



教学目标

知识目标

- (1) 掌握城市轨道交通车辆的基本类型。
- (2) 了解城市轨道交通车辆的基本构成。
- (3) 掌握城市轨道交通车辆检修的分类。
- (4) 了解城市轨道交通车辆检修制度。

能力目标

- (1) 掌握不同城市轨道交通车辆维修制度,并了解不同维修制度的优缺点。
- (2) 掌握城市轨道交通车辆的技术参数。
- (3) 掌握城市轨道交通车辆的检修工艺。

任务 1.1 城市轨道交通车辆概述

城市轨道交通具有环保、快速、准时、节能、高效等特点,特别适合城市内部大规模人群的出行,其发展有利于减少汽车等其他高污染交通工具的使用,有利于环境保护。在我国土地资源日益紧张的条件下,采用电能驱动的地铁或轻轨可以不占用地上空间,完成地面道路交通相同的运量。城市轨道交通的建设能够显著地节约出行时间和交通成本,对于促进新城区的发展以及市区经济的繁荣有着重大的意义。城市轨道交通使城市各方面的发展走上了良性循环的道路,可以促进城市经济和文化的快速发展。城市轨道交通的便利性可以促进轨道交通站点周边房地产项目价值的提升,带来巨大的经济效益。

世界第一条地铁——大都会线于1863年在英国伦敦建成,其干线长度约6.5 km,采用蒸汽机车牵引,1890年成为第一个可操作电动列车。

城市轨道交通车辆系统在城市轨道交通系统中处于核心地位,制约着城市轨道交通的发展规模、投入与效益。国内城市轨道交通车辆制式正由钢轮钢轨单一制式向多样化方向发展。国内正在运营的城市轨道交通类型主要有地铁、轻轨、单轨、自动导向轨、磁悬浮、直





线电动机车辆、有轨电车等。常规轻轨(A、B、C型车)系统通车里程数达到90%以上,其中常规轮轨B型车覆盖城市范围最广、通车里程最长、线路数最多。

1.1.1 车辆的基本类型

城市轨道交通车辆的类型是指城市轨道交通所用车辆的型号。根据我国内地通用标准,城市轨道交通车辆的车型可划分为A、B、C、D、L型5种。城市轨道交通车辆的高度差别不大,长度可以根据编组的不同而随时变化,宽度一旦成型则无法改变,所以车体宽度是区分城市轨道交通车辆类型的唯一标准。

1. A型车

A型车的宽度为3 m,长度为22.8 m。A型车的代表车型有:上海地铁1号线、2号线、3号线、4号线、7号线、9号线、10号线、11号线、12号线、13号线、14号线、16号线列车,广州地铁1号线、2号线、8号线、11号线、12号线、13号线列车,石家庄地铁1号线、3号线列车。

2. B型车

B型车的宽度为2.8 m,长度为19 m。B型车的代表车型有:北京、天津地铁宽体车,广州地铁3号线、7号线、9号线、10号线、14号线、21号线、广佛线列车。

3. C型车

C型车的宽度为2.6 m,长度为19 m。C型车的代表车型有:上海地铁5号线、6号线、8号线列车。

4. D型车

D型车的宽度为3.3 m,长度为22.8 m;设计时速最高可达160 km/h。D型车计划用于区域地铁线路,如广州地铁18号线和22号线、北京地铁新机场线。

5. L型车

L型车的宽度为2.8 m[L(B2)]或3.2 m[L(A)],长度为16 m。L型车采用直线电动机牵引。L型车的代表车型有:北京机场线[L(A)],广州地铁4号线、5号线、6号线列车。

1.1.2 车辆的基本构成

一般城市轨道交通车辆(以下简称“城轨车辆”)由以下七部分构成。

1. 车体

车体是容纳乘客和司机的地方。近代城轨车辆的车体均采用整体承载的钢结构或轻金属结构。车体所使用的材料可分为碳素钢、铝合金和不锈钢三种。早期的城轨车辆的车体

材料基本都采用碳素钢,目前主要使用铝合金和不锈钢。例如,天津地铁 1 号线车辆采用铝合金车体(每列车四辆或六辆编组),如图 1-1 所示。



图 1-1 天津地铁 1 号线车辆

2. 走行部分

走行部分包括动力转向架和非动力转向架。转向架一般由制动装置、轮对轴箱装置、弹性悬挂装置和构架等组成。走行部分是车辆最重要的组成部件之一,它的结构是否合理会直接影响车辆的行车是否安全、动力性能和运行品质是否良好。走行部分不仅承受车体的载荷,还可以传递纵向力、垂向力和横向力。图 1-2 为地铁转向架。



图 1-2 地铁转向架

3. 车辆缓冲连接装置

车辆缓冲连接装置主要包括车钩缓冲装置和贯通道装置。车辆缓冲连接装置是车辆最基本的部件,列车各车辆通过它相连,使彼此保持一定的距离,并实现相邻车辆之间的纵向力传递和通道的连接。另外,车辆缓冲连接装置还必须连接车辆之间的电气管路和空气管路。图 1-3 为地铁头车缓冲连接装置。

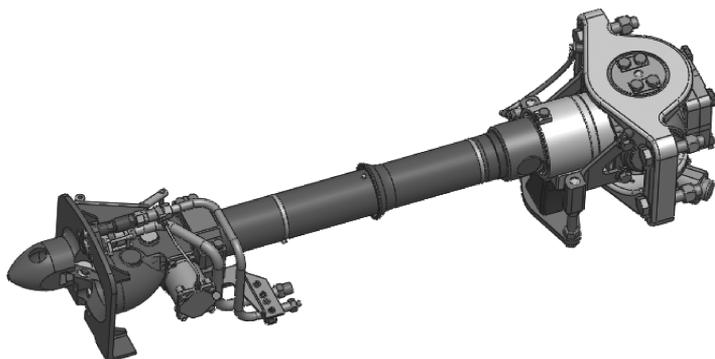


图 1-3 地铁头车缓冲连接装置

4. 车辆内部设备

(1) 动车的内部设备。动车的内部设备主要由中顶板、灯带、通风格栅、侧顶板、侧墙板、地板布、间壁、座椅、扶手、挡风板、门口立罩板、活门组成、车窗、塞拉门、灭火器等组成。内部设备以车体纵向中心为对称点进行布置。挡风板将车体内装分隔为门区和窗区。车内所使用的材料和制品均符合相关的防火与安全标准。

