

# 称重计量罐检测装置的研制

□苏州市计量测试院 朱浩 梁晓瑜 黄现云 瞿青云

**【摘要】**针对称重计量罐检测难度大、检测时间长、检测成本高且存在安全隐患等缺点，设计了一套称重计量罐检测装置。该装置针对称重计量罐自身结构及现场安装情况，设计相应的辅助工装结构同时与液压加载装置、伺服控制系统相结合，实现了称重计量罐的自动检测，既大大降低了检测成本，也提高了检测效率，同时也可以为其他称重系统的自动检测提供借鉴。

**【关键词】**称重计量罐；液压加载；伺服控制；自动检测

## 引言

生物反应罐、配料罐等称重计量罐作为一种可以显示其中液体质量的配置容器被广泛应用于生物制药、食品、化工等企业中。而随着相关产业的快速发展，产品质量要求的不断提高，而称重计量罐作为生产工艺中的重要一环，其计量检测需求也越来越大<sup>[1]</sup>。

而称重计量罐由于其本身结构、使用场地及使用用途的特殊性，如何便捷、高效、安全地完成计量检测工作日益受到人们关注。

## 1 检测现状分析

目前，针对称重计量罐的检测方法主要有替代法和流量计检测法。替代法由于砝码加载的局限性，检测量程有限，检测精度无法得到保障，同时耗时耗力，造成大量人力物力的浪费。而不管是采用替代法还是流量计法，都需要对计量罐内部注入液体。由于生物医药企业反应罐的特性，对注入溶液都有严格的要求，注射时间非常缓慢，注满一台计量罐的时间通常需要2~3小时，甚至更久。同时对

注入的管道和液体都有很高要求，注入管道不能交叉利用，注入液体很多都是纯化水甚至注射水，导致成本高昂。

而近年来包括梅特勒-托利多公司、江苏省计量测试院等企业及计量机构都在对称重计量罐的检测进行液压法测量的尝试，并取得了一定的成果。但因其对于安装要求比较苛刻、自动化程度不高等缺点，没有得到有效推广<sup>[2]</sup>。

## 2 检测装置设计

为了解决以上问题，本文设计了一套称重计量罐检测装置，用以完成0~8000kg称重计量罐的自动检测。

### 2.1 装置设计要求

本文设计的称重计量罐自动检测装置，将目前市场上大多数的称重计量罐按照其安装方式分为移动式称重计量罐和固定式称重计量罐，分别设计相应的可拆卸辅助承载支架，用以安装液压装置，可做到整个检测过程前后不需要对称重计量罐罐体进行改造，不对客户现场环境造成破坏。

为了满足大部分称重计量罐的检测需求，本检测装置液压控制系统中共配备4条液压通道，每条液压通道可实现0~2000kg力值的加载，结合伺服自动控制技术，总计可实现对0~8000kg称重计量罐的自动检测，实现加载精度在示值的0.1%，其短时稳定性波动不大于 $\pm 0.01\%/30s$ 。

