

汽车碰撞安全技术

张 霞 主编



北京理工大学出版社



汽车碰撞安全新技术

张 霞 著

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书是湖南省科学技术厅科技计划一般项目“汽车主动安全控制系统的研究与应用”2011FJ41346(湘财企指〔2011〕12)的部分研究成果。将汽车前向碰撞预警技术、电磁发射技术与螺纹剪切式汽车碰撞吸能系统三者结合起来,形成一种CST伸缩的智能化新方法,使CST能够像安全气囊那样,该出手时就出手,且出手快速准确。本书涵盖了六个方面的内容,即汽车碰撞能量吸收新技术导论、基于主被动技术结合的CST控制方法、基于制动系统实时监测的CST新型电子控制系统、吸能系统的快速推进装置、基于ANSYS和UG的CST系统参数化设计、CST装置优化设计。除对基础理论与方法的研究外,本书突出了主被动结合的前沿学术思想,且紧紧围绕新型吸能系统中的典型工程问题展开研究,强化了最新学术思想与研究成果在样机中的体现,保障了研究成果在工程中应用。

本书可供车辆工程、载运工具运用工程专业技术人员与高校师生、碰撞安全技术专家、防撞装置设计制造与工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

汽车碰撞安全新技术/张霞著. —北京:北京理工大学出版社, 2017. 4
ISBN 978-7-5682-3953-0

I. ①汽… II. ①张… III. ①汽车试验-碰撞试验 IV. ①U467.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第080782号

出版发行/北京理工大学出版社有限责任公司

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010)68914775(总编室)

(010)82562903(教材售后服务热线)

(010)68948351(其他图书服务热线)

网 址/<http://www.bitpress.com.cn>

经 销/全国各地新华书店

印 刷/

开 本/787毫米×1092毫米 1/16

印 张/13.75

字 数/323千字

版 次/2017年4月第1版 2017年4月第1次印刷

定 价/68.00元

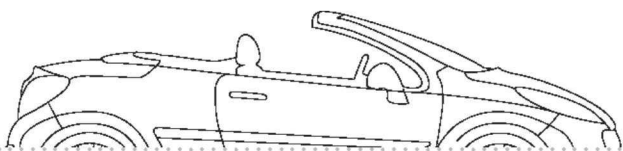
责任编辑/李秀梅

文案编辑/杜春英

责任校对/孟祥敬

责任印制/李志强

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换



前言

P R E F A C E

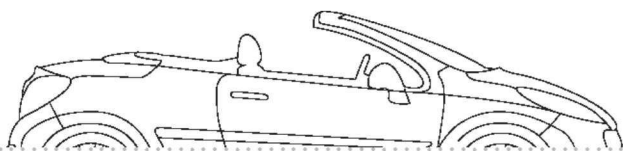
作者致力于汽车交通安全新技术研究多年，随着研究工作的深入，在理论分析和试验研究中发现，由于螺纹剪切式汽车碰撞吸能系统 CST 的伸缩纯粹依赖于汽车的行驶速度，车速越高，CST 伸出越长，以确保 CST 的吸能能力等于汽车的动能 $\left(\frac{1}{2}mv^2\right)$ ，这样，汽车行驶时，CST 总是处于伸缩状态，既影响汽车的美观，又降低了 CST 的工作可靠性。故希望改变这种状态，使 CST 能像安全气囊那样，该出手时就出手：在汽车正常行驶时，CST 蜗居于车体内部；一旦遭遇碰撞危险，则借助电磁发射技术，瞬间将 CST 从蜗居地推出，应对碰撞，若有惊无险，CST 随后缩回原地待命。

为此，本书旨在融合其他安全技术，通过对典型的车辆运行安全故障和危险状态的信息采集与处理，确定什么时候向驾驶员提供预警信息、什么时候要自动刹车、什么时候 CST 该出手，以形成新的汽车碰撞能量吸收技术及装置。

本书是在长沙职业技术学院课题组全体成员长期研究成果的基础上整理而成的，在此，作者对课题组全体成员，以及曾经支持、帮助和关心过本书出版的各位专家、同行、参考文献作者、审稿者和出版者致以诚挚的谢意。

限于作者水平，书中错误和不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

作者



目 录

C O N T E N T S

第 1 章 汽车碰撞能量吸收新技术导论	001
1.1 汽车前向碰撞预警技术	001
1.2 电磁发射技术	002
1.3 现状分析	004
第 2 章 基于主被动技术结合的 CST 控制方法	005
2.1 系统总体设计	005
2.2 行车安全距离模型及其计算	010
2.3 各传感器和电动机的计算选型	013
2.4 硬件系统设计	025
2.5 软件系统设计	040
2.6 软硬件调试结果	047
第 3 章 基于制动系统实时监测的 CST 新型电子控制系统	051
3.1 理论分析	051
3.2 硬件设计	056
3.3 软件设计	075
3.4 系统的调试仿真	082
第 4 章 吸能系统的快速推进装置	096
4.1 电磁推进理论及有限元方法	096
4.2 快速推进装置方案设计	100
4.3 快速推进装置有限元模型的建立	109
4.4 快速推进装置有限元仿真设计	116
第 5 章 基于 ANSYS 和 UG 的 CST 系统参数化设计	122
5.1 三维造型技术和软件概述	122
5.2 有限元法原理和分析系统概述	125
5.3 参数化模块开发	130
5.4 用户界面设计	143
5.5 工程应用实例	149

