

化工设备设计全书

化工设备用钢

《化工设备设计全书》编辑委员会

王非 林英 编



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

化工设备设计全书

化工设备用钢

《化工设备设计全书》编辑委员会

王非 林英 编

化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

化工设备用钢/王非, 林英编. —北京: 化学工业出版社,
2003. 12
(化工设备设计全书)
ISBN 7-5025-4944-7

I. 化… II. ①王…②林… III. 化工设备-金属材料-钢
IV. TQ050.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 106270 号

化工设备设计全书

化工设备用钢

《化工设备设计全书》编辑委员会

王非 林英 编

责任编辑: 段志兵 刘丽宏

责任校对: 郑捷

封面设计: 蒋艳君

*

化学工业出版社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

x

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印刷

三河市前程装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 29½ 字数 1038 千字

2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7 5025-4944-7/TQ·1871

定 价: 78.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

《化工设备设计全书》第一版由原化学工业部化工设备设计技术中心站组织全国高校、科研、设计、制造近百家单位参与编写。

《化工设备设计全书》以结构设计、强度计算为主，从基础理论、设计方法、结构分析、标准规范、计算实例等方面进行了系统的阐述，并对相应的化工原理作简介。《全书》在重视结构设计、强度计算的同时，结合化工过程的要求去研究改进设备的设计，提高设备的效率，降低设备的成本，以求实现化工单元操作的最佳化，并力求反映当前国内及国际的先进技术。《全书》自 20 世纪 80 年代出版发行后，因其内容的实用性，得到化工、石化、医药、轻工等相关行业的设备专业人员欢迎。

近十余年来，我国化工装置的设计，化工设备的研究、开发、制造和标准化工作有了较大的发展，建造设备用的结构材料也有了新的进展，有必要对《全书》的内容加以更新、补充，以适应现代工程建设要求，满足广大工程技术人员，特别是年轻一代工程技术人员需要。中国石油和化工勘察设计协会、中国石化集团上海医药工业设计院、全国化工设备设计技术中心站组成了《化工设备设计全书》编辑委员会，负责《全书》的修订工作。《全书》的修订原则是“推陈出新”，以符合现代工程建设要求。

《化工设备设计全书》计划出版 15 种，计有：《化工设备用钢》、《化工容器》、《高压容器》、《超高压容器》、《换热器》、《塔设备》、《搅拌设备》、《球罐和大型储罐》、《废热锅炉》、《干燥设备》、《除尘设备》、《铝制化工设备》、《钛制化工设备》、《石墨制化工设备》和《钢架》等。

本书为《化工设备用钢》。设计人员使用的金属材料方面参考资料一般是为机械制造或金属冷热加工人员编写的，知识内容以材料性能和机械制造为主线，内容较多，专业知识较深。机械产品注重“成批”，化工设备强调“成套”，侧重点的不同导致设计思想的不同，导致选材指导思想的差别。本书以化工设备设计人员为对象，以化工设备（静设备）常用金属材料（钢材）的性能和使用为主线，以化工设备选材为重点，并体现中国加入 WTO 后化工设备设计工作特点和有关新标准的要求。

考虑到金属材料知识的系统性和化工设备用钢的特点，本书在结构上以组成化工设备构件（即承压壳体、耐温构件、耐腐蚀构件、承压管道及专用零部件等）的用材为纵线，在内容上围绕选材中碰到的性能要求与安全使用之间的关系横向展开。结合设计工作与国际接轨的需要，设置了“国外化工设备用钢”和“材料数据库及选材专家系统”等内容。

本书分为三部分：第一部分包括第一章和第二章，以“钢的分类及钢铁产品牌号表示方法”为前提，将新的钢号表示方法及时反映出来；第二部分包括第三章至第七章，内容为“金属材料基础”，是重点也是难点，将物理冶金、力学性能、化学性能、加工工艺性能、失效分析一一列出，以期建立一个较为系统的构架；第三部分为“化工设备用钢及其选用”，是本书的主题也是前两部分的应用，包括第八章至第十一章。其实，在第五章第三节“典型化工装置选材指导”中已用一定篇幅进入了这一主题。在这部分内容中，希望进一步在材料与设备之间通过“性能”这一纽带建立起一种直观的联系；在介绍选材原则的基础上，结合设计的实际情况对选材有关问题进行了一些讨论，以期抛砖引玉；针对实际设计工作中对 ASME/ASTM 用钢了解的需要，在简要介绍了国外用钢、ASME/ASTM 用钢特点基础上，进行了应用方面的讨论，以飨读者。

本书由辽宁省石油化工规划设计院王非 (Email: Wangfei 6688@sohu.com) 和沈阳派司钛设备有限公司林英编写, 经汪树华、吴祖乾、应道宴、洪德晓分别审读, 由洪德晓定稿。

