

DITIE
GONGCHENG
SHIGONG JISHU

地铁土建工程专业培训教材

地铁工程 施工技术

陈克济 主编 ○



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

地铁土建工程专业培训教材

地铁工程施工技术

陈克济 主编

中国铁道出版社

2014年·北京

内 容 简 介

本书从工程筹划、施工方案、工艺制订入手,全面、系统介绍了地铁车站围护结构施工、车站主体施工、区间工程施工(包括盾构法、矿山法隧道施工)、地铁工程测量、常规工程试验、监控量测及信息化管理等内容。

本书可作为地铁工程土建专业工程技术与管理 人员的培训教材,也可供建设方、监理管理、监理、设计咨询、设计、试验检测、测量和监测等相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

地铁工程施工技术/陈克济主编. —北京:中国铁道出版社,2014. 6

地铁土建工程专业培训教材

ISBN 978-7-113-18610-4

I. ①地… II. ①陈 III. ①地下铁道—工程施工—技术培训—教材
IV. ①U213

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 102432 号

书 名: 地铁土建工程专业培训教材
 地铁工程施工技术
作 者: 陈克济 主编

责任编辑: 傅希刚 编辑部电话: 01051873142 电子信箱: 532544186@ qq. com
封面设计: 郑春鹏
责任校对: 马 丽
责任印制: 陆 宁 高春晓

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址: <http://www.tdpress.com>

印 刷: 北京铭成印刷有限公司

版 次: 2014年6月第1版 2014年6月第1次印刷

开 本: 787 mm × 1 092 mm 1/16 印张: 25.75 插页: 1 字数: 631 千

书 号: ISBN 978-7-113-18610-4

定 价: 78.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。电话:(010)51873174(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)51873659,路电(021)73659,传真(010)63549480

编委会名单

主 任：陈克济

副 主 任：李 围 郎建平 邓希权

委 员：王凤英 胡 洋 孟庆明 胡德华
白 伟 周建伟 高玉生 黄卫根

主 编：陈克济

副 主 编：李 围

主 审：刘建国

编写人员：陈克济 李 围 孟庆明 白 伟
胡德华 周建伟 胡 洋 高玉生
黄卫根 郎建平 王凤英

序

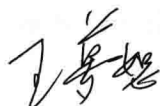
在党的十八届三中全会精神指引下,全国各行各业正在深化改革,为实现中华民族全面复兴的中国梦而奋力拼搏。随着国民经济的持续迅猛发展,我国城镇化速度不断加快,作为城市交通运输生力军的地下铁道,正在全国各大城市加快建设。目前,我国特大型、大型城市(如北京、上海、广州、深圳等)的地下铁道网络已初步形成,并仍在加快建设。根据国务院下发的《关于加强城市基础设施建设的意见》,一大批省会级城市和中型城市正在筹划地下铁道的建设。2014年2月,在西南交通大学校友会上,中国工程院施仲衡院士提出:“针对全国地铁建设热潮的到来,将出现100万人以上的地铁工程技术人员缺口,希望有关方面抓紧人才的培训工作。”中国产业创新工作委员会工程技术培训与咨询中心为适应国内地铁建设新形势,满足对地铁工程土建专业工程技术与管理人才培训的需要,抽调从事地铁建设的部分专家撰写了这本《地铁工程施工技术》。

本书的特点是注重对现场一线建设者实际能力的提高。针对地铁工程的特点,重点介绍技术先进、贴合现场实际的施工方法和简捷、有效的施工工艺,使工程技术人员和管理人员读后能比较全面、系统地掌握地铁施工技术,并能在工程实践中顺利实施。

参加编写本书的主要作者均来自生产第一线,他们既有较深厚的理论功底,又具有较丰富的管理经验。

本书内容丰富,涵盖面广,信息量大,实用性强,不失为一本很好的培训教材。

中国工程院院士



2014年3月10日

前 言

本书系为全国从事地铁土建工程施工的工程技术人员和生产管理人员而编写的培训教材,由中国产业创新工作委员会工程技术培训与咨询中心和浙江大学宁波理工学院岩石力学与隧道工程研究中心组织编写。

