

基于 Python 与 PySide6 的车辆碰撞试验报告 自动化生成系统设计与应用

胡伟¹, 龙四杰², 周亮¹, 王欣¹, 谭定杰¹, 匡民兴¹, 刘云杰², 鲁俊²

(1. 招商局检测车辆技术研究院有限公司, 重庆 401329; 2. 重庆师范大学, 重庆国家应用数学中心, 重庆 401331)

摘要:针对检测检验行业中碰撞试验检测报告人工编写周期长、效率低的问题,本文设计并实现了一种基于 Python、SQLite 及 PySide6 的自动化生成系统。该系统通过分类编号驱动的模板绑定机制,实现多车型报告的动态适配;基于路径抽象与配置管理方法,增强对 Evaluation PC 评估软件多版本接口的兼容性;借助 COM 接口与批处理命令,深度集成 EVA_eXecute 工具,完成 mme 文件解析、测试结果提取与图表生成,并利用 docxtempl 模板引擎完成 Word 报告的图文填充,实现全过程自动化。测试结果表明,该系统可将报告生成时间缩短至 6 min,显著提升了效率。

关键词:汽车碰撞试验;检测报告;数据自动处理;软件生成

中图分类号:U467.14; TP311 文献标志码:A DOI:10.15917/j.cnki.1006-3331.2026.03.010

Design and Application of Vehicle Collision Data Automation Post-processing Software Based on Python and PySide6

HU Wei¹, LONG Sijie², ZHOU Liang¹, WANG Xin¹, TAN Dingjie¹, KUANG Minxing¹, LIU Yunjie², LU Jun²

(1. China Merchants Testing Vehicle Technology Research Institute Co., Ltd., Chongqing 401329, China;

2. National Center for Applied Mathematics in Chongqing, Chongqing Normal University, Chongqing 401331, China)

Abstract:To address the long cycle time and low efficiency of manually writing crash test reports in the inspection and testing industry, this paper designs and implements an automated generation system with Python, SQLite, and PySide6. The system uses a category_id-driven template-binding mechanism to achieve dynamic adaptation for multi-vehicle reports. Based on path abstraction and configuration management methods, it enhances compatibility with multiple versions of the Evaluation PC assessment software. Through COM interfaces and batch commands, it deeply integrates the EVA_eXecute tool to parse mme files, extract test results, and generate charts. The system uses the docxtempl template engine to fill Word reports with text and graphics, realizing full-process automation. The test results show that the system reduces the report generation time to 6 min, significantly improving efficiency.

Key words:automotive crash test; test report; automated data processing; software generation

汽车碰撞安全性既是消费者关注的焦点,也是汽车制造商和监管部门的重要课题^[1]。为验证新产品是否满足正面碰撞、侧面碰撞及追尾碰撞等强制标准要求,开展相关碰撞试验并对试验数据进行分析已成为行业必要环节^[2]。

当前,多采用人工方式生成检测报告。操作人员

手动从分析软件(如德国 IAT 公司的 Evaluation PC/NCAP 软件^[3])中提取数据,再根据试验类型将数据与对应图表插入 Word 文档。该方式自动化程度低,在处理大批量试验数据时,易出现效率低下、数据错位的问题,影响报告的准确性。随着自动化与智能化技术的发展^[4-9],利用 Visual C++、C#.net、Matlab 等

收稿日期:2025-08-10。

基金项目:重庆市自然科学基金项目(CSTB2024NSCQ-LZX0042);重庆市教委科学技术研究项目(KJZD-K202300513)。

第一作者:胡伟(1990—),男,硕士,高级工程师,主要从事汽车碰撞测试研究相关工作。E-mail:cjhuwei@cmhk.com。

通信作者:鲁俊(1989—),男,博士,副教授,主要从事人工智能与汽车的交叉研究。E-mail:junlu@cqnu.edu.cn。

编程技术实现文档的自动生成的可行性已得到验证^[10-12]。

针对上述问题,本文基于Python语言^[13],结合PySide6^[14-15]图形界面框架与SQLite数据库^[16],设计一套乘用车碰撞数据自动化后处理软件系统。该系统能够自动处理多种类型的试验数据、提取关键数据并插入图表,并生成符合行业标准的完整检测报告,有效简化报告生成流程,提升数据处理效率与准确性。本文将围绕该系统的设计及其开发应用进行系统阐述。

