

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.09.027

# 带盖瓶装放射性液体自动分装控制系统

聂诗良<sup>1</sup>, 刘国平<sup>2</sup>, 陈新<sup>2</sup>, 席治国<sup>2</sup>, 赵俊<sup>1</sup>

(1. 西南科技大学 信息工程学院, 四川 绵阳 621010;

2. 中国工程物理研究院 核物理与化学研究所, 四川 绵阳 621900)

**摘要:** 针对操作人员采用手动主从机械手对带盖瓶装放射性液体进行分装存在的不足, 以机器人自动作业技术、移液器、电子天平等为基础, 研制一套带盖瓶装放射性液体自动分装系统。主要自动操作过程包括: 机器人操作送瓶、开盖、盖盖、移液、放回和取样嘴更换等动作; 移液器用于吸液和排液, 电子天平用于液体称量。分装机构主要由 3 个三自由度机器人、3 个转台和 2 个夹持座等组成。结果表明, 该系统能提高带盖瓶装放射性液体的分装精度、效率及自动化水平, 能大大减少辐射伤害。

**关键词:** 带盖瓶装放射性液体; 机器人; 自动分装

**中图分类号:** TP241 **文献标识码:** B

## Auto-Loading Control System of Bottled Radioactive Liquid with Lid

Nie Shiliang<sup>1</sup>, Liu Guoping<sup>2</sup>, Chen Xin<sup>2</sup>, Xi Zhiguo<sup>2</sup>, Zhao Jun<sup>1</sup>

(1. School of Information Engineering, Southwest University of Science & Technology, Mianyang 621010, China;

2. Institute of Nuclear Physics & Chemistry, China Academy of Engineering Physics, Mianyang 621900, China)

**Abstract:** According to operating personnel adopt manual master-slave robot to take cover bottled radioactive liquid for sub-dividing deficiency, based on robot automatic operation technology, pipette, electronic balance, a set of lid bottled radioactive liquid automatic loading system is developed. Main automatic operation process include: send bottle, open, cover, remove liquid and put back and sampling mouth replacement such action. Pipette is used to absorb and drainage. Electronic weighing scales used for liquid. Its institutions is mainly Legalized by 3 three freedom robots, 3 turntables and 2 holding blocks etc. The result shows that it increased the precision-loading, efficiency and level of automation of lid bottled radioactive liquid, which significantly reduce the radiation damage.

**Keywords:** bottled radioactive liquid with lid; robot; auto-loading

### 0 引言

对于高放射性环境下的带盖瓶装放射性液体, 目前尚无自动分装系统<sup>[1-4]</sup>。操作人员若采用手动主从机械手对带盖瓶装放射性液体进行分装, 操作难度大、工作时间长、分装精度不能保证、劳动强度大、易疲劳、工作效率低、受辐照时间长。故采用机器人自动作业技术、移液器、电子天平等研制一套带盖瓶装放射性液体自动分装系统, 以提高高放操作间内带盖瓶装放射性液体的分装精度、效率及自动化水平, 大大减少辐射伤害。

### 1 带盖瓶装放射性液体分装操作过程

该分装过程有 9 个步骤:

1) 分装准备, 将装有液体的 6 个待分样品瓶圆盘架(单瓶最大容积为 20 ml)和装有空瓶的 12 个接收样品瓶圆盘架(单瓶最大容积为 2 ml)分别进入高放操作间;

2) 待分瓶开盖和接收样品瓶开盖;

- 3) 接收瓶皮重称量;
- 4) 不同取样嘴的选取与安装;
- 5) 放射性液体样品分装;
- 6) 接收瓶(内装液体)称重;
- 7) 接收瓶盖盖与放回;
- 8) 待分瓶盖盖与放回;
- 9) 取样嘴拔除与丢弃。

