

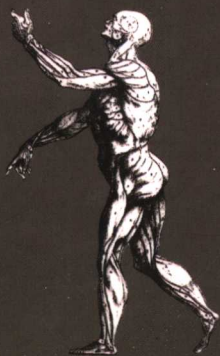


# 数字人 和数字解剖学

## DIGITAL HUMAN AND DIGITAL ANATOMY

主编 钟世镇

数字人包括数字化可视人、数字化物理人、数字化生理人等建设内容，以实现人体从基因到分子、细胞、组织、器官、系统和整体的精确模拟，从而构建人体组织形态、物理功能和生理功能的信息系统。在初步提供的“数字可视人”数据集基础上，我国已在数字医学、计算医学、生物医学工程学、医学图形影像学、计算机学、虚拟现实技术学、可视化与图像学等领域开展了后续研究工作，成为继美国、韩国之后世界上第三个拥有数字化可视人数据集的国家，并且在人体标本遴选、血管显示、数据精度和数据提取速度等方面步入世界先进水平。我国数字人研究正在向着医学和与人体活动相关领域的广泛应用、向着数字化物理人和生理人阶段发展。



山东科学技术出版社  
[www.lkj.com.cn](http://www.lkj.com.cn)



# 数字人 和数字解剖学

DIGITAL HUMAN  
AND DIGITAL  
ANATOMY

主编 钟世镇



山东科学技术出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

数字人和数字解剖学 / 钟世镇主编. — 济南:  
山东科学技术出版社, 2004.12  
ISBN 7-5331-3829-5

I. 数... II. 钟... III. 数字技术 — 应用 — 医学 —  
研究 IV. R-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 098577 号

## 数字人和数字解剖学

主 编 钟世镇  
副主编 陈中伟 罗述谦  
原 林 唐 雷

---

出版者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路 16 号  
邮编: 250002 电话: (0531)2098088  
网址: www.lkj.com.cn  
电子邮件: sdkj@sdpress.com.cn

发行者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路 16 号  
邮编: 250002 电话: (0531)2098071

印刷者: 山东新华印刷厂

地址: 济南市胜利大街 56 号  
邮编: 250001 电话: (0531)2079136

---

开本: 787mm × 1092mm 1/16  
印张: 40.5  
字数: 910 千  
版次: 2004 年 12 月第 1 版第 1 次印刷

---

ISBN 7-5331-3829-5

R · 1121

定价: 230.00 元

中国  
工程  
院院  
士



钟世镇

ZHONGSHIZHEN

**钟世镇** 1925年生，中国工程院院士。现任南方医科大学（原第一军医大学）临床解剖学研究所所长，广东省创伤救治科研中心主任，广东省组织构建与检测重点实验室主任，广东省医学生物力学重点实验室主任，中国数字人研究联络组组长，Journal of Clinical Anatomy 主编，《中国临床解剖学杂志》名誉主编。曾任中国解剖学会名誉理事长、人体解剖学专业委员会主任委员。

主要学术工作：建立了以解决临床外科需要的应用解剖学研究体系；在解剖学领域，开拓了医用生物力学研究工作；结合创伤救治进行组织工程的实验性研究；正在进行《数字解剖学》新的探索。培养博士后6名、博士生70多名。曾被选为第六届全国人大代表，获全国优秀教师、全国高校先进科技工作者、总后勤部“科学技术一代名师”等荣誉称号。主编出版学术专著13部，以第一作者发表论文150篇。曾获国家科技进步二等奖5项，获何梁何利基金科技进步奖。

主  
编  
简  
介

ZHUBIANJIANJIE

主 编 钟世镇  
副主编 陈中伟 罗述谦 原 林 唐 雷  
撰 著 者 (按姓氏笔画为序)

