

BANSHI TIANRAN XIANGJIAO ZHIZUO
NAIJUXING YANJIU YU ANQUANXING PINGDING

板式天然橡胶支座 耐久性研究与安全性评定

郑怡 高飞 沈小俊 张延年 著

中国建材工业出版社

板式天然橡胶支座 耐久性研究与安全性评定

郑 怡 高 飞 沈小俊 张延年 著

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

板式天然橡胶支座耐久性研究与安全性评定/郑怡等著. —北京: 中国建材工业出版社, 2014. 4

ISBN 978-7-5160-0779-2

I. ①板… II. ①郑… III. ①板式橡胶支座-耐用性 ②板式橡胶支座-安全评价 IV. ①U443.36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 045539 号

内 容 简 介

这是一部关于板式天然橡胶支座耐久性研究的专著。本书系统地总结和阐述了作者关于板式天然橡胶支座在不同侵蚀条件下受力性能的主要研究成果。第 1 章介绍了板式天然橡胶支座的发展现状和存在的问题; 第 2 章介绍了重庆地区桥梁橡胶支座病害现状调研; 第 3 章到第 9 章分别介绍了湿热、硝酸侵蚀、硫酸侵蚀、硝酸硫酸侵蚀、冻融、热腐、盐冻等条件下矩形板式天然橡胶支座力学性能试验; 第 10 章到第 16 章分别介绍了湿热、硝酸侵蚀、硫酸侵蚀、硝酸硫酸侵蚀、冻融、盐冻、热腐等条件下圆形板式天然橡胶支座力学性能试验; 第 17 章介绍了红外热成像法探测橡胶支座缺陷的研究; 第 18 章介绍了基于可拓学的桥梁板式橡胶支座安全性评价方法。

本书可供从事土木工程、材料工程、力学等相关专业的广大科技人员以及各设计院与施工企业参考, 也可作为上述专业的研究生和高年级本科生的学习参考书。

板式天然橡胶支座耐久性研究与安全性评定

郑 怡 高 飞 沈小俊 张延年 著

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 13

字 数: 318 千字

版 次: 2014 年 4 月第 1 版

印 次: 2014 年 4 月第 1 次

定 价: 65.00 元

本社网址: www.jcbs.com.cn 微信公众号: zgjcgycbs

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。联系电话: (010) 88386906



中国建材工业出版社

China Building Materials Press

我们提供

图书出版、图书广告宣传、企业/个人定向出版、设计业务、企业内刊等外包、
代选代购图书、团体用书、会议、培训，其他深度合作等优质高效服务。

编辑部

010-68343948

图书广告

010-68361706

出版咨询

010-68343948

图书销售

010-88386906

设计业务

010-88376510 转 1005

邮箱：jccbs-zbs@163.com

网址：www.jccbs.com.cn

发展出版传媒 服务经济建设

传播科技进步 满足社会需求

(版权专有，盗版必究。未经出版者预先书面许可，不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。举报电话：010-68343948)

前 言

板式天然橡胶支座由多层均匀分布的橡胶与钢板叠合而成，是公路桥梁重要的承力和抗震减振装置，近20年来在我国得以广泛应用，其质量优劣和工作应力直接影响着支座的作用、功能和桥梁结构的安全可靠度与使用寿命。根据调查发现，自产品标准JT/T 4—93及相应规格系列颁布以来，几乎每条高速公路上的橡胶支座都有不同程度的劣化，使用寿命远远低于设计寿命，现在已发展到未通车的在建桥梁的板式橡胶支座安装后就大量损坏的程度。影响质量的因素是多方面的，有施工质量方面的问题，也有支座生产厂家生产工艺的问题和选用原料（胶料、填充剂等）质量的问题，还有桥梁设计（包括支座的设计与选用）的问题。

