

编号: (78)015

内部

出国参观考察报告

日本地下铁道考察报告之一
地下铁道设计与施工

科学技术文献出版社

出国参观考察报告

日本地下铁道考察报告之一

地下铁道设计与施工

(内部发行)

编 辑 者：中国科学技术情报研究所

出 版 者：科学技术文献出版社

印 刷 者：中国科学技术情报研究所印刷厂

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经销

开本 $787 \times 1092 \cdot \frac{1}{16}$ 12印张 310 千字

统一书号：15176·333 定价：1.30元

1978年12月出版 印数：6000册

目 录

一、日本地下铁道现状及规划

(一) 东京地下铁道	(1)
(二) 大阪地下铁道	(4)
(三) 名古屋市地下铁道	(5)
(四) 札幌地下铁道	(7)
(五) 横滨市地下铁道	(8)
(六) 神户市地下铁道	(8)

二、地下铁道线路

(一) 线路平面	(9)
(二) 线路纵断面	(18)
(三) 限界	(18)
(四) 线路上部建筑	(22)
(五) 线路维修	(41)

三、地下铁道车站

(一) 车站型式及埋置深度	(56)
(二) 车站的平面布局及空间处理	(58)
(三) 换乘站的设计	(73)
(四) 车站的建筑装修	(74)
(五) 车站及区间隧道的通风	(80)
(六) 车站的防灾设备	(89)
(七) 几个车站实例	(92)
(八) 小结及建议	(97)

四、地下铁道车辆段

(一) 概况	(99)
(二) 车辆段线路	(104)
(三) 车库	(109)
(四) 车辆检修	(110)
(五) 车辆改进与车辆段设备更新	(122)

五、地下铁道施工

(一) 概况	(125)
(二) 明挖法施工	(128)
(三) 盾构法施工	(155)

日本地下铁道考察报告之一

地下铁道设计与施工

赴日地下铁道考察团

赴日地下铁道考察团一行九人，于1977年10月28日到达东京。先后在东京、札幌、大阪、神户、名古屋和横滨六城市，对地下铁道的建设及运营管理技术进行了考察。于11月29日回国。

考察团在日本六城市共考察了16条地铁线路，参观了40个车站、11个车辆段、9个运输调度所、8个电力调度所、6个变电所和11个施工现场，共进行了32次技术座谈。此外，还参观了与地铁有关的4个工厂和一个研究所。通过考察，对日本六个城市地下铁道的规划、设计、施工、运行管理及自动化技术有了较全面的了解。根据考察了解的情况，编写了日本地下铁道考察报告之一和二。本报告系之一，主要介绍日本地下铁道设计与施工。报告之二介绍运营管理、供电和自动化技术。后者可参见考察报告(78)016。

一、日本地下铁道现状及规划

日本全国面积约三十七万七千三百八十平方公里，山地与河流约占五分之四。人口约一亿一千万，其中74.8%的人口集中在城市。二次世界大战后日本的资本主义经济发展速度很快。由于城市人口过度集中，汽车太多，造成地面交通堵塞，交通速度显著下降，小汽车平均速度已下降到18公里/小时，情况日益严重。近年来，各大城市都修建了许多高架的高速公路，以缓和这一矛盾，但仅靠汽车解决庞大的客运量是不可能。地下铁道的优越性很多，不占地面空间，运输量大，速度快，安全，准时。为此，加速地下铁道建设已成为日本各大城市解决城市公共交通的重要措施。目前，日本地铁的建设费每公里已高达一百亿至二百七十亿日元（合人民币七千万元至二亿元），但是为了解决交通问题，地下铁道不得不继续修下去。

日本现已建成地下铁道的有东京、大阪、名古屋、札幌、神户和横滨等六个城市，共有地铁营业线路22条，总长327公里，车站304座，有3193辆车，平均每日运输乘客832万人次。列车编组4—10辆，运行间隔最短为一分五十秒，一般为四分钟。目前正在计划和修建地铁的城市有京都、福冈、仙台和广岛。

(一) 东京地下铁道

东京是日本首都，人口1163万，约占全国人口的十分之一。1975年东京交通圈内（以东京火车站为中心50公里半径的圆圈范围）的每天乘车人员已达3500多万人次。造成市中心区、

市区与郊区间交通十分拥挤。特别在早晚高峰时间，乘坐地面铁道和地下铁道的人员高达车辆定员的两倍半。运输能力已到极限程度，只得借错开上下班时间的办法，勉强解决目前的运车辆输问题。

东京市的交通主要靠国营铁道、私营铁道和地下铁道联合负担。此外，配合市区交通的还有公共汽车和出租汽车。表1—1—1为东京都交通圈内各种交通工具运输乘客情况的比较。

从表中可以看出，自1955年至1975年的二十年间运量增加了1.5倍，其中地下铁道增加最多，竟达11.66倍。

东京自1927年建成第一条地下铁道到1960年，只发展到34公里。自1960年以后，由于交

表1—1—1 东京都交通圈内各种交通工具运输乘客的比较

车 种 别	1955 年 度			1975 年 度		
	乘客（百万人次）	%	指 数	乘客（百万人次）	%	指 数
国 铁	1858	36	100	4066	32	219
私 铁	1168	23	100	3594	28	308
地 下 铁	151	3	100	1761	14	1166
有 轨 电 车	836	16	100	49	—	6
公 共 汽 车	788	15	100	2509	20	318
出 租 汽 车	340	7	100	821	6	241
合 计	5142	100	100	12800	100	249

