

QICHE YONG XIANGJIAO LINGJIAN
SHIXIAO FENXI YU YUFANG

汽车用橡胶零件 失效分析与预防

李志虎 著



吉林大學出版社

汽车用橡胶零件失效 分析与预防

李志虎 著



 吉林大学出版社

图书在版编目（CIP）数据

汽车用橡胶零件失效分析与预防 / 李志虎著. -- 长春 : 吉林大学出版社, 2017.7
ISBN 978-7-5692-0422-3

I. ①汽… II. ①李… III. ①汽车—零部件—橡胶制品—研究 IV. ①U463

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第175190号

书 名: 汽车用橡胶零件失效分析与预防
QICHE YONGXIANGJIAO LINGJIAN SHIXIAO FENXI YU YUFANG

作 者: 李志虎 著
策划编辑: 邵宇彤
责任编辑: 邵宇彤
责任校对: 王倩竹
装帧设计: 林 雪
出版发行: 吉林大学出版社
社 址: 长春市朝阳区明德路501号
邮政编码: 130021
发行电话: 0431-89580028/29/21
网 址: <http://www.jlup.com.cn>
电子邮箱: jdcbs@jlu.edu.cn
印 刷: 长春惠天印刷有限责任公司
开 本: 787 × 1092 1/16
印 张: 14.75
字 数: 300千字
版 次: 2017年7月 第1版
印 次: 2017年7月 第1次
书 号: ISBN 978-7-5692-0422-3
定 价: 59.00元

版权所有 翻印必究

前 言

近二十年来是中国汽车工业的快速发展期，特别是近十年，汽车呈现井喷式发展。2016年中国汽车产销量约2800万，连续八年蝉联全球第一。汽车行业的蓬勃发展，让汽车逐渐走进千家万户，2016年末国内汽车保有量接近两亿，特别是沿海深圳、苏州等发达城市，家庭拥车率达到70%左右。

随着汽车的快速发展，人们对汽车的认识也越来越深，对汽车的要求也就越来越高。舒适、节能环保、安全、耐久可靠等汽车的内在品质，逐渐成为人们购车首要考虑因素。

汽车的舒适性离不开橡胶零件的应用。橡胶由于具有极佳的弹性，可用于各种减震、缓冲等零部件上，通过在两个碰撞物体之间放置缓冲橡胶，可有效降低碰撞时产生的冲击力、噪音等。汽车上常见的橡胶缓冲降噪橡胶件有轮胎、橡胶悬置、衬套、缓冲垫、密封件等。各种橡胶密封件，除了能减震降噪外，其主要作用是密封。如门窗密封条，能有效地对门窗缝隙进行密封，使车内免受外面恶劣环境的影响，确保车内环境的舒适性。

汽车的安全、耐久可靠等也离不开橡胶零件的应用。各种减震缓冲橡胶件，避免了各种零件之间的硬碰撞、硬冲击，从而提高零件的使用寿命；橡胶的弹性，确保零件的密封性，确保各种液体不会发生泄漏；橡胶防尘罩，能够在动态下，保证内部的环境不受外部污染。

一般橡胶用量约占整车重量的5%，除轮胎、管路、门窗密封条外，橡胶零件普遍较小，但其作用不可忽视。

橡胶的高弹性、低硬度、多向形变、阻尼系数高等特点，决定了汽车行业橡胶的重要地位。但橡胶也有一些缺点，如耐热容易老化、低温下硬度变化较大、长期和液体接触容易出现膨胀和性能弱化、容易发生臭氧龟裂等问题。在橡胶产品的设计过程中，如果不注意橡胶的这些性能，就极易造成橡胶零件的失效。

20世纪80年代，美国的挑战者宇宙飞船，在升空后不到80s发生爆炸，其原因竟是火箭一侧的固体橡胶密封圈在低温下弹性降低而造成燃料泄露，该事件导致7名宇航员全部牺牲，另外还造成上亿元的损失。汽车工业中单一的橡胶失效事件虽然不会造成如

