



杨其新 关宝树 ■ 编著

DIXIA TIEDAO HUATI

# 地下铁道

## 话题



西南交通大学出版社  
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

# 地下铁道话题

杨其新 关宝树 编著



西南交通大学出版社  
· 成 都 ·

## 内 容 提 要

本书以话题的形式论述了地下铁道建设中的相关事例。主要内容有城市地铁类型选择和路网规划要点及事例分析,地铁明挖法、矿山法、盾构法和特殊工法施工要点及工程事例,地铁防灾与通风、环境控制和景观设计要点及工程事例,大规模地铁车站综合体、大深度地铁和小断面地铁要点及工程事例等方面的内容。

本书适合于从事地下铁道建设的工程技术人员、建设管理者、地下铁道专业的研究生阅读和参考。

---

### 图书在版编目(CIP)数据

地下铁道话题 / 杨其新, 关宝树编著. — 成都: 西南交通大学出版社, 2007.2  
ISBN 978-7-81104-008-1

I. 地… II. ①杨…②关… III. 地下铁道—铁路工程  
IV. U231

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 016101 号

---

### 地下铁道话题

杨其新 关宝树 编著

\*

责任编辑 张 波

封面设计 本格设计

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

四川森林印务有限责任公司印刷

\*

成品尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 25.25 插页: 1

字数: 627 千字 印数: 1—3 000 册

2007 年 2 月第 1 版 2007 年 2 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-81104-008-1

定价: 59.00 元

图书如有印装问题 本社负责退换  
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

# 前 言

我国城市地下铁道建设方兴未艾，发展十分迅速，越来越多从事地铁建设的工程技术人员和管理者希望能有一些专业性强、工程事例丰富的城市地铁建设方面的参考书。本书就是根据目前我国地下铁道修建中关注的问题，采用话题的形式，围绕地铁建设中的各个环节，引用了国内外大量的地铁建设工程实例，一事一议，试图为大家提供一本针对性强、素材较丰富的城市地下铁道建设的知识书籍，写作就是在此动机下产生的。

本书是在作者多年从事隧道及地下铁道教学、科研及工程实践基础上撰写的。在写作过程中，搜集和整理了作者多年的研究工作成果和国内外相关地铁建设新进展，本书的出版，如果能对我国正在建设的地下铁道有所参考和借鉴，就达到了我们的目的。

全书共分1个概述和16个话题：概述系统地介绍地下铁道从规划到设计施工的基本知识和方法；话题1通过分析城市不同类型的轨道交通方式的特点，阐述了城市轨道交通方式选择的一般原则；话题2讨论了城市地铁路网规划和设计中主要考虑的问题，以及在城市中地铁建设应遵循的原则。话题3~6列举了大量的工程事例介绍了采用明挖法、矿山法、盾构法和特殊工法在修建城市地下铁道中的基本方法和施工要点及其工程对策；话题7~10阐述了地铁通风与空调、屏蔽门、防灾与安全、环境控制相关技术和工程措施；话题11~14以工程事例说明在城市修建地下铁道车站综合体、大深度地铁、小断面地铁和地铁景观的意义和方法；话题15~16介绍了地铁养护管理的一般技术和降低地铁工程造价的途经。

本书由杨其新教授和关宝树教授撰稿。限于作者的水平和知识，难免有疏漏和错误，希望能得到读者指正和提出建议，以便今后修订中借鉴。

在本书中引用了部分国内外地下铁道专家、学者和工程技术人员的研究成果，西南交通大学的专家和教授为本书的撰写提出了好的建议，作者的研究生做了部分资料的收集和整理工作，在此一并表示感谢。

作 者

2007年1月

# 目 录

概 述	1
话题 1 城市轨道交通的类型与选择	31
话题 2 地下铁道路网规划与设计	58
话题 3 明挖法与地下铁道	89
话题 4 矿山法与地下铁道	126
话题 5 盾构法与地下铁道车站	162
话题 6 地下铁道修建中的特殊施工方法	172
话题 7 地下铁道通风与空调系统	210
话题 8 地铁站台屏蔽门与安全门	257
话题 9 地下铁道的防灾与安全技术	276
话题 10 地下铁道的环境控制及评估	297
话题 11 大规模地铁车站综合体	325
话题 12 大深度地下铁道	353
话题 13 小断面地下铁道	364
话题 14 地下铁道的建筑(景观)设计	378
话题 15 地下铁道养护管理技术	385
话题 16 降低地下铁道工程造价的途径与方法	389
参考文献	396

# 概 述

## 1 地下铁道的诞生、发展与现状

1863年1月1日,世界上第一条地下铁道线路(城市铁路)在伦敦 Bishops Road 和 Paddington 车站之间开通运营,作为城市轨道交通的地下铁道正式诞生。当时开行的是蒸汽机车牵引的列车。此后,地下铁道作为城市新型公共交通方式不断地得到发展。