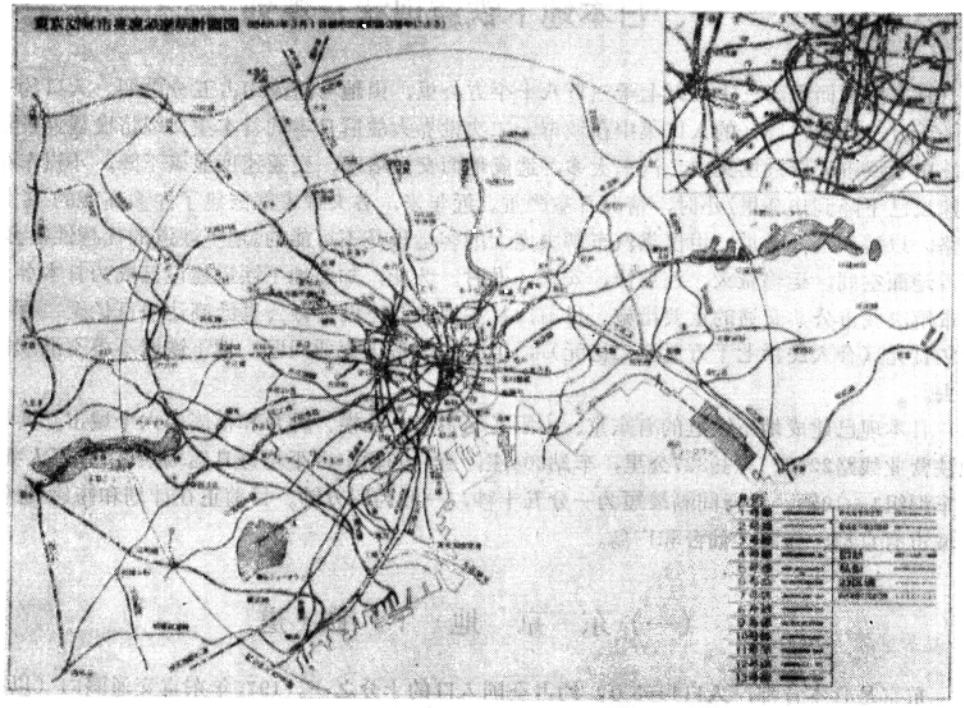


图1—1—1 东京圈都市高速铁道发展规划

表1-1-2 东京地下铁道运营概况

项 目	高 速 交 通 营 团					交 通 局			东 京 合 计
	银座线	丸之内线	日比谷线	东西线	千代田线	有乐町线	1号线	6号线	
	浅草—涉谷	池袋—荻洼	北千住—中目黑	中野—西船桥	浅草—代代木	池袋—有乐町	押上—西马込	西高岛平—三田	
营业公里	14.3	27.4	20.3	30.8	20.9	10.2	18.3	22.5	164.7
车站数	18	27	21	20	18	11	20	24	159
平均站距	0.8	1.1	1.0	1.6	1.2	1.0	1.0	1.0	1.1
营业车辆	241	330	304	339	260	95	164	168	1901
变电方式	三机	三机	架空线	架空线	架空线	架空线	架空线	架空线	
牵引电压	600	600	1500	1500	1500	1500	1500	1500	
轨距	1435	1435	1067	1067	1067	1067	1435	1067	
列车保安装置	ATS (机械式)	ATS (机械式)	ATC	ATC	ATC	ATC	ATS (电气式)	ATS (电气式)	
通讯方式	感应无线	同左	同左	同左	同左	同左	同左	同左	
编组车辆	6 (5动1拖)	6	8	7, 8, 9	10 (6动4拖)	5 (4动1拖)	6	6	
运行速度	2'	1'50"	2'15"	2'30"	3'	3'	2'30"	3'	
一般速度	3'	4'	5'	5'	6'	6'	5'	6'	
最高速度	2'15"	2'15"	3'	3'	5'	5'	2'30"	4'	
全日运行时间	34'30"	50'	43'	44'10"	37'30"	20'	35'30"	43'	
最高速度	55	65	70	快100, 普80	75	75			
每日平均运量	954	1141	1028	897	723	216	454	383	4898
乘定速度	24.9	29	28.3	快44.9, 普40.0	33.4	30.6	30.9	31.5	809
定期乘客	58.5	65.6	69.7	74.1	71.9	68.6			
平均运距	3.8	5.7	5.5	8.5	6.8	5.3			
日平均满载率	63	65	55	52	46	41			
高峰最大满载率	227	233	224	233	228	185			

通问题日益严重，加快了建设速度。现在东京地铁共有营业线路8条，总长164.7公里，仅次于纽约、伦敦、巴黎，占世界第四位。有159座车站，1900辆车，每天运送乘客近490万人次。目前，10号线和11号线正在施工中。东京地下铁道运营概况见表1—1—2。

1972年制定了东京圈都市高速铁道发展规划，见图1—1—1。预计到1985年，交通圈内人口将从现在的2400万人增加到3300万人，通勤、通学的人数约330万人。根据这个规划，东京将大力发展高速铁道线路，其中地下铁道将以每年修建十几公里的速度发展（一部分为地面高架线路），到1985年，东京地铁营业线路将达到13条，总长320公里。到那时，高峰时的最大满载率将从现在的230%下降到150%，拥挤程度将得到缓和。