1 系统需求分析

针对碰撞检测报告自动生成的实际业务场景,本系统需满足以下4个功能需求:

1) 自动调用专业分析软件并提取数据。系统需支持自动调用碰撞测试专业软件(如Evaluation PC/NCAP),并能直接读取其生成的DataTable数据文件及Chart PDF图表文件。

2) 适配多种碰撞试验类型。为准确匹配燃油、纯电、混动车型的典型碰撞试验,系统需覆盖正面碰撞、偏置碰撞、侧面碰撞、后碰撞等检测工况。

3) 灵活导入车辆检测信息。系统需支持以下数据导入功能:①通过Excel文件导入车辆基础信息(试验编号、产品型号、检验信息等)。②单张或批量导入车辆照片,并按命名规则自动识别照片对应的试验阶段。③解析并上传DataTable结构化数据文件,同时上传并关联对应的Chart PDF图表文件。

4) 自动生成并妥善管理检测报告。系统需实现以下功能:①根据检测项目类型自动生成报告,将数据与图表填充至Word文档的指定位置。②自动保存报告,并支持用户自定义保存路径。③提供简洁高效的人机交互界面,便于参数设置、文件读取与导入。

2 软件设计

2.1 系统功能建模

基于第1章的系统需求,本文通过分析、提取、归纳与抽象,构建了描述目标系统的功能模型。作为结构化分析方法的核心组成部分,数据流图(Data Flow Diagram, DFD)能够通过描述系统内部的数据流动与处理过程,清晰地展示从输入到输出的变换逻辑。本文采用DFD作为逻辑功能建模工具,所构建软件的

数据流图如图1所示。

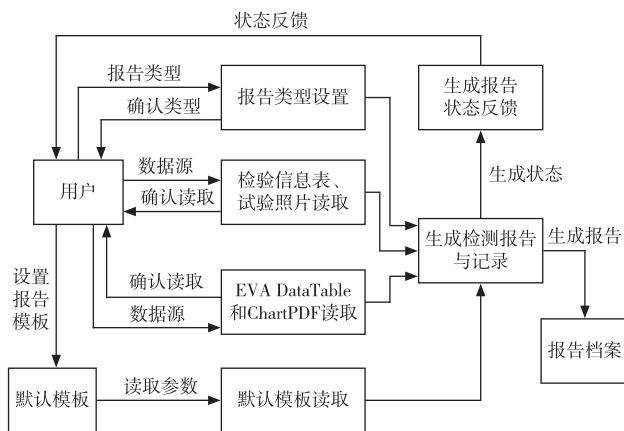


图1 软件的数据流图

2.2 系统概要设计

基于需求分析结果,本文构建了乘用车碰撞数据自动化后处理软件的体系结构层次图(见图2)。该图清晰地展示了系统自顶向下的设计过程。

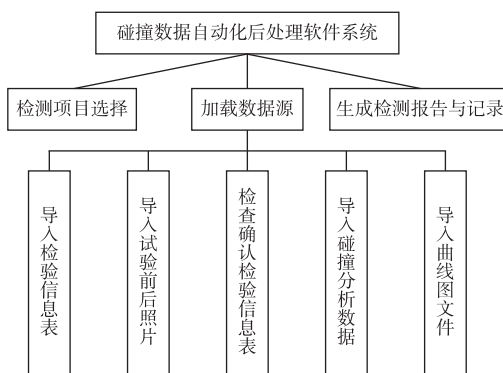


图2 系统体系结构层次图

2.3 系统详细设计与实现

为了实现自动化与多场景适配能力,系统架构在多个层面进行了关键技术的融合,具体包括任务驱动的数据链路管理、基于分类编号的模板动态匹配机制、EVA_eExecute的批处理集成接口、doctpl的模板填充自动化,以及SQLite支持的结构化数据管理等。通过逻辑解耦与接口联动,上述技术模块得以协同工作,构成了一个灵活、高效、可扩展的数据处理与报告生成系统。

系统操作流程从“新建项目”功能开始,该功能的逻辑流程如图3所示。该功能在数据库中创建新的试验任务记录,并生成唯一的项目编号。该编号是整个数据处理链的核心标识,用于数据库关联、本地文件夹的命名和报告归档路径控制。在此基础上,系

