

摘要

微小孔钻削在现代化的今天使用的频率愈发提高。机械钻孔是众多加工微孔方法中性价比最高的一种方法。然而，用这种技术方法来进行微小孔钻削有一个致命的缺点，那就是微型钻头极易折断，这是因为钻头的强度低，而且容易磨损，导致了切削过程中切屑堵塞进而引起折断。实验表明，钻头折断的根本原因是刀具磨损后切削力变大。

本课题设计的在线监测系统，核心是计算机，通过 pci-6221 数据采集卡采集力信号并将其转变为电压，计算机对电压值变化进行分析与处理，随后利用采集卡的两路输出通道一路生成脉冲信号控制步进电机转动，另一路输出数字量信号控制步进电机正反转。通过步进电机驱动器，驱动步进电机的能力得到提高，实现了对主轴进给运动的控制。

采用 Labview 软件开发了微小孔钻削的监测系统。该系统具有数据采集、数据存储、数据滤波及显示、频谱分析、历史数据再现及利用 cDAQ 进行控制步进电机等功能。

关键词 Labview 微小孔钻削 实时监测

Title Drilling of microholes using electrochemical machining

Abstract

Micro-hole drilling is increasing in frequency used today in modern times. Mechanical drilling is one of the most cost-effective methods of processing micropores. However, the use of this technique for micro-hole drilling has the fatal drawback that the micro-drill is extremely fragile because the bit is low in strength and prone to wear, resulting in blockage of the chips during the cutting process and causing breakage. Experiments have shown that the root cause of the fracture of the drill bit is that the cutting force becomes larger after the tool wears.

The online monitoring system designed by this subject is the computer. The pci-6221 data acquisition card collects the force signal and converts it into voltage. The pulse signal controls the stepping motor to rotate, and the other output digital signal controls the stepping motor to reverse. Through the stepper motor driver, the ability to drive the stepper motor is improved, and the control of the spindle feed motion is realized.

A micro-hole drilling monitoring system was developed using Labview software. The system has functions such as data acquisition, data storage, data filtering and display, spectrum analysis, historical data reproduction, and control of stepper motors using cDAQ.

Keywords Labview micro hole drilling real-time monitoring

目录前言	1
第一章 微小孔钻削监测系统的现状与发展	3
1.1 刀具磨损监测研究的现状	3
1.2 本课题国内外发展趋势	3
第二章 Labview 概述	6
2.1 虚拟仪器的优势	6
2.2 软件平台 Labview 简介	7
2.3 Labview 的功能	8
第三章 软件熟悉	10
3.1 Labview 程序构成	10
3.2 控制选项板功能介绍	11
3.3 函数选项板功能介绍	12
3.4 工具选项板功能介绍	13
3.5 数据线、数据流和数据类型	14
3.6 控制量与显示量	15
3.7 程序结构	16
第四章 微小孔钻削监测系统硬件部分设计	19
4.1 监测系统原理框图	19
4.2 监测系统硬件分析	19
4.3 驱动控制部分设计	22
第五章 微小孔钻削监测系统软件部分设计	26
5.1 系统软件模块的设计	26
5.2 主控模块	27
5.3 数据采集模块	27
5.4 显示存储模块	28
5.5 信号分析模块	29
5.6 驱动控制模块	33
第六章 结论	34
致谢	35
参考文献	36

前言 由于科学技术的不断更替发展，高新技术产品正朝着微型化和集成化的方向发展。在这些高新技术产品中，使用直径小于 1mm 的微小孔的频率明显提高。市场上存在着众多的微小孔加工方法，其中机械钻孔位居国内外市场的领先地位。然而，用这种技术方法来进行微小孔钻削有一个致命的缺点，那就是微型钻头极易折断，这是因为钻头的强度低，而且便捷磨损，导致了切削过程中切屑堵塞进而引起折断，加之它们的寿命不稳定，在同一批次折断之前钻出的孔数差异可能超过 10 次，这使得难以估计钻头的寿命。此外，一旦钻头断裂在工件内部，钻头就会很难取出，最终导致工件的废弃。因此，研究微小孔钻削过程的在线监测对于提高生产过程的自动化程度，避免工件的报废具有重要意义。

虚拟仪器（Virtual Instrument，简称为 VI）是一种新型的高新技术产品，其是随着计算机技术、现代测量技术不断更新发展而来，开辟了当今测量仪器发展的新方向。与传统仪器相比，虚拟仪器优势很大，具体有如下几点：

