

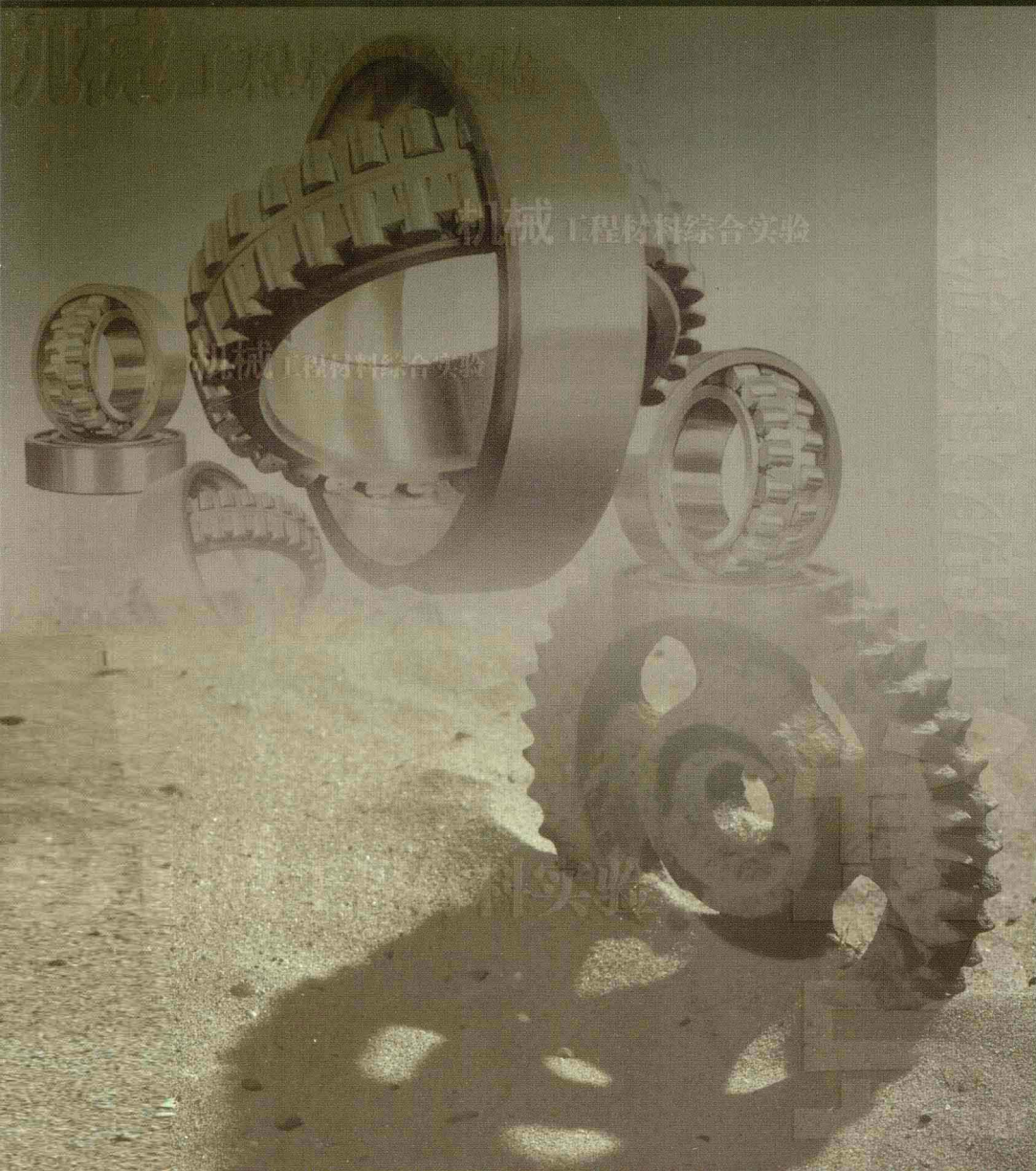
J

机电工程系列教材

机械 工程材料综合实验

JIXIE GONGCHENG CAILIAO ZONGHE SHIYAN

彭成红 主编



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

机电工程系列教材

机械 工程材料综合实验

主编 彭成红

参编 曾美琴 袁叔贵 邹敢锋 陈灵

常州大学图书馆
藏书章



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS
· 广州 ·

图书在版编目(CIP)数据

机械工程材料综合实验/彭成红主编. —广州: 华南理工大学出版社, 2012. 9
机电工程系列教材
ISBN 978-7-5623-3748-5

I. ①机… II. ①彭… III. ①机械制造材料-材料试验-高等学校-教材
IV. ①TH140. 7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 212061 号

机械工程材料综合实验

主编 彭成红

出版发行: 华南理工大学出版社

(广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

http: //www. scutpress. com. cn E-mail: scute13@scut. edu. cn

营销部电话: 020-87113487 87111048 (传真)

责任编辑: 吴兆强

印刷者: 佛山市浩文彩色印刷有限公司

开本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 11 字数: 282 千

版次: 2012 年 9 月第 1 版 2012 年 9 月第 1 次印刷

印数: 1 ~ 2000 册

定价: 22.00 元

版权所有 盗版必究 印装差错 负责调换

前 言

机械类专业学生必须掌握机械工程材料的基础知识，而本课程是一门实践性很强的课程。为了加深学生对相关理论和概念的理解，培养学生独立获取知识的自学能力、解决问题的实践技能和综合素质，我们单独设置了“机械工程材料综合实验”课，让学生在已经学习过理论知识的基础上，自己设计实验方案，自己完成综合实验过程，写出实验报告。本教材就是该实验课的实验指导书。

