



# 头部CT诊断学

第二版

吴恩惠 主编  
人民卫生出版社



# 头部 CT 诊断学

(第 二 版)

主 编 吴恩惠

编者 吴恩惠 张云亭 白人驹

廉宗澂 吴 天 陶叔巍

吴 奇 张兆琪 韩 悦

绘图 齐 桐

照片摄制 管同伟

人民卫生出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

头部 CT 诊断学 / 吴恩惠主编. —2 版. —北京: 人民卫生出版社, 1995

ISBN 7-117-02243-4

I. 头… II. 吴… III. 头-疾病-计算机辅助诊断 IV. R816.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 02275 号

**责任编辑**

王 兵 郝巨为  
赵永昌 宋雷军

**头部 CT 诊断学**

第 二 版

吴恩惠 主 编

人 民 卫 生 出 版 社 出 版  
(北京市崇文区天坛西里 10 号)

**中国科学院印刷厂印刷**

新华书店北京发行所发行

850×1168 毫米 16 开本 19 $\frac{1}{4}$  印张 4 插页 562 千字  
1984 年 4 月第 1 版 1995 年 9 月第 2 版第 8 次印刷

印数: 37 146—47 145

ISBN 7-117-02243-4/R·2244 定价: 47.20 元

〔科技新书目 357—475〕

## 吴恩惠教授



吴恩惠教授 1948 年毕业于辽宁医学院。1950 年开始从事医学影像学工作至今。现任天津医科大学教授、天津医科大学总医院名誉院长。1978 年由国务院学位委员会批准为硕士研究生导师，1984 年被批准为博士研究生导师。

于 50 年代初即开始从事神经放射学研究。在头颅 X 线平片、脑室造影、脑造影、脑血管造影和椎管造影等方面作了系统研究。发表论文约 30 篇。由他编著的《颅脑 X 线诊断学》是他在这方面研究工作的总结，被评为天津市 1949~1977 年重大科研成果。

1980 年开始神经 CT 诊断的系统研究，对颅内肿瘤、脑血管病、炎症、寄生虫与先天性疾病等作了较全面的探讨，先后发表了 30 余篇论文。1985 年出版的《头部 CT 诊断学》是他在这方面研究工作的总结，已七次印刷，发行 3 万多册，成为一部影像诊断的畅销书，并获 1990 年度国家教委科技进步一等奖。

在头颈部、胸部、腹部放射学、心血管与介入放射学、放射技术学等领域发表论文 60 余篇，出版专著 6 部。代表性的著作有《肝胆胰脾影像诊断学》，《泌尿系统影像诊断学》，《介入性放射学》与《介入性治疗学》等。另外，作为全国高等医药院校统编教材《放射诊断学》的主编，主持了 1~8 版专业教材的编写工作。还主编了放射学专业的工具书《英汉医学放射词汇》。

此外还有综述、译著、讲座等 60 余篇，是我国放射学界编著数量最多的作者之一。

早在 1964 年，吴恩惠教授即经卫生部批准举办了国内第一个为期六周神经放射学学习班，目前这些学员都已成为国内神经放射学骨干。此外，在 CT 诊断、介入放射学也都率先在国内举办了全国性学习班。1980 年以来，主持了天津医科大学受卫生部委托举办的放射医师进修班 14 期，累积培养了 300 余名放射学骨干。恢复研究生招生制度以来，先后招收了硕士学位研究生 13 名，博士学位研究生 12 名。已毕业的研究生全部成为学科的骨干力量，其中 7 名已获得高级职称，有的已经走上大学的系、学科领导岗位。

吴恩惠教授多年担任中华放射学会常委、副主任委员、中华放射学神经组组长、中华放射学杂志副主编，《国外医学》临未放射学分册主编，以及中华医学杂志英文版等多个专业刊物的编委。此外，还曾担任国务院学位委员会通讯评议专家组、高等医学院校重点学科通讯评议组、卫生部大型医疗影像设备引进专家组、国家自然科学基金委员会生命科学部通讯评议组成员。

1988 年北美放射学会（国际上最具学术权威和最大的放射学学术团体）评选为荣誉会员，是该学会二十余年在全世界范围内遴选的仅有 40 几位荣誉会员之一，也是我国唯一的一位。他的工作得到国际上的承认。多次参加在美国、日本、英国、香港、印度、新加坡、韩国等国家和地区召开的国际学术会议，进行学术交流，为扩大我国放射学在国际上的影响和引进国际上的新技术做出了卓著贡献。

为表彰在促进科学技术  
进步工作中做出重大贡献，  
特颁发此证书。

奖励日期：1991年7月

证书号：90-06501

获奖项目：头部CT诊断学

获奖者：吴恩惠

奖励等级：一等



本书第一版荣获  
一九九〇年度国家教委  
科技进步壹等奖

## 再 版 前 言

本书是《头部 CT 诊断学》的第二版,是在 1985 年第一版的基础上作了比较全面的修订而成。

《头部 CT 诊断学》自出版发行以来深受广大读者的欢迎与爱护,已印刷了 7 次,发行达 3 万余册,成为畅销书,并被评为 1990 年度国家教委科学技术进步一等奖。近十几年来,CT 在国内应用日益普及,积累了很多经验,因此,有必要进行修订,以期使本书更加实用。

