

桥梁钢筋混凝土 结构防腐蚀

——耐腐蚀钢筋及阴极保护

葛燕 朱锡昶 李岩 编著

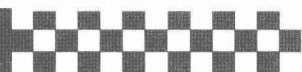


化学工业出版社

桥梁钢筋混凝土 结构防腐蚀

——耐腐蚀钢筋及阴极保护

葛燕 朱锡昶 李岩 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

前言

桥梁是国民经济建设重要的基础设施，钢筋混凝土结构在桥梁中被广泛应用。来自于海水和除冰盐的氯离子是造成桥梁钢筋混凝土结构过早腐蚀破坏的重要因素。采取经济有效的措施，预防和控制桥梁钢筋混凝土结构的腐蚀破坏，是世界各国普遍关心的研究课题。

迄今为止，已经开发了多种桥梁钢筋混凝土结构防腐蚀系统。用于新建桥梁钢筋混凝土结构的防腐蚀系统主要有以下几种：①使用耐腐蚀钢筋；②采用合适的混凝土保护层厚度；③使用低渗透性混凝土；④使用缓蚀剂；⑤使用防水膜或封闭剂；⑥实施阴极防护。用于已建桥梁钢筋混凝土结构的防腐蚀措施主要有传统的局部修补技术和近几十年来开发应用的电化学修复技术两大类，电化学修复技术包括阴极保护、电化学除盐和电化学再碱化等。

本书主要介绍耐腐蚀钢筋和阴极保护两种防腐蚀系统的基本原理、技术和工程应用实践。

混凝土是一种可渗透的孔隙网络结构材料，同时钢筋混凝土结构表面出现裂缝在所难免，因此在氯离子富集的环境下，桥梁钢筋混凝土结构在服役期间，氯离子侵入混凝土是必然的。使用耐腐蚀钢筋是防止桥梁混凝土结构因钢筋腐蚀而过早破坏的最后一道屏障。发达国家已在一些腐蚀环境异常恶劣、重要的和设计使用年限长的新建桥梁使用了耐腐蚀钢筋，效果令人满意。而在我国，使用耐腐蚀钢筋的桥梁还很少，人们对耐腐蚀钢筋还缺乏了解和认识，耐腐蚀钢筋的研究和生产应用与国外有较大差距。

阴极保护是防止金属腐蚀的电化学防腐蚀技术。1973年美国首次将阴极保护技术成功应用于受盐污染腐蚀破坏的钢筋混凝土桥面板的修复。20世纪80年

代初期，美国联邦公路管理局（FHWA）认为，阴极保护是能够对引起桥梁结构劣化的腐蚀过程产生重要影响的一项技术。在 1982 年 4 月的正式声明中，FHWA 的 R. A. Barnhart 指出：“无论混凝土中的氯化物含量多少，阴极保护是已经证实的能够制止盐污染桥面板腐蚀的唯一的修复技术。”

在发达国家，阴极保护用于桥梁钢筋混凝土结构已有 30 多年的历史，已研发了多种强制电流和牺牲阳极阴极保护系统。在我国，阴极保护技术直到 2006 年才开始在一些新建桥梁钢筋混凝土结构应用，包括杭州湾大桥、廊涿高速公路永定河特大桥和青岛海湾大桥。目前，我国在桥梁钢筋混凝土结构阴极保护的理论研究、材料和仪器设备的研发以及工程应用等诸多方面都与国外有较大的差距，同时科技人员对阴极保护在桥梁钢筋混凝土结构维修方面所发挥的作用也缺乏认识。

本书分三篇，第一篇为桥梁钢筋混凝土结构的腐蚀破坏与防护，主要介绍桥梁钢筋混凝土结构腐蚀破坏的严重性和腐蚀破坏原因以及常用的防腐蚀措施；第二篇为耐腐蚀钢筋及其在桥梁钢筋混凝土结构中的应用，主要介绍钢筋耐腐蚀性能试验研究方法、各种耐腐蚀钢筋及其工程实践；第三篇为阴极保护技术在桥梁钢筋混凝土结构中的应用，主要介绍桥梁钢筋混凝土结构阴极保护技术的基本理论及工程实践。