本书根据金属材料成分、结构、性能之间的联系进行编排，共分七章，主要内容包括：机械工程材料的分类及钢材的编号和质量检验、热处理加热设备及测控温仪表、金属材料的金相组织检测、金属材料的力学性能、典型钢材的综合实验、典型零件的综合实验任务书、机械工程材料综合实验金相图谱。为了增强该教材的参考性，书中系统地列出了各种钢材的成分、热处理临界转变温度等参数，介绍了目前较新的热处理设备和热处理质量检验仪器，以及目前最新的相关中国国家标准。

在第一章至第四章中主要介绍金属材料的基本知识、热处理基本设备、金属材料金相组织和力学性能的检验方法及设备。第五章是典型钢材综合实验的目的、实验原理、实验步骤与方法。按钢材的用途，设计了渗碳钢、渗氮钢、调质钢、弹簧钢、轴承钢、碳素工具钢、低合金工具钢、高速钢、冷作模具钢、热作模具钢、塑料模具钢等11大类、20余种钢材的综合实验。第六章是典型零件的综合实验任务书，要求每一位学生根据给定的机械零件或工具、模具的使用条件，独立选择合适的材料，设计热处理工艺路线，确定热处理工艺方法和参数，并检验零件的组织 and 性能，最后得到合格的金相样品并拍照。

本教材可作为高等学校相关专业的教材，也可供教师、工程技术人员和科研人员参考。

本教材由彭成红、曾美琴、袁叔贵、邹敢锋、陈灵编写，还有综合实验教学组的朱小科等其他老师参与了编写和实验课的指导。编者不断地对本教材进行修订和完善，但由于水平有限，书中难免存在缺点与不足，敬请读者批评指正。

编 者

2012年6月于广州

目 录

| | |
|-----------|-----|
| 绪 论 | (1) |
|-----------|-----|

第一部分 机械工程材料实验基础

| | |
|--------------------------------|------|
| 第一章 机械工程材料的分类及钢材的编号和质量检验 | (5) |
| 第一节 钢的分类及编号 | (5) |
| 第二节 钢材的缺陷与质量检验 | (11) |
| 第二章 热处理加热设备和测控温仪表 | (19) |
| 第一节 热处理电阻炉 | (19) |
| 第二节 热处理浴炉 | (22) |
| 第三节 程控热处理炉 | (22) |
| 第四节 真空热处理炉和离子渗氮炉 | (23) |
| 第五节 热处理炉温度测量及控制仪表 | (25) |
| 第三章 金属材料的金相组织检测 | (28) |
| 第一节 金相显微镜的构造和使用 | (28) |
| 第二节 金相试样的制备 | (34) |
| 第三节 金相照片的制作 | (41) |
| 第四章 金属材料的力学性能 | (44) |
| 第一节 金属的硬度试验 | (44) |
| 第二节 金属的静拉伸试验 | (51) |
| 第三节 金属的冲击试验 | (56) |
| 第四节 金属的其他力学性能 | (57) |

第二部分 典型钢材的设计性、综合性实验

| | |
|----------------------------|------|
| 第五章 典型钢材的综合实验 | (59) |
| 第一节 常见的工具、模具或机械零件的选材 | (59) |
| 第二节 渗碳钢的综合实验 | (61) |
| 第三节 渗氮钢的综合实验 | (71) |
| 第四节 调质钢的综合实验 | (80) |

| | | |
|------------|---------------------------|--------------|
| 第五节 | 弹簧钢的综合实验 | (84) |
| 第六节 | 轴承钢的综合实验 | (87) |
| 第七节 | 碳素工具钢的综合实验 | (90) |
| 第八节 | 低合金工具钢的综合实验 | (92) |
| 第九节 | 高速钢的综合实验 | (95) |
| 第十节 | 冷作模具钢的综合实验 | (98) |
| 第十一节 | 热作模具钢的综合实验 | (102) |
| 第十二节 | 塑料模具钢的综合实验 | (105) |
| 第六章 | 典型零件的综合实验任务书 | (109) |
| 实验一 | 车床变速齿轮综合实验任务书 | (109) |
| 实验二 | 车床主轴综合实验任务书 | (110) |
| 实验三 | 内齿圈综合实验任务书 | (111) |
| 实验四 | 精密丝杆综合实验任务书 | (112) |
| 实验五 | 螺旋弹簧综合实验任务书 | (113) |
| 实验六 | 汽车钢板弹簧综合实验任务书 | (114) |
| 实验七 | 重载传动齿轴综合实验任务书 | (115) |
| 实验八 | 重载荷斜齿轮综合实验任务书 | (116) |
| 实验九 | 链轮综合实验任务书 | (117) |
| 实验十 | 自行车飞轮综合实验任务书 | (118) |
| 实验十一 | 自行车链条综合实验任务书 | (119) |
| 实验十二 | 滚动轴承综合实验任务书 | (120) |
| 实验十三 | 塑料挤压分流头综合实验任务书 | (121) |
| 实验十四 | 塑料模模芯综合实验任务书 | (122) |
| 实验十五 | 灯饰铝合金压铸模综合实验任务书 | (123) |
| 实验十六 | 十字板铝合金压铸模综合实验任务书 | (124) |
| 实验十七 | 铝合金挤压分流模综合实验任务书 | (125) |
| 实验十八 | 钢板拉伸模综合实验任务书 | (126) |
| 实验十九 | 钢板冷冲模综合实验任务书 | (127) |
| 实验二十 | 钢板冷冲冲头综合实验任务书 | (128) |
| 实验二十一 | 手用锯条综合实验任务书 | (129) |
| 实验二十二 | 锉刀综合实验任务书 | (130) |
| 实验二十三 | 螺丝板牙综合实验任务书 | (131) |
| 实验二十四 | 麻花钻头综合实验任务书 | (132) |
| 实验二十五 | 立铣刀综合实验任务书 | (133) |
| 实验二十六 | 铣刀综合实验任务书 | (134) |
| 实验二十七 | 热锻模综合实验任务书 | (135) |

