

# 目 录

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| <b>第一章 城市轨道交通工具概述</b> .....   | 1  |
| 第一节 城市轨道交通工具类型 .....          | 1  |
| 第二节 轨道交通车辆 .....              | 1  |
| 第三节 城市轨道交通工具发展历史 .....        | 9  |
| 第四节 城市轨道交通工具发展现状 .....        | 10 |
| 第五节 城市轨道交通工具的未来 .....         | 11 |
| <br>                          |    |
| <b>第二章 城市地铁车辆及其设计概述</b> ..... | 13 |
| 第一节 现代地铁车辆产生及其特点 .....        | 13 |
| 第二节 我国城市地铁发展 .....            | 14 |
| 第三节 地铁车辆类型和编组 .....           | 15 |
| 第四节 地铁车辆造型元素分析 .....          | 16 |
| 第五节 现代地铁车辆设计 .....            | 17 |
| <br>                          |    |
| <b>第三章 整体造型设计原则</b> .....     | 19 |
| 第一节 车身外轮廓的比例与尺度 .....         | 19 |
| 第二节 现代地铁车辆车身外轮廓的均衡与稳定 .....   | 20 |
| 第三节 现代地铁车辆车身外轮廓的统一与变化 .....   | 21 |
| 第四节 现代地铁车辆车身外轮廓的过渡与呼应 .....   | 23 |
| <br>                          |    |
| <b>第四章 车头造型设计</b> .....       | 24 |
| 第一节 显示装置设计 .....              | 24 |
| 第二节 前挡风系统设计 .....             | 24 |
| 第三节 车身前立柱及车头面罩设计 .....        | 25 |



|                              |           |
|------------------------------|-----------|
| 第四节 车灯造型分析及司机室车门设计 .....     | 26        |
| 第五节 逃生门（紧急疏散门）设计 .....       | 27        |
| <br>                         |           |
| <b>第五章 车体造型设计.....</b>       | <b>29</b> |
| 第一节 侧墙及车门分析与设计 .....         | 29        |
| 第二节 侧窗及车顶分析与设计 .....         | 30        |
| <br>                         |           |
| <b>第六章 交通设计表现概述.....</b>     | <b>32</b> |
| 第一节 交通工具设计表现的相关知识 .....      | 32        |
| 第二节 交通工具设计表现的性质和作用 .....     | 33        |
| 第三节 交通工具设计表现的特点及分类 .....     | 35        |
| 第四节 交通工具设计的工具及材料 .....       | 37        |
| 第五节 交通工具设计的手绘表现手段 .....      | 43        |
| 第六节 交通工具设计表现的学习方法 .....      | 46        |
| <br>                         |           |
| <b>第七章 设计过程中的设计表现图.....</b>  | <b>52</b> |
| 第一节 设计前期的设计表现图 .....         | 52        |
| 第二节 设计构思阶段的设计表现图 .....       | 54        |
| 第三节 设计深入阶段的设计表现图 .....       | 55        |
| 第四节 方案选择阶段的设计表现图 .....       | 56        |
| 第五节 方案实现阶段的设计表现 .....        | 57        |
| <br>                         |           |
| <b>第八章 设计表现的基本知识及应用.....</b> | <b>59</b> |
| 第一节 交通工具设计表现的构图 .....        | 59        |
| 第二节 交通工具形体比例和空间造型 .....      | 61        |
| 第三节 交通工具设计表现中的透视和光影 .....    | 66        |
| 第四节 交通工具的色彩与材质表现 .....       | 67        |
| 第五节 交通工具的背景处理与综合表现 .....     | 70        |
| <br>                         |           |
| <b>第九章 设计表现基础训练.....</b>     | <b>72</b> |
| 第一节 基本要素与基础形态训练 .....        | 72        |
| 第二节 线描速写与素描速写训练 .....        | 73        |
| 第三节 临摹与默写训练 .....            | 76        |



|                     |     |
|---------------------|-----|
| 第十章 设计表现的透视基础       | 81  |
| 第一节 透视的基础知识         | 81  |
| 第二节 透视图的分类          | 85  |
| 第三节 透视选择及轴测图        | 86  |
| 第十一章 设计表现技法         | 89  |
| 第一节 马克笔与色粉表现技法      | 89  |
| 第二节 钢笔淡彩表现技法        | 91  |
| 第三节 精细写实手绘表现技法      | 92  |
| 第十二章 专项设计表现         | 94  |
| 第一节 趣味创意汽车表现        | 94  |
| 第二节 汽车写实素描表现        | 96  |
| 第三节 设计速写手绘训练        | 98  |
| 第四节 汽车写实效果图表现       | 99  |
| 第五节 汽车内饰效果图表现       | 101 |
| 第六节 其他交通工具设计表现      | 102 |
| 第七节 手绘综合版面表现        | 103 |
| 第八节 设计表现的应用         | 106 |
| 第十三章 汽车造型设计概述       | 109 |
| 第一节 什么是现代汽车设计       | 109 |
| 第二节 造型设计的工作性质和内容    | 112 |
| 第三节 设计工作的环境、设备和工具   | 114 |
| 第四节 机构的安排和人员的分布     | 116 |
| 第五节 造型设计需要的技术和理论    | 122 |
| 第六节 汽车造型设计基本流程      | 125 |
| 第十四章 概念开发及设计        | 127 |
| 第一节 概念车的历史与发展       | 127 |
| 第二节 概念车在产品规划中的地位和作用 | 131 |
| 第三节 概念设计的内容与分类      | 132 |
| 第四节 概念车对汽车业的影响      | 134 |
| 第五节 国内对概念车的认识和运用    | 135 |



---

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 第十五章 外饰造型.....          | 139 |
| 第一节 草图和效果图的设计 .....     | 139 |
| 第二节 工程输入和法规 .....       | 148 |
| 第三节 三视图与胶带图 .....       | 150 |
| 第四节 比例模型设计与制作 .....     | 153 |
| 第五节 CAS数字建模 .....       | 157 |
| 第六节 全比例模型的设计和制作 .....   | 160 |
| 第七节 局部改型及零部件设计 .....    | 168 |
| 第十六章 内饰设计.....          | 174 |
| 第一节 内饰设计的初探 .....       | 174 |
| 第二节 工程输入和法规 .....       | 180 |
| 第三节 内饰中的草图与效果 .....     | 184 |
| 第四节 全比例模型的设计和制作 .....   | 190 |
| 第五节 内饰的局部改型和零部件设计 ..... | 195 |
| 第六节 色彩对内饰设计的影响 .....    | 199 |
| 参考文献.....               | 203 |

# 第一章 城市轨道交通工具概述

## 第一节 城市轨道交通工具类型

世界公认的公共交通方式有轨道运输、公路运输、水路运输、航空运输、管道运输，它们共同构建了当代综合交通运输体系。轨道运输是包含了运行于轨道上、由多节车辆编组、提供交通出行服务的客车运输系统。轨道交通是公认的高效率、快捷、安全、大容量、低能耗、低污染、价格合理的公共交通系统。

所谓“轨道交通”，就是以轨道作为承载支承和导向约束的一种交通运输方式，一般人们俗称为“铁路”。目前，世界上绝大多数的轨道交通都是采用两根钢轨，极少数特殊场合也有采用一个单独的轨道梁（如我国重庆市的独轨交通）。磁悬浮交通车辆静止时支承在轨道梁上，运行时则依靠磁力作用悬浮在轨道梁上，但仍以轨道梁作为运行的导向约束，因此也可视为轨道交通的一种特殊形式。

