

放射性同位素药液自动稀释分装装置的研制

陈廷成, 黎亚元, 陈守强, 张恕远

(西华大学 数控技术研究所, 四川 成都 610039)

摘要: 研制了一种新型的同位素自动稀释分装装置, 并提出了一种实时剂量测控新方法。该装置以计算机为操作平台, 步进电机和高精密蠕动泵为执行元件。该装置能处理所有的操作信息和数据; 由于采取了有效的防辐射措施, 实现人性化设计。目前该装置已投入实际应用, 并取得预期的期效果。

关键词: 放射性同位素药液; 自动稀释和分装; 剂量控制

中图分类号: TL92. 2; TP273 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7512(2007)02-0065-03

Development of a Diluting and Dividing System for Radioisotope Solution

CHEN Ting-cheng, LI Ya-yuan, CHEN Shou-qiang, ZHANG Shu-yuan
(NC Research of Xihua University, Chengdu 610039, China)

Abstract: A new type device of automatic diluting and dividing for radioisotope solution are designed. In the system the step motors and highly precise wriggle-pumps and other hardware as working-unit are controlled by computer-based platform, all the operational information and data can be processed. A real-time-detect method for the radioactivity is also presented. The humanism method is realized in this system, because the radiation problem is solved effectively. This device has been applied and the expected results are achieved.

Key words: radioisotope solution; automatic diluting and dividing; dosage controlling

最早的¹³¹I 稀释分装操作是采用手工操作, 防护装置简陋, 分装不安全、低效、低精度。此后开发出了许多机械分装设备。其中一类为机械手分装装置, 此装置利用机械手插针难度大且定位不准, 分装药量精度差; 人工观测控制分液量的方式对操作人员精神压力大且放射性防护性差^[1]。随后出现了一些改进的分装系统^[1~6], 其中一种采用由控制台、上料机械手、分装器、电子秤释放器移动箱和辐射防护设施等组成的利用质量进行分装的自动分装设备^[2], 也有很多装置采用了由步进电机带动蠕动泵进行精确的体积自动分装^[1,3,5], 但他们仍然存在一些问题, 如:

分装药源的放射性剂量的精度低; 对病患者的个性化方面考虑不足, 病患者不能确定所服用药源的放射性剂量; 无病患者的相关信息统计资料。针对这些问题, 本工作拟开发一种基于计算机实时控制和管理的同位素自动稀释分装仪。新装置拟采用放射性测量仪对分装的药源进行放射性剂量的实时测控并显示出实际值; 在计算机控制软件中加上相应的数据管理模块, 以完成快速统计相关的治疗信息, 统计所有病患者档案及有关的其它信息; 在解决辐射防护方面采取以下措施: ①稀释操作时, 高浓度药源由铅罐屏蔽; ②对于稀释后的较低浓度的药液也由铅罐屏蔽; ③稀

释、分装输送用的胶管采用铅套屏蔽;④整机主机放在一单独带屏蔽的房间里并加铅玻璃进行屏蔽;⑤操作人员可在 50 m 外操作计算机,通过 RS485 串口通讯实现远程自动稀释分装操作。

1 总体设计方案

系统设计原理示于图 1。该系统包括稀释、分装、活度测试及显示功能。稀释时,西林瓶中呈现一个相对封闭的空间,当稀释泵步进电机带动稀释泵(蠕动泵)旋转,通过软胶管 2 把西林瓶中的液体抽到稀释容器中,西林瓶形成负压,缓冲液容器中的缓冲液在大气压的作用下通过软胶管 1 压入西林瓶中。在分装过程中,活度测试仪实时地把抽入分装杯的药液的剂量测试出来,并以实测剂量为控制指标,而无需严格控制体积。测试的药液剂量一是反馈给计算机供控制使用;二是实时地显示在活度显示器上,供病患者了解到服用的药液剂量。

1.1 机械系统设计

根据图 1 所示的原理,开发研制了稀释、分装系统,该系统的结构简图示于图 2。

(1)西林瓶检测。由于该系统操作的对象是放射性产品,因此要对盛装产品的容器进行防辐射保护,操作人员不应暴露在辐射范围内。供药单位预先将药源西林瓶放在铅罐中,只是在稀释前才由有关操作人员把铅罐的铅盖用工具取掉,由该设备自动检测药源西林瓶。首先把铅罐推入图 2 中 1 所示位置。由检瓶装置 3、弹簧 5、检瓶导杆 7、检瓶开关 8 检测有无西林瓶。在开机启动后,检瓶装置与针头一起下移,如有西林瓶,在针头的长针插入西林瓶的同时,检瓶装置 3 被西林瓶顶住不会随针头、插针螺母座一起下移,此时检瓶装置 3、导杆 7 等停止运动,而插针螺

