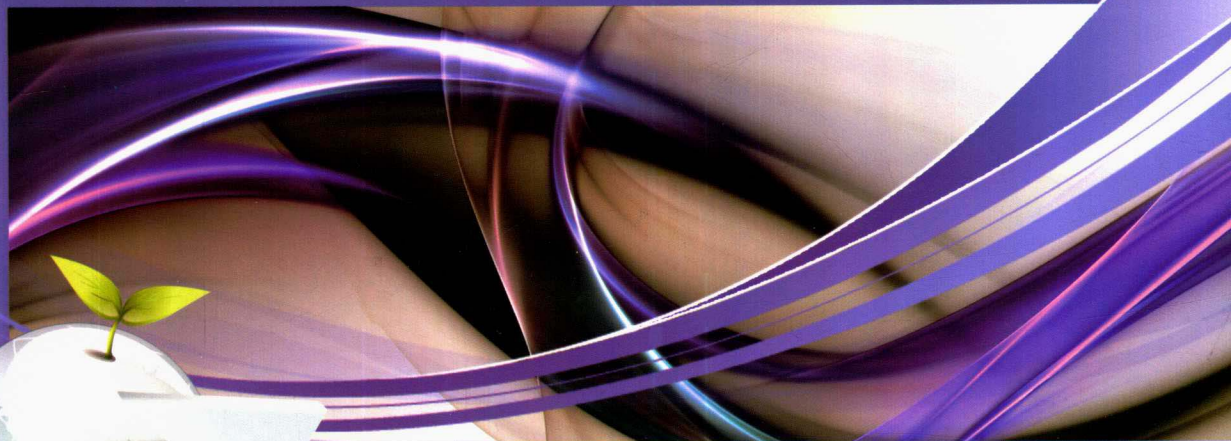


焊接自动化技术及应用

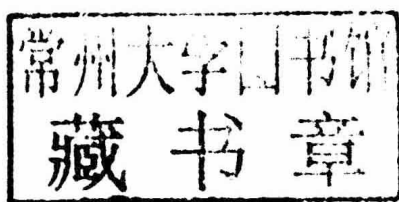
王长文 主编



国家骨干高职院校重点专业建设项目成果
焊接技术及自动化专业

焊接自动化技术及应用

主 编 王长文
副主编 冒心远 杨森森
参 编 王滨滨 何珊珊
主 审 徐林刚 凌人蛟



机械工业出版社

本书为高等职业教育焊接专业教学改革教材,在知识与结构上均有所创新,不但符合高职学生的认知特点,而且紧密联系生产实际,真正体现学以致用。本书按照国际焊接技师(International Welding Specialist, IWS)培养的要求,选择典型的焊接自动化设备为载体进行学习情境描述,并按照工作过程的六步法安排教材内容,真正做到“教中学”和“学中做”相互融合。

本书以典型的焊接自动化设备为载体,以焊接操作人员的工作岗位迁移为主线,共设四个学习情境,将典型焊接自动化设备控制系统的设计、调试和操作同直流电动机控制技术、传感器技术、可编程控制器技术和弧焊机器人技术等先进自动化技术的理论内容有机结合,通过完成任务使学生掌握焊接自动化的基本知识,焊接自动化设备控制系统的设计、调试和操作技能以及安全操作知识。

本书可作为高等职业院校焊接技术及自动化、模具设计与制造、机械制造与自动化等相关专业的教材,也可作为成人教育和继续教育的教材,同时也可供其他相关专业的师生参考。

本书配套有电子课件,凡选用本书作为教材的老师可登录机械工业出版社教育服务网 www.cmpedu.com,注册后免费下载。咨询邮箱: cmp-gaozhi@sina.com。咨询电话:010-88379375。

图书在版编目(CIP)数据

焊接自动化技术及应用/王长文主编. —北京:机械工业出版社,2015.9
国家骨干高职院校重点专业建设项目成果. 焊接技术及自动化专业
ISBN 978-7-111-51670-5

I. ①焊… II. ①王… III. ①焊接—自动化技术—高等职业教育—教材 IV. ①TG409

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第224906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:于奇慧 责任编辑:于奇慧 吴晋瑜

