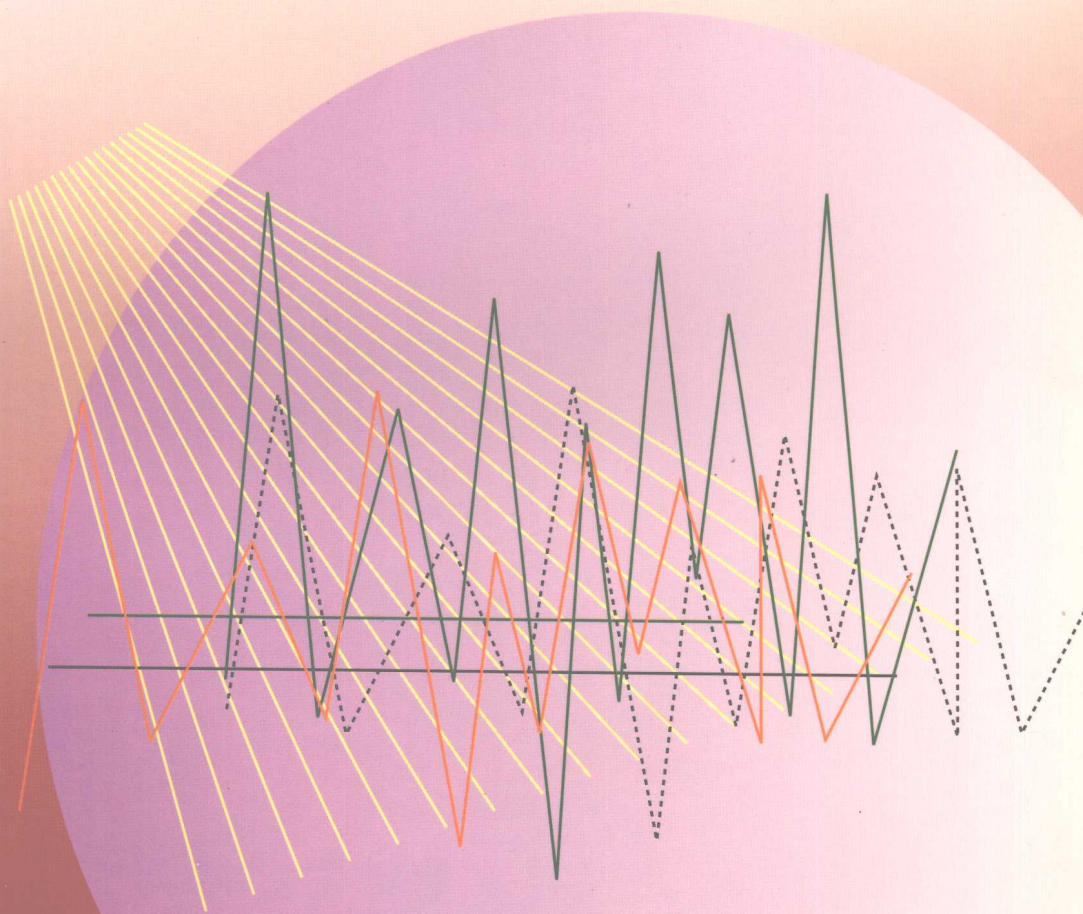




工业仪表及自动化实验

● 胡宝寅 主编



06-33
58:1

化学工业出版社



TH86-33
H458:1

工业仪表及自动化实验

胡宝寅 主编

化学工业出版社
·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

工业仪表及自动化实验/胡宝寅主编. —北京:化学工业出版社, 1999 (2001.7 重印)

ISBN 7-5025-2516-5

I. 工… II. 胡… III. ①工业仪表-实验②自动化仪表-实验 IV. TH86

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 34057 号

工业仪表及自动化实验

胡宝寅 主编

责任编辑:王丽娜

责任校对:顾淑云

封面设计:田彦文

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话:(010)64918013

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京管庄永胜印刷厂印刷

三河市前程装订厂装订

*

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 13 字数 300 千字

1999 年 10 月第 1 版 2001 年 7 月北京第 2 次印刷

印数:4001—5000

ISBN 7-5025-2516-5/G·683

定 价:17.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

内 容 提 要

本书是与工业仪表及自动化专业的四门专业课配套的实验指导书。其中包括过程检测仪表实验、过程控制仪表实验、过程控制原理实验、过程控制工程实验和综合实验。本书参照现行的国家与部颁标准，注意与理论教材的衔接，注重培养学生实验操作的动手能力和解决工程问题的能力。内容详略得当，重点突出。实验后附较多的实验训练题和内容新颖、实用的阅读材料。

本书可供高职、高专及中专工业仪表及自动化专业学生做实验教材，亦可供化工、轻工、炼油行业的工程技术人员和仪表工人培训参考。

前 言

本书是为工业仪表与自动化专业编写的实验教材，在编写时注意到与理论课教材相配合，共同完成培养学生解决实际问题的能力和其他教育教学任务。在内容安排上突出了以下几个方面。

