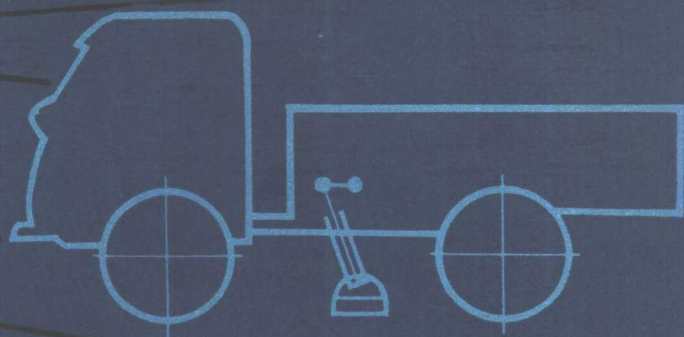




载货汽车的 振动、强度 和强化试验

徐涛 颜祥 张庆余 译

[苏] H.H. 亚岑科 著

机械工业出版社

载货汽车的振动、强度和强化试验

[苏] H·H·亚岑科 著

徐涛 颜祥 张庆余 译

机械工业出版社

本书系苏联 Н·Н·亚岑科教授所著，莫斯科机械制造工业出版社 1972 年出版。

书中讨论了载货汽车在特种道路上强化试验的一般原理，在不平坦道路产生的振动下行走部分和传动系的载荷性能，还介绍了汽车零件在随机载荷过程中疲劳的对比评价以及试验用的仪器与设备。

本书可供汽车制造工业的工程技术人员和汽车试验研究工作参考。

**КОЛЕБАНИЯ, ПРОЧНОСТЬ
И ФОРСИРОВАННЫЕ ИСПЫТАНИЯ
ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**

Н.Н.ЯЦЕНКО

«МАШИНОСТРОЕНИЕ» 1972

* * *

载货汽车的振动、强度和强化试验

[苏] Н·Н·亚岑科 著

徐涛 颜祥 张庆余 译

杨庆甲 校

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可出字第117号）

重庆印制一厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092 1/32·印张 13¹/₈·字数 288千字

1982年6月重庆第一版·1982年6月重庆第一次印刷

印数 0.001—2,800·定价 1.35元

*

统一书号：15033·5269

译者序

本书是作者在汽车和汽车发动机研究院汽车试验中心的整个筹建过程以及投入使用后的试验验证工作中，所积累的许多技术资料的基础上，总结编写而成的。

作者在汽车振动的研究基础上，第一次系统地提出了载货汽车强化试验的理论分析与试验研究的结果。其中又重点地，或者说是突出地阐明了上述课题的两个方面，那就是汽车某些部件在道路不平度作用下载荷形成的原理以及各种强化试验道路的设计依据。这是因为作者渴望能够解决现实中迫切需要解决的两项任务：第一，根据汽车在一般公路上引起的损坏现象，如何在强化试验道路上制定快速试验的行驶规范；第二，设计各种强化试验道路的原则与措施以及试验与使用方法。

为了比较完整而严密地论证上述课题，必然又要涉及到有关的许多科技领域。因此，作者在该书中一开始就用了很大篇幅具体而又详细地提出了各种强化试验道路（原书中称之为“КСД”，即“特种试验道路的组合体”）的具体概念之后，就从多质量振动系对外界扰动的反应这一基本概念出发，推导出汽车零件载荷的形成原理。为此，又不得不对随机过程和统计力学的一般理论或起码的知识，作个简明的介绍。紧接着，作者讨论了极为重要的载货汽车当量振动系的特性，并利用现有的一些资料，大胆地提出了振动系的简化计算方法。进一步又探讨了十分复杂的传动系力矩形成的

过程，因此，使许多新的问题得到了定量评价。

我们认为，作者在汽车的振动、传动系以及行驶平顺性范围内所提出的解决办法，以及在理论和研究的大致方向方面，虽然是初步的，论证有时是不够严密的，假设与推导似乎是比较大胆了一些，但是仍会得到实际的应用和进一步的发展。

本书除了上述主要欠缺之外，在各种强化试验道路不平度谱密度的评价、实例及其计算方法的精度方面，还是不够的。再则，从汽车零、部件强化试验结果的离散率来看，仍有不少的差异，如果不是强化试验道路的设计与建造质量影响时，那末可能是由于苏联目前的汽车试验标准和测试技术还是比较落后所致。因为本书的最后一章中十分明显地反映了这方面的问题。这点也值得引起我们今后的注意与重视。