本书的主要内容是中枢神经系统疾病的 CT 诊断。这次我们增编了脊椎与脊髓疾病的 CT 诊断。磁共振成像作为一项新的影像检查技术,在中枢神经系统影像诊断中已确立了它的地位。为此,我们邀请了廉宗澈教授、张兆琪主任和韩悦医师撰写了这一部分。五官科疾病 CT 诊断仍保留,以便于读者参考。

在再版编写过程中我们得到天津医科大学及天津医科大学总医院党政领导大力支持,一些兄弟单位专家与学者提供有关图片,在此,表示衷心的感谢。

我们在修订编写时,虽然在科学性、先进性、系统性和实用性等方面作了努力,但限于水平,致使挂一漏万,乃至差错,仍在所难免,尚希专家、学者与读者不吝指教。

编 者

1995 年 1 月于天津

## 第一版前言

临床应用 CT 诊断仅有 10 年左右,但它的诊断价值很高,尤其在头部诊断。近年来,国内开展 CT 诊断工作的单位日益增多,但缺少头部 CT 诊断的专著。因此,我们在上级党委的领导与支持下,在神经内科、神经外科、眼科、耳鼻咽喉科、精密仪器科和有关科室的大力协助下,对三年多 10,000 余例头部 CT 资料进行了总结,结合国内、外文献写成此书,以供同志们参考。

本书分 CT 基础知识,颅脑 CT 诊断总论和各论以及眼、耳鼻咽喉 CT 诊断四章。以总结我院材料为主,参考文献资料为辅,力求符合我国实际。在介绍每一章的诊断时,首先叙述检查方法和正常 CT 表现。介绍每一疾病时,则先简述其病理改变再描述其 CT 表现,然后讨论其诊断与鉴别诊断。除文字外,还配合以线条图 30 帧与 CT 照片图 260 幅,适于放射科和有关临床医师在医疗、教学、科研工作中参考。

由于我们开展此项工作时间尚短、实践经验有限、了解很不深入,加之受到写作能力的限制,缺点、错误一定不少,敬请批评指正。

天津市神经病学研究所所长、天津医学院附属医院神经外科主任薛庆澄教授为本书作序,仅致谢忱。

本书中小脑结核瘤、脑囊虫病和脑包虫病的 CT 图片分别由沈阳军区总医院和新疆医学院附属医院放射科提供,表示谢意。

吴 恩 惠

一九八三年三月

# 目 录

|                       |       |
|-----------------------|-------|
| <b>第一章 CT 基本知识</b>    | (1)   |
| 第一节 CT 发展概况           | (1)   |
| 第二节 CT 基本结构与原理        | (1)   |
| 一、CT 基本结构             | (1)   |
| 二、CT 图像重建方法           | (4)   |
| 第三节 CT 装置             | (5)   |
| 一、扫描装置                | (5)   |
| 二、计算机系统               | (6)   |
| 三、图像记录                | (7)   |
| 第四节 CT 图像与 CT 值       | (7)   |
| 一、CT 图像               | (7)   |
| 二、CT 值                | (7)   |
| 三、窗位与窗宽               | (8)   |
| 四、三维 CT               | (9)   |
| 五、CT 分辨力              | (10)  |
| <b>第二章 颅脑 CT 诊断总论</b> | (12)  |
| 第一节 颅脑 CT 检查方法        | (12)  |
| 一、普通检查                | (12)  |
| 二、造影增强检查              | (17)  |
| 三、特殊检查                | (18)  |
| 四、脑池造影                | (19)  |
| 五、立体定向                | (21)  |
| 第二节 头部 CT 图像分析        | (21)  |
| 一、CT 图像的特点            | (21)  |
| 二、正常颅脑 CT 图像          | (24)  |
| 三、异常颅脑 CT 图像          | (35)  |
| 四、CT 图像分析步骤           | (38)  |
| <b>第三章 颅脑 CT 诊断各论</b> | (40)  |
| 第一节 脑瘤                | (40)  |
| 一、概述                  | (40)  |
| 二、脑瘤的基本 CT 表现         | (42)  |
| 三、不同类型脑瘤的 CT 表现       | (46)  |
| 第二节 脑血管疾病             | (91)  |
| 一、脑出血                 | (91)  |
| 二、脑梗塞                 | (96)  |
| 三、脑静脉或静脉窦闭塞           | (106) |