| | |
|--------------------------------|-------|
| 第七章 机械工程材料综合实验金相图谱 | (136) |
| 第一节 20 钢 | (136) |
| 第二节 20Cr 钢 | (138) |
| 第三节 20CrMnTi 钢 | (139) |
| 第四节 35CrMo 钢 | (141) |
| 第五节 38CrMoAl 钢 | (142) |
| 第六节 40Cr 钢 | (144) |
| 第七节 45 钢 | (146) |
| 第八节 3Cr2Mo(P20,718) 钢 | (147) |
| 第九节 5CrMnMo 钢 | (148) |
| 第十节 3Cr2W8V 钢 | (149) |
| 第十一节 60Si2Mn 钢 | (150) |
| 第十二节 65Mn 钢 | (151) |
| 第十三节 T10 钢 | (152) |
| 第十四节 H13 钢 | (154) |
| 第十五节 Cr12 钢 | (156) |
| 第十六节 Cr12MoV 钢 | (157) |
| 第十七节 CrWMn 钢 | (158) |
| 第十八节 GCr15 钢 | (159) |
| 第十九节 W18Cr4V 钢 | (161) |
| 第二十节 W6Mo5Cr4V2 钢 | (162) |
| 第二十一节 2Cr13 钢 | (164) |
| 附录 1 “机械工程材料综合实验”实验报告的要求 | (165) |
| 附录 2 “机械工程材料综合实验”课的考核方法 | (166) |
| 参考文献 | (167) |

绪 论

一、机械工程材料综合实验课的重要性

材料科学与工程是现代工业发展的四大支柱之一，几乎每一项重大的科学技术进步都与材料的发现有着密切的联系。机械工程及材料历来是国民经济建设的支柱产业和支柱学科之一，而且是基础产业与基础学科之一。随着科学技术的不断发展，对机械类和材料类专业人才的培养提出了更高的要求。高等院校工科学生，尤其是机械类专业的学生，要求具有较高的实践能力和综合设计能力。胡锦涛总书记指出：世界范围内的综合国力竞争，归根到底是人才特别是创新人才的竞争。就大学而言，不仅要认识到自己在建设创新型国家这一战略选择中扮演多么重要的角色，而且要重新审视自己的办学目标和人才培养模式，端正办学方向，更好地担负起人才培养、科学创新的使命。长期以来，大多实验教学均遵循实验随课程走的传统实验教学模式，实验的内容仅限于刚学过的理论，多为验证型、演示型实验，内容单调，学生的实验知识过于狭窄，动手能力，综合分析问题、解决问题的能力，特别是创新能力得不到充分培养。应该看到，许多发明和创造是在实践中发现和提炼出来的，教学内容也是在实践中逐渐深化的，只有通过实践锻炼才能培养学生发现问题和解决问题的能力，并进一步培养其在实践中的创新性思维和创新精神。

我校既是研究型本科院校，同时也非常注重应用型人才的培养，培养学生的实践动手能力是重中之重，实验教学是培养学生具有这些能力的极好的教学环节，它不仅是学生获得知识的重要途径，而且对培养学生的自学能力、工作态度、实际工作能力、科学研究能力和创新能力具有十分重要的意义，对实现培养学生的知识、能力、素质起着关键的作用。

在高校工科机械类各专业的人才培养计划中，“机械工程材料”是所有学生都必须修读的一门学科基础课程，为了提高该课程的教学质量，从考虑课程建设的角度出发，需要大力加强实践性环节的教学，其中改进教学实验是重要的一环。为此，我校把“机械工程材料”课程的实验教学改革作为课程建设中的一个突破口，单独设置了“机械工程材料综合实验”课程，32学时，1.5学分。目的在于全面提高学生的自学能力、动手能力和综合素质，其具体做法是发给每位学生一份常见工模具或机械零件产品的工艺设计任务书，让他们独立自主地选材、设计加工工艺路线并完成整个实验，把抽象的书本理论变成可触摸的活生生的实验。学生通过综合实验，加深对理论知识的理解，学到很多书本以外的实践技能，提高自学能力、查阅文献资料的能力、分析和解决问题的能力，进而全面提高综合素质和创新能力。该实验课从1999年开课至今，很受学生的重视和欢迎，教学效果良好。

二、机械工程材料综合实验课的教学特点

1. 改革实验教学模式，突出强调以学生为主，独立自主地完成实验

本实验给每位学生制订一份各不相同的实验任务书，学生根据任务书的要求，独立选用材料和设计加工工艺路线，独立进行实验操作、灵活安排实验进程，独立对实验结果进

行分析评定，最后独立完成综合实验总结报告。在教学方式上表现出以学生独立操作为主，教师指导为辅，教师只是在学生经过了反复实验、深入思考仍存在疑问时才给予必要的指点。同时，实验任务有一定的难度和一定的工作量，需要学生经过自身的不懈努力才可以很好地完成，只有这样，实验课的效果才能很好地体现出来。

