

高等学校教材

机械工程 综合实验

秦荣荣 王晓军 陈晓华 主编

JIXIE GONGCHENG

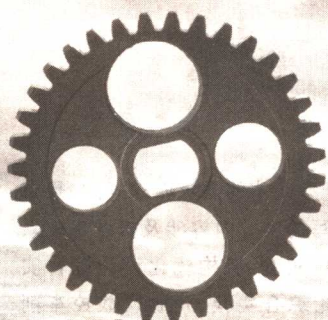
ZONGHE SHIYAN



中国计量出版社



高等学校教材



机械工程综合实验

秦荣荣 王晓军 陈晓华 主编

中国计量出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械工程综合实验/秦荣荣,王晓军,陈晓华主编. —北京:中国计量出版社,2006. 2

高等学校教材

ISBN 7 - 5026 - 2279 - 9

I. 机… II. ①秦… ②王… ③陈… III. 机械工程 - 实验 - 高等学校 - 教材 IV. TH - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 002276 号

内 容 提 要

本教材是结合当前高等教育教学改革的形势及培养综合型、创新型人才的需求而编写的,是吉林大学国家工科机械基础课程教学基地建设的教学改革成果。所编写的实验内容涉及机械基础系列课程的各方面,全书共有三篇九章内容,包括“慧鱼创意组合模型”实验、机构优化设计综合实验、凸轮机构综合实验、几何精度对机械性能影响的综合检测、齿轮综合实验、开放式数控车削 CAD/CAM 一体化实验、开放式数控铣削 CAD/CAM 一体化实验、数控加工的切削力检测与数据处理实验、机械传动性能综合测试与分析。

本书适用于高等工科院校的本科生在机械基础系列课程学习阶段作参考,旨在使学生综合应用所学的先进技术和工具等知识,提高解决工程实际问题的能力。

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲 2 号

邮政编码 100013

电话(010)64275360

<http://www.zgjl.com.cn>

北京市密东印刷有限公司印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

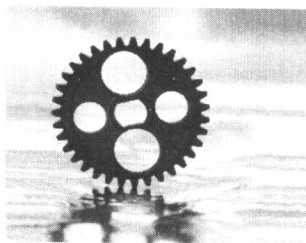
*

787 mm × 1092 mm 16 开本 印张 10 字数 215 千字

2006 年 2 月第 1 版 2006 年 2 月第 1 次印刷

*

印数 1—2000 定价:19.00 元



前言

FOREWORD

本教材是结合当前高等教育教学改革的形势及培养综合型、创新型人才的需求而编写的,是吉林大学国家工科机械基础课程教学基地建设的教学改革成果。现已在吉林大学本科教学中试用了四届,并多次在各高校之间进行交流,得到了学生的认可和同行的好评。此次在进一步修改和完善的基础上出版,望能与各高校的老师共同交流改革经验,促进教学改革的深入发展。

《机械工程综合实验》是吉林大学开设的一门以实践教学为主的必修课程。其目的是培养学生综合应用所学的知识、使用高级工程软件进行工程设计、用数控机床进行数控加工的能力,以及实验数据的处理能力,使学生能够尽早地对设计、制造、检测的整个过程有较为完整和深刻的认识,同时逐步建立应用先进的技术和工具解决工程实际问题的习惯和能力。

本教材的编写汇聚了参加工科机械基础课程教学基地建设的全体教师及实验技术创新能力和智慧。参加本书编写的有吉林大学秦荣荣(第一章、第三章部分)、冯增铭(第二章)、陈晓华(第四章、第三章部分)、寇尊权(第五章部分)、邹青(第五章部分)、王晓军(第六章、第七章、第八章)、李为(第九章),吉林大学基础实验中心的周淑红、赵大威、张军等老师也参与了部分编写