1. 在编写“过程检测仪表实验”和“过程控制仪表实验”时，参考了国家或化工部制定的仪表检定规程和设备维护检修规程，使这两部分内容尽可能规范。同时，考虑到各学校实验设备情况和教学要求，努力做到重点突出，便于学生操作，并力求使学生理解包含在实验步骤中的道理。

2. 做完实验以后，通过完成实验训练题，起到巩固操作技能、加深理解理论知识、提高分析问题能力的作用。

3. 大部分实验后面备有阅读材料。通过阅读这些材料，使学生了解一些实际的工作经验、操作方法，获得仪表和自动化方面的新知识和新动态。

本书由胡宝寅主编。其中“第一部分 过程检测仪表实验”由康明江编写；“第二部分 过程控制仪表实验”由邓素萍编写（其中实验二十二由康明江编写）；“第三部分 过程控制原理实验”和“第四部分 过程控制工程实验”由胡宝寅编写；“第五部分 综合实验”和“附录”为三位教师合编。

本书由孙鸿主审，并提出了许多指导意见。参加本书审定工作的还有：尹廷金、刘小伟、王爱广、侯奎源、王永红、魏孔平，刘玉梅和任惠荣等。本书在编写过程中，还得到贾清水、杨志成老师，李森、张大欣老师，天津轻工业学院李赋海老师，天津农药厂隋裕民同志，天津第二煤气厂时文平同志以及天津渤海职业技术学院黄震同志和朱凤芝、高文杰等多位老师的热情帮助，在此向他们表示由衷的感谢。

由于编者水平有限，书中的缺点、错误在所难免，欢迎批评指正。

编 者

1999年4月

目 录

绪论	1
第一部分 过程检测仪表实验	4
实验一 弹簧管压力表的拆装与校验	4
实验二 气动浮筒式液位变送器的校验	9
实验三 热电偶的焊接与校验	12
实验四 工业热电阻的校验	19
实验五 XCZ-101 动圈式显示仪表的校验	23
实验六 XCZ-102 动圈式显示仪表的校验	26
实验七 XWC 系列仪表改刻度及示值校验	30
实验八 XQC 系列仪表的校验及简单故障判断	38
实验九 数字显示仪表示值校验	42
实验十 ER 系列仪表的校验	47
实验十一 无纸记录仪的认识、组态和操作	51
实验十二 热导式成分分析器的认识和使用	60
实验十三 氧化锆氧分析器的认识和使用	64
实验十四 红外线气体分析器的认识和使用	67
第二部分 过程控制仪表实验	72
实验十五 Ⅲ型差压变送器的认识和校验	72
实验十六 电容式差压变送器的认识和校验	76
实验十七 Ⅲ型温度变送器的认识和校验	81
实验十八 Ⅲ型调节器的认识和校验	85
实验十九 Ⅲ型开方器的认识和校验	96
实验二十 Ⅲ型积算器的认识和校验	99
实验二十一 安全栅的认识和校验	104
实验二十二 气动执行器的拆装和校验	109
实验二十三 KMM 可编程调节器的认识、校验和操作	115
实验二十四 SLPC 可编程调节器的认识、校验和操作	129
实验二十五 PMK 可编程调节器的认识和操作	139
第三部分 过程控制原理实验	148
实验二十六 对象特性	148
实验二十七 调节器参数对控制质量的影响	153
第四部分 过程控制工程实验	158
实验二十八 简单控制系统的组成、操作和调节器参数的整定	158
实验二十九 串级控制系统实验	162
实验三十 自动保护系统实验	166

第五部分 综合实验	171
综合实验一 过程检测仪表综合实验.....	171
综合实验二 过程控制仪表综合实验.....	181
综合实验三 过程控制工程综合实验.....	186
附录	189
附录 1 UJ-33a 型直流电位差计	189
附录 2 QJ-23 型直流单臂电桥	191
附录 3 DFX-02 型校验信号发生器	192
附录 4 微型液位控制系统实验装置简介	194
附录 5 实验报告格式	197
主要参考文献	198

绪 论

一、本课程的内容和教学目标

“工业仪表及自动化实验”是工业仪表及自动化专业的实验课程。实验课程是整个教学环节中的重要一环。开好实验课对于全面实施教学大纲和提高教学质量都是必要的。

本书分为四个部分，即：过程检测仪表实验、过程控制仪表实验、过程控制原理实验和过程控制工程实验。过程检测仪表和过程控制仪表实验是针对工业仪表进行的实验。这些仪表包括：检测仪表、显示仪表、控制仪表和控制阀等。过程控制原理和过程控制工程实验是在微型液位实验装置上进行的。通过实验，要了解系统主要环节的特性，学会用仪表构成各种自动控制系统，并学习系统投运、调节器参数的整定方法等。除了过程控制原理实验以外，其余三部分都安排了综合实验。在综合实验中，要在教师的指导下，选择仪表，自行设计和构成系统，并按要求完成实验任务。

