

机械冷热加工的桥梁书籍
机械设计选材必备工具书

机械零件 选材及热处理 设计手册

张玉庭 等编著

机械零件选材及热处理 设计手册

张玉庭 等编著



机械工业出版社

本手册是机械零件设计选材及确定热处理技术条件的工具书，也是一本介于机械冷、热加工之间的桥梁工具书。

全书内容包括机械零件选材和热处理方法选择原则，各种材料和热处理技术要求在图样上标注的方法及工艺路线安排。本手册重点突出对汽车和其他不同用途的齿轮、轴杆、弹簧、轴承、紧固件五大类机械基础零件的选材和热处理技术要求的详细介绍。同时还介绍了高铁、船舶及海洋工程、石化、冶金、矿山、建筑、农机具、电机电器、机床、工模具和工业炉窑等零件的选材和热处理技术条件确定。

本手册内容系统全面，技术数据可靠，标准最新，具有实用性、知识性和自学性，是一本机电产品设计人员不可多得的必备工具书。

本手册可供机电产品设计人员，特别是年轻技术人员选择材料及热处理工艺方法使用。也可供金属材料及热处理技术人员和其他科研人员、设计人员、工艺人员和相关专业的在校师生参考。

图书在版编目（CIP）数据

机械零件选材及热处理设计手册/张玉庭等编著. —北京：机械工业出版社，2013. 12

ISBN 978-7-111-44482-4

I. ①机… II. ①张… III. ①机械元件—金属材料—技术手册②机械元件—热处理—技术手册 IV. ①TH13-62②TG162. 7-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2013）第 249137 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：何月秋 责任编辑：何月秋 王彦青

版式设计：霍永明 责任校对：陈延翔 刘怡丹

封面设计：张 静 责任印制：

印刷厂印刷

2014 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·64.5 印张·3 插页·1857 千字

0001— 册

标准书号：ISBN 978-7-111-44482-4

定价： 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心：(010) 88361066 教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售一部：(010) 68326294 机工官网：<http://www.cmpbook.com>

销售二部：(010) 88379649 机工官博：<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线：(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

近半个世纪的工作过程中，每当接触到刚参加工作的年轻产品设计师，就发现他们图画好了，怎么选材却拿不定主意，大部分人不知道用什么热处理方法。过去学校的“材料成型专业”将“金属材料热处理”作为选修课，如今高校的“宽基础、大专业”又取消了原来的热处理专业，合并到了“材料加工与成型”专业，这都给年轻产品设计师们的工作带来了不少困难。我看在眼里，急在心头，出于对后生的关爱，早已暗下决心，一定要把这本介于冷、热加工之间的《机械零件选材及热处理设计手册》写出来。经过多年的酝酿，搜集整理了大量的资料，如今，在机械工业出版社的大力支持下，这本手册终于和读者见面了。

这本手册内容全部来源于生产实际，取之于产品图样，工艺文件，国家标准、部颁标准、行业和企业标准，都是珍贵的实用的技术资料。

由于热处理基础理论性较强，本手册只在关键的地方画龙点睛，简明扼要地说清原理，力求通俗易懂。

全书共十八章，前三章介绍了选材原则，材料在图样上的标注方法，热处理技术要求在图样上的表示方式，材料的硬度、金相组织和切削加工的关系。第四章到第八章，重点介绍了汽车和其他用途的齿轮、轴、弹簧、轴承、紧固件五大基础件的选材和热处理技术要求。第九章到第十章详细介绍了高铁、船舶和海洋工程及汽车冲压件用材的具体选用，特别对轿车覆盖件和被动安全件选用的高强度钢板和涂层钢板进行了全面系统地叙述。第十一章到第十七章对冶金、矿山、石化、建筑、农机、机床电气、工模具等部门极重要的机械零件的选材和热处理作了介绍。第十八章介绍了工业炉窑用电热材料、耐火材料和保温材料的选材及热处理。对国外的先进材料和热处理工艺方法也一并作了介绍。

由于不锈钢已广泛运用到高铁、船舶、汽车、化工等各领域，本手册也在相关章节进行了详细介绍。

本书主要由研究员级高级工程师张玉庭编写，同时参加编写的还有杨和芳、张伟、王朋。

由于手册内容涉及面广，编者技术水平有限，手册难免存在这样那样的缺点，恳请广大读者批评指正。

对所有支持、关心本书的编写工作，提供标准、资料的同志，以及机械工业出版社的大力支持，在此表示衷心的感谢。

张玉庭于南京

目 录

前言	41
第一章 机械零件选材原则及材料在图样上的标注方法	1
第一节 机械零件的选材原则	1
一、选材要保证零件的机械性能	1
二、选材要保证零件的工艺性能	1
三、选材要考虑性价比和经济性	2
第二节 选材和失效	3
一、机械零件的失效形式	3
二、机械零件失效的原因	4
第三节 选材的要求	4
一、选材的标准化	4
二、机械零件的系列化	5
三、零部件选材的通用化	5
四、模块化设计	7
第四节 选材和节能环保	9
一、控制污染大气的物质排放	9
二、控制工业废水排放	9
三、固体废弃物的处理、处置和利用	9
四、轿车座舱空气质量的控制	10
第五节 选材和轻量化	11
一、轻量化技术的优越性	11
二、实现轻量化的措施	11
三、机电产品轻量化技术的实现途径	12
四、汽车如何实现轻量化	12
第六节 选材和安全	13
一、汽车零件选材的安全性	13
二、压力容器选材的安全性	13
第七节 产品设计、选材和回收	14
一、机械零件设计与回收	14
二、回收和拆解	14
三、汽车材料回收标识和标记	15
第八节 材料在产品图样上的标注方法	16
一、一般原则	16
二、金属材料的标注方法	17
三、非金属材料的标注方法	38
第二章 机械零件热处理方法选择原则	41
第一节 预备热处理在零件成形过程中的选用	41
一、退火方法的选用	41
二、正火方法的选用	42
三、钢铁零件退火与正火	42
四、退火与正火工艺方法的选用原则	43
五、调质（淬火+高温回火）工艺应用原则	43
六、预备热处理在有色金属零件上的应用	44
第二节 最终热处理在机械零件设计时的选用	45
一、钢铁零件热处理技术要求	45
二、最终热处理在有色金属零件中的应用	46
三、最终热处理方法选用注意事项	48
第三节 高温化学热处理方法的选用	49
一、渗碳	49
二、碳氮共渗	52
第四节 低温化学热处理方法的选用	53
一、气体渗氮	53
二、离子渗氮	55
三、氮碳共渗	56
四、盐浴硫氮碳共渗	58
五、低温电解渗硫	58
六、低温化学热处理方法选用原则	59
第五节 感应淬火和火焰淬火的选用	61
一、概述	61
二、感应淬火	62
三、火焰淬火	63
第六节 表面强化和表面防护方法的选用	64
一、喷丸强化	64
二、滚压	65
三、表面清理除锈	66
四、各种表面强化效果比较	67
第七节 热处理零件的工艺性设计原则	69
一、热处理工艺设计考虑原则	69
二、淬硬性和淬透性设计考虑原则	69
三、钢的淬透性和淬硬性运用原则	71
四、钢的其他工艺性能考虑原则	74