### 2.2 装置总体组成

该称重计量罐检测装置主要由承载支架、标准传感器、液压油缸以及伺服控制系统组成，结构示意图如图1所示。

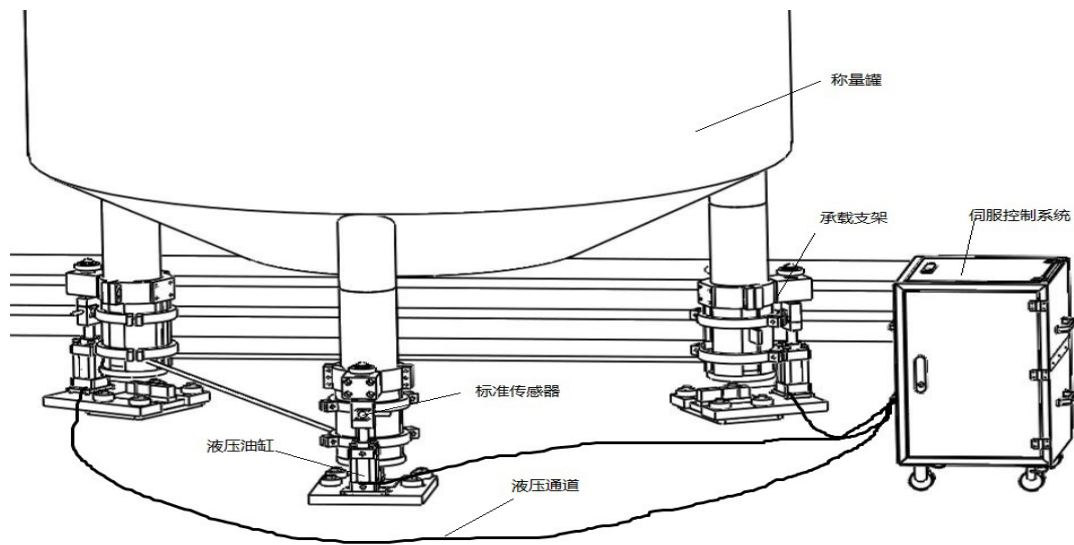


图1 称重计量罐检测装置示意图

本装置可实现自动检测和记录查询两大功能，其运行流程如图2所示，自动检测时，首先在被检计量罐的支腿上配置辅助承载支架，在上位机上根据支腿个数选择所需要的液压通道数量，对被检计量罐的基本信息进行录入，上位机根据被检计量罐最大量程的10%、20%、50%、100%自动生产检测加载点，检测人员可以根据客户要求对检测点进行手

动更改。加载点确认完毕后，开始进行加载，控制系统根据选择的加载点逐步控制液压油缸对被检计量罐施加作用力，在达到校准点时分别记录所选液压通道上标准传感器集成示值和被检仪器示值，一个加载点检测完成后继续下一个加载点的检测，直到所有加载点检测完成。记录查询时，可根据相应的记录编号或仪器编号查询到其检测记录信息。

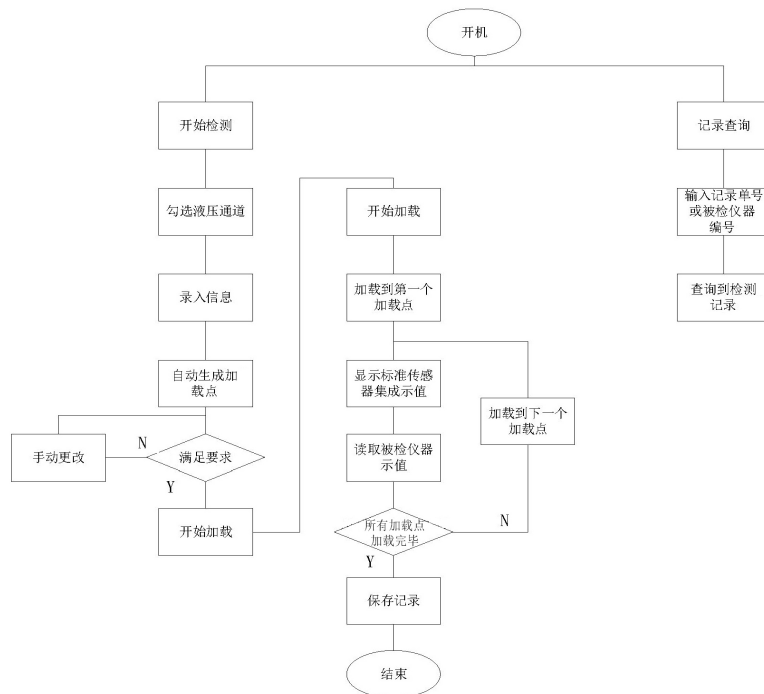


图2 称重计量罐检测装置运行流程图

### 2.3 承载支架设计

本装置根据称重计量罐的安装情况分别设计了可拆卸的承载支架，对于固定式计量罐其承载支架设计如图3所示，以罐体本身预埋件为基础，与罐体支腿上外接抱箍相结合作为液压油缸的承载点。