|                        |       |
|------------------------|-------|
| 四、动脉瘤 .....            | (107) |
| 五、脑血管畸形 .....          | (112) |
| 六、烟雾病 .....            | (119) |
| 七、蛛网膜下腔出血 .....        | (121) |
| 第三节 颅脑外伤 .....         | (122) |
| 一、急性外伤 .....           | (122) |
| 二、亚急性与慢性硬膜下血肿 .....    | (131) |
| 三、硬膜下水瘤 .....          | (134) |
| 四、外伤后遗症 .....          | (135) |
| 第四节 炎症性疾病 .....        | (135) |
| 一、脑膜炎 .....            | (135) |
| 二、脑脓肿 .....            | (138) |
| 三、肉芽肿 .....            | (143) |
| 四、脑炎 .....             | (144) |
| 五、硬膜外与硬膜下脓肿 .....      | (145) |
| 六、室管膜炎 .....           | (146) |
| 第五节 脑寄生虫病 .....        | (146) |
| 一、脑囊虫病 .....           | (146) |
| 二、脑包虫病 .....           | (150) |
| 三、脑血吸虫病 .....          | (151) |
| 四、脑型肺吸虫病 .....         | (153) |
| 第六节 先天性畸形 .....        | (154) |
| 一、脑膜膨出和脑膜脑膨出 .....     | (154) |
| 二、胼胝体发育不良和胼胝体脂肪瘤 ..... | (155) |
| 三、小脑扁桃体延髓联合畸形 .....    | (156) |
| 四、先天性四脑室中、侧孔闭锁 .....   | (158) |
| 五、视-隔发育不良 .....        | (158) |
| 六、前脑无裂畸形 .....         | (159) |
| 七、积水型无脑畸形 .....        | (160) |
| 八、脑神经元移行畸形 .....       | (160) |
| 九、脑小畸形 .....           | (163) |
| 十、巨脑症 .....            | (163) |
| 十一、先天性导水管狭窄 .....      | (163) |
| 十二、先天性脑穿通畸形囊肿 .....    | (164) |
| 十三、蛛网膜囊肿 .....         | (164) |
| 十四、神经皮肤综合征 .....       | (166) |
| 第七节 新生儿疾病 .....        | (168) |
| 一、颅内出血 .....           | (168) |
| 二、缺氧缺血性脑病 .....        | (170) |
| 三、新生儿窒息 .....          | (170) |
| 第八节 脱髓鞘疾病 .....        | (170) |
| 一、多发性硬化 .....          | (170) |
| 二、肾上腺性脑白质营养不良 .....    | (172) |

1711  
51  
51

甲  
乙  
丙  
丁

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| 三、异染性脑白质营养不良 .....            | (172) |
| 四、类球状细胞型脑白质营养不良 .....         | (173) |
| 五、海绵状脑病 .....                 | (174) |
| 六、亚历山大(Alexander)病 .....      | (174) |
| 七、进行性多灶性脑白质病 .....            | (174) |
| 八、急性散发性脑脊髓炎 .....             | (174) |
| 九、抗叶酸制剂氨甲蝶呤所致脑白质病 .....       | (175) |
| 十、中心性桥脑髓鞘破坏 .....             | (175) |
| 十一、亚急性硬化性全脑炎 .....            | (175) |
| 十二、皮质下动脉硬化性脑病 .....           | (175) |
| <b>第九节 脑萎缩</b> .....          | (176) |
| <b>第十节 颅骨病变</b> .....         | (178) |
| 一、骨纤维异样增殖症 .....              | (179) |
| 二、骨瘤 .....                    | (179) |
| 三、嗜伊红肉芽肿 .....                | (180) |
| 四、骨巨细胞瘤 .....                 | (180) |
| 五、骨囊肿 .....                   | (181) |
| 六、颅骨锁骨发育不全 .....              | (181) |
| <b>第十一节 其他脑实质病变</b> .....     | (183) |
| 一、甲状旁腺机能低下和假性甲状旁腺机能低下 .....   | (183) |
| 二、特发性家族性脑血管亚铁钙沉着症 .....       | (184) |
| 三、一氧化碳中毒 .....                | (184) |
| 四、肝豆状核变性 .....                | (185) |
| 五、霉变甘蔗中毒 .....                | (186) |
| 六、获得性免疫缺陷综合征 .....            | (187) |
| <b>第十二节 手术后 CT 随访检查</b> ..... | (187) |
| <b>第十三节 放射性脑病</b> .....       | (190) |
| <b>第四章 脊柱 CT 诊断</b> .....     | (191) |
| <b>第一节 脊柱 CT 检查方法</b> .....   | (191) |
| 一、扫描断层定位图像 .....              | (191) |
| 二、层厚选择 .....                  | (191) |
| 三、靶 CT 技术 .....               | (191) |
| 四、扫描角度 .....                  | (192) |
| 五、造影增强检查和造影检查 .....           | (192) |
| 六、窗技术 .....                   | (192) |
| 七、重建技术 .....                  | (192) |
| <b>第二节 正常脊柱 CT 表现</b> .....   | (193) |
| 一、脊髓 .....                    | (193) |
| 二、脊膜、脊蛛网膜下腔 .....             | (195) |
| 三、硬脊膜外间隙 .....                | (195) |
| 四、椎间盘 .....                   | (197) |
| 五、小关节 .....                   | (198) |
| 六、椎间孔 .....                   | (198) |

