

The background of the book cover features a stylized, hand-drawn illustration of an internal combustion engine test system. It includes a large engine block on the left, a water tank at the bottom right, and various pipes, valves, and a pump connecting them. The entire scene is set against a vibrant, abstract background of yellow, green, and blue brushstrokes.

高等学校通用教材

内 燃 机 测试技术

(修订版)

严兆大 主编

浙江大学出版社

TK406

1

(2)

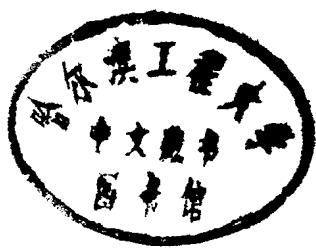
465379

高等学校通用教材

内燃机测试技术

(修订版)

严兆大 主编



00465379

浙江大学出版社

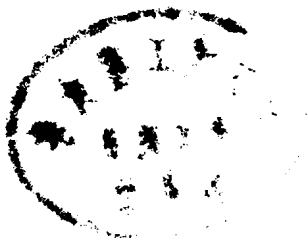
内 容 简 介

0215/30

本书论述了内燃机主要参数的测试方法、测试系统和测试仪表工作原理以及测试结果的误差分析等。

全书共分十一章,前四章主要介绍内燃机测试及仪表的基本知识、误差分析及传感器原理等基础理论;从第五章开始分别叙述主要参数、功率、压力及示功图、温度、流量、排气成分、振动及噪声的测量方法、测试系统、所用仪表的原理及测量结果的分析等。

本书为高等院校内燃机专业本科大学生教材,也可作为汽车、拖拉机、船舶、内燃机车及工程机械等专业的教学参考书,并可供从事内燃机研究、设计、制造、使用等部门的技术人员参考。



内燃机测试技术

(修订版)

严兆大 主编

责任编辑 邹小宁

* * *

浙江大学出版社出版

(杭州玉古路20号 邮政编码 310027)

浙江省煤田地质局制图印刷厂印刷

浙江省新华书店发行

* * *

787×1092 16开 15.25印张 390千字

1986年9月第1版 1993年8月第2版

1999年5月第5次印刷

印数 17001—20000

ISBN 7-308-01266-2/TH·042 定价:15.00元

前 言

随着科学技术的迅猛发展,内燃机测试技术已成为深入研究内燃机性能及结构不可缺少的手段。对内燃机有关参数的测试方法、测试系统、测试仪表以及测量结果的误差分析和数据处理知识,已形成一个专门的学科。

1978年4月第一机械工业部在天津召开高等院校对口专业教材会议,会上确定由浙江大学主编《内燃机测试技术》教材。同年6月在南宁召开全国内燃机专业教材编写会议,讨论制定了“内燃机测试技术”等课程的教学大纲。本书是根据上述会议的决定和精神,由浙江大学内燃机教研室集体编写。

1981年5月编写出初稿后即印成讲义,经我校和不少兄弟院校内燃机专业试用。在征集试用意见的基础上,将原内容作了删减、修改及增添部分新内容,以适应教学上的要求。本书讲授时数为60学时。

1984年11月在天津召开的全国高等学校内燃机专业教材编审委员会第二次会议上,议定《内燃机测试技术》一书,仍用高等学校试用教材名义由浙江大学出版社出版。

本书由马元骥教授、施润昌副教授担任主编。书中第一、二章由施润昌执笔,第三章由严兆大执笔,第四、七章由王振子执笔,第五、八、九章由周有平执笔,第六、十一章由刘世贤执笔,第十章由马元骥执笔。施润昌具体指导了第四、五章的编写。

初稿完成后,经吉林工业大学内燃机教研室吴振威副教授主审,提出了宝贵意见。书中绝大部分图稿由浙江大学电教中心张礼明同志描绘。本书在编写过程中,还得到校内外许多同志的帮助和指导,在此一并致以深切的感谢。

书稿及图中的计量单位,大部分已采用我国法定计量单位。但个别地方由于考虑使用习惯及采用过去的图表等原因,故仍保留了非法定计量单位。

由于本书内容涉及面很广,编者水平有限,缺点和错漏在所难免,恳切欢迎读者批评、指正,以使本书进一步完善。

编 者

1985年5月

修订版前言

由马元骥、施润昌教授主编的《内燃机测试技术》，自 1986 年出版以来，作为内燃机专业本科生通用教材，已在全国许多院校使用。近年来内燃机测试技术有很大的发展，有必要对原书进行修订。为此，在广泛征集清华大学等兄弟院校内燃机专业对原教材意见的基础上，制定了新的教学大纲，经 1991 年 9 月召开的内燃机教学指导委员会审议，确定仍由浙江大学修订。修订版中对原书内容作了删减和调整，对某些章节进行了重新改写，增添了不少新的内容，以反映内燃机测试技术的新进展。但修订的基本指导思想，仍以测试技术的基础知识和应用为主。

