

金属材料机械性能试验

四川五局《金属材料机械性能试验》编写组 编

国防工业出版社

内 容 简 介

本书内容包括金属材料常温及高温机械性能的试验原理、方法、操作步骤、结果处理及影响因素等。全书共九章,分别介绍了拉力、冲击、硬度、弯曲、扭转、疲劳、剪切等试验。最后一章介绍了几种金属工艺性能试验方法。

本书主要供工厂试验人员及有关检验人员阅读、使用,也可供高等及中等院校和科研部门有关人员参考。

金属材料机械性能试验

四川五局《金属材料机械性能试验》编写组 编

*

国防工业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₁₆ 印张19 442千字

1983年3月第一版 1983年3月第一次印刷 印数:00,001—11,000册

统一书号:15034·2433 定价:1.95元

前 言

本书是四川省第五机械工业局所属理化协作组邀请有关工厂和高等院校合作编写的。本书第一稿曾用于作为培训机械性能试验人员的讲义。后来,为了满足广大试验和技术人员学习业务的迫切要求,我们对第一稿进行了反复修改和补充,编写成了此书。

本书介绍金属常温和高温机械性能试验的原理、方法、操作步骤、结果处理及影响因素。试验项目包括拉力、蠕变、持久、松弛、冲击、硬度、弯曲、压缩、剪切、疲劳、扭转和工艺性能试验等。本书的重点在于试验方法,是一本理论和实际较好结合的读本兼手册。

本书特别适用于工厂试验室有关技术人员和试验人员,也可供高等学校和科研单位试验人员阅读参考。书中有关标准和计量单位都尽可能根据最新资料进行了审订。

参加本书编写的有国营建设机床厂、望江机器厂、空气压缩机厂、长江电工厂、重庆特殊钢厂、长安机器厂、陵川机器厂、双溪机械厂、新兴机械厂、山川机械厂和西南铝加工厂试验室等。由朱祖贤、倪文炳、谭玉明、刘锡邦、景海江、张瑞康、郑志清、杨锡琛、高希田、缪虎生、唐明照、邵喜妹等同志分别执笔,最后由朱祖贤、谭玉明、刘锡邦、景海江四同志完成定稿。刘锡邦同志负责审定了全书。刘光信和谭玉明同志审核了全部图稿。建设机床厂、长江电工厂、望江机器厂和空气压缩机厂等单位的不少同志参加了图稿描绘工作。初稿的某些部分也曾经西南交通大学孙训方教授和重庆大学胡国华副教授审阅,他们都提出了很多宝贵意见。另有不少同志参加了本书的资料搜集、整理、审订和出版的准备工作,在此一并致谢。

四川五局《金属材料机械性能试验》编写组

目 录

第一章 绪论	1
§ 1-1 金属材料的一些基本特性	1
§ 1-2 机械性能试验的重要性	1
§ 1-3 机械性能试验的发展方向	2
第二章 金属常温拉力试验	4
§ 2-1 拉力试验的特点及试样要求	4
§ 2-2 材料在拉伸时的力学性质	10
§ 2-3 规定比例极限的测定	12
§ 2-4 屈服点 σ_s 和屈服强度 $\sigma_{0.2}$ 的测定	22
§ 2-5 弹性极限 σ_e 和抗拉强度 σ_b 的测定	26
§ 2-6 伸长率 δ 和断面收缩率 ψ 的测定	28
§ 2-7 正弹性模量 E 和泊松比 μ 的测定	32
§ 2-8 引伸计原理的一般介绍	34
§ 2-9 线材、管材、钢丝绳拉力试验	36
§ 2-10 缺口静拉力试验	42
§ 2-11 拉力试样断口的评定	43
§ 2-12 影响试验结果的因素	47
附录2-1 $\phi 5$ 强度、塑性计算对照表	50
附录2-2 $\phi 8$ 强度、塑性计算对照表	55
附录2-3 $\phi 10$ 强度、塑性计算对照表	60
第三章 金属高温拉力试验	69
§ 3-1 概述	69
§ 3-2 高温短时拉力试验	70
§ 3-3 拉伸蠕变试验	77
§ 3-4 高温拉伸持久强度试验	90
§ 3-5 松弛试验	102
§ 3-6 蠕变、持久强度、松弛及高温硬度之间关系的探讨	107
第四章 金属冲击试验	111
§ 4-1 冲击试验的意义及其分类	111
§ 4-2 常温冲击试验	112
§ 4-3 低温冲击试验	116
§ 4-4 高温冲击试验	117
§ 4-5 钢的应变时效敏感性试验	118
§ 4-6 多次冲击试验	119
§ 4-7 关于冲击试样的断口分析	121
§ 4-8 冲击试验的主要影响因素	122
§ 4-9 测定爆破韧性的方法	123

