



广州市轨道交通 四号线高架结构 施工技术研究

GUANGZHOU SHI GUIDAO JIAOTONG SIHAOXIAN GAOJIA JIEGOU
SHIGONG JISHU YANJIU

主编 谭文 张家德 黄辉 李立军

华南理工大学出版社

**广州市轨道交通
四号线
高架结构
施工技术研究**

GUANGZHOU SHI GUIDAO JIAOTONG
SIHAOXIAN GAOJIA JIEGOU
SHIGONG JISHU YANJIU

主编 谭文 张家德 黄辉 李立军

华南理工大学出版社

·广州·

图书在版编目 (CIP) 数据

广州市轨道交通四号线高架结构施工技术研究/谭文等主编. —广州: 华南理工大学出版社, 2011. 5

ISBN 978-7-5623-3434-7

I. ①广… II. ①谭… III. ①城市轨道交通-高架桥-桥梁工程-工程施工-研究-广州市
IV. ①U239.5②U448.28

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 064570 号

总发行: 华南理工大学出版社 (广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

营销部电话: 020-87113487 87110964 87111048 (传真)

E-mail: scutc13@scut.edu.cn http: //www. scutpress. com. cn

责任编辑: 黄丽谊

印刷者: 广州市岭美彩印有限公司

开本: 889mm × 1194mm 1/16 印张: 12.5 字数: 282 千

版次: 2011 年 5 月第 1 版 2011 年 5 月第 1 次印刷

印数: 1 ~ 1 000 册

定价: 228.00 元

版权所有 盗版必究

广州市轨道交通四号线

高架结构施工技术研究



GUANGZHOU SHI

GUIDAOJIAOTONGSIHAOXIAN

GAOJIAJIEGOU SHI GONGJISHUYANJIU

编委会

主 编:	谭 文	张家德	黄 辉	李立军
副 主 编:	张予钧	孔少波	何旭辉	邱仕雄
主 审:	竺维彬	莫庭斌	张志良	林志元

编 委:	谭 文	张家德	黄 辉	李立军
	张予钧	孔少波	何旭辉	邱仕雄
	廖鸿雁	孙成伟	蒙晓莲	彭洪秋
	熊安书	李志雄	张会东	钟勇军
	赖俊鹏	杨将晓	朱 艺	石战利
	章利晖	方文革	陈志伟	刘国辉

组编单位: 广州市地下铁道总公司建设事业总部

序 一

城市轨道交通是提升城市价值、造福于民的公益工程，是衡量城市发展水平的一个重要标志。因其运量大、快速、正点、低能耗、少污染、乘坐舒适方便等优点，常被称为“绿色交通”，是解决大中城市公共交通运输的根本途径。近年来，城市轨道交通已经在我国各大城市迅速崛起，发展势头有增无减。除了香港、北京、天津、上海、广州、深圳、南京等城市已有地铁建成通车外，各省会城市都在建设或规划建设城市轨道交通。

城市轨道交通不能全采用地下运行模式，应形成地下—地面—高架的多平面轨道交通模式。高架桥梁工程与地下工程相比具有工程造价低、施工周期短等优点。城市轨道交通高架桥梁在国外比较常见，在我国的应用比较晚，上海、北京和广州部分轨道交通采用高架结构形式。随着轨道交通建设由市区向郊区延伸及未来城郊铁路的发展，将会有越来越多的轨道交通高架桥建成。

广州市轨道交通四号线约有 28.8km 高架线，设置 18 座高架车站，是广州地区首条高架轨道交通线，也是全国最长的、应用各种架桥工法最多的轨道交通高架线之一。工程建设者们在设计阶段就对高架桥景观、箱梁型式、墩柱型式及架梁工法进行了全面的比选，并邀请全国专家进行论证，最终高架线全部采用预应力混凝土箱形梁，包括节段预制拼装简支梁、整孔预制架设简支梁、悬臂浇筑施工连续梁和连续刚构、悬臂拼装连续梁及现浇连续梁等。在工程实施阶段，全

序 一

线投入了2台整孔拼装架桥机、8台节段拼装架桥机同时作业，同时，在施工过程中进行了节段拼装试验段施工、高品质混凝土配比试验、孔道摩阻试验、箱梁静载试验、成桥动载试验等科学试验，全过程进行了第三方监控检测，积累了丰富的科学资料，取得了许多具有重要参考价值的施工经验和科技成果。

