

一、吉林省自动轮智行底盘技术 专利导航分析报告

北京智专北斗知识产权咨询有限公司

2024-06

目录

第 1 章	自动轮智行底盘产业发展现状.....	9
1.1	项目背景和意义.....	9
1.1.1	研究背景.....	9
1.1.2	专利导航意义.....	9
1.2	产业现状.....	10
1.2.1	产业发展概况.....	10
1.2.2	产业市场概况.....	14
1.2.3	产业政策支持.....	17
1.3	产业技术构成.....	19
1.3.1	产业分解分析.....	19
1.3.2	技术分解.....	19
1.4	专利数据检索.....	20
1.4.1	研究目标和方法.....	20
1.4.2	检索策略和结果.....	21
1.4.3	相关事项约定.....	23
1.4.4	重点专利筛选原则.....	25
1.5	小结.....	27
第 2 章	自动轮智行底盘技术发展概况.....	28
2.1	自动轮智行底盘技术专利分析概况.....	28
2.1.1	专利申请态势.....	28
2.1.2	技术地域布局.....	30
2.1.3	技术构成分析.....	33
2.1.4	专利类型和法律状态.....	41
2.1.5	专利申请活跃度.....	47
2.2	线控转向系统技术发展概况.....	48
2.2.1	线控转向系统技术发展态势.....	48
2.2.2	线控转向系统技术路线发展.....	51
2.3	底盘角模块技术发展态势.....	57

2.3.1	申请趋势.....	57
2.3.2	申请主体.....	58
2.3.3	重要申请主体申请趋势分析.....	59
2.3.4	重要申请主体申请地域布局.....	60
2.4	技术竞争强度分析.....	61
2.5	重点专利解读.....	65
2.6	专利壁垒与风险分析.....	72
2.7	风险规避设计建议.....	74
2.8	小结.....	76
第 3 章	自动轮智行底盘竞争格局分析.....	77
3.1	自动轮智行底盘技术创新主体分布.....	77
3.1.1	创新主体宏观分布.....	77
3.1.2	主要创新主体简介.....	82
3.2	自动轮智行底盘技术竞争对手分析.....	87
3.2.1	竞争对手专利情报分析.....	87
3.2.2	大陆集团专利情报分析.....	93
3.2.3	舍弗勒专利情报分析.....	104
3.3	吉林大学创新产出.....	111
3.3.1	课题组概况.....	112
3.3.2	课题组资产盘点.....	112
3.3.3	技术布局 SWOT 分析.....	114
3.4	小结.....	116
第 4 章	自动轮智行底盘技术布局建议.....	117
4.1	专利布局策略建议.....	117
4.1.1	专利布局地域的考量.....	117
4.2	各技术点布局情况总结及建议.....	117
4.3	小结.....	121
第 5 章	总结与建议.....	122
附录	132

附录一：吉林大学重点专利列表.....	132
附录二：产业图谱.....	137

图目录

图 1-1 真空助力器的工作原理.....	11
图 1-2 博世 ABS 爆炸图.....	12
图 1-3 全球新能源汽车市场销量及渗透率.....	15
图 1-4 全球智行底盘市场趋势.....	16
图 1-5 中国新能源汽车市场销量及渗透率.....	17
图 1-6 中国智行底盘市场趋势.....	17
图 1-7 智行底盘产业技术分解.....	20
图 1-8 全球专利申请量.....	23
图 2-1 全球 vs 中国专利申请趋势（单位：件）.....	28
图 2-2 全球技术布局国分布（单位：件）.....	30
图 2-3 全球技术来源国分布（单位：项）.....	31
图 2-4 全球技术流向分布（单位：件）.....	33
图 2-5 全球专利类型占比和法律状态.....	41
图 2-6 中国专利类型占比和法律状态.....	42
图 2-7 线控转向系统技术申请趋势（单位：件）.....	48
图 2-8 国外重点申请人细分领域技术布局（单位：件）.....	50
图 2-9 国内重点申请人细分领域技术布局（单位：件）.....	51
图 2-10 汽车转向技术发展历程.....	52
图 2-11 线控转向系统技术发展历程.....	52
图 2-12 线控转向系统技术功效矩阵图（单位：件）.....	53
图 2-13 功效角度发展方向.....	56
图 2-14 底盘角模块技术申请趋势（单位：件）.....	57
图 2-15 重要申请主体的申请趋势.....	59
图 2-16 重要申请主体地域布局.....	60
图 3-1 国外创新主体技术分布.....	78
图 3-2 中国创新主体技术分布.....	80
图 3-3 大陆集团专利技术布局.....	95
图 3-4 大陆集团专利布局地域策略.....	96

图 3-5 大陆集团热点技术布局策略.....	97
图 3-6 舍弗勒专利技术布局.....	106
图 3-7 舍弗勒专利布局地域策略.....	107
图 3-8 舍弗勒热点技术布局策略.....	108
图 3-9 吉林大学主要发明人团队.....	111
图 3-10 课题组专利申请趋势（单位：件）	113
图 3-11 课题组线控转向系统技术功效图（单位：件）	114
图 3-12 课题组 SWOT 分析.....	115
图 4-1 课题组线控转向系统技术分支重点专利关系图.....	120

表目录

表 1-1 中国智行底盘产业相关政策一览.....	18
表 1-2 专利数据库列表.....	21
表 1-3 主要非专利数据库列表.....	22
表 1-4 本报告中专业术语解释.....	24
表 1-5 重点专利考量因素.....	25
表 1-6 国内重点专利筛选指标.....	26
表 1-7 国外重点专利筛选指标.....	26
表 2-1 国内外智行底盘产业各技术分支申请量（单位：件）.....	34
表 2-2 中国发明专利占比申请趋势.....	43
表 2-3 中国有效专利占比申请趋势.....	45
表 2-4 全球各分支专利运营情况（单位：件）.....	47
表 2-5 线控转向系统技术分支国内外申请人（单位：件）.....	49
表 2-6 底盘角模块技术分支国内外申请人（单位：件）.....	58
表 2-7 中国专利各技术分支竞争强度分析（单位：件）.....	61
表 2-8 全球各国（除中国外）各技术分支专利布局（单位：件）.....	63
表 2-9 全球各国（除中国外）技术来源布局（单位：项）.....	64
表 2-10 国内外高价值专利分布.....	65
表 2-11 国内线控转向系统重点专利列表.....	66
表 2-12 国外线控转向系统重点专利列表.....	69
表 2-14 各技术分支专利技术风险.....	72
表 3-1 国内外创新主体.....	77
表 3-2 大陆集团发展历程.....	82
表 3-3 大陆集团相关主体说明.....	83
表 3-4 舍弗勒集团-相关主体说明.....	84
表 3-5 一汽集团相关主体说明.....	85
表 3-6 相关主体简介.....	86
表 3-7 重点申请人专利整体情况对比.....	87
表 3-8 重点申请人专利申请态势对比.....	90

表 3-9 重点申请人各局专利申请情况对比.....	92
表 3-10 部分重点申请人其他各局专利申请情况对比.....	93
表 3-11 大陆底盘系统产品信息摘录.....	94
表 3-12 大陆集团协同合作情况.....	96
表 3-13 大陆集团重点专利列表.....	97
表 3-14 舍弗勒底盘系统产品信息摘录.....	105
表 3-15 舍弗勒协同合作专利概况.....	107
表 3-16 舍弗勒重点专利列表.....	108
表 3-17 吉林大学主要发明团队研究方向.....	111
表 3-18 课题组专利技术构成.....	113
表 4-1 布局建议.....	118

第 1 章 自动轮智行底盘产业发展现状

1.1 项目背景和意义

1.1.1 研究背景

随着移动互联、大数据、云计算、人工智能、新材料等新兴技术的快速发展及与汽车产业的融合，汽车产业正迎来史无前例的大变革。在汽车从传统燃油车向智能电动车的演化过程中，诸多核心部件发生了较为明显的变化，底盘系统亦如此，经历了由传统底盘到电动底盘再到现今智行底盘过渡。基于传统底盘发展，智行底盘涵盖大部分传统底盘零部件，并兼具具备智能化功能的零部件产品，构成一种新型结构创新底盘。智行底盘为自动驾驶系统、座舱系统以及动力系统提供承载平台，具备认知、预判和控制车轮与地面间相互作用、管理自身运行状态的能力，能够具体实现车辆智能行驶的任务，是汽车产业技术变革所趋。

本项目根据吉林大学的委托，通过扫描全球自动轮智行底盘领域相关专利，从全球技术发展趋势、技术构成以及重要研发主体的专利申请情况等方面，对相关专利展开导航分析。目的是协助吉林大学了解全球技术发展趋势，并构建吉林大学自动轮智行底盘技术相关专利技术体系，为后续吉林大学在相关领域的专利布局和技术方案发掘提供依据。

1.1.2 专利导航意义

专利导航是在我国深化创新驱动发展中，基于产业发展和技术创新的需求，在充分运用专利信息资源方面总结出的一系列新理念、新机制、新方法和新模式。推动构建专利数据与各类数据资源相融合的专利导航决策机制，有助于提升知识产权治理能力，加快技术、人才、数据等要素市场化配置，更好地服务于各级政府创新决策和市场主体创新活动，加快构建现代产业体系，支撑高质量发展。

自动轮智行底盘技术是亟待突破的核心环节之一，其技术水平和市场竞争力直接影响到国家的自动驾驶水平和竞争力。通过实施自动轮智行底盘产业专利导航项目，可以深入挖掘专利信息和技术创新点，掌握产业核心技术和发展

趋势，提高研发效率和创新能力，降低研发成本和风险，为高校技术创新和企业市场开拓提供有力支持，从而提高产业的核心竞争力。随着人们对汽车电动化、智能化的需求不断提高，高阶智能驾驶成为各大企业必争赛道，其中智行底盘更是成为高阶智能驾驶落地应用的必要部件。通过实施自动轮智行底盘产业专利导航项目，可以引导高校加强技术研发和企业产品创新，推动产业向电动化、智能化、集成化、轻量化的方向转型发展，从而满足市场需求，提升产业整体水平。同时，自动轮智行底盘产业是知识产权密集型产业，专利等知识产权的保护和运用对于产业发展至关重要。实施自动轮智行底盘产业专利导航项目，可以加强知识产权的创造、保护和运用，促进技术成果的转化和应用，为产业的可持续发展提供保障。

1.2 产业现状

1.2.1 产业发展概况

1.2.1.1 智行底盘发展历程

自汽车诞生一百余年以来，底盘发展就和汽车发展深度绑定。底盘系统决定了汽车纵向、横向和垂向六个自由度的动态行为，是汽车能够运行起来的必要条件。纵观底盘系统的发展历程，可以概况为三个时期：

（一）底盘的机械时期

在汽车工业的初期阶段，车辆质量相对较小，速度比较低。这一时期，机械式底盘能够满足驾驶员操控需求。驾驶员通过直接操作方向盘和踏板来控制轮胎的六分力，从而间接改变车辆的三向平动和三向转动的自由度。随着科学技术的发展及汽车工业的发展，尤其是军用车辆及军用技术的发展，底盘系统也有了新的突破，比如液压转向和液压制动的推出是对机械时期底盘的重大技术革新。与此同时，随着车辆越来越重，助力器开始被广泛使用于底盘控制中，为驾驶员提供转向或制动助力。

该阶段典型的产品有机械液压助力转向系统和真空助力器。其中，机械液压助力转向系统利用发动机的动力带动油泵给机械转向提供液压助力，这样操作方向盘就更轻松了。但是由于使用了发动机动力作为油泵动力，所以，发动机用于行驶的动力会有部分损耗。具体分析真空助力器的工作原理：驾驶员踩

下制动踏板，由于杠杆作用，踏板力经过第一级放大传递到真空助力器；真空助力器经过第二级放大将制动力传递到主缸；主缸的制动液被推入轮缸并在压力的作用下产生更大的制动力，推动轮端卡钳加紧刹车盘，从而实现制动。其中，真空助力器正常工作的关键在于有稳定的真空来源。装有汽油发动机的车辆由于发动机采用点燃式，因此在进气歧管可以产生较高的真空压力，为真空助力制动系统提供足够的真空来源，而对于柴油发动机驱动的车辆，由于发动机采用压燃式 CI（Compression Ignition cycle），这样在进气歧管处不能提供相同水平的真空压力，所以需要安装提供真空来源的真空泵。由此可知，虽然液压系统的引入为驾驶员提供了助力，但是从本质上看，底盘机械时期的车辆运动控制完全取决于驾驶员的输入。

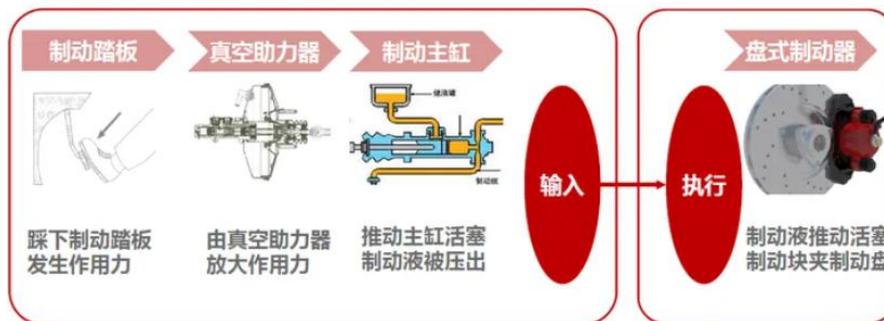


图 1-1 真空助力器的工作原理

（二）底盘的机电混合时期

在机电混合时期，传统的机械液压设计与单片机控制结合，在进一步减轻驾驶员的驾驶负荷的同时，还能够通过软件控制辅助驾驶员进行更好地车辆控制，车辆的燃油经济性、安全性和舒适性都大大提高。

20 世纪 30 年代，汽车工程师就开始研究制动防抱死系统 ABS (Anti-lock Brake System, ABS) 来解决紧急制动时车轮抱死问题。ABS 是制动系统中的一种闭环控制装置，在制动时它可以防止车轮抱死，保证车辆的制动性和稳定性。

20 世纪 70 年代后期，由于数字电子计算机技术的发展，同时也得益于液压控制技术的进步，德国博世公司推出基于液压控制的 ABS，控制效果相当理想，于是博世在 1978 年正式量产 ABS 产品。博世 ABS 的问世正式拉开了底盘电子稳定性系统发展的序幕，在这以后，Bosch、ITT Automotive、Kelesy-

Hayes、Wabco 等许多公司不断加强对 ABS 的研究，各种新型的 ABS 层出不穷，性能不断优化而价格逐渐降低，如今 ABS 已经成为了轿车和商用车的标配。

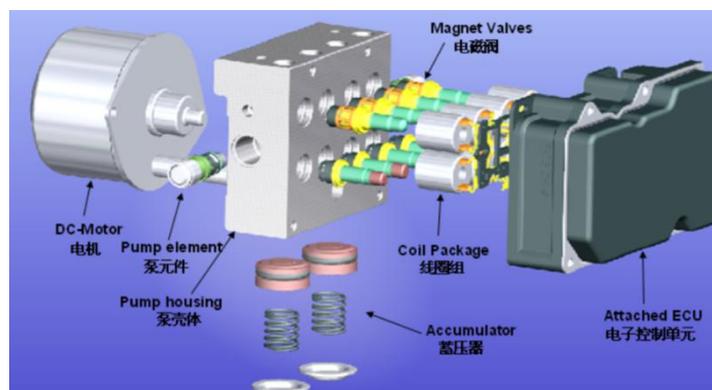


图 1-2 博世 ABS 爆炸图

（三）智行底盘时期

进入 21 世纪，传感器技术、计算机视觉和人工智能等技术的快速发展为底盘技术的智能化奠定了基础。这一时期，自动轮智行底盘开始引起关注。底盘系统通过集成先进的传感器、控制器和执行器，实现了对车辆运动状态的实时监测和更精确的控制。然而，在这一阶段，智能化底盘技术仍处于探索和实验阶段。

从 2010 年代开始，随着自动驾驶技术的不断突破和成熟，自动轮智行底盘进入了快速发展和应用阶段。这一时期，底盘系统不仅实现了高度自动化，还具备了更复杂的运动控制和安全性能。线控转向、差动转向、驻车制动和行车制动的冗余设计等先进技术被广泛应用于智行底盘中，显著提高了车辆的操控性、稳定性和安全性。同时，政府、企业、学术界和研究机构的协同创新也加速了自动轮智行底盘产业的发展。

随着 5G、物联网、大数据和人工智能等新一代信息技术的不断发展，自动轮智行底盘将继续向更高层次的智能化迈进。预计在未来几年内，我们将看到更多具有自主决策能力、能够应对复杂交通环境的智行底盘系统问世。这些系统将为自动驾驶汽车的发展提供强有力的技术支持，推动整个交通行业的变革和创新。

1.2.1.2 智行底盘发展概况

当前全球智行底盘产业正迎来高速发展的黄金时期。随着自动驾驶技术的不断进步，智行底盘已成为汽车行业创新的焦点。各大厂商纷纷加大研发投入，推动智行底盘技术的突破与应用。

在技术层面，智行底盘正朝着更智能化、更集成化的方向发展。例如，线控转向、线控制动等技术的应用使得底盘系统能够更精准地响应驾驶指令，提升驾驶的安全性和舒适性。同时，底盘系统也在逐步实现与车载传感器、雷达等设备的深度融合，为自动驾驶提供更为强大的技术支持。

在市场层面，全球智行底盘市场规模正在持续扩大。随着消费者对智能驾驶的需求不断增长，以及政府对新能源汽车和智能网联汽车的大力扶持，智行底盘市场的增长潜力巨大。全球智行底盘行业，作为汽车产业智能化转型的关键部分，近年来呈现出迅猛发展的态势。随着自动驾驶技术的不断突破和汽车电动化趋势的推进，智行底盘已成为汽车产业链中的重要创新领域。

纵观全球主要国家或地区智行底盘产业发展格局，各国在技术研发、市场应用和政策扶持等方面都在积极布局和推进。

(1) 德国：作为汽车工业的发源地，德国在智行底盘技术的研发和应用方面一直处于领先地位。其知名企业如博世、大陆集团等在全球智行底盘市场中占有重要地位，不断推出创新的产品和技术解决方案。

(2) 日本：日本汽车行业在智能化和电动化转型方面表现出色，其智行底盘技术也取得了显著进展。日本厂商如丰田、本田等在智能驾驶和底盘技术方面拥有深厚的研发实力，为全球智行底盘产业的发展做出了重要贡献。

(3) 美国：美国在自动驾驶技术的研发和应用方面一直处于全球领先地位。特斯拉、谷歌等知名科技企业在智能驾驶领域取得了重要突破，推动了美国智行底盘产业的快速发展。同时，美国政府也加大了对智能驾驶产业的扶持力度，为产业发展提供了良好的政策环境。

(4) 中国：近年来，中国在智能驾驶领域取得了长足进步。国内企业如比亚迪、吉利等在电动化、智能化转型方面表现出色，已具备一定的技术研发和生产能力。同时，中国政府也大力扶持新能源汽车和智能网联汽车产业，为智行底盘产业的发展提供了有力支持。

综上所述，全球智行底盘产业正处于快速发展阶段。未来，随着自动驾驶技术的不断完善和电动化趋势的加速推进，全球智行底盘产业将迎来更为广阔的发展空间和市场机遇。

1.2.2 产业市场概况

全球智行底盘产业正在经历一个显著的增长阶段，市场规模持续扩大。同时伴随着技术的不断进步：从机械式底盘逐步过渡到电控、再到线控技术，这一演变凸显了智行底盘技术的创新和发展趋势。此外，新能源汽车市场的蓬勃发展，既带动了传统底盘零部件市场的增长，也带来了线控悬架、线控转向等新的需求，汽车底盘逐步向智能化转变。随着汽车电子电气架构由分布式逐渐向集中式发展，智行底盘作为实现自动驾驶、智能座舱等的关键载体，成为下一阶段底盘市场的重要方向。

从全球视角来看，虽然美国和欧洲在市场占有率上保持领先，但亚太地区，特别是中国市场，正以其独特的发展优势和巨大的市场潜力，逐步成为全球智行底盘产业的新兴力量。这一趋势预示着智行底盘产业将在全球范围内持续繁荣，并带动相关技术和市场的进一步发展。

(1) 全球智行底盘产业市场发展

根据图 1-3 所示，全球新能源汽车市场近年来呈现指数级增长。2022 年全球新能源汽车销量突破了 1000 万辆，市场渗透率达到 13%，相比 2021 年的约 9% 和 2020 年的不到 5%，增长显著；同时，新能源汽车销量在 2023 年将继续保持强劲增长态势，随着新能源汽车技术的不断改进与优化，以及新能源汽车进一步向“智能化和互联网化”更替，预计未来几年内市场对新能源汽车的需求将会持续增长。

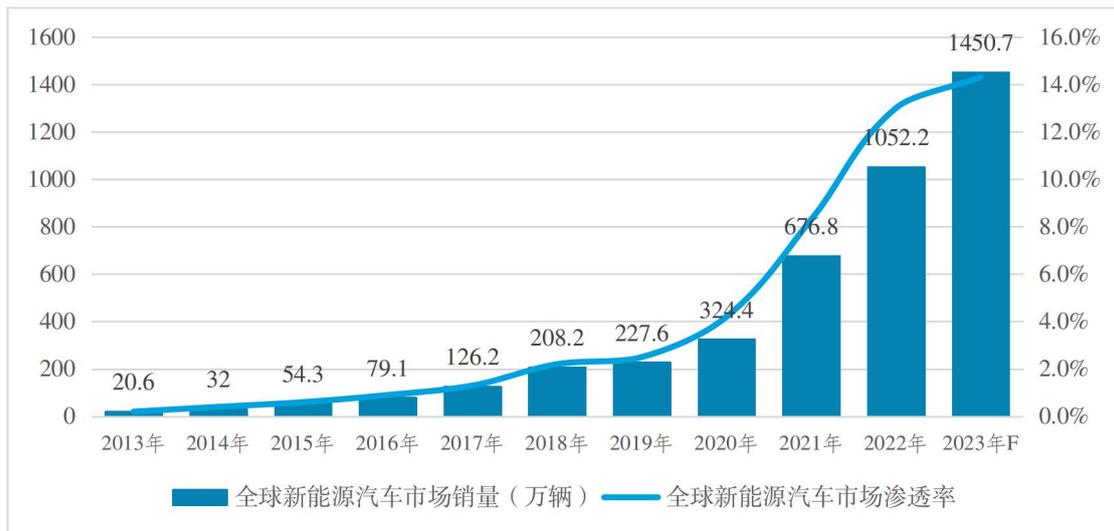


图 1-3 全球新能源汽车市场销量及渗透率

智行底盘作为新能源汽车的核心组成部分之一，新能源汽车的普及将推动智行底盘技术的创新和升级。同时，新能源汽车市场的快速增长将带动智行底盘的产销量大幅提升。随着新能源汽车销量的增加，对于智行底盘的需求也将水涨船高；此外，随着全球新能源汽车市场的不断扩大，各国之间的智行底盘技术交流合作也将日益频繁。这将有助于推动智行底盘技术的全球化和标准化发展，进一步拓宽智行底盘的市场空间。

结合下图 1-4 可知，全球智能底盘市场规模从 2019 年的约 58.34 亿美元增长至 2023 年的 99.46 亿美元，年复合增长率较高。预计到 2024 年，全球智能底盘市场规模有望超过 100 亿美元。由此可知，智行底盘市场正处于快速发展阶段，具有巨大的增长潜力和发展空间。

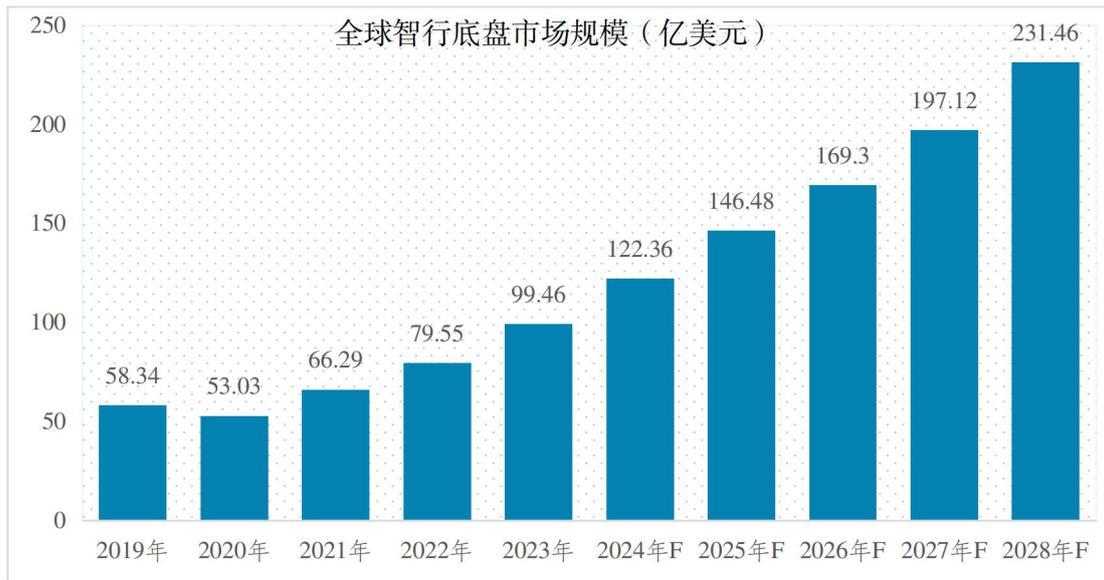


图 1-4 全球智行底盘市场趋势

（2）中国智行底盘产业市场发展

中国新能源汽车市场近年来经历了爆发式增长。如图 1-5 所示，中国新能源汽车市场销量由 2020 年不足 150 万辆急剧增长到 2023 年接近 1000 万辆，以及新能源汽车在中国市场的渗透率已达一定水平，并且这一数字还有望继续增长；以上数据表明，新能源汽车在中国市场的接受度和需求量正在迅速提升。而随着新能源汽车市场的迅猛发展，智行底盘的需求量也在大幅增长。

目前，国内企业已经掌握了多项与智能底盘相关的核心技术，如线控转向、线控制动、空气悬架等，这些技术的应用使得底盘系统更加智能化，国产替代进程正在加速进行。据图 1-6 统计信息，2023 年中国智行底盘市场规模达到 283 亿元，中国智行底盘市场的发展现状仍呈现出蓬勃的态势，预计未来几年该市场将迎来更加广阔的发展空间和市场机遇。



图 1-5 中国新能源汽车市场销量及渗透率

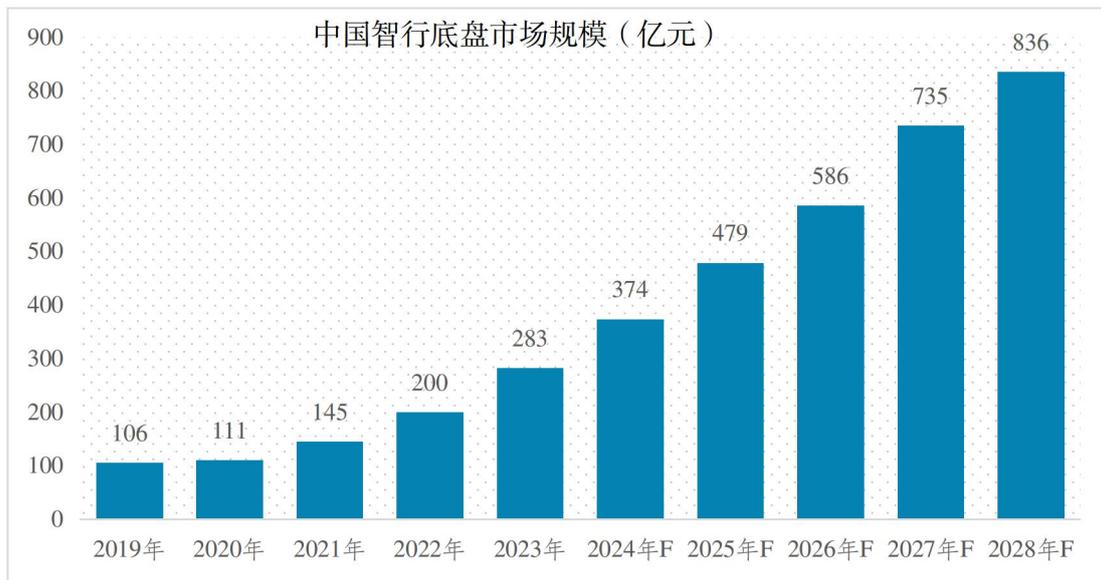


图 1-6 中国智行底盘市场趋势

1.2.3 产业政策支持

智行底盘作为新时代汽车产业的重要组成部分，正受到国内外政策的高度关注和大力支持。首先，减少温室气体排放、应对气候变化是全球各国的共同责任。为了推动环保和能源转型，以减少对化石燃料的依赖并降低温室气体排放，发展新能源汽车和智行底盘技术是实现全球环保和减排目标的重要手段。其次，智行底盘作为汽车产业的高新技术领域，具有广阔的市场前景和巨大的经济价值。为了在国际竞争中占据有利地位并推动本国产业的发展，各国政府

均制定了相应的政策以支持并引导智行底盘技术的研发和应用。

近年来，我国各部门出台了一系列政策，通过明确的产业引导、资金与税收支持、促进技术创新与研发、推动市场需求与消费者认知，以及构建完善的产业链与生态环境等多方面的政策措施，为智行底盘产业的快速发展提供了全方位的支持和保障，推动了产业的健康、有序和可持续发展。

2015年，《中国制造2025》行动纲领中明确指出，要开发针对特定智能化功能的域控制器，实现多项驾驶辅助功能的集成控制，攻克底盘制动、驱动、转向等精确、可靠、协调控制关键技术。并且，2018年以来，政府部门多次在重要政策文件中强调线控底盘技术的重要性。2023年7月，工信部等五部门印发《制造业可靠性提升实施意见》，其中指出，汽车行业重点聚焦线控转向、线控制动、自动换挡、电子油门、悬架系统等线控底盘系统。此外，为了保证智行底盘行业产品质量，2022年国务院发布了《关于深化机动车检验制度改革优化车检服务工作的意见》，在保证确保安全标准不降低的前提下，允许试点企业使用举升式设备开展底盘检查，不强制要求建设试验车道、驻车坡道、侧滑检验仪、驻车制动拉力计等设施或设备。在政策的大力支持下，智行底盘产业将迎来更加广阔的发展前景。

表 1-1 中国智行底盘产业相关政策一览

发布时间	政策	相关举措
2015年	《中国制造2025》	开发针对特定智能化功能的域控制器，实现多项驾驶辅助功能的集成控制，攻克底盘制动、驱动、转向等精确、可靠、协调控制关键技术
2018年	《车联网（智能网联汽车）产业发展行动计划》	1、加快智能网联汽车关键核心技术攻关，强调车辆平台线控是需要重点突破的核心技术； 2、加快推动高性能车辆智能驱动、线控制动、线控制动、线控转向、电子稳定系统的开发和产业化
2020年	《新能源汽车产业发展规划（2021-2035）》	1、强化整车集成技术，提出研发新一代模块化高性能整车平台，攻关纯电动汽车底盘一体化设计；2、强调线控执行系统是智能网联技术创新工程要发展的核心技术
2021年	《国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》	1、聚焦新能源新兴产业，加快关键核心技术创新应用； 2、加快研发智能（网联）汽车基础技术平台及软

发布时间	政策	相关举措
		硬件系统，线控底盘和智能终端等关键部件
2021 年	《汽车零部件再制造规范管理暂行办法》	规范汽车零部件再制造行为和市场秩序，保障再制造产品质量，推动再制造产业规范化发展
2021 年	《“十四五”现代综合交通运输体系发展规划》	强化交通运输领域关键核心技术研发，加快研发轴承、线控底盘、基础技术平台及软硬件系统等关键部件，推动实现自主可控和产业化
2022 年	2021 年汽车工业发展情况新闻发布会	1、聚焦新能源新兴产业，加快关键核心技术创新应用； 2、加快研发智能（网联）汽车基础技术平台及软硬件系统，线控底盘和智能终端等关键部件
2022 年	《关于深化机动车检验制度改革优化车检服务工作的意见》	在确保安全标准不降低的前提下，允许试点企业使用举升式设备开展底盘检查，不强制要求建设试验车道、驻车坡道、侧滑检验仪、驻车制动拉力计等设施或设备
2022 年	《机动车检验机构资质认定评审补充技术要求》	车辆底盘部件检验操作空间应当满足检验要求，有良好的照明、通风、信号等设施，地沟周围有车辆放坠入措施
2023 年	《制造业可靠性提升实施意见》	汽车行业重点聚焦线控转向、线控制动、自动换挡、电子油门、悬架系统等线控底盘系统等，通过多层推进、多方协同，深入推进相关产品可靠性水平持续提升

1.3 产业技术构成

1.3.1 产业分解分析

智行底盘作为汽车自动驾驶系统、座舱系统、动力系统的承载平台，具备管理自身运行状态并完成车辆智能行驶任务的能力。当前新能源汽车与智能网联汽车融合发展的需求对智行底盘的发展提出了更高的要求，基于此确定智行底盘技术三个重点发展领域，即智行底盘构型技术、智行底盘控制技术、智行底盘冗余技术。

1.3.2 技术分解

在上述针对自动轮智行底盘产业分解分析的基础上，结合前期对课题组调研工作，本报告将自动轮智行底盘产业进行划分为以下 3 个二级分支和 15 个三级分支，具体技术分解如下图所示。

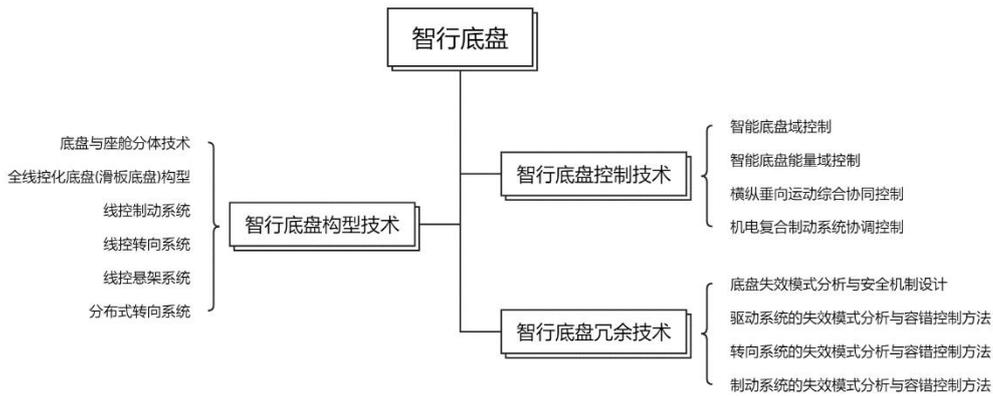


图 1-7 智行底盘产业技术分解

1.4 专利数据检索

1.4.1 研究目标和方法

专利导航是将专利数据、产业经济发展和产品技术方向深度融合的专利服务方法，本专利导航报告按照自动轮智行底盘产业所涉及的生产行业进行划分与研究，揭示专利控制力与产业竞争格局关系，分析产业创新方向和重点，明晰吉林大学产业发展定位，研判产业创新发展路径。主要包括以下三个模块：

(1) 发展方向导航。该模块通过对全球专利信息的深度挖掘和分析，以全景模式揭示自动轮智行底盘产业技术发展的基本方向和趋势，明确自动轮智行底盘产业热点技术方向、前沿技术方向，为吉林大学技术发展路径提供规划依据。

(2) 发展定位导航。该模块主要从产业发展和技术发展的角度出发，以近景模式聚焦吉林大学及竞争对手的专利状况，分析研究其在全国以及全球范围内的行业地位，为吉林大学的发展定位提供规划依据。

(3) 发展路径导航。通过前面的专利分析，在明确了自动轮智行底盘产业热点技术方向、前沿技术方向，以及吉林大学行业地位的基础上，从产业结构调整、技术发展路径等角度，对吉林大学的科技创新、专利布局提供有针对性和操作性的路径指引。

本报告针对自动轮智行底盘行业的相关专利数据进行系统深入分析，展现自动轮智行底盘领域的专利申请发展态势，从专利技术视角探索行业深化发展

和产业升级的问题，希望能够帮助吉林大学在利用专利信息提高研究起点、跟踪技术发展趋势、调整技术研发方向以及提升企业自主知识产权创造、运用、保护和管理等方面发挥有益作用。

1.4.2 检索策略和结果

1.4.2.1 检索策略

检索策略，指在分析检索问题的基础上，确定检索的数据库、检索用词，并明确检索用词之间逻辑关系和查找步骤后制定的策略。

本次检索在检索过程中采用分总的检索策略，基于技术分解表中的技术主题分别进行检索，然后汇总检索结果。

本报告检索的地域范围包括数据库中包含的所有国家或地区的专利数据，检索的截止日期为 2024 年 4 月 15 日。检索要素表主要依据技术分解获取常用关键词同时进行适当扩展，查找相应分类号。

1.4.2.2 检索工具

在本报告的制作过程中采用了多种类型的数据和检索工具。依据查找数的类型的不同，检索工具包括专利数据库和非专利数据库。其中专利数据库涉及全球主要国家和地区的专利申请、授权专利；非专利数据库覆盖的数据类型包括期刊论文、学位论文、标准、图书、经济指标数据等。