城市轨道交通是一种独立的有轨交通系统，可以按照设计能力正常运行，在节约资源的前提下，提供环境舒适、节能减排以及安全快捷的大容量运输服务，并且与其他交通工具互不干扰，具有运量大、服务水平高以及资源环境效益显著的特点。

## 第二节 轨道交通车辆

轨道交通车辆是运送旅客和货物的工具，在轨道交通车辆上一般没有动力装置，需要把车辆连挂成一列，由机车牵引在线路上运行。



## 一、轨道交通车辆的特点及组成

### (一) 轨道交通车辆的基本特点

轨道交通车辆与其他车辆的最大不同点，在于这种车辆的车轮必须在专门为它铺设的钢轨上运行。这种特殊的轮轨关系成了轨道交通车辆结构上最大的特点，并由此产生出许多其他的特点。

#### 1. 自行导向

除轨道上运行的机车车辆之外，其他的各种运输工具都要有操纵运行方向的机构。

#### 2. 低运行阻力

除坡道、弯道及空气对车辆的阻力之外，运行阻力主要来自走行机构中的轴与轴承以及车轮与轨面的摩擦阻力。轨道交通车辆的车轮及钢轨都是含碳量偏高的钢材，轮轨接触处的变形较小，而且轨道线路的结构状态应尽量使其运行阻力减小，故轨道交通车辆运行中的摩擦阻力较小。

#### 3. 成列运行

以上两个特点决定它可以编组、连挂组成列车运行。

#### 4. 严格的外形尺寸限制

轨道车辆只能在规定的线路上行驶，无法像其他车辆那样主动避让靠近它的物体，为此要制定限界、严格限制车辆的外形尺寸以确保运行安全。

### (二) 轨道交通车辆的组成

轨道交通车辆从出现初期直至近代，由于不同的目的、用途及运用条件，形成了多种多样的类型与结构，但均可以概括为由以下五个基本组成部分。

#### 1. 车体

车体的主要功能是容纳运输对象（旅客、货物）和整备品，它又是安装与连接其他四个组成部分的基础。

#### 2. 走行部

它的位置介于车体和轨道之间，引导车辆沿轨道行驶和承受来自车体及线路的各种载荷并缓和动作用力，是保证车辆运行品质的关键部件，一般称之为转向架。

#### 3. 制动装置

它是保证列车准确停车及安全运行所必不可少的装置。由于整个列车的惯性很大，不仅要在机车上设制动装置，还必须在每节车辆上也设制动装置，这样才能使运行中的车辆按需要减速或在规定的距离内停车。



#### 4. 连接、缓冲装置

轨道交通车辆要成列运行必须借助连接装置。车钩后部的钩尾框中装着能储存和吸收机械能的缓冲装置，以缓和列车冲撞。

#### 5. 车辆内部设备

它是一些能良好地为运输对象服务而设与车体内的固定附属装置。货车由于类型不同，内部设备千差万别，一般来说比客车简单。

## 二、轨道交通车辆的用途及分类

由于运送对象不同或其他某些特殊需要，轨道交通车辆常采用不同的外形和内部结构。因此就成为车辆分类的依据。轨道交通车辆可分为客车及货车两大类，每一大类中又可按用途细分。

### （一）客车

客车的一般外形特点是：两侧墙上有较多的带玻璃的车窗；两车厢连接处有供旅客通行的通过台风挡及渡板；其转向架有较好的运行品质；车身一般比较长等。客车的主要用途是运送旅客或提供某种为旅客服务的功能。还有一些客车既不运送旅客又不为旅客服务，但因某种特殊的用途编在旅客列车中或单独几辆编组，按旅客列车的方式在线路上运行，如试验车、轨检车、公务车等。客车可以有两种分类方法：一是按用途分类；二是按运营的性质或范围分类。

#### 1. 按用途分类

（1）硬座车。它是旅客列车中的主要组成部分，车内的主要设备是硬席座椅，每节车厢可以容纳的旅客较多。

（2）软座车。其基本作用与硬座车相同。车内的主要设备是软席座椅，车内装饰较硬座车讲究，具有较好的乘坐舒适性。

（3）硬卧车。一般用于长途旅客列车中，车内分成若干个开敞式的隔间，主要设备是硬席卧铺。

（4）软卧车。编挂在长途旅客列车中，车内主要设备是卧铺，卧铺垫有弹性装置，一般做成包间式，每个隔间定员不超过4人。

（5）行李车。供旅客送行李与包裹，车内设有专为工作人员办公与休息的空间。

（6）餐车。供应旅客膳食的车辆。

（7）邮政车。运送邮政信件及邮包的车辆。

#### 2. 按运营的性质或范围分类

（1）轻轨车辆及地铁车辆。这是一种城市轨道交通系统中所用的短途车辆，本身没



有驱动装置。

(2) 市郊客车。它比上一类车运行距离稍远，在大城市与其周边的中、小城镇或卫星城市之间运行。

(3) 高速客车。运行于大城市之间，其最高商业运行速度大于或等于200km/h，它的五个基本组成部分的技术状态都必须与运行速度相适应。

(4) 准高速客车。运行于大城市之间，其最高商业运行速度介于160km/h与200km/h之间。

(5) 普速客车。指最高商业运行速度小于160km/h的客车。

轻轨车、地铁车、市郊车由于运行距离短，往往只有一种车种，而高速客车、准高速客车和普速客车又可按第一种分类分为多个车种。

## (二) 货车

除某些棚车在特殊情况下可临时运送旅客或其他人员外，货车主要用于运送货物。由于国民经济中货物类型千差万别，因此需要多种多样的货车来运送它们。其中敞车、棚车、平车、罐车及冷藏车属于通用性货车，可以装的货物类别较多，在货车总数中占的比重较大。另一些属专用货车，只能运输一种或很少几种货物。常见的货车车种如下。

### 1. 敞车

通用性最强，在底架的四周有较高的端墙及侧墙、无车顶的货车，它既可运输煤炭等散粒货物，也可以装运木材、钢材、集装箱等，若在其上覆盖防水篷布，还可以运送怕潮的货物。

### 2. 棚车

具有顶棚和门窗的货车，能运输贵重的、怕日晒雨淋的货物及大牲畜等，在需要时也能运送兵员或其他旅客。

### 3. 平车

无墙或有可以放倒的活动矮墙板的货车，主要用来运输钢材、机械设备、集装箱、拖拉机、汽车、军用装备等货物，也能利用矮墙板运输矿石、砂土等，还有一种有专门锁具的集装箱平车。

### 4. 保温车

用来装运易腐货物的货车。车体设有隔热材料能减少车内外热交换、可运输易腐及对温度有要求的货物的车辆。

### 5. 罐车

主要用来装运液体、液化气体及粉状货物的货车，外形多为一个卧放的圆筒。由于在化学和物理性能上的差异，每种罐车只能适宜装运一种货物，通用性较差。



### 三、车辆代码、标记及方位

#### (一) 车辆代码

为了对车辆识别与管理，特别应全国铁路计算机联网管理的需要，必须对运用中的每辆车都进行编码，且每一辆车的编码是唯一的。车辆代码分车种、车型、车号三段，车种代码原则上在该车汉语拼音名称中选取一个或两个大写字母构成。其中客车用两个字母，而货车仅用一个字母。车型代码必须与车种代码连用，它为区分同一车种中因结构、装载量等的不同而设，一般由1~2个数字构成，必要时其后还可以再加大写拼音字母。车型代码作为车种代码的后缀，原则上两代码合在一起不得超过5个字符。

