

基于 PLC 的气动机械手控制系统研究

邱国轩

(天津城建大学 天津 300384)

摘要: 气动机械手是一种多功能机构,能够自动定位、控制和可编程,它在工业自动化中起着重要的作用。气动技术和计算机技术是以计算机技术为基础的控制技术。特别是气动技术,从实用能力和精准度方面来说,已经成为主要的研究方向之一。本文是基于 PLC 技术进行气动机械手控制系统的研究。

关键词: PLC; 气动机械手; 控制系统

0 引言

目前,工业机器人在工程中的应用越来越广泛,工业机器人也越来越受到重视,被用作工业生产领域的“工业机械手”就是机器人工业的一部分。在实际生产过程中,机械手系统的应用不仅提高了生产自动化水平和劳动生产率,而且降低了劳动强度,保证了产品质量和产品安全。

气动机械手主要由机械手臂、运动机构和控制系统组成,机械手骨架和气爪相连。目前大多数现代机械手都配有传感器,所有运动功能都由气缸和电磁阀组成,它们是基于 PLC 控制和切换的,它们的运动功能可以通过液压控制获得更高的压缩比,这里首选的液压驱动,即使它体积很小,也可以使用液压驱动。机械手的一部分通过空气驱动来控制水平和垂直运动,这部分是由气缸和电机组成,大约有 4~6 个自由度。

在电气驱动下,驱动机构的电动机带动丝杆、螺母机构部分可用于直线运动。经常使用步进电机、直流或交流伺服电机和传动装置作为机械手的电气驱动,并且这些部分易于维护和操作。

本设计选用气动技术为机械手的驱动系统,气动系统具有以下优点:以压缩空气为载体,使用寿命长,易于获气源;运行速度快、稳定可靠、节能、结构简单、重量轻、特别易于控制和维护。

1 PLC 控制系统设计

1.1 PLC 程序设计算法分析

算法分析是为了使问题更好地解决,让复杂的问题简单化。任何解决方案都是有算法的,相对而言,那些没有解决问题的方案时就没有算法。在本文的研究中,开始编程的环节非常重要,主要是为了实现机械手的控制要求。首先,先假定机械手的初始位置为起始点,即为原点,基本的起始条件为向右、向后和松开,在这种

情况下实现自动和手动的两种操作。

1.1.1 分治法

本文采用了这种方法,进而实现各种模块所需要的功能,按照启动机械手的工作要求的顺序,划分各个功能模块。例如向前伸展、向后缩回以及水平运转,都可以划分若干个小功能模块,每个相关状态中的动作都可以利用步进指令转化为梯形程序,进而实现完整的控制功能。

1.1.2 贪婪法

在贪婪法的一般概念中,所有符合控制标准的情况都会被考虑进来,并尽可能地选择解决方案。在课题的设计中,会考虑各种符合设计要求的想法,比如最基本的思维方式,每一步都必须被认为是最基本的“暂停”。线圈必须添加以限制,以执行基本启动控制程序,以便在开始时执行控制功能。另一种方法可以使用 SET 和 RSET 指令,以执行控制功能。另一种方法是使用设计的电路,将所有动作视为一种状态,设计其流程图并转化为梯形图程序。

1.2 气动机械手控制系统的软件设计

1.2.1 顺序功能图

根据控制要求,在动作线上按照位置从左向右、从后到起点进行。从气缸向左、水平气缸伸出、垂直气缸伸出、部分吸入、垂直气缸恢复、水平气缸进入、右旋转、水平气缸释放、垂直气缸释放、零件松弛、垂直气缸恢复和水平气缸恢复的循环过程和起始位置。考虑到运行期间出现故障或断电等不可预测的情况,有时需要安装手动控制装置。流程图如图 1 所示。例如,当选择手动控制模式时,在相应的 X22 开关上执行水平延伸,磁场识别传感器发送信号, X1 停止。另一个过程类似于水平思考、垂直输出、垂直旋转、右旋转、左旋转、紧握和松开。