在本书编写过程中, 得到张亚明、杨柯、徐坚、齐民、田晓娟等同志的帮助, 在此致以衷心的感谢。

《化工设备设计全书》编辑委员会

2003 年 7 月 31 日

目 录

绪 论	1	二、钢的热处理工艺对组织和性能的影响	58
第一章 钢的分类及钢铁产品牌号		三、钢的表面强化处理	60
表示方法	3	四、钢的表面改性处理	62
第一节 钢的分类	3	第四节 钢的合金化对组织和性能的影响	65
一、按化学成分分类	4	一、合金元素在钢中的存在形式和作用	65
二、按主要质量等级、主要性能及		二、合金元素对钢热处理的影响	66
使用特性分类	4	三、合金元素对钢加工性能的影响	67
第二节 我国钢铁产品牌号表示方法	7	四、钢中杂质对性能的影响	67
一、基本原则	7	五、合金元素在钢中的主要作用	68
二、牌号表示方法	10	第四章 金属力学性能	71
第三节 钢铁及合金牌号、统一数字		第一节 材料单向静拉伸的力学性能	71
代号体系	13	一、力-伸长曲线和应力-应变曲线	71
一、编制原则	13	二、弹性变形及其性能指标	72
二、结构型式	13	三、非理想弹性与内耗	74
三、分类和编组	13	四、塑性变形及其性能指标	75
四、编制和管理	13	五、断裂	80
第二章 化工设备常用钢简介	14	第二节 金属在其他静载下的力学性能	85
第一节 碳素结构钢	14	一、应力状态软性系数	85
第二节 低合金高强度结构钢	14	二、扭转、弯曲与压缩的力学性能	86
第三节 优质碳素结构钢	15	三、缺口试样静载力学性能	88
第四节 合金结构钢	15	四、硬度	91
第五节 弹簧钢	15	第三节 金属的韧性及脆性	94
第六节 不锈钢	16	一、冲击弯曲试验与冲击韧性	94
第七节 耐热钢	16	二、低温脆性	96
第八节 专用钢	17	三、应变时效脆性	99
第九节 焊条用钢及合金	17	四、回火脆性	100
第十节 耐蚀合金	18	第四节 金属的断裂韧性及其在	
第十一节 高温合金	18	工程中的应用	100
第十二节 常用钢牌号对照表	18	第五节 金属的疲劳性能	102
第三章 金属学及热处理基本知识	40	一、疲劳破坏的一般规律	102
第一节 金属学基础	40	二、疲劳破坏的机理	104
一、金属的晶体结构和缺陷	40	三、疲劳抗力指标	105
二、金属的结晶	43	四、热疲劳	106
三、金属的塑性变形与再结晶	45	五、疲劳断裂分类	107
四、二元合金的相结构和相图	47	第六节 金属的高温力学性能	107
第二节 铁碳合金的结构和相图	51	一、高温蠕变性能	107
一、Fe-Fe ₃ C 合金相图分析	51	二、其他高温力学性能	111
二、典型铁碳合金的结晶过程及组织	53	第七节 钢的物理检验项目及其试验方法	112
三、铁碳合金性能与成分、组织的关系	54	第八节 金属材料的拉伸性能及其符号的	
第三节 钢的热处理和表面改性	55	新标准表示方法	114
一、钢在热处理时的组织转变	55	第五章 金属腐蚀	116
		第一节 腐蚀与防护	116

一、腐蚀原理及其形态	116
二、载荷与环境的综合作用	126
三、温度与环境的综合作用	130
第二节 腐蚀数据	138
一、耐腐蚀性能数据表	138
二、不锈钢耐腐蚀数据表	138
三、耐腐蚀性能专用图表	138
第三节 典型化工装置选材	142
一、化工行业腐蚀的特点和现状	142
二、硫酸生产中的腐蚀与防护	143
三、纯碱生产中的腐蚀与防护	144
四、氯碱工业中的腐蚀与防护	147
五、化肥生产中的腐蚀与防护	155
六、石油化工的腐蚀与防护	160
七、炼油设备的腐蚀与防护	178
第四节 防腐蚀结构设计	191
一、防腐蚀设计	191
二、材料选择时的考虑原则	191
三、结构设计时的问题及处理方法	192
第五节 金属耐腐蚀性能的试验与检验	192
一、金属耐均匀腐蚀的试验与检验	192
二、金属耐晶间腐蚀的试验与检验	192
三、金属耐应力腐蚀的试验与检验	195
四、金属耐点蚀的试验与检验	197
第六章 金属材料的焊接性能	198
第一节 钢的熔焊原理	198
一、化工设备用焊接方法与工艺	198
二、化工设备用焊接材料	212
三、金属材料的焊接性	223
四、焊接工艺评定	230
第二节 化工设备用钢的焊接	233
一、低合金高强钢的焊接	233
二、高合金钢的焊接	250
三、异种金属的焊接	260
第三节 钢的焊接缺陷及对策	281
一、焊接接头	281
二、焊接结构的变形与断裂	294
三、焊接结构的缺陷分析	294
第七章 金属材料的其他加工性能	300
第一节 钢的铸造性能	300
第二节 钢的压力加工性能	300
第三节 钢的机加工性能	300
第四节 钢的热处理性能	300
一、压力容器的热处理要求	301
二、压力容器的热处理工艺	301
第八章 化工设备用碳钢和低合金钢	304
第一节 压力容器用钢	304

一、压力容器的工况分析	304
二、压力容器对材料性能的要求	304
三、压力容器材料焊接性能的保证	304
四、压力容器用钢的种类	306
第二节 高温及低温构件用钢	313
一、高温用钢	313
二、低温用钢	316
第三节 耐腐蚀构件用钢	320
一、耐蚀低合金钢	320
二、耐蚀、耐磨、耐热铸铁和铸钢	329
第四节 零部件用钢	331
一、回转件用钢	332
二、支撑件用钢和弹簧	335
第五节 管道用钢及管件标准	338
一、压力管道的工况分析以及对材料性能的要求	338
二、管道用钢及管件标准	339
第六节 锻件	346
一、锻件形状	346
二、锻件的级别以及检验项目	346
三、锻件用结构钢	347
第七节 高压容器用钢	347
一、高压容器用材的选择	347
二、高压容器用强度钢	350
第九章 化工设备用高合金钢	356
第一节 不锈钢的发展与分类	356
一、不锈钢的发展	356
二、不锈钢的分类和合金化原理	357
第二节 铁素体不锈钢	361
一、铁素体不锈钢的分类和合金化原理	361
二、铁素体不锈钢特点	362
三、高纯铁素体不锈钢以及在化工中的应用	367
第三节 可硬化型不锈钢	368
一、马氏体不锈钢	368
二、沉淀硬化不锈钢	368
第四节 奥氏体不锈钢	371
一、奥氏体不锈钢的分类和合金化原理	371
二、奥氏体不锈钢特点	372
三、奥氏体不锈钢以及在化工中的应用	375
四、超级奥氏体不锈钢	376
第五节 双相不锈钢	388
一、双相不锈钢的分类和合金化原理	388
二、双相不锈钢特点	393
三、双相不锈钢及其应用	394
第六节 高温耐蚀合金(镍基合金)	410
一、高温耐蚀合金的分类和合金化原理	410

