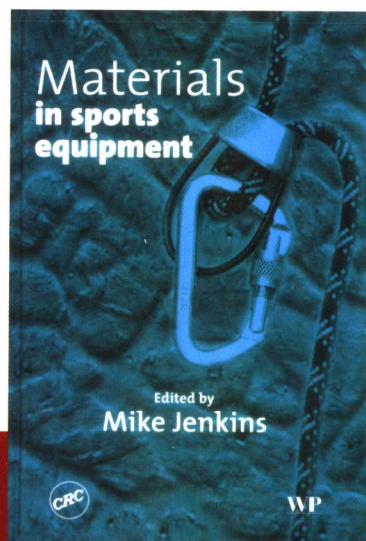


运动器械用材料

[英] 迈克·詹金斯 主编
郭卫红 汪济奎 译

Chemical Industry Press



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

第 010 号 (第 1 卷)

运动器械用材料

[英] 迈克·詹金斯 主编

郭卫红 汪济奎 译



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

·北京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

运动器械用材料/[英] 詹金斯 (Jenkins, M.) 主编; 郭卫红, 汪济奎译. —北京: 化学工业出版社, 2005. 1

书名原文: Materials in Sports Equipment

ISBN 7-5025-6394-6

I. 运… II. ①詹…②郭…③汪… III. 体育器材-材料 IV. TS952

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 127036 号

Materials in Sports Equipment/Edited by Mike Jenkins

ISBN 1-85573-599-7

Copyright©2003 by Woodhead Publishing Limited. All rights reserved.

Authorized translation from the English language edition published by Woodhead Publishing Limited

本书中文简体字版由 Woodhead 出版公司授权化学工业出版社独家出版发行。
未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

北京市版权局著作权合同登记号: 01-2004-3775

运动器械用材料

[英] 迈克·詹金斯 主编

郭卫红 汪济奎 译

责任编辑: 王苏平

文字编辑: 徐雪华 王 琪

责任校对: 陶燕华 李 军

封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社 出版发行
材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 23 字数 390 千字

2005 年 3 月第 1 版 2005 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6394-6/TB·102

定 价: 45.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

作者名单

* 代表主要联系人

第 1 章

M. Jenkins 博士
Metallurgy and Materials
School of Engineering
University of Birmingham
Edgbaston
Birmingham
B15 2TT
UK
Tel: +44 (0) 121 414 2841
Fax: +44 (0) 121 414 5232
Email: m.j.jenkins@bham.ac.uk

第 2 及第 4 章

N. J. Mills 博士
Metallurgy and Materials
School of Engineering
University of Birmingham
Edgbaston
Birmingham
B15 2TT
UK
Tel: +44 (0) 121 414 5185
Fax: +44 (0) 121 414 5232

Email: n.j.mills@bham.ac.uk

第 3 章

C. Walker 博士
University of Strathclyde
Mechanical Engineering
James Weir Building
75 Montrose Street
Glasgow
G1 1XJ
UK
Tel: +44 (0) 141 548 2657
Fax: +44 (0) 141 552 5105
Email: cwalker@mecheng.strath.ac.uk

第 5 章

J. Macari Pallis 博士
Cislunar Aerospace, Inc.
PO Box 320768
San Francisco
California 94132
USA
Tel: +1 415 681 9619
Fax: +1 415 681 9163
Email: deke@cislunar.com

R. D. Mehta 博士
Sports Aerodynamics Consultant
209 Orchard Glen Court
Mountain View
California 94043
USA
Tel: +1 650 960 0587
Fax: +1 650 903 0746
Email: rabi44@aol.com

第 6 章

M. Strangwood 博士
Metallurgy and Materials
School of Engineering
University of Birmingham
Edgbaston
Birmingham
B15 2TT
UK
Tel: +44 (0) 121 414 5169
Fax: +44 (0) 121 414 5232
Email: m. strangwood@bham.ac.uk

第 7 章

H. Dong 博士
Surface Engineering Group
Metallurgy and Materials
School of Engineering
University of Birmingham
Edgbaston
Birmingham
B15 2TT
UK

Tel: +44 (0) 121 414 5197
Fax: +44 (0) 121 414 7373
Email: h. dong.20@bham.ac.uk

第 8 章

R. Cross 教授
School of Physics A28
University of Sydney
New South Wales 2006
Australia
Tel: +61 (0) 2 9351 2545
Fax: +61 (0) 2 9351 7727
Email: cross@physics.usyd.edu.au

