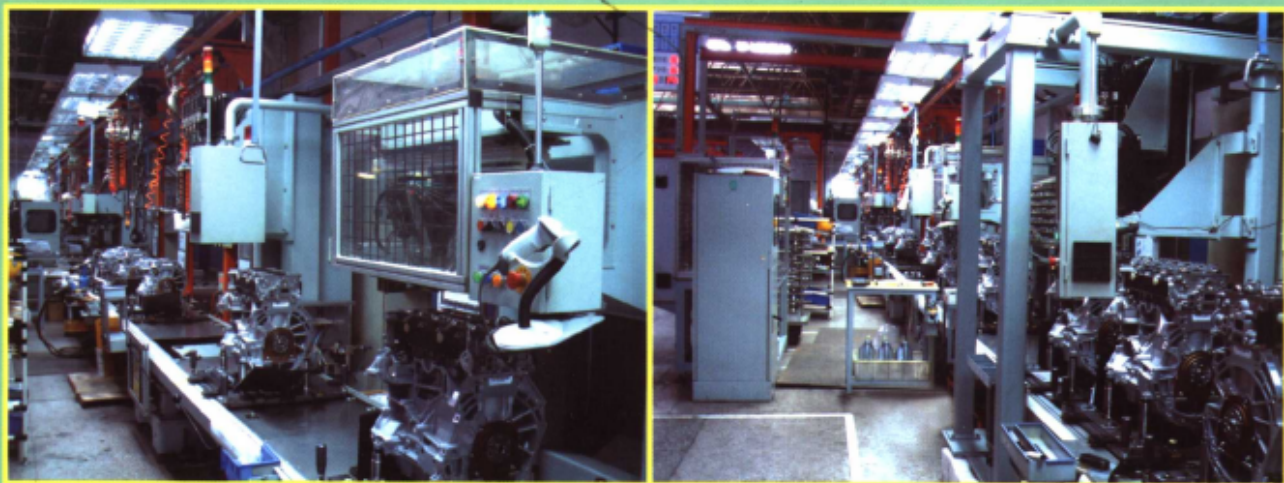


工厂实用

在线检测技术

冯德富 编著

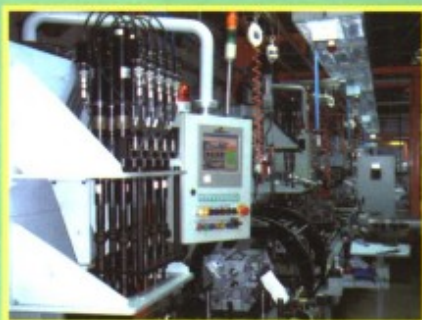


国防工业出版社

National Defense Industry Press

责任编辑: 白天明 tmbai@ndip.cn
邢海鹰 hyxing@ndip.cn
文字编辑: 金艳伟
责任校对: 钱辉玲
封面设计: 李 姗 sli@ndip.cn

工厂实用在线检测技术



► 上架建议: 检测技术 ◀

<http://www.ndip.cn>

ISBN 978-7-118-04968-8



9 787118 049688 >

ISBN 978-7-118-04968-8

定价: 38.00 元

11274
111

2007

工厂实用在线检测技术

冯德富 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

工厂实用在线检测技术/冯德富编著. —北京:国防工业出版社, 2007. 3

ISBN 978-7-118-04968-8

I. 工... II. 冯... III. 在线—自动检测 IV. TP274

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 012580 号

※

国防工业出版社 出版发行
(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

涿中印刷厂印刷
新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 21 1/4 字数 533 千字
2007 年 3 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 38.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422
发行传真:(010)68411535

发行邮购:(010)68414474
发行业务:(010)68472764

前 言

检测技术是决定制造水平的重要因素之一,越是现代化的企业,测量在其中所占的比重也越大。由古至今,衡量生产水平的两大指标一直是质量和效率。而没有测量就无法评定产品质量的优劣,更无法保证产品的质量。生产效率的提高同样也离不开测量,如当前较为广泛应用的配备有主动量仪的磨床(这其中的主动量仪就是比较典型的在线测量仪),它与没配备有主动量仪的磨床相比,其生产效率的提高程度是极为显著的。

当前在线检测的应用非常广泛,尤其是在机械加工领域,随着改革开放的深入,新技术的不断引入,在线检测技术渗入了机械加工的全过程。诸如对进厂零件毛坯的检测,进厂外协件的检测,加工过程中对各个加工尺寸和相关量值的检测,装配过程中对装配质量的检测,以及最后的对装配完毕的整个产品(即最终的成品)的检测等。

总之,在线检测技术在机械加工领域已应用于方方面面,然而目前有关在线检测技术方面的书籍极为少见,影响了它的推广及应用。为此,我于去年初决定动笔,把我在从事在线检测技术方面的工作中所积累的知识予以系统地总结,编写了这本《工厂实用在线检测技术》。

