

全身振动 对人体的影响

H·Dupuis G·Zerlett 著

杨延麓 译



西安交通大学出版社

全身振动对人体的影响

H·Dupuis G·Zerlett 著

杨延麓 译

西安交通大学出版社

内 容 简 介

本书综合了有关机械振动对人体的影响方面429篇论文的资料，对这门新兴学科目前国际上的知识现状做了比较全面的介绍。

全书分12章，论述了传到人体的机械振动能量所造成的生物动力学反应、心理、病理和生理影响，包括感觉、生理功能、急性和慢性的病理影响及危害。同时，还介绍了对振动的防护和有关保护劳动者的国际和某些国家的国家标准制定的现状。书中列出的这429篇论文的目录，也是很有用的资料。

本书可供研究劳动保护、职业病、环境保护、生物力学和人机工程等方面的工作人员参考。对制造会产生振动影响的各种生产机械、交通工具、手动工具的厂家和设计有振动环境的生产场所的设计部门，本书的内容可能也是很有用的。希望了解这门新学科情况的人员也会从这本书中找到感兴趣的知识。

全身振动对人体的影响

H. Dupuis G. Zerlett 著

杨延露 译

责任编辑 蒋 蔚

西安交通大学出版社出版

(西安市咸宁路28号)

西安七二二六厂印装

陕西省新华书店发行 各地新华书店经售

开本787×1092 1/32 印张7.75 字数：155 千字

1989年9月第1版 1989年9月第1次印刷

印数：1——1000

ISBN7—5605—0223—7/TB·17

定价：3.95 元

作者简介

Heinrich Dupuis 博士是国际标准化组织第 108 (机械振动与冲击) 技术委员会第 4 (人体振动响应) 分委员会中受人尊敬的著名专家。他在制定关于人体振动响应的国际标准工作中一直非常活跃, 而且经常作出重大贡献。多年来他从事各种物理环境因素对人的影响以及人机工程方面的研究工作, 先后在联邦德国和国际的各种刊物上发表了 400 多篇论文, 对推动这些学科的发展起着重大的作用。

一开始从事学术工作, 他就在联邦德国 Dortmund 的 Max-Planck 研究院进行劳动生理学的研究, 担任助理研究员。不久又负责领导该院的人类学技术工作组。1973年起任 Munchen 技术大学教授。1976年起在德国 Mainz 的 Johannes Gutenberg 大学任教授并负责领导该大学的职业卫生与社会医学研究所。1970年, 他荣膺 Fritz-Giese 劳动科学学会奖, 1986年荣获 Max-Eyth 纪念勋章。

Georg Zerlett 医师是联邦德国 Cologne 大学医学院的教师以及联邦德国最大的露天褐煤矿的工业医学服务部主任, 是一位职业病和内科专家。他是西德几个职业医学学会的会员。

他多次在联邦德国及国际的学术刊物上发表文章。在与本书第一作者一起进行受联邦政府资助的流行病研究工作中, 他在研究报告中专门论述过全身振动对人的生理及病理影响。

德文版序言

Paracelsus 在观察毒品的剂量-效应时的方法一般来说对威胁人们健康的振动也是适用的。在讲“剂量”（涉及振动的类别、强度和持续时间）时要看其后果对健康是有害、是无所谓还是可忍受的。这个天然的法则决定了目的在于保护人健康的那些人们的工作和目标。世界上已经有许多研究人员长期地在研究着这些多方面的问题：机械振动如何影响机体以及到什么程度会出现危害。职业医学方面的防护要成功，最重要的就是要把我们现有知识上的差距弥合起来。因为要使技术防护措施是有效的，职业医学的防护方法要成功的话，他们就必须依靠可靠的与完善的研究结果。

只要有许多独立的研究工作者已经在特定的领域做了长时期的工作，那么为了估计已得到的水平以及指出进一步研究的方法做一个综合性的评价总是恰当的。对手-手臂系统的振动，这种评价工作已经做过了。那一个特定的研究报告所得到的反应也要求对全身振动的研究结果做一个比较性的评价。

本书清晰地和详尽地报导了现在国际上全身振动的知识的现况以及还有待回答的问题。两位作者也都是被公认为活跃在这一领域研究工作中的专家。他们对现有知识的传播以及在指出正进行研究的临床工作的方向上都做出过重大的贡献。

由于本书的质量和主要内容的国际性质，本书肯定会受到国际上的注意。应当说出版这本书的英文版也将会得到广泛的赞许。

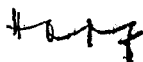
本研究课题是由联邦德国的工业伤害保险协会的中央委员会（Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V.）给予财政资助的。