车号代码均为数字，因车种、车型不同，区分了使用数字的范围。

#### (二) 车辆标记

习惯上把车辆标记分为产权、制造、检修、运用四类，但实际上这些标记主要是为运用及检修等情况下便于管理和识别所设置的。

##### 1. 运用标记

(1) 自重、载重及容积。自重为车辆本身的全部质量；载重即车辆允许的正常最大装载质量，均以t为单位。因车辆定期检修或加装改造而发生质量在100kg以上差异时，经检验后应修改自重标记。货车以及客车中的行李车、邮政车应注明载货容积，以说明可以载货的最大容量。容积以m<sup>3</sup>为单位，并在括号内注明“内长×内宽×内高”，尺寸以米为单位。

(2) 车辆全长及换长。车辆全长为该车两端钩舌内侧面间的距离，以m为单位。换长等于全长除以11，保留一位小数，尾数四舍五入。换长也可以称为计算长度，说明该车折合成11m长的车辆（以新中国成立初期30t敞车平均长度为计算标准）时，相当于它的多少倍，以便在运营中估算计算列车的总长度。

(3) 车辆定位标记。车辆定位标记以阿拉伯数字1或2标记，货车涂在车体两侧的端部下角，客车涂在脚蹬的外侧面及车内两端墙上部。

(4) 客车车种汉字标记及定员标记。为了便于旅客识别，在客车侧墙上的车号前必须用汉字涂刷上车种名称。有车门灯的客车还可以在车门灯玻璃上涂刷车种汉字名称，以便旅客夜间识别。在客车客室内端墙上方的特制标牌上，标明车号及按座席或铺位可容纳的定员数。

##### 2. 产权标记

(1) 国徽。凡参加国际联运的客车须在侧墙中部悬挂特制的国徽。



(2) 路徽。凡产权归我国铁路总公司的车辆，均应在侧墙或端墙适当部位涂刷路徽，对于货车应在侧梁适当部位安装铁路总公司的产权牌。

(3) 路外厂矿企业自备车辆的产权标志。

(4) 配属标记。所有客车以及某些有固定配属的货车，必须涂刷上所属局、段的简称。

### 3. 检修标记

检修标记是便于车辆计划预修理制度执行与管理的标记，共有两种它能记录本次修程、类型及检修责任单位并提醒下一次同类修程应在何时进行等，且车辆一旦发生重大行车事故，可借此追查与车辆检修有关的责任单位与责任人。

(1) 定期修理标记。定期修理标记分段修、厂修两栏。此种标记规定：货车涂刷在两侧墙左下角；客车涂刷在两外侧面右下角。

(2) 辅修及轴检标记。货车除厂、段修外尚有辅修及轴检。辅修周期为6个月；轴检须视轴承的不同形式规定周期。若为滚动轴承装置，其轴检并入辅修内进行，不另打标记；若为滑动轴承装置，轴检周期一般为3个月，其标记的形式类似辅修。货车由于无配属，故必须涂刷标记以备查考；客车由于有配属，故不必涂刷辅修标记。

### 4. 其他标记

(1) 制造标记。由厂家自定。

(2) 红旗列车标记。进京红旗旅客列车竞赛优胜者，在列车中部某车厢的侧墙中央相当于悬挂的部位悬挂此标记。

## （三）车辆方位

轨道车辆在前后、左右方向是一个接近对称的结构，在对称轴上或对称的部位上有许多结构相同或相近的零、部件。设置车辆方位就像数学上给定坐标系一样，应便于在设计、制造、检修、运用中确定同类型零部件在车辆中的位置。

车辆的方位一般以制动缸活塞杆推出的方向为第一位，相反的方向为第二位，如图1-1所示，并在车上规定的部位涂刷上方位标志。对有多个制动缸的情况则以手制动安装的位置为第一位，如按上述方法确定方位仍有困难，可人为规定某端为第一位。如客车转向架使用的盘形制动装置时制动缸数较多，可以手制动端为第一位。一些长大货车使用转向架群的，手制动装置也可能有数个，则可人为规定第一位端。

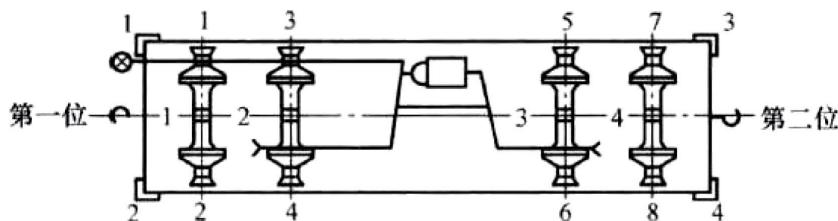


图1-1 车辆方位



车辆同形零部件命名规则为：当人面对车辆的第一位端站立时，对排列在纵向对称轴上的构件可由第一位端顺序向第二位端编号。

## 四、车辆主要技术参数

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，一般分性能参数与主要尺寸两大类。

### (一) 车辆性能参数

性能参数中的自重、载重、容积、定员等已经在前面做了说明，此外还有以下几项。

#### 1. 自重系数

自重系数是运送每单位标记载重所需的自重，其数值为车辆自重与标记载重的比值。对于一般货车而言，这是一个重要的技术参数。

#### 2. 比容系数

该参数是对一般货车而言的，它是设计容积与标记载重的比值。不同类型的货车因装载货物种类不同，要求不同的比容系数。某些类型的货车没有这项参数或改用别的参数代替。例如，平车就没有比容系数；罐车一般采用比容系数的倒数，称为容重系数。

#### 3. 最高试验速度

它是指车辆设计时，按安全及结构强度等条件所允许的车辆最高行驶速度。

#### 4. 最高运行速度

除满足上述安全及结构强度条件外，还必须满足连续以该速度运行时车辆有足够良好的运行性能。

#### 5. 轴重

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

#### 6. 每延米轨道载重

它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，其单位是t/m。按现行桥梁设计规范，允许每辆每延米轨道载重可取到8t。

#### 7. 通过最小曲线半径

它是指配用某种型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。

对于客车，一般没有自重系数与比容系数。直接载客的客车车种如硬座车、软座车、硬卧车、软卧车等均给出了以下三个参数，即“每个定员所占自重”“车辆每米长所能容纳的定员”及“车辆每米长所占自重”。



## (二) 车辆尺寸参数

车辆的尺寸参数除前述的车辆全长外，尚有以下几项。

### 1. 车辆定距

车体支承在前、后两走行部之间的距离，若为带转向架的车辆，车辆定距又可称为转向架中心间距，如图1-2中的C。除长大车外，车辆定距多在20000mm之内。

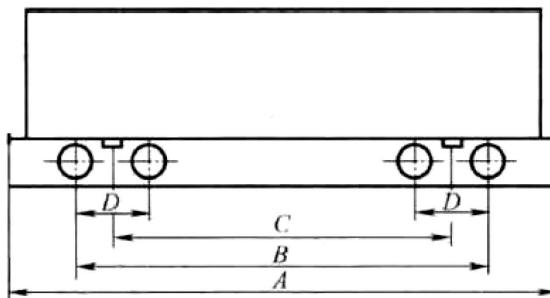


图1-2 车辆纵向尺寸参数

### 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与最后位轮轴中心线之间的距离称为转向架固定轴距，如图1-2中的D。常规货车的固定轴距一般小于2000mm，如我国货车二轴转向架转K6固定轴距为1830mm，转K5、转K7型转向架固定轴距为1800mm；客车二轴转向架固定轴距多为2500mm。

### 3. 车辆最大宽度、最大高度

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之间的距离。

### 4. 车体长、宽、高

该参数又有车体外部与内部之别，且车体内部的长、宽、高必须满足货物装载或旅客乘坐等要求。

### 5. 车钩中心线距轨面高度

简称车钩高。它是指车钩钩舌外侧面的中心线至轨面的高度。列车中机车与各车辆的车钩高基本一致，这是保证正常传递牵引力及列车运行时不会发生脱钩事故所必需的。

### 6. 地板面高度

是指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。它将受到两方面的制约，一方面是车辆本身某些结构高度的限制；另一方面又与站台高度的标准有关。



