

第一章 城市轨道交通工程车辆综述

第一节 城市轨道交通工程车辆类别

一、工程车辆的分类

工程车辆是保证地铁安全运营不可或缺的设备，担负着紧急救援、调车作业、供电设备和线路维修、线路和接触网检测、钢轨打磨修复等工作。

按照车辆有无动力，工程车辆可分为有动力工程车辆和无动力工程车辆。

按照其具有的功能和担负的主要任务，工程车辆分为内燃机车、网轨检测车、钢轨打磨车、隧道清洗车、接触网作业车、携吊平车、平板车、公铁两用车等。

二、工程车辆的特点

1. 工程车辆的基本特点

工程车辆是地铁车辆段的重要配属设备，因而工程车辆有其独有的特点：

(1) 工程车辆种类繁多，功能各异，有内燃机车、网轨检测车、钢轨打磨车、隧道清洗车、接触网作业车、携吊平车、平板车、公铁两用车等。

(2) 由于工程车辆主要用于车辆段与综合基地、区间、车站、隧道的接触网、轨道等的维护维修，因此车内设置座位数量少，服务性设施设备简单。

(3) 由于城市轨道交通的设备维护大多安排在夜间，因此对工程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。

(4) 作为城市轨道交通的组成部分，工程车辆的外观造型和色彩必须考虑城市文化、环境美化，与城市景观相协调。

2. 工程车辆的功能特点

1) 内燃机车

内燃机车主要用于车辆段与综合基地内地铁列车调车作业的牵引，区间、车站、隧道的事列车救援牵引，设备、物资的运输车辆及其他无动力轨道车辆的牵引作业，以及为其他无动力轨道车辆提供作业电源，该车各项功能满足地铁车辆段与综合基地场内的各项作业要求。

2) 网轨检测车

网轨检测车是连挂在内燃机车或其他轨道工程车辆后部进行轨道、限界、接触网检测的

车辆。网轨检测车主要由车辆、轨道检测系统、接触网检测系统、限界检测系统等部分组成。车辆内、外部安装有轨检、网检设备及其附件。车辆本身不设走行动力，由动力机车牵引运行。车辆内部设轨道检测间、接触网检测间、会议室、副驾驶室，各间能相互独立使用，主要用于接触网、轨道、隧道限界参数等检测、处理和传输，并为其他项目检测设备预留接口。

3) 钢轨打磨车

钢轨打磨车主要用于对钢轨的波浪磨耗和轨廓变形进行打磨修正，从而提高车辆运行的稳定性，减少车辆的冲击载荷，延长车辆和钢轨等设备的使用寿命，确保运行安全。

4) 隧道清洗车

隧道清洗车是采用吹扫、吸尘、高压水洗或单独水洗等方式对地铁线路轨道、道床、接触网绝缘子和隧道壁进行全截面清洁作业，从而保证地铁线路有清洁和安全的行车环境。

5) 接触网作业车

接触网作业车是专为地铁电气化铁路接触网施工用的专用车辆，该车无动力，作业时与接触网架线作业车连挂，组成作业车组。接触网作业车主要用于接触网导线和承力索的架设、日常维护和事故抢险。

6) 携吊平车

携吊平车是在内燃机车或轨道车牵引下吊装运输线路施工、检修或救援用的物资、器材、设备的车辆。

7) 平板车

平板车是主要用于工务、通信信号、工程部门的轻便运输车辆。一般，平板车需要由内燃机车牵引。

8) 公铁两用车

公铁两用车是在标准轨距线路上牵引一列或一辆电动客车作地面调车运行，铁路作业完成后即可在铁路与道路交叉的道口处下道，在公路上行驶，转线作业可不经道岔，调头时无需转盘或三角线，使调车作业方便、灵活、省时；也可作为车辆上下移车台的牵引设备。

第二节 工程车辆的基本结构

一、工程车辆的基本构造

除网轨检测车、隧道清洗车、放线车、平板车没有动力外，其余工程车辆的基本构造包括发动机、传动装置、车体和车架、走行部、制动系统、电气系统及辅助装置七大部分，为讨论方便，以下简称此类车辆为机车。

(1) 发动机是机车的动力装置，其作用是将燃料的化学能转变为机械能。机车主要采用的是柴油机，即利用柴油燃烧时所产生的燃气直接推动活塞做功。

(2) 传动装置的作用是将发动机的机械能传给走行部分，力求发动机的功率得到充分发挥，并形成乘务人员的工作场所。

(3) 走行部(转向架)的作用是承受机车的上部质量,将传动装置传递来的功率转换为机车的牵引力和速度,保证机车运行平稳和安全。

(4) 制动系统的主要作用是机车遇到紧急情况需要降低速度,或者进站需要停车时产生制动力,使机车减速或停车。

(5) 电气系统的功能是通过各种电器元件实现机车启动、调速、充电、照明等,保证机车各系统正常运行。

(6) 辅助装置的作用是保证发动机、传动装置和走行部的正常工作和可靠运行。辅助装置包括燃油供给系统、冷却水系统、机油系统、空调系统、液压系统等,此外还有信号装置、灭火器以及随车工具等。

二、工程车辆的牵引

1. 影响机车运行的力

作为牵引动力机车,影响机车运行的力主要有3种:

(1) 机车牵引力,使机车运动并可以控制的外力。

(2) 列车阻力,在运动中产生的与列车运行方向相反的不可控制的力。列车阻力包括机车阻力和车辆阻力。

(3) 制动力,与列车运行方向相反的使机车减速或停止的可控制的外力。

以上3种力在一般情况下不同时存在。在牵引工况下,牵引力和阻力同时存在;惰行工况下,只有阻力存在;在制动工况下,制动力和阻力同时存在。

2. 牵引力

1) 牵引力的形成

柴油机产生的扭矩通过输出轴、传动装置使车轮获得扭矩 W ,如果机车被调离钢轨,则扭矩作为内力矩,只能使车轮发生旋转运动,而不能使机车发生平移运动。当机车置于钢轨上使车轮和钢轨成为有压力的接触时,就产生车轮作用可以控制的力 F , F 所引起的钢轨作用于车轮的反作用力 F_1 就是使机车发生运行的外力。这种由钢轨沿机车运行方向加于动轮轮周的切向外力就是机车轮周牵引力,简称机车牵引力。

2) 黏着定律

轮周牵引力是钢轨对动轮的反作用力,所以它的大小随着作用在动轮上的力矩 M 的大小变化,并由司机改变主控制器手柄来实现。当力 F 增大时,反作用力 F_1 同样随之增大,这时动轮上的接触点与钢轨上的接触点没有相对滑动。车轮与钢轨间的黏着力 $F_{黏}$ 的极限接近于轮轨间的摩擦力,即一个动轮黏着力的最大值。

$$F_{黏\max} = W_{\min} \cdot Q \quad (1-1)$$

式中 $F_{黏\max}$ ——由轮轨间的黏着条件决定的黏着力, N;

W_{\min} ——轮轨间的最大物理黏着系数(接近静摩擦系数);

Q ——动轮荷重, kN。

3) 黏着系数

物理黏着系数 W 由多种因素决定, 它在一定的范围内变化。当车轮在钢轨上滚动时, W_{\min} 接近于静摩擦系数。 W_{\min} 值与轮荷重、线路刚度、机车传动装置和走行部的结构、轮箱和钢轨的材质及其表面状态、车速等因素有关。在干钢轨上撒上一层细石英砂, W_{\min} 值可高达 0.6, 而一般干钢轨的 W_{\min} 值为 0.3 ~ 0.5。轨面上有一层微观薄油膜, 将使该值减少, 甚至可能小到 0.15 以下。车轮荷重不同, 则凹凸不平的轮轨接触面的变形 (弹性变形和塑性变形) 也不同, 使 W_{\min} 值也发生变化, 最大黏着系数作为物理值具有随机性, 变化范围很大, 而且影响因素很多, 所以很难准确计算。

黏着系数的确定一般都是根据大量实验, 将实验结果用于统计方法整理成经验公式用作计算的依据。由经验公式计算求得的黏着系数称为计算黏着系数, 用 $W_{\text{计}}$ 表示。

我国目前内燃机车常用的计算黏着系数公式为

$$W_{\text{计}} = 0.25 + 8 / (10 + 20v) \quad (1-2)$$

式中 v ——机车运行速度, km/h。

这个计算黏着系数在正常条件下不需要撒砂就能实现。在恶劣条件下, 通过撒砂也能基本实现。

在曲线半径 $R = 300 \sim 600$ m 的曲线上, 计算黏着系数有所下降, 可用式 (1-3) 计算:

$$W = W_{\text{计}} (0.67 + 0.005R) \quad (1-3)$$

式中 W ——曲线上的计算黏着系数;

R ——曲线半径, m。

近年来, 由于科学技术的发展, 特别是电力牵引的发展, 牵引力和制动力都逐渐增大, 轮轨间的黏着已成为限制增大牵引力和制动力的关键问题。

目前, 提高黏着系数的措施, 除了减少轴重转移、减少簧下质量、撒砂以及轮对在构架内的定位刚度不过大外, 还采用对轨面进行化学处理。

3. 阻 力

机车在牵引过程中需要克服列车阻力。

列车阻力包括机车阻力和车辆阻力两部分。根据引起阻力的原因, 阻力可分为基本阻力和附加阻力两类。

1) 基本阻力

基本阻力在列车运行中总是存在。由于列车在平直道上运行时一般只有基本阻力, 所以基本阻力常称为平直道上的阻力。基本阻力是由列车内部之间和列车外部之间相互摩擦或冲击产生的。机车或列车在各种工况下都有基本阻力存在。引起基本阻力的主要因素有:

- ① 滚动轴承的滚动摩擦或滑动轴承的滑动摩擦。
- 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 冲击阻力。

机车车轮的基本阻力与车轮的构造有关。

2) 附加阻力

附加阻力只发生在特定情况下，如列车在坡道上运行时，有坡道阻力；在曲线上运行时，有曲线阻力；列车起动时，有起动附加阻力，等等。

坡道阻力是列车进入坡道后，列车重力产生的沿坡道斜面的分力。

曲线阻力是列车通过曲线时增加的阻力。引起曲线阻力的原因有：

- ① 车轮对于钢轨的横向及纵向滑动。
- ② 轮缘与钢轨内侧的摩擦。
- ③ 滚动轴承的轴端摩擦或滑动轴承的轴瓦轴颈的摩擦。
- ④ 车辆心盘及旁承因转向架的回转而发生的摩擦。

