



高等教育“十二五”应用型人才培养规划教材

Jingong shixi

金工实习

◎主 编/李 兵 曹少泳

◎主 审/石宝山

高等教育“十二五”应用型人才培养规划教材

金工实习

主 编	李 兵	曹少泳
副主编	齐新霞	保金凤
参 编	秦雪梅	马玉涛
	郭继东	
主 审	石宝山	

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

金工实习/李兵, 曹少泳主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2011. 1
ISBN 978 - 7 - 5640 - 3995 - 0

I. ①金… II. ①李… ②曹… III. ①金属加工 - 实习 - 高等学校 - 教材 IV. ①TG - 45

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 234889 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京慧美印刷有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 11.5

字 数 / 263 千字

版 次 / 2011 年 1 月第 1 版 2011 年 1 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 4000 册

定 价 / 22.00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

前 言

金工实习是一门覆盖面很广的实践性课程,不但是绝大多数工科学生的必修课,部分院校的管理类、语言类、新闻类、工艺美术类专业的学生也要选修这门课程。通过本课程的学习,能使了解机械制造的一般过程,熟悉典型零件的常用加工方法及其所用加工设备的工作原理,了解现代制造技术在机械制造中的应用;具有独立完成简单零件加工制造的动手能力;对简单零件具有初步选择加工方法和进行工艺分析的能力。结合实习,培养学生的创新意识,为培养应用型、复合型高级人才打下一定的理论与实践基础,并使学生在提高工程师素质方面得到培养和锻炼。

在编写过程中,本教材注重把握工程材料和机械制造基础课这两门课程的分工与配合,并注意单工种的工艺分析。全书分材料及成形、切削加工、现代制造技术及综合与创新训练三个模块,共9章。每个模块的每个章节选取了生产中应用的实例,结合生产实践,以教学要求为基础,以实际应用为主线,把抽象、零散的教材内容连接起来,说明该部分内容是什么,有什么作用。编写中注重程序化,即教师教课与学生学习按规范化的程序进行,教师讲一点,学生练一点;教师再讲一点,学生再练一点,如此反复进行。这种程序化的教与学结合,既有助于教师教学,又有助于学生学习。

本教材的第1章由北京理工大学珠海学院石宝山编写,第2章由北京理工大学珠海学院齐新霞编写,第3章由北京理工大学珠海学院曹少泳编写,第4章、第9章以及第7章的7.5节由北京理工大学珠海学院李兵编写,第5章由北京理工大学珠海学院马玉涛编写,第6章由北京理工大学珠海学院郭继东编写,第7章第7.1~第7.4节由北京理工大学珠海学院秦雪梅编写,第8章由北京理工大学珠海学院保金凤编写。李兵、曹少泳任主编,秦新霞、保金凤任副主编,全书由李兵负责统稿和定稿。

本教材由石宝山主审。由于编者水平和经验有限,书中难免有不妥之处,敬请广大读者批评指正,以便再版时修正和完善。

编 者

目 录

CONTENTS

第1章 绪论	(1)
第2章 工程材料及热处理	(5)
2.1 工程材料概述	(5)
2.2 常用金属材料	(5)
2.2.1 钢的分类、编号和用途	(6)
2.2.2 铸铁	(12)
2.2.3 有色金属及其合金	(13)
2.2.4 金属材料性能	(15)
2.3 非金属材料	(15)
2.3.1 高分子材料	(15)
2.3.2 陶瓷材料	(16)
2.4 复合材料	(17)
2.5 钢的热处理	(17)
2.5.1 钢的热处理工艺	(17)
2.5.2 钢的退火和正火	(18)
2.5.3 钢的淬火和回火	(20)
2.5.4 表面热处理	(21)
2.5.5 热处理常见缺陷	(22)
第3章 机械切削加工基础知识	(23)
3.1 机械切削加工的基础知识	(23)
3.1.1 概述	(23)
3.1.2 切削要素	(24)
3.1.3 刀具材料及其几何角度	(25)
3.2 零件切削加工步骤安排	(27)
3.3 车削加工	(29)
3.3.1 车削概述	(29)
3.3.2 零件的安装及车床附件	(33)
3.3.3 车刀	(37)
3.3.4 车床操作要点	(39)
3.3.5 车削工艺	(41)