(2) 拖车的内部设备。拖车的内部设备分为客室和司机室两部分。拖车的客室内装与动车的基本相同,只是1位端设有铝蜂窝间壁,将司机室与客室分开。司机室的内部装饰有前端墙板、侧墙板、硬质PVC地板、平顶板、间壁、门机构检查门、手动塞拉门、前端逃生门、紧急疏散梯、电气柜、司机台、扶手、灭火器等。

车辆内装如图 1-4 所示。



图 1-4 车辆内装

5. 制动装置

动车和拖车上都设置了制动装置,这样车辆在运行过程中可以按需要减速或在规定的距离内停车。城轨车辆制动装置包括空气制动、再生制动、磁轨制动和电-空混合制动等。

6. 受流装置

通过接触导线(接触网)或导电轨(第三轨)将电流引入动车的装置称为受流装置或受流器。受流装置按受流方式可分为杆式受流器、弓式受流器、侧面受流器、轨道式受流器和电弓受流器。

在受电制式上,目前世界上地铁发展较早的城市大多采用 750 V,个别采用 600 V。北京地铁和天津地铁采用直流 750 V。上海地铁采用直流 1 500 V,它与直流 750 V 比较具有以下优势:降低迷流指数,提高牵引电网的供电质量,增加牵引供电距离,减少牵引变电所的数量,便于地铁线路实现地下、地面和高架的联动。

7. 车辆电气系统

车辆电气系统按作用可分为主电路系统、辅助电路系统和电子与控制电路系统三部分。车辆电气系统直接影响着车辆的节能、乘客的体验和车辆的自动化、智能化。

1.1.3 车辆的技术参数

城轨车辆主要的技术参数如下。

1. 自重、载重及容积

- (1) 自重。自重是指车辆本身的质量,单位为 t。
- (2) 载重。载重是指车辆允许的正常最大装载质量,单位为 t。
- (3) 容积。容积是指载货的最大容积,单位为 m^3 。

2. 构造速度

构造速度是指车辆设计时,按安全及结构强度等条件所允许的车辆最高行驶速度,单位为 km/h。

3. 轴重

轴重是指按车轴形式及在某个运行速度范围内该轴允许负担的并包括轮对自身在内的最大总质量。

轴重的选择与线路、桥梁及车辆走行部的设计标准有关,地铁轴重为 15~17 t,轻轨轴重为 10~12 t。

4. 每延米轨道载重

每延米轨道载重是指车辆总质量与车辆全长之比。该指标是车辆设计中与桥梁、线路强度密切相关的一个指标,同时又是能否充分利用站线长度、提高运输通过能力的一个指标。按目前桥梁设计规范,车辆每延米轨道载重可取到 8 t,在车辆设计中应尽可能地提高这个指标。



5. 通过最小曲线

通过最小曲线是指配用某种形式转向架的车辆在站场、厂段内调车时所能安全通过的最小曲线半径。车辆在此曲线区段上行驶时不得出现脱轨、倾覆等危及行车安全的事故,也不允许转向架与车体底架或与车下其他悬挂物相碰。

6. 车辆定距

车辆定距是指车体支承在前后走行部之间的距离。若为带转向架的车辆,车辆定距又称为转向架中心间距。

7. 转向架固定轴距

转向架固定轴距是指同一转向架最前位轮轴中心线与最后位轮轴中心线之间的距离。

8. 车辆最大宽度、最大高度

车辆最大宽度是指车体最宽部分的尺寸,车辆最大高度是指车辆顶部最高点与钢轨水平面间的距离。

9. 车钩中心线距轨面高

车钩中心线距轨面高(车钩高)是指车钩钩舌外侧面的中心线至轨面高度。列车中各车辆的车钩高基本一致,是保证正常传动牵引力及列车运行时不会发生脱轨事故的必需条件。

10. 地板面高度

地板面高度是指新造或修竣后的空车地板面距轨面高。地板面高度受两个方面的制约:一是车辆本身结构的高度,如车钩高;二是站台高度。上海地铁车辆的地板面高度为 1.13 m,北京地铁车辆的地板面高度为 1.05 m。

11. 轴配置或轴列式

轴配置或轴列式是用数字或字母表示车辆走行部结构特点的方式。若是 4 轴动车,设两台动力转向架,则轴配置记为 B-B;若是 6 轴单铰轻轨车,两端为动力转向架,中间为非动力铰接转向架,则轴配置记为 B-2-B。

1.1.4 车辆的主要尺寸

城轨车辆的主要尺寸有车辆全长、车辆最大宽度、车辆最大高度、车辆定距、转向架固定轴距、车钩高等。当车辆处于自由状态、车钩呈锁闭状态时,两端钩舌内侧之间的距离,称为车辆全长。对于车辆最大高度,通常情况下还需说明与最高点相关的结构,如有无空调、受电弓的状态等。我国各城市城轨车辆的车钩高不尽相同,广州、上海地铁车辆的车钩高为 720 mm,北京地铁车辆的车钩高为 660 mm。

图 1-5 为城轨车辆纵向尺寸。

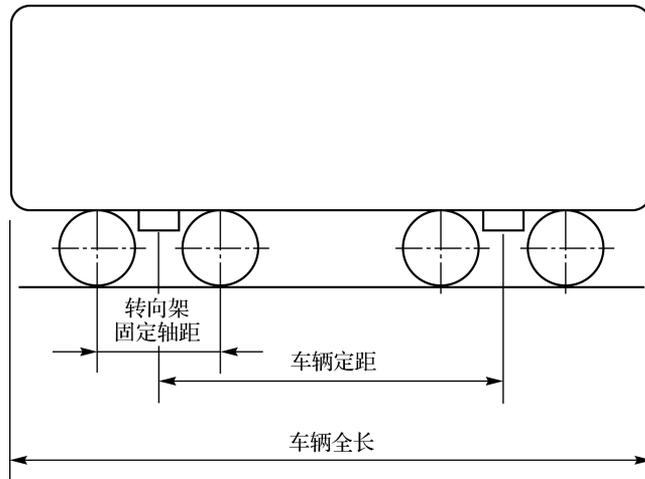


图 1-5 城轨车辆纵向尺寸

1.1.5 车辆的编组及标识

1. 车辆编组

目前,我国各个城市的地铁编组方法不尽相同,但基本都采用动车、拖车混编的形式。例如,6 辆编组方式主要采用“四动二拖”,个别采用“三动三拖”;4 辆编组方式主要采用“二动二拖”,少数采用全动车的编组形式。随着客流量的增加,越来越多的城轨车辆采用 8 辆编组方式(主要采用“六动两拖”)。

