

实用 工程 材料



技术 手册

曾正明 主编

实用工程材料技术手册

曾正明 主编



机械工业出版社

本手册内容精选自最新国家标准、行业标准和专业标准，包括常用的钢铁材料、有色金属材料、有机高分子材料和无机非金属材料，共计4篇22章。手册以表格形式并辅以简要说明，介绍了各类常用工程材料的基本知识、牌号、性能、规格、用途以及选用的基本原则。

本手册收集了120余种技术资料，并进行了优选整理，具有四大特点：基础知识丰富；工艺参数详尽；大量的选材实例；材料的品种规格齐全，实用性强。

本手册可供机械、电力、冶金、化工、汽车、造船、轻工、纺织、建筑以及军工等各行业、各部门从事工程设计、制造、修理的工厂技术工人和初、中级技术人员使用，也可供有关大专院校的师生参阅。

图书在版编目 (CIP) 数据

实用工程材料技术手册/曾正明主编. —北京: 机械工业出版社, 2000.12

ISBN 7-111-08452-7

I. 实… II. 曾… III. 工程材料—手册 IV. TB3-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 72293 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 李铭杰 版式设计: 冉晓华 责任校对: 韩晶 孙志筠

封面设计: 姚毅 责任印制: 路琳

中国建筑工业出版社密云印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001年3月第1版·第1次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·74.75印张·2插页·2575千字

0 001—3 000册

定价: 125.00元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527

前 言

工程材料是工业生产的物质基础，是衡量一个国家经济实力与技术水平的重要标志。它与信息、能源并列为现代文明的三大支柱，是当今人类社会赖以生存和发展的重要条件。因此对工程材料的认识水平、掌握和运用能力，对于一个现代化国家的科学技术和经济实力、综合国力以及社会文明的进步都将产生至关重要的影响。

工程材料品种繁多，性能各异，尤其是改革开放以来，新材料，新产品更是层出不穷。目前新的产业革命和发展对特殊性能的材料、功能材料提出了更多的需求，导致一系列新材料的出现。如高强材料的应用和加工速度的提高导致一系列陶瓷、氮化物、氧化物等新型刀具材料的出现；发动机温度的提高，高效率绝热发动机的设计，导致一系列新型高温合金和高温陶瓷及有序金属间化合物等高温材料的出现；汽车轻量化和节能的要求导致高强度、高成形性的材料双相钢、IF钢、增磷钢等新型钢板的发展；飞行速度的提高以及减轻飞行器重量所带来的巨额效益，导致高比强度的新材料，如铝锂合金、工程塑料、复合材料等新材料的发展；高性能电机（尤其是汽车电机）的要求，导致了高磁化能的钕铁硼材料和非晶态材料的出现；智能化高效率加工线和高精度的加工要求，导致耐磨材料和表面处理工艺的发展（如激光、离子注入等）；通信、计算机产业的发展导致新型通信材料——光导纤维、敏感材料及大规模集成电路专用材料的发展；生物工程、生物医学、仿生设计的发展导致一系列功能材料的发展。这些新材料的发展不仅满足了国民经济有关产业的需要，而且新材料的开发生产本身又形成了巨大的产业，为国民经济创造重要价值，可见工程材料在国民经济中占有多么重要的地位。

目前国内有关工程材料方面的手册已有多种版本，各有侧重。《实用工程材料技术手册》编写的目的是为机械行业的设计、制造、管理、使用、维修的技术工人及初、中级技术人员在全面、系统地掌握常用材料的基础上，能正确选用工程材料；随着引进技术的应用，我国新开发的材料品种逐渐与国际接轨，因而了解用新技术改造传统材料的动向也是极为重要的；机械行业的工作者最终目的是要生产出合格、适用的机械产品，当今在各类机械厂中先后建立健全了质量保证体系，本手册深入浅出地论述了机械产品失效分析的思路与诊断，各种常用的及新的检测手段的应用范围，这些都是21世纪机械行业的工作者必须具备的基本知识，是不断改进生产工艺和产品质量的保证。

本手册强调实用性，收集了120余种技术资料，并进行优选整理，具有四大特点：

(1) 基础知识丰富 系统介绍每种材料的分类、常用术语、牌号表示方法、性能数据，特别对工程材料失效分析的思路与诊断、各种检测手段的使用范围加以概要的论述，充分体现出技术手册的特点。

(2) 工艺参数详尽 较为详细地阐述各类金属材料的热处理规范；锻压、铸造、焊接、切削加工参数；合金元素对性能的影响。数据准确可靠，可供现场施工中查阅。

(3) 大量的选材实例 对每种材料都叙述了主要特性和应用实例，特别充实了机械制造中有代表性的汽车零件选材的实例，体现了该手册的实用性。

(4) 材料品种、规格、数据资料齐全 各类材料一般均有国内新旧牌号对照，中外牌号对照，各类材料的储运管理，主要生产单位等。本手册包括350余种标准，以现行、有效的国家标准、行业标准及专业标准为依据，有针对性地进行选编，并根据《1999年国家标准目录总汇》全面进行核实，以保证其正确性。所有计量单位，一律采用中华人民共和国法定计量单

位。

编写本手册时，在内容上力求新、准、全，在文字上力求简明扼要，在形式上力求多用表格，使其尽可能做到实用、可靠、查找方便。

本手册由曾正明主编，张绪姜和虞莲莲主审，参加的编写人员有傅绍云、曾晶、吴洪发、傅杰、曾鹏、张绪姜等。在编写过程中，得到中国第一汽车集团公司领导的热情支持，在此谨致以诚挚的谢意。由于作者水平有限，本手册难免有不足之处，恳请读者批评指正。