(二) 大阪地下铁道

大阪市现有人口278万人，是日本第二大城市。白天约有121万人到市内工作，为了解决城市交通问题，大阪从1933年就修建了第一条从梅田至心齋桥长3.2公里的地下铁道。第二次

图 1—2—1 大阪地下铁路网规划

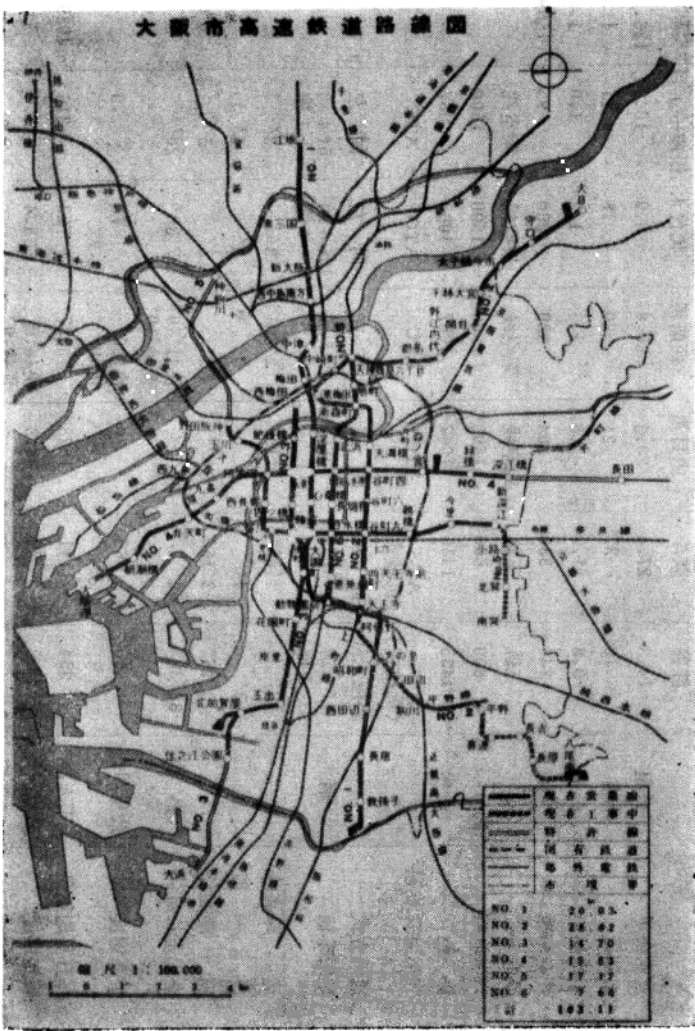


表1-2-1 大阪市地下铁道运营概况

项 目		御堂筋线	谷町线	四桥线	中央线	千日前线	堺筋线	合计
		江坂一 我孙子	守口一 天王寺	西梅田一 住之江公园	大冢港一 藻江桥	野田阪神 一深江	天六一 动物园前	
营业公里数	公里	19.5	15.8	11.4	12.3	9.6	7.0	75.6
车站数	座	17	16	11	11	11	9	75
平均站距	公里	1.2	1.0	1.1	1.2	1.0	0.9	1.0
营业车数	辆	244	152	106	52	48	90	692
受电方式		三轨	三轨	三轨	三轨	三轨	架空线	
牵引电压	伏(D.C)	750	750	750	750	750	1500	
轨距	毫米	1435	1435	1435	1435	1435	1435	
列车保安装置		ATC	ATC	ATC	ATC	CSATC	ATC	
		CTC	CTC	CTC	CTC	CTC	CTC	
通讯方式		感应无线	同左	同左	同左	同左	列车无线 电话	
编组车辆	辆	8 辆	6	5	4	4	5	
		(6动2拖)	(4动2拖)	(4动1拖)			(4动1拖)	
运转间隔	早高峰	分秒	2'15"	3'	2'30"	5'	5'	2'30"
	一般	分秒	4'	6'	6'	7'	7'	5'
	晚高峰	分秒	2'30"	2'30"	3'30"	5'	5'	3'20"
全程走行时间	分秒	36'30"	31'30"	21'30"	22'	18'30"	14'30"	
表定速度	公里/时	32	30	31.8	33.5	31.1	30	
最高速度	公里/时	70	70	70	70	70	70	
每日平均运量	千人次	1137	387	269	192	154	300	2439
平均满载率	%	72	60	32	33	36	41	
高峰最大满载	%	203	174	126	108	141	156	

世界大战前只有营业线路8.8公里。战后,从1950年又继续修建,但因资材不足,建设费高,工程进展缓慢。1955年后,随着城市人口大量集中,地铁运量大增,自1960年后,地铁发展速度加快,现在已有营业线路六条,总长75.6公里,有75座车站,692辆车,每天运送乘客约201万人。大阪已制定了总长为108.45公里的地下铁道路网规划,见图1-2-1。目前,自天王寺至八尾南间10.9公里的延伸线工程正在施工。

大阪市地下铁道运营概况见表1-2-1。

(三) 名古屋市地下铁道

名古屋市面积320平方公里,人口208万。1957年建成第一条地下铁道。1972年市政府制定了一个八条线长135公里的路网规划,见图1-3-1所示。现在已建成了四条,长46.1公里,有51座车站,407辆车,平均每天运送83万人次。目前,3号线的八事至赤池段5.7公里的土木工程已完工,1978年3号线净心至上小田井段,1号线的中村公园至高畑段将开始施工。名古屋市地下铁道运营概况见表1-3-1。

