

# 江苏省科技项目 工作总结报告

项目计划类别：政策引导类计划（产学研合作）——前瞻性联合研究

项目 编 号： BY2016049-03

项 目 名 称： 自动试管喷码系统

起 止 年 限： 2016 年 7 月 至 2018 年 6 月

项 目 负 责 人： 于 涌

申请总结单位：中国科学院苏州生物医学工程技术研究所（盖章）

# 目录

1 项目概况 .....	1
2 项目实施情况.....	1
3 项目研制要点.....	2
4 项目预期成果及完成情况.....	30
5 项目成功实施所取得的效益 .....	32
6 总结与展望.....	32

## 1 项目概况

项目名称：自动试管喷系统

立项时间：2016 年 7 月

项目编号：BY2016049-03

项目负责人：于涌

承担单位 中国科学院苏州生物医学工程技术研究所

合作企业：苏州鼎实医疗科技有限公司

经费预算：75 万元

主要研究内容：

研制自动试管喷码系统一套，实现自动抓取 HIS（LIS）数据及试管喷码，保证添加试管和拿取试管的便捷性，所喷条码识别率达 100%，提高试管标注的自动化和智能化程度。抓取 HIS（LIS）系统数据，对数据进行格式转化使之与喷码机数据接口匹配，与喷码机进行实时通讯，控制喷码内容。基于试管添加与试管拿取的便捷性，研究试管选取、试管放置技术。自动试管运输技术，按要求将试管从选取位置运输到喷码位置，再从喷码位置运输到入库位置或废弃位置。基于传感器技术，研究试管轴向和周向的定位技术，从而实现精确定位的试管喷码技术。

## 2 项目实施情况

本项目研制内容为自动试管喷码系统。通过本研究的实施，研究了 HIS（LIS）系统数据抓取技术，先通过设置 LIS 系统服务器的 IP 和开放给喷码机控制软件的特定端口号，进行网络连接。等待通讯连接成功后，发送基于 HL7 格式的查询指令代码。LIS 系统接收到该指令代码后，回传相关的数据包给测试软件。按照数据格式的定义，对数据包进行解析，并将相关内容解析。对数据进行格式转化使之与喷码机数据接口匹配，与喷码机进行实时通讯，控制喷码内容。基于试管添加与试管拿取的便捷性，研究了试管选取、试管放置技术，设计了合理的选取和放置结构。自动试管运输技术，按要求将试管从选取位置运输到喷码位置，

再从喷码位置运输到入库位置或废弃位置。基于传感器技术，研究试管轴向和周向的定位技术，从而实现精确定位的试管喷码技术。通过关键技术的研究完成了自动试管喷码系统样机一套，实现自动抓取 HIS（LIS）数据及试管喷码，保证添加试管和拿取试管的便捷性，所喷条码识别率达 100%，提高试管标注的自动化和智能化程度。

基于该项目，培养了硕士研究生 1 名，围绕本研究，撰写专利 7 篇。

此外，经费按照预算执行，详见附件。

### 3 项目研制要点

#### 3.1 结构系统研制

##### 3.1.1 系统工作流程

系统的工作流程为：（1）LIS（HIS）医嘱信息的抓取，包括需要采集的标本的种类、数量、时间；（2）试管选取，根据医嘱信息选择相应的试管，并抓取；（3）试管运输到配吗位置；（4）试管周向定位，定位到试管具有底色的喷码位置；（5）试管喷码；（6）条码检验，通过的入库，不通过的废弃，保证入库试管喷码的正确率为100%，工作流程如图3-1所示。

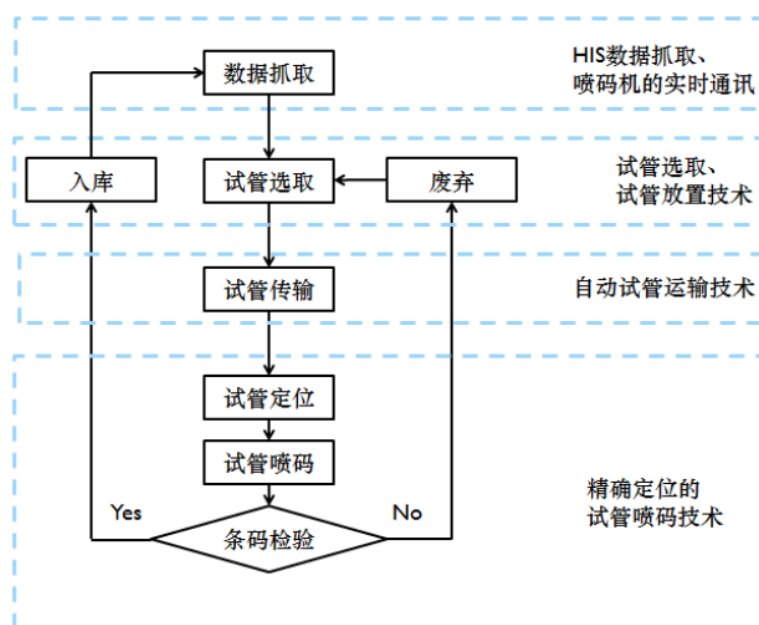
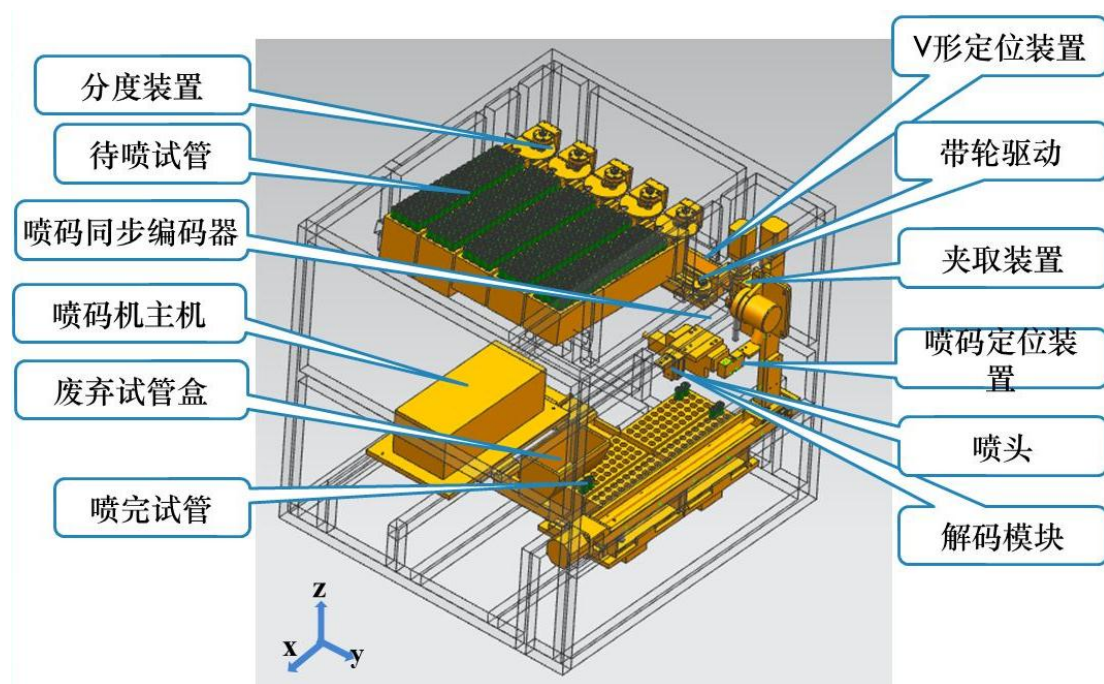


图3-1 工作流程

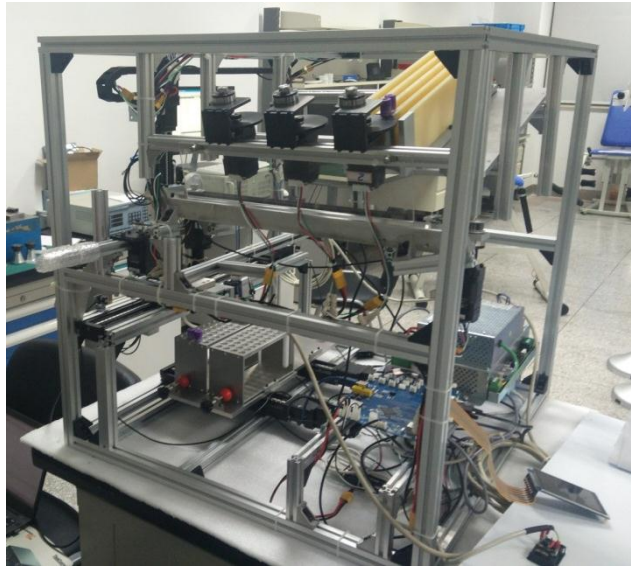
### 3.1.2 系统总体结构

主机主要包括：壳体、待喷试管架、试管定位装置、试管抓取运动模块、喷码机、校验、试管入架装置、试管更换门等模块组成。

系统抓取HIS信息，从而根据LIS数据选择相应的试管，试管架上电机控制试管的选取，在试管定位装置定位，试管抓取装置（可实现x、z向运动）运动到相应位置，抓取试管并且运动到喷码位置，由线性CCD判断试管周向预处理底色位置，从而控制喷码机喷码，试管抓取装置直线往复运动和旋转运动，实现喷码全过程。喷码完成后经过条码检验装置，通过验证的试管由试管抓取装置与试管入库装置（可实现y向运动）配合安放到试管架中，未通过验证的试管丢弃到废弃试管收集器中。