曾正明

目 录

第一篇 钢铁材料

第一章 钢铁材料的基本知识	1	九、炉用耐热钢构件的选用	133
一、钢铁材料的分类	1	第四章 钢	136
二、金属材料的性能	6	一、钢的基本知识	136
三、标准代号	20	二、碳素结构钢	137
四、钢铁产品的牌号表示方法	22	三、优质碳素结构钢	140
五、钢铁材料的热处理及合金元素对钢性能的影响	29	四、低合金高强度结构钢	152
六、常用术语	37	五、高耐候性结构钢	158
七、钢材的品种规格	51	六、焊接结构用耐候钢	159
八、钢材理论质量计算	54	七、低淬透性含钛优质碳素结构钢	160
九、钢材的储运管理	56	八、保证淬透性结构钢	162
十、机械产品失效分析和检测技术	60	九、易切削结构钢	165
第二章 铸铁	69	十、非调质机械结构钢	168
一、铸铁的基本知识	69	十一、优质结构钢冷拉钢材	169
二、灰铸铁	73	十二、冷墩钢	173
三、球墨铸铁	83	十三、船体用结构钢	177
四、可锻铸铁	89	十四、桥梁用结构钢	179
五、蠕墨铸铁	94	十五、合金结构钢	180
六、耐磨铸铁	95	十六、弹簧钢及弹簧的失效形式	210
七、耐热铸铁	104	十七、滚动轴承钢	217
八、耐蚀铸铁	106	十八、碳素工具钢	224
九、灰铸铁的选用	108	十九、合金工具钢	228
十、球墨铸铁的选用	111	二十、高速工具钢	240
十一、蠕墨铸铁的选用	114	二十一、不锈钢	244
十二、耐磨铸铁的选用	114	二十二、耐热钢	264
十三、耐热铸铁的选用	115	二十三、齿轮材料的选用及失效形式	274
十四、耐蚀铸铁的选用	115	二十四、轴用材料的选用及失效形式	280
第三章 铸钢	117	二十五、刀具材料的选用	288
一、铸钢的基本知识	117	二十六、量具材料的选用	292
二、一般工程用碳素铸钢	123	二十七、冷作模具材料的选用及失效形式	293
三、一般工程与结构用低合金铸钢件	125	二十八、热作模具材料的选用及失效形式	303
四、焊接结构用碳素钢铸件	125	二十九、不锈钢的选用	309
五、低合金铸钢	126	三十、新钢种	312
六、高锰钢铸件	129		
七、工程结构用中、高强度不锈钢铸件	130		
八、耐热钢铸件	131		

第五章 型钢	316	十七、弹簧钢热轧薄钢板	384
一、热轧圆钢和方钢	317	十八、热处理弹簧钢带	385
二、热轧六角钢和八角钢	320	十九、碳素工具钢热轧钢板	389
三、冷拉圆钢、方钢和六角钢	321	二十、不锈钢热轧钢板	389
四、锻制圆钢和方钢	324	二十一、不锈钢冷轧钢板	391
五、银亮钢	325	二十二、耐热钢板	400
六、标准件用碳素钢热轧圆钢	327	二十三、花纹钢板	402
七、工业链条用冷拉钢	328	二十四、厚度方向性能钢板	403
八、键用型钢	329	二十五、锅炉用钢板	403
九、热轧扁钢	330	二十六、压力容器用钢板	407
十、优质结构钢冷拉扁钢	332	二十七、焊接气瓶用钢板	412
十一、热轧等边角钢	334	二十八、汽车制造用优质碳素结构 热轧钢板和钢带	413
十二、热轧不等边角钢	337	二十九、深冲压用冷轧薄钢板和钢带	414
十三、不锈钢热轧等边角钢	341	三十、工业链条用冷轧钢带	416
十四、工字钢	344	三十一、单张热镀锌薄钢板	417
十五、槽钢	346	三十二、连续电镀锌冷轧钢板及钢带	418
十六、轻轨	348	三十三、电镀锡薄钢板和钢带	420
十七、起重机钢轨	349	三十四、热镀锌合金冷轧碳素钢板	422
十八、紧固件材料的选用及失效分析	350	三十五、电镀铅锡合金钢带	423
第六章 钢板和钢带	354	三十六、汽车冲压钢板的选用	425
一、热轧钢板和钢带的尺寸规格	354	三十七、新型钢板	426
二、冷轧钢板和钢带的尺寸规格	359	第七章 钢管	430
三、热连轧钢板和钢带的尺寸规格	363	一、结构用无缝钢管	431
四、钢板和钢带的理论质量	364	二、结构用不锈钢无缝钢管	452
五、碳素结构钢和低合金结构钢热轧薄钢板 和钢带	372	三、输送流体用无缝钢管	458
六、碳素结构钢和低合金结构钢热轧厚钢板 和钢带	372	四、低压流体输送用焊接钢管和低压流体输送 用镀锌焊接钢管	459
七、碳素结构钢和低合金结构钢热轧 钢带	372	五、流体输送用不锈钢无缝钢管	461
八、碳素结构钢冷轧钢带	373	六、流体输送用不锈钢焊接钢管	465
九、碳素结构钢和低合金钢冷轧薄钢板 和钢带	375	七、不锈钢小直径钢管	469
十、优质碳素结构钢热轧薄钢板和钢带	375	八、冷拔或冷轧精密无缝钢管	470
十一、优质碳素结构钢热轧厚钢板和 宽钢带	376	九、直缝电焊钢管	475
十二、优质碳素结构钢冷轧薄钢板和 钢带	378	十、双层卷焊钢管	480
十三、一般结构用热连轧钢板和钢带	380	十一、低、中压锅炉用无缝钢管	481
十四、合金结构钢热轧厚钢板	381	十二、高压锅炉用无缝钢管	482
十五、合金结构钢薄钢板	382	十三、锅炉、热交换器用不锈钢无缝 钢管	493
十六、高强度结构钢热处理和控轧钢板、 钢带	383	十四、船舶用碳钢无缝钢管	497
		十五、液压和气动缸筒用精密内径无缝 钢管	499
		十六、锅炉用钢的选用	501
		第八章 钢丝	503

