

第 1 章 常用金属材料

金属材料一般是指工业应用中的纯金属或合金。自然界中大约有 70 多种纯金属,其中常见的有铁、铜、铝、锡、镍、金、银、铅、锌等。而合金是由两种或两种以上的金属或金属与非金属结合而成的,具有金属特性的材料。常见的合金有铁和碳所组成的钢合金,铜和锌所形成的黄铜合金等。

1.1 金属材料的分类

金属材料通常分为铁碳合金、有色金属合金和新型金属合金。

1. 铁碳合金

铁碳合金又称钢铁材料,包括含铁质量分数 90% 以上的工业纯铁,含碳质量分数 2%~4% 的铸铁,含碳质量分数小于 2% 的碳钢,以及各种用途的结构钢、不锈钢、耐热钢、高温合金、精密合金等。

2. 有色金属合金

有色金属合金是指除铁、铬、锰以外的所有金属及其合金,通常分为轻金属、重金属、贵金属、半金属、稀有金属和稀土金属等。有色合金的强度和硬度一般比纯金属高,并且电阻大、电阻温度系数小。

3. 新型金属合金

新型金属合金包括不同用途的结构金属材料 and 功能金属材料。其中有通过快速凝固工艺获得的非晶态金属材料,准晶、微晶、纳米晶金属材料等,还有隐身、抗氢、超导、形状记忆、耐磨、减振阻尼等特殊功能合金以及金属基复合材料等。

1.1.1 铁碳合金

碳钢和铸铁都是铁碳合金,是应用广泛的金属材料。了解和掌握铁碳合金的性质,对于钢铁材料的研究和使用、各种热加工工艺的制定以及工艺废品原因的分析都有很重要的指导意义。铁碳合金的组织是液态结晶和固态结晶的综合结果,通常将铁碳合金分为碳钢和铸铁两大类,即 $w(C) < 2.11\%$ 的为碳钢, $w(C) > 2.11\%$ 的为铸铁, $w(C) < 0.0218\%$ 的为工业纯铁。

根据组织特征,将铁碳合金按照含碳量划分为 3 个类型。

1. 工业纯铁

纯铁 ($w(C) < 0.0218\%$) 的塑性和韧性好,但其强度很低,很少用作结构材料。纯铁的主要用途是利用它所具有的铁磁性。工业上炼制的电工纯铁具有高的磁导率,用于要求软磁性的场合,如各种仪器仪表的铁芯等。

2. 钢

由于钢材 ($0.0218\% < w(C) < 2.11\%$) 中的含碳量增高,所以钢材强度高,塑性及韧性

好,耐冲击,性能可靠,易于加工成板材、型材和线材,在实际生产中得到了广泛的应用。但是钢材易锈蚀、维护费用高、耐火性差、生产能耗大。根据成分不同,钢材可分为碳素钢和合金钢。根据性能和用途不同,钢材可分为结构钢、工具钢和特殊性能钢。

3. 白口铁

白口铁($2.11\% < w(C) < 6.69\%$)因断面呈现白色而得名,质地很硬且脆,不容易切削,不易进行机械加工。在实际生产中白口铁主要用于炼钢。

1.1.2 有色金属合金

以一种有色金属作为基体,加入一种或几种其他金属或非金属元素,所组成的既具有基体金属通性,又具有某些特定性质的物质,称为有色金属合金。

现在介绍有色金属合金的种类。

1. 铜合金

常见的铜合金有黄铜、青铜及白铜等。

2. 铝合金

根据铝合金的成分和生产工艺特点,通常分为形变铝合金与铸造铝合金两大类。工业上应用的主要有铝-锰、铝-镁、铝-镁-铜、铝-镁-硅-铜、铝-锌-镁-铜等合金。形变铝合金也叫熟铝合金,据其成分和性能特点又分为防锈铝、硬铝、超硬铝、锻铝和特殊铝等5种。

3. 铅基合金

铅基轴承合金是铅锡铜合金,它的硬度适中,磨合性好,摩擦因数稍大,而韧性很低。因此,它适用于浇注受震较小、载荷较轻或速度较慢的轴瓦。

4. 镍合金

镍能与铜、铁、锰、铬、硅、镁组成多种合金。其中镍铜合金是著名的蒙乃尔合金,它强度高,塑性好,在 750°C 以下的大气中,化学性能稳定,广泛用于电气工业、真空管、化学工业、医疗器材和航海船舶工业等方面。

5. 锌合金

锌合金的主要添加元素有铝、铜和镁等。锌合金按加工工艺可分为形变锌合金与铸造锌合金两类。铸造锌合金流动性和耐腐蚀性较好,适用于压铸仪表、汽车零件外壳等。

6. 镁合金

镁合金中的合金元素主要有铝、锌和锰,有时也加入少量的锆、铈、钍等。镁合金按生产工艺不同也可分为形变镁合金与铸造镁合金两大类。镁合金是重要的轻质结构材料,广泛应用于航空、航天工业方面。

7. 钛合金

钛合金按组织可分三类:

①钛中加入铝和锡元素。

②钛中加入铝、铬、钼、钒等合金元素。

③钛中加入铝和钒等元素。

钛合金具有强度高、密度小、机械性能好、韧性和抗蚀性能好等优点。但钛合金的工艺性能差,切削加工困难,在热加工中非常容易吸收氢、氧、氮、碳等杂质。此外,钛合金抗磨性差,生产工艺复杂。

8. 锡基合金

锡基轴承合金是锡锑铜合金。它的摩擦因数小、硬度适中、韧性较好,并有很好的磨合性、抗蚀性和导热性,主要用于高速重载条件下工作的轴瓦。

1.1.3 新型金属合金

随着科技的进步,资源、能源和环境对金属材料提出了新的要求,一是对已有的金属材料要最大限度地提高它的质量,挖掘它的潜力,使其产生最大的效益;二是开拓金属材料的新功能,以满足更高的使用要求。近年来,新型金属结构材料及功能材料不断涌现,并在现代工业中得到日益广泛的应用。

