编写;第2章由哈尔滨电机厂有限责任公司的王晓瑜编写;第3章由中科院沈阳计算技术研究所的朱翔宇编写;第4章由赵强编写;第5章由钱晓龙编写;第6章由郭海编写;第7章由李成铁编写;第8章由太原电力高等专科学校的高世红编写。王圣炜、马少华、陈建祥、徐天洋、孙若武、李世超等也参加了部分编写工作和实验设计,同时他们还对书中的所有实验进行了验证。本书也得到了东北大学研究生教材建设立项资助项目和国家自然科学基金重点项目(71032004)的支持,在这里一并表示感谢。本书由东北大学信息学院的钱晓龙教授主编并统稿。

本书由罗克韦尔自动化产品经理王广野先生主审，他不仅参与了本书提纲的编写，而且对全书进行了十分认真的审阅。在编写过程中，罗克韦尔自动化公司的王树璋经理、李海燕女士，中国大学项目部的李磊先生、李淼小姐和吕颖珊小姐也一直关注着本书的出版，他们给予了我们各方面的帮助，同时也提出了大量宝贵的意见，在此表示最诚挚的谢意。由于编者水平有限，对 ControlLogix 控制系统应用的积累还很不够，书中难免有错误和不妥之处，敬请广大读者批评指正。

**编者于东北大学
2013 年 4 月 1 日**

目 录

前言

第 1 章 ControlLogix 硬件系统	1
1.1 ControlLogix 控制器模块	2
1.1.1 ControlLogix 控制器	2
1.1.2 访问控制器	3
1.2 框架及电源模块	6
1.2.1 框架	6
1.2.2 电源	7
1.3 I/O 模块	8
1.3.1 数字量 I/O 模块	8
1.3.2 模拟量 I/O 模块	12
1.4 通信模块	15
1.4.1 以太网通信模块	16
1.4.2 控制网通信模块	19
1.4.3 设备网通信模块	20
第 2 章 RSLogix5000 编程软件	22
2.1 编程入门	23
2.1.1 创建工程	23
2.1.2 程序文件	24
2.1.3 数据文件	27
2.1.4 梯形图程序	30
2.1.5 趋势图	35
2.1.6 下载工程	36
2.1.7 运行工程	37
2.2 Tag 标签	38
2.2.1 标签地址	38
2.2.2 标签的操作	39
2.2.3 标签别名	43
2.2.4 数据结构	44
2.2.5 数组与结构体	45
2.3 系统任务	47
2.3.1 任务的类别	47
2.3.2 任务的优先级	50
2.4 I/O 模块的组态	51
2.4.1 本地 I/O 模块	51
2.4.2 远程 I/O 模块	57
2.4.3 故障诊断	60

2.5 程序的在线编辑	62
2.5.1 在线修改	63
2.5.2 在线编辑	64
2.6 RSLogix5000 帮助文件	65
2.6.1 指令帮助功能	65
2.6.2 其他帮助功能	66
2.7 导入/导出工具	67
2.7.1 改变控制器的版本	67
2.7.2 导出标签	70
第3章 RSLogix5000 编程方式	71
3.1 梯形图编程	72
3.1.1 主例程的编写	72
3.1.2 别名标签的作用	75
3.1.3 程序的复制功能	78
3.2 功能块图编程	79
3.2.1 周期性任务和程序	79
3.2.2 FBD 模拟例程	82
3.2.3 PID 回路自整定功能	84
3.2.4 趋势图跟踪	87
3.2.5 Active X 面板链接	89
3.2.6 驱动功能块及闭环控制	92
3.3 结构化文本编程	106
3.3.1 ST 编程要素	107
3.3.2 ST 编程结构及示例	111
3.4 顺序功能流程图	117
3.4.1 SFC 编程要素	118
3.4.2 SFC 编程结构	121
3.4.3 SFC 编程示例	124
3.5 用户自定义指令	126
3.5.1 创建 AOI	126
3.5.2 导入/导出 AOI 功能	130
3.5.3 AOI 的加密方法	131
3.5.4 AOI 使用示例	133
第4章 NetLinx 网络通信	135
4.1 EtherNet/IP 工业以太网	136
4.1.1 Stratix8000 交换机组态	136
4.1.2 远程扩展 Flex I/O	144
4.2 ControlNet 控制网	150
4.2.1 ControlNet 物理层	151
4.2.2 ControlNet 网络优化	155
4.2.3 ControlNet 远程 I/O 扩展	158
4.2.4 ControlLogix 和 CompactLogix 系统定时	166
4.2.5 清除 Keeper	176

