

石油化工厂设备检修手册

中国石化出版社

第一分册 基础数据

文联奎 刘隽人 薛敦松 梅凤翔 编审
时铭显

石油化工厂设备检修手册

第一分册 基础数据

文联奎 刘隽人 薛敦松 梅凤翔 编

时 铭 显 审

中国石化出版社

(京)新登字048号

内 容 提 要

《石油化工厂设备检修手册》是《炼油厂设备检修手册》的修订版,包括基础数据、焊接、土建工程、防腐工程、泵、压缩机、容器、加热炉、换热器、工艺管线、吊装工程等十一个分册。本书是其中第一分册。书中汇集了石油化工业常用的各种金属材料、非金属材料、润滑材料等,列出了其机械性能、物理、化学性能、工艺性能及选用原则,归纳了材料的各种规格、型号、尺寸等参数;书中介绍了公差配合的基本构成及选用原则;还介绍了滚动轴承、机械传动、联接件及联轴器等的结构、推荐类型等;书后有六个附录,提供了一些常用的换算表、性能数据、有关规格和国内外标准代号。本书文字简练、数据丰富,是工程技术人员不可缺少的工具书。

本书可供炼油厂、石油化工厂和化工厂从事设备检修、制造和管理的工程技术人员参考。

石油化工厂设备检修手册

第一分册 基础数据

文联奎 刘隽人 薛敦松 梅凤翔 编

时 铭 显 审

中国石化出版社出版

海丰印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 16开本 38印张 967千字 印1—5000

1992年9月北京第1版 1992年9月北京第1次印刷

ISBN 7-80043-222-X/TQ·112 定价:20.50元

出版说明

《石油化工厂设备检修手册》是在原《炼油厂设备检修手册》的基础上补充、修订、编写而成的。原手册共有五个分册，已于1980年前后陆续出版。十年来，这套丛书为我国炼油工业的发展作出了应有的贡献，得到了现场工程技术人员的好评。

随着科学技术的飞速发展，我国的炼油工业技术水平不断提高，管理水平日趋完善；石油化学工业也犹如初升的太阳，在国家经济建设中占有越来越重要的地位。老装置的技术改造，新装置的建设和投产，以及各种技术条件、标准及规范的变化，对设备检修技术及管理水平提出了新的要求。因此，迫切需要重新组织编写一套设备检修丛书，这就是《石油化工厂设备检修手册》诞生的由来。

本手册以国家、部委颁发的最新规范、标准为准绳，密切联系生产实际，力求解决检修现场带有普遍性的问题，跟上检修技术不断发展的步伐。这次修订，增加了土建工程、防腐工程、吊装工程三个分册；并把转动设备和静止设备按类别划分为数个分册。同时，对原有各分册的内容也进行了充实，在原来以炼油厂设备检修为主线的基础上，注意增加了石油化工厂设备检修方面的内容。修订后的手册在具体内容上，更加深入地接触了检修现场的实际情况。

修订后的《石油化工厂设备检修手册》的内容包括：基础数据、焊接、土建工程、防腐工程、泵、压缩机、容器、加热炉、换热器、工艺管线、吊装工程十一个分册，将陆续组织出版。在组织编写过程中，得到了中国石油化工总公司、中国石油天然气总公司、石油大学等有关方面的大力支持，使手册得以顺利出版，特此表示感谢。

本手册是炼油厂、石油化工厂、化工厂、建筑安装公司和检修公司等企业中从事石油化工设备检修、管理的工程技术人员、干部必不可少的工具书，也可供其它有关专业工程技术人员参考。

前 言

自从1980年出版《炼油厂设备检修手册》第I篇《基础数据》以来,我国的炼油工业又有了新的发展,涌现了不少新设备与新技术,设备检修工作也开始向现代化与科学化迈进。为了适应这种新的发展需要,本书作了大量的更新修改,将较简单的或常识性的内容删去,而增添了许多新内容。对于原有的各种零件标准,都按最新颁布的国家标准更新。非金属材料部分增添了新近发展的一些粘接剂及涂料。对于一些新发展的传动带等也作了简单介绍。全书统一采用了法定计量单位。

本书既是一本工具类书,可以查找一些常用的资料与数据;又是一本技术类书,包括有工作原理、计算方法与例题,可供工程技术人员学习提高,这是本书与一般手册类书不同点之所在。在内容选取上,重点针对了炼油厂的特点及需要,同时又尽量兼顾了石油化工装置的需要。一些主要内容与数据均注明了资料来源,各章都附有主要参考资料,可供读者在必要时去查阅。

