

DOI: 10.3969/j.issn.1001-4551.2013.06.011

快速发药系统出药方式优化研究及仿真

方龙伟, 俞超*, 鹿红超

(北京航空航天大学 机械工程及自动化学院, 北京 100191)

摘要: 针对自动化药房快速发药系统按层出药速率较低的问题,对快速发药系统的出药机构动作特点进行了研究分析,提出了一种矩阵式电磁铁顺序动作的出药方式。针对传统的按层出药方式和优化后的顺序动作出药方式,分别建立了不同层不同数量药品出库执行时间的模型,并采用离散型数据对该模型进行了Matlab仿真;最后,采用某医院药房出药情况的实际数据进行了实验。仿真结果表明,两种出药方式的出药时间都受药品的最大药盒数量影响,最大药盒数量越大,出药所需时间越长;按层出药方式的出药时间与药品摆放位置有很大关系,层数增加时,出药需要时间成倍数增加,而顺序动作出药方式的出药时间不受药品摆放位置影响,层数增加对出药时间没有影响。实验结果表明,顺序动作出药方式比按层出药方式节约了近47%时间。

关键词: 快速发药; 矩阵式接线; 顺序动作出药; 自动化药房; 自动化仓储

中图分类号: R952; TH69; TH39; TP273.1 文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2013)06-0689-04

Study and simulation of delivering drug ways of the rapid dispensing drug system

FANG Long-wei, YUN Chao, LU Hong-chao

(School of Mechanical Engineering, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100191, China)

Abstract: Aiming at improving the delivering drug speed of the rapid dispensing drug system, the movement of the delivering drug mechanism was investigated and a new method of delivering drug which is called electromagnet actions one by one was proposed. The mathematic models were built for the new method and the traditional method based on the delivering drug time, and then the models were simulated in Matlab by changing the parameters. At last, the data that collected from hospital was used in the models. The simulation results show that delivering time of the two methods is influenced by the maximum number of the medicine. The more the medicine need to deliver, the more time it costs; also, the delivering time of the traditional method is multiplied while the delivering time of the new method changed a little when the number of layers increased. The experimental results indicate that the new method can improve 47% efficiency over the traditional one.

Key words: rapid dispensing drug system; matrix wiring; electromagnet actions one by one; auto pharmacy; automated storage system

0 引言

医院药房自动化是药房发展的方向,而快速发药系统作为药房自动化的核心设备,决定着医院药房自动化设备的普及程度和普及速度^[1]。在我国,看病人多是所有医院都面临的一个问题,尤其是大中型医院更是如此。如何提高药房的发药速度、减少药房的运营成本、解决大型医院处方量大的问题,对加快药房

自动化速度有决定性意义^[2-3]。自动化药房系统包括快速发药系统和智能滚筒药柜。快速发药系统的出药机构分为3种类型:直线定位推杆出药机构^[4]、矩阵型拉杆出药机构^[5]和矩阵型布局出药作动器^[6]。

直线定位推杆出药机构由电机和推杆组成,药盒摆放在倾斜的药架上,药架底部安装一部直线定位机构的电动推杆,其位置使推杆运动时药盒可以越过弹出机构顶杆。当需要出某种药时,电机带动该出药机

收稿日期: 2013-01-18

作者简介: 方龙伟(1990-),男,陕西咸阳人,主要从事机器人及物流自动化方面的研究. E-mail: flongwei@163.com

通信联系人: 俞超,男,教授,博士生导师. E-mail: cyun18@vip.sina.cn

构运动到该药品所在位置,推杆伸出来推药盒,药盒越过顶杆,实现出药。该结构优点是实现了自动出药,不需要人参与,缺点是出药效率低。

矩阵型拉杆出药机构由行列电磁铁、行拉杆、列拉杆和拨杆等组成。药柜中放置很多层药品放置架,药品放置架被分隔成多个与药盒宽度相吻合的药盒滑槽,药品放置架倾斜放置。每个滑槽低端边缘设有向上倾斜挡板。在每行滑槽下面有可左、右移动的横向移动杆,横向移动杆与滑槽相对应的位置设有可向上顶起药盒的拨杆,拨杆与横向移动杆转动连接。每列滑槽旁边有列拉杆。当要出某个滑槽中药品时,该滑槽下面的横向移动杆所对应的电磁铁通电,横向杆移动,拨杆插入列拉杆中,同时该滑槽对应的列拉杆电磁铁通电,列拉杆带动拨杆推动药盒越过挡板,实现出药。该机构引入了矩阵式接法,节约I/O点,而且出药效率高,缺点是对装配要求高,机械结构容易卡死。同时,行电磁铁通电时间长,容易烧坏电磁铁。