3.3.6 车削综合工艺分析	(46)
3.4 铣削加工	(48)
3.4.1 铣削概述	(48)
3.4.2 铣削工艺	(50)
3.5 磨削加工	(53)
3.5.1 磨削概述	(53)
3.5.2 磨削工艺	(55)
3.5.3 磨削综合工艺举例	(57)
第4章 钳工	(60)
4.1 钳工概述	(60)
4.2 划线、锯削、锉削和铰削	(61)
4.2.1 划线	(61)
4.2.2 锯削	(64)
4.2.3 锉削	(65)
4.2.4 铰削	(68)
4.3 钻孔、扩孔、铰孔和铰孔	(69)
4.3.1 钻孔	(70)
4.3.2 扩孔、铰孔与铰孔	(72)
4.4 攻螺纹和套螺纹	(73)
4.4.1 攻螺纹	(73)
4.4.2 套螺纹	(74)
4.5 装配	(75)
4.5.1 装配概述	(75)
4.5.2 典型连接件装配方法	(76)
第5章 铸造和压力加工	(81)
5.1 铸造成型工艺基础	(81)
5.1.1 合金的流动性	(81)
5.1.2 合金的收缩	(81)
5.1.3 合金的吸气和氧化性	(84)
5.2 砂型铸造	(84)
5.2.1 砂型	(84)
5.2.2 砂型铸造的工艺流程	(85)
5.2.3 造型材料	(85)
5.2.4 造型与制芯	(87)
5.2.5 浇注系统	(92)
5.2.6 冒口与冷铁	(93)
5.2.7 合型	(93)
5.3 铸造成型设计	(94)
5.3.1 浇注位置的选择	(94)

5.3.2 铸型分型面的选择	(94)
5.3.3 工艺参数的选择	(95)
5.3.4 铸件结构工艺性	(96)
5.4 特种铸造	(97)
5.4.1 熔模铸造	(97)
5.4.2 压力铸造	(98)
5.4.3 离心铸造	(98)
5.4.4 实型铸造	(99)
5.5 压力加工	(99)
5.6 压力加工成型方法	(100)
5.6.1 自由锻	(100)
5.6.2 模锻	(102)
5.6.3 板料冲压	(103)
5.6.4 其他塑性成型方法	(105)
第6章 焊接	(108)
6.1 手工电弧焊	(108)
6.1.1 手工电弧焊的焊接过程	(108)
6.1.2 手工电弧焊的设备与工具	(109)
6.1.3 电焊条的结构与分类	(110)
6.1.4 焊接接头、坡口与位置	(110)
6.1.5 手工电弧焊的工艺规范	(112)
6.1.6 手工电弧焊的基本操作技术	(112)
6.2 其他焊接方法	(113)
6.2.1 气焊与气割	(113)
6.2.2 气体保护焊	(114)
6.2.3 埋弧自动焊	(114)
6.2.4 电阻焊	(115)
6.2.5 钎焊	(116)
6.3 焊接质量及分析	(117)
6.3.1 焊接应力与变形	(117)
6.3.2 焊接缺陷	(117)
6.3.3 焊接检验	(118)
第7章 先进制造技术及塑料成型技术	(120)
7.1 数控加工技术	(120)
7.1.1 数控基本概念及工作原理	(120)
7.1.2 数控机床的特点	(121)
7.1.3 数控机床的坐标系	(121)
7.1.4 数控机床的分类	(121)
7.1.5 数控编程	(125)

