



机械工程  
手册

# 机械 工程 手册

## 第 3 卷 机械 工程 材料

机械工程手册  
电机工程手册 编辑委员会



机械工业出版社

本卷主要介绍正确选用材料和合理使用材料的要点，着重介绍材料的理论基础，提供各类材料的主要性能、特点、应用和有关的技术数据。全书包括材料学基础、钢、铸铁、非铁金属、粉末冶金、非金属材料、金属材料的物理试验与应用等七篇。

**机械 工程 手册**  
**第 3 卷 机械工程材料**  
机械工程手册  
电机工程手册  
编辑委员会 编

DU22/13

\*  
机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)  
(北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

\*  
开本 787×1092 1/16·印张 57<sup>3</sup>/<sub>4</sub>·插页 18·字数 1745 千字

1982 年 9 月北京第一版·1982 年 9 月北京第一次印刷

印数 00.001—25,400·定价 7.50 元

\*  
统一书号: 15033·4674

封面设计 王 伦

## 编辑委员会

主任委员：沈 鸿

副主任委员：周建南 汪道涵 张 维 史洪志

委员(按姓氏笔划为序)：叶 铮 孙 琪 许力以 张 影  
张大奇 陈文全 陈元直 寿尔康 金实蓬 施泽均 俞宗瑞  
陶亨咸 翁迪民 章洪深 曹维廉 程 光

### 《机械工程手册》特约编辑

(按姓氏笔划为序)

丁 淳 马恒昌 万定国 王万钧 王补宣 支少炎 史绍熙 匡 襄  
朱广颐 朱景梓 刘庆和 刘晋春 孙珍宝 余 俊 李 策 李 焱  
李兴贵 李庆春 李华敏 陈力展 陈士梁 杜庆华 张作梅 张明之  
张国良 **张德庆** 张鼎丞 杨绍侃 闵学熊 邱宣怀 吴敬业 沈增祚  
孟少农 孟宪源 郑林庆 林宗棠 范景春 金福长 祝大年 胡茂弘  
陶 炜 陶正耀 陶鼎文 徐 灏 高文彬 郭可谦 郭芷荣 凌业勤  
袁裕生 曹 泛 黄明慎 程千亨 舒光冀 蔡习传 薛景瑄

### 《机械工程手册》编辑及编辑组负责人

(按姓氏笔划为序)

王力中 王光大 王兴垣 王自新 王树勋 王崇云 王德维 冯子珮  
叶克明 刘 镇 刘向亭 朱亚冠 许绍高 曲彩云 任赞黄 陈 湖  
陈文全 陈元直 陈庚文 陈国威 张 端 张大奇 张劲华 张继铤  
张斌如 陆元章 杨谷芬 余果慈 李荫成 李增佐 **吴恕三** 吴曾评  
郑秉衡 施泽均 姚洪朴 钱寿福 徐佳瑞 黄克孚 崔克明 康振章  
曹敬曾 谢 健 粟 滋 韩云岑 韩丙告 韩宗贵 蒋聚培 蔡德洪

## 序

期望已久的《机械工程手册》和《电机工程手册》终于分卷合订成册，正式出版了。这是对我国机电工程科学技术领域的一个贡献。两部手册的编写队伍，由国内有专长、有经验的学者、专家所组成。这两部手册扼要地总结了我国机电工程各主要方面的科学技术成就，同时也吸收了一些国外的成熟经验。聚沙成塔，集腋成裘。名为手册，实则巨著。

读书不易，写书颇难，写工具书更难，写综合性工具书可谓难中之难。为了编好两部“立足全局，勾划概貌，反映共性，突出重点”，而又全面的、完整的、彼此协调的手册，同志们做了很大努力，从无到有，诸事草创，困难重重，艰辛备尝。恰似唐朝韩愈所说的：“贪多务得，细大不捐。焚膏油以继晷，恒兀兀以穷年。”值此合订本出版之际，我谨向各主编单位、各编写单位和印刷出版单位，向数以千计的全体编审同志，向遍及全国的为两部手册提供资料和其他方便条件的单位和同志们，表示衷心的感谢。

两部手册的第一版，现在完成了。对编写者来说，已经有了成果。而对阅读手册的工厂、学校、院所、机关同志们来说，还只是两朵鲜花。在成千上万人的应用中使鲜花结成果实——发展机电工程科学技术事业，为现代化建设服务——才是更丰硕的成果。这才是我们的目的。

一般说来，工具书分两种类型：一种是综合性的，一种是专业性的。综合性的工具书从广度来说是较为全面的，从深度来说是不足的；而专业性的工具书则反之。二者各有所长，相辅相成。我们这两部手

册是综合性的工具书，主要供从事技术工作的各类人员查阅使用。对于搞专业性技术工作的人员来说，还可从中猎取相邻专业和其他有关专业的知识，帮助他们从专业分工的局限性中开拓思路，从科学技术各个环节的相互联系上，综合地、全面地研究和解决技术问题。也唯有以渊博的科学技术知识作为基础，才能不断创新。在编写这两部手册时，考虑到专业手册还比较少，而且一时又出不了那么多，因此在内容的深度上也予以顾及，以适当满足专业工作的需要。所以，它的篇幅已经超过一般常见的综合性手册了。实践是检验真理的唯一标准。我们将严肃认真地听取广大读者的反映和意见，作为评价和改进两部手册的主要依据。国外这类工具书已经有了几十年、甚至百余年的历史，而我们则刚刚开始。现在是从无到有，将来是精益求精。让我们在新的长征途中，戮力同心，再接再厉，去完成时代赋予我们的光荣使命。