现阶段主要的新型金属材料有形状记忆合金、储氢合金、非晶态金属、金属间化合物和纳米金属材料等。

1. 形状记忆合金

形状记忆合金是一种新的功能金属材料,用这种合金做成的金属丝,即使将它揉成一团,但只要达到某个温度,它便能在瞬间恢复原来的形状。

2. 储氢合金

储氢合金是一种新型合金,一定条件下能吸收氢气,一定条件下能放出氢气。其循环寿命性能优异,可用于大型电池,尤其是电动车辆、混合动力电动车辆、高功率应用等。

3. 非晶态金属

非晶态金属是指在原子尺度上结构无序的一种金属材料。大部分金属材料具有很高的有序结构,原子呈现周期性排列(晶体),表现为平移对称性,或者是旋转对称、镜面对称、角对称(准晶体)等。

非晶态金属的磁导率高、矫顽力低,加上它的高硬度和高强度,是很好的磁头材料。非晶态金属还具有零或负电阻温度系数的特点,可用来制作电阻器件。

4. 金属间化合物

钢中的过渡族金属元素之间形成一系列金属间化合物,即是指金属与金属、金属与准金属形成的化合物。它以微小颗粒形式存在于金属合金的组织中时,将会使金属合金的整体强度得到提高,特别是在一定温度范围内,合金的强度随温度升高而增强,金属间化合物材料在高温结构应用方面具有极大的潜在优势。

5. 纳米金属材料

纳米金属材料的开发是指对金属材料进行严重塑性变形可显著细化其微观组织,使晶粒细化至亚微米($0.1\sim 1\ \mu\text{m}$)尺度,从而大幅度提高其强度。这种新型超硬超高稳定性金属纳米结构有望在工程材料中得到应用,以提供其耐磨性和疲劳性能。

1.2 金属材料基本性能

金属材料的性能一般分为使用性能和工艺性能两类。使用性能是指机械零件在使用条件下,金属材料表现出来的性能,它包括物理性能、化学性能、机械性能等。金属材料使用性能的好坏,决定了它的使用范围与使用寿命。工艺性能是指机械零件在加工制造过程中,金属材料在所定的冷、热加工条件下表现出来的性能。金属材料工艺性能的好坏,决定了它在制造过程

中加工成形的适应能力。由于加工条件不同,要求的工艺性能也就不同,如铸造性能、可焊性、可锻性、热处理性能和切削加工性等。

1.2.1 金属材料使用性能

金属材料的主要使用性能有化学性能、物理性能以及机械性能。

1. 化学性能

金属与其他物质引起化学反应的特性称为金属的化学性能。在实际应用中主要考虑金属的抗蚀性、抗氧化性(又称作氧化抗力,指金属在高温时对氧化作用的抵抗能力),以及不同金属之间、金属与非金属之间形成的化合物对机械性能的影响等。在金属的化学性能中,抗蚀性对金属的腐蚀疲劳损伤有着重大的意义。

2. 物理性能

(1) 密度

$$\rho = m/V$$

式中 m ——质量(g);

V ——体积(cm^3)。

在实际应用中,除了根据密度计算金属零件的质量外,很重要的一点是考虑金属的比强度(强度 σ_b 与密度 ρ 之比)来帮助选材,以及与无损检测相关的声学检测中的声阻抗(密度 ρ 与声速 c 的乘积)和射线检测中密度不同的物质对射线能量有不同的吸收能力等。

(2) 熔点

金属由固态转变成液态时的温度,对金属材料的熔炼、热加工有直接影响,并与材料的高温性能有很大关系。

(3) 热膨胀性

随着温度变化,材料的体积也发生变化(膨胀或收缩)的现象称为热膨胀,多用线膨胀系数衡量,亦即温度变化 1°C 时,材料长度的增减量与其 0°C 时的长度之比。热膨胀性与材料的比热有关。在实际应用中还要考虑比容(材料受温度等外界影响时,单位质量的材料其容积的增减,即容积与质量之比),特别是对于在高温环境下工作,或者在冷、热交替环境中工作的金属零件,必须考虑其膨胀性能的影响。

(4) 磁性

吸引铁磁性物体的性质即为磁性,它反映在磁导率、磁滞损耗、剩余磁感应强度、矫顽磁力等参数上,从而可以把金属材料分成顺磁与逆磁、软磁与硬磁材料。

(5) 电学性能

主要考虑其电导率,在电磁无损检测中对其电阻率和涡流损耗等都有影响。

在机械制造业中,一般机械零件都是在常温、常压和非强烈腐蚀性介质中使用的,且在使用过程中各机械零件都将承受不同载荷的作用。金属材料在载荷作用下抵抗破坏的性能,称为机械性能(或称为力学性能)。常用的机械性能包括强度、塑性、硬度、冲击韧性、多次冲击抗力和疲劳极限等。

金属材料的机械性能是零件的设计和选材时的主要依据,外加载荷性质不同(如拉伸、压缩、扭转、冲击、循环载荷等)对金属材料要求的机械性能也不同。

3. 机械性能

(1) 强度

强度是指金属材料在静荷作用下抵抗破坏(过量塑性变形或断裂)的性能。由于载荷的作用方式有拉伸、压缩、弯曲、剪切等形式,所以强度也分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度等。由于金属材料在外力作用下从变形到破坏有一定的规律可循,因而通常采用拉伸试验进行测定,即把金属材料制成一定规格的试样,如图1-1所示,将试样在拉伸试验机上进行拉伸,在拉伸过程中,随着载荷的不断增加,可由实验机上安装的自动绘图机构连续描绘出拉应力 σ 和应变 ϵ 的关系曲线,直至试样断裂,如图1-2所示。

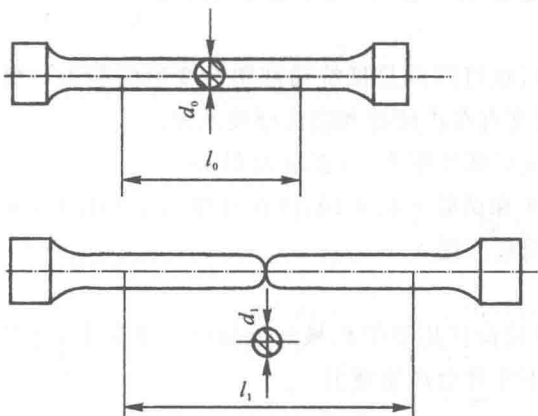


图 1-1 拉伸试验样品

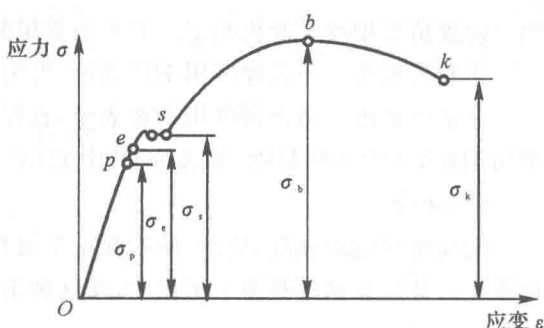


图 1-2 应变曲线

应力即为单位面积上所受的内力,将其定义为

$$\sigma = F/A$$

式中 F ——材料所受的外力;