责任校对:张薇 封面设计:鞠杨

责任印制:李飞

北京振兴源印务有限公司印刷

2017年3月第1版第1次印刷

184mm×260mm·10印张·242千字

标准书号:ISBN 978-7-111-51670-5

定价:26.00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

服务咨询热线:010-88379833

读者购书热线:010-88379649

网络服务

机工官网: www.cmpbook.com

机工官博: weibo.com/cmp1952

教育服务网: www.cmpedu.com

金书网: www.golden-book.com

封面防伪标均为盗版

哈尔滨职业技术学院焊接技术及自动化专业 教材编审委员会

主 任：王长文 哈尔滨职业技术学院

副主任：刘 敏 哈尔滨职业技术学院

钱 强 机械工业哈尔滨焊接技术培训中心

孙百鸣 哈尔滨职业技术学院

高 波 哈尔滨职业技术学院

委 员：李 敏 哈尔滨职业技术学院

杨淼森 哈尔滨职业技术学院

凌人蛟 哈尔滨职业技术学院

崔元彪 哈尔滨职业技术学院

王滨滨 哈尔滨职业技术学院

张文杰 哈尔滨职业技术学院

徐林刚 机械工业哈尔滨焊接技术培训中心

何珊珊 机械工业哈尔滨焊接技术培训中心

雍丽英 哈尔滨职业技术学院

刘立民 哈尔滨锅炉厂有限责任公司

夏 曠 哈尔滨职业技术学院

王天成 哈尔滨职业技术学院

编写说明

教材是体现教学内容和教学要求的知识载体，是进行教学的基本工具，是提高教学质量的重要保证。为落实教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》（教高[2006] 16号）的精神，加强教材建设，确保高质量教材进课堂，针对高等职业院校焊接专业教学改革的需要，编写了本系列教材。本系列教材的编写结合高等职业教育的特点，以提高实际教学效果为出发点，突出职业技能的培养，突出职业素养的形成，突出就业能力的提升。

本系列教材的创新之处是以“国际焊接技师”培养为主线、以工作过程为导向，突出工学结合的特色，强调可读性和可操作性。专业教学改革采用项目引领的教学模式，依照IWS国际焊接技师工作内容要求，选择典型的焊接构件为载体设置工作任务，并按照工作过程的六个步骤（资讯、计划、决策、实施、检查和评价）组织情境教学，开发以工作过程为导向的核心课程。情境学习可在“教、学、做”一体化实训室中进行，老师既要指导学生完成工作任务，又要操作示范；每个工作任务均需“做中学、学中做”；每个工作任务的要求与企业产品生产要求相一致，学生以企业具体工作岗位的员工身份完成工作任务，并进行考核评价。

本系列教材具有以下特点：第一，注重在理论知识、素质、能力、技能等方面对学生进行全面培养，以培养国际焊接技师为目标；第二，注重吸取现有相关教材的优点，充实新知识、新工艺、新技术等内容，简化过多的理论介绍，开门见山介绍核心内容；第三，突出职业技术教育特色，理论联系实际，加强学生实践技能和综合应用能力的培养；第四，通过教学活动培养学生的工程意识、经济意识、管理意识和环保意识；第五，文字叙述精练，通俗易懂，总结归纳提纲挈领；第六，在编写过程中贯穿国际焊接技师培养所需的最新标准，注重时效性。

本系列教材在编写过程中得到了黑龙江省高职高专焊接专业教学指导委员会的大力支持，许多专家提出了宝贵的意见。机械工业哈尔滨焊接技术培训中心的培训教师及专家参与了本系列教材的编写工作，并提出许多合理的修改意见。编写过程中，我们还采纳了生产企业工程技术人员的建议，将新技术、新工艺添加到教材中，使教材更加贴近生产实际，更加实用。我们在此一并表示感谢。

本系列教材展示了本专业教改课程的开发成果，希望全国高职院校能够有所借鉴和启发，为更好地推进国家骨干高职院校建设及课程改革做出我们的贡献！

哈尔滨职业技术学院焊接技术及自动化专业教材编审委员会

前 言

目前,我国正处于产业转型升级的关键时期。传统的手工焊接已不能满足现代高技术产品制造的质量、数量要求,而现代焊接加工正在向着机械化、自动化的方向迅速发展。焊接自动化技术在实际工程中的应用快速发展,已经成为先进制造技术的重要组成部分。为了适应企业对焊接人才的需求,基于国家示范性骨干高职院校建设和“焊接自动化技术及应用”课程改革的需要,编者结合课程改革成果,在总结高职教育教学经验的基础上,融入了国家及行业标准、国际焊接技师标准,以“双元培养,国际认证”为培养目标,编写了这本具有鲜明高职教育特色的教材。

本书严格按照行业与职业要求编写,以工作过程为导向,以典型焊接自动化设备为载体,将自动化技术与焊接技术有机结合,真正体现培养焊接自动化专业人才的理念。

本书的特点如下:

1. 以工作过程为导向,采用任务驱动的模式

在编写模式上,本书按照一般工作过程创设学习情境,设置工作任务。融“教、学、做”为一体,每个工作任务都按照“资讯、计划、决策、实施、检查、评估”六步法编写,旨在使学生系统掌握焊接自动化生产所涉及的关键技术和操作要点,使学生成为能用理论知识指导实践、具备良好的职业道德、熟悉焊接自动化技术及应用的实用型技术人才。

