

U231-53 431

C48

地下铁道文集

METRO SYMPOSIUM

中国土木工程学会隧道及地下工程分会地下铁道专业委员会
第十三届学术交流会论文选

Selected Papers of the 13th Symposium, Metro Committee,
Tunnel & Underground Works Branch of China Civil
Engineering Institution

主 编 陈锡贤
副主编 刘国琦
张家识



A0770834

海天出版社
中国·深圳
1999年12月

图书在版编目 (C I P) 数据

地下铁道文集/陈锡贤主编. - 深圳: 海天出版社, 1999. 12
ISBN 7 - 80615 - 959 - 2

I.地… II.陈… III.文集 - 科学技术 - 学术论文 IV.G78 - 49

海天出版社出版发行

(深圳市彩田南路海天大厦 518026)

<http://www.htph.com>

责任编辑:于志斌 装帧设计:张幼农 责任技编:王 颖

海天电子图书开发公司排版制作

深圳市希望印刷厂印刷 海天出版社经销

1999 年 12 月第 1 版 1999 年 12 月 1 次印刷

开本:889mm×1194mm 1/16 印张:44

字数:1050 千字 图数:1 幅 印数:1 - 1000 册

定价:168.00 元(平装)

198.00 元(精装)

海天版图书版权所有,侵权必究.

海天版图书凡有印装质量问题,可随时向承印厂调换.

前 言

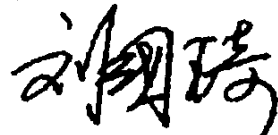
中国土木工程学会隧道及地下工程分会地铁专业委员会自 1979 年成立以来，先后举办了十二届学术交流会，在各成员单位及地铁界同仁的鼎力支持和积极参与下，取得了很好的效果，对我国地铁建设产生了一定的影响，为我国的地铁发展作出了积极贡献。根据上届会议要求，第十三届学术交流会将地铁车辆、设备国产化列为会议主要议题之一，并选在我国地铁车辆、设备国产化依托城市深圳召开其意义是重大的。

本届年会共收到论文 168 篇，经编辑委员会评议后，收录了其中的 117 篇，编辑成地铁文集，以供从事地铁建设的科技工作者参考。

本文集按论文内容分为 5 个部分。其中，有关车辆及机电设备方面的论文共 31 篇。本文集有一定理论深度，内容丰富，涉及地铁建设的方方面面，是全国地铁有关专家、学者及科技工作者辛勤劳动的结晶。

本届年会在论文征集、编辑、出版过程中，得到了深圳市地铁有限公司的大力支持与协助，在此谨表谢意。

地下铁道专业委员会主任



1999. 12

地铁专业委员会成立 20 周年 为我国地铁交通的发展作出了重要贡献

刘国琦 杜文库

(地下铁道专业委员会)

文化大革命之后恢复了学术交流活动。1979 年在中国土木工程学会隧道及地下工程学会的成立会上由北京、上海、天津、广州的付清谈、王振信、王津生、宋慧元和李成栋等倡议成立地铁学组，我被指定为秘书之一。从那时起我参加并组织了历次学术交流活动，20 年来先后在北京、广州、哈尔滨、天津、上海、南京主办了十二届学术交流会，回忆这 20 年的活动是很有意义的，我们可以自豪地说地铁的学术交流活动对我国地下铁道建设作出了重要贡献，特别是地铁的规划、设计、施工运营管理、车辆、设备的制造水平，随着地铁学术交流活动都在不断地提高。第一届学术交流活动仅是参观北京地铁工程建设，议论以下地铁学术交流今后如何开展，来自全国各城市的人员仅 30 多位。第二次学术交流活动是在广州举行的，当时结合广州的地铁规划，各城市代表提出了宝贵的意见，还第一次交流了 30 余篇论文，那次会议上代表们对地铁的防护等问题提出建议，认为地铁的防护应该改为五级人防标准，这对降低地铁造价有很大意义，地铁学组的这个建议获得各部门的认可，从此我国地铁建设改为五级人防标准，为国家节约了大量资金。这时参加会议的外地代表已达到 50 余人，受到广州市“人大”的重视，广州市有关领导参加会议并对代表们给广州地铁规划的建议表示感谢。地铁学术活动的前五届受当时条件的限制都是由代表自带论文进行交流，从第六届开始印论文集使地铁专业委员会的活动更正规，第十届后的学术交流会的规模都达到 200 人以上。前十届学术交流活动发展的论文情况已在第十一届学术交流会论文中刊登。每次会议的召开过程都出简报，会后还提一些建议向国家计委、建设部等有关部门反映。在地铁建设因我国经济实力不强而限制审批时，地铁专业委员会坚持活动，为我国各城市应储备一些规划、设计和施工力量而作宣传和呼吁，保护储存了一些力量，并不断进行科研、创新、学习、发展、设计、施工技术和制造生产地铁专用车辆和设备等，为我国的地铁事业的发展作出了努力。地铁专业委员会为我国地铁的发展不断作出新奉献，当时我国地铁的设计和施工只有一家，地铁专业委员组织各城市进行学术交流，使更多的城市和单位参加到地铁的设计、施工中来，这些技术不仅推动了我国地铁的发展，同时也应用到城市建设的各个领域中去，使我国城市建设水平不断发展，地铁施工技术的发展和推广应用就是说明。