五、零件结构设计的合理性	75	三、选材和热处理要求	120
六、感应淬火对零件结构设计的要求	79	第二节 齿轮的失效形式	121
第八节 热处理硬度确定和换算	81	一、轮齿折断	121
一、硬度概述	81	二、齿面点蚀	122
二、力学性能换算	82	三、齿面磨损	123
三、有色金属合金的硬度与强度	87	四、齿面胶合	123
四、主要有色金属与钢铁材料的耐蚀性	88	五、齿轮塑性变形	124
五、汽车零件的常用材料及热处理硬度		第三节 按齿面接触疲劳强度选材	125
规定	88	一、按软齿面齿轮的接触疲劳强度选材	125
第九节 选材和金相组织	90	二、按硬齿面齿轮的接触疲劳强度选材	126
一、晶体结构与性能间的关系	90	第四节 按轮齿弯曲疲劳强度选材	129
二、我国常用金相组织控制标准	91	一、按软齿面齿轮的弯曲疲劳强度选材	129
第三章 热处理技术要求在图样上的标注		二、按硬齿面齿轮的弯曲疲劳强度选材	129
及工艺路线安排	93	第五节 按齿轮钢的淬透性选材	130
第一节 热处理技术要求在产品图样上的		一、齿轮用钢淬透性	130
标注	93	二、调质硬度和淬硬层深度	130
一、热处理技术要求在零件图样上的		三、按渗碳齿轮钢的淬透性选材	131
标注	93	第六节 齿轮的选材和寿命系数、安全	
二、表面硬度的各种检测方法	95	系数	133
三、有效硬化层深度标注	97	一、寿命系数	133
四、渗碳和碳氮共渗零件的标注	98	二、最小安全系数	134
五、渗氮零件的标注	99	第七节 正火的低碳锻钢、铸钢齿轮	134
六、整体零件热处理的标注	101	一、低碳锻钢和铸钢齿轮材料	134
七、齿轮的热处理硬化标注	103	二、热处理	135
八、渗碳层深度的标注	104	第八节 铸铁齿轮和热处理	136
第二节 感应淬火和火焰淬火后硬化区		一、铸铁齿轮和热处理方法	136
位置的确定	105	二、铸铁齿轮的接触疲劳和弯曲疲劳	
一、感应淬火硬化区位置的确定原则	105	曲线	136
二、齿轮硬化层分布标注	109	三、各种铸铁的具体性能和组织	136
第三节 热处理工艺路线安排	109	四、铸铁齿轮质量控制	139
一、工艺路线安排的一般原则	110	第九节 调质的锻钢齿轮和铸造齿轮	139
二、预备热处理工序	110	一、软齿面齿轮	139
三、最终热处理工序	110	二、调质齿轮截面尺寸的控制	140
第四节 材料的切削加工性能	112	三、接触疲劳极限和弯曲疲劳极限	142
一、化学成分与切削加工性能的关系	112	四、齿轮力学性能和齿轮副选配	142
二、金相组织对切削加工性能的影响	113	五、调质锻钢、铸钢齿轮的质量控制	144
三、影响切削加工性能的其他因素	116	第十节 渗碳和碳氮共渗处理的齿轮	145
四、切削加工和加工硬化	117	一、齿轮渗碳的各种参数	146
五、热处理和可加工性的合理配合	118	二、表面硬化齿轮的渗层深度	146
六、非金属材料的可加工性	119	三、齿轮毛坯的预备热处理	147
第四章 齿轮类零件的选材及热处理	120	四、接触疲劳和弯曲疲劳曲线	148
第一节 齿轮对材料和热处理的要求	120	五、齿轮的质量控制	149
一、齿轮工作时的受力状况	120	第十一节 齿轮的感应淬火和火焰淬火	152
二、齿轮传动的功能要求	120	一、表面淬火的运用	152
		二、材料选择	152

