

【入门的向导，深造的阶梯】

应变片与传感器技术丛书

航空-航天飞行器结构试验 与应变测量技术一本通

ALL-IN-ONE CURRENT OF AVIATION-SPACECRAFT STRUCTURE
TESTING AND STRAIN MEASUREMENT TECHNOLOGY

尹福炎 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

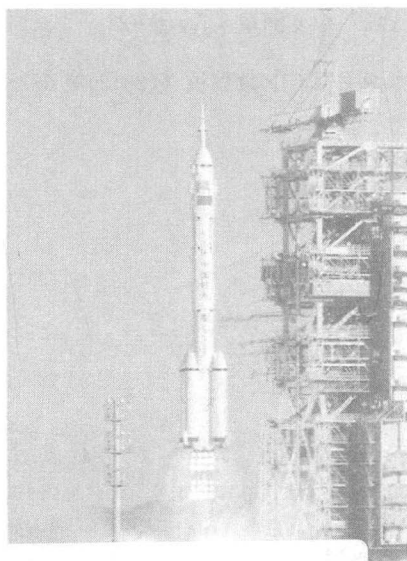
应变片与传感器技术丛书

【入门的向导,深造的阶梯】

航空-航天飞行器 结构试验与应变测量技术 一本通

ALL-IN-ONE CURRENT OF AVIATION-SPACECRAFT STRUC-
TURE TESTING AND STRAIN MEASUREMENT TECHNOLOGY

尹福炎 编著



国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

航空-航天飞行器的各种结构试验(包括静态、动态及热环境等),是确保航空-航天飞行器结构设计和飞行安全的根本保证。结构试验中的应变测量结果又是改进结构设计,确保产品质量的重要依据。

本书以词条的形式,全面而系统地介绍了航空-航天飞行器结构和环境试验及工程结构试验中的应变测量技术,除了传统的应用电阻应变片的应变电测技术以外,还有光学方法、应用红外线的红外热敏图像法、磁应变法、声学法、X射线应力测量法以及应力涂层法等。众多的应变测量技术为准确测量飞行器结构应力-应变提供了良好的技术基础,也是工程技术人员入门的向导,深造的阶梯。

本书的词目以中英文对照方式编排,因而也可作辞典使用。可供从事航空-航天飞行器结构和环境试验和其他工程结构试验的工程技术人员以及大、专院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

航空航天飞行器结构试验与应变测量技术一本通/尹福炎编著. —北京:国防工业出版社,2013. 1

(应变片与传感器技术丛书)

ISBN 978-7-118-07553-3

I. ①航… II. ①尹… III. ①航空航天器—结构试验
②航空航天器—应变测量 IV. ①V27

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 043852 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 39 字数 1016 千字

2013 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 128.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

尽管现代数值计算方法和计算机技术的发展,为解决各种工程结构提供了有利的条件。但是,对于航空-航天飞行器等复杂结构,以及所面对的种种环境条件,不是仅能依靠理论计算就能解决的。现今仍需借助于各种结构试验(包括静态、动态及热环境等),作为确保航空-航天飞行器结构设计和飞行安全的根本保证。结构试验中的应变测量结果又是改进结构设计,确保产品质量的重要依据。

航空-航天飞行器结构试验及一般工程结构试验中的应变测量技术,除了传统的应用电阻应变片的应变电测技术以外,还有光学方法,如光弹性法、光弹贴片法、云纹(光栅)法、全息干涉术、散斑法及焦散线法等;应用红外线的红外热敏图像法;磁应变法;声学法,如超声波法、声发射法、巴克豪森法等;X射线应力测量法以及应力涂层法,如脆性涂层法、镀膜法等。众多的应变测量技术,为准确测量飞行器结构应力-应变提供了良好的技术基础。

航空-航天飞行器结构试验和应变测量技术,涉及力学、光学、磁学、声学、材料、电子技术以及计算机等众多学科和领域。为了便于学习与交流,根据作者40多年来从事航空-航天飞行器结构试验和应变测量技术的体会,收集了国内外相关资料,以词目的形式汇编成册,以供从事航空-航天飞行器结构试验和应变测量技术,以及相应的工程结构试验和应变测量的各类技术人员参考。本书的词目以中英文对照方式编排,因而也可作辞典使用,也可供大、专院校相关专业的师生参考。

本书在2007年9月已完成了初稿,随着我国航空、航天事业的迅速发展,特别是载人航天和绕月卫星等的发射成功,又为本书增加了很多有意义的内容。为此,在原来基础上又增添了若干新的内容。

在本书的编写过程中,曾得到北京强度环境研究所副所长周锦扬研究员、设计部陆寿茂研究员、动力研究所金广尧研究员的指导和帮助,北京强度环境研究所《强度与环境》编辑部的庞勤工程师也给予了很多帮助,在此向他们表示衷心的感谢;并向被收集在本书中的所有专著和文献、资料的作者致以诚挚的谢意。

由于本人水平的限制,其中错误之处难免,敬请批评指正。

编 者

2012年1月于北京

编写说明

1. 本书依据专业内容,以专业术语和文献中常用词汇为词目汇编而成,全书共有词目 2900 余条,图表 870 余幅。纲目分为五个专题:

- (1)飞行器结构试验的力学基础;
- (2)飞行器结构试验技术;
- (3)飞行器结构试验中的应力-应变测量技术;
- (4)结构试验用的电阻应变片;
- (5)结构强度和環境试验用传感器。

2. 为了便于读者查阅,正文词目以汉语拼音字序排列;正文前列出了专业分类目录和词目首词汉语拼音字序表,文后列有英文字母索引。

3. 词目名称,一般以术语和专业文献常用词汇为正名,对于某些专业的同样词义的词目,则把可以互相替换的词列入括号内,例如,应变计与应变片可表示为“应变计(片)或应变片(计)”。

4. 词目的英文名称,取自专业术语和文献资料词汇。对于可以互相替换的词,也列入括号中。例如,“应变片或应变计 Strain gauge 或 Strain gage”可写为“Strain gauge(gage)或 Strain gage(gauge)”;又如,“传感器 Transducer 或 Sensor”可写为“Transducer(sensor)或 Sensor(transducer)”。