第 9 章

H. Lammer* & J. Kotze
R&D Racquetsport
HEAD SPORT AG
Wuhrkopfweg 1
A-6921
Kennelbach
Austria
Tel: +43 (0) 5574 608 780
Fax: +43 (0) 5574 608 795
Email: h. lammer@head.com
J. kotze@head.com

第 10 章

J. M. Morgan 博士
Department of Mechanical Engineering
University of Bristol
Queen's Building

University Walk

Bristol

BS8 1TR

UK

Tel: +44 (0) 117 928 9900

Fax: +44 (0) 117 929 4423

Email: john.morgan@bristol.ac.uk

第 11 章

J. R. Blackford 博士

School of Mechanical Engineering

University of Edinburgh

Sanderson Building

The King's Buildings

Edinburgh

EH9 3JL

Scotland

UK

Tel: +44 (0) 131 650 5677

Fax: +44 (0) 131 667 3677

Email: jane.blackford@ed.ac.uk

第 12 章

H. Casey 博士

1322 Cibola Circle

Santa Fe

New Mexico

87501

USA

Email: hughcasey@msn.com

第 13 章

A. J. Subic 副教授

Department of Mechanical and

Manufacturing Engineering

RMIT University

PO Box 71

Bundoora

VIC 3083

Australia

Tel: +61 3 9925 6080

Fax: +61 3 9925 6108

Email: aleksandar.subic@rmit.edu.au

A. J. Cooke* 博士

Cooke Associates

Tudor Cottage

Stonebridge Lane

Fulbourn

Cambridge

CB1 5BW

UK

Tel: +44 (0) 1223 882072

Fax: +44 (0) 1223 881442

Email: alison@cookeassociates.com

第 14 章

J. Macari Pallis 博士

Cislunar Aerospace, Inc.

PO Box 320768

San Francisco

California 94132

USA

Tel: +1 415 681 9619

Fax: +1 415 681 9163

Email: deke@cislunar.com

译者前言

运动器械用材料学作为一门边缘学科，结合了材料学、生理学、物理学以及计算机应用等学科的内容，正在日益受到各国学者的瞩目，其潜在的市场也日益为世人所瞩目。我们翻译本书的目的是希望能够对我国运动器械用材料学的发展尽微薄之力。翻译过程中，华东理工大学周晓东教授、沈学宁副教授给予了悉心指导，硕士生黑明、陈建梅、龚柳柳、叶丽华等同学对该项工作给予了支持和帮助，在此深表谢意。书中涉及题材十分广泛，疏漏之处望读者不吝赐教。

译者

2004年8月

前言

调查英国的运动商品市场，你就会发现一个巨大的、潜在的、仍在不断成长的商品市场。据运动工业联合会估计，1998年消费者用于运动相关的费用超过了120亿英镑，其中运动器械方面的消费占这个市场28%的份额，同时还有许多显著的增长领域，包括高尔夫球、团队运动器材和健身器械。高尔夫运动消费的增长是非常显著的，从1995年的1.15亿英镑增长到1998年的1.8亿英镑。从整体上来说，运动市场的增长是和体育运动的日益普及和参与性的增长相统一的，并且对整个社会经济产生了很大的影响。

从国民保健的财政消耗来看，国民参与运动和体育锻炼可以降低政府日后的保健费用。1985年，澳大利亚研究预测，如果有50%的人参与一些运动的话，到2000年可以节约4亿澳大利亚元。除此以外，新的体育运动的普及还会带来许多多样化的商机。参考下面的事例，你会发现进入该市场所产生的异常的经济刺激。1971年，职业网球球拍的价格是11英镑。到1998年，基于通货膨胀计算，球拍的价格应为48英镑，而实际价格却是230英镑。

促使消费者愿意支付230英镑购买网球拍的原因是产品采用了高性能材料，增加了刚性，减少了质量。因此，最近几年体育运动器材中高性能材料的使用有很大的增加，同时也相应提高了运动性能。编著本书的目的是阐述体育运动中材料的选择，讨论选材、材料的加工及设计与体育运动方面的关系。为了达到上述目的，考虑了大量的运动形式及其设备，包括高尔夫、网球、人体保护和登山。每个章节的内容主要针对于研究人员和生产商，同时也适用于从事体育工程研究的有兴趣的研究生读者。为了保证达到上述目的，每个章节都引用了大量的参考文献以及来自互联网络的文献资源。