“工业仪表及自动化实验”的教学目标是：拓宽和加深学生对理论知识的理解，从而掌握比较全面的专业知识。掌握仪表和自动化系统的专业操作技能，具备一定的解决本专业工程实际问题的能力。形成科学的工作作风和良好的人才素质。

1. 掌握知识、加深理解 在检测和控制仪表实验中，通过对所学仪表进行校验、调整、拆装等操作，可熟悉仪表的结构和各部件的作用，更深刻地理解仪表的工作原理、功能和仪表的整机特性。在过程控制原理和过程控制工程实验中，对系统主要环节特性和几种过程控制系统控制特点的研究，是验证过程控制理论知识的过程，也是加深对过程控制系统工作原理的理解的过程。通过这些实验，可以促使学生把理论与实际结合起来，从而掌握比较全面的、完整的仪表和过程自动化知识。

2. 掌握技能、提高能力 通过实验学会对仪表技术数据的测试手段和调校方法，熟悉常用标准仪器、仪表等设备的性能、作用、工作原理和操作方法。学会自控系统的构成、投运、参数整定等系统的调试方法。通过各实验，尤其是综合实验的锻炼，使学生逐步具备仪表和自动化专业的操作技能和实验能力，形成初步的解决专业工程问题的能力。

3. 培养人才、提高素质 学生的素质是在每一个实验过程中不断培养和逐步提高的，这些素质包括：实事求是、严肃认真的工作作风；有条有理、勤于思考的行为习惯；分工配合、协调一致的合作精神和遵守纪律、爱护公物的优良品质。人才素质的养成，不仅对于顺利地完成任务，而且对于将来从事任何一项工作都是十分有益的。

二、实验的基本程序

一般来说，实验的基本过程如下：

- (1) 明确实验任务；
- (2) 提出实验方案；
- (3) 准备实验设备；
- (4) 进行实验操作，作好观测和记录；
- (5) 整理实验数据，得出结论，撰写实验报告。

在进行本书中的综合实验时，上述程序应尽量让学生独立完成，教师给予必要的指导，以

培养学生的实验能力。在进行本书的各主题实验时，实验方案、步骤已经确定，学生必须按实验要求进行操作，才能达到实验目的。这就要求学生主要完成上述的第四、五项内容。要做好各主题实验，就应该做到：实验前有准备；实验中有条理；实验后有分析。各阶段的具体要求如下。

(一) 实验前的准备工作

1. 阅读本书的该实验内容；复习相关的理论知识。通过阅读，可以明确实验目的，理解实验原理，弄清实验线路和了解实验步骤。从而对实验形成整体性的认识：实验要做什么，怎样做和为什么这样做。

2. 熟悉实验中所用的校验仪器、仪表和实验装置的功能和使用方法。

3. 把实验中要用的理论数据查出来并记录于本书的表格中。

4. 人员分工。每个实验小组由组长负责，为小组成员确定职责，如：指挥协调、操作、观察、记录等，并适时地轮换所任工作。

5. 备齐记录本、笔和本实验指导书。

(二) 实验时的操作

1. 要严格遵守实验室的安全操作守则。实验线路连接完成后，应由指导教师检查无误，方可接通电源进行实验。

2. 在进行检测或控制仪表的校验时，要把各仪表和工具摆放到适合于操作的位置。对标准仪器和其它校验设备的可靠性应进行必要的检查。

3. 按本书中的步骤进行操作，认真观察实验现象和读取数据。读取指针式仪表数据时，要读到仪表最小分度的下一位数。

4. 实验中，若发现不正常的现象或读取的数据与预计的不符合，应在小组内讨论，认真分析原因，若仍不能解决，则通过教师进行处理，以便及时地解决问题。

5. 实验完成以后，应首先把实验记录的数据交老师审阅，以使错误得到及时纠正。然后，关闭电源、气源，把实验设备整理、清点完毕，方可离开实验室。

(三) 实验记录

作好实验记录是一项基本功。实验记录看似平凡，但要做好却不简单。由于疏忽，把某些数据或现象误记、漏记或数据涂改得模棱两可，会使所得到的实验结果失去价值。一个好的实验记录可以归纳为“四懂”：自己看得懂，别人看得懂，现在看得懂，将来看得懂。具体来说应注意以下几点。

1. 把本实验指导书中要求记录的内容准确地逐项记录下来，记录的主要内容包括：实验日期、实验仪表、实验仪器和装置的名称、型号、编号等，以便在以后出现疑问时，可以按记录重复进行实验。在实验记录本中，把实验中观察到的重要现象、出现的故障及排除情况等随时记录下来。