本书可供从事材料科学、土木建筑等教学、科研、设计、施工、管理的科技和工程技术人员参考。

全书由葛燕、朱锡昶、李岩编著，方璟教授级高工对全书进行了阅审。

本书的编著和出版，得到了南京水利科学研究院出版基金的资助。

由于编著者水平有限，不当之处在所难免，恳请读者批评指正。

编著者

2011 年 5 月

欢迎订阅表面技术和腐蚀专业图书

●常备图书

元

ISBN 号	书名	作者	单价
	专业工具书		
9787122066824	表面处理化学品技术手册	杨丁	98
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
9787122026866	防腐蚀涂装工程手册	金晓鸿	49
7502578129	腐蚀控制设计手册	李金桂	158
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
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
9787122013484	简明电镀手册	陈治良	48
7502592040	实用表面前处理手册(二版)	胡传妍	45
7502517405	实用防腐蚀工程施工手册	涂湘湘	180
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
	电镀技术		
9787122009296	表面处理清洁生产技术丛书——镀铜	霍栓成	20
9787122014047	表面处理清洁生产技术丛书——镀铬涂层技术	肖合森	18
9787122020406	表面处理清洁生产技术丛书——印制电路板电镀	毛柏南	15
9787122000095	电镀材料和设备手册	黎德育	58
9787122094544	电镀层均匀性和镀液稳定性——问题与对策	张三元	36
7502557989	电镀废弃物与材料的回收利用	周全法	24
7502538011	电镀工程	张胜涛	40
9787122001221	电镀工人技术问答	刘仁志	20
9787122068149	电镀工业节能减排技术	黄启明	39
9787122023995	电镀工艺及产品报价实务	谢无极	29
9787122089779	电镀工艺学(冯立明)	冯立明	38
9787122010117	电镀故障精解	谢无极	48
9787122026477	电镀检测与试验问答	刘仁志	22

续表

ISBN 号	书名	作者	单价
	电镀技术		
9787122030122	电镀件装挂技术问答	郑瑞庭	26
9787122030023	电镀理论与工艺	冯辉	39
9787122011077	电镀配合物——理论与应用	方景礼	96
9787502597559	电镀实用技术 500 问	张忠诚	25
9787122041142	电镀添加剂技术问答	刘仁志	28
9787122104540	电镀添加剂与电镀工艺	王桂香	39
9787122066268	电镀原料使用手册	郑瑞庭	36
9787122048738	电镀知识三十讲	袁诗璞	38
9787122026651	电镀自动线生产技术问答	张三元	22
7502591176	电弧喷涂技术	易春龙	36
9787122014740	电子电镀技术	刘仁志	48
7502584021	镀铬修复及应用实例	王尚义	28
9787122075635	镀镍技术丛书——镀镍故障处理及实例	陈天玉	29
9787122009227	镀镍技术丛书——镀镍合金	陈天玉	38
9787122036919	镀镍技术丛书——复合镀镍和特种镀镍	陈天玉	46
7502589511	镀铁铜镍及合金修复技术	王尚义	20
7502584188	非金属电镀与精饰——技术与实践	刘仁志	35
9787502593278	复合电镀技术	郭鹤桐	48
9787122074232	钢带连续涂镀和退火疑难对策	许秀飞	58
9787122006899	钢带热镀锌技术问答	许秀飞	32
750255551X	钢结构热喷涂防腐蚀技术	张忠礼	30
7502540407	工人岗位培训实用技术读本——电镀技术	程秀云	27
9787122083739	滚镀工艺技术与应用	侯进	58
9787122039286	合金电镀工艺	曾祥德	38
9787502593247	纳米电镀	渡边敏	58
7502534903	实用电镀技术	黄子勋	25
9787122010469	彩色电镀技术	何生龙	27
9787122039194	电镀前处理与后处理	李异	28
9787122079060	电镀溶液分析技术(二版)	邹群	48
9787122105691	电镀溶液与镀层性能测试	曹立新	25
9787122082817	电铸原理与工艺	陈钧武	25
9787122039279	钢铁制件热浸镀与渗镀	李新华	39.8