针对橡胶支座日益被广泛应用的趋势，其性能的优劣直接影响到我们的日常生活甚至生命财产安全。本书综合当今多种主要环境因素，从湿热环境、酸雨环境（包括硝酸型酸雨、硫酸型酸雨及硝硫混合型酸雨）、冻融环境、盐冻环境及热老化环境等，研究板式天然橡胶支座在各种环境因素单独影响下，其力学性能及耐久性的改变，从而改进橡胶支座的缺损状况评定方法，制定出新的技术状况评定标准，为日后公路桥梁橡胶支座的检验检测提供相关的依据。

作者在研究中得到了国家质检公益性行业科研专项（批准号：201210040）、重庆市科技计划项目（批准号：CSTC2011AC6157、CSTC2012jjA30007）和沈阳市科技计划项目（批准号：F12-271-4-00、F12-216-8-00）等的大力资助，在此表示衷心的感谢！

参与本书相关内容课题研究的研究生有刘圣杰、张军、马良等，以及参与试验的辽宁省建筑材料监督检验院的韩东、于浩等，作者对他们为本书相关内容研究所做出的贡献表示感谢！

由于作者水平所限，书中必有疏漏及错误之处，衷心希望读者批评指正。

郑 怡

2014年3月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 课题背景	1
1.2 国内外同类课题研究现状及发展趋势	2
1.2.1 国外同类课题研究现状	2
1.2.2 国内同类课题研究现状	2
1.3 主要研究内容	3
1.3.1 研究的目的和意义	3
1.3.2 研究的主要内容	4
第 2 章 重庆地区桥梁橡胶支座病害现状调研	5
2.1 重庆绕城高速公路南段桥梁支座病害情况	5
2.1.1 石塔沟大桥	6
2.1.2 石坝大桥	7
2.2 重庆垫忠高速公路桥梁支座病害情况	8
2.2.1 高岩嘴大桥支座	9
2.2.2 高岩嘴分离式立交主线桥	11
2.2.3 新立互通式立交主线桥支座	11
2.2.4 牌坊沟大桥	11
2.3 重庆水武高速公路桥梁支座病害情况	14
2.4 重庆云万高速公路桥梁支座病害情况	15
2.5 重庆绕城高速公路东段桥梁支座病害情况	16
2.6 桥梁支座病害成因分析	18
2.6.1 设计上的不足	18
2.6.2 支座所处自然环境的影响	18
2.6.3 支座厂家本身的支座制作质量导致的病害	18
2.6.4 支座的施工安装质量	18
2.6.5 运营中不可避免的因素	19
2.6.6 养护不及时	19
第 3 章 湿热条件下矩形板式天然橡胶支座力学性能试验	20
3.1 引言	20
3.2 轴压性能试验研究	20
3.2.1 试验概况	20
3.2.2 试验现象分析	24
3.2.3 试验结果分析	25

3.3 剪压性能试验研究	27
3.3.1 试验概况	27
3.3.2 试验现象分析	30
3.3.3 试验结果分析	31
3.4 小结	33
第4章 硝酸侵蚀条件下矩形板式天然橡胶支座力学性能试验	34
4.1 引言	34
4.2 轴压性能试验研究	34
4.2.1 试验概况	34
4.2.2 试验现象分析	36
4.2.3 试验结果分析	37
4.3 剪压性能试验研究	39
4.3.1 试验概况	39
4.3.2 试验现象分析	41
4.3.3 试验结果分析	42
4.4 小结	43
第5章 硫酸侵蚀条件下矩形板式天然橡胶支座力学性能试验	45
5.1 引言	45
5.2 轴压性能试验研究	45
5.2.1 试验概况	45
5.2.2 试验现象分析	47
5.2.3 试验结果分析	47
5.3 剪压性能试验研究	50
5.3.1 试验概况	50
5.3.2 试验现象分析	52
5.3.3 试验结果分析	53
5.4 小结	55
第6章 硝酸硫酸侵蚀条件下矩形板式天然橡胶支座力学性能试验	56
6.1 引言	56
6.2 轴压性能试验研究	56
6.2.1 试验概况	56
6.2.2 试验现象分析	58
6.2.3 试验结果分析	59
6.3 剪压性能试验研究	61
6.3.1 试验概况	61
6.3.2 试验现象分析	62
6.3.3 试验结果分析	63
6.4 小结	66
第7章 冻融条件下矩形板式天然橡胶支座力学性能试验	67

