

DOI:10.13364/j.issn.1672-6510.20170086

基于 Debian 系统的指静脉图像采集系统

周卫斌¹, 胡阳阳¹, 夏雅楠², 赵子龙¹, 吴嘉奕¹, 李建良¹

(1. 天津科技大学电子信息与自动化学院, 天津 300222; 2. 天津科技大学机械工程学院, 天津 300222)

摘要: 针对指静脉图像采集系统存在采集装置核心部件无法精确定位、图像清晰度较低、无法远距离无线传输等问题, 设计了一套基于 Debian 系统的嵌入式图像采集系统, 以实现指静脉图像的高精度采集及远距离无线传输. 利用 Opencv 3.0 和 Debian 系统(嵌入式技术)实现指静脉图像的快速、数字化提取, 搭建高质量的成像装置, 最后采用基于 Udp 传输协议的 Socket 技术实现图像的远距离无线传输, 并进行了实验验证.

关键词: 嵌入式; 指静脉; 图像采集; 无线传输

中图分类号: TP391.4

文献标志码: A

文章编号: 1672-6510(2018)03-0073-06

Sampling System of Finger Vein Images Based on Debian Embedded System

ZHOU Weibin¹, HU Yangyang¹, XIA Yanan², ZHAO Zilong¹, WU Jiayi¹, LI Jianliang¹

(1. College of Electronic Information and Automation, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300222, China;

2. College of Mechanical Engineering, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300222, China)

Abstract: According to the existing problems of sampling systems of finger vein images, such as inaccurate positioning of the key components of the sampling device, low image quality and lack of remote wireless transmission, an embedded image sampling system of finger vein based on Debian system was designed, with which high-speed and digital extraction of the finger vein image can be realized with Opencv technology and Debian system (embedded technology). High-quality imaging devices were developed, and remote wireless transmission was achieved with socket technology based on Udp transport protocol. The system was verified by experiments and proved to be feasible.

Key words: embedded; finger vein; image acquisition; wireless transmission

目前市场上大部分指静脉识别设备都是在芯片上运行的裸板程序, 优点是启动速度快, 但是开发难度较大、交互性差^[1]. 相比裸板开发, 系统级开发则无需考虑底层硬件驱动^[2]. 杨金锋等^[3]利用嵌入式设备进行指静脉图像的采集; 余成波等^[4]以 FPGA 为主控芯片实现指静脉图像的采集; 杨数强等^[5]采用基于模糊控制和多传感器融合的参数调节算法解决指静脉采集中个体差异的问题. 但是, 上述研究均没有涉及指静脉图像采集核心部件(光源、滤光片、摄像头)之间的精确定位, 以及指静脉图像的远距离无线传输.

本文着眼于解决指静脉图像采集装置核心部件精确定位、图像远距离无线传输问题, 设计了一套基于 Debian 系统的指静脉图像采集系统.

1 系统概述

指静脉图像采集系统采用 Debian 系统开发, 其基于 Linux 内核, 具有丰富的开源资源, 并集成了 Opencv (3.0 版本) 库函数, 极大便利了图像的提取、保存和后期识别算法的实现^[6]. 指静脉图像采集系统主要由硬件平台、嵌入式操作系统和应用软件构成, 其架构如图 1 所示.

当通过采集装置内的触摸开关启动系统后, 指静脉采集装置在图像采集软件的控制下开始采集指静脉图像, 图像经 USB 接口传输到嵌入式开发平台, 再经无线网络传输到上位机.