a) 系统总体结构



b) 样机总体结构

图3-2 系统总体结构

### 3.1.3 试管装夹方案

根据使用要求，对试管架进行设计，保证试管装填的其快速、便捷。为此，对试管架进行结构设计：

试管架按4排设计，试管装填时整架试管添加，支撑试管架顶部设计为斜面，配合分度机构可以利用重力实现试管的下落。

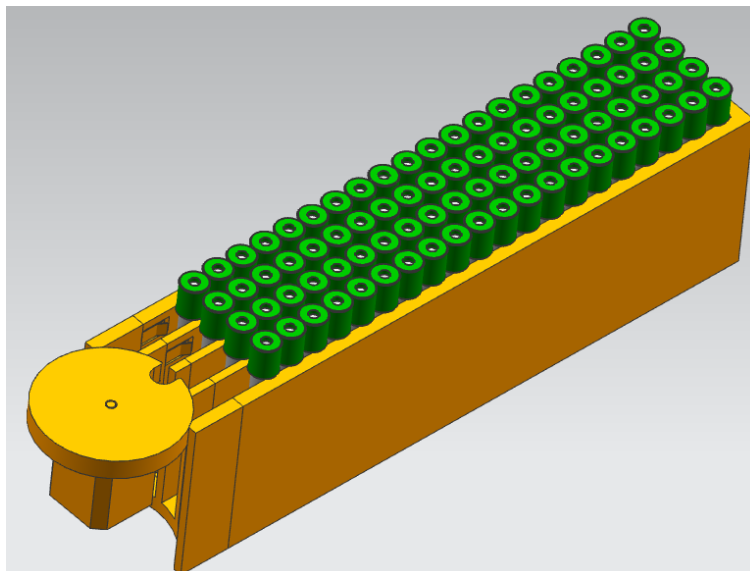


图3-3 试管架结构

### 3.1.4 试管抓取方案

(1) 试管定位器

试管定位器利用重力和斜面将试管导向到底部，后端利用由两根圆柱条对其进行定位，并且末端由弹簧片限位，避免试管在重力作用下飞出去。

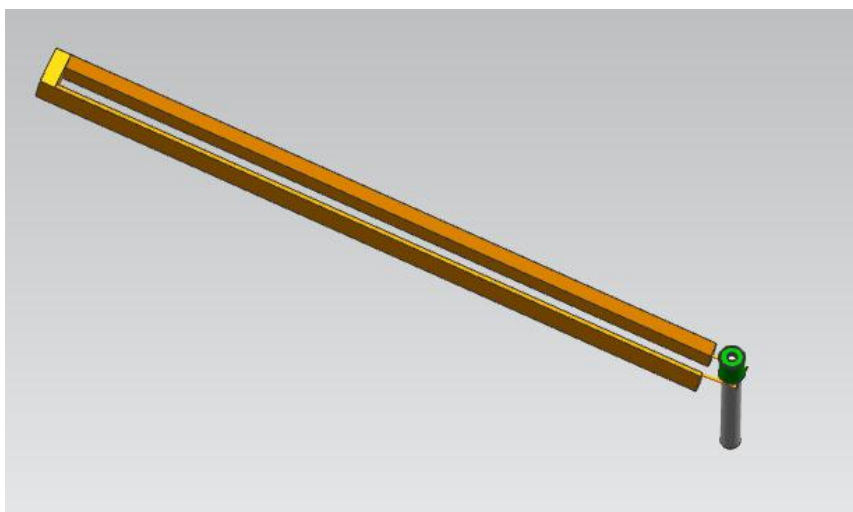


图3-4 试管定位器结构

## (2) 试管抓取装置

试管夹抓取试管后电机驱动滚珠丝杠可进行x、z向的运动，运动到待喷吗位置，由z向直线往复运动和绕z轴的旋转实现喷码。试管夹由电机、旋转轴和电爪组成。电机采用UIROBOT的42步进电机，工作台采用米思米LX30，LX20。

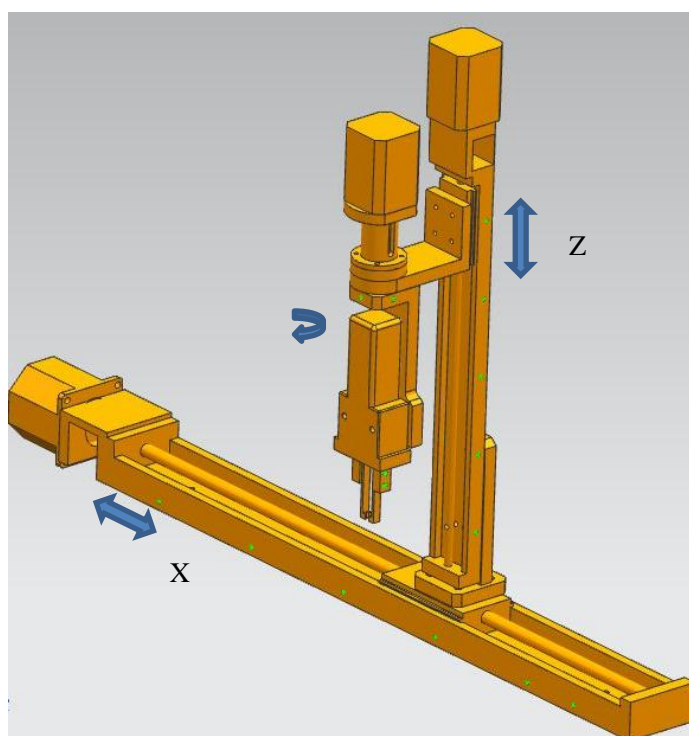


图3-5 试管抓取装置结构

### 3.1.5 试管抓取模块结构设计

试管抓取模块实现试管抓取、试管旋转的功能，如图3-6所示。试管抓取模块通过连接座与Z向运动模块连接，试管夹由双V形块组成，可以实现试管圆柱面的精确定位，由SMC电爪提供运动，旋转电机带动旋转轴（如图3-7所示）实现试管的旋转。旋转电机和SMC电爪驱动电机都采用UIROBOT 28步进电机（型号：UI28STH51-0674A）。SMC电爪型号和参数如表3-1所示。

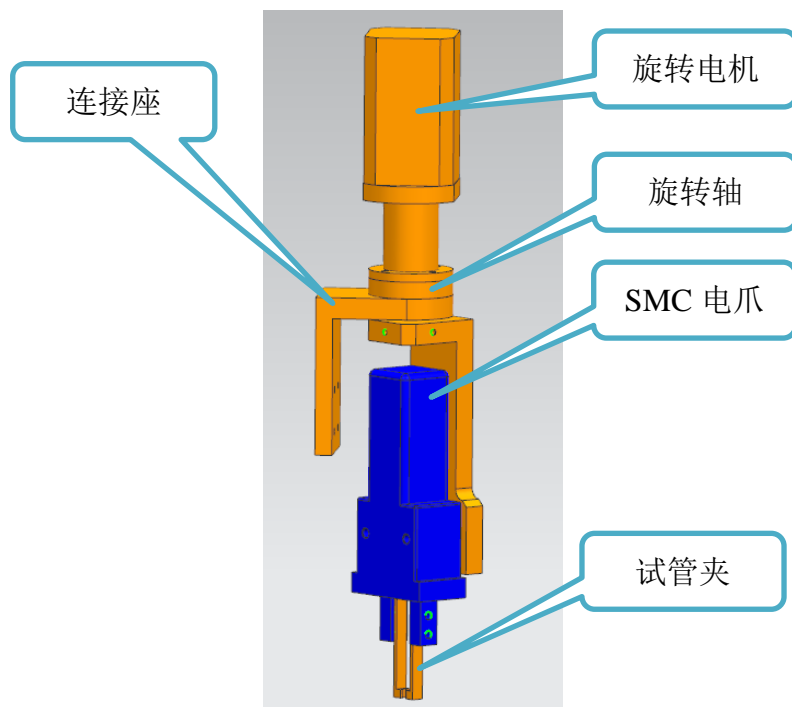


图3-6 试管抓取模块结构

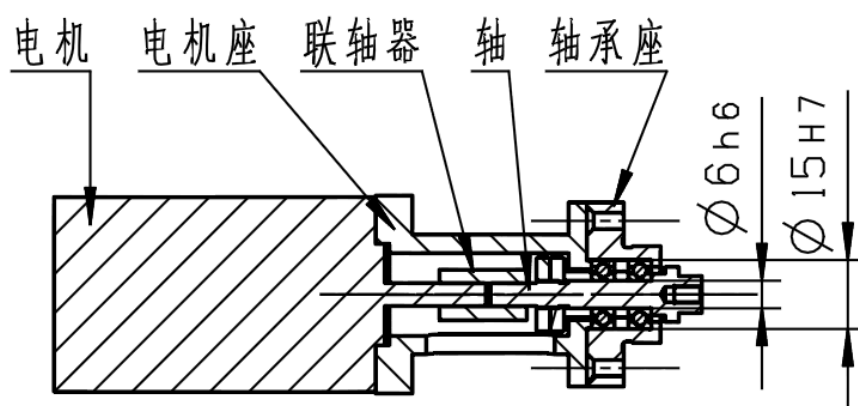


图3-7 试管旋转轴



表3-1 SMC电爪参数

项目	参数
型号	LEHZ20
开闭行程（两侧）（mm）	10
夹持力（N）	16-40
开闭速度/压触速度（mm/s）	
驱动方式	滑动螺杆+滑动凸轮
手指导轨方式	直线导轨（无循环）
重复精度（mm）	±0.02
重复测长精度（mm）	±0.05
耐冲击/耐振动（mm/s <sup>2</sup> ）	150/30
最高使用频率（C.P.M）	60
使用温度范围（℃）	5-40
使用适度范围（%RH）	90以下
本体质量（g）	430

