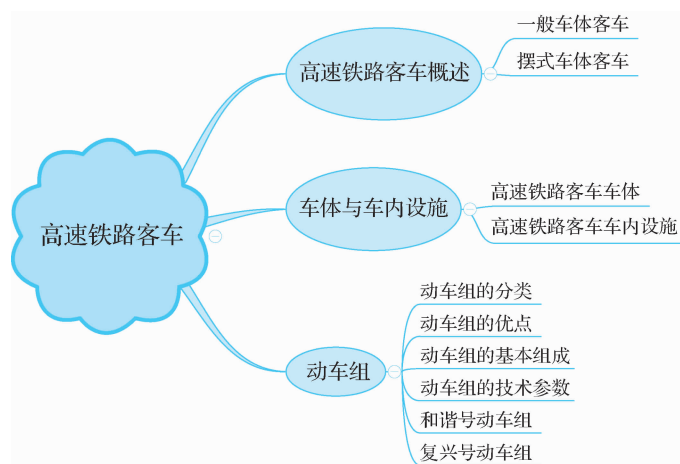




模块 3

高速铁路客车

知识框图



知识目标

- (1)了解一般车体客车。
- (2)了解摆式车体客车。
- (3)了解动车组的分类。
- (4)掌握动车组的基本组成。
- (5)掌握动车组的技术参数。

技能目标

- (1)能够根据动车组的技术参数来完成工作。
- (2)能够通过熟练掌握高速铁路客车车内设施来完成工作。
- (3)能够通过掌握动车组的基本组成来完善自己的知识体系。



3.1 高速铁路客车概述

3.1.1 一般车体客车

一般车体客车分为动力车和非动力车(拖车)两种。高速铁路客车的动力车一般也有客室,也要运载旅客,客室部分与拖车完全一样。而拖车的基本构成与一般普通客车一样。由于高速列车的速度很快,动能很大,要在规定的时间和距离内将这些动能消耗或吸收,必须采用综合制动方式。目前,各国的高速列车主要采用一般车体客车或动车组列车的方式运行。

3.1.2 摆式车体客车

在利用既有线并保留原半径曲线的条件下开行高速列车时,其超高难以达到高速列车的要求,因此摆式车体是较好的选择。摆式车体的特点是当车辆进入曲线时,根据探测器测得的信息,控制车体产生一个指向曲线内侧的倾斜角,相当于增加了一个额外的超高,满足列车在曲线上运行的要求。

从车体倾摆的原理分,有以下两种摆式车体:

1. 主动式摆式车体

主动式摆式车体(有源式或强制式摆式车体)是靠外部动力使车体强制倾斜,在车上设置了车体倾摆机构和控制装置。车体倾摆机构设置于转向架的上、下摇枕之间,上摇枕通过4根吊杆悬挂在下摇枕上,形同一个对称的四连杆机构。两侧各设一个液压伸缩油缸来驱

动车体的倾摆。液压伸缩油缸的上下两端分别固定在上、下摇枕内。在列车两端的自导向转向架(动车和带驾驶室的拖车转向架)上装有两个加速度仪。当列车进入曲线时,借助于传感器将测得的横向加速度信号传输到主控计算机。主控计算机再对测得的加速度值,以及列车运行速度和各拖车所处的位置等数值进行处理,得出车体倾斜最佳控制量,然后向每辆拖车的受控计算机发出指令。受控计算机经过数据修正后再按车辆进入曲线的先后顺序,依次起动各辆拖车的液压油缸,使之伸长或缩短;列车进入曲线后,根据曲线半径和行车速度的需要,通过车体和上摇枕使车体倾摆适当的角度。通过曲线时,车体可以抵消 70% 的离心力,降低其对旅客的影响,提高乘坐舒适度。在径向自导向转向架驶离曲线后,受控计算机按设定程序指令将每辆拖车依次恢复到原来的状态。

2. 被动式摆式车体

被动式摆式车体(无源式或自然摆锤式车体)的动力来源于作用在车体上的离心力,不需要动力装置,悬挂装置高于重心,可以得到适当的倾摆力矩。

上述两种摆式车体各有特色。一般来说,主动式摆式车体的优点是摆角较大,乘坐舒适度的改善效果较好,通过曲线的速度可有较大提高;缺点是结构复杂,容易发生故障。而被动式摆式车体的优缺点与主动式摆式车体相反。

高速铁路客车与一般客车一样,均由四大部分组成:车体与车内设施、走行部、制动装置和车辆连接装置。但是,高速铁路客车与一般客车相比,需要解决以下关键技术:

- (1) 客车结构和材料要轻量化,其外形、结构具有良好的空气动力学性能。
- (2) 具有在高速运行条件下动力性能良好的转向架。
- (3) 具有大功率、高安全可靠性的制动系统。
- (4) 具有安全可靠的连接装置,且要保证旅客的乘坐舒适度。
- (5) 控制噪声、振动,提高气密性,强化防火、排污及车内空气调节装置。



3.2 车体与车内设施

车体是供旅客乘坐的地方。为了使旅客在高速运行条件下拥有较好的乘坐舒适度,高速铁路客车车体必须具有质量轻、运行阻力小、重心低、气密性和隔音性能好、防火措施严格等特点。根据内部设施和乘坐舒适度的不同,高速铁路客车的客室有多种布置形式,在客室中还设有其他设施,如快餐厅、小卖部、酒吧、电话间、哺乳室及影像娱乐室等。目前,在我国线路上运行的高速铁路客车均采用 8 辆编组构成的动车组形式,也可在运营需要时由 2 列 8 辆短编组连挂成 1 列 16 辆长编组,一般包括一等座车、二等座车、餐车、为残疾人使用而设置的座车等车型。在客室座席的安排与布置上,列车普遍采用单面可旋转座椅,这样无论列车向哪个方向运行,旅客通过调节座椅的朝向,均可面朝列车前进的方向。该座椅布置方式的另一个优点是座椅后背的倾斜角度可调节,使旅客乘坐较舒适,同时也避免了双向座椅面对面带来的尴尬。

3.2.1 高速铁路客车车体

高速铁路客车比传统机车车辆的行车速度有大幅度提高,在进行车体结构设计时,应保证优良的运行品质。高速铁路客车的车体与一般车速的车体相比有如下结构特点:

1. 流线型的车体外形

列车空气动力学是高速铁路客车设计不可避免的重要课题,特别是车体外形设计与列车空气动力学密切相关。列车头型设计非常重要,好的头型设计可以有效地减小运行空气阻力、列车交会压力波和解决高速列车运行稳定性的问题。因此,在车体外形设计上必须考虑以下几个方面:

(1)车体横截面设计成腰鼓型。主要考虑列车交会压力波及气动侧向力、侧滚力矩的作用。

(2)车体外表面平整、光滑。车体外表面尽量减少突出物,如车体侧门采用塞拉门,它可与车体外表面保持平滑一致。

(3)车辆底部形状对空气阻力的影响很大,为了避免车体地板下部设备部件外露,普遍采用封闭外罩,以减小阻力。列车流线型的车体外形如图 3-1 所示。



图 3-1 列车流线型的车体外形

2. 轻量化设计

减轻列车质量是降低高速列车对牵引功率的需求,实现高速运行的重要措施;同时也是减轻轴重,减小轮轨作用力的需要。实现结构轻量化的途径主要有两个:一是采用新材料,二是合理优化结构设计。当前高速列车的车体结构通常采用不锈钢或铝合金材料制造。车体结构采用不锈钢进行制造,可以不考虑腐蚀预留量,从而达到减重的目的。据估计,用不锈钢制造的车体结构可以比用普通钢制造的车体结构减轻质量 30%~40%。

为了进一步减轻质量,改善隔声性能,以及便于设计、制造,国外已开始试用纤维增强塑

料夹层结构代替金属制造车体。纤维增强塑料具有质轻、比强度高、疲劳强度高、裂纹扩展速率低、结构阻尼性好、隔热性和耐蚀性好等优点。其缺点是弹性模量低,抗弯扭刚度比金属差,价格高。若用碳素纤维制造车体,则会比铝合金车体减重 30%,这是下一代高速铁路客车车体的理想材料。

3. 动态特性合理

为了提高乘坐舒适度,控制振动和噪声,车体应具有合理的动态特性。随着车速的提高,由线路不平顺引起的随机激励频域加宽,导致车辆垂向和横向的振动加速度增大,并通过转向架作用于车体,以较高频率激励出车体的弹性振动。为了降低车内噪声,一方面要削弱噪声源发出的噪声强度,如在车轮上安装消音器,开发弹性车轮,采用流线型车体外形并保持车体外形的光滑平整,以及采用橡胶风挡减少撞击声,等等;另一方面要提高车体的隔音性能,如在车体金属表面涂刷防振阻尼层,以减少固体声;另外可以采用双层墙结构,其隔音量可增加 4~5 dB。此外,还可采用带空气层的双层车窗,以提高车窗的隔音量。

4. 提高了车体的气密性

为了降低压力波动的反应,必须提高车体的气密性。高速列车通过隧道或在运行中与其他列车会让时,车体表面将受到变化幅度为正负数千帕的瞬时压力。压力波动反映到车厢内,旅客会感到不适。为了解决这个问题,必须提高车体的气密性,使车厢内的压力不受车体外部压力的影响。为了达到上述目的,高速铁路客车车体应进行如下密封处理:

- (1) 车体金属结构采用连续焊,不能施焊的部位用密封胶密封。
- (2) 车窗的结构要保证密封的可靠性与耐久性,承受压力波时不变形,不被破坏。
- (3) 侧门采用密封性良好的塞拉门,通过台、风挡、端墙门都采用密封结构。
- (4) 对空调环控设备设立压力控制,如在客室进排气风口安装压力保护阀,在排气风道中安装带节气阀的排风机,安装压力保护通风机,主要目的是既保证正常的通风换气,又保证车内压力变化在允许范围内。
- (5) 采用密封式集便厕所。
- (6) 对直通车外的管路和电缆孔采取密封措施。

5. 注重安全

在保证乘坐舒适度的前提下,更要注重安全。从被动安全性考虑,为了降低车辆碰撞事故的损失,车体需采用耐撞性设计。高速旅客列车的行车速度远远高于普通列车,因而高速旅客列车的碰撞速度一般也较高。传统列车的设计是考虑车体结构不受损伤,其所受载荷由最恶劣条件下的载荷值乘以一定的安全系数而确定,车体结构在此载荷下不允许有永久变形,但对能量吸收没有特殊要求。这种结构设计将车体设计成一个近似的刚性体,当发生列车碰撞事故时,碰撞能量完全由车体自身来消化,车体不但可能被严重挤压或被其他物体贯穿,而缩小了旅客的生存空间,而且会产生较大的加速度脉冲,使旅客有遭受车内其他设备或行李打击的可能性,使旅客与车内设备发生二次碰撞的危险性变大。为了使事故造成的损失最小化,在设计车辆时需要考虑车辆的耐撞性,并根据耐撞性的设计思想研制对车体

能起较好防护作用的耐碰撞车体结构。耐撞性车体的设计主要是指耐撞性车体吸能结构的设计,应使该结构在满足正常运行的条件下具有足够的强度和刚度,并具有良好的传递纵向力的性能,即当在高速下发生碰撞事故时,结构能在一定冲击力下产生较大的变形,并能吸收足够的冲击动能,将冲击动能尽可能地转化为结构的塑性变形。

除此之外,还要重视列车防火。高速铁路客车的车体内部材料需要根据车型和部位的不同,选择不同等级的防火、防烟毒材料,并设置烟雾探测失火报警装置,与地面防火系统联防。

3.2.2 高速铁路客车车内设施

1. 车内空气环境控制系统

为保证列车的密封性及减小车内噪声,高速铁路客车都采用固定车窗,且车体均采用气密性好的结构,这就必须要很好地解决车内的通风换气问题。当外界气温变化时,车内应保持一定的温度和相对湿度,为旅客创造舒适的旅途生活条件。车内空气环境控制系统通常称为空气调节系统,它是列车的“呼吸器官”,其设置的主要目的是在任何气候和行驶条件下,通过强迫通风、人工制冷和采暖的方法,调节车内的温度、湿度、气流速度等参数指标,从而为旅客提供舒适的车内环境。车内空气环境控制系统为实现上述目的,通常由通风系统、制冷系统(空气冷却系统)、供暖系统、空气加湿系统和自动控制系统组成,另外还包括车内空气压力波动控制系统、应急系统等。

(1)通风系统。通风系统的作用是将车外的新鲜空气吸入并与车内的再循环空气混合,在滤清灰尘和杂质后,压送分配到车内,同时排出车内多余的污浊空气,以保证车内空气的洁净度及合理的流动速度和气流组织。通风系统通常由通风机组、空气过滤器、新风口、送风道、回风口、回风道及排废气口等组成。

(2)制冷系统。制冷系统的作用是在夏季对进入车内的空气进行降温、减湿处理,使夏季车内空气的温度与相对湿度保持在规定的范围内。为保证制冷系统安全、有效地工作,制冷系统除配置有压缩机、蒸发器、冷凝器和节流装置外,还配有贮液器、干燥过滤器、气液分离器等辅助设备。夏季,通风机将吸入的车内外的混合空气经蒸发器冷却后送入车内,以达到降温的目的。由于蒸发器的表面温度通常低于空气的露点温度,因此空气中的部分水蒸气就凝结成了水滴,使空气在被蒸发器冷却的同时也得到了减湿处理,从而保证了夏季客室内的空气湿度在要求的范围内。

(3)供暖系统。供暖系统的作用是在冬季对进入车内的空气进行预热和对车内的空气进行加热,以保证车内空气的温度维持在规定的范围内。供暖系统通常由空气预热器和空气加热器组成。冬季,通风机将吸入的车内外空气经过空气预热器的预热后送入车内,同时,车内加热器对车内的空气进行加热,以补偿车体和门窗的热损失。

(4)空气加湿系统。空气加湿系统的作用是在冬季车内空气的相对湿度较低时对空气进行加湿,以保证车内空气的相对湿度维持在规定的范围内。目前,我国不在一般车辆的空

调装置中设置加湿系统,仅在某些高级公务车及有特殊要求的车辆上才设此系统。加湿最简单的方法是采用电极加湿器。

(5)自动控制系统。自动控制系统的作用是控制各系统按给定的方案协调地工作,以使车内的空气参数控制在规定的范围内,同时对空调装置起到自动保护作用。控制系统一般由各用电设备的控制电器、保护元件及仪表等组成。

2. 空气压力波动控制系统

高速铁路客车在通过隧道或两列车会车时,车外的空气压力会大幅度变化。例如,列车进入隧道时会产生“活塞”效应,列车前部的墙板所承受的空气压力大大增加,而列车尾部处于负压作用下,该压力的变化与行车速度、列车长度、隧道长度、列车与隧道的断面积比有关。两趟列车在隧道内会车时,车外的空气压力变化最大,当行车速度为 200 km/h 时,车外的空气压力变化为 3.2(头部正压)~ -4.9(尾部负压)kPa;当行车速度为 280 km/h 时,车外的空气压力变化为 3.9~-5.9 kPa。

由于车体结构不能做到完全密封,因此车内的空气压力会随着车外空气压力的变化而上下波动。车内的空气压力对乘坐舒适度,尤其是“耳感不适”有很大影响。当车内的空气压力在 -0.2 kPa 以下时,开启车门时会有“耳感不适”的现象产生;当车内的空气压力在 0.2 kPa 以上时,同样也会存在开启车门时的“耳感不适”的现象;若车内的空气压力超过 0.5 kPa,则车门一打开,旅客将感到极度不适。

为了减少压力波的影响,保证乘坐舒适度,一方面,高速车辆必须采取良好的空气压力密封措施,列车空调装置的进(排)气口应避开低压区或涡流区布置;另一方面,需要加装可控的间歇或连续作用式进(排)气控制装置,以便在车外的空气压力发生变化时调节进(排)气口的工作状态,防止车内的空气压力变化过大,并保持一定的正压(一般不小于 30 Pa)。另外,处于列车前部的车体在外界正压力的作用下排气阻力增加;处于列车尾部的车体在外界负压的作用下,新风风机的进风阻力增大。为了保证列车在车外空气压力变化很大的情况下仍能正常地进行通风换气,同时避免通过换气口将车外空气压力的变化传入车内,引起旅客“耳感不适”,国外高速铁路客车的通风换气装置都被设计成可控式,我国 CRH2 型动车组也在空调系统中采用了连续换气装置。

3. 排污系统

长期以来,铁路客车普遍采用直排式卫生系统,在列车运行中飞溅出的污物不仅污染铁路沿线的环境,而且造成轨道及其零部件严重锈蚀、道床板结,危害线路,并且,直排式卫生系统也不能满足高速列车较高的气密性要求。因此,目前高速铁路客车普遍采用真空式的密封卫生系统,该系统包含一个车下悬挂的污物箱,用来收纳列车运行过程中产生的污物。目前,国内外铁路客车普遍采用的真空集便系统主要包括以下几种类型:

(1)真空保持式集便器。在客车运行状态下,该系统的车下污物箱一直保持一定的真空度;当使用厕所时,冲便阀打开,污物在水的冲刷下被抽到污物箱内。

(2)真空推拉式集便器。在客车运行状态下,该系统的污物箱未处于真空状态,在便器

内有一个小容量的中转箱,其前后各有一个阀;当使用厕所时,中转箱被抽成真空,水增压器冲刷便器,进口阀打开,便器中的污物在中转箱的负压作用下被吸到中转箱内,进口阀关闭,这时中转箱内产生正压,出口阀打开,污物在正压作用下被压入污物箱内。

(3)真空在线式集便器。在客车运行状态下,该系统的污物箱处于常压状态。当使用厕所时,利用水增压器产生的压力水冲刷便器,这时,安装在排污管道中的真空喷射器使从便器排泄阀到喷射器这段区间产生真空,排污阀打开,污物被抽到排污管路中。由于真空喷射器安装在污物箱的入口附近,因此污物在压缩空气的带动下,在惯性的作用下就进入了污物箱。



3.3 动车组

动车组是由动力车和拖车组成的或全部由若干节动力车固定编组的旅客列车。它具有列车的牵引动力装置和载客装置固定为体的特殊车底,具有机车和客车车底双重性质。带动力的车辆称为动力车,不带动力的车辆称为拖车。列车两端都带有司机室,可在线路上往返运行。除高速铁路、城际客运、市郊客运运用的动车组外,城市中的地铁列车和轻轨电车也属于动车组范畴。

3.3.1 动车组的分类

1. 按照动拖比分类

列车中,有动力的车轴所承载的车重与无动力的车轴所承载的车重之比称为动拖比。列车的动拖比小于 $1:3$ 为动力集中,小于 $1:1$ 但不小于 $1:3$ 为弱动力分散,等于或大于 $1:1$ 为强动力分散。在列车编组中,当动力车的全部车轴均有动力、每节动力车轴数与非动力车轴数相同且轴重接近时,可以用动力车数量与非动力车节数之比粗略地计算动拖比。按照动拖比分类是最常见的动车组分类方式。需要注意的是,这种分类方式也同样适用于传统列车。

