

从基础
到实践

基础知识全面覆盖
实践操作循序渐进

从理论
到应用

理论讲解详尽具体
动手应用实操实练

从入门
到进阶

入门知识由浅入深
掌握技能进阶无忧



PLC应用技术

(FX_{5U} 系列)

陈娟 尹智龙 / 主编

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

PLC 应用技术 / 陈娟, 尹智龙主编. -- 北京: 北京理工大学出版社, 2022. 12

ISBN 978 - 7 - 5763 - 2021 - 3

I. ①P… II. ①陈… ②尹… III. ①PLC 技术 IV. ①TM571.61

中国国家版本馆 CIP 数据核字(2023)第 003493 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68944723 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 河北盛世彩捷印刷有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 18.5

字 数 / 412 千字

版 次 / 2022 年 12 月第 1 版 2022 年 12 月第 1 次印刷

定 价 / 95.00 元

责任编辑 / 王玲玲

文案编辑 / 王玲玲

责任校对 / 刘亚男

责任印制 / 施胜娟

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

前言

PLC 技术是高职高专电类专业的核心课程内容，PLC 是高职各种职业技能竞赛的常用控制器，很多种类的竞赛都是围绕 PLC 技术应用展开的综合项目。PLC 的种类繁多，发展速度快。本书讲解的 FX_{5U} 系列是三菱近几年推行的产品，同时也是未来的发展方向。

本书分为任务清单和正文两册，包括绪论和三大部分八个项目及其若干任务单元。每一内容都围绕具体的案例展开，按照教、学、做一体化的教学模式编写。绪论介绍 PLC 的产品及应用；第一部分重点介绍 FX_{5U} 系列 PLC 常用指令的应用，每个任务都有几个案例针对不同常用指令的应用；第二部分重点介绍 FX_{5U} 系列 PLC 应用指令的应用，包括顺序控制和模拟量控制；第三部分重点介绍 FX_{5U} 系列 PLC 的综合应用，包括 PLC 对变频器的控制、PLC 对 MELSERVO - JE 系列伺服的控制以及与 HMI 上位组态技术的综合应用。

本书由九江职业大学陈娟老师、尹智龙老师主编并负责全书审稿工作，九江职业大学李绘英、周军、石宏、余波、梁培辉任副主编，由三菱公司提供技术支持，其公司杨弟平工程师任副主编。

由于编者水平和实践经验有限，书中难免有不妥之处，欢迎广大读者提出宝贵意见。

编者

目录

绪 论	1
-----	---

第一部分 FX_{5U}系列 PLC 常用指令的应用

项目一 FX _{5U} 系列 PLC 对三相异步电动机的控制	9
任务一 GX Works3 软件安装与使用	9
任务二 三相异步电动机的正反转控制	25
任务三 三相异步电动机的点动与连续控制	40
任务四 三相异步电动机的单按钮启停控制	46
项目二 FX _{5U} 系列 PLC 常用指令的应用	52
任务一 定时器实现彩灯闪烁控制	52
任务二 计数器实现地下停车场出入口管制控制	58
项目三 FX _{5U} 系列 PLC 基本指令的应用	64
任务一 比较指令实现十字路口交通灯控制	64
任务二 音乐喷泉的设计	71
任务三 数码显示控制	81

第二部分 FX_{5U}系列 PLC 应用指令的应用

项目四 FX _{5U} 系列 PLC 的顺序控制设计法	95
任务一 液体混合控制	95
任务二 钻床钻孔控制	105
任务三 开关门控制	114
项目五 FX _{5U} 系列 PLC 的模拟量控制	124
任务一 模拟量输入控制	124
任务二 模拟量输出控制	133