一、冷拉圆钢丝、方钢丝、六角钢丝的 尺寸规格	505	十、非机械弹簧用碳素弹簧钢丝	520
二、一般用途低碳钢丝	508	十一、油淬火-回火碳素弹簧钢丝	520
三、重要用途低碳钢丝	510	十二、油淬火-回火硅锰合金弹簧钢丝	521
四、优质碳素结构钢丝	511	十三、硅锰弹簧钢丝	523
五、合金结构钢丝	512	十四、铬硅弹簧钢丝	523
六、碳素工具钢丝	515	十五、弹簧用不锈钢丝	524
七、高速工具钢丝	515	十六、冷顶锻用碳素钢丝	526
八、碳素弹簧钢丝	516	十七、冷顶锻用合金钢丝	527
九、重要用途碳素弹簧钢丝	518	十八、冷顶锻用不锈钢丝	528
		十九、弹簧材料的选用	530

第二篇 有色金属材料

第九章 有色金属材料的基本知识	533	二十、锡青铜带	627
一、有色金属材料的分类	533	二十一、白铜带	628
二、有色金属材料的性能	536	二十二、纯铜箔	630
三、有色金属及其合金产品的牌号 表示方法	540	二十三、黄铜箔	630
四、有色金属热处理及化学元素对有色 金属性能的影响	546	二十四、青铜箔	631
五、常用术语	551	二十五、电解铜箔	632
六、有色金属材料的理论质量计算	562	二十六、一般用途的加工铜及铜合金无缝圆形 管材外形尺寸及允许偏差	633
七、有色金属的储运管理	564	二十七、铜及铜合金拉制管	639
第十章 铜及铜合金	567	二十八、铜及铜合金挤制管	640
一、加工纯铜	568	二十九、铜及铜合金毛细管	641
二、加工黄铜	571	三十、铜及铜合金散热扁管	644
三、加工青铜	583	三十一、热交换器用铜合金无缝管	646
四、加工白铜	600	三十二、压力表用锡青铜管	649
五、纯铜板	606	三十三、铜棒及铜线的理论质量	650
六、黄铜板	608	三十四、铜及铜合金拉制棒	656
七、复杂黄铜板	611	三十五、铜及铜合金挤制棒	659
八、铝青铜板	612	三十六、纯铜线	664
九、锡青铜板	613	三十七、黄铜线	664
十、锡锌铅青铜板	614	三十八、青铜线	668
十一、普通白铜板	615	三十九、铜及铜合金扁线	670
十二、锌白铜板	617	四十、铸造铜合金	671
十三、铜阳极板	618	四十一、压铸铜合金	682
十四、水箱水室用黄铜板带	619	四十二、铜及铜合金的选用	683
十五、纯铜带	620	第十一章 铝及铝合金	686
十六、黄铜带	621	一、变形铝及铝合金	687
十七、散热器散热片专用纯铜带、 黄铜带	623	二、铝及铝合金板、带材的尺寸 允许偏差	710
十八、青铜带	624	三、铝及铝合金轧制板材	716
十九、铝青铜带	626	四、铝及铝合金热轧带材	729
		五、铝及铝合金冷轧带材	730

六、铝合金箔	737	七、钛及钛合金的选用	820
七、电解电容器用铝箔	739	第十四章 镍及镍合金	821
八、铝及铝合金管材的尺寸规格	739	一、加工镍及镍合金	821
九、铝及铝合金热挤压管	752	二、镍及镍合金板	825
十、工业用铝及铝合金拉(轧)制管	753	三、镍阳极板	828
十一、铝及铝合金挤压棒材	756	四、镍及镍铜合金管	829
十二、导电用铝线	759	五、镍及镍铜合金棒	829
十三、铆钉用铝及铝合金线材	761	六、镍铜合金线	831
十四、铸造铝合金	762	第十五章 锌及锌合金	832
十五、压铸铝合金	773	一、加工锌及锌合金	832
十六、铝及铝合金的选用	774	二、锌阳极板	833
第十二章 镁及镁合金	776	三、电池锌板	834
一、加工镁合金	776	四、铸造锌合金	834
二、镁合金板	780	五、压铸锌合金	836
三、镁合金热挤压棒	782	第十六章 铅及铅合金	838
四、铸造镁合金	786	一、加工铅及铅合金	838
五、压铸镁合金	790	二、铅及铅铋合金板	841
第十三章 钛及钛合金	791	三、铅阳极板	843
一、加工钛及钛合金	791	四、铅及铅铋合金管	843
二、钛及钛合金板材	804	五、铅及铅铋合金棒	846
三、钛及钛合金管	809	六、铅及铅铋合金线	848
四、钛及钛合金棒材	812	七、保险铅丝	849
五、钛及钛合金丝	816	八、铅及铅合金的选用	849
六、铸造钛及钛合金	817		

