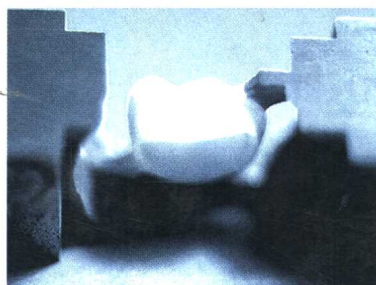
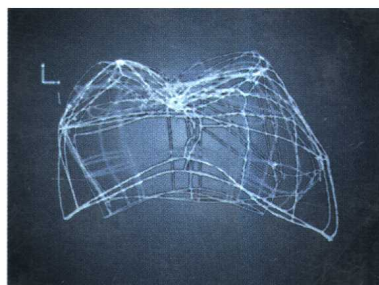
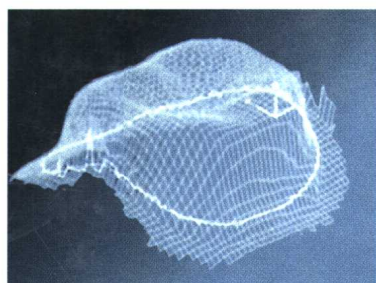
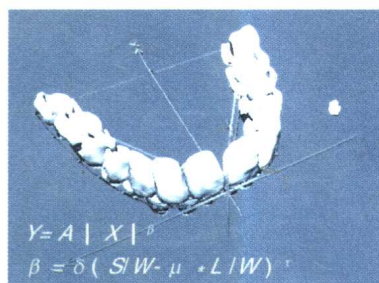


The Application of Mathematics and Computer Technology in Stomatology

数学与计算机技术 在口腔医学中的应用

吕培军 编著



中国科学技术出版社

数学与计算机技术 在口腔医学中的应用

吕培军 编著

中国科学技术出版社

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

数学与计算机技术在口腔医学中的应用 / 吕培军 编著.
北京: 中国科学技术出版社, 2001.4

ISBN 7-5046-3021-7

I . 数 ... II . 吕 ... III . ① 数学 - 应用 - 口腔科学
② 计算机应用 - 口腔科学 IV . R78

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 09190 号

中国科学技术出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码: 100081

电话: 62179148 62173865

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京宏达恒智印艺有限公司承印

*

开本: 787 毫米 × 1092 毫米 1/16 印张: 15 字数: 360 千字

2001 年 7 月第 1 版 2001 年 7 月第 1 次印刷

印数: 1 ~ 1000 册 定价: 168.00 元

(凡购买本社的图书, 如有缺页、倒页、
脱页者, 本社发行部负责调换)

序

由北京大学口腔医学院吕培军教授编著的《数学与计算机技术在口腔医学中的应用》，较系统地介绍了国内外以计算机技术为代表的高科技与传统口腔医学相结合的研究、应用进展。也包括了他本人的研究成果。

《数学与计算机技术在口腔医学中的应用》介绍了数学在口腔医学中的地位和作用、计算机辅助设计和计算机辅助制作(含机器人技术)、人工智能、三维测量技术、计算机图形和图像处理、口腔医疗机构信息系统、智能化医疗诊断仪器、计算机与口腔生物力学问题，基本上涵盖了计算机在口腔医学应用的各个分支。

这本书的出版不仅能帮助广大口腔医务工作者了解国内外口腔医学计算机技术的动态，也可作为有志于从事该项工作人员的一本参考书，谨希望本书能为口腔医学的发展与进步作出积极的贡献。

朱功学

2001年3月

序

电子计算机技术已经渗透到当今科学技术和医学科学的各个领域，推动着科学技术和医学科学的迅速发展，并且日益深刻地改变着人们的工作和生活方式，甚至可能改变人类自身。未来学家预言，未来的人类将有三个脑：左脑、右脑和电脑。

在我国电子计算机技术进入口腔医学领域仅十余年，但是已经看到这一20世纪伟大的科技成果对口腔医学发展的巨大力量。可以预言21世纪电子计算机技术也将推动口腔医学的迅速发展。

