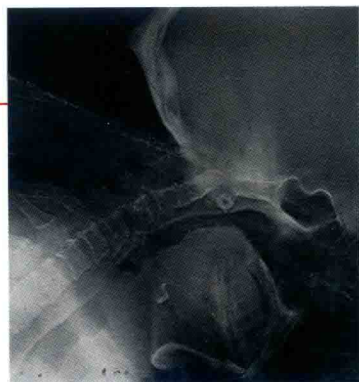


# 实用数字 X 线 体层影像诊断学

Diagnostic Imaging of Practical  
X - ray Digital Tomosynthesis

主编 高剑波 丁昌懋



人民卫生出版社  
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE

# 实用数字X线体层影像诊断学

主 编 高剑波 丁昌懋

副主编 张慧宇 王 博 卢振威

编 者 (按姓氏笔画排序)

丁昌懋	于 湛	王 博	左 磊	卢振威	巩青松
朱 迪	刘 杰	刘 潮	孙慧芳	苏 蕾	杨 欢
吴 强	杨晓鹏	宋向前	张永高	张慧宇	陈建立
岳松伟	周志刚	胡丽丽	高剑波	唐 丽	梁 盼
梁晓雪	蔡文晶				

人民卫生出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

实用数字 X 线体层影像诊断学/高剑波, 丁昌懋  
主编. —北京: 人民卫生出版社, 2016  
ISBN 978-7-117-23691-1

I. ①实… II. ①高…②丁… III. ①计算机 X 线  
扫描体层摄影-影象诊断 IV. ①R814.42

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 289871 号

人卫智网	<a href="http://www.ipmph.com">www.ipmph.com</a>	医学教育、学术、考试、健康, 购书智慧智能综合服务平台
人卫官网	<a href="http://www.pmph.com">www.pmph.com</a>	人卫官方资讯发布平台

版权所有,侵权必究!

实用数字 X 线体层影像诊断学

主 编: 高剑波 丁昌懋

出版发行: 人民卫生出版社(中继线 010-59780011)

地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号

邮 编: 100021

E-mail: [pmph@pmph.com](mailto:pmph@pmph.com)

购书热线: 010-59787592 010-59787584 010-65264830

印 刷: 北京汇林印务有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 30.5

字 数: 740 千字

版 次: 2017 年 1 月第 1 版 2017 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-23691-1/R·23692

定 价: 158.00 元

打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: [WQ@pmph.com](mailto:WQ@pmph.com)

(凡属印装质量问题请与本社市场营销中心联系退换)

A decorative background in the top-left corner of the page, featuring a cluster of various numbers (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) in different sizes and orientations, rendered in a light, semi-transparent grey color.

## 内容简介

本书是旨在介绍合成体层成像设备应用于临床实践的专著。全书共三章,主要介绍了合成体层成像技术及其他放射新技术的概念、技术原理、演化历程及日常诊疗工作中的应用;同时还系统地介绍了数字平板造影在人体各部位疾病诊断中的应用。全书内容以临床病例展开,以其他影像学检查为参照和补充,图文并茂地论述了数字放射新技术在全身各部位疾病诊断中的亮点和创新之处。本书可作为医学影像学科医生的专业参考书,也可供临床其他学科人员、医学高等院校师生拓展视野的阅读参考。

## 主编简介

高剑波,男,1963年7月出生,河南长葛人,汉族,博士学位,二级教授,博士生导师。2005年华中科技大学同济医学院博士毕业。现任郑州大学第一附属医院副院长。郑州大学第一附属医院影像学科学术带头人,卫生部国家重点学科学术带头人。获得河南省“五一”劳动奖章、河南省优秀专家、河南省师德标兵、河南省卫生系统先进工作者、河南省自主创新十大杰出青年等荣誉称号。

现任中华医学会影像技术分会副主任委员、中华医学会放射学分会腹部放射学专业委员会副主任委员、中国医学装备协会普通放射装备专业委员会主任委员、河南省医学会影像技术分会主任委员、河南省医学会放射学分会副主任委员等职务。曾两次在美国约翰·霍普金斯大学短期访问学习。目前担任《中华放射学杂志》等国内外10余种学术期刊的常务编委、编委或审稿人。