天津滨海轻轨车辆主要采用 4 辆编组“二动二拖”形式,编组为“=Mcp * T=T * Mcp=”;部分采用 6 辆编组“三动三拖”形式,编组为“=Mcp * T=T * M=T * Mcp=”。其中,“Mcp”表示带司机室、受电弓的动车,“T”表示拖车,“M”表示动车,“=”表示半自动车钩,“*”表示半永久牵引杆。

重庆 QKZ2 型单轨客车采用 4 辆编组全动车形式,编组为“Mc+M+M+Mc”,其中,“Mc”表示带司机室的动车,“M”表示动车。

深圳地铁 7 号线列车由两个单元共 6 辆车组成,每个单元由 1 辆拖车(A 车)和 2 辆动车(B 车和 C 车)组成,编组为“A * B * C=C * B * A(-Tc1 * Mp1 * M1=M2 * Mp2 * Tc2-)”。其中,“A”表示带司机室的拖车,“B”表示带受电弓的动车,“C”表示不带受电弓的动车;“-”表示全自动车钩。

2. 车辆标识

车辆标识是指对城轨车辆及其设备进行标记或编号,方便车辆运用和检修等情况下的管理和识别。车辆标识主要包括车辆编号,车辆方位标识,客室车门和座椅编号,转向架、车轴及车轮编号等。目前,我国各城市城轨车辆在标识规定上虽然不尽相同,但是其标识方法



大体类似。

(1) 车辆编号。一般每节车辆都有属于自己的固定编号,但各城轨车辆制造商或运营商所采用的编号方式不尽相同。例如,广州地铁1号线、2号线、3号线车辆采用一样的编号形式,其车辆编号主要由车辆所属线路、车辆的类型和生产顺序号组成,如图1-6所示。其中,车辆所属线路用1位或2位数字表示;车辆类型主要包括A车、B车或C车;生产序列号用3位数字表示,同类型车辆连续编号,不同的车辆类型以新的顺序开始编号。

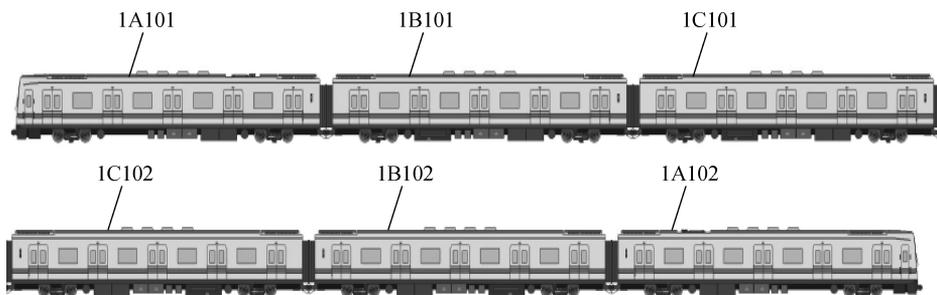


图 1-6 广州地铁 1 号线车辆编号

(2) 车辆方位标识。车辆方位标识包括车辆端部、车辆侧部和列车侧部,如图1-7所示。

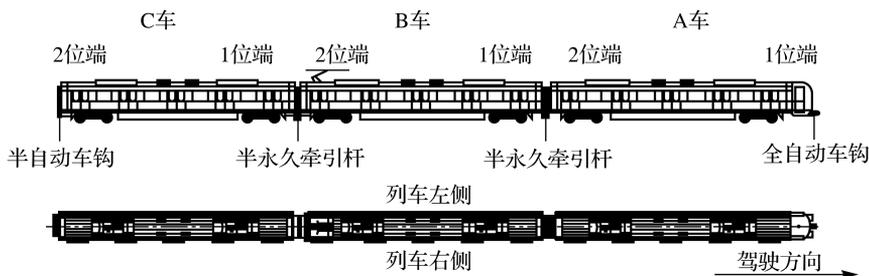


图 1-7 车辆端部、车辆侧部和列车侧部

① 车辆端部。车辆两端的车钩一般都不是同一类型的车钩,车钩自动化程度较高的一端定义为1位端,自动化程度较低的一端定义为2位端。

② 车辆侧部。若某人站立在某车辆的1位端,面向2位端,则该人的右侧就称为该车辆的右侧,该人的左侧则称为该车辆的左侧。当从车辆的2位端向1位端看去时,位于人左侧的门定义为车辆的左侧门,另一侧的门则定义为车辆的右侧门。

③ 列车侧部。列车的车侧与车辆的车侧不同,它是司机坐在列车的驾驶端座位上驾驶列车的方位来定义的,此时司机的右侧即为列车右侧,司机的左侧即为列车左侧。

(3) 客室车门和座椅编号,如图1-8所示。

① 客室车门编号。客室车门沿着每节车的左右侧对称均匀分布,沿着每辆车的左侧,门叶采用1~9的奇数进行连续编号;沿着每辆车的右侧,门叶采用2~10的偶数进行连续编号。

