

1

项目一

城市轨道交通车辆检修基础

学习目标

通过本项目的学习,主要使学生达到以下目标:

- (1)了解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限界、受力及动力学性能。
- (3)了解车辆零部件的损伤与故障的概念、类型及产生原因。
- (4)掌握城市轨道交通车辆的修程、检修工艺及检修限度等。

重点与难点

重点:城市轨道交通车辆的编组及标识;城市轨道交通车辆的修程和检修工艺。

难点:城市轨道交通车辆的基本组成及特点;城市轨道交通车辆的检修限度。



任务一 城市轨道交通车辆概述

一、车辆的类型

城市轨道交通车辆(以下简称城轨车辆)是城市轨道交通系统中最重要的设备之一,是运输乘客的工具,目前主要指地铁和轻轨车辆。

城轨车辆具有多种类型,常见的有常规钢轮钢轨制式车辆、直线电动机车辆、磁悬浮列车等。常规钢轮钢轨制式车辆的技术成熟、可靠,在各个城市的轨道交通中得到了广泛应用;直线电动机车辆和磁悬浮列车属于新型城市轨道交通工具,技术先进,具有较好的发展前景。

1. 常规钢轮钢轨制式车辆

常规钢轮钢轨制式车辆分为地铁车辆和轻轨车辆两种。

1) 地铁车辆

按有无动力装置分类,地铁车辆可分为动车和拖车两类。动车是指装有牵引电动机等牵引动力装置的车辆,拖车是指不带动力装置的车辆。不论动车还是拖车,都可以供乘客乘坐。

按有无司机室和是否带有受电弓分类,地铁车辆可分为带司机室拖车、无司机室带受电弓动车和无司机室不带受电弓动车等类型。

按牵引供电方式不同分类,地铁车辆主要有两大类型:一种是以接触轨(第三轨)通过电流的窄车体车辆,其额定电压为 DC 750 V,车长为 19 m,车宽为 2.8 m,车高为 3.5 m;另一种是以接触网通过电流的宽车体车辆,额定电压为 DC 1 500 V,车长为 22.8 m,车宽为 3 m,车高为 3.8 m。这两种车辆已定为我国的标准车辆。

2) 轻轨车辆

轻轨车辆主要有三种类型,即单节四轴车、双节六轴单铰接车和三节八轴双铰接车;按有无司机室又可分为双司机室车、单司机室车和无司机室车。轻轨车辆均为动车,可单节运行,也可编组运行。

2. 直线电动机车辆

直线电动机将传统电动机的旋转运动方式改变为直线运动方式,其工作原理与旋转电动机类似。直线电动机可被看成是将旋转电动机沿半径方向剖开展平,定子部分在用硅钢片叠压成扁平形状的铁心上,放入两层叠绕的三相线圈构成,沿纵向固定安装于车辆底架下部或转向架构架下部。转子部分也展平变为一条感应轨,铺设在两走行轨之间,一般由铝板或铝合金制成的外壳和铁心组成。定子与转子感应轨之间保持 8~10 mm 的间隙。当通过交流电时,直线电动机的转子由于磁场的相互作用产生推力,驱动车辆运行或制动车辆,从而突破了长期以来依靠轮轨黏着作用传递牵引力的传统技术。

直线电动机车辆取消了传统的旋转电动机从旋转运动转换成直线运动所必不可少的一系列机械传动机构,既减轻了质量,又使车辆的高度和轴重降低,减少了隧道的土建工程量



和造价；牵引和电制动不受轮轨间黏着力影响，爬坡能力强，并且通过小半径曲线的能力强；轮轨磨耗少，噪声低。其缺点是电动机的效率相对较低，约为旋转电动机效率的70%；为了保证定子线圈与感应轨间的工作间隙不变，对轨道与感应板间、轮对与电动机定子间的高度距离要求严格控制，并且增加了车辆和线路的维修成本。

直线电动机车辆于20世纪80年代中期由加拿大率先研制、开发、生产和使用。日本引进了加拿大的技术，也开发出直线电动机驱动的车辆。目前，多伦多、温哥华、底特律、大阪、东京和曼谷等城市相继使用了这种车辆。我国的广州也采用了直线电动机车辆。

3. 磁悬浮列车

磁悬浮列车是一种没有车轮的陆上无接触式有轨交通工具，时速可达到500 km以上，适合于城市内外间的快速运输。它是利用常导或超导电磁铁与感应磁场之间产生相互吸引或排斥力的原理，使列车悬浮在轨道上，做无摩擦运行，从而克服了传统列车轮轨黏着限制、机械噪声和磨损等问题，并且具有起动、停车快和爬坡能力强等优点。

经过多年的发展，当今世界的磁悬浮技术形成了以德国和日本为代表的两大研究方向——常导磁吸(electro magnetic suspension, EMS)系统和排斥式悬浮(electro dynamic suspension, EDS)系统。德国采用的EMS系统是利用常规电磁铁与一般铁性物质相吸引的基本原理，把列车吸附上来，从而实现悬浮运行。日本采用的EDS系统则是用超导的磁悬浮原理，使车轮和钢轨之间产生排斥力而使列车悬空运行。两种方案都切实可行，各有特点。由于建造磁悬浮系统需要克服一定的技术难题，且建造成本和维护成本较高，因而磁悬浮系统大规模商业运营的时机尚不成熟。截至2015年年底，我国仅有上海磁悬浮系统投入了商业运营。

除此之外，城轨车辆还有单轨交通车辆和乘客自动输送系统。其中，单轨交通车辆由于载客量少、运行速度慢及路线短，不属于大运量交通系统，只在少数城市的局部范围内使用；乘客自动输送系统从20世纪70年代开始出现，车辆装小型橡胶轮胎，沿着导轨在专用混凝土轨道上运行，载客量不大，大多在特定条件下应用，如机场和商业区内等。

本书仅对国内应用最为广泛的常规钢轮钢轨制式地铁车辆的结构、特点和检修维护进行详细介绍，对其他车辆只做简单介绍。

二、车辆的编组及标识

城轨车辆的编组与标识大同小异，下面以地铁列车为例做介绍。

1. 地铁列车的编组

地铁列车是不同类型的车辆通过两个相对的同型号车钩相连而组成的车组。

地铁车辆一般可分为A车、B车和C车三种类型。其中，A车为带司机室拖车，自身无动力，依靠有动力的车辆推动或拖动，在端部设司机室；B车为带受电弓动车，在转向架上设有牵引电动机以产生牵引动力；C车为不带受电弓动车，在转向架上也设有牵引电动机，车底一般装有空气压缩机组。通常B车和C车为固定搭配，再与A车相连则形成一个动力单元。地铁列车就是由若干动力单元编组而成的车组。

地铁列车的编组一般应考虑客流情况，如上海地铁列车根据客流预测，在开通时为6节编组成列车；而在远期客流量增加后，则增至8节编组为一列车。

6 节编组的列车,其编组形式为

$$-A=B * C=C * B=A-$$

8 节编组的列车,其编组形式为

$$-A=B * C=B * C= B * C=A-$$

式中,“-”表示自动车钩;“=”表示半自动车钩;“*”表示半永久性车钩,又称为半永久性牵引杆。

2. 地铁车辆的标识

地铁车辆的标识由以下几部分组成:

1) 车辆的车端和车侧

车端是按照车钩自动化程度的高低来划分的,车钩根据自动化程度的高低依次可分为自动车钩、半自动车钩和半永久性车钩。在车辆两端的车钩一般都不为同一类型的车钩,将车钩自动化程度较高的一端定义为 1 位端,而将自动化程度较低的一端定义为 2 位端,如图 1-1(a)所示。

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,如图 1-1(b)所示。

2) 列车的车侧

列车的车侧与车辆的车侧定义是不同的。它是以司机坐在列车的驾驶端座位上驾驶列车的方位来定义的,其中司机的右侧为列车的右侧,司机的左侧为列车的左侧。换句话说,列车的车侧是按列车的行驶方向来定义的,这与公路上汽车按行驶方向定义左右侧是相同的,如图 1-1(c)所示。

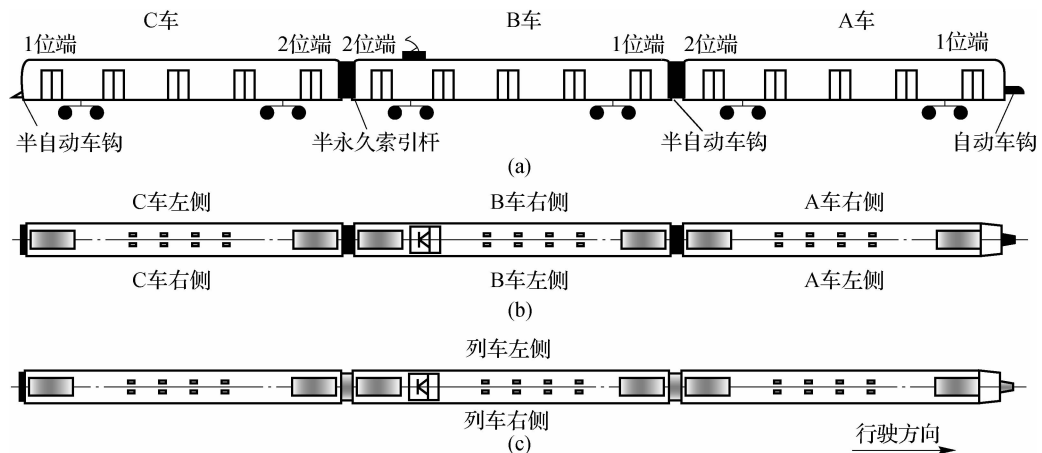


图 1-1 车辆的车端、车侧及列车的车侧识别

3) 车门的编号

上海地铁车辆的客室车门采用内藏式对开滑动门,车辆每侧设有五扇门,每扇门为两片门叶。为了便于维修,需要给每片门叶编号,制造商在设计时定义的编号为:自 1 位端到 2 位端,右侧为由小到大的连续奇数,即 1/3、5/7、9/11、13/15、17/19;左侧为由小到大的连续偶数,即 2/4、6/8、10/12、14/16、18/20,如图 1-2(a)所示。

4) 座椅的编号

座椅编号的方式与车门类似,如图 1-2(b)所示。

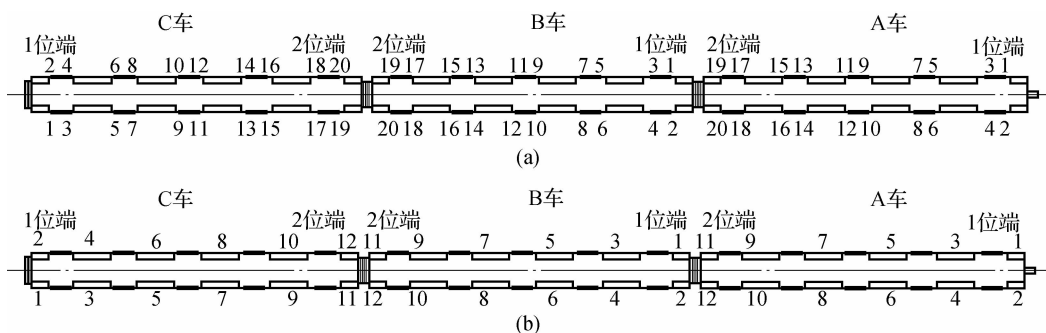


图 1-2 车门、座椅的编号

三、车辆的基本特点

大部分城轨系统项目所采购并使用的车辆都是业主根据本地具体情况、传统习惯、项目的设计需要、投资预算等提出技术要求,向车辆制造商定制的。由于技术的发展很快,这样各项目所定制的车辆差别就很大,不单是不同的城市之间,就是同一城市的各项目之间也都如此。这个特点与国铁铁路绝大多数车辆可在全国大部分地区通行使用有很大不同。不同类型的城轨车辆各有其自身的技术特点,但是,车辆的总体技术朝着轻量化、节能化、少维修、低噪声、舒适型、高可靠性和高安全性及低寿命周期成本的方向发展是大势所趋。

城轨车辆的基本特点如下:

(1) 由于城市轨道交通系统属于特种大中运量快速交通系统,所以特别强调车辆的安全性,加上受列车运行环境(城区、地下)条件的限制,对车辆噪声、振动和防火均有严格要求。

(2) 城市轨道交通系统的线路都是全封闭的专用线路,双向单线运行,行车密度大(最小行车间隔小于 2 min),列车如因故障不能正常运行,便会阻塞线路,对整个系统的运转将产生很大的影响,因此,对车辆运行的可靠性提出了很高的要求,一些系统部件都必须是冗余设置的,如低压直流控制电源、空气压缩机组、蓄电池、列车控制单元等。

(3) 运营中即使发生了列车不能起动的故障,也要预先制定简便的临时处理方案,使列车能凭自身的动力起动离开而进入最近的存车线,以疏通线路。如果列车确实无法起动,一般安排就近的另一辆列车前往救援,两列车连挂拖/推至最近的存车线。特别是对在地下运行的车辆,必须保证在失去外来供电的情况下,仍能提供最低限度的照明、广播和通风能力。在发生意外事故的情况下,列车必须有乘客快速离车疏散的通道。

(4) 车体朝轻量化方向发展,采用大断面铝合金型材或不锈钢材焊接车体的整体承载结构,最大限度地减少车重。

(5) 除电气系统的一些人工操作控制开关装在司机室和客室的电气设备柜内外,其他设备都分散安装在全列车的车底下,空调机组装在车顶,不占用客室空间。

(6) 车辆间采用封闭式全贯通通道,便于乘客走动及均匀分布。

(7) 车辆采用密接式车钩进行机械、电气、气路的贯通连接。

(8) 为了在列车停站时能使大量的上下车客流交换在尽可能短的时间内完成,车门数量比较多,每节车厢单侧车门数量有 3~5 个。

(9) 采用调频调压交流传动,电气(再生制动和电阻制动)和空气的混合制动,节省能耗。



(10)列车控制和主要子系统的运行控制实现计算机和网络化,信息播放实现多样化、实时化和分层集中化。

(11)车辆系统部件的设计、材料的选用都以列车运行和乘客的安全为首要原则,设备正常功能失效时,其响应将以安全为导向目标。

(12)为了适应高密度行车组织的运营需要,实现了信号控制和行车控制自动化,在车辆运行正常的情况下,采用自动列车控制、自动列车驾驶和自动列车保护,车辆上也配备了相应的车载设备。个别项目系统的车辆甚至实现了无人驾驶。

四、车辆的基本组成

城轨车辆是由按功能分类的多个子系统组成的紧密联系的综合系统,一般包括:车体及客室内装、转向架、车门、车钩及缓冲器、贯通道、牵引及电制动系统、受电弓及1 500 V/750 V 高压电路、辅助电源系统、空气制动及供风系统、列车控制系统、直流 110 V 控制电路、空调和通风系统、客室照明系统、广播及乘客信息系统等。

1. 车体及客室内装

车体采用大断面铝合金型材或不锈钢材全焊接结构,底架、侧墙、车顶、端墙分别组焊后再在总焊装台上被焊接成整个车辆壳体。车体采用整体承载结构,可充分发挥车体各个构件的强度,提高车体的整体刚度,降低车辆自重,降低牵引能耗。

客室内装包括地板、预制成型的顶板、侧墙板、端墙板、侧顶盖板、车窗、空调系统进排气口等,客室内一般安装有乘客座椅、照明灯、立柱扶手、灭火器、乘客文字信息显示器或图像显示屏、广播喇叭、乘客司机对讲装置、紧急开门装置及车门状态指示灯、安全监控摄像头、电气控制柜等。

2. 转向架

转向架是车辆中一个关键的系统,涉及车辆的运行品质及乘客的运输安全,是列车牵引力、车辆荷载和轨道外力的直接承受者。

转向架主要由构架、轮对、一系悬挂、二系悬挂、中央牵引装置、牵引电动机(动车)、齿轮箱、联轴器、空气管路、制动单元等组成。

3. 车门

车门包括客室车门、司机室侧门、客室与司机室通道门、司机室前端疏散门。

目前,客室车门主要有内藏门、外挂门、塞拉门三种结构形式。客室车门由于关系到乘客的安全,要求在运行中可靠锁闭,在设计上通过监测装置将车门状态与列车的牵引指令电路连锁。同时,为了应对故障或意外的紧急情况,每个车门都配置了可现场操作的切除装置和紧急开门装置。

4. 车钩及缓冲器

车钩及缓冲器装在底架牵引梁上,是车辆的一个安全部件,其作用如下:

- (1)将车辆互相连挂,连接成为列车。
- (2)传递纵向牵引力和冲击力。
- (3)缓和车辆之间的动力作用。
- (4)实现电路和气路的连接。



5. 贯通道

贯通道可实现两节车客室之间的柔性连接,是车辆通过曲线线路的关键部位,并可让乘客均匀地在列车中分布。贯通道可防水和隔音,使客室环境不受外部天气的影响。

两节车之间的贯通道由两个半通道对接而成。贯通道由外部波纹形折篷和内板件组成,波纹形折篷上的两个连挂框架,一个装在车体端面,另一个用于与另一节车的贯通道连挂框架连接;地面渡板由车钩上的滑动支撑板承载。

6. 牵引及电制动系统

牵引及电制动系统是列车运行的核心装置,由高速断路器、牵引逆变器及其控制单元、牵引电动机、齿轮箱、制动电阻等组成。其作用是将电网输入的电能经转化后控制牵引电动机的运转,牵引电动机输出的功率传给轮对,从而驱动列车运行。列车制动时将列车的动能转化成电能反馈回电网或送到制动电阻上变为热能散发出去。