由北京大学口腔医学院教授、卫生部口腔医学计算机应用工程技术研究中心吕培军副主任编著的《数学与计算机技术在口腔医学中的应用》是一本国内首次系统地介绍国内外口腔医学计算机技术研究和应用的高级参考书。本书从数学、计算机辅助设计和计算机辅助制作、人工智能、三维测量、计算机图形和图像处理、口腔医学信息管理、智能化医疗诊断仪器、以及口腔生物力学等方面较详细地叙述了电子计算机在口腔医学中几个重点研究与应用课题的理论、知识和技术，其中有的资料是作者自己的研究成果。

望能通过本书的出版帮助广大口腔医务工作者了解国内外口腔医学计算机技术的动态，也希望能吸引更多口腔医学专家、计算机专家有志从事这项工作，为口腔医学科学的发展作出贡献。



2001年3月

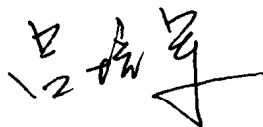
编者的话

计算机技术是20世纪人类社会公认的最伟大的科学成就之一。这对传统的口腔医学来说既是一种挑战，但同时也为我们提供了一种发展的动力和机会。

80年代初期，我抱着极大的兴趣开始了解和接触计算机技术在口腔医学中的应用与研究进展，多年来初衷不改，而且也开始自己在这—领域的研究。在多年的工作中曾遇到一些不同观点，使我经常考虑这样一个问题，计算机技术在21世纪口腔医学管理、临床、教学、科研和预防中将会扮演怎样的角色？纵观世界科技水平的发展趋势，我想答案是肯定的。我认为计算机技术已经直接或间接地进入口腔医学各个领域，它代表着一种趋势和未来，并将为我们带来辉煌的成就。

作为口腔计算机技术的呐喊者，我一直希望能按我自己的观点，将我十多年的研究工作和收集到的有关资料整理并写成一本书，尽管书中可能描述的不够全面或存在一些错误的地方，但我想这毕竟是国内第一本较系统地介绍口腔计算机技术研究与应用的书籍。它可供我的口腔医学同行了解国内外在这一领域的研究与应用动态。进一步讲，如能对那些有兴趣的读者起到一些参考和启发作用的话，那就将是我最大的愉快和满足。

最后，我想向对审阅本书原稿，并提出许多好建议的中华口腔医学会会长张震康教授、北京大学口腔医学院李国珍教授，本书中编写“生物力学”一节的王勇工程师和“正颌外科专家系统”内容的张晓副主任医师，以及为本书顺利出版作了大量工作的北京大学口腔医学院计算机应用中心的赵建江技师和中国科学技术出版社的白丽娟女士在此一并表示忠心地感谢。



2001年3月于北京

前 言

电子计算机技术的出现是20世纪人类社会最伟大的科学技术成就之一。自40年代中期人类第一台电子计算机(ENIAC)在美国问世以来,迄今已有近60年的历史。在此期间全世界总共制造、生产出大约2亿台各种类型的计算机,并将它们应用于社会物质文明和精神文明的建设与创造之中。

特别是从60年代起,随着电子技术,尤其是微电子技术取得突破性的进展,使得电子计算机的生产与制造得以飞速发展。各种计算机软、硬件的技术性能日趋完善,其功能也更加丰富多彩,因而在社会生产和生活各领域中得到越来越广泛的普及和应用。如:工业、农业、制造、生物、建设等等。这种以微电子技术为先导、计算机广泛应用为代表的新技术革命不仅对当代社会经济、社会生产力和科学技术的发展与提高起到巨大的推动作用,同时也给人们自身的思维模式带来巨大变化。在这股席卷全球的高科技浪潮冲击下,医学、口腔医学领域也正在发生着一场深刻的技术革命。医学家们开始深刻地认识到这场以计算机应用为代表的信息革命对医学科学来说意味着一次巨大的挑战,也是一次使医学摆脱传统的医疗模式而进入一个更深、更高层次的机遇。许多医学专家们致力于与计算机专家合作,把计算机技术应用到医学各个领域中来。在MEDINFO'92大会上J.H. Meiball教授说:“计算机在世界范围内的医疗和保健领域的研究和开发中扮演了一个基本角色。”口腔医学也不例外。