2. 改革实验教学内容，强化实验的设计性与实践探索性

设计性：学生根据设计任务的要求，通过自行到图书馆查阅相关文献资料，从成千上万种材料中筛选出合适的材料，并制定出合理的、具体详细的加工工艺路线。

实践探索性：学生制定的材料加工工艺路线是否完全可行，如何对实验现象进行合理解释，如何对实验效果进行评定，需要学生自己通过严格的实验来探索、检验、分析和修正，并提出正确的解决方案。这既提高了学生的分析问题和解决问题的能力，又锻炼了学生的实验技能和动手能力。

设计性与实践探索性相结合践行了理论联系实践的教学思想，设计性体现出对理论知识的具体应用，实践探索性体现出通过实践深化对理论知识的理解，既丰富了学生的理论知识，又培养了学生的创新意识和求真务实的科学精神。

3. 培养学生综合运用专业理论知识和专业实验技术的能力

实验要求学生首先根据设计任务书提出的性能要求，通过查阅相关文献资料，选择合适的材料并设计具体详细的材料加工工艺路线，然后通过自己动手实验来探索、检验、分析和修正制订的材料加工工艺路线。这就会涉及众多专业知识，如金属学、金属材料学、金属力学性能、金属热处理原理和工艺、热处理设备和炉温仪表等，也应用到多种实验技术，如金相制备与分析技术、力学性能测试技术、热处理操作技术等，有利于提高学生综合运用理论知识的能力和锻炼学生熟练正确操作各种仪器设备的实验技能。同时，学生的任务书都是针对常见机械零件产品的生产工艺，通过系统实验训练，使学生对机械零件的生产工艺尤其是热处理工艺有了深刻的认识，这对于今后学生从事技术工作是十分有益的。

4. 改革实验教学方式，采取了独立自主、分散进行的开放式实验教学

由于实验比较复杂，学生对实验设备和操作技术比较陌生，容易在实验过程中出错。本着大胆放手让学生独立进行实验、允许失败、鼓励尝试创新的教学理念，本实验课还采取了有计划分散进行实验的做法，除教学计划时间外，允许每位学生根据自己的学习生活具体情况安排各自的实验（实验室每天都对学生开放），使每位学生都有充裕的时间进行实验，而不会因为时间紧迫胡乱对付完成实验。实验失败的同学可以安排时间重做实验，有浓厚兴趣的同学可以安排时间尝试创新，既充分发挥了学生的主观能动性使其能够更好地完成实验，又充分利用了设备并避免了因实验条件有限对学生实验的影响，从而保证了实验教学的质量和效果。

5. 注重学生综合素质与能力的全面提高

完成综合实验，需要学生查阅相关文献资料，自学专业理论知识，从中找到能够指导实验进行的知识点，从而提高了学生的自学能力和查阅文献资料能力；需要学生熟练掌握多种设备的操作技术和实验使用技术，从而提高了学生的实验技能和动手能力；需要学生对实验过程中出现的各种实验现象和实验结果进行正确的、深入的分析和评定，提出自己的见解，从而提高了分析和解决实际问题的能力；需要学生对整个实验过程进行准确清楚的描述、系统的归纳总结，从而提高了写作科研论文的能力等。经过综合实验的系统训

练，能够全面提高学生的综合素质。

三、机械工程材料综合实验课的要求

机械工程材料综合实验课是机械工程材料课的重要组成部分，开设机械工程材料综合实验课，是教学改革的重要环节。学生通过本课程的学习和实验实践，要求掌握下面的基本内容：

(1) 通过综合实验初步掌握金属材料的化学成分、热处理工艺、组织与性能之间的关系，了解由于选取的材料不同或者同一材料选取的热处理工艺不同，得到的组织不同，进而所得到的性能也不同的实际知识和技能。

(2) 了解用于热处理的各种加热设备的用途、特点和选用原则，以及常见组织观察和性能检测设备（如硬度计和金相显微镜）的基本原理和使用方法。

(3) 熟悉金相试样制备的基本过程及学会制备金相试样，并熟练掌握金相照片的制作过程。

(4) 培养学生查阅文献资料的能力，用于指导工艺方案的制订、试验过程的检测及结果分析，并对试验结果进行综合分析，写出报告。

四、机械工程材料综合实验课的实施方案

1. 课堂讲授及分发实验任务书

机械工程材料综合实验第一次课是集中教学，也是唯一的一次课堂教学，主要介绍课程的背景、课程特点、要求、实验场地安排及实验室与设备安全注意事项。并采用多媒体播放两段专题录像片：①金相试样制作及观察；②常用硬度计的使用及注意事项。然后进行分组现场教学，包括：①金相室；②热处理室；③力学性能室；④表面热处理室。

第一次实验课课堂讲授后每位学生收到一份实验任务书：本课程制定了二十多种典型常用零件的设计任务书，如：自行车链条、自行车飞轮、手动锯条、轴、滚动轴承、冷作模具、热作模具、塑料模具等；涉及的材料有 11 大类共计二十多种常用金属材料。即使同一种零件也可以选用不同的材料，通过不同的加工工艺达到相同的使用性能要求，如：塑料模具可选用 35CrMo、38CrMoAl、40Cr、2Cr13、P20 等。

