

十二五国家重点出版物出版规划项目
湖北省学术著作出版专项资金资助项目

中国第一条长大高速铁路干线(武广高铁)技术创新工程丛书

丛书主编◎中铁第四勘察设计院集团有限公司 王玉泽 许克亮



环保工程

黄盾◎主编

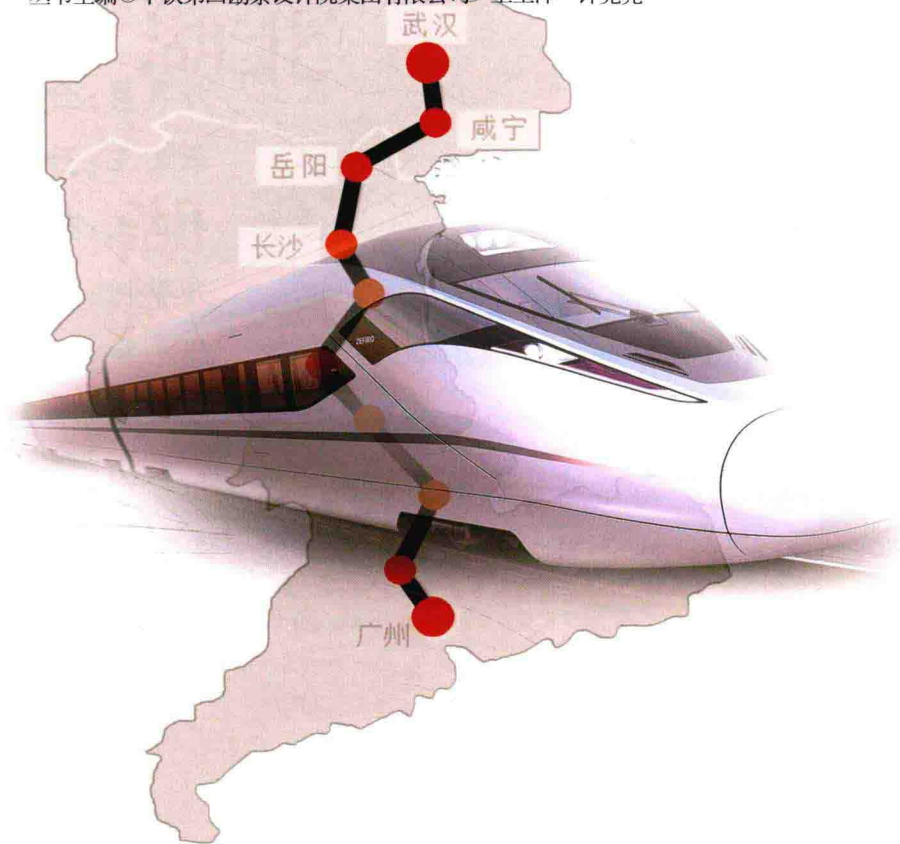
ZHONGGUO DIYITIAO CHANGDA GAOSU TIELU GANXIAN
(WUGUANG GAOTIE) JISHU CHUANGXIN GONGCHENG CONGSHU
HUANBAO GONGCHENG



十二五国家重点出版物出版规划项目
湖北省学术著作出版专项资金资助项目

中国第一条长大高速铁路干线(武广高铁)技术创新工程丛书

丛书主编◎中铁第四勘察设计院集团有限公司 王玉泽 许克亮



环保工程

ZHONGGUO DIYITIAO CHANGDA GAOSU TIELU GANXIAN
(WUGUANG GAOTIE) JISHU CHUANGXIN GONGCHENG CONGSHU
HUANBAO GONGCHENG

黄盾◎主编



图书在版编目 (C I P) 数据

环保工程 / 黄盾主编. -- 武汉 : 湖北科学技术出版社, 2015.12

(中国第一条长大高速铁路干线(武广高铁)技术创新工程丛书)

ISBN 978-7-5352-8188-3

I. ①环… II. ①黄… III. ①高速铁路—环境工程
IV. ①U238②X5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 178910 号

策 划: 何 龙 刘 玲
责任编辑: 刘 玲 杨瑰玉

责任校对: 蒋静
封面设计: 戴旻

出版发行: 湖北科学技术出版社
地 址: 武汉市雄楚大街 268 号
(湖北出版文化城 B 座 12-13 层)
网 址: <http://www.hbstp.com.cn>