本书的作者都是参与广州市轨道交通四号线建设的一线人员，他们结合广州市轨道交通四号线高架线实际施工经验，写成了一本很有价值的书。该书较为详细地介绍了整孔箱梁预制架设施工技术、节段箱梁预制拼装施工技术、大跨度箱梁悬臂浇筑施工技术、大孔径超深水中基础施工技术，以及监控监测试验分析成果。书中资料翔实，大量的数据和案例均来源于工程实践，非常宝贵。该书对于城市轨道交通领域及高架工程领域的管理者、设计者、施工者及高等院校的师生都是一本很有参考价值的好书。

愿作者继续努力，在建设好轨道交通新线的同时及时将新的经验教训总结成书，为我国轨道交通事业的发展做出更大贡献。

张仲行

2011年3月于北京

序 二

广州市轨道交通四号线串联了奥林匹克中心、琶洲会展中心、生物岛、大学城、广州新城、黄阁工业园、南沙经济技术开发区等新兴产业发展组团，它以解决组团间中长距离客流交通为主，并对城市东部客流交通起重要的集疏作用。广州市轨道交通四号线是我国第一条采用直线电机系统的新建轨道交通线路，它的修建标志着我国城市轨道交通建设迈入一个新的里程碑。

在已建成通车的广州市轨道交通四号线黄村至金洲段全长46.67km的线路中，约有28.8km为高架线路，为广州市轨道交通首条使用高架桥的线路。为了保证外观质量，根据线路所经区域的特点，四号线高架桥主要采取了整孔预制架设及节段预制拼装两种工法进行施工，均为国内轨道交通建设史上首次使用。上述工法结合线性电机和三轨供电技术的使用，解决了高架工法噪音大、外观差的难点，从而使高架工法的适用性大大提高，使高架工法在我国轨道交通建设中的生命力更强。

四号线高架工程建设中虽遇到诸多困难，但建设者们发挥聪明才智，合理利用先进技术、先进设备，以百折不挠的精神，攻坚克难，在不到两年的时间里完成了四号线新造至金洲段高架工程的建设任务。在实施工程管理的过程中，广州地铁的一线建设者们深入现场，了解工程的每一个细节，认真记录和搜集了相关的施工参数等第一手资料，并利用业余时间对资料进行了理论分析和归纳总结，将丰富的

