

长度计量测试丛书

零件尺寸的自动检测

于汶 编著



中国计量出版社

长度计量测试丛书

第十八分册

零件尺寸的自动检测

于 汶 编著

长度计量测试丛书编委会审订

中国计量出版社

内 容 提 要

在现代化机械工业中,为了确保产品质量,提高生产效率,实现生产过程的自动化,自动检测技术已成为零件加工过程必不可少的重要组成部分。

本书共分六章,主要介绍以下内容:自动检测中的传感器;自动分选机;主动测量仪;自动补偿装置和保险测量装置;自动检测仪器实用中的一些问题;机械工业自动检测的发展趋势。

本书实例甚多,叙述简明、通畅,对于从事几何量测试的工程技术人员、工艺设计人员及大专院校师生具有较实用的参考和学习价值,本书还可以作为计量测试短训班的教材。

长度计量测试丛书第十八分册

零件尺寸的自动检测

于 汝 编 著

长度计量测试丛书编委会审定

责任编辑 刘瑞清

—*—

中国计量出版社出版

北京和平里11区7号

中国计量出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

—*—

开本 787×1092 /32

印张 13.5 字数301千字

1987年8月第1版

1987年8月第1次印刷

印数 1—10 000

定价 3.10 元

统一书号 15210·744

ISBN7-5026-0000-0/TB·1

前 言

长度计量测试丛书是根据计量出版社关于按学科分类组编丛书的总体计划，由中国计量测试学会几何量专业委员会配合计量出版社组织编写的。

党的十二大提出：到本世纪末，力争使全国工农业总产值翻两番。为实现此宏伟目标，必须首先发展机械工业，因为机械工业是国民经济的装备部，应当适当超前。而标准化和计量测试仪器与技术则是机械工业发展的基础和先决条件，因此必须更超前于机械工业。在计量测试学科领域中，长度的计量测试是重要的一个方面。随着机械产品愈益向精密方向发展，介绍长度计量测试方面的知识及其科研成果与经验，以便为机械工业未来的发展打好基础、积蓄力量、创造条件，实为当务之急。这就是组织这套丛书的目的。

翻两番，振兴经济必须依靠科学技术进步，科学技术需要大量学有专长的专业人才去掌握。目前，我国计量测试领域内很多职工缺乏必要的科学知识和操作技能，熟练工人和科学技术人员严重不足，为适应未来经济发展的需要，现在必须立即着手培养计量专业的人才，提高现有计量测试人员的科学技术水平。近年来更有大批青年新同志参加工作，他们是发展计量测试科学技术的重要力量，迫切需要系统地学习一些计量基础知识，以便结合工作实践更快地提高技术水平，促进计量科学技术的进步。这套丛书主要是针对这部分人员编写的，当然也可以作为计量测试短训班的教材或参考资料，并可供大专院校师生及有关工程技术人员和科研工

作者参考。

丛书比较全面地将长度计量测试领域中所涉及的基础理论、基本知识和实用技术等进行了深入浅出的阐述。重点放在计量测试技术的实际运用方面，同时也简要地对有关技术的发展动向作些介绍。

整套丛书共有二十个分册，每一分册独立论述一个专题。为照顾系统性和便于读者学习，有些内容在不同的分册中有些重复，但侧重点各不相同，这样就把丛书的系统性和分册的独立性统一起来，读者可根据自己的需要选择学习。

本丛书在组编过程中，得到计量出版社的全面支持，还得到各计量部门、有关大专院校、科研机构、工矿企业和广大计量工作者的支持和关心，我们在此深表谢意。

限于我们的经验和水平，这套丛书可能存在不少缺点和错误，我们衷心欢迎广大读者给予批评指正。

长度计量测试丛书编辑委员会

1983.7.30

长度计量测试丛书编委会

主 编： 梁晋文

副主编： 许金钊 徐孝思

编 委： (按姓氏笔划排列)