电话: 027-87679468
邮编: 430070

印 刷: 武汉市金港彩印有限公司

邮编: 430023

督 印: 刘春尧

787×1092 1/16
2015 年 12 月第 1 版

24.75 印张 4 插页 620 千字
2015 年 12 月第 1 次印刷
定价: 168.00 元

本书如有印装质量问题 可找本社市场部更换

丛书编委会

主 任:蒋再秋

副主任:王玉泽

主 编:王玉泽 许克亮

主 审:何华武

委 员:何 龙 罗世东 李小和 肖明清 戚广枫

石先明 孙 立 黄小钢 黄 盾 盛 晖

徐 川 刘一平 金福海 赵新益 李文胜

潘国华 彭永忠 温建明 张孟彬 刘文兵

王华成 梅志山

本书编委会

主编：黄 盾

参编：王忠合 蒋金辉 龚 平 刘 佳 雷 彬

王松林 黄亚洲 尹 坚 邹 红 张良涛

胡 喆 史义雄 刘水生 孟 江 马朝辉

卢少飞 田 超 阮景文 周以毅 杜永新

序

武广高铁(也称武广客运专线)是武汉至广州的铁路客运专线,位于湖北、湖南、广东三省境内,属京广高速铁路南段,其承东启西,属路网骨干,是我国铁路“四纵四横”快速客运网的重要组成部分。其自武汉站引出,向南经湖北咸宁、湖南岳阳、长沙、株洲、衡阳、郴州、广东韶关、清远、佛山等市,终于广州南站,正线全长 968.3km。

修建武广高铁,可实现京广线南段客货分线运输,有效而彻底地解决京广线武广段运能紧张的局面,可使粤汉间铁路旅行时间由 11 小时缩短至 3.5 小时左右。同时,武广高铁也是武汉城市圈、长株潭城市群及珠江三角洲都市圈间联系的现代化、大能力的快速交通纽带,对沿线国民经济的发展具有极大的推进作用,社会影响深远。

武广高铁是一条跨越华中、华南两大区域的行经山区的高速铁路,是我国长大高速铁路干线代表作之一,因其有线路长、规模大、标准高、技术新、工程复杂,且类型齐全等综合特点,而以“长大高新、复杂齐全”著称于世,是中国高速铁路发展的里程碑。

自 2002 年开始研究,至 2009 年 12 月底全线开通,前后历时 8 年。此过程中,先后成功解决复杂路段选线设计、路桥隧结构物沉降控制、无砟轨道设计、精密控制测量、长大隧道防灾救援、综合交通枢纽规划与设计、特大型站房设计、四电系统集成、联调联试等一系列技术难题。

武广高铁集高铁技术之大成,是我国当时一次性建设里程最长、运营速度最快的高速铁路,其顺利开通运营,使我国高铁技术水平“整体达到国际一流、部分项目国际领先”的新高度。

武广高铁是我国铁路快速发展的最新成果,是继京津城际铁路之后我国

高速铁路发展的又一新标杆,是国家综合实力的体现,是改革开放成果的缩影。总结其成功经验,主要得益于以下几点:一是结合武广高铁需要切实开展了大量有针对性的科研、试验和攻关,取得了大量的科研成果和雄厚的技术积淀;二是借力国际资源,部分工程开展中外联合咨询;三是集中优势资源处置相关难题。

武广高铁成功建设,感受成功之余,也感悟到高铁设计应在系统性、前瞻性、包容性上再下功夫,系统提高设计跨专业整合集成能力,体会到后续高铁应秉持“高铁质量高于一切,高铁安全高于一切”的理念,全面推进系统仿真设计,实现物联智能高铁技术。

中国铁建第四勘测设计院在项目建成后,立即组织技术力量,对武广高铁勘察设计情况开展全面总结。现以此为基础,按《总体工程设计》《轨道工程》《路基工程》《桥梁工程》《隧道工程》《电气化及电力工程》《信号、通信及信息系统工程》《站房工程》《动车设备及综合维修工程》《环保工程》共十册,集成丛书出版,或许对有志于从事高铁工程设计的工程技术人员有所帮助。