② 座椅编号。座椅是从1位端到2位端顺序编号的,左侧为奇数,右侧为偶数。

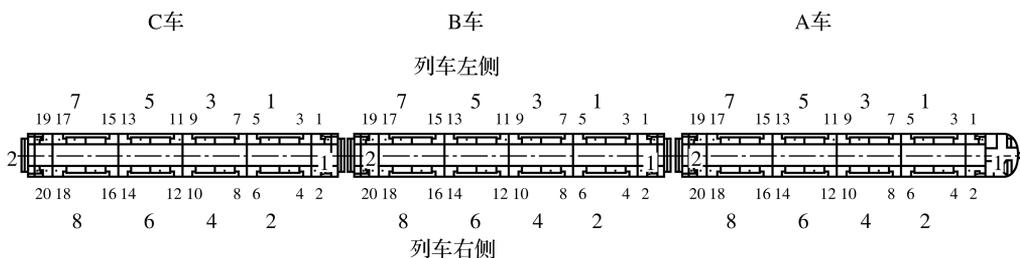


图 1-8 客室车门和座椅编号

(4) 转向架、车轴及车轮编号,如图 1-9 所示。

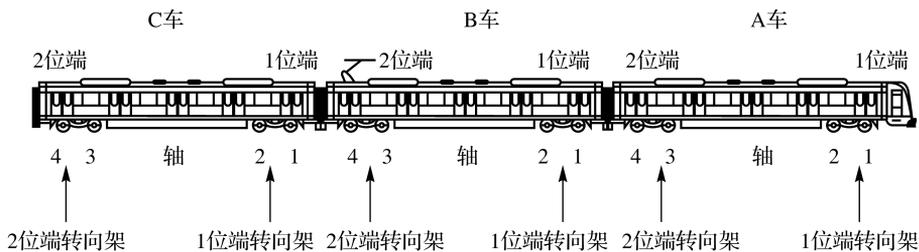


图 1-9 转向架、车轴及车轮编号

① 转向架编号。每辆车的转向架按其位置分为 1 位端转向架和 2 位端转向架。1 位端转向架位于地铁车辆 1 位端,2 位端转向架位于地铁车辆 2 位端。

② 车轴编号。每辆车的 4 个车轴从 1 位端至 2 位端,分别叫作 1 轴、2 轴、3 轴、4 轴。

③ 车轮编号。以一个转向架为单位,1 轴(或 3 轴)右边的车轮为一号轮,2 轴(或 4 轴)右边的车轮为二号轮,2 轴(或 4 轴)左边的车轮为三号轮,1 轴(或 3 轴)左边的车轮为四号轮。

1.1.6 车辆检修的分类及内容

1. 车辆检修的分类

车辆检修可分为预防性检修和故障检修。

(1) 预防性检修。预防性检修包括计划修和状态修。

① 计划修。计划修是指根据事先确定的计划,当达到一个事先确定的时间周期或者一个车辆运行公里数时,对相关设备进行的检查和处理。

② 状态修。在对设备进行检测时,一旦某一参数超过了事先确定的限定警戒值,则需要介入状态修。该类检修是根据参数的变化趋势对设备进行的检修。

(2) 故障检修。故障检修是在某个部件出现故障之后所采取的检修方式,即临修。故障检修的工作负荷一般是无法预计和评价的,总是由使用者(运营者)发现故障之后报告,然后展开检修,并在检修中通过换件快速处理故障。故障检修可以是彻底检修,也可以是临时检修,设备在临时检修之后仍然可以投入运营,并等待后续彻底检修。在这些不同的检修程序结束之后,就应该认为设备恢复到可使用状态,可以投入正常的运营。这种检修一般是在





各线车辆段或停车场内进行的。

2. 车辆检修的内容

车辆检修的内容如下：

(1) 列检。列检是指对容易出现危及行车安全的各主要部件(如轮对、弹簧、转向架、受流器、控制装置、空气制动装置、车钩及缓冲装置、蓄电池、车门风动开关装置、车体、车灯等)进行外观检查,对危及行车安全的故障及时进行重点修理。

(2) 月检。月检是指对车辆外观和一般功能进行检查,即对车辆主要部件的技术状态进行外观检查和必要试验,对危及行车安全的故障进行全面修理。

(3) 定修。定修主要是预防性修理,修理过程需要架车。它是对各大部件的技术状态和作用进行仔细的检查,对检查发现的故障进行针对性的修理,对车上的仪器和仪表进行校验,同时对组装后的车辆进行静调和试车。

(4) 架修。架修的主要目的是检测和修理大型部件(如走行部、牵引电动机、传动装置等)。同时,经架车对车辆各部件进行解体和全面检查、修理、试验;对用于计量的仪器、仪表进行校验;对车体重新油漆和标记,并在组装后进行静调和试车。

(5) 厂修。厂修是全面恢复性修理。厂修要求对车辆进行全面解体、检查、整形、修理和试验,完全恢复其功能;组装后的车辆要重新油漆、标记、静调和试车。总之,厂修后的车辆基本上要达到新车出厂要求。

任务 1.2 城轨车辆的维修制度

城轨车辆的维修制度主要包括维修等级、维修内容和维修标准等方面。维修制度不但对车辆段的建设规模、利用率和维修成本具有直接决定作用,而且对车辆的可用性、安全性和可靠性具有一定的影响。同时,车辆维修体系的建设 and 车辆寿命周期成本的控制都离不开维修制度。另外,维修制度是车辆建设规模和资源配置,以及维修组织架构和人员配置得以确定的主要依据。

当前,国内各个城市逐渐将城市轨道交通路线建设出来,但是各个城市城轨车辆具有不同的车辆维修制度,而且维修周期和维修内容等也具有一定的差异性。目前,国内城轨车辆制式是多元化的,如地铁和轻轨等,这就使得多种维修模式并存,如计划性维修和均衡性维修等。如果不能合理地制定各种维修制度,则会造成车辆具有较高的维修成本和较低的使用率,同时对列车的行车安全具有一定的影响,所以深入研究城轨车辆的维修制度具有非常重要的现实意义。

1.2.1 城轨车辆维修制度的现状

1. 维修周期现状

下面重点介绍国内城市轨道交通较有代表性的城轨车辆维修制度中的维修周期现状。

(1) 北京地铁车辆的维修周期。北京地铁车辆主要采用计划性维修方式,主要以《城市轨道交通工程设计规范》(DB 11/995—2013)为依据。表 1-1 为北京地铁车辆的维修周期。

表 1-1 北京地铁车辆的维修周期

维修等级	里程/ $\times 10^4$ km	时 间	停修时间/d	库停时间/d
厂修	150~160	15~16 年	70	60
架修	37.5~40.0	3~4 年	24	17
月检	2	2 个月	1	1
列检		每日或双日		

(2) 上海地铁车辆的维修周期。上海地铁车辆主要采用均衡修。表 1-2 为上海地铁车辆的维修周期。

表 1-2 上海地铁车辆的维修周期

维修等级	里程/ $\times 10^4$ km	时 间
大修	120	10 年
架修	60	5 年
均衡修	1	1 个月
日检		每日

(3) 南京地铁车辆的维修周期。南京地铁车辆主要采用全效修。表 1-3 为南京地铁车辆的维修周期。

表 1-3 南京地铁车辆的维修周期

维修等级	里程/ $\times 10^4$ km	时 间	停修时间
大修	100	10 年	45 d
架修	50	5 年	25 d
全效修	1.2	30 d	5 h
隔日修	0.8	2 d	2 h