本书以在机械加工中的在线检测技术为主线,简要地介绍了一些测量与计量方面的基本概念(第一章),而编入这一部分内容的主要原因是:①为了读者便于对在线检测技术的理解,因为在线检测技术并不是孤立的,它是检测技术中的一种;②从事在线检测技术的工作人员,本身所从事的就是计量技术工作,所以必须对计量方面的基本知识有一定的了解,以便更好地从事自己工作。第二、三章重点介绍了机械加工类工厂所常用的传感器及其通常的连接方式,主要是以位移(长度尺寸)、扭矩、温度为主。第四章介绍了传感器的基本电路,其中重点介绍了放大电路、稳压电路、自激振荡电路、滤波电路、相敏整流电路以及转换电路(包括A/D转换)。第五、六、七、八章是以实际的检测与控制系统的具体电路为例,进行较为系统详细的分析和介绍。其中除了温度测量与控制的实用电路(上海自动化仪表六厂的)外,如实用长度在线检测电路(意大利马波斯公司的)、扭矩测量与控制电路(美国英格索兰公司的)、81-MT型电子柱量仪(美国爱尔量仪公司的),均为笔者所在单位的技术人员参照实物分析测绘的(厂家均不提供),故除此书之外,可能不会再有其它读物可以参照。即便是温度测量与控制的实用电路,虽然

上海自动化仪表六厂给予了提供,但只有简单的仪器说明,却没有较为详细的原理介绍。因此,也可以说,在这方面的介绍可能是其它同类读物所不能比拟的。第九、十、十一章均是以生产实际中应用的量仪及检测系统为例,分别介绍了主动量仪、自动量仪(以被动量仪为主)和螺栓拧紧机的基本原理、结构,以及实际操作和日常维护的相关技能知识。由于其中所列举的量仪与检测系统均采用当代先进技术——单片机或工业控制计算机(简称为工控机),因此微机测试的实际应用等方面的有关内容也就较为充分地显现出来了。第十二章重点介绍了气动量仪的基本原理、结构,各类气动量仪的特点及其放大倍数。第十三章重点介绍了气动量仪的实际应用与维修。第十四章介绍了气密检漏的基本概念,气密检漏仪原理、结构与实际应用中的具体问题,并以检漏仪在生产实际中所出现的具体问题为例进行了较为细致的分析。由于螺栓拧紧与气密检漏在当前的应用非常广泛,但较为系统地介绍该方面理论知识的书籍目前尚极为少见,而这部分中的一些理论上的内容,是我多次参加国内一些技术和学术交流会,并对与会业内专家的研讨所进行的收集与总结。

书中所列举的量仪虽然具有一定的代表性,但也可能与读者所接触的量仪有所差异。由于本书主要是以原理为主,且不论国外国内,其在线量仪的原理基本相同,且同类同档次的量仪结构差异不大,完全可以引为借鉴或参考。因此,对于在机械制造业,尤其是汽车制造业,从事在线检测的人员来说,我想将会是非常有参考价值的。

书中绝大部分内容,均是笔者近二十余年来在检测工作方面的技术总结,其中有很多方面受益于周围同事,其中包括我所参加的各种学术交流会中的专家代表以及我所在工作单位的方方面面的同事。另外,在编写本书的过程中,还参照了部分书籍与读物,其中有些是生产厂家的产品说明书,无作者姓名和日期;有些是我的读书笔记,未记书名与作者,一时又难以查对,故在参考文献中没有列入,在此对所参照文献的作者一并深表谢意。

由于本人水平有限,书中内容难免有不足,敬请各位专家、读者批评指正。

编者

2006年10月

目 录

概述	1	第二节 基本放大电路	80
第一章 测量与计量的基本知识	4	第三节 直流稳压电源电路	83
第一节 测量的基本概念	4	第四节 其它形式的直流稳压电路	88
第二节 测量误差的基本概念	6	第五节 自激振荡交流电源的工作原理	91
第三节 测量误差的特性与处理	9	第六节 电感三点式、电容三点式和石英晶体式 自激振荡电源	94
第四节 检测系统的静态特性	12	第七节 集成运算放大器及其基本电路	97
第五节 检测系统的动态特性及不确定度	16	第八节 传感器放大电路	103
第六节 测量基本原则和有效数字	20	第九节 信号转换电路	107
第七节 有关计量的一些概念	23	第十节 A/D 转换电路	109
第二章 机械加工类工厂的检测系统及位移 传感器	26	第五章 长度在线检测的实用电路	113
第一节 机械加工类工厂的计量器具及检测 装置简介	26	第一节 长度检测电路的构成及其振荡电源 电路	113
第二节 电感式位移传感器的工作原理	27	第二节 信号源及信号放大与变换电路	117
第三节 互感式位移传感器	33	第三节 零点迁移、滤波与比较电路	120
第四节 实用的电感式位移传感器	35	第四节 显示及控制信号输出电路	122
第五节 实用的差动变压器式位移传感器	37	第五节 控制信号的原理电路	124
第六节 光电式位移传感器	39	第六章 扭矩测量与控制的实用电路	129
第七节 电容式位移传感器	42	第一节 电路的结构及其信号源电路	129
第八节 电容式位移传感器的连接方式	45	第二节 扭矩检测信号的处理电路	131
第九节 其它类型位移传感器	48	第三节 扭矩控制电路	135
第三章 扭矩、压力、温度等类型传感器	53	第四节 拧紧状态处理电路及系统复位 电路	139
第一节 应变式扭矩传感器	53	第七章 温度测量与控制的实用电路	143
第二节 拉压力和压力传感器	57	第一节 电路的结构及其定值电路	143
第三节 热电式温度传感器	61	第二节 放大电路的结构及斩波放大电路	146
第四节 电阻式温度传感器	65	第三节 相敏整流放大电路及自激多谐振 荡器	150
第五节 半导体温度传感器	68	第四节 调节电路的结构及其放大电路	155
第六节 其它类型传感器	70	第五节 PID 运算电路及 PID 调节电路的 工作原理	159
第七节 扭矩转速组合型传感器	73	第六节 晶闸管电路	164
第四章 传感器电路	78		
第一节 传感器电路的基本概况	78		

