



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

材料延寿与可持续发展

特种合金钢 选用与设计

《材料延寿与可持续发展》丛书总编委会 组织编写
干勇 杨卯生 编 著



化学工业出版社



材料延寿与可持续发展

特种合金钢 选用与设计

《材料延寿与可持续发展》丛书总编委会 组织编写
干勇 杨卯生 编 著



化学工业出版社

· 北 京 ·

《特种合金钢选用与设计》是《材料延寿与可持续发展》丛书的一个分册。本书基于特种合金钢选择与设计两个方面,将服役性能作为材料选择与设计重要基础与依据,失效分析作为选择与设计的重要信息反馈。为此在前半部分(第1~6章)详细阐述了特种合金钢性能及失效分析的理论问题;在后半部分(第7~12章),分别着眼于特种合金钢设计与选择的应用及发展,论述了各种特种合金钢的失效、设计及选用。本书可供在冶金、化工、机械、铁路、船舶、能源电力、航天航空等部门从事设计工作的工程技术人员以及材料工程师参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

特种合金钢选用与设计 / 干勇, 杨卯生编著. —北京: 化学工业出版社, 2015. 2
(材料延寿与可持续发展)
ISBN 978-7-122-23271-6

I. ①特… II. ①干… ②杨… III. ①合金钢-设计
IV. ①TG142.33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 003005 号

责任编辑: 王清颖 段志兵

文字编辑: 颜克俭

责任校对: 蒋 宇

装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

710mm×1000mm 1/16 印张 23 字数 442 千字 2015年4月北京第1版第1次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 59.00 元

版权所有 违者必究

《材料延寿与可持续发展》丛书顾问委员会

主任委员：师昌绪

副主任委员：严东生 王淀佐 干 勇 肖纪美

委 员（按姓氏拼音排序）：

安桂华	白忠泉	才鸿年	才 让	陈光章	陈蕴博
戴圣龙	俸培宗	干 勇	高万振	葛昌纯	侯保荣
柯 伟	李晓红	李正邦	刘翔声	师昌绪	屠海令
王淀佐	王国栋	王亚军	吴荫顺	肖纪美	徐滨士
严东生	颜鸣皋	钟志华	周 廉		

《材料延寿与可持续发展》丛书总编辑委员会

名誉主任（名誉总主编）：

干 勇

主 任（总主编）：

李金桂 张启富

副 主 任（副总主编）：

许淳淳 高克玮 顾宝珊 张 炼 朱文德 李晓刚

编 委（按姓氏拼音排序）：

白新德	蔡健平	陈建敏	程瑞珍	窦照英	杜存山
杜 楠	干 勇	高克玮	高万振	高玉魁	葛红花
顾宝珊	韩恩厚	韩雅芳	何玉怀	胡少伟	胡业锋
纪晓春	李金桂	李晓刚	李兴无	林 翠	刘世参
卢凤贤	路民旭	吕龙云	马鸣图	沈卫平	孙 辉
陶春虎	王 钧	王一建	武兵书	熊金平	许淳淳
许立坤	许维钧	杨卯生	杨文忠	袁训华	张 津
张 炼	张启富	张晓云	赵 晴	周国庆	周师岳
周伟斌	朱文德				

办 公 室：袁训华 张雪华

《材料延寿与可持续发展》丛书指导单位

中国工程院

中国科学技术协会

《材料延寿与可持续发展》丛书合作单位

中国腐蚀与防护学会

中国钢研科技集团有限公司

中航工业北京航空材料研究院

化学工业出版社

I 总序言 I

在远古人类处于采猎时代，依赖自然，听天由命；公元前一万年开始，人类经历了漫长的石器时代，五千多年前进入青铜器时代，三千多年前进入铁器时代，出现了农业文明，他们砍伐森林、种植稻麦、驯养猪狗、改造自然，进入农牧经济时代。18 世纪，发明蒸汽机车、轮船、汽车、飞机，先进的人类追求奢侈的生活，贪婪地挖掘地球、疯狂地掠夺资源、严重地污染环境，美其名曰人类征服自然，而实际是破坏自然，从地区性的伤害发展到全球性的灾难，人类发现在无休止、不理智、不文明地追求享受的同时在给自己挖掘坟墓。