(1) 专利数据库

本报告的制作过程中，主要使用了 Himpmpat 全球专利数据库和 Patsnap、智慧芽全球专利数据库。两个数据库在数据范围上存在一定的相似性，但是由于其检索功能的不同、数据加工程度不同，两个数据库联合使用可以有效提高检索的查全率和查准率。调研中使用的专利数据库如下表所示。

表 1-2 专利数据库列表

数据库	数据范围	访问地址
Himpmpat 全球专利数据库	全球 1.6 亿专利数据	https://www.himpmpat.com
Patsnap 智慧芽全球专利数据库	全球 1.7 亿专利数据	https://www.zhihuiya.com

(2) 非专利数据库

在产业调研过程中使用了一些论文、标准、经济数据等相关的数据库。具体使用的非专利数据库详见下表所示。

表 1-3 主要非专利数据库列表

数据库名称	数据类型	访问地址
中国国家统计局	统计数据	http://www.stats.gov.cn
超星电子书	图书	https://www.sslibrary.com
爱企查	企业数据	https://aiqicha.baidu.com/?from=pz
CNKI 数据库	论文、标准等	https://www.cnki.net
万方数据库	论文、标准等	https://www.wanfangdata.com.cn
EPS 全球统计数据/万析平台	统计数据	https://www.epsnet.com.cn
国家标准全文公开系统	国家标准	http://www.gb688.cn/bzgk/gb/index
行业标准信息服务平台	行业标准	https://hbba.sacinfo.org.cn

1.4.2.3 查全查准验证

本项目的专利检索经过了查全查准验证。选取本报告中两个主要的技术分支数据进行检索数据查全、查准验证。

(1) 构建查全样本一：以万向集团公司（申请人组）作为申请人入口进行检索，得到数据中通过人工阅读得到自动轮智行底盘产业相关的专利 180 件，即查全样本一。

(2) 第一次查全验证：将查全样本一代入检索结果数据中，得到查全率 82%，随后补充检索词和分类号进行检索，得到补充检索后的结果数据。

(3) 构建查全样本二：以吉林大学靳立强发明人作为申请人入口进行检索，得到数据中通过人工阅读得到电子信息制造产业中相关的专利 56 件，即查全样本二。

(4) 第二次查全验证：将查全样本二代入补充检索结果数据中，得到查全率 92%，大于 85%，停止检索。

(5) 构建查准率样本：按照年份（2020-2021 年）随机抽样 500 件自动轮智行底盘产业相关的专利，其中有 470 件与本报告主题内容相关，则查准率为

94%（大于 90%），在此基础上进行去噪工作。

（6）经过核查将英文缩写为主的噪音去除，最终确定自动轮智行底盘产业相关专利数据集。

1.4.2.4 检索结果

本报告最终检索到的专利数据见下图所示。



图 1-8 全球专利申请量

1.4.3 相关事项约定

1.4.3.1 分析方法和分析工具

（1）分析方法

根据分析对象可分析的程度，通常将专利分析方法分为定性分析、定量分析、拟定量分析等类型。定量分析是利用数理统计、科学计量等方法对专利文献及其相关信息进行加工整理和统计分析。定量分析主要是通过专利文献上所固有的著录项目来识别相关文献，对有关指标进行统计分析。定性分析是将专利文献信息的内部特征（如说明书、权利要求书的内容等）运用数据挖掘等手段进行归纳和整理，然后运用专业技术进行解读、分析的方法。专利拟定量分析是专利定量分析与定性分析相结合的分析方法。专利拟定量分析通常由数理统计入手，然后进行全面、系统的技术分类和比较研究，再进行有针对性的量化分析。本报告中使用的分析方法包括：统计分析法、聚类分析法、网络分析法，并将结果可视化呈现相关简介如下：

- **统计分析法 (statistical analysis method)**: 是通过对原始专利数据的相关特征进行数据集合的收集、分析、呈现。主要有两种统计分析方式，利用平均值或标志偏差等方式呈现的描述性统计 (descriptive statistics) 和利用抽样和测量误差等方式呈现的推论统计 (inferential statistics)。

- **聚类分析法 (Cluster Analysis)**: 是通过根据原始专利数据集合的相关特征进行分类分析的一种分析方式，是数据挖掘和统计数据分析的常用技术。主

要包括：分裂法（partitioning methods）、层次法（hierarchical methods）、基于密度的方法（density-based methods）、基于网格的方法（grid-based methods）和基于模型的方法（model-based methods）。

- 网络分析法（Analytic network process）：是美国匹兹堡大学的 T.L.Saaty 教授于 1996 年提出的一种适应非独立的递阶层次结构的决策方法，它是在层次分析法（Analytic Hierarchy Process，简称 AHP）的基础上发展而形成的一种新的实用决策方法。

（2）分析工具

在对数据进行分析时，主要使用了 Excel、PPT、Gephi、Himmpat、Patsnap 等分析工具。

- Gephi 是由法国贡比涅技术大学一群学生开发的复杂网络分析软件。其主要用于处理各种网络系统和复杂系统，动态和分层图的交互可视化。

- Himmpat 不仅是一个专利检索工具，同时具备强大的数据分析功能。在部分数据的处理和展示过程中，借助了 Himmpat 的分析功能。

1.4.3.2 相关术语说明及约定

为保障本报告理解的一致性，对本报告中出现的专业术语给出解释如下：

表 1-4 本报告中专业术语解释

术语	术语解释
件、项	在进行专利申请数量统计时,例如为了分析申请人在不同国家、地区或组织所提出的专利申请的分布情况,将同族专利申请分开进行统计,所得到的结果对应于申请的件数。1 项专利申请可能对应于 1 件或多件专利申请。
专利族、同族专利	同一项发明创造在多个国家中申请专利而产生的一组内容相同或基本相同的专利文献出版物,称为一个专利族或同族专利。从技术角度来看,属于同一专利族的多件专利申请可视为同一项技术。在本报告中使用的专利族一般指简单同族,即本族中所有申请均是基于相同的优先权文件。
同族数量	一件专利同时在多个国家或地区的专利局申请专利的数量。
全球专利/申请	申请人在全球范围中各专利局的专利申请。
中国专利/申请	申请人在国家知识产权局专利局的专利申请。
技术来源地	指专利/申请相关的技术的来源国家或地区。本报告中基于专利/申请优先权文件的受理局定义其技术来源地。

术语	术语解释
法律状态	<p>本报告中提到的专利法律状态包括：有效、审中、失效。</p> <p>有效：报告中的“有效”专利是指到检索截止日为止，专利权处于有效状态的专利申请。</p> <p>审中：报告中的“审中”专利指的是该专利申请处于实质审查程序中。</p> <p>失效：报告中的“失效”专利是指到检索截止日为止，已经丧失专利权的专利，或者自始至终未获得授权的专利申请，包括专利申请被视为撤回或撤回、专利申请被驳回、专利权被无效、放弃专利权、专利权因费用终止、专利权届满等情形。</p>
PCT 申请	国际专利申请，按照《专利合作条约》提交的要求保护发明的申请。

1.4.4 重点专利筛选原则

重点专利的筛选方式需综合考核多个因素，需对专利的文献信息、法律信息、运营信息等客观信息和技术方案、保护范围等主观信息进行综合考虑。本报告以计算机模型筛选客观信息和人工筛选主观信息相结合，筛选出自动轮智行底盘产业领域的相关重点专利。其中，筛选重点专利考量因素如下表所示：

表 1-5 重点专利考量因素

考量因素	术语解释
专利施引频次	如果一件专利被引用的次数越多，则说明其可能在产业链中所处的位置越为关键，一定程度上反映该专利在某领域研发中的基础性、引导作用
引用的在先文献数量	引用的专利数量较多，可反映一件专利考虑问题的全面性
专利同族的情况	专利进入的国家越多、越主要，说明创新主体对该专利的重视程度越高，也反映该专利的重要性
重要申请人信息	领域内的重要申请人往往掌握着所属领域大量的重要技术和核心技术，相应地，领域内重要申请人专利申请的重要性程度往往较高
是否存在欧美的无效、异议、诉讼、转让信息	这些信息代表着多个创新主体对一件专利的关注情况
是否存在授权文本	存在授权文本的专利代表其具有一定的创新性
专利维持年限	由于专利年费随着维持年限的长度而阶段性增长，专利维持年限越长，创新主体需花费越多的费用，从而反映出创新主体对该专利所带来的价值的认可
技术方案本身的技术判断	技术方案的技术价值判断
专利的当前法律状态	不同的法律状态决定专利价值不同

考虑到国外的专利文献与中国有差异，且数据库收录的信息有限，因此需要分别考虑国内和国外数据的筛选指标。因此，首先分别设置国内专利重点专利筛选指标和国外重点专利筛选指标，其中国内专利重点专利筛选指标包括同族指标、文献指标、引用指标、运营指标、竞争指标和法律指标这六大指标，并进行以下评比，如下表所示。

表 1-6 国内重点专利筛选指标

指标	序号	指标	判定值 1	分值	判定值 2	分值	判定值 3	分值
同族指标	1	简单同族申请号个数	3<=, <5	1	5<=, <10	2	>=10	3
	2	简单同族国家数	3<=, <5	1.5	5<=, <10	3	>=10	5
文献指标	3	文献页数	10<, <20	1	20<=, <30	2	>=30	3
	4	权利要求数量	5<, <10	1	10<=, <20	2	>=20	4
引用指标	5	引文申请号数量	5<, <10	1	10<=, <20	2	>=20	3
	6	施引专利申请号数量	5<, <10	1	10<=, <20	2	>=20	3
运营指标	7	转让次数总计	1<, <3	1	3<=, <5	2	>=5	3
	8	许可次数	1<, <3	1	3<=, <5	2	>=5	3
	9	质押次数	1<, <3	1	3<=, <5	2	>=5	3
竞争指标	10	无效次数	1	3	2<=, <4	4	>=4	5
法律指标	11	有效	失效	排除	审中	0	有效	2
第三方	12	Himmpat 价值评分	无评分	0.5	有评分	0.1倍	/	/

表 1-7 国外重点专利筛选指标

指标	序号	指标	判定值 1	分值	判定值 2	分值	判定值 3	分值
同族指标	1	简单同族申请号个数	3<=, <6	1	6<=, <15	2	>=15	3
	2	简单同族国家数	3<=, <6	2	6<=, <15	4	>=15	6

指标	序号	指标	判定值 1	分值	判定值 2	分值	判定值 3	分值
		数						
文献指标	3	权利要求数量	10≤, <20	2	20≤, <40	4	≥40	6
引用指标	4	引文申请号数量	10≤, <20	1	20≤, <30	2	≥30	3
	5	施引专利申请号数量	10≤, <20	1	20≤, <30	2	≥30	3
运营指标	6	转让次数总计	1<, <3	1	3≤, <5	2	≥5	3
	7	许可次数	1<, <3	1	3≤, <5	2	≥5	3
	8	质押次数	1<, <3	1	3≤, <5	2	≥5	3
竞争指标	9	无效次数	1	3	2≤, <4	4	≥4	5
法律指标	10	有效	失效	排除	审中	0	有效	2

在筛选指标的基础上编制计算模型，以各项指标所得分的总和作为最终得分，并以得分高低进行排序。

1.5 小结

本章从项目的背景及开展意义出发，调研了自动轮智行底盘产业的发展现状，分别从智行底盘的发展历程、市场占有和政策支撑三个角度进行分析。在研究了产业背景之后，对吉林大学产业进行产业分解分析，构建技术分解表。并在此基础上进行专利检索，同时对后续分析的相关事项进行约定。

第 2 章 自动轮智行底盘技术发展概况

2.1 自动轮智行底盘技术专利分析概况

2.1.1 专利申请态势

为了解自动轮智行底盘产业专利随时间的变化趋势，对自动轮智行底盘产业专利整体全球和中国历年专利申请量进行统计，如下图所示。

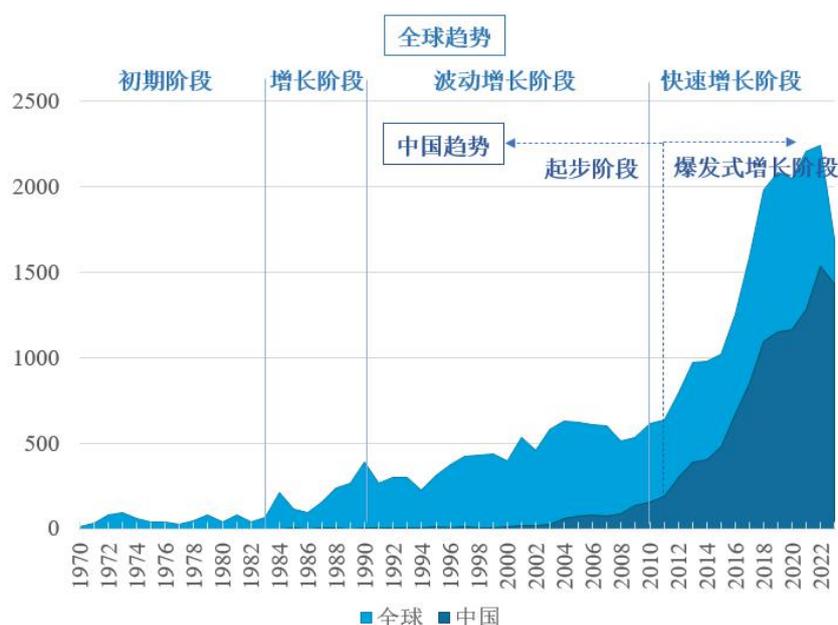


图 2-1 全球 vs 中国专利申请趋势 (单位: 件)

(1) 全球申请趋势

初期阶段 (1970-1983 年):

在智行底盘技术的萌芽期，由于该技术的前沿性和探索性，全球范围内的研发活动相对较少。此阶段，智行底盘的概念刚刚兴起，相关的基础研究和应用探索仍处于初级阶段。因此，与之相关的专利申请数量有限，且增长缓慢。这一阶段的技术创新主要集中在理论构建和初步实验验证上，缺乏大规模的商业应用。

初步增长阶段 (1984-1990 年):

随着智能驾驶和电动汽车技术的逐步成熟，智行底盘技术开始受到业界的广泛关注。在这一阶段，全球范围内的研发机构和企业开始加大对该技术的研

发投入，专利申请数量呈现出明显的增长趋势。政策的扶持和市场需求共同推动了智行底盘技术的快速发展，相关的技术创新和专利申请日益活跃。

波动式增长阶段（1991-2010 年）：

尽管智行底盘技术在此阶段取得了一定的进展，但市场竞争的加剧和经济环境的波动对技术的研发产生了一定的影响。专利申请数量出现了一定的波动，反映出技术研发的不稳定性和市场风险。然而，一些具有前瞻性的企业和研究机构仍然坚持投入，为智行底盘技术的持续创新奠定了基础。

快速增长阶段（2011 年至今）：

进入 21 世纪后，随着智能驾驶和电动化技术的广泛应用，智行底盘技术迎来了快速增长的发展阶段。全球范围内的专利申请数量持续上升，技术创新层出不穷。政府政策的持续支持和市场需求的不断扩大为智行底盘技术的发展提供了有力的保障。在这一阶段，智行底盘技术逐渐从实验室走向市场，成为推动智能交通和电动化领域发展的重要力量。

（2）中国申请趋势：

起步阶段（1985-2010 年）：

中国智行底盘技术起步相对较晚，自 1985 年始，随着中国经济的快速发展和技术实力的不断提升，智行底盘技术开始受到国内企业和研究机构的重视。政策的引导和外资的引入为智行底盘技术的研发和创新提供了有力支持。在这一阶段，中国的专利申请数量开始逐步增长，反映出中国在该领域技术实力的逐步提升和研发活动的日益活跃。

爆发增长阶段（2011 年至今）：

进入 21 世纪的第二个十年以来，随着中国智能驾驶和电动化技术的飞速发展以及政府政策的持续支持，智行底盘技术在中国迎来了快速增长的发展阶段。专利申请数量呈现出爆炸式增长的态势，中国在全球智行底盘技术领域的地位和影响力日益提升。国内众多企业和研究机构在智行底盘领域取得了重要突破和成果，为推动全球技术的发展做出了重要贡献。同时，中国也加强了与国际间的技术交流与合作，为推动智行底盘技术的全球化发展发挥了积极作用。

2.1.2 技术地域布局

2.1.2.1 全球地域分布

技术布局国通常可以看作是该项专利技术所请求保护的國家，体现了各國家或地区在该领域的市场地位的强弱。技术布局国排名高低体现了专利申请人对该國家或该地区的重视程度。一方面，可能在布局国存在专利申请人的竞争对手或潜在的竞争对手，在该地域输入专利申请是对地域内可能的竞争对手技术研发的限制和干扰；另一方面，技术布局国是该专利技术的重要市场或潜在重要市场，专利申请的进入可以为未来产品或服务的竞争力提供保障。因此，对专利申请的布局国进行分析，可以在一定程度上评估國家/地区在相应技术领域上的市场地位。



图 2-2 全球技术布局国分布（单位：件）

上图为智行底盘产业全球专利技术布局國家/地区排名。由图可知，全球智行底盘专利技术布局呈现出中国市场布局突出、全球多国积极参与以及技术布局多元化的特点。其中，中国在全球智行底盘专利技术布局中占有重要地位，专利申请数量达到 1.1 万余件，反映了其在智能驾驶底盘技术方面的强劲发展和深厚的市场潜力。同时，德国、日本、美国等传统汽车工业强国专利布局数量相当，均在 3000 件以上，在智行底盘技术的研发和布局上具有显著优势；此外，韩国、欧洲专利组织等也积极参与到智行底盘的专利技术布局中，使得全球技术布局更加多元化。

智行底盘专利技术全球布局的动因，主要归因于智能驾驶市场的持续增长需求、政府层面的大力扶持、汽车产业向电动化转型的必然趋势，以及国际间在智能驾驶技术领域的激烈竞争与深度合作。随着智能驾驶技术的迅猛进步，

市场对于先进底盘系统的需求日益旺盛，这直接推动了智行底盘专利技术在全球的广泛布局。为加速智能驾驶产业的发展，各国政府纷纷出台了相应的扶持政策，为技术研发和专利布局提供了坚实的政策支持和资金保障。同时，汽车产业正在经历由传统燃油动力向电动化的全面转型，这一趋势使得智行底盘技术的重要性日益凸显。另外，在全球化的大背景下，国际间在智能驾驶领域的竞争与合作日益加强，这也进一步促进了智行底盘专利技术的全球布局与快速发展。

2.1.2.2 全球技术来源

专利技术主要来源于哪些国家/地区，可了解该国家/地区的技术创新能力和活跃程度，也可以侧面反应出持有智行底盘研发技术的主要公司分布在哪些国家/地区。

下图展示了全球智行底盘产业专利的主要来源国家/地区分布。从全球范围来看，智行底盘领域的专利技术主要来源于中国、日本、韩国、德国等国家，这些国家在智行底盘领域的技术创新和专利布局上占据了重要地位。



图 2-3 全球技术来源国分布（单位：项）

具体分析各国数据，中国以 9931 项的专利申请量高居榜首，显著领先于其他国家/地区，是全球智行底盘领域专利技术的主要来源国。中国作为全球最大的汽车市场之一，对智能驾驶技术的需求不断攀升，推动了智行底盘技术的快速发展。同时，政府通过提供资金支持和税收优惠等政策，为企业创造了良好的研发环境。此外，中国在智能驾驶领域积累了丰富的研发经验，形成了完善的汽车产业链，为智行底盘技术的创新提供了坚实的基础。

日本的专利申请量为 3121 项，排在第二位，显示出日本在智行底盘技术方

面的强劲研发实力。日本作为汽车制造强国，在汽车工业领域具有深厚底蕴。其对底盘技术的创新一直保持着高度关注，致力于研发高精度、高稳定性的底盘系统。此外，日本政府对智能驾驶产业也给予了大力支持，通过政策扶持和资金投入，推动了智行底盘技术的不断进步。

韩国、德国、美国分别以 1651 项、1535 项和 1043 项的专利申请量紧随其后，位于第三梯队。这三个国家分别以各自的优势推动着智行底盘技术的进步：韩国在汽车电子和智能化方面拥有强大的研发实力，政府对智能驾驶产业也给予了大力支持，为智行底盘技术的创新提供了有力支撑。同时，韩国积极参与国际合作与交流，通过技术引进和联合研发不断提升自身竞争力；德国作为传统汽车工业强国，在智行底盘技术上有着深厚底蕴。其世界领先的汽车工业和强大的研发实力为技术创新提供了坚实基础。德国政府同样积极推动智能驾驶产业的发展，为企业提供政策扶持和资金支持。此外，德国还非常注重与国际间的合作与交流，共同推动智行底盘技术的进步；美国在智能驾驶领域积累了丰富的研发经验和实力，是全球科技创新的引领者之一。政府对智能驾驶产业的大力支持以及与国际间的广泛合作，使得美国在智行底盘技术上保持着较高的创新活跃度。

英国、法国的专利申请量相对较少，但也在智行底盘领域的技术研发上有所贡献。欧洲专利局(EPO)和俄罗斯的专利申请量均为 115 项，反映出这些机构或地区在智行底盘技术的研发和专利布局上也有一定的参与度。中国台湾以 98 项的专利申请量位列最后，但也显示了其在智行底盘技术方面的研发努力。

2.1.2.3 全球技术流向分析

结合全球智行底盘产业专利的主要技术流向分布，可以看出，日本、美国、韩国的专利申请人除了在本国进行相应的专利布局外，还非常重视海外专利布局，其在海外智行底盘市场具有大量的同族专利申请。而我国的专利申请主要布局在国内，海外专利布局较少。具体分析，日本的专利技术主要布局在美国，布局量为 880 件；其次是中国和欧洲，布局量分别为 469 件、347 件。美国的专利技术主要布局在中国，布局量为 300 件；其次是欧洲，布局量为 285 件。韩国的专利技术主要布局在美国，布局量为 365 件；其次为中国，布局量为 347 件。而中国虽然专利技术产出量和布局量均列在全球首位，但是，产出专

利主要集中在国内布局，对于一些核心技术，后期更要加强国际布局，以有利于占据国外市场。

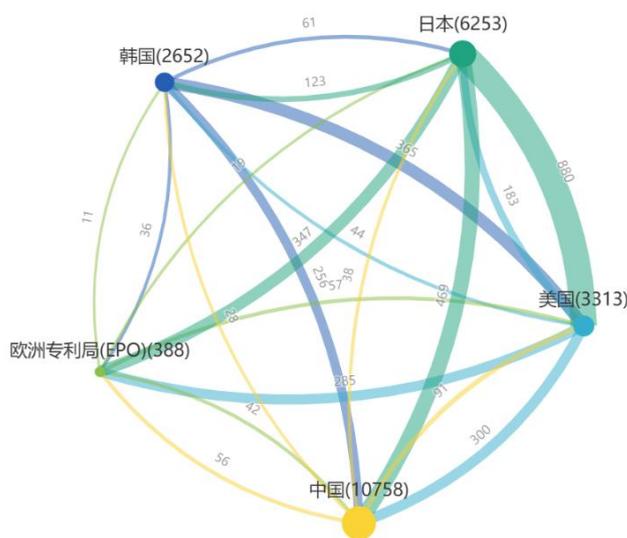


图 2-4 全球技术流向分布（单位：件）

2.1.3 技术构成分析

表 2-1 展示了国内外智行底盘产业各技术分支申请量。整体而言，国内外在智行底盘构型要素技术分支申请量最多，其次分别为智行底盘冗余和智行底盘控制技术。聚焦到末级技术分支，国内外申请人在智行底盘构型技术分支中，更关注线控悬架系统、线控转向系统和线控制动系统；在智行底盘控制技术分支中，更关注智能底盘能量域控制、横纵垂向运动综合协同控制；在智行底盘冗余技术分支中，更关注制动系统的失效模式分析与容错控制方法。

表 2-1 国内外智行底盘产业各技术分支申请量（单位：件）

全球	智行底盘构型技术	中国
233	底盘与座舱分体技术	137
148	全线控化底盘(滑板底盘)构型	126
3578	线控制动系统	1564
6357	线控转向系统	2124
6583	线控悬架系统	1711
200	分布式转向系统	133
1167	底盘角模块	772
全球	智行底盘控制技术	中国
638	智能底盘域控制	478
2220	智能底盘能量域控制	1274
1984	横纵垂向运动综合协同控制	693
746	机电复合制动系统协调控制	267
全球	智行底盘冗余技术	中国
2512	底盘失效模式分析与安全机制设计	1104
2225	驱动系统的失效模式分析与容错控制方法	1084
2141	转向系统的失效模式分析与容错控制方法	774
4239	制动系统的失效模式分析与容错控制方法	1640

（1）智行底盘构型技术

具体分析，线控悬架系统（Suspension-By-Wire）技术分支，线控悬架是空气悬架的一种，其核心技术壁垒是空气弹簧和空气供给单元、电子减震器等核心零部件的自主研发和生产。目前，线控悬架的核心技术仍然掌握在国外企业手中，国际 Tier1 线控悬架布局早，研发底蕴深，且已有量产经验和配套用户，德国威巴克公司、AMK 公司和大陆集团是线控悬架领域全球前三。国内方面，自主供应商目前大多集中于线控悬架的零部件供应。中鼎股份收购 AMK 部分业务后，提升了汽车电子领域的技术水平，初步具备空气悬架总成的量产能力，目前已获得东风和蔚来的订单；保隆科技主要供应减振器和空气弹簧，已有配套客户；天润工业和拓普集团尚未有乘用车配套车型。预计国产线控悬架整体价格最低可控制在 6000 元左右，且开发周期、灵活性优于外资厂商，且更加符合自主品牌主机厂降成本的需要，自主供应商有望加速国产替代。

线控转向系统（Steering By Wire），是智能网联汽车实现路径跟踪与避障避险必要的关键技术，为智能网联汽车实现自主转向提供了良好的硬件基础，其性能直接影响主动安全与驾乘体验。针对线控转向系统的研究，国外起步相对较早。著名汽车公司和汽车零部件厂家，如美国 Delphi 公司、天合 TRW 公司、

日本三菱公司、德国博士公司、采埃孚（ZF）、宝马公司等都相继在研制各自的 SBW 系统。TRW 公司最早提出用控制信号代替转向盘和转向轮之间的机械连接。但受制于电子控制技术，直到 20 世纪 90 年代，线控转向技术才有较大进展。英菲尼迪的“Q50”成为第一款应用线控转向技术的量产车型。2017 年，耐世特（Nexteer）公司开发了由“静默转向盘系统”和“按需转向系统”组成的线控转向系统，该系统可按需转向，在自动驾驶时转向盘可以保持静止，并可收缩至组合仪表上，从而提供更大的车内空间。2022 年，搭载线控转向系统的丰田 bZ4X 上市，该车型取消了转向器和转向柱的机械连接。国内企业对线控汽车的研究起步相对较晚，但取得了阶段性的进展，如长城汽车新一代智慧底盘采用了线控转向技术并计划于 2023 年量产；耐世特的线控转向产品已经获得了某整车厂的项目定点。2022 年 1 月，中国的转向标准 GB17675-2021 将不再限制全动力转向，允许转向系统方向盘和车轮物理解耦，这意味着对线控转向解除标准上的限制。随着国标的修订，线控转向系统的需求量将伴随高级别自动驾驶的快速渗透而提升，预计市场规模由 2022 年的 2.60 亿元增长至 2025 年的 52.82 亿元。线控转向目前仍处于技术验证阶段，无论是国际厂商还是本土厂商均未实现线控转向技术的量产，具备 EPS（电子助力转向系统）领先地位和技术沉淀的厂商有望在线控转向系统技术上实现更好的表现。

线控制动系统是实现自动驾驶技术的核心，且线控制动在线控底盘技术中是难度较高，也是最关键的技术，事关自动驾驶的底盘安全和稳定控制。线控制动产品由国外厂商首创，国内厂商加速研发、快速跟进。海外厂商中博世最先布局，博世作为知名的零部件供应商，在制动、转向等底盘领域积累深厚，凭借技术积累在 2013 年首创 iBooster+ESP 的 Two-box 方案，该方案也成为后续各种 Two-box 方案的范式，此后博世又研发了 One-box 方案的 IPB，已获比亚迪和通用订单。其他 Global Tier1 包括大陆集团、ZF 等也陆续推出了各类 Onebox、Two-box 产品。国内厂商中，伯特利首先实现国内 One-box 产品量产，其他厂商包括拿森科技、亚太股份、同驭汽车等也在加速线控制动产品布局。线控制动产品目前仍以 EHB（电子液压线控系统）为主，对于 One-box 的研发成为主流，研发核心点在于提高集成度的同时提高系统冗余度，保证在高级别智能驾驶中的可靠性。EMB（电子机械制动系统）为未来方向，目前 EMB 产

品还未量产，但包括格陆博、伯特利等在内的企业正在进行研发，产品普遍预计在 2024 年量产。

底盘与座舱分体技术、全线控化底盘（滑板底盘）构型、分布式转向技术、底盘角模块三个技术分支的全球、中国申请量均在 250 件以下，这些技术分支属于近年来的新兴方向，涉及到车辆设计、制造和控制等多个方面，具有较高的技术难度和复杂性，研发成本较高，且需要较长的时间进行验证和优化，从而限制了专利的申请数量。

底盘与座舱分体技术作为汽车领域的一项创新技术，近年来得到了越来越多的关注和研究。这种技术将汽车底盘和座舱进行分离设计，为汽车制造带来了更高的灵活性和可扩展性。目前，底盘与座舱分体技术的发展现状呈现出以下几个特点：（1）电动汽车的底盘结构相对简单，更易于实现分体设计，而智能汽车的座舱则需要更多的空间和灵活性来容纳各种先进的传感器、显示屏和控制系统。因此，底盘与座舱分体技术成为了电动汽车和智能汽车发展的重要方向之一。（2）底盘与座舱分体技术促进了汽车制造的模块化和标准化。通过将底盘和座舱进行分离设计，汽车制造商可以更加灵活地组合不同的底盘和座舱模块，以满足不同客户的需求。同时，标准化的设计也降低了制造成本和维护成本，提高了生产效率。（3）底盘与座舱分体技术还带来了更好的驾乘体验和安全性。由于座舱可以根据乘客的需求进行个性化设计，乘客可以获得更加舒适和便捷的驾乘体验。同时，底盘的优化设计也可以提高车辆的操控性和稳定性，进一步保障乘客的安全。然而，底盘与座舱分体技术的发展仍面临一些挑战。例如，如何确保底盘和座舱之间的连接稳定性和安全性，以及如何实现高效的能源管理和热管理等问题都需要进一步研究和解决。

全线控化底盘（滑板底盘）是把安装在底盘里面的转向模块、制动模块、三电模块、悬架模块等进行模块化布置，并通过车架来连接，从而可以根据不同车型的要求，较为便利地变更相应模块，达到缩短开发周期的目的。2002 年，通用汽车发布了 AUTOnomy 概念车（后来被命名为 Hy-wire 车型），这款车是氢能+线控底盘的车型，第一次比较系统地将电池系统、控制系统、热管理系统和轮毂电机等各个系统模块化进行布置。特斯拉 modle S（2012 年）采用滑板设计，大众 MEB 平台（2020 年）等也都是基于通用汽车申请的滑板技术专利

的技术上开发的。随着这些专利的失效，其他滑板系统也呈现出爆发式的增长。

分布式转向技术是一种先进的车辆操控技术，其通过多个转向单元或电动驱动器来实现车辆转向的技术，相比传统的机械转向系统，这种技术使得车辆可以更加灵活地适应不同的驾驶环境和需求，例如在狭窄的道路上行驶、进行高速过弯或进行自动泊车等。近年来，随着汽车工业的快速发展，特别是在电动汽车和自动驾驶汽车领域的进步，分布式转向技术作为关键组成部分，受到了广泛的关注和研究。首先，在技术研发方面，越来越多的汽车制造商和科技公司开始投入资源，推动分布式转向技术的创新，包括开发更精确的传感器、高效的控制系统以及协同工作的执行器等，以提升分布式转向技术的性能和可靠性；其次，分布式转向技术的应用范围也在不断扩大，除了传统的乘用车市场，该技术还开始应用于商用车、特种车辆等领域；此外，随着自动驾驶技术的快速发展，分布式转向技术与之结合，为自动驾驶系统提供了更加灵活和精确的转向控制。然而，分布式转向技术成本较高，需要高精度的传感器和复杂的控制系统，对车辆的设计和制造也提出了更高的要求，如何确保分布式转向系统的安全性和稳定性也是一个需要关注的问题。

底盘角模块方面，汽车底盘角模块技术的发展历史可以追溯到汽车工业的早期阶段，早期底盘设计比较简单，通常由刚性框架和悬挂系统组成，这些底盘设计往往缺乏模块化和标准化，生产过程相对较为粗糙。随着制造技术和管理理念的进步，汽车制造商开始引入模块化设计的概念，使得底盘可以分解成多个独立的功能模块，例如悬挂系统、转向系统、制动系统等，便于设计、生产和维护。随着科学技术和材料工程的发展，新型材料的应用使得底盘更轻、更坚固，同时新的制造工艺使得生产更加高效。随着汽车电子化水平的提高，底盘角模块技术也逐渐融合了电子控制单元（ECU）、传感器等元件，这些技术的应用使得底盘系统具有更精确的控制和调节能力，提升了车辆的性能和安全性。近年来，随着智能驾驶技术的兴起，底盘角模块技术也面临着新的挑战 and 机遇，底盘系统需要更加智能化，以适应自动驾驶系统对于底盘控制的更高要求。

（2）智行底盘控制技术

智能底盘能量域控制技术分支，国内外申请人的申请量分别为 2220 件、

1274 件。该技术分支关注的核心在于如何通过先进的控制技术和算法，实现对汽车底盘系统的智能化管理和优化，以提升汽车的操控性、舒适性、安全性和能效性。首先，随着传感器技术和算法的不断进步，智能底盘能量域控制实现了对车辆状态的实时监测和精准控制，包括了对车辆速度、加速度、转向角度等关键参数的实时获取和分析，以及对底盘系统各部件的精确调节，这些技术使得汽车能够更好地适应不同的驾驶环境和路况，提高了行驶的稳定性和安全性。其次，在能量管理方面，智能底盘控制系统通过优化底盘系统的能量分配和使用，提高了汽车的能效性。同时，智能底盘控制系统还可以与车辆的动力系统、电池管理系统等进行协同工作，实现整车能量的高效利用。此外，随着人工智能和机器学习技术的发展，智能底盘能量域控制也在逐步实现自适应和智能化。通过对大量驾驶数据的学习和分析，控制系统可以不断优化自身的控制策略，以适应不同驾驶者的驾驶习惯和不同路况的需求。国内外多家著名的汽车厂商和零部件供应商在此领域进行深入研究，并推出了相应的产品，如博世（Bosch）的底盘控制系统通过先进的传感器和算法，实现对车辆状态的实时监测和精准控制，提高行驶的稳定性和安全性；大陆集团研发的底盘控制系统集成了多种传感器和执行器，通过先进的控制策略，实现对车辆动力学特性的优化，提升驾驶体验；ZF 的底盘控制系统采用了先进的电子控制技术和液压调节技术，实现对车辆悬挂、制动等系统的智能控制，提高行驶的舒适性和安全性；比亚迪的底盘控制系统通过集成先进的传感器和算法，实现对车辆状态的实时监测和智能调节，提升驾驶的稳定性舒适性；长城汽车的底盘控制系统采用了先进的电子控制技术和材料科学，提升了车辆的操控性和耐用性；上汽集团研发的底盘控制系统集成了多种智能技术，实现对车辆动力学特性的精准控制，提高了行驶的安全性和能效性。

横纵垂向运动综合协同控制技术分支中，国内外申请人的申请量分别为 1984 件、693 件。具体分析，智能控制技术的发展促使“横纵垂控制”逐渐走向协同融合，为智能电动汽车功能和性能的拓展提供了更多的可能性，可以支持不同场景需求下的差异化底盘的开发。基于车辆横纵垂多个方向的控制，智能底盘将能实现多类型的融合创新功能，显著提升整车动态性能的表现。在研究方面，横纵垂协同控制技术主要关注于如何通过协同优化横向、纵向和垂直

三个方向的控制策略，以实现智行底盘在各种路况和驾驶条件下的稳定、安全和高效运行。这涉及到对车辆动力学特性的深入理解、先进的控制算法的设计与应用、以及传感器和执行器的精确标定与协同工作等多个方面。目前，国内外的研究机构和企业都在积极开展横纵垂协同控制技术在智行底盘技术方面的研究工作。代表性的厂家包括一些知名的汽车制造商和零部件供应商，如特斯拉、谷歌 Waymo、博世、大陆集团等，其在智行底盘技术的研发上，注重将先进的控制算法、传感器技术、执行器技术等相结合，以实现横纵垂协同控制的最优化，通过大量的实验验证和数据分析，不断优化控制策略，提高智行底盘的性能和稳定性。同时，他们也在积极探索将横纵垂协同控制技术与其他先进技术相融合，如人工智能、大数据分析等，以进一步提升智行底盘的智能化水平和综合性能。

智能底盘域控制、机电复合制动系统协调控制两个技术分支的全球、中国专利申请均在 1000 件以下。

底盘域与汽车行驶相关，集成整车制动、转向、悬架等车辆横向、纵向、垂向相关的控制功能，实现一体化控制。底盘域控制器开发上，存在两种技术路线：一是以主机厂主导的全栈自研路线，如大众的 MEB 平台的 ICAS1 车辆控制域控制器就将车身域、动力域、底盘域三域融合到一个域控制器下面；蔚来 ES8 的 ICC 智能底盘域控制器，供了十种适应不同风格和路况的驾驶模式；另一种是 Tier1 的开放生态路线，主要由国际 Tier1 巨头牵头研发，如 ZF 的集成制动控制系统（IBC）已实现线控，IBC 结合线控主动式后轮转向系统（AKC）与主动式减振系统（sMotion），可提供横向、纵向、垂直方向全方位的安全及舒适功能。

