

文章编号: 1672-8785(2022)06-0027-08

## 基于 Qt 框架的手持红外观测 设备软件设计

张艺萌 齐 放 张 朋

(中国电子科技集团第十一研究所, 北京 100015)

**摘 要:** 为了使用户体验良好, 需设计出更符合项目需求的人机交互界面。通过对 Qt 框架的界面技术研究, 设计了一款美观简洁的界面。阐述了 Qt 的关键机制、核心技术和其他界面工具的优缺点。将系统图形界面的设计方法、功能实现以及红外图像处理应用分节说明。经系统运行测试, 设计和功能达到了预期需求, 用户界面具有交互友好、健壮性强、运行稳定和可移植等特点, 充分验证了项目实现的可行性和有效性。后续期望通过 ARM 平台底层驱动等实现数据处理, 改进与优化手持观测设备。

**关键词:** Qt 框架软件设计; 信号与槽; OpenCV; 界面设计

**中图分类号:** TN21    **文献标志码:** A    **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2022.06.004

## Software Design of Handheld Infrared Observation Equipment Based on Qt Framework

ZHANG Yi-meng, QI Fang, ZHANG Peng

(The 11th Research Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Beijing 100015, China)

**Abstract:** In order to make the user experience good, it is necessary to design a human-computer interface that is more in line with the needs of the project. Through the research on the interface technology of the Qt framework, a beautiful and concise interface is designed and realized. The key mechanisms and core technologies are described, as well as the advantages and disadvantages of other interface tools of Qt. The design method, function realization and infrared image processing application of the system graphical interface are described in in sections. After the system operation test, the design and function have reached the expected requirements, and the user interface has the characteristics of friendly interaction, strong robustness, stable operation and portability. It has fully verified the feasibility and effectiveness of the project implementation. In the future, it is expected to realize data processing through ARM platform underlying drivers, etc., and improve and optimize the handheld observation equipment.

**Key words:** frame design of Qt; signals and slots; OpenCV; interface design

**收稿日期:** 2021-12-09

**作者简介:** 张艺萌(1995-), 女, 河南人, 助理工程师, 硕士, 主要研究方向为人机交互、微系统、计算机视觉及图像处理等。E-mail: 532771768@qq.com

## 0 引言

随着移动互联网的迅速发展和计算机系统的智能化,嵌入式技术已经广泛应用在科学研究、工业控制、国防等多个领域。嵌入式设备与用户存在紧密的联系,关键在于它能提供非常友好的用户界面、图形用户界面(Graphic User Interface, GUI)和灵活的控制方式。嵌入式开发是当前互联网中发展较快的方向,已经渗透到社会的各个层面。

在单兵设备操作系统中,经常需要通过设备中的界面进行一些人机交互操作。本文以手持观测设备的界面操作系统为研究背景。手持观测设备在单兵领域中起到了重要的指挥作用,因而对其界面的可靠性及便捷性有严格的要求。由于目前设备的更新换代较快,功能数据不一,需要一个简洁通用的单兵系统界面。所以,在单兵系统中安装一个简洁美观的界面操作系统,又有可记录操作日志和故障等信息的模块,对手持设备来说十分重要。

本文在 Windows 平台下以 Qt 为开发工具,以 OpenCV 为图片处理库来实现图片存储,并设计了一个操作简单、能存储查询设备信息、可跨平台的界面操作系统。嵌入式图形界面后续可以为项目或硬件设备提供一个友好的人机交互接口。以 OpenCV 为图片处理库,能有效地实现图片处理、视频浏览及存储功能。

## 1 概述

GUI 是基于操作系统的计算机与用户直接对话的接口,为用户提供可方便快捷编制界面的友好的应用程序。通过 GUI,非专业用户不需要死记硬背大量的操作命令。正如现在的 Windows、Mac OS 等,皆可通过窗口、鼠标点击等进行便捷操作。现流行的嵌入式 GUI 系统有 MiniGUI、MicroWindows、OpenGUI 和 Qt/E 等。