2. 记录用钢笔，不用铅笔；文字、数码和符号要写清楚，不应让自己或别人在以后辨认时引起误解。

3. 每一个实验数据在记录以后，应立即复核。

4. 实验数据是第一手材料，是作出实验结论的依据，不能在任何理由下编造、修改或歪曲。例如：某参数理论值是 50，但实测值是 35，相差较多，那也必须把 35 记录下来，然后再找原因。

5. 实验数据若确有理由需要修改，应在原数据处做一个删去记号，在旁边写上更改的数

据，并说明理由。

总之，实验记录应该包括所有检验实验结果所必需的记载。实验记录是整理实验报告的底稿，在此基础上写出实验报告。

(四) 实验报告

实验报告是实验程序的最后一步，它是全部实验内容的总结。实验报告要体现整个实验的目的、操作方法、获取的数据（或曲线）及最后的结论。要按照规范的格式（见附录5）来书写实验报告。书写实验报告是整个实验程序的最后阶段，它对于培养学生的数据处理能力、分析问题能力和书面表达能力是十分必要的。

每个实验报告中，都有一个栏目“结论”，结论是对每个实验对象（仪表或控制系统）的最终评定，如：仪表是否合格，系统质量是否满足设计要求等。结论应该是准确和可信的，而要做到这一点就必须以事实为依据。即：使结论产生于对实验数据（或曲线）正确处理与分析的基础上。下面分别对实验数据和曲线的处理方法作简要说明。

1. 实验数据的分析处理

(1) 对在同一条件下通过几次测量所得到的数据，应先求出其算术平均值，再进行处理。

(2) 在整理实验数据的位数时，要按照有效数字的舍入规则和运算规则来进行。

(3) 进行误差分析时，要把整理后的数据代入到相应的计算公式中运算，运算后应验算，以保证计算结果的准确性。

2. 实验曲线的分析处理

应该用理论知识中的结果去观察具体的实验记录曲线。例如：曲线的性质是单调衰减还是振荡衰减，曲线的品质指标如何等。按实验的要求对曲线进行分析处理和对比，最终得出结论。

实验训练题可以帮助学生复习实验原理、仪表和实验装置的操作步骤和方法，旨在引起思考，达到巩固实验效果的目的，应该认真完成。

通过“工业仪表及自动化实验”的实践和总结，学生在理论知识、专业技能和个人素质等方面一定会有较大的提高，为日后从事专业工作，打下一个良好的基础。

第一部分 过程检测仪表实验

实验一 弹簧管压力表的拆装与校验 (4 学时)

一、实验目的

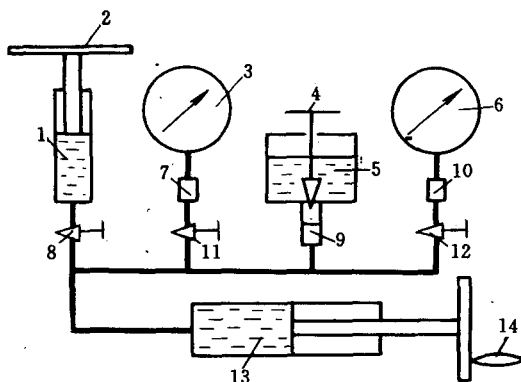


图 1-1 压力表校验仪结构原理图

- 1—活塞式压力泵；2—砝码托盘；3—标准压力表；
4—油杯阀；5—油杯；6—被校压力表；
7、9、10—两端螺母；8、11、12—截止阀；
13—手摇压力泵；14—手轮

1. 通过本实验，熟悉弹簧管压力表的结构组成和工作原理。

2. 掌握弹簧管压力表的零位、量程、线性的调整及示值校验方法。

二、实验装置

(一) 主要实验装置及其作用

1. 压力表校验仪一台，用作压力源。
2. 标准弹簧管压力表一块，推荐精度等级 0.4（或 0.5）级，测量范围 0~1.6MPa。
3. 普通弹簧管压力表一块，推荐精度等级 1.5 级，测量范围 0~1.6MPa。
4. 压力表校验专用砝码一套，由生产厂家成套提供。

5. 工作液若干，建议用无酸变压器油。

(二) 实验装置连接图

1. 压力表校验仪结构原理图（如图 1-1）。
2. 普通压力表校验连接原理框图（如图 1-2）。

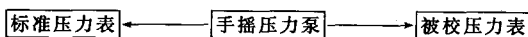


图 1-2 普通压力表校验系统连接原理框图

三、实验指导

(一) 预备知识

1. 校验的必要性

对于采用弹簧管这一类弹性元件的压力测量仪表而言，随着使用时间的推移，弹性元件的特性会发生变化。另外，仪表中的各传动部件也会产生磨损。这些因素均会导致仪表的准确度降低，为此，必须对该类仪表进行定期校验和调整。国家计量检定规程规定，弹簧管压力表的检定周期为六个月。