我国北京从 1965 年开始修建地铁，广泛应用明挖法，只有一个车站二个区间为暗挖法，那在当时的条件下是最经济、合理的方案，由于地铁明挖采用了打桩、降水、大型挖土机、推土机、汽车运输施工，组合模板、混凝土搅拌站、混凝土搅拌车和泵送混凝土、钢管柱混凝土等不仅使地铁施工现代化，这些技术也在城市建设中应用使我国改变了人工施工的落后面貌。盖挖法也是先在北京、上海地铁车站施工中应用，这项技术目前在城市建筑密集地区的高层建筑中应用，取得较好的社会、经济效益。浅埋暗挖法在北京地铁中应用后现在已在城市各种地下管网和地下车库、地下商场中应用，出现了多连拱暗挖工程。我国还发明了平顶直墙暗挖法，已在地铁隧道和地下商场、过街道中应用，还出现了多跨多层的平顶直墙暗挖法，能更好地利用地下空间并保证

施工安全。冷冻法已在北京地铁区间隧道中应用成功，使它成为困难地层施工的新方法。沉埋法施工技术在广州越江工程应用获得成功，上海等地的越江隧道也将开始应用。盾构法施工技术已在上海地铁二号线中获得成功，在 10 台盾构中已有 1 台是中国人制造。广州也有日本人应用先进的复合盾构通过岩石和软土地层，目前北京正在引进盾构，明年将在地铁五号线中应用。我国已基本上掌握了国际上流行的设计、施工技术，有的已达到了国际先进水平。通过地铁专业委员会的学术交流活动，从只有北京一家设计和施工单位发展到上海、广州及铁道部等多家设计和施工单位，使设计和施工单位之间的竞争更加激烈，这种竞争促进了我国地铁建设水平的提高，为国家节约了资金。

地铁专业委员对我国地铁车辆，通信信号、供电、通风、自动扶梯等设备开发应用及国产化问题十分关注，我国北京一期地铁在中央领导小组主持下铁道、机械、电子等部委合作，很快生产出车辆和各种设备，并在北京一期地铁工程中应用，这些车辆和设备在平壤地铁中应用效果也不错。随着引进外资修建地铁，大量引进车辆和其他设备尽管性能有所改善，使地铁的造价令人难以接受，国务院下了（1995）60 号文件，暂停审批地铁项目，进一步促使各城市及有关单位认真研究和思考如何降低地铁造价及车辆设备国产化问题。只有降低地铁造价，促进地铁车辆设备的国产化，才能在我国各城市发展地铁，真正解决大城市的交通问题。伊朗地铁在激烈的国际竞争中采用了我国的车辆、供电、通风等设备，说明我国地铁车辆和设备的性能、价格在国际上是有竞争能力的。国家计委要求车辆和设备的国产化，并在深圳进行试点是非常正确的，我们在近几届学术交流会上都把车辆设备国产化问题提到了重要的议程并积极努力做好各方面的工作。

为了搞好国产设备的改造工作，地铁专业委员根据有关厂家的要求，组织专题论证协助厂家解决有关技术问题。天津通风机厂了解到地铁风机使用的是矿井轴流和纺织轴流两类之间的机型，虽然风压、风量可满足要求，但对地铁特殊环境下的特殊要求尚无适合的风机问世，应厂家要求地铁专业委员邀请科研、大专院校和有关城市地铁专家论证，专家们对地铁风机的技术要求作了研究，对风量、风压、适应火灾排烟及耐湿、适应季节、风叶片调整、对结构和经济方面的要求进行分析，并提出建议。根据这些要求，天津通风机厂与中国科学院热物理研究所，东北大学合作研制地铁专用 DT-45、DT-60 风机采用了先进的空气动力设计和优化结构设计，动叶可调角度，低噪声，结构紧凑，易维修保养，该机在地铁第十届交流会展上受到欢迎。

地铁专业委员会每届交流会除了交流学术论文外，还要分组讨论一下对我国地铁及城市轨道交通建设的建议，会后都有我整理后向国家计委、建设部、上报学会等有关部门送交，引起他们的重视，中国土木工程学会简报上多次以专家建议的形式发表我们的建议，这些建议对我国地铁及城市轨道交通的发展起了积极作用。现将第十一届和第十二届学术交流会会议纪要对我国地铁及城市轨道交通建设发展的建议向大家介绍一下，相信读过这些文字，你一定会看到地铁专业委员会在中国地铁和城市轨道交通建设中的作用。

由于地铁专业委员在中国地铁建设中的作用，已多次受到中国土木工程学会和隧道及地下工程学会的表扬，同时该学会在我国的大城市中已有很深的影响，地铁专业委员的活动日益受到欢迎，要求在各大城市举行地铁学术交流会已不是负担，而成为促进城市地铁建设发展的好办法，因为每次地铁专业学术交流会在哪个城市举办都将促进哪个城市的地铁和轨道交通事业的发展。

现在我国已有近 20 个城市在酝酿地铁及轨道交通建设，我们相信 21 世纪我国地铁及轨道交通事业将会有一个新的发展，地铁专业委员会的学术交流活动也将有一个新的水平，通过全国参加地铁科研、设计、施工，运营管理、车辆设备生产单位的共同努力，使我国地铁和轨道交通

通建设水平尽快达到国际先进水平，利用中国地铁和轨道交通建设经验和我国的车辆、设备去占领国际市场。

深圳地铁一期工程机电设备国产化

陈锡贤

(深圳市地铁有限公司)

