

X
X
I
A
N

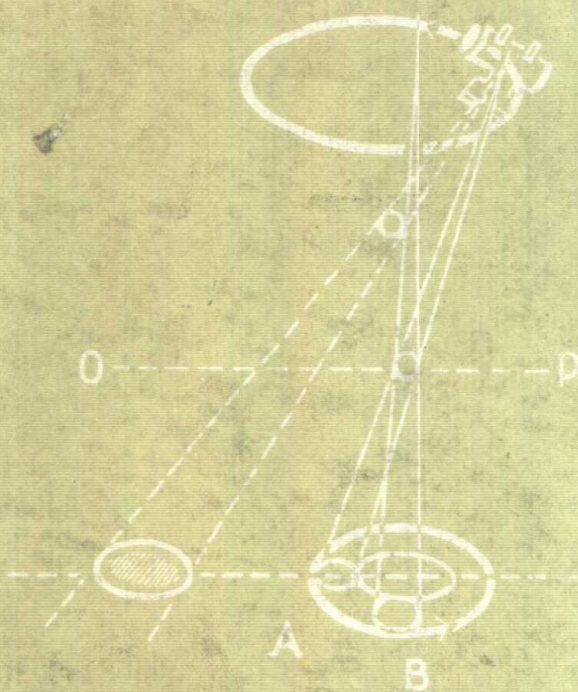
T
H
I
C
K
E
N
G

S
H
E
Y
I
N
G

S
H
U

X线体层摄影术

王颂章 张玉星 张东阳 编著



湖北人民出版社

X线体层摄影术

王颂章、张玉星、张东阳 编著

湖北人民出版社

X线体层摄影术

王颂章、张玉星、张东阳编著

湖北人民出版社出版 湖北省新华书店发行

湖北省新华印刷厂印刷

787×1092毫米16开本 10.75印张 20插图 246,000字

1981年11月第1版 1981年11月第1次印刷

印数：1—7,000

统一书号：14106·149 定价：(精)3.40元
(平)2.58元

序

体层摄影是近代 X 线诊断中一种重要的检查方法。它在近年来日益发展,而且获得愈来愈广泛的应用。目前,它已成为人体各系统的 X 线诊断工作中不可缺少的方法之一。

在我国,体层摄影装置早已制造成功,并已在一般的 X 线诊断机上安装。近年来更制造成功了多轨迹、多用途体层摄影机。但是,由于对体层摄影的原理和操作方法缺乏必要的知识,不少放射工作者尚未完全掌握体层摄影装置的正确使用,因而未能发挥体层装置的应有作用,影响了病人的及时诊断。

武汉部队总医院放射科的同志们对体层摄影有丰富的临床经验。鉴于国内尚缺乏有关体层摄影的专门著作,他们组织力量整理了自己积累的大量资料,广泛地参阅了国内外文献,编写了这本《X 线体层摄影术》一书,这是非常值得欢迎的事。

本书共十章。前五章阐述了体层摄影的原理、装置精度、校验和基本方法。后五章详细地说明各部位体层摄影的操作技术。特别值得提出的是,本书是临床经验的总结,其操作方法和 X 线图绝大部分是他们亲自实践的结果,因此特别值得各地同道的参考和采用。相信本书出版后对我国广大放射工作者将有较大帮助,也希望同道们对本书提出宝贵意见,进一步交流经验,使我国的 X 线诊断技术达到更高的水平。

武汉医学院第二附属医院

郭俊渊

一九八一年七月

前 言

X 线体层摄影是 X 线专业工作中的一项特殊检查技术，随着医用机械工业的发展，各类 X 线体层摄影装置相继问世，且日益增多。应用 X 线体层摄影于临床 X 线诊断，范围愈加广泛。在我们的医疗实践中，深感体层摄影已成为日常工作中不可缺少的重要诊查手段。目前，有关 X 线体层摄影技术资料国内尚不多见，而广大从事放射技术工作的同志对体层摄影技术专业知识的需要甚为迫切。为了适应医疗工作的需要，我们在同道们的热情期望和鼓励下编写了《X 线体层摄影术》一书。在编写本书时，我们以自己的实践经验为主，参考国内、外有关文献，力求理论联系实际，文字叙述与图片相结合，内容以常见部位为主，方法以实用为主，重点突出。

本书承蒙武汉医学院第二附属医院放射科郭俊洲教授、杨松梅主管技师和武汉部队总医院放射科俞纯麟主任、黄忠汉主管技师在百忙中给予审校，武汉医学院第一、第二附属医院放射科、解放军第 153 医院放射科给予大力协助。书中插图由武汉展览馆涂仰德同志绘制，照片图由武汉部队总医院病理科技师刘长生同志翻印，在此一并表示衷心感谢。由于我们经验有限，错误难免，敬希读者批评指正。