第三部分 FX_{SU}系列 PLC 的综合应用

项目六 FX _{SU} 系列 PLC 对变频器的控制	145
任务一 基于 PLC 的数字量方式多段速控制	145
任务二 基于 PLC 的模拟量方式变频调速控制	158
项目七 FX _{SU} 系列 PLC 对 MELSERVO - JE 系列伺服的控制	165
任务一 FX _{SU} 系列 PLC 子程序的应用	165
任务二 FX _{SU} 系列 PLC 对 MR - JE - A 系列伺服的控制	173
任务三 FX _{SU} 系列 PLC 对 MR - JE - B 系列伺服的控制	188
项目八 FX _{SU} 系列 PLC 与 HMI 的综合应用	189
任务一 FX _{SU} 的 SLMP 协议实现与 HMI 的通信	189
任务二 FX _{SU} 的 MODBUS TCP 协议实现与 HMI 的通信	196

绪 论

一、PLC 的产生与发展

可编程控制器简称 PLC (Programmable Logic Controller), 在 1987 年国际电工委员会 (International Electrical Committee) 颁布的 PLC 标准草案中对 PLC 做了如下定义: PLC 是一种专门为在工业环境下应用而设计的数字运算操作的电子装置。它采用可以编制程序的存储器, 用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序运算、计时、计数和算术运算等操作的指令, 并能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 及其有关的外围设备都应该按易于与工业控制系统形成一个整体, 易于扩展其功能的原则而设计。

1968 年, 美国最大的汽车制造商——通用汽车公司 (GM 公司), 为了适应生产工艺不断更新的需要, 提出要用一种新型的工业控制器取代继电器接触器控制装置。第二年, 美国数字设备公司 (DEC 公司) 研制出了第一台可编程序控制器, 并在美国通用汽车公司的自动装配线上试用成功, 取得满意的效果, 可编程序控制器自此诞生。

20 世纪 80 年代至 90 年代中期是 PLC 发展最快的时期, 年增长率一直保持在 30%~40%。这一时期, PLC 在处理模拟量能力、数字运算能力、人机接口能力和网络能力等方面得到大幅度提高, 同时, PLC 逐渐进入过程控制领域, 在某些方面逐步取代了在过程控制领域处于统治地位的集散控制系统 (DCS)。目前, 世界上有 200 多厂家生产 300 多个品种的 PLC 产品, 应用在汽车、机械制造、化学、制药、金属、矿山和造纸等许多行业。

二、PLC 的分类及特点

(一) PLC 的分类

1. 按产地分

可分为日系、韩系、欧美、国产等。其中日韩系列具有代表性的为三菱、欧姆龙、松下、光洋、LG 等; 欧美系列具有代表性的为西门子、A-B、通用电气、德州仪表等; 国产系列具有代表性的为台达、和利时、浙江中控等, 见表 1。

表 1 PLC 的主要产品

国家	公司	产品型号
德国	西门子 (SIEMENS)	S7-200 Smart、S7-1200、S7-300/400、S7-1500

续表

国家	公司	产品型号
美国	GE Fanuc	90 TM - 30、90 TM - 70、VersaMax、Rx3i
日本	三菱 (MITSUBISHI)	FX _{3U} /FX _{5U} 系列、Q 系列、L 系列
法国	施耐德 (Schneider)	Twido、Micro、Premium、Quantum 系列
中国	无锡信捷	XE 系列、XD3 系列、XC 系列
中国	深圳汇川	H2U/H3U/H5U 系列、AM400/600/610 系列

20 世纪 80 年代三菱电动机推出了 F 系列小型 PLC，其后经历了 F1、F2、FX2 系列，在硬件和软件功能上不断完善和提高，再后来推出了诸如 FX_{1N}、FX_{2N} 等系列的第二代产品 PLC，实现了微型化和多品种化，可满足不同用户的需要。2012 年，三菱官网发布三菱 FX_{2N} 停产通知，作为老一代经典机型，已经慢慢退出了市场。三菱 FX_{3U} 系列 PLC 是三菱的第三代小型可编程序控制器，也是当前的主流产品。相比 FX_{2N}，FX_{3U} 在接线的灵活性、用户存储器、指令处理速度等方面性能得到了提高。三菱 FX_{5U} 作为 FX_{3U} 系列的升级产品，以基本性能的提升、与驱动产品的连接、软件环境的改善作为亮点于 2015 年问世。

