文章编号：1674－9057(2012)01－0136－04 doi:10.3969/j.issn.1674－9057.2012.01.023

放射性液体药品自动分装系统的设计

王良峰，聂诗良，李驹光，赵 俊

（西南科技大学 信息工程学院，四川 绵阳 621010）

摘 要：为了避免放射性液体药品分装过程中对人体的辐射伤害，提高分装过程的自动化水平，设计完成了一个基于西门子PLC和触摸屏的高放射性液体药品分装自动化控制系统。该系统采用西门子PLC S7－200作为主控制器，触摸屏MP277作为现场监控设备。详细介绍了分装装置的机械组成、控制系统配置方案、控制系统软件设计和分装数据的汉化处理。试验结果表明，该自动分装系统提高了分装过程的效率，达到了预期的技术要求。

关键词：放射性液体药品；自动分装系统；机器人；触摸屏；汉化处理

中图分类号：TP273.5；TP278 **文献标志码**：A

随着经济和科学技术的不断发展，现代化的生产任务变得越来越复杂，对各种自动化生产的要求也越来越高，同时各种自动化生产过程的可视化也变得尤为重要[1－2]。某研究所需要在热室中进行高放射性液体药品的分装，由于液体药品的特殊性，若采用人工进行分装操作，不仅操作难度大、分装效率低、分装精度不能保证，而且会对人体造成放射性危害[3]。为此需要在热室内设计一个自动分装装置，在热室外通过自动化控制系统控制整个分装过程。无论在显示、操作、调试或数据存储上，触摸屏（HMI）都显示出比传统的显示界面（如数码管、液晶屏）更加强大的优势[4]。实时刷新的动态图表、丰富详实的数据记录、独树一格的三维动画等特点使其能实时监控系统的运行，增强了系统的可靠性、稳定性和可见性[5－7]。因此，采用西门子PLC作为主控制器和触摸屏MP277作为现场监控设备，设计完成分装过程的自动化控制系统，提高分装的自动化水平，减少辐射伤害，达到理想的分装精度。

1 分装系统总体结构

分装系统总体上由热室内的机械分装装置、热室外PLC控制柜和2个热室内黑白图像监控器三大部分组成，各部分通过电缆线（含信号线、通信线和电源线）及其航空插头连接。PLC控制柜正面板上有10.4英寸彩色触摸屏、电源开关及急停按钮。触摸屏上的人机界面可对热室内的机械分装装置进行点动（一般用于故障排除）和自动两种方式控制，并可进行参数设置与参数动态监控。电源开关为系统总电源开关；急停按钮为方便紧急断电时使用，拍下即可紧急切断220 V交流总电源。分装系统总体布局如图1所示。

2 系统机械部分

机械分装装置主要由转台A（放置10个待分瓶架和待分瓶，单次转动角度为36°）、转台B（放

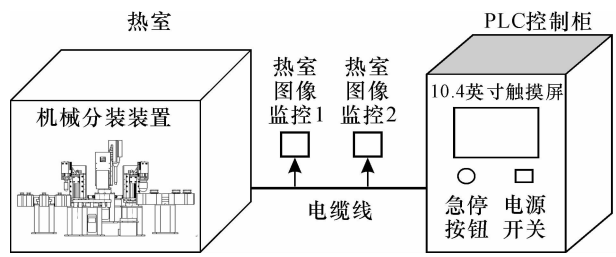


图1 分装系统总体布局

Fig. 1 Overall layout of the loading system

收稿日期：2011－06－23

基金项目：四川省核技术应用工程技术研究中心科研项目（09zh0067）

作者简介：王良峰（1986—），男，硕士研究生，控制理论与控制工程专业，wliangfeng86@163.com。

通讯作者：聂诗良，副教授，nie_shi_liang@263.net。

引文格式：王良峰,聂诗良,李驹光,等.放射性液体药品自动分装系统的设计[J].桂林理工大学学报,2012,32(1):136－139.

