

編 号: (74)002

內 部

出国参观考察报告

日本地下铁道车辆

科学技术文献出版社

一九七四年十二月

出国参观考察报告

日本地下铁道车辆

(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 $787 \times 1092 \cdot \frac{1}{16}$ 8印张 插图8 20.3千字

统一书号：15176·38 定价：0.38元

1974年12月出版

毛主席語录

学习有两种态度。一种是教条主义的态度，不管我国情况，适用的和不适用的，一起搬来。这种态度不好。另一种态度，学习的时候用脑筋想一下，学那些和我国情况相适合的东西，即吸取对我们有益的经验，我们需要的是这样一种态度。

独立自主、自力更生。

目 录

一、概况.....	(1)
(一) 日本地下铁道和车辆概况.....	(1)
(二) 车辆防火安全.....	(1)
二、车辆结构.....	(6)
(一) 车辆总体布置.....	(6)
(二) 车体.....	(10)
1. 不锈钢车体和铝合金车体.....	(10)
2. 地板.....	(18)
3. 车门.....	(19)
4. 通风、照明、站名显示装置、电子喇叭.....	(24)
5. 噪音.....	(27)
(三) 转向架.....	(31)
1. 明登型转向架.....	(31)
2. “修里连”式的轴箱定位转向架.....	(34)
3. 传动装置.....	(36)
4. 涂油装置.....	(39)
5. 札幌市地下铁道胶轮车的走行装置.....	(41)
(四) 空气制动机.....	(42)
1. OEC-1型空气制动机.....	(43)
2. HRD-1型空气制动机.....	(48)
3. OEC-2型空气制动机.....	(51)
4. TRT-9型空气制动机.....	(54)
5. HSC-D型空气制动机.....	(55)
三、电气系统.....	(56)
(一) 主回路.....	(56)
(二) 主保护.....	(61)
(三) 控制回路.....	(63)

(四) 辅助回路.....	(69)
(五) 列车自动控制.....	(70)
四、地铁车辆电机电器.....	(74)
(一) 日本地下铁道牵引电机功率水平及客车牵引性能分析.....	(74)
(二) 日本地铁主牵引电机的几个特点.....	(76)
(三) 牵引电机制造工艺简况.....	(81)
(四) 日本地铁客车辅助电源情况.....	(81)
(五) 日本地铁空气压缩机配用电动机情况.....	(86)
(六) 关于日本地铁客车用保护电器.....	(87)
(七) 关于日本地铁客车用控制电器.....	(99)
五、可控硅斩波器在地下铁道车辆上的应用.....	(102)
(一) 概况.....	(102)
(二) 日本地铁斩波调速动车目前状况.....	(116)
(三) 日本地铁车辆斩波调速的发展.....	(120)

日本地下铁道车辆

赴日地铁车辆考察组

一、概 况

(一) 日本地下铁道和车辆概况

日本地下铁道最初于1925年在东京开始建设, 1927年开通一小段。到现在有六个城市有地下铁道, 共有线路276公里。其中东京154公里, 大阪64公里, 名古屋32公里, 札幌12公里, 横滨5.6公里, 神户7.6公里。

由于城市畸形发展, 人口过度集中, 汽车数量太多, 虽然修建了一些高架道路、高速公路, 地面交通仍然拥挤不堪, 在上下班时尤其困难。地下铁道运输能力大, 平均速度高, 运输成本低, 近年来发展较快, 日本现有地铁线路的三分之二左右是在最近十年内建设起来的。据“帝都高速度交通营团”(以下简称营团)介绍, 东京两家地铁(“营团”和“都营地下铁”)每日运量共为460万人, 最拥挤时列车运行间隔最小为2分钟, 部分为1分50秒。

他们尽量搞地铁和郊区电气化铁路的联运, 一部分地铁可以同郊区铁路直通运行, 无需换乘。联运线路约为现有地铁线路的一半。联运线路供电方式一般为直流1500伏架空线受电, 不联运的一般为直流600伏或750伏三轨受电, 有个别例外。轨距在东京和神户有1435毫米和1067毫米两种, 其它城市为1435毫米。

关于日本地铁一些情况见表1-1-1~1-1-5。

日本地铁车辆现有约2700辆, 车型多, 比较杂乱。近年来制造的较新的车辆之中, 用传统的变阻控制器控制的有东京都营6000型、大阪60系、横滨1000型、札幌胶轮车, 用可控硅斩波器调压的有东京营团6000型和试制试验中的都营10000型、大阪20系、营团7000型。它们的主要特点有:

(1) 固定编组, 最短的3辆一组, 最长的10辆一组。中间车没有司机室。较多地采用动车、拖车结合编组, 相邻两节动车共用一套控制系统。车内座位靠侧墙作纵向长行排列, 全列车有较宽的通道。