### 3.1.6 X向运动模块

X向运动模块由单轴驱动器实现，位置传感器采用EE-SX95微型光电传感器。单轴驱动器和导轨及其参数如下表3-2所示。

表3-2 单轴驱动器参数

项目	参数
型号	LXR3010-MX-B1-RT3042-500（米思米）
丝杠导程	10mm
丝杠长度	500mm
滑块长度	102mm
行程	398mm

电机选型：

计算电机的参数如表所3-3示：

表3-3 X向电机选型计算参数

速度 $V_1$	6 m/min
滑动部分质量 $m$	15kg
丝杠长度 $L_B$	0.5m
丝杠直径 $D_B$	0.01m
丝杠导程 $P_B$	0.01m
联轴器质量 $M_C$	0.1kg
联轴器直径 $D_C$	0.03m
摩擦系数 $\mu$	0.1
移动距离 $L$	0.5m
机械效率 $\eta$	0.9
定位时间 $t$	0.2s
加减速时间比 $A$	0.25
外力 $F_A$	0
移动方向与水平轴夹角 $a$	0

(1) 速度曲线

加速时间:

$$t_0 = t * A = 0.05s$$

(2) 电机转速:

$$N_M = V_1 / P_B = 600r/min$$

(3) 负荷转矩计算:

轴向负载:

$$F = F_A + mg(\sin\alpha + \mu\cos\alpha) = 14.7N$$

负载转矩:

$$T_L = \frac{FP_B}{2\pi\eta} = 0.0260N \cdot m$$

(4) 启动转矩

直线运动平台与负载惯量:

$$J_L = m \left( \frac{P_B}{2\pi} \right)^2 = 3.80 \times 10^{-5} kgm^2$$

滚珠丝杠惯量:

$$J_B = \frac{\pi}{32} \rho L_B D_B^4 = 3.88 \times 10^{-6} kgm^2$$

联轴器惯量:

$$J_C = \frac{1}{8} m D_C^2 = 1.13 \times 10^{-6} \text{kgm}^2$$

总惯量:

$$J_Z = J_L + J_B + J_C = 5.31 \times 10^{-5} \text{kgm}^2$$

电机转动惯量:

$$J_M = 7.0 \times 10^{-6} \text{kgm}^2$$

$$\text{启动转矩: } T_S = \frac{2\pi N_M (J_Z + J_M)}{60 t_1} m D_C^2 = 0.0756 \text{N} \cdot \text{m}$$

(5) 必须转矩

安全系数:

$$S=2$$

必须转矩:

$$T_M = (T_L + T_S) * S = 0.203 \text{N} \cdot \text{m}$$

(6) 电机选择

根据必须力矩与单轴驱动器配合的情况, 选择UIROBOT 42步进电机(型号: UI42STH47-1684A)。

### 3.1.7 Y向运动模块

Y向运动模块采用LXR30单轴驱动器, 型号与X向采用的一致。电机选型过程与X向运动模块一致, 同样选择UIROBOT 42步进电机(型号: UI42STH47-1684A)。

### 3.1.8 Z向运动模块

Z向模块由单轴驱动器、同步带传动、喷码机同步编码器组成, 如图2-5所示。单轴驱动器的参数如表2-4所示, 考虑到Z向驱动模块整体的高度与喷码机同步编码器的安装方式, 采用同步带传动, 同步带、同步带轮的型号参数如表3-4所示。

表3-4 单轴驱动器参数

项目	参数
型号	LX2005-MX-B1-RT3028-200 (米思米)
丝杠导程	5mm
丝杠长度	200mm
滑块长度	67mm
行程	133mm

## 电机选型

电机选型参数如表3-5所示。

表3-5 电机选型

速度 $V_1$	3 m/min
滑动部分质量 $M$	5kg
丝杠长度 $L_B$	0.2m
丝杠直径 $D_B$	0.006m
丝杠导程 $P_B$	0.005m
联轴器质量 $M_C$	0.1kg
联轴器直径 $D_C$	0.03m
摩擦系数 $\mu$	0.1
移动距离 $L$	0.2m
机械效率 $\eta$	0.9
定位时间 $t$	0.2s
加减速时间比 $A$	0.25
外力 $F_A$	0
移动方向与水平轴夹角 $\alpha$	$90^\circ$

(1) 速度曲线

加速时间:

$$t_0 = t * A = 0.05s$$

(2) 电机转速:

$$N_M = V_1 / P_B = 600r/min$$

(3) 负荷转矩计算:

轴向负载:

$$F = F_A + mg(\sin\alpha + \mu\cos\alpha) = 49.00N$$

负载转矩:

$$T_L = \frac{FP_B}{2\pi\eta} = 0.043N \cdot m$$

(4) 启动转矩

直线运动平台与负载惯量:

$$J_L = m \left( \frac{P_B}{2\pi} \right)^2 = 3.17 \times 10^{-6} kgm^2$$

滚珠丝杠惯量:

$$J_B = \frac{\pi}{32} \rho L_B D_B^4 = 2.01 \times 10^{-7} \text{kgm}^2$$

联轴器惯量:

$$J_C = \frac{1}{8} m D_C^2 = 1.13 \times 10^{-5} \text{kgm}^2$$

总惯量:

$$J_Z = J_L + J_B + J_C = 1.46 \times 10^{-5} \text{kgm}^2$$

电机转动惯量:

$$J_M = 7 \times 10^{-6} \text{kgm}^2$$

$$\text{启动转矩: } T_S = \frac{2\pi N_M (J_Z + J_M)}{60 t_1} m D_C^2 = 0.027 \text{N} \cdot \text{m}$$

(5) 必须转矩

安全系数:

$$S=2$$

必须转矩:

$$T_M = (T_L + T_S) * S = 0.141 \text{N} \cdot \text{m}$$

(6) 电机选择

根据必须力矩与单轴驱动器配合的情况, 选择UIROBOT 42步进电机(型号: UI42STH47-1684A)。

根据使用要求, 对试管架进行设计, 保证试管添加、取出的快速、便捷性, 对试管架进行结构设计, 待喷试管夹如图3-8所示。

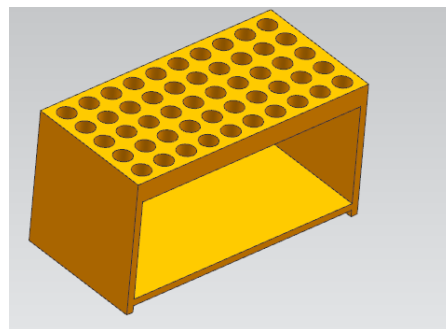


图3-8 试管架结构

试管抓取的时候采用45° 的方向, 保证试管间距的最大。

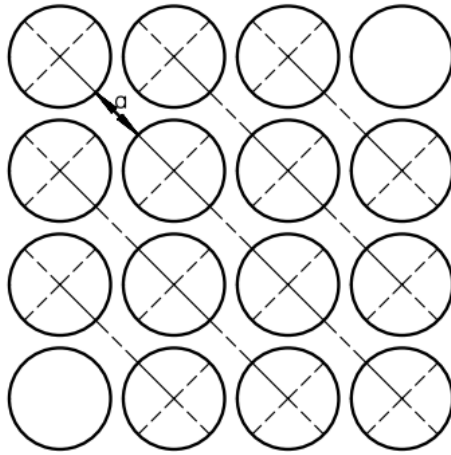


图3-9 试管间距

$$a = 18\sqrt{2} - 16 = 9.45\text{mm}$$

### 3.1.9 喷码机、试管定位装置和条码检测装置

喷码机采用Domino热发泡G系列喷码机，打印清晰，墨盒更换方便。为了将喷码机控制系统集成到自动试管喷码系统软件系统中，采用G系列OEM版喷码机，如图3-10所示。