### 2 分装机构及功能设计

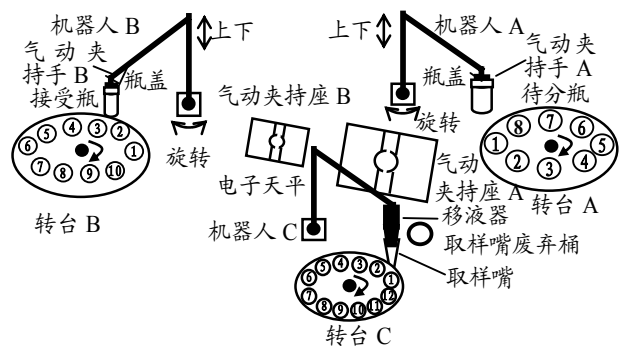


图 1 带盖瓶装放射性液体自动分装系统结构示意图

收稿日期: 2010-04-22; 修回日期: 2010-05-19

作者简介: 聂诗良(1968-), 男, 重庆人, 硕士, 副教授, 从事计算机控制系统研究。

1) 分装机构组成设计

如图 1, 分装机构由转台 A、转台 B、转台 C、机器人 A、机器人 B、机器人 C、夹持座 A、夹持座 B、移液器、电子天平、取样嘴废弃桶、装置基座等设备组成。

2) 各机构部件的功能设计

(1) 转台 A 上可放置 (由操作间配置的手动主从机械手完成, 下同) 和自动固定待分瓶架, 其旋转角度 (单次转动角度为 45°) 和正反转可控, 在固定位置提出待分瓶。(2) 转台 B 上可放置和自动固定接收瓶架, 其旋转角度 (单次转动角度为 36°) 和正反转可控, 在固定位置提出接收瓶。(3) 转台 C 上可放置和自动固定取样嘴架, 其旋转角度 (单次转动角度为 30°) 和正反转可控, 在固定位置提出取样嘴。(4) 机器人 A 用于操作待分瓶, 有 3 个动作, 分别是底座旋转、水平臂上下移动、夹持手夹紧与松开。(5) 机器人 B 用于操作接收瓶, 有 3 个动作, 分别是底座旋转、水平臂上下移动、夹持手夹紧与松开。(6) 机器人 C 用于操作移液器, 有 4 个动作, 分别是底座旋转、水平臂上下移动、线控移液器的吸液与排出、取样嘴顶出。(7) 夹持座 A 配合待分瓶开盖与盖盖, 有 1 个动作, 即夹持与松开。(8) 夹持座 B 配合接收瓶开盖与盖盖, 有 2 个动作, 即夹持与松开, 上下动作; 下置电子天平, 安置防风罩防止室内少量风扰对电子天平称量的干扰。盖盖时须夹持接收瓶并提升夹持座 B, 防止电

子天平过载; 称量时夹持座 B 处于下方并松开。(9) 移液器具有吸液、排液和取样嘴顶出功能, 用于转移分装液体, 通过 RS232 通信方式控制, 单次最大移液量 1.1 ml, 移液精度为 0.002 ml。移液器内因有半导体器件, 加铅屏蔽罩以防辐射。(10) 电子天平用于称量液体重量, 通过 RS232 通信方式控制称量和读数, 最大称量 100 g, 称量精度 0.1 mg。电子天平内因有半导体器件, 也加铅屏蔽罩以防辐射。(11) 取样嘴废弃桶用于存放用过的废弃取样嘴 (不同种类液体采用不同取样嘴, 防止交叉污染)。(12) 装置基座是上述设备的安装座。