本书的特点是:以具体工程项目为模拟对象,以工程施工为重点,以指导现场工程技术人员熟练编制施工组织设计为目标,以优化施工方案、采用先进施工工艺及工法为突破口,着力讲述工程项目的策划、地铁工程的基础知识、车站施工、地铁区间工程(盾构、矿山法)施工、监控量测、工程测量、工程试验与检测、信息化管理等方面的内容;论述全面、系统,语言朴实,内容丰富,涵盖面广,信息量大,是地铁工程土建专业工程技术人员与管理人员的必读教材。同时,本书也可供建设方、监理管理、监理、设计咨询、设计、试验检测、测量和监测等相关工程技术人员参考。

本书由中国产业创新工作委员会工程技术培训与咨询中心主任陈克济教授级高级工程师任主编并负责定稿工作,由浙江大学宁波理工学院岩石力学与隧道工程研究中心主任李围教授任副主编并负责统稿工作,由深圳市市政设计研究院有限公司刘建国教授级高级工程师任主审。具体编写及文整工作分工如下:陈克济编写第1章、第3章3.1~3.7节、第5章5.1~5.7节,李围编写第2章、第4章4.1~4.8节,孟庆明编写第3章3.8节,白伟编写第4章4.9~4.14节,胡德华编写第5章5.8~5.9节,周建伟编写第6章6.5~6.8节、第7章7.1~7.6节,胡洋编写第6章6.1~6.4节,高玉生编写第8章,黄卫根编写第7章7.8~7.10节,郎建平和王凤英编写第9章;全书文字及图片整理工作由王凤英、胡洋完成。

本书的出版得到中国产业创新工作委员会的大力支持,中国水电南方建设投资公司靳利安、黄胜、刘永波等同志为本书的编写提供了大量第一手资料,在此向上述单位和个人一并表示感谢。

由于编者水平和经验有限,不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

作 者

2014年4月21日

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 地铁工程特点	3
1.2 我国城市交通现状及问题解决途径	4
1.3 地铁发展简介	6
1.4 我国地铁发展前景	14
第2章 地铁工程基本知识	16
2.1 路网规划与线路	16
2.2 地铁工程的建筑物组成	20
2.3 地铁工程的设备系统	32
第3章 地铁车站施工	39
3.1 车站施工总体顺序	39
3.2 管线改移	39
3.3 施工场地平整及平面布置	39
3.4 车站施工主要方法	40
3.5 车站围护结构施工	52
3.6 加固工程	93
3.7 基坑降水与排水	104
3.8 车站主体结构施工	110
第4章 盾构法施工	140
4.1 盾构隧道发展概况	140
4.2 盾构设备及其分类	145
4.3 盾构选型	160
4.4 盾构隧道端头加固施工	165
4.5 盾构运输吊装	170
4.6 盾构调试、始发与到达	183
4.7 管片预制技术	193

4.8	盾构隧道掘进技术	200
4.9	盾构调头、过站和空推技术	226
4.10	特殊地质条件下盾构掘进技术	232
4.11	特殊环境条件下盾构掘进技术	246
4.12	盾构操作技术	257
4.13	盾构换刀技术	261
4.14	盾构机的维护保养	266
第5章	新奥法施工	269
5.1	围岩分类及岩土开挖分类	269
5.2	隧道施工顺序及开挖方法	270
5.3	超前支护	302
5.4	初期支护	306
5.5	全断面注浆加固	314
5.6	防水层施工	320
5.7	衬砌施工	325
5.8	附属结构施工	332
5.9	地质预报	338
第6章	监控量测	343
6.1	监控量测术语	343
6.2	监控量测的目的及意义	343
6.3	监控量测的基本内容	344
6.4	监测项目及技术要求	347
6.5	监测点埋设	352
6.6	监测数据处理及监测报告	356
6.7	信息反馈、预警报告及其程序	358
6.8	监测管理与质量保证措施	359
第7章	工程测量	361
7.1	施工测量流程	361
7.2	地面控制测量	361
7.3	联系测量	367
7.4	车站施工测量	368
7.5	区间施工测量	370
7.6	地下控制测量	372