序 二

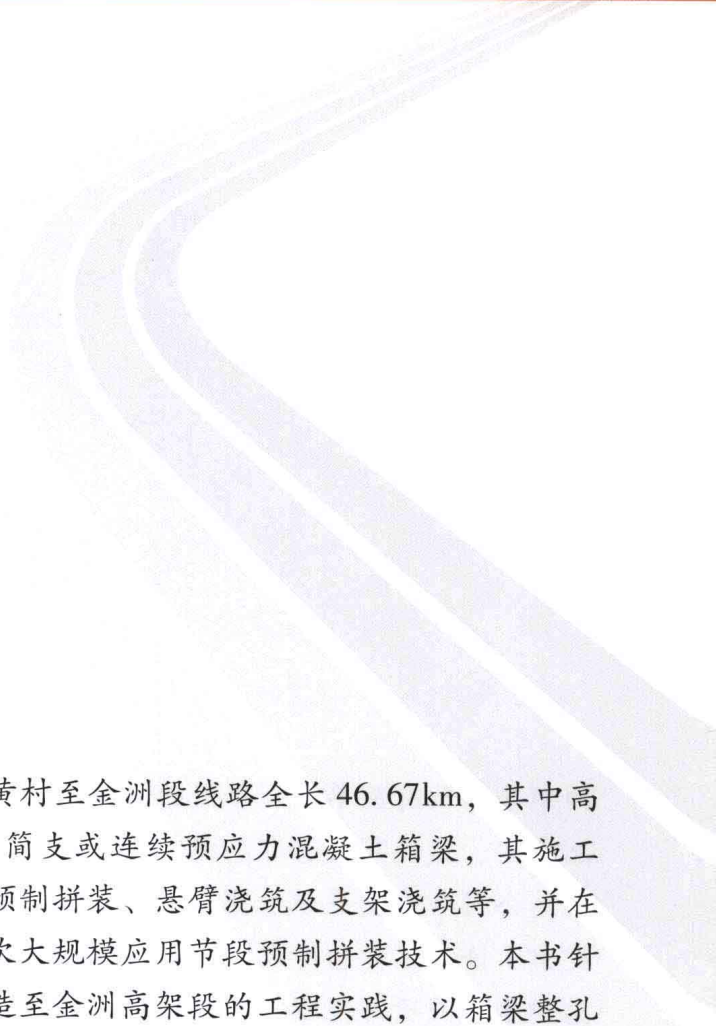
施工技术和管理经验编著成书，为今后的轨道交通建设留下了宝贵的建设经验。

本书系统地总结了广州市轨道交通四号线采用整孔预制架设、节段预制拼装、悬臂现浇施工等各类工法进行高架桥梁施工的技术和经验，内容丰富，数据翔实，图文并茂，有很强的科学性和实用性，可为今后的轨道交通新线建设提供借鉴，也可作为桥梁施工、设计及监理等相关技术人员提供参考。

当前，国内城市轨道交通建设方兴未艾，各城市线网建设规划中亦有不少高架线路。我相信，本书的出版和发行将对我国城市轨道交通建设有重要的参考价值，对高架线路的建设管理有很好的指导作用。



2011年3月于广州



前言

广州市轨道交通四号线黄村至金洲段线路全长46.67km，其中高架线路约28.8km，全部采用简支或连续预应力混凝土箱梁，其施工工法主要有整孔预制、节段预制拼装、悬臂浇筑及支架浇筑等，并在国内城市轨道交通建设中首次大规模应用节段预制拼装技术。本书针对广州市轨道交通四号线新造至金洲高架段的工程实践，以箱梁整孔制运架施工技术、简支梁节段预制拼装施工技术、连续梁悬臂拼装施工技术、大跨度现浇连续梁施工技术为研究对象，并结合第三方监控及试验检测成果，采用资料分析、比较分析、问题研究以及理论与实际相结合的研究方法，通过查阅大量施工技术资料及理论文献资料，对四号线高架线路的建设经验和施工技术进行了总结、研究。

本书共分为六篇：第一篇为工程建设概况，主要介绍了四号线高架段的建设及采用的结构型式；第二篇为箱梁整孔制运架施工技术，主要介绍了箱梁整孔预制工艺流程及架设工艺流程；第三篇为箱梁节段预制拼装施工技术，主要介绍了箱梁节段预制原理、方法及工艺流程，并总结了箱梁节段拼装施工的关键技术；第四篇为大跨度箱梁悬臂浇筑施工技术，主要介绍了大孔径超深水中基础施工技术及挂篮悬臂浇筑施工工艺；第五篇为监控监测试验分析，总结了四号线高架段的主要试验研究成果；第六篇为总结篇，总结了四号线高架段桥梁施工中取得的创新成果及存在的问题。

本书在编写过程中得到了广州市地下铁道总公司与建设事业总部

的领导以及有关单位、部门的指导和帮助。广州市地下铁道总公司副总经理、建设事业总部总经理竺维彬一直对本书的编写进行指导，地铁总公司专家莫庭斌、张志良、林志元等对书稿进行了认真的审核，提出了许多宝贵的修改意见，他们为本书倾注了很多心血。建设事业总部各相关项目经理、广州地铁设计院、中南大学何旭辉博士等为本书提供了许多宝贵的素材，各参建单位为工程的实施作出了巨大努力，并提供了相关资料和帮助。在此，对上述领导、专家、同事、同行们一并表示衷心的感谢！

由于水平所限，书中错误与不足之处在所难免，敬请读者批评指正！

编 者
2011 年 4 月

目录 MULU



第一篇 工程建设概况

第1章 全线概述	3
1.1 全线概况	3
1.2 高架段线路概况	5
1.3 高架工程建设情况	6
1.3.1 全线高架区间施工工法方案综合比较	6
1.3.2 全线高架区间标段划分	8
第2章 主要结构型式	12
2.1 上部结构	12
2.1.1 桥上系统横断面布置	12
2.1.2 桥面孔跨布置	12
2.2 桥墩设计	14
2.3 桩基础设计	15
2.4 高架车站建筑设计	15