7.2 电火花成型加工技术	(131)
7.2.1 电火花加工的物理本质	(131)
7.2.2 电火花成型加工的特点和应用范围	(133)
7.2.3 电火花加工机床结构	(133)
7.3 快速成型制造	(138)
7.3.1 概述	(138)
7.3.2 立体光成型技术 SLA (Stereo Lithography Apparatus)	(139)
7.3.3 分层实体制造技术 LOM (Laminated Object Manufacturing)	(140)
7.3.4 熔融挤出成型工艺 FDM (Fused Deposition Modeling)	(141)
7.4 其他先进制造方法	(142)
7.4.1 激光加工	(142)
7.4.2 超声波加工	(142)
7.5 塑料成型技术	(143)
7.5.1 常用塑料知识简介	(143)
7.5.2 注塑成型工艺	(144)
7.5.3 挤出成型工艺	(146)
7.5.4 吹塑成型工艺	(147)
第8章 综合训练及创新训练	(150)
8.1 机械加工工艺规程概述	(150)
8.1.1 毛坯的选择	(150)
8.1.2 加工方法选择及经济性分析	(151)
8.2 典型零件的机械加工工艺过程分析	(156)
8.2.1 轴类零件	(156)
8.2.2 盘套类零件	(158)
8.2.3 箱体类零件	(161)
8.3 创新实例	(163)
8.3.1 结合金工实习进行创新的过程	(164)
8.3.2 创新实例	(164)
第9章 金工实习中的劳动保护	(167)
9.1 概述	(167)
9.2 工业安全法规	(167)
9.3 机械安全工程	(168)
9.4 物料搬运安全常识	(170)
9.5 用电安全常识	(170)
9.6 防火与灭火	(171)
9.7 砂轮使用安全常识	(172)
参考文献	(173)

第1章

绪论

金工实习是一门实践基础课，是机械类各专业学生学习工程材料及机械制造基础等课程必不可少的一门课，是非机械类有关专业教学计划中重要的实践教学环节。它对于培养学生的动手能力有很大的意义，而且可以使学生了解传统的机械制造工艺和现代机械制造技术。

1. 金工实习在教学计划中的地位和作用

我国现行的教育体制，使得大学生的实践能力比较弱。因此，处于学校和社会过渡阶段的大学就承担了培养学生实践能力的任务，而金工实习则是培养学生实践能力的有效途径。基于此，必须给予这门课以足够的重视，充分利用金工实习的时间，努力提高自己的动手能力。

机械制造业是整个工业的基础和重要组成部分。自第一次工业革命以来，机械制造业的水平就是衡量一个国家经济发展水平的重要标志。现代化的生产手段，无论在工业、农业或交通运输业，都是以机械化和自动化为标志的；而自动化也要以机械化为基础。机械是进行一切现代生产的基本手段。因此，传授机械制造基本知识和基本技能的金工实习，就成为绝大多数工科专业以及部分理科专业大学生的必修课。机械制造生产过程实质上是一个资源向产品或零件的转变过程，是一个将大量设备、材料、人力和加工过程等有序结合的大的生产系统。一个月的时间不可能使我们完全掌握这门技术，但是至少应该能够了解一些机械制造的一般过程，熟悉机械零件的常用加工方法，并且应初步具备选择加工方法、进行加工分析和制订工艺规程的能力，以便为后续课程打下坚实的基础。对于机械类各专业学生，金工实习还是其他有关技术基础课程和专业课程的重要先修课。其中，金工实习与工程材料和机械制造基础（即金属工艺学）课程有着特殊的关系，金工实习既是金属工艺学课程的必要先修课，又是它的实践环节和重要组成部分。

工科类大学培养的学生应具有工程技术人员的全面素质，即不仅具有优秀的思想品质、扎实的理论基础和专业知识，而且要有解决实际工程技术问题的能力。金工实习是对大学生进行工程训练的重要环节之一。它是在校办实习工厂内，在教师和有实践经验的技工的指导下进行的，学生通过亲身实践，学习机械制造的实际知识，掌握一定的操作技能，培养动手能力，并且尝试解决生产中的一些实际问题。显然，这样的工程训练，对于按照工程技术人员的要求培养大学生，具有重要的作用。