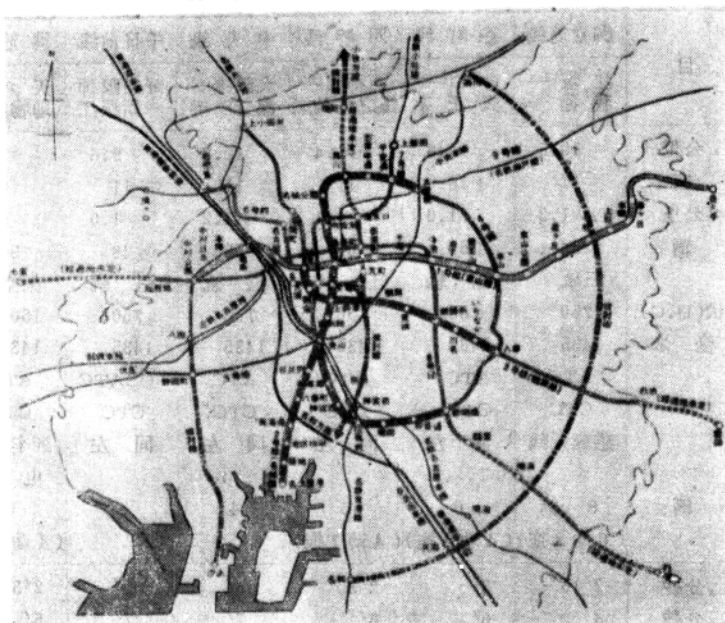


图1-3-1 名古屋地下铁路网规划

表1-3-1 名古屋市地下铁道运营概况

项 目		东 山 线	名 城 线	4 号 线	鹤 午 线	合 计
		中村公园— 藤个丘	大曾根— 名古屋港	西高藏— 新瑞桥	伏见— 八事	
营业公里	公里	17.5	14.9	5.7	8	46.1
车 站 数	座	19	17	7	9	48
平均站距	公里	1	0.9	0.9	1	
营业车数	辆	246	125		36	407
受电方式		三轨	三轨	三轨	架空线	
牵引电压	伏 (D、C)	600	600	600	1500	
轨 距	毫米	1435	1435	1435	1067	
列车保安装置		打击式ATS	ATC	ATC	ATC	
列车通讯方式		感应无线式	同左	同左	同左	
编组车数	辆	6	5	5	4	
运转间隔	早高峰	分秒	2'	3'	6'	5'
	一 般	分秒	4'	4'	8'	7'
	晚高峰	分秒	3'	3'	6'	5'
运行速度	公里/时	32.8	33.2	34.6	33.2	
最高速度	公里/时	65	65	65	75	
每日平均运量	千人次	480	173	36	37	726

(四) 札幌地下铁道

札幌市是北海道的首府，人口为 131 万。百分之九十的工作人员在市中心区工作，而居住在市中心区周围半径为10公里的交通圈内，公共交通的运量很大。尤其是札幌气候寒冷，冬天最低气温为-17℃，积雪厚度为1.2米，由于天寒积雪，每年从 11 月到次年 4 月，约 6 个月时间对路面交通影响很大，汽车的速度很低，每小时为 6 公里。为了解决城市交通问题，札幌市政府于1966年决定修建地下铁道，制定了一个两条线，长45公里的路网规划，见图1—4—1。

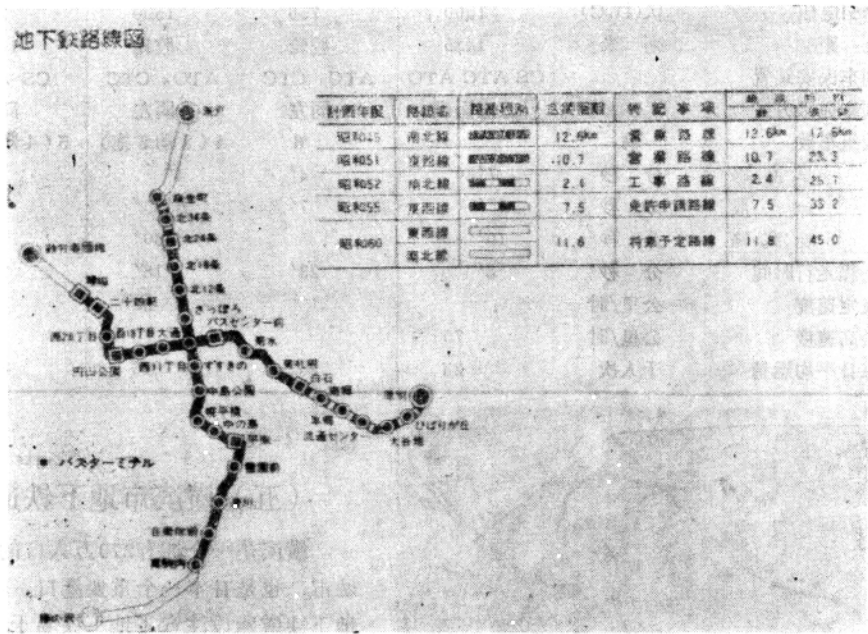


图1—4—1 札幌地下铁道路网规划

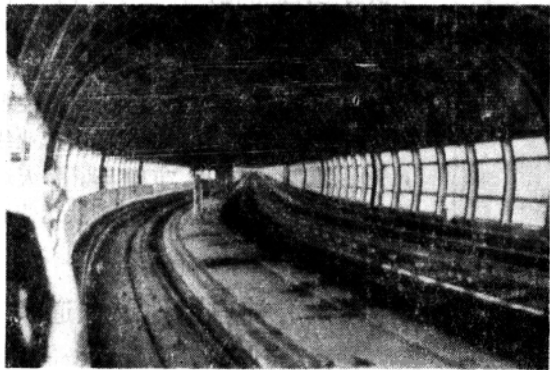


图1—4—2 钢拱架铝板顶罩棚

现在已通车两段，长22公里，有25座车站，200辆车，平均每天运送近50万人次，占全部总运量的58%。地下铁道的运量平均每年增加10%，札幌市地下铁道运营概况见表1—4—1。