三、热处理技术条件	152	二、轴的工作条件、损坏形式及对材料的要求	217
第十二节 齿轮的渗氮和氮碳共渗处理	154	第二节 轴杆件常用材料及热处理	218
一、渗氮	154	一、选材	218
二、氮碳共渗	158	二、轴杆热处理	220
第十三节 齿轮用有色金属材料及热处理	160	第三节 机床轴杆件的选材及热处理	221
一、齿轮用各种铜合金	160	一、机床主轴的材料及热处理要求	221
二、齿轮用铜合金的热处理和力学性能	161	二、典型机床主轴材料及热处理	222
第十四节 粉末冶金齿轮和塑料齿轮	162	三、主轴选材及热处理实例	224
一、粉末冶金齿轮的优缺点	162	四、丝杠的材料选用及热处理	226
二、粉末冶金齿轮的选材及热处理	163	第四节 汽车、拖拉机轴杆件的选材及热处理	230
三、粉末冶金齿轮实例	170	一、曲轴的选材及热处理	230
四、国外粉末冶金齿轮	170	二、凸轮轴的选材及热处理	234
五、塑料齿轮	175	三、连杆的选材及热处理	236
第十五节 汽车、拖拉机、摩托车齿轮用钢及热处理	179	四、发动机气门挺杆的选材及热处理	239
一、选材和常规热处理	179	五、载货汽车半轴的选材及热处理	240
二、轿车和轻型汽车齿轮的选材及热处理	182	六、载货汽车前轴选材及热处理	243
三、中、重型汽车齿轮的选材及热处理	188	七、球叉式等速万向节左右叉轴选材及热处理	244
四、拖拉机齿轮用钢及热处理	192	八、轿车球笼式万向节中的轴杆件选材及热处理	244
五、摩托车齿轮用材及热处理	192	九、万向节十字轴的选材及热处理	246
第十六节 蜗杆、蜗轮选材及热处理	194	十、汽车其他轴杆件的选材及热处理	247
一、失效形式	194	第五节 其他轴杆类零件的选材及热处理	248
二、蜗杆材料及热处理方法选择	194	一、农机具轴杆件的选材及热处理	248
三、蜗轮材料及热处理方法选择	195	二、汽轮机控制阀杆的选材及热处理	248
四、蜗杆、蜗轮副材料选配和许用接触应力	196	第六节 管类零件选材及热处理	249
五、蜗杆、蜗轮的选材及热处理实例	196	一、电厂锅炉用钢管和钢板的选材及热处理	249
第十七节 机床齿轮的选材及热处理	197	二、汽车、拖拉机和机床用钢管的选材及热处理	253
一、机床齿轮选材及热处理设计原则	198	第七节 轴杆件低温化学热处理和热处理变形控制	262
二、机床齿轮的预备热处理	198	一、低温化学热处理在轴类零件上的选用	262
三、机床齿轮最终热处理工艺方法选择	199	二、预备热处理前后的变形公差	262
四、机床齿轮选材及热处理实例	202	三、轴杆类零件最终热处理后变形公差	263
第十八节 特殊齿轮的选材及热处理	203	四、轴上键槽淬火控制变形量	264
一、高速齿轮的选材及热处理	203	五、机床丝杠、轴类零件时效前后变形公差	264
二、低速和重载齿轮的选材及热处理	205	第六章 弹性元件的选材及热处理	265
三、航空齿轮的选材及热处理	212	第一节 弹性元件的工况和失效	265
四、风电齿轮的选材及热处理	212	一、弹簧的工况	265
五、石油钻头牙轮选材及热处理	213	二、弹簧的失效形式	265
六、石油钻机齿轮的选材及热处理	214		
七、石油钻机转盘齿轮的选材及热处理	215		
第五章 汽车、拖拉机、机床轴杆管类零件选材及热处理	216		
第一节 轴的分类、失效及对材料的要求	216		
一、轴的分类	216		

第二节 弹簧钢	265	一、渗碳轴承钢的化学成分	324
一、弹簧钢的分类和应用范围	265	二、渗碳钢制轴承零件热处理	324
二、弹簧钢的性能要求	265	三、渗碳轴承钢的具体应用	326
第三节 弹簧钢热轧型材	268	四、碳钢钢球渗碳淬、回火技术要求	327
一、弹簧钢热轧型材的用途和特点	268	五、保持架和滚针轴承外圈碳氮共渗 热处理	328
二、热轧型材的类型	269	第四节 中碳钢和中碳耐冲击轴承钢零件的 选材及热处理	330
三、热轧弹簧钢的热处理特性	269	一、中碳钢轴承零件热处理	330
第四节 弹簧钢冷轧型材	271	二、中碳耐冲击轴承钢零件的选材及 热处理	330
一、各种钢丝选用原则	271	三、特大及重大型轴承零件材料的选用及 热处理	332
二、冷拔钢丝与冷轧钢带	272	第五节 不锈钢轴承零件的选材及热处理	333
三、冷拔强化钢丝与冷轧强化钢带	273	一、材料	333
第五节 弹性合金	283	二、高碳铬不锈钢滚动轴承零件热处理	333
一、高弹性合金	283	三、其他不锈钢轴承零件的热处理	336
二、恒弹性合金	288	四、不锈钢轴承零件的选材实例	336
第六节 非金属弹性材料的选用	290	第六节 高温轴承钢的热处理	336
一、橡胶	290	一、高速钢型高温轴承钢	336
二、增强塑料	292	二、高温不锈钢	339
第七节 弹簧元件的选材原则	294	三、高温渗碳轴承钢	339
一、金属材料	294	四、高温轴承钢实例	340
二、非金属材料	297	第七节 其他滚动轴承材料	341
第八节 弹簧的热处理和表面强化处理	297	一、低淬透性轴承钢	341
一、弹簧的热处理	297	二、无磁轴承钢	341
二、弹簧的表面强化处理	299	三、镍基和钴基合金	341
三、弹簧的表面防护	302	四、工程塑料保持架	341
第九节 弹簧的选材及热处理实例	302	五、其他滚动轴承材料的选用	342
一、圆柱螺旋弹簧	302	六、滚动轴承润滑材料	343
二、板弹簧	304	七、滚动轴承密封材料	346
三、膜片碟簧	306	第八节 滑动轴承的材料选用	347
四、扭杆弹簧(含稳定杆)	307	一、金属滑动轴承材料	347
五、轿车悬架弹簧	309	二、非金属滑动轴承材料	348
六、平面涡卷弹簧	310	三、推力轴承材料	349
七、机床弹簧夹头	311	四、多孔质金属轴承	349
第七章 轴承零件的选材及热处理	314	五、轴瓦	350
第一节 高碳铬滚动轴承钢	314	六、其他类型滑动轴承用材简介	351
一、钢号和化学成分	314	第九节 典型轴承零件选材及热处理	352
二、对原材料和预备热处理的技术要求	314	一、火车滚动轴承	352
三、高碳铬滚动轴承钢的选用原则和 实用范围	317	二、汽车滚动轴承	353
第二节 高碳铬滚动轴承钢零件的热处理	318	三、内燃机连杆瓦	355
一、淬火、回火	318	第八章 紧固件的选材及热处理	360
二、轴承零件贝氏体等温淬火后的技术 要求	319	第一节 紧固件的连接紧固、失效和选用	360
三、钢球压碎负荷要求	319	一、紧固件连接和紧固	360
四、热处理其他技术要求	319		
第三节 渗碳和碳氮共渗轴承钢	323		