2. 金工实习的内容

金工实习的基本内容是机械制造中的一般加工方法及常用设备、工具的操作方法和初步的工艺知识。

机械制造的一般过程如图 1.1 所示。

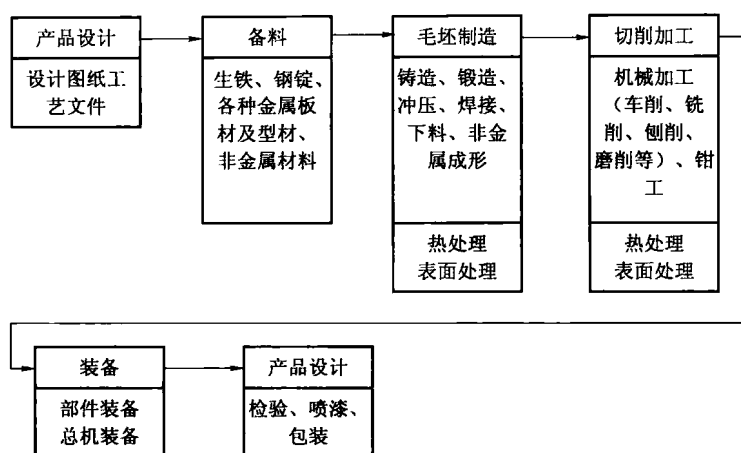


图 1.1 机械制造的一般过程

3. 金工实习的目的和要求

学习工艺知识，增强工程实践能力，提高综合素质（包括工程素质），培养创新精神和创新能力，这是金工实习的目的，也是金工实习的三项基本要求。

(1) 学习工艺知识

在金工实习中，学生要学习机械制造的各种主要加工方法及其所用设备、刀具、卡具和量具的基本结构、工作原理和使用方法，了解不同材料和不同类型零件的加工方法和基本工艺过程。与一般的理论课程不同，学生在金工实习中，主要是通过自己的亲身实践来获取知识。这些知识都是非常具体、生动而实际的。这些实际知识，对于机械类各专业学生学习后续课程乃至以后的工作，都是十分必要的。

(2) 增强工程实践能力

对于理工科的大学生来说，具有一定的动手能力，具备向实践学习的能力，以及运用所掌握的知识和技能独立分析和亲手解决工艺技术问题的能力是很重要的。这种能力主要通过实习、实验、作业、课程设计、毕业设计等实践性的课程或教学环节来培养。金工实习是其中的一门重要课程。在金工实习中，学生亲自动手操作各种机器设备，使用各种刀、卡、量具，尽可能结合生产进行各个工种操作培训。在有条件的情况下，还要安排综合性训练、工艺设计、工艺讨论等训练环节。

(3) 提高综合素质

对于多数大学生来说，参加金工实习是他们第一次走进工厂，拜劳动者为师，向工人师傅学习，并以普通劳动者的身份参加创造物质财富的劳动，同时接受社会化生产的熏陶和组织性、纪律性的教育。他们将亲身感受到劳动的艰辛，体验到劳动成果的来之不易，增强对劳动人民的思想感情。所有这些，对大学生形成坚定、正确的政治方向、艰苦奋斗的创业精神、勤奋创新的工作态度和严谨求实的科学作风，必将起到重要的作用。

在工程实践教学中应培养学生下列工程意识：责任意识、安全意识、质量意识、群体意识、环保意识、市场意识、竞争意识、管理意识、经济意识、社会意识、法律意识和创新意识等。

4. 金工实习的学习方法

金工实习强调以实践为主,学生应在教师的指导下通过独立的实践操作,将有关机械制造的基本工艺理论、基本工艺知识和基本工艺实践有机地结合起来,进行工程实践综合能力的训练,而且需要从传统的金工实习阶段逐渐过渡到工程教育的重要组成阶段,具体分别是由师傅带徒弟式的训练发展到渗透启发式并与现代教育技术相结合的训练;由机械制造工艺方法的简单训练逐步发展到与创新思维培养紧密结合的综合性训练;由单机训练发展到计算机局域网条件下的系统训练;训练过程和目的不是简单地掌握操作技能,而是从中体验和提炼出工艺流程、工艺管理和创新精神。

由于金工实习的教学特点与同学们长期以来所习惯的课堂教学有很大的不同,因而在学习方法上应当进行适当的调整,以求获得良好的学习效果。对此提出以下几点建议。

(1) 充分发挥自身的主体作用

金工实习教学与课堂理论教学相比,其显著区别之一,就是学生的实践操作成为了主要的学习方式,这就更加突出了学生在教学过程中的主体地位。因此让学生适当地摆脱对教师 and 书本的依赖性,学会在实践中积极主动地学习是十分重要的。在实习之前,要自觉地、有计划地预习有关的实习内容,做到心中有数;在实习中,要始终保持高昂的学习热情和求知欲望,敢于动手,勤于动手;遇到问题时,要主动向指导教师请教或与同学交流探讨。充分利用实习时间,争取得到最大的收获。