二、高温耐蚀合金特点	410	第十一章 国外化工设备用钢	441
三、高温耐蚀合金的应用	419	第一节 各国钢号表示法	441
第七节 复合钢板	420	一、美国钢号表示法	441
一、不锈钢复合钢板	420	二、前苏联钢号表示法	442
二、钛-钢复合钢板	422	三、日本钢号表示法	442
第十章 选材原则和材料数据库	429	四、德国钢号表示法	443
第一节 化工设备材料选用的一般原则	429	五、英国钢号表示法	444
一、材料选用的一般原则	429	第二节 ASME/ASTM 用钢	444
二、化工设备选材的特点分析	430	一、ASME/ASTM 用钢标准号和名称	444
三、化工设备选材有关问题的讨论	432	二、ASME /ASTM 用钢简介	453
第二节 金属材料数据库简介	438	三、ASME/ASTM 用钢特点	454
一、材料数据库的数据与功能	438	四、GB、JB 钢材标准与 ASME 材料	
二、国内外材料数据库简介	439	标准的对应	457
三、材料以及性能数据的网址	440	参考文献	459

绪论

材料是构成设备的物质基础，设计工作不应与材料相脱节。

在化工设备设计工作中能够与“结构设计和强度计算”相提并论的惟有“材料及其影响因素”的问题。“结构和强度”是设计工作中的重点，“材料及其影响因素”是设计工作中的难点；前者往往依赖于定量计算，后者有时更注重定性分析，把二者联系在一起的是材料的性能。

通常所说的材料性能有两个方面的含义，一是材料的使用性能，指材料在使用条件下表现出的性能，如强度、塑性、韧性等力学性能，耐蚀性、耐热性等化学性能以及声、光、电、磁等物理性能；二是材料的工艺性能，指材料在被加工过程中表现出的性能，如冷热加工、压力加工性能，焊接性能等。

材料性能又有两方面的性质，有一些性能指标与设备的性能要求有比较单一的对应值，如强度、刚度、均匀腐蚀性能等；而有一些性能指标与设备的性能要求没有这种单一的对应关系，如塑性、韧性、韧脆转变温度、局部腐蚀等。尽管工程中已经给出许多控制材料性能参数的指标，但实际上一些性能参数目前对指导设计来说还处于定性判断阶段，尚无法定量计算，这是工程学的特点，目前只能达到某种近似要求的程度。在设计工作具体应用性能指标时，应全面理解材料的性能参数与设备性能间的关系。

过量变形、断裂及表面损伤是化工设备的三种主要失效类型，本书重点讨论使用性能中的力学性能和耐蚀性能，兼顾工艺性能，阐述金属材料的组织、成分和性能之间的相互影响因素。

传统的观念强调：成分决定组织，组织决定性能。20世纪90年代初，随着材料科学的发展，人们进一步注重材料的制备工艺，强调制备工艺在成分、组织、性能三者之间的作用，并将材料的“性能”细分为材料的性质（电、磁、光、热、力学等，取决于组织与结构）和使用性能两类。上述四个要点——成分、组织、性质、使用性能——构成材料科学的四大要素，相互作用，相互影响，密不可分，构成一个有机的整体。前三项构成材料科学的基础，是为最后一项——材料使用性能服务的。上述观点可用一个四面体形象地加以表达（图1）。

受到这一启发，本书作者归纳出金属材料主要性能指标与相关因素的关系，以一个正三角形示意如下

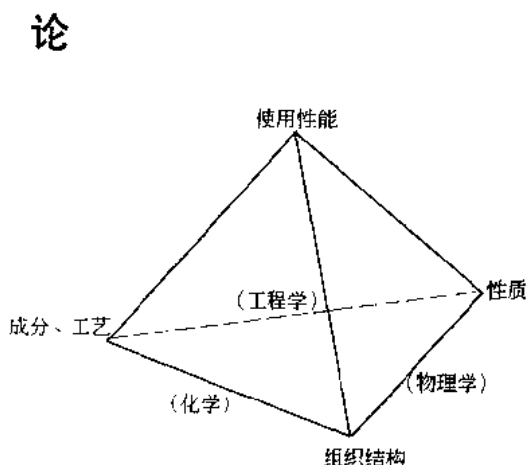


图1 材料科学与工程中四种要素之间的关系

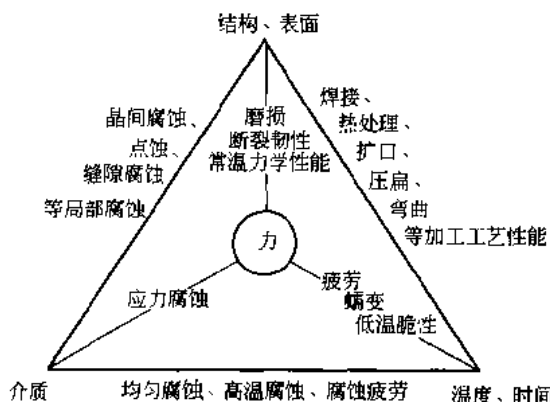


图2 金属材料主要性能指标与相关因素的示意图

（图2），以期能在性能指标及其影响因素之间建立起比较直观的联系，供设计人员参考。

化工设备种类多，工况复杂。操作压力有外压、真空、常压、中压（1.6~10MPa）、高压（10~100MPa）甚至超高压（>100MPa）；使用的温度有极低温（-269℃）、常温（-20~150℃）、中温（150~500℃）以及高温（>500℃）；处理的介质有气体、液体、固体以及各种混合介质，常常还带有腐蚀性、磨损性，或者易燃、易爆和有毒等。在这样严酷的条件下长时间连续运行，化工设备会碰到各种问题，出现各类故障，其中许多问题是由于材料原因造成的。介质的压力、温度、腐蚀和毒性是化工设备不可避免的工况条件，有时这些条件十分恶劣，甚至非常苛刻。因此，在此特定的条件下，对化工设备用钢的性能提出了一些特殊的性能要求。