从事医学影像学临床、教学、科研及管理工作32年,在消化系统肿瘤和肺部疾病的影像诊断及其新技术研究方面颇有造诣,率先在国内开展数字放射新技术临床应用研究。先后获得河南省科技进步二、三等奖9项。近年来主持国家自然科学基金面上项目2项,河南省杰出青年科学基金获得者,河南省杰出人才基金获得者,获得河南省重点科技攻关计划项目6项,主持河南省创新型科技团队和省高校科技创新团队各1项、省级重点实验室2项,河南省国际科技合作计划项目以及国际科技合作基地项目各1项,主持郑州市重点实验室和领军人才项目各1项,郑州大学研究生核心学位课程项目1项,获得专利10余项,主编及参编医学影像学专著近20部,其中影像教材6部,发表论文300余篇,其中SCI收录30余篇,中华系列杂志40篇。



## 主编简介

丁昌懋,男,河南省固始县人,1980年5月出生,汉族,副主任医师,博士。河南省医学会放射学分会委员。2003年毕业于郑州大学医学院医学影像学专业,2006年取得郑州大学第一附属医院影像医学与核医学专业硕士学位,2016年取得郑州大学第一附属医院影像医学与核医学专业博士学位,专业方向为胸腹部疾病综合影像诊断。

承担郑州大学5年制本科及7年制硕士研究生《医学影像学》理论课教学工作多年。从事数字X线造影工作近10年,具有较丰富的临床经验;对近年来应用于临床的数字X线新技术有较为深入的理解和认识,并创新性地将这些技术应用于临床工作中,积累了一定的临床经验。2010年及2013年分别赴美国、日本进行放射学学术交流。发表专业论文10余篇,其中SCI收录1篇。参编医学影像学专著5部,其中4部担任副主编。获河南省科技成果奖二等奖2项;主持河南省科学技术厅项目1项;河南省卫生计生委医学科技攻关项目1项。



# 序 一

医学影像学经历了一百多年的发展,现在已经枝繁叶茂、硕果累累。但随着科学技术的进步,各种新的检查技术和检查方法仍然层出不穷、方兴未艾。

传统 X 线检查与医学影像学一脉相承,X 线自 1895 年发现并应用于疾病诊断,已成为最为久远的放射学检查方法。在其发展历程中,尽管发生不少的变化及创新,但真正称的上伟大变革的,则是近十余年来的数字化革命。在提高 X 线图像质量、加快 X 线摄片检查速度和减少 X 线辐射剂量等方面显示出了很大的优势。

数十年前 X 线体层摄影术曾被广泛用于人体内部某一层面组织结构的显示。随着 CT 检查技术的出现,体层摄影术逐渐被取代。近年来,出现了一种新的数字 X 线体层摄影技术,它可以获取感兴趣区内部分容积信息,重建出 X 线穿行路径上任意层面的断面图像,与 CT 检查的作用有相似之处,这就是合成体层成像技术。这种技术克服了传统 X 线成像的组织重叠,操作便捷,图像质量好,辐射剂量低,成为常规 X 线摄影的重要补充。特别是在骨关节隐匿性骨折的观察、乳腺结节及微小钙化的显示方面更有优势,目前已得到临床医生的认同。

数字化造影是 X 线检查的另一大优势所在,它是通过人体自然腔道引入对比剂,达到显示和诊断疾病的目的。目前在放射诊断领域尚缺乏一本较为全面地介绍数字化造影及其临床应用的专业著作。

郑州大学第一附属医院放射科拥有完备的数字化 X 线检查设备,近年来又引进多台高端多功能 X 线检查设备。由该院高剑波教授及其领导的团队,凭借先进的技术设备及认真细致的工作态度,收集本单位相关临床病例资料编著的《实用数字 X 线体层影像诊断学》一书,图文并茂地介绍了合成体层成像等放射影像新技术及数字化造影在全身各部位疾病诊断中的应用,并探讨其优势及局限性。全书贯穿了技术与诊断融合的主线,具有新颖性、综合性及很强的实用性。

