

焊接手册

焊接结构

第2版

3

中国机械工程学会焊接学会 编



机械工业出版社
China Machine Press

焊 接 手 册

(第 2 版)

第 3 卷 焊接结构

中国机械工程学会焊接学会 编



机 械 工 业 出 版 社

《焊接手册》是由焊接学会在全国范围内组织专家编著的一部综合性专业工具书；是学会为生产服务的具体体现，对手册内容的不断充实、完善是学会的长期工作任务。此次修订即第2版，是在第1版的基础上，依然保持内容选材广泛、突出手册的实践性、准确性、可靠性等特点；采纳近几年国内外焊接生产技术飞速发展的成果，新颁布的国内外标准。与第1版相同，全套手册共计3卷：（焊接方法及设备；材料的焊接；焊接结构），本书为其中的第3卷。

本卷分为3篇、27章编写，插图1000余幅。书中介绍了焊接结构选材、设计、制造诸方面的问题，力求通过对典型结构的分析来介绍合理的焊接结构构造形式。具体内容包括：焊接结构设计基础；焊接结构的设计原则与方法；机械零部件、压力容器、建筑结构、铁路车辆、船体、起重机、动力机械等典型焊接结构的设计、制造，以及焊接生产的机械化与自动化，生产中常用设备，焊接结构的无损检测，焊接车间设计，焊接生产组织与经济，安全与劳动保护等。

《焊接手册》的读者对象是以各个工业部门中从事焊接生产的工程技术人员为主，但同时这部手册对于焊接科研、设计和教学人员也是一部解决实际问题时必备的工具书。

图书在版编目（CIP）数据

焊接手册. 第3卷, 焊接结构 / 中国机械工程学会焊接学会编. —2版. —北京: 机械工业出版社, 2001.8

ISBN 7-111-03394-9

I. 焊... II. 中... III. ①焊接一手册 ②焊接结构一手册
IV. TG4-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 043668 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 武江 周国萍

封面设计: 姚毅

责任印制: 路琳

中国建筑工业出版社密云印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001年8月第2版第1次印刷

1000mm×1400mm B5·38.875印张·3插页·2030千字

28001—33000册

定价: 98.00元

本书内容如有更改或与实际操作不符, 恕不另行通知

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527

11/08/06

《焊接手册》第2版 编委会

主 任 宋天虎

副主任 陈剑虹 吴 林 陈丙森

邹增大 单 平 崔树森

顾 问 潘际銮 斯重遥 田锡唐 关 桥

委 员 殷树言 刘金合 陈善本 周昭伟 任家烈

张修智 史耀武 苏 毅 陈祝年

《焊接手册》第2版第3卷编审者名单

主 编

陈丙森 清华大学 教 授

副 主 编

史耀武
北京工业大学
教 授

陈祝年
山东大学
教 授

苏 毅
清华大学
教 授

作 者 审 者

(编审者按姓氏汉语拼音顺序排列)