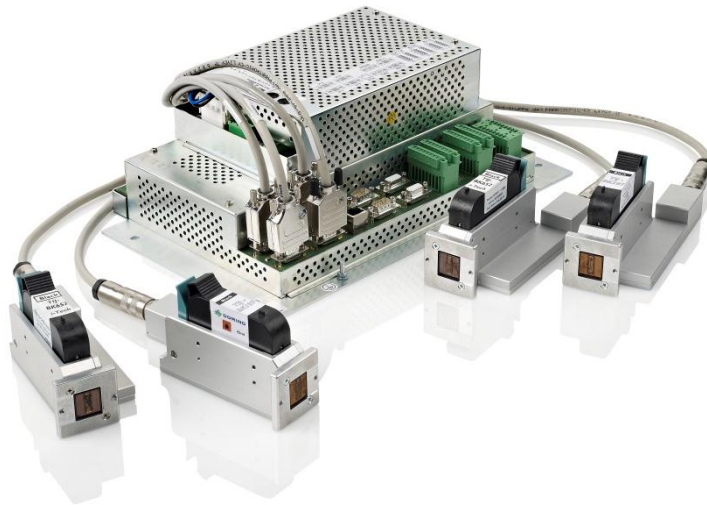


图3-10 喷码机

试管定位装置采用线性CCD，条码检测利用扫码头，如图3-11、3-12所示。

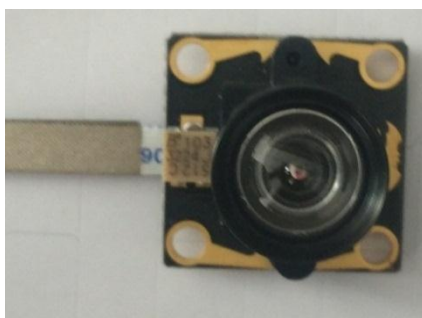


图3-11 线性CCD



图3-12 扫码模块

### 3.1.10 试管出库模块设计

试管架放置在底座上，底座通过直线导轨与框架连接，在添加或者取出试管时，按下限位开关，用拉手将底座整体拉出。底座退回去时限位块自动限位固定。

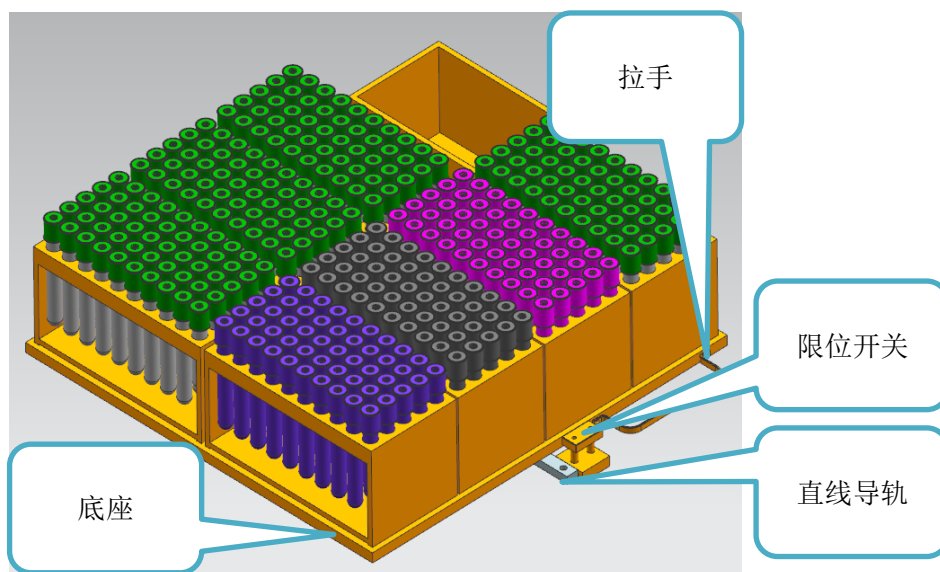


图3-13 出库模块结构

## 3.2 电控系统研制

自动喷码机电控系统主要分为下位电控系统硬件和上位控制软件两大部分，上位控制软件主要实现 LIS 系统数据抓取、试管打印信息传送和信息的管理与维护等功能，下位电控系统接收到试管打印信息之后，自动完成机器内空试管的抓取、试管的传送、喷码位置检测、条码喷涂、条码读取验证和试管的排放等一系列动作，完成自动试管喷码的功能。

### 3.2.1 下位机系统结构

下位电控系统从功能上分为电源模块、核心 CPU 模块、上位通讯接口模块、喷码打印模块、试管传动模块、喷码位置检测模块、条码读取验证等模块，试管传动模块又分为 X Y Z 三维运动模块、旋转运动模块、限位处理模块和电抓控制模块等子功能模块，系统的工作原理框图如图 3-14 所示。

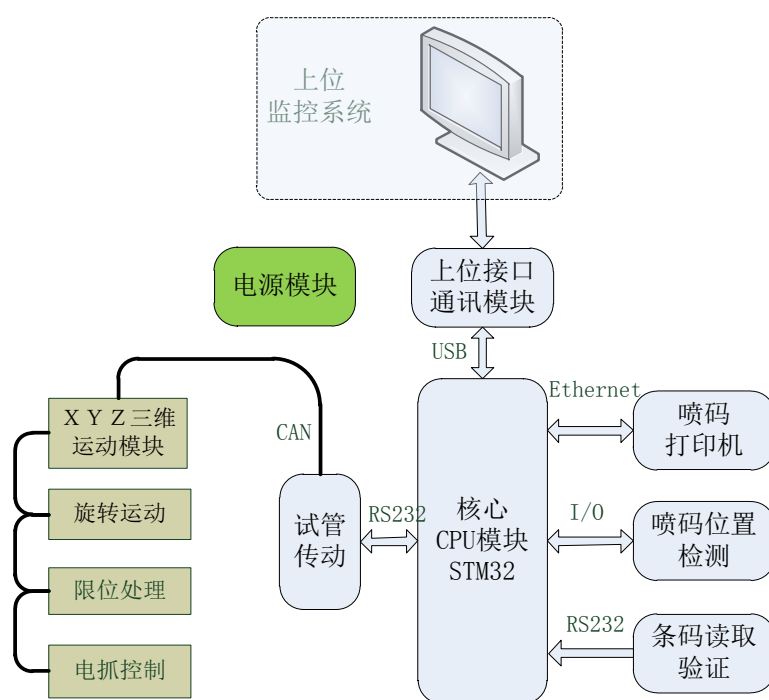


图3-14 系统工作原理

下位电控系统电源模块负责整个硬件系统的供电，上位机接口通讯采用 USB 方式，完成打印信息的接收，并在自动喷码打印控制过程中完成一些状态标志的交互确认，喷码打印机模块通过 Ethernet 网口与核心 CPU 通讯，负责条码的生成及物理喷涂，喷码位置检测的功能是避开试管上的观察窗，定位试管上信息喷涂的最优位置，条码读取验证模块是在条码喷涂完成之后进行的，确保喷涂信息



的准确有效，上述所有的功能都是基于试管传动实现，XYZ 三维运动、旋转运动和电抓控制是试管传动的 3 大主体动作，都是采用 CAN 总线式一体化步进电机驱动，限位处理模块采用了接近开关，并将限位信号直接输入到电机控制器，确保正负限位保护的实时性。

### 3.2.2 下位机关键技术

#### (1) 电源

下位电控系统中，步进电机工作电源 DC12V，限位开关电源 DC5V，其他芯片电源 DC3.3V，因此系统电源方案采用 DC12V 适配器供电，采用 DCDC 转换器 CC10-1205 得到 DC5V，在采用 LDO 器件 LM1117-33 生成 DC3.3V。电源转换电路如图 3-15、3-16 所示。

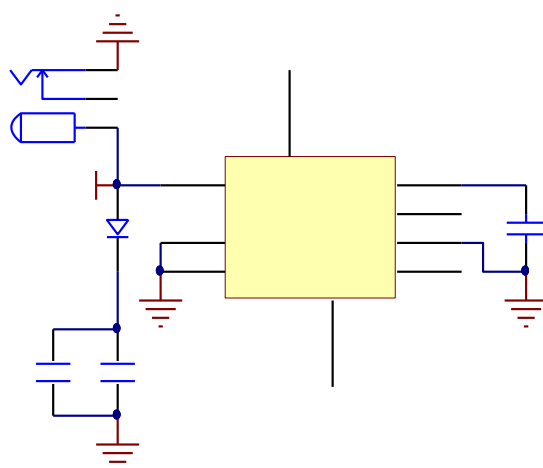


图3-15 DC12V转DC5V电路

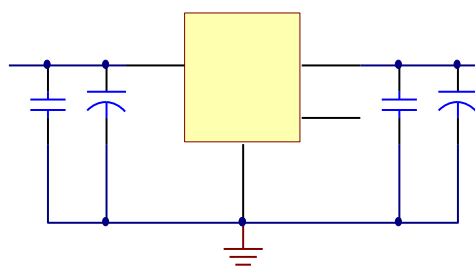


图3-16 DC5V转DC3.3V电路

#### (2) CPU

CPU 是系统控制核心，考虑采用 STM32F4 系列 ARM 处理器，STM32F4 系列采用 Cortex-M4 内核，运算速度可达 210DMIPS@168MHz，且集成了单周期 DSP 指令和 FPU，运算速度快，计算能力强，多达 1MB 的 Flash，外设接口丰富。