化工设备大多数都使用在连续生产过程中，单个

化工设备组成不同的系列单元,再通过系列单元组成化工系统,如果其中一台设备、构件失效,整个生产过程都受到影响。尤其是大型化和高温高压装置,其特点是大容量、单系列、长周期运转,要求高度可靠性的工程设计;如果构件或装备发生失效,造成的损失更加严重。因此化工设备的选材和设计十分重要。

一些常温、常压下运行的化工设备,处理的介质常常是液体和固-液、气-固-液混合,因此材料发生的问题大多集中在腐蚀、磨损和冲刷方面。材料的选择和设备设计除了力学性能如强度、韧性、塑性之外,化工设备设计更应注意全面腐蚀速度和局部腐蚀的发生条件。

一些常温、高压下的化工设备,特别是焊接结构的容器,容易发生脆性断裂、疲劳和应力腐蚀破裂。脆性断裂的危害巨大,往往是灾难性的,必须充分重视。脆性断裂与材料韧性、载荷应力、约束状态(壁厚等)以及存在的微裂纹密切相关,而疲劳和应力腐蚀破裂是产生微裂纹的主要原因。

高温、高压下的化工设备,除了高压作用外,高温使材料软化、强度降低,同时高温气体与金属反应造成氧化、硫化或氢腐蚀等高温腐蚀使金属材料性能劣化,因此为了保证高温高压设备的正常运行就必须保持材料的高温强度,抑制材料在高温下的组织变化,使其能够耐高温气体的腐蚀。然而,寻求同时满足这些条件的材料较为困难,需要精心设计和选材。

我国的环境低温定为 -20°C ,化工设备的某些工况可达到 $-100\sim-269^{\circ}\text{C}$ 的极低温度。一般金属材料在低温工况下,硬度和强度增加,韧性降低,特别是像碳钢、低合金钢这类体心立方晶格金属常常会丧失韧性,发生低温脆断现象。

正确选材是化工设备安全可靠运行的保障,设备材料发生变形和破坏的事情本身是金属材料的强度和韧性问题,但是化工设备处理的都是化工介质,强度和韧性往往受结构、腐蚀、温度等因素影响。另外,从应用角度看,材料的加工性和焊接性也是必须正视的问题。设备材料损伤的有关因素是十分复杂的。

生产工艺的多样性和化工设备的功能性,给化工

设备的选材带来了一定的复杂性,材料科学所具有的半科学半经验(技艺)性质给化工设备选材又增加了难度,相对而言,在化工设备设计、制造各个方面中材料处于比较落后的位置。一种材料、一种理念要被工程界所接受往往是一个长期的过程,全面地理解“研/发(R/D)”,切实重视工程,真正提高质量,不是一朝一夕的事情,有大量的基础性工作要做。经过20多年的努力,1Cr18Ni9Ti仍屡禁不止反衬出提高工程内在质量的艰难。多年来许多化工设备设计人员对金属材料只了解所谓的“老三样”(Q235-A、16MnR、1Cr18Ni9Ti),且对加工、检验、验收方面的知识知之不多,反衬出专业知识的相对薄弱,距工程总承包对设计人员的要求尚有距离,需要不断的努力。

机械产品中,“设计是主导,材料是基础,(制造)工艺是保证”,三者紧密相连,应统筹考虑,不可顾此失彼。在此基础上化工设备(压力容器)又具有三个特点:结构的多样性;标准、规范的时效性;许可证制度的严密性(按特种行业管理),要三者同时兼顾。

由于化工设备往往是承受压力的设备,即压力容器,所以,在本书中“化工设备”与“压力容器”两个概念往往是等同的。

选材是化工设备设计的重要环节之一。技术科学的发展,使貌似不同的许多现象得到物理本质的统一,有可能归纳出一些简单的原理,然后由此演绎出许多规律和理论指导实际工作,这是一种客观要求也是一种必然趋势。在这一过程中,理论与实践同等重要,基本概念清楚与信息反馈及时是保证这一过程不断前进的两个关键环节。设计人员所从事的工作在这一过程中处于十分重要和有利的地位。

选材需要考虑设备的使用条件(温度、压力、介质特性和操作特点等)、设备的制造工艺以及经济合理性因素。在此前提下,充分运用金属材料基础知识,将设备的性能要求与材料的性能指标相结合,合理选材并发挥材料的性能是本书的重点。帮助设计人员实现“技术先进,经济合理,安全可靠”的化工设备设计是本书的目的。

第一章 钢的分类及钢铁产品牌号表示方法

本章主要介绍钢的分类及钢铁产品牌号表示方法。文献 [2] —— GB/T 221—79《钢铁产品牌号表示方法》虽然属过期标准,但考虑到工程设计对资料的持续性要求,也将其内容纳入其中。

第一节 钢的分类

根据 GB/T 13304—1991《钢分类》^[1],钢是以铁为主要元素、含碳量一般在 2% 以下,并含有其他元素的材料。

为方便读者了解这部分内容,首先介绍一些常用的金属及合金的定义及一般性名词^[1]。

(1) 金属。具有良好的导电、导热和可锻性能的元素,如铁、锰、镍、铜等。

(2) 合金。由两种以上的金属元素,或者金属元素与非金属元素所组成的具有金属性质的物质,如钢、黄铜等。

(3) 黑色金属。铁、锰、铬等及它们的合金,如生铁、铁合金、钢等。

(4) 金属材料。金属经过熔炼和各种加工后制成的材料,它既包括纯金属又包括合金。在实际工作中,金属材料常简称为金属。

(5) 牌号。金属材料的牌号,就是给每种具体的金属材料所取的名称。钢的牌号又叫钢号。我国金属材料的牌号,一般都能反映出化学成分。有的牌号不但表明金属材料的具体品类,而且可以大致判别其质量。