第五章 金属硬度试验	125
§ 5-1 金属材料硬度的概念和硬度试验的特点	125
§ 5-2 布氏硬度试验	126
§ 5-3 布氏硬度的动力近似试验及其应用	135
§ 5-4 洛氏硬度试验	140
§ 5-5 维氏硬度试验	156
§ 5-6 克努普硬度试验	168
§ 5-7 显微硬度试验	170
§ 5-8 高温硬度试验	174
§ 5-9 肖氏硬度试验	178
§ 5-10 磁性硬度试验简介	183
§ 5-11 超声硬度试验简介	184
§ 5-12 各种硬度的比较换算及硬度与强度的近似关系	186
附录5-1 布氏硬度值查对表	187
附录5-2 维氏硬度值查对表	191
附录5-3 各种硬度换算表(一)	209
附录5-4 各种硬度换算表(二)	211
附录5-5 黑色金属硬度及强度换算表(GB1172-74)	212
第六章 金属的弯曲、压缩和剪切试验	218
§ 6-1 弯曲试验	218
§ 6-2 缺口静弯试验	224
§ 6-3 压缩试验	227
§ 6-4 剪切试验	231
第七章 金属的疲劳试验	234
§ 7-1 概述	234
§ 7-2 交变应力的符号及其循环特性	236
§ 7-3 金属弯曲疲劳试验	238
§ 7-4 其他疲劳指标的概念及其测定	247
§ 7-5 零部件的疲劳试验	253
§ 7-6 高温疲劳试验	254
第八章 金属的扭转试验	259
§ 8-1 扭转试验的意义和特点	259
§ 8-2 金属扭转试验的原理简介	259
§ 8-3 扭转试验的方法	262
§ 8-4 试验机的操作方法	267
§ 8-5 扭转试验的断口分析与试验结果的记录	268
第九章 金属工艺性能试验	269
§ 9-1 金属冷、热弯曲试验	269
§ 9-2 金属冷、热顶锻试验	272
§ 9-3 金属线材、板材反复弯曲试验	274
§ 9-4 线材扭转试验	276
§ 9-5 线材缠绕试验	278

§ 9-6 金属杯突试验.....	278
§ 9-7 金属管材工艺性能试验.....	280
§ 9-8 磨损试验.....	284
§ 9-9 焊缝金属和焊接接头的机械性能试验.....	287
§ 9-10 活塞环的机械性能试验	294

第一章 绪 论

§ 1-1 金属材料的一些基本特性

金属与其他物质相比，最突出的特点是具有光泽、塑性、高导热性和高导电性。

金属及其合金在外力作用下，通常是既有弹性变形也发生塑性变形，直至最后断裂。故金属及合金是一种既具有弹性变形能力又具有塑性变形能力的弹塑性物质。金属的弹塑性变形能力是不相同的，就钢来说，通常钢的含碳量愈高，硬度强度愈高，而塑性愈低。金属及合金具有弹性、塑性、且能发生形变强化，这是金属及合金优于其他固体物质而在工程技术上被广泛采用的主要原因。

金属的机械性能并不是不能改变的，它与铸造、锻造、轧制、拉拔、挤压、热处理（形变热处理）和焊接等工艺有密切的关系。在机械制造中，通常通过热处理来改变其组织和性能，有时也充分利用加工硬化以提高其强度。

§ 1-2 机械性能试验的重要性

机械性能试验在工厂里是应用得比较广泛的，大部分可以在试验室或工段进行，有的在在现场也能进行，如某些硬度试验和工艺试验项目。

机械性能试验按试验条件可分为常温、高温和低温试验；按所施加的负荷可分为静荷、动荷（包括冲击、爆破）试验等；按试样是否被破坏分为破坏试验和非破坏试验。近年来，工厂试验室逐渐开展了实验力学的工作，它与材料强度试验相结合成为结构设计和材料研究中的重要手段。

大家都知道，有关材料机械性能的数据在零件和结构的强度计算中是必须的。随着材料品种的逐年增加，精化毛坯等先进工艺的采用，工厂试验室的工作量大为增加。虽然随着材料质量的稳定和日常检验工作的加强会减少一些试验室的工作量，但在新产品的设计，新材料和新工艺的应用中，会对试验工作提出更高的要求。

一般来说，机械性能包括力学性能和特殊性能两部分。前者是指材料在单纯的力或机械能作用下的性能，其中主要是强度、刚度、塑性、韧性、弹性、硬度等；后者包括在高低温、腐蚀、表面介质吸附、冲刷、磨损、空蚀（汽蚀）、粒子照射等力或机械能不同程度的结合作用下的性能。另外，有的工厂试验室还把部分工艺性能试验和零部件试验列入机械性能试验范畴。

机械性能试验工作并不是单纯提供试验数据的，如对试样断口的观察，既能帮助判断是材料缺陷（如夹杂、气孔、偏析）、工艺不当还是其他原因（如偏心加载、缺口敏感等）造成的破断，还能分析是疲劳破断、脆性破断还是韧性破断。

事实上，对机械性能试验结果进行理论分析还可能发现和总结出新的规律，建立塑性变形、蠕变、疲劳破坏、脆性断裂等方面的新理论。有的理论本身就是在实验的基础上发

展起来的。如有关多次冲击抗力、爆破韧性（包括它与低温冲击的关系）以及最近发展起来的断裂韧性试验等就是这样。

归纳起来，材料机械性能试验的内容之一是观察零部件的破坏（变形、断裂等）现象，分析这些现象产生的原因，从而建立能反映材料在各种状态下性能的合理指标；内容之二是确定在各种不同的工作状况下材料的抗力指标；内容之三是研究弹性变形、塑性变形及断裂的本质，找出机械性能与成分、组织与工艺之间的关系。随着生产实践的发展，试验项目不断增多，而且试验方法愈来愈接近实际和完善。

