

# 新型 城市轨道交通

NEW MODES OF URBAN RAIL TRANSIT

周庆瑞 编  
金 锋

中国铁道出版社

CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

U239.5  
9

# 新型城市轨道交通

NEW MODES OF URBAN RAIL TRANSIT

周庆瑞 金锋 编

中国铁道出版社  
2005年·北京

## 内 容 简 介

本书主要介绍当今世界采用的几种新型城市轨道交通的发展情况和技术经济特点, 并进行了简要评述。书中论述的重点是与地铁和轻轨这类传统型城市轨道交通不同的部分, 内容扼要, 资料数据丰富。

### 图书在版编目(CIP)数据

新型城市轨道交通 / 周庆瑞, 金锋编. - 北京: 中国铁道出版社, 2005.6

ISBN 7-113-06536-8

I. 新… II. ①周…②金… III. 城市铁路 IV. U239.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第056489号

书 名: 新型城市轨道交通

作 者: 周庆瑞 金 锋

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

封面制作: 冯龙彬

印 刷: 北京精彩雅恒印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16 印张: 28.25 字数: 381千

版 本: 2005年8月第1版 2005年8月第1次印刷

印 数: 1~4000册

书 号: ISBN 7-113-06536-/U·1802

定 价: 120.00元

### 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。

编辑部电话: (010) 51873094 发行部电话: (010) 63545969

# 序

随着社会经济的发展、城市化进程的加快,城市人口高度密集、车辆急剧增加,如何有效地疏解日益突出的交通拥堵情况已成为各大城市急迫要解决的问题。

建设以大运量快速轨道交通为骨干,中、小运量交通模式为补充的城市综合交通体系是解决交通问题的有效途径。目前,世界上技术最为成熟、应用最为广泛的轨道交通模式还是地铁和轻轨。但为了适应不同城市的交通需求、经济水平、地理条件以及环保等要求,世界各国正在积极研发各种新型并各具特色的城市轨道交通模式,即本书所称的新型城市轨道交通。这些交通模式有的已应用实施,有些正处于研发阶段,但都在不断改进和完善。

我国地域广阔,地形、地貌较为复杂,发展多种轨道交通模式以适应不同城市的条件和要求是较为经济和科学的。

编写本书的两位作者,曾多年从事城市轨道交通建设工作,积累了丰富的实践经验。通过他们的努力和许多业内人士的积极支持,出版了这本《新型城市轨道交通》,内容扼要,数据资料较为丰富。对我国从事城市轨道交通工程建设、科学研究和教学等人员,极具参考价值。同时,此书在现时编写出版,也是具有现实意义的。

中国工程院院士

施仲衡

# 前言

20 世纪 80 年代以来,随着我国国民经济的持续增长,城市化步伐的日渐加快,城市人口高速聚集,车辆急剧增加,致使一些大城市的交通普遍出现挤、慢、堵、乱现象,而且日益严重,这不仅制约着社会经济的进一步发展,也恶化了城市的生态环境。为了有效地解决城市交通问题,国内许多大城市借鉴世界上治理和解决大城市交通问题的成功经验,正在积极发展立体化的大、中运量城市轨道交通,建设以城市轨道交通为骨干,辅以常规地面交通,实现在便捷地为全市居民出行服务的公共交通网络系统。