第 6 章 CST 装置优化设计	152
6.1 显式有限元理论和正交试验设计	152
6.2 螺纹剪切吸能装置设计思路的确定	161
6.3 外螺纹参数的正交优化设计	169
6.4 中空螺杆的正交优化设计	175
6.5 紧固螺栓和轻量化设计	179
附录 A CST 智能控制系统程序	184
附录 B 螺纹子程序 (UG 开发)	191
附录 C 创建阶梯轴程序 (APDL)	195
附录 D 创建剪切套筒程序 (APDL)	201
附录 E 创建螺纹杆程序 (APDL)	204
参考文献	211

第 1 章

汽车碰撞能量吸收新技术导论

国内外对汽车碰撞吸能系统伸缩方法的研究很少，能用的方法虽然有压缩弹簧、安全气囊、气压、液压、电动机、电磁发射技术等，但文献检索表明，用在汽车碰撞吸能系统的还只有压缩弹簧与电机这两种方法。文献 [1 ~ 14] 利用电动机来带动螺旋传动，实现吸能装置的自动伸缩，但螺旋传动具有可靠性差、响应较慢等缺陷。文献 [11] 则利用压缩弹簧来实现对吸能系统的伸出功能（不能实现缩回功能），虽然压缩弹簧伸出比较容易实现，但仍然存在反应较慢的问题；国内外对电磁发射技术的研究已经非常成熟，已广泛应用于军事领域，但尚未有用于汽车吸能结构伸缩的应用和研究。

本研究以汽车前向碰撞预警技术为先导技术，以电磁发射技术为 CST 的伸缩技术，将二者结合起来应用于汽车碰撞吸能系统的研究，在国内外文献中尚未见同类研究报道。但对二者的分别研究，已经取得了巨大成就。

1.1 汽车前向碰撞预警技术

汽车前向碰撞预警系统（FCWS）包括碰撞警报系统（CWS）和自动碰撞避免系统（CAS）。CWS 是在车辆存在潜在的碰撞危险时发出警报；CAS 则是在汽车面临危险，若驾驶员未采取制动，自动实施制动或转向以避免碰撞发生的系统。

研究表明，约 90% 的交通事故是由驾驶员的过错（认知或决策错误、紊乱动作、疲劳等）造成的。在驾驶员注意力分散、打瞌睡或跟车太紧的情况下，若遇紧急情况，驾驶员就来不及制动，使得停车距离过小而导致碰撞。此时，若能向驾驶员提前 0.5 s 报警，50% 的前向碰撞就可避免；若能提前 1.0 s 报警，则 90% 的前向碰撞就可避免^[13,14]。FCWS 就是向驾驶员提供这一额外时间的，它能够实时探测自车与障碍物之间的距离，若有潜在危险就及时报警。

发达国家纷纷开展了 FCWS 研究，制订了具体的研究计划，并在此基础上进一步开发了辅助驾驶、自动控制等系统，如美国的智能车辆高速公路系统（IVHS）、欧洲的高效安全交通计划（PROMETHEUS）、日本的先进安全车辆（ASV）等。

事实上，早在 20 世纪 70 年代，日本就率先开展了 CAS 研究，推出的第一代产品是手动操作的，第二代产品则为自动控制的。目前，一些使用微波雷达和激光雷达的 CAS 相继被推出，如丰田公司使用毫米波雷达和 CCD 摄像机对自车与前车的距离进行动态测量，当两车距离小于规定值时，系统将发出直观的报警信号来提醒驾驶员，必要时起动汽车自动减

速、制动系统,避免碰撞发生,这类产品已在部分车型中获得应用^[15]。日产、本田、马自达、三菱等公司均开展了相应研究,其中本田和马自达公司提出的跟车模型(HONDA 模型及 MAZDA 模型)已成为 CWS 跟车模型的典范。

美国于 1998 年开始了以 CAS 为中心的初级智能汽车研究,并对 CWS 的研究取得较大进步,其早期的 CWS 产品成本高,仅在高档轿车上有应用,随着基于雷达的 CWS 的成熟,重型卡车也成为安装对象,并以每年几千套的数量递增,其中尤以美国德科电子(Delco)公司开发的 CWS 最著名。加利福尼亚大学的研究者还对后向追尾碰撞预警系统进行了研究,即在自车上加装朝后探测的追尾碰撞预警系统,在自车处于静止,探测到后方车辆逼近过快时,则使自车制动灯闪烁或使自车中央停车灯闪烁以警告后方车辆驾驶员。加利福尼亚大学的 Berkeley 跟车模型,吸收了 HONDA 模型和 MAZDA 模型的优点,成为 CWS 跟车模型的标杆。

德国的一些著名汽车电器厂商如博世、ADC 公司等生产的 CWS 产品具有较好的实用性,已向部分汽车生产厂家供货。奔驰公司早在 2003 年已在奔驰 S600 级轿车上安装了距离自动控制雷达,可在 40~160 km/h 速度范围内自动调节车速,当跟车距离过小时,则自动减速以避免碰撞事故。