第二篇 箱梁整孔制运架施工技术

第3章 概述	23
3.1 箱梁整孔预制架设工法简介	23
3.2 广州地铁四号线整孔预制架设桥梁工程概况	23
第4章 箱梁整孔预制技术	24
4.1 梁场设置	24
4.2 箱梁整孔预制施工工艺	24

4.2.1	模板工程	24
4.2.2	钢筋工程	27
4.2.3	混凝土工程	29
4.2.4	预应力施工	32
4.2.5	场内移运梁	34
4.2.6	封锚、压浆及封端	35
第5章 箱梁运架技术		38
5.1	运架一体机简介 (LC31.5-740 型)	38
5.1.1	运架一体机主机	38
5.1.2	运架一体机导梁	38
5.2	箱梁架设施工	40
5.2.1	箱梁架设施工流程	40
5.2.2	箱梁架设施工工艺	41
5.2.3	特殊情况下的箱梁架设施工工艺	47
5.3	箱梁架设关键技术控制	47
5.3.1	对桥梁下部结构移交的要求	47
5.3.2	测量控制技术要求	48
5.3.3	架设过程质量控制	49
5.3.4	特殊情况下的架梁控制技术	50
5.4	箱梁架设安全注意事项	51
5.4.1	运架一体机提梁	51
5.4.2	运架一体机运梁	51
5.4.3	主机与下导梁联	51
5.4.4	主机过跨	52
5.4.5	导梁前移	52
5.4.6	主机落梁	52
5.4.7	支腿转移	53



第三篇 箱梁节段预制拼装施工技术

第6章	概述	57
6.1	桥梁节段预制拼装工法简介	57

6.2	桥梁节段预制拼装工法的发展	57
6.3	节段预制拼装工法的适用条件与优点	58
6.3.1	适用条件	58
6.3.2	优点	58
6.4	箱梁节段预制工法	59
6.4.1	长线法	59
6.4.2	短线法	60
6.4.3	长线法与短线法的比较	60
6.5	广州地铁四号线桥梁节段预制拼装工程概况	61
第7章	短线法预制的原理和方法	62
7.1	短线法预制流程	62
7.2	线形控制原理	63
7.3	坐标转换原理	63
7.4	节段划分原理	65
7.5	短线法预制线形控制	66
7.5.1	短线法预制线形控制方法	66
7.5.2	模具操作与几何形状控制	68
7.5.3	模板精度控制	69
7.5.4	测量控制方法	69
第8章	短线法预制施工技术	71
8.1	预制场场地布置	71
8.1.1	节段箱梁生产区	71
8.1.2	钢筋加工区	71
8.1.3	存梁场	72
8.2	短线法预制施工工艺	72
8.2.1	施工工艺流程	72
8.2.2	节段预制顺序	73
8.2.3	节段梁钢筋制安	74
8.2.4	混凝土浇筑	75
8.2.5	抽拔橡胶管或波纹管成孔	77
8.2.6	预制梁养护	78
8.3	节段梁的存放与运输	78

8.3.1	节段梁的场内存放	78
8.3.2	节段梁的运输	79
8.4	节段梁预制质量控制要求	80
8.4.1	测量控制要求	80
8.4.2	节段梁预制控制要求	81
第9章	节段梁整跨拼装设备及架设工艺	82
9.1	整跨拼装设备选型	82
9.2	广州地铁四号线采用的主要架桥机	82
9.2.1	区间九标 VSL500t 下承式架桥机	82
9.2.2	区间八标 NRS600t 下承式架桥机	83
9.2.3	区间六、七标 WE460S 上桁式架桥机	85
9.3	节段梁整跨拼装架设工艺	86
9.3.1	施工工艺流程	86
9.3.2	节段梁整跨拼装施工工艺	87
9.4	节段梁整跨支架拼装方法	97
9.5	节段拼装架设关键技术控制	98
9.5.1	测点布置	98
9.5.2	起始节段测量控制	98
9.5.3	整跨节段测量控制	98
9.5.4	节段梁位置纠偏	98
第10章	节段梁悬臂拼装架设工艺及线形控制	100
10.1	节段梁悬臂拼装架设工艺	100
10.1.1	0号节段和1号节段的施工	100
10.1.2	2号~12号节段的悬臂拼装	102
10.1.3	合拢段施工	103
10.2	节段悬臂拼装关键技术控制	105
10.2.1	测点布置	105
10.2.2	悬臂拼装定位控制	105
10.2.3	悬臂拼装节段梁纠偏措施	107