矩阵型布局出药动作器由电磁铁、翻板以及安装架组成。药柜同矩阵型拉杆出药机构的药柜相同,每个滑槽底部有一套出药动作器。当要出某滑槽中的药品时,该滑槽对应的电磁铁动作,带动翻板旋转,翻板将滑槽中的药品推过档杆,实现出药。该动作器采用矩阵式接法,执行效率高,机械结构简单,不会出现卡死现象,缺点是每个滑槽对应一套动作器,硬件成本高。

该快速发药系统的出药机构采用矩阵型出药动作器。本研究对出药动作器的电磁铁控制提出一种新的控制方法,通过建立数学模型对新的控制方法进行分析,并代入实际数据对模型进行验证,为提高快速发药系统出药速度提供理论参考。

1 快速发药系统出药系统

1.1 出药系统构成及工作原理

快速发药系统的出药系统由执行机构、传送机构和检测机构3部分构成。执行机构包括电磁铁、翻板和机架,每个通道都有一套执行机构。传送机构包括电机和传送带,用来将出来的药品传送到出药口。检测机构主要包括计数传感器和保护传感器,用来记录出药数量和机器运行出错保护^[7]。

当某一个通道有药品需要取出时,出药装置示意图如图1所示。该通道的电磁铁5通电,铁芯3克服弹簧4带动翻板6旋转,将药盒7顶过挡轴2,后面的药盒在重力作用下将越过挡轴2的药盒顶下去。然后电磁铁5断电,在弹簧4作用下,铁芯3带动翻板6回到初始位置。当药盒经过计数器1时,计数器1记录药盒

数量传回PLC,PLC通过上位机程序将数量反馈到数据库。一个出药过程完成。

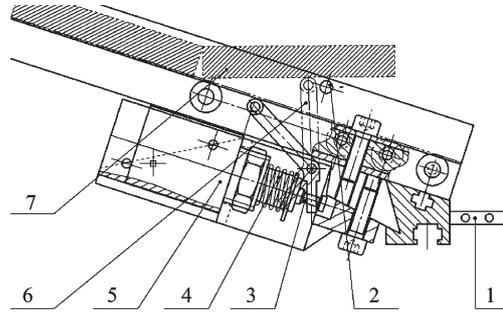


图1 出药装置示意图

1—计数器;2—挡轴;3—铁芯;4—电磁铁弹簧;5—电磁铁;6—翻板;7—药盒

1.2 电磁铁矩阵式接线

为了减少快速发药系统的硬件成本,节省PLC的I/O点,本研究采用矩阵式接线,接线图如图2所示。

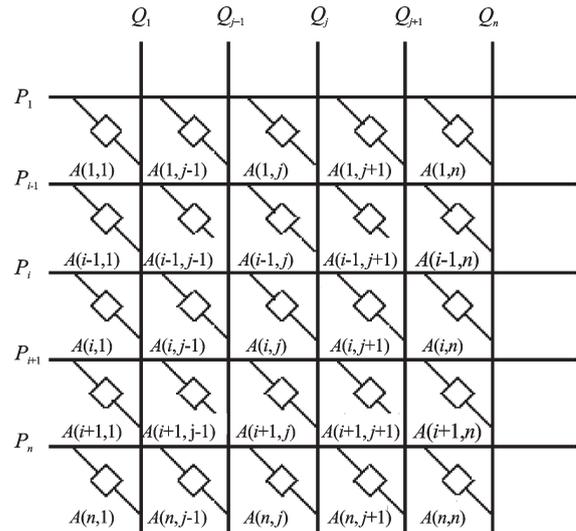


图2 电磁铁接线图

P_i —行导线, Q_j —列导线, $A(i,j)$ —电磁铁

图2中,当 P_i 和 Q_j 同时通电时,电磁铁 $A(i,j)$ 吸合;当 P_i 和 Q_j 同时断电,电磁铁 $A(i,j)$ 断开,此时完成一个打药过程。通过采用矩阵式接法,大大减少了快速发药系统的硬件成本^[8-9]。

