



上海理工大学
UNIVERSITY OF SHANGHAI FOR SCIENCE AND TECHNOLOGY

本科毕业设计(论文)

FINALPROJECT/THESISOFUNDERGRADUATE
(2016届)

液体流量计全自动检定试验台设计

**Design of Liquid Flow Meter Automatic
Verification Test Bench**

学 院

能源与动力工程学院

专 业

热能与动力工程

学生姓名

学 号

指导教师

完成日期

2016年5月

承诺书

本人郑重承诺：所提交的毕业论文“液体流量计全自动检定试验台设计”是在导师的指导下，严格按照学校和学院的有关规定由本人独立完成。文中所引用的观点和参考资料均已标注并加以注释。论文研究过程中不存在抄袭他人研究成果和伪造相关数据等行为。如若出现任何侵犯他人知识产权等问题，本人愿意承担相关法律责任。

承诺人(签名): _____

日期: 年 月 日

摘要

计量是工业生产的重要环节。流量计量是计量科学技术的组成部分之一，它与国民经济、国防建设、科学研究有密切的关系。做好这一工作，对保证产品质量、提高生产效率、促进科学技术的发展都具有重要的作用，特别是在能源危机、工业生产自动化程度愈来愈高的当今时代，流量计在国民经济中的地位与作用更加明显。

本论文是在基于各种常用流量计的工作原理和标定原理下，参考流量测量领域相关成果，进行理论分析与计算的同时，结合作者平时的实践经验，针对流量标准装置进行研究和分析，通过对流量测量技术的理论知识及对流量仪表性能的研究，选择合理的传感器和变送器，完成液体流量计全自动检定试验台的总体设计并进行全面的介绍和评估。

本论文旨在说明液体流量计全自动检定试验台主要部件的设计计算和传感器的数据采集、信号处理及相关程序设计，第一章介绍了流量计的发展历史和流量标准装置的原理，第二章介绍了试验台主要部件的设计及性能，第三章对试验台完成数据采集和信号处理所用到的测控系统进行了详细的介绍。

关键词：流量测量水流量标准装置测控

ABSTRACT

Measurement is an important part of industrial production. Flow measurement is one of the components of measurement science and technology, which is closely related to the national economy, national defense construction and scientific research. This part plays an important role to ensure product quality, improve production efficiency and promote the development of science and technology, especially on the status that energy crisis, industrial production automation degree is becoming higher and higher in the era, role of the flowmeter in the national economy is more emphasized.

This paper is based on a variety of commonly used flowmeters' working principle and calibration principle, refers to results of flow measuring fields, proceeds theory analysis and calculation meanwhile, combined with the practical experience from author, conducts research and analysis for flow standard device, select appropriate sensors and transmitters through research of the basic theoretical knowledge of flow measurement technique and the performance of flow meter, finally completes overall design of liquid flow meter automatic verification test bench and proceeds a comprehensive introduction and evaluation.

This paper aims to illustrate the design and calculation of the main components of the liquid flow meter automatic verification test bench and sensor data acquisition, signal processing and program design, the first chapter introduces the history of the flowmeter development and the principle of the flow standard device, the second chapter introduces the design and performance of the main components of the test bench, the third chapter introduces the measurement and control system used to complete data acquisition and signal processing in detail.

KEYWORDS: flow measurement water flow standard device measurement and control

目录

摘要

ABSTRACT

第 1 章绪论	1
1.1 引言	1
1.2 流量标准装置	3
1.2.1 标准装置测量流量的基本原理.....	3
1.2.2 流量标准装置简介.....	3
1.3 本文主要研究内容	5
第 2 章稳态容积法水流量标准装置	7
2.1 水流量标准装置的介绍	7
2.2 水流量标准装置主要部位设计	8
2.2.1 稳压容器.....	8
2.2.2 工作量器.....	11
2.2.3 管路系统.....	15
第 3 章试验台测控系统	21
3.1 测控系统硬件的选用	21
3.1.1 压差变送器.....	22
3.1.2 压力变送器.....	23
3.1.3 数字频率表.....	24
3.1.4 温度传感器.....	24
3.1.5 数字温度表.....	25
3.1.6 温度变送器	25
3.1.7 时间测量仪器.....	26
3.1.8 电流电压转换模块.....	27
3.1.9 数据采集卡.....	28
3.2 线路连接	29
3.3 测控系统软件设计	31
3.3.1 测控系统软件的选用.....	31
3.3.2 程序的总体思路.....	32