王钺铮 许金钊 朱桂兰

刘瑞清 何 贡 陈林才

李继桢 李隆铸 庾以深

林洪桦 费业泰 徐孝思

黄生耀 黄福芸 梁晋文

绪 论

（一）自动检测在机械工业中的作用

在现代的机械工业中，为了保证产品质量的提高和实现生产过程的自动化，自动检测已成为生产过程的一个重要组成部分。

自动检测是随着机械工业的发展而出现的。当我们对一个工件进行手工测量时，一般要完成下列动作：取工件，将其置于测量仪器的工作台上定位，进行测量操作和读数，取下工件，根据测量结果将工件分别存放等等。而自动检测就是上述测量过程中一系列手工动作的自动化，而且扩展到在工件的加工过程中进行测量，当然也包括测量信号的传送、处理和运算等等。自动检测技术水平的不断提高，正是符合机械工业发展的需要。最初，当制造零件的工艺和设备得到改进使生产效率提高以后，原来的手工检测水平显得落后了，使得检验工人占工人总数的比例变大，甚至出现某些零件的检验工时比加工工时还长几倍以至十几倍。这种不相适应的状态，随着加工生产率的提高，花费在检测上的大量劳动力已成为继续发展生产的障碍。因此，必须提高检测生产率。一些机械式测微仪上的公差带指针、代表公差界限的信号灯显示装置和一些检验夹具也就相继出现了。加工生产率的进一步提高，检测技术也随之发展，于是就出现了半自动化的和自动化的检测设备，这不仅提高了检测效率，也提高了测量精确度。另外，有些产品在检测时，劳动条件很差，是产生某些职业病的根源，如某些零件外观质量的检查；有些产品测量精确

度要求很高,必须进行百分之百的检验,结果劳动量非常大,这些都只能靠自动检测来解决。有些产品精度要求比较高,在目前情况下还未找到合适的经济的加工方法,于是就适当地扩大公差范围,然后用分组装配或分组再加工的方法来达到精度要求。如果用人工进行分组,劳动量很大,工人也会因疲劳过度而产生过失误差。这时应该采用自动分选的方法,甚至在某些情况下应该采用配对自动测量加工的方法。在某些加工工序中,为了提高加工精度,或者停机检测工件,会大大降低生产率,或者工艺上连续的加工而采用抽检的办法会出现大量废品,这时可以在加工过程中采用主动检测,用检测的结果去干预加工过程,防止产生废品。对于生产自动线,为保证其正常而可靠的运行,自动检测更是必不可少的,而且往往成为关键的所在。可见,自动检测的发展反过来也会促进机械工业的发展。

近些年来,由于机械工业的迅速发展和一些新的科学技术成果在精密检测领域中的应用,促使自动检测技术也迅速地发展,新的成果也在不断地出现。

(二) 我国自动检测技术的发展

我国自动检测技术的历史只有二十多年,但发展却是很迅速的。解放前的旧中国没有完整的机械工业,根本谈不上自动检测技术的应用。解放后,随着机械工业的发展,在六十年代初期,轴承行业和汽车行业开始从国外引进了一些自动检测仪器,应用于生产中。随后,在一些高等工科院校设置了相应的专业,培养自动检测技术方面的人材。同时,某些研究部门也建立了有关的研究机构。一些工厂也开始自行设计和制造自动检测仪器。1966年我国建成了第一座专门生产各种电动量仪、气动量仪和自动检测仪器的专业工厂——中原量仪厂,开始批量生产各种自动检测仪器,这些仪器除

供国内使用外，还为友好国家的使用提供了帮助。近十几年来发展更为迅速，又陆续出现一些工厂生产自动检测仪器，如无锡机床电器厂等。在新研制成的一批自动检测仪器中，有的达到了较高的水平。