2. 压力表校验仪结构及操作方法简介

如图 1-1 所示为 YS-60 型压力表校验仪的结构图，它由一个手摇式压力泵和一个活塞式压力泵、两个压力表接头及相应的连通管路构成，各部分的连通与否由相关阀门的开关决定。该校验仪有两种压力发生装置，即活塞式压力泵和手摇式压力泵。其中前者是利用专用砝码作用于工作介质而产生压力的，此时要利用支撑螺杆调整校验仪的水平位置，以保证校验的

准确性。后者利用手轮摇动时推进活塞而使介质产生压力，对压力表进行校验。本实验利用手摇式压力泵对普通工业用压力表进行校验。其使用方法简述如下。

(1) 吸油过程 将阀 8、11、12 关死，手摇压力泵旋进至最深位置。在油杯 5 中充入适量的工作液，之后打开油杯阀 4，摇动手轮使其活塞慢慢退出，则各管路及手摇压力泵内便有工作液充入。由于在充入工作液之前管路内通大气，此时管路内仍然有空气存在，为此需排除之。

(2) 排除管路系统内的空气 待系统吸入工作液之后，关闭油杯阀 4，打开截止阀 11、12，在未安装压力表的情况下旋进手摇泵活塞，并观察压力表接头处有介质即将溢出时，关闭截止阀 11、12，打开油杯阀 4，旋出手摇压力泵以补足工作液，再次关闭油杯阀 4。吸油后的校验仪便可投入后续实验的使用。

3. 本实验所需具备的基础知识

在进行本实验之前，应充分理解理论课中对弹簧管压力表的结构组成及工作原理的讲述，还应熟悉初等数学中弧长与角弧度及半径之间的关系式的意义，从本质上了解弹簧管压力表的零位、量程以及线性的调整方法，从而为该仪表的调整及校验打下坚实的基础。

4. 弹簧管压力表的基本技术性能指标（以 1.5 级为例）

零值误差： 1.5%（有零值限制钉的仪表除外）	变差： 1.5%
指示基本误差： $\pm 1.5\%$	轻敲位移量： 0.75%

(二) 实验原理

本实验是采用比较法，利用手摇式压力泵给标准压力表和被校压力表同时施加压力，根据两仪表对同一信号的指示差别，对被校压力表进行校验的。

(三) 实验步骤及注意事项

1. 压力表的认识与拆装

(1) 观察被校压力表的面板结构，记录其测量范围、精度等级，对没有零值限制钉的压力表而言，垂直时观察其零值误差是否超标并进行记录。

(2) 松开被校压力表表盖紧固螺钉，取下表盖，用取针器卸下指针和刻度盘，观察压力表内部结构及机械传动情况。在观察时要做到如下几点：

① 用手拨动弹簧管的自由端使之向外扩张，观察扇形齿轮及中心齿轮的动作情况，并结合扇形齿轮及中心齿轮的具体结构分析其放大过程。

② 找出量程调整螺钉，分析向不同方向调整其位置时放大机构放大倍数的变化情况。

③ 找出压力表基座固定螺钉，分析基座向不同方向转动时拉杆与扇形齿轮间夹角的变化情况。

上述认识与观察完成之后将压力表复原。

2. 压力表的安装操作

压力表校验仪上有两个接头 7、10，可分别用于安装标准压力表和被校压力表，习惯上将标准压力表装在左侧，而被校压力表装在右侧。

压力表接头实质上是一个两端螺母，该螺母以中间为界分为上下两侧，一端为左旋螺丝，另一端为右旋螺丝，在安装时只需将压力表对准后转动接头即可。两端螺母中部有一泄压孔，实际应用过程中拆卸压力表时它起到排卸介质压力的作用，所以在现场拆卸时千万要注意避开该孔以防带压介质喷到身上，造成不必要的伤害。

3. 实验步骤

普通压力表的校验系统连接原理图如图 1-1 所示；此时活塞压力计的截止阀 8 及油杯阀 4

应关死，而两压力表的截止阀 11、12 应打开；各阀门的位置设置完成后即可按下述步骤进行压力表的调整和校验。

(1) 零位调整 首先观察被校压力表的零位指示值并确认其零值误差是否合格，若不合格则应取下指针重新安装，使之对准零位刻度线；对于有零位限制钉的压力表而言，一般要升压至零位后第一个有数字的刻度线处安装指针，以进行零位调整使之符合要求。