第三篇 有机高分子材料

第十七章 橡胶及其制品	852	十七、工业用橡胶板	902
一、橡胶及其制品的基本知识	852	十八、电绝缘橡胶板	903
二、普通V带和窄V带	867	十九、设备防腐衬里用橡胶板	904
三、工业用变速宽V带	875	二十、橡胶的选用	906
四、工业用多楔带及带轮尺寸	877	第十八章 塑料及其制品	913
五、同步带	880	一、塑料及其制品的基本知识	913
六、平带	886	二、尼龙1010棒材	939
七、运输带	887	三、聚四氟乙烯棒材	940
八、普通用途织物芯输送带	888	四、浇注型工业有机玻璃棒材	942
九、常用胶管的规格尺寸	891	五、流体输送用热塑性塑料管材的尺寸规格	943
十、输水、通用橡胶胶管	893	六、硬聚氯乙烯管材	944
十一、压缩空气橡胶软管	894	七、化工用硬聚氯乙烯管材	945
十二、蒸汽胶管	896	八、给水用聚氯乙烯管材	948
十三、氧气、乙炔橡胶软管	897	九、给水用高密度聚乙烯管材	954
十四、耐稀酸碱橡胶软管	897	十、聚四氟乙烯管材	956
十五、喷砂橡胶软管	899	十一、浇注型工业有机玻璃管材	960
十六、液化石油气橡胶软管	901		

十二、流体输送用软聚氯乙烯管	962	二十一、电子元件漆	1065
十三、硬质聚氯乙烯层压板材	963	二十二、电冰箱用磁漆	1066
十四、硬质聚氯乙烯挤出板材	965	二十三、F04-1 各色酚醛磁漆	1066
十五、改性聚丙烯挤出板材	966	二十四、各色醇酸磁漆	1067
十六、高抗冲聚苯乙烯挤出板材	967	二十五、C04-83 各色醇酸无光磁漆	1068
十七、ABS 塑料挤出板材	968	二十六、各色氨基烘干磁漆	1069
十八、聚四氟乙烯板材	968	二十七、A04-60 各色氨基半光烘干 磁漆	1071
十九、浇注型工业有机玻璃板材	970	二十八、A04-81 各色氨基无光烘干 磁漆	1071
二十、浇注型珠光有机玻璃板材	971	二十九、各色硝基外用磁漆	1072
二十一、高密度聚乙烯吹塑薄膜	972	三十、各色过氯乙烯磁漆	1073
二十二、电气绝缘用聚酯薄膜	975	三十一、各色聚氨酯磁漆(双组分)	1074
二十三、聚四氟乙烯薄膜	977	三十二、F11-95 各色酚醛油烘干 电泳底漆	1075
二十四、工程塑料的选用	982	三十三、H11-51 各色环氧酯烘干 电泳漆	1076
第十九章 胶粘剂	995	三十四、L50-1 沥青耐酸漆	1076
一、胶粘剂的基本知识	995	三十五、过氯乙烯防腐漆	1077
二、通用胶粘剂	1014	三十六、F53-31 红丹酚醛防锈漆	1077
三、结构胶粘剂	1016	三十七、C53-31 红丹醇酸防锈漆	1078
四、特种胶粘剂	1019	三十八、W61-55 铝粉有机硅烘干耐 热漆	1078
五、厌氧胶	1024	三十九、W61-34 草绿有机硅耐热漆	1079
六、密封胶	1029	四十、涂料的选用	1079
七、胶粘剂的选用	1031	第二十一章 润滑材料	1092
第二十章 涂料	1038	一、润滑材料的基本知识	1092
一、涂料的基本知识	1038	二、机械油	1110
二、A01-1、A01-2 氨基烘干清漆	1052	三、工业闭式齿轮油	1110
三、醇酸清漆	1052	四、重负荷工业齿轮油	1111
四、聚氨酯清漆(分装)	1053	五、硫磷型重负荷齿轮油	1112
五、硝基清漆	1054	六、4403 号合成齿轮油	1112
六、丙烯酸清漆	1055	七、L-CKE 蜗轮蜗杆油	1113
七、各色醇酸调合漆	1055	八、L-CKE/P 蜗轮蜗杆油	1114
八、自行车用底漆	1056	九、普通开式齿轮油	1115
九、机床底漆	1057	十、普通车辆齿轮油	1116
十、汽车用底漆	1057	十一、L-CLE 重负荷车辆齿轮油	1116
十一、F06-9 锌黄、铁红纯酚醛底漆	1058	十二、轴承油	1118
十二、C06-1 铁红醇酸底漆	1059	十三、精密机床主轴润滑油	1120
十三、Q06-4 各色硝基底漆	1059	十四、导轨油	1120
十四、锌黄、铁红过氯乙烯底漆	1060	十五、汽油机油	1121
十五、X06-1 乙烯磷化底漆(分装)	1060	十六、CC 柴油机油	1123
十六、B06-2 镉黄丙烯酸底漆	1061	十七、CD 柴油机油	1124
十七、H06-2 铁红、锌黄、铁黑环氧酯 底漆	1061		
十八、自行车用面漆	1062		
十九、机床面漆	1063		
二十、各色汽车用面漆	1064		

十八、空气压缩机油	1125	二十八、钠基润滑脂	1133
十九、轻负荷喷油回转式空气压缩 机油	1126	二十九、通用锂基润滑脂	1133
二十、4502号合成压缩机油	1126	三十、合成锂基润滑脂	1134
二十一、矿物油型真空泵油	1127	三十一、极压锂基润滑脂	1135
二十二、矿物油型扩散泵油	1128	三十二、复合钙基润滑脂	1135
二十三、增压泵油	1129	三十三、复合锂基润滑脂	1136
二十四、冷冻机油	1130	三十四、极压复合锂基润滑脂	1136
二十五、钙基润滑脂	1132	三十五、钙钠基润滑脂	1137
二十六、合成钙基润滑脂	1132	三十六、汽车通用润滑脂	1137
二十七、石墨钙基润滑脂	1133	三十七、中小型电机轴承润滑脂	1138
		三十八、钢丝绳用润滑脂	1139
		三十九、润滑材料的选用	1139