2. 设计实验方案

设计实验方案步骤：根据实验任务书→查阅文献资料（课本、讲义、资料）→制订实验方案。

实验方案包括选择合适的材料，制订合理的工艺路线。制订合理的热处理规范包括加热设备、加热温度、保温时间、装炉方式、冷却介质及热处理后可能获得的组织及硬度等文字说明。

上交实验方案：一周之内交实验方案，由指导老师审定后进入实验环节。

3. 集中实验

每周一个下午集中实验，主要内容包括：

(1) 原材料硬度检验和金相组织分析，要求画出金相组织的示意图；

(2) 进行各种预先热处理（如正火、退火、球化退火等）及处理之后的组织和硬度检验；

(3) 进行各种淬火回火热处理及处理之后的组织和硬度检验；

(4) 进行各种化学热处理及处理之后的组织和硬度检验，包括表面硬度、渗层厚度和渗层组织，制作渗层组织的金相照片。

4. 分散实验

本着大胆放手让学生独立进行实验、允许失败、鼓励尝试创新的教学理念，采取有计划分散进行实验的做法，即除教学计划时间外，学生可利用业余时间休息时间来实验室做实验，实验室对学生们全天开放。

5. 对实验结果进行分析和总结，完成实验报告

报告要求既清楚陈述整个实验过程，包括零件材料的选择、合理工艺路线和具体详细实验步骤的制订、实验操作技术、实验现象和实验结果，又必须运用相关理论知识对实验结果进行全面正确的分析。

五、机械工程材料综合实验报告撰写大纲

综合实验报告采用统一的格式，并按如下大纲撰写：

(1) 设计任务书。

(2) 设计具体零件工作条件，包括受力分析，从中提出具体零件的性能和金相组织要求。从多种可供选择的材料中选取一种较合适的材料，要重点分析各种不同材料中含碳量、各合金元素含量的要求和作用，其中选材的主要原则是：

①通过热处理，零件可以达到使用性能的要求。

②材料加工性能比较好（冷、热加工）。

③有较好的经济性，来源广泛。

(3) 对选用材料制订合理工艺路线并实施。

①分析、测定给定原材料的硬度（HRC、HRA、HB等）、金相组织（画出示意图），估计原材料是经何种热处理。

②选择何种预先热处理，为什么要选择该种预先热处理，进行工艺分析，测定经预先热处理后的性能（硬度）和金相组织（画示意图）。

③制订淬火、回火工艺（包括加热方法、温度、保温时间、冷却方式等），说明选择该种热处理工艺的原因，进行工艺分析；选择加热设备，说明选择这种加热设备的原因及操作规程；测定热处理后硬度、金相组织，写出工艺和操作要点，对热处理过程中出现的问题（如氧化、脱碳、变形、开裂、硬度偏高或偏低、均匀程度等）进行分析，最后对该设计进行综合分析。

④进行表面处理或化学热处理，选择加热设备，分析表面处理或化学热处理的原理，制定工艺并说明如何实施该工艺；测定试件表面硬度（HV或HRC），测量出硬化层（或渗层）厚度、基体硬度、金相组织，分析经表面处理或化学热处理试件的质量。

⑤叙述金相照片的制作过程，说明如何得到一张合格的金相照片。

⑥附上金相照片，标注材料、热处理工艺、渗层金相组织、厚度、基体组织、腐蚀剂、放大倍数等。

(4) 心得体会。

(5) 参考文献、资料。

第一部分 机械工程材料实验基础

第一章 机械工程材料的分类及钢材的编号和质量检验

第一节 钢的分类及编号

工程材料范围很广，但在各种机械设备中，应用最广、最多的是金属材料，而钢是现代工业中用途最广、用量最大的金属材料。

钢是含碳量小于 2.11% 的铁碳合金。钢按化学成分分为非合金钢（实际生产中称碳钢）、低合金钢和合金钢三大类。工业用非合金钢除以铁和碳为主要成分外，还含有少量的锰、硅、硫、磷、氮、氧、氢等常存杂质。由于非合金钢容易冶炼，价格低廉，性能可以满足一般工程机械、普通机器零部件、工具及日常轻工业产品的使用要求，故得到了广泛的应用。我国非合金钢产量占钢总产量的 85% ~ 90%。合金钢是在碳钢的基础上，为了提高钢的力学性能、物理性能和化学性能，改善钢的工艺性能，在冶炼时有目的地加入一些合金元素的钢。在钢的总产量中，合金钢所占比重为 10% ~ 15%，与非合金钢相比，合金钢的性能有显著的提高和改善，随着我国钢铁工业的发展，合金钢的产量、品种、质量也将逐年增加和提高。

一、钢的分类（根据 GB/T13304—2008 钢分类）

钢的种类繁多，为了便于生产、选用、比较和研究并进行保管，根据钢的某些特性，从不同角度出發，可以把它们分成若干具有共同特点的类别。根据分类目的的不同，可以按照不同的方法对钢进行分类。常用的分类方法有：按冶金方法分类、按化学成分分类、按冶金质量分类、按金相组织分类、按使用加工方法分类和按用途分类。

2009 年 4 月 1 日实施的 GB/T13304—2008 钢分类标准，第一部分规定了按照化学成分对钢进行分类的基本原则，将钢分为非合金钢、低合金钢和合金钢三大类，并且规定了非合金钢、低合金钢和合金钢中合金元素的含量的基本界限值。

