

汽车系统工程



庄继德 著

机械工业出版社

汽车系统工程

庄继德 著

机械工业出版社

本书从理论到实践对发展汽车和汽车工业的系统工程进行全面论述。主要内容包括五部分：第一部分为总论，介绍了系统思想、系统科学和系统工程方法；第二部分论述汽车技术法规、预测方法和评价指标体系；第三部分研讨汽车系统分析方法、系统设计基础和系统管理技术；第四部分全面研究发展汽车工业的系统工程和优化汽车运输系统的方法，并且对轿车进入家庭也作了系统分析；第五部分对人—汽车—环境系统工程进行了探讨。

本书是作者多年来的科研成果总结，并汇集了大量国内外最新资料。

本书可供汽车行业决策人员和管理干部阅读，也可作为高等学校机械、汽车类专业师生的教学用书和一般科学研究人员及专业技术干部的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

汽车系统工程/庄缙德著. 北京：机械工业出版社，
1997.6

ISBN 7-111-05691-4

I. 汽… II. 庄… III. 汽车-系统工程 N. U46

中国版本图书馆CIP数据核字(97)第09975号

出版人：马九荣（北京市百万庄南街1号 邮政编码100037）

责任编辑：孙慧波 吴柏青 版式设计：王颖

责任校对：张媛 封面设计：姚毅 责任印制：卢子祥

北京市密云县印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1997年12月第1版第1次印刷

850mm×1168mm^{1/32}·18.5印张·489千字

0 001--2000册

定价：34.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

前 言

现代科学技术具有高度的综合性，需要各种技术相互配合才能解决一些重大的课题；需要科学方法管理才能带来效益。系统工程正是随着解决这类综合性的复杂任务而发展起来的。它通览全局，分清主次，掌握要点，建立模型，用数学方法和电子计算机对各个环节的各种影响因素进行精确的分析，采取科学决策，然后使用先进的技术和工具进行适当的控制和管理，使整个系统以良好的性能和最佳的效果进行运转。例如，50年代原子弹的研制，60年代美国阿波罗登月计划的实现，就是运用系统工程而获得成功的。

系统工程是当代正在迅速发展和逐步完善的一门新兴学科。目前，系统科学已由技术系统向社会系统发展，成为解决一系列复杂的、综合的、大型的问题，解决各边缘学科，包括自然科学与社会科学的横向联系的一门跨学科的新兴边缘学科。

系统科学应用于一些重要技术系统，于是就派生出类似“兵器系统工程”、“飞行器系统工程”等分支学科。可是，汽车工业作为国际性支柱产业，至今还没有一本专著全面论述系统科学在汽车领域中的应用，故本书的出版将有可能填补这方面的空白，并为建立“汽车系统工程”这门分支学科奠定一些基础。

本书收集了大量国内外最新资料，并且用辩证唯物主义思想和系统论的观点进行分析与综合，初步建立了“汽车系统工程”的学科体系。

本书从理论到实践对发展汽车和汽车工业这项庞大的系统工程进行全面论述，其中一些内容可能对我国汽车行业的决策人员和管理干部有一定参考价值。

本书是作者十几年来科研成果的总结，将这些研究成果汇编

成书，希望能给汽车专业的广大师生和科学研究人员，提供一些有价值的信息和研究素材，同时也提供一种科学的思想方法。

本书可作为高等学校机械、汽车及管理类专业教学用书，也可作为汽车行业的管理干部培训教材和一般科研人员及技术干部的参考读物。

本书在撰写过程中引用了作者原先编著的《地面车辆系统分析与设计》（北京：机械工业出版社，1989）一书中的部分内容。参阅了一些报刊、杂志上登载的有关资料，在此向所有作者一并表示感谢。