本书是一部具有丰富理论知识及大量图像资料的医学放射学专著,是影像医学专业人员、临床医生及广大医学院校师生难得的参考书。

中华医学会影像技术分会主任委员

华中科技大学协和医院教授



2016 年 5 月

## 序 二

近年来,医学影像学的发展可谓是日新月异。各种新检查方法及设备不断涌现,极大地丰富了医学影像学的内涵,提高了医学影像学在疾病诊断、治疗及预后评估方面的地位和价值,越来越多地得到临床学科的认识和重视。

传统 X 线摄影检查的内容丰富、覆盖面广,是医学影像学的基础,也是现代医学影像学的根基。但由于其自身成像技术的局限,随着各种高精尖影像学成像设备应用于临床,传统 X 线的应用领域有缩小的趋势。近年来,随着数字化平板探测器的出现,传统 X 线摄影设备与技术也发生了深刻的变革,再次焕发出勃勃生机。特别是多种新的 X 线摄影检查技术的出现(如合成体层成像技术、双能量技术、全景拼接技术等),使 X 线摄影检查的领域得到进一步的扩展。此外,X 线造影也是 X 线摄影检查的重要内容,它对 X 线设备的性能、操作技术及操作者经验要求较高。数字化 X 线造影获取影像速度快、影像清晰并且存储方便,影像直观便于理解,是其他影像学检查方法不能代替的一种 X 线摄影检查。

郑州大学第一附属医院放射科高剑波教授紧扣医学影像学发展的脉搏,充分利用其科室先进的数字 X 线设备,组织有多年影像技术与影像诊断经验的硕博士团队率先在国内组织编写《实用数字 X 线体层影像诊断学》一书,填补了国内空白。这本专著详细介绍各种数字 X 线摄影新技术和数字化造影的检查方法、质量要求以及相关疾病的 X 线表现,具有系统性和逻辑性,理论联系实际,技术结合临床,深入浅出,全面反映数字 X 线设备、成像技术与影像诊断最新发展成果,非常值得一读。

中华医学会影像技术分会候任主任委员

北京协和医院高级工程师



2016 年 6 月



## 序 三

X线检查应用于疾病诊疗在医学发展史上具有里程碑意义。它作为最早出现的影像学检查方法,到目前已经有100多年的历史。这期间伴随着X线设备及技术的不断更新和进步,X线检查操作更加方便、图像更加清晰、辐射剂量逐渐减少、应用范围不断拓展。X线检查在使人类能够早期发现疾病的同时,也对疾病本身的认识更加深入。但是随着CT、超声、MRI等影像学检查技术的出现,X线检查的应用范围逐渐缩小,很大一部分X线检查技术已经被取代或较少使用。特别是在提倡“精准医疗”的当下,X线检查本身所具有的缺陷使其常常不能满足临床诊疗的需要。

X线数字合成体层成像是传统体层摄影在数字时代的延续,能够对兴趣区进行层面显示,弥补了常规X线图像上结构重叠的不足,是对X线检查的重要发展,为X线检查开辟了一片崭新的领域。目前,X线数字合成体层成像已经在临床有了较为广泛的应用,特别是在骨关节疾病、乳腺疾病的诊断中发挥着越来越多的作用。相信随着技术的进步和完善,合成体层成像必然在图像采集、重建速度及辐射剂量优化等方面获得进一步的提升,使其在临床上的应用更加广泛。

郑州大学第一附属医院高剑波教授等对影像学检查新技术的发展始终保持密切关注,在医院引进多种数字合成体层成像设备后,针对性的收集整理各种X线检查新技术的临床应用病例资料,组织科室骨干力量进行《实用数字X线体层影像诊断学》一书的编撰。该专著在介绍各种数字X线检查新技术的同时,还比较详尽地总结了数字X线造影的临床应用,突出了X线检查在疾病诊疗中的特殊作用,具有很高的临床指导意义,是一本既具理论参考价值、又具有指导临床操作作用的专业影像学著作,相信会对X线检查新技术的介绍及普及起到很好的作用。