### 第三节 城市轨道交通工具发展历史

城市轨道交通工具发展历史大致可以分为四个时期，即蒸汽机车时期、内燃机车时期、电力驱动列车时期以及高速列车时期。

#### 一、蒸汽机车时期

促使轨道交通工具发展的是蒸汽机的发明与应用，作为工业革命时期的一大发明，蒸汽机车开辟了近代运输的新纪元。蒸汽铁路发明于19世纪。1804年，英国发明家理查德·特里维西克设计制造了世界上第一台行驶于轨道上的蒸汽机车，取名“新城堡号”。1830年，在英国利物浦至曼彻斯特之间开始了第一条城市间铁路服务。伦敦在1838年开放了第一条市郊路线以后，在1840到1875年之间实现了大批市郊线网建设。1863年1月10日，伦敦最先开通了地铁，达成了将蒸汽列车引入市区中心的梦想。1868年，查尔斯哈维在纽约城的格林尼治街建造了一条由电缆牵引的高架线，但在经济上这项投资并不成功。1871年，新管理者将它改造为由一台小的、被称为“傻瓜”的蒸汽机车牵引。1892年，芝加哥开放第一条高架线，此时列车仍由蒸汽机牵引，但该线路不久就被拆除，主要是因为该设计不令人满意，排气和噪声都非常大。美国在1870年由阿尔福莱德·阿里·比奇（Alfred Ely Beach，“科学美国”的创始者）在纽约建设开放了第一条地铁线路，该线由气压驱动，运营四年，蒸汽机车的速度最大可以达到110km/h。

蒸汽机车具有结构简单、造价便宜、使用成本低廉、维修保养以及驾驶都较易掌握的优点。缺点是其热效率低、燃料消耗需要大量的供煤给水设备、机车乘务人员的劳动强度大、条件差并在运输途中会对环境造成明显的污染。因此随着车速的提高以及铁路运量的增大，蒸汽机车慢慢就不能适应现代铁路的运输要求了。

#### 二、内燃机车时期

德国人奥托于1866年设计了“内燃机”，随着内燃机的快速发展，铁路机车设计者开始将内燃机应用于铁路。1894年，德国制造出了世界上第一台内燃机车，该车以柴油作为燃料，是一种没有大锅炉的新型机车。20世纪20年代，内燃机开始投入运用，主要是从事



调车作业。到了30年代后期，内燃机车开始运用于干线客运。1958年，中国开始制造内燃机车，第一批是东风型和东方红型内燃机车。

内燃机车的优点是启动迅速、加速快，不仅马力大，而且能较好地利用燃料的热能，因此节省燃料；缺点是其构造复杂、环境污染大，此外其制造、维修以及运营费用都比较大。

### 三、电力驱动列车时期

1890年，伦敦最先开通了第一条由第三轨电力驱动的地铁，开启了电力驱动列车时代。1895年5月6日，芝加哥最先运营世界上首条电力高架线，该线路用一台带有电机的机车，牵引一到两台无动力的拖车。格拉斯哥于1896年12月开通了一条由电缆驱动的长为10.6km的地下环线。1897年9月1日，Tremont街上的电车路线投入运营。华盛顿营建了美国第二条由电力驱动的地下铁路，其隧道一直到1987年才被取代。波士顿1904年修建了连接东波士顿的隧道，穿过查尔斯河、连接剑桥的一条新线也在1912年投入运营，它就是现在的红（Red）线。

### 四、高速列车时期

高速列车时期的到来，源自于动车组的出现。芝加哥南部政府在1897年时，做出了将高架铁路电气化的决议，工程技术专家斯卜拉格签订合约，并独创了每辆车均配有电机，但全部都只由第一辆车的驾驶员操纵的多单元动车系统。1897年7月，他示范了由6辆车编组的列车，并通过让自己10岁的儿子驾驶列车证明了列车操作的容易性。动车组由此诞生，并在欧美等国家迅速发展。

截至目前，几乎世界上所有的地铁车辆都采用该驱动系统。动车组的出现对于铁路的发展具有非凡的意义，由于每辆车都有动力，因此在列车牵引力并不减少的情况下便可以增大列车编组，增加列车的平均速度，减少运营费用。2004年，我国国务院制定了“引进先进技术，联合设计生产，打造中国品牌”的战略决策，我国轨道交通开始迅猛发展。

## 第四节 城市轨道交通工具发展现状

20世纪70年代以来，随着道路交通污染的不断加剧，人们对环境污染危机感的不断加强，越来越多的国家和地区意识到发展大中运量轨道交通系统的重要性，与此同时，技术



与经济的增长促使轨道交通在世界各地迅速发展。根据Bushell、Knowles和Fairweather等的调查资料，世界各国拥有地铁系统的城市共计90个，拥有轻轨系统的城市共计105个。

我国在20世纪70年代时仅北京、天津两个城市拥有地下铁道，长度分别是39.7km和7.4km。80年代中期，有少量大城市开始筹划发展轨道交通，广州第一条地铁线于1993年年底开工，全长18.48km。上海经过30年的规划准备，于1990年开始建设第一条地铁线（16.1km长），并于1995年建成投入运营。而截至2012年，已有北京、上海、深圳、武汉、广州等12个城市建成了地铁线路，开通运营的总线路长达770km。以长春、杭州等为代表的11个省会城市和以宁波等为代表的5个二、三线城市的地铁也都处在建设中。太原、石家庄、兰州等5个省会城市也已上报了地铁修建计划。北京等10个已有地铁的城市也已提出了扩建计划。按照预计，2015年，北京市将形成总长660km的轨道交通网络，每天的运力将达到1000万至1200万人次，而全国地铁运营的总里程将达到3000km。预计到2020年时，我国的40个城市将拥有地铁，运营里程将达到目前总里程的4.33倍。地铁在中国各城市的迅速发展已成为毋庸置疑的事实。

在高速列车领域，我国通过多年对既有铁路的高速化改造以及高铁线路建设，目前已经拥有了世界最大规模和最高运营速度的高速铁路网。资料显示，到2010年年底，我国运营时速在200km以上的铁路，其运营里程已经达到了7421km。

此外，科学技术的发展使得轨道交通达到新的水平，例如无人驾驶的自动化导向交通等，使轨道交通不断出现新的系统。

## 第五节 城市轨道交通工具的未来

交通系统是保持城市活力最主要的基础设施，是城市生活的大动脉，制约着经济的发展。轨道交通产业由于其关联度既广又高的特点，大力推动我国国民经济的发展，同时，其建设投资带动了诸如原材料、金融、建筑等产业的发展，推进了我国居民出行、消费增长，对于扩大内需、拉动就业、满足社会需求有重要作用，直接或间接地带动了我国国内生产总值的增长。有关资料显示，轨道交通项目中，每投资一亿元，在可以带动GDP增长2.63亿元的同时还可以增加八千多个就业岗位。由此可见其推动经济发展的作用不容小觑。

目前，我国轨道交通的里程和路网密度都在不断增加，线路换乘也越来越方便，导致选择轨道交通工具出行的乘客急剧增多。在2011年的第一季度，北京市轨道交通日均客运量占其公交运输总量的比例达到了30.7%，而2010年时这一数据仅为26.5%。轨道交通