(2) 为了防止火灾, 对材料、列车通道、电气部分、报警等方面有一些规定和措施, 见下节。

(3) 用可控硅斩波器控制和进行再生制动的车辆, 几年前已有一种车型成批生产, 正在试制试验的有三种车型。

(4) 车体用铝合金板和铝合金型材, 以减轻自重, 不要油漆。有的车用不锈钢材。

(5) 电机电器搞“无维修化”, 提高可靠性, 减少维修工作量。

(6) 电制动的制动力可以选择, 和空气制动配合, 由一个手柄操作。常用制动以电制动为主, 不足时空气制动自动代替或补充。

表1-1-1 东京地下铁道概况

区	线别	银座线	丸之内线	日比谷线	东西线	千代田线	都营1*线	都营6*线	合计
区间		浅草~涩谷	池袋~荻洼 中野坂上~方南丁	北千住~ 中目黑	中野~ 西船桥	绫濑~ 代代木公园	西马込~押上 泉岳寺~品川	高岛平~ 三田	
营业里程		14.3公里	27.4公里	20.3公里	30.8公里	20.9公里	19.5公里	21.0公里	154.2公里
站数		18站	27站	21站	20站	18站	21站	22站	147站
轨距		1.435米	1.435米	1.067米	1.067米	1.067米	1.435米	1.067米	
电压		600伏	600伏	1500伏	1500伏	1500伏	1500伏	1500伏	
受电方式		三轨	三轨	受电弓	受电弓	受电弓	受电弓	受电弓	
平均速度		30.3公里/时	35.3公里/时	34.3公里/时	50.5公里/时	41.8公里/时	39公里/时	39.9公里/时	
最小运行时间		2分	1分50秒	2分15秒	2分30秒	8分	4分	4分	
最大编成辆数		6辆	6辆	8辆	9辆	10辆	6辆	6辆	
配属车辆数		241辆	330辆	304辆	287辆	240辆	152辆	156辆	1710辆
使用车种		1200型~ 2000型	300—500型 900型 2000型	3000型 3500型 4000型	5000型 5200型 5600型 5800型	同右加6000型	5000型	6000型	
检车场		上野	中野 小石川	千佳 竹之塚	深川	绫濑	马込	志村	
每日运送人员		1,001千人	1,249千人	960千人	831千人	523千人	443.8千人	239.7千人	5,247.5千人
安全装置		ATS	ATS	ATC	ATC	ATC	ATS	ATC	

表1-1-2 大阪市地下铁道概况

线 别	御堂筋线	谷 町 线	四 桥 线	中 央 线	千日前线	堺 筋 线	合 计
区 间	江坂~ 我孙子	东梅田~ 天王寺	西梅田~ 玉出	大阪港~ 深江桥	野田阪神 ~新深江	天神桥筋六 ~动物园前	64.2公里
营业里程	19.5公里	7.3公里	8.5公里	12.3公里	9.6公里	7.0公里	
站 数	17站	8 站	9站	11站	11站	9 站	
轨 距	1.435米	1.435米	1.435米	1.435米	1.435米	1.435米	
受电方式	三 轨	三 轨	三 轨	三 轨	三 轨	受电弓	
电 压	750伏	750伏	750伏	750伏	750伏	1500伏	
平均速度	32公里/时	29公里/时	32公里/时	33.5公里/时	31公里/时	29公里/时	
最小运隔时间	2分15秒	3分	2分30秒	5 分	5分	2分30秒	
最大编成辆数	8 辆	4辆	4辆	4 辆	4辆	5辆	
配属辆数	240辆	84辆	114辆	57 辆	48辆	90辆	
使用车种	30 系	50系	1100,1200 型50系30系	800,900型 50系	50系	60系	634 辆
检 车 场	我孙子	森之宫 天王寺	玉出 我 孙 子	港 森之宫	森之宫 合里	动物园前 东吹田	214万人
每日运送人员	109万人	26万人	25万人	17万人	13万人	24万人	
安全装置	ATC	ATC	ATC	ATC	ATC	ATC	

表1-1-3 名古屋市地下铁道概况

线 别	东 山 线	名 城 线	合 计
区 间	中村公园~藤个丘	大曾根~名古屋港	32.384公里 36站
营 业 里 程	17.487公里	14.897公里	
站 数	19站	17站	
轨 距	1.435米	1.435米	
受 电 方 式	三轨	三轨	
电 压	600伏	600伏	
平 均 速 度	39.2公里/时	39.6公里/时	
最小运隔时间	2 分	2 分	
最大编成辆数	5 辆	5辆	
配 属 辆 数	190辆	72辆	
使 用 车 种	1000型	1500系 1000型	262辆
检 车 场	藤丘2场	名港 名城车库	
安 全 装 置	ATS	ATC	