人类终于惊醒了，1987 年世界环境及发展委员会发表的《布特兰报告书》确定人类应该保护环境、善待自然，提出了“可持续发展战略”，表达了人类应该清醒地、理智地、文明地处理好人与自然关系的大问题，指出“既满足当代人的需求，又不对后代人满足其需求的能力构成危害的发展”，称为可持续发展。其核心思想是“人类应协调人口、资源、环境与发展之间的相互关系，在不损害他人和后代利益的前提下追求发展。”

这实际上是涉及我们人类所赖以生存的地球如何既满足人类不断发展的需求，又不被破坏、不被毁灭这样的大问题；涉及人口的不断增长、生活水平的不断提高、资源的不断消耗、环境的不断恶化；涉及矿产资源的不断耗竭、不可再生能源资源的不断耗费、水力资源的污染、土地资源的破坏、空气质量的不断恶化等重大问题。

在“可持续发展”战略中，材料是关键，材料是人类赖以生存和发展的物质基础，是人类社会进步的标志和里程碑，是社会不断进步的先导、是可持续发展的支柱。如果不断发现新矿藏，不断研究出新材料，不断延长材料的使用寿命，不断实施材料的再制造、再循环、再利用，那么这根支柱是牢靠的、坚强的，是能够维护人类可持续发展的！

在我国，已经积累了许许多多预防和控制材料提前失效（其因素主要是腐蚀、摩擦磨损磨蚀、疲劳与腐蚀疲劳）的理论、原则、技术和措施，需要汇总和提供应用，《材料延寿与可持续发展》丛书以多个专题力求解决这一课题项目。有一部分专题阐述了材料失效原理和过程，另一部分涉及工程领域，结合我国已积累的材料失效的案例和经验，更深入系统地阐述预防和控制材料提前失效的理论、原则、技术

和措施。丛书总编辑委员会前后花费五年的时间，将分散在全国各个研究院所、工厂、院校的研究成果经过精心分析研究，汇聚成一套系列丛书，这是一项研究成果、是一套高级科普丛书、是一套继续教育实用教材。希望对我国各个工业部门的设计、制造、使用、维护、维修和管理人员会有所启示、有所参考、有所贡献；希望对提高全民素质有所裨益、对国家各级公务员有所参考。

我国正处于高速发展阶段，制造业由大变强，材料的合理选择和使用，以达到装备的高精度、长寿命、低成本的目的，这一趋势应该受到广泛的关注。

中国科学院院士
中国工程院院士

师昌绪

I 总前言 I

材料是人类赖以生存和发展的物质基础，是人类社会进步的标志和里程碑，是社会不断进步的先导，是国家实现可持续发展的支柱。然而，地球上的矿藏是有限的，而且需要投入大量的能源，进行复杂的提炼、处理，产生大量污染，才能生产成为人类有用的材料，所以，材料是宝贵的，需要科学利用和认真保护。

半个多世纪特别是改革开放三十多年来，我国材料的研究、开发、应用有了快速的发展，水泥、钢铁、有色金属、稀土材料、织物等许多材料的产量多年居世界第一。我国已经成为世界上材料的生产、销售和消费大国。“中国材料”伴随着“中国制造”的产品，遍布全球；伴随着“中国建造”的工程项目，遍布全国乃至世界上很多国家。材料支撑我国国民经济连续 30 多年 GDP 年均 10% 左右的高速发展，使我国成为全球第二大经济体。但是，我国还不是材料强国，还存在诸多问题需要改进。例如，在制造环境、运行环境和自然环境的作用下，出现过早腐蚀、老化、磨损、断裂（疲劳），材料及其制品在使用可靠性、安全性、经济性和耐久性（简称“四性”）方面都还有大量的工作要做。

“材料延寿”是指对材料及其制品在服役环境作用下出现腐蚀、老化、磨损和断裂而导致的过早失效进行预防与控制，以尽可能地提高其“四性”，也就是提高水平，提高质量，延长寿命。目标是节约资源、能源，减少对环境的污染，支持国家可持续发展。

材料及制品的“四性”实质上是材料及制品水平高低和质量好坏的最终表征和判断标准。追求“四性”，就是追求全寿命周期使用的高水平、高质量，追求“质量第一”，追求“质量立国”，追求“材料强国”、“制造强国”、“民富、国强、美丽国家”。