1984年五月于Bonn



von Hassel

董事会主席



R. Hopf

董事会副主席



Dr. Waterman

中央理事会总经理

英文版序言

带着高兴的心情热烈地祝贺Dupuis博士与Zerlett博士《全身振动对人体的影响》一书英文版的出版。显然“人体振动响应”看来相对说是比较有局限性的专业领域，但是在过去的50多年中，这方面还是有那么多的研究工作在不同的国家中进行了，而且注意到人们从事这方面工作的各种原因，这就会给人留下非常深刻的印象。可以看到这些研究的成果，不仅用许多种语言，而且发表在广泛的科学技术领域的出版物中。从建筑学、铁道和汽车的杂志到职业医学、航天医学、人机工程、工程力学和其他许多期刊中都有。在这一领域里，这么多不同语言和为了不同目标从事工作的研究人员以及资料的用户之间，并没有因各国语言之不同而阻碍了他们间的交流。

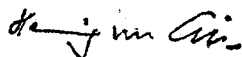
由一位在过去四分之一世纪中在这领域的研究工作做出过积极贡献的资深作者做总结，而就该领域写出一本评论性的专著，这件事本身就具有显著的价值。它必然会有助于该领域知识的相互传播，也有助于提供交叉学科间的相互传播和理解的基础。这本书的英文版无疑会对国际交流与协作做出贡献，因为它将这么多不易收集到的（主要是德国和欧洲方面的）著作集中起来，从而引起说英语的同行们的注意。这报告经过作者评论性地解释，尽管有时很自然地会不可避免地带有主观看法，我想是不会妨碍甚至更能促进读者们去

研究原始的文献。

在本书的读者或将它作为参考的人之中谁会得益呢？由于对所有的分领域例如生理学、医学、物理学与力学做了基本的介绍，对于象下面列举的一些领域的研究人员和从事这些领域工作的人会有用的。这些领域包括职业医学和矫形医学界；职业保健和工业卫生工程师；航空、汽车、造船、农业机械、个人防护工业的设计工程师；人机工程师；人机学者还有其他许多学科。尽管本书没有专门讨论有关全身振动的影响、承受碰撞事故的防护研究等几方面之间的关系，但是显然本书许多章节也会对生物动力学这类相邻领域做出有价值的贡献。

希望这专著对于本书作者所特别感兴趣的方面能也有所贡献，这就是制定保护健康、提高工作效率和改进舒适性等方面的振动暴露问题的国家标准及国际标准的工作。这本书所提供的信息会证明是很有价值的。

1986年一月于Ohio, Yellow Spring



Henning E. von Gierke 工程博士

Armstrong 航天医学研究所生物动力学及生物工
程室主任

Wright 州立大学公共医学系临床教授

《人暴露于振动及冲击》分委员会ISO/TC108/SC4
主席

作者为中文版写的序言

人们在工作与运输等技术环境中，往往会受到以全身振动方式出现的机械应力的干扰。成千成万的工人和乘客，天天都要承受到机械振动。地面移动机器、扫路机、农林用拖拉机，这类自行机械都会将振动传到操作者身上。此外，乘坐在地面、空中或海洋上的各种运载工具中的人，不论是驾驶员、操作人员、乘客以至伤病员也都要受振动的影响。

通过回答下面这些问题，我们来讨论人在这样一些情况下抵抗所受机械振动的耐受能力的问题：

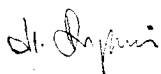
- 在实际情况下到底有那些振动应力？
- 机械振动对人类到底有什么影响？
- 用什么方法可以保护人避免振动的危害？

上面第二个问题最重要，是这本书要研究的。讨论这问题具有使人们的工作更赋与人性的目的，这主要是说，要保护人们免受振动的急性和慢性危害的影响。在过去20多年中，研究各种类型和强度广泛变化的振动应力影响的问题，已经成为全世界大量研究报告和出版物的主题。本书对这些报告和出版物作了评述，包括对实验室的研究，生产现场的研究以及流行病学研究。正是这样，我们才能提出国际上关于这些方面的知识及还在研究的问题的现况。

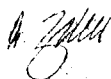
作者非常高兴这本书的中文版现在能出版了。十分感谢西安交通大学工程力学系的杨延簏教授和他的同事们完成这

本书困难的翻译工作和所有的组织工作。

杨教授的这些工作无疑会在这一科学领域中更好地推动国际间的了解、协作与交流。我们希望这本书的中文版会使中华人民共和国的工程、医学和人机工程等领域的人员与实际工作者在改进全人类的生活方面得到益处。