(4) 天津地铁车辆的维修周期。天津地铁车辆主要采用计划性维修方式。表 1-4 为天津地铁车辆的维修周期。

表 1-4 天津地铁车辆的维修周期

维修等级	里程/ $\times 10^4$ km	时 间	停修时间/d	调试时间/d
厂修	120	12 年	40	10
架修	60	6 年	26	10
年修	12	1 年	10	2
月检	1.2	每月	1	
日检	0.05	每日	0.5	



(5) 京港地铁车辆的维修周期。京港地铁车辆由北京地铁 4 号线、14 号线和大兴线等组成,主要采用计划性维修方式。表 1-5 为京港地铁车辆的维修周期。

表 1-5 京港地铁车辆的维修周期

维修等级	里程/ $\times 10^4$ km	停修时间
厂修(半寿命修)	160	40 d
C 修	40	12 d
B 修	1.5	6 h
A 检	0.5	2 h

2. 不同维修制度的对比分析

目前,国内主要制定了计划性维修、均衡修/全效修和港铁内地修等多种维修制度。

(1) 计划性维修。计划性维修模式是根据运营里程和运营时间设置的,一般在北京和哈尔滨等城市的地铁车辆中使用这种维修模式,其优点主要有维修是逐级进行的,不会产生漏项。但是其也存在一些缺点,如较高的维修频率和较多的需求人数,容易出现过检现象,使用较长的时间维修高级别车辆,以及车辆具有较低的运用率,等等。

(2) 均衡修/全效修。均衡修/全效修维修模式主要是整合原有的月检和定修,同时按照工作量将月检以上的规程分配成均衡修,一般在上海和南京等城市地铁车辆中使用这种维修模式,其优点主要是维修是逐级进行的,不会产生漏项,同时高级别修程可以充分利用窗口时间,大大提高车辆的运用率。但是其也存在一些缺点,如较高的维修频率、较多的需求人数、过检现象容易出现等。

(3) 港铁内地修。港铁内地修维修模式主要是基于车辆各系统可靠性程度高、故障率低,通过延长预防性检查周期而开展的日常维修模式,一般在深圳地铁 4 号线、北京地铁 4 号线和 14 号线中使用这种维修模式,其优点是维修间隔长、需求人数少、车辆运用率高、资源占有率低。其缺点是由于维修间隔增大,风险也随之增大,对车辆的可靠性要求较高。

由此可见,各种维修制度既有优点也有一定的缺点,所以各个城市地铁公司要针对自身的特点和实际情况合理地进行分析,选择最适合自己的维修制度。

1.2.2 城轨车辆维修制度的选择

科学、合理地选择城轨车辆维修制度,需要基于系统论原理从内容输入、对比分析、内容输出、改进完善等方面入手。

1. 内容输入

维修制度的使用受到线路、车辆和城市的影响,所以首先要仔细地了解车辆的使用条件,如技术参数和使用年限等,这样才能对车辆维修制度进行更好的选择。通过统计现场数据和原有的项目故障数据,可以为车辆的安全性和可用性提供保障,利用最少的资源达到经济效益最大化。

不同线路、不同车辆、不同城市的维修制度有所差别,所以在确定车辆维修制度前要对车辆技术参数、运营时间、使用寿命、运营里程、运营线路状况等使用条件进行详细的了解。

输入的内容主要有以下几项:

(1) 分包商技术资料。分包商技术资料包括维修手册、试验报告、故障模式影响及危害性分析、初步的维护计划、全寿命周期成本、最小可更换单元等。

(2) 故障模式影响及危害性分析(failure mode effects and criticality analysis, FMECA)。FMECA 是分析车辆系统中每一个产品(系统/部件)可能产生的所有故障模式及其对上层设备及整车造成的所有可能影响,并按照每一个故障模式的严重度及其发生率予以分类的一种归纳分析方法。

(3) 危害登记册(hazard log, HZLOG)。HZLOG 记录轨道车辆在整个制造、调试、试验及运行过程中的所有危害,对已经确定的危害进行审核和跟踪,提供风险减轻措施,并监控危害关闭过程。新的危害经过评估后都会被添加到 HZLOG 中, HZLOG 在整个项目执行过程中对其进行监控,确保所有危害关闭。

(4) 运营环境。运营环境包括站间距及运营间隔、停靠站数量、客流量、运营时间等。

(5) 运营考核指标。运营考核指标包括车辆可用性要求、车辆安全性要求、车辆可靠性要求、车辆可维修性要求等。

(6) 以可靠性为中心的维修(reliability centered maintenance, RCM)。RCM 的基本策略是对城轨车辆各系统/部件进行功能分析,明确各系统/部件功能故障后果,用规范化、逻辑化的决断方法来确定各类故障后果的预防性维修方式,通过现场故障数据和以往项目故障数据统计、专家评估和定量化建模手段,在保证安全性和可用性的前提下,以最少的资源占用实现效益最大化。

2. 对比分析

各专业维修设计师通过对输入内容进行汇总、深层次的剖析和数据处理,给出维修制度的初步建议。对比分析过程如下:

- (1) 输入产品的使用背景。
- (2) 以经验数据和故障数据为变量,根据概率论搭建数学模型。
- (3) 对各个系统的主要功能和次要功能进行合理的分析。
- (4) 对各个系统的功能故障进行合理的分析。
- (5) 确定系统的故障模式。
- (6) 确定故障影响。
- (7) 确定各系统的故障后果。

经过以上系统性和逻辑性的分析,确定初步的维修制度。针对不同的系统/部件应有不同的维修制度。

3. 内容输出

维修制度的输出文件主要包括修程和维修规程,即什么时间修、修什么、怎么修、修到什么程度。



通过修程和维修规程文件的衍生,可以输出如下文件:维修技术条件、维修物料清单、工具工装设备清单、最小可更换单元、全寿命周期成本、限度表、探伤表、润滑表、作业指导书等。以上文件均是维修过程中必须执行的文件。

