

圆盘液体自动进样器定位装置的模块化设计

刘坤 张浏波 王艳兵

(西北有色地质矿业集团有限公司 陕西 西安 710054)

摘要: 本文基于原子荧光类检测仪器对自动进样器的工作需求,结合笔者公司的定型产品,设计一款模块化的多样品位的液体自动进样器定位装置。该装置通过多层挡光盘与光耦传感器来定位样品盘上每一圈内的样位点,巧妙利用模块化设计思路,可兼容多种样位;本文主要涉及结构模块化的设计。

关键词: 样品盘;进样器;挡光盘;模块化

0 引言

随着科研和生产技术的不断发展,人们对分析测试的时间周期、准确性、成本及分析效率等方面提出了更高的要求^[1,2]。传统的手动进样操作方式,存在人为因素造成的各种误差、劳动强度大及效率低等问题,在常规批量分析和工业工艺流程分析中表现得尤为明显,已成为现代仪器分析的一大障碍^[3,4]。液体自动进样器具有连续自动进样、快速和准确分析、无人值守、可实现在线稀释等优点,可以显著提高工作效率、降低操作费用,在现代实验室综合质量管理和产品质量监控体系中具有很大的优势^[5],自动进样器已成为现代仪器分析的重要组成部分。

随着自动进样器的不断发展,其可容纳的样品数量越来越多、速度越来越快、精度越来越高、应用范围越来越宽、智能程度越来越高^[5,6]。结构化、模块化、特异化且兼容性强是自动进样器的发展趋势。近年来,分析仪器前端的样品自动处理与自动进样装置已成为研究热点。国内对原子荧光、气相色谱仪所用液体自动进样器的研发起步较晚^[7],虽然发展迅速,但与国外同类产品相比尚有较大差距,主要集中在样位数量、精度、可靠性等方面。因此,设计一种结构简单、稳定可靠且可模块化的进样器样盘孔定位装置是具有重要意义的。

1 一般进样器定位方法

自动进样装置包括进样臂、进样针、样品盘、挡光盘、清洗进样系统、驱动系统、控制系统等零部件。进样臂上装有进样针,圆形样品盘以其转轴为圆心,在不同半径上均匀分布着不同的样品工位;进样臂和

样品盘分别在其回转轴上安装产生脉冲电信号的挡光盘,进样臂及样品盘在得到控制指令及电信号后产生协调的进样动作。样品盘每转动一个样品工位,对应的挡光盘也会相应地转动,通过光耦传感器产生一个脉冲电信号,进样臂在得到样品盘产生的脉冲电信号后,也转动相应的角度。进样臂的挡光盘与光耦传感器计算发出的脉冲电信号,可以使进样针准确地悬停在样盘上方所对应的样位圈内,此时方可进行上下吸样动作。样品臂转动角度和样品盘自转角度不同,使进样臂上的进样针在样品盘的不同半径上能准确地吸取目标样品。

通常自动进样器运动部件的工位识别,以开机初始找到的初始位光电信号为基准,机器通过运算来确定其他工作步骤的位置,通过程序下传指令驱动运动部件。当机器长时间工作时,计算样品工位易产生计算累积误差,以及受外部干扰电动机失步导致工位偏移等,将极大地影响仪器使用的精密度及可靠性。

2 圆盘液体进样器样盘孔定位装置的改进设计

一种圆盘液体自动进样器模块化定位装置包含样针、摆臂固定头、摆臂、升降旋转杆、样盘组、同步带带轮、电动机、支架板、光耦组、挡光盘组等,如图1、图2所示。

样盘组(图3)上设有五圈样位孔,样管插入样位孔内。挡光盘组有五层,分别为挡光盘一到挡光盘五,如图4所示,每层挡光盘圆周上均布有透光槽,透光槽与样盘组上的样位孔一一对应。

支架板上设有光耦组,光耦组从上往下依次为光耦零、光耦一、光耦二、光耦三、光耦四和光耦

五, 并配有6个槽型光耦开关。大同步带轮上的挡光针与光耦零相互配合, 当挡光针触发光耦零的光耦开关时, 即确定此时为样盘的初始零位。挡光盘一、挡光盘二、挡光盘三、挡光盘四、挡光盘五依次与光耦一、光耦二、光耦三、光耦四、光耦五相配合, 通过读取5个槽型光耦开关的通断信号即可得知此时样品盘的转动姿态。支架板上设有电动机, 电动机的小同步带轮通过同步带连接大同步带轮, 转动比为1:2。