收稿日期: 2017-03-31; 修回日期: 2017-10-20

基金项目: 天津科技大学青年教师创新基金资助项目(2015LG02); 天津市科委科技特派员项目(16JCTPJC46400)

作者简介: 周卫斌(1981—), 男, 湖北孝感人, 副教授; 通信作者: 李建良, 副教授, ljl@tust.edu.cn

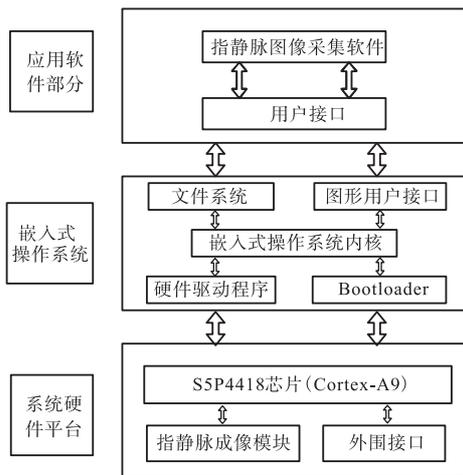


图 1 指静脉图像采集系统架构

Fig. 1 Architecture of finger vein image acquisition system

2 硬件设计

图像采集装置由光源、触摸开关、滤光片、CMOS 成像模块、壳体构成。整个装置为垂直结构，当触摸开关感应到手指放入时打开光源，光源同时发出红外光和可见光。红外光透射过手指，并经滤光片过滤掉可见光，在 CMOS 成像模块中形成指静脉图像。指静脉图像采集装置原理如图 2 所示。

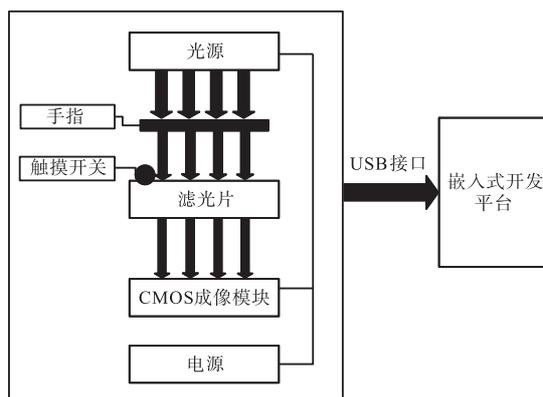


图 2 指静脉图像采集装置原理图

Fig. 2 Schema of the finger vein image acquisition device

2.1 光源

光源是指静脉成像装置的中重要组成部分，光照强度、光源的波长和照射角度对指静脉图像的采集都有较大的影响^[7]。根据文献[8]，当波长大于 880 nm 时，水分和脂肪对光的吸收能力增强，影响成像的效果，所以选择波长为 850 nm 的近红外 LED 灯作为主

要光源。由于红外光是肉眼无法观察到的，所以使用 1 个绿色可见光 LED 灯作为辅助光源，指示其工作状态，以方便系统的调试和故障的排查。

经实验确定系统光源采用 3 个近红外 LED 灯；同时，为获取较好的成像质量，避免光源过于集中造成指静脉局部信息的丢失，设计了一个遮光罩用于分散光。

2.2 滤光片

为消除可见光的影响，指静脉图像采集装置中使用滤光片消除可见光对成像产生的噪声。IR780 滤光片对 800 nm 以上的红外光有 90% 的透光率，大部分可见光 (400 ~ 680 nm) 不会通过。经实验证明，选择此滤光片可采集到高质量的指静脉图像。

2.3 CMOS 成像模块

目前，图像传感器主要有 CCD 和 CMOS 两种，由于制作工艺不同，两者在灵敏度、功耗方面有较大的差异^[9]。从成本和反应速度方面考虑，CMOS 传感器的性能优于 CCD，所以选择了 CMOS 传感器。

CMOS 成像模块主要是由 OV9712 图像传感器和光学镜头构成。图像传感器的有效像素为 100 万，同时支持 YUV 和 RGB 格式的输出。镜头的焦距为 2.5 mm，视角为 130°，最大畸变小于 10%，光圈为 F2.5。模块内集成了用于图像处理的 DSP 芯片，极大提高了图像的采集速率。

2.4 触摸开关

采用 TTP223 触摸开关作为指静脉采集系统的开关。当检测到手指放入时，I/O 接口的电平发生变化（默认高电平有效），用此电平信号作为整个指静脉采集系统的开关信号。