3.3.3 数据采集程序的编写	32
第 4 章总结与期望.....	35
参考文献.....	37
致谢.....	39

第 1 章绪论

1.1 引言

流量计量广泛应用于工农业生产、国防建设、科学研究对外贸易以及人民生活各个领域之中。在石油工业生产中，从石油的开采、运输、冶炼加工直至贸易销售，流量计量贯穿于全过程中，任何一个环节都离不开流量计量，否则将无法保证石油工业的正常生产和贸易交往。在化工行业，流量计量不准确会造成化学成分分配比失调，无法保证产品质量，严重的还会发生生产安全事故。在电力工业生产中，对液体、气体、蒸汽等介质流量的测量和调节占有重要地位。流量计量的准确与否不仅对保证发电厂在最佳参数下运行具有很大的经济意义，而且随着高温高压大容量机组的发展，流量测量已成为保证发电厂安全运行的重要环节。如大容量锅炉瞬时给水流量中断或减少，都可能造成严重的干锅或爆管事故。这就要求流量测量装置不但应做到准确计量，而且要及时地发出报警信号。在钢铁工业生产中，炼钢过程中循环水和氧气(或空气)的流量测量是保证产品质量的重要参数之一。在轻工业、食品、纺织等行业中，也都离不开流量计量。

流量计的在历史上的发展可以说是源远流长。很多的科学家都投身于流量计的研究中，并为流量计的原理和方法都作出了重大的贡献。文丘里、伯努利、赫谢尔等在流量计的科学道路上做出了卓越的贡献^[1]。早在 1738 年，瑞士人丹尼尔伯努利以第一伯努利方程为基础利用差压法测量水流量。后来意大利人 G.B.文丘里研究用文丘里管测量流量，并于 1791 年发表了研究结果。1886 年，美国人赫谢尔应用文丘里管制成了测量水流量的实用测量装置。20 世纪初期到中期，原有的测量原理逐渐走向成熟，人们不再将思路局限在原有的测量方法上，而是开始了新的探索。到了 30 年代，又出现了探讨用声波测量液体和气体的流速的方法声波测量流量的方法，但到第二次世界大战为止未获得很大进展，直到 1955 年才有了应用声循环法的马克森流量计的问世，用于测量航空燃料的流量。20 世纪的 60 年代以后，测量仪表开始向精密化、小型化等方向发展。随着集成电路技术的迅速发展，具有锁相环路技术的超声（波）流量计也得到了普遍应用，微型计算机的广泛应用，进一步提高了流量测量的能力，如激光多普勒流速计应用微型计算机后，可处理较为复杂的信号。21 世纪由于过程工业、能量计量、城市公用事业对流量测量的需求急剧增长，流量仪表迅速发展，而芯片技术、数字信号处理技术、计算机处理技术与微电子技术的飞跃发展又极大的推动了流量仪表的更新换代，各种新型的流量计如雨后春笋般涌现出来^[2]。

流量作为测量的一个最基础的物理量，它和时间、压力一样，是至关重要的物理

量^[3]。流量测量方法和仪表的种类繁多，分类方法也很多，每种流量计有其特定的适应性，也有其局限性，按测量原理流量计可分为如下几个大类：

1、力学原理：属于此类原理的仪表有利用伯努利定理的差压式、转子式；利用动量定理的冲量式、可动管式；利用牛顿第二定律的直接质量式；利用流体动量原理的靶式；利用角动量定理的涡轮式等^[4]。