样针穿过摆臂与摆臂的端头呈垂直连接并固定, 摆臂的另一端头通过摆臂固定头连接升降旋转杆。

2.1 改进设计的具体实施方式

如图3所示, 样盘组最上层由外至内设置5圈样位孔, 每圈样位数依次为50、45、36、30、24个, 共计185个样位; 并且每圈样位孔均匀分布, 即由外至内相邻样位孔对中心的夹角依次为 7.2° 、 8° 、 10° 、 12° 、 15° 。下部配套的挡光盘组从上向下也有5层, 依次为挡光盘一、挡光盘二、挡光盘三、挡光盘四和挡光盘五。挡光盘一有50个透光槽, 每两个透光槽间的相位夹角是 7.2° ; 挡光盘二有45个透光槽, 每两个透光槽间的相位夹角是 8° ; 挡光盘三有36个透光槽, 每两个透光槽间的相位夹角是 10° ; 挡光盘四有30个透光槽, 每两个透光槽间的相位夹角是 12° ; 挡光盘五有24个透光槽, 每两个透光槽间的相位夹角是 15° 。

依次按顺序安装挡光盘组的各个挡光盘, 确保挡光盘上下顺序正确, 五组挡光盘同轴等距排布。因每一层挡光盘的透光槽均是均匀分布的, 且相位夹角各不相同, 在一周范围内不存在公约数, 故只要确保上下5个挡光盘中有且仅有一道透光槽是全部重合的即可。通过配套的装配辅助夹具, 可以快速完成这一步骤。在与大同步

带轮下方的挡光针装配时, 要求挡光针的位置与五组挡光盘中重合的透光槽相重合。此时固定完下部的整体装置后, 卡入样盘组, 微调角度固定件, 以

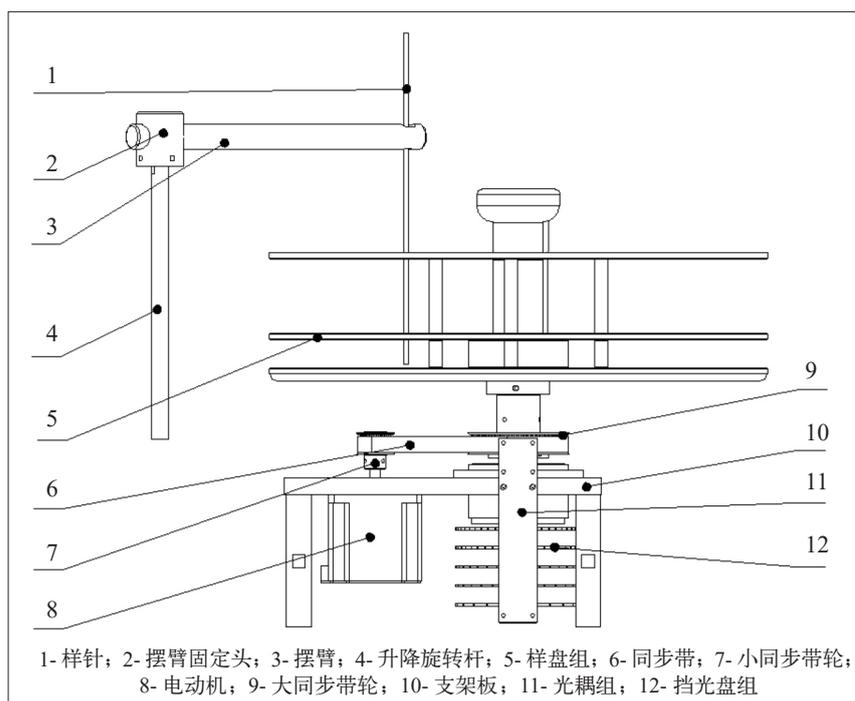


图1 一种圆盘液体自动进样器模块化定位装置(主视图)