专业分类条目综合索引

1. 飞行器结构试验的力学基础

1.1 材料力学

载荷	500	法应力	128	屈服应力	336
静载荷	269	循环应力	436	屈服点	335
动载荷	114	残余应力	35	屈服极限	335
轴向载荷	531	比例极限	14	弹性极限	75
横向载荷	217	许用应力	434	条件屈服极限	408
撞击载荷	535	极限应力	243	延伸率	445
轴向拉伸	531	安全系数	2	应力松弛	487
轴向压缩	531	胡克定律	219	应力集中	485
弹性	74	强度	333	应变状态	484
弹性体	77	刚度	168	剪力、弯矩图	250
塑性	401	动刚度	114	应力状态	488
韧性	357	动刚度比	114	莫尔圆	312
脆性	64	硬度	488	薄膜应力	30
变形	17	挠度	313	莫尔应变圆	313
弹性变形	74	柔度	357	莫尔应力圆	313
弹性后效	74	动柔度	116	莫尔强度理论	312
塑性变形	401	弹性模量	75	强度理论	333
永久变形	489	剪切模量	251	最大拉伸应力理论	541
残余变形	35	动弹性模量	114	最大伸长应变理论	541
拉伸变形	286	杨氏模量	446	最大剪应力理论	541
压缩变形	442	体积弹性模量	407	形变比能理论	434
弯曲变形	413	截面模量	264	正交各向异性弹性理论	522
剪切变形	251	截面抗弯模量	264	有限元法	492
扭转变形	316	截面扭转模量	264	1.2 蠕变	
复合变形	161	截面形状系数	265	蠕变	357
应变	459	截面几何性质	264	蠕变恢复	357
线应变	430	截面收缩率	265	蠕变松弛	358
正应变	523	剪切弹性模量	251	蠕变极限	357
主应变	532	应力-应变曲线	487	蠕变曲线	358
泊松比	25	材料的力学性能	33	蠕变屈曲	358
伸长率	368	机械性能试验	236	蠕变速率	359
平截面假设	326	材料检验	33	蠕变寿命	358
循环应变	436	拉伸试验	286	蠕变断裂	357
断面收缩率	120	拉伸强度	286	1.3 疲劳	
应力	484	压缩强度	443	疲劳	317
剪切应力	252	剪切强度	251	疲劳裂纹扩展	318
主应力	532	扭转强度	316	疲劳载荷谱	321
		强度极限	333	疲劳门槛值	318
		条件弹性极限	408	疲劳载荷	321

疲劳极限	318	裂纹疲劳扩展速率	298	滑移式扩展	220
S-N 曲线	544	裂纹张开位移	298	撕裂式扩展	398
疲劳条带	320	断裂强度	120	J 积分	543
疲劳损伤	320	断裂韧度	120	J 积分法	543
疲劳破坏	319	塑性区尺寸	401	紧凑拉伸试验	268
应力腐蚀	485	裂纹顶端张开位移法		紧凑拉伸试件	267
高温疲劳	174	脆性破坏	64	线弹性断裂力学	429
疲劳断口	317	断口金相学	120	弹塑性断裂力学	73
疲劳与断裂	320	塑性断口	401	葛里菲斯理论	175
1.4 断裂		脆性断口	64	应力腐蚀界限强度因子	485
断裂力学	120	韧窝	356	临介应力强度因子	299
裂纹	296	进发荷载	268	应力强度因子	486
断裂判据	120	等效裂纹长度	83	应力强度因子准则	486
裂纹扩展	297	张开式扩展	507		

2. 飞行器结构试验技术

2.1 航空-航天飞行器、结构及材料		航天飞机	200	半硬壳结构	12
2.1.1 航空-航天飞行器		空间探测	282	梁式结构	295
航空与航天	199	空间探测器	282	桁式结构	210
飞行器	135	月球探测	498	桁梁式结构	209
航空器	200	阿波罗工程	1	构架式结构	180
航天科学技术	201	阿波罗号飞船	1	桁条式结构	210
航天技术	201	登月轨道	83	杆系结构	167
空间垃圾	280	阿波罗登月舱	1	整体结构	522
飞机	132	阿波罗飞船登月飞行	1	厚蒙皮结构	219
直升飞机	526	中国的月球探测工程	527	波纹板结构	23
火箭	225	中国探月工程标识	527	夹层结构	250
火箭与导弹	231	中国载人航天工程	527	缠绕结构	42
导弹	79	空天飞机	283	加劲结构	246
有翼导弹	493	载人航天	501	加筋壳式结构	246
弹道式导弹	71	载人航天器	502	蜂窝夹层结构	158
液体弹道式导弹	452	载人飞船	501	复合材料结构	162
固体弹道导弹	181	航天服	200	玻璃钢结构	25
潜地导弹	333	2.1.2 航空-航天飞行器结构		化铣结构	221
水下发射	392	柱	533	网格结构	414
冷发射	288	梁	295	铆接结构	306
探空火箭	405	梁-柱	295	焊接结构	197
航天器	201	桁架	209	飞行器结构	139
航天运载工具	207	桁梁	209	飞机的基本结构	133
运载火箭	499	桁条	210	机身	233
人造地球卫星	356	刚架	169	机翼	233
科学卫星	276	平板	325	机翼结构	234
技术试验卫星	245	蒙皮	306	翼面结构	457
应用卫星	488	光纤智能结构蒙皮	190	翼面	456
空间站	282	壳	276	尾翼	416
航天站	207	薄壁结构	27	航空发动机	198
国际空间站	195	硬壳结构	488	发动机推力结构	127

