



卓越工程师系列教材

轨道交通工程污染控制概论

GUIDAO JIAOTONG GONGCHENG WURAN KONGZHI GAILUN

贺玉龙 编著



科学出版社

卓越工程师系列教材

轨道交通工程污染控制概论

贺玉龙 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书共分两篇,第一篇,城市轨道交通环境污染控制,包括我国城市轨道交通发展概况、城市轨道交通工程施工期环境污染及控制、城市轨道交通工程运营期环境污染、城市轨道交通工程运营期污染控制4章;第二篇,铁路环境污染控制,包括我国铁路发展概况、铁路工程施工期环境污染及控制、铁路工程运营期环境污染、铁路运营期污染控制4章。

本书可作为高等学校“卓越工程师教育培养计划”轨道交通相关专业本科生教材,也可供轨道交通相关专业的研究生或从事轨道交通设计、施工、运营管理的有关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

轨道交通工程污染控制概论/贺玉龙编著. —北京:科学出版社,2014.8
卓越工程师系列教材
ISBN 978-7-03-041474-8

I. ①轨… II. ①贺… III. ①城市铁路—铁路工程—污染控制—教材 IV. ①U239.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第170585号

责任编辑:杨 岭 于 楠/责任校对:胡小洁
责任印制:余少力/封面设计:墨创文化

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

http://www.sciencep.com

成都创新包装印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014年8月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2014年8月第一次印刷 印张:15

字数:340千字

定价:36.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

“卓越工程师系列教材”编委会

主 编	蒋葛夫	翟婉明		
副 主 编	阎开印			
编 委	张卫华	高 波	高仕斌	
	彭其渊	董大伟	潘 炜	
	郭 进	易思蓉	张 锦	
	金炜东			

前 言

在全球气候变化、石油能源紧缺以及资源环境约束日益严峻的大背景下，作为绿色交通运输方式的轨道交通以其节约能源、低碳、环保等比较优势在世界多国得到了快速发展。截至 2013 年年底，我国内地累计有 19 个城市建成投运城市轨道交通运营线路 87 条，运营里程 2539km。铁路营业里程达 10.3 万 km，其中高铁线路超过 30 条，覆盖 160 多个地级以上城市，运营里程 1.1 万 km，居世界第一位，占据世界高铁营运里程的“半壁江山”。同时，我国高速铁路在建规模 1.2 万 km，使中国成为世界上高速铁路运营里程最长、在建规模最大的国家。然而，以地铁为代表的城市轨道交通和以高速铁路为代表的铁路的大规模建设和运营，在给沿线区域经济发展和人们出行带来便捷的同时，其产生的噪声、振动、电磁等环境污染也给沿线地区的环境造成了较大压力，甚至影响到了沿线人们的正常工作、生活环境和精密仪器的生产和使用，以及古旧建筑的安全。为促进轨道交通的可持续发展，有必要对轨道交通工程带来的环境污染进行控制，最大程度地减轻其对环境的负面影响。

目前关于轨道交通工程方面的本科生教材主要涉及规划设计、土建施工、车辆设备、通信信号系统、牵引供电系统、客运组织、运营技术、安全管理等方面，学术专著则针对轨道交通噪声和振动。到目前为止，尚无专门的轨道交通工程环境污染及其控制方面的本科生教材。因此，本书的编写也是一种尝试。轨道交通包括城市轨道交通和客货共线铁路、客运专线铁路、重载铁路，本书主要涉及地铁和客运专线铁路的环境污染及其控制。

在本书的编写过程中，引用了有关国家标准、行业标准、地方标准及规范中的部分内容，参考了铁道第三勘察设计院集团有限公司、中铁第四勘察设计院集团有限公司、中铁第一勘察设计院集团有限公司、中国中铁二院工程集团有限责任公司、北京市环境保护科学研究院等多家单位编制的地铁、客货共线铁路、客运专线工程环境影响报告书简本（来自于国家环境保护部网站公示），引用了报告书中的部分内容。除此之外，还引用了诸多研究者期刊论文中的部分内容以及互联网上的有关图片，在此向原作者表示诚挚的感谢。特别感谢国家高技术研究发展计划（863 计划）重大项目“高速铁路减振降噪关键技术”课题负责人、铁道第三勘测设计研究院集团有限公司刘冀钊教授级高级工程师对本书编写提出的宝贵建议。