中华医学会影像技术分会前主任委员

山东省医学影像学研究所



2016年12月



## 前言

近年来,随着数字平板探测器的应用和推广,传统放射在获得新生的同时得到了升华。如何更进一步的简化工作流程、提高图像质量,一直倍受放射影像学界关注。值得一提的是,数字放射新技术的研发并应用于临床是解决问题的关键。这其中就包括数字合成体层成像、全长拼接摄影、双能量摄影及动态摄影等。

体层摄影以往作为放射科的一项重要检查方法,通过复杂的机械运动获得感兴趣层面的影像,但一次机械运动仅能产生一幅断面图像。对于解剖结构复杂的部位,体层图像的质量很大程度上依赖于操作者的经验及水平。有鉴于此,随着 CT 设备的研发和普及,传统的体层摄影术很快被取代。数字合成体层成像与传统体层摄影的成像原理相似,获取靶区域内部组织结构的断面图像信息,均是通过 X 线源与被照物体间的相对位移来实现。需要指出的是,数字合成体层成像拥有先进的数字化平板探测器,可进一步融合重建原始数字图像,通过 X 线球管与探测器的一次相对运动,即可获得靶区域的多幅连续层面的图像,克服了组织结构间的重叠遮挡,在骨关节、胸部等领域具有很好的应用前景。

全长拼接摄影、双能量摄影及动态摄影作为放射影像检查的新技术,在诊断不同部位疾病中均发挥重要的作用。随着平板探测器的应用及技术改进,数字化造影技术也得到了质的提升:不仅应用范围更广,图像更为清晰,检查流程也更顺畅。

引进多功能合成体层成像设备六年来,我们收集整理了大量典型病例图像资料,参阅国内外最新的医学文献和相关资料,总结分析不同放射新技术在诊断人体各部位疾病的影像表现及其独特优势,编写成此书。本书共三章,主要阐述了合成体层成像等放射新技术,以及数字化造影在全身各部位的临床应用。第一章介绍了各种放射新技术的发展历史及检查原理;第二章逐个介绍合成体层成像、全景拼接摄影、双能量摄影及动态摄影等技术的检查方法及技术要点,以及在全身疾病诊断中的应用。重点是合成体层成像在骨关节及呼吸系统病变诊断中的作用及影像特征;第三章介绍了数字化造影在临床诊断中的应用,重点是数字胃肠造影的临床应用。在介绍疾病相关基本知识及影像学表现的同时,特别增加了各种放射新技术检查时的影像表现,并与常规 DR、CT 及 MRI 等影像学图像进行对比,相互印证,分析各种检查方法的优势及缺陷,理论与实践相结合,有利于读者深入地了解各种影像学方法在全身各部位疾病诊断中的价值。

医学影像学是一门发展更新速度较快的学科,本书中所述新技术新方法应用于临床时

间有限,虽然参与编撰此书的全体人员都投入了极大的热忱和一丝不苟的工作态度,但书中某些观点不一定恰当和全面,难免有一些不妥之处。限于编写者的认识和经验,我们真诚希望阅读本书的医学人士多提意见及建议,以便及时修正,不断完善。通过此书的出版,能为拓展数字放射技术的科学研究和临床应用提供借鉴和帮助是我们最终的心愿。

高剑波 丁昌懋

2016年9月



# 目录

第一章 绪论 .....	1
第一节 数字化合成体层成像设备新技术 .....	1
一、X线数字合成体层成像技术 .....	1
(一) 技术原理 .....	1
(二) 发展历史及临床应用概述 .....	5
二、脊柱或下肢全景拼接摄影技术 .....	8
(一) 技术原理 .....	8
(二) 临床应用概述 .....	9
三、双能量减影摄影技术 .....	9
(一) 技术原理 .....	9
(二) 临床应用概述 .....	11
四、动态摄影技术 .....	11
(一) 技术原理 .....	11
(二) 临床应用概述 .....	11
第二节 X线数字合成体层成像设备造影功能 .....	11
一、X线造影设备的种类及工作原理 .....	11
(一) 基于影像增强器系统 .....	11
(二) 基于电荷耦合器件系统 .....	12
(三) 基于平板探测器系统 .....	12
二、X线造影检查的对比剂 .....	13
(一) 高密度对比剂 .....	13
(二) 低密度对比剂 .....	13
(三) 碘对比剂不良反应及其防治 .....	14
第二章 X线数字合成体层成像设备新技术的临床应用 .....	16
第一节 X线数字合成体层成像技术 .....	16
一、X线数字合成体层成像检查方法 .....	16