应该指出，机械性能数据，在很大程度上取决于所采用的试验方法。如果所用的方法和条件不同，就无法对不同试验室和不同人员得出的结果进行比较。试验的条件、设备，试样的形状、尺寸和制备，以及加荷速度（或变形速度）及温度等，对试验的最终结果有极其重要的、甚至是决定性的影响。

§ 1-3 机械性能试验的发展方向

拉力试验是机械性能试验中用得最多的一种方法。近些年来，随着科学技术的发展，特别是随着电子技术和液压技术的发展，拉力试验技术有了很大的提高。

在拉力试验中，首先遇到的是测力问题，其次是测变形问题。也可利用拉伸曲线中应力应变的关系把两者直接联系起来，得出材料机械性能数据。

在测力方面，目前正在冲破传统的杠杆式、液压式和摆锤式（包括液压摆锤式）的方法，而采用先进的电子技术和惯性较小的测力原理，如电阻应变和扭力棒式测力机构等。

在变形测量方面，目前可在十一种仪器上进行：（1）机械式引伸仪；（2）光学引伸仪；（3）电位计式引伸仪；（4）电阻应变传感器；（5）差动变压器传感器；（6）差动电容传感器；（7）自整角机系统；（8）光电引伸仪；（9）光电跟踪系统；（10）光栅数字显示系统；（11）其他测长和测变形的仪器。

以上仪器各有其优缺点，因此必须根据试验要求合理选用，并在实践中不断提高其测试精度。目前还出现了应用全息摄影技术进行变形测量。

对拉力试样通常可以按其规格大小作如下划分： $\phi 0.8 \sim \phi 1.2$ 为微型拉力试样； $\phi 1.2 \sim \phi 3.0$ 为小型拉力试样； $\phi 3.0$ 以上和厚度大于 0.5 毫米为国家标准中规定的一般拉力试样。在研究稀有金属和贵金属以及新型合金时，或者在研究材料机械性能的不均匀性和对发生事故的零件以及对焊缝等特殊部位进行研究时，只能以中型试样甚至用微型试样进行精确测定。当然，试样愈小，愈难加工，而且加工硬化的影响愈大，这可用电加工方法解决。

很多机器的构件在使用中的破坏是由于承受动负荷而产生疲劳裂纹引起的。因此，疲劳试验在材料试验中日趋重要。实际上，试车、大型试验、实物运行试验、寿命试验等都包含有对零部件进行疲劳试验的因素。

在疲劳试验中，普遍提出了如何快速而准确地得出试验结果的问题。另外，在低频、超低频、高频、超高频、随机加载等情况下的疲劳试验问题也得到了迅速的发展。最近十几年来，数理统计方法在疲劳试验中得到了较好的应用。由于喷气发动机、汽轮机等高温机械的迅速发展，对材料在高温下的疲劳强度也提出了更高的要求。

在检验材料质量、内部缺陷、脆性转化和工艺过程等方面，冲击试验比其他试验更为方便。

冲击试验是检验材料韧性的基本方法。在工厂试验室中试验工作量大，迫切要求降低劳动强度和安全操作。同时还要求在高温和其他（如放射性等）恶劣条件下能准确自动地进行试验，所以冲击试验自动化问题也提到议事日程上来了。

应该指出，一般冲击试验都是测量试样破断时的总能量，但这是很不全面的。显然，高强度、低韧性和低强度、高韧性的材料可能吸收相等的能量。用试验技术把消耗的总能量中的几部分区分开，这样就可以较好地查明断裂的原因。于是就要求测定冲击试验过程中力和变形的变化情况，这就需要记录和分析冲击的全过程，以便得出更正确的结论。

高温冲击试验主要是为了测定材料在高温条件下的冲击性能。目前国内外都在对高温（900~1200℃）、低温（-196℃）的冲击试验积累数据。

随着国防工业和动力工业的发展，对高温材料的要求愈来愈高，因此，高温机械性能试验也就愈显得重要。以燃气轮机为例，三十年代时只要求对燃气轮机用的材料进行800℃的试验，而目前却要求对材料进行1000~1300℃的高温试验。航空工业及空间技术的快速发展，需要更高温度的材料性能数据（如2500℃以上）。在低温试验方面，范围也在进一步扩展，这就必须采用液态氮作冷却介质，甚至需采用液态氢和液态氦（液氮-196℃、液氢-253℃、液氦-269℃）。

爆破韧性试验用于专门目的，为衡量金属在爆破冲击速度下承受爆破能力的一种试验方法。

硬度试验的发展也极为迅速，其中高温硬度试验已在很多部门推广和应用。利用超声原理和磁性原理的硬度无损测试法正在大力推广。目前国内已大批生产小负荷维氏硬度计并附有克努普压头，小负荷维氏硬度和克努普硬度试验正在推广应用。

