|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 论文编号： |  |

**广州商学院**

**本科毕业论文（设计）**

|  |  |
| --- | --- |
| **题目：** | **基于 Web 的自动驾驶可视化系统** |
|  | **的开发与应用** |

**，**

|  |  |
| --- | --- |
| **姓名：** |  |
| **学号：** | **2020XXXXXXX** |
| **学院：** | **信息技术与工程学院** |
| **专业班级：** | **大数据2001** |
| **指导教师：** | **张三丰、李太极** |

**2024年 月 日**

**本科毕业论文（设计）原创性声明**

**11111111，注 意！**

此处加入一空页！

双面打印时，确保下一页“本科毕业论文（设计）原创性声明”在页的正面。

**阅后删除此文本框。**

本人郑重声明：所呈交的毕业论文（设计），是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品或成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本声明的法律结果由本人承担。

作者签名： 日期：2024年 月 日

**本科毕业论文（设计）版权使用授权书**

本论文（设计）作者完全了解学校有关保留、使用毕业论文（设计）的规定，同意学校保留并向国家有关部门或机构送交论文（设计）的复印件和电子版，允许论文（设计）被查阅和借阅。本人授权广州商学院可以将本论文（设计）的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本论文（设计）。

本论文（设计）属于

1．保密□，在\_\_\_\_\_\_年解密后适用本授权书。

2．不保密☑。

（请在以上相应方框内打“√”）

作者签名： 日期：2024年 月 日

指导老师签名： 日期：2024年 月 日

 

**注 意！**

此处加入一空页！

双面打印时，确保下一页“摘要”在页的正面。

**阅后删除此文本框。**

摘要

本论文研究的可视化系统利用基于 WebGL 的 3D 图形 API 库 Three.js，将自动驾驶系统中各模块的输出数据以 3D 图形的表达形式实时地渲染在三维虚拟场景中，实现了自动驾驶系统运行过程的三维可视化，让自动驾驶变得易于观察和理解，使得自动驾驶研发人员在研发测试过程中能够快速准确的了解各自动驾驶模块和系统整体的运行状况。为实现该可视化系统，本研究做了如下工作：

首先，研究了开发自动驾驶可视化系统所需的基础理论和相关技术，包括 Web 开发技术，数据可视化基础理论，自动驾驶系统，WebGL 技术。其中，重点研究了 WebGL技术，对 WebGL 程序的组成以及 WebGL 中所涉及的计算机图形学基础知识进行了研究，为后续可视化系统的开发奠定了坚实的理论基础。

其次，本论文围绕 3D 自动驾驶场景、人机交互、模块控制和数据图表显示等几个方面进行了详细的功能需求分析和设计，并对功能进行了实现。

接着，通过对浏览器底层运行和渲染机制的分析，找出影响系统性能的因素，并结合自动驾驶三维场景的特点对系统实现进行了优化。本文创新性地使用了基于模型缓存的三维场景渲染优化算法，提升了三维场景的渲染速度，为用户带来了流畅的三维动画体验，同时也为自动驾驶可视化软件的性能优化提供了一种方法。

最后，论文对本课题的研究工作进行了总结，指出了本文中的可视化系统当前存在的不足之处，并对后续的研究进行了展望。

**关键词：** 自动驾驶；三维可视化；Web；WebGL；Three.js

ABSTRACT

The visualization system studied in this subject uses the WebGL-based 3D graphics API library Three.js to render the output data of each module in the automatic driving system in the form of 3D graphics in real time in the three-dimensional virtual scene, realizing the operation process of the automatic driving system. The 3D visualization makes autonomous driving easy to observe and understand, so that autonomous driving R&D personnel can quickly and accurately understand the overall operating status of each autonomous driving module and system during the R&D and testing process. In order to realize the visualization system, this research has done the following work:

First, the basic theory and related technologies required for the development of automatic driving visualization system are studied, including Web development technology, basic theory of data visualization, automatic driving system, and WebGL technology. Among them, the focus is on WebGL technology, the composition of WebGL programs and the basic knowledge of computer graphics involved in WebGL are studied, which lays a solid theoretical foundation for the development of subsequent visualization systems.

Secondly, this thesis analyzes and designs the functional requirements in detail around the 3D automatic driving scene, human-computer interaction, module control and data chart display, and implements the functions.

Then, through the analysis of the underlying operation and rendering mechanism of the browser, the factors affecting the performance of the system are found out, and the system implementation is optimized according to the characteristics of the 3D scene of autonomous driving. This thesis innovatively uses the model cache-based 3D scene rendering optimization algorithm, which improves the rendering speed of 3D scenes, brings users a smooth 3D animation experience, and also provides a method for the performance optimization of autonomous driving visualization software.

Finally, the thesis summarizes the research work of this topic, points out the current shortcomings of the visualization system in this thesis, and looks forward to the follow-up research.