摘要: 本文简要介绍了深圳地铁一期工程车辆及各设备系统的组成、作用、国产化现状,并阐明了深圳地铁对车辆设备的国产化方案和实施步骤。

关键词: 地铁;工程;车辆;设备;国产化

深圳地铁一期工程自 1992 年 7 月开始筹建,1998 年 5 月国家批准立项。1998 年 8 月《深圳地铁一期工程可行性研究报告》通过了中国国际工程咨询公司的评估,1999 年 4 月获国家批准,1999 年 10 月底通过深圳市人民政府组织的初步设计审查,现正进行施工图设计。

深圳地铁自筹建起就把设备国产化的问题列为重要的议题,先后组织和委托国内多家厂商、科研和设计单位分专业完成了机电设备系统的技术方案建议报告和国产化方案建议报告。1997 年初,委托连京广公司编写了《深圳市地铁工程车辆、机电设备国产化研究方案》。在此基础上,地铁公司与总体设计单位经过广泛调研,制定了深圳地铁一期工程的设备国产化方案——《深圳地铁一期工程车辆、机电设备国产化研究报告》,作为《深圳地铁一期工程可行性研究报告》的附件。

在国家计委主持的“贯彻落实城市轨道交通设备国产化工作会议”后,深圳地铁就如何贯彻落实国务院办公厅文件精神和国家计委要求,专门召开了工作会议,讨论制定了深圳地铁一期工程机电设备国产化具体实施方案及实施步骤。

一、深圳地铁一期工程概况

深圳地铁一期工程由地铁 1 号线的东段和 4 号线的南段组成。国家批准的《深圳地铁一期工程可行性研究报告》工程规模为正线全长 14.825 双线公里,其中 1 号线从罗湖至香蜜湖,线路长 10.682 公里,为东西走向;4 号线皇岗至水晶岛,线路长 4.143 公里,为南北走向。共设车站 14 座,并在竹子林建辅助车辆段和行车调度指挥中心,出入段线路 3.792 双线公里。初步设计预算为 80.13 亿元,其中需外汇 0.94 亿美元。

由于出入车辆段线路与 1 号线的线路走向完全一致,为避免重复建设,节省投资,出入段线路按正线标准建设。为使线路和站位调整得更合理,同时向西延长 0.515 公里,并增设车公庙、竹子林和会展中心三座车站。为配合中心区的开发建设,4 号线需向北延伸 0.336 公里,增设文化中心站。因此深圳地铁一期工程的工程规模为正线 19.468 双线公里,设车站 18 座,并相应增加车辆和机电设备系统数量。初步设计总概算 105.85 亿元(其中外汇 1.04 亿美元),综合造价为每正线公里 5.44 亿元。延伸段工程与本段工程同步建成。

二、车辆及机电设备国产化实施方案

1. 车辆

车辆是地铁设备的核心,投资大,技术复杂,是确保地铁安全、正点、高效运行的关键设备。深圳地铁一期工程车辆采用四动二拖六辆编组方式,共需 114 辆(计 19 列)。车辆端部采用

流线型，车体为鼓形车体，车门采用电动塞拉门。列车造型具有鲜明的时代气息，可充分体现深圳作为改革开放的经济特区和国际性现代化城市的特点，并采用下列先进技术：

- 采用 VVVF 变频变压交流传动技术；
- 采用铝合金车体；
- 采用无摇枕转向架；
- 采用 ATC 列车自动控制系统；
- 采用模拟式制动技术。

1. 1 车辆国产化分析

1. 1. 1 车辆总装

国家发展计划委员会经过充分论证，于 1999 年下发了“计预测[1999]428”号文，确定长春客车厂和南京浦镇车辆厂作为我国地铁车辆的定点生产厂，并对两厂投巨资进行技术改造。

深圳地铁公司将按照国家的国产化部署，通过议标的方式在两家定点厂中选择一家作为深圳地铁车辆的总装厂。

1. 1. 2 车体

现代地铁车辆车体基本上采用大型和大型空心挤压铝合金型材或不锈钢材料。尤其是大型空心挤压铝合金型材更显示出它在减轻车辆自重和简化制造工艺方面的优越性。西南铝加工厂作为地铁车辆用大型铝型材国产化的定点厂，技术力量较强，并准备对 8 千吨挤压机的配套设备进行技术改造，完成后就可实现大型铝型材国产化。长春客车厂和浦镇车辆厂经过技术改造，并增加必要的生产和试验设备后，分别在 Adtranz 和 ALSTOM 的技术支持下，均能生产全焊接铝合金车体和机械紧固式铝合金车体。

1. 1. 3 转向架

目前国外地铁车辆普遍采用无摇枕钢板焊接转向架，广州地铁、上海地铁采用的就是西门子的该型转向架。长春客车厂从韩国引进了该类型转向架的制造技术，用于德黑兰和北京复八线地铁车上，但与深圳地铁的要求有一定的差距。该厂虽有 ADtranz 公司的技术支持，但 ADtranz 公司却无生产该型转向架的经验。西门子公司正准备与株洲电力机车厂合作，进行地铁转向架的生产。在得到西门子公司技术支持后，株洲电力机车厂凭借其电力机车用钢板焊接转向架的制造能力和经验，完全有能力为深圳地铁车辆生产符合要求的转向架。