A ——外力所作用的面积。

① 强度极限。材料在外力作用下能抵抗断裂的最大应力,一般指拉力作用下的抗拉强度极限,以 σ_b 表示,如拉伸试验曲线图中最高点 b 对应的强度极限,常用单位为兆帕(MPa)。

② 屈服强度极限。金属材料试样承受的外力超过材料的弹性极限时,虽然应力不再增加,但是试样仍发生明显的塑性变形,这种现象称为屈服,即材料承受外力到一定程度时,其变形不再与外力成正比而产生明显的塑性变形。产生屈服时的应力称为屈服强度极限,用 σ_s 表示,相应于拉伸试验曲线图中的 s 点称为屈服点。对于塑性高的材料,在拉伸曲线上会出现明显的屈服点,而对于低塑性材料则没有明显的屈服点,从而难以根据屈服点的外力求出屈服极限。因此,在拉伸试验方法中,通常规定试样上的标距长度产生0.2%塑性变形时的应力作为条件屈服极限,用 $\sigma_{0.2}$ 表示。屈服极限指标可用于要求零件在工作中不产生明显塑性变形的的设计依据。但是对于一些重要零件还应考虑屈强比(即 σ_s/σ_b)要小,以提高其安全可靠性,不过此时材料的利用率也降低了。

③ 弹性极限。材料在外力作用下将产生变形,但是去除外力后仍能恢复原状的能力称为弹性。金属材料能保持弹性变形的最大应力即为弹性极限,相应于拉伸试验曲线图中的 e 点,以 σ_e 表示,单位为兆帕(MPa)。

$$\sigma_e = F_e/A$$

式中, F_e 为保持弹性时的最大外力(或者说材料最大弹性变形时的载荷)。

④ 弹性模量。弹性模量是材料在弹性极限范围内的应力 σ 与应变 δ (与应力相对应的单位变形量) 之比, 用 E 表示, 单位为兆帕 (MPa)。

$$E = \sigma / \delta = \tan \alpha$$

式中, α 为拉伸试验曲线上倾斜直线与水平坐标轴的夹角。弹性模量是反映金属材料刚性的指标, 金属材料受力时抵抗弹性变形的能力称为刚性。

(2) 塑性

塑性是指金属材料在载荷作用下, 产生塑性变形(永久变形)而不破坏的能力。

(3) 硬度

硬度是材料抵抗更硬物体压入其表面的能力, 也可以说是抵抗局部塑性变形的能力。材料的硬度值用硬度试验机测定。工程上常用的硬度有布氏硬度和洛氏硬度两种。

① 布氏硬度。布氏硬度用 HB 表示, 当用淬火钢球作压头时, 表示为 HBS。

② 洛氏硬度。洛氏硬度用 HR 表示, 根据压头和试验力的不同, 洛氏硬度有多种标尺, 分别用 HRA, HRB 和 HRC 等表示, 其中 HRC 应用最广泛。

(4) 疲劳

前面所讨论的强度、塑性、硬度都是金属在静载荷作用下的机械性能指标。实际上, 许多机器零件都是在循环载荷下工作的, 在这种条件下零件会产生疲劳。

(5) 韧性

金属材料在冲击载荷作用下抵抗破坏的能力称为韧性。通常采用冲击试验, 即用一定尺寸和形状的金属试样在规定类型的冲击试验机上承受冲击载荷而折断时, 断口上单位横截面积上所消耗的冲击功表征材料的韧性。

1.2.2 金属材料工艺性能

金属对各种加工工艺方法所表现出来的适应性称为工艺性能, 主要有以下四个方面。

1. 切削加工性能

切削加工性能反映用切削工具(例如车削、铣削、刨削、磨削等)对金属材料进行切削加工的难易程度。

钢的含碳质量分数对切削加工性能有一定的影响。低碳钢塑性、韧性好, 切削时产生的切削热量较大, 容易黏刀, 而且切屑不宜折断, 影响表面粗糙度, 因此切削加工性能不好。高碳钢硬度较高, 严重磨损刀具, 切削性能也差。中碳钢硬度和塑性比较适中, 其切削性能较好。一般认为, 钢的硬度为 HB250 时切削加工性能较好。

2. 可锻性

金属的可锻性是指金属在压力加工时, 能改变形状而不发生裂纹的性能, 例如将材料加热到一定温度时其塑性的高低(表现为塑性变形抗力的大小), 允许热压力加工的温度范围大小, 热胀冷缩特性以及与显微组织、机械性能有关的临界变形的界限、热变形时金属的流动性、导热性能等。低碳钢的可锻性较好, 随着含碳质量分数的增加, 可锻性逐渐变差。

3. 可铸性

金属的可铸性包括金属的流动性和收缩性。

(1)流动性

流动性是指液态金属充满铸型的能力。对于铁碳合金而言,随着含碳质量分数的增大,钢液的流动性增大。浇注温度越高,流动性越好。

(2)收缩性

金属从浇注温度至室温的冷却过程中,其体积和线尺寸减小的现象称作收缩性。收缩是铸造合金本身的物理性质,是铸件产生缺陷的原因。

对于一定成分的铁碳合金,浇注温度越高,则液态收缩越大;当浇注温度一定时,体积收缩随着含碳质量分数的增大而增大。

4. 可焊性

可焊性反映金属材料在局部快速加热,使结合部位迅速熔化或半熔化(需加压),从而使结合部位牢固地结合在一起而成为整体的难易程度,表现为熔点、熔化时的吸气性、氧化性、导热性、热胀冷缩特性、塑性与接缝部位和附近用材显微组织的相关性以及对接机械性能的影响等。

复习思考题

1. 常用的金属材料有哪些? 都有哪些性能?
2. 衡量材料机械性能的指标有哪些?
3. 含碳量不同的钢材切削性能如何?