计算机技术的出现和应用对于现代口腔医学来说,无疑起到了巨大的推动和促进作用。现代科学技术中,日益强烈的渗透、移植、结合、一体化的趋势,孕育并提出建立统一科学方法论的要求。这种代表现代化科学进步的主要形式便是交叉学科的产生。

70年代初,法国牙医、世界著名的口腔医学计算机专家Francois Duret教授开创性地将原本用于工业生产制造过程的计算机辅助设计与计算机辅助制作(Computer Aided Design and Computer Aided Manufacture 简称CAD/CAM)技术引入到口腔固定义齿(嵌体、冠、固定桥、种植体)的设计与制作过程中,历经近20年的努力终获成功。它采用全新的概念和加工方法,使以前需医生和技术人员两人配合,花费2~3天的工作量,缩短为只需医生一人操作并在两小时内全部自动加工完成。这种技术的出现不仅大幅度提高了工作效率,取代了以往加工义齿所需的许多设备、材料,同时,也大大减轻了技术人员的劳动强度,改善了工作环境,而且,加工所得的义齿外观和精度又大大优于手工制品。此外,由于缩短了患者的就诊时间和次数,大大方便了患者。鉴于Francois教授对世界口腔医学界所做的卓越贡献,法国总统密特朗亲自授予他一枚法兰西荣誉十字勋章。

1989年3月在加拿大温哥华举行的“计算机辅助设计及辅助制作技术在牙科应用”讨

论会上,与会代表明确提出:“自 Taggat (1907) 提出金嵌体制作技术以来, CAD/CAM 技术将是自口腔修复学问世以来第一次真正的技术革命。”

现代高科技对口腔医学理论及技术的渗透为口腔医学临床医疗工作提供了一种全新的工作方式和医疗环境。它不仅能大幅度提高口腔医技人员的劳动效率和经济效益,提高义齿的加工水平和制作质量,同时也提高了口腔医学的理论及实践的科学性。计算机自出现以来便对科学研究方式和方法产生了十分显著的影响。计算机技术对口腔医学产生较大影响的另一个例子是人工智能技术的应用。由于计算机所具有的“运算”、“记忆”和“思维”的功能,使医学专家系统应运而生。

医学专家系统是一种计算机程序,可以用来解决临床诊断,制定治疗计划或义齿设计中的一些困难问题。专家系统主要由知识库和推理机组成,并根据已建立的逻辑关系进行推理,可帮助医技人员根据已知的信息而寻找最终的决策答案。较早的医学专家系统 MYCIN 是由斯坦福大学在 70 年代开发成功的,它能帮助内科医生诊断疾病。而最早将人工智能专家系统应用于口腔医学中的是日本学者 Y. Maeda 和 S. Tsutsumi。他们开发的用于“可摘式局部义齿设计”的专家系统可帮助临床医生进行“局义”的设计工作,可辅助医学生学习和掌握义齿的设计技能和理论知识。由于专家系统是建立在对口腔高级医学专家所具有的知识、经验基础上,它能把医学专家的概念、判断、推理这些思维形式转化成一些简单的数字符号,因而把使用概念进行判断、推理的过程形式变成由符号构成的命题运算,从而模拟高级口腔医学专家的思维过程并得到相应的结果。此外,就知识的固有价值来考虑:知识是宝贵的资源,知识的改进和再现会创造价值。按惯例一个口腔医学专家向学生传授知识和经验需要多年时,而一个年轻医师要想成为一个有经验的医学专家也必须经过多年的学习和经验积累。一个设计良好的医学专家系统则可大大地缩短上述过程,这相当于快速复制了一大批训练有素、经验丰富的医学专家,从而增加社会 and 经济效益,提高医疗质量。再者,从医学专家吸取知识并把它转换成可计算的形式,将会显著地降低复现和使用知识的成本。同时,通过专家系统向口腔医学自身的专业知识提供检测和评价的机会,又可加速该领域知识的更新改进,促进学科发展。所有这些都起着极其重要的意义。人工智能专家系统的主要创始人之一, E. A. Feigenbaum 早在 1986 年就指出:“农业劳动者的艰苦工作被农业机械彻底改革掉了,工业劳动工人的体力劳动被动力机械和重型机械改革掉了。在我们向信息社会过渡的进程中,专业人员和知识工人的劳动受到电子计算机的彻底革命。”今天计算机与口腔医学的成功结合也再一次验证了科学先驱者的预言。