由于本书的撰写在一定程度上是个尝试，并且其内容涉及面广，限于作者水平难免有错误或不当之处，恳切希望读者批评指正。

目 录

前言

第一篇 总论	1
第一章 用系统思想研究汽车的发展问题	1
第一节 汽车发展与社会环境	1
第二节 汽车发展带来的祸与福	9
第三节 汽车技术发展的内在联系和规律	16
第四节 汽车工业发展的战略思考	17
第二章 系统、系统科学和系统工程的基本概念	20
第一节 系统的主要特征	20
第二节 系统科学的一个组成部分	22
第三节 系统工程的方法和步骤	25
第四节 系统工程中的基本观点	29
第三章 指导汽车发展系统的基本原则	32
第一节 汽车设计和生产的“3S”、“4M”原则	32
第二节 汽车产品开发的“三化”原则	34
第三节 发展汽车工业的“规模生产”原则	37
第四节 指导未来汽车设计与制造的战略思想	40
第四章 系统研制的主要阶段和管理方法	42
第一节 系统研制的主要阶段	42
第二节 系统研制的管理方法	45
第三节 新车型开发工作体系	49
第二篇 汽车技术法规、预测方法和评价指标体系	55
第一章 汽车的技术法规体系	55
第一节 汽车技术法规体系的特征	56
第二节 世界三大汽车技术法规体系的比较	59
第三节 汽车技术法规的基本内容	61
第四节 技术法规对促进汽车技术进步的影响	78

第五节 汽车产品认证制度的建立	80
第二章 汽车的预测方法体系	86
第一节 市场预测方法	86
第二节 技术预测方法	104
第三节 成本预测方法	118
第三章 汽车的评价指标体系	122
第一节 汽车的评价指标系统设计	122
第二节 轿车的评价指标体系	123
第三节 载货汽车的评价指标体系	129
第四节 越野车辆的评价指标体系	137
第三篇 汽车系统分析方法	166
第一章 汽车方案选优中的系统分析方法	166
第一节 主观判断分析法	166
第二节 客观选优法	173
第三节 层次分析法 (AHP)	184
第二章 汽车总成选型中的价值分析与动态分析	194
第一节 价值分析在汽车行走机构选择中的应用	194
第二节 动力装置选型中的价值分析与动态分析	199
第三节 传动系统选型中的价值分析与预测分析	207
第三章 汽车底盘中采用新技术的系统分析	212
第一节 主动悬架系统分析	212
第二节 四轮转向系统 (4WS) 分析	218
第三节 四轮驱动 (4WD) 系统分析	225
第四节 防抱死制动系统 (ABS) 分析	231
第五节 牵引控制系统 (ASR) 分析	238
第四章 模糊数学在汽车销售分析中的应用	245
第一节 模糊数学的一般概念	245
第二节 模糊综合评价的数学模型	247
第三节 模糊关系方程在汽车销售分析中应用实例	249
第四篇 汽车系统设计基础	254
第一章 整车系统设计原则	254
第一节 整车系统设计的内容和特点	254
第二节 汽车总体设计中的辩证关系	256

第三节 汽车总体设计参数选择原则	258
第二章 车身系统设计概论	270
第一节 车身系统设计的内容	279
第二节 轿车车身总布置的原则	271
第三节 汽车外形造型的艺术规律与色彩设计	277
第四节 轿车车身轻量化、空气动力性和 安全性的系统设计概述	287
第三章 部件系统设计原理	293
第一节 外饰系统设计	293
第二节 内饰系统设计	298
第三节 环境控制系统设计	301
第四节 发动机管理系统设计	317
第五节 汽车其它控制系统设计	328
第四章 计算机辅助技术在汽车系统设计中的应用	332
第一节 计算机辅助设计/制造 (CAD/CAM) 的应用	332
第二节 计算机辅助工程 (CAE) 的应用	338
第三节 计算机辅助试验 (CAT) 的应用	341
第四节 工厂自动化 (FA) 的现状	344
第五节 计算机辅助技术的新发展	345
第五篇 汽车系统管理技术	349
第一章 汽车产品开发系统管理原则	349
第一节 汽车产品开发系统的特性	349
第二节 汽车产品开发系统管理的基本原则	352
第三节 汽车企业系统管理的新策略	356
第二章 汽车产品开发系统管理方法	361
第一节 实施目标成本控制	361
第二节 推行全面质量管理	365
第三节 优化销售服务体系	370
第四节 发挥信息反馈作用	377
第五节 加强产品开发研究	380
第三章 汽车生产方式优化	382
第一节 精益生产方式	382
第二节 同时工程	396

