

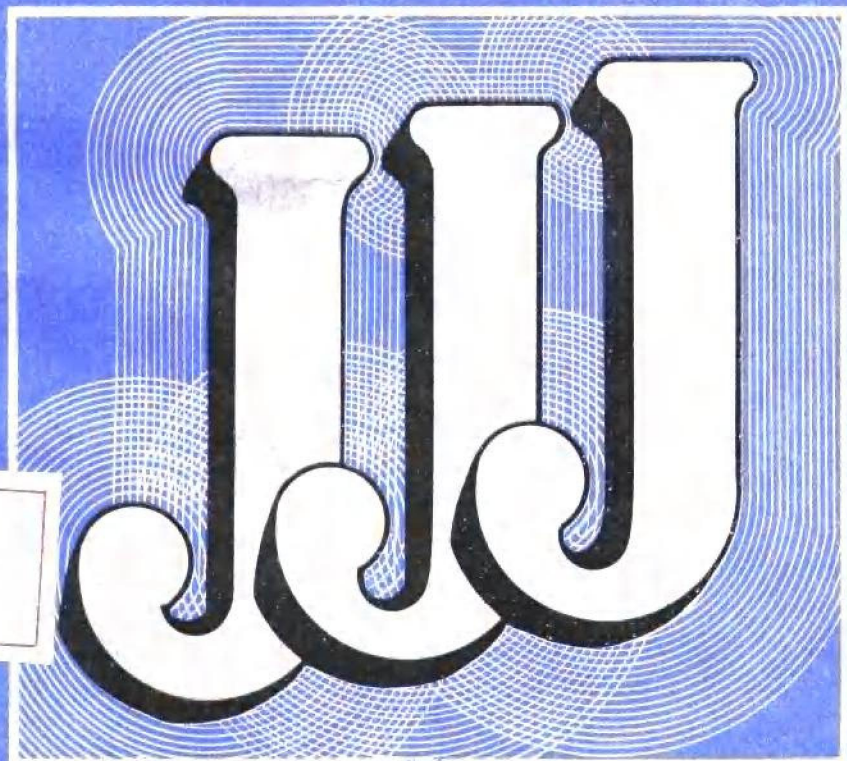
国家机械工业委员会统编

高级镗铣工工艺学

(铣工适用)

机械工人技术理论培训教材

JIXIE GONGREN JISHULILUN PEIXUN JIAOCAI



机械工业出版社

本书着重叙述精密量仪的结构、工作原理和使用；蜗杆和蜗轮的铣削；难加工材料和难加工工件的铣削；铣削力在铣削工作中的作用；铣床精度检验及对加工质量的影响。此外还简要说明提高劳动生产率的途径和新工艺、新技术等。

本书是高级铣工中铣工的培训教材，也可供技工学校、职业学校师生使用。

本书由上海汽轮机厂周炳章、上海柴油机厂吉广镜、胡家富编写。上海柴油机厂张章福、上海鼓风机厂徐荣敬审稿。

高级铣工工艺学

(铣工适用)

国家机械工业委员会统编

责任编辑：陈 萱 版式设计：张伟行
封面设计：林胜利 方芬 责任校对：李广孚

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南里一号）

（北京市书刊出版业营业许可出字第 117 号）

机械工业出版社印刷厂印刷

机械工业出版社发行·新华书店经销

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 $4 \frac{3}{4}$ · 字数 101 千字

1988 年 9 月北京第一版 · 1988 年 9 月北京第一次印刷

印数 00,001—25,000 · 定价：1.55 元

ISBN 7-111-01061-2/TG·249

01600

前 言

1981年,原第一机械工业部为贯彻、落实《中共中央、国务院关于加强职工教育工作的决定》,确定对机械工业系统的技术工人按照初、中、高三个阶段进行技术培训。为此,组织制定了30个通用技术工种的《工人初、中级技术理论教学计划、教学大纲(试行)》,编写了相应的教材,有力地推动了“六五”期间机械行业的工人培训工作,初步改变了十年动乱造成的工人队伍文化技术水平低下的状况,取得了比较显著的成绩。