苏再秋

2015年5月

前 言

2009年12月26日,世界上一次建成里程最长、运营速度最高的高速铁路——武汉至广州客运专线(又称“武广高铁”,本书统称为“武广高铁”)正式投入运营。这条长达1 068.6km、时速350km/h的高速铁路,首次将九省通衢的我国中部地区中心城市——武汉与珠三角中心城市——广州之间的地面铁路通行时间缩短至3个多小时。南来北往、川流不息的客流,把湖北、湖南、广东3省20余个城市将近1亿人口联系在一起,带来巨大的经济和社会效益,大大密切了我国中部地区与华南沿海发达地区的经济、社会联系,成为一条带动沿线地区经济发展的纽带。与其他运输方式相比,高速铁路具有运输量大、速度快、综合运输效率高、全社会综合运输成本较低、土地利用集约化程度高、节能减排、绿色环保等诸多优点。作为中国铁路“四纵四横”快速客运网中南北纵线通道之一的重要组成部分,作为当代世界铁路技术巅峰的缩影,武广高铁同时又被誉为绿色高速铁路。

高速铁路工程的技术特点决定了它在环境保护方面存在较为突出的问题,特别是在噪声、振动以及施工期对沿线生态的环境影响等方面表现明显。武广高铁通车以来,经运营实践检验,高速铁路相关环保技术已经得到成功应用。

武广高铁环保工程中的技术创新亮点主要包括:揭示了高速列车通过降噪工程(声屏障)时脉动力形成的机理、数值大小、时程曲线描述、对声屏障的作用特点等;根据脉动力对声屏障的作用特点及系统分析,提出了在高速条件下声屏障结构动力学计算模型、构件的共振和疲劳效应以及不利的环境风和不利工况的脉动力共同组合作用时声屏障的空气动力学性能;提出了高速铁路声屏障结构动力学性能的测试标准、技术要点和主要控制性参数;研究了高

速铁路运行引起的振动机理及其作用特点并提出了具有针对性的工程减振措施;利用现代遥感技术对高速铁路施工期生态环境影响进行了科学的预测和评价,提出了适宜的生态保护措施等。

本书内容由浅入深,重点介绍了武广高铁建设前期依法合规的环保工作、主要的环保工程及其提供了强大技术支持的相关高速铁路环保重点技术成果。编写本书的目的是要以武广高铁为例,较全面地介绍我国高铁建设过程中在环境保护方面所作出的巨大努力和取得的技术成就。

本书读者对象包括铁路建设决策、铁路运输管理、铁路工程勘察设计、施工、监理、咨询、政府机构和铁路、公路相关企业环保管理、工作人员。也可供高等院校相关专业教学、科研人员和学生参考。

编者

2015年5月

目 录

上篇 武广高铁主要环保工程技术创新应用

第 1 章 武广高铁建设前期环境保护	3
1.1 曲折的项目环境影响评价之路	3
1.1.1 建设项目环境影响评价的工作背景	3
1.1.2 环评三部曲之第一部:新武汉工程环境影响评价	4
1.1.3 环评三部曲之第二部:乌龙泉至花都段主体工程环评	5
1.1.4 环评三部曲之第三部:新广州站及相关工程环评	6
1.2 环境保护设计	7
1.2.1 环境保护设计的主要任务	7
1.2.2 环境保护设计的主要工作内容	8
1.2.3 武广高铁环境保护设计	9
1.2.4 设计与环评的互动	9
1.3 环境保护研究	10
1.3.1 武广高铁噪声治理综合技术研究	10
1.3.2 高速铁路声屏障脉动力研究	11
1.3.3 武广综合试验段联调联试研究	12
1.3.4 高速列车集便真空卸污研究	12
1.4 环境保护选线、选址和敏感区保护	12
1.4.1 武汉城区选线和选址	12
1.4.2 线路穿越华南虎自然保护区	15
1.4.3 线路穿越水源保护区	19
第 2 章 武广高铁噪声、振动防治	21
2.1 高速铁路噪声污染防治	21
2.1.1 高速铁路噪声源强	21