1.2.2 气动机械手总体 SFC 图

在 X11、X12、X13、X14、X15、X16、X17、

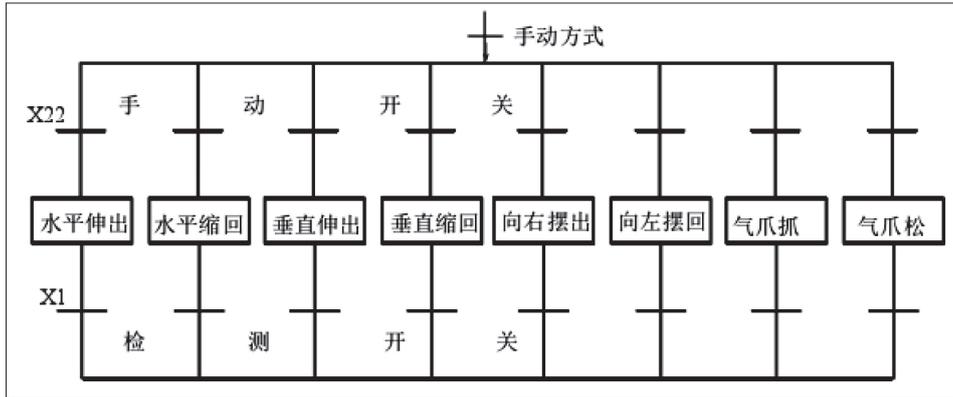


图1 气动机械手手动流程图

X20、X21、22和X23中只能有一个处于“ON”状态。为了确保控制模式的一致性，必须使用开关以避免错误和危险。X10为手动/自动切换，X10为“ON”时手动操作，X10为“OFF”时进入自动操作。

图2显示了考虑自动控制的系统流程图，第一个选项是手动或自动控制模式，通过选择开关来实现。从流程图到自动控制模式的切换是指在选择自动操作方式，但机械手不在起始位置。

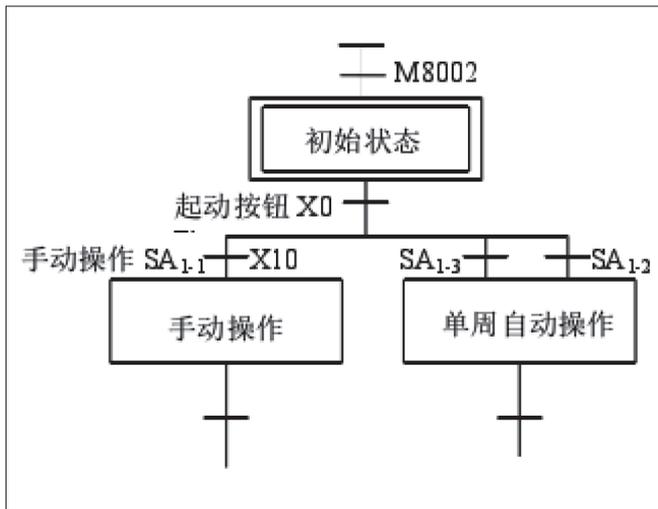


图2 自动控制的系统流程图

自动控制过程开始后，首先手动控制并返回到原始位置。机器循环完成后，选择单循环和全自动操作流程的操作顺序。气动机械手总结构如图3所示。

1.3 PLC 控制系统梯形图程序

梯形设计方案，即手动控制下如何选择 xlo=1 开关的总体思路。在执行自动操作程序时，采用 CJ 程序控制实现程序结构，如图4所示。该电路设计用于确保停止，即在一定时间内停止。引导和维护条件。（自动锁定）创建下一个状态时，不要使用上一个状态或使用 SET 和 RSET 来完成。一个典型的例子是 STL 中显示的步进梯形图。

2 系统实现与测试

2.1 Gx-Developer8 软件要求与安装

2.1.1 系统配置要求

(1) 计算机。要求机型：IBM PC/AT（兼容）；CPU：486 以上；内存：8M 或更高（推荐 16M 以上）；显示器：分辨率为 800×600 像素，16 色或更高；硬盘：必需。