1. 1. 4 变频变压（VVVF）交流传动系统

目前变频变压（VVVF）交流传动技术在国际上已经成熟，并得到普遍应用，上海地铁 2 号线和广州地铁 1 号线及北京地铁复八线车辆都采用了这种传动技术。

目前我国，VVVF 交流传动技术尚处于研制阶段，近年来铁道部已经加速了开发和研究工作，株洲电力机车研究所（国家变流技术工程研究中心），1996 年为交流传动电力机车原型车研制了包括四象限变换器和 VVVF 逆变器在内的整个电传动系统；其自主研制的 IGBT VVVF 逆变器和直接力矩控制系统已应用于地铁蓄电池维护车；不久前与三菱公司合作为内燃调车机车研制了采用 3300V、1200A IPM 元件的 1000kVA 逆变器，并已装车应用，该逆变器的技术性能基本可以满足地铁车辆的需要。阿尔斯通公司在上海设立了合资厂，专门生产地铁车辆的牵引动力设备。株洲西门子牵引设备有限公司为株洲电力机车厂和研究所与西门子的合资企业，专门生产机车车辆用牵引动力设备，其中包括地铁牵引系统设备。目前，ADtranz、三菱等车辆电气系统潜在供

应商均在积极地与株洲所探讨合作生产电气系统设备的方式。所有这一切为地铁车辆的国产化创造了良好的条件。

电传动系统作为车辆的核心部分，为了保证技术水平和产品质量，我们设想初期 VVVF 逆变器、牵引电动机等主要设备及其控制系统从国外引进，以后由株洲电力机车研究所和国内其他单位消化吸收，逐步实现国产化。

1. 1. 5 辅助电源系统

本系统主要由静止逆变器、低压电源和蓄电池等组成。株洲电力机车研究所研制的 50~70kVA 逆变器已批量应用于电力机车、空调客车，正在研制输入电压为 DC1500V 的地铁辅助逆变器，计划于 2000 年底装车试用。根据协议，西门子将向株洲所转让电力机车和地铁车辆辅助变流器的技术。深圳地铁一期工程车辆静止逆变器和低压电源初期以引进为主，以后逐步实现国产化。

1. 1. 6 制动系统

为适应地铁车辆起、制动频繁和电、空制动协调配合的要求，现代地铁车辆均采用技术先进的模拟式电、空联合制动系统，以实现制动时均匀减速、无冲击。这种制动系统的关键部件是微机控制模拟式制动机。上海地铁 2 号线车辆、广州地铁 1 号线车辆和北京地铁部分车辆都采用这种制动系统，深圳地铁车辆也准备采用这种制动系统。目前，模拟式制动机国内尚不能生产，需要进口。

1. 1. 7 车钩缓冲装置

地铁车辆用的车钩（自动钩与半自动钩），不仅传递牵引和压缩力，而且还必须实现空、电自动连接，目前国产的地铁车钩主要在强度和性能上不能满足需要，因此需要进口。

1. 1. 8 列车控制和诊断系统

本系统主要功能是对列车进行全面控制，并对列车状态进行监测和诊断，以指导司机的操作和日常维护及检修人员进行故障查找和处理，该系统在铁路机车上已得到普遍应用，但地铁列车控制和诊断系统在国内尚处在研制阶段，所以初期需要进口。

1. 1. 9 车体内装及其他设备

除了客室侧门的控制及其传动系统需要进口外，其余如受电弓、车门组成、车窗、座椅、空调和内装材料等均可采用国内产品。

综上所述，一期工程车辆国产化率可达到 60%，争取实现 70% 的目标。

2. 供电系统

供电系统是地铁动力和照明的电力能源，主要包括地铁专用的各类变电所、架空接触网、电力监控装置以及杂散电流防护装置。

根据我国城市电网的发展趋势和深圳市供电网的实际情况，经认真比较分析后，深圳地铁一期工程供电系统决定采用 10KV 分散供电方式，车站采用分组供电，每一受电组由一个降压所和一个牵引降压混合所组成，从城市电网的不同 110KV 电站获得几路独立 10KV 电源。列车采用直流 1500 伏架空接触网受流方式，并设置电力集中监控装置（SCADA）监控全线供电设施。

与集中供电方案相比，采用分散供电方案具有以下优点：

- （1） 可靠性更高；
- （2） 可降低建设成本；
- （3） 运营后可减少运营管理人员，降低运营成本。

根据供电系统设备调研的情况分析，中低压开关柜、直流电源柜、动力变压器等产品，均有

国内企业或合资企业可提供技术先进、性能可靠的产品；

10KV 整流变压器、整流器、接触网、SCADA 系统，国内均有生产相似或相关产品的生产能力和应用经验，但尚没有在 10KV 供电、DC1500V 受流的地铁供电系统中应用的产品，部分产品正在研制中，上海和广州地铁采用的为进口产品，如果国内厂家生产的产品能满足深圳地铁要求，我们尽可能选用国内产品。

直流快速开关、轨道电位抑制器、分段绝缘器、负极柜等为保证安全供电的关键设备，目前国内尚不能生产，将采用进口产品。

供电系统设备国产化率为 90%左右。

3. 信号系统

信号系统是保证行车安全、提高行车密度、维护行车秩序、实现运营管理自动化的关键系统，涉及微电子、信息传输、计算机网络等许多领域的先进技术。国外地铁信号系统发展较快，已成为世界各国地铁运行管理自动化技术发展的重点。