|                              |              |
|------------------------------|--------------|
| 七、脊椎 .....                   | (199)        |
| 八、椎管测量 .....                 | (201)        |
| <b>第三节 异常脊柱 CT 表现 .....</b>  | <b>(201)</b> |
| 一、椎管内肿瘤 .....                | (201)        |
| 二、脊柱退行性变 .....               | (205)        |
| 三、脊椎肿瘤 .....                 | (211)        |
| 四、脊柱外伤 .....                 | (215)        |
| 五、脊柱炎症 .....                 | (217)        |
| 六、脊柱闭合不全 .....               | (219)        |
| 七、积水性脊髓空洞症 .....             | (222)        |
| <b>第五章 眼、耳鼻喉 CT 诊断 .....</b> | <b>(224)</b> |
| <b>第一节 眼 CT 诊断 .....</b>     | <b>(224)</b> |
| 一、检查方法 .....                 | (224)        |
| 二、正常眼 CT 表现 .....            | (224)        |
| 三、异常眼 CT 表现 .....            | (226)        |
| 四、眶内肿瘤 .....                 | (227)        |
| 五、眶内炎症 .....                 | (233)        |
| 六、眼型格氏病 .....                | (235)        |
| 七、血管性疾病 .....                | (236)        |
| 八、眼眶外伤与眶内异物 .....            | (237)        |
| <b>第二节 耳 CT 诊断 .....</b>     | <b>(239)</b> |
| 一、检查方法 .....                 | (239)        |
| 二、正常耳 CT 表现 .....            | (239)        |
| 三、耳疾病的 CT 诊断 .....           | (244)        |
| <b>第三节 鼻与鼻窦 CT 诊断 .....</b>  | <b>(249)</b> |
| 一、检查方法 .....                 | (249)        |
| 二、正常鼻与鼻窦 CT 表现 .....         | (250)        |
| 三、鼻与鼻窦疾病 CT 诊断 .....         | (251)        |
| <b>第四节 咽部 CT 诊断 .....</b>    | <b>(255)</b> |
| 一、检查方法 .....                 | (255)        |
| 二、正常咽部 CT 表现 .....           | (255)        |
| 三、咽部疾病 CT 诊断 .....           | (256)        |
| <b>第六章 中枢神经系统磁共振诊断 .....</b> | <b>(258)</b> |
| <b>第一节 总论 .....</b>          | <b>(258)</b> |
| 一、磁共振的物理学 .....              | (258)        |
| 二、自旋密度 .....                 | (259)        |
| 三、弛豫时间 .....                 | (259)        |
| 四、脉冲序列 .....                 | (260)        |
| 五、MRI 设备 .....               | (262)        |
| 六、造影剂的应用 .....               | (262)        |
| <b>第二节 头颅的 MRI 诊断 .....</b>  | <b>(263)</b> |
| 一、脑瘤 .....                   | (263)        |
| 二、脑血管疾病 .....                | (269)        |

|                        |       |
|------------------------|-------|
| 三、颅脑外伤 .....           | (274) |
| 四、炎症性疾病 .....          | (276) |
| 五、脑寄生虫病 .....          | (277) |
| 六、先天性畸形和新生儿疾病 .....    | (278) |
| 七、脱髓鞘疾病与脑萎缩 .....      | (280) |
| 八、其它 .....             | (281) |
| 第三节 脊柱的 MRI 诊断 .....   | (282) |
| 一、脊柱的检查方法和 MRI 表现..... | (282) |
| 二、异常脊柱 MRI 表现.....     | (283) |
| <b>参考文献</b> .....      | (292) |

## 第一章

# CT 基础知识

### 第一节 CT 发展概况

普通 X 线影像是把具有三维的立体解剖结构摄成二维的平面图像,影像相互重叠,相邻的器官或组织之间如对 X 线的吸收差别小,则不能形成对比图像。虽然断层摄影可解决影像重叠问题,造影检查可使普通 X 线检查不能显示的器官显影,但影像的分辨力不高,一些器官或组织,特别是由软组织构成的器官仍不能显影。1969 年亨(Hounsfield)氏首先设计成计算机横断层成像装置。经神经放射诊断学家安(Ambrose)氏应用于临床,取得极为满意的诊断效果。它使对 X 线吸收差别小的脑组织和脑室以及病变本身显影,并获得颅脑横断层面图像。这种成像方法称之为计算机体层成像(computed tomography,CT)。这一成果于 1972 年英国放射学会学术会议上发表,1973 年在英国放射学杂志上报道,引起人们极大的关注。这种图质好、诊断价值高而又无创伤、无痛苦、无危险的成像是放射诊断领域中的重大突破,促进了医学影像诊断学的发展,由于对医学上的重大贡献,亨氏获得了 1979 年的诺贝尔医学生物学奖。这种诊断方法开始只限于头部,1974 年莱(Ledley)氏设计成全身 CT 装置,使之可以对全身各个解剖部位进行检查,扩大了检查范围。CT 装置在设计上已有了很大发展,临床应用也很普遍。