(2) 接口单元。采用 FX-232AWC 型 RS232C/RS-422 转换

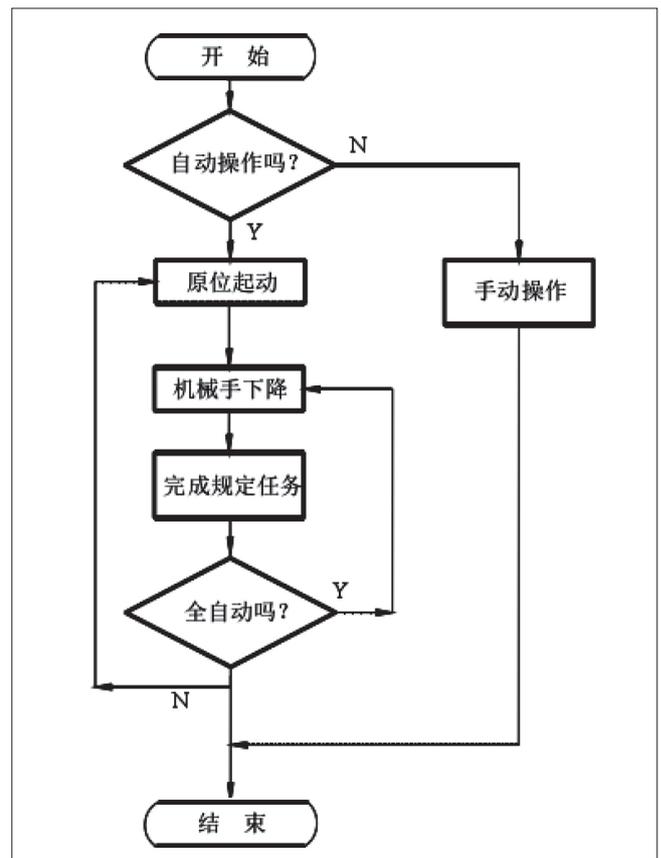


图3 气动机械手总结构图

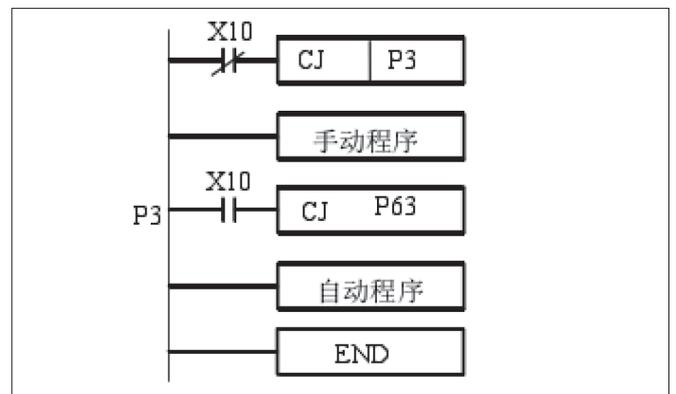


图4 气动机械手程序结构图

器（便携式）或 FX-232AWC 型 RS232C/RS-422 转换器（内置式），以及其他指定转换器。

(3) 通信电缆可供选择的通信电缆有：

① FX-422CAB0 型 RS-422 缆线（用于 FX2, FX2C, FXZN 型 PLC, 0.3m）；

② FX-422CAB-150 型 RS-422 缆线（用于 FX2, FX2C, FXZN 型 PLC, 1.5m）。

2.1.2 Gx-Developer8 软件

(1) 三菱 PLC 在初始阶段开发了两个版本的 FXGP/win 软件，一个是复制版，一个是安装版。但 Gx-Developer8 是一款非常完整、方便使用的软件。

打开网址 <http://www.meas.cn> 查看软件选择下载。从网站主菜单下载“数据下载”后。请下载详细信息，然后单击查看详细信息按钮。

通用 Gx-Developer8 软件为用户提供程序输入、编辑和监控工具。它是一种功能更强大的软件和基于 PLC 的计算机编译软件。

(2) Gx-Developer8 软件功能。Gx-Developer8 为用户提供输入、编辑、控制等功能。它功能强大，易于使用，价格低廉，比手持式编译器更易于操作。

① 该程序由梯形图图形符号、教学语言和 SFC 标识组成。可以在注册号和数据中添加英文注释和说明。

② 在 PLC 的运行过程中，它可以控制数据的移动和变化状态，以及程序的打印功能，并监控结果。

③ 串行信息允许用户无须密码即可将用户程序和数据寄存器的值加载到 PLC 中，或确认计算机和 PLC 的用户是否相同。

(3) 软件安装。找到归档文件夹并找到下载所有文件：software_GX+Developer+8.86.rar199MB 2021/09/20。

进行解压，从 exe 和其他 zip 工具中提取文件，并在软件的指定位置安装 software_GX+Developer+8.86。解压 RAR 软件。找到 exe 的接口并根据需要进行安装。

安装完成之后，可以在桌面上安装快捷键。点击开始，选择 GX+Developer 的程序 / 菜单点，右击，将光标拖到桌面并输入键，然后将菜单项恢复到当前位置，桌面上有一个按钮启动软件。

(4) 软件删除。如果以前安装过三菱程序，则必须先删除旧程序，然后删除旧的注册文档。在 open、run 和 regedit 中输入一个点，手动打开注册表并查找下一个值：HKEY LOCAL MACHINE Mitsubishi。FS 软件更新用于 p-change 更新（当然，如果安装了其他三菱软件，请勿删除），把 1VIITSUBISHI 更改自由程序名。