机电复合制动系统协调控制是汽车制动技术的重要发展方向。汽车早期采用的是传统的机械制动系统，包括制动踏板、制动缸、制动鼓/盘等组件，这种系统的制动效能依赖于驾驶员对制动踏板的施加力度，控制相对较为简单，但在某些情况下制动响应可能不够灵敏。随着电子技术的发展，汽车制动系统逐渐引入了电子辅助装置，如防抱死制动系统（ABS）、电子制动力分配系统（EBD）和牵引力控制系统（TCS），这些系统通过传感器监测车辆的运动状态，实现对制动力的精确控制，提高了制动效能和安全性。为了进一步提升制动性

能和驾驶舒适性，机电复合制动系统应运而生，这种系统结合了机械、液压和电子控制技术，通过电子控制单元（ECU）协调各个制动组件的工作，实现更精准、更高效的制动调节。随着对制动性能要求的不断提高，机电复合制动系统的协调控制技术也在不断发展，如制动系统会与车辆动力系统和悬挂系统进行协同控制，以实现更优化的车辆动态性能。随着智能驾驶技术的发展，机电复合制动系统也朝着智能化和自动化方向发展，未来的车辆可能会配备更先进的制动系统，能够根据路况、车辆状态和驾驶员意图实现自适应的制动控制。

（3）智行底盘冗余技术

智行底盘冗余技术，国内外申请人重点关注制动系统的失效模式分析与容错控制方法，申请量分别为 4239 件、1640 件，国内外申请人在其余技术分支的申请量分别不足 2500 件、1500 件。具体分析，冗余技术作为确保系统可靠性的重要手段，在智行底盘的发展过程中起到了关键的作用。冗余技术通过在系统中引入备份组件或功能，以在主要组件或功能失效时，能够迅速接管并维持系统的正常运行。随着技术的不断进步，智行底盘冗余技术也在不断发展。一方面，冗余技术本身在不断完善和优化，例如通过更精确的传感器和更高效的算法来提高冗余系统的响应速度和准确性。另一方面，冗余技术也在逐步融入智行底盘的设计和生产过程中，从最初的简单备份方案，发展到现在的多层次、多冗余度的复杂系统。

制动系统在车辆安全性中扮演着至关重要的角色，其失效可能会导致严重事故。因此，对于制动系统的冗余设计更受关注，以确保即使在主制动系统失效时，车辆仍能够安全停止。此外，制动系统的冗余设计相对较为简单直接，通常可以通过引入双重制动系统来实现，相比之下，转向和驱动系统的冗余设计可能更加复杂，涉及到更多的技术挑战和成本考虑。因此在智行底盘冗余技术方面，制动系统的失效模式分析与容错方法技术分支受到更广泛的关注。

2.1.4 专利类型和法律状态

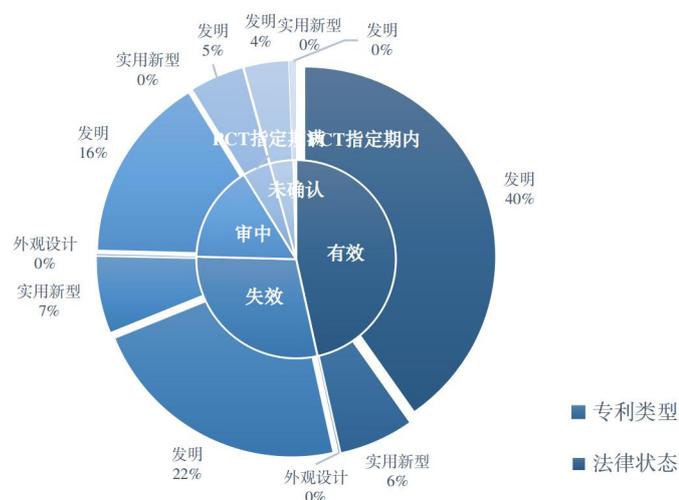


图 2-5 全球专利类型占比和法律状态

图 2-5 展示了自动智行底盘技术全球专利类型和法律状态，可以看出，发明专利申请占全球专利申请总量的约 87%，实用新型专利占比不足 14%，外观设计专利占比不足 2%。从申请类型看，发明专利占比大于实用新型，原因在于：首先，自动智行底盘技术往往涉及到较高水平的技术创新，需要通过发明专利来保护研发成果，确保技术的独立性和专有性；其次，自动智行底盘技术涉及的领域广泛，通常涉及到复杂的系统设计和控制方法，更适合通过发明专利来保护，如底盘的控制系统、传感器技术、算法优化等方面的创新既涉及到产品本身的结构和形状，也涉及到控制方法和数据处理方法，因此，将这些创新点申请为发明专利，能够更全面地保护创新者的权益；最后，自动智行底盘技术的研发往往需要长期的投入和持续的研究，对于这些经过深入研究的技术成果，更适合选择发明专利来保护。

全球自动智行底盘技术相关专利近半数处于有效状态，占比约 47%；失效专利占比约 30%；审中状态专利占比约 16%；未确认状态专利占比约 10%。若申请人没有提前公开的要求，发明专利申请的公布需要自申请日起满 18 个月，故可以看出，自动智行底盘技术仍为热门方向，因此涌现大量相关专利申请，尚在审中状态。

在有效专利中，发明专利、实用新型及外观设计专利的占比分别为 40%、

6%及不足 1%；失效专利中，发明专利、实用新型及外观设计专利的占比分别为 22%、7%及不足 1%；审中状态的专利全部为发明专利，占比 16%；未确认状态专利中，发明、实用新型专利占比分别 9%及不足 1%。与专利类型分布类似，发明专利仍是自动智行底盘技术相关申请人重点关注的专利类型。

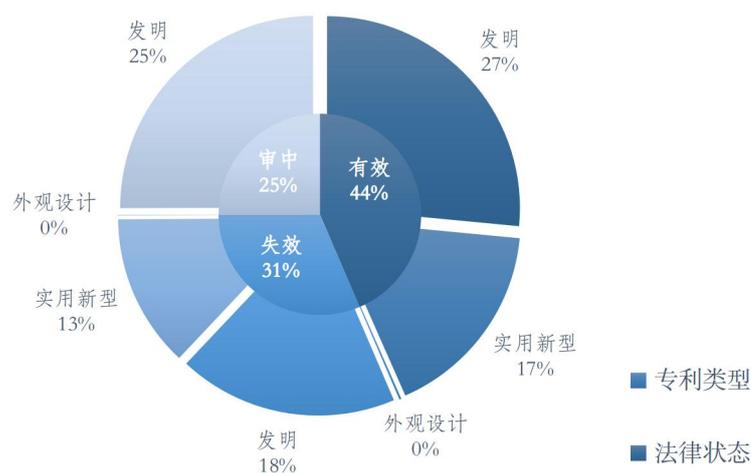


图 2-6 中国专利类型占比和法律状态

图 2-6 展示了自动智行底盘技术中国专利类型和法律状态，可以看出，中国在该领域的专利类型与国外类似，发明专利仍是主要专利申请类型，占中国专利申请总量的约 70%，实用新型专利占比约 30%，外观设计专利占比不足 1%。

中国自动智行底盘技术相关专利近半数处于有效状态，占比约 44%；失效专利占比约 31%；审中状态专利占比约 25%。在有效专利中，发明专利、实用新型专利的占比分别为 27%、17%；失效专利中，发明专利、实用新型专利的占比分别为 18%、13%；审中状态的专利全部为发明专利，占比 25%。

表 2-2 中国发明专利占比申请趋势

智行底盘构型技术	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
底盘与座舱分体技术	50.0%	55.6%	70.0%	35.7%	33.3%	25.0%	62.5%	14.3%	60.0%	53.3%
全线控化底盘(滑板底盘)构型					83.3%	66.7%	50.0%	80.0%	55.0%	64.3%
线控制动系统	38.7%	41.9%	44.0%	58.9%	55.9%	63.5%	62.0%	67.8%	70.6%	79.3%
线控转向系统	45.3%	46.3%	56.5%	51.7%	59.4%	59.5%	54.5%	59.1%	69.2%	82.1%
线控悬架系统	58.3%	64.9%	64.8%	64.0%	69.4%	69.9%	79.2%	69.8%	85.2%	91.0%
分布式转向系统	50.0%	83.3%	50.0%	100.0%	55.6%	70.0%	73.3%	81.8%	86.4%	94.7%
底盘角模块		100.0%	75.0%	100.0%	100.0%	100.0%	80.0%	70.0%	71.4%	86.7%
智行底盘控制技术										
智能底盘域控制	100.0%	50.0%	70.0%	78.6%	57.1%	69.8%	75.0%	78.3%	78.1%	83.2%
智能底盘能量域控制	39.1%	38.4%	57.5%	40.6%	62.3%	48.5%	49.4%	56.0%	61.9%	67.8%
横纵垂向运动综合协同控制	67.6%	50.0%	61.0%	66.7%	76.7%	71.2%	73.5%	78.1%	76.5%	95.3%
机电复合制动系统协调控制	66.7%	59.1%	69.2%	61.3%	62.5%	60.0%	82.1%	70.6%	78.3%	100.0%
智行底盘冗余技术										
底盘失效模式分析与安全机制设计	35.3%	31.4%	36.0%	54.5%	55.8%	44.4%	50.0%	52.5%	57.5%	75.6%
驱动系统的失效模式分析与容错控制方法	73.3%	78.9%	68.5%	79.3%	67.4%	89.2%	78.7%	91.1%	93.9%	97.1%
转向系统的失效模式分析与容错控制方法	45.2%	63.9%	48.9%	55.1%	61.8%	78.1%	64.5%	73.1%	78.9%	90.2%
制动系统的失效模式分析与容错控制方法	80.6%	62.2%	65.4%	68.8%	69.4%	79.0%	71.7%	87.4%	81.9%	92.2%

表 2-2 展示了中国发明专利占比申请趋势，从中国发明占比角度分析，智行底盘构型技术分支中，线控制动系统、线控转向系统、线控悬架系统的、分布式转向系统的中国发明专利占比均呈现整体上升趋势，虽偶有波动，但对整体趋势影响不大，如线控制动系统的中国发明专利占比由 2014 年的 38.7% 上升至 2023 年的 79.3%。底盘与座舱分体技术的中国发明专利占比在近十年期间的波动性较大，其在 2016 年的占比达到 70.0%，而在 2021 年则低至 14.3%，在 2023 年又上升至 53.3%，整体波动性较强。全线控化底盘（滑板底盘）构型的中国发明专利占比在 2018 年至 2023 年期间均在 50% 以上，并呈现波动式发展趋势，最大占比出现于 2018 年，为 83.3%。底盘角模块的中国发明专利占比在智行底盘构型技术分支中位于第一位，在 2015 年至 2019 年期间，多次占比达到 100%，最低占比出现于 2021 年，为 79.0%。

智行底盘控制技术中，智能底盘域控制、纵横垂向运动综合系统控制、机电复合制动系统协调控制的近十年中国发明专利占比均在 50% 以上，且纵横垂向运动综合系统控制、机电复合制动系统协调控制的中国发明专利占比在近十年件呈现整体上升趋势，智能底盘域控制的中国发明占比呈现波动式发展趋势，最高占出现于 2014 年，为 100%。智能底盘能量域控制的发明专利占比在近十年件呈现整体上升趋势，但占比均在 70% 以下。

智行底盘冗余技术中，驱动系统的失效模式分析与容错控制方法、制动系统的失效模式分析与容错控制方法近十年的中国专利占比均在 60% 以上，且整体呈现增长趋势。底盘失效模式分析与安全控制技术在近十年间的中国专利占比呈现波动式增长趋势，由 2014 年的 35.3% 增长为 2023 年的 75.6%。转向系统的失效模式分析与容错控制方法在近十年间的中国专利占比呈现波动式增长趋势，最大占比出现于 2023 年，为 90.2%。

表 2-3 中国有效专利占比申请趋势

智行底盘构型技术	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
底盘与座舱分体技术	●	◐	◑	◒	◓	◔	◕	◖	◗	◘
全线控化底盘(滑板底盘)构型					●	◐	◑	◒	◓	◔
线控制动系统	◐	◑	◒	◓	◔	◕	◖	◗	◘	◙
线控转向系统	◐	◑	◒	◓	◔	◕	◖	◗	◘	◙
线控悬架系统	◐	◑	◒	◓	◔	◕	◖	◗	◘	◙
分布式转向系统	●	◐	◑	◒	◓	◔	◕	◖	◗	◘
底盘角模块			●	◐	◑	◒	◓	◔	◕	◖
智行底盘控制技术										
智能底盘域控制		◐	◑	◒	◓	◔	◕	◖	◗	◘
智能底盘能量域控制	◐	◑	◒	◓	◔	◕	◖	◗	◘	◙
横纵垂向运动综合协同控制	◐	◑	◒	◓	◔	◕	◖	◗	◘	◙
机电复合制动系统协调控制	◐	◑	◒	◓	◔	◕	◖	◗	◘	◙
智行底盘冗余技术										
底盘失效模式分析与安全机制设计	◐	◑	◒	◓	◔	◕	◖	◗	◘	◙
驱动系统的失效模式分析与容错控制方法	◐	◑	◒	◓	◔	◕	◖	◗	◘	◙
转向系统的失效模式分析与容错控制方法	◐	◑	◒	◓	◔	◕	◖	◗	◘	◙
制动系统的失效模式分析与容错控制方法	◐	◑	◒	◓	◔	◕	◖	◗	◘	◙

从专利授权率的角度分析，如表 2-3 所示，将其划分为五个梯度等级，其中，全黑心圆代表高授权率（授权率大于等于 90%），四分之三黑心圆代表较高授权率（授权率大于等于 80%，小于 90%），二分之一黑心圆代表中授权率（授权率大于等于 70%，小于 80%），四分之一黑心圆代表低授权率（授权率大于等于 60%，小于 70%），空心圆代表超低授权率（授权率小于 60%）。

近十年，我国自动智行底盘技术专利授权率整体呈现上升趋势。尤其是 2018 年后，授权率增长加快，可能是因为政府对科技创新的支持力度加大以及企业对技术研发的投入增加所致。如 2018 年以来，政府部门多次在重要政策文件中强调线控底盘技术的重要性。

智行底盘构型技术分支中，底盘与座舱分体技术、线控制动系统、底盘角模块的专利年授权率都在 60% 以上，且线控制动系统在近十年间的年授权率都在 70% 以上，高授权率表明这几个技术分支的创新能力强，研发活跃度和创新成果产出高。全线控化底盘（滑板构型）、线控转向系统、线控悬架系统、分布式转向系统四个技术分支中，除个别年份授权率低于 60% 外，其余年份授权率均高于 70%，全线控化底盘（滑板构型）、线控转向系统、线控悬架系统的年授权率更是在 70% 以上。

智行底盘控制技术中，智能底盘域控制的专利年授权率在 2018 年达到 60% 以上，2019 年以来维持在 70% 以上；智能底盘域控制的年专利授权率除 2016 及 2018 年低于 60% 外，其余年份均高于 60%，且除 2014 年外，其余年份均高于 70%；横纵垂向运动综合系统控制的专利年授权率除 2014 年、2018 年外，其余年份均维持在 70% 以上；机电复合制动系统协调控制的年授权率整体维持在 60% 以上，且波动性较大。

智行底盘冗余技术中，底盘失效模式分析与安全控制技术自 2022 年开始年授权率达到 80% 以上，较前期 60% 以下的授权率有了大幅度提升。驱动系统的失效模式分析与容错控制方法的年授权率在 60%-80% 上范围内波动；转向系统的失效模式分析与容错控制方法、制动系统的失效模式分析与容错控制方法的年授权率除个别年度在 60% 以上外，其余年份均维持在 70%-90% 以上范围内。

2.1.5 专利申请活跃度

表 2-4 全球各分支专利运营情况（单位：件）

智行底盘构型技术	专利转让件数	许可件数	质押件数	无效件数
底盘与座舱分体技术	10	2	0	0
全线控化底盘(滑板底盘)构型	7	0	0	0
线控制动系统	61	6	3	0
线控转向系统	68	7	7	0
线控悬架系统	83	16	6	0
分布式转向系统	6	1	0	0
底盘角模块	36	3	5	0
智行底盘控制技术				
智能底盘域控制	12	1	2	1
智能底盘能量域控制	62	12	8	0
横纵垂向运动综合协同控制	24	6	4	0
机电复合制动系统协调控制	17	5	0	0
智行底盘冗余技术				
底盘失效模式分析与安全机制设计	41	3	8	1
驱动系统的失效模式分析与容错控制方法	81	6	6	0
转向系统的失效模式分析与容错控制方法	45	5	7	0
制动系统的失效模式分析与容错控制方法	66	3	5	0

智行底盘构型技术方面，专利运营 322 件，专利运营以专利转让最为频繁，达到 271 件，其次是专利许可和专利权质押，数量分别为 35 件和 21 件。专利转让数量前三位分别是线控悬架系统、线控转向系统、线控制动系统和底盘角模块，数量分别为 83 件、68 件、61 件和 36 件，其余技术分支的专利转让数量均不超过 10 件。专利许可中，线控悬架系统达的专利许可到 16 件，其余技术分支的许可数量均不足 10 件。专利权质押分别分布在线控转向系统、线控悬架系统、底盘角模块和线控制动系统四个技术分支，数量分别为 7 件、6 件、5 件和 3 件，其余技术分支无质押。

智行底盘控制技术方面，专利运营 154 件，专利运营以专利转让最为频繁，达到 115 件，其次是专利许可和专利权质押，数量分别为 24 件和 14 件，此外还有少量无效事件。智能底盘能量域控制的专利转让数量最多，涉及 62 件，其次为横纵垂向运动综合协同控制，数量为 24 件，其余技术分支均不足 20 件。专利许可中，智能底盘能量域控制的专利许可为 12 件，其余技术分支的许可数量均不足 10 件。专利权质押分别分布在智能底盘能量域控制、横纵垂向运动综合协同控制和智能底盘域控制三个技术分支，数量分别为 8 件、4 件和 2 件，其余技术分支无质押。

智行底盘冗余技术方面，专利运营 277 件，专利运营以专利转让最为频

繁，达到 233 件，其次是专利权质押和专利许可，数量分别为 26 件和 17 件，此外还有少量无效事件。智行底盘冗余技术的四个技术分支的专利权转让数量均在 40 件以上，其中驱动系统的失效模式分析与容错控制方法、制动系统的失效模式分析与容错控制方法的专利权转让数量分别为 81 件和 66 件，位于第一、二位。四个技术分支的专利许可数量均不足 10 件，其中驱动系统的失效模式分析与容错控制方法的许可数量为 6 件，位于第一位。质押方面，四个技术分支的质押数量均在 5-10 件之间，底盘失效模式分析与安全机制设计位于第一位，数量是 8 件。

2.2 线控转向系统技术发展概况

2.2.1 线控转向系统技术发展态势

2.2.1.1 申请趋势

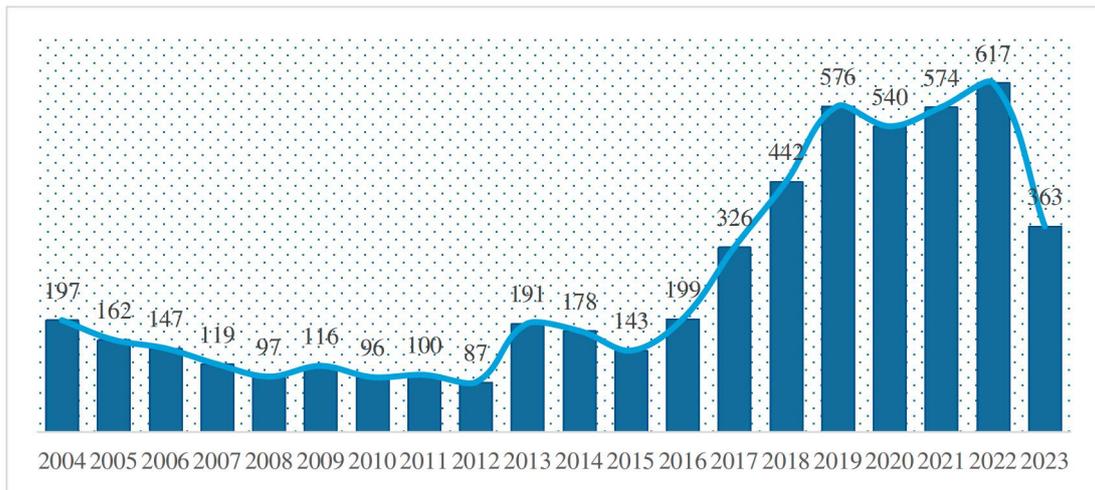


图 2-7 线控转向系统技术申请趋势（单位：件）

由 2-7 图示可知，线控转向系统技术近二十年的专利申请趋势展现了该技术稳步发展-快速发展-稳定发展的过程。2004-2016 年之间，专利申请量虽有一定波动，但整体相对稳定；2017-2019 年，该技术快速发展，专利量爆发式增加；2019 年至今，技术产出相对稳定。具体分析，受制于电子控制技术，直到 20 世纪 90 年代，线控转向技术才有较大进展，美国、欧洲、日本在线控转向的研发与推广方面比较活跃，一些采用线控转向系统的概念车陆续展出。2013 年英菲尼迪的“Q50”成为第一款应用线控转向技术的量产车型，2017 年，耐世特

公司开发了由“静默转向盘系统”和“按需转向系统”组成的线控转向系统。随着前期技术的积累以及相关技术产品的落地，线控转向系统技术受到了更多的关注，国内外投入更多的研发精力。2022年丰田bZ4X纯电动车型搭载线控转向系统，进一步完全取消了方向盘和转向轴之间的机械连接。高阶智能驾驶要求下，叠加政策松绑，转向系统线控化未来必然成为“兵家必争之地”。

2.2.1.2 申请主体

表 2-5 线控转向系统技术分支国内外申请人（单位：件）

国外申请人	申请量	有效量	国内申请人	申请量	发明申请量	有效量
蒂森克鲁伯普雷斯塔公司	377	118	吉林大学	128	94	48
丰田自动车株式会社	297	91	南京航空航天大学	128	105	90
株式会社万都	266	83	中国第一汽车股份有限公司	51	44	15
日产自动车株式会社	236	116	同济大学	40	26	10
本田技研工业株式会社	228	34	浙江吉利控股集团有限公司	36	31	6
罗伯特博世有限公司	184	18	清华大学	33	32	16
起亚自动车株式会社	164	67	青岛科技大学	25	13	0
株式会社捷太格特	129	15	江苏大学	24	23	17
株式会社电装	120	47	上海集度汽车有限公司	21	19	8

通过了解自动轮智行底盘产业的主要申请主体，帮助识别竞争对手，挖掘合作伙伴。下表展示了线控转向系统技术分支部分国内外申请人，其中，综合考虑专利申请量和有效专利数量可知，国外申请人蒂森克鲁伯、丰田、万都申请量相对较高，均在 250 件以上；而日产、起亚和电装有效专利占比相对较高，本田、博世、捷太格特的申请量均在 120 件以上，但是其有效专利数量不足 35 件，相对较少；聚焦国内申请人，吉林大学和南京航空航天大学的应用量均大于 120 件，且发明专利和有效专利占比均相对较高，说明其在该领域的技术实力雄厚；清华大学、江苏大学在该领域虽然专利产出不足 35 件，但是其发明占比较高，有效专利数量也在 50% 左右，具有一定的发展潜力。上海集度汽车、中国第一汽车、浙江吉利的申请量虽然不高，但是发明占比较高，有效专利占比相对较低，有待进一步提高技术和专利撰写质量，以形成更强劲的知识保护。

2.2.1.3 重点申请人细分领域技术布局

根据对线控转向系统技术的进一步分解，可以将其进一步划分为关键零部件的优化和控制方法的优化。其中，关键零部件包括操舵系统、变速系统、换

挡系统、转向机构、减震系统、悬架系统、集成车轮、集成底盘和其他相关技术，下文详细分析国内外重要申请人在各细分领域的技术布局。

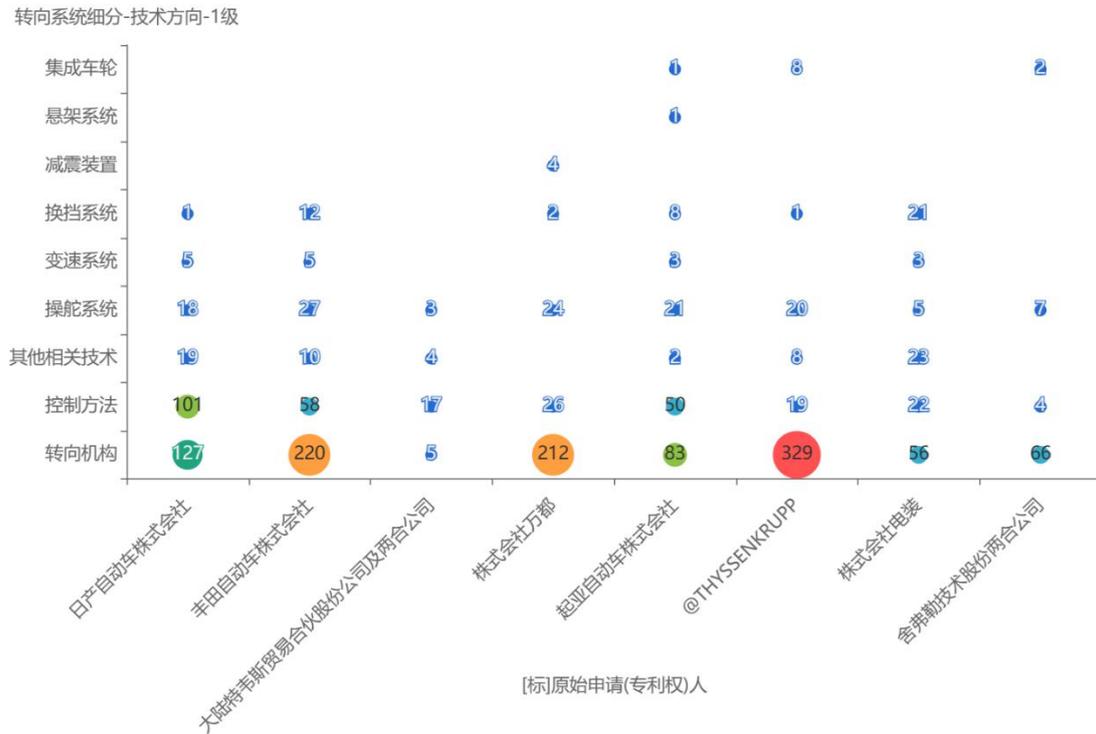


图 2-8 国外重点申请人细分领域技术布局（单位：件）

根据图 2-8 和图 2-9 综合分析可知，国内外重点申请人主要在转向机构和控制方法投入研发精力更多。同时，国外申请人在操舵系统、换挡系统、变速系统上技术产出更多，而国内申请人分别在操舵系统、集成底盘上技术成果更突出。

具体分析，日产、丰田、起亚、电装均关注转向机构、控制方法、操舵系统、变速系统和换挡系统上技术改进，此外，起亚在悬架系统和集成车轮上也略有涉及；大陆集团在该技术方向上更多关注在通过控制方法进行技术优化，舍弗勒在转向机构上更具有优势。

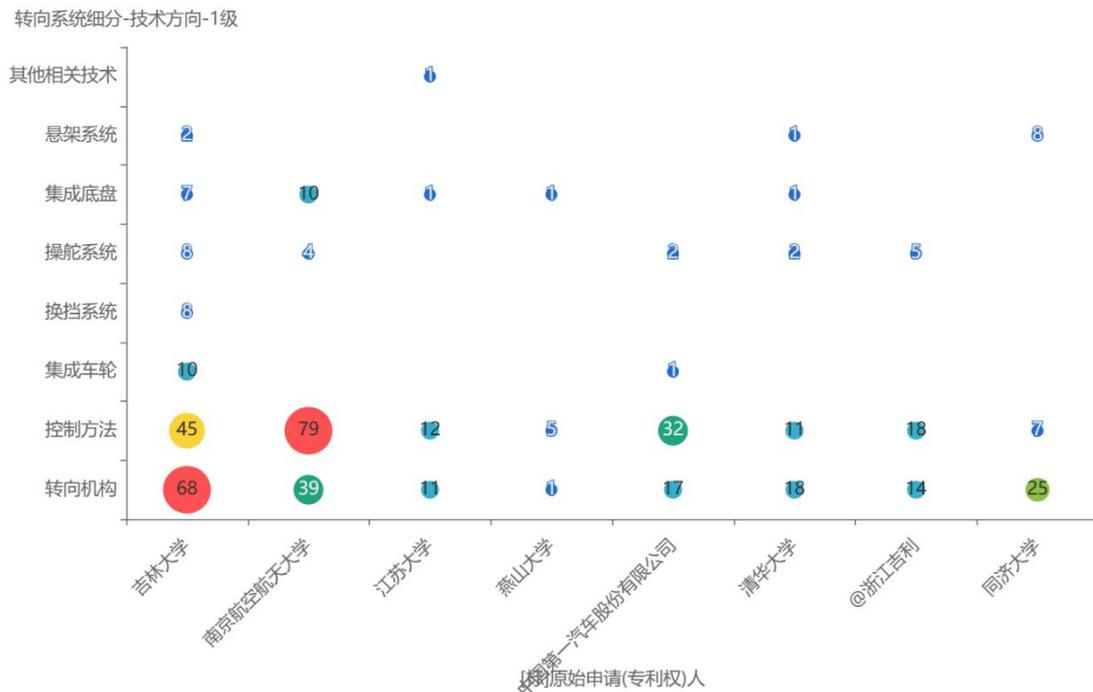


图 2-9 国内重点申请人细分领域技术布局 (单位: 件)

聚焦国内申请人，吉林大学和南京航空航天大学作为国内技术龙头，在转向机构和控制方法上均有所建树；二者研发侧重点又略有不同：吉林大学在转向机构方向更具有技术优势，且涉猎技术方向较为广泛，分别在集成车轮、换挡系统、操舵系统、集成底盘和悬架系统等各技术分支均有所产出；而南京航空航天大学更侧重于控制方法的优化，同时还在集成底盘和操舵系统上有所关注。中国第一汽车和浙江吉利作为在该领域专利产出相对较多的企业，技术布局除了转向机构和控制方法外，在操舵系统上也有所研究。

2.2.2 线控转向系统技术路线发展

2.2.2.1 线控转向系统技术发展路径

汽车转向技术的发展经历了从实验室研究到商业化应用的过程，具体可以划分为几个阶段：早期的机械转向系统（MS）、机械液压助力转向系统（HPS）、电子液压助力转向系统（EHPS）、电动助力转向系统（EPS），最终发展到线控转向系统（SBW）。目前，HPS 和 EHPS 已广泛应用于商用车，EPS 则大量地运用于乘用车上，随着线控技术的发展，线控转向系统（SBW）也逐步扩大应用。

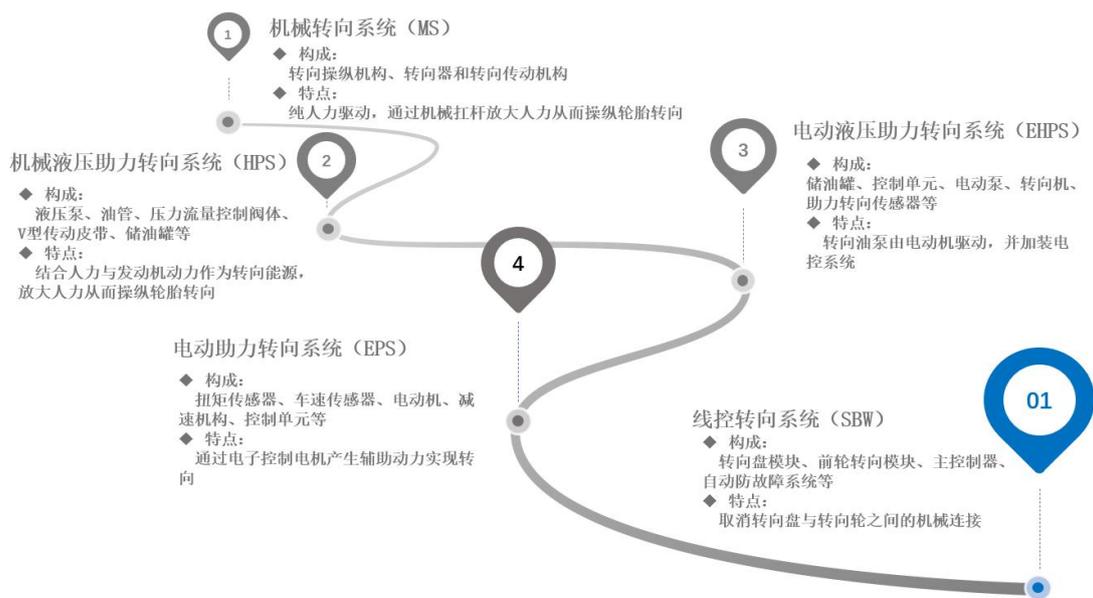


图 2-10 汽车转向技术发展历程

线控转向技术的概念起源于 20 世纪 50 年代，美国天合公司最早提出用控制信号代替转向盘和转向轮之间的机械连接，之后德国 Kasselmann 和 Keranen 设计了早期的线控转向模型；受制于电子控制技术，直到 20 世纪 90 年代，线控转向技术才有较大进展，美国、欧洲、日本在线控转向的研发与推广方面比较活跃，一些采用线控转向系统的概念车陆续展出；2013 年，英菲尼迪的“Q50”成为第 1 款应用线控转向技术的量产车型，采用机械转向系统作为冗余备份；2017 年，耐世特公司开发了由“静默转向盘系统”和“按需转向系统”组成的线控转向系统；2022 年丰田 bZ4X 纯电动车型搭载线控转向系统，并完全取消了方向盘和转向轴之间的机械连接。

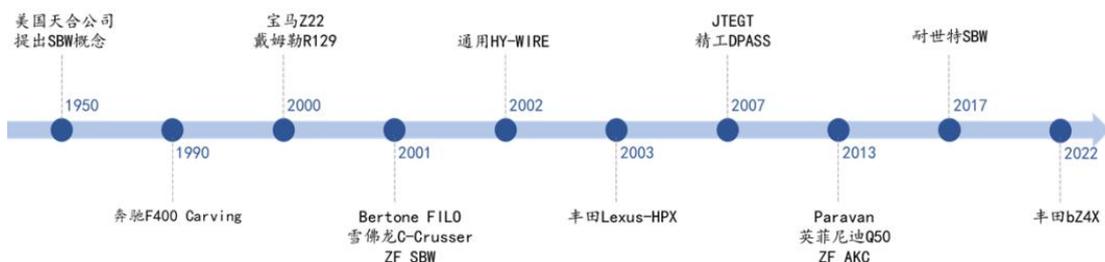


图 2-11 线控转向系统技术发展历程

2.2.2.2 线控转向系统替代技术分析



图 2-12 线控转向系统技术功效矩阵图（单位：件）

上文已根据对线控转向系统技术作了进一步分解，基于上述技术改进的目标可以划分为安全性目标、体验性目标和低碳性目标。其中，安全性目标包括被动安全、主动安全、功能安全、网络安全，体验性目标包括追踪性目标、平顺性目标、稳定性目标、舒适性目标、智能性目标，低碳性目标包括系统量化、提升效率和轻量化。通过对专利数据统计分析，由图 2-12 可知，宏观上以体验性目标进行的技术改进最多，其次分别集中于安全性目标和低碳性目标的改善。从技术角度分析，通过转向机构、控制方法、操舵系统、换挡系统分别可以实现体验性目标、安全性目标和低碳性目标的实现，而集成底盘、集成车轮除了实现体验性目标之外，更倾向于通过集成结构达到轻量化并降低成本。

2.2.2.3 线控转向系统技术发展风险

相比传统的转向系统，线控转向技术具有很多优点，例如，（1）可变传动比：对应相同轮胎转动角度，普通的传统方向盘可以转动 180 度，而线控转向可能只需要转动 40 度或不转动；（2）更精确灵敏：可提供更精确、更灵敏的转向，以及可定制的转向风格，调整转向路感电机的反馈阻尼可以给驾驶者不同的阻尼感受；（3）平台化：对于左右驾车型，可以共用转向智行机构，提高平

台共用性，缩短海外国内平台车型研发时间；（4）可用于辅助驾驶功能：无人人工转向操作时，可以通过自动驾驶控制器发送转向命令，实现直接控制驱动电机智行转向命令等。线控转向是一项具有潜力和发展前景的汽车技术，为汽车设计带来更多可能性，提升驾驶操控性和安全性。虽然线控转向系统在很多方面都有优势，但也存在一些潜在的缺点和挑战。

（1）技术潜在缺点

a. 在可靠性和安全性方面，线控转向系统涉及到电子元件和传感器组合，对于系统的可靠性和安全性要求非常高，任何电子元件的故障或传感器的错误读数可能导致转向系统失效，可能导致对驾驶安全产生潜在风险。

b. 在操作反馈和体验方面，相较于传统的机械转向系统或者 EPS，线控转向系统可能会缺乏一些机械连接所带来的操作反馈，如直接的力量传递和路感反馈使驾驶员能够更准确地感知车辆操控情况。线控转向系统因其电控的平顺性而需要更多的努力来模拟这些感觉和反馈，以确保驾驶员具备准确的转向控制能力和操控体验，反而有可能增加系统的复杂性影响体验。

c. 在整车重量和成本方面，线控转向系统通常需要额外的电子控制单元、传感器和连接线路等设备，可能增加整车重量也可能减轻车重但一定会带来额外的成本。安装和维护这些系统也需要相关的技术和设备支持，增加了制造商和维修商的工作复杂性和成本。