**Key words**: Autopilot; 3D visualization; Web; WebGL; Three.js

**【注】**

1. **中英文关键词不少于三个，不多于七个，关键词一般为论文中出现的重要、描述主题的词**
2. **在撰写完英文摘要后，请执行一次自动拼写检查，以减少英文拼写错误的可能性。**
3. **中英文关键词要严格对译**

**注 意！**

中英文摘要总页数为奇数时，需加入一空页！双面打印时，确保下一页“目录”在页的正面。

**阅后删除此文本框。**

**目录**

[摘要 I](#_Toc152170227)

[ABSTRACT II](#_Toc152170228)

[1 绪论 1](#_Toc152170229)

[1.1 本论文研究背景及研究意义 1](#_Toc152170230)

[1.2 国内外研究现状 1](#_Toc152170231)

[1.2.1 三维数据可视化技术 1](#_Toc152170232)

[1.2.2 自动驾驶可视化 1](#_Toc152170233)

[1.3 本论文研究目标和主要研究内容 2](#_Toc152170234)

[2 系统分析 3](#_Toc152170235)

[2.1 Web 开发相关技术 3](#_Toc152170236)

[2.2 数据可视化基础 3](#_Toc152170237)

[2.2.1 数据可视化释义 4](#_Toc152170238)

[2.2.2 数据可视化流程 4](#_Toc152170239)

[2.3 WebGL 技术 5](#_Toc152170240)

[2.4 自动驾驶系统介绍 5](#_Toc152170241)

[2.5 本章小结 5](#_Toc152170242)

[3 系统的需求分析与总体设计 7](#_Toc152170243)

[3.1 自动驾驶可视化系统概述 7](#_Toc152170244)

[3.2 自动驾驶可视化系统的需求分析 7](#_Toc152170245)

[3.2.1 功能性需求分析 7](#_Toc152170246)

[3.2.2 非功能性需求分析 7](#_Toc152170247)

[3.3 自动驾驶可视化系统总体设计 8](#_Toc152170248)

[3.3.1 前端视图层设计概述 8](#_Toc152170249)

[3.3.2 数据交互层设计概述 8](#_Toc152170250)

[3.3.3 服务器层设计概述 8](#_Toc152170251)

[3.3.4 数据库层设计概述 8](#_Toc152170252)

[3.4 章小结 9](#_Toc152170253)

[4 系统的详细设计与实现 10](#_Toc152170254)

[4.1 系统设计概要 10](#_Toc152170255)

[4.2 前端视图层设计与实现 10](#_Toc152170256)

[4.2.1 前端页面的设计 10](#_Toc152170257)

[4.2.2 前端功能模块的设计与实现 10](#_Toc152170258)

[4.3 数据交互层设计与实现 11](#_Toc152170259)

[4.3.1 常见 Web 通信技术介绍 11](#_Toc152170260)

[4.3.2 数据交互层设计方案 11](#_Toc152170261)

[4.3.3 数据交互层实现 11](#_Toc152170262)

[4.4 服务器层设计与实现 11](#_Toc152170263)

[4.4.1 服务器层设计方案 12](#_Toc152170264)

[4.4.2 服务器层实现 12](#_Toc152170265)

[4.5 数据库设计 12](#_Toc152170266)

[4.6 系统优化设计 13](#_Toc152170267)

[4.6.1 系统优化设计 13](#_Toc152170268)

[4.6.2 基于模型缓存的三维场景渲染优化算法 13](#_Toc152170269)

[4.7 系统界面展示 14](#_Toc152170270)

[4.8 章小结 14](#_Toc152170271)

[5 系统测试 15](#_Toc152170272)

[5.1 功能测试 15](#_Toc152170273)

[5.1.1 3D 自动驾驶场景功能测试 15](#_Toc152170274)

[5.1.2 数据图表显示功能测试 16](#_Toc152170275)

[5.1.3 模块控制功能测试 16](#_Toc152170276)

[5.1.4 模块控制功能测试 16](#_Toc152170277)

[5.2 性能测试 16](#_Toc152170278)

[5.2.1 加载响应度测试 16](#_Toc152170279)

[5.2.2 帧率测试 17](#_Toc152170280)

[5.3 本章小结 17](#_Toc152170281)

[6 总结与展望 18](#_Toc152170282)

[6.1 论文总结 18](#_Toc152170283)

[6.2 未来展望 18](#_Toc152170284)

[参考文献 19](#_Toc152170285)

[致谢 20](#_Toc152170286)

[附录 21](#_Toc152170287)

