

汽车试验场总论

周金宝 汪 铸 王 可 ◎ 编 著

Pandect Of The
Automotive Proving
Ground



中国科学技术出版社
CHINA SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

013032876

U467
09

汽车试验场总论

周金宝 汪 铸 王 可 编 著



中国科学技术出版社

· 北 京 ·



北航

C1640629

图书在版编目(CIP)数据

汽车试验场总论/周金宝,汪铸,王可编著. —北京:中国科学技术出版社,
2013.1

ISBN 978-7-5046-6258-3

I. ①汽… II. ①周… ②汪… ③王… III. ①汽车试验-车辆试验场-研究
IV. ①U467.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 306777 号

策划编辑 郑洪炜
责任编辑 李 剑 李 洁
责任校对 赵丽英
责任印制 王 沛

出 版 中国科学技术出版社
发 行 科学普及出版社发行部
地 址 北京市海淀区中关村南大街 16 号
邮 编 100081
发行电话 010-62173865
传 真 010-62179148
投稿电话 010-62103165
网 址 <http://www.cspbooks.com.cn>

开 本 787mm×1092mm 1/16
字 数 320 千字
印 张 14
插 页 2
版 次 2013 年 1 月第 1 版
印 次 2013 年 1 月第 1 次印刷
印 刷 北京京华虎彩印刷有限公司

书 号 ISBN 978-7-5046-6258-3/U·83
定 价 48.00 元

(凡购买本社图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换)

内 容 提 要

这是一本比较系统地阐述汽车试验场建设和发展理论的著作。内容包括汽车试验场的概述,国内外典型汽车试验场,汽车试验场的典型试验系统,汽车试验场的主要试验道路设施设计,路面不平度及道路载荷谱的测量技术,汽车风洞,汽车试验场试验规范,汽车试验场运行监控管理,汽车试验场发展的趋势等。

本书既可以作为地方和军队院校车辆工程及相关专业的教学与培训用书,还可作为从事车辆装备试验的科技人员的专业技术基础教程,也可供车辆装备科研试验管理部门、领导机关和汽车研制单位宏观决策参考使用。

前 言

汽车试验场是由各种试验道路、试验场地、试验设施和相关实验室组成的整车试验基地。汽车试验场按用途分为：综合汽车试验场、专用汽车试验场和军用汽车试验场。为满足汽车的实际行驶要求，汽车试验场的主要试验设施是集中修筑的各种各样的试验道路，包括汽车能持续高速行驶的高速环道、用来确定汽车的结构参数以及汽车使用性能的基本性能试验道路、可造成汽车强烈颠簸的凹凸不平路、动力学广场、坡道、ABS 试验路、噪声试验路、各种功能的实验室等，给汽车试验提供稳定的路面试验条件。

汽车试验场是重现汽车使用中遇到的各种各样道路条件和使用条件的试验场地。试验道路是实际存在的各种各样的经过集中、浓缩、不失真的强化并典型化的道路。汽车在试验场试验比在实验室或一般行驶条件下的试验更严格、更科学、更迅速、更实际。其主要任务是汽车产品的质量鉴定试验，汽车新产品的研发，认证试验，为实验室试验提供路面谱采集条件，汽车法规、标准的研究和验证试验等。

军用汽车试验场主要任务是承担新型军用汽车的定型与选型试验；国外样车的结构性能分析评价试验；现装备车型的生产质量监督试验；现装备车型的改进试验；军用特种车的鉴定定型试验和某些新结构、新技术、新部件的专项研究性试验等。

到目前为止，尚缺少比较系统地阐述汽车试验场建设发展的理论专著。编者在搜集整理国内外关于汽车试验场发展趋势及相关文章的基础上，结合多年的试验与科研实践，完成该书。全书共分为九章。第一章介绍了汽车试验场的定义、分类、地位和作用，重点介绍了汽车试验场