(1) 用户能够按照自己的需求将各种不同功能的模块组合在一起形成各种仪器，而不用局限于传统仪器制造商提供的单一功能。

(2) 在虚拟仪器中，所有的仪器控制信息全部集成在软件模块中，能够通过多种不同的方式显示采集的数据、分析的结果以及具有多种不同的控制方式。这种集成的方法提高了虚拟仪器的灵活性。

(3) 虚拟仪器功能的实现主要取决于软件，相反，对于硬件的要求较小，因此，在与其他仪器设备连接方面，虚拟仪器相比于传统仪器更加便捷实现。并且虚拟仪器在与外设、网络及其他设备应用的连接也更加方便，因为虚拟仪器的这种便捷性，使得不同用户能够通过网络共享数据。

(4) 虚拟仪器相比其他设备有着天然的优势，一般的设备存储容量有限，而虚拟仪器是通过 PC 总线传输数据到打印机或者专用存储器设备，能够大大的提高存储容量的利用率。相比其他设备传输数据时，数据所产生的失真也会小很多。

(5) 虚拟仪器在人机交互方面也有着天然的优势，由于其使用了 GUI (PC 的用户图像界面)，因此编程人员可以直接在其编程的基础上进行修改与分析，在不同的环境之中测试人员也可以按照其特定的需求进行分析与修改处理。

(6) 基于软件的虚拟仪器在造价上会比传统仪器低很多，而且性能基于上文分析也会比传统仪器有优势，因此其被越来越多的开发人员所选择。

本论文从创新理念出发，将虚拟仪器与本课题的微小孔钻削有机结合起来，大大减少了造价，并且在操作平台上，这样的操作系统可以更简便的完成数据的修改、分析和采集，并且通过之后连接设备进行仿真和完善，可以极大的提高本系统的可读性和完整性，在效率方面也有极大提高，拥有很大的市场应用前景。

第一章 微小孔钻削监测系统的现状与发展

1.1 刀具磨损监测研究的现状

目前，国内外对于普通刀具的磨损监测的研究已经取得了巨大的进展，但是在微小刀具磨损监测方面，世界各地的大学研究所等仍在进行着攻坚克难，要达到实用化程度还为时过早。

在自动监测刀具状态方面，国内外的研究人员主要采用两种方法：

一类为直接监测方法，就是直接观察刀具的状态，观察其是否发生磨损，一般可以通过射线、电流、光线以及计算机图像等方法进行观测，这种监测方法有两个致命的弱点：第一，需要关机才能监测；第二，若是加工过程中刀具的突然断裂，这种方法将不能直接监测。

一类为间接监测方法，就是通过测量刀具磨损时工作参数的变化来反映刀具的磨损程度，这种方法弥补了直接观测法无法在切削过程中测量的缺点，不影响切削加工过程，但同时其缺点是采集到的

各种切削时的信号中干扰因素较多。一般可以通过观测切削力、扭矩、电机功率等等的参数来进行监测。

这两种方法各有各的优缺点，但是对于不同的环境条件下，选用哪种方法才能最有效的监测刀具状态。选用哪种方法才能适用不同的测量途径，选用哪种方法才能适用不同的监测状态，实际上如果在监测刀具磨损上很有效的方法对于监测刀具的突然断裂效果差距将会天差地别。以上介绍到的方法只能说明国内外的监测技术已经达到了一定的水平，然而每种方法只能在一定的范围内使用，在刀具状态监测中，尤其是在刀具磨损监测方面，这些方法要满足高科技计算机集成制造系统（CIMS）的要求还远远不够。

1.2 本课题国内外发展趋势

目前，国内外众多学者对在研究普通孔的钻削力监测技术上已经花费了很大的努力，在一些工业发达的国家如美、德、日等，这种监测技术已经部分实用化。国内的一家汽车公司原本在生产发动机上存在有钻头断裂在工件内

部的问题，在引进了美国一家公司的生产线之后，问题得到了解决。该生产线在钻削润滑油孔中应用了这种钻削力监测的技术，钻头断裂的问题得到完美的解决。同样，德国一家公司在 6mm 以上孔的加工过程中也同样开发应用了一款监测系统，该系统对提高生产效率做出了巨大的贡献。