H. Dupuis



G. Zerlett

译者的话

在人类进化的漫长过程中，自然环境的变迁是很缓慢的。人类能逐渐在进化中适应这些变迁。但是近代科技的飞速发展却迅速改变人类的生活与工作环境，人已无法通过进化来适应这种改变，于是就产生所谓“环境公害”。机械振动与冲击就是一种环境公害。它给人们带来各种影响：轻的会影响人工作和生活的舒适性，重一些有可能降低人的工作效率，而更严重的则会影响人的健康以至危害到人的安全。

近50年来，振动公害已引起人们严重的关注。为研究机械振动与冲击对人的危害，一门跨机械振动与生命科学的边缘学科——“人体振动响应”诞生了。这门学科研究机械振动对人的影响及其防护，特别是研究如何保护长时间在振动环境下工作的人们。从50年代起许多国家的学者已做过不少关于职业振动对人体的急性和慢性应变的研究，包括测试人体生物动力学的振动特性等等。因而，人们对人体振动响应已经积累了相当丰富的知识。

振动能量传到人身上的途径不同，其影响也不同。人体振动通常可区分为局部振动和全身振动两大类。局部振动是指振动能量从人的局部，特别是手-手臂系统传到人体的振动，往往又叫手传振动。其影响的范围比较局限，通常只在手-手臂系统范围内。所谓全身振动是指振动能量从支承人

体的支承面传到全身的情况，例如站着的人受到地面传到脚部再到全身的振动，以及坐着的人受到座椅传来的振动等等。

人们对全身振动的认识过去分歧比较大些。不过，现在大量流行病学调查已经使多数的人体振动专家们承认全身振动会危及脊柱系统和消化系统。其实，不少中国工人有腰腿痛的毛病是和受到长期振动有关的。例如，年轻的拖拉机手由于脊柱长期受到全身振动，会发生早发性的退行性病变而过早地患腰腿痛。国外的调查也说明许多飞行小时累计较长的飞行员腰腿病的发病率比对照组的人高。而受全身振动的人患胃肠病如胃下垂、十二指肠溃疡等的发病率普遍明显高于对照组。在联邦德国，由于改进了拖拉机座椅的弹簧减振系统，拖拉机手脊柱系统和消化系统的职业病情得到显著的改善。在他们的劳保法规中已经写进有关防护全身振动的条文。

联邦德国著名职业医学权威Dupuis教授Zerlett先生对全身振动现有的知识做了总结，于1984年发表这本著作《全身振动对人体的影响》(Beanspruchung des Menschen durch mechanische Schwingungen)。由德国工业伤害保险协会(Hauptverband der Gewerblichen Berufsgenossenschaften)出版德文版。本书汇总了这一领域400多篇文献资料。书中详细介绍了国际上研究过的振动公害对各行各业的影响，从工交到建筑到农业。这许多研究成果的介绍是特别有价值的。显然，这些内容不仅只对职业医学界有用，而且对有可能接触到全身振动各行各业的工作者(包括工人、工程设计人员和厂商)都有用。因此，本书引起国际上广范的

注意。由美国著名的生物动力学及生物工程权威 Von Gierke 教授推荐并在国际卫生组织 (WHO) 的协助下, 本书英文版已在1986年由联邦德国的Springer-Verlag 出版社出版。

Dupuis 教授对我们中国非常友好。1987 年在美国举行的国际标准化组织机械振动与冲击技术委员会 (ISO/TC 108) 的年会上他将本书的英文版送给译者。以后又分别授权译者负责该书中文版的出版事宜以及日本著名的职业医学权威冈田晃 (Okada) 教授负责该书日文版的出版事宜。这对在国际上开展人体振动响应学科的学术交流一定会起到重大的推动作用。

目前, 对振动公害的研究在我国相对说还比较落后。从事这方面工作的人数和我国受到振动危害的工人人数相比也显得太少了。少数劳动保护部门从职业医学的角度做过些手传振动方面的流行病学调查, 也有个别单位从事过一些防护机械振动与冲击的研究。航天部门有个别单位还作过一些全身振动的研究。但是绝大多数每天在受到振动公害威胁的人们几乎完全没有这方面的知识, 也得不到应有的防护。当人们患某种与振动有关的急性或慢性病时, 根本不会想到是振动在作怪。因此, 一般的单位以及劳动者本人都不大会去想到要采取必要的措施来减少振动公害的危害。从保护劳动者的角度来说, 我们国家有必要很快加强这一门学科的研究。希望这本书的出版会起到一些推动作用。有可能接触到全身振动各行各业的工作者(包括工人、工程设计人员和厂商)、劳动保护部门的人员和制定有关标准的机构也许都可以从这本书中找到他们感兴趣的知识。

