



YUNDONGSHENGWULIXUE

# 运动生物力学

闫红光◎主 编



北京师范大学出版集团  
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP  
北京师范大学出版社

辽宁省教育厅高校学术专著出版基金资助



YUNDONGSHENGWULIXUE

# 运动生物力学

闫红光◎主 编



北京师范大学出版集团  
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP  
北京师范大学出版社

1078786

---

图书在版编目(CIP)数据

运动生物力学 / 闫红光主编. —北京: 北京师范大学出版社, 2012.12  
ISBN 978-7-303-14956-8

I. ①运… II. ①闫… III. ①运动生物力学  
IV. ①G804.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 154371 号

---

营销中心电话 010-58802181 58805532  
北师大出版社高等教育分社网 <http://gaojiao.bnup.com.cn>  
电子信箱 beishida168@126.com

---

出版发行: 北京师范大学出版社 [www.bnup.com.cn](http://www.bnup.com.cn)  
北京新街口外大街 19 号  
邮政编码: 100875

印 刷: 北京京师印务有限公司  
经 销: 全国新华书店  
开 本: 170 mm × 230 mm  
印 张: 18.75  
字 数: 336 千字  
版 次: 2012 年 12 月第 1 版  
印 次: 2012 年 12 月第 1 次印刷  
定 价: 37.00 元

---

策划编辑: 姚斯研 责任编辑: 姚斯研  
美术编辑: 毛 佳 装帧设计: 毛 佳  
责任校对: 李 茵 责任印制: 孙文凯

**版权所有 侵权必究**

反盗版、侵权举报电话: 010-58800697

北京读者服务部电话: 010-58808104

外埠邮购电话: 010-58808083

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 010-58800825

## 内容简介

---

本书是作者以沈阳体育学院运动人体科学专业授课讲义为蓝本，在大量调研本科生、研究生和专家学者的基础上，经过数次修改和完善而成。本书的特点在于结合体育院校学生实际，优选体育实例，注重实践能力培养，注重理论与实践的结合及知识的逻辑性和学科的前沿性，每章均配有内容简介、教学重点、难点和教学要求及课后习题，为学生自主学习打开空间。

## 前 言

---

作者讲授运动生物力学课程多年，其授课对象包括了体育院系的运动人体科学专业、运动康复专业、体育教育专业、运动训练专业和民族传统体育专业及辽宁中医药大学针灸推拿专业运动医学方向。授课中根据我国运动人体科学专业学生的培养目标和方向，经过近十年的教学实践和资料收集、整理、研究，在数次修改讲稿的基础上编写了《运动生物力学》教材。

运动生物力学是体育院系学生必备的基本知识，是一门实践性很强的重要专业基础课，在学习中要求学生具备较强的动手能力。因此为了使达到预期培养目标，要求在学习期间运用辩证唯物主义的观点，坚持理论联系实际，掌握运动生物力学的基本理论，为运动技术分析、身体训练、预防运动创伤、理解运动技术原理及提高体育运动项目技术教学的理论水平奠定基础，并能应用所学的理论知识解决体育运动中的实际问题。

由于时间仓促和作者水平有限，书中定有不少缺点和错误，诚恳希望使用者批评指正。

2012年5月16日

## 目 录

<b>第 1 章 运动生物力学概述</b> .....	(1)
1.1 生物力学发展简介 .....	(1)
1.2 运动生物力学学科的形成 .....	(2)
1.2.1 亚里士多德时代 .....	(3)
1.2.2 列奥纳多·达·芬奇时代 .....	(3)
1.2.3 伽利略、牛顿时代 .....	(3)
1.2.4 19 世纪初——全面发展阶段 .....	(4)
1.2.5 20 世纪——运动生物力学学科的形成 .....	(5)
1.3 运动生物力学学科发展的主要任务 .....	(6)
1.4 运动生物力学的教学内容 .....	(10)
<b>第 2 章 人体运动的静力学</b> .....	(11)
2.1 力的性质 .....	(12)
2.1.1 力的定义 .....	(12)
2.1.2 力的性质 .....	(13)
2.1.3 约束与物体间力的相互作用形式 .....	(16)
2.1.4 物体的受力简图及注意事项 .....	(18)
2.1.5 力的合成与分解 .....	(19)
2.2 力矩与力偶 .....	(22)
2.2.1 力矩 .....	(22)
2.2.2 力偶 .....	(24)