2 快速发药系统出药方式

虽然,本研究通过采用矩阵式接法大大减少了PLC的I/O点的使用数量,但矩阵式接法存在一个问题,当两个或两个以上药品处于不同行不同列时,同时出这几种药就会使交点处的电磁铁全部动作。例如:要出 $A(i,j)$, $A(i+1,j+1)$ 通道的药, P_i , P_{i+1} 通电, Q_j , Q_{j+1} 通电。则 $A(i,j)$, $A(i,j+1)$, $A(i+1,j)$, $A(i+1,j+1)$ 4个电磁铁全部动作。 $A(i,j+1)$, $A(i+1,j)$ 通道的药多出了,不满足系统的出药要求。

2.1 电磁铁按层出药

为解决电磁铁同时动作的问题,目前市场上所有的出药方式都是按层出药,即一层一层出药。例如:要出 $A(i-1,j-1),A(i,j),A(i,j+1),A(i+1,j+1)$ 通道的药,每个通道出两盒。即先 P_{i-1},Q_{j-1} 通电, $A(i-1,j-1)$ 电磁铁动作,动作两次后, P_i,Q_j,Q_{j+1} 通电, $A(i,j),A(i,j+1)$ 电磁铁动作,动作两次后, P_{i+1},Q_{j+1} 通电, $A(i+1,j+1)$ 电磁铁动作。整个出药时间相当于电磁铁动作6次的时间。由于电磁铁是一个间歇性的工作部件,通电一段时间后要断电,通电和断电时间比称为电磁铁通电率。对于电磁铁来说,断电时间一般比通电时间长好几倍。按层出药没有充分利用电磁铁断电消磁的那段时间,所以浪费了大量的时间。为提高出药效率,从充分利用电磁铁断电消磁这段时间入手,本研究提出电磁铁顺序动作出药的方法,来提高时间利用率,真正实现“快速”出药。

2.2 电磁铁顺序动作出药

电磁铁顺序出药原理如下:假设要出 $A(i-1,j-1),A(i,j),A(i,j+1),A(i+1,j+1)$ 通道的药,每个通道出两盒。先将 P_{i-1},Q_{j-1} 通电, $A(i-1,j-1)$ 电磁铁动作,在 P_{i-1},Q_{j-1} 断电时将 P_i,Q_j 通电, $A(i,j)$ 电磁铁动作,在 P_i,Q_j 断电时将 P_i,Q_{j+1} 通电, $A(i,j+1)$ 电磁铁动作,在 P_i,Q_{j+1} 断电时将 P_{i+1},Q_{j+1} 通电, $A(i+1,j+1)$ 电磁铁动作, $A(i+1,j+1)$ 电磁铁动作完成后接着从头再来一遍,这样在两个电磁铁动作周期内就将3层药全部出完了,相对于按层出药,节约了大量的时间,从而提高了出药效率。

3 按层出药和顺序出药时间对比

3.1 理论模型下按层出药和顺序出药时间对比

本研究设快速发药系统有 P 层,单个处方出药时间为 T ,每个处方有 N 种药, N 种药摆放在 H 层上,每种药出 M_i 个,设药品随机摆放在储药槽内,皮带传输速度为 V ,传送带长为 S ,电磁铁动作一次时间为 t ,电磁铁通电率为 a ,则处理一个处方时间分析如下:

电磁铁顺序动作出药:

$$\begin{cases} T_{顺} = hM_a t + \frac{S}{V} \\ h = [(N-1)a] + 1 \end{cases} \quad (1)$$

式中: h —时间系数; M_a —该处方某种药最大出药盒数, $M_a \in \max\{m_1, m_2, \dots\}$ 。

电磁铁按层出药:

$$T_{层} = \sum_{i=1}^H M_{bi} t + \frac{S}{V} \quad (2)$$

式中: H —本处方药所在层数, M_{bi} —第 i 层某种药最大出药盒数。

根据实际快速发药系统,传送带长 $S=3.5$ m,皮带传送速度 $V=1$ m/s,电磁体动作一次时间 $t=1$ s,电磁铁通电率为10%。为简化模型,假设处方中每一种药都为 M_a 盒,本研究对式(1)和式(2)取不同的 N 值、 M_a 值和 H 值,在Matlab中仿真^[10],结果如图3、图4所示。