的产生与发展、民用汽车试验场设施建设的原则、军用汽车试验场设施建设的原则以及军用汽车试验场的发展战略;第二章介绍了国内外典型汽车试验场,重点介绍了米尔布鲁克试验场、通用汽车公司沙漠试验场、密尔福德汽车试验场、阿伯丁试验场和欧洲四国试验场;第三章介绍了汽车试验场的典型试验系统,主要包括汽车道路试验系统和汽车试验室内试验系统;第四章介绍了汽车试验场的主要试验道路设施设计,主要包括高速环道、综合性能试验路、制动路面、耐久性试验道路、通过性设施、道路施工关键技术等;第五章介绍了路面不平度及道路载荷谱的测量技术;第六章介绍了汽车风洞;第七章介绍了汽车试验场试验规范,重点介绍了中国定远汽车试验场可靠性行驶试验规范;第八章介绍了汽车试验场运行监控管理,重点介绍了道路识别及运行控制系统和道路的智能交通管理系统;第九章介绍了汽车试验场发展的趋势。

本书由周金宝、汪铸、王可编著,周金宝编写第一章、第三章、第五章、第九章,汪铸编写第四章、第八章,王可编写第二章、第六章、第七章。全书由周金宝统稿。中国定远汽车试验场的领导对本书的编写给予了大力支持与指导。本书在编写过程中,参考和引用了许多专家学者的论著及教材,葛锋、郝士祥、葛纪桃、汪春艳在资料收集和文字编辑方面做了大量工作。在此,对为本书的完成给予支持的领导、专家和同志们,致以诚挚的感谢!

由于作者水平有限,书中难免出现错误、疏漏,恳请读者批评指正。

编著者

2012年5月

目 录

前 言	编著者
第一章 汽车试验场的概述	1
一、汽车试验场的定义	2
二、汽车试验场的产生与发展	2
三、汽车试验场的分类	5
(一)综合汽车试验场	5
(二)专用汽车试验场	5
(三)军用汽车试验场	5
四、汽车试验场的作用	5
(一)民用汽车试验场的作用	5
(二)军用汽车试验场的作用	6
五、民用汽车试验场设施建设的原则	6
(一)瞄准市场,准确定位	6
(二)一次规划,分期修建	7
(三)研究探索,科学发展	7
六、军用汽车试验场设施建设的原则	7
(一)需求牵引,技术推动	8
(二)立足现实,着眼未来	8
(三)统筹规划,突出重点	8
(四)质量第一,安全可靠	8
(五)适度投入,注重效益	9
七、军用汽车试验场的发展战略	9
(一)军用汽车试验场的发展战略环境分析	9
(二)制定军用汽车试验场的发展战略	11
第二章 国内外典型汽车试验场	13
一、国外汽车试验场	14

(一) 米尔布鲁克试验场	14
(二) 通用汽车公司沙漠试验场(DPG)	15
(三) 密尔福德汽车试验场	15
(四) 阿伯丁试验场	16
(五) 日本汽车研究所(JAkI)	19
(六) 英国汽车工业研究协会(MIRA)	22
(七) 法国汽车摩托车和自行车技术联合会(UTAC)	23
(八) 欧洲四国汽车试验场	25
(九) 其他试验场	26
二、国内汽车试验场	27
(一) 海南汽车试验场	27
(二) 襄樊汽车试验场	30
(三) 通县交通部公路交通汽车试验场	35
(四) 一汽农安汽车试验场	35
(五) 上海大众汽车试验场	35
(六) 中国定远汽车试验场	36
第三章 汽车试验场的典型试验系统	41
一、汽车道路试验系统	42
(一) 概述	42
(二) 汽车整车基本性能试验系统	42
(三) 汽车操纵稳定性试验系统	43
(四) 汽车行驶平顺性试验系统	44
二、汽车试验室内试验系统	44
(一) 概述	44
(二) 汽车整车性能室内台架试验系统	44
(三) 发动机台架试验系统	47
(四) 低温实验室	62
(五) 高温实验室	64
(六) 汽车室内可靠性试验系统	65
(七) 现代汽车驾驶模拟器	68
(八) 实车正面碰撞试验系统	70
(九) 滑车模拟碰撞试验系统	81