4.3 DeviceNet 网络组态	179
4.3.1 PowerFlex40 变频器控制	180
4.3.2 自动更换设备功能	183
4.3.3 1761-NET-DNI 实现主从通信	188
第5章 传统网络及第三方通信	199
5.1 DH+ 网络通信	200
5.1.1 组态 DHRIO 模块	200
5.1.2 ControlLogix 读写 PLC-5 数据	201
5.1.3 PLC-5 读写 ControlLogix 数据	204
5.2 Remote I/O 网络通信	207
5.2.1 1747-ASB 适配器硬件设置	207
5.2.2 组态 1756-DHRIO 模块	210
5.3 DH-485 通信	214
5.4 Modbus 通信	216
5.4.1 Modbus 串行通信	216
5.4.2 远程控制 ATV71 变频器	223
5.4.3 Modbus TCP 通信	225
5.5 Profibus 通信	233
5.5.1 MVI56-PDPMV1 模块的配置	234
5.5.2 MVI56-PDPMV1 模块的软件组态	236
5.5.3 Profibus 主站通信的配置	237
5.5.4 Profibus 从站通信的配置	241
第6章 冗余系统	244
6.1 冗余系统的构建	245
6.1.1 电源冗余系统	246
6.1.2 控制器冗余系统	247
6.2 冗余系统的测试	256
6.2.1 RSLinx 软件发出切换命令	258
6.2.2 主控制器故障切换命令	259
6.2.3 主控制器发出切换命令	261
6.2.4 监视冗余系统	265
6.2.5 冗余系统程序优化	267
6.3 冗余系统的故障诊断	268
6.3.1 通过控制网模块的诊断	268
6.3.2 通过事件日志的诊断	271
6.4 固件版本附表	276
第7章 FactoryTalk View 监控软件	281
7.1 开发 FactoryTalk View 应用项目	282
7.1.1 FactoryTalk View SE 单机版架构	282
7.1.2 组态数据服务器	284
7.1.3 创建标签数据库	287
7.1.4 创建 SE 系统主画面	289

7.1.5 组态 SE 的报警	298
7.1.6 组态 SE 的数据日志	303
7.2 开发 PanelView Plus 应用项目	306
7.2.1 创建 ME 的项目	306
7.2.2 初始化系统设置	308
7.2.3 创建操作员画面	309
7.2.4 组态 ME 的趋势图	320
7.2.5 组态 ME 的报警	323
7.2.6 组态 ME 的 Startup 及测试	327
7.3 集成 PowerFlex70 变频器	329
7.3.1 组态 PowerFlex70 变频器	329
7.3.2 创建 Faceplate 画面	334
7.3.3 Faceplate 画面功能	337
第 8 章 GuardLogix 安全控制系统	340
8.1 有关安全的规范和标准	341
8.2 安全策略	342
8.3 保护配套设备与措施	346
8.3.1 急停开关	346
8.3.2 安全继电器	347
8.3.3 安全 PLC	349
8.4 控制系统的功能安全	352
8.5 IEC/EN 62061 的标准设计	354
8.6 安全控制系统应用案例	358
8.7 GuardLogix 系统的组态	359
8.7.1 GuardLogix 实验设备	359
8.7.2 DeviceNet 网络组态	361
8.7.3 组态 DeviceNet Safety I/O 模块	365
8.7.4 ESTOP 安全停止指令	371
8.7.5 I/O 状态监控	381
8.7.6 ROUT 冗余输出指令	384
8.7.7 功能屏蔽灯输出	391
8.7.8 安全标识和安全锁定	393
参考文献	395