2. 按点数分

可分为大型机、中型机及小型机等。大型机一般 I/O 点数大于 2 048 点；具有多 CPU、16 位/32 位处理器，用户存储器容量 8~16 KB，具有代表性的为西门子 S7-400 系列、通用公司的 GE-IV 系列等；中型机一般 I/O 点数为 256~2 048 点；单/双 CPU，用户存储器容量为 2~8 KB，具有代表性的为西门子 S7-300 系列、三菱 Q 系列等；小型机一般 I/O 点数小于 256 点，单 CPU，8 位或 16 位处理器，用户存储器容量 4 KB 字以下，具有代表性的为西门子 S7-200 系列、三菱 FX 系列等。

3. 按结构分

可分为整体式和模块式。图 1 为整体式 PLC，其将电源、CPU、I/O 接口等部件都集中装在一个机箱内，具有结构紧凑、体积小、价格低的特点；小型 PLC 一般采用这种整体式结构。图 2 为模块式 PLC，其由不同 I/O 点数的基本单元（又称主机）和扩展单元组成。基本单元内有 CPU、I/O 接口、与 I/O 扩展单元相连的扩展口，以及与编程器或 EPROM 写入器相连的接口等；扩展单元内只有 I/O 和电源等，没有 CPU；基本单元和扩展单元之间一般用扁平电缆连接；整体式 PLC 一般还可配备特殊功能单元，如模拟量单元、位置控制单元等，使其功能得以扩展。这种模块式 PLC 的特点是配置灵活，可根据需要选配不同规模的系统，而且装配方便，便于扩展和维修。大、中型 PLC 一般采用模块式结构。

4. 按功能分

可分为低档、中档、高档三类。低档 PLC 具有逻辑运算、定时、计数、移位以及自诊断、监控等基本功能，还可有少量模拟量输入/输出、算术运算、数据传送和比较、通信等功能；主要用于逻辑控制、顺序控制或少量模拟量控制的单机控制系统。中档 PLC 除具有低档 PLC 的功能外，还具有较强的模拟量输入/输出、算术运算、数据传送和比较、数制转

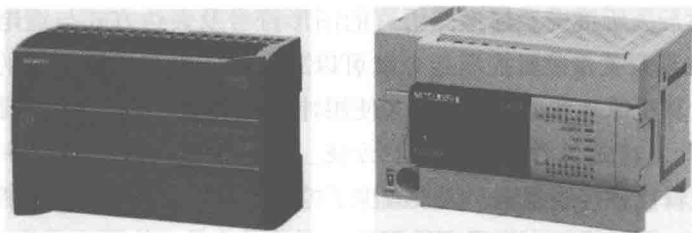


图1 整体式 PLC 示例

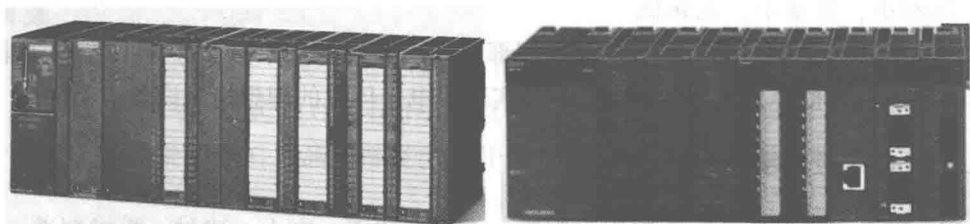


图2 模块式 PLC 示例

换、远程 I/O、子程序、通信联网等功能，有些还可增设中断控制、PID 控制等功能，适用于复杂控制系统。高档 PLC 除具有中档机的功能外，还增加了带符号算术运算、矩阵运算、位逻辑运算、平方根运算及其他特殊功能函数的运算、制表及表格传送功能等。高档 PLC 机具有更强的通信联网功能，可用于大规模过程控制或构成分布式网络控制系统，实现工厂自动化。