2.2.3	力矩的矢量运算	(25)
2.3	力的平移定理	(28)
2.3.1	力的平移定理	(28)
2.3.2	力系平移简化定理	(29)
2.3.3	力的主矢量和力的主矩的性质	(29)
2.3.4	力系平衡方程	(30)
2.3.5	外力、外力偶与关节力矩	(33)
2.3.6	肌肉发力对外接触力的激发作用	(35)
2.4	人体重心的测量	(36)
2.4.1	体育运动中常用的人体模型	(36)
2.4.2	人体重心公式及重心的测量	(41)
2.5	人体平衡种类及其生物力学特点	(45)
2.5.1	人体平衡的力学条件	(45)
2.5.2	平衡的分类	(46)
2.5.3	影响人体平衡稳定性的因素	(47)
2.5.4	人体平衡的特点	(50)
2.5.5	人体平衡的稳定性及老年人的跌倒问题	(52)
2.5.6	人体平衡在康复训练中的应用	(53)
	习 题	(54)
<b>第3章</b>	<b>人体运动的运动学</b>	<b>(58)</b>
3.1	人体运动的相对性和参照系、坐标系	(59)
3.1.1	人体运动的相对性	(59)
3.1.2	参照系与坐标系	(59)
3.2	描述物体运动的基本物理量	(65)
3.2.1	轨迹、位移和路程	(65)
3.2.2	瞬时和时间	(66)
3.2.3	速度和速率	(66)
3.2.4	加速度、平均加速度、瞬时加速度	(67)
3.2.5	人体运动学量的四个特征	(68)
3.3	点的速度、加速度合成定理	(69)
3.3.1	点的速度和加速度	(69)
3.3.2	速度的合成与分解	(74)

3.3.3	任意运动的参照系中速度或加速度的合成与分解	(79)
3.3.4	人体的转动运动的描述	(80)
3.4	人体运动的分类	(83)
3.4.1	直线运动	(83)
3.4.2	曲线运动	(87)
3.4.3	平动、转动和复合运动	(94)
	习 题	(96)
<b>第 4 章</b>	<b>人体运动的动力学</b>	<b>(98)</b>
4.1	牛顿定律及在体育运动中的应用	(99)
4.1.1	牛顿动力学三个基本定律	(99)
4.1.2	质心运动定理	(104)
4.2	动量定理及其在体育运动中的应用	(106)
4.2.1	动量定理	(106)
4.2.2	动量定理在体育运动中的应用	(108)
4.2.3	动量守恒定律在体育运动中的应用	(111)
4.2.4	系统的对心碰撞	(112)
4.3	动量矩及动量矩定理	(115)
4.3.1	物体的转动形式分类与转动惯量	(115)
4.3.2	动量矩定理	(122)
4.3.3	动量矩守恒定律在体育转体运动中的应用	(126)
4.4	力的功及机械能原理在分析加速起跑中的应用	(129)
4.4.1	力做功	(129)
4.4.2	机械能原理	(131)
	习 题	(133)
<b>第 5 章</b>	<b>人体运动中的流体力学</b>	<b>(136)</b>
5.1	流体力学的基本知识	(137)
5.1.1	流体的压强	(137)
5.1.2	流体的浮力	(138)
5.1.3	理想流体的特点	(139)
5.1.4	连续性原理(质量守恒定律)	(142)
5.1.5	流动流体中的压强与伯努利方程	(142)
5.1.6	形状阻力	(143)