1890年,伦敦建成圆型深埋地下铁道,开行了第一批电动地铁列车,从此地下铁道开始具有明显的特征:地下铁道拥有自己的车辆和与其他交通方式分开的线路,而且主要为城市公共交通服务。

从第一条地下铁道线路诞生到2006年间,全世界已有近40个国家和地区将近110多座城市修建了地下铁道并投入运营。目前地下铁道线路运营里程全长达7000多km,共6000多座车站。地铁列车每天穿行在繁忙的城市下面(图1),将千千万万的乘客快速、舒适、安全、正点地运送到城市各地(学校、工厂、商业网点、娱乐中心、居民点),为城市的正常运转做出了重大的贡献。

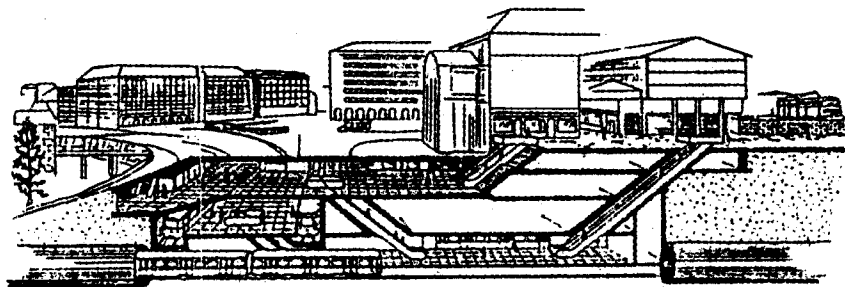


图1 地下铁道

城市公共交通事业的产生与城市的发展息息相关。18世纪末至19世纪初,世界上一些国家开始进入技术革命的全盛时期。在欧洲和美国,手工制造业开始向生产工业化的方向发展,手工业和工业之间出现了明显的差别。这个时期的特点是工业劳动分工越来越明确和城市工业人口越来越集中,因此,工业化同时意味着居民区和城市的逐渐扩大,许多百万人口的大城市相继出现,城市化成为一种不可阻挡的趋势。

从18世纪末到19世纪初,人们仅依靠步行即能开发面积为 $100\sim 200\text{ hm}^2$ 的城市,而不需要任何交通工具。在1800年,人口超过10万的城市只有22座,如欧洲的伦敦、巴黎、柏林和美国的纽约等。

显然,城市的扩大为近距离公共交通的发展提供了先决条件。由于人口数量居于前列,

使得伦敦、巴黎、纽约和柏林等城市成为第一批公共交通工具的诞生地。1819, 1827 和 1829 年, 分别在巴黎、柏林和伦敦出现了有规律行驶的公共马车; 其后, 于 1832, 1854 和 1865 年先后在纽约、巴黎和柏林诞生了有轨马车。

这些畜力牵引的公共交通工具速度为步行的 2 倍, 这样促使城市范围进一步扩大, 因为不必顾虑为交通问题而花费更多的时间了。

城市公共交通技术的发展促使众多的城市向百万人口大城市扩展, 同时也促使城市按功能来划分区域。除了传统的市中心区之外, 还出现了大批的居民密集区和工厂企业区。而且, 为了保证舒适安静的生活环境, 住宅区应尽量远离生产区。显然, 按照不同的使用方式和社会分工来划分城市区域, 对于公共交通路网的形成具有非常重要的意义。

鉴于公共马车和有轨马车运输能力和行车速度均有限, 到 1870 年许多大城市再扩展时, 又逐渐产生了新的交通困难问题。另外, 在主要街道上密集行驶的马车反而严重妨碍了公共交通。

城市范围和公共交通工具相互促进、不断发展, 为了克服同时产生的各种不利因素, 而不断出现新的技术、新的发明, 于是出现了与其他交通方式分开且具有足够运输能力的地下铁道。地下铁道的出现, 对百万人口大城市的交通系统产生了不可低估的影响。

鉴于当时大城市近距离公共交通的状况, 为克服运输能力不足出现了两个新的发展方向。

第一个发展方向是要求大多数位于郊区的各私人铁路公司的尽头线相互连接起来, 作为货物列车的合理运输通道, 而城市铁路线则用于城市公共交通, 同时汲取长途运输中得到的各种成功经验, 如线路分开、高速度及列车编组等等。随着这种变化, 1863 年伦敦出现了第一条城市地下铁道线路, 后来于 1871 年修建的柏林的东环线, 1882 年高架穿过柏林市区的所谓市郊铁路, 1885 年和 1892 年先后在纽约和芝加哥出现的高架铁路均属于这种变化所带来的结果。虽然行驶的列车都是用蒸汽机车牵引的, 但其运输能力却有了大幅度的提高。表 1 列出了当时几种公共交通工具的运输能力。