本书编写分工如下:第一章文联奎,第二章刘男人,第三章薛敦松,第四~七章梅凤翔。全书由时铭显审订。

目 录

第一章 常用金属材料1	
§ 1-1 金属材料的机械性能1	
§ 1-2 碳钢9	
§ 1-3 合金钢19	
§ 1-4 铸铁60	
§ 1-5 有色金属及其合金65	
§ 1-6 金属材料的规格79	
§ 1-7 各国金属材料牌号表示方法99	
§ 1-8 石油化工厂常用金属材料汇总.....121	
第二章 常用非金属材料140	
§ 2-1 工程塑料的种类及性能.....140	
§ 2-2 工程塑料在石油化工厂中的应用.....181	
§ 2-3 涂料.....195	
§ 2-4 橡胶及其制品.....206	
§ 2-5 石棉制品.....219	
§ 2-6 胶粘剂.....227	
第三章 润滑材料234	
§ 3-1 磨损与润滑机理.....234	
§ 3-2 润滑油的主要质量指标及其选用.....236	
§ 3-3 润滑脂的主要质量指标及其使用 说明.....246	
§ 3-4 炼油厂机泵用润滑剂及其选用.....252	
第四章 公差配合、形位公差和表面粗 糙度261	

§ 4-1 圆柱体公差与配合.....261	
§ 4-2 形状和位置公差.....313	
§ 4-3 表面粗糙度.....327	
第五章 滚动轴承342	
§ 5-1 滚动轴承的工作理论.....342	
§ 5-2 滚动轴承的标准.....350	
第六章 机械传动386	
§ 6-1 三角胶带传动.....388	
§ 6-2 渐开线齿轮传动.....404	
§ 6-3 蜗杆传动.....460	
§ 6-4 链传动.....473	
第七章 联接件及联轴器489	
§ 7-1 螺纹和螺纹联接.....489	
§ 7-2 销联接.....550	
§ 7-3 键联接.....556	
§ 7-4 联轴器.....566	
附录一、度量单位和换算对照表590	
附录二、石油产品重量和体积换算 系数表593	
附录三、炼油装置处理量换算系数表594	
附录四、常用材料的密度595	
附录五、金属丝网规格596	
附录六、国内外部分标准代号599	

第一章 常用金属材料

§ 1-1 金属材料的机械性能

材料性能在设计计算、材质选择、工艺评定和材质检验中都具有重要意义。金属材料的机械性能主要是指强度、弹性、塑性、韧性、硬度等，这些都是通过试验进行测定的。

一、拉伸试验

拉伸试验的方法是将材料作成标准试样或比例试样，施以轴向静拉力，从而测定材料在拉伸条件下的弹性、塑性及强度等性能。

(一) 拉伸试验和拉伸图

将金属材料制成拉伸试样，在其表面上沿轴线方向划出长为 l_0 （试样标距）的标记，然后在万能试验机上将试样两端施加轴向静拉力 P ，若将试样从开始直到断裂前所受的拉力 P ，与其所对应的伸长 Δl 绘成曲线，可得到拉伸曲线或拉伸图（图1-1）。拉伸图反映了材料在拉伸过程中的弹性变形、塑性变形、直到断裂的全部力学特性。由于拉伸图与试样尺寸有关，为此可以分别以应力“ σ ”（单位截面上的载荷 P/A_0 ）和应变 ϵ （单位长度上的伸长量 $\Delta l/l_0$ ）代替 P 和 Δl ，由此绘成的曲线称为应力图。它与拉伸图具有相同的形式。

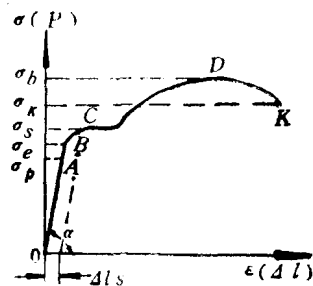


图 1-1 低碳钢拉伸图(应力图)

(二) 强度

图1-1上“OB”段是直线，这时伸长量与拉力成正比。当拉力除去后，伸长随之消失，材料恢复原状，这种变形称为“弹性变形”。材料在弹性变形时所能承受的最大外力 P_e 称为材料的弹性极限载荷，此时每单位横截面积上所受的力称为材料的弹性极限（或称比例极限）， $\sigma_e = P_e/F_0$ ，式中 F_0 是试棒原始横截面积。图上“B”点以后，曲线变平，拉力变化很小，而伸长却很明显，到了“C”点以后，将外力去除，试棒变形却不能完全消失，出现了一部分残余变形 Δl_s ，此阶段就称为“塑性变形”。材料刚开始塑性变形时的拉力 P_s 称为材料的屈服载荷，此时材料单位截面上相应受的应力就称为材料的屈服极限 $\sigma_s = P_s/F_0$ 。实际上，刚开始屈服的力很难测准确，所以工程上规定以残余塑性变形为0.2%时的应力值作为材料的屈服极限，称为条件屈服极限，用 $\sigma_{0.2}$ 来表示。

开始塑性变形后，随着外力的继续增加，变形急剧增加，但这时是在全长上均匀伸长。当外力达到最大值 P_b 时，试棒在某处突然开始缩小截面，出现“缩颈”现象，以致使外力下降而伸长仍继续进行，直到试棒断裂，在试棒断裂，所能承受的最大外力为 P_b 时，试棒横截面上相应的应力称为材料的强度极限 $\sigma_b = P_b/F_0$ 。