在国内，对于这种技术的研究，国内许多院校也正在进行。如大连理工大学提出了一种策略，其通过采用有限元法对轴承结构进行分析，使用了自身所设计的监测系统对钻削加工进行监测，从而找出最优结构。

例如哈工大的姚英学等人，他们首次提出同时监测进给力 and 电机功率两个参数来监测钻削过程。他们在将两个特征参数信号进行分离之后分别定义它们的多种数值，包括瞬时值、导数值等等。在经过大量的实验获得大量的实验结果之后，确定了各特征参数的极限值，这种方法在一定范围内可以有有效的监测刀具的状态情况。

目前世界公认的一种最理想的监测刀具磨损的方法是声发射法，所谓声发射法，是指应变能会在固体材料在发生形变、断裂短时间内快速释放，随着应变能产生的弹性应力波称为声发射。当刀具磨损时，声发射信号的振幅会很大，因此能够被监测到。声发射工具监测技术在国内外都被认为是当今最有前途的新型的监测技术，自 20 世纪 80 年代以来，国内外在此原理的基础上取得了很大的发展成果。早在 1977 年，Iwatak 和 Moriwaki 率先提出通过声发射的方法对刀具磨损状态进行监测。1980 年，Moriwaki 提出一种方法，其也是通过声发射对刀具磨损进行监测。我国在声发射技术的研究方面水平还很低，这是因为起步太晚，但如今发展比较迅速。

黄惟公在前人的基础上做出改变，采用了包络分析法，获得了有效的数据。这种方法与以往不同，以时间序列模型的参数为特征参数，利用现代化神经网络自动辨识刀具磨损方程。实验结果证明该方法效果良好。

袁哲俊改变了方向，采用小波数据包分解的方法，分析切削过程中生成的声发射信号，由此获得各波段的能量分布状态，并将这种状态分布作为信号参数。构建一种高速神经回路网模型，其采用模糊推理的方式来识别刀具的

磨损状态。日本 Murakami Giken 公司开发了一种刀具磨损监控器，并将其命名为 chip-5A 型，这套系统通过声发射监测技术来监测切削过程中刀具的状态。这套系统和同公司配套生产的数控床使用，会产生更好的效果。

由于传统测试仪器存在着不同程度大小的局限性，相反，虚拟仪器在数据的采集、分析和监测方面的优势更加明显，同时其拥有多种多样的工具包来满足其他方面的需求，涵盖数据滤波、频谱分析和历史数据再现等等其他方面。上面所提到的一系列方法，声发射法等的应用全部都是在传统仪器的基础上，通过不同的方法得出最终有效的结果。但是在微小孔加工方面，采用虚拟仪器来进行监测的方法还未发现。

第二章 Labview 概述

2.1 虚拟仪器的优势

(1) 智能化程度高，处理能力强

由于虚拟仪器是基于软件的，虚拟仪器的软件水平决定了功能是否强大，若是要将虚拟仪器的水平能力向上提高到一个新的层面，则需要将不同的信号处理算法、AI 技术以及专家系统应用等其他技术集成到虚拟仪器之中。用户可以根据自身的设计需求，选用不同的技术组合在一起来满足自身需要。

(2) 复用性强，系统费用低

虚拟仪器由于其主要基于软件，因此对硬件要求不高，相同的硬件可以按照不用的需要构造形成具有不同功能的仪器。例如我们选用一个高速数字采样器，可以在此基础上设计出数字示波器、逻辑分析仪等多种仪器。这种复用的好处在于能够提高产品利用效率，从而降低成本，还能提高软件的质量，降低维护的费用。此外，由于互联网的普及，虚拟仪器有一种分布式共享的功能可以得到最大程度的发挥，从而提高了虚拟仪器的价值所在。

(3) 可操作性强

虚拟仪器的图形用户界面更加人性化，更加符合用户的使用心理，可以使得对仪器的操作变得更加直观，易于理解，针对不同用户的需要还可以自行设计不同的操作界面来满足需求。数据经计算机处理过后产生的测量结果既可以保存到数据库中，又可以通过互联网传递，最终经过打印机打印出来，显示出测量结果或者图形，这大大提高了仪器的可操作性。