我们深信，在四个现代化建设的进程中，我国的自动检测技术必将得到更飞速的发展，达到更先进的水平。

（三）自动检测的对象

在机械工业中，为了对产品的零、部件进行验收，需要检测表征其合格与否的一些参数；而为了在加工过程中对零、部件进行质量控制，需要检测的参数则要广泛得多。不管怎样，这些参数不外乎有两大类：一类是物理参数，如硬度、弹性、重量、力、力矩、速度、刚度和温度等等；另一类是几何参数。本书的内容主要介绍几何参数的自动检测。

需要检测的几何参数有下列几种：

- ①零件（或部件）的尺寸；
- ②零件表面形状；
- ③零件（或部件）表面相互位置；
- ④零件表面的粗糙度和波度；
- ⑤零件表面的缺陷等等。

对于某些物理参数，例如硬度、弹性以及重量等等，也常常可以转化为几何参数进行自动检测。

不同的几何参数，有不同的检测方法。根据自动检测时所表现出来的特征，可以将这些几何参数归纳为下列几种类型：

- ①尺寸本身的值，例如轴径、孔径、高度、宽度、厚度、丝杠的螺距以及齿轮的周节等；
- ②尺寸的波动量，例如椭圆度、圆柱度、平面度、直线度、轴承内外套圈的径向跳动以及气阀锥面的摆差等；

③两尺寸之差值，例如锥度、轴孔配合度及轴承内外套沟径的合套度等；

④两尺寸之差的波动量，例如同轴度等；

⑤工件表面粗糙度、表面缺陷等。

一般说来，不同种类的尺寸参数要采用不同的自动检测方法。第①类参数最简单，容易实现测量；第②～④类参数则较为复杂，特别是第④类参数。就是同一个尺寸参数，由于具体条件的不同，可以按这一种参数进行检测，也可以近似按另一种参数实现检测，最终的选择是看哪一种方法更为简单。第⑤种参数由于其性质的不同，所用的检测方法与前四类也就截然不同。

（四）自动检测的分类

自动检测按其对工作件的加工过程所起的作用可分为主动检测和被动检测两大类。

主动检测，它参与加工过程。也就是工件在进行加工过程的同时，也进行着检测工作，并及时地利用检测的结果去控制加工工艺过程，使其适应加工条件的变化，或者随时调整到最佳的加工状态以保证加工质量，防止产生废品。由于主动检测具有预防产生废品的能力，因此也称为积极检测。

主动检测仪器按其对工作过程干预的情况，分为下列三种：

1. 主动测量仪：它是在加工过程中，而且在加工区域对工件进行检测的仪器，即加工和检测在同一个工位同时进行。因此，也称为加工中测量仪。主动测量最初的概念就是控制被加工工件的尺寸值。由于自动检测技术的发展，目前的概念则不仅仅是控制尺寸，也可以控制形状、位置、粗糙度及表面缺陷等等，而且在向理想的主动检测形式——自适应控制的方向发展。

2. 自动补调装置：它一般是在工件加工以后立即进行自动检测，根据检测所得的结果对加工机床进行补充调整。由于这种仪器对加工过程也起着控制和调节的作用，所以它也是主动检测的一种仪器。

3. 保险测量装置：它用来防止发生事故，其中包括质量事故。保险测量装置可以在工件加工之前，或者在加工过程中，或者在加工之后检测被加工工件的状况，还可以检测刀具的状况和机床的状况等等，当发生异常情况时即发出信号使机床停止加工或剔除不合格的坯料。

被动检测只是局限于对工件质量的评价，只做出合格与否的判断而进行验收工作，或者对合格品按被测参数的状况进行分组。某个工件已经加工废了，它只是查明其为废品而已，毫无预防废品产生的能力。所以也称其为消极检测。

根据被测工件的形状、参数的复杂程度以及仪器的自动化程度，被动检测的仪器也分为两类：

1. 自动分选机：它是一种全自动的检测仪器，一般多用于中小型工件，而且被检测参数比较简单的情況。如果在检测过程中某个动作不能自动进行而需要人参与的话，则称为半自动分选机。最近十几年，由于电子计算机的发展和应用，比较复杂的，甚至大型的工件也能实现自动检测与分选。