中国人民解放军武汉部队总医院

王颂章、张玉星、张东阳

一九八一年七月

目 录

第一章 概论	1
一、什么是X线体层摄影术	1
二、常用符号与名词解释	2
(一) 常用符号	2
(二) 名词解释	2
三、体层摄影成像的基本原理	3
第二章 体层摄影装置	6
一、体层摄影装置的基本内容	6
二、体层摄影装置的分类	8
(一) 单向运动式摄影装置	8
(二) 多向运动式摄影装置	11
(三) 小角区域型式摄影装置	11
三、体层摄影装置抹消运动	11
(一) 直线轨迹抹消运动	12
(二) 椭圆轨迹抹消运动	13
(三) 小角圆抹消运动	13
(四) 广角圆抹消运动	14
(五) 涡卷线轨迹抹消运动	15
(六) 梅花形轨迹抹消运动	15
四、体层摄影装置精度校验	15
(一) 中心垂直线的校验	15
(二) 装置活动部件的校验	16
(三) 曝光角度的校验	20
(四) 体层高度标尺零点定位准确性校验	23
(五) 曝光时间的校验	25
(六) 限时器、滤线器和X线管曝光时间的配合校验	25
(七) 体层厚度的测试	26
第三章 体层照片影像	29
一、体层影像的清晰度	29
二、层外组织的抹消度	32
三、体层影像的厚度	33

第四章 体层摄影方法	38
一、体层摄影的体位选择	38
二、体层摄影方式(轨迹与曝光角)的选择	40
三、欲断层平面的选择	41
四、体层欲断部位中心点的选择	45
五、体层间隔选择与中心层面像的判别	47
六、体层影像密度差的补偿	48
七、投照物理条件的选择	50
八、体层摄影投照条件的变化	51
九、体层摄影前的准备	54
十、体层摄影步骤或程序	54
十一、阅读体层摄影片应注意的问题	55
第五章 特殊体层摄影	58
一、一次曝光多体层摄影	58
二、横断面体层摄影	60
三、直接放大体层摄影	61
四、口腔曲面全景体层摄影	62
五、干板体层摄影	68
六、X线电子计算机体层摄影(CT.)	69
〔附〕 常用体层摄影装置简介	73
(一) X—32 型多轨迹体层摄影装置	73
(二) X300—1 型多轨迹体层摄影装置	73
(三) F30—ⅡB 型X线机附设简易体层摄影装置	74
(四) 西门子 Siemens 多轨迹体层摄影装置(Multiplanimat)	74
第六章 头部	76
一、头部体层摄影应注意的事项	76
二、头部的各种定位点、标准平面和联线说明	76
三、头部各部位体层摄影位置	78
(一) 颅底	78
(二) 蝶鞍	79
(三) 视神经孔	80
(四) 舌下神经孔	82
(五) 颈静脉孔	83
(六) 副鼻窦、眼眶	87
(七) 下颌骨和颞颌关节	93
(八) 颞骨	97
(九) 鼻咽部	107

(十) 颅骨骨板	108
第七章 胸部	110
一、胸部各位置的体层摄影的注意点	110
二、胸部各部分大体解剖及体层摄影方法	110
(一) 肺	110
(二) 气管、支气管	117
(三) 心脏和大血管	127
(四) 胸骨和肋骨	130
第八章 脊柱	136
一、脊柱表面标记	136
二、脊椎各部位的体层摄影注意点	138
三、脊柱各部位体层摄影方法	138
(一) 颈椎	138
(二) 胸椎	140
(三) 腰椎	143
(四) 骶髂关节、骶尾椎	145
第九章 内脏器官	147
一、内脏器官的体层摄影注意点	147
二、内脏各部位大体解剖及体层摄影方法	147
(一) 脑室系统	147
〔附〕 颅内其它钙化影	150
(二) 喉部	150
(三) 胆道系统	152
〔附〕 显影机理与影像分析	155
(四) 泌尿系统	156
第十章 四肢	160
一、大体解剖	160
二、四肢各部位体层摄影注意点	161
三、四肢各部位体层摄影方法	161
(一) 上肢	161
(二) 下肢	162

第一章 概 论

一、什么是 X 线体层摄影术

普通 X 线摄影,影像互相重叠。以胸部为例,在一张常规胸片上,约有 60% 的肺组织被骨骼和纵隔的阴影所遮蔽,使肺组织不能完全清晰地显示。有时虽采用各种不同体位投照,以尽量减少其它组织重叠,但并不能避免出现各种组织影像的干扰。也有在投照时利用较长时间的微呼吸活动,使肋骨和肺纹理模糊,借以比较清晰地显示胸骨和胸椎,但也避免不了肋骨和肺纹理影像的影响。另有一些部位,由于解剖学上的原因,被检部位根本无法避免与其邻近组织的重叠。因此,普通 X 线照片,只能依据各种组织对 X 线吸收系数的不同而显示密度各异的阴影,作为诊断的资料加以识别。这样,普通 X 线摄影在诊断上的应用价值,必然要受到一定的限制。