安 珣
太原重型机械集团有限公司
教授级高级工程师

陈怀宁
中国科学院金属研究所
研究员

陈裕川
上海焊接协会
高级工程师

陈伯蠡
清华大学
教 授

陈培君
太原重型机械(集团)有限公司
高级工程师

樊 丁
甘肃工业大学
教 授

关 桥
航空工业总公司 625 所
中国工程院院士

霍立兴
天津大学机械学院
教 授

贾安东
天津大学
教 授

李家鳌
哈尔滨锅炉厂
高级工程师

李生田
哈尔滨焊接研究所
教授级高级工程师

李振江
青岛四方机车车辆厂
高级工程师

李自轩

山推工程机械股份
有限公司制造技术部
高级工程师

林京太

东方汽轮机厂
研究员级高级工程师

林尚扬

哈尔滨焊接研究所
中国工程院院士

刘大钧

江南造船厂
高级工程师

刘兴亚

建筑研究总院
高级工程师

柳曾典

华东理工大学
教授

马盈山

齐齐哈尔车辆厂
高级工程师

潘 孚

哈尔滨锅炉厂
高级工程师

潘希德

西安交通大学
教授

朴东光

哈尔滨焊接研究所
高级工程师

沈大明

美联钢结构有限公司
高级工程师

史永吉

铁道部科学研究总院
研究员

史志强

铁道部科学研究总院
高级工程师

孙光二

江南造船厂
高级工程师

唐伯钢

建筑研究总院
高级工程师

王 政

甘肃工业大学
教授

谢 明

山推工程机械股份
有限公司制造技术部
高级工程师 主任工艺师

解应龙

哈尔滨焊接研究所
教授级高级工程师

徐崇宝

哈尔滨工业大学土木工程学院
教授

徐济民

清华大学
教授

许祖泽

钢铁研究总院
教授

薛 锦

西安交通大学
教授

严鸢飞

清华大学
教授

严致和

机械工业部设计研究院
高级工程师

杨泗霖

首都经贸大学
教授

殷安康

东方汽轮机厂
高级工程师

余幼芬

机械工业部设计研究院
高级工程师

袁兆富

济南第二机床厂
高级工程师

张耀春

哈尔滨工业大学土木工程学院
教 授

张泽灏

大连船用柴油机厂
高级工程师

郑本英

东方电机股份有限公司
研究员级高级工程师

钟国柱

哈尔滨工业大学
教 授

周浩森

上海交通大学
教 授

《焊接手册》第1版第3卷编审者名单

主 编

田锡唐 哈尔滨工业大学 教授

主 审

关 桥 航空航天工业部北京航空工艺研究所 研究员

周浩森 上海交通大学 教授

副 主 编

钟国柱

哈尔滨工业大学 教授

陈丙森

清华大学 教授

陈祝年

山东工业大学 教授

作 者 审 者

(以下按编审者姓氏汉语拼音顺序排列)

安 珣

太原重型机器厂
高级工程师(研究员级)

方淑芬

哈尔滨工业大学管理学院
教 授

何瑞芳

哈尔滨焊接研究所
高级工程师

陈嘉椿

哈尔滨车辆厂
高级工程师(研究员级)

冯先荣

中国船舶工业总公司第九设计院
高级工程师(研究员级)

侯贤忠

大庆石油管理局基建工程部
高级工程师

陈剑虹

甘肃工业大学
教 授

郭其安

大庆石油管理局油田建设公司
高级工程师

黄守勤

沈阳工业大学
副 教 授

陈亮山

中国科学院金属研究所
研 究 员

郭占林

吉林工业大学
副 教 授

霍立兴

天津大学
教 授

陈裕川

哈尔滨锅炉厂
高级工程师

韩维福

铁道部齐齐哈尔车辆厂
高级工程师

简润富

中国船舶工业总公司上海船厂
高级工程师

李恩福

哈尔滨工业大学
教授

李志远

华中理工大学
副教授

潘际炎

铁道部科学研究院铁道建筑研究所
研究员

李广铎

大连铁道学院
教授

梁桂芳

江南造船厂
高级工程师

邵清廉

大连船用柴油机厂
高级工程师

李家鳌

哈尔滨锅炉厂
高级工程师

廖延谅

机械电子工业部第二设计研究院 铁道部科学研究院铁道建筑研究所
高级工程师

史永吉

李生田

哈尔滨焊接研究所
高级工程师

柳曾典

华东化工学院
教授

苏毅

清华大学
教授

李渝生

铁道部齐齐哈尔车辆工厂
高级工程师

马天超

哈尔滨工业大学
教授

唐伯钢

冶金部建筑科学研究院
高级工程师

唐慕尧

西安交通大学
教授

王政

甘肃工业大学
教授

许祖泽

冶金部钢铁研究总院
高级工程师

王邦本

铁道部大连机车车辆工厂
工程师

吴祖乾

上海发电设备成套设计研究所
高级工程师（研究员级）

严鸢飞

清华大学
副教授

王承权

武汉水运工程学院
副教授

解应龙

哈尔滨焊接研究所
工程师

严致和

机械电子工业部设计研究总院
高级工程师

王玉海

铁道部大连机车车辆工厂
高级工程师

徐崇宝

哈尔滨建筑工程学院
副教授

余幼芬

机械电子工业部设计研究总院
高级工程师

王元良

西安交通大学

教 授

徐立勋

冶金部建筑科学研究所

高级工程师

张耀春

哈尔滨建筑工程学院

教 授

郑本英

东方电机厂

高级工程师

周光祺

西安交通大学

教 授

卓鸿逵

中国造船工业总公司第十一研究所

高级工程师

钟善桐

哈尔滨建筑工程学院

教 授

周昭伟

哈尔滨焊接研究所

高级工程师（研究员级）

第 2 版 序

古往今来，逢盛世修典编籍昭祥瑞，中国机械工程学会焊接分会恭循此例，于是，就有了这一部集百家智慧精心修订而成的《焊接手册》（第 2 版）。

回溯 20 世纪 90 年代初，来自全国近 200 名焊接工程技术专家齐心协力编撰了《焊接手册》（第 1 版），填补了我国焊接学科大型综合性工具书的空白，了却了几代焊接工程技术人员的夙愿，此善举博得了海内外读者的广泛称颂。此次修订再版更是中国机械工程学会焊接分会奉献给新世纪的一份厚礼。