此大的损失，但由于汽车使用量大，普及率高，同一个失效，总损失量仍不可小觑。

近十年来，由于橡胶零件失效导致的汽车召回事件屡屡发生，如2013年因橡胶材料接头部位的黏合强度不足可能导致行驶后轮胎内面产生裂口，并继而致使轮胎鼓包或漏气，普利司通召回轮胎47余万条；2014年丰田公司在更换刹车泵浦中的橡胶密封环之后，可能让刹车油管堵塞，甚至造成刹车油渗漏，导致最终召回皇冠、Crown Majesta、Noah和Voxy车款共175余万辆；2015年一汽轿车因燃油管质量而召回马自达6约3万辆；2016年上海通用制动软管因为橡胶混料导致召回约8万余辆；2017年一汽轿车由于防尘密封圈密封性能不足，盐水易浸入下控制臂球头内部使球面生锈而松动，导致马自达召回2万余辆。

笔者在分析橡胶失效的过程中，发现虽然国内研究橡胶失效的书籍、论文比较多，但多不系统，往往是对某一个具体问题或某一个方面进行阐述。对于长期从事汽车橡胶应用的专业人士来说，不仅要能对失效的具体问题进行分析解决，还要对橡胶可能失效的各种因素进行提前预防，这就需要对橡胶的失效、预防进行全面而系统阐述。

本书就是基于橡胶在汽车上的应用，尝试对橡胶的基本性能、汽车的应用环境、橡胶工艺、标准要求等进行全方位分析。

本书由李志虎撰写和编辑，牛丽媛负责统筹策划。李志虎在主机厂从事汽车非金属材料开发应用十余年，对车用橡胶的失效和预防有极深的研究。

除本书作者及工作团队多年的成果外，本书还引用了国内外大量的参考文献和行业专家的研究成果，以及上下游的合作成果，在此一并表示感谢。参考文献如有遗漏之处，请批评指正。

本书在编写过程中，得到了中国汽车材料网及其相关工作人员的大力帮助，在此也表示感谢。

本书主要分为四部分。绪论部分简单介绍了橡胶的分类、应用及其在汽车上的失效情况。第一章从橡胶的基本性能、橡胶加工工艺两个方面，对橡胶的失效原理进行了阐述。第二章主要介绍了橡胶失效的分析方法。重点介绍了8D分析、人机法料环五因素分析、鱼刺图分析、FMEA分析、5WHY分析、PDCA循环法等。解决具体失效问题，是单个问题发生时的目标，但要永久杜绝失效问题、确保类似的问题不在发生，就要用系统的失效分析方法，对问题进行分析、预防。第三章是本书的重点，从橡胶的一致性分析、橡胶高温及热氧老化、橡胶耐介质、橡胶低温脆化、橡胶臭氧老化、橡胶污染、橡胶光照老化、橡胶喷霜、橡胶压缩变形、橡胶磨损、橡胶蠕变、橡胶链接失效、异响等分享进行具体分析。在每一类问题的失效分析过程中，又对橡胶的性能、失效影响因素、失效特点、验证方法、失效案例和失效预防几个方面进行全方位分析。在分析的过程中，本书引用了大量的具体失效分析案例，通过案例分析，将枯燥原理分析、失效分

析方法和标准要求、材料性能、选材、零件环境、零件使用要求等有机地结合起来，从而达到深入浅出的效果。

本书主要面对在汽车行业的产品工程师、材料工程师、质保工程师，以及橡胶零件厂家工作的材料工程师、工艺工程师、质保工程师等。对于其它与橡胶相关的技术人员，本书亦有较大的参考作用。另外本书也可作为图书馆藏、高校辅导教材、专业培训教材等。

本书涉及橡胶材料性能、应用，汽车结构、产品性能、使用环境，另外还有车用橡胶开发、管控等诸多领域，由于作者水平有限，错漏缺点在所难免，希望读者批评指正。

本书献给为汽车橡胶材料开发及应用的广大业内同行！

作者：李志虎

2017年06月

目 录

绪 论	1
一、橡胶材料的分类	1
二、橡胶材料在汽车上的应用	2
三、橡胶零件的失效影响	3
第一章 橡胶失效原理	6
一、橡胶本身性能差	7
二、使用环境造成橡胶性能的变化	9
2.1 橡胶老化	9
2.2 溶剂抽提与溶胀	10
2.3 负荷影响	10
2.4 低温脆化	11
三、工艺缺陷	11
3.1 橡胶加工工艺	11
3.2 常见的加工工艺缺陷及预防措施	11
第二章 橡胶失效分析方法	15
一、8D分析	15
1.1 8D分析流程、思路和特点	15
1.2 8D分析案例	16
二、人机法料环五因素分析	18
2.1 人机法料环五因素分析特点	18
2.2 人机法料环五因素法分析示例	19
三、鱼刺图分析	20
3.1 鱼刺图分析特点	20
3.2 鱼刺图分析示例	20
四、FMEA分析	21
4.1 FMEA分析特点	21
4.2 FMEA分析示例	22
五、5WHY分析法	32
5.1 5WHY分析法介绍	32
5.2 5WHY分析法案例分析	32