我国对 CWS 的研究也极为重视。早在 2001 年 11 月,国家科技部确定的面向全社会招投标文件的“十五”国家科技攻关重大项目(共 10 项)中,就有 1 项“汽车安全辅助装置”,主要就是对 CWS 的研究。侯德藻、李克强等人在汽车主动碰撞系统的报警方法、雷达信号处理、信号识别及安全报警算法等方面进行了研究,并对其系统的合理性及实用性进行了试验及仿真^[16~17]。姜道连、徐宝强等人对图像处理技术^[18],余成波、万文略等人对激光雷达自动防撞微机控制系统^[19]等在 CWS 中的应用进行了研究。李晓霞、李百川、侯德藻、陈光武、王军雷等人则设计开发了汽车追尾碰撞预警测控系统,并进行了阶段性装车试验^[13,20,21]。

目前,对 FCWS 研究的重点,正在从系统功能的实现向 FCWS 的实用化方向转变,以改变目前 FCWS 仅仅应用在几个车型上的状况。



1.2 电磁发射技术

电磁发射技术源于 1831 年英国科学家法拉第发现的电磁感应定律,根据这一定律,人们发明了发电机、电动机及电磁发射器。电磁发射器用于军事作战时,俗称电磁炮。

1901 年,挪威的伯克莱在国际上首次获得“电火炮”专利,并将 10 kg 的铁制炮弹加速到 100 m/s。

1944 年,德国的汉斯莱将 10 g 的弹丸加速到 1 200 m/s。

1966 年,苏联的鲍斯达列夫把 2 g 的铝环加速到 5 000 m/s。

1970 年,德国的哈布和齐默尔曼把 1.3 g 的金属环加速到 4 900 m/s。

1977 年,日本开始研究电磁发射技术。

1978 年,澳大利亚的马歇尔把 3 g 弹丸加速到了 5 900 m/s,这一成就从实验上证明了用电磁力把物体推进到超高速度是可行的,立即引起了各国军方的特别关注。许多国家纷纷建立实验室,投入大量人力、财力进行研究^[22~25]。

1980年,美国西屋公司为“星球大战”计划建造了实验电磁炮,若将这座电磁炮放在太空,它能把质量为300 g的炮弹加速到8 000~10 000 m/s。面对这种近30倍声速的电磁炮弹打击,太空中所有的航天器,小到几十公斤的卫星,大到几百吨的空间站,都将被撞击成太空碎片。

1980年,日本的电磁炮研究得到科学技术厅“科学技术振兴调整费”的支持。

美国桑迪亚实验室在1986—1993年进行了一系列实验,并建立了WARP-10模拟计算程序。

1991年,美国国防部成立了“电磁炮联合委员会”,协调军队、能源部、国防原子能局及战略防御倡议机构分散进行的电炮研究工作。

英国建造了两台口径分别为90 mm和40 mm的导轨型实验装置,到1996年年底分别进行了32次和31次发射实验,能将质量为200 g的弹丸加速到2 000 m/s。

2000年4月,欧洲各国牵头成立了“国际电磁发射技术委员会”。

2000年,日本东京的贝塚正范和金子隆司郎发明了新型“电磁驱动器”专利,该专利结构简单、容易制造且在最大行程位置能获得最大推力。

美国海军2003年4月在苏格兰柯尔库布里郡成功完成90 mm口径电磁炮如何发射高超声速弹药的海上演示验证试验。

2004年7月,美国海军再次成功进行了电磁炮的海上发射试验。

2005年,美国政府拨款5 650万美元为海军、陆军和五角大楼未来研究局研发电磁炮。

2006年,美国海军制订了电磁轨道炮发展五年计划。美国海军水面作战中心达尔格伦分部的电磁发射装置在2006年10月开始试验并试运行,并在2007年1月正式启用。

我国从20世纪80年代末开始电磁发射研究^[25~27]。

中国工程物理研究院流体物理所于1986年率先建造了我国第一台导轨式电磁发射实验装置,把0.34 g的发射体加速到1 680 m/s,并于1991年建成我国第一台电热式发射装置;1996年9月,高顺受、孙承纬等人在成都把直径为60 mm、1 kg重的抛体加速到60 m/s,并对电磁感应线圈炮的作用原理和系统性能进行了分析。

中科院等离子体物理所于1988年8月也建成了一台导轨式电磁发射实验装置,能把50 g的发射体加速到3 000 m/s,并于1990年建成了一台线圈式电磁发射装置,把44 kg的有效载荷加速到14 m/s。