(十)电磁兼容测试系统	85
(十一)汽车排放试验系统	102
第四章 汽车试验场的主要试验道路设施设计	105
一、高速环道	106
(一)概述	106
(二)高速环道参数设计	107
二、综合性能试验路	110
三、纵坡	111
四、制动路面	112
(一)概述	112
(二)陶瓷砖或聚酯材料路面	113
(三)玄武岩路面	113
(四)喷水系统设计	114
五、噪声路面	117
(一)概述	117
(二)噪声试验广场技术要求	118
六、耐久性试验道路	118
(一)概述	118
(二)典型的特征路面设计	119
七、通过性设施	141
(一)地形通过性设施	141
(二)地面通过性设施	144
八、越野路	144
九、回转特性试验广场	145
十、安全和环境设施	146
十一、道路施工关键技术	146
(一)测量放线	147
(二)管道施工	147
(三)道路底基层施工	147
(四)道路上基层施工(水泥石屑稳定层)	148
(五)道路面层施工	148
(六)质量控制措施	150

第五章 路面不平度及道路载荷谱的测量技术	151
一、路面不平度及其功率谱	152
(一)路面不平度的测量	152
(二)路面不平度及其功率谱密度	155
(三)测量数据处理及路面不平度表示	155
二、道路载荷谱的测量	158
(一)道路载荷谱的测量的步骤	158
(二)载荷谱的编制	159
第六章 汽车风洞	167
一、概述	168
二、国外主要汽车风洞的介绍	168
(一)菲亚特汽车公司的多用风洞	168
(二)平宁法里那(pininfarina)公司的全尺寸风洞	168
(三)戴姆勒一本茨汽车公司的全尺寸风洞	169
(四)欧洲福特汽车公司的多用风洞	169
(五)大众汽车公司的多用风洞	169
(六)英国汽车工业研究协会(MIRA)的全尺寸风洞	169
(七)美国通用汽车公司的全尺寸风洞	169
(八)丰田汽车公司的多用风洞	170
(九)日本汽车研究所(JARI)的全尺寸与缩尺模型风洞	170
三、风洞特性和类型	170
(一)风洞特性	170
(二)风洞类型	173
四、汽车风洞的用途	174
五、汽车空气动力学风洞试验方法	175
六、汽车风洞的结构形式	177
第七章 汽车试验场试验规范	181
一、概述	182
二、中国定远汽车试验场可靠性行驶试验规范	183
(一)主题内容与适用范围	183
(二)引用标准	183
(三)术语	183

(四)试验条件	184
(五)试验里程及各种道路里程分配	184
(六)试验程序	186
(七)行驶规范	187
(八)试验记录	188
(九)可靠性评价	189
(十)试验路面条件控制	189
第八章 汽车试验场运行监控管理	191
一、概述	192
二、道路识别及运行控制系统	192
(一)系统组成	192
(二)系统功能	193
(三)系统的网络结构	196
(四)地图显示和地理信息查询	196
(五)数据库和报表	196
(六)车载终端	196
(七)道路识别传感器	197
三、道路的智能交通管理系统	197
(一)系统功能	197
(二)系统要求	198
(三)系统分析	198
(四)系统设计	203
第九章 汽车试验场发展的趋势	209
一、概述	210
二、国内主要汽车试验场现状的分析	210
三、试验场发展的趋势	211
(一)国内外汽车试验场的发展	211
(二)国内汽车试验场发展前景的展望	212
(三)军用汽车试验场的发展	213
参考文献	216

第一章

汽车试验场的概述

第一章

汽车试验场的概述

一、汽车试验场的定义

汽车试验场(The automotive proving ground),简称试验场、试车场,是由各种试验道路、试验场地、试验设施和相关实验室组成的整车试验基地。为满足汽车的实际行驶要求,汽车试验场的主要试验设施是集中修建的各种各样的试验道路,包括汽车能持续高速行驶的高速环道、用来确定汽车的结构参数以及汽车使用性能的基本性能试验道路、可造成汽车强烈颠簸的凹凸不平路、动力学广场、坡道、ABS试验路、噪声试验路、各种功能的实验室和控制塔台等,给汽车试验提供稳定的路面试验条件。汽车试验场的规模有大有小,试验道路的种类和长短也不尽相同。同时,随着汽车技术的发展,会不断提出修建新的试验设施,以满足对新型汽车的考核。