目前我国十几座城市中,已建成通车和正在兴建的城市轨道交通,基本是采用钢轮、钢轨走行系统的地铁和轻轨,这类城市轨道交通问世已有百余年历史,在解决城市交通方面效果显著,技术成熟,而且还在不断向更高的技术层次发展。但是这类传统型城市轨道交通,虽具有许多重要的优点,可是建设成本高、建设周期长,对城市噪声、振动、景观等生态环境的影响,在某些情况下尚难以得到理想地解决,因此,世界上许多国家在地铁与轻轨的基础上进行变革与创新,又派生出多种新型城市轨道交通系统,在走行、导向、驱动等方式甚至在研发的思维理念上与地铁和轻轨都有诸多的不同,而且又具有许多独到的优点。对于这类城市轨道交通,为便于区别,现统称为新型城市轨道交通,也可称为非传统型城市轨道交通。这类新型城市轨道交通,目前多为中运量交通系统,普遍具有造价低、建设速度快、对城市生态环境影响小、运作弹性佳等特点,特别是爬坡能力强,又可急转弯,很能适应一些地形复杂的城市特别是地表起伏大、道路多曲折的地区,使城市轨道交通增扩了更大的适应范围。例如其中由传统地铁变革推出的直线电机牵引的轨道交通(Linear Metro),由于采用了“板型”电机大大简化传动机构,使车辆断面缩小,重量减轻,由此可使原地铁隧道截面减小很多,桥梁负荷也得以减轻,大幅度节省了工程造价和维修工作量。又如,单轨交通(Monorail)不仅工程体形简洁,又能爬陡坡、拐小弯,很适合像我国山城重庆坡陡弯急的这样地形复杂且景观秀丽的城市。正在探索试用的索轨交通,不仅造价经济,环保效益也好。被誉为 21 世纪城市新交通系统的磁

浮交通也开始走向实用阶段，体现了技术上新的跨越，其他新型城市轨道交通也各具特色。当然这些新型城市轨道交通和传统型城市轨道交通一样，也各自存在着不同的缺点和一些有待进一步改进和提高的问题。

当前我国许多城市，在决定采用城市轨道交通解决日益困难的城市交通的同时，也在探讨究竟采用哪种或哪几种城市轨道交通类型，更适合自己的城市，为此，需要了解一些相关的情况，这正是我们编写此书的目的之一。对于当今世界各种类型的城市轨道交通发展现状、技术经济特点和新的动态，不仅城市轨道交通的建设者十分关心，一些相关方面的人士也很关注。考虑到传统型城市轨道交通地铁和轻轨人们都已熟知，所以本书将专门介绍新型城市轨道交通。同时又鉴于这类新型城市轨道交通的型式、种类，随着时间的推移，不断地在创新，类型繁多，其中有的目前还不很成熟，故本书将集中介绍其中技术成熟的和虽仍在继续研究中但已达到实用水平的一些类型，供各方面参考。

我们在编写这本书时，努力从多方面收集资料，并结合海外实地考察了解的情况，尽量使编写的这本书包含的新型城市轨道交通不要有重大的遗漏，并力求表达的内容准确。本书将主要介绍书中纳入的各种新型城市轨道交通的历史发展情况，技术经济特点，机理构造，并尽可能地给予客观评价。在具体编写中，对各类型特有的构造，新的思维理念和一些新技术系统均作了较详细的表述。对于一般的技术细节，以及与传统型城市轨道交通雷同的内容，无论是土木建筑工程或技术设备系统，为突出新型轨道交通的特有内容和节约篇幅，一般都予以省略，未作赘述。同时在编写中也适当顾及科学普及和科技信息方面需要的内容。

本书的编写前四章由周庆瑞先生执笔，后两章由金锋先生执笔，在编写过程中，曾得到张乃基、陈穗九、沈子钧、姚源道等几位业内专家协助审阅和指导，此外一些单位和专家学者也为本书的编写提供了许多宝贵的资料，在此一并致谢。