涡轮风扇发动机	425	奥氏体	2	结构可靠性分析	261
涡轮螺旋桨发动机	426	奥氏体不锈钢	3	结构计算图	261
涡轮喷气发动机	426	奥氏体-铁素体不锈钢	3	结构分析程序系统	261
涡轮轴发动机	426	高温材料	172	构件强度检验	180
压气机	442	复合材料	161	结构敏度分析	262
叶片	448	层压板	40	飞行器结构强度分析	142
燃气涡轮	342	层压板表示法	40	飞行器的强度规范	147
航天器结构	203	隔热材料	175	飞行器的载荷情况	150
火箭结构技术	229	防热材料	129	飞行器的载荷谱	151
火箭结构	228	烧蚀材料	366	航天器结构分析	203
液体火箭结构	453	密封材料	307	航天器结构动力分析	203
液体火箭头部整流罩	454	阻尼材料	539	航天器结构静力分析	203
火箭推进剂贮箱	229	聚合物封装材料	271	航天器结构热应力分析	204
发动机推力结构	127	热压罐成形法	353	航天器结构疲劳和断裂分析	204
液体火箭级间段	454	真空袋成形法	523	2.3 结构静强度试验技术	
运载火箭的基本结构	499	软模成型法	360	飞行器结构强度与环境工程	142
箭体结构	254	缠绕成形法	42	环境可靠性	222
整流罩	520	树脂转移模塑成形法	386	结构试验	264
导弹弹头	79	树脂膜熔浸成形工艺	386	结构静力试验	261
火箭发动机	226	2.2 飞行器结构模型与试验		研究性试验	445
液体火箭发动机	453	工程结构试验	177	鉴定性试验	253
液氢-液氧火箭发动机	449	实验应力分析	378	验收试验	446
火箭发动机推力室	227	飞机结构力学	134	飞行器外载荷	150
固体火箭结构	182	结构	260	使用载荷	378
固体火箭发动机	182	静定结构	269	设计载荷	367
卫星结构	417	静不定结构	269	弹(箭)的设计载荷	73
抛物面天线	316	结构的几何不变性	260	弹(箭)的地面载荷	72
卫星仪器安装盘	418	屈曲	336	机身和弹(箭)身载荷	233
载人飞船结构	501	边界条件	15	飞行器结构静力试验	141
空间探测器结构	282	各向同性	176	载荷的简化和实施	500
2.1.3 飞行器结构材料		各向异性	177	边界条件	16
飞机材料	132	模型	310	边界条件的模拟	16
金属材料	265	模型与真型	310	飞行器试验	149
变形铝合金	17	模型理论	310	飞行器结构试验	145
硬铝合金	488	圣维南原理	372	飞行器结构静力试验工作程序	141
防锈铝合金	130	叠加原理	113	飞行器结构静强度试验	141
锻铝合金	120	相关性	430	飞机结构静力试验	134
超硬铝合金	44	模拟试验	309	结构强度模型试验	262
铸造铝合金	534	模型试验原理	310	静力试验室	269
镁合金	306	比拟法	15	弹(箭)静力试验大厅	73
变形镁合金	17	薄膜比拟	28	结构试验台座	264
钛及钛合金	405	电比拟	87	飞行器的强度规范	147
变形钛合金	17	电阻网络比拟	101	飞行器静力试验大纲	147
高强度合金钢	43	沙堆比拟	365	静强度试验载荷图	269
超高强度合金钢	43	机电类比	232	结构刚度试验	261
不锈钢	32	电声类比	95	刚度试验任务书	168
铁素体	409	阻抗型类比	538	全机静强度试验	336
铁素体不锈钢	409	结构矩阵分析	261	部件静强度试验	32
贝氏体	14	网格分析	414	飞行器构件内压和外压试验	136
马氏体不锈钢	304	结构极限分析	261	内压试验	313

飞行器箱体内压试验	150	载荷传感器的安装要求	500	似正弦振动	400
整流罩内压试验	521	承力墙	45	非线性振动	154
共底箱的内压试验	180	承力地坪	45	相平面及相轨迹	430
外压试验	413	点式承力地坪	87	角振动	259
飞行器构件外压试验	137	轨道式承力地坪	194	极限环	243
稳定裙外压试验	424	网格式承力地坪	414	奇点	329
飞行器构件轴压试验	138	承力顶棚	45	随机振动	402
小型结构件的轴压试验	431	万能结构试验机	414	白随机振动	4
封闭式箱体结构的轴压试验	157	多路输出传感器	124	宽带随机振动	285
壳段构件轴压试验	277	转矩测量	535	窄带随机振动	505
壳体外压冲击试验	277	力的测量	292	振动系统参数识别	517
集中力加载系统	244	2.4 结构动力试验技术		集合	244
弯矩试验	413	2.4.1 振动的一般概念		平稳过程	328
飞行器构件弯矩试验	137	振动	509	强自稳	333
飞行器结构组合载荷试验	146	简谐运动	253	弱自稳	360
刚度试验	168	机械振动	236	时域	375
飞行器结构刚度试验	140	振动幅值	511	时域表示	375
飞行器疲劳试验	147	主振动	532	时域与频域	375
结构承载能力	260	双振幅	392	频谱	324
重复载荷	530	力导纳	292	频域	324
试验件	377	力导	292	频域表示	324
假件	250	力纳	292	频域分析	324
夹具	250	力劲	292	平稳状态	328
预备性试验	493	力顺	294	参数振动	35
设计载荷试验	367	力抗	292	参考量	35
使用载荷试验	378	力阻	294	特征值	407
屈曲试验	336	力阻抗	294	运动稳定性	499
破坏	329	力欧[姆]	292	过渡振动频率	196
破坏试验	329	机械阻抗	236	振动系统传递率	517
局部破坏	271	机械阻抗法	236	耦合振动	316
总体破坏	537	机械系统	236	拍	316
加载系统	250	等效质量	83	系统	428
杠杆系统	170	简谐振动	253	线性系统	429
标准铸块	21	周期振动	531	非线性系统	154
底座	86	非周期运动	154	特征矢量	407
立柱	294	准周期振动	535	惯性系统(机械系统)	183
角撑	258	稳态振动	425	自由度	536
长立柱	43	瞬时振动	394	单自由度系统	71
拉杆组件	285	自由振动	537	多自由度系统	124
承力点接头	45	受迫振动	380	无限多自由度系统	427
帆布拉片	128	自激振动	536	分布系统	154
拉力垫	286	颤振	42	等效系统	83
液压作动筒	455	张弛振动	507	弹性系统	78
油泵站	492	轴向振动	531	硬特性弹簧	488
协调加载装置	432	横向振动	217	软特性弹簧	360
测力计	37	纵向振动	538	阻尼	538
机械式测力计	235	直线振动	526	黏性阻尼	507
载荷传感器	500	扭转振动	316	黏性阻尼系数	507
负荷传感器	160	复合振动	163	线性黏性阻尼	430
电阻应变式力传感器	107	弯曲振动	414	线性黏性阻尼系数	430