表 1 公共交通工具运输能力的比较

交通方式	装载能力/(人/辆(列车))	平均运行速度/(km/h)
公共马车	大约 20	8
有轨马车	大约 30	12.45
市内铁道(蒸汽机)	500	20

第二个发展方向是得益于电动力学原理的揭示(1866 年)及其在电动机方面的实际应用, 这不但使电力机车得以取代蒸汽机车, 同时也使有轨马车过渡为有轨电车。1890 年电力机车在伦敦运行; 1891 年第一条有轨电车线路在德国萨勒河畔的哈勒正式开通。随着电动机功率的提高, 出现了由电动车和拖车编组构成的列车。从在共用路面上行驶的有轨电车到在与其他交通方式分开的轨道上行驶的地铁列车, 这关键的一步使旅行速度得以明显的提高, 并促使 1896 年和 1900 年先后在布达佩斯和巴黎使用电动车和拖车编组的列车。从此在巴黎地铁形成了至今仍在世界各地广泛应用的列车编组方式。另外, 电力机车牵引的列车还可以畅通无阻地在隧道中穿行。显而易见, 在用地非常紧张的百万人口大城市中, 修建地下铁道

是解决城市公共交通问题一举多得的好办法。

根据《简式城市运输系统年鉴》1997—1998年公布的数据，按长度计算地下铁道里程超过100 km的城市列于表2。

表2 地下铁道长度超过100 km的城市

序号	城市	国家	市区人口/万人	长度/km	车站数/座	第1条地铁开通年份
1	伦敦	英国	630	392	261	1863
2	纽约	美国	730	371	468	1867
3	莫斯科	俄罗斯	880	255.5	158	1935
4	东京	日本	1 620	237.4	224	1927
5	巴黎	法国	200	201.5	244	1900
6	墨西哥城	墨西哥	2 000	178	154	1969
7	芝加哥	美国	280	173	118	1892
8	华盛顿	美国	60.7	144	74	1976
9	柏林	德国	350	143	168	1902
10	旧金山	美国	72.4	135	37	1972

我国第一条地下铁道线路是1969年10月1日开通的北京苹果园到北京火车站的线路，全长23.6 km，设17个车站。从第1条地下铁道修建的年份看，在世界上居第7位，但之后的地下铁道建设发展迟缓，到目前为止，北京的地下铁道总长度(包括13号线)才接近100 km。按国家地下铁道长度排列，位于前10位的国家见表3。

表3 地下铁道长度处于前10位的国家

序号	国家	长度/km	车站数/座
1	美国	1 120.2	950
2	日本	564.2	522
3	英国	461.5	322
4	德国	395	452
5	俄罗斯	385	241
6	法国	275	340
7	西班牙	222.9	292
8	巴西	201	131
9	墨西哥	178	154
10	韩国	164	144

到2005年，我国地下铁道的总长度已超过180 km，已经超过韩国和墨西哥位居世界第8位。但从地下铁道的发展看，与我国的综合国力相比是有差距的，相对地说，地下铁道发展迟缓，也限制了我国大城市的持续发展，许多城市出现的交通问题与此有关。最近，在迎接奥运会、世博会的承诺下，北京拟在2008年以前修建150 km轨道交通线，上海也修订了路网规划，从原来的562 km，改为785 km，广州修订的近期路网规划由4条线组成，全



长达 129.40 km。此外深圳、南京、天津、成都、沈阳等城市地下铁道的建设，“十五”完成后地下铁道总长达到 450 km 左右。地下铁道建设将迎来一个大发展的阶段，我国地下铁道的总长度将跃居世界前列。

## 2 城市公共交通工具

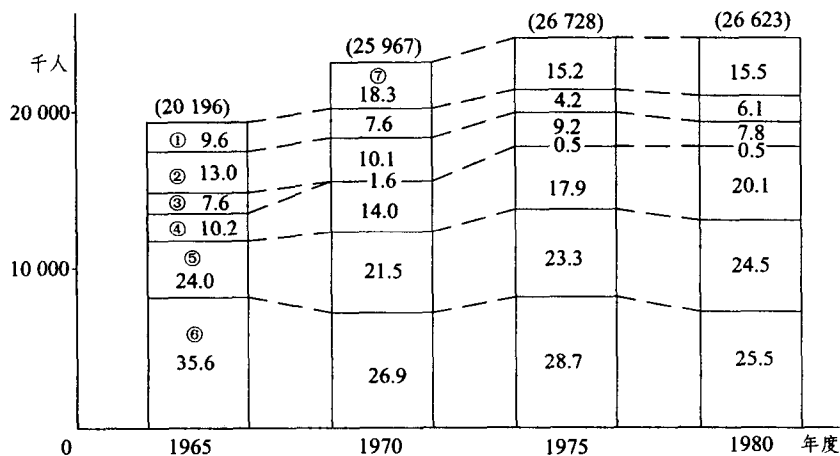
### 2.1 城市公共交通的现状

随着社会经济的发展，城市化也有了很大的进展，人口、产业越来越向城市集中。然而，在充实以城市设施为中心的社会资本方面，无论是质还是量都显得落后，造成了住宅、交通及生活环境恶化等一系列城市问题。由于市区内土地十分昂贵，要取得住宅用地相当困难，从而促使住宅区向郊区扩展。这种状况使得晚上市区内人口大幅度减少，郊区人口则明显增加；而白天情况则截然相反，大部分人口集中在城市市区。