(2) 贯彻理论联系实际的方法

首先要充分树立实践第一的观点,坚决放弃“重理论,轻实践”的错误思想。随着实习进程的深入和感性知识的丰富,在实践操作过程中,要勤于动脑,使形象思维与逻辑思维相结合。要善于用学到的工艺理论知识来解决实践中遇到的各种具体问题,而不是仅仅满足于完成实习零件的加工任务。在实习的末期或结束时,要认真做好总结,努力使在实习中获得的感性认识更加系统化和条理化。这样,用理论指导实践,以实践验证和充实理论,就可以使理论知识掌握得更加牢固,也可以使实践能力得到进一步提高。

(3) 学会综合地看问题和解决问题的方法

金工实习是由一系列单工种实习组合而成,这就容易造成学生往往只从所实习的工种出发去看待和解决问题,从而限制了自己的思路,所以要注意防止这一现象发生。一般来说,一件产品是不会只用一种加工方法制造出来的,因此要学会综合地把握各个实习工种的特点,学会从机械产品生产制造的全过程来看各个工种的作用和相互联系。这样,在分析和解决实际问题的時候,就能够做到触类旁通,举一反三,使所学的知识和技能融会贯通。

5. 金工实习与其他课程的关系

金工实习是一门技术基础课,它与工科机械类和非机械类专业所开设的许多课程都有着密切的联系。

(1) 金工实习与工程制图课程的关系

工程制图课程是金工实习的先修课或平行课。金工实习时,学生必须已具备一定的识图能力,能够看懂实习所加工零件的零件图。学生从实习中获得对机器结构和零件的了解,将会对其继续深入学习工程制图课程和巩固已有的工程制图知识提供极大的帮助。

(2) 金工实习与金工理论教学课程的关系

金工实习是金工理论教学课程(机械工程材料、材料成型技术基础、机械加工工艺基

础) 必不可少的先修课。金工实习是让学生熟悉机械制造的常用加工方法和常用设备, 具有一定的工艺操作和工艺分析技能, 能够培养工程意识和素质, 从而为进一步学好金工理论课程的内容打下坚实的实践基础。金工理论教学是在金工实习的基础上, 更深入地讲授各种加工方法的工艺原理、工艺特点以及有关的新材料、新工艺、新技术的知识, 使学生具有分析零件的结构工艺性, 并能够正确选择零件的材料、毛坯种类和加工方法的能力。

(3) 金工实习与机械设计及制造系列课程的关系

金工实习也是机械设计及制造系列课程(机械原理、机械设计、机械制造技术、机械制造设备、机械制造自动化技术、数控技术等)的十分重要的先修课。认真地完成金工实习, 必将为这些后续的重要的专业课学习提供丰富的机械制造方面的感性认识, 从而使学生在学习这些专业课乃至将来进行毕业设计或从事实际工作时, 依然能够从中获益。

第2章 ...

工程材料及热处理

2.1 工程材料概述

材料是人类社会可以接受的、能经济地制造有用器件（或物品）的固体物质。翻开人类进化史，我们不难发现，人类社会的发展史就是材料的发展史，历史学家根据制造生产工具的材料，将人类生活的时代划分为：石器时代、陶器时代、铁器时代及当今人类正在跨入的人工合成材料、复合材料、功能材料的新时代。

材料种类很多，总和达40余万种，并且每年以5%的速度增加。工程上使用的材料有许多不同的分类方法，按照化学成分可以分为四大类：金属材料、高分子材料、无机非金属材料 and 复合材料，见表2.1。

表 2.1 工程材料的分类

金属材料		非金属材料			复合材料
黑色金属材料	有色金属材料	无机非金属材料	有机高分子材料		
碳素钢、合金钢、铸铁及铁合金等	铝、镁、铜、锌及其合金等	水泥、陶瓷、玻璃等	合成高分子材料（塑料、合成纤维、合成橡胶等）	天然高分子材料（木材、纸、纤维、皮革等）	金属基复合材料、塑料基复合材料、橡胶基复合材料、陶瓷基复合材料等