2. 半自动测量仪：有些工件批量不大或者形状复杂，精度要求高，测量工作比较繁琐，被测参数的获得和处理也比较麻烦，或者很费时间，如果把测量工作及参数的获得和处理过程自动化，则能大大提高检测效率和检测精度，这就是半自动测量仪的功能。随着科学技术的发展，近十几年来这种半自动测量仪出现很多，如线纹激光比长仪、齿轮整体误差测量机、齿轮半自动周节仪、丝杠动态测量仪和凸轮（或

▼

凸轮轴) 半自动测量仪等等。这类仪器不是本分册所包含的内容, 它们将在相应的分册中给予介绍。

目 录

绪论	(1)
第一章 自动检测中的传感器	(1)
一、机械式传感器	(1)
二、电触传感器	(9)
三、电感传感器	(18)
四、互感传感器	(28)
五、电容传感器	(32)
六、气电传感器	(38)
七、光电传感器	(49)
八、光栅传感器	(60)
九、感应同步器	(69)
十、磁栅传感器	(78)
第二章 自动分选机	(87)
一、概述	(87)
二、上料装置	(90)
三、运送机构	(130)
四、测量装置	(145)
五、执行机构和信号寄存装置	(180)
六、程序控制器	(204)
七、测量与控制线路	(210)
八、典型的自动分选机	(214)
九、工作循环图	(236)
十、自动分选机的调整与误差测定	(241)
第三章 主动测量仪	(251)
一、主动测量仪的功用和特点	(251)

二、主动测量仪的组成和分类	(256)
三、主动测量系统的工作程序	(257)
四、轴加工的自动测量装置	(260)
五、孔加工的自动测量装置	(294)
六、配磨加工的自动测量装置	(310)
七、断续面加工的自动测量装置	(314)
八、测量与控制电路	(317)
九、主动测量系统的误差及其测定	(326)
十、主动测量装置的调整	(337)
第四章 自动补调装置和保险测量装置	(340)
一、自动补调的功用与特点	(340)
二、自动补调系统的组成和补调的方法	(343)
三、自动补调系统及其测量装置	(345)
四、补调装置的控制电路	(358)
五、自动补调系统的误差和警告界限	(360)
六、保险测量装置	(364)
第五章 自动检测仪器实用中的一些问题	(368)
一、自动检测仪器的动态误差	(368)
二、自动检测仪器的选用原则	(387)
三、使用自动检测仪器的经济效益	(392)
第六章 机械工业自动检测的发展趋势	(395)
参考文献	(401)

第一章 自动检测中的传感器

传感器是自动检测仪器中一个非常重要的部件，它的作用是将被测尺寸参数（包括表面状况）的微小变化转换为便于运用的物理量，例如转换为机械位移、电量参数或气量参数，这就是我们通常所说的测量信号。把这些信号送到测量及控制线路进行必要地放大和运算处理，最后显示处理结果并发出信号以控制执行机构。

自动检测中应用的传感器，按工作原理分为机械的、电触的、电感的、互感的、电容的、气电的、光电的、光栅的、磁栅的和感应同步器等等。六十年代以前的自动分选机中，应用机械的和电触的传感器比较多；近年来，由于检测技术的发展，应用电感传感器比较多。在主动测量中这些传感器都有应用，其中电感、互感和气电传感器应用更多一些，而光栅、磁栅和感应同步器等，则是近几年才应用于宽测量范围的主动测量仪器中。

一、机械式传感器

机械式传感器是用机械传动的原理将被测尺寸的微小变化量进行传递、放大，变换为较大的机械位移信号。这些信号有的直接形成了执行机构动作的信号，有的则通过其他方式转换成电信号，然后再去控制执行机构。