第2章 量 具

量具是以固定形式复现量值的计量器具,是用来测量零件线性尺寸、角度以及检测零件形位误差的工具。其特点是没有指示器,没有传动机构或传感器。

量具的种类很多,有钢直尺、木直尺、钢卷尺、纤维尺、套管尺、水准标尺、游标卡尺、深度卡尺、高度卡尺、千分尺、内径千分尺、深度千分尺、壁厚千分尺、板厚千分尺、螺纹千分尺、百分表、千分表、杠杆百分表、杠杆千分表、深度百分表、厚度表、内径百分表、内径千分表、卡钳、角尺、量规、角度块以及角度尺等。

按用途可以将其分为以下三类。

1. 标准量具

用作测量或检定标准的量具,如量块、多面棱体、表面粗糙度比较样块等。

2. 通用量具

也称万能量具,一般指由量具厂统一制造的通用性量具,如直尺、平板、角度块、卡尺等。

3. 专用量具

也称非标量具,指专门为检测工件某一技术参数而设计制造的量具,如内外沟槽卡尺、钢丝绳卡尺、步距规等。

为保证被加工零件的各项技术参数符合设计要求,在加工前后和加工过程中,都必须用量具进行检测。选择使用量具时,应当适合于被检测零件的性质,适合于被检测零件的形状、测量范围。通常选择的量具的读数精度应小于被测量公差值的 0.15 倍。

2.1 钢 尺

2.1.1 钢尺测量原理

钢尺是最简单的长度量具,钢尺的长度规格有 150 mm,300 mm,500 mm,1 000 mm 四种,常用的是 150 mm 和 300 mm 两种,如图 2-1 所示。



图 2-1 长度规格为 150 mm 的钢尺

钢尺用于测量零件的长度尺寸,它的测量结果不太准确。这是由于钢尺的刻线间距为 1 mm,而刻线本身的宽度就有 0.1~0.2 mm,所以测量时读数误差比较大,只能读出毫米数,即它的最小读数值为 1 mm,比 1 mm 小的数值,只能估读。

钢尺的使用方法,应根据零件形状灵活掌握,例如:

①测量多边形零件的宽度时,要使钢尺和被测零件的一边垂直,和零件的另一边平行,如图2-2(a)所示。

②测量圆柱体的长度时,要把钢尺准确地放在圆柱体的母线上,如图2-2(b)所示。

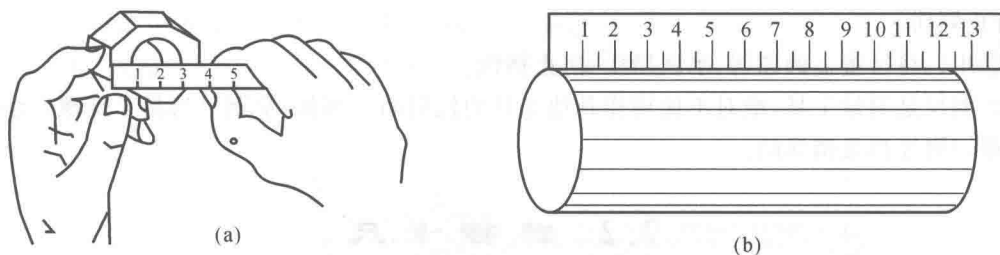


图2-2 钢尺的使用方法

(a)测量多边形零件宽度; (b)测量圆柱体长度

③如果用钢直尺直接去测量零件的直径尺寸(轴径或孔径),测量精度更差。其原因是除了钢直尺本身的读数误差比较大以外,还由于钢直尺无法正好放在零件直径的正确位置。测量圆柱体的外径或圆孔的内径时,要使钢尺靠着零件一面的边线来回摆动,直到获得最大的尺寸,这才是直径的尺寸。零件直径尺寸的测量,也可以利用钢直尺和内外卡钳配合起来进行。

2.1.2 钢尺量距误差分析

钢尺量距误差产生的主要原因有尺长误差、定线误差和倾斜误差、拉力变化误差、温度变化误差等。

1. 尺长误差

钢尺必须经过检定以求得其尺长改正数。尺长误差具有系统积累性,它与所量距离成正比。精密量距时,钢尺虽经检定并在丈量结果中进行了尺长改正,其成果中仍存在尺长误差,因为一般尺长检定方法只能达到0.5mm左右的精度。一般量距时可不作尺长改正。

2. 尺子不水平的误差

一般测量时,如果钢尺不水平,总是使所量距离偏大。精密量距时,测出尺段两端点的高差,进行倾斜改正,用普通水准测量的方法是容易达到的。

3. 钢尺垂曲和反曲的误差

钢尺悬空丈量时,中间下垂,称为垂曲。故在钢尺检定时,应按悬空与水平两种情况分别检定,得出相应的尺长方程式,按实际情况采用相应的尺长方程式进行成果整理,这项误差可以不计。

在凹凸不平的地面量距时,凸起部分将使钢尺产生上凸现象,由此而产生距离误差,钢尺测量时应将钢尺拉平丈量以避免反曲误差。

4. 丈量本身的误差

它包括钢尺对点误差、钢尺读数误差等。这些误差是由人的感官能力所限而产生的,误差有正有负,在丈量结果中可以互相抵消一部分,但仍是量距工作的一项主要误差来源。

2.1.3 钢尺的保养

正确地使用量具是保证产品质量的重要条件之一。要保持量具的精度和它工作的可靠

性,除了在使用过程中要按照合理的使用方法进行操作之外,还必须做好量具的维护和保养工作。

①尺带的刻线面一般镀镍、铬或其他镀层,要保持清洁。测量时尽量不要使其与被测面摩擦,防止划伤。

②用后将尺带上的油污、水渍揩干,防止锈蚀。

③钢尺是测量工具,绝对不能用作其他工具的代用品。例如,拿钢尺当起子旋螺钉和用钢尺清理切屑等都是错误的。

2.2 游标卡尺

2.2.1 游标卡尺测量原理

游标卡尺是机械制造、修理业中应用广泛的一种通用量具,它是利用游标原理进行读数的。由于游标卡尺结构上不符合阿贝原则,存在原理误差,测量精确度还不够高,其精度等级属于中等水平。游标卡尺可以测量工件的内、外尺寸(如长度、宽度、厚度、深度、高度、内径、外径和孔距等)。它的优点是使用方便、用途广泛、测量范围大、结构简单和价格低廉等;缺点是只能测量孔口、槽边或台边等处的尺寸,测量部位不全面。游标卡尺结构如图 2-3 所示。