5.1.7	伯努利方程的应用	(143)
5.2	流体对人体的作用	(145)
5.2.1	空气对人体的作用	(145)
5.2.2	游泳运动中水对人体的作用	(147)
5.3	空气对体育器械的作用	(152)
5.3.1	标枪在飞行中的受力分析	(152)
5.3.2	标枪飞行远度的力学特征	(153)
5.3.3	影响投掷项目远度的因素	(154)
5.3.4	球体飞行的空气动力学特征	(156)
	习 题	(158)
<b>第 6 章</b>	<b>人体运动系统的生物力学</b>	<b>(159)</b>
6.1	材料力学基础	(160)
6.1.1	应力、应变	(160)
6.1.2	韧性材料的强度和刚度	(162)
6.1.3	韧性材料的载荷-变形曲线	(162)
6.1.4	黏弹性材料的特点	(163)
6.1.5	疲劳与断裂韧性的特点	(164)
6.2	骨骼的生物力学性质	(165)
6.2.1	骨骼的结构特点	(165)
6.2.2	骨骼的应力-应变曲线	(166)
6.2.3	骨骼受力形式与性质	(168)
6.2.4	骨骼的强度	(173)
6.2.5	骨折和骨骼的重建	(178)
6.3	肌肉的生物力学	(180)
6.3.1	肌肉结构的力学模型	(181)
6.3.2	肌肉收缩的力学种类及力学特征	(184)
6.3.3	体育运动对骨骼肌的影响	(187)
6.3.4	影响肌肉力量的因素	(188)
6.3.5	韧带、肌腱和关节的生物力学	(189)
6.4	等动测试系统与应用简介	(193)
6.4.1	等动力学(Isokinetic)的起源与原理	(193)
6.4.2	ISOMED2000 系统的构成	(194)

6.4.3	等动测试系统的实验内容及指标评价体系	(195)
6.4.4	等动测试系统实验要点及注意事项	(198)
	习 题	(199)
<b>第7章</b>	<b>运动学测量方法简介</b>	(202)
7.1	人体运动的力学模型	(202)
7.1.1	质点模型	(203)
7.1.2	刚体模型	(203)
7.1.3	质点系模型	(203)
7.1.4	随机模型	(204)
7.2	人体运动学测量常用的采集方法	(204)
7.2.1	光电直接测量法简介	(204)
7.2.2	摄影测量方法介绍	(208)
7.2.3	三维摄像直接线性转换法简介	(210)
7.2.4	拍摄前的准备工作	(212)
7.2.5	拍摄过程的注意事项	(213)
7.2.6	影像数字化的测量原理和方法	(215)
7.2.7	影片解析中可获得的运动学参数	(216)
7.3	数据的平滑处理	(216)
7.3.1	测量结果的误差分析	(217)
7.3.2	运动生物力学测量数据的处理方法	(219)
	习 题	(223)
<b>第8章</b>	<b>运动技术生物力学分析方法和一般步骤</b>	(224)
8.1	运动生物力学动作技术分析	(224)
8.1.1	运动生物力学动作技术分析概论	(224)
8.1.2	运动技术生物力学要素及其意义	(228)
8.1.3	要素的组合与匹配原则	(232)
8.1.4	分析研究动作技术的方法和一般步骤	(233)
8.1.5	动作技术的生物力学原理对技术训练的指导作用	(236)
8.2	跑的运动技术生物力学分析	(237)
8.3	跳的运动技术生物力学分析	(246)
8.3.1	跳的运动技术生物力学分析	(246)
8.3.2	跳远	(250)

(255) 8.3.3 跳高 ..... (255)

(259) 8.4 投掷的运动技术生物力学分析 ..... (259)

(259) 8.4.1 投掷的运动技术生物力学分析 ..... (259)

(261) 8.4.2 投掷标枪动作的生物力学分析 ..... (261)

(268) 8.5 武术基本动作技术的生物力学分析 ..... (268)

(268) 8.5.1 腾空飞脚 ..... (268)

(270) 8.5.2 旋风脚 ..... (270)

(273) 8.5.3 腾空摆莲 ..... (273)

(276) 8.6 自由式滑雪空中技巧动作技术的生物力学分析 ..... (276)

参考文献 ..... (286)

6

## 第1章

# 运动生物力学概述

### 内容简介

本章阐述生物力学、运动生物力学发展简史，运动生物力学学科发展的主要任务及运动生物力学学科学习的主要内容。

### 教学重点

1. 运动生物力学概念；
2. 学科发展的主要任务。

### 教学难点

运动生物力学学科发展简史。

### 教学要求

1. 掌握运动生物力学的概念；
2. 掌握运动生物力学学科研究的主要任务；
3. 了解运动生物力学的发展简史；
4. 理解运动生物力学在人体运动及康复保健中的作用。

## 1.1 生物力学发展简介

现代生物力学研究的是生命现象中的力学问题，是力学与生命科学的交叉领域。生命现象中力学问题的研究可追溯到伽利略、牛顿时代。杨(T. Young)、欧拉(L. Euler)等研究过血管的弹性及血流脉动；泊肃叶(J. L. M. Poiseuille)的血流阻力实验推动了黏性流体力学的发展；希尔(A. V. Hill)因骨骼肌收缩力