7. 受电弓及 1 500 V/750 V 高压电路

当采用架空接触网供电时,列车使用受电弓受电,受电弓装在车顶;当采用第三轨供电时,列车使用集电靴受电,集电靴装在车底侧面。牵引供电系统除了直流 1 500 V/750 V 电压外,还有其他电压值,但已很少采用。出于可靠性要求,列车受电弓的配置都不少于两个。集电靴因为要与第三轨配合,所以在车底两侧配置,数量较多。

8. 辅助电源系统

辅助电源系统是指三相交流 380 V 电源、低压直流电源和蓄电池,其中低压直流电源通常用 110 V 直流电。三相交流 380 V 电源的负载有空气压缩机、空调系统、各类风机等,低压直流 110 V 电源的负载有触点控制电路、各系统的电子控制电路、照明电路、指示灯、车门驱动系统、广播系统、乘客信息显示系统、紧急通风系统等。

9. 空气制动及供风系统

车辆制动系统的作用是产生制动力,使列车减速或及时停车,对保证列车安全和正点运行具有极其重要的作用。

在目前城轨车辆所采用的制动方式中,制动力的源动力主要为压缩空气的压力。以压缩空气为源动力的制动方式称为空气制动。另外还有电制动、磁轨制动、液压制动等方式。

空气制动系统从技术上分成三个基本组成部分:电子制动控制单元、空气制动控制单元和基础制动单元。

供风系统包括空气压缩机组、各类空气阀件、空气管路和储风缸。供风系统的负载除了空气制动系统,还有二系空气弹簧、受电弓、汽笛等。20 世纪生产的城轨车辆,其客室车门和前窗刮雨器还普遍使用压缩空气驱动。

10. 列车控制系统

列车控制系统是指列车的计算机总线控制系统。近些年来,随着计算机技术的飞速发展,网络已普遍应用于轨道列车的控制,逐渐形成了一系列比较专业的标准系统,而且进步迅速。

简单地说,列车控制系统就是列车的计算机控制单元通过列车/车辆总线与各节车的各子系统/设备的计算机控制单元连接在一起,以通信协议方式建立实时的通信联系,进行指令、



状态信息的传输,实现对列车状态的控制、监测、数据存储、故障诊断、显示,以及人机界面交流。列车计算机控制单元通常在列车的两端对称设置,功能相同,工作时一个为主机,另一个为从机。

11. 直流 110 V 控制电路

城轨车辆一般采用直流 110 V 控制电路。实际上 110 V 控制电路一方面是列车的控制电路,另一方面也是很多负载的电源。

12. 空调和通风系统

空调和通风系统的作用是为客室和司机室的室内环境提供温度调节、空气除湿和通风。在北方,空调系统分为制冷和制热两种,而在南方则只有制冷一种。空调和通风系统包括空调机组及控制单元、送风道/回风道、送风口/回风口、废气排口、温度传感器、紧急通风电源、司机室送风机、废气排风机等。

13. 客室照明系统

大部分车辆的客室照明采用直流 110 V 电源。从安全性上考虑,客室内的照明灯分成两条控制电路:由蓄电池充电器供电的常用照明线;由蓄电池供电的紧急照明线,其主要是为了在列车失去外部电源的情况下,客室内能够维持一定时间的紧急照明。

14. 广播及乘客信息系统

车辆广播及乘客信息系统的发展趋势是越来越先进、复杂和多样。现代的车辆广播系统已经达到功能基本齐全的程度。从乘客服务的方面来说,不仅有对客室的集中广播,客室内还装备了乘客与司机对讲的设备,车门的关门动作提示声也由广播系统播出。从操作形式来说,可由司机口头播放或从司机显示屏上选择内容播出,也可由信号系统根据预先的设置自动启动广播,必要时还可通过行车控制室通过无线通信系统对特定列车进行广播。从广播的内容来说,有一次性播放,也有无限次重复播放。

乘客信息显示系统是现代电子、信息技术在公共交通工具上的应用,包括文字图形显示[如发光二极管(light emitting diode,LED)显示]、指示灯到站显示、图像显示[如液晶显示屏(liquid crystal display,LCD)显示]等,根据用户的选择而定。前两者的内容一般都是在显示设备里预先设置的,显示由列车控制系统进行控制。图像显示系统的控制器与列车控制系统相连,车上播放器可使用预存内容文件播放固定的内容,但最新的城轨系统运营时已可从地面广播中心接收广播信号进行实时播放,广播内容有时事新闻、公共信息、公益广告、娱乐节目、商业广告等,但更重要的是到站显示和服务信息。

为了安全的需要,有的城轨车辆上装备了视频监控系统,通过客室内的摄像头将客室内的图像送到司机室和地面控制中心。

五、车辆的技术参数

1. 车辆限界

1) 车辆限界的概念

车辆限界是指车辆在平直轨道上按规定速度在正常状态下运行时,计算车辆和轨道的公差、磨耗、弹簧变形及振动等各种限定因素,而产生的车辆各部位横向和竖向动态偏移后的统计轨迹用基准坐标系表示的包络线,也就是一个限制车辆横断面最大容许尺寸的轮廓



图形。

规定车辆限界的目的是防止车辆在直线或曲线上运行时与各种建筑物或非指定的设备发生接触。车辆限界与建筑物限界之间必须留出一定空间,以保证车辆安全通行。这个空间是考虑到车辆某些部件在允许的最大限度公差、磨损和运行中车辆产生偏移,以及线路所产生的允许歪斜的情况下,仍然能够保证列车安全通过的要求。

2) 车辆限界的分类

车辆限界可分为 3 种状况,即车辆制造轮廓线、车辆静态限界及车辆动态包络线。

(1) 车辆制造轮廓线。该轮廓线是车辆设计制造出来的基本轮廓线,它包括车辆制造公差、弹簧悬挂系统的特性及规定的最大磨损值等。

(2) 车辆静态限界。车辆静态限界是指车辆停放在平直线路上所处的状态。由于平直线路存在着轨道几何偏差和磨损,以及轮轨间隙、车体相对于轮对的偏移量,因而车辆静态限界比车辆轮廓线要大。

(3) 车辆动态包络线。车辆动态包络线就是通常所说的动态限界,是以线路为基础的车辆基准轮廓线在车辆运行过程中的最外点,按车轮在线路上运行时车辆个别部件最不利的位罝来考虑。

车辆动态包络线是在车辆静态限界的基础上,考虑了车辆在运行中对各种最恶劣的不利因素论证、计算出来的,无法在车辆上直接测量。在车辆检修中,通过保证车辆静态限界来保证车辆动态包络线。只要车辆各尺寸不超过该静态限界,就能保证车辆在运行中不会超出车辆的动态包络线。

3) 影响车辆限界的主要因素

影响车辆限界的主要因素如下:

(1) 车辆的主要尺寸,包括车辆长度、最大宽度和高度、车辆定距、固定轴距、地板面高度和受流器安装尺寸等。

(2) 车辆制造公差、车辆因磨损及弹簧变形等产生的静态偏移量。

(3) 车辆在名义荷载作用下弹簧受压缩引起的车辆下沉,以及弹簧由于性能上的误差可能引起的超量偏移或倾斜。

(4) 轮轨间隙和车辆自身各部分存在的横向间隙造成车辆与线路间可能形成的偏移。

(5) 车辆在走行过程中因运动中的力的作用而造成车辆相对线路的偏移。它包括曲线区段运行时实际速度与线路超高所要求的运行速度不一致而引起的车体倾斜,以及车辆在振动中产生的上、下、左、右各个方向的位移。

(6) 线路在列车反复作用下可能产生的变形,如轨道不平顺等。

(7) 线路构造与车辆运行速度。

2. 车辆外力

城轨车辆在运动过程中会受到各种外力的作用而影响它的运行结果,把所有作用在车辆上外力的合力用 F_R 表示。根据动力学原理,当 $F_R > 0$ 时,车辆加速运行;当 $F_R = 0$ 时,车辆静止或匀速运行;当 $F_R < 0$ 时,车辆减速运行。

作用在车辆上的诸多外力按其性质不同可分为:

牵引力 F_k (使列车运动并可以控制的外力)、车辆阻力 F_w (在运行中产生的与列车运行方向相反的不可控制的力)和制动力 F_B (与列车运行方向相反的并使列车减速或停止的可

控制的外力)。这 3 个力作用于列车,并影响列车运行。但在一般情况下这 3 个力不是同时存在的。在牵引工况下,牵引力、阻力同时存在;在惰行工况下,仅阻力存在;在制动工况下,制动力、阻力同时存在。

1) 牵引力 F_k

牵引力决定于两个因素:一是牵引装置传给轮对的转矩,它和牵引电动机的牵引输出特性有关;二是动轮与钢轨的相互作用,主要是轮轨间的黏着系数及动轮的自重。当牵引转矩一定时,轮轨间的黏着力就成为产生牵引力的决定条件,牵引力不能大于轮轨间的黏着力,否则动轮就会空转,列车不能前行,并造成轮对踏面和钢轨面擦伤。牵引力的形成如图 1-3 所示。

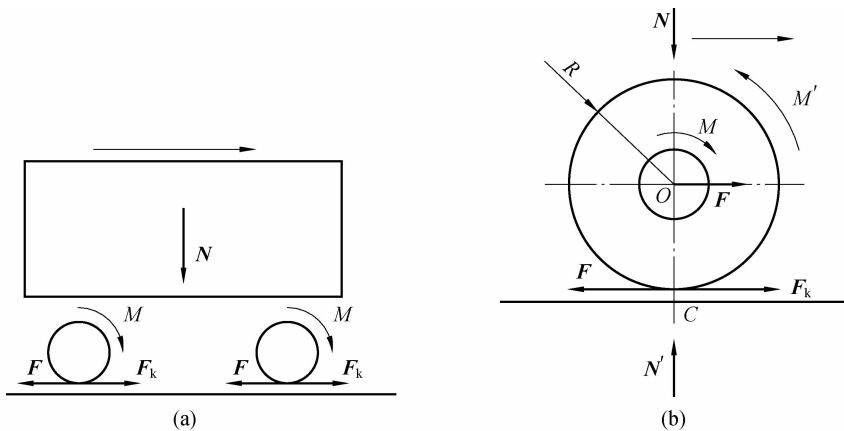


图 1-3 牵引力的形成

牵引电动机的转矩通过传动装置使车辆动轮获得转矩 M , 车轮旋转产生对钢轨的作用力 F , 钢轨反作用于车轮的力 F_k 使列车发生平移运动。这种由钢轨沿列车运行方向加于动轮轮周上的切向外力 $\sum F_k$ 就是列车的轮周牵引力, 简称列车牵引力。

力 F 增大, 反作用力 F_k 也随之增大。动轮与钢轨上的接触点没有相对滑动时, 车轮与钢轨间的黏着力为

$$F_N = \phi G$$

式中, F_N 为由轮轨间的黏着条件决定的黏着力; ϕ 为轮轨间黏着系数; G 为动轮荷重。

因轮轨间无相对滑动, 车轮正常向前滚动。当 F 增大到超过黏着力的极限值 $F_{N_{\max}}$ 时, 轮轨间的黏着破坏, 动轮开始在钢轨上滑动, 发生空转。这时钢轨对车轮的反作用力 F_k (牵引力) 由静摩擦力变为动摩擦力而急剧下降。随着轮轨间相对滑动速度的增加, 动摩擦系数越来越小, 黏着力的下降则更为严重, 车轮加速空转。

车轮空转易造成传动装置和走行部的损坏, 并使钢轨与车轮接触面擦伤, 在运行中必须尽量避免。

列车牵引力最大值在任意时刻都不得超过车辆各动轮与钢轨间黏着力最大值的总和。这一规律称为黏着定律。

2) 阻力 F_w

根据阻力引起的原因不同, 可把阻力分为基本阻力和附加阻力。列车阻力随所处环境的不同而变化, 也与车辆结构设计、保养质量有关。影响阻力的因素复杂, 变化也很大, 难以



准确计算。

(1)基本阻力。基本阻力是指列车在运行中始终存在的阻力。列车在平直线上运行时,一般只有基本阻力。产生基本阻力的主要因素如下:

- ①滚动轴承及车辆各摩擦处之间的摩擦。
- ②车轮与钢轨间的滚动摩擦和滑动摩擦。
- ③冲击和振动引起的阻力。
- ④空气阻力。

产生基本阻力的诸因素对列车阻力的影响程度与运行速度有关。列车低速运行时,轴承、轮轨等摩擦的影响大,空气阻力影响小;列车高速行驶时,空气阻力占主导地位,而摩擦的影响就不大。

对于地铁车辆而言,车辆主要在隧道中运行,由于车辆与隧道的横截面积之比很小,在车辆与隧道的间隙中存在着强烈的气流摩擦和车辆前后的空气压力差,使空气阻力成为车辆的主要运行阻力。列车运行速度越高,基本阻力越大。

(2)附加阻力。附加阻力是指列车运行在特定情况(如上坡、曲线行驶、起动等)下出现的阻力。

①坡道阻力。列车上坡时由列车重力产生的沿坡道斜面的分力称为坡道阻力。

②曲线阻力。曲线阻力是列车通过曲线区段时增加的阻力。引起曲线阻力的原因有:轮对与钢轨的横向及纵向滑动,轮缘与外轨头内侧的摩擦,圆柱滚子轴承的轴端摩擦,中心销及中心销座因转向架的回转而发生的摩擦等。曲线阻力的大小与许多因素有关,如曲线半径、运行速度、外轨超高、车重、轴距、踏面的磨耗程度等。

③起动阻力。起动阻力是列车从静止状态起动时需克服的静摩擦阻力。

3)制动力 F_B

制动性能在很大程度上限制了车辆的载重和列车的运行速度。由于城轨车辆运行的速度不高,基础制动一般采用空气制动,即摩擦制动。在一定的闸瓦压力下,制动力的大小取决于闸瓦与车轮间的摩擦系数 μ 。其中, μ 与闸瓦材质、列车速度、闸瓦压力、闸瓦温度和闸瓦状态有关。增大制动力可缩短制动距离,提高行车的安全性,但制动力也和实现牵引力一样,必须遵守黏着定律,不能无限制地增大制动力。当制动力大于轮轨间的黏着力时,会发生轮轨间的滑行,此时车轮被闸瓦抱死,车轮在钢轨上滑行。列车一旦滑行,首先制动力会下降,其次会发生轮对踏面及轨面的擦伤。

为了保证正常制动,制动力不能超过黏着力。

3. 车辆动力学性能

车辆动力学研究的是车辆的运动规律,通过分析车辆和线路之间的相互作用,研究车辆在各种速度运行条件下的振动规律及其动作用力与阻力的影响,保证列车的运行安全和乘坐舒适度。其具体内容是研究车辆及其主要零件在各种运行情况下,特别是在高速运行时的位移、加速度和由此而产生的动作用力,借以解决以下问题:一是确定车辆在线路上安全和平稳运行的条件;二是研究车辆走行悬挂装置和牵引缓冲器的结构、参数和性能,以及对振动和动荷载传递的影响,以提供设计或改进车辆有关装置的依据,研究和寻找合理的结构形式并优选关键参数。

车辆的动力学性能主要有运行平稳性、运行安全性、曲线通过性能等。



1) 运行平稳性

车辆运行平稳性主要受车辆的垂向振动和横向振动的影响。引起车辆振动的原因很多,如实际轨道不可能是绝对平直的和刚性的;轨道上存在各种各样的不平顺;实际的车轮也不是理想的几何圆形。因此,车辆在轨道上运行时,轮轨之间会不断出现轮轨作用力,这些力会引起车辆振动,导致运行的平稳性差。

2) 运行安全性

车辆运行安全性只有在轮轨处于正常接触状态时才能得到保证。若轮轨分离,造成车辆脱轨事故,则称为车辆失去安全性。

(1)脱轨原因。车辆脱轨的原因很多,如列车碰撞、线路和车辆最不利条件的组合及车辆或线路的故障等。通常,车辆脱轨不是由单一因素造成的,而是由多种因素的不利组合造成的。综合起来,车辆脱轨主要与线路状态、车辆结构参数和状态及运用条件等因素有关。

(2)防止脱轨的安全措施。为了提高车辆运行安全性,防止脱轨事故的发生,就要合理地设计车辆,尤其是要合理地选择转向架的结构和参数,切实保证转向架的制造与维修质量,使其在各种不利条件组合的情况下减小轮缘侧向力和轮重减载量。例如,适当地增加轴箱弹簧的静挠度,使转向架运行于扭曲线路时不至于产生过大的轮重减载;在空气弹簧悬挂系统中安装压差阀,压差阀可控制左右侧空气弹簧压差,避免产生过大的轮重减载。

3) 曲线通过性能

车辆通过曲线是依靠轮缘引导的。由于轴重大、轴距大,车辆通过曲线时会产生较大的横向作用力。横向作用力越大,会使钢轨应力加大,轮轨磨耗越大,轨距胀宽,严重时可使车辆脱轨。车辆通过曲线时,特别是当曲线半径 $r \leq 600$ mm 时,轮轨磨耗严重,走行数万千米后轮缘就会磨耗到限值,钢轨使用 2~3 年就必须更换。