(2) 量程调整 给压力表加入满量程压力（此时读数以标准压力表为准），观察被校压力表的指示值是否在满刻度，若超差则应进行量程调整。

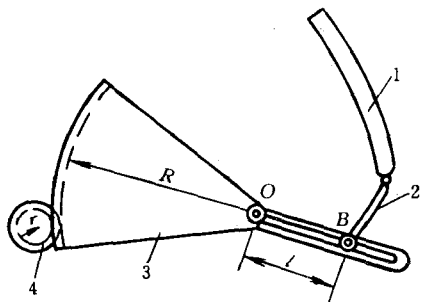


图 1-3 齿轮放大机构示意图

1—弹簧管；2—拉杆；3—扇形齿轮；4—中心齿轮

如图 1-3 所示为弹簧管压力表的放大机构示意图，其量程调整是通过改变拉杆与扇形齿轮间的连接位置来实现的，调整的实质是改变了图中 OB 的长短，从而改变了该机构的放大系数；调整的方法是松开连接螺钉，改变 B 点的位置后重新上紧，若 B 点远离 O 点则放大系数变小，反之则变大。在实验过程中加入满量程压力后可根据示值情况进行判断、调整。

重复上述步骤对零位和量程进行反复调整，使二者均符合要求。另外，加压至量程上限时，还应同时进行耐压实验，即在量程上限处压力保持 3 分钟，仪表示值应保持不变；否则应检查弹簧管是否破损或油路系统有无泄漏。

(3) 线性的调整 “线性”是指被测介质压力与指针回转角之间为线性关系。从压力表的刻度盘上可以看到其刻度线是均匀分布的，说明压力表是一种线性指示仪表，但是否呈线性有待于在实验中验证并进行调整。

给压力表加入 50% 压力（仍以标准压力表读数为准），观察被校压力表的指示值，它应在 50% 位置或其附近，且误差在允许范围之内，否则应进行调整。

线性的调整是通过转动机芯内基座的位置来实现的，其实质是改变了图 1-3 中拉杆与扇形齿轮间的夹角；具体方法是松开基座固定螺钉，适当转动机芯，顺时针转动夹角变大，反之则变小，之后再拧紧基座固定螺钉进行校验，若不合格则应反复调整。原则上，当施加 50% 压力时，拉杆与扇形齿轮间的夹角应为 90° 为宜。

注意，线性的调整往往会引起零位和量程的变化，为此还需用前述方法重新调整零位和量程，待三项均符合要求之后，便可进行示值误差校验。

(4) 示值误差校验 对被校压力表均匀地选取 5~6 个校验点填入表 1-1，原则上所选各点应为标有数字的刻度线，并应包含零位和满量程刻度。选定之后便可利用手摇泵逐渐地加压（或减压）进行正（或反）行程校验。

① 正行程校验 从仪表的下限分度点开始，慢慢旋进手摇压力泵加压，使得标准压力表的读数依次对准各校验分度点，在全行程范围内读取各点的被校压力表读数进行记录。

② 反行程校验 待正行程校验完成后，从略高于仪表的上限分度点开始，慢慢旋出手摇压力泵降压，使得标准压力表的读数依次对准各校验分度点，在全行程范围内读取各点的被校压力表读数进行记录。

在示值校验过程中应注意如下几点。

① 在正行程校验的操作过程中，不允许加压过头后再返回校验点；反之，反行程校验的操作过程中，也不允许减压过量后再返回校验点。若因操作不当而在某校验点出现过冲现

表 1-1 普通弹簧管压力表校验记录表

被校压力表 型号 _____		测量范围 _____		精度 _____			
标准压力表 型号 _____		测量范围 _____		精度 _____			
压力表校验仪表名称 _____		型 号 _____		绝对误差 _____			
原 始 记 录							
标准表示值/MPa	被校表示值/MPa		轻敲后被校表示值/MPa		绝对误差/MPa		正反行程示值之差
	正行程	反行程	正行程	反行程	正行程	反行程	
外观检查记录							
零值误差							
实测基本误差							
实测变差							
轻敲位移量							
实验结论及分析： 							
校验人						年 月 日	
指导老师：						年 月 日	

象，则应减压（或加压）至上一个校验点附近后重新加压（或减压）。如某压力表的校验过程中，校验点分别为 0、0.4、0.8MPa……，在 0.4MPa 的校验点上因操作不当而出现了正行程过冲现象，此时应降压至 0MPa 以上的附近某点，重新进行该校验点的正行程校验。

②在示值误差校验过程中，对每一个刻度线的正反行程均应观察并记录其轻敲示值变化量，看它是否超出技术指标要求，若超差则应检查处理游丝和机芯活动部分，直至符合要求为止。

(四) 实验过程中的数据处理

1. 仪表的误差可按下列公式计算：

绝对误差 $\Delta = \text{测量值} - \text{标准值}$ (MPa)
 基本误差 $\delta = \pm \Delta_{\max} / (\text{标尺上限值} - \text{标尺下限值}) \times 100\%$
 变差 $= |A_{\text{正}} - A_{\text{反}}|_{\max} / (\text{标尺上限值} - \text{标尺下限值}) \times 100\%$