金属材料可分为黑色金属材料和有色金属材料。黑色金属材料主要是铁基金属合金，包括碳素钢、合金钢、铸铁等；有色金属材料包括轻金属及其合金、重金属及其合金等。而非金属材料可分为无机非金属材料 and 有机高分子材料。无机非金属材料包括水泥、陶瓷、玻璃等，有机高分子材料包括塑料、橡胶及合成纤维等。上述两种或两种以上材料经人工合成后，获得优于组成材料特性的材料称为复合材料。

工程材料按照用途可分为两大类，即结构材料 and 功能材料。结构材料通常指工程上对硬度、强度、塑性及耐磨性等力学性能有一定要求的材料，主要包括金属材料、陶瓷材料、高分子材料及复合材料等。功能材料是指具有光、电、磁、热、声等功能和效应的材料，主要包括半导体材料、磁性材料、光学材料、电介质材料、超导体材料、非晶和微晶材料、形状记忆合金等。

2.2 常用金属材料

金属材料是目前用量最大、用途最广泛的材料。金属材料是由金属元素或以金属元素为

主,其他金属或非金属元素为辅构成的,并具有金属特性的工程材料。工程上常用的金属材料主要有黑色金属材料及有色金属材料等。

黑色金属材料中使用最多的是钢铁,钢铁是世界上的头号金属材料,年产量高达数亿吨。例如,各种机器设备上大量使用的轴、齿轮、弹簧,建筑上使用的钢筋、钢板,以及交通运输中的车辆、铁轨、船舶等都要使用钢铁材料。在机械制造业中钢铁材料占90%,有色金属占5%。在汽车制造业中钢铁材料占60%~75%,其中15%~20%为低合金高强度钢,铝合金占5%~10%,塑料占10%~20%,还有少量其他材料。通常所说的钢铁是钢与铁的总称,实际上钢铁材料是以铁为基体的铁碳合金,当碳的质量分数大于2.11%时称为铁,当碳的质量分数小于2.11%时称为钢。

有色金属主要包括铝、铜、钛、镁、锌、铅及其合金等,虽然它们的产量及使用量不如钢铁材料多,但由于其具有某些独特的性能和优点,使其成为当代工业生产中不可缺少的材料。

2.2.1 钢的分类、编号和用途

1. 钢的分类

(1) 按化学成分分类

工业用钢按化学成分可以分为碳素钢和合金钢两大类。

- | | | |
|-------|---|---|
| ① 碳素钢 | { | 低碳钢: $w(\text{C}) \leq 0.25\%$ |
| | | 中碳钢: $w(\text{C})$ 为 $0.25\% \sim 0.60\%$ |
| | | 高碳钢: $w(\text{C}) \geq 0.60\%$ |
| ② 合金钢 | { | 低合金钢:合金元素含量 $< 5\%$ |
| | | 中合金钢:合金元素含量 $5\% \sim 10\%$ |
| | | 高合金钢:合金元素含量 $> 10\%$ |

(2) 按用途分类

- | | | | |
|----------|---|-----------------|-------|
| ① 结构钢 | { | 工程用钢:建筑、船舶、车辆用钢 | |
| | | 机器用钢 | 渗碳钢 |
| | | | 调质钢 |
| | | | 弹簧钢 |
| | | | 滚动轴承钢 |
| 耐磨钢 | | | |
| ② 工具钢 | { | 刃具钢 | |
| | | 模具钢 | |
| | | 量具钢 | |
| ③ 特殊性能的钢 | { | 不锈钢 | |
| | | 耐热钢 | |

(3) 按质量分类

钢的质量是以钢中磷、硫的含量来划分的。按质量可分为普通质量钢、优质钢、高级优质钢和特级优质钢。根据现行标准,各质量等级钢的磷、硫质量分数见表2.2。

表 2.2 钢的质量等级及其磷、硫质量分数

%

钢 类	碳 素 钢		合 金 钢	
	P	S	P	S
普通质量钢	≤0.045	≤0.045	≤0.045	≤0.045
优质钢	≤0.035	≤0.035	≤0.035	≤0.035
高级优质钢	≤0.030	≤0.030	≤0.025	≤0.025
特级优质钢	≤0.025	≤0.020	≤0.025	≤0.015