第八章	美国 AIR 量仪公司的 81-MT 型 电子柱量仪电路.....	170	第四节	交流电动拧紧机.....	254
第一节	电路的结构、原理及其电源电路	170	第五节	自动拧紧机的基本工作程序流程.....	259
第二节	信号放大电路	172	第六节	拧紧效果的检测及拧紧中问题的 分析	263
第三节	锯齿波电路	174	第十二章	气动量仪的结构及其原理	267
第四节	信号转换电路	177	第一节	空气的组成及其特性	267
第五节	发光二极管显示电路	180	第二节	流体力学的概念及气动量仪的 分类	270
第九章	主动量仪	184	第三节	气动量仪的基本结构和玻璃管 压力计	273
第一节	主动量仪的结构及其工作过程	184	第四节	空气稳压器和气/电转换器	276
第二节	主动量仪的工作原理及其特点	186	第五节	背压式气动量仪及真空式气动 量仪	278
第三节	磨削加工中主动测量系统的组成及 工作原理	188	第六节	差压式气动量仪.....	282
第四节	主动量仪在轴类磨削加工中的 应用	193	第七节	流量式和流速式气动量仪	284
第五节	主动量仪在其它磨削加工中的 应用	196	第八节	气动量仪的放大倍数	286
第六节	UI000A 系列主动测量控制仪.....	199	第十三章	气动测量装置及气动量仪的 应用	290
第七节	主动测量技术的发展及主动量仪 维修规范	204	第一节	气动塞规和气动卡规	290
第十章	生产线中的自动量仪	209	第二节	直线尺寸和位置尺寸的气动测量 装置	292
第一节	自动量仪的基本构成及其测量 过程	209	第三节	气动量仪的使用与维修	296
第二节	由工控机构成的自动量仪系统 简介	211	第四节	带有气/电转换器的背压式气动 量仪	299
第三节	信号源电路	215	第五节	气动量仪在珩磨加工中的应用	301
第四节	信号放大与转换电路	218	第六节	高性能珩磨气动测量仪的技术特征与 应用	303
第五节	工控机系统	221	第七节	气动量仪的性能指标	305
第六节	量仪的总体电气原理及其技术性能 指标	225	第十四章	气密检漏常识及气密检漏仪	312
第七节	量仪的操作和使用	227	第一节	气密检漏的基本概念及过程	312
第八节	具有自动补调系统的量仪简介	232	第二节	泄漏量及其计算.....	316
第九节	自动量仪的调整及日常维护	236	第三节	检漏仪的应用及实用中的具体 问题	320
第十一章	螺栓拧紧技术及拧紧机	240	第四节	美国 3000 系列微压压差表结构及 原理	322
第一节	螺栓拧紧的一般概念及拧紧的 方法	240	第五节	对检漏仪运行中出现问题的分析.....	326
第二节	螺栓拧紧常用的方法及其拧紧机.....	245	参考文献.....		333
第三节	直流电动拧紧机.....	250			

概 述

伟大的化学家、计量学家门德列耶夫说过,“科学是从测量开始的,没有测量就没有科学,至少没有精确的科学、真正的科学。”国家中长期科学技术发展规划中也明确提出:“仪器仪表和测试,是新技术革命的先导和基础。”

测量是人类认识事物本质所不可缺少的手段,特别是近代科学技术的发展更是如此。没有测量就不会有科学的进步,科学上很多的发现和突破都是以测量为基础的。人类只有通过客观事物所做的大量测量中,才能总结出一般规律,进而形成各种定理和定律。因而也可以说,测量是用来打开自然科学宝库的一把钥匙。每当科学技术向新的阶段发展,就要求有新的测量手段,这样也就促进了测量器具和测量技术的发展;而科技领域中新的成果,又为新的测量发展提供了条件。