7.1 引言	67
7.2 轴压性能试验研究	67
7.2.1 试验概况	67
7.2.2 试验现象分析	69
7.2.3 试验结果分析	70
7.3 剪压性能试验研究	72
7.3.1 试验概况	72
7.3.2 试验现象分析	74
7.3.3 试验结果分析	75
7.4 小结	77
第8章 热腐条件下矩形板式天然橡胶支座力学性能试验	78
8.1 引言	78
8.2 轴压性能试验研究	78
8.2.1 试验概况	78
8.2.2 试验现象分析	80
8.2.3 试验结果分析	81
8.3 剪压性能试验研究	84
8.3.1 试验概况	84
8.3.2 试验现象分析	86
8.3.3 试验结果分析	87
8.4 小结	89
第9章 盐冻条件下矩形板式天然橡胶支座力学性能试验	90
9.1 引言	90
9.2 轴压性能试验研究	90
9.2.1 试验概况	90
9.2.2 试验现象分析	92
9.2.3 试验结果分析	92
9.3 剪压性能试验研究	95
9.3.1 试验概况	95
9.3.2 试验现象分析	97
9.3.3 试验结果分析	98
9.4 小结	100
第10章 湿热条件下圆形板式天然橡胶支座力学性能试验	101
10.1 引言	101
10.2 轴压性能试验研究	101
10.2.1 试验概况	101
10.2.2 试验现象分析	103
10.2.3 试验结果分析	105
10.3 剪压性能试验研究	107

10.3.1	试验概况	107
10.3.2	试验现象分析	108
10.3.3	试验结果分析	109
10.4	小结	111
第 11 章	硝酸侵蚀条件下圆形板式天然橡胶支座力学性能试验	113
11.1	引言	113
11.2	轴压性能试验研究	113
11.2.1	试验概况	113
11.2.2	试验现象分析	115
11.2.3	试验结果分析	116
11.3	剪压性能试验研究	118
11.3.1	试验概况	118
11.3.2	试验现象分析	120
11.3.3	试验结果分析	121
11.4	小结	123
第 12 章	硫酸侵蚀条件下圆形板式天然橡胶支座力学性能试验	125
12.1	引言	125
12.2	轴压性能试验研究	125
12.2.1	试验概况	125
12.2.2	试验现象分析	127
12.2.3	试验结果分析	128
12.3	剪压性能试验研究	130
12.3.1	试验概况	130
12.3.2	试验现象分析	132
12.3.3	试验结果分析	133
12.4	小结	135
第 13 章	硝酸硫酸侵蚀条件下圆形板式天然橡胶支座力学性能试验	137
13.1	引言	137
13.2	轴压性能试验研究	137
13.2.1	试验概况	137
13.2.2	试验现象分析	139
13.2.3	试验结果分析	140
13.3	剪压性能试验研究	142
13.3.1	试验概况	142
13.3.2	试验现象分析	144
13.3.3	试验结果分析	145
13.4	小结	147
第 14 章	冻融条件下圆形板式天然橡胶支座力学性能试验	149
14.1	引言	149