札幌地下铁道为了节约投资，设计中考虑多修些高架线路。为了减弱高架线路噪音对居民的影响和防止线路积雪影响行车，采用了橡胶轮胎车辆，并在全部高架线路上用钢拱架铝板顶罩棚遮起来，见

表1—4—1 神户、札幌、横滨地下铁道运营概况

项 目		神户市	札 幌 市		横滨市
		西神线	南北线	东西线	1号线
		名谷—新长田	真驹内—北24条	琴似—白石	上永谷—横滨站
营业公里	公 里	5.7	12.1	9.9	11.5
车站数	座	4	14	11	12
平均站距	公 里	1.4	0.9	1	1
营业车数	辆	24	120	80	70
受电方式		架空线	三轨	架空线	三轨
牵引电压	伏(D.C)	1500	750	1500	750
轨 距	毫 米	1435	胶轮	胶轮	1435
列车保安装置		CS ATC ATO	ATC、CTC	ATO、CTC	CS ATC
列车通讯方式		感应无线	同左	同左	同左
编组车数	辆	4	6	4(2动2拖)	5(4动1拖)
运转间隔	早 高 峰	分 秒 7'30"	4'	4'	5'
	一 般	分 秒 15'	7'	6'30"	8'
	晚 高 峰	分 秒 10'		4'30"	6'
全程走行时间	分 秒	8'	23'	18'	24'
表定速度	公里/时			32	34.8
最高速度	公里/时	75		70	70
每日平均运量	千人次	23	252	216	100

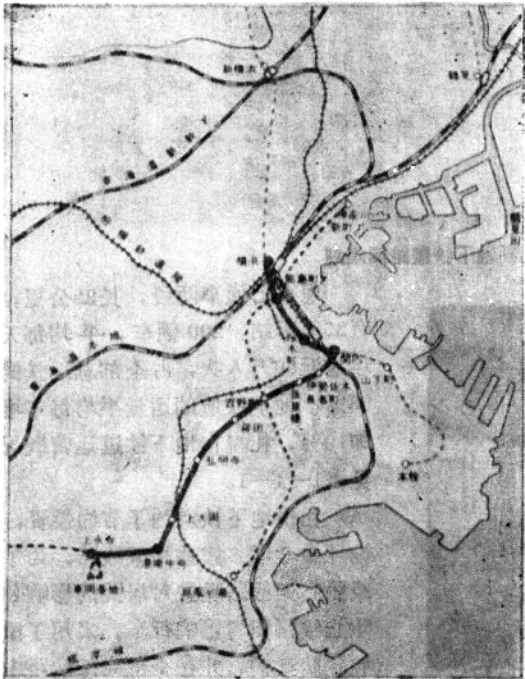


图1—5—1 横滨地下铁道路网规划

图1—4—2。

(五) 横滨市地下铁道

横滨是一个拥有270万人口的工业城市，也是日本一个重要港口。本市的地下铁道建设注意了地下铁易于识别、齐全而准确的服务设备、车站配置具有横滨历史背景和港口特色的壁画等特点。1966年制定了一个四条线68公里的地铁路网规划，见图1—5—1。

1972年第一条线上大冈至伊势佐木长者町段6.3公里通车，现已有营业线11.6公里，12座车站，70辆车。每天运送乘客约10万人次。横滨市地铁运营概况见表1—4—1。