曲线阻力与许多因素有关，如曲线半径、运行速度、外轨超高、车重、轴距、轮面的磨损程度等。

3) 隧道空气附加阻力

列车进入隧道后，使隧道的空气产生阻塞现象。由于列车进入隧道，使空气流动的截面积减少，因而空气流动的速度升高，以及列车头部的空气被压缩和尾部的空气被稀释的情况比隧道外加剧，所以使得作用在列车上的空气阻力增大。这种增加的空气阻力称为隧道空气附加阻力。

列车的隧道空气阻力与许多因素有关，如隧道内的运行速度、列车长度、列车进风面积、隧道长度、隧道净空面积、隧道洞门形状、列车头部和尾部形状等。

4) 起动阻力

列车停车后，轮载使轨面下沉，轴颈轴承间有油膜破坏，油的黏度因油温下降而显著增大（特别是在低温情况下），以致重新起动时的阻力远大于基本阻力。这种因车辆停留而增加的阻力称为起动阻力。起动阻力的大小与起动停留时间、外界温度、轴重润滑油种类、轴承种类及车辆走行部分的状态有关。

列车阻力随所处环境的不同而变化，也与机车车辆的结构设计、保养质量以及减振材料等有关。影响阻力的因素极为复杂，变化也很大，很难进行理论推算。因此，在实际计算中阻力数值都是结合具体情况从多次试验中找到一般平均值。

4. 制动力

机车车辆进行速度调整控制或者停车时，需要施加制动。机车车辆的制动力主要由空气制动装置产生。一般，制动是通过空气制动系统，使闸瓦压紧轮对产生制动力。当列车在长大坡道上运行时，电力机车或者电传动的内燃机车还采用电阻制动，部分液力传动的内燃机车采用液力制动，以减少闸瓦磨耗。

在制动工况时，列车依靠惯性惰行，现以一个轮对为分离体来讨论闸瓦压紧轮对产生的制动力。轮对以 ω 的角速度在轨面惯性滚动，车辆以线速度 v 惰行，设一块闸瓦压力为 K ，一个轮对的闸瓦压力为 $2K$ ，车轮与闸瓦间的摩擦系数为 f ，产生摩擦力 $2Kf$ 。该摩擦力仍为轮对系数的一个内力，不能对其位移产生影响，但由于 $2Kf$ 以及车轮在钢轨上黏着状态的存在，使得车轮对钢轨有一个作用力 F ，因而引起钢轨对车轮的反作用力 $F_{反}$ ，这个外力 $F_{反}$ 就是一个车轮的制动力。

机车或列车运行时，增大制动力可以缩短制动距离，提高行车的安全性。但是，也和机车的牵引力一样，必须遵守黏着定律，不能无限制地增大制动力。

三、工程车辆的牵引性能

1. 内燃机车的功率

内燃机车的功率一般是指机车柴油机的功率。

柴油机的功率有小时功率、持续功率及装车功率之分，三者的概念如下：

1) 持续功率

在指定的环境下（按国际标准，气压 100 kPa 和气温 300 K），在正常修理周期内，柴油机能够持续发出的最大功率。

2) 小时功率

在和持续功率同样的环境下，紧接着持续功率工作后，柴油机允许连续运转 1 h 所发出的最大功率，在这样的运转情况下，柴油机的零部件的热负荷（即活塞、活塞环和缸套的温度）和机械负荷（运动件的机械应力）均须在允许值内，小时功率一般为持续功率的 110%。

3) 装车功率

装车功率也称最大运用功率，是在正常修理周期内，由环境状况和使用条件决定的柴油机最大有效功率。

环境状况和使用条件的变化对柴油机工作有很大影响。气温和海拔高度的增加均会导致柴油机功率的下降。柴油机因其用途不同，负荷状况不同，故装机功率也不同。

在标定以上功率时，首先考虑柴油机的质量，因为质量是柴油机出力大小、工作可靠和使用寿命的根本保证。在同样的质量下，柴油机功率定得大，其工作可靠性和使用寿命就会相应降低，只有通过持续的试验，并对实际运用情况和结果作系统的调查研究，在切实掌握所生产的柴油机质量的基础上，才能比较正确地标定以上各功率。

2. 机车理想牵引特性

机车的司机手柄有若干挡位，或者有柴油机转速控制手柄，每一挡位（或者手柄每个位置）对应某一转速和某一功率。当司机手柄在最高位置，那么柴油机就会运行在全功率，为了保证柴油机的功率在不同的机车转速下充分发挥，牵引力应该按一定功率变化。

根据公式：

$$F_K \cdot v = 3\ 600 N_{\text{轴}} \cdot N_{\text{传}} \cdot N_e \quad (1-4)$$

式中 F_K ——机车轮周牵引力，N；

N_e ——柴油机输出功率，kW；

$N_{\text{轴}}$ ——考虑驱动辅助装置消耗功率的系数；

$N_{\text{传}}$ ——传动装置效率。

当 N_e 、 $N_{\text{轴}}$ 、 $N_{\text{传}}$ 等一定时， $F_K v = \text{常数}$ ，就是机车轮周牵引力 F_K 与机车速度 v 成反比关系，该关系曲线为一双曲线，这个曲线称为等功率曲线。低速时，牵引力大，随着速度的增加，牵引力逐渐降低，这称为机车理想牵引特性。机车设置传动装置就是使论证的牵引力与速度的关系接近于理想牵引特性，从而使柴油机功率得到充分发挥。