二、螺纹紧固件的工况和失效	360
三、螺纹紧固件的选用原则	361
第二节 螺纹紧固件的性能等级和材料、 硬度之间的关系	361
一、材料	361
二、紧固件用冷镦钢	363
三、保证载荷	366
四、热处理	368
五、在图样上的其他要求	368
第三节 粗、细牙螺母的选材及热处理	368
一、粗牙螺母	368
二、细牙螺母	372
三、有效力矩型钢六角锁紧螺母	375
四、蝶形螺母保证扭矩	378
第四节 不锈钢紧固件的选材及热处理	379
一、不锈钢螺栓、螺钉和螺柱	379
二、不锈钢螺母	382
三、不锈钢紧定螺钉	385
四、不锈钢自攻螺钉	386
第五节 高低温用螺纹紧固件的选材及 热处理	387
一、螺纹连接副的种类和用途	387
二、材料	388
三、热处理	388
四、其他说明	389
第六节 有色金属和塑料紧固件的选材及 热处理	389
一、有色金属紧固件	389
二、塑料紧固件	392
第七节 铆钉的选材及热处理	392
一、抽芯铆钉	392
二、其他铆钉	395
三、铆钉的热处理要求	395
第八节 专用螺纹紧固件的选材及热处理	395
一、螺钉的选材及热处理	395
二、垫圈、挡圈、卡簧的选材及热处理	397
三、销的选材及热处理	398
四、键的选材及热处理	398
五、调整螺栓、螺母的选材及热处理	398
第九节 紧固件防腐	398
一、电镀锌	399
二、镀锌、铬	400
三、发蓝处理和磷化处理	401
第十节 紧固件的应用	401
一、内燃机	401

二、轿车变速器	403
三、轿车车轮和制动装置	404
第九章 高铁、船舶及海洋工程用钢和 热处理	406
第一节 火车车轴用钢和热处理	406
一、铁路机车用合金钢车轴技术条件	406
二、50 钢车轴技术条件	408
第二节 重型钢轨用钢和性能要求	408
一、对钢轨的性能要求	408
二、热轧钢轨的技术要求	409
第三节 辙叉钢轨的选材及热处理	411
一、AT 钢轨	411
二、高锰钢辙叉	413
三、道岔钢轨件淬火技术条件	414
第四节 其他用途钢轨的选材和性能要求	415
一、轻型钢轨用钢及热处理	415
二、起重用钢轨	416
三、异形钢轨	416
四、武钢工业用钢轨	416
第五节 钢轨的全长热处理	417
一、全长淬火热处理技术要求	417
二、拉伸性能	418
三、其他要求	419
第六节 轮箍和车轮的选材及热处理	419
一、轮箍	419
二、车轮	420
第七节 铁道用铸钢件、锻钢件	423
一、铸钢件	423
二、合金钢锻件	426
第八节 铁道行业热处理通用技术条件	427
一、零件热处理前的表面质量要求	427
二、热处理技术要求	428
三、热处理具体参数	428
第九节 铁路桥梁用钢和热处理	429
一、桥梁用结构钢	429
二、铁路桥梁钢支座	433
三、高速铁路桥梁用钢	434
第十节 耐候钢和不锈钢在火车上的应用	435
一、铁道车辆用耐大气腐蚀钢	436
二、宝钢耐腐蚀结构用热连轧钢板及 钢带	437
三、不锈钢在车厢上的应用	440
第十一节 铁路其他重要零件的选材及 热处理	440
一、机车、动车柴油机用球墨铸铁曲轴	440

二、机车车辆悬挂装置钢制螺旋弹簧	441	三、连续热镀锌合金镀层钢板及钢带	500
第十二节 船舶与海洋工程结构用钢及		四、镀层钢板的耐蚀性	504
热处理	441	第七节 轿车车身冲压件选材	505
一、分类和牌号	441	一、经济型轿车车身的选材	507
二、化学成分	442	二、中档轿车车身选材	511
三、热处理和力学性能	443	三、高档轿车车身选材	517
四、表面质量	445	第八节 载货汽车冲压件选材	520
五、钢材交货状态和冲击检验批量	445	一、驾驶室	520
六、中外船舶用钢级别对应关系	447	二、车架	520
第十三节 船用金属螺旋桨	448	三、车厢	522
一、螺旋桨的类型和精度要求	448	第九节 轿车零件轻量化	522
二、螺旋桨材料、热处理和性能要求	449	一、结构设计轻量化	523
三、螺旋桨的质量控制	450	二、运用高强度钢板	523
第十四节 舰船用钢和热处理实例	450	三、运用铝镁合金	525
一、航母用钢板和热处理	450	四、非金属材料	528
二、核潜艇壳体用材	451	第十一章 冶金、工矿、建筑等机械	
三、LNG 船用殷瓦钢和热处理	452	零件的选材及热处理	532
第十章 汽车冲压件选材	453	第一节 冶金机械零件的选材及热处理	532
第一节 冲压板材的选用原则	453	一、轧机轧辊的选材及热处理	532
一、冲压件选用板材的原则	453	二、锻钢轧辊	533
二、冲压件对金属板材性能的要求	454	三、电渣熔铸合金钢轧辊	538
三、钢板成形极限图 (FLD)	457	四、铸铁的轧辊	538
四、冲压工艺对冲压材料性能的要求	458	五、国内外铸钢、铸铁轧辊选材实例	541
五、冲压零件常见的失效形式	460	六、无缝钢管轧机轧辊	543
第二节 常用冲压钢板和钢带	461	第二节 凿岩、钻探和采掘机械零件的	
一、各种冲压钢板和钢带	461	选材及热处理	545
二、冷轧低碳钢板和钢带	463	一、凿岩机械零件的选材及热处理	545
三、优碳钢深拉深冷轧薄钢板	465	二、非整体钎杆钎尾的选材及热处理	547
四、常用冲压板材的热处理和力学性能	467	三、凿岩机钎头	548
第三节 冲压用有色金属和非金属板材、		四、凿岩机活塞的选材及热处理	550
带材	470	五、凿岩机主要渗碳件的材料选择及	
一、有色金属板材、带材	470	热处理	551
二、非金属材料	472	六、其他气动工具零件的选材及热处理	552
第四节 汽车用高强度冷连轧钢板和钢带	474	七、牙轮钻机三牙轮钻头的选材及	
一、冲压薄板的发展趋势	474	热处理	554
二、冷轧钢板的强化机制	474	八、钻探机械钻具的选材及热处理	555
三、高强度冷连轧钢板和钢带	476	九、采掘机械用齿座的选材及热处理	555
第五节 汽车用高强度热轧钢板及钢带	482	十、矿山机械常用耐磨钢	555
一、高强度热轧钢板的强化机制	482	第三节 起重运输机械构件的选材及	
二、热轧钢板和钢带的基本要求	483	热处理	558
三、各种热轧高强度钢板	483	一、起重运输机金属结构常用材料的	
第六节 汽车用涂镀层钢板	489	分类	558
一、连续热镀锌钢板及钢带	489	二、起重机金属结构选择材料的原则	560
二、连续电镀锌、锌镍合金镀层的钢板和		三、起重管用钢丝绳	560
钢带	497	四、起重机械典型零件的选材及热处理	565