当外力为拉力时， σ_b 称为抗拉强度极限；当外力为压力或弯曲力矩时， σ_b 称为抗压强度

极限或抗弯强度极限。一般钢材的抗拉与抗压强度极限可近似认为一样，而铸铁的抗拉强度极限却远小于抗压强度极限。

材料的屈服极限和强度极限代表着材料的强度性能。

(三) 弹性

是指材料所具有的弹性变形性质。表示材料最大弹性的指标称为弹性极限，用 σ_e 表示。即在不产生塑性变形时，材料所能承受的最大应力。 σ_e 可理解为塑性变形刚要出现而尚未出现时的正应力值，实际上很难测定，所以通常规定以比例极限代替。

比例极限是以应力与应变能保持直线关系时的最大应力值，常以 σ_p 表示，单位为 N/mm^2 ，或 MN/m^2 。

(四) 刚度

材料在受力时抵抗弹性变形的能力叫“刚度”。

材料在比例极限内，应力正比于应变，其比例系数称为弹性模量 E ，即 $E = \sigma/\epsilon$ ，相当于引起单位变形时所需的应力。 E 愈大，刚度愈大，说明在一定的应力作用下发生弹性变形愈小，所以在工程技术上是衡量材料刚度的指标。对钢来说，弹性模量 E 是对化学成分、热处理状态、显微组织、冷加工变形量等均不敏感的一个物理量。在室温下，大都在 $18.6 \times 10^4 \sim 21.6 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ 范围之内，仅随温度的升高而逐渐降低，因此，在一般实际应用中，多不要求对该数据进行测定。

(五) 塑性

材料在外力作用下产生塑性变形而不破坏的能力。常用的塑性指标有延伸率 δ 和断面收缩率 ψ 。

延伸率 δ 是指试样拉断后的总伸长 Δl_k 与标距 l_0 之比的百分数，即 $\delta = \Delta l_k / l_0 \times 100\%$ 。当 l_0 越大则 δ 越小，故 δ 值的大小与试样尺寸有关。为了便于比较，试样必须标准化。 δ_5 或 δ_{10} 分别表示试样的计算长度为直径的5倍或10倍， δ_5 比 δ_{10} 的数值要大些。一般钢材 $\delta_5 = (1.2 \sim 1.5) \delta_{10}$ 。

断面收缩率 ψ 是指试样拉断后其横截面积的缩小 ΔA 与原始横截面积 A_0 之比的百分数，即 $\psi = \Delta A / A_0 \times 100\%$ 。

一般来说塑性材料的 δ 或 ψ 较大，脆性材料的 δ 或 ψ 较小。由于 δ 的大小随试样尺寸而变化，因此，它不能充分地代表材料的塑性。而断面收缩率与试样尺寸无关，它能较可靠地代表金属材料的塑性。

塑性指标在工程技术中具有重要的实际意义。首先，良好的塑性可顺利完成某些成型工艺，如冷冲、冷拔等。其次，良好的塑性使零件在使用时，万一超载，也能由于塑性变形而使局部高应力区得以松弛，从而避免突然断裂，因此，在静载荷下使用的机械零件都需要具有一定的塑性，不同的工艺有不同的要求。 $\delta \geq 5\%$ 或 $\psi \geq 10\%$ 即可满足绝大多数零件的要求。压力容器用钢则要求 $\delta_5 > 14\%$ 。

二、硬度试验

硬度表示固体材料表面在一个小的体积范围内抵抗弹性变形、塑性变形或破断的能力，是表征材料性能的一个综合的物理量。

硬度试验的特点是：(1) 硬度机使用简便，易于维护；(2) 试验时一般不破坏零件或构件；(3) 被测物体可大可小，小至单个晶粒亦可测定；(4) 塑性材料和脆性材料均可测定；(5) 硬度与其他机械性能如抗拉强度有一定的关系；(6) 试验迅速，可实现自

动检测。因此,在工程上被广泛地用以检验原材料和热处理件的质量,以及鉴定热处理工艺的合理性等。

有几种不同的硬度试验方法,由于各种硬度试验方法和它们所根据的原理各有不同,结果也就出现很大差别,不同试验方法所得的硬度之间,在理论上,没有简单准确的相互关系作为换算的基础。现有的一些换算公式和对照表,只是根据对同类金属材料,在相同状态下和一定硬度范围内进行比较试验,在积累了大量数据之后,经过分析比较而归纳的经验关系,它们有一定的实用价值,但在要求准确的数据时不宜采用。

(一) 布氏硬度 (HB)

它是用静载荷为 P 的作用力,将直径为 D 的圆球垂直地压入试样表面并保持一定时间,而后去除载荷,测量圆球在试样面上所压出的圆形凹陷压痕的直径 d ,据以计算压痕球面积 F 及其每单位面积所受的力 P/F ,作为试样的硬度值,即: $HB = P/F = P/\pi Dh = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$ 。对于钢材来讲,一般规定采用圆球直径为10mm,载荷为3000kg,压入时间为10s。

超过 $HB=450$ 的范围时,由于钢球有过大的弹性变形,甚至发生永久塑性变形,影响试验结果的准确性,故需改用洛氏硬度或维氏硬度试验。根据经验分析比较,可用 $\sigma_b \cong 0.35HB$ 的关系,粗略地估算试样的抗拉强度 σ_b 。

