

焊接修复技术 及案例分析

HANJIE XIUFU JISHU
JI ANLI FENXI

王成文 编著

山西出版传媒集团
山西科学技术出版社

焊接修复技术

及案例分析

HANJIE XIUFU JISHU
JI ANLI FENXI

王成文 编著

山西出版传媒集团
山西科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

焊接修复技术及案例分析/王成文编著. —太原: 山西科学技术出版社, 2013.9

ISBN 978-7-5377-4586-4

I. ①焊… II. ①王… III. ①补焊 IV. ①TG455

中国版本图书馆CIP数据核字 (2013) 第207356号

焊接修复技术及案例分析

编 著: 王成文

出 版: 山西出版传媒集团·山西科学技术出版社
(太原市建设南路21号 邮编: 030012)

发 行: 山西出版传媒集团·山西科学技术出版社 (电话: 0351-4922121)

编辑部: 0351-4922107

印 刷: 山西科林印刷有限公司

开 本: 787毫米×1092毫米 1/16

印 张: 18.5

字 数: 373千字

版 次: 2014年1月第1版

印 次: 2014年1月第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-5377-4586-4

定 价: 35.00元

如发现印、装质量问题, 影响阅读, 请与发行部联系调换。

序 言

在建设“两型社会”、实现可持续发展的战略背景下,堆焊及表面工程产业界流行着一个热词——“再制造”。“再制造”作为一种节能、节材、高效益、低排放的重要技术手段,受到了国家及各行各业的普遍重视。机电产品通过“再制造”,可以实现成本不高于原型产品的50%、节能60%、节材70%、减少CO₂排放80%的目标。大力推广“再制造”,将对我国的国民经济建设的健康发展,起到重要的作用。焊接修复技术是机械产品再制造的重要手段,符合节能减排的宏观战略,在资源节约型和环境友好型社会的建设中,大有其用武之地。《焊接修复技术及案例分析》一书正逢其时,并有以下特点:

首先,该书的确是来自工程实际的真知灼见。该书系统地介绍了焊接修复所需要的焊接设备、工艺、材料等基本背景知识,其中特别值得推荐的是第二章“焊接修复技术措施”。在这一章中,作者不但系统地介绍了焊接修复的基本步骤,还告诉了我们很多秘不示人的技巧和诀窍,这足以使从事本行业的人有茅塞顿开之感。更为珍贵的是第五章中作者多年来积攒的十八个焊接修复案例。这些案例的覆盖面很宽,从大型设备的关键部件到高附加值的精密零件,涉及的材料既包括焊接性良好的低碳钢,又包括焊接性较差的低合金高强钢、铸铁和铝合金。

其次,这本名为“技术”的书给我们展示了焊接修复工程的科学性。焊接修复看起来是工程问题,但是每当我们遇到每一个复杂的工程个案时,使我们不得不从科学的角度认真分析个案中的使用工况、失效形式、材料特点、焊接性、变形以及相应的工艺措施。在第五章的十八个案例中,我们可以从每一个案例中梳理出作者在工程实践中所遵循的科学思路。

此外,作者给我们展示了焊接修复的复杂性和系统性。我们可以从案例中看到,要修复好一个机械零部件,要经过分析、论证、方案筛选、验证性试验、焊接施工、焊后检验等一系列程序。

我与成文相识多年。他长期以来一直从事焊接工程方面的工作,是中国机械工程学会焊接学会常务理事,也是我们堆焊及表面工程专业委员会的活跃会员。今天,我看到这位真诚的朋友把自己多年来积累的焊接修复宝贵经验与大家分享,相信一定会有很多读者能从这本书中获益。