CT 的最大优点是密度分辨力高,可直接显示 X 线检查无法显示的器官和病变;检查方便、迅速而安全,只需患者不动,即可顺利完成检查,易为患者接受,且随诊方便;同核素扫描和超声图像相比,CT 图像清楚,解剖关系明确,病变显示好,因此,病变的检出率和诊断准确率高;可获得各种正常组织与病变组织的 X 线吸收系数(或衰减系数),以行定量分析,即不仅显示出不同密度的器官、组织或病变的影像,且直接得到各自对 X 线吸收多少的数值即吸收系数;由于图像是来自吸收系数的转换,因此,可进行图像处理,使图像的密度或灰度调节到适于观察某种组织或病变,而 X 线照片各部影像密度是不能调节的;CT 检查也有 X 线照射问题,但一般照射量不超过容许范围,同所得到的诊断资料相比,则可不计。

### 第二节 CT 基本结构与原理

#### 一、CT 基本结构

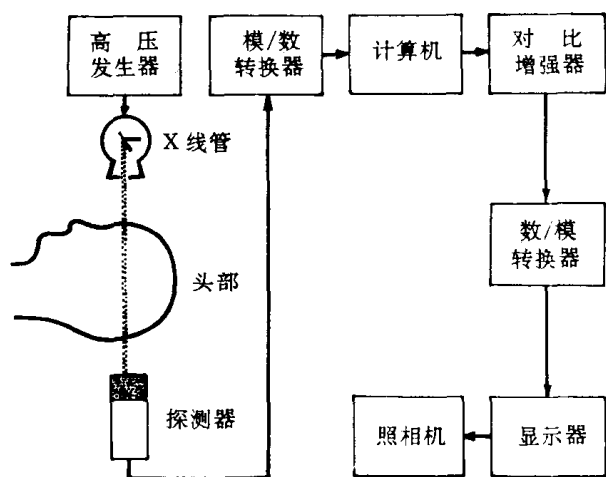


图 1-1 计算机体层成像装置示意图

CT 是以 X 线束从多个方向沿着头部某一选定断层面进行扫描,测定透过的 X 线量,数字化后经过计算机处理获得该断层面组织各个单位容积称之为体素(voxel)的吸收系数,然后重建图像的一种成像技术。为此,CT 装置要包括:由 X 线管和能测量透过 X 线量的探测器所组成的扫描装置;可以把扫描所收集到的信息数据进行储存、运算并能重建图像的计算机;以及能显示图像的阴极射线管(cathod ray tube, CRT)和光学摄影机等(图 1-1)。可以看出 CT 同 X 线摄影不同,后者是用锥形 X 线束,利用透过人体的 X 线,使胶片感光而构成图像的成像方法。