2、电学原理：用于此类原理的有电磁式、差动电容式、电感式、应变电阻式等。

3、声学原理：利用声学原理进行流量测量的有超声波式，声学式（冲击波式）等。

4、热学原理：利用热学原理测量流量的有热量式、直接量热式、间接量热式等。

5、光学原理：激光式、光电式等是属于此类原理的仪表。

6、原子物理原理：核磁共振式、核辐射式等是属于此类原理的仪表。

7、其它原理：有标记原理（示踪原理、核磁共振原理）、相关原理等。

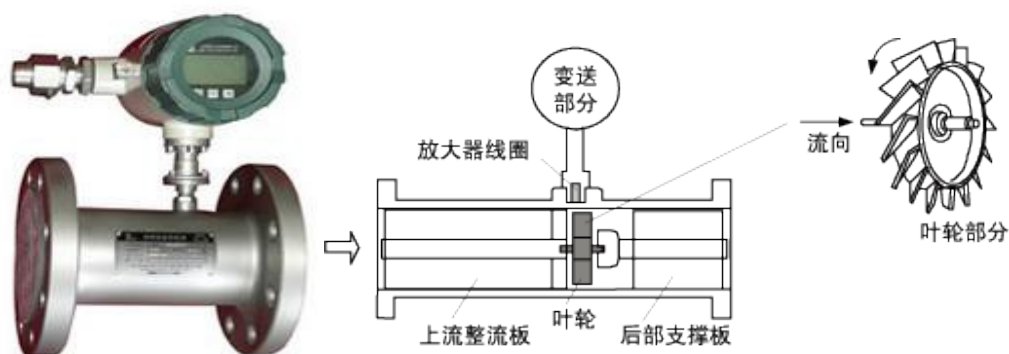


图 1.1 涡轮流量计及其结构图

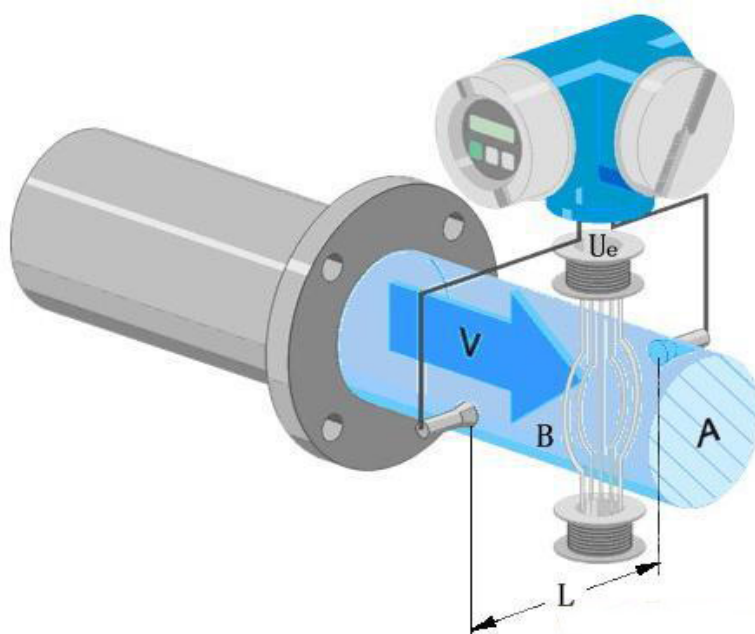


图 1.2 电磁流量计结构原理

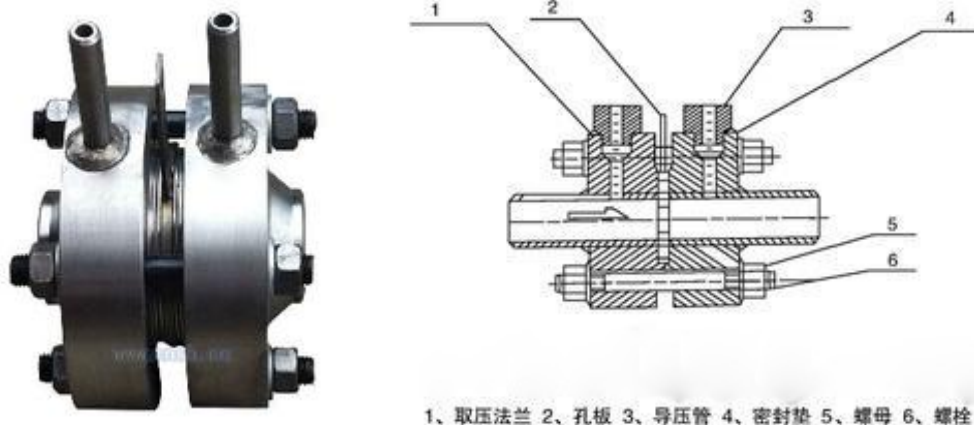


图 1.3 孔板流量计及其结构图

1.2 流量标准装置

1.2.1 标准装置测量流量的基本原理

流量是一个导出的物理量，需在特定的条件下由基本量（长度、质量、时间、温度等）合成^[5]。所谓流量，就是单位时间内流过管道或明渠横截面面积的流体质量或体积，当用流体流过的面积与时间之比表示流量时，成为体积流量；当用流体流过的质量与时间之比表示流量时，称为质量流量，如果流体的流动随时间变化，被测流体的流量应使用平均流量来表示，所谓平均流量，就是在测量时间内流量的平均值。

对于体积流量，其平均流量 q_v 为：

$$q_v = \frac{1}{t} \int_0^t q_v(t) dt = \frac{V}{t} \quad (1-1)$$

对于质量流量，其平均流量 q_m 为：

$$q_m = \frac{1}{t} \int_0^t q_m(t) dt = \frac{m}{t} \quad (1-2)$$

其中 t —流体测量的时间间隔（s）；

$q_v(t)$ —以时间为函数的体积流量（L/s）；

$q_m(t)$ —以时间为函数的质量流量（Kg/s）；

V —在时间 t 内流过的流体体积（L）；

m —在时间 t 内流过的流体质量（Kg）；

当需要进行质量流量和体积流量换算时，可根据下式进行：

$$q_v = \frac{q_m}{\rho} \quad (1-3)$$

式中 ρ —被测流体的密度（Kg/m³）。

流体标准装置就是根据这些基本原理建立起来的^[5]。

1.2.2 流量标准装置简介

液体由于存在压力差而流动，始终处于运动或不易稳定的状态下，由此流体本身不能做成一个标准的实体来进行量值传递。其量值的传递都是借助于测量流量的装置，这种担任流量量值传递任务的装置，称为流量标准装置。不同的测量仪器在工业中担当着不同的角色，然而不同的流量计，产生的误差是不一样的^[6]。因而流量标准装置对液体流量计的校定有着至关重要的意义。