2. 按照用途分类

目前,绝大多数型号和数量的动车组被用于客运领域,少量动车组被用于货运,还有极少一部分动车组用于轨道检测等特殊用途。

3. 按照动力/燃料的类别分类

按照动力/燃料的类别,动车组可分为电力动车组和内燃动车组。

3.3.2 动车组的优点

单纯就原理来讲,动车组不比传统列车更有优势,反而增加了编组和维护的麻烦。但在

实际应用中,具体车型与具体应用环境的恰当结合能让动车组拥有传统列车不具备的巨大优势。当然,也有配置与现实脱节的失误。具体到我国,动车组一般具有加速能力强、爬坡能力强和换向方便等优点。

1. 加速能力强

与传统列车相比,动车组比较突出的优点是可发挥的牵引力更大。我国铁路上的传统客运列车一般是一台机车牵引大编组客运列车,机车 88 t 或 132 t,客运列车编组 880~1 100 t,动力集中,动拖比非常小,导致列车可发挥的牵引力很小;而动车组多为动力分散,即使偶有动力集中型号,其动拖比仍然大于传统的大编组客运列车,在功率充足和技术条件相仿的情况下做同 T 位折算,在车轮出现空转之前,动车组能比传统列车发挥更大的牵引力。这同时导致动车组具有两个特征:加速能力更强,更能从容地应付陡坡。

加速能力强意味着列车出站或通过限速缓行区段后能在短时间内恢复到正常行车速度。对于旅客,这意味着列车在同样的运行时间里能停靠更多的车站,方便出行,或者在线路良莠不齐的条件下,旅行时间比乘坐传统大编组客运列车更短;对于技术管理部门,这意味着列车起动、加速附加时间少,更容易调度,更容易提高铁路的运用效率;对于生产厂家,这意味着不必为了保证列车平均速度而无限提高列车最高允许速度,节省了造车成本和修路成本。动车组的动力分散化程度越高,加速能力强的特征越明显。小编组的传统列车、双机车牵引的传统列车和某些双节机车牵引的传统列车确实可以进入弱动力分散领域,拥有较高的加速能力,但在国内这样的列车只是少数,没有普遍意义。

2. 爬坡能力强

动车组的动力分散化程度越高,爬坡能力强的特征越明显。在功率充足的情况下,强动力分散系动车组在 2% 的连续坡道上仍能保持准高速或高速运行,而动力集中的传统列车只能慢慢地“蹭”上去。我国入围的高速列车都是强动力分散动车组,其强大的爬坡能力为高速铁路的选线提供了极大的便利,能有效降低线路修建及维护成本。

3. 换向方便

我国传统列车在运营中的换向步骤是:进站停车—摘除前端机车—列尾重新挂上机车—再次开出。而动车组只要保持在正常的成组运营状态下,则列车两端必然有司机室,每个司机室都可以操控整趟列车上的动力与制动设备,换向时只需要司机前往列车另一端的司机室。这就省掉了机车调车作业的步骤,节省了换向时间,缩短了车站线路被机车调车占用的时间,降低了因摘车、挂车事故导致人身伤害的概率。传统列车也可以做到这一点。列车两端都挂上机车,或一端挂机车而另一端挂带司机室的控制车,再用重联缆线贯通整趟列车,让两端的司机室都能操控整个列车的运行和制动,即可实现换向不摘挂。但我国没有这种运营模式,所以运营中换向不摘挂只是动车组的专利。

3.3.3 动车组的基本组成

高速铁路客车的动力车一般也有客室,也要运载旅客。它的客室部分与拖车完全一致,

而拖车则与一般车速的客车一样。从结构来看,动车组一般可分为以下六大部分:

1. 车体

车体是容纳旅客,装载行包和整备品等的部分。车体主要由底架、侧墙、端墙及车顶组成。其中,底架是车体的基础,由各种纵向梁、横向梁、辅助梁和底板等组成,承受着作用于车辆上的各种垂直载荷和水平载荷。因此,车体应具有足够的强度和刚度,其结构形式应考虑车辆的用途,使之互相适应。动车组的车体如图 3-2 所示。



图 3-2 动车组的车体

2. 转向架

转向架是车辆上能相对车体回转的一种走行装置。它承受着车体的自重和载重,并由机车牵引行驶在钢轨上。转向架主要由构架、轮对、轴箱、弹簧减振装置、摇枕、基础制动装置和传动装置等部分组成。转向架必须有足够的强度和良好的运行平稳性,以保证安全运行和满足旅客的舒适性要求。动车组的转向架如图 3-3 所示。



图 3-3 动车组的转向架

3. 制动装置

制动装置是车辆上起制动作用的零部件所组成的一整套机构。它的主要作用是保证高速运行中的列车能按需要实现减速或在规定的距离内实现停车,以保证行车安全。制动装置由制动控制系统和制动执行系统组成。动车组的制动装置如图 3-4 所示。

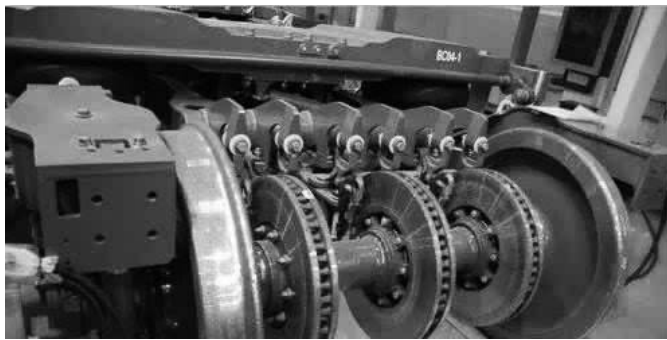


图 3-4 动车组的制动装置

4. 车端连接装置

车端连接装置是将车辆与车辆之间互相连接,传递纵向牵引力及缓和列车运行中冲击力等作用性能的装置。车端连接装置主要包括车钩缓冲装置、电气连接器和密闭式风挡等。其中,车钩缓冲装置通常采用机械气路、电路均能同时实现自动连接的密接式车钩。

5. 车辆电气系统

车辆电气系统包括车辆上的各种电气设备及其控制电路。车辆电气系统按其作用和功能可分为主电路系统、辅助电路系统和电子控制电路系统。

(1)主电路系统。主电路由牵引电动机及与其相关的电气设备和连接线组成,其作用是将电网的电能转变为车辆运行所需的牵引力。当采用电气制动时,主电路系统将车辆的动能转换为电制动力。主电路是车辆上的高压、大电流、大功率动力回路。

(2)辅助电路系统。辅助电路系统是指为保证车辆正常运行必须设置的辅助设备(如供某些电器通风、冷却的通风机,空气压缩机,空调装置,车辆照明等)所提供的辅助用电系统。

(3)电子控制电路系统。电子控制电路分为有接点的直流电路和无接点的电子电路。电子控制电路的作用是控制主电路和辅助电路各电器的工作,通过司机操纵主控制器和各按钮使列车正常运行或由列车自动运行控制系统控制运行。

6. 车内设备

客车内设备是指为旅客提供必要的舒适条件所需的设备,如车内的座席、卧铺、茶桌、行李架、给水设备、卫生设备、取暖设备、通风设备、照明设备、空气调节设备及各种电气设备和供电装置等。动车组车内座席如图 3-5 所示。



图 3-5 动车组车内座席

3.3.4 动车组的技术参数

车辆技术参数是指车辆技术规格的某些指标,是从总体上表征车辆性能及结构的一些数字。动车组的技术参数一般分为性能参数和尺寸参数两大类。

1. 性能参数

(1)轴重。轴重是指按车轴形式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。设计中应尽量降低轴重并符合运行线路的要求。

(2)每延米轨道载重。每延米轨道载重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、提高运输能力的一个指标,其数值是车辆总质量与车辆全长之比。

(3)设计速度。设计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。动车组的设计速度应符合动车组型谱规定的要求。

(4)牵引性能。无论是电力牵引还是内燃电传动牵引,其牵引性能均应满足以下技术参数的要求:

①剩余加速度。列车的牵引功率应保证列车达到最高行车速度时尚有大于 0.05 m/s^2 的剩余加速度。当部分动力设备不能发挥功率时,动车组应仍能保证列车正点运营。

②起动加速度。列车的起动加速度应满足跟踪时分的要求,其取值范围为 $0.15 \sim 0.45 \text{ m/s}^2$ 。

(5)通过最小曲线半径。通过最小曲线半径是指配用某种形式转向架的车辆在站场或厂、段内调车时所能安全通过的最小曲线半径。当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车下其他悬挂物相碰。干线动车组的通过最小曲线半径为 145 m ,单车缓行及调车的通过最小曲线半径为 100 m 。

(6)动车组总定员数。动车组总定员数应满足运输及乘坐舒适度的需要,以座位或铺位计算。

2. 尺寸参数

(1) 车辆定距。车体支承在前、后两走行部之间的距离,称为车辆定距。若为带转向架的车辆,则车辆定距又可称为转向架中心间距。单层客车的车辆定距为 18 000 mm,双层客车的车辆定距为 18 000 mm 或 18 500 mm。

(2) 转向架固定轴距。不论是二轴转向架还是多轴转向架,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称为转向架固定轴距。