(二) 手锤布氏硬度试验

这是一种简单而广泛使用的动力硬度试验方法,常用于测定大件的布氏硬度。

该方法的基本原理是用手锤打击钢球,使其同时压入被测材料和标准硬度棒的表面,并

由下式算出HB值: $HB = HB_0 \frac{D - \sqrt{D^2 - d^2}}{D_0 - \sqrt{D_0^2 - d_0^2}}$, 式中 HB_0 为标准硬度棒的布氏硬度值, D 、 d_0 、 d 分别为钢球、标准硬度棒上压痕、试样上压痕的直径。

(三) 洛氏硬度

也是压痕试验法之一,不同的只是测量压痕的深度来决定硬度值。为了可以用同一试验机测定从极软到极硬的材料,采用了不同的压头和载荷,常用的洛氏硬度有以下三种:

硬度标准符号	采用压头	总载荷, kg	常用范围	应用举例
HRA	顶角为120°的金刚石圆锥	60	70~85	碳化物、硬质合金、表面淬火钢
HRB	1.588mm钢球(1/16")	100	25~100	软钢、退火钢、铝合金
HRC	顶角为120°的金刚石圆锥	150	20~67	淬火钢、调质钢

(四) 维氏硬度 (HV)

此法与布氏硬度试验法相似,但能用于硬脆的材料。它是以一个面角为136°的金刚石角锥体为压头,在一定的静载荷 P 作用下,垂直地压入试样表面,经一定时间后卸除载荷。测量恢复后的压痕对角线长度 d ,按公式: $HV = P/F_v = \frac{2P \sin \varphi / 2}{d^2} = 1.8544 P/d^2$, φ 角为136°。即可算出维氏硬度值。载荷 P 的大小,可根据试样大小、厚薄和其他条件的不同,在1~120kg的范围内选用。1kg的载荷,特别适宜于测量钢表面硬化及经化学热处理的表面

层。当 $HV > 500$ 时，应不用大于50kg的载荷，以免损坏压头。维氏硬度测量法具有一个从极软到极硬的统一硬度标度，且是较精确的试验方法，还可测量极小极薄的试样，只是操作甚繁琐，不宜于作常规试验。

(五) 肖氏硬度 (HS)

又称回跳硬度，是一种动力试验法。此法以底端镶有金刚石或钢球的一定重量的冲头，从一定的高度自由地落于试样表面上，以冲头的回跳高度作为硬度的度量。这种方法操作方便，可以带到现场，用以试验硬度极高的大件制成品，不损坏其表面，但准确性较差。

四种硬度值的相互对照关系见表1-1。

表 1-1 各种硬度值对照表

布氏 硬度 HB	洛氏硬度			维氏 硬度 HV	肖氏 硬度 HS	布氏 硬度 HB	洛氏硬度			维氏 硬度 HV	肖氏 硬度 HS	布氏 硬度 HB	洛氏硬度			维氏 硬度 HV	肖氏 硬度 HS
	HRA	HRB	HRC				HRA	HRB	HRC				HRA	HRB	HRC		
	85.6																
	85.3																
	85.0																
767	84.7		66.4	880	93		75.9		50.3	516		223		97.3		234	
757	84.4		65.9	860	92	477	75.6		49.6	508	66	217		96.4		228	33
745	84.1		65.3	840	91		75.1		48.8	495		212		95.5		222	
733	83.8		64.7	820	90	461	74.9		48.5	491	65	207		94.6		218	32
722	83.4		64.0	800	88		74.3		47.2	474		201		93.8		212	31
710	83.0		63.3	780	87	444	74.2		47.1	472	63	197		92.8		207	30
698	82.6		62.5	760	86	429	73.4		45.7	455	61	192		91.9		202	29
684	82.2		61.8	740		415	72.8		44.5	440	59	187		90.7		196	
682	82.0		61.7	737	84	401	72.0		43.1	425	58	183		90.0		192	28
670	81.8		61.0	720	83	388	71.4		41.8	410	56	179		89.0		188	27
656	81.3		60.1	700		375	70.6		40.4	396	54	174		87.8		182	
653	81.2		60.0	697	81	363	70.0		39.1	383	52	170		86.8		178	26
647	81.1		59.7	690		352	69.3		37.9	372	51	167		86.0		175	
638	80.8		59.2	680	80	341	68.7		36.6	360	50	163		85.0		171	25
630	80.6		58.8	670		331	68.1		35.5	350	48	156		82.9		163	
627	80.5		58.7	667		321	67.5		34.3	339	47	149		80.8		156	23
620	80.3		58.3	660	79	311	66.9		33.1	328	46	143		78.7		150	22
601	79.8		57.3	640	77	302	66.3		32.1	319	45	137		76.4		143	21
578	79.1		56.0	615	75	293	65.7		30.9	309	43	131		74.0		137	
	78.8		55.6	607		285	65.3		29.9	301		126		72.0		132	20
555	78.4		54.7	591	73	277	64.6		28.8	292	41	121		69.8		127	19
	78.0		54.0	579		269	64.1		27.6	284	40	116		67.6		122	18
534	77.8		53.5	569	71	262	63.6		26.6	276	39	111		65.7		117	15
	77.1		52.5	553		256	63.0		25.4	269	38						
514	76.9		52.1	547	70	248	62.5		24.2	261	37						