当前工业生产的自动化,已由刚性自动化变为柔性自动化,越是柔性的系统越需要测量,因为没有测量就无法获得反馈信息,也就无法正确、准确地控制工艺过程和执行部件的运动,如当前广泛应用的数控机床、加工中心、机器人、柔性生产线等,不仅少不了测量,而且就其加工的精度和自动化的程度来说,“测量”均为其重要的因素。

随着科学技术的发展,各学科间的渗透性越来越强,所研究的对象更加广泛,一个课题的解决,往往需要进行大量、复杂的测量、统计、分析和归纳工作,因而测量工作在科学研究中的地位也越来越重要。在现代工业中,从零件的加工,到机器的装配、调整,都离不开测量。没有统一、精确的测量,便无法保证产品的质量。“作为规律,高度发达的科学技术,总是伴随着高级的测量,而简陋的科学总是与初级的测量技术并存。”因而,可以说:估计一个国家(或企业)的科学和技术态势的最快,同时也是最简捷的方法,就是考察它所进行的测量和对测量所积累起来的数据的利用状况。

汽车工业近年来的发展非常迅速,尤其是轿车工业可以说是日新月异。汽车工业发展得这样快,毫无疑问应归功于改革开放、引进先进技术的结果。而在引进的先进技术中,在线检测技术可以说是一颗璀璨的明珠。

检测,通常是对工艺流程中的检查、测量与测试等操作的总称。而在线检测,在机械加工业,实际上指的是在生产线上(包括加工线和装配线)加入测量环节,以实施对被测对象进行100%的测量,用以检查加工过程或装配过程中的某些工艺参数,是否处于设定的或合理的范围之内,并发出相应的显示(数值和状态)信号,或同时发出相应的控制信号,以确保机械加工或装配的质量在设定的范围之内。

在线检测技术的引入,促进了量仪发展的飞跃,以前在生产线上经常看到的卡尺、千分尺等通用量具,带有通止端的卡板、塞规等专用量具,以及检验夹具等,正在被在线量仪所取代。当前的在线量仪的基本结构是由测量装置与测控仪表组成,而测量装置中的核心器件是传感器。在生产线上中的被测量值(工件的加工尺寸等)由传感器感知,并转换成相应的电量而输出,再送入测控仪表中,通过对该检测信号的放大、转换等处理后,由测控仪表中的显示仪表显示

出被测量的量值,并可通过其它显示器件显示出被测量值所处的状态(如:合格与否),还可以输出相关的控制信号,送入对工件加工的机床控制系统中,参与对加工过程的控制。

近年来在线检测技术在国内的发展很快,在机械加工类的工厂中应用得日益广泛,特别是在轿车生产制造中的应用,几乎是以几何的速率在增长,如轿车发动机中的缸体、缸盖、曲轴、凸轮轴、连杆五大件,以及活塞、轴瓦、活塞环等零件,在加工过程中重要尺寸的检测,几乎均已有了专用且系列化的在线量仪产品。另外,像变速箱、底盘、车轮等汽车零部件的加工过程中,也均较为广泛地采用了在线量仪。

当前,在线检测技术不仅仅是应用在机械加工中,还有如:对工件热处理中的温度检测与控制,对于部分箱体类工件加工完成后的密封性检测,机器装配过程中的密封性检测,对工件的加工与机器装配中有关力学量值(如:扭矩、重量、压力、流量等)的检测与控制,等等,均得到了较为广泛的应用。

在线检测技术的应用与发展,对于提高产品质量,提高生产效率均起到了非常积极而有效的重要作用,如对汽车中发动机的制造来说,一台发动机由几百个零部件组装而成,每个零件,即使是一颗螺丝钉都将直接影响发动机整机的质量。因而,对这些零部件在生产制造中加工质量的检测与控制的好坏,也就决定了发动机质量的优劣,成了能否达到设计所要求的技术性能指标的关键。而对这些零件在生产制造中的检测与控制,完全靠人工在生产线外手动进行,显然存在以下几个弊端:

(1)检测结果会因为操作者的熟悉程度、疲劳程度、责任心等带来不同程度的附加误差。

(2)增加了操作者的劳动强度。

(3)只能对加工后的质量进行“被动”检测,而不能实现对加工的质量进行“主动”的检测和控制,故虽然能检测出超差的零件,但加工中造成的废品却无法避免。尤其是位于自动生产线前端或中间加工的尺寸,等到自动线的出口端才能进行人工检测,而此时所检测出的超差,在生产线内却已有若干台件了,故造成了废品的增加。

而当前的在线量仪,基本上都是设置在加工的机床上或生产线中,且均为自动测量。所以,它不仅解决了上述的弊端,而且较大地提高了发动机的质量和生产效率,因而也就有效地降低了整机的成本。