修订版由严兆大教授主编。本书共分十一章，其中第一、四、七章由王振子执笔，第二、三、十章由严兆大执笔，第五、八、九章由周有平执笔，第六、十一章由刘世贤执笔。

修改稿完成后，由江苏工学院高宗英教授主审，提出了许多宝贵的意见。在编写过程中参考了一些兄弟院校的资料，并得到内燃机专业教学指导委员会和许多同行专家的关心和支持，特此一并表示衷心的感谢。为使本书尽早出版，以满足兄弟院校的教学要求，编者也十分感谢浙江大学出版社给予的尽力协助。

由于编者水平有限，不妥之处恳请读者批评指正。

编 者

1993 年 5 月

目 录

第一章 概 论	(1)
1.1 绪 言	(1)
1.2 内燃机试验装置和试验台	(2)
1.3 内燃机台架试验自动化	(7)
第二章 测量与仪表的基本知识	(10)
2.1 测量的基本概念	(10)
2.2 测量仪器的组成和分类	(11)
2.3 评定测量仪表质量的主要指标	(13)
2.4 仪表在瞬变参数测量中的动态特性	(15)
第三章 测量误差与数据处理	(24)
3.1 概 述	(24)
3.2 测量误差的分类	(24)
3.3 系统误差	(25)
3.4 偶然误差	(25)
3.5 偶然误差的计算	(31)
3.6 试验数据的处理	(41)
3.7 计算机数据处理简介	(47)
第四章 非电量电测和传感器原理	(49)
4.1 概 述	(49)
4.2 电阻式传感器	(50)
4.3 电感式传感器	(55)
4.4 电容式传感器	(57)
4.5 压电式传感器	(59)
4.6 磁电式传感器	(63)
4.7 热电式传感器	(64)
4.8 光电式传感器	(70)
4.9 霍尔传感器	(76)
4.10 数字式变换器	(78)
第五章 有效功率的测量	(81)
5.1 概 述	(81)
5.2 机械测功器	(82)
5.3 水力测功器	(83)
5.4 直流电力测功器	(85)

5.5	交流电力测功器	(90)
5.6	电涡流测功器	(92)
5.7	其它类型测功器	(94)
5.8	测功器使用技术	(95)
5.9	扭矩仪	(99)
5.10	转速的测定	(101)
第六章	压力测量及动态压力测录	(106)
6.1	稳态压力测量及其仪表	(106)
6.2	动态压力测录及示功装置	(112)
6.3	动态参数采集和处理系统	(125)
6.4	上止点相位的确定	(130)
6.5	示功图测录中的误差分析	(131)
第七章	温度测量	(135)
7.1	内燃机稳定温度的测量	(135)
7.2	内燃机瞬时温度的测定	(141)
7.3	内燃机零件温度的测定	(145)
第八章	流量测量	(150)
8.1	概 述	(150)
8.2	用节流差压法测量进气流量	(151)
8.3	测量进气流量的其它方法	(160)
8.4	气流速度的测量	(166)
8.5	其它流量的测量	(170)
8.6	流量计的校准与标定	(174)
第九章	内燃机排气成分分析	(176)
9.1	排气成分测定的试验规范	(176)
9.2	排气分析的取样方法	(182)
9.3	排气成分分析方法	(187)
9.4	烟度测定	(193)
9.5	颗粒排放测定	(195)
9.6	排气成分计算	(196)
第十章	振动的测量	(201)
10.1	内燃机振动及其分类	(201)
10.2	振动测量基本力学原理	(202)
10.3	测振系统	(203)
10.4	振动测量	(208)
10.5	曲轴扭振测量	(209)
10.6	测振系统的校准	(211)

10.7	振动分析和数据处理简述.....	(213)
第十一章	噪声测量	(215)
11.1	有关噪声的声学概念.....	(215)
11.2	噪声测量仪器.....	(222)
11.3	内燃机噪声的来源及测试方法.....	(225)
11.4	测量数据的处理和计算.....	(230)
主要参考文献		(234)

第一章 概 论

1.1 绪 言

内燃机试验是内燃机生产和科学研究工作中不可缺少的一个环节。随着工业生产和科学技术的迅速发展,内燃机应用的范围在不断扩大,品种和数量在不断增长,对内燃机中各系统零件的性能、使用寿命等技术指标的要求也愈来愈高。因此,进行内燃机工作过程的研究;节约燃料、扩大燃料的品种、新型结构的研究;以及设计和研制合乎要求的产品和对原有产品的分析改进,以满足各种用途的需要,自然就成为内燃动力工程技术人员的重要任务。在上述这些任务中,试验工作居于极重要的地位,这不仅是因为从所耗的财力、物力、人力和时间方面占有很大的比例,更主要的是任务完成的质量和是否达到预期的目标,必须以试验得出的最终结果来评价和确认。

在内燃机试验中,除了要定性地观察一些物理和化学现象以外,更重要的是要对运行过程中许多有关的物理量和化学量进行精确的定量测定。如果没有先进的测量方法和测量装置,包括先进的数据处理方法和相应的设备,也就没有先进的内燃机试验技术。