置 10 个接收瓶架和接受瓶，单次转动角度为 36°）、转台 C（即取样嘴转台，放置 12 个取样嘴架和取样嘴，单次转动角度为 30°）、简式机器人 A（3 个动作：底座旋转、水平臂上下移动、夹持手夹紧与松开）、简式机器人 B（3 个动作：底座旋转、水平臂上下移动、夹持手夹紧与松开）、简式机器人 C（4 个动作：底座旋转、水平臂上下移动、线控移液器吸液与排出、取样嘴顶出）、夹持座 A（夹持与松开）、夹持座 B（夹持、松开与抬升，内置电子天平）、废弃取样嘴桶、装置基座及其连接电缆等组成（图 2）。

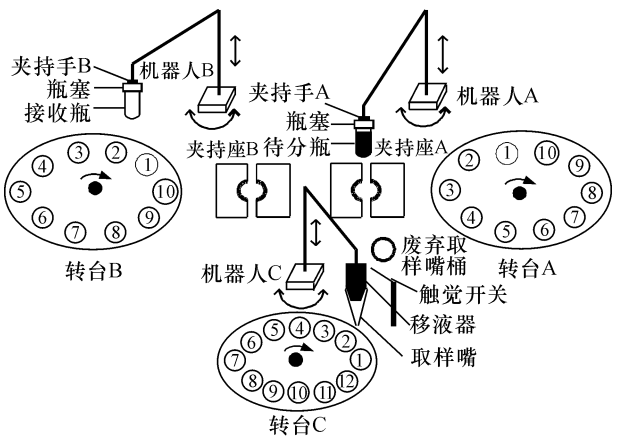


图 2　机械分装装置结构

Fig. 2　Structure diagram of mechanical loading equipment

3　控制系统配置方案

热室外的 PLC 控制柜构成了放射性液体药品自动分装系统的控制系统，包括 10.4 英寸西门子触摸屏 MP277、S7－200 系列 PLC 模块（含 S7－226CPU、S7－EM277 通信模块、S7－223 开关量输入输出模块）、1 台线控移液器、1 台电子天平、2 个 RS485/RS232 通信协议转换器、2 块开关量输入输出光电隔离板、9 套 57 系列步进电机及其驱动器（分别驱动简式机器人 A、B、C 上下和旋转运动及转台 A、B、C 的旋转运动）、5 个电磁阀（分别控制简式机器人 A、B 夹持手和夹持座 A、B 夹持/松开及夹持座 B 的升降）、14 个微动开关（分别检测运动位置信号）、5 个直流稳压电源等。自动分装系统控制方案如图 3 所示。

在系统配置过程中，需要充分考虑分装过程中各部件位置检测及动作定位问题。转台 A、B、C 的初始位置均采用微动开关定位，微动开关动作表明转台到达初始位置，旋转角度则通过 PLC 标定脉冲数进行定位，3 个转台需要分别标定 10、10、12 个脉冲数。机器人 A、B、C 的上到位、逆到位、顺到位均采用微动开关定位，下到位采用脉冲数定位；机器人 C 到达夹持座 A 上方及废弃取样嘴桶上方采用脉冲数定位。夹持座 A 与 B 的夹持与松开动作、机器人 A 与 B 上夹持手的夹持与松开动作、夹持座 B 的顶起与落下动作均不需定位检测，由机械结构保证动作到位。