X 线扫描方式因 CT 装置不同而异。图 1-2、图 1-3 是不同的扫描方式。一般也将 CT 扫描装置象计算机的划代那样分成几代。实际上,这种划分并不确切。

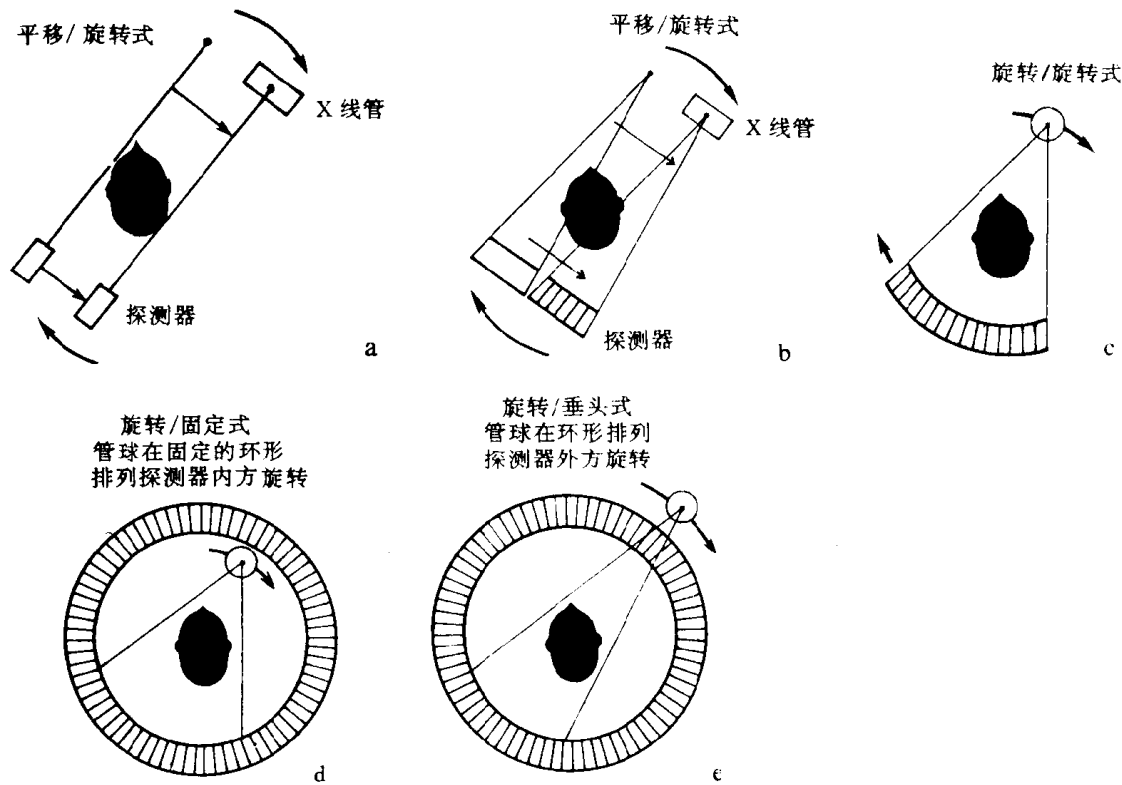


图 1-2 不同的扫描方式

a 2 个探测器并列,扫描时间为 4~5 分钟 b 几十个探测器,扫描时间为 20 秒 c 几百个探测器,扫描时间为 2~4 秒 d 约 1000 个探测器,扫描时间为 2~5 秒 e 约 1000 个探测器,扫描时间为 3~30 秒

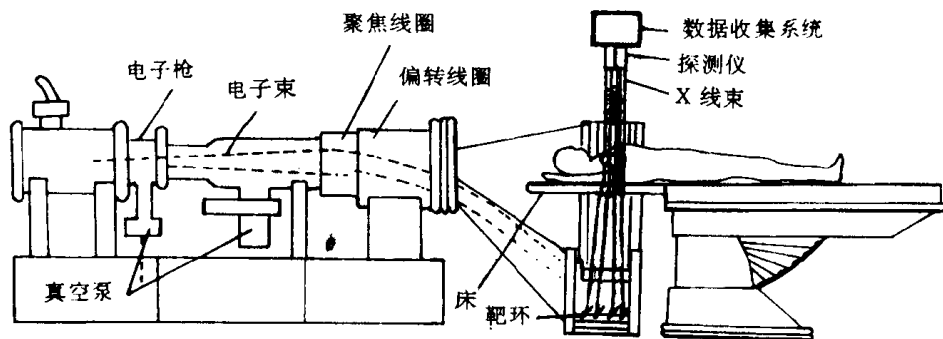


图 1-3 超速 CT

现以原始的 CT 装置如 EMI-MK1 型为例,说明 CT 装置的工作情况(图 1-2a、图 1-4)。X 线源用 3mm 宽的笔形束,对包括头部的 24cm 正方形的一边进行平移扫描。与 X 线束相对的是同步平移探测器,接受透过头部的 X 线,按照 240 个点进行 X 线测量,获得 240 个信息。扫描完毕,以头部为中心扫描架旋转  $1^\circ$  角,再行另一个方向的扫描,如此连续进行平移扫描和旋转,直至转完  $180^\circ$  角,即进行了 180 次平移扫描为止,就完成一个层面的扫描。这样可得到  $240 \times 180$ , 即 43,200 个信息。这些信息经模拟/数字转换器(analog/digital converter)转换成数字存储于磁盘(disk)中。由计算机运算而得出边长为 24cm 正方形,厚度为 8(或 13)mm 层面中,每个  $1.5\text{mm} \times 1.5\text{mm} \times 8$ (或 13)mm 单位容积即体素的吸收系数(图 1-5),共有 25,600 个,并排列成行与列,成为  $160 \times 160$  的矩阵,即数字矩阵(图 1-6),存储于磁盘中,根据计算机的指令,构成数字矩阵的每个吸收系数经数字/模拟转换器(digital/analog converter),转换为不同灰度的正方形,即像素(pixel),而于阴极射线管上显示出该层面的重建图像。早期 CT 装置

由于探测器少,扫描次数多,时间长,所以重建一个层面的图像所需时间要以分计。这种CT装置的扫描方式是平移/旋转式(translate/rotate, T/R)。如以代划分,则属第一代。

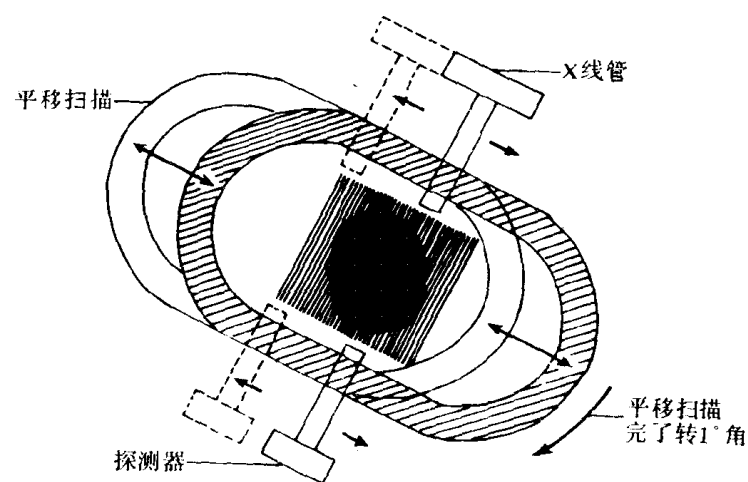


图 1-4 CT 装置(扫描架)