深圳地铁信号系统采用列车自动控制系统（ATC），其三个子系统列车自动监控（ATS）、列车自动防护（ATP）、列车自动驾驶（ATO）通过信息交换构成闭环，其功能主要包括：跟踪、调度、调整列车运行、显示系统状态、诊断、控制列车间隔、进路、超速防护。保证运行安全、自动控制列车运行、定点停车等。

国外 ATC 技术已经发展到了较高水平，而国内尚无完整成熟 ATC 系统可供选用。因信号国产化开发需要较长时间，深圳地铁一期工程信号自动控制 ATC 系统的关键设备及软件只能从国外引进，在引进的同时，由国内企业逐步参与部分设备的集成和生产，及部分软件的编制、调试，逐渐提高信号系统国产化率。

ATP 车载设备由于其工作温度、湿度、振动、冲击及电磁干扰等环境条件差，对安全可靠性要求很高，直接关系行车安全。目前 ATP 车载设备国内尚无厂家具备国产化的条件，可结合引进工作，为今后国产化作准备。

ATS 系统主要用于运营管理，目前有些系统 ATS 的功能在向综合集成控制显示方面发展，其软件所占比例较大。引进国外系统同时，可以由国内技术人员参与软件编制和调试，初步了解系统以后，再扩大涉及的深度和范围，逐渐向自主开发方向发展。

车辆段信号控制联锁系统选用国内研制、技术水平先进、有成熟使用经验、稳定可靠的车站微机联锁系统。其余配套各类设备如有绝缘轨道电路、控制中心显示系统、车站控制台、电源屏、UPS 设备、接口组合柜、分线柜、继电器、电动转辙机、室内外各类电线电缆、部分轨旁设备及基础和安装装置及通信网络等基础设施，均可采用国内产品。

考虑技术转让、合资、合作生产等方式进行产品国产化需要一定时间和运用考核，本系统初期国产化率约为 40%，后期达到 60%的目标。

4. 通信系统

本系统由传输、交换、无线通信、电视监控、有线广播、时钟、电源和网管等 8 个子系统组成。

传输子系统是地铁控制系统的中枢神经，它要为地铁的控制系统提供传输信息的通路，因而可靠性要求极高，它的故障会引起地铁系统的瘫痪。对一个能支持地铁多种业务的多媒体传输子系统，因技术复杂，国内通信制造厂商尚不能提供现成产品，中兴通信公司、武汉邮科院等刚开始着手研发。因此我们认为该系统目前以进口为宜。

无线子系统作为调度电话的补充和备用,涉及行车安全。深圳地铁初步设计为集群制,并且通过初步设计专家审定。集群无线产品九十年代在我国才开始引进,我市和国内一些厂家陆续开始引进研制,但进展较慢,产品尚不成熟,且硬件和主要软件都还是国外的,国内厂商只能提供一些技术含量较低的配套产品,国内的几条地铁也都采用进口设备,因此我们认为该子系统应主要采用进口设备。

交换、电视监视、广播、时钟、电源、网管等子系统,国内厂商已给其它城市地铁提供过相应的设备,质量均可满足地铁的需要,且以上大部分产品已能在深圳生产制造,可完全实现国产化。

通信系统设备国产化率可以达到85%以上。

5. 环控系统

一期工程环控系统由车站公共区制冷空调系统与通风系统、车站区间排热通风系统、区间隧道活塞风系统、区间隧道机械通风系统、车站设备管理用房空调通风系统、车站出入口空气幕隔离系统组成,对车站和区间隧道内的温度、湿度、气流速度、事故和火灾情况下人员安全疏散等进行全面控制。

本系统所需的设备,如冷水机组、空调机组、通风机、冷却塔、冷却冷冻水泵、消声器及风阀等,均有国内厂家或合资企业可提供成熟产品,并已应用于上海地铁1、2号线或广州地铁1号线。

环控系统的设备除少量关键部件需由生产厂家进口外,其余均可国产。本系统设备国产化率为100%。

6. 车站设备监控系统(BAS)

车站设备监控系统实行中央级、车站级和就地级三级监控,利用计算机网络将分布在车站内的通风、空调、给排水、照明、自动扶梯/电梯、屏蔽门等系统的本地控制器连接起来,共同完成集中操作、管理和分散控制,对地铁内设备进行全面监控、管理和协调,使设备处于高效、节能、可靠的最佳运行状态。在正常状态下,BAS系统对环控等设备按设定程序进行监控;在非正常状态下,BAS系统改变正常运行模式,对环控等设备进行调控,满足各种情况下地铁运行对环境的要求;灾害状态下,接受防灾报警系统的监控指令并启动相应的灾害模式。

BAS系统设备主要由控制中心计算机、各车站分计算机和现场的各种传感器与控制器组成,世界上本专业主要系统集成商和设备供应商均在国内设有独资或合资企业,国内亦有具有系统集成能力和经验厂商,并可提供部分探测和控制设备。

因此该系统的设备除少量关键部件需由生产厂家进口外,其余均可采用国内产品,国产化率为100%。

7. 防灾报警系统(FAS)