丁自海 南方医科大学  
王兴海 南方医科大学  
王宝恩 北京友谊医院  
王博亮 厦门大学  
尹 岭 解放军总医院  
田 捷 中国科学院自动化研究所  
白 净 清华大学  
白 娟 上海中医药大学  
冯焕清 中国科学技术大学  
庄天戈 上海交通大学  
刘红菊 上海中医药大学  
刘 畅 南方医科大学  
刘树伟 山东大学  
牟芳芳 上海中医药大学  
孙守迁 浙江大学  
严振国 上海中医药大学  
李希平 北京同仁医院  
李忠华 南方医科大学  
李鉴轶 南方医科大学  
李新胜 清华大学  
余安胜 上海中医药大学  
余 磊 南方医科大学  
张建国 中国科学院上海技术物理研究所  
张美超 南方医科大学

张 键	复旦大学
陈中伟	复旦大学
陈统一	复旦大学
陈增淦	复旦大学
邵水金	上海中医药大学
欧阳钧	南方医科大学
罗 非	北京大学
罗述谦	首都医科大学
郑 雷	上海中医药大学
郎文辉	中国科学技术大学
赵卫东	南方医科大学
赵新颜	北京友谊医院
赵 静	上海中医药大学
钟世镇	南方医科大学
骆清铭	华中科技大学
秦笃烈	首都医科大学
夏 寅	北京同仁医院
原 林	南方医科大学
唐 雷	南方医科大学
黄文华	南方医科大学
崔云峰	清华大学
隋鸿锦	大连医科大学
韩德民	北京同仁医院
焦培峰	南方医科大学
樊继宏	南方医科大学

(注：南方医科大学为原第一军医大学)

在21世纪的科技前沿领域中，信息科学技术和生命科学技术占有重要的地位。科学技术发展的历史表明，创新突破往往出现在边缘交叉地带，《数字人和数字解剖学》就诞生在这两个前沿科技的结合点上。“数字人”的研究还是一个较新的科技领域，专门研讨科技发展前沿的“香山科学会议”，在近两年间已经为中国数字人研究召开了两次研讨会。足以说明，这个属于信息科学与生命科学交汇点上的研究新领域有重大的科学意义。

“数字人”是通过信息科学领域中的先进计算机技术，研究生命科学领域中被誉为万物之灵的人。人体解剖学诚然是十分古老的传统学科，不少学者曾感叹地借用“枯藤老树昏鸦，古道西风瘦马”来形容这个老态龙钟、步履蹒跚的“夕阳学科”。结合“数字人”研究新技术，一个新的分支学科——《数字解剖学》已经出现在我们面前。我们深信“岁寒老树虽荒寂，会有腊残春到时”。这个新兴分支学科能否茁壮成长？能否花繁叶茂？要有春意盎然的节气条件，才有可能“老树春深更著花”。春天是客观存在的，这就是当代科技前沿的新技术、新方法、新见解、新理论。问题在于，我们必须捕捉住这些稍纵即逝的机遇，找准与新技术的结合点，才有可能创立新的理论体系，构建《数字解剖学》这个新兴的分支学科。

“数字人”研究，毕竟是跨学科、多学科的交融汇合。“寸有所长，尺有所短”，不同学科有所长，也有其所短。为此，各学科必须扬长补短，关键之处，是要找准与新技术的结合点，要有“见一叶落而知岁之将暮，睹瓶中之冰而知天下之寒”的敏感性。如果能够像“小荷才露尖尖角，就有蜻蜓立上头”那样去捕捉机遇，形成特色，可以有所突破；如果墨守成规，故步自封，只满足于随大流，赶高潮，将落得“若待上林花似锦，出门俱是看花人”那种凑凑热闹的下场。用最先进的数字技术，研究结构和功能最复杂的人，是一项永无止境，前景宽广的科技事业。这个伟大事业方兴未艾，任重道远，当前仅是万里长征的起步阶段，必须力戒浮夸，反对急功近利，重视质量

## 前 言

## FOREWORD

---

第一，扎扎实实地做好每一阶段的研究工作。科技战线既要充满激情，“满眼生机转化钧，天工人巧日日新”，立志创新，建功立业；也要无私奉献，“不要人夸颜色好，只留清气满人间”，埋头苦干，宁静致远。