第四节 建筑机械零件的选材及热处理	569	八、经济型抗 CO ₂ 和 CO ₂ + H ₂ S 腐蚀油	
一、建筑材料类型简介	569	套管	635
二、建筑结构用钢板和钢带的选材及		九、螺杆钻具	636
热处理	570	十、泥浆泵活塞杆的选材及热处理	637
第五节 建筑用不锈钢板、彩钢板及		第四节 化工企业用各种不锈钢	638
铝合金	581	一、各种不锈钢的牌号、特性和应用	638
一、不锈钢冷轧钢板和钢带	581	二、不锈钢的热处理和性能	641
二、建筑用冷、热和彩色涂层钢板及		第五节 石油化工企业常用介质的选材	644
花纹钢板	586	一、各种酸碱图表	644
三、建筑用铝合金型材的牌号和热处理	586	二、不同化学介质的钢材选用	647
第六节 建筑用钢筋、钢管和型钢	590	第六节 化工用压力容器的选材及热处理	649
一、钢筋	590	一、化工用压力容器	649
二、钢管	596	二、反应釜	666
三、型钢	599	三、压力容器选材及热处理实例	667
第七节 液压主要零件的选材及热处理	600	四、压缩机零件的选材及热处理	671
一、结构和热处理特点	600	第七节 石油、化工机械零件选材实例	672
二、液压主要零件的选材及热处理技术		一、石油精炼装置选材	672
要求	601	二、石油化工装置选材	673
第八节 耐磨钢和耐磨铸铁的选材及热		三、氯碱、化纤、化肥装置选材	673
处理	603	四、油田、油井、气田、气井装置选材	674
一、拖拉机、推土机和挖掘机履带用		五、炼油厂设备选材	674
耐磨钢及热处理	603	六、硝酸设备和高温高压设备选材	675
二、抗磨白口铸铁和球铁	604	第十三章 农机具零件的选材及	
第十二章 石油化工机械零件的选材及		热处理	676
热处理	607	第一节 农机具零件的工作特点和性能	
第一节 石油天然气工业输送钢管的选材及		要求	676
热处理	607	一、工况和失效	676
一、A 级钢管	607	二、硬度等性能要求	677
二、B 级钢管	614	三、影响农机具零件耐磨性的各种因素	679
三、C 级钢管	619	四、金相组织和耐磨性	679
第二节 石油开采用抽油杆等的选材及		第二节 常用耕种农机具零件的选材及	
热处理	624	热处理	680
一、抽油杆的分类和用途	625	一、水旱两用拖拉机牵引铧式犁	680
二、材料和力学性能	625	二、窄垄型水田铧式犁	680
三、抽油杆和附件代号的表示方法	628	三、中耕机土壤工作部件	681
四、抽油杆的生产工艺和热处理实例	629	四、旋耕机械——刀和刀座	683
第三节 石油开采用各种钻杆的选材及		第三节 各种收割采摘刀具的选材及	
热处理	629	热处理	684
一、方钻杆	629	一、农业机械——切割器	684
二、石油天然气工业铝合金钻杆	630	二、甩刀式切碎机切碎刀片	686
三、钢制钻杆接头	631	三、铡草和饲料切碎刀片	686
四、钻挺	631	四、剪毛机刀片	686
五、油管 and 套管	632	第四节 粮、棉、油等加工金属零件的	
六、油水井用油管	633	选材及热处理	687
七、油气井射孔枪用无缝钢管	634	一、脱粒机主要零件的选材及热处理	687

二、榨油机榨螺的选材及热处理	687	四、轿车发动机进排气门应用实例	714
三、粉碎机锤片的选材及热处理	688	五、排气门选材注意事项	714
四、筛片的选材及热处理	688	第六节 机床导轨的选材及热处理	714
五、颗粒饲料压粒机环模与压辊的 热处理	689	一、机床导轨用材料	714
六、轧棉花机、剥绒机锯片和肋条的 选材及热处理	689	二、机床导轨热处理	716
七、粮油机械铸件通用技术条件	690	第七节 机床箱体和附件的选材及热处理	716
第五节 各种手用农机具的选材及热处理	691	一、机床箱体选材	716
一、工况和失效	691	二、机床基础件的选材及热处理	716
二、选材及热处理	691	三、机床附件的选材及热处理	716
第六节 林业机械零件的选材及热处理	692	第十五章 电器常用金属材料及 热处理	718
一、林木链锯锯链	692	第一节 导电金属材料的选材及热处理	718
二、林木链锯导板	693	一、金属导电特性和热处理强化	718
三、气动果树剪枝机	693	二、铜和铜合金	720
四、人造木工板热磨机	693	三、铝和铝合金	723
第十四章 缸体、壳体、阀体、机床导 轨及附件的选材及热处理	694	四、复合导电金属	725
第一节 内燃机缸体、缸盖的选材及 热处理	694	第二节 常用电阻合金的选材及热处理	726
一、缸体、缸盖的选材及热处理技术 要求	694	一、调节器用电阻合金	726
二、缸体、缸盖用材料热处理工艺的 选用原则	695	二、精密元件用电阻合金	727
三、国内外缸体、缸盖选材及热处理 实例	695	三、电位器用电阻合金	728
四、缸体、缸盖用灰铸铁技术质量	698	四、传感元件用电阻合金	728
第二节 各种壳体的选材及热处理	699	五、电热用电阻合金	731
一、壳体支承类零件的功能和性能要求	699	第三节 软磁材料的选材及热处理	739
二、壳体的选材及热处理	699	一、软磁材料的性能	739
第三节 各种轮类零件的选材及热处理	700	二、软磁材料的品种、主要特点和 应用范围	740
一、链轮的选材及热处理	700	三、工业纯铁和硅钢片的性能及热处理	740
二、飞轮的选材及热处理	701	四、铁镍合金软磁材料的选材及热处理	745
三、带轮、惰轮、张紧轮的选材及 热处理	701	五、铁铝合金软磁材料的选材及热处理	747
第四节 各种泵体和偶件、阀体的选材及 热处理	702	六、软磁铁氧体	748
一、各种泵体常用材料及热处理	702	七、其他软磁合金的选材及热处理	750
二、液压阀零件的选材及热处理	703	八、软磁材料的热处理及表面处理	755
三、油泵油嘴偶件的选材及热处理	703	九、软磁材料的选用原则	756
第五节 内燃机进排气门的选材及热处理	704	第四节 永磁材料的选材及热处理	757
一、进排气门的工况和结构特点	704	一、铝镍钴合金	757
二、进排气门常用的材料及热处理	704	二、铁氧体永磁材料	758
三、国内外汽车发动机进排气门的 选材及热处理	708	三、稀土钴永磁材料	760
		四、磁滞合金材料	761
		五、钕铁硼合金	763
		六、烧结钕铁硼永磁材料	764
		七、稀土系粘结永磁材料	769
		八、铁钴钒永磁合金	770
		九、永磁材料的选用原则	770
		十、永磁合金的热处理	770
		十一、永磁体的加工特性及力学性能	771