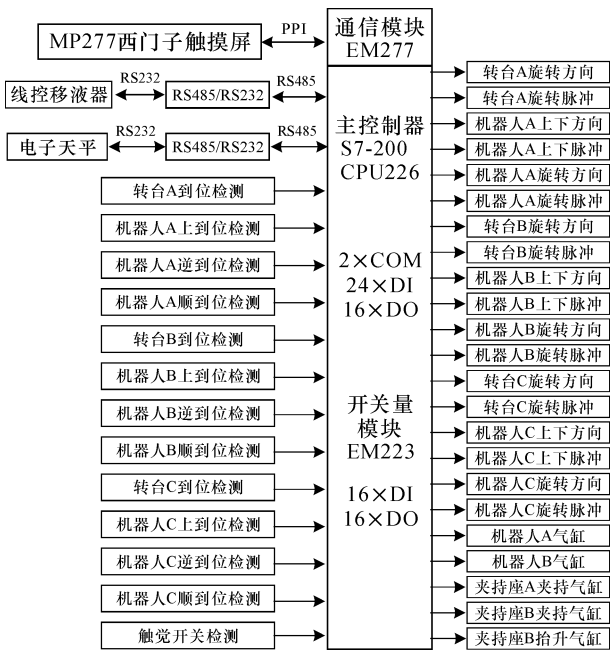


图 3　自动分装系统控制方案

Fig. 3　Control scheme diagram of automatic loading system

4　控制系统软件设计

4.1　PLC 控制程序设计

PLC 控制程序采用模块化设计方法，包括 8 个部分：系统初始化，机器人 A、B、C 并行动作，自动分液，机器人 C 吸液与接收瓶并行动作，接收瓶取回，取样嘴退嘴和机器人 C 归位，待分瓶取回，PLC 与触摸屏的通信（图 4）。

系统初始化是指转台 A、转台 B、转台 C 分别动作到 1 号待分瓶、1 号接收瓶和 1 号取样嘴的初始位置，这些位置固定并由微动开关定位检测；机器人 A、机器人 B、机器人 C 分别动作到转台 A、转台 B、转台 C 的 1 号待分瓶、1 号接收瓶和 1 号取样嘴的正上方，由微动开关定位检测。

机器人 A、B、C 并行动作主要由两部分组成：

（1）机器人 A、B、C 同时垂直下行到位，此

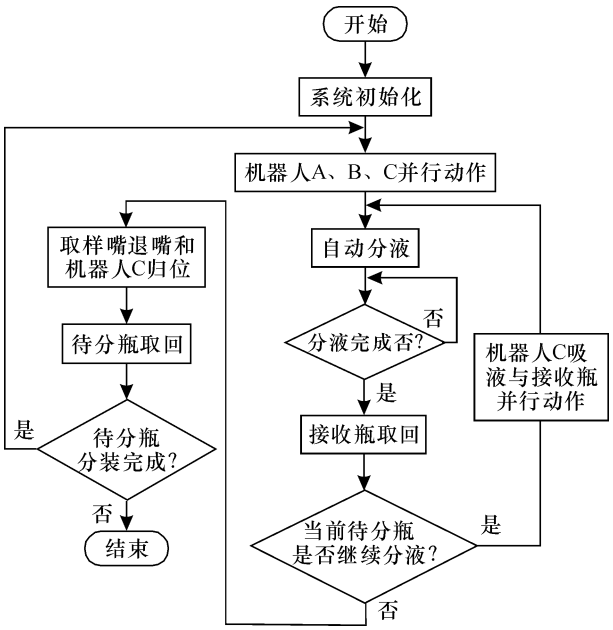


图 4 自动分装控制总体流程

Fig. 4 Overall flow chart of automatic loading system

时机器人 A、B 的气动夹持手分别插入待分瓶和接收瓶瓶盖的圆形凹槽，然后控制相应电磁阀，在气动力的作用下，使夹持手张开，夹持手与瓶盖紧密接触，机器人 C 上的移液器嘴刚好插入取样嘴，并能将转台 C 上的取样嘴取出；

（2）机器人 A 夹持装有液体的待分瓶从转台 A 移动到夹持座 A，执行开盖动作后夹持瓶盖回到转台 A 上方，机器人 B 夹持接收瓶从转台 B 移动到夹持座 B，执行开盖动作后再夹持瓶盖回到转台 B 上方，夹持座 B 松开并落下使接收瓶放在电子天平的支座上，待分样品瓶、接收瓶准备就绪后，机器人 C 获取取样嘴后再移动到夹持座 A 的待分瓶上方。