第三节	标准件组合法	398
第四节	未来的汽车生产方式	403
第四章	汽车企业系统管理的组织结构	405
第一节	建立企业系统管理体系的基本原则	405
第二节	通用公司的技术中心	408
第三节	克莱斯勒公司的多功能“攻坚队”	410
第四节	日本汽车零部件企业的组织结构	412
第五节	福特公司的汽车部件集团	414
第六篇	发展汽车工业和汽车运输业的系统工程	416
第一章	发展我国汽车工业的系统工程	416
第一节	搞清问题	418
第二节	选择评价指标	424
第三节	确定系统目标	431
第四节	系统综合与分析(发展模式探讨)	434
第五节	系统选择(结构最优化)	441
第六节	决策	448
第七节	实施	448
第二章	轿车进入家庭的系统分析	451
第一节	轿车进入家庭是必然趋势	451
第二节	轿车进入家庭是一个宏大的系统工程	453
第三节	发展家庭轿车制约因素的分析	454
第四节	轿车进入家庭之路	457
第五节	家庭轿车选型	460
第六节	家用轿车市场前景预测	469
第七节	发展家庭轿车的政策措施	474
第三章	汽车运输系统的优化	477
第一节	汽车工业发展与运输结构的关系	477
第二节	汽车运输的优势	479
第三节	公路运输系统三要素及其优化	482
第四节	改善和优化城市交通系统	492
第七篇	人一汽车—环境系统分析与控制	501
第一章	人、汽车、环境三要素分析	501
第一节	汽车与环境污染	501

第二节	环境与未来能源	505
第一节	代用燃料与汽车	509
第四节	人、汽车、环境与交通事故	527
第二章	汽车综合控制	534
第一节	汽车电子控制系统的发展	534
第二节	动力传动系统的综合控制	539
第三节	底盘的综合控制系统	543
第四节	以电控 4WD 为核心的车辆综合控制	551
第三章	智能汽车公路系统	559
第一节	智能驾驶辅助系统	560
第二节	智能公路体系	566
第三节	汽车导航系统	573
参考文献		582

第一篇 总 论

第一章 用系统思想研究汽车的发展问题

马克思、恩格斯的辩证唯物主义认为，物质世界是由无数相互联系、相互依赖、相互制约、相互作用的事物和过程所形成的统一整体。辩证唯物主义体现的物质世界普遍联系及其整体性的思想也就是系统思想。

恩格斯说：“思维既把相互联系的要素联合为一个统一体，同样也把意识的对象分解为它们的要素。没有分析就没有综合。”（《反杜林论》，《马克思恩格斯选集》第三卷，第81页）

所以，系统思想是进行分析与综合的辩证思维工具，是一种哲学思想，它是研究自然科学和社会科学不可缺少的思想武器。它告诉人们要全面的考虑问题，即要有全局性和整体观念，避免片面性和只考虑局部。它认为任何事物都有其内在的联系和规律，并受其周围环境的影响，与它们相互联系、相互作用，即各组成部分之间有关连性。研究任何事物时都应既有分析，又有综合，进行辩证的思维。

因此我们在讲汽车发展时，就一定要讲辩证法，防止片面性和形而上学，也就是说，我们要用系统思想来研究世界汽车发展问题，从而知彼知己，达到指导我国汽车和汽车工业发展的目的。

第一节 汽车发展与社会环境

从汽车开始问世至今已有100多年了，当今的汽车已成为门

对门的随时都能利用的高度自由的运输工具，在社会上已占据相当重要的地位。汽车发展的历史是和人类社会的文明进程密切结合的，据汽车界著名人士一致的论断，21 世纪将是汽车的社会，世界上汽车工业发达的国家正向着成熟化的汽车社会发展。