等效黏性阻尼	83	叠加积分	113	冲击脉冲	49
临界黏性阻尼	299	位移阻抗	421	公称冲击脉冲	179
临界阻尼	299	速度	400	理想冲击脉冲	289
阻尼系数	539	速度阻抗	401	正矢冲击脉冲	522
阻尼因数	539	速度导纳	400	矩形冲击脉冲	271
阻尼比	539	加速度	247	梯形冲击脉冲	407
过阻尼	197	加速度阻抗	249	对称三角形冲击脉冲	121
欠阻尼	333	加速度导纳	247	前锋锯齿冲击脉冲	332
非线性阻尼	154	驱动点阻抗	335	后锋锯齿冲击脉冲	218
非线性粘性阻尼	154	驱动点导纳	335	实测冲击脉冲	376
阻尼固有频率	539	传递阻抗	51	冲击脉冲的名义值	49
有阻尼固有频率	493	相对传递系数	430	冲击脉冲宽度	49
阻尼振动	539	跳跃	408	初始冲击响应谱	50
最佳阻尼	542	共振	180	冲击响应	50
迟滞阻尼	46	共振频率	180	冲击刚度	48
比例阻尼	14	基波	237	冲击刚度比	48
循环	436	共振试验	180	冲击韧性	49
基本周期	237	共振检查试验	180	脉冲上升时间	306
基本频率	236	反共振	128	脉冲下降时间	306
固有频率	183	反共振频率	128	冲击响应谱	50
圆频率	496	谐波	432	冲击谱	49
弹性体振动	78	次谐波	63	冲击付立叶谱	48
振动烈度	512	次谐波共振	63	位移冲击响应谱	420
振级	517	高阶谐波共振	171	位移、速度、加速度冲击波 响应谱	420
振动滞后	517	品质因数	325	正冲击响应谱	522
峰值	158	振动系统品质因数	517	负冲击响应谱	160
峰峰值	158	振动系统 Q 值	517	加速度冲击响应谱	247
峰值因数	158	临界速度	299	剩余冲击响应谱	372
振动模态	513	振动临界速度	513	冲击锤	47
固有模态	183	角振动	259	冲击力锤	48
基本固有模态	236	利萨如图线	294	冲击吸收器	50
模态试验	310	复激励	163	冲击隔离器	48
固有振动特性	183	复响应	164	冲击缓冲器	48
振型	520	负载阻抗	161	冲击试验	49
正则化模态	523	减振	250	冲击机	48
振型的正交性	520	减振器	250		
模态分析	310	隔振	176	2.4.3 声与噪声的一般概念	
振型矩阵	520	积极隔振	236	可听声	279
模型参数	310	隔振区	176	次声	63
主坐标	532	振动隔离装置	511	声波	368
弹性耦合	76	隔振器	176	声源	371
惯性耦合	183	动力吸振器	115	声场	368
重力耦合	531	电液隔振系统	98	声速	370
响应	431	2.4.2 冲击的一般概念		声障	371
响应特性	431	冲击	46	自由声场	537
过冲	196	机械冲击	235	参考声压	35
负冲	160	连续冲击	295	声阻抗	372
传递函数	51	冲击激励	48	声欧	369
传递导纳	51	速度冲击	400	声阻	371
杜哈梅积分	118	冲击运动	50	声顺	370

声质量	371	高斯随机噪声	172	原子弹	494
声特性阻抗	370	超声	43	氢弹	335
声频	369	特超声	407	中子弹	530
声频谱	369	超声分析	43	核武器爆炸方式	214
声强	369	超声处理	43	核武器空中爆炸	215
声强级	369	2.4.4 波与冲击波		核武器地下爆炸	214
声级	369	波	22	核武器海上爆炸	215
声级计	369	弹性波	74	核武器水下爆炸	215
声功率级	369	体波	407	核武器的杀伤、破坏因素	214
声压	371	界面波	265	核爆炸时的冲击波	211
声压级	371	表面波	21	核爆炸时的光辐射	211
声功率	369	瑞利波	360	核爆炸时的早期核辐射	211
响度	430	洛甫波	303	核爆炸时的放射性污染	211
等响线	82	冲击波	47	核电磁脉冲效应	213
响度级	430	激波	240	核爆炸 X 射线效应	212
宋	400	冲击波前	47	核爆炸通信效应	212
声吸收	370	波动	23	核爆炸地球物理效应	211
吸声系数	427	波线	24	核爆炸效应模拟	212
吸声材料	427	波阵面	24	核爆炸效应模拟内容	213
声桥	369	波法线	23	化学爆炸模拟	221
声阻尼材料	372	纵波	538	实验室模拟	377
声阻抗率	372	压缩波	443	计算机模拟	244
声反射系数	369	剪切波	251	2.4.6 结构动力试验技术与设备	
声透射系数	370	自由场	536	航天器振动环境	206
隔声	176	自由行波	537	火箭动力学特性	225
隔声材料	176	柱面波	533	振动工程	511
隔声量	176	驻波	533	飞行器振动工程	152
隔音室	176	行波	433	航天器振源	206
隔声集中控制室	176	波节	23	结构动力试验	260
消声屏	431	波腹	23	飞行器结构动力试验	152
消声室	431	空气爆炸	283	动力试验	114
进气消声器	268	冲击波能量	47	动力特性试验	114
复合消声器	163	冲击波能量密度	47	动力学环境试验	115
混响	224	杆中弹性波	167	动力响应	115
混响时间	224	固体中的激波	183	动强度分析	115
混响声场	224	2.4.5 核加固与核防护		动强度研究	116
混响室	224	爆炸现象	13	动强度试验	116
混响试验装置	224	物理爆炸现象	427	飞行器结构动力问题	140
电声学	96	化学爆炸现象	221	箭体动力分析	254
电耳	90	炸药	504	振动试验	513
噪声	504	炸药爆炸的基本特征	504	振动试验允差	514
噪声评价数	504	爆炸冲击波	13	振动试验判据	514
结构噪声	264	爆轰波	13	振动试验中参数的控制	515
白噪声	4	电炮	92	随机振动的等价条件	402
粉红噪声	155	粒子束爆炸	294	航天器振动环境试验	206
燃烧噪声	342	核武器	214	振动试验设备	515
随机噪声	402	核爆炸	210	振动加载设备	512