7.7	隧道矿山法施工测量	373
7.8	区间盾构测量	373
7.9	贯通测量	375
7.10	竣工验收测量	376
第8章	工程试验与检测	377
8.1	强化工程试验的基本工作	377
8.2	原材料送检与配合比验证	378
8.3	钢筋原材及接头检验	379
8.4	混凝土试件留置与养护	381
8.5	车站施工中的试验检测内容	381
8.6	矿山法隧道施工中的试验检测内容	384
8.7	盾构施工中的试验检测内容	385
8.8	停车场、车辆段施工中的检测内容	388
第9章	工程项目信息化管理	390
9.1	工程项目信息化管理现状	390
9.2	工程项目信息化管理的前景	392
9.3	建设项目管理的特点与信息化管理的内容	393
9.4	建设工程项目信息化管理的应用	395
	参考文献	400

第1章 绪 论

地下铁道简称地铁,也简称地下铁。狭义上,地铁专指以在地下运行为主的城市轨道交通系统。但在广义上,根据修建的城市环境条件,地铁也会有地面甚至高架路段存在。因此,地铁是一种包括各种地下与地面城市轨道交通的快速运输系统。

轻轨和地铁,从专业角度讲,并非是用地上和地下来区分,更不能从“轻轨”字面上来理解。轻轨和地铁主要依据其载客量大小和所使用的机车车辆来区分。轨道交通中,采用中等载客量车厢,能适应远期单向最大高峰小时客流量1.5万~3.0万人次的称为轻型铁路,简称轻轨;采用大载客量车厢,能适应远期单向高峰小时客流量为3.0万~6.0万人次的统称为地铁。由于车型的区别,使得地铁和轻轨在车辆上很容易区分。一般轻轨车辆全都是动车,而地铁则是动车、拖车混合的。轻轨的优点明显,如占地少、爬坡能力强、拆迁工程量少、造价低等;轻轨的缺点也很突出,如牵引效能低而耗能高(比轻轨大40%)、救援难、运力小。

各城市根据其地铁或轻轨发展起源与使用习惯,分别设计了各自的统一地铁标志,如图1.0.1所示。

					
阿姆斯特丹	巴塞罗那	布达佩斯	达拉斯	汉诺威	基辅
					
安卡拉	北京	多伦多	新德里	赫尔辛基	北九州
					
雅典	贝洛奥里藏特	釜山	福塔莱萨	广岛	神户
					
雅典	毕尔巴鄂	开罗	福冈	香港	广州

















































 亚特兰大	 波士顿	 加拉加斯	 格拉斯哥	 仁川	 京都
 巴库	 东京	 海牙	 塔什干	 悉尼	 洛桑
 巴尔的摩	 东京	 天津	 德黑兰	 大阪	 里尔
 曼谷	 布加勒斯特	 哥本哈根	 光州	 喀山	 里斯本
 巴塞罗那	 深圳	 大邱	 海法	 哈尔科夫	 利物浦
 伦敦	 迈阿密	 纽约	 罗马	 仙台	 马德里
 洛杉矶	 明斯克	 下诺夫哥罗德	 鹿特丹	 汉城	 波尔图
 里昂	 蒙特利尔	 新西伯利亚	 布拉格	 上海	 阿雷格里港



图 1.0.1 世界各国部分城市地铁标志

1.1 地铁工程特点

1.1.1 地铁的优点

(1) 节省地面空间。由于一般大都市的市区用地受到限制,且价格昂贵,在市区将轨道交通建于地下,可以节省地面空间以用作其他用途。

(2) 降低噪声。地铁建于地下,可以减少噪声。

(3) 减少与地面交通间的相互干扰。由于地铁交通主要在地面以下,其路线为全封闭、不与其他地面交通系统(如道路)交叉,因此行车不受干扰,可节省大量通勤时间。

(4) 节约能源。在全球呈日趋暖化情况下,地铁被公认为最佳大众化交通运输工具。由于地铁行车速度稳定,大量节省通勤时间,使民众乐于搭乘,开私家车上下班人数大量减少,从而节约能源。