表 2-1 虚拟仪器的优势

传统仪器	虚拟仪器
	关键是软件
开发与维护的费用高	开发与维护的费用低
技术更新周期长	技术更新周期短
价格高	价格低，并且可重复性与可配置性强

关键是硬件

生产商定义仪器功能	用户定义仪器功能
系统封闭、固定	系统开放、灵活、与计算机的进步同步
不易与其他设备连接	极易与其他设备连接

2.2 软件平台 Labview 简介

Labview 是一款图形化编程软件，由 NI 公司的众多专业人员联合开发而成，其最大的特点在于 Labview 是一种通过图形来完成编程操作的，最终产生框图样式的程序。这种通过图形的语言（也称 G 语言）在很大程度上为缺乏编程能力的初学者提供了方便，能够帮助其很快的适应。与此相反，传

统的编程语言（例如 JAVA, PHP, C++等等），它们通过文本形式的语言来编写程序，最终的程序是由一条条的语句构成。在程序运行方面，Labview 由于是框图的形式，数据会在框图中节点之间进行流动，其执行顺序也是由这种数据的流向所决定的。与传统编程语言根据句子的先后顺序决定程序的运行顺序相比，Labview 在程序运行方面也显得更加直观，这是由于 Labview 基于数据流的方式编程的原因。

由于 Labview 采用图形化的编程语言，其拥有巨大的便捷性，能够在全世界各行各业中应用起来，涵盖机械、通信、航空、军事、半导体等等其他许多方面。同时，由于专业人员在这个软件之中编写了很多工具包，而不需要人们重新进入底层进行编写，这种工具包可以重复使用，减少了繁琐性，对于像数据采集、仪器控制乃至数据分析处理这种复杂的操作，Labview 都能够很轻易的完成，这使得非专业人群也能够使用该软件来开发不同的程序。因此

Labview 也在各大高校以及实验室之中被广泛使用。

上面提到了由专业人员编写的工具包，在这里简单介绍一下。在数据采集方面，NI 公司生产了不同型号的数据采集卡方便人们直接使用。只需要通过 USB 连接到电脑上，电脑中就会自动出现该设备，使得采集程序不用通过底层程序来控制，采集卡拥有许多信号端口，涵盖数字信号 I/O，模拟信号 I/O，GPIB，VXI，串口支持等等。在数据处理控制方面，不但拥有那些经常要使用到的频谱分析，数字滤波等，还拥有概率统计、数字信号处理和生成等工具包。不仅如此，函数功能在 Labview 中也有很多存在，并且可以用共享库和动态链接库等等与外部的代码或者软件相连。

2.3 Labview 的功能

(1) 快速开发

基于 Labview 图形化的编程环境以及大量的工具包，对于设计开发同一个功能相近的程序，使用 C 语言来进行编程所需要的时间大概是使用 Labview 所花时间的 5 倍，Labview 在很大程度上缩减了完成项目的时间。因此，如果在时间紧张的情况下，Labview 可以在最大程度上节约项目开发所花费的时间，能够使得项目提前上线工作运行。

(2) 仿真

由于 Labview 包含了许多有专业人员开发的数学函数等的功能，在进行模拟、仿真的操作方面，这些函数的应用就显得十分方便。若是将这种功能应用在教育方面，能够帮助学生在没有实际机器的情况下利用软件进行模拟仿真，以此达到同样得效果，让学生不会因为缺少原型机失去学习的机会。同时要是将这种功能应用在设备的设计方面，Labview 可以先在计算机上进行样机的仿真模拟，在仿真模拟之后发现问题，再加以改善。

(3) 测试测量

测试测量功能是 Labview 软件最初设计的目的所在，因此这也是 Labview 功能最强大的地方。由于工具包的存在，不同用户可以很方便的完成测试和测量任务，这些工具包功能十分强大，几乎包含了所有所需要的功能，因此开发程序显得十分方便。与此同时，由于经过 Labview 多年的发展，其得到了业内人士广泛的认可，因此在市面上的绝大多数测试仪器、采集设备的等都配备有 Labview 软件的驱动程序，因此，使用 Labview 进行控制变得异常简单。

(4) 控制

控制是一个与测试息息相关的领域，测试测量功能作为 Labview 的设计初衷，控制方面也很容易被自然而然的扩展到。在控制方面，Labview 开发人员为此专门开发了一个用于控制的模块，称为 LabviewDSC 模块，此模块能够应用在工业中常用的设备上，没有这个模块，相应的设备也无法被 Labview 所驱动，这种设计使得通过 Labview 设计开发控制程序变得无比简单。