2. 以典型焊接自动化设备为载体组织教学内容

本书以典型焊接自动化设备为载体,将专业知识的内容融入不同载体中,创设相应的学习情境;并按照焊接技术及自动化专业的职业岗位,设置典型的工作任务,内容更加贴近生产实际,具有鲜明的职业教育特色。

学习情境的内容如下:

学习情境1 焊接加热控制系统的设计与调试。主要完成的工作任务为温度和压力控制系统的设计与调试。

学习情境2 半自动焊接小车控制系统的设计与调试。主要完成的工作任务为电动机控制系统的设计与调试,绘制电气控制电路图。

学习情境3 环缝自动焊接控制系统的设计与调试。主要完成的工作任务为基于可编程控制器的环缝自动焊接控制系统的方案设计与调试。

学习情境4 弧焊机器人的操作与编程。主要完成的工作任务为手动操作弧焊机器人、典型焊缝的示教编程及弧焊机器人的离线编程。

3. 贯彻最新国家标准、行业标准和国际焊接技师标准

本书贯彻最新国家及行业标准、国际焊接技师标准,体现了焊接行业国内外的最新技术及发展,旨在培养职业教育的国际人才,提高学生获得国际焊接技师资质的比例。

4. 编写团队具有国际焊接工程师资质

本书编写团队学术水平较高,其中5位作者均具有国际焊接工程师资质且教学经验丰富,其中2人现为行业企业专家并熟悉实际的焊接生产。

5. 构建过程考核和多元评价体系

课程考核贯穿于所有工作任务，学生完成工作任务的每一步表现都计入考核范围，这样能综合反映学生的整体学习情况。评价以多元评价为主，采用教师评价、企业专家评价、学生互评和过程评价。

本书建议学时为 60 ~ 70 学时，具体学时分配可以参考每个工作任务的任務单。本课程应在“教、学、做一体化”实训基地中进行，实训基地中应具有教学区、实训区和资料区等，以满足学生自主学习和完成工作任务的需要。

本书的编写分工如下：哈尔滨职业技术学院王长文担任主编，哈尔滨职业技术学院冒心远、杨森森担任副主编，哈尔滨职业技术学院王滨滨和机械工业哈尔滨焊接技术培训中心何珊珊承担部分内容的编写工作。具体分工如下：任务 2.2 和任务 3.1 由王长文编写；任务 1.1、任务 1.2、任务 4.1、任务 4.2 和任务 4.3 由冒心远编写；任务 2.1 由杨森森编写；任务 3.2 由王滨滨和何珊珊编写。全书由王长文负责统稿。机械工业哈尔滨焊接技术培训中心徐林刚和哈尔滨职业技术学院凌人蛟担任主审。

本书在编写过程中，与有关企业进行合作，得到了企业专家和专业技术人员的大力支持，机械工业哈尔滨焊接技术培训中心张岩、哈尔滨焊接研究所吴家林等提出了许多宝贵意见和建议，在此特向上述人员表示衷心的感谢。

由于编者水平所限，书中不妥之处在所难免，恳请广大读者提出宝贵意见，我们将及时调整和改进，并表示诚挚的感谢！

编 者

目 录

编写说明

前言

学习情境 1	焊接加热控制系统的设计与调试	1
任务 1.1	焊后热处理炉温控系统的设计与调试	2
1.1.1	LabVIEW 应用程序的构成	4
1.1.2	数据流驱动	5
1.1.3	前面板设计	6
1.1.4	子 VI	8
1.1.5	VI 的运行和调试技术	9
1.1.6	循环结构	13
1.1.7	常用的温度传感器	15
1.1.8	温度控制原理	16
任务 1.2	真空热处理炉温控系统的设计与调试	23
1.2.1	压力传感器	25
1.2.2	真空热处理炉的控制原理和主要功能	27
1.2.3	条件结构	27
1.2.4	局部变量	29
学习情境 2	半自动焊接小车控制系统的设计与调试	39
任务 2.1	热切割小车控制系统的设计与调试	41
2.1.1	直流电动机的调速	43
2.1.2	CG1-30 型小车的结构和功能	45
2.1.3	CG1-30 型小车电气控制系统的设计	46
任务 2.2	带焊枪摆动功能的焊接小车控制系统的设计与调试	54
2.2.1	步进电动机的结构与工作原理	56
2.2.2	基于 LabVIEW 的步进电动机控制程序设计与仿真	57
2.2.3	事件结构	58
2.2.4	数组数据的创建和应用	59
学习情境 3	环缝自动焊接控制系统的设计与调试	68
任务 3.1	单工位环缝自动焊接控制系统的设计与调试	70
3.1.1	可编程控制器的工作过程	72
3.1.2	可编程控制器的硬件构成	72
3.1.3	可编程控制器的编程语言	73
3.1.4	梯形图的编程规则	74
3.1.5	可编程控制器控制系统的设计	75