Dupuis 教授十分关心这本中文版的出版工作，他不但为中文版写序，还提供本书的所有图片的底图和照片。本书两位作者和德国工业伤害保险协会慨然声明免收本书版权税，原书Springer-Verlag出版社的Grossmann先生也都给予热情支持。岗田晃教授为译者提供书中日本作者文章的许多信息。西安第四军医大学航空生理教研室张立藩教授和航空生物动力学教研室冯文澍副教授仔细审阅了译稿，并提出许多宝贵意见，特别在医学上把了关。西安交通大学出版社对本书的出版做了许多工作。西安交通大学和大学的工程力学系为本书的出版提供财政资助。这本书的中文版能得以出版，没有以上各方面的热情支持是不可能的。译者谨在此表示衷心感谢。

译者过去从事的科研工作主要在机器的机械振动方面，对人体振动和生命科学的了解还只能说是刚起步。受到水平限制，书中一定还有缺点和错误，热诚欢迎读者批评指正。

杨延麓

于西安交通大学

1988年12月

· 目 录 ·

作者简介	(1)
德文版序言	(2)
英文版序言	(4)
作者为中文版写的序言	(6)
译者的话	(8)
第一章 引论	(1)
第二章 术语与定义	(5)
第三章 全身振动的应力-应变概念	(11)
第四章 与工作有关的全身振动应力	(14)
第五章 机械振动的急性影响	(18)
5.1 对于机械振动的生物学防护与控制的机理	(18)
5.2 振动的生物动力学反应	(22)
5.2.1 振动的人体模型	(22)
5.2.2 步行与奔跑时的振动特性	(29)
5.2.3 立位的振动特性	(32)
5.2.3.1 垂直方向(z 轴)的激振	(32)
5.2.3.2 水平方向(x 轴, y 轴)的激振	(33)
5.2.4 仰卧位的振动特性	(34)
5.2.4.1 垂直方向(y 轴)的激振	(35)
5.2.4.2 水平方向(y 轴, z 轴)的激振	(36)
5.2.5 坐位的振动特性	(38)

5.2.5.1 垂直方向(z 轴)的激振	(39)
5.2.5.2 水平方向(x 轴, y 轴)的激振	(43)
5.2.6 脊柱的振动特性	(44)
5.2.7 内脏器官的振动特性	(56)
5.2.8 眼睛的振动特性	(63)
5.2.9 身体各部位共振频率的综述	(70)
5.3 生理机能的改变	(70)
5.3.1 肌肉活动	(72)
5.3.2 心脏-循环 机能	(76)
5.3.3 呼吸机能	(81)
5.3.4 植物神经与生物化学方面的反应	(85)
5.3.5 感觉机能	(90)
5.3.5.1 听知觉	(91)
5.3.5.2 平衡调节	(93)
5.3.5.3 运动病	(94)
5.3.5.4 视知觉	(99)
5.4 感觉运动的工作能力	(107)
5.5 主观知觉	(112)
5.5.1 振动知觉及振动感觉的记忆	(112)
5.5.2 坐位与立位的振动知觉	(114)
5.5.3 仰卧位的振动知觉	(120)
第六章 全身振动的慢性影响	(125)
6.1 方法学问题	(126)

6.2 联邦德国与国际上关于职业病的规定·····	(127)
6.3 动物试验中动物骨骼系统受的影响·····	(130)
6.4 对暴露于振动的职业人群的流行病学研究·····	(131)
6.4.1 脊柱的疾病·····	(132)
6.4.1.1 拖拉机手·····	(132)
6.4.1.2 卡车与大轿车司机·····	(140)
6.4.1.3 地面移动机器的司机·····	(144)
6.4.1.4 铁道车辆, 船舶与飞机的乘务人员及 混凝土工业员工·····	(154)
6.4.1.5 脊柱病理改变的流行情况综述·····	(156)
6.4.1.6 职业医学界关于振动引起脊柱改变的 估计·····	(159)
6.4.2 消化系统的疾病·····	(164)
6.4.2.1 拖拉机手·····	(165)
6.4.2.2 卡车与大轿车司机·····	(167)
6.4.2.3 地面移动机器的司机·····	(169)
6.4.2.4 混凝土工业员工·····	(170)
6.4.2.5 消化系统病理的流行情况综述·····	(170)
6.4.2.6 职业医学界关于振动引起消化系统失 调的估计·····	(171)

第七章 特殊形式振动的影响·····(175)

7.1 几个方向上同时出现的振动·····	(175)
7.2 复合周期振动、随机振动与带冲击的振动·····	(177)