三、冲击韧性试验

冲击韧性试验是对金属材料抵抗冲击载荷能力的一种测定。它是把带缺口的一定尺寸的标准试样，装于摆锤冲击机上，经摆锤一次冲击使试样迅速断裂时，其所吸收的能量称为冲击功，以 A_k 表示，可在冲击机示值度盘上直接读取。将其断裂时所需的功再除以试样缺口处的横截面积 S ，便得出材料的冲击韧性值 α_k ($\text{N}\cdot\text{m}/\text{m}^2$) 即： $\alpha_k = A_k/S$ 。这个数值越小，表示材料越脆，这在低温下使用材料时要特别注意。

冲击韧性值 α_k 与试样的切口形状有关，冲击试样的基本类型有梅氏（亦称却贝V型切口）、夏氏、艾氏、DVM等数种。我国以梅氏试样为标准试样（GB229-63）。夏氏V型试样也常应用，其尺寸见图1-2。不同的试样得出的 α_k 也不同。

冲击试验结果与试验温度关系也很大。图1-3为一般低碳钢的系列冲击曲线。可以看出，在一相当狭窄的温度范围内，冲击功发生急剧的变化。

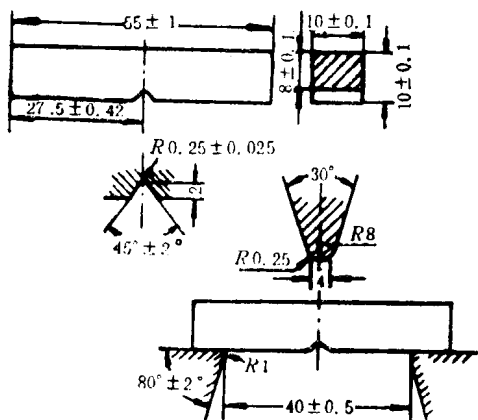


图 1-2 夏氏V型冲击试样及其支座尺寸

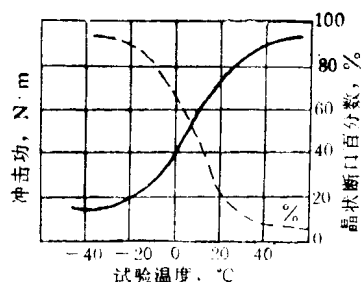


图 1-3 低碳钢冲击功—温度曲线

此外，关于材料在试验温度下是韧性的还是脆性的，可以从试样的断口、断裂角、及试样侧面的横向收缩（或膨胀）等特征来判断。断口上晶状区所占比率越大，晶粒越粗，则脆性也越大。

冲击试样的几何尺寸和形状、缺口表面光洁度、冲击加载速度以及试验温度等均影响试验结果，应予以重视。

四、疲劳试验

当作用在构件上的载荷大小和方向随时间作周期性变化时，构件内的工作应力大小和方向也随时间作周期性变化，这种应力称“交变应力”。在交变应力作用下，虽然构件内工作应力的最大值远小于材料的强度极限，但经过一段时间后，构件却发生了断裂，这种在变动载荷下的破坏称为材料的“疲劳”破坏。如活塞压缩机的阀片、气阀弹簧、连杆螺栓和曲轴等都可能产生疲劳破坏。

在疲劳试验机上，用表面光滑的一定尺寸的试棒，承受对称循环的交变应力，在循环次数 $N \geq 10^7$ 次（对一般铸钢材料， $N = 10^7$ ；非铁金属 $N = 10^8$ ；腐蚀疲劳 $N = 10^9$ ）内材料不断裂而能承受的最大应力值称为材料的疲劳极限 σ_{-1} 。

构件的表面形状和表面质量对疲劳极限值的影响极大。如构件上的小孔、转角、缩颈、刻槽、螺纹等，都会大大降低材料的疲劳极限。表面越光滑，疲劳极限越高。对表面进行喷丸或冷挤压处理，可使表面加工硬化和产生压应力层，会大大提高材料的疲劳极限。

当没有疲劳极限 σ_{-1} 数据时,对于一般钢材,可按下列经验公式估算:

$$\sigma_{-1} = (0.49 \pm 0.13) \sigma_b$$

$$\sigma_{-1p} = 0.85 \sigma_{-1} \text{ (钢材)} \sim 0.65 \sigma_{-1} \text{ (铸铁)}$$

$$\tau_{-1} = 0.55 \sigma_{-1} \text{ (钢)} \sim 0.8 \sigma_{-1} \text{ (铸铁)}$$

式中 σ_{-1} ——对称循环纯弯曲时的疲劳极限;

σ_{-1p} ——对称循环拉压时的疲劳极限;

τ_{-1} ——对称循环扭转时的疲劳极限;