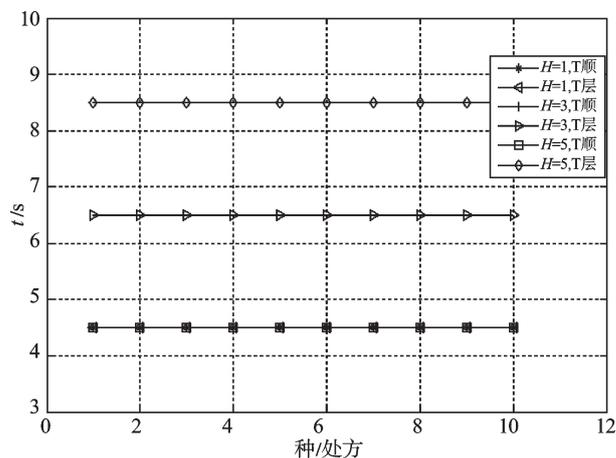


图3 M_a 相同, H 不同时仿真结果

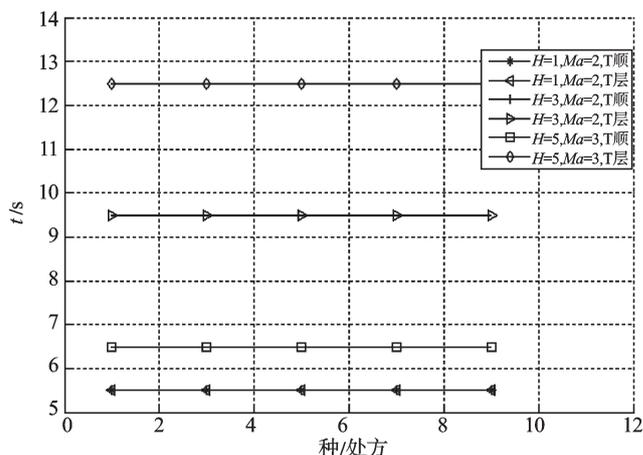


图4 M_a 不同, H 不同时仿真结果

从图3很容易看出,药品摆放位置对传统的按层出药时间影响非常大,但对电磁铁顺序动作方式几乎没有影响。从图4可以看出,层数和出药数量越多,传统的按层出药时间会成倍增长,而新方法几乎不变。

3.2 实际模型下按层出药和顺序出药时间对比

下面以医院实际出药情况对两种出药方式进行分析:

设快速发药系统有 P 层,药品随机摆放在储药槽内,单个处方出药时间为 T ,每个处方有 N 种药, N 种药摆放在 H 层上,每种药出 M_i 个, $p(i)$ 表示某种药出药数量为 M_i 的概率,皮带传输速度为 V ,传送带长为 S ,电磁铁动作一次时间为 t ,电磁铁通电率为 a ,则处理一个处方时间:

对于电磁铁顺序动作出药,单个处方平均出药时间为:

$$\begin{cases} T_{\text{顺}} = h \cdot (\sum_{i=1}^N (M_{i,p(i)} \cdot t) + \frac{S}{V}) \\ h = \sum_{i=1}^N ((i-1)a + 1) \cdot q(i) \end{cases} \quad (3)$$

式中： h —时间系数， $|b|$ —对 b 取整， $q(i)$ —处方中有 i 种药的概率。

对于电磁铁按层出药，单个处方平均出药时间为：

$$\begin{cases} T_{\text{层}} = \sum_{j=1}^N [\sum_{k=1}^H k \cdot (\sum_{i=1}^j M_{i,p(i)} \cdot t) \cdot f(k)] \cdot q(j) + \frac{S}{V} \\ A_p^k (\frac{C_j^{k_1} C_{j-k_1}^{k_2} \cdots C_{j-k_1-k_2-\cdots}^{k_k}}{\prod_{h=1}^r A_c^c}) \\ f(k) = \frac{\prod_{h=1}^r A_c^c}{P^j} \\ k_1 + k_2 + \cdots + k_k = j \end{cases} \quad (4)$$