此外,在内燃机试验的自动控制系统中,也需对被控参数进行测量,将测量的结果反馈到输入端的求和装置上,与假定值或输入变量进行比较,以达到精确控制的目的。自动控制系统的控制精度在很大程度上取决于测量反馈精度,因此,被控物理量的测量装置,也就成为内燃机台架试验自动控制系统中的重要组成部分。

内燃机台架试验方法(国家标准 GB1105-87)中规定的大部分试验项目,其参数的测量都在稳定的运转工况下进行。在稳定工况下进行各种参数的测量,因测量目的的不同而分为性质截然不同的两类:平均值的测量和瞬时值的测量。对于有关参数平均值,如曲轴转速、输出扭矩、进气压力、排气温度等的测量,由于被测量中包含有不同程度的脉动分量,采用惯性小的测量系统和仪表,有可能从仪表的指示部分反应出这种由于脉动分量而引起的周期性波动,使读数发生困难。而对于被测参数瞬时值的测量,如内燃机在一个工作循环中,气缸内介质的压力随曲轴转角的变化即示功图的测量,曲轴扭转振动波形的测量,进、排气压力波,排气瞬时温度,燃料供给系统中管道压力和喷油器针阀升程等的测量,由于被测量是一个随曲轴转角变化的函数,这就要求测量系统的各个组成部分具有足够高的反应速度和小的非线性失真,否则测量结果将存在不能允许的误差。

内燃机台架试验中,目前仅有个别指标是在非稳定工况下进行测量的,如调速性能试验中的突变负荷试验,测定内燃机的瞬时调速率等。近年来已出现了一些带有高精度自动控制系统的内燃机台架试验装置,可进行能模拟汽车行驶时发动机处于非稳定工况下的试验。这也就是说,利用程序控制可使发动机按预定规范下运转或给发动机施加与汽车道路试验相当的负荷

进行台架试验。把数据处理装置附设在试验台中的也已不少。可以预料,由于这些条件的存在,对内燃机进行非稳定工况状态的试验研究将会愈来愈普遍。

1.2 内燃机试验装置和试验台

内燃机的台架试验是在备有相应测试装置的试验台上进行的。

为检验出厂产品质量的工厂用试验台及其装置,首先要求使用方便和工作可靠。为进行内燃机全面性能试验或科学研究服务的试验装置,应能解决所提出的任务,保证获得所要求的准确度的数据。

试验台及其装置通常包括以下一些部分:试验台、燃料消耗量测量装置、冷却水供给系统及其装置、空气消耗量测量装置、排气系统等。为了操纵和观察仪表读数的方便,现代的内燃机试验室内还设有操纵台和仪表屏。

1.2.1 试验台

试验台由基础、底板和支架组成(图 1-1)。基础由钢筋混凝土制成,用来固定测功设备和带槽底板。待试发动机用可以调节对中的支架使它牢固地安装在底板上。为了不使发动机工作时试验台有明显的振动,防止这些振动传给四周地面和建筑物,因此基础要有足够的质量,并与地基及四周用隔振垫层隔离开,隔振垫层可以采用表面涂有沥青的软木或其它富有弹性的材料。对于使用较为频繁的试验台,且所配备的测功器又能两端输出,在这种情况下不妨将基础做得长一些,能使测功器安放在基础的中央(图 1-2),使之有可能两端连接发动机,便于交替使用,提高台架的使用效率。