**注 意！**

目录总页数为奇数时，需加入一空页！双面打印时，确保下一页“1 绪论”在页的正面。

**阅后删除此文本框。**

# 绪论

## 课题背景

自人类社会进入工业文明时代以来，汽车的出现和普及极大地改变了人们的生活方式。汽车不仅给人们的出行提供了方便，同时汽车的生产和消费也带动了经济的发展，改善了人们的生活条件。然而，汽车在造福人类的同时，也让人们付出了不小的代价，据世界卫生组织在 2018 年发布的《全球道路安全现状报告》，在全球范围内，每年有将近 135 万人因车祸而丧生，相当于每 24 秒就会有 1 人死于交通事故。我国的道路交通安全问题也同样十分严峻，据《中华人民共和国道路交通事故统计年报》统计，在2017 至 2020 年期间，我国的交通安全事故平均每年发生 23.51 万次，造成的死亡人数年均达到 6.29 万人，此外大约有 24.38 万人受到了非致命性伤害。道路交通事故已经成为了造成我国儿童死亡的第二大原因，并且也是中国人员死亡原因前十中唯一一个非病因素。据不完全统计，道路交通事故中有 90%以上的事故是由驾驶员人为因素导致的。由驾驶员原因导致的事故中，有 41%是因为疏忽等感知原因造成的，有 33%是因为超速驾驶等驾驶决策不当造成的，有 11%是因为错误的行驶方向控制等驾驶技巧不足造成的，有 7%是因为疲劳驾驶导致的，有 8%则是因为其他驾驶员失误导致的[1]。通过自动驾驶技术减少驾驶中的人为失误，提高车辆感知和操控能力，让驾驶更安全，成为了自动驾驶汽车研发的重要初衷。

## 目的与意义

## 论文研究主要内容

实现自动驾驶的可视化，降低观察和理解自动驾驶系统的难度，对于自动驾驶技术的研究具有重要价值。目前，自动驾驶可视化系统已经成为了各大自动驾驶公司所必不可少的研发工具，并在自动驾驶技术的研发过程中发挥着重要作用。但自动驾驶可视化系统在渲染复杂驾驶场景时，普遍存在着画面卡顿、不流畅的问题，严重影响系统的使用体验。本研究将在研发自动驾驶可视化系统的实践中，探索出能够提升场景渲染效果的方法，以提高系统的整体性能。

…… …… ……

### 三维数据可视化技术

随着大数据时代的到来，各行业领域中的数据正变得维度更广，数据规模更大，结构也越来越复杂，研究人员想要清晰，快速的认知和理解一份数据，传统的二维平面图表已经不能满足需求。因此，能够将多维信息进行可视化的三维可视化技术被各行业所青睐。三维可视化技术让高维数据展现得更为直观和容易理解，已经被广泛应用到各行业中。

### 自动驾驶可视化

当前，各大自动驾驶技术公司都开发了相应的自动驾驶可视化系统，2019年2月，通用汽车旗下的 Cruise 对外公开了其自动驾驶可视化系统“Worldview”；同年，Uber 开源了基于 Web 的自动驾驶可视化系统（AVS），称该系统为自动驾驶行业带来理解和共享数据的新方式。AVS 由 Uber 旗下负责自动驾驶汽车研发的技术事业群（ATG）开发，目前该系统已在 Voyage、Applied Intuition 等多家公司应用。Waymo 没有开源其可视化工具，但在部分讲演中有展示。国内，百度在其开源的自动驾驶开发平台 Apollo也包含了“Dreamview”可视化系统。可以看出，处于自动驾驶行业领先地位的各大公司，都开发了自己的自动驾驶可视化系统，这也说明了可视化对于自动驾驶技术开发的重要性。

## 国内外研究现状

# 关键理论与技术介绍

本章将介绍完成可视化系统开发所需要的主要技术及相关基础理论。

## Web 开发相关技术

此处为正文部分，请替换为自己的内容。以下红色字为相关格式说明，请理解相关要求后，自行删除。

**【注】论文中的图片格式设置要求：1. 环绕文字：嵌入式；2.对齐方式：居中对齐；3. 图片清晰，大小合适，尽量保持页面内容饱满，不要留2行及以上空白行；4. 图片要加题注；5.题注格式：“章节号-该章顺序号 图题说明”，如“图 1-1 自动驾驶可视化界面效果图”；6. 所有的图都必须在正文中引用，而且引用时不得采用“如下图”等字样，而要采用“如图1-1”等字样。示例如下：**

自动驾驶可视化软件的运行效果如图 2‑1所示。



图 2‑1 自动驾驶可视化界面效果图

…… …… ……

## 数据可视化基础

此处为正文部分，请替换为自己的内容。以下红色字为相关格式说明，请理解相关要求后，自行删除。

**【注】论文中的公式，请使用Word的【插入】🡪【公式】命令插入公式，使用公式编辑器编辑公式。格式要求：1. 环绕文字：嵌入式；2.对齐方式：居中对齐；3. 公式大小合适；4. 公式要加题注；5.题注格式：“章节号-该章顺序号 公式说明”，如“公式 2-1 傅里叶级数公式”；6. 所有的公式都必须在正文中引用，而且引用时不得采用“如下公式”等字样，而要采用“如公式1-1所示”字样。如下示例：**

傅里叶级数如公式 2‑1 所示。

公式 2‑1 傅里叶级数公式

…… …… ……

### 数据可视化释义

此处为正文部分，请替换为自己的内容。以下红色字为相关格式说明，请理解相关要求后，自行删除。

**【注】论文引用参考文献必须添加标注，使用[参考文献序号]进行标注，通过Word的交叉引用，插入【编号项】-【段落编号】添加引用标注号，引用标注号需要设置为上标格式（快捷键：Ctrl + Shift + +）。示例如下。**

由驾驶员原因导致的事故中，有 41%是因为疏忽等感知原因造成的，有 33%是因为超速驾驶等驾驶决策不当造成的，有 11%是因为错误的行驶方向控制等驾驶技巧不足造成的，有 7%是因为疲劳驾驶导致的，有 8%则是因为其他驾驶员失误导致的[1]。右边上标格式标号为论文引用标号。