3.1.6	可编程控制器在环缝自动焊接中的应用	76
任务 3.2	双工位环缝自动焊接控制系统的设计与调试	84
3.2.1	接触式位置传感器	86
3.2.2	接近式位置传感器	87
3.2.3	位置传感器在自动焊接中的应用	88
3.2.4	可编程控制器的指令及其应用	88
3.2.5	双工位环缝自动焊接控制系统的设计	91
学习情境 4	弧焊机器人的操作与编程	98
任务 4.1	弧焊机器人的手动控制	100
4.1.1	ABB 弧焊机器人组成及功能的知识准备	102
4.1.2	安全操作准备	106
4.1.3	机器人系统的启动和关闭	107
4.1.4	机器人坐标系的建立	107
4.1.5	机器人手动操作	108
4.1.6	机器人精确定点运动	109
任务 4.2	弧焊机器人示教编程	116
4.2.1	示教与再现	118
4.2.2	新建与加载程序	118
4.2.3	常用指令及其应用	119
4.2.4	平板对接接头焊接与编程	124
4.2.5	管板角接接头焊接与编程	125
任务 4.3	弧焊机器人离线编程	133
4.3.1	机器人的编程方法	135
4.3.2	机器人离线编程系统的组成	136
4.3.3	安装 RobotStudio	137
4.3.4	在 RobotStudio 中建立练习用的仿真工作站	139
4.3.5	仿真工作站的基本操作	145
参考文献		152

学习情境1

焊接加热控制系统 的设计与调试

【工作目标】

通过本情境的学习，学生应具有以下的能力和水平：

1. 选择温度传感器、压力传感器的能力。
2. 设计温度、压力显示、分析报警及控制系统的能力。
3. 科学地分析问题、解决问题的能力。
4. 良好的表达能力和较强的沟通与团队合作能力。

【工作任务】

1. 进行温度传感器的选型。
2. 进行压力传感器的选型。
3. 温度显示、分析报警及控制。
4. 压力显示、分析报警及控制。

【情境导入】

根据工件材料和性能的需求，焊后热处理涉及在普通气氛中进行热处理（见图 1-1）和在真空环境中进行热处理（见图 1-2）。

对于前者，主要需要控制温度，需要根据具体情况选择合适的温度传感器；对于后者，在控制温度的同时还需要控制真空度，因此除了选择合适的温度传感器还需要选择压力传感器。在本学习情境中，需要设计控制系统，通过读取传感器测试到的温度和压力数据，对数据进行分析，然后发出相应的控制指令。如果数据超出控制上限，还需要及时报警提示。

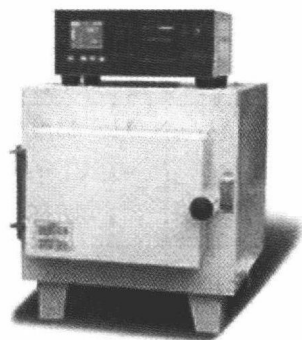


图 1-1 焊后热处理炉



图 1-2 真空热处理炉

任务 1.1 焊后热处理炉温控系统的设计与调试

任 务 单

学习领域	焊接自动化技术及应用				
学习情境 1	焊接加热控制系统的设计与调试			学时	16 学时
任务 1.1	焊后热处理炉温控系统的设计与调试			学时	10 学时
布置任务					
工作目标	合理选择温度传感器，创建控制系统前面板，完成程序框图的构建，并成功调试、运行，最终实现温度的显示、分析报警及控制。				
任务描述	收集温度传感器、LabVIEW 使用的相关信息，科学地分析焊后热处理炉温度控制系统的特点，合理选择温度传感器，在分析温度控制系统原理的基础上，利用 LabVIEW 虚拟仪器技术，创建控制系统前面板，完成程序框图的构建，并成功调试、运行，最终获得完整的 LabVIEW 项目文件，实现温度的显示、分析报警及控制。				
任务分析	各小组对任务进行分析、讨论，并根据收集的信息，了解控制系统实现的功能，掌握基本的控制原理；选择合适的温度传感器；利用 LabVIEW 软件进行虚拟控制系统的设计及调试。需要查找的内容有： 1. 温度传感器的种类、特点和应用。 2. VI 子程序的建立和调用方法。 3. 循环结构的创建和应用。				
学时安排	资讯 4 学时	计划 2 学时	决策 1 学时	实施 2 学时	检查评价 1 学时
提供资料	1. 胡绳荪. 焊接自动化技术及其应用. 北京：机械工业出版社，2007. 2. 王秀萍等. LabVIEW 与 NI-ELVIS 实验教程. 杭州：浙江大学出版社，2012. 3. 秦益霖，李晴. 虚拟仪器应用技术项目教程. 北京：中国铁道出版社，2010. 4. 李江全等. LabVIEW 虚拟仪器从入门到测控应用 130 例. 北京：电子工业出版社，2013.				
对学生的要求	1. 能对任务书进行分析，能正确理解和描述目标要求。 2. 具备独立思考、善于提问的学习习惯。 3. 具备查询资料的能力以及严谨求实和开拓创新的学习态度。 4. 具备良好的职业意识和社会能力。 5. 具备一定的观察理解和判断分析能力。 6. 具备团队协作、爱岗敬业的精神。				