最后，向每一位对本书做出重大贡献的作者表达我的谢意。

迈克·詹金斯

内 容 提 要

本书介绍了运动器械用材料种类和选择的细节，其加工及后处理是如何影响运动装备的设计以及如何广泛地影响运动的普及。第1部分针对材料在运动中的一般用途，提出了对材料加工以及运动器械设计的重要性的认识。第2部分集中介绍材料技术在具体运动项目中的应用，例如，高尔夫、网球、自行车、登山、滑雪、板球以及残疾人奥运会项目。

此书将生物力学和工程学结合在一起，使材料技术与设计相关联，无论在学术上和实际生产制造中都具有重大意义。适合从事材料生产研究和运动器械生产的科研及技术人员参考使用。

目 录

第 1 章 导论	1
1.1 决定体育成绩的因素	1
1.2 撑杆的材料、工艺和设计	2
1.3 材料技术和设计的关系——击剑面罩	4
1.4 “运动材料”概览	4
参考文献	5

第 1 部分 普通用途

第 2 章 运动中的泡沫防护	9
2.1 引言	9
2.2 静态泡沫防护产品	9
2.3 足球护腿板和护踝关节产品	19
2.4 硬质泡沫防护产品：自行车头盔	28
2.5 更多的信息来源	40
2.6 总结	40
2.7 致谢	40
参考文献	41
第 3 章 运动场地的性能	44
3.1 引言	44
3.2 为什么要存在多种运动场地	44
3.3 场地性能的测量	45
3.4 专用运动场地	49
3.5 未来发展趋势	58
参考文献	59
第 4 章 跑鞋材料	60

4.1 引言.....	60
4.2 鞋的构造.....	62
4.3 跑步.....	71
4.4 鞋底泡沫层的应力分析.....	74
4.5 泡沫的耐久性.....	83
4.6 讨论.....	89
4.7 未来的发展趋势.....	90
4.8 致谢.....	90
参考文献	90
第 5 章 球类及其运动轨迹学	93
5.1 引言.....	93
5.2 基本的空气动力学规律.....	94
5.3 板球.....	94
5.4 棒球.....	97
5.5 网球.....	99
5.6 高尔夫球	102
5.7 英式足球/排球.....	105
5.8 回飞棒	108
5.9 铁饼	111
5.10 标枪.....	113
5.11 未来的趋势.....	114
参考文献.....	115

第 2 部分 具体运动项目

第 6 章 材料在高尔夫中的应用	119
6.1 引言	119
6.2 超尺寸高尔夫球杆	119
6.3 杆面的作用	123
6.4 频率光谱测试 A	125
6.5 测试变量	128
6.6 回弹系数 CoR 与频率的关系	131
6.7 单一球杆类型的易变性	133

6.8 杆头设计标准	136
6.9 结构影响	140
6.10 结论、进一步工作和设计趋势	144
6.11 致谢	144
参考文献	145
第7章 体育运动中的表界面工程	146
7.1 引言	146
7.2 表面特性和表面工程学	146
7.3 表面涂层	150
7.4 表面改性	157
7.5 表面工程研究	165
7.6 总结	172
7.7 致谢	172
参考文献	172
第8章 网球的网线材料	175
8.1 引言	175
8.2 线的种类	175
8.3 网线在球拍中的作用	176
8.4 框架刚度	177
8.5 网线的实验室测试	178
8.6 准静态拉伸实验	179
8.7 网线的能量损失	181
8.8 网线属性的启示	182
8.9 应力损失以及动态刚度的测量	183
8.10 张力损失结果	185
8.11 冲击动力学	188
8.12 摩擦系数	192
8.13 讨论	192
8.14 对拍线的倾斜冲击	193
8.15 结论	195
参考文献	196
进一步的读物或其他资源	197
第9章 网球拍材料	198

9.1	引言	198
9.2	材料种类对球拍技术的影响	198
9.3	框架材料	204
9.4	附件及特殊部件的材料	210
9.5	当前的制造工艺	211
9.6	设计标准	216
9.7	未来的趋势	218
	参考文献	219
第 10 章	自行车材料	221
10.1	引言	221
10.2	木制自行车	221
10.3	材料属性	222
10.4	疲劳损坏	225
10.5	自行车损坏以及案例分析	226
10.6	踏脚自行车人身伤害事故的统计	233
10.7	轮圈爆损 (案例 1)	237
10.8	消费者权益保护法	241
10.9	轮圈爆裂 (案例 2)	242
10.10	结论	244
	参考文献	245
第 11 章	登山用材料	246
11.1	引言	246
11.2	绳索	252
11.3	索具和钩悬带	257
11.4	岩钉钢环	262
11.5	系绳栓及升降器材	267
11.6	攀岩防护	271
11.7	攀冰器具	274
11.8	头盔	278
11.9	未来的趋势	279
11.10	更多信息来源	280
11.11	致谢	286
	参考文献	286

