

工程设计手册《环境部分》

(第三册)

诱发环境因素

航空工业部第三〇一研究所

1988



30149274

工程设计手册《环境部分》

(第三册)

诱发环境因素



航空工业部第三〇一研究所

1987

660231

译 者 的 话

工程设计手册环境部分(共五册)是美国陆军器材司令部出版的环境工程工具书。这些手册中汇集了极其丰富的环境工程基础知识和实用性很强的各种数据,背景资料。还包括许多重要的环境因素在世界范围内详细分布的地图。各册内容简介如下:

第一册《基本环境概念》系统全面地介绍了环境对于器材和军事行动的重要性。定性地描述了各种自然和诱发环境因素及其综合的情况,环境分类,环境定量概念和各种各样的环境影响。

第二册《自然环境因素》和第三册《诱发环境因素》是本手册的核心。这两部分中分别详细地、定量地介绍了13个自然的气候环境因素和8个诱发的机械和电磁方面环境因素。此外,系统全面地介绍了对每一环境因素的各种测量方法,测量仪表,测量误差分析,并提供了大量可借鉴的实测数据及其在世界范围(或设备中)的分布情况;进一步介绍这些因素对设备和材料的影响,并提供避免或减少这些有害影响的设计方法,很有指导意义。

第四册《寿命期环境》重点介绍人员和设备在使用中遇到的真实的综合环境,强调了实际环境的复杂性和开展综合环境试验的重要性,提供了有助于弄清楚某一特定环境的大量参考资料。该部分还以相当篇幅重点介绍了目前世界上最有影响的环境试验标准和规范(如美国军标MIL-STD-202, MIL-STD-210, MIL-STD-810)和温度、湿度——高度、湿热、振动等17个标准环境试验方法及模拟技术。

第五册《环境名词术语》暂缓出版。

该手册内容涉及材料保护、产品设计,试验验证;使用维修和可靠性等质量保证方面的许多技术领域。对航空、航天、电子、地质、船舶制造等军用、民用机电设备研究和生产部门及高等院校均有重要参考价值。手册中提供的世界范围内气候和地理方面的数据和分析,对军事部门也有一定参考价值。

该手册是产品设计师,可靠性和环境试验工程师,检验工程师等一切从事产品鉴定试验,验收试验和质量保证工作人员必备的工具书。

由于时间紧迫,译、校者水平有限,手册中难免出现差错,恳请读者批评指正。

前 言

诱发环境因素这本手册是环境现象的性质和作用丛书的第三部份，正如书名所示，为了达到本版的目的，手册提出了一套诱发环境因素，这些因素是：

- a. 大气污染物
- d. 沙土和尘埃
- c. 振动
- d. 冲击
- e. 加速度
- f. 噪声
- g. 电磁辐射
- h. 核辐射

这些特殊因素对设计工程师的需要最具有代表性，一般公认这套诱发环境因素是随机的并且还受各种自然力的影响。有时，自然力的影响甚至是主要的。

本书包括以下几个方面：

- a. 因素的描述、它的检测和分布
- d. 因素对原材料影响的描述和避免不利影响的的设计步骤。
- c. 确保设计满意的试验和模拟方法的列举。

这就给设计工程师提供了一套实用的资料。使其能正确选用原材料来保持它的性能在使用期间不受环境的严重影响。本手册的出版要特别向下述组织并通过它们向有关人员致以崇高的谢意。对其它所有提供过帮助的个人或组织不再一一致谢：

- a. 法兰克福军械库
- d. 美国陆军工程地貌试验室
- c. 美国陆军坦克——汽车司令部。
- d. 美国陆军运输工程办事处
- e. 大气科学试验室，美国陆军电子司令部

这本手册是由三个科研部门组成的一个研究单位制订的，这个机构设在北卡罗来纳州的杜克大学的工程手册办公室，他们这个工作是承包美军材料司令部的，由罗伯特M·伯格博士做总指导，由设在美军材料司令部总部的理查德·C·纳威运克先领导下的一个委员会提供技术指导和协调。

本工程手册，共分两大类，一类可以发行和销售，另一类则是保密的，美陆军材料司令部发行这套工程设计手册的政策根据是现行的国防部 1973 年 9 月 18 日的 72307 号指示。所有不保密的手册都可以从国家技术情报服务部(NTIS)获得，获得这些手册的手续如下：

a. 所有需要手册的陆军部的各级组织都必须填写一分官方申请表(70年元月后印制的DA17表)送交:

司令官

立特肯尼 军事基地

ATTN: AMXLE-ATD

詹姆勃斯堡PA 17201

(机密文件的申请, 必须按“须知”向立特肯尼军事基地提出)陆军部的各级组织不得任意把手册作进一步的分发。

b. 所有其它需要者, 国防部、海军、空军、海军陆战部队、非军事的政府机构、合同商人、私人企业、个人、学校和其它必须购买手册者从下述单位购买:

国家技术情报服务部

商业部

斯普运弗尔德 Va 22151

机密文件可以根据某个经过陆军部官方代表审查并由国防文件中心(DDC)办理的。

ATTN: DDC-TSR, 凯梅容站, 阿列克山德利亚, VA22314。

欢迎对本手册提出批评和建议, 并请寄交美国陆军材料发展与战备司令部司令

ATTN: DRCRD-TV

阿列克山德利亚, VA 22333

修改出版物的建议请填写表 DA-2028, 该表可通过正常出版物的供应渠道取得。也可用做批评/建议书。

目 录

第一章 导言	(1)
第二章 大气污染物	(3)
2.1 导言和定义	(3)
2.2 大气污染物的性质	(6)
2.2.1 二氧化硫	(6)
2.2.2 硫化氢	(7)
2.2.3 氧化氮	(8)
2.2.4 二氧化氮	(8)
2.2.5 一氧化碳	(9)
2.2.6 碳氢化合物	(9)
2.2.7 过乙酰硝酸酯	(11)
2.2.8 颗粒污染物	(12)
2.2.8.1 颗粒的尺寸分布	(12)
2.2.8.2 吸着作用	(13)
2.2.8.3 成核作用	(14)
2.2.8.4 粘附作用	(14)
2.2.8.5 运动	(14)
2.2.8.6 光学性质	(15)
2.2.8.7 组成	(15)
2.3 大气污染物的来源	(15)
2.3.1 气体硫污染物	(16)
2.3.2 一氧化碳	(17)
2.3.3 氧化物	(17)
2.3.4 碳氢化合物	(18)
2.3.5 颗粒物	(18)
2.4 大气净化	(19)
2.4.1 硫氧化物和硫化氢	(20)
2.4.2 一氧化碳	(22)
2.4.3 氮氧化物	(22)
2.4.4 碳氢化合物	(22)
2.4.5 颗粒物	(23)
2.5 大气中各种污染物的含量分布	(23)
2.5.1 气态污染物	(23)

2.5.2	颗粒污染物	(28)
2.6	检测	(31)
2.6.1	检测原理	(31)
2.6.2	标定技术	(38)
2.6.3	参考方法	(39)
2.6.4	检测仪器	(45)
2.7	大气污染物对器材的影响	(48)
2.7.1	变质机理	(50)
2.7.2	影响大气品质恶化的因素	(50)
2.7.3	检测材料损坏的方法	(51)
2.7.4	材料损坏	(51)
2.7.4.1	黑色金属	(51)
2.7.4.2	有色金属	(53)
2.7.4.3	建筑材料	(57)
2.7.4.4	纺织品	(57)
2.7.4.5	油漆	(57)
2.7.4.6	皮革	(58)
2.7.4.7	纸	(58)
2.7.4.8	染料	(58)
2.7.4.9	玻璃和陶瓷	(59)
2.7.5	电子系统和元件的损坏	(59)
2.7.6	实例记载	(59)
2.8	对大气污染物的预防	(60)
2.9	试验设备的要求	(61)
	参考资料	(61)
第三章	砂尘	(66)
3.1	绪言	(66)
3.2	砂尘环境的特性	(66)
3.2.1	浓度	(67)
3.2.1.1	表示方法	(67)
3.2.1.2	典型的大气浓度	(68)
3.2.1.3	在尘暴中浓度与高度的关系	(68)
3.2.1.4	浓度与车辆活动的关系	(69)
3.2.1.5	浓度与飞机的关系	(69)
3.2.2	颗粒大小	(69)
3.2.3	大小的分布	(70)
3.2.3.1	表示颗粒大小的方法	(70)
3.2.3.2	车辆进气口砂粒大小的分布	(72)
3.2.3.3	大小的分布与飞机的关系	(74)