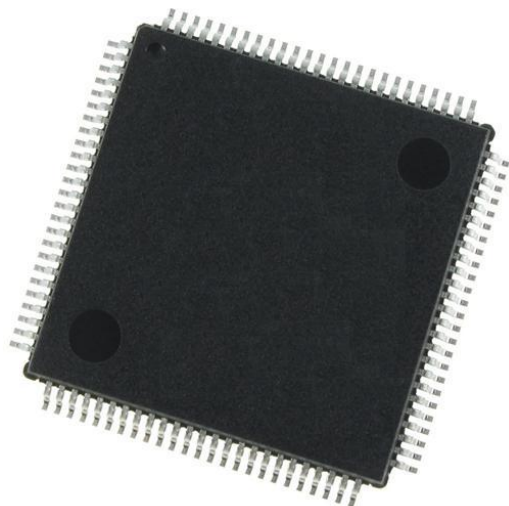


图3-17 STM32F4系列ARM处理器

STM32F407ZET6 的核心资源参数：

内 核：Cortex-M4 32-bit RISC；

特 性：单周期 DSP 指令；

工作频率：168MHz，210 DMIPS/1.25 DMIPS/MHz；

工作电压：1.8V-3.6V；

封 装：LQFP144；

资 源：512KB Flash，196kB SRAM；

3 x SPI，4 x USART，2 x UART，2 x I2S，3 x I2C；

1 x FSMC，1 x SDIO，2 x CAN；

1 x USB 2.0 FS/HS device/host/OTG 控制器（带有专用 DMA）；

1 x USB HS ULPI（用于外接 USB HS PHY）；

1 x 10/100 Ethernet MAC；

1 x 8 to 14-bit parallel camera interface；

模数转换：3 x AD（12 位，1us，分时 24 道），2 x DA（12 位）；

调试下载：支持 JTAG/SWD 接口的调试下载，支持 IAP。

### (3) USB接口

下位电控系统与上位 PC 机是通过 USB 接口通讯，下位电控系统开发了基于 PL2303HX 的串口转 USB 接口，提供全双工异步通信装置与 USB 功能接口便利连接的解决方案,PL2303HX 完全兼容 USB1.1 协议,支持 WindowsXP、Windows7 等操作系统，拟传输速率设定在 115200bps，其工作电路图如图 3-18 所示。

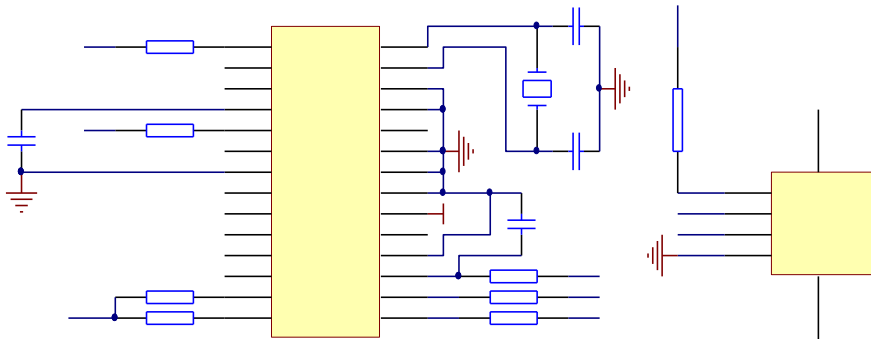


图3-18 USART转USB接口电路

#### 3.2.4 Ethernet 接口

下位电控系统与喷码打印机是通过 Ethernet 网口通讯，STM32F407 芯片自带以太网模块，该模块包括带专用 DMA 控制器的 MAC 802.3（介质访问控制）控制器，支持介质独立接口(MII) 和简化介质独立接口(RMII)，并自带了一个用于外部 PHY 通信的 SMI 接口，通过一组配置寄存器，用户可以为 MAC 控制器和 DMA 控制器选择所需模式和功能。

STM32F4 是必须外接 PHY 芯片，才可以完成以太网通信的，外部 PHY 芯片可以通过 MII/RMII 接口与 STM32F4 内部 MAC 连接，并且支持 SMI（MDIO&MDC）接口配置外部以太网 PHY 芯片，拟采用 LAN8720A 作为 PHY 芯片，LAN8720A 是低功耗的 10/100M 以太网 PHY 层芯片，I/O 引脚电压符合 IEEE802.3-2005 标准，支持通过 RMII 接口与以太网 MAC 层通信，内置 10-BASE-T/100BASE-TX 全双工传输模块，支持 10Mbps 和 100Mbps。完整的 Ethernet 网口硬件设计电路如图 3-19 所示。

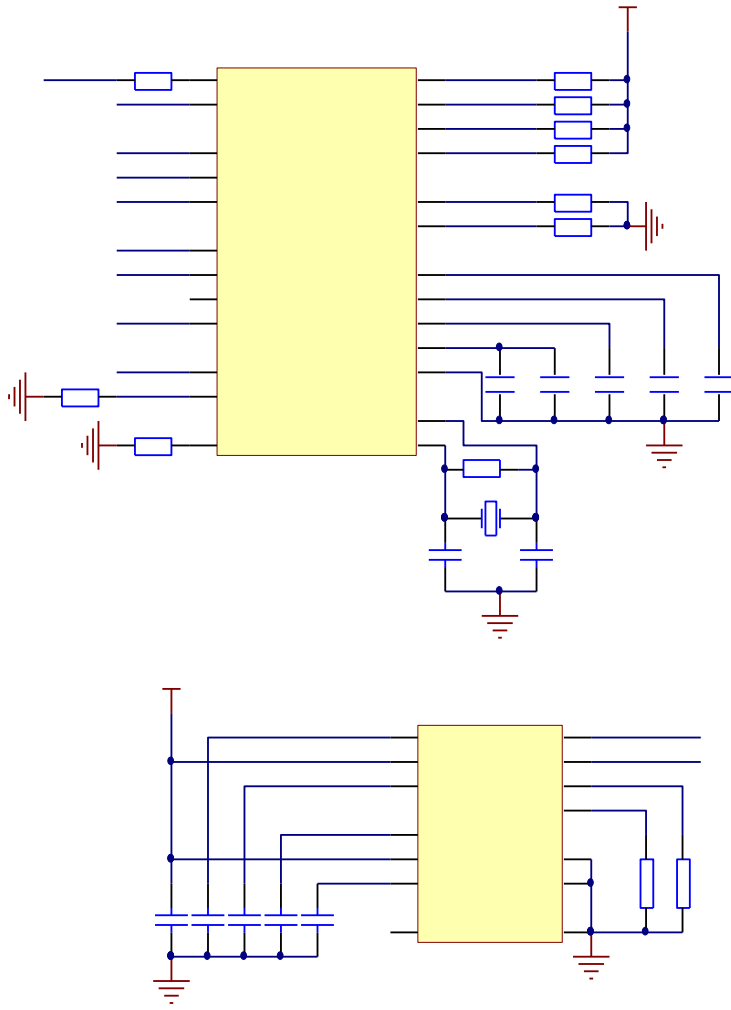


图3-19 Ethernet接口电路

喷码打印机处于 TCP Server 模式，下位机网络端处于 TCP Client 工作模式，下位电控系统根据喷码打印机的 IP 地址及端口号进行相应的设置，就可以实现数据的互联。

#### (4) RS232接口

下位电控系统与试管传动模块和扫码验证模块都是通过 RS232 接口通讯，试管传动模块中 XYZ 三维运动、旋转运动和电抓控制是试管传动的 3 大主体动作，都是采用 CAN 总线式一体化步进电机驱动，每一个步进电机都集成了驱动控制器，各自在 CAN 总线指令的控制下就可以方便的实现  $STEP \mu$  和  $SPD \mu$  等速度和位置控制。本方案拟先采用 RS232 转 CAN 网关的控制方式，下位电控系统只要开发 RS232 接口与 CAN 网关通信即可。扫码验证模块成功识别条码之后，也是通过 RS232 的方式将识别数据回传给核心 CPU，本课题拟采用 SP3232 方式实

现 USART 转 RS232，其具体电路如图 3-20 所示。

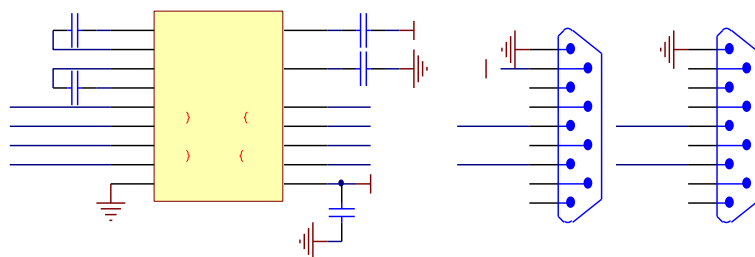


图3-20 USART转RS232电路

### (5) 限位处理

非接触式正负限位传感器的使用，提高了系统运行的可靠性安全性，也便于系统初始化运行时自动归零位，在 X、Y、Z 三个直线运行行程较大方向都设置了正负限位点，采用欧姆龙的 EE-SX951-R 型 NPN 输出的接近开关。