任务二 城轨车辆零部件的损伤与故障

一、车辆零部件的损伤与故障概述

城轨车辆在日常运营中担负着成千上万名乘客的运送任务。在运输过程中,车辆除了消耗电能量,还会对自身造成消耗,从而产生损伤。除了由自然消耗产生损伤外,还可能由于车辆及零件的设计、材料、工艺及装配等各种原因引起损伤。损伤由小变大,最后车辆零部件丧失规定的功能而无法继续工作,这一过程称为失效;对可修复的产品,通常也称故障。产品可以是零件、运动副、部件、整个机器或系统。故障包括:产品功能的完全丧失和性能下降到可接受限度之外的情况。

当车辆的关键零部件失效时,就意味着车辆处于故障状态,将会对运营安全造成极大的危害。车辆维修的目的就是通过不断地修复和更换已经受到损伤的零部件,避免关键零部件失效,恢复其应有的原始技术状态,以保证城市轨道交通安全、正常地运营。

车辆在使用过程中,由于摩擦、外力、应力及化学反应的作用,零件总会逐渐磨损、腐蚀和断裂,从而产生故障。加强设备保养维修,及时掌握零件磨损情况,在零件进入剧烈磨损



阶段前进行修理更换,就可防止故障造成的经济损失。

城轨车辆是以一定速度不断运行的机械,运行中产生磨损的零部件很多。例如,车轮踏面及轮缘、轴承滚动体及内外圈、车门及驱动装置、车钩及缓冲器零件,以及各种销及销孔等。这些零部件在列车运行中,都会因为磨损而逐渐导致其尺寸和形状改变。当达到一定限度后,这些零部件就不能继续使用,必须进行修理或更换。在城轨车辆的日常维修工作中,磨损的零部件是最主要的修理对象。

二、车辆零部件的损伤与失效形式

在车辆使用过程中,损伤与失效形式多种多样,但磨损、变形、断裂、腐蚀、老化和损伤是机械性损伤与失效的主要形式,而击穿、断路和短路是电气性损伤与失效的主要形式。下面主要介绍机械性损伤与失效的主要形式。

1. 车辆零部件的磨损

运动副中,摩擦表面物质不断损失的现象称为磨损。零件抗磨损的能力称为耐磨性。磨损会逐渐改变零件尺寸和摩擦表面形状,只要这个零件与另外一个零件之间有接触,并且有相对运动,就不可避免地产生磨损,因此应采取措施尽量使其减小。据统计,约有 80% 的零件是因磨损而报废的。

磨损量与时间的关系曲线称为磨损过程曲线,如图 1-4(a)所示。典型的磨损过程曲线通常由三种不同的磨损变化阶段组成: I 为跑合阶段, II 为稳定磨损阶段, III 为剧烈磨损阶段。磨损率与时间的关系曲线称为磨损特性曲线,一般为典型的浴盆曲线,如图 1-4(b)所示。

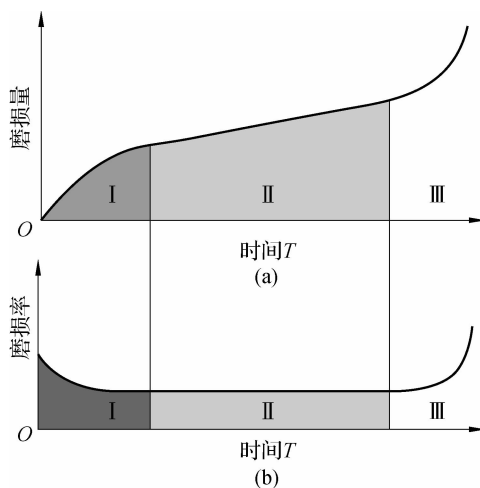


图 1-4 磨损过程曲线和磨损特性曲线

通常将机械零件的磨损分为黏着磨损、磨料磨损、疲劳磨损、腐蚀磨损和微动磨损 5 种类型。



加工后的零件表面总有一定的粗糙度。摩擦表面受载时,实际上只有部分峰顶接触,接触处压强很高,能使材料产生塑性流动。若接触处发生黏着,滑动时会使接触表面材料由一个表面转移到另一个表面,即材料转移(指接触表面擦伤和撕脱,严重时摩擦表面能相互咬死),这种现象称为黏着磨损。在金属零件的磨损中,黏着磨损是剧烈的,常常会导致摩擦副灾难性破坏,应加以避免。预防黏着磨损的方法和途径主要有正确选材、合理润滑、表面处理。

磨料磨损是指当摩擦副的接触表面之间存在着硬质颗粒,或者当摩擦副材料一方的硬度比另一方的硬度大得多时,所产生的一种类似于金属切削过程的磨损。它是机械磨损的一种,特征是在接触面上有明显的切削痕迹。在各类磨损中,磨料磨损约占 50%,是一种十分常见且危险性最严重的一种磨损,其磨损率和磨损强度都很大,致使机械设备的使用寿命大大降低,能源和材料大量消耗。磨料磨损主要采用的预防措施有:选用硬度高的材料、控制磨粒、进行材料表面处理、合理润滑等。

在滚动或兼有滑动和滚动的高副中,如凸轮、齿轮等,受载时材料表层有很大的接触应力;当荷载重复作用时,常会出现其表层金属呈小片状剥落而在零件表面形成小坑,这种现象称为疲劳磨损或疲劳点蚀。预防疲劳磨损的方法有:合理选用材料,零件表面尽量光滑、减小表面残余内应力,采用合适黏度的润滑剂等。

在摩擦过程中,金属同时与周围介质发生化学或电化学反应而产生物质损失,这一过程称为腐蚀磨损。

两接触表面由于受相对低振幅振荡运动而产生的磨损称为微动磨损。

2. 车辆零部件的变形

机械零件在使用过程中,由于承载或内部应力的作用,使零件的尺寸和形状改变的现象称为变形。变形是零件失效的一个重要原因,如各种传动轴的弯曲变形、车体底架主梁在变形下的挠曲或扭曲、弹簧的变形等。

根据外力去除后变形能否恢复,可将变形分为弹性变形和塑性变形两大类。

1) 弹性变形

材料在外力作用下产生变形,当外力取消后,材料变形即可消失并能完全恢复原来形状的性质称为弹性。这种可恢复的变形称为弹性变形。

弹性变形的重要特征是可逆性,即受力作用后产生变形,卸除荷载后变形消失。

2) 塑性变形

物体在外力的作用下产生形变,当施加的外力撤除或消失后,该物体不能恢复原状的变形,称为塑性变形。从宏观形貌特征上看,塑性变形主要有翘曲变形、体积变形、时效变形。

塑性变形导致机械零件各部分尺寸和外形的变化,将引起一系列不良后果。例如,车门框架和门叶的变形会导致车门无法开启和关闭。零件的局部塑性变形虽然不像零件的整体变形那样引起明显失效,但也是引起零件塑性变形的重要形式。

3. 车辆零部件的断裂

车辆零部件的断裂是指零部件在机械力、温度、磁场感应和腐蚀等单独作用或共同作用下,其本身连续性遭到破坏,发生局部开裂或分裂成几部分的现象。与磨损和变形相比,断裂失效的机会较少,但是一旦发生,其危害性很大,会产生严重的后果,因此是一种最危险的失效形式。



机械零件的断裂一般分为延性断裂、脆性断裂、疲劳断裂、环境断裂 4 种形式。

车轴是车辆转向架的重要零部件之一,它不但承载全部车上质量,而且承受着来自轮轨的冲击,受力十分复杂,车辆的热轴事故和车轴冷切事故都表明车轴发生了断裂,因此热轴、切轴是危及城轨交通运输安全的大事故因素,轻则脱轨,重则列车颠覆。

4. 车辆零部件的腐蚀和老化

金属零件的腐蚀是指表面材料与外部介质起化学反应或电化学反应而发生的表面破坏现象,按腐蚀的机理不同可分为化学腐蚀和电化学腐蚀。

零件材料的性能随着使用时间的增长而逐渐衰退的现象,称为老化。零件老化多发生在橡胶和塑料等非金属材料上。

5. 车辆电气元件的损伤

车辆电气元件一般分为有触点器件和无触点器件两大部分。有触点器件的损伤主要集中在触点上,如触头的磨损等。对于交流传动城轨车辆,由于无触点器件的大量使用,车辆电气系统的损伤主要集中在变流元件损坏和控制系统电子线路板故障上。

三、因车辆零部件损伤而引起的故障类型

因车辆零部件损伤而引起的故障,按照不同的分类标准可有不同的类型。

1. 按照故障发生的时机分类

按照故障发生的时机不同分类,故障可分为渐发性故障和突发性故障。渐发性故障是由于各种设备初始参数劣化和老化过程发展而产生的。这类故障与材料的磨损、腐蚀、疲劳及蠕变等过程密切相关,与设备使用时间有关。突发性故障是各种不利因素及偶然的外界影响共同作用的结果,这种作用超过了设备所能承受的限度,如因润滑油中断而使零件产生的热变形裂纹。这类故障往往与设备的使用时间无关。渐发性故障又称为软故障,而突发性故障则称为硬故障。

2. 按照故障的后果分类

按照故障的后果不同分类,故障可分为功能故障和参数故障。功能故障使设备不能继续完成自己的功能,而参数故障使设备的参数(特性)超出允许的极限值。与功能故障相比,参数故障不妨碍设备的继续运转,但按照技术标准来衡量,这些设备都是无工作能力或工作能力不佳的。机器加工精度的破坏就属于参数故障;马达烧坏使机器不能运转则属于功能故障。

3. 按照设备的损伤程度分类

按照设备的损伤程度不同分类,故障可分为潜在故障和已发生故障两种。从设备的损伤程度和使用时间可以判断潜在故障发生的可能性。设备维护保养的目的就是防止潜在故障发展为已发生故障。

4. 按照故障的影响程度分类

按照故障的影响程度不同分类,故障分为允许故障和不允许故障。允许故障一般同导致设备输出参数逐步老化的过程密切相关。允许故障包括各种因素(使用技术条件所允许的)在最不利组合时引起的突发性故障。有时为了减少、缩小和简化设备结构,设计上允许





一定的故障发生概率。这种故障是不应引起严重后果的。不允许故障与违反产品的制造和装配条件、违反操作使用制度和修理规章、技术条件或参数中未考虑到的潜在原因等情况有关。

5. 按照故障存在时间分类

按照故障存在时间不同分类,故障可分为永久性故障和间歇性故障。永久性故障是指一旦发现就长期存在的故障。无论何时进行检测均可发现此类故障。间歇性故障是指某种特定条件下才出现的或随机性的、存在时间短暂的故障。由于难以把握其出现的规律和时机,这种故障不易被检测。

6. 按同时出现故障的数量分类

按照同时出现故障的数量不同分类,故障可分为单故障和多故障。若某一时刻仅有一个故障发生,称为单故障;若同时可能发生若干故障,称为多故障。

7. 按运营过程中发生的故障分类

评定产品运营可靠性时应考虑运营故障的影响。不同的城市轨道交通项目运营故障分类有所不同,但通常会分为以下 3 类故障:

(1)救援故障。救援故障是指列车已严重损坏或瘫痪,需要牵引车或另一列车的帮助才能拉回基地或避车线。

(2)清客故障。清客故障是指列车在故障时不能继续服务,疏散乘客后自行返回基地或避车线。在有些项目中,对清客故障须进一步细分,分为清客故障和掉线故障。掉线故障被定义为列车运行一圈后,疏散乘客,退出商业运营。

(3)延误故障。延误故障是指列车发生故障以后影响正常运行且列车在线路中的停车时间超过了 5 min(也有定义为 3 min 或 2 min)。对延误故障也有不同的说法,有的称为晚点故障,甚至分解为大晚点和小晚点故障。

四、造成车辆零部件损伤的主要原因

造成城轨车辆零部件损伤的原因是多方面的,归纳起来主要有以下几点:

1. 设计不合理

设计不合理主要包括:结构缺陷,印刷线路、配电线路布局不合理,电子元器件参数选择不当,线路可靠性差,零件、材料配合、润滑方式选择不当,应力过高、应力集中,对使用条件和工作环境考虑不周,等等。

2. 制造、安装、使用中的缺陷

制造、安装、使用中的缺陷主要包括以下两个方面:

(1)电气布线、焊接、绝缘隔离及印刷线路达不到工艺要求。

(2)机械切削、压力加工、热处理、焊接、电镀、装配、安装、调试、使用、维护保养、维修、技术改造中产生的缺陷。



3. 原材料缺陷

原材料缺陷主要包括以下几个方面：

- (1) 电器材料的电阻、电容、导电性能、绝缘性能等指标缺陷。
- (2) 金属材料不符合技术要求。
- (3) 铸件、锻件、轧制件缺陷及热处理缺陷等。

4. 使用不当

使用不当主要包括以下几个方面：

- (1) 超出规定的使用条件或环境发生变化，造成电压过高、电流过大。
- (2) 机械设备的过载、过热、腐蚀、磨损、泄漏，以及操作失误。
- (3) 维护不当、管理混乱等。

5. 自然耗损

自然损耗主要包括：电子、电气元器件的老化，电参数的改变，绝缘层的破裂，机械磨损、疲劳、腐蚀、老化、蠕变，等等。

有些损伤是由单一原因造成的；有些则是多种因素综合引起的；有的是一种原因起主导作用而其他因素起媒介作用；有的是连锁诱发的因素引起，形成一连串的反应。

任务三 城轨车辆的检修制度

一、检修制度概述

车辆维修是指保持和恢复车辆完成运营规定功能的能力而采取的技术活动，包括维护保养和检查、修理。维护保养是通过润滑、清洁等方式保持车辆的技术状态，使其在一定的时间内不发生失效故障；检查是通过直接的感官或仪表测试判断车辆系统部件的技术状态是否符合规定的技术要求；修理是指车辆系统或零部件的技术状态劣化到某一临界值或者已经发生故障时，为恢复其功能而采取的技术活动。

纵观维修历史，出现过多种维修模式，一般来说可概括为事后维修、预防维修和改善维修三种。近几年随着科学技术的发展，维修管理不是只研究分析维修阶段的费用，而是将设备寿命周期内的总费用，即寿命周期费用，保持在最经济的状态。其次是把技术、财务、管理等诸方面的因素综合起来进行综合研究分析和全面管理。

在车辆的全寿命周期中，检修成本占据了较高比重。车辆检修制度是城轨车辆可靠运行的基本和重要的保障，也是确定车辆检修体制，保证车辆检修工作顺利进行的基础。车辆检修制度对车辆修程、检修等级、实施检修的车辆运营千米数或运营时间、修竣车辆的停运时间均做出具体规定。

车辆定期预防性维修的依据是车辆零部件产生磨损与发生故障的规律。车辆零部件产生磨损和发生故障的规律与车辆的技术标准、运营条件、检修技术密切相关。

车辆设计和生产的模块化、集成化程度，车辆设备及零部件良好的互换性，部件互换修





方式的采用,使车辆检修量降低,车辆检修的停运时间缩短,车辆运行可靠性得以提高,同时,车辆零部件的少维修、免维修发展,也延长了它们的维修周期。

计算机控制和故障诊断技术的应用及对车辆一些部件进行在线自动测试技术的应用,又促进了一些部件的检修逐步朝着状态修的目标发展。

通过对车辆零部件磨损,车辆设备、部件的故障记录、统计、分析,在总结车辆检修实践经验的基础上,对车辆的修程、检修周期、停运时间进行优化,改革现有检修制度,创新车辆修程,使车辆检修向均衡计划维修方式过渡。

二、车辆的修程

国内城轨车辆检修制度基本沿用了传统铁路车辆的检修经验,虽然车辆检修采用了新技术,检修周期也不断延长,但车辆检修制度仍然是参照车辆运营千米数和运营时间来制定的。根据目的的不同,检修制度一般分为预防性维修和故障性维修两大类。

1. 预防性维修

1) 预防性维修规程制定的依据

预防性维修是在故障率没有超过事先确定的指标之前,为了限制故障的产生而对设备采取的维修措施。预防性维修规程制定的依据主要有以下几点:

- (1) 车辆运行时间。
- (2) 车辆走行千米数。
- (3) 车辆制造者所提供的基础信息及建议。
- (4) 设备当时的运行情况。如果系统的可靠性比较高,那么维修的周期可以相对延长,维修的内容增加;反之,则要相对缩短维修周期。
- (5) 系统运行的可靠性或故障率要求。

2) 预防性维修的分类

预防性维修具体可以分为以下两种形式:

(1) 计划修。计划修是指根据事先制订的计划,当达到一个事先确定的时间或者车辆运行千米数时(按先达到者为准),对相关设备进行的检查和处理。对故障发生与工作时间有密切关系且无法监控的零部件,可以采用计划修方式。各种车型的计划修要求内容不大相同,下面以广州地铁二号线 A 型车辆为例进行介绍,该车辆计划修主要包括日检、双周检、三月检、年检、架修、大修等修程,其中日检、双周检称为日常检修,三月检、年检、架修、大修称为定期检修。车辆计划修的相关指标见表 1-1。

表 1-1 车辆计划修的相关指标

修程	检修周期		修理时间	维修地点
	里程/km	时 间		
日检		1 d	1.5 h	各线车辆段或停车场
双周检	0.4×10^4	2 周	3~4 h	各线车辆段或停车场
三月检	3×10^4	3 月	3 d	各线车辆段或停车场



