

基于LabVIEW的眼结膜微血管采集管理系统及应用

黄远聪

中山大学中山眼科中心, 广东 广州 510000

【摘要】目的:建立全自动的眼结膜微血管采集管理系统以提高眼结膜微血管临床研究效率。**方法:**基于LabVIEW软件,自主设计一套眼结膜微血管采集管理系统,实现眼结膜微血管图像自动化采集;然后通过特征设计优化图像质量,最后建立规范化数据管理系统。本研究纳入10例正常人采集眼结膜微血管图像以验证该系统眼结膜微血管成像效率和价值。**结果:**10例正常人的眼结膜微血管图像的平均采集时间由23 min缩减为10 min,同时经过系统优化提升了图像质量,分析得出的眼结膜微血管参数趋于稳定。图像数据实现了可溯源和保存规范化。**结论:**经过实验验证,眼结膜微血管采集管理系统实现了眼结膜微血管图像快速、自动化采集和管理,有助于提高眼结膜微血管影像在临床的应用和研究价值。**【关键词】**眼结膜微血管;LabVIEW;图像采集;数据管理;图像优化
【中图分类号】R318;R770.41 **【文献标志码】**A **【文章编号】**1005-202X(2023)08-0964-07

Conjunctival microvascular image acquisition and management system based on LabVIEW and its application

HUANG Yuancong

Zhongshan Ophthalmic Center, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510000, China

Abstract: Objective To establish an automatic conjunctival microvascular image acquisition and management system for improving the efficiency of clinical research on conjunctival microvessel. **Methods** In LabVIEW environment, a set of conjunctival microvascular image acquisition and management system was developed independently to realize automatic image acquisition and optimize image quality through feature design, and finally, a standardized data management system is established. The conjunctival microvascular images collected from 10 healthy subjects were used to verify the efficiency and value of the system. **Results** The average acquisition time of the conjunctival microvascular images in 10 healthy subjects was reduced from 23 min to 10 min. After system optimization, the image quality was improved, and the microvascular parameters became more stable. The traceability of image data and the standardization of data storage were also realized. **Conclusion** The conjunctival microvascular image acquisition and management system realizes the rapid and automatic acquisition and management of conjunctival microvascular images, which will help to improve the clinical application and research value of conjunctival microvascular images.

Keywords: conjunctival microvessel; LabVIEW; image acquisition; data management; image optimization

前言

世界卫生组织(WHO)统计资料显示,眼科疾病已成为继肿瘤、心血管疾病之后的第3位危害人类健康及生存质量的疾病。眼球作为结构精密的光学器官,主要由屈光间质和血管网系统构成,目前基于眼

球血管网系统的研究已成为解决眼科疾病的重大研究方向之一。眼结膜微血管是包裹在巩膜上方半透膜中的终末血管床,眼球结膜微血管的形态和血流动力学有所改变时,患者会出现眼微血管功能障碍和血管病变,是反映眼相关疾病的重要潜在指标^[1-3]。

目前眼科临床常用的血管成像设备有光学相干断层扫描血管成像、眼底荧光血管造影仪等,该类设备仅提供用于诊断疾病的病灶图像,无法直接分析血管动静态参数。传统的数码裂隙灯可以采集眼结膜微血管图像,但缺乏针对眼结膜微血管光学特性的设计,无法采集高分辨率、高对比度的眼结膜微血管图像。本研究团队前期已实现首台功能性裂隙灯

【收稿日期】2022-11-03

【基金项目】国家自然科学基金(81670826)

【作者简介】黄远聪,初级工程师,研究方向:眼科成像设备,E-mail: huangyuancong@gzzoc.com

生物显微镜(FSLB)系统的搭建,针对眼微血管血红细胞光学吸收特性优化成像光路,同时将高速相机设置在特定的放大倍数,使得系统可以采集非侵入性眼结膜微血管图像^[4-5]。然而,眼结膜微血管图像的采集较为离散,需先手动操作设置高速摄像机的曝光参数和切换高速相机的摄影模式,采集过程只能注视相机自带的屏幕,在图像采集完毕后,需要取下高速相机的存储卡,复制图像至图像处理工作站才能进行数据分析。随着临床研究规范化、快速成像需求的增长,现阶段眼结膜微血管系统缺乏智能化采集管理和图像优化功能的弊端问题越来越突