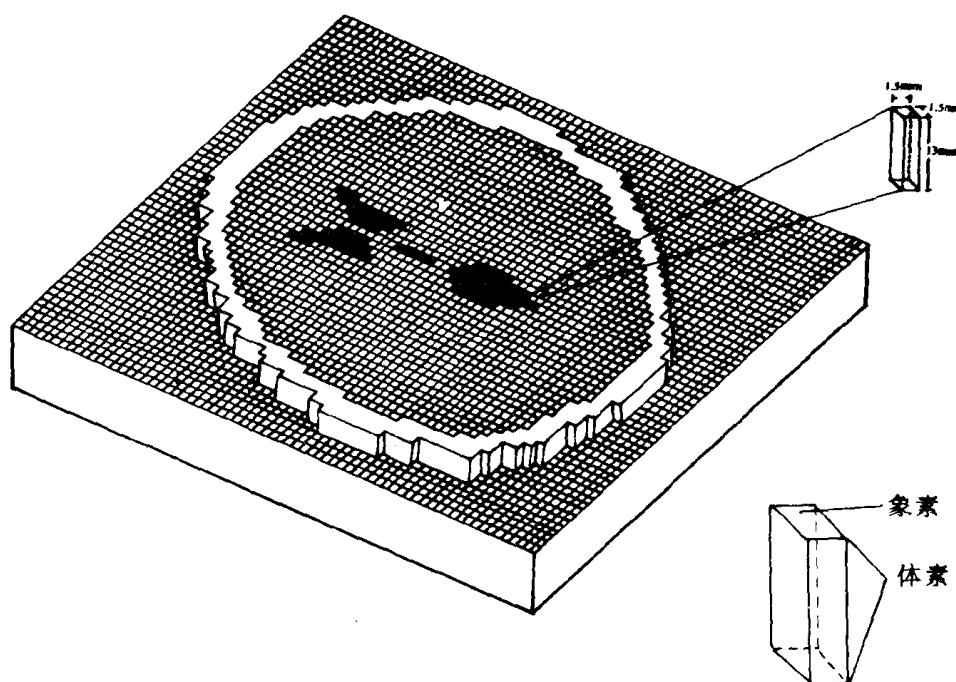


图 1-5 CT 图像的体素(voxel)和像素(pixel)

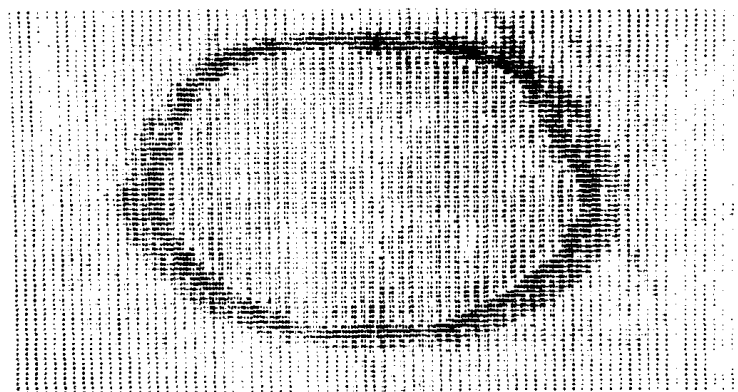


图 1-6 数字矩阵

## 二、CT 图像重建方法

早在 1917 年澳大利亚数学家雷(Radon)氏就从数学原理上证明了二元或三元物体由投影的无限集合可重建图像。物体断层层面的各个单位容积从多个方向 X 线扫描所得的投影数据,经计算机快速运算,即经图像重建的处理过程而可重建图像。重建图像的数学方法有多种,包括①直接矩阵法(direct matrix method)或逆矩阵法(matrix inversion method);②单纯重合法(linear superposition method);或逆投影法(back projection method);③逐次近似法(iterative approximation method),其中又分代数复元技术(algebraic reconstruction technique, ART)同时逐次复元技术(simultaneous iterative reconstruction technique, SIRT)和最小逐次近似技术(least iterative technique, LIST);④傅利叶(Fourier)变换法,其中主要是滤波修正逆投影技术(filtered back projection technique)等。

上述数学方法涉及许多数学公式,不拟详述,仅以逆矩阵法为例简述每个互相重叠的单位容积吸收系数计算的过程。

图 1-7 是假定某一断层层面是由 4 个吸收系数不同的单位容积所组成,即 1、2、3、4。它们各自的吸收系数( $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$ )可从 A~F 几个方向的投影值求得。逆矩阵法就是求解下述各式的联立一次方程式。

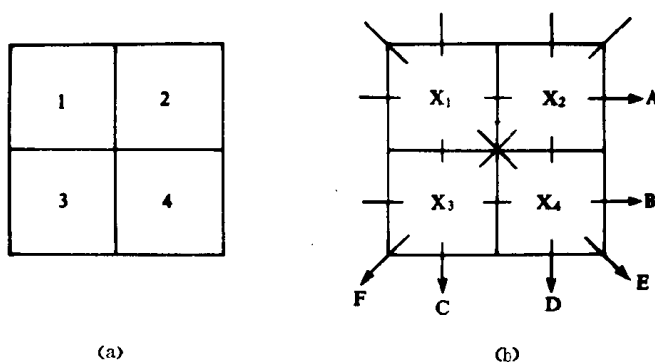


图 1-7 逆矩阵法

a 1、2、3、4 为四个相邻的单位容积(体素)  
b  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$  为每个体素的吸收系数,  
A、B、C、D、E、F 为线束的投影

$$\begin{aligned} \text{投影 A} \quad X_1 + X_2 &= 3 \\ \text{投影 B} \quad X_3 + X_4 &= 7 \\ \text{投影 C} \quad X_1 + X_3 &= 4 \\ \text{投影 D} \quad X_2 + X_4 &= 6 \\ \text{投影 E} \quad X_1 + X_4 &= 5 \\ \text{投影 F} \quad X_2 + X_3 &= 5 \end{aligned}$$