计算机在口腔领域研究及应用的成功,使得世界上许多发达国家纷纷投入巨大的财力、人力,相继开展了计算机技术在口腔医学各领域、各医疗环节中的研究与应用,并在许多方面获得重大突破。尤其是近几年来,国际上许多大的计算机专业公司与口腔医学工作者通力合作,不断开发出各种用于临床医疗、教学、科研等方面的应用软件和计算机专用设备,如各种口腔医疗、诊断家系统、牙医治疗辅助系统、口腔医学专用图像处理系统、数字化口腔 X 光处理系统、口腔医学教育系统、牙科诊所办公自动化系统、口腔生物力学分析系统、智能化医疗仪器等。其中仅用于固定义齿设计、制作的 CAD/CAM 系统,目前正在市场上销售或正在开发之中的就有 Celay、Procera、Titan、Cerec、Sopha、Cicero、

Denti CAD、Cadim、Midia 等。由于口腔医学自身所具有的特殊性和相对独立性，因而口腔医学计算机的开发与应用也日趋变成一个较完整、独立的产业，这在国外被称之为“新兴的牙科产业”。

计算机技术对口腔医学的渗入而引发的一场技术革命，正在改变着口腔医生传统的口腔医学观念和医疗模式。正如美国普林斯顿牙科研究中心在 1992 年国际牙科计算机临床应用会议上指出：“计算机技术在口腔医学中的应用，打破了传统的口腔医学在相当一段时间内所保持的沉默，使人们充分感受到现代高科技所带来的巨大生产力和社会经济效益”。越来越多的口腔医务工作者希望了解有关这一领域所取得的成绩和信息，并希望能学习和掌握这种新技术。

国际牙科计算机学会自成立以来(1989 年)，在口腔医学计算机的研究、开发、宣传、普及、推广应用等方面做了大量的富有成效的工作，也为此付出了巨大艰辛的劳动。自 1992 年起几乎每年召开一次“国际牙科计算机临床应用学术研讨会”用于交流、探讨各种有关的基础理论及临床应用等学术问题，并制定有关的技术规范和标准。国际范围内的口腔医学计算机研究方兴未艾，1997 年在日本东京召开的第六届国际牙科计算机学会上，仅日本学者报告的学术论文就有六十几篇，所涉及的研究内容之广，学术水平之高令人称谓，其中涉及口腔修复学的论文就占三分之一以上。这表明，尽管欧美国家开创了口腔医学计算机应用研究的先河，但日本正以其强有力的技术地位和一贯的中长期政策，迅速而又广泛地将以计算机为代表的高科技应用于社会各个领域，并很可能成为将来的领先者。面对市场上出现的日益增加的口腔医学计算机产品，J.D. Preston 教授指出：“这些技术的应用，最终将导致计算机技术在牙科临床中的全面推广。”

纵观计算机在口腔医学中应用近 30 年的历史表明，计算机和信息技术已成为现代医学发展的重要技术支撑环境，解决医学领域重大课题和实现医院现代化建设都需要计算机系统这一基础设施。为此，已故的卫生部陈敏章部长在中国第六届医药信息学大会(CMIA'94)上指出：“世界科学界毫不怀疑医药学与信息科学(计算机科学)及由此产生与发展的一系列新兴技术，将在下一世纪极大地改变整个人类的生存状况与生活方式。医药信息学恰恰是这两门科学的交接部生成的一门新科学。我们要从战略的高度，从我们国家科学与经济发展的高度来认识我们学科发展的重要性，来推动医药界的计算机应用工作。为赶上现代医学发展的步伐，将计算机技术有效地应用到医药学各领域中已成为我国卫生系统的一项重要任务。”