振动控制设备	512	全箭振动试验塔	337	直接驱动机械振动台	525
均衡	274	火箭振动试验塔	229	惯性机械振动台	183
均衡原理	274	全箭振动试验的数据采集处理系统	338	电动振动台	89
振动试验辅助设备	513	火箭纵向耦合振动研究	231	电磁激振器	88
环境振动	222	液体火箭的纵向耦合振动	455	电磁振动台	89
地面共振试验	86	纵向耦合振动研究	538	空气轴承振动台	283
环境振动试验	222	箭体扭转弹性振动特性试验	254	液式振动台	98
振动模态试验	513	箭体横向弹性振动特性试验	254	液压振动台	455
振动响应试验	517	航空发动机试验	199	压电振动台	440
耐振试验	313	涡轮泵次同步振动	425	共振振动台	180
振动环境模拟试验	512	发动机地面试验设备	126	振动台本底噪声	515
设备环境振动试验	367	发动机噪声	127	振动台导向系统	516
振动试验测量与记录仪器	513	发动机振动	127	振动台悬挂系统	516
颠振试验	87	飞行器运输试验	152	振动台的磁路系统	516
前轮摆振试验	332	航天器运输试验	206	振动台活动系统	516
落震试验	287	外场运输试验	413	液压振动台固有频率	455
振动适应性试验	515	试验室内模拟运输试验	378	振动台波形失真度	515
航天器冲击环境试验	202	运输模拟台试验	498	振动台横向刚度	516
航天器冲击试验环境试验设备	202	散装件运输模拟试验	364	振动台横向振动比	516
冲击环境试验	48	对接装置	121	激振机重复周期	242
冲击响应谱模拟试验	50	分离连接装置	155	激振机重复范围	242
冲击波形模拟试验	47	级间分离和级间结构设计	240	振动参数稳定性	509
高速撞击模拟试验	172	爆炸螺栓	13	振动控制仪	512
地震模拟试验	87	爆炸索	13	随机振动控制装置	403
谐振跟踪	432	聚能炸药索试验	272	模拟式随机振动控制装置	309
地面模拟热颤振试验	86	火箭工作环境	227	数字式随机振动控制装置	384
随机振动控制系统	403	火箭地面试车	226	磁带随机振动试验	59
多点控制随机振动试验系统	122	火箭试车台	229	振动试验夹具	513
重复冲击试验	530	双工位、多用途发动机试车台	387	振动试验夹具的检验	514
振动环境试验	512	大推力大型发动机试车台	65	空气弹簧	283
振动耐久试验	513	全箭系留试车台	337	滑台	220
飞机的振动环境	135	火箭发动机试验	226	液压滑台	455
飞机地面共振试验	133	火箭发动机试验台	227	平面油膜滑台	328
直升机地面共振试验	526	火箭发动机高空模拟试验台	226	静压导轨式滑台	271
飞机全尺寸疲劳试验	135	噪声环境试验技术	504	弹道摆冲击台	71
振源驻留试验	520	声学激振试验	370	跌落式冲击机	112
变频振动试验	17	飞行器的噪声	151	多次连续冲击机	122
振动冲击环境试验	509	卫星声环境	418	锤击机	58
声振试验	371	卫星运载火箭的排气噪声	419	轻型锤击机	334
声振试验设备	371	运载火箭的气动噪声	500	中型锤击机	529
液体晃动	452	结构噪声测量	264	气动锤击机	329
液体晃动试验方法	452	电动扬声器系统	89	圆柱壳轴向冲击试验	497
液体晃动台	453	电动气流扬声器系统	89	壳体外压冲击试验	277
弹(箭)结构的风载荷	72	电动气流扬声器	89	火工品爆炸冲击模拟器	225
风切变	155	行波试验装置	433	跌落式冲击模拟器	112
地下发射井	86	混响试验装置	224	铁落台冲击校准装置	113
地下井热发射环境	87	激振设备	242	梁式撞击试验装置	295
微重力试验技术	415	激振器	242	板式撞击试验装置	5
全箭振动试验	337	振动台	515	爆炸分离试验	13
弹(箭)的振动特性	73	机械振动台	236	星箭分离	433
火箭振动特性试验	230			星箭分离试验	433