续表

ISBN 号	书名	作者	单价
	电镀技术		
9787122039323	贵金属和稀有金属电镀	嵇永康	39
7502562060	电镀清洁生产工艺	冯绍彬	35
9787502535391	电镀溶液与镀层性能测试	张景双	19
750255095X	防护装饰性镀层	屠振密	38
7502591362	实用电铸技术	刘仁志	45
7502547975	刷镀技术	宾胜武	28
9787122032997	塑料电镀工艺技术和生产管理	谢无极	45
7502555110	特种电镀技术	陈祝平	22
9787122036865	锌合金压铸件电镀	谢无极	58
9787502597122	职业技能操作训练丛书——电镀工	张振华	25
	涂料涂装		
9787502599768	丙烯酸涂料生产实用技术问答	汪盛藻	25
7502564772	彩色涂层钢板技术	朱立	45
9787502584894	船舶涂料与涂装技术(二版)	汪国平	35
9787122026743	电泳涂装技术	宋华	25
7502531262	防腐蚀涂料涂装和质量控制	庞启财	36
9787122017741	防腐蚀涂料与涂装应用	刘新	98
9787122028464	防腐蚀涂装技术问答	刘新	20
9787122106339	防腐涂料配方精选	徐勤福	39
9787122096111	粉末涂料及其原材料检验方法手册	庄爱玉	69
9787122020628	粉末涂料与涂装工艺学	张俊智	65
9787122025531	粉末涂料与涂装技术(二版)	南仁植	70
7502583491	粉状建筑涂料与胶黏剂	徐峰	25
9787502596125	管道防腐层设计手册	胡士信	70
9787502563912	光固化涂料及应用	杨建文	35
7502551107	合成聚合物乳液的应用(第2卷)——涂料中的乳液:乳胶漆	瓦尔森	42
7502561455	环保涂料丛书——高固体分涂料	李桂林	50
7502580913	环保涂料丛书——水性涂料	涂伟萍	38
9787502599430	环境友好涂料配方设计	李桂林	42
9787122025296	家具涂料与涂装技术(二版)	戴信友	25
9787122106322	建筑涂料配方精选	徐勤福	36
9787122056009	建筑涂料涂装手册	王国建	68

续表

ISBN 号	书名	作者	单价
	涂料涂装		
9787122029270	建筑涂料与涂装技术 400 问(三版)	石玉梅	29
9787122065919	金属表面粉末涂装	李正仁	48
9787122048745	金属表面热喷涂技术	黎樵棠	48
9787122089533	金属表面涂装技术	庄光山	49
7502581456	聚氨酯树脂防腐涂料及应用	刘娅莉	35
9787122002341	聚苯硫醚涂料及应用	管从胜	28
9787122094032	聚合物水泥防水涂料(二版)	沈春林	36
9787122056801	铝型材粉末涂料静电喷涂与生产	刘宏	28
9787122073488	绿色涂料配方精选	张洪涛	30
7502542000	美术涂料	刘廷栋	32
9787122071583	美术涂料与装饰技术手册	崔春芳	89
9787122028907	木材涂料与涂装技术	封凤芝	38
9787122033055	纳米材料改性涂料	刘国杰	45
9787122048523	纳米功能涂料	童忠良	55
9787122079633	喷涂聚脲防水涂料	沈春林	35
9787122015099	喷丸(砂)、喷涂技术及装备	周良	25
9787122072771	漆工经验介绍——防腐油漆工	刘新	20
9787122065643	汽车涂料涂装技术	欧玉春	58
9787122083586	汽车涂装	吕江毅	20
9787122104267	汽车涂装技术	宋东方	27
9787122076595	汽车修补涂装技术(二版)	王锡春	36
9787122036339	桥梁涂装工程	刘新	48
9787122023087	实用涂装基础及技巧(二版)	曹京宜	36
7502589546	实用装饰性镀层与涂层	丁桢祥	36
9787122067999	水性树脂与水性涂料	闫福安	38
9787122050090	水性涂料配方精选	张玉龙	28
7502582045	涂镀三废处理工艺与设备	孙华	38
9787122030849	涂料调色	周强	19
7502558888	涂料毒性与安全实用手册	赵敏	36
9787122054647	涂料分析与检测	陈燕舞	25
9787122005311	涂料工业用检验方法与仪器大全	虞莹莹	75
9787122046031	涂料工艺(仓理)(二版)	仓理	18