六、PDCA循环法	32
6.1 PDCA循环法的特点	33
6.2 PDCA循环分析法案例分析	34
七、失效问题分析过程中常遇到的问题	35
第三章 车用橡胶制品失效分析	37
一、橡胶制品材料的一致性分析	37
1.1 橡胶一致性鉴定的试验方法	38
1.2 橡胶制品材料一致性问题失效案例	46
1.3 橡胶制品材料一致性问题的预防	46
二、橡胶高温及热氧老化分析	48
2.1 橡胶的耐热性能 ^[3]	48
2.2 橡胶的高温 and 热氧老化性能	49
2.3 橡胶热氧老化失效特点	57
2.4 橡胶件高温及热氧老化失效案例分析	57
2.5 橡胶高温及热氧老化失效的预防	63
三、橡胶耐介质性能分析	68
3.1 常见的标准用液体	69
3.2 汽车上常用的介质	71
3.3 橡胶耐介质性能影响因素	76
3.4 橡胶件因和介质接触导致失效的特点	79
3.5 橡胶耐溶剂失效案例分析	80
3.6 橡胶耐介质失效预防	93
四、橡胶低温脆化分析	99
4.1 橡胶低温性能测试	100
4.2 各种低温试验之间的关系	107
4.3 橡胶件因低温引起失效的特点	108
4.4 低温引起的橡胶件失效案例分析	108
4.5 汽车用橡胶件低温脆化失效预防	111
五、橡胶耐臭氧老化分析	112
5.1 橡胶臭氧老化的影响因素	113
5.2 臭氧老化失效的特点	114
5.3 橡胶臭氧老化的试验方法	116
5.4 橡胶耐臭氧失效案例分析	119
5.5 橡胶耐臭氧老化失效预防	121
六、橡胶污染分析	124
6.1 橡胶耐污染性能的影响因素	125
6.2 橡胶污染失效的特点	126

6.3	橡胶污染的试验方法	126
6.4	橡胶污染失效案例分析	127
6.5	橡胶污染失效的预防	131
七、	橡胶光照老化分析	131
7.1	橡胶耐光照性能的影响因素	132
7.2	光照老化失效的特点	132
7.3	光照老化失效的试验方法	133
7.4	橡胶光照老化失效案例分析	136
7.5	橡胶光照老化的预防	139
八、	橡胶喷霜分析	141
8.1	喷霜形成的影响因素	142
8.2	橡胶喷霜失效的特点	146
8.3	橡胶喷霜的试验方法	146
8.4	橡胶喷霜失效的案例分析	148
8.5	橡胶喷霜的预防	151
九、	橡胶压缩永久变形差导致的失效案例分析	153
9.1	橡胶压缩永久变形性能的影响因素	153
9.2	橡胶压缩永久变形差导致的失效特点	159
9.3	橡胶压缩永久变形的试验方法	159
9.4	橡胶压缩永久变形差导致的失效案例分析	159
9.5	橡胶压缩永久变形失效的预防	165
十、	橡胶的摩擦与磨损失效分析	166
10.1	橡胶的摩擦	166
10.2	橡胶的磨损	167
10.3	橡胶因摩擦磨损引起失效的特点	170
10.4	橡胶摩擦磨损的试验方法	170
10.5	摩擦磨损引起的橡胶失效案例分析	171
10.6	橡胶磨损失效的预防	175
十一、	橡胶疲劳失效分析	186
11.1	橡胶疲劳老化的机理 ^[16]	187
11.2	影响橡胶疲劳老化的因素 ^[15, 18]	188
11.3	橡胶疲劳老化失效的特点	191
11.4	橡胶疲劳的试验方法	193
11.5	橡胶疲劳老化失效的预防	194
十二、	橡胶蠕变和应力松弛导致的失效案例分析	196
12.1	应力松弛及蠕变的影响因素	198
12.2	蠕变及应力松弛引起的失效特点	199