(5)减少环境污染。一般的汽车使用汽油等作为能源,而地铁使用电能,没有尾气的排放,因而可减少环境污染。

(6)运量大。地铁的运输能力要比地面公共汽车大7~10倍,其运量大是任何城市交通工具所不能比拟的。

(7)速度快。地铁列车在地下隧道内风驰电掣地运行,行驶的速度最高可达100 km/h。

(8)安全舒适。地铁的交通事故率大大低于地面道路交通,安全性好,乘车舒适度高。

(9)准时。地铁按时间发车,每个车站只停车40秒左右,而且中途没有红绿灯,还决不会出现塞车等状况,可保证地铁列车准点到达车站。

(10)抗雪灾、冰雹、防空和地震灾害。在雪灾情况下,地铁交通不受影响;在冰雹灾害条件下,地铁交通乘客不会受到身体伤害。地下铁道可避免受到户外恶劣天气的破坏,从而降低维修费用。

1994年,日本兵库县南部发生神户大地震,而地铁所受到的破坏特别小,只是埋深比较浅的类似于地表结构的大车站破坏严重,因此地下结构抗地震的能力比地面结构强,地铁交通有利于抗震。防空是地铁的一个基本优点,不少国家(如韩国)的地铁系统,在设计时都把战争发生的可能性考虑在内,所以无论是在地铁埋入地下的深度还是人群控制方面,都同时兼顾日常交通及国防的需要,如各国首都修建地铁时均深埋,目的就是为将地铁作为国家防空设施的一个重要组成部分。

1.1.2 地铁的缺点

(1)建造成本高。由于地铁大部分都修建在地下,且地下车站和区间都需要在土体中进行开挖修建,因此其建造成本比建于地面的高架线路高很多。

(2)前期准备时间长。建设地铁前期的准备时间较长。由于需要规划和政府审批,甚至还需要试验,从开始酝酿到付诸行动破土动工,需要非常漫长的时间,短则几年,长则十几年甚至更长。

(3)对水灾、火灾和恐怖主义等抵御能力差。由于地铁内的系统均低于地平线,导致地上的雨水容易灌入地铁内。因此,地铁在设计时不得不规划充分的防水排水设施,即使如此也可能发生地铁站淹水事件,如台北捷运在纳莉台风侵袭时就曾经发生了淹水事件。

在以前,人们不太重视地铁站内的防火设施,车站内一旦发生火灾,瞬间就会充满烟雾,而引发严重的灾祸。1987年11月18日,英国伦敦地铁King's Cross站发生火灾,导致31人死亡。产生火灾的原因之一是因为伦敦地铁内采用了大量木质建筑。2003年2月28日,韩国大邱广域市的地铁车站因为人为纵火而产生火灾,造成13辆车厢被烧毁,192人死亡,148人受伤。

1.2 我国城市交通现状及问题解决途径

1.2.1 我国城市交通现状

我国城市交通拥堵问题日趋严重,高峰小时机动车的平均速度低至10 km/h(如表1.2.1),极大地影响了居民的出行速度和效率。造成这种现象的主要原因如下:

(1)公共交通发展滞后。目前我国城市公共交通系统建设总量严重滞后,结构比例失调。世界大城市的公共交通系统承载的人口出行比例在50%~60%之间,日本东京更是达到了

80% , 而我国的公共交通占出行比例还不足 30% 。

表 1.2.1 北京交通现状

年 份	交通严重堵车路段数(段)	堵车路段车速(km/h)
1993	27	45
1994	36	33
1995	55	20
1999	99	12
2003	87	7

