

METRO AND LIGHT RAIL

地铁
6 与轻轨

中国铁道出版社

地铁与轻轨

中国地铁工程咨询公司

北京城建设计研究总院有限责任公司



TG 2996930

中国铁道出版社

2003年·北京

(京)新登字063号

图书在版编目(CIP)数据

地铁与轻轨.6/中国地铁工程咨询公司编.—北京:
中国铁道出版社, 2003.12
ISBN 7-113-05165-0

I.地… II.中… III.①地下铁道—铁路工程
②轻轨铁路—铁路工程 IV.①U231-55 ②U239.3-55

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第018754号

京工商广临字宣0010号

书名: 地铁与轻轨.6

著作责任者: 中国地铁工程咨询公司
(100037, 北京市阜成门北大街5号)

出版·发行: 中国铁道出版社
(100054, 北京市宣武区右安门西街8号)

责任编辑: 陈若伟

特邀编辑: 郑晓薇 李太惠 曹雪明

编辑部电话: (010) 68318887—6198

传真: (010) 68318887—6199

E-mail: malr@buedri.com

封面设计: 李艳阳

印刷: 中国铁道出版社印刷厂

开本: 880×1230 1/16 印张: 4.5

插页: 4 字数: 127千

版本: 2003年12月第1版 2003年12月第1次印刷

书号: ISBN 7-113-05165-0/U·1478

定价: 60.00元(共6册)

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书, 如有缺页、倒页、脱页者,
请与本社发行部调换。

发行部电话 (021) 73169 (路) (010) 63545969 (市)

编辑委员会

顾问:

- | | |
|-----|----------------------------|
| 周千峙 | 中国科学院院士 中国工程院院士
建设部高级顾问 |
| 傅志寰 | 中国工程院院士 |
| 刘国冬 | 中国工程咨询协会副会长 |
| 焦桐善 | 中国交通运输协会副会长 |
| 刘建航 | 中国工程院院士 |
| 陈肇元 | 中国工程院院士 清华大学教授 |
| 王梦恕 | 中国工程院院士 |
| 杨鲁豫 | 建设部标准定额司司长 |
| 周翊民 | 原铁道部顾问 |
| 谢正光 | 北京市地铁运营公司总经理 |
| 五一 | 上海市地铁建设公司总经理 |
| 陈韶章 | 广州市地铁总公司副总经理 |
| 沈晓阳 | 重庆轨道交通总公司总经理 |
| 陈光 | 南京市地铁总公司副总经理 |
| 高怀志 | 天津市地下铁道总公司总经理 |
| 柏贤华 | 中国地铁工程咨询公司董事长 |
| 宋敦华 | 北京城建设计研究总院院长 |
| 沈秀芳 | 上海市隧道工程轨道交通设计研究院院长 |
| 王新杰 | 中国地铁工程咨询公司顾问 |

主任: 施仲衡

副主任: 杨家齐 沈子钧

委员: (按姓氏笔划为序)

- | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 王振信 | 申大川 | 叶大德 | 包国兴 | 史其信 |
| 兰荣 | 朱军 | 仲建华 | 闫景迪 | 余才高 |
| 沈景炎 | 汪禾 | 张弥 | 杨超 | 卓弘 |
| 周庆瑞 | 赵力 | 彦启森 | 俞加康 | 侯树民 |
| 曾学贵 | 褚敬止 | 潘曾同 | | |

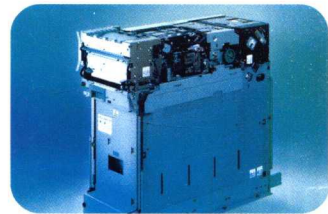
编辑: 郑晓薇 李太惠 王策民 曹雪明



探 索 一 切 可 能

社会系统事业——构建便捷生活环境

社会效率的全面提高，才能使生活成为享受。欧姆龙作为世界传感与控制技术的领导者之一，关注社会生活中的每一个细节，无论在金融还是交通领域中，力求为社会服务系统的自动化、高效化做出更大的贡献。在世界每一个地方，我们为客户提供理想的解决方案。因为我们相信，服务世界，就是服务中国。