### 1.1 Qt 与其他界面工具的对比

#### 1.1.1 MiniGUI

作为一种基于 Linux 系统的实时图形用户支持系统,MiniGUI 原是由清华大学魏永明主持开发的自由软件项目。它不仅在国内成为优秀自由软件项目之一,而且还在技术创新上有重大突破,能应用于手持设备、游戏终端等嵌入式系统。用户通过 MiniGUI 可以建立菜单、按钮、列表框等常见的 GUI 窗口元素。总而言之,MiniGUI 是一种占用资源少、性能高、可靠性强、嵌入性高的轻量级图形界面,但也存在不少缺点,比如较难商用,代码质量良莠不齐等(见表 1)。这对整体系统的稳定是个较大的挑战。

#### 1.1.2 MicroWindows

MicroWindows 是由 Century Software 开发的一个开源项目。为了避免与微软公司的 MicroWindows 混淆,该项目自 2005 年起更名为 The Nano-X Window System。MicroWindows 主要为小型设备和平台提供图形窗口环境。MicroWindows 的 API 可应用于大多数图形绘制、裁减、窗口工具条绘制及拖拉窗口等(见表 1)。它最显著的优势是面向 Linux 环境下编制和调试时,无需建立跨平台交叉编译环境,并能在目标平台上对软件进行编制和调试。

#### 1.1.3 Qt/Embedded

著名的 Qt 开发商 Trolltech 公司开发了面向嵌入式的 Qt 版本——Qt/Embedded。许多基于 Qt 的程序都具有良好的可移植性、自定义和国际化性能。用户可以根据自我需求设计并选择某些特性,将其集成成具有自己特色的界面后移植到嵌入式系统。而且,Qt/Embedded 也专注于高端嵌入式设备、可穿戴设备以及移动设备的主流开发工具。Qt 为嵌入式窗口提供了丰富的部件基类,也可实现窗口部件的定制,因而能为用户提供色彩配比良好的美观界面(见表 1)。近些年来,高端嵌入式设备厂家几乎都选用 Qt 作为开发工具,如奔驰、LG 等。

表 1 常见嵌入式 GUI 的参数比较

	MiniGUI	MicroWindows	Qt/Embedded
API (完备性)	Win32 (很完备)	Win32/Nano-X (很完备)	Qt (C++) (很完备)
函数库大小	300 K	300 K	600 K
移植性	很好	很好	较好
系统消耗	小	最小	最大
操作系统	Linux	Windows	Linux
主要优点	<ol style="list-style-type: none"> <li>轻量级的图形界面系统;</li> <li>多字体和多字符集支持;</li> <li>具有两个不同的架构版本: Mini-thread &amp; Mini-Lite。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>开源项目;</li> <li>最底层是面向图形输出和键盘、鼠标或触摸屏的驱动程序, 中间层提供底层硬件的抽象接口。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>可定制程序界面外观;</li> <li>API 函数丰富、功能可裁剪;</li> <li>商用用户较多;</li> <li>移植到不同平台时, 只需重新编译代码, 无需修改代码;</li> <li>程序对 java 集成友好。</li> </ol>
主要缺点	<ol style="list-style-type: none"> <li>控件功能较少;</li> <li>由于是 C 代码, 不利于扩展。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>不具有任何硬件加速能力;</li> <li>存在许多低效算法, 同时没有进行任何优化;</li> <li>代码质量较差。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>代码量过大, 需使用闪存较大的智能手机;</li> <li>由于结构较复杂, 难以对底层进行太多的扩充;</li> <li>商用时, 需要一定的授权费用。</li> </ol>

## 1.2 对象间通信机制——信号与槽

Qt 对象间的通信是通过信号和槽来实现的。它是区别 Qt 与其他开发工具的最显著的特征之一。通常来讲, 开发人员希望在图像编程中对象之间可以高效地通信, 一个窗口部件的变化会被通知给另一个与它相关联的窗口部件。大多数工具通过回调的通信方式来实现通信目的。回调的主要缺点如下: (1) 回调类型不安全。当满足相应条件时, 处理函数才能够调用回调。对于用户来说, 难以确定参数的正确性。(2) 由于回调与处理函数的联系, 用户需要正确判断什么时候处理函数明确调用哪个回调。Qt 使用信号与槽这种机制代替回调。当某个特定事件发生时, 一个信号被发射。槽的本质是类的成员函数, 可以被调用处理特定信号的函数。Qt 的窗口部件有很多预定义的槽, 如有需要, 也可加入自定义的槽进行功能的扩展。