### (6) 喷码位置检测

待喷码的试管上延试管长度方向会留有一条 2mm 的观察缝，喷码位置检测的功能就是要定位条形码的喷涂位置，避开观察缝，其核心技术是采用 TSL1401 线阵 CCD 获取试管图像，通过分析图像灰度数据，确定边界定位观察缝。具体过程是电转抓取空试管，在电机驱动下以 15rpm 速度旋转运动一周，在试管开始旋转的同时，CCD 开始采集数据，同时进行分析，在找到指定位置时，试管停止旋转，开始喷涂。

TSL1401 线性传感器阵列由一个 128\*1 的光电二极管阵列，相关的电荷放大器电路和一个内部的像素数据保持功能组成。该阵列的 128 个像素，其中每一个具有光敏面积 3524.3 平方微米，像素之间的间隔是 8 微米,具有较高的线性度和均匀度。TSL1401 线性传感器具有简单易操作的驱动，通过 MCU 控制使能信号（SI）和时钟（CLK）输出特定的方波信号，A0 端口将会依次输出 128 个像素点的模拟信号。控制时序如图 3-21 所示，工作流程图如图 3-22 所示。

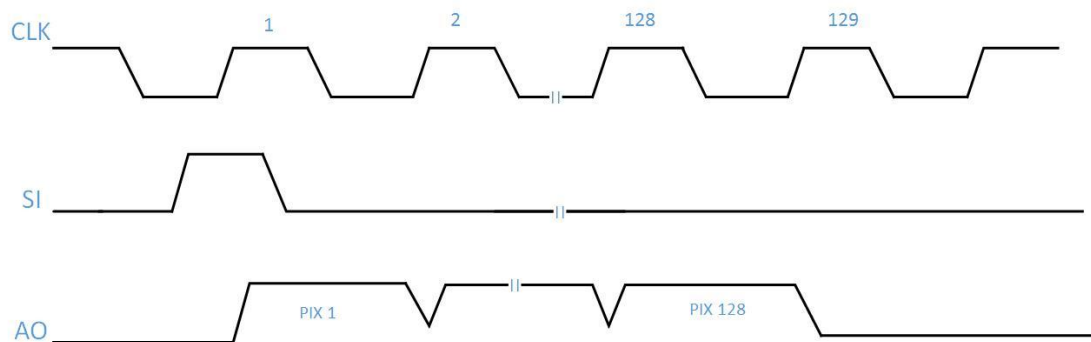


图3-21 CCD时序图

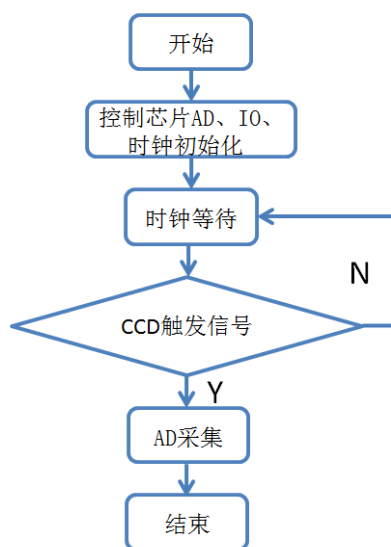


图3-22 CCD工作流程图

### 3.3 软件设计

#### 3.3.1 人机交互界面

自动试管标签喷码机控制软件的主界面如图 3-23 所示，下面对各功能组件进行简介。



图3-23 软件主界面

医院 LIS 系统数据接口通讯设置：点击主界面中的“通讯设置”按钮，弹出如图 3-24 所示对话框，通过输入 LIS 系统服务器的 IP 和开放给喷码机控制软件的特定端口号，进行网络连接。



图3-24 “通讯设置”对话框

**批量打印：**通讯连接成功后，点击主界面中的“今日医嘱”按钮，软件就会从 LIS 系统中调取今日的所有医嘱信息，并在列表框中刷新显示，如图 3-25 所示。可以自行勾选需要打印的医嘱信息或者勾选“全选”，选择完毕后，点击主界面中的“批量打印”，实现所有医嘱信息标签的自动打印；如果想中断打印，点击主界面中的“停止打印”按钮，停止打印工作。

床位号	姓名	住院号	性别	年龄	检验类型	条形码	检验项目	采样时间
<input checked="" type="checkbox"/> 1001	张三	100200100	男	28	血液	500701753	血常规	20151127101530
<input checked="" type="checkbox"/> 1002	李四喜	100200101	女	45	血液	500701754	生化五项	20151127101630

全选      已打印: 0/2

图3-25 “今日医嘱”在列表框中刷新显示

**医嘱信息的补打：**如果有需要进行补打的医嘱信息，在列表框中点击待补打的那一行，相关病人信息就会在右上方显示，如图 3-26 所示，点击“标签补打”进行打印。如果检查项目有所变动，可以在右下方的“检查项目”中勾选需要打印的项目，可多选，然后点击“标签补打”进行打印，如图 3-27 所示。



图3-26 “病人信息”的显示



图3-27 “检查项目”的勾选（可多选）

**历史记录**的查询：点击主界面中的“历史记录”按钮，弹出如图 3-28 所示的列表，显示所有已经打印的医嘱信息。

床位号	姓名	住院号	性别	年龄	检验类型	条形码	检验项目	采样时间
1001	张三	100200100	男	28	血液	500701753	血常规	20151127101530
1002	李四喜	100200101	女	45	血液	500701754	生化五项	20151127101630

图3-28 已打印的所有医嘱信息

### 3.3.2 LIS系统的数据协议



如图 3-29 所示是基于上海虹桥的 LIS 系统数据通讯测试软件界面，首先通过设置 LIS 系统服务器的 IP 和开放给喷码机控制软件的特定端口号，进行网络连接。等待通讯连接成功后，发送基于 HL7 格式的查询指令代码，如图 3-30 所示。LIS 系统接收到该指令代码后，回传相关的数据包给测试软件，如图 3-31 所示。按照数据格式的定义，对数据包进行解析，并将相关内容解析到测试软件的界面上，如图 3-32 所示。