在高速工况下，速度受到最大运用速度 v_{max} 的限制；在低速工况下，牵引力受到机车黏着的限制，根据轮轨的黏着条件（不发生空转），机车可能实现的最大论证牵引力 F_{max} 不能大于机车的最大黏着牵引力 $F_{\text{黏 max}}$ 。

$$F_{Kmax} \leq F_{黏max} \quad (1-5)$$

$$F_{黏max} = 1000PW_{max} \text{ (N)} \quad (1-6)$$

式中 P ——机车质量，kN；
 W_{max} ——机车最大物理黏着系数。

四、内燃机车的特征速度和特征牵引力

1. 机车的 3 个特征速度

1) 机车的最大运用速度

机车的最大运用速度 v_{max} 是设计机车给定的最大速度，根据这个速度确定传动装置、走行部等结构和参数，校验曲线通过以及选用制动方式等。

机车最大运用速度的确定是个比较复杂的问题，并由多种因素决定。按照任务的不同对机车的最大运用速度有不同的要求：线路允许的最大速度，如通过曲线的限制速度；机车制动能力所允许的最高速度等。

机车的最大运用速度就是在综合考虑上述因素以及运行品质、强度等因素后确定的，机车的试验速度一般要求比最大运用速度大 10 km/h。

2) 机车计算速度

机车牵引规定质量的车列通过计算（限制）坡道的最低运行速度称为机车计算速度 $v_{计}$ 。或者说，用以计算机车牵引质量的速度称为机车计算速度。

3) 机车持续速度

机车持续速度 $v_{持}$ 是指机车在全功率工况下，其冷却装置的能力所能允许的持续最低速度。

对液力传动内燃机车来说，在持续速度 $v_{持}$ 下，液力工作油的油温允许接近平均值。因此，液力传动机车的持续速度是由冷却液力工作油的能力决定的。在实际运用中，要求机车的最低持续运行速度不低于 $v_{持}$ ，总之，冷却液力工作油的能力是 $v_{持}$ 的决定因素。

2. 内燃机车的 3 个特征牵引力

内燃机车的 3 个特征牵引力是指起动牵引力、计算牵引力和持续牵引力。

1) 起动牵引力

机车起动时所能发出的最大牵引力称为起动牵引力。

根据统计资料，对于成组驱动的机车，可取

$$F_{起} = 0.33P \quad (1-7)$$

式中 $F_{起}$ ——起动牵引力，kN；

P ——机车质量，kN。

2) 计算牵引力

在全功率工况下，对应机车的计算速度 $v_{计}$ 下的牵引力称为计算牵引力 $F_{计}$ 。计算牵引力受计算速度的机车黏着的限制。根据实验，对于成组的动力机车，可取

$$F = 0.23P \text{ (kN)} \quad (1-8)$$

3) 持续牵引力

机车在全功率工况下运行时，对应持续速度的牵引力称为持续牵引力。

五、工程车辆的限界要求

为保证地铁的运营安全，一切建筑物、设备设施在任何情况下均不得侵入地铁的建筑限界。与机车、车辆直接相互作用的设备，在使用中不得超过规定的侵入范围。

地铁线路在设计时已经规定了相应建筑物的接近限界和机车车辆限界，并根据要求制订了限界图和限界门。地铁工程车设计要求必须满足车辆的限界要求，工程车到达地铁线路后要过相应的限界门检验后，才能在相应的车辆段和正线上运行。

投入使用后的工程车，如需进行改造，必须符合车辆限界的要求，在不能确定的情况下，须重新进行限界门检测，不符合要求的必须整改合格后才能上线运用。在检修和运用中，要加强工程车侧门、走行部的紧固检查，防止因侧门打开、部件松脱而造成侵界从而引发行车事故。

六、工程车辆的车体和车架

机车车体的作用在于保护机车上的机器设备不受雨、雪、风、沙的侵袭，并通过隔音、隔热改善乘务人员的工作条件。

车体底架是机车各种设备如柴油机、传动装置及车体的安装基础，同时又承受和传递垂向力、纵向力、横向力。因此，要求底架在铅垂面和水平面内具有足够的强度和刚度，以保证安装在它上面的各种设备和部件的工作安全可靠。

车体分非承载式车体和承载式车体两种。非承载式车体不必进行特殊设计，只要求能保证其本身工作可靠所必需的强度和刚度即可。承载式车体，即车体及车架作为一个整体结合在一起，成为一个完整的、具有足够强度和刚度的、能更好地承受各种方向的力的承载体系。

1. 非承载式车体及车架

1) 非承载式车体

按车体外形分，非承载式车体分罩式（外走道式）和棚式（内走道式）两种。

(1) 罩式车体。

罩式车体外形矮小，动力室、冷却室内不能通行，司机室布置在机车的一端或中部，当工作人员检查机器设备时，必须打开车体侧面的门。西安地铁的 JW0201、JW0202 就是罩式车体。

(2) 棚式车体。

棚式车体外形高大，其内部除安放柴油机、传动装置外，还有供工作人员通行的走道，以便在运行中随时进行设备检查和排除临时发生的故障。这种车体的司机室布置在车体的一端或两端。西安地铁的 GD0201、GD0202、GD0203 就是棚式车体。车体由外表面和骨架组成，在外表面和内壁之间填充隔音、隔热材料。