第五节 弹性合金的选材及热处理	771	五、刀具钢应用实例	827
一、高弹性合金的选材及热处理	771	第四节 高速工具钢的热处理性能和用途	828
二、高温高弹性合金的选材及热处理	774	一、标准高速工具钢	828
三、恒弹性合金的选材及热处理	775	二、粉末冶金高速工具钢	833
四、耐蚀弹性合金的选材及热处理	777	三、硬质涂层高速钢	835
五、铜基弹性合金的选材及热处理	779	四、高速钢牌号的一般选择原则和实例	836
六、弹性合金的选材	781	第五节 硬质合金刀具材料的选用及	
第六节 膨胀合金和热双金属片的选材及		热处理	838
热处理	782	一、硬质合金分类	838
一、膨胀合金	782	二、硬质合金主要成分和性能特点	839
二、热双金属片	785	三、切削刀具用硬质合金	840
第七节 热电偶和超导材料	790	四、硬质合金材料的热处理	844
一、热电偶的材料	790	五、硬质合金刀具的应用	846
二、超导材料和热处理	792	第六节 钢结硬质合金和涂层硬质合金	849
第八节 磁记录材料	795	一、钢结硬质合金	849
一、磁头材料	795	二、钢结硬质合金的热处理	850
二、磁记录介质材料	798	三、涂层硬质合金	851
第九节 光电材料	801	四、涂层硬质合金分类和涂层主要	
一、半导体发光材料	801	技术要求	851
二、荧光粉材料	802	第七节 陶瓷和超硬刀具材料的性能和	
三、磷光体材料	802	用途	855
四、激光材料	803	一、陶瓷	855
五、液晶材料	804	二、超硬刀具材料	860
六、等离子材料	804	第八节 切削刀具选材和热处理技术	
七、电致发光材料	805	要求	870
八、光电材料和压电材料	806	一、齿轮刀具	870
第十六章 刀具和量具的选材及		二、高温合金加工常用工具材料的选用	
热处理	812	原则	876
第一节 刀具材料及热处理要求	812	三、非金属材料 and 有色金属材料切削加工	
一、飞跃发展的切削技术	812	用刀具材料的选择	877
二、刀具选材类型和工况分析	813	第九节 量具用钢和热处理	882
三、刀具材料与被加工材料的性能		一、量具用钢	882
匹配性	815	二、量具热处理技术要求	883
四、常用刀具材料的牌号和性能	816	第十七章 模具的选材及热处理	884
第二节 碳素工具钢的热处理性能和用途	818	第一节 常用冷作模具材料	884
一、牌号及化学成分	818	一、冷作模具钢	884
二、原材料性能要求	819	二、硬质合金和钢结硬质合金	886
三、碳素工具钢刀具的热处理	820	三、锌合金模	892
四、碳素工具钢的具体用途	821	四、橡胶弹性体冲模	893
五、碳素工具钢刀具应用实例	822	五、铸铁	894
第三节 刀具用合金工具钢的热处理技术	823	第二节 冲压模具选材及热处理	894
一、牌号及化学成分	823	一、冲压模具选材的基本原则	894
二、原材料交货要求	823	二、冷作模具钢的特性及用途	894
三、合金工具钢的热处理	825	三、模具零件的热处理和性能	896
四、合金工具钢热处理后的特性和用途	826	四、模具零件的选材和热处理参数	898