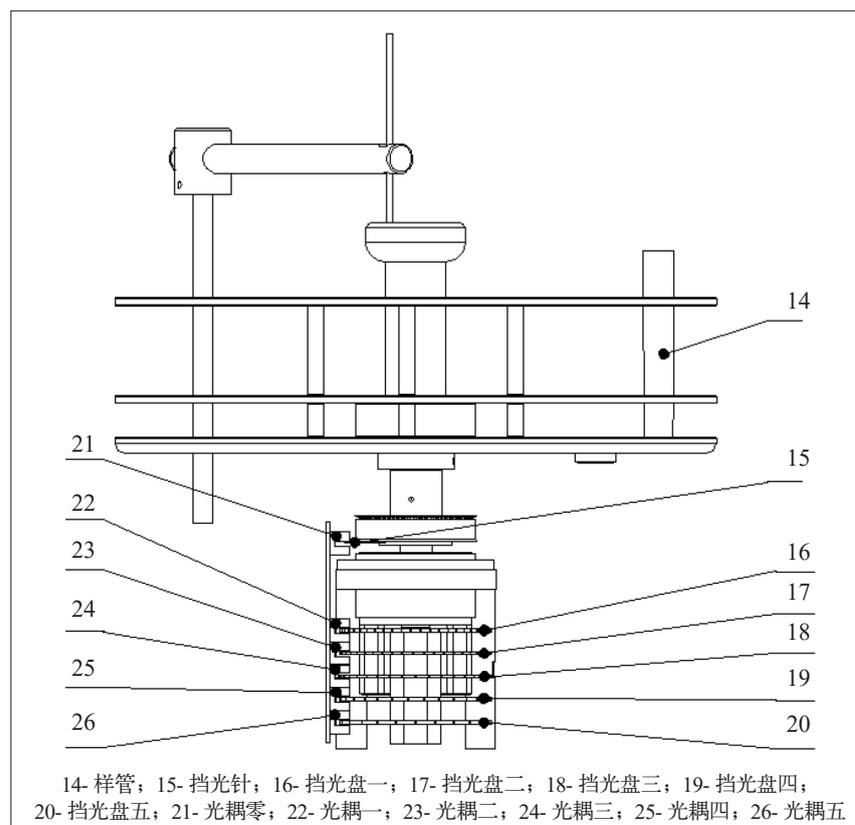


图2 一种圆盘液体自动进样器模块化定位装置(侧视图)

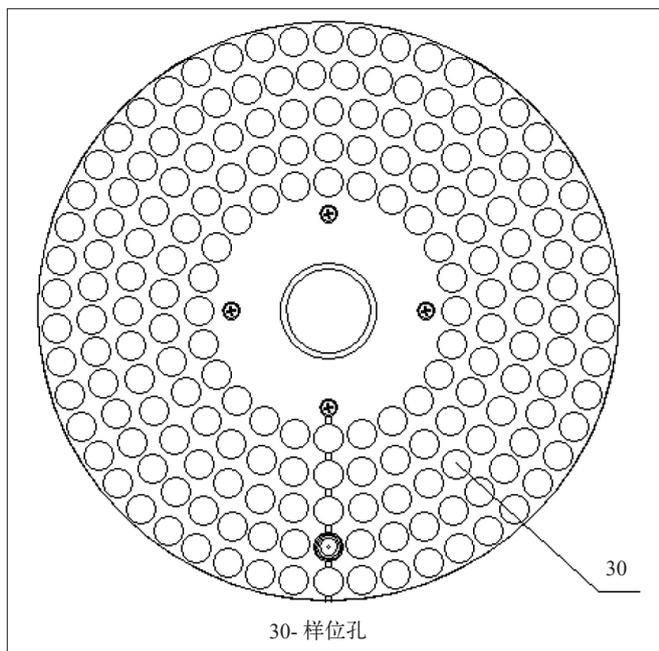


图3 样盘组

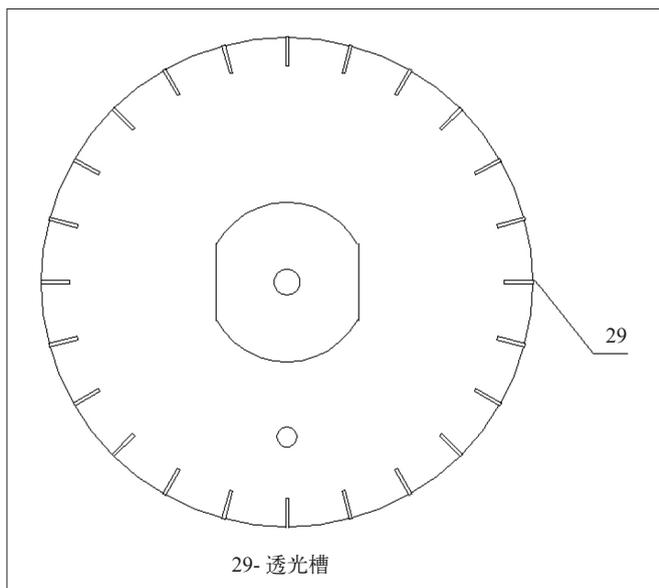


图4 挡光盘

保证样位盘上标志零位的沉槽的孔位线与五组挡光盘中重合的透光槽相对应。

2.2 改进设计的使用过程

如图1、图2所示,设备工作时,控制系统驱动电动机带动小同步带轮旋转,小同步带轮通过同步带带动大同步带轮旋转,大同步带轮带动与其固定的中心轴旋转,中心轴上下分别固定样盘组及挡光盘组。装置通电后,首先检查挡光针是否触发所对应的光耦通断信号,若是,则判定此时样位盘为零位状态;若否,则判定此时样位盘组处于非零位状态。