第 1 章

ControlLogix 硬件系统

学习目标

- ControlLogix 基本组成结构
- ControlLogix 系统硬件
- 输入/输出模块的组态
- 三层网络的通信模块

1.1 ControlLogix 控制器模块

1.1.1 ControlLogix 控制器

ControlLogix 控制系统有多种类型的控制器，目前占主导地位的主要是 1756-L6 × 和 1756-L7 × 系列的控制器。以 ControlLogix 控制器为核心的 ControlLogix 平台是一个模块化的平台，适用于顺序、过程、安全、传动（或运动）以及批处理控制应用的任意组合。通过此平台，可无限地混用多种处理器、网络 and I/O，而且随着系统的扩展，可使用 EtherNet/IP、ControlNet 或 DeviceNet 网络将控制设备分布到其他机架或其他 Logix 平台。控制器支持的数字量 I/O 最多可达到 128000 点，模拟量 I/O 最多可达到 4000 点。一个控制器支持 32 个任务（可组态为不同的类型：连续型、周期型和事件型）。ControlLogix 控制系统的控制器内存使用情况如图 1-1 所示。

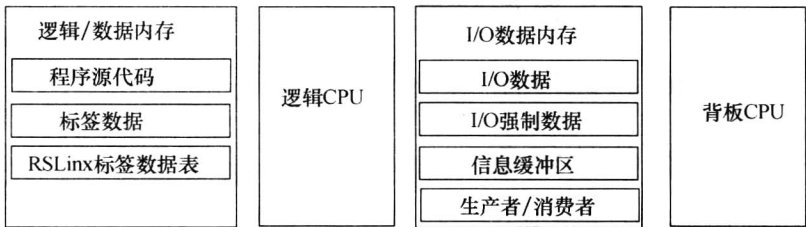


图 1-1 ControlLogix 控制器内存

由图 1-1 可以看出 ControlLogix 控制器内存分为逻辑/数据内存和共享 I/O 数据内存。控制器有两个 CPU：逻辑 CPU 和背板 CPU。它们分别用来处理逻辑程序和进行数据通信。这样就能保证既能快速地执行程序，又不影响数据交换。

ControlLogix 控制器模块可以插在 ControlLogix 框架的任意槽内，并且在同一个框架内可以插入多个控制器，控制器之间可以通过背板进行通信。控制器模块外形如图 1-2a、1-2b 所示。模块的 LED 指示灯用于指示控制器模块的状态，分别指示控制器的运行状态、I/O 状态、I/O 强制状态以及控制器的电池信息等。

ControlLogix 控制器可以通过多种方式访问，最直接的访问方式是通过控制器上的内置通信端口进行通信，如 1756-L6 × 系列的控制器可以通过内置的 RS-232 串行端口访问，而 1756-L7 × 系列的控制器可以通过内置的 USB 2.0 全速 B 类端口访问。同时，ControlLogix 控制器还可以经过 1756-ENBT 通信模块通过 EtherNet/IP（工业以太网）路由到框架的背板，再访问到控制器；同样，也可以经过 1756-CNB（R）模块通过 ControlNet（控制网）路由到背板，再访问到控制器。下文中会以示例实验的方式介绍访问控制器的方式。