2) 非承载式车架

非承载式车体的车架，一般为中梁承载式车架。中梁承载式车架一般包括中梁、侧梁、

横梁、端梁、车钩牵引箱、上心盘、架车座等部分。中梁是车架的主要受力部件。例如 GD0201 车的主车架由左、右两根纵向中梁，前后牵引梁，中间横梁和外围板组成，具有足够的强度和刚度。

2. 承载式车体及车架

1) 承载式车体

按结构形式的不同，承载式车体分为桁架式和框架式两种。

(1) 桁架式侧壁承载车体。

桁架式侧壁承载车体一般由桁架、侧壁、斜杠、底架、车顶和司机室等部分组成。这种结构的优点是车体外壁不承受载荷，可以对焊接工艺要求低些。缺点是侧壁斜杠、侧壁开孔的大小和位置往往受到限制，同时也不能最大限度地减轻机车的质量。

(2) 框架式承载车体。

框架式承载车体具有加强的立柱，由立柱、中间杠、上下弦杠构成框架，由框架和覆盖在其外面的钢板构成侧壁，承受全部载荷和纵向力。这种结构的优点是车体有增大的强度和刚度；侧壁开孔不受限制，能最大限度地减轻机车质量。缺点是对钢板和焊接工艺有较高要求。

2) 承载式车体的底架

无论是桁架式侧壁承载车体，还是框架式承载车体，其车体底架一般都由箱形侧梁、牵引梁、横梁和纵梁组成。机车上设备的质量是通过底架结构而传到侧壁上去的。纵向力通过端部牵引梁而传到侧壁。

承载式车体的底架与非承载式车架相比较，承载式车体的底架没有两根贯穿车辆上的长粗工字梁，因而使车架高度降低，质量轻、节约钢材。一般大功率机车多采用框架式承载车体。

七、车钩及缓冲器

车钩及缓冲器是机车车辆的重要部件，它们的用途是：将机车与车辆连接成列车，在列车运行中传递牵引力，缓和及衰减在列车运行中由于牵引力变化和制动力前后不一致而引起的冲击和振动。因此它们具有连接、牵引和缓冲作用。

列车牵引时，机车牵引力经车架、车架上的缓冲铁、缓冲器、车钩尾框和尾销作用给车钩，冲击力（压缩力）与牵引力相反，经缓冲器传递给车架。总之，牵引力或冲击力都是经缓冲器传递的，所以在牵引或制动过程中产生的冲击力都可通过缓冲器得到缓冲和衰减，以提高机车车辆运行的平稳性。

1. 车 钩

车钩由钩体、钩舌、钩舌锁铁、钩锁、钩舌销和钩提组成。钩体、钩舌、钩舌锁铁由铸铁制成。地铁工程车一般使用 13 号车钩。

车钩的主要作用有：① 闭锁位置，为机车车辆连挂后的车钩状态，此时两钩抱合。② 开锁位置，是摘车时的位置。③ 全开位置，是准备连挂钩时的位置。

车钩能相对于车体上下左右略做移动，以适应机车车辆通过曲线和坡道。

2. 缓冲器

缓冲器用来减少机车车辆受到冲击时产生的作用力，以防止机车车辆损坏。缓冲器有板弹簧缓冲器和橡胶缓冲器两种。

八、工程车的走行部

走行部是支撑车体并担负机车、车辆沿着轨道走行的支撑走行装置。工程车辆走行部分为车架式走行部和转向架走行部。铁路发展的初期，世界各国大多采用将轮对安装于车体下面的二轴车上的车架式结构。

由于通过小半径曲线的需要，二轴车的轴距不能太大，另外，机车（车辆）的轴重、长度和容积均受到限制。如果把两个或多个轮对专用的构架（或侧架）连接，组成一个小车，称为转向架，车体坐落在两个转向架上，由于这种带转向架结构具有许多明显优势，因此现代大多数轨道机车（车辆）的走行装置都采用转向架结构形式。

为了改善车辆的运行品质，在走行部上设有弹簧减振装置和制动装置，为了便于通过曲线，一般在车体和转向架之间设有心盘或回转轴，转向架相对车体转动。

1. 车架式走行部

车架式走行部，相当于整个车架就是一个转向架。其结构包括轮对、轴箱。

（1）轮对：走行部的重要部件，是直接向钢轨传递机车质量，通过钢轨间的黏着产生牵引力或制动力，并通过轮对的回转实现机车在钢轨上的运行。轮对主要由车轴、车轮及驱动装置组成。

（2）轴箱：联系车架和轮对的活动环节，它除了保证轮对进行回转运动外，还能使轮对适应线路等条件，相对于车架上下、左右和前后活动，轴箱装在车轴两端座上，用来将全部簧上载荷包括铅垂方向的动载荷传递给车轴，并将来自轮对的牵引力或制动力传到车架上。轴箱有滚动轴承轴箱和滑动轴承轴箱之分。地铁工程车一般采用滑动轴承轴箱。