本书部分内容来源于本书编著者主持的教育部新世纪优秀人才支持计划（NCET-11-0710）和作为主研参加的铁道部科技研究开发计划课题《高速铁路绿色生态评价体系的研究》（2008Z001-B）的研究成果，课题组成员博士生张光明在高速铁路环境振动方面进行了大量的分析，硕士生耿昕、陈泓、林翠红、向铮参加了多次高速铁路环境振动现场测试，这些工作为本书的写作提供了宝贵的素材，陈泓还参加了部分文字录入工作，在此一并致谢。

感谢西南交通大学教务处为本书的出版提供的帮助。

担任本书责任编辑的科学出版社于楠编辑为本书的出版付出了辛勤的劳动，在此表示衷心的感谢。

随着轨道交通工程技术和环境科学与工程学科的发展，轨道交通工程环境污染控制技术也处于发展过程中，不断有新理论、新技术、新方法涌现，有关的环境保护标准也不断更新。同时，限于作者的水平，本书的遗漏、不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编著者

2014年3月于成都

目 录

第一篇 城市轨道交通环境污染控制

第 1 章 我国城市轨道交通发展概况	3
1.1 城市轨道交通的分类	3
1.1.1 城市轨道交通按运量的分类	3
1.1.2 城市轨道交通控制式的分类	3
1.2 我国城市轨道交通的发展	9
1.3 城市轨道交通工程	12
1.3.1 土建工程	12
1.3.2 设备系统	17
1.4 城市轨道交通工程的环境影响	20
1.4.1 城市轨道交通噪声振动污染	21
1.4.2 城市轨道交通的其他污染	23
第 2 章 城市轨道交通工程施工期环境污染及控制	25
2.1 城市轨道交通工程施工期噪声污染及其控制	25
2.1.1 城市轨道交通工程施工期噪声污染	25
2.1.2 城市轨道交通工程施工期噪声污染控制措施	28
2.2 城市轨道交通工程施工期环境振动及其控制	30
2.2.1 城市轨道交通工程施工期环境振动污染	30
2.2.2 城市轨道交通工程施工期振动污染控制措施	31
2.3 城市轨道交通工程施工期水污染及其控制	33
2.3.1 城市轨道交通工程施工期水污染	33
2.3.2 城市轨道交通工程施工期水污染控制措施	36
2.4 城市轨道交通工程施工期大气污染及其控制	37
2.4.1 城市轨道交通工程施工期大气污染	37
2.4.2 城市轨道交通工程施工期大气污染控制措施	39
2.5 城市轨道交通工程施工期固体废弃物污染及其控制	42
2.5.1 固体废物性质	42
2.5.2 固体废物产生的环境影响	42
2.5.3 固体废物控制措施	42
第 3 章 城市轨道交通工程运营期环境污染	43
3.1 城市轨道交通工程运营期噪声污染	43
3.1.1 城市轨道交通运营期噪声污染来源	43