3.2.3.4 颗粒大小分布与高度的关系	(75)
3.2.4 颗粒的形状	(75)
3.2.4.1 通则	(75)
3.2.4.2 颗粒形状系数	(77)
3.2.5 组成和硬度	(78)
3.3 测量	(79)
3.3.1 取样方法	(79)
3.3.2 颗粒大小的分布	(81)
3.3.2.1 分离方法	(81)
3.3.2.2 从不同方法所得数据的关系	(83)
3.3.2.3 测试仪器	(83)
3.4 影响沙尘的环境因素	(83)
3.4.1 地形	(83)
3.4.2 风	(85)
3.4.2.1 起始速度	(85)
3.4.2.2 典型的风速	(86)
3.4.2.3 纵向分布	(86)
3.4.3 湿度和降雨量	(86)
3.4.4 温度	(87)
3.5 沙尘的作用	(87)
3.5.1 冲蚀作用	(87)
3.5.1.1 冲蚀	(87)
3.5.1.2 机械磨损	(89)
3.5.2 腐蚀作用	(89)
3.5.2.1 化学惰性颗粒	(89)
3.5.2.2 化学活性颗粒	(91)
3.5.3 电绝缘体	(92)
3.5.4 电接触器和连接器	(93)
3.5.5 静电效应	(93)
3.5.6 制导操作	(95)
3.5.7 对可见度的影响	(95)
3.5.8 其他效应	(96)
3.6 沙尘防护	(96)
3.7 设计和试验	(97)
3.8 试验装置	(98)
3.8.1 模拟试验箱	(98)
3.8.2 沙漠试验装置	(98)
参考资料	(98)

第四章 振动	(102)
4.1 引言	(102)
4.2 振源	(104)
4.2.1 车辆振动	(105)
4.2.1.1 公路车辆	(106)
4.2.1.2 铁路运输	(114)
4.2.1.3 空中运输	(119)
4.2.1.3.1 固定翼飞机	(119)
4.2.1.3.2 直升飞机	(126)
4.2.1.3.3 导弹和火箭	(129)
4.2.1.4 水上运输	(130)
4.2.2 固定的和可移动的装置	(132)
4.2.3 自然振源	(133)
4.3 测量	(134)
4.3.1 传感器	(134)
4.3.2 数据记录	(136)
4.3.3 数据分析	(137)
4.3.4 模拟	(142)
4.4 振动的效应	(143)
4.4.1 器材的损坏	(143)
4.4.2 人体机能的下降	(148)
4.5 振动控制.....	(151)
4.5.1 隔振和减振	(152)
4.5.1.1 被动系统	(153)
4.5.1.2 主动系统	(154)
4.5.2 阻尼	(158)
4.5.3 解调和去耦	(159)
4.5.4 旋转机械的振动控制	(159)
4.6 模拟和试验	(160)
4.6.1 概述	(160)
4.6.2 试验	(161)
4.6.2.1 弹跳试验	(162)
4.6.2.2 循环试验	(162)
4.6.2.3 共振试验	(162)
4.6.3 现场响应的模拟	(162)
4.7 试验设备	(163)
4.8 准则和规范	(166)
参考资料.....	(174)

第五章 冲击	(181)
5.1 引言及定义	(181)
5.2 度量单位	(181)
5.3 定义及有关术语	(182)
5.4 冲击环境	(184)
5.4.1 运输	(184)
5.4.2 装卸	(185)
5.4.3 贮存	(185)
5.4.4 维修	(185)
5.5 冲击的特征	(186)
5.5.1 冲击本身的特征	(186)
5.5.1.1 时间域	(186)
5.5.1.2 频率域	(189)
5.5.2 响应	(190)
5.5.2.1 时间域	(190)
5.5.2.2 频率域	(190)
5.6 典型的冲击量级	(192)
5.6.1 运输	(192)
5.6.1.1 飞机	(192)
5.6.1.2 铁路	(193)
5.6.1.3 水运	(198)
5.6.1.4 公路	(201)
5.6.2 装卸	(204)
5.6.3 贮存	(215)
5.6.4 维修	(215)
5.7 测量	(215)
5.7.1 总则	(215)
5.7.2 加速度计	(216)
5.7.2.1 压电式加速度计	(216)
5.7.2.2 应变电桥式加速度计	(217)
5.7.2.3 电位计式加速度计	(217)
5.7.2.4 力平衡式加速度计	(218)
5.8 材料的影响	(218)
5.9 冲击的防护	(220)
5.9.1 缓冲器的作用	(220)
5.9.2 选择缓冲器的因素	(221)
5.9.3 典型的缓冲材料	(226)
5.9.4 缓冲的方法	(230)
5.10 冲击试验.....	(233)