由于编者视野和水平所限，不妥之处，请读者不吝指正。

2004年12月

# 目 录

## 第1章 单 轨 交 通

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 1 概 述 .....                    | 2  |
| 2 单轨交通发展简况 .....               | 4  |
| 2.1 单轨交通起源于西欧 .....            | 4  |
| 2.2 20世纪后期单轨交通在日本得到较大的发展 ..... | 6  |
| 2.3 单轨交通在我国和其他地区的发展 .....      | 12 |
| 2.4 技术进步促进单轨交通进一步发展 .....      | 15 |
| 3 单轨交通的适用范围 .....              | 18 |
| 3.1 中运量城市客运交通 .....            | 18 |
| 3.2 短途、低运量客运交通 .....           | 21 |
| 4 单轨交通的特点 .....                | 23 |
| 5 单轨交通系统的组成 .....              | 28 |
| 5.1 车 辆 .....                  | 29 |
| 5.1.1 跨座式单轨交通的车辆 .....         | 29 |
| 5.1.2 悬挂式单轨交通的车辆 .....         | 35 |
| 5.2 轨道结构 .....                 | 38 |
| 5.2.1 跨座式单轨交通的轨道结构 .....       | 38 |
| 5.2.1.1 轨道梁 .....              | 38 |
| 5.2.1.2 支 柱 .....              | 49 |
| 5.2.1.3 道 岔 .....              | 50 |
| 5.2.2 悬挂式单轨交通的轨道结构 .....       | 55 |
| 5.2.2.1 轨道梁 .....              | 55 |
| 5.2.2.2 支 柱 .....              | 55 |
| 5.2.2.3 道 岔 .....              | 56 |
| 5.3 设备系统 .....                 | 57 |
| 5.3.1 供电系统 .....               | 57 |
| 5.3.2 信号系统 .....               | 57 |
| 5.4 行车安全保障和救援措施 .....          | 58 |
| 6 车站建筑 .....                   | 60 |

## 第2章 自动 导 轨 交 通

|                     |    |
|---------------------|----|
| 1 概 述 .....         | 66 |
| 2 自动导轨交通发展简史 .....  | 67 |
| 2.1 美国的自动导轨交通 ..... | 68 |

|       |                |     |
|-------|----------------|-----|
| 2.2   | 日本的自动导轨交通      | 72  |
| 2.3   | 法国的自动导轨交通      | 79  |
| 2.4   | 我国的自动导轨交通      | 83  |
| 2.5   | 其他地区的自动导轨交通    | 85  |
| 3     | 自动导轨交通的特点      | 86  |
| 4     | 自动导轨交通系统的组成    | 88  |
| 4.1   | 车 辆            | 88  |
| 4.1.1 | 美国 AGT 车辆      | 88  |
| 4.1.2 | 日本 AGT 车辆      | 89  |
| 4.1.3 | 法国 AGT 车辆      | 94  |
| 4.1.4 | 车体材料           | 98  |
| 4.1.5 | 走行机构           | 99  |
| 4.2   | 轨道结构           | 100 |
| 4.2.1 | 导向方式与导轨        | 100 |
| 4.2.2 | 行车轨道           | 101 |
| 4.2.3 | 道 岔            | 104 |
| 4.3   | 供电系统           | 106 |
| 4.4   | 控制系统           | 106 |
| 5     | 车站建筑           | 108 |
| 6     | 简析自动导轨交通的应用与发展 | 111 |

### 第3章 索 轨 交 通

|       |               |     |
|-------|---------------|-----|
| 1     | 概 述           | 116 |
| 2     | 索轨交通发展简史      | 117 |
| 2.1   | 研究开发阶段        | 117 |
| 2.2   | 第二代索轨交通       | 117 |
| 2.3   | 新的探索          | 118 |
| 2.4   | 准备采用索轨交通的城市   | 118 |
| 3     | 索轨交通的主要优缺点    | 121 |
| 4     | 索轨交通系统的组成     | 124 |
| 4.1   | 车 辆           | 124 |
| 4.1.1 | 早期的索轨交通车辆     | 124 |
| 4.1.2 | 研发中的索轨交通车辆    | 129 |
| 4.1.3 | 我国重庆索轨交通的车辆方案 | 131 |
| 4.2   | 轨索系统          | 134 |
| 4.2.1 | 承重索           | 135 |
| 4.2.2 | 吊 索           | 136 |
| 4.2.3 | 柔性索轨          | 136 |
| 4.2.4 | 缆索的锚固         | 137 |

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 4.2.5 刚性硬轨 .....   | 137 |
| 4.2.6 道岔 .....     | 139 |
| 4.2.7 支架 .....     | 141 |
| 4.3 设备系统 .....     | 142 |
| 4.3.1 供电系统 .....   | 142 |
| 4.3.2 信号系统 .....   | 143 |
| 4.3.3 其他设备系统 ..... | 143 |
| 4.4 救援措施 .....     | 143 |
| 4.5 车站建筑 .....     | 144 |
| 5 索轨交通发展前景评述 ..... | 146 |