(一) 检查方法	16
(二) 技术要求	16
二、X 线数字合成体层成像临床应用病例分析	18
(一) 头颅及五官颌面	18
(二) 骨盆及脊柱	53
(三) 四肢及附属关节	101
(四) 胸腹部	148
第二节 脊柱或下肢全景拼接摄影技术	185
一、全景拼接摄影检查方法	185
(一) 检查方法	185
(二) 技术要求	185
二、全景拼接摄影技术临床应用病例分析	186
(一) 脊柱全长拼接摄影	186
(二) 下肢全长拼接摄影	190
第三节 双能量减影技术	192
一、双能量减影技术检查方法	192
(一) 检查方法	192
(二) 技术要求	193
二、双能量减影技术临床应用病例分析	193
(一) 肺内病变	193
(二) 胸膜病变	202
(三) 纵隔病变	205
(四) 胸壁病变	209
第四节 动态摄影技术	212
一、动态摄影检查方法	212
(一) 检查方法	212
(二) 技术要求	212
二、动态摄影技术临床应用病例分析	213
(一) 功能性吞咽困难	213
(二) 下咽及食管病变	222
(三) 吻合口瘘	226
(四) 尿道狭窄	227
(五) 颈椎不稳	228
第三章 X 线数字合成体层成像设备造影功能临床应用	237
第一节 数字化胃肠道造影检查	237

一、胃肠道造影的方法及技术要求 .....	237
(一) 上消化道检查 .....	237
(二) 下消化道检查 .....	238
二、数字化胃肠道造影临床病例分析 .....	239
(一) 咽部 .....	239
(二) 食管 .....	253
(三) 胃 .....	279
(四) 十二指肠 .....	327
(五) 小肠 .....	345
(六) 结直肠及阑尾 .....	367
第二节 泌尿及生殖道造影检查 .....	403
一、泌尿及生殖道造影方法及技术要求 .....	403
(一) 静脉泌尿系造影 .....	403
(二) 逆行泌尿系造影 .....	403
(三) 膀胱造影 .....	403
(四) 尿道造影 .....	404
(五) 子宫输卵管造影 .....	404
二、数字化泌尿生殖道造影临床病例分析 .....	405
(一) 肾盂肾盏及输尿管 .....	405
(二) 膀胱及尿道 .....	416
(三) 子宫及输卵管 .....	425
第三节 窦道及瘘管造影检查 .....	437
一、窦道及瘘管造影检查方法及技术要求 .....	437
(一) 检查方法 .....	437
(二) 技术要求 .....	437
二、数字化窦道及瘘管造影临床病例分析 .....	437
(一) 左髂部皮下窦道形成 .....	437
(二) 小肠瘘管形成 .....	438
(三) 肛瘘 .....	440
(四) 先天性肛门闭锁并会阴部瘘管形成 .....	441
第四节 T管造影检查 .....	443
一、T管造影检查方法及技术要求 .....	443
(一) 检查方法 .....	443
(二) 技术要求 .....	443
二、数字化T管造影临床病例分析 .....	443
(一) 胆道系统残石 .....	443

(二) 胆道系统术后胆瘘 .....	445
(三) 胆肠吻合术后 .....	447
第五节 下肢深静脉顺行造影检查 .....	448
一、下肢深静脉顺行造影方法及技术要求 .....	448
(一) 检查方法 .....	448
(二) 技术要求 .....	448
二、数字化下肢深静脉顺行造影临床病例分析 .....	449
(一) 下肢深静脉发育畸形 .....	449
(二) 下肢深静脉瓣膜功能不全 .....	450
(三) 下肢深静脉血栓 .....	458