(7) 变阻控制器用伺服电机传动。

(8) 普遍装有列车无线电话和非常警报装置。

(9) 列车自动限速(ATC)和车内信号联合,列车自动运行(ATO)还在试用中。
详见本报告下面各部分。

日本近年新造几种地铁车辆主要规格见表1-1-6。

表1-1-4 札幌市地下铁道概况

别 线	南北线	线 别	南北线
区 间	真驹内～北24条	最小运隔时	5 分
营业里程	12.1公里	最大编成辆数	6 辆
站 数	14站	配属辆数	12 辆
轨 距	胶 轮	使用车种	胶 轮
受电方式	三 轨	检 车 场	真驹内
电 压	750伏	每日运送人员	180千人
平均速度	31.6公里/时	安全装置	ATC

表1-1-5 横滨市地下铁道概况

线 别	一号线	线 别	一号线
区 间	上大冈～伊势佐木长者町	最小运隔时	5 分
营业里程	5.64公里	最大编成数	3 辆
站 数	6 站	配属辆数	21 辆
轨 距	1.435米	使用车种	1000型
受电方式	三 轨	检 车 场	绿木町
电 压	750伏	安全装置	ATC
平均速度	28.9公里/时		ATO

线各站列车情况和站台、出入口等处情况，也有的线采用有关列车运行的集中自动广播。较普遍地采用变电所集中遥控。

由于他们的社会制度所决定，他们的技术是为资本家攫取利润服务的。我们看到和了解到的东西还需批判地分析，排除其糟粕，吸收其精华。

(二) 车 辆 防 火 安 全

日本地上、地下电动客车曾发生火灾事故多次。1956年发生了电动客车减流电阻过热在隧道内着火全车烧燬的事故，事后采取了一些防火措施。1956～1957年制订了“电车火灾事故对策”等规定，对车辆防火从结构方面制订了标准，其中适用地铁车辆的为“A-A标准”。1968年东京地铁又发生了电动客车电阻器异常发热造成着火事故，一辆车全部烧燬，一辆车烧去一半，一辆车烧去一部分。分析原因，是两辆车（一组控制装置）主回路因故障停在并联位，切除控制回路作拖车运行，在反向行走时形成发电制动状态，以致电阻过热。事后他们研究了一些操作上和车辆构造上的措施，修订了“A-A标准”。标准中对车辆结构材料，要求“除结构和性能上无法解决者外，应全部采用不燃性材料”，“不燃性材料以外的材料的使用量应尽量减少，力争采用难燃性（包括不燃性、极难燃性）材料。”对什么叫做

在车辆检修方面，规定分日检、月检、重要部位检查（每一年半进行一次）、全面检查（每三年进行一次）几种修程。各种修程检修项目有详细规定。日检、月检在“检车区”（有的叫“检车场”）进行，重要部位检查和全面检查在“工场”进行。东京营团5条线共有8个“检车区”和5个“工场”，都营2条线各有一个“检修区”和一个“工场”，大阪6条线共有7个“检车场”和2个“工场”。“工场”设在“检修区”一起或附近，但分开管理。

札幌市地铁车辆检修，采用了电子计算机控制的“综合自动试验检查装置”，可以检查的项目有：绝缘电阻，控制电器动作程序和时间，空气制动的压力、时间和漏气情况，列车自动限速装置（ATC）的动作，逆变器输出和电压，风动门开闭等。检查结果由电动打字机自动打成报告。有的车辆制造工厂也有类似设备。

在地铁运营方面，使用了一些电子技术搞自动化，如普遍使用自动售票机，有的线使用磁性车票和自动检票收票机，还有补票机、纸币换硬币机等。有的线使用电子计算机的调度集中，有的用工业电视集中监视沿

表 1-1-6 日本近年新造几种地铁车辆主要规格

车 型	都 营 6000型	大 阪 60系	营 团 6000型	横 滨 1000型	都 营 10000型	大 阪 20系
编 组 方 式	4 M	4M1T(将来6M2T)	6 M 4 T	2MIT	4M (6M4T)	4M
轨距(毫米)	1067	1435	1067	1435	1067	1435
供电方式	1500伏架空线	1500伏架空线	1500伏架空线	750伏三轨	1500伏架空线	750伏三轨
定 员	头车150(座50) 中间车170(座58)	头车140(座52) 中间车150(座60)	头车136 中间车144	头车140(座48) 中间车150(座56)	头车150(座50) 中间车170(座58)	头车130(座42) 中间车140(座48)
自重(吨)	35-37	动车29-32 拖车21	动车30-33 拖车22.5-24.5	动车35 拖车28	37.5-40.5 (M40, T30)	头车33 中间车35
车长(毫米)	20000	18900	20000	18000	20000	头车18900 中间车18700
车宽(毫米)	2800	2840	2800	2780	2800	2890
车高(毫米)	4050(落弓)	4150(落弓)	4145(落弓)	3540	4050(落弓)(4100)	3750
转向架型式	油浴导筒, 空气簧	明登S型, 空气簧	明登型S, 空气簧	明登S型, 空气簧	油浴导筒, 空气簧	导框式, 空气簧
轮径(毫米)	860	860	860	860	820	860-0
齿轮比	99/16=6.19	99/17=5.824	98/15=6.53	99/16=6.19	99/16=6.19	99/16=6.19
主电动机功率	100瓩×4	120瓩×4	145瓩×4	120瓩×4	100瓩×4(150瓩×4)	130瓩×4
控制装置	变阻控制器	变阻控制器	斩波器, 再生制动	变阻控制器	斩波器, 再生制动	斩波器, 再生制动
空气制动装置	HSC-D	OEC-1	TRT-9	HRD-1	TB-10	OEC-2
辅助电源	空气指令, 电空并用 7.5千伏安逆变器	电指令, 电空并用 12.5千伏安逆变器	电指令, 电空并用 20千伏安发电机	电指令, 电空并用 13千伏安发电机	电指令, 电空并用 120(160)千伏安发电机	电指令, 电空并用 25千伏安发电机
列车无线通信	感应无线	VHF/FM空间波	感应无线	感应无线	感应无线	感应无线
最高速度(公里/时)	100	100	100	70	100	70
加速度(公里/时/秒)	3.5	2.8	3.3	3.2	3.3	3.0
常用减速度(公里/时/秒)	4.0	3.5	3.7	3.5	4.0	3.5
非常减速度(公里/时/秒)	4.5	4.0	4.7	4.5	4.5	4.5