随着脆性事故的发生，断裂力学及其测试方法也随之发展起来。这种建立在承认材料事实上存在着各种缺陷前提下的断裂力学在理论上已日臻完善，但在实验技术上还存在某些问题。断裂力学的发展不仅对结构零件强度设计提供了更可靠的方法和依据，而且提出了新的材料性能指标。目前国内不少工厂试验室已开展了这方面的工作。这一试验技术不久将得到迅速普及和推广。

目前，在机械性能试验中，模拟实物使用条件或以实物进行实验的愈来愈多了。在作这样的试验时，希望在不破坏零件的情况下得到有关的数据。正是基于这样一种想法，这本《金属材料机械性能试验》突破了传统的仅讲材料试验的写法而增加了一些零部件（或模拟零部件）试验的内容。

在研究实际构件的失效原因时，总希望把材料的机械性能试验与实验应力分析的方法有机地结合和联系起来。因此应该在机械性能试验人员中普及实验应力分析的理论和实践。

第二章 金属常温拉力试验

§ 2-1 拉力试验的特点及试样要求

一、拉力试验的特点

拉力试验是机械性能试验中最基本的试验,是检验金属材料和发展材料新品种工作中最重要的试验项目之一。在金属材料的技术条件中,绝大部分都以拉力性能作为主要评定指标。同时,拉力试验的数据又是机械制造和工程中选用材料的主要依据。

拉力试验法具有下列一些优点:

(1) 试验经济、简便,试样容易制造。

(2) 可以较方便地得到以下机械性能数据:正弹性模量 E ,泊松系数 μ ,比例极限 σ_p ,弹性极限 σ_e ,屈服极限 σ_s 或屈服强度 $\sigma_{0.2}$,抗拉强度 σ_b ,伸长率 δ ,断面收缩率 ψ 。

(3) 利用试验机上的绘图装置,可得到负荷-伸长曲线。从而可了解材料性质的全貌(弹性,塑性,断裂,变形功等)。

(4) 根据材料力学的原理和一些经验公式,在许多情况下,可用以估计材料在其他变形情况下(压缩,剪切,扭转,弯曲和疲劳等)的性能。

(5) 缺口试样的静拉力试验,可衡量材料脆性破坏的趋势,这对于合理使用高强度金属材料,具有一定的实用价值。

(6) 在万能试验机上也可进行轴类零件或承受轴向负荷零件的拉力试验,从而得到整个零件的承载能力,并可直接判断材料缺陷对零件强度的影响。

二、试样的类别及其应用

按照 GB228-76 的规定,拉力试样分为比例试样和非比例试样两种。比例试样系按公式 $l_0 = K\sqrt{F_0}$ 计算而得的试样,式中系数 K 通常为5.65和11.3,前者称为短试样,后者称为长试样。据此,短、长圆形试样的标距长度 l_0 分别等于 $5d_0$ 和 $10d_0$ 。非比例试样的标距长度与其原横截面间无上述一定关系,而是根据制品的尺寸和材质给以规定的平行长度和标距长度。

试样平行长度 l : 圆形试样不小于 $l_0 + d_0$; 板状试样不小于 $l_0 + \frac{b_0}{2}$,仲裁试验时,平行长度 l : 圆形试样为 $l_0 + 2d_0$; 板状试样为 $l_0 + b_0$ 。

试样尺寸的允许偏差及表面加工光洁度必须符合图 2-1、表 2-1 和表 2-2 的规定。对软质金属可采用较低的光洁度。

板状试样头部的轴线与标距部分轴线偏差应不大于 0.5 毫米。仲裁试验时采用带头的试样。

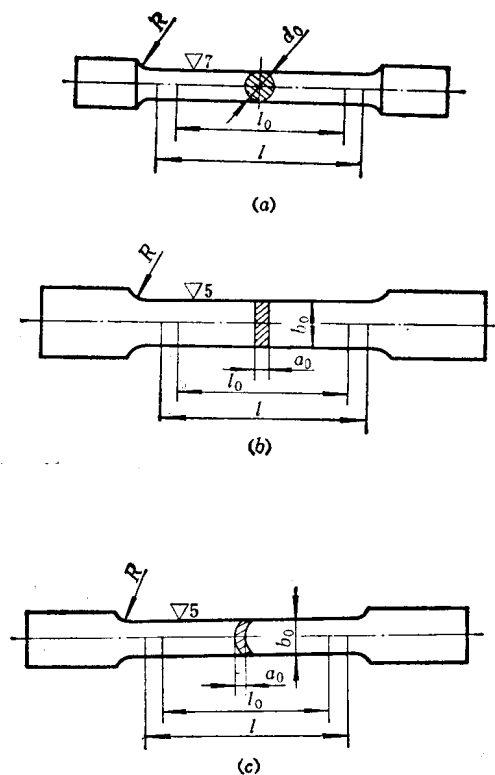


图2-1 拉力试样的形状

表2-1 圆形拉力试样尺寸允许偏差

(毫米)

试样直径 d_0	试样标距部分直径 d_0 的允许偏差	试样标距长度内最大与最小 直径的允许差值
<5	± 0.05	0.01
$5 \sim <10$	± 0.1	0.02
≥ 10	± 0.2	0.05

表2-2 板状拉力试样尺寸允许偏差

(毫米)