在不断发展，但是其运力和运量的矛盾也开始凸显。仍然以北京市轨道交通为例，截至2011年，其累计运量已经突破了10亿人次，高峰期的单日运量已超过了600万人次，而该记录随着节假日旅游的火爆和新线路的开通更是被屡次刷新。由此可见，我国现有的轨道交通规模仍不能满足我国人民的需求。另据相关资料统计，到2015年，北京市五环内的轨道交通线网密度已达到 $0.59\text{km}/\text{km}^2$ ，上海已达 $0.57\text{km}/\text{km}^2$ 。但这些数字与纽约曼哈顿的 $2.5\text{km}/\text{km}^2$ 、巴黎核心区 $2.2\text{km}/\text{km}^2$ 相比，仍相差很远，远远低于世界城市的水平。由此可见，轨道交通在我国仍有很大的市场需求量以及发展空间。

自20世纪70年代以来，以信息技术为突破口的新技术革命冲击着人们生活的方方面面，信息化的浪潮给人类社会带来了深远的影响。社会生活的联系更多地借助通信手段，无疑，未来的城市将变成智慧城市，即高度信息化和全面网络化的城市。借助于互联网技术，人们在足不出户的情况下便可以进行娱乐、工作、购物等。届时，以观光、旅游和享受大自然为目的的出行比例将会显著提高。因此，与现代化生活相适应的现代化交通体系势必出现，发展以多种运量、多种形式相结合的轨道交通将是我国城市实现多层次、立体化、智能化交通体系的重要措施。因此，发展以轨道交通为骨干的公共交通网络是我国未来交通发展的必然趋势。

## 第二章 城市地铁车辆及其设计概述

### 第一节 现代地铁车辆产生及其特点

随着经济的发展和技术的进步，城市化进程加速，城市人口迅速增长，人们的出行成为一个重要的问题。城市交通是一个城市的命脉，关系着城市经济的发展，也是生命安全的通道。经济的发展使整个城市的生活节奏加快，人口流动增大。城市轨道交通由于其方便、快捷、准时的优点，成为城市主要交通运力之一，也是人们出行首要选择的交通工具。

现代轨道交通工具中最具有代表性的就是地铁车辆。地铁，英文为Metro，通常指地下铁路，亦简称为地下铁，狭义上专指在地底运行为主的城市铁路系统或捷运系统；但广义上，由于许多此类的系统为了配合修筑的环境，可能也会有地面化的路段存在，因此通常涵盖了都会地区各种地底与地面上的高密度交通运输系统，是城市交通中运力最大的一种运输方式。

1863年开通的伦敦大都会铁路是世界上首条地下铁路系统，是为了解决当时伦敦的交通堵塞问题而建。当时的地铁车辆是木制车厢，后来为了减少火灾危险改用钢材。1953多伦多地铁车辆，开始改善，使用铝材料，从而有效地降低了车身重量。

地铁车辆是用于运送乘客的现代城市快速轨道交通车辆，不仅需要保证车辆行驶的安全、准点、快速，而且要为乘客提供良好的服务条件，使乘客乘车舒适、方便，同时还考虑对城市的景观和环境的影响。

现代地铁车辆一般具有如下特点。

第一，车辆构造上采用分散的动力布置，由有动力或无动力的动车和拖车组合而成，形成固定编组，操纵台设置在车辆两头，车体各种设备要尽量采用模块化的设计以方便检修。

第二，车辆整体重量轻，车辆通过良好的结构设计成为一个整体，主要采用大口径中



空挤压铝合金型材；具有良好减震性能的悬挂系统；制动方式采用的是电气和空气的混合制动；采用自动车钩进行连接；车辆间采用通过量大的封闭式贯穿通道。

第三，因为现代地铁车辆承载的是高密度、大流量的城市人群，所以必须具备安全、正点、快捷的优点，而且提供乘客在乘坐时相对舒适、安静的条件。

第四，车辆运行使用自动驾驶系统ATO，并采用世界先进的调频压交流变频器作为主要推进力。

## 第二节 我国城市地铁发展

近年来，随着我国经济的快速增长和城市化进程的不断加快，城市人口和车辆不断增加，这些都造成了城市交通拥堵、环境污染等问题，阻碍了城市的进一步发展。截至2012年人口普查，中国常住人口前十名的城市人口数目均超过1000万，这样庞大的城市人口数目还在不断增长。

城市交通作为城市的命脉，如何让这些城市的血管保持畅通，是一个城市发展的关键，它关系到如此庞大人群日常生活出行、城市建设、安全问题等。随着中国经济的高速增长，城市化进程的加剧，城市人口急剧增多，交通问题日益困扰着城市的发展。为了让整个城市保持更加有序及良好的交通秩序，纵观整个世界发达国家的城市建设，我们都可以看到城市轨道交通——地铁的修建是城市发展的一个必然趋势。

从20世纪80年代中期，国家就推出在百万人口以上的大城市中逐步发展地铁交通的政策，随后在80年代末，国家制定的产业政策再次明确其在基本建设中的重要地位。2000年开始，国家首次把“发展地铁交通”列入国民经济“十五”计划发展纲要，并作为拉动国民经济持续发展的重大战略，国内地铁建设以大城市与省会城市为主。

据统计，2013年国内地铁车辆招标数量达3137辆，而在2000年中国地铁车辆采购量为698辆，增长达4~5倍之多。据业内专家表示，中国已经进入城市轨道交通快速发展期，预计建设热潮至少持续10年以上。地铁不再仅局限于北、上、广那样的特大型城市，为缓解交通压力，内地城市也修建了地铁，例如：成都、西安、武汉等。由于地铁的运量大、速度快、准点等显而易见的优势，人们在出行中也更加倾向于选择这种方便、快捷的交通工具，它与人们的日常出行关系越来越密切。



## 第三节 地铁车辆类型和编组

### 一、地铁车型

现代地铁车辆型号是指地铁所用车辆的型号。在全世界范围内，现代地铁车辆型号没有统一的标准，都是按照每个地方标准定制的。在国内，现代地铁车辆一般有A、B、C三种型号。三种车型的主要区分是车体宽度。（这里指的是普通的侧面垂直的列车，不是鼓型车）。长度可以靠改变编组来随时变化，高度差别不大。

A型车长22.8米，宽3米；B型车长19米，宽2.8米；C型车长19米，宽2.6米。

A型车具有宽敞、舒适的优点，但它也具有相对较高的造价以及对线路条件、限界、站台、车辆段等要求都很高的缺点。所以目前只有上海、南京（全部为A型车）、深圳、广州部分线路采用A型车。

B型车因为具有相对成熟的加工和制造技术，较低的成本以及维修方便的优点，被目前大部分城市采用。

### 二、现代地铁车辆编组方式

现代地铁车辆有多种形式，主要有动车（M，Motor）和拖车（T，Trailer）、带司机室车和不带司机室车等。动车是带有动力牵引装置的车辆，拖车则是没有动力牵引装置的车辆；动车有带受电弓的动车和不带受电弓的动车两种形式。

动车：带司机室动车（Me）、无司机室动车（M）。

拖车：带司机室拖车（Tc）、无司机室拖车（T）。

现代地铁车辆的运营方式是列车编组运行，编组形式有动车和拖车混合编组或者是全动车编组。现代地铁车辆本身带有动力牵引装置，所以既有牵引又有载客的功能。目前国内地铁车辆的主要编组形式有六辆编组和四辆编组，这主要是结合线路以及客流量等因素确定的，六辆编组的编组形式有四动二拖、三动三拖，四辆编组采用的是两动两拖的形式。车辆根据需要采用自动、半自动车钩或半永久牵引杆来连接。