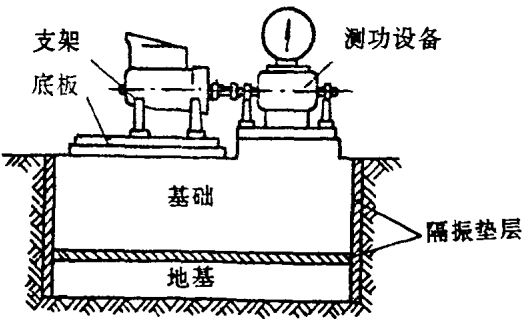


图 1-1 内燃机试验台

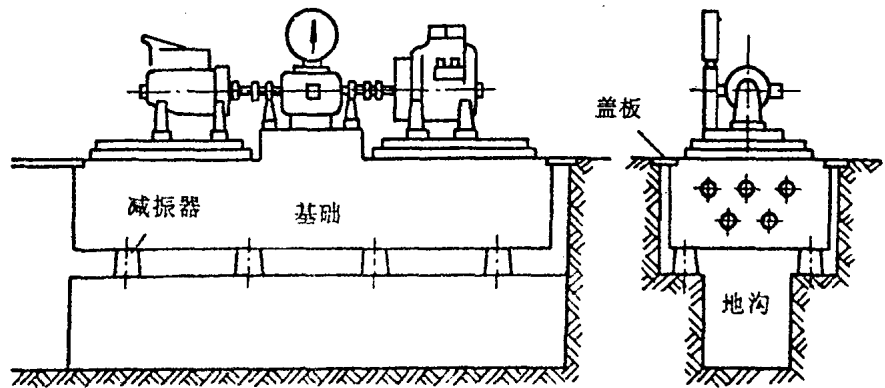


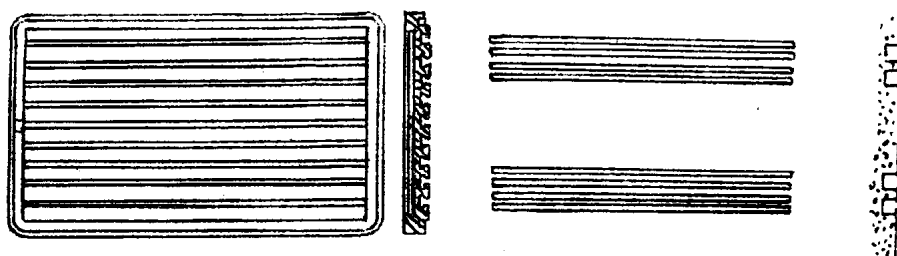
图 1-2 用减振器支承的试验台基础

采用如图 1-2 型式的试验台结构能得到良好的隔振效果,基础的底面用两排橡胶或其它结构的减振器支承,四周留有空隙,基础周围与地面间用木板覆盖。地沟设有出口,便于操作者进入地沟更换不适用的减振器或在地沟内安装必要的电缆、管道和其它附属装置。

试验台基础所允许的最大振幅没有明确的规定,要根据对邻近的建筑物和室内安置的仪器设备有无危害而定,但仍力求不超过 0.1mm。

测功器不宜与发动机的支架同装在一块底板上,而使它单独与基础的凸起部分固定,以防止发动机的振动对测功器的测力机构和磅秤表盘造成有害的影响。

测功器底板可以用铸铁铸造或用槽钢焊接组成,铸铁底板的工作面一般都加工出几道⊥型长槽,四周铸出集水槽沟〔图 1-3(a)〕,将它装到基础上时要校准水平并与基础中预先浇入的螺钉牢牢固定。槽钢焊接组成的底板〔图 1-3(b)〕,其槽钢与基础连接的地脚螺钉应该在浇



(a) 带槽的铸铁底板

(b) 槽钢焊接组成的底板

图 1-3 台架底板

基础水泥前事先焊接,拼焊槽钢时需用夹具固定,以保证槽钢之间的平行度。

待试发动机与测功器连接方式,一般采用弹性联轴器或万向联轴节。当用弹性联轴器连接时,两轴的允许偏心量不得超过 0.2mm;采用万向联轴节时,两轴中心线的允许偏差可以适当放宽。由于万向联轴节本身较长,且不平衡,故不宜用于高速传动。装有联轴器的部位必须设置防护罩。

1.2.2 燃料消耗量测量装置

燃料经济性是内燃机主要性能之一,用燃料消耗率 g_e ($\text{g/kW} \cdot \text{h}$) 作为评价这一性能的指标,它是通过内燃机台架试验测定得到的一项重要参数,因此在内燃机试验室内必须设有燃料消耗量测量装置。

内燃机的燃料分为液体燃料和气体燃料两类,这里主要讨论液体燃料消耗量的测量装置和测定方法,气体燃料消耗量的测量及其装置将归入流量测量一章中介绍。

液体燃料消耗量测量装置随测定方法的不同而各异。测定液体燃料消耗量的方法有:容积法、重量法、流量计法和流速计法等。容积法和重量法常用于内燃机稳定工况状态下燃料消耗量的测定,不论采用哪种方法,测定值一般都用重量单位表示,这对计算混合比等比较方便。

对于透明度较好而在大气中易于挥发的燃料,如汽油、甲醇、乙醇等,采用容积法测定比较安全和准确,但这需要测定出燃料的比重。此外,在精确测定小型二冲程发动机混合燃料的消耗量时,尚须分别测定各自的比重及其相互比例。在测定粘度较低的燃料的比重时,可使用玻美浮子式比重计〔图 1-4(a)〕,在进行精密测定时可使用比重瓶〔图 1-4(b)〕。

1. 容积法测定装置

用这种方法测定燃料消耗量时,使用葫芦形玻璃量瓶,它用连通管与燃料箱相通,中间装一个三通阀进行转换〔图 1-5(a)〕。如果已知量瓶上刻线 A 与下刻线 B 之间的容积,则测定燃料液面由 A 下降到 B 所需的时间,即可按下式求出单位时间的燃料消耗量

$$G = 3.6 \frac{V\gamma}{t}$$

式中 G 为燃料消耗量(kg/h); V 为量瓶两刻线间的容积(mL); γ 为燃料的密度(g/mL); t 为液面通过两刻线之间所需时间(s)。

量瓶的容积,随内燃机功率的大小和运转工况而有所不同,使测定的时间大致为 30~60s。量瓶刻线部分之所以做得比较细,目的是使液面通过该部分的速度加大,使测定比较正