统实现了从数据读取、图表提取到 Word 报告生成的全流程自动化。因此,新建项目功能成为实现报告标准化与高效化的技术基础。

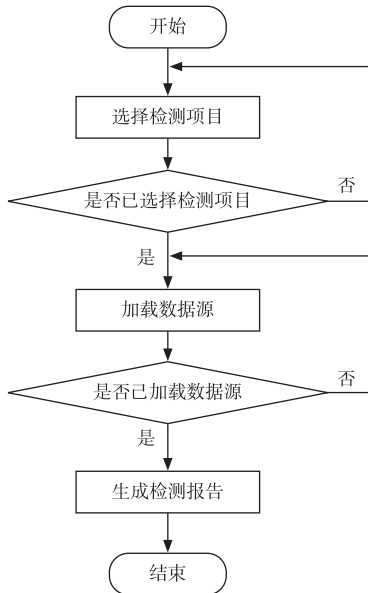


图3 新建功能程序流程图

2.3.1 选择检测项目

检测项目选择模块的流程设计如图4所示。用户点击“选择检测项目”后,系统按以下顺序执行:①加载试验类型选择界面(见图5);②用户选择正面碰撞、偏置碰撞、侧面碰撞或后碰撞等类型;③系统将对应类型的分类编号同步绑定至项目编号中,用于后续报告模板匹配和图表命名规则识别。

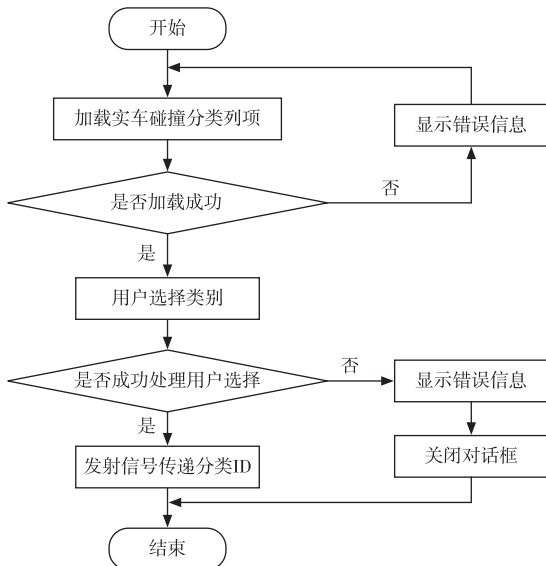


图4 检测项目选择模块程序流程图



图5 检测项目选择模块执行界面图

2.3.2 数据源加载模块

系统在任务初始化后进入数据导入阶段,数据源加载模块的主要功能如下:

1) 检测信息表导入。该功能包括:①支持 Excel 文件读取,自动解析试验编号、检验单位、检验项目等信息,并写入 SQLite 数据库;②支持正碰、偏置碰、侧碰3种试验类型,每种类型均对应不同的字段映射规则;③对日期字段进行格式转换,确保数据的规范性及后续生成报告的可读性(见图6)。



图6 加载信息表

2) 照片文件导入。该功能支持单张导入与批量导入两种方式,其具体操作如下:①批量导入时,依据预设命名规则自动完成照片分类与关联。用户需遵循系统提供的命名规则(如“p 数字”,示例见图7),若命名不规范,系统将标记为“未识别”。②单张导入时,用户可手动选择照片并指定其对应的拍摄角度与试验阶段,从而完成图像与字段的绑定操作(见图8)。此功能便于后续补图、误删恢复与人工校正,提升了数据输入的灵活性与容错能力。



图7 批量上传照片

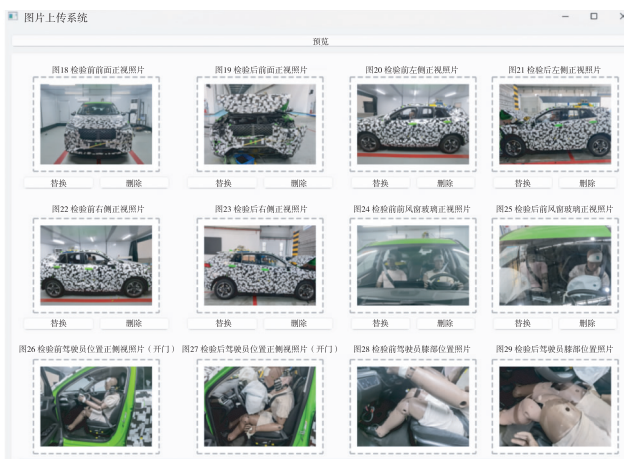


图8 单独导入每张检验照片

3) 碰撞试验数据导入。系统支持解析 Evaluation PC 软件生成的 DataTable 与 Chart PDF 文件, 并提供手动导入与自动处理两种模式, 以满足不同数据来源的需求。这两种模式功能互补, 既可处理标准化流程中的原始数据, 也支持结果文件的后续补录与结构化提取, 在确保数据完整性的前提下灵活适配多类场景。