中国改革开放步伐的突飞猛进和社会主义现代化建设的日新月异对作为现代先进制造技术之一的焊接技术提出了更高的要求，为我国焊接技术水平以及焊接生产能力的提高建立了一个良好的平台，同时也为我国焊接工程界跻身于世界先进焊接强国行列奠定了可靠的基础。在上一世纪最后十年间，焊接技术在我国国民经济建设各个领域的应用在广度和深度方面均产生了质的飞跃，呈现出新的群雄并存、共同繁荣的新格局：焊接机械化、自动化水平不断提高，具有高参数、高寿命、大型化、超微细等特征的焊接制品的不断出现；焊接结构设计革新程度迅速提升；焊接新工艺、新方法投入生产实际应用周期大为缩短；高效优质焊接材料、焊接设备系列化和国产化均攀上新台阶；焊接标准化体系日趋完整；合资和外资企业在中国市场上日益活跃，有力地推进了中国焊接技术与生产融入国际化发展的进程。

有鉴于此，及时全面修订、充实、完善《焊接手册》（第 1 版）的内容，使其真正成为广大焊接工作者不可或缺的工具书，从而全面满足现代焊接技术研发工作和生产实际的需要，就成为摆在中国机械工程学会焊接分会面前一项紧迫而必要的工作。令人欣慰的是我们没有辜负各

界同行的期望与嘱托，在较短的时间里完成了这一宏大的修订工作。

第2版《焊接手册》共分3卷，约500万字。在充分汲取国外先进经验、全面采纳国内外最新技术标准的基础上，完整展示了近十年来我国焊接工程技术领域的最新技术成就，全面总结了当今最新的焊接基础知识，包括焊接理论基础、焊接方法与设备、焊接自动化、各种材料的焊接、焊接结构的设计、生产、检验、安全评定、劳动安全与卫生等，并着意提供了焊接技术在各行各业的生产实际应用范例。焕然一新的《焊接手册》（第2版）学科布局齐全，内容丰富翔实，数据实用可靠，图文并茂，生动活泼，既是我国焊接技术文库中的一部恢弘巨著，又是一部具有极强实用性的工具书。我们有理由相信，新版手册将为我国焊接技术的蓬勃发展发挥不可替代的独特的作用。

中国机械工程学会焊接分会荣幸邀请到200余位来自大江南北的杰出专家学者加盟手册的修订工作，可谓群贤毕至，少长咸集。他们以认真负责的精神，一丝不苟的态度，科学严谨的作风，忘我地投入手册的修订工作中去。这沉甸甸的三卷手册凝聚着所有编、审、校人员的心血与汗水，是他们辛勤劳动的结晶。我谨代表中国机械工程学会暨焊接分会向所有参与手册修订工作的专家学者表示衷心的感谢。我还要借此机会，向所有给予手册修订出版以大力支持的单位与个人表示衷心的感谢。我更要向所有使用这部手册的广大读者和工程技术人员致以崇高的敬意和真诚的谢意，你们的信任和鼓励过去是、现在是、今后仍将是我们追求更高技术境界的强大动力。

中国机械工程学会
秘书长



2001年5月28日

第 2 版 第 3 卷 前言

由于焊接结构的重要性和特殊性，所以在《焊接手册》中专门设立了一卷论述在焊接结构设计和生产中需要特别注意的问题。

自《焊接手册》第 1 版出版近十年以来，我国经济建设发展迅猛，如钢产量自 1996 年起年产超过亿吨，成为世界第一产钢大国，加以十年中各种新材料的大量生产，焊接结构不再受到原材料供应不足或者材料性能不能满足要求的制约，从而得到了前所未有的飞跃发展。