希望成文在焊接修复的道路上越走越好,同时也期待着他给大家带来更多更好的案例经验。

中国机械工程学会

焊接学会常务理事

張平 教授

中国机械工程学会焊接学会

堆焊及表面工程专业委员会主任

2013年8月于北京

前 言

焊接技术作为金属材料加工的主要手段之一,不仅广泛用于金属结构的生产制造,也大量用于金属结构中缺陷的修复。焊接结构的大规模生产使得焊接设备、焊接材料、焊接知识得以普及推广,同时焊工的操作技能和理论素质得以提高,也为焊接修复创造了一定的基础条件。在焊接修复中,不仅需要制订合理的焊接修复工艺,而且需要使用许多作业技巧,每个焊接修复实例都是焊接修复技术在实践中的应用,通过理论分析和实践验证的锻炼,就可以提高焊接修复水平。

焊接修复是采用各种焊接技术修理金属结构及零件、恢复其使用性能,实现机械设备、零件“再生”的过程。焊接修复具有工程技术密集、涉及知识广泛、技术创新多、经济效益好、可持续发展等现代实用工程技术的诸多特点,已经引起企业负责人、工程技术人员和环保人士的广泛关注。焊接修复技术涉及的知识领域很多,也丰富了金属结构生产加工手段,具有广阔的应用前景。

金属结构的焊接修复与制造过程相比,不仅要求焊接工程师和焊工具有足够的焊接专业知识,而且必须具备一定的实际焊接经验,并综合运用相关领域的专业知识,才能实施合理的焊接修复行为。通常各种机械设备的制造主要采用焊接、铸造、锻压、热处理、切削加工、装配、安装、调试等作业技术,制造周期可达数月甚至需要若干年的时间,当机械设备出现故障或产生损坏时,焊接修复仅需很短的修复周期,即可恢复设备运行,缩短了机械设备的停机时间。金属结构的焊接修复往往通过修理局部缺陷、恢复整体功能的形式,采用较低的焊接修复成本,实现良好的经济效益,并且通过多次修复,大大增加了设备、零件的寿命周期。焊接修复技术的应用减少了机械设备加工过程中能源及矿物消耗大、污染严重的工序,从而节省大量能源、矿物资源,使得焊接修复技术成为一种“绿色工业生产”的手段,符合循环经济的环保要求。随着现代焊接修复技术向专业化、自动化、高可靠性、高性能的逐渐深化,结合材料表面预保护技术,从而使零件性能更加优良,甚至超过产品的原始设计要求,实现产品的“再制造”。

本书共分为五章,第一章介绍了金属材料及加工技术基础知识;第

第二章介绍了焊接修复技术措施;第三章介绍了常用焊接修复方法及使用器材;第四章介绍了焊接修复使用的焊接材料;第五章介绍了十八个焊接修复工程案例分析。

本书针对焊接修复技术的适宜性和设备损坏的复杂性,介绍了焊接修复技术相关基础知识,采用焊接修复活动的思维模式和修复工程理论指导生产实践,归纳常用焊接修复技术措施和施工操作技巧,并精选了十八个焊接修复工程应用案例,探索焊接修复经验,阐述焊接修复的技术路线、工艺要点、工艺参数等内容。希望本书能对从事焊接修复的工程技术人员、维修焊工、学生、企业设备负责人有所启迪,也愿为焊接新技术推广、提高焊接修复实践水平等方面作出贡献。