# 第一章 绪 论

## 第一节 数字化合成体层成像设备新技术

### 一、X 线数字合成体层成像技术

#### (一) 技术原理

1. 传统 X 线体层摄影基本原理 在常规 X 线平面成像中, X 线源和 X 线探测器位置相对固定; 而传统 X 线体层摄影使用的是相对移动的 X 线探测器和 X 线源(图 1-1-1), 它是利用组织之间的差异衰减来形成图像。假设圆点 A 和三角点 B 位于患者体内, 三角点 B 位于聚焦平面, 圆点 A 远离聚焦平面。当射线源位于图中左侧位置 1 时投射在 X 线胶片通过圆点 A 和三角点 B 的阴影被标记为圆点 A1 和三角点 B1。接下来反方向同步移动 X 线源和 X 线胶片: 向右侧移动 X 线源, 同时向左移动 X 线胶片, 以达到射线源位置 2。要确保通过三角点 B 产生的阴影 B2 与点 B 在第一位置产生的阴影 B1 重叠。这可以通过设置 X 线源和 X 线胶片的移动距离来实现(在实际投照操作时, 一般通过刚性连接杆联结 X 线源和 X 线胶片, 并且把刚性连接杆的旋转支点置于三角 B 点位置来实现)。然而, 通过固定点 A 在第二位置产生的阴影 A2 不重叠于其在第一位置产生的阴影 A1。这是因为圆点 A 不在聚焦平面上, 从圆点 A 到 X 线源的距离与其到 X 线胶片的距离比值在 X 线源和 X 线胶片反向运动过程中连续变化, 所以由圆点 A 产生的阴影形成线段, 这种属性适用于位于聚焦平面上方或下方的任意空间点。

一方面, 圆点 A 在 X 线胶片上所产生的阴影强度随着离聚焦平面距离变大而降低, 阴影被分布在一个扩展区。另一方面, 位于聚焦平面上的任意点都对应了胶片上的任一相对固定的位置。这样 X 线源和 X 线胶片做以人体组织预定聚焦平面为中心的相对移动, 通过一次长曝光得到的图像只有聚焦平面的图像清晰, 而在聚焦平面上下方组织的投影因为不能叠加而模糊不清。聚焦平面的高度将取决于支点的高度, 图像的厚度将取决于 X 线源摆动角的大小。

传统 X 线体层摄影存在一个问题: 它只在平行于 X 线源运动方向上产生了模糊效应, 而在沿垂直于 X 线源和胶片移动的方向上因为没有产生移动, 就不能出现模糊效应, 这就导致了在平行于射线源运动方向的组织中, 组织结构的影像只是沿着运动方向被拉长, 而边界清晰度没有明显的降低。为了弥补由于沿单一方向运动成像的缺陷, 便提出了多运动方向的体层摄影术。X 线源和胶片同步地进行更复杂的运动模式, 如圆形、椭圆形、正弦、内摆线