(2) 交通拥堵严重。交通拥堵造成时间浪费、消耗大量的能源和其他不可再生资源,产生严重的空气污染、噪声污染,且易发生交通事故。交通事故会造成大量的人员伤亡、财产损失,直接或间接地阻碍城市经济和环境的健康发展。

(3) 混合用道交通模式造成交通秩序混乱,步行、低运输量的公共交通工具为主的出行方式交通事故频增,限制了客流的有效运输。

(4) 私人汽车数量增速迅猛、耗能多、污染严重。北京的机动车从建国初期的 2 300 辆发展到 1997 年 2 月的 100 万辆,用了 48 年的时间。而从 100 万辆发展到 2003 年 8 月 4 日的 200 万辆,只用了 6 年半。2002 年,北京新增机动车 27.6 万辆,而到了 2003 年,全年新增机动车高达 40 万辆。据不完全统计,目前北京市机动车总数已突破 600 万辆大关。机动车的快速增长,导致环境进一步恶化,交通秩序紊乱进一步加剧。

(5) 道路及其基础设施滞后于车辆数量的发展。近几年来,北京城市道路年增长速度是 3% , 而车辆增长速度为 15% , 车流量年增长速度已达 18% , 道路及其基础设施与车辆数量的发展严重不匹配。

(6) 人口密集、客流量大,缺乏科学管理。近年来,我国城市化步伐加快,百万人口以上的城市已达 40 座之多,50 ~ 100 万人口之间的城市也超过 44 座。按照国际标准,城市人口密度大于 2 万人/km²,属于拥挤情况。我国城市人口平均为 4 万人/km²,局部地区有 16 万/km²,北京市内的 4 个区平均为 2.7 万人/km²。我国许多大城市交通主干道的高峰每小时客流量均超过 3 万人次,有的高达 8 ~ 9 万人次,低运输量的公共交通运输工具很难适应客流增长的需要。

(7) 路网规划不合理。各种交通工具换乘联运不便,现有的道路、高架、地铁使用效率不高。截至 2013 年底,北京地铁总里程已达 456 km,但所承担出行量不足 5%。不同公共客运方式间的换乘也很不便利。目前公交车站平均站距为 500 m,乘客换乘一次公交车平均要步行 332 m,其中有 16% 的乘客换乘距离甚至超过了 1000 m。

1.2.2 城市交通问题解决途径

解决城市交通问题的途径就是大力发展公共交通,特别是具有交通运量大、速度快、安全可靠、准点舒适的城市轨道交通系统。

城市轨道交通的主要社会功能如下:

- (1) 缓解城市交通拥堵;
- (2) 优化城市布局结构;
- (3) 有利于节约资源、改善环境;

- (4) 促进社会经济发展、沿线房产开发、旧城改造、新区开发与资源配置；
- (5) 人防功能,以交通为主,实现人防及地下空间综合开发等；
- (6) 文化功能,如伦敦、巴黎、纽约、莫斯科等地铁的车站建筑和站内装饰装修。

目前在进入伦敦、纽约、巴黎、东京核心地区的交通结构中,公共交通占 67%~87%,居绝对主导地位;公共交通中又以轨道交通为主体,占 58%~86%;小汽车交通(包括出租车)仅占 12%~32%。

城市轨道交通系统主要有城市地下铁道、各种轻轨交通、有轨电车和市郊客运铁路等。不同的交通系统,其交通量依次为市郊铁路 5 万~8 万人/h、地铁 3 万~7 万人/h、轻轨 1 万~3 万人/h、有轨电车小于 1 万/h。一般公共汽车速度为 10~20 km/h,而轻轨和地铁的速度为 30~50 km/h,地铁最快可达 70~80 km/h、最高可达到 100 km/h。

1.3 地铁发展简介

1.3.1 国外地铁

自有人类以来,就有运输。交通运输的发展历史与人类文化的发展历史相依相随。真正意义上的人类物质文明进步起源于工业革命,蒸汽机等动力机械的产生极大地促进了生产力的提高,而作为生产力提高所需的原料和市场都必须依托于交通的发展。