逃逸塔-返回舱分离试验	407	非定常温度场	153	瞬态热应力试验的加热系统	396
2.5 结构热强度试验技术		雷诺数	287	瞬态热应力试验中的功率控制	396
2.5.1 热与热传递		热应力	353	瞬态热应力试验的温度控制	396
热	342	温度应力	424	瞬态热应力试验的热流控制	396
热量	351	固体热膨胀	183	瞬态热应力试验加载系统	396
热阻	355	定常热应力	113	加热器及其随动系统	247
热容	353	抗热应力系数	276	石英卤钨灯	373
热沉	342	热疲劳	352	可控硅整流器	278
蓄热	435	热冲击	343	瞬态热应力试验测量系统	394
热传递	344	热皱损	355	瞬态热应力试验的高温应变	
热传导	343	高温持久强度	172	测量	395
传导传热	50	热应变	353	瞬态热应力试验的表面温度	
热传导率	343	飞行器的表面平衡温度	136	测量	395
导热系数	80	飞行器结构热强度	142	飞行器防热结构性能筛选试验	136
热对流	349	飞行器加热的热源	139	发动机喷管热-振联合环境试验	126
热辐射	349	热疲劳试验	352	热应力减缓	354
辐射传热	158	高温持久试验	172	受热结构振动分析	380
辐射传热系数	159	热-振动环境试验	355	热结构分析	350
传热系数	57	单向传热	70	气动热弹性力学	330
平壁导热	325	飞行器热环境	148	热弹性理论	344
非平壁导热	153	飞行器结构热试验原理	145	航天器试验	206
热平衡	353	飞行器结构热试验系统	145	地面环境模拟试验设备	
等温面	82	飞行器结构热试验工作程序	143	整流罩热分离试验	521
比热容	15	飞行器结构热试验	143	航天器力学环境模拟设备	205
定压比热容	113	飞行器热强度分析	148	航天器热环境	205
定容比热容	113	飞行器热强度试验	149	高速弹头气动特性	172
相变潜热	430	飞行器结构热强度试验	143	弹头结构分析	73
稳定传热	424	飞行器结构热试验技术	144	烧蚀	365
不稳定传热	32	飞行器结构传热试验	139	烧蚀材料	366
层流	40	飞行器热环境可靠性试验	148	再入防热结构	503
温度准数	424	飞行器结构热试验系统	145	飞船的热环境	132
2.5.2 结构热强度试验技术及系统		飞行器结构热试验加热方式	144	飞船的防热方法	132
风洞	155	飞行器结构热试验加热系统	144	辐射防热法	159
风洞试验技术	156	结构热试验温度程序控制方式	263	热沉防热法	343
风洞测量方法	156	结构热试验热流密度程序		烧蚀防热法	366
风洞天平	157	控制系统	263	陶瓷辐射防热瓦	406
机械式天平	235	结构热试验换热公式运算		航天器烧蚀防热	206
塔式天平	404	控制方式	262	飞行器涂层	150
台式天平	404	结构热试验加热器功率		航天器表面涂层	201
盒式天平	215	控制方式	263	液氢-液氧贮箱材料研究	450
气动加热	330	结构热稳定性	264	液氢-液氧贮箱绝热防护	450
温度附面层	423	温区	424	2.5.3 航天器空间环境效应及模拟	
驻点温度	533	控温点	284	试验	
绝热壁温	273	结构热试验控制系统	263	航天器环境工程	202
温度恢复系数	423	闭环控制系统	15	航天器空间环境试验	202
热障	354	加热控制系统	246	航天器空间环境试验	204
湍流	412	加载控制系统	249	航天器空间环境试验项目	204
马赫数	303	飞行器结构热稳定性试验	145	空间飞行环境	279
静温	271	飞行器结构热刚度试验	142	卫星空间环境工程	417
动温	117	瞬态热应力	394	卫星动力学环境	416
总温	537	飞行器结构瞬态热应力试验	146	空间真空环境效应	282
温度场	422				
温度梯度	423				
定常温度场	113				

压力差效应	441	稳态热流红外模拟试验	425	温度测量仪表	422
真空放电效应	523	瞬变热流红外模拟试验	394	测温参数	39
真空出气效应	523	太阳模拟试验	404	测温法的分类	40
材料蒸发、升华和分解效应	33	数值模拟预报试验技术	383	表面温度测量技术	21
干摩擦、粘着与冷焊效应	170	真空环境模拟	523	接触式测温	259
辐射热效应	159	热真空试验技术	355	非接触测量法	153
辐射紫外效应	160	热真空环境模拟器	354	固体表面温度测量的传热边界条件	181
粒子辐射环境效应		热真空试验	354	固定安装式表面热电偶	181
弱磁场环境效应	360	冷黑环境模拟	288	热电偶的垂直焊接法	346
辐射效应模拟	160	太阳辐照环境模拟	404	热电偶的磁性安装法	346
磁层亚暴环境效应	58	冷焊试验	289	热电偶的机械固定法	347
微重力环境效应	415	弱磁场环境试验	360	在物体内部敷设热电偶	503
微重力试验技术	416	磁层亚暴环境模拟试验	58	热电偶的等温敷设法	347
原子氧环境效应		微流星与空间碎片环境试验	415	红外测温仪	217
微流星体环境效应	415	热真空试验设备	355	热象仪	353
空间碎片环境效应	282	整流罩真空分离试验	521	2.5.5 低温试验时低温介质的贮存与运输	
等离子体环境效应	82	空间组合环境模拟试验	283	低温液体	85
高层大气环境效应	171	试验室内模拟运输试验	378	干冰温度	166
空间环境	280	运输模拟台试验	498	液态空气	451
空间环境试验	280	散装件的运输试验	364	液态氮	450
航天器环境模拟试验	202	人机组合舱外活动的空间环境试验	355	液氮温度	449
卫星空间环境工程	417	大型离心机	66	液态氧	452
卫星空间环境模拟	417	大型立式动平衡机	66	液态氮	451
空间环境模拟试验设备	281	大型跌落式冲击试验台	65	液态氢	452
空间环境模拟器	280	大型高精度回转工作台	65	液氢温度	449
空间动力学模拟器	279	空间组合环境模拟器	283	液态氦	451
卫星振动试验	419	航空航天医学模拟实验设备	199	液氮温度	449
卫星自旋试验	420	飞行模拟器	135	液体冷却	175
卫星离心试验	417	仿真模拟试验	131	高真空绝热法	122
卫星管路密封技术	416	失重	372	多层绝热法	118
大型热真空试验设备	66	空间环境模拟器	280	杜瓦瓶	24
空间环境模拟设备	280	载人航天器空间环境试验模拟设备	502	玻璃杜瓦瓶	266
空间模拟室	281	载人航天器空间环境试验模拟设备(KM6)	502	金属杜瓦瓶	449
空间模拟器	205	人体离心机	356	液氮贮存容器	449
航天器热控制	349	冲击塔	50	液氮杜瓦容器	449
热管	278	弹射塔	73	液氮杜瓦容器	449
可变热导热管	278	转椅	535	液体传输制冷器	452
可变热导热管辐射器	278	慢转房	306	输液	381
热控百叶窗	351	低压舱和迅速减压舱	85	输液管	381
卫星热平衡试验	418	中和浮力模拟池	528	低温液面指示器	85
卫星质量特性测试技术	419	2.5.4 表面温度测量技术			
卫星放电模拟试验		温度测量	421		
辐射效应模拟	160				