TTP223 是基于 arduino 的电容式触摸开关，通过更改模块上触点的连接方式，可以切换不同的工作模式。具体有点动高电平输出、自锁高电平输出、点动低电平输出和自锁低电平输出。

2.5 核心部件的定位

根据图 2 可知，光源、滤光片、CMOS 成像模块是垂直放置的，确定其相互间的距离是系统的关键。

指静脉认证、识别的准确率和精度是由指静脉原始图像的清晰度决定的。如果手指位置偏移量过大会导致局部静脉信息丢失；当近红外光源的照射强度较低时，采集的指静脉图像会有一些的噪声，不利于后期的图像处理^[10]；当近红外光源照射强度高时，采集的指静脉图像会出现细小静脉丢失的现象。所以指静脉原始图像的质量主要取决于手指及核心部件的精确定位。

为实现精确定位,设计了用于调节光源、滤光片、摄像头之间相对距离的定位装置,见图3. 定位装置的立柱上设有凹槽,以保证3个悬臂在同一个平面内,3个悬臂上设有刻度. 首先分别调节3个悬臂上的滑块,使光源、滤光片、摄像头的中心在一条直线上,然后通过滑动悬臂1和悬臂2来调节三者之间的相对位置,实时观察计算机屏幕上显示的指静脉图像,直至获取清晰、稳定的指静脉图像,此时固定悬臂1和悬臂2. 经多次试验,确定光源与滤光片间的距离 $d_1 = (27 \pm 3) \text{ mm}$, 滤光片与摄像头底部的距离 $d_2 = (35 \pm 3) \text{ mm}$.

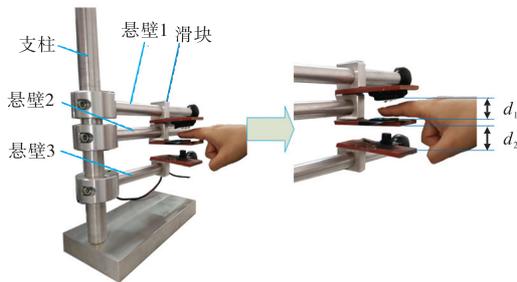


图3 定位装置
Fig. 3 Positioning device

2.6 壳体

指静脉图像采集需要一个相对密闭的环境. 参考定位装置的测量结果,考虑小型化、便携化实际应用背景,利用 Rhino3D NURBS 进行壳体的设计. 壳体结构如图4所示.

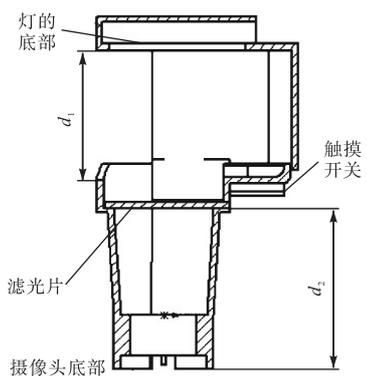


图4 壳体结构图
Fig. 4 Structure diagram of the shell

2.7 嵌入式开发平台

主控芯片采用基于 Cortex-A9 架构的四核处理器 S5P4418(主频 1.4 GHz), 内存为 1 G DDR3, 再加上其丰富的外设资源, 构成了一套小型化、便于携带的嵌入式开发平台, 见图5.

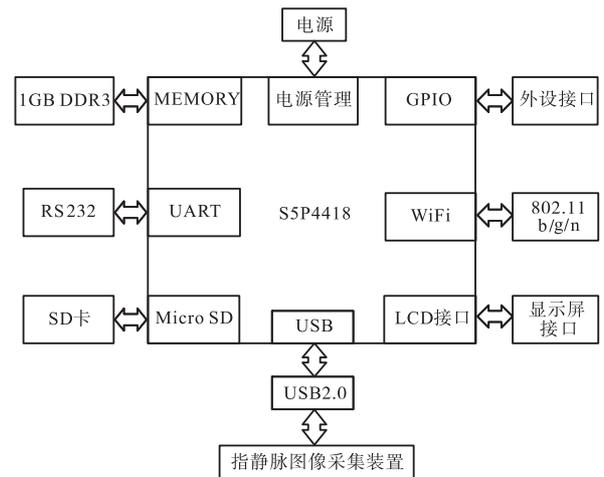


图5 嵌入式开发平台硬件资源
Fig. 5 Hardware resources of embedded development platform

装置的硬件资源主要包括:

- (1) SD 卡, 用于存放 Debian 系统;
- (2) LCD 显示屏, 用于显示采集到的指静脉图像和软件的调试;
- (3) USB 接口, 用于传输采集到的指静脉图像;
- (4) WiFi 模块, 用于嵌入式平台与上位机的通信以及指静脉图像的传输和远程监测;
- (5) 串口, 用于软件的调试;
- (6) GPIO 接口, 用于连接触摸开关和光源.

3 软件设计

指静脉图像采集软件的开发环境是 Linux + Windows, 首先在 Linux 系统下实现软件的编译和链接, 然后再结合 Windows 系统中的串口终端进行软件的调试和完善. 软件功能主要包括指静脉图像的采集、存储和无线传输.

3.1 开发环境

进行指静脉采集软件开发多采用在 Windows 下安装带有 Linux 系统的虚拟机方式. 此方法虽然节约硬件资源, 但是由于计算机配置的限制, 编译、调试软件会耗费大量时间. 为了缩短开发周期, 利用一台计算机安装 Windows 系统, 另一台计算机安装 Ubuntu14.04 系统, 并在两台计算机之间搭建 Samba 服务器, 便于文件的共享. 嵌入式开发平台和上位机间搭建 Samba 和 NFS 服务器. Samba 服务器用于嵌入式开发平台与 Windows 系统之间共享文件. NFS 服务器用于嵌入式开发平台与 Ubuntu 系统之间共享文件和软件的烧写. 软件开发架构如图6所示.

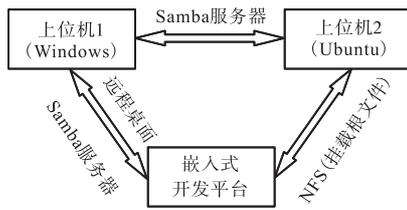


图6 软件开发架构

Fig. 6 Architecture for software development

上位机 1 安装 Windows 系统,用于辅助上位机 2 实现软件的调试和数据传输. 通过观察软件运行时串口显示的信息,对指静脉图像采集软件进行调试和完善;通过远程桌面连接嵌入式开发平台在线调试软件;利用 Samba 服务器实现指静脉图像的存储.

上位机 2 安装 Ubuntu 系统. Ubuntu 系统和 Debian 系统都是基于 Linux 的操作系统,其开源资源比较丰富,所以,本系统也采用 Ubuntu 来搭建上位机开发环境. 并在系统中安装版本为 arm-Linux-gcc-4.9.3 的交叉编译器,用于软件的编译、链接和调试,再利用其对 Opencv 源码(与 Debian 系统集成的 Opencv 版本一致)进行交叉编译,生成适用于嵌入式平台的 Opencv 库.

3.2 程序模块

指静脉采集程序主要由触发函数、图像采集函数、图像传输函数组成. 图像采集是通过 C++程序调用 Opencv 库实现的. 图像传输则是采用基于 UDP 传输协议的 Socket 技术^[11]. 在 TCP 协议及 ISO 7 层协议的基础上,实现了一套基于 UDP 的可靠图像传输协议,以确保大图像远距离传输的稳定性^[12].

3.2.1 图像的采集和保存

图像采集是利用 Debian 系统集成的 Opencv 库函数实现的. Opencv 是一个跨平台的计算机视觉库,集成了多种图像处理算法,可以运行在多种操作系统上. 其支持 C 和 C++编程语言,同时还支持 Python、Matlab 等语言的接口^[13]. 因为 Opencv 库对函数和接口有较好的封装,与直接在 Linux 系统中利用 v4l2 操作 USB 接口的图像采集装置相比,利用 Opencv 库函数更容易实现. 图像采集流程见图 7.