“不燃性”、“极难燃性”、“难燃性”材料，规定有具体试验和判别方法。标准要求车辆之间的通道需有渡板、折棚等装置，列车两端有通道出口，以便必要时疏散乘客，我们看到的新车，都按此办了。对主电路和可能发生电弧或电热的部分，有一些具体要求，我们考察中也看到了他们的措施。A-A标准详见交通部长春客车工厂编印的《国外地下铁道火灾和防火措施》，这次考察到的日本这方面的措施分见下面各部分：关于提高电机电器的安全可靠方面见本报告第四部分：电机电器；关于发生故障电流时切断电源的主保护见第三部分：电气系统；关于车辆结构材料、报警和便于疏散旅客的措施见第二部分：车辆结构。

日本地铁车辆都装有列车无线电话，司机可以同调度中心通话，平时作调度、业务用，紧急情况下司机可用另一个专用的频率（以保证不受其它列车通话的干扰）向调度和电力调度发出警报，停止向这个区间供电，以防止事故扩大。日本地铁车辆的无线电话，除个别线路使用超短波外，大多采用感应无线方式，在洞内挂有感应通信线，同车上的天线感应结合。使用频率范围为10—250千周。感应线一般挂在洞内侧壁上，过车站时设在轨道中间。车上侧面和车下分别设有天线。

二、车 辆 结 构

（一）车 辆 总 体 布 置

近年来，日本新造的地铁车辆均为列车固定编组。其中有3、4、5、6、8、10辆一列编组运营的，每组车辆只有前后两头设司机室。也有的固定编组的列车在中间分离端设置了简易调车装置，如图2-1-1所示。相邻车辆之间，内部贯通。车辆联结处设有风挡和渡板，正常情况下可作旅客疏密不均调节之用，非常情况下便于旅客向列车两端疏散。

由于列车固定编组，有些设备无需每辆都设。例如横滨1000型车辆，两动一拖三辆固定编组，共用一套主控制器、辅助发电机组、空气压缩机组。又如大阪20系全动车四辆固定编组，共用二套主控制器、辅助发电机组、空气压缩机组。这样，较之全动车独立编组可以简化车下布置、节省造价。

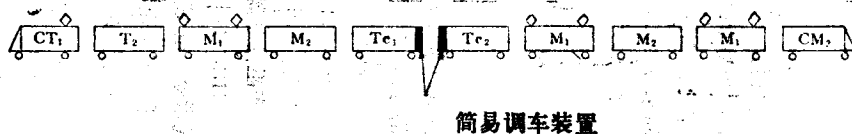


图2-1-1

横滨1000型、大阪20系、60系、都营10000型、6000型的总体布置参见图2-1-2、图2-1-3、图2-1-4、图2-1-5、图2-1-6。

日本地铁车内座椅都是靠两侧布置的长条形，因此中间通道较宽，便于旅客上下，并且能够增加一些定员。一般设置扶手吊环，唯有大阪市20系车辆，客室上部不设吊环，它的客室内部布置如图2-1-7所示。

日本地铁车辆的车体最大尺寸极不统一，车辆长度（车钩联结线之间距离在）18~20米之间，最大宽度2.8米左右，高度3.6米左右。三轨受电车辆最高点有的为3745毫米。