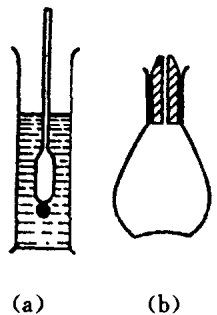


图 1-4 (a)液体比重计 (b)比重瓶

确。在实际使用中通常采用图 1-5(b)所示的玻璃量瓶,上端设有 10~20mL 的溢流泡,下面的油泡容积依次递增,通过各种组合,便可构成较多的可测容积,例如当油泡的容积依次为 5、10、20、40mL 时,利用这种量瓶可以测定的燃料容积为 5、10、15、20、30、35、40、60、70、75mL。

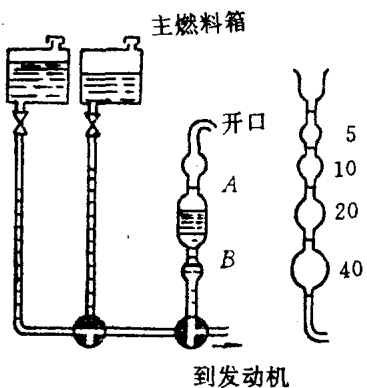


图 1-5 用容积法测量定燃料消耗量的装置

容积法自动测定燃料消耗装置是利用在刻线 A、B 两处各装上一组光电系统,利用燃料对光线的光折作用产生光电信号,并用电磁三通阀实现控制油路的转换,以达到自动测量的目的。

2. 重量法测定装置

这种方法的实质是测定消耗一定重量燃料的时间,其原理如图 1-6 所示。进行测量前先将三通转到状态 I,这时油箱的燃料在供给发动机的同时又向天平一端的油杯充油,一直到天平上的油杯一端略重于砝码 $W_0 + W$ 的重量,然后将三通转到状态 II,使发动机完全由油杯供油。由于油杯中燃料逐渐减少,即砝码 $W_0 + W$ 和油杯一端的重量逐渐趋向平衡。在天平达到平衡的时刻,即指针指到零的瞬间,开始测定时间并取掉砝码 W ,当油杯端重量再次与砝码 W_0 平衡时,测定结束并将三通转到状态 I。这样就测出了消耗重量为 W 的燃油时间,进而可按下式算出发动机的单位时间燃料消耗量。

$$G = 3.6(W/t)$$

式中 G 为燃料消耗量(kg/h); W 为燃料重量(g); t 为测定时间(s)。

实现重量法自动测定燃料消耗装置可将油杯放在灵敏度极高的压力传感器上,直接得到重量变化的信号以及相应的时间信号,配上计算机后还可以实现动态过程的连续测量燃油消耗量。

用容积法和重量法测定燃料消耗量时,最重要的是时间的测定,若以人工操作来测定时间,会引入人为误差,其大小决定于操作者的熟练程度。

1.2.3 冷却水供给系统及其装置

水冷式内燃机试验时,要控制和调节其进、出水的温度,有时还需要测定流经发动机冷却水的流量。此外,当采用水力制动器作为调节和吸收发动机的输出设备时,用水作为制动器的工质并带走由发动机输出功转化的全部热量。