该标准第二部分规定了非合金钢、低合金钢和合金钢按主要质量等级、主要性能及使用特性分类的基本原则和要求。

（一）按化学成分分类

按化学成分可把钢分为非合金钢、低合金钢、合金钢三类。表 1-1 列出了它们相应

元素的含量界限值范围。

1. 非合金钢

非合金钢以铁和碳元素为主，其中含有少量有害杂质元素（如硫、磷等）和在脱氧过程中引进的一些元素（如硅/锰等）。非合金钢有两类：碳素结构钢和高级碳素结构钢。此外，我国和某些国家过去在钢产品标准和实际生产中，常使用“低碳钢”、“中碳钢”、“高碳钢”等术语，它们是按含碳量不同划分的，分为低碳钢（含碳量 $w_C < 0.25\%$ ）、中碳钢（ $w_C = 0.25\% \sim 0.60\%$ ）和高碳钢（ $w_C > 0.60\%$ ）。

2. 低合金钢

低合金钢是在碳素结构钢的基础上加入少量合金元素（一般含量小于 3.5%），以提高钢的性能。

3. 合金钢

合金钢是为了改善钢的某些性能而特意加入一定量合金元素的钢。根据钢中所含合金元素，合金钢又可分为锰钢、铬钢、硅锰钢、铬锰钢、铬锰钼钢等很多类。

表 1-1 非合金钢、低合金钢、合金钢合金元素规定含量界限值

| 合金元素 | 合金元素规定含量界限值（质量分数）/% | | |
|------|---------------------|--------------|---------|
| | 非合金钢 | 低合金钢 | 合金钢 |
| Al | <0.10 | — | ≥0.10 |
| B | <0.0005 | — | ≥0.0005 |
| Bi | <0.10 | — | ≥0.10 |
| Cr | <3.0 | 0.30 ~ <0.50 | ≥0.50 |
| Co | <0.10 | — | ≥0.10 |
| Cu | <0.10 | 0.10 ~ <0.50 | ≥0.50 |
| Mn | <1.00 | 1.00 ~ <1.40 | ≥1.40 |
| Mo | <0.05 | 0.05 ~ <0.10 | ≥0.10 |
| Ni | <0.30 | 0.30 ~ <0.50 | ≥0.50 |
| Nb | <0.02 | 0.02 ~ <0.06 | ≥0.06 |
| Pb | <0.40 | — | ≥0.40 |
| Se | <0.10 | — | ≥0.10 |
| Si | <0.50 | 0.50 ~ <0.90 | ≥0.90 |
| Te | <0.10 | — | ≥0.10 |
| Ti | <0.05 | 0.05 ~ <0.13 | ≥0.13 |
| W | <0.10 | — | ≥0.10 |
| V | <0.04 | 0.04 ~ <0.12 | ≥0.12 |
| Zr | <0.05 | 0.05 ~ <0.12 | ≥0.12 |

续表 1-1

| 合金元素 | 合金元素规定含量界限值 (质量分数) /% | | |
|--------------------------|-----------------------|--------------|-------|
| | 非合金钢 | 低合金钢 | 合金钢 |
| La 系(每一种元素) | <0.02 | 0.02 ~ <0.05 | ≥0.05 |
| 其他规定元素 (S、P、S 和 N 除外) | <0.05 | — | ≥0.05 |

因为海关关税的目的而区分非合金钢、低合金钢和合金钢时,除非合同或订单中另有协议,表中 Bi、Pb、Se、Te、La 系和其他规定元素(S、P、C 和 N 除外)规定的含量界限值可不予考虑。

注 1: La 系元素含量,也可作为混合稀土含量总量。

注 2: 表中“—”表示不规定,不作为划分依据。

(二) 按钢的质量分类

根据钢中所含有害杂质(S、P)的多少,非合金钢通常分为普通质量非合金钢、优质非合金钢和特殊质量非合金钢。

(1) 普通质量非合金钢。这类钢不规定生产过程中需要特别控制质量要求,但化学成分和力学性能必须保证在规定的范围内,杂质(主要指 P、S 等)必须在规定的范围内。硫、磷的含量 w_s 、 $w_p < 0.450\%$ 。这类钢包括一般碳素结构钢,如 GB700 规定的 A、B 级钢,碳素钢筋钢,如 GB13013 规定的 Q235 钢等。

(2) 优质非合金钢。这类钢指在生产过程中需要特别控制质量要求,通常 $w_s \leq 0.035\%$, $w_p \leq 0.035\%$ 。包括机械结构用优质碳素钢,如 GB699 规定的 15F, 15Mn ~ 65Mn; 工程结构用碳素钢,如 GB700 标准中规定的 C、D 级钢等。

(3) 特殊质量非合金钢。这类钢指在生产过程中需要特殊严格控制质量和性能的非合金钢。通常 $w_s \leq 0.025\%$, $w_p \leq 0.025\%$ 。这类钢包括碳素工具钢、碳素弹簧钢等。

类似地,低合金钢按主要质量等级分为普通质量低合金钢、优质低合金钢和特殊质量低合金钢;合金钢按主要质量等级分为优质合金钢和特殊质量合金钢。

(三) 按主要性能及使用特性分类

非合金钢分为:

- 以规定最高强度(或硬度)为主要特性的非合金钢;
- 以规定最低强度为主要特性的非合金钢,例如压力容器钢;
- 以限定碳含量为主要特性的非合金钢,例如弹簧钢、调质钢;
- 非合金易切削钢;
- 非合金工具钢,例如 T7 ~ T13A;
- 其他,如电磁纯铁、原料纯铁等。

低合金钢分为:

- 可焊接的低合金高强度结构钢;
- 低合金耐候钢;
- 低合金钢筋钢;
- 铁道用低合金钢;

e. 矿用低合金钢；

f. 其他低合金钢。

合金钢分为：

a. 工程结构用结构钢；

b. 机械结构用合金钢，包括调质处理合金结构钢、表面硬化合金结构钢、冷塑性成型合金结构钢、合金弹簧钢等，但不锈、耐蚀和耐热钢，轴承钢除外；

c. 不锈、耐蚀和耐热钢，包括不锈钢、耐酸钢、抗氧化钢和热强钢等，按其金相组织可分为马氏体型钢、铁素体型钢、奥氏体型钢、奥氏体-铁素体型钢、沉淀硬化型钢等；

d. 工具钢，包括合金工具钢、高速工具钢；

e. 轴承钢，包括高碳铬轴承钢、渗碳轴承钢、不锈轴承钢、高温轴承钢、无磁轴承钢等；

f. 特殊物理性能钢，包括软磁钢、永磁钢、无磁钢及高电阻钢和合金等；

g. 其他，如铁道用合金钢等。

二、钢的编号方法 (GB/T221—2008)

我国钢号最早是按国家标准总局 1963 年颁布的钢铁产品牌号表示方法 (GB221—1963) 确定的，该标准目前更新为 GB/T221—2008。产品牌号使用大写汉语拼音字母、化学元素符号和阿拉伯数字来表示。

汉语拼音字母表示产品名称、用途、特性和工艺方法。例如，碳素工具钢，采用“碳”字汉语拼音字母的“T”表示；滚珠轴承钢选用“滚”字汉字拼音字母的“G”表示。

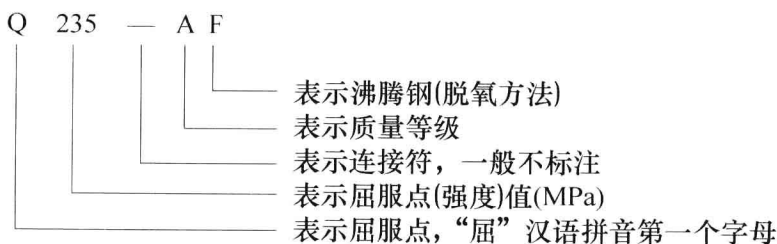
化学元素采用国际化学符号表示。例如，锰用“Mn”表示，硅用“Si”表示，铬用“Cr”表示，镍用“Ni”表示等。

阿拉伯数字用来表示化学元素含量或表示牌号的顺序号、分类号及特性。例如，40Cr 钢，“40”表示钢中的平均含碳量为 $w_C = 0.40\%$ ；Q235 钢，“235”表示此钢的屈服点最低数值。

(一) 结构钢

1. 普通碳素结构钢

碳素结构钢自 2007 年 2 月 1 日起实施新标准 GB700—2006 碳素结构钢。按 GB700—2006 标准，碳素结构钢的牌号由代表屈服点的字母、屈服点数值、质量等级符号、脱氧方法符号等四个部分按顺序组成，例如：Q235—AF



Q——钢材屈服点“屈”字汉语拼音首位字母；

A、B、C、D——代表质量等级；

F——沸腾钢“沸”字汉语拼音首位字母；

b——半镇静钢“半”字汉语拼音首位字母；

Z——镇静钢“镇”字汉语拼音首位字母；

TZ——特殊镇静钢“特镇”两字汉语拼音首位字母。

2. 优质碳素结构钢

优质碳素结构钢按含锰量不同，分为普通含锰量和较高含锰量两种。

普通含锰量的优质碳素结构钢的牌号用两位数字表示，数字表示钢中平均含碳量的万分之几。如 20 钢，平均含碳量为 $w_C = 0.20\%$ ；08 钢，平均含碳量为 $w_C = 0.08\%$ 。

较高含锰量的优质碳素结构钢的牌号用两位数字和“Mn”表示，数字表示钢中平均含碳量的万分之几，例如 20Mn、65Mn。

高级优质碳素结构钢，在牌号尾部加“A”，例如 20A。

3. 低合金结构钢和合金结构钢

低合金结构钢的编号方法与普通碳素结构钢的编号方法相同，由代表屈服点的汉语拼音字母、屈服点数值、质量等级符号三个部分按顺序排列。

合金结构钢的牌号采用含碳量（两位数字）、合金元素及含量、优质程度等四者来表示。对合金结构钢，含碳量用两位数字表示，数字表示钢中平均碳的含量的万分之几。

主要合金元素含量，除个别钢号外，一般都用含量的百分之几表示。若合金元素的平均含量 $w < 1.50\%$ ，在钢号中只标出元素，而不标明含量，若合金元素的平均含量为 $w = 1.50\% \sim 2.49\%$ 、 $2.50\% \sim 3.49\%$ ……则相应地在元素符号后标出阿拉伯数字 2, 3, …