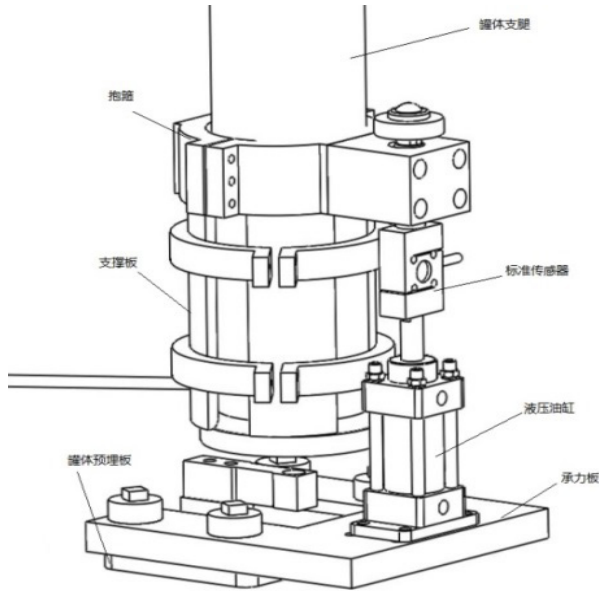


图3 固定式计量罐承载支架

对于移动式计量罐其承载支架设计如图4所示，以其移动横梁为基础，外接上下两块承力板作为液压油缸的承载点。整个承载支架都采用可拆卸的结构设计，在检测后可以对现场设备和现场环境进行复原，最大程度上降低对企业生产的影响。

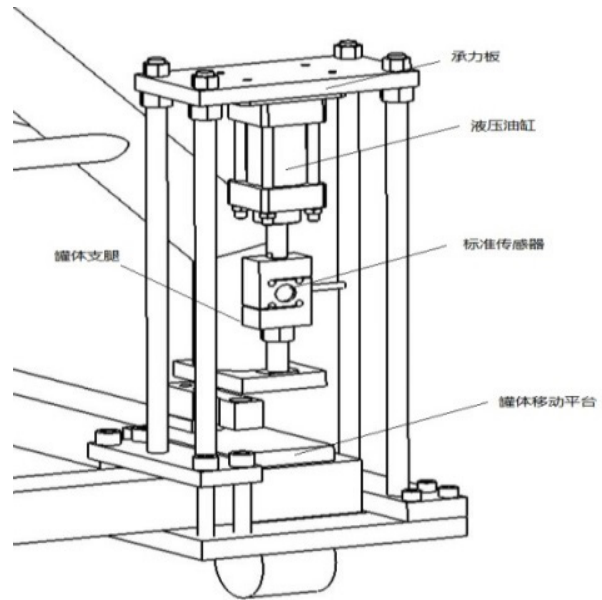


图4 移动式计量罐承载支架

### 2.4 硬件选型

本装置主要硬件选型如下表1所示：

表1 称重计量罐检测装置硬件选型

序号	名称	型号	厂家
1	称重传感器	1-RSCC3/2T-1	HBM
2	液压油缸	G50/28-90	榆次液压
3	比例减压阀	RZGO-TERS-033/210	ATOS
4	电磁转向阀	DSG-01-3C4-D24-NI	榆次液压
5	上位机平板电脑	M6	华为

### 2.5 控制系统设计

为了提升液压系统加载的平稳性，液压加载的伺服控制过程采用了模糊算法控制，图5中示出了控制原理图，控制系统以标准传感器反馈值作为输入，以液压油缸驱动作为输出，运行过程中由标准传感器探测并输出上一时刻和当前的力值信号 $r(k)$ 、 $y(k)$ ，获得误差信号 $e(k) = r(k) - x(k)$ 。