2.1.2	高速铁路噪声传播规律	26
2.1.3	高速铁路噪声标准	28
2.1.4	武广高铁噪声环境影响及降噪措施	31
2.2	高速铁路振动污染防治	35
2.2.1	高速铁路振动源强	35
2.2.2	高速铁路振动的影响因素	37
2.2.3	高速铁路振动标准	38
2.2.4	武广高铁振动环境影响及防治措施	40
第3章	武广高铁声屏障工程	43
3.1	铁路声屏障的声学基础	43
3.1.1	声屏障的降噪原理	43
3.1.2	铁路声屏障的声学设计	46
3.2	铁路声屏障的结构和材料	49
3.2.1	铁路声屏障的结构	49
3.2.2	铁路声屏障的材料	50
3.3	高速铁路声屏障的特殊性	52
3.3.1	高速铁路声屏障脉动力分析	53
3.3.2	高速铁路声屏障结构安全重点	54
3.4	武广高铁声屏障	55
3.4.1	武广高铁声屏障结构安全保障措施	55
3.4.2	武广高铁声屏障技术创新	55
第4章	武广高铁电磁辐射防护	58
4.1	电磁辐射相关概念	58
4.1.1	电磁辐射及其分类	58
4.1.2	电磁辐射对人体健康的影响	61
4.2	武广高铁电磁辐射环境影响	64
4.2.1	武广高铁电磁辐射源	64
4.2.2	正线电磁环境影响	65
4.3	武广高铁电磁辐射防护措施	67
第5章	武广高铁污水处理及配套的给排水工程	68
5.1	武广高铁污水处理及配套的给排水工程设计	68
5.1.1	车站水源及加压设施	68

5.1.2	客车上水	68
5.1.3	车站直饮水	70
5.1.4	武广高铁污水收集	70
5.1.5	武广高铁污水处理	73
5.2	武广高铁越江隧道水淹防治工程	74
5.2.1	浏阳河隧道	74
5.2.2	金沙洲隧道	75

下篇 武广高铁环保工程重点技术创新成果

第 6 章	武广高铁声屏障工程脉动力数值模拟及结构	79
-------	---------------------------	----

6.1	国内外研究现状	79
6.1.1	脉动力计算	79
6.1.2	光谱分析	80
6.2	高速铁路声屏障脉动力数值模拟	80
6.2.1	边界条件和初始条件	80
6.2.2	模型网格的划分	81
6.2.3	离散方程的建立	82
6.2.4	离散初始条件和边界条件	83
6.2.5	给定求解控制参数	83
6.2.6	计算模型的建立	83
6.2.7	计算结果分析	85
6.3	高速铁路路基声屏障结构安全可靠数值分析	106
6.3.1	路基声屏障结构分析模型	106
6.3.2	模型构建	108
6.3.3	计算条件以及结果处理原则	110
6.3.4	高度 3.05m 声屏障结构计算分析	114
6.3.5	声屏障结构长度影响分析	135
6.3.6	单元板螺栓疲劳分析	137
6.3.7	整体式连接分析	139
6.3.8	风荷载分析	139
6.3.9	模态分析	140
6.3.10	动力时程分析	141
6.3.11	脉动力冲击效应分析	143
6.3.12	疲劳分析	143
6.3.13	工况组合	145
6.3.14	混凝土垂直构件方案	147

6.3.15 声屏障结构的结论	155
6.4 高速铁路桥梁声屏障结构安全可靠数值分析	155
6.4.1 分析说明	155
6.4.2 分析模型	155
6.4.3 板柱式声屏障分析	167
6.4.4 小结	173
第7章 武广高铁声屏障结构动力性能测试	175
7.1 国外相关研究成果概要	175
7.1.1 国外高速铁路声屏障气动力测试	175
7.1.2 测量方法	175
7.1.3 国外研究有关结论	176
7.2 我国高速铁路声屏障气动力测试	176
7.2.1 工程概况	176
7.2.2 气动力测试内容与方法	177
7.2.3 典型声屏障结构气动力测试工点及测点布置	178
7.3 高速列车对声屏障产生的脉动力分析	180
7.3.1 脉动力计算模型的建立	180
7.3.2 计算结果分析	182
7.3.3 试验数据与理论计算对比分析	192
7.4 路基插板式混凝土声屏障结构动力响应分析	196
7.4.1 建模边界条件	196
7.4.2 模态分析	197
7.4.3 动力时程分析	198
7.4.4 非金属试验数据与动力仿真计算对比分析	203
7.4.5 国外实测数据与动力仿真计算对比分析比较	205
7.5 桥梁插板式金属声屏障结构动力响应分析	207
7.5.1 3.15m 高桥梁插板式金属声屏障	207
7.5.2 2.15m 高桥梁插板式金属声屏障	211
7.5.3 桥梁插板式金属声屏障结构测试对比分析	215
7.5.4 实测值与理论值比较	226
7.6 总结	227
第8章 武广高铁列车振动传播规律与减振技术	229
8.1 国内外研究成果概要	229
8.1.1 振动在土壤中的传播理论	229