学模型的研究获得了诺贝尔生理学或医学奖。但是, 作为一门独立的学科, 生物力学兴起于 20 世纪 60~70 年代, 这是生物力学的开创阶段。这之后, 科学家们将力学方法和生理学、解剖学方法结合起来研究组织和器官及其运动的相关力学问题, 建立了独特的研究方法论体系, 标志着生物力学和运动生物力学进入了形成和发展阶段。在这一阶段, 专家们对人和动物运动的生物力学特性进行了积极的研究。下面一些学者的科学研究广为人知: 1970 年, 亚历山大(R. M. Alexander) 出版了《生物力学》(*Biomechanics*); 1974 年, 武科布罗多维奇对动物运动进行了数学模拟, 并因此促进了机器人制造技术的发展; 1968 年, 希利杰博兰德创建了有关动物以均匀步法进行运动的理论; 1968 年苏霍诺夫创建了陆地脊椎动物运动的一般体系; 哈顿有关人支撑运动体系调控机制的研究; 米勒有关人运动生物力学问题的研究等。1967 年召开了第一次国际生物力学学术讨论会, 1973 年正式成立了国际生物力学学会(International Society of Biomechanics, ISB), 这标志着生物力学学科的正式建立。

20 世纪 90 年代, 生物力学开始进入细胞、基因层次问题的研究, 并与生化过程联系。生物力学在揭示心血管系统中血液的流动规律、认识机体的正常和病理生理过程的动力学规律以及软组织本构关系和肺血循环等方面取得了成就, 为诊断和治疗方法提供了理论和技术基础。20 世纪 90 年代以来, 生物力学的发展进入了一个新时期, 其目标从医学、生物医学工程、体育运动扩展到细胞生物学、结构生物学、生物技术、生物化学工程、人体保健乃至绿色植物力学研究领域。

## 1.2 运动生物力学学科的形成

运动生物力学是生物力学的一个分支, 它是研究在日常活动中有关人体运动、运动器材、组织康复等的机械运动规律, 随着科学的发展和实践的需要而逐渐发展起来的一门新兴的边缘学科。运动生物力学要具体回答人体完成日常各种动作时是怎样运动和为什么会运动, 以及运动对于组成人体的各种生物材料的影响, 同时也要研究影响人体运动的外界条件(如周围的环境、场地, 以及各种医疗辅助器械、监护装置等)与运动的关系。根据生物力学原理和人体形态、机能的特点, 结合对运动场地、器材、器具的利用和改进, 为运动员确定合理的(包括最佳的)动作技术, 预防运动损伤, 促进损伤恢复; 研究合理、有效的运动方法, 以求达到最佳的竞技状态和最好的健身和康复效果。运动生

物力学本身已经超出了传统的学科界限，它是人类工程学、生物学、材料科学等相互渗透的新兴学科。

运动生物力学是古老的课题之一，对它的研究和应用有着悠久的历史。主要经历了如下几个时代：

### 1.2.1 亚里士多德时代

早在公元前，古希腊的哲学家和自然学家亚里士多德(Aristotle, B. C. 384—B. C. 322)就对生物体的运动发生了兴趣，他注意到在日常生活中人和动物运动的力学问题。意大利著名医生加伦(C. Galen, 129—199)通过对动物的解剖实验，证明来自大脑的运动冲动沿神经传导至肌肉，使肌肉产生收缩而引起关节运动的理论。

亚里士多德力图用生物机体(包括人体)有目的的运动现象来统一解释无生命物质的运动及其原因。他建立了两条影响深远但不准确的定律。其一，他认为“下落运动的快慢有两个原因：①运动所通过的媒质不同(如通过水或空气)，②运动物体自身轻或重的程度不同，如果运动的其他条件相同的话”。因此他关于落体运动的定律是：“物体下落的时间与重量成反比，如一物重量是另一物的两倍，则在同一下落中只用一半的时间。”“如果空气比水稀两倍，则同一运动物体在水中运动时要耗费两倍时间。”其二，他认为除上升、下落外，地上物体的其他一切运动，都是强迫运动：“任何运动着的事物都必然有推动者”。