5.10.1 规范	(233)
5.10.2 方法	(233)
(参考资料)	(235)
第六章 加速度	(238)
6.1 引言	(238)
6.2 单位、定义及定律	(238)
6.2.1 单位	(238)
6.2.2 定义	(238)
6.2.3 定律	(240)
6.3 典型的环境量值	(242)
6.4 测量	(243)
6.4.1 传感器	(243)
6.4.2 标定方法	(247)
6.5 加速度的影响	(248)
6.6 防止加速度破坏的方法	(249)
6.7 加速度试验	(250)
6.8 规范	(252)
6.9 试验设备	(235)
参考资料	(255)
第七章 声学	(257)
7.1 引言	(257)
7.1.1 定义和单位	(257)
7.1.2 声音的传播	(261)
7.1.3 军事声学环境	(263)
7.2 声音的测量	(263)
7.2.1 传声器的特性	(264)
7.2.1.1 传声器的类型	(264)
7.2.1.2 传声器的校准	(265)
7.2.2 传声器的选择	(266)
7.2.3 传声器的位置和测量精度	(267)
7.2.4 声级计	(270)
7.2.5 频率分析	(274)
7.3 噪声和爆炸声对听力的影响	(274)
7.3.1 听阈的改变	(275)
7.3.2 对 TTS 的敏感度	(275)
7.3.3 冲击噪声和阈值改变	(277)
7.3.4 爆炸声及其对听力的影响	(280)
7.4 听力丧失对行动的影响	(281)
7.4.1 低量级声音的察觉	(282)

(7.4.2 讲话的接收	(282)
(7.5 对噪声暴露主观的和行为的响应	(283)
(7.5.1 一般的观察	(283)
(7.5.2 听觉信号的遮蔽	(284)
(7.5.3 噪声对讲话的遮蔽	(285)
(7.6 生理(非听觉的)对噪声暴露的反应	(289)
(7.6.1 低量级的激励	(289)
(7.6.2 强烈的稳态噪声造成的受伤或死亡的危险	(289)
7.6.3 爆炸和冲击噪声的影响	(290)
7.7 设计判据	(291)
(7.7.1 噪声暴露极限	(291)
(7.7.2 爆炸声暴露极限	(295)
7.7.3 讲话干扰判据	(295)
(7.7.4 工作场地噪声判据	(296)
(7.7.5 居住区的噪声判据	(297)
(7.7.6 听力保护	(299)
(参考资料	(302)
第八章 电磁辐射	(310)
(8.1 前言及说明	(310)
(8.2 电磁环境	(313)
(8.2.1 分析技术	(313)
(8.2.2 通讯和微波信号源	(314)
(8.2.3 光源	(320)
(8.2.4 x 射线	(321)
(8.2.5 雷电	(321)
(8.2.6 电磁脉冲(EMP)能量	(323)
(8.3 电磁辐射的检测和测量	(324)
(8.3.1 射频辐射	(325)
(8.3.2 短波长	(327)
8.4 电磁辐射效应	(328)
(8.4.1 对设备的影响	(329)
(8.4.1.1 干扰	(329)
(8.4.1.1.1 源间相互作用	(329)
(8.4.1.1.2 电爆器件	(330)
(8.4.1.2 过热与介质击穿	(333)
(8.4.1.3 静电	(338)
(8.4.2 对人的影响	(339)
(8.4.2.1 光辐射	(340)
(8.4.2.2 微波辐射	(342)

8.4.2.2.1 热效应	(344)
8.4.2.2.2 非热效应	(346)
8.5 设计	(347)
8.6 试验设施	(348)
8.7 政府标准	(349)
参考资料	(353)
第九章 核辐射	(359)
参考资料	(361)