存取款模块EX-BIOH



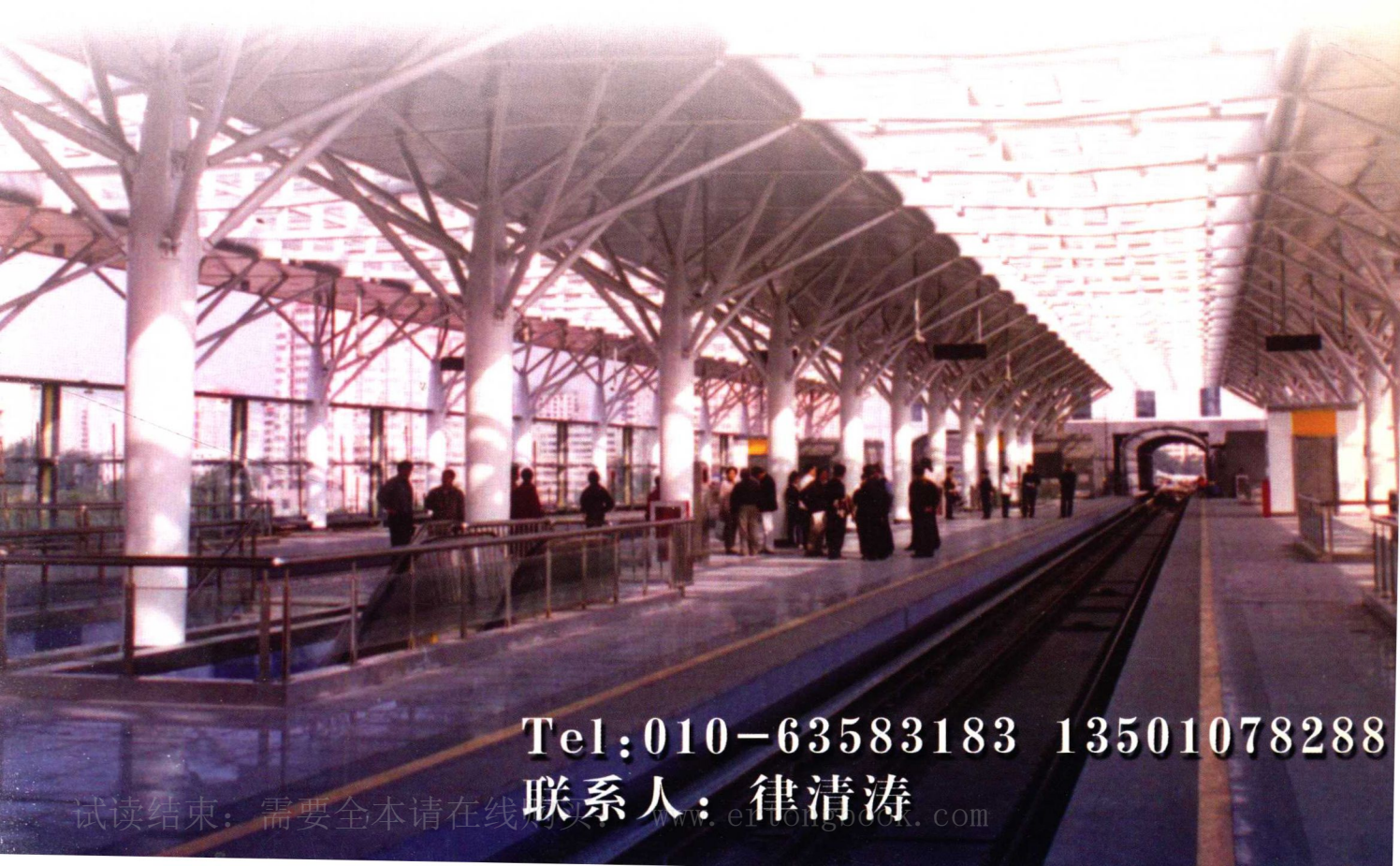
OMRON 欧姆龙
Sensing tomorrow™

《中国城市轨道交通》

即将出版

- ▲ 集中全面地反映我国城市轨道交通的发展状况，介绍国家对我国城市轨道交通的政策法规。
- ▲ 为我国各主要城市轨道交通发展提供参考。
- ▲ 促进技术交流，推广目前城市轨道交通工程所涉及的各项技术领域的世界一流技术、最先进的运营管理经验和成功的立项、融资、招投标的案例。
- ▲ 回顾过去、总结现在、展望未来我国城市轨道交通的发展，重在总结记载我国城市轨道交通的发展历史，使之成为业内人士的交流平台，业外人士的入门捷径。

该书具体内容见本刊正文或来电垂询



Tel: 010-63583183 13501078288

联系人：律清涛

试读结束：需要全本请在线购买：www.eitongbook.com

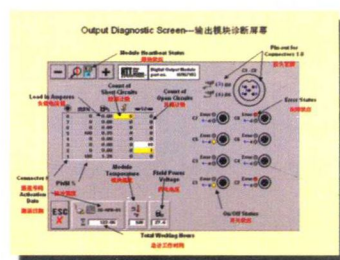
Harsco Track Technologies

美国两个龙头打磨车制造商Pandrol Jackson 和 Fairmont Tamper合并,造就的HTT(Harsco Track Technologies)将为您的钢轨打磨提供最优秀的方案选择。



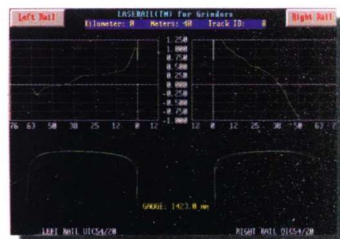
RGH20C

Jupiter 计算机控制
综合的诊断功能
简化电气系统
增强可靠性
系统平台升级
方便维修保养



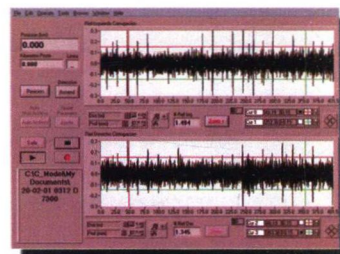
RGH10C

双摄像头车载钢轨廓形测量
测试精度: 0.15mm
测试速度: 25km/h
每个测量结果平均 250 个点
10 寸触摸屏显示
半导体制冷器恒温控制



更小的限界要求
可扩展多车连挂, 集中控制
打磨速度: 3-16km/h
液压马达延长磨头使用寿命
磨头持续最大功率: 17KW
打磨角度范围: 内侧 75° - 外侧 45°
高效集尘装置
Tier-II 排放标准
更多的中文环境

车载钢轨波磨测量
激光测头可进行位置调整。
传感器精度: $\pm 0.01\text{mm}$
系统精度: $\pm 0.05\text{mm}$
测试频率: 5mm
测试速度: 10km/h



HARSCO TRACK TECHNOLOGIES
2041 Edmund Road, P.O. Box 20
Cayce-West Columbia, SC 29171-0020
USA
Phone: 803.822.7469
Fax: 803.822.7418
WWW.HARSCOTRACK.COM

中国地区代理商: 耀华公司
TechTrend International Trading Inc.
地址: 北京阜外大街11号国宾大厦805室(100037)
电话: (8610) 68003298-8003 传真: (8610) 68003288
E-mail: wqjian@netease.com
联系人: 武先生 手机: 13311238303

HTT
Harsco Track Technologies
Harsco

不间断电源 On-Line UPS
APU series 1KVA-150KVA

高品质
超安全
高弹性
超简单

- Double Conversion, 真正在线式不断电系统;
- 采用 IGBT / PWM 先进设计, 体积小、噪音低、高信赖性;
- 整流器及充电器各自独立, 不影响复电后之负载启动;
- 具输入及输出隔离变压器, 防止杂讯、雷击等对机器设备的影响, 适合 SMT / AI / BGA 等精密设备;
- 具备静态旁路及维护旁路, 即使 UPS 过载或维修时, 仍不需担心影响负载的机器。
- 可选择 12 Pulse 整流器, 以降低输入电流谐波;
- 可依客户需求附加 RS232 及 SNMP 通讯埠。
- 模组化设计, 维护方便、容易。



交流稳压电源 Power Line Conditioner
APS series 1KVA~150KVA

- 4高: 高输入功率因数、高 VA 效率、高过载能力、高可靠性;
- 6低: 低环境污染、低电磁干扰、低谐波污染、低噪音、低成本、低空载电力消耗;
- 净: 具备突波吸收器、LC 滤波器、EMI 滤波器等, 电力输出完全纯净, 避免突波、杂讯干扰、电压突升等现象;
- 快: 快速反应时间 ($\leq 4\text{ms}/\text{Step}$), 电压侦测灵敏, 使设备永远维持在最佳稳压状态;
- 安: 自动旁路保护、过载保护及超过稳压范围保护及模组化设计, 让你无后顾之忧;
- 广: 稳压范围广 (额定电压 $\pm 25\%$ 亦可使用);
负载范围广, 适用于纯电感性 (如马达性设备、雷射印表机、照片冲洗设备)、电容性 (如电脑)、发电机、阻性负载等各种设备;
- 省: 超低空载电力消耗, 每年为您省下 20% 的电费。