(3) 车体车辆空间尺寸。车辆最大宽度指车体最宽部分的尺寸。车辆最大高度指车辆顶部最高点到钢轨水平面的距离。这两个尺寸均需符合机车车辆限界的要求。车体的长、宽、高又有车体外部与车体内部之别,车体内部的长、宽、高必须满足旅客乘坐等要求。车体长度为 25 500 mm;车体宽度为 3 104 mm 或 3 204 mm;车体高度,单层车为 4 050 mm,双层车为 4 750 mm 或 4 600 mm。

(4) 车钩中心线高度。列车中各车辆的车钩中心线高度基本一致,它是正常传递牵引力及列车运行时不发生脱钩事故所必需的。我国规定既有干线用动车组两端的车钩中心线高度为 880 mm;中间车钩中心线距轨面高度,采用密接式车钩时为 (880 ± 30) mm;其他为 $800 \pm {}_{-5}^{+10}$ mm。

(5) 地板面高度。地板面距轨面的高度与车钩高一样,均指新造或修竣后空车的数值。它受到两方面的制约:一方面是车辆本身某些结构高度的限制,如车钩高及转向架下心盘面的高度等;另一方面与站台高度的标准有关。

(6) 限界。在既有干线上运行的动车组应符合《标准轨距铁路机车车辆限界》(GB 146.1—1983)的要求。需在高速线上运行的动车组应符合《高速铁路机车车辆限界技术条件》的要求。

3.3.5 “和谐号”动车组

1. CRH1 型动车组

CRH1 型动车组是一种全面采用先进技术的动力分散型动车组。该动车组以在丹麦、瑞典已经运营了多年的 Regina 动车组为原型车,由青岛四方庞巴迪铁路运输设备有限公司(BST 公司)制造生产。

(1) CRH1 型动车组的编组及平面布置。

① 编组结构。CRH1 型动车组为 8 辆车编组,由 4 种形式的车辆组成,包括车端带司机室的动车(Mc1、Mc2)、带受电弓的中间拖车(Tp1、Tp2)、不带受电弓的中间拖车(带吧台拖车,Tb)和中间动车(M1、M2、M3)。

② 平面布置。CRH1 型动车组包括两节一等座车(Mc1、Mc2)、五节二等座车(Tp1、Tp2、M1、M2、M3)、一节二等座车与餐车合造车(Tb)。一等座车车内座椅采用“2+2”布置。二等座车车内座椅采用“2+3”布置。Tb 车的 A 端为二等座车座席,采用“2+3”布置,

共 19 座,另外还布置有 2 个残疾人轮椅位置和 1 个残疾人厕所;B 端为餐车和酒吧,布置有 24 个餐车座椅、3 个酒吧立桌、厨房制作间、酒吧储藏室和乘务员室。全列车定员 668 人。

CRH1 型动车组各节车厢定员如表 3-1 所示。

表 3-1 CRH1 型动车组各节车厢定员

车厢顺位	01/Mc1	02/Tp1	03/M1	04/M3	05/Tb	06/M2	07/Tp2	00/Mc2
席 别	一等 座车	二等 座车	二等 座车	二等 座车	酒吧 座车	二等 座车	二等 座车	一等 座车
定员/人	72	101	101	101	19	101	101	72

(2)主要外形尺寸。车辆的尺寸分两种:一种指的是车辆全长、车辆最大宽度和车辆最大高度,另一种指的是车体长度、车体宽度和车体高度。车辆全长为该车两端钩舌内侧面间的距离,车辆最大宽度指车体最宽部分的尺寸,车辆最大高度指的是车辆顶部最高点和钢轨水平面间的距离。Mc 车的车辆全长为 26.95 m(车体长度为 25.033 m);Tp、Tb 和 M 车的车辆全长为 26.60 m(车体长度为 25.8 m),车体宽度为 3.328 m,车顶距轨面的高度为 4.04 m,地板到轨面的距离为 1.25 m,转向架中心间的距离为 19.0 m。

(3)CRH1 型动车组的车内主要设备。

①司机室。动车组司机室是整个列车的控制中心和信息中心,所有的控制命令都可以从司机室发出,如所有车门的控制、车辆的旅客信息系统、广播系统、列车控制系统等均在司机室集成。在司机室内可以监控各个系统的运转。

动车组的各个分部件都是一个智能单元,它们自我诊断、自我分析,并且通过列车网络系统连接为一个整体。动车组司机室是这个网络的控制中心,它负责收集并发布所有信息,提供一个检测试验与故障诊断的平台。同时,司机室还是检修人员的工作场所。CRH1 型动车组的两个头车各设一个司机室,两个司机室的设备布置相同。司机室挡风玻璃的视野开阔,能见度好。为保证司机具有良好的视野,挡风玻璃前还装有雨刷器。在挡风玻璃内侧上方装有一块电动遮阳板,用来阻挡太阳光的直射。司机室内的主要设施有司机操纵控制台、司机座椅和两个柜子。司机操纵控制台分为 3 个部分,正面布置有经常使用和需要监视的重要仪表,左、右两侧布置有其他监视仪器和控制按钮。两个柜子,一个用于放置 ATP 设备,另一个用于安放乘务员设施和安全设备。

②给排水和卫生系统。在 CRH1 型动车组的各个车厢中为司乘人员(包括残疾人)设计、安装了方便适用的给排水和卫生系统。给排水系统用来清洗餐饮用具,将厕所集便器里的污物冲刷至污物箱或供冲水式集便器用水。卫生系统为向列车上的旅客提供舒适的厕所环境(隐私区域)创造了便利条件,并可收集、清理厕所里的所有污物。CRH1 型动车组共设计有 3 种不同类型的卫生间:10 个标准蹲式卫生间(中式卫生间,安排在 5 个旅客车厢内,每个车厢 2 个,左右对称设置)、2 个标准坐式卫生间(西式卫生间,安排在 2 个旅客车厢内,每个车厢 1 个)和 1 个多功能坐式卫生间(为残疾人设计的卫生间,安排在 Tb 车内)。

③行李架和大件行李存放架。CRH1 型动车组一等座车和二等座车均在座席上方设置

了行李架;在 Tb 车中,除在座席处设置行李架外,还在残疾人轮椅位置的上方和餐车的相应位置设置装饰板。装饰板不放置行李的搁板。每辆 M 车和 Tp 车上配备有 4 个大件行李存放架,布置在客室靠近通过台侧;在 Mc 和 Tb 车上不装设大件行李存放架。

④餐饮设施。餐车位于 Tb 车的 B 端,其中布置有 6 张餐桌、12 个餐车沙发(共 24 个座席)、3 个酒吧立桌、厨房制作间和储藏间。厨房制作间为开放式设计,靠窗的一侧布置有冷藏展示柜、储藏柜、微波炉、冷饮机、开水炉、不锈钢台面及带有冷热水龙头的双池洗槽,还有 1 套厨房排风装置;不锈钢台面向一端延伸并扩展成较大的一块面积,台面上设置有嵌入式电磁灶。与储藏柜相连的另一端转折成一个角柜,角柜的上部布置有搁架,搁架上放有咖啡机、灭火器等设备,角柜的下部为带垃圾投放口的垃圾柜。

⑤旅客信息系统。CRH1 型动车组有两个与旅行相关的信息系统:一个是旅客信息系统(passenger information system, PIS),另一个是娱乐系统(entertainment system, ES)。PIS 和 ES 彼此联系紧密,前者提供与旅行相关的信息,处理列车员与旅客之间、列车员与列车员之间的通信,将信息显示于专用显示器和 ES 监视器上,并伴有通过扬声器系统播出的数字声音。ES 利用 PIS 的声响器材提供影像和音乐播放功能。PIS 的主要组成单元有系统控制器(包括数字声音广播),每列车 1 套;座车单元(包括扬声器),每节车厢 1 套。司乘人员能够从乘务员室、司机室及通过台区域向所有旅客发布公告。在通过台区域中设置的带有制动杆的旅客应急通信单元(passenger emergency alarm control unit, PECU/B)可使旅客在紧急情况下随时与司机通话。司乘人员可以在乘务员室、司机室及动车组其他服务区域之间实现彼此通话。当司乘人员之间的紧急通信按钮被按下时,将优先执行紧急通信。

CRH1 型动车组的 ES 通过射频信号的传输和分配网络为旅客提供高质量的视听信息和必要的旅行信息。ES 可以在一等座车的车厢和餐车内放映电影录像等影像节目,可以在所有车厢内播放 MP3 音乐,也可以在所有车厢内播放 FM 无线电广播。

⑥车内环境控制系统。车内环境控制系统主要是对车内的温度、空气品质、空气压力的波动、噪声、照明等车内环境参数进行控制,为司乘人员和旅客提供舒适的工作与生活环境,并在列车出现危险时,为司乘人员和旅客提供紧急逃生的必要条件。车内环境控制系统主要包括空调系统、采暖系统、压力保护系统、照明系统、车内噪声控制系统、应急系统和司机室环境控制系统。利用空气调节技术可把经过一定处理的空气以一定的方式送入车内,使车内空气的温度、湿度、洁净度和气流速度被控制在适当范围内。空调系统由通风系统、空气冷却系统、空气加热系统和自动控制系统 4 个基本部分组成。

CRH1 型动车组每节车厢的客室都配有一个单独的空调系统、采暖系统、照明系统、紧急逃生应急系统、压力保护和噪声控制装置。司机室则另有一个安装在车顶上的紧凑型空调单元,此单元在一个框架内包含了司机室空调系统运行所必需的所有部件。CRH1 型动车组的各客室空调系统是分体系统,主要由空气调节单元(air handling unit, AHU)、压缩机冷凝器单元(compressor-condenser unit, CCU)和有关的连接管道、送风风道、电气控制装置等组成。在 CRH1 型动车组的计算机系统中设置有一个气候控制单元(heating, ventilation and air conditioning, HVAC),用于对气候控制系统进行本地控制。CRH1 型动车组每节车