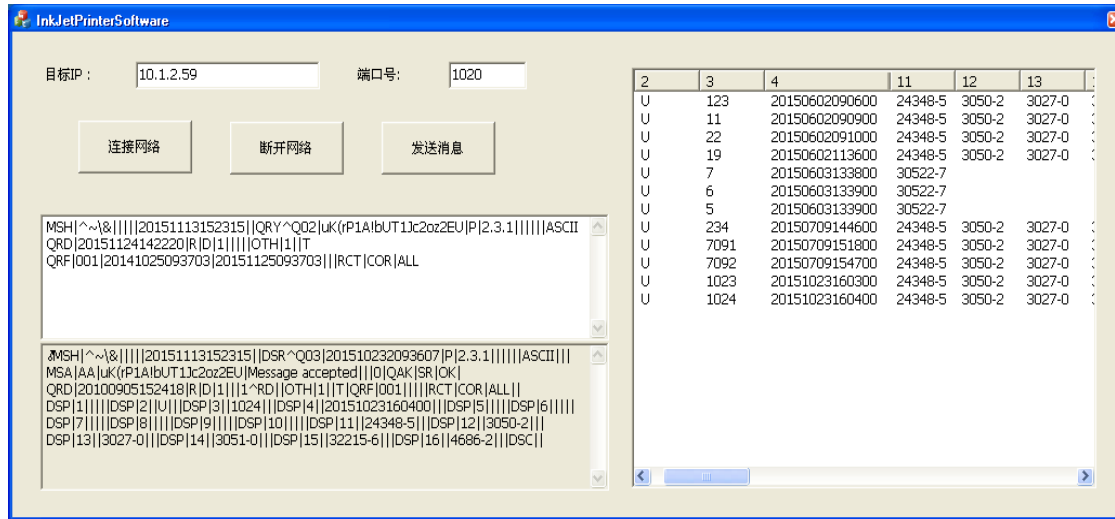


图3-29 LIS系统数据通讯测试软件界面

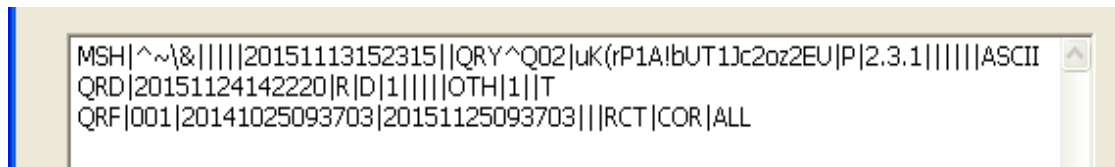


图3-30 基于HL7格式的查询指令代码

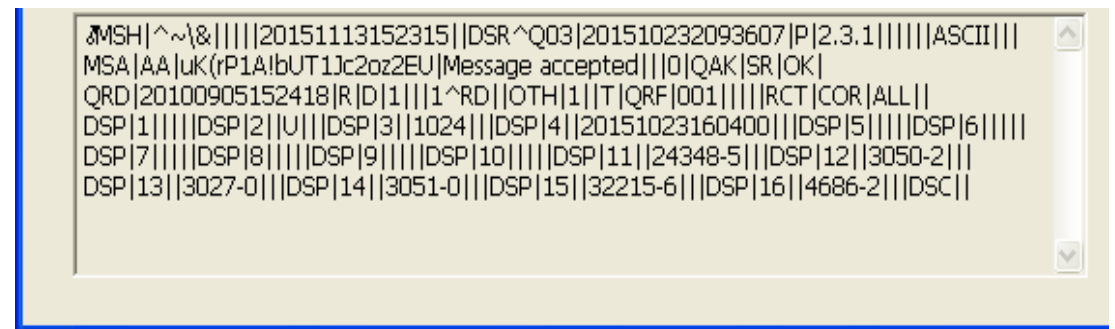


图3-31 LIS系统回传的数据包

2	3	4	11	12	13	:
U	123	20150602090600	24348-5	3050-2	3027-0	:
U	11	20150602090900	24348-5	3050-2	3027-0	:
U	22	20150602091000	24348-5	3050-2	3027-0	:
U	19	20150602113600	24348-5	3050-2	3027-0	:
U	7	20150603133800	30522-7			:
U	6	20150603133900	30522-7			:
U	5	20150603133900	30522-7			:
U	234	20150709144600	24348-5	3050-2	3027-0	:
U	7091	20150709151800	24348-5	3050-2	3027-0	:
U	7092	20150709154700	24348-5	3050-2	3027-0	:
U	1023	20151023160300	24348-5	3050-2	3027-0	:
U	1024	20151023160400	24348-5	3050-2	3027-0	:

图3-32 解析后的数据内容

### 3.3.3 系统工作流程

下位电控系统工作流程分为主控工作流程与喷码位置检测子工作流程，如图3-33、3-34所示。

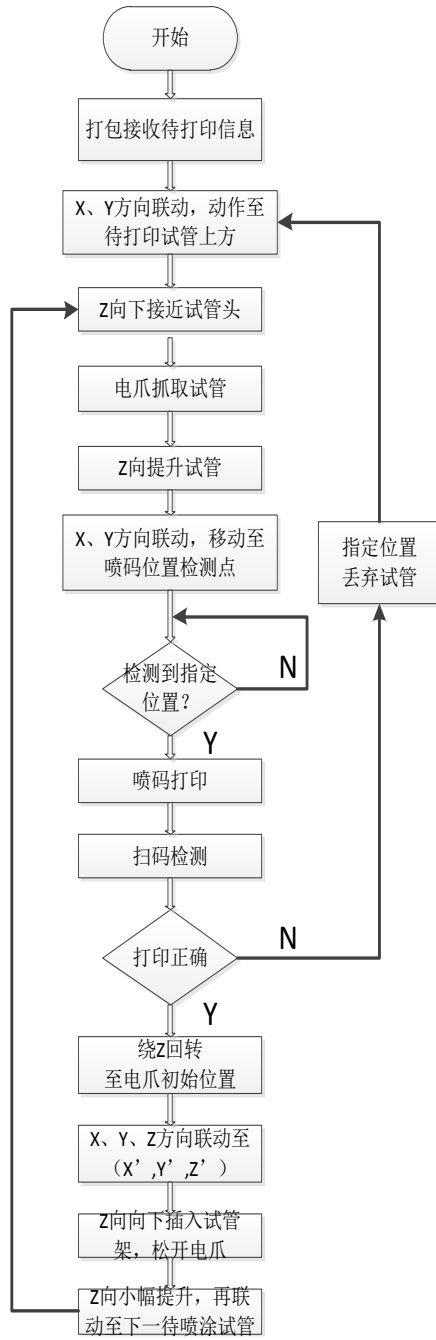


图3-33 主控工作流程图

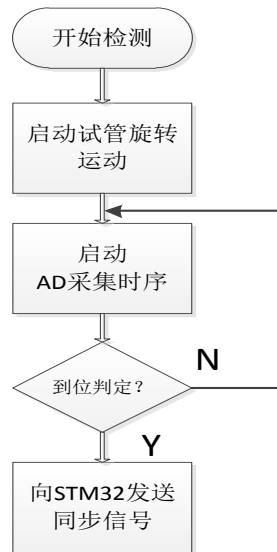


图3-34 喷码位置检测流程

### 3.3.4 边界扫描算法

#### (1) CCD 模块与试管平行放置方案

喷码位置检测模块采样频率设计为 25Hz，试管转速设计为 4s/r，则每隔 3.6 度采集一次数据，每一次的 128 个数据进行累加，曲线作归一化处理。仿真中采用试管旋转 360 度，实际中采用试管旋转 400 度，防止出现极端状况，如边界就在起始点（终止点）附近。

当试管旋转时，若状态顺序为：白色->透明->白色，对采集得到的 128 个数据进行累加并作归一化处理，画出仿真曲线如图 3-35 所示，将阶跃的中值点对应的角度位置作为边界点，对应的角度位置通过邻近两点插补得到。看实际过程选择上升沿或者下降沿的中值点。

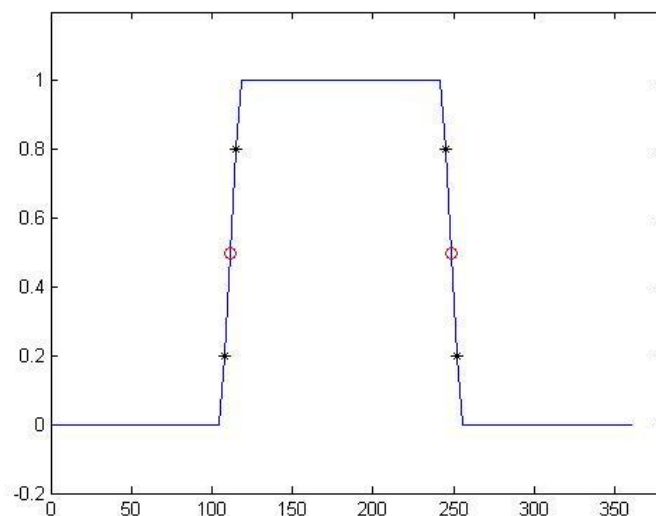


图3-35 水平放置方案数据仿真曲线1

当试管旋转时，若状态顺序为：透明->白色->透明，对采集得到的 128 个数据进行累加并作归一化处理，画出仿真曲线如图 3-36 所示，将阶跃的中值点对应的角度位置作为边界点，对应的角度位置通过邻近两点插补得到。看实际过程选择上升沿或者下降沿的中值点。

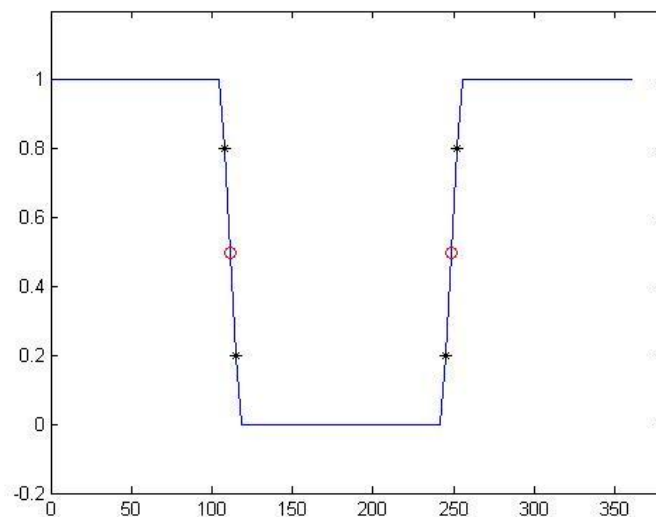


图3-36 水平放置方案数据仿真曲线2

## (2) CCD 模块与试管垂直放置方案

采样频率设计为 25Hz，试管转速设计为 4s/r，则每隔 3.6 度采集一次数据，每一次的 128 个数据进行累加，曲线作归一化处理。仿真中采用试管旋转 360

度，实际中采用试管旋转 400 度，防止出现极端状况，如边界就在起始点（终止点）附近。

当试管旋转时，若状态顺序为：白色->透明->白色，对采集得到的 128 个数据进行累加并作归一化处理，画出仿真曲线如图 3-37 所示，将阶跃的中值点对应的角度位置作为边界点，对应的角度位置通过邻近两点插补得到。看实际过程选择上升沿或者下降沿的中值点。