我国在“材料延寿与可持续发展”方面，做过大量的研究，取得了显著的成绩，积累了丰富的实践经验，凝练出了一系列在材料全寿命周期中提高“四性”的重要理论、原则、技术和措施，可以总结，服务于社会。

“材料延寿与可持续发展”丛书的目的就在于：总结过去，总结已有的系统控制材料提前损伤、破坏和失效的因素，即腐蚀、老化、磨损和断裂（主要是疲劳与腐蚀疲劳）的理论、原则、技术和措施，使各行业产品设计师，制造、使用和管理工程师有所启示、有所参考、有所作为、有所贡献，以尽可能地提高产品的“四性”，

延长使用寿命。丛书的目的还在于：面对未来、研究未来，推进材料的优质化、高性能化、高强度、长寿命化，多品质、多规格化、标准化，传统材料的综合优化，材料的不断创新，并为国家长远发展，提出成套成熟可靠的理论、原则、政策和建议，推进国家“节约资源、节能减排”、“可持续发展”和“保卫地球”、“科学、和谐”发展战略的实施，加速创建我国“材料强国”、“制造强国”。

在中国科协和中国工程院的领导与支持下，一批材料科学工作者不懈努力，不断地编写和出版系列图书。衷心希望通过我们的努力，既能对设计师，制造、使用和管理工程师“材料延寿与可持续发展”的创新有所帮助，又能为国家成功实施“可持续发展”、“材料强国”、“制造强国”的发展战略有所贡献。

中国工程院院士

中国工程院副院长



I 前言 I

特种合金钢是专业化强、品种多、批量小的钢铁类别，广泛应用于传动系统、动力系统、航空航天等领域。目前美国和韩国特种合金钢产量占钢产量的 10% 左右，日本、法国和德国特殊钢产量占钢产量的 15%~22%，瑞典特种合金钢产量占钢产量的 45% 左右。日本特种合金钢产业总体水平最高。瑞典是世界上特种合金钢比例最高的国家，其 OVAKO 公司的轴承钢、山德维克公司的工模具钢在国际上具有很高的知名度。法国的精密合金、奥地利的工模具钢、美国 and 英国的高温合金都处于国际一流水平。近年来，我国特种合金钢的数量、质量和品种上基本满足了国内机械、汽车、石油、铁路机车、船舶、能源电力、航空航天等行业快速发展的需求。国内外特种合金钢行业正在向集约化、高技术、低成本、高效率、生态化方向发展。

特种合金钢的选择与设计应该具备先进性和经济性，这是建立在充分了解构件的使用要求的基础上的。这种了解过程有助于设计工程师和材料工程师之间、材料工程师和材料科学工作者之间的沟通。特种合金钢合理地选择与设计，不仅可以预防与控制材料疲劳、摩擦、腐蚀等失效，同时可使材料制成品具有理想的使用可靠性、安全性、经济性和耐久性。

提高特种合金钢的强度、塑性和韧性以满足使用需求，一直是特种合金钢的发展方向。随着洁净、均匀、细晶化技术进步，特种合金钢钢种及其工艺及质量不断发展，其性能潜力获得发挥。特种合金钢通过成分、工艺、组织设计与控制，最终达到钢的使用服役性能的设计要求。特种合金钢组织与性能影响规律、数量冶金学、金属物理学、量子力学、热力学等基础理论，以及仿真技术、测试方法、标准规范和数据库的发展，不仅缩短了特种合金钢的研制进程，也为高性能特种合金钢创新设计、正确选材和产品设计奠定了基础。随着对合金成分与组织、加工与合成、性能和使用性能四位一体的认识深入，以及材料生产一致性和稳定性的实际控制，特种合金钢的强韧性以及环境适应性正在不断发展与提高。

材料选择与产品设计中，要涉及材料使用范围及其服役性能。通过失效与产品全寿命周期分析，可以了解构件是否满足实际服役使用要求以及经济性原则，最终优化材料选择。基于材料正确选择，产品设计从主要结构、环境适应性方面，扩展到系统地进行可靠性、维修性、耐久性和市场适应性等方面进行设计。

本书把服役性能作为特种合金钢选择与设计的重要基础与依据，失效分析作为选择与设计的重要信息反馈，把特种合金钢选择建立在技术与经济合理权衡的基础上，同时充分考虑特种合金钢的应用现状及潜在用途。在材料设计中，将表面与基体作为一个系统，设计产品必当设计表面；材料设计包括表面与基体的成分、工艺、组织以及性能。希望本书对于在冶金、化工、机械等部门从事设计工作的工程技术人员以及材料工程师具有参考价值。