辆的旅客区域和每个司机室都配有一套 HVAC 系统,其控制计算机置于每节车过道区域的电气柜中;旅客区域的 HVAC 可由乘务员室和司机室进行控制。

由于高速动车组运行时存在较大的压力波动,因此对于高速动车组,除需要解决列车空调系统的问题外,还需要解决压力波动等问题。CRH1 型动车组的每节车厢上都有两个废排单元,分别位于每节车两个端部的车顶棚和顶板之间,用于新风气流和废排气流的流动及紧急通风。当列车高速通过长隧道时,司机按下操纵台上的“隧道模式(压力保护模式)”按钮,AHU 内的新风风门关闭,废排单元关闭,系统只进行回风,这样通过废排单元中废排气流量流量的调整和 AHU 中新风气流流量的调整可以确保车内维持正常大气压力。

高速动车组在运行过程中产生的噪声主要有轮轨噪声、车辆空气动力噪声及其他声源产生的噪声。这些噪声产生后,通过车体内部振动产生一次固体传播噪声,同时利用空气传播在车体内产生二次固体传播噪声,影响乘车舒适性。为了减少噪声,CRH1 型动车组的空气处理单元和压缩/冷凝单元采用分体式系统,并在进、排风口处装设消音器。为此,在 CRH1 型动车组的车体结构上采用了隔音、吸音和减振的材料,对噪声进行进一步抑制。

应急系统主要包括紧急通风系统、紧急照明系统和紧急逃生系统。CRH1 型动车组的应急系统主要由客室紧急破窗锤、客室紧急逃生梯、灭火器、司机室紧急逃生绳梯和急救箱组成。CRH1 型动车组的紧急通风是通过旅客区域/司机室“防火模式”的启动来实现的。紧急照明指的是由电池系统进行供电的照明。为了最大限度地减少耗电,只使用少数光源,方便司乘人员和旅客在夜间或隧道能见度差的条件下紧急逃生。

2. CRH2 型动车组

CRH2 型动车组以日本的 E2-1000 型动车组为原型车,通过全面引进设计制造技术,由南车青岛四方机车车辆股份有限公司制造生产。

(1)CRH2 型动车组的编组及平面布置。

①编组结构。CRH2 型动车组采用动力分散交流传动方式,8 辆编组,4 动 4 拖,由两个动力单元组成。每个动力单元由 2 辆动车和 2 辆拖车组成,首尾车辆均设有司机室,可双向驾驶。通常,列车运行时在前端的司机室内进行操作。受电弓在 4 号车和 6 号车上,采用单弓受流。两列动车组可连挂运行,联挂时,受电弓双弓受流,为了保证双弓运行 200 m 的间距要求,一般采用首尾受电弓工作。

②平面布置。全列车有 1 辆一等座车和 7 辆二等座车,一等座车的座椅采用“2+2”布置,二等座车的座椅采用“2+3”布置。在单车厢内设卫生间、小便间和盥洗室。全列车定员 610 人。CRH2 型动车组各节车厢定员如表 3-2 所示。

表 3-2 CRH2 型动车组各节车厢定员

车厢顺位	01	02	03	04	05	06	07	00
席 别	二等座车	二等座车	二等座车	二等座车	酒吧座车	二等座车	一等座车	二等座车
定员/人	55	100	85	100	55	100	51	64

(2)主要外形尺寸。CRH2 型动车组头车的车辆全长为 25.7 m,中间车的车辆全长为 25 m,列车总长为 201.4 m,车体宽度为 3.38 m,车体高度为 3.7 m。

(3)CRH2 型动车组的车内主要设备。

①司机室。CRH2 型动车组两端各设一个司机室,由前端司机室实施列车控制,后端司机室可作乘务员室,两个司机室的设备布置相同。司机室设有主司机座椅和副司机座椅,在驾驶室的后部设置有翻转座椅,供乘务员乘车时使用。在操作台上设有制动手柄和牵引手柄,用于自动驾驶和手动驾驶。操作台的正面有 3 个显示屏,分别用来显示速度信息、运行信息和列车信息,其中列车信息反映的内容比较丰富,包括列车车门、车内电气和牵引系统等设备的工作状态,有关旅客信息和维修故障信息,等等。在司机座位的左边有两部电话,一部电话通过全线铺设的漏泄电缆用于无线通信,可以与调度直接联系;另一部电话用于向列车进行广播。CRH2 型动车组司机室的内部空间和设备布置充分考虑了司机视野、操作空间、乘坐舒适度等问题。为了便于瞭望、扩大视野,司机室采用高地板结构,以减小司机对枕木高速闪动的疲劳感。CRH2 型动车组司机室的安装设备较多,为了拓展空间,将机罩的内部空间设计为设备舱,将不经常操作的设备安装在设备舱内;同时采用非整体配电柜,在柜内安装尽量多的设备,以扩大司机的操作空间。

②给排水和卫生系统。CRH2 型动车组的单号车设有给排水系统和卫生系统,双号车仅设有给排水系统。给排水系统由车下水箱装置,供排水管路,卫生间、小便间、洗脸间的给水设施(多功能洗面器、温水箱、自动感应水阀)及电热开水器等组成。给水系统利用水泵由水箱向各用水设施提供生活用水。水箱位于车下,与车底横梁通过安装座连接。水泵位于水箱的泵室内,水泵的控制部分安装于车上温水污物配电盘内。当车上用水时,供水管路内的压力下降,水泵检测到压力下降和流量变化时自动启动,由车下向车上供水。用水完毕后,水泵检测到供水管路内的压力达到设定值、流量小于设定值时自动关闭。

卫生系统包括集便系统、玻璃钢盒子间和卫生设备附件 3 个部分,其中,集便系统包括坐便器组成、小便器组成、污物箱组成及排污管路等。便器(小便器和坐便器)冲洗时,通过控制部件的一系列动作,依靠重力将冲洗水和污物沿排污管送入污物箱。小便器通过内置的控制单元检测到光电感应冲洗信息,输出信号控制冲洗通路完成冲洗。坐便器由自带的控制单元检测到光电感应冲洗信息,输出信号控制各电气控制回路、供水管路、供气管路的通断,通过气动水增压完成冲洗。污物箱安装于单号车二位端车下,通过 4 个安装座与车体连接,依靠重力接收来自便器的冲洗污物。

③行李架和大件行李存放处。CRH2 型动车组行李架的下板采用挤压成形的聚碳酸酯板。一等座车的行李架下板采用喷涂装饰,行李架上板采用高强度、低密度的铝复合夹芯板。支架采用铸造铝合金。为防止行李滑落,在行李架的前沿设置不锈钢挡条。在 2、4、6 号车的一、二位端和 1、3、7 号车的二位端的通过台处设有放置旅客大件行李的大件行李存放处。大件行李存放处设置了可以翻转的隔板,下层可以用来存放不同高度的行李。大件行李存放处的外侧设置了可折叠式保护棒,以防止行李翻倒或滑出。另外,在地板上设有防滑装置。

④餐饮设施。CRH2 型动车组 5 号车一位端设有带展示柜的吧台。在吧台对面的侧墙上设有立式餐桌。在吧台的左侧设有电热开水器和洗池,洗池进水处设杀菌装置。侧墙设有冷媒式冰箱,其上方设有控制放大器、监视器、扬声器、220 V 电源插座、展示柜开关、脚灯开关、荧光灯及其开关、插座、吧台配电盘等。

⑤旅客信息系统。CRH2 型动车组的旅客信息系统主要由广播联络系统、无线收音系统、车外信息显示设备、车内信息显示设备、车内标识、列车运行信息显示设备等组成。其中,广播联络系统从列车信息控制系统处接收播放信息,播放预先设定的广播内容。即使发生停车、车站变更(车辆行驶晚点)等情况,由于从列车信息控制系统获得的信息会发生相应的修改,因此可以准确地播出内容。车外信息显示设备由侧面目的地显示器和车号显示器组成。车内信息显示设备主要是指设置在客室内端拉门上方的旅客信息显示器。

⑥车内环境控制系统。CRH2 型动车组的空调系统主要由空调装置、换气装置和通风系统构成(头车还包括司机室空调)。空调装置由空调机组和车上配电柜内的空调显示设定器组成。客室制冷由空调制冷系统完成,客室制热由空调机组内的电加热器实现。为了降低车体的重心,适应动车组的高速运行,空调机组和通风系统的主要风道分别设置在地板下及地板中间。为了避免列车在高速运行的情况下,特别是在会车和进入隧道时造成的客室内外空气的压力差传到客室内,CRH2 型动车组在车底部安装了供排气一体的换气装置。换气装置采用变频器控制送风机的运行转速,当运行速度高于 160 km/h 时,送风机高速运行,当运行速度低于 160 km/h 时,送风机低速运行。通过提高送风机的静压力性能,可以更好地控制客室内的压力变动,同时确保达到客室内换气量的要求。

CRH2 型动车组所采用的隔音、隔热、减震材料主要包括:在车内地板、侧墙、侧顶区域安装的起隔热、吸声及减震作用的碳纤维隔热材料;在客室中顶区域粘接安装的起减震、隔热作用的抗震支撑材料;在端墙、车头部位喷涂的起隔热、减震作用的沥青浆;在车体型材内部填充的起减震作用的粘贴、发泡材料;在车端车体底架上方气密地板上粘接的起减震作用的沥青系列树脂材料;在一等座车转向架上部地板下安装的起隔音、吸声作用的玻璃丝棉材料;等等。