出,限制了其在临床上更广泛的应用。

为解决上述问题,本研究基于 LabVIEW 软件, LabVIEW 是一种程序开发环境,由美国国家仪器公司研制开发,类似于 C 和 BASIC 开发环境,LabVIEW 使用的是图形化编辑语言 G 编写程序,产生的程序是框图形式。开发的眼结膜微血管采集管理系统如图 1 所示,集成相机的软件开发工具包(LabVIEW Camera Control for Canon EOS, 下称 SDK)、LabVIEW IMAQ、Database 等模块,实现图像自动化采集、优化和管理等功能。安装完模块后可直接使用相应的 vi,进行相应功能开发。

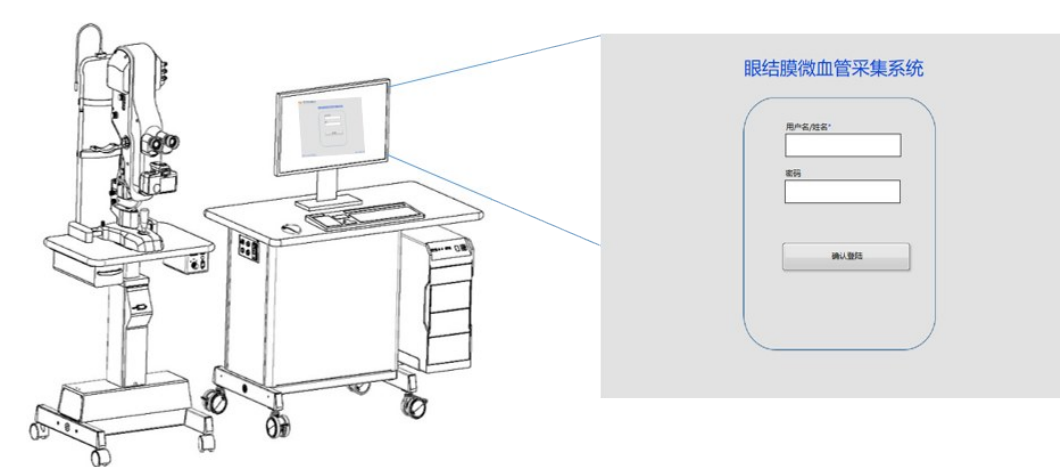


图1 眼结膜微血管采集管理系统

Figure 1 Conjunctival microvascular image acquisition and management system

1 眼结膜微血管图像自动采集设计

眼结膜微血管图像包含血流视频和血管灌注图像,稳定清晰的眼结膜微血管图像是眼结膜微血管系统的研究基础,图像质量直接影响后续分析得出的眼结膜微血管参数。该部分使用 LabVIEW 的基础和相机的 SDK 模块,在编程环境中,相机的 SDK vi 路径为函数-仪器 I/O-Canon Eos Control。在采集完