由投影 A 和 C 得

$$\begin{aligned} (X_1 + X_2) - (X_1 + X_3) &= 3 - 4 \\ X_2 - X_3 &= -1 \end{aligned}$$

从上式和投影 F 得

$$\begin{aligned} (X_2 - X_3) + (X_2 + X_3) &= -1 + 5 \\ 2X_2 &= 4 \\ X_2 &= 2 \end{aligned}$$

由投影 A 得

$$\begin{aligned} X_1 + X_2 &= 3 \\ X_1 &= 3 - X_2 \\ X_1 &= 3 - 2 \\ X_1 &= 1 \end{aligned}$$

由投影 C 得

$$\begin{aligned} X_1 + X_3 &= 4 \\ X_3 &= 4 - X_1 \end{aligned}$$



$$X_3 = 4 - 1$$

$$X_3 = 3$$

由投影 D 得

$$X_2 + X_4 = 6$$

$$X_4 = 6 - X_2$$

$$X_4 = 6 - 2$$

$$X_4 = 4$$

经过联立一次方程计算得知 1、2、3、4 四个单位容积的吸收系数分别为 1、2、3、4,即求出所有的未知数。实际上一个层面的未知数颇多,而联立方程式的数目也极大,即使用大型计算机也难于完成。逆矩阵法是基本的图像重建法,但实际上并不应用。

### 第三节 CT 装 置

CT 装置由扫描装置、计算机系统和图像显示与记录系统组成。

#### 一、扫 描 装 置

扫描装置是收集透过被查体的 X 线信息的部分,主要有能发射 X 线的 X 线管和接受透过被查体 X 线的探测器。

##### (一)X 线管

作为 CT 扫描用的 X 线管与一般 X 线管相同。当前三、四代 CT 装置用旋转阳极管球。而过去的一、二代 CT 装置则用固定阳极管球。三、四代 CT 装置,扫描时间短,通过 X 线管的电流量大。固定阳极由于热负荷不足,不能耐受阳极产生的高热。因此,需要用旋转阳极管球,使焦点的瞬间容许热负荷大幅度增加。

##### (二)探测器

X 线扫描时,探测器接受的 X 线量,是一定时间内的模拟量,并不是直接计算 X 线光子的数目。一、二代 CT 装置的探测器由碘化钠晶体与光电倍增管组成。碘化钠晶体探测器对 X 线的敏感度比胶片大 100 倍。后来,改用氟化钙( $\text{CaF}_2$ )晶体和锗酸铋(Bismuth Germanate— $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ ,BGO)晶体。这些晶体在 X 线照射时,产生与 X 线量成比例的可见光线,经光电倍增管放大,并由光能转为电流作为扫描信息而输入计算机。晶体中放入微量的增光或减少余辉的激活物质。三、四代 CT 装置的探测器主要用氙气(Xenon—Xe)电离室或 BGO 晶体和光电倍增管组成。碘化钠、氟化钙和锗酸铋都属于无机结晶。碘化钠对 X 线光子的检出率为 100%,但余辉是个问题,在遮断 X 线后 0.1 秒内,其强度与原来强度相比,还有  $10^{-2} \sim 10^{-3}$  的余辉。氟化钙与锗酸铋晶体余辉很小。氟化钙的 X 线光子检出率差。锗酸铋同碘化钠及氟化钙相比优点较多,所以应用较广。因为铋原子序数为 83,较高,比重大,其能量吸收系数比碘化钠大三倍。氙气电离室中则封有 20 个大气压的原子序数高的高压氙气,可提高捕捉 X 线光子的效率。

##### (三)准直仪

CT 扫描时,X 线束的准直与否对患者的 X 线照射量和重建图像的质量有较大关系。一、二代 CT 装置使用较大焦点管球,半影大,需用准直仪(collimator),而准直仪使通过被查体的 X 线光子有 45% 不能进入探测器。三代 CT 装置用小焦点管球,半影小,全部光子可进入探测器中,X 线光子的利用率比一、二代大 2~3 倍。

##### (四)扫描方式

扫描方式不同。图 1-2b 所示,X 线源为具有不同角度的扇形束,例如为  $10^\circ$  角,对面有为数不等的(例如 16 个或 30 个)探测器,仍用平移/旋转方式扫描,但与一代不同,转的角度较大,如转  $10^\circ$  角,扫描 18 次即可完成一个层面的扫描。由于探测器较多,获得信息多,平移扫描次数减少,完成一个层面的扫