（2）技术发展风险与挑战

a. 系统故障与安全漏洞：线控转向系统作为一个复杂的电子系统，存在故障或错误操作的风险。这种故障可能导致驾驶员失去对车辆方向的控制，从而产生安全隐患。同时，由于线控转向系统与汽车网络和外部传感器相连接，这也可能使系统面临恶意攻击的风险，干扰或控制车辆的转向操作。

b. 对道路和天气条件的依赖性：线控转向系统的性能可能受到不同路面或恶劣天气条件的影响。在这些情况下，系统可能无法准确识别道路状况或完成期望的转向操作。

c. 驾驶员的过度依赖：使用线控转向系统的驾驶员可能会过度依赖该技术，从而减少对自身驾驶责任的感知和警惕性。这种依赖可能导致驾驶员在系统出现故障或失效时无法及时采取应对措施。

d. 成本压力与技术成熟度：线控转向系统的制造成本较高，而且在新技术应用之前需要经过严格的性能测试和认证，以确保其可靠性和安全性。

尽管线控转向系统存在一定的风险，但是随着新能源车辆的逐渐普及，该技术因其优势仍处于不可逆转的发展状态。

2.2.2.4 线控转向系统技术发展方向

从技术效果角度，线控转向系统技术未来将朝着安全性能、体验性能和低碳性能的提升发展：

(1) 安全性能提升：针对线控转向系统存在的安全风险，未来技术的发展将更加注重系统的稳定性和安全性。具体包括方向盘和电动调节管柱的应用、线控转向算法的优化、线控转向系统与线控制动系统的协同控制、功能安全开发流程、网络安全防护等方面。

(2) 体验性能提升：线控转向系统将进一步优化以适应各种道路和天气条件，提供更为精准和舒适的驾驶体验。具体包括线控转向系统动态相应算法开发、线控转向系统扭矩波动控制、路面抗干扰算法开发、线角传动比可调节控制、方向盘控制等方面。

(3) 低碳性能提升：随着智能驾驶技术的不断发展，线控转向系统将更多先进的传感器、算法和人工智能技术相结合，实现更高级别的自动驾驶功能。具体包括 48V 线控转向技术发展、环保低碳材料应用、新结构和新工艺的研发、整装结构的优化等方面。



图 2-13 功效角度发展方向

从技术发展角度，分别从操舵系统、变速系统、换挡系统、转向机构、减震系统、悬架系统、集成车轮、集成底盘的角度分析技术发展前景与发展方向：

(1) 操舵系统：随着线控技术的普及，操舵系统将更加智能化和电动化。传统的机械连接将逐渐被电子信号所取代，实现更精准的操控和更快的响应速度。集成先进的传感器和算法，可以提高操舵的精确性和稳定性。同时，注重系统的安全性和可靠性，确保在复杂路况和恶劣天气条件下的正常操作。

(2) 变速系统：变速系统将朝着更加智能化和自动化的方向发展。通过与车辆其他系统的协同工作，实现更高效的换挡策略和动力分配。考虑引入先进的控制算法和传感器技术，提高变速的平顺性和响应速度。同时，注重节能和环保性能的提升。

(3) 换挡系统：换挡系统将逐渐实现自动化和无缝切换，减少换挡过程中的顿挫感和动力损失。未来将会研发更高效的换挡机构和控制策略，提高换挡

的平顺性和速度。同时，考虑与智能驾驶系统的集成，实现更加智能的换挡逻辑。

(4) 转向机构：转向机构将更加注重精准性和灵活性，以适应不同驾驶模式和路况的需求。采用先进的电动助力转向系统（EPS）和线控转向技术，可以提高转向的精确性和响应性。同时，注重转向机构的轻量化和耐久性设计。

(5) 减震系统：减震系统将更加注重乘坐舒适性和操控稳定性的平衡。研发更先进的减震材料和结构设计，提高减震效果和耐用性。同时，考虑与智能驾驶系统的协同工作，实现动态调整减震策略。

(6) 悬架系统：悬架系统将朝着主动悬架的方向发展，实现更高效的减震和车身稳定性控制。引入先进的传感器和控制算法，实时监测路况和车身状态，动态调整悬架刚度和阻尼系数。同时，注重悬架系统的轻量化和节能设计。

(7) 集成车轮：集成车轮将更加注重安全性和节能性。通过研发更轻量、更坚固的车轮材料，以提高车轮的耐用性和安全性。同时，考虑与智能驾驶系统的集成，实现车轮状态的实时监测和调整。

(8) 集成底盘：集成底盘将更加注重整体性能和智能化水平。可以通过集成多个系统（如转向、悬架、制动等），实现底盘的整体优化和智能化控制。同时，注重底盘的轻量化和节能设计，提高车辆的燃油经济性和环保性能。

2.3 底盘角模块技术发展态势

2.3.1 申请趋势

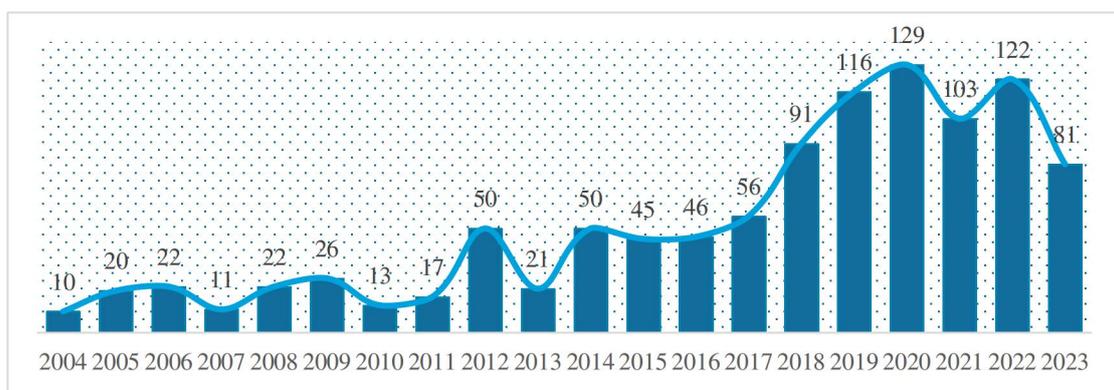


图 2-14 底盘角模块技术申请趋势（单位：件）

由图 2-14 可知，底盘角模块技术近二十年的专利申请趋势展现了该技术稳

步发展-快速发展的过程。2004-2017 年之间，专利申请量虽有一定波动，但整体呈稳步增长态势；2018 年至今，该技术成果产出迅速增加。

具体分析，本田公司在 20 世纪申报了第一个后轮主动转向专利，该专利构型通过转向传动轴连接汽车的前后轴及其齿轮转向机构，实现了后轮随前轮的偏转，这是四轮转向技术的早期开创性探索。随着汽车智能化和电动化发展，底盘角模块技术得到了新的突破。例如，知名汽车底盘系统供应商舍弗勒开发的智能角模块，将电驱动、线控转向、线控制动、底盘悬挂等多个系统集成于一体，这一设计打破了传统底盘的设计和生模式，实现了设计、生产的柔性化。近年来，国内外整车厂相继研发了形式多样的后轮主动转向系统，电控化后轮主动转向装置也配备在了某些中高端车型上，这标志着轮角模块技术开始朝电控化方向发展。未来，随着技术的不断进步，底盘角模块将实现更高的集成度，进一步减少零部件数量，提高整车的性能和可靠性。同时，底盘角模块将与智能驾驶、电动驱动等先进技术紧密结合，进一步推动汽车向更高级别的智能化和电动化发展。

2.3.2 申请主体

表 2-6 底盘角模块技术分支国内外申请人（单位：件）

国外申请人	申请量	有效量	国内申请人	申请量	有效量
NIN株式会社	12	1	吉林大学	32	18
现代奥途纳特株式会社	12	3	同济大学	26	5
现代自动车株式会社	12	3	清华大学	17	10
ZF腓德烈斯哈芬股份公司	11	0	浙江万安科技股份有限公司	15	11
德萨动力有限公司	11	7	中国北方车辆研究所	14	8
日产自动车株式会社	11	2	南京航空航天大学	14	8
株式会社捷太格特	11	1	江苏大学	14	7
光洋精工株式会社	10	0	东风德纳车桥有限公司	13	5
舍弗勒技术股份两合公司	10	1	北京理工大学	10	4
里特汽车公司	10	3	中国第一汽车股份有限公司	9	5

上表展示了底盘角模块技术分支部分国内外申请人，其中，综合考虑专利申请量和有效专利数量可知，国内申请人吉林大学和同济大学的专利申请数量较高，均大于 25 件；但是，吉林大学的专利有效占比较高，同济大学失效率较高。此外，中国北方车辆研究所、南京航空航天大学、浙江万安科技股份有限公司、江苏大学和南京清研易为新能源动力有限责任公司申请量均大于 10 件，且有效专利占比较高；东风德纳车桥有限公司专利产出 13 件，但是有效专利仅 5 件。此外，北京理工大学和清华大学也有一定的技术研发。

相较于国内申请人，国外申请人在该技术分支上的技术成果产出相对较少。其中，NTN株式会社、现代奥途纳特株式会社、现代自动车株式会社、ZF腓德烈斯哈芬股份公司、德萨动力有限公司、日产自动车株式会社、株式会社捷太格特的专利申请均大于10件，但只有德萨动力有限公司的有效专利占比相对较高；此外，光洋精工株式会社、舍弗勒技术股份两合公司、里特汽车公司在该技术分支也有一定的技术产出，但国外在该技术分支的有效专利数量整体比较少。综上分析可知，底盘角模块技术领域，国内申请人尤其是吉林大学具有较大的技术优势，可加强技术挖掘与布局以进一步强化其优势地位。

2.3.3 重要申请主体申请趋势分析

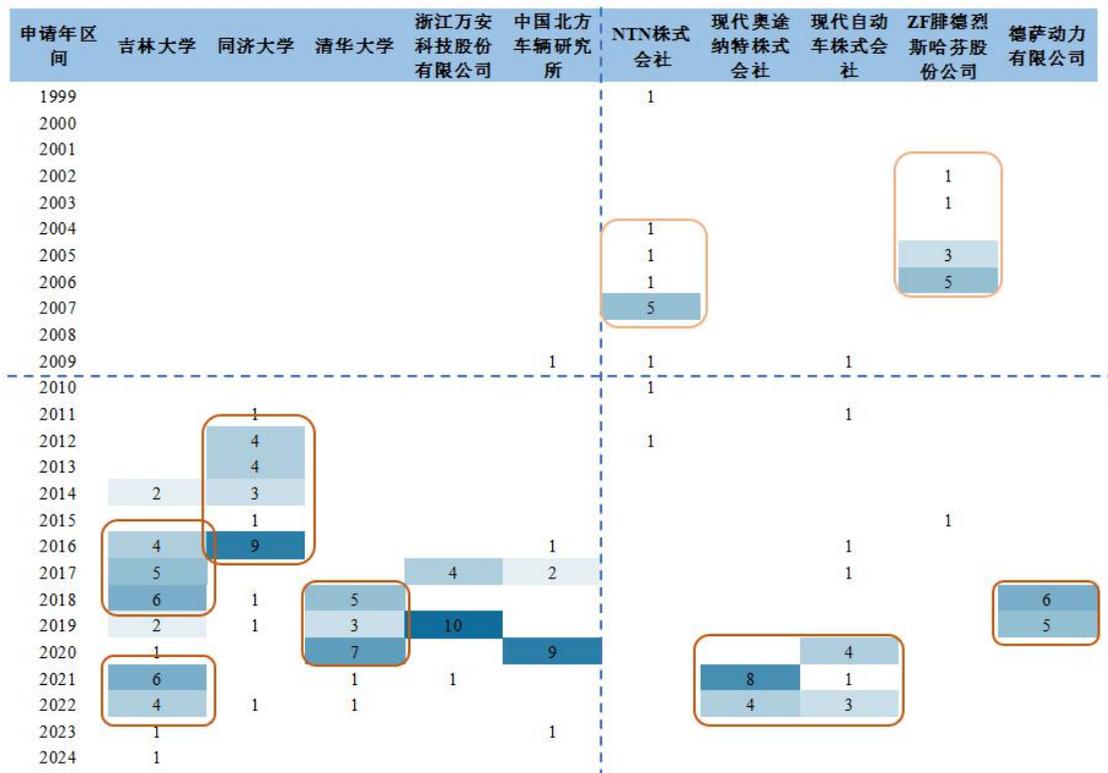


图 2-15 重要申请主体的申请趋势

根据申请主体的专利申请趋势进行统计，以年份为线索，梳理主体的专利申请动向。

(1) 国内重点申请人情况

如上图所示，从最早申请年份来看，国内申请人布局该领域的时间相对较晚，专利申请均在2010年以后。其中，同济大学、吉林大学的专利布局时间相

对较早，分别在 2011 年和 2014 年；清华大学、浙江万安科技股份有限公司和中国北方车辆研究院技术产出均起步于 2015 年及以后。

从专利申请的持续性和年申请量来看，吉林大学的专利申请持续性及年申请量最为突出，近 10 年来，除 2015 年外，每年都有专利申请，且技术产出最多。同济大学的专利申请持续性及年申请量也较为突出，但是更集中于 2011 年-2019 年，近年来研发成果较少。清华大学主要技术布局集中在 2018 年-2020 年间，浙江万安科技股份有限公司更聚焦于 2017 年和 2019 年，中国北方车辆研究院技术产出主要集中在 2020 年。

(2) 国外重点申请人情况

仍以上图为关注重点，从最早申请年份来看，NTN 株式会社和 ZF 腓德烈斯哈芬股份公司在该领域的研发较早，均在 2010 年之前，且比较集中于 2010 年之前。现代奥途纳特株式会社和德萨动力有限公司起步较晚，均在 2015 年之后开始布局；而现代汽车株式会社技术研发也相对较早，但早期产出较少。

从专利申请时间跨度、申请持续性和年申请量来看，NTN 株式会社的专利申请时间跨度、持续性、年申请量相对突出，且技术产出主要集中在 2007 年。ZF 腓德烈斯哈芬股份公司专利布局主要集中在 2002 年-2006 年，现代奥途纳特株式会社的技术产出主要集中在 2021 年和 2022 年，分别为 8 件和 4 件；对于现代汽车株式会社，专利产出时间跨度较大，但专利量较高的年份在于 2020 年和 2022 年。德萨动力有限公司的技术产出也主要集中在 2018 年和 2019 年。整体而言，在底盘角模块技术领域的重点申请人研发成果主要集中在很短的年限，吉林大学更应该注重近五年有较多技术产出的竞争对手动态。

2.3.4 重要申请主体申请地域布局

创新主体	中国	美国	WIPO	EPO	德国	日本	印度	韩国	奥地利	意大利
吉林大学	32									
同济大学	25									
清华大学	13	1	1	1	1					
浙江万安科技股份有限公司	15									
中国北方车辆研究所	14									
NTN株式会社	1		1		1	8	1			
现代奥途纳特株式会社	4	3		2	1			2		
现代汽车株式会社	1	3			1			7		
ZF腓德烈斯哈芬股份公司				2	7				1	1
德萨动力有限公司	2	2	2	2	2			1		

图 2-16 重要申请主体地域布局

总体而言，国内申请人的海外专利布局意识相对薄弱。其中，只有清华大学分别在美国、WIPO、EPO和德国进行了国际布局，吉林大学、同济大学、浙江万安科技股份有限公司和中国北方车辆研究所仅有国内布局。国外申请人的国际布局相对活跃，均有国际布局，且热点布局国家除中国外还聚焦于美国、EPO、德国和韩国。此外，在印度、奥地利、意大利也有所布局，说明以上三个国家具有一定的市场潜力。

2.4 技术竞争强度分析

表 2-7 中国专利各技术分支竞争强度分析（单位：件）

二级技术分支	三级技术分支	申请量	有效专利占比	高价值专利占比
智行底盘构型技术	底盘与座舱分体技术	● 137	! 47.4%	⊙ 2.9%
	全线性化底盘(滑板底盘)构型	● 126	× 50.8%	⊙ 3.2%
	线控制动系统	● 1564	! 46.2%	⊙ 14.1%
	线控转向系统	● 2124	! 44.2%	⊙ 16.1%
	线控悬架系统	● 1711	! 42.4%	⊗ 32.4%
	分布式转向系统	● 133	! 46.6%	⊙ 12.8%
	底盘角模块	● 1167	✓ 37.7%	⊙ 0.4%
智行底盘控制技术	智能底盘域控制	● 478	✓ 37.4%	⊙ 6.1%
	智能底盘能量域控制	● 1274	✓ 35.9%	⊙ 7.9%
	纵横垂向运动综合协同控制	● 693	! 45.3%	⊙ 13.7%
	机电复合制动系统协调控制	● 267	! 43.8%	⊙ 10.9%
智行底盘冗余技术	底盘失效模式分析与安全机制设计	● 1104	! 40.9%	⊙ 10.4%
	驱动系统的失效模式分析与容错控制方法	● 1084	! 41.1%	⊙ 13.7%
	转向系统的失效模式分析与容错控制方法	● 774	! 48.3%	⊙ 17.6%
	制动系统的失效模式分析与容错控制方法	● 1640	! 46.0%	⊙ 19.5%

表 2-7 中，红色圈代表高申请量（专利量大于等于 2000 件），粉色圈代表中高申请量（专利量大于等于 1500 件，小于 2000 件），灰色圈代表中低申请量（专利量大于等于 1000 件，小于 1500 件），黑色圈代表低申请量（专利量小于 1000 件）；×代表高风险（有效专利占比大于等于 0.5），!代表中风险（有效专利占比大于等于 0.4，小于 0.5），✓代表低风险（有效专利占比小于 0.4）；⊗代表高风险（高价值专利占比大于等于 0.3），⊙代表中风险（有效专利占比大于等于 0.15，小于 0.3），⊕代表低风险（有效专利占比小于 0.15）。

专利在各个国家和地区布局的授权量或有效量比较大，其专利壁垒就比较高，就越会加大国内企业，尤其是企业在海外国家布局的难度，并增加专利侵权的风险，阻碍吉林省核心技术产品在海外国家和地区的使用以及市场的发展。

具体分析，从申请量来看，线控转向系统专利申请量最高，技术壁垒最高，技术研发有一定难度，是国内申请人重点布局的地方，需要加强注意；线控制

动系统、线控悬架系统、制动系统的失效模式分析与容错控制方法四个技术分支具有中高专利申请量，因此技术壁垒及风险较高；底盘角模块、智能底盘能量域控制、底盘失效模式分析与安全机制设计、驱动系统的失效分析与容错控制方法具有中低专利申请量，技术壁垒及风险处于中低水平；风险最低的技术分支包括底盘与座舱分体设计、全线控化底盘（滑板底盘构型）、分布式转向系统、智能底盘域控制、横纵垂向运动综合协同控制、机电复合制动系统协调控制及转向系统的失效模式分析与容错控制方法，这些技术分支专利申请量较少，专利壁垒较小，属于绝对低风险技术领域或空白技术领域，可作为今后重点研发方向。

从有效专利占比来看，全线控化底盘（滑板底盘构型）的有效专利占比超过 50%，表明这些技术分支的专利申请质量和技术创新水平相对较高，具有一定的技术壁垒。底盘角模块、智能底盘域控制、智能底盘能量域控制的有效专利占比小余 40%，表明这些技术分支的技术创新成果应用保护力度较小，技术很容易被竞争对手规避，专利壁垒较小。除上述四个技术分支之外的其余技术分支，有效专利占比介于 40%和 50%之间，专利保护力度及技术壁垒均处于中间状态。

从高价值专利占比来看，线控悬架系统的高价值专利占比达到 32.4%，表明该技术分支在知识产权领域拥有更多具有重要技术创新和商业价值的专利，在此技术分支的创新投入较大，需要加强关注。线控转向系统、转向系统的失效模式分析与容错控制方法、制动系统的失效模式分析与容错控制方法的有效专利占比在 15%-30%之间，处于中低风险区域；其余技术分支专利占比不足 15%，处于低风险状态。

综上所述，线控转向系统的专利申请量最大，全线控化底盘（滑板底盘构型）、底盘角模块的有效专利占比最高，线控悬架系统的高价值专利占比最高，该四个技术分支是发明人需要重点关注的技术分支。

表 2-8 全球各国（除中国外）各技术分支专利布局（单位：件）

二级技术分支	三级技术分支	日本	美国	德国	韩国	EPO	WPO	英国
智行底盘构型技术	底盘与座舱分体技术	●	●	●	●	●	●	●
	全线性化底盘(滑板底盘)构型	●	●	●	●	●	●	●
	线控制动系统	●	●	●	●	●	●	●
	线控转向系统	●	●	●	●	●	●	●
	线控悬架系统	●	●	●	●	●	●	●
	分布式转向系统	●	●	●	●	●	●	●
	底盘角模块	●	●	●	●	●	●	●
智行底盘控制技术	智能底盘域控制	●	●	●	●	●	●	●
	智能底盘能量域控制	●	●	●	●	●	●	●
	横纵垂向运动综合协同控制	●	●	●	●	●	●	●
	机电复合制动系统协调控制	●	●	●	●	●	●	●
智行底盘冗余技术	底盘失效模式分析与安全机制设计	●	●	●	●	●	●	●
	驱动系统的失效模式分析与容错控制方法	●	●	●	●	●	●	●
	转向系统的失效模式分析与容错控制方法	●	●	●	●	●	●	●
	制动系统的失效模式分析与容错控制方法	●	●	●	●	●	●	●

表 2-8 中，红色代表高申请量（专利量大于等于 900 件），粉色代表中高申请量（专利量大于等于 600 件，小于 900 件），灰色代表中低申请量（专利量大于等于 300 件，小于 600 件），黑色代表低申请量（专利量小于 300 件）。

通过上表的分析可以看出，日本的技术壁垒主要集中在在线控转向系统、线控悬架系统两个技术分支。其他技术领域，转向系统的失效模式分析与容错控制方法、制动系统的失效模式分析与容错控制方法两个技术分支的技术壁垒及研发难度较高；其余技术分支的风险等级不高。

美国的专利主要集中在在线控转向系统、线控悬架系统两个技术分支，但其数量在 600-900 件之间，属于中风险。德国的技术壁垒主要集中在在线控转向系统，属于高风险；此外，其在线控悬架系统的专利申请量在 600-900 件之间，处于中风险。韩国的技术壁垒主要集中在在线控悬架系统，处于中风险。其余各国家各技术分支风险专利较少，均为低风险地区。

中国企业可根据风险等级选择相应的市场或国家以及技术分支进行布局，对于中高风险地区，采用规避设计，防范专利侵权风险的发生，或采用第三方公众意见的方式，直接将其扼杀在在审状态，防止其授权后形成风险。对于低风险或无风险国家，可抢先布局海外市场，采用核心专利与外围专利相配合的方式。

表 2-9 全球各国（除中国外）技术来源布局（单位：项）

二级技术分支	三级技术分支	美国	日本	德国	韩国	英国	意大利	瑞士
智行底盘构型技术	底盘与座舱分体技术	●	●	●	●	●	●	●
	全线控化底盘(滑板底盘)构型	●	●	●	●	●	●	●
	线控制动系统	●	●	●	●	●	●	●
	线控转向系统	●	●	●	●	●	●	●
	线控悬架系统	●	●	●	●	●	●	●
	分布式转向系统	●	●	●	●	●	●	●
	底盘角模块	●	●	●	●	●	●	●
智行底盘控制技术	智能底盘域控制	●	●	●	●	●	●	●
	智能底盘能量域控制	●	●	●	●	●	●	●
	横纵垂向运动综合协同控制	●	●	●	●	●	●	●
	机电复合制动系统协调控制	●	●	●	●	●	●	●
智行底盘冗余技术	底盘失效模式分析与安全机制设计	●	●	●	●	●	●	●
	驱动系统的失效模式分析与容错控制方法	●	●	●	●	●	●	●
	转向系统的失效模式分析与容错控制方法	●	●	●	●	●	●	●
	制动系统的失效模式分析与容错控制方法	●	●	●	●	●	●	●

表 2-9 中，红色代表高申请量（专利量大于等于 200 件），粉色代表中高申请量（专利量大于等于 100 件，小于 200 件），灰色代表中低申请量（专利量大于等于 50 件，小于 100 件），黑色代表低申请量（专利量小于 50 件）。

通过上表分析可以看出，美国申请人在线控悬架系统技术分支具有绝对优势，其专利申请量为最高水平，技术实力雄厚，具有高竞争力，其余申请人在该技术分支的专利申请量仅处于中低水平；在线控转向系统的技术优势仅次于日本和德国，属于中高申请量，风险等级中等；在线控制定系统、智能底盘能量域控制、底盘失效模式分析与安全机制设计、制动系统的失效模式分析与容错控制方法技术分支具有中低专利申请量，风险等级较低；在其余技术分支均具有低申请量，风险等级最低。

日本申请人在线控转向系统、制动系统的失效模式分析与容错控制方法来性格技术分支具有一定的技术壁垒，专利申请量最高，竞争力最强，风险等级最高；其次是横纵垂向运动综合协同控制、驱动系统的失效模式分析与容错控制方法、转向系统的失效模式分析与容错控制方法，这几个技术分支的专利申请量虽处于中高水平，但仍高于其他国家，因此也具有一定的技术壁垒；在线控制动系统、线控悬架系统的专利申请量处于中低水平，风险等级较低；在其余技术分支的专利申请量均在 50 件以下，风险等级最低。

德国申请人在线控转向系统技术分支具有一定领先优势，专利申请量处于高申请量水平，风险等级最高；在线控制动系统的专利申请量虽处于中高水平，但仍高于其余各国在该技术分支的申请量，因此竞争力较强，风险等级较高；

在制动系统的失效模式分析与容错控制方法技术分支的申请量仅次于日本，处于中高申请量水平，竞争优势较高，风险等级较高；在线控悬架系统具有中低专利申请量，风险等级较低；在其余技术分支均具有低申请量，风险等级最低。

其余各申请人的在各技术分支的专利申请量均处于中低或低水平，因此风险等级为中低或低水平。

2.5 重点专利解读

表 2-10 国内外高价值专利分布

技术分布	三级技术布局	国外	中国
智行底盘 构型技术	底盘与座舱分体技术	3	12
	全线控化底盘(滑板底盘)构型	3	1
	线控制动系统	175	46
	线控转向系统	271	71
	线控悬架系统	465	90
	分布式转向系统	14	3
	底盘角模块	2	3
智行底盘 控制技术	智能底盘域控制	23	6
	智能底盘能量域控制	82	19
	横纵垂向运动综合协同控制	75	20
	机电复合制动系统协调控制	20	9
智行底盘 冗余技术	底盘失效模式分析与安全机制设计	97	18
	驱动系统的失效模式分析与容错控制方法	102	46
	转向系统的失效模式分析与容错控制方法	101	35
	制动系统的失效模式分析与容错控制方法	232	88

根据“重点专利筛选原则”筛选出国内外高价值专利在各末级技术分支上的布局情况，国内外同时在线控悬架系统、线控转向系统、线控制动系统和线控制动系统的失效模式分析与容错控制方法等技术分支上的高价值专利数量较多，说明在以上技术分支上技术成熟度相对较高，可以考虑基于现有技术作进一步高阶的技术创新；并且，在底盘与座舱分体技术、全线控化底盘（滑板底盘）构型、底盘角模块等、机电复合制动系统协调控制等技术分支上高价值专利数量较少，综合考虑其技术发展阶段和技术发展壁垒，可以选择性投入研发方向。

结合产业和技术发展，兼顾考虑重点专利筛选原则、考虑施引专利数量、同族国家数量、同族专利数量等多维度，筛选国内外的基础专利和核心专利。根据中国专利的整体情况分析，兼顾重点专利筛选原则，进一步考虑简单同族

申请数量 ≥ 10 件、简单同族国家/地区数量 ≥ 8 、引文申请数量 ≥ 10 件、施引专利申请号数量 ≥ 11 件的筛选标准，下文将聚焦“线控转向系统”技术分支解读重点专利如下：

表 2-11 国内线控转向系统重点专利列表

公开（公告）号	标题-原文	简单同族申请数量	简单同族国家/地区数量	引文申请号数量	施引专利申请号数量	法律有效性
CN106488867A	汽车转向系统	9	9	6	0	有效
CN1543409A	用于线传转向的转向单元	9	8	6	19	失效
CN104718123A	转向控制装置、转向控制方法	8	8	8	5	有效
CN1426920A	三倍冗余度的汽车电转向机构	11	8	0	5	失效
CN104995079A	转向控制装置、转向控制方法	8	8	5	4	有效
CN1429162A	用于通过线路驱动车辆的转向装置	9	8	0	4	失效
CN110816641A	转向系统	8	8	10	1	有效
CN107735306A	具有线控转向系统和机械后备系统的车辆转向系统	10	7	6	3	有效
CN110869263A	具有自适应齿轮齿条位置调节的线控转向系统	8	7	14	0	有效
CN108602529A	用于控制车辆转向和车辆行为的方法	6	6	7	12	有效

公开（公告）号	标题-原文	简单同族申请数量	简单同族国家/地区数量	引文申请号数量	施引专利申请号数量	法律有效性
CN103732478A	带有冗余功能的线控转向式操舵装置的控制装置	6	6	6	11	失效
CN108367774A	线控转向方式的电动助力转向装置及其控制方法	6	6	13	8	有效
CN108367771A	用于线控转向式转向装置的转向柱	6	5	7	22	有效
CN112135767A	线控转向式转向装置以及车辆	16	5	8	1	有效
CN113544044A	线控转向装置	5	5	25	0	有效
CN112166066A	线控转向式转向装置以及车辆	16	5	4	0	有效
CN117043043A	线控转向系统及其在车辆中的操作方法	13	5	0	0	审中
CN112203923A	转向角限制装置	16	5	10	0	有效
CN1769122A	用于车辆的转向装置	4	4	6	15	有效
CN111152835A	一种基于双绕组电机的线控电液转向系统及混杂控制方法	4	4	5	15	有效
CN112638747A	线控转向系统和转向控制方法	4	4	25	1	有效

公开（公告）号	标题-原文	简单同族申请数量	简单同族国家/地区数量	引文申请号数量	施引专利申请号数量	法律有效性
CN115214766A	转向装置及转向方法	4	4	12	0	有效
CN113226891A	一种具有冗余功能的线控独立转向机构及控制方法	3	3	11	2	有效
CN110626420A	线控转向系统中使用手握式方向盘致动器的驾驶员通知	3	3	14	0	有效
CN113677586A	转向装置	3	3	14	0	有效
CN111731372A	线控转向式转向系统	3	3	34	0	有效

从技术价值角度，专利施引专利是指被其他专利引用的源文件，如果该专利相比同时期的专利更加频繁被引用，即专利施引量较高，说明该专利具有较大影响力和较高价值。根据表 2-11 所示，CN108367771A、CN1543409A、CN111152835A、CN1769122A、CN108602529A、CN103732478A 的专利施引量相对较高，说明其被关注度更高，具有更大的影响力和较高的技术价值，属于该领域基础技术。此外，引文数量较高的专利包括：CN111731372A、CN113544044A、CN112638747A、CN110869263A、CN110626420A、CN113677586A、CN115214766A、CN113226891A、CN110816641A，以上专利引用了较多的现有技术源文件，且施引专利数量较少，属于对现有技术的改进与创新技术。CN108367774A 专利的引用专利数量和施引专利数量分别为 13 件和 8 件，属于本领域的核心技术。

从经济价值角度，如果一项发明创造在众多国家寻求保护，则该发明创造相较而言有更高的商业收益。聚焦表 2-11 中简单同族布局国家/地区数量，CN106488867A、CN1543409A、CN104718123A、CN1426920A、CN104995079A、CN1429162A、CN110816641A 以上专利布局国家均不低于 8 个国家，表明其市场可能占有域较广，具有较高的市场价值；同时，

CN112135767A 、 CN112166066A 、 CN112203923A 、 CN117043043A 、 CN1426920A、CN107735306A 以上专利虽然布局的国家/地区不是很多，但是其分别具有较多的简单同族数量，说明申请人非常关注国际市场的布局。

根据国外专利的整体情况分析，兼顾重点专利筛选原则，进一步考虑简单同族申请数量 ≥ 10 件、简单同族国家/地区数量 ≥ 8 、引文申请数量 ≥ 60 件、施引专利申请号数量 ≥ 70 件的筛选标准，下文将聚焦“线控转向系统”技术分支解读重点专利如下：

表 2-12 国外线控转向系统重点专利列表

公开（公告）号	标题-原文	简单同族申请数量	简单同族国家/地区数量	引文申请号数量	施引专利申请号数量	法律有效性
US20210163060A1	STEER-BY-WIRE STEERING DEVICE AND VEHICLE	16	5	13	3	有效
US20220289283A1	STEER-BY-WIRE SYSTEMS AND METHODS OF OPERATING THEREOF IN VEHICLES	13	5	75	1	有效
US20150166099A1	INTUITIVE DRIVE-BY-WIRE STEERING WITH REDUNDANT MECHANICAL CONTROL	11	9	10	6	有效
US20180154925A1	VEHICLE STEERING SYSTEM WITH STEER-BY-WIRE SYSTEM AND MECHANICAL FALLBACK SYSTEM	10	7	21	9	有效
US20170120946A1	AUTOMOBILE STEERING SYSTEM	9	9	12	5	有效
US20040262071A1	Steer unit for steer-by-wire	9	8	16	41	失效
US20040012175A1	Steering device for a drive-by-wire vehicle	9	8	33	19	失效

公开（公告）号	标题-原文	简单同族申请数量	简单同族国家/地区数量	引文申请号数量	施引专利申请号数量	法律有效性
JP2004535975A	ステアバイワイヤのためのステアユニット	9	8	3	6	失效
US20150291208A1	STEERING CONTROL DEVICE, AND STEERING CONTROL METHOD	8	8	13	23	有效
US20150210318A1	STABILITY CONTROL DEVICE	8	8	16	14	有效
US20200047764A1	STEERING SYSTEM	8	8	20	9	有效
US6138788A	Vehicle steering system	6	6	26	88	失效
US20030055546A1	Compensation using position for improved feel and stability in a steering system	6	3	69	43	失效
US20030055544A1	Complementary force and position control for an automotive steering system	6	3	69	18	失效
US20230040044A1	DEGRADATION CONCEPT FOR A STEER-BY-WIRE STEERING SYSTEM	5	5	87	0	审中
US20020092696A1	Steering system for motor vehicles	3	3	5	110	失效
US20030173920A1	Electric power steering apparatus	3	3	12	72	失效
US20180154932A1	VEHICLE STEERING SYSTEM HAVING A USER EXPERIENCE BASED AUTOMATED DRIVING TO MANUAL DRIVING TRANSITION SYSTEM AND METHOD	3	3	341	54	有效

公开（公告）号	标题-原文	简单同族申请数量	简单同族国家/地区数量	引文申请号数量	施引专利申请号数量	法律有效性
US20020189888A1	Steer-by wire handwheel actuator	3	2	51	100	失效
US20020035424A1	Steer-by-wire system	2	1	20	132	失效
US20050189161A1	Oversteering/understeering compensation with active front steering using steer by wire technology	1	1	19	119	失效
US20040099468A1	Driver control input device for drive-by-wire vehicle	1	1	14	82	失效
US20020129988A1	Vehicle steering system control	1	1	11	76	失效

从技术价值角度，根据表 2-12 所示，US20020035424A1、US20050189161A1、US20020092696A1、US20020189888A1、US6138788A、US20040099468A1、US20020129988A1、US20030173920A1 的专利施引量相对较高，说明其被关注度更高，具有更大的影响力和较高的技术价值，属于该领域基础技术，申请年限较早目前已失效。此外，引文数量较高的专利包括：US20230040044A1、US20220289283A1、US20030055544A1，以上专利引用了较多的现有技术源文件，且施引专利数量较少，属于对现有技术的改进与创新技术。US20180154932A1 专利的引用专利数量和施引专利数量分别为 341 件和 54 件，US20030055546A1 专利的引用专利数量和施引专利数量分别为 69 件和 43 件，属于本领域的核心技术。

从经济价值角度，聚焦表 2-12 中简单同族申请数量和简单同族布局国家/地区数量，US20170120946A1、US20150166099A1、US20040012175A1、US20200047764A1、US20040262071A1、US20150210318A1、US20150291208A1、JP2004535975A 以上专利布局国家均不低于 8 个国家，且同族数量较高，表明其市场可能占有域较广，具有较高的市场价值；同时，US20180154925A1、US20220289283A1、US20210163060A1 以上专利虽然布局

的国家/地区不足 8 个国家，但是也在 5-7 个国家，且分别具有较多的简单同族数量，说明申请人对国际市场保持较高的关注度。

综合表 2-11 和表 2-12 对比可知，从布局角度，国外基础专利更侧重于本国的保护，国外核心专利在国际上布局较广，中国核心专利在国际布局上相对有限，更侧重于国内布局；从施引专利数量角度，国外基础专利和核心专利的施引专利数量都高于中国专利。此外，通过对重点专利文本分析，国外权利要求数量、独权数量较多，且保护范围相对较大，文本质量相较于中国专利更高。综合而言，中国专利的文本质量、专利布局和专利维持时间还有待进一步提升。