汽车的社会化大致经历了七个阶段。

1. 第一阶段是技术开发时代

像大多数重要技术发明一样，汽车并不是哪一个人的发明，汽车是很多个人的创造结果。他们每个人在不同的方面都作出了贡献。

1769 年，法国的尼古拉·居纽制造了第一辆大型蒸汽动力三轮车。这辆笨重的车子，据说可以行走 32 公里，最高时速为 0.8 公里。

19 世纪，在英国，大量蒸汽动力车辆已经商业化，用这种庞大的车辆在城市之间粗劣的道路上来回运输乘客和货物。然而这些蒸汽车辆一般都是一种一个样，不是系列生产的，直到哥特里布·戴姆勒和卡尔·奔驰的汽车在德国出现，才能说汽车时代开始了。

戴姆勒和奔驰各自生产了由内燃机驱动的轻型小汽车，他们的工作是完全独立进行的。奔驰于 1885 年率先制成了他的汽车、戴姆勒的第一辆汽车制成时间是 1886 年。

在欧洲发明的第一辆简陋的三轮汽车引起了大洋彼岸年轻而富有创造力的美国的极大关注和兴趣。1893 年，杜里埃兄弟经过不懈的努力，造出了美国的第一辆汽车。紧随其后，亨利·利兰德成立了凯迪拉克公司，从而使一代名车凯迪拉克诞生。1903 年，大卫·别克创立了别克汽车公司，亨利·福特成立了福特汽车公司，从此开始了美国汽车发展的新纪元。

在奔驰发明第一辆汽车后不到 20 年的时间里，不仅在美国，而且在欧洲一些国家里也相继诞生了不同品牌的名车和名人。

1896 年，法国一个小五金商人的儿子阿尔芝·标致创立了以狮子为商标的标致汽车公司，这就是现代标致雪铁龙集团的前身。

1898年，路易斯·雷诺在法国创立雷诺汽车公司，他研制的汽车率先使用轴传动，是变速器和万向节的前驱，从而奠定了雷诺名车的基础。

1899年，意大利人乔瓦尼·阿涅利建立起都灵汽车厂，后来该厂用都灵汽车厂的缩写，改名为菲亚特汽车公司。

1904年，英国贵族子弟罗尔斯和工程师罗伊斯联手合作，成立了罗尔斯·罗伊斯公司。这个公司生产的高级轿车以其杰出的质量，优良的性能、豪华的内饰，古色古香的外形以及设备的完善考究而驰名世界，被认为是世界名车之冠。因而罗尔斯·罗伊斯车是英国王室成员的用车，也是接待外国元首和政府首脑的用车，英国的达官贵人也争相购买这种车，以显示自己的地位。

从发明汽车的19世纪末到20世纪初，汽车仅是发明家和富豪的财产。他们肯花钱制造具有最高性能的流行式汽车，但数量很少。在这个时代已形成了多种汽车的技术开发，不过这时的汽车性能主要是以富裕阶层的个人趣味为目标的。

2. 第二阶段是大量生产时代

1908年10月亨利·福特首次推出T型车。在以后近20年的时间里，共计生产了1500余万辆T型车。由于T型车结构紧凑，设计简单，坚固，加上驾驶简易，价格低廉，因而深受美国人民的喜爱。由于它广泛地被城市、农村的普通家庭所采用，因此，美国老百姓认为是T型车改变了他们的生活方式、思维方式和娱乐方式（如全家出游、野餐、情人幽会等），使他们更自由，视野更广阔，并产生了新的人与人之间的关系。

T型车在1908年推出时，售价825美元，相当于一个教师年工资（850美元）的97%。1913年，福特首创了全世界第一条汽车生产流水装配线，从而节省了生产时间，降低了成本。1914年10月T型车在不降低汽车质量的情况下售价降为440美元。到了1916年8月，更降低到345美元，从而使汽车普及为美国老百姓的交通工具。T型车改变了汽车仅为富豪们的玩物的历史，成为美国民众生来就有权享用的东西。