第四篇 无机非金属材料

第二十二章 陶瓷制品	1153	九、陶瓷的选用	1173
一、陶瓷的基本知识	1153	附录	1174
二、耐酸砖	1158	附录 A 中国钢铁生产企业名录	1174
三、耐酸耐温砖	1160	附录 B 中国有色金属生产企业名录	1177
四、化工陶管及配件	1162	附录 C 常用计量单位(新旧) 对照换算	1180
五、热电偶瓷套管	1167	附录 D 符号表	1181
六、高温、高强度、耐磨、耐腐蚀陶瓷	1169	主要参考文献	1184
七、过滤陶瓷	1170		
八、透明陶瓷	1172		

第一篇 钢铁材料

钢铁材料又称黑色金属材料，它是工业中应用最广、用量最多的金属材料。

钢铁是钢和生铁的统称，它们都是以铁和碳为主要元素组成的合金。钢中碳的质量分数小于2%，而生铁中碳的质量分数大于2%。生铁主要用于炼钢，少部分用于铸造零件，前者称为炼钢生铁，后者称为铸造生铁。

钢铁的品种、规格繁多，为了方便生产和使用，国家标准局、各专业部局以及各省、市及生产厂的质检部门对钢铁的品种、规格、质量、性能、化学成分和牌号、标记等都制定了不同级别的标准加以规范。生产厂必须按照相关标准组织生产和检验，使用单位则应按照相关标准选用，并进行复核检测。

第一章 钢铁材料的基本知识

一、钢铁材料的分类

1. 铸铁的分类

碳的质量分数 (w_C) 超过2% (一般为2.5%~3.5%) 的铁碳合金称为铸铁。铸铁是用铸造生铁经

冲天炉等设备重熔，用于浇注机器零件。铸铁的分类见表1-1。

2. 钢的分类

碳的质量分数 (w_C) 不大于2%的铁碳合金称为钢。钢的分类见表1-2。

表 1-1 铸铁的分类

分类方法	分类名称	说明
1. 按断面颜色分	(1) 灰铸铁	这种铸铁中的碳大部或全部以自由状态的片状石墨形式存在，其断面呈暗灰色，故称为灰铸铁。它有一定的力学性能和良好的被切削加工性，是工业上应用最普遍的一种铸铁
	(2) 白口铸铁	白口铸铁是组织中完全没有或几乎没有石墨的一种铁碳合金，其中碳全部以渗碳体形式存在，断面呈白亮色，因而得名。这种铸铁硬而且脆，不能进行切削加工，工业上很少直接应用它来制作机械零件。在机械制造中，有时仅利用它来制作需要耐磨而不承受冲击载荷的机件，如拉丝板、球磨机的铁球等，或用激冷的办法制作内部为灰铸铁组织、表层为白口铸铁组织的耐磨零件，如火车轮圈、轧辊、犁铧等。这种铸铁具有很高的表面硬度和耐磨性，通常又称为激冷铸铁或冷硬铸铁
	(3) 麻口铸铁	这是介于白口铸铁和灰铸铁之间的一种铸铁，它的组织由珠光体+渗碳体+石墨组成，断面呈灰白相间的麻点状，故称麻口铸铁，这种铸铁性能不好，极少应用
2. 按化学成分分	(1) 普通铸铁	普通铸铁是指不含任何合金元素的铸铁，一般常用的灰铸铁、可锻铸铁、激冷铸铁和球墨铸铁等，都属于这一类铸铁
	(2) 合金铸铁	它是在普通铸铁内有意识地加入一些合金元素，借以提高铸铁某些特殊性能而配制成的一种高级铸铁，如各种耐蚀、耐热、耐磨的特殊性能铸铁，都属于这一类型的铸铁

(续)

分类方法	分类名称	说明
3. 按生产方法和组织性能分	(1) 普通灰铸铁	(参见“灰铸铁”)
	(2) 孕育铸铁	孕育铸铁又称变质铸铁,它是在灰铸铁的基础上,采用“变质处理”,即是在铁液中加入少量的变质剂(硅铁或硅钙合金),造成人工晶核,使其能获得细晶粒的珠光体和细片状石墨组织的一种高级铸铁。这种铸铁的强度、塑性和韧性均比一般灰铸铁要好得多,组织也较均匀一致,主要用来制造力学性能要求较高而截面尺寸变化较大的大型铸件
	(3) 可锻铸铁	可锻铸铁是由一定成分的白口铸铁经石墨化退火而成,其中碳大部或全部呈团絮状石墨的形式存在,由于其对基体的破坏作用,较之片状石墨大大减轻,因而比灰铸铁具有较高的韧性,故又称韧性铸铁。可锻铸铁实际并不可锻造,只不过具有一定的塑性而已,通常多用来制造承受冲击载荷的铸件
	(4) 球墨铸铁	球墨铸铁简称球铁。它是通过在浇铸前在铁液中加入一定量的球化剂(如纯镁或其合金)和墨化剂(硅铁或硅钙合金),以促进碳呈球状石墨结晶而获得的。由于石墨呈球形,应力大为减轻,它主要减小金属基体的有效截面积,因而这种铸铁的力学性能比普通灰铸铁高得多,也比可锻铸铁好;此外,它还具有比灰铸铁好的焊接性和接受热处理的性能;和钢相比,除塑性、韧性稍低外,其他性能均接近,是一种同时兼有钢和铸铁优点的优良材料,因此在机械工程上获得了广泛的应用
	(5) 蠕墨铸铁	蠕墨铸铁是通过往铁水中加入蠕化剂(稀土硅铁镁合金)和孕育剂,使其中的碳大部分或全部以游离的蠕虫状石墨形态存在而得到。与片状石墨相比,蠕虫状石墨的长/宽比明显减小,端部变圆变钝。蠕墨铸铁的抗拉强度、伸长率、弹性模量、弯曲疲劳强度均优于灰铸铁,接近于铁素体基的球墨铸铁。其导热性、铸造性、切削加工性均优于球墨铸铁,与灰铸铁相近,具有良好的综合性能。主要用在一些受热循环载荷的铸件、组织致密零件以及一些结构复杂,而设计又要求高强度的铸件
	(6) 特殊性能铸铁	这是一组具有某些特性的铸铁,根据用途的不同,可分为耐磨铸铁、耐热铸铁、耐蚀铸铁等。这类铸铁大部分都属于合金铸铁,在机械制造上应用也较为广泛