14.2 轴压性能试验研究	149
14.2.1 试验概况	149
14.2.2 试验现象分析	151
14.2.3 试验结果分析	152
14.3 剪压性能试验研究	154
14.3.1 试验概况	154
14.3.2 试验现象分析	156
14.3.3 试验结果分析	156
14.4 小结	159
第15章 盐冻条件下圆形板式天然橡胶支座力学性能试验	160
15.1 引言	160
15.2 轴压性能试验研究	160
15.2.1 试验概况	160
15.2.2 试验现象分析	162
15.2.3 试验结果分析	163
15.3 剪压性能试验研究	165
15.3.1 试验概况	165
15.3.2 试验现象分析	167
15.3.3 试验结果分析	168
15.4 小结	170
第16章 热腐条件下圆形板式天然橡胶支座力学性能试验	171
16.1 引言	171
16.2 轴压性能试验研究	171
16.2.1 试验概况	171
16.2.2 试验现象分析	173
16.2.3 试验结果分析	174
16.3 剪压性能试验研究	176
16.3.1 试验概况	176
16.3.2 试验现象分析	178
16.3.3 试验结果分析	179
16.4 小结	180
第17章 红外热成像法探测橡胶支座缺陷的研究	182
17.1 红外无损检测技术在土木工程中的应用	182
17.1.1 冻融破坏混凝土检测	183
17.1.2 建筑物外墙空鼓检测	183
17.1.3 渗水、漏热检测	183
17.1.4 施工检查	183
17.1.5 建筑节能检测	183
17.2 红外热成像法探测橡胶支座缺陷	183

17.2.1 红外热成像检测原理·····	183
17.2.2 红外热成像技术的优势·····	184
17.2.3 红外热成像技术在橡胶支座缺陷检测的应用·····	185
17.3 小结·····	186
第18章 基于可拓学的桥梁板式橡胶支座安全性评价方法 ·····	187
18.1 评价因素指标体系的建立·····	187
18.2 因素指标的无量纲化·····	188
18.3 评价物元模型的建立·····	189
18.4 计算实例·····	191
第19章 结论 ·····	192
参考文献 ·····	194

第1章 绪 论

1.1 课题背景

近年来我国交通事业发展迅速,桥梁作为我国重要社会基础设施的地位愈显突出,在国民经济和居民日常生活中发挥着重要作用。桥梁支座是桥梁结构的重要组成部分,直接影响桥梁的使用寿命和结构安全,其中板式橡胶支座由于其具有构造简单、性能可靠、安装更换方便、造价低等优点,被广泛应用于公路桥梁建设中。

板式橡胶支座是由多层橡胶与薄钢板镶嵌、黏合、硫化而成的。其有足够的竖向刚度承受垂直荷载,能将上部构造的压力可靠地传递给墩台,具有良好的弹性,适应梁端的转动、通过较大的剪切变形来满足桥跨由温差引起的伸缩变形。在上述的板式橡胶支座表面粘覆一层厚1.5~3mm的聚四氟乙烯板,就制成聚四氟乙烯滑板式橡胶支座。其除了具有竖向刚度与弹性变形,能承受垂直荷载及适应梁端转动外,因聚四氟乙烯滑板的低摩擦系数,可使梁端在四氟板表面自由滑动,水平位移不受限制,特别适宜中、小荷载,大位移量的桥梁使用。

板式橡胶支座不仅技术性能优良,还具有构造简单、价格低廉、易于更换、缓冲隔震、建筑高度低等特点,因此在桥梁界颇受欢迎^[1]。

早在20世纪30年代,法国已将合成橡胶支座应用于小跨径桥梁。40年代起,许多国家陆续开始在桥梁中采用橡胶支座。50年代末,美国在位于林肯城的Pelham大桥第一次使用了板式橡胶桥梁支座。苏联从1959年开始在公路及铁路桥梁上使用板式橡胶支座。日本东北干线的鬼怒川铁路预应力混凝土连续梁桥于1961年应用了板式橡胶支座。我国在60年代初开始对板式氯丁橡胶支座进行研究和试验。1965年首先将氯丁橡胶支座应用于广东省肇庆公路桥梁上。1975年开始以天然橡胶为主体的耐低温板式橡胶支座应用于北方,从此板式橡胶支座在全国各地开始广泛应用于公路、铁路和市政桥梁工程^[2]。