机械工程手册  
电机工程手册

编辑委员会主任委员

沈 鸿

一九八二年 北京

## 编辑说明

一、《机械工程手册》、《电机工程手册》的分卷合订工作是在试用本的基础上进行的。试用本的编写工作始于一九七三年，一九七七年以后陆续出版发行，一九八一年出齐。这次分卷合订主要做了三方面工作：一是在技术内容上做了订正；二是尽可能用已颁布的新标准取代老标准；三是按卷编制了索引。

二、《机械工程手册》包括基础理论、机械工程材料、机械设计、机械制造工艺、机械制造过程的机械化与自动化、机械产品等六个部分，共七十九篇，二千余万字，分为十四卷。《电机工程手册》包括基础理论、电工材料、电力系统与电源、电机、输变电设备、工业电气设备、仪器仪表与自动化等七个部分，共五十篇，一千余万字，分为九卷。

三、参加这两部手册编写工作的，有全国许多地区和部门的工厂、科研设计院所、高等院校，近五百个单位，作者两千余人。提供资料和参加审定稿件的单位和人员，更为广泛。各篇在编写、协调、审查、定稿等环节中，既注意发挥学者、专家的骨干作用，又注意集中群众的智慧和力量。

四、这两部手册因系初版，囿于条件，所采用的名词、术语、符号、代号以及单位制，尚有不统一之处。此外，内容上也有重复、遗漏、甚至错误的地方；在设计、印刷、装帧等方面也还存在一些问题。我们将通过手册的不断修订再版，逐步改进。

五、手册合订本的署名，采用单位和个人相结合的方式。各篇的主编单位、编写单位和主编、编写人均按篇署名，置于相应篇的前面。编写人的署名以其编写的章号为序。特约编辑以姓氏笔划为序，集中署于卷首。编辑（包括总编辑、副总编辑）及编辑组负责人亦按姓氏笔划为序，署于卷首。

另外，参加两部手册编写、审查、组织、协调的单位和同志还很多，恕不一一署名。

第一机械工业部上海材料研究所系本卷的主编单位，在编写、审稿的过程中作了大量的组织协调工作。该所副总工程师陶正耀及有关同志对本卷技术内容作了认真的审查和修改，在此一并致谢。

机械工程手册  
电机工程手册 编辑委员会编辑组



## 编 者 的 话

本卷共有七篇,从材料的基础理论、材料性能和物理试验三个方面比较系统地介绍了材料的应用技术。全卷约 160 万字,有墨线图 956 张,照片 239 张,表 961 个,介绍 1400 多个材料牌号。参加编写工作的有 51 个单位,编者共一百余人。参加审查的约 800 人次。各篇大多数脱稿于 1977 年,1978 年以试用本发行。发行后收到许多改进意见,其中有些错误在这次出版时已改正。当前有一些标准正在修订,陆续公布,凡在本卷付印前公布的新标准,原则上已做了修改。

本卷是为机械设计和机械制造服务的,其目的是为正确选用材料和合理使用材料提供有关技术资料。在收集资料和编写过程中,着重介绍材料性能、特点、应用技术的数据和资料。对材料的选用原则、材料性能变化的规律和一些机理的探讨都作了必要的阐述,以便读者举一反三,循序渐进,能得到提示和启发。在内容的处理上,不是对每种材料平铺直叙,而是把重点放在常用的、基本的、典型的和某些新型的材料上;力求概括全貌,说明特点,反映共性;强调写内在联系,提出同类材料的性能比较,同时也注意写外在联系,提出不同材料的性能比较。

材料学基础篇根据物质变化的规律,阐述了金属材料和非金属材料的内部构造、组成情况以及相变和强化等方面的理论,说明了材料在熔炼、铸造、锻压、焊接等冷热加工过程中的基本性质。物理试验与应用篇介绍材料的检验测试方法和所需仪表,为控制生产过程中的零部件和成品的质量,以及分析零件在使用过程中的失效的原因,提供依据。

基础理论和物理试验都着重说明材料的性能,三者之间的相互关系,历来是相辅相成的。在实践中,有时理论指导生产,生产又促进理论的提高,而检测试验工作则居其中,并起到纽带的作用。西方国家的材料技术,正是因为正确处理这几者的关系而得到发展的。十九世纪中叶,科学家提出了材料的疲劳极限及疲劳试验方法,使设计者得知零部件在承受反复应力时,应依据材料的疲劳极限而不是屈服强度。这个发现避免了大量的早期失效事故,并大大地推动了材料技术的发展。本世纪三十年代以前,蒸汽机的转速很低,蒸汽温度不超过 400°C,由于发现了材料的蠕变性质和掌握了蠕变试验,从而创造了许多具有一定抗蠕变性质的钢和合金,使蒸汽温度逐步提高,出现了蒸汽轮机、燃气轮机、喷气机等现代的高温动力设备。此后,材料的抗拉试验、抗弯试验、弹性模量、延伸率、截面收缩率、冲击试验等试验方法相继出现,从而使材料的机械性能有了一整套试验方法。通过这些试验,我们可以比较材料的性能,知道如何选择材料,又借此发展了大量的新材料。至于一些新型仪器,如光学显微镜、电子显微镜等的发明和应用,更进一步揭开了材料显微组织和分子结构的秘密,使我们对材料的认识出现了一个重大的突破。