σ_b ——静载拉伸下强度极限。

五、金属材料的高温机械性能

在高温下长期运转的机器、设备有许多,如化工炼油设备、高压蒸汽锅炉、汽轮机、燃气轮机、航空发动机等,对于制造这类机件的金属材料,如果仅考虑常温下的机械性能,显然是不行的。首先,温度对金属材料的机械性能影响很大。一般随温度升高,强度降低而塑性增加;其次,金属材料在常温下的静载性能与载荷持续时间关系不大,但在高温下,载荷持续时间对机械性能有很大影响。例如,化工设备中的一些高温高压管道,虽然所承受的应力小于工作温度下材料的屈服强度,但在长期使用过程中,会产生缓慢而连续的塑性变形,使管径日益增大,设计不当或使用疏忽,可导致管道破裂。

高温下钢的抗拉强度也随载荷持续时间的增长而降低。试验表明,20#钢在450℃时的短时抗拉强度为330MN/m²,但当试样承受230MN/m²的应力时,持续300h左右便断裂了;如将应力降至120MN/m²左右,持续10000h也能使试样断裂。在高温长时载荷作用下,金属材料的塑性显著降低,缺口敏感性增加,因而高温断裂往往呈脆性破坏。

(一) 温度对材料常规机械性能的影响

一般钢材的常规机械性能(强度限 σ_b 、屈服限 σ_s 、伸长率 δ 和断面收缩率 ψ 等)都是在常温下短期内做出的。随着温度的升高,材料的强度要降低,而塑性与韧性将增加。图1-4是

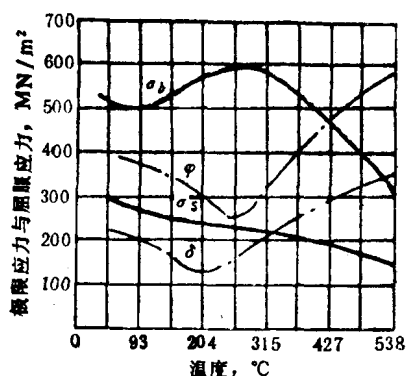


图 1-4 温度对低碳钢机械性能的影响

低碳钢常规机械性能随温度升高而变化的典型例子,对于确定金属材料在一定温度下的材料许用应力和确定热锻压加工温度范围都是很重要的。

高温下金属材料的硬度值随承载时间的延长而逐渐下降的规律也在研究中,它是高温轴承及某些工具材料等的重要质量指标,此外还试图据此来确定同温度下的持久强度,以减少或省去时间冗长的持久强度试验。

(二) 金属的蠕变

当温度升高到某个程度后,金属还会出现一种新的行为:虽然应力不变,初始应变也只是很小的弹性应变,但在该温度下,随着时间的推移,金属会缓慢地不断变形,而且是不可恢复的塑性变形,最后导致断裂。这种现象称为金属的蠕变。炼油厂加热炉炉管在高温下长期工作后出现直径增大和纵向变弯,就是这种蠕变现象的典型实例。

一般碳钢在350~400℃以上就会产生蠕变,温度越高,蠕变就越加剧。钢中加入钼、钨、钒、铬等合金元素,可有效地提高金属的抗蠕变性。而某些有色金属如铅、铝、黄铜

等,即使在室温下也会有缓慢的蠕变现象。

蠕变既然是一种随时间而缓慢增长的塑性变形,就必须考虑时间因素的作用,进行尽可能长的长时间实验(数千甚至上万小时)。在单向受力状态下测得的典型蠕变曲线如图1-5。它是在一定应力和一定温度下的时间—应变曲线。 OA 表示加载后的瞬时初应变 ϵ_0 。 AB 段是蠕变的第一阶段,此时由于材料的应变硬化,蠕变速率是不断减小的。 BC 段是蠕变的第二阶段,由于塑性变形引起的应变硬化作用与高温退火效应引起的材料软化作用相互平衡抵消,蠕变速率不再降低,而是保持恒定。 CD 段是蠕变的第三阶段,此时由于试件断面积减小并产生缩颈,实际应力加大,使蠕变速率不断加快,最后导致断裂。

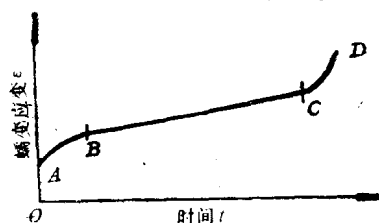


图 1-5 蠕变曲线

恒定温度下,试件中应力越高,蠕变速率也变快,如图1-6(a)所示。温度的作用与应

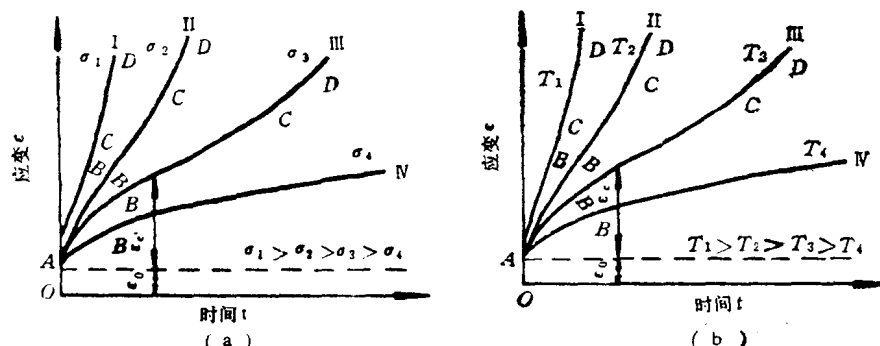


图 1-6 温度与应力对蠕变曲线的影响

力是相同的,图1-6(b)则表示恒应力下,温度越高,蠕变速率也越快。

(三) 蠕变极限与持久强度

为保证容器的安全,在使用年限内不允许材料进入蠕变的第三阶段,并且总变形量也不能过大,这就要规定一个许可的平均蠕变速率。例如,压力容器都规定在10万小时内总变形不超过1%,许可的平均蠕变速率就是 10^{-7} mm/mm·h;锅炉的过热蒸汽管则规定在2万小时内总变形不要超过2%,它的许可平均蠕变速率则为 10^{-6} mm/mm·h。