与国际相比，我国口腔医学计算机的应用与研究起步相对较晚，总体水平较落后。但自 20 世纪 80 年代起国内一些学者已注意到国际口腔学界正在悄然兴起“牙科计算机革命”并认识到这一问题的重要性。为追踪国外高科技，国内一些口腔医学院校也开始摸索和探讨这一领域的研究工作。尤其是 80 年代后期，国内一批以中青年口腔医学工作者为骨干力量的研究队伍逐步形成，并开始在我国口腔医学计算机应用领域取得了一些令人可喜的研究成果。在口腔修复医学方面，北京大学口腔医学院率先报道了计算机辅助设计及人工智能技术在口腔修复中的应用研究。国内其他一些院校，如华西医科大学口腔医学院、上海第二医科大学口腔医学院、第四军医大学口腔医学院等也纷纷开始这方面的研究工作，并取得一系列的成果。为提高我国口腔计算机研究领域的学术水平，加速我国口腔医学现

代化的进程，1993年12月在北京召开了“全国首届口腔医学计算机学术研讨会”，并于1994年10月及1997年10月再次在北京大学口腔医学院召开“第二、三届全国口腔医学计算机学术讨论会”。同时，正式成立了中国医药信息学会口腔计算机学会和中华口腔医学会计算机专业委员会。1997年6月由卫生部科教司主持召开，国内一些著名口腔医学专家和计算机专家参加的论证会上，各与会专家一致同意以北京大学口腔医学院为依托单位、正式组建“卫生部口腔医学计算机应用工程技术研究中心”，这充分说明计算机在今后口腔医学发展中将起的重要作用。

诚然，由于历史的原因和传统的观念意识，我们还需要一些时间使广大的口腔医务工作者(尤其是国内)普遍地接受计算机，普遍地将其应用于临床医疗、教学、科研以及医院科室、诊所事物管理之中。这除了依靠提高各种计算机系统自身的功能、水平，使之能为医生和患者带来实际上的便利和好处以外，也还必须注意另外一个问题，那就是应该逐步提高广大口腔医务工作者自身的业务素质 and 现代化意识及掌握运用计算机的能力，使我们的临床医疗工作从较低级的定性描述向更高级的科学定量化发展。只有这样我们才能真正感到计算机技术的巨大优越性能和价值。

总之，今天计算机作为一种应用于各种临床医疗和事务处理的强有力工具，正在成为日趋增加的口腔医学领域中的一种重要的固定资产。它正在改变着口腔医学的面貌和历史进程。计算机在口腔医学中的应用是一个新的研究领域，在本书编写过程中，笔者力求尽可能用通俗的语言来介绍有关的计算机专业知识，并尽可能结合其在口腔医学中应用的实例来说明。但限于笔者自身的水平有限，且收集的资料数据也不够全面。因此，本书在内容上难免存在一些不准确或是错误的地方，希望读者给予批评、指正。

就目前状况而言，计算机技术在口腔医学中的应用大致可分成以下几个方面：数学在口腔医学中的地位和作用；计算机辅助设计和计算机辅助制作(CAD/CAM)；人工智能(AI)；三维测量技术；计算机图形、图像处理；口腔医院、诊所信息系统；智能化医疗诊断仪器；计算机与口腔医学的生物力学问题。

谨以此书献给

我的妻子高桦

吕培军 男, 1952

年8月出生, 汉族。
1983年毕业于首都医
科大学口腔医学系,
获医学学士学位。
1994年于北京医科大
学获医学博士学位。
现任北京大学口腔医
学院教授、主任医师、
硕士生导师、北京大
学口腔医学院计算机



应用中心主任、卫生部口腔医学计算机应用工程技
术研究中心常务副主任、中华口腔医学会口腔医学
计算机学组组长、中国计算机用户协会图形图像分
会常务理事、现代口腔医学杂志和口腔颌面修复杂
志编委。多次赴国外学术交流和学习。