FAS系统利用计算机网络将防灾指挥中心(行车调度指挥中心内)和各车站的防灾控制室连接起来,对车站、区间隧道、车辆段、控制中心、变电所等处进行灾害报警及联动控制,是保障旅客人身安全和设备安全的重要系统。FAS系统实行两级管理和三级控制,防灾指挥中心为主控制级,各车站的防灾控制室(包括控制中心大楼)为分控级,在正常情况下,各车站的防灾控制室的防灾报警分机通过其管辖范围的探测设备采集火灾信息,经分析处理后,传送到防灾报警中心,并接收和执行控制命令。控制中心的防灾报警主机主要监测各分机传输来的信息,在火灾情况下,按照预先设定的模式执行。

由于地铁的环境复杂，湿度大、电磁干扰严重等，因此对 FAS 系统产品的性能要远高于一般楼宇的防灾报警系统的产品，要求系统网络传输时间短，可靠性高，不漏报且误报率低，产品必须具有很好的抗电磁干扰、抗潮湿和抗灰尘性能。

国内有关厂商有些具有提供防灾系统设备的能力，但均未在地铁中应用的经验，上海和广州地铁 FAS 系统均采用进口设备。

为确保地铁运行安全，FAS 系统设备初期以引进为主，国产化率约为 15%。

8. 自动售检票系统 (AFC)

AFC 系统是地铁票务管理自动化系统，该系统可实现自动售票、检票、计费、结算、统计、报表等工作的计算机自动化管理，对地铁的客流组织、收入审核、决策分析起着重要作用。AFC 系统由票务中心计算机、车站计算机和车站售检票设备组成，采用非接触式 IC 卡为车票载体，技术先进，在安全保密性、可靠性、稳定性、耐用性、可维修性等方面都要求较高。

AFC 系统的车站售检票设备中，检票机、自动售票机、半自动售票机、自动转帐机、验票机等，国内已有样机和部分成品。目前，国产化的关键在于软硬件的可靠性、安全性、保密性及非接触 IC 卡芯片及读写器的研制。

鉴于 AFC 系统的重要性，对自动售票机、自动充值机等关键设备，深圳地铁准备采用进口产品。

AFC 系统设备国产化率约为 70%。

9. 给排水系统

给排水系统由生产、生活给水，消防给水系统和污水排放及废水处理排放系统构成。

本系统所需的设备和各种管材、阀门等，国内均有成熟产品，且技术性能完全可满足地铁的要求。

本系统设备国产化率为 100%。

10. 自动扶梯及电梯

自动扶梯及电梯的设置主要为提高车站的疏散能力、地铁系统的运输能力和服务水平，目前由于国外电（扶）梯的名牌厂家，如美国 OTIS、瑞士迅达、日本三菱、日本日立、芬兰通力都在国内设有合资公司和合资厂，生产的自动扶梯和电梯在技术性能、质量上已接近或达到国外同类产品的先进水平，并广泛应用于商场、酒店和火车站，部分产品还出口国外。

因此，自动扶梯及电梯均可实现国产化，国产化率为 100%。

11. 屏蔽门

屏蔽门系统是安装在站台边缘和两端新型地铁设备，由于它将站台与隧道空间完全隔离，不但避免了乘客跌落轨道的危险，而且大大减少了活塞效应造成的冷气损失，同时也降低了列车进站时给站台造成的噪音，因而达到安全、节能和舒适的目的。

屏蔽门系统主要由金属结构（铝合金或不锈钢）、玻璃幕墙、门体、门机等部分组成。对金属结构、玻璃幕墙、门体，国内企业均具有生产能力，国内企业尚不能生产的关键部件需要进口。

最近，国内已有厂商正在努力与国外企业洽谈合资合作，可望实现屏蔽门系统的全部国产化。

因此深圳地铁一期工程屏蔽门系统的国产化率争取达到 100%。

12. 车辆段及综合维修基地设备

深圳地铁车辆段及综合维修基地检修设备种类繁多，主要有起重运输设备、金属气割机床、焊接设备、探伤设备、清洗设备、专用检修、检测、试验设备、救援设备及动力设备等数十种。

起重运输设备、金属切割设备、调车机车、动力设备等国内技术成熟、性能可靠，且为多家厂商生产的标准设备，因此，都可采用国产设备。

部分专用检修、检测、试验设备、清洗设备、探伤设备等已广泛用于铁路机车、客车的检修维护，技术成熟。如转向架分解组装工作台、空调器测试装置及冷媒充放装置、列车外皮清洗机、转向架、轮对清洗机、轮轴电磁探伤及超声波探伤设备、超声波清洗机等，国内厂家地铁车辆检修的要求，进行局部修改设计，可提供满足深圳地铁要求的产品。

部分与深圳地铁车辆具体部件选型密切相关的、技术含量高、难度大、国内尚无生产、短期内也不可能生产的专用设备，如检测、试验设备、电子电器检修试验设备、电器综合试验台、牵引逆变器试验台、辅助逆变器试验台、车辆静调、动调设备、磨轨车、模拟驾驶设备等宜采用进口设备。

不落轮车床、蓄电池工程维护车、固定式架车机等设备，虽然国内已有青海重型机床厂和株洲电力机车厂等企业分别研制出样机，但尚需经过地铁的运用考核。

车辆段及其它基地设备系统国产化率为 75%左右。

三、国产化的实施步骤

地铁工程设备系统多，技术复杂程度不一，根据各系统的技术特点和国内的水平，对不同的设备系统，深圳地铁将采用不同的国产化方式和步骤。

1. 车辆

1.1 车辆采用议标的方式，在国家计委确定的两家定点企业选择一个车辆总承包商。

1.2 对国内技术尚不成熟的 VVVF 逆变器、微机控制和诊断系统、牵引电机、辅助逆变器、模拟制动机、车钩、缓冲装置等关键部件，要求总承包商必须采用国际招标的方式确定分包商。