12.3 蠕变及应力松弛的试验方法	199
12.4 蠕变及应力松弛导致的失效及预防	202
十三、橡胶制品黏结和复合失效	203
13.1 橡胶表面涂层	203
13.2 橡胶表面的植绒	205
13.3 橡胶软管的纤维增强	206
13.4 橡胶与金属之间的黏结和复合	208
13.5 橡胶之间的黏结和复合	210
13.6 橡胶的黏结、复合的界面处理	212
13.7 橡胶的黏结和复合失效案例分析	212
十四、橡胶异响失效分析	217
14.1 异响产生的机理	217
14.2 橡胶振动异响	219
14.3 橡胶摩擦异响	219
14.4 其他相关的橡胶异响	221
14.5 橡胶异响的预防	221
结 语	225
参考文献	226

绪 论

一、橡胶材料的分类

汽车是大约上千个零件的组合物，每个零件又由不同的材料组成。总体来说，现在使用的材料可以分为金属和非金属两大类。其中非金属材料又可分为有机和无机两类，橡胶、塑料、纤维是有机高分子材料的主要种类。

橡胶是一种在常温下具有较高弹性的高分子材料，因此也被称为弹性体。在日常生活中，橡胶表现出在外力作用下，能有较大的变形，当外力除去后变形很快恢复。

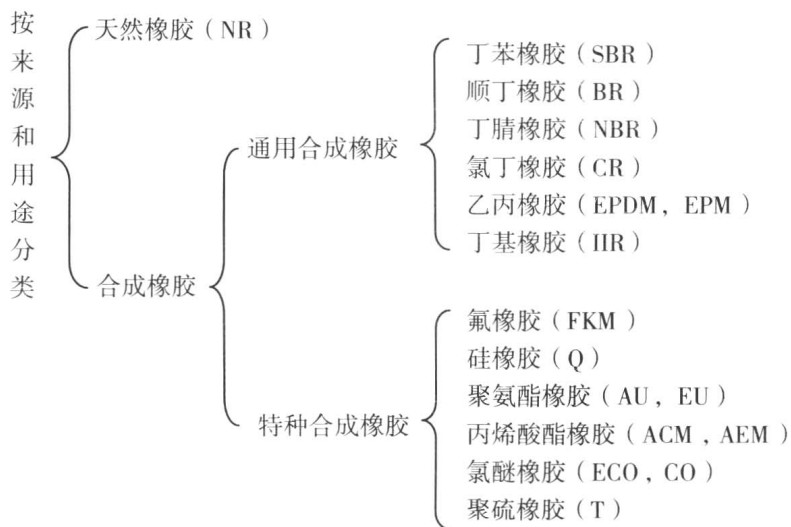
作为高分子材料的一种，橡胶还拥有着类材料的共性，如密度小、对流体的渗透率低、绝缘等，另外橡胶比较柔软，硬度低，有易老化等性能。

橡胶最初来自于橡胶树，18世纪后开始了合成橡胶。传统意义上的橡胶，是指需要硫化的橡胶，包括天然橡胶（NR），合成橡胶三元乙丙橡胶（EPDM）、丁苯橡胶（SBR）、丁腈橡胶（NBR）、氯丁橡胶（CR）、硅胶（Q）、氟胶（FKM）等。