五、板材用冲模选材实例	900	四、陶瓷模具材料	959
六、拉深模具选材及热处理	902	第十节 模具的表面强化技术	960
第三节 冷镦、挤压、冷拉模具的选材及 热处理	904	一、模具表面的镀膜技术	960
一、冷镦模具的选材及热处理	904	二、模具表面的高能束强化技术	960
二、挤压模具的选材及热处理	908	三、化学热处理和感应加热强化技术	961
三、冷拉拔抽丝模具的选材及热处理	918	四、模具表面的热喷涂技术	961
第四节 冷作模具选材及热处理实例	920	五、模具表面的涂镀技术	962
一、钢板剪切刀片的选材及热处理	920	六、低温化学热处理方法在模具中的 选用	964
二、冲模圆凹模	921	第十八章 工业炉窑用材	965
三、汽车覆盖件模具选材及热处理	922	第一节 电热材料的选用	965
第五节 热锻模材料及热处理	924	一、金属电热材料	965
一、热锻模用钢的性能特点	924	二、高熔点金属	968
二、常用热作模具钢的力学性能	927	三、非金属电热材料	969
三、热作模具选材用材的准则	933	第二节 其他加热元器件用材	972
四、热作模具的热处理参数	937	一、红外电热元件	972
第六节 压铸模的选材及热处理	940	二、辐射管	973
一、压铸模工况和失效	940	第三节 炉用耐热金属	975
二、压铸模技术条件	940	一、耐热钢	975
三、压铸模具体零件的选材及热处理	941	二、耐热钢铸件	980
四、各国压铸模用钢钢号对照	941	三、耐热铸铁件	980
第七节 橡塑模具的选材及热处理	942	四、炉用金属材料实例	980
一、橡塑模具的性能要求	942	第四节 耐火材料	983
二、橡塑模具钢的牌号、成分、性能 特点和用途	943	一、工业炉对耐火材料性能的要求	983
三、橡塑模具钢的热处理和力学性能	948	二、耐火材料分类和化合物熔点	983
四、橡塑模具钢的选用原则	951	三、各种耐火材料的性能	984
五、塑料模具型腔的质量要求	954	四、不定形耐火制品	989
第八节 橡塑模具用其他材料	954	第五节 隔热材料	994
一、非铁金属	954	一、常用隔热材料的主要性能要求	994
二、钢结硬质合金	955	二、纳米绝热材料	995
三、低熔点合金	955	附录	996
四、低压橡塑模具材料	955	附录 A 压力、压强、应力换算	996
第九节 其他模具的选材及热处理	957	附录 B 拉伸性能指标名称和符号对照	996
一、玻璃模具选材	957	附录 C 常用钢的淬透性曲线	997
二、粉末冶金模具选材	958	参考文献	1016
三、无磁模具钢的用途	959		

第一章 机械零件选材原则及材料在图样上的标注方法

第一节 机械零件的选材原则

一、选材要保证零件的机械性能

选材的基本原则是所选材料的机械性能应能满足零部件的使用寿命要求，经久耐用。机械性能是指零部件在工作过程中应具备的力学性能、物理性能和化学性能，它是选材的最主要依据。对于机械零件，最重要的机械性能是力学性能，对零部件力学性能的要求，一般是在分析零部件的工作条件（温度、受力状态、环境介质等）和失效形式的基础上提出来的。根据机械性能选材的步骤如下：

1. 分析零部件的工作条件，确定机械性能

零件的工作条件是复杂的。工作条件分析包括受力状态（拉、压、弯、剪切、扭转）、载荷性质（静载、动载、交变载荷）、载荷大小及分布、工作温度（低温、室温、高温、变温）、环境介质（润滑剂、海水、酸、碱、盐等）、对零部件的特殊性能要求（电、磁、热、辐照、光辐射）等。在对工作条件进行全面分析的基础上确定零部件的机械性能要求。

2. 对零件的机械性能要求要转化为对材料性能指标的确定

有了对零件使用性能的要求，也不能马上进行选材。还需要通过分析、计算或模拟试验将使用性能要求指标化和量化。例如“高硬度”这一使用性能要求，需转化为“ $>60\text{HRC}$ ”或“ $62 \sim 65\text{HRC}$ ”等。这是选材最关键、最困难的一步。需根据零件的尺寸及工作时所承受的载荷，计算出应力分布，再由工作应力、使用寿命或安全性与材料性能指标的关系，确定性能指标的具体数值。

3. 材料的预选

根据对零件材料性能指标数据的要求查阅有关手册，找到合适的材料，由这些材料的大致应用范围可进行判断、选材。用预选材料设计的零部件，其危险截面在考虑安全系数后的工作应力，必须小于所确定的性能指标数据值。然后再比较加工工艺的可行性和制造成本的高低，以最优方案的材料作为所选定的材料。通过试验和研究不断优化筛选，使高、中、低档的选材集中到少数几个钢种。这样不但有利于提高原材料质量，还能使零件制造的各工艺过程易于控制。

二、选材要保证零件的工艺性能

材料的工艺性能表示材料加工的难易程度。任何零件都要通过一定的加工工艺才能制造出来。因此在满足机械性能选材的同时，必须兼顾材料的工艺性能。工艺性能的好坏，直接影响零部件的质量、生产效率和成本。当工艺性能与使用性能相矛盾时，有时正是从工艺性能考虑，使得某些使用性能合格的材料不得被放弃，成为选择材料的主导因素。工艺性能对大批量生产的零部件尤为重要，因为在大批量生产时，工艺周期的长短和加工费用的高低，常常是能否投产的关键。

金属材料、高分子材料、陶瓷材料的工艺性能概括介绍如下。

1. 金属材料的工艺性能

金属材料的工艺性能主要包括铸造工艺性、压力加工工艺性、焊接工艺性、热处理工艺性、表面处理工艺性、机械加工工艺性、特种加工工艺性及装配和维护工艺性等。这些工艺性与材料的成

分、组织、硬度有关，同时也与工具、介质、温度等外部环境有关。材料工艺性能的好坏在加工的难易程度、生产效率和生产成本等方面起重要作用，这是选择材料必须同时考虑的另一个重要因素。

金属材料工艺性能的好坏在单件或小批量生产中并不十分突出，而在大批量生产条件下常成为选材的决定因素。例如标准件生产批量大，为提高生产效率，宜选用 ML 钢，对于汽车齿轮，在流水线大量生产条件下，为保证产品质量，必须选用“保证淬透性的结构钢”。

金属材料的工艺性能是指金属适应某种加工工艺的能力。主要是切削加工性能、材料的成形性能（铸造、锻造、焊接）和热处理性能（淬透性、变形、氧化和脱碳倾向等）。

铸造性能主要指铁液的流动性、冷却时断面收缩率、热裂倾向性、偏析和吸气性、缩孔缩松等。接近共晶成分合金的铸造性能最好。铸铁、硅铝等一般都接近共晶成分。铸造铝合金和铜合金的铸造性能优于铸铁，铸铁又优于铸钢。

锻造性能主要指冷、热压力加工时的塑性变形能力以及可热压力加工的温度范围，抗氧化性和对加热、冷却的要求等。低碳钢的可锻性最好，中碳钢次之，高碳钢则较差。低合金钢的可锻性接近中碳钢。高碳高合金钢（高速钢、高镍铬钢等）由于导热性差、变形抗力大、锻造温度范围小，其锻造性能较差，不能进行冷压力加工。形变铝合金和铜合金的塑性好，其可锻性较好。铸铁、铸造铝合金零件不能再进行冷热压力加工。