## 第4章 胶轮地铁

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 1 概述 .....            | 150 |
| 2 胶轮地铁的形成与发展 .....    | 152 |
| 2.1 胶轮地铁的形成 .....     | 152 |
| 2.2 胶轮地铁发展简况 .....    | 154 |
| 2.2.1 法国胶轮地铁 .....    | 154 |
| 2.2.2 美洲胶轮地铁 .....    | 161 |
| 2.2.3 日本胶轮地铁 .....    | 166 |
| 3 胶轮地铁特有的技术构造 .....   | 170 |
| 3.1 两侧导向的胶轮地铁 .....   | 170 |
| 3.2 中央导向的胶轮地铁 .....   | 172 |
| 4 胶轮地铁的优缺点与发展前景 ..... | 174 |
| 4.1 胶轮地铁的主要优缺点 .....  | 174 |
| 4.2 胶轮地铁发展前景简析 .....  | 174 |

## 第5章 磁浮交通

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 1 速度及空间是人类不断的追求 .....           | 178 |
| 2 当代人们对磁浮交通的认识 .....            | 179 |
| 2.1 国内对磁浮交通的主要观点 .....          | 180 |
| 2.2 国外对磁浮交通的主要观点 .....          | 184 |
| 2.3 编者对磁浮交通的认识 .....            | 186 |
| 3 磁浮技术发展的历史及直线电机的基本原理 .....     | 191 |
| 3.1 发展历史 .....                  | 191 |
| 3.2 直线电机的基本原理 .....             | 214 |
| 4 日本常导型常速磁浮交通 (HSST) .....      | 223 |
| 4.1 HSST 系统的提出及其在客运系统中的定位 ..... | 223 |
| 4.2 HSST 系统模块概念 .....           | 227 |
| 4.3 HSST 系统的工作原理 .....          | 228 |
| 4.4 HSST 系统主要类型 .....           | 230 |

|     |                         |     |
|-----|-------------------------|-----|
| 4.5 | 实施中的日本名古屋东部丘陵线 (Linimo) | 243 |
| 5   | 德国常导型高速磁浮交通 (TR)        | 248 |
| 5.1 | TR (Transrapid) 系统的特点   | 248 |
| 5.2 | TR 车辆系统的构成              | 256 |
| 5.3 | 机械结构及安装                 | 257 |
| 5.4 | 车载供电系统                  | 267 |
| 5.5 | 列车紧急制动                  | 270 |
| 5.6 | 悬浮控制系统                  | 271 |
| 5.7 | 轨道结构参数对悬浮控制的影响          | 272 |
| 5.8 | TR 系统与曲线运行有关的几个问题       | 275 |
| 5.9 | 上海磁浮交通示范运营线工程           | 277 |
| 6   | 日本超导型高速磁浮交通 (MLU) (MLX) | 284 |
| 6.1 | 超导理论的简短回顾               | 284 |
| 6.2 | 超导磁浮交通原理及其特点            | 289 |
| 6.3 | 车 辆                     | 294 |
| 6.4 | 轨道设施                    | 309 |
| 6.5 | 供电系统                    | 315 |
| 6.6 | 运行系统                    | 325 |
| 6.7 | 安全与环境                   | 328 |
| 6.8 | 附 录                     | 332 |
| 6.9 | 日本超导型高速磁浮交通 MLX 型列车     | 336 |
| 7   | 其他各国磁浮列车研制简况            | 344 |
| 7.1 | 英 国                     | 344 |
| 7.2 | 美 国                     | 346 |
| 7.3 | 法 国                     | 350 |
| 7.4 | 加拿大                     | 350 |
| 7.5 | 俄罗斯                     | 351 |
| 7.6 | 瑞 士                     | 351 |
| 7.7 | 韩 国                     | 354 |
| 7.8 | 中 国                     | 354 |