1998年,西安电子科技大学对线圈炮进行了研究。

2000年,基于电磁炮原理,上海金盾消防安全设备有限公司发明了一项自动灭火装置的电磁驱动器专利;上海第二皮鞋厂发明了电磁线圈驱动的物料冲压机。

2001年,中国科学技术大学获得1项电磁发射器专利,并利用它制作了娱乐设施及电动工具。

2002年8月,成立中国电工技术学会电磁发射技术专委会。

2006年5月,在德国Potsdam的第13届国际电磁发射学术大会上,中国发表了52篇论文,仅次于美国的72篇。

2006年8月,中国军方在内蒙古炮兵靶场对超高速电炮进行了首次实验并获得圆满成功。

2007年,中国研制的新概念武器“超高速动能电炮”进入试用阶段。

目前,国际电磁发射技术的研究主要集中在应用阶段^[28]。因为在现代技术条件下,若使用电磁发射同样的有效载荷,其成本仅是化学火箭的 1/10 左右。除了军事用途外,电磁发射技术在航天领域可用作地对空的定向发射,也可在天基推动航天器进行轨道转移。在交通领域,用电磁发射原理制造电磁列车,使用原铁路轨道,其成本仅是磁浮列车的 1/4。在工业方面,可用其原理制造电磁抽油机,代替目前油田的机械抽油机,从而大幅提高抽油效率及降低成本。

1.3 现状分析

在汽车碰撞吸能技术方面,渐进压溃式、液压阻尼式、摩擦式、气囊式吸能机理已得到广泛应用^[1,7,12],最新的剪切式吸能机理也在 2005 年完成了原理论证,目前已进入中试阶段。

在汽车前向碰撞预警技术方面,早在 2003 年,在奔驰 S 级豪华轿车上就最先得到应用,并成为 2007 款 S 级车的标准配置;英菲尼迪也在 2006 款 RL 车上首次配置了 FCWS;我国 FCWS 研究在 2001 年完成了理论研究,目前已完成了装车试验^[13]。

在电磁发射技术方面,电磁炮的理论论证在 20 世纪 80 年代中期就基本完成,从那时起就开始进行实用化的研究,经过 30 多年的努力,已经结出丰硕的成果。本项目将要采用的电磁线圈炮发射技术是电磁炮的最早形式,也是最成熟的电磁发射技术。

可见,关于螺纹剪切式汽车碰撞吸能技术、汽车前向碰撞预警技术及电磁发射技术本身的研究,各领域的专家已开展了深入研究,但将三者联系起来作为系统性的研究却并不广泛,且对应的研究成果尚未得到有效整合。

本项目研究针对 CST 这一新概念吸能系统的伸缩方法及相关前期研究存在的不足,以提高 CST 伸缩系统的伸缩速度、改进其工作稳定性及可靠性为目的,尝试以汽车前向碰撞预警技术为先导,以电磁发射技术为新的快速伸缩技术,探索出一种 CST 伸缩的智能化新方法,使 CST 能够像安全气囊那样,该出手时就出手,且出手快速、准确。

第 2 章

基于主被动技术结合的 CST 控制方法

2.1 系统总体设计

2.1.1 CST 装置介绍

目前,汽车被动安全防护措施(如安全气囊、安全带、保险杠和侧防撞横梁等)的本质都是对碰撞瞬间驾乘人员的安全进行保护,但忽略了对车的保护。在碰撞过程中,车体大都受到不同程度的损坏,而螺纹剪切式汽车碰撞吸能结构(Cutting the Screw Thread, CST)能在一定程度上解决这个问题,实现车辆与人身双保险。

螺纹剪切式汽车碰撞吸能结构是针对压溃式吸能结构在性能、功能方面存在的局限性和问题而提出的一种新概念智能化汽车碰撞吸能结构。当汽车静止时,CST 缩在汽车车体内;当汽车正常行驶时,电控系统控制电动机驱动螺杆传动,对 CST 进行伸缩以实现 CST 吸能装置的实时自动调整;当发生碰撞事故时,则通过持续剪切螺纹来吸收碰撞能量(因为螺纹的剪切破坏力基本为常数,具有理想的吸能特性)。这种结构形成了一种新的碰撞能量吸收与吸能能力自适应控制原理,它可以使碰撞过程更平稳,吸能能力更强,碰撞安全性更好,可靠性更高。

2.1.2 CST 吸能装置结构

目前 CST 装置已经过了两代的发展,第一代 CST 吸能装置在调试中发现,由于采用了将驱动电机安装在保险杠上的驱动形式(图 2-1),当冲击杆伸缩时,在自重的作用下,

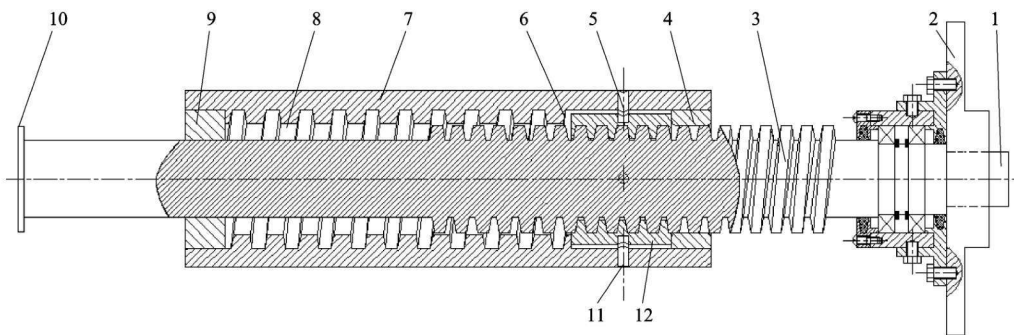


图 2-1 第一代 CST 吸能装置结构

- 1—驱动电机；2—保险杠；3—冲击杆；4—前支承；5—销孔；6—通孔段；7—螺纹套管；
8—内螺纹段；9—后支承；10—限位凸台；11—固定销；12—冲击套

冲击套与冲击杆之间的啮合区产生巨大的弯曲力矩，甚至出现了冲击杆无法伸缩的问题。为此开展了第二代 CST 电子控制系统的研制，如图 2-2 所示。由于采用侧置驱动电机并增设传动齿轮的驱动形式，大大增加了使冲击杆伸缩的传动转矩，并降低了电子控制系统的设计难度，已成功安装在 ZOTYE2008 汽车上。