（3）弹簧装置：用来保证一定的轴重分配，缓和线路不平稳对机车的冲击并保证机车在垂向的运行平稳性。弹簧装置一般由弹簧（圆弹簧、板弹簧、橡胶簧）减振器组成。

两轴车的轴箱分别通过弹簧装置和轴箱拉杆直接连接到车架上，其他驱动机构、基础制动装置与有转向架的机车基本相同。

2. 转向架

1) 转向架的功能与结构

大多数机车的走行部采用转向架机构。转向架如图 1-1、图 1-2 所示，其任务是：

- ① 承受车架以上各部分的质量，包括车体、车架、动力装置以及辅助装置等。
- ② 保证必要的黏着，并把轮轨接触处产生的轮周牵引力传递给车架车钩，牵引列车前进；缓和线路不平顺对机车的冲击和保证机车具有较好的运行平稳性。
- ③ 保证机车顺利通过曲线。
- ④ 产生必要的制动力，以便使机车在规定的制动距离内停车。

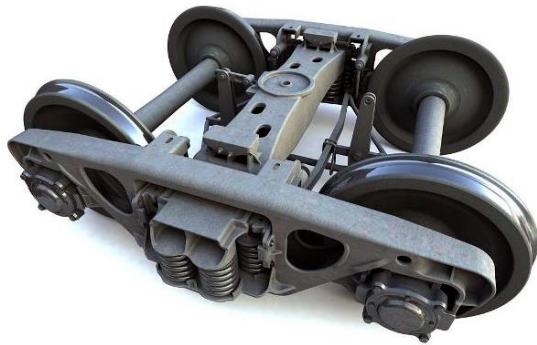


图 1-1 转向架



图 1-2 转向架

2) 转向架的主要组成部分:

① 构架: 转向架的骨架, 承受和传递垂向力及水平力。

② 弹簧装置: 用来保证一定的轴重分配, 缓和线路不平稳对机车的冲击并保证机车在垂向的运行平稳性。

机车的弹簧装置一般由弹簧(圆弹簧、板弹簧、橡胶簧)、均衡梁、各连接件(杆件、销、垫片、螺帽等)和减振器组成。

设置在转向架与轴箱之间的弹簧装置是一系弹簧, 设置在车体与转向架之间的是二系弹簧。采用两系弹簧悬挂, 可减少弹簧装置的合成刚度, 改善机车在铅垂方向的运行平稳性和减少机车对线路的作用力。

减振器不仅可以装在铅垂方向, 也可装在水平方向。减振器有摩擦减振器和液压减振器两种, 其中液压减振器主要是利用液体黏滞阻力做负功来吸收振动能量, 地铁工程车一般采用液压减振器。

③ 车体与转向架的连接装置: 用以传递车体与转向架间的垂向力及水平力(纵向力如牵引力或制动力, 横向力如通过曲线的车体不平衡离心力等), 使转向架式机车通过曲线时能相对于车体回转, 它既是承载装置, 又是活动关节。

④ 轮对和轴箱: 轮对直接向钢轨传递机车质量, 通过轮轨间的黏着产生牵引力和制动力, 并通过轮对的回转实现机车在钢轨上的运行。轴箱是联系构架和轮对的活动环节, 它除了保证轮对进行回转运动外, 还能使轮对适应线路等条件, 相对于构架上下、左右和前后活动。

地铁工程车一般采用滚动轴承轴箱。

⑤ 驱动机构: 将机车动力装置的功率最后传递给轮对。机械、液力传动内燃机的驱动机构由万向轴、车轴齿轮箱等组成。电传动内燃机车的驱动机构由牵引电机、车轴齿轮箱组成。

万向轴由法兰盘、花键套、花键轴、十字头组、轴承盖等组成。

车轴齿轮箱结构有单级车轴齿轮箱、两级车轴齿轮箱两种。单级车轴齿轮箱只有一对锥齿轮。它的优点是结构简单、质量轻; 缺点是减速比不大。两级车轴齿轮箱由一对锥齿轮及一对圆柱齿轮构成。它的优点是减速比较大, 缺点是结构复杂。

⑥ 基础制动装置: 由制动缸传来的力, 经杠杆系统增大若干倍, 传递给闸瓦, 使其压紧车轮, 对机车进行制动。

3) 转向架的分类

转向架的形式有多种多样，其主要区别在于：转向架的轴数和类型、弹簧悬挂系统的结构与参数、轴箱定位方式、垂向载荷的传递方式、轮对支撑方式、制动装置的安装类型等多方面。机车的转向架主要按照转向架的轴数、弹簧悬挂方式、轴箱定位方式等分类。

(1) 按转向架的轴数分类。

按轴数分类，转向架有二轴、三轴和多轴。西安地铁的内燃机车、网轨检测车等就是二轴转向架，铁路客货运主型东风 DF₄ 内燃机车、韶山 SS 型电力机车的转向架就是三轴转向架。国外大功率机车还有四轴转向架，如美国的 DD-35 型内燃机车的转向架就是四轴转向架。

转向架的轴数一般是根据机车或车辆总重和每根车轴的允许轴重确定的，例如，某机车有两根三轴转向架，转向架的每根允许轴重为 25 t，因此，其最大质量（自重与载重之和）不能超过 150 t（ $6 \times 25 = 150$ ）。