第 12 章 滑雪用材料	289
12.1 引言	289
12.2 技术对滑雪运动的影响	289
12.3 材料和制作工艺的影响	292
12.4 竞技滑雪运动和娱乐滑雪运动的发展	297
12.5 滑雪运动未来的发展趋势	302
12.6 致谢	303
参考文献以及进一步的信息	303
第 13 章 板球材料	304
13.1 引言	304
13.2 板球	305
13.3 板球板	313
13.4 板球运动中的防护器材	322
13.5 结论	327
13.6 未来的趋势	328
13.7 致谢	329
参考文献	330
第 14 章 残疾人奥运会使用的材料	333
14.1 引言	333
14.2 身体残疾	334
14.3 基于残疾人比赛规则的材料设计及其局限性	337
14.4 残疾人奥运会使用的器材和材料	337
14.5 资源	350
14.6 未来的趋势	350
14.7 致谢	351
参考文献	351
索引	353

第 1 章 导论

M. JENKINS 英国，伯明翰大学

1.1 决定体育成绩的因素

体育成绩是由一系列因素决定的。有来自于运动员的因素，诸如竞技时的生理和心理状态，同时也有来自于运动员所用的器材等其他因素，包括器材的设计和所用的材料。三级跳和撑杆跳这两个体育项目能清晰地说明上述观点。

回顾过去 100 多年这两个体育项目的世界纪录，我们可以清楚地看到跳高和跳远的成绩提高了，如图 1.1 和图 1.2 所示。影响三级跳成绩的因素中，人的因素起支配作用，运动员成绩的提高得益于运动员身体健康和心理健康的改善。另外高速摄像和动作分析仪器的进步导致了对比赛项目的生物

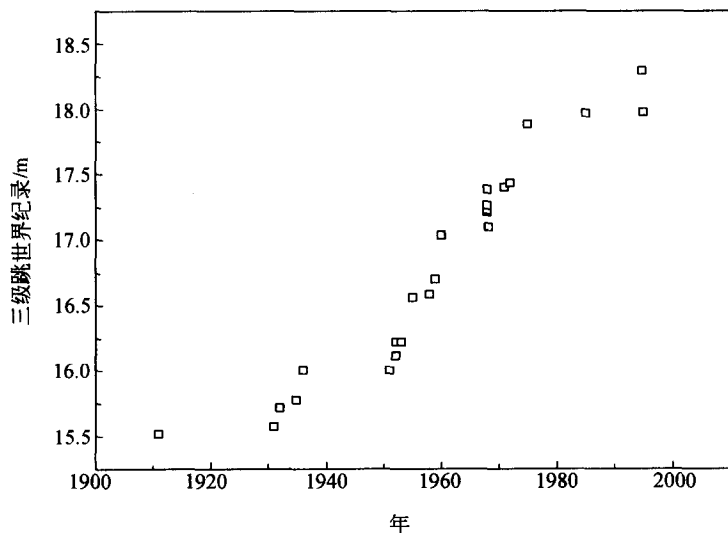


图 1.1 三级跳世界纪录随时间的变化

力学意义上的更深理解, 这反过来发展了运动员的技巧。

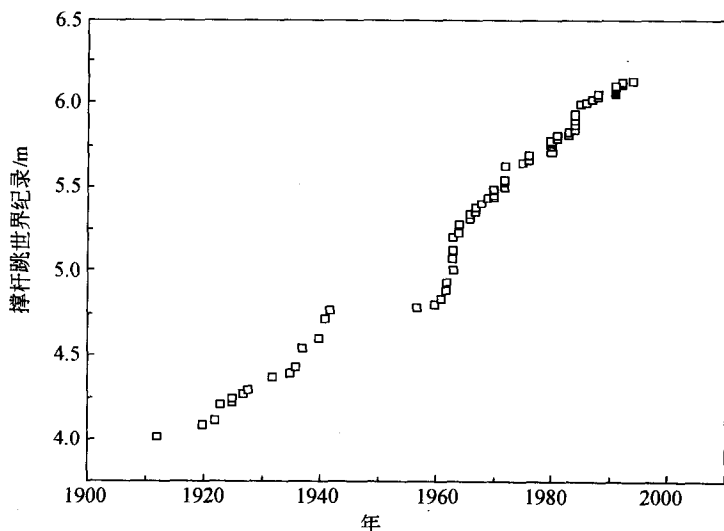


图 1.2 撑杆跳世界纪录随时间的变化

从撑杆跳比赛项目中可以找到人体方面因素的证据, 这些因素伴随着其他情况, 诸如撑杆的设计和撑杆所选用的材料。对图 1.2 趋势的仔细研究发现, 二战后的世界纪录几乎是呈一个阶梯状的变化。对此的解释需要对 100 年来的撑杆制造的历史进行研究。