样位盘归零步骤如下:电动机顺时针转动,带动挡光盘组及样盘组同步转动,直至挡光针与挡光盘组所对应的光耦传感器均发出通断信号,电动机停止转动,样位盘为零位状态。样位盘归零后,进样器的取样针通过升降旋转杆的旋转和升降,下降到透光槽对应的样位孔上进行采样。

例如,对样盘组最内圈的第三个样位进行采样。首先,装置通电,升降旋转杆升起,带动摆臂和取样针升到最高位置,然后升降旋转杆旋转,带动摆臂和取样针回到升降旋转机构的零位。与此同时,电动机转动带动小同步带轮旋转,小同步带轮通过同步带带动大同步带轮旋转,大同步带轮带动与其固定的中心轴旋转,中心轴带动挡光盘组及样盘组转动。此时,挡光针转到光耦零处,光耦零发出信号,此时样盘组初始零位找到;与此同时,挡光盘五中的一个透光槽转到光耦五处,此位置为挡光盘五的零位。挡光盘五再旋转三个透光槽的位置,光耦五发出信号,电动机停止转动,样盘组即停在最内圈的第三个样位处,等待取样针下降取样。摆臂扫过的轨迹是固定的,取不同圈的样位,只是转过的角度大小不同。现需取最内圈的样位,摆臂在升降旋转机构的控制下,转动一固定值,即在最内圈样位孔正上方。之前样盘组已转到最内圈的第三个样位处,在升降旋转机构的控制下,升降旋转杆下降,取样针进行采样。采样完成,升降旋转杆上升,摆臂带动取样针回到升降旋转机构的零位,一次采样结束。

2.3 模块化设计思路

本文上述设计只是其中一种排布方案,依据实验的不同,配套检测仪器的不同,使用试管型号的不同以及检测方法的不同,就需要适配不同排布方案的进样器。而本文设计的这款利用多层挡光盘定位的进样器,可以利用模块化设计,仅更换样品盘组和对应的挡光盘组,微调程序中摆臂旋转角度及样位组数据,即可灵活适配不同的排布方案。

若采用传统的程序与编码器式计步方案,样品盘组的排布方案一旦改变,就需要重新编写进样器的大部分程序及运算公式,模块化与特异化无法兼容。本方案采用了简单的传感器定位方式,利用合理的设计实现模块化装配,可以在较低的成本下实现特异化需求。同时,机械结构更为可靠耐用,控制程序也较为简单,没有较复杂的数据库与运算逻辑。综合计算,针对多产品系列时这一方案成本更低。

3 结语

该圆盘液体自动进样器定位装置采用机械式多层挡光盘设计结构, 替代了传统的编码器式的定位方式。该装置结构精巧, 样盘的样位孔与挡光盘上的透光槽一一对应, 互不干扰, 样盘的重复定位误差小; 巧妙利用模块化设计, 可在微调控制程序的条件下, 仅更换样品盘组和对应的挡光盘组, 即可实现不同进样器方案的兼容性设计; 且具有编程控制简单、运行可靠、成本较低等优点。该装置在减少零件数的同时, 增加了产品的多样性和差异化, 简化了设计研发流程, 有效降低了研发与制造成本。

参考文献:

[1] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国

家标准化管理委员会. 原子吸收分光光度计:GB/T 21187-2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008:2-6.

[2] 国家市场监督管理总局, 中国国家标准化管理委员会. 高效液相色谱仪:GB/T 26792-2019[S]. 北京: 中国标准出版社, 2019:2.

[3] 邱成梯, 赵焯爻, 蒋全兴. 电子设备结构设计原理[M]. 修订本. 南京: 东南大学出版社, 2005:121-130.

[4] 龚维蒸, 张裕荣, 戎磊. 电子设备结构设计基础[M]. 南京: 东南大学出版社, 1994:74-76.

[5] Karl T. Ulrich, Steven D. Eppinger. 产品设计与开发[M]. 3版. 詹涵菁, 译. 北京: 高等教育出版社, 2005:213-220.

[6] 李慧新, 崔鹤, 匡少平, 等. 仪器联用技术在As、Hg、Se形态分析中的应用研究进展[J]. 食品科学, 2015, 36(15):266-271.

[7] 郑国经. 电感耦合等离子体原子发射光谱分析仪器与方法的新进展[J]. 冶金分析, 2014, 34(11):1-10.