由于有了快捷的交通工具，加上收音机的普及，改变了美洲大陆过去封闭分割的状态，形成了一个广大的整体社会。美国人民由衷地称誉福特是“替美国装上轮子的人”。

1908~1909年，T型车销售1万多辆；1909~1910年销售18664辆；1910~1911年达到34528辆；1911~1912年再次翻番，达到令人瞩目的78440辆；1912~1913年，T型车的总产量又增加了一倍多；1913~1914年总产量几乎再度翻番。到第一次世界大战结束时，福特已控制了北美乃至世界各地的汽车市场，地球上几乎有一半汽车是T型车。

当然，T型车不是十全十美，也不能长生不死，但她以自身风貌独领风骚数十年，在汽车发展史中开创了辉煌的大众化时代。

3. 第三阶段是适用时代

第一次世界大战期间，福特T型车不能适应欧洲泥泞的战场，使很多汽车厂家意识到，一定要造一种“哪儿都能去”的汽车。1940年，美国在奥斯汀七型轿车（当时美国市场上所能见到的最小型汽车）的基础上设计出一种万能车，因为此车由威利斯公司等招标承制，所以通常称为威利斯万能车（General-Purpose Willys），缩写为GPW，没过多久又缩写成G.P.，也即Jeep，中文译过来就是“吉普”。

吉普车带二档分动器，四轮驱动，并为了保持外形低矮（避免侦察时让敌人发现，另外也为了减小火力目标），该车还采用了可折放风挡和钢管架支撑的篷顶。为减轻自重，增大有效载荷能力，车身板件也是能省则省，没有车门，仅是在侧围上开一个缺口，供上下车用，而且尽量采用曲线形整件侧围。底盘非常坚固，离地间隙大。

随着战争进展，吉普车的生产数量逐步增加，到第二次世界大战结束时，生产的吉普车竟超过60万辆。美国军队开到哪里，吉普车便跑到哪里，它的卓越性能和奇特造型产生了很多美妙的传说，这些战争遗留物掀起一股强劲的“吉普”风，对后来世界各地越野汽车设计的影响极为巨大。

由于战争使人们对公共运输工具——汽车的性能有了深刻的认识。在战争中，为了适应时刻变化的战况，武器弹药和兵员的运输，要求汽车在时间上，地点上都有极高的机动性、适应性，并且能充分发挥其性能。原苏联在第二次世界大战期间开发的多轴越野汽车能在坏路面上或在道路之外行驶，有能力克服人为的障碍，因此这种车型在战争条件下具有重要意义。

30年代，三轴汽车的结构曾令人惊奇，它的通过性曾令人钦佩，如果按现代观点来评价，虽然它并不怎样高级，但对部队来说，这样的汽车为提高部队的灵活机动性解决了许多问题。

总的来说，扩大运输范围和提高作战效率是各国汽车发展所追求的目标。

4. 第四阶段是产业化时代

第二次世界大战以后，不仅汽车成为不可缺少的公共和个人运输工具，而且汽车工业已成为牵动很多基础材料和相关零部件生产的主导产业。另外，汽车产业的发展促使产生很多新工业部门如公路建筑等，反过来加速了汽车的普及。

进入50~60年代，美国的汽车业不仅带动了整个美国经济的发展，而且成为最大的产业，总产量比其它国家的总和还多。这个时期，他们完成了兼并战，使美国汽车业成为通用、福特和克莱斯勒的天下，汽车产品也走向多样化，成为世界第一商品。汽车业由此发生质的变化，从手工作坊式的小工业发展成为资金密集，人才密集的现代化大产业，美国也被誉为“绑在汽车轮子上的国家”。

战后的50年代，日本对基础工业作了大量投资，原为小手工作坊式的汽车厂，如日产、五十铃、丰田、日野等公司才开始加速发展。特别是1955年以后，当日本经济已经基本恢复元气，准备进一步赶超欧美发达国家时，日本政府及一些经济学家认识到，为达到这个目的，单纯地依靠企业管理的改善已不可能，而必须使产业结构向高度化方向发展，并确定一个能够带动整个经济起飞的“战略性产业”才能使整个国民经济有一个飞跃，实现其赶