表 1-2 钢的分类

分类方法	分类名称	说明
1. 按冶炼方法分	(1) 按冶炼设备分	
	1) 平炉钢	平炉钢是指用平炉炼钢法所炼制出来的钢,按炉衬材料的不同,分酸性和碱性两种,一般平炉都是碱性的,只有特殊情况下才在酸性平炉内炼制。平炉炼钢法具有原料范围宽,设备能力大、品种多、质量好等优点,在 20 世纪 50 年代前,平炉钢在世界总产量中占绝对优势,以后由于氧气顶吹转炉炼钢法的出现很快使平炉相形见绌,现在世界各国都有停建平炉的趋势。平炉钢的主要品种是普碳钢、低合金钢和优质碳素钢
	2) 转炉钢	转炉钢是指用转炉炼钢法所炼制出来的钢,除分为酸性和碱性转炉钢外,还可分为底吹、侧吹、顶吹和空气吹炼、纯氧吹炼等转炉钢。它们常常混合使用,例如:贝氏炉钢为底吹酸性转炉钢,托马斯钢为底吹碱性转炉钢。我国现在大量生产的为侧吹碱性转炉钢和氧气顶吹转炉钢,氧气顶吹转炉钢具有生产速度快、质量高、成本低、投资少、基建快等一系列优点,是当代炼钢的主要方法。转炉钢的主要品种是普碳钢,氧气顶吹转炉亦生产优质碳素钢和合金钢
	3) 电炉钢	电炉钢是指用电炉炼钢法所炼制出来的钢,可分为电弧炉钢、感应电炉钢、真空感应电炉钢、电渣炉钢、真空自耗炉钢、电子束炉钢等。工业上大量生产的,主要是碱性电弧炉钢,品种是优质钢和合金钢

(续)

分类方法	分类名称	说明
1. 按冶炼方法分	(2) 按脱氧程度和浇注制度分	1) 沸腾钢 这是脱氧不完全的钢, 浇注时在钢锭模里产生沸腾, 因而得名, 其特点是收得率高、成本低、表面质量及深冲性能好; 但成分偏析大、质量不均匀, 抗腐蚀性和机械强度较差。这类钢大量用以轧制普通碳素钢的型钢和钢板
		2) 镇静钢 它是脱氧完全的钢, 在浇注时钢液镇静, 没有沸腾现象, 所以称镇静钢。其特点是成分偏析少、质量均匀, 但金属的收得率低(缩孔多), 成本比较高。一般合金钢和优质碳素钢都是镇静钢
		3) 半镇静钢 它是脱氧程度介于沸腾钢和镇静钢之间的钢, 浇注时沸腾现象较沸腾钢弱。钢的质量、成本和收得率也介于沸腾钢和镇静钢之间。它的生产较难控制, 故目前在钢的生产中所占比重不大
2. 按化学成分分	(1) 碳素钢	<p>碳素钢是指含碳量 w_C 低于 2%, 并含有少量锰、硅、硫、磷、氧等杂质元素的铁碳合金。按其含碳量的不同可分为:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 工业纯铁——为含碳量 $w_C \leq 0.04\%$ 的铁碳合金 2) 低碳钢——为含碳量 $w_C \leq 0.25\%$ 的钢 3) 中碳钢——为含碳量 $w_C > 0.25\% \sim 0.60\%$ 的钢 4) 高碳钢——为含碳量 $w_C > 0.60\%$ 的钢 <p>此外, 按照钢的质量和用途的不同, 碳素钢通常又分为: 普通碳素结构钢、优质碳素结构钢和工具碳素钢三大类</p>
	(2) 合金钢	<p>合金钢是指在碳素钢的基础上, 为了改善钢的性能, 在冶炼时特意加入一些合金元素(如铬、镍、硅、锰、钨、钼、钒、钛、硼……等)而炼成的钢</p> <p>按其合金元素的种类不同, 可分为: 铬钢、锰钢、铬锰钢、铬镍钢、铬铜钢、硅锰钢、硅锰钨钢、铬镍钨钢、钨钒硼钢……等许多钢组</p> <p>按其合金元素的总含量, 可分为:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 低合金钢——这类钢的合金元素总质量分数 $\leq 5\%$ 2) 中合金钢——这类钢的合金元素总质量分数 $> 5\% \sim 10\%$ 3) 高合金钢——这类钢的合金元素总质量分数 $> 10\%$ <p>按照钢中主要合金元素的种类, 又可分为:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 三元合金钢——指除铁、碳以外, 还含有另一种合金元素的钢, 如锰钢、铬钢、硼钢、钨钢、硅钢、镍钢等 2) 四元合金钢——指除铁、碳以外, 还含有另外两种合金元素的钢, 如: 硅锰钢、锰硼钢、铬锰钢、铬镍钢……等 3) 多元合金钢——指除铁、碳以外, 还含有另外三种或三种以上合金元素的钢, 如: 铬锰钛钢、硅锰钨钢……等
3. 按用途分	(1) 结构钢	<p>1) 建筑及工程用结构钢</p> <p>建筑及工程用结构钢, 简称建造用钢, 它是指用于建筑、桥梁、船舶、锅炉或其他工程上制作金属结构件的钢。这类钢大多为低碳钢, 因为它们多要经过焊接施工, 含碳量不宜过高, 一般都是在热轧供应状态或正火状态下使用</p> <p>属于这一类型的钢, 主要有:</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 普通碳素结构钢——按用途又分为: a. 一般用途的普碳钢 b. 专用普碳钢 ② 低合金钢——按用途又分为: a. 低合金结构钢 b. 耐腐蚀用钢 c. 低温用钢 d. 钢筋钢 e. 钢轨钢 f. 耐磨钢 g. 特殊用途的专用钢