流量标准装置用途：研究和生产液体用流量仪表时，通常要作水实流实验，以测定仪表的性能或标定其流量值。因此，流量仪表研究和制造单位都要设有水流量标准装置^[7]。其作为流量单位量值统一与专递标准，确保各地区和部门的流量量值统一在一个标准量值上；进行标准流量计的型式、性能试验研究，确定准确度等级、流量范围度、承受过载能力、仪表可靠性与寿命、重复性等，另外，研究仪表动态特性，以便对仪表进行合理设计，进一步考虑仪表适应的环境条件；研究参比条件和实际使用条件之间的差异对仪表准确度影响，采用合理的介质换算和修正方法；制定国家（或企业）标准和计量检定规程时，研究测试方法并进行数据验证；进行国内外比对工作，确定系统不确定度、修正量值。

流量标准装置要求能提供稳定的、不同的流量，保证规定的流动状态等，若采用标准流量计和被检流量计比较法检定时，该装置可以使两个流量计串联接入比较示值，也可以用若干台标准流量计并联与被检流量计串联接入比较示值。

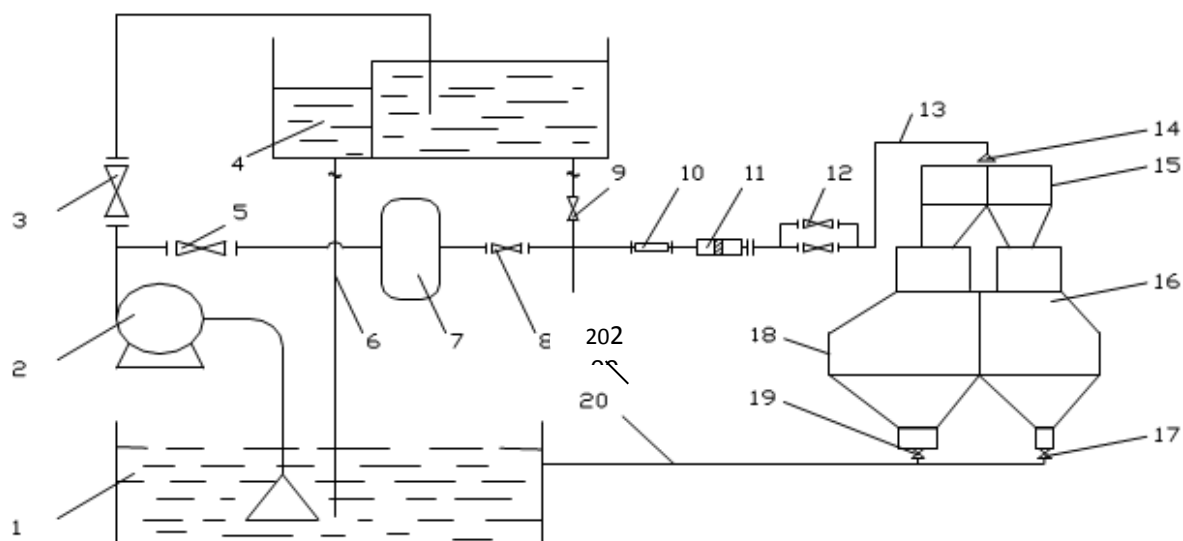


图 1.4 稳态容积法液体流量标准装置示意图

- 1—水池；2—水泵；3—阀门；4—高位水箱；5—截止阀；6—溢流阀；
7—稳压容器；8—截止阀；9—截止阀；10—被校验流量计；
11—夹表器（伸缩器）；12—流量调节阀；13—温度计（传感器）；14—喷嘴；
15—换向器；16，18—工作量器；17，19—工作量器放水阀；20—回水管路

如上图示，水池用于贮存试验介质，水泵用以使液体注入产生液流，稳压容器用以保证在管道的试验段能产生所要求的稳定流量，工作量器用以测量在某段时间内流过流量计的液体量，工作量器放水阀用以排空工作量器中的水介质并将其送回贮存装

置，换向器的作用是将水换入或换出工作量器，温度计作为辅助测量装着用需要在需要对试验介质温度进行测量。

1.3 本文主要研究内容

对于液体流量计全自动检定试验台的设计，首先应从提高流量装置准确性和装置稳定性的角度出发，使得试验台不仅能够稳定实现多种流量计的同时工作为学生实验提供方便，还能够实现稳态容积法较准确地完成流量测定，以便完成水流量标准装置流量仪表对各种流量计的标定工作，同时还要通过选用合适变送器和数据采集卡实现流量自动设定、计算机流量控制和实时显示等功能。

概括来说，本文研究的主要内容为以下几个方面：

- (1) 完成稳态容积法水流量系统相应管路设计。
- (2) 完成流量检测仪表和流量显示仪表的选型工作，使系统能够满足流量在 0-150m³/h，精度为 5% 的流量计的检定工作。
- (3) 选用合适变送器和数据采集卡，将流量信号转换成 0-5V 电压信号送入计算机。
- (4) 利用 LabVIEW 软件构建虚拟仪器系统来替代多种电子显示仪表和控制仪表控制，完成多通道数据采集和测控软件设计。