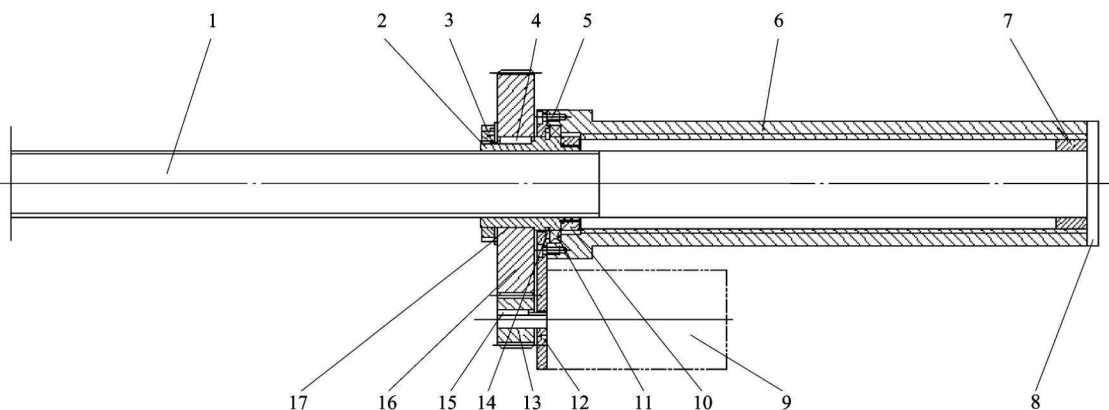


图 2-2 第二代 CST 吸能装置结构

1—伸缩螺杆；2—传动螺母；3—锁紧螺母；4—平键；5—法兰螺钉；6—吸能螺纹；7—调整圈；8—连接螺钉；
9—驱动电机；10—冲击凸台；11—轴承；12—法兰盘；13—小齿轮；14—卡环；
15—电机平键；16—大齿轮；17—止动垫圈

2.1.3 CST 的工作原理及安装

1. CST 的工作原理

图 2-3 所示为 CST 的工作原理示意图，它由螺纹管、螺杆和定位支承等组成。螺杆由定位支承导向，螺纹管固定在车身上，定位支承既可以与螺纹管做成一体，也可以单独设置。

当碰撞力作用在螺杆上后，螺杆上的凸缘沿轴向对螺纹管的螺纹实施应变率很高的剪切（绝热剪切），剪切的过程将一直持续下去，直到轴向碰撞力不足以剪切螺纹而处于平衡状态，碰撞能量在这个过程中就这样被逐渐吸收。

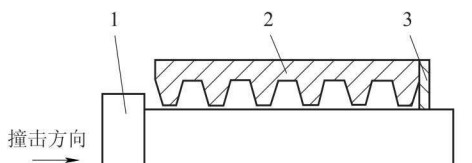


图 2-3 CST 工作原理示意图

1—螺杆；2—螺纹管；3—定位支承

在螺纹剪切过程中，由于螺纹圈是连续的，所以整个吸能过程是渐进、连续的。理论上，对于给定的螺纹，发生剪切破坏所需的力基本为常数，那么作用在螺杆上的减速度值也近似为常值，故碰撞过程平稳——符合汽车碰撞时理想吸能特性的全部要求。