由于业务功能向城市中心地区集中，住宅区向郊外扩展，致使通勤、通学人员大量增加，而且运送距离也相应变长，进而造成了铁路运输拥挤和公路交通堵塞的不良现象。为此，近几年来在许多百万人以上的大城市里，采取了新建铁道、增设线路、与地铁相互换乘、增加列车编组数以及增加运行次数等加强运输能力的措施。即使这样也满足不了运输量迅速增长的要求。

在城市中心地区，由于汽车数量剧增，使地面交通越加拥挤，造成在同一路面上行驶的电车速度严重下降，而且还丧失了它的准时性，为拓宽道路欲取得新的用地又非常困难，因而不得不逐步将电车废弃。这种倾向对于公共汽车和出租汽车也同样存在。所以，现在许多大城市的公共交通运输方式都向不占用路面的地下铁道发展(图 2)。

### 2.2 城市公共交通工具具备的条件



注：括号内为总人数；交通工具后为百分比。

① — 出租车；② — 公共汽车；③ — 电车；④ — 地铁；⑤ — 私营铁路；⑥ — 国营铁路

图 2 东京市内各种交通系统运送人员情况

城市地面交通分为两种基本方式，即采用徒步、自行车、轿车的私人交通方式和利用公共交通工具如公共汽车、电车、城市铁道和地下铁道的公共交通方式。在一定距离内，自行车和轿车是便利的交通工具，但自行车，尤其是轿车数量超过一定限度以后，就会造成交通堵塞、废气和噪声污染等公害，对社会生活造成不良的影响。

而地下铁道属于有秩序的大量运送乘客的公共交通工具，相对而言其事故、公害等问题也比较少。图3为轨道运输和公共汽车运输效率比较情况。由此可见，平均每米路面的运输能力：轨道运输能力为汽车运输的8倍，前者所需时间仅为后者的1/4~1/3，显然，轨道运输比汽车运输大为优越。

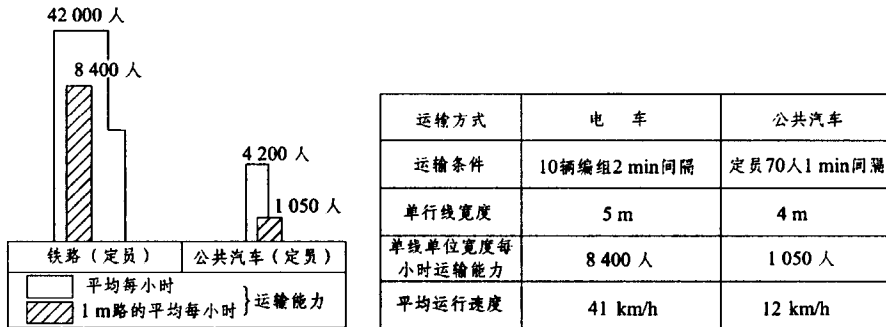


图3 轨道运输和公共汽车运输效率比较

大城市的市内交通，由于受到交通空间的制约及环境保护的要求，应以具有高速度、运量大等特点的有轨运输为主。具体地说，应该优先选择满足下列要求的公共交通方式，即运量大、安全舒适、快速、正点、运费低、有利于环境保护。按照上述各种条件，对几种交通方式所具有的特点评价比较示于表4。

表4 交通方式特点比较

方 式 \ 特 点	运输量	安全性	运输速度	舒适性	灵活性	运 费	建设费	环境保护
地下铁道	□	□	○	△	△	□	△	□
城市铁路	□	□	□	○	△	□	△	○
公共汽车	○	○	△	○	○	□	□	○
出租汽车	△	△	○	□	□	△	○	△
单轨铁路	○	□	○	□	○	○	○	□
私人汽车	△	△	○	□	□	△	△	△

注：□优；○中；△差。

### 3 地下铁道路网规划

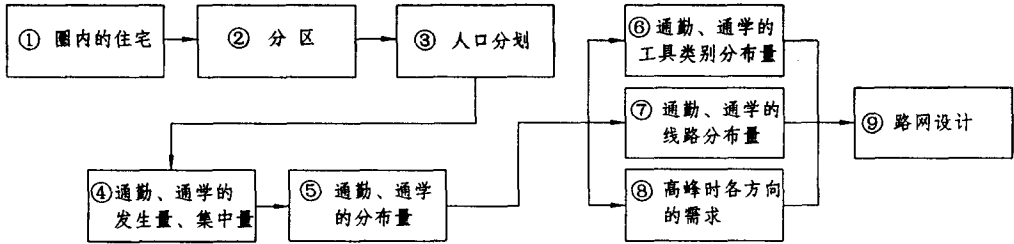
#### 3.1 客流量预测

客流量预测分两种情况：一种是对整个交通圈内整个客流量的预测；另一种是对本线路地段或规划线路未来客流量的预测。一般的交通量预测包括下列内容：客流来源预测；集中

量预测；分布交通量预测；交通方式分担量预测；分配交通量预测等。

(1) 交通圈综合客流量预测

研究整个交通圈范围内未来的交通体系时，要先把研究对象分为若干小区，然后预测各小区的总人口、就业和上学人口以及业务功能的布置等，并根据这些资料与过去各小区交通量的相关关系，预测所求年度的总客流量，其具体方法示于图4。