3.1.2 城市轨道交通运营期噪声预测	46
3.2 城市轨道交通工程运营期环境振动	50
3.2.1 城市轨道交通工程运营期环境振动的影响	51
3.2.2 国内主要城市的地铁运行振动源强	53
3.2.3 城市轨道交通运营期环境振动预测	54
3.3 城市轨道交通运营期大气污染	60
3.3.1 车辆段、停车场大气污染	61
3.3.2 风亭大气污染	61
3.4 城市轨道交通工程运营期其他污染	63
3.4.1 城市轨道交通运营期水污染	63
3.4.2 城市轨道交通运营期固体废物污染	65
3.4.3 城市轨道交通运营期电磁污染（电磁环境影响）	65
第4章 城市轨道交通工程运营期污染控制	68
4.1 城市轨道交通运营期噪声污染控制标准	68
4.1.1 声环境质量标准	68
4.1.2 城市轨道交通车站站台声学要求和测量方法	71
4.1.3 车辆段、停车场厂界噪声标准	72
4.2 城市轨道交通环境振动控制标准及测试方法	72
4.2.1 国家标准	72
4.2.2 行业标准	73
4.2.3 地方标准	78
4.3 城市轨道交通噪声与振动控制	81
4.3.1 城市轨道交通噪声与振动污染防治原则	81
4.3.2 城市轨道交通噪声与振动污染防治措施	81
4.3.3 常见的城市轨道交通降噪减振措施及其效果	87
4.3.4 北京市地铁噪声与振动控制规范	99
4.3.5 北京地铁5号线地下线减振措施效果	103
4.4 城市轨道交通运营期水污染控制	104
4.4.1 城市轨道交通运营期水污染控制标准	104
4.4.2 城市轨道交通运营期水污染防治措施	105
4.5 城市轨道交通运营期大气污染控制	106
4.5.1 城市轨道交通运营期大气污染控制标准	106
4.5.2 城市轨道交通运营期大气污染防治措施	108
4.6 城市轨道交通运营期固体废弃物污染控制	109
4.7 城市轨道交通运营期电磁污染防治	110
4.7.1 城市轨道交通电磁环境影响控制标准	110

4.7.2 城市轨道交通电磁环境保护措施	111
----------------------------	-----

第二篇 铁路环境污染控制

第 5 章 我国铁路发展概况	115
5.1 我国铁路发展规划及现状	115
5.1.1 中长期铁路网规划	115
5.1.2 铁路“十二五”发展规划	117
5.1.3 我国铁路发展现状	118
5.2 高速铁路概况	119
5.2.1 世界高速铁路概况	119
5.2.2 我国高速铁路概况	120
第 6 章 铁路工程施工期环境污染及控制	130
6.1 铁路工程施工期噪声振动污染及其控制	130
6.1.1 铁路工程施工期噪声振动污染来源	130
6.1.2 铁路工程施工期噪声振动污染控制措施	131
6.2 铁路工程施工期水污染及其控制	132
6.2.1 铁路隧道施工废水及其控制	132
6.2.2 铁路桥梁施工废水及其控制	134
6.2.3 铁路工程施工期其他生产废水处理	139
6.2.4 铁路工程施工期生活污水处理	140
6.2.5 铁路隧道工程施工期对地下水环境的影响及防治	141
6.3 铁路工程施工期大气污染及其控制	142
6.3.1 铁路工程施工期大气污染源	143
6.3.2 铁路工程施工期大气污染控制	144
6.4 铁路工程施工期固体废弃物及其控制	147
第 7 章 铁路工程运营期环境污染	148
7.1 铁路噪声污染	148
7.1.1 我国铁路噪声预测方法	148
7.1.2 德国 Schall 03 铁路噪声预测方法	159
7.1.3 日本高速铁路噪声预测方法	160
7.1.4 京津城际铁路运营期噪声环境影响	165
7.2 铁路环境振动污染	166
7.2.1 铁路环境振动预测方法	167
7.2.2 成灌快速铁路环境振动	171
7.3 铁路运营期水、大气、固体废物污染	175
7.3.1 水污染	175
7.3.2 大气污染	178