在焊接修复实践和本书的编写过程中,许跃华、王宝义、牛海峰、田文珍、李飞等给予了很大的支持和帮助,对此表示衷心的感谢。

因编者水平有限,书中难免会有错误及不足之处,愿与读者交流改正。

编 者

2013年5月

目 录

第一章 金属材料及加工技术基础知识	(1)
1.1 金属材料概述	(1)
1.1.1 金属材料的使用状况	(1)
1.1.2 金属材料的分类	(1)
1.1.3 金属材料的标记与性能	(3)
1.1.4 影响金属材料性能的主要因素	(8)
1.1.5 常见金属材料的主要性能参数	(11)
1.2 金属材料的加工技术及其常见缺陷	(16)
1.2.1 金属材料的连接原理	(16)
1.2.2 金属材料的加工特点	(17)
1.2.3 金属材料的焊接及其常见缺陷	(19)
1.2.4 金属材料的铸造及其常见缺陷	(22)
1.2.5 金属材料的锻压及其常见缺陷	(26)
第二章 焊接修复技术措施	(30)
2.1 焊接修复工艺概述	(30)
2.1.1 焊接修复工艺的重要性	(30)
2.1.2 焊接修复工艺的类型	(31)
2.1.3 焊接修复的技术特点	(32)
2.1.4 制订焊接修复工艺的主要原则	(33)
2.1.5 焊接修复工艺的使用情况	(35)
2.2 焊接修复工艺基础	(39)
2.2.1 焊接修复活动的技术路线	(39)
2.2.2 金属结构的损伤模式	(40)
2.2.3 焊接修复活动的质量目标	(44)
2.3 焊接结构的修复工艺	(47)
2.3.1 焊接结构修复的表现形式	(47)
2.3.2 焊接结构可修复性分析	(49)
2.3.3 焊接缺陷的清理	(51)
2.3.4 返修焊的坡口准备	(53)
2.3.5 返修焊焊接方法的选择	(54)

2.3.6 返修焊焊接材料的选择	(57)
2.3.7 返修焊常用的技术措施	(59)
2.3.8 返修焊焊接质量的检测	(62)
2.4 铸锻件的焊接修复工艺	(62)
2.4.1 机械制造中焊接与其他加工技术的组合	(62)
2.4.2 铸锻件缺陷可修复性分析	(66)
2.4.3 铸锻件缺陷的清理	(70)
2.4.4 铸锻件补焊的坡口准备	(73)
2.4.5 铸锻件补焊的预热	(75)
2.4.6 铸锻件补焊焊接方法的选择	(75)
2.4.7 铸锻件补焊焊接材料的选择	(77)
2.4.8 铸锻件补焊的技术措施	(79)
2.4.9 铸锻件补焊的质量检测	(83)
2.4.10 常用的焊接修复安全措施	(83)
2.5 常用的焊接修复作业技巧	(84)
2.5.1 服役结构修复部位使用材料的判定	(84)
2.5.2 焊接修复技术与结构设计方面的关联	(86)
2.5.3 金属结构中常见的裂纹缺陷及原因分析	(88)
2.5.4 焊接修复时防止裂纹的实用方法	(91)
2.5.5 焊接修复中常用的强化措施	(93)
2.5.6 焊接修复工艺中高温热过程对焊缝金属性能的影响	(95)
2.5.7 焊接修复中选择焊接材料的几个技巧	(97)
2.5.8 焊接修复切削加工件的几个问题	(101)
第三章 常用焊接修复方法及使用器材	(106)
3.1 常用焊接修复方法综述	(106)
3.2 焊条电弧焊及设备器材	(106)
3.2.1 焊条电弧焊概述	(106)
3.2.2 焊条电弧焊设备	(107)
3.2.3 焊条电弧焊工艺要素	(111)
3.3 熔化极活性气体保护焊及设备器材	(114)
3.3.1 熔化极活性气体保护焊概述	(114)
3.3.2 熔化极活性气体保护焊的熔滴过渡形式	(116)
3.3.3 熔化极活性气体保护焊设备	(117)
3.3.4 熔化极活性气体保护焊工艺要素	(121)
3.4 自动埋弧焊及设备器材	(124)