国外在新型汽车的设计与研制工作中，强度与寿命试验是最费时间和人力物力的，一般要行驶百万公里以上，参予试验的样车多至十几辆甚至几十辆，起码要化费2~3年的时间。因此，许多国家都建立起若干规模宏大的汽车试验研究中心和汽车试验场，用以探讨汽车的边界性能和合理先进的制造工艺，并借助先进的测试技术或设备，寻求快速的试验方法以缩短试验周期。有的先进国家已经能够按照预期的使用寿命设计汽车，使技术发展与经济效果进一步密切地结合起来。这些成果的取得无一不是建立在先进的试验研究基础上的。本书在这方面也有相当的参考价值。

汽车的强化试验还是一个新课题，在理论上还没有达到完整的阶段，本书比较系统地作了首次的尝试。我国汽车工业正处在大发展的前夕，建立综合性汽车试验场，标志着我国汽车设计、试验和研究的一个新起点。但是目前这方面的

参考书籍实在太少，本书将会在促进汽车试验研究以及汽车设计工作方面起到一定作用。

本书可作为从事汽车设计、制造、试验和研究的工程技术人员、工人以及领导管理人员的参考书。同时可作为建设汽车试验场的借鉴。

本书在翻译前，蒙一机部长春汽车研究所张羨曾、严机工程师和重庆重型汽车研究所孙凯南工程师等的热心推荐和有关领导的关怀。本书完稿后，又经吉林工大和清华大学汽车教研室杨庆甲、张洪欣与肖德炳同志分别审定了有关章节。还有其他同志们的帮助，在此一并感谢。由于译者水平所限，错误、不妥之处在所难免，衷心盼望读者予以批评和指正。

译 者 1978 年 5 月

前 言

本书讨论的是汽车的振动、零件的强度和强化试验等问题。汽车使用时，其结构中交变损坏应力的形成是物理性质的，因此使这些问题自然地结合在一起，就给我们提供了在特种道路上，制订汽车快速试验原理的可能性。

进行汽车快速试验的必要性早已为人所熟知，而且汽车工业技术发展得越快，最完善最耐用的汽车创制得越快，对汽车快速试验的要求就越为迫切。这是因为要在使用条件下考核汽车强度，就得行驶几十万公里。因此，假若快速试验能为设计人员提供查明汽车个别部件和总成强度的快速方法，那末这就可以缩短研制新结构方案的周期，同时又能积极地促进技术发展，并进一步改善汽车的使用性能。

当前，为了采用在特种道路上汽车的快速试验方法，汽车工业付出了很大的力量和投资。因此，介绍一下在第一章中所叙述的，为了加速试验各种用途的载货汽车而制订的综合性特种道路的最初经验是有益的。

参照上述经验，在建造最完善的汽车试验场时，将会有所帮助，而对现有的综合性试验道路特性的介绍，也将会有助于我们制订具体汽车在试验场中进行强化试验的计划。

在第二章、第三章与第四章中，主要注意的问题集中于：由于道路的作用引起振动时，行走部分结构的承载元件的载荷性能问题。至于汽车的振动理论，只是在必须阐明如何定量测定在一般道路和特种道路上行驶时，承载零件的载荷时才加以引述。但是，就在能这样做的地方，所讲述的资料也仅限于基本概念与测试方法，与之有关的更广义的概

念，则刊载于汽车振动理论的参考文献中。

第五章是技术科学副博士 B. C. 舒普利雅柯夫写的。这一章所述为传动系零件载荷的形成。论证其结构中主要元件疲劳损坏评价的可能性，可以用共同的命题予以评价。所谓共同的命题，即是测定振动系统由于不平坦道路所引起的外界激振而给予汽车的反作用力。

通过所谓的交变载荷下疲劳强度的理论，来说明汽车在振动时产生的交变应力同强化试验中所评价零件的寿命之间的联系。第六章刊载了有关这方面的一些资料，其中阐述了一般原理，而这些原理是在各种强度的作用力下，为进行汽车零件损坏对比时所必需的。