## 第四节 地铁车辆造型元素分析

现代地铁车辆是由许多相对独立的结构部件有机地结合在一起，互相配合来实现地铁车辆安全可靠、高品质的运行。

现代地铁车辆一般由七部分组成，如下。

### 一、车体

车体是安装与连接其他设备和部件的基础，主要包括底架、端墙、侧墙及车顶等几个部分。

### 二、动力转向架和非动力转向架

其包括框架、悬架、砂轮轴箱装置和制动装置等。

### 三、牵引缓冲连接装置

现代地铁车辆是编组运行的，车辆之间的连接需要借助连接装置。为了改善列车纵向平稳性，一般在车钩的后部装设缓冲装置，以缓和列车的冲动。

### 四、制动装置

制动装置是现代地铁车辆安全运行的保证，主要的车辆制动系统有空气制动系统、制动电阻及制动轨等。

### 五、受流装置

受流装置指的是将电流从接触导线或导电轨引入动车的装置。



## 六、车辆内部设备

固定装置包括车辆电气、通风、采暖、空调、座椅、把手等。

## 七、车辆电气系统

车辆电气包括车辆上的各种电气设备及其控制电路。按其作用和功能可分为：主电路系统、辅助电路系统和控制电路系统三个部分。

现代地铁车辆车身造型设计元素一般分为车头和车体两部分。

车头部分的基本造型元素有显示装置、前窗、逃生门、车灯、面罩、前立柱、司机室车门、雨刮器等。

车体部分的基本造型元素有侧墙、侧窗、车顶、车门和底架。

## 第五节 现代地铁车辆设计

现代地铁车辆主要是在城市及市郊运行，站与站之间的距离近，其最高运行速度一般设计为80~90km/h，空气阻力对车辆造型设计的影响并不那么明显，所以在很长一段时间里国内外现代地铁车辆的车头造型一直是“四方钝头”的生硬设计。

现代地铁车辆的设计要切实符合人们的使用，在满足现代地铁车辆系统功能的要求下最大限度地达到美观、安全、健康、舒适的效果。在我国，地铁建设事业起步较晚，直到20世纪50年代才开始起步，1999年以后，达到建设的高峰期，但是有很多先进技术直接从国外引进。现在，虽然已经能够掌握并独立制造现代地铁车辆，但大多集中在技术领域，在相关的工业设计方面却是一片空白，造型设计一般从国外引进，或者直接买进现成的车辆进行修改。

现代地铁车辆工业设计主要包括三个方面的内容：一是整车外观设计，二是地铁车厢内饰设计，三是驾驶室内部设计。

地铁车厢内部是一个特殊的环境，由于它的客流量很大，运营时间长，在乘客乘坐过程中内部空间设施的一些问题便暴露出来，部分设施的设计不够完善、考虑不够周全，且容易磨损、不耐脏、不易清洁，空间的美感不足、人们获取信息的渠道不顺畅等，这样的



乘坐环境势必会对乘客的乘坐体验产生一定的影响。

此外，轨道交通工具驾驶室是轨道交通的控制中枢，是驾驶员获取信息、做出决策，并对系统进行控制、完成各项任务的作业空间，其人机工程设计的合理性对轨道交通工具运行安全、驾驶员作业的高效性、舒适性以及身体健康起关键性作用。目前，我国轨道交通的发展已处于世界前列，并已掌握一些核心技术，但由于一方面轨道交通工具的技术引自国外，车内的各种设施包括驾驶室座椅、操纵台等都是按照国外的人体尺寸和各种标准设计，导致轨道交通工具驾驶室的人机设计不能真正满足我国驾驶员的要求；另一方面，列车运行控制技术已发生很大变化，越来越多的电子设备用于驾驶室内，显示器和控制器增多，导致人机之间信息交流量急剧增加，驾驶员认知与操作负荷增大，在长时间的驾驶过程中，导致身体和精神疲劳，影响驾驶员的认知与作业绩效，给列车运行安全带来隐患。

不断发展的科学技术以及人们不断提高的审美观，造成了产品的研发不仅要满足功能的需求，更加需要符合大众审美的造型。我们的社会里高技术越多，我们就越希望创造高情感的环境，用技术的软性一面来平衡硬性的一面。纵观体验经济、情感社会，都与后现代社会要抓住用户的内心情感不谋而合。鉴于此，现代地铁车辆的造型设计，已经逐渐从注重技术忽略造型的阶段发展到现在的同时兼顾造型与技术的阶段，从最初的机械生硬发展直到现在外观平滑流线，样式也变得多样化。现代地铁车辆设计不仅需要完善的功能技术，更要求设计师按照大众的审美需求结合科技的发展、时代精神来重视其工业设计。

# 第三章 整体造型设计原则

## 第一节 车身外轮廓的比例与尺度

任何现有的产品都有具体的比例和尺度关系。在人们的眼中，美的产品要具有符合自己审美习惯的比例与尺度。为了使现代地铁车辆具有美观的外形，就必须使车身与车身各部件之间具有合适的比例与尺度。

### 一、比例与尺度

比例是指产品的各部件之间以及部件与整体之间的匀称关系，不涉及特定的数值。比例是形式多样性统一的首要条件，并使造型保持一种合理的逻辑关系。在产品设计中，比例是指产品各部件之间的相对尺寸，指的是整体与部分之间的长、宽、高的相对尺寸。人的直觉一般首先侧重于对于整体关系的把握，因此适宜的比例关系可以建立良好的视觉感知印象。在现代地铁车辆车身外轮廓的设计中，比例表现在车体各部分的分割规律，以产生一种数理性与秩序性。在现代地铁车辆车身外轮廓设计中，整数比例、黄金比例是常用的比例关系。

尺度是指产品与人两者之间的比例关系。在产品设计中，尺度是指产品本身和构成部件与人或者人的使用习惯、使用心理相适应的大小关系。尺度是与产品的使用功能密切相关的，所以产品尺度必须控制在功能范围内，以满足人们的使用习惯。尺度的考虑在现代地铁车辆的设计中特别常见，车门的高度与宽度设计、车窗的面积与位置设计、前挡风玻璃的倾斜角度等设计都要以人体尺度为参考进行，以达到整车形象的美观和人机环境的协调。

在现代地铁车辆车身外轮廓设计中，首先应该根据人的使用习惯确定各部分的尺度，然后推敲车体各部分之间的比例，最终达到比例与尺度和谐的结果。



## 二、比例与尺度在车身外轮廓设计中的应用

首先，比例在车身外轮廓中的应用在现代地铁车辆车身外轮廓的设计中，常用到的比例关系主要体现在以下两个方面。

一是整数比例。整数比例是以正方形为基础单元而派生的一种比例。对于现代地铁车辆来说，整数比例主要应用在像车窗以及车门等功能一致，又需要重复使用的部位中。使用整数比例的车辆，它们的优点包括均整、简洁、明快的车身以及工艺性好、易加工、适合批量化生产。

二是黄金分割比例。黄金分割比例是指将任一长度为L的直线分为两段，分割后的长段与原直线之比等于分割后的短段与长段之比，其比值约为 $1 : 0.618$ 。 $0.618$ 被认为最具有审美意义的比例数字，为了广泛使用，通常近似简化为 $3 : 5$ 。现在的很多建筑、车辆以及各种工业产品中都能看到它应用的影子。对于现代地铁车辆来说，黄金比例大多被用在车辆车头、侧窗、车门等造型中。以车窗中线为界，到车顶的距离与到车底的距离之比为 $3 : 5$ 。

其次，尺度在车身外轮廓中的应用在现代地铁车辆车身造型设计中的尺度设计，不仅仅是指地铁车辆实际大小的数量概念，更多关注的是一种与人相称或比较的尺度感觉或印象。在对车身外轮廓进行设计时，应该让产品的尺度符合这种已有的感觉或印象。