- ① 预设对象的范围；② 按调查目的划分小区；③ 设定夜间人口和昼间人口；④ 预测就业人口、从业人口、就学人口、从学人口；⑤ 预测通勤、通学的OD交通量；⑥ 预测利用铁道的通勤、通常的OD交通量；⑦ 把⑥的交通量分配到铁路网络上；⑧ 预测高峰时的需要；⑨ 设定作为对象的铁道网络

图4 交通圈内输送需求预测流程

(2) 各条线路客流量的预测

预测各线路的客流量时，应以现在的沿线人口为基础，通过下面所列举的研究项目推求每个车站的乘车人数。

- ① 车站吸引力范围内的人口数量及其乘车率；
- ② 从其他交通工具转来换乘地铁的乘客数量；
- ③ 新设线路对沿线开发的影响；
- ④ 人口的自然增长率。

其次，计算沿线各站上下车乘客数量，并按方向分别整理，算出全天各站通过客流，以此为基础编制输送计划。一般规划线路客流量的预测方法示于图5。

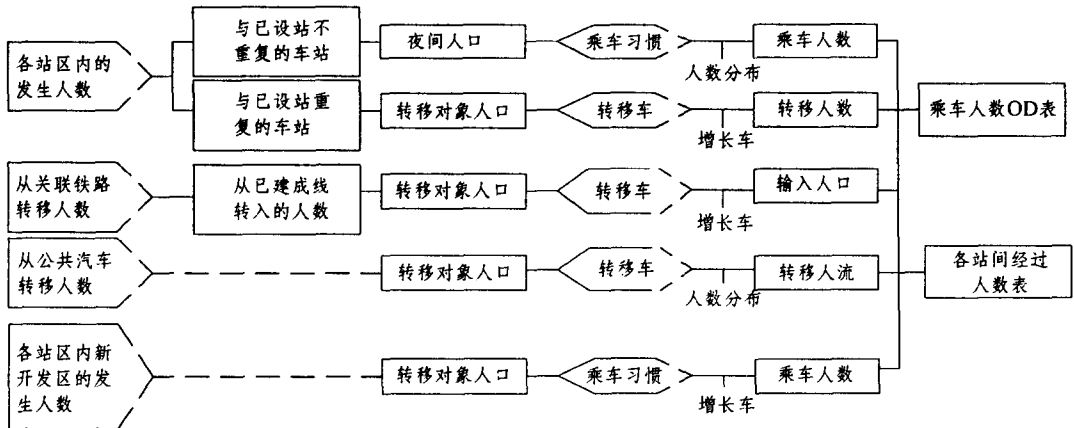


图5 规划路线的交通预测

(3) 客流量预测新方法

过去, 客流量的预测是从大规模住宅区开发等引起的人口变化, 预测客流产生和集中数量开始的。但由于交通设施的投资和土地价格不断上涨, 也提高了地区的潜力, 从而进一步诱发了客流量的增长。为此开发了考虑这种地区波及效应的客流量预测模型, 即交通土地利用模型, 在配备交通设施时, 从由于受其影响而引起的土地利用变化, 给出人口分布的变化来推求客流量的变化。即形成交通设施配备土地利用变化—人口分布变化—客流量变化这样一个流程。

### 3.2 路网规划

#### (1) 路网形式

在确定以地下铁道为主的城市高速有轨交通网时, 除了更好地掌握城市内的客流量之外, 还要对城市将来的发展大局加以考虑。客流量以城市中心最为集中, 因此所有的线路都要通过城市中心。而中心地区本身范围也很广, 显然, 仅用一条线路是无法满足要求的, 必须通过几条线路换乘才能到达目的地。所以, 路网最好能形成一个以最少的换乘次数, 以满足最大输送能力的形式。

路网形式有图 6 所示的若干类型。其中 7 是 5 的改善型, 也是柏林所采用的形式, 大阪地铁路网形式与此相近。15 和 16 适用于半圆形城市, 只需换乘一次便可到达目的地, 东京的初期路网与此形式相类似。