鉴于原机械工业部1985年对《工人技术等级标准(通用部分)》进行了全面修订,原教学计划、教学大纲已不适应新《标准》的要求,而且缺少高级部分;编写的教材,由于时间仓促、经验不足,在内容上存在着偏深、偏多、偏难等脱离实际的问题。为此,原机械工业部根据新《标准》,重新制定了33个通用技术工种的《机械工人技术理论培训计划、培训大纲》(初、中、高级),于1987年3月由国家机械工业委员会颁发,并根据培训计划、大纲的要求,编写了配套教材148种。

这套新教材的编写,体现了《国家教育委员会关于改革和发展成人教育的决定》中对“技术工人要按岗位要求开展技术等级培训”的有关精神,坚持了文化课为技术基础课服务,技术基础课为专业课服务,专业课为提高操作技能和分解解决生产实际问题的能力服务的原则。在内容上,力求以

基本概念和原理为主，突出针对性和实用性，着重讲授基本知识，注重能力的培养，并从当前机械行业工人队伍素质的实际情况出发，努力做到理论联系实际，通俗易懂，具有工人培训教材的特色，同时注意了初、中、高三级之间合理的衔接，便于在职技术工人学习运用。

这套教材是国家机械工业委员会委托上海、江苏、四川、沈阳等地机械工业管理部门和上海材料研究所、湘潭电机厂、长春第一汽车制造厂、济南第二机床厂等单位，组织了200多个企业、院校和科研单位的近千名从事职工教育的同志、工程技术人员、教师、科技工作者及富有生产经验的老工人，在调查研究和认真汲取“六五”期间工人教材建设工作经验教训的基础上编写的。在新教材行将出版之际，谨向为此付出艰辛劳动的全体编、审人员，各地的组织领导者，以及积极支持教材编审出版并予以通力合作的各有关单位和机械工业出版社致以深切的谢意！

编好、出好这套教材不容易，教好、学好这些课程更需要广大职教工作者和技术工人的奋发努力。新教材仍难免存在某些缺点和错误，我们恳切地希望同志们在教和学的过程中发现问题，及时提出批评和指正，以便再版时修订，使其更完善，更好地发挥为振兴机械工业服务的作用。

国家机械工业委员会
技工培训教材编审组
1987年11月

目 录

前言

第一章 铣工常见的精密测量仪器	1
第一节 杠杆式卡规和杠杆式千分尺	1
第二节 扭簧比较仪	5
第三节 气动量仪	7
第四节 水平仪	14
第五节 自准直仪和光学平直仪	20
第六节 光学分度头	27
复习题	31
第二章 蜗杆和蜗轮的铣削	33
第一节 蜗杆的铣削	33
第二节 蜗轮的铣削	36
第三节 蜗杆蜗轮的测量及质量分析	53
复习题	56
第三章 铣床的精度检验及调整	57
第一节 X6132和X5032型铣床主轴的 精度检验及调整	57
第二节 X6132和X5032型铣床工作台的精度检验	64
第三节 铣床工作精度检验	69
复习题	71
第四章 难加工材料和难加工工件的铣削	72
第一节 难加工材料的铣削	72
第二节 复合斜面的铣削	78

VI

第三节	大质数直齿锥齿轮的铣削	83
第四节	5'和3'角度游标的刻制	87
第五节	坐标法铣削凸轮	92
第六节	等前角、等螺旋角锥度刀具齿槽的铣削	94
第七节	铣削力在铣削工作中的作用	102
复习题		111
第五章	提高劳动生产率的途径和新工艺新技术	112
第一节	生产时间定额的组成	112
第二节	提高劳动生产率的措施	113
第三节	标准铣刀的改进措施	120
第四节	可转位铣刀的结构和使用	126
第五节	新工艺和新技术	133
复习题		142

第一章 铣工常见的精密测量仪器

测量仪器简称量仪，是利用机械、光学、气动或其他原理将长度单位放大或细分的测量器具，如杠杆式千分尺、扭簧比较仪和光学分度头等。

第一节 杠杆式卡规和杠杆式千分尺

一、杠杆式卡规

对精度较高的零件在其加工过程中，使用极限卡规进行检查时，仅能判断合格与否，不能确定其实际尺寸对规定尺寸的偏差，以致难于确定剩余的加工余量，给实际工作带来了许多不便；另一方面，极限卡规本身的制造公差需占用被检查工件制造公差的一部分。若用杠杆式卡规测量，即可避免上述两个方面的缺点。