自动分液是指带有取样嘴的机器人 C 下行插入到待分液体液面下合适的深度并吸液，然后机器人 C 上行并转至夹持座 B 上方将液体排入到接受瓶内。根据设置，分液可以实现单瓶分单瓶和单瓶分多瓶。

接受瓶取回是指当接收瓶内液体称量后达到设置的重量，机器人 B 取回接收瓶并放回转台 B 上。机器人 C 吸液与接收瓶并行动作是指当前待分瓶若需要继续分液的话，转台 B 旋转 36°，机器人 B 取一个新的接收瓶放在夹持座 B 上，机器人 C 继续分液过程。

一个待分瓶分液过程完成后，移液器将会推下取样嘴，机器人 C 回到转台 C 上方，已分瓶被放回转台 A 上的原始位置。若转台 A 上的其他待分瓶需要分液，转台 A 旋转 36°后继续上述各步骤。

4.2 触摸屏监控程序设计

触摸屏监控程序设计主要包括分装操作登陆界面、主监控界面、运行参数设置界面、脉冲数查看及设置界面、分装数据查看界面、点动操作界面、手动操作说明界面等。

触摸屏可以进行工艺参数的设定、运行状态的监控，这是通过 WINCC 组态软件里的变量设置、基本控件生成的监控画面以及脚本语言实现的[8-9]。主要思路是将机器人旋转过程离散化，用一段脉冲数区段表示机器人旋转位置的某一状态，以此分段标记水平方向上机器人的旋转动作，用机器人夹持手上无瓶、有瓶塞、有瓶来标记垂直方向上夹持手的状态。以机器人 A 为例，机器人 A 在分装过程中的状态列于表 1（脉冲数通过试验标定得到）。当然，转台 A、B、C 转孔的旋转位置也是通过标定的脉冲数进行准确控制，已用过和未用过的转孔用不同颜色加以区别。这样就可以较为准确地标记机器人在旋转过程中的位置以及夹持手上有没有夹瓶塞或瓶子，准确定位转台上转孔的位置，从而实现对分装过程中机器人和转台动作的在线监控。

分装过程完成以后，可在分装数据查看界面中查看分装数据并通过界面里“写入文件”按钮将分装数据记录在“.csv”后缀的文本文件，并可保存在可移动存储设备里，连续多次自动分装数据信息以

表 1 机器人 A 的状态

Table 1 State of Robot A

夹持手状态	旋转脉冲数							
	1 ~ 47	48 ~ 96	97 ~ 144	145 ~ 192	193 ~ 240	241 ~ 279	0	280
0	1	4	7	10	13	16	19	22
1	2	5	8	11	14	17	20	23
2	3	6	9	12	15	18	21	24

注：0 ~ 280 表示机器人旋转的脉冲数；第 1 列的 0、1、2 分别表示机器人 A 夹持手上无瓶、有瓶塞、有瓶；其余的 1 ~ 24 表示机器人 A 不同位置的状态。

追加模式写入文件。这样就可以通过查阅和分析分装数据，检测分装过程是否满足技术指标要求。

5　分装数据的汉化处理

通过监控界面“写入文件”按钮保存的分装数据是英文文本资料，为了将保存的数据文本资料汉化以及进行处理，需要编写一个分装装置分装记录查看软件。MFC 是一个微软公司提供的类库，以 C + +类的形式封装了 Windows 的 API，并且包含一个应用程序框架，以减少应用程序开发人员的工作量[10]，笔者采用 MFC 来编写该软件程序，编译后生成可执行文件。通过可执行文件打开保存的英文文本文件后就可以得到经过处理的汉化版分装数据记录表单，处理后的分装数据方便阅读和存档。分装记录数据查看软件汉化和处理后的一次分装数据表单如图 5 所示。