(六) 神户市地下铁道

神户市现有人口136万。该市计划建成以地下铁道为大动脉、公共汽车为

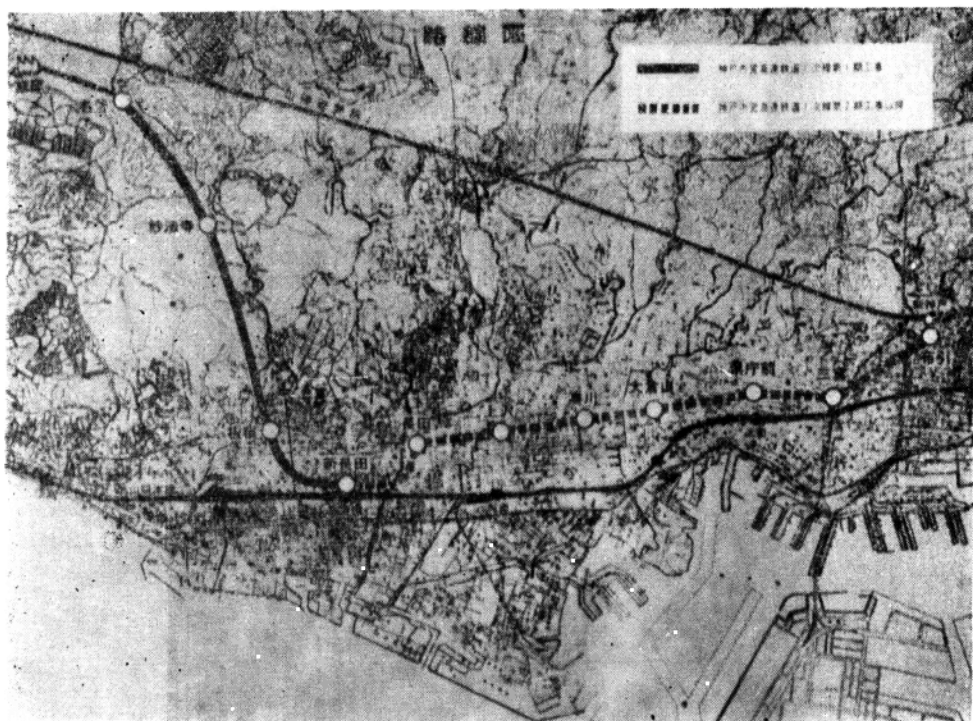


图1—6—1 神户地下铁道路网规划

连络网的城市交通体系。1970年3月制定了一个两条线长36公里的地铁路网规划，见图1—6—1。

1971年10月批准修建从名谷至布引间13.6公里地下铁道。1972年3月西神线从名谷至新长田5.7公里，共四个车站已开始运营。自新长田至布引的山手线，长8公里，将于1982年建成。神户市地下铁道运营概况见表1—4—1。

二、地下铁道线路

(一) 线路平面

1. 线路形式

日本地下铁道是浅埋的线路，线路一般都沿着既有的街道埋置。也有一部分从建筑物下面穿过的线路，埋设比较深。为了节省投资，郊区线路一般都做成地面线和高架线。线路中隧道部分大约占百分之八十三，地面线和高架线约占百分之十七。

札幌交通局反映，地面线和高架线影响市容，产生的振动和噪音影响周围环境，妨碍居民晒太阳，因此不是发展方向。今后打算全部修建地下线。高架线见图2—1—1和2—1—2。

日本地下铁道的车站比较密。市区内的车站间距一般为七百至九百米，最小站间距为四

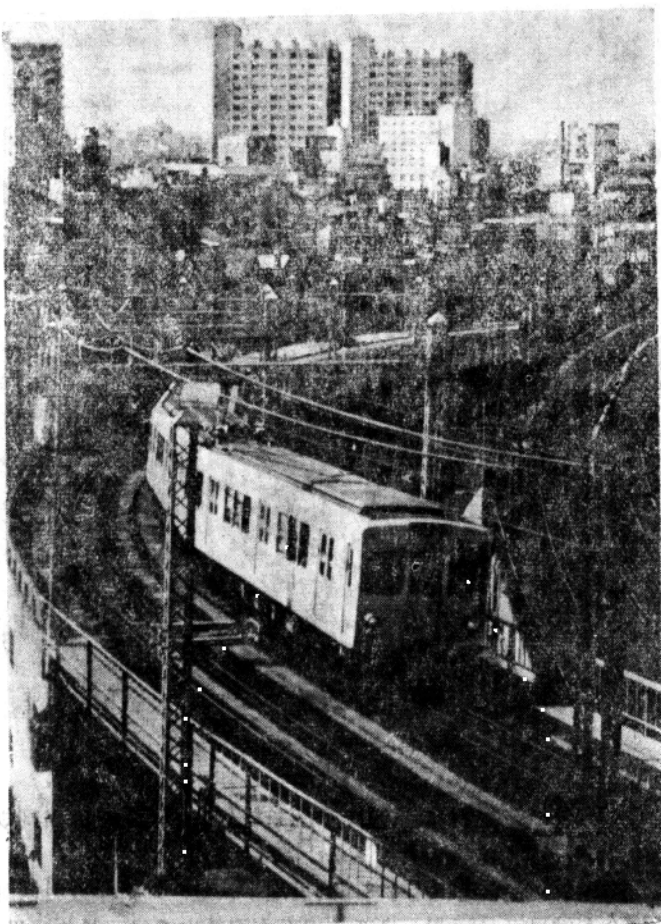


图2-1-1 东京地铁高架线路

百米。郊区的车站间距大一些，约为一至二公里。平均站间距为一公里。

线路的形式一般是并行的双线，在街道比较窄的情况下就改为叠合式线路，使一条线在上面，另一条线在下面。东京这种形式的区间隧道和车站很多。

日本地铁各条线都是独立运营，两条线相遇时都采用立体交叉。东京地铁线路较多，因此交叉点也多，有的换乘站有好几层。

日本各城市街道两边全是高层建筑物，道路也比较狭窄，因此高层建筑物不是地铁定线的控制因素，只能在施工时采取有效的措施，保护高层建筑物的基础。明挖法施工采用工字钢桩支护，连续壁和连续混凝土柱支护三种，基坑距建筑物只有1.5米。根据大阪地铁的经验，在地下水位为3.0米的情况下，用连续壁法施工，在基坑内排水，完工后建筑物的下沉量约为两公分。对建筑物没有什么大的影响。