2.6 专利壁垒与风险分析

专利壁垒是知识产权保护的一种形式，但同时也是一种市场竞争策略。它主要依赖于技术垄断优势，通过申请和拥有专利，从而在某些技术领域建立起排他性的竞争优势。这种策略可以有效地阻止其他竞争者进入市场，或者迫使他们支付高额的专利使用费，从而在市场竞争中占据有利地位。而专利风险分析是对与专利相关的潜在风险进行识别、评估和管理的过程。这个过程旨在帮助企业或个人了解在技术创新、产品研发、市场推广等各个阶段可能遇到的与专利有关的法律问题、经济风险和竞争压力，并制定相应的策略来应对和规避这些风险。

表 2-13 各技术分支专利技术风险

一级技术分支	二级技术分支	有效发明	有效实用新型
智行底盘构型技术	底盘与座舱分体技术	17	48
	全线控化底盘(滑板底盘)构型	22	45
	线控制动系统	404	322
	线控转向系统	549	378
	线控悬架系统	546	189
	分布式转向系统	52	14
智行底盘控制技术	底盘角模块	235	220
	智能底盘域控制	95	80
	智能底盘能量域控制	164	303
	横纵垂向运动综合协同控制	235	81
	机电复合制动系统协调控制	83	33
智行底盘冗余技术	底盘失效模式分析与安全机制设计	168	286
	驱动系统的失效模式分析与容错控制方法	364	89
	转向系统的失效模式分析与容错控制方法	273	102
	制动系统的失效模式分析与容错控制方法	611	160

根据表 2-14 各技术分支专利技术风险以及表 2-6 至表 2-8 各技术分支竞争强度分析可知，线控转向系统、线控悬架系统和线控制动系统均属于高风险技术分支。此外，智能底盘能量域控制、底盘失效模式分析与安全机制设计和制动系统的失效模式分析与容错控制方法，也属于较高风险技术方向。下文将重点针对风险技术分支进行详述。

线控转向系统技术的专利壁垒主要集中于：（1）线控转向系统需要较高功率的力反馈电机和转向执行电机，控制这两个电机的算法相当复杂。（2）转向执行控制策略需要实时的动态调整和控制，包括在低速时减小传动比以提高灵活性，高速时增大传动比以增加系统稳定性。（3）路感反馈技术较难，因为取消了方向盘和转向车轮之间的机械连接，需要主控制器根据驾驶意图、车辆状况与路况，实时输出路感反馈力矩指令，技术难度高等。

线控制动系统的专利壁垒主要集中于：线控制动系统（如 EHB 和 EMB）需要高度集成的电子和机械部件，尤其是 EMB 系统，目前技术成熟度不够高；线控悬架系统的专利壁垒主要集中于：空气弹簧、空气供给单元等核心零部件的自主研发，以及系统集成、电控系统等方面的改进等。为了突破这些壁垒，需要加大研发力度，创新技术手段，同时关注市场动态和政策走向，制定合理的专利战略。

底盘角模块的专利壁垒主要集中于：（1）系统集成能力：轮角模块技术要求高效集成制动、驱动、转向和悬架等多个系统，这种高度集成化的设计对企业的系统集成能力提出了高要求。（2）模块化设计：技术壁垒还体现在模块化设计上，这涉及到如何将不同的功能模块以最优的方式组合在一起，以实现更好的性能和可维护性。（3）控制算法：轮角模块的控制算法是技术壁垒之一，需要精确控制车轮的运动，以实现复杂的行驶模式和高度的行驶稳定性。（4）硬件技术：包括电子机械制动器（EMB）、电机、传感器等关键硬件的设计和制造，这些硬件的性能直接影响轮角模块的整体表现。

智能底盘能量与控制的专利壁垒主要集中于：（1）能量管理与优化算法，重点在于如何高效利用和管理底盘系统的能量，如电池管理、能量回收等；（2）能量分配与协调策略：例如不同部件和子系统（如制动系统、转向系统、悬挂系统等）的能量需求各不相同，如何合理分配和协调这些能量，以保证整体性

能最优化等；(3) 智能传感器与通信技术：能量域控制需要依赖高精度的传感器和通信技术来实时获取底盘系统的状态信息，以及与其他系统（如动力系统、驾驶辅助系统等）进行信息交互等。

底盘失效模式分析与安全机制设计和制动系统的失效模式分析与容错控制方法的专利壁垒主要集中于：失效模式识别与预测、安全机制设计、故障诊断与容错技术、主动安全技术与集成等多个方面。

此外，自动智行底盘技术领域涉及多学科交叉与集成，例如：线控转向系统作为自动驾驶和辅助驾驶技术的关键组成部分，其研发涉及电子控制、机械工程、汽车工程、传感器技术等多个技术领域的交叉与集成；线控悬架系统涉及到机械工程、车辆工程、控制理论以及材料科学等多个技术领域；线控制动系统集成了电子控制、液压控制、传感器技术等多个领域的技术等。多项技术的综合应用增加了潜在的侵权风险，要求申请人密切关注各技术领域内的专利动态，确保自身研发不侵犯他人专利权。随着新能源和环保政策的推进，以及市场对高效、安全线控转向系统、智能控制的需求增加，以上领域将迎来更多发展机遇，但同时也可能吸引更多企业进入，从而加剧专利侵权的风险。因此，申请人应加强专利布局和维护意识，通过加强专利检索和分析、建立合理的专利布局策略以及及时采取法律手段进行维权，保护自身技术成果，降低侵权风险。

在研发过程中，吉林大学需要加强专利检索与分析工作，全面了解已有专利的布局情况和保护范围，避免侵犯他人专利权。通过加大研发投入，形成自身独特的技术优势，提高专利质量，增强竞争力。加强吉林大学与其他企业和研究机构的合作与交流，共同推动智行底盘技术领域的技术进步和产业发展。建立完善的专利管理制度，加强专利的申请、保护、维权和管理工作，确保吉林大学技术成果得到有效保护。

2.7 风险规避设计建议

风险规避设计是一种风险应对策略，旨在通过计划的变更来消除风险或风险发生的条件，从而保护目标免受风险的影响。具体的在自动智行底盘技术领域的专利风险规避设计主要可以从以下几个方面考虑：

1、深度市场和技术调研

在进行新的智行底盘技术研发之前，进行全面的市场和技术调研，了解当前智行底盘技术最新发展动态和专利布局。分析竞争对手的专利布局和技术路线，避免直接侵犯其专利权。

2、创新研发策略

在线控转向系统中，探索新的研发方向，例如转向传感器、控制算法、执行器等，结合先进的传感器技术、控制算法和人工智能技术，提高线控转向系统的智能化水平；在线控悬架系统中，聚焦核心部件如空气弹簧、传感器等进行材料研究，同时结合先进的传感器技术和控制算法，实现线控悬架系统的智能化控制；在线控制动系统中，针对线控制动系统的核心技术进行深入研究，如制动执行器、控制算法等，以提高系统的制动性能和可靠性，同时，加强安全冗余设计，例如采用多传感器融合、多执行器备份等方式，以确保系统安全性；在智能底盘能量域控制中，深入研究能量管理与优化算法，结合先进的控制理论和人工智能技术，如机器学习、深度学习等，提升算法在能量预测、分配和协调上的准确性和效率。同时，引入预测性维护策略，通过分析车辆运行数据，提前预测能量系统可能出现的故障，从而优化能量管理策略。对于底盘失效模式分析与安全机制设计和制动系统的失效模式分析与容错控制方法，可以设计多层次、自适应的容错控制策略，以使发生故障时迅速调整控制参数；将底盘失效模式分析与主动安全技术相结合，如 ABS、ESP 等，提高车辆在紧急情况下的安全性能等。

3、提前布局专利

在研发过程中，及时申请与研发成果相关的专利，形成自身的专利保护网。预测未来技术发展趋势，提前布局相关专利，以防范潜在的竞争对手。

4、寻求国际合作与交叉许可

与国内外的研究机构和企业建立合作关系，共同研发新技术，共享知识产权。在遇到潜在专利侵权风险时，积极寻求交叉许可或合作，降低风险。

5、加强专利风险管理

建立完善的专利风险管理制度，对研发过程中的专利风险进行识别、评估和控制。定期对专利进行检索和分析，及时了解最新的专利动态，调整研发策

略。

6、培养专利意识

加强研发人员的专利意识培养，使其在研发过程中注重专利的保护和规避。对新入职的员工进行专利培训，确保整个团队都具有高度的专利风险意识。

2.8 小结

本章综合分析了自动轮智行底盘技术的发展概况，并从全球专利申请态势、技术来源和技术流向、技术构成、专利类型和法律状态、专利活跃度等角度进行了整体分析，综合以上分析结果确定热点技术领域和前沿技术领域。

针对热点技术领域和前沿技术领域分别从技术发展路径、技术功效矩阵、技术发展风险和发展方向等角度进行了详细的阐述。

随后，根据重点专利筛选原则筛选国内外重点专利，并对部分基础专利和技术专利进行解读分析。

最后，针对热点技术、核心技术以及技术活跃情况给出专利壁垒、风险分析、风险规避设计建议。

第3章 自动轮智行底盘竞争格局分析

3.1 自动轮智行底盘技术创新主体分布

3.1.1 创新主体宏观分布

表 3-1 国内外创新主体

国外创新主体	申请量
丰田自动车株式会社	1203
日产自动车株式会社	927
起亚自动车株式会社	865
株式会社万都	715
罗伯特博世有限公司	634
本田技研工业株式会社	612
CONTINENTAL TEVES AG	444
thyssenkrupp	399
福特全球技术公司	360
摩比斯株式会社	346
国内创新主体	申请量
吉林大学	351
南京航空航天大学	233
中国第一汽车股份有限公司	192
江苏大学	179
浙江吉利控股集团有限公司	152
燕山大学	139
清华大学	135
比亚迪股份有限公司	132
重庆长安汽车股份有限公司	119
同济大学	102

据表 3-1 统计国内外创新主体的排名，自动轮智行底盘技术全球前十位的专利申请人分别为日本、德国、韩国企业，其中包括 5 家日本企业、4 家德国企业、1 家韩国企业，全部是实力雄厚的全球大型知名公司，日本企业在该领域占据绝对优势地位。丰田自动车株式会社以 1224 件的申请量位居第一梯队；日产自动车株式会社、起亚自动车株式会社、大陆特韦斯贸易合伙股份公司、株式会社万都、罗伯特博世有限公司、本田技研工业株式会社的申请量在 500-1000 件之间，位居第二梯队；蒂森克鲁伯普雷斯塔公司、摩比斯株式会社、蒂森克虏伯股份公司的申请量在 500 件以下，位居第三梯队。中国申请人对于日本、德国企业应做好专利信息追踪、侵权预警和风险防控。

中国申请人发展势头强劲。排名前十位的申请人中，高校占据 6 位，汽车

企业占据 4 位。吉林大学以 508 件的申请量位居第一梯队；南京航空航天大学以 219 件申请量位居第二梯队；其余申请人的申请量在 200 件以下，均位于第三梯队。申请人应对于吉林大学、南京航空航天大学应做好专利信息追踪、侵权预警和风险控制。

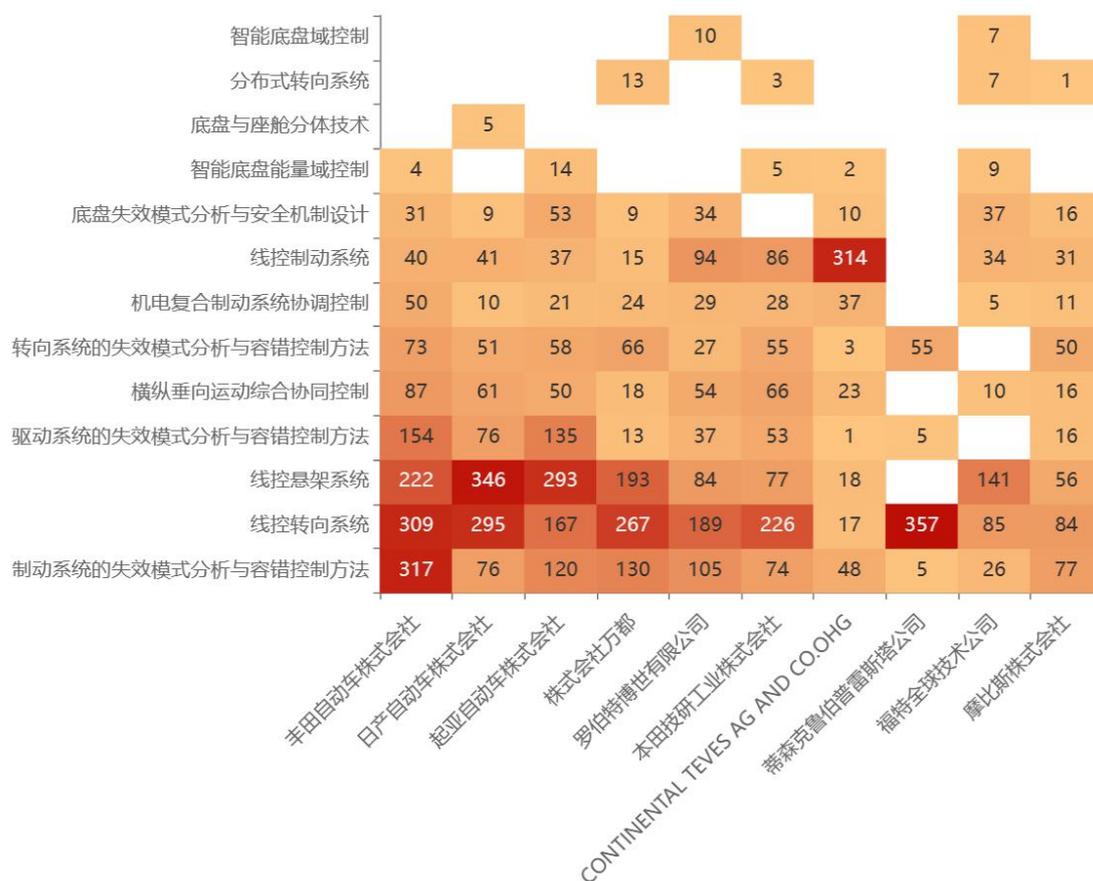


图 3-1 国外创新主体技术分布

聚焦国外创新主体在该领域的技术布局，国外创新主体的技术分布主要集中于线控转向系统、线控悬架系统、制动系统的失效模式分析与容错控制方法，总申请量分别为 1996 件、1430 件、978 件，其次是线控制动系统、驱动系统的失效模式分析与容错控制方法、转向系统的失效模式分析与容错控制方法，总申请量分别为 692 件、490 件、438 件。其余技术分支的总申请量均不足 400 件。线控转向系统的申请人中，蒂森克鲁伯普雷斯塔公司、丰田汽车株式会社的专利申请量在 300 件以上，日产汽车株式会社、株式会社万都、本田技研工业株式会社的专利申请量在 200-300 件之间，罗伯特博世有限公司、起亚汽车株式会社的专利申请量在 100-200 件之间，其余申请人在该技术分支的专利

申请量均在 100 件以下。线控悬架系统的申请人中，日产自动车株式会社的专利申请量为 346 件，起亚自动车株式会社、丰田自动车株式会社的专利申请量在 200-300 件之间，株式会社万都、福特全球技术公司的专利申请量在 100-200 件之间，其余申请人在该技术分支的专利申请量均在 100 件以下。制动系统的失效模式分析与容错控制方法的申请人中，丰田自动车株式会社的专利申请量为 317 件，株式会社万都、起亚自动车株式会社、罗伯特博世有限公司的专利申请量在 100-200 件之间，其余申请人在该技术分支的专利申请量均在 100 件以下。线控制动系统的申请人中，CONTINENTAL TEVES AG AND CO.OHG 的专利申请量为 314 件，远超其余申请人，其余申请人在该技术分支的专利申请量均在 100 件以下。

丰田自动车株式会社一直是自动驾驶和智能底盘技术的领先者之一。其在智行底盘技术方面取得了一系列成就，包括开发了一些先进的智能底盘系统，如车辆动态控制系统（VDIM）、车辆稳定控制系统（VSC）、主动转向辅助系统（TAS）等，这些技术有助于提高车辆的稳定性、安全性和驾驶体验，并为自动驾驶技术的发展提供了坚实基础。该企业重点关注的技术分支包括制动系统的失效模式分析与容错控制方法、线控转向系统、线控悬架系统、驱动系统的失效模式分析与容错控制方法，申请量分别为 317 件、309 件、222 件、154 件，在其余技术分支的申请量均不足 100 件。日产自动车株式会社的专利申请重点关注线控悬架系统、线控转向系统，申请量分别为 346 件和 295 件，在其余技术分支的专利申请量均不足 100 件。起亚自动车株式会社的专利申请重点关注线控悬架系统、线控转向系统、驱动系统的失效模式分析与容错控制方法、制动系统的失效模式分析与容错控制方法，申请量在 100-300 件之间，在其余技术分支的专利申请量均不足 100 件。株式会社万都的专利申请重点关注线控转向系统、线控悬架系统和制动系统的失效模式分析与容错控制方法，申请量在 100-300 件之间，在其余技术分支的专利申请量均不足 100 件。CONTINENTAL TEVES AG AND CO.OHG 的专利重点关注线控制动系统，申请量为 314 件，在其余技术分支的专利申请量不足 50 件。蒂森克鲁伯普雷斯塔公司的专利申请重点关注线控转向系统，申请量为 357 件，除在转向系统的失效模式分析与容错控制方法有 55 件申请外，在其余技术分支的专利申请量均不

足 10 件。

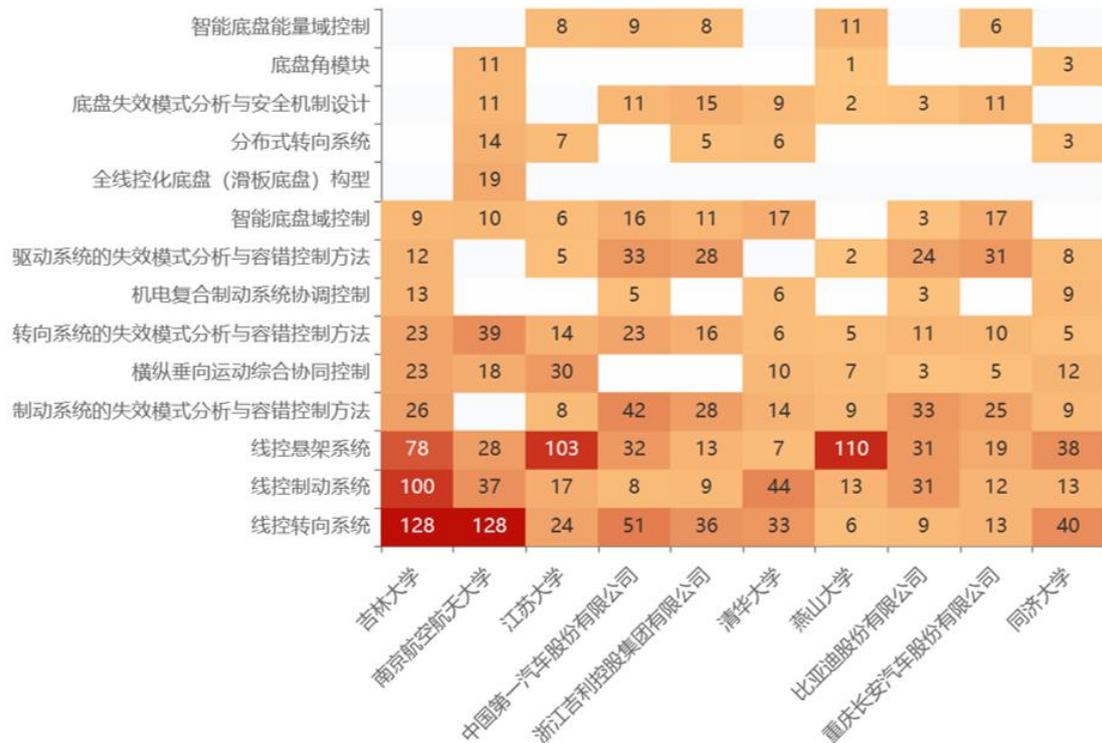


图 3-2 中国创新主体技术分布

与国外创新主体技术分布略有不同，国内创新主体的技术分布主要集中于线控转向系统、线控悬架系统、线控制动系统，总申请量分别为 468 件、459 件、284 件，在其余技术分支的专利申请量均不足 200 件。且国内智行底盘技术的专利大部分掌握在高校申请人手中。线控转向系统的申请人中，吉林大学、南京航空航天大学各有 128 件专利申请，中国第一汽车股份有限公司的专利申请量为 51 件，其余申请人的专利申请均不足 50 件。线控悬架系统申请人中，前三位分别是燕山大学、江苏大学、吉林大学，专利申请量分别为 110 件、103 件、78 件，其余申请人的专利申请均不足 50 件。线控制动系统的申请人中，吉林大学以 100 件的申请量位居首位，远超其余申请人，其余申请人的专利申请均不足 50 件。

吉林大学车辆工程作为吉林大学的招牌专业，从创立至今一直占据全国第一的位置，凭借着几十年的汽车领域研究底蕴以及国家对吉林大学车辆工程的重视，吉林大学车辆工程一直保持着超高能力处于亚洲第一的位置。吉林大学车辆工程学科主要研究方向为汽车动态仿真与控制、汽车系统动力学、汽车地

面系统分析与控制、混合动力汽车驱动理论及控制技术、汽车自动变速理论与控制技术、车辆现代设计理论与方法、汽车振动与噪声分析及控制。吉林大学在智行底盘技术领域的专利申请集中于线控转向系统、线控制动系统，专利申请量分别为 128 件、100 件，其次是线控悬架系统，申请量为 78 件，在其余技术分支的专利申请量均不足 30 件。

南京航空航天大学车辆工程专业是该校重视发展的专业之一，是国家级一流本科专业建设点。该专业依托机械工程和航空航天技术，以汽车总体设计、汽车系统动力学、汽车振动与噪声控制、汽车电子技术、新能源汽车为特色，是车辆工程专业高级人才培养的摇篮，长期以来一直以其严谨的教学和雄厚的科研实力在汽车、航空航天等领域取得了非常显著的成就。南京航空航天大学的专利申请集中于线控转向系统，申请量为 128 件；其次是转向系统的失效模式分析与容错方法控制、线控制动系统，申请量分别为 39 件和 37 件；在其余技术分支的专利申请量均不足 30 件。

江苏大学是以工科为特色的教学研究型综合性大学，其车辆工程专业为国家特色专业和江苏省品牌专业，新能源汽车学科是江苏省优势学科。学校拥有混合动力车辆技术国家地方联合工程研究中心。江苏大学车辆工程学科的主要研究方向为车辆及零部件现代设计与试验技术、车辆振动噪声控制、车辆安全与节能技术、车辆电子控制技术、车辆结构动态设计与轻量化技术、混合动力和纯电动汽车整车匹配及关键零部件技术等。江苏大学的专利申请集中于线控悬架系统，申请量为 103 件；其次是横纵垂向运动综合协同控制，申请量为 30 件；在其余技术分支的专利申请量均不足 30 件。

燕山大学是河北省人民政府、教育部、工业和信息化部、国家国防科技工业局四方共建的全国重点大学。该校车辆与能源学院成立于 2004 年 2 月，学院以车辆工程为学科特色，车辆工程学科为国家重点学科，车辆工程专业通过国家工程教育专业认证并入选国家一流本科专业建设点，设有教育部卓越工程师培训计划，车辆工程实验室是河北省实验教学示范中心和国家级工程实践教育中心，建有河北省特种运载装备重点实验室。燕山大学的专利申请集中于线控悬架系统，在其余技术分支的专利申请量均不足 30 件。

中国第一汽车股份有限公司是中国第一汽车集团有限公司（简称一汽集团）

的全资子公司。一汽集团是国有特大型汽车企业集团，1956 年建成投产并制造出新中国第一辆卡车（解放牌），1958 年制造出新中国第一辆小轿车（东风牌）和第一辆高级轿车（红旗牌）。一汽集团拥有红旗、解放、奔腾等自主品牌和大众、奥迪、捷达、丰田等合资品牌，建立了东北、华北、华东、华南、西南等五大生产基地，构建了全球化研发布局。一汽股份在线控转向系统的专利申请量为 51 件，在制动系统的失效模式分析与容错控制方法、驱动系统的失效模式分析与容错控制方法、线控悬架系统三个技术分支分别有 42 件、33 件、32 件专利申请，在其余技术分支的专利申请量均不足 30 件。

3.1.2 主要创新主体简介

3.1.2.1 创新主体摸排及说明

此部分以前期专利检索和外部信息查询情况为基础，同时兼顾课题组重点关注竞争对手，对部分重点申请人及其相关主体进行摸排，并在此基础上对相关主体的关联情况进行说明。

(1) 大陆集团

大陆集团于 1871 年始建于德国汉诺威，是全球领先的汽车零部件供应商之一。大陆集团旗下拥有汽车子集团、轮胎子集团、康迪泰克子集团。其发展历程如下表所示。

表 3-2 大陆集团发展历程

年份	事件
1871 年	10 月 8 日，Continental-Caoutchouc- und Gut-ta-Percha Compagnie 作为股份制公司在德国汉诺威成立。
1998 年	以 19.3 亿欧元收购美国 ITT 公司的刹车和底盘部门（其核心是法兰克福的 Alfred Teves GmbH 公司），将业务拓展到了 ABS 和 ESP 等领域。
2000 年	大陆集团和日本日清纺株式会社共同成立一家合资企业（大陆特威斯公司），为日本和韩国市场供应制动和底盘系统。
2001 年	大陆集团获得了 Temic 公司的控股权，增强了其在快速增长的汽车电子产品市场的业务，并将其划归为大陆汽车系统（Continental Automotive Systems）的一部分。
2006 年	收购了摩托罗拉的汽车电子部门，拓展了车载智能通信系统的技术。
2007 年	大陆集团收购西门子威迪欧汽车股份公司（Siemens VDO），从而跻身世界汽车行业五大供应商之列，同时极大地巩固了自身在欧洲、北美和亚洲的市场地位。

年份	事件
2009年	大陆集团获得 斯洛伐克 Continental MatadorRubbers.r.o. 公司的大部分股权，扩大了在中欧和东欧的市场地位。
2009年	位于上海的新的亚洲总部和研发中心正式成立，该中心是集团在中国和亚洲业务拓展的又一重要里程碑。
2015年	以6亿欧元收购自动驾驶软件公司 Elektrobit Automotive ，扩展了汽车系统和软件方面的能力。该公司主要针对复杂的行车功能如高级驾驶员辅助系统、信息娱乐系统等，开发高效的解决方案。
2021年	大陆集团动力总成事业部独立运营，成立 纬湃科技 (Vitesco Technologies) ，成为汽车电驱动系统及内燃机零部件制造商

大陆集团在中国的相关主体如下表所示：

表 3-3 大陆集团相关主体说明

序号	相关主体	主要产品	控股情况
1	大陆汽车电子（长春）有限公司	传感器、发动机管理系统、电子控制单元、ABS 电子制动装置	大陆集团 100%
2	大陆汽车研发（重庆）有限公司	汽车电子产品应用、新能源汽车和工业领域应用产品和解决方案	大陆集团 100%
3	大陆汽车电子（济南）有限公司	车身传感器控制装置、仪表元件等	大陆集团 100%
4	陆博汽车电子（曲阜）有限公司	汽车电子传感器	大陆集团 60%
5	大陆汽车车身电子系统（芜湖）有限公司	乘用车的接触式控制、采暖、通风和空调控制单元、中控辅助显示、彩色抬头显示器、汽车仪表零部件、装饰与功能型注塑部件、表牌、印刷电路板组合、后处理系统	大陆集团 100%
6	大陆汽车系统（常熟）有限公司	制动钳、鼓式制动器	大陆集团 100%
7	大陆汽车电子（连云港）有限公司（恩佳升（连云港）电子有限公司、升德升（连云港）电子有限公司）	ABS 防滑制动系统传感器、传感器线圈、电源装置及其他车用传感器、汽车用主动与被动式安全系统产品	大陆集团 64.6817%
8	上海汽车制动系统有限公司	电子制动系统、ABS/TCS/ESP、液压制动系统、制动钳、制动助力器和总缸、刹车软管	大陆集团 49%
9	纬湃汽车电子（芜湖）有限公司（大陆汽车电子（芜湖）有限公司）	组合仪表、供油系统、节气门体、总速稳定控制阀等	纬湃科技 100%

序号	相关主体	主要产品	控股情况
10	纬湃汽车电子（长春）有限公司（世倍特汽车电子（长春）有限公司）	发动机电子控制系统等	纬湃科技 100%
11	纬湃汽车电子（天津）有限公司（大陆汽车系统（天津）有限公司）	汽车控制、车身电子和车载通讯系统在内的汽车电子产品	纬湃科技 100%
12	大陆泰密克汽车系统（上海）有限公司（上海泰密克电子有限公司）	电子制动系统、车身电子、电子驱动、底盘及动力总成系统	康迪泰密克 100%
13	康迪泰克（中国）橡塑技术有限公司	橡胶管及管路、空气弹簧、振动和噪声控制橡胶零部件	康迪泰克 100%

（2）舍弗勒

舍弗勒集团是一家来自德国的家族企业，创立于 1946 年。作为一家专注驱动技术的科技公司，舍弗勒集团提供覆盖整个动力总成及底盘应用的高精密部件与系统，以及广泛应用于工业领域的滚动轴承和滑动轴承解决方案。1999 年，舍弗勒收购离合器龙头 LuK 公司，2001 年，接管 FAG 两合公司，成为世界第二大滚动轴承制造商和膜片弹簧离合器制造商龙头。2003 年舍弗勒集团成立，INA、LuK 和 FAG 三大品牌战略布局形成，产业快速扩张，产品线从轴承制造扩展至汽车总成领域，涵盖高精密汽车发动机、变速箱和底盘部件与系统加工，成为全球知名的综合性汽车和工业产品供应商。2021 年，舍弗勒收购 BEGA 国际公司，是积极扩展轴承全生命周期服务产品组合方面的又一重要举措。2022 年，舍弗勒收购 Melior Motion 公司强化机器人业务；同年，舍弗勒收购伊维莱进一步扩大工业业务在线性技术领域的发展布局。

中国市场方面，舍弗勒分别在苏州、南京、太仓、上海、宁夏、湘潭、长沙等地设立分子公司，但这些公司尚未有专利布局。

舍弗勒方面，本次关注的相关主体如下表所示：

表 3-4 舍弗勒集团-相关主体说明

序号	相关主体	主要产品	控股情况
1	伊维莱公司（Ewellix）	线性运动和驱动产品及解决方案	未知
2	FAG	滚珠轴承	未知

3	BEGA 国际公司	滚珠轴承安装和拆卸专用工具制造	舍弗勒 100%
4	Melior Motion 公司	精密齿轮箱	舍弗勒 100%

(3) 一汽集团

中国第一汽车集团有限公司前身为第一汽车制造厂，于 1953 年 7 月 15 日奠基。经过六十多年的发展，一汽集团已成为年产销 300 万辆级的国有大型汽车企业集团，产销总量始终位列行业第一阵营。一汽集团拥有职能部门 26 个，分公司 6 个，全资子公司 9 个，控股子公司 5 个，参股子公司 24 个，并设有东欧、南非、坦桑等 4 家海外子公司，建有南非、坦桑等 21 个 KD 生产基地。其中，一汽股份拥有分公司 8 个，全资子公司 14 个，控股子公司 12 个，参股子公司 8 个。一汽集团方面，本次关注的相关主体如下表所示：

表 3-5 一汽集团相关主体说明

序号	相关主体	主要产品	控股情况
1	中国第一汽车股份有限公司	整车及关键零部件	一汽集团 99.6154%
2	一汽（南京）科技开发有限公司	自动驾驶、智能交互、大数据的软件开发	一汽集团 100%
3	中国第一汽车股份有限公司无锡油泵油嘴研究所	汽车发动机和燃料喷射系统研究开发	一汽股份 100%
4	长春汽车检测中心有限责任公司（长春汽车检测中心有限责任公司）	汽车整车、被动安全、总成与零部件、排放与节能、新能源汽车、智能网联汽车等领域检验检测	一汽集团 85.365%； 一汽解放 14.635%
5	无锡泽根弹簧有限公司	发动机气门弹簧、燃油系统弹簧	一汽集团 59.9985%
6	启明信息技术股份有限公司（长春一汽启明信息技术股份有限公司、长春一汽启明信息技术有限公司）	数字化解决方案	一汽集团 48.67%
7	吉林省汽车零部件研发中心有限公司	汽车零部件产品和非标设备研发	一汽集团 32.252%
8	一汽铸造有限公司	汽车铸锻件	一汽股份 100%
9	一汽模具制造有限公司	车身模具和焊装制造	一汽股份 100%
10	一汽奔腾汽车股份有限公司（一汽奔腾汽车股份有限公司）	整车及零部件	一汽股份 100%
11	一汽解放集团股份有限公司（一汽解放集团股份有限公司）	乘用车及配件	一汽股份 82.92%； 一汽奔腾 16.92%

序号	相关主体	主要产品	控股情况
	司)		
12	一汽—大众汽车有限公司	整车及零部件	一汽股份 60%
13	一汽红塔云南汽车制造有限公司(一汽通用红塔云南汽车制造有限公司)	商用汽车制造	一汽股份 50.5%
14	一汽丰田汽车有限公司(天津一汽丰田汽车有限公司)	整车及零部件	一汽股份 50%

3.1.2.2 创新主体简介一览

此部分主要从检索到的官网/公众号中提取公司简介¹，对各主体情况进行简要说明²。具体如下：

表 3-6 相关主体简介

相关主体	简介
大陆集团	<p>大陆集团是德国运输行业制造商，其自动驾驶及安全事业群专注于开发和生产支持车辆动态管理的主被动安全技术及产品。产品包括电子与液压制动系统、底盘控制系统、传感器、高级驾驶辅助系统、安全气囊电子系统与传感器电子产品、电子空气悬架系统、挡风玻璃洗涤系统及大灯清洗喷嘴。</p> <p>大陆集团的创新技术包括线控制动、干式制动，底盘域融合以及安全与动态控制软件技术等。</p>
舍弗勒	<p>舍弗勒是德国一家专注驱动技术的科技公司，提供覆盖整个动力总成及底盘应用的高精密部件与系统，以及工业领域的滚动轴承和滑动轴承解决方案。汽车科技事业部为新型发动机技术、燃料电池、混合动力、纯电驱动系统以及底盘技术等提供创新部件和系统解决方案。汽车售后市场部负责舍弗勒全球的汽车零配件替换业务，其中包括底盘解决方案。</p> <p>舍弗勒线控转向技术已经在市场上应用超过 20 年，成功应用于乘用车、商用车及无人驾驶车辆，是一项安全可靠的技术。在此基础上，加上企业强大的机电一体化能力，舍弗勒开发了一系列智能线控底盘产品，包括智能后轮转向系统 iRWS、用于商用车的电控液压转向统 EHPS 以及集成 90° 转向系统的智能线控角模块 iCorner 等。这些线控转向技术可应用于前轮转向、后轮转向及一系列智能化底盘系统中，助力自动驾驶发展。</p> <p>舍弗勒的重要优势之一是其线控转向技术采用多重冗余设计，通过了严格的 ISO 26262 功能安全认证和公共道路安全许可。这一优势在其当前重点开发的满足商用车自动驾驶需求的电控液压转向统 EHPS 产品中显得格外突出。</p>

¹ 部分公司结合了少量外部信息

² 主要依据公司官方的外宣内容和介绍，主要提取客观表述，但不官方披露的内容真实性进行核查

相关主体	简介
一汽集团	<p>一汽集团是国有特大型汽车企业集团，在空气悬架、冗余转向和集成制动控制的自主创新上取得了突破成果，下一步将在全主动悬架，线控转向和线控制动上实现引领突破，并借助大数据、5G、元宇宙等技术联合智能座舱给用户带来全新场景的驾乘体验。</p> <p>根据一汽集团官网信息，其核心技术包括：（1）红旗的全主动悬架系统采用全主动作动器和主动力控制两大核心技术。（2）红旗空气弹簧首创的“多通道隔振空气弹簧技术”，通过创新结构设计、优化材料性能等多通道解耦方式，完成空气弹簧在不同振幅和频率激励下的解耦设计，最大限度实现了空气弹簧性能的“扬长补短”。</p>

3.2 自动轮智行底盘技术竞争对手分析

3.2.1 竞争对手专利情报分析

3.2.1.1 专利整体情况对比

此部分对各主体的专利整体情况进行扫描。从申请件数、申请项数、件项比；有效量、在审量、有效量占比、在审量占比等角度出发，对整体情况进行总览。其中，**申请件数**直观体现申请人的申请情况；**申请项数**则更直观反映专利技术产出情况，一个简单专利族（及其记载的专利技术）仅统计一次，排除同一项专利技术在多国布局导致的重复计数；**件项比**统计申请件数和申请项数之间的比值（即：一个简单专利族内的平均专利件数），件项比越高说明该分支的同族专利布局国家可能越多，同族专利布局现象可能越普遍；**有效量**统计“已获得授权，且当前仍维持有效的专利件数”，这些专利可能涉及侵权问题，具备一定风险，对于有效量高的主体可以针对性进行风险预警；**在审量**统计当前“仍在审查阶段的申请件数”，这些专利后续仍有一定的授权可能性，对于在审量高的主体可以进行适当关注和跟踪；**有效量占比及在审量占比**主要从比例的角度出发，将有效量、在审量置于该主体全量专利申请中进行衡量，衡平申请基数对有效、在审情况带来的影响。