根据实际操作预先设定阈值 $a$ 和一控制信号 $m$ ， $a$ 、 $m$ 均为有限常数值。当误差信号 $e(k)$ 大于阈值 $a$ 时，取控制信号 $u(k) = m$ ， $m$ 为设定常数。当误差信号 $e(k) \leq a$ 时，判断加载作用力接近加载点，建立模糊规则，以误差信号 $e(k)$ 和 $e'(k)$ 作为模糊输入，通过模糊算法输出控制信号 $u(k)$ 控制液压加载的运行速度，以达到平稳加载的效果。

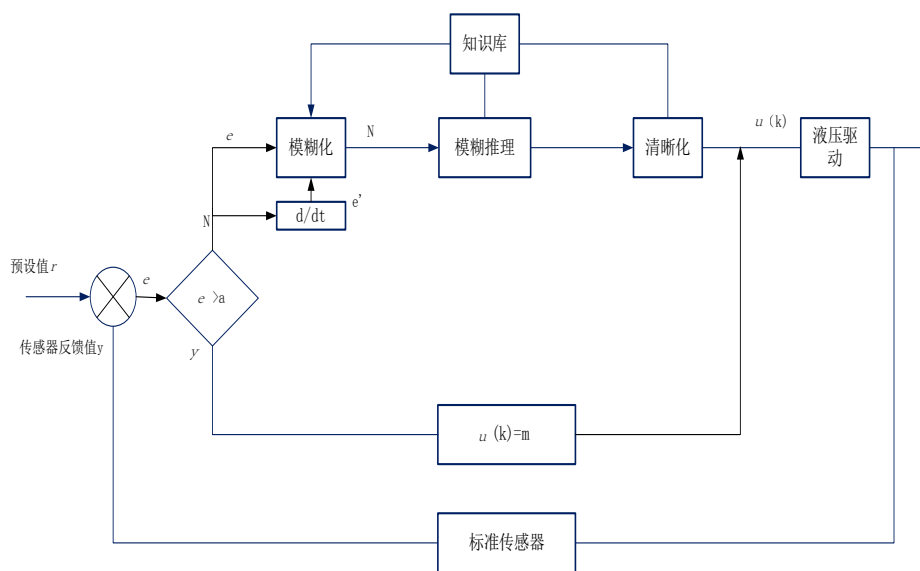


图5 液压系统控制原理图

### 3 应用效果分析

选用一台型号为XDR-2000的称量反应罐作为检测对象，分别采用传统的砝码叠加替代的方法和

本自动检测装置对其进行校准，校准数据如下表2所示：

表2 不同方法校准数据

测量点 (单位kg)		200	400	1000	2000
传统方法	$x_1$	199.8	399.7	999.2	1998.6
	$u_1$	0.5	0.5	0.8	1.5
检测装置	$x_2$	200.2	399.6	999.1	1998.0
	$u_2$	0.5	0.5	0.7	1.2

采用归一化偏差公式  $E_n = \frac{x_1 - x_2}{\sqrt{u_1^2 + u_2^2}}$  将两种方法校准数值进行比对，在各个测量点上其  $E_n$  值均小于1，验证了本检测装置的校准结果可接受。

### 4 结论

本设计将自动控制技术与液压装置和辅助工装结构相结合，研发了一套称重计量罐检测装置，可在市场常见0~8000kg称重计量罐检测中稳定运行，解决了传统称重计量罐检测难以实现、检测成本高等问题。

同时，本装置受限于控制结构便捷性等问题，只是采用了同一主管分压的方式对不同管路进行加载，实时显示不同管路传感器示值，以便使用人员

进行查验，没有对不同管路的加载同步性进行伺服控制，所以本装置还存在进一步优化的可能。

### 参考文献

- [1] 黄现云. 配料计量罐现场检测校准方法探讨[J]. 衡器, 2020. 08.
- [2] 王健. 一种新型衡器自动测量系统[J]. 计量学报, 2012. 09.

作者简介：朱浩（1989-），男，工程师，苏州市计量测试院衡器工程师。