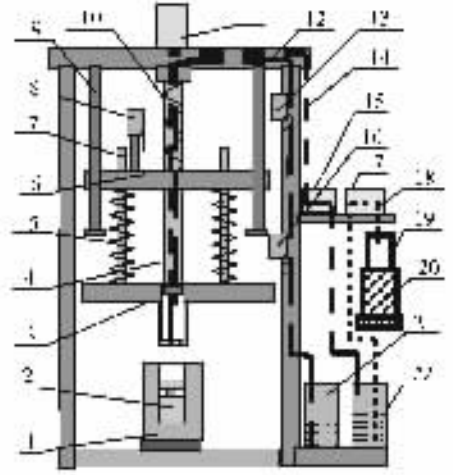


图 2 机械原理简图

- 1—铅罐;2—西林瓶;3—检瓶装置;4—插针装置;
5—弹簧;6—插针螺母座;7—检瓶导杆;
8—检瓶开关;9—插针导杆;10—丝杆;
11—电动机;12—软胶管 1;13—上行程开关;
14—软胶管 2;15—稀释泵;16—下行程开关;
17—分装泵;18—软胶管 3;19—分装杯;
20—活度测试头;21—缓冲液容器;
22—稀释后的药液容器

母座带动针头继续下移,装在插针螺母座上的检瓶开关 8 就会与装在检瓶导杆上行程挡块的距离逐渐减小。最后,检瓶导杆上的行程挡块碰上检瓶开关 8,收到此信号后针头在插针螺母座的带动下继续下移,碰到下行程开关 16,在这两个信号都有效的情况下,可进行稀释。

(2)针头插入深度控制。该系统通过使用下行程开关加行程挡块精确定位长针的位置。

(3)拔针控制。弹簧 5 能保证在拔针时使检瓶装置 3 一直在弹簧作用下,压住西林瓶,使其不会被拔出。

1.2 软件设计

设计的软件总体框架示意图示于图 3,该框架包含 4 个主要功能模块。

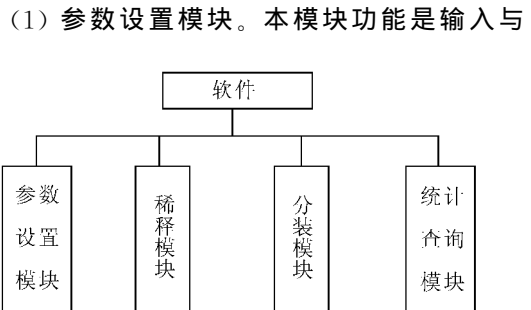


图 3 软件模块结构

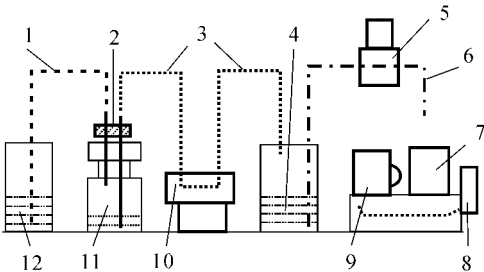


图 1 分装系统原理图

- 1—软胶管 1;2—针头;3—软胶管 2;
4—稀释后的药液;5—分装泵;6—软胶管 3;
7—分装杯;8—活度显示器;9—活度测试仪;
10—稀释泵;11—药源;12—缓冲液

药物、药物活度测量、相关人员、机械电气系统相关的数据,完成整个系统的初始化。这部分涉及到核素相关信息、操作人员、诊断医生相关信息、稀释的清管填管参数、分装的清管填管参数、稀释分装的速度参数、活度测量仪滞后修正参数(以下称门槛系数)、活度测量仪采样速率参数、分液完成后到活度测量仪开始采样的延迟时间、体积修正参数等。

(2) 稀释模块。本模块的功能是首先输入放射性药源的相关信息,如体积 V_0 (mL)、剂量 u_0 (mCi)、剂量对应的测量日期时间 t_0 、核素名称以及希望得到稀释后的药液浓度 c_0 (Ci/L) (或需提供的缓冲液体积 V_1 (mL)),根据公式(1)计算出应抽取的缓冲液体积 V_2 (mL)或公式(2)计算稀释后的药液浓度 c_1 (Ci/L)。

$$V_2 = (u_0 e^{(t_1 - t_0)}) / T_{1/2} / c_0 - V_0 \quad (1)$$

$$c_1 = (u_0 e^{(t_1 - t_0)}) / T_{1/2} / V_1 - V_0 \quad (2)$$

(1)、(2)式中 t_1 为稀释操作的当前时间(由计算机的日历时间提供); $T_{1/2}$ 为药源所对应的半衰期(系统启动初始化后,根据设置模块获得)。根据 V_1 (mL)或者 V_2 (mL)以及体积修正参数得到稀释泵步进电机应转动的步数,根据稀释的速度参数可得到稀释泵步进电机的转速,即稀释抽液的速度。此时软件即可发出控制指令,完成稀释操作。