板状试样宽度 b_0	试样标距部分宽度 b_0 的允许偏差	试样标距长度内最大与最小宽度的允许差值
10 15	± 0.2	0.1
20 30	± 0.5	0.2

常用的圆形及板状试样有六种形式，如图 2-2 所示，试样的编号及各部分尺寸可参看 GB228-76。

灰铸铁拉力试样如图 2-3 所示，尺寸见表 2-3。

球墨铸铁拉力试样如图 2-4 所示，尺寸见表 2-4。

对于直径小于 3 毫米的线材试样及厚度小于 0.5 毫米的板材和带材试样应根据有关技术条件规定。

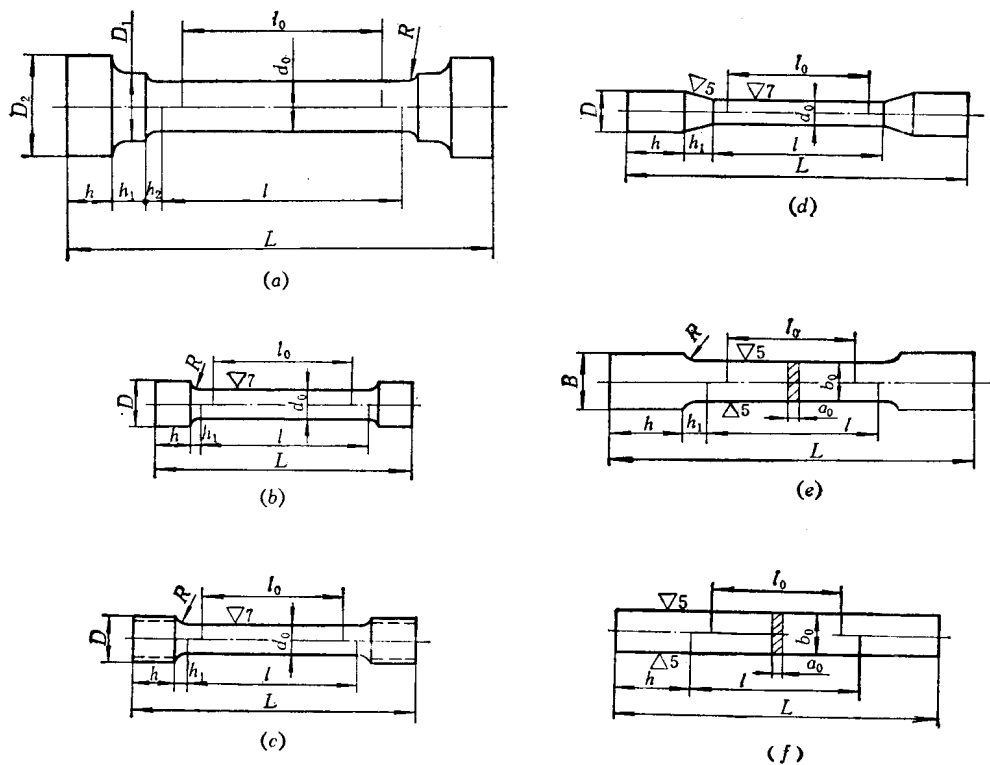


图2-2 圆形及板状拉力试样形状

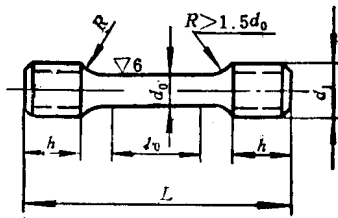


图2-3 灰铸铁拉力试样

表2-3 灰铸铁拉力试样尺寸

(毫米)

毛坯直径	试样直径 d_0	平行部分长度 l_0	螺纹直径 d_1	端部长度 h	总长 L
13	8 ± 0.05	8	M12	16	54~56
20	13 ± 0.05	13	M18	24	82~87
30	20 ± 0.1	20	M28	36	126~132
45	30 ± 0.2	30	M42	50	174~180

试样工作部分的长度，根据实际情况和有关技术条件允许有一定的伸缩，其长度在 $(l_0 + d_0)$ 到 $(l_0 + 2d_0)$ 之间。过渡部分必须缓和圆滑，以防止产生过大的应力集中。

拉力试样的类型按 GB228-76 规定有 61 种，其中主要区别在头部和过渡部分。试样型号选择首先取决于试验机夹具的类型，同时要兼顾材料特性（如缺口敏感性）和试样制造工艺。带锥度的试样因过渡部分较长，应力集中较小，建议可作仲裁试验用；带台肩试样

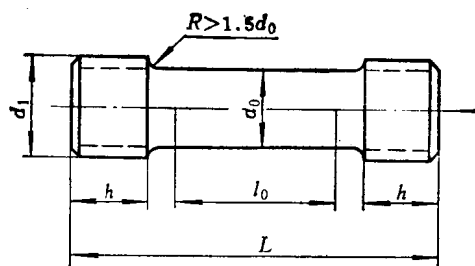


图2-4 球墨铸铁拉力试样

表2-4 球墨铸铁拉力试样尺寸

(毫米)