二、汽车试验场的产生与发展

汽车在行驶时不断受到由于路面不平而引起的路面冲击载荷,同时还受到转向侧向力、驱动力和制动力等的作用。这些力一般都随着时间发生变化。另外,汽车发动机本身也是一个振动源。因此,汽车在行驶中处于一个相当复杂的振动环境中,其各个零部件一般都会受到随着时间发生变化的应力、应变的作用。经过一定的工作时间,一些零部件便会发生疲劳损坏——出现裂纹或断裂。据统计,90%以上的汽车零部件损坏都属于疲劳损坏。

为了使汽车产品具有需要的工作寿命和可靠度,在国际汽车行业已经广泛采用了设计、分析和试验的三步法。第一步,进行试验来测取产品载荷、载荷历程数据,并且提供给设计人员;设计人员利用这些数据确定产品的形状和尺寸。第二步,对产品进行静态应力分析,一般利用有限元分析方法,得到产品中的应力分布;对产品结构进行改进设计,以排除或减轻结构中的应力集中;利用材料疲劳性能参数和载荷历程进行疲劳寿命预计。第三步,再进行试验,以检验疲劳寿命预计的准确性,并且确保产品具有需要的工作寿命和可靠度,这种试验称为耐久性试验。

在19世纪20年代以前,轿车、卡车的性能和耐久性试验都在社会道路上进行。各个制造厂家都选择了包括城市道路和乡村道路在内的试验路线。选择的的原则是使受试车辆可以经受在实际使用中碰到的冲击载荷和动应力,并且为了缩短试验行驶里程和时间,需要使单位行驶距离内出现上述载荷和应力的频次比在实际使用中的更高。因此,这些试验也属于加速寿命试验。同时,制造厂家也注意收集有关产品实际使用的数据,并且把它们与上述试验数据进行对比分析。积累了

一定的经验以后,制造厂家就可以确信,如果一辆车可以在上述试验路线上行驶一定的里程而不发生失效,那么它在用户手中就可以具有足够的工作寿命。但是,社会道路的路况变化比较大,试验条件难以控制,造成试验结果重复性和可比性比较差,试验周期比较长。

到了 20 世纪 20 年代,汽车制造厂家已经认识到进行仔细控制的耐久性试验的价值。而这样的试验需要在试验室内的试验设备上进行,或者在专门修建的试验场地上进行。在美国,最早专门修建的车辆试验场之一是美国陆军的阿伯丁试验场(Aberdeen proving ground)。这个试验场在 20 年代以前已经修建好,在第一次世界大战中用于试验大炮。

1924 年通用汽车公司在密歇根州(Michigan)的密尔福德(Milford)修建了试验场。在这个试验场中包含了各种有代表性的汽车行驶道路,主要用于在仔细控制的条件下对成批生产前、后的轿车进行验证试验,并且对竞争者的轿车进行分析评价试验。

1926 年 Packard 汽车公司在密歇根州的 Utica 建成了自己的耐久性试验场。就像通用汽车公司的试验场一样, Packard 试验场包含了高速椭圆形跑道和低速耐久性试验道路。耐久性试验道路包括碎石路、砂路、乡村土路和扭曲路等,用于对所有的汽车零部件进行最严酷的试验。

1933 年福特汽车公司在密歇根州的 Dearborn 的试验场开始启用。这个试验场用于对飞机、轿车和卡车进行试验,其中飞机试验具有优先权。

总之,在 20 世纪二三十年代建成了一批汽车耐久性试验场。这些试验场主要用于轿车的耐久性试验。从这时起直到 40 年代末期情况一直如此。

但是,这时的卡车制造公司尚未面临快速成长的市场要求和每年必须推出一款车型的需要,它们还在以一种比较悠闲的方式进行产品开发。先制造几辆样车,交给经过仔细选择的顾客进行使用。如果发生问题,便进行改进设计,直到这些车辆能够在顾客的使用环境中“生存”为止。一旦一个新设计在几个顾客的手中得到验证,卡车制造公司便开始投产。一直到 20 世纪 50 年代,很多卡车制造公司都采用这种开发方法。但这种开发方法会使一种新车型的开发时间拖得比较长。