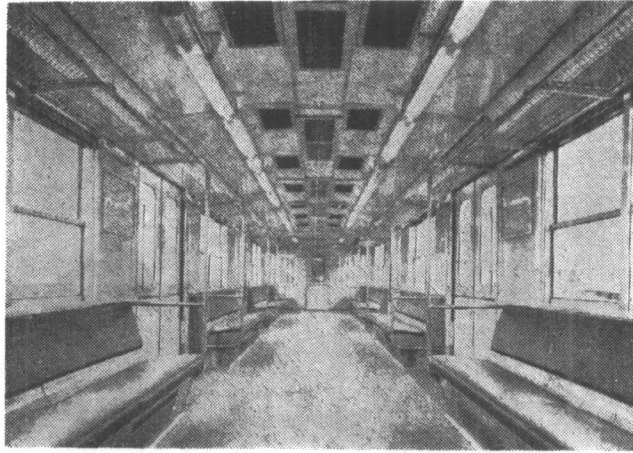


图 2-1-7 大阪20系车辆客室布置

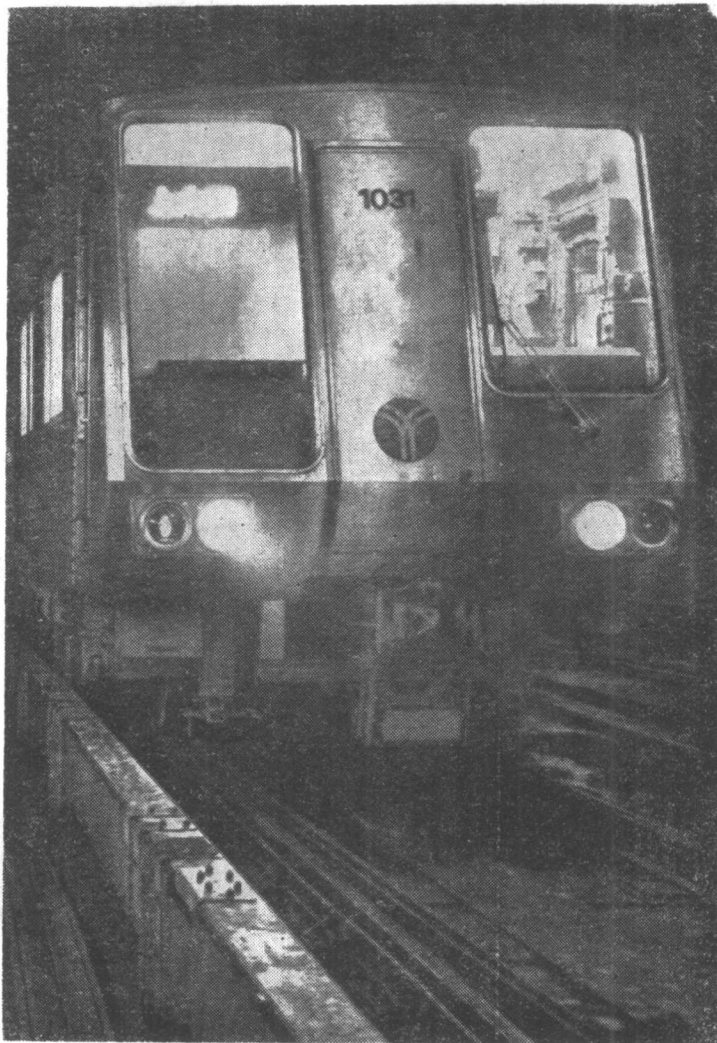


图 2-1-8 横滨1000型前端外形

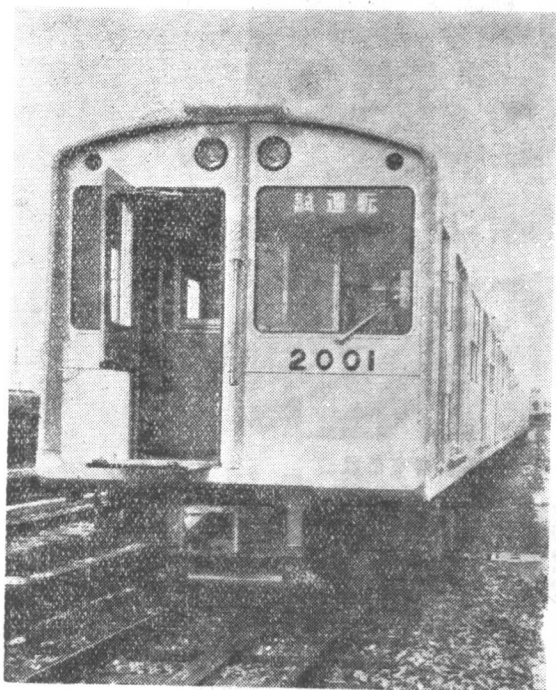


图 2-1-9 大阪20系车辆前端外形

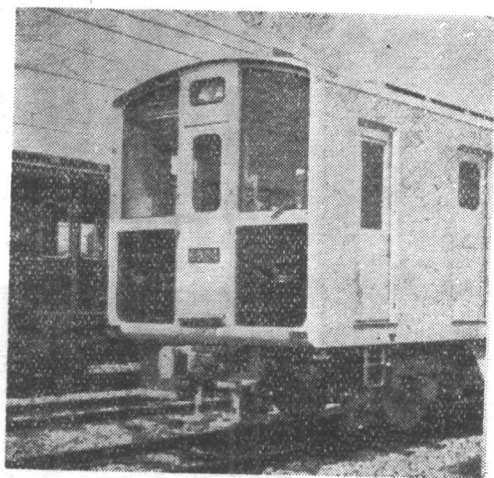


图 2-1-10 大阪60系车辆端前外形



图 2-1-11 札幌胶轮车前端外形

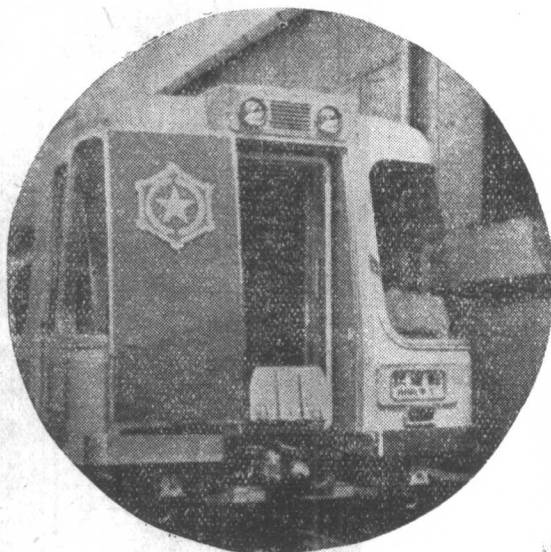


图 2-1-12 札幌胶轮车前端通过台结构

列车的司机室长度较短。20系车辆的司机室内部净长为1232.5毫米,1000型车辆的司机室内部净长为1450毫米。司机室前端造型多为直线过渡。除札幌市胶轮车前窗玻璃为曲面玻璃外,其余多为平面玻璃。横滨1000型、大阪20系、60系、札幌胶轮车的司机室前端外形分别参看图2-1-8、图2-1-9、图2-1-10、图2-1-11。

横滨1000型车辆的前端外形是平整的斜面,没有窗户的非常门设置在中间。车头左右两面分别开有一个高低不对称的窗户。