(5) 儿童教育

Labview 中的各种图形程序更加美观漂亮，相比于文本语句，Labview 显然更加能够吸引孩子们的目光，也更加容易被接受和理解。Labview 特意为中小学的学生开发了一个版本，用于即使没有一丁点计算机知识的孩子们，在经过简单的指导之后，达到像控制玩具的动作和行为。Labview 就像一种积木一样，能够通过将不同的部件整合在一起产生不同的功能，这有助于开发孩子们的想象力和创造力，并且提高孩子们的兴趣，形成一个良性的闭环。

第三章 软件熟悉

3.1 Labview 程序构成

在安装好 Labview 软件后，双击桌面的快捷方式，在弹出的界面里点击新建 VI，随后就能够看到它的程序界面，该界面由前面板窗口和程序框图窗口组成。

1、前面板窗口

如图 3-1 所示。Labview 的前面板窗口是一个人机交互界面，就相当于传统仪器设备的操作面板。用户和程序可以通过 Labview 的前面板窗口联系起来，用户能够在此面板上观察程序的运行过程以及最终的显示结果、图形等，也能够输入相关的参数，观察实验结果的变化。

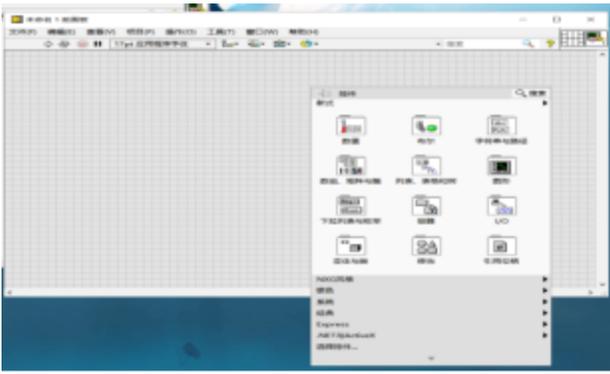


图 3-1 前面板窗口

2、程序框图面板

Labview 的程序框图面板是编写图形化的程序所用到的窗口，相当于传统仪器设备内线路的分布以及存储在设备中的程序。程序面板框图将控制设备与前面板连接起来，用户能够通过编写 Labview 程序源代码来控制定义好的输入输出函数。这一面板是程序运行的关键所在。如图 3-2 所示。

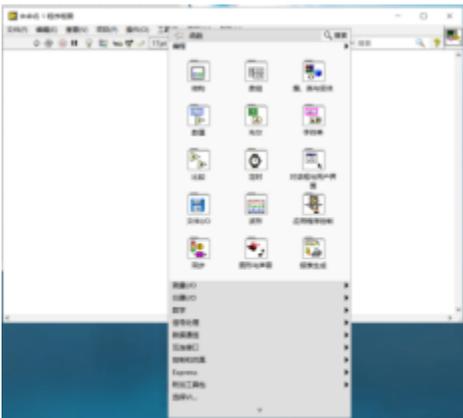


图 3-2 程序框图面板

：运行（Run），如果程序中有连线或者逻辑错误，此按钮将变成 。

：连续运行（Run Continuously）。



：异常中止执行（Abort Execution）。



:加亮执行 (Highlight Execution), 仅存在于程序框图之中。在单击一下之后按钮变成, 此时, 程序框图中的数据变亮, 能够清楚的看见数据的流向, 同时能够显示程序执行中的一些中间数据。

3.2 控制选项板功能介绍



图 3-3 前面板控制选项

控制选项面板只能在前面板窗口显示出来, 可以在前面板窗口工具栏中单击查看→控件面板打开, 或者就在前面板窗口的空白处单击右键打开。用户所有需要的输入控制控件以及输出显示控件都在这个里面, 里面涵盖数值、布尔等等模块, 每个模块里面还有子选项版, 可以根据自身所需选择合适的控件。如图 3-3 所示。