7.3.3 固体废物	179
7.4 铁路运营期电磁环境影响	179
7.4.1 接触网和牵引变电所的影响	180
7.4.2 GSM-R 基站的辐射	181
7.4.3 电视接收受影响	182
第 8 章 铁路运营期污染控制	185
8.1 铁路沿线环境噪声限值及测量方法	185
8.1.1 铁路沿线环境噪声限值	185
8.1.2 铁路沿线环境噪声测量方法	185
8.2 铁路沿线环境振动限值及测量方法	188
8.2.1 铁路沿线环境振动限值	188
8.2.2 铁路沿线环境振动测量方法	189
8.3 铁路噪声振动防治	191
8.3.1 治理原则及防治目标	191
8.3.2 防治措施	192
8.3.3 高速铁路声屏障	195
8.3.4 铁路环境振动防治措施	202
8.3.5 我国高速铁路声屏障应用及效果	205
8.3.6 京沪高速铁路噪声源控制技术及其降噪效果	208
8.3.7 成灌快速铁路减振降噪技术及其效果	210
8.4 铁路污水处理	214
8.4.1 铁路生活污水处理	214
8.4.2 铁路生产污水处理	216
8.4.3 污水处理设施	221
8.4.4 铁路站段生产污水处理实例	224
8.5 铁路其他环境污染控制	225
8.5.1 大气污染防治	225
8.5.2 固体废物处置	226
8.5.3 电磁污染防治	226
主要参考文献	227

第一篇

城市轨道交通环境污染控制

第 1 章 我国城市轨道交通发展概况

1863 年 1 月 10 日，伦敦帕丁顿地铁站缓缓驶出的人类历史上第一辆地下铁路列车，改写了世界交通史，标志着城市轨道交通方式的诞生，城市交通网络变得更加多样和通畅。目前，世界上已有 56 个国家和地区的 151 个城市开通了城市轨道交通。1969 年 10 月 1 日，中国第一条地下铁道——长达 22.9km 的北京地下铁道 401 线建成通车，这条线的建成通车结束了中国没有地铁的历史。此后 30 年，地铁在中国发展缓慢，只有天津、上海和广州相继开通了地铁。进入 21 世纪后，城市轨道交通建设开始明显升温，进入了快速发展阶段。截至 2013 年年末，我国内地累计有 19 个城市建成投运城市轨道交通，运营线路共 87 条，运营里程 2539km。

1.1 城市轨道交通的分类

城市轨道交通（urban rail transit）是指采用专用轨道导向运行的城市公共客运交通系统，包括地铁、轻轨、单轨、有轨电车、磁浮、自动导向轨道和市域快速轨道系统。

1.1.1 城市轨道交通按运量的分类

单位时间内单方向通过线路断面的客位数上限，即列车额定载客量与行车频率上限值的乘积称为单向客运能力。

按照单向客运能力，城市轨道交通可分为低运量城市轨道交通、中运量城市轨道交通、大运量城市轨道交通和高运量城市轨道交通（表 1.1）。

表 1.1 城市轨道交通按运量的分类

分类	单向客运能力/（万人次/h）
低运量城市轨道交通	<1
中运量城市轨道交通	1~3
大运量城市轨道交通	2.5~5.0
高运量城市轨道交通	≥4.5~7.0

1.1.2 城市轨道交通按制式的分类

按照制式，城市轨道交通可分为地铁、轻轨交通、单轨交通、有轨电车、磁浮交通（中低速磁浮交通、高速磁浮交通）、自动导向轨道和市域快速轨道系统。

1. 地铁

地铁（metro/underground railway/subway）是指在全封闭线路上运行的大运量或高运

量城市轨道交通方式，线路通常设于地下结构内，也可延伸至地面或高架桥上。一般来说，位于城市中心区的线路基本设在地下隧道内，城市中心以外地区的线路一般设在高架桥或地面上。

地铁是我国目前采用最多的城市轨道交通制式。

2. 轻轨交通

轻轨交通是指在全封闭或部分封闭线路上运行的中运量城市轨道交通方式，线路通常设于地面或高架桥上，也可延伸至地下结构内。

上海莘闵轻轨交通（轨道交通5号线）（图1.1）是国内首条轻轨线路，全长17.4km，除了起始段为410m的地面线，其余均为高架线路。2003年11月25日，莘闵轻轨投入试运行。