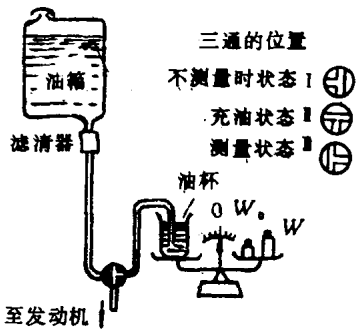


图 1-6 重量法测定内燃机燃料消耗量的装置

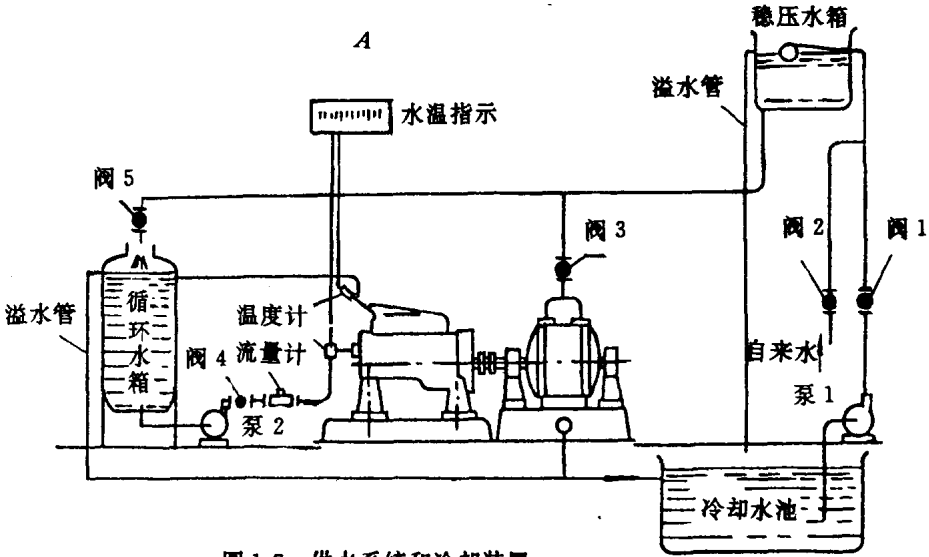


图 1-7 供水系统和冷却装置

图 1-7 所示的供水系统和冷却装置能满足内燃机试验时的要求。冷却水由水池用水泵 1 经阀 1 送入稳压水箱,用浮子阀来控制水箱内的水平面,以保持供水系统有稳定的水压。水压的大小根据水力测功器对它的要求来确定,一般,水平面的高度应不小于 4m,用阀 1 调节测功器的进水量。冷却发动机用的水由循环水箱供给,水泵 2 将这里的水送到发动机的进水口,经水套又从出水口流回到循环水箱。从发动机冷却水套中带出的热量靠循环水箱四壁向周围空气散热是不够的,还必须用阀 5 调节掺入冷水的量来控制发动机的进水温度。流经发动机水套的流量用节流阀调节,当流量加大后发动机进、出水的温差就减小,所以阀 5 是用来调节发动机的出水温度的。

为了测量发动机的进水和出水温度,可在距进、出水口较近的管路中装置温度计。建议采

用电阻温度计,因为这样温度的指示仪表可移到合适的地方。

在管路中接入流量计可以测量冷却水的流量。

在这样的供水系统中,从发动机冷却水套带出的热量和从水力测功器中带出的热量最终将通过冷却水池散发到大气中。因此,设置在室外的冷却水池要有足够大的容量,以便及时散热。

在试验发动机的功率很大,且试验的时间又很长时,水池中的水温会升高,这时可开启阀2,将温度较低的自来水补充到冷却系统中。

关于供水系统中冷却水的供给量,可以从热量平衡的关系来估算:内燃机消耗燃料能量的25%~35%转化为有效功,约30%的热量从冷却系统中带出。若内燃机的燃料消耗率按 $30\text{g/kW}\cdot\text{h}$ 计算,燃料的热值按 42500kJ/kg 计,则在图1-7所示的系统中,从循环水箱的溢水管带出的热量约 $3800\text{kJ/kW}\cdot\text{h}$ 。当加入的水温与溢出的水温相差 50°C 时,每千瓦小时的冷却水消耗量大约为 18kg 。从水力测功器出水管带出的热量每千瓦小时约为 $3600\sim 5000\text{kJ}$,当取进、出水温差为 30°C ,则水力测功器每千瓦小时的冷却水消耗量是 $28\sim 40\text{kg/kW}\cdot\text{h}$ 。

1.2.4 空气消耗量测量装置

内燃机在进行工作过程的试验研究中,需要测定空气消耗量。内燃机工作时空气消耗量以体积来计量其数值是非常大的。用容积法可以相当准确的测定空气消耗量,例如罗茨式空气消耗测量装置,就是常用的一种容积式测量装置。

测定等速稳定流动的气体流量有许多方法。但是,在内燃机工作时,进气管中的气体流动情况即使在多缸机中,它的压力、流速都是时刻在变化(周期性的脉动)的,因此,在测量这种脉动气体流量时必须设法把脉动的流动变为等速稳定的流动,然后用一般的方法进行测量。

图1-8所示为一附有阻抑气流波动的稳压罐的空气流量测量装置。

空气用鼓风机由空气进口处吸入,管道间装有节流元件,当空气流过时,在节流元件的前后形成压差,从测压孔测出压差以计算流量。鼓风机把空气送入稳压罐,又从这里供给发动机。调节鼓风机的转速,便可在气罐中建立所要求的空气压力,气罐中的压力用差压计指示。罐的底部用橡皮膜封住,这不仅可以减弱罐内气压的脉动,并可防止气罐爆炸。

为消除流动的旋涡,在鼓风机进口处的一段管中装设镇流隔板和金属网,使管中空气的流动均匀、平稳,以提高测量的准确度。

为了不致使压力测量仪表反映出流脉动造成的影响,稳压罐的容积不应小于被测发动机一个气缸容积的200倍。

关于节流元件的选用和空气消耗量的计算将在流量测量一章中讨论。

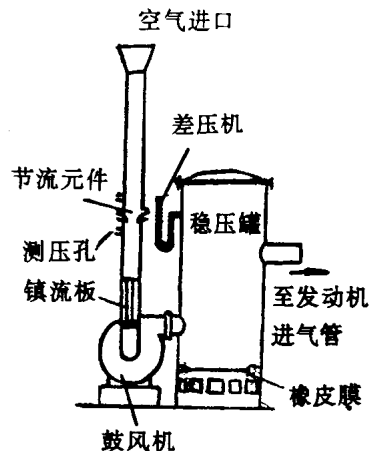


图 1-8 空气流量测量装置

1.2.5 排气系统

内燃机台架试验时通常不带消声器,废气必须用排气管道引到室外。对必须在可能更接近于实际使用的条件下,进行车用发动机的使用试验,这时试验的发动机带有正常装设在车辆上的排气管与消声器。在这种情况下,为使试验室中的空气不被废气污染,应当用通风机排出废气。

每一套试验的装置应设有单独的排气管,排气管安设在地沟中并引到室外,地沟中填充黄砂并附有盖板,用以隔绝热量和噪声。从发动机排气口到地沟管道,最好采用不锈钢制成的波纹管连接。排气管道的气体流通截面应不小于发动机排气出口处的截面积,总长度不大于6m。排气管平缓拐弯(有较大的曲率半径),弯头不多于三处。