法国高等社会科学院维希留(P. Virillio)教授说过:“欧洲的哲学史,基本上可以视为是被速度变迁冲击的历史。更简单地说,就是一部交通史。”

伦敦修建地铁的背景是:工业革命促进了欧洲的城市化,城市的膨胀、交通的拥堵,各种设施跟不上发展的需要,城市已不堪重负,必须用新的思维来解决交通问题;城市规模的大小依赖于城市交通的发展,仅有畜力拖动车辆的交通无法支撑城市的交通体系,5 km 定律表明只靠步行人的日常活动局限在 5 km 的范围内,当时欧洲城市就处在这个规模;而当时唯一可以依托的机械动力交通手段就是以蒸汽机车带动的火车。

1863 年,世界上首条地下铁路系统“伦敦大都会铁路”(Metropolitan Railway,图 1.3.1)在英国开通,就是为了解决当时伦敦的交通堵塞问题。



图 1.3.1 伦敦建成的第一条地铁

当时电力尚未普及,所以即使是地下铁路也只能用蒸汽机车。由于机车释放出的废气对人体有害,所以当时的隧道每隔一段距离便要有和地面连通的通风井。到了1870年,伦敦采用机械开挖修建了一条在伦敦塔附近越过泰晤士河的地铁,但这条铁路并不成功,在数月后便关闭。现存最早的机械开挖地下铁路于1890年开通,亦位于伦敦,连接市中心与南部地区。最初铁路的建造者计划使用类似缆车的推动方法,但最后用了电力机车,使其成为第一条电力牵引地下铁。早期在伦敦市内开通的地下铁亦于1906年实现了电气化。

1896年,当时的奥匈帝国在布达佩斯开通了欧洲大陆的第一条地铁,全长5 km,共有11座车站,该地铁至今仍在使用。

法国巴黎的第一条地铁于1900年开通,最初的法文名字“Chemin de Fer Métropolitain”(法文直译意指“大都会铁路”)是从“Metropolitan Railway”直接译过去的,后来缩略成“métro”,所以很多城市轨道系统都称 metro。俄罗斯的地铁也顺理成章,只是改用了西里尔字母,称为 Metro。美国纽约的地铁建设规模堪称世界之首,自1904年第一条地铁正式运营,至2013年底已建成26条线路,共468座车站。

纽约地铁没有法国巴黎地铁和英国伦敦地铁历史长,但却是当代最大的都市地下铁路系统,全长722英里,每天载客量达450万人。纽约地铁从1867年开始建设,当时以两家私立公司 Interborough Rapid Transit Company (IRT) 和 Brooklyn-Manhattan Transit Company (BMT) 为主。从1968年起,纽约州开始接管地铁,至1982年,大都会捷运局 (Metropolitan Transportation Authority) 接管了纽约地铁系统。

莫斯科的地铁在欧洲具有“地下宫殿”之名,当人们进入地铁后,就仿佛进入了一座艺术殿堂和艺术博物馆,令人怡然与陶醉(图1.3.2)。前苏联地铁埋深大,其中圣彼得堡有三个地下铁路车站埋深超过了100 m。



图 1.3.2 莫斯科地铁共青团站

土耳其伊斯坦布尔的第一条地铁修建于1910年(隧道开挖于1875年,1910年以前使用马车)。亚洲最早的地下铁路在日本东京,于1927年开通,至2012年底东京已建成13条线路,形

成全长 304.1 km 的地铁网。在韩国首尔,自 1974 年 8 月 15 日开通第一条地铁线路以来,共建成 10 条线路,计长 286.9 km 的地铁线路。

非洲最早的地下铁路在埃及开罗,于 1987 年建成开通。

从 1863 年到 1949 年,共有 20 座城市修建了地铁。二次世界大战后,世界各国城市的地铁发展极为迅速。到 1999 年,全世界已有 115 座城市建成了地铁,线路总长度超过了 7000 km。