…… …… ……

### 数据可视化流程

#### 数据采集

此处为正文部分，请替换为自己的内容，以下为使用Word的=rand()函数随机生成样文，请替换位自己内容。

…… …… ……

#### 数据处理和变换

此处为正文部分，请替换为自己的内容，以下为使用Word的=rand()函数随机生成样文，请替换位自己内容。

…… …… ……

#### 可视化映射

此处为正文部分，请替换为自己的内容。以下红色字为相关格式说明，请理解相关要求后，自行删除。

**【注】论文中的表格格式要求：1.使用三线样式；2表格应用“根据窗口自动调整表格”，列宽可以根据内容手工再调整；3.表要有题注，放在表的上方，格式为：“章节号-该章顺序号 表格说明”，如“表 2-1 MongoDB与SQL基础概念对比表”，表中文字格式与正文格式一致；4. 表格跨页要重复标题行。示例以下。**

为了读者更容易理解这些概念，通过表 2‑1 MongoDB与SQL基础概念对比表表 2‑1是MongoDB 基础概念与 SQL 概念对比的信息。

表 2‑1 MongoDB与SQL基础概念对比表

| SQL 概念 | MongoDB 概念 | 解释  |
| --- | --- | --- |
| Database | database | 数据库  |
| Table | collection | 数据库表/集合  |
| Row | document | 数据记录行/文档  |
| Column |  | field数据字段/域 |
| Index | index | 索引  |
| table joins |  | 表连接，MongoDB不支持  |
| primary key | primary key | 主键，MongoDB 自动将\_id 字段设置为主键 |

…… …… ……

#### 用户感知

此处为正文部分，请替换为自己的内容，以下为使用Word的=rand()函数随机生成样文，请替换位自己内容。

主题和样式也有助于文档保持协调。当您单击设计并选择新的主题时，图片、图表或 SmartArt 图形将会更改以匹配新的主题。当应用样式时，您的标题会进行更改以匹配新的主题。

…… …… ……

## WebGL 技术

此处为正文部分，请替换为自己的内容，以下为使用Word的=rand()函数随机生成样文，请替换位自己内容。

主题和样式也有助于文档保持协调。当您单击设计并选择新的主题时，图片、图表或 SmartArt 图形将会更改以匹配新的主题。当应用样式时，您的标题会进行更改以匹配新的主题。

…… …… ……

## 自动驾驶系统介绍

此处为正文部分，请替换为自己的内容，以下为使用Word的=rand()函数随机生成样文，请替换位自己内容。

主题和样式也有助于文档保持协调。当您单击设计并选择新的主题时，图片、图表或 SmartArt 图形将会更改以匹配新的主题。当应用样式时，您的标题会进行更改以匹配新的主题。

…… …… ……

## 本章小结

本章节对 Web 开发相关基础技术、数据可视化基础概念以及自动驾驶系统分别进行了介绍，并重点探究了 WebGL 技术。首先，对 Web 开发技术的名词术语、用途和自身特点作了说明。然后介绍了数据可视化的意义以及数据可视化的一般流程。接着介绍了 WebGL 技术，对 WebGL 程序的组成和 WebGL 中涉及的计算机图形学基础理论进行了研究。最后对自动驾驶系统做了简要介绍并说明其可视化需求。本章为后续自动驾驶可视化系统的研究和实现提供了理论支撑。

# 需求分析与总体设计

## 自动驾驶可视化系统概述

此处为正文部分，请替换为自己的内容，以下为使用Word的=rand()函数随机生成样文，请替换位自己内容。

主题和样式也有助于文档保持协调。当您单击设计并选择新的主题时，图片、图表或 SmartArt 图形将会更改以匹配新的主题。当应用样式时，您的标题会进行更改以匹配新的主题。

…… …… ……

## 自动驾驶可视化系统的需求分析

此处为正文部分，请替换为自己的内容，以下为使用Word的=rand()函数随机生成样文，请替换位自己内容。

主题和样式也有助于文档保持协调。当您单击设计并选择新的主题时，图片、图表或 SmartArt 图形将会更改以匹配新的主题。当应用样式时，您的标题会进行更改以匹配新的主题。

…… …… ……

### 功能性需求分析

此处为正文部分，请替换为自己的内容，以下为使用Word的=rand()函数随机生成样文，请替换位自己内容。

主题和样式也有助于文档保持协调。当您单击设计并选择新的主题时，图片、图表或 SmartArt 图形将会更改以匹配新的主题。当应用样式时，您的标题会进行更改以匹配新的主题。

…… …… ……

### 非功能性需求分析

此处为正文部分，请替换为自己的内容，以下为使用Word的=rand()函数随机生成样文，请替换位自己内容。

主题和样式也有助于文档保持协调。当您单击设计并选择新的主题时，图片、图表或 SmartArt 图形将会更改以匹配新的主题。当应用样式时，您的标题会进行更改以匹配新的主题。