超欧美的宏愿。众所周知，这个“战略性产业”就是汽车工业。在这一时期，日本政府制定了一系列扶持汽车工业的法规条例，使日本的汽车工业迅速地成长起来，汽车产量由1955年的68932辆一跃到1960年的481751辆，并且轿车在汽车总产量中的比重也由1950年的5.3%上升到1960年的34.3%。进入60年代后，日本的汽车产量更直线上升，1965年达187万辆，创造了汽车发展史上的奇迹。

60年代也是原联邦德国汽车工业大发展的时代，10年中，原联邦德国汽车公司共生产了338万辆，平均每1000人的汽车占有量为236辆。

因此，从第二次世界大战后到60年代中期称为汽车发展的“产业化时代”，在这个时代汽车工业成为世界上最富有活力的一个产业部门。

5. 第五阶段是摩擦时代

70年代初，受中东战争及石油危机的影响，世界汽车销售量急剧下降，市场严重萎缩，这对汽车制造业特别是中小规模的厂家简直是致命的打击，世界汽车市场的格局发生了重大变化。石油危机的爆发使日本得以将其省油、价廉的小型汽车打入美国，抢占了约30%原属于美国的轿车市场，从此引发一场愈演愈烈的日美汽车战。

越来越严重的汽车排气污染问题以及70年代美国政府制订的严格的排污法规，又给汽车业的发展带来了阴影。

在这个阶段，人们意识到汽车是“行走凶器”，汽车造成废气污染，汽车引起振动和噪声以及汽车导致石油危机等。汽车的普及使原社会系统中产生了各种倾轧和摩擦现象。为了求得社会相容，人们开始研制低公害汽车和低油耗汽车。

6. 第六阶段是高级化时代

从80年代中期以后汽车开始进入高级化时代，浓缩着人类文明的汽车业又展现出一幅波澜壮阔的画卷，老牌群雄势不可挡，新的竞争者也是当仁不让，把世界汽车工业推向了一个更高的阶段。

1988年,全世界共生产汽车4850万辆,其中日本1270万辆,西欧1850万辆,美国1119万辆。而日本、美国、德国、法国、西班牙、意大利6国的产量就占70%。这些汽车生产大国利用自己的优势,加速企业兼并,推动技术开发,进一步提高了垄断程度和竞争能力。

在美、日等国汽车业龙头的带动下,一些现代工业较发达的国家亦不甘落后,且成绩骄人。例如1981年的巴西汽车产量为78万辆,到1993年已达到139万辆。韩国的汽车产量增加势头更猛,1981年只生产15万辆汽车,到1993年已达200万辆。这些新的汽车生产大国的崛起,着实令原有的汽车大国不敢小觑,使世界汽车业的竞争更加激烈。

汽车进入高级化时代的标志之一是:随着世界汽车产量的大幅度增加,使得汽车成为人们日常生活中不可缺少的工具。

高级化时代的第二个标志是:人们越来越追求汽车驾驶的舒适性、安全性以及环境的适应性。

环境保护和不断提高的安全技术方面的要求对汽车工业产生重大影响,而解决此类问题的最佳手段就是利用电子技术,而汽车电子技术的发展使汽车的一些性能指标达到了前所未有的高度,这对汽车工业的发展产生了强烈的刺激。作为汽车工业竞争焦点的质量和成本已经发生了质的变化,即成本已退居次要地位,而质量也不再仅指可靠性和使用寿命,而是更加侧重于环境适应性,安全性和舒适性(包括方便性),在这方面落后的厂家必将丧失竞争力,单纯依靠价格竞争已经没有出路。

高级化时代的标志之三是:人们对70年代的全球能源危机已经淡忘,美国人又开始追求大型豪华轿车了。1990年,底特律人恢复了那曾是不可动摇“愈大愈好”的信念。同时,大型豪华轿车又成为世界车型的热点。

90年代初,在美国,大型豪华轿车的复活不是偶然的,是当代电子技术和电子计算机迅猛发展的必然结果。高技术已对传统工业产生了深远的影响,汽车工业也不例外,借助于高技术,汽