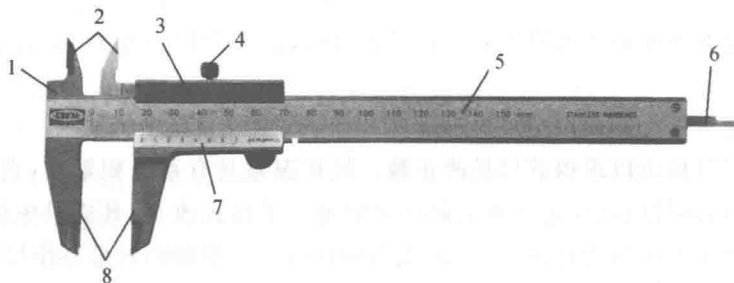


图 2-3 游标卡尺结构

1—尺身； 2—内测量爪； 3—尺框； 4—紧固螺母； 5—主尺； 6—深度尺； 7—游标尺； 8—外测量爪

游标卡尺主要由以下几部分组成。

①具有固定量爪的尺身,如图 2-3 中的 1。尺身上有类似钢尺一样的主尺刻度,如图 2-3 中的 5。主尺上的刻线间距为 1 mm。主尺的长度取决于游标卡尺的测量范围。

②内外测量爪,如图 2-3 所示的 2 为内测量爪,用于测量孔类零件的内径,如图 2-3 所示的 8 为外测量爪,用于测量工件的外径及长度尺寸。

③具有活动量爪的尺框,如图 2-3 中的 3。尺框上有游标,如图 2-3 中的 7,游标卡尺的游标读数值可制成 0.1 mm,0.05 mm 和 0.02 mm 三种。游标读数值,就是指使用这种游标卡尺测量零件尺寸时,卡尺上能够读出的最小数值。

④在 0~125 mm 的游标卡尺上,还带有测量深度的深度尺,如图 2-3 中的 6。深度尺固定在尺框的背面,能随着尺框在尺身的导向凹槽中移动。测量深度时,应把尺身尾部的端面靠紧在零件的测量基准平面上。

游标卡尺按测量精度可分为 0.10 mm,0.05 mm,0.02 mm 三个量级。按测量尺寸范围

有 0~125 mm, 0~150 mm, 0~200 mm, 0~300 mm 等多种规格。使用时根据零件精度要求及零件尺寸大小进行选择。测量读数时, 先在游标以左的主尺上读出最大的整毫米数, 然后在游标上读出零线到与主尺刻度线对齐的刻度线之间的格数, 将格数与 0.02 相乘得到小数, 将主尺读出的整数与游标上得到的小数相加就得到测量的尺寸。

例 2.1 用精度为 0.02 mm 的游标卡尺测量零件, 游标卡尺的示数如图 2-4 所示, 请读出游标卡尺的示数。

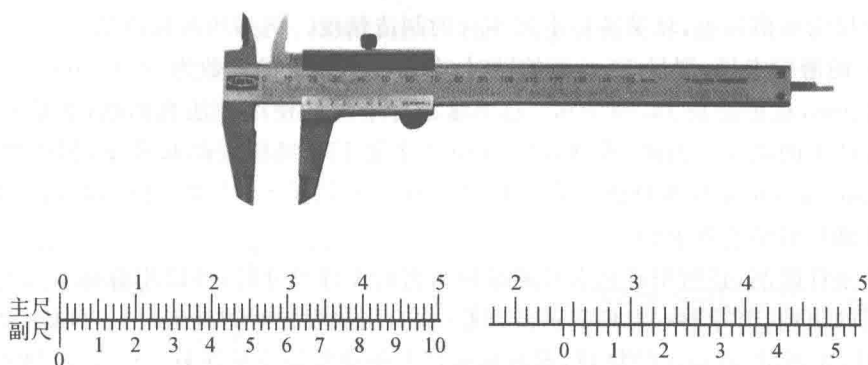


图 2-4 游标卡尺的读数方法

解 在主尺上读出主尺示数 24 mm, 观察游标的第 7 小格与主尺对齐, 游标读数为 7×0.02 mm, 将主尺与游标的读数相加即得零件尺寸。

零件尺寸为

$$24 + 7 \times 0.02 = 24.14 \text{ mm}$$

2.2.2 游标卡尺使用注意事项

使用游标卡尺测量零件尺寸时, 必须注意下列几点。

- ①检查零线。使用前应擦净卡脚, 并将两卡脚闭合, 检查主、副尺零线是否重合。
- ②放正卡尺。测量内外圆时, 卡尺应垂直于工件轴线, 两卡爪应处于直径处。
- ③用力适当。当卡爪与工件被测量面接触时, 用力不能过大, 否则会使卡爪变形, 加速卡爪的磨损, 使测量精度下降。

④防止松动。未读出读数之前游标卡尺离开工件表面, 必须先将止动螺钉拧紧。

⑤读数时视线要对准所读刻线并垂直尺面, 否则读数不准。

⑥不得用游标卡尺测量毛坯表面和正在运动的工件。

2.2.3 游标卡尺的测量精度

测量或检验零件尺寸时, 要按照零件尺寸的精度要求, 选用相适应的量具。游标卡尺是一种中等精度的量具, 它只适用于中等精度尺寸的测量和检验。用游标卡尺测量锻铸件毛坯或精度要求很高的尺寸, 都是不合理的。前者容易损坏量具, 后者测量精度达不到要求, 因为量具都有一定的示值误差。游标卡尺的示值误差见表 2-1。