(二) PLC 的特点

1. 可靠性高，抗干扰能力强

高可靠性是电气控制设备的关键性能。PLC 由于采用现代大规模集成电路技术，采用严格的生产工艺制造，内部电路采取了先进的抗干扰技术，具有很高的可靠性。一些使用冗余 CPU 的 PLC 的平均无故障工作时间则更长。从 PLC 的机外电路来说，使用 PLC 构成控制系统，和同等规模的继电器接触器系统相比，电气接线及开关接点已减少到数百甚至数千分之一，故障也就大大降低。此外，PLC 带有硬件故障自我检测功能，出现故障时可及时发出警报信息。在应用软件中，应用者还可以编入外围器件的故障自诊断程序，使系统中除 PLC 以外的电路及设备也获得故障自诊断保护。这样，整个系统具有极高的可靠性也就不足为奇了。

2. 配套齐全，功能完善，适用性强

PLC 发展到今天，已经形成了大、中、小各种规模的系列化产品。可以用于各种规模的工业控制场合。除了逻辑处理功能以外，现代 PLC 大多具有完善的数据运算能力，可用于各种数字控制领域。近年来，PLC 的功能单元大量涌现，使 PLC 渗透到了位置控制、温度控制、数控机床等各种工业控制中。加上 PLC 通信能力的增强及人机界面技术的发展，使用 PLC 组成各种控制系统变得非常容易。

3. 易学易用，深受工程技术人员欢迎

PLC 作为通用工业控制计算机，是面向工矿企业的常用工控设备。它接口简单，编程语

言易于为工程技术人员所接受。梯形图语言的图形符号及表达方式与继电器电路图相当接近, 只用 PLC 的少量开关量逻辑控制指令就可以方便地实现继电器电路的功能。为不熟悉电子电路、不懂计算机原理和汇编语言的人使用计算机从事工业控制打开了方便之门。

4. 系统的设计、建造工作量小, 维护方便, 容易改造

PLC 用存储逻辑代替接线逻辑, 大大减少了控制设备外部的接线, 使控制系统设计及建造的周期大为缩短, 同时维护也变得容易起来。更重要的是, 使同一设备通过改变程序来改变生产过程成为可能。这很适合多品种、小批量的生产场合。

5. 体积小, 质量小, 能耗低

以超小型 PLC 为例, 新近出产的品种底部尺寸小于 100 mm, 质量小于 150 g, 功耗仅数瓦。因体积小, 其很容易装入机械内部, 是实现机电一体化的理想控制设备。

三、PLC 的应用领域

目前, PLC 在国内外已广泛应用于钢铁、石油、化工、电力、建材、机械制造、汽车、轻纺、交通运输、环保及文化娱乐等各个行业, 使用情况大致可归纳为如下几类。

1. 开关量的逻辑控制

这是 PLC 最基本、最广泛的应用领域, 它取代传统的继电器电路, 实现逻辑控制、顺序控制, 既可用于单台设备的控制, 也可用于多机群控及自动化流水线。如注塑机、印刷机、订书机械、组合机床、磨床、包装生产线、电镀流水线等。

2. 模拟量控制

在工业生产过程当中, 有许多连续变化的量, 如温度、压力、流量、液位和速度等都是模拟量。为了使可编程控制器处理模拟量, 必须实现模拟量 (Analog) 和数字量 (Digital) 之间的 A/D 转换及 D/A 转换。PLC 厂家都生产配套了 A/D 和 D/A 转换模块, 使可编程控制器能够用于模拟量控制。

3. 运动控制

PLC 可以用于圆周运动或直线运动的控制。从控制机构配置来说, 早期直接用于开关量的 I/O 模块连接位置传感器及执行器, 现在一般使用专用的运动控制模块。如可驱动步进电动机或伺服电动机的单轴或多轴位置控制模块。世界上各主要 PLC 厂家的产品几乎都有运动控制功能, 广泛用于各种数控机床、五自由度机械手、智能电梯等场合。

4. 过程控制

过程控制是指对温度、压力、流量等模拟量的闭环控制。作为工业控制计算机, PLC 能编制各种各样的控制算法程序, 完成闭环控制。PID 调节是一般闭环控制系统中用得较多的调节方法。大中型 PLC 都有 PID 模块, 目前许多小型 PLC 也具有此功能模块。PID 处理一般是运行专用的 PID 子程序。过程控制在冶金、化工、热处理、锅炉控制等场合有非常广泛的应用。