## 第6章 直线电机轨道交通

|     |                      |     |
|-----|----------------------|-----|
| 1   | 直线电机轨道交通发展概况         | 360 |
| 2   | 直线电机轨道交通的特点          | 367 |
| 2.1 | 直线感应电机系统概述           | 367 |
| 2.2 | 直线电机轨道交通技术特点         | 368 |
| 3   | 直线电机轨道交通有关环境和安全的设计准则 | 377 |
| 3.1 | 车辆设计准则               | 377 |
| 3.2 | 环境设计准则               | 378 |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 3.3 安全准则 .....                   | 383 |
| 4 直线电机轨道交通车辆 .....               | 384 |
| 4.1 MK I 型直线电机车辆 .....           | 384 |
| 4.2 MK II 型直线电机车辆 .....          | 396 |
| 4.3 日本直线电机车辆 .....               | 404 |
| 5 列车自动控制系统 (移动闭塞) .....          | 412 |
| 5.1 概 述 .....                    | 412 |
| 5.2 SelTrac 移动闭塞列车控制系统发展概况 ..... | 413 |
| 5.3 SelTrac 移动闭塞系统的特性和原理 .....   | 413 |
| 5.4 SelTrac 移动闭塞系统的结构与功能 .....   | 415 |
| 5.5 系统运营与管理 .....                | 423 |
| 5.6 系统的节能 .....                  | 424 |
| 6 供电系统特点及其他 .....                | 427 |
| 6.1 供电系统特点 .....                 | 427 |
| 6.2 导梁的典型设计 .....                | 428 |
| 6.3 直线电机轨道交通使用的评价 .....          | 432 |
| 主要参考文献 .....                     | 434 |



## 第 1 章

### 单 轨 交 通



## 1 概 述

单轨交通 (Monorail Transit) 是一种轨道为一条带形的梁体, 车辆跨坐于其上或悬挂于其下行驶的交通工具。

单轨交通按其走行模式和构造的不同, 分为跨座式单轨 (Straddle Monorail) 和悬挂式单轨 (Suspended Monorail) 交通两种类型 (图 1-1-1、图 1-1-2)。

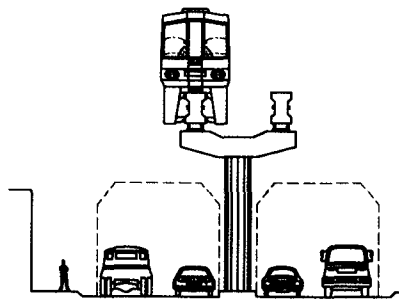


图 1-1-1 跨座式单轨交通

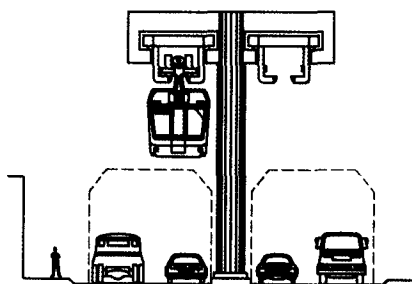


图 1-1-2 悬挂式单轨交通

跨座式单轨交通, 车辆骑行于轨道梁的上方, 车辆除底部的走行轮外, 在车体的两侧下垂部分尚有导向轮和稳定轮, 夹行于轨道梁的两侧, 保证车辆沿轨道安全平稳地行驶。当代跨座式单轨交通的轨道梁, 通常采用预应力钢筋混凝土梁, 俗称 PC 梁 (为预制混凝土轨道梁 precast concrete track beam 的简称)。在梁的跨度较大或一些特殊地段有时采用钢制轨道梁, 或其他构造形式的梁体。车场等平地供停放车辆的轨道梁, 一般采用现场浇筑的普通钢筋混凝土梁。

在道岔区的道岔, 正线地段为保证车辆平顺通过采用关节可挠型道岔, 即曲线型道岔。在车场内等低速和无乘客乘坐的车辆通过的道岔, 一般采用关节型道岔, 即折线型道岔。道岔由多节钢制道岔梁联结组成, 前者构造较后者复杂。

悬挂式单轨交通, 车辆悬挂于轨道梁下方行驶。轨道梁为下部开口的箱型钢梁, 车辆走行轮与导向轮均置于箱形梁内, 沿梁内设置的轨道驶行。车辆改变行车方向时, 通过箱型轨道梁内可动轨的水平移动实现。