2. CST 的安装

如图 2-4 所示，CST 装于汽车前部两个大梁中空区，呈对称布置状态，前端与保险杠连接，可实现同步运行吸能。

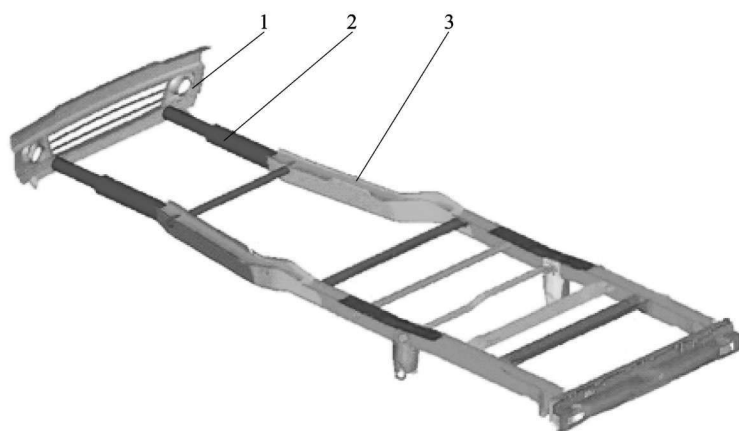


图 2-4 CST 安装图

1—保险杠；2—CST 吸能装置；3—汽车大梁

2.1.4 CST 仿真及吸能结果分析

先前的试验已验证了该 CST 的可行性，现引用一螺纹直径为 46 mm 的例证说明。通过 VPG 及 LS-DYNA 仿真软件进行试验优化了 CST 的螺纹齿高和齿形，使其最终达到标准。其仿真碰撞吸能过程如图 2-5 所示，在螺纹剪切过程中，由于螺纹圈是连续的，所以整个吸能过程是连续、渐进的；理论上，对于给定的螺纹，发生剪切破坏所需的力基本为常数，故碰撞过程平稳，仿真结果如图 2-6 CST 仿真加速度结果及图 2-7 CST 仿真速度结果所示。由图 2-6 和图 2-7 可以看出，在碰撞运动开始时速度最大，碰撞力和位移最小，而随着碰撞的进行，碰撞加速度迅速增大。当螺纹开始被剪切时，碰撞力基本维持在一定范围内变化，碰撞速度迅速下降，剪切结束后速度达到零，速度呈线性递减，说明该装置能完全吸收碰撞过程中的能量且吸能过程平稳。整个碰撞过程至结束，加速度在 $30g$ 左右浮动，未超过 $40g$ （人体耐冲击阈值），不会对人体造成伤害，符合汽车碰撞时理想吸能特性的全部要求。

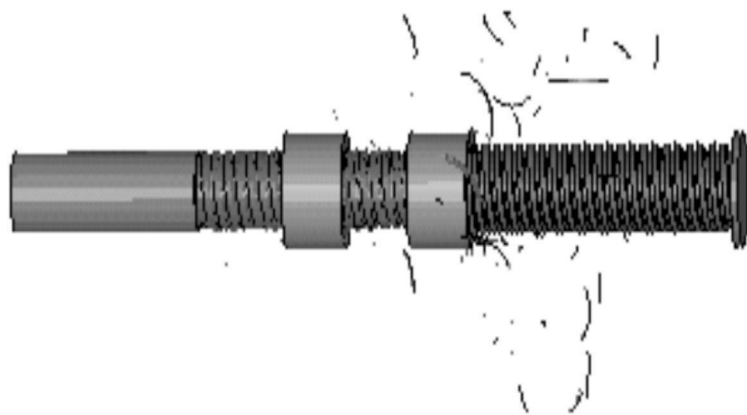


图 2-5 CST 吸能过程仿真

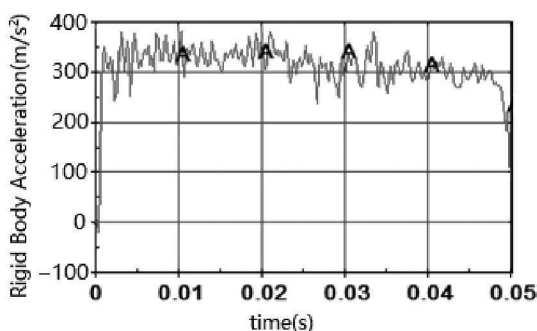


图 2-6 CST 仿真加速度结果

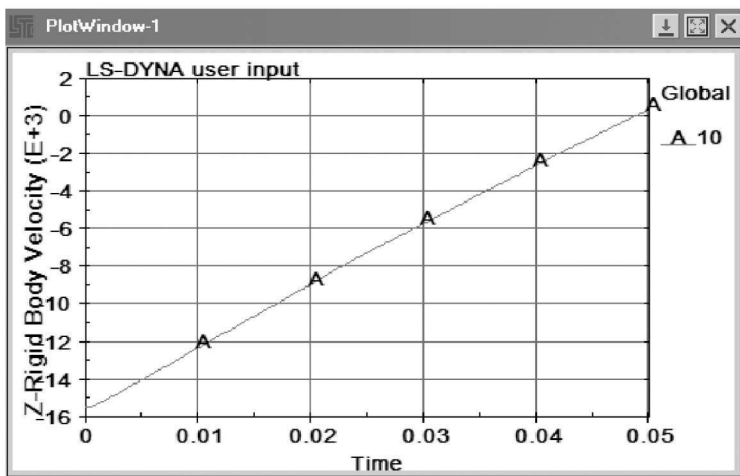


图 2-7 CST 仿真速度结果

2.1.5 CST 的特点

根据汽车结构设计的需要，被剪切的螺纹既可以是内螺纹，也可以是外螺纹。与压溃式吸能结构相比，CST 具有以下特点：

- (1) 渐进、平稳、可控制的力 - 变形特性，碰撞过程更平稳。
- (2) 可用最短的吸能区长度来吸收给定的碰撞动能，从而可最大限度地增加汽车车内的有效空间，并使汽车质量更小。
- (3) 当吸能区长度相同时，它可最大限度地减少碰撞瞬间的加速度峰值，从而大大减少汽车前、后方向碰撞时对安全气囊的依赖，进而降低汽车的造价。
- (4) 适合所有类别的汽车（包括特种车辆）推广应用，前景更广。

2.1.6 系统设计方案及原理

在理论分析和试验研究中发现，由于 CST 的伸缩纯粹依赖于汽车的行驶速度，车速越高，CST 伸出越长，以确保 CST 的吸能能力等于汽车的动能 $\left(\frac{1}{2}mv^2\right)$ ，这样，汽车行驶时，