血流视频后,点击软件界面,可自动切换相机状态至血管灌注图像拍照模式,在该系统下完成图像的自动化采集。眼结膜微血管图像采集界面及设计逻辑如图 2 所示。

1.1 眼结膜微血管视频图像采集设计

眼结膜微血管视频图像采集步骤包括设置相机的采集模式、图像实时预览、脚踏控制采集的启动结束、采集时长计时、查看图像等,视频采集

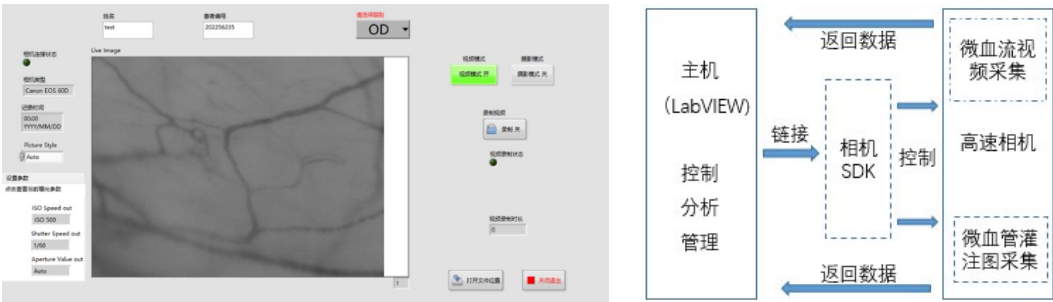


图2 图像采集界面及设计逻辑

Figure 2 Image acquisition interface and design logic

的设计如图3所示。为了保证所采集视频的稳定性 and 实现自动化采集,全部操作均在主机上完成。通过相机 SDK vi 改变采集模式和实现图像实时预览功能。脚踏控制是实现便捷化采集的关键设计,首先在脚踏的应用程序上设置键盘回车键作为脚踏的同步响应按键,其次在 LabVIEW 程序的事件结构中,将启动相机采集视频的 vi 放置在回车键响应分支中,当收到脚踏信号时该分支执行高速相机采集视频的启动和结束。同时为了计算视频时长,当开始启动采集后,该分支保存当前时间,在持续采集视频的过程中,当前时间与保存时间相减得到视频采集时长。该部分程序见图4。

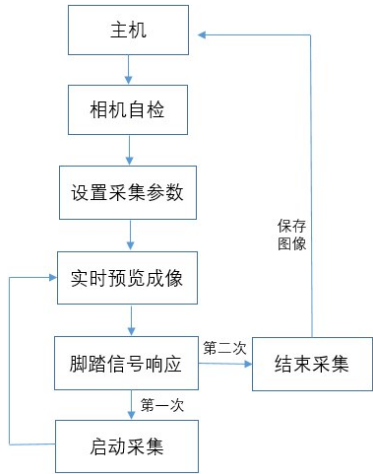


图3 眼结膜微血管视频采集设计
Figure 3 Conjunctival microvascular video capture design

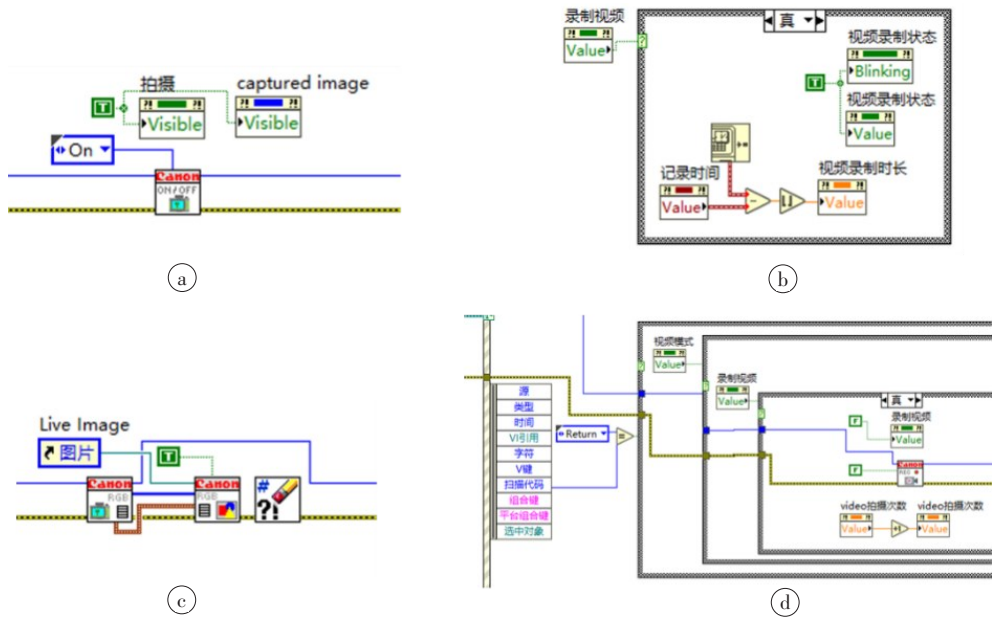


图4 视频采集程序开发
Figure 4 Video capture program development

a: 相机模式设置; b: 采集时长计时; c: 图像实时放大预览; d: 脚踏控制

1.2 眼结膜微血管血流灌注图采集设计

眼结膜微血管血流灌注图采集围绕图片的清晰度展开,系统运行的逻辑如图5所示,步骤包括相机状态自检、脚踏控制放大聚焦与采集、图像保存等。脚踏控制信号是该部分程序的设计要点,在 LabVIEW 程序的事件结构中,当脚踏第1次响应时,调用相机 SDK vi 控制相机 5 倍数字放大图像,此时相机会截取视野中的 1/5 大小图像,而显示器尺寸不变,从而达到放大图像的目的,用于操作者在放大图像下调整图片的聚焦,脚踏第2次响应时,控制相机采集 vi 拍摄图片。图片采集完毕后,程序跳转至文件保存分支,为了数据可溯源,文件保存时统一命名