### 1.3 信号与槽的连接

若一个类支持信号与槽, 则子类需要从 QObject 或 QObject 的子类继承。信号与槽机

制是完全面向对象并用 C++ 来实现、类型安全且易于使用的一种机制。换言之, 它是真正意义上的信息封装。信号不知道是否有槽接收, 槽也不知道是否有信号与其连接。开发者在进行编程时, 通过调用 QObject::connect() 函数将特定信号与特定槽关联。信号与槽的关联用法有以下几种: (1) 一个信号与一个槽关联; (2) 一个信号与多个槽关联; (3) 多个信号与一个信号关联; (4) 一个信号与另一个信号关联。

若某一个信号与多个槽关联, 在发送信号时, 与各个槽以任意先后顺序立即执行, 即槽函数的执行是随机的, 与槽关联的顺序没有关系。除此之外, 信号与信号之间也可关联。当两个信号关联时, 第一个信号的激活会激活 Qt 发送第二个信号。信号与槽的连接示意图如图 1 所示。

## 2 手持观测设备的总体设计

### 2.1 背景架构

如图 2 所示, 手持观测设备系统的界面框架共分为四层, 从下到上分别是驱动层、嵌入

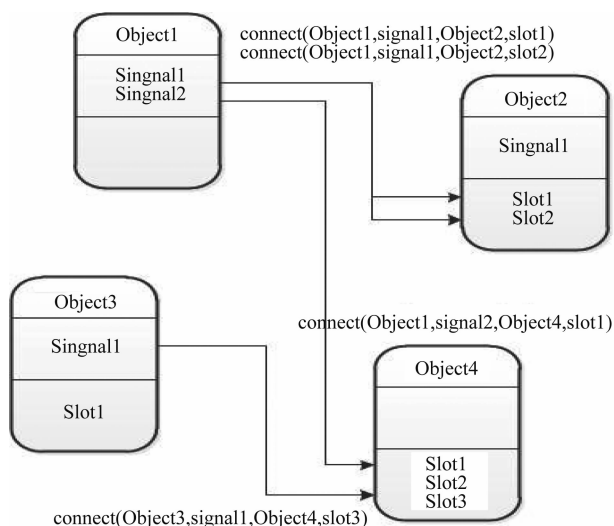


图1 信号与槽的连接示意图

式操作系统、支持库层以及应用程序层。其中，驱动层在此不作介绍。本文的研究重点是应用程序层和支持库层(除 CUDA 库外)的界面设计，方便用户对手持观测设备的控制及操作，同时有利于用户管理手持观测设备，因而具有非常重要的现实意义。

## 2.2 功能需求及总体设计

该界面采用图形化人机界面。用户通过操作图形化界面或联动式可以进行切换界面、选择多级菜单、新建窗口或浏览图片文件等操作。界面系统的具体功能如下：(1)开机启动画面功能；(2)设备的各模块快捷功能；(3)文件的查找编辑功能；(4)设备的多级菜单控制功能；(5)图形交互界面友好美观功能。

## 3 图形界面设计

### 3.1 软件开发环境的搭建

程序的图形界面设计是在 PC 机 Windows 系统上完成的。在 Windows 平台下使用 Qt-5.9.0 应用开发工具包的编译以及 Qt Creator 软件的安装。

### 3.2 系统初始化界面实现

一般来说，大多数应用程序启动时都会在程序完全启动前显示一个启动画面(不带有系统开机动画的除外)。现有的手持设备开机后只有校正界面等菜单界面。为了更好地推广和介绍设备及公司品牌，本文将开机界面显示在

系统界面中，作为展示设备的第一步。与主界面相比，系统开机动画的界面一般规定在 1.5~2 s 这个区间段，整个开机画面包含产品的相关信息，例如外形、名称及制作单位(见图 4)。

在应用程序完成初始化后，启动画面会自动隐去，出现程序的主窗口界面。上述画面采用 Qt 中的 QSplashScreen 类来实现。具体程序实现如下：

```
int main(int argc, char *argv[])
{
    QApplication a(argc, argv);
    QPixmap pixmap("手持.png");
    QSplashScreen splash(pixmap);
    splash.show();
    a.processEvents();
    MainWindow w;
    w.show();
    splash.finish(&w);
    return a.exec();
}
```