钱世镇



# 目 录

# CONTENTS

## 第一章 我国数字人研究发展概况

第一节 两次香山科学会议启动和推进数字人研究工作	1
一、第 174 次香山科学会议	2
二、第 208 次香山科学会议	4
第二节 我国有关研究工作的概况	18
一、迈出了步伐,掀起了研究热潮	18
二、明确科技问题,解决关键技术	19
三、构建了人体切片数据集	19
第三节 科学意义和应用前景	20
第四节 对人体数据集构建的对策和建议	21
一、坚持“质量第一”	21
二、符合信息技术需求	21
三、注重应用发展前景	21
四、善于挖掘我国标本制作的技术储备	22
五、对后续研究工作的见解	27
第五节 数字人与科学数据共享	28

## 第二章 数字人的国际发展

第一节 解剖学——医学发展的基石	31
第二节 第一个数字解剖学和数字人的提出	39
一、Visible Human Project(VHP)作为长期规划的提出	39
二、为 VHP 规定的任务	40
三、VHP 应用的规划	42
四、网络发展规划	43
第三节 VHP 的启动和数据集的获取成功	43
一、VHP 项目启动并获取两个数据集	43
二、获取 VHP 数据集的尸体选择和预处理	46
三、获取尸体的影像学数据	49
四、VHP 的组织学数据集获取	57
第四节 数字人胚胎项目	66
一、可视胚胎项目 VEP	66
二、虚拟人类胚胎项目 DREM	71
第五节 可用于 ESS 培训的鼻旁窦精确模型	74

一、背景和前期准备	74
二、鼻旁窦精确模型 Surg Ready	75
三、未来的研究	77
四、国际上同类的工作	78
第六节 基于 VH 数据集的体积动画	79
一、体积动画的基本技术	79
二、体积动画实现过程的实例剖析	82
三、建模和动画体积变形的统一处理方法	95
四、实现体积实时操作的软件编辑工具	114
第七节 可视人的突出进展——Voxel-Man	116
一、Voxel-Man 脑部和颅骨 3D 解剖航行器	117
二、Voxel-Man 三维内部器官和放射解剖学系统	126
三、Voxel-Man 的应用	135
四、Voxel-Man 的发展历程和可以借鉴的经验	159
第八节 红骨髓虚拟仿真模型 (VIP-Man)	169
一、蒙特卡罗虚拟仿真简介	169
二、用于核医学剂量研究的人体模型的发展过程	170
三、原始图像与建造全身模型	171
四、全身模型的蒙特卡罗代码设计考虑	174
第九节 超越 Visible Human 的数字人计划以及其他国家的响应	175
一、美国虚拟人体计划	175
二、美国的数字人计划 (DHP)	178
三、数字人在亚洲的发展	185
四、人类脑计划 (HBP)	189

### 第三章 人体标本冷冻切削技术

第一节 标本的预处理	193
一、标本的遴选	193
二、标本的定型灌注	196
第二节 标本血管显示技术	197
一、灌注方法	197
二、填充剂及配制方法	199
第三节 血管灌注的预实验	210
一、中国数字人动脉灌注的实验研究	210
二、中国数字人动脉灌注浓度的选择	212
第四节 标本的包埋和定位	214
一、包埋方法和包埋材料	214
二、标本的定位	216
第五节 低温冷冻系统	217

### 第四章 标本断层切削装置和设备

第一节 断层切削系统	220
一、切削方式	220
二、铣削机床	221

三、铣削刀具 .....	223
四、辅助工艺和设备 .....	225
第二节 安全生产和数据采集者的劳动保护 .....	227
第三节 局部标本包埋切削方法 .....	228
一、固定 .....	228
二、骨和含钙组织脱钙 .....	231
三、洗涤和脱水 .....	232
四、透明 .....	235
五、透入和包埋 .....	236
六、切片 .....	242

## 第五章 冷冻切削数据获取技术和数据集

第一节 断面图像数据采集系统 .....	255
一、标本的切削 .....	255
二、图像的获取 .....	255
第二节 数据的存储 .....	256
一、数据的实时获取 .....	256
二、图像文件格式的选择 .....	257
三、数据的本地存储和备份 .....	258
第三节 数据集的质量标准和控制 .....	259
一、切削层距与像素的关系 .....	259
二、断层颜色及控制 .....	260
第四节 中国数字人原始数据集的图像格式和图像管理 .....	261
一、图形图像文件格式 .....	261
二、中国数字人原始数据集及图像管理 .....	268
第五节 国际色彩管理系统和中国数字人数据集的色彩管理 .....	272
一、国际彩色联合会色彩管理系统 .....	272
二、中国数字人数据集的色彩管理 .....	273
第六节 数字解剖学在研究其他生物结构中的应用 .....	275