读者在使用本手册选择材料时,希望注意两个方面:一是要保证所选材料的性能符合设计要求;二是要全面衡量所选材料的工艺性和经济性。已往可供选择的结构材料不多,选择问题并不突出。近百年来,各种新型材料不断出现,特别是非金属材料如工程塑料和复合材料发展迅速,可供选择的材料品种大大丰富。对如此众多的材料,如何选用得当,就成了一个重要而又复杂的问题。

材料性能和它的基体组织有密切的关系,在同一化学成分时,通过不同的工艺方法,可以



## VIII

得到不同的物理化学和机械性能,因之可作不同的用途。机械零件一般要求有足够的刚性,同时要求有适当的强度以承受外力,而不致引起破坏。在多数场合,由于零件受力不大,选用材料以满足刚性为主,这还比较容易解决。但是有一些零件,要求有一定的强度,也要求有足够的韧性,以保证在最大工作应力时,不发生永久变形或断裂。也还有一些零件,在特殊条件下工作,要求有耐震、耐磨、耐低温、耐热、耐腐蚀、耐疲劳等性能。工作条件愈特殊,材料性能的要求就愈高。为了满足机械零件的特殊要求,在正确选择材料与合理使用材料的过程中,必须对所选材料进行全面的了解和慎重的考虑,这样才能胜利地完成任务。

如果性能可以满足零件要求的材料不只一种,选择材料应取决于工艺分析和经济分析,也就是应该选用在生产过程中易于加工的材料,在经济核算中比较节省的材料。

材料本身的成本是选用材料的一个重要因素,但不是唯一的。冷、热加工费用,有时在零件总成本中占很大的比例。另一个重要因素是零件在服役期的表现,零件的使用寿命必须予以足够重视。在氯离子介质中工作的交换器和蒸发器,用不锈钢制造的成本比用钛合金制造的成本低很多,但不锈钢零件仅能使用二年,而钛合金零件则可使用二十年。对比之下,显然是后者更为经济。又如冷镦钢球用的模具,可用轴承钢(GCr15)、细晶硬质合金(YG20)或粗晶硬质合金(YG20C)制造,在冷镦300万个钢球以后的技术经济分析,虽然每副模具本身的成本,硬质合金比轴承钢高得多,但硬质合金模具的使用寿命却长得多。分析结果,总的成本以粗晶硬质合金模具为最低。

有些零件连续运转,要求在使用过程中有较高的可靠性。如果一台机器因零件损坏而停止运转,其损失往往是很大的,甚至是难以估计的。若一台发电机组因零件损坏而发生突然停机,更是影响严重。对这种类型的零件,首先要求保证质量,只有在保证质量的前提下才能考虑材料本身的节约;否则所得甚小,所失甚大。

对于从事机械设计和机械制造的工作者来说,比较系统地和全面地了解材料技术的知识,不仅是有益的,而且是必要的。我们希望本卷合订本的发行能够对广大读者有所帮助,也希望读者在使用时发现问题,提出改进意见,以便下一版修正。

第一机械工业部上海材料研究所

1980年7月

# 目 录

序  
编辑说明  
编者的话

## 第 11 篇 材料学基础

常用符号

### 第 1 章 固体材料的结构

1 固体的结合键	11-1
1.1 分子键	11-1
1.2 离子键	11-1
1.3 共价键	11-1
1.4 金属键	11-1
2 晶体结构	11-2
2.1 晶体的空间点阵和晶系	11-2
2.2 金属的晶体结构	11-3
2.3 离子化合物的晶体结构	11-4
2.4 共价晶体结构	11-4
2.5 晶面指数和晶向指数	11-4
2.6 原子半径	11-6
3 晶体缺陷	11-6
3.1 点缺陷	11-6
3.2 位错	11-9
3.3 堆垛层错	11-11
4 晶界的结构	11-11
4.1 小角度晶界	11-12
4.2 大角度晶界	11-12
4.3 晶界能量	11-13
5 合金相结构	11-13
5.1 间隙固溶体	11-13
5.2 置换固溶体	11-14
5.3 超结构	11-14
5.4 正常价化合物	11-15
5.5 电子化合物	11-15
5.6 间隙相和间隙化合物	11-16
5.7 拓扑密排相	11-17
6 有机聚合物及其结构	11-17

### 第 2 章 相 图

1 相律	11-18
------	-------

1.1 几个基本概念	11-18
1.2 相律的表达式及其应用	11-19
2 二元相图的表示法和基本类型	11-19
2.1 二元相图的表示法	11-19
2.2 二元相图的基本类型	11-20
3 二元相图的解释	11-21
3.1 匀晶相图	11-21
3.2 杠杆定律	11-22
3.3 共晶相图	11-22
3.4 包晶相图	11-23
3.5 熔晶、偏晶和合晶相图	11-23
3.6 二组元形成化合物的相图	11-24
3.7 具有固态转变的二元相图	11-25
3.8 二元相图的分析步骤	11-27
3.9 相图和合金性能的关系	11-27
4 三元相图	11-27
4.1 三元相图的表示法	11-28
4.2 三元相图的等温截面	11-28
4.3 三元相图的垂直截面	11-29