大阪20系车辆前端上下均为平面结构。车端安全门偏于车体中心线一侧,端门分上下两段组成。上半截为向外横开折页门,下半截沿车长方向放下可作疏散旅客用的渡板。前端外侧四周,有用增强塑料制成的比较厚的饰带。前灯、尾灯置于车端上部。

札幌市胶轮车,采用大的曲面玻璃的前窗,附加磨光的玻璃腰带。前端出入口设有向后倾的曲面滑动罩门,前端通过台结构如图2-1-12所示。

罩门内藏有骨架构成的连锁式折棚和紧急脱出的梯子。

雨檐,大多与侧墙上墙板一体压型,没有装饰性的腰带。为了便于乘客识别车辆运行线路,有的车辆在侧窗下部用油漆色带构成一条线路色标。

近年来,车辆外皮向“无涂装”发展。不锈钢外皮为钢板本色,轻合金外皮用化学药剂造成一层氧化膜。

客室侧门有的车四对,也有的车三对。开关门由列车尾部的“车掌”负责。司机看司机台上关好门的信号开车。关门装置有速度联锁,当运行速度在5公里/小时以上时,即使“车掌”操作错误或开门线路发生故障也不会开门。有的车客室内部还装有停车站站名显示装置。

车上尽量使用不燃性材料,不用木材。一般为金属等不燃性物质。座垫包布,风挡折棚,橡胶制品和电线护套等,也是难燃或经难燃处理的。内墙板、内顶板是铝板密胺树脂贴面装饰板,同外墙板一样,不需涂漆。内顶板、内墙板与金属车体梁柱骨架接触处,用经难燃处理的小垫木进行调整。内板相邻接缝处,均用压条盖缝装饰,压条用十字槽沉头螺钉固定。