高等学校教材

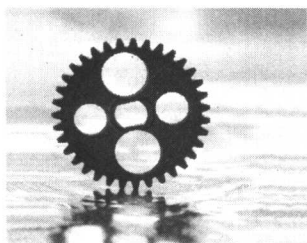
工作。本书由秦荣荣、王晓军、陈晓华担任主编,吉林大学国家工科机械基础课程教学基地建设负责人戴文跃教授主审。

本书在编写过程中,得到吉林大学教务处、实验室和资产管理处及机械学院各位老师的大力支持,谨在此表示感谢。

由于我们的水平所限,书中难免存在缺点和错误,欢迎广大读者批评指正。

编者

2006 年 2 月



目 录

CONTENTS

第一篇 机械工程综合实验(I)

第一章 “慧鱼创意组合模型”实验 /1

一、“慧鱼创意组合模型”简介 /1

二、实验目的 /2

三、实验内容 /2

四、用微机控制模型运行的实验步骤 /3

五、LLWin 3.0 软件中所有功能模块的说明 /5

六、工具栏及键盘组合的说明 /13

七、实验报告要求与格式 /14

第二章 机构优化设计综合实验——摆动导杆机构建模及仿真 /16

一、实验目的 /16

二、实验内容 /16

三、实验参数 /17

四、实验操作步骤 /18

五、实验报告要求 /43

六、实验报告格式 /43

第三章 凸轮机构综合实验 /45

一、实验目的 /45

二、实验内容 /45

三、检测凸轮的实验参数 /45

四、实验原理及步骤 /46

五、实验报告要求与格式 /60



第二篇 机械工程综合实验(Ⅱ)

第四章 几何精度对机械性能影响的综合检测 / 64

- 一、实验目的 / 64
- 二、实验内容 / 64
- 三、检测原理与方法 / 65
- 四、实验步骤 / 73
- 五、实验报告要求与格式 / 78

第五章 齿轮综合实验 / 84

- 一、实验目的 / 84
- 二、实验内容 / 84
- 三、实验参数 / 84
- 四、实验原理及步骤 / 85
- 五、实验报告的要求与格式 / 105

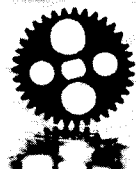
第三篇 机械工程综合实验(Ⅲ)

第六章 开放式数控车削 CAD/CAM 一体化实验 / 108

- 一、实验目的 / 108
- 二、实验内容 / 108
- 三、实验设备以及应用软件 / 109
- 四、实验原理及步骤 / 109
- 五、数控机床通讯基础 / 118
- 六、FANUC 0 数控系统通讯 / 120
- 七、实验报告格式 / 125

第七章 开放式数控铣削 CAD/CAM 一体化实验 / 128

- 一、实验目的 / 128
- 二、实验内容 / 128
- 三、实验设备以及应用软件 / 128
- 四、实验原理及步骤 / 129
- 五、实验报告格式 / 135



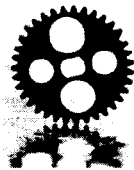
第八章 数控加工的切削力检测与数据处理实验 / 137

- 一、实验目的 / 137
- 二、实验内容 / 137
- 三、实验设备以及应用软件 / 137
- 四、实验原理及步骤 / 138
- 五、实验报告格式 / 142
- 六、FANUC 0 系列计算机通讯故障号码 / 144

第九章 机械传动性能综合测试与分析 / 145

- 一、实验目的 / 145
- 二、实验内容及实验原理 / 145
- 三、实验步骤 / 146
- 四、实验(测试)要求 / 146
- 五、思考题 / 146
- 六、测试传感器及控制仪器简介 / 146
- 七、摆线针轮行星减速器传动原理 / 149
- 八、操作安全注意事项 / 149
- 九、实验测试报告参考格式 / 149

参考资料 / 152



第一篇 机械工程综合实验(I)

第一章

“慧鱼创意组合模型”实验

一、“慧鱼创意组合模型”简介

“慧鱼创意组合模型”是由德国慧鱼集团创建并生产的。慧鱼集团创始人 Artur Fisher 博士,是当今世界上拥有专利最多的科学家和企业家。1964 年,在其专利——六面拼接体的基础上,发明了“慧鱼创意组合模型”。该模型是工程技术型模型,能够展示科学原理和技术过程,为工厂研究设计工程自动化机器提供模拟和示范。