由于废气中含有一定量的水蒸气,在排气系统的管道中应能排出凝结的水和残液。

在试验室的排气系统中,有可能积聚可燃混合气。为了预防爆炸事故的发生,常采用另一种排气装置(图 1-9),这时热废气不通过鼓风机,而是用高速的空气流从喷射器引出废气。

从排气管引到室外的废气,如能经过设于室外的地下消声坑再排到大气中,则更能有效地降低排气噪声对周围环境的干扰。消声坑常设于室外的地下,根据实际情况也可以设在室隔墙内,但不论是设在室外或设在隔墙内,都要采取预防爆炸措施。

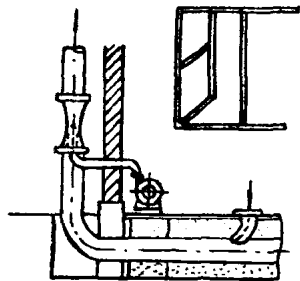


图 1-9 用喷射器的排气装置

1.3 内燃机台架试验自动化

内燃机台架试验的项目很多,但一般都要按照标准(国家标准或国际标准)进行。在这些标准中,对各项试验最终要得到的参数、获得这些参数的环境条件以及发动机工况、具体的试验步骤都作了明确的规定,这对实现内燃机台架试验自动化提供了必不可少的依据。

内燃机台架试验自动化包括各种参数的测量系统、信号的处理系统及控制系统的自动化。

1.3.1 参数测量

内燃机试验中的各参数,有的能直接测量,例如温度、转速、压力、时间等,这种测量称为直接测量;有的要根据已经获得的各参数进行计算后才能求得,例如油耗、功率、机械效率等,这种测量称为间接测量。显然,间接测量是通过几个直接测量经计算来完成的。

直接测量的方式有机械式、光学式、化学分析等。测量的工况分稳定与非稳定,但无论是哪种方式、哪种工况,都要求将被测的非电量变换成电压、频率等电信号。这种变换装置称为变换器或传感器(Transducer)。如图 1-10 为利用各种传感器并应用计算机进行信息处理的自动测量系统示意图。