续表

ISBN 号	书名	作者	单价
	涂料涂装		
9787122066763	涂料工艺(上、下)(四版)	刘登良	280
9787122099662	涂料及检测技术	陈卫星	29
9787502567156	涂料技术导论	刘安华	24
9787502526009	涂料技术基础	武利民	28
9787122026095	涂料配方设计与剖析	高延敏	20
9787502583996	涂料喷涂工艺与技术	梁治齐	29
9787122003485	涂料术语词典	谢凯成	30
9787122035905	涂料行业职业技能鉴定培训教材——木用涂料与涂装工	叶汉慈	20
9787502586645	涂料行业职业技能鉴定培训教材——制漆配色调制工	沈浩	35
9787502578527	涂料与涂装技术	张学敏	36
9787122001870	涂料与涂装科学技术基础(郑顺兴)	郑顺兴	38
7502592105	涂膜防水材料与应用	徐峰	59
9787122037145	涂饰工程	刘经强	28
7502560904	涂装表面预处理技术与应用	曹京宜	38
9787122023650	涂装车间设计手册	王锡春	49
9787502597009	涂装工艺学(二版)	张学敏	28
9787122004574	涂装质量控制技巧问答	曹京宜	28
7502569499	涂装作业安全技术	沈立	28
7502554718	现代水性涂料配方与工艺	耿耀宗	68
9787122083753	新型建筑涂料涂装及标准化	陈作璋	89
9787502599584	硬质与超硬涂层——结构、性能、制备与表征	宋贵宏	48
	综合表面处理技术		
9787122102065	表面处理技术概论(刘光明)	刘光明	35
9787122075321	表面覆盖层的结构与物性	廖景娱	40
9787122102737	表面及胶体化学实验(张太亮)	张太亮	9
9787122062673	表面物理化学(滕新荣)	滕新荣	29
9787122089793	材料表面工程技术(李慕勤)	李慕勤	35
9787122068330	材料表面现代分析方法(贾贤)	贾贤	29
9787122005199	钢材酸洗技术	朱立	39
9787122044860	钢铁表面氧化和磷化处理问答	王尚义	26
7502577785	高压水射流清洗技术及应用	卢晓江	29
9787122051769	工程材料系列教材——模具材料及表面强化技术	何柏林	27