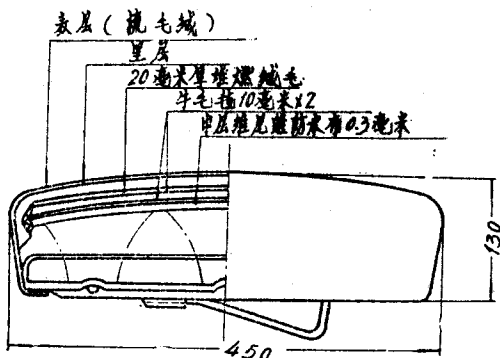


图2-1-13 横滨1000型座垫

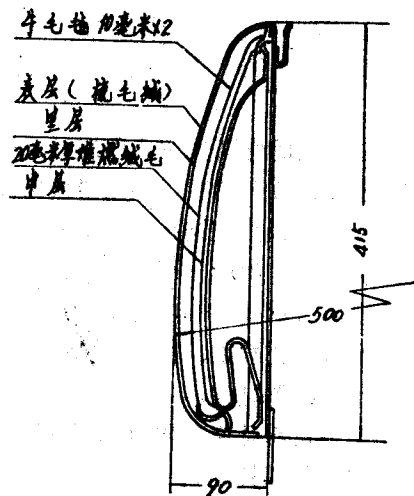


图2-1-14 横滨1000型靠背

客室纵向座椅，一般宽约500毫米，座垫面离地板420毫米。1000型车辆的座垫和靠背结构如图2-1-13、2-1-14所示。

客室内的侧窗，可以上开或下开，并安装有开闭稳定器。有的车辆，全部车窗的关闭，可由司机进行集中控制，以利车辆进库时清扫和清洗。

车上的隔音隔热材，使用沥青基难燃阻尼浆和不燃的玻璃丝毡。电阻器上部装有石棉隔热板，其上部 and 距其端面150毫米范围内不许布线。下部配线全部装入线槽。

(二) 车 体

1. 不锈钢车体和铝合金车体

日本地下铁道车辆车体有普通钢的、半不锈钢和铝合金三种。但近年来制造的车辆从减轻自重、减少维修等方面考虑，都倾向于采用半不锈钢和铝合金制造的车体。日本地下铁道车辆采用半不锈钢和铝合金车体的部分车型如表2-2-1。

表 2-2-1

车 型	材 料	车 型	材 料
东京营团5000型	半 不 锈 钢	大阪30系	半 不 锈 钢
东京营团6000型	金 铝 合 金	大阪60系	铝 合 金
东京都营6000型	半 不 锈 钢	大阪30系	铝 合 金
东京都营10000型	半 不 锈 钢	横滨1000型	半 不 锈 钢
大阪20系	金 铝 合 金	札幌胶轮车	铝 合 金

至于普通钢材制造的车体就不再介绍了。

(1) 半不锈钢车体

所谓半不锈钢车体，就是车体金属结构的外露的墙顶板、车门外板等用不锈钢钢板制造，外露的车门立柱等用不锈钢板压型材制造，而其他钢结构仍用普通结构钢制造。因此，半不锈钢车体只是在耐腐蚀性上比普通钢车体稍好，车体自重稍有减轻，但并不明显。现将比较新的有代表性的1972年十二月份通车的横滨1000型地下铁道车辆半不锈钢车体简介如下。

车体钢结构的骨架使用普通钢材，外板、车门柱等车体外露部份使用不锈钢板。侧墙下墙板、上墙板是波形外板，其他墙顶板使用平板。

底架是使用轻型型钢和普通钢板压型材，完全采用焊接方法由边梁、牵引梁、枕梁、横梁和端梁等组成。枕梁是用 $\begin{pmatrix} 4.5t \times 150 \times 75 \\ 6.0t \times 150 \times 75 \end{pmatrix}$ 的槽钢。在底架上，枕梁之间，上面铺波形钢板，与边梁同时承受上部载荷。边梁在架车机支承处特别加以补强。

牵引梁是装在端梁、枕梁、横梁之间连通的轻型槽钢，作为底架的一种补强措施。下部有安装车钩连接器结构。

枕梁主要材料是使用普通钢板（厚6—12毫米）。在安装空气弹簧部份的两侧做成扇形形状。并且特别加以补强。

横梁是由槽钢 $\begin{pmatrix} 4.5t \times 150 \times 75 \\ 6.0t \times 150 \times 75 \end{pmatrix}$ 组成。横梁的板厚根据载荷的分布而不一样。梁上设有配线、配管的孔。而且横梁布置的间隔也考虑了地板构造，侧柱及机械设备的安装。（底架

构造见图2-2-1)

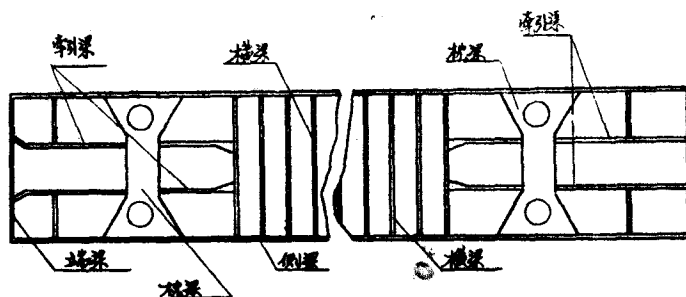


图 2-2-1 横滨1000型底架

侧墙和端墙钢结构是用门柱、侧墙立柱、端墙立柱、角柱等组焊在底架上，与横梁焊接组成骨架，外侧再铺外板而构成。但是侧墙上的门洞强度削弱很厉害，要加补强来加固。

车体的外板使用不锈钢板（SUS27），上墙板和下墙板是0.8毫米厚的波纹钢板。其他部份是1.5毫米厚的不锈钢平板。司机室端及连挂端的端墙是1.5毫米厚的不锈钢板。

车顶板是0.8毫米厚的不锈钢板。车顶中心部份的半径是9000毫米；两侧小圆弧半径是130毫米。沿车长方向与上墙板相接。车顶的弯梁和纵梁是3.2毫米厚的乙字形轻型型材。