资 讯 单

学习领域	焊接自动化技术及应用		
学习情境 1	焊接加热控制系统的设计与调试	学时	16 学时
任务 1.1	焊后热处理炉温控系统的设计与调试	学时	10 学时
资讯方式	实物、参考资料		
资讯问题	1. 如何创建和调用 VI 子程序? 2. 如何创建循环结构和设置属性? 3. 如何创建和设置指示灯控件? 4. 如何创建和设置数值输入控件? 5. 如何创建和设置数值显示控件? 6. 如何采用断点和探针调试程序? 7. 如何查找程序的语法错误? 8. 进行 VI 设计的主要步骤有哪些?		
资讯引导	问题 1 可参考《LabVIEW 与 NI-ELVIS 实验教程——入门与进阶》(王秀萍等)。 问题 2 可参考《虚拟仪器应用设计》(陈栋,崔秀华)。 问题 3、4、5 可参考《LabVIEW 虚拟仪器从入门到测控应用 130 例》(李江全等)。 问题 6、7、8 可参考《虚拟仪器应用技术项目教程》(秦益霖,李晴),或参考《LabVIEW 虚拟仪器从入门到测控应用 130 例》(李江全等)。		

1.1.1 LabVIEW 应用程序的构成

所谓 LabVIEW 应用程序，即虚拟仪器（VI），它包括前面板和程序框图两部分。

如果将虚拟仪器与传统仪器相比较，那么虚拟仪器前面板上的各类控件就相当于传统仪器操作面板上的开关、显示装置等，而虚拟仪器程序框图上的元件相当于传统仪器内部的电器元件、电路等。虚拟仪器可以仿真传统标准仪器，它不但可以在界面上出现一个惟妙惟肖的标准仪器面板，而且其功能也与标准仪器相差无几，甚至更为出色。

1. 前面板

前面板就是图形化用户界面，用于设置输入数值和观察输出量，是人机交互的窗口。由于 VI 前面板是模拟真实仪器的前面板，因此输入量称为控制，输出量称为指示。

在前面板中，用户可以使用各种图标，如旋钮、按钮、开关、波形图、实时趋势图等，这样可使前面板的界面同真实的仪器面板一样。

前面板对象按照功能可以分为控制、指示和修饰三种。控制是用户设置和修改 VI 程序中输入量的接口；指示则用于显示 VI 程序产生或输出的数据。如果将一个 VI 程序比作一台仪器，那么控制就是仪器的数据输入端口和控制开关，而指示则是仪器的显示窗口，用于显示测量结果。

任何一个前面板对象都有控制和指示两种属性，在前面板对象上单击鼠标右键，从弹出的快捷菜单中选择“转换为显示控件”或“转换为输入控件”命令，即可在控制和指示两种属性之间切换。需要注意的是，如果用于输入的前面板对象被设置为指示，或用于输出的前面板对象被设置为控制，则 LabVIEW 会报错。

修饰仅用以将前面板点缀得更加美观，并不能作为 VI 的输入或输出来使用。在控制选板中专门有一个修饰子选板。当然，用户也可以直接将外部图片（BMP 或 JPEG 格式）粘贴到前面板中作为修饰。

2. 程序框图

每一个前面板都有一个程序框图与之对应。程序框图是用图形化编程语言编写的，可以把它理解成传统编程语言程序中的源代码。用图形来进行编程，而不是用传统的代码进行编程，这是 LabVIEW 最大的特色。

程序框图由节点、端口和连线组成。

(1) 节点 节点是 VI 程序中的执行元素，类似于文本编程语言程序中的语句、函数或者子程序。节点之间由数据连线按照一定的逻辑关系相互连接，以定义程序框图内的数据流动方向。

LabVIEW 共有 4 种类型的节点，见表 1-1。

表 1-1 LabVIEW 节点类型

节点类型	节点功能
功能函数	LabVIEW 内置节点，提供基本的数据与对象操作，例如数值计算、文件 I/O 操作、字符串运算、布尔运算、比较运算等
结构	用于控制程序执行方式的节点，包括顺序结构、条件结构、循环结构及公式节点等
代码接口节点	LabVIEW 与 C 语言文本程序的接口。通过代码接口节点，用户可以直接调用 C 语言编写的源程序
子 VI	将以前创建的 VI 以 SubVI 的形式调用，相当于传统编程语言中子程序的调用。通过功能选板中的 Select VI 子选板可以创建一个 SubVI 节点