3.4.1 自动埋弧焊概述	(124)
3.4.2 自动埋弧焊的冶金原理	(126)
3.4.3 自动埋弧焊设备	(127)
3.4.4 自动埋弧焊工艺要素	(129)
3.5 钨极氩弧焊及设备器材	(132)
3.5.1 钨极氩弧焊概述	(132)
3.5.2 钨极氩弧焊的电流特征	(133)
3.5.3 钨极氩弧焊设备	(134)
3.5.4 钨极氩弧焊工艺要素	(136)
第四章 焊接修复使用的焊接材料	(138)
4.1 常用焊接材料概述	(138)
4.2 焊 条	(138)
4.2.1 焊条药皮的功能和组分	(138)
4.2.2 焊条的分类	(140)
4.2.3 碳钢焊条	(143)
4.2.4 低合金钢焊条	(145)
4.2.5 不锈钢焊条	(150)
4.2.6 堆焊焊条	(152)
4.3 气体保护焊焊接材料	(156)
4.3.1 焊丝的分类	(156)
4.3.2 气体保护焊实心焊丝	(156)
4.3.3 气体保护焊药芯焊丝	(159)
4.3.4 焊接用气体的分类和标记	(165)
4.4 焊接材料的储存与烘干	(167)
4.4.1 焊接材料的储存条件	(167)
4.4.2 焊接材料使用前的烘干	(167)
第五章 十八个焊接修复工程案例分析	(169)
5.1 八十吨桥式起重机主梁结构的焊接修复	(169)
5.1.1 大型桥式起重机主梁结构的制造技术	(169)
5.1.2 某批次八十吨桥式起重机主梁结构存在的质量问题	(171)
5.1.3 八十吨桥式起重机主梁结构的焊接修复	(172)
5.2 城市供热管道施工现场的焊接修复	(175)
5.2.1 城市供热管道施工技术简介	(175)
5.2.2 城市供热管道焊接质量检测要求	(177)

5.2.3 某城市供热管道施工中发现的质量问题	(178)
5.2.4 城市供热管道焊接修复工艺及应用	(178)
5.3 十立方米矿用挖掘机动臂的焊接修复	(180)
5.3.1 大型矿用挖掘机动臂结构形式	(180)
5.3.2 某台十立方米矿用挖掘机动臂的使用情况	(181)
5.3.3 十立方米挖掘机动臂修复用钢材性能试验	(182)
5.3.4 十立方米挖掘机动臂修复用焊接材料的选择	(184)
5.3.5 十立方米挖掘机动臂修复的焊接工艺试验	(185)
5.3.6 十立方米矿用挖掘机动臂的焊接修复	(185)
5.4 热锻坯取料机构的焊接修复	(187)
5.4.1 热锻坯取料机构简介	(187)
5.4.2 热锻坯取料机构的使用情况	(188)
5.4.3 热锻坯取料机构的焊接修复	(191)
5.5 25MN 压机机架顶板的焊接修复	(193)
5.5.1 某台 25MN 压机机架顶板的损坏情况	(193)
5.5.2 25MN 压机机架顶板焊接修复方案的选择	(196)
5.5.3 25MN 压机机架顶板焊接修复补强技术措施	(196)
5.5.4 25MN 压机机架顶板焊接修复流程	(197)
5.5.5 25MN 压机机架顶板焊接修复的焊接材料的选择	(198)
5.5.6 25MN 压机机架顶板焊接修复工艺要点	(199)
5.6 大型矿用挖掘机铲斗斗体的焊接修复	(200)
5.6.1 大型矿用挖掘机铲斗结构特点	(200)
5.6.2 铲斗制造中常用材料的性能	(201)
5.6.3 某大型矿用挖掘机铲斗斗体焊接修复工艺	(204)
5.6.4 35m ³ 矿用挖掘机铲斗斗体的焊接修复	(205)
5.7 某 10MN 精锻机夹头内滑套的焊接修复	(207)
5.7.1 某精锻机夹头内滑套的损坏情况	(207)
5.7.2 精锻机夹头内滑套焊接修复技术分析	(208)
5.7.3 精锻机夹头内滑套的焊接修复	(209)
5.8 中碳合金钢花键轴的焊接修复	(213)
5.8.1 中碳合金钢花键轴的修复条件	(213)
5.8.2 中碳合金钢花键轴母材的焊接性分析	(214)
5.8.3 中碳合金钢花键轴焊接修复方案的选择	(215)
5.8.4 中碳合金钢花键轴的焊接修复工艺试验	(216)
5.8.5 中碳合金钢花键轴齿形部位的焊接修复工艺及应用	(217)
5.9 铝材轧机铸轧辊辊芯的焊接修复	(218)