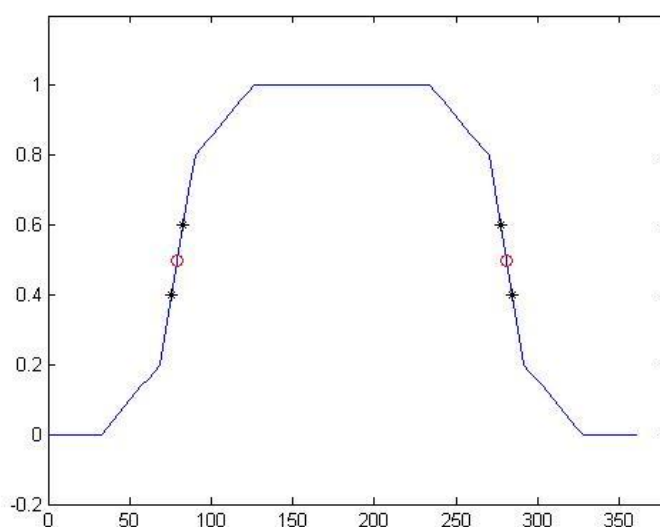


图3-37 垂直放置方案数据仿真曲线1

当试管旋转时，若状态顺序为：透明->白色->透明，对采集得到的 128 个数据进行累加并作归一化处理，画出仿真曲线如图 3-38 所示，将阶跃的中值点对应的角度位置作为边界点，对应的角度位置通过邻近两点插补得到。看实际过程选择上升沿或者下降沿的中值点。

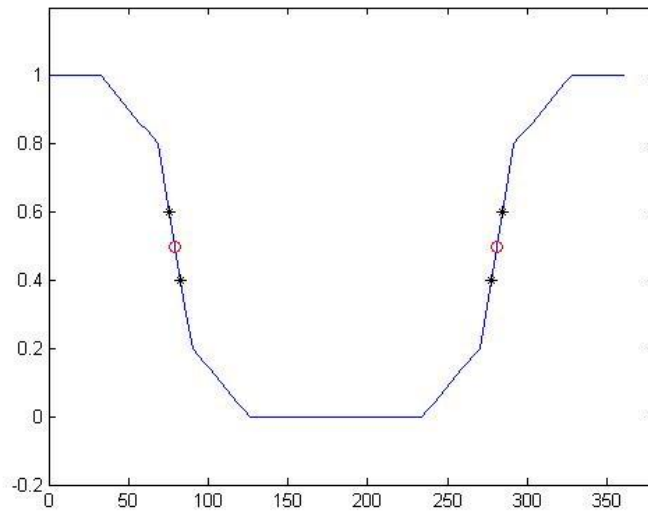


图3-38 垂直放置方案数据仿真曲线2

### 3.3.5 通信协议及纠错机制

上位机给下位电控系统发送数据定义为下行，下位电控系统给上位机返回数据定义为上行，不管上行下行指令，下行指令又可分为带参数指令和不带参数指令，带参数指令格式如下

0xFF 字节1 字节2 字节\*N 字节N+2

0xFF规定为数据接收起始符，字节1为本帧数据长度，定义为长度字节数据后面的所有数据包括N个数据字节和1个校验字节，校验采取求和校验方式。字节2为指令代码，区别不同的操作对象，具体采参数下行指令有如下，

伺服电机控制指令 0xFF 长度 0xBB 字节\*N 校验

喷码机控制指令 0xFF 长度 0xCC 字节\*N 校验

电爪控制指令 0xFF 长度 0x99 0x11/0x00 (伸/缩) 校验

不带参数的下行指令有：

开机自检结果查询 0xFF 长度 0xAA 校验

扫码枪控制指令 0xFF 长度 0xDD 校验

喷码位置检测指令 0xFF 长度 0xEE 校验

上行指令有：

自检结果应答 0xFF 长度 0xAA 0x01 0x01 0x01 0x01

校验

返回绝对位移	0xFF	长度	0xBB	0x05	0xBA	字节*5	
校验							
							(起始)(帧长9)(指令代码)(电机号)(读取位移)(位移)
状态信息返回	0xFF	长度	0xBB	0x05	0xBC		
0xA8/0xA1/0xA5		校验					
							(起始)(帧长5)(指令代码)(电机号)(返回状态)(0xA8 到位/0xA1正限/0xA5负限)
喷码机控制指令	0xFF	长度	0xCC	0x55/0x00	(成功/失败)		校验
扫码枪控制指令	0xFF	长度	0xDD	字节*N			校验
检测模块控制指	0xFF	长度	0xEE	0x55/0x00	(成功/失败)		校验
电爪控制指令	0xFF	长度	0x99	0x55/0x00	(成功/失败)		校验

该自动喷码系统中上下位机之间，下位机核心CPU与多种外围模块之间，所涉及到的通讯接口有USB、网口和多个RS232接口，不同接口的数据接收都会产生中断，尤其是下位核心CPU与UIRobot电机的CAN网关之间，指令交互频繁，尤其是大量电机运行状态信息的反馈会造成中断，并打断主程序的运行，因此在数据的传输采用建立缓冲区的办法，将需要传输的数据先保存起来，传输之后，接收端回复ACK确认帧，如果发送端在发出数据之后未得到响应，则在一段固定时延之后继续发送前述指令，直到接收到ACK确认，确保数据传输的真实可靠。

## 4 项目预期成果及完成情况

### 4.1 合同约定的考核指标

技术指标：

- 1) 自动喷码系统样机一套
- 2) 外形尺寸： 600mm×600mm×600mm；
- 3) 添加试管容量： 200 支；
- 4) 喷码正确率： 100%。
- 5) 申请专利 7 项。



## 4.2 项目指标的完成情况

技术指标完成情况：

- 1) 自动喷码系统样机一套
- 2) 外形尺寸： 700mm×700mm×750mm；
- 3) 添加试管容量： 400 支；
- 4) 喷码正确率： 100%。
- 5) 申请专利 7 项。

具体情况为： 申请专利 7 项。具体成果如下：

1. 席秋子,顾国刚,杨勇,范朝庆,钟君,成贤锴,刘永峰,黄大任,于涌. 一种自动试管喷码装置, 发明专利, 201610403593.5 (授权)。

2.成贤锴, 于涌. 一种医疗信息查询方法、设备和系统,发明专利, 201611219773.4 (公开)。

3.席秋子, 顾国刚, 范朝庆, 钟君, 成贤锴, 刘永峰, 黄大任, 于涌. 一种自动试管喷码方法, 发明专利, 201610403606.9 (公开)。

4.席秋子,顾国刚,杨勇,范朝庆,钟君,成贤锴,刘永峰,黄大任,于涌. 用于自动试管喷码装置中的试管抓取装置, 发明专利, 201610403660.3 (公开)。

5.席秋子,顾国刚,杨勇,范朝庆,钟君,成贤锴,刘永峰,黄大任,于涌. 用于自动试管喷码装置中的试管转移装置, 201610403534.8 发明 (授权)。

6.成贤锴, 于涌. 一种医疗信息查询方法、设备和系统,实用新型, 201621438231.1 (授权)。

7.席秋子,顾国刚,杨勇,范朝庆,钟君,成贤锴,刘永峰,黄大任,于涌. 用于自动试管喷码装置中的试管抓取装置, 实用新型, 201620554501.9 (授权)。

## 5 项目成功实施所取得的效益

### 5.1 技术效益

通过本项目的实施，能够在我省建立专门从试管自动标注方面的团队，带动试管标注领域技术的进步。同时发挥项目辐射效应，以自动试管喷码系统为核心，带动实时通讯技术、精确定位控制技术、自动化控制技术、位置检测技术等领域的发展。这也是合作企业进行产业升级的重大举措，自动试管喷码系统是合作企业未来发展的一个重要方向。

### 5.2 经济效益

从经济方面考虑，虽然本项目研究的自动试管喷码系统设备比现有的智能试管标注系统高，但是试管标注的耗材成本低于智能试管标注系统，从长远来看，可以有效降低试管标注的成本。同时通过项目的产业化工作，也将带动我市乃至全省试管标注及相关产业的发展，为地方建立新的经济增长点。

### 5.3 社会效益

本项目的研究有助于提高医院的服务水平。在医学在我国取得长足发展的同时，医患冲突的现象也不容忽视。近年来，医患冲突的现象受到越来越广泛的关注。本项目研究保证了试管标注的准确率，从而可以有效避免因试管标注问题导致的标本采集错误、失效等问题导致的医患冲突。

## 6 总结与展望

项目基于喷码机技术，实现自动抓取HIS（LIS）数据及试管喷码，保证添加试管和拿取试管的便捷性，所喷条码识别率达100%，提高试管标注的自动化和智能化程度。通过LIS数据抓取、喷码机实时通讯技术，试管选取、试管放置

技术，自动试管运输技术，精确定位的试管喷码技术等4项关键技术研究来开展项目，技术路线清晰。

本项目有助于提高检验科自动化。现代医学已经步入循证医学时代，检验医学可以使临床与科学检验数据相结合，在比较合理的时间内，比较经济的情况下做出正确的医疗决策和合理的利用卫生资源，检验医学是近几十年发展最快的学科之一。本项目从提高了试管标注的自动化和智能化程度，对提高检验科自动化有重要作用。有效减轻了标本采集者的工作量，降低了劳动重复性，有效避免了标签粘贴错位、标签内容与试管种类不匹配、标签无法识别等现象，保证了试管标注的效率和准确率。