1.2 撑杆的材料、工艺和设计

撑杆制造方面的规定是很随意的^[1]。而撑杆设计的演变更为重要。撑杆开始是由木材的坚硬部分制造的, 后来很快改用长竹竿。这种自然材料的选用显著地减轻了撑杆的质量, 但也限制了撑杆制造的长度。二战后诞生了两项材料技术的革新。在 20 世纪 50 年代, 人们用铝制造撑杆, 但在随后的 60 年代, 铝制撑杆很快被玻璃纤维复合材料撑杆所取代。玻璃纤维撑杆的诞生导致了前面提到的世界纪录的上升, 但是对此的解释则需要对比赛项目进行生物力学的分析^[2]。

从本质上说, 运动员在起跳前的目标就是要产生最大的动能。当运动员离开地面后, 动能就转化为势能, 这就决定了弹跳高度。因而, 在撑杆跳疾跑阶段运动员跑得越快, 跳的高度也就越高。可是, 对此还是产生了由制造

撑杆的材料不同而派生出的另外的一些尺度。

假若用高速摄像设备对比赛进行观察，可以清楚地看到。撑杆跳起跳后，撑杆随之有一个很大程度的弯曲，玻璃纤维复合材料的使用使得这种弯曲成为可能。这种材料特性包括相对高的强度、中等的劲度和低密度。中等的劲度使撑杆能弯曲，但相对高的强度保证了撑杆不被折断。假若用照相法观察用竹或铝制成的撑杆，可以看到明显弯曲的证据，这是由于提高了弯曲强度的缘故。玻璃纤维复合材料的选用使得储存的弹性应变能增加了。因为曲率半径减小了，结果得到高的强度和低的弯曲劲度。由于玻璃纤维复合材料通常密度较低，运动员起跳前的速度可以相应增加，这样动能就可增加。储存应变能的释放，伴随动能向潜能的转化，帮助运动员达到不断增加的新高度，就像图 1.2 显示的阶梯变化一样。

另外，材料的组装工艺也对撑杆跳成绩有影响。复合材料必须采用层压工艺，以提供所需的弯曲劲度。这可以通过设计一套以足够比例的增强纤维沿撑杆的长轴排列的“层叠”程序来完成。尽管有许多具有商业价值的层叠方法，但对撑杆来说通常是采用纤维缠绕工艺。该工艺是基于如下一种缠法：用浸润过树脂的纤维束以一定的缠绕间隔沿轴心缠绕。其缠绕角度，连同撑杆的交叉部分决定了撑杆的弯曲劲度。纤维的缠绕结构通常用另外一层编制的材料补充，如图 1.3 所示（见先前的科学训练回顾^[1]）。

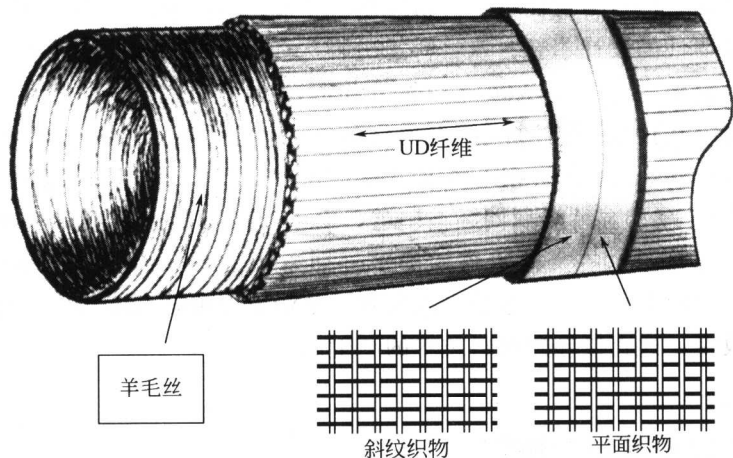


图 1.3 纤维缠绕结构

材料加工工艺的重要性同样可以在运动员从杆上下落的过程中得到证明。从能量的角度考虑是很简单的：运动员加速落向地面时头先碰地其势能