2. 线路间距

日本地下铁的结构形式，有矩形框架结构，单线圆形结构，双线圆形结构和高架桥四种。线路的间距是根据结构形式来确定的。

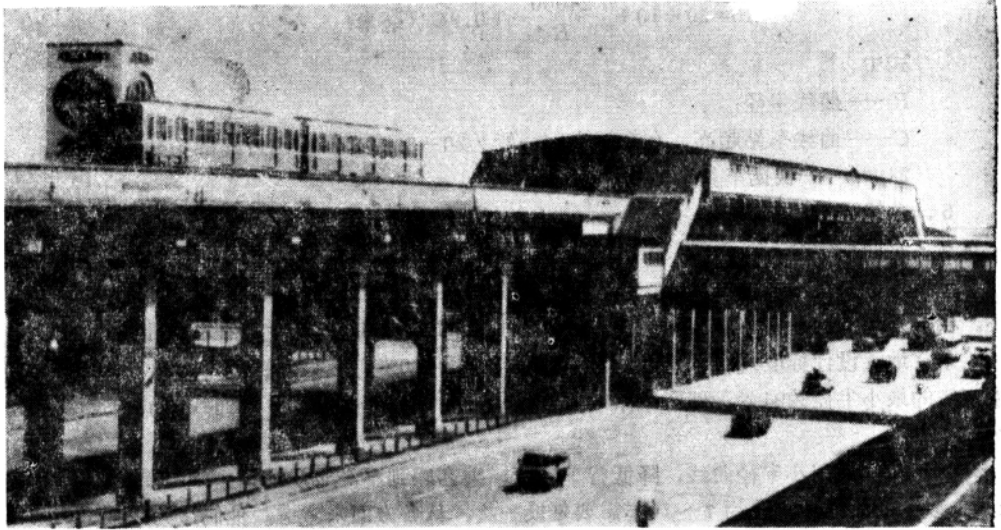


图2—1—2 大阪地铁高架车站

日本没有统一的地下铁道设计规范，各地都有自己的设计标准，并且是一条线有一套设计标准。关于线路的最小线间距一般采用3.4米，双线隧道和高架桥的线间距为3.5—3.6米，单线隧道的线间距根据具体情况而定。矩形隧道的线间距按照从线路中心到中墙的距离为1.8米加中墙厚度来计算。

日本还规定，在三条线路并行的情况下，必须有一条线的线间距在4.0米以上，使巡道工有躲避列车的空间。

3. 轨距和受电方式

日本地下铁道的轨距很不统一，有1435毫米、1372毫米和1067毫米三种。一般采用标准轨距的较多，采用1372毫米轨距的只有东京十号线。

日本地铁车辆的受电方式，有直流1500伏架空线和600伏、750伏第三轨受电，据统计这两种受电方式的数量差不多。

为了减少乘客换乘次数，日本地下铁道和地面铁路实行过轨联运，地面铁路的列车可以经过地下铁直接进入市区。这样要求地下铁与地面铁路采用统一的技术标准，因此地下铁的轨距和受电方式，是根据和它进行联运的地面铁路的条件来决定的。因为日本地面铁路大都采用窄轨和架空线受电，所以和地面铁联运的地下铁，也大都采用窄轨和架空线受电。

4. 车站

日本地下铁道车站的形式有岛式车站和侧式车站两种，而且侧式车站相当多。

关于车站的长度各地不一样，东京新建的线路站台长按十辆车编组，长210~220米；大阪地铁站台长160~180米；名古屋站台长170米。

日本规定站台的有效长度，按照列车长度加十米的富裕量来计算。站台与车辆的间隙规定为50毫米，再加10毫米施工误差。

曲线车站的站台间隙，还要考虑车辆平面偏移和由于超高引起的车体倾斜。站台间隙按下列公式计算：

$$P=50+10+\frac{24000}{R^2}+0.8C \text{ (毫米)}$$

式中

R——曲线半径；

C——曲线车站超高，在车站中间一般为20—30毫米，在站台端部为45毫米。

24000——根据车长确定的计算常数。

5. 曲线

(1) 曲线半径

日本地铁线路沿着街道埋置，因受种种条件的限制，线路的标准比较低，曲线多，半径小。根据东京的统计资料，曲线大约占线路总长度的45~50%，小半径在曲线中约占10%。

东京地铁设计标准规定，正线的最小曲线半径为160米，大阪地铁规定为120米。东京地铁正线的最小半径为91米，郊区线路的曲线半径一般为400~500米。圆曲线的最小长度规定为15米。

据反映，采用小半径曲线，降低行车速度，乘客感到不舒服，钢轨磨损比较快。半径200米以下的曲线，钢轨约7~10年需要更换一次，从各方面来考虑，他们认为采用300米以上的半径比较好。

(2) 曲线车站

日本地下铁道有相当多的车站设在曲线上。东京有乐町线有十个车站，其中有五个是曲线车站；都营地下铁六号线有二十四四个车站，其中有十个曲线车站。象喇叭口曲线进入站台的情况更是司空见惯。

东京地铁设计标准规定，车站的曲线半径一般不小于500米，困难情况下不小于350米；大阪地铁则规定，车站的最小曲线半径为200米。东京银座线上野车站的曲线半径为213米。

规定车站的最小曲线半径，主要是考虑车辆和站台的间隙不超过200毫米，以保证乘客安全。按照这个条件计算，对于车长18米，转向架中心距为12米的车，车站的曲线半径可为208米；对于车长20米，转向架中心距为13.8米的车，车站曲线半径为340米。

日本规定曲线车站一般要做20~30毫米的超高。

关于曲线车站的瞭望问题，各地都用工业电视来解决，在站台上靠近最后一辆车的地方，安装两台工业电视机，一台反映列车前半部的情况，一台反映列车后半部的情况。车长从电视机上观察乘客上下车的情况，以便关门和发车。