杠杆式卡规的测量范围可分为： $0 \sim 25$ 、 $25 \sim 50$ 、 $50 \sim 75$ 、 $75 \sim 100$ 、 $100 \sim 125$ 、 $125 \sim 150\text{mm}$ 六种，而其刻度值则根据测量范围分为 0.002 和 0.005mm 两种。一般是： $0 \sim 100$ 为 0.002mm ； $100 \sim 150$ 为 0.005mm 。杠杆式卡规的外形如图1-1 a 所示。

1. 杠杆式卡规的结构原理 杠杆式卡规是利用杠杆齿轮放大原理（其放大比在 $100 \sim 500$ 范围内）制造的量仪，它是用来作相对测量尺寸精度、几何形状和位置精度的，如工件的厚度、长度、圆度、圆柱度和平行度等。

杠杆式卡规的工作原理如图 1-1 b 所示。移动微动测量

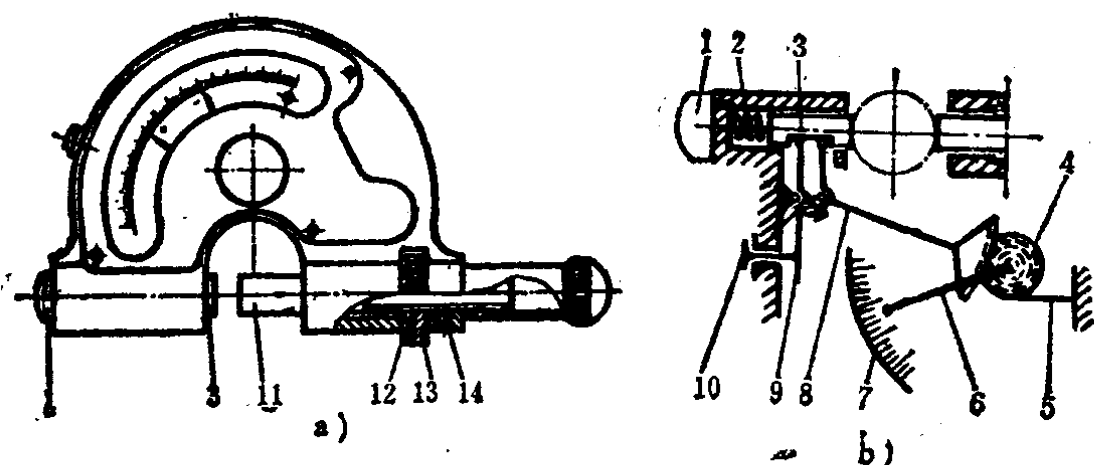


图1-1 杠杆式卡规

- 1—盖帽 2—弹簧 3—微动测量杆 4—小齿轮 5—游丝 6—指针
7—刻度盘 8、9—杠杆 10—退让器 11—可调测量杆 12—弹簧片
13—调整螺环 14—螺钉

杆3可使杠杆8转动。在杠杆8的另一端装有扇形齿轮，从而使小齿轮4和固定在小齿轮轴上的指针6转动，在刻度盘7上便可读出示值，当微动测量杆3移动 0.002mm 时，指针6在刻度盘7上转过1小格。为了消除传动中的空程，装有游丝5。测量力由弹簧2产生。为了防止测量面磨损和测量方便，装有退让器10，撤进退让器10则杠杆9转动，杠杆9的另一端就把微动测量杆3退回而缩进。盖帽1可调整弹簧2对微动测量杆3的推力，借以调整本仪器的测量力，以保持一定的测量压力。

杠杆式卡规的右半部有可调测量杆11，它的另一端具有磨制的方牙螺纹，可调测量杆11装在卡规本体的导孔中，螺钉14伸入可调测量杆11的导槽中作为导向装置。旋转压花的调整螺环13，由于螺钉14的导向作用，可调测量杆11仅能沿轴向移动而无自身回转。圆盘形的弹簧片12使调整螺环13与可调测量杆11的方牙螺纹间经常保持单齿面的接触，以消

除由于轴向间隙而引起的误差。

杠杆式卡规的主要技术数据见表1-1。

表1-1 杠杆式卡规的主要技术数据 (mm)

项 目	测量范围	0~25, 25~50	100~125
		50~75, 75~100	125~150
刻度盘的刻度值		0.002	0.005
刻度盘的示值范围		±0.08	±0.15(±0.16)
示值误差:			
自零刻线起正负10条刻线范围内		±0.001	±0.0025
自零刻线起全部刻线范围内		±0.002	±0.005
示值变化不应超过		0.001	0.0025
测量力(N)		7±2	11±2