续表

修程	检修周期		修理时间	维修地点
	里程/km	时间		
年检	12×10^4	1年	5 d	车辆段
架修	60×10^4	约5年	约30 d	维修基地
大修	120×10^4	约10年	约40 d	综合维修基地

根据列车的实际运行情况,综合考虑维修停时、提高车辆利用率,车辆维修人员可合理编制相关修程的内容,各修程具体内容如下:

①日检。日检包括对与列车行车安全相关的部件进行外观检查和车辆有电功能检查。这种检查一般是在列车运营结束回车库后进行。

②双周检。双周检包括:对车辆走行部进行检查;对主逆变器相关接触器进行检查和清洁;对受电弓、空调系统进行检查,并更换空调滤网等。为了提高车辆利用率,双周检可安排在运营早晚高峰之间的时间段进行。

③三月检。三月检包括对车辆主要部件及系统进行清洁和功能检查,特别是车门、车钩的清洁和润滑等。

④年检。年检包括:对车辆的各系统进行状态检查、检测和功能调整;对各部件进行全面检查、清洁和润滑,对部分部件如空调机组、继电器进行清洁、测试和修理,以及列车的全面调试。为了减少维修停时和保证周末正线用车,年检可合理安排在5 d内完成。

⑤架修。架修的目的是恢复车辆的性能。架修包括:对转向架、轮对、通道、车钩、制动装置、牵引电动机、牵引逆变器、辅助逆变器、蓄电池等主要部件解体后进行全面和仔细的检修,转向架及轮对还需探伤;更换一些密封橡胶件、磨耗件、一次性使用件和工作寿命到期的零部件;最后对车辆各系统进行全面检测、调试及试验。为了缩短车辆架修的停时,提高车辆利用率,架修尽可能采用部件互换的修理方式,即从车辆上拆下待修部件整件,用地面上预先修理好的备件装车,使整车能在较短时间内完成修程并重新投入运营,专业班组再对拆下的系统部件进行分解维修,作为下一列车架修的更换备件。

⑥大修。大修的目的是全面恢复车辆的尺寸和性能,是实现车辆设计寿命周期内保持车辆表现稳定的重要维修形式。在架修的基础上,需要通过大修对整列车进行分解、检查和修复,进行全面清洗(包括部件、空气管道等),压力密封检测,车体重新油漆等;进行技术改造和对部分系统进行全面升级或更换;对车辆各系统进行全面检测、调试和试验。此类维修需在综合维修基地进行。

除以上修程外,对一些进行过特殊检修(如镟轮)后的列车,更换过轮对和转向架或进行过试验的列车,还可按照特殊检修的要求安排特殊的检查,主要是对列车走行部等进行外观检查,以保证列车安全运行。此外,节假日到来前,还可安排对列车的一些重要零部件,如车底紧固件、车门、牵引/制动回路继电器等进行普查,以保证假日期间列车性能稳定。

各地铁公司可根据所选的不同车型和车辆利用率的不同要求,灵活制定各种修程。另外,有些地铁还采用均衡修的方式,即将架修、大修内容分解到年检各修程中去,以减少列车的停时,提高车辆利用率。

(2)状态修。状态修是指在对设备进行检测的基础上,一旦某一参数超过了事先确定的



限定警戒值,则需要介入维修,并根据参数的变化趋势及情况对设备进行的检修。对故障发生能以参数或标准进行状态检查的零部件,也可以采用状态修方式。

从一定程度上来说,状态修是对计划修的一种探索和尝试,当对状态修的尝试达到一定程度积累之后,经过总结归纳,可将其列为计划修的一部分,以此循序渐进,优化维护检修体系。一个好的维护检修模式既能保持和修复列车的工作能力和状态,又能使总费用减至最小。实施灵活的计划修和状态修相结合的方式,能有效克服状态修带来的维修不足,减少计划修引起的过剩维修,保证城轨车辆的维修质量,同时减少车辆维修停时,从而提高车辆利用率。

2. 故障性维修

故障性维修是在某个部件出现故障之后所采取的维修方式,即人们所说的临修(临时维修)。故障性维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)发现故障之后并报告,维修就此展开。故障性维修可以是彻底的维修,也可以是临时性的维修,设备在临时维修之后仍然可以投入运营,并等待彻底维修。在这些不同的维修程序结束之后,可以认为设备恢复了可使用状态,可以投入正常的运营。在故障性维修中,目前一般通过换件来快速处理故障。对不危及安全的故障,且通过连续监控可以在故障发生后进行维修的零部件,或者发生事故后的修理,可以采用故障性维修方式进行。这种维修一般是在各线车辆段或停车场进行。

3. 各类车辆检修制度的比较

各类车辆检修制度的主要优缺点和适用范围见表 1-2。

表 1-2 各类车辆检修制度的主要优缺点和适用范围

检修制度		优 点	缺 点	适用范围
预防性维修	计划修	管理相对简单,计划性强,能保证车辆运行良好状态,能确保运营要求	维修成本极高,一时难以掌握维修周期与深度的合理性	无备份且运营要求非常严格的系统设备
	状态修	对症下药,故障设备修复周期短;设备故障消除在发生之前,能确保运营要求,维修成本最少	检测工作量大,要求的检测装备和水平最高,技术管理难度最大;检测周期和深度难确定	具有自动检测功能的与运营安全密切关联的系统设备
故障性维修		平时维护工作量最少,维护成本最低	要考虑备用设备,故初期投资较大,维修周期较长	对行车无直接联系,设备运行稳定且已考虑了足够备份的系统设备

对已运营稳定的线路,从人力成本及设备类型而言,最佳的维修方式推荐为状态修,其自动化程度高,维修成本最低,设备性能保持最好。对于一些目前条件还达不到状态修的运



营单位,可先采取计划修的形式,对具有自动检测功能的系统要积累数据及经验,向状态修过渡。目前大多数国内轨道交通单位采用计划修的方式。

4. 其他检修制度

在上述检修制度的保证下,还需要设计车辆维修信息管理系统,对维修计划、走行里程、备件管理、故障信息等建立数据库并进行信息管理。根据实际情况,可以配置一些专业化的检测设备进行定期诊断,为车辆检修提供可靠的检修信息。例如,可以配备车辆在线检测系统,对车辆轮对踏面情况、受电弓运行情况等进行动态检测,这样能对轴承、轮对踏面、传动齿轮和受电弓的早期故障进行在线监测和预警,避免走行部和受电弓带故障运行。

另外,还可建立计算机网络化的城轨列车诊断系统,设计的最小可诊断单元应是最小可更换单元,可以了解每个在线修可更换单元、二级可更换单元或部件的状态,便于查出故障部位。车载无线设备可实时传送车辆状态信息到地面,为车辆状态修提供依据。

三、车辆的检修工艺

城轨车辆在使用过程中,其机械部件会逐渐产生磨损、变形、蚀损,甚至断裂;其电气部件会发生断线、接地、烧损、绝缘老化或破损。城轨车辆检修中心的任务是发现和处理各种零件的损伤。在确定维修制度后,要正确对车辆进行修理,必须编制合适的、完整的维修工艺文件,规定在各级修程中修什么,怎么修,修到什么状态。为此,必须了解城轨车辆零件损伤规律,以确定修理部件、检修限度、检修工艺方法、检修技术要求等。

1. 检修工艺概述

1) 检修的基本技术标准

检修的基本技术标准主要规定车辆检修的基本技术要求、检修限度、各修程的备件互换范围等,是制定其他工艺文件的基础。

2) 检修工艺规程

城轨车辆检修工艺规程可按修程编制,如日检规程、双周检规程、一年检规程、三年检规程、架修规程、厂修规程等;也可以按零部件编制,形式上可用表格式、流程图式、文字描述方式;还可以将检修工艺与检修范围分开编制,检修工艺分车上检修(检查)工艺和车下部件检修工艺,而检修范围则规定每个修程哪些部件需要进行检修或维修,这样编制的优点是便于维修者记忆及对工艺等技术文件的管理。

检修工艺规程内容包括:检修部件名称,检查或检修项目的顺序方法,使用的工具、材料,检修作业内容,检修技术要求和其他注意事项。

3) 操作工艺文件

操作工艺文件是具体指导工人进行生产的工艺文件,对于关键作业工序的内容应单独制定操作工艺文件,如车体高度调整规则、车轮镟削标准等。

4) 工艺措施文件

工艺措施文件是针对城轨车辆修理中某项具体问题或解决运行中出现的某种故障而制定的检查和检修措施,它是对工艺规程的一种补充,如《解决车辆轴箱轴承过热烧损的技术措施》。这类文件应分析故障或问题根源,提出解决问题的具体工艺措施。





5) 检修工艺文件

检修工艺文件是指导车辆维修的主要技术文件,是生产组织、技术管理、质量管理的基本依据。检修人员必须熟悉自己所从事作业的工艺,并在检修生产中严格按照工艺要求进行检修作业,使各检修过程规范化、标准化,确保检修作业质量。对专用工具、量具、设备,要定期校验维修,使其经常保持良好状态。技术部门要定期检查和分析工艺执行情况。

2. 车辆修理工艺过程

1) 车辆修理工艺过程概述

车辆的日检、月检、季检和年检等修程均以定期检查为主,架修和大修一般在检修工厂或车辆段内进行。自待修车辆送至修理场地起,直到车辆修理竣工后的全部过程,称为车辆大修或架修的生产过程,通常包括以下几部分:

- (1) 送修或接修待修列车。
- (2) 修理开工前的准备工作,包括清扫、外观检查和检修作业计划制订。
- (3) 将列车分解成车辆,再将车辆分解为零部件。
- (4) 进行零部件的清洗、检查,并确定修理范围。
- (5) 进行零件修理或部件组装。
- (6) 进行车辆组装及刷油漆。
- (7) 修竣车辆的技术鉴定和交接。

在上述生产过程中,从第(3)项到第(6)项的各种作业过程的总和,为车辆修理的工艺过程。

2) 车辆修理工艺过程的类型

根据车辆的设计特点和车辆零部件修理作业方式的不同,以及车辆修理条件和环境的不同,目前车辆修理的工艺过程基本上分为现车修理和部件互换修理两种类型。

(1) 车辆的现车修理工艺过程。车辆的现车修理工艺过程(见图 1-5)是指从待修车上拆卸下的零部件经过修理消除其缺陷后,重新装回原车上的修理方式。

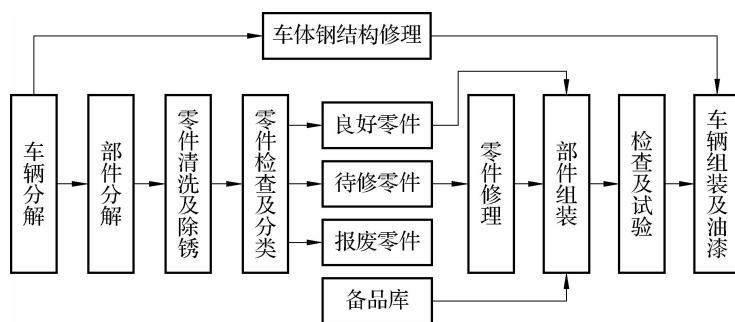


图 1-5 车辆的现车修理工艺过程

现车修理作业方式不需要储备过多的备用零件,但常因零部件的修理时间长而导致车辆总的修理时间加长。并且各零部件的在修时间不同,简单易修的零件就要等待复杂难修的零件修竣后才能组装。如果采取抢修等措施缩短停修时间,那么又可能导致零部件的修理质量得不到可靠保证。这种方式主要用于修理更换零部件不多的新车或修理工作量不大的车辆。



(2)车辆的互换制修理工艺过程。目前车辆检修普遍采用互换制修理。该工艺过程是指从待修车辆分解下来的各种零部件修竣后可装于同类型车型的任何车上,而不必立即装回原车。这样,除车体结构外的绝大部分零部件均只需按照技术条件进行修理,与该零部件原属于哪辆车无关。城轨车辆互换制修理的工艺过程如图 1-6 所示。

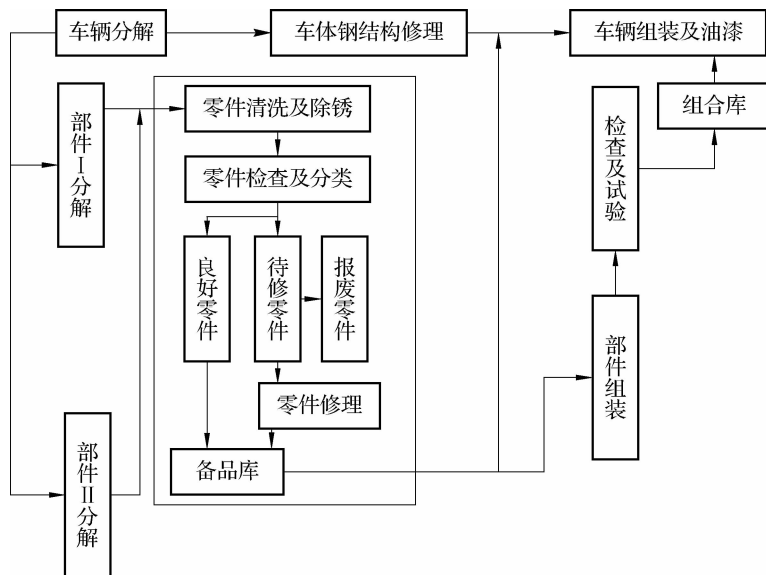


图 1-6 车辆的互换制修理工艺过程

实行互换制修理的工艺过程,零部件需要一定的储备周转量,车辆在修的生产周期决定于车辆分解、车体结构修理,以及车体组装及油漆作业的延续时间,而不受其他零部件修理时间的影响。因此,互换制修理的最大优点是能最大限度地缩短车辆停修时间,但是要求有大量的备用零件和一定数量的互换零件。目前,轮对、轴箱装置、制动装置、车钩缓冲器装置、空调装置及部分车体配件、车内设备等均实行互换制修理。

四、车辆的检修限度

城轨车辆检修限度是指车辆在运用中和定期检修时,零件允许存在的损伤程度和零件位置允许变化的程度所规定的尺寸标准。例如,车轮踏面损伤深度小于 0.5 mm、擦伤长度小于 40 mm、车轮直径大于 770 mm、轮缘厚度大于 26 mm 等,都是车辆检修限度。车辆检修限度是车辆检修工艺规程中很重要的内容。在日常检查保养时用检修限度来判断零件是否可以继续使用,在定期检修中用检修限度来判定零件是否需要修理及检修后质量是否合格。车辆检修限度规定是否合理与车辆的技术质量和车辆检修的经济效益非常密切。制定车辆的检修限度是一件复杂的工作,要根据理论计算和长期实践经验来确定。

1. 车辆检修限度的种类

城轨车辆的检修限度按照使用场合不同可分为运用限度和修理限度。一般在车辆检修限度表上还附有零件原形尺寸。各零件原形尺寸及配合原形间隙是指车辆各零部件的设计尺寸和制造允许公差,组装时的允许间隙。原形尺寸是根据车辆设计性能要求、零件材质、加工工艺水平、使用条件、长期运用积累的经验资料确定的。



1) 运用限度

运用限度是指车辆零件的损伤已达到了极限或车辆及部件的位置达到了极限状态,超过了这个尺寸,车辆不能继续使用,必须进行修理和更换才能保证车辆的正常使用和行车安全。

2) 修理限度

修理限度是指城轨车辆进行各种定期检修时应控制的检修限度。修理限度按不同修程又可分为定修限度、架修限度和大修限度。定修限度是指车辆定修时超过或不符合此限度者须予以修理或更换。架修限度是指车辆架修时各零部件出厂的限度尺寸,它确定的原则是零件和配合磨合程度,在这个限度内其磨损表面应有足够的磨损余量,保证继续使用到下次修程并保证行车安全。大修限度是指车辆大修时的限度尺寸,其确定原则是恢复到设计所规定的原形尺寸和配合尺寸。

2. 确定车辆检修限度的原则

1) 确定运用限度的原则

确定车辆运用限度的原则是以该零件发生的损伤对零件的正常使用和行车安全的影响为主要根据的。其主要考虑的问题如下:

- (1) 零件本身应工作正常,并且不会造成损伤的急剧发展。
- (2) 零件与其他部分的配合应正常。
- (3) 车辆运用的安全性和平稳性应良好。
- (4) 车辆检修和运输的经济效益应良好。

2) 确定修理限度的原则

确定修理限度的基本原则是符合该修程所要求的技术质量。它是决定零件在各级修程中修与不修及其装配条件是否合格的标准,制定修理限度主要考虑的问题如下:

- (1) 保证零件安全运行到下一次定期检修。
- (2) 各级修程间相互配合。
- (3) 在保证质量的前提下,节约检修原材料。

思考与练习

1. 简述城轨车辆的主要类型。
2. 解释“ $-A=B \times C=C \times B=A-$ ”列车编组形式的含义。
3. 简述城轨车辆的基本组成。
4. 车辆零部件的主要损伤形式有哪些? 说明产生损伤的主要原因。
5. 什么是计划修? 计划修一般有哪几个修程? 其检修周期是如何规定的?
6. 简述城轨车辆修理的工艺流程。
7. 什么是城轨车辆的检修制度? 检修制度主要有哪几种?