2.2 PLC 程序输入与仿真调试

2.2.1 PLC 程序的规则

(1) PLC 程序的规则：

① 连接必须紧密，否则，开关将自动关闭；

② 纵断面应与联系方式紧密相连。否则，程序可能无法回答问题或报告错误；

③ 输入元素标签，注意不要将数字 0 与字母 O 混淆；

④ 输入计时器、计数器并记住输入参数，在标签和参数之间留出空间；

⑤ 在命令和操作之间留出空间；

⑥ 导线涂装的交叉点是该涂装的另一条连接线；

⑦ 在同一过程中避免使用同一密钥两次，否则，将发生错误。线圈只能并联，不能串联，如图 5 所示，不能直接到达左母线。

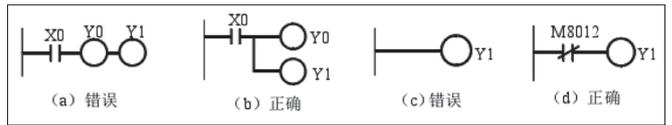


图 5 线圈的正确使用

2.2.2 学习知识点

(1) 继电器 - 接触器控制系统是本阶段研究中要完成的基本逻辑工作，特别是要充分了解触点和线圈的动态分离；

(2) 顺序控制阶段是工业上常用的指导思想，主要包括顺序控制方案的“步进”“过渡”和“控制”，通过 STL 语句或“暂停 - 启动”方法将其转换为编辑电路；

(3) 在编译阶段，尤其是在使用功能命令开发应用程序时，需要熟悉不同的功能命令，并继续开发模块化系统；

(4) 在提高阶段，通过 USS 协议（如西门子）和自动化技术（如 PLC 和其他设备转换），使用特殊功能模块和网络功能交换转换器和信息。

2.2.3 系统实现

(1) 新文件创建。首次编辑程序时，可以选择原始屏幕上的“新建文件”按钮，也可以从“文件”下拉菜单中选择“新建文件”命令。PLC 类型参数显示在桌面上，如图 6 所示。请选择同一制造商附近使用的 PLC 具体类型。请选择确认按钮。在图 7 的工作面中，可以配置鼠标指针的菜单和工具栏，以显示下拉菜单或操作。

(2) 打开文件。如果三菱 PLC 程序存储在计算机中，则其处于打开状态，单击打开按钮或选择任务菜单项，并激活第一个界面桌面上的打开项目命令。如图 8 所示，在“打开工程”窗口中。

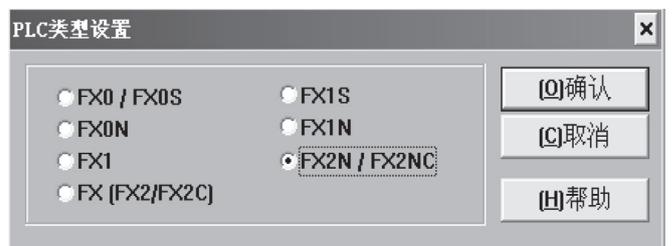


图 6 PLC 类型选择

步骤 1：在三角形前面的文本框下选择项目“驱动程序”，然后选择“文件存储驱动程序”。

步骤 2：依次打开导航栏中的“文件夹”文件夹，选择要保存与“d\MELSEC GPW”相同文件的文件夹”。

步骤 3：在窗口中打开文件，例如选择反向旋转，打开 PWM，弹出文件类型定义界面和应用，如图 8 所示，即导体程序的旋转引擎。

(3) 转换操作。在保存或保存到文件之前，必须将工作区的内容转换为文件。否则，将不会保存新项目。转换任务是将导体图转换为命令。具体操作：单击并选择“转换”下拉菜单。请选择“更改”注意切换前后的窗口颜色。

(4) 保存文件。要保存新文件，请从下拉菜单中选择“保存项目”，然后选择“将项目另存为其他名称”。在显示的“使用其他名称文件保存项目”窗口中，选择驱动器保存、文件夹和文件类型（常规）方法。输入 PWM 文件并在文本字段中输入文件名。例如，在“发动机长时间移动”，单击“确定”，输入与 PLC 相同的文件名，然后单击“确定”保存文件。

如果将打开的文件更改为原始文件，可以单击对话框中的“任务”按钮将其保存到硬盘。梯形图程序录入如图 8 所示。

2.2.4 手动操作程序仿真调试

(1) 梯形图手动操作程序录入。例如，以最简单的方式手动将程序插入控制程序中。

① 创建新工程。启动计算机，双击桌面上的快速访问图标或在工作区界面中进入“start program 1v}isoft GX developer”。在可编程软件桌