2. 杠杆式卡规的使用 杠杆式卡规用量块调整尺寸的过程中，先掀动退让器10使微动测量杆3退回，将预先选好的量块或块规放入两测量杆的测量面之间，再松开套管15，转动调整螺环13，使可调测量杆11和量块相接触，并使指针6调整在零位刻度上，然后拧紧套管15，使可调测量杆11固定在调整好的位置上。

检验工件时，先掀动退让器10，把工件放入（或把卡规卡入）两测量杆的测量面间，松开退让器10，看指针的示值。若指针仍指在零位，则表示工件与量块的尺寸相同；指针偏离零位的数值，即为工件与量块的尺寸差值。指针偏向正表示工件比量块大；偏向负则表示工件比量块小。数值等于指针偏离零位的格数乘刻度值。

二、杠杆式千分尺

杠杆千分尺相当于由外径千分尺与杠杆式卡规组合而成，其外形如图1-2所示。它的工作原理与杠杆式卡规及千

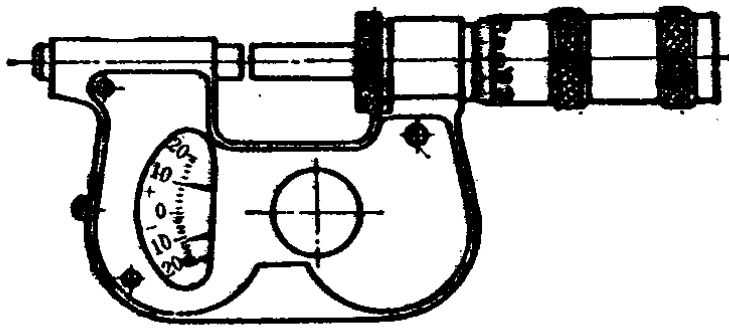


图1-2 杠杆式千分尺

分尺相同，可以用作相对测量，也可以用作绝对测量。因此，若用这种杠杆式千分尺测量不同尺寸的工件，显然比杠杆式卡规有更多的优点，它可以象普通外径千分尺那样，用以测量单件或小批的工件的尺寸；检查成批或大批的工件，可象杠杆式卡规那样用比较测量法来检查工件的尺寸。

杠杆式千分尺的弓架部分比普通外测千分尺有较大的刚性。其测量力大小由微动测杆处的弹簧控制。杠杆式千分尺不用棘轮装置，故测量力较稳定。

杠杆式千分尺的示值误差列于表1-2。

表1-2 杠杆式千分尺的示值误差 (μm)

表盘刻度值	表盘示值误差	示值稳定性	水平与垂直方向的指针位置变化	弓架受10N力时的变形	总 误 差		
					测量范围 (mm)	新制	修后及使用
1	± 10 格内 ± 0.5	0.3	0.3	1	0~25	± 2	± 3
	± 10 格外 ± 0.8				25~50		
2	± 10 格内 ± 1.0	0.5	0.5	1	0~25	± 3	± 4
	± 10 格外 ± 1.5				25~50		
3	± 10 格内 ± 1.0	0.5	0.5	1	50~75	± 4	± 6
	± 10 格外 ± 1.5				75~100		

注：附带的调整量具（或校准量杆），其尺寸偏差不应超过 $0.5\mu\text{m}$ 。

第二节 扭簧比较仪

扭簧比较仪（图1-3 a）是利用扭簧作为尺寸的转换和扩大的传动机构，使测量杆的直线位移转变为指针的角位移。在传动链中，几乎没有间隙和“无效行程”，而且无机械摩擦作用，传动部件在使用过程中不易磨损。测量力较小，具有较大的传动比，所以大大地提高了仪器的工作精度和灵敏度。具有工作可靠、结构简单、轻便、易于制造和成本低廉等优点。因此，这种仪器很有发展前途。