…… …… ……

## 自动驾驶可视化系统总体设计

此处为正文部分，请替换为自己的内容，以下为使用Word的=rand()函数随机生成样文，请替换位自己内容。

主题和样式也有助于文档保持协调。当您单击设计并选择新的主题时，图片、图表或 SmartArt 图形将会更改以匹配新的主题。当应用样式时，您的标题会进行更改以匹配新的主题。

…… …… ……

### 前端视图层设计概述

此处为正文部分，请替换为自己的内容，以下为使用Word的=rand()函数随机生成样文，请替换位自己内容。

主题和样式也有助于文档保持协调。当您单击设计并选择新的主题时，图片、图表或 SmartArt 图形将会更改以匹配新的主题。当应用样式时，您的标题会进行更改以匹配新的主题。

…… …… ……

### 数据交互层设计概述

此处为正文部分，请替换为自己的内容，以下为使用Word的=rand()函数随机生成样文，请替换位自己内容。

主题和样式也有助于文档保持协调。当您单击设计并选择新的主题时，图片、图表或 SmartArt 图形将会更改以匹配新的主题。当应用样式时，您的标题会进行更改以匹配新的主题。

…… …… ……

### 服务器层设计概述

此处为正文部分，请替换为自己的内容，以下为使用Word的=rand()函数随机生成样文，请替换位自己内容。

主题和样式也有助于文档保持协调。当您单击设计并选择新的主题时，图片、图表或 SmartArt 图形将会更改以匹配新的主题。当应用样式时，您的标题会进行更改以匹配新的主题。

…… …… ……

### 数据库层设计概述

此处为正文部分，请替换为自己的内容，以下为使用Word的=rand()函数随机生成样文，请替换位自己内容。

主题和样式也有助于文档保持协调。当您单击设计并选择新的主题时，图片、图表或 SmartArt 图形将会更改以匹配新的主题。当应用样式时，您的标题会进行更改以匹配新的主题。

…… …… ……

## 章小结

本章首先对自动驾驶可视化系统进行了简单的概述，接着分别从功能性和非功能性两个方面进行需求分析，而后介绍了可视化系统的总体架构设计。系统的架构包括四层：前端视图层、数据交互层、服务器层和数据库层。最后对系统架构中的各层进行了简单的概述。

# 系统的详细设计与实现

## 系统设计概要

此处为正文部分，请替换为自己的内容，以下为使用Word的=rand()函数随机生成样文，请替换位自己内容。

主题和样式也有助于文档保持协调。当您单击设计并选择新的主题时，图片、图表或 SmartArt 图形将会更改以匹配新的主题。当应用样式时，您的标题会进行更改以匹配新的主题。

…… …… ……

## 前端视图层设计与实现

此处为正文部分，请替换为自己的内容，以下为使用Word的=rand()函数随机生成样文，请替换位自己内容。

主题和样式也有助于文档保持协调。当您单击设计并选择新的主题时，图片、图表或 SmartArt 图形将会更改以匹配新的主题。当应用样式时，您的标题会进行更改以匹配新的主题。

…… …… ……

### 前端页面的设计

此处为正文部分，请替换为自己的内容，以下为使用Word的=rand()函数随机生成样文，请替换位自己内容。

主题和样式也有助于文档保持协调。当您单击设计并选择新的主题时，图片、图表或 SmartArt 图形将会更改以匹配新的主题。当应用样式时，您的标题会进行更改以匹配新的主题。

…… …… ……

### 前端功能模块的设计与实现

此处为正文部分，请替换为自己的内容，以下为使用Word的=rand()函数随机生成样文，请替换位自己内容。

主题和样式也有助于文档保持协调。当您单击设计并选择新的主题时，图片、图表或 SmartArt 图形将会更改以匹配新的主题。当应用样式时，您的标题会进行更改以匹配新的主题。

…… …… ……

## 数据交互层设计与实现

此处为正文部分，请替换为自己的内容，以下为使用Word的=rand()函数随机生成样文，请替换位自己内容。

主题和样式也有助于文档保持协调。当您单击设计并选择新的主题时，图片、图表或 SmartArt 图形将会更改以匹配新的主题。当应用样式时，您的标题会进行更改以匹配新的主题。

…… …… ……

### 常见 Web 通信技术介绍

此处为正文部分，请替换为自己的内容，以下为使用Word的=rand()函数随机生成样文，请替换位自己内容。

主题和样式也有助于文档保持协调。当您单击设计并选择新的主题时，图片、图表或 SmartArt 图形将会更改以匹配新的主题。当应用样式时，您的标题会进行更改以匹配新的主题。

…… …… ……

### 数据交互层设计方案

此处为正文部分，请替换为自己的内容，以下为使用Word的=rand()函数随机生成样文，请替换位自己内容。

主题和样式也有助于文档保持协调。当您单击设计并选择新的主题时，图片、图表或 SmartArt 图形将会更改以匹配新的主题。当应用样式时，您的标题会进行更改以匹配新的主题。