(6) 纯金属。只含有一种金属元素的金属,实际上纯金属的纯度达不到百分之百,因为其中总会含有极微量的杂质。

(7) 化学元素。自然界中的物质,是由不同的原子组成的,这些原子称为化学元素,目前已发现的化学元素有 107 种。80% 以上的化学元素不同程度地具有导热性、导电性、可塑性和金属光泽等共同特点,这类化学元素叫做金属元素,共有 86 种,其余不具有金属特点的元素叫做非金属元素。

(8) 残余元素。不是有意加入钢中的元素,又称外来元素和伴生元素。主要来源:

- ① 由炼钢材料带入;
- ② 由合金材料带入;
- ③ 由脱氧剂和其他冶炼添加物带入;
- ④ 由大气带入。

(9) 热压力加工。金属在再结晶温度以上进行的

压力加工,例如热轧、热锻等均属热压力加工。

(10) 冷压力加工。金属在再结晶温度以下进行的压力加工,例如冷轧、冷拔等均属冷压力加工。

(11) 轧制。使金属锭块或坯料在轧机旋转着的轧辊辗压下进行塑性变形的压力加工方法。轧制有热轧和冷轧两种。

(12) 冷拔。用外力作用于被拉金属前端,将金属坯料从小于坯料断面的模缝中拉出,使其断面缩小而长度增加的方法称为冷拔。冷拔多在冷态下进行,有时称为冷拉。

(13) 挤压。将金属放在密闭的挤压筒内,一端施加压力,使金属从规定的模孔中挤出,得到不同形状和尺寸的成品的加工方法。由于在挤压时金属处于三面受压力状态,避免了拉应力的出现。挤压有热挤压和冷挤压两种。

(14) 交货状态。交货金属材料的最终塑性变形加工或最终热处理的状态。交货状态总的可分为经热

表 1-1 非合金钢、低合金钢和合金钢中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, %		
	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	<0.30	0.30~0.50 ^①	≥0.50
Co	<0.10	—	≥0.10
Cu	<0.10	0.10~0.50 ^①	≥0.50
Mn	<1.00	1.00~1.40 ^①	≥1.40
Mo	<0.05	0.05~0.10 ^①	≥0.10
Ni	<0.30	0.30~0.50 ^①	≥0.50
Nb	<0.02	0.20~0.06 ^①	≥0.06
Pb	<0.40	—	≥0.40
Se	<0.10	—	≥0.10
Si	<0.50	0.50~0.90 ^①	≥0.90
Te	<0.10	—	≥0.10
Ti	<0.05	0.05~0.13 ^①	≥0.13
W	<0.10	—	≥0.10
V	<0.04	0.04~0.12 ^①	≥0.12
Zr	<0.05	0.05~0.12 ^①	≥0.12
La 系(每一种元素)	<0.02	0.02~0.05 ^①	≥0.05
其他规定元素 (S、P、C、N 除外)	<0.05	—	≥0.05

① 界限值不包括下限值,如 0.30~0.50,不包括 0.50。

注: La 系元素含量,也可为混合稀土含量总量。

处理交货和不经热处理交货两大类。经热处理交货的,按其最终热处理方式分为退火、正火、高温回火等多种状态。不经热处理交货的,按其最终塑性变形加工方式分为热轧(锻)、冷轧(拉)等多种状态。