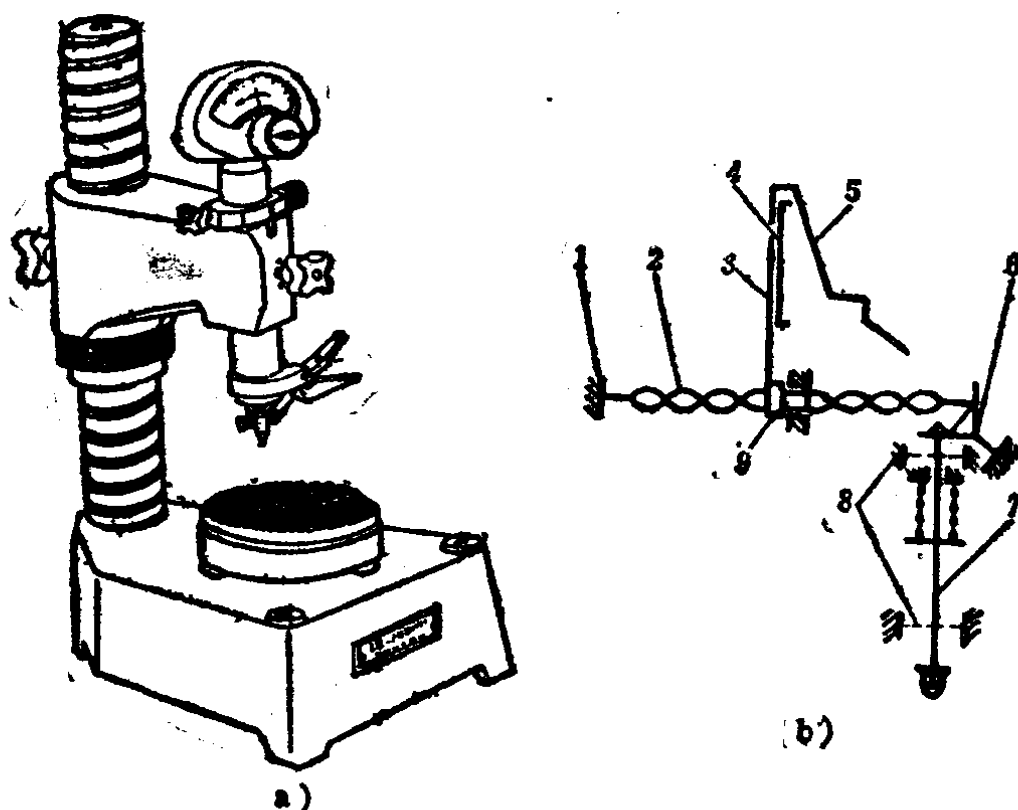


图1-3 扭簧比较仪

1—弓架 2—扭簧 3—指针 4—刻度标尺 5—公差带指示器 6—角架 7—测量杆 8—螺旋弹簧和弹簧片 9—阻尼器

一、扭簧比较仪的构造

图1-3 b 是扭簧比较仪的结构示意图。主要由一根薄片

形扭转的金属弹簧带，即扭簧 2 组成。扭簧 2 的两半部分扭向相反，也就是此金属带由中点起，一半向右扭曲，另一半向左扭曲。扭簧 2 的一端被固定在可调整的弓架 1 上，而另一端则固定在传动角架 6 上。由于扭簧 2 受到测量杆 7 传来的微小直线性位移的作用，传动角架 6 的顶点就按圆弧线向右摆动，并使扭簧 2 沿其轴线方向延伸。因此，固定于扭簧 2 中部的指针 3 即在垂直于扭簧轴线的平面内旋转过一个与扭簧张力成一定比例的角度，最后在刻度标尺 4 上指示出相应的位移值。在指针 3 的邻近装有阻尼器 9，这是一个蓄有油滴并带有狭缝的圆管，扭簧 2 穿过阻尼器 9 的中央并在油滴中转动以产生缓冲的阻尼作用，从而降低扭簧 2 的颤动，使指针 3 能够迅速地停止下来而指示出有关的刻度值。

扭簧比较仪的测量力基本上是由螺旋弹簧和上下膜片形平弹簧片 8 所产生，为了避免摩擦，测量杆 7 只与螺旋弹簧两端和膜片弹簧接触固定，其间并无间隙存在。测量力一般为 $1.8 \sim 2.5 \text{ N}$ ，必要时可调整至 0.1 N 以下。扭簧比较仪的放大倍数很高，图 1-3 所示的扭簧比较仪，其放大倍数为 5200 倍。目前已试验成功的 $0.01 \mu\text{m}$ 分度值的扭簧比较仪，其放大倍数已达 500 000 倍。因此测量精度很高，除用作测微比较仪外，还可用作表面粗糙度测量仪和表面波度检查仪。