高级优质钢则在钢号后加一个字母“A”。

例如，20Cr，平均含碳量为 $w_C = 0.20\%$ ，铬的含量 $w_{Cr} < 1.5\%$ 。18Cr2Ni4WA，平均含碳量为 $w_C = 0.18\%$ ，铬含量为 $w_{Cr} = 1.5\% \sim 2.49\%$ ，镍含量为 $w_{Ni} = 3.5\% \sim 4.49\%$ ，钨的含量 $w_W < 1.5\%$ ，A 为高级优质钢。

4. 滚动轴承钢

滚动轴承钢是一类专用钢，为表示钢的用途，在钢号前面冠以“G”（“滚”字的汉语拼音字首），而不标出含碳量。滚动轴承钢一般为铬轴承钢，其钢号为“G”字母后面加“Cr + 数字”，数字表示含 Cr 量的千分之几，其他元素仍用百分之几表示。例如 GCr15 表示 Cr 含量为 $w_{Cr} = 1.5\%$ 的滚动轴承钢；GCr15SiMn 表示 Cr 的含量为 $w_{Cr} = 1.5\%$ ，Si、Mn 的含量分别为 $w < 1.5\%$ 的滚动轴承钢。滚动轴承钢都为高级优质钢，钢号后不再标“A”字母。

5. 其他结构钢

(1) 易切削钢。易切削钢用字母“Y”和阿拉伯数字表示，阿拉伯数字表示平均含碳量的万分之几。含锰量较高的易切削钢，在牌号后标出锰元素符号，如：Y15、Y15Mn。

(2) 低淬透性钢。低淬透性钢是专供感应加热淬火用的淬透性特别低的钢。钢中将增加淬透性的元素（主要是锰和硅）含量降低到最低限度，同时加入少量强碳化物形成元素（如钛、钒）。其钢号表示方法基本与合金结构钢相同，但牌号尾部加一字母“d”，

表示低淬透性钢，如 55Tid。

(二) 工具钢

工具钢通常包括碳素工具钢、合金工具钢、高速工具钢三类。国家标准 GB1299—2000 规定了合金工具钢的技术要求。在标准中按钢材用途分为量具刃具用钢、耐冲击工具用钢、热作模具钢、冷作模具钢、无磁模具钢和塑料模具钢六个钢组，共包括三十五个牌号。

1. 碳素工具钢

碳素工具钢牌号采用汉语拼音字母符号、含碳量、含锰量及优质程度四者来表示。

在钢号中，冠以汉语拼音字母“T”表示碳素工具钢。含碳量一律以平均含量的千分之几表示，采用阿拉伯数字表示。锰含量较高的碳素工具钢，在其牌号中的阿拉伯数字后加锰元素符号。高级优质碳素工具钢，应在牌号尾部加“A”，优质钢不用字母表示。

例如：T7 钢，优质碳素工具钢，平均含碳量为 $w_c = 0.70\%$ 。T10A 钢，高级优质碳素工具钢，平均含碳量为 $w_c = 1.0\%$ 。

2. 合金工具钢

合金工具钢钢号通常由两部分组成：

第一部分：平均含碳量小于 1.00% 时，采用一位数字表示碳含量（以千分之几计）。平均含碳量不小于 1.00% 时，不标明含碳量数字。

第二部分：合金元素含量，以化学元素符号及阿拉伯数字表示，表示方法与合金结构钢基本相同。但对含铬量低的合金工具钢（平均铬含量小于 1%），其含铬量以千分之几表示，并在含量之前加一个“0”。

例如：9SiCr 钢的 9 表示该钢的碳质量分数平均为 0.90%。Cr06 钢，平均含碳量 $w_c > 1.0\%$ （实际为 1.3% ~ 1.45%），合金元素铬含量为 $w_{Cr} = 0.6\%$ 。9Mn2V 钢，平均含碳量 $w_c = 0.9\%$ （实际为 0.85% ~ 0.95%），合金元素锰含量为 $w_{Mn} = 1.50\% \sim 2.49\%$ （实际为 1.70% ~ 2.00%），钒含量 $w_v < 1.50\%$ （实际为 0.1% ~ 0.25%）。

3. 高速工具钢

高速工具钢钢号除个别外，只用合金元素及其含量来表示。合金元素含量表示方法与合金结构钢相同，在牌号头部可以加“C”表示高碳高速工具钢。例如 W6Mo5Cr4V2 钢，含碳量不标出（实际 $w_c = 0.80\% \sim 0.90\%$ ），钨含量 $w_w = 6\%$ （实际为 5.50% ~ 6.75%），钼含量 $w_{Mo} = 5\%$ （实际为 4.50% ~ 5.50%），铬含量 $w_{Cr} = 4\%$ （实际为 3.80% ~ 4.40%），钒含量 $w_v = 2\%$ （实际为 1.75% ~ 2.20%）。如果两个钢号除含碳量之外，其余合金元素含量均相同，则为了区别起见，仅标出一个含碳量（含碳量较高钢号）。如 W18Cr4V 和 9W18Cr4V，它们的含碳量分别为 $w_c = 0.70\% \sim 0.80\%$ 和 $w_c = 0.90\% \sim 1.00\%$ ，其余都一样。

合金工具钢均属于高级优质钢，故钢号后不再标出“A”。

(三) 不锈钢和耐热钢及特殊物理性能钢

这几个钢种都用含碳量、合金元素及其含量来表示钢号。对不锈钢，通常在含碳量大于 0.5% 时，与合金工具钢类似，前面的数字表示钢的平均碳质量分数的千分数。