1.3 要求分包商投标时，必须在相应部件的国家定点单位中选择一家作为合作伙伴，并提供相应的国产化方案，除技术、性能、价格、服务等指标外，其国产化方案是否具有可操作性，将作为评标的重要依据。

1.4 要求车辆关键部件的国产化定点单位从技术谈判开始，介入深圳地铁车辆的关键设备的技术设计、施工设计、调试、试验及整车调试的全过程，支持其采用技术引进、合作、合资等多种形式进行地铁关键设备的国产化。

1.5 对深圳地铁车辆采用的进口关键部件，分阶段逐步实现国产化。

- 第一阶段（一期工程前 72 辆）：VVVF 逆变器、微机控制和诊断系统、牵引电机、辅助逆变器、模拟制动机、车钩、缓冲装置等关键部件采用进口，而铝合金车体、转向架、车内设备、主传动系统和辅助系统一般电气设备等采用国内产品，该阶段的车辆的国产化率约为 55%。
- 第二阶段（一期工程后 42 辆）：在第一阶段的基础上，牵引电机、辅助逆变器、模拟制动机、车钩、缓冲装置等关键部件采用定点单位的国产化产品，使国产化率达到 70%左右。
- 第三阶段（二期及以后工程车辆）：VVVF 逆变器、微机控制和诊断系统等实现国产化，使车辆国产化率达到 90%以上。

2. 信号系统

2.1 信号 ATC 系统将采用招标的方式确定供货商。

2.2 要求供货商投标时,除技术、性能、价格、服务等指标外,必须提供相应的国产化方案,其中包括国产化内容、实施步骤、国产化率等。其国产化方案是否具有可操作性,将作为评标的重要依据。

2.3 要求信号系统有关国产化定点单位从技术谈判开始介入,深圳地铁支持其采用技术引进、合作、合资等多种形式进行地铁信号系统国产化。设计单位也应组织专门的科研开发力量,结合施工设计,协调处理设备国产化过程中出现的技术问题和接口问题。

2.4 对深圳地铁信号系统的进口设备,分阶段逐步实现国产化。

- 第一阶段(一期工程): ATP 部分室内设备、正线轨道电路的部分硬件为国产化重点,在供货商负责试验产品的安全检测和性能检测后,工程尽量为国产化产品提供试验条件和实例应用条件。同时国内进行 ATS 和 ATP 部分应用软件编制,国外供货商负责安全检测。地铁微机联锁研究工作也于同期开展。
- 第二阶段:在一期工程结束后,上述国产化产品投入生产,并深入开展软件国产化研究,用国产化产品装备 4 号线。深圳地铁将尽可能为国产化产品提供试验条件。
- 第三阶段(二期工程):逐步实现 ATP 系统室外和车载设备国产化及安全软件国产化。

3. 其它进口设备

除车辆和信号系统设备外,其它系统的进口设备相对技术难度较低,或国内已有一定的基础,部分单位正在或准备研制开发,有的已经研制出样机,只是性能和应用考核方面与深圳地铁的要求相比尚有一定的差距,如通信系统的无线子系统(深圳华为、中兴、赛格)、车辆段的不落轮镗(青海机床厂)、外部清洗机(哈尔滨铁科所)、蓄电池维护车(株洲电力机车厂)等,这些设备通过各有关企业的合作、合资、技术引进或自我开发,将逐步在较短的时间内实现国产化。深圳地铁在这些设备的国产化过程中也将提供有力的支持。

四、结论

深圳地铁设备的国产化方案,是在进行了充分调查研究的基础上,结合本工程的实际情况,考虑技术先进性和可实施性因素制定出来的。通过深入的调查研究和分析比较,我们认为,在现有的基础上,再得到国家计委地铁设备国产化宏观政策的指导和有关单位的大力支持,深圳地铁一期工程机电设备国产化方案和实施步骤应该是可行的。总体上是把握实现国家计委提出的地铁机电设备综合国产化率 70% 的目标。

世界各国地铁建设情况分析

轩辕啸雯

(中国铁路工程总公司)

摘要: 本文简要对世界各国至1998年底修建城市地下铁道情况进行了分析, 从而找出城市地铁建设与城市人口、城市发展和国家经济实力的关系, 看到我国城市地铁建设与各国相比所处的地位。

关键词: 各国 地铁建设 情况分析

根据《简氏城市运输系统年鉴》(Jane's Urban Transportation system)1997~1998 年公布数字, 目前已开通地铁情况如表一。

1998年已开通的地下铁道情况

表一

国 家	城市名称	市区人口 (万)	第一段地铁 开通年份	现有路网		
				条数	长度(KM)	车站 座数
阿根廷	布宜诺斯艾利斯	290	1913.12	5	36.5	63
亚美尼亚	埃里温	100	1981.7.3	1	10.5	9
奥地利	维也纳	150	1976	4	38.5	55
阿塞拜疆	巴库	170	1976.11.6	2	29	18
白俄罗斯	明斯克	170	1984.6.29	2	16.7	18
比利时	布鲁塞尔	110	1976	3	40.5	51
巴西	贝洛奥里藏特	220	1986.8	1	23.7	16
	巴西利亚	180	1994	1	29	8
	阿雷格里港	130	1985.3.4	1	26.7	15
	里约热内卢	580	1981.3.5	2	25.5	24
	圣保罗	1100	1974.9.14	3	43.6	41
	累西腓	120	1985	2	52.5	27
加拿大	蒙特列尔	180	1966.10.14	4	65	65
	多伦多	220	1954.3.30	2	56.4	61
	温哥华	180	1986	1	28.8	20
智利	圣地亚哥	430	1975.9.15	3	37.6	47
委内瑞拉	加拉加斯	350	1983.3.27	3	42.5	40