2

项目二

城市轨道交通车辆检修基地

学习目标

通过本项目的学习,主要使学生达到以下目标:

- (1)了解检修基地的分类及功能。
- (2)熟悉检修基地的主要线路。
- (3)掌握检修库房、车间的用途及特点。
- (4)掌握检修基地主要设备的功用、特点及工作原理。

重点与难点

重点:检修基地主要设备的功用及特点。

难点:检修基地主要设备的工作原理。



任务一 检修基地的基础设施

一、检修基地的分类及功能

城轨车辆的各级检修工作必须在专门的车辆检修基地进行,列车退出运营后也要进入检修基地进行清扫、洗刷、消毒等工作。因此,检修基地是城轨车辆停放、检查、维修、保养和检修的专门场所,是保证城轨车辆良好的技术状态和城市轨道交通正常运营的重要基础。

车辆检修基地以车辆检修、运用为主,但考虑到地铁系统管理的需要,方便组织城轨车辆各专业的检修工作,将工务、通信、信号、机电设备等专业的维修与车辆检修基地一并考虑,有利于协调各专业的衔接关系,对各专业检修工作进行有效的协调管理,可以合理规划、统一使用场地和设备,同时也有利于实现计算机网络和现代化管理。

车辆检修基地根据功能和规模的大小可分为停车场、车辆段和车辆修理厂。

1. 停车场

停车场是城轨车辆停放的场所,承担车辆的停放、洗刷、清扫及车辆日常检查和乘务工作。每条地铁线路按其线路长度和配属车辆的多少不同设置停车场或根据需要增设辅助停车场,辅助停车场一般只设置停车设施,仅承担车辆的停放、清洁工作。

停车场配备车辆运用、整备和日常检查维修等设施,主要有停车列检库、调机库、临修库、不落轮镟修库、车辆自动洗刷库及出入段线、试车线、洗车线、车库线、牵出线、存车线、走行线等各种辅助线路;主要设备有轨道车(内燃机)、自动洗车机、不落轮镟床、车辆救援设备,以及为车辆重大临修服务的架车机、起重机等。

2. 车辆段

车辆段主要具有以下功能:

- (1)承担所属线路的车辆停放、清洁和列检工作。
- (2)承担所在线路车辆的定修(年检)及以下车辆检查、维修和临修工作。
- (3)承担所属线路和由多条联络线互相沟通的线路的车辆架修、大修工作。
- (4)承担车辆部件的检测、修理工作。

车辆段要在停车场的基础上增加车辆架修、大修的设施设备。车辆主要检修方式采用部件互换修,同时车辆段要具备车辆零部件的检修能力。

车辆段的车辆检修设施主要有架修库、大修库、静调库和部件检修间,一般还设有油漆间、熔焊间、加工间和必要的辅助间等。车辆架修、大修的主要设备有架车机、公铁两用牵引机、移车台或车体吊装设备、车辆油漆设备、列车静态调试和动态调试设备及转向架、车钩、电动机等各种部件的试验和修理设备。承担列车转向任务的车辆段还应设置列车的回环线。

车辆段内无物资总库时,还要设置材料库,需配备必要的运输和起重设备。

车辆段划分为检修区和运营区,所有的检修工作集中在检修区进行,车辆的停放、列检、



乘务工作均在运营区执行。

车辆段还兼有综合检修基地的功能,是保障线路各系统正常运行的基地和管理部门。综合检修基地含有检修车间、材料总库、特种车辆库、办公楼等设施。

3. 车辆修理厂

车辆修理厂是对车辆进行修理的专门场所,这里不再赘述。

二、检修基地的主要线路

城轨车辆检修基地的主要线路有停车线、出入段线、牵出线、静态调试线、试车线、洗车线、检修线、临修线等。

1. 停车线

停车线应为平直线路,一般设停车库。停车线用于停放车辆的同时兼作检修线,有尽头式和贯通式两种,贯通式便于列车的灵活调度,因此应尽可能采用贯通式。

2. 出入段线

出入段线为供车辆出、入停车场或车辆段的线路,一般设置为双线,并避免切割正线,根据行车和信号要求留有必要的段(场)线路与运营正线的转换长度。

3. 牵出线

牵出线适用于段(场)内调车,牵出线的长度和数量根据列车的编组长度、调车作业的方式和工作量确定。

4. 静态调试线

静态调试线设在静态调试库内,列车检修完毕在到试车线试车之前,要在静态调试库内对列车进行静态调试,检查各部分的技术状态,对电气设备和控制回路的逻辑动作及整定值进行测试和调整。静态调试线应全长设置地沟,在地沟内设置照明光带。静态调试线为平直线路,同时设置车间牵引电力电源和有关测试设备。

车辆段在车辆检修后要要进行车辆的尺寸检查,其中要对车辆的水平度进行检查,需要轨道高差精度等标准较高的线路(称为零轨),车辆段宜设在静态调试线。

5. 试车线

试车线供定修、架修、大修后列车在验收前的动态调试。其长度应满足远期列车最高运行速度、性能试验、列车编组、行车安全距离的要求。试车线一般为平直线路,线路中间要设置不小于一单元列车长度的检查坑,供列车临时检查用。试车线还设置信号的地面装置,可进行列车车载信号装置的试验。

试车线旁设置试车工作间,内设信号控制和试车必需的有关设备、设施和仪器。对试车线需采取隔离措施。

6. 洗车线

洗车线供列车停运时洗刷车辆用,其中部设有洗车库。洗车线一般为贯通式,尽量和停车线相近,可以减少列车行走时间,并减少对车场咽喉地区通过能力的压力。洗车库前后需设置不小于一列车长度的直线段,以保证列车平顺进出洗车库。





7. 检修线

检修线为平直线路,布置在检修、定修、架修、大修库内。架修、大修线的线间距除要满足架修作业的需要,还要综合考虑架车机等检修设备,以及检修平台等的布置、检修移动设备、备件运输车辆移位,以及检修人员作业需要的空间来确定;检修线中要有一条平直度要求较高的线路,用于精确测量车体地板的高度。

8. 临修线

列车发生临时故障和破损时,要在临修线上完成对车辆的临修工作,临修线的长度应能保证停放一列车,并考虑列车解编的需要。

以上是保证列车运行和检修的主要线路,除此之外,检修基地内还要按需设置临时存车线、检修前对列车清洗的吹扫线、材料装卸专用线和特种车辆(如轨道车、接触网架线试验车、隧道冲洗车等)停车线、联络线和与铁路连通的地铁专用线等。

这些线路用道岔互相连接,道岔和信号设备联锁,由设置在站场中央的调度室对电气集中控制设备进行操作、排列和开通列车的进路,进行调车和取送车作业。

布置车场线路时,应遵循以下几点要求:

(1)列车停车、检修、试验及其他作业的线路应为平直线路,其他线路的坡度不应大于2%。由于在车场内是无载客运行,通过对数较少、行车速度较低,最小平面曲线半径可根据道岔的导曲线半径及车辆构造允许的最小曲线半径等因素确定,一般以 $R \geq 150$ m为宜。

(2)除架修、大修线外,在车场内地铁列车可能到达的地方应设置接触网或接触轨(包括接通至库内)。采用接触轨,应有防护设施;采用接触网,应在线路交界处设置醒目的标志,防止列车误入无接触网区段,造成列车受电弓和接触网的损坏事故。

(3)在线路端部应设置车挡,防止溜车。

(4)对各线路接触网,应根据实际情况分区(段)供电,设置隔离开关,分别断电和送电,以便于对列车进行各种作业。

(5)除架修、大修线外,其他线路的有效长度至少应保持按远期规划列车编组长度与轨道车长度之和,再加上满足司机瞭望和行车安全的距离。

三、检修基地的主要检修库房及车间

1. 停车列检库及其附属车间

停车列检库兼有停车、整备、清扫、日常检查、司机出乘等多种功能,如图 2-1 所示。为实现这些功能,停车列检库除设有停车线外,还设有运用车间、运转值班室、司机待班室等司机出乘用房,还设有列车及列车车载信号检修用房。停车列检库大都设置自动防灾报警设备,和整个消防系统联系在一起。架空接触网或接触轨应进库,接触轨应加防护装置,每条库线两端和库外线之间及停车台位之间设置隔离开关,可以对每条停车线的接触网或接触轨独立停、送电。

兼有列检线的停车列检库的停车线设宽地沟,地沟内应有 220 V 及 24 V/36 V 插座。地铁车辆除了由自动洗刷机洗刷和人工辅助洗刷外,还要对列车的室内进行每日的清扫、洗刷和定期消毒。这些工作在清扫库内进行,清扫库一般毗邻停车列检库,库内应设置上、下水及洗刷平台。

在停车列检库两端应有一段平直硬化地面,作为消防、运输通道,通道应该设置可动防护栏杆,平时封锁,必要时使用。



图 2-1 停车列检库

2. 检修库及其辅助车间

检修库及其辅助车间的平面布置主要取决于车辆的配属量、车辆的修程、检修方式及其工艺流程,同时综合考虑自然地形条件、工件运输线路,以及安全、防火和环保要求等因素。

1) 双周、双月检库

双周、双月检都要在库内对列车的走行部、车体及车顶设备进行检查。线路采用架空形式,除线路中间设置地沟外,在检修线两侧设有三层立体检修平台。三层立体检修平台及其示意图如图 2-2 所示。检修平台的底层地坪低于库内地坪,若以轨面标高为 0 m,其地坪标高约为-1.0 m,可以对走行部及车体下布置的电器箱、制动单元、蓄电池进行检查;中间平台标高为+1.1 m 左右,可对车体、车门进行检查作业;车顶平台标高为+3.5 m,可对车辆顶部的受电弓、空调设备进行检修,车顶平台设有安全护栏。

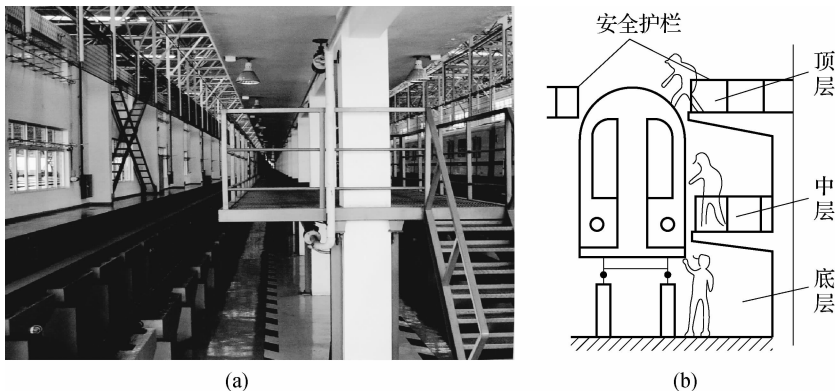


图 2-2 三层立体检修平台及其示意图

双周、双月检库设有悬臂吊、液压升降车、电器箱搬运车等运输车辆,对需要进行拆、装作业的受电弓和空调设备进行吊装;还应设置受电弓、空调装置、车载信号、试验设备等辅助工间,以及备品工具间。

2) 定修库

定修库线路采用架空形式,中间设置检修地沟,两侧设置三层检修平台,车库内设 2 t 起重机。



3) 架修、大修库

架修、大修的布置应根据车辆检修工艺流程确定。对车辆设备和零部件的检修方式以互换修为主,一般采用流水作业和定位修相结合的方式。采用部件互换修,可以减少列车的停库时间,并且可以合理地安排计划,做到均衡生产,避免因某一部件检修周期长而影响整车的检修进度。联合检修厂房内设置车辆的待修、修竣部件和备用零部件的存放场地。

架修、大修库内主要设备有地下式架车机、移车台、桥式起重机、公铁两用牵引车、必要的运输工具、工作平台等。

4) 辅助检修车间及其设备

地铁车辆分解的各部件检修在辅助检修车间进行。这些辅助检修车间根据列车架、大修的工艺流程,大部分布置在检修主库的周围。

(1) 转向架、轮对间。转向架、轮对间如图 2-3 所示。其通过轨道和转向架转盘、大修库相连接,主要由转向架检修区、轮对检修区和轮对等零部件的存放区组成。



图 2-3 转向架、轮对间

转向架检修区对转向架进行分解,分解后的零部件被送到相应检修位置进行检修,恢复其技术状态,然后进行组装,主要设备有转向架冲洗机、转向架回转台、试验台、转向架综合试验台、地下式转向架托台及减振器试验台、一系悬挂弹簧试验台等。

轮对检修区主要对轮对及轴箱、轴承进行检修,主要设备有轴承拆装感应加热器、轮对压装机、立式车床、轴颈磨床和轮对车床等大型设备,还有超声波及磁粉探伤设备。由于对轴承的检修工作专业性强,需要大量的设备和占地,并且任务量不大,所以一般都将轴承检修工作委托社会专业单位承担。有条件的地方,也可以将探伤工作委托社会专业单位承担。

要适应互换修方式,转向架、轮对间应有足够的零部件的存放场地及相应的起重设备。

(2) 电动机间。电动机间是对车辆牵引电动机、空气压缩机电动机及其他车辆设备(如制动电阻冷却风机等)的动力电动机进行检修的辅助车间,主要设备有牵引电动机试验台,其他电动机试验台。

电动机大修专业性强,检修量少,并且需要绕线、浸漆、烘干等设备,一般都委托专业工厂进行。

(3) 电器间、电子间。电器间承担对车辆电器组件的检修作业,装备有综合电器试验辅助逆变器试验台、高速开关试验台、主接触器试验台、速度传感器试验台及供电气测试的各

种仪器仪表。

电子间主要对列车牵引、制动、空调等计算机控制系统的各类电子控制板进行检修工作。由于电子间的检修、测试对象都是精密的电子元件,因此要求采取无尘、控制环境温度和湿度等措施,电子间是一个对环境要求很高的车间。

辅助车间还有车门、制动、车钩、受电弓、空调检修间,相应的配备有车门试验台、制动试验台、阀类试验台、车钩试验台、受电弓试验台、空调试验台及必要的检修设备。

上述辅助车间一般都布置在架修、大修主库的周围,可以使检修工序和流程合理、紧凑、简洁,减少运输路程,提高工作效率。

任务二 检修基地的设备及配置原则

随着城轨车辆越来越多地采用新技术,检修设备标准也相应提高。检修设备的性能状态直接影响城轨车辆的检修质量。根据城轨车辆检修设备的配置原则,检修设备有通用设备和专用设备两种。通用设备有起重运输设备、机械加工设备、探伤设备、焊接设备、动力设备和计量化验设备。专用设备有拆装设备、检测试验设备、专用切削设备、清洗设备、起重提升设备、救援设备、非标设备和专用工装等。不同的修程涉及使用的检修设备不同。

一、车辆检修基地的主要设备

据不完全统计,各地铁车辆段与综合检修基地列明的工艺设备有 400~600 项,种类繁多,在此仅介绍几种主要的检修设备。

1. 不落轮镟床

不落轮镟床用于电动列车在整列编组不解体(包括各类轨道车等铁路车辆及单个带轴箱轮对)的情况下对车轮轮缘和踏面的擦伤、剥离、磨耗进行修理加工和各种数据的测量,以恢复车轮的形状。

不落轮镟床的最大特点是安装在标准轨面下,为地下式,如图 2-4 所示。需要进行轮对切削修理的车辆不用进行任何分解,直接驶上该机床与地面固定轨相连的活动道轨,就能进行轮对的切削加工。



图 2-4 不落轮镟床



2. 列车自动清洗机

列车自动清洗机用于对列车车体进行清洗,如图 2-5 所示。通过自动清洗机端部和两侧不同形式的清洗毛刷组,将水和清洗剂喷射在车体上,用清洗毛刷对列车的前后端部、两侧车体侧面、车门、车窗玻璃进行滚刷。清洗方式有清水洗和化学洗两种,均为自动,设备配有水处理循环回用系统、软水系统、牵引系统(选配项目)等。



图 2-5 列车自动清洗机

3. 地面式架车机

地面式架车机能同步提升 n 节不解钩的列车单元组,以便对列车车体下部的机械、电气部件进行维修、保养和更换,设备具有使用方便、操作灵活等特点。总操作控制台能控制整套机组的升降,也能设定架车机组提升的组合数量。地面式架车机可分为固定式(见图 2-6)和移动式(见图 2-7)两种。

移动式地面式架车机又可分为有轨式和无轨式两种。有轨移动式架车机单台机座下有一套完整的液压装置和移动轮,由液压系统控制移动轮的伸缩,移动轮伸出后,整台机架在辅助轨上移动,随时定位。定位后,液压系统释压,移动轮复位,不承受任何荷载,由机座承载。无轨移动式架车机则不需要辅助轨,靠架车机自身带有的万向轮移动定位。



图 2-6 固定式地面式架车机



图 2-7 移动式地面式架车机

4. 地下式架车机组

地下式架车机组由两个独立的车体架车机和转向架架车机组成一套架车系统,能同步架起 n 节列车单元,如图 2-8 所示。设备复原时,架车机组最高平面与地面轨道处于同一水平面。检修作业中,车体架车机和转向架架车机配合使用,能提升列车,也能轻易落下车辆中任意一个转向架或轮对,并从车下轨道中推出,使用极为方便。