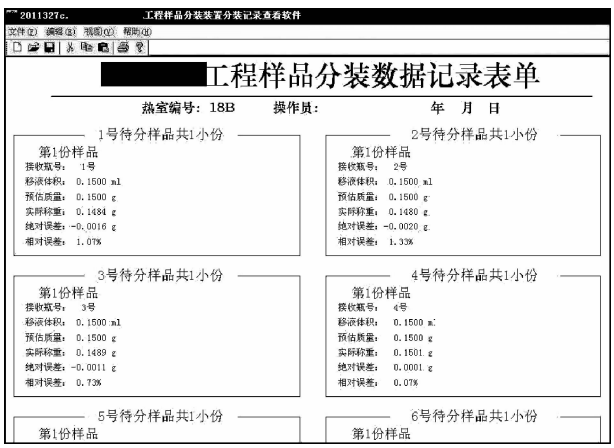


图 5　汉化处理后的一次分装数据

Fig. 5　One loading data after chinesization process

6　结　论

系统中使用的移液器分辨率为 1 μL，电子天平称量相对误差约为 ± 1 mg。移液器在吸液体前后吸入空气，保证吸排液在线性区间，避免取样嘴挂滴，同时有高精度电子天平保证液体称量准确。经过长时间反复的试验调试，设计的自动分装系统能够按时精确的完成液体（采用自来水试验）的自动分装，多次自动分装相对误差平均值为 0.56%，满足控制系统设计要求。

参考文献：

[1] 西门子（中国）有限公司. 深入浅出西门子人机界面[M]. 北京：北京航空航天大学出版社，2009：1 - 5.

[2] 廖常初. 西门子人机界面（触摸屏）组态与应用技术[M]. 北京：机械工业出版社，2008：1 - 50.

[3] 聂诗良，刘国平，陈新，等. 带盖瓶装放射性液体自动分装控制系统[J]. 兵工自动化，2010，29（9）：90 - 91.

[4] 管洋，王硕丰，胡逢源. 触摸屏在船舶电站监控系统中的应用[J]. 机电设备，2007（6）：16 - 19.

[5] 马勇，程铁栋，藏其亮，等. 触摸屏在井下水泵控制装置中的应用[J]. 工矿自动化，2009（11）：84 - 87.

[6] Shneiderman B. Touch screens now offer compelling uses [J]. Software，IEEE，1991，8（2）：93 - 94.

[7] Huang N，Xiao J，Yu G S. Application of PLC and touch screen in two-way extrusion of biomass block fuel prototyping machine [C]//ICEMI 2009 - Proceedings of 9th International Conference on Electronic Measurement and Instruments，2009：761 - 764.

[8] 赵显红，张晓红. 触摸屏与 PLC 在捻线机自动控制系统中的应用[J]. 自动化仪表，2008，29（7）：66 - 68.

[9] 杨路明，雷亚军. 组态软件 WinCC 在自动监控系统中的应用[J]. 计算技术与自动化，2003，22（4）：21 - 24.

[10] 陈峰，李安吉. WINDOWS、C + + 与 MFC 编程应用[J]. 物探化探计算技术，1997，19（2）：185 - 191.

Design of Automatic Loading System on Radioactive Liquid Medicine

WANG Liang-feng，NIE Shi-liang，LI Ju-guang，ZHAO Jun

（*College of Information Engineering*，*Southwest University of Science and Technology*，*Mianyang* 621010，*China*）

Abstract：In order to avoid radioactive damage to human body in the process of loading on liquid medicine and improve the automation，an automatic loading control system of high-level radioactive liquid pharmaceutical is designed based on Siemens PLC and touch screen. The system uses Siemens PLC S7 - 200 as the main controller，touch screen MP277 in field monitoring equipment. Mechanical components of loading system，configuration and software design of control system and chinesization process of loading data are detailed. The automatic loading system improves efficiency，reduces radioactive damage to human body and achieves the expected technical requirements.

Key words：radioactive liquid medicine；automatic loading system；robot；touch screen；chinesization process