扭簧比较仪的主要技术数据列于表 1-3 (按 JB1571—75)。

二、扭簧比较仪的使用

扭簧比较仪的外形如图 1-3 a 所示。使用时，先把预选好的与被测工件尺寸相符的块规（或量块）放在测量杆和测量台之间，并把指针调整到指向零位，再把公差带指示器 5（见图 1-3 b）调整好。然后移去块规，把工件放入，作比较

表1-3 扭簧比较仪的主要技术数据 (μm)

刻度值	示值范围	示值误差	示值变化	测量力(N)	测量力变化(N)
1	± 30	± 0.5	$\geq \frac{1}{3}$ 刻度值	≥ 2	≥ 0.3
0.5	± 15	± 0.3			
0.2	± 6	± 0.2			
0.1	± 3	± 0.1			

测量和检验。

第三节 气动量仪

气动量仪是把被测尺寸转变为气体物理量来实现长度测量的仪器。气动量仪是以比较测量法对工件进行测量、检验的，一般都在大量生产或成批生产时使用，对于精度高的尺寸，尤其是孔径尺寸，测量很方便。这种量仪的测量精度及检验效率都很高，而且具有实现不接触测量的特点。气动量仪一般分为指示压力变化和指示流量变化两大类。

一、压力式气动量仪

图 1-4 所示的压力式气动量仪，是利用膜片作感受元件，表式指针为指示器的气动量仪，其工作原理如下：

经过滤和稳压后的压缩空气分两路进入膜盒部件中。一

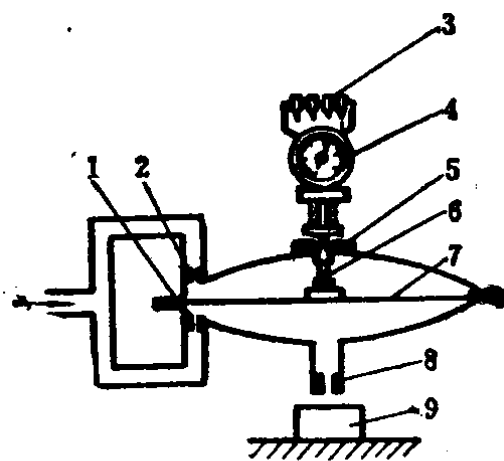


图1-4 薄膜式压力指示气动量仪

- 1—主喷嘴 2—副喷嘴
3—触点 4—指示表
5—出气环 6—锥杆
7—膜片 8—测量喷嘴
9—工件

路经主喷嘴 1 到膜盒下气室，再经测量喷嘴 8 与工件 9 之间的间隙流入大气；另一路经副喷嘴 2 到膜盒上气室，从锥杆 6 与出气环 5 所形成的间隙流入大气。

当测量喷嘴 8 与工件 9 之间的间隙增大时，下气室压力降低，膜片 7 原来的平衡状态不能保持，因而使膜片 7 及锥杆 6 下移，增大了锥杆 6 和出气环 5 之间的间隙，使上气室压力降低，直到锥杆 6 下移到使上、下气室压力相等为止。这时膜片 7 获得新的平衡位置，锥杆 6 的下移，使与锥杆 6 连在一起的指示表 4 的指针逆时针转动，并指示出工件 9 的尺寸（反之，指针将顺时针转动）。若将触点 3 调整到合适的位置，则通过触点 3 的开闭发出电信号，以指出工件 9 的尺寸极限值。

这类仪器的气动系统放大倍数，可用改变锥杆角 α 的办法来改变。同时改变锥杆的形状，还可改变仪器的工作特性（线性）和测量范围。

成都量具刃具厂生产的这种仪器，主要技术数据如下：

放大倍数	1000倍
精刻度示值范围	$50\mu\text{m}$
粗刻度示值范围	$350\mu\text{m}$
指示表刻度值	$1\mu\text{m}$
精刻度极限测量误差	$\leq \pm 1\mu\text{m}$
触点闭合稳定性	$\leq \pm 0.5\mu\text{m}$
示值稳定时间	$\leq 2.5\text{ s}$
工作压力	0.35MPa
气源压力	$\geq 0.45\text{MPa}$
可发信号数	4个
电源电压	250 V