此后，由于欧洲进入到中世纪的黑暗时期，教会势力对任何涉及肉体的兴趣均加以压制，对人体构造和运动的研究进入了长期的停滞阶段。

### 1.2.2 列奥纳多·达·芬奇时代

13世纪末，随着欧洲文艺复兴运动的兴起，越来越多的科学家重新投入对人体构造及运动的研究。15世纪末，伟大的意大利科学家列奥纳多·达·芬奇(L. Da Vinci, 1452—1519)对人体运动发生了浓厚的兴趣。他用人的尸体研究解剖学，非常重视在解剖学和力学的基础上研究人体的各种姿态和运动，并提出人体的运动必须服从于力学定律的观点。他认为“力学之所以比其他科学更为重要和实用，那是因为所有能够运动的生物体都遵循力学的定律而运动”。

### 1.2.3 伽利略、牛顿时代

1638年，意大利科学家伽利略·伽利雷(G. Galilei, 1564—1642)首先发

现施加载荷与骨形态之间的关系。意大利医生、解剖学家鲍列里(G. A. Borelli, 1608—1679)进一步将力学和解剖学结合起来研究人体运动,他在1679年完成的《论动物的运动》一书,可谓是第一部生物力学著作。他在这部著作中发表了利用杠杆原理测定人体重心的实验材料,并将人和动物在空间的主动位移运动分为三种基本形式,即蹬离地面(走、跑、跳等)、蹬离周围介质(如游泳、飞翔)和拉引(攀登、爬竿等)。

英国科学家牛顿(I. Newton, 1643—1727)从力学的基本概念(质量、动量、惯性、力)和基本定律(运动三定律)出发,运用他所发明的微积分这一锐利的数学工具,不但从数学上论证了万有引力定律,而且把经典力学确立为完整而严密的体系,把天体力学和地面上的物体力学统一起来,实现了物理学史上第一次大的综合。在牛顿时代,血管的弹性和血流脉动的力学研究开始发展。

#### 1.2.4 19世纪初——全面发展阶段

19世纪初,骨力学方面取得一系列进展。1834年,贝尔(C. Bell, 1774—1842)指出骨可以使用尽可能少的材料来承担载荷;1838年沃德报道增加压缩载荷可以加快骨的形成;1852年路德维希论及重力和肌肉力对维持骨的质量是必要的;1862年,两位德国研究人员各自独立地报道了加压对骨生长的影响;1867年瑞士学者报道了骨的内部结构和外部形态一样,与其所承受载荷的大小及方向有直接关系;1892年,德国医学博士沃尔夫(J. Wolff, 1836—1902)发表了著名的《骨转化定律》一文,这一法则已得到临床和实验的支持。

这一时期,由于军事训练的需要以及工业生产的发展,对骨的研究方法有了改进,德国生理学家维伯尔兄弟采用实验的方法对人体运动进行了研究。他们除用肉眼观察以外,开始用最基本的尺和秒表来测量人体运动的空间和时间特性,积累了许多有关人体位移运动的定量数值资料,但当时还不能客观地描述运动的外形。19世纪中叶,随着照相技术的出现,法国生理学家马勒(Mahler)对客观描述人体运动的方法进行了大量的研究,为生物力学研究提供了许多新的手段。1877年美国摄影师麦布里奇(E. Muybridge, 1830—1904)第一次用24部照相机排成一列,按顺序拍摄了骑马奔跑的连续动作照片,这是影片分析的萌芽。为纪念他对生物力学的贡献,从1978年第11届国际生物力学大会开始,设立了“麦布里奇”杰出贡献奖,以表彰那些在生物力学基础理论、研究方法及应用研究方面作出突出贡献的科研工作者。1882年马勒首先

用高速摄影和风力装置记录和研究运动并拍摄了鸽子、蜜蜂以及子弹的飞行情况，后来又与他的学生德美尼(Demeni)一起发明了定片运动轨迹照相法和运动轨迹连续光点照相等，这种照相方法直到现在仍可用于研究人体运动的运动学特征。马勒在1895年研制出气压式测力台，他采用高速摄影影片测量方法，对人体步行时下肢运动学数据结合测力台数据进行步态分析研究。现代步态分析方法就是建立在其工作基础之上。他还同时记录测力台和位移数据，以此分析研究人体原地纵跳动作。