表 2-1 游标卡尺示值误差 单位:mm

游标读数值	示值总误差
0.02	± 0.02
0.05	± 0.05
0.10	± 0.10

游标卡尺的示值误差,就是游标卡尺本身的制造精度。例如用游标读数值为 0.02 mm 的 0~125 mm 的游标卡尺,测量 50 mm 的轴时,若游标卡尺上的读数为 50.00 mm,实际直径可能是 50.02 mm,也可能是 49.98 mm。这不是游标卡尺的使用方法有问题,而是它本身制造精度所允许产生的误差。因此,若该轴的直径尺寸是 IT5 级精度的基准轴,则轴的制造公差为 0.025 mm,而游标卡尺本身就有着 ± 0.02 mm 的示值误差,选用这样的量具去测量,显然是无法保证轴径的精度要求的。

如果受条件限制,必须用游标卡尺测量较精密的零件尺寸时,可以用游标卡尺先测量与被测尺寸相当的块规,消除游标卡尺的示值误差(称为用块规校对游标卡尺)。例如,要测量上述 50 mm 轴时,先测量 50 mm 的块规,看游标卡尺上的读数是不是正好 50 mm。如果不是正好 50 mm,而是比 50 mm 大或小的数值,就是游标卡尺的实际示值误差,测量零件时,应把此误差作为修正值考虑进去。例如,测量 50 mm 块规时,游标卡尺上读数为 49.98 mm,即游标卡尺的读数比实际尺寸小 0.02 mm,则测量轴时,应在游标卡尺的读数上加上 0.02 mm,才是轴的实际直径尺寸;若测量 50 mm 块规时的读数是 50.01 mm,则在测量轴时,应在读数上减去 0.01 mm,才是轴的实际直径尺寸。另外,游标卡尺测量时的松紧程度(即测量压力的大小)和读数误差(即看准是哪一根刻线对准)对测量精度影响亦很大。因此,当必须用游标卡尺测量精度要求较高的尺寸时,最好采用和测量相等尺寸的块规相比较的办法。

2.2.4 游标卡尺的保养

使用游标卡尺,除了要遵守测量器具维护保养的一般事项外,还要注意以下几点。

- ①不准把卡尺的测量尖作划针、圆规或螺钉起子(改锥)使用。
- ②不准把卡尺当作钩子使用,也不得作为其他工具使用。
- ③不准把卡尺当卡板使用。
- ④用完卡尺后,用干净棉丝擦净,放入盒内固定位置,然后存放在干燥、无酸、无振动、无强磁力的地方。没有装盒的卡尺,严禁与其他工具放在一起,以防受压或磕碰而造成损伤。
- ⑤不准用砂纸、砂布等硬物擦卡尺的任何部位;非专职修理量具人员,不得卸卡尺。
- ⑥卡尺须实行周期检定。

2.3 百分尺

2.3.1 百分尺测量原理

百分尺是微分套筒读数的示值为 0.01 mm 的测量工具,百分尺的测量精度比游标卡尺

高,习惯上称之为千分尺。按照用途可分为外径百分尺、内径百分尺和深度百分尺几种,如图2-5所示。

外径百分尺按其测量范围有0~25 mm,25~50 mm,50~75 mm,75~100 mm,100~125 mm等各种规格。外径百分尺的工作原理就是应用螺旋读数机构,它包括一对精密的螺纹——测微螺杆与螺纹轴套和一对读数套筒——固定套筒与微分筒,如图2-5(a)所示。图2-5(b)是外径百分尺的结构示意图。弓形架在左端有固定砧座,右端的固定套筒在轴线方向刻有一条中线(基准线),上下两排刻线互相错开0.5 mm,形成主尺。微分套筒左端圆周上均布50条刻线,形成副尺。微分套筒和螺杆连在一起,当微分套筒转动一周时,带动测量螺杆沿轴向移动0.5 mm。因此,微分套筒转过一格,测量螺杆轴向移动的距离为 $0.5 \div 50 = 0.01$ mm。当百分尺的测量螺杆与固定砧座接触时,微分套筒的边缘与轴向刻度的零线重合。同时,圆周上的零线应与中线对准。

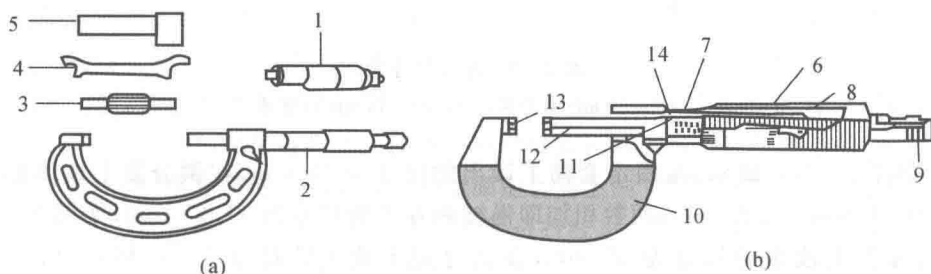


图2-5 百分尺

1—内径百分尺; 2—外径百分尺; 3—标准测量规; 4—专用调整扳手; 5—量杆护架; 6—副尺(外套筒); 7—板簧; 8—锥形螺母; 9—棘轮保险器; 10—百分尺架; 11—夹子; 12—量杆; 13—测量头; 14—主尺(内套筒)

2.3.2 百分尺的读数方法

用百分尺测量零件的尺寸,就是把被测零件置于百分尺的两个测量面之间。所以两测砧面之间的距离,就是零件的测量尺寸。当测微螺杆在螺纹轴套中旋转时,由于螺旋线的作用,测量螺杆就有轴向移动,使两测砧面之间的距离发生变化。如测微螺杆按顺时针方向旋转一周,两测砧面之间的距离就缩小一个螺距。同理,若按逆时针方向旋转一周,则两砧面的距离就增大一个螺距。常用百分尺测微螺杆的螺距为0.5 mm。因此,当测微螺杆顺时针旋转一周时,两测砧面之间的距离就缩小0.5 mm。当测微螺杆顺时针旋转不到一周时,缩小的距离就小于一个螺距,它的具体数值,可从与测微螺杆结成一体的微分筒的圆周刻度上读出。微分筒的圆周上刻有50个等分线,当微分筒转一周时,测微螺杆就推进或后退0.5 mm,微分筒转过它本身圆周刻度的一小格时,两测砧面之间转动的距离为

$$0.5 \div 50 = 0.01 (\text{mm})$$

由此可知,百分尺上的螺旋读数机构,可以正确地读出0.01 mm,也就是百分尺的读数值为0.01 mm。

在百分尺的固定套筒上刻有轴向中线,作为微分筒读数的基准线。另外,为了计算测微螺杆旋转的整数转,在固定套筒中线的两侧,刻有两排刻线,刻线间距均为1 mm,上下两排相互错开0.5 mm。