式中： $f(k)$ — N 种药品摆放到 K 层的概率^[11-12]； $q(j)$ —处方中有 j 种药的概率； k_1, k_2, \dots, k_k — k 层每层的药品数； c —组内有 c 层药盒数相同； r —药盒数相同的种数。

山西儿童医院3个月用药统计信息如表1、表2所示。

表1 一个处方中药品种类数统计表

一个处方中药品种类数(种)	比率
1	6%
2	13%
3	31%
4	33%
5	17%
6	1%

表2 一个处方中每种药的数量

每种药的数量(盒)	比率
1	73%
2	24%
3	2%
>4	1%

对于实际的快速发药系统，电磁铁通电率 $a=10\%$ ，皮带传输速度为 $V=1 \text{ m/s}$ ，传送带长为 $S=3.5 \text{ m}$ ，电磁铁动作一次时间为 $t=1 \text{ s}$ ，将上面两个表中的数据代入到式(3)和式(4)中，则有：

顺序出药处理一个处方所需要的时间为：

$$T_{\text{顺}} = h(\sum M_{i,p(i)} \cdot t) + \frac{S}{V} = 1 \times 1.41 + 3.5 = 4.91 \text{ s}$$

按层出药处理一个处方所需要的时间为：

$$T_{\text{层}} = \sum_{j=1}^N [\sum_{k=1}^H H \cdot (\sum_{i=1}^j M_{i,p(i)} \cdot t) \cdot f(k)] \cdot q(j) + \frac{S}{V} =$$

$$1.41 \times 3.24 + 3.5 = 8.07 \text{ s}$$

则：

$$\frac{T_{\text{层}} - T_{\text{顺}}}{T_{\text{层}}} = \frac{8.07 - 4.91}{8.07} = 0.47$$

根据上面的计算结果，可以很清楚地看到，顺序出药比按层出药节约了大量的时间，顺序出药所花时间比按层出药所花时间节约了47%。

4 结束语

本研究对传统的快速发药系统按层出药方式进行改进，提出了一种新的出药方式，电磁铁顺序动作出药，并对传统的按层出药方式和电磁铁顺序动作出药方式处理处方所需时间进行建模。本研究通过分别对两种出药方式的理论和实际模型进行比较分析，得出电磁铁顺序动作这种出药方式比传统的电磁铁按层出药方式节约大量时间，尤其是当处方中的药在不同层时，随着层数的增加，按层出药时间成倍增加，而电磁铁顺序动作出药时间基本上不变。

电磁铁顺序出药方式的出药时间只和药方中某种药品的最大药盒数量有关，与药品的摆放没有关系，相对于按层出药在出药速度上有很大的优势。

参考文献(References)：

- [1] 李成群. 自动化药房的现状和新进展[J]: 机器人技术与应用, 2007(5): 27-32.
- [2] COLEMAN B. Hospital pharmacy staff attitudes towards automated dispensing before and after implementation [J]. **Hospital Pharmacy**, 2001, 11(6): 248-251.
- [3] 杨 东, 刘妙方, 谭志坚, 等. 住院 / 门诊整合式药房自动化系统的设计和解决方案[J]: 临床医学工程. 2009, 16(11): 10-12.
- [4] 胡乃钢. 医院门诊药房自动投药机: 中国, CN1371076, [P]. 2002-09-25.
- [5] 赵新先, 吴平龙, 李展翹, 等. 盒装药品自动售药机, 深圳三九药业有限公司: 中国, CN2549544[P]. 2003-05-07.
- [6] 龚 淳; 张银花. 矩阵式排列出药机构: 中国, CN2013 65732[P]. 2009-12-23.
- [7] 马永波. 自动化药房储药与出药系统研究[D]. 北京: 北京航空航天大学机械工程学院, 2008.
- [8] 赵雪峰. 自动化药房关键技术研究[D]. 北京: 北京航空航天大学机械工程学院, 2010.
- [9] 张明金. 基于 PLC 的全自动洗衣机控制系统的设计[J]. 机电技术, 2012(5): 24-27.
- [10] 周 品. Matlab 概率与数理统计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2012.
- [11] 康 立. 小球入盒模型的推广和应用[J]: 数学教学通讯. 2009(21): 29-30.
- [12] 马 戈. 概率论与数理统计[M]. 北京: 科学出版社, 2012.

[编辑: 洪炜娜]