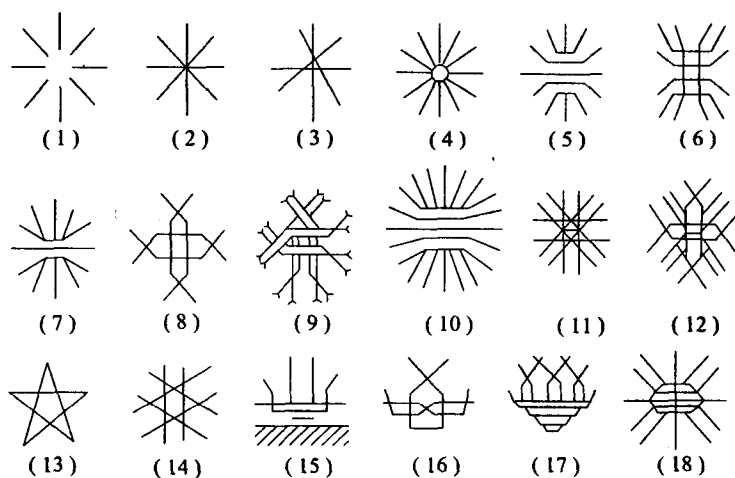


图 6 地下铁道路网形式

显然, 地铁路网形式与城市的规划布局密切相关。

#### (2) 路网规划应考虑的问题

一般情况下, 路网规划应考虑如下内容:

- ① 贯穿城市中心地区, 并据此分散各换乘地点, 同时提高列车的运行效率;
- ② 以最短的行车时间联结城市业务地区和周围住宅区;
- ③ 为了吸收沿线的地面交通量, 线路应沿干线道路设置;
- ④ 要通过卫星城中心及其他主要居民点;
- ⑤ 能适应将来城市的发展。

## 4 地下铁道线路设计

### 4.1 地铁路线的选定

根据线路开通后要方便乘客,并能有效地利用土地、缩短建设工期、节约建设费用等原则,地铁线路多数设置在市区主要街道下面。但考虑到经过地区的地质、地形、河流以及人口密度、土地利用规划等具体条件,也要研究设置在地面上的可能性、方便性和经济性。

任何情况下,都要综合考虑线路经济合理、运输通畅、便于维修养护以及防灾措施、与沿线环境相协调等条件,有效地加以规划。此外,地铁隧道一旦建成,日后改建将是很困难的,并且还要消耗大量的时间和费用,所以一定要从长远的观点来选定路线。

地铁车库通常设在地面上。列车出库后再进入隧道,但当线路仅部分开通时也有可能不采用这种方法,此时应研究替代方案。

### 4.2 地铁线路的平面位置

地下铁道大多修建在道路下面,但在确定隧道中线时,应考虑沿线地下结构物与隧道的关系以及地铁施工对沿线居民的影响,尽量选择对沿线建筑物影响最小的位置设定中线。其次是地铁车站,其宽度较大,加上两侧多设有出入口,所以车站隧道原则上应设置在道路中心线下方。此外,隧道位于曲线地段时,要尽量选择对行车速度、舒适程度、电力消耗、线路维修等均有利的大半径曲线,特别是车站地段内,为保证通视条件更应如此。

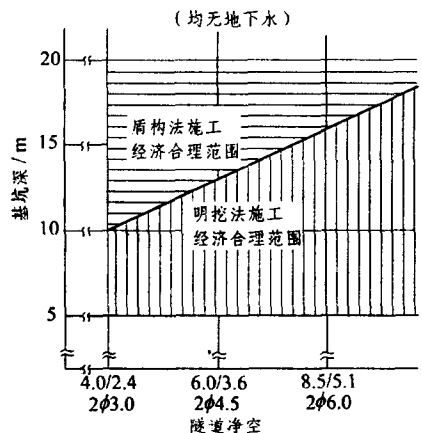
遇交叉路口线路转弯时,要通过拐角处的民用地,此时用大半径曲线虽然对运营有利,但通过民用地地段变长,征地费用相应增加,加上征用土地十分困难,此时应尽量缩短线路通过民用地地段长度,而不得不采用小半径曲线。

当预计与将来的规划线路相接时,为了换乘方便,也许要多少增加一些投资,这也是必要的。

### 4.3 地铁隧道埋置深度

总的来说,地铁隧道埋置深度越浅投资越省,尤其是车站隧道,经济效益更加明显。此外,车站埋置深度浅些,对于旅客乘降也方便。

至于隧道埋置深度对工程造价的影响,当采用盾构法施工时其影响是不大的,而在明挖法施工中这种影响则十分明显。所以,当隧道位置超过某一深度后,采用盾构法施工是有利的(图7)。近年来,为把施工干扰造成的不良影响尽量限制在最小范围内,地铁隧道多采用盾构法施工。对于采用盾构法施工的隧道,其埋置深度视地质条件不同而有所差异,但考虑到施工的安全性,通常要求保证隧道上方的覆盖层厚度大于1.5倍隧道直径。而在河流下方施工时,隧道埋置深度还要相应加大。表5为日本各城市地铁隧道埋置深度受各种因素影响的统计情况。



注: 4.0/2.4表示长4.0 m/宽2.4 m;  
2φ3.0表示2洞,直径3.0 m。

图7 施工方法的经济合理范围

表 5 影响地铁埋置深度的各种因素

因 素	车 站/处	区 间/处
桥梁(公路及铁道)基础的影响	9	23
公路地下道	10	7
与地铁交叉	17	17
地下街道	3	1
横断河流	8	14
地下埋设物(下水管道)	18	20
地形及排水坡度	2	5
地铁设计、施工上的问题	5	15
其他(通过民用楼房等)	0	2