3. 飞行器结构试验应力-应变测量方法

3.1 应力-应变测量方法		杠杆引伸计	170	电感式引伸计	91
3.1.1 机械式应变测量器具		马丁引伸计	303	电感式应变计	90
机械量仪	235	光学引伸计	191	振弦式应变计	520
引伸计	459	图克曼应变计	411	手持式应变计	380
机械式应变计	235	胡根伯格引伸计	219	机械式测微仪	235

表式引伸计	22	室温固化胶黏剂	379	等离子喷枪	82
双向引伸计	391	室温瞬时固化胶黏剂	380	影子效应	489
千分表	331	应变片胶层	479	沉积效率	44
千分表架	331	应变片的固化压力	470	送粉速率	400
千分表检定器	331	应变片的固化温度	470	送粉器	400
电子百分表	99	应变片的固化时间	470	涂层抗热震性能	411
千分尺测微头	332	胶黏剂的早期固化	257	焊接式应变计用贮能点焊机	198
千分尺夹持器	332	反应性胶黏剂的固化	128	焊接式应变计的安装方法	197
千分尺	332	胶黏剂固化时的体积收缩	258	用应变片测量低温环境下	
读数显微镜	118	胶层中的内应力	256	应变的方法	491
低温夹式引伸计	84	胶层的应变传递	256	挠度测量	313
3.1.2 应变电测技术		胶黏剂对应变片性能的影响	257	残余应力测量	35
[1]电阻应变片电测技术		应变片测点的选择和布片	468	钻(盲)孔法原理	540
应变测量	460	焦耳效应	258	钻孔定位器	541
应变电测法	460	应变片的自热效应	476	[2]高温电容应变计及其他	
应变-电阻效应	463	应变片的电烙铁钎焊	469	电容应变计	95
电阻应变计	102	流体静压下的应变测量	302	高温电容应变计	173
应变片的结构	471	内补偿	313	休斯电容式应变计	434
应变片的结构名称	472	外补偿法	412	HITEC 电容应变计	543
应变敏感轴	467	引出线密封装置	458	CERL-PLANER 电容应变计	542
基长	237	应变片的机械保护方法	471	电容式引伸计	95
栅长	365	应变片的防护除层	469	光弹性应变计	186
栅宽	365	旋转构件上的应变测量	436	衍射式光学应变计	445
(应变片)基准线		集流器	244	干涉条纹应变计	166
国产应变片的命名规则	195	电刷式集流器	96	光纤式应变传感器	190
电阻应变片的分类	105	碳刷	406	3.1.3 光学方法	
应变片的工作特性	469	拉线式集流器	287	[1]光弹性法	
应变片电阻	477	感应式引电器	168	电磁波	87
(应变片)灵敏系数	479	水银式集流器	393	光波	183
通用应变片	409	收发报式引电器	380	反射定律	128
粘贴式应变片	507	测量拉伸(或压缩)应变的半		折射定律	508
焊接式应变片	198	桥法	39	折射率	508
喷涂式应变片	317	全桥法测量拉(或压)应变	339	临界角	299
箔式应变片	27	用电阻应变片测量材料的线膨		全反射	336
单轴应变片	71	胀系数	491	漫反射	306
多轴应变片	124	用应变片测量材料弹性模量随		漫射	306
应变花	464	温度的变化	490	漫射照明全息图	306
常温应变片	43	应变片在高温下的应变测量	482	光程	184
中温应变片	529	临时基底应变片的安装方法	299	光程差	184
高温电阻应变计	173	用应变片测量低温环境下应变		光的衍射	188
高温电阻应变片	173	的方法	491	光的干涉	187
低温应变片	85	用电阻应变式传感器测量螺栓		双折射	391
超低温应变片	43	轴向力	491	非常光与寻常光	152
温度补偿应变片	421	用应变片测量螺栓轴向拉力	491	寻常光	436
应变片的表面质量检验	467	用胶黏剂安装临时基底应变片		偏振	322
应变片基长的选择	478	的方法	489	偏振光	322
应变胶黏剂	466	临时基底应变片的喷涂安装法	299	偏振度	322
应变胶黏剂分类	467	氧-乙炔火焰喷涂	446	偏振辐射	322
溶剂挥发型胶黏剂	357	电弧等离子喷涂	91	偏振光镜	322
化学固化型胶黏剂	221	等离子喷涂	81	偏振角	323
热固性胶黏剂	349	电弧等离子喷枪	91	偏振棱镜	323