(3) 缓和曲线

日本地下铁道规定，在半径小于800米以下的圆曲线两端设缓和曲线，缓和曲线的形式为三次抛物线。

缓和曲线的长度是按照在转向架呈三点支撑的情况下，车轮也不致于脱轨的条件来确定的。计算考虑当转向架呈三点支撑状态时，脱轨的极限值为20毫米。考虑竖曲线改正值和钢轨的垂直向下误差的影响7毫米，则车轮实际允许的抬高值为20-7=13毫米。当车辆的固定轴距为2.4

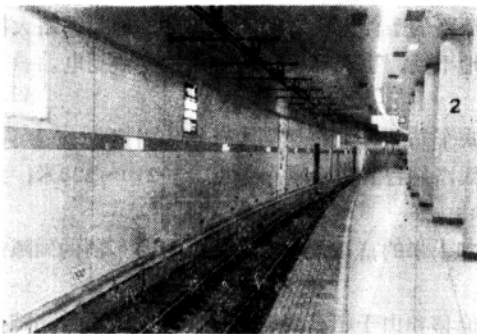


图 2-1-3 曲线车站

米时，车轮的升高率近似1/150。为了安全起见，考虑两倍的安全系数，则缓和曲线长度应为超高值的300倍。

为了提高乘车的舒适度，日本主张最好按超高的500倍来考虑缓和曲线长度。正在施工的东京地铁十一号和十三号线，缓和曲线的长度都按超高的600倍计算。

(4) 反向曲线间的夹直线

在两个相反方向的曲线相连接时，为了使车辆能够平顺的从一个曲线过渡到另一个曲线上，规定在它们之间要插入一个直线段，夹直线的长度，按照车辆定距加上台车的固定轴距来计算。对于早期修建的线路，夹直线的长度规定为15米；新建线路，夹直线的长度规定为17米。

(5) 复合曲线

在地形比较困难的情况下，日本允许采用复合曲线。为保证乘车的舒适度，规定在两个不同半径的圆曲线之间要设置缓和曲线。中间缓和曲线的长度，根据两个圆曲线的半径和两端缓和曲线的长度，通过计算来确定。

关于复合曲线的施工和养护问题，据介绍没有什么困难。

(6) 曲线限速和外轨超高

①日本地铁规定车辆在曲线上运行要限速。规定限速的条件是考虑即使在超高等于零的情况下，也能保证列车安全运行。列车在曲线上的限制速度按下列公式计算：

$$V = \sqrt{\frac{9G}{2\alpha H}} \times 3.6 \sqrt{R} \text{ (公里/小时)}$$

式中：H——车辆的重心高度（米）；

G——轨距（米）；

g——重力加速度（米/秒²）；

R——曲线半径（米）；

α——安全系数。一般地段为3~4，在道岔部分为5.5。

根据名古屋地铁的资料，用上述公式可得出各条线路的曲线限速公式，如下表所示：

表2-1-1 曲线限速表

线 号	G	H	安 全 系 数 (α)		限 速 公 式	
			一 般 部	道 岔 部	一 般 部	道 岔 部
1.2.4	1.435	1.38	3.35	5.5	$V=4.44\sqrt{R}$	$V=3.46\sqrt{R}$
8	1.067	1.70			$V=3.45\sqrt{R}$	$V=2.69\sqrt{R}$

②日本运输省在“线路及设施标准”中规定，线路的外轨超高按下列公式计算：

$$h = \frac{GV^2}{0.127R} \text{ (毫米)}$$

式中：G——轨距（米）；

V ——列车速度（公里/小时），

R ——曲线半径（米）。

下面是按照不同的轨距，导出的外轨超高计算公式，以及为保证列车安全而规定的最大超高值。

$$G=1.435 \text{ 米} \quad h = \frac{11.29V^2}{R} \text{ (毫米)} \quad h_{\max}=150 \text{ 毫米。}$$

$$G=1.372 \text{ 米} \quad h = \frac{10.8V^2}{R} \text{ (毫米)} \quad h_{\max}=140 \text{ 毫米。}$$

$$G=1.067 \text{ 米} \quad h = \frac{8.4V^2}{R} \text{ (毫米)} \quad h_{\max}=105 \text{ 毫米。}$$

日本地铁在线路设计中使用两种超高，就是设计超高和实际超高。设计超高，就是把线路规定的列车最大运行速度值，代入计算公式中去，所得的超高就叫设计超高（我们叫限制超高）。设计超高的用处就是确定隧道断面的尺寸，它不考虑曲线限速这个问题。

实际超高，就是轨道上应该设置的超高。是把列车牵引计算中确定的列车在曲线上实际运行速度值，代入计算公式中去，所得的计算值，就是实际超高。实际超高已经考虑了道岔和曲线限速这个条件。用来做铺轨设计。

由此看来设计超高和实际超高所不同的地方，就是代入的速度不同，所得的结果也不同。前者用以决定隧道断面的大小，后者用以决定轨道的超高量。

日本地铁线路的超高有的地方按外轨抬高 $\frac{h}{2}$ ，内轨降低 $\frac{h}{2}$ 来实施，也

有的地方用抬高外轨的方法来实现。超高递减在缓和曲线范围内进行，按照两条钢轨的相对坡度不大于1/300。

现以名古屋地铁三号线为例子，把两种超高的计算过程示意如上。

6. 渡线和折返线