“慧鱼创意组合模型”是通过各种各样的构件、电器元件和气动元件组合而成的。

1. 慧鱼模型中的机械构件、电器元件和气动元件的类型

机械构件包括:齿轮、连杆、链条、齿轴、齿条、蜗轮、蜗杆、凸轮、弹簧、曲轴、万向节、差速器、齿轮箱、铰链等。

电器元件包括:直流电机(9V 双向)、红外线发射接受装置、传感器(光敏、热敏、磁敏、触敏)、发光器件、接口电路板、可调直流变压器(9V、1A,带短路保护功能)、智能接口板(intelligent interface)、PLC 接口板。

气动元件包括:储气罐、气缸、活塞、气弯头、手动气阀、电磁气阀、气管。

2. 连接方式

基本构件及元件都采用燕尾槽插接方式连接,可实现六面拼接、多次拆装,组合成各种教学模型和工业模型。

3. 控制方式

(1)通过智能接口板与电脑连接,或 PLC 接口板和 PLC 控制器与电脑连接控制工业模型;也可用一些传感技术控制模型。

(2)智能接口板:自带微处理器,程序可在线和下载操作,有 8 路数字信号输入,2 路模



拟信号输入,4路马达输出,通过 RS232 串口与电脑连接,用 LLWin 软件或高级语言编程。

① 电源:电源既可以用慧鱼稳压电源(9V/1000mA),也可以用电池组。当接口板和电源正确相连后,红色发光二极管就亮了。

② 串口接口:用9针 RS232 串口和电脑连接,用提供的接口线连接到电脑的 COM1 或 COM2 串口上。

③ 数字量输出 M1 ~ M4:可以连接4个正、反向旋转的马达、电磁铁或灯接到四位数字输出口 M1 ~ M4 上。

④ 数字量输入 E1 ~ E8:这些数字量的输入可用来连接传感器,如:开关、光敏、热敏和磁敏等,电压范围 9V。

⑤ 模拟量输入 EX 和 EY:可以用模拟量输入连接电位器或热、光敏传感器,这些输入端被设计成阻值为 0 ~ 5k Ω 。连接的电阻负载转化成数字量就是 0 ~ 1000。扫描率是 20ms,输入端的精确度大约是 0.2%。

⑥ 连续电流:250mA;电流极限:1A;短路保护。

二、实验目的

(1) 了解广义机构的设计原理,对机电一体化的概念有感性的认识,为专业课学习打基础。

(2) 了解有关传感技术,为研究设计自动化机械产品提供模拟和示范。

(3) 培养学生动手能力和创新意识。

三、实验内容

1. 搭接传感技术模型

在该项实验中所用到的传感元器件有:光敏、热敏、磁敏、触敏、可调直流变压器(9V、1A,带短路保护功能)和太阳能板等。同学们在该项实验中可熟悉各种传感技术,了解所搭接模型的工作原理,绘出机构运动简图。

实验步骤和拼接模型的工作原理:见实验室提供的彩图页面及说明。

2. 搭接气动机器人模型

该模型通过程序由微机连接智能接口板控制,程序在光盘里,用 LLWin 软件运行。所到的气动元器件有:储气罐、气缸、活塞、气弯头、手动气阀、电磁气阀和气管等。同学们在该项实验中可熟悉由气泵来控制机械运动的过程,了解所搭接模型的工作原理,绘出机构运动简图和气路控制图。

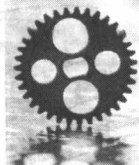
实验步骤和拼接模型的工作原理:见实验室提供的彩图页面及说明。

3. 搭接实验机器人模型

该模型用微机连接智能接口板控制,程序用 LLWin 软件根据模型的工作原理自编。所用的构件有机械构件和电器元件等。

实验步骤和拼接模型:见实验室提供的彩图页面。

工作原理:由实验者与教师一起分析完成,以便于编程调试。



四、用微机控制模型运行的实验步骤

1. 手动调试

手动调试阶段是模型整体运行调试之前不可缺少的一个步骤,该步骤必须在模型搭接完毕、程序编写好之后进行。分以下几步进行:

(1)将电脑、智能接口板与模型用数据线连接好后,在电脑上打开 LLWin 软件,在菜单栏中选择 Options→Setup Interface。在如图 1-1 所示的对话框中的 Port 下拉列表框中选择 COM1 或 COM2,然后按 OK 命令按钮返回。

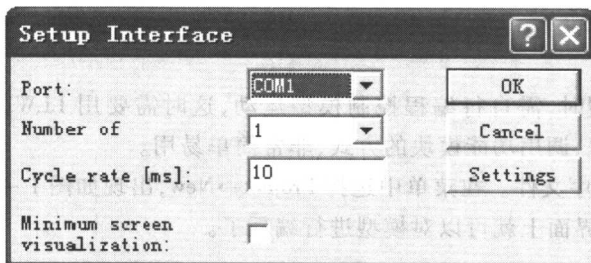


图 1-1 Setup Interface 对话框

(2)调试接口板。在 LLWin 软件的菜单中选择 Options→Check Interface,出现如图 1-2 所示的对话框。其中,E1~E8 是 8 个数字输入;EX、EY 是 2 个模拟量输入;M1~M4 是输出。用手触动模型上对应的任意一个 E1~E8 的开关,注意观察屏幕上的 E1~E8 是否有 0-1 的变化(按下为 1),有变化的说明输入正常。把鼠标移到任意一个 M1~M4 对应的圆圈上,分别单击鼠标的左、右键,观察模型上的马达是否有正转或反转的动作。对话框下方的绿色框栏中的文字将提示与电脑连接的信息。

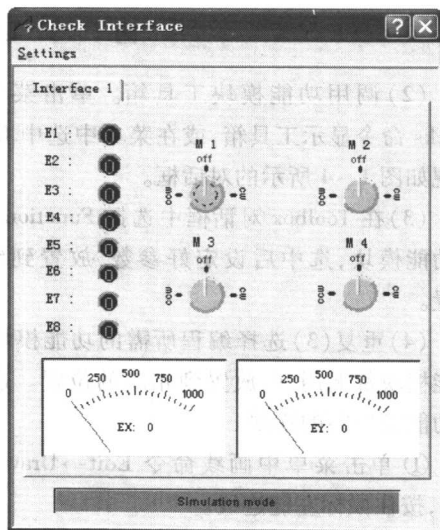


图 1-2 Check Interface 对话框

(3)故障排除(如表 1-1)。

2. 运行程序

(1)在菜单中选 Run→Start,或按键盘 F5 键,程序就开始运行了。若在菜单中选 Run→Stop,或按键盘 F9 键,则程序停止运行。

(2)程序下载到接口板内,在不断电的情况下,可实现脱机控制方式运行。在菜单中选 Run→Download 即可。

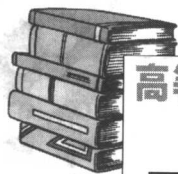


表 1-1 故障排除

故障现象	可能情况
No connection to the Interface!	检查接口板到电脑串口的接线、插头是否松动,电源是否打开,串口 COM1 或 COM2 是否接对
E1 ~ E8 没反应	检查 E1 ~ E8 到接口板的连线、插头是否松动
E1 ~ E8 按下为 0	检查 E1 ~ E8 是否连接在常开端
马达没反应	检查马达到接口板的接线、插头是否松动
马达转向不对	检查马达连接口接头是否插错