目 录

3-2-1 大气中不同类型颗粒物的尺寸范围	(6)
3-2-2 大气中二氧化氮的光分解循环	(8)
3-2-3 每日氧化剂最高浓度对上午 6 点至 9 点的碳氢化合物浓度的影响	(10)
3-2-4 光化学活化的大气中各种气体的浓度	(11)
3-2-5 PAN 形成与三氧化氮浓度关系的一次曲线	(11)
3-2-6 大气烟雾的全粒度分布图	(12)
3-2-7 高度与粒度分布的关系	(13)
3-2-8 粗度与平均停留时间的关系	(15)
3-2-9 美国的大气污染源	(16)
3-2-10 美国各种大气污染物的体积	(17)
3-2-11 颗粒物的来源(吨/年)	(20)
3-2-12 环境中的硫循环(单位 10^4 吨/年)	(21)
3-2-13 二氧化硫在不同平均时间的最大平均浓度	(25)
3-2-14 二氧化硫的含量频率分布, 1962-1967(平均时间 1 小时)	(26)
3-2-15 底特律工作日的一氧化碳含量的日变化曲线	(27)
3-2-16 所选污染物浓度的日变化曲线(洛杉矶, 年平均浓度)	(28)
3-2-17 四个城市的一氧化氮月浓度值	(28)
3-2-18 四个城市的二氧化氮月浓度值	(29)
3-2-19 非甲烷碳氢化合物浓度的日变化率(采用火焰电离分析器的小时平均值)	(30)
3-2-20 一个典型的比色监测器的原理图	(34)
3-2-21 库仑法二氧化硫监测器的原理图	(35)
3-2-22 典型的二氧化硫电导率监测原理图	(35)
3-2-23 典型的火焰光度测硫计的原理图	(36)
3-2-24 典型火焰电离监测的原理图	(36)
3-2-25 氧化氮化学发光分析器原理图	(37)
3-2-26 渗透管标定系统	(38)
3-2-27 一氧化氮和二氧化氮标定系统	(39)

3-2-28	典型的大容积空气取样器部件分解图	(40)
3-2-29	安装好的大容积空气取样器和百叶箱	(41)
3-2-30	典型的纸带取样器的原理图	(41)
3-2-31	一个典型的非分散红外一氧化碳监测器的原理图	(43)
3-2-32	碳氢化合物检测仪 GC-FID 的标准流程图	(44)
3-2-33	低碳钢不同暴露时间的腐蚀速率与相应的二氧化硫平均浓度的关系	(52)
3-2-34	二氧化硫和氧化剂浓度对暴露 10 年碳钢腐蚀深度的影响	(53)
3-2-35	二氧化硫和相对湿度对锌腐蚀速率的影响	(54)
3-2-36	在高相对湿度大气中铜的腐蚀速率与二氧化硫浓度之间的关系	(55)
3-2-37	相对湿度为 52%, 二氧化硫浓度为 280ppm 时, 铝的大气腐蚀。	(56)
3-2-38	相对湿度为 72% 和 85%, 二氧化硫浓度为 280ppm 时, 超纯铝和 3003 铝 的大气腐蚀	(56)
3-2-39	硫酸盐化对棉织品破坏程度的影响	(58)
3-2-40	大气二氧化硫浓度对棉布(暴露 5 个月)破坏强度的影响	(58)
3-3-1	在静止空气中砂粒的降落速度	(71)
3-3-2	颗粒的对数正态分布	(71)
3-3-3	颗粒大小分布的对数曲线图	(72)
3-3-4	累积的对数——概率曲线	(73)
3-3-5	由坦克产生的尘埃悬浮物的颗粒大小直径	(73)
3-3-6	标准尘和用记录元件从户外接收的移动尘颗粒大小的分布	(74)
3-3-7	进入标准空气清洁器尘的大小分布(在陆用列车 II 上的试验)	(75)
3-3-8	通过标准空气过滤器的尘大小分布(在陆用列车 II 上的试验, 这是影响气 轮机的典型沙尘)	(76)
3-3-9	在 Ft. Benning, Ga 避风降落区典型颗粒大小的分布	(76)
3-3-10	在菲利普降落区, 尤马机场典型颗粒大小的分布	(76)
3-3-11	在尤马机场车辆航向尘的典型颗粒大小的分布	(77)
3-3-12	颗粒大小测量的方式(所示颗粒代表了经过测量和均化后的全部样品颗 粒)	(82)
3-3-13	沙尘颗粒的动态	(86)
3-3-14	软竹、可锻材料的磨蚀	(87)
3-3-15	硬脆性材料的磨蚀	(88)
3-3-16	尘试验颗粒大小的分布	(90)
3-3-17	颗粒大小与磨蚀损耗的关系	(90)
3-3-18	颗粒速度与磨蚀损耗的关系	(90)
3-3-19	温度与磨蚀损耗的关系	(91)
3-3-20	磨蚀损耗与尘浓度的比较	(92)
3-3-21	尘体积对能量的影响	(92)
3-3-22	锈蚀速度和尘降的比较	(92)
3-3-23	不洁绝缘体(60Hz)飞弧电压	(94)