到了 20 世纪 50 年代初,仔细设计的汽车耐久性试验(在汽车试验场上进行)开始得到应用。当时的汽车试验场试验主要起两种作用:①根据应用工程和其他部门的要求进行试验工作。②对本公司的以及竞争者的车辆进行分析评价试验,以提供参考数据。

耐久性试验通常要求行驶 1.6 万~3.2 万 km,在耐久性试验的开始、中间和

结束都要进行性能试验(燃料经济性、加速性、最高车速和制动性能等)。在试验中,为了发现失效,每行驶一定的里程就要进行一次检查。在完成试验以后,把车辆拆开进行检查,查找失效和小裂纹。把试验和检查的结果提交给有关的工程人员,帮助他们进行设计改进。到了 20 世纪 50 年代,卡车制造公司也开始应用当时可以获得的耐久性试验技术进行重型卡车的开发。国际收割机公司在亚利桑那州(Arizona)的 Pheonix 建起了一个耐久性试验场。建立这个试验场的主要目的之一是在车辆送达顾客手中以前,发现和纠正设计中的薄弱环节,避免车辆在顾客手中发生失效。这代表了卡车制造公司在产品开发指导思想上的主要转变。

1952 年,克莱斯勒公司在密歇根州 Chelsea 的汽车试验场开放,它既可以进行轿车试验也可以进行重型卡车试验。

1956 年,福特汽车公司在密歇根州的 Romeo 开发了一个用途更加广泛的汽车试验场。

目前,世界上已建成 100 多个不同类型的汽车试验场,有些公司有几个试验场,一个汽车厂甚至一个部件专业厂也都有自己的试验场。有些大的综合性试验场还带有国家的性质,如英国的汽车工业研究协会试验场,法国的汽车摩托车技术协会试验场,俄罗斯汽车和发动机研究所试验场,日本汽车研究所试验场等。

1958 年,一汽技术中心在海南省琼海市开始建设我国第一个汽车试验场,最初它只是一个汽车热带试验基地。20 世纪 80 年代初,国外大批汽车进入中国市场,使得客户对汽车质量特别是可靠性有了更高的要求,海南汽车试验场修建了以比利时石块路为代表的可靠性试验路。直到 1987 年,我国才建成了真正意义上的第一个汽车试验场。试验场的建立使政府部门有了提高汽车质量的试验手段,促使我国的汽车平均首次故障里程由 500km 提高到 1 万 km,为我国汽车工业的发展作出了一定的贡献。1990—2002 年是我国汽车工业跨越式发展时期,中国定远、二汽襄樊、交通部通县、一汽农安、上海大众这 5 家的汽车试验场相继建成,标志着我国整车道路试验手段进入了国际先进行列,年试验里程超过 5000 万 km。保定长城、比亚迪、华晨金杯、长安大学已建成较小规模的试验设施,占地几百亩不等。北京延庆建有我国第一个工程机械试验场,试验场地跨北京、河北两地,由延庆本部、康庄试验区、西拨子试验区、东花园试验培训基地、南马场试验区 5 部分组成,总占地面积为 2.30km²。重庆长安汽车股份有限公司、上海通用五菱汽车股份有限公司、中国汽车技术研究中心、奇瑞汽车股份有限公司、吉利汽车股份有限公司、北京现代汽车股份有限公司都在酝酿建立自己的汽车试验场,上海通用汽车有限公司正在安徽广德建设汽车试验场。

三、汽车试验场的分类

汽车试验场按地域分为热带、寒带、温带和高原试验场;从功能上分为综合试验场和专业试验场;按所有权分为政府、军队、企业和科研机构拥有的试验场;按行业可分为汽车试验场、轮胎试验场、拖拉机试验场和工程机械试验场;按规模分为大型、中型和小型汽车试验场,随着计算机技术的发展,又出现了虚拟试验场和数字化试验场。一般汽车试验场按用途分,大致可以分为以下三类。