### 3.3 主窗口、菜单栏与工具栏设计

主窗口设计采用了 PC 端设计，将菜单栏与工具栏结合在一起，可使用户迅速找到自己需要的功能模块及快捷键。主窗口用于显示手持观测设备的红外、可见光、电源控制等模块的功能。

#### 3.3.1 主界面中的菜单栏设计

主界面程序包含一个菜单栏(Menu bar)、多个工具栏(ToolBars)及中心部件，是许多应用程序的基础界面。首先，在 Qt Creator 软件中创建手持观测设备系统的应用程序项目(Project)。项目类型为“Qt Widget Project”下的“Qt GUI Application”。随后创建基于 QMainWindow 的窗口类，并生成项目。该窗口即为手持观测设备的主窗口。菜单栏是包容菜单的面板，是由一系列 QAction 动作对象构成的列表。在此选取“显示控制”模块为例进行分析。具体实现代码如下：



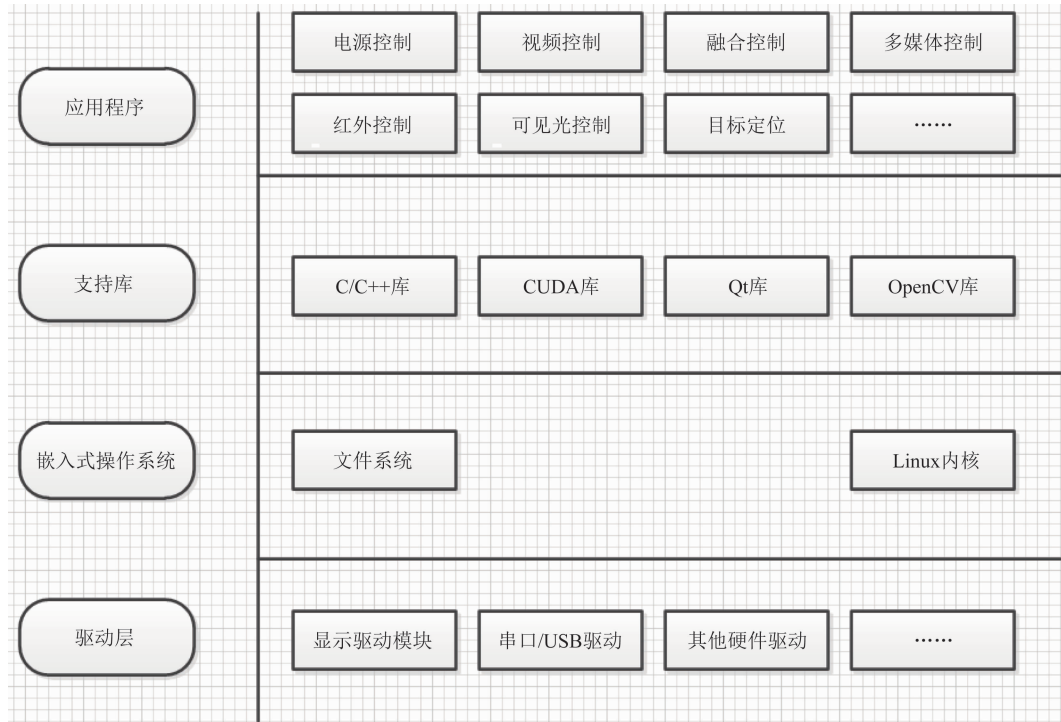


图 2 软件分层结构图

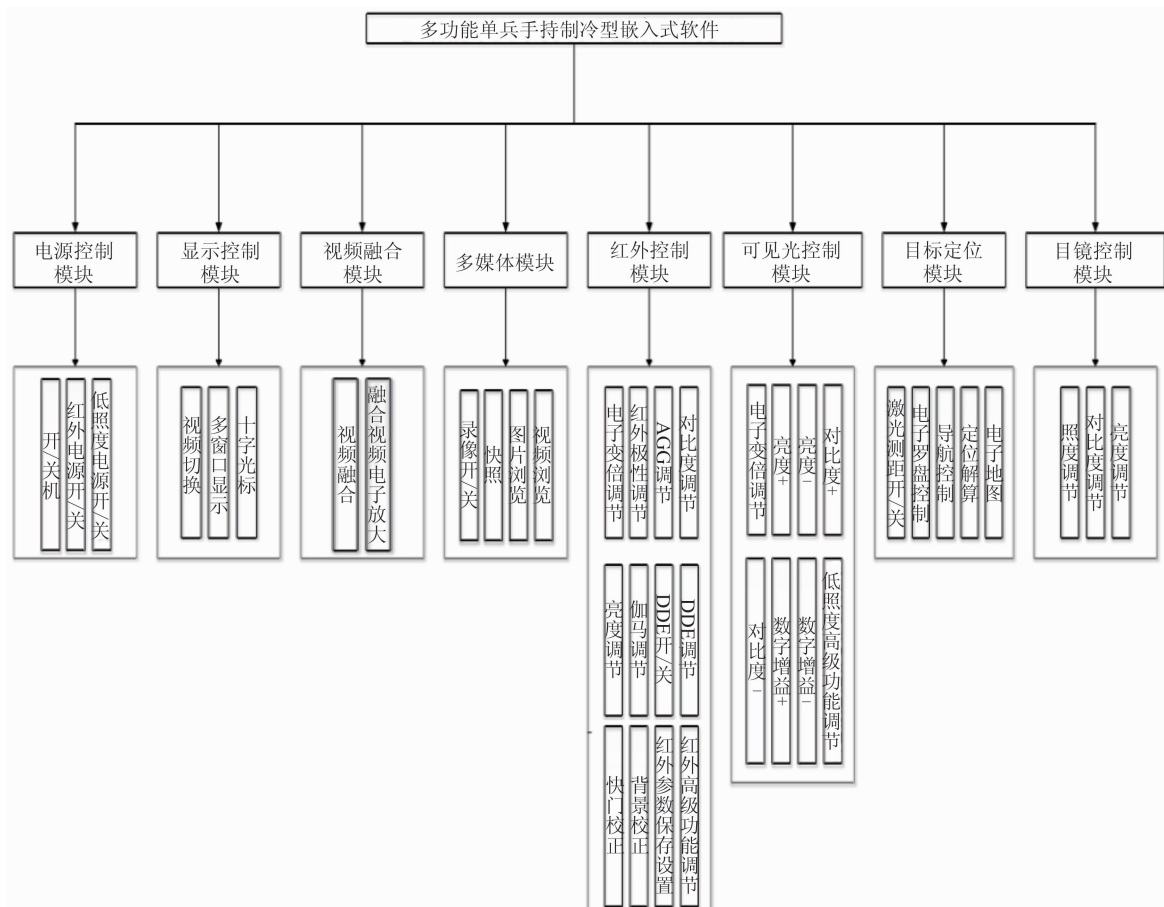


图 3 界面总体设计



图 4 手持设备程序初始化启动画面

```
combineAction = new QAction(tr("视频融合"));
combineAction->setStatusTip(tr("视频融合"));
electronicZoomInAction = new QAction(tr("融合视频电子放大"));
```

以上程序简单地定义了“视频融合控制”模块中的视频融合操作和融合视频电子放大操作。

```
combineMenu = menuBar()->addMenu(tr("视频融合"));
combineMenu->addAction(combineAction);
QMenu *electronicZoomInNext = combineMenu->addMenu("融合视频电子放大");
electronicZoomInNext->addAction("X1",this,SLOT(actionSlot()));
electronicZoomInNext->addAction("X2",this,SLOT(actionSlot()));
electronicZoomInNext->addAction("X3",this,SLOT(actionSlot()));
electronicZoomInNext->addAction("X4",this,SLOT(actionSlot()));
```