第2章 稳态容积法水流量标准装置

研究和生产液体用流量仪表时，通常要作水实流实验，以测定仪表的性能或标定其流量值。因此，流量仪表研究和制造单位都要设有水流量标准装置^[8]。水流量标准装置是流量的模拟和校验装置，用来测试和检定各种流量仪表，同时也可看作流量量值传递的原始标准。流量标准装置的优劣是能否正确测量流量的前提。本次液体流量计全自动检定试验台的设计就是基于水流量标准系统，并进一步改进和完善测控系统和仪表的选型安装，最终设计出一套较为先进的、综合性的、多功能的稳压容器法水流量测量标定实验台。

2.1 水流量标准装置的介绍

本设计要完成的水流量标准装置为稳态容积法测量装置，装置主体安装在一个不锈钢台面上，两条测量直管水平放置，并留有充分的直管段，保证流型稳定，各流量计用于读取相应管道内的流量值。装置总体分为稳压容器、工作量器和管路系统三大部分，其中流量计安装在管路系统。为了让读者能对这套装置首先有个比较直观的了解，也方便接下来对装置各部位进行更详尽的介绍，图2.1是笔者用solidworks软件绘制的水流量标准装置的三维建模。

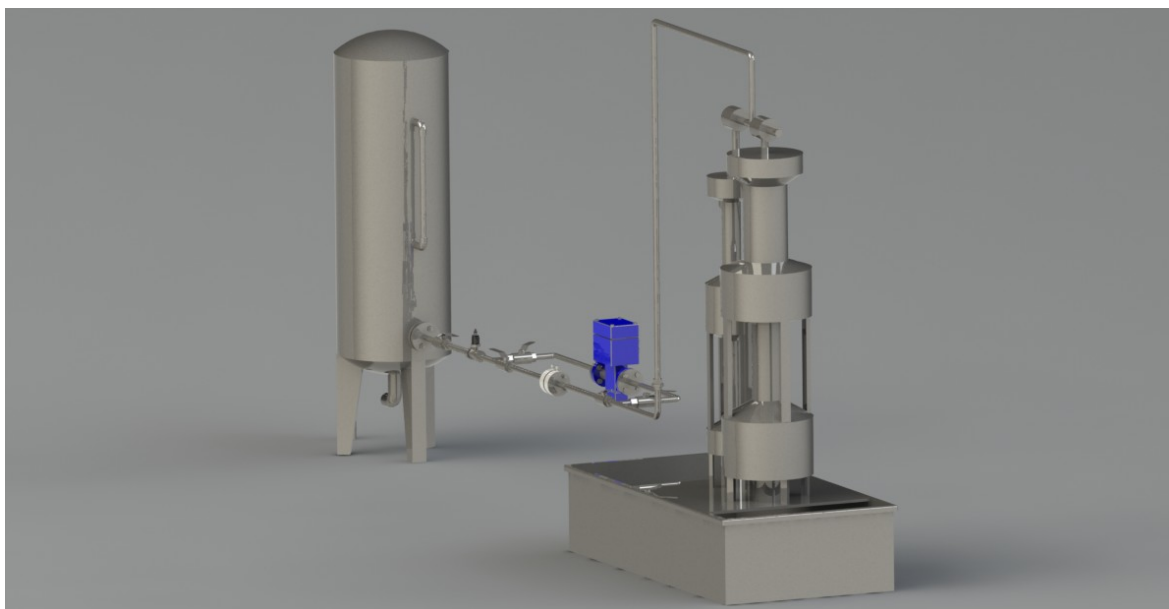


图2.1 水流量标准装置三维建模

从以上效果图我们可以比较直观地了解到稳态容积法水流量标准装置依次由稳压容器、管路系统和工作量器

连接而成，电磁流量计、孔板流量计、涡轮流量计安装在管路系统上，工作量器下方连接的液池是存放液体的设备，当不做试验时，系统内所有的液体均应放入液池内，且保证液体不会溢出池壁。当试验台开始工作时稳压容器应连接到泵上，以保证系统的液体供应并方便对流量进行调节。

实际使用时该水流量测量标定实验台为一闭式循环管路系统，由水流量标准装置和流量计检测系统组成，主要设备有：供水系统、稳压容器、工作量器、换向器、流量计、压差传感器、温度传感器、压力传感器、数字显示仪表、计算机数据采集控制系统。

2.2 水流量标准装置主要部位设计

2.2.1 稳压容器

目前水流量标准装置中的压源型式基本上有两种^[9]：高位水箱和稳压容器。相对而言，稳压容器较为先进，具有压力范围大，流量测量范围宽，建造费用低，占地面积小，地区适应性强等优点，正越来越广泛的运用于科研、计量部门。水流量标准装置之所以要安装稳压容器是因为装置压力是否稳定直接关系到流量检定过程中流量的稳定程度，从而直接影响试验台检定出的流量计数据可靠性，当然，有些流量计对压力稳定的要求较低，因此按照使用目的，对装置的压力稳定有不同的要求。因此为提高装置的稳定性，一般用稳压容器或水塔来消除排量变化产生的流量波动。本液体流量计全自动检定试验台就是采运用了稳压容器法的水流量标准装置，并以静态容积法进行测试。