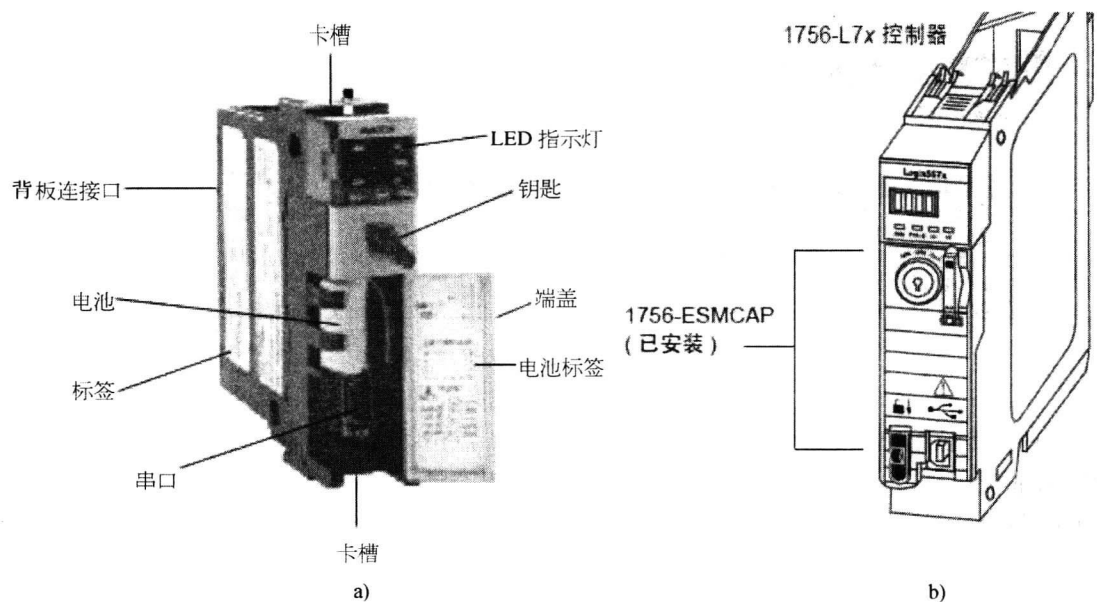


图 1-2 控制器模块外形

a) 1756-L6 × 控制器模块外形 b) 1756-L7 × 控制器模块外形

值得注意的一点是，一般情况下很少使用 1756-L6 × 系列控制器的串口上传和下载程序，因为串口的速度相对于其他通信方式（如以太网）较慢。但是，在特殊情况下，会用到串口和控制器进行通信，串口的连接方式如图 1-3 所示。

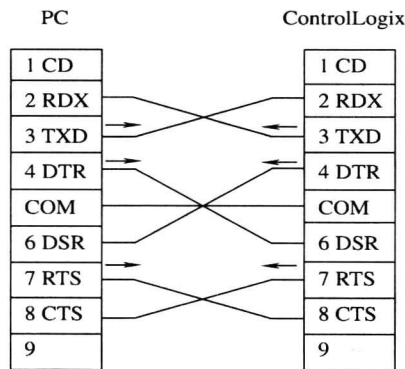


图 1-3 1756-L6 × 系列控制器串口的连接方式

1.1.2 访问控制器

1. 访问 1756-L6 × 系列控制器

1756-L6 × 系列控制器上都有一个串口，开发人员可以采用 DF1 协议与控制器进行串口通信。通信步骤如下所示：

- 1) 单击 Start→Program→Rockwell Software→RSLinx，启动 RSLinx Classic 软件。
- 2) 选择“Communication”菜单中的“Configure Drivers”，弹出如图 1-4 所示对话框。

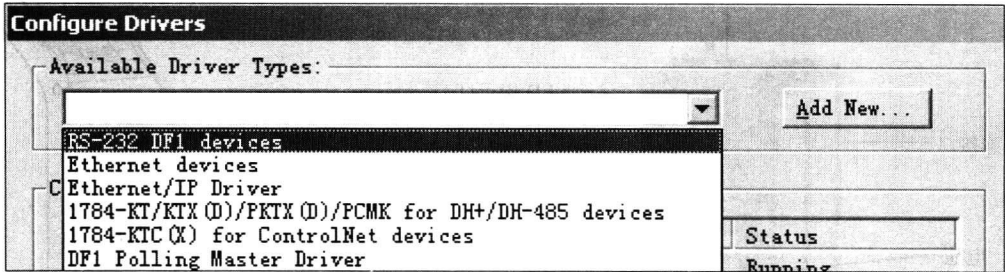


图 1-4 添加驱动

3) 从下拉菜单中选择“RS-232 DF1 devices”，点击“Add New”按钮，出现添加驱动程序对话框，点击“OK”按钮即可，接着会弹出组态通信口的选项，如图 1-5 所示。按下“Auto-Configure”按钮，如果通信成功，在状态信息栏会显示“Auto Configuration Successful”。