《焊接手册》第 3 卷焊接结构第 1 版不仅得到了焊接工艺技术人员的应用，还成为焊接结构设计人员和与焊接结构生产有关人员的重要参考资料。我们希望通过这次修订能够在本卷中反映近十年中焊接结构设计和制造方面的进展。考虑到与《焊接手册》第 1 版相衔接，第 3 卷保留了原有的体系结构，仍分设 3 篇，但对各篇内容作了较大改动。本卷第 2 版的篇幅较第 1 版增加了约 30%。

第 3 卷第 2 版第 1 篇改名为“焊接结构基础”，集中论述有关焊接结构的共性问题，不仅只是包括了针对焊接结构设计的内容。第 2 版删去了第 1 版中“焊接结构的失效分析”一章，将第 1 版中的“焊接接头的抗腐蚀性”和“焊接接头的耐热性”两章合并为“焊接结构的环境效应”一章。另外，考虑到国内改革开放以来焊接结构生产日益正规化，已制定了许多和焊接有关的国家标准和行业标准，为此在第 2 版的第 1 篇中增设了“标准与法规”一章，使读者了解我国现有的和焊接有关的标准基本情况，以便查阅相关资料。我国有可能在近期内加入 WTO，为了今后和国际接轨，因此在这一章中也简要介绍了 ISO 和国外有关焊接的主要标准和法规，供读者参考。

第 3 卷第 2 篇主要论述焊接结构的设计特点，在修订时，曾设想将第 1 版的按各行业中出现的焊接结构分别组织的编写方式，改为将各行业焊接结构中典型构件的共同特点集中起来讨论分析。但是这样做的前提是要在搜集大量素材的基础上进行细致的整理分析。这是目前短期内无法做到的。因此在第 2 版第 2 篇中除了介绍焊接结构和基本构件的设

计要领和特点的两章外,仍按各行业的焊接结构分章叙述。但增加了“焊接钢桥”、“工程机械焊接结构”两章。这是因为近十年中我国建造了许多钢桥,其中南京二桥、长江江阴大桥等均为世界级大跨度钢桥,而且还有许多座钢桥正在或计划建造。另外由于国内大规模的基本建设,工程机械制造已成为重要的机械行业,我们选择了挖掘机和推土机中的焊接结构件作为典型,在新设的第14章中作了介绍。这一篇修订时我们曾准备增加有关航天、航空、核电、汽车等行业中焊接结构设计的章节,由于种种原因未能如愿。这一篇中的其他章节也作了许多重要的增补和更新,例如,为了反映我国近年来高层房屋钢结构的迅速发展,在第13章中增加了相关内容。遗憾的是我国新的“钢结构设计规范”仍在审定中,其中的内容未能反映到本篇各章中来。

第3篇焊接结构生产仍分为8章,只是对各章的次序作了调整,在内容上根据近年来焊接生产的发展进行了增补和更新。如第20章增加了计算机辅助工艺规程设计,第24章增加了焊接结构生产的质量管理等。

另外,需要说明的是,鉴于国内在高等学校中取消了焊接专业设置,本卷在这次修订中适当增加了有关焊接结构的基础知识,便于读者能够理解手册的全部内容。

此次《焊接手册》第3卷的修订是在全体编审人员努力工作,通力合作下完成的,本卷的三位副主编更是投入了大量心血,在此对他们表示感谢,特别要感谢关桥、林尚扬两位工程院院士在百忙中参加了本卷的编审工作。第3卷第2版中的许多部分仍采用了第1版的内容,因此也要衷心感谢第1版的主编田锡唐教授和全体编审人员。

本卷涉及焊接结构的设计和制造,内容非常具体,与生产有着密切联系,在当前市场经济的条件下,为修订手册而搜集资料是相当困难的,加以编审时间仓促,疏漏乃至差错在所难免,我们真诚希望广大读者随时批评指正,以便在本卷重印或再次修订时不断完善。