: 数值量 (Numeric), 能够实现显示数值以及对数值的控制的功能。存在多种数字式、指针式显示表盘以及控制所需要的各种输入框。



: 布尔量 (Boolean), 能够实现显示逻辑数值 (1 和 0) 以及对数值进行控制的功能。涵盖各种布尔开关、按钮等控制控件以及指示灯等显示控件等。



: 数组和簇 (Array & Cluster), 用于对数组和对簇的控制以及显示。



: 图形 (Graph), 以图形的方式显示数据结果, 涵盖趋势图, 曲线图等。

3.3 函数选项板功能介绍

函数选项面板只能在程序框图窗口显示出来, 可以在软件窗口工具栏中单击查看→函数面板打开, 还有一种就是在程序框图窗口的空白处单击右键打开。用户所有需要的函数、结构、子 VI 节点都在

这个里面，包括程序结构、各种信号处理函数、数学分析函数、仪器控制函数、文件操作函数等，各个不同功能的函数、结构等节点在函数面板上根据不同的功能进行分类存放。如图 3-4 所示。

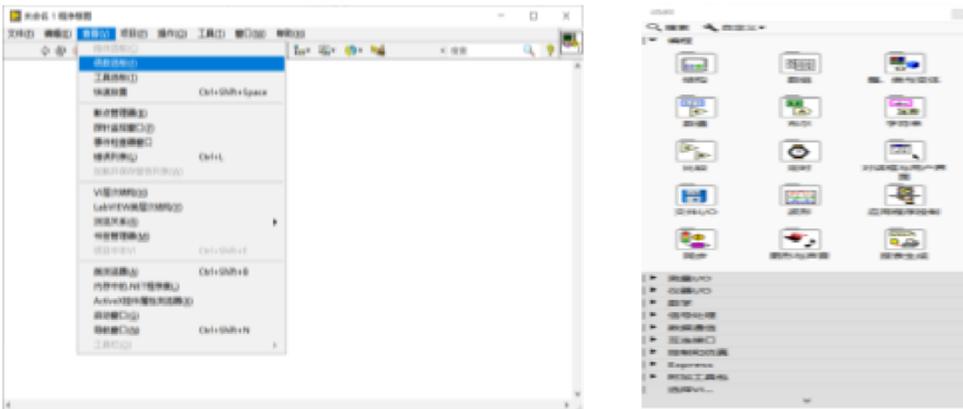


图 3-4 程序框图函数选项板



：结构（Structure），涵盖控制程序所需要的结构命令，例如条件结构、循环结构、顺序结构等。



：数组（Array），涵盖数组索引函数、数组运算函数、数组转换函数等等，用于对采集的数据实现存储和引用。



：比较（Comparison），涵盖各种比较运算的逻辑函数，如大于、小于、等于。



：数据采集（Data Acquisition），涵盖数据采集所需要的硬件的驱动以及对信号的调理，如FFT变换等所需要的各种功能模块。



：信号分析（Analysis），涵盖许多对信号分析所需要的功能模块，像时域分析、频域分析之类的功能还有其他等等。

若是在使用 Labview 中原道困难，或者不懂的元器件，可以打开即时帮助栏。可以通过点击帮助 → 显示即时帮助打开帮助窗口，或者使用快捷键：Ctrl+H，当将鼠标放在自己不了解或者理解不充

分的任何模块、控件上时，相应的帮助信息会在帮助窗口显示，并且其中有更加详细的解释。如图 3-5 所示。

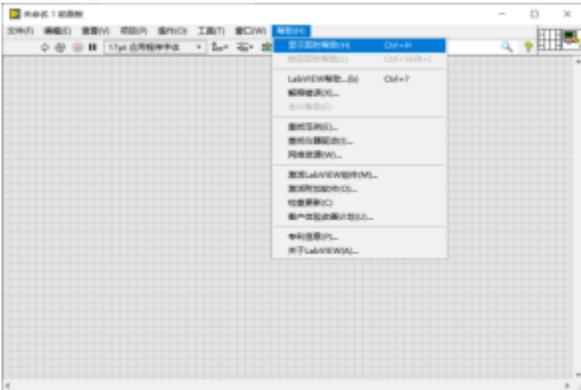


图 3-5 显示及时帮助功能

右键单击任何控件或函数模块，都会弹出一个菜单，能够通过弹出菜单轻松编辑模块。

3.4 工具选项板功能介绍

工具选项面板只能在前面板窗口显示出来，可以在软件窗口工具栏中单击查看→工具选版打开和关闭，还有一种就是在前面板窗口的空白处单击右键打开。用户所需的各种能够用于创建、修改和调试 VI 程序的工具都存在于这个面板之中，包括操作、选择、连线等等。鼠标箭头会随着用户所选择的工具而相应的变化形状。如图 3-6 所示。