2. 碳素钢

(1) 常见杂质对钢性能的影响

锰和硅：锰和硅在钢中都是有益元素，锰和硅来源于炼钢原料。对钢有固溶强化作用，同时锰可以脱氧、脱碳，并把钢中 FeO 还原成铁，锰可以与硫生成 MnS，减轻硫的有害作用。钢中含锰量一般在 0.25%~0.80%，含硅量小于 0.4%。

硫和磷：硫和磷在钢中是有害元素，主要是由生铁和燃料带来的，炼钢时难以除净。

硫在钢中以 FeS 形式存在，FeS 与 Fe 形成低熔点（985℃）共晶体（FeS + Fe），使钢在热加工过程中沿着晶界开裂，即产生热脆现象。

磷可以增加钢的强度、硬度，但使塑性、韧性显著降低，这种脆化现象在低温时更严重，故称为冷脆现象。

(2) 碳素钢的牌号、性能和用途

1) 普通碳素结构钢

普通碳素结构钢的牌号是由代表钢材屈服强度的汉语拼音首位字母、屈服强度值、质量等级符号、脱氧方法符号四个部分按顺序组成，即由 Q + 屈服强度值 + 质量等级（A、B、C、D、E，由 A 到 E，质量提高） + 脱氧方法（“F”表示沸腾钢、“b”表示半镇静钢、“Z”表示镇静钢、“TZ”表示特殊镇静钢）组成。

这类钢一般在热轧状态下供货，如热轧钢板、钢带、型钢、棒钢等，大多不需要热处理而直接使用，其常见牌号、化学成分和力学性能见表 2.3。

表 2.3 普通碳素结构钢的牌号、化学成分和力学性能表

牌号	等级	化学成分质量分数/%					力学性能			应用举例
		C	Mn	Si	S	P	屈服强度 σ_s /MPa	抗拉强度 σ_b /MPa	伸长率 δ /%	
				≤						
Q195	—	0.06 ~ 0.12	0.25 ~ 0.50	0.30	0.050	0.045	195	315 ~ 390	33	用于制造 受力不大的 零件，如螺 钉、垫圈， 焊接件、冲 压件及桥 梁等。
Q215	A			0.30	0.050	0.045	215	335 ~ 410	31	
	B	0.09 ~ 0.15			0.045					
Q235	A	0.14 ~ 0.22	0.30 ~ 0.65	0.30	0.050	0.045	235	375 ~ 460	26	
	B	0.12 ~ 0.20	0.30 ~ 0.70		0.045					
	C	≤0.18	0.30 ~ 0.80		0.040	0.040				
	D	≤0.17			0.035	0.035				

续表

牌号	等级	化学成分质量分数%					力学性能			应用举例
		C	Mn	Si	S	P	屈服强度 σ_s /MPa	抗拉强度 σ_b /MPa	伸长率 δ %	
				≤						
Q255	A	0.18 ~ 0.28	0.40 ~ 0.70	0.30	0.050	0.045	255	410 ~ 510	24	用于制造承受中等载荷的零件，如小轴、销子、连杆等。
	B				0.045					
Q275		0.28 ~ 0.38	0.50 ~ 0.80	0.35	0.035	0.045	275	490 ~ 610	20	

2) 优质碳素结构钢

优质碳素结构钢的牌号用两位数字表示。这两位数字表示钢平均含碳量的万分之几。如 45 钢, 表示平均含碳量为 0.45% 的优质碳素结构钢。若钢中 Mn 含量较高 (0.7% ~ 1.2%) 时, 在牌号后面加上 Mn, 如 20Mn、65Mn 钢等。常用优质碳素结构钢的牌号、性能和用途见表 2.4。

表 2.4 常用优质碳素结构钢的牌号、性能和用途

钢种	性 能	用 途
08F、10	塑性好、强度低	用于制造薄钢板、冷冲压件、容器
15、20、25	渗碳后, 表面具有高硬度、高耐磨性, 心部塑性和韧性良好	用于制造齿轮、连杆、轴类零件
55、60 以上钢	热处理后有高的耐磨性、弹性极限和强度	用于制造弹簧、钢轨、车轮、钢丝绳等