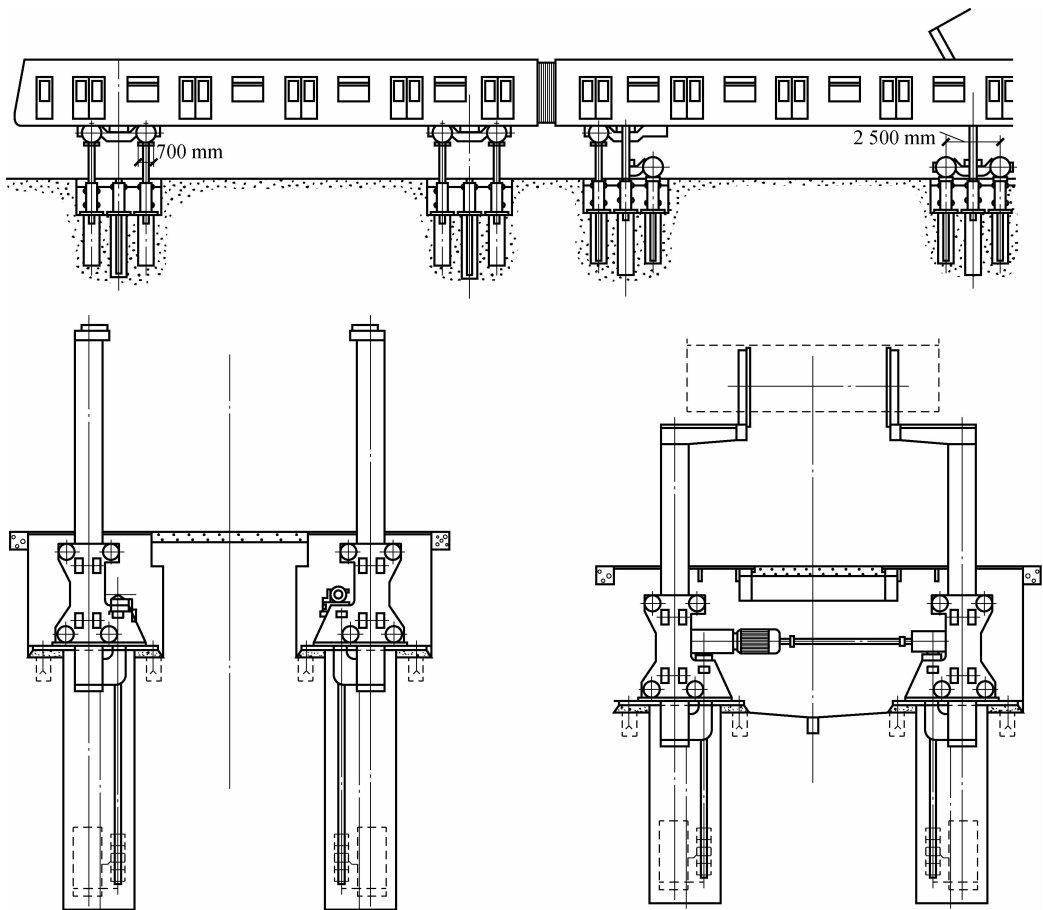


图 2-8 地下式架车机组



总操作控制台能设定架车机组提升的组合数量,4 台架车机(一节车)为 1 组,可分别选定 1 组(一节车)、2 组(两节车)和 3 组(三节车)的同步提升。

地下式架车机组能独立地对车体、转向架进行提升,两套提升机构高度随意控制,并且相互连锁保护。地下式架车机组对列车车体下部的部件、零件的修理更换特别方便,能配合铲车、液压升降台等工具设备,能对车体下的所有部件进行维修,是列车检修工作中不可缺少的重要设备。

地下式架车机组的安装形式为地下式,设计巧妙,安全保护装置完整齐全。复位时,其与地面同一标高,并设有安全防护盖板,平时场地能用作其他检修用途。

5. 公路/铁路两用牵引车

公路/铁路两用牵引车是一种既能在轨道上牵引,又能在平地上运行的两用牵引车,如图 2-9 所示。

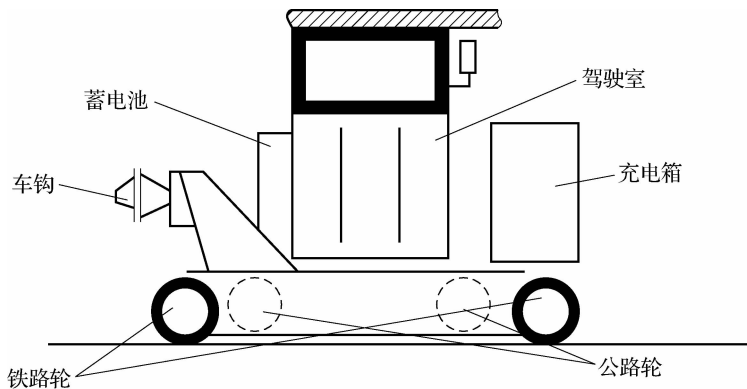


图 2-9 公路/铁路两用牵引车

公路/铁路两用牵引车前端采用列车自动车钩和牵引连接杆两种联挂装置,能灵活地与铁路车辆和其他车辆进行连接,方便可靠,是一种能满足地铁列车检修作业的理想牵引设备。其驾驶形式有带司机室和不带司机室两种,目前国内生产和使用的基本为带司机室的蓄电池牵引车。

6. 室内移车台

室内移车台用来横向一次运送整节地铁列车至检修轨道(台位),如图 2-10 所示。设备纵向端头各有一块带导轨的活动连接板,通过液压系统的控制与移车台两头的检修轨道(工作台位)相连,活动轨与固定轨呈水平,操作人员可以方便地将需移动的车辆牵引进/出移车台。室内移车台两头分设互锁司机室,可双向操作。

7. 轮对压装机

轮对压装机如图 2-11 所示。其用于在设定压力下将车轮和车轴装配成轮对(压轮)和将轮对分解成车轮和车轴(退轮)。



图 2-10 室内移车台

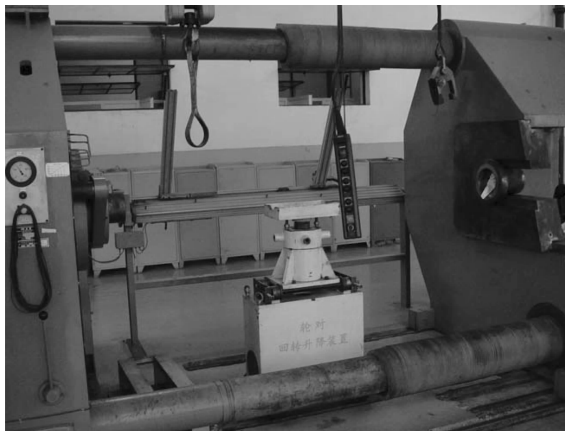


图 2-11 轮对压装机

轮对压装机的工作原理如图 2-12 所示。

- (1) 将车轴放置在托架，车轮吊在可移动止挡台前。
- (2) 车轴一端对准车轮毂孔，另一端对准压装机的钩贝。
- (3) 液压系统推出钩贝，钩贝压车轴，使之进入毂孔。

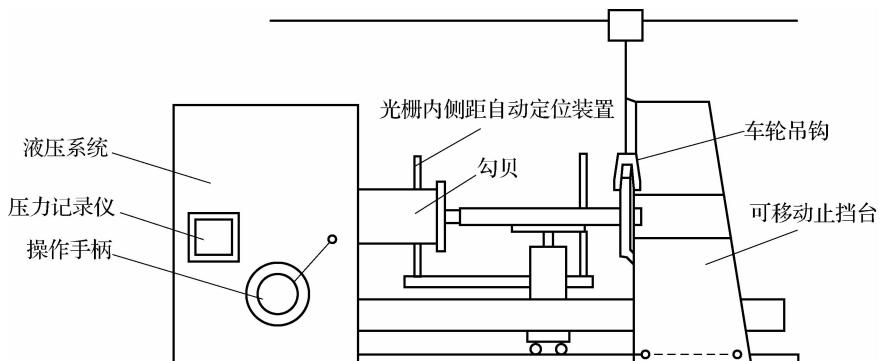


图 2-12 轮对压装机的工作原理

- (4) 压装时，压装曲线(位移-压力曲线)为一条平滑的斜线。
- (5) 压装到位，压装机停止，检查压装曲线。



(6)检查车轴移动距离和压装的最大压力。

(7)压装第二个轮子时,由光栅内侧距自动定位装置保证内侧距,内侧距达标时自动停止。

8. 转向架检修设备

转向架检修设备主要包括转向架清洗机、转向架升降台及转向架静载试验台等工艺设施。

1) 转向架清洗机

转向架清洗机用于转向架检修前的清洗,其工作原理如图 2-13 所示。

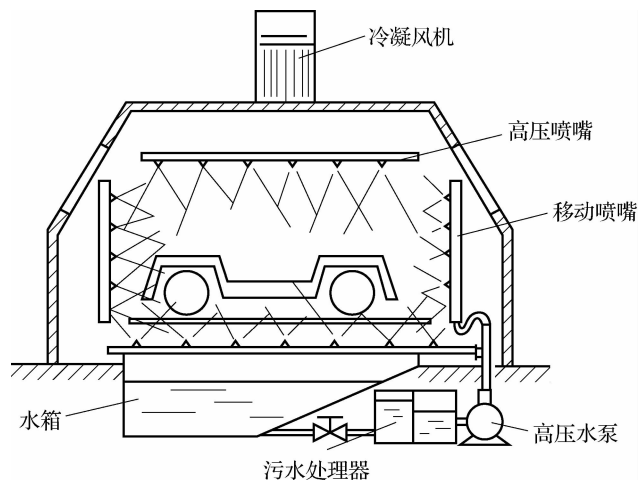


图 2-13 转向架清洗机的工作原理

转向架清洗机采用全封闭形式,内部设有封闭的清洗房、喷淋系统、污水处理系统、控制系统、蒸气加热系统等。

转向架从列车上分解拆下后,因高油污和积尘需对其进行清洗。转向架由转向架清洗机上的传送机构送入全封闭的清洗房内,启动设备程序后,由清洗喷嘴喷出被加热到 20~80℃ 的清洗水和漂洗液,对转向架进行自动清洗。移动喷嘴采用移动喷射,布置于上、下、左、右四面的喷嘴排在进行清洗和漂洗时能左右移动,动态清洗,最后将清洗完的转向架送出清洗房。加热系统一般采用蒸气加热形式,在顶部装有两台离心式冷凝风机,用于排放水蒸气,通风干燥;在底部设有污水处理系统,能对清洗、漂洗后的污水进行处理回用。

2) 转向架升降台

转向架升降台用于提升转向架到不同的高度,以便对其进行检修和更换附件,如图 2-14 所示。

转向架升降台采用变速箱带动提升丝杠机构,安全可靠。通常该设备安装于转向架检修线上,不工作时位于地下;工作时,提升托架到与地面轨道同一水平面,转向架可方便地推入,转向架由托轮块举托,升降高度由操作员控制。

转向架升降台具有以下特点:

- (1)完全同步。两侧提升托架采用同一电动机双头机械连接方式,驱动时绝对同步。
- (2)检修空间大。托架提升后,只有 4 根提升杆暴露,检修空间大,操作无障碍。
- (3)安全可靠。机械螺杆传动式提升机构能自锁。托架提升后,原托架处有弹簧钢板填充,保证地面无间隙,不会造成人员伤亡。
- (4)电气保护装置齐全。由 6 组限位开关(工作限位开关、极限限位开关,螺母松动检测



开关、螺母磨损检测开关等)形成位置保护,同时还有电动机过流保护和负载过流保护。

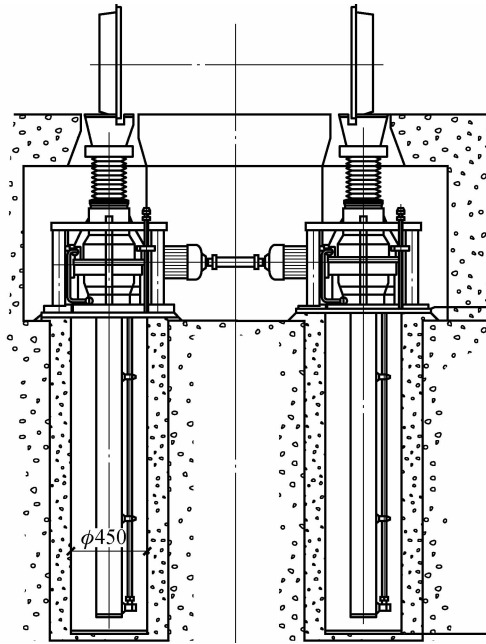


图 2-14 转向架升降台

3) 转向架静载试验台

转向架静载试验台如图 2-15 所示。它设于转向架轮轴检修区,用于对检修后的转向架进行模拟加载试验、轮重测定,并可以自动测量相关的数据。其还可以根据称重结果及弹簧相关数据自动对一系弹簧进行加热厚度及位置计算,使转向架的 4 个车轮及同一轮对的 2 个车轮荷载的差值在相关标准规定之内。

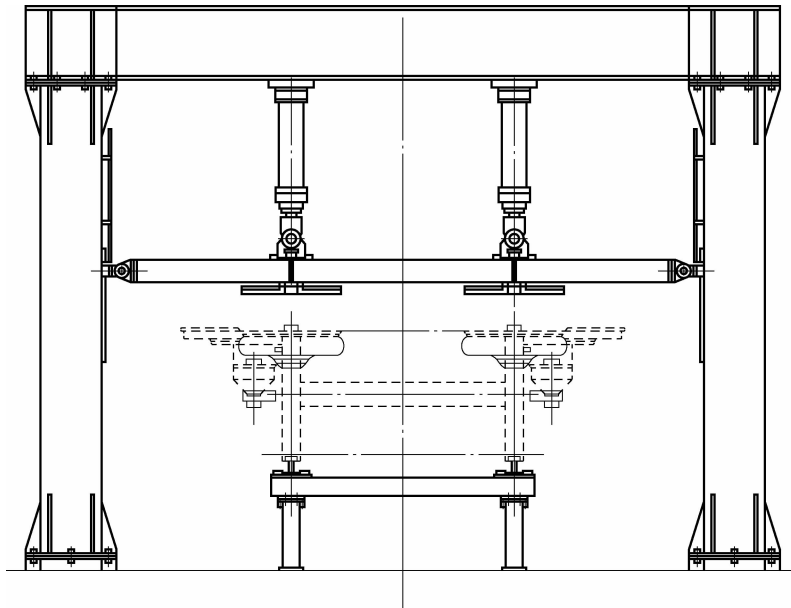


图 2-15 转向架静载试验台





二、车辆检修设备的配置原则

地铁车辆检修设备的配置应遵循下列基本原则：

1. 按基本需求配置

以各段场的功能为依据，配备生产运营的基本设备；满足列车检修等级的需求，分停车场（定修段）、车辆段两种需求配置。

2. 按专业需求配置

根据各段的车型、部件专业检修的特点，配备相应的专用（共享）设备。

3. 按特殊要求配置

以运营安全为依据，配备专业性较强的特种设备；对特殊设备（如车辆复位救援设备）应从多线合用、品种齐全、功能完善的角度考虑，对磨轨车等投资大的特殊专业设备，要在多线运行的基础上配置。

设备配置的基本要求是：设备具有先进性、专业性，必须安全、可靠、高效。

思考与练习

1. 简述城轨交通车辆段的主要功能。
2. 城轨车辆检修基地设有哪一些主要线路？
3. 简述车辆检修库中三层立体检修平台的设置方法和每层的主要作用。
4. 简述地下架车机组的作用和特点。
5. 简述轮对压装机的工作原理。

3

项目三

城市轨道交通车辆车体的维护与检修

学习目标

通过本项目的学习,主要使学生达到以下目标:

- (1)了解车体的作用与分类。
- (2)掌握车体的基本特征和结构形式。
- (3)掌握车体的基本结构及特点。
- (4)了解车体内部设施的功用。
- (5)掌握车体结构和内部设施的维护及检修。

重点与难点

重点:车体的结构特点,车体结构的维护及检修。

难点:车体钢结构。



任务一 车体概述

一、车体的作用与分类

1. 车体的作用

车体是其他部件安装定位的基础,也用来容纳乘客;对于有司机室的车辆还可以为司机提供驾驶车辆的工作场所。

2. 车体的分类

1) 按照车体所使用的材料分类

按照车体所使用的材料不同,车体可分为碳素钢(包括普通碳素钢和耐候钢)车体、铝合金车体和不锈钢车体三种,目前一般使用铝合金车体和不锈钢车体。

2) 按照车体有无司机室分类

按照车体有无司机室,车体可分为带司机室车体和无司机室车体两种。

3) 按照车体结构尺寸分类

按照车体结构尺寸不同,车体可分为 A 型车体(如广州地铁 1、2 号线和深圳地铁车辆)、B 型车体(如广州地铁 3、4 号线、天津滨海快速轻轨车辆)和 C 型车体。

4) 按照车体的结构工艺分类

按照车体的结构工艺不同,车体可分为整体焊接结构车体和模块化结构车体。

二、车体的基本特征与结构形式

1. 车体的基本特征

车体的基本特征表现在以下几个方面:

(1)城轨车辆一般为电动车组,有单节、双节和三节式等,并且有头车(带有司机室的车辆)、中间车、动车及拖车之分。

(2)城轨车辆服务于城市内的公共交通,乘客数量多,旅行时间短,乘客上下车频繁,因此车内设置的座位数量少,车门数量多且开度大,内部服务于乘客的设备也比较简单。

(3)对车辆的质量限制较为严格,特别是高架轻轨,要求列车质量轻、轴重小,以降低线路设施的工程投资。

(4)为了减轻列车的自重,车辆必须轻量化,对于车体承载结构的部件一般采用大型中空截面挤压铝型材、高强度复合材料或不锈钢等。采用整体承载筒形车体结构,车辆的其他辅助设施也尽量采用轻型材料和轻量化结构。