…… …… ……

### 数据交互层实现

此处为正文部分，请替换为自己的内容，以下为使用Word的=rand()函数随机生成样文，请替换位自己内容。

主题和样式也有助于文档保持协调。当您单击设计并选择新的主题时，图片、图表或 SmartArt 图形将会更改以匹配新的主题。当应用样式时，您的标题会进行更改以匹配新的主题。

…… …… ……

## 服务器层设计与实现

此处为正文部分，请替换为自己的内容，以下为使用Word的=rand()函数随机生成样文，请替换位自己内容。

主题和样式也有助于文档保持协调。当您单击设计并选择新的主题时，图片、图表或 SmartArt 图形将会更改以匹配新的主题。当应用样式时，您的标题会进行更改以匹配新的主题。

…… …… ……

### 服务器层设计方案

此处为正文部分，请替换为自己的内容，以下为使用Word的=rand()函数随机生成样文，请替换位自己内容。

主题和样式也有助于文档保持协调。当您单击设计并选择新的主题时，图片、图表或 SmartArt 图形将会更改以匹配新的主题。当应用样式时，您的标题会进行更改以匹配新的主题。

…… …… ……

### 服务器层实现

此处为正文部分，请替换为自己的内容，以下为使用Word的=rand()函数随机生成样文，请替换位自己内容。

主题和样式也有助于文档保持协调。当您单击设计并选择新的主题时，图片、图表或 SmartArt 图形将会更改以匹配新的主题。当应用样式时，您的标题会进行更改以匹配新的主题。

…… …… ……

## 数据库设计

本文可视化系统的数据存储于 MongoDB 数据库。MongoDB 是一种基于分布式文件存储的开源非关系型数据库，具有操作简单、扩展性强、提供高性能存储等特点。在开始设计各文档数据结构前，先对 MongoDB 中的一些基础概念做一下简单介绍。为了读者更容易理解这些概念，通过表 4‑1将 MongoDB 基础概念与 SQL 概念进行对比。

表 4‑1 MongoDB与SQL基础概念对比表

| SQL 概念 | MongoDB 概念 | 解释  |
| --- | --- | --- |
| Database | database | 数据库  |
| Table | collection | 数据库表/集合  |
| Row | document | 数据记录行/文档  |
| Column |  | field数据字段/域 |
| Index | index | 索引  |
| table joins |  | 表连接，MongoDB不支持  |
| primary key | primary key | 主键，MongoDB 自动将\_id 字段设置为主键 |

此处为正文部分，请替换为自己的内容，以下为使用Word的=rand()函数随机生成样文，请替换位自己内容。

主题和样式也有助于文档保持协调。当您单击设计并选择新的主题时，图片、图表或 SmartArt 图形将会更改以匹配新的主题。当应用样式时，您的标题会进行更改以匹配新的主题。

…… …… ……

## 系统优化设计

此处为正文部分，请替换为自己的内容，以下为使用Word的=rand()函数随机生成样文，请替换位自己内容。

主题和样式也有助于文档保持协调。当您单击设计并选择新的主题时，图片、图表或 SmartArt 图形将会更改以匹配新的主题。当应用样式时，您的标题会进行更改以匹配新的主题。

…… …… ……

### 系统优化设计

此处为正文部分，请替换为自己的内容，以下为使用Word的=rand()函数随机生成样文，请替换位自己内容。

主题和样式也有助于文档保持协调。当您单击设计并选择新的主题时，图片、图表或 SmartArt 图形将会更改以匹配新的主题。当应用样式时，您的标题会进行更改以匹配新的主题。

…… …… ……

### 基于模型缓存的三维场景渲染优化算法

此处为正文部分，请替换为自己的内容，以下为使用Word的=rand()函数随机生成样文，请替换位自己内容。

主题和样式也有助于文档保持协调。当您单击设计并选择新的主题时，图片、图表或 SmartArt 图形将会更改以匹配新的主题。当应用样式时，您的标题会进行更改以匹配新的主题。

…… …… ……

## 系统界面展示

此处为正文部分，请替换为自己的内容，以下为使用Word的=rand()函数随机生成样文，请替换位自己内容。

主题和样式也有助于文档保持协调。当您单击设计并选择新的主题时，图片、图表或 SmartArt 图形将会更改以匹配新的主题。当应用样式时，您的标题会进行更改以匹配新的主题。

…… …… ……

## 章小结

本章先是对系统的整体设计进行了概述，接着对系统各部分的设计思路和实现方案分别进行了详细介绍。最后，通过分析浏览器底层的运行和渲染机制，找出了可能影响 3D 动画流畅度的因素，然后针对动画渲染的流畅度对系统进行了优化。

# 系统测试

在完成了可视化系统的设计和开发工作后，为了验证系统是否能够按照预期运行，确保系统功能的完成性以及性能是否可靠，必须对系统进行有效的测试。下面将从功能和性能两个方面对系统进行相应的测试，以确保系统的质量。