长期从事口腔修复医学临床工作, 自80年代初
开始跟踪国际口腔医学计算机的应用与研究动态,
并同时开展计算机技术在口腔医学中的应用研究。
曾多次参加和主持国家级的科研课题项目。其中主
持的国家自然科学基金项目“牙颌模型三维激光扫
描测量系统”获国家专利和北京市科技成果三等
奖。国家“863”高科技计划项目“机器人辅助全
口义齿排牙系统”也已通过国家验收。是国内口腔
医学计算机应用与研究的学科带头人。先后发表论
文30余篇。曾参加编写徐君伍教授主编《口腔修复
学参考教科书》、张震康教授主编《口腔医学大全》
中有关计算机技术应用的章节。本次主编的《数学
与计算机技术在口腔医学中的应用》一书, 是我国
第一部研究该领域的专著。

责任编辑：白丽娟 周晓慧

责任校对：冯 静

责任印制：李春利

ISBN 7-5046-3021-7



9 787504 630216 >



| | |
|--------------------------------------|------|
| 第一章 数学在口腔医学中的地位和作用 | (1) |
| 第二章 计算机辅助设计和计算机辅助制作 (CAD/CAM) | (3) |
| 一、关于 CAD/CAM 系统的一般概念介绍 | (4) |
| (一)CAD/CAM 系统的类型 | (4) |
| (二)CAD/CAM 系统应具备的基本功能 | (4) |
| (三)CAD/CAM 系统的硬件配置类型 | (5) |
| (四)CAD/CAM 的软件系统 | (5) |
| (五)数据库 | (5) |
| (六)数控加工(CAM)的原理 | (6) |
| (七)CAD/CAM 技术的发展趋势 | (7) |
| 二、口腔修复 CAD/CAM 系统的应用与进展 | (7) |
| (一)在口腔固定修复中的应用 | (7) |
| (二)在口腔局部义齿中的应用 | (68) |
| (三)在全口义齿中的应用 | (69) |
| (四)颌面缺损修复的 CAD/CAM 系统研究 | (82) |
| (五)关于新型的 CAM 方法 | (85) |
| (六)用 CAD/CAM 来设计、制造活动义齿的优点 | (86) |
| 第三章 人工智能专家系统在口腔医学中的应用 | (88) |
| 一、什么是人工智能 | (89) |
| 二、什么是专家系统 | (89) |
| (一)具有专家水平的专门知识 | (89) |
| (二)能进行有效的推理 | (91) |
| (三)具有解释功能 | (91) |
| (四)具备人机对话功能 | (91) |
| (五)专家系统易于维护和更新 | (91) |
| 三、专家系统的一般结构 | (92) |
| 四、专家系统的知识表示方法及知识库 | (92) |
| (一)专家系统的知识表示方法 | (92) |

| | |
|--------------------------------|-------|
| (二)知识库 | (93) |
| 五、专家系统中知识来源的选择 | (93) |
| 六、推理机 | (94) |
| 七、开发专家系统的基本原则和过程 | (95) |
| (一)建造专家系统的基本原则 | (95) |
| (二)专家系统的大致开发步骤 | (95) |
| 八、开发专家系统常用的软件工具 | (96) |
| (一)程序设计语言 | (96) |
| (二)通用型专家系统 | (96) |
| 九、口腔修复领域中专家系统的应用状况 | (96) |
| (一)日本大阪大学系统 | (96) |
| (二)西佛吉尼亚大学系统 | (97) |
| (三)北京大学口腔医学院系统 | (98) |
| (四)Wiebelt 系统 | (113) |
| (五)其他 | (114) |
| 第四章 三维测量技术 | (115) |
| 一、用于牙颌形态测量的三维激光扫描系统 | (117) |
| (一)可用于牙颌模型测量的三维激光扫描仪 | (118) |
| (二)牙颌模型三维激光扫描仪的临床应用 | (136) |
| 二、用于颅面测量的三维激光扫描仪 | (136) |
| (一)颅面三维激光扫描仪的工作原理 | (137) |
| (二)颅面三维激光扫描仪的精确度 | (137) |
| (三)颅面三维激光扫描仪的临床应用 | (138) |
| (四)Cyberware 三维激光数字化仪 | (138) |
| (五)北京大学口腔医学院颅面三维激光扫描系统 | (138) |
| (六)颅面三维激光扫描仪的优缺点 | (147) |
| 第五章 计算机图形、图像技术在口腔医学中的应用 | (148) |
| 一、多媒体在口腔医学中的作用 | (148) |
| (一)多媒体技术的特点 | (149) |
| (二)多媒体的技术要求 | (149) |
| (三)多媒体技术在口腔领域的应用状况 | (149) |
| 二、医学图像处理在口腔医学中的应用 | (162) |
| 三、人工虚拟现实技术与口腔医学 | (166) |