(5)城轨车辆一般运营于城市人口稠密地区,并用于乘载乘客,所以对车辆的防火要求严格,特别是地铁车辆。

(6)城轨车辆主要在市内和城郊运行,所以对车辆的隔音和降噪有严格要求,以最大限度地降低噪声对乘客和沿线居民的影响。



(7)城轨车辆主要用于城市内交通,所以车辆外观造型和色彩必须考虑城市文化与环境美化,应与城市景观相协调。

2. 车体的结构形式

按照车体承受荷载的方式不同,车体可分为底架承载结构、侧墙及底架共同承载结构和整体承载结构三种形式。

(1)底架承载结构。全部荷载由底架来承担的车体结构称为底架承载结构,也称自由承载结构。

(2)侧墙及底架共同承载结构。由侧、端墙与底架共同承担荷载的车体结构,称为侧墙及底架共同承载结构,也称侧墙承载结构。

(3)整体承载结构。在板梁式侧、端墙上固接由金属板、金属梁组合焊接而成的车顶,使车体的底架、侧墙、端墙、车顶连接成一个整体,成为开口或闭口的箱形结构,此时车体各部分结构均参与承受荷载,因而称这种结构为整体承载结构,如图 3-1 所示。

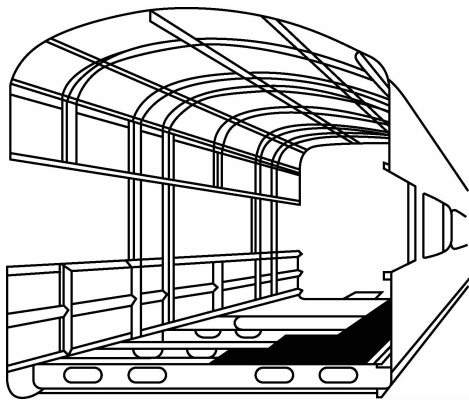


图 3-1 整体承载结构

三、车体的基本结构

近代城轨车辆车体均采用整体承载的钢结构或轻金属结构,以达到在满足强度和刚度要求的同时降低车辆自重的目的。我国地铁车辆的车体结构从 20 世纪 80 年代就开始采用耐候钢无中梁整体承载结构,车体侧墙、车顶的梁柱与蒙皮结合后与底架构成封闭断面,以增强车体的强度和刚度。到 20 世纪 90 年代又产生了断面为鼓形的地铁车辆,其能更好地利用限界。《地铁车辆通用技术条件》(GB/T 7928—2003)规定我国地铁车辆车体采用整体承载结构。

地铁车辆整体承载结构车体是由若干纵向、横向梁和立柱组成的钢骨架(也称钢结构,见图 3-2),以及内饰板、外蒙皮、地板梁、顶板、隔热材料、隔音材料、车窗、车门及采光设施等部件组成。其一般包括底架、侧墙、端墙、车顶、车窗、车门、贯通道和车内设施等部分。

底架是车体结构和设施的安装基础,承受主要的动、静荷载,因此底架必须具有足够的强度和刚度,这是检修作业的重点。在底架中部,断面较大并沿其纵向中心线贯通全车的梁称为中梁,它是底架的骨干。底架两侧边沿的纵向梁称为侧梁,侧墙固定在其上。底架两端部的横向梁称为缓冲梁(或端梁),端墙固定在其上。在转向架的支撑处设有枕梁,其为横向



梁中断面最大的梁。在两枕梁之间设有两根以上的大横梁。底架上还设有若干小横梁和纵向辅助梁,以便于吊挂设备,铺设地板,同时达到了增强底架强度和刚度的目的。上述梁件构成底架的一般结构,其中,中梁和枕梁承担荷载最大,因而最为重要。

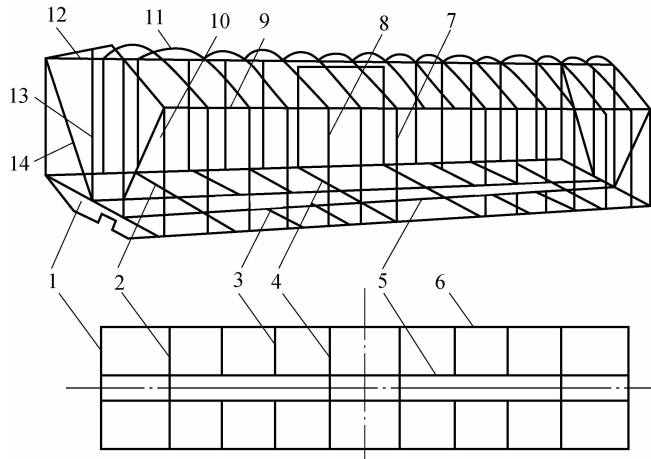


图 3-2 车体的钢骨架

- 1—缓冲梁(端梁); 2—枕梁; 3—小横梁; 4—大横梁; 5—中梁; 6—倒梁; 7—门柱;
8—侧立柱; 9—上侧梁; 10—角柱; 11—车顶弯梁; 12—顶端弯梁;
13—端立柱; 14—端斜撑

侧墙由杆件、墙板和门窗组成,杆件包括立柱、上弦梁、横梁和其他辅助杆件,它们与底架的侧梁联结成一体。墙板有蒙皮和内饰板。蒙皮是用钢板、不锈钢板或铝合金板制成的,内饰板具有车内装饰的功能,应经阻燃处理。

端墙结构与侧墙基本相同,除端梁外,还设有角柱、端立柱、上端梁和墙板等。

车顶结构包括车顶弯梁、车顶横梁、车顶端弯梁及车顶板等。

四、铝合金车体

铝合金车体是一种轻型整体承载结构,主体材料是铝合金型材,通常采用模块化结构或全焊接组装,是一种新型的车体结构。铝合金材料密度小、强度大,铝合金材料构造的车体在满足车体强度和刚度的同时大幅度地减轻了车体的重量。

1. 铝合金车体的特点

世界上最早的铝合金车体是 1952 年英国研制的伦敦地铁电动车组。铝合金车体的发展经历了板梁期、开口型材期和现在的大型中空挤压型材期三个发展阶段,现在逐渐走向成熟。

铝合金车体具有以下优点:

(1)能大幅度降低车辆自重,提高车辆加速度,降低运能消耗,降低牵引和制动能耗,减轻对线路的磨耗和冲击,扩大运输能力。

在车辆长度相同的条件下,与碳素钢车体相比,铝合金车体的自重降低 30%~35%,强度重量比约为碳素钢车体的 2 倍。在相同的车体强度下,碳素钢车体、不锈钢车体、铝合金车体的重量之比约为 5 : 4 : 3。



- (2) 铝合金车体对冲击荷载有较高的能量吸收能力,可降低振动,减少噪声。
- (3) 可运用大型中空挤压型材进行气密性设计,可提高车辆密封性能,提高乘坐舒适性。
- (4) 采用大型中空挤压型材制造的板块式结构,可减少连接件的数量和重量。
- (5) 耐腐蚀性好,免漆,可减少制造和维修费用,延长使用寿命,可使人工费节省 40%。

2. 铝合金车体的结构

地铁车辆铝合金车体的断面类似鼓形,这种外形可以使车辆在圆形隧道内获得最大截面积(或称为充塞比),增大车内空间;另一方面有利于提高车辆在圆形隧道内的活塞效应,加强隧道的自然通风能力。它是由车底架、车顶、侧墙、端墙、地板等组成的整体承载的封闭筒形结构,其断面如图 3-3 所示。

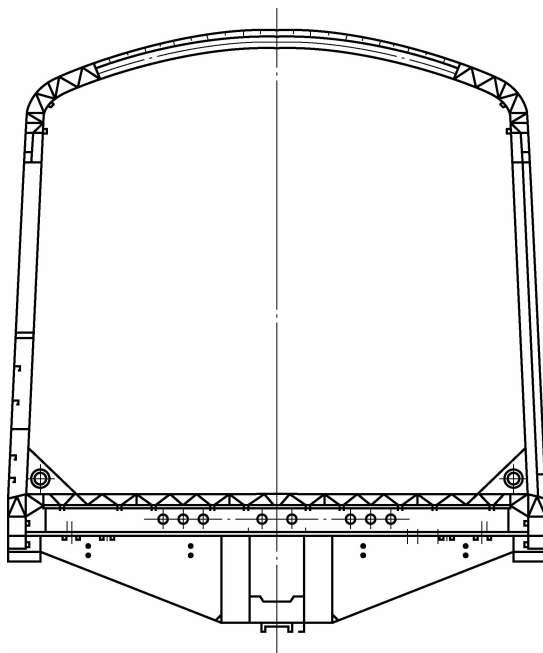


图 3-3 地铁车辆铝合金车体的断面

(1) 车底架。车底架由地板梁、侧梁、枕梁、小横梁和牵引梁组成。五块宽度为 520 mm、高度为 70 mm,且与车体等长的地板梁通过两侧的接口拼焊成车体地板,每块地板梁由上下翼板、腹板和六块肋板组成,各板厚度仅为 2.5 mm,均为中空截面挤压铝型材。侧梁采用宽度为 200 mm、高度为 324 mm,且与车体等长的薄壁中空截面挤压铝型材,壁厚为 4~6 mm。A 车底板的前端设有撞击能量耗散区,其上开有三排椭圆孔,当车辆受到意外撞击时,它能产生较大的塑性变形,从而吸收纵向冲击能量,起到保护司机、乘客和车辆的作用。底板设有枕梁,其两端还设有牵引梁和小横梁,用来安装车钩牵引缓冲器和传递车辆间的牵引力和冲击力。

(2) 车顶。车外顶板两侧小圆弧部分采用形状复杂的中空截面挤压铝型材,中部大圆弧部分为带有纵向加强杆件的挤压成型的车顶板,其长度与车顶等长,车顶组装时仅留下几条与车顶等长的纵向长焊缝。

客室内顶板由三部分组成,中间为平板,平板两侧为多孔的通风口平板,最外侧为客室



照明灯的灯箱。平板安装在悬挂的车顶吊架上。

(3)侧墙、端墙。车体的侧墙,由于左右各有5扇车门和4个车窗,侧墙被分隔成6块带窗框、窗下间壁、左右窗间壁或门间壁的分部件,全车共12块,在组装时分别各自与底板、车顶拼接,各块分部件也为整体的挤压铝型材。

客室内的侧墙、端墙都采用阻燃的密胺树脂胶合板。由于在组装焊接的侧墙、端墙的铝合金材料的内侧都涂抹阻尼浆并敷贴保温材料,因而侧墙、端墙都具有隔热保暖的功能。

(4)地板。直流通动车与交流动车的客室地板结构有所不同。直流通动车先在底板上纵向布置4mm厚的橡胶条,再铺设16mm厚的多层夹板,用螺钉将多层夹板固定在底架上,然后在多层夹板上黏接2.5mm厚的灰色PVC材料地板。这是一种理想的具有耐磨、阻燃和防滑功能的地板面材料,但黏接塑料地板的黏接剂在潮湿的环境中很容易丧失黏性,因此,一旦多层夹板受潮,塑料地板很容易起泡甚至脱落。因而制造商在生产交流动车时做了改进,将多层夹板改换成平面很平坦的铝合金轻型型材,然后在铝型材表面直接黏接PVC塑料地板,这就避免了塑料地板起泡和脱落的弊病。

3. 铝合金车体架车

由于车体采用铝合金焊接结构,车体较碳素钢结构容易产生变形,因此,在日常架车检修工作中应特别注意使用合适的顶车位置,以防车体翘曲变形。为此制造商制定了架车位置,并在外墙下沿标有架车标记,其标记为“▲”。

按不同的修程规定其架车点,架车点如图3-4所示。

- (1)整车架起(带转向架)架车点号为3、4、5、6。
- (2)无转向架架车的架车点号可为1、2、7、8或1、2、5、6或3、4、7、8或3、4、5、6;也可采用三点架车,其架车点号为1、2、10或3、4、10或7、8、9或5、6、9。

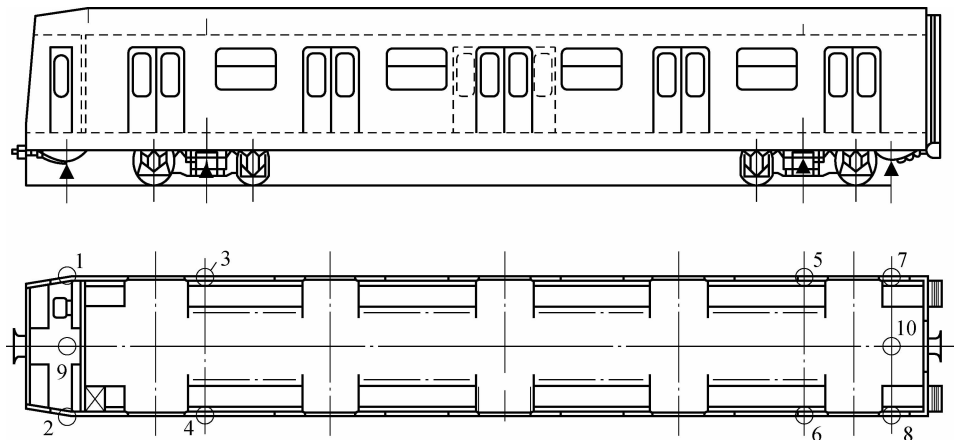


图 3-4 上海地铁车辆(A型车)架车点

五、不锈钢车体

不锈钢车体的制造始于美国,1934年,美国首次在车辆车体上采用不锈钢材料;但使这项技术得到发展的是日本,日本于1978年开发出轻量化不锈钢车辆。轻量化不锈钢车体的开发,使车体钢结构的重量降为碳素钢车体的1/2,在节能和降低维修费用方面的优越性得



到了用户的肯定,越来越多的国家开始使用不锈钢车体。

下面以沈阳地铁 2 号线车辆车体为例介绍不锈钢车体。

1. 不锈钢车体的材料

车体材料主要采用奥氏体不锈钢(SUS301L 系列)材料,符合日本标准《冷轧不锈钢板及钢带》(JIS G4305—2012),外板采用符合欧洲 EN 10088 标准的 EN1.4318 材料。

2. 不锈钢车体的结构

车体采用薄壁筒形整体承载内层筋板的焊接结构,由底架、车顶、侧墙、端墙和司机室五大部件组成,在专用的总组装台位焊接成完整的车体。为确保组成后的车体水密性良好,各接口处焊后均应涂防水密封胶,并进行淋雨试验。

(1)底架。底架采用无中梁结构,由牵引梁、枕梁、缓冲梁、边梁、横梁、波纹地板等组成,如图 3-5 所示。两侧为两根 4-SUS301L-HT 不锈钢冷弯型钢槽形边梁,在边梁之间布 4-SUS301L-HT 不锈钢横梁,牵引梁和缓冲梁部分采用高耐候结构钢,使车体结构具有足够的强度以承受车辆运用过程中的各种荷载。底架上铺设 0.8-SUS301L-MT 不锈钢波纹地板。

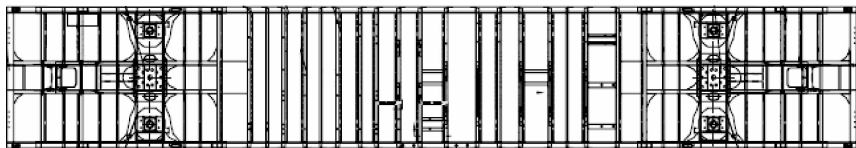


图 3-5 底架

(2)车顶。车顶采用波纹顶板无纵向梁结构,如图 3-6 所示。车顶主要由弯梁、波纹顶板、侧顶板、侧边梁、平顶板、平顶水管等组成。空调安装位置设有空调平顶,受电弓安装位置设受电弓平顶,平顶由异型冷拔钢管和端顶横梁组成骨架共同承受荷载。

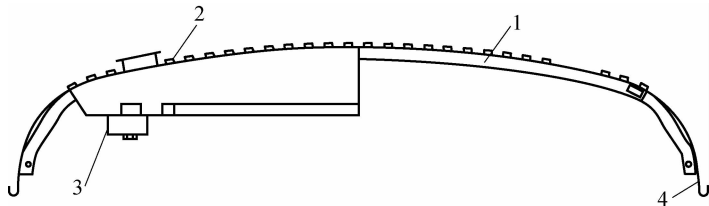


图 3-6 车顶

1—弯梁; 2—波纹顶板; 3—平顶水管; 4—侧顶板

(3)侧墙。侧墙形状为两条直线加一段过渡圆弧形式,如图 3-7 所示。侧墙采用内层筋板结构,以整体冲压成型的内层筋板来取代传统不锈钢车体侧墙大量的补强梁,结构简单,强度、刚度,重量轻,外表美观。

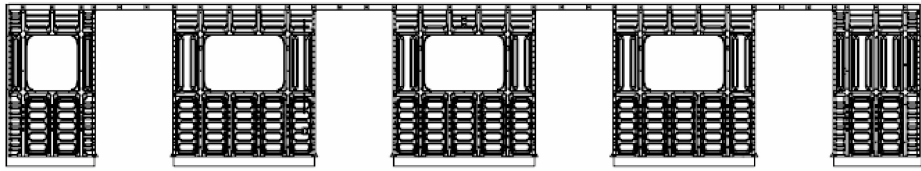


图 3-7 侧墙

侧墙主要由侧墙板、门立柱、端立柱、窗立柱、窗口横梁、上边梁等组成。侧墙板在纵向分为上下两块,材料均为符合标准的不锈钢板。门立柱也采用不锈钢板,上部与上边梁连接在一起,下部与底架边梁连接在一起,并增加门角以增加强度。将窗立柱与窗口横梁焊成窗口骨架,再通过点焊与侧墙板、内层筋板连接在一起。