3. 编制程序

在创新搭接模型时,需自行编程控制模型运动,这时需要用 LLWin 软件编程。LLWin 软件采用图形化编程,调用功能模块的方式,非常简单易用。

(1)新建控制程序文件。在菜单中选择 Project→New,出现如图 1-3 所示的 LLWin 3.0 软件编程界面,在此界面上就可以对模型进行编程了。

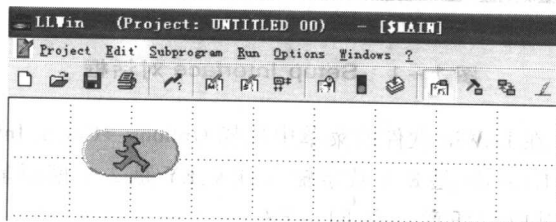


图 1-3 LLWin 软件编程界面

(2)调用功能模块工具箱。单击菜单中 Edit→Insert Blocks 命令显示工具箱,或在菜单中选中 Options→Toolbox,出现如图 1-4 所示的对话框。

(3)在 Toolbox 对话框中选择 Function Blocks 出现的所有功能模块,选中后设定好参数,放置到编程界面相应的位置。

(4)重复(3)选择编程所需的功能模块,将所需的所有功能模块都调用好,放置到相应的位置。进行以下几步,完成功能模块间的连线。

① 单击菜单中画线命令 Edit→Draw Lines,或单击热键 4,按住鼠标左键连线。

② 若要去掉连线,可单击 Edit→Delete Lines,或单击热键 5,将鼠标放在连线单击左键即可。

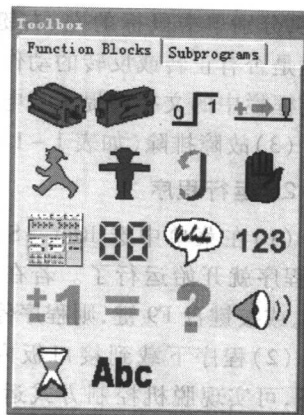
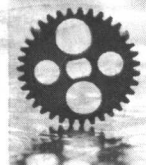


图 1-4 Toolbox 对话框



③ 若要去掉功能模块,单击 Edit→Delete Blocks,或单击热键 2,将鼠标放在功能模块上单击左键即可。

(5) 上述编程步骤完成后,编程结束。程序界面如图 1-5 所示。

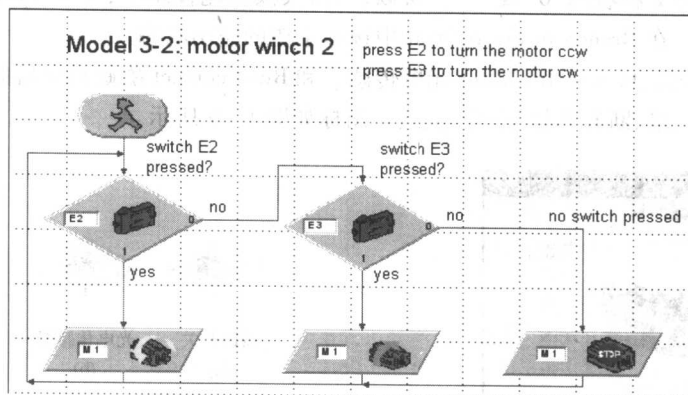


图 1-5 LLWin 3.0 软件的程序

五、LLWin 3.0 软件中所有功能模块的说明

下面将德国慧鱼 fishertechink 公司操作手册的 LLWin 3.0 软件中所有功能模块,按照 Toolbox 工具箱的顺序依次给予说明。

1. Output——输出模块

当在工具箱中选中输出模块后,将弹出如图 1-6 所示的对话框。这个模块可以连接接口板 M1~M4 中的任意一个,可控制马达、灯泡和电磁铁的输出口。所以,当插入该功能模块时,应从 Type 下拉列表框中选择显示对应的图标。图标如图 1-7 所示。在 Action 中选择希望的输出状态。