都营、大阪等其他半不锈钢车体都大同小异，不再一一介绍。

(2) 铝合金车体

① 铝合金车体的特点

近年来有些国家开始采用铝合金车体，实现减轻车体自重，以达到节省行车动能来降低运输费用。对地下铁来说，减少行车电能的消耗，就能减轻洞内温度的升高，由此而减少隧道的通风设备的容量或数量。此外，利用铝合金的良好的耐蚀性，外墙板可以不涂刷油漆，

表2-2-1 日本铝合金车体地下铁道车辆

车 型	辆 数	车体重量	材 料				表 面 处 理
			底 架	侧、端墙	车 顶	地 板	
营团5000型	14	6.00吨	Al-Zn-Mg 5083	5083	5052 5005	5005	钢丝刷刷，无油漆
营团6000型	88	4.36吨	Al-Zn-Mg	5083 Al-Zn-Mg	5052 5005	5005	钢丝刷刷，无油漆
大阪30系	64	4.08吨	Al-Zn-Mg	5083	5052 5005	5005	钢丝刷刷，无油漆
大阪60系	45	4.43吨	Al-Zn-Mg	5083	5052 5005	5005	玻璃球抛光无油漆
札幌地铁	72	5.92吨	Al-Zn-Mg	Al-Zn-Mg 5083	5052 5005	5005	油 漆
大阪20系	4		Al-Zn-Mg 5083	5083	5005	5052 5005	钢丝刷刷无油漆
札幌试验车	1		Al-Zn-Mg	Al-Zn-Mg	5005	5005	油 漆

注：山阳电铁和国铁是用砂纸磨光后表面用丙烯酸树脂磁漆保护。

表2-2-2 营团铝合金车体的发展

		①		②	③	④	⑤
		东西线用		东西线用铝合金车辆	第一次 试制车	第二次 试制车	千代田线 批量车
		不锈钢车辆	第一次	第二次			
制造日期	1964年11 月以后	1966年9月	1967年8月	1968年4月	1969年6月	1970年10月	
运行线路	东西线	东西线	东西线	东西线	东西线	东西线	千代田线
制作辆数	266辆	7辆	14辆	3辆	6辆	124辆	
车体重量(公斤)	9,500	5,950	5,9500	5,00	4,360	4,100	

工厂可以省掉涂刷油漆的设备。车辆日常维护也就简单了。日本现在采用铝合金车体的车辆比较多。

②日本铝合金车体地下铁道车辆

日本于1958年制造了由Al-Mg系5083合金焊接结构的棚车,1962年山阳电铁的2000型电动车辆采用了5083合金和Al-Mg-Si的6061合金。在1964年又在3000型电动车辆上用Al-Zn-Mg合金制造底架。而日本地下铁道车辆也相继在1966年开始试验用铝合金制造车体。根据川崎的资料目前日本地下铁道车辆用铝合金制造车体的主要车型见表2-2-1。

日本铝合金车体地下铁道车辆的发展以营团地铁车辆为例作一简介。

日本铝合金车体的地下铁道车辆也是由钢、铝合金混合结构逐步发展成全铝合金和全焊接结构的。在营团东西线上使用的铝合金车体车辆,门框柱是使用钢的或不锈钢的。车体重量约6吨。营团第一次试制车,门框柱采用了铝合金,并且改进了设计。减轻重量1吨,重约5吨。第二次试制车又减轻640公斤。主要措施是底架、侧梁、上墙板等部位有效的利用了挤压成型材料。对批量生产的设计进行了分析,车体纵向刚度比较富裕,因此把侧梁的高度作了适当的减小,以进一步减轻重量。这样,车体结构的重量减低到4.1吨。这种6000型的全铝合金焊接结构车体和5000型试验车相比,重量减轻1.85吨。与现有不锈钢车体车辆相比,减轻4.9吨。如表2-2-2所示。

③挤压成型材料

铝合金有易于成型的优点,因此尽可能使用成型材。这不仅可以节省工时,还可以充分地合理地利用型材的厚度,以减轻车辆自重。现在日本车辆上型材的使用率约为百分之六十。将来可增至百分之七十到八十。营团地下铁道车辆铝合金车体所采用的挤压成型材见表2-2-3。车体结构的侧墙、侧顶板的断面图如图2-2-2所示。在设计制造时,车顶侧板不是采用大型挤压成型材,而是采用普通的结构来设计的。后来考虑到它是一种强度部件,又和上墙板有密切关系,而批量生产时采用大型挤压型材。侧梁和上墙板在不涂油漆的条件下使用。考虑其耐腐蚀性使用A5083合金,车顶侧板是车顶的一部份。为达到电气绝缘,涂以聚酯涂料,并采用A7N01S合金。

采用大型挤压成型材可以减少焊接工作量及校正变形工时,并可减薄壁厚,提高刚度。但大型挤压型材价格较高。并且还受到材料挤压成型性能,工艺性,车体强度,刚度及减薄壁厚后造成的焊接变形的影响,要全面加以考虑。

④车辆用铝合金材料