橡胶支座的种类有很多,依据交通部颁布的《公路桥梁板式橡胶支座》(JT/T 4—2004)^[3],按结构形式将橡胶支座分为两类:

- a) 普通板式橡胶支座区分为矩形板式橡胶支座(代号GJZ)、圆形板式橡胶支座(代号GYZ);
- b) 四氟滑板式橡胶支座区分为矩形四氟滑板橡胶支座(代号GJZF4)、圆形四氟滑板橡胶支座(代号GYZF4)。

按支座材料和适用温度分为两类:

- a) 常温型橡胶支座,应采用氯丁橡胶(CR)生产,适用温度为-25~60℃。不得使用天然橡胶代替氯丁橡胶,也不允许在氯丁橡胶中掺入天然橡胶;
- b) 耐寒型橡胶支座,应采用天然橡胶(Nit)生产,适用的温度为-40~60℃。

对于板式橡胶支座力学性能的研究,主要通过试验的方法,从抗压弹性模量、抗剪弹性

模量、抗剪黏结性能、抗剪老化、摩擦系数、转角、极限抗压强度等方面进行研究。它适用于检测公路桥梁用板式橡胶支座的力学性能。

1.2 国内外同类课题研究现状及发展趋势

1.2.1 国外同类课题研究现状

20 世纪 50 年代,国外在桥梁上开始使用橡胶支座。橡胶支座与金属或混凝土支座相比,具有结构简单、加工制作容易、造价低、建筑高度小、安装方便、减震、隔震、变形量大等一系列优点,在桥梁工程中已广泛应用^[4]。

在新西兰,学者 H. ROBINSON 等研究开发了铅芯橡胶支座^[5]。S. L. Burtscher、A. Dorfmann 等人研究了一种既简便又经济的减震方法,主要结构是以高阻尼性质的天然橡胶为材料的橡胶支座,这种结构不需要其他的辅助装置就能有效地消除地震波的冲击^[6]。90 年代,美国学者致力于在土木工程结构中应用 SMA 材料形成智能抗震体系的可能性的研究,并成功取得了一些初步成果。同时,日本学者也对此项研究进行了较为全面和系统性的研究与应用^[7]。1992 年,为了研究弹性叠层橡胶支座的力学性能,Shephee 采用有效单元法对钢板和橡胶在水平剪力下的位移进行了分析。Cem Topkaya 通过试验的方法对平板现浇支座的力学性能进行了较细致的研究,进而总结出一种新型的抗剪弹性模量的试验方法^[8]。M. Imbimbo 和 A. De Luca F. E^[9]通过试验研究形状因子对承受竖向荷载的叠层弹性支座应力分布和应力集中的影响,用有限元的方法,将数值计算结果与解析近似解进行比对,分析表明了形状因子的有利影响,特别是通过增加形状因子而使边缘效应减小的情况,数值解与解析解达到很好的统一。

对于橡胶支座耐久性的研究,国外也取得了不少优秀成果^[10-11]。Kalpakidis^[12-13]和 Takenaka^[14]对高温条件下叠层橡胶支座的受力性能进行了研究;Gu, H. S 等人对桥梁用天然橡胶支座的老化性能进行了研究^[15-17]。Chou Hsoun-Wei 和 Huang Jong-Shin 等人对氯丁橡胶支座受热老化及循环荷载条件下的动态性能进行了一系列的研究^[18-22]。Burdulis John S 等人对桥梁用氯丁橡胶支座的力学性能进行了较详细的论述^[23]。Yakut Ahmet 和 Yura Joseph A 对低温条件下桥梁用橡胶支座的弹性性能进行了较详细的分析研究^[24-26]。