## 功能测试

功能测试的侧重点在于对系统功能进行全覆盖，在测试的过程中不必考虑性能问题。下面将对系统功能的四大模块进行功能测试。

### 3D 自动驾驶场景功能测试

3D 自动驾驶场景功能为用户提供自动驾驶可视化服务，将其从难以获悉自动驾驶系统内部运行状态的困境中解脱出来，使得用户可以轻松观察自动驾驶系统中各模块的运行状态以及共同协作的效果。其具体功能包括：百度地图导航、自动驾驶行驶状态可视化和虚拟驾驶场景。表 5‑1展示了对这三部分功能的测试。

表 5‑1 3D 自动驾驶场景功能测试表

| 测试编号 | 测试功能 | 测试点 | 测试结果 |
| --- | --- | --- | --- |
| 001 | 地图定位 | 百度地图中是否能正确标识车辆位置 | 与预期相符 |
| 002 | 车辆行驶状态显示 | 车辆的速度和加速度、加速器和减速器的开合度、方向盘转角能否正确显示 | 与预期相符 |
| 003 | 高精度地图可视化 | 地图中的道路是否能被正常图形化 | 与预期相符 |
| 004 | 规划轨迹可视化 | 规划的路径是否能被正常图形化正常 | 与预期相符 |
| 005 | 感知障碍物可视化 | 感知到的障碍物是否能被正常图形化 | 与预期相符 |
| 006 | 虚拟驾驶场景 | 由各图形元素组成的虚拟驾驶 | 与预期相符 |

此处为正文部分，请替换为自己的内容，以下为使用Word的=rand()函数随机生成样文，请替换位自己内容。

主题和样式也有助于文档保持协调。当您单击设计并选择新的主题时，图片、图表或 SmartArt 图形将会更改以匹配新的主题。当应用样式时，您的标题会进行更改以匹配新的主题。

…… …… ……

### 数据图表显示功能测试

此处为正文部分，请替换为自己的内容，以下为使用Word的=rand()函数随机生成样文，请替换位自己内容。

主题和样式也有助于文档保持协调。当您单击设计并选择新的主题时，图片、图表或 SmartArt 图形将会更改以匹配新的主题。当应用样式时，您的标题会进行更改以匹配新的主题。

…… …… ……

### 模块控制功能测试

此处为正文部分，请替换为自己的内容，以下为使用Word的=rand()函数随机生成样文，请替换位自己内容。

主题和样式也有助于文档保持协调。当您单击设计并选择新的主题时，图片、图表或 SmartArt 图形将会更改以匹配新的主题。当应用样式时，您的标题会进行更改以匹配新的主题。

…… …… ……

### 模块控制功能测试

此处为正文部分，请替换为自己的内容，以下为使用Word的=rand()函数随机生成样文，请替换位自己内容。

主题和样式也有助于文档保持协调。当您单击设计并选择新的主题时，图片、图表或 SmartArt 图形将会更改以匹配新的主题。当应用样式时，您的标题会进行更改以匹配新的主题。

…… …… ……

## 性能测试

系统性能的好坏直接关系到用户的使用体验。在系统正式使用前，必须对系统的性能进行测试，提前发现系统隐藏的性能缺陷并做出应对。本文的性能测试的主要目的在于检测系统的加载响应能力和可交互时的响应能力或 3D 动画渲染能力。针对该目的，本文将分别进行加载响应度测试和帧率测试。

### 加载响应度测试

此处为正文部分，请替换为自己的内容，以下为使用Word的=rand()函数随机生成样文，请替换位自己内容。

主题和样式也有助于文档保持协调。当您单击设计并选择新的主题时，图片、图表或 SmartArt 图形将会更改以匹配新的主题。当应用样式时，您的标题会进行更改以匹配新的主题。

…… …… ……

### 帧率测试

此处为正文部分，请替换为自己的内容，以下为使用Word的=rand()函数随机生成样文，请替换位自己内容。

主题和样式也有助于文档保持协调。当您单击设计并选择新的主题时，图片、图表或 SmartArt 图形将会更改以匹配新的主题。当应用样式时，您的标题会进行更改以匹配新的主题。

…… …… ……

## 本章小结

本章完成了系统的测试工作，分别从功能和性能两个方面进行了测试。其中功能测试主要分为四个部分，分别是 3D 自动驾驶场景功能、数据图表显示功能、人机交互功能和模块控制功能。系统性能测试有两个，分别为加载响应度测试和帧率测试，保证了系统页面在整个生命周期内都具备良好的可用性。

# 总结与展望

## 论文总结

本文研究了基于 Web 的自动驾驶可视化系统，并运用相关 Web 开发技术对其进行了实现。论文主要讲述了自动驾驶可视化系统研发的背景及意义、系统研发所需的相关基础理论和技术、系统总体架构设计、系统架构各部分的详细设计和实现，以及系统的优化设计和测试。论文完成的主要工作如下：

（1）基于自动驾驶的当前应用现状，通过对自动驾驶系统的自身特点和运行过程的分析，阐述了自动驾驶研发过程中存在的难点和痛点，并由此得出了进行自动驾驶可视化研究的意义。