(15) 表面状态。主要分光亮和不光亮两种,在钢丝和钢带标准中常见。主要区别在于采取光亮退火或者一般退火。也有把抛光、磨光、酸洗、镀层等作为表面状态看待的。

钢的常用分类方法有两种,一种是按化学成分分类,另一种是按主要质量等级和主要性能及使用特性分类。

一、按化学成分分类

按化学成分可将钢分为非合金钢、低合金钢、合金钢,见表 1-1。

二、按主要质量等级、主要性能及使用特性分类

非合金钢、低合金钢、合金钢可以分别按主要质量等级和主要性能及使用特性分类。

(1) 非合金钢按主要质量等级可以分为:普通质量非合金钢、优质非合金钢、特殊质量非合金钢。详见表 1-2^[8]。

(2) 低合金钢按主要质量等级可以分为:普通质量低合金钢、优质低合金钢、特殊质量低合金钢。详见表 1-3。

(3) 合金钢按主要质量等级可以分为:优质合金钢、特殊质量合金钢。详见表 1-4。

表 1-2 非合金钢的主要分类和举例

按主要特性分类	按主要质量等级分类		
	普通质量非合金钢	优质非合金钢	特殊质量非合金钢
以规定最高强度为主要特性的非合金钢	① 普通质量低碳结构钢板和钢带 ② GB 912 中的低碳钢牌号,如 GB 2517 中的 RJ 216、RJ 235、RJ 255、RJ 294、RJ 343、RJ 392	① 冲压薄板低碳钢,如 GB 5213 中的 08Al、GB 3276 中的 08.10 ② 供镀锌、镀锌、镀铅板带和原板用碳素钢,如 GB 2518、GB 2520、GB 4174、GB 5065、GB 5066 中的全部碳素钢牌号 ③ 不经热处理的冷顶锻和冷挤压用钢	
以规定最低强度为主要特性的非合金钢	① 碳素结构钢,如 GB 700 中的 Q195、Q215 的 A、B 级, Q233 的 A、B 级, Q255A、B 级, Q275 ② 碳素钢筋钢,如 GB 13013 中的 Q235 ③ 铁道用钢,如 GB 11264 中的 50Q、55Q; GB 11265 中的 Q235-A、Q255-A; GB 11266 中的轻轨垫板用的碳素钢; GB 2826 钢轨垫板用的碳素钢 ④ 钢板桩钢 ⑤ 般工程用不进行热处理的普通质量碳素钢,如 YB 170 中的所有普通质量碳素钢	① 碳素结构钢,如 GB 700 中除普通质量 A、B 级钢以外的所有牌号及 A、B 级规定冷成型性及模锻性特殊要求者 ② 优质碳素结构钢,如 GB 699 中除 65Mn、70Mn、70、75、80、85 以外的所有牌号; YB 2009 中的 55Ti、60Ti、70Ti ③ 锅炉和压力容器用钢,如 GB 713 中的 20g、22g; GB 3087 中的 10、20; GB 5310 和 GB 5311 中的 20G; GB 6479 中的 10、20G; GB 6653 中的 20HP、15MnHP; GB 6654 中的 15MnR ④ 造船用钢,如 GB 712 中的 A、B、D、E、AH 32、DH 32、EH 32; GB 5312 中的 C10、C20; GB 9945 中的 A、B ⑤ 铁道用钢,如 GB 2585 中的 U71、U74; GB 8601 中的 CL60B 级; GB 8602 中的 LG60B 级与 LG65B 级; YB 354 钢轨鱼尾板用碳素钢 ⑥ 桥梁用钢,如 YB 168 中的 16q ⑦ 汽车用钢,如 GB 11262 中的 12LW、15LW; GB 3088 中的 45; GB 9947 中的 08Z、20Z、25Z ⑧ 锚链用钢,如 YB 897 中的 M15、M20、M30 ⑨ 自行车用钢,如 GB 3644 中的 Z06Al、ZQ195、ZQ215、ZQ235; GB 3645 中的 ZQ195、ZQ195-F、ZQ215、ZQ215-Al、ZQ215-F、ZQ235、ZQ235-Al、ZQ235-F、Z06Al、Z09Mn、Z13Mn、Z17Mn、ZC9Al; GB 3646 中的 19Mn; GB 3647 中的 19Mn ⑩ 输油及输气管用钢 ⑪ 工程结构用铸造碳素钢,如 GB 11352 中 ZG200-400、ZG230-450、ZG270-500、ZG310-570、ZG340-640; GB 7659 中的 ZG200-400H、ZG230-450H、ZG275-485H ⑫ 预应力及混凝土钢筋用优质非合金钢	① 优质碳素结构钢,如 GB 699 中的 65Mn、70Mn、70、75、80、85 钢 ② 保证淬透性钢,如 GB 5216 中的 45H ③ 保证厚度方向性能钢,如 GB 5313 中的所有非合金钢 ④ 铁道用钢,如 GB 5068 中的 LZ、JZ; GB 8601 中 CL60A 级; GB 8602 中 LG60 与 LG65 的 A 级 ⑤ 航空用钢,包括所有航空专用非合金结构钢牌号 ⑥ 兵器用钢,包括各种兵器用非合金结构钢牌号 ⑦ 核压力容器用非合金钢

续表

按主要特性分类	按主要质量等级分类		
	普通质量非合金钢	优质非合金钢	特殊质量非合金钢
以碳含量为主要特性的非合金钢	① 普通碳素钢盘条,如 GB 701 中的所有碳素钢牌号 ② 一般用途低碳钢丝,如 GB 343 中的所有低碳钢牌号 ③ 花纹钢板,如 GB 3277 中的普通质量碳素结构钢	① 焊条用钢,如 GB 1300 中的 H08、H08A、H08Mn、H08MnA、H15A、H15Mn; GB 3429 中的 H08A; ZBH4405 中的 H08A; ZBH4405 中的 H08A ② 冷镦用钢,如 GB 715 中的 BL2、BL3; GB 5953 中的 ML10~ML45; GB 5955 中的 ML15、ML20; GB 6478 中的 ML08~ML45、ML25Mn~ML45Mn ③ 花纹钢板,如 GB 3277 优质非合金钢 ④ 盘条钢,如 GB 4354 中的 25~65、40Mn~60Mn; ZBH44093 ⑤ 非合金调质钢(特殊质量钢除外) ⑥ 非合金表面硬化钢(特殊质量钢除外) ⑦ 非合金弹簧钢(特殊质量钢除外)	① 焊条用钢,如 GB 1300 中的 H08E、ZBH4405 中的 H08E、H08C ② 碳素弹簧钢,如 GB 1222 中的 65~85、65Mn; GB 4357 中的所有非合金钢 ③ 特殊盘条钢,如 GB 4355 中的 60、60Mn、65、65Mn、70、70Mn、75、80、T8MnA、T9A; ZBH44004 中的 60~85、60Mn、65Mn、70Mn、75Mn、80Mn、85Mn ④ 非合金调质钢 ⑤ 非合金表面硬化钢 ⑥ 火焰及感应淬火硬化钢 ⑦ 冷顶锻和冷挤压钢
非合金易切削钢		易切削结构钢,如 GB 8731 中的 Y12、Y12Pb、Y15、Y15Pb、Y20、Y30、Y35、Y45Ca	特殊易切削钢,要求测定热处理后冲击韧性等,如 YB 685 中的 Y75
非合金工具钢			① 碳素工具钢,如 GB 1298 中的全部牌号; YB 483 中的 T12A ② 碳素中空钢,如 GB 1301 中的 ZKT8
规定磁性能和电性能的非合金钢		① 非合金电工钢板、带,如 GB 2521 无硅电工钢板、带 ② 具有规定导电性能($<9\text{S/m}$)的非合金电工钢	① 具有规定导电性能($\geq 9\text{S/m}$)的非合金电工钢 ② 具有规定磁性能的非合金软磁材料,如 GB 6983、GB 6984、GB 6985 中的 DT3、DT3A、DT4、DT4A、DT4E、DT4C、ZBH72001 中的 F7402-U、F7402-V、F7402-W
其他非合金钢	栅栏用钢丝		原料纯铁,如 GB 9971 中的 YT1F、YT2F、YT3、YT4