1.2.2 国内同类课题研究现状

板式橡胶支座在我国铁路、公路桥梁上的应用和研究是从 20 世纪 60 年代开始的,我国最早铺设使用板式橡胶支座的铁路桥是安徽的固镇大桥。板式橡胶支座因其构造简单、加工制造容易、用钢量少、成本低廉、安装方便等优点,在公路和铁路建设领域逐渐得到推广和使用^[27]。目前,国内相关单位已经对不同规格的板式橡胶支座进行过系统的力学性能试验与研究,并且根据研究结果制定了板式橡胶支座的行业及国家标准,如《铁路桥隧建筑物劣化评定标准 支座》(TB/T 2820.3—1997)^[28]及《公路桥梁板式橡胶支座》(JT/T 4—2004)^[3]等,为板式橡胶支座在铁路、公路桥梁上的广泛应用提供了可靠的技术支持。

从 80 年代起,周福霖院士一直致力于橡胶支座隔震的研究和开发工作,取得了丰硕的成果^[29-35]。庄军生^[36]等人结合国内外最新标准,研制和改进各类橡胶支座的设计,并在

橡胶支座的老化及劣化性能评定等方面开展了众多的研究工作。我国对于橡胶支座力学性能等进行了大量的试验研究和理论分析,并颁布和出台了一系列有关橡胶支座的设计规范、规程细则、指南和手册等^[28,37-42]。

如今,我国对于板式橡胶支座耐久性的研究已取得丰硕的成果。

王树芝^[27]等人通过对使用 16~22 年的板式橡胶支座及胶料的调查、物理力学性能试验及动载试验与研究,对铁路桥上铺设使用的板式橡胶支座提出了可供参考的失效条件和使用寿命。黄跃平、周明华等人针对板式橡胶支座的特点,系统地提出了影响公路桥梁板式橡胶支座耐久性的多种因素,并就相应的因素提出了可靠的解决方案。

黄跃平、周明华等人通过研究板式橡胶支座的特点及其内部橡胶层的应力分布情况,根据撕裂能理论说明了橡胶支座内损伤的萌生机理和现象,提出了橡胶支座的临界疲劳损伤应力和强度储备的概念,并针对影响板式橡胶支座耐久性的各因素提出了相应的防治对策^[43-44]。同时,对公路桥梁板式橡胶支座在容许荷载作用下支座损伤机理进行了试验,分析了橡胶支座产生损伤的原因。通过研究,得出支座内橡胶与钢板结合部位的剪应力集中现象是支座损伤的主要原因^[45],并进一步提出用于判定公路桥梁板式橡胶支座失效的临界条件^[46-47]。周明华等人根据近几年发生的多起公路桥梁橡胶支座质量事故,从橡胶支座的产品质量、支座的设计和橡胶支座的选用、布置、安装检查与维护等方面进行了分析,指出了影响橡胶支座使用寿命的诸多因素及应用对策^[48]。

刘文光^[49-55]等人研究了建筑隔震结构中天然橡胶支座的温度特性,在恒定温度条件下,对其做了温度相关性试验,同时进行了恒温条件下的力学试验,确定了 60 年后天然橡胶支座的基本性能及竖向压缩变形量。杜永峰等人利用 ANSYS 软件对不同温度下叠层橡胶支座的位移和应力做了对比分析,分析结果表明,圆形叠层橡胶支座随着温度的提高,位移和热应力增大,矩形叠层橡胶支座边缘受热不均匀导致边缘部位位移和等效应力不同,而在内部受热逐渐均匀,位移和等效应力相同^[56]。李立峰等对板式橡胶支座进行了地震易损性分析,得到了橡胶支座的位移反应,并通过研究提出可用四氟滑板式氯丁橡胶支座代替普通板式氯丁橡胶支座的建议^[57]。

虽然国内外对于橡胶支座的研究已取得大量的成果,但对于耐久性的研究还不是很充分。工业迅速发展造成各国环境污染日趋严重,在多种恶劣环境因素影响下,橡胶支座还能否保证其原有的力学性能及耐久性,更是一个亟待解决的问题。