5.9.1 铝材轧机铸轧辊辊芯的工作原理	(218)
5.9.2 铝材轧机铸轧辊辊芯材料的技术条件	(219)
5.9.3 铸轧辊辊芯焊接工艺分析	(220)
5.9.4 铸轧辊辊芯的焊接修复	(222)
5.10 大型水压机立柱的焊接修复	(223)
5.10.1 某大型水压机立柱的损坏情况	(223)
5.10.2 大型水压机立柱焊接修复的技术分析	(224)
5.10.3 制造过程中不合格立柱的焊接修复	(226)
5.10.4 服役过程中立柱断裂失效后的焊接修复	(227)
5.11 水压机活动柱塞的焊接修复	(232)
5.11.1 水压机活动柱塞的技术要求	(232)
5.11.2 水压机活动柱塞堆焊的技术特征	(233)
5.11.3 12.5MN 水压机活动柱塞的焊接修复	(236)
5.11.4 水压机活动柱塞的预保护焊接	(238)
5.11.5 31.5MN 水压机活动柱塞的焊接修复	(240)
5.12 锻-焊齿轮的焊接修复	(242)
5.12.1 锻-焊齿轮的技术特点	(242)
5.12.2 锻-焊齿轮的焊接工艺分析	(243)
5.12.3 大型锻-焊齿轮的焊接工艺要点	(246)
5.12.4 10MN 轧边机减速箱锻-焊齿轮的焊接修复	(248)
5.13 大型铸铁材料金属结构的焊接修复	(250)
5.13.1 铸铁材料的类型及技术条件	(250)
5.13.2 常见的铸铁材料焊接工艺	(251)
5.13.3 灰铸铁镗床拖板的焊接修复	(253)
5.13.4 球墨铸铁水泥生料磨磨盘的焊接修复	(254)
5.14 低合金铸钢驱动轮的焊接修复	(255)
5.14.1 低合金铸钢驱动轮简介	(255)
5.14.2 典型低合金铸钢技术条件	(257)
5.14.3 ZG30NiCrMo 低合金铸钢焊接修复用焊接材料的选择	(258)
5.14.4 ZG30NiCrMo 低合金铸钢驱动轮的焊接修复工艺	(258)
5.14.5 ZG30NiCrMo 低合金铸钢驱动轮裂纹缺陷的处理	(260)
5.15 高锰钢铸件的焊接修复	(262)
5.15.1 高锰钢的特点	(262)
5.15.2 高锰钢铸件的焊接性问题	(263)
5.15.3 常见的高锰钢铸件焊接方式及焊接材料	(264)
5.15.4 高锰钢铸造履带板的焊接修复	(265)

5.16 ZG5CrMnMo 垫板裂纹的焊接修复	(267)
5.16.1 合金工具钢技术条件	(267)
5.16.2 某 ZG5CrMnMo 垫板的缺陷情况	(268)
5.16.3 ZG5CrMnMo 垫板焊接修复技术分析	(269)
5.16.4 ZG5CrMnMo 垫板焊接修复要点	(270)
5.17 30MN 压机铸钢件的焊接修复	(270)
5.17.1 铸钢件加工的技术特点	(271)
5.17.2 30MN 压机上横梁的焊接修复	(272)
5.17.3 30MN 压机活动横梁的焊接修复	(274)
5.17.4 30MN 压机工作缸的焊接修复	(275)
5.18 电解铝导电杆的焊接修复	(277)
5.18.1 电解铝导电杆的技术条件	(277)
5.18.2 电解铝导电杆的损坏情况	(278)
5.18.3 电解铝导电杆制造过程的焊接工艺	(280)
5.18.4 电解铝导电杆焊接修复工艺	(281)
参考文献	(283)

第一章 金属材料及加工技术基础知识

1.1 金属材料概述

1.1.1 金属材料的使用状况

材料科学一般将材料分为金属材料、陶瓷材料、高分子材料。材料的发现和使用一直伴随着人类历史的发展,从使用石器、陶器发展到使用铜器、铁器等金属材料,应用青铜、铸铁、钢等金属材料的冶炼、铸造、锻焊等方法生产工具。随着现代工业的发展,人类的生产制造能力有了极大的提高,在制造加工和日常生活中,以金属材料为代表的金属结构使用最为广泛,而在很长的时间里制造加工仍会以金属构件加工为主体,加工技术水平不断提高。