4) 手动导入模式。在该模式下, 用户需提供 Evaluation PC 软件输出的分析结果文件, 包括 DataT-able.txt 文本文件及对应的试验曲线图 PDF 文件(见图9)。系统主要完成以下数据处理: ①解析文本文件; 通过字段标签识别与正则匹配, 提取关键检测指标(如 HIC、胸部压缩量、腿部受力等), 并写入 SQLite 数据库; ②处理 PDF 图表; 自动识别 PDF 中的关键图表页, 批量截图并生成标准图像文件, 按统一命名规则存入图像数据库并与项目编号绑定; ③合规性判断; 对提取的指标进行标准阈值校验, 若结果超出限

制, 则通过界面高亮提示用户。

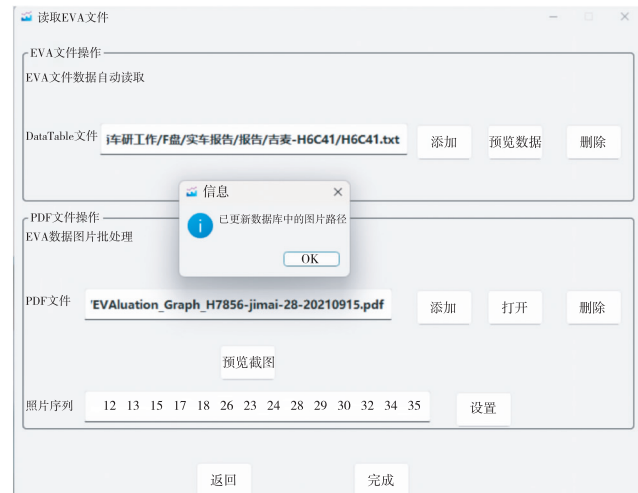


图9 手动导入模式

5) 自动处理模式。在该模式下, 用户可直接导入由 Evaluation PC 软件采集生成的 mme 原始数据文件(见图10)。系统调用该软件提供的命令行批处理工具接口 EVA_eXecute, 自动完成原始数据解析、指标计算、图表绘制及结构化结果输出。在此过程中, 系统根据试验类型(通过分类编号判断)自动匹配相应的国家标准进行合规性处理, 例如正面碰撞采用 GB 11551—2014《汽车正面碰撞的乘员保护》^[17], 侧面碰撞采用 GB 20071—2006《汽车侧面碰撞的乘员保护》^[18]。完成上述处理后, 系统将生成的 Excel 结果文件和图像自动写入数据库, 并与当前项目编号绑定; 同时, 在界面实时反馈处理状态与合格性结果, 形成数据闭环。



图10 自动处理模式

2.3.3 一键生成 Word 报告

报告生成环节是系统实现数据自动化闭环的关键步骤。用户完成信息、照片及试验结果导入后,系统将根据项目编号和试验类型的分类编号自动匹配对应的 Word 模板,并调用 docxtempl 模板引擎进行结构化填充。

模板中针对文本、表格、图片及曲线图等分别预设了相应的编辑区域。系统自动从数据库中读取试验信息、碰撞指标和图像路径,根据车型分类、是否装备安全气囊动态切换内容,实现报告结构与逻辑的智能适配。同时,在插入前对所有图像进行命名校验与尺寸压缩,确保报告格式统一、规范。

用户通过图形界面选择报告输出路径,系统一键生成报告文件,文件名自动包含试验编号与时间戳,方便归档与追溯。

3 系统运行测试

3.1 功能测试与运行环境

完成软件编码后,需对系统进行功能测试,以验

证各模块的开发是否满足预期设计需求。测试内容包括:验证点击各按钮后的响应是否符合要求,程序运行后计算结果是否正确,以及系统输出的状态信息是否与实际运行情况一致。

为验证本软件在实际运行环境中的功能正确性,搭建如下测试平台:

1) 硬件配置: Intel Core i9-10900K 处理器(主频 3.70 GHz)、32 GB DIMM 内存(频率 2 933 MHz)、Samsung SSD 固态硬盘、NVIDIA GeForce RTX 3060 显卡。

2) 软件环境: 基于 x64 处理器的 64 位 Windows 11 23H2 操作系统,包含 Windows Feature Experience Pack 1000.22700.1003.0。

软件对多种碰撞场景进行了功能测试,包括正面碰撞、侧面碰撞和偏置碰撞。测试结果表明,系统在不同碰撞类型下均能高效、稳定地完成数据处理与报告生成。图 11 为正面碰撞报告的检测结果页面。

序号	位置	检验项目	标准要求	检验结果	符合性判定	
2	头部	假人头部伤害情况	驾驶员	HPC ≤ 1 000 或头部 与任何车辆部件不接触	619	符合
			乘员		970	符合
		合成加速度	驾驶员	大于 80g 的时间,累积不超过 3 ms	见图 23	符合
			乘员		见图 31	符合
3	颈部 (N ₁ 类无此项要求)	伸张力 F _z	驾驶员	应不大于限值曲线	见图 24	符合
			乘员		见图 32	符合
		剪切力 F _x	驾驶员	应不大于限值曲线	见图 25、26	符合
			乘员		见图 33、34	符合
		伸张力矩 M _y	驾驶员	≤ 57 N·m	21.14 N·m	符合
			乘员		26.68 N·m	符合
4	胸部	压缩位移	驾驶员	≤ 75 mm	37.33 mm	符合
			乘员		33.55 mm	符合
		黏性指标 (N ₁ 类无此项要求)	驾驶员	≤ 1.0 m/s	0.190 1 m/s	符合
			乘员		0.122 6 m/s	符合

图 11 正面碰撞报告的检测结果页面

此外,系统还提供历史记录查询功能,用户可根据不同条件检索项目记录,如图 12 所示。

序号	试验编号	报告类型	创建时间	厂家	选择	
2	52	QE28C-电动汽车...	2024-10-03	QE24282X21511	汽车公司1	<input type="checkbox"/>
3	55	QE28C-电动汽车...	2024-10-07	QE24282X21511	汽车公司1	<input type="checkbox"/>
4	57	QE28C-电动汽车...	2024-10-08	QE24282X21511	汽车公司1	<input type="checkbox"/>
5	59	QE28C-电动汽车...	2024-10-09	QE24282X21511	汽车公司1	<input type="checkbox"/>
6	61	QE28C-电动汽车...	2024-10-12	QE24282X21511	汽车公司1	<input type="checkbox"/>
7	62	QE28C-电动汽车...	2024-10-12	QE24282X21511	汽车公司1	<input type="checkbox"/>
8	64	QE28C-电动汽车...	2024-10-12	QE24282X21511	汽车公司1	<input type="checkbox"/>
9	65	QE28C-电动汽车...	2024-10-16	QE24282X21511	汽车公司1	<input type="checkbox"/>
10	66	QE28C-电动汽车...	2024-10-16	QE24282X21511	汽车公司1	<input type="checkbox"/>
11	67	QE28C-电动汽车...	2024-10-16	QE24282X21511	汽车公司1	<input type="checkbox"/>
12	68	QE28C-电动汽车...	2024-10-16	QE24282X21511	汽车公司1	<input type="checkbox"/>
13	69	QE28C-电动汽车...	2024-10-17	QE24282X21511	汽车公司1	<input type="checkbox"/>
14	70	QE28C-电动汽车...	2024-10-17	QE24282X21511	汽车公司1	<input type="checkbox"/>
15	71	QE28C-电动汽车...	2024-10-17	QE24282X21511	汽车公司1	<input type="checkbox"/>
16	73	QE28C-电动汽车...	2024-10-18	QE24282X21511	汽车公司1	<input type="checkbox"/>
17	74	QE28C-电动汽车...	2024-10-18	QE24282X21511	汽车公司1	<input type="checkbox"/>

图12 历史记录管理

3.2 数据来源与验证

本文所用的48组碰撞试验数据来自我司的实际测试项目,车型涵盖燃油车、电动车与混合动力车等,碰撞场景包括正面、偏置、侧面、后面。与人工编制报告相比,自动生成报告的平均时间从30 min缩短至6 min,且准确率达到100%。此外,系统能在多个版本的Evaluation PC软件环境中稳定运行,对数据源格式具有良好的兼容性,且对处理流程具有较强的鲁棒性。