为“项目编号+姓名首字母缩写+日期+眼别”,该部分程序见图6。

2 眼结膜微血管图像优化

由于球结膜的生理结构呈曲面附着在虹膜上,而高速相机是平面成像,这就导致在拍摄图像时存在一些区域处于虚焦的情况,造成该区域血管与白色结膜背景对比度降低。同时眼结膜微血管灌注地形图具有横截面呈高斯分布、局部弯曲度较小呈线状、视盘主曲线呈抛物线等特征,这些特征不随图像病灶、纹理而改变。针对球结膜血管图像的特征,本研究采用基于特定卷积核大小的卷积滤波方法^[6-7],

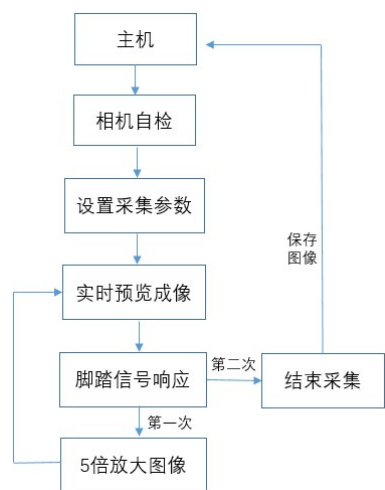


图5 眼结膜微血管图像采集设计
Figure 5 Conjunctival microvascular image acquisition design

突出提取图像中血管区域。具体而言,假设原始图像为 $f(x,y)$, $C(u,v)$ 为卷积操作函数, $g(x,y)$ 为经过卷积计算后的输出图像,经过图像卷积计算公式:

$$g(x,y)=f(x,y)*C(u,v) \tag{1}$$

得到处理后图像 $g(x,y)$ 。眼结膜微血管灌注地形图的图像大小为 5184×3456 ,本研究采用的基于卷积核大小 49×49 的卷积滤波方法,高亮图像血管细节,从而解决原始图像中血管边缘不清晰的问题。图像在经过卷积滤波处理后,虽然血管细节得到了一定的提升,但是图像仍然存在血管与背景对比度不突出的问题,本研究通过查找表(Lookup Table,下称LUT)^[8]转换方法提高图像的对比度。采用线性变换,将原始图像的像素值映射至另外一个与之对应的灰度值,以此来突出图像的有效信息,增强图像的