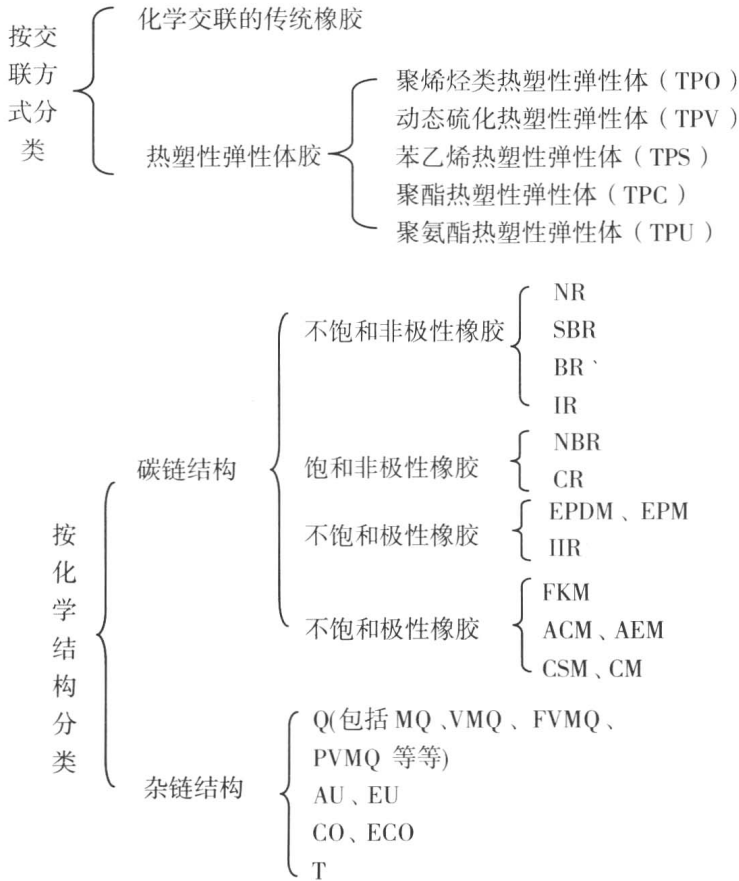
近几年随着高分子材料技术的发展，热塑性弹性体逐渐出现在大家眼前，该材料常温下有极好的弹性，在高温下又能像热塑性塑料一样熔融加工，这种材料是一种新型的橡胶。

按照不同的分类方法，可以形成不同的橡胶类别。目前主要按来源及用途加以分类，另外还有按形态、交联方式、化学结构等分类方式。

按来源，NR是唯一从植物中获取的橡胶。其余橡胶均是利用石油资源等人工合成的。



按化学交联方式分，传统的橡胶都是需要用硫磺等硫化剂硫化，形成交联网状结构，这类橡胶在高温下不能熔化。热塑性弹性体（TPE）是一类非交联的热塑性弹性材料，在常温下有着极好的弹性,在高温下又能像热塑性塑料一样熔化。



按化学结构来分，可以分为碳链橡胶和杂链橡胶。顾名思义，碳链橡胶是指主链是C-C结构的橡胶，杂链橡胶是指主链不是C-C结构的橡胶。

在碳链橡胶中，还可以分为饱和橡胶和非饱和橡胶，极性橡胶和非极性橡胶。其中主链上含有双键的橡胶为非饱和橡胶，反之为饱和橡胶。

二、橡胶材料在汽车上的应用

自18世纪硫化工艺发明后，橡胶开始在工业上大量使用。而18世纪末期汽车业的发展，奠定了橡胶工业的腾飞。1888年充气轮胎问世后，很快就替代了原来的金属或实心轮胎，于是80%的橡胶用于轮胎。

时至今日，轮胎仍然是汽车橡胶的巨无霸，约占汽车用橡胶件重量的50%以上。

除轮胎外，常用的汽车橡胶弹性体零部件有密封条、软管、衬套、软垫、防尘罩、O型圈、传动带、雨刮胶条、缓冲块、表皮等。从重量上统计，每辆轿车使用橡胶零件约50~100kg，约占整车重量的5%左右。图0-0-1为某款A级车各种材料用量统计。