为了全面地了解被照体的解剖部位,人们应用了立体摄影,利用视觉关系建立立体观感,以显示重叠影像的解剖关系,但此法仍不能满意地除掉视觉中影像重叠的干扰。同时,立体 X 线摄影的技术要求,必须将被照部位严格控制在完全不动的情况下,摄取中心线不同的两张照片。若部位稍有移动,立体感就会受到影响。而且,还必须利用立体观察镜,才能观察到由两张照片图像相结合而成的立体像。所以,此法一直未被广泛地应用。

为了使体内某一层面的组织结构或病变影像从重叠的阴影中清晰地显示出来,人们采用了对不同层面分别进行摄影,使其不同层面的组织结构分别投影在不同的照片上,从而获得对层面进一步进行细致的研究机会,此种摄影方法,就是 X 线体层摄影术。

X 线体层摄影,又名断层摄影、分层摄影、层面摄影。一九六二年,国际放射线有关组织决定用 Tomography 一词。此摄影术是 X 线投照技术中最常用的,诊断效果比较好的一种特殊检查方法。它能使某一欲求体层平面的影像清晰地显示出来,而使该平面上下的组织结构模糊不清,解决了各组织影像相互重叠的影响。可以更清楚地显示组织器官、病变结构及其和周围组织的关系,可使平片不能发现或仅有 0.3 厘米的小病灶清楚地显示在体层片上,从而有效地提高了 X 线的诊断能力。

早在一九一四年,К. майер 首先提出了干扰阴影抹除的问题。一九二一年,Восаге 清楚地阐明了体层摄影的原理。一九三六年,В. И. Феоктистов 摄成了体层片,并详细地叙述了体层摄影的数学原理。在以后的年代里,很多学者创造和设计了各种不同类型的 X 线体层摄影装置,分别给予不同的名称。一九三九年,我国谢志光教授首先在国内自制体层摄影装置,并应用于临床实践。解放以后,我国卫生事业不断发展,不但能生产多种类型的 X 线机,而且早在五十年代就已在 200~400 毫安等级的通用诊断机上,以附件形式配备了简易直线体层摄影装置。七十年代初期,又开始生产专用的多向轨迹体层摄影装置。此外,我国还相继引

进了一些大型X线机，它们大都配有多种方式的体层摄影装置。目前，体层摄影检查已成为临床X线检查诊断中不可缺少的重要手段之一。

二、常用符号与名词解释

(一) 常用符号

A—焦点至胶片距离，F.F.D。

D—焦点至被照体平面的距离。

d—被照体平面至胶片的距离。

L—摆杆，或活动管球与胶片相应方法的杆。比例 D/d 。

OP—被照体平面，指定体层平面。

E—中心支点或被照体轴线。

e—胶片轴线。

F—X线管焦点。

f—胶片。

h—层厚、层深或可见深度。

B—被照体平面中的直径。

M—放大倍数。

T—球管移动位置，曝光时焦点的移动。

α —曝光角度，曝光时中心射线移动的角度，当曝光时胶片与被照体转动的角度。

CR—中心射线。

U—模糊度，总的不清晰度。

S—许可的模糊度。

C—胶片移动距离或胶片移动的角距离。

t—时间。

V—速度。

(二) 名词解释

1. 角度限位开关：曝光限位开关，置定曝光角度或称曝光始终触头。
2. 支点：摆杆的转动支轴，被照体轴。可以调节或固定之。
3. 连杆：直联，使管球胶片箱的偶合得到保证移动的正确比例。长臂等于焦点到支点，短臂等于支点到胶片。
4. 平面指示器：用指针或光束指示被照体平面的位置。
5. 被照体平面：欲断体层面。一个事先选择的平面，这个平面的物体影像能固定地投落在胶片上。
6. 层外物体：欲断体层平面上、下的物体。这些物体的影像不能固定地投落在胶片的一点上。

7. 层间距：欲断体层平面间的距离。
8. 层面至胶片距：欲断体层平面至胶片间的距离。
9. 焦点至层面距：焦点至欲断体层平面间的距离。
10. 放大率：被照体平面的放大，取决于焦点至体层面及体层面至胶片间的距离。
11. 直线系统：指所有的直线轨迹摄影方式。直线纵向、直线横向、直线斜向、直线大、小角度等。
12. 多向系统：指所有的多向轨迹。圆、椭圆、内圆摆线(梅花)、涡卷线等。
13. 晕残像(或称寄生阴影、残影或多余的影子)：是指体层平面的上、下组织结构在照片上的留影，与轨迹线同一形态。
14. 厚层体层摄影：指圆或直线小角度区域型体层摄影，体层厚度在1厘米左右。
15. 薄层体层摄影：指大角度体层摄影，体层厚度在1~3毫米。
16. 极薄层体层摄影：指体层厚度在1毫米左右的大角度体层摄影。
17. 中心线：本书所指的中心线，即管球处于正中水平位时的垂直中心射线。