毛坯直径	试样直径 d_0	工作部分 长度 l_0	端部长度 h	螺纹部分 直径 d_1	总 长 L
13	8 ± 0.05	40	16	M12	90
18	10 ± 0.05	50	20	M16	110
20	13 ± 0.05	65	24	M18	140
30	20 ± 0.10	100	36	M28	210
45	30 ± 0.20	150	50	M42	310

的材料硬度不能太高，否则容易损伤夹具；带螺纹的试样对中性较好。当需测定弹性极限或比例极限时建议采用带螺纹的试样。

对于无集中伸长的材料，其伸长率不依赖于标距长度，对于这些试样的标距长度在GB228-76或其他有关的技术条件中有规定。

三、制样和取样的要求

从取样的方向来说，试样可分为两类：

纵向试样——试样中心线沿轧制或锻造拔长的轴线方向，如图2-5所示。

横向试样——试样中心线与锻件、棒材、型材的中心线相垂直。其中圆截面锻件或轧材的横向试样又可分为切向与径向（辐射方向）两种：

切向是指试样方向在横截面某圆周的切线方向，如图2-6所示。

径向是指试样取在横截面的直径方向。这种取样方向在实际工作中很少应用。

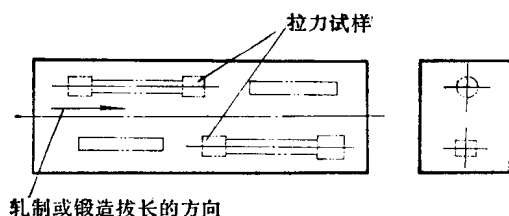


图2-5 纵向试样取样示意图

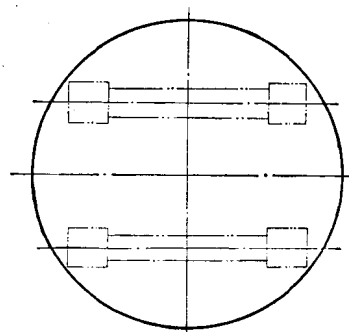


图2-6 切向试样取样示意图

试样毛坯切取的位置和试样轴线方向（纵向，横向）都在相应的标准或技术条件中有明确规定。以下就有关的一些问题加以说明。

1. 型材的取样法

型材的取样应当按《YB15-64钢的机械及工艺试验取样(样坯)法》的规定进行。切取试样时,必须防止试样因受热、加工硬化或扭歪变形而改变其机械性能。用烧割法切取样坯时,从样坯切割线到制成试样的边缘须留出足够的加工余量,一般为不小于钢材的厚度,但不得小于20毫米。

根据钢材形状,尺寸以及试验项目不同,取样必须符合下述规定:

(1) 进行工字钢,丁字钢和槽钢的拉力及弯曲试验时,应制成板状试样。拉力、弯曲以及冲击韧性试样的样坯均顺沿轧制方向从产品“腰部”高度的 $1/3$ 处切取(图2-7)。如不可能从“腰部”取得试样时,也可在钢材的“腿部”切取。

(2) 进行角钢和Z形钢的拉力、弯曲试验时,试样应制成板状。拉力、弯曲以及冲击韧性试验的样坯均须沿轧制方向从其中一个腿上,在距边缘为腿宽的 $1/3$ 处切取(图2-8)。

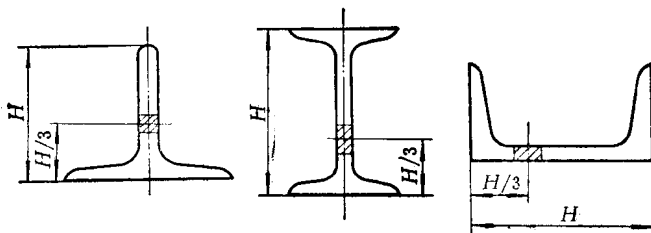


图2-7 丁字钢、工字钢和槽钢取样图

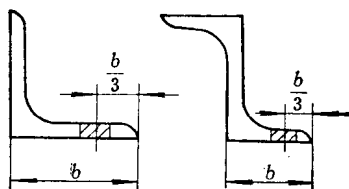


图2-8 Z形钢和角钢取样图

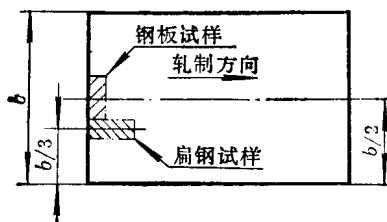


图2-9 钢板取样部位图

(3) 进行扁钢拉力试验时,须根据扁钢厚度的不同而制成板状或圆形试样。对厚度小于或等于25毫米的扁钢,须制成保留原轧制面的板状试样;厚度大于25毫米时,则制成尽可能大的圆形试样,试样应沿轧制方向在距边缘为宽度的 $1/3$ 处切取(图2-9)。

(4) 进行钢板的拉力试验时,样坯应在钢板端部并垂直于轧制方向切取。纵轧钢板应在宽度中央 $1/3$ 范围内截取样坯,横轧钢板则可在宽度的任意位置截取。

(5) 进行厚度小于或等于25毫米钢板的拉力试验时,须制成保留原轧制面的板状试样;钢板厚度大于25毫米时,则制成尽可能大的圆形试样,或中心线尽可能接近板面的大试样。此时,应尽量使试样头部部分表面符合于钢板表面,即在头部应保留不太显著的氧化铁皮。