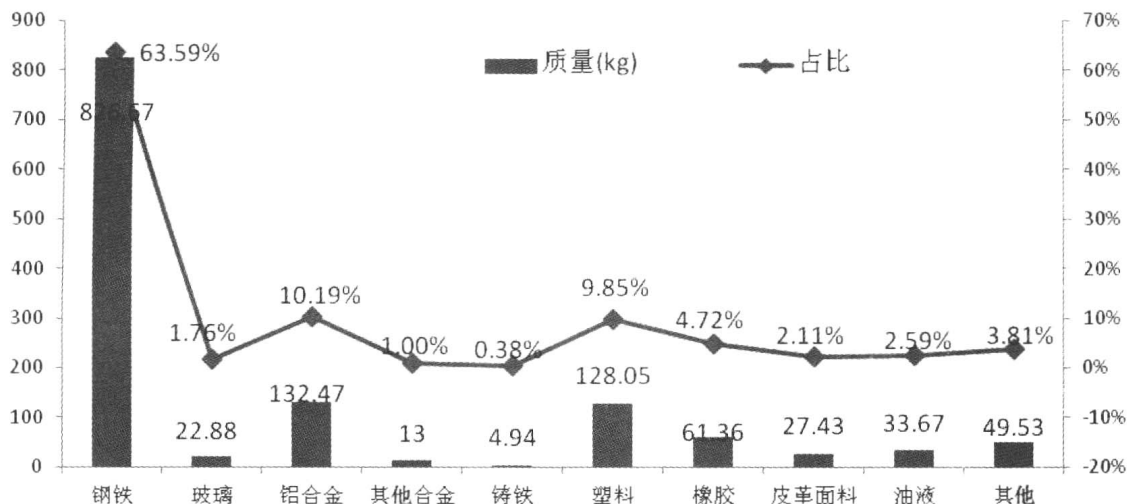


图0-0-1 某款A级轿车各种材料的用量统计

我国汽车产业从1953年第一汽车制造厂（现第一汽车集团）成立至今，已经走过了六十个春秋。经过六十年时间的发展，汽车产业已经发展成为我国国民经济中的主要产业之一。1970—1980年，汽车产量增长1.5倍；1980—1990年，汽车产量增长1.3倍；1990—2000年，汽车产量增长3倍；2000—2015年，汽车产量增长了10倍。2015年我国汽车总产销量超过2450万辆，全国机动车保有量约2.79亿，其中汽车保有量约1.72亿。随着汽车行业的蓬勃发展，汽车用橡胶这几十年也呈井喷之势。据统计，每辆汽车橡胶使用量平均约50~100kg，全年新车橡胶消耗量约200万吨，另外加上旧车的橡胶消耗量，全国约一半的橡胶用于汽车及相关的产业。

三、橡胶零件的失效影响

橡胶的使用大大提升了汽车的安全性、舒适性、操控性，但橡胶材料作为高分子材料的一种，容易受到高温、溶剂、臭氧等环境的影响而老化，其特有的高弹性在长期的老化后也逐渐降低。当高弹性等性能降低到一定的程度，就造成零件的失效。

汽车用橡胶零件从零件数量上统计，每款车橡胶零件超过300个，除轮胎外，橡胶件一般较小。但万丈高台，始于基石，每个橡胶零件都有自己的作用，任何橡胶零件的失效，都会对整车性能带来一定的影响。

近百年来，汽车工业的发展迅猛，汽车性能越来越高，对零件的要求也越来越苛刻。汽车的使用逐渐触及到地球陆地上的每一个角落，这就要求汽车上的零件要适应地球陆地上各种异常的环境。汽车速度越来越快，寿命也越来越长，这些对汽车上的每一个零件要求也就越来越高。橡胶材料，由于常温下极好的弹性被广泛使用，但是伴随着的一系列缺点也凸现出来：强度低、高温老化性能差、低温容易脆化、受环境性能影响大……这些缺点难以适应舒适性、耐久性、可靠性、稳定性、普及性越来越高的现代汽车工业。

在汽车等现代化工业中，就出现过由于橡胶失效导致的重大事故。20世纪80年代美

国的挑战者宇宙飞船，在升空后不到80s发生爆炸，其原因竟是火箭一侧的固体橡胶密封圈在低温下弹性降低而造成燃料泄漏，该事件导致7名宇航员全部牺牲，另外还造成上亿元的损失。汽车工业中单一的橡胶失效事件虽然不会造成如此大的损失，但由于汽车使用量大，普及率高，同一个失效，总损失量仍不可小觑。近几年，部分主要与汽车相关的橡胶件失效召回事件如下：

(1) 2015年一汽轿车有限公司决定召回2013年7月31日至2015年1月14日期间生产的国产马自达6阿特兹轿车，共计28 600辆。召回范围内部分车辆由于供应商制造原因，部分燃油蒸汽胶管原料不合格，导致燃油蒸汽胶管可能会出现老化开裂，极端情况下导致燃油蒸汽泄漏，存在安全隐患。

(2) 2015年梅赛德斯-奔驰（中国）汽车销售有限公司召回部分生产日期为2015年4月20日至2015年4月22日进口2015年款CLS级22辆，本次召回的主要原因是汽车发动机舱内防止震动和噪音的橡胶密封条可能会松动并脱落至排气系统，在高温情况下造成车辆起火，存在安全隐患。因相同原因梅赛德斯-奔驰2015年在韩国召回16 504辆，在美国召回14.7万辆。

(3) 2013年因橡胶材料接头部位的黏合强度不足可能导致行驶后轮胎内面产生裂口，并继而致使轮胎鼓包或漏气，普利司通（沈阳）轮胎有限公司召回2012年11月18日至2013年9月28日期间生产的普利司通、风驰通品牌的卡车及客车用无内胎子午线轮胎，共计47.2万条。