(一)综合汽车试验场

综合汽车试验场面积在 10km^2 以上,试验道路总长超过 100km ,并设有一套现代化的试验室,种类相对比较齐全。如美国通用汽车公司(GM)的密尔福德汽车试验场,占地 16.2km^2 ,试验道路总长 200km ,年试验总里程 $(2.5\sim 3.0)\times 10^7\text{km}$ 。

(二)专用汽车试验场

专用汽车试验场很大部分是汽车零部件公司为满足产品开发和法规要求而建的。如德国 WABCO 公司设在汉若威附近的试验场,其主要试验道路是附着系数从 $0.15\sim 0.5$ 以上五条制动试验路,以满足该公司开发和评价制动防抱死系统 ABS、ASR、EBS 等需要。专用功能试验场也有大型的,如美国通用汽车公司在梅萨(Mase)的沙漠热带汽车试验场,总面积 18km^2 。当地气候干燥,夏季最高温度可达 45°C ,是鉴定发动机冷却系、供油系以及整车的动力性、经济性和空调系统等性能的理想试验环境。

(三)军用汽车试验场

军用汽车试验场承担越野汽车、军用汽车和其他军用特种车辆性能试验研究与定型试验,承担军用车辆承载全套武器系统和各种装备性能试验研究与定型试验。如美国陆军部门的阿伯丁试验场(Aberdeen proving ground)、英国战斗车辆研究所试验场(FVRDE)和中国定远汽车试验场(The dingyuan automotive proving ground of china)。

四、汽车试验场的作用

(一)民用汽车试验场的作用

汽车试验场是重现汽车使用中遇到的各种各样道路条件和使用条件的试验场地。试验道路是实际存在的各种各样的经过集中、浓缩、不失真的强化并典型化的道路。汽车在试验场试验比在实验室或一般行驶条件下的试验更严格、更科学、更迅速、更实际。其主要任务是汽车产品的质量鉴定试验;汽车新产品的研发、认证

试验;为实验室试验提供路谱采集条件;汽车法规、标准的研究和验证试验。由于计算机和控制技术的飞速发展,汽车的部分行驶工况可以在实验室进行模拟试验和利用计算机进行仿真计算,如在整车振动试验台上模拟汽车在道路上的行驶振动情况,在驾驶模拟器上模拟汽车的加速、制动、侧滑、甩尾、高速失控等极限工况。但这并不意味着汽车试验场作用的减弱,恰恰相反,这些试验手段应用的前提是汽车在实际道路上行驶的各种工况数据,而这些数据大部分是在试验场采集的。

(二)军用汽车试验场的作用

军用汽车试验场承担新型军用汽车的定型与选型试验;国外样车的结构性能分析评价试验;现装备车型的生产质量监督试验;现装备车型的改进试验;军用特种车的鉴定定型试验和某些新结构、新技术、新部件的专项研究性试验等。主要体现在以下几个方面。

1. 军用汽车的设计定型试验

军用汽车试验场的中心任务是完成车辆装备的设计定型试验,对车辆装备的战术技术性能指标进行全面考核,给出试验结论与车辆装备能否定型的建议。

2. 军用汽车的研制试验

军用汽车试验场具备良好的试验条件和先进的测试手段,因此,试验场试验能够充分暴露出被试车辆装备的各种问题。试验场技术人员具有丰富的实践经验,能对存在的问题做出正确的分析判断,这对于研制单位改进车辆装备设计、提高车辆装备质量具有重要的作用。

3. 辅助部队作战训练与使用

通过军用汽车试验场的试验与评价,较真实地反映车辆装备的战术技术性能和战术使用性能,这为部队车辆装备的配备、维修、训练与作战使用等提供了基础的参考依据。另外,军用汽车试验场的试验使得车辆装备的操作使用,维修管理条例和作战原则等规范的制订,有了切实可行的依据。

五、民用汽车试验场设施建设的原则

(一)瞄准市场,准确定位

纵观世界各国汽车试验场,可谓各具特色、各有千秋,但从来还没有一个汽车试验场可以做到无所不能,也没有哪个汽车试验场能完全替代另一个,实际上不可能也没有必要去建造一个包罗万象的汽车试验场。重要的是汽车试验场的建设必须真正符合用户的使用目的,并形成自身的特色。因此,项目实施前必须深入研究