在道路下方修建地铁隧道时,按有关管理部门的要求,从路面到隧道顶部的覆土厚度通常要确保在 2.5 m 以上。实际上由于各种地下埋设物和共同管沟的影响,隧道埋深多数超过此数值,否则修建地铁隧道将会遇到很大的困难。表 6 列出了日本各城市地下铁道主要线路的隧道埋置深度。

表 6 日本地铁埋置深度

调查路段		最 大	最 小	平 均
东 京	A	9.0	1.5	3.8
	B	16.2	2.5	5.9
	C	19.7	1.5	6.8
	D	21.6	3.4	10.1
	E	18.4	2.5	8.2
	F	24.8	2.4	10.1
	G	40.4	2.2	15.4
	平 均	20.6	2.3	8.6
大 阪	H	9.7	1.1	3.4
	I	18.0	1.7	7.5
	J	19.8	2.2	16.0
	K	10.4	1.2	4.2
	平 均	14.5	1.6	6.3
其他城市	L	41.0	2.6	7.6
	M	13.1	2.6	6.4
	N	22.6	1.6	11.5
	O	23.6	3.0	9.4
	P	14.1	2.5	6.6
	Q	20.2	3.1	7.5
	R	15.9	2.7	6.6
	S	8.5	3.0	4.7
平 均		19.9	2.6	7.5
总平均		19.0	2.3	7.7

注:其他城市包括札幌、横浜、名古屋、京都、神户、福冈等。

另外,在进行地铁规划时,会出现与现有的或将来修建的其他城市设施相互交叉的问题,应通过和有关部门协商,妥善考虑确定地铁埋置深度。

#### 4.4 地下铁道的纵向坡度

至于地铁纵坡的设置,由于地铁车辆具有较大的爬坡能力,因此采用最大的允许坡度是不会有问题的。除非万不得已,应避免在小半径曲线地段设置陡坡。同时,为避免产生不均匀沉降,在地质条件急剧变化地段或结构物支承条件不同的地段,也应尽量避免使用陡坡。另外,在地下铁道中,从排水的要求出发,最小坡度不应小于2%。

### 5 工程调查

在进行地铁线路规划设计时,应对沿线的地质、已有的和规划的地下埋设物、路面交通量、沿线建筑物等情况进行详细的调查,并根据对周围环境的影响等综合因素,决定所采用的施工方法。

#### 5.1 地质调查

为了概括地掌握地质及水文地质情况,可以从已有的资料进行推断,但正确的做法是沿地铁线路每隔100~300 m设置钻孔来确认地层的构成以及地质条件,含水层和地下水位等情况。在地铁工程中,一般的地质调查步骤和调查结果整理方法示于表7。

表7 地质调查的步骤

调查阶段	预备调查	一次地质调查	二次地质调查	特殊调查
目的	调查地点概要地质状况的了解,确认调查作业条件	掌握沿线总的地质状况,了解地下水分布,了解地层的力学性质	补充调查对设计施工有问题处进行精密追加调查	属于特殊方法的资料; 地层下沉资料
作业内容	收集已有资料文献调查;收集地形、地质图	钻孔调查; 标准贯入试验; 取样; 电气检测; 孔隙水压测定; 透水透气试验; 室内土质试验; 解析及研究	钻孔调查; 标准贯入试验取样; 孔隙水压测定; 透水、透气试验; 室内土质试验综合解析	地层下沉量测; 大型扬水试验及漏气试验; 土压计的设置及观测
成果	预调查报告书: ① 地质断面; ② 环境图。 一次调查计划书	调查报告书: ① 位置; ② 地质柱状图、断面图; ③ 各种试验资料; ④ 分析、研究气性分析; ⑤ 二次调查计划书		① 推进时掌子面的破坏; ② 推进时地表的位置及其影响; ③ 涌水处理和地层下沉; ④ 透气和防漏措施

## 5.2 埋设物调查

对地铁沿线地下埋设物的现状及规划情况，应通过有关资料或探坑进行调查。并研究各种地下埋设管道及大型建筑物对隧道位置有无妨碍及其防护方法，尤其是对规划中的大型地下建筑物，对地铁隧道有影响者，应通过协商来处理。

## 5.3 沿线情况调查

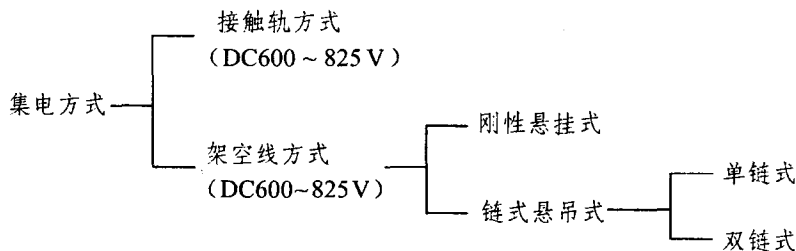
沿线情况调查主要是调查地铁沿线的结构物状况，对邻近地铁隧道的房屋、桥梁墩台、挡墙等重要建筑物，要收集其高程、基础构造及深度等的准确资料。此外，在施工中还要调查大楼地下停车场的出入口和路面交通使用状况、交通量等。由于开挖隧道会引起周围水井的枯竭和地层的下沉，故应对预计影响范围内的水井、房屋等加以调查，并研究事先应采取的措施。