### 第 3 章 凝 固

1 纯金属的凝固	11-30
1.1 晶体的形核	11-30
1.2 晶体的生长	11-31
1.3 影响金属凝固后晶粒大小的因素	11-33
2 固溶体合金的凝固	11-33
2.1 成分过冷	11-33
2.2 固溶体合金的晶体生长形态	11-34
3 共晶合金的凝固	11-34
3.1 共晶组织的类型和形态	11-34
3.2 初晶的形态	11-36
3.3 伪共晶和离异共晶	11-37
4 铸锭和焊缝的宏观组织	11-37
4.1 铸锭的宏观组织和控制	11-37
4.2 金属的凝固方式及其影响	11-38

## X 目 录

- 4.3 焊缝的宏观组织 .....11-39
- 5 定向凝固、区域熔炼和单晶制造 .....11-39
  - 5.1 定向凝固 .....11-39
  - 5.2 区域熔炼 .....11-40
  - 5.3 单晶制造 .....11-40
- 6 有机聚合物的结晶 .....11-40

### 第4章 变形和再结晶

- 1 材料的弹性变形 .....11-41
  - 1.1 普弹变形 .....11-41
  - 1.2 高弹变形 .....11-42
  - 1.3 滞弹性变形 .....11-43
- 2 材料的塑性变形 .....11-43
  - 2.1 单晶体金属的塑性变形 .....11-43
  - 2.2 多晶体金属的塑性变形 .....11-45
  - 2.3 聚合物的塑性变形 .....11-45
  - 2.4 塑性变形对材料组织和性能的影响 .....11-46
- 3 回复、再结晶及晶粒长大 .....11-48
  - 3.1 回复 .....11-48
  - 3.2 再结晶 .....11-49
  - 3.3 晶粒长大 .....11-50
  - 3.4 再结晶图 .....11-50
  - 3.5 有机聚合物的退火 .....11-51
- 4 超塑性 .....11-51

### 第5章 金属及合金的扩散

- 1 扩散方程 .....11-53
  - 1.1 扩散定律 .....11-53
  - 1.2 应用实例 .....11-53
- 2 影响扩散的因素 .....11-54
  - 2.1 温度 .....11-54
  - 2.2 固溶体类型 .....11-55
  - 2.3 晶体结构和位向 .....11-55
  - 2.4 合金元素 .....11-57
  - 2.5 晶界扩散和表面扩散 .....11-57
  - 2.6 上坡扩散 .....11-57
- 3 反应扩散 .....11-57
  - 3.1 反应扩散速度 .....11-58
  - 3.2 反应扩散与相图 .....11-58

### 第6章 固态相变

- 1 固态相变的特点和分类 .....11-59

- 2 同素异构转变 .....11-59
- 3 脱溶转变 .....11-60
  - 3.1 脱溶条件 .....11-60
  - 3.2 脱溶过程 .....11-60
  - 3.3 脱溶类型 .....11-61
  - 3.4 时效硬化 .....11-62
- 4 共析转变 .....11-63
  - 4.1 共析转变的组织特征 .....11-63
  - 4.2 钢中珠光体的组织和性能 .....11-63
  - 4.3 钢中先共析转变 .....11-64
- 5 马氏体转变 .....11-65
  - 5.1 马氏体转变的特征 .....11-65
  - 5.2 钢中马氏体的形态 .....11-65
  - 5.3 马氏体的机械性能 .....11-67
  - 5.4 马氏体的形成方式 .....11-67
- 6 块状转变 .....11-68
- 7 贝氏体转变 .....11-69
  - 7.1 贝氏体转变的特征 .....11-69
  - 7.2 钢中贝氏体的形态 .....11-69
  - 7.3 贝氏体的机械性能 .....11-71
- 8 钢的回火转变 .....11-71
  - 8.1 回火转变过程 .....11-71
  - 8.2 回火组织和性能 .....11-73
- 9 调幅分解 .....11-73
- 10 有序化转变 .....11-74

### 第7章 材料的强化

- 1 材料的理论强度和强化 .....11-75
- 2 冷变形强化 .....11-76
- 3 细晶强化 .....11-77
- 4 固溶强化 .....11-78
- 5 有序强化 .....11-80
- 6 分散强化 .....11-81
  - 6.1 位错绕过第二相质点 .....11-81
  - 6.2 位错切过第二相质点 .....11-81
- 7 马氏体强化 .....11-82
  - 7.1 固溶强化的作用 .....11-82
  - 7.2 时效强化的作用 .....11-83
  - 7.3 结构强化的作用 .....11-83
- 8 纤维增强的复合强化 .....11-83

9 材料的强韧化 .....	11-84
----------------	-------

## 第8章 金属的腐蚀

1 化学腐蚀 .....	11-87
1.1 金属的氧化 .....	11-87
1.2 燃气腐蚀 .....	11-88
1.3 金属和氢的作用 .....	11-89
1.4 非铁金属的气体腐蚀 .....	11-89
2 电化学腐蚀 .....	11-90
2.1 金属的电极电位 .....	11-90
2.2 原电池 .....	11-90
2.3 腐蚀电池 .....	11-92

3 腐蚀电池的极化和去极化 .....	11-93
3.1 氢去极化腐蚀 .....	11-93
3.2 氧去极化腐蚀 .....	11-94
3.3 金属的钝化 .....	11-95
4 影响腐蚀速度的其他因素 .....	11-97
4.1 合金成分的影响 .....	11-97
4.2 应力和机械作用的影响 .....	11-97
4.3 杂散电流的影响 .....	11-99
4.4 电解质溶液的影响 .....	11-99
4.5 微生物的影响 .....	11-100
4.6 温度和压力的影响 .....	11-100
参考文献 .....	11-100