(3)分装模块。在分装过程中,采用剂量控制方式。对 ^{131}I 放射性活度实时测量采用的是中国计量科学研究所的放射性测量仪(以下简称测量仪),活度测量仪的活度传感器(称探头)对放射性活度真实值的反应大致需要 3 s 的过渡时间,因此该测试系统为大延时系统,在实时测控时应充分考虑这一特点。其分装速度曲线示于图 4。具体方法是:首先根据稀释药液的浓度,及要分装的剂量(以下称理论剂量)计算出大致要分装的体积 V_3 (mL),并计算出脉冲当量,根据 V_3 和脉冲当量得到分装泵步进电机应转

动的总步数,以 V_3 的 5% 的量作为分装泵步进电机的启动阶段,并快速升到设定的分装速度进入恒定快速分装阶段,然后当发给步进电机的脉冲数达到 V_3 对应的 80% 时,快速降低分装速度,进入慢速实时测控分装阶段,在该阶段,如活度测试仪的实测值达到门槛值时,即刻停止分装。按这种方式进行分装,经过反复实验,门槛值设为理论剂量的 95% 为最优值(即门槛系数为 0.95)。这是因为达到门槛值后,停止分液,此时测试仪输出值还未稳定(即还不是分液的实际值),当它稳定后,其实际值与理论剂量值非常接近,误差基本在 $-2.5\% \sim +2.5\%$ 。

(3) 统计模块。本模块的功能是以病患者的信息为任意组合构成查询条件,查询信息并可打印输出。该模块可以提供患者的治疗情况,统计不同性别、年龄等的服药情况,为诊断医生提供可改进治疗效果的可用的信息。也可让治疗单位快速统计诊断医生的治疗患者的情况,以及操作人员的分装操作情况等。

2 实验与结论

该新装置示于图 5。经过大量的实验后,已用于很多医院,如四川大学华西医院、上海同济医院、武汉协和医院等,其中某医院部分分装数据列于表 1(门槛系数为 0.95 时)。



图 5 放射性同位素药液自动稀释分装装置

表 1 实验分装剂量

理论剂量/mCi	实分剂量/mCi	误差/%
2.0	1.99~2.05	-0.5~+2.5
5.0	4.90~5.02	-2.0~+0.4
6.0	5.85~6.01	-2.5~+0.17
10.0	9.8~9.92	-2.0~-0.80
12.0	11.8~11.95	-1.7~-0.42

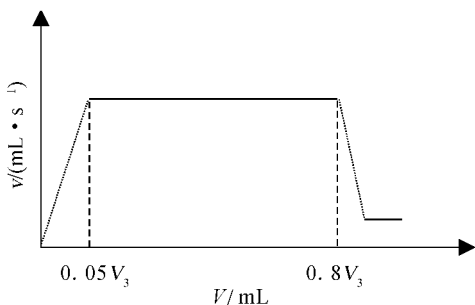


图 4 分装速度曲线

从表 1 可以看出,该装置的剂量分装精度远高于《中华人民共和国药典》规定放射性药物活度误差 $\pm 10\%$ 的精度范围,只是在低剂量的情况下,实分剂量会略高出理论剂量,在分装剂量越大的情况下,其精度相对越高,且很少大于理论分装剂量。对于低剂量分装时,实分剂量略高出理论剂量的情况,可通过实验适当调整门槛系数,使得实分剂量略为低于理论剂量。它既不影响治疗效果,又对治病患者心理有益。

概括起来,该装置首先较好地体现了人性化设计,特别是病患者能准确了解服用的实际剂量及实际分装信息;另外在精确分液控制中解决了活度测量探头造成的大延时问题,达到了剂量分装的精确分装控制;最重要的是该设备采用了高度自动化控制,解决了操作人员和病患者的防辐射问题。该设备已开发成功并投入市场,取得了预期效果。

参考文献:

- [1] 徐建,刘中林.一种放射性同位素溶液分装系统的研制与应用[J].同位素,2003,(3):218-221.
- [2] 陶建国,李志伟.放射性同位素自动分装设备的研制[J].机械工程师,2003,(7):61-62.
- [3] 聂诗良,李磊民,徐建,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.
- [4] 陈勇,罗钦林,吕霞伏,等.放射性同位素分装稀释系统[J].医疗设备信息,2004,(5):7-8.
- [5] 郭兴隆,吴文慧,罗钦林,等.一种新型同位素自动分装系统的研发[J].中国测试技术,2005,(4)104-107.
- [6] 吕霞伏,罗钦林,郭兴隆,等.放射性同位素自动稀释和分源系统[J].医疗卫生装备,2004,(6):23-25.