8.1.2	国内外铁路交通引起的环境振动研究	230
8.1.3	国内外对铁路隔振技术的研究	231
8.1.4	国内外研究有关结论	233
8.2	铁路交通引起环境振动传播及衰减特性的实测研究	234
8.2.1	测试目的	234
8.2.2	测试仪器	234
8.2.3	测试数据的分析方法	234
8.2.4	测试地点选择	236
8.2.5	某高铁高架线环境振动传播及衰减特性的实测研究	238
8.2.6	某城际高铁振动源强实测	243
8.2.7	某城际铁路振动源强实测	247
8.2.8	小结	251
8.3	铁路振动的理论分析研究	252
8.3.1	车辆—轨道—地基体系的分析研究概况	253
8.3.2	基于分层法和 Green 函数法的地基土动力响应分析	254
8.3.3	列车运行引起环境振动的计算分析	255
8.3.4	地面线路列车荷载作用下的振动分析	264
8.3.5	列车运行引起环境振动的减振技术	269
8.3.6	车辆与轨道振动控制技术	269
8.3.7	总结	272
第 9 章	武广高铁洗涤污水处理新技术	273
9.1	铁路洗涤污水水质及其处理现状	273
9.1.1	铁路客运洗涤污水站点概况	273
9.1.2	洗涤污水水质监测资料	276
9.1.3	铁路洗涤污水处理现状	278
9.1.4	结论	285
9.2	武广高铁探索用膜分离技术处理洗涤污水	285
9.2.1	膜—生物反应器(MBR)工艺处理武广高铁洗涤污水的适宜性	286
9.2.2	中试	286
9.2.3	LAS (阴离子表面活性剂)去除效果研究	296
9.2.4	中试试验的效果分析	299
9.3	膜的污染及清洗	303
9.3.1	膜污染的机理	303
9.3.2	膜污染分析	307
9.3.3	膜的清洗	310
9.3.4	结论	315

第 10 章 武广高铁应用航(卫)片开展高速铁路项目生态环境影响评价技术	317
10.1 概述	317
10.2 武广高铁生态环境评价内容及方法	318
10.2.1 武广高铁生态环境影响特征分析	318
10.2.2 武广高铁生态影响评价内容	319
10.3 航(卫)片在武广高铁生态环境影响评价中应用可行性分析	323
10.3.1 生态环境影响评价调查、评价范围的确定	323
10.3.2 现状评价	323
10.3.3 预测评价	325
10.4 航(卫)片应用于铁路建设项目生态环境影响评价的技术路线和方法	327
10.4.1 概述	327
10.4.2 数据转化和预处理	328
10.4.3 图像判读和分类	330
10.4.4 专题图件制作	335
10.4.5 数据统计和生态环境影响分析	335
10.4.6 相关专业协作配合的技术接口流程	336
10.4.7 小结	336
10.5 航(卫)片应用于某铁路建设项目生态环境影响评价实例	336
10.5.1 研究背景	336
10.5.2 研究方法和技术路线	338
10.5.3 研究结论	363
10.6 总结	371
第 11 章 总结和展望	373
11.1 总结	373
11.2 展望	373
11.2.1 环境敏感区保护更加强化	373
11.2.2 噪声振动防治得到进一步加强	374
11.2.3 声屏障工程技术持续改进	375
11.2.4 水工程技术上新台阶	376
11.3 结语	377
参考文献	378

上 篇

武广高铁主要环保 工程技术创新应用