图 7 进入编程工作界面

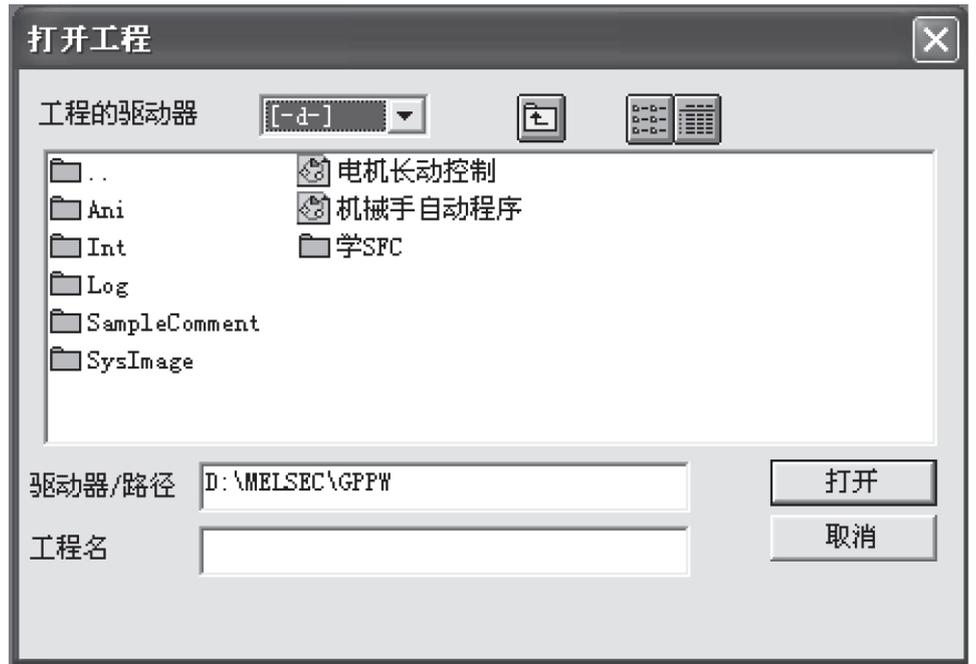


图 8 文件打开子窗口



图 9 梯形图程序录入

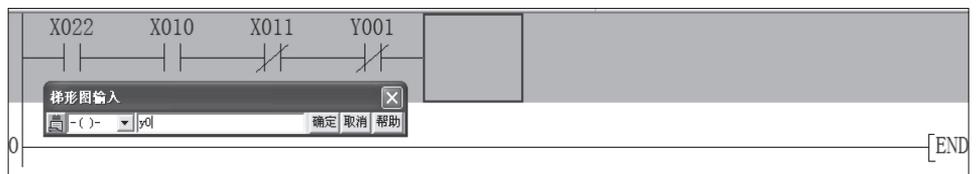


图 10 输出线圈录入

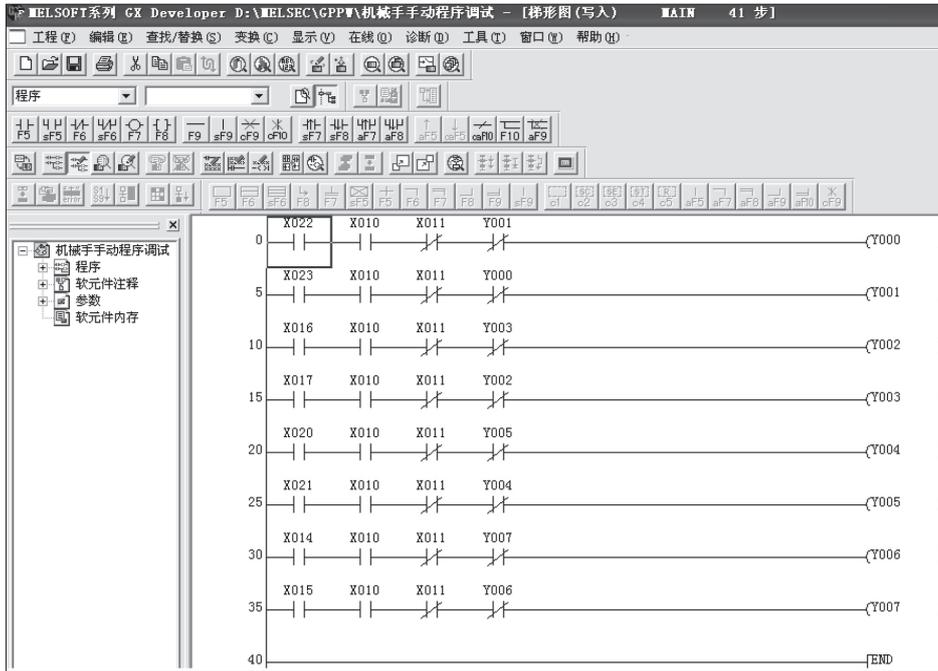


图 11 手动操作梯形图程序录入码。

图 11 手动操作梯形图程序录入

2.2.5 程序辅助性工作

(1) 检查设计的工程。这主要检查所设计程序的语法结构。语言错误、单词错误和某些句子的流畅性相似。此处的表达是否符合调试。

可以通过工具菜单调用图 12 所示的对话框。如果没有错误，单击执行，中间字段将显示“无错误”。如果有错误，将显示错误的位置。解释原因并修改建议的更改以符合标准。

该程序需要在第一阶段消除错误。

(2) 参数检查。单击主界面工具栏中的“设置”按钮，弹出对话框，如图 13 所示，单击“确定”按钮，如果没有错误，则设置正确，不显示错误。

(3) 文件寄存器使用。打开 GX developer 主界面，

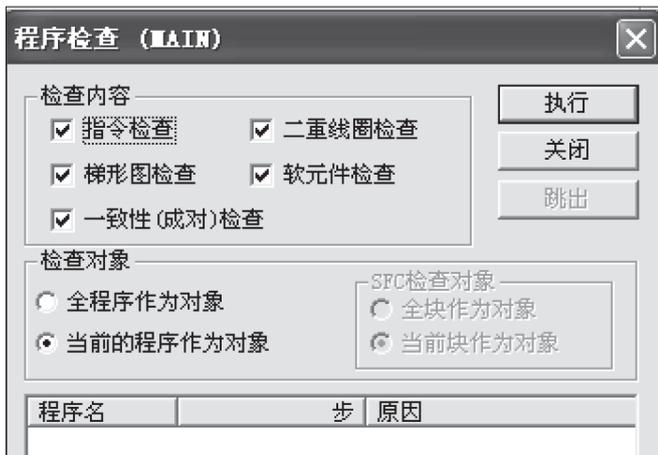


图 12 手动梯形图程序语法检查

输入“创建新任务”，然后进入程序手动控制导体图像。界面左侧出现开发数据目录区域。目录中的“选项”点击，打开 FX 对话框，点击 PLC 参数，如图 14 所示。

使用 PLC 时，选择 FX2 作为 PLC 格式，存储容量为 8000 字，它可以保存永久存储程序（通用机器码格式）以及注释和文档（通用 ASCII 格式），数据直接存储在数据库中，注释和文档只能在块中使用。每块 500 字。该程序不使用注释，但使用两个 1000 字的内存。程序设置如下所示。

```
LD M100
OUT M8024