5. 数据处理

现代 PLC 具有数学运算 (含矩阵运算、函数运算、逻辑运算)、数据传送、数据转换、排序、查表、位操作等功能, 可以完成数据的采集、分析及处理。这些数据可以与存储在存

存储器中的参考值比较，完成一定的控制操作，也可以利用通信功能传送到别的智能装置，或将它们打印制表。数据处理一般用于大型控制系统，如无人控制的柔性制造系统；也可用于过程控制系统，如造纸、冶金、食品工业中的一些大型控制系统。

6. 通信及联网

PLC 通信含 PLC 间的通信及 PLC 与其他智能设备间的通信。随着计算机控制的发展，工厂自动化网络发展得很快，各 PLC 厂商都十分重视 PLC 的通信功能，纷纷推出各自的网络系统。新近生产的 PLC 都具有 RS232、RS485 及至 LAN 通信接口，通信非常方便。

拓展训练

1. PLC 具有什么特点？主要应用在哪些方面？
2. 整体式 PLC 与模块式 PLC 各有什么特点？
3. 三菱公司主要的 PLC 产品是哪些？西门子公司主要的 PLC 产品是哪些？

第一部分 **FX_{5U}** 系列 PLC 常用指令的应用

项目一

FX_{5U}系列PLC对三相异步电动机的控制

知识目标

1. 掌握 GX Works3 编程软件的安装与使用方法；
2. 掌握 FX_{5U} 系列 PLC 的外部接线方法；
3. 掌握 FX_{5U} 系列 PLC 基本指令、置复位指令、边沿脉冲指令的使用方法。

能力目标

1. 能熟练使用 GX Works3 编程软件完成三相异步电动机正反转控制程序的编写、调试与运行；
2. 能熟练使用 GX Works3 编程软件完成三相异步电动机点动与连续运行控制程序的编写、调试与运行；
3. 能熟练使用 GX Works3 编程软件完成三相异步电动机单按钮启停控制程序的编写、调试与运行。

素质目标

1. 激发学生对新事物的认知热情；
2. 培养学生积极思考、举一反三的学习品质；
3. 培养学生不怕犯错，敢于尝试，善于总结反思的实践精神。

任务一 GX Works3 软件安装与使用

相关知识

三菱 FX_{5U} 系列 PLC 使用的编程软件为 GX Works3，该软件可实现以工程为单位，对每个 CPU 模块进行程序及管理，有程序创建、参数设置、CPU 模块的写入/读取、监视/调试、诊断等功能。软件支持梯形图 (LD)、功能块 (FBD)、顺序功能图 (SFC) 和结构化文本 (ST) 等多种语言进行程序编写，可进行程序的线上修改、监控及调试等功能。

该编程软件具有丰富的工具箱和可视化界面，既可以联机操作，也可以脱机编程，并且

支持仿真功能，可以完全保证设计者进行 PLC 程序的开发与调试工作。

1. 软件下载

在百度三菱电动机自动化（中国）有限公司官网，单击图 1-1-1 中的搜索键，出现图 1-1-2，在图中搜索位置输入“GX Works3”，如图 1-1-3（a）所示。选中如图 1-1-3（b）所示的资料中心的软件，出现图 1-1-4，单击 GX Works3 旁边的“查看”命令，便能下载 GX Works3 软件，具体网址为 <https://www.mitsubishielectric-fa.cn/site/file-software-detail?id=16>。