3-3-24	撒哈拉尘暴的电位变化记录	(95)
3-3-25	车非尘云上方的空对地电流和电位梯度	(95)
3-3-26	尘试验箱的功能图解	(97)
3-4-1	周期波形	(103)
3-4-2	随机干扰	(104)
3-4-3	单自由度隔振系统的模型	(104)
3-4-4	由常规的和作了某些改进的 10 吨卡车产生的噪声	(106)
3-4-5	拖车挂车的垂直振动谱	(107)
3-4-6	改装的拖车挂车垂直振动谱	(108)
3-4-7	改装的拖车挂车在各种速度下的振动谱	(109)
3-4-8	装载和空载的拖车挂车的垂直振动谱	(109)
3-4-9	在挂车不同位置的垂直振动谱	(110)
3-4-10	改装的拖车在三个方向上的振动谱	(110)
3-4-11	平板货车在正常路面条件下的垂直振动谱	(111)
3-4-12	平板货车在粗糙路面上的垂直振动谱	(111)
3-4-13	在铺砌路面和粗糙路面上货车振动谱的比较	(112)
3-4-14	货车空载和装载时振动谱的比较	(112)
3-4-15	具有气垫悬浮的拖车挂车的垂直振动谱	(113)
3-4-16	平板货车的垂直振动谱	(113)
3-4-17	在 M113 装甲运兵车上加速度计的安装位置	(114)
3-4-18	M113 装甲运兵车振动幅值(加速度)与车速的关系	(115)
3-4-19	列车在各种条件下的振动频谱	(116)
3-4-20	列车在各种速度下的振动频谱	(116)
3-4-21	列车振动频谱各方向分量的组成	(117)
3-4-22	列车敞车的垂直振动频谱合成	(117)
3-4-23	列车敞车横向振动的合成频谱	(118)
3-4-24	列车敞车纵向振动的合成频谱	(118)
3-4-25	列车敞车各方向的频谱对比	(119)
3-4-26	飞机的加速度谱	(120)
3-4-27	不同类型飞机的合成振动谱	(120)
3-4-28	涡轮喷气飞机在各种飞行状态下的垂直振动谱	(121)
3-4-29	在三种飞行状态期间测量的最大加速度	(122)
3-4-30	短距起落飞机和波音 727 飞机在巡航期间垂直方向的采样功率谱密度	(122)
3-4-31	在起飞滑跑期间,从喷气式飞机携带的弹箱和螺旋桨飞机携带的单个外挂上测量的典型的三分之一倍频程带宽振动谱	(123)
3-4-32	对于喷气式飞机携带的弹箱,作为飞行速度和高度的函数的总振动和噪声环境的典型变量	(124)
3-4-33	飞行期间在外挂上测量的炮击响应谱样本	(125)
3-4-34	离 M61 火炮炮口 2 英尺处测量的振动幅值数据	(126)