稳压容器的工作原理^[10]：稳压容器内部装有横向放置的阻尼板和整流器，水由整流器入口进入，经过阻尼板，使水流形成溢出状态，避免水流出水时造成冲击波，以减少水压波动，从而达到稳压的目的。

稳压容器的压力波动指标：不管是采用哪种稳压方式，稳压容器应要求压力波动要小，一般用波动系数来衡量这一指标。波动系数 δ_w 按下式计^[11]：

$$\delta_w = \frac{Q_{V_{max}} - Q_{V_{min}}}{Q_{V_{max}} + Q_{V_{min}}} \quad (2-1)$$

式中， $Q_{V_{max}}$ ——某测量点流量最大值；

$Q_{V_{min}}$ ——某测量点流量最小值。

在进行设计计算时稳压容器的理论壁厚可通过以下公式来进行计算^[12]：

$$S_L = \frac{PD_w}{2[\sigma] + P} \quad (2-2)$$

式中， S_L ——稳压容器的理论壁厚；

P ——稳压容器内部压力(设计计算时取内部最高压力)；

D_w ——稳压容器外径；

$[\sigma]$ ——稳压容器材料的许用应力。

其中许用应力 $[\sigma]$ 的计算公式为：

$$[\sigma]=\eta[\sigma]_r(2-3)$$

式中， η ——基本许用应力修正系数；

$[\sigma]_J$ ——基本许用应力。

其中许用应力 $[\sigma]_J$ 的计算公式为：

$$[\sigma]_J = \frac{\sigma_b^{20}}{n_b} \quad (2-4)$$

式中， σ_b^{20} ——稳压容器材料在20°C时的抗拉强度；

n_b ——对应于抗拉强度的安全系数。

根据GB/T 16508—1996可取 $\eta=0.9$ ；

根据GB 9222—1998，取 $\sigma_b^{20}=10\text{Mpa}$ ；

取 $n_b=2.7$ ，故

$$[\sigma]=\eta[\sigma]_J=\eta\frac{\sigma_b^{20}}{n_b}=0.9\times 10/2.7=3.3\text{MPa};(2-5)$$

$$P=\rho gH=1000\times 9.8\times 1.6=0.0157\text{MPa} \quad (2-6)$$

$$S_L=\frac{PD_w}{2[\sigma]+P}=(0.015\times 0.6)/(2\times 3.3+0.0157)=1.4\text{mm} \quad (2-7)$$

考虑到腐蚀余量，取腐蚀余量 $^{[13]}C=0.5\text{mm}$ ，故稳压容器壁厚

$$S=S_L+C=1.4+0.5=1.9\text{mm} \quad (2-8)$$

因此取稳压容器的实际壁厚为2mm

图2.2为稳压容器的三维建模，图2.3为稳压容器的设计图，容器总容积为410L，采用不锈钢材料制作，并焊接与三脚支座上，下端底部装有放水阀，侧面装有玻璃管液位计，实际使用时顶部会装有压力表用于测量容器内部压力，以确保装置的安全。