在一定温度下,要控制材料的蠕变速率,就必须控制其所受应力。所以定义:在一定温度下产生所规定的蠕变速率的应力值称为蠕变极限 σ_n 。同一温度下,规定的蠕变速率越大,蠕变极限值就越高。温度升高,则蠕变极限降低。几种压力容器用钢的蠕变极限随温度的变化见图1-7(两个图分别表示不同蠕变速率下的变化情况)。

为保证压力容器在高温下长期工作后不会因蠕变而断裂,又定义:在一定温度下经历一规定时间(例如压力容器一般规定为10万小时),材料产生断裂时的应力值称为持久强度 σ_D 。所规定的时间越长,温度越高,材料的持久强度就越低,见图1-8所示。

目前压力容器设计规范对于防止高温蠕变破坏,采用了简单处理方法,即将上述蠕变极限及持久强度分别除以相应的安全系数而得到许用应力值,其中的较小者便为设计的基础。

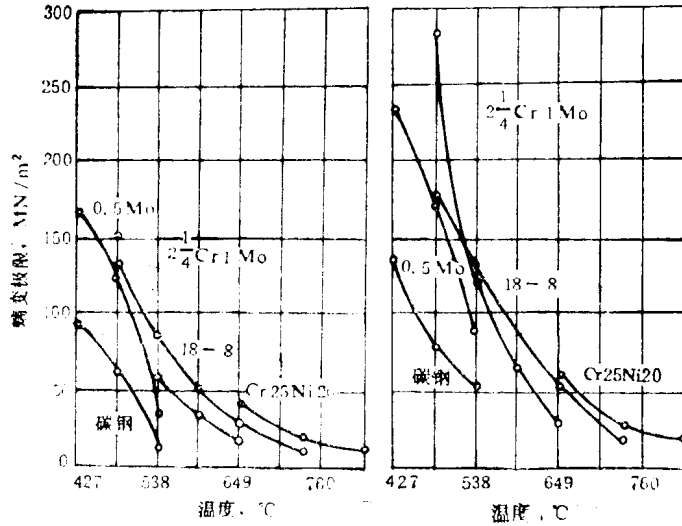


图 1-7 蠕变极限随温度的变化

(四) 应力松弛

蠕变问题是在恒应力下研究其变形的增长问题，而对于某些零件如紧固件螺栓，则有另一种蠕变现象的表现形式。设螺栓上紧时初应力为 σ_0 ，此时总应变量全是弹性应变 ϵ_0 ；在高温下长期工作后，由于材料发生蠕变，虽螺栓的总应变量不变，但其中部分已变为塑性应变 ϵ_p ，于是弹性应变 ϵ_e 将从初始的 ϵ_0 不断下降，所以使与弹性应变相应的螺栓应力 σ 也不断下降，这就意味着螺栓被放松了，这种现象就称为“应力松弛”，见图1-9。

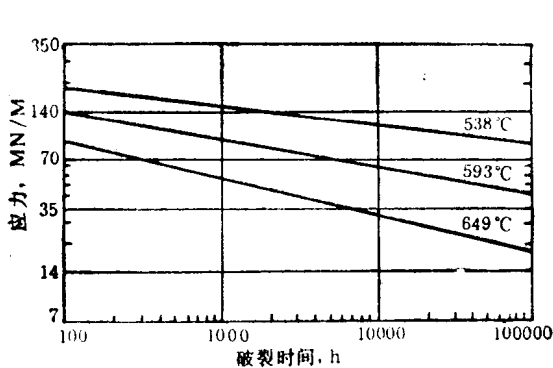


图 1-8 钢材的持久强度曲线

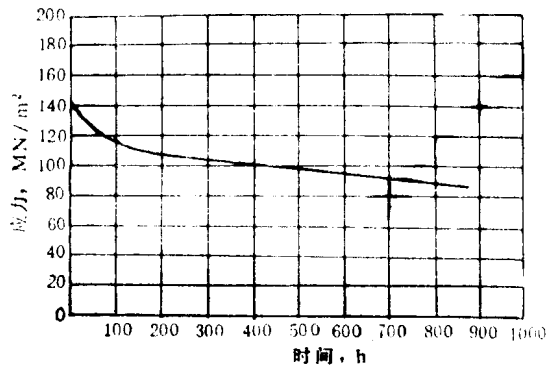


图 1-9 应力松弛曲线

高温下工作的螺栓常因应力松弛而导致法兰连接泄漏，所以要采用抗蠕变性能高的铬钼钢，并要在一定温度下进行热紧。但对于焊缝处的残余应力，却可利用应力松弛使它释放；有些开孔处的应力高峰也可因应力松弛而降低，这些又是它有利的一面。