百分尺的具体读数方法可分为以下三步：

- ① 读出距离微分套筒边缘最近的轴向刻度数(应为 0.5 mm 的整数倍)。
- ② 读出与轴向刻度中线重合的微分套筒圆周刻度数值(刻度格数 $\times 0.01$ mm)。
- ③ 将两部分读数相加即为测量尺寸,有

$$\text{读数} = \text{副尺所指的主尺上整数} + \text{主尺基线所指副尺的格数} \times 0.01$$

例 2.2 读出如图 2-6 所示百分尺的示数。

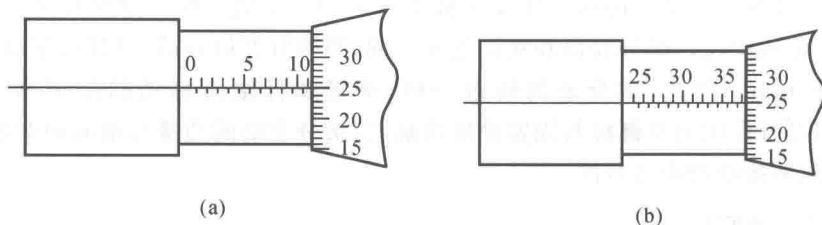


图 2-6 百分尺读数

(a) 0~25 mm 百分尺; (b) 25~50 mm 百分尺

解 如图 2-6(a)所示,在固定套筒上读出的尺寸为 11 mm,在微分筒上读出的尺寸为 25(格) $\times 0.01$ mm=0.25 mm,两数相加即得被测零件的尺寸为 11.25 mm;如图 2-6(b)所示,在固定套筒上读出的尺寸为 36 mm,在微分筒上读出的尺寸为 24(格) $\times 0.01$ mm=0.24 mm,两数相加即得被测零件的尺寸为 36.24 mm。

2.3.3 百分尺使用注意事项

百分尺如果使用不妥,零位就要走动,使测量结果不正确。使用百分尺时须注意以下几方面:

① 校对零点时,将砧座与螺杆擦拭干净,使它们相接触,看微分套筒圆周刻度零线与中线是否对准。

② 测量时,左手握住弓架,用右手旋转微分套筒,当测量螺杆快接近工件时,必须使用右端棘轮(此时严禁使用微分套筒,以防用力过度测量不准或破坏百分尺)以较慢的速度与工件接触。当棘轮发出“嘎嘎”的打滑声时,表示压力合适,应停止旋转。

③ 从百分尺上读取尺寸,可在工件未取下前进行,读完后松开百分尺,亦可先将百分尺锁紧,取下工件后再读数。

④ 被测尺寸的方向必须与螺杆方向一致。

⑤ 百分尺只适用于测量精确度较高的尺寸,不宜用于测量粗糙表面,不能用百分尺测量毛坯表面和运动中的工件。

2.3.4 百分尺的精度及调整

百分尺是一种应用很广的精密量具,按其制造精度可分为 0 级和 1 级两种。0 级的精度较高,1 级次之。百分尺的制造精度主要由其示值误差和测砧面的平面平行度公差的大小来决定,小尺寸百分尺的精度要求见表 2-2。从百分尺的精度要求可知,用百分尺测量 IT10~IT6 级精度的零件尺寸较为合适。

表 2-2 百分尺的精度要求

单位:mm

测量上限	示值误差		两侧面平行度	
	0 级	1 级	0 级	1 级
15,25	± 0.002	± 0.004	0.001	0.002
50	± 0.002	± 0.004	0.001 2	0.002 5
75,100	± 0.002	± 0.004	0.001 5	0.003

百分尺在使用过程中,由于磨损,特别是使用不妥当时,会使百分尺的示值误差超差,所以应定期进行检查,进行必要的拆洗或调整,以便保持百分尺的测量精度。

1. 校正百分尺的零位

百分尺如果使用不妥,零位就要走动,使测量结果不正确,容易造成产品质量事故。因此,在使用百分尺的过程中,应当校对百分尺的零位。所谓“校对百分尺的零位”就是把百分尺的两个测砧面揩干净,转动测微螺杆使它们贴合在一起(这是对 0~25 mm 的百分尺而言,若测量范围大于 0~25 mm 时,应在两测砧面间放上校对样棒),检查微分筒圆周上的“0”刻线是否对准固定套筒的中线,微分筒的端面是否正好使固定套筒上的“0”刻线露出来。如果两者位置都是正确的,就认为百分尺的零位是对的,否则就要进行校正,使之对准零位。

如果零位是由于微分筒的轴向位置不准确,如微分筒的端部盖住固定套筒上的“0”刻线,或“0”刻线露出太多,必须进行校正。此时,可用制动器把测微螺杆锁住,再用百分尺的专用扳手,插入测力装置轮轴的小孔内,把测力装置松开(逆时针旋转),微分筒就能进行调整,即轴向移动一点,使固定套筒上的“0”线刚好露出来,同时使微分筒的零线对准固定套筒的中线,然后把测力装置旋紧。

如果零线是由于微分筒的零线没有对准固定套筒的中线,也必须进行校正。此时,可用百分尺的专用扳手,插入固定套筒的小孔内,旋转固定套筒,使之对准零线。

2. 调整百分尺的间隙

百分尺在使用过程中,由于磨损等原因,会使精密螺纹的配合间隙增大,从而使示值误差超差,此时必须及时进行调整,以便保持百分尺的精度。

要调整精密螺纹的配合间隙,应先用制动器把测微螺杆锁住,再用专用扳手把测力装置松开,拉出微分筒后再进行调整。在螺纹轴套上,接近精密螺纹一段的壁厚比较薄,且连同螺纹部分一起开有轴向直槽,使螺纹部分具有一定的胀缩弹性。同时,螺纹轴套的圆锥外螺纹上,旋着调节螺母。当调节螺母往里旋入时,因螺母直径保持不变,就迫使外圆锥螺纹的直径缩小,于是精密螺纹的配合间隙就减小了。然后,松开制动器进行试转,看螺纹间隙是否合适。间隙过小会使测微螺杆活动不灵活,可把调节螺母松出一点,间隙过大则使测微螺杆有松动,可把调节螺母再旋紧一点,直至间隙调整后,再把微分筒装上,对准零位后把测力装置旋紧。