图 1-1-1 官网搜索



图 1-1-2 输入搜索

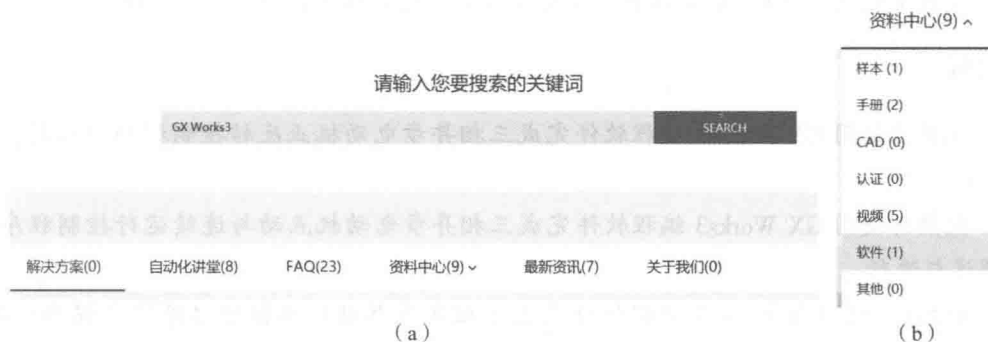


图 1-1-3 搜索过程

文件标题	文件类别	更新日期	操作
iQ-F安全模块配置指南	可编程控制器MELSEC	2020年02月26日	查看
MELSEC iQ-L 选型软件	可编程控制器MELSEC	2021年07月20日	查看
MELSEC iQ-R选型软件	可编程控制器MELSEC	2021年07月20日	查看
MELSEC iQ-F选型软件	可编程控制器MELSEC	2021年06月03日	查看
SW1DNN-EIPXTFX5-ED 00A	可编程控制器MELSEC	2020年01月22日	查看
GX Works3	可编程控制器MELSEC	2022年07月01日	查看
GX Works2	可编程控制器MELSEC	2022年11月04日	查看

图 1-1-4 搜索结果

2. 软件的安装环境

- ①CPU：Intel Core 2 Duo 2 GHz 以上；
- ②内存：2 GB 以上；

- ③硬盘：空间 10 GB 以上；
- ④显示器：分辨率 1 024 × 768 像素以上；
- ⑤操作系统：Windows XP、Windows 7、Windows 8、Windows 9、Windows 10 的 32 位或 64 位操作系统。

3. 软件安装

安装前，结束所有运行程序，拔出 U 盘，关闭所有的杀毒软件。

在键盘上按下 Windows + R 组合键，在弹出的界面中输入图 1-1-5 所示的“appwiz.cpl”命令，appwiz.cpl 是控制面板项之一，可以用来安全地从计算机上删除程序和添加程序。在弹出的界面中选中“启用或关闭 Windows 功能”，启用 NET Framework 3.5 功能。