# 6 运营规划

## 6.1 集电方式

地下铁道使用的集电方式分类见表 8。

表 8 集电方式



接触轨方式是通过车体一侧底部的集电靴从设于定行轨道外侧的供电轨(第三轨)集电。与架空线方式相比隧道净空高度可以降低 90 cm 左右，建设费用可以相应减少。但架空线方式电压较高，通常为 DC 1500 V，接触轨方式电压多用 DC 600~825 V。由于电压较低，将会产生变电站费用和车辆制造费用增加的弊病。总的来说，两种方式各有利弊，究竟采用哪种方式，应考虑有无与郊外铁路连接、线路地下部分和地面部分的比例，并且应对征地费用、土建费用、电气费用、车辆费用等因素加以综合比较后方能确定。架空线设置包含刚性悬挂和链式悬吊两种方法。

### (1) 接触轨方式

接触轨方式的优点是：隧道净空高度比架空线方式要小；集电构造简单；不必顾虑发生断线事故；几乎不需要进行磨损管理。

其缺点是：需采取防触电措施；馈电变电所比架空线方式要多。

### (2) 刚性悬挂式

刚性悬挂式架空线是日本交通营团(株)作为与郊区铁路连接而开发的集电弓集电，且无



断线事故的安全架空线。目前，许多国家采用了这种方式。

刚性悬挂式架空线的优点是：隧道净空高度比链式悬吊式要小；架空线构造简单，不需要牵引桩；不会出现断线事故。

其缺点是：列车速度限制在 75 km/h 以内；架空线施工精度要求高，即轨面到接触线底面要等高。

(3) 链式悬吊式

链式悬吊架空线是最合适的集电方式，为大多数地面电车所采用，在地铁中应用也较广泛；缺点是有断线危险，而且构造复杂。

6.2 地铁车辆

① 车辆为了降低维修费用和提高车辆的周转率，同时也为了增强防灾能力，地铁车辆的车体通常采用不锈钢或铝合金制成，车体外表不需喷涂。

地铁车辆多采用附有再生制动可控硅限制器的控制方式，以期加速、减速平稳，节省电力和减少发热量。

前苏联和德国地铁车辆的主要参数列于表 9。

表 9 前苏联和德国地铁车辆的主要参数

国别 项目	前 苏 联							德 国								
	A	B	Г	Д	E	Em	81-717 81-714	N	DL	F	A3L <sup>⑤</sup>	U2	DT2	DT3	DTA2	
制造年代	1934	1936	1947	1950	1960	1969	1978									
长度/m	18.91	18.91	19.11	19.17	19.17	19.21	19.20	19.21	31.70	32.10	25.66	23.00	28.44	39.52	37.15	
宽度/m	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.86	2.65	2.65	2.30	2.65	2.51	2.48	2.90	
高度/m	3.70	3.70	3.70	3.70	3.66	3.66		3.64	3.43	3.43	3.18	3.28	3.36	3.36	3.55	
定员/人	244	244	264	264	262	262		290	235	235	168	151	198	258	290	
座位/个	44	44	44	44	42	42		45	72	76	52	64	82	92	98	
电机功率/kW	4×153	4×154	4×83	4×73	4×68	4×66	4×110	4×110	4×135	4×135	4×100	2×150	4×80	8×80	4×155	
最高速度/(km/h)	65	65	75	75	90	90	90	100	70	70	70	80	70	80	80	
启动加速度/(m/s <sup>2</sup> )	0.75	0.75	1	1	1.3		1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1	1.2	1.3	1.28	
制动减速度/(m/s <sup>2</sup> )	0.7	0.7	1	1	1.3		1.3	1.3	1.25	1.25	1.25	2.3	1.2	1.3	1.52	
自重/t	51.71 <sup>①</sup> 36.32 <sup>②</sup>	51.71 <sup>②</sup> 36.32 <sup>②</sup>	43.76	36.2	31.7	31.5	34.40 <sup>③</sup> 33.00 <sup>④</sup>	31.6	37.2	38.2	31.4	30.6	34.4	45.4	51.6	

注：① 动车；② 拖车；③ 81-717 型；④ 81-714 型；⑤ 小断面用。

② 列车编组。为了节省摘挂作业，车辆均采用固定编组形式，列车计划编组车辆数是 4~10 辆，取决于各线路的客流量。图 8 为日本交通营团 11 号线(半藏门线)使用的车辆和 9 号线的列车编组情况。