3. CRH3 型动车组

CRH3 型动车组是以西门子公司的 Velaro E 型动车组为原型车,通过全面引进设计制造技术,由唐山轨道客车有限公司在国内制造生产。CRH3 型动车组 8 800 kW 的牵引功率为 350 km/h 的最高行车速度提供了技术保障,并具备了向 350 km/h 的持续行车速度和 380 km/h 最高行车速度升级的技术平台,是当今世界铁路最先进的动力分散型高速动车组。

(1)CRH3 型动车组的编组及平面布置。

①编组结构。CRH3 型动车组为 8 节编组,采用 4M+4T 动力分散式配置。CRH3 型动车组采用交流传动系统,两端为带司机室的动力车,列车正常运行时由前端司机室操纵。CRH3 型动车组包括 5 种不同的车,即端车(头车和尾车)、变压器车、变流器车、餐座合造车和一等座车。

CRH3 型动车组 5 种不同车型的定义和代号如表 3-3 所示。

表 3-3 CRH3 型动车组 5 种不同车型的定义和代号

定 义	端车 01/08	变压器车 02/07	变流器车 03/06	餐座合造车 04	一等座车 05
代 号	EC01/EC08	TC02/TC07	IC03/IC06	BC04	FC05

②平面布置。CRH3 型动车组按座椅布置的不同可分为头车、一等座车、二等座车、座车和餐车的合造车。客室包括头车休闲区、一等座车客室和二等座车客室。一等座车客室座椅采用“2+2”布置,二等座车客室座椅采用“2+3”布置。餐饮服务区设有立式靠座、酒吧立桌、吧台等设施。全列车除酒吧车、头车外,每节车均设有两个卫生间,其中包含一个残疾人专用卫生间,这种卫生间布置在带有轮椅区的中间车(FC05)上。

(2)主要外形尺寸。CRH3 型动车组头车长度为 25.860 m,中间车长度为 24.825 m,总长约 200 m,车体宽度为 3.265 m,车体高度为 3.890 m。

(3)CRH3 型动车组的车内主要设备。

①司机室。CRH3 型动车组为 8 车编制的动车组,在头车 EC01 和 EC08 上各设一个司机室,两端的司机室具有相同的设置与功能。司机室设计为单人驾驶模式,司机操纵台设在中央。CRH3 型动车组司机室内主要包括司机室操控设备、相关辅助设备和电气柜。操控设备包括司机控制台、司机室右柜和司机室左柜。司机控制台位于司机正前方,它包括正常行驶期间对列车操控所需使用的控制元件和指示元件。司机室右柜设有行驶时不需要但必须进行监测和部分操作的元件,如司机室空调控制、蓄电池电压表等,以及应急故障的控制开关。司机室左柜设有辅助设施,包括车载列控设备、打印机、垃圾箱等设备。为确保司乘人员的舒适性,司机室内设有全方位可调节司机座椅、电动遮阳窗等设备,并配备可打开逃生车窗、逃生梯、灭火器等设施。

②给排水和卫生系统。CRH3 型动车组列车的给排水和卫生系统主要包括供水系统、电开水炉和卫生系统 3 部分。供水系统的主要任务是向列车提供各种用水,如洗漱用水、饮水机供水、餐车用水和冲洗集便器用水。电开水炉用于为旅客提供饮用水,如用于沏茶的水等。卫生系统为旅客提供舒适的卫生环境,并负责收集污物。在 CRH3 型动车组车辆中,除端车(EC01、EC08)和餐座合造车(BC04)外都设有卫生设施。每列车共有 10 个卫生间,其中包含 1 个残疾人专用卫生间。残疾人专用卫生间布置在带有轮椅区的一等座车(FC05)上。头车(EC01、EC08)、餐座合造车(BC04)设 1 个净水箱和 1 个电热开水炉,其他车辆设 2 个卫生间、1 个电开水炉、1 个净水箱和 1 个污物箱。CRH3 型动车组的供水系统由注水系统、水箱、供水管路、液位显示装置和防冻排空管路组成,采用压力供水和重力供水两种供水方式。重力供水方式的水箱处于高点,利用液位高度差产生的压力实现供水;压力供水方式则是通过泵水系统产生的压力实现供水。餐座合造车(BC04)采用压力供水方式,其他车型均采用重力供水方式。

③行李架。行李架跨越相应各车厢客室的总长,分布在客室的两侧。

④餐饮设施。CRH3 型动车组的餐饮系统用于整列车旅客食物方面的供应,以满足旅

客在乘车过程中的基本饮食需要。厨房区分为服务区 and 用餐区,服务区用于准备和存放食品和饮料;用餐区用于将食品和饮料通过柜台销售给旅客,在这一区设有食品和饮料冷藏箱。厨房的服务设施用于食品的解包装或加热。厨房设备包括 1 个微波炉、1 个循环蒸炉、1 个水加热器、1 个电冰箱(无冰盒)、1 个冷藏展示柜、1 个制冰机(输出约 10 kg/24 h)、1 个价格单框架、2 个半尺寸非冷藏手推车柜、1 个带冷热水口的不锈钢水池、1 个工作面照明灯、1 个非冷藏橱柜、1 个带控制板的厨房控制柜和 2 个废物手推车(长度为普通手推车长度的 1/2)。

⑤旅客信息系统。CRH3 型动车组的旅客信息系统主要由 3 个子系统构成,分别是旅客信息显示系统、通告广播和列车内部通信系统、音频/视频娱乐节目播放系统。旅客信息显示系统为旅客提供列车车次、起始站点、停站信息、重要行车信息、车内外温度等信息。通告广播和列车内部通信系统用于司机和乘务人员或旅客之间的语音通信。音频/视频娱乐节目播放系统主要是为了使一等座车(FC05)中的旅客更加舒适,在旅途中可以进行音乐或视频方面的娱乐。

⑥车内环境控制系统。CRH3 型动车组为满足乘坐舒适度要求,在车内设置了客室空调系统、司机室环境控制系统、压力保护系统、车内噪声控制系统、应急系统、照明系统等。CRH3 型动车组的空调系统主要由以下几部分组成:车顶单元式空调机组,贯穿车顶的整车供风道组成和风道两侧与侧墙风道连接的软风道,空调机组两侧的新、回风混合箱和新风格栅,安装在车下的废排单元,布置在车内的废排风道、控制系统及布置在通过台的风扇加热器等。

空调系统安装在车内的控制柜内,它基本上包括空调控制单元、相关的单元接口和控制继电器,所有交流接触器和断路器等相关电子设备都集成在位于车下的一个箱子内。新风入口和废排出口必须阻止外部压力波通过管道系统渗透到车内,以保证旅客的乘坐舒适度及车内各种设备的安全运行。压力波保护系统用于在列车通过隧道或高速行驶的两列车会车时,保护旅客免受车外压力变化的影响。在 CRH3 型动车组中,空调系统采用被动式压力保护系统。系统气动压力保护阀用来隔离车内和车外空气。当列车检测到车内外压力波动过大时,压力保护阀被触发,气动阀门关闭,空调进入全回风模式。当压力保护阀重新打开时,新风量提高,室内 CO₂ 含量迅速降低。

为了控制车内噪声,CRH3 型动车组采用隔音、减震的车体结构。通过安装性能良好的隔音、隔热、减震的阻尼材料,使车体结构具有隔音、隔热和减震的性能。除供电方式不同外,CRH3 型动车组的应急通风过程和常规通风过程在原理上没有根本性的差别。适合于空调风机使用的逆变电源是应急通风系统的关键设备,当列车 440 V 交流回路失电时,该电源将蓄电池的直流电逆变成三相交流电,继续给通风机的马达供电,使通风机继续工作。CRH3 型动车组的应急照明提供所有区域的基本照明,正常供电时,应急照明和主照明一起工作,出现供电故障时,应急照明由蓄电池供电,保证照明不间断。司机室的卤素顶射灯属于应急照明,可单独切换。

CRH3 型动车组的紧急设备包括灭火器、车厢之间的通道门、逃生窗、内部通信装置、逃

生梯/疏散舷梯、警报信号盒、紧急逃生门、火炬信号和急救箱。能够在早期检测到火灾的光学烟感器被用作火灾探测器,火灾探测器用来监控牵引变流器、辅助变流器、卫生设施、PIS 柜、电气柜和驾驶室,每节车厢中的 PIS 柜中的火灾探测控制装置对来自火灾探测器的信号进行评估。动车组车厢之间的通道门为防火门,具有良好的密封性,可确保在火灾发生的 15 min 内火势不蔓延到邻车。在所有逃生窗的里面和外面都做了明确的标识。当遇到紧急情况时,应用逃生窗旁边的安全锤敲碎逃生窗,然后将其作为一条逃生路线;司机室的活动侧窗也必须配合逃生梯用作逃生窗。在司机室的司机座椅下面的箱子中放有卷式逃生梯,它可以挂在司机室的左侧窗户和右侧窗户的框架上。逃生梯可帮助司机在到达外门的路线被阻塞的情况(如烟雾或火)下从司机室逃生。

4. GRH5 型动车组

CRH5 型动车组是以 ALSTOM 公司制造的 SM3 型动车组为原型车,通过全面引进设计制造技术,由我国北车长春轨道客车股份有限公司在国内制造生产的。

(1)CRH5 型动车组的编组及平面布置。

①编组结构。CRH5 型动车组由 8 辆车组成,包括 5 辆动车和 3 辆拖车,首尾车辆设有司机室,可以双向驾驶。该动车组可在运营需要时由 2 列 8 辆短编组连挂成 1 列 16 辆长编组。