BMOVP D7000 D7000 K1000
除这 1000 字外，剩下 7000 字用于保存程序。
```



图 13 手动梯形图程序参数检查



图 14 参数设置对话框



图 15 显示颜色的调整对话框

(4) 程序仿真调试。查看使用条件：在主界面的工具菜单中，“显示颜色变化”的最后一行显示对话框，如图 15 所示。

可以在完成程序输入、程序审查和参数审查后进入测试状态。选择“工具”主屏幕上的“工具”菜单项以启动逻辑审查，如图 16 (a)、图 16 (b) 所示。完成图 16 (b) 的操作后并显示图 16 (c) 工作面。总共可以使用 41 个步骤。RAM 中运行的扫描周期为 100ms。

图 16 (a) 测试工具图 RUN 中黄色表示“仿真”，灰色表示停止。STEP RUN 表基于串行仿真原理。单击 I/O 系统设置按钮，编辑模拟所需的 I/O 系统设置。

(5) I/O 系统设定。图 16 (a) 在与图 17 相同的对话框中选择“启动”，不要选择“I/O 系统设置”以及输

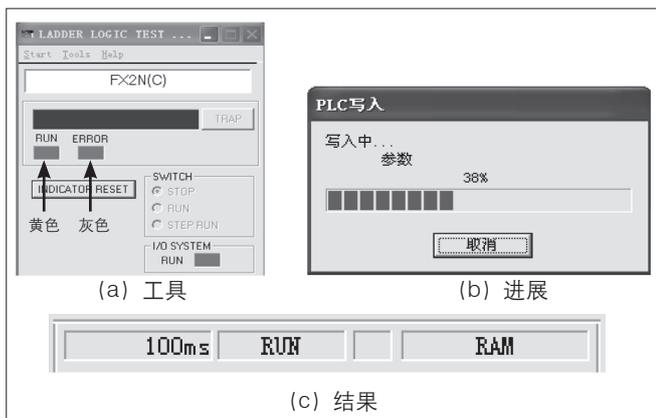


图 16 程序进入仿真

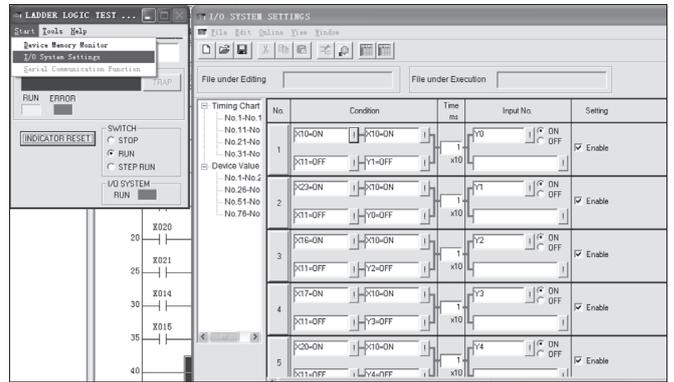


图 17 手动程序输入条件表

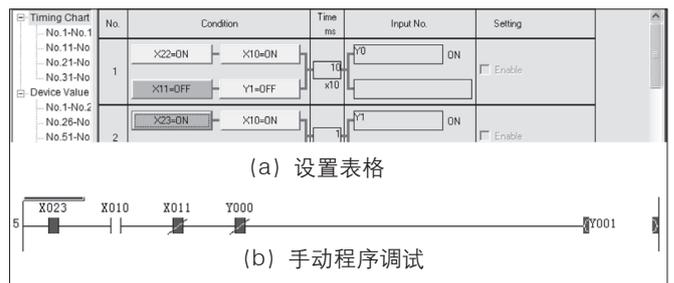


图 18 检查手动控制理论一致性

入条件和输出符号，请根据气动机械手控制的 PLC 手动控制单元输入输出情况填写此表，请保存磁盘并等待使用。

(6) 仿真操作。打开上面的手动管理梯形图程序，调用上面的工具栏，在下拉菜单中选择菜单项“File”和“Execute I/O system settings”。在“观察表格”中查看对应于表面灰色和黄色状态的变化，如图 18 所示。