节点是 LabVIEW 作为 G 语言（图形化编程语言）的特色之一，是图形化的常量、变量、函数以及 VIs 和 Express VIs。

一般情况下，LabVIEW 中的每个节点至少有一个端口，用于向其他图标传递数据。

(2) 端口 节点之间、节点与前面板对象之间通过数据端口和数据连线传递数据。

端口是数据在程序框图部分和前面板之间传输的通道接口，以及数据在程序框图的节点之间传输的接口。端口类似于文本编程语言程序中的参数和常数。

端口有两种类型：控制器/指示器端口和节点端口（即函数图标的连线端口）。控制器或指示器端口用于前面板，当程序运行时，从控制器输入的数据就通过控制器端口传送到程序框图。而当 VI 程序运行结束后，输出数据就通过指示器端口从程序框图送回到前面板的指示器。在前面板创建或删除控制器或指示器时，可以自动创建或删除相应的控制器/指示器端口。

(3) 连线 连线是端口间的数据通道，类似于文本编程语言程序中的赋值语句。数据是单向流动的，从源端口向一个或多个目的端口流动。不同的线型代表不同的数据类型，每种数据类型还通过不同的颜色予以强调。

连线点是连线的线头部分。

当需要连接两个端点时，在第一个端点上单击连线工具（从工具选板调用），然后移动到另一个端点，再单击第二个端点。端点的先后次序不影响数据流动的方向。

当把连线工具放在端点上时，该端点区域将会闪烁，表示连线将会接通该端点。当把连线工具从一个端口接到另一个端口时，不需要按住鼠标。当需要连线转弯时，单击一次鼠标，即可以正交垂直的方向弯曲连线，按空格键可以改变转角的方向。

接线头用于保证端口的连线位置正确。当把连线工具放到端口上时，接线头就会弹出。接线头还有一个黄色小标识框，用以显示该端口的名字。

节点/连接端口可以让用户把 VI 变成一个对象（SubVI，即 VI 子程序），然后在其他 VI 中像子程序一样被调用。图标是 SubVI 的直观标识，当被其他 VI 调用时，图标代表 SubVI 中的所有程序框图。而连接端口表示该 SubVI 与调用它的 VI 之间进行数据交换的输入/输出端口，就像传统编程语言子程序的参数端口一样，它们对应着 SubVI 中前面板上的控制和指示。连接端口通常是隐藏在图标中的。图标和连接端口都是由用户在编制 VI 时根据实际需要创建的。

1.1.2 数据流驱动

由于程序框图中的数据是沿数据连线按照程序中的逻辑关系流动的，因此 LabVIEW 编程又称为“数据流编程”。“数据流”控制 LabVIEW 程序的运行方式。对一个节点而言，只有当它的输入端口上的数据都被提供以后，它才能够执行。当节点程序运行完毕以后，它会把结果数据送到其输出端口中。这些数据将很快地通过数据连线送至与之相连的目的端口。

“数据流”与常规编程语言中的“控制流”类似，相当于控制程序语句一步一步地执行。

两数相加前面板如图 1-3 所示。两数相加程序框图如图 1-4 所示，这个 VI 程序把控制 a 和 b 中的数值相加，然后再把相加之和乘以 100，并将结果送至指示 c 中显示。

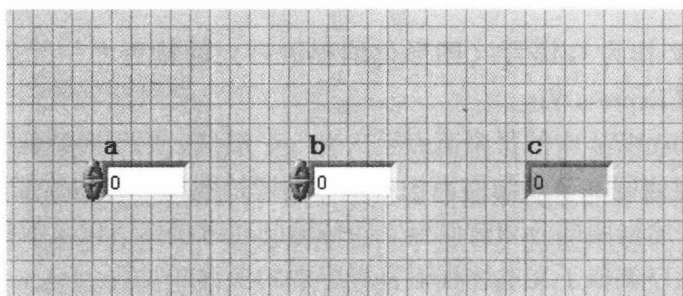


图 1-3 两数相加前面板

在这个程序中，程序框图从左向右执行，但这个执行顺序不是由其对象的摆放位置来确定的，这是因为相乘节点的一个输入量是相加节点的运算结果。只有当相加运算完成并把结果送到相乘运算节点的输入端口后，相乘节点才能执行下去。注意：一个节点只有当其输入端口的所有数据全都有效地到达后才能执行下去，而且只有当它执行完成后，它才把结果送到输出端口。

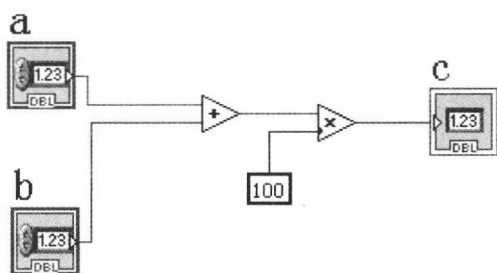


图 1-4 两数相加程序框图

1.1.3 前面板设计

LabVIEW 2013 所提供的专门用于前面板设计的控制量和显示量被分门别类地安排在控件选板中，当需要使用时，用户可以根据对象的类别从各个子选板中选取。前面板的对象按照其类型可以分为数值型、布尔型、字符串型、数组型、簇型、图形型等。