## 第12篇 钢

### 常用符号

### 第1章 钢的生产和分类

1 钢的生产概要 .....	12-1
1.1 钢的冶炼 .....	12-1
1.2 钢的浇铸 .....	12-4
1.3 钢的压力加工 .....	12-6
1.4 钢材的热处理 .....	12-8
2 钢的分类、品种规格和钢号表示方法 .....	12-8
2.1 钢的分类 .....	12-8
2.2 钢材的品种规格 .....	12-9
2.3 钢号表示方法 .....	12-12

### 第2章 合金元素在钢中的作用

1 概述 .....	12-14
1.1 钢中的元素与合金元素 .....	12-14
1.2 合金元素在钢中的分布与存在状态 .....	12-14
1.3 合金元素对铁碳系平衡相图的影响 .....	12-15
2 合金元素对相变的影响 .....	12-18
2.1 合金元素对钢加热时相变的影响 .....	12-18
2.2 合金元素对钢冷却时相变的影响 .....	12-19
2.3 合金元素对淬火钢回火转变的影响 .....	12-20
3 合金元素对钢的性能的影响 .....	12-21
3.1 合金元素对钢的机械性能的影响 .....	12-21
3.2 合金元素对钢的工艺性能的影响 .....	12-23

3.3 合金元素对钢的物理及化学性能的影响 .....	12-24
4 合金元素在钢中的作用要点 .....	12-25

### 第3章 普通碳素钢和低合金高强度钢

1 普通碳素钢的分类和性能数据 .....	12-28
2 普通碳素钢的应用和专业用普通碳素钢 .....	12-31
3 低合金高强度钢的特点和分类 .....	12-31
4 低合金高强度钢的应用和专业用低合金高强度钢 .....	12-37
5 普通碳素钢和低合金高强度钢的选用 .....	12-39
5.1 强度 .....	12-39
5.2 韧性和时效敏感性 .....	12-39
5.3 工艺性能 .....	12-40
5.4 使用环境和工作条件 .....	12-40
附: 低合金高强度钢若干钢号的补充性能数据 .....	12-40
16Mn, 15MnV, 15MnTi, 14MnVTiRE,	
15MnVN, 14MnMoV, 18MnMoNb,	
12MnCrNiMoVCu	

### 第4章 压力容器用钢和低温用钢

1 压力容器用钢和低温用钢的分类 .....	12-48
------------------------	-------

## XII 目 录

- 1.1 压力容器用钢 .....12-48
- 1.2 低温用钢 .....12-48
- 2 压力容器用钢和低温用钢的选用 .....12-49
  - 2.1 强度 .....12-49
  - 2.2 韧性 .....12-49
  - 2.3 焊接性能和加工工艺性 .....12-50

附: 压力容器用钢和低温用钢若干钢号的补充性能数据 .....12-54

A3R, 16MnR, 15MnVR, 18MnMoNbR,  
14MnMoVBRE, 14MnMoNbB,  
14CrMnMoVB, 09Mn2VR, 09MnTiCuRE,  
10Ni4(3.5%Ni), 06AlNbCuN,  
1Ni9(9%Ni), 15Mn26Al4

### 第5章 超高强度钢

- 1 超高强度钢的特点和分类 .....12-65
  - 1.1 低合金超高强度钢 .....12-65
  - 1.2 中合金超高强度钢 .....12-65
  - 1.3 高合金超高强度钢 .....12-65
- 2 超高强度钢的选用 .....12-67
  - 2.1 使用性能 .....12-67
  - 2.2 对质量的要求 .....12-68
  - 2.3 工艺性能 .....12-68

附: 超高强度钢若干钢号的补充性能数据 .....12-68

40CrNi2Mo, 37Si2MnCrNiMoV,  
32Si2Mn2MoV, 30CrMnSiNi2, 4Cr5MoVSi,  
0Cr15Ni7Mo2Al, 1Cr12Mn5Ni4Mo3Al,  
00Ni18Co8Mo5TiAl

### 第6章 调质结构钢

- 1 调质钢的特点 .....12-77
- 2 调质钢的选用 .....12-80
  - 2.1 工艺性能 .....12-80
  - 2.2 零件尺寸和钢材的淬透性 .....12-80
  - 2.3 机械性能 .....12-80
- 3 低碳马氏体钢 .....12-85
  - 3.1 低碳马氏体钢的特点 .....12-85
  - 3.2 低碳马氏体钢选用举例 .....12-86

附: 调质结构钢若干钢号的补充性能数据 .....12-87

35, 45, 40Cr, 45Mn2, 40MnB, 35CrMo,  
30CrMnSi, 40CrNiMo

### 第7章 表面硬化钢

- 1 渗碳钢的特点 .....12-98
- 2 渗碳钢的选用 .....12-101
  - 2.1 工艺性能 .....12-101
  - 2.2 机械性能 .....12-102
  - 2.3 渗碳齿轮的强度和寿命 .....12-102
- 3 渗氮钢的特点和分类 .....12-103
- 4 渗氮钢的选用 .....12-105
  - 4.1 零件工作条件和机械性能 .....12-105
  - 4.2 工艺性能 .....12-105
  - 4.3 结合渗氮工艺选择钢种 .....12-105
- 5 高频淬火工艺及用钢的特点 .....12-106
  - 5.1 高频淬火工艺的特点 .....12-106
  - 5.2 高频淬火用钢的特点 .....12-106
- 6 低淬透性钢 .....12-107