Motor 马达对应应有 ccw、cw 或 off;灯泡和电磁铁对应应有 on 或 off。

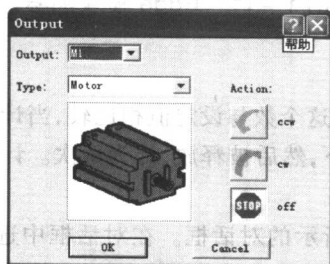


图 1-6 Output 模块对话框

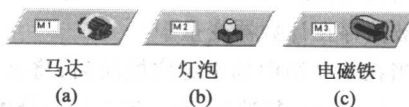


图 1-7 Output 模块图标

2. Input——输入模块

当在工具箱中选中输入模块后,将弹出如图 1-8 所示的对话框。这个模块可以检测到接口板上的数字输入端口 E1~E8 的状态,可控制按键开关、光电传感器和磁敏感应器。每个数字输入端口只能有 2 种状态“0”或“1”。所以,当插入该功能模块时,应从 Type 对话框中选择显示的对应图标。在 Branch to the right at 中选择希望的输出状态。

Pushbutton 按键、Photo-transistor 光电传感器和 Reed contact 磁敏感应器的“0”或“1”的状态分别是:未按下、暗、断开和按下、亮、接通。图标如图 1-9 所示。

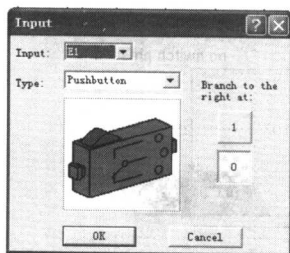


图 1-8 Input 模块对话框

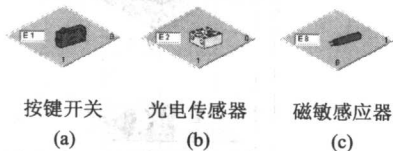


图 1-9 Input 模块图标

3. Edge——脉冲模块

脉冲模块是等待数字输入量的 0—1 或 1—0 的切换,称之为触发沿。当在工具箱中选中脉冲模块后,将弹出如图 1-10 所示的对话框。在 Edge 对话框中,设置程序等待的输入量 E1~E8 的触发类型。在模块图标中显示了脉冲类型,如图 1-11 所示。

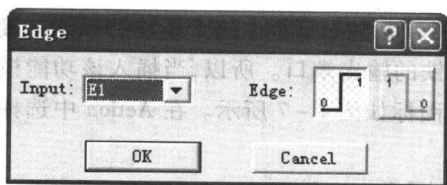


图 1-10 Edge 模块对话框

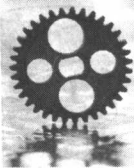


图 1-11 Edge 模块图标

4. Position——定位模块

定位模块是对数字输入量的脉冲次数进行计数,并将这个数与设定值相比较,当计数值达到设定值时,程序将继续执行。在这里,当一个按键被按下,然后被释放,计为两次。计数的当前值被储存在计数器变量中。

当在工具箱中选中定位模块后,将弹出如图 1-12 所示的对话框。在对话框中选中 Use standard counter 复选框,Z1~Z16 自动分配给 E1~E16。这 16 个计数器也可用于其他使用变量的功能模块。若要调用自定义的计数器,可关闭 Use standard counter 功能。在 Counter 区域内输入一个 LLWin 中的变量,然后在 Counter direction 设置进行正计数或负计数。功能模块图



标如图 1-13 所示。

定位功能模块常用来驱动马达到一个指定的值。在启动马达时,通过一个由脉冲齿轮触动的开关来计数,当达到设定值时,马达停止。若要将计数器重置为 0 时,可使用 Assignment 赋值模块输入方程 $Z1 = 0$ 即可。