本书由李金桂主审，张启富、顾宝珊、袁训华等参与了本书的立题、编写和审稿工作，郑善举、白李国、李林涛、赵国防、孟文佳、黄远胜、刘刚、王家玮、袁晓虹、许川、侯智鹏、王旭辉、张楠等参加了部分内容撰写以及图表整理工作，在此一并表示衷心感谢！

本书可能存在不当之处，欢迎读者批评指正。

编著者
于北京

欢迎订阅化学工业出版社专业图书

●表面处理与防腐蚀技术常备书目

ISBN	书名	主要作者	定价/元
9787122126900	表面保护层设计与加工指南	李金桂	58
9787122053251	表面工程技术手册（上）	徐滨士	130
9787122053244	表面工程技术手册（下）	徐滨士	130
9787122171597	表面及特种表面加工	冯拉俊	48
9787122081643	典型零件热处理技术	王忠诚	98
9787122113948	电厂防腐蚀及实例精选	窦照英	60
9787122094544	电镀层均匀性和镀液稳定性——问题与对策	张三元	36
9787122110596	电镀工程师手册	谢无极	188
9787122149213	电镀故障精解（二版）	谢无极	68
9787122161154	电镀故障手册	谢无极	188
9787122165145	电镀化学分析手册	戴永盛	198
9787122113597	电镀实践 1000 例	郑瑞庭	68
9787122041142	电镀添加剂技术问答	刘仁志	28
9787122136589	电镀专利：解析·申请·利用	刘仁志	48
9787122178398	电镀挂挂操作问答	郑瑞庭	38
9787122143563	电化学保护简明手册	王强	128
9787122113313	镀铬技术问答	王尚义	36
9787122075635	镀镍技术丛书——镀镍故障处理及实例	陈天玉	29
9787122036919	镀镍技术丛书——复合镀镍和特种镀镍	陈天玉	46
9787122185693	防腐蚀涂装工程手册（第二版）	金晓鸿	88
9787122138293	非金属电镀与精饰：技术与实践（二版）	刘仁志	58
9787122131072	腐蚀监测技术	[美] 杨列太	128
9787122046086	腐蚀控制系统工程学概论	李金桂	69
9787122034991	腐蚀失效分析案例	赵志农	78
9787502590291	腐蚀与防护手册——腐蚀理论、试验及监测（第 1 卷）（二版）	组织编写	98
9787122032577	腐蚀与防护手册——工业生产装置的腐蚀与控制（第 4 卷）（二版）	组织编写	89

续表

ISBN	书名	主要作者	定价/元
9787122027368	腐蚀与防护手册——耐蚀非金属材料及防腐施工(第3卷)(二版)	组织编写	98
9787502592646	腐蚀与防护手册——耐蚀金属材料及防蚀技术(第2卷)(二版)	组织编写	98
9787122152428	钢材热镀锌技术问答	苗立贤	39
9787122074232	钢带连续涂镀和退火疑难对策	许秀飞	58
9787122117403	工业清洗及实例精选	窦照英	48
9787122106568	工艺饰品表面处理技术	郭文显	38
9787122083739	滚镀工艺技术与应用	侯进	58
9787122077325	金属表面防腐蚀工艺	陈克忠	29.8
9787122065919	金属表面粉末涂装	李正仁	48
9787122186003	金属的大气腐蚀及其实验方法	万晔	58
9787122156389	金属清洗与防锈	王恒	78
9787122131942	金属文物保护——全程技术方案	许淳淳	58
9787122126726	铝合金表面处理膜层性能及测试	朱祖芳	68
9787122185662	铝合金表面氧化问答	郑瑞庭	39
9787122133656	铝合金防腐蚀技术问答	方志刚	59
9787122069856	铝合金阳极氧化与表面处理技术(二版)	朱祖芳	68
9787122113306	桥梁钢筋混凝土结构防腐蚀——耐腐蚀钢筋及阴极保护	葛燕	48
9787122038715	热处理工必读	马永杰	22
9787122128829	实用电镀技术丛书——化学镀实用技术(二版)	李宁	68
9787122122018	涂层失效分析	[美] 德怀特 G. 韦尔登	58
9787122099662	涂料及检测技术	陈卫星	29
9787122157584	涂装车间设计手册(第二版)	王锡春	150
9787122164483	涂装工艺与设备	冯立明	98
9787122146861	涂装系统分析与质量控制	齐祥安	68
9787122078728	现代电镀手册	刘仁志	158
9787122061812	现代涂装手册	陈治良	148
9787122106957	暂时防锈手册	张康夫	128