附: 表面硬化钢若干钢号的补充性能数据 .....12-107

20, 20Cr, 20CrMnTi, 20Mn2TiB, 20MnVB,  
25MnTiBRE, 12Cr2Ni4A, 18Cr2Ni4WA,  
38CrMoAl, 55TiD, 60TiD

### 第8章 易切钢和冷冲压用钢

- 1 易切钢的特点 .....12-120
- 2 影响钢材被切削性的因素 .....12-120
  - 2.1 化学成分的影响 .....12-120
  - 2.2 金相组织的影响 .....12-121
- 3 易切钢的选用与常用易切钢数据 .....12-122
  - 3.1 易切钢的选用 .....12-122
  - 3.2 易切钢的性能数据 .....12-123
- 4 冷冲压钢板的特点 .....12-123
- 5 影响深冲冷轧薄板冲压性能的因素 .....12-124
  - 5.1 钢板的化学成分 .....12-124
  - 5.2 钢板的金相组织 .....12-124
  - 5.3 钢板的机械性能 .....12-125
  - 5.4 钢板的表面质量 .....12-126
  - 5.5 钢板的厚度尺寸公差 .....12-126

6	深冲冷轧薄钢板的选用	12-126
7	深冲冷轧薄板的性能数据	12-127
8	评定热轧钢板冲压性能的方法	12-127
9	影响热轧钢板冲压性能的因素	12-128
9.1	钢板的化学成分	12-128
9.2	钢板的轧制方法	12-128
9.3	夹杂物的形态	12-129
9.4	钢板的表面质量	12-130
9.5	热轧钢板的厚度公差	12-130
10	冲压用热轧钢板的性能数据	12-130

### 第9章 弹簧钢

1	弹簧钢的特点和品种	12-131
1.1	热轧弹簧钢	12-131
1.2	冷拉弹簧钢丝	12-134
1.3	特殊性能弹簧用钢和弹性合金	12-137
2	热轧弹簧钢的选用	12-138
2.1	制造工艺	12-138
2.2	机械性能	12-139
2.3	弹簧尺寸和淬透性	12-141
2.4	工作条件	12-141
3	冷拉弹簧钢丝的选用	12-141
3.1	钢丝的供应状态	12-142
3.2	钢丝的表面质量	12-142
3.3	残余内应力	12-143
4	弹簧钢的热处理与强化处理	12-143
4.1	热处理	12-143
4.2	强化处理	12-143

附：弹簧钢若干钢号的补充

性能数据 12-144

85, 65Mn, 60Si2Mn, 50CrVA, 50SiMnVB,  
55SiMnMoVNb

### 第10章 滚动轴承钢

1	轴承钢质量要求和品种规格	12-151
1.1	轴承钢冶金质量的一般要求	12-151
1.2	轴承钢材的品种规格	12-151
2	轴承钢的类别、成分、特点和用途	12-152
3	轴承钢的选用	12-155

3.1	轴承的工作条件	12-155
3.2	轴承的结构	12-157
3.3	轴承钢的工艺性能	12-157

附：滚动轴承钢若干钢号的补充

性能数据 12-158

GCr15, GCr15SiMn, GSiMnV, GSiMnVRE,  
GSiMnMoV, GSiMnMoVRE, GMnMoV,  
GMnMoVRE, 20Cr2Ni4A, 20Cr2Mn2MoA,  
9Cr18, Cr4Mo4V, 55SiMoVA

### 第11章 工具钢

1	工具钢的分类和用途	12-174
1.1	碳素工具钢	12-174
1.2	合金工具钢	12-175
1.3	高速工具钢	12-176
1.4	常用合金元素在工具钢中的作用	12-178
2	工具钢的选用	12-178
2.1	刀具用钢的选用	12-179
2.2	量具用钢的选用	12-180
2.3	模具用钢的选用	12-180
3	工具钢的质量要求与热处理要点	12-183
3.1	质量要求	12-183
3.2	热处理要点	12-183
3.3	常用工具钢的热处理规范	12-184

附：工具钢若干钢号的补充

性能数据 12-186

9Mn2V, Cr12MoV, Cr4W2MoV, 5CrMnMo,  
4Cr5MoSiV, 4Cr5W2SiV, 4Cr3W4Mo2TiNb,  
W18Cr4V, W6Mo5Cr4V2, W6Mo5Cr4V2Al,  
W12Mo3Cr4V3Co5Si, W2Mo9Cr4VCo8

### 第12章 耐磨钢和农机具耐磨零件用钢

1	耐磨钢与钢的耐磨性	12-197
1.1	耐磨钢简介	12-197
1.2	钢的耐磨性及其主要影响因素	12-198
2	高锰钢	12-199
2.1	高锰钢的特点、化学成分和机械性能	12-199
2.2	高锰钢的应用	12-200
3	农机具耐磨零件用钢	12-202
3.1	农机具耐磨零件用钢的特点和	

## XIV 目 录

要求 .....	12-202
3.2 农机具耐磨零件用钢的选用 .....	12-202
3.3 农机具耐磨零件用钢的成分、 性能和热处理 .....	12-203
附：农机具耐磨零件用钢的补充 性能数据 .....	12-206
65SiMnRE	