图2.2稳压容器三维建模

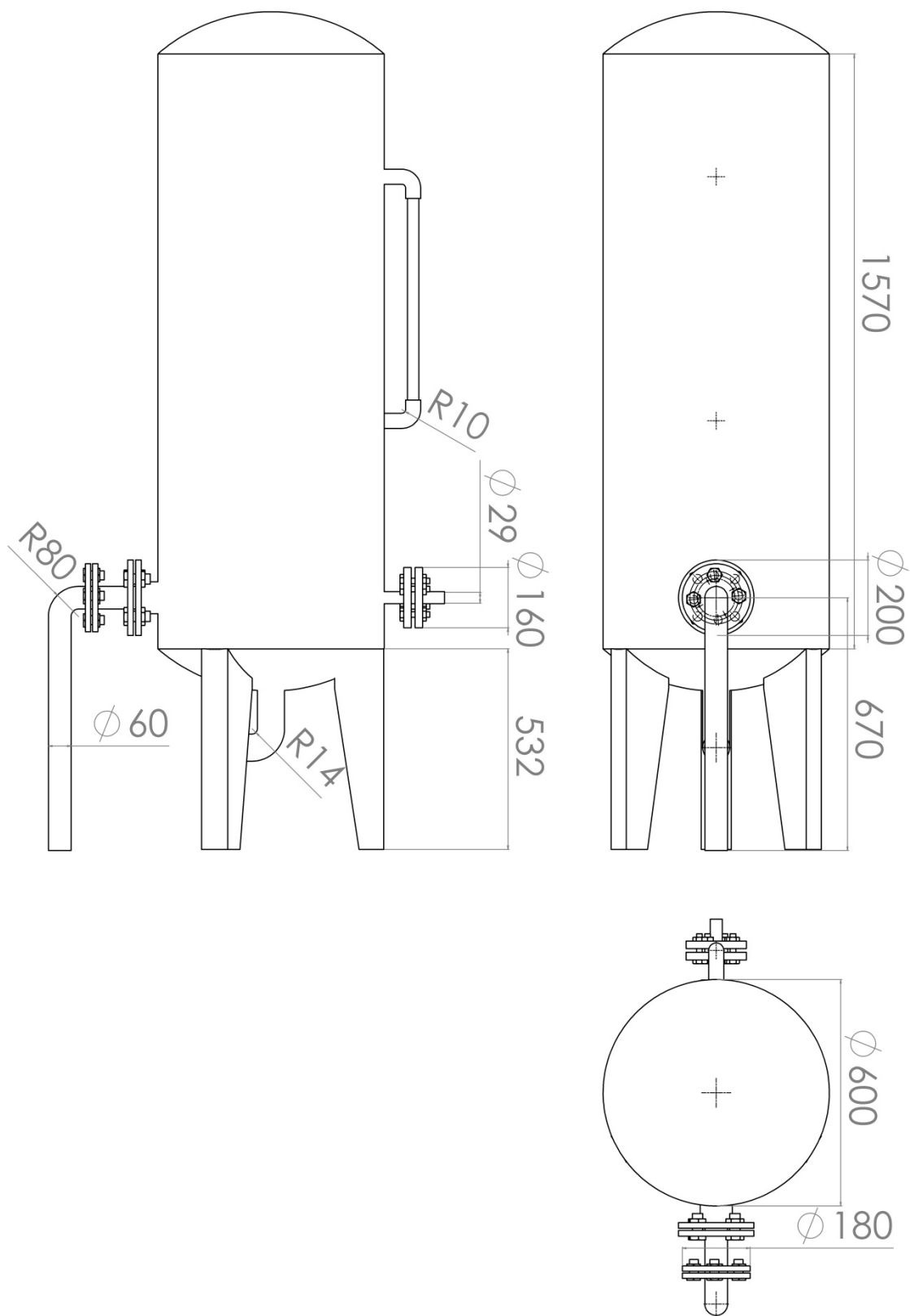


图 2.3 稳压容器设计图单位：mm

对于稳态容积法的水流量标准装置，水泵产生的波动经过稳压容器可以起到一定的稳压作用，吸收一定波长的脉动，但是不稳定性还是存在。目前国内中小型的液体标准装置虽均设有高位水箱或稳压容器的稳压水源，但是仍然存在一定流量波动（即累计测量时间间隔内的流量不稳定性），无法完全消除^[14]。

2.2.2 工作量器

流量标准装置中所用的工作量器一般是指金属量器。金属量器的主要特点是结实、不易损坏和便于运输。金属量器分一等、二等和三等标准金属量器和工作量器。一等标准量器的允许误差为 5×10^{-5} ，主要用于对工作量器的容积进行标定。二等标准金属量器和三等标准金属量器常在液体流量装置中做工作量器使用，其中二等标准量器的允许误差为 2.5×10^{-5} ，三等标准金属量器也称为工作量器，其允许误差为 $5 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-5}$ 。