CST 总是处于伸缩状态，既影响汽车的美观，又降低了 CST 的工作可靠性。

因此，希望改变这种状态，使 CST 能够像安全气囊那样，只有遇到危险情况时才发挥作用：在汽车正常行驶时，CST 蜗居于车体内部；一旦遭遇碰撞危险，则借助电动机带动螺旋纹传动，将 CST 从车内推出，应对碰撞，若有惊无险，CST 随后缩回原地待命。

本系统以 ATMEGA128-16AC 作为主要控制单元完成对数据的采集，整个控制系统由单片机基本系统、通信系统、驱动报警电路、电源系统、显示模块和抗干扰系统组成。系统通过安装在汽车前部的毫米波雷达测量自车与前方障碍物的距离，将距离传输到单片机的控制单元，控制单元同时收集来自测速传感器的车速信息、路面条件开关信息，根据建立的安全距离数学模型进行数据处理，计算出汽车此时应保持的安全距离，并与实测距离进行比较，一旦实测距离小于安全距离，则启动相关的报警单元，提醒驾驶员采取正确的措施，避免追尾碰撞事故发生；同时，控制电动机驱动 CST 装置伸出，在危险不可避免的情况下吸收碰撞所产生的能量，保护乘员安全。图 2-8 所示为系统的结构框图。

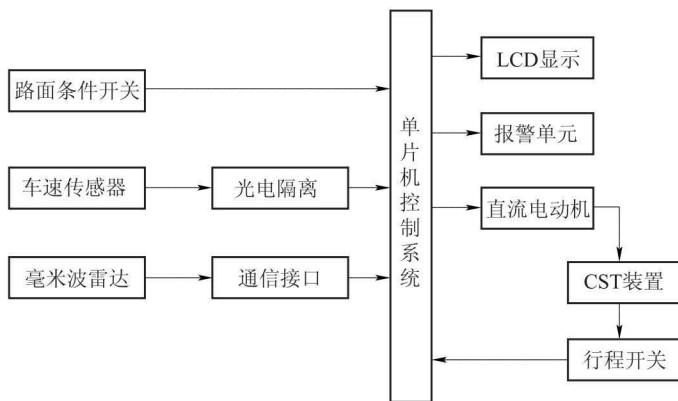


图 2-8 系统结构框图

2.1.7 系统的信息处理流程

为了更好地描述系统的工作方式，画出如图 2-9 所示的系统信息处理流程。

(1) 车间距离测量：控制单元接收来自毫米波单元的信息并进行处理，得到本车与前车的车间距离。

(2) 自车车速检测：控制单元对来自霍尔测速传感器的脉冲信息进行处理，计算出本车行驶速度。

(3) 安全行车车间距离的计算及判定：以本车速度为基础，假设前车速度为零，采取最保守的方式，建立安全行车车间距离数学模型并对追尾情况进行判定。

(4) 危险输出及安全措施执行：如有追尾危险，则输出声音或灯光报警信号，同时控制电动机驱动 CST 装置伸出。

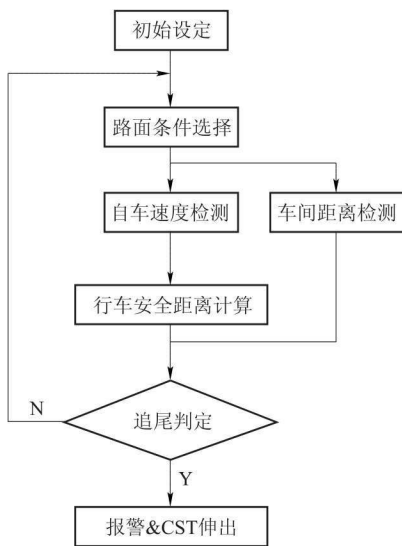


图 2-9 系统信息处理流程

2.1.8 总体方案可行性分析

该系统的研究主要是为了实现智能控制系统的前向测距报警和碰撞吸能能力。系统研究基础为螺纹剪切式汽车碰撞吸能装置，该装置在最初研究的基础上已通过专门用于汽车碰撞等的虚拟试验场 VPG3.0、美国 LSTC 公司出品的有限元计算软件即最新版 LS-DYNA970 及统计分析软件进行了多次的材料、尺寸优化，并最终确立了吸能性能良好的螺纹剪切装置参数。

对 CST 进行智能控制系统设计，首先对整个控制系统（包括芯片选择、传感器选择、电动机选择、信号输入电路、数据处理电路、信号输出执行电路）进行设计，同时采用 ICCAVR 编译软件进行程序的编译，采用 Protel 软件画出电路图，做出电路板并进行调试以此验证该系统的可行性。

2.2 行车安全距离模型及其计算

2.2.1 跟车距离概述

最小安全行车间距离：同向同车道行驶的前后两车为了避免发生追尾交通事故而必须保持的最小行车间距离。

目前，各种行车安全距离模型随着各种汽车防撞系统的产生而建立起来，国外的有日本 MAZDA 模型、HONDA 模型及加利福尼亚大学的 Berkeley 跟车模型，国内主要有长安大学李百川教授及其研究团队建立的安全跟车距离模型。