跨座式和悬挂式单轨交通, 轨道梁的支柱通常采用的形式为 T 形、倒

L形和门形。跨座式单轨交通的支柱一般为钢筋混凝土柱，悬挂式单轨交通的支柱通常采用钢柱。

跨座式单轨交通和悬挂式单轨交通在构造等方面尚有许多其他差异，主要区别如表 1-1-1 所示。

表 1-1-1 跨座式与悬挂式单轨交通的区别表

| 比较内容 | 跨座式                                                                                                          | 悬挂式                                                                         |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 工程结构 | <p>车辆行驶在轨道梁上，梁下最小净高满足街道车辆限界尺度即可；</p> <p>轨道梁等采用预应力钢筋混凝土及钢筋混凝土结构，造价低；</p> <p>支柱及部分轨道梁采用现场浇筑的钢筋混凝土结构，施工工期较长</p> | <p>车辆行驶在轨道梁下，故桥梁结构抬起高度大；</p> <p>轨道梁等采用钢结构，造价高；</p> <p>钢梁等工厂制作，现场拼接建设速度快</p> |
| 维护保养 | <p>混凝土结构维护工作量小；</p> <p>轨道梁、导电轨，道岔均显露于外部，检查方便</p>                                                             | <p>钢结构维修养护工作量大；</p> <p>导电轨，走行系统等均藏于钢梁内部，不能直观检查</p>                          |
| 站台安全 | <p>站台面距道床底板高约 3 m，需考虑防跌落措施</p>                                                                               | <p>站台面距道床底板面约 0.5 m，比较安全</p>                                                |
| 线路曲线 | <p>最小曲线半径受到一定制约（因车辆构造与轨道梁的关系等）</p>                                                                           | <p>最小曲线半径受限制极小，可平顺通过</p>                                                    |
| 气候影响 | <p>轨道梁面易受雨、霜、雪影响。虽易于清除，但也影响黏着力，有些地方需考虑防滑措施</p>                                                               | <p>走行系统均在钢梁内部，不受气候影响，钢结构受气温影响大，在气温变化剧烈地区，要采取相应措施</p>                        |
| 胶轮磨损 | <p>混凝土梁面（一般经耐磨处理）摩擦力大，胶轮磨损相对大</p>                                                                            | <p>轨道面为木制或用树脂、砂浆制成，与胶轮磨合性能好，磨损小。胶轮使用寿命约比跨座式长 1 倍</p>                        |

单轨交通的车辆与传统型城市轨道交通车辆相比，两者之间除车厢内部设置相似外，车辆的体型、走行机构都有很大的不同。供电、信号、通信等设备系统的技术措施和布设方式，也由于土建工程构造上的差别，在一些方面也不尽相同。

单轨交通属中运量城市轨道交通，在该序列中运能属于较高的一种，

其轨道结构体形简洁，易于融入城市景观环境，又具有能爬陡坡、转急弯等诸多特点，其普及采用的范围正在日益扩大。

## 2 单轨交通发展简况

单轨交通问世和起步发展于西欧，20 世纪七八十年代在日本得到阔步发展，当前在美国、中国，以及东南亚等地方的一些城市，也开始在采用这种交通工具作为城市骨干交通或其他短途客运交通。简况如下：

### 2.1 单轨交通起源于西欧

据历史记载，英国人亨利·帕默尔（Henry Palmer）在 1821 年首先创造了用马牵拉车辆骑行于木制轨道上的跨座式单轨交通，并获英国特许发明证书，依据这项发明，1824 年英国在伦敦码头，曾建造过一条供运货的单轨交通。

在蒸汽机问世之后，1888 年法国人查尔·拉里格（Charle Larligue）为爱尔兰利斯特维尔设计建造了一条长约 15 km 客货两用的跨座式单轨。这条单轨交通以蒸汽机作为牵引动力，列车采用多节车辆编组，平均运速为 23 km/h，最高速度可达 43 km/h（图 1-2-1）。此时，单轨交通无论使用范围或技术方面较以往均前进了一大步。后由于汽车等交通工具的兴起，1924 年被迫停运，这条线路持续运营时间长达 36 年。