以上代码为实现多级菜单即实现融合视频电子放大的倍数列表操作。最终运行结果如图 5 所示。



图 5 电子放大界面

### 3.3.2 主界面中的工具栏设计

工具栏是由一系列类似于按钮的动作排列而成的面板。它通常由一些常用命令及动作组成。该手持观测设备的界面工具栏具有新建窗口、打开文件图片、撤销等功能。工具栏还添

加了悬浮窗功能以面对不同用户的使用需求。

“多媒体”模块的“打开”，可查找图片、视频等文件。模块中的“新建”，可新建一个窗口进行观测。以上功能均可通过函数调用来实现。运行结果如图 6 和图 7 所示。

通过调用 OpenCV 库，采用图像增强处理方法对图片的对比度及亮度进行调节。用 OpenCV 增强图片时使用的是点算子，即用常数对每个像素点执行乘法和加法的复合运算。运行结果如图 8 所示。

### 3.3.4 图像目标识别

除基本的图片处理功能外，OpenCV 还是一个强大的计算机视觉库。基于各种人工智能算法及计算机视觉技术的最新成果，图像目标识别功能可以精准地识别、定位画面中特定的物体和人脸各器官的位置。图 9 以直立的人进行示例。

该功能引用了 OpenCV 中的视觉库，并通过 OpenCV 中的 matchTemplate 函数实现了模板匹配。它共支持三大类算法：

(1) CV\_TM\_SQDIFF (平方差匹配) & CV\_TM\_SQDIFF\_NORMED (标准方差匹配) 方法对原图与待匹配子图像素的平方差进行累加求和。计算所得的数值越小，匹配度越高。

(2) CV\_TM\_CCORR (乘数匹配) & CV\_TM\_CCORR\_NORMED (标准乘数匹配) 方法对原图与待匹配子图像素的乘积进行累加求和。与第一类方法相反，计算所得的数值越大，匹配度越高。

(3) CV\_TM\_CCOEFF (相关匹配) & CV\_TM\_CCOEFF\_NORMED (标准相关匹配) 方法将原图与其均值的相对值和待匹配子图像素对其均值的相对值进行比较。计算所得的数值越接近 1，匹配度越高。

## 4 实验结果与分析

针对现阶段手持观测设备的功能及显示需求，基于 Linux 操作系统，应用 Qt 框架实现了一款可复用型架构。它能完成手持设备的功能及效果，达到预期设计要求。总结如下：