表 3-7 重点申请人专利整体情况对比

创新主体	全球申请量: 件	中国申请量: 件	申请量: 项	件项比 (件/项)	有效量: 件	有效量占比: %	在审量: 件	在审量占比: %
吉林大学	351	348	348	1.01	117	▲ 33.33	70	▲ 19.94
南京航空航天大学	233	211	213	1.09	150	▲ 64.38	42	▲ 18.03
中国第一汽车股份有限公司	192	179	179	1.07	73	▲ 38.02	88	▲ 45.83
江苏大学	179	168	169	1.06	116	▲ 64.80	34	▲ 18.99
浙江吉利控股集团有限公司	152	147	147	1.03	59	▲ 38.82	68	▲ 44.74
丰田汽车株式会社	1203	134	559	▲ 2.15	300	24.94	113	9.39
日产汽车株式会社	927	44	449	▲ 2.06	204	22.01	9	0.97
起亚汽车株式会社	865	43	553	1.56	322	▲ 37.23	143	16.53
株式会社万都	715	93	361	▲ 1.98	275	▲ 38.46	202	▲ 28.25
罗伯特博世有限公司	634	56	224	▲ 2.83	81	12.78	132	▲ 20.82
总计/均值	5451	1423	3202	1.70	1697	31.13	901	16.53

（1）国内重点申请人情况

如上图所示，从申请件数、申请项数以及件项比来看，国内申请人的专利主要布局在本土，海外专利申请相对较少；同时，件项比基本都在 1 件/项左右浮动，低于重点申请人平均水平（1.7 件/项）。聚焦具体的专利申请情况，吉林大学的申请量较为突出，全球申请量为 351 件；南京航空航天大学的全球申请量为 233 件；中国第一汽车股份有限公司、江苏大学、浙江吉利控股集团有限公司的全球申请量均在 150-200 件之间。

从有效量、在审量及对应占比来看，国内申请人的有效量、在审量占比均较为突出，均高于重点申请人平均水平（31.13%和 16.57%）。聚焦到具体的有效和在审量情况，吉林大学的申请基数较大，但其有效量占比在国内主体中最低，在审占比处于中间位置；南京航空航天大学、江苏大学的专利有效量较为突出，均在 60%以上，但其在审量均在 20%以下；中国第一汽车股份有限公司、浙江吉利控股集团有限公司的有效量占比分别为 38.02%、38.82%，处于国内主体中间位置，但二者的在审量占比均高于 40%，表明其创新活力较高。

（2）国外重点申请人情况

仍以上图为关注重点，从申请件数、申请项数以及件项比来看，国外申请人的海外专利布局情况优于国内，除起亚自动车株式会社外，其余申请人件项比均高于重点申请人平均水平（1.7 件/项）；罗伯特博世有限公司的件项比更是突破 2.8 件/项。聚焦具体的专利申请情况，

丰田自动车株式会社的全球专利申请量突破 1200 件（丰田：1203 件）；日产自动车株式会社、起亚自动车株式会社全球申请量则在 800 件以上（日产：972 件；起亚：865 件）；株式会社万都、罗伯特博世有限公司的全球申请量均在 600 件以上（万都：715 件；罗伯特博世：634 件）。

从有效量、在审量及对应占比来看，除起亚自动车株式会社、株式会社万都万，其余国外申请人的有效量占比均低于重点申请人平均水平（31.13%）；在审量方面仅有株式会社万都、罗伯特博世有限公司高于重点申请人平均水平（16.57%）。聚焦到具体的有效和在审量情况，相比其他国外申请人，株式会社万都的有效量和在审量占比具备一定优势（分别为 275 件、202 件）；起亚自动车株式会社的有效量在国外主体中最高，但在审量不及株式会社万都；罗

伯特博世有限公司的有效量最低，但其在审量仅次于起亚和万都。日产汽车株式会社的在审量最低，仅有9件在审，同时其有效量也处于较低水平，仅高于罗伯特博世。

3.2.1.2 专利申请趋势对比

此部分对各主体的专利申请趋势进行统计，以年份为线索，梳理主体的专利申请动向。

表 3-8 重点申请人专利申请态势对比

申请年区间	吉林大学	南京航空航天大学	江苏大学	中国第一汽车股份有限公司	浙江吉利控股集团有限公司	最早申请年份				
						1974年	1973年	1992年	1994年	1971年
						丰田汽车株式会社	日产汽车株式会社	起亚汽车株式会社	株式会社万都	罗伯特博世有限公司
1970-1979						7	9			10
1980-1989						80	31			47
1990-1999						227	305	121		135
2000						13	9	15	21	26
2001						29	10	14	13	29
2002						17	13	19	6	27
2003						29	8	25		12
2004	2		1			40	7	16	19	2
2005						44	20	26	18	1
2006	1			1		61	50	33	27	1
2007	1		1			46	43	31	22	6
2008	3					36	51	29	20	11
2009	3	1	1			33	17	16	16	12
2010	4	1	4		1	15	18	29	12	14
2011	7		1		5	20	21	42	10	21
2012	8		8	2	8	28	9	54	7	6
2013	5		17		8	26	31	34	2	12
2014	11	1	7	7	3	26	7	33	13	21
2015	27	5	9		1	42	80	22	32	13
2016	32	8	14	5	1	49	15	41	29	4
2017	53	26	22	10	4	71	33	41	48	10
2018	40	20	25	6	14	51	14	54	70	48
2019	35	50	32	17	21	55	17	34	66	39
2020	31	41	13	11	12	68	7	63	92	27
2021	24	35	12	20	7	54	2	45	54	36
2022	31	20	12	50	16	49	1	25	61	26
2023	28	24	22	59	56	8	2	3	11	18

(1) 国内重点申请人情况

如上图所示，从最早申请年份来看，国内申请人布局该领域的时间相对较晚，专利申请均在2004年及以后。其中，吉林大学、江苏大学的专利布局时间相对较早，最早的专利申请均在2004年；中国第一汽车股份有限公司、南京航空航天大学、浙江吉利控股集团有限公司则分别于2006年、2009年、2010年开始进行相关专利布局。

从专利申请的持续性和年申请量来看，吉林大学的专利申请持续性及年申请量最为突出，近20年内，除2005年外，每年都有专利申请，且自2014年至

今，其专利年申请量维持在 16-64 件之内，多年积累是吉林大学的专利申请量位居相对高位的理由。江苏大学的专利申请持续性及年申请量也较为突出，近 20 年内，只有少数年份断申，其余年份专利申请量维持在 1-32 件之内，且年申请量在 2017 年至 2019 年期间为 22-32 年之内。浙江吉利控股集团有限公司自 2010 年至 2023 年期间的专利持续性较好，且 2023 年达到 56 件。南京航空航天大学在 2017 年至 2023 年期间的专利申请量维持在 20-50 件之内，且专利申请持续性好。中国第一汽车股份有限公司自 2016 年至 2023 年的专利申请持续性较好，且在 2021 年申请量突破 20 件，2023 年达到 59 件。

(2) 国外重点申请人情况

仍以上图为关注重点，由于部分国外申请人的专利申请时间跨度较大，本次统计对 2000 年以前的专利申请进行了区段划分，以申请区段为单位进行数据展示（2000 年及以后的专利正常显示）。

从最早申请年份来看，早在上世纪 70 年代，国外申请人就已经开始在该领域进行专利布局。其中，罗伯特博世、日产、丰田最先进行专利申请（分别在 1971 年、1973 年和 1974 年）；起亚、万都先后在 1992 年和 1994 年开始进行相关专利布局。

从专利申请时间跨度、申请持续性和年申请量来看，丰田的专利申请时间跨度、持续性、年申请量最为突出，1980 年至 2022 年期间，年申请量维持在 13-71 件以内；日产的专利申请时间跨度、申请持续性较好，但年申请量只在 1980 年至 1999 年及 2005 年至 2010 年期间呈现量大且持续性好的特点，其余年份的专利申请量较为分散。起亚在 1990 年至 2022 年期间的专利持续性及年申请量较好，年专利申请量在 12-63 件之内。万都自 2000 年的专利申请持续性较好，其年申请量在 2015 年至 2022 年期间维持在 29-92 件之内，其余年份年专利申请量较少；但其年申请量差别较大，在 1980 年至 2002 年期间进行了持续且相对大量的专利申请，在 2003 年至 2017 年期间经历了小幅申请后，又在 2018 年开始进行持续大量申请，年申请量在 18-48 件之内。

3.2.1.3 专利布局地域对比

此部分对各主体的专利布局地域进行统计，以地域为线索，了解各申请人可能的市场布局情况。

表 3-9 重点申请人各局专利申请情况对比

创新主体	中国	美国	WIPO	EPO	德国	日本	韩国
吉林大学	348	2					
南京航空航天大学	211	5	14	1		1	1
江苏大学	168	3	5				
中国第一汽车股份有限公司	179		13				
浙江吉利控股集团有限公司	150	2	2	3		1	1
丰田自动车株式会社	134	196	42	78	153	534	21
日产自动车株式会社	44	165	31	74	161	390	13
起亚自动车株式会社	43	162	1	2	85	34	537
株式会社万都	93	126	24	22	99	9	343
罗伯特博世有限公司	56	78	65	43	252	72	13

具体分析，总体而言，国内申请人的海外专利布局意识相对薄弱。其中，南京航空航天大学、浙江吉利军均五局均进行了专利布局，同时进行了 PCT 申请，海外布局数量分别为 22 件和 9 件；南京航空航天大学更注重 PCT 申请，其 PCT 申请的布局量为 14 件，除本土外其他四局布局量只有 8 件；浙江吉利在出本土外的其他四局及 PCT 申请的布局量均在 2-3 件之内；吉林大学的海外专利只在美国进行了布局，申请量为 2 件；江苏大学在美国有 3 件专利布局，PCT 申请 5 件；中国一汽只进行了 PCT 申请，申请量为 13 件。

国外申请人的五局专利申请相对活跃，五个重点申请人在五局及德国均进行了专利布局，同时也都进行了 PCT 申请，布局范围较为广泛。丰田的海外专利布局更关注中国、美国、德国，在三个国家分别有 100 件以上的专利布局；日产的海外专利布局更关注美国和德国，专利布局量均在 160 件以上，其次是欧洲地区；起亚、万都的海外专利布局主要侧重于美国，其次是德国和中国；罗伯特博世的海外专利布局更侧重美国、日本，其 PCT 申请在五个重点申请人中最多。

表 3-10 部分重点申请人其他各局专利申请情况对比

创新主体	江苏大学	丰田汽车株式会社	日产汽车株式会社	起亚汽车株式会社	罗伯特博世有限公司
巴西		8	4		4
英国	3	8	7		10
加拿大		7	3	1	
俄罗斯		7	12		
西班牙		5			3
印度		4	4		2
马来西亚		3	2		
澳大利亚		2			
墨西哥			13		1
法国			3	18	
奥地利			1		1
意大利					8
捷克					2
波兰					2
瑞典					2
瑞士					1

对比部分重点申请人在其他各局的申请情况可以看出，其他各局中，英国是大部分申请人较为关注的布局地域，除起亚外的四个申请人都在英国进行了专利布局；其次是巴西、加拿大、印度，各有 3 个申请人进行了专利布局。

具体到各申请人，江苏大学只在英国进行了专利布局；丰田在巴西、英国等八个国家进行了专利布局，且布局量在 2-8 件之内；日产在巴西、英国等 9 个国家进行了专利布局，布局量在 1-13 件之间；起亚在加拿大和法国分别有 1 件、18 件的专利布局；罗伯特博世的专利布局最广，涉及 11 个国家，布局量在 1-10 件之间。

3.2.2 大陆集团专利情报分析

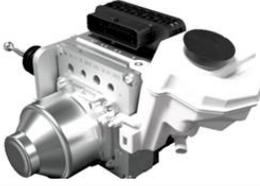
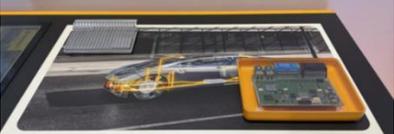
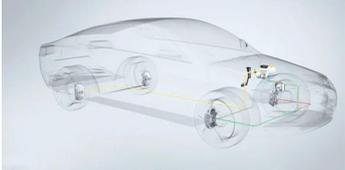
3.2.2.1 主要产品及技术

根据相关网站披露的内容，大陆集团的线控制动产品包括新一代线控电液制动系统 MK C1、One-box 全解耦线控制动系统（MK C2）等 MK Cx 系列产品、新一代电子稳定控制系统（ESC）MK 120 等。线控悬架产品包括 CAirS 线控空气弹簧组件。底盘控制方面，推出了可扩展底盘控制单元、车辆控制高性能计算单元 HPC 等产品。

针对自动驾驶场景，大陆集团推出了线控冗余制动解决方案（MK Cx HAD 冗余线控制动系统解决方案），并已经在极狐阿尔法 S 全新 HI 版车型上量产，可以在更短时间内缩短制动距离，还可以实现 100%的制动能量回收，帮助新能

源车平均多回收 160 瓦时的电能。³

表 3-11 大陆底盘系统产品信息摘录

产品名称	产品分类	链接	产品一览
线控制动产品	MK C1	https://mp.weixin.qq.com/s/vloah-mGLU6VdPJsueaM7w	
	MK C2	https://cont-product.smarket.net.cn/#/info/2311131141763980	
	MK 120 ESC	https://mp.weixin.qq.com/s/SjoTfkBbDcFfqUGfvJeKxw	
线控悬架产品	CAirS 线控空气弹簧组件	https://mp.weixin.qq.com/s/sBIC1MoqWIR-XrgNdAHxWw	
底盘控制产品	可扩展底盘控制单元	https://mp.weixin.qq.com/s/eA_9FwgDTByAZ1ir5BYXpw	
	车辆控制高性能计算单元 HPC	https://mp.weixin.qq.com/s/7LR2E_tMCErrJ5HQ_elk_Q	
底盘冗余解决方案	MK Cx HAD 冗余线控制动系统解决方案	https://mp.weixin.qq.com/s/K3OcUV070fXt3TzYcIstiQ	

大陆集团推动开发主要用于新架构的“未来制动系统”(FBS)，用于改进

³ <https://mp.weixin.qq.com/s/NQuebXHFvFR2odVFg9gecg>

车辆的架构。大陆集团的路线图从 FBS 0 到 FBS 3，展现了对于动态系统的制动控制进化过程，并描绘了通往前轴和后轴完全“干式”制动的路线。这个路线图的开端（FBS 0）是大陆集团备受赞誉的第二代线控制动系统 MK C2，它是通向所有“未来制动系统”的门户。FBS 1 是取消机械踏板，并用电子踏板取代，从而释放空间，但除此之外，依然靠液压制动。FBS 2 将是前制动卡钳仍由液压驱动，而后制动卡钳将变为电机驱动。完整的线控制动版本将是 FBS 3，其中液压系统将消失，采用完全的电子控制和电动卡钳。⁴

制动系统 OEM 合作方面，2023 年 4 月，大陆集团与零跑汽车正式签署战略合作框架协议，基于协议，双方将在零跑汽车的多款车型上搭载大陆集团的制动系统、被动安全传感器及集成安全解决方案等先进的产品和技术，同时双方将在智能代工服务方面加强战略合作。

3.2.2.2 技术分布

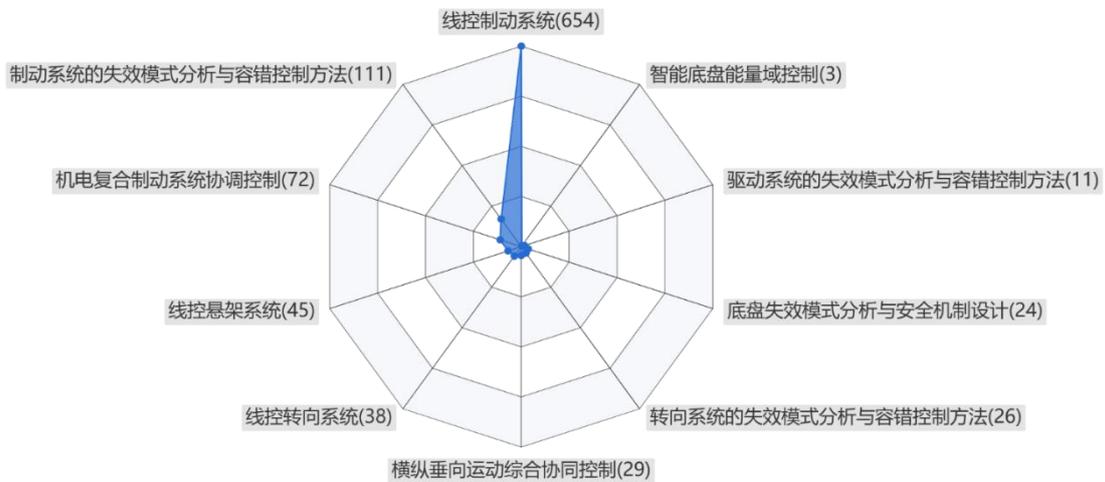


图 3-3 大陆集团专利技术布局

根据图 3-3 可知，大陆集团在本报告各技术分支上，研发重点主要集中在线控制动系统和制动系统的失效模式分析与容错控制方法的技术分支，其次依次聚焦在机电复合制动系统协调控制、线控悬架系统、线控转向系统、横纵垂向运动综合协同控制、转向系统的失效模式分析与容错控制方法、底盘失效模式分析与安全机制设计等技术分支，在其他技术分支技术产出相对较少。

⁴ https://mp.weixin.qq.com/s/dlheBcONoL_xhLMaoGRcZA

3.2.2.3 协同合作分析

大陆集团共 940 件专利，其中，独立申请共 776 件，集团内部合作或专利参与转让的专利申请量共 140 件，与集团外部企业协同合作的专利共 35 件。通过进一步分析，大陆集团通过转让收购 ITT 工业集团专利共 75 件，其他企业相对较少。

表 3-12 大陆集团协同合作情况

申请人数量		
1	大于1	
独立申请	集团内部合作/转让	集团外部合作
776	140	35

3.2.2.4 专利布局策略分析

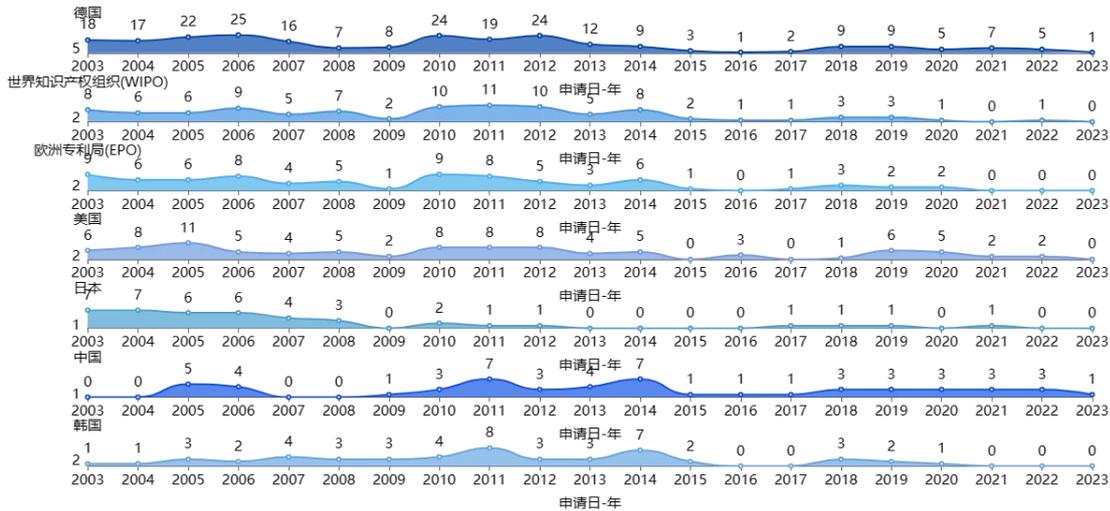


图 3-4 大陆集团专利布局地域策略

由图 3-4 大陆集团近二十年的专利局部地域分析可知，2003 年-2013 年间，大陆集团专利布局主要集中在德国，在 WIPO、EPO 和美国也布局相对较多；自 2014 年后在以上地域布局逐渐减少；大陆集团在 2003 年-2008 年间在日本的布局逐步减少，2008 年后在日本基本上无相关领域布局；大陆集团在中国的布局分别集中在 2005 年-2006 年、2010 年-2014 年、2018 年至今，呈波动式布局趋势；大陆集团在韩国的布局在 2003 年-2015 年间呈先增长后减少的趋势，并集中产出在 2011 年-2014 年间，近两年暂无布局。

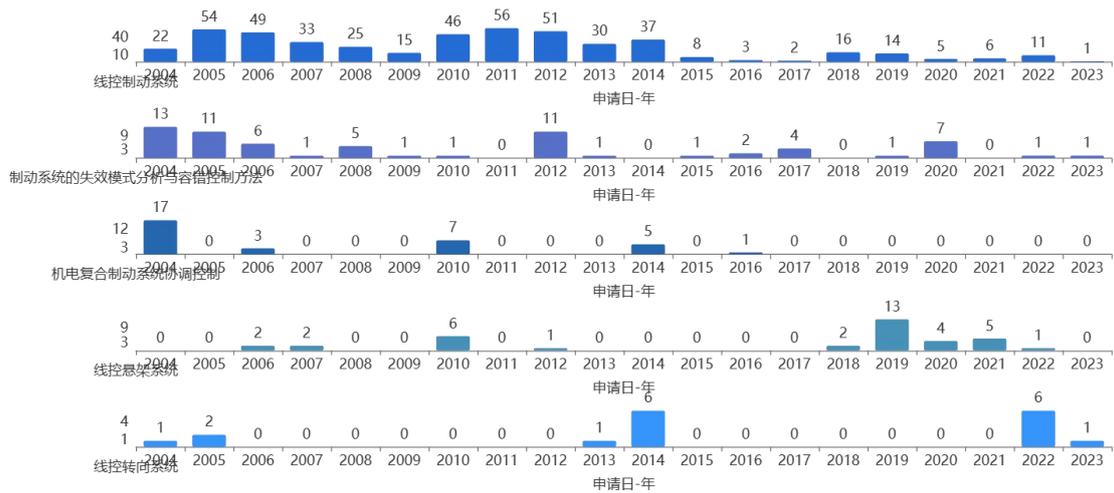


图 3-5 大陆集团热点技术布局策略

由图 3-5 大陆集团近二十年热点技术的布局策略可知，大陆集团 2004 年-2014 年间重点技术聚焦在线控制动系统和制动系统的失效模式分析与容错控制方法，2014 年后技术产出略有下降；但是，在 2018 年-2021 年间研究重点侧重于线控悬架系统；对于线控转向系统和机电复合制动系统协调控制两个技术方向间隔布局，2022 年-2023 年专利产出相对较多的是线控制动系统和线控转向系统。

3.2.2.5 重点专利解读

表 3-13 大陆集团重点专利列表

公开（公告）号	标题-原文	简单同族申请数量	简单同族国家/地区	引文申请号数量	施引专利申请号数量	法律有效性
US20100133897A1	Actuating Unit for a Motor Vehicle Brake System	6	奥地利 德国 欧洲专利局(EPO) 日本 美国 世界知识产权组织(WIPO)	14	6	失效
US20100200342A1	BRAKE SYSTEM OF THE BRAKE-BY-WIRE TYPE	7	奥地利 德国 欧洲专利局(EPO) 日本 美国 世界知识产权组织(WIPO)	11	8	失效
US20130049451A1	BRAKE SYSTEM FOR MOTOR VEHICLES	7	中国 德国 欧洲专利局(EPO) 韩国 美国 世界知识产权组织(WIPO)	14	6	有效

公开(公告)号	标题-原文	简单同族申请数量	简单同族国家/地区	引文申请号数量	施引专利申请号数量	法律有效性
US20140225425A1	Brake System for Motor Vehicles and Method for Operating the Brake System	5	德国 欧洲专利局(EPO) 美国 世界知识产权组织(WIPO)	24	41	失效
EP1654145A1	BREMSBETÄTIGUNGSEINHEIT ZUR BETÄTIGUNG EINER KRAFTFAHRZEUGBREMSANLAGE	3	德国 欧洲专利局(EPO) 世界知识产权组织(WIPO)	0	0	有效
DE102007049620A1	Bremsanlage für Kraftfahrzeuge	6	德国 欧洲专利局(EPO) 日本 美国 世界知识产权组织(WIPO)	4	21	失效
US20220024424A1	PREVENTING AUTOMATIC LEVELING DURING BATTERY REPLACEMENT	8	中国 德国 欧洲专利局(EPO) 英国 日本 韩国 美国 世界知识产权组织(WIPO)	20	0	有效
US20150061854A1	METHOD FOR PROVIDING HAPTIC INFORMATION TO THE DRIVER OF A MOTOR VEHICLE	3	德国 美国 世界知识产权组织(WIPO)	14	39	有效
JP2005532220A	ブレーキワイヤアクチュエータ	9	德国 欧洲专利局(EPO) 日本 美国 世界知识产权组织(WIPO)	10	22	失效
US20110291469A1	METHOD FOR OPERATING A BRAKE SYSTEM	9	中国 德国 欧洲专利局(EPO) 韩国 美国 世界知识产权组织(WIPO)	13	12	失效

公开(公告)号	标题-原文	简单同族申请数量	简单同族国家/地区	引文申请号数量	施引专利申请号数量	法律有效性
US635467 3B1	Arrangement for actuating a motor vehicle braking system	11	澳大利亚 中国 捷克 德国 欧洲专利局(EPO) 日本 韩国 美国 世界知识产权组织(WIPO)	11	13	失效
US200802 58545A1	Brake System for Motor Vehicles	8	德国 欧洲专利局(EPO) 日本 韩国 美国 世界知识产权组织(WIPO)	3	25	失效
US201601 52219A1	Method for Providing Haptic Information for a Driver of a Motor Vehicle, and Brake System	6	中国 德国 欧洲专利局(EPO) 韩国 美国 世界知识产权组织(WIPO)	19	24	失效
US200801 96983A1	Brake Actuating Unit For Actuating A Motor Vehicle Brake System	5	德国 日本 美国	3	21	失效
US200802 58546A1	Brake System For Motor Vehicles	8	德国 欧洲专利局(EPO) 日本 韩国 美国 世界知识产权组织(WIPO)	14	35	失效
US200800 17174A1	Electronic Control Unit for Motor Vehicle Braking Systems	7	德国 欧洲专利局(EPO) 日本 韩国 俄罗斯 美国 世界知识产权组织(WIPO)	0	23	失效
US201002 25159A1	Braking System For Motor Vehicles	6	德国 欧洲专利局(EPO) 日本 美国 世界知识产权组织(WIPO)	21	38	失效
US201200 07419A1	"BRAKE-BY-WIRE" TYPE BRAKE SYSTEM	5	德国 欧洲专利局(EPO) 美国 世界知识产权组织(WIPO)	33	27	有效

公开(公告)号	标题-原文	简单同族申请数量	简单同族国家/地区	引文申请号数量	施引专利申请号数量	法律有效性
US20140152085A1	Brake System for Motor Vehicles. and Method for Operating the Brake System	3	德国 美国 世界知识产权组织(WIPO)	46	62	有效
US20080257670A1	Brake System for Motor Vehicles	8	德国 欧洲专利局(EPO) 日本 韩国 美国 世界知识产权组织(WIPO)	6	39	失效
US20200317142A1	CAMERA ARM OF A CAMERA-BASED MIRROR SUBSTITUTE SYSTEM FOR A MOTOR VEHICLE	10	加拿大 中国 德国 欧洲专利局(EPO) 日本 韩国 墨西哥 美国 世界知识产权组织(WIPO)	34	3	有效
US20180099694A1	REDUNDANT STEERING CONTROLS FOR AUTOMATED DRIVING	6	中国 德国 欧洲专利局(EPO) 日本 美国 世界知识产权组织(WIPO)	7	10	失效
US6626271B1	Electrically controlled braking system and associated control method	7	德国 欧洲专利局(EPO) 日本 美国 世界知识产权组织(WIPO)	16	29	失效
US20140028084A1	Brake System for Motor Vehicles	5	德国 欧洲专利局(EPO) 美国 世界知识产权组织(WIPO)	51	63	有效
US20080150351A1	Device for Supplying Pressure to an Actuation Unit of a Motor Vehicle Braking System and Method for Controlling Said Device	13	奥地利 巴西 德国 欧洲专利局(EPO) 日本 韩国 墨西哥 俄罗斯 美国 世界知识产权组织(WIPO)	14	16	有效

公开(公告)号	标题-原文	简单同族申请数量	简单同族国家/地区	引文申请号数量	施引专利申请号数量	法律有效性
CN105473396A	用于机动车的制动系统	6	中国 德国 欧洲专利局(EPO) 韩国 美国 世界知识产权组织(WIPO)	5	17	失效
CN103140397A	制动系统及其运行方法	7	中国 德国 欧洲专利局(EPO) 韩国 美国 世界知识产权组织(WIPO)	5	2	有效
CN106416050A	用于控制制动系统的方法	6	中国 德国 欧洲专利局(EPO) 韩国 美国 世界知识产权组织(WIPO)	5	3	有效
CN104105626A	用于运行用于机动车的制动系统的方法以及制动系统	7	中国 德国 欧洲专利局(EPO) 韩国 美国 世界知识产权组织(WIPO)	7	15	失效
CN102933439A	用于控制电液式机动车制动系统的方法和装置	8	中国 德国 欧洲专利局(EPO) 日本 韩国 美国 世界知识产权组织(WIPO)	4	10	有效
CN104136291A	用于运行制动系统的方法及制动系统	7	中国 德国 欧洲专利局(EPO) 韩国 美国 世界知识产权组织(WIPO)	6	11	失效
CN103167977A	用于监控制动设备的方法以及制动设备	7	中国 德国 欧洲专利局(EPO) 韩国 美国 世界知识产权组织(WIPO)	7	18	有效
CN1864111A	用于安全关键调节的集成微处理器系统	12	奥地利 中国 德国 欧洲专利局(EPO) 西班牙 日本 韩国 俄罗斯 美国 世界知识产权组织(WIPO)	3	4	有效

公开(公告)号	标题-原文	简单同族申请数量	简单同族国家/地区	引文申请号数量	施引专利申请号数量	法律有效性
CN105026232A	制动操作单元	7	中国 德国 欧洲专利局(EPO) 韩国 美国 世界知识产权组织(WIPO)	9	17	有效
CN110621557A	制动系统以及用于运行制动系统的方法	9	中国 德国 欧洲专利局(EPO) 西班牙 匈牙利 韩国 美国 世界知识产权组织(WIPO)	5	1	有效
CN102822026A	机动车的制动系统	7	中国 德国 欧洲专利局(EPO) 韩国 美国 世界知识产权组织(WIPO)	11	4	有效
CN102099231A	用于机动车的制动系统	8	奥地利 中国 德国 欧洲专利局(EPO) 韩国 美国 世界知识产权组织(WIPO)	5	17	失效
CN106458192A	用于机动车的制动系统	7	中国 德国 欧洲专利局(EPO) 韩国 美国 世界知识产权组织(WIPO)	5	19	有效
CN110461667A	用于运行制动系统的方法和制动系统	7	中国 德国 欧洲专利局(EPO) 韩国 美国 世界知识产权组织(WIPO)	6	0	有效
CN104640752A	用于机动车的制动系统以及用于运行制动系统的方法	7	中国 德国 欧洲专利局(EPO) 韩国 美国 世界知识产权组织(WIPO)	6	18	有效
CN102933440A	用于控制机动车的制动系统的方法和电路	7	中国 德国 欧洲专利局(EPO) 韩国 美国 世界知识产权组织(WIPO)	6	5	有效

公开（公告）号	标题-原文	简单同族申请数量	简单同族国家/地区	引文申请号数量	施引专利申请号数量	法律有效性
CN102481914A	用于机动车的制动系统及其运行方法	6	中国 德国 欧洲专利局(EPO) 韩国 美国 世界知识产权组织(WIPO)	12	26	失效
CN105764759A	用于机动车的制动系统	7	中国 德国 欧洲专利局(EPO) 韩国 美国 世界知识产权组织(WIPO)	8	14	有效
CN101124111A	用于机动车辆的制动设备	6	中国 欧洲专利局(EPO) 日本 韩国 美国 世界知识产权组织(WIPO)	4	12	失效
CN103874609A	制动操作单元	13	巴西 中国 德国 欧洲专利局(EPO) 西班牙 匈牙利 印度 日本 韩国 俄罗斯 美国 世界知识产权组织(WIPO)	5	9	有效
CN102470851A	电子制动系统和操作电子制动系统的方法	7	中国 德国 欧洲专利局(EPO) 韩国 美国 世界知识产权组织(WIPO)	4	0	有效

根据表 3-13 可知，从技术价值角度，US20140028084A1、US20140152085A1 的专利引文和专利施引数量都较多，说明是对现有技术改进的核心专利，具有较高的影响力和技术价值。此外，US20140225425A1、US20150061854A1、US20080257670A1、US20100225159A1、US20080258546A1、US20120007419A1 以上专利的专利施引数量或专利引文的数量相对较多，同时分析其同族申请和布局国家，其同族申请数量有限，且技术主要布局在德国和美国、个别涉及韩国，在德国和美国具有较高的技术竞争力。

从经济价值角度，聚焦简单同族申请数量和简单同族布局国家/地区数量，US20080150351A1、CN103874609A、CN1864111A、US6354673B1、US20200317142A1 以上专利布局国家均不低于 8 个国家，且同族数量不低于 10

件，表明其市场可能占有域较广，具有较高的市场价值；同时，考虑其布局国家，除了德国和美国之外，以上专利还加大了在中国、奥地利、巴西、日本、西班牙、墨西哥、韩国、匈牙利、俄罗斯等国的全方位布局，可见其应用市场进一步拓宽。

3.2.3 舍弗勒专利情报分析

3.2.3.1 主要产品及技术

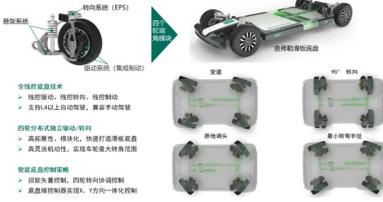
多年来，舍弗勒在底盘领域为汽车制造商提供一系列零部件产品，如轮毂轴承、悬架轴承、转向系统轴承、关节轴承等。2009年，舍弗勒利用公司模具制造部门的精密机械加工能力，开始批量生产滚柱丝杠驱动产品，开启了在底盘领域发展新方向。如今，滚柱丝杠已成为许多底盘系统不可或缺的部件，包括机电转向系统和制动器。随后，舍弗勒于2015年推出主动侧倾控制系统，这是公司首个用于提升驾乘舒适性的机电一体化系统，由精密机械部件、电机和电控单元组成，也是全球首款实现量产的底盘执行机构，涵盖12V和48V应用。2023年舍弗勒向市场推出首个专为商用车前轮转向打造的电液式助力转向系统。舍弗勒计划2025年前后开始投产线控转向系统关键零部件，随后将推出全集成的完整线控转向系统。⁵

根据舍弗勒官网及相关网站信息，舍弗勒在智能底盘领域持续发力，推出了一系列创新产品，覆盖零部件和系统解决方案，包括：滑板底盘（Rolling Chassis）、Space Drive 线控转向系统（已经发展了三代，最新产品为 Space Drive 3 Add-ON 系统）、智能后轮转向系统（iRWS）、冗余电动液压助力转向系统（e²HPS）等、智能线控一体化底盘、用于底盘悬架系统的可变阻尼减振器（VDS）、线控转向盘（HWA）、轮端转向器（RWA）、智能线控转向角模块⁶以及滚珠丝杠等。

⁵ https://www.schaeffler.cn/zh/news_media/press_releases/press_releases_detail.jsp?id=87944771

⁶ <https://mp.weixin.qq.com/s/QfUDp32RGdWNxpDtzTuqIQ>

表 3-14 舍弗勒底盘系统产品信息摘录

产品名称	链接	产品一览
滑板底盘 Rolling Chassis	https://mp.weixin.qq.com/s/hZMejkhHavlskqsDdafQw	 <p> 转向系统 (EPS) 制动系统 (集成制动) 悬架系统 合称数据底盘 变速箱 90° 转向 最小转弯半径 </p> <p> 全领域底盘技术 > 轻量化、轻量化、轻量化 > 支持4人以上自动驾驶、兼容手动驾驶 四轮分布式独立制动、转向 > 高延展性、模块化、快速打造薄板底盘 > 高灵活转向性，实现车宽最大转弯范围 智能底盘控制策略 > 国际权威标准、智能协同控制 > 高度集成化设计、一体化控制 </p>
Space Drive 线控转向系 统	https://mp.weixin.qq.com/s/G9c-WdGEqr03hZR-wDHWA	 <p>Space Drive 3 Add-ON 系统</p>
智能后轮转 向系统 (iRWS)	https://www.schaeffler.cn/zh/	
冗余电动液 压助力转向 系统 (e2HPS)	https://mp.weixin.qq.com/s/bGcNoeP1f3E6hDI0WPotyA	
智能线控一 体化底盘	https://mp.weixin.qq.com/s/Z10yyOeOkMHrULur4EYkjQ	
可变阻尼减 震器 (VDS)	https://mp.weixin.qq.com/s/6scoTUIxui3txKb1K-hnrg	