三、体层摄影成像的基本原理

X线体层摄影是X线管、人体及胶片三者中有两者保持协调的相对运动，于运动中进行X线曝光的一种摄影方法。它有三种形式：

- (1) 被照体固定，X线管与胶片运动。
- (2) X线管固定，被照体与胶片运动。
- (3) 胶片固定，X线管与被照体运动。

一般体层摄影装置多采用第一种运动形式，而横断面体层摄影装置则多采用第二种运动形式。

根据X线投照的物理学原理，焦点、被照体、胶片三者中的某一个因素在曝光时如果发生移动，就能使被照体的投影不能固定地投落在胶片的一点上，其结果是一片模糊不清的阴影，而且移动度越大，影像就越模糊。如果使焦点、被照体、胶片三者中的两者保持协调的相对运动，并以指定体层的平面作为转轴，保持X线管焦点至被照体的指定层面与指定层面至胶片间距离的一定比例，这样，在移动期间，指定层面的投影必能固定地投落在胶片的一点上，这个层面组织的阴影就能清晰地显示，而指定体层平面的上下各层面的影像就不能固定地投落在胶片的一点上，这些层面的组织影像就显示得模糊不清，这就是体层摄影成像的基本原理。

以第一种形式来说，它是在曝光时被照体固定不动，而X线管和胶片同在一个中心转轴的连杆上，围绕中心转轴作方向相反地协调运动，并保持一定的速率。被照体与中心转轴相应的某一层面，在X线管和胶片运动过程中，其影像被投落在胶片的同一点上。因此，这个层面的影像显示清晰。而其上下各层面，因为不在与中心转轴相应的这个平面上，其阴影就不可能投落在胶片的同一点上，因此形成模糊的阴影，即体层照片的背影(图1)。

X线管焦点自 T_1 向 T_2 移动，胶片自 C_1 向 C_2 移动，E为连接杆转轴，O~P为被照体的指定层面，B~B'为指定层面的两点，A为指定层面以上的一点，C'为指定层面以下的一