续表

ISBN 号	书名	作者	单价
	综合表面处理技术		
7502536043	工业清洗剂及清洗技术	陈旭俊	45
9787122015006	工业清洗剂配方与工艺	徐宝财	36
9787122093592	工业清洗剂——示例·配方·制备方法	顾大明	39
9787502555764	胶体与表面化学(三版)	沈钟	35
7502577521	金属表面技术丛书——表面淬火技术	姜江	22
7502582746	金属表面技术丛书——化学热处理技术	齐宝森	35
7502570551	金属表面技术丛书——水溶液沉积技术	张忠诚	20
9787122039552	金属表面磷化技术	唐春华	28
9787122003249	金属表面清洗技术	李异	29
9787122022639	金属表面艺术装饰处理	李异	36
9787122045423	金属表面转化膜技术	李异	39
9787122003911	金属清洗技术(二版)	魏竹波	35
9787122064530	铝合金表面处理技术	张圣麟	30
9787502593209	铝合金纹理蚀刻技术	杨丁	38
9787122069856	铝合金阳极氧化与表面处理技术(二版)	朱祖芳	68
9787122015563	模具材料及表面工程技术(张蓉)	张蓉	15
7502590862	木质材料表面装饰技术	张一帆	38
9787122036513	生物医用钛材料及其表面改性	刘宜勇	38
7502576541	石材清洗、防护、粘接与深加工	侯建华	68
9787122082251	实用工业清洗剂配方手册	李东光	32
7502568034	实用清洗技术手册(二版)	梁治齐	69
7502581944	陶瓷材料表面改性技术	曾令可	38
9787502579210	现代表面工程技术(姜银方)	姜银方	32
9787502592691	印刷品表面整饰(林贵森)	林贵森	15
9787122000873	有色金属表面着色技术	温鸣	22
9787122007421	职业技能鉴定培训教程——化工清洗工(初级、中级)	刘炀	18
9787122007407	职业技能鉴定培训教程——化工清洗工(高级、技师、高级技师)	刘炀	22
9787122025272	中央空调清洗技术	张学发	30
	腐蚀与防护		
9787502584702	材料的腐蚀与防护	曾荣昌	39
750253962X	材料腐蚀学原理	肖纪美	39
750257218X	电化学保护和缓蚀剂应用技术	吴荫顺	98

续表

ISBN 号	书名	作者	单价
	腐蚀与防护		
7502589694	防腐蚀复合材料及其应用	张大厚	42
9787122045171	防腐蚀施工安全技术	袁振伟	38
7502574824	防腐蚀施工管理及施工技术	张清学	36
9787122022004	腐蚀电化学原理、方法及应用(王凤平)	王凤平	35
7502578293	腐蚀科学技术的应用和失效案例	柯伟	78
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
7502566880	钢结构的腐蚀控制	贝利斯	46
7502579265	工程防腐蚀指南——设计·材料·方法·监理检测	初世宪	58
750255310X	管线腐蚀控制(二版)	皮博迪	45
9787122040336	滚动轴承防锈包装	黄本元	38
9787122020468	锅炉压力容器腐蚀失效与防护技术	窦照英	45
9787122052179	过程装备腐蚀与防护(闫康平)(二版)	闫康平	32
9787122059512	过程装备与控制工程概论(涂善东)	涂善东	15
9787122025050	化工腐蚀与防护(段林峰)(三版)	段林峰	15
9787502557164	化工腐蚀与防护(张志宇)	张志宇	20
9787122018366	缓蚀剂(二版)	张天胜	59
9787122008794	混凝土中钢筋的腐蚀与阴极保护	葛燕	39
7502543511	火电厂与蒸汽动力设备的腐蚀结垢风险评估与治理	窦照英	35
9787122077325	金属表面防腐蚀工艺	陈克忠	29.8
9787502573898	金属电化学腐蚀与防护(张宝宏)	张宝宏	29
9787122045102	金属腐蚀理论及腐蚀控制(龚敏)	龚敏	29
9787122094438	镁合金防腐蚀技术	薛俊峰	68
9787122000286	气相缓蚀剂及其应用	张大全	28
9787122069214	清洗剂、除锈剂与防锈剂	李金桂	28
9787122094643	石油化工设备防腐蚀技术	王巍	68
9787122014153	水基金属加工液	张康夫	18
7502586121	职业技能操作训练丛书——防腐蚀工	李丰春	16
	其他专业图书		
9787122093936	不锈钢瓦楞形板生产与应用	贾凤翔	30
7502572910	氟化工的安全技术和环境保护	王树华	28
7502538607	化工设备设计全书——超高压容器	邵国华	38