一般情况下，在对现代地铁车辆车身外轮廓进行设计时，各部件如车门、侧窗和前窗的玻璃，应尽可能使它们与普通车辆中相关部件的位置和大小相同。但是有时候为了突出或减弱某一部分的造型或功能，通常通过采用夸张的手法比如增大或缩小这一部分的尺寸。新加坡滨海沿线地铁车辆，增大了车灯的长度，但是同时减小了车灯的宽度，使车灯变得细长，车灯形式也符合车头前部轮廓走向，这样可以削弱车灯局部的形式，达到车头正面效果更加统一的目的。西安地铁车辆在对车灯进行设计时，刻意夸大了其尺寸，突出了车灯的形式。

## 第二节 现代地铁车辆车身外轮廓的均衡与稳定

### 一、均衡与稳定

均衡主要是一种视觉上的平衡，是两个及两个以上的元素之间形成的一种势均力敌的



状态，从而构成心理上的平衡感觉，是产生稳定感的基础。对称是均衡的一种特殊情况，也是自然物与人造物最为普遍的一种存在形式。它的特殊性在于左右视觉分量相等。对称的均衡使人们产生安静、稳定、端庄、完整、规则、坚固、和谐的感觉，符合人们通常的视觉习惯。在现代各类产品中，对称的形态非常多，可以说是最常见的视觉表达形式。而不对称的均衡其实就是在用一个或多个不类似或对比的元素，来取得平衡关系的均衡（除体量外，还有色彩、质感、方向、空间形的元素），这样的均衡，不仅稳定，还多了活泼、灵动的感觉。

稳定，强调的是线、色、形、体的组合稳固关系，以及视觉元素上下部分之间的轻重关系。稳定分为形式稳定和技术稳定。换言之，有实际的稳定，也有视觉的稳定。例如，为了维持现代地铁车辆车身自身的稳定状态，往往靠近地面的部分大而重，上面部分则小而轻。这样做就为了使重心降低，防止偏倒，从而也符合力学原理。

现代地铁车辆作为大型的工业车辆，并且速度快、体量大，其造型设计尤其要注意形式的均衡与稳定，这样才能给人安全的心理暗示，使乘客与旁观者产生值得信赖的心理感受。

## 二、均衡与稳定在车身外轮廓中的应用

首先，均衡在车身外轮廓中的应用绝大多数的现代地铁车辆的车身外轮廓，都是左右均衡，中心对称的图形。大多数的车身部件（前窗、车灯、显示装置、两侧的司机室侧窗、面罩、车门、侧窗、转向架、装饰色带等）也都是对称的。通过使用均衡的设计手法，使现代地铁车辆车身外轮廓不仅具有良好的稳定感，同时又展现了作为城市公共交通工具的庄重、严肃的视觉审美。

其次，稳定在车身外轮廓中的应用通过研究发现，现代地铁车辆车身的截面外轮廓和侧面外轮廓一般形状是梯形或类似于梯形的造型，采用这些类似于底部宽、上部窄的形状，是为了让车身重心下移，从而获得视觉上的强烈稳定感。

## 第三节 现代地铁车辆车身外轮廓的统一与变化

统一与变化，同均衡与稳定一样，同属于最基本的形式美法则。对于现代地铁车辆而言，车身外轮廓的统一与变化主要表现在结构样式与造型风格上，车身外轮廓设计需要从



无数零部件的设计中去寻求整体的统一，同时又要在整体的统一中表现出有个性、有美感的变化。

## 一、统一与变化

统一是指组成一个整体造型的各个构成部件之间，相互呼应、相互关联，呈现出一种一致的或趋于一致的规律或秩序。统一能增强造型物的整体感，能使各造型形体间显得有条有理，趋于一致，具有治杂、治乱的作用。但是，过度地强调统一会导致造型物显得单调、呆板且毫无生趣。

变化是指统一的整体之中的某些元素之间寻求差异的过程。变化能克服造型物的呆板和沉闷感觉，能使造型形体体现出丰富多彩的内容，具有增添差异性新颖元素的功能。统一和变化不是一个矛盾的属性。在现代地铁车辆车身造型设计中，要始终坚持统一与变化的形式美法则，和谐地处理两者之间的关系，保证两者量的适宜。

## 二、统一与变化在车身外轮廓中的应用

首先，统一在车身外轮廓中的应用。

“统一”，在现代地铁车辆车身外轮廓设计中主要体现为外观形的统一。在车身设计中要在保证车辆整体美感的前提下，寻求其性，减少差异，获得完整统一、和谐美观的整体外观效果。

为了使现代地铁车辆车身的外观形式相统一，在设计车窗、车门等主要部件时，会将它们的位置和尺寸设计成一致，这样就可以获得秩序性和连续性的统一感。

同时，车身的线型风格也要统一。构成车身形体大轮廓的几何线条的走向，趋势是要统一的。不同线型风格的车辆，所展现的风格是不一样的。线型主调为曲线的车辆，是曲线风格，这种风格的车辆表现的是车身整体造型的优美，通常给人柔和、圆润、通透之感；相反，线型主调为直线的车辆，是直线风格，这种风格的车辆表现的是车身整体造型的刚劲挺拔、简洁、明快之感。

其次，变化在车身外轮廓中的应用在现代地铁车辆车身外轮廓设计中，为了使车身造型丰富多彩，就需要使用变化的手法。在车身外轮廓整体统一、完整协调的基础上，可以通过某些部件的形状对比来实现车身外轮廓的变化。造型物的形状对比主要包括形体的长短、大小等方面。在曲线风格下，使用矩形的车窗及逃生门的形式，获得了在统一形式下的变化。圆形的车灯也是在矩形的边框之内，这些直线的加入并没有改变曲线的主风格，反而使车头的形式更加丰富，而不会显得单调。



## 第四节 现代地铁车辆车身外轮廓的过渡与呼应

不同部件之间结构和形状的对比，通常会引起外形设计的强烈差异，有时候会使整个形体线面关系混乱，没有秩序感。为了消除这些差异，这时就可以采取过渡与呼应的办法来消除这一反差。在现代地铁车辆车身外轮廓的设计中，为了获得视觉上的统一，可以通过运用过渡与呼应这一法则，来消除不和谐的反差。

### 一、过渡与呼应

过渡是指采用既相互关联又演变渐进的方式使产品的不同部件之间达到协调统一的效果。现在所使用的过渡形式有线型过渡、形体过渡。

呼应是指运用相同或相近似的细部处理手段，使上下、前后或左右不同方位的形体，在彼此的关怀和相互连接的位置，可以实现统一的联系，以便获得和谐的整体形状，这种方法可以使产品表面联系一目了然，具有统一的整体感。

过渡可以看成是呼应的前提，呼应可以看成是过渡的结果，两者相互影响，相互补充。没有过渡的现代地铁车辆是繁杂的，没有呼应的现代地铁车辆则是凌乱不和谐的。

### 二、过渡和呼应在车身外轮廓中的应用

现代地铁车辆作为大型的工业车辆，本身的结构和功能限制了造型的多样化发展。据调查，大部分车辆的车体断面形状是鼓型或者竖直型，反差不大，用到过渡手法的地方也不多。在现代地铁车辆的车身造型设计中，主要在车头的设计以及处理车顶与侧墙的转折时，用到过渡的造型手法。通过使用过渡的处理手法，使现代地铁车辆车头前部左右两侧位置、上下位置以及前后位置相互应用，使车身造型获得统一柔和形式。