下面介绍手动操作监视运行的工作状态。

点击 SA1-1 (X10) 系列的操作模式键，显示手动操作程序的选择。按 X22 显示气缸的水平位置，并显示工作界面，如 X22、X10、Y0 变黄，表示连接是调试成功的标志。此时需要观察程序界面中触点的状态变化，触点变蓝表示连接完成，输出触点的 Y 也有相同的变化则是功能实现的标志。

点击按钮 SA1-1 (X10)，系统的操作程序将显示手动操作程序的选择，合 X23 则可以说明水平位置气缸缩回。在这种情况下，工作接口 X23、X10 和 Y1 将变为黄色以显示连接，这是调试成功的标志。

点击按钮 SA1-1 (X10)，系统的操作程序将显示与 X16 一致的手动操作程序选择，并指定气缸在水平位置伸出。X16、X10 和 Y2 的接口变为黄色并显示连接，这是调试成功的标志。

点击按钮 SA1-1 (X10)，系统的操作模式显示与 X17 一致的手动操作程序，并缩回气缸的水平位置。操作表面为 X17、X10 以及 Y3 变为黄色，表示连接和调试成功。

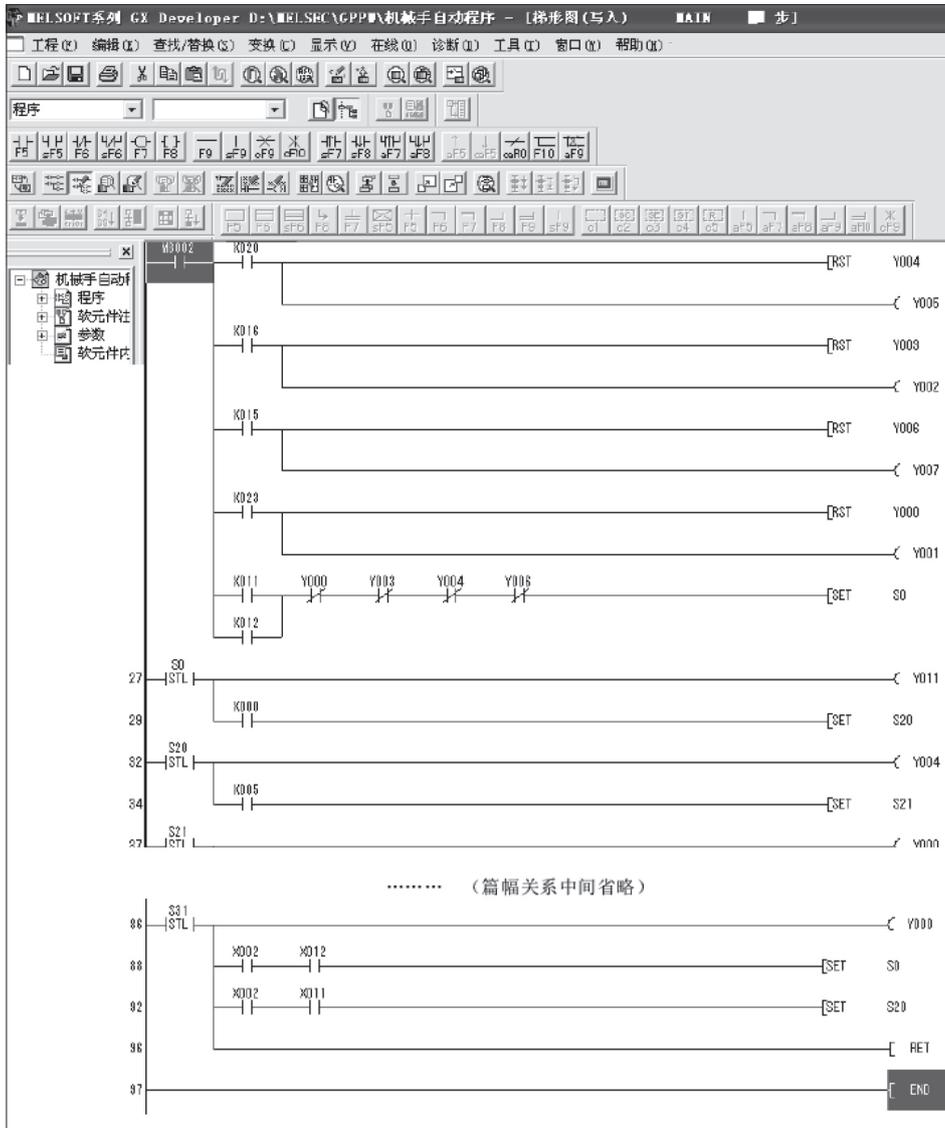


图 19 梯形图程序录入

对于 Y4、Y5、Y6、Y7 的调试方法与上述类似。

2.2.5 自动操作程序仿真调试

(1) 程序录入。与三菱的 GX 开发的软件一样，三菱提供的软件提供了程序设计方法，直接进入 SFC 图的程序，使用上述软件，SFC 图不能直接用 GX-Developer 软件绘制。例如，在光标输入“STL SO”后，会将所选项目保存到对话框中。单击“确认”，如图 19 所示。按照上述步骤自动输入数据。