### 第13章 耐 蚀 钢

1 概述 .....	12-207
1.1 耐蚀钢的分类、特点和用途 .....	12-207
1.2 耐蚀钢和合金的化学成分及机械 性能 .....	12-207
1.3 主要的腐蚀类型 .....	12-216
2 耐蚀钢及耐蚀合金的选用 .....	12-216
2.1 合金元素对耐蚀性能的影响 .....	12-216
2.2 热处理 .....	12-218
2.3 物理、机械性能和工艺性能 .....	12-218
2.4 使用环境 .....	12-218
2.5 使用寿命 .....	12-220
2.6 特殊的腐蚀 .....	12-220
3 典型介质中耐蚀钢及耐蚀合金 的选用 .....	12-222
3.1 耐硝酸腐蚀材料 .....	12-222
3.2 耐硫酸腐蚀材料 .....	12-223
3.3 耐盐酸腐蚀材料 .....	12-224
3.4 耐氢氟酸腐蚀材料 .....	12-224
3.5 耐醋酸腐蚀材料 .....	12-225
3.6 耐磷酸腐蚀材料 .....	12-225
3.7 耐氢氧化钠腐蚀材料 .....	12-226
3.8 耐硫化物腐蚀材料 .....	12-227
3.9 耐海水腐蚀材料 .....	12-228
3.10 尿素设备耐腐蚀材料 .....	12-229
3.11 耐高温高压氢、氮、氨腐蚀材料 .....	12-229
4 常用的腐蚀实验方法 .....	12-229
4.1 均匀腐蚀试验 .....	12-230
4.2 不锈钢晶间腐蚀试验 .....	12-230
4.3 应力腐蚀开裂试验 .....	12-231
4.4 点腐蚀试验 .....	12-232
附：耐蚀钢若干钢号的补充 性能数据 .....	12-232

0Cr13, 1Cr13, 2Cr13, 9Cr18, 1Cr17Ni2,  
0Cr17Ti, 1Cr18Ni9Ti, 1Cr18Ni12Mo2Ti,  
00Cr18Ni10, 00Cr17Ni14Mo2,  
0Cr17Ni4Cu4Nb, 0Cr17Mn13Mo2N,  
1Cr17Mn9Ni3Mo3Cu2N,  
0Cr12Ni25Mo3Cu3Si2Nb(Ti)

### 第14章 耐 热 钢

1 耐热钢和耐热合金的分类 .....	12-245
1.1 按特性和用途分类 .....	12-245
1.2 按组织分类 .....	12-245
2 耐热钢和耐热合金的特点 .....	12-246
2.1 高温性能 .....	12-246
2.2 化学成分对抗氧化性的影响 .....	12-246
2.3 耐热钢和耐热合金的主要 强化方法 .....	12-247
2.4 制造工艺 .....	12-249
3 耐热钢和耐热合金的选用 .....	12-252
3.1 锅炉用耐热钢管 .....	12-252
3.2 汽轮机、燃气轮机和内燃机用 耐热钢和耐热合金 .....	12-255
3.3 紧固件用耐热钢和耐热合金 .....	12-264
3.4 炉用耐热钢 .....	12-269
3.5 炼油和化工设备用耐热钢 .....	12-269
附：耐热钢和耐热合金若干牌号的 补充性能 .....	12-272
12Cr1MoV, 27Cr2Mo1V, 1Cr11MoV, 1Cr21Ti, 2Cr20Mn9Ni2Si2N, 5Cr21Mn9Ni4N, 1Cr23Ni18, Cr20Ni44MoW (128 合金) Cr14Ni25Mo(A-286), Cr14Ni40MoWTiAl (302 合金) S-816	

### 第15章 大型锻件用钢

1 制造工艺对大型锻件冶金质量 的影响 .....	12-281
1.1 冶炼和铸锭 .....	12-281
1.2 锻造 .....	12-282
1.3 热处理 .....	12-282
2 大型锻件用钢的选择 .....	12-282
2.1 机械性能和淬透性 .....	12-282
2.2 工作条件 .....	12-283



2.3 工艺性能 .....12-283

3 一般大型锻件用钢.....12-284

3.1 碳素钢 .....12-284

3.2 硅锰类钢 .....12-287

3.3 铬钢、铬钼钢、铬锰钼钢 .....12-289

3.4 铬锰钼硼钢 .....12-290

3.5 铬镍钼(钨)钢 .....12-291

4 电站锻件用钢.....12-292

4.1 发电机转子用钢 .....12-294

4.2 护环用钢 .....12-294

4.3 汽轮机高、中压转子用钢 .....12-295

4.4 汽轮机低压转子用钢 .....12-296

4.5 叶轮用钢 .....12-296

5 锻造容器用钢.....12-297

5.1 一般容器用钢 .....12-298

5.2 抗氢容器用钢 .....12-299

6 轧辊用钢.....12-301

6.1 热轧辊用钢 .....12-301

6.2 冷轧工作辊用钢 .....12-302

6.3 支撑辊用钢 .....12-305

6.4 矫正辊用钢 .....12-306

附：大型锻件用钢若干钢号的补充  
性能数据 .....12-308

一般锻件用钢 .....12-308

20SiMnMo, 35SiMn, 50SiMn, 38SiMnMo,  
42MnMoV, 37SiMn2MoV, 40Cr, 35CrMo,  
42CrMo, 35CrMnMo, 20Cr2Mn2Mo,  
32Cr2MnMo, 18Cr2MnMoB, 30CrMn2MoB,  
34CrNi3Mo, 18Cr2Ni4W