2. 棒材的取样法

对于尺寸小于或等于40毫米的棒材(圆钢,方钢)应保留金属表面层,不经切削加工

进行拉力试验。当试验机能量不够时，允许用机加方法去掉试样部分截面。

进行棒钢的拉力及冲击试验时，样坯应按下述规定从成品钢材上切取：

(1) 棒钢尺寸小于或等于 60 毫米者，样坯的中心线须与钢材的中心线重合。

(2) 棒钢尺寸大于 60 毫米者，样坯的中心线必须通过距表面或棱角为棒钢直径 或对角线的 $1/4$ 处 (图2-10)。

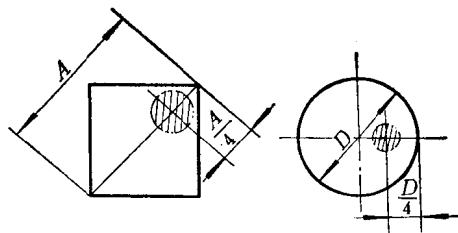


图2-10 棒钢取样部位图

3. 锻坯的取样法

锻坯热处理后，根据不同的热处理规范和资料要求进行机械性能试验时，一般按照零件或锻坯的形状、零件的受力状况、该批零件或锻坯硬度试验情况等规定专门的取样图和取样数量。

4. 灰口铁铸件的取样法

灰铸铁的机械性能应分批检查。试样用同一炉次同一牌号的铁水在干型内浇铸。每组至少浇三根，采用立浇底注。试样浇铸期间应考虑到能代表该批铸件的质量，不准使用交界铁水或最初和最末包铁水浇铸试样。

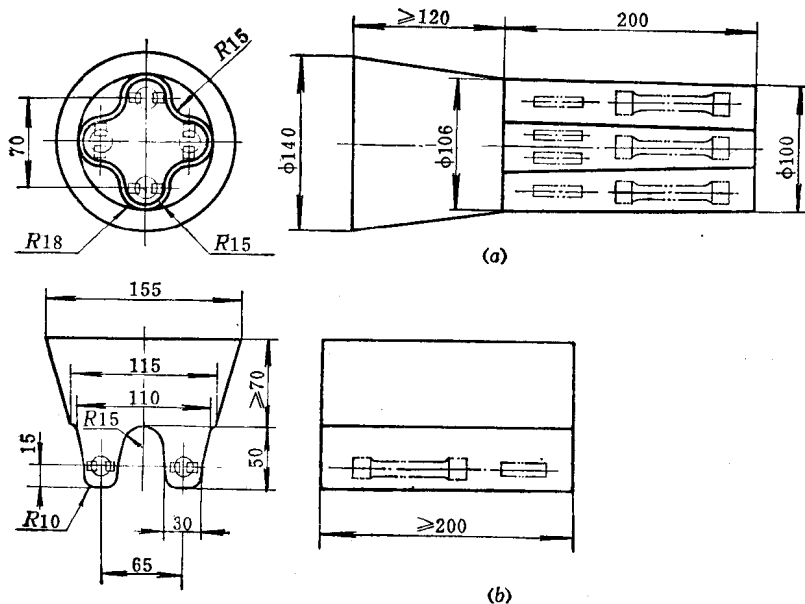


图2-11 铸造试样毛坯图

需要进行热处理的铸件，其试样应与铸件一起进行热处理。试样放置的位置应考虑到与铸件热处理条件一致。但在进行消除应力的时效热处理时，试样可不予处理。

5. 铸钢取样法

铸钢机械性能试验用的毛坯试样，应在浇注中单独浇出。毛坯形状由制造厂决定，但主要尺寸和试样切取位置应符合图2-11的要求。

毛坯试样要随同所代表的铸件一起热处理。不同熔炼炉次但同牌号的一批铸件，同炉热处理时，应按每一熔炼炉次检验；同一熔炼炉次的一批铸件，在固定的热处理工艺条件和稳定热处理质量条件下分炉热处理时，允许抽检。

试样如有铸造缺陷（缩孔，气孔，夹杂和裂纹等）或机械加工及热处理造成的缺陷时，应取备用试样重新试验。

6. 球墨铸铁取样法

球墨铸铁的机械性能试验，部颁标准规定用楔形试样如图2-11(c)，但目前除了这种形式外，也有用梅花试样、基尔试样的，其形状如图2-11(a)、(b)所示。

试样应单独浇出，在干砂型或湿砂型中浇铸。应指出，图2-11所示试样适用于壁厚为10~50毫米铸件。如铸件壁厚小于10毫米或大于50毫米时，试棒的尺寸及切取部位按订货技术条件规定。除了浇铸试棒外，也允许从铸件上直接切取试样，其尺寸及切取部位按订货技术条件规定。用其他方法（如金属型浇铸，离心浇铸等）浇铸时，试棒的选取方法按订货技术条件规定。