(4) 2014年部分中国产橡胶内胎在美国被召回，共涉及橡胶内胎20 500条。被召回的产品存在的缺陷是会造成接触者的皮肤刺激。

(5) 2014年丰田公司全球召回175万辆，其中日本、中国以及其他亚洲市场中，丰田发现约有80万辆，2007年6月至2012年6月制造的皇冠、Crown Majesta、Noah和Voxy车款，在原厂为其更换刹车泵浦中的橡胶密封环之后，可能让刹车油管堵塞，甚至造成刹车油渗漏，导致刹车效能减弱、影响行车安全。

(6) 江铃汽车股份有限公司自2016年6月8日起，召回2015年12月2日至2016年2月1日期间生产的部分江铃福特2013款新世代的全顺小型客车，共计355辆。本次召回范围内部分车辆由于制造商管理不当，导致部分油管接头零件尺寸超差，存在漏油风险，极端情况下会导致车辆转向助力下降，转向沉重，存在安全隐患。

(7) 上海通用汽车有限公司自2016年8月15日起，召回部分配置有第三代1.6L及1.8L自然吸气发动机的汽车，共计2 160 779辆。召回主要原因是部分车辆发动机曲轴箱通风阀膜片耐腐蚀性不足，在长期使用后膜片可能被腐蚀，极端情况下会导致发动机损坏。存在安全隐患。

(8) 克莱斯勒（中国）汽车销售有限公司于2016年6月10日，召回部分2016年1月至2014年7月11日生产的2014款自由光车型，在中国共计13 676辆。本次召回主要原因是由于雨刮胶条和前风挡玻璃摩擦产生的静电在前风挡上聚焦，通过雨刮电机传导到BCM内的电力模块，可能导致雨刷无法工作，存在安全隐患。

(9) 一汽轿车股份有限公司决定自2017年4月14日起召回2013年1月6日至2014年8

月13日期间生产的2014款马自达CX-7汽车，数量3 881辆，以及2010年4月19日至2014年7月21日期间生产的2010—2013年款马自达8汽车，数量为18 936辆。本次召回主要是由于防尘密封圈密封性能不足，盐水易浸入下控制臂球头内部导致球面生锈而松动，可能导致车辆行驶过程中球节脱落，车辆存在失控的安全隐患。

(10) 上汽通用汽车有限公司根据《缺陷汽车产品召回管理条例》的要求，向国家质检总局备案了召回计划，决定自2016年12月1日起，召回以下部分车辆，共计40 570辆：第一，2016年1月19日至2016年3月18日期间生产的部分2016年款别克昂科威汽车，共计38786辆；第二，2016年2月18日至2016年4月30日期间生产的部分2016年款凯迪拉克CT6汽车，共计1 784辆。本次召回范围内的车辆，由于进口制动软管供应商混料问题，长时间使用后制动软管可能发生开裂，极端情况下可能造成制动液渗漏，存在安全隐患。上汽通用汽车有限公司将为召回范围内的车辆免费更换制动软管，以消除安全隐患。

除失效导致的召回事件外，各种因为零件失效导致的翻车、烧车、撞车等事故屡见不鲜。总之，千里之堤毁于蚁穴，汽车是由上千个零件组成，每个零件的失效都会造成各种不同的损失，我们要做到的，就是确保每一个零件的质量，尽量减少各种失效事件，延长整车的使用寿命。

第一章 橡胶失效原理

每个橡胶零件都有一定的功能，当不能满足预期功能时，我们就称其失效。橡胶失效主要表现在使用过程中橡胶零件硬化、开裂、软化、变形、脆裂、断裂、磨损、褪色、发黏、喷霜等。常见失效图片见图1-0-1。