采集的指静脉图像是用于识别,图像质量及其稳定性很重要. 识别算法的主要流程是:采集→比对→输出结果. 比对就是用采集的指静脉图像同指静脉模板库中的图像作对比,当其相似度大于某一个阈值的时候,可以认为识别成功^[14]. 为了提高识别的准确率和精度,同一个手指将被采集 3 次,作为指静脉模板. 指静脉采集序列如图 8 所示.

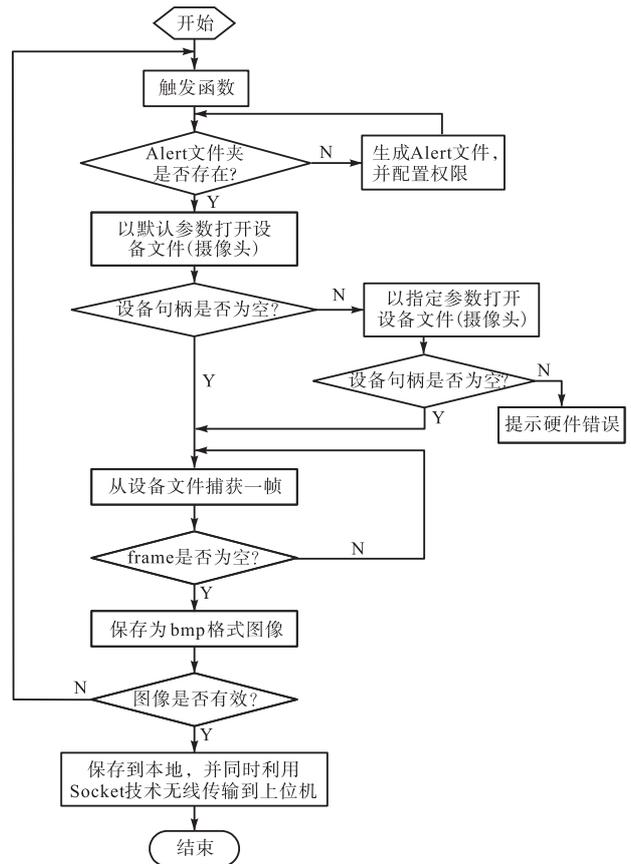


图7 指静脉图像采集流程

Fig. 7 Flow chart of finger vein image acquisition

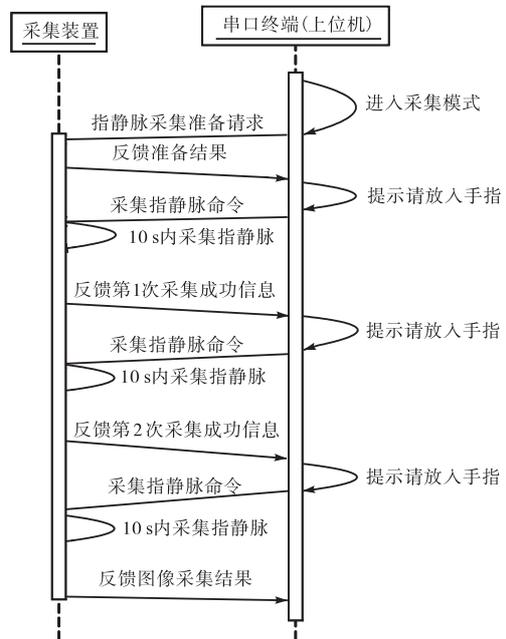


图8 指静脉采集序列图

Fig. 8 Sequence of finger vein acquisition

3.2.2 触发函数

触发函数的作用是作为整个系统的开关. 当触

摸开关感应到手指放入时, 会引起触摸开关输出电平的变化, 此电平被触发函数监测到, 随后打开光源, 然后再调用 Opencv 函数模块即可实现指静脉图像的采集和保存. 触发函数的流程如图 9 所示.