在用 LabVIEW 进行程序设计的过程中，对前面板的设计主要是编辑前面板控件和设置前面板控件的属性。为了更好地操作前面板的控件，设置其属性是非常必要的。

1. 前面板对象的属性

前面板对象有其各自的风格和属性。用户可以右击控件，然后在弹出的快捷菜单中对控件属性进行设置，如图 1-5 所示，可进行的操作包括是否显示标签、标题，查找对应的接线端，控制控件和显示控件的相互转换，创建局部变量、属性节点，替换为其他控件，设置数据类型和精度，设置默认值等。也可以在控件的属性对话框中进行全面的属性设置，如图 1-6 所示。

2. 选择、移动、复制、粘贴和删除对象

与其他常用软件一样，在 LabVIEW 中执行对象的选择、移动、复制、粘贴和删除等编辑操作十分简单快捷。单击一个未选择的对象或单击任意空白处，可以取消对当前对象的选择。

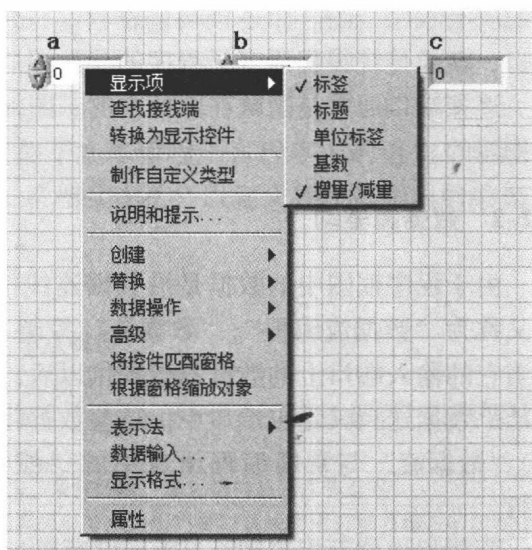


图 1-5 前面板控件右键快捷菜单

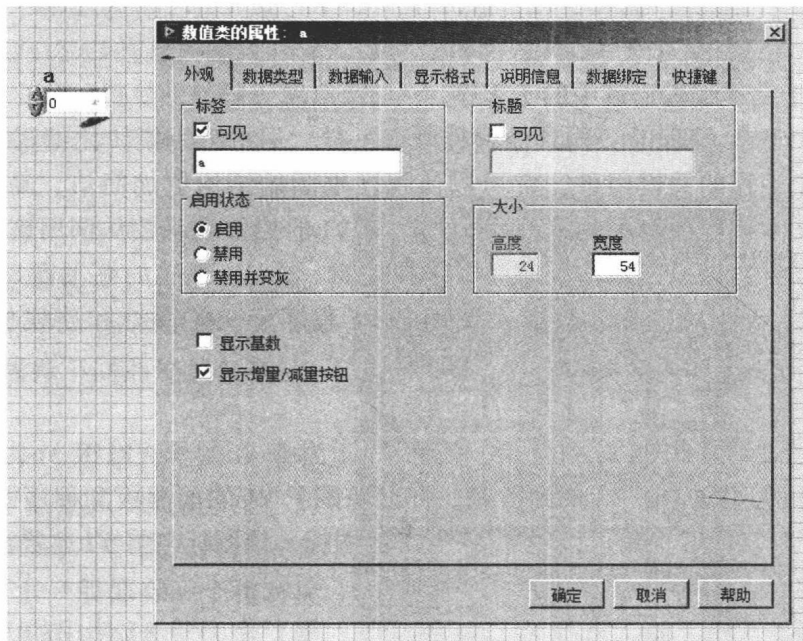


图 1-6 前面板控件属性对话框

3. 添加自由标签

用标签工具单击任意空白区域（如自动选择工具已启用，也可以双击任意空白区域），此时将出现一个小方框，其左端有一个文本游标，供输入文本（按键盘上的〈Enter〉键，可添加新行）。输入任何希望出现在自由标签中的文本后，单击标签之外的任意位置，结束编辑操作。

4. 字体设置

选择需要设置字体的标签或自由标签，打开工具栏上的“应用程序字体”下拉菜单，可以分别对字体的样式、格式、大小、对齐方式和颜色等进行设置，如图 1-7 所示。也可以选择“字体对话框”命令后，在弹出的“前面板默认字体”对话框中进行设置，如图 1-8 所示。