六、金属材料的低温机械性能

塑性和韧性均很好的低碳钢在常温下断裂破坏时是典型的塑性断裂，断裂断面呈暗淡的纤维状，断裂前有较大的塑性变形及缩颈，断裂过程较缓慢。但是低碳钢在很低的温度下却可变为脆性断裂，断裂断面呈光亮的结晶状，在没有明显的塑性变形及缩颈前就突然断裂，是较危险的。究其原因，是由于低温，从“低温脆性”的概念出发，首先要研究低强度钢从塑性断裂转变为脆断的转变温度。这个温度可从冲击韧性随温度而变化的曲线中看到，如图1-10。

60年代初,美国派林尼(W.S.Pellini)等人通过大量的平板爆炸鼓胀试验及落锤试验,并考虑了原始裂纹的影响,得到了一系列转变温度的新概念,表达在图1-11内。图中两条实线 AB 和 AC 分别是无缺陷钢材的强度限 σ_b 和屈服限 σ_s 随温度而变化的曲线,在 A 点两者重

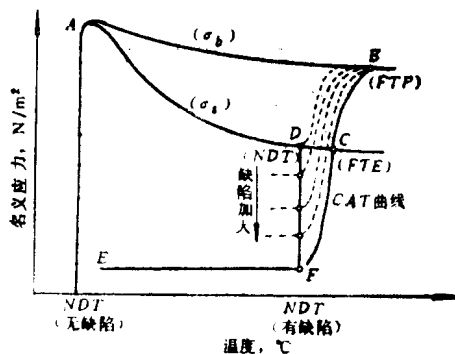


图 1-11 钢的转变温度的全貌

§ 1-2 碳 钢

炼钢的基本原料是炼钢生铁和废钢；此外，还有各种铁合金和金属，用以调整钢的化学

成分；还要加入各种造渣和辅助材料，以除去杂质，保证钢的纯洁度和质量。

炼钢的主要任务是根据所炼钢种和对质量的要求，把钢中碳和合金元素含量调整到规定范围之内，并使磷、硫、氢、氧、氮等杂质的含量降到允许限量之下。

炼钢炉主要有转炉、平炉和电弧炉三大类，为满足特殊需要还有电渣炉、感应炉、电子束炉、等离子炉等。表1-2中列出了各种炼钢炉的特点与用途。

表 1-2 各种炼钢炉的特点与用途

炼 钢 炉	热 源	主 要 原 料	主 要 特 点	用 途 举 例
氧气转炉 (纯氧顶吹法为主)	炼钢生铁中所含碳、硅、锰、磷等元素所产生的氧化反应化学热	液态炼钢生铁、废钢	冶炼速度快，生产效率高，钢的品种质量与平炉钢大致相当	冶炼各种碳素钢和合金钢，用于大量生产
平 炉	重油，人造燃气 (发生炉气、焦炉气、高炉气)，天然气	炼钢生铁、废钢	容量大，炉料中废钢比例不限，冶炼时间较长，工艺过程容易控制，采用吹氧技术，可显著提高生产效率	冶炼各种碳素钢和合金钢，用于大量生产
电 弧 炉	交流电弧	废 钢	炉料通用性大，钢水脱氧良好，能冶炼含易氧化元素和难熔金属的钢种，产品多样化	冶炼各种合金钢和优质碳素钢，用于大量生产
电 渣 炉	电渣电阻热	铸造或锻造的坯料	由于渣洗作用，脱氧、脱硫效果显著，钢的纯洁度较高，钢锭致密，偏析少，自下而上顺序凝固，能改善加工性能	精炼合金钢及各种合金材料

二、钢的分类

按钢的化学成分、品质、冶炼方法、金相组织和用途的不同，可对钢进行不同的分类。常用分类方法可见表1-3。表中的各种分类，根据不同需要，往往可以混合使用。

表 1-3 钢 的 分 类 表

1. 按化学成分分类	碳素钢	{ 工业纯钢 (碳含量 $\leq 0.04\%$) 低碳钢 (碳含量 $\leq 0.25\%$) 中碳钢 (碳含量 $> 0.25 \sim 0.60\%$) 高碳钢 (碳含量 $> 0.60\%$) }		
	合金钢	{ 低合金钢 (合金元素总含量 $\leq 5\%$) 中合金钢 (合金元素总含量 $> 5 \sim 10\%$) 高合金钢 (合金元素总含量 $> 10\%$) } 或 { 三元合金钢：如锰钢 四元合金钢：如硅锰钢 多元合金钢：如铬镍钼钢 }		
2. 按品质分类		{ 普通钢 (含磷 $\leq 0.045\%$ ，硫 $\leq 0.055\%$ ；或磷、硫均 $\leq 0.050\%$) 优质钢 (磷、硫含量均 $\leq 0.040\%$) 高级优质钢 (磷 $\leq 0.035\%$ ，硫 $\leq 0.030\%$) }		