## 第六章 生物塑化技术

第一节 生物塑化技术概述 .....	279
第二节 生物塑化高分子多聚物 .....	281
一、硅橡胶 .....	281
二、环氧树脂 .....	282
三、聚酯共聚体 .....	282
第三节 标本固定 .....	282
一、动脉防腐处理前大体标本的姿势整理 .....	283
二、眼球和脑的固定 .....	283
三、动脉防腐处理 .....	283
第四节 脱水及脱脂 .....	284
一、常用脱水脱脂剂 .....	284
二、丙酮冷冻置换脱水脱脂 .....	286
第五节 真空浸渗与定型 .....	287

一、浸渗的准备 .....	287
二、真空压力的调节 .....	287
三、整理、定型 .....	288
第六节 硬化 .....	289
一、硅橡胶技术的硬化处理 .....	289
二、环氧树脂技术的硬化处理 .....	289
三、聚酯共聚体技术的硬化处理 .....	289
第七节 断层塑化技术 .....	290
一、断层硅橡胶技术 .....	290
二、聚酯共聚体技术 .....	291
第八节 塑化标本的保存 .....	292

## 第七章 图像处理的理论和技术

第一节 数字人图像处理概况 .....	294
第二节 结合采集的数据集进行图像处理研究 .....	295
一、图像分割方法研究 .....	296
二、医学图像配准技术研究 .....	297
三、图像处理与三维重建软件开发与研制 .....	297
第三节 面向应用开展器官切片的重建研究 .....	299
第四节 建立“数字人体坐标系”研究人体复杂变形方法 .....	300
第五节 中国数字人计划与现代计算医学的关系 .....	302
第六节 对 VCH 数据集的图像处理 .....	303
一、格式转换及压缩 .....	303
二、图像增强 .....	304
三、图像配准 .....	305
四、三维重建 .....	305

## 第八章 人体器官的分割和浏览

第一节 人体器官的分割 .....	307
一、基于 MRI 和 CT 数据集的数字人体交互式 3D 分割 .....	307
二、基于彩色相片体数据集的 3D 分割 .....	314
三、器官的真实感绘制 .....	316
第二节 数字人数据的浏览 .....	324
一、基于知识模型的人体器官浏览 .....	324
二、基于网络的数字人数据的浏览 .....	332

## 第九章 生理功能的数字化模拟

第一节 概述 .....	350
第二节 血液循环系统的数学模型 .....	351
一、心脏模型 .....	351
二、血管模型的基本结构和方程 .....	356
三、肺循环模型 .....	359
第三节 物质代谢的动力学模型 .....	360
一、房室模型的概念 .....	360

二、脑的葡萄糖代谢动力学模型 .....	360
三、心脏的葡萄糖代谢动力学模型 .....	362
四、骨骼肌及其他器官或组织 .....	363
五、全身模型 .....	363
六、无损检测和最优采样 .....	364

## 第十章 医学影像处理与分析技术

第一节 集成化医学影像处理与分析算法研发平台 .....	368
一、VTK 和 ITK .....	369
二、MITK 的整体设计 .....	370
三、MITK 的关键技术实现 .....	373
四、应用实例 .....	378
第二节 三维医学影像处理与分析系统 3D Med .....	380
一、相关工作 .....	380
二、3D Med 的 Plugin 整体框架的实现 .....	384
三、应用实例 .....	388