式中 测量值——轻敲表壳后，被校表的示值；

标准值——标准表的示值；

Δ_{\max} ——各校验点的绝对误差的最大值；

$A_{\text{正}}$ 、 $A_{\text{反}}$ ——在每个校验点进行正反行程校验时，被校表在轻敲后的示值。

2. 仪表示值进行记录时保留估读数位。

四、实验报告内容

在实验报告中应着重进行如下几项工作。

1. 普通压力表校验连接原理框图。
2. 以文字形式反映出计算过程、计算结果，并表述实验结论。
3. 对于不合格的仪表提出维修措施及理由。

五、实验训练题

1. 以下关于压力表的说法，你认为对者在题后的括弧内打“√”，错者打“×”。

(1) 从弹簧管压力表的工作原理可知，在相同的压力及弹簧管壁厚条件下，椭圆形弹簧管越扁宽，则它的管端位移越大，仪表也越灵敏。()

(2) 通过观察压力表的内部结构，我们可看到其工作介质是密闭在弹簧管内的，并不受大气压力的作用，所以其示值就表示被测介质的绝对压力。()

(3) 在本实验的数据处理过程中，经计算只要压力表的基本误差符合其技术指标要求，就可判定该仪表合格。()

(4) 压力表校验仪中所用的工作介质一般为不可压缩性的液体介质。()

(5) 弹簧管压力表中的弹簧管是由一根弯成 300° 的圆弧状、截面呈扁圆形的空心金属管制成。()

(6) 弹簧管压力表的放大机构由扇形齿轮和中心齿轮构成，其中前者进行了角位移放大，后者进行了线位移放大。()

2. 你所校验的普通弹簧管压力表的刻度盘分格数是多少？最小分度值为多少 MPa/格？在读取数据及进行数据处理时准确到了小数点后第几位？

3. 在本实验中，利用活塞式压力泵和砝码校验压力表时，要求调整校验仪的水平，而后面用手摇式压力泵进行被校仪表的校验时，并不要求调整其水平，试分析其原因。

六、阅读材料

用压力表校验仪校验氧用压力表

由《过程检测仪表》的知识可知，氧用压力表是禁油的，即其使用和校验过程中不允许沾有油污，否则在测氧过程中会产生爆炸现象。而我们目前所采用的压力表校验仪均采用无酸变压器油作为传压介质，这就给氧用压力表的校验带来了不便。

解决上述矛盾的办法是采用油水隔离装置，其结构如图 1-4 所示，它是一种专用配件，外观呈圆筒形，材料为不锈钢，一般直径为 $\phi 100$ ，高为 200mm。

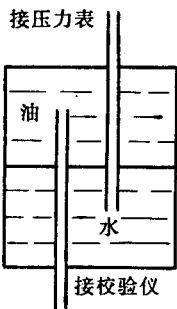


图 1-4 油水隔离装置示意图

由于油的重度（或密度）小于水的重度（或密度），所以在油水隔离装置中油总是处在上面，而水总是处在下面。且二者均为不可压缩性介质，校验仪所提供的油压及时地通过水而传递给氧用压力表的弹簧管，从而实现了对氧用压力表进行校验的目的。同时由于水的存在，它将氧用压力表的弹簧管与油介质隔离开来，满足了氧用压力表禁油的要求。

油水隔离装置的两个引出管上均配有压力表专用接头，安装十分方便。在使用时要注意装置中不得有空气存在。校验后的氧用压力表要进行检查，看其弹簧管内是否有油污进入。其方法是，先将纯净的温水注入弹簧管内若干，充分摇荡后倒入盛有清水的器皿中，若水面上无彩色的油影，即可认为没有油污，否则应认真清理至合格。

实验二 气动浮筒式液位变送器的校验

(2 学时)

一、实验目的

1. 熟练掌握浮筒式液位变送器的调整及校验方法。
2. 结合实际理解浮筒式液位变送器的工作原理。

二、实验装置

(一) 主要实验装置及作用

本实验可按不同的方法进行，在实验过程中所需的实验装置如下。

1. 标准压力表两块，0.25 级，0~160kPa，用于指示浮筒式液位变送器的输出。
2. 带标尺的玻璃液位计一支，1mm 分度，用于指示装置中的水位高度（水校法使用）。
3. 专用校验砝码一套（挂重法使用）。
4. 相应的气路连接管路及接头若干。