3.3 系统主要创新点

本系统在数据结构处理、模板适配与结果生成方面具有多项创新,具体如下:①通过分类编号驱动的多模板动态匹配机制,自动匹配不同车型及试验类型的报告内容;②构建路径抽象与配置接口,确保系统能够适应Evaluation PC评估软件多个版本的输出结构及文件路径差异;③采用结构解耦方式,将数据解析、图表处理、模板填报进行模块化设计,提升系统的可扩展性与维护效率。

4 结束语

本文开发的乘用车碰撞数据自动化后处理软件,通过与Evaluation PC软件深度集成,自动解析检验信息、DataTable数据文件及碰撞曲线PDF,根据试验类型自动生成包含假人加速度、受力、伤害等关键指标及其分析曲线的检测报告。同时,软件支持报告布局、滤波等级与分析算法的灵活调整,可输出含目录、评价及示意图的完整PDF文件。实际应用表明,该系统显著减少了人工操作,提高了数据处理效率与准确性,能满足不同法规及新车评价体系的多样化需求。

系统未来可从以下三方面进行优化:①引入机器学习算法,实现照片的自动分类与异常检测;②增加更多试验类型,以提升通用性;③内置C-NCAP、Euro NCAP等主流评价规程的标准模板,增强对法规更新的响应能力。通过持续迭代与升级,系统可更好地推动汽车安全测试领域向高效化、智能化转型。

参考文献:

- [1] 王建强,聂冰冰,王红. 汽车智能安全[M]. 北京:人民交通出版社,2022:3-5.
- [2] 蔡家强,董昊晏,刘海明,等. 汽车被动安全试验室工程规划设计[J]. 汽车工业研究,2024(4):50-54.
- [3] 梁亚飞,邱起起. 车载数据采集系统在汽车碰撞试验中的应用与分析[J]. 电子测试,2021(11):102-103.
- [4] 胡远志,高文凯,符志. 基于MPDB和FWDB的正面碰撞兼容性研究[J]. 汽车技术,2025(8):28-33.
- [5] 李晗,刘钊,朱平. 基于SSI-PSO的汽车碰撞试验时序数据处理与分类方法[J]. 汽车安全与节能学报,2022,13(2):259-268.
- [6] 刘宝利,闫肃军,顾海明,等. 柔性三坐标测量仪在汽车碰撞试验中的应用[J]. 汽车实用技术,2024,49(9):117-120.
- [7] 杨旺嗣,陈俊逸,夏葛棋,等. 机器视觉技术在汽车碰撞试验中的应用现状与展望[J]. 中国储运,2025(9):77-78.
- [8] 卢帅帅,包春宝,林琪超,等. 汽车检测行业发展建议和策略研究[J]. 汽车测试报告,2022(22):4-6.
- [9] 任志国. 基于机器视觉的钢丝绳检测数据自动处理与分析系统的研究与应用[J]. 自动化应用,2024,65(6):155-157.
- [10] 鲁俊,魏懿. 碰撞试验检测报告自动生成软件的设计及应用[J]. 汽车实用技术,2022,47(14):37-41.
- [11] 孙剑. 一种基于MATLAB的Word报告自动生成方法[J]. 科技广场,2017(1):32-35.
- [12] 黄兵锋,盛俏,刘杰畅,等. 基于模板定制的报告自动生成方法[J]. 湖北汽车工业学院学报,2016,30(4):39-42.
- [13] 高心宇,江晓峰,吴族平,等. 基于Python的超限报告自动生成软件开发[J]. 工程建设与设计,2025(3):149-153.
- [14] 沈丽. Qt for Python PySide6 GUI界面开发详解与实例[M]. 北京:清华大学出版社,2022:7-10.
- [15] 孙洋洋,王硕. PySide 6/PyQt 6快速开发与实战编程语言[M]. 北京:电子工业出版社,2023:1-20.
- [16] 张正平. 基于Python+SQLite的文件整理软件系统设计与实现[J]. 信息与电脑(理论版),2024,36(5):74-76.
- [17] GB 11551—2014 汽车正面碰撞的乘员保护[S].
- [18] GB 20071—2006 汽车侧面碰撞的乘员保护[S].