(2) 按照弹簧装置的悬挂方式分类。

转向架按照弹簧悬挂方式分为一系弹簧悬挂转向架和二系弹簧悬挂转向架。

① 一系弹簧悬挂转向架：在采用一系弹簧悬挂的车辆上，在车体至轮对之间，只设有一系弹簧悬挂减振装置。所谓“一系”，就是指车体的振动只经过一次（空间三维方向均包括）弹簧减振装置实施减振。该装置在转向架中设置的位置，有的是设在车体（摇枕）与构架之间，有的是设在构架与轮对轴箱之间。采用一系弹簧悬挂，转向架构造比较简单，便于检修、构造，成本比较低。一般一系弹簧转向架多用于低、中速机车。

② 二系弹簧悬挂转向架：在采用二系弹簧悬挂的车辆上，在车体至轮对之间，设有二系弹簧悬挂装置。在转向架中同时有摇枕弹簧减振装置和轴箱减振装置，使车体的振动经历二次弹簧减振装置衰减。

显而易见，二系悬挂的转向架结构比较复杂，采用的零部件数目明显增多，但由于它是先后两次充分利用从车体底架至轮对之间的有限空间，具有较大的弹簧装置总静扰度，并对摇枕圆管和轴箱悬挂分别选择各自的阻尼及刚度，确定适宜的扰度，明显地改善了车辆的运行品质。所以，二系悬挂多用在高速机车上。

另外，多系悬挂转向架，因其结构过分复杂，而且只要设计合理，二系悬挂装置已能满足车辆运行平稳性要求，因此，多系悬挂很少使用。

除了以上分类方式外，还可按机车车速进行分类，如转向架可分为高速转向架（车速在 200 km/h 及以上）、快速转向架（车速为 140 ~ 200 km/h）和普通转向架（车速在 140 km/h 以下）。

九、弹簧与减振器

机车的弹簧装置一般由弹簧（圆弹簧、板弹簧、橡胶簧）、均衡梁、各连接件（销、垫片、螺母等）和减振器组成。

弹簧装置有两个作用：一是给机车各轴以一定的质量分配，并使所分配的质量在车轮行经不平线路时不致发生显著变化；二是当机车车轮行经不平稳处或车轮不圆而发生冲击时，弹簧装置可缓和其对机车的冲击。

1. 机车常用的弹簧

1) 圆弹簧

圆弹簧一般安装在转向架构架和轴箱之间作为一系弹簧，这种弹簧比较轻，静扰度小，工作灵敏，但无减振能力，可与减振器配合使用。

有时圆弹簧的尺寸受到安装处所的位置限制或者簧条太粗，为了利用弹簧内部空间，往往采用双圈圆弹簧，甚至三圈圆弹簧来代替单圈圆弹簧。为了防止因振动而导致内外圈卡死，两圈弹簧的螺旋方向应相反，地铁绝大多数工程车辆使用的就是这种弹簧。

2) 橡胶弹簧

橡胶弹簧一般安装在车体与转向架之间作为二系弹簧，这种弹簧减振性能好，特别是能吸收高频振动的能力；并且质量轻，不存在突然折损的可能，使用中不需经常检查。

2. 液压减振器

现代机车上，广泛采用圆弹簧与减振器相结合的形式，既达到能衰减振动，又能保持弹簧装置工作灵活的目的。减振器不仅安装在铅垂方向，也可安装在水平方向，减振器有摩擦减振器和液压减振器两种。

1) 摩擦减振器

摩擦减振器是借摩擦面的相对滑动产生阻尼的减振器。摩擦减振器结构简单，成本低，制造维修比较方便，缺点是摩擦力随表面状态的改变而变化，摩擦力与振动速度基本无关，所以可能出现低速时阻尼过大，影响弹簧的灵敏度，较高速度下出现阻尼不足，振幅过大现象。

2) 液压减振器

液压减振器主要是利用液体黏滞阻力做负功来吸收振动能量。液压减振器的优点在于它的阻力是振动速度的函数，因此它有较好的减振性能，得到广泛应用。地铁工程车多采用液压减振器。

十、车体与转向架的连接装置

车体与转向架的连接装置的作用是：保证机车的质量、纵向力（牵引力及制动力）、横向力的正常传递，轴重的均匀分配和车体在转向架上的安定；允许转向架在机车进出曲线时能相对于车体回转运动。因此，它既是承载装置，又是活动关节。

车体与转向架之间的连接装置有多种类型，普遍使用的有两类：一类为有心盘（或牵引销）和旁承的结构；另一类为有牵引杆装置和旁承相结合的结构。地铁工程车辆一般采用有心盘（或牵引销）和旁承的结构。

1. 有心盘（或牵引销）和旁承的连接装置

在车体与转向架之间的连接装置中，心盘（或牵引销）只传递纵向力和横向力，车体质量全部由旁承传递。旁承可以是弹性的，也可以是刚性的，根据设计要求的不同，一个转向架上可以设置两个旁承，也可以设置4个旁承。

深圳地铁内燃机车就是这种连接装置，转向架与车体的连接有牵引销和4个旁承，牵引

销只传递纵向力和横向力，并作为机车过曲线时，车体与转向架相对回转的中心，车体质量全部由4个旁承支撑，旁承在车体与转向架相对回转时，还起动摩擦副的作用。

2. 有牵引杆装置和旁承的连接装置

为了传递牵引力，使转向架相对于车体转动和横动，以及在转向架中部空间被其他部件占用的时候，在液力传动、电传动内燃机车上多采用杆件系统来代替心盘或牵引销的作用，这套杆件系统就叫牵引杆装置。