（2）对系统研发所涉及到的相关理论和技术进行了研究，包括 Web 应用开发基础技术、数据可视化基础理论、WebGL 三维可视化技术和自动驾驶系统。其中，重点研究了数据可视化基础理论和 WebGL 技术。

（3）…… …… ……

## 未来展望

本文基于 WebGL 技术，初步实现了对自动驾驶的可视化，但由于自动驾驶场景过于复杂，加上时间和自身能力有限，未能进一步实现更为详实的自动驾驶虚拟场景。后续将从以下几个方面继续研究：

（1）本文所实现的 3D 自动驾驶场景，包含了高精度地图、规划路径和感知障碍物等元素。其中地图信息比较简略，只有基本的道路线条，缺少实际驾驶所需的斑马线、红绿灯和交通标识等交通元素。所以，后续研究仍需要继续开发 3D 自动驾驶场景，使其更加接近真实的驾驶场景。

（2）通过本文所做的优化处理，系统的性能已经得到了显著提升。但当后续 3D自动驾驶场景更加复杂后，所需渲染的数据量将会急剧增加。面对海量数据的渲染问题，需要进一步的提升系统性能。

（3）…… …… ……

参考文献

1. 吴英萍. 计算机软件技术在大数据时代的应用[J]. 数字技术与应用, 2022, 40(10): 94-96.
2. 吴英萍, 张三, 李王五 等. 计算机软件技术在大数据时代的应用[J]. 数字技术与应用, 2022, 40(10): 94-96.
3. He K M, Sun J. Single image haze removal using dark channel prior[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2011, 33(12): 2341-2353.
4. Zhang X Q, Chen Z, Wu M J, et al. Fast semantic segmentation for scene perception[J]. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2018, 15(2): 1183-1192.
5. 张毅, 杨辉耀, 李俊莉. 弹道导弹弹道学[M]. 长沙:国防科技大学出版社,1999.
6. W F Oberle, B Goodell. Potential US army applications of Electrothermal-Chemical (ETC) gun propulsion[C]. Proceedings of 17th International Symposium on Computer Vision, Beijing, China, 1998, pp.: 47-54.
7. 余建斌. 我们的科技一直在追赶:访中国工程院院长周济[N/OL]. 人民日报,2013-01-12(2)[2013-03-20]. <http://paper.peoplecom.cn/rmrb/2013-01/12/nw.html>.
8. 林靖明. 母弹激波对子弹气动特性及飞行姿态影响的研究[D]. 北京:中国运载火箭技术研究院,1998．
9. 冯西桥. 核反应堆压力容器的LBB分析[R]. 北京:清华大学核能技术设计研究院,1997．
10. 姜锡洲. 一种温热外敷药制备方案[P]. 中国专利：881056078，1983-08-12．
11. GB/T 16159—1996，汉语拼音正词法基本规则[S]. 北京:中国标准出版社,1996．
12. 谢希德. 创造学习的思路[Ｎ]. 人民日报,1998-12-25(10)．
13. 王明亮. 中国学术期刊标准化数据库系统工程的[EB/OL］．
http://www.cajcd.cn/pub/wml.txt/9808 10-2.html,1998-08-16/1998-10-04．
14. …… …… ……

**【注】**

**参考文献序号由Word自动生成，按照论文中的引用顺序排序，先引用的序号在前。**

**列出的参考文献，必须在论文中被引用。**

**参考文献数量需达到15个以上，以近3~5年中英文参考文献为主。**

**参考文献格式请严格参照“01文献格式说明.doc”和“[GBT.7714-2015]中国人民共和国国家标准.信息与文献参考文献著录规则.2015.pdf”文件。**

致谢

在本文完成之际，谨向我的导师×××副教授致以衷心的感谢，本论文是在他的精心指导和关怀下完成的，从论文的选题、方案设计，到论文的撰写和修改，都倾注了×××的心血和汗水，在学习期间，他的言传身教将使我终生受益，他认真严谨的治学态度、豁达宽广的胸怀、平易近人的处事风格是我一生的楷模，值此提交论文之时，在此向×××导师表达衷心的感谢！

**(注意：双导师的同学，两位导师的姓名要么都写，要么都不写，称呼要用复数——“导师们”)**

XXXXXXXXXX

年 月 日

**(注意：“**XXXXXXXXXX**”处插进手写版签名照片，签名不能有阴影底纹，可以用word中的设置透明色功能处理，调整签名为正常大小。日期为定稿日期。阅读后删除此提示)**

附录

此处为正文部分，请替换为自己的内容。以下红色字为相关格式说明，请理解相关要求后，自行删除。

**【注】**

**附录是正文主体的补充。附录属于可选部分，如果没有附录，请删除该部分。**

**下列内容可以作为附录：**

**(1)攻读学位期间发表的（含已录用，并有录用通知书的）与学位论文相关的学术论文。**

**(2)由于篇幅过大，或取材于复制件不便编入正文的材料、数据。**

**(3)对本专业同行有参考价值，但对一般读者不必阅读的材料。**

**(4)论文中使用的符号意义、单位缩写、计算机程序全文及有关说明书。**

**(5)附件：光盘、与论文相关的鉴定证书、获奖奖状或专利证书的复印件等。**