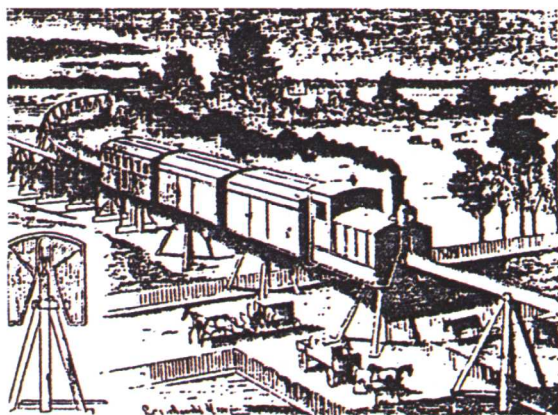


图 1-2-1 蒸汽机车牵引的跨座式单轨交通

1898年,比利时的布鲁塞尔博览会,首次推出了采用电力牵引的单轨车辆,这一技术创新为单轨交通发展开拓了新的前景。随后不久,德国鲁尔地区的伍珀塔尔(Wuppertaler)市,因城市客运交通的需要,法国人奥根·兰根(Eugen Langen)根据当地狭长河川的地形条件,为该市设计出一种车辆悬挂于拱形钢构架的纵梁底部,采用电力牵引和钢轮钢轨走行系统的悬挂式单轨交通(图1-2-2),线路基本沿伍珀河上空走行,全长13.3 km,共设19座车站。伍珀塔尔单轨交通始建于1898年,1901年完成第一段工程后,先期投入运营,全线建成通车于1903年,这是单轨交通真正成为城市客运交通工具的开始。



图1-2-2 伍珀塔尔市悬挂式单轨交通

伍珀塔尔市悬挂式单轨交通,现今采用的铰接联体车辆,长24.06 m,可乘204人,平均运速为25 km/h,最大速度为60 km/h,高峰时行车间隔为2.5 min,每天可运送乘客5.5万人。

伍珀塔尔市悬挂式单轨交通,由于引入现代技术,能够很好地适应城市客运需求,造价只为地铁的1/4,又很少占用地面,而且从未出现过运行事故,实践证实这种单轨交通是一种具有许多优点和相当可靠的城市交通工具。伍珀塔尔市单轨交通由于巧妙地利用了河川地形,构造又颇具特色,已成为该市一个特有的标志而闻名于世(图1-2-3)。在第二次世界

大战中，该交通系统遭到严重破坏，于1946年春修复后继续使用至今，100多年来运送乘客已超过17亿人次。



图 1-2-3 沿伍珀河上空行驶的单轨交通

1952年，瑞典人格林（Axel L Wenner Gren）对跨座式单轨进行了进一步的研究，在德国科隆近郊菲林根按1/2.5比例修建了一条长1.9 km跨座式单轨线路，进行模拟试验，试验达到的最高速度为130 km/h。在此基础上，于1957年又在同一地点建成一条长1.8 km的跨座式单轨试验线，进行实用性试验，并取得成功，后以发明人全名的首位字母组合的阿尔威格（ALWEG）命名这种跨座式单轨交通。这也是现今跨座式单轨交通的基本型式。

1960年2月法国十几家厂商合作并在法国国营铁路和巴黎交通公司的支持下，在巴黎南部奥尔良附近，建设了一条长1.4 km的悬挂式单轨交通试验线进行研究开发，并以公司名称第一个字母组成的萨菲基（SAFEGE: La Societe Anonyme Francaise d'Etudes de Gestion et d'Entreprises）命名，目前日本采用的悬挂式单轨交通，基本就是这种形式。

此后这两种型的单轨交通在日本、美国、意大利等国家的许多城市的游乐场和博览会上，作为观光娱乐和短途交通得到了广泛的应用。

## 2.2 20世纪后期单轨交通在日本得到较大的发展

单轨交通作为城市交通工具最早受到重视并获得较大发展的国家是日本。