交流变频电源 AC Power Source
AFC series 500VA~400KVA

- 可模拟世界各国电压;
- 输出电压可作3组预设电压: 1. 标准电压 2. 标准电压+10%~+25% 3. 标准电压 -10%~-30%
作为产品测试时, 可快速变换电压, 方便、省时又省事;
- 具有 47 ~ 63Hz / 50Hz / 60Hz / 2倍频 / 4倍频 / 400Hz 共6档输出频率供选择;
- 采用高密度数位波形合成, 失真率低、波形佳;
- 适合阻性、容性、感性等非线性负载;
- 适用于各种实验室及测试单位进行产品寿命及安全测试 (如家电厂、商检局、质检所、电磁相容测试等);
- 适用于机场地面设施、船舶、军队系统等 400Hz 的仪器设备。



AMF Series 400Hz
静态 (全电子式) 变频器

ADC Series 28VDC
直流电源供应器



航空/军事专用电源
400Hz 静态变频器 +28VDC 直流电源供应器

- 体积小、重量轻、噪音低: 采用脉宽调变技术使体积小, 重量也相对减轻;
- 效率高, 稳定度佳, 散热效果佳 (省电, 省能源, 省钱);
- 纯净化输出电源品质: 双重电力转换, 提供纯净可靠的正弦波电力输出;
- 输出电压 $\pm 10\%$ 可调;
- 两段式输出频率: 1. 400Hz 固定频率, 2. 350~450Hz 可变 (接受特殊频率订制);
- 过载能力强: 120% 时持续1小时, 150% 时1分钟, 200% 时为15秒;
- 三相独立, 可忍受三相不平衡负载; 具输出隔离变压器, 可忍受负载端的反电动势;
- 符合 MIL-STD-704 航空电源规范: 可提供航空-军事的交直流电源及模拟测试;
- 标准品电压 28VDC $\pm 10\%$ (25.2-30.8VDC); 电流容量范围 100 安培至 2000 安培。

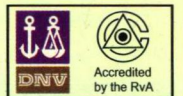
AC Power Corp.

錡福电子股份有限公司
艾普斯股份有限公司

台北市内湖区港城路200号3楼 (远景21科技大楼)

Tel : +886-2-2627-1891-9
Fax : +886-2-2627-1890
http://www.acpower.net
E-mail: sales@acpower.net

苏州: 苏州市新区科技工业园火炬路39号 邮编: 215009
Tel: 0512-6809 8868 Fax: 0512-6824 5670
北京: 北京市朝阳区光华路丙12号数码01大厦1802室 邮编: 100020
Tel: 010-6503 5350, 6567 1801 Fax: 010-6503 2017
广州: 广州市天河区天河北路233号中值广场3003室 邮编: 510613
Tel: 020-8752 1184-5 Fax: 020-8752 1191
上海: 上海市长宁区江苏路369号兆丰世贸大厦14楼B座 邮编: 200050
Tel: 021-5240 0931 Fax: 021-5255 1638
天津: 天津市西青经济开发区赛达工业园7号厂房 邮编: 300380
Tel: 022-8398 3777 Fax: 022-2812 3084
沈阳: 沈阳市青年大街219号华新国际大厦14楼A座 邮编: 110015
Tel: 024-2396 4256 Fax: 024-2396 4652
厦门: 厦门市开元区嘉禾路297号宝龙中心1号楼15C 邮编: 361012
Tel: 0592-503 0451, 503 0452 Fax: 0592-503 0453