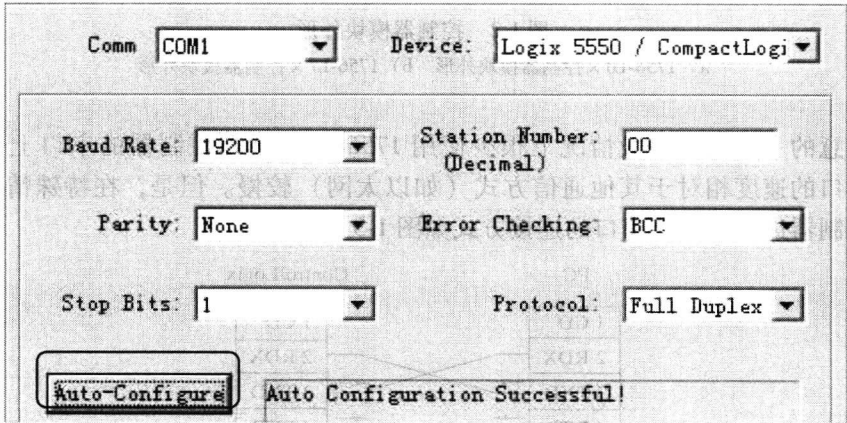


图 1-5 组态通信口

4) 点击“OK”按钮，这时点击“RSWho”会出现连接上的设备，如图 1-6 所示。

2. 访问 1756-L7 × 系列控制器

1756-L7 × 系列控制器上都有一个 USB 口，可与控制器进行串口通信。要将 RSLinx 软件组态为使用 USB 端口，需要先设置 USB 驱动程序。通信步骤如下所示：

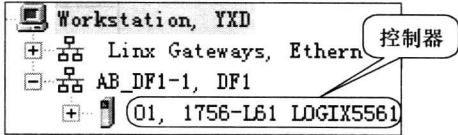


图 1-6 RSLinx 界面

1) 使用 USB 电缆连接控制器和工作站，将显示“发现新硬件向导”（Found New Hardware Wizard）对话框，如图 1-7 所示。

2) 单击任意一个 Windows 更新连接选项并单击“下一步”。注意，如果没有找到 USB 驱动程序软件且安装被取消，请验证是否已安装 RSLinx Classic 软件（版本 2.56 或更高版本）。