②平面布置。CRH5 型动车组包括一等座车 1 辆、带酒吧的二等座车 1 辆、带残疾人卫生间的二等座车 1 辆、二等座车 5 辆。列车两端部设有司机室。8 辆编组定员为 622 人(包括 1 个残疾人座席)。其中,一等座车 1 辆(0 号车),定员 60 人。二等座车 7 辆(1~7 号车),1 号车定员 74 人;2、3、4、5 号车定员均为 93 人;6 号车带酒吧,定员 42 人;7 号车带残疾人卫生间,车内设有 1 个残疾人座位,定员 74 人。一等座车座椅采用“2+2”布置,二等座车座椅采用“2+3”布置,座椅之间不设扶手。带酒吧的二等座车设配餐区和吧台区,在一等座车和吧台区设有 ES。除酒吧车外,每节车均设 2 个卫生间。一等座车设 1 个座式卫生间和 1 个蹲式卫生间,二等座车设 2 个蹲式卫生间,在 7 号车上还设有 1 个残疾人卫生间。

CRH5 型动车组各节车厢定员如表 3-4 所示。

表 3-4 CRH5 型动车组各节车厢定员

车厢顺位	01	02	03	04	05	06	07	00
席 别	二等座车	二等座车	二等座车	二等座车	二等座车	酒吧座车	二等座车	一等座车
定员/人	74	93	93	93	93	42	74	60

(2)主要外形尺寸。CRH5 型动车组头车长度为 27.6 m,中间车长度为 25 m,总长为 211.5 m,车体宽度为 3.2 m,车体高度为 4.27 m。

(3)CRH5 型动车组的车内主要设备。

①司机室。CRH5 型动车组两头车各设一个司机室,两个司机室的设备布置相同。司机室为单司机操作模式,操作台居中布置,在它的后部设置有一组弹簧升降式座椅。在操作

台上分别设有制动手柄和牵引手柄,可以完成自动驾驶和手动驾驶;在操作台的正面分别显示速度信息、运行信息和列车信息等。司机室根据人机工程学进行设计,符合 UIC 651 标准的规定,司机室的密封与环境控制要求符合 UIC 651 标准中关于噪声的要求。司机室侧窗包括两个窗玻璃,窗玻璃通过一个框架连接,使远离车头的那块玻璃可以向里打开。整个车窗可以很容易地移动和推出,提供一个人通过的开口。

②给排水和卫生系统。CRH5 型动车组的给排水和卫生系统主要包括供水系统、饮水机和厕所系统 3 部分。供水系统的主要任务是向列车提供各种用水,如冲洗集便器用水、洗漱用水、饮水机用水和酒吧车用水。饮水机为旅客提供饮用水,厕所系统用来清理收集污物,为旅客提供舒适的厕所环境。供水系统与饮水机和卫生系统配合设置。不同车型配有不同种类和数量的卫生间。卫生间包括残疾人卫生间、标准卫生间和西式卫生间。其中,标准卫生间内设蹲式便器,分为左侧和右侧。西式卫生间和残疾人卫生间内设坐便器。全列车中配置有 6 个右侧标准蹲式卫生间、6 个左侧标准蹲式卫生间、1 个坐式卫生间、1 个残疾人卫生间,其中 Tpb 车未设置卫生间。在每列车(除 Tpb 车外)靠近右侧卫生间的位置都安装有 1 个冷热饮水机,Tpb 车吧台处安装有 1 台热饮水机。饮水机通过一个单独的管路从供水系统的净水箱中取水。

③行李架和大件行李存放处。CRH5 型动车组共设置两种行李架,用于旅客存放随身行李。不同的车型配置不同类型的行李架。一等座车配置带阅读灯的行李架,二等座车的行李架无阅读灯。在酒吧车的吧台站立区域还配置有行李架罩板,行李架罩板只起装饰作用。此外,CRH5 型动车组还在 MC1 车的客室端部设有大件行李存放区。

④餐饮设施。CRH5 型动车组的 Tpb 车在中部设置 1 个小型配餐室,可为旅客提供快餐食品。配餐室的餐饮设备包括 1 套压缩机、1 台冷藏玻璃柜、1 台带有 8 个抽屉的冷藏柜、1 台冰柜、1 台立式冰箱(包含 1 个冷藏室和 1 个冷冻室)、1 台立式双门冷藏柜、1 个带有供水管路和热水器的洗盆、1 台消毒柜、1 台微波炉、1 台对流式烤箱、1 个啤酒/饮料冷却和分配系统(包括 3 个水嘴,其中 1 个用于啤酒,另外 2 个用于软性饮料)、1 台饮水机、1 个小推车存储区、2 个可加热小推车和 1 个普通小推车。

⑤旅客信息系统。CRH5 型动车组的旅客信息系统是分布式信息服务系统,主要由 4 个子系统构成,分别是旅客信息显示系统、公共播音系统、列车内部对讲通信系统和音频/视频娱乐节目播放系统。旅客信息显示系统将来自中央管理单元的文字信息通过 RS485 总线送到音频控制单元(audio control unit, ACU),由 ACU 送至车内外显示器上进行显示。显示器位于车门附近和车厢内部,能够向旅客显示列车的行车信息(列车车次、时间表、车厢号、列车速度、列车位置、到达车站等)、车内外温度和由乘务人员编辑的信息。公共播音系统通过音频控制器(ACU/音频放大单元)与全列所有车辆相连,提供列车内部的广播功能,实现 GPS 自动定位广播、乘务员播报。ACU/音频放大单元内含 ACU、APU、电话(PHONE) 3 个既独立又联系的单元。PHONE 与 ACU 组合使用可实现列车司乘人员间的通话。音频/视频娱乐节目播放系统可为一等座车和酒吧车上的旅客播放 DVD 视频,视频内容可预先存在中央管理单元的硬盘中或从 DVD 光驱获取。旅客可通过座位接收器收听到 5 套独立

的音乐或视频伴音。

⑥车内环境控制系统。为实现对车内环境的控制功能,列车空调系统主要由通风系统、空气冷却系统、空气加热系统和自动控制系统 4 个基本部分组成。CRH5 型动车组空调系统由以下部分组成:客室和司机室单元式机组、排风箱、客室控制单元、司机室控制单元、温度传感器、压力保护系统、紧急逆变器、风道分配系统等。动车组的司机室和客室内均装有 HVAC。HVAC 安装在车顶上,它可通过使用制冷剂(R-407C)实现良好的通风、供热和制冷功能。客室空调系统包含两个独立的制冷回路,当一套制冷回路发生故障时,仍有 50% 的制冷调节作用。空气通过内部风道从静音器进入客室,经过处理的气体通过装在行李架后面的纵向管道传遍车体,并通过行李架的下部分散至客车分隔间。

CRH5 型动车组的被动式压力保护系统使用快速动作的压力保护阀隔离送风风道,当压力保护被触发时,阀门关闭,空调进入全回风模式。当压力保护阀重新打开时,新风量提高,室内 CO₂ 含量迅速降低。CRH5 型动车组客室和司机室的供暖均采用电热空气预热和侧墙电加热辅助供热的联合供暖方式,主要供热装置包括电热空气预热器和辅助加热器(电暖器)两部分。供热装置由电热元件组成,当电流流过电热元件时,电热元件发热并将热量传递给流过的空气,由空气将热量带入车内。CRH5 型动车组正常运行时,车厢内的通风换气系统由外部电源向风机的马达供电,以保证车内的通风换气。如遇突发停电情况,车内应急备用电源将启用,为车内的应急通风供电,此时,空调系统由蓄电池供电,通过逆变器给风机供电,向车内送入新风。应急通风的主要目的是保障旅客的生命安全,而不是提供舒适性环境,因此,应急通风对系统的基本要求是能够在尽可能长的时间内向客室提供旅客所需的最小新风量。CRH5 型动车组将特定的车窗设置为逃生通道的出口。在发生灾害性事故的情况下,如果车门无法开启,旅客可使用放置在车厢侧壁上的专用安全锤击碎应急侧窗的玻璃,打通逃生通道。应急侧窗设置在每节车厢的两端双侧,其玻璃上方标有明显的红色荧光圆点作为标记。

5. CRH380 型动车组

(1)CRH380A 型动车组编组及平面布置。

①编组结构。CRH380A 型动车组采用 8 辆编组,6 动 2 拖,设有二等/特等座车、一等座车、一等/特等座车、二等座车、二等座车/餐车。CRH380AL 型动车组采用 16 辆编组,14 动 2 拖,设有一等商务座车、一等座车、二等座车、二等座车/餐车及商务车(仅 6041~6070 列设商务车)。

②平面布置。CRH380A 型动车组的全列定员为 494 人。其中,一等座车座椅采用“2+2”布置,中间为走廊,定员 89 人;二等座车座椅采用“2+3”布置,中间为走廊,定员 387 人;3 号车为带包间的一等座车,包间定员为 6 人;带观光座的二等座车定员 12 人。

CRH380AL 型动车组的第一阶段全列定员为 1 066 人。其中,一等座车座椅采用“2+2”布置,中间为走廊,定员 162 人;二等座车座椅采用“2+3”布置,中间为走廊,定员 838 人;观光区商务座椅采用“1+1”布置,3 号商务车商务座椅采用“2+1”布置,中间为走廊,定员 28 人(含观光区);餐车定员 38 人。