## 第十一章 数字物理人建模技术

第一节 有限元建模的基本概念和方法 .....	392
一、有限元仿真与有限元建模 .....	392
二、有限元建模对象与目的 .....	393
三、有限元建模的基本步骤 .....	394
四、有限元建模的主要数据来源 .....	395
五、有限元建模的主要方法 .....	395
第二节 有限元建模应用实例 .....	396
一、颈前路蝶形钢板的力学性能评价 .....	396
二、腰椎小关节接触模型的有限元分析 .....	398
三、股骨一胫骨复合体模型在人体体重冲击下的运动力学响应研究 .....	398
四、激光三维扫描系统重建下颌骨 .....	402
第三节 人体物理参数的测定 .....	403
一、骨骼材料性质测量 .....	403
二、软骨材料性质测量 .....	404
三、软组织材料性质测量 .....	405

## 第十二章 组织精细结构信息的光学获取技术

第一节 数字人体研究中对高分辨数据获取技术的需求 .....	408
第二节 OCT 的历史背景 .....	409
第三节 OCT 的成像原理与特点 .....	410
一、OCT 成像原理 .....	410
二、OCT 成像特点 .....	411
第四节 OCT 系统的一种简单实现 .....	412
第五节 图像重建结果 .....	413
第六节 讨论 .....	417

**第十三章 脑功能研究数字化有关技术**

第一节 多通道记录技术简介	420
一、多通道记录系统的组成	420
二、神经元群活动数据的采集	422
三、神经元群活动数据的分析	423
四、神经元群同步放电记录技术的优越性	425
第二节 多通道记录技术的应用	426
一、在感觉研究中的应用	426
二、在运动研究中的应用	426
三、脑-机交互作用接口	428
四、在行为控制研究中的应用	429

**第十四章 断层影像解剖学研究**

第一节 断层影像解剖学的发展历史	433
第二节 断层影像解剖学的研究现状和前景展望	435
一、结合影像诊断绘制人体断层解剖学图谱	435
二、脑	438
三、头部	443
四、颈部	445
五、胸部	445
六、腹部	447
七、盆部及会阴	450
八、脊柱	450
九、四肢	451
十、断层影像解剖学前景展望	453
第三节 断层影像解剖学常用研究方法	455
一、冰冻切片技术	455
二、生物塑化技术	455
三、火棉胶切片技术	455
四、计算机图像三维重建	456
五、激光共聚焦技术	456
六、超声成像	456
七、X线计算机断层成像	456
八、磁共振成像	457
九、单光子发射计算机断层显像	458
十、正电子发射计算机断层显像	458
十一、内禀光学成像	459
第四节 数字人影像数据的获取	459
一、美国可视人计划影像数据的获取	459
二、中国数字人影像数据的获取	462

**第十五章 数字人在医学临床的初步应用**

第一节 人体臂丛神经三维重建研究	468
------------------	-----

一、臂丛神经研究概况 .....	468
二、臂丛神经三维重建研究 .....	469
第二节 肝脏的三维重建 .....	475
一、微观水平的三维结构 .....	476
二、宏观水平的三维结构 .....	480
第三节 虚拟眼的临床应用 .....	484
一、眼球生理切片图像 .....	484
二、活体数据 .....	486

## 第十六章 面向艺术与设计的数字人技术

第一节 艺术与设计对数字人研究的诉求 .....	491
一、艺术与设计概念的延伸 .....	491
二、面向艺术与设计的数字人特点 .....	493
三、应用及分类 .....	495
第二节 主要研究内容与进展 .....	497
一、核心框架 .....	497
二、人体建模 .....	498
三、运动控制 .....	502
四、多功能感知与情感计算 .....	505
五、人群仿真 .....	507
第三节 国际标准的支持 .....	509
一、VRML 中数字人的表示 .....	509
二、MPEG-4 中数字人的表示 .....	511
第四节 典型技术系统 .....	514
一、DI Guy .....	514
二、JACK .....	515
三、VLNET .....	516
四、Poser .....	518
五、Maya .....	520
六、PeopleSize .....	521
第五节 典型应用 .....	523
一、服装领域的应用 .....	523
二、文化遗产保护领域的应用 .....	525
三、舞蹈编排中的应用 .....	526
四、人机工程设计中的应用 .....	527

## 第十七章 数字人在祖国医学研究中的结合和应用

第一节 腧穴学的传统研究方法 .....	545
一、现代医学方法 .....	545
二、物理学方法 .....	546
三、系统科学方法 .....	546
第二节 穴位解剖定位的研究 .....	547
一、腧穴解剖结构配布的研究 .....	547
二、危险穴位的研究 .....	549