(2) 程序检查与参数检查。在主界面的“工具”菜单中，“程序审查”显示与基本语法和代码不同的错误，直到没有错误为止。参数检查从“工具”开始，结束时没有错误。

(3) 程序仿真操作。选择工具菜单以启动梯形图逻辑测试。测试工具对话框、进度对话框和模拟结果对话框。程序为 97 个阶段，扫描周期为 100ms。

(4) I/O 系统设定。图 18 (a) 从对话框的下拉列

表中选择“开始”。请根据气动机械手 PLC 控制程序的输入和输出条件在该字段中输入测试条件和输出符号，并填写此表。请保存磁盘并等待。

(5) 仿真操作。与手动控制操作一样，首先在图 18 的下拉菜单中打开上述 4 所述的填写表单，然后进入下拉菜单“文件”的“I/O 系统设置”界面将在灰色和黄色关系中两次单击更改的输入条件。初始状态将根据程序的进入和调试条件进行更改。

① 当连接到动合 X20 触点时，YS 接收到指向反向位置的电信号。当 X16 合上时，Y2 有电流通过表示垂直气缸回到上升位置；

② 返回原始位置后，选择 sa1-2 或 sa1-3 闭合运行模式开关，也可以说是选择 X11 或 X12 闭合运行模式开关，选择合上 XO 开关，并将其设置为运行模式关闭；

③ 根据从 X 到 S20、S21 和 S22 的转换条件进行调试；

④ 在 S31 模式下，根据所选操作模式是独立还是全自动以及是否返回到 S20，SO 状态完成控制过程；

⑤ 如果程序在调试期间不工作或指定顺序不一致，则继续在源程序中检查和修改，直到达到实现要求的目。

3 控制系统测试实现

3.1 系统开发

3.1.1 硬件软件要求

在上述章节中规定了测试系统的硬件和软件要求。在这种情况下，设备的选择必须满足最低配置要求。

3.1.2 测试流程图

测试开始后，必须选择手动或自动控制的操作模式。仅反映开关信号的状态。创建仿真模块时，点击相应的键代替传感器，显示程序的进度状态，完成任务和控制功能。功能测试完成。

3.2 程序运行状态

对于一个进程，处理器负载被定义为一段时间内的



图 20 内存进程显示

进程资源负载，可以在这个过程中使用它，连接到大量处理器，不一定包含大量的流程资源，因为占用大型处理器的程序也不需要消耗太多内存。一个程序的CPU利用率将太高影响其他程序的运行，使用过多内存的程序会影响设备的整体性能。不同的CPU设置因CPU资源而异。根据GX-Developer软件的stage STL语句和系统运行时间表，开发一个以446kB存储内容的程序。文件存储需要4532kB。使用CS 1 G-CPU42H，可以在windows作业管理器中找到Alt+Ctrl+Del。如图20和图21所示。

4 结语

PLC主命令的运行时间为0.08s/command。大多数自动控制程序都是基本命令和STL step命令，因此整个运行时间约为8s。在工业控制方面，该系统非常稳定。尤其是现在PLC是电力和自动化领域最常用的设备之一。其主要优点之一是抗干扰能力强，运行稳定性好，平均增长速度超过10万小时。



图 21 CPU使用情况

参考文献:

[1] 徐榕, 杨立, 杨飞, 等. PLC技术在电气设备自动化控制中应用与信息化管理思路[J]. 科学技术创新, 2020(9):194-195.

[2] 霍海波.PLC控制在工业自动化中的应用[J]. 集成电路应用, 2020, 37(1):72-73.

[3] 张红艳.PLC技术在自动化控制中的应用[J]. 集成电路应用, 2020, 37(3):50-51.

[4] 王智. 工业控制中PLC编程方法探讨[J]. 科技创新与应用, 2020(4):144-145+148.

[5] 叶勇兵.PLC技术在机械电气控制装置中的应用[J]. 内燃机与配件, 2020(2):186-187.

[6] 赵彦军. 工业机械手的仿真设计[J]. 南方农机, 2021, 52(13):103-104+113.

[7] GuoHua Gao, Han Ren, QiXiao Xia, etc. Stretched backboneless continuum manipulator driven by cannula tendons[J]. Industrial Robot: An International Journal, 2018, 45(2):237-243.