3-4-35	离 M61 火炮炮口 25 英尺处测量的振动幅值数据.....	(127)
3-4-36	全部航炮射击时在离炮口 25 英寸范围内的幅值——出现率图	(127)
3-4-37	HH-43B 直升飞机的合成振动谱.....	(128)
3-4-38	直升飞机振动包线.....	(128)
3-4-39	在典型的静态火箭发动机点火期间测量的振动频率.....	(130)
3-4-40	7 枚飞行导弹在助推状态的振动特性.....	(130)
3-4-41	4 枚飞行导弹在助推后的持续飞行期间的振动特性.....	(130)
3-4-42	船舶的振动谱.....	(131)
3-4-43	海面状态对 820 英尺长船只振动的影响.....	(131)
3-4-44	海面状态对 380 英尺长船只振动的影响.....	(132)
3-4-45	美国的地震概率图.....	(134)
3-4-46	激光振动分析光学系统.....	(136)
3-4-47	典型的离散频谱.....	(137)
3-4-48	典型的概率密度图.....	(138)
3-4-49	典型的自相关图.....	(138)
3-4-50	典型的功率谱密度函数.....	(139)
3-4-51	典型的联合概率密度图.....	(140)
3-4-52	典型的互相关图.....	(141)
3-4-53	多滤波器型谱分析仪的功能方框图.....	(141)
3-4-54	单滤波器型谱分析仪的功能方框图.....	(142)
3-4-55	宽长比(W/L)对电路板振动的影响	(144)
3-4-56	印刷电路板的固有频率.....	(145)
3-4-57	旋转机构“查普曼曲线”条件应用指南.....	(147)
3-4-58	观测到的烦恼水平与 ISD 推荐之间的比较	(150)
3-4-59	冲击和振动隔振器.....	(152)
3-4-60	冲击和振动阻尼器.....	(152)
3-4-61	用于振动隔振的弹簧.....	(153)
3-4-62	液体弹簧或缓冲器.....	(153)
3-4-63	空气弹簧.....	(153)
3-4-64	固体弹性材料隔振器.....	(153)
3-4-65	柔性环状防晃隔板.....	(154)
3-4-66	粘性摆阻尼器.....	(154)
3-4-67	悬挂锁链式阻尼器.....	(155)
3-4-68	弹塑粘性特征阻尼器.....	(155)
3-4-69	变刚度聚合阻尼器.....	(155)
3-4-70	丝网状隔振器.....	(156)
3-4-71	自动控制空气弹簧悬挂系统.....	(156)
3-4-72	主动隔振器.....	(156)
3-4-73	主动的(伺服控制)基底运动隔振系统.....	(158)

3-4-74	粘弹性阻尼板	(158)
3-4-75	印刷电路板的振动模态	(159)
3-4-76	应用于电动机的振动阻尼器	(159)
3-4-77	阻尼器对电动机振动的影响	(160)
3-4-78	振动试验系统方框图	(161)
3-4-79	最常承受振动试验的设备类型	(172)
3-5-1	冲击运动的六个例子	(187)
3-5-2	冲击激励的时间历程及其付里叶变换的例子	(189)
3-5-3	一个单自由度系统	(190)
3-5-4	几种冲击波形的冲击谱	(191)
3-5-5	冲击激励的波形对冲击谱的影响	(192)
3-5-6	空运货物的冲击环境	(193)
3-5-7	铁路运输的最大瞬态加速度包线, 长途运输, 标准的牵引传动装置	(194)
3-5-8	铁路挂车的冲击谱, 3.4英里/小时, 前后方向, 标准的牵引传动装置	(195)
3-5-9	铁路挂车的冲击谱, 3.4英里/小时, 垂直方向, 标准的牵引传动装置	(195)
3-5-10	铁路挂车的冲击谱, 3.4英里/小时, 横向, 标准的牵引传动装置	(195)
3-5-11	铁路挂车的冲击谱, 6英里/小时, 前、后方向, 标准的牵引传动装置	(195)
3-5-12	铁路挂车的冲击谱, 6英里/小时, 垂直方向, 标准的牵引传动装置	(196)
3-5-13	铁路挂车的冲击谱, 8英里/小时, 垂直方向, 标准的牵引传动装置	(196)
3-5-14	铁路挂车的冲击谱, 10英里/小时, 垂直方向, 标准的牵引传动装置	(196)
3-5-15	铁路挂车的冲击谱, 10英里/小时, 前、后方向, 标准的牵引传动装置	(196)
3-5-16	铁路挂车的冲击谱, 10英里/小时, 横向, 标准的牵引传动装置	(197)
3-5-17	铁路挂车的冲击谱, 3.7英里/小时, 前后方向, 有缓冲的牵引传动装置	(197)
3-5-18	铁路挂车的冲击谱, 6.8英里/小时, 前、后方向, 有缓冲的牵引传动装置	(197)
3-5-19	铁路挂车的冲击谱, 9.8英里/小时, 前、后方向, 有缓冲的牵引传动装置	(197)
3-5-20	铁路挂车的冲击谱, 12英里/小时, 前、后方向, 有缓冲的牵引传动装置	(198)
3-5-21	铁路运输的冲击谱	(199)
3-5-22	碰撞速度的现场观测(累集碰撞)	(200)
3-5-23	铁路运输中货物的冲击环境	(200)