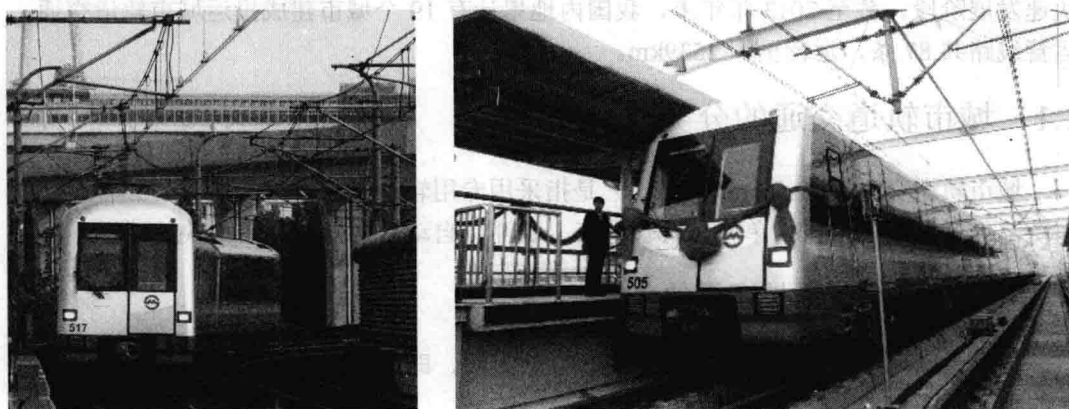


图 1.1 上海莘闵轻轨交通（轨道交通5号线）

天津津滨轻轨（地铁9号线新立站至东海路站）（图1.2）一期工程全长45.785km，为国内线路最长的轻轨。



图 1.2 天津津滨轻轨（地铁9号线新立站至东海路站）

此外，长春轨道交通3号线和4号线、大连轨道交通3号线及其支线、武汉轨道交通1号线均为轻轨。

3. 单轨交通

单轨交通是指采用电力牵引列车在一条轨道梁上运行的中低运量城市轨道交通方式,根据车辆与轨道梁之间的位置关系,单轨交通分为跨座式单轨交通和悬挂式单轨交通两种类型。跨座式是车辆跨座在轨道梁上行驶,悬挂式是车辆悬挂在轨道梁下方行驶。跨座式单轨交通适用于人口非常密集的都市核心区和对于空间地面要求非常高的城市内部。

重庆市轨道交通2号线是国内首条跨座式单轨交通线路,全长19.15km,设18个车站,2004年11月6日一期工程大坪至动物园段开始载客运行,如图1.3所示。2005年6月18日,一期工程开始正式运行。2006年7月10日,二期工程开始正式运行。

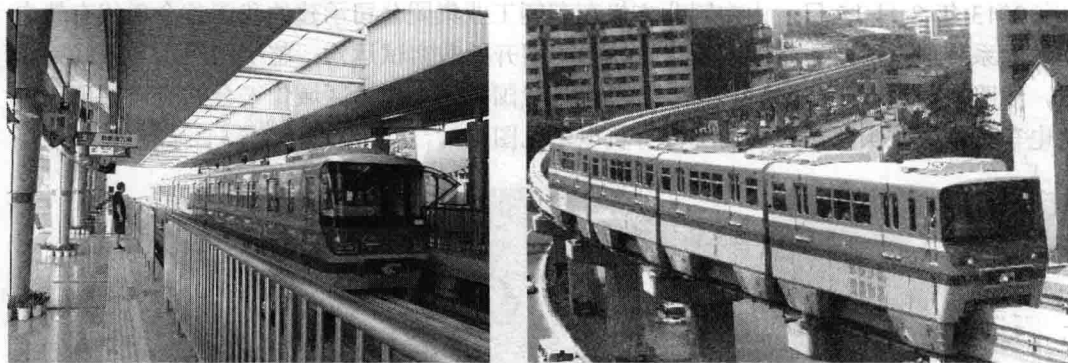


图 1.3 重庆市轨道交通2号线(跨座式单轨交通线路)