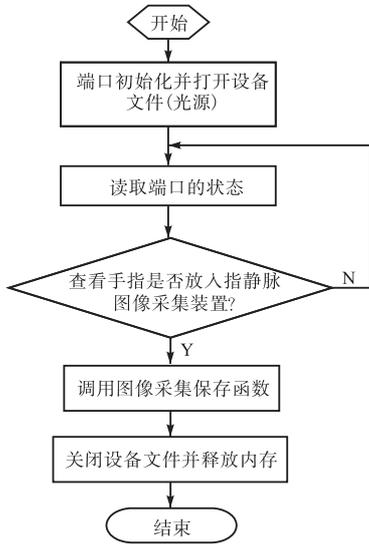


图 9 触发函数流程

Fig. 9 Flow chart of trigger function

3.2.3 图像传输函数

采用 Socket 技术传输采集到的指静脉图像^[15], 在通信过程中, 上位机作为服务器端, 对通信端口进行监听, 并准备接收数据. 嵌入式开发板作为客户端, 主动连接服务器, 进行图像的传输. 图像传输函数的流程如图 10 所示.

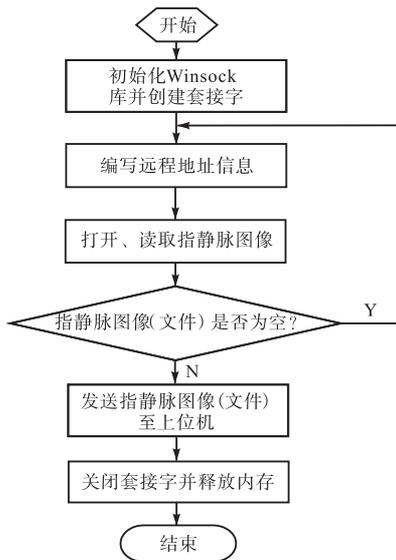


图 10 图像传输函数流程

Fig. 10 Flow chart of image transfer function

4 实验

系统采集到的指静脉图像是 24 位深度的彩色图像, 大小为 600 像素 × 480 像素, 分辨率为 96 DPI, 并以 bmp 格式保存, 经识别算法测试, 满足指静脉识别的要求. 图 11 为在嵌入式开发平台采集到的指静脉图像及传输到上位机后的图像. 对比可知, 传输过程中的图像质量是可以保证的.



(a) 开发平台中采集的图像



(b) 传输至上位机的图像

图 11 在开发平台上采集及传输到上位机的指静脉图像
Fig. 11 Finger vein image sampled from the development platform and in host computer after transmission

5 结语

本文设计了基于 Debian 系统的嵌入式指静脉图像采集系统及定位装置, 准确地确定了指静脉成像装置中核心部件间的光学距离; 通过嵌入式平台和上位机软件配合, 实现了指静脉图像的采集和远距离传输. 系统可采集到清晰可见的指静脉图像, 基本实现指静脉采集装置的便携化和远程化, 为后期的深入研究奠定了基础.

参考文献:

- [1] 杨国庆. 基于 ARM 和 WinCE 的手指静脉识别系统设计[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2011.
- [2] 胡翌博. 基于 ARM 的嵌入式系统平台及其移植性研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2004.
- [3] 杨金锋, 孟凡胜, 史玉坤, 等. 嵌入式手指多模态特征同步采集系统设计[J]. 中国民航大学学报, 2016, 34(1): 40-44.
- [4] 余成波, 余玉洁, 方军, 等. 基于 FPGA 手指静脉图像采集系统的研制[J]. 电子技术应用, 2015, 41(11): 81-84.
- [5] 杨数强, 余成波, 崔焱喆, 等. 手指静脉智能采集装置的研制[J]. 计算机工程与设计, 2009(21): 4977-4979.
- [6] 李志欣, 卓亚琦. 基于 OpenCV 的数字图像处理实验教学研究[J]. 大学教育, 2013(9): 42-43.
- [7] Pham T D, Park Y H, Nguyen D T, et al. Nonintrusive finger-vein recognition system using NIR image sensor and accuracy analyses according to various factors[J]. Sensors, 2015, 15(7): 16866-16894.
- [8] 杨金锋, 刘源山. 多光谱手指静脉成像与采集系统设计[J]. 中国民航大学学报, 2012, 30(2): 24-29.
- [9] 黄建元, 赵新荣, 张长顺, 等. 基于 CMOS 成像器件的手指静脉图像采集方法及装置[J]. 红外技术, 2009, 31(1): 51-56.
- [10] 杨数强, 王军强, 周涛. 手指静脉采集控制板的研制[J]. 计算机工程与应用, 2011, 47(27): 80-82.
- [11] 郝晓玲, 赵刚, 靳海英, 等. 基于 Socket 的无线网络传输研究[J]. 中国西部科技, 2008, 7(29): 23-24.
- [12] 王珏, 何秋燕, 王露凯. 基于 UDP 改进的可靠传输协议研究与实现[J]. 电脑知识与技术, 2015, 11(9): 71-73.
- [13] He Y M, Du J Q. Segment of tongue and tongue's venation based on OpenCV[J]. Advanced Materials Research, 2013, 718-720: 2276-2280.
- [14] 罗敏. 手指静脉认证系统的设计与实现[D]. 成都: 电子科技大学, 2016.
- [15] 徐朋. 基于 SOCKET 的跨平台通讯系统的研究与设计[D]. 大连: 大连理工大学, 2015.

责任编辑: 常涛

(上接第 50 页)

入量不仅有利于提高产品收率, 更有利于形成致密性好的球形颗粒.

参考文献:

- [1] de CT Carrondo M A A F, Griffith W P, Jones D P, et al. X-Ray crystal structure of the industrial bleaching agent 'sodium percarbonate' [sodium carbonate-hydrogen peroxide (2/3)] [J]. Journal of the Chemical Society, Dalton Transactions, 1977, 9(23): 2323-2327.
- [2] Firsova T P, Sokol V I, Bakulina V M, et al. Reaction of sodium bicarbonate with hydrogen peroxide and some properties of the compound $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1.5 \text{H}_2\text{O}_2$ [J]. Russian Chemical Bulletin, 1968, 17(9): 1850-1853.
- [3] 王香爱, 陈养民. 过碳酸钠的合成与应用[J]. 纯碱工业, 2006(4): 7-9.
- [4] 崔小明. 过碳酸钠的生产技术进展[J]. 杭州化工, 2009, 39(2): 1-4.
- [5] 崔小明, 李明. 过碳酸钠的应用及生产技术进展[J]. 化工科技市场, 2010, 33(7): 20-25.
- [6] 潘鹤林, 宋新杰, 田恒水. 常温结晶法过碳酸钠制备工艺研究[J]. 无机盐工业, 1999, 31(4): 3-5.
- [7] 马艳然, 韩玲芹. 常温下过碳酸钠制备的研究[J]. 化学世界, 2002, 43(8): 398-400.
- [8] 王卫兵, 赵跃强, 孙鸿. 过碳酸钠生产的最佳工艺条件研究[J]. 应用化工, 2010, 39(8): 1215-1217.
- [9] Zhao H K, Tang C, Zhang D S, et al. Solid-liquid equilibrium for the quaternary system of sodium carbonate + sodium chloride + hydrogen peroxide + water at 293.15 K [J]. Journal of Chemical & Engineering Data, 2006, 51(2): 676-679.
- [10] Zhao H, Tang C, Zhang D, et al. Solubility and phase diagram for the quaternary system $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$ at 293 K [J]. Journal of Chemical & Engineering Data, 2006, 51(5): 1567-1570.

责任编辑: 周建军