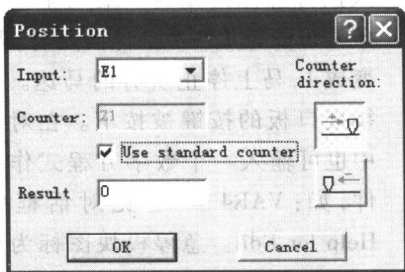


图 1-12 Position 模块对话框

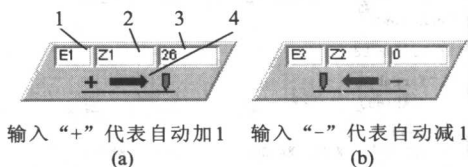


图 1-13 Position 模块图标

1. 输入量;2. 计数器;3. 结果值;4. 计数方向

5. Start——开始模块

流程图总是以 Start 功能模块开始,否则流程图无法处理。若一个项目有多个流程图,它们中的每一个流程图都应有一个 Start 功能模块,而且不同的流程图可以同时开始。

6. End——结束模块

如果一个流程结束,在程序中可将最后一个模块的输出端口与结束模块相连。使用结束模块可在不同点结束流程,也可在多个输出端口与一个结束模块相连。在流程中有可能构成一个循环,不包括结束模块也可以。

7. Reset——复位模块

复位模块的功能是当满足对话框的条件时,复位模块将项目的步骤复位从头开始。该模块放于程序的表面,不用画线与其他模块相连。在一个项目中,只可以使用一次复位模块。

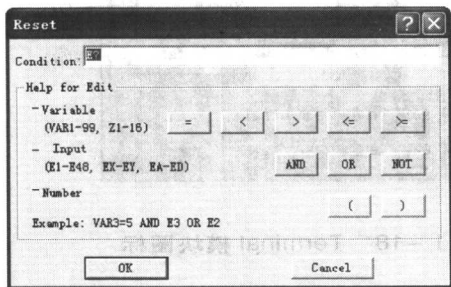


图 1-14 Reset 模块对话框

当在工具箱中选复位模块后,将弹出如图 1-14 所示的对话框。在 Reset 对话框中输入执行复位的条件。最简单的复位条件是 E1,当条件满足时,即 E1 变成 1,触发复位。如连接接口板的按钮被按下。在对话框中也可输入一个数字方程式作为条件,如: $VAR5 = 6$ 。见对话框中的 Help for Edit。复位模块图标如图 1-15 所示。



图 1-15 Reset 模块图标



8. Stop——急停模块

急停模块用来关闭接口板上所有输出端口。该模块放于程序的表面,不用画线与其他模块相连。在一个项目中,只可以使用一次急停模块。

当在工具箱中选中急停模块后,将弹出如图 1-16 所示的对话框。在 Stop 对话框中输入

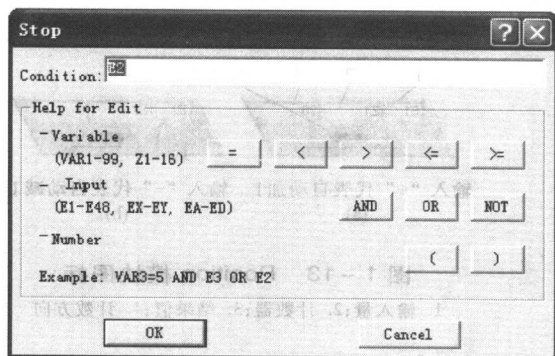


图 1-16 Stop 模块对话框

入执行急停的条件。最简单的急停条件可能是 E1,当条件满足时,即 E1 变成 1,马上停止所有的马达。如连接接口板的按钮被按下。在对话框中也可输入一个数字方程式作为条件,如: VAR4 = 6。见对话框中的 Help for Edit。急停模块图标为如图 1-17。