金属材料一般含有一种或几种主要金属元素,由微小晶体及金属键的形式组成,不仅具有良好的力学性能、物理性能、化学性能,而且具有优良的工艺性能,可以采用多种加工方法生产不同形状的金属构件和工具。在金属材料的生产、使用中,钢铁材料占有主导地位,铝、铜、镁、镍、钛、钴次之。由于 20 世纪转炉技术和连铸技术的应用,钢铁工业在近百年的时间中迅速发展;2012 年我国粗钢产量突破 7 亿吨,产量和使用量位居全球第一。

1.1.2 金属材料的分类

1.1.2.1 根据金属材料的使用性能分类

根据金属材料的使用性能分为结构材料和功能材料。结构材料侧重于使用金属材料的力学性能,如抗拉强度、屈服强度、冲击吸收功、疲劳强度等,常见的 Q235A、Q345B、ZG230-450、35CrMo 等结构钢主要考虑使用钢材的强度和冲击吸收功等技术参数。功能材料侧重于使用金属材料的物理性能和化学性能,如耐蚀性、耐磨性、导电性、导热性等,一般常见的不锈钢、镍基合金具有良好的耐蚀性,紫铜具有良好的导电性,铸造高锰钢经冲击强化后耐磨性能明显提高。

1.1.2.2 根据金属材料基体元素的化学成分分类

根据金属材料是否以铁元素为基体元素,分为黑色金属和有色金属。黑色金属是指以铁元素为主的合金,在地壳中储量丰富,可以适应多种加工技术,成为工业生产中产量最大、广泛使用的金属材料。黑色金属主要是由多种牌号的钢材和铸铁组成。钢是对含碳量在 0.022% ~ 2.11% 的铁基合金的总称,钢的分类见表 1-1。铸铁是对含

碳量大于 2.11%的铁基合金的总称,铸铁的分类见表 1-2。

表 1-1 钢的分类

分类特征	类 别	说 明	
按化学成分	碳素钢	除铁外,还含有 2.11%以下的碳及少量的锰、硅、硫、磷等元素	
	低合金钢	合金元素总量 $\leq 5\%$ 的钢	钢中不仅有碳素钢所含元素,还含有一定量的铬、镍、钼、钨、铌、钒、铝等合金元素
	中合金钢	$5\% < \text{合金元素总量} \leq 10\%$ 的钢	
	高合金钢	合金元素总量 $> 10\%$ 的钢	
按含碳量分	工业纯铁	含碳量 $\leq 0.04\%$ 的铁碳合金	
	低碳钢	$0.04\% < \text{含碳量} \leq 0.25\%$ 的钢	
	中碳钢	$0.30\% \leq \text{含碳量} \leq 0.55\%$ 的钢	
	高碳钢	含碳量 $\geq 0.60\%$ 的钢	
按用途分	结构钢	用于制造各种结构件、建筑结构的钢	
	工具钢	用于制造工具、模具、量具等器具的钢	
	特殊用途钢	具有特殊用途、特殊性能的钢,如不锈钢	