第七章中阐述了在强化试验中，如何实际运用理论与实验研究成果来制订汽车在特种道路上的里程定额，同时对于成批生产的汽车和新型汽车的试验样车进行这种试验的方法，也提出了一些基本的建议。表格中列举了现有的数值资料，是某些实际汽车在特种道路上强化试验中各种结构元件的行驶里程定额。我们希望这些资料能够帮助设计人员更广泛地采用快速试验方法来验证新的设计，帮助订货部门可靠地利用经济手段检查汽车工业是否满足他们的需要，帮助使用部门更简便地估测运输车辆的零件寿命，并用经济方法来考核修理的质量。虽然这些验证过的数值资料极其有限，作者仍认为，尽管是近似的，仍可用来明确地拟定载货汽车在特种试验道路上快速试验的计划。

当然，汽车快速试验的课题极为广泛而且仍需较长的时间才能解决。但是现在已有可能从理论与试验方面对主要零件疲劳的强化试验制订几项标准。本书的最后一章中，介绍了通过实践考验的现今使用的试验设备。

目 录

译者序	
前 言	
结 论	1
第一章 载货汽车快速试验用特种道路的	
设计经验	12
一、载货汽车行驶试验的主要类型及其快速	
试验用特种道路的选择	12
二、特种道路的基本特性及其计算依据	24
三、综合特种道路上试验组织问题与辅助设备	53
第二章 随机微观轮廓的道路作用下汽车零件载荷的	
形成原理	60
一、道路对汽车车轮作用的随机过程的统计特性	60
二、道路对汽车的作用特性、振动和零件的交变载荷	
之间的关系	76
三、主要振动系统	83
第三章 载货汽车行走部分当量振动系统的特点及	
其可能的简化	104
一、载货汽车行走部分的振动参数	104
二、当量振动系统的简化	120
三、平衡悬架对道路作用的响应特点及当量振动系统的	
简化	133
第四章 不平道路作用下汽车行走系承载零件的	
载荷	152

一、单桥悬架中叶片弹簧的载荷·····	154
二、三轴汽车平衡悬架弹簧的载荷·····	161
三、非对称作用下弹簧载荷的形成·····	166
四、车架载荷的研究方法·····	171
五、对称作用下车架的载荷·····	179
六、非对称作用下车架的载荷·····	186
七、悬架的冲击·····	201
第五章 不平道路作用下汽车传动系的载荷特性·····	215
一、载货汽车传动系的振动参数·····	215
二、激振力矩的形成及其统计特性·····	226
三、随机激振时传动系力矩的统计特性·····	235
四、传动系交变载荷统计特性的计算·····	240
第六章 随机载荷过程中汽车零件疲劳强度 的对比性估算·····	252
一、对零件寿命作对比性估算时,循环强度一般理论的基本原理·····	252
二、载荷循环离散分级条件下寿命的对比性估算·····	262
三、根据载荷的随机过程特性对寿命作比较评价·····	268
四、根据由实验得来的载荷特性与实际计算相比较·····	281
第七章 在特种道路上载货汽车强化试验定额的制 定原则·····	288
一、强化试验时行驶里程当量系数的计算与实验测定·····	289
二、根据扭曲道路的特性参数和汽车参数的实验室测量结 果计算车架扭转强化试验的当量系数·····	317
三、特种道路上强化试验定额的制定·····	326
第八章 载货汽车振动、载荷形成和零件应力 的快速试验和研究用仪器与设备·····	351
一、测功车·····	352
二、成套测量仪器的安装·····	362

X

三、耐振的集电装置.....	369
四、实验室设备.....	376
五、道路微观轮廓的测量装置和试验结果的机械处理	389
结 论	403
参考文献.....	404
附 录：双质量当量悬架系统振动的典型 计算.....	405

绪 论

汽车制造工业技术发展的速度与汽车试验手段和试验方法的改善有着密切的关系。

汽车试验是评价新车设计水平，检查汽车工业成批产品质量的主要手段，也是在样车修正设计和调试过程中考核新的技术方案的有效措施。

这些试验所以要用很长的时间并花费甚高的代价，首先是因为必须根据汽车在使用条件下长距离行驶所得到的结果，才能对设计作出评价以及查明修正设计的范围。可以设想，随着汽车设计的完善与使用寿命的延长，要用这种方法查明汽车的缺点和使用性能，就需要再增加行驶里程，因而又要耗费更多的劳动、费用和时间。由此可见，现有的这种在使用条件下长距离行驶的试验方法，与新型汽车迅速投入生产的任务是互相矛盾的。