在线检测技术起源于20世纪30年代,开始应用于磨削的加工中,而当时的在线检测仅限于手动操作,而且基本上均为气动测量,其仪表也仅能用于显示,还没有控制的功能,且所采用的显示仪表也基本上是属于机械式的。

到了20世纪50年代,出现了具有电气元件的在线检测量仪,当时的电气元件主要是电气接点和信号灯。即当检测的尺寸达到或超过设定值时,电气接点动作,一方面点亮相应的信号灯,另一方面反馈到机床的控制系统中,接通相应的继电器,实现预定的机床动作。此阶段的在线检测,由于有电气元件的加入,实现了对机床加工过程的自动控制,使测量技术与控制技术形成了有机的结合,并成为了真正意义上的主动量仪。

20世纪60年代由于传感器技术与电子技术的发展,出现了由传感器为核心器件的测量装置与由电子器件组装而成的测控仪表。传感器可把被测量直接转换成相应的电量,并由测控仪表中的电子电路进行放大、转换等相关的处理,再发出相应的显示和控制信号,且此时的显示仪表已均为电气式的了,使在线检测技术跃上了一个新的台阶。因此,在线检测技术发展到此,已进入了它的成熟期,检测的参数也从单一参数扩展到多参数,检测的领域也从机械加工扩展到冶金、化工、交通、航空航天等部门。

20 世纪 70 年代以来,检测技术的发展尤为迅速,尤其是当前,由于微电子技术、传感器技术、计算机技术、自动控制技术与计量测试技术的快速发展及其相互之间的有机融合,使在线检测技术融入了新的血液,得到了新的腾飞。现在的在线检测已不仅仅只限于单台量仪,有些检测项目复杂,参数众多,或功能强大,故已被称之为测量机或检测系统。现在的在线检测已不仅仅只限于测量与控制,它还具有对测量的结果进行统计、分析、处理和存储,并把相关的数据通过网络进行传输等功能。现在的在线检测也不像当初那样,只限于长度尺寸的检测,而已扩展到对于温度、压力、重量、扭矩等重要量值的检测中。一些原来仅用于计量室内的被称之为精密的检测仪器,现在也开始落位于生产线上,作为在线量仪使用;这里特别着重一提的是,在当前,三坐标测量机和光学测量仪,也摘掉了它原有的“娇贵”面纱,成为了实实在在的在线量仪。

改革开放以来,我国的在线检测技术得到了飞速的发展,在线量仪的功能日益强大,应用的范围和领域也正在不断扩大,学习引进并自主开发生产的在线量仪业已在我国这片富饶的土地上生根、开花、结果,并得到了较为广泛的应用。如在 20 世纪 90 年代中期,成都工具研究所引进的意大利马波斯量仪公司的技术,所生产的 MK 系列主动量仪,中原量仪厂引进的日本东京精密株式会社的 U1000 型主动量仪,无锡爱锡量仪公司引进美国爱尔(AIR)量仪公司的 81-MT 型电子柱量仪,大连德欣公司引进美国 DE 公司的自动拧紧机,中原量仪厂自动量仪研究所(现三门峡中测量仪公司)吸收国外先进技术,自主开发的配有工控机系统的各类在线量仪……为我国在线量仪的发展,做出了应有的贡献。

第一章 测量与计量的基本知识

在线检测技术并不是孤立的,它是检测技术中的一种,而且从事在线检测技术的工作人员,本身所从事的就是计量技术方面的工作。所以,为了使读者便于理解在线检测技术,我们首先对有关测量方面的基本知识,对有关计量与测量相关方面的基本知识,做一些简要的介绍,以便对这方面的知识有一个初步的了解,进而更好地从事在线检测技术工作。

第一节 测量的基本概念

一、测量的定义及量值的单位

1. 测量的定义

在日常生活中,人们经常说:山有多高,水有多深,房有多大,体有多重等,均涉及到测量。不进行测量,便无法得到上述这些最基本的量值。然而什么叫做测量呢?所谓测量,就是通过物理实验的方法,对被研究的对象进行定量分析与研究的过程。这里着重提出了两个问题,一个是物理实验的方法,另一个是定量分析与研究的过程。也就是说测量是一种实验的过程,而这个实验是仅限于物理方面的,而这种实验要进行定量的分析与研究,其目的和所要得到的是具体的量值。

2. 量值的单位

单位是用来标志量值大小指标的,在测量中,任何一个量值都是由数值和单位构成的,当所测量对象的单位改变时,所测得的数值也将随之改变。例如:在长度测量的单位中,对于同一个量值,若用 m 单位表示时是 1,而用 mm 单位表示就是 1000。这是相同制式的不同单位。还有不同制式的不同单位,例如:在长度测量中,采用米制是 25.4mm 时,而若采用英制则为 1in。