表 1-2 铸铁的分类

分类特征	类 别	说 明
按化学成分	普通铸铁	不含任何合金元素的铸铁,包括灰铸铁、可锻铸铁、球磨铸铁
	合金铸铁	在普通铸铁内加入一些合金元素,提高某些特殊性能
按生产方法和组织性能分	普通灰铸铁	铸铁中的碳主要以自由状态的片状石墨形式存在,断口呈暗灰色
	孕育铸铁	在铸铁液态中加入孕育剂(如硅铁和硅钙合金),形成大量的、高度弥散的难熔质点,成为石墨的结晶核心,促进石墨的形核,从而获得细晶粒的珠光体和细片状石墨组织的铸铁
	白口铸铁	组织中没有石墨的铁碳合金,碳全部以渗碳体形式存在,断口呈白亮色,具有很高的表面硬度和耐磨性,又称为冷硬铸铁或激冷铸铁
	可锻铸铁	将白口铸铁经石墨化退火后,碳以团絮状石墨形式存在,比普通灰铸铁具有较高的韧性,可承受冲击载荷,又称为韧性铸铁
	球磨铸铁	在浇铸前的铸铁液态中加入一定量的球化剂、墨化剂,碳以球状石墨形式存在,力学性能优于普通灰铸铁、可锻铸铁,应用较广泛
	蠕墨铸铁	在铸铁液态中加入一定量的蠕化剂、孕育剂,使其中的碳以游离的蠕虫状石墨形式存在,具有较好的综合性能
	特殊性能铸铁	可分为耐磨铸铁、耐热铸铁、耐蚀铸铁等,属于合金铸铁

有色金属包括除去铁及其合金之外的所有金属及其合金材料,往往具有不同的物理性能和化学性能,以满足不同的使用技术要求,如铝、钛、镁及其合金的密度小、比强度高;钛及其合金的电阻率高,同时具有高的抗氧化性;铅具有高的抗 X 射线和 γ 射线穿透能力;铜和铝具有良好的导电性和导热性;钨、钼及其合金具有较好的热硬

性。有色金属的分类见表 1-3。通常有色金属产量指铝、镁、铜、铅、锌、镍、钴、锡、钨、钼、汞等产量之和。

表 1-3 有色金属的分类

分类特征	类 别		说 明
按主要 化学 成分分	纯合金		铜(紫铜)、铝、镁、锌、铅、锡、镍等
	铜合金	黄 铜	普通黄铜(铜锌二元合金);特殊黄铜(含有其他合金元素的黄铜),如铝黄铜、锰黄铜、铅黄铜、锡黄铜
		青 铜	锡青铜(铜锡二元合金);特殊青铜(无锡青铜),如铝青铜(铜铝合金)、锰青铜(铜锰合金)等
		白 铜	普通白铜(铜镍二元合金);特殊白铜(含有其他合金元素的白铜),如锰白铜、铁白铜、锌白铜等
	铝合金	形变铝合金	防锈铝(铝镁或铝锰合金);硬铝(铝铜镁或铝铜锰等合金);超硬铝(铝铜镁锌合金);锻铝(铝铜镁硅合金)
		铸造铝合金	铝硅合金;铝铜合金;铝锌合金;铝稀土合金
	钛合金	α 型钛合金	主要合金元素为钛、铝、锡
		β 型钛合金	合金中含有一定数量的 β 稳定元素,如铁、铜、锰、铬等
		α+β 型钛合金	主要合金元素为钛、铝、钒、锡等
	其他有色金属及其合金		铅及其合金、锡及其合金、锌及其合金、镍及其合金等
按密度、 储量、 价格分	重合金		铜、铅、锌、镍、锡、钴、汞等,密度大于 4.5g/cm ³ 的金属
	轻合金		铝、镁、钛、钠、钾、钙、钡等,密度小于 4.5g/cm ³ 的金属
	贵合金		金、银、铂、铑、铱等高价格金属
	稀有合金		钨、钼、铌、钽、锆等地壳中含量少,提炼难度大的金属

1.1.3 金属材料的标记与性能

1.1.3.1 金属材料的牌号

因世界各国工业水平、文化背景、矿产资源等因素的差异,许多国家金属材料牌号的编号方法各不相同。我国对各种金属材料,特别是钢材和常用有色金属的牌号进行了严格的规定。我国钢材的编号采用了国际化学符号和汉语拼音字母并用的原则,包括常见的几类结构用钢表示方法。

1. 碳素结构钢的表示方法 由代表屈服强度的字母、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。如 Q235-A·F,“Q”表示钢材屈服强度“屈”字汉语拼音首位字母;“235”表示钢材屈服强度为 235MPa;其后的“A”表示质量等级,还有 B、C、D 等级别;“F”表示沸腾钢中“沸”字汉语拼音首位字母,还有 b、Z、TZ 等符