3) 碳素工具钢

碳素工具钢主要用来制造刀具、模具和量具。这类钢要求高硬度和高耐磨性, 其含碳量在 0.65% ~ 1.35%, 全都属于优质或高级优质的高碳钢。

碳素工具钢的牌号用“T+数字+质量级别”来表示。“T”为碳素工具钢“碳”字的汉语拼音首字母, “数字”表示其平均含碳量的千分之几, 如为高级优质钢, 则在数字后面加符号“A”。如 T8A 表示平均含碳量为 0.8% 的高级优质碳素工具钢。常用碳素工具钢的牌号有 T7、T8、T8A、T10、T12 等。

4) 铸造碳钢

生产中, 有些形状复杂的零件, 很难用压力加工法成形, 用铸铁又难以满足性能要求, 此时可采用铸造碳钢。铸造碳钢有良好的塑性、韧性和焊接性能, 常用于受力不大、要求韧性好、结构复杂的各种机械零件, 如机座、变速器壳等。

铸造碳钢的牌号用“ZG+两组数据”表示, 其中“ZG”是“铸钢”两字汉语拼音首字母, 后面两组数据中, 第一组数据表示其屈服强度值; 第二组数据表示其抗拉强度值。如: ZG230-450 表示屈服强度为 230MPa、抗拉强度为 450MPa 的工程用铸造碳钢。

2. 合金钢

为了改善和提高钢的性能，在碳素钢的基础上有目的地加入一定量的其他合金元素所获得的铁基合金即为合金钢。常用的合金元素有硅、锰、铬、镍、钨、钼、钒、钛、铌等。这些合金元素在合金钢中可提高钢的力学性能，增大钢的淬透性，改善钢的工艺性能，或得到某种特殊物理性能和化学性能的钢，如耐低温、耐腐蚀、高磁性、高耐磨性等。合金钢广泛应用于工具或力学性能、工艺性能要求高的、形状复杂的大截面零件或有特殊性能要求的零件。

(1) 合金结构钢

合金结构钢可以分为普通低合金钢、渗碳钢、调质钢、弹簧钢及滚动轴承钢。

我国合金结构钢的牌号采用“数字+元素符号+数字”的表示方法。前两位数字表示平均含碳量万分之几，合金元素符号后面数字表示其含量的百分数。当合金元素平均含量为0.8%~1.50%时，只标出元素符号，而不标出数字，如20CrMnTi。当合金元素平均含量≥1.5%、≥2.5%、≥3.5%时，则在元素符号后面相应标出2, 3, 4, …。如：40Cr钢，表示平均含碳量0.40%，平均含铬量小于1.50%的合金结构钢。

1) 低合金高强度结构钢

低合金高强度结构钢是在普碳钢（ $w(C) < 0.20\%$ ）的基础上加入少量（≤3%）的合金元素制成的，又称普通低合金钢。低合金高强度结构钢的很多性能优于普碳钢，其屈服强度比普碳钢高25%~50%，并具有良好的塑性、韧性、焊接性能及耐蚀性，但其冷冲压性能差。这类钢广泛用于桥梁、船舶、车辆、化工设备、机械等，其常见牌号、性能及用途见表2.5。

表 2.5 常用合金钢的牌号、性能及用途 mm

种 类	牌 号	性能及用途
普通低合金结构钢	Q295, Q345 (16Mn), Q390	强度较高，塑性好，有良好的焊接性和耐蚀性，用于建造桥梁、车辆、船舶、锅炉、高压容器等
渗碳钢	20, 20Cr	低淬透性钢，用于受力小的耐磨件，如柴油机的活塞销、凸轮轴等
	20CrMnTi	用于中等载荷的耐磨件，如变速器齿轮等
	18Cr2Ni4WA	用于大载荷的耐磨件，如柴油机曲轴等
调质钢	40Cr, 35SiMo, 30CrMnSi, 40CrMnMo	具有高的强度和足够的韧性，用于制造一些复杂的重要机器零件
弹簧钢	65Mn, 60Si2Mn, 60Si2CrVA	热处理后组织可得到强化，用于制造承受重载荷的弹簧
滚动轴承钢	GCr4, GCr15, GCr15SiMn	用于制造滚动轴承的滚珠、套圈