(4)端墙。端墙把底架、车顶、侧墙结合成一体,共同承受车体所受的各种荷载,端墙主要由端门立柱、门槛、端角柱、端墙板等组成,如图 3-8 所示。

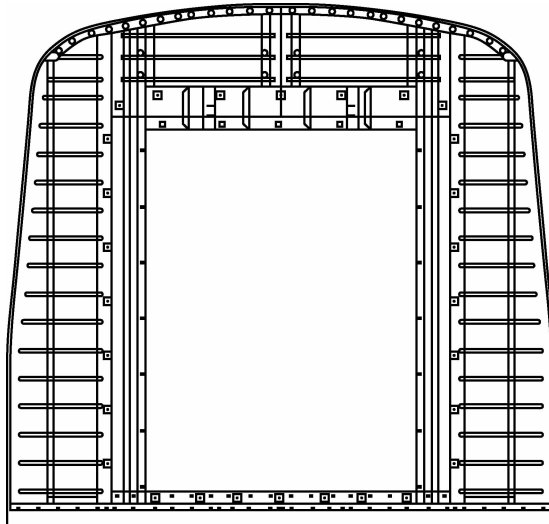


图 3-8 端墙

(5)司机室。司机室采用不锈钢冷拔钢管组成内部骨架,外部罩有玻璃钢罩,玻璃钢罩与内部骨架采用过渡件连接,如图 3-9 所示。

带司机室车辆在车体底架司机室处设有防爬装置和吸能区,如图 3-10 所示。防爬装置可承受垂向力与水平力的合力,当合力作用时,不损坏防爬装置或车体的连接件。

防爬装置包含带有齿型边缘的接触装置和性能装置,安装在车体底架上。在出现撞车事故时,齿型边缘可以保证两列车对中撞击,避免出现相撞列车之间发生爬叠现象,同时,通过性能装置的变形吸收一定的能量。

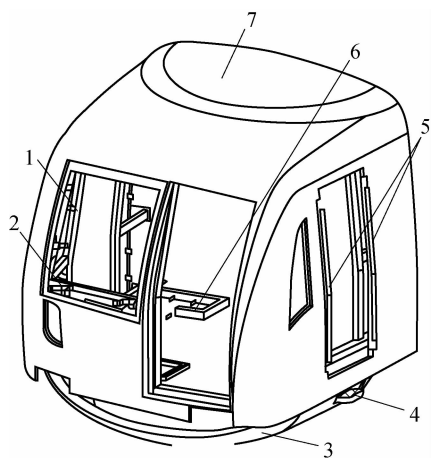


图 3-9 司机室

1—内部骨架；2—焊接件；3—裙板；4—脚蹬；5—扶手；6—地板梁；7—玻璃钢罩

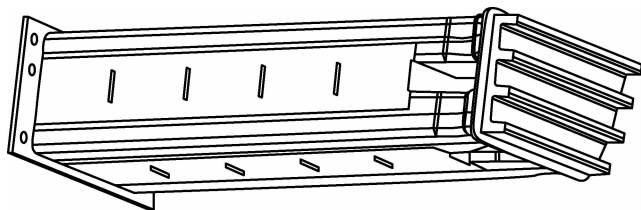


图 3-10 车辆防爬装置

3. 不锈钢车体的驾车点

图 3-11 所示为沈阳地铁 2 号线不锈钢车体的驾车点。图中的 X 点是在一般的检修库内进行抬车作业的位置,设在枕内两侧底架边梁底部;Y 点是脱轨紧急救援时的抬车位置,在车的端部底架边梁的两侧设有顶车垫板;在车钩安装座的底部设有顶车垫板,为 Z 点,作为架车支撑点,用于复轨,以便在车钩下方架车,能抬起空载车辆的一端。这三点组成了救援情况时的三点支撑一旦车辆发生掉道事故,在这三点可以用复轨器和段方自备的车体悬挂工具将车体复轨。

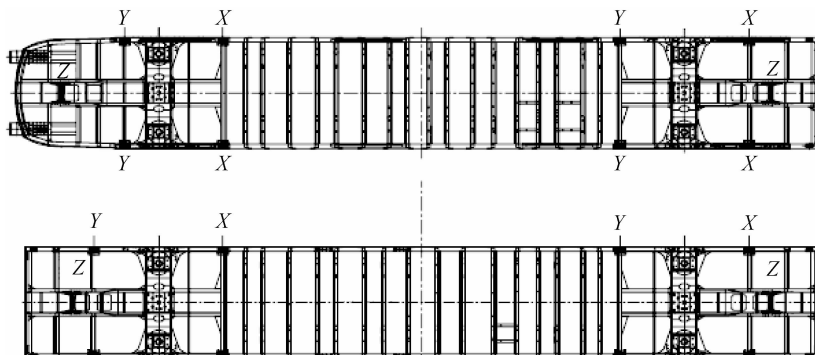


图 3-11 沈阳地铁 2 号线不锈钢车体的驾车点



六、模块化结构车体

随着技术的发展,国外研制出了一种称为模块化的车体结构,我国深圳地铁和广州地铁2号线车辆采用了模块化结构。

整体焊接结构车体是先制造车体结构的车顶、侧墙、底架、端墙、司机室等部件,然后进行整个车体总成焊接,车体总成后再进行内装、布管、布线。

而模块化结构车体是将整个车体分为若干模块,如图3-12所示。在每个模块的制造过程中完成整车需要的内装、布管与布线的预组装,并解决相互之间的接口问题;各模块完成后即可进行整车组装。每一模块的结构部分本身采用焊接,而各模块之间的总成采用机械连接。

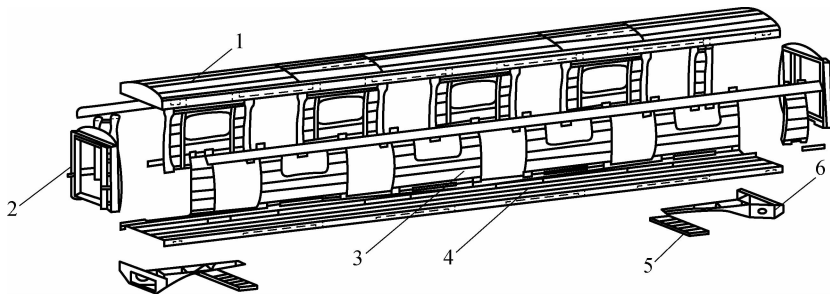


图3-12 车体模块组成

1—车顶模块; 2—端部模块; 3—侧墙模块; 4—底架模块; 5—整梁模块; 6—牵引梁模块

模块化车体结构具有以下特点:

(1)在每个模块的制造过程中均验证其质量,模块制成后均须对其进行试验,从而保证整车总装后试验比较简单,整车质量也容易保证。

(2)由于每个模块的制造可以独立进行,并解决了模块之间的接口问题,因此,各模块和部件可以由不同的工厂同时生产,而且模块化生产对总装生产线要求不高。

(3)可以改善劳动条件,降低施工难度,提高劳动效率。

(4)可以减少工装设备,简化施工程序,降低生产成本。

(5)在车辆检修中,可采用更换模块的方式进行,方便维修。

(6)模块化结构的个别部件(如司机室框架)采用了钢材制造,各部件之间又采用了钢制螺栓连接,所以车体自重要比全焊结构稍重。

任务二 车体结构和内部设施的维护与检修

一、车体结构的维护与检修

车体底架、端墙、侧墙、车顶、司机室等部件为焊接固定连接,如需更换,应安排段修或返厂修;如需维修,在维修前应根据具体的破坏程度报告,制定相应的维修措施。



这里以沈阳地铁 2 号线车辆车体为例介绍车体结构的维护及检修,其他型式地铁车辆有所雷同。

1. 空调平顶部分维护

空调平顶部分安装框架的各个排水口排水不通畅时,清除滤网表面的附着物,疏通排水管。

空调安装框架各个排水口过滤网安装螺钉松动时,清除原有的螺纹锁固胶和防松标记,重新在螺钉上补涂螺纹锁固胶并紧固,重新涂防松标记。

2. 空调平顶胶条使用维护

空调安装框的密封胶条在正常运行条件下使用寿命为 5 年,到期后应及时安排更换,更换工艺要求如下:

- (1)将车顶空调从车体上拆下,水平放置好。
- (2)用螺丝刀从胶条接口处撬开胶条。
- (3)将密封胶条从空调安装框上抽取出来。
- (4)将新的密封胶条从上至下压入到空调安装框上(密封胶条安装时注意左右平衡,胶条安装时可使用少量润滑液),密封胶条接口处用壁纸刀取齐(取齐时必须注意将密封胶条端口割平,不得有毛刺和波浪形割痕)。
- (5)检查空调安装框的密封胶条,确保胶条表面平整。
- (6)检查空调安装框的密封胶条的密封性,保证其能满足使用要求。

3. 车顶铝滑槽使用维护

车顶铝滑槽如图 3-13 所示。车顶铝滑槽与弯梁间安装螺栓松动时,应紧固螺栓,紧固力矩为 $30 \text{ N} \cdot \text{m}$,重新涂防松标记。

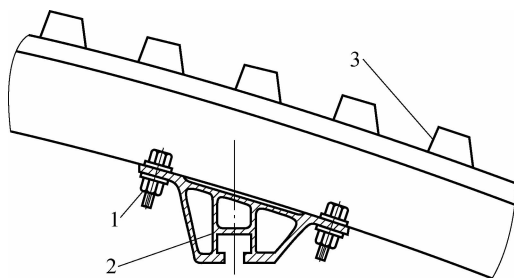


图 3-13 车顶铝滑槽

1—安装螺栓; 2—车顶铝滑槽; 3—车顶

4. 端部能量吸收装置使用维护

端部能量吸收装置如图 3-14 所示。端部能量吸收装置与底架间安装螺栓(图 3-14 中安装螺栓 1)松动时,应紧固螺栓,紧固力矩为 $170 \sim 200 \text{ N} \cdot \text{m}$,重新涂防松标记。

端部能量吸收装置与底架间安装螺栓(图 3-14 中安装螺栓 1)上开口销破损或脱落时,重新更换开口销,并安装开口销。

端部能量吸收装置支撑梁与底架间安装螺栓(图 3-14 中安装螺栓 3)松动时,应紧固螺栓,紧固力矩为 $58 \text{ N} \cdot \text{m}$,并重新涂防松标记。

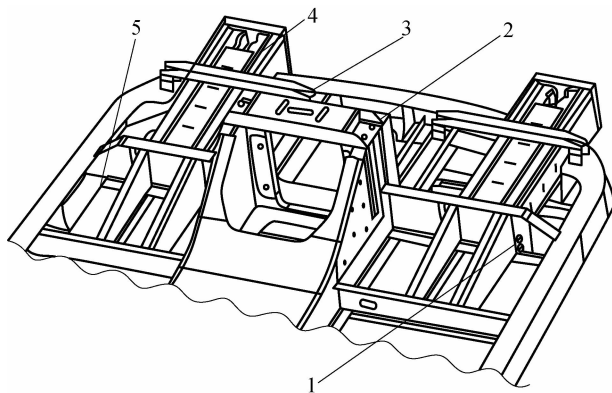


图 3-14 端部能量吸收装置

1—安装螺栓 1(螺栓尾部安装开口销); 2—安装螺栓 2; 3—安装螺栓 3;
4—能量吸收装置; 5—底架

5. 端部底架部位使用维护

车钩安装座与底架牵引梁间安装铆钉松动、变形或破损时,应及时停止车辆运营,安排段修或返厂修。维修前,应根据具体的破坏程度报告,制定相应的维修措施。

6. 司机室部位使用维护

司机室玻璃钢罩表面油漆破损、玻璃钢破损时,应及时用玻璃钢补涂或修复。如果玻璃钢破损严重,应通知厂家及时更换。

司机室玻璃钢罩、裙板、司机室脚蹬等与车体间安装螺栓松动时,应紧固螺栓,紧固力矩为 $58 \text{ N} \cdot \text{m}$,并重新涂防松标记。

7. 关键焊缝使用维护

牵引梁和枕梁是车体的重要受力部件,承受整车的纵向荷载和垂向荷载,因此该位置的焊缝为关键焊缝。关键焊缝出现裂纹等缺陷时,应安排段修或返厂修。

二、车体内部设施的维护与检修

车体内部设施主要包括车体内部的装饰和为乘客服务的一些设备,其功能的好坏直接影响到对乘客的服务质量。

1. 地板检修

客室地板的底层是铝合金中空型材,在铝型材表面黏接 2.5 mm 厚的 PVC 塑料地板(直流电动列车的 PVC 塑料地板下是经防火处理过的木板)。其具有耐磨、阻燃和防滑的性能。

检查地板的覆盖层与地板黏接应牢固,无鼓包、破损和明显划痕。全车允许鼓包、破损处,直径小于 150 mm 一处,直径小于 80 mm 两处,否则应把原整块揭掉后重新黏接。

2. 顶板检修

顶板俗称顶棚,客室顶板主要由三部分组成,中间为平板,平板两侧为多孔的空调通风口,最外侧为客室照明灯的灯箱和门控驱动机构的弧形盖板。



顶板的检修内容如下：

- (1) 清洁空调通风口和灯罩的格栅。
- (2) 更换照明灯灯具。
- (3) 检查客室顶板,其应安装牢固,无破损,无严重变形。
- (4) 检查弧形盖板及盖板锁的安装状态和功能,盖板及盖板锁应安装牢固,开闭作用良好。

3. 客室侧墙、端墙检修

检查客室各侧墙、顶板、装饰条的外观,其外观无破损,无严重变形,油漆良好,安装牢固。

4. 客室车窗检修

客室每侧一般均匀布置四扇车窗,装有中空玻璃,其具有良好的隔热、隔声性能。中空玻璃用环型氯丁橡胶条嵌入而装配在侧墙内。

客室车窗的主要检修内容如下：

- (1) 更换橡胶框。
- (2) 检查玻璃,玻璃应无裂纹和严重划伤,玻璃夹层中无进气和进水现象。
- (3) 检查窗户,窗户应安装牢固、良好。

5. 司机室车窗检修

主驾驶台的前车窗安装有约 12 mm 厚的风窗玻璃,在玻璃内预设电加热丝,在冬季可进行加热除霜,在玻璃外侧还装有气动刮水器。

司机室的主要检修内容如下：

- (1) 检查风窗玻璃的状态和除霜功能。
- (2) 更换刮水器橡胶刮水板。
- (3) 检查刮水器,确保其安装良好,功能正常。

6. 司机室座椅检修

司机室座椅是按人体工程学原理专门为司机设计的专用座椅,可根据司机的重量、身高等进行上下、前后调节。

司机室座椅的主要检修内容如下：

- (1) 检查司机室座椅,其机械机构各零件完好无损;各螺栓连接处紧固良好;调节座椅和靠背的升降及旋转机构,动作应灵活自如;座椅、靠背软垫外表面无破损。
- (2) 清洁外表面,并润滑司机室座椅各活动部位。

7. 客室座椅检修

为了适应城轨车辆短途、大运量的特点,客室座椅采用靠侧墙纵向布置的方式,在每节车厢两侧车门之间设置有一条长条座椅。上海地铁根据当地气候特点和车厢内的空调条件,在座椅的壳面采用了玻璃钢材料。

客室座椅的主要检修内容如下：

- (1) 检查座椅,座椅应安装牢固,座椅壳与座椅框架间的隔垫安装良好、无破损,橡胶止挡安装良好、无破损,座椅外观及油漆需良好、清洁无尘垢。





(2)检查座椅下盖板及盖板锁的安装状态,其开闭功能应良好。

8. 立柱、扶手检修

为了方便站立乘客,在客室内设有立柱及纵向扶手。在每节车厢的纵向中心线处,均匀设置了多根立柱。在座椅的端墙板处也设有立柱以方便站立在车门区的乘客,同时在这些立柱上还装有纵向扶手。立柱与纵向扶手都是铝合金圆管型材,其外表面经阳极氧化处理。

立柱、扶手的主要检修内容如下:

- (1)检查立柱和扶手,其安装应牢固无松动。
- (2)检查立柱和扶手的表面,若其表面划痕严重,应进行表面翻新。

9. 其他设施检修

在客室的座椅下面,安装有空气簧附加气室,受电弓的升弓脚踏泵及灭火器、风喇叭等。其他设施的主要检修内容如下:

- (1)检查升弓脚踏泵,其应功能良好。
- (2)检查灭火器,灭火器应安放到位、安装牢固,并在有效期内。
- (3)检查风喇叭的安装和功能,风喇叭各部件应完好无损,安装牢固,鸣叫响亮。

思考与练习

1. 简述车体的类型。
2. 什么是整体承载式结构车体?
3. 简述铝合金车体的基本组成。
4. 简述不锈钢车体底架的基本组成。
5. 什么是模块化结构车体?
6. 简述车体的空调平顶部分的维护方法。
7. 简述客室地板的检查维护方法。