切削加工性能是指材料接受切削加工的能力。一般用切削硬度、被加工表面的粗糙度、排除切屑的难易程度以及对刀具的磨损程度来衡量。材料硬度在 160 ~ 230HBW 范围内时，切削加工性能好。硬度太高，则切削抗力大，刀具磨损严重，切削加工性下降。硬度太低，粘刀不易断屑，表面粗糙度加大，切削加工性也差。高碳钢具有球状碳化物组织时，其切削加工性优于层片状组织。马氏体和奥氏体的切削加工性差。高碳高合金钢（高速钢、高镍铬钢等）切削加工性也差。

焊接性能是指金属接受焊接的能力。一般以焊接接头形成冷裂或热裂以及气孔等缺陷的倾向大小来衡量。碳的质量分数大于 0.45% 的碳钢和碳的质量分数大于 0.38% 的合金钢，其焊接性能较差，碳含量和合金元素含量越高、焊接性能越差，铸铁则很难焊接。铝合金和铜合金，由于易吸气、散热快，其焊接性比碳钢差。

热处理工艺性能主要指钢的淬透性、淬硬性，变形开裂倾向及氧化、脱碳敏感性等。钢和铝合金、钛合金都可以进行热处理强化。合金钢的热处理工艺性能优于碳钢。形状复杂或尺寸大、承载高的重要零部件要用合金钢制作。碳钢含碳量越高，其淬火变形和开裂倾向越大。选渗碳用钢时，要注意钢的过热敏感性；选调质钢时，要注意钢的可逆回火脆性；选弹簧钢时，要注意钢的氧化、脱碳敏感性。

2. 高分子材料工艺性能

高分子材料的加工工艺比较简单，主要是成形加工，成形加工方法比较多。高分子材料的切削加工性能较好，与金属基本相同。但由于高分子材料的导热性差，在切削过程中易使工件温度急剧升高，使热塑性塑料变软，热固性塑料烧焦。

3. 陶瓷材料的工艺性能

陶瓷材料的加工工艺路线为：备料→成形加工（配料、压制、烧结）→磨加工→装配。陶瓷材料的加工工艺比较简单，主要工艺是成形。按零部件形状、尺寸精度和性能要求的不同，可采用不同的成形加工方法（粉浆、热压、挤压、可塑）。陶瓷材料的切削加工性差，除了采用碳化硅或金刚石砂轮进行磨加工外，几乎不能进行任何切削加工。

三、选材要考虑性价比和经济性

选材的经济性原则是在满足使用性能要求的前提下，采用便宜的材料，使零件的总成本，包括

材料的价格、加工费、试验研究费、维修管理等达到最低,以取得最大的经济效益。为此,材料选用应充分利用资源优势,尽可能采用标准化、通用化的材料,以降低原材料成本、减少运输、实验研究费用。选用一般碳钢和铸铁能满足要求的,就不应选用合金钢。在满足使用性能要求的条件下,可以铁代钢,以铸代锻、以焊代锻,以碳钢代替合金钢,以低合金钢代替高合金钢,以工程塑料代替钢和铁,有效地降低材料成本、简化加工工艺。例如用球墨铸铁代替锻钢制造中、低速柴油机曲轴、铣床主轴,其经济效益非常显著。对于要求表面性能高的零部件,可选用低廉的钢种进行表面强化处理来达到要求。

当然选材的经济性原则并不仅是指选择价格最便宜的材料,或是生产成本最低的产品,而是指运用价值分析、成本分析等方法,综合考虑材料对产品功能和成本的影响,从而获得最优化的技术效果和经济效益。例如,一些能影响整体生产装置中的关键零部件,如果选用便宜材料制造,则需经常更换,其换件时停车所造成的损失可能大得多,这时选用性能好、价格高的材料,其总成本仍可能是最低的。常用材料的相对价格见表 1-1。

表 1-1 常用材料的相对价格(以灰铸铁为 1)

材料	种类和规格	相对价格
铸件	灰铸铁铸件	1
	碳钢铸件	2
	铝合金、铜合金铸件	6.5~10.0
热轧圆钢	低碳钢($\phi 32 \sim \phi 45\text{mm}$)	1
	优质碳钢($\phi 30 \sim \phi 50\text{mm}$)	1.3~1.7
	合金结构钢($\phi 30 \sim \phi 50\text{mm}$)	1.3~3.0
	弹簧钢($\phi 30 \sim \phi 50\text{mm}$)	2.7
	轴承钢($\phi 30 \sim \phi 50\text{mm}$)	1.8~2.33
	合金工具钢($\phi 30 \sim \phi 50\text{mm}$)	2.7~2.8
	不锈钢($\phi 30 \sim \phi 50\text{mm}$)	3~4

第二节 选材和失效

一、机械零件的失效形式

零件在工作过程中最终都要失效。失效的定义是零件完全破坏,不能继续工作。或者严重损伤,继续工作很不安全。或者虽能安全工作,但已丧失某些性能,起不到预定作用。失效分析的目的就是分析零件的失效原因,检验选材的正确性,提出相应的预防措施,确定主要机械性能的要求。对零部件机械性能的要求,往往是多项的。例如传动轴,要求其具有高的扭转疲劳强度、韧性和轴颈的耐磨性。因此,需要通过对零件失效原因的分析,找出导致失效的主导因素,准确确定出零部件所必需的主要机械性能。例如,曲轴在工作时承受冲击、交变等载荷作用,而失效分析表明,曲轴的主要失效形式是弯曲疲劳断裂,而不是冲击断裂,因此应以疲劳抗力作为主要机械性能要求来进行曲轴的设计。制造曲轴的材料也可由锻钢改为价格便宜、工艺简单的球墨铸铁。表 1-2 列出了几种常用零部件的工作条件、失效形式及对性能的要求。

表 1-2 几种常用零部件的工作条件、失效形式及对性能的要求

零部件	工作条件		失效形式	主要力学性能
	承受应力	载荷性质		
紧固螺栓	拉、剪	静	过量变形、断裂	强度、塑性
传动齿轮	接触、摩擦、弯	循环、冲击	磨损、麻点、剥落、疲劳断裂	表面硬度、疲劳强度、心部韧性
传动轴	弯、扭、剪	循环、冲击	疲劳断裂、过量变形、轴颈磨损	综合力学性能、疲劳强度