表 1-3 低合金钢的主要分类和举例

按主要特性分类	按主要质量等级分类		
	普通质量低合金钢	优质低合金钢	特殊质量低合金钢
可焊接低合金高强度结构钢	一般用途低合金结构钢,如 GB 1591 中的 09MnV、09MnNb、12Mn、18Nb、16Mn、16MnRE、09MnCuPTi、12MnV、10MnSiCu、14MnNb	① 一般用途低合金结构钢,如 GB 1591 中的 10MnPNbRE、15MnV、15MnTi、16MnNb、14MnVTiRE、15MnVN ② 锅炉和压力容器用低合金钢,如 GB 713 中的 16Mng、12Mng、15MnVg; GB 5681 中的 16MnR; GB 6653 中的 12MnHP、16MnHP、12MnCrVHP、10MnNbHP; GB 6654 中的 16MnR、15MnVR、15MnVNR、15MnVNR; GB 6655 中的 16MnRC、15MnVRC; GB 6479 中的 16Mn、15MnV ③ 造船用低合金钢,如 GB 712 中的 AH36、DH36、EH36 ④ 汽车用低合金钢,如 GB 3273 中的 09MnREL、06TiL、08TiL、10TiL、09SiVL、16MnL、16MnREL; GB 9947 中的 15TiZ ⑤ 桥梁用低合金钢,如 YB 168 中的 12Mnq、12MnVq、16Mnq、15MnVq、15MnVNq; YB (T) 10 中的 16Mnq、16MnCuq、15MnVq、15MnVNq ⑥ 自行车用低合金钢,如 GB 3646 中的 12Mn、16Mn; GB 3647 中的 12Mn、16Mn	① 核能用低合金钢 ② 低温压力容器用低合金钢,如 GB 3531 中的 16MnDR、06MnNbDR ③ 保证厚度方向性能低合金钢,如 GB 5313 中的所有低合金钢牌号 ④ 舰船、兵器用低合金钢
低合金耐候钢		① 低合金高耐候性钢 GB 4171 中的 09CuPCrNi-A、09CuPCrNi-B、09CuP ② 可焊接低合金耐候钢 GB 4172 中的 16CuCr、12MnCuCr、15MnCuCr、15MnCuCr-QT	
低合金钢筋	一般低合金钢筋,如 GB 1499 中的 20MnSi、20MnTi、20MnSiV、25MnS、20MnNb		
铁道用低合金钢	低合金轻轨钢,如 GB 11264 中的 45SiMnP、50SiMnP	① 低合金重轨钢,如 GB 2585 中的 U71Cu、U71Mn、U70MnSi、U71MnSiCu ② 起重机用低合金钢轨钢,如 GB 3426 中的 U71Mn ③ 铁路用异型钢,如 GB 8603 中的 09CuPRE; GB 8604 中的 09V	铁路用低合金车轮钢,如 GB 8601 中的 CL45MnSiV
矿用低合金钢	矿用低合金结构钢,如 GB 3414 中的 20MnK、25MnK、24Mn2K(热轧)、30Mn2K	矿用低合金结构钢,如 GB 3414 中的 20Mn2K(调质)、20MnVK、34SiMnK	
其他低合金钢		易切削结构钢,如 GB 8731 中的 Y40Mn	刮脸刀片用低合金钢,如 GB 3527 中的 Cr03

表 1-4 合金钢的分类

主要质量等级	1		2	3	4	5	6	7
	优质合金钢		特殊质量合金钢					
主要使用特性	工程结构用钢	其他	工程结构用钢	机械结构用钢(第4、6除外)	不锈、耐蚀和耐热钢	工具钢	轴承钢	特殊物理性能钢

续表

主要质量等级	1		2	3	4			5	6	7		
	优质合金钢		特殊质量合金钢									
按其他特性分类	11 一般工程结构用合金钢	16 电工用硅(铝)钢(无磁导率要求)	21 压力容器用合金钢(4类除外)	31 Mn(X) 系钢	41 马氏 体型或 42 铁素 体型	411/421 Cr(X)系钢	51 合金工 具钢	511 Cr(X)系钢	61 高碳铬 轴承钢	71 软磁钢 (除16 外)		
				32 SiMn(X) 系钢		412/422 CrNi(X)系钢		512 Ni(X)、 CrNi(X) 系钢				
			12 合金 钢筋钢	17 铁道 用合金钢		22 热处 理合金钢 钢筋		33 Cr(X) 系钢	414/424 CrAl(X)、CrSi(X)系钢	513 Mo(X)、Cr- Mo(X)系钢	62 渗碳轴 承钢	72 永磁钢
								34 CrMo(X) 系钢	415/425 其他	514 V(X)、CrV (X)系钢	63 不锈钢 承钢	73 无磁钢
	13 地质 石油钻探 用合金钢 (23 除外)	23 经热 处理的地 质、石油 钻探用合 金钢			35 CrNiMo(X) 系钢	433/443/453 CrNi+Ti 或 Nb 钢	515 W(X)、CrW (X)系钢	64 高温轴 承钢	74 高电阻 钢和合 金			
					36 Ni(X)系钢	434/444/454 CrNiMo+Ti 或 Nb 钢	516 其他	65 无磁轴 承钢				
			37 B(X)系钢	435/445/455 CrNi+V、W、Co 钢		521 WMo						
				24 高锰 钢	436/446 CrNiSi(X)系钢		522 W 系钢					
		38 其他	437 CrMnNi(X)系钢		523 Co 系钢							
				438 其他								

第二节 我国钢铁产品牌号表示方法^[2,3]

一、基本原则

根据国家标准《钢铁产品牌号表示方法》(GB 221—2000、GB 221—79)中规定,我国钢号采用汉语拼音字母、化学元素符号及阿拉伯数字相结合的表示方法。(注:GB 221—79《钢铁产品牌号表示

方法》的内容以“[2]”标识),常用化学元素符号见表1-5。

采用汉语拼音字母表示产品名称、用途、特性和工艺方法时,一般从代表产品名称的汉字的汉语拼音中选取第一个字母。当和另一产品所取字母重复时,改取第二个字母或第三个字母,或同时选取两个汉字的第一个拼音字母。采用的汉语拼音字母,原则上只取一个,一般不超过两个。产品名称、用途、特性和工艺方法表示符号见表1-6。