ISO 9001
6521-1999-AQ-RGC-RvA



检磁 3902C338

铁道第二勘察设计院

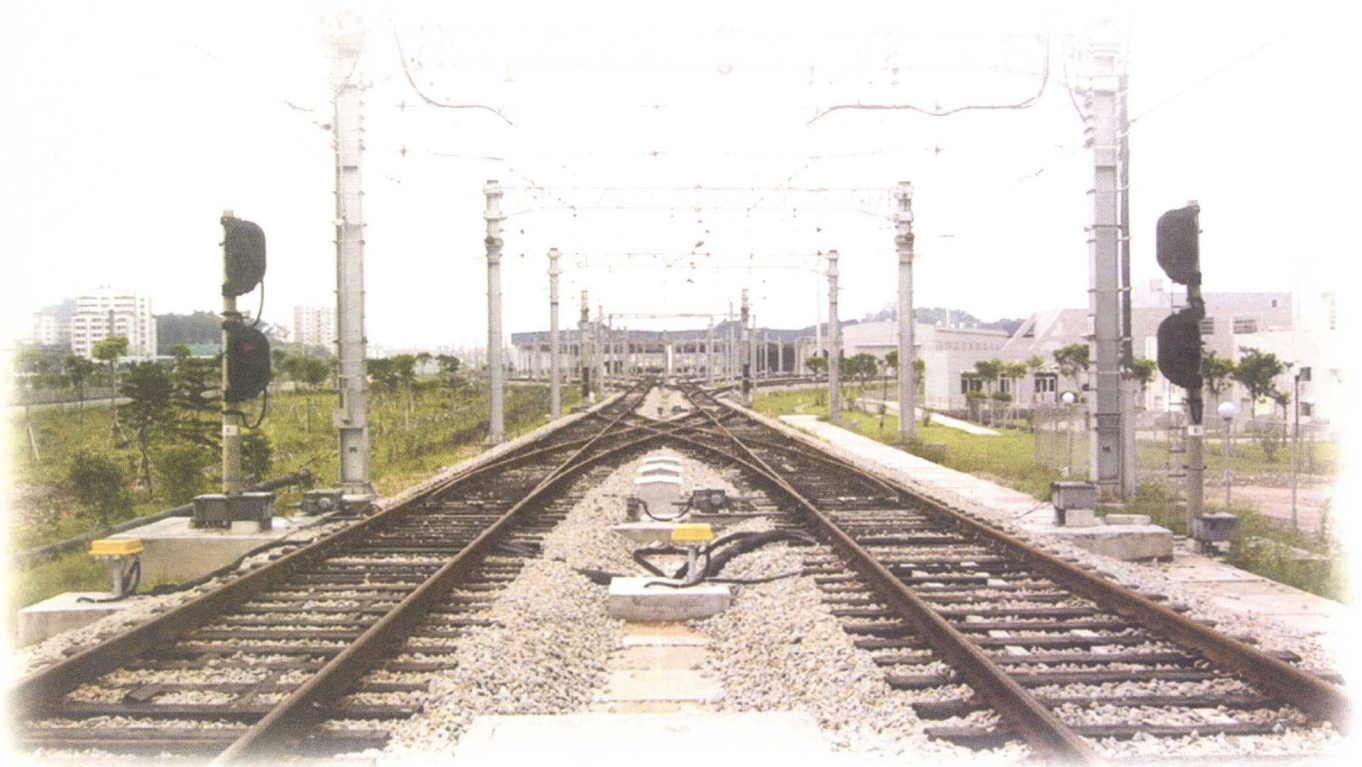
通信信号研究设计处



铁道第二勘察设计院是具备 ISO9001 国际质量管理体系的大型综合性甲级勘察设计公司，综合实力排名全国勘察设计百强前列。在建设部公布的“2002 年全国工程勘察设计企业营业收入前 100 名”的年度排行榜中，铁道第二勘察设计院位列第四。

铁道第二勘察设计院通信信号研究设计处是专业从事地铁与轻轨通信、信号、主控、自动售检票、火灾报警、建筑自动管理、控制中心系统的研究与设计的高科技技术服务单位，业务范围涉及勘测、设计、科研、咨询、监理。自 20 世纪 80 年代以来，铁道第二勘察设计院通信信号研究设计处先后参与了北京地铁复八线，上海地铁一号线，广州地铁一号线、二号线、三号线、四号线、五号线、广佛线，重庆轻轨，深圳地铁一期工程、二期工程，南京地铁一期工程，成都地铁一期工程，伊朗地铁三号线等众多工程的设计及其它技术服务工作。

地址：成都市通锦路 3 号 邮编：610031
电话：028 - 86445566 传真：028 - 86446218



《地铁与轻轨》重要启事

为适应我国加入 WTO 后城市轨道交通事业发展的新形势,《地铁与轻轨》自 2004 年起将以新的面貌——《都市快轨交通》与广大读者见面。

《都市快轨交通》将由北京交通大学与北京城建设计研究总院合办,中国地铁工程咨询公司协办,并通过邮局向国内外公开发行人。双月刊,大 16 开本,64 页全彩印刷,每期定价 10 元(国内)。

邮发代号:80-163,中国连续出版物号为:CN11-5144/U(国内);ISSN 1672-6073(国际)。

由中国地铁工程咨询公司和北京城建设计研究总院创办于 1988 年 1 月 1 日的《地铁与轻轨》,是我国最早的一本地铁与轻轨行业综合技术刊物,深得各级领导和广大工程技术人员的支持与厚爱。多年来,它传达国家关于轨道交通的相关政策,介绍国内外地铁与轻轨建设及运营过程的经验、最新的科技成果、重要的技术信息,促进了同行间的学术交流和技术研讨,推动了我国城市轨道交通事业的发展。

《都市快轨交通》将继承《地铁与轻轨》的办刊宗旨,充分发挥两个主办单位各自的优势,合作办刊,并欢迎更多单位加盟进来,共同打造精品刊物,为此特成立《都市快轨交通》杂志理事会,由北京交通大学校长谈振辉教授任理事长,北京城建设计研究总院院长宋敏华任副理事长。诚意邀请各相关企业事业单位加入本刊理事会,以建立密切的合作与交流,并为推动我国城市轨道交通事业的发展献智出力。

北京交通大学(原北方交通大学)是一所拥有百年办学历史的全国重点大学,综合实力强大,拥有通信与信息系统、信号与信息处理、交通信息工程与控制、交通运输规划与管理、产业经济学等 5 个国家级重点学科,11 个部级重点学科;50 个硕士点,21 个博士点,6 个博士后科研流动站,有 5 个学科获准设立“长江学者特聘教授”岗位;学校有 22 个研究

所和研究中心及 38 个实验室,其中包括交通运输系统仿真实验室和运输自动化实验室等一批轨道交通研究领域的全国一流实验室;拥有教学、科研仪器设备固定资产 10 多亿元。

北京城建设计研究总院是我国第一家城市轨道交通专业设计单位,拥有城建院、建筑院、勘察院及工程研究院 4 个分院和建筑、市政、人防工程、建筑工程总承包、工程监理、工程咨询、智能建筑、勘察、测绘等甲级证书,并有工程监测、桩基静动测、管线物探、公路、市政与土木工程监测实验等多项对外技术服务资质。是国内该领域实力最强的甲级企业之一。曾设计了我国第一批地下铁道——北京地铁 1、2 号线,是国内第一家承担国外地铁的总体设计单位,主编了我国《地铁设计规范》、《地下铁道、轻轨交通岩土工程勘察规范》、《地下铁道、轻轨交通工程测量规范》及《城市快速轨道交通工程项目建设标准》等。在我国地铁事业方兴未艾的 1988 年创办并独资资助了《地铁与轻轨》直到今天。

2001 年 1 月,北京交通大学与北京城建设计研究总院走到一起共建城市轨道交通研究中心,在技术攻关、规程标准制定、工程材料鉴定、培养人才等诸多方面进行全方位合作,合办《都市快轨交通》杂志将是这一合作的延伸。

今天,当编辑部即将把这本已有 16 年历史的刊物以崭新的面貌奉献给读者时,我们感到责任重大,希望广大读者继续给予支持和爱护,不吝惜你们的指教,使其不断提高质量,为推动城市轨道交通事业的发展作贡献。

《地铁与轻轨》编辑部

2003 年 12 月

(欲加入理事单位请与马跃老师联系,电话:010-51688043

编辑部电话:010-68318887-6198)

《都市轨道交通》稿约

本刊(原《地铁与轻轨》)主要报道内容是:宣传国家关于轨道交通的相关政策,介绍国内外地铁与轻轨建设及运营管理的经验、最新的科技成果、重要的技术信息、业内动态等。刊登内容以综合性技术文章为主,适当刊登学术性文章。主要栏目:法规与标准 综合评述、规划设计、工程研究、运营管理、设备国产化等。