号。碳素结构钢应符合 GB/T 700—2006《碳素结构钢》标准,在各类钢材中产量最大、用途最广泛,多以钢板、钢带、型钢、棒钢等形式用于一般结构和工程结构。

2. 低合金高强度结构钢的表示方法 由代表屈服点的字母、屈服强度数值、质量等级符号等三个部分按顺序组成。例如:Q345E,“Q”表示钢材屈服强度“屈”字汉语拼音首位字母;“345”表示钢材屈服强度为 345MPa;其后的“E”表示质量等级,还有 A、B、C、D 等级别。低合金高强度结构钢的符合 GB/T 1591—2008《低合金高强度结构钢》标准,适于热轧、控轧、正火、正火加回火、淬火加回火等状态供应的工程用钢。

3. 优质碳素结构钢的表示方法 由代表含碳量的数字及含锰量的符号按顺序组成。例如:45 钢或 65Mn 钢,“45”表示钢材的含碳量为 0.42% ~ 0.50%;“65Mn”表示钢材的含碳量为 0.62% ~ 0.70%,并具有一定的含锰量。优质碳素结构钢应符合 GB/T 699—1999《优质碳素结构钢》标准,适用于机器制造行业生产各种机器零部件,可进行压力加工、切削加工。

4. 合金结构钢的表示方法 由代表含碳量的数字、合金元素符号及其含量的符号按顺序组成。例如:42CrMo、20CrMnTi、38CrMoAl;“42CrMo”表示钢材的含碳量为 0.38% ~ 0.45%,含铬量为 0.90% ~ 1.20%,含钼量为 0.15% ~ 0.25%。合金结构钢应符合 GB/T 3077—2005《合金结构钢》、JB/T 6369—2006《大型合金结构钢锻件 技术条件》和 NB/T 47008—2010《承压设备用碳素钢和合金钢锻件》标准,适用于机械制造业生产各种尺寸较大、形状较复杂、有较高强度和冲击韧性要求的齿轮、轴、承压设备等重要零件。

5. 碳素铸钢的表示方法 由代表铸钢的字母、屈服强度数值、抗拉强度数值等三个部分按顺序组成。例如:ZG200—400,“ZG”表示“铸钢”两字汉语拼音首位字母;“200”表示钢材屈服强度为 200MPa;“400”表示钢材抗拉强度为 400MPa。碳素铸钢应符合 GB/T 11352—2009《一般工程用铸造碳钢件》标准,适用于机械制造业生产各种重量大、尺寸大、形状复杂、批量大的铸造零件。

6. 低合金铸钢的表示方法 由代表铸钢的字母、含碳量的数字、合金元素符号及其含量的符号按顺序组成。例如:ZG 35CrMnSi、ZG 30NiCrMo;“ZG 35CrMnSi”表示低合金铸钢的含碳量为 0.30% ~ 0.40%,含铬量为 0.50% ~ 0.80%,含锰量为 0.90% ~ 1.20%,含硅量为 0.50% ~ 0.75%。低合金铸钢应符合 JB/T 6402—2006《大型低合金钢铸件》标准,适用于机械制造业生产各种重量大、尺寸大、形状复杂、批量大、有较高强度和冲击韧性要求的重要零件。

7. 不锈钢的表示方法 由代表含碳量的数字、合金元素符号及其含量的符号按顺序组成。例如:06Cr19Ni10、06Cr18Ni11Ti;“06Cr19Ni10”表示不锈钢的含碳量为 0.03% ~ 0.08%,含铬量为 18.00% ~ 20.00%,含镍量为 8.00% ~ 10.50%。不锈钢应符合 GB/T 4237—2007《不锈钢热轧钢板和钢带》和 GB 24511—2009《承压设备用不锈钢钢板和钢带》标准,适用于机械制造业生产各种耐腐蚀、耐高温、耐低温等要求的零件和承压设备。

1.1.3.2 金属材料的理化性能

金属材料的物理性能见表 1-4,金属材料的化学性能见表 1-5。