偏振片	323	平面偏振光场	327	浸渍法	268
偏振面	323	椭圆偏振光	412	动态光弹性	116
偏振器	323	平面偏振光场中的光效应	327	时间边缘效应	374
凹面镜	2	圆偏振光	496	[2]云纹、光栅法	
凸面镜	411	圆偏振光场	496	云纹法	498
透镜	411	快轴和慢轴	284	莫尔条纹	312
反射棱镜	128	光学的各向异性	187	莫尔图形	312
物镜	427	光弹性效应	186	衍射莫尔条纹	445
反射物镜	128	布儒斯特定律	32	莫尔条纹的放大作用	312
自然光	536	光弹性(应力)灵敏度	184	光栅	191
白光	4	应力灵敏度	486	光栅栅距	192
单色光	69	光弹性系数	186	栅线	365
单色辐射	69	应力-光系数	485	衍射光栅	445
干涉场	166	散射光弹性法	364	时间相干性	374
干涉条纹	166	光弹性涂层法	186	干涉条纹	166
可干涉光	278	光弹贴片法	184	光栅方程	191
干涉条纹级次	166	光弹性夹片法	185	莫尔条纹方程	312
光栅	191	光弹性应力冻结法	187	光波干涉条纹计数系统	184
衍射光栅	445	光弹性斜射法	186	试件栅(变形栅)	377
面内变形	308	热光弹性法	350	基准栅(参考栅)	239
面外变形	308	光弹性散光法	185	失配法	372
光弹性法	185	光载波法	191	莫尔干涉法	312
暂时双折射效应	503	光塑性法	188	影子云纹法	489
光的偏振	187	光弹性条纹	186	横向莫尔条纹	216
半值层	12	白光干涉条纹	4	[3]全息(光)干涉法	
波片	23	等差线	81	全息术	341
全波片	336	等色线	82	全息照相	341
补偿板	30	等倾线	82	全息图	341
起偏镜	329	条纹级次	408	全息光栅	340
起偏器	329	单色条纹法	69	全息透镜	341
检偏镜	253	互补色	220	全息共轭象	340
布喇格定律	32	光弹性仪	186	全息波前错位干涉	339
布喇格角	32	反射式光弹性仪	128	全息等高线技术	339
布喇格条件	32	数字图像处理技术	385	全息干涉位移测量	340
布儒斯特定律	32	偏振光镜	322	全息干涉振动测量	340
布儒斯特角	32	明场与暗场	308	全息干涉量度术	339
参考波	35	暗场	2	白光全息图	4
参考试块	35	光弹性材料	185	位移全息干涉测量	420
补偿法	30	光弹性材料的要求		激光全息摄影	241
等倾线	82	光弹性材料性能		全息光弹性法	340
等差线	81	橡胶状弹性	431	实时全息干涉法	376
等色线	82	应力冻结法	485	两次曝光全息干涉法	295
次主应力	63	应力冻结	484	两次曝光法	296
光弹性材料	185	光弹性材料的冻结效应	185	时间平均全息干涉法	374
应力-光学定律	485	光学比例极限	190	实物波	376
应力光图	485	光学蠕变	191	参考波	35
平面偏振光	327	材料的质量系数 K	33	[4]散斑法	
		热-光曲线	350	散斑	362

激光散斑		模间色散	309	X射线应力测量的原理	546
白光散斑术	4	波导色散	22	宏观应力	218
散斑干涉测量法	362	光纤散射	190	微观应力	415
散斑光强分布	362	基带频率响应	237	相应力	430
散斑计量术	363	数值孔径	383	应力梯度	487
散斑图样	363	光纤的传递函数	189	3.1.4 磁学方法	
散斑平均直径	363	传光原理	57	[1]磁致伸缩法	
散斑光信息处理	363	传输损耗	57	磁致伸缩法	63
散斑透明物质位移测量法	363	光纤吸收	190	磁致伸缩效应	63
散斑相关条件	363	光纤衰减	190	磁弹性效应	59
散斑振动测量法	364	衰减光谱特性	386	磁化曲线	60
电子散斑干涉测量法	99	光通道	189	磁滞曲线	63
横向位移散斑干涉测量法	216	搅模器(混模器)	259	B-H曲线	542
迈克尔孙型散斑剪切干涉测量法	304	多路复用	124	磁化率	60
横向剪切干涉仪	216	光纤传感技术	189	磁各向异性传感器	
[5]焦散线法		光纤传感器的光源	189	[2]巴克豪森应力测量法	
焦散线法	258	光纤传感器的分类	189	巴克豪森效应	3
焦散线图象	258	迈克耳孙干涉仪	304	巴克豪森应力测量法	3
[6]红外热记录法		马赫-泽德干涉仪	303	巴克豪森噪声	3
红外热成像	218	萨格奈克干涉仪	304	巴克豪森传感器	3
红外热成像法	218	法布里-珀罗干涉仪	127	3.1.5 超声波方法	
红外热成像仪	218	[8]X射线应力测定法		声双折射	370
红外测应力原理	217	残余应力测量	35	双折射音弹性法则	392
红外应力分析仪	218	X射线应力测定法	546	双折射音弹性常数	392
红外应力图分析	218	X射线衍射	546	探头	405
热弹性效应	344	入射X射线	359	声全息法	370
热弹性系数	344	晶面	268	声弹性法	368
[7]光纤技术		衍射角	445	声发射技术	368
纤维光学	428	密勒指数	308	声发射检测系统	368
光导纤维	187	晶格间距	268	声发射换能器	368
纤芯	428	晶向	268	参考试块	35
光纤包层	189	布喇格条件	32	3.1.6 应力涂层法	
突变型光纤	411	布喇格角	32	[1]脆性涂层法	
注入光纤	533	布喇格定律	32	脆性涂层法	64
渐变型光纤	253	同倾法	409	应力涂层	487
单模光纤	69	同倾固定 ϕ_0 法	409	膜厚	311
多模光纤	124	同倾固定 ψ 法	410	膜温	311
光纤缓冲层	189	同倾面摆法	410	粉末化	155
裸光纤	303	侧倾法	409	模糊	309
光缆	188	入射角固定法	359	干燥方法	167
光纤软线	189	高斯曲线法	172	自然干燥	536
多芯光缆	124	抛物线法	317	加热干燥	246
光纤基准面	189	半高宽	11	干燥温湿度条件	167
渐变折射率分布	253	半高宽法	11	干燥温度	167
子午线	535	X射线的应力常数	546	干燥湿度	167
突变折射率分布	411	$\sin^2\psi$ 法	544	干燥特性	400
模式耦合	310	$\sin^2\psi$ 图	544	松弛率	400
光耦合器	188	$\cos\alpha$ 法	542	应力松弛法	487
光干涉色散	190	X射线三轴应力测量	546		
材料色散	34	X射线弹性常数	546		