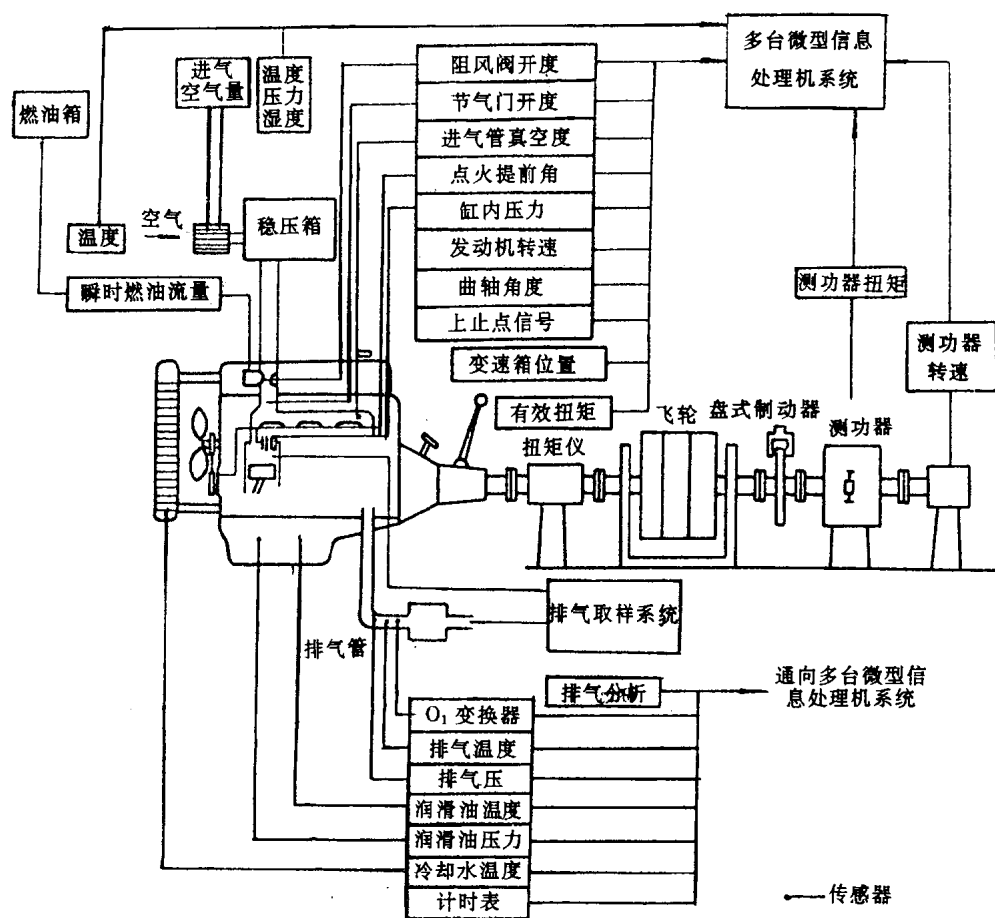


图 1-10 应用微型信息处理机的内燃机测量系统实例

1.3.2 信号处理

由传感器测得的电信号应送入微型电子计算机进行处理,这样既能扩大传感器的功能,又能改善测量值的处理功能。传感器输出的电信号有的是模拟量,有的是数字量,也有的是频率信号。根据测量要求,通常需要进行信号放大。阻抗变换等预处理,对模拟信号需要通过 A/D 或 V/F 转换器转换成计算机能够处理的形式,然后还要经过接口电路才能把外部控制的信号送进计算机内部去。传感器与计算机组成的测量、记录系统框图如图 1-11 所示。

计算机配有发动机试验研究所需要的各种软件,除了把结果打印、显示、存贮以外,还能根据预先给定的试验程序,控制和同步采集各种测量数据。

1.3.3 自动控制

图 1-12 为台架试验自动控制系统。根据计算机预先给定的试验程序,对发动机工作的外

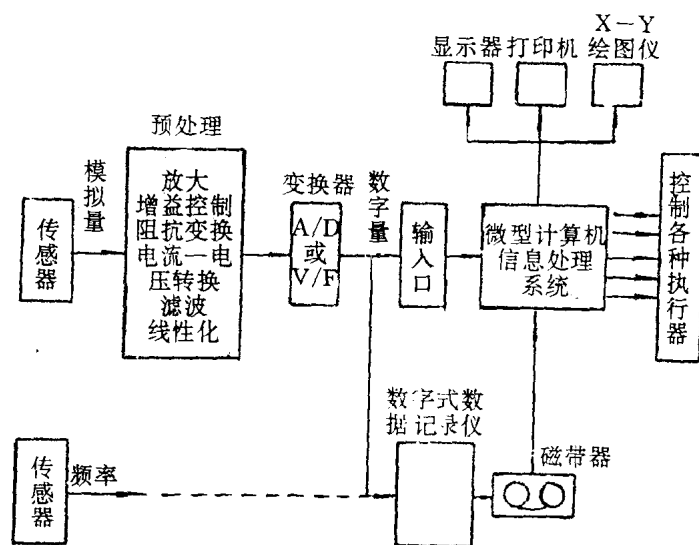


图 1-11 传感器与计算机组成的测量、记录系统框图

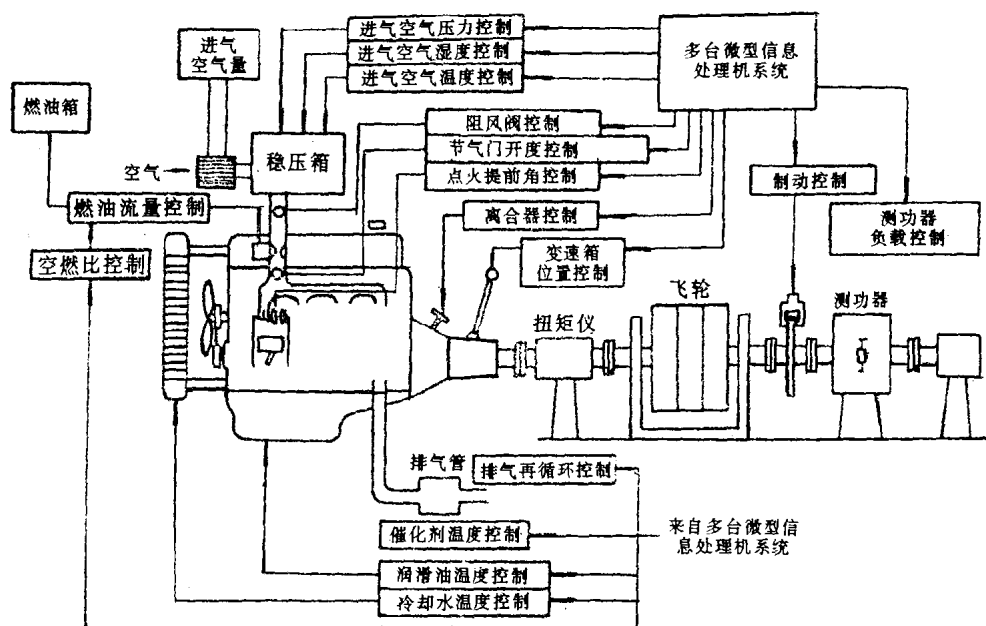


图 1-12 应用微型信息处理机的内燃机控制系统实例

界条件进行控制。例如，由一个用计算机控制的标准进气状态室来控制进气的温度、压力和湿度。

对发动机本身的工作条件，如冷却水温度、润滑油温度等，也同样由一系列与计算机相连的热交换器及电磁阀来控制。计算机能按预先给定的试验程序，利用油门执行器来控制发动机的稳定运行和工况变换。

对不同测功器，根据其加载的方式不同，均可由计算机来控制其扭矩的变化。