# 第四章 车头造型设计

## 第一节 显示装置设计

现代地铁车辆车头前部上方位置的显示装置主要作用是要显示线路名称或其他相关信息。

电子显示屏是现代地铁车辆主要的显示装置，简单地讲就是LED显示屏。现代地铁车辆的显示装置分为内置式电子显示装置与外置式电子显示装置。

外置式电子显示装置，顾名思义，是指设置在车体外面的电子显示装置，因为被设置在车体外面，所以要对它进行额外的设计，这样就会加大设计的难度和工作量。所以，现在已经没有地铁车辆会采用这种显示装置。

内置电子显示装置指安装在车身内的电子显示设备，被应用于绝大多数现代地铁车辆。总体说来，内置电子显示装置主要具备以下特点：位于车头前部的上方，被安装在车体内部；采用与车体外轮廓面保持一致的透明保护罩，目前大多数现代地铁车辆已经抛弃了透明保护罩而改用前窗玻璃，从而获得了统一的形式感。

## 第二节 前挡风系统设计

前挡风系统是由司机室前窗和侧窗组成的，主要是为了方便司机驾驶。因此，需要从司机室前窗和侧窗两个方面入手对现代地铁车辆前挡风系统的细部造型进行分析。



## 一、司机前窗

司机室前窗，按字面意思来讲，就是位于司机室正前方的车窗，主要是为了方便司机安全驾驶车辆。

前窗玻璃是司机室前窗结构中最重要的部件。前窗玻璃一般分为平板玻璃和曲面玻璃。平板玻璃的特点是：成本相对较低，加工制造工艺简单，但是也具有只能在平面上造型的缺点。曲面玻璃的特点是：造价高，加工工艺复杂，但它最大的优点是可以产生复杂的曲面造型。

通过对不同地铁司机室前窗细部造型对比，可得出以下结论。

第一，司机室前窗的正面造型一般是矩形或梯形，或经过圆角或大的弧面处理，一般为左右对称的形式，表现出强烈的稳定感和均衡的美感。

第二，司机室前窗玻璃的黑色边框增加了车窗面积的视觉感受。

第三，平板玻璃一般用于车头造型简单规整的车辆；曲面玻璃则被用于车头造型复杂的车辆。

## 二、司机室侧窗

司机室侧窗，顾名思义，指的是位于司机室侧面的车窗。

司机室侧窗的以下造型设计特点。

第一，司机室侧窗要与司机室前窗、车体侧窗的形式相关，这样才可以获得造型的统一感。

第二，司机室侧窗周边有黑色边框和梅花点，有助于所有车窗形成统一的视觉感受。

第三，司机室侧窗的形式很多，多是矩形、梯形或其他变形。要注意多变的形式与车身造型相联系，从而获得统一的造型轮廓。

## 第三节 车身前立柱及车头面罩设计

### 一、车身前立柱设计

位于驾驶室前窗与左右两侧窗中间位置的前立柱的作用主要是支撑车体顶部。前立柱



有三种基本形式：上下等宽、上宽下窄、上窄下宽，这是根据外观造型的不同而划分的。研究发现，在现代地铁车辆中，上下等宽的前柱是使用最广泛的形式。

前立柱的细部造型特点如下。

首先，上下等宽形式的前立柱外形纤细，宽度相同，因为其形状、结构和工艺性能好，通用性强，可以被各种形式的车辆使用。

其次，上窄下宽的形式可以让人感受到速度和动感，但是看起来不是很稳定；上宽下窄的形式正好相反，稳定感很强，但不利于速度和动感的体现。

最后，应视现代地铁车辆的具体情况来选择前立柱的形式，以实现所需的性能外观。

## 二、车头面罩设计

面罩位于驾驶室正前方，与司机室前窗以及车钩罩相连，左右两侧与驾驶室侧面相连。面罩的主要作用是对保护驾驶室前部位置，在设计中可以作为装饰部件。

总体来说面罩是与车灯同时存在的，在对面罩进行造型设计时，需要同时考虑车灯的造型设计，并且按照对称的方法进行造型，使车头前部在视觉上给人均衡的美感。同时，面罩的造型与司机室前窗的造型也有很大的关系。

## 第四节 车灯造型分析及司机室车门设计

### 一、车灯造型分析

现代地铁车辆的车灯类型主要有前照灯、辅助照明灯和标志灯。

位于前方的前大灯主要作用是在远距离照明、夜间照明和警告的场合照明。在面罩区域内或与面罩相邻的辅助照明灯主要作用是近处照明，并与面罩一起成为车头前脸造型的标志特征，是辨别现代地铁车辆可识别性外观的最明显特征。

标志灯一般和辅助照明灯安装在一起，通过发出红色（或白色）的光来显示车辆运行方向的线条或方向，有警示的作用。通过调研发现，大部分的现代地铁车辆安装了辅助照明灯和标志灯进行照明和警示，少数车辆安装了前照灯。

在造型设计时，车灯都要按照左右对称的方式均衡地排列，这样才能达到视觉上的美感。



一般来说，车灯包括独立式车灯和整体组合式车灯。独立式车灯，顾名思义，车灯是独立的，分散的。而整体组合式车灯，会对面罩的形状进行分割，最好对称布置在面罩的两侧。相对于独立式车灯，整体组合式车灯更有利于车头前部的整体感与稳定感；独立式车灯则具有很大的自由度，限制造型相对来说比较小，在尺寸和布置上也更加灵活，具有更多的个性。

## 二、司机室车门设计

司机室车门位于司机室侧面，方便司机上下车辆，一般采用单开门的形式。

车门的开关可以自动控制，也可以由司机手动控制。司机室侧门宽度不应小于560毫米，高度不小于1800毫米。

通过调研发现司机室车门的设计要点如下。

一是，司机室车门采用固定门扇和车窗玻璃的组合形式，形状一般为矩形或圆角矩形或其变形。

二是，司机室车门的形状与车头前部的轮廓有很大关联，司机室车门顶端的轮廓通常会与车头轮廓相符，从而获得强烈的整体感。

## 第五节 逃生门（紧急疏散门）设计

GB/T7928-2003《地铁车辆通用技术条件》对逃生门专门做了要求，“在逃生门系统通常包括疏散门和疏散坡道两个部分，也有门、坡道一体的形式，一般被安装在驾驶室前方中心位置或偏向一侧的位置。目前，现代地铁车辆的逃生门有多种形式，主要有门、坡道一体式结构和门、坡道分体式结构两种。”

通常情况下，现代地铁车辆的B型车由于车宽较小，使用的是门、坡道分体式的逃生门，这样的逃生门一般位于驾驶室一侧，具有结构相对简单，成本相对较低以及质量较轻的优点。其中的平板式疏散坡道式逃生门坡道较平缓，疏散能力较强。

A型地铁车辆的逃生门位于驾驶室前方中心位置。因为这种形式逃生门系统坡道平缓，疏散能力和承载能力强，不占用驾驶室内部空间，但是同时也具有结构复杂、质量较大、造价高昂、司机室视野较差的缺点。

通过对逃生门的外观特征进行研究分析，得出以下细部造型设计要点。



第一，逃生门一般采用固定门扇和车窗玻璃的组合形式，形状一般为矩形或圆角矩形；

第二，当逃生门位于司机室一侧时，逃生门上的车窗玻璃与司机室前窗玻璃一般采用左右对称的形式，这样可以增强车头前部的整体感；当逃生门位于司机室正前方中央的位置时，逃生门车窗玻璃的黑色边框与前窗玻璃相呼应获得统一的形式感。

新加坡滨海市区线地铁车辆是完全自动的无人驾驶车辆，具有现代化的、时尚的外观设计。车头造型圆润，流线感强；方形前车窗的大圆角处理，使整个车窗看起来圆润活泼；细长的车灯紧随车头轮廓线，弱化了车灯的形式，增强了车头的整体感。

延边大学出版社