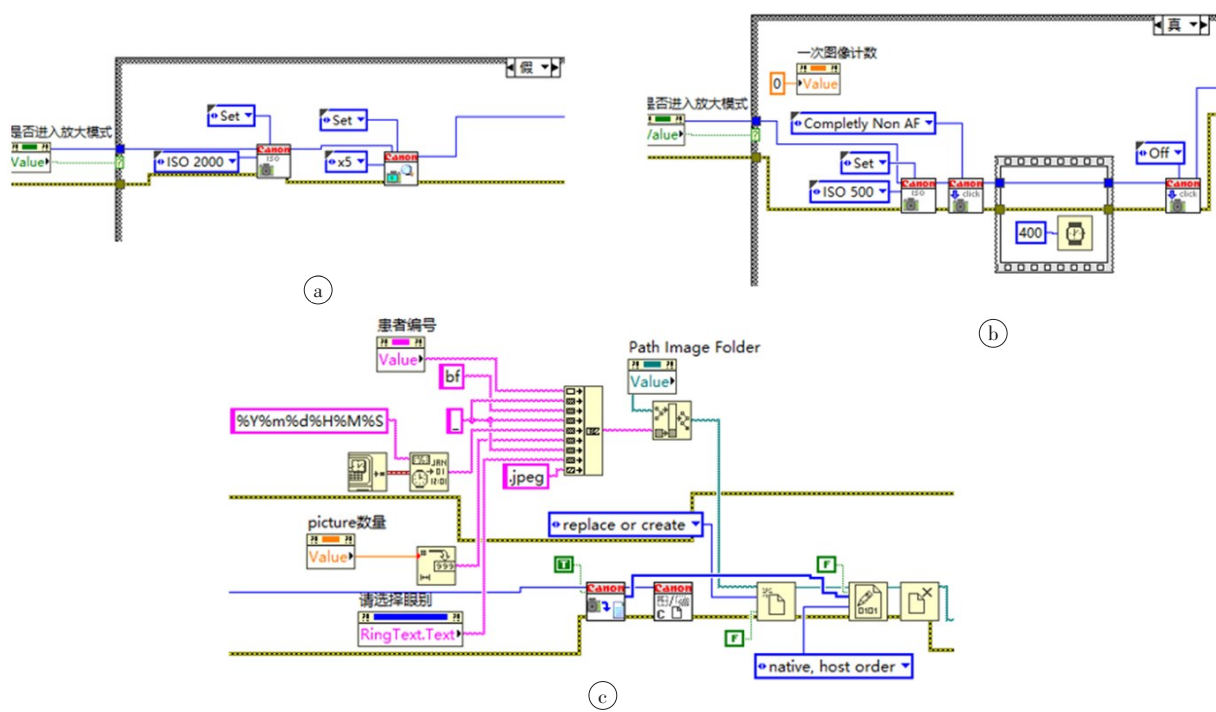


图6 图片采集程序开发
Figure 6 Image acquisition program development
a:控制相机5倍放大图像;b:驱动采集图片;c:图像保存设计

对比度。眼结膜微血管灌注地形图经过LUT的转换,提升血管与白色结膜背景的对比度和亮度。部分程序见图7,图像优化效果见图8。

3 眼结膜微血管系统信息管理设计

使用LabVIEW环境开发数据管理系统已有多篇论文发表^[9-10],但尚未有结合历史检查信息和眼结膜微血管图像的管理系统。数据的规范化管理是保证临床研究规范化和可溯源化的基础,有助于提高临

床研究效率。本研究利用LabVIEW中的互联接口Database模块链接ACCESS数据库模块,实现系统与数据库的通讯。ACCESS是一种关系索引型数据库,此次开发的系统将检查基本信息和图像的地址保存在表中,而不是将所有数据存储在一个大仓库内,该设计增加了访问速度,提高了灵活性。同时ACCESS数据库支持标准化语言,支持后续系统升级优化。眼结膜微血管信息管理功能开发逻辑流程图如图9所示。