上面提出了两个概念,其一是相同制式的不同单位,其二是不同制式的不同单位。因而若确切地衡量比较两个(或以上)量值的大小时,相同制式的不同单位应用规定的进位关系换算成同一单位;而不同制式的不同单位,首先要按规定的换算关系换算成同一制式后,再按相同制式的不同单位换算成同一单位,然后所进行的衡量比较才是确切可靠的。

多种单位制的并存不利于各国之间的科学文化交流和国际贸易的发展,因此统一单位制已成为世界各国的共同要求,国际计量委员会(CIPM)在 1956 年将经过 21 个国家同意的计量单位制草案命名为国际单位制,并在 1960 年第十一届国际计量大会上正式通过,我国也于 1984 年明确规定了采用国际单位制。

二、测量方法及其分类

1. 测量方法

在测量的定义中已经提到,测量是“通过物理实验的方法”。那么,它是一种什么样的物理

实验方法呢？这个方法就是：将未知的被测量与已知的标准量进行直接或间接的比较，从而确定被测量数值的大小。也就是说，实际上，测量是用已知的标准量来和未知的被测量进行比较而进行的。例如：用卷尺测量人的身高，卷尺是已知的标准量，身高是未知的被测量，用卷尺和身高进行比较，即可得到身高的具体数值。

2. 测量的组成因素

在测量中，测量系统的组成因素一般包括下述6个方面：

(1)被测量：被测对象的物理量值。在测量中，要根据特定的被测对象的物理量值来确定具体的标准量器和比较的方法。

(2)标准量：用以体现被测量测量单位的物质标准。

(3)定位系统：用以确定被测量的测量位置。

(4)瞄准系统：用以确定被测量相对于标准量的位置。

(5)显示系统：将被测量与标准量进行比较运算，并显示出测量的结果。

(6)测量条件：任何的测量都是在一定的测量条件下进行的，在不同的测量条件下采用相同的测量方法，或在相同的测量条件下而采用不同的测量方法，其测量结果都可能会有较大的差异。即测量条件对不同的测量方法将产生不同的影响。

3. 测量方法的分类

测量方法可以从不同的角度进行分类，具体方法及类别如下。

(1)按获得测量结果方式的不同进行分类，可分为以下几类。

①直接测量：被测量的数值直接由测量器具读出。例如用游标卡尺测量直径，用万用表测量电阻。

②间接测量：先测出与被测量值有关的几何参数，然后通过一定的函数关系式计算，获得被测量值。例如对圆柱体的椭圆及锥度的测量。

(2)按所测值是否代表被测量值的绝对数值进行分类，可分为以下几类。

①绝对测量：测量的读数值是被测量值的绝对数值。例如用游标卡尺测量直径，其尺寸由刻度尺直接读出。

②相对测量：测得的读数值是相对于标准值的实际偏差值。例如用校准环规调整量仪来测量零件的直径，测得的数值即为零件的直径相对于校准环规的偏差。

(3)按零件被测参数的多少进行分类，可分为以下几类。

①单相测量：当零件的形状复杂，包括多个几何参数，而测量时却是逐个参数进行测量，如测量螺纹，分别测螺纹的中径、半角、螺距等。

②综合测量：同时测量零件上某些相关几何量的综合结果，以判断综合结果是否合格。如用量仪同时测量连杆的大小头孔的直径、锥度、椭圆度、中心距、平行度、交叉度等。

(4)按被测零件的表面与测量头是否机械接触进行分类，可分为以下几类。

①接触测量：被测零件的表面与测量头机械接触，并有机机械的作用力，如测量装置（即测量头）中带有测尖的量仪。现机械加工生产线上所应用的大部分量仪属于此种。

②非接触测量：被测零件的表面与测量头没有机械接触，如光电和气动测量。

(5)按测量在零件加工过程中所起的作用进行分类，可分为以下几类。

①主动测量：在加工的过程中对零件进行测量，其测量结果可以直接用来控制零件加工的过程，可控制避免废品的发生。

②被动测量：在加工过程完成后对零件进行测量，其测量结果是用来发现并剔除废品。

(6)按测量过程中人工参与的程度进行分类,可分为以下几类。

①手动测量:在测量过程中的全部操作均由人工进行的测量。

②自动测量:在测量过程中的全部操作均由量仪(或机器)自动进行,而不需要人工参与的测量。

(7)按测量仪器安装使用的地点进行分类,可分为以下几类。

①在线测量:测量仪器安装在生产线中,对加工工件进行100%的测量。

②离线测量:测量仪器安装在生产线外(包括在专用的测量室内),对加工工件进行适量或定期的测量。

三、测量技术研究的内容及测量的目的

1. 测量技术研究的内容

测量技术主要是研究测量原理、测量方法和测量仪器等方面内容的一门科学。众所周知,原理是基础,作为测量来讲也是一样,所以,任何测量方法都不能违背测量的原理,且均在一定的测量原理上建立起来。测量仪器则是在遵从测量原理的基础上,根据测量方法而制造的方便使用的器具,或者说是测量方法的具体化。所以,对测量技术研究的目的是制造出质优实用的测量仪器,而对其研究的重点则应是测量的原理和测量的方法。