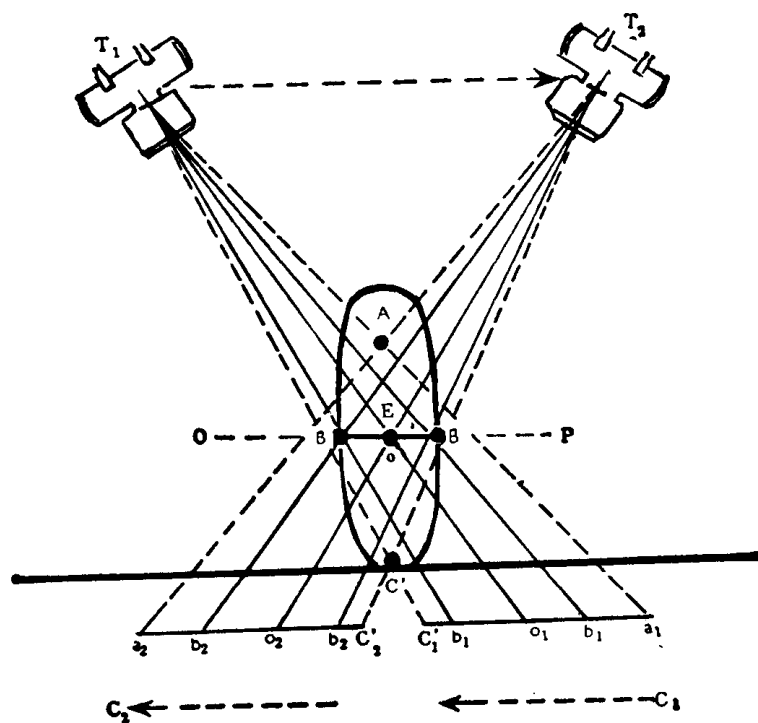


图 1 直线运动式体层摄影成像原理示意图

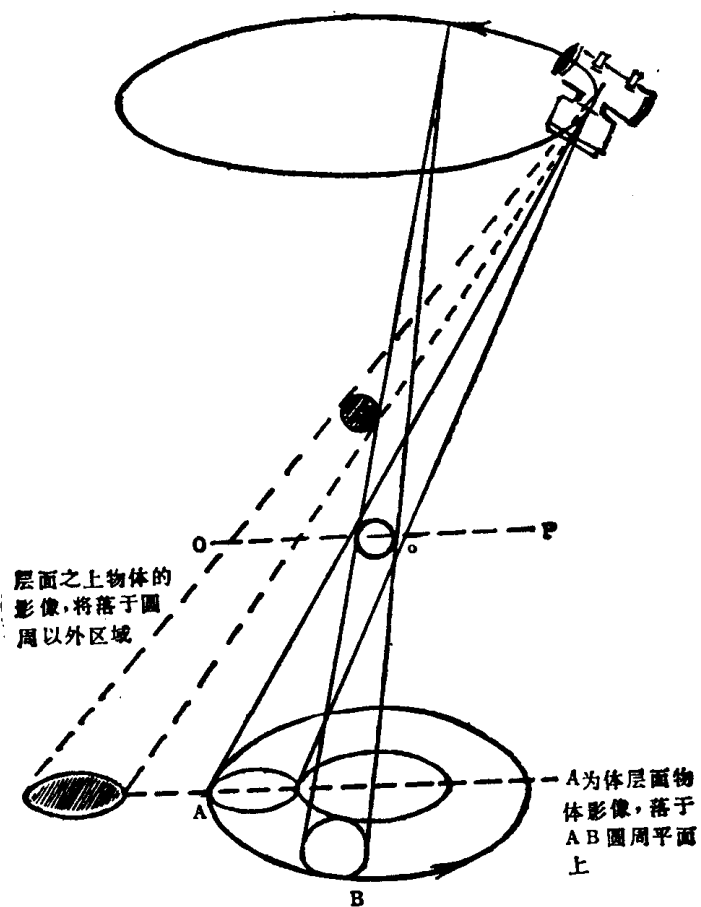


图 2 圆运动式体层摄影成像原理示意图

点, O 为与中心转轴 E 相对应的一点。 $b_1 \sim b_1$ 为球管焦点在起始位置 T_1 时 $B \sim B$ 的投影;
 $b_2 \sim b_2$ 为球管焦点在终止位置 T_2 时 $B \sim B$ 的投影; O_1 为球管焦点在起始位置 T_1 时 O 的
投影, O_2 为球管焦点在终止位置 T_2 时 O 的投影。 $b_1 \sim b_1$ 和 $b_2 \sim b_2$ 为在胶片上的同一个位置。 O
的投影 O_1 、 O_2 始终在胶片的中心。因此, $B \sim B$ 的投影清晰。 a_1 为球管焦点在 T_1 时 A 的投
影, 位于 $b_1 \sim b_1$ 的右方; a_2 为球管焦点在 T_2 时 A 的投影, 位于 $b_2 \sim b_2$ 的左方。这就说明
 A 的投影经常移动。同样, C' 的投影亦处于移动中。因此, 它的投影就模糊不清。

圆、椭圆、内圆摆线等轨迹, 其成像的基本原理均与直线相同(图 2)。

参 考 文 献

1. 徐海超摘译:《X线体层摄影原理》,《中华放射学杂志》, 3 (2): 156~160, 1955。
2. 谢宝珣:《胸部X线诊断基础》, 54~56,《人民卫生出版社》, 1974。
3. 黎光煦等:《X线体层摄影术》,《中华放射学杂志》, 4 (4): 361~367, 1956。
4. 邹仲等:《X线检查技术》, 567~568,《上海科技出版社》, 1962。
5. Clark K.C.: Positioning in radiography. eighth edition, London elford Ltd. 1964.
6. Littleton J.T.: Golden's diagnostic radiology: Tomography. The williams and wilkins Co. Baltimore 1976.

第二章 体层摄影装置

常用的体层摄影装置，多属于机械联动结构，在X线管曝光时，完成球管和胶片同步的相对运动。由于X线机制造业的发展，体层摄影装置不断更新，设备日趋自动化。在原来单向轨迹的基础上，又制造出各种类型的多轨迹体层摄影装置，使体层摄影的应用范围更加广泛。特别是在近几年来发展更快，出现了飞焦点系统、多图像光学集成法、体层透视、静电体层摄影、体层综合法、全息体层摄影、全息体层综合法、电子计算机体层摄影(CT)等。在它们中间，发展最快的是电子计算机体层摄影技术。它已远远地超越原有放射线技术领域，它成功地应用于临床，可以说是X线检查技术上的又一次新的革命。