牵引杆机构的特点是转向架并没有固定的回转中心，而是在一个有限的范围内变动，并且允许车体相对于转向架横向移动。

十一、轴箱和轮对

轴箱是联系构架和轮对的活动关节，它除了保证轮对进行回转运动外，还能使轮对适应线路等条件，相对于构架上下、左右和前后摇动。轮对直接向钢轨传递机车质量，并通过钢轨间的黏着产生牵引力和制动力，通过轮对的回转实现机车在钢轨上的运行。

1. 轴箱

轴箱如图 1-3 所示，装在车轴两端端颈上，用来将全部簧上载荷包括铅垂方向的动载荷传给车轴并将来自轮对的牵引力或制动力传动到构架上去，此外，它还传递轮对与构架间的横向及纵向作用力。

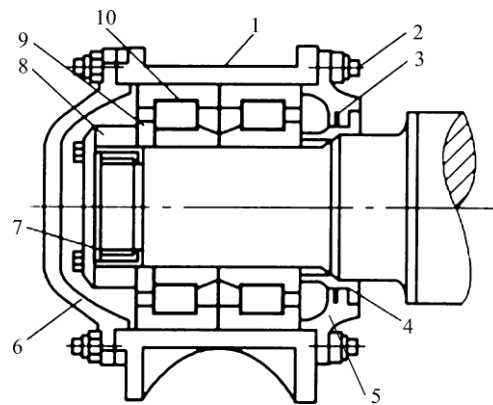


图 1-3 轴箱

1—轴箱体；2—螺栓；3—密封图；4—防尘挡圈；5—轴箱后盖；6—轴箱前盖；
7—防松板；8—紧定螺母；9—挡圈；10—轴承

轴箱对构架而言是个活动关节，轴箱与构架的连接方式对机车的运行品质有很大影响，这一连接通常称为轴箱定位。轴箱定位应保证轴箱能够相对于转向架构架在弹簧振动方向做垂向运动，在机车通过曲线时还能少量横移。

轴箱定位一般分为导框定位、无导框定位和 W 形橡胶堆式定位 3 种形式。

1) 导框式定位轴箱

一般结构上，导框是焊在构架侧壁上的一个铸钢件，轴箱上的导槽和构架上的导框相配合组成导框定位。

轴箱导框定位中，轴箱在导框内可上下移动，也可在规定的轴箱对构架的横动量范围内左右移动。考虑到机车振动、轴重分配不均等引起的弹簧变形可能使轴箱碰到侧梁或轴箱托板，轴箱顶至侧梁底面的距离和轴箱底部至轴箱托板的距离有一定要求。为了便于修理，在轴箱导框与轴箱相接触的摩擦面上，各装有耐磨的衬板。为了保证车轮经线路不平处时轴箱可作垂向运动而不被卡住，侧面衬板上、下部可做成倾斜面。在机车保养上应定期向轴箱与导框之间加润滑油。

2) 无导框定位

无导框定位也称拉杆式定位，它是指轴箱用两根带有橡胶关节的轴箱拉杆与构架相连接，当轴箱上下跳动时，两个轴箱拉杆分别以构架拉杆的两个心轴为圆心做一定弧度的上下摆动。如果拉杆为纯刚性的，则轴箱中心的运动轨迹为一条曲线，即一方面上下跳动，一方面转动；但由于拉杆两端是橡胶关节，所以在实际上，轴箱中心运动的轨迹接近一条直线。

轴箱拉杆由拉杆体、长芯轴、短芯轴、橡胶套、橡胶垫、卡环及端盖组成。拉杆的两端通过长、短芯轴与轴箱拉杆座连接。

采用这种带有橡胶关节的轴箱拉杆定位方式，轴箱可依靠橡胶关节的径向、轴向及扭转弹性变形，实现各个方向的相对位移，使轮对与构架的联系成为弹性，适当增加它的横向刚度和纵向刚度，可以显著改善机车的运行平稳性。

这种无导框轴箱的优点是：轴箱与构架不需要润滑，也不存在磨损，轮对不能横向运动，有利于改善蛇形运动；轮对与构架的弹性连接具有缓和冲击、隔音的作用，轮对磨损比导框定位的小，因此，无导框轴箱已在我国轻型机车上广泛采用。地铁的内燃机车就是这种拉杆式定位轴箱。

应该指出，采用拉杆定位的轴箱，轴箱相对于构架的上下位移，将受到拉杆轴套的约束，实际上就相当于在垂向加入了一个并联弹簧，因而使一系列弹簧悬挂的刚性增大。

3) V形橡胶堆式定位轴箱

采用这种V形橡胶堆式轴箱定位方式，V形橡胶堆支承构架质量起轴箱弹簧作用，还能传递纵向力及横向力，每一轴箱前后各装一个金属橡胶夹层弹簧，一端与车架固接，另一端与轴箱固接，此橡胶弹簧在垂向载荷作用下，橡胶受到剪切压缩变形。改变橡胶弹簧的安装角度，可以得到不同的垂向刚度和纵向刚度。

V形橡胶弹簧具有质量轻、结构简单、吸收高频振动、降噪等优点，但是弹性能力强的橡胶容易老化。地铁的网轨检测车就是这种V形弹簧定位轴箱。

2. 轮 对

轮对如图 1-4 所示，是机车走行部分最重要的部件之一，它由车轴和车轮组成。