

上海工程技术大学

Shanghai University of Engineering Science

## 毕业设计（论文）

题目

这是论文的中文题目

学 院	电子电气工程学院
专 业	计算机科学与技术
学 号	987654321
姓 名	某学生
指导教师	某导师
完成日期	2023 年 12 月

目 录

1 绪论..... 3

1.1 课题的提出及背景..... 3

1.1.1 国内外车门的发展现状..... 3

2 第三章的标题..... 4

2.1 模型建立前的准备..... 4

3 小结..... 4

4 轨道车辆过道门模态分析 ..... 5

4.1 模态分析理论..... 5

参考文献 ..... 5

附录 ..... 6

A 轨道车辆过道门三维 CAD 模型 ..... 6

B 轨道车辆过道门模型三维变形动画 ..... 6

## 摘 要

本模板是为上海工程技术大学硕士研究生毕业设计论文编写的  $\text{\LaTeX}$  模板, 旨在让大家专注于论文的内容写作, 而不用花费过多精力在格式的定制和调整上. 本手册是相应的参考, 其中提供了一些环境和命令可以让模板的使用更为方便. 同时需要注意, 使用者需要有一定的  $\text{\LaTeX}$  的使用经验, 至少要会使用 `ctex` 宏包的一些功能, 比如调节字距或修改字体大小等等.

上海工程技术大学硕士毕业设计论文 latex 模板更新地址详细参见[GitHub](#)。

**关键字：** 排版系统，强大功能，文档说明

## **This is the paper's English title**

### **ABSTRACT**

This template is a  $\text{\LaTeX}$  template written for the graduate design thesis of Shanghai University of Engineering Technology. It aims to let everyone focus on the content of the thesis without spending too much energy on the customization and adjustment of the format. This manual is the corresponding Reference, which provides some environments and commands to make the use of templates more convenient. At the same time, it should be noted that users need to have some experience in using  $\text{\LaTeX}$ , and at least use some functions of the `ctex` package, such as adjusting Kerning or modifying font size, etc.

For details on the updated address of the latex template of Shanghai University of Engineering and Technology Master's Graduation Design Thesis, please refer to GitHub.

**Key words:** Typesetting system, Powerful functions, Document Description

这是论文的中文题目

某学生 987654321

1 绪论

轨道交通全称为城市快速轨道交通，是指城市中有轨的大运量的公共交通运输系统。目前国际轨道交通地铁、轻轨、磁悬浮列车等多种类型，其中轻轨就是地面的轨道交通，其他面运行采取的是全隔离方式或者架起来，尽量不占或少占城市道路，与常规交通的平面交叉。

随着我国轨道交通的快速发展，包括城市轨道交通系统和区域城际轨道交通系统，对轨道车辆的设计提出了更高的要求，因此需要采用更加先进和合理的设计方法来完成轨道车辆整体设计。作为一种先进的设计手段，动态设计方法已经成为企业提高竞争力的重要方法。要进行动态设计，前提是对车辆的动态性能作出正确的分析。

本论文主要针对轨道车辆过道门进行模态研究分析，从而提高轨道车辆的设计水平，将现代化的设计方法应用于轨道车辆整体的设计提出合理化建议。

1.1 课题的提出及背景

1.1.1 国内外车门的发展现状

德国、奥地利和日本的铁路工业是世界的佼佼者，尤其是日本的铁路新干线开创了日本铁路产业的里程碑，也为其他国家铁路事业的发展树立了榜样。在车门的研究方面日本也有实质性的突破，尤其表现在自动关门机的开发上。他们在设计通勤电动客车时，车门没有设台阶，以便旅客能平稳流动以及安全、迅速上下车，具有缩短停车时间的显著功能。

为了缓和客流高峰、缩短上下车时间，从 209 系、E217 系以后的“新系列车辆”起，JR 东日本客运公司就在市郊型电力客车一侧设置了 4 个车门，并将其规定为通勤电动客车的车门设置标准。为了贯彻该自动关门机要求的“高可靠性、操纵力易于控制、减少修理”的新理念，JR 东日客公司于 1992 年首次开发了电气式自动关门机构，并安装于 901 系列编组车上在京滨东北根岸线上试用。