重庆市轨道交通3号线也采用了跨座式单轨交通线路(图1.4),目前为世界上运营长度最长的跨座式单轨交通线路(55.5km),2015年北延伸段建成后将达到66km。



图 1.4 重庆市轨道交通3号线(跨座式单轨交通线路)

目前,全世界已有 11 个国家建有单轨交通运营线路共 600km 左右。

4. 有轨电车

有轨电车是指与道路上其他交通方式共享路权的低运量城市轨道交通方式,线路通常设在地面。世界上第一条有轨电车线于 1888 年 5 月在美国弗吉尼亚州里士满市开通,到 20 世纪 20 年代,美国的有轨电车总长达 2.5 万千米。到 20 世纪 30 年代,欧洲、日本、印度和我国的有轨电车有了很大发展。1906 年,我国第一条有轨电车线在天津北大关至老龙头火车站(今天津站)建成通车,随后上海、北京、抚顺、大连、长春和鞍山等城市相继修建了有轨电车或电铁客车,在当时的城市公共交通中发挥了重要作用。

2013 年 8 月 15 日,由中国北方机车车辆工业集团公司承建的我国首个现代有轨电车线网系统——沈阳浑南新区现代有轨电网友开始载客试运营,整个路网由 4 条线路组成,线路总长约 60km,共设车站 67 个,是我国第一个作为区域骨干公共交通的现代有轨电车工程。沈阳浑南新区的现代有轨电车见图 1.5。



图 1.5 沈阳浑南新区的现代有轨电车

(资料来源: http://news.china.com.cn/2013-08/16/content_29733523.htm)

此外,根据 2013 年 9 月公示的《松江区有轨电车网络规划(2013—2020 年)》,上海市松江区有轨电车线网共规划 6 条线路,总长 90km,设站 118 个。

5. 磁浮交通

磁浮交通是通过磁力实现列车与轨道的非接触支承、导向和驱动的轨道交通。采用直线异步电机驱动,定子设在车辆上的磁浮交通称为中低速磁浮交通。采用直线同步电机驱动,定子设在轨道上的磁浮交通称为高速磁浮交通。

上海轨道交通磁浮线（上海磁浮示范运营线（图 1.6））是世界上首条投入商业运营的高速（通常指时速大于 250km）磁悬浮列车线路，是继英国伯明翰磁悬浮和德国柏林 M-Bahn 之后的第三条商业运营磁悬浮列车线路。上海磁浮示范运营线西起上海轨道交通 2 号线龙阳路站，东到上海浦东国际机场站，主要解决连接浦东机场和市区的大运量高速交通需求。线路正线全长约 30km，双线上下折返运行，单线运行时间约 8min，设计最高运行速度为 431km/h，是世界上速度最快的商业运营列车线路。2001 年 3 月 1 日，上海磁浮列车示范运营线工程举行开工仪式。2002 年 12 月 31 日，上海磁浮列车举行隆重的通车典礼。2003 年 12 月 29 日，上海磁浮列车开始每天上午半天对外试运行。2004 年 1 月 29 日，上海磁浮列车开始全天对外试运行。2006 年 4 月 27 日，上海磁浮列车示范运营线正式投入商业运营。



图 1.6 上海磁浮示范运营线

6. 自动导向轨道

在混凝土轨道上，通过导向装置自动导引车辆运行方向的轨道交通系统称为自动导向轨道。

7. 市域快速轨道系统

市域快速轨道系统是指服务范围覆盖城市市域的城市轨道交通系统。

成都市域铁路成灌线，又称成灌快铁，是中国第一条市域铁路，线路起于成都站（火车北站），沿 317 国道向西延伸，至都江堰市（旧称灌县，简称“灌”）后向南延伸，止于青城山站。线路包含一条主线，两条支线，主线于 2008 年 11 月 4 日开工建设，2010 年 5 月 12 日正式通车，如图 1.7 所示。2013 年 7 月 23 日，离堆支线开通。2014 年 4 月 30 日，彭州支线开通。