欢迎各界踊跃投稿。

1. 来稿用 A4 纸打印,最好同时发电子文档或随稿邮寄软盘(光盘)。请作者自行留底,本部不予退稿,作者可在投稿 3 个月后查询处理意见。来稿请勿一稿多投。

2. 来稿除事先申明外,编辑部有权作适当删改,或要求作者自行修改。

3. 作者须保证来稿未侵犯他人权利,并不得泄密,文责自负。

4. 文稿一般不超过 5 000 字,特约来稿另行酌定,译稿请附原文或原文出处。

5. 文稿应包括:文题、作者姓名、工作单位、邮编、摘要、关键词(以上项目尽可能附英文译文)及参考文献和第一作者简介。

题名应能准确地概括文章主题,尽量不用缩略语,一般不超过 20 字。

作者署名不宜超过 3 人,超过时列出前 3 人,其后加“等”。

作者单位应包括全部作者单位的全称、所在省市(县)、邮政编码。

摘要为全文的浓缩,是简明、确切的记述文献内容的短文,一般包括目的、方法、结果和结论等,不加评论和解释。①应突出文章创新点,排除在本学科领域已成常识的内容②不得重复题名中已有的信息;不得出现图表、数学式和引文③要用第三人称写法,不用“本文”、“作者”等作主语④中文摘要以 50~300

字为宜;英文摘要不宜超过 250 个实词。

关键词是摘要的浓缩,可选 3~8 个。

正文的层次一律用阿拉伯数字连续编号:“1”;“1.1”;“1.1.1”等。一般不超过 3 级,后续分层用“1)”,“2)”;“①”,“②”;“a”“b”的形式。

文中科技术语和名词请用通用、规范词语,计量单位应按现行国家规定采用国际单位制。

参考文献著录原则:①只著录必要的、最新的公开发表的文献,一般仅限于作者在论著中直接引用的文献。未公开发表的资料不列入参考文献,必要时可紧跟在引文之后注释或标注在当页的页脚。②参考文献应按引用的先后次序编号,并在引文处右上角用方括弧标明文献序号。③当文章引用了其他文献时,不得用“参考文献略”字样。

参考文献著录格式:①专著:著者.书名.出版地:出版者,出版年.页码(选择项)②期刊:作者.文题.刊名,年份,卷号(期号):起止页码③论文集:作者.文题.见:编者.书名.出版地:出版者,出版年.起止页码④学位论文:作者.题目:[学位论文].保存地:保存者.年份⑤技术标准:起草责任者.标准代号 标准顺序号-发布年 标准名称.出版地:出版者,出版年(可选择项:起草责任者、出版地、出版者和出版年)⑥专利文献:专利申请者.专利题目.专利国别,专利文献种类,专利号.出版日期。

外文作者名采用姓前名后著录法,名可用首字母代替,不加缩写点。

第一作者简介各项内容顺序为:姓名,性别,出生年月,毕业时间、学校、专业,最高学历,职称,职务,专业技术领域或研究方向,基金项目名称(若有时),地址,电话。

6. 来稿请寄:100037 北京市阜成门北大街 5 号《都市轨道交通》编辑部 电话:68318887-6198, E-mail 地址:malr@buedri.com。

Contents 目录

1. 直线电机运载系统技术在广州市轨道交通中的应用 陈韶章 吴俊泉 刘智成 (1)
2. 广州地铁2号线首期工程设计创新综述 史海欧 孙钟权 (10)
3. 广州地铁2号线江南西站南站厅基坑支护结构设计 陈 东 (15)
4. 城市轨道连续—现浇—金属弹簧隔振器式浮置板道床施工工艺探讨 唐 俊 程桂芝 (22)
5. 60 kg/m钢轨伸缩量420 mm钢轨伸缩调节器的研究设计 高晓新 (26)
6. 对地铁混凝土整体道床横向裂纹的思考 薛育山 (29)

7. 项目管理服务 (PM) 在我国城市轨道交通领域的实践及意义 于松伟 (31)
8. 亚洲城市轨道交通系统的未来 Patrice Pelletier (35)
9. 论城市轨道交通安全体系的前向引导与后向完善问题 许 玲 (39)

10. 现代有轨电车交通系统及其车辆的技术定位 于禹夫 方 力 (43)
11. 径向转向架及其在地铁、轻轨车辆中的应用 曹万红 柳拥军 (48)
12. 日本东京帝都高速度交通营团的车辆管理 赵曙旗 (51)
13. 地铁主要通信名词术语解释 徐华林 (55)
14. 美国轻轨系统新型牵引变电所 樊元武 (61)

北京加强轨道交通网建设,10年要建22条轨道交通(14)北京排定新建地铁通车时间(25)北京地铁5号线6座地面车站设计方案亮相(21)北京地铁4号线、10号线11月底开标(28)11种车站11种风格——北京八通线车站真漂亮(30)北京八通线设备招投标节约上亿元(50)中国土木工程学会隧道及地下工程学会地下铁道专业委员会第15届学术交流会简报(47)《重庆市快速轨道交通线网规划》通过专家评审(42)《天津城市快速轨道交通线网规划修编》通过专家评审(42)新加坡将建设亚洲首条“无人驾驶地铁”(34)伦敦地铁没有遗憾(60)

-
- 1.Application of Linear motor system technology in Guangzhou urban rail transit CHEN Shaozhang WU Junquan LIU Zhicheng(1)
- 2.Overview on the innovation in design of Guangzhou Metro Line 2 stage 1 SHI Haiou SUN Zhongquan(10)
- 3.The design of retaining supporting structure of the south station hall in Jiangnanxi station of GuangZhou Metro Line 2 CHEN Dong(15)
- 4.On the construction technics of floating plate bed with ‘continuous–instant cast–metal spring absorber’ in urban rail transit construction TANG Jun CHENG Guizhi(22)
- 5.The research and design of rail joint for 60 kg/m track with 420 mm expansion GAO Xiaoxin(26)
- 6.The reflection about lateral flow of monolithic track–bed in metro XUE Yushan(29)
-
- 7.The value of practice for Project Management(PM) in urban rail transit field of China YU Songwei(31)
- 8.The future of urban rail transit systems in Asian cities Patrice Pelletier(35)
- 9.On the Forward Guiding and Afterward Updating in construction of urban rail transit security system XU Ling(39)
-
- 10.The technological positioning of modern trolley car system and its vehicle YU Yufu FANG Li(43)
- 11.Radial bogie and its applications in metro and light rail vehicles CAO Wanhong LIU Yongjun(48)
- 12.The management of vehicles in Japan Teito rapid transit authority ZHAO Shuqi(51)
- 13.The explanation for the main words and terms in the communication of metro XU Hualin(55)
- 14.The new–type of transformer substation for traction in light rail system of USA FAN Yuanwu(61)

直线电机运载系统技术在广州市轨道交通中的应用

陈韶章 吴俊泉 刘智成 (广州市地下铁道总公司)