4. 改进完善

城轨车辆的维修成本较高,占整个地铁维修成本的35%~40%,因此建立经济合理、切实可行的车辆维修制度,对确保车辆安全运行、降低成本和延长车辆寿命具有十分重要的意义。

不仅要在城轨车辆投入使用前制定修程和维修规程,而且要在运营期间不断收集运营信息和维修信息,其基础是概率论和系统/部件的可靠性函数,其技术支撑主要是系统/部件的状态监测和故障诊断技术,通过这些可以持续改进和逐步完善维修制度,实现修程和维修规程的动态管理。

当前的维修模式是多样化的,如均衡修和计划性维修等,但是各种维修模式既有优点也有一定的缺点。所以,各个地铁公司要通过分析和整理输入的内容、输出的内容等合理地选择维修模式,使其与自身的发展要求相符合,同时要不断地改进和完善车辆制度,使车辆的使用率得到提升,维修成本得到降低,从而提升地铁公司的经济效益。

任务 1.3 城轨车辆的检修限度

城轨车辆的检修限度是指对车辆实施检修时,其零部件允许存在的损伤程度。它是一项重要的检修技术标准。

合理制定车辆的检修限度标准,对提高车辆运用质量,保证运输安全和提高运输综合经济效益具有重要意义。检修限度是车辆检修工作的依据。

检修限度一般是根据过去多年积累的实践经验,结合当前具体情况,再通过理论分析复核后确定的。检修限度本身需要在执行中逐步修改完善,通过实践逐步获得验证,同时还应随着客观情况的发展,不断地对其进行改革,以增强其适应性。

1.3.1 城轨车辆检修限度的类型

城轨车辆检修限度分为最大限度和中间限度两类。

1. 最大限度

最大限度是指允许零部件存在损伤的极限程度,又称为运用限度。损伤程度如果超过最大限度,则表示损伤已达极限情况,零部件不能继续使用,必须通过修理或更换来修复损伤处。

在我国,最大限度一般指列检限度。严格来说,列检限度也不是真正的最大限度,当零部件损伤达到列检限度,但不超过时,零件仍能继续使用。规定列检限度时应考虑这一情况。不过一般来说,列检所要求保证的安全运行区段很短,时间不会太长,损伤一般也不会

有较显著的发展,因此将列检限度看作最大限度,并没有太大的误差。

2. 中间限度

中间限度是指进行各次检修时容许存在的零部件损伤程度。中间限度包括辅修限度、厂修限度和段修限度三种。

- (1) 辅修限度。辅修限度是针对直接影响列车安全运行的零部件而规定的限度。
- (2) 厂修限度。厂修限度是指车辆厂修时,对车辆零部件允许存在的损伤程度的规定。
- (3) 段修限度。段修限度是指车辆段修时,对车辆零部件允许存在的损伤程度的规定。

当零部件的损伤程度超过上述限度时,应在进行上述修程时对零部件加以修理或更换来修复损伤处。

并非对车辆的所有零部件都有这几种检修限度的规定。有的零部件只有厂修限度和段修限度,这类零部件不列入列车检查的对象。因此,在辅修限度和运用限度中,对其损伤不做具体规定。此外,有的零部件的某些损伤程度只有最大限度的规定,说明该零部件的这种损伤在其修程中不允许存在,必须通过加修或更换来恢复其原型尺寸。

1.3.2 车辆检修限度的制定

最大限度和中间限度的制定应以零部件是否能继续工作为原则。零部件损伤到何种程度就不能继续使用了呢?这是一个比较复杂的问题,往往不可能单纯用理论计算的方法来解决,为了确定某一限度制定得是否合理,应深入分析该零部件的工作条件,统计调查该零部件损伤情况的实际发展速度及其所引起的零部件修换率,并考虑经济合理性等原则,最后加以归纳,得出正确的结论。

下面就分析零部件本身的工作条件时应考虑的几个方面对车辆检修限度的制定进行说明。

(1) 确定零部件尺寸的最大限度,不仅要考虑零部件本身的工作条件,而且要考虑对于其他零部件及整个车辆工作条件的影响。

从零部件本身的工作条件来考虑,主要考虑损伤是否破坏了零部件的弧度条件,损伤是否可能造成该零部件损伤的急剧发展。磨耗、腐蚀、裂纹等损伤都会使某一零部件有效断面的尺寸减小,因而在相同工作载荷之下所产生的应力将显著提高,有可能超过容许应力,而使零部件遭到破坏。断面减小后的应力可以通过计算确定,当最大应力超过容许应力时,就应认为断面已达到危险程度,零部件已不能继续使用,这时的损伤程度就是最大限度。

(2) 轮对的轴颈磨耗后的最小直径和最大长度是以强度计算为基础来确定的。强度条件中还应考虑疲劳强度,当车轴最大应力超过车轴钢的疲劳极限时,就有可能出现疲劳裂纹。对疲劳强度来说,影响最大的是局部应力集中,不使应力集中达到或超过疲劳极限的程度,就是规定关于弹伤、碰伤、轴肩最小圆弧半径等最大限度的依据。

不使损伤达到加速发展的程度,也是规定最大限度的出发点之一。例如,磨耗限度就应根据磨耗的发展规律加以确定。

磨耗规律通常用磨耗量与工作时间(或走行公里)的关系曲线来表示。此外,由疲劳引起的损伤也有这一特点。例如,车轮踏面的疲劳性剥离一旦出现,就会加速发展。因此,一



经判明为疲劳性剥离,就应将车轮踏面更换下来加以镟修。

(3) 从对其他零部件的工作条件来考虑,在分析一种损伤所造成的不良影响时,除了要考虑该种损伤对于零部件本身的影响,还应考虑对于与该零部件一同工作的零部件的影响,主要有以下几种情况:

① 引起附加冲击。例如,车轮踏面擦伤后,在配合车轮钢轨的工作中会引起冲击,不使这种冲击过大,就是规定车轮踏面擦伤限度的依据。销与孔的配合经磨耗后,由于出现间隙而产生冲击,所以销与孔的磨耗限度除规定销与孔的最大磨耗量外,还要规定销与孔之间的最大游间。