表 1-5 常用化学元素符号

元素名称	化学元素符号	元素名称	化学元素符号	元素名称	化学元素符号	元素名称	化学元素符号
铁	Fe	铍	Be	铬	Cr	铜	Cu
锰	Mn	钐	Sm	镍	Ni	钨	W
锂	Li	铀	Ac	钴	Co	钼	Mo

续表

元素名称	化学元素符号	元素名称	化学元素符号	元素名称	化学元素符号	元素名称	化学元素符号
钒	V	锆	Zr	铈	Ce	砷	As
钛	Ti	锡	Sn	钕	Nd	硫	S
铝	Al	铅	Pb	硼	B	磷	P
铌	Nb	铋	Bi	碳	C	氮	N
钽	Ta	铯	Cs	硅	Si	氧	O
镁	Mg	钡	Ba	硒	Se	氢	H
钙	Ca	镧	La	碲	Te		

注：混合稀土元素符号用“RE”表示。

表 1-6 产品名称、用途、特性和工艺方法表示符号

名 称	采用的汉字及汉语拼音		采用符号	字 体	位 置
	汉字	汉语拼音			
炼钢用生铁	炼	LIAN	L	大写	牌号头
铸造用生铁	铸	ZHU	Z	大写	牌号头
球墨铸铁用生铁	球	QIU	Q	大写	牌号头
脱碳低磷粒铁	脱炼	TUO LIAN	TL	大写	牌号头
含钒生铁	钒	FAN	F	大写	牌号头
耐磨生铁	耐磨	NAI MO	NM	大写	牌号头
碳素结构钢	屈	QU	Q	大写	牌号头
低合金高强度钢	屈	QU	Q	大写	牌号头
耐候钢	耐候	NAI HOU	NH	大写	牌号尾
保证淬透性钢			H	大写	牌号尾
易切削非调质钢	易非	YI FEI	YF	大写	牌号头
热锻用非调质钢	非	FEI	F	大写	牌号头
易切削钢	易	YI	Y	大写	牌号头
电、工用热轧硅钢	电热	DIAN RE	DR	大写	牌号头
电、工用冷轧无取向硅钢	无	WU	W	大写	牌号中
电工用冷轧取向硅钢	取	QU	Q	大写	牌号中
电工用冷轧取向高磁感硅钢	取高	QU GAO	QG	大写	牌号头
(电讯用)取向高磁感硅钢	电高	DIAN GAO	DG	大写	牌号头
电磁纯铁	电铁	DIAN TIE	DT	大写	牌号头
碳素工具钢	碳	TAN	T	大写	牌号头
塑料模具钢	塑模	SU MO	SM	大写	牌号头
(滚珠)轴承钢	滚	GUN	G	大写	牌号头
焊接用钢	焊	HAN	H	大写	牌号头
钢轨钢	轨	GUI	U	大写	牌号头
铆螺钢	铆螺	MAO LUO	ML	大写	牌号头
锚链钢	锚	MAO	M	大写	牌号头
地质钻探钢管用钢	地质	DI ZHI	DZ	大写	牌号头

续表

名 称	采用的汉字及汉语拼音		采用符号	字 体	位 置
	汉字	汉语拼音			
船用钢					
汽车大梁用钢	梁	LANG	L	大写	牌号尾
矿用钢	矿	KUANG	K	大写	牌号尾
压力容器用钢	容	RONG	R	大写	牌号尾
桥梁用钢	桥	QIAO	q	小写	牌号尾
锅炉用钢	锅	GUO	g	小写	牌号尾
焊接气瓶用钢	焊瓶	HAN PING	HP	大写	牌号尾
车辆车轴用钢	辆轴	LIANG ZHOU	LZ	大写	牌号头
机车车轴用钢	机轴	JI ZHOU	JZ	大写	牌号头
管线用钢			S	大写	牌号头
沸腾钢	沸	FEI	F	大写	牌号尾
半镇静钢	半	BAN	b	大写	牌号尾
镇静钢	镇	ZHEN	Z	大写	牌号尾
特殊镇静钢	特镇	TE ZHEN	TZ	大写	牌号尾
质量等级			A	大写	牌号尾
			B	大写	牌号尾
			C	大写	牌号尾
			D	大写	牌号尾
			E	大写	牌号尾
碱性平炉炼钢用生铁 ^[2]	平	PING	P	大写	牌号头
顶吹氧气转炉炼钢用生铁 ^[2]	顶	DING	D	大写	牌号头
碱性空气转炉炼钢用生铁 ^[2]	碱	JIAN	J	大写	牌号头
冷铸车轮用生铁 ^[2]	冷	LENG	L	大写	牌号头
球墨铸铁用生铁 ^[2]	球	QIU	Q	大写	牌号头
金属锰、金属铬 ^[2]	金	JIN	J	大写	牌号头
氧化钼块 ^[2]	氧	YANG	Y	大写	牌号头
氧气转炉(普通碳素钢用) ^[2]	氧	YANG	Y	大写	牌号头
碱性空气转炉(普通碳素钢用) ^[2]	碱	JIAN	J	大写	牌号头
电工用纯铁 ^[2]	电铁	DIAN TIE	DT	大写	牌号头
碳素工具钢 ^[2]	碳	TAN	T	大写	牌号头
多层式高压容器用钢 ^[2]	高层	GAO CENG	gC	大写	牌号尾
低温压力容器用钢 ^[2]	低容	DI RONG	DR	大写	尾
耐蚀合金 ^[2]	耐蚀	NAI SHI	NS	大写	牌号头
精密合金 ^[2]	精	JING	J	大写	牌号中
变形高温合金 ^[2]	高合	GAO HE	GH	大写	牌号头
铸造高温合金 ^[2]			K	大写	牌号头
铸钢 ^[2]	铸钢	ZHU GANG	ZG	大写	牌号头