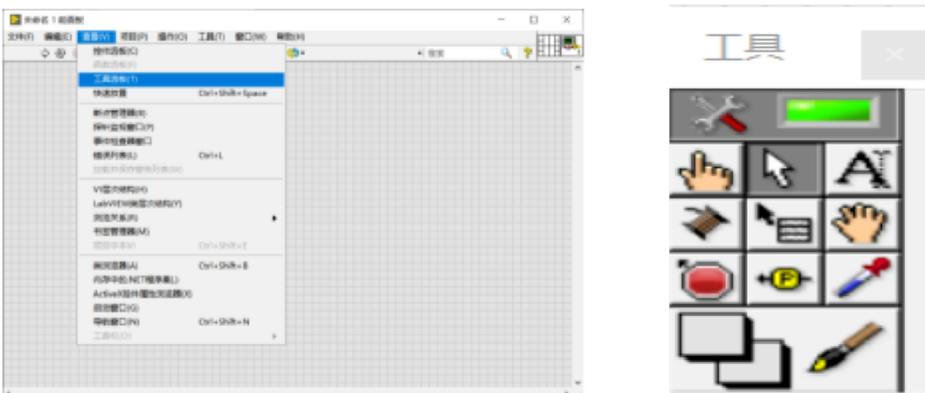


图 3-6 工具选项板功能

图 3-7 工具选项板功能



：操作 (Operate Value)，使用这个按键可以对前面板进行操作，包括控制显示等等。当要输入值来控制数值或字符串时，该工具会变成标签工具。



: 选择 (Position/Size/Select), 选择此图标可以使选中的对象改变其大小, 或用于选中和拖移位置, 当选中的目标改变其连框大小时, 其形状会发生改变。



: 标签 (Edit Text), 这个按钮用于创建标签并在标签上创建文本框, 输入文字或创建可移动标签, 当创建可移动标签时, 其形状会发生变化。



: 连线 (Connect Wire), 这个按钮在用于程序框图程序上连接对象的时候。此时如果即使帮助的窗口处于打开状态时, 把该按钮移动到连线上, 就能够显示该数据线所对应的数据类型。

3.5 数据线、数据流和数据类型

3.5.1 数据流工作方式

在程序框图上, 如果想要连接不同的功能模块, 数据线是唯一的选择, 数据通过数据线在不同模块之间传递。从上面所提到的 Labview 与传统编程语言的区别可以知道, Labview 由于是数据流编程的方式, 要想控制程序, 只能依靠数据线上传递的数据。一个模块只有在所需要全部输入数据传入之后, 该模块才能运行, 随后将运行的结果输出到对应的输出端口, 然后数据继续沿着数据线流向其他模块。这就是 Labview 基于数据流的工作方式。

3.5.2 数据线

上面提到了不同功能模块之间的连接要通过数据线, 但是要是模块能够正常运行, 那么必须要连上模块所对应需要的数据类型端口, 只有端口正确连接上了, 函数才能正常运行, 它们之间有颜色和形状的不同, 因此很容易区分。若连线两端数据类型不匹配, 那么连线将会变成黑色虚线, 这时应将连线工具移动到它上面, LabVIEW 将提供两端的数据类型信息, 随后能够检查并改正。添加新的模块和连接可能会对已设置的部分产生影响, 旧的错误连线也会影响后续线的连接。如表 3-1 所示。

表 3-2 数据类型图

符号	I8	I16	I32	U8	U16	U32
类型	8 位整型 (短整型)	16 位整型 (单字型)	32 位整型 (长整型)	8 位无符 号整型	16 位无符 号整型	32 位无符 号整型

表 3-1 各数据线颜色及其类型

类型	标量	一维数组	二维数组	颜色
整型				蓝色
浮点型				橙色
布尔型				绿色
字符型				红色

3.5.3 数据类型

LabVIEW 中有五种基本数据类型：数值型、布尔型、字符串型和枚举型。还有一种称为环（环类型枚举）。从精度的角度来分，数据的数值类型可分为以下几种（如表 3-2 所示），这与标准 C++ 的数据类型基本是一致的。它的代表符号直观地表达了它的类型。能够在数值对象上点右键并使用弹出菜单中的属性修改它。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/675113333042011222>