续表

ISBN 号	书名	作者	单价
	其他专业图书		
7502549447	化工设备设计全书——化工设备用钢	王非	78
9787122037664	化工压力容器设计——方法、问题和要点(二版)	王非	49
9787122093981	热处理工艺问答	汪庆华	36
9787122009326	热处理炉的安装、调试与维修	张伟	59
7502564926	复合加工技术	张建华	25
9787122030108	数控电火花线切割加工技术培训教程	伍端阳	46
9787122053176	特种加工成形手册(上)	王至尧	120
9787122053169	特种加工成形手册(下)	王至尧	120
9787122053350	无机非金属材料手册(上)	江东亮	150
9787122053343	无机非金属材料手册(下)	江东亮	150
9787122053268	热处理技术手册	樊东黎	180
9787122053398	复合材料手册	益小苏	210
9787122061959	纤维增韧碳化硅陶瓷复合材料——模拟、表征与设计	张立同	78
9787122003607	新手上路非常体验	李翔	36

●重点推荐 腐蚀与防护手册(第二版)

·第二版分四卷,其目的在于使读者能够从理论和方法层面上了解腐蚀产生的原因和条件,认知腐蚀表现的特征和形态,掌握腐蚀分析的方法和手段;

能够根据腐蚀环境特点正确选择耐蚀材料,能够根据材料的腐蚀特性正确的使用耐蚀材料,从工程和实践层面上了解耐蚀金属材料及其工程应用技术,了解金属材料的腐蚀控制技术;能够充分了解耐蚀非金属材料的耐蚀特性、适用条件、使用方法、加工特点;能够从工业生产装置的整个体系了解该装置的腐蚀与防护特点,明确该装置腐蚀介质构成和腐蚀环境条件,掌握适合于该装置使用的耐蚀材料体系、腐蚀控制技术方法及装置运行、养护过程中的腐蚀控制措施。

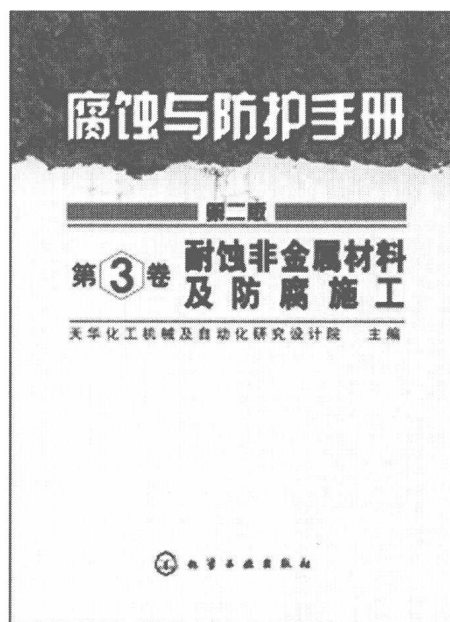
·适合于防腐蚀工程师查阅参考,也是土建、材料等专业的工程师、大专院校的师生有益的参考书。

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。如要出版新著,请与编辑联系。

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:010-64519685, 64519684, 64519683, 64518888, 64518800

编辑:010-64519271 Email: dzb@cip.com.cn



目录

第一篇 桥梁钢筋混凝土结构的腐蚀破坏与防护	
第 1 章 桥梁钢筋混凝土结构的腐蚀破坏	2
1.1 桥梁钢筋混凝土结构腐蚀破坏严重性	2
1.2 桥梁钢筋混凝土结构腐蚀破坏原因	7
1.2.1 混凝土中钢筋的腐蚀	7
1.2.2 桥梁钢筋混凝土结构腐蚀破坏原因	8
1.2.3 氯化物临界浓度	10
1.2.4 钢筋混凝土结构腐蚀破坏模型	11
参考文献	12
第 2 章 桥梁钢筋混凝土结构腐蚀破坏调查	15
2.1 资料收集	15
2.2 检测内容和方法	15
2.3 检测数据分析	17
2.4 检测仪器	21
2.4.1 路面雷达探测系统	21
2.4.2 冲击回波仪	24
2.4.3 红外热像仪	27
2.4.4 超声波测试仪	27
2.4.5 钢筋保护层厚度及钢筋位置测定仪	29
2.4.6 钢筋半电池电位检测仪	30
2.4.7 钢筋腐蚀程度测定仪	31
2.4.8 混凝土中氯离子含量现场测定仪	33