图 6 “多媒体”模块中的“新建”功能

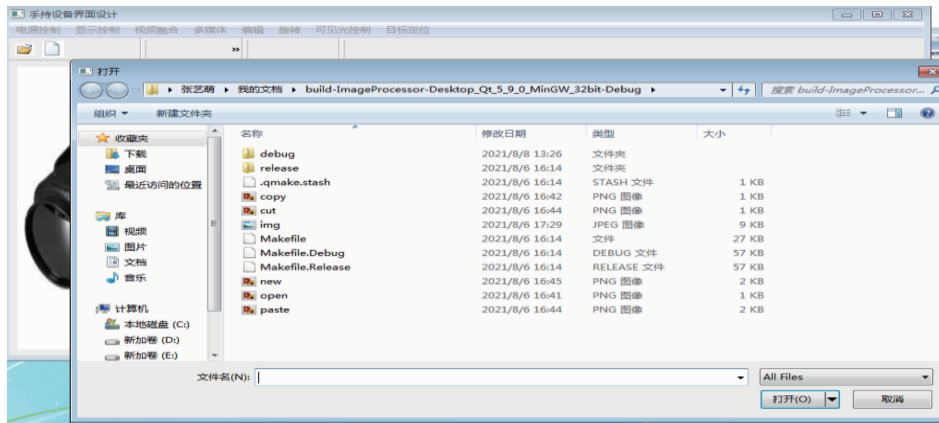


图 7 “多媒体”模块中的“打开/查找”功能

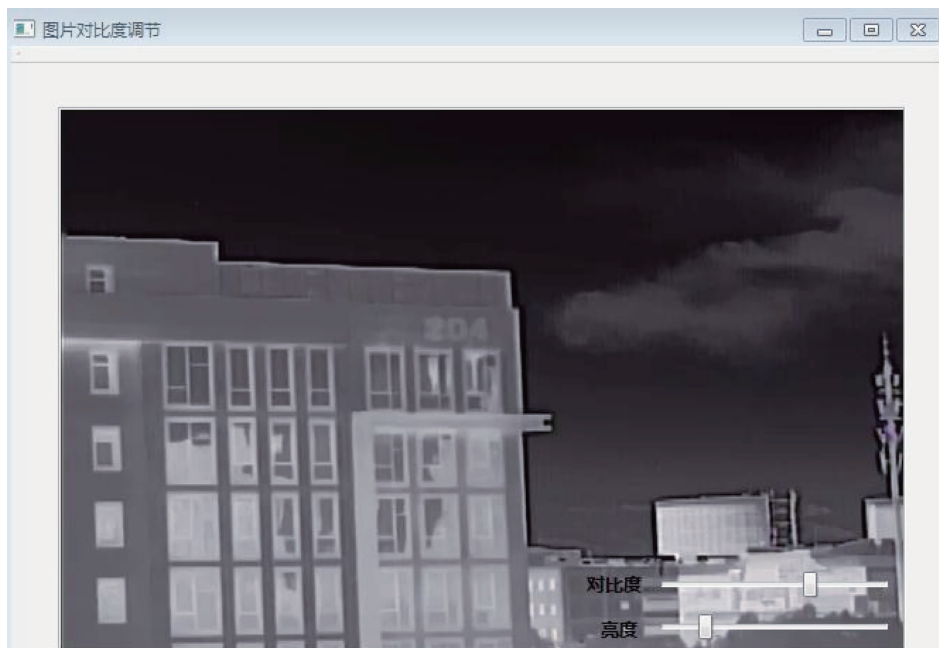


图 8 “红外控制”模块中的“对比度调节/亮度调节”功能





图 9 图像中对直立的人的识别结果

(1)学习了界面软件设计，完成了总体设计和界面设计，实现了手持观测设备界面的基本框架，同时实现了窗口与功能之间的数据传递以及简洁的界面。

(2)开机启动画面应持续优化。通过将版本信息等附在图片上，可以有力地宣传产品。

(3)应该将图片和视频存储处理功能相结合进行操作。

## 5 后续期望

本文采用 Qt 软件实现了手持红外观测设备的软件设计，完成了设备初始化启动画面、主界面与其他各个功能的界面设计，实现了图片存储、红外图像目标识别、对比度调节等各项功能以及简洁、实用的界面。除常规功能外，系统功能还包括红外图像处理，在红外图像方向具有较高的实用性。后续将继续完善各类功能，更好地将界面移植到平台终端：(1)设计多线程机制，采用同步加载和异步加载的动态切换，实现资源文件的智能加载；(2)完成电子地图功能，更好地定位并计算当前位置在地图中的坐标；(3)增加串口通信系统，使界面不仅是模拟操作，而且是实时与硬件相连响应的操作。

## 参考文献

- [1] 张磊. 基于嵌入式 Linux 和 MiniGUI 的学习机研发 [D]. 大连: 大连理工大学, 2008.
- [2] 谢长生, 龚文京, 徐君明, 等. 基于 MicroWindows 的嵌入式 GUI 分析及应用 [J]. 计算机工程与科学, 2005, 33(6): 35-37.
- [3] 万书芹. MicroWindows 在嵌入式系统中的应用 [D]. 无锡: 江南大学, 2006.
- [4] 赵拯宇. 基于 Qt\_Embedded 和 Qtopia 的嵌入式 GUI 研究与实现 [D]. 太原: 太原理工大学, 2009.
- [5] 杨晨. 基于 Qt 的监控组态软件的研究与开发 [D]. 大连: 大连理工大学, 2015.
- [6] 陈安, 郭文荣, 邓惟记, 等. 基于 Qt 的嵌入式车辆远程监控报警系统图形界面设计 [J]. 科技创新与应用, 2018, 34(1): 22-24.
- [7] 王伟纛. 基于 Qt 的船用导航设备仿真系统研究与实现 [D]. 大连: 大连海事大学, 2017.
- [8] 全威. 基于 Linux 系统与 Qt 开发框架的虚拟仪表的显示应用研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨理工大学, 2017.
- [9] 霍亚飞. Qt Creator 快速入门 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2021.
- [10] 张远征. 基于嵌入式 Linux 与 Qt 的矿用柴油车虚拟仪表软件设计 [J]. 煤矿机械, 2016, 37(12): 163-165.