第四篇 大跨度箱梁悬臂浇筑施工技术

第11章	概述	111
------	----	-----

11.1	工程位置及环境	111
11.2	桥梁结构概况	111
11.2.1	沙湾大桥	111
11.2.2	市桥沥大桥	112
第 12 章	大孔径超深水中基础施工技术	113
12.1	桩基础施工技术	113
12.2	水中承台围堰设计及施工技术	114
12.3	水中承台大体积混凝土施工技术	114
第 13 章	挂篮设计技术	116
13.1	挂篮形式的选取	116
13.1.1	挂篮设计原则	116
13.1.2	沙湾大桥和市桥沥大桥挂篮形式的选取	117
13.2	沙湾大桥、市桥沥大桥挂篮的设计	118
13.2.1	挂篮结构主要技术特征	118
13.2.2	沙湾大桥、市桥沥大桥的挂篮主要技术参数	119
13.2.3	构件的内力计算	119
第 14 章	悬臂浇筑施工技术	122
14.1	悬臂浇筑施工工艺	122
14.1.1	主桥上部结构 0 号节段施工	122
14.1.2	主桥上部结构悬浇节段施工	123
14.1.3	主桥上部结构直线段现浇施工	125
14.1.4	主桥上部结构合拢段施工	126
14.2	悬臂浇筑施工技术难点及其解决措施	127
14.2.1	悬臂浇筑施工技术难点	127
14.2.2	解决措施	128
第 15 章	悬臂浇筑施工监控技术	130
15.1	施工监控的目的和意义	130
15.2	施工监控方法	130

15.2.1	施工监测系统	130
15.2.2	施工监控流程	131
15.3	施工监控中的参数识别	132
15.3.1	施工监控理论轨迹的确定	132
15.3.2	施工过程中的误差控制与识别	132
15.3.3	施工监控中温度影响的考虑	132
15.4	理论计算建模	132
15.5	施工监控中的计算与分析	133
15.6	现场监控工作	133
15.6.1	主梁线形控制	133
15.6.2	应力监控	135
15.7	温度场观测	136
15.8	主桥施工监控成果	136
15.8.1	沙湾大桥监控成果	136
15.8.2	市桥沥大桥监控成果	137
15.8.3	主桥施工监控成果分析	137



第五篇 监控检测试验分析

第16章	预应力孔道摩阻试验	141
16.1	概述	141
16.2	孔道摩阻测试方法	141
16.2.1	试验装置	141
16.2.2	孔道摩阻损失计算	141
16.2.3	孔道摩阻系数 μ 和偏差系数 k 的确定	142
16.3	孔道摩阻测试结果	143
第17章	箱梁静载试验	144
17.1	试验内容	144
17.2	试验目的	144
17.3	加载方式	144
17.4	试验荷载加载值	146
17.5	测点布置与测试方法	147

17.5.1	控制截面应变测试	147
17.5.2	静挠度测试	148
17.5.3	裂缝观测	149
17.6	试验结论	149
第 18 章	成桥静载试验	150
18.1	试验范围	150
18.2	测点布置与测试方法	150
18.2.1	控制截面应力测试	150
18.2.2	梁体竖向静挠度测试	150
18.3	加载方式	152
18.4	试验结论	153
第 19 章	成桥动载试验	154
19.1	概述	154
19.2	动载试验对象	154
19.3	测点布置与信号采集	155
19.4	测试结果与分析	156
19.4.1	行车动力响应测试	156
19.4.2	桥跨结构动力特性测试	158
19.5	试验结论	161
第 20 章	节段梁压浆密实性及胶拼缝密实性检测 ..	162
20.1	检测目的和意义	162
20.2	检测方法比选	162
20.2.1	超声脉冲法	162
20.2.2	雷达法	163
20.2.3	检测方法对比试验	163
20.3	雷达特性及检测原理	164
20.3.1	波动方程	164
20.3.2	电磁波速	164
20.3.3	衰减系数	164
20.3.4	反射系数	165
20.3.5	LTD-2000 型探地雷达原理与仪器参数 ..	165