19世纪30年代，著名的英国生理学家希尔因对肌肉的研究而获得诺贝尔生理学或医学奖，他取青蛙的离体缝匠肌进行实验得出著名的希尔方程，即肌肉收缩的力速方程。他对肌肉力学研究的成果，为生物力学研究奠定了基础。他还对人体运动时的空气阻力进行过研究，并提出估算空气阻力的经验公式。

### 1.2.5 20世纪——运动生物力学学科的形成

20世纪初，德国学者布拉温(Braune)和非舍尔(Fisher)首次用解剖尸体的实验方法，测定了人体各部分的相对重量和重心位置，并采用测量速度、加速度和人体各环节重量推算引起加速度的力，开始从动力学方面研究人体运动。非舍尔关于人体各环节相对重量和重心位置的资料，至今仍被用于计算人体重心。

20世纪初，由于科学的分化，阻碍了这门学科的深入发展。20世纪中叶以后，医学和生物学家们逐步认识到力的因素对解决本学科许多问题的意义，物理学家们在寻求力学的发展和应用新领域时，也注意到生物体是运用力学的广阔天地。两者的合成促成了这门新兴边缘学科——生物力学的形成。

近50年来，生物力学引起了人们的广泛注意和研究，发展十分迅速。美、日、俄、澳、加、德等国均建立了专门研究机构。尤其以美国发展最快，在许多大学、附属医院和专门机构中对生物力学在基础理论和实际应用领域都进行了广泛的研究。他们重视学科间的渗透，注意医学与工程学科的结合，并重视应用、基础理论与实验研究并举。

20世纪后期，许多生物力学专家把生物力学的知识点应用到竞技体育和临床医疗领域，特别是骨伤、整形等领域的研究，逐步形成运动生物力学、医用生物力学、骨伤科生物力学等生物力学的分支学科。从此运动生物力学作为独立学科得到了迅速发展。

运动生物力学是一门很年轻的学科，其名称有一段时期并未统一。美国原



先称人体运动学(Kinesiology), 后又称运动技术生物力学(The Biomechanics of Sports Techniques); 苏联早期称动力解剖学(Динамическая Анатомия), 后改称运动生物力学(Биомеханика Физических Упражнений); 日本称身体运动学; 德国称运动分析。1973年8月在美国召开的第四届国际生物力学会议上, 决定采用运动生物力学作为学科的统一名称。此后, 对本学科世界各国也都统称为运动生物力学(Sport Biomechanics)。

从学科名称的不统一, 可以看出研究的内容也不尽相同。关于学科的内涵侧重点及学科的定义观点也不完全一样。有的学者认为, 运动生物力学是用力学的方法研究人体运动的科学, 生物学是条件; 有的学者认为, 运动生物力学是力学定律在活体结构, 尤其是人体运动器官中的应用。但是, 这些定义都未被普遍接受, 这是因为运动生物力学还是一门年轻的边缘学科, 处于发展阶段的缘故。我们认为运动生物力学是研究体育运动中人体机械运动规律及有关器械的机械运动规律的科学。这自然就涉及人体形态结构及组织的力学特性, 生理功能特点对力学特性的影响, 人体自身控制运动的能力及方式对人体内力和外力影响等诸多方面, 是有关力学、解剖学、生理学、数学、现代控制论、电子计算机等相关学科方法论的综合应用。这些学科彼此渗透和融合并不是无主从的等量共生, 而是始终以解决人体运动的力学规律为目的的。正因为如此, 运动生物力学提出了学科发展的主要任务。

### 1.3 运动生物力学学科发展的主要任务

#### 1. 确定运动技术的生物力学原理, 研究优化运动技术的方法

体育运动中有许多运动项目, 各运动项目都有各自的动作结构系统和动作节律及项目追求的目标。动作结构系统是指运动项目的动作组成成分及动作组成成分间的关系和过程。动作节律是指动作组成成分在实施过程中所用时间的长短与急弛程度。动作组成成分由动作技术构成, 所以, 动作结构系统是人在实现运动项目目标过程中, 有目的地在实践基础上对运动组成成分的必要选择、连接、比较和动作技术改进的结果。确定运动技术的生物力学原理首要考虑的是运动项目目标、指标提高的动作组成成分的相关因素。在找出相关因素的基础上, 再找主要因素。主要因素动作组成成分找到后, 再找动作组成成分所含技术动作对运动项目指标提高影响的运动生物力学因素。以自由式滑雪空中技巧运动项目为例, 项目目标是要求运动员完成事先选定的动作, 空中动作