四、试样尺寸的测定

试样截面尺寸的测定应在其标距长度的两端及中间进行。圆截面直径应在每处两个相互垂直的方向上各测一次，取其算术平均值，选用三处截面积中的最小者。

试样横截面积按不同面积化整到所需位数，所需位数以后的数字按“四舍六入五单(进)双(舍)”法[●]进行。标距长度则化整到5或10毫米的倍数。

§ 2-2 材料在拉伸时的力学性质

一、拉 伸 图

在静拉力试验时，试样在负荷平稳增加下发生变形直至断裂。此时利用万能试验机上的自动绘图装置，可以绘出试样在试验过程中伸长与负荷之间的关系曲线，习惯上称此曲线为试样的拉伸图，即 $P-\Delta l$ 曲线。

现以低碳钢拉伸图（图2-12）为例来说明拉伸试验过程中的四个阶段。

第I阶段（弹性阶段）：试样变形完全是弹性的，将试样上的负荷逐渐卸除后不存在塑性变形。低碳钢试样在此阶段的一定范围内，其伸长与负荷之间成正比关系，即：

$$\Delta l = \frac{Pl_0}{E_0 F_0}$$

● 参看《应用数学基础》（中译本）第11~12页。

精确的量测指出, 伸长与负荷间的关系与正比关系略有偏差, 实际的弹性变形值为:

$$\Delta l = \frac{Pl_0}{E_0 F_0} \left(1 + \frac{nP}{E_0 F_0} \right)$$

式中 E_0 为变形刚开始时的弹性模量; n 为一系数, 就钢而言, 在 5~7 之间变动。从工程实际来看, 这种微小的偏差是可以忽略不计的。在利用试验机自动绘图器绘出的拉伸图中, 起始部分可能是一段曲线 (见图 2-12), 这是由于夹具变形, 夹具与试样头部的间隙等引起的。

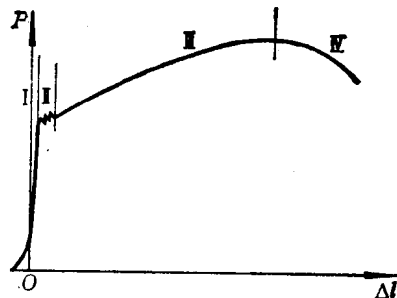


图 2-12 低碳钢的拉伸图

第 II 阶段 (屈服阶段): 试样的伸长急剧增长, 而负荷却在很小的范围内波动。如果略去这微小的波动, 这一阶段在拉伸图上可用一水平线段表示。若试样表面经过精加工, 则

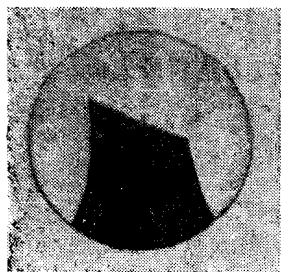


图 2-13 拉伸时的滑移线

此时可在试样上看到与试样轴线成 45° 方向的线条。此种线条是由于材料沿最大剪应力面发生滑移而产生的, 通常叫做滑移线 (图 2-13)。

第 III 阶段 (强化阶段): 试样屈服后, 若要使其继续发生变形, 则需克服其中不断增长的抗力, 这是因为材料在塑性变形过程中不断发生强化。在强化阶段中, 试样的变形主要是塑性变形, 所以要比在弹性阶段内的变形大得多。在此阶段中, 试样的变形仍是均匀的, 但可以看到整个试样的横向尺寸有显著缩小。如果在强化阶段中停止加荷, 并逐渐卸除负荷, 则可看到, 这一卸荷过程中负荷与试样变形之间近似遵循着直线关系。此直线 bc 与弹性阶段内的直线 Oa (图 2-14) 近乎平行。由此可见, 在强化阶段中, 试样的变形包括了弹性变形 Δl_e 和塑性变形 Δl_p 两部分 (图 2-14)。

如卸荷后立即加荷, 则负荷与变形间基本遵循着卸荷时的同一直线 (图 2-14 中的 bC 直线) 关系, 一直到开始卸荷时的负荷止, 往后则遵循着原来的拉伸图的关系曲线。

第 IV 阶段 (局部变形阶段): 试样伸长到一定程度后, 负荷读数反而逐渐降低, 试样某一段内横截面积显著收缩, 出现所谓“颈缩现象”。由于颈缩部分横截面积急剧缩小, 因而负荷读数反而降低, 一直到试样被拉断。

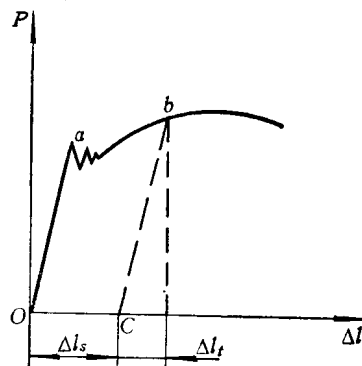


图 2-14 拉伸时的弹性变形和塑性变形

二、应力-应变图

上面所讲的拉伸图只代表试样的力学性质, 因为该图的横坐标值和纵坐标值均与试样的几何尺寸有关。若将拉伸图的纵坐标 (负荷 P) 除以试样原横截面积 F_0 , 并将横坐标 (伸长 Δl) 除以试样的标距 l_0 , 则这样得到的曲线与试样尺寸无关, 因而可代表材料的力