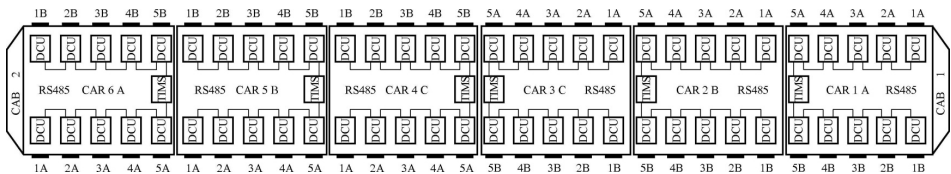


图 1-1 轨道车辆车门分布简图

.....

2 第三章的标题

2.1 模型建立前的准备

机械零部件三维模型的构建是有限元仿真的基础，这是因为仿真的实现必须从三维的建立开始。三维几何模型的建立一般需要花费工程技术人员大量的时间和精力，工程上三维几何模型的构建非常严格，必须理解零件、部件的形状及相对位置关系，严格按照实际的尺寸进行建模。只有这样才能达到仿真时对可信度的要求同时，还得考虑在虚拟环境下实体模型构建的难易程度。一些对仿真结果影响不大的特征和构建难度比较大但对实际仿真影响不大的特征可以进行简化。根据轨道车辆过道门的结构参数，综合考虑 UG 的功能、工作量等因素，选取一个较合理的建模方案，对系统进行结构分析。现对过道门模型进行如下简化处理：

- (1) 可以忽略的部位。
  - ① 尺寸较小零部件。
  - ② 过道门上控制零部件。
- (2) 门窗由塑料组成，原本为百叶窗，由于模态分析时不能划分网格，因此改装为一块合金板，与门框固定起来。

轨道车辆过道门的基本参数见表2-1所示

表 2-1 过道门基本参数

项目	参数/m
门框宽	1.690
门框高	2.155
水平净开度	1.400
垂直净开度	1.950

3 小结

本篇介绍了动力学模态分析的基本求解和建模过程，建立轨道车辆过道门有限元模型，合理的确定约束条件，选定了单元类型。并对各个部分进行材料设置并布尔求和，最后通过网格划分，得到轨道车辆过道门的有限元模型，为进一步对模型进行模态分析打下基础。

## 4 轨道车辆过道门模态分析

### 4.1 模态分析理论

模态分析的理论是在机械阻抗与导纳的概念上发展起来的。近十余年来，模态分析理论吸取了振动理论、信号分析、数据处理、数理统计以及自动控制理论的知识，形成了一套独特的理论，它已经成为近年来应用于结构动力学研究的重要方法。模态分析的基本原理是：将线性定常系统振动微分方程组中的物理坐标变换为模态坐标，使方程组解耦，成为一组以模态坐标及模态参数描述的独立方程，以便求出系统的模态参数。坐标的变换矩阵为模态矩阵，其每一列为模态振型。由振动理论，系统任一点的响应均可表示为各阶模态响应的线性组合。因而，通过求出的各阶模态参数就可以得到任意激励下任意位置处的系统响应。模态分析的最终目标是识别出系统的模态参数，为结构系统的振动特性分析、振动故障诊断和预报以及结构动力学特性的优化设计提供依据。工程中较复杂的振动问题多为像机床主轴箱这样的多自由度系统<sup>[2]</sup>。对于多自由度系统利用矩阵分析方法， $N$  自由度线性定常系统的运动微分方程为：

$$MX + CX + KX = F \quad (4-1)$$

其中， $M, C, K$  分别表示系统的质量、阻尼和刚度矩阵 (均为  $N \times N$  阶矩阵)， $X, F$  表示系统各点位置上的位移响应和激励力向量。

$$X = \begin{Bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_N \end{Bmatrix} \quad F = \begin{Bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ \vdots \\ f_N \end{Bmatrix} \quad (4-2)$$

## 附 录

**A 轨道车辆过道门三维 CAD 模型**

**B 轨道车辆过道门模型三维变形动画**