机械式传感器主要由量规或杠杆等组成。根据其原理的不同，可分为刚性量规、楔缝量规和杠杆等三类。

（一）刚性量规

刚性量规一般是指测量外尺寸的卡规（或环规）和测量内尺寸的塞规。

自动检测外尺寸的卡规如图 1—1 所示。被测工件 2 不动，卡规 1 通过弹性传动机构移向工件进行检测，然后退回。通端通不过被测工件的外径，发出轴径过大信号；通端通过，而止端通不过，发出轴径合格信号；止端也通过了，则发出轴径过小信号。卡规除了测外径尺寸外，还可测其他的外尺寸，如台阶的宽度等等。

利用环规可以测量圆锥滚子固定横截面上的直径，其原理如图 1—2 所示。被测圆锥滚子 2 垂直放入固定的环规 1

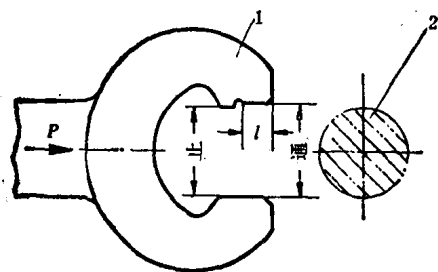


图 1—1 卡规测量原理图

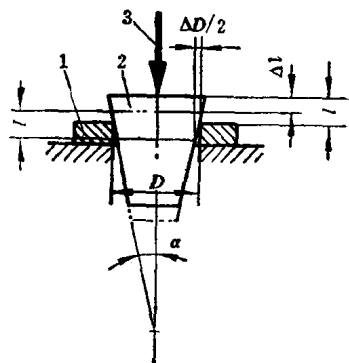


图 1—2 用环规测量圆锥滚子直径原理图

中，在圆锥角一定的条件下，距离滚子大头端面为 l 处的直径为 D 。当直径 D 有变化时，例如减小了 ΔD ，则圆锥滚子下落，到与环规相碰时所产生的轴向位移为 Δl ，并由测杆 3 测量。这样，把测量圆锥滚子的直径转换为测量圆锥滚子的轴向位移。位移 Δl 与直径变化量 ΔD 有如下关系：

$$\Delta l = \frac{\Delta D}{2 \operatorname{tg} \alpha} \quad (1-1)$$

式中 α ——圆锥滚子的圆锥半角。

在这里，所测量的轴向位移 Δl 相当于直径变化量 ΔD 被放大了 $\frac{1}{2 \tan \alpha}$ 倍。例如，在 $\alpha = 2^\circ$ 时， ΔD 大约被放大了14倍。显然，这对提高测量的精确度是很有利的。

检测内孔的塞规如图 1—3 所示。测量时也是工件不动（主动测量时工件可能旋转），塞规 1 移向工件 2，其通端进不到被测孔中，发出孔径过小信号；通端进入而止端进不去，发出孔径合格信号；止端进入，发出孔径过大信号。同样，塞规也可用于测量其他内尺寸，如槽的宽度等。

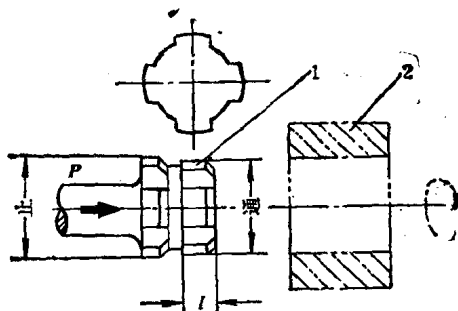


图 1—3 塞规测量原理图

为了减小测量误差和量规易于自动对准工件，量规的支承要采用浮动结构，测端要有倒角，并适当地增长量规的杆长和缩短通端的体长 l 值。但杆长常常受到结构的限制，而体长 l 太小量规易被磨损而降低使用寿命，一般取 $l = 2.5 \sim 4 \text{ mm}$ 。为了防止被测工件和量规接触变形引起较大的测量误差，测量时作用力 P 不能过大。

一般来说，刚性量规的测量精度比较低，约为 $\pm(4 \sim 5) \mu\text{m}$ 。所以只适用于被测尺寸在 20 mm 以下，而且精度要