2.4.9 碳化深度测试仪	34
2.4.10 混凝土电阻率测量仪	35
2.4.11 回弹仪	36
参考文献	37
第3章 桥梁钢筋混凝土结构防腐蚀系统	39
参考文献	41

第二篇 耐腐蚀钢筋及其在桥梁钢筋混凝土结构中的应用

第4章 耐腐蚀钢筋	44
4.1 环氧涂层钢筋	44
4.2 不锈钢钢筋	48
4.2.1 不锈钢的定义、分类、牌号和耐点蚀当量	48
4.2.2 用于混凝土钢筋的不锈钢种类	52
4.2.3 不锈钢钢筋的规格	56
4.2.4 不锈钢钢筋的力学性能和物理性能	58
4.2.5 不锈钢钢筋的特点	59
4.2.6 不锈钢钢筋的腐蚀特性	59
4.3 不锈钢包覆钢筋	60
4.4 MMFX 钢筋	62
4.5 热浸锌钢筋	64
4.6 复合涂层钢筋	66
参考文献	67
第5章 钢筋腐蚀性能试验研究方法	69
5.1 钢筋腐蚀电化学检测方法	69
5.1.1 概述	69
5.1.2 半电池电位法	70
5.1.3 宏电池电流法	70
5.1.4 线性极化法	72
5.2 钢筋腐蚀性能试验研究方法概述	74
5.3 快速宏电池试验	74
5.4 恒电位极化试验	77
5.5 动电位扫描试验（极限点蚀电位测定）	78
5.6 FHWA-HRT-07-039 干湿循环暴露试验	79
5.7 ASTM G109 试验和改进的 ASTM G109 试验（MG109）	80
5.8 SE 和 CB 试验	82
5.9 氯化物极限浓度试验	83

5.10	氯化物极限浓度加速试验	84
5.11	盐雾加速腐蚀试验	86
5.12	腐蚀试验方法比较	86
	参考文献	88
第 6 章	耐腐蚀钢筋在桥梁钢筋混凝土结构中的应用及经济分析	91
6.1	耐腐蚀钢筋的应用范围和应用现状	91
6.2	桥梁钢筋混凝土结构应用耐腐蚀钢筋经济分析	94
	参考文献	102
第 7 章	耐腐蚀钢筋在桥梁钢筋混凝土结构中的应用工程实例	104
7.1	墨西哥尤卡坦半岛普罗格雷索港栈桥不锈钢钢筋应用实例	104
7.2	美国维吉尼亚桥面板使用 MMFX-II 钢筋和环氧涂层钢筋	110
7.3	美国 Wyoming 桥和 Michigan 桥使用热浸锌钢筋	117
7.4	美国维吉尼亚桥面板试用不锈钢包覆钢筋	122
7.5	我国粤海栈桥桥墩环氧涂层钢筋施工	128
	参考文献	129

第三篇 阴极保护技术在桥梁钢筋混凝土结构中的应用

第 8 章	钢筋混凝土结构阴极保护技术	132
8.1	阴极保护系统工作原理及其组成	132
8.1.1	阴极保护系统工作原理	132
8.1.2	强制电流阴极保护系统辅助阳极	134
8.1.3	直流电源	136
8.1.4	参比电极	138
8.2	阴极保护准则	140
8.2.1	保护电位准则	141
8.2.2	极化衰减(发展)准则	141
8.3	阴极保护条件	142
8.3.1	钢筋的电连续性	142
8.3.2	混凝土表面状况	142
8.3.3	避免阴极和阳极之间短路	142
8.3.4	混凝土破损和凿除	143
8.3.5	局部修补	143
8.3.6	碱骨料反应	143
	参考文献	144
第 9 章	桥梁钢筋混凝土结构强制电流阴极保护辅助阳极系统	145
9.1	焦炭沥青阳极系统	145