2019年，舍弗勒与湖南湘江新区管理委员会签署投资合作协议，成立舍弗勒智能驾驶科技（长沙）有限公司，并设立舍弗勒大中华区第二研发中心暨舍弗勒中国智能驾驶研究院，将旗下应用于智能驾驶的 Space Drive 线控技术、Mover 平台系统、90 度智能线控转向模块等底盘系统相关的机电一体化产品和

技术引进湖南湘江新区。

2023年11月，舍弗勒与吉利汽车旗下公司——杭州擎威科技有限公司签订战略合作协议。根据协议，双方将利用各自的资源和优势，在转向（尤其是线控转向）领域展开合作，开展从系统控制到核心零部件级解决方案的研发，携手打造安全、智能、极致的智能转向产品。通过合作，双方还致力于设定行业领先的质量和制造标准，共同推动智能线控转向技术的商业化应用。⁷

作为智能底盘核心零部件供应商，舍弗勒与中国汽车工程学会保持紧密的合作关系，目前正在参与《节能与新能源汽车技术路线图3.0》智能底盘专题编制与讨论。此外，舍弗勒还是团体标准《汽车智能底盘术语和定义》起草组成员之一，并积极参与智能底盘平台定义的编制和讨论。

3.2.3.2 技术分布

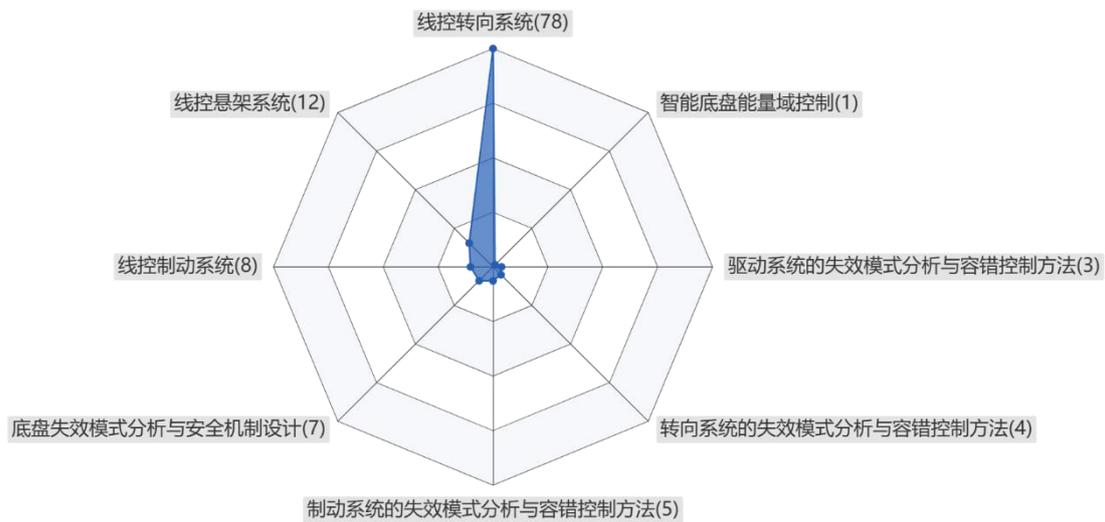


图 3-6 舍弗勒专利技术布局

根据图 3-6 可知，舍弗勒在本报告的各技术分支上研发重点主要集中在线控转向系统技术分支，其次依次聚焦在线控悬架系统、线控制动系统、底盘失效分析与安全机制设计、制动系统的失效模式分析与容错控制方法等技术分支，在其他技术分支技术产出相对较少。

3.2.3.3 协同合作分析

舍弗勒涉及本报告相关技术分支的专利共 115 件，其中，独立申请共 113

⁷ https://mp.weixin.qq.com/s/4_kdq5j3eHnneYUKZTsxxyA

件，合作申请共 2 件，协同合作的相关专利情况如下表所示：

表 3-15 舍弗勒协同合作专利概况

公开（公告）号	申请日	原始申请(专利权)人	标题-原文	法律有效性
DE10202112338 3B3	2021-09-09	舍弗勒技术股份两合公司 WILLI ELBE GELENKWELLEN GMBH & CO. KG	Lenkereinheit für ein Steer-by-wire- Lenksystem eines Kraftfahrzeugs	有效
WO2023036790 A1	2022-09-07	舍弗勒技术股份两合公司 WILLI ELBE GELENKWELLEN GMBH & CO. KG	LENKEREINHEIT FÜR EIN STEER- BY-WIRE- LENKSYSTEM EINES KRAFTFAHRZEU GS	PCT 指 定期内

3.2.3.4 专利布局策略分析

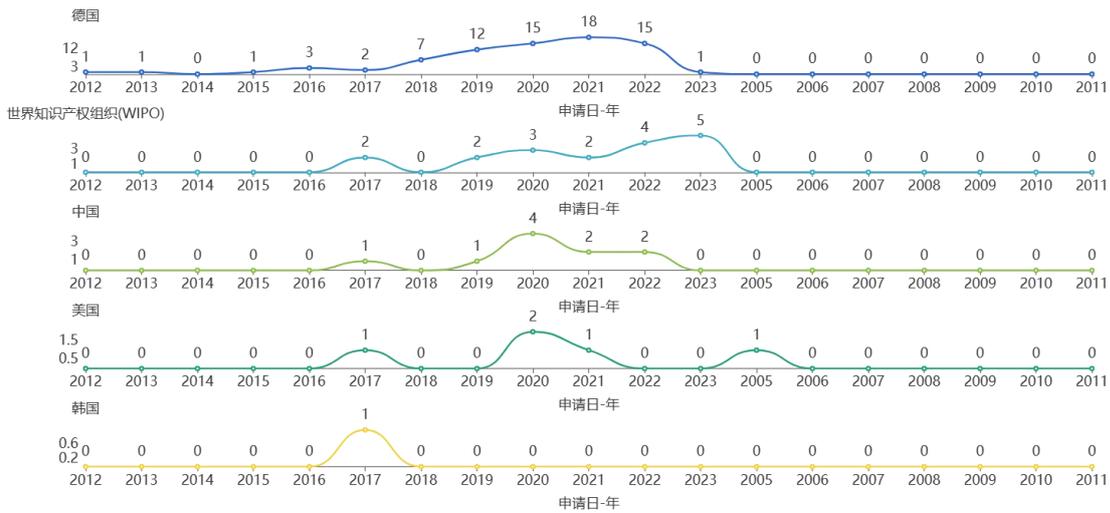


图 3-7 舍弗勒专利布局地域策略

由图 3-7 舍弗勒近二十年的专利布局地域分析可知，其专利布局主要集中在 2015-2023 年间，且主要集中在德国，在 WIPO 布局也相对集中；在中国的布局主要集中在 2017 年至今；在美国的布局分别集中于 2005 年、2017 年、2020-2021 年间，呈分散式布局；在韩国布局相对较少，主要集中在 2017 年。

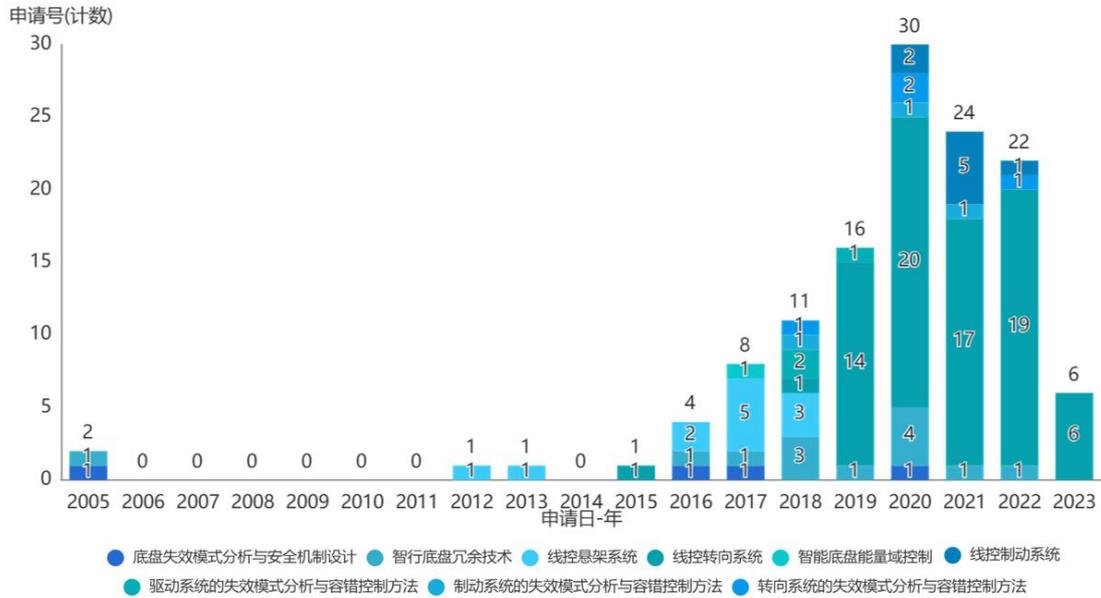


图 3-8 舍弗勒热点技术布局策略

由图 3-8 舍弗勒近二十年热点技术布局策略可知，其重点布局时间分布于近十年。其中，2012-2013 年研发重点在于线控悬架系统，其后分别涉及有底盘失效模式分析与安全机制设计、智能底盘能量域控制技术分支，近五年研究热点在于线控转向系统技术分支，且技术产出相对较多，对于转向系统/制动系统/驱动系统的失效模式分析与容错控制方法等技术分支也略有涉及。

3.2.3.5 重点专利解读

表 3-16 舍弗勒重点专利列表

公开（公告）号	标题-原文	简单同族申请数量	简单同族国家/地区	引文申请号数量	施引专利申请号数量	法律有效性
US596468 0A	Power train for a motor vehicle	9	巴西 德国 法国 英国 意大利 日本 挪威 俄罗斯 美国	11	29	失效
DE198152 60A1	Kraftfahrzeug	9	巴西 德国 法国 英国 意大利 日本 挪威 俄罗斯 美国	2	12	失效
US200502 12224A1	Roll stabilizer for the chassis of a motor vehicle	7	澳大利亚 德国 欧洲专利局 (EPO) 日本 美国 世界知识产	15	23	失效

公开(公告)号	标题-原文	简单同族申请数量	简单同族国家/地区	引文申请号数量	施引专利申请号数量	法律有效性
			权组织(WIPO)			
DE503103 82D1	WANKSTABILISATOR FÜR DAS FAHRWERK EINES KRAFTFAHRZEUGS	7	澳大利亚 德国 欧洲专利局(EPO) 日本 美国 世界知识产权组织(WIPO)	0	0	失效
DE503103 829T2	WANKSTABILISATOR FÜR DAS FAHRWERK EINES KRAFTFAHRZEUGS	7	澳大利亚 德国 欧洲专利局(EPO) 日本 美国 世界知识产权组织(WIPO)	0	0	失效
US201902 63211A1	ACTIVE WHEEL SUSPENSION ELEMENT	5	中国 德国 韩国 美国 世界知识产权组织(WIPO)	25	2	有效
CN11436 4947A	包括用于确定可线性移动部件的位置的测量装置的线性致动器	4	中国 德国 美国 世界知识产权组织(WIPO)	21	0	有效
US202203 24510A1	LINEAR ACTUATOR COMPRISING A MEASURING DEVICE FOR DETERMINING A POSITION OF A LINEARLY MOVEABLE COMPONENT	4	中国 德国 美国 世界知识产权组织(WIPO)	15	0	有效

公开（公告）号	标题-原文	简单同族申请数量	简单同族国家/地区	引文申请号数量	施引专利申请号数量	法律有效性
DE102012206337A1	Gelenkige Lagerung eines Radlagers zur Sturz- und/oder Spurverstellung	1	德国	8	44	失效

根据表 3-16 可知，从技术价值角度，DE102012206337A1、US5964680A、US20050212224A1 专利施引数量均大于 20 件，具有一定的影响力和技术价值。US20190263211A1、CN114364947A、US20050212224A1、US20220324510A1 以上专利的专利引文均不小于 15 件，属于对现有技术的改进，除 US20050212224A1 具有较高施引专利数量，属于基础专利；其他专利的施引专利数量都不足 3 件，属于改进专利。

从经济价值角度，聚焦简单同族申请数量和简单同族布局国家/地区数量，US5964680A、DE19815260A1、US20050212224A1、DE50310382D1、DE503103829T2 以上专利布局国家均不低于 6 个国家，且同族数量不低于 7 件，表明其市场可能占有域较广，具有较高的市场价值；同时，考虑其布局国家，舍弗勒的重点专利布局国家主要集中在德国、日本、美国和澳大利亚，此外，分别在巴西、法国、英国、意大利、挪威、俄罗斯等国也多有布局。但是，考虑其法律有效性可知，舍弗勒的重点专利失效率较高，专利维持度有待进一步加强。

3.3 吉林大学创新产出

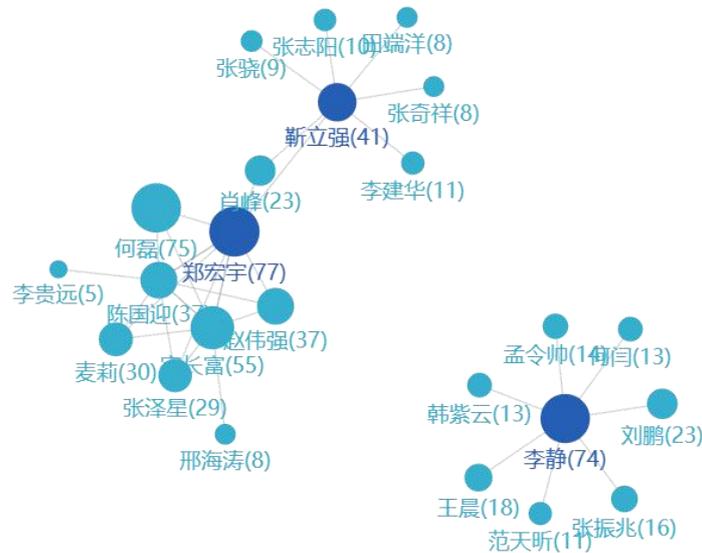


图 3-9 吉林大学主要发明人团队

根据图 3-9 分析可知，吉林大学的自动轮智行底盘技术领域主要发明人团队包括：郑宏宇团队、李静团队、靳立强团队等。结合表 3-19 所示三个课题组的技术布局方向可知，吉林大学的研发重点主要集中在线控转向系统、线控制动系统和线控悬架系统上三个技术分支上。其中，郑宏宇课题组在线控转向系统和线控悬架系统两个技术分支的研发成果颇为丰富，李静课题组的研究则更多地集中在线控制动系统和线控转向系统两个领域，而靳立强课题组的研究焦点主要聚集在线控转向系统这一分支上。

表 3-17 吉林大学主要发明团队研究方向

课题组技术分布	课题组合分技术布局	郑宏宇课题组	李静课题组	靳立强课题组
智行底盘构型技术	底盘与座舱分体技术			
	全线控化底盘(滑板底盘)构型			2
	线控制动系统	8	47	5
	线控转向系统	48	18	41
	线控悬架系统	19	9	9
	分布式转向系统	3		
	底盘角模块			20
智行底盘控制技术	智能底盘域控制		2	
	智能底盘能量域控制		1	1
	横纵垂向运动综合协同控制	5	4	2
	机电复合制动系统协调控制			2
智行底盘冗余技术	底盘失效模式分析与安全机制设计	1		1
	驱动系统的失效模式分析与容错控制方法	3	2	2
	转向系统的失效模式分析与容错控制方法	6		6
	制动系统的失效模式分析与容错控制方法	3	3	5

3.3.1 课题组概况

靳立强，吉林大学唐敖庆学者，领军教授/博士生导师。吉林大学自动轮智行底盘创新中心负责人、吉林大学长沙汽车创新研究院团队首席教授、长春市政协委员。靳立强教授专注于轮毂电机驱动汽车创新构型研究、汽车底盘动力学及核心电控系统研发。先后突破车辆电子稳定系统产业化、四驱控制技术产业化应用技术，所开发的 ESC 系统通过欧盟标准认证并出口。独创集成制动、转向、驱动、悬架等系统的自动轮技术，满足高承载、可靠耐久性要求。发表高水平学术论文 100 余篇，获发明专利授权 50 余项，承担重大科技项目 20 余项。完成行业合作项目多项并实现量产。⁸

靳立强教授领导的吉林大学自动轮模块及创新底盘构型与控制团队，由 3 名教授/博导、4 名副教授、10 余名博士组成。围绕自动轮模块及整车转矩矢量分配技术研发，在电动汽车整车构型创新、结构与轻量化、先进测试技术平台建设、整车域控制、线控转向/悬架、整车构型创新等方向进行团队合作攻关。团队与国内大部分主机厂、骨干零部件企业保持良好合作关系。

3.3.2 课题组资产盘点

智行底盘技术是吉林大学靳立强教授带领团队近 10 年重点研发积累的在国内外居领跑水平的技术，可实现车辆重载情况下的横行、斜行、直行、Oturn，Jturn 等功能，车辆稳定性可提升 50% 以上，整车成本降低 30% 以上。所研发的自动轮模块深度集成轮毂电机、线控制动、线控独立主销转向和主动悬架技术，包含主销转向总成、协同式电子制动总成、高集成度轮毂电机总成等智行底盘核心产品。结合团队在底盘动力学控制的研究积累，掌握与国外同类技术比肩的车辆稳定性控制关键技术并实现产业化，提出了弃用传统阿克曼理论的非线性动力学稳定控制方法，并建立了包含电驱扭矩矢量控制在内的底盘域多系统一体化控制技术体系，基于此实现智行底盘超级机动、超级节能、超级稳定等传统技术无法实现的性能指标。可在园区物流、客流运输、作业车辆等场景的率先产业化应用并具备替代现有电动汽车构型大规模应用的潜力。

⁸ <https://mp.weixin.qq.com/s/LS8MmVSEFTmRnrlPIYBwTA>

3.3.2.1 专利申请趋势

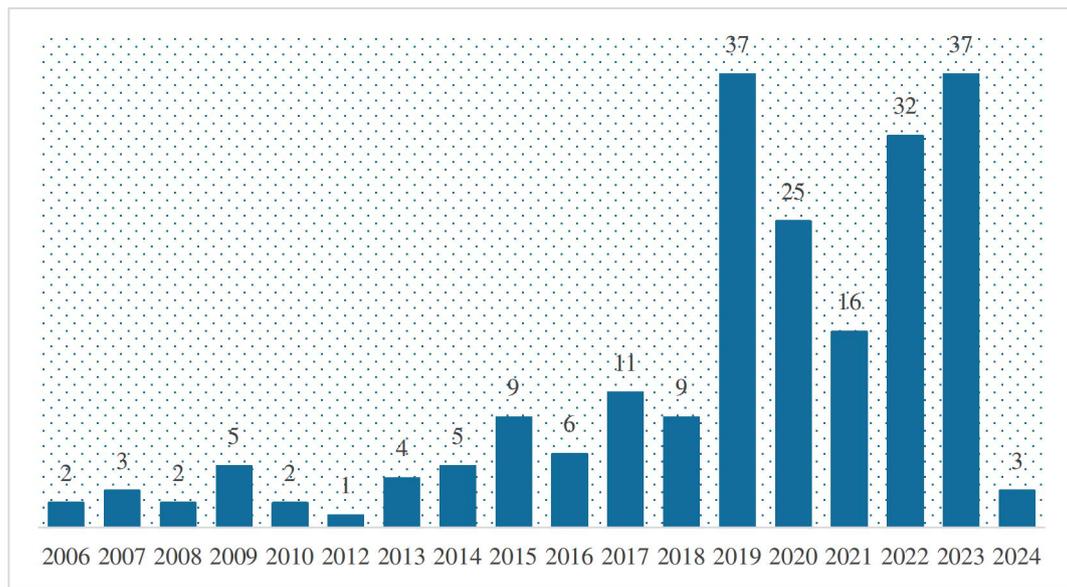


图 3-10 课题组专利申请趋势 (单位: 件)

由图 3-10 可知, 在 2006 年至 2012 年期间, 课题组的专利申请量整体相对较低; 自 2013 年起, 申请量开始逐渐增加, 尤其是 2019 年至今, 每年的专利申请量基本都大于 20 件, 出现了显著的跃升。

3.3.2.2 专利技术构成

表 3-18 课题组专利技术构成

课题组技术分布	专利数量	课题组合分技术布局	专利数量
智行底盘构型技术	62	线控转向系统	41
		线控悬架系统	9
		线控制动系统	5
		全线控化底盘(滑板底盘)构型	2
		底盘角模块	20
智行底盘控制技术	4	机电复合制动系统协调控制	2
		纵横垂向运动综合协同控制	2
		智能底盘能量域控制	1
智行底盘冗余技术	9	转向系统的失效模式分析与容错控制方法	6
		制动系统的失效模式分析与容错控制方法	5
		驱动系统的失效模式分析与容错控制方法	2
		底盘失效模式分析与安全机制设计	1
课题组涉及其他技术	155	其他系统及相关控制方法	49
		驱动装置及相关控制方法	41
		其它机构	29
		电动车及相关控制方法	26
		测量设备及方法	11

分析课题组的专利技术分布，经上表统计结果可知，课题组在智行底盘构型技术、智行底盘控制技术和智行底盘冗余技术上的专利分布分别为 62 件、4 件和 9 件。聚焦到细分领域，课题组在线控转向系统上的研发成果较多，其次是底盘角模块技术，依次线控悬架系统、线控制动系统，在其他技术分支也多有涉及；此外，课题组专利布局还包括智能警示、驾驶员状态监控、自动驾驶轨迹跟踪等相关系统及相关控制方法，变速器、电机等驱动系统及相关控制方法，方向盘、增压机构、停车机构等其他相关机构，救援车、作业车、探测车等电动车及相关控制方法，以及测量设备及方法等其他方向专利布局。

对于线控转向系统技术分支分析其技术功效图，从技术角度，课题组重点研究在于控制方法，依次在转向机构、操舵系统、集成底盘和集成车轮上有一定的专利产出；从技术功效角度，课题组主要通过控制方法的改进以达到改善汽车体验性和安全性，并通过对转向机构和车轮的集成提高汽车零部件的整体装配性、降低成本。此外，通过操舵系统和集成底盘的优化提高驾驶舒适性。

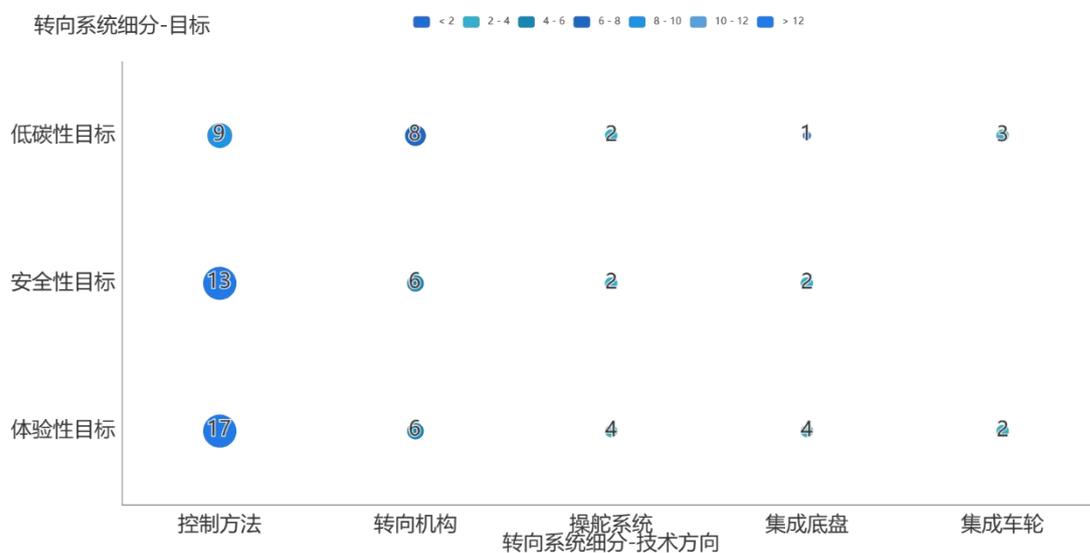


图 3-11 课题组线控转向系统技术功效图 (单位: 件)

3.3.3 技术布局 SWOT 分析

SWOT 模型是一种被广泛用于商业竞争和商业规划的战略规划和战略管理模型。SWOT 模型中 S、W、O、T 分别代表了优势 (Strengths)、劣势

(Weaknesses)、机会 (Opportunities) 和威胁 (Threats)。通过 SWOT 分析可以帮助课题组快速了解在市场中所处的地位，并做出更为合理的战略规划。



图 3-12 课题组 SWOT 分析

(1) 课题组发展优势：

◆ 课题组在线控转向系统和底盘角模块技术分支具有相当的技术基础，可以为中国智行汽车的安全性、体验性和低碳性的发展提供技术保障；

◆ 课题组在智行底盘技术领域的其他技术分支，例如线控悬架系统、其他相关控制方法上也具有一定的经验积累。

◆ 吉林大学在该领域的技术产出在中国具有较大的技术优势，尤其是在线控转制动系统、线控转向系统和线控悬架系统三个技术分支上。鉴于吉林大学郑宏宇课题组、李静课题组和靳立强课题组研究侧重点有所不同，以上课题组之间可加强合作，且具有合作便利性的优势。

(2) 课题组技术劣势：

◆ 线控转向系统安全冗余问题较多、维修难度较高：由于采用电子控制，容易出现故障，一旦出现故障，维修可能会比传统机械转向系统更具挑战性。

◆ 线控转向系统的路感反馈模拟机制不够精确：失去机械连接后，模拟路感变得困难，需要通过动力学模型计算和参数拟合等方式来模拟生成转向阻力矩。

◆ 课题组在其他技术分支优势不明显，例如底盘与座舱分体技术、全线控化底盘（滑板底盘）构型、分布式转向系统、底盘角模块、机电复合制动系统协调控制等技术分支。

(3) 课题组技术发展机遇：

◆ 自动驾驶技术的发展：随着自动驾驶技术的不断进步，线控转向系统作为其关键技术之一，有着广阔的发展前景。

◆ 电动车市场的增长：电动车市场的快速增长为线控转向系统提供了新的应用场景和市场需求。

◆ 消费者需求升级：消费者对驾驶体验和安全性的要求不断提高，推动了线控转向系统的发展和应用。

(4) 课题组技术发展挑战：

◆ 技术成熟度：虽然智行底盘技术具有诸多优势，但其技术成熟度仍有待提高，特别是在安全性和可靠性方面。

◆ 成本控制：如何在保证性能的同时降低制造成本，是线控转向系统、线控制动系统、线控悬架系统等面临的一个重要挑战。

◆ 市场接受度：由于智行底盘技术是一种新技术，其市场接受度还有待观察。需要通过消费者教育、市场推广等手段提高公众的认知度和接受度。

◆ 法规和政策环境：自动驾驶技术的法规和政策环境尚不完善，这可能对智行底盘技术的应用和推广造成一定的制约。

3.4 小结

本章重点分析了自动轮智行底盘领域国内外主要创新主体，并对相关创新主体进行了摸排及说明。同时，本章对重点竞争对手进行了整体的情报分析，具体从专利整体情况、专利申请趋势和专利布局区域等多维度进行对比；此外，根据调研需求筛选课题组更为关注的竞争对手，分别从竞争对手的主要产品及技术、技术分布和技术发展路线、协同合作、专利布局策略、核心专利解读等角度进行了全方位的分析与总结。

本章还重点分析了吉林大学的创新产出情况，盘点课题组现有资产，分析课题组现有专利申请趋势和专利技术构成。并综合分析内容，对课题组技术发展进行了 SWOT 分析。

第4章 自动轮智行底盘技术布局建议

4.1 专利布局策略建议

目前课题组在自动轮智行底盘技术专利布局的总体数量和质量仍有较大的提升空间。后续建议对自动轮智行底盘技术进行系统全面的布局，综合考虑申请时间、地域、竞争市场所处地位、申请类型等因素来对技术方案按照最优的布局方式提交专利申请，从而组成可以创造实际价值的专利组合包。具体实施建议如下：

(1) 针对自动轮角模块构型，探索基于多连杆悬架、麦弗逊悬架等多种悬架型式的自动轮构型进行专利布局。

(2) 针对课题组独创的主销转向技术，围绕主销转向器结构进行深入研究形成面向新产品的专利池。

(3) 加快成果产业化进程，结合应用场景，形成更加成熟的专利技术。

4.1.1 专利布局地域的考量

目前课题组申请的专利中，没有海外布局，均为中国专利申请，虽然在中国境内可以对相关专利技术起到一定的排他作用，但是不利于后期产品或者相关服务的海外保护，同时也不利于基于海外专利进行宣传和竞争对手的制衡。

基于自身保护的需要方面，课题组可以根据线控专项系统、线控制动系统、线控悬架系统等技术分支的主要销售地、之后规划的潜在销售地、制造地等三个方面，对专利布局的地域进行选择。**基于市场竞争的需要方面**，课题组可以参考高风险地区和主要竞争对手布局地域，包括：

(1) 线控转向系统：中国、日本、德国和美国布局相对较多。

(2) 线控制动系统：中国布局较多，其他国家相对其他技术分支布局较少。

(3) 线控悬架系统：中国、日本相对布局较多，其次是美国、德国和韩国。

(4) 大陆集团和舍弗勒布局国家均集中在德国、美国、日本和韩国。

4.2 各技术点布局情况总结及建议

根据第三章的专利资产评盘点、竞争对手关注重点方向和现有产业发展，

从技术维度考量关注几个方面，一是要在较为核心的机构、技术进行布局，争取核心竞争优势；二是在研发热点进行布局，保护研发成果；三是在进一步对发展趋势研判的基础上，对技术空白点进行布局，抢占先发优势。另外，要在技术的重要性、技术热点或空白点、成熟度、方案替代性以及技术生命周期、未来发展方向的角度综合考虑。

通过上述分析，提出如下建议：

(1) 核心技术的布局：可以结合竞争对手重点培育的核心技术和研究院重点关注的技术方向进行布局。

(2) 研发热点的布局：建议课题组主要在专利布局热点方向进行保护式专利布局，如线控转向系统、线控制动系统、线控悬架系统以及相应的智行底盘冗余技术等。

(3) 技术空白点的布局，可在一些技术空白领域或目前非热点领域布局少量储备式专利布局，如全线控化底盘（滑板底盘）构型、纵横垂向运动综合协同控制、机电复合制动系统协调控制等。

表 4-1 布局建议

二级技术分支	三级技术分支	已有专利布局	后续布局挖掘建议
智行底盘构型技术	底盘与座舱分体技术		目前布局不足且数量较少，该技术领域属于前沿技术领域，建议尽快开展布局占领先发优势。专利撰写过程中应注意构建完整的保护网络，并且争取尽量大的权利要求保护范围。
	全线控化底盘(滑板底盘)构型	2	
	线控制动系统	5	目前布局不足，该领域技术布局危险系数较高
	线控转向系统	41	目前布局较多，注意针对现有专利的技术改进，通过组合专利扩大课题组的技术优势
	线控悬架系统	9	目前布局不足，但该领域技术布局危险系数较高
	分布式转向系统		目前布局不足，该领域技术布局危险系数较低
	底盘角模块	2	目前布局不足，该技术领域属于前沿技术领域
智行底盘控制技术	智能底盘域控制		目前布局不足，该领域技术布局危险系数一般
	智能底盘能量域控制	1	
	纵横垂向运动综合协同控制	2	目前布局不足，该领域技术布局危险系数较低
	机电复合制动系统协调控制	2	
智行底盘冗余技术	底盘失效模式分析与安全机制设计	1	目前布局不足，该领域属于热点研发领域之一，布局时需注意规避设计
	驱动系统的失效模式分析与容错控制方法	2	
	转向系统的失效模式分析与容错控制方法	6	
	制动系统的失效模式分析与容错控制方法	5	

聚焦课题组的研发热点方向，分析线控转向系统技术分支近十年专利技术情况，结合附图 4-1 可知，课题组拥有有效源专利技术涉及：多模式转向技术、无人驾驶辅助转向技术、双电子电机线控转向技术等，此外，还拥有一些改进技术，例如：基于多模式转向技术的改进转向系统及控制方法、集成车轮模块、冗余转向控制等。课题组可以进一步基于现有核心技术形成改善技术的组合专

利，最终构建线控转向系统技术的专利池，同时加强国外布局，以形成全方位的保护。

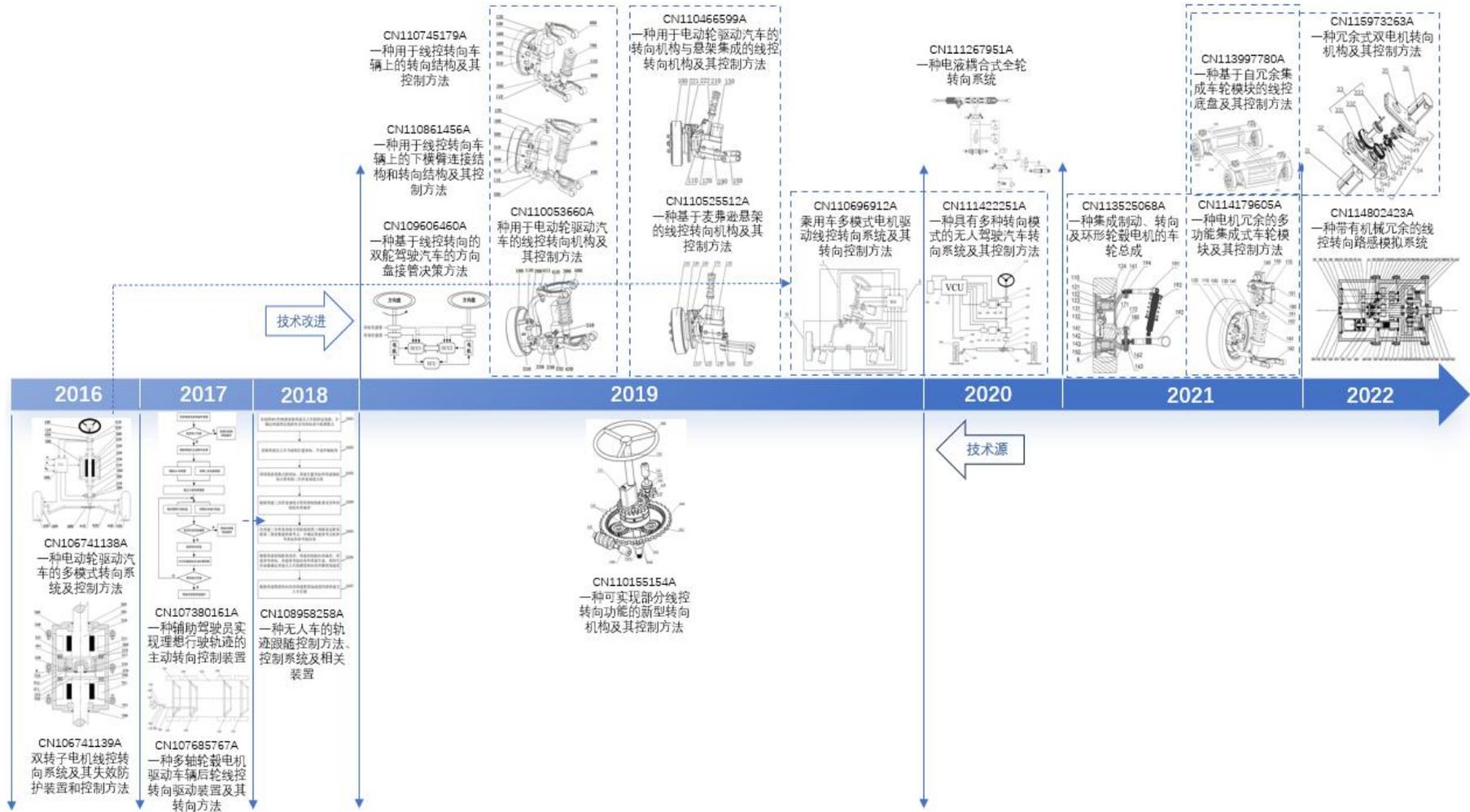


图 4-1 课题组线控转向系统技术分支重点专利关系图

4.3 小结

本章综合阐述了专利布局策略，同时考虑专利布局的地域、时间、类型、竞争对手布局策略等维度，结合创新流程的专利挖掘和技术分析，为课题组未来技术发展提供了布局建议。

第 5 章 总结与建议

一、自动轮智行底盘技术发展情况

1、自动轮智行底盘技术专利分析概况

1970-1983 年，全球自动轮智行底盘技术萌芽期，相关的基础研究和应用探索仍处于初级阶段，专利申请数量有限，且增长缓慢。1984-1990 年，随着智能驾驶和电动汽车技术的逐步成熟，智行底盘技术开始受到业界的广泛关注，专利申请数量呈现出明显的增长趋势。1991-2010 年，智行底盘技术在此阶段取得了一定的进展，但市场竞争的加剧和经济环境的波动对技术的研发产生了一定的影响，专利申请数量出现了一定的波动。2011 年至今，随着智能驾驶和电动化技术的广泛应用，智行底盘技术迎来了快速增长的发展阶段。

聚焦中国，自 1985 年始，随着中国经济的快速发展和技术实力的不断提升，智行底盘技术开始受到重视，中国的专利申请数量开始逐步增长。进入 21 世纪的第二个十年以来，随着中国智能驾驶和电动化技术的飞速发展以及政府政策的持续支持，智行底盘技术在中国迎来了快速增长的发展阶段，专利申请数量呈现出爆炸式增长的态势。