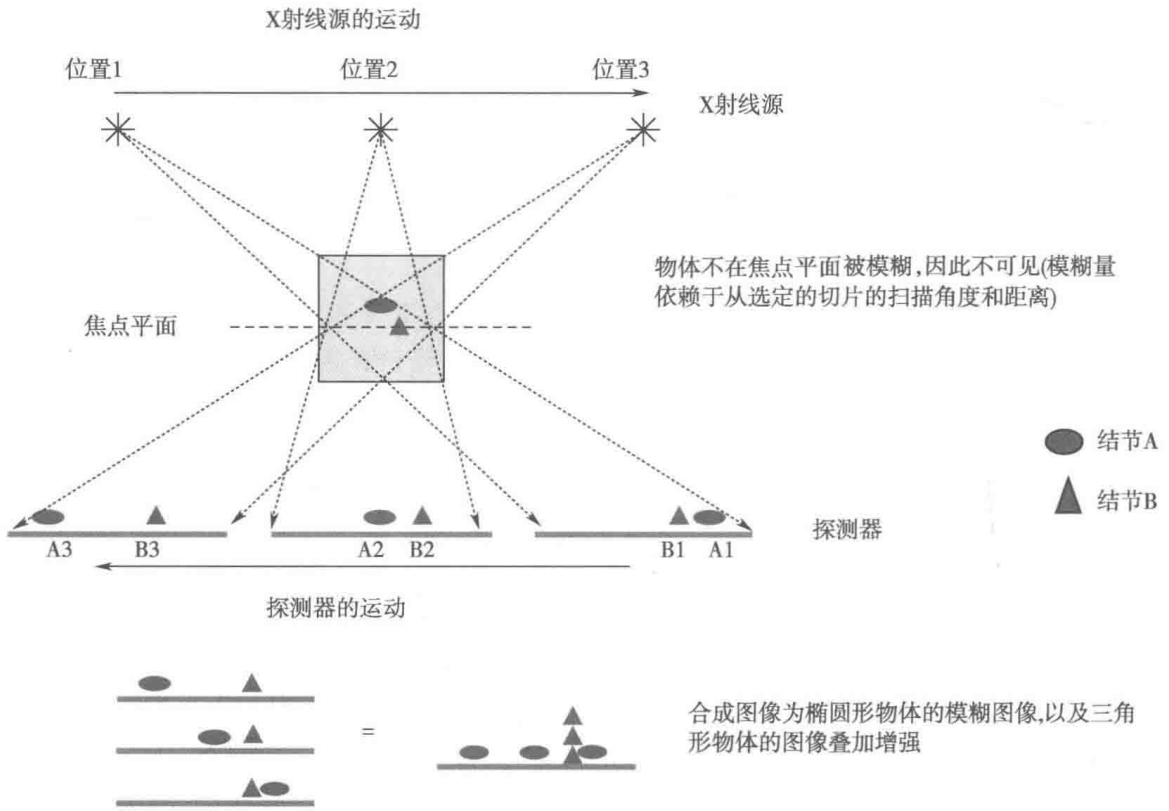


图 1-1-1 传统 X 射线体层摄影原理示意图

或螺旋。图 1-1-2 显示的是能够使聚焦平面以外的组织结构产生更均匀模糊效应的圆形运动轨迹示意图。

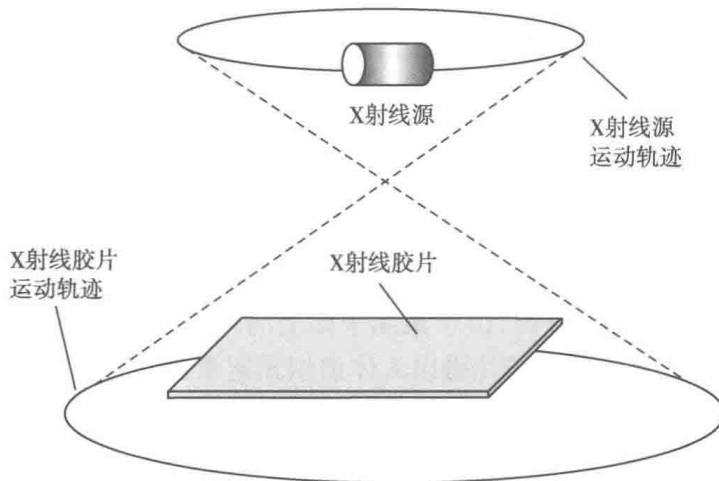


图 1-1-2 多方向(圆形)运动的体层摄影原理示意图

2. X 线数字合成体层成像基本原理 传统 X 线体层摄影一次采集只能产生某一层面的图像。由于受到技师经验、被检者配合度以及仪器精度等方面的影响,时常不能准确地把兴趣区很好地投照在一张体层照片上,且检查效率低下、废片率高、被检者所受 X 线辐射剂量较大;更主要的是传统 X 线体层摄影因照射野大,散射线多,使体层图像缺乏较好的密度分