3 自动分装控制系统设计

1) 控制系统结构设计

控制系统结构如图 2, 采用西门子 PLC S7-226CPU (有 32×DI, 16×DO, 晶体管无接触输出方式, 2 个 RS485 通信口) 和 10.4 英寸彩色触摸屏 MP277 分别作为主控制器和人机操作界面, 并扩展 1 个 S7-223 开关量输入输出模块 (有 16×DI, 16×DO, 晶体管无接触输出方式) 和 1 个 S7-EM277 通信模块。另光电隔离板起保护作用, 保护 PLC 模块。选用了 9 个步进电机及其驱动器 (电机型号 57BYGH250A, 转矩 0.9 N.M, 步距角 1.8°, 驱动器型号 2HB504 mA)。S7-226CPU 通过 2 个 RS485/RS232 电平转换器与移液器及电子天平通信连接, 并分别进行吸排液控制与称量读数。

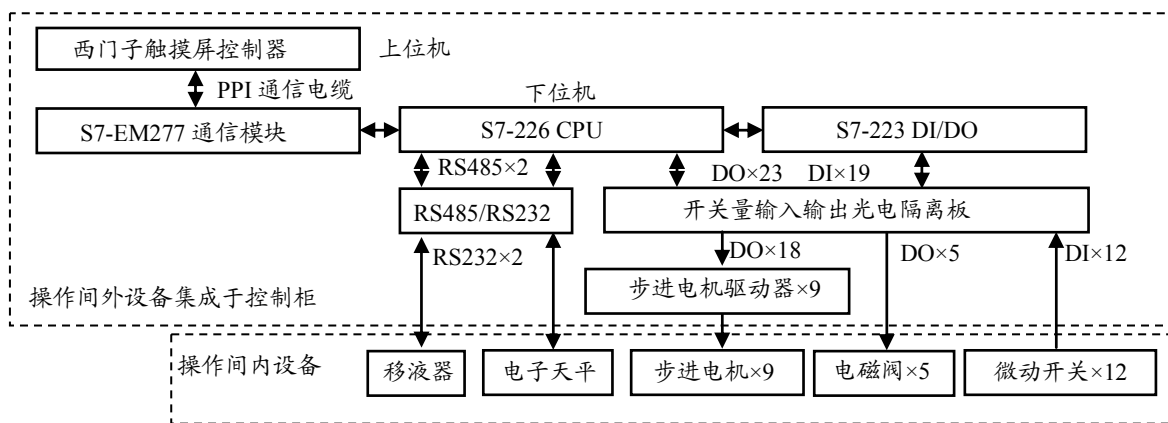


图 2 自动分装控制系统结构框图

2) 分装动作控制方案设计

(1) 3 个转台旋转定位控制: 转台的初始位置采用微动开关定位, 其旋转角度采用脉冲数定位。

(2) 3 个机器人的定位控制: 上限和旋转定位采用微动开关定位, 下到位采用脉冲数定位 (因转台与夹持座的水平高度不一致, 不能采用微动开关定位)。

(3) 3 个机器人夹持手的控制: 瓶盖为内凹形盖, 夹持手可插入瓶盖的凹形槽内, 夹持手 (相当于 2 个手指) 张开时与瓶盖紧密接触, 可提瓶或开盖或盖盖, 夹持手合拢时与瓶盖松开。采用电磁阀控制气缸来控制夹持手张开与合拢 (或称为夹持与松开)。

(下转第 96 页)

```

{
  value+=FIELD_GET(regRead32(CRT_FB_WIDTH),
CRT_FB_WIDTH,          OFFSET) *
(FIELD_GET(regRead32(CRT_VERTICAL_TOTAL),
CRT_VERTICAL_TOTAL, DISPLAY_END) + 1);
}

```

系统在初始化时，就会将 CRT 和 LCD Panel 两种视频输出模式同时初始化了。

### 1.3 SM502 时钟设置

SM502 视频驱动一般只支持 2 种外部时钟模式 12 M 或者 24 M,但系统中使用 11.059 M 时钟晶体,这就需要修改程序中相关时钟的配置代码。具体参见 SM502 的数据手册中提供的时钟树。

根据时钟树,以 11.059 M 时钟为基准,推算相关寄存器的设置,修改“voyager.c”文件中的相关代码如下:

1) 在“long findClock (long requested\_ clock,

\*\*\*\*\*

(上接第 81 页)

#### 参考文献:

[1] 刘和平, 邓力. 数字信号处理器(DSP)TMS320F28X[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007: 134-171.  
 [2] 王晓明, 王玲. 电动机的 DSP 控制—TI 公司 DSP 应用 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2004.  
 [3] 卢志刚, 吴杰. 数字伺服控制系统与设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007: 367-383.  
 [4] 罗朝霞, 高书莉. CPLD/FPGA 设计及应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2007: 145-151.  
 [5] 刘昌华. 数字逻辑 EDA 设计与实践[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006: 308-317.

\*\*\*\*\*

(上接第 91 页)

(4) 2 个夹持座的控制: 采用电磁阀控制气缸来控制夹持座 A、B 的夹持与松开, 夹持座 B 的提升与下降。

(5) 待分瓶的开盖与盖盖过程: 开盖由机器人 A 把转台 A 上待分瓶提到夹持座 A 上, A 座夹持后, 机器人 A 再垂直上移, 并移动到转台 A 上方停止, 实现开盖。盖盖是当待分瓶液体分完后, 夹持了瓶盖的机器人 A 移动到夹持座 A 上方再下移, 将瓶盖插入, 然后松开夹持座 A, 机器人 A 再上移, 直到插入转台 A 的待分瓶槽座中, 实现盖盖并回原位。

clock\_select\_t \*clock, display\_t display)”函数中, 将“for (mclk = 288000000; mclk <= 336000000; mclk += 48000000)”改为“for (mclk = 132708000; mclk <=154826000; mclk +=22118000)”;

2) 在“void programMode(reg\_table\_t \*register\_table)”中, 在 CRT 部分的 SetPower 函数设置之前添加代码“clock = clock | 0x00010000”。

### 3 结论

经过以上步骤, 重新编译内核, 下载到 Flash, 上电重启后, 即可在屏幕的左上角看见小企鹅图标了, 并且/dev下有fb/0。cat /dev/zero > /dev/fb/0 和 cat /dev/null > /dev/fb/0, 就可以看到屏幕黑白变化了。

#### 参考文献:

[1] SM502 Mobile Multimedia Companion Chip Databook.  
 [2] Intel PXA27x Processor Family Developer’s Manual.  
 [3] 景富军, 范华献. 西门子 802C baseline 数控系统应用[J]. 兵工自动化, 2009, 28(9): 76-77.

接受瓶的开盖与盖盖过程操作方式与待分瓶一样。

#### 3) 触摸屏监控程序设计

采用 WINCC 组态软件开发工具进行人机监控程序设计, 其主要功能有: 操作员登陆、运行参数输入(含待分瓶数、单瓶容量, 接受瓶数、单瓶容量, 取样嘴规格等)、分装过程图形化监控、分装数据在线查看、自动运行操作界面、点动操作界面、分装数据储存管理等。

### 4 结论

经多次实验调试, 该系统能够按时完成对带盖瓶装液体(采用纯净水)的自动分装, 达到的主要技术指标是: 位置定位精度 0.2 mm, 单个接受瓶分装时间 3 m, 移液容量精度为 0.003 ml, 称量精度为 2.1 mg, 满足设计要求。

#### 参考文献:

[1] 聂诗良, 等. 放射性同位素溶液自动分装系统的研制[J]. 同位素, 2005, 18(4): 193-196.  
 [2] 陶建国, 等. 机械手在同位素自动分装系统中的应用[J]. 机械工程师, 2001(11): 55-56.  
 [3] 张景明, 等. 放射性胶囊自动分装控制系统研究[J]. 机床与液压, 2008, 36(3): 152-154.  
 [4] 陈勇, 等. 基于模糊控制的放射性试剂分装机器人[J]. 仪器仪表学报, 2009, 30(2): 330-334.