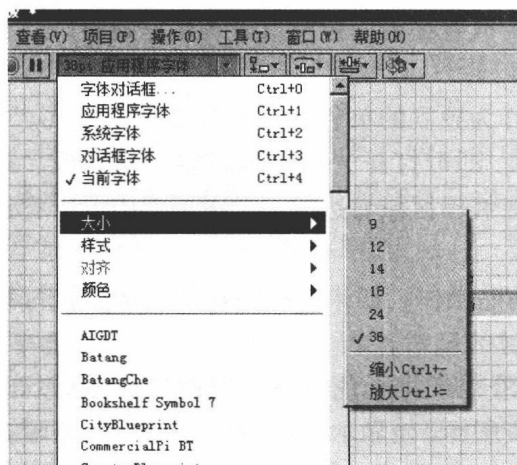


图 1-7 “应用程序字体”下拉菜单

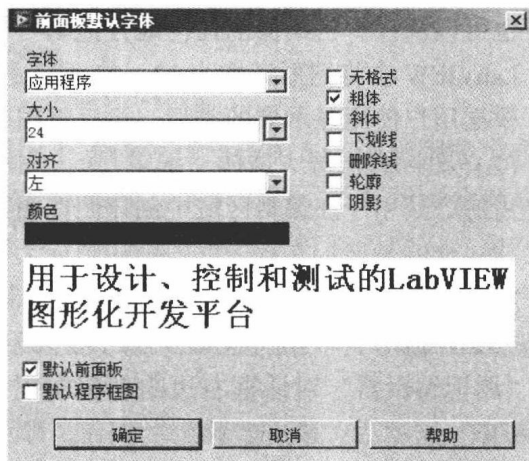


图 1-8 “前面板默认字体”对话框

1.1.4 子 VI

子 VI 相当于文本编程语言中的子程序。

在使用 LabVIEW 编程时，同其他编程语言一样，尽量采用模块化编程思想。子 VI 是层次化和模块化编程的关键组件，它可以使程序框图的结构更加简洁、易于理解。子 VI 的节点类似于文本编程语言中的子程序调用。子 VI 的控件和函数从调用该 VI 的程序框图中接收数据，并将数据返回至该程序框图。在任意一个 VI 程序的框图窗口里，都可以把其他 VI 程序作为子程序调用，只要被调用的 VI 程序定义了图标和连线板（连接端口）即可。

1. 主 VI 调用子 VI

若一个 A.vi 在另一个 B.vi 中使用，则称 A.vi 为 B.vi 的子 VI，B.vi 为 A.vi 的主 VI。在主 VI 的程序框图中双击子 VI 的图标时，将出现该子 VI 的前面板和程序框图。在前面板窗口和程序框图窗口的右上角可以看到该子 VI 的图标。该图标与将 VI 放置在程序框图中时所显示的图标相同。

通过单击函数选板上的“选择 VI”按钮，找到需要作为子 VI 使用的 VI，双击该 VI，即可将其放置在主 VI 的程序框图中。也可以在一个 VI 的程序框图中放置另一个已打开的 VI，单击 VI 前面板或程序框图右上角的图标，即可将其拖到另一个 VI 的程序框图中。

2. VI 的图标和连线板

每个 VI 都有一个图标位于前面板和程序框图窗口的右上角。LabVIEW 中的默认图标为 。图标是 VI 的图形化表示，包含文字、图形或图文组合。如果将一个 VI 当作子 VI 使用，程序框图上将显示代表该子 VI 的图标。简单明了的图标有助于用户识别该 VI 的功能，也可以使程序框图更为美观。可以自己定制图标，但这个操作并不是必须进行的，使用 LabVIEW 默认的图标不会影响 VI 的功能。

(1) 定制 VI 的图标 默认图标  包含一个数字，表示从运行 LabVIEW 后已经打开的新 VI 的个数。右击前面板窗口或程序框图窗口右上角的图标，从弹出的快捷菜单中选择“编辑图标”命令，或双击前面板窗口右上角的图标，将默认图标替换为创建的自定义图标。也可以从计算机桌面的任何地方拖动一个图片放置在前面板窗口或程序框图窗口的右上角。LabVIEW 会将图形转换为 32 × 32 像素的图标。

根据用户使用显示器的类型，可以将图标设计为独立的单色、16 色和 256 色模式。

(2) 图标编辑器 选择“编辑图标”命令后，即可打开“图标编辑器”对话框。对话框左边的工具用于在编辑区域中创建图标图案。在编辑区域右边的三个图形框中可以看到标准尺寸，也就是显示在程序框图中的图标大小。

“编辑”菜单用于对图标进行剪切、复制和粘贴操作。如果选择图标的一部分执行粘贴操作，LabVIEW 会根据所选择区域的大小调整图像的尺寸。

“图标编辑器”对话框右边的“复制于”选项用于将彩色图标复制成黑白图标。选择“复制于”选项后，单击“确定”按钮，即可改变图标。“显示接线端”选项用于显示连线板的接线端模式。

(3) 连线板 若一个 VI 作为子 VI 使用，则该 VI 需要创建连线板。连线板用于显示 VI