●《材料延寿与可持续发展》系列

序号	书号	书名	主要作者	定价/元
1	978-7-122-20672-5	材料环境适应性工程	蔡健平	69.0
2	978-7-122-20626-8	现代表面工程技术与应用	李金桂	78.0
3	978-7-122-20452-3	表面完整性理论与应用	高玉魁	56.0
4	978-7-122-20532-2	表面耐磨损与摩擦学材料设计	高万振	49.0
5	978-7-122-22380-7	再制造技术与应用	徐滨士	36.0
6	978-7-122-22714-0	特种合金钢选用与设计	干勇	59.0
7	978-7-122-20717-3	钛合金选用与设计	林翠	39.0
8	978-7-122-20714-2	涂镀钢铁选用与设计	顾宝珊	89.0
9	978-7-122-20718-0	现代橡胶选用设计	熊金平	46.0
10	978-7-122-21540-6	工程结构损伤和耐久性	胡少伟	59.0
11	978-7-122-20286-4	管道工程保护技术	张炼	46.0
12	978-7-122-21434-8	煤矿工程设备防护	程瑞珍	50.0
13	978-7-122-20716-6	可再生能源工程材料失效及预防	葛红花	39.0
14	978-7-122-21255-9	核电材料老化与延寿	许维钧	49.0
15	978-7-122-22358-6	火力发电工程材料失效与控制	葛红花	58.0
16	978-7-122-20265-9	铁道装备防护	杜存山	32.0
17	978-7-122-20655-8	农业机械材料失效与控制	吕龙云	30.0
18	978-7-122-20462-2	海洋工程的材料失效与防护	许立坤	69.0
19	978-7-122-22459-0	油气工业的腐蚀与控制	路民旭	46.0

以上图书由化学工业出版社出版。如要以上图书的内容简介和详细目录，或要更多的科技图书信息，请登录 www.cip.com.cn。

邮购地址：(100011) 北京市东城区青年湖南街 13 号化学工业出版社；

邮购电话：01064518888，64518800。

也可以通过当当网、京东商城、亚马逊、化学工业出版社天猫旗舰店等网络书店咨询购买。

如要出版新著，请与编辑联系：01064519271 Email: dzb@cip.com.cn

I 目录 I

第1章 绪论

- 1.1 特种合金钢概述 /001
- 1.2 特种合金钢选用与设计概述 /003
- 1.3 特种合金钢生产制备 /006
- 1.4 特种合金钢典型应用实例 /010
- 1.5 特种合金钢选用与设计的发展及其意义 /013
 - 1.5.1 特种合金钢选用与设计系统 /013
 - 1.5.2 特种合金钢选用与设计方法发展 /016
 - 1.5.3 钢的选用与设计系统和产品全寿命周期 /017
 - 1.5.4 钢的选用与设计系统和绿色制造 /017
 - 1.5.5 特种合金钢选用与设计系统和可靠性 /019
 - 1.5.6 特种合金钢选用与设计系统和延寿 /019
 - 1.5.7 特种合金钢选用与设计系统和可持续发展 /020
- 1.6 本书内容与结构 /020
- 参考文献 /021

第2章 特种合金钢力学行为及特性

- 2.1 特种合金钢力学性能及检测 /023
- 2.2 特种合金钢组织特征与强韧性能 /025
 - 2.2.1 组织与性能概念 /025
 - 2.2.2 钢的强化机制 /027
 - 2.2.3 钢的韧化机制 /032
- 2.3 特种合金钢的疲劳性能 /034
 - 2.3.1 疲劳性能概述 /034
 - 2.3.2 特种合金钢产品应力集中 /035
 - 2.3.3 钢的旋转弯曲疲劳性能 /037
 - 2.3.4 钢的接触疲劳性能及影响因素 /040
 - 2.3.5 特种合金钢产品疲劳的微观机制 /041
 - 2.3.6 特种合金钢腐蚀疲劳损伤 /042
 - 2.3.7 特种合金钢产品热机械疲劳 /043
 - 2.3.8 特种合金钢产品磨损疲劳 /043
 - 2.3.9 基于疲劳抗力材料选择原则 /044