2、全球地域分布

全球智行底盘专利技术布局呈现出中国市场布局突出、全球多国积极参与以及技术布局多元化的特点。其中，中国在全球智行底盘专利技术布局中占有重要地位，专利申请数量达到 1.1 万余件，反映了其在智能驾驶底盘技术方面的强劲发展和深厚的市场潜力。同时，德国、日本、美国等传统汽车工业强国专利布局数量相当，均在 3000 件以上，在智行底盘技术的研发和布局上具有显著优势；此外，韩国、欧洲专利组织等也积极参与到智行底盘的专利技术布局中，使得全球技术布局更加多元化。

从全球范围来看，智行底盘领域的专利技术主要来源于中国、日本、韩国、德国等国家，这些国家在智行底盘领域的技术创新和专利布局上占据了重要地位。其中，中国以 10170 项的专利申请量高居榜首，显著领先于其他国家/地区，是全球智行底盘领域专利技术的主要来源国。日本的专利申请量为 3136 项，排在第二位，显示出日本在智行底盘技术方面的强劲研发实力；韩国、德国、美

国分别以 1659 项、1541 项和 1046 项的专利申请量紧随其后，位于第三梯队，这三个国家分别以各自的优势推动着智行底盘技术的进步；英国、法国的专利申请量相对较少，但也在智行底盘领域的技术研发上有所贡献。

结合全球智行底盘产业专利的主要技术流向分布，可以看出，日本、美国、韩国的专利申请人除了在本国进行相应的专利布局外，还非常重视海外专利布局，其在海外智行底盘市场具有大量的同族专利申请。而我国的专利申请主要布局在国内，海外专利布局较少。

3、技术构成分析

国内外在智行底盘构型要素技术分支申请量最多，其次分别为智行底盘冗余和智行底盘控制技术。聚焦到末级技术分支，国内外申请人在智行底盘构型技术分支中，更关注线控悬架系统、线控转向系统和线控制动系统；在智行底盘控制技术分支中，更关注智能底盘能量域控制、横纵垂向运动综合协同控制；在智行底盘冗余技术分支中，更关注制动系统的失效模式分析与容错控制方法。

4、专利类型和法律状态

发明专利申请占全球专利申请总量的约 87%，实用新型专利占比不足 14%，外观设计专利占比不足 2%。从申请类型看，发明专利占比大于实用新型。而中国在该领域的专利类型与国外类似，发明专利仍是主要专利申请类型，占中国专利申请总量的约 70%，实用新型专利占比约 30%，外观设计专利占比不足 1%。

从中国发明占比角度分析，智行底盘构型技术分支中，线控制动系统、线控转向系统、线控悬架系统的、分布式转向系统的中国发明专利占比均呈现整体上升趋势。智行底盘控制技术中，智能底盘域控制、横纵垂向运动综合系统控制、机电复合制动系统协调控制的近十年中国发明专利占比均在 50% 以上，且横纵垂向运动综合系统控制、机电复合制动系统协调控制的中国发明专利占比在近十年件呈现整体上升趋势。智行底盘冗余技术中，驱动系统的失效模式分析与容错控制方法、制动系统的失效模式分析与容错控制方法近十年的中国专利占比均在 60% 以上，且整体呈现增长趋势。

近十年，我国自动智行底盘技术专利授权率整体呈现上升趋势。尤其是 2018 年后，授权率增长加快。其中，智行底盘构型技术分支中，底盘与座舱分

体技术、线控制动系统、底盘角模块的专利年授权率都在 60% 以上，且线控制动系统在近十年间的年授权率都在 70% 以上；智行底盘控制技术中，智能底盘域控制的专利年授权率在 2018 年达到 60% 以上，2019 年以来维持在 70% 以上；智能底盘域控制的年专利授权率除 2016 及 2018 年低于 60% 外，其余年份均高于 60%；横纵垂向运动综合系统控制的专利年授权率除 2014 年、2018 年外，其余年份均维持在 70% 以上；机电复合制动系统协调控制的年授权率整体维持在 60% 以上，且波动性较大。智行底盘冗余技术中，底盘失效模式分析与安全控制技术自 2022 年开始年授权率达到 80% 以上，较前期 60% 以下的授权率有了大幅度提升。驱动系统的失效模式分析与容错控制方法的年授权率在 60%-80% 上范围内波动；转向系统的失效模式分析与容错控制方法、制动系统的失效模式分析与容错控制方法的年授权率除个别年度在 60% 以上外，其余年份均维持在 70%-90% 以上范围内。

5、专利申请活跃度

对于智行底盘构型技术，线控悬架系统、线控制动系统、线控转向系统的专利活跃度较高；对于智行底盘控制技术，智能底盘能量域控制的专利活跃度较高；对于智行底盘冗余技术整体相较于其他技术分支更活跃。

6、重点技术发展态势

线控转向系统技术近二十年的专利申请趋势展现了该技术稳步发展-快速发展-稳定发展的过程。分析国内外申请人，其中，国外申请人蒂森克鲁伯、丰田、万都申请量相对较高，均在 250 件以上；而日产、起亚和电装有效专利占比相对较高，本田、博世、捷太格特的申请量均在 120 件以上，但是其有效专利数量不足 35 件，相对较少；聚焦国内申请人，吉林大学和南京航空航天大学的应用量均大于 120 件，且发明专利和有效专利占比均相对较高，说明其在该领域的技术实力雄厚。

根据对线控转向系统技术的进一步分解，可以将其进一步划分为关键零部件的优化和控制方法的优化。国内外重点申请人主要在转向机构和控制方法投入研发精力更多。同时，国外申请人在操舵系统、换挡系统、变速系统上技术产出更多，而国内申请人分别在操舵系统、集成底盘上技术成果更突出。

7、主要国家专利风险预警

线控转向系统的专利申请量最大，全线控化底盘（滑板底盘构型）、底盘角模块的有效专利占比最高，线控悬架系统的高价值专利占比最高，该四个技术分支是发明人需要重点关注的技术分支。

日本的技术壁垒主要集中在线控转向系统、线控悬架系统两个技术分支。其他技术领域，转向系统的失效模式分析与容错控制方法、制动系统的失效模式分析与容错控制方法两个技术分支的技术壁垒及研发难度较高；其余技术分支的风险等级不高。美国的专利主要集中在线控转向系统、线控悬架系统两个技术分支，属于中风险。德国的技术壁垒主要集中在线控转向系统，属于高风险；韩国的技术壁垒主要集中在线控悬架系统，处于中风险。其余各国家各技术分支风险专利较少，均为低风险地区。

二、自动轮智行底盘技术路线发展

1、线控转向系统技术发展路径

线控转向技术的概念起源于 20 世纪 50 年代，美国天合公司最早提出用控制信号代替转向盘和转向轮之间的机械连接，之后德国 Kasselmann 和 Keranen 设计了早期的线控转向模型；受制于电子控制技术，直到 20 世纪 90 年代，线控转向技术才有较大进展，美国、欧洲、日本在线控转向的研发与推广方面比较活跃，一些采用线控转向系统的概念车陆续展出；2013 年，英菲尼迪的“Q50”成为第 1 款应用线控转向技术的量产车型，采用机械转向系统作为冗余备份；2017 年，耐世特公司开发了由“静默转向盘系统”和“按需转向系统”组成的线控转向系统；2022 年丰田 bZ4X 纯电动车型搭载线控转向系统，并完全取消了方向盘和转向轴之间的机械连接。

2、线控转向系统技术功效矩阵

宏观上以体验性目标进行的技术改进最多，其次分别集中于安全性目标和低碳性目标的改善。从技术角度分析，通过转向机构、控制方法、操舵系统、换挡系统分别可以实现体验性目标、安全性目标和低碳性目标的实现，而集成底盘、集成车轮除了实现体验性目标之外，更倾向于通过集成结构达到轻量化并降低成本。

3、技术发展风险

（1）技术潜在缺点

a. 在可靠性和安全性方面，线控转向系统涉及到电子元件和传感器组合，对于系统的可靠性和安全性要求非常高，任何电子元件的故障或传感器的错误读数可能导致转向系统失效，可能导致对驾驶安全产生潜在风险。

b. 在操作反馈和体验方面，相较于传统的机械转向系统或者 EPS，线控转向系统可能会缺乏一些机械连接所带来的操作反馈，如直接的力量传递和路感反馈使驾驶员能够更准确地感知车辆操控情况。线控转向系统因其电控的平顺性而需要更多的努力来模拟这些感觉和反馈，以确保驾驶员具备准确的转向控制能力和操控体验，反而有可能增加系统的复杂性影响体验。

c. 在整车重量和成本方面，线控转向系统通常需要额外的电子控制单元、传感器和连接线路等设备，可能增加整车重量也可能减轻车重但一定会带来额外的成本。安装和维护这些系统也需要相关的技术和设备支持，增加了制造商和维修商的工作复杂性和成本。

(2) 技术发展风险与挑战

a. 系统故障与安全漏洞：线控转向系统作为一个复杂的电子系统，存在故障或错误操作的风险。这种故障可能导致驾驶员失去对车辆方向的控制，从而产生安全隐患。同时，由于线控转向系统与汽车网络和外部传感器相连接，这也可能使系统面临恶意攻击的风险，干扰或控制车辆的转向操作。

b. 对道路和天气条件的依赖性：线控转向系统的性能可能受到不同路面或恶劣天气条件的影响。在这些情况下，系统可能无法准确识别道路状况或完成期望的转向操作。

c. 驾驶员的过度依赖：使用线控转向系统的驾驶员可能会过度依赖该技术，从而减少对自身驾驶责任的感知和警惕性。这种依赖可能导致驾驶员在系统出现故障或失效时无法及时采取应对措施。

d. 成本压力与技术成熟度：线控转向系统的制造成本较高，而且在新技术应用之前需要经过严格的性能测试和认证，以确保其可靠性和安全性。

尽管线控转向系统存在一定的风险，但是随着新能源车辆的逐渐普及，该技术因其优势已经处于不可逆转的发展状态。

4、技术发展方向

从技术效果角度，线控转向系统技术未来将朝着安全性能、体验性能和低

碳性能的提升发展：

(1) 安全性能提升：针对线控转向系统存在的安全风险，未来技术的发展将更加注重系统的稳定性和安全性。具体包括方向盘和电动调节管柱的应用、线控转向算法的优化、线控转向系统与线控制动系统的协同控制、功能安全开发流程、网络安全防护等方面。

(2) 体验性能提升：线控转向系统将进一步优化以适应各种道路和天气条件，提供更为精准和舒适的驾驶体验。具体包括线控转向系统动态相应算法开发、线控转向系统扭矩波动控制、路面抗干扰算法开发、线角传动比可调节控制、方向盘控制等方面。

(3) 低碳性能提升：随着智能驾驶技术的不断发展，线控转向系统将更多先进的传感器、算法和人工智能技术相结合，实现更高级别的自动驾驶功能。具体包括 48V 线控转向技术发展、环保低碳材料应用、新结构和新工艺的研发、整装结构的优化等方面。

从技术发展角度，分别从操舵系统、变速系统、换挡系统、转向机构、减震系统、悬架系统、集成车轮、集成底盘的角度分析技术发展前景与发展方向：

(1) 操舵系统：随着线控技术的普及，操舵系统将更加智能化和电动化。传统的机械连接将逐渐被电子信号所取代，实现更精准的操控和更快的响应速度。集成先进的传感器和算法，可以提高操舵的精确性和稳定性。同时，注重系统的安全性和可靠性，确保在复杂路况和恶劣天气条件下的正常操作。

(2) 变速系统：变速系统将朝着更加智能化和自动化的方向发展。通过与车辆其他系统的协同工作，实现更高效的换挡策略和动力分配。考虑引入先进的控制算法和传感器技术，提高变速的平顺性和响应速度。同时，注重节能和环保性能的提升。

(3) 换挡系统：换挡系统将逐渐实现自动化和无缝切换，减少换挡过程中的顿挫感和动力损失。未来将会研发更高效的换挡机构和控制策略，提高换挡的平顺性和速度。同时，考虑与智能驾驶系统的集成，实现更加智能的换挡逻辑。

(4) 转向机构：转向机构将更加注重精准性和灵活性，以适应不同驾驶模式和路况的需求。采用先进的电动助力转向系统（EPS）和线控转向技术，可

以提高转向的精确性和响应性。同时，注重转向机构的轻量化和耐久性设计。

(5) 减震系统：减震系统将更加注重乘坐舒适性和操控稳定性的平衡。研发更先进的减震材料和结构设计，提高减震效果和耐用性。同时，考虑与智能驾驶系统的协同工作，实现动态调整减震策略。

(6) 悬架系统：悬架系统将朝着主动悬架的方向发展，实现更高效的减震和车身稳定性控制。引入先进的传感器和控制算法，实时监测路况和车身状态，动态调整悬架刚度和阻尼系数。同时，注重悬架系统的轻量化和节能设计。

(7) 集成车轮：集成车轮将更加注重安全性和节能性。通过研发更轻量、更坚固的车轮材料，以提高车轮的耐用性和安全性。同时，考虑与智能驾驶系统的集成，实现车轮状态的实时监测和调整。

(8) 集成底盘：集成底盘将更加注重整体性能和智能化水平。可以通过集成多个系统（如转向、悬架、制动等），实现底盘的整体优化和智能化控制。同时，注重底盘的轻量化和节能设计，提高车辆的燃油经济性和环保性能。

三、自动轮智行底盘竞争格局分析

1、竞争对手专利情报分析

自动轮智行底盘技术全球前十位的专利申请人分别为日本、德国、韩国企业，其中包括 5 家日本企业、4 家德国企业、1 家韩国企业，全部是实力雄厚的全球大型知名公司，日本企业在该领域占据绝对优势地位。丰田自动车株式会社位居第一梯队；日产自动车株式会社、起亚自动车株式会社、大陆特韦斯贸易合伙股份公司、株式会社万都、罗伯特博世有限公司、本田技研工业株式会社位居第二梯队；蒂森克鲁伯普雷斯塔公司、摩比斯株式会社、蒂森克虏伯股份公司位居第三梯队。

中国排名前十位的申请人中，高校占据 6 位，汽车企业占据 4 位。吉林大学以 508 件的申请量位居第一梯队；南京航空航天大学以 219 件申请量位居第二梯队；其余申请人的申请量在 200 件以下，均位于第三梯队。

聚焦国外创新主体在该领域的技术布局，国外创新主体的技术分布主要集中在于线控转向系统、线控悬架系统、制动系统的失效模式分析与容错控制方法，其次是线控制动系统、驱动系统的失效模式分析与容错控制方法、转向系统的失效模式分析与容错控制方法。与国外创新主体技术分布略有不同，国内创新

主体的技术分布主要集中于线控转向系统、线控悬架系统、线控制动系统，且国内智行底盘技术的专利大部分掌握在高校申请人手中。

2、大陆集团专利情报分析

大陆集团在本报告的各项技术分支上，研发重点主要集中在线控制动系统和制动系统的失效模式分析与容错控制方法的技术分支，其次依次聚焦在机电复合制动系统协调控制、线控悬架系统、线控转向系统、横纵垂向运动综合协同控制、转向系统的失效模式分析与容错控制方法、底盘失效模式分析与安全机制设计等技术分支，在其他技术分支技术产出相对较少。

在协同合作方面，大陆集团共 940 件专利，其中，独立申请共 776 件，集团内部合作或专利参与转让的专利申请量共 140 件，与集团外部企业协同合作的专利共 35 件；大陆集团通过转让收购 ITT 工业集团专利共 75 件，其他企业相对较少。

大陆集团近二十年的专利局部地域分析可知，其主要布局国家在德国、美国、日本、中国和韩国；大陆集团近二十年热点技术的布局策略可知，大陆集团 2004 年-2014 年间重点技术聚焦在线控制动系统和制动系统的失效模式分析与容错控制方法，2014 年后技术产出略有下降；但是，在 2018 年-2021 年间研究重点侧重于线控悬架系统；对于线控转向系统和机电复合制动系统协调控制两个技术方向间隔布局，2022 年-2023 年专利产出相对较多的是线控制动系统和线控转向系统。

3、舍弗勒专利情报分析

舍弗勒在本报告的各项技术分支上研发重点主要集中在线控转向系统技术分支，其次依次聚焦在线控悬架系统、线控制动系统、底盘失效分析与安全机制设计、制动系统的失效模式分析与容错控制方法等技术分支，在其他技术分支技术产出相对较少。

舍弗勒涉及本报告相关技术分支的专利共 115 件，其中，独立申请共 113 件，合作申请共 2 件。由舍弗勒近二十年的专利局部地域分析可知，其主要布局国家在德国、美国、日本、中国和韩国；舍弗勒近二十年热点技术的布局策略可知，其重点布局时间分布于近十年。其中，2012-2013 年研发重点在于线控悬架系统，其后分别涉及有底盘失效模式分析与安全机制设计、智能底盘能量

域控制技术分支，近五年研究热点在于线控转向系统技术分支，且技术产出相对较多，对于转向系统/制动系统/驱动系统的失效模式分析与容错控制方法等技术分支也略有涉及。

四、吉林大学创新产出

吉林大学在自动轮智行底盘技术领域主要发明人团队包括：郑宏宇团队、李静团队、靳立强团队等。吉林大学的研发重点主要集中在线控转向系统、线控制动系统和线控悬架系统三个技术分支上。其中，郑宏宇课题组在线控转向系统和线控悬架系统两个技术分支的研发成果颇为丰富，李静课题组的研究则更多地集中在线控制动系统和线控转向系统两个领域，而靳立强课题组的研究焦点主要聚集在线控转向系统这一分支上。

对于靳立强课题组，专利申请量整体相对较低；自 2013 年起，申请量开始逐渐增加，尤其是 2019 年至今，每年的专利申请量基本都大于 20 件，出现了显著的跃升。课题组在线控转向系统上的研发成果较多，其次是线控悬架系统、线控制动系统，在其他技术分支也多有涉及；此外，课题组专利布局还包括智能警示、驾驶员状态监控、自动驾驶轨迹跟踪等相关系统及相关控制方法，差速器、电机等驱动系统及相关控制方法，方向盘、增压机构、停车机构等其他相关机构，救援车、作业车、探测车等电动车及相关控制方法，以及测量设备及方法等其他方向专利布局。

对于线控转向系统技术分支分析其技术功效图，从技术角度，课题组重点研究在于控制方法，依次在转向机构、操舵系统、集成底盘和集成车轮上有一定的专利产出；从技术功效角度，课题组主要通过控制方法的改进以达到改善汽车体验性和安全性，并通过对转向机构和车轮的集成提高汽车零部件的整体装配性、降低成本。此外，通过操舵系统和集成底盘的优化提高驾驶舒适性。

分析课题组的发展优势：课题组在线控转向系统技术分支具有相当的技术基础，可以为中国智行汽车的安全性、体验性和低碳性的发展提供技术保障；课题组在智行底盘技术领域的其他技术分支，例如线控悬架系统、其他相关控制方法上也具有一定的经验积累。吉林大学在该领域的技术产出在中国具有较大的技术优势，课题组与吉林大学其他课题组的合作基础更具有便利性。

课题组技术劣势：线控转向系统安全冗余问题较多、维修难度较高；线控

转向系统的路感反馈模拟机制不够精确，课题组在其他技术分支优势不明显。

课题组技术发展机遇：自动驾驶技术的发展、电动车市场的增长、消费者需求升级会进一步促进技术的完善与进步。

课题组技术发展挑战：技术成熟度不高、成本控制、市场接受度、法规和政策环境的制约会影响智行底盘技术的发展。

五、自动轮智行底盘技术布局建议

对于目前课题组的优势技术方向：线控转向系统技术方向需要注意针对现有技术改进，通过组合专利扩大课题组优势；对于目前课题组布局较少的技术方向，例如底盘与座舱分体技术、滑板底盘、分布式转向系统、底盘角模块等技术分支属于前沿技术分支，目前属于相对空白区，建议课题组尽快开展专利布局，以占领先发优势。对于智行底盘冗余技术领域，目前该领域属于热点研发方向，布局时应注意规避设计。根据不同的专利风险情况和专利布局需求，选择合适的布局策略以对课题组的未来专利进行合理布局。

附录

附录一：吉林大学重点专利列表

吉林大学重点专利				
公开（公告）号	标题-原文	发明人	技术领域	中国法律状态
CN110962815A	面向自动驾驶的线控液压制动控制系统及其控制方法	李静 张振兆	制动系统的失效模式分析与容错控制方法 线控制动系统	权利终止
CN101524995A	混合动力轿车制动协调控制系统及控制方法	初亮 张永生 欧阳 尚明利 姚亮 晁黎波 郭建华 房永 孙万峰	机电复合制动系统协调控制	权利终止
CN106248406A	商用车新型电液转向系统模拟试验台	宗长富 韩小健 吕程盛 赵伟强 高恪 李贵远	智能底盘域控制	权利终止
CN104015582A	一种可变刚度与阻尼的汽车馈能主动悬架系统	王军年 叶涛 孙文 马清芝 王庆年	线控悬架系统	授权
CN101973307A	主销零偏置线控独立驱动与转向的汽车行走机构及电动车	管欣 詹军 崔文锋 赵鼎 孙海洋 伍家麟 洪峰 朱琳 彭立恩 李陆浩 田长安 孙吴龙 吴玉洁 张立增	线控转向系统	权利终止
CN102887123A	一种全线控电动汽车中央控制器及其控制方法	宗长富 宋攀 郑宏宇 卜未琦 张泽星 李刚 陈国迎 刘超 张强 林娜	纵横垂向运动综合协同控制	权利终止
CN107953801A	一种全轮毂电机驱动车辆的驱动力控制方法	金立生 朱菲婷 王发继 夏海鹏 冯成浩 朱佳超 高铭 陈梅 郭柏苍 闫福刚 司法	纵横垂向运动综合协同控制	权利终止
CN101492046A	并联式混合动力车辆整车能量管理与总成协调控制方法	王庆年 朱庆林 曾小华 王伟华 于远彬 王鹏宇	制动系统的失效模式分析与容错控制方法 驱动系统的失效模式分析与容错控制方法	撤回
CN106364481A	一种适用于电动汽车的爆胎安全控制系统	郑宏宇 王建涛 赵明新 何磊 陈国迎	底盘失效模式分析与安全机制设计	权利终止
CN105415996A	用于分布式驱动独立转向电动汽车的悬架及转向系统	田萌健 高炳钊 褚洪庆 陈虹	分布式转向系统	授权

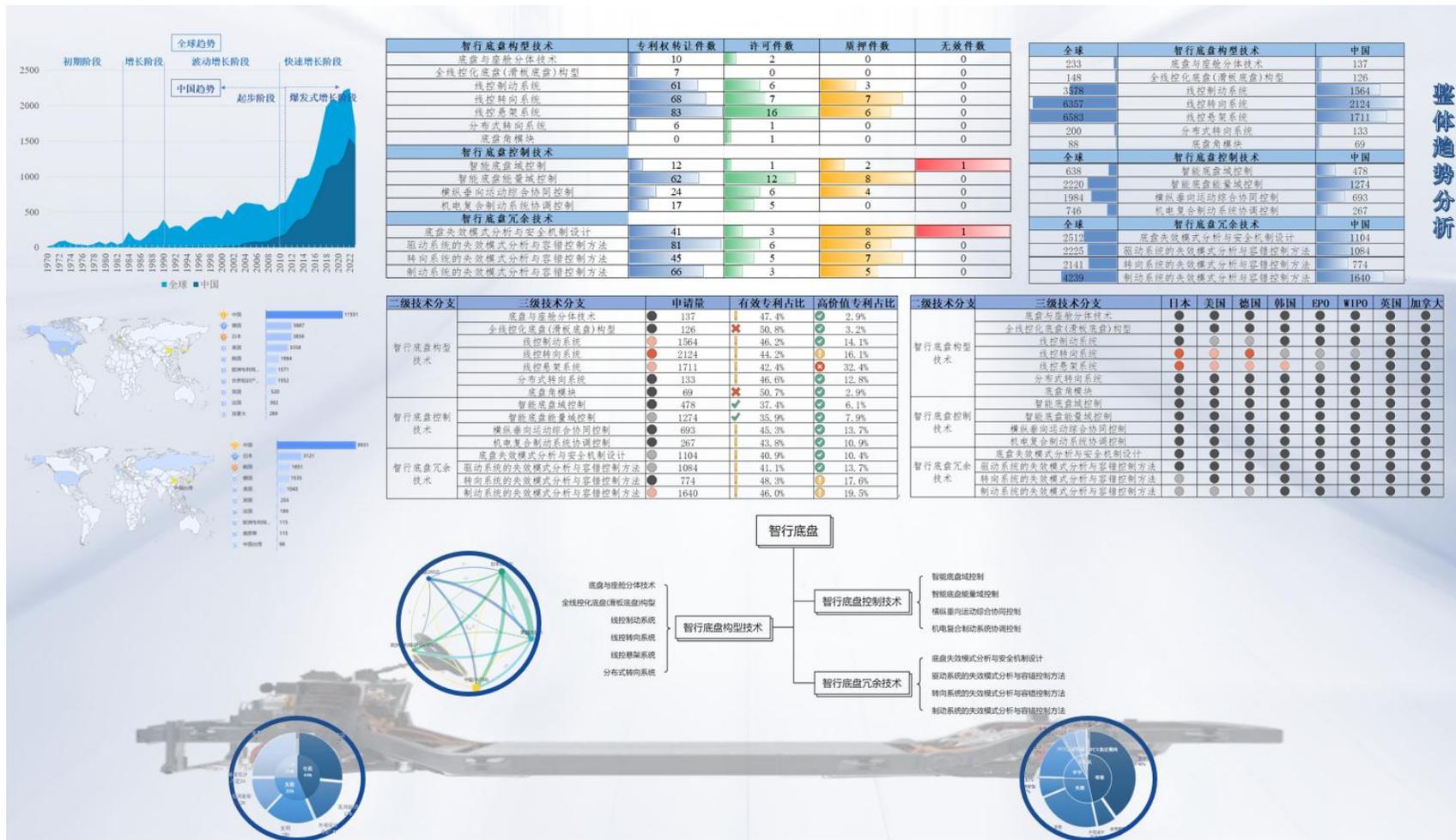
吉林大学重点专利				
公开(公告)号	标题-原文	发明人	技术领域	中国法律状态
CN101830225A	工程车辆主动防倾翻控制系统和方法	王国强 张玉新 王继新 司俊德 陈超	线控悬架系统	权利终止
CN109204317A	轮毂驱动电动汽车纵、横和垂向力集成控制优化方法	赵海艳 赵津杨 张艺林 陈虹 陶冶 冯宇驰 陈伟轩	线控悬架系统	授权
CN110696912A	乘用车多模式电机驱动线控转向系统及其转向控制方法	李静 范天昕 王欣志 孟令帅 滕飞	线控转向系统	实质审查
CN106741139A	双转子电机线控转向系统及其失效防护装置和控制方法	王军年 杨斌 罗正 孟宪卓 张焱	转向系统的失效模式分析与容错控制方法 线控转向系统	授权
CN102874304A	一种具有多转向模式的四轮独立线控转向系统	宗长富 张泽星 麦莉 郑宏宇 何磊 宋攀 邢海涛 向海鸥 陈冬雪 卜未琦	线控转向系统	撤回
CN106741138A	一种电动轮驱动汽车的多模式转向系统及其控制方法	王军年 罗正 郭德东 王凯 杨斌	线控转向系统	授权
CN107380161A	一种辅助驾驶员实现理想行驶轨迹的主动转向控制装置	高镇海 孙天骏 何磊 胡宏宇	线控转向系统	授权
CN106915343A	集成副主缸线控液压制动系统	李静 王晨 孙禄 刘鹏 夏承贺 韩紫云	线控制动系统	授权
CN108162942A	四轮压力独立控制的线控液压制动系统及其制动控制方法	李静 张振兆 谷贺冲	线控制动系统	权利终止
CN109455174A	一种采用高压蓄能器的线控液压制动系统及其制动控制方法	李静 张振兆 孟令帅	线控制动系统	授权
CN108162943A	四轮压力独立控制的复合线控制动系统及其制动控制方法	李静 张振兆 何闫	线控制动系统	权利终止
CN101561353A	车辆线控制动线控转向硬件在环试验台	魏青 殷卫乔 李静 杨坤 张建 王坤 饶志明	线控转向系统 线控制动系统	权利终止

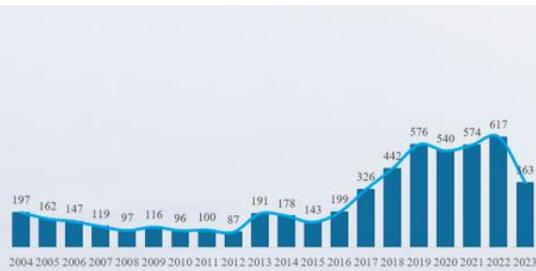
吉林大学重点专利				
公开(公告)号	标题-原文	发明人	技术领域	中国法律状态
CN113968205A	一种基于多轴电驱车辆的复合制动容错控制方法及车辆	靳立强 郟鹏波 邱能 徐蕾 王凯 王科 李浩	制动系统的失效模式分析与容错控制方法	实质审查
CN110712677A	一种自动驾驶车辆的冗余电动助力转向系统及其控制方法	赵健 卜纯研 朱冰 王志伟 冯浩 杨港 戴景霜	转向系统的失效模式分析与容错控制方法	授权
CN108790828A	基于新型电池箱体的电动汽车火情主动响应与辅助自救系统	于锋 陈坤 刘艺 叶可 王雪琪 兰洪星 刘宇飞 于佳鑫	驱动系统的失效模式分析与容错控制方法	实质审查
CN102582416A	一种具有可变动力学特性的全线控电动车	宗长富 张泽星 何磊 郑宏宇 宋攀 赵伟强 麦莉 李刚 刘经文 刘杰	线控悬架系统	权利终止
CN108146183A	一种主动横向稳定杆及其控制方法	王军年 罗正	线控悬架系统	授权
CN111873744A	基于相机传感器路面信息识别的主动悬架预瞄控制方法	陈志勇 李强强 于远彬	线控悬架系统	授权
CN104960396A	一种分层架构的电控空气悬架整车高度控制方法	陈国迎 宗长富 麦莉 黄潭 周彤 刘欢	线控悬架系统	授权
CN104806687A	独立调节高度刚度及阻尼的空气悬架支柱	李静 韩佐悦 朱为文 张家旭 周瑜	线控悬架系统	权利终止
CN102530050A	基于汽车线控系统的集转向、制动、变速于一体的操纵杆装置	郑宏宇 袁昆 赵镜澈 孙俏 侯嘉封 郭阳子	线控转向系统	权利终止
CN114802423A	一种带有机械冗余的线控转向路感模拟系统	王军年 付东旭 庄硕 王振宇 范瑞浩	线控转向系统	授权
CN101289095A	用于转向轮独立驱动电动车的差动助力转向系统	靳立强 王军年 王庆年 曾小华 胡长建 王加雪 宋世欣	线控转向系统	权利终止
CN102320325A	应用于双电机线控转向系统的冗余容错控制	宗长富 张泽星 郑宏宇 吴仁军 张太武 麦莉 邢海涛 李勃 方兆强 郭珍波	转向系统的失效模式分析与容错控制方法	权利终止

吉林大学重点专利				
公开(公告)号	标题-原文	发明人	技术领域	中国法律状态
	制方法		线控转向系统	
CN107150718A	多模式汽车线控转向系统	李静 王晨 刘鹏	线控转向系统	授权
CN110155154A	一种可实现部分线控转向功能的新型转向机构及其控制方法	靳立强 褚学聪	线控转向系统	授权
CN108958258A	一种无人车的轨迹跟随控制方法、控制系统及相关装置	马芳武 葛林鹤 代凯 史津竹 单子桐 蒲永锋	线控转向系统 线控制动系统	授权
CN206615206U	制动双腔副主缸双电机线控液压制动系统	李静 刘鹏 王晨 夏承贺 孙禄	线控制动系统	放弃
CN104699080A	线控制动系统踏板感觉模拟器测试与标定系统	赵健 苏静 朱冰 黄俊 柳恩芬 李文慧 宋巍 龚佳鹏	线控制动系统	授权
CN106969920A	车辆线控液压制动系统硬件在环试验台	李静 王晨 孙禄 夏承贺	线控制动系统	授权
CN113997919A	一种基于双绕组电机的线控电液制动耦合系统	宗长富 杨路 郑宏宇 郭中阳 宋娟娟 吴竟启 束磊 束琦	制动系统的失效模式分析与容错控制方法 线控制动系统	授权
CN108162940A	智能汽车复合线控制动系统及其制动控制方法	李静 张振兆 韩紫云	线控制动系统	撤回
CN206691189U	一种线控液压制动转向系统	李静 刘鹏 王晨	线控转向系统 线控制动系统	放弃
CN106740787A	基于分时串行与同时并行控制的线控制动系统	李静 王晨 谷贺冲 丁明慧 夏承贺	线控制动系统	撤回
CN106995005A	一种线控液压制动转向系统	李静 王晨 刘鹏	线控转向系统 线控制动系统	授权
CN112406836A	一种具有备份功能的线控制动系统及其控制方法	初亮 李世博 许炎武 赵迪 常城 陈超一 聂荣真 睢岩	线控制动系统	授权
CN108146423A	一种转向、防倾与驱动集成式轮边电驱动系统及控制方法	王军年 罗正 杨斌 王凯 郭德东 刘培祥	底盘角模块	授权

吉林大学重点专利				
公开(公告)号	标题-原文	发明人	技术领域	中国法律状态
CN106891878A	一种改进主缸的电机驱动电子液压制动系统	丁海涛 张建伟 孙鹏飞 李犇 豆心愿 赵庆薛	机电复合制动系统协调控制	授权
CN107499271A	一种基于电控空气悬架和电控制动系统的客车防侧翻控制系统及方法	陈刚强 马志敏 苑庆泽 梁华芳 赵伟强 陈国迎 宗长富	机电复合制动系统协调控制 横纵垂向运动综合协同控制 线控悬架系统	授权
CN111645677A	一种车辆制动转向协调控制紧急防碰撞系统及控制方法	李静 滕飞 范天昕 吴桐 王欣志 何闰 孟令帅	横纵垂向运动综合协同控制	授权
CN107521496A	一种无人车辆的横纵向协调控制轨迹跟随控制方法	何磊 刘召栋 陈贵宾	横纵垂向运动综合协同控制	授权

附录二：产业图谱





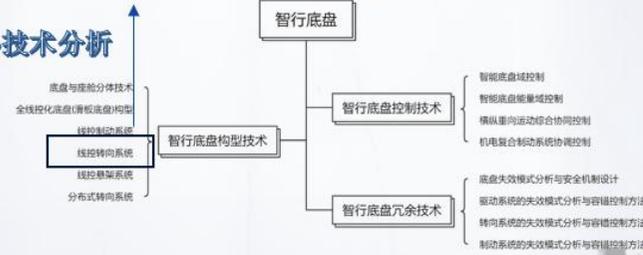
国外申请人	申请量	有效量	国内申请人	申请量	发明申请量	有效量
蒂森克虏伯雷斯塔公司	377	118	吉林大学	128	94	48
丰田汽车株式会社	297	91	南京航空航天大学	128	105	90
株式会社万都	266	83	中国第一汽车股份有限公司	51	44	15
日产汽车株式会社	236	116	同济大学	40	26	10
本田技研工业株式会社	228	34	浙江吉利控股集团有限公司	36	31	6
罗伯特博世有限公司	184	18	清华大学	33	32	16
起亚汽车株式会社	164	67	青岛科技大学	25	13	0
株式会社捷太格特	129	15	江苏大学	24	23	17
株式会社电装	120	47	上海集度汽车有限公司	21	19	8

创新主体	全球申请量: 件	中国申请量: 件	申请项: 项	件项比: (件/项)	有效量: 件	有效量占比: %	在审量: 件	在审量占比: %
吉林大学	351	348	348	1.01	117	33.33	70	19.94
南京航空航天大学	233	211	213	1.09	150	64.38	42	18.03
中国第一汽车股份有限公司	192	179	179	1.07	73	38.02	88	45.83
江苏大学	179	168	169	1.06	116	64.80	34	18.99
浙江吉利控股集团有限公司	152	147	147	1.03	59	38.82	68	44.71
丰田汽车株式会社	1203	134	559	2.15	300	24.94	113	9.59
日产汽车株式会社	927	44	449	2.06	204	22.01	9	0.97
起亚汽车株式会社	865	43	553	1.56	322	37.23	143	16.53
株式会社万都	715	93	361	1.98	275	38.46	202	28.25
罗伯特博世有限公司	634	56	224	2.83	81	12.78	132	20.82
总计/均值	5451	1423	3202	1.70	1697	31.13	901	16.53

创新主体	中国	美国	WIPO	EPO	德国	日本	韩国
吉林大学	348	2					
南京航空航天大学	211	5	14	1		1	
江苏大学	168	3	5				
中国第一汽车股份有限公司	179		13				
浙江吉利控股集团有限公司	150	2	2	3		1	1
丰田汽车株式会社	134	196	42	78	153	534	21
日产汽车株式会社	44	165	31	74	161	390	13
起亚汽车株式会社	43	162	1	2	85	34	537
株式会社万都	93	126	24	22	99	9	343
罗伯特博世有限公司	56	78	65	43	252	72	13



核心技术分析





竞争对手-大陆

课题组分
分析

竞争对手-舍弗勒