图 1-17 Stop 模块图标

9. Terminal——终端模块

终端模块用于在程序运行时显示及输入特定值。该模块也放置于程序表面,不与其他模块相连。终端模块图标如图 1-18 所示,图中序号说明如下。

① 显示接口板端口 M1 ~ M8 中哪些处于接通状态,以及马达的旋转方向。

② 必须在程序中插入一个 Display 显示功能模块,在该显示窗内可以显示当前变量的值、模拟量的值和参数 EA ~ ED 及数字。

③ 在程序中插入一个 Message 信息功能模块,在其中设置字符串,当它被激活时,立刻显示此信息。可显示最大长度为 17 的字符串。

④ 在程序运行时,可以改变参数 EA ~ ED 的数字。如:可在 Position 模块中设置马达运转至参数 EA,当程序运行时,可将它设成任何值。

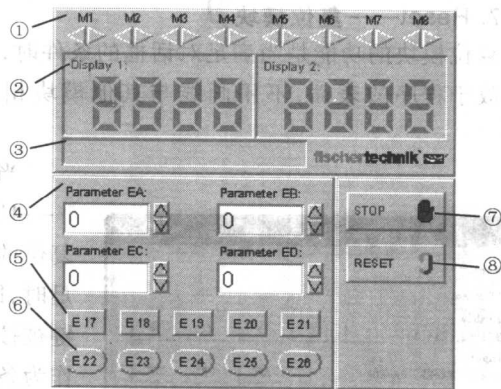
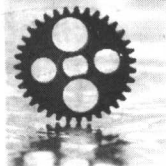


图 1-18 Terminal 模块图标

Terminal 终端模块有 10 个数字量输入端口 E17 ~ E26,它们可用鼠标左键操作。



⑤ 输入端口 E17 ~ E21 用来松开鼠标按键后,作为开关并保持接通状态,用鼠标再次单击时则断开。在程序以 Run→Init 模式启动前设成缺省状态。

⑥ 输入端口 E22 ~ E26 作为按键操作,在放开鼠标按键后,立即回到初始状态。E22 ~ E26 只能在 Online 连机的模式下激活。

⑦ 在 Online 连机的模式下激活 Stop,在 Download 模式下必须使用相关的 Stop 模块。

⑧ 在 Online 连机的模式下激活 Reset,在 Download 模式下必须使用相关的 Reset 模块。

10. Display——显示模块 88

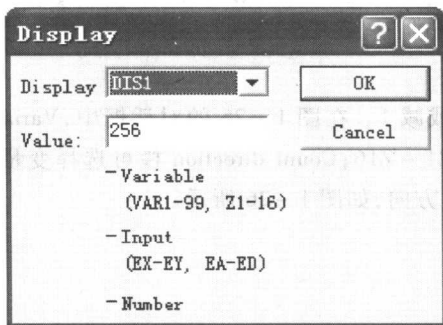


图 1-19 Display 模块对话框

显示功能模块用来在 Terminal 终端模块的两个显示窗口中显示数据值、变量或输入端口 EX ~ EY 或 EA ~ ED。当插入模块时,在功能模块的对话框中选择使用窗口 DIS1 或 DIS2,及要在其中显示的数据。显示功能模块的对话框如图 1-19 所示,显示功能模块的图标如图 1-20 所示。

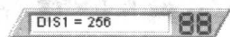


图 1-20 Display 模块图标

11. Message——信息模块 89

信息功能模块能在 Terminal 终端模块文本框中显示最长为 17 个字符的信息。当插入信息模块时,在对话框中输入文字,并设置信息显示时的颜色。信息功能模块的对话框如图 1-21 所示,信息功能模块的图标如图 1-22。

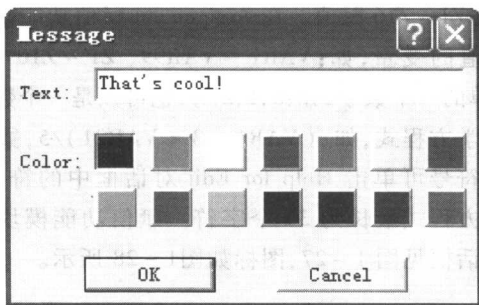


图 1-21 Message 模块对话框

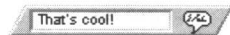


图 1-22 Message 模块图标

12. Show Values——显示值模块 123

当程序在 Online 连机的模式下运行时,此模块显示变量的当前值。此模块被放于程序表面,未与其他模块连接。应在对话框中输入要显示值的变量 VAR1 ~ VAR99 或 Z1 ~ Z16。