摘要:本文在系统介绍了城市轨道交通非黏着驱动方式的技术发展的基础上,分析了直线电机运载系统的技术特性,以及该系统在广州市轨道交通中应用的必要性,与适合于我国大中型城市轻、中运量等级线路应用的系统技术选择。

关键词:城轨交通 非黏着驱动 直线电机 系统选择

1 城市轨道交通运载系统的技术发展

- 1.1 从英国伦敦1863年第一条地下铁道投入运营,到现在已有100多年的历史了。开始时以地下线形式出现,所采用的运载系统,一直以来都是采用传统铁路车辆运载方式,也就是传统的钢轮与钢轨的黏着驱动方式。到今天为止,对于大运量、较大轴重的城市轨道交通系统主要还是这种运载方式。
- 1.2 传统的钢轮与钢轨的黏着驱动方式存在如下问题:

(1)20世纪初地下铁道线路铺设形式由单一地下形式,逐步发展成地下、地面和高架联运形式。例如美国纽约这样一个大都市,地下铁道列车通过高架钢梁发出的轰鸣声,成为这个大都市的一大特色。这种黏着驱动方式用于地面或高架线路,给线路周围环境带来较为严重的噪声、振动影响。

(2)传统的钢轮与钢轨的黏着驱动方式,其牵引力产生机理是:旋转的动力源传给轮对的转矩可以用两个力 F 来表示,一个力 F 作用车轴中心,另一个力 F 作用在车轮与钢轨的接触点 a ,详见图1。作用在 a 点的力 F 为轮对压力作用下所产生的黏着力 F_c 相平衡。而另一力 F 则使车轮移动,即整个轮对绕 a 点(a 点为瞬时中心)转动。当 $F > F_c$ 时,车辆将在钢轨面空转打滑不能前进,无益地消耗了能量,使轮缘和轨头磨损。所以车辆能够运行的必要条件是由于外力(黏着力) F_c 的存在。这种机理带来了地下铁道线路纵断面设计最大纵坡度值(30‰)以及连续坡长的限制。线

路从地下接至地面、高架坡长较大,占用城市道路平、竖向空间较大,影响了城市景观。

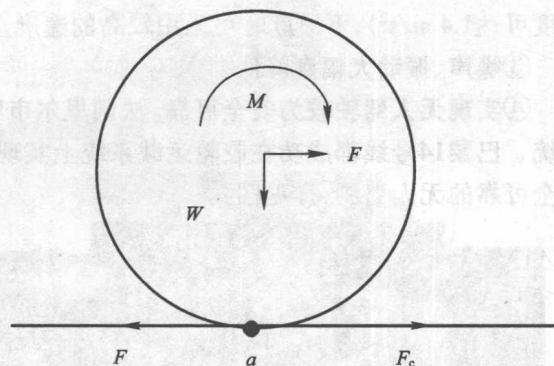


图1 传统钢轮与钢轨的黏着驱动方式原理图

(3)难以实现安全可靠的无人驾驶,英国伦敦的Dockland轻轨系统只能实现有乘务员的无人驾驶,新加坡的东北地下铁道线花费大量投资,采用先进技术,才能实现无人驾驶。

1.3 为了克服传统的钢轨与钢轮的黏着驱动方式存在的缺点,法国巴黎地下铁道第一条线于1900年建成通车,直到1954年前都是采用传统的黏着驱动方式为主,之后开始采用非传统的胶轮、混凝土(水平导向、垂直支撑)的黏着驱动方式,在巴黎地下铁道20多条线路中有多条线采用。以后推广应用到法国多个城市(马赛、里尔等)、加拿大蒙特利尔市、墨西哥墨西哥城、中国台北(栅木线)等城市轨道交通系统中。法国马赛市胶轮运载系统车辆,详见图2。在日本东京、美国奥兰多、澳大利亚悉尼、马来西亚吉隆坡、中国重庆所采用的单轨系统(monorail system)也



图2 法国马赛市胶轮运载系统车辆

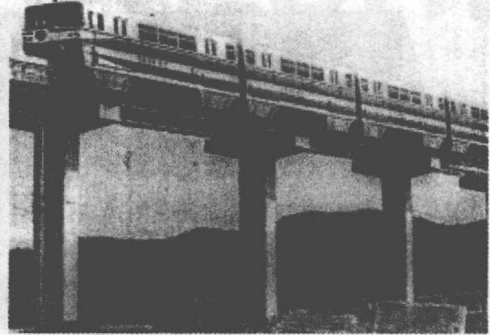


图3 跨座式胶轮单轨运载系统

都属于这种驱动方式,详见图3。

(1)胶轮运载系统的优点

①提高黏着系数(可达0.25,而传统的钢轨与钢轮黏着驱动方式一般为0.18),因此,最大坡度可达70‰,有利于线路由地下至地面和高架的过渡。

②有较大的加、减速度(加速度可达 1.2 m/s^2 ,减速度可达 1.4 m/s^2),下坡度时可采用较高的速度。

③噪声、振动大幅度降低。

④实现无人驾驶较为安全可靠。法国里尔市Val系统、巴黎14号线都成功在胶轮运载系统上实现了安全可靠的无人驾驶,详见图4。

(1)刚性悬挂运载系统,详见图5。

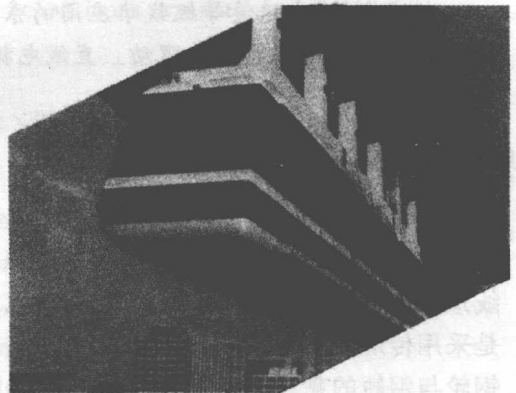


图5 刚性悬挂运载系统

(2)瑞士利用悬吊缆车运载系统技术发展了一种架空地铁系统(A system),其最大特点是最大纵坡达70‰,短距离纵坡(200 m)可达90‰。支承跨度:一般经济跨度为300 m,稍增加投资可达450 m,最大跨度可达800 m。在德国曼海姆市建成了一条试验线,详见图6。