主 编 陈西寿

2001年7月

目 录

第 2 版序

第 2 版第 3 卷前言

第 1 篇 焊接结构基础

第 1 章 常用焊接结构材料	3	2.5.1 焊缝符号与焊接方法代号	50
1.1 焊接结构常用金属材料	3	2.5.2 焊接接头在图样上的表示方法	55
1.1.1 结构钢	3	2.6 常用焊接接头的工作应力分布	62
1.1.2 特殊钢	12	2.6.1 常用熔焊接头的工作应力分布	62
1.1.3 有色金属	16	2.6.2 常用电阻焊接头的工作应力分布	69
1.2 焊接结构选材基本原则	18	2.7 焊接接头的设计原则	70
1.2.1 母材的选择原则	18	2.7.1 焊接接头设计的一般原则	70
1.2.2 焊接材料的选择原则	20	2.7.2 常用焊接接头的设计注意事项	72
参考文献	21	参考文献	77
第 2 章 焊接接头及其设计	22	第 3 章 焊接接头的力学性能	78
2.1 焊接接头及其特点	22	3.1 焊接接头的力学性能及测试	78
2.1.1 何谓焊接接头	22	3.1.1 力学性能试样取样的一般原则	78
2.1.2 焊接接头的特点	22	3.1.2 基本力学性能测试	79
2.2 焊接接头的基本类型	23	3.1.3 焊接接头的断裂韧度	87
2.2.1 熔焊接头的基本类型	23	3.1.4 焊接接头的疲劳性能	88
2.2.2 压焊接头的基本类型	25	3.1.5 焊接接头的蠕变与持久性能	89
2.2.3 钎焊接头的基本类型	31	3.1.6 焊接接头的应力腐蚀性能	92
2.3 特殊的熔焊接头	32	3.1.7 其他力学性能试验方法介绍	94
2.3.1 电子束焊接头	32	3.2 焊接接头的不均匀性对力学性能的影响	96
2.3.2 电渣焊接头	33	3.2.1 焊接接头宏观力学不均匀性的一般特征	96
2.3.3 焊接节点	35	3.2.2 焊接接头宏观力学性能不均匀性对性能测试结果的影响	97
2.4 熔焊接头的坡口形状和尺寸	36	3.2.3 金相组织非均匀性的影响	100
2.4.1 坡口和坡口类型	36	3.3 结构设计对焊接接头力学性能的不同要求简介	100
2.4.2 坡口尺寸及其精度	37	参考文献	101
2.4.3 气焊、焊条电弧焊及气体保护焊接头坡口的基本形式与尺寸	38	阅读文献	101
2.4.4 埋弧焊接头坡口的基本形式和尺寸	44		
2.4.5 坡口的选择设计原则	44		
2.5 焊接接头的表示方法	50		

第4章 焊接应力与变形	103	5.4.2 疲劳极限状态设计法	178
4.1 基本概念	103	5.4.3 疲劳强度设计曲线和细节类型	179
4.1.1 产生机理、影响因素及其内在联系	103	5.4.4 空心截面构件的疲劳评定	187
4.1.2 材料物理特性和力学特性的影响	104	5.5 疲劳寿命评估	188
4.1.3 不同类型焊接热源的影响	106	5.5.1 裂纹萌生寿命的评估	188
4.1.4 焊接热源引起的瞬态应力与变形	107	5.5.2 疲劳裂纹扩展寿命评估	189
4.2 焊接应力	111	5.6 既有结构耐用年数及累积疲劳损伤度的评估	193
4.2.1 焊接应力分类	111	5.6.1 钢桥耐用年数	193
4.2.2 焊接残余应力测量方法	111	5.6.2 耐用年数计算的假定条件	193
4.2.3 焊接残余应力的作用和影响	116	5.6.3 耐用年数的计算	194
4.2.4 焊接残余应力在构件中的典型分布规律	120	5.6.4 累积疲劳计算	194
4.2.5 控制、调节与消除焊接残余应力	133	参考文献	195
4.3 焊接变形	142	第6章 焊接结构的断裂及安全评定	197
4.3.1 焊接变形分类	142	6.1 引言	197
4.3.2 典型构件上的焊接变形	153	6.1.1 典型的脆断事故举例	197
4.3.3 焊接变形的控制与消除	155	6.1.2 近年来发生的脆断事故举例	198
参考文献	161	6.2 脆性断裂过程及影响因素	199
第5章 焊接结构疲劳	163	6.2.1 脆性断裂的能量理论	199
5.1 疲劳的基本概念	163	6.2.2 脆性和延性断裂的裂纹产生和扩展	201
5.1.1 疲劳裂纹萌生和扩展机理	163	6.2.3 脆性断裂特征及影响金属材料断裂的主要因素	202
5.1.2 高周次低应力疲劳	164	6.3 防断设计准则及相关的试验方法	205
5.1.3 低周次高应变疲劳	165	6.3.1 抗开裂性能测试方法	206
5.1.4 变幅载荷疲劳和疲劳累积损伤	165	6.3.2 止裂性能测试方法	229
5.2 疲劳载荷和疲劳应力谱	166	6.4 防止脆性断裂的措施	236
5.2.1 一般原则	166	6.4.1 选材	236
5.2.2 疲劳载荷模型	166	6.4.2 合理的焊接结构设计	236
5.2.3 疲劳应力谱	166	6.4.3 合理安排结构制造工艺	239
5.3 焊接结构的疲劳强度	168	6.5 焊接结构的安全评定	239
5.3.1 焊接接头的疲劳性能	168	6.5.1 “合于使用”原则及其发展	239
5.3.2 影响焊接结构疲劳强度的其他因素	171	6.5.2 面型缺陷的评定	241
5.3.3 改善焊接接头疲劳强度的方法	175	6.5.3 体积型缺陷的评定	247
5.4 疲劳设计	177	参考文献	249
5.4.1 疲劳设计方法	177	第7章 焊接结构的环境效应	251
		7.1 腐蚀环境对焊接结构失效的加速影响	251