当前，采用的这种试验方法有一个严重的缺点：每次试验中所选择的行驶道路并不相同，而且路面的状况也各异，以致试验结果无从进行对比。试验大纲的重要项目往往要根据试验地点的可能条件来进行，而这些条件并不能完全获得所需的完整结果。因此，难以对不同类型的汽车设计作出客观的对比与评价，这是因为每次所选定的试验条件是随机的，尤其是从行驶时路面对汽车作用的定量特性的观点来看更是如此。

无论新型汽车或成批生产汽车的所有试验项目之中，实

验室——道路试验与行驶试验都占有主要地位，因此，必须首先通过试验方法和试验仪器设备的改善，极力缩短上述试验的周期和提高试验结果的可比性。

经验证明，利用汽车试验场和教练场中的特种道路进行试验将会解决这个问题。

在国外，每一个大公司都拥有专用的试验场以便于进行汽车拖拉机技术的全面试验与研究。

拖拉机科学研究所（НАТИ）敖德萨试验站在对拖拉机承载系的试验研究中获得了新的发现。这个经验令人信服地证明，利用特种道路进行快速试验是适当的。

最近，汽车与汽车发动机研究院（НАМИ）的中央科学研究试验场的大部分试验设施已开始使用。通过使用已使试验工作获得了显著效果，提高了汽车试验和研究的质量。

为了改善对多种用途载货汽车的试验方法和提高试验的速度，在作者的指导下，已经设计了各种断面的特种试验道路综合设施。

在综合设施中包括：动力性能测试道路，考核寿命，查明结构弱点以及轮式与履带式车辆各种设计方案和样车的对比等试验道路。另外还建造了研究汽车重要的特有性能（行驶平顺性，侧向稳定性与其它等）的试验路段。

因为是第一次承担这项任务，既没有建造这类试验设施的经验，又缺乏外国设计和构筑试验场的具体资料（外国试验场的报导大部分是描述性的或是广告性的）^①，因此工作

① ——这里需要指出的是，С. А. 拉普捷夫所著的《汽车试验场》一书的出版（该书对国外建场经验作了大量分析），对试验场设施合理布置的设计是有很大大助益的，遗憾的是，本书介绍的综合特种道路的设计工作早在该书问世之前已经完成。

帶有探索性。

鉴于在使用条件下试验时，汽车总成、部件与零件的载荷工况的资料既不一致又不充分，甚至汽车本身行驶条件和状况也是如此，这就给试验道路的设计工作加重了困难。特别是选择试验道路的具体型式和尺寸尤为困难，因此必须满足各种重量范围、尺寸大小以及不同结构的车辆的试验要求。在某种情况下，这些要求如此的不同，似乎不可能在同一条道路上都可满足。

将国外汽车试验场和教练场的资料加以分析，并结合本国的试验与研究的经验，使我们可以在既定的条件下，确定最经济地满足对试验道路所提出的各种基本要求的综合设施。

我们认为，要根据建造的综合性道路上所获得的结果，来合理地组织汽车的试验，因此就控制、通讯、指示信号、路线照明等系统以及为实现这些系统所必需的技术装备而提出了一些建议。施工设计是由专门设计院根据在详细制定的技术设计任务书的基础上而编制的，而后才进行综合性特种道路的建筑施工。

当在施工过程中，对综合特种道路初步掌握后，就已经证实了当初所作的假设——载货汽车在综合特种道路上试验之所以能够缩短试验时期与降低费用，就是由于下述两方面的原因。

其一是，在固定的试验基地上利用综合特种道路就可以进行一系列国家标准规定的以及另外规定的各种试验。这样就不必为准备外出而消耗时间与费用，以及前往某一试验路段而造成的非试验行驶的损失。其二是，由于接近基地等原因而得以减少为排除技术故障中所造成的损失。

可以制订下列试验的操作规程，如动力性能，经济性，动态稳定性等等，保证试验人员能够提高劳动生产率。还可以制订试验定额，在综合特种道路上组织流水作业。

另外一个借助于特种试验道路而缩短试验时期与费用的主要原因是：因为特种道路对汽车作用强度的提高，缩短了出现破坏和故障的行驶里程。

固然经济地在综合特种道路上组织汽车试验不会引起特殊困难，因为国家标准所规定的或定型的试验与研究方法，都不需要做重大的修改，可是为了缩短出现破坏时的行驶里程的强化载荷却需要做进一步的研究。

设计综合特种道路时所采用的汽车零件强化载荷的计算，并不足以拟定某一具体型号汽车强度和寿命的行驶试验计划。这是因为在设计综合特种试验道路的某些路段时的计算，只是侧重于破坏作用的可能强度的平均值与驾驶中的最大过载。