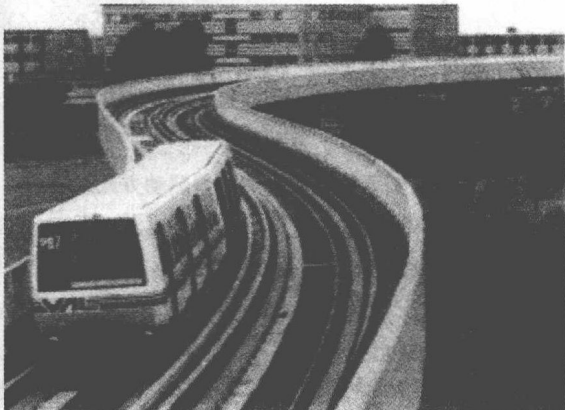


图4 法国里尔市Val系统无人驾驶运载系统

(2)胶轮运载系统的缺点

①工程造价较高。

②系统复杂(胶轮气压控制、驱动-差动桥方式等)。

③能耗高,胶轮磨耗大、需要经常更换,造成运营成本高。

④胶轮大量磨损产生胶粒粉尘,污染系统的轨行区。



图6 德国曼海姆市 Aerometro 柔性悬挂运载系统

(3)以上两种运载系统由于受多种条件限制,都未能得到广泛应用。

1.4 国外为了提高城市轨道交通运载系统的爬坡能力,亦相继开发了悬挂轨道交通系统。

1.5 到了20世纪70年代,一些城市探索能否在城市

轨道交通运载系统中,采用其他形式的非黏着驱动方式代替黏着驱动方式的运载系统,出现以下几种非黏着驱动方式的运载系统。

(1)巴西Coestes公司专利的Aeromovel系统(即所谓风动运载系统),该系统是一种被动式系统,也就是列车上无任何牵引动力,其机理是通过风机把电能转变为风流的能量,在密封的风道内,使连接着列车的风帆板前后产生压差,从而推动列车前进。由于能量的二次转换,能耗高、系统复杂,仅在巴西瓦

格雷拉港建了一条650 m长的试验线。可以讲这是一项不成熟的技术,未能在工程上实际运用,详见图7。

(2)把钢轮与钢轨缆车运载系统技术应用在城市轨道交通。

①西班牙巴塞罗那市奥林匹克运动中心的地下缆车运载系统,成功建成,并为巴塞罗那奥运会提供交通服务,详见图8。

②法国里昂市登山地下缆车运载系统,详见图9。

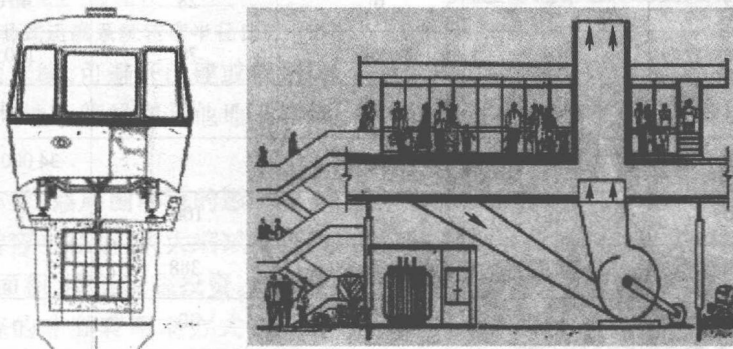


图7 巴西瓦格雷拉港风动运载系统

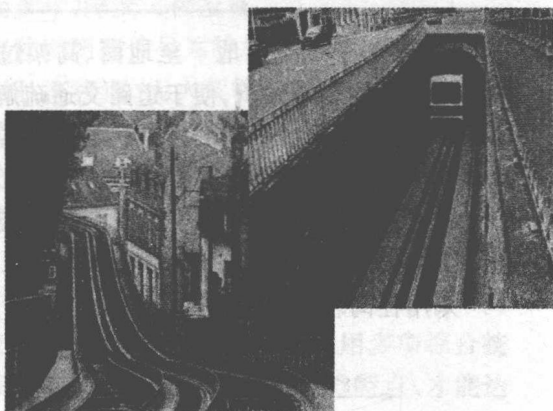


图8 西班牙巴塞罗那市地下缆车运载系统



图9 法国里昂市登山地下缆车运载系统

③上述这种运载系统技术由于受运量等级及车站设置条件限制,亦未能广泛应用。

(3)把直线电机运载系统技术运用在城市轨道交通。

①直线电机与传统的旋转电机不同,由直线运动实现运行与制动,代替旋转,所以称其为直线电机。直线电机在机理上,如同将旋转电机的转子与定子展开成直线形状,在理论上,可以把它看成为具有无限大半径的传统的旋转电机。其机理亦与旋转电机相同,详见图10。

②直线电机运载系统是应用于城市轨道交通的

典型非黏着驱动方式的系统。其机理是固定在转向架的一次线圈通过交流电流,产生移动磁场(行波磁场),通过相互作用,使固定在整体道床上的二次感应板(展开的转子)产生磁场,通过磁力(吸引、排



图10 从旋转电机向直线电机的展开示意图

斥),实现车辆的运行和制动,详见图11。

③直线电机运载系统在国外多个城市已有近20年的安全可靠运用成功经验,技术日趋成熟。可以说,在国外是技术最成熟、最安全可靠的非黏着驱动方式的轨道交通运载系统,详见表1。



图11 直线电机运载系统的非黏着驱动方式

表1 直线电机运载系统在世界城市轨道交通应用情况统计

线路名称	开通年份(年)	线路长度(km)	车站数(个)	车辆数(辆)	日乘客流(人)	最小发车间隔(s)
加拿大温哥华 SkyTrain	1986	51	31	210	200 000	90
加拿大多伦多 Scarborough线	1985	6.4	6	28	40 000	180
马来西亚吉隆坡 PUTRA系统	1998	29.4	24	70	110 000	60
美国底特律DPM系统	1987	4.8	13	12	8 400	240
美国纽约肯尼迪机场线	2003	13	10		34 000(预测)	
日本大阪市营地铁7线	1990	15	17	100		
日本东京都营地铁12号线	1991	38.7	38	388		
日本神户市营地铁海岸线	2002	7.9	10	40		
日本横滨市营地铁4号线	2000	首期13(全线42)	首期10(全线32)			
日本福冈市营地铁3号线	预计2006	12.7	16	126		

2 直线电机运载系统技术特性

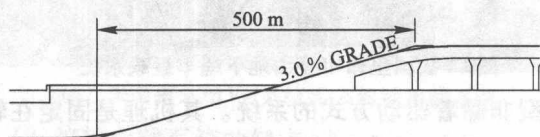
2.1 由于该运载系统采用了非黏着驱动方式,因而不受黏着系数限制,有较强爬坡能力,最大坡度可达80‰,这个特点带来如下优点:

(1)有利于线路纵断面设计,以利于选线及避开地下构筑物。

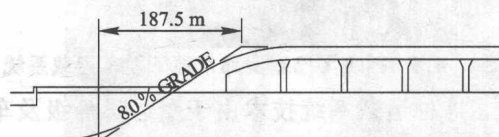
(2)有利于线路由地下至地面、高架过渡,从而减少过渡段的用地面积,便于道路交通疏解,降低用地费用,减少对城市景观的影响,详见图12。

2.2 由于车辆转向架没有旋动力源,即无机械传动系统,因此,有利于采用径向转向架,详见图13。

采用径向转向架带来如下优点:

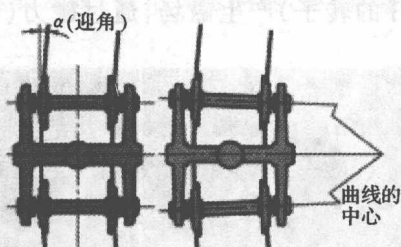


传统钢轮与钢轨黏着驱动方式

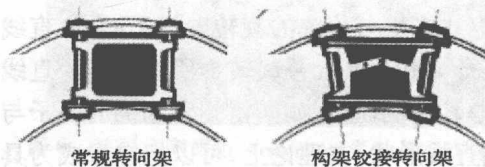


直线电机非黏着驱动方式

图12 与传统的钢轮与钢轨黏着驱动方式的运载系统爬坡能力比较



常规转向架 自行转向架
(a)常规与自行转向架比较



(b)常规与构架铰接径向转向架比较

图13 常规与径向转向架的比较

(1)平面转弯半径小,详见图14。

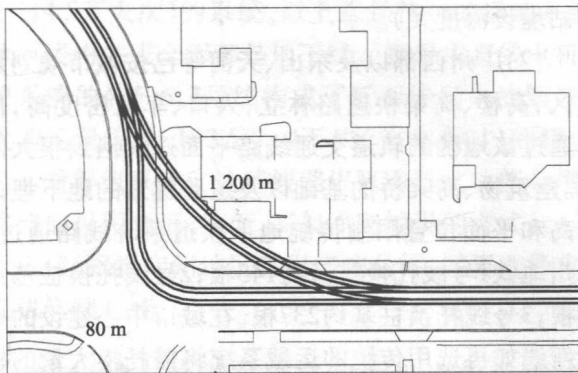


图14 与传统的黏着驱动式运载系统转弯半径比较

(2)有利于线路平面选线,可避开已建或规划待建的建筑,以及建筑基础、地下管线和其他地下构筑物,降低工程造价。

(3)减少噪声、振动对线路周围环境的影响。

(4)由于车辆平面转弯半径小,大大缩减车辆段及综合维修基地的用地面积,降低工程投资。

2.3 直线电机运载系统的非黏着驱动方式有利于实现小编组高密度

(1)由于可以采用较小轮径,有利于使整个系统小型化、轻量化,降低工程投资。

(2)与移动闭塞信号系统相结合,较易实现安全可靠小编组、高密度、无人驾驶运行模式,从而使系统高效、节能、低成本运营。

2.4 直线电机运载系统应用在城市轨道交通中应注意的几个问题

(1) 直线电机的效率比传统的旋转电机的效率低,一般只有70%左右,而传统的旋转电机的效率高于90%,因此,只有在系统集成上采用多项综合技术,充分发挥直线电机运载系统的技术特点,才能达到节能的目的,弥补直线电机效率低的缺点。

(2)为了达到直线电机的高效率,必须保持短定子(固定在车辆转向架上)与长转子(铺设在轨道中间),亦称为感应板之间的磁间隙高度值的恒定,这是直线电机运载系统与土建工程之间的重要接口,因此,对线路上部建筑及轨道技术要求更严格,增加了土建工程难度。

(3)直线电机运载系统是一个专用系统,不能与传统的钢轮与钢轨黏着驱动方式的系统过轨通用,因此,是否在城市轨道交通中应用,必须以每个城市的线网规划为依据,取决于线网规划中有多少条线需要发挥直线电机运载系统的特点来实现其功能定

位。一条线的先进性不能代表线网的先进性,采用直线电机运载系统后必须形成线网几个主要层次,从而实现低耗、高效的先进线网。

3 广州市城市轨道交通应用直线电机运载系统技术的必要性

3.1 广州市城市轨道交通线网规划简介

(1)广州市规划了15条线轨道交通线网规划以及2010年前实施线网规划,详见图15、16。

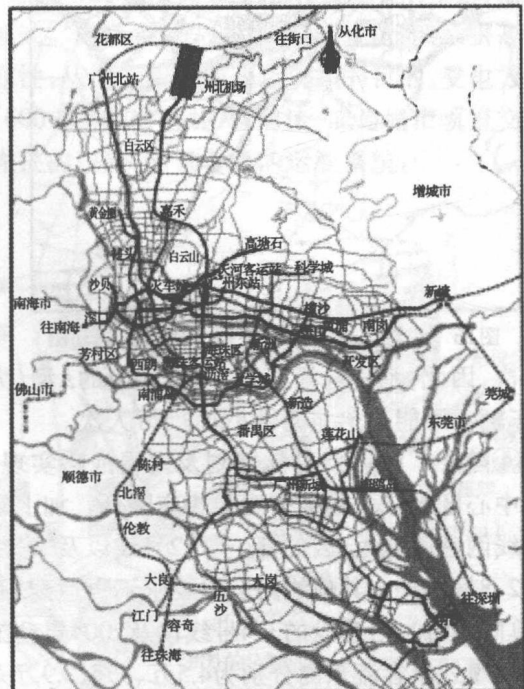


图15 15条轨道交通线网规划图

(2)广州市轨道交通线网规划特点

①有利于实现城市总体规划,即拉开城市布局,抽疏旧城区建筑密度并有效降低旧城区人口密度,实现南拓、北优、西联、东调发展战略,促进城市向滨海区域发展。

②在旧城区及规划建成区的线路以客流导向功能为主(即为SOD模式——Service Oriented Development),兼顾规划导向功能(即为TOD模式——Transit Oriented Development)。向新发展区延伸线的线路以TOD模式功能为主,兼顾SOD模式功能。

③已建成的1989年广州市人民政府批准的轨道交通十字形线网(亦即1、2号线),主要体现SOD模式功能,亦即是解决旧城市城区交通拥挤问题,其规划指导思想是线路布置在城市主要交通走廊上。从客流预测结果规划年单向小时高峰断面客流量达5.3