② 改变零部件的正常相对位置。例如,轮对的轮背内侧距离的限度标准是以轮对在钢轨上的应有相对位置为确定出发点的。最小轮背内侧距离应能保证车轮踏面在钢轨上有必要的搭载量,并能顺利地通过道岔;最大轮背内侧距离应保证车轮与钢轨之间有足够的游间。此外,车轮踏面和轮缘的磨耗使轮对与钢轨之间不能保持正确的相对位置,破坏轮对的正常运动条件,严重影响轮对、转向架及车体的振动。避免这些不良影响,是规定车轮踏面及轮缘磨耗的依据。

③ 影响零部件的工作性能。例如,在规定轮对的轴颈表面光洁度、圆锥度及其配合的零部件轴瓦的尺寸等要求时,必须以不破坏轴瓦与轴颈间的摩擦条件为原则。其他如规定车钩缓冲装置及液压减振器等零部件的修理限度时,应考虑不影响这些零部件的工作性能。

④ 影响其他零部件的工作。例如,同一轮对两轮径之差能够引起轮缘的偏磨,所以规定这一限度时,必须考虑另一配合(轮缘与钢轨)的工作情况。

1.3.3 车辆检修限度的确定

1. 最大限度的确定

从对整个车辆工作性能的影响来考虑,许多限度的确定,不仅要考虑零部件本身或其他零部件的工作条件,有时还应从整个车辆的运用安全性、运行平稳性及经济合理性等方面来考虑。

(1) 运用安全性。保证安全运输和安全行车是对车辆的基本要求。对于城轨车辆车体的要求,如不漏雨、车门作用良好及车体倾斜不超限等都是从保证安全运用的角度来考虑的。又如,关于弹簧偏载的限度,除防止车体倾斜外,还要考虑在剧烈振动情况下,不使超载弹簧折损或减载弹簧松动而跳出弹簧座。

(2) 运行平稳性。例如,车轮踏面擦伤将引起对整个车辆的硬性冲击。车轮踏面磨耗将破坏踏面轮廓外形,使车轮的正常运行受到影响。当规定这些限度时,应联系整个车辆的运行情况。当然,准确计算出这些因素与运行平稳性的关系并不容易,因此一般可参照现有尺寸及实际运用中的经验来对限度加以确定。

(3) 经济合理性。当检修限度较严时,零部件的修理次数会增加,车辆的技术状态能够得到比较好的保证;当检修限度较宽时,可以减少零部件的修理次数,节约修理费用,但可能因损伤的严重存在而增加运营消耗,甚至造成事故。最合理的检修限度是既能保证车辆状

态良好,又能使修理费用降低。为此,必须进行全面的经济分析。

确定最大限度应考虑的因素很多,除上述三个方面外,还有材料配件的供应情况、修理基地的检修能力和实际运用情况、生产者的技术水平等。确定最大限度时必须综合考虑所有因素,因此一般很难从分析影响因素中得出准确的关于限度的数值,但是限度一经确定,就要在执行中逐渐摸索,加以修订。

2. 中间限度的确定

确定了最大限度以后,还应当进一步确定中间限度。确定中间限度的方法是在最大限度的基础上考虑该项修程应有的保证期。中间限度一般可用下式计算:

$$y_1 = y_2 - vt$$

式中, y_1 为中间限度(某一修程的限度); y_2 为运用限度(最大限度); v 为损伤的发展速度; t 为定期修理应有的保证期限。

在实际工作中,确定中间限度时要考虑许多因素。中间限度实际上是用来区别各种不同的修程,对它们提出不同的质量要求,并正确划分彼此修理范围的标准之一。因此,规定中间限度时必须考虑各修程之间的相互配合。在进行高级修程时,要为低级修程创造方便的条件,把工作量大和要求特殊的设备的修理工作放在高级修程中进行。例如,车钩中心线至轨面的垂直距离,同一车辆前后之差,辅修规定为 40 mm,段修规定为 20 mm,厂修规定为 10 mm,就是为了把较复杂的车钩高调整工作集中在厂修、段修时完成。

某些不直接随走行公里而变化的尺寸,则没有中间限度。例如,车轮轮背内侧距离对于轮辋宽度在 135 mm 以上的轮对,无论厂修、段修均规定为 $(1\ 353 \pm 3)$ mm;车轴轴身打痕、碰伤、磨伤及弹伤深度,对于各种修程都不允许超过 2.5 mm。

在保证质量的基础上贯彻节约的原则,也是确定中间限度所应考虑的因素。例如,对于各部件准许焊修的磨耗厚度,随着焊修工艺水平的提高,可适当放宽厂修、段修的限度,以节约钢材。

从以上分析可以看出,正确地确定某一检修限度,首先要求进行细致、深入的调查研究工作,其次需要从车辆强度、动力作用、制造工艺、检修工艺等方面进行分析。对于许多问题,如果直接分析比较困难,可进行试验或实测。为了使限度符合实际情况,不仅需要对车辆技术状态及损伤规律等进行系统的调查与统计工作,还应全面了解修理成本、修理基地的技术装备、材料配件供应等情况。

任务 1.4 城轨车辆检修工艺基础

城轨车辆的检修、保养与维护工作和车辆安全、高效运行有着密切的联系。地铁车辆作为城市轨道交通的重要组成部分,其运行环境具有一定的特殊性,在运行过程中如果出现故障,不仅会造成重大的经济损失,还会引发重大的安全事故。

对地铁车辆进行检修有利于提升地铁运行性能,减少或避免地铁安全事故的发生。为了延长地铁车辆的使用寿命,降低地铁运营成本,减少维修费用和缩短维修周期,就必须定



期对地铁车辆进行检修及相关的保养和维护。

1.4.1 地铁车辆的检修模式

1. 日常检修

日常检修包括日检和双日检,主要是对地铁车体、制动系统、车门系统、照明系统、电气装置及蓄电池箱等与地铁运行安全相关的系统装置进行检查,同时对地铁车辆司机当日上报的运行故障进行再次确认、维护与检修,确保地铁车辆第二天能够正常运行。

2. 双周检修

双周检修主要是对车上关键部件(电气柜、受电弓、制动系统、照明系统、车门等)进行必要的检查和试验,确保其性能完好、功能正常。

3. 月度检修

月度检修包括月检和双月检。其主要内容是对地铁车辆核心零部件的状态进行检查和保养,对即将到达使用期限的部件进行维护或更换;同时,对制动系统、照明系统、电气装置、蓄电池箱、转向架、牵引电动机等进行除尘处理和必要的试验,并对地铁车辆的启停装置进行检测。通常情况下,地铁车辆的月度检修为每月1次,每次停运检修1 d。