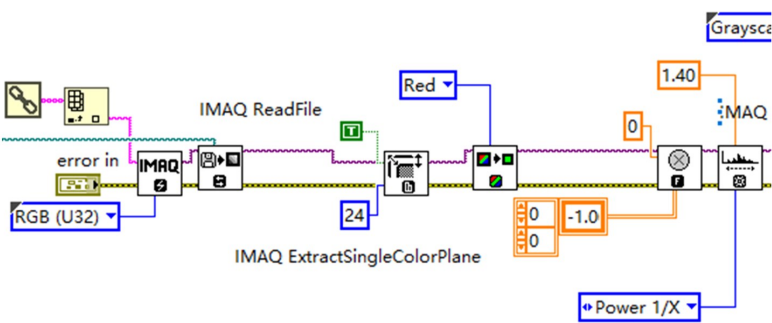


图 7 图像优化程序图

Figure 7 Image optimization program

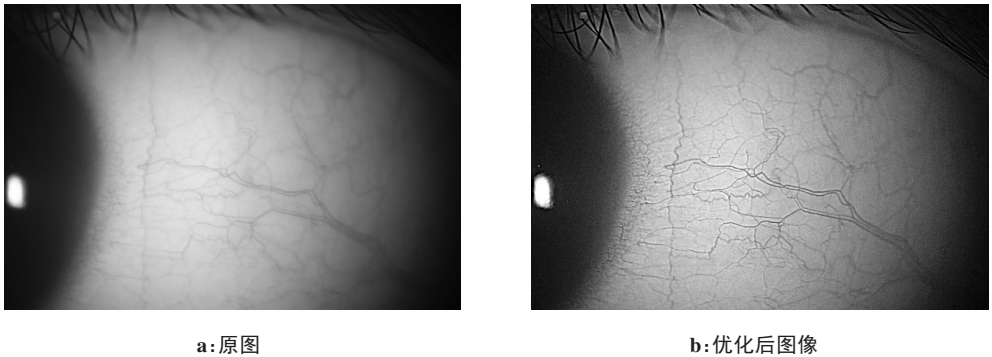


图 8 图像优化效果

Figure 8 Image optimization result

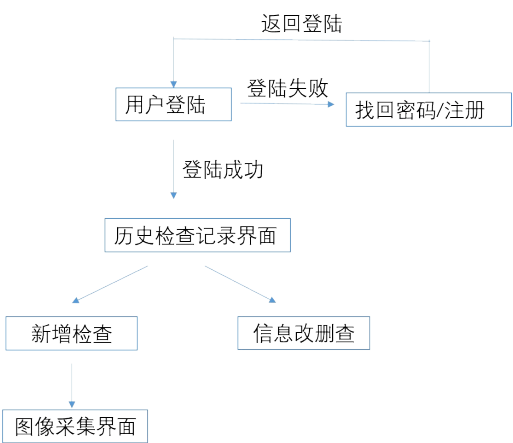


图 9 眼结膜微血管信息管理设计

Figure 9 Conjunctival microvascular information management design

系统登陆界面包括用户注册、用户登陆和忘记密码等功能。为了提高系统的灵活性,操作用户信息和患者检查信息采用不同的数据库表格。用户在界面输入信息后,采用标准的数据库操作语言查找对应的用户记录,同时设置条件结构判断查找的信息是否为空,如果是信息为空,说明用户未注册或者信息输入错误,反之则登陆成功。登陆程序如图 10 所示。

用户登陆成功后进入历史检查信息界面,该界面显示所有的历史检查记录,同时可对历史检查信

息进行增删改查等操作。该部分程序如图 11 所示。

4 研究分析

本研究基于眼结膜微血管临床研究的成像需求,通过开发眼结膜微血管采集和管理系统,为眼结膜微血管的临床研究提供一定的支撑。通过纳入 10 例正常人进行系统的临床验证,每例患者分别使用眼结膜微血管采集管理系统和前期研究方法进行数据的采集和图像优化,同时优化后的图像使用实验室开发的眼结膜微血管分析系统计算血管参数分形维数值^[4]。通过统计得出,使用眼结膜微血管图像采集管理系统的平均采集时间为 10 min,而沿用前期研究方法的平均时间为 23 min。结果显示该系统能显著减少图像采集时间,同时图像经过优化后,分析得出的血管参数分形维数值更加稳定。

5 结 论

本研究基于 LabVIEW 环境开发的眼结膜微血管采集管理系统实现了图像自动化采集和管理、图像质量的优化,结果表明提升了眼结膜微血管成像的效率和稳定性,有助于提高眼结膜微血管影像在临床的应用和研究价值。