二、浮标式气动量仪

浮标式气动量仪（图1-5 a），是用浮标作感受元件，即仪器的指示是由感受空气流量变化的浮标位置来实现。

1. 工作原理（图1-5 b） 使用时，压缩空气经过过滤器1净化后，通过气阀2进入气动量仪内部的稳压器3进行稳压。稳压器3输出的压力空气分成两路，其中一路的情况是空气从带有内锥度的玻璃管4的下端（小端）进入，在此气流的作用下，将玻璃管4内的浮标6托起，并悬浮在玻璃管4内某一高度位置上。空气从浮标6和玻璃管4内壁之间的环形间隙流过，经玻璃管4上端后，一部分从零位调整阀（简称调零阀）8逸入大气，一部分进入测量喷嘴9，经间隙S流入大气。另外一路的情况是空气经过倍率阀7到测量喷嘴9，也从间隙S流入大气。指示部分的作用是读出工件

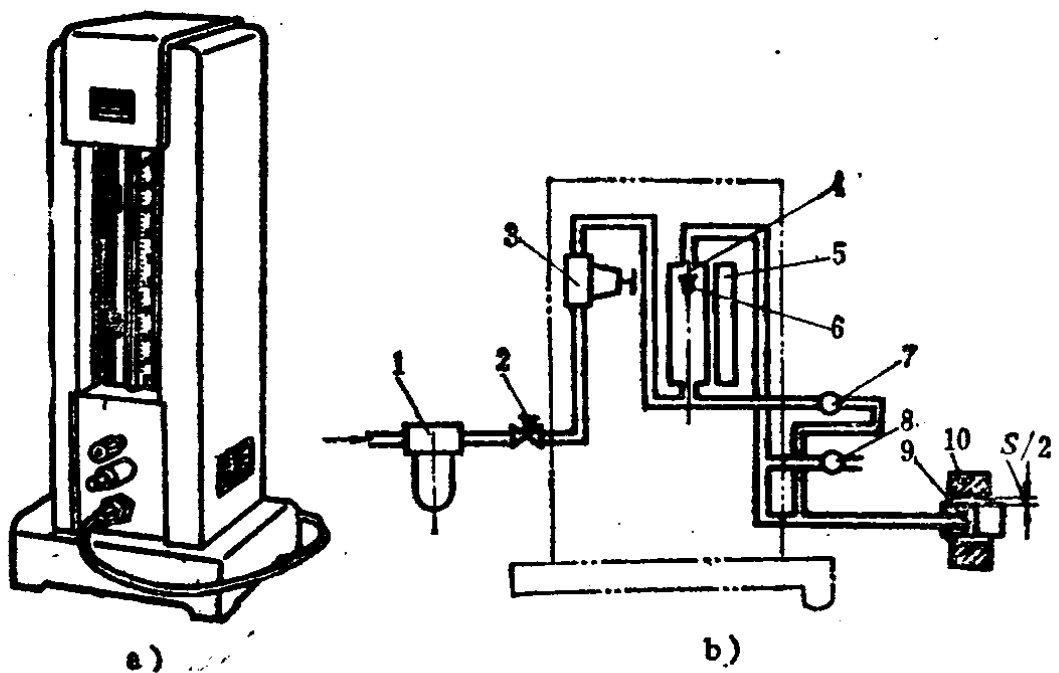


图1-5 浮标式气动量仪

1—过滤器 2—气阀 3—稳压器 4—玻璃管 5—标尺 6—浮标
7—倍率阀 8—零位调整阀 9—测量喷嘴 10—工件

10的尺寸偏差，它由玻璃管4、标尺5和浮标6组成。

工件的尺寸偏差是有变化的。这就形成了不同的间隙值。若间隙 S 增加，在单位时间内从间隙 S 流出的空气量将增加，则玻璃管4和浮标6之间的气流速度加快，以补充间隙 S 中的空气消耗。所以作用在浮标6上的由下向上的动压力也随之增加，使浮标6的动态平衡受到破坏，直到浮标6上升到某一高度，达到满足空气消耗的新动态平衡为止。此时加大的环形间隙上流过的空气量，完全满足了间隙 S 的消耗量。因此每一尺寸的变化都对应着浮标6在玻璃管4内所形成的动态平衡高度位置。由于浮标6的高度变化与环形间隙大小的变化成正比，并且与空气流量的变化也成正比，因而玻璃管4上可以使用均匀的刻度。