经过上述调整的百分尺,除必须校对零位外,还应当检验百分尺的测量精度,确定百分尺的精度等级后,才能使用。

2.3.5 百分尺的保养

①百分尺要实行周期检定,检定周期长短视使用情况而定。

- ②不准拿着微分筒快速晃动,以防测微杆加速磨损或两测量面互相猛撞,将螺旋副撞伤。
- ③不得将百分尺放在潮湿、酸、磁性、高温或振动的地方。
- ④不准用油石、砂布等硬物擦百分尺的测量面、测微螺杆等部位。
- ⑤使用百分尺要轻拿轻放,万一掉或摔地上或硬物上,或被撞后,应立即检查百分尺的各部位的相互作用是否符合要求,并校对其“0”位。
- ⑥不准在百分尺的固定套筒和微分筒之间注入酒精、煤油、柴油、机油或凡士林等,不准把百分尺浸泡在上述油类、水或冷却液中。
- ⑦使用完百分尺,应用绸或干净的白细布擦净百分尺的测量面和各部位,然后放入盒内保存。如果是比较长的时间不用,应在测量面和测微螺杆上涂防锈油,而且两个测量面不要相互接触。
- ⑧对于老式结构的百分尺,不准拧后盖,如果后盖松动了,必须校对“0”位后再用。

2.4 其他常用量具

2.4.1 百分表

1. 百分表测量原理

百分表是一种指示性量具,主要用于测量制件的尺寸和形状、位置误差等,是一种精度较高的比较测量工具。图 2-7 所示为百分表的外形图,其构造主要由 3 个部件组成,分别是表体部分、传动系统和读数装置。

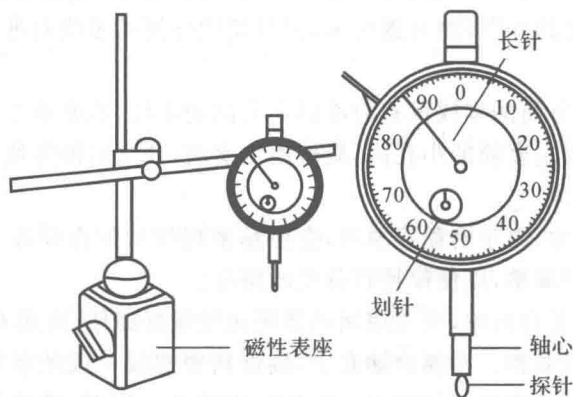


图 2-7 百分表

百分表利用齿条齿轮或杠杆齿轮传动,将测杆的直线位移变为指针的角位移的计量器具,表盘上刻有 100 格刻度,转数指示盘上只刻有 10 格刻度,当指针转动一格时,相当于测量头向上或向下移动 0.01 mm。它只能读出相对的数值,不能测出绝对数值,主要用来检测零件的形状误差和位置误差,也常用于工件装夹时精密找正。百分表的结构较简单,传动机构是齿轮系,外廓尺寸小,重量轻,传动机构惯性小,传动比较大,可采用圆周刻度,并且有较大的测量范围,不仅能作比较测量,也能作绝对测量。

百分表是将被测尺寸引起的测杆微小直线移动,经过齿轮传动放大,变为指针在刻度盘上

的转动,从而读出被测尺寸大小的。对百分表读数时,先读小指针转过的刻度线(即毫米整数),再读大指针转过的刻度线(即小数部分),并乘以 0.01,然后两者相加,即得到所测量的数值。

2. 百分表使用注意事项

①使用前,应检查测量杆活动的灵活性。即轻轻推动测量杆时,测量杆在套筒内的移动要灵活,没有任何轧卡现象,每次手松开后,指针能回到原来的刻度位置。

②使用时,必须把百分表固定在可靠的夹持架上,否则容易造成测量结果不准确,或损坏百分表。

③测量时,不要使测量杆的行程超过它的测量范围,也不要用于百分表测量表面粗糙度较高或有明显凹凸不平的工件。

④测量平面时,百分表的测量杆要与平面垂直,测量圆柱形工件时,测量杆要与工件的中心线垂直,否则,将使测量杆活动不灵或测量结果不准确。

⑤为方便读数,测量前应让大指针指到刻度盘的零位。

3. 百分表使用的保养

①不使用时,要摘下百分表,使表解除其所有负荷,让测量杆处于自由状态。

②远离液体,不能让冷却液、切削液、水或油与内径百分表接触。

2.4.2 直角尺

直角尺是一种具有至少一个直角和两个或更多直边的量具,用来画或检验直角的工具,亦称“矩尺”,在有些场合还被称为靠尺,简称为角尺,如图 2-8 所示。按材质它可分为铸铁直角尺、镁铝直角尺和花岗石直角尺。它用于检测工件的垂直度及工件相对位置的垂直度,有时也用于划线,适用于机床、机械设备及零部件的垂直度检验、安装加工定位、划线等,是机械行业中的重要测量工具。

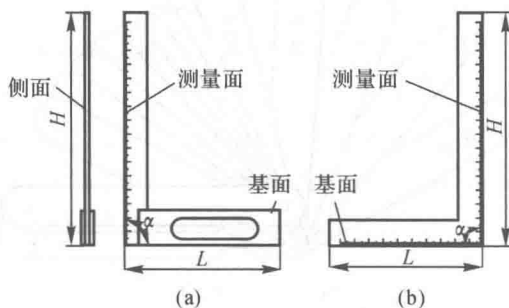


图 2-8 直角尺

1. 直角尺使用方法

直角尺使用方法可分为单手执尺法和双手执尺法,如图 2-9 所示。

(1) 单手执尺法

小于 200 mm 直角尺,用单手执尺。左面接触测量时用左手,右面接触测量时用右手,如图 2-9(a)所示。拇指和四指分开握住尺座,食指压在尺座上面的中部。拇指用力将尺座侧面靠紧支撑条板,食指施加压力,使尺座底面贴紧基座基面,其作用是保持直角尺工作面处于