| | |
|----------------------------------|--------------|
| (一) VR 系统的基本构成 | (167) |
| (二) VR 系统的特点 | (168) |
| (三) 用于口腔医学临床操作训练的虚拟现实系统 | (168) |
| 第六章 口腔医院、诊所信息系统 | (174) |
| 一、口腔医院、诊所信息系统的主要内容 | (174) |
| (一) 医院诊所的行政事务管理信息 | (174) |
| (二) 临床医疗服务管理信息 | (174) |
| (三) 科研 | (175) |
| (四) 教学 | (175) |
| 二、口腔医院、诊所信息系统的发展趋势 | (176) |
| (一) 从面向管理到面向医疗的过渡 | (176) |
| (二) HIS 的区域网络 | (176) |
| (三) 计算机化的病案系统 (电子病历) | (176) |
| 三、国外口腔医院、诊所 HIS 的研究应用状况 | (176) |
| (一) 第一代——初级系统 | (177) |
| (二) 第二代——中级系统 | (178) |
| (三) 第三代——高级系统 | (178) |
| (四) 第四代——高技术背景系统 | (179) |
| 四、北京大学口腔医学院口腔诊所信息管理系统 | (179) |
| (一) 系统的功能结构 | (179) |
| (二) 系统开发平台 | (180) |
| (三) 系统测试方法 | (181) |
| (四) 口腔临床医疗操作代码 | (181) |
| (五) 系统应用结果 | (181) |
| (六) 该系统的特点 | (182) |
| 五、口腔医院、诊所信息系统开发和应用所需的基本环境 | (193) |
| (一) 口腔医学信息的标准化是建立口腔医院、诊所信息系统的基础 | (193) |
| (二) 口腔信息系统所需软、硬件设备 | (194) |
| 第七章 智能化医疗诊断仪器 | (195) |
| 一、下颌运动轨迹的计算机测试分析系统 | (195) |
| (一) SGG 系统 | (195) |
| (二) 与 SGG 系统相似的下颌运动记录系统 | (197) |
| (三) MM-J1 系统 | (197) |

| | |
|------------------------------|--------------|
| (四) MT-1602 系统 | (197) |
| (五) 其他 | (198) |
| 二、咬合接触记录、分析系统 | (199) |
| (一) T-Scan 系统 | (199) |
| (二) Dental Prescale SOH 系统 | (199) |
| 第八章 计算机与口腔医学的生物力学问题 | (201) |
| 一、力学与口腔医学的关系 | (201) |
| 二、口腔医学中的力学问题 | (205) |
| (一) 材料的力学性能 | (205) |
| (二) 口腔医学中的载荷问题 | (205) |
| (三) 义齿修复设计的应力分析 | (205) |
| (四) 口腔医学 CAD/CAM 及专家系统中的力学分析 | (205) |
| 三、生物力学在口腔医学中的应用 | (206) |
| (一) 实验力学 | (206) |
| (二) 计算力学 | (206) |
| 四、发展前景展望 | (207) |
| 第九章 正颌外科专家系统的应用 | (209) |
| 一、概述 | (209) |
| 二、计算机技术在正颌外科中的应用 | (209) |
| (一) 正颌外科专家预测系统 | (209) |
| (二) 自动 X 线头影测量系统 | (214) |
| 参考文献 | (223) |