4. 架修

通常情况下,地铁车辆每运行5年或行驶 50×10^4 km进行一次架修,架修时间以先到数据为准。架修的工程量较大,一般要停运31 d左右。架修的主要内容是将地铁车辆的转向架部分进行拆解、清洗和维护,同时对车辆的整体电路进行排查,并对相关部件的功能进行检测。架修一般在架修室内进行。

5. 大修

大修主要是对地铁车辆进行整体解编,对车体和转向架进行整形维护,以及发现可能存在的风险;对地铁车辆的全车线路进行重新设计,对地铁车辆的内部装置进行更换,更新相对落后的技术,提升地铁的性能;进行静调和动调试验,达到大修标准;等等。地铁车辆进行大修的依据是运行10年或行驶 100×10^4 km,大修时间仍然是以先到数据为准。大修的地点一般在大修库,大约需要2个月的时间。

6. 返厂检修

返厂检修是指列检库在段修时无法解决车辆在运行过程中存在的安全隐患或出现的较大问题,必须将地铁车辆送回原厂进行维修处理。具体检修时间要根据车辆所发生问题的程度而定。

7. 临修

临修是指地铁车辆列检时发现的故障,或者临时需要检修而车辆未提前排入计划修程内所进行的检修。临修分为在线临修和场内临修。在线临修是指不会对地铁运营造成影响,就能使其恢复性能的短暂性检修。场内临修是指车辆存在较大故障必须回段处理。采用哪种方式视具体情况而定。

1.4.2 地铁车辆的检修工艺

1. 地铁车辆的常规检修工艺

地铁车辆的常规检修工艺一般采用均衡修和互换修。

(1) 均衡修。均衡修是指地铁车辆结束运行后对其进行的保养。将检修保养的时间分配在地铁车辆停止运行的时间里,可以在不同的场合对地铁车辆施以保养维护手段,这样可以大幅度地提升工作效率,同时也不影响地铁车辆的正常运行。均衡修为车辆预防性计划维修保养工作提供了平台。如图 1-10 所示,阴影部分就是地铁车辆进行均衡修的时间,也就是地铁车辆停止运行的时间,在这个时间段内对地铁车辆进行维护保养,不但不会影响城市交通,还可以降低运行成本。

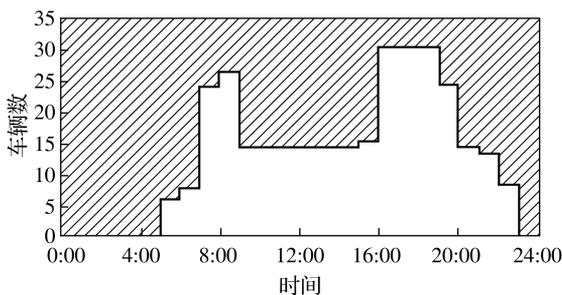


图 1-10 地铁车辆的均衡修

(2) 互换修。互换修是对地铁车辆的零部件进行更换保养时的重要内容。通过集中处理的方式,将车辆各部位的零部件送至相应的工段,在车库内进行单一检修,这样不仅有利于减少地铁车辆维修保养时所停靠的时间,也能够提高维修保养的效率。值得注意的是,由于地铁车辆下部分布有非常复杂的线路,在进行保养时要对各种电路、管路进行逐一排查,如果发现线路之间存在安全隐患就必须及时进行下部细检,以保障地铁乘客的人身安全。地铁的内部环境和质量直接影响着乘客的感官体验,确保乘客能够安全地搭乘。所以在开展保养工作时,必须对地铁车辆车门的密闭性进行检测,保证乘客安全上下车。此外,还要定期对车厢内的座椅、空调、照明、广播等装置进行检查保养,以便能够给乘客提供一个舒适的乘车环境。

2. 地铁车辆的定修工艺

地铁车辆的定修工艺比保养工艺更为复杂,但是与大修和厂修相比,其工作量和工作强



度还是存在着一定的差距。车辆定修可以在环境整洁、设备完善的环境中开展,定修的周期一般为运行1年或行驶 1×10^5 km,以先到数据为准。定修时间通常情况下为1个月左右。地铁车辆在开展定修时,一般分为上、中、下三个部分进行,检修的位置与保养的位置大致相同,但是在基本保养的基础上,增加了更多小细节的检查。例如,对于车下牵引逆变器箱,在进行保养时一般是对灰尘、密封性等常规情况进行检查;但是在开展定修时,就必须对牵引逆变器箱的内部各个装置进行检查,特别是检查接触器、熔断器是否存在短路、烧毁等现象,一旦发生这些情况,检修人员必须按照图纸对烧损器件进行更换,并逐一对照进行全列普查,检查隐患发生的源头。又如,在对制动电阻进行定修时,就必须进行全面检查,特别是检查瓷瓶是否存在裂纹,并及时进行更换,这对地铁车辆的再生制动具有非常重要的影响。

3. 地铁车辆的厂修工艺

在对地铁车辆进行厂修或架修时,需要对地铁车辆进行全列解编,并逐一对各个零部件进行检查,同时开展清洗、修复、组装、调试等工作,具体检修要求必须严格按照车辆生产厂家制定的检修手册执行。值得注意的是,必须在生产厂家处开展厂修工作。具体的厂修工艺也应根据维修手册及车辆实际状况来制定。

1.4.3 地铁车辆检修工作的意义

地铁车辆的检修工作对车辆运行具有非常重要的影响,关乎车辆的实际运行情况,对于延长地铁车辆的使用寿命,确保地铁车辆安全稳定运行具有非常重要的作用。因此,车辆检修人员在具有专业理论和基础知识的同时,还必须具有专业的检修技术和保养技术,只有懂得如何正确保养车辆,并对车辆在运行过程中可能存在的安全隐患具有敏锐的洞察力,才能确保车辆的安全性和稳定性。

思考与练习

- (1) 城轨车辆的车型有几种? 各有哪些特点?
- (2) 城轨车辆由哪几部分组成?
- (3) 城轨车辆的维修制度有哪些?
- (4) 城轨车辆的检修限度是什么?
- (5) 城轨车辆检修限度具体包括哪几类?
- (6) 城轨车辆的检修模式主要有哪些? 各有哪些特点?