中国	北京	700	1969. 10. 1	2	42	29
	天津	540	1980. 8. 10	1	7. 4	8
	广州	330	1997. 6. 28	1	5. 4	5
	上海	700	1993. 1. 10	1	16. 1	13
	香港	550	1979. 10. 1	3	43. 2	38
	台北	250	1993	1	11	15
哥伦比亚	麦德林	200	1995	2	29	25
捷克	布拉格	120	1974. 9. 5	3	43. 6	43
埃及	开罗	830	1987. 9. 26	1	8	11
芬兰	赫尔辛基	52. 5	1982	1	16. 9	13
法国	里尔	110	1983. 5. 16	2	28. 3	39
	里昂	42	1978. 4. 28	4	25. 7	33
	马赛	80. 8	1977. 11. 26	2	19. 5	24
	巴黎	200	1990. 7. 19	15	201. 5	244
格鲁吉亚	梯比里斯	110	1966. 1. 11	2	23	20
德国	柏林	350	1902. 2. 18	9	143	168
	法兰克福	65. 4	1968. 10. 14	7	56. 1	82
	汉堡	170	1912	3	100	89
	慕尼黑	120	1971. 10. 19	6	71	78
	纽伦堡	49. 3	1972	2	24. 9	35
希腊	雅典	360	1925	1	25. 8	23
匈牙利	布达佩斯	210	1896. 5. 2	3	30. 8	41
印度	加尔各答	1000	1984. 10	1	16. 5	17
意大利	米兰	150	1964. 11. 1	3	68. 7	83
	那不勒斯	120	1993	1	9. 5	9
	罗马	280	1955. 3. 30	2	33. 5	43
日本	福岗	130	1981. 7. 16	2	17. 8	19
	神户	150	1977. 3. 13	2	22. 7	16
	京都	150	1981. 5. 29	1	11. 1	13
	名古屋	220	1957. 11. 15	5	76. 5	74
	大阪	260	1933. 5. 20	7	105. 8	85
	札幌	170	1971. 10. 26	3	45. 2	47
	仙台	97	1987. 7. 15	1	14. 8	17
	东京	1620	1927. 12. 30	12	237. 4	224
	横滨	310	1972. 12. 16	2	32. 9	27
朝鲜	平壤	250	1973. 9. 5	2	22. 5	17

韩国	釜山	390	1985	1	32.5	30
	汉城	1020	1974. 8. 15	4	131.6	114
墨西哥	墨西哥城	2000	1969. 12. 10	10	178	154
荷兰	阿姆斯特丹	72.4	1977. 10. 14	3	40	40
	鹿特丹	88.4	1968. 2	5	75.9	41
挪威	奥斯陆	48	1966. 7	5	98	114
波兰	华沙	170	1995	1	11.2	11
葡萄牙	里斯本	61	1959. 12. 30	2	19	25
罗马尼亚	布加勒斯特	230	1979. 11. 6	3	59.2	40
俄罗斯	莫斯科	880	1935. 5. 15	11	255.7	158
	下诺夫城	140	1985. 11. 19	2	13	12
	新西伯利亚	150	1985. 12	2	13	10
	萨马拉	130	1987. 12. 25	1	12.5	7
	圣彼得堡	320	1955. 11. 7	4	91.7	54
西班牙	巴塞罗那	170	1924. 12. 30	5	75.9	106
	毕尔巴鄂	50	1995	1	26.5	23
	马德里	280	1919. 10. 17	11	120.8	164
新加坡	新加坡	290	1987. 9. 7	2	83	48
瑞典	斯德哥尔摩	70.4	1950. 7. 6	3	110	100
乌克兰	哈尔科夫	160	1975. 8. 21	3	26	27
	基辅	260	1960. 11. 6	3	46.5	37
英国	格拉斯哥	75.1	1896. 6. 14	1	10.4	15
	伦敦	630	1863. 1. 10	12	392	261
	新堡	28.1	1980. 8. 1	2	59.1	46
美国	亚特兰大	120	1979. 6. 30	3	62.9	36
	巴尔的摩	75	1983. 11. 21	1	23.7	12
	波士顿	56.2	1897. 9. 1	3	75	84
	芝加哥	280	1892	7	173	118
	克利夫兰	50.5	1955	1	30.7	18
	洛山矶	360	1993	1	8.7	7
	迈阿密	190	1984. 12. 1	1	33	21
	纽约	730	1867. 12. 9	25	371	468
	纽瓦克—新泽西	32.9	1962	1	22.2	13
	费城	160	1907. 3. 4	3	41	62
	旧金山	72.4	1972. 9. 11	4	135	37
	华盛顿	60.7	1976	5	144	74
乌兹别克	塔什干	130	1977. 11. 6	2	30	26