- 2.4 特种合金钢的蠕变抗力与耐热性 /047
 - 2.4.1 特种合金钢蠕变机理 /047
 - 2.4.2 特种合金钢蠕变本质及评价 /048
 - 2.4.3 特种合金钢抗蠕变过程 /052
 - 2.4.4 钢在蠕变过程中微观组织演变 /054
 - 2.4.5 特种合金钢使用温度及变形机制 /063
 - 2.4.6 基于蠕变抗力材料选择原则 /064
- 参考文献 /065

第3章 特种合金钢的工艺适应性与产品环境适应性能

- 3.1 工艺适应性与环境适应性的概念 /067
- 3.2 特种合金钢表面完整性 /067
- 3.3 特种合金钢耐腐蚀性能 /072
 - 3.3.1 特种合金钢腐蚀类型 /072
 - 3.3.2 钢的单一腐蚀失效模式 /073
 - 3.3.3 钢的综合腐蚀失效模式 /075
 - 3.3.4 特种合金钢成分对耐蚀性的影响 /076
 - 3.3.5 特种合金钢防腐蚀选材方法 /077
- 3.4 特种合金钢耐磨损性能 /078
 - 3.4.1 磨损的过程及类型 /078
 - 3.4.2 基于材料耐磨性的选材方法 /081
- 参考文献 /083

第4章 特种合金钢表面处理与表面层

- 4.1 特种合金钢表面处理类别 /084
- 4.2 表面化学热处理技术 /085
 - 4.2.1 离子化学热处理 /085
 - 4.2.2 特种合金钢渗碳工艺 /086
 - 4.2.3 特种合金钢渗氮工艺 /091
 - 4.2.4 碳氮共渗工艺 /093
 - 4.2.5 碳氮复合化学热处理 /097
 - 4.2.6 化学热处理组织与硬度 /098
- 4.3 其他表面技术 /104
 - 4.3.1 离子注入技术 /104
 - 4.3.2 气相沉积技术 /105
 - 4.3.3 表面加热淬火技术 /105
 - 4.3.4 激光熔覆耐磨涂层 /106
 - 4.3.5 热喷涂技术 /108

- 4.3.6 真空熔结技术 /113
- 4.4 表层硬化结构 /113
- 4.5 表面处理技术的应用 /114
- 参考文献 /115

第5章 特种合金钢失效分析与表面特性

- 5.1 失效分析概述 /117
 - 5.1.1 失效与失效分析内涵 /117
 - 5.1.2 失效分析作用与意义 /119
 - 5.1.3 失效分析技术的发展 /120
- 5.2 失效分析思路 /121
- 5.3 失效模式与原因 /123
 - 5.3.1 基本概念 /123
 - 5.3.2 特种合金钢失效原因 /124
 - 5.3.3 特种合金钢失效分析 /127
- 5.4 失效分析流程与方法 /130
 - 5.4.1 失效分析的方法及过程 /130
 - 5.4.2 常用失效测试装置 /132
- 5.5 特种合金钢产品残余应力分析 /133
 - 5.5.1 残余应力分析 /133
 - 5.5.2 表面处理后残余应力分布 /134
- 5.6 特种合金钢腐蚀疲劳失效分析 /136
- 5.7 产品表面质量分析 /137
- 参考文献 /138

第6章 特种合金钢选用与设计体系及原则

- 6.1 选用与设计系统工程方法 /139
 - 6.1.1 选用与设计系统逻辑结构 /139
 - 6.1.2 系统工程内涵 /140
 - 6.1.3 可靠性设计 /141
 - 6.1.4 产品系统性 /144
- 6.2 特种合金钢选用依据 /144
 - 6.2.1 特种合金钢环境适应性 /145
 - 6.2.2 特种合金钢构件失效分析 /145
 - 6.2.3 特种合金钢及构件表面特性 /145
- 6.3 特种合金钢选用原则 /146
 - 6.3.1 使用性能原则 /146
 - 6.3.2 构件制造工艺性能原则 /148