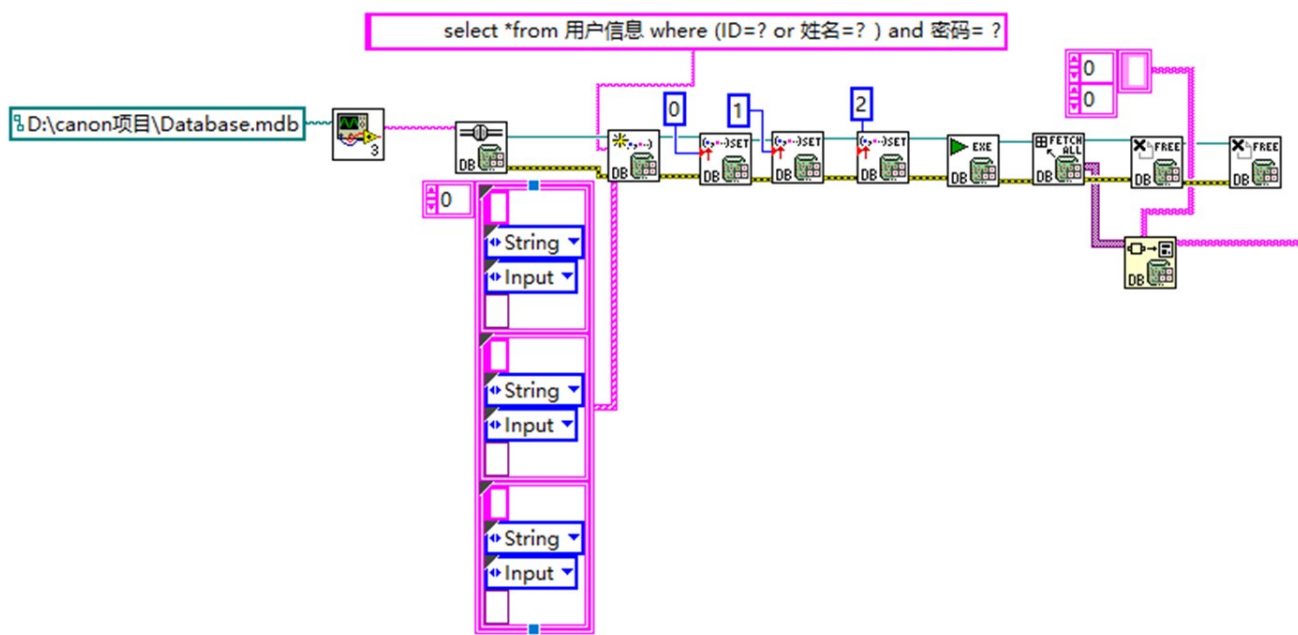


图 10 登陆程序
Figure 10 Login program

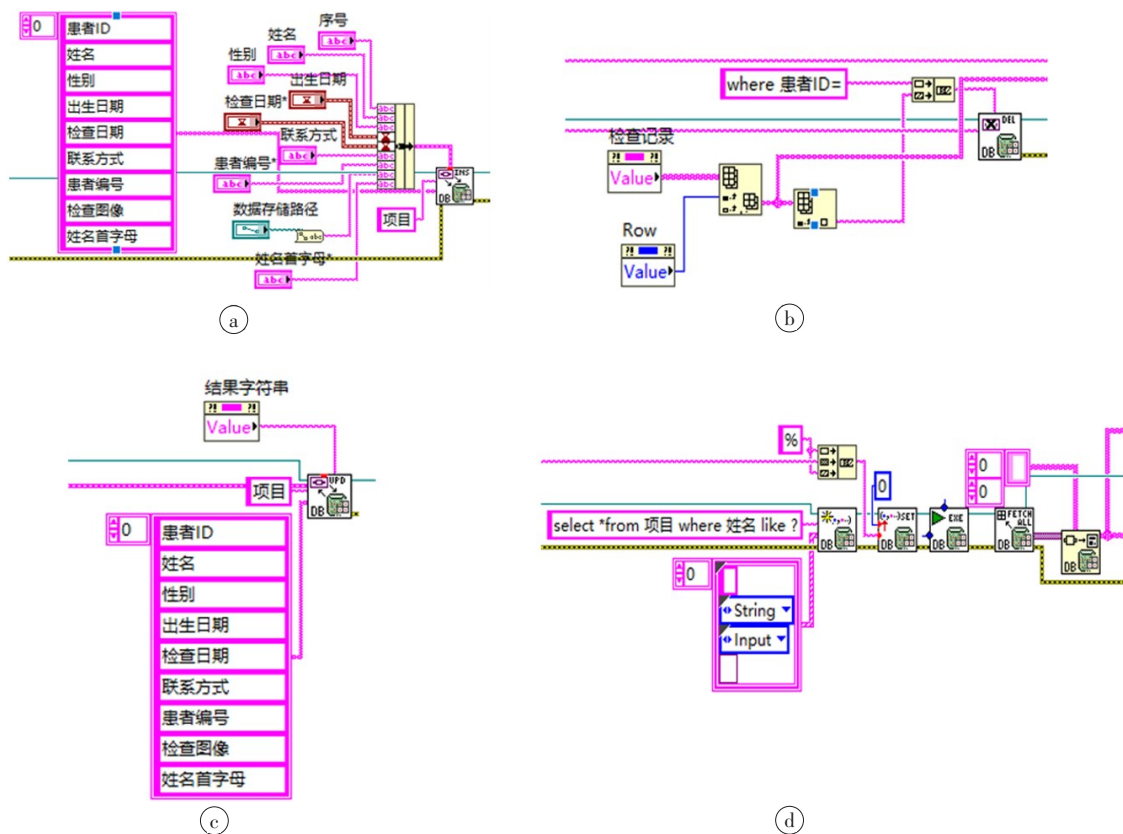


图 11 信息的增删改查

Figure 11 Information addition, deletion, modification and query

a:增加数据;b:删除数据;c:更新数据;d:查询数据

【参考文献】

[1] Chen W, Deng Y, Jiang H, et al. Microvascular abnormalities in dry eye patients[J]. Microvasc Res, 2018, 118: 155-161.
[2] 毕潜龙. 功能裂隙灯生物显微镜对正常成人结膜微血管血流动力

学指标的检测和临床应用价值[J]. 中国医疗器械信息, 2019, 25(1): 113-114.
Bi QL, The detection and clinical application value of functional slit lamp biomicroscope on conjunctival microvascular hemodynamics in normal adults[J]. China Medical Device Information, 2019, 25(1):

- 113-114.
- [3] 叶蕾, 刘康成, 骆仲舟, 等. 功能裂隙灯生物显微镜对正常成人结膜微血管血流动力学指标的检测和临床应用价值[J]. 眼科新进展, 2017, 37(10): 935-938.
- Ye L, Liu KC, Luo ZZ, et al. Detection of conjunctival microvascular hemodynamics in normal adults by functional slit lamp biomicroscope and its clinical application value[J]. New Progress in Ophthalmology, 2017, 37(10): 935-938.
- [4] 王耿媛, 赖官铨, 段铮昱, 等. 基于裂隙灯的眼微血管形态学参数分析在眼科疾病诊断的应用[J]. 中国医学物理学杂志, 2018, 35(3): 323-326.
- Wang GY, Lai GQ, Duan ZY, et al. Application of slit lamp based morphological parameter analysis of eye microvessels in the diagnosis of ophthalmic diseases[J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2018, 35(3): 323-326.