图 1-7 发现新硬件向导

3) 单击“自动安装软件”(Install the software automatically), 然后单击“下一步”, 软件即被安装, 如图 1-8 所示。

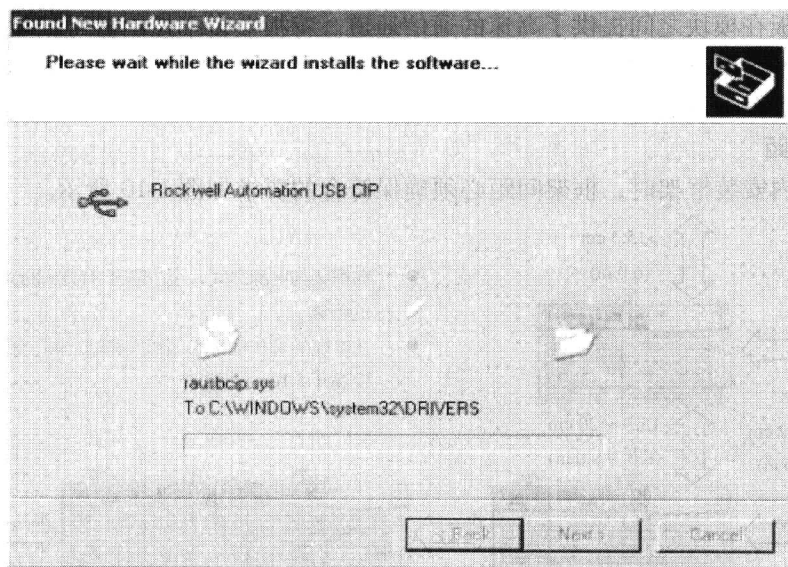


图 1-8 安装软件

4) 单击“完成”(Finish)以设置 USB 驱动程序。

5) 单击 RSLinx 软件中的“RSWho”图标  以浏览控制器, 将出现 RSLinx 工作站项目管理器, 如图 1-9 所示。

控制器将出现在两个不同的驱动程序(虚拟机架驱动程序和 USB 端口驱动程序)下方, 可以使用任意一个驱动程序浏览控制器。

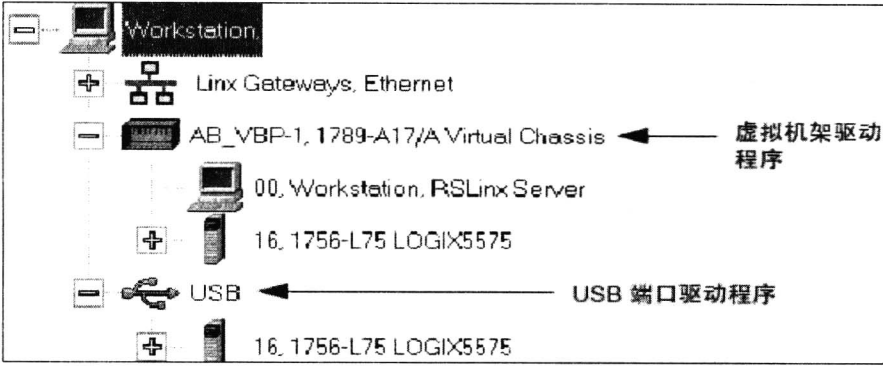


图 1-9 RSLinx 工作站项目管理器

1.2 框架及电源模块

1.2.1 框架

ControlLogix 框架有 4 槽、7 槽、10 槽、13 槽和 17 槽 5 种形式，并且对控制器所处的槽位没有要求。

框架的背板在模块之间提供了高速的通信通道。背板上多个控制器可相互通信，信息可通过背板完成不同网络间的路由，以达到网络之间的无缝集成。在安装 ControlLogix 框架的时候，需要注意以下两点：