保持适当的跟车距离是汽车安全行驶的关键，若行车间距过大，则道路的通行效率下降；若行车间距过小，则车辆发生交通事故的可能性大大增加。而在本系统中，若设置的安全距离过大，还将导致该吸能装置没有得到有效利用，跟车距离太小又可能导致危险的发生。汽车防碰撞报警系统作为汽车的辅助驾驶系统，应建立一个合理、适用的安全跟车模型，既能准确判断前方目标物潜在的危险程度，又能充分发挥各硬件的功能。然而两车应保持的最小车间距离是随两车行车状态的改变而改变的，如图 2-10 所示。因此，正确判定两车应该保持的行车间距离与两车的行车状态的关系至关重要。本节对两者之间的关系进行了具体分析。为了使系统简单化的同时又不影响安全性，本系统拟采用比较保守的方式，即假定前车静止，如图 2-11 所示，从而只需对自车状态进行简单判断即可。

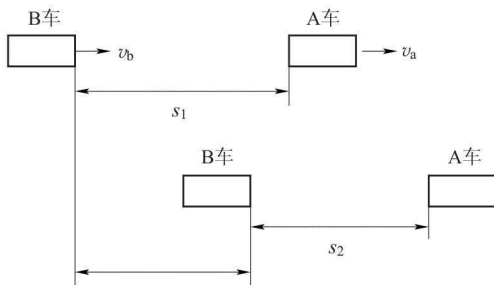


图 2-10 两车距离变化状态

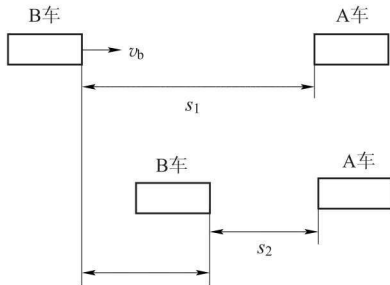


图 2-11 前车静止时两车行车状态

2.2.2 汽车制动过程分析

汽车的制动过程可以分为四个阶段，具体过程如图 2-12 所示。

(1) 驾驶员反应阶段，包括驾驶员发现障碍物并作出判断和把脚从加速踏板换到制动踏板上的时间。

(2) 制动器协调阶段，包括消除各铰链和轴承间间隙的时间以及制动摩擦片完全贴靠在制动盘上的时间。

(3) 减速度增长阶段，减速度从零增加到恒定值的时间。

(4) 持续制动阶段，汽车以恒定的减速度减速到车速为零的时间。

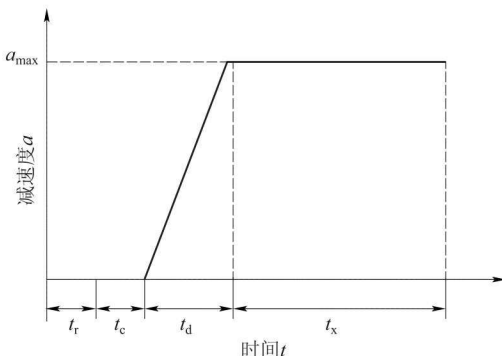


图 2-12 制动减速度与时间的关系

a —紧急制动时的制动减速度，单位 m/s^2 ；
 t_r —驾驶员反应时间，单位 s ； t_c —制动器协调时间，单位 s ； t_d —制动减速度增长时间，单位 s ； t_x —汽车以恒定减速度制动直至停止所用时间，单位 s

2.2.3 模型中参数的确定

(1) 本书中，在发生危险前，螺杆必须伸出，即在自车完全制动时电动机应驱动螺杆达到对应的长度。出于安全考虑，本系统将在制动距离后预留出一段停车安全距离 d_0 ，国内外的资料一般选取 $2 \sim 5 \text{ m}$ ，本系统暂选取 5 m 。

(2) 参数 $a_{\max}$ ，由于目前还没有非常有效的设备能对路面的附着系数进行实时准确的测量，故本系统采用不同的路面在正常情况下的经验值，通过三个选择开关，由驾驶员根据路面情况进行选择， $a_{\max}$ 的取值如表 2-1 所示。

表 2-1 不同路面的 $a_{\max}$ 取值

路面情况	$a_{\max}/(\text{m} \cdot \text{s}^{-2})$
干燥路面	6.0
湿路面	5.0
冰雪路面	2.85

(3) 大量的实验资料及经验数据表明，驾驶员反应时间 t_r 一般为 $0.35 \sim 1.20 \text{ s}$ ，驾驶员反应时间是一个比较难确定的参数，它受驾驶员的性别、年龄、情绪、生理因素和心理因素等诸多因素影响。此外，车速的大小也会影响驾驶员的反应时间。据有关测试，在正常情况下，车速为 40 km/h 时，驾驶员反应时间为 0.6 s 左右；车速增加到 80 km/h ，反应时间增加到 1.2 s 左右。另外，在高速公路上若驾驶员长时间驾驶汽车，则其反应时间会加长，故本系统中驾驶员反应时间 t_r 取值为 1.2 s 较合适。

制动器协调时间 t_c 和制动减速度增长时间 t_d 与车辆的性能有关。

汽车制动系统的制动驱动机构分为液压式、气压式和气液综合式。整车质量小于 5 t 的