(续)

分类方法	分类名称	说明
3. 按用途分	(1) 结构钢 2) 机械制造用结构钢	机械制造用结构钢是指用于制造机械设备上结构零件的钢。这类钢基本上都是优质钢或高级优质钢,它们往往要经过热处理、冷塑成形和机械切削加工后才能使用 属于这一类型的钢,主要有: <div style="display: flex; align-items: center; margin-left: 40px;"> <div style="margin-right: 10px;"> ① 优质碳素结构钢 ② 合金结构钢 ③ 易切结构钢 ④ 弹簧钢 ⑤ 滚动轴承钢 </div> <div style="margin-right: 10px;">按其工艺特征</div> <div style="margin-right: 10px;">分为</div> <div style="margin-right: 10px;"> 调质结构钢 表面硬化结构钢 冷塑性成形用钢(如冷冲压钢、冷镦钢、冷挤压用钢等) </div> <div style="margin-right: 10px;"> 渗碳钢 氮化钢 碳氮共渗钢 表面淬火用钢 </div> </div>
	(2) 工具钢	工具钢是指用于制造各种工具的钢 这类钢按其化学成分,通常分为:1)碳素工具钢 2)合金工具钢 3)高速钢 按照用途又可分为:1)刀具钢(或称刀具钢) 2)模具钢(包括冷作模具钢和热作模具钢) 3)量具钢
	(3) 特殊钢	特殊钢是指用特殊方法生产、具有特殊物理、化学性能或力学性能的钢 属于这一类型的钢主要有:1)不锈钢耐酸钢 2)耐热不起皮钢 3)高电阻合金 4)低温用钢 5)耐磨钢 6)磁钢(包括硬磁钢和软磁钢) 7)抗磁钢 8)超高强度钢(指 $\sigma_b \geq 1400\text{MPa}$ 的钢)
	(4) 专业用钢	这是指各个工业部门专业用途的钢。例如:农机用钢、机床用钢、重型机械用钢、汽车用钢、航空用钢、宇航用钢、石油机械用钢、化工机械用钢、锅炉用钢、电工用钢、焊条用钢……等
4. 按金相组织分	(1) 按退火后的金相组织分	1) 亚共析钢 含碳量 w_C 小于 0.80%, 组织为游离铁素体 + 珠光体
		2) 共析钢 含碳量 w_C 为 0.80%, 组织全部为珠光体
		3) 过共析钢 含碳量 w_C 大于 0.80%, 组织为游离碳化物 + 珠光体
		4) 莱氏体钢 实际上也是过共析钢,但其组织为碳化物和奥氏体的共晶体,通常把它另分为一类
	(2) 按正火后的金相组织分	1) 珠光体钢、贝氏体钢 当合金元素含量较少,于空气中冷却可得到珠光体或索氏体、托氏体的,就属于珠光体钢,若得到贝氏体组织的,就属于贝氏体钢
		2) 马氏体钢 当合金元素含量较高,于空气中冷却,可得到马氏体组织的,称为马氏体钢
		3) 奥氏体钢 当合金元素含量很多时,在空气中冷却,奥氏体直到室温仍不转变的,称为奥氏体钢
		4) 碳化物钢 当含碳量较高并含有大量碳化物组成元素时,于空气中冷却,可得到由碳化物及其基体组织(珠光体或马氏体、奥氏体)所构成的混合物组织的,称为碳化物钢。最典型的碳化物钢是高速钢

(续)