标准金属量器通常用耐腐蚀性强的无孔金属或合金板制成。它的形状和具体结构应根据使用条件和准确度要求来决定，其结构应满足以下要求^[15]：

(1) 不锈钢、黄铜或经镀层的碳钢（经国家认定，性能稳定、防腐、无毒、易清洗）制造。

(2) 当向量器内注液时，被测液体蒸气和空气能完全排出，当液体从量器内排空时，被测液体能完全排出。

(3) 确保阀门和拆卸接口具有可靠的密封性，量器注满水后，不得有渗水现象。

(4) 要能够对量器的内部进行清洗和检查；对用于可燃性或易产生泡沫液体的量器，要有防静电与防泡沫产生的导液管附加机构。

(5) 在检定和使用时应能测量量器内液体温度。

本试验台的水流量标准装置的工作量器由主体、计量颈、液位计、排水管（阀）和支架等部分组成，图2.4为工作量器三维建模，图2.5为工作量器的组合设计图。

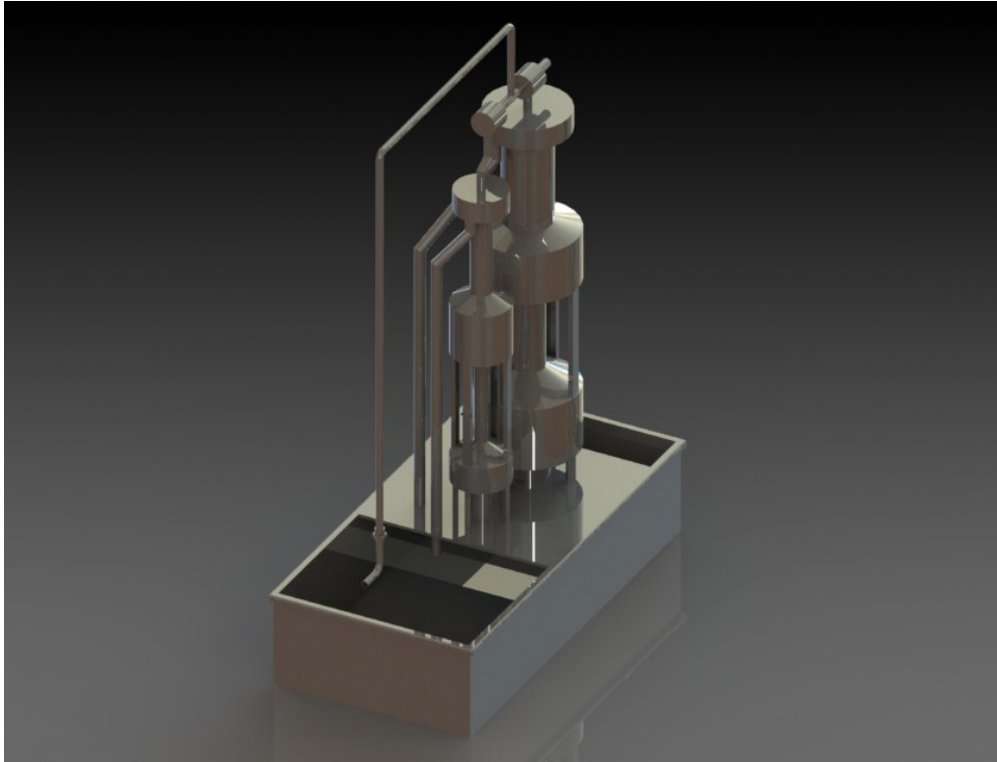
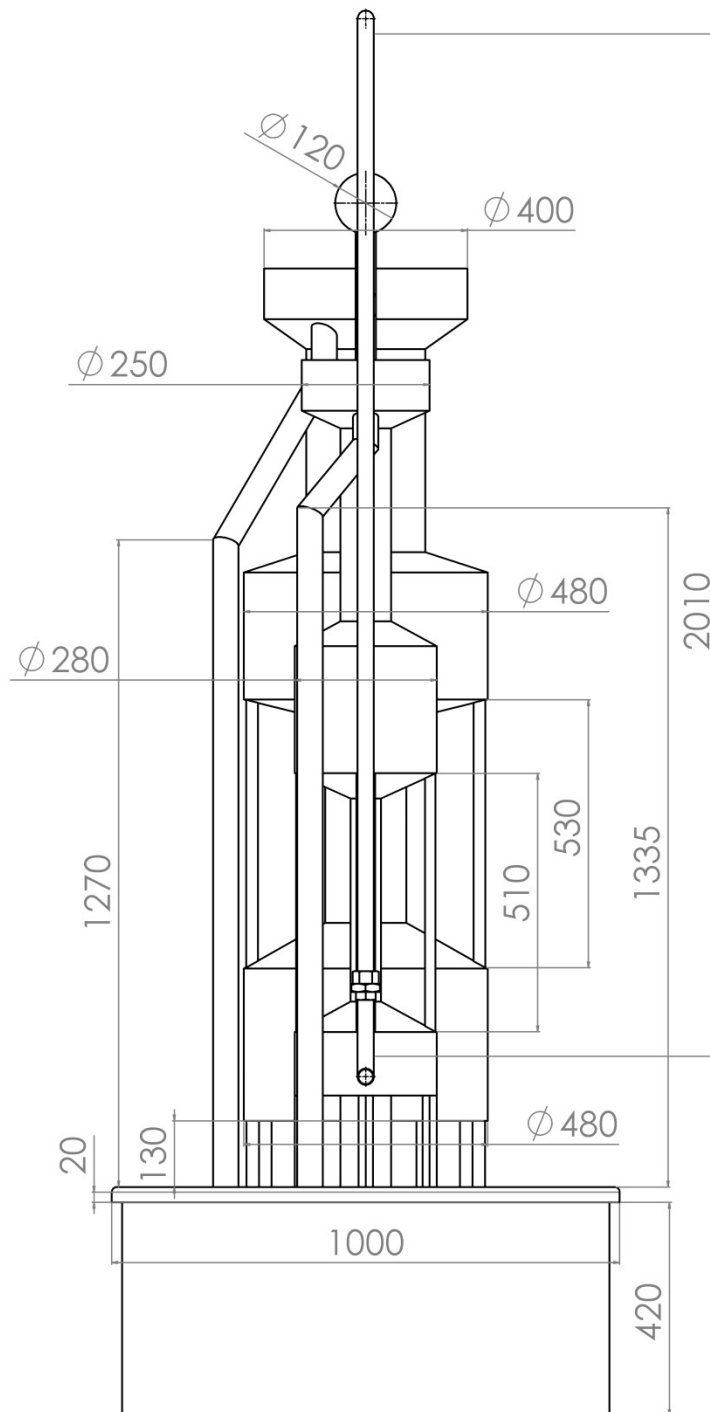


图2.4工作量器三维建模



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/836242204145011005>