一、体层摄影装置的基本内容

1. X线管运动方向：分单方向和多方向两种。单方向，即在体层摄影时，X线管和胶片成单一方向运动，即通用的直线型式。多方向，即X线管的运动是多方向的，如圆型、椭圆型、内圆摆线型、涡卷线型式等。

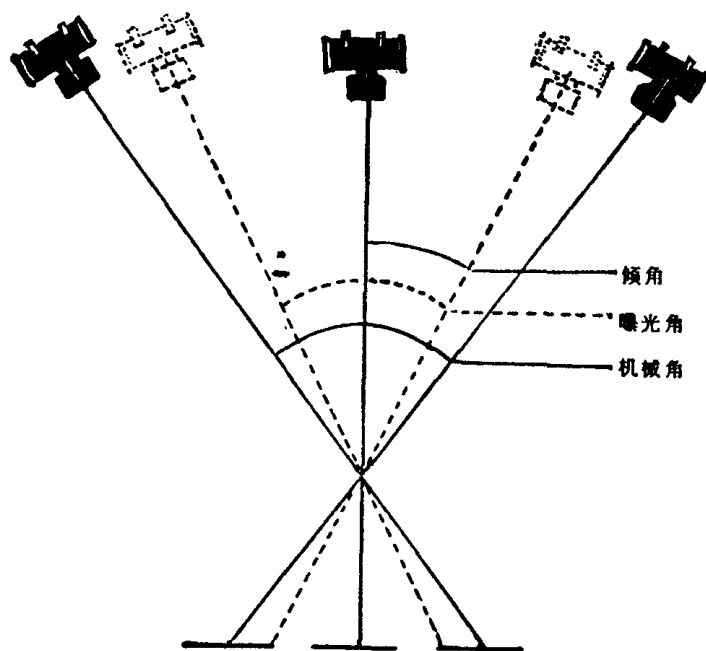


图3 X线管角度

2. 角度：X线管运动过程中实际上分为两段，即先运行而后曝光。直线轨迹球管运动开始至终止其摆杆所构成的夹角称机械角（荡角、运行角）。从X线曝光开始至终止，其中心线所构成的夹角称曝光角（曝射角、摄影角）。其曝光角的二分之一称为X线管的倾斜角（图3）。机械角是为了克服惯性所造成的快慢，使运动开始后稳定均匀。曝光角是抹消运动所需要的角度。曝光角分大角度和小角度两种，大角度一般在 10° 以上，常用 $30\sim 40^\circ$ 。小角度一般指 10° 以内，常用 $5\sim 8^\circ$ 。

曝光角的大小决定获得体层厚度的不同，大角度用于薄体层摄影，小角度作厚层（区域）摄影用。

通用的体层摄影装置，多设有各种不同的角度以备选用，如国产X-32型多轨迹体层摄影装置，在直线部分，分 $10\sim 60^\circ$ 可任意调节，在圆型部分，也分 $4\sim 20^\circ$ 和 29° 、 36° 可任意

选用。

在一次摄影曝光中，直线系统和多向系统中的圆型只有一个角度，而在多向系统中的椭圆型、内圆摆线型和涡卷线型式，则包括有长径和短径两个角度。

X线管曝光角在直线系统中是比较容易确认的。现将多向系统的曝光角表示如下(图4)。

3. 焦点移动距离：即X线管焦点在曝光时从始点至终点的行程，因此又可称为球管运动轨迹的长度，一般以厘米计算。不同的摄影方式，其焦点行程有显著的差异。同一体层方式，其曝光角度愈大，则焦点行程愈长。在曝光角度相同的情况下，多向系统较单向系统的焦点行程为长。如 Polytome 同为 29° 的直线和圆两种轨迹，直线焦点行程为 56 厘米，而圆轨迹的焦点行程则为 176 厘米。