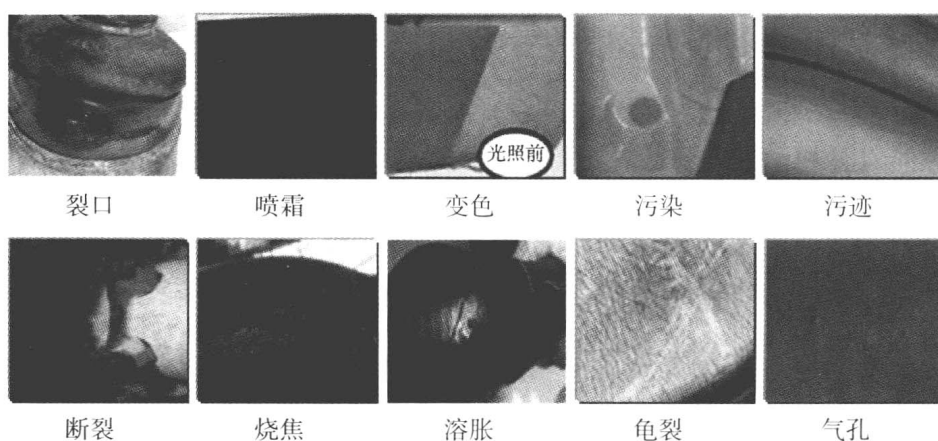


图1-0-1 橡胶常见失效现象

导致橡胶失效的原因很多，主要由材料、标准、设备、环境及人为等方面的环境引起。也就是说，橡胶零件从原材料生产到零件加工、包装、运输，再到整车装配、使用等各个环节，都有可能造成橡胶零件的失效。

从根源上，橡胶制品失效主要是三个方面引起：橡胶材料本身性能差、工艺缺陷、设计缺陷。

表1-0-1 橡胶失效原因及失效现象

失效原因		失效现象
材料本身性能差		/
设计缺陷	环境验证不充分	橡胶老化 失去弹性、变硬，变软、蠕变、喷霜等
		溶剂抽提与溶胀 变形溶胀，收缩，
		超负荷 断裂，撕裂，磨损，变形
		低温脆化 变硬；失去弹性；变脆，开裂
结构设计缺陷		/
工艺缺陷		欠硫、过硫、熔接痕、死胶、缺胶、分层等

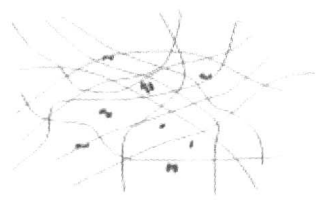

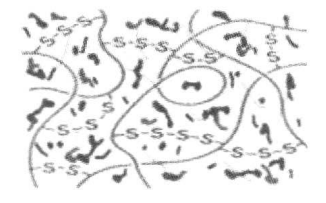

产品在各地使用，都应满足各地的法律法规，如禁用物质要求、回收要求等。橡胶产品如果不满足法律法规要求，则属于初始产品的缺陷。

一、橡胶本身性能差

单纯的天然橡胶或合成橡胶，不论是未硫化的生胶还是硫化胶，其性能都很差，难以满足使用要求。我们日常生活中所使用的橡胶，一般都是生胶和其他配合体系相互配合，并通过硫化等工艺而最终得到的橡胶制品。本文后面提到的橡胶，除非有特殊说明之外，均指生胶和配合体系配合好，并已硫化成型的橡胶。

塑料、橡胶、纤维面料是最为常见的非金属材料，三种材料的内部结构及主要性能特点见表1-1-1。

表1-1-1 塑料、橡胶、纤维面料结构及特征

材料种类	结构示意图	结构特征	主要性能特点
塑料-热塑性塑料		1.主链：线性高分子链段 2.链段间无链接 3.其他添加剂较少	常温下玻璃态，有一定弹性； 高温下可熔化
塑料-热固性塑料		1.主链：线性高分子链段 2.链段间链接，形成网状 3.链接件不能旋转，无柔性 4.其他添加剂较少	常温下玻璃态，弹性差； 高温不能熔化
橡胶		1.主链：线性高分子链段 2.链段间链接，形成网状 3.链接件能旋转，有柔性 4.添加剂较多	常温下高弹态； 高温不能熔化
纤维		1.主链：线性高分子链段 主链方向一致性较高 2.链段间链接，形成网状 3.链接件不能旋转，无柔性 4.其他添加剂较少	常温下玻璃态，弹性差

从表1-1-1中可以看出，与塑料、纤维相比，橡胶材料的结构中，连接主链的链接点能旋转，导致整个结构有较好的弹性。另外，橡胶材料组成中，除高分子链段外，还有大量的配合体系，均匀地分散在分子链段网络中。

橡胶的最终性能，是生胶和配合体系结合后的最终体现。常用的橡胶配合体系有硫化剂、补强剂、促进剂、脱模剂、防老剂、增塑剂等等。在橡胶制品中，生胶约占质量