9.2	无覆盖层开槽阳极系统	146
9.3	导电聚合物堆砌阳极系统	147
9.4	导电聚合物网状阳极	147
9.5	钛基混合金属氧化物阳极	150
9.6	导电涂料阳极系统	152
9.7	可喷涂的导电聚合物涂层阳极	153
9.8	喷锌涂层	154
9.9	钛涂层	154
	参考文献	155
第 10 章	桥梁钢筋混凝土结构牺牲阳极系统	157
10.1	锌-水凝胶阳极系统	157
10.2	喷涂金属阳极系统	159
10.3	锌网阳极系统	160
10.3.1	锌网/水泥浆护套	160
10.3.2	锌网/压板	161
10.3.3	锌网/电化学活性砂浆	161
10.4	埋入式牺牲阳极	173
10.5	牺牲阳极保护系统使用寿命预测	174
	参考文献	175
第 11 章	桥梁钢筋混凝土结构阴极保护设计	177
11.1	影响阴极保护方案选择和设计的因素	177
11.2	影响钢筋混凝土结构阴极保护系统性能的因素	177
11.3	阴极保护系统的选择	178
11.4	阳极材料的选择	179
11.4.1	强制电流辅助阳极的选择	179
11.4.2	牺牲阳极系统的选择	180
11.5	阳极电流密度	180
11.6	阴极保护电流密度和电流分布	180
11.7	阴极保护分区	183
11.8	参比电极的埋设位置	184
11.9	预应力钢筋的氢脆	184
11.10	强制电流阴极保护电源设备	184
	参考文献	185
第 12 章	阴极保护系统运行监控和维护	186
12.1	阴极保护系统监控	186
12.2	阴极保护系统管理与维护	186
12.2.1	强制电流阴极保护系统	187

12.2.2 牺牲阳极阴极保护系统·····	188
12.3 阴极保护系统失效·····	188
参考文献·····	189
第13章 桥梁钢筋混凝土结构阴极保护的应用和经济分析 ·····	190
13.1 桥梁钢筋混凝土结构阴极保护的应用现状·····	190
13.2 桥梁钢筋混凝土结构阴极保护的经济分析·····	193
参考文献·····	199
第14章 桥梁钢筋混凝土结构阴极保护工程实例 ·····	202
14.1 荷兰多默尔河后张桥梁桥台强制电流阴极保护·····	202
14.2 加拿大 Schomberg River 桥强制电流阴极保护·····	203
14.3 美国得克萨斯 Queen Isabella Causeway 桥梁强制电流阴极保护·····	204
14.4 英国 Silver Jubilee 桥强制电流阴极保护·····	205
14.5 澳大利亚 Lynch's 桥强制电流阴极保护·····	206
14.6 美国切萨皮克海湾大桥桥桩牺牲阳极阴极保护·····	209
14.7 加拿大蒙特利尔 Yves Prevost 高架桥喷锌牺牲阳极保护·····	212
14.8 美国维吉尼亚 Route 58 桥牺牲阳极阴极保护·····	215
14.9 美国维吉尼亚 Route 29/Route 250 桥柱子牺牲阳极保护·····	217
14.10 我国河北省廊涿高速公路永定河大桥阴极保护·····	224
14.11 我国杭州湾跨海大桥阴极防护·····	227
14.12 美国维吉尼亚混凝土桥面板阴极防护·····	229
14.13 意大利 Frejus 公路立交桥(高架桥)面板阴极防护·····	233
参考文献·····	234