分类方法	分类名称	说明
4. 按金相组织分	(3) 按加热、冷却时有无相变和室温时的金相组织分	
	1) 铁素体钢	这类钢含碳量很低并含有多量的形成或稳定铁素体的元素,如铬、硅等,以致加热或冷却时,始终保持铁素体组织
	2) 半铁素体钢	这类钢含碳量较低并含有较多的形成或稳定铁素体的元素(如铬、硅),在加热或冷却时,只有部分发生 $\alpha \rightleftharpoons \gamma$ 相变,其他部分始终保持 α 相的铁素体组织
	3) 半奥氏体钢	这类钢含有一定的形成或稳定奥氏体的元素(如镍、锰),以致在加热或冷却时,只有部分发生 $\alpha \rightleftharpoons \gamma$ 相变,其他部分始终保持 γ 相的奥氏体组织
	4) 奥氏体钢	这类钢含有多量的形成或稳定奥氏体的元素,如锰、镍等,以致加热或冷却时,始终保持奥氏体组织
5. 按品质分	(1) 普通钢	这类钢含杂质元素较多,其中 w_p 与 w_s 均被限制在 0.07% 以内,主要用做建筑结构和要求不太高的机械零件,属于这一类的钢如:普通碳素钢、低合金结构钢等
	(2) 优质钢	这类钢含杂质元素较少,质量较好,其中硫与磷的含量 w_s 、 w_p 均被限制在 0.04% 以内,主要用做机械结构零件和工具。属于这一类的钢有:优质碳素结构钢、合金结构钢、碳素工具钢和合金工具钢、弹簧钢、轴承钢等
	(3) 高级优质钢	这类钢含杂质元素极少,其中硫、磷含量 w_s 、 w_p 均被限制在 0.03% 以内,主要用做重要的机械结构零件和工具,属于这一类的钢,大多是合金结构钢和工具钢,为了区别于一般优质钢,这类钢的钢号后面,通常加符号“A”或汉字“高”以便识别
6. 按制造加工形式分	(1) 铸钢	铸钢是指采用铸造方法而生产出来的一种钢铸件,其含碳量 w_c 一般在 0.15% ~ 0.60% 之间。铸钢件由于铸造性能差,常常需要用热处理和合金化等方法来改善其组织和性能,在机械制造业中,铸钢主要用于制造一些形状复杂、难于进行锻造或切削加工成形而又要求较高的强度和塑性的零件。按照化学成分,铸钢一般分为铸造碳钢和铸造合金钢两大类;按照用途,铸钢又可分为铸造结构钢、铸造特殊钢和铸造工具钢三大类
	(2) 锻钢	锻钢是指采用锻造方法而生产出来的各种锻材和锻件,锻钢件的质量比铸钢件高,能承受大的冲击力作用,塑性、韧性和其他方面的力学性能也都比铸钢件高,所以凡是一些重要的机器零件都应当采用锻钢件。在冶金工厂,某些截面较大的型钢,也采用锻造方法,生产和供应一定规格的锻材,如锻制圆钢、方钢和扁钢等
	(3) 热轧钢	热轧钢是指用热轧方法而生产出来的各种热轧钢材。大部分钢材都是采用热轧轧成的,热轧常用来生产型钢、钢管、钢板等大型钢材,也用于轧制线材
	(4) 冷轧钢	冷轧钢是指用冷轧方法而生产出来的各种冷轧钢材。与热轧钢相比,冷轧钢的特点是表面光洁、尺寸精确、力学性能好。冷轧常用来轧制薄板、钢带和钢管
	(5) 冷拔钢	冷拔钢是指用冷拔方法而生产出来的各种冷拔钢材,冷拔钢的特点是:精度高、表面质量好。冷拔主要用于生产钢丝,也用于生产直径在 50mm 以下的圆钢和六角钢,以及直径在 76mm 以下的钢管

二、金属材料的性能

金属材料的本质不发生变化所表现的性能,称为物理性能,包括密度、熔点、导热性、导电性、磁性等。

1. 物理性能

金属材料的物理性能见表 1-3。

表 1-3 金属材料的物理性能

名称	符号	单位	含义
1. 密度	γ	g/cm^3	密度就是某种物质单位体积的质量
2. 热性能	(1) 熔点	$^{\circ}\text{C}$	金属材料由固态转变为液态时的熔化温度
	(2) 比热容	$\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$	单位质量的某种物质,在温度升高 1°C 时吸收的热量或温度降低 1°C 时所放出的热量
	(3) 热导率	$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$	在单位时间内,当沿着热流方向的单位长度上温度降低 1°C 时,单位面积容许导过的热量
	(4) 线胀系数	α_L	$10^{-6}/\text{K}$ 金属温度每升高 1°C 所增加的长度与原来长度的比值。随温度增高,线胀系数值增大,钢的线胀系数值一般在 $(10\sim 20)\times 10^{-6}$ 的范围内
3. 电性能	(1) 电阻率	ρ	$\Omega\cdot\text{m}$ 是表示物体导电性能的一个参数。它等于 1m 长,横截面积为 1mm^2 的导线两端间的电阻。也可用一个单位立方体的两平行端面间的电阻表示
	(2) 电阻温度系数	α_p	$1/^{\circ}\text{C}$ 温度每升降 1°C ,材料电阻率的改变量与原电阻率之比,称为电阻温度系数
	(3) 电导率	κ	S/m 或 $\% \text{ IACS}$ 电阻率的倒数叫电导率。在数值上它等于导体维持单位电位梯度时,流过单位面积的电流
4. 磁性	(1) 磁导率	μ	H/m 是衡量磁性材料磁化难易程度的性能指标,它是磁性材料中的磁感应强度(B)和磁场强度(H)的比值。磁性材料通常分为:软磁材料(μ 值甚高,可达数万)和硬磁材料(μ 值在 1 左右)
	(2) 磁感应强度	B	T 在磁介质中的磁化过程,可以看作在原先的磁场强度(H)上再加上一个由磁化强度(J)所决定的、数量等于 $4\pi J$ 的新磁场,因而在磁介质中的磁场 $B = H + 4\pi J$,叫做磁感应强度
	(3) 磁场强度	H	A/m 导体中通过电流,其周围就产生了磁场。磁场对原磁矩或电流产生作用力的大小为磁场强度的表征
	(4) 矫顽力	H_C	A/m 样品磁化到饱和后,由于有磁滞现象,欲使磁感应强度减为零,须施加一定的负磁场 H_C , H_C 就称为矫顽力
	(5) 铁损	P	W/kg 铁磁材料在动态磁化条件下,由于磁滞和涡流效应所消耗的能量

2. 化学性能

一般包括耐腐蚀性、抗氧化性和化学稳定性。金属材料的化学性能见表 1-4。

金属材料的化学性能,是指金属材料在室温或高温条件下抵抗各种腐蚀性介质对其化学侵蚀的能力,