4. 焦点至层面距及层面至胶片距：焦点至层面距在有些装置上有一固定数值。如某些单

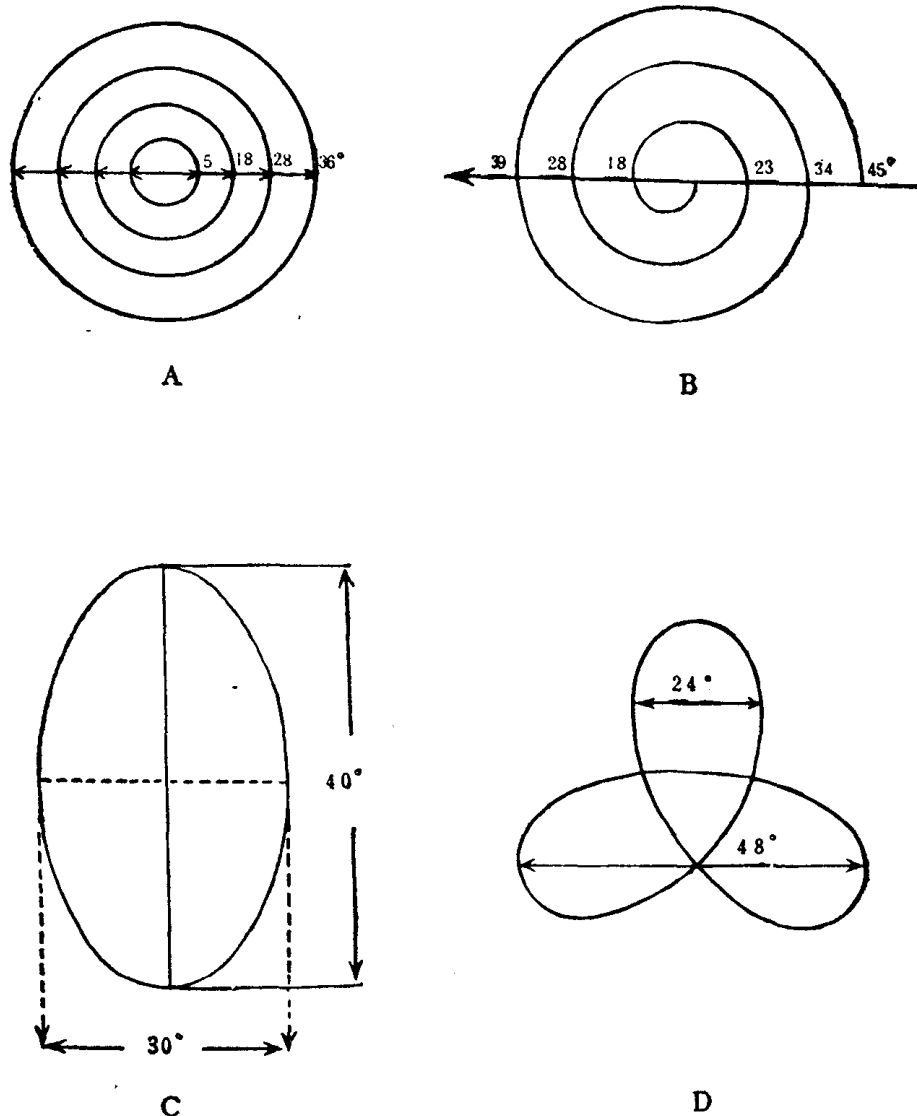


图 4 多向轨迹的曝光角

A. 圆 5° 、 18° 、 28° 、 36°

B. 涡卷线 $45^\circ/18^\circ$

C. 椭圆 $40^\circ/30^\circ$

D. 内圆摆线 $48^\circ/24^\circ$

向圆弧移动式,它采用固定床面及调动转轴(中心支点)来选择体层,即焦点可随体层平面的高低而升降。伴随而来的是X线管处于水平位时,焦点至胶片的距离亦随体层平面的高低而有所不同。而多轨迹装置中的单向圆弧移动式,则采用升降床面固定转轴的方式来选择层面,各体层平面至胶片的距离是恒定的,焦点至体层平面的距离也是恒定的。而有些平行移动式摄影装置,由于它采用可调转轴式,因此,在X线管处于水平位时,不论体层平面如何变化,其焦点至胶片的距离是固定不变的。它采用改变焦点至体层面及体层面至胶片距离的方式来选择层面。在这种情况下,焦点至体层平面距离及体层平面至胶片的距离均发生变化,而且在体层摄影时,焦点至胶片距离可随着X线管运动角度的增加而延长。

二、体层摄影装置的分类

体层摄影装置的类别,通常以投影轨迹的形式来区别。投影轨迹可在X线管曝光运动中,用胶片感光而显示(参看装置的精度及校验中轨迹校验一节)。一般说X线管的运动轨迹和胶片感光所显示的投影轨迹是一致的,但X线管呈单向圆弧移动时,照片上的投影轨迹却是直线形。

对于同一轨迹而X线管的运动方向和曝光角度不同者,为便于区别,可在轨迹的前面加称方向和在轨迹的前后加称角度来表示。如纵向直线大角度、横向直线小角度、小角圆、广角圆等。

有的摄影装置只有一种轨迹型式,称单轨迹或单轨道体层摄影装置。有的摄影装置具有两种或两种以上的轨迹型式,这类装置称多轨迹或复式轨迹或多轨道体层摄影装置,如Polytome、Siemens多轨迹体层摄影装置等。

现今所用的轨迹型式有:直线、圆、椭圆、内圆摆线(梅花)、涡卷(螺旋、盘香)、正弦线等。

尽管轨迹型式有多种多样,但总不外乎直线轨迹的和圆轨迹的或者两种轨迹的结合(图5)。

根据轨迹组成的特点,下面就单向和多向两种运动型式的摄影装置作概要的介绍。

(一) 单向运动式摄影装置

这类装置在行体层摄影时,X线管和胶片作方向相反的单一方向运动,投影轨迹为直线形(Rectilinear),故又称直线轨迹体层摄影装置。这类装置依管球和胶片的运动形式又分两种:

1. **单向平行移动式(可调支轴式):**此种装置类型(图6),X线管和胶片均以直线运行进行抹消运动。即在X线管曝光时,X线管焦点和胶片之间始终互为平行。它以调节中心支轴来选择体层,因此,又称可调支轴式装置。一般普通摄影及体层摄影两用机多采用此种方式。国外有的多轨迹体层摄影装置也是采用这种方式。我国西北医疗设备厂生产的X300-1型多轨迹体层摄影装置和国内通用X线机所配备的单向体层摄影装置也多采用这种方式。

这种形式的简易装置是在普通摄影台的一侧安装一体层摄影定位器,此定位器包括摆角指示,30~60°可任意调节。体层面标尺(厘米)、曝光始终触头(曝光角度)和控制曝光触头

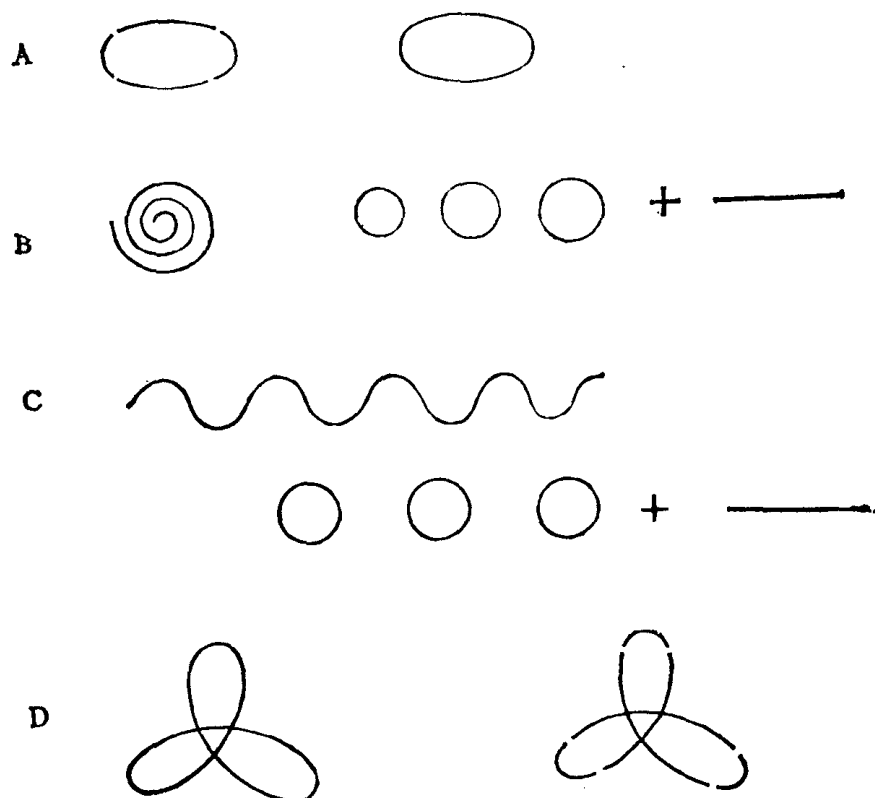


图 5 多向轨迹结构剖析图

- A. 椭圆形轨迹, 可视为 4 个半圆弧所组成
 B. 涡卷线轨迹, 可分析为不同直径的圆加一直线所组成
 C. 正弦线轨迹, 可分析为三个同直径的圆加一直线所组成
 D. 内圆摆线轨迹, 可分析为三个小半圆弧加三个大的半圆弧所组成

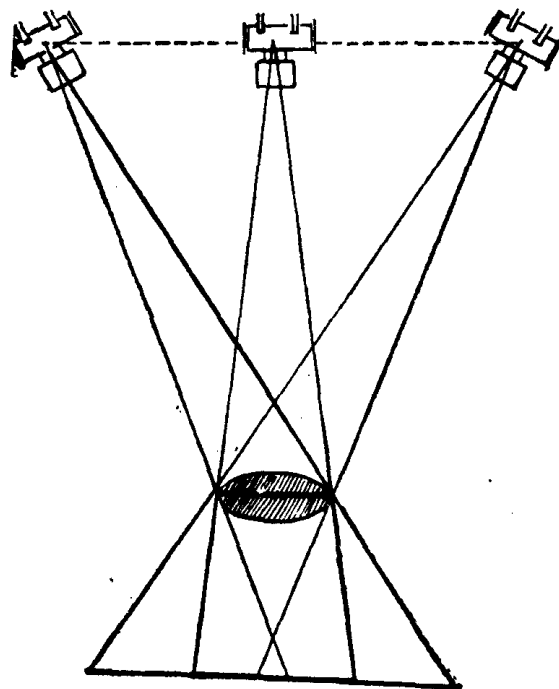


图 6 单向平行移动式