2. 测量的目的

测量的目的主要是获取工艺参数信息,作为控制生产过程的依据,为科学研究、产品检查和设备维护提供技术数据,以及对产品的数量进行核算。因此,为了搞好现代化企业管理,必须装备必要的检测设备,配备相应的技术人员研究测量技术,确保用测量仪器能提供可靠的测量信息和数据,并根据科学技术的发展和产品质量要求的提高,提出相应的测量方法和测量仪器的更新改造方案。

第二节 测量误差的基本概念

在进行测量时,人们总是希望得到真实的被测量值,但由于人的认识能力的局限性和操作的不当,测量设备、测量方法的不完善,以及受外界条件的种种影响和限制,将不可避免地造成在测量结果与测量真实值之间存在一定的差值,对于这个差值,通常称之为测量误差。

随着科学技术的发展,测量误差可以逐渐减小,但仍不可避免,没有误差的测量,是永远不可能存在的。

一、误差产生的原因

任何测量都存在误差,没有误差的测量在实际中是不存在的。而测量结果与真实值之间之所以存在误差,或者说不一致,主要由以下原因造成。

1. 测量器具的误差

即测量器具本身所具有的误差。这是由于制造工艺的不完善,测量器具的各组成部分不可避免地会含有误差,如:结构误差、调整误差、量值误差、变形误差等,都会在测量的过程中对测量的结果造成一定的影响,而所显现出来的影响也就是误差。

2. 标准器误差

即标准器本身所存在的误差。如:制造误差、检定误差等。标准器的误差会直接影响测量

值,为保证测量准确,标准器应具有足够高的精度。

3. 环境条件所引起的误差

由于各种环境因素与要求的标准状态不一致,所产生的测量装置和被测量本身的变化所造成的误差,它包括测量时环境温度、湿度、气压、振动、光照、重力加速度等所引起的误差。通常仪器仪表在规定条件下使用时所产生的示值误差为基本误差,超出此条件使用时所引起的误差为附加误差。

4. 测量方法引起的误差

它是由于所用的测量方法不完善所引起的误差,或由于采用的是近似测量方法所造成的误差。

5. 工作人员的误差

它主要是由于操作者受分辨能力的限制,或因工作疲劳引起的视觉感观的生理变化、反应速度,或由固有的习惯引起的读数误差。

二、研究误差的意义

(1)正确认识误差的性质,分析误差产生的原因,以消除或减小误差。

(2)正确处理测量数据,合理计算所得的结果,以便在一定条件下得到更接近于真实值的最佳测量结果。

(3)正确组织实验和测量,合理设计仪器或合理选用仪器和选定测量方法,以便在最经济条件下,得到最接近理想的测量结果。

三、测量误差的分类

根据误差的特征和出现的规律,测量误差通常可分为随机误差、系统误差和粗大误差三类,分述如下。

1. 随机误差

随机误差又叫偶然误差,它是指在相同条件下,多次测量同一量时,其误差的大小和符号均无规律的变化,且不可事先预定的误差。

随机误差是由测量过程中的偶然原因引起的,所以对于单个测量值来说,它的大小和方向都是不确定的,因此它不能用实验的方法来消除。但对于一系列重复测量值来说,它的分布服从于统计规律,因而可以从统计规律中了解随机误差的分布情况,并能对它作出估计。随机误差的大小决定测量结果的“精密度”。

2. 系统误差

系统误差又叫规律误差,它是指在相同条件下,多次测量同一量时,其误差的大小和符号保持恒定或按照某种确定规律变化的误差。

系统误差可以通过实验和分析的方法,查明其变化的规律及产生的原因,并能在确定了它的大小和方向后,对测量结果进行修正。

系统误差的大小决定测量结果的“准确度”,由于它的存在,歪曲了测量结果的真实面目,所以在测量中应尽可能估计到一切可能产生系统误差的因素,并创造条件避免或减少系统误差的发生。

系统误差通常是由于仪表使用的不当,以及测量时外界条件变化等原因引起的。例如:仪表的零位或量程未调整好,就会引起一个固定的系统误差,且其大小和方向都是不变的。这种

系统误差可以通过校验仪表来求得,并可以把与该误差数值相等、符号相反的校正值,加到测量结果中予以消除。

3. 粗大误差

在测量中很明显地歪曲了测量结果的误差称为粗大误差,简称“粗差”。

这种误差的产生是由于测量者对设备性能和环境的认识不足,或因疲劳、思想不集中,甚至粗心大意导致不正确的操作而引起的。由于粗大误差会使测量结果导致错误的结论,因此在测量中出现粗差后,要及时分析并予以剔除。

四、测量误差的表示方式

测量误差的表示方式主要有以下两种方式:

1. 用绝对误差来表示

由测量仪表所得到的被测量值 X 与其真值(一个量值其本身所具有的真实大小) A_0 之差,称为绝对误差,即

$$\Delta X = X - A_0 \quad (1-1)$$

由于在实际的测量中,被测量的真值是无法得到的,故通常均采用高一级或几级的标准仪器所测得的数值来代替真值,一般把此值称为实际值,用 A 来表示。用实际值代替真值的绝对误差表示式为

$$\Delta X = X - A \quad (1-2)$$

绝对误差有如下性质:

(1) 它是一个名数,是有单位的,它的大小和所取的单位有关。

(2) 它能反映出误差的大小和方向,其值有正有负。当 $X > A$ 时, ΔX 为正;当 $X < A$ 时, ΔX 为负。它的大小和符号分别表示测量值偏离真实值的程度和方向。

(3) 它不能更确切地反映出测量的精密度和准确度。例如:用量仪 1 测量某一零件的长度,显示值为 100mm,而实际值为 101mm,其绝对误差为: $\Delta X = 100 - 101 = -1\text{mm}$;而用量仪 2 测量另一零件的长度,显示值为 10mm,而实际值为 11mm,其绝对误差为: $\Delta X = 10 - 11 = -1\text{mm}$ 。两个量仪分别测量两个零件所得的绝对误差完全相同,均为 -1mm ,然而,这 100mm 差 1mm 和 10mm 差 1mm 的精密度和准确度显然是不相同的。

2. 用相对误差来表示

相对误差 r_0 是测量所得的绝对误差 ΔX 与被测量的真值 A_0 的比值,并用百分数来表示的,其表示式为

$$r_0 = \frac{\Delta X}{A_0} \times 100\% \quad (1-3)$$

(1) 相对误差的种类。

由于在实际中不易得到真值,故常用实际相对误差、示值相对误差和满度相对误差来表示,分述如下。

① 实际相对误差 r_A : 实际相对误差等于绝对误差 ΔX 与被测量的实际值 A 的比值,用百分数来表示,其表示式为

$$r_A = \frac{\Delta X}{A} \times 100\% \quad (1-4)$$

② 示值相对误差 r_x : 由于在一般的实际测量工作中, 实际值也不易得到, 故在已知误差较小, 且不太严格的情况下, 用仪表的指示值 X 来代替实际值所表示的相对误差称为示值相对误差, 其表示式为

$$r_x = \frac{\Delta X}{X} \times 100\% \quad (1-5)$$

(注: 这里的 ΔX 是由仪表精度等级算出的误差)

③ 满度相对误差 r_m : 满度相对误差也称引用误差, 它是用仪表刻度线上最大的绝对误差 ΔX_m 值与仪表量程的上限值(满刻度值) X_m 之比, 并用百分数来表示, 其表示式为

$$r_m = \frac{\Delta X_m}{X_m} \times 100\% \quad (1-6)$$

满度相对误差去掉百分号后, 常用来表示仪表的精度等级。如: 某仪表的精度等级为 1 级, 其满度相对误差即为 1/100。

(2) 相对误差有如下性质。

① 相对误差是用百分数表示的, 它是一个比值, 是一个无名数, 其数值大小与被测量的单位无关。

② 它能反映出误差的大小和方向。

③ 它能确切地反映出测量的精确程度。

第三节 测量误差的特性与处理

在测量的过程中, 由于测量的误差是普遍存在的, 故为了提高测量得到数据的可信度, 可分别按随机误差、系统误差和粗大误差的性质进行不同的计算分析和处理, 以便尽可能地减小它们对测量结果的影响。

一、测量误差的特性

1. 随机误差

(1) 随机误差的性质。

在同一条件下, 对某一量值进行多次重复测量, 所得到的一系列不同的测量值中, 如果不包括系统误差和粗大误差, 则该测量值中的随机误差, 一般具有以下四种性质:

① 对称性: 绝对值相等的正误差和负误差出现的次数相等。

② 单峰性: 绝对值小的误差比绝对值大的误差出现的次数多。

③ 有界性: 在一定的测量条件下, 随机误差的绝对值不会超出一定的界线。

④ 抵偿性: 随着测量次数的增加, 误差的算术平均值趋于零。

(2) 随机误差的分布规律。

具有以上四种性质的随机误差, 称之服从正态分布。由于多数随机误差都服从于正态分布, 因而正态分布在误差理论中占有十分重要的位置。

随机误差的正态分布曲线, 如图 1-1 所示。

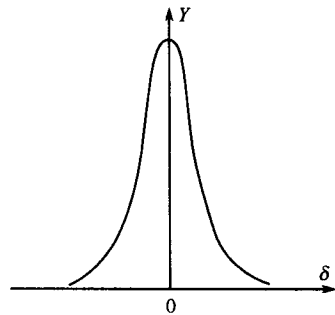


图 1-1 随机误差正态分布曲线

Y—分布密度;

δ —随机误差的大小。