电站锻件用钢 .....12-320

34CrMo1A, 34CrNi3Mo, 25CrNi3MoV,  
26Cr2Ni4MoV, 40Mn18Cr4, 50Mn18Cr4,  
50Mn18Cr4N, 50Mn18Cr4WN, 27Cr2Mo1V,

28CrNiMoV, 17CrMo1V, 25Cr2NiMoV,  
34CrMo, 35CrMoV, 34CrNi3Mo,  
18Cr2MnMoB

锻造容器用钢 .....12-324

20MnMo, 20MnMoNb, 14MnMoVB,  
14CrMnMoVB, 42CrNi2Mo1V, 12Cr2Mo1,  
21Cr3MoWV

## 第16章 铸 钢

1 铸钢的特点和类别 .....12-329

1.1 铸钢和锻钢的比较 .....12-329

1.2 尺寸因素——大截面铸钢件的  
机械性能 .....12-329

1.3 铸造性能和焊接性能 .....12-330

1.4 铸钢的类别 .....12-332

2 一般铸钢.....12-332

2.1 碳素铸钢 .....12-332

2.2 低合金铸钢 .....12-333

3 耐蚀铸钢.....12-336

3.1 马氏体耐蚀铸钢 .....12-338

3.2 铁素体耐蚀铸钢 .....12-338

3.3 奥氏体耐蚀铸钢 .....12-339

4 耐热铸钢.....12-340

4.1 珠光体耐热铸钢 .....12-342

4.2 马氏体耐热铸钢 .....12-343

4.3 铁素体耐热铸钢 .....12-343

4.4 奥氏体耐热铸钢 .....12-343

5 水轮机转轮(叶片)用铸钢.....12-346

6 其他特殊用途铸钢.....12-347

6.1 无磁铸钢 .....12-347

6.2 电工用铸钢 .....12-348

6.3 模具用铸钢 .....12-348

参考文献 .....12-349

## 第13篇 铸 铁

常用符号

### 第1章 概 述

1 铸铁的分类、特点和应用 .....13-1

2 铁碳二元相图和铸铁的组织组成 .....13-2

2.1 Fe-Fe<sub>3</sub>C和Fe-C(石墨)双重相图.....13-2

2.2 铸铁的组织组成 .....13-4

3 铸铁的性能比较 .....13-4

3.1 各种铸铁性能的比较 .....13-4

3.2 各种铸铁和其他金属性能的比较 .....13-7

## 第2章 灰 铸 铁

1 灰铸铁的分类和应用	13-7
1.1 牌号	13-7
1.2 应用	13-8
2 灰铸铁的化学成分	13-9
2.1 碳当量和共晶度	13-9
2.2 合金元素的作用	13-9
3 灰铸铁的显微组织	13-11
3.1 石墨	13-11
3.2 基体	13-12
3.3 共晶团	13-12
4 灰铸铁的机械性能	13-12
4.1 应力应变曲线	13-12
4.2 抗拉强度和铸件壁厚的关系	13-12
4.3 抗拉强度和抗弯强度的关系	13-13
4.4 抗拉强度和抗压强度的关系	13-13
4.5 硬度和断面均匀性	13-13
4.6 缺口敏感性	13-14
4.7 减振性	13-14
4.8 高温和低温下的机械性能	13-15
5 灰铸铁的物理性能	13-16
6 灰铸铁的工艺性能	13-16
6.1 流动性	13-16
6.2 收缩	13-17
6.3 铸适应力	13-17
6.4 被切削性	13-18
7 灰铸铁的选用	13-18
7.1 受力件	13-18
7.2 受磨件	13-20

## 第3章 球 墨 铸 铁

1 球铁的分类、特点和用途	13-25
1.1 球铁的分类和应用	13-25
1.2 试块对机械性能的影响	13-26
2 球铁的显微组织和化学成分	13-27
2.1 石墨	13-27
2.2 基体组织	13-27
2.3 化学成分	13-27
3 球铁的常温机械性能	13-27
3.1 应力应变曲线的特征和弹性模量	13-27

3.2 球铁与对应材料性能的比较	13-28
3.3 冲击性能	13-29
3.4 疲劳极限	13-31
4.5 断裂韧性	13-32
4 球铁的高温 and 低温机械性能	13-34
4.1 高温机械性能	13-34
4.2 低温机械性能	13-35
5 球铁的物理性能	13-37
5.1 密度	13-37
5.2 线胀系数	13-37
4.3 导热系数	13-37
5.4 比热	13-37
5.5 电阻率	13-38
5.6 磁性	13-38
6 球铁的工艺性能	13-38
6.1 铸造性能	13-38
6.2 热处理的特点和规范	13-38
6.3 焊接性能	13-41
6.4 被切削性	13-41
7 球铁的使用性能	13-41
7.1 耐热性	13-41
7.2 耐磨性	13-41
7.3 减振性	13-42
7.4 耐蚀性	13-43
8 球铁的选用	13-43
8.1 零件的工作条件对机械性能的要求	13-44
8.2 零件结构特点和机械性能的关系	13-44
8.3 生产工艺和机械性能的关系	13-45
8.4 经济性	13-46

## 第4章 可 锻 铸 铁

1 可锻铸铁的分类和应用	13-47
1.1 分类	13-47
1.2 应用	13-47
2 可锻铸铁的化学成分	13-48
2.1 碳和硅	13-48
2.2 磷	13-49
2.3 硫和锰	13-49
2.4 铬	13-49
3 可锻铸铁的显微组织	13-49
3.1 显微组织和热处理	13-49