(二) 实验装置连接图（见图 2-1，图 2-2）

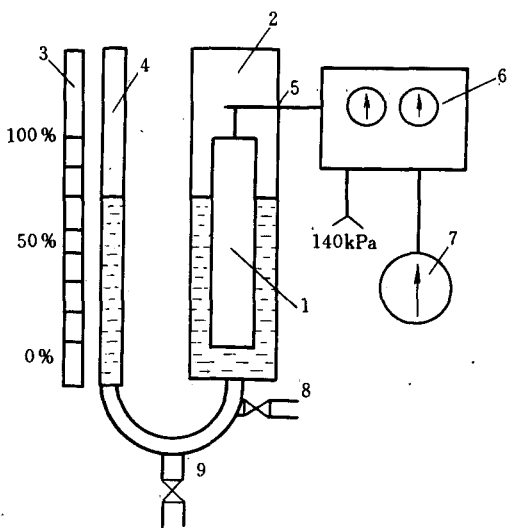


图 2-1 水校法校验连接图

- 1—浮筒；2—检测器外壳；3—刻度标尺；
4—玻璃管；5—杠杆；6—转换器；
7—标准压力表；8—进水管；9—出水管

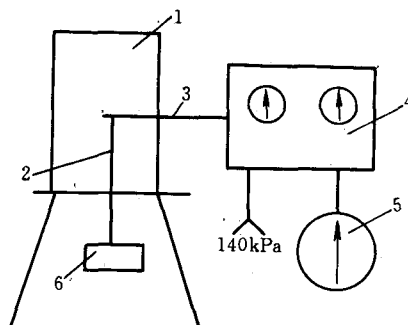


图 2-2 挂重法校验连接图

- 1—检测器外壳；2—挂链；
3—杠杆；4—转换器；
5—标准压力表；6—砝码

三、实验指导

(一) 实验原理

浮筒式液位计是一种变浮力式液位计，它是浮力式液位计的特例之一。它利用液位高度变化而引起浮筒所受的浮力变化这一特点，将液位转化为可远传的标准信号，也就是常见的电信号或气信号，对应的有电动浮筒式和气动浮筒式液位变送器等。

在该类产品中，尤其以气动浮筒式液位变送器居多，为此本实验选择了气动型式的变送器进行介绍。这类仪表能够在有效范围内将液位高低线性地转换为 20~100kPa 内的标准气压信号输出，本实验中仪表的输出由标准压力表进行指示。

关于气动浮筒式液位变送器的校验方法有水校法和挂重法两种，分述如下。

1. 水校法（又称湿法）

本法以水为工作介质进行校验。当水位变化时，液体浸没浮筒的体积变化，致使浮筒所受的浮力变化，从而使浮筒式液位变送器的输出对应地发生变化。在校验过程中，若被校验的液位变送器是测水位的，则可直接进行校验，若铭牌上标明的被测介质不是水，也可以通过换算后用水代校（计算方法后面介绍）。由于该法直接接触介质，直观、便于操作，在现场使用非常方便。在现场应用该法进行校验时，若环境温度在 0°C 以下，水有可能结冰，此时可用酒精作为工作介质进行校验。

2. 挂重法（又称干法）

用挂重法校验浮筒式液位变送器，是将其中的浮筒取下后，挂上与各校验点相对应重量的砝码来进行的，各校验点所对应的砝码重量等于浮筒重量（含挂链重量）与液面在该校验点时所受的浮力之差。由于该法无介质直接作用，操作简单易行，适宜于实验室应用。

（二）预备知识

1. 实验前应熟悉气动浮筒式液位变送器的结构原理，并了解其零位和量程调节机构的结构特征及调节机理。

2. 实验过程中的相关计算方法如下。

（1）对于水校法而言，用水进行校验时，各校验刻度点所对应的注水高度为

$$h_x = h\rho/\rho_x \quad (2-1)$$

式中 h_x ——各校验点相应的注水高度，m；

h ——各校验点相应的被测介质高度，m；

ρ ——工作条件下被测介质的密度， kg/m^3 ；

ρ_x ——校验时所用水的密度， kg/m^3 。

根据式（2-1）即可求出介质液位在各校验点所对应的注水高度后进行校验。

在式（2-1）中，当 $\rho > \rho_x$ 时，有 $h_x > h$ 。从浮筒式液位变送器的工作原理来分析，不管是 h ，还是 h_x ，其大小均取决于浮筒的有效长度，在工作过程中，浮筒被介质全部浸没后，输出已达到最大值，此时即使液位再升高，仪表的输出也不会增大。由此可见，在这种情况下会出现被测介质上限附近的部分分度点不能被校验的现象。解决这一问题的方法是缩小仪表的输出压力范围，即取加水至全部淹没浮筒时的高度 $h_x = h_{x\max}$ ，则 $h_{\max} = h_{x\max} \times \rho_x / \rho$ 。当水全部淹没浮筒时，对应的仪表输出为

$$P = 20 + 80 \times h_{\max} / L \quad (\text{kPa}) \quad (2-2)$$

其中 L 为浮筒的有效长度，将该输出对应地分为若干等分后进行校验即可。

（2）挂重法的相关计算 对应于各校验点相应的被测介质高度，应挂砝码的重量为：

$$W = G - Q_1$$

$$Q_1 = d^2 \times h \times \rho \times \pi / 4 \quad (2-3)$$

式中 W ——相应的挂重量，kg；

G ——浮筒的重量，kg；

Q_1 ——各校验点相应的浮力，kg；

h ——被测介质相应的液位高度，m；

d ——浮筒直径，m；

ρ ——工作条件下被测介质的密度， kg/m^3 。