地铁作为节能、环保、快捷的交通工具,技术进步突飞猛进。进入 21 世纪后,日本计划从东京至大阪修建时速达 500 km 的磁悬浮新干线;近期美国提出了管道交通技术,以弹射胶囊的方式,以风为动力,其时速可达 760 英里;兰德公司提出了从纽约到北京只需 2 小时的管道交通方案。

1.3.2 中国地铁

香港地铁自 1979 年起运营。截至 2012 年 7 月,香港地铁总长 218.2 km,有 7 条线路,共 67 座车站。香港地铁路网如图 1.3.3 所示。

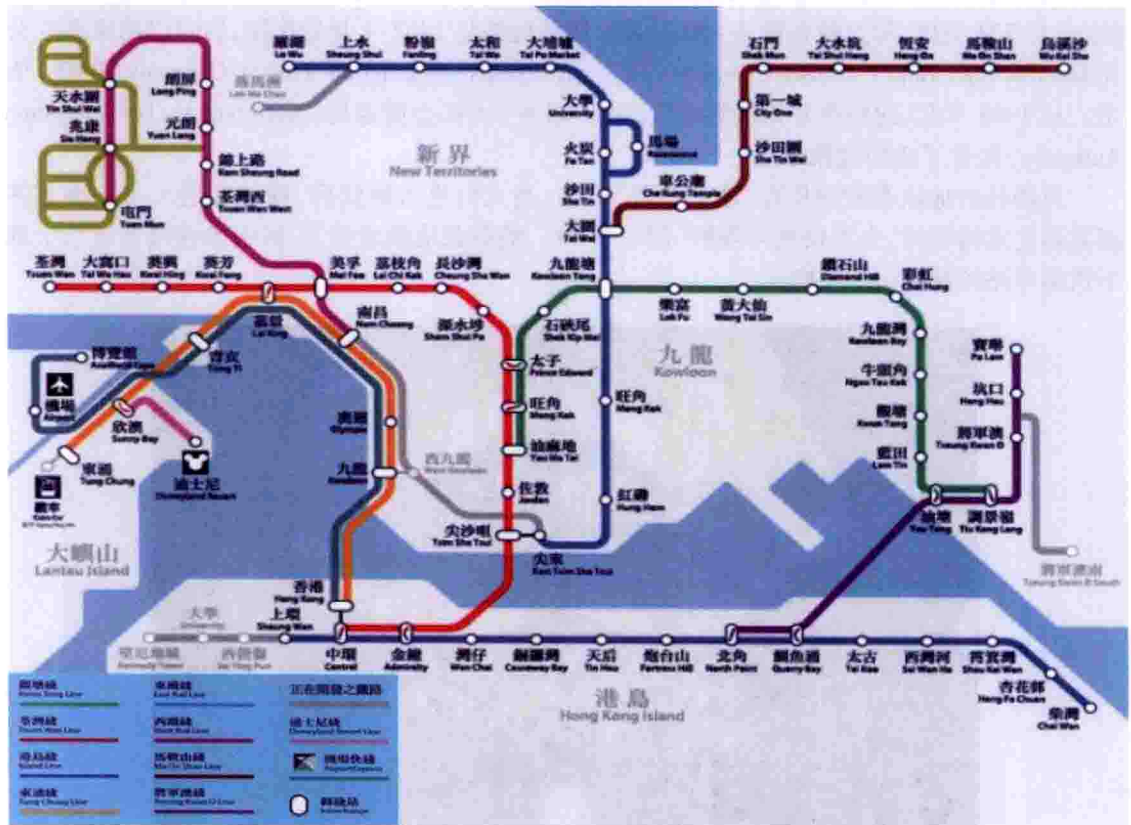


图 1.3.3 香港地铁线路网

台北地铁称为捷运,简称为 Taipei MRT。台北地铁于 1988 年动工建设,截至 2013 年 3 月,已建成并运营的线路有木栅线、淡水线、中和线、新店线、板南线、小南门线、环状线及机场线等,总长达 101.9 km。台北地铁路网如图 1.3.4 所示。