7.1.1 焊接接头腐蚀破坏的基本形式 251

7.1.2 焊接结构在自然环境下的腐蚀 252

7.1.3 焊接结构的局部腐蚀 254

7.2 介质环境作用下的断裂与疲劳 ... 262

7.2.1 应力腐蚀破裂 262

7.2.2 环境氢脆 269

7.2.3 腐蚀疲劳 272

7.2.4 磨损腐蚀 274

7.3 焊接接头抗腐蚀性的评定及提高抗腐蚀性的措施 277

7.3.1 焊接接头的腐蚀试验 277

7.3.2 常见焊接接头的抗蚀性 278

7.3.3 提高焊接接头抗蚀性的途径 ... 280

7.3.4 焊接结构的表面防护 280

7.4 焊接接头的耐热性 283

7.4.1 高温下焊接接头的组织变化 ... 283

7.4.2 焊接接头的高温性能 284

7.4.3 焊接接头的高温蠕变 285

7.4.4 焊接接头的高温氧化 288

7.4.5 焊接接头的热疲劳 289

7.5 环境加速焊接结构失效典型事例及其分析 290

参考文献 293

第 8 章 标准与法规 295

8.1 国内外焊接标准化概述 295

8.1.1 主要标准化机构及职能 295

8.1.2 国内外焊接标准的体系现状 ... 296

8.2 与焊接结构设计制造相关的通用性标准 305

8.2.1 焊接质量保证标准 305

8.2.2 焊接工艺评定标准 306

8.2.3 焊接人员认可标准 309

8.2.4 符号、代号标准的理解和使用 ... 312

8.2.5 焊接坡口形式及尺寸标准 318

8.2.6 焊接缺陷分类、质量分级、外形尺寸、结构公差标准 319

8.3 相关行业的主要产品规程简述 325

8.3.1 锅炉、压力容器行业 325

8.3.2 造船行业 326

8.3.3 核电行业 328

8.3.4 水利、电力行业 330

8.3.5 铁路、机车及桥梁行业 330

8.3.6 建筑工程行业 332

8.3.7 石油天然气行业 332

8.3.8 航空航天行业 334

8.3.9 其他行业 334

第 2 篇 典型结构设计

第 9 章 焊接结构设计原则与方法 341

9.1 焊接结构的特点 341

9.2 焊接结构设计的基本要求 342

9.3 焊接结构设计的基本原则 342

9.4 焊接结构设计的基本方法 343

9.4.1 常规设计法 343

9.4.2 可靠性设计法 344

9.4.3 许用应力、安全系数和强度设计值 349

9.5 焊接结构构造设计基础 350

9.5.1 静刚度与动刚度 350

9.5.2 等价截面设计法 358

9.5.3 铸造结构改成焊接结构设

计要点 358

9.5.4 考虑可达性的焊接结构设计 ... 360

9.5.5 结构的尺寸稳定性 365

9.5.6 层状撕裂 365

参考文献 368

第 10 章 焊接基本构件的设计与计算 ... 370

10.1 焊接接头静载强度计算 370

10.1.1 概述 370

10.1.2 焊接接头的许用应力设计法 ... 370

10.1.3 焊接接头的极限状态设计法 ... 377

10.2 焊接梁的设计与计算 392

10.2.1 焊接梁的分类 392

10.2.2 梁的刚度控制和强度计算 394