CRH380AL 型动车组的第二阶段全列定员为 1 099 人。其中,一等座车座椅采用“2+2”布置,中间为走廊,定员 118 人;二等座车座椅采用“2+3”布置,中间为走廊,定员 923 人;观光区商务座椅采用“1+1”布置,头车一等商务车商务座椅采用“2+1”布置,中间为走廊,定员 20 人(含观光区);餐车定员 38 人。

(2)CRH380B 型动车组编组及平面布置。

①动车组编组。CRH380B 系列动车组包括长、短两种车型,分别为 CRH380B 型和 CRH380BL 型。CRH380B 型动车组采用 8 辆编组,4 动 4 拖,设有二等座车/观光车、一等座车/包间车、一等座车、二等座车、二等座车/餐车。CRH380BL 型动车组采用 16 辆编组,8 动 8 拖,设有观光车、一等座车、VIP 车、二等座车、餐车。

②动车组平面布置。CRH380B 型动车组的全车定员为 490 人。其中,商务座车座椅采用“2+1”布置,一等座车座椅采用“2+2”布置,中间为通道;二等座车座椅采用“2+3”布置,中间为通道;3 号车为商务座车,定员 24 人,设有可躺式商务座椅;两端头车设有商务休闲区,方便小型商务团队乘车。

CRH380BL 型动车组的全车定员为 1 043 人。其中,一等座车座椅采用“2+2”布置,中间为通道;二等座车座椅采用“2+3”布置,中间为通道;1 号车为带包间的一等座车,包间定员为 4 人,中间有桌子,可以开小型会议。

(3)CRH380CL 型动车组编组及平面布置。

①动车组编组。CRH380CL 型动车组采用 16 辆编组,8 动 8 拖,设有一等座车/观光车/包间车、一等座车包间车、VIP 车、一等座车、二等座车、二等座车/餐车。

②动车组平面布置。CRH380CL 型动车组的全车定员为 1 004 人。其中,一等座车座椅采用“2+2”布置,中间为通道;二等座车座椅采用“2+3”布置,中间为通道;2 号车为带包间的一等座车,包间定员 4 人,中间有桌子,可以开小型会议;观光车座位采用“1+2”布置,能看到司机室。

(4)CRH380D 型动车组编组及平面布置。

①动车组编组。CRH380D 型动车组采用 8 辆编组,4 动 4 拖,设有一等座车、二等座车、二等座车/餐车。

②动车组平面布置。CRH380D 型动车组的全车定员为 569 人。其中,一等座车座椅采用“2+2”布置,中间为通道;二等座车座椅采用“2+3”布置,中间为通道;观光座位采用“1+2”布置,能看到司机室。

3.3.6 “复兴号”动车组

1. “复兴号”动车组简介

“复兴号”动车组列车是中国标准动车组的中文命名,由中国铁路总公司牵头组织研制、具有完全自主知识产权、达到世界先进水平的动车组列车,是目前世界上行车速度最高的高铁列车。

“复兴号”动车组列车的英文代号为 CR, 列车水平高于 CRH 系列, 3 个级别分别为 CR420、CR300 和 CR200, 数字表示最高速度, 而持续速度分别对应 350 km/h、250 km/h 和 160 km/h, 适应于高速铁路(高铁)、快速铁路(快铁)和城际铁路(城铁)。早期的两个型号是红神龙 CR400AF 和金凤凰 CR400BF。“复兴号”CR400 系列的上挡速度为 400 km/h、标准速度为 350 km/h。

在 350 km/h 的速度下, “复兴号”与和谐号 CRH380 相比, 总能耗下降了 10%。“复兴号”从 300 km/h 的速度提高到 350 km/h 的速度, 能耗增加 20%~30%。因为京沪高铁客流量占我国高铁客流量的 1/6 以上, 沿线经济能力强、需求强, 所以中国铁路总公司正在将京沪高铁逐步恢复到 350 km/h 的速度, 其他线路则视条件而定。

2012 年, 中国标准动车组“复兴号”正式启动研发; 2017 年 6 月 25 日, 中国标准动车组被正式命名为“复兴号”, 并于 26 日在京沪高铁正式双向首发; 2018 年 7 月 1 日起, 全国铁路实行新的列车运行图, 16 辆长编组“复兴号”动车组首次投入运营; 2018 年 8 月 1 日, 在京津城际铁路上运行的动车组列车全部被更换为“复兴号”动车组列车。

2018 年 12 月 9 日, “复兴号”中国标准动车组项目获第五届中国工业大奖。2018 年 12 月 24 日, 速度为 350 km/h 的 17 辆长编组、速度为 250 km/h 的 8 辆编组、速度为 160 km/h 的动力集中等多款“复兴号”新型动车组首次公开亮相。

2. “复兴号”动车组的创新成果

“复兴号”中国标准动车组构建了体系完整、结构合理、先进科学的技术标准体系, 在动车组基础通用、车体、走行装置、司机室布置及设备、牵引电气、制动及供风、列车网络标准、运用维修等 10 多个方面均达到国际先进水平。

“复兴号”中国标准动车组大量采用了我国国家标准、行业标准和铁路总公司企业标准等技术标准, 同时采用了一批国际标准和国外先进标准, 具有良好的兼容性能, 在 254 项重要标准中, 我国标准占 84%。最重要的是中国标准动车组整体设计及车体、转向架、牵引、制动、网络等关键技术都是我国自主研发的, 具有完全自主知识产权。其技术创新及成果主要体现在以下几个方面:

(1) 安全保障技术更先进。“复兴号”中国标准动车组设有智能化感知系统, 并建有强大的安全监测系统, 全车部署了 2 500 余个监测点, 能够对走行部状态、轴承温度、冷却系统温度、制动系统状态、客室环境进行全方位、实时监测。“复兴号”中国标准动车组还增设了碰撞吸能装置, 以提高动车组被动防护能力。为适应我国地域广阔、环境复杂($-40\sim+40\text{ }^{\circ}\text{C}$)、长距离、高强度运行的需求, “复兴号”中国标准动车组按最高等级(设计寿命为 30 年或 $1\,500\times 10^4\text{ km}$)考核动车组的主要结构部件, 整车进行 $60\times 10^4\text{ km}$ 运用考核(欧洲一般为 $40\times 10^4\text{ km}$)。

(2) 乘坐体验更良好, 不但能充电, 而且有 WiFi。“复兴号”中国标准动车组的车厢内实现了 WiFi 网络全覆盖, 设置不间断的旅客用 220 V 电源插座; 空调系统充分考虑了减少车外压力波的影响, 在通过隧道或交会时减小耳部的不适感; 列车设有多种照明控制模式, 可根据旅客需求提供不同的光线环境。“复兴号”中国标准动车组还采取了多种减振降噪措

施,改进了洗漱设施,设置有无障碍设施等,这些都能够为旅客提供更好的乘坐体验。

(3)感知系统更智能化,出现异常情况时能自动限速或停车。“复兴号”中国标准动车组采集各种车辆状态信息多达 1 500 项,能够全面监测列车的运行状况,实时感知列车的状态,包括安全性能、环境信息(如温度)等,并记录各部件运用工况,为全方位、多维度地进行故障诊断和维修提供支持。当列车出现异常时,系统可自动报警或预警,并能根据安全策略自动采取限速或停车措施。此外,“复兴号”中国标准动车组还采用远程数据传输,可在地面实时获取车辆状态信息,提升地面同步监测和远程维护的能力。

(4)车体低阻力流线型、平顺化的设计,不仅可以大大降低能耗,还可以使车内的噪声明显降低。“复兴号”中国标准动车组列车的阻力比既有 CRH380 系列降低了 7.5%~12.3%,350 km/h 速度级人均百公里能耗下降 17%左右,有效减少了持续运行的能量消耗。在车体断面增加、空间增大的前提下,“复兴号”中国标准动车组按速度 350 km/h 进行试验运行时,列车运行阻力、人均百公里能耗和车内噪声都有明显下降,表现出良好的节能环保性能。



课后实训

高速铁路客车实训

【实训目的】

- (1)了解高速铁路客车的总体情况(一般车体客车、摆式车体客车)。
- (2)认识高速铁路客车的车体与车内设施(高速铁路客车车体、高速铁路客车车内设施)。
- (3)认识高速铁路动车组(动车组的分类、动车组的优点、动车组的基本组成、动车组的技术参数、“和谐号”动车组、“复兴号”动车组)。

【实训设备】

教学教具(计算机、多媒体),列车模型。

【实训地点】

高铁站模拟训练中心。

【实训内容】

- (1)由教师介绍实训的目的、方式、要求,调动学生实训的积极性。
- (2)对学生进行分组,确定各小组的组长和人员分工,以学习小组为单位制订小组计划,了解团队要做什么,要达到什么目的。
- (3)由教师介绍高速铁路客车的相关内容及要讨论的话题。
- (4)各小组对教师布置的问题进行讨论,并记录小组成员的发言。
- (5)根据小组讨论记录撰写讨论小结。
- (6)各组相互评议,教师点评、总结。

【实训要求】

- (1) 分组观察, 听从指挥, 以认知为主。
- (2) 上课时, 积极与教师配合, 积极思考、发言。
- (3) 认真阅读案例, 积极参与小组讨论, 灵活分析问题。要做到案例分析基本完整, 能结合所学理论知识解答问题。

复习思考题

- (1) 简述一般车体客车的分类。
- (2) 简述动车组旅客信息系统。
- (3) 简述高速铁路客车车内设施。
- (4) 简述动车组的优点。
- (5) 简述动车组的基本组成。