第三节 数字人与针灸穴位的研究 .....	554
一、数字人技术运用 .....	554
二、针灸穴位数字人研究内容 .....	556
第四节 数字人在腧穴研究中的意义 .....	557
一、针灸学表达思想的萌芽与发展 .....	558
二、数字针灸学发展是必然趋势 .....	558
三、数字针灸学有广阔前景 .....	559
四、穴位三维可视化研究的方法 .....	561
第五节 中医知识库的构建 .....	579
一、中医学概念显示方式的探索 .....	579
二、针灸腧穴三维影像浏览器 .....	582
三、虚拟中医诊疗技术 .....	592
第六节 筋膜学和经络穴位的有关研究 .....	594
一、筋膜学与经络穴位的关系 .....	594
二、筋膜学与经络机理的探讨 .....	597
三、针灸穴位和经络的本质探讨 .....	599
四、自体监控系统(筋膜学)所涉及的科学问题 .....	600
<b>第十八章 数字耳鼻咽喉学研究进展</b>	
第一节 数字影像技术在耳鼻咽喉科的临床应用 .....	606
一、螺旋CT三维重建技术 .....	606
二、仿真内镜技术 .....	608
三、影像导航技术 .....	611
第二节 颞骨组织切片解剖结构三维重建技术 .....	612
第三节 数字耳鼻咽喉科学研究现状 .....	613
一、数字人简介 .....	613
二、仿真技术与手术模拟 .....	615
<b>第十九章 数字解剖学——新的分支学科</b>	
第一节 温故知新——现代临床解剖学发展的借鉴 .....	623
一、显微外科解剖学 .....	624
二、临床解剖生物力学 .....	624
三、断层影像解剖学 .....	624
四、组织工程 .....	625
五、微创外科解剖学 .....	625
第二节 数字解剖学构想初现曙光 .....	626
一、可视人的有关工作 .....	626
二、物理人的初步探索 .....	629
三、新学科建设任重道远 .....	631



## 第一章

# 我国数字人研究发展概况

DIYIZHANG WOGUOSHUZIRENYANJIUFAZHANGAIKUANG

“数字人”(Digital Human)是通过计算机技术,将人体结构数字化,在电脑屏幕上出现看得见的、能够调控的虚拟人体形态。进一步将人体功能性信息赋加到这个人体形态框架上,经过虚拟现实技术的交叉融合,这个“数字人”将能模仿真人做出各种各样的反应。若设置有声音和力反馈的装置,还可以提供视、听、触等直观而又自然的实时感。概括“数字人”这个领域的内涵,研究工作需要经历4个发展阶段,即“数字可视人”、“数字物理人”、“数字生理人”和“数字智能人”。这4个阶段不一定截然分开,各阶段的研究内容会有交叉重叠。

### 第一节 两次香山科学会议启动和推进数字人研究工作

“数字人”研究还是较新的科技领域。专门研讨科技发展前沿的“香山科学会议”,在近两年间,已为中国数字人(Chinese Digital Human, CDH)的研究召开了两次研讨会(图1-1-1)。足以说明,这个属于信息科学与生命科学交汇点上的研究新领域,有重大意义。

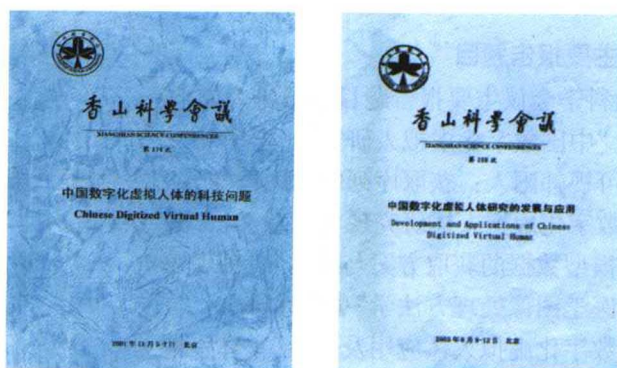


图1-1-1 第174次和第208次香山科学会议论文