1.3 主要研究内容

1.3.1 研究的目的和意义

板式天然橡胶支座由多层均匀分布的橡胶与钢板叠合而成,是公路桥梁重要的承力和抗震减振装置,近 20 年来在我国得以广泛应用,其质量优劣和工作应力直接影响着支座的作用、功能和桥梁结构的安全可靠度与使用寿命。至于天然橡胶的性质,在《橡胶工业手册》^[58-69]中有较详细的描述。根据调查发现,自产品标准 JT/T 4—93^[70]及相应规格系列颁布以来,几乎每条高速公路上的橡胶支座都有不同程度的劣化,使用寿命远远低于设计寿命,现在已发展到未通车的在建桥梁的板式橡胶支座安装后就大量损坏的程度。影响质量的

因素是多方面的,有施工质量方面的问题,也有支座生产厂家生产工艺的问题和选用原料(胶料、填充剂等)质量的问题,还有桥梁设计(包括支座的设计与选用)的问题^[43]。

针对橡胶支座日益被广泛应用的趋势,其性能的优劣直接影响到我们的日常生活甚至生命财产安全。本文综合当今多种主要环境因素,从湿热环境、酸雨环境(包括硝酸型酸雨、硫酸型酸雨及硝硫混合型酸雨)、冻融环境、盐冻环境及热老化环境等,研究板式天然橡胶支座在各种环境因素单独影响下,其力学性能及耐久性的改变,从而改进橡胶支座的缺损状况评定方法,制定出新的技术状况评定标准,为日后公路桥梁橡胶支座的检验检测提供相关的依据。

1.3.2 研究的主要内容

在国内外对于橡胶支座的各类研究基础之上设计试验,对板式天然橡胶支座分为两大类进行试验研究,分别为矩形板式天然橡胶支座与圆形板式天然橡胶支座。对每一类橡胶支座,以矩形板式天然橡胶支座为例,采取7种不同方式的侵蚀处理,模拟自然环境对橡胶支座的影响。

7种处理方式分别为:湿热处理、硝酸处理、酸腐处理(即硫酸处理)、硝硫混合酸处理、冻融处理、盐冻处理和热腐处理(即热老化处理)。处理过程在辽宁省建筑材料监督检验院进行,严格按照橡胶规程的相关规定进行操作。对处理后的试件,分别进行轴压性能试验及剪压性能试验,研究其极限抗压强度、极限抗剪强度、抗压弹性模量、抗剪弹性模量、竖向刚度、水平等效刚度等的变化规律,采用最小二乘法建立天然橡胶支座的衰减模型,推导出相应的拟合曲线及衰减函数,用于粗略估算环境因子对于橡胶支座力学性能的改变情况,并针对各种环境因素提出相应的防护措施,以减少环境对橡胶支座的侵害。

第2章 重庆地区桥梁橡胶支座病害现状调研

板式橡胶支座是由多层橡胶与薄钢板镶嵌、黏合、硫化而成的。它有足够的竖向刚度承受垂直荷载，能将上部构造的压力可靠地传递给墩台，具有良好的弹性适应梁端的转动、通过较大的剪切变形来满足桥跨由温差引起的伸缩变形。在上述的板式橡胶支座表面粘覆一层厚1.5~3mm的聚四氟乙烯板，就制成聚四氟乙烯滑板式橡胶支座。它除了具有竖向刚度与弹性变形，能承受垂直荷载及适应梁端转动外，因聚四氟乙烯滑板的低摩擦系数，可使梁端在四氟板表面自由滑动，水平位移不受限制，特别适宜中、小荷载，大位移量的桥梁使用。板式橡胶支座不仅技术性能优良，还具有构造简单、价格低廉、易于更换、缓冲隔震、建筑高度低等特点，因此在桥梁界颇受欢迎。