1. 框架间距

在控制柜内安装框架时，框架间距必须确保符合的要求如图 1-10 所示。

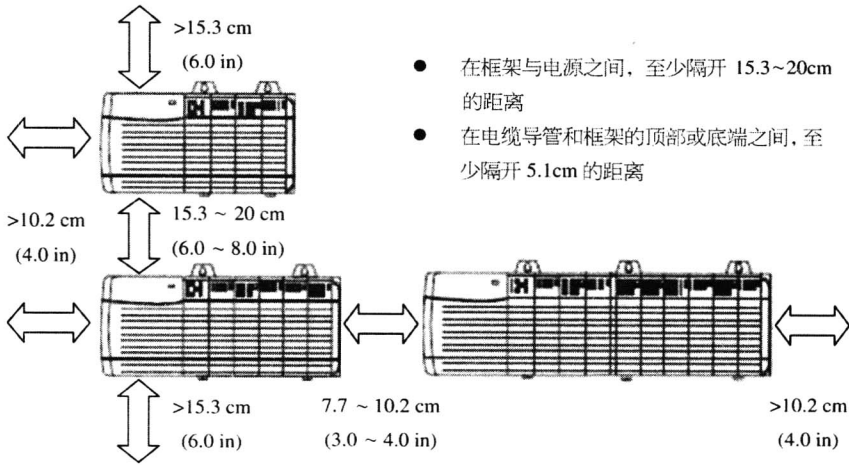


图 1-10 框架间距

2. 接地

每个 ControlLogix 框架都有一个接地螺母，具体的位置如图 1-11 所示。如果控制柜的面板上有多个框架，建议采用如图 1-12 所示的方法进行接地。

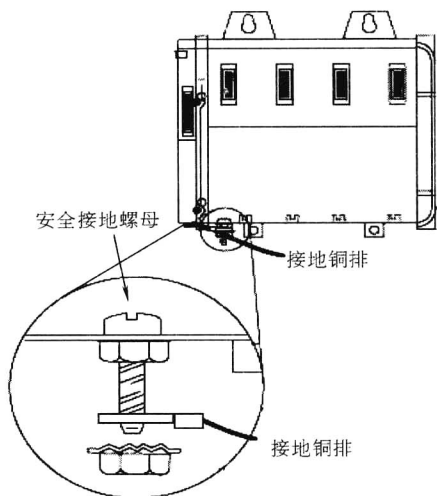


图 1-11 框架接地

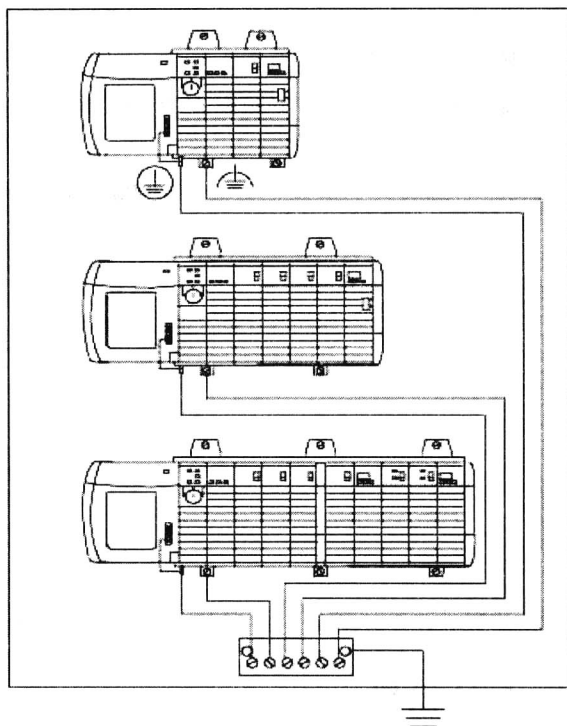


图 1-12 多个框架接地

ControlLogix 框架的 5 种规格见表 1-1。

表 1-1 ControlLogix 框架的 5 种规格

目 录 号	槽 数	尺寸(H×W×D)/mm	背板电源
1756-A4	4	137×263×145	DC4.0A@3.3V DC15.0A@5V DC2.8A@24V
1756-A7	7	137×368×145	
1756-A10	10	137×483×145	
1756-A13	13	137×588×145	
1756-A17	17	137×738×145	

1.2.2 电源

1756 框架上的电源模块直接给框架的背板提供 1.2V、3.3V、5V 和 24V 的直流电源。电源模块有标准电源模块（例如：1756-PA72、1756-PB72、1756-PA75、1756-PB75、1756-PC75 和 1756-PH75）和冗余电源模块（例如：1756-PA75R 和 1756-PB75R）。

严格地说，在选择电源模块时应当将框架内的所有模块的电流累加起来。1756-PA72 和 1756-PB72 电源模块提供 10A 的背板电流。1756-PA75、1756-PB75、1756-PC75 和 1756-PH75 电源模块提供 13A 的背板电流。对于电压的选择则要根据现场所提供的电源类型。例如，如果现场提供 220V 的交流电压，框架内模块所需背板提供的电流在 11A 左右，则最好选择 1756-PA75 模块。

当电源模块的供电电压降到极限电压以下时，每个交流输入电源模块都在背板上发出关

机信号。当模块的供电电压回升到极限电压以上时，则关机信号消失。该关机信号可确保将有效的数据存入控制器的内存。

在安装电源模块时，按照框架上的凹槽进行安装，如图 1-13 所示。

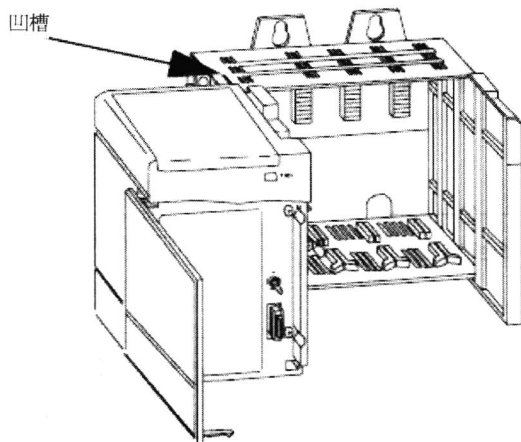


图 1-13 电源安装

1.3 I/O 模块

在 1.1 节中简单地介绍了输入/输出模块的作用，本节将对输入/输出模块原理进行介绍。

输入/输出模块分为数字量输入/输出模块和模拟量输入/输出模块两大类。

数字量输入/输出模块用来接收和采集现场设备的输入信号，包括按钮、选择开关、行程开关、继电器触点、接近开关、光电开关、数字拨码开关等数字量输入信号，以及用来对各执行机构进行控制的输出信号，包括向接触器、电磁阀、指示灯和开关等输出的数字量输出信号。模拟量输入/输出模块能直接接收和输出模拟量信号。

输入/输出模块通常采用滤波器、光耦合器或隔离脉冲变压器将来自现场的输入信号或驱动现场设备的输出信号与 CPU 隔离，以防止外来干扰引起的误动作或故障。

1.3.1 数字量 I/O 模块

1. 基本原理

(1) 数字量输入模块

1) 直流输入模块：直流输入模块外接直流电源，电路如图 1-14 所示。有的输入模块内部提供 24V 直流电源，称作无源式输入模块，用户只需将开关接在输入端子和公共端子之间即可。

2) 交流输入模块：交流输入模块外接交流电源。

在如图 1-15 所示的输入电路中，输入端子有一个公共端子 COM，即有一个公共汇集点，因此称为汇点式输入方式。除此之外，输入模块还有分组式和分隔式。分组式输入模块的输入端子分为若干组，每组共用一个公共端子和一个电源。分隔式输入模块的输入端子互相隔离，互不影响，各自使用独立的电源。