- [5] Jiang HZ, Debuc DC. Functional slit lamp biomicroscopy for imaging bulbar conjunctival microvasculature in contact lens wearers[J]. Microvasc Res, 2014, 92: 62-71.
- [6] 丁晟, 蒋晓瑜, 汪熙. 基于LabVIEW的图像处理技术研究[J]. 微计算机信息, 2010, 26(29): 204-205.
- Ding S, Jiang XY, Wang X. Research on image processing technology based on LabVIEW [J]. Microcomputer Information, 2010, 26(29): 204-205.
- [7] 王阳, 王竹林. 基于LabVIEW的图像处理技术[J]. 兵工自动化, 2009, 28(1): 89-91.
- Wang Y, Wang ZL. Image processing technology based on LabVIEW [J]. Ordnance Automation, 2009, 28(1): 89-91.
- [8] 舒华, 余群. 基于LabVIEW的形态学图像处理研究[J]. 信息技术, 2009, 33(5): 142-144.
- Shu H, Yu Q. Research on morphological image processing based on LabVIEW[J]. Information Technology, 2009, 33(5): 142-144.
- [9] 徐霄唯, 张志华, 金添, 等. 基于LabVIEW的数据库管理系统开发[J]. 辽宁工业大学学报(自然科学版), 2022, 42(2): 82-87.
- Xu XW, Zhang ZH, Jin T, et al. Development of database management system based on LabVIEW[J]. Journal of Liaoning University of Technology (Natural Science Edition), 2022, 42(2): 82-87.
- [10] 胡平, 胡域. 基于LabVIEW的数据库程序设计方法[J]. 计量与测试技术, 2016, 43(5): 81-83.
- Hu P, Hu Y. Database programming method based on LabVIEW[J]. Measurement and Testing Technology, 2016, 43(5): 81-83.

(编辑: 黄开颜)