2. 倍率阀和零位调整阀的调整原理 当倍率阀7和零位调整阀8同时关闭，若通过间隙 S 的空气流量为 Q ，它就全部从玻璃管4和浮标之间的环形间隙流过。若间隙 S 变成 $S \pm \Delta S$ ，则从间隙 $S \pm \Delta S$ 流过的空气量为 $Q \pm \Delta Q$ ，此时在上述环形间隙流过的空气也是 $Q \pm \Delta Q$ 。当倍率阀7打开一定的开度后，间隙 S 的空气流量仍为 Q ，但是在玻璃管4和浮标6之间的环形面积上流过的空气流量仅是 Q 的一部分 Q_1 ，而流量 Q 的另一部分 Q_2 从倍率阀7上流到间隙 S 中，这时 $Q_1 + Q_2 = Q$ 。倍率阀7打开得越大，从倍率阀7流到间隙 S 的空气越多，从上述环形面积上流过的空气量越少。当间隙 S 变化时，就使浮标6进入新的动态平衡位置，比关闭倍率阀7时低（放大倍率小），从而起到了量仪放大倍率的调整作用。

为了使用上的方便，浮标6的悬浮高度应能微调。这时可用零位调整阀8来进行，其调整原理为：在一定的测量间隙

下, 若将零位调整阀 8 关闭, 此时在间隙 S 的空气流量是 Q 。零位调整阀 8 打开一定的程度后, 由于间隙 S 不变, 故在间隙 S 的空气流量不变 (仍为 Q), 在倍率阀 7 上的空气流量仍为 Q_2 , 在零位调整阀 8 上有一流量为 Q_3 的空气不经间隙 S 而直接流入大气中。所以此时从上述环形间隙流过的空气量为 $Q_1 + Q_3$ 。由于这一变化, 使得浮标 6 原来的动态平衡位置受到破坏而使浮标 6 升高, 这就起了零位的调整作用。

3. 测量头 测量头是直接用来测量零件尺寸、形状和位置误差的传感器, 由它产生的测量信息在指示表中表示出来。由于被测零件的要求不同, 它有各种不同类型。图 1-6 a 是测量内孔用的气动塞规, 图 1-6 b 是气动卡规, 图 1-6 c 是测量厚度和平行度等用的气动轴向测量头。

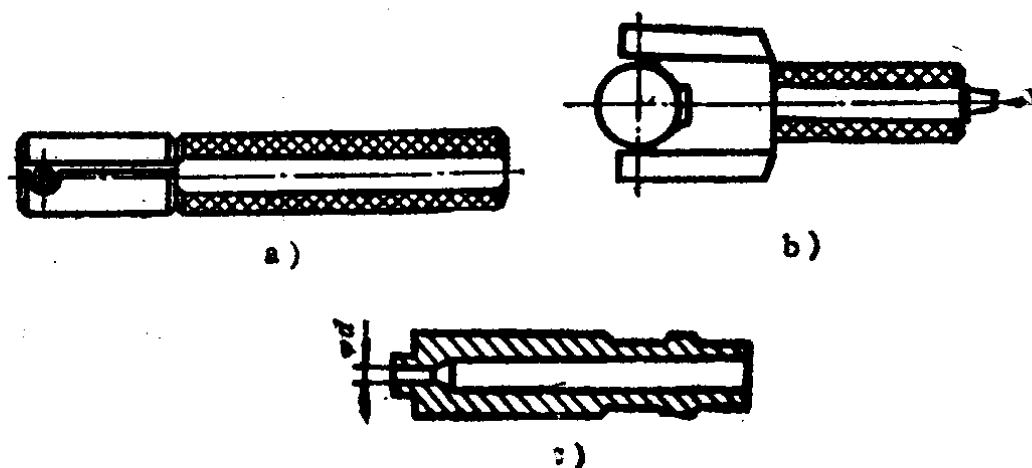


图 1-6 测量头

轴向测量头的喷嘴直径 d 有 $\phi 2$ 、 $\phi 1.5$ 和 $\phi 1.0\text{mm}$ 三种。塞规和卡规均应备有校对规, 用来核对和调整。

4. 使用方法 根据被测量工件的要求, 将相应的测量头和标准规擦洗干净, 并用压缩空气吹净, 压缩空气的气阀