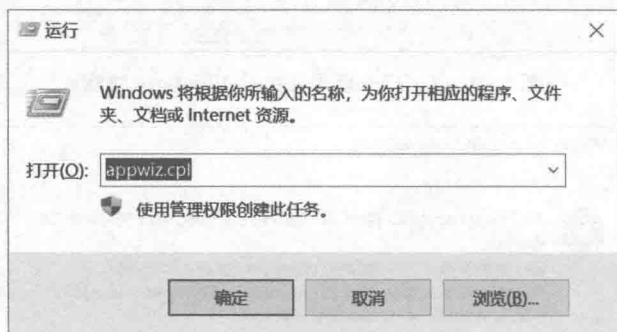


图 1-1-5 打开控制面板命令

如果计算机没有下载启用此功能所需的文件，则会弹出图 1-1-6 所示的下载画面，等待下载完再单击图 1-1-7 中的“确定”按钮，即成功启用此功能。

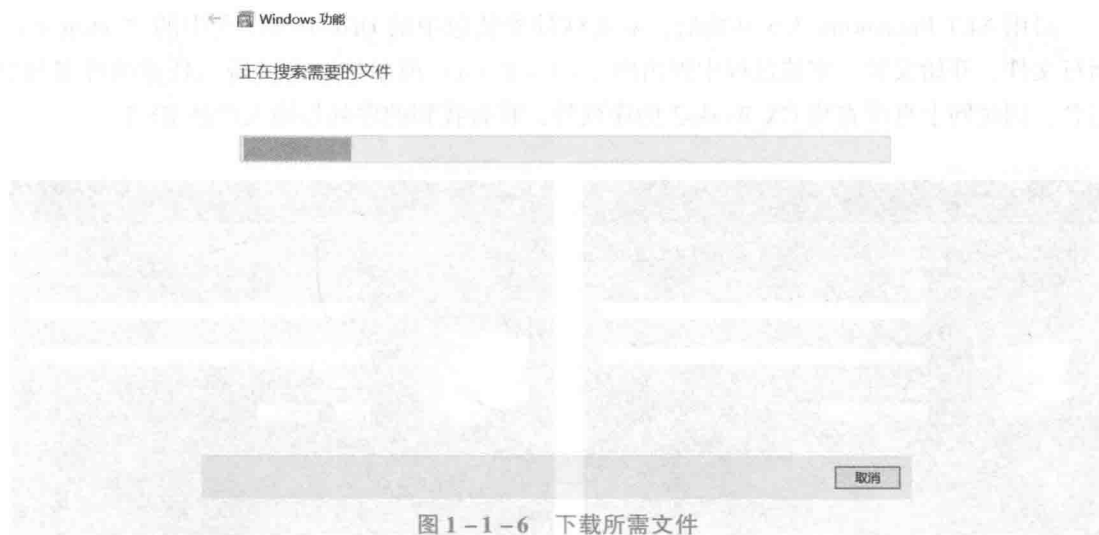


图 1-1-6 下载所需文件

如果没有启用此功能，则在安装过程中会弹出图 1-1-8 所示的提示框，提醒启用此功能，才能继续软件的安装。



图 1-1-7 打开启用或关闭 Windows 功能

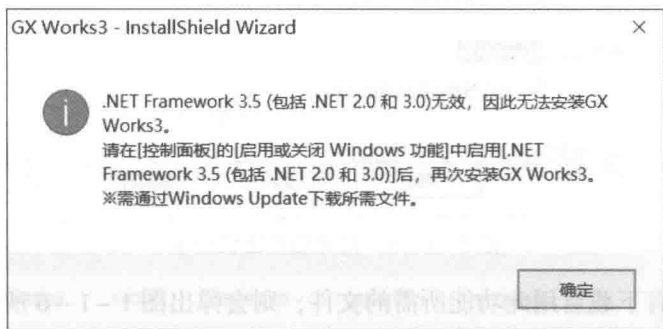
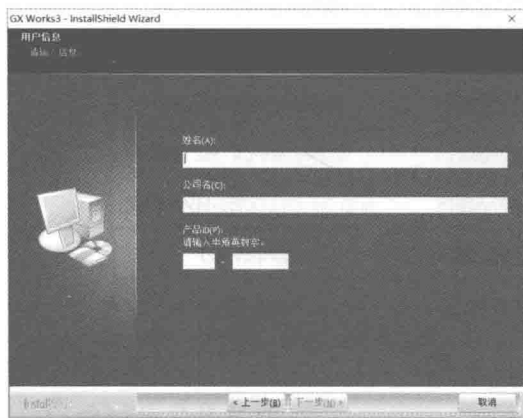
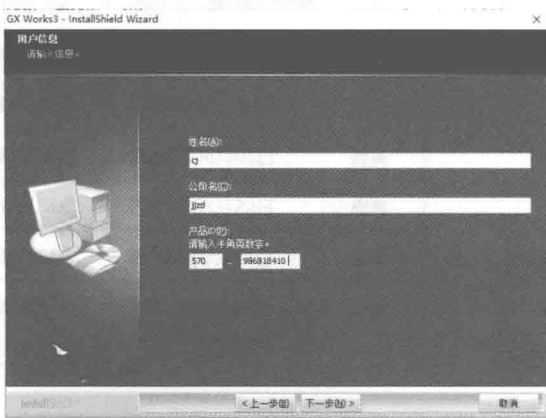


图 1-1-8 安装提示框

启用 NET Framework 3.5 功能后, 双击软件安装包中的 Disk 1 文件夹中的“setup.exe”运行文件, 开始安装。安装过程中弹出图 1-1-9 (a) 所示的画面, 输入任意的姓名和公司名, 同时网上百度查找 GX Works3 的序列号, 将查找到的序列号输入产品 ID 中。



(a)



(b)

图 1-1-9 序列号