桥梁支座是桥梁结构的重要组成部分，直接影响桥梁的使用寿命和结构安全。我国橡胶支座技术相当成熟，其性能可靠、结构简单、安装和使用方便、造价较低，目前大部分桥梁使用橡胶支座。但是通过近年来的调查、检测、施工和桥梁病害分析发现，橡胶支座在产品内在质量、试验检测、设计选用、施工安装以及养护维修等方面存在诸多问题和隐患，已严重影响了桥梁结构安全性和耐久性，必须引起高度重视。如板式橡胶支座生产质量堪忧，橡胶材料和金属板材料不合规范，制作工艺不合理，更有甚者，为降低成本，在橡胶胶料中掺加再生橡胶，导致橡胶支座品质劣化、容易老化。

项目组开展了重庆及周边地区的桥梁板式橡胶支座的病害调查。

2.1 重庆绕城高速公路南段桥梁支座病害情况

重庆绕城高速公路南段有各种大桥25座，支座病害统计见表2.1，各种病害所占比例见图2.1。

表 2.1 支座病害一览表

序 号	病 害 种 类	数 量
1	被杂物包裹	39
2	支座鼓包	69
3	纵向剪切变形	5
4	支座偏位	8
5	支座脱空	80
6	开裂	677
7	2种病害以上	34

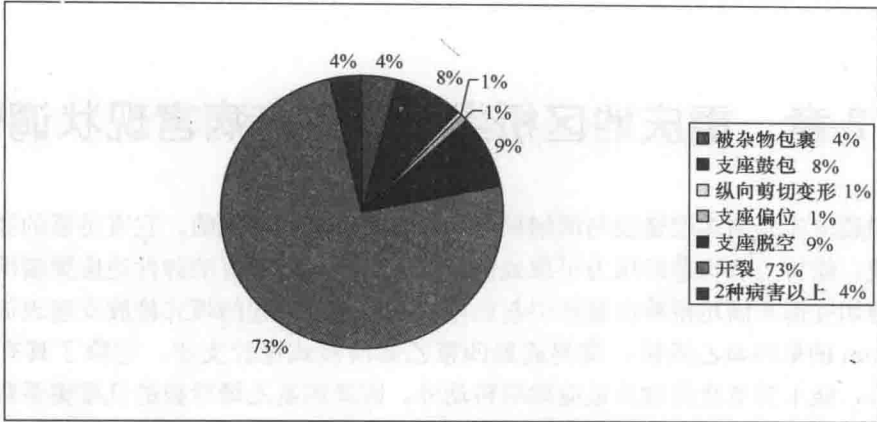


图 2.1 支座病害柱状图

部分桥梁支座情况如下。

2.1.1 石塔沟大桥

该桥支座为板式橡胶支座，经检查发现，1 个支座纵向偏位 2.0cm，共 3 个支座脱空 10%~20%，共 20 个支座开裂，共 21 个支座鼓包，其中 11 个鼓包开裂。具体病害情况见表 2.2，图 2.2、图 2.3。

表 2.2 支座病害一览表

序号	部件	位置	病害种类	病害描述
1	支座	L2-1-3# 支座	鼓包开裂	鼓包开裂
2		L3-2-1#、2# 支座	鼓包	鼓包
3		L3-2-3# 支座	开裂	开裂
4		L3-2-4# 支座	开裂	开裂
5		L3-2-5# 支座	开裂	开裂
6		L3-2-7# 支座	开裂	开裂
7		L4-3-3# 支座	纵向偏位	纵向偏位 2.0cm
8		L5-4-1# 支座	开裂	开裂
9		L5-4-4# 支座	开裂	开裂
10		L5-4-5# 支座	开裂	开裂
11		L5-4-7# 支座	开裂	开裂
12		L5-5-6# 支座	开裂	开裂
13		L6-5-3# 支座	鼓包开裂	鼓包开裂
14		L7-6-7# 支座	鼓包开裂	鼓包开裂
15		L7-7-1# 支座	脱空	底部脱空 20%
16		L8-7-2# 支座	鼓包开裂	鼓包开裂
17		L8-8-2# 支座	开裂	开裂
18		L8-8-4# 支座	开裂	开裂
19		L9-9-1#、2# 支座	鼓包	鼓包