这是不言而喻的，因为所研究的是在硬路面的特种试验道路上进行的强化试验，那末，以此而测定的结构性能也只与那一组和道路作用于汽车上的交变应力的大小有关。

汽车的主要性能即零件的疲劳强度，与载荷的交变特性有关，并在很大程度上决定着汽车的寿命。载荷的交变特性也明显地影响着摩擦副的耐磨性，并影响着汽车机构保持在一定行驶里程内调整尺寸的能力。然而在试验中评价后者时，更为重要的实际因素可能是气象条件、空气含尘量、使用油脂与其它等，可是在特种道路试验中并未起到强化作用。

本书中所介绍的研究内容，仅限于利用所建造的综合特种道路对载货汽车零件与总成疲劳强度的强化试验的问题。

这项问题之所以能够解决，仍是由于我们积累了种种有

关试验中发生破坏的性质与原因的概念。众所周知，汽车的主要破坏现象不是立即发生的，而是在通常使用条件下行驶到某一些里程以后才出现的（表1中给出了1949~1960年在同一试验基地进行试验的几组汽车和挂车在试验中发现的破坏现象）。首先这是因为在设计计算中只保证了零件在静载荷或偶然性动态过载时具有足够的强度，但是却未保证在交变载荷工况下长期试验中的疲劳强度。

表 1

试 验 的 汽车或挂车	样车 数量	行驶里程（单位千公里）中出现的次数						
		1~3	3~5	5~10	10~15	15~20	20~25	25以上
汽车：		汽车车架开裂与破坏						
格 斯	17	—	2	2	5	3	3	—
吉 尔	27	—	1	6	5	3	8	5
乌拉尔	7	—	1	1	—	1	2	—
玛 斯	12	—	1	3	1	3	—	—
克拉斯	8	—	—	—	1	1	—	—
汽车：		汽车弹簧叶片破坏						
格 斯	14	—	—	1	5	7	3	2
吉 尔	22	—	1	3	5	4	1	5
乌拉尔	6	—	3	7	3	2	1	—
玛 斯	8	—	11	5	13	3	—	—
克拉斯	4	—	1	2	—	—	—	—
挂车：（载重量）		挂车车架开裂与破坏						
2吨以下	6	11	7	8	—	—	—	—
4吨以下	3	5	1	5	1	—	—	—
6吨以下	1	2	2	—	—	—	—	—
10吨以下	1	8	13	13	18	—	—	—
挂车：（载重量）		挂车弹簧叶片破坏						
2吨以下	5	—	4	4	1	—	—	—
4吨以下	1	1	10	9	1	—	—	—
6吨以下	1	1	1	2	—	—	—	—

当然，可以将破坏的原因设想为，汽车行驶时撞在障碍物上，产生了比零件承载能力更高的过载。但是在大多数情况下，这样假设是不能被证实的。一般来说，零件的安全系数都相当高，就连驾驶员故意越过专门选出的特别大的障碍物时，也不足以超过此安全系数。在通常条件下，遇到这种障碍物的可能性是极少的，因为汽车主要行驶在良好的公路上。此外，还应考虑到一个事实：驾驶员在驾驶汽车时，他根据个人的经验，又出于本能，也会有意识地避免遭受许可限度的过载。

在表1中所列的象钢板弹簧这样的零件，在行驶中出现的损坏是疲劳性质的，这些零件的过载仍是设计中所造成的。

应该特别谈谈摩擦副的损坏现象。在此情况下，表面磨损削减了，危险断面也助长了应力集中。但是，损坏仍然是疲劳性质的，因为破坏也是在某一定量的，比未磨损零件为小的交变载荷的循环次数以后才发生的。

台架试验表明，承载零件受到循环载荷而疲劳断裂时，如同金属试验样品固有的特征一样，是有规律的。由此可知，试验中载荷的增加会导致出现破坏的循环次数的减少，更重要的是，要使载荷的形成规律与使用条件下出现的规律一致。在此情况下，破坏的形式应保持不变，而其破坏则出现的更早。

因此，利用汽车零件材料的疲劳强度与它所受工作应力大小的关系，采用强化载荷的方式，就可以将强度试验的时间成倍地缩减。

在特种道路上所以能加速试验，这是因为在其上行驶中汽车的主要零件上所承受的应力超过了耐久极限，并且应力