

# 口腔颌面 影像技术与诊断

主 编 王照五 许来青 曹均凯

KOUQIANG HEMIAN  
YINGXIANG JISHU YU ZHENDUAN



科学出版社

# 口腔颌面影像技术与诊断

主 编 王照五 许来青 曹均凯

副 主 编 石校伟

主 审 刘洪臣

口腔外科主审 胡 敏

口腔内科主审 李颖超

放射医学主审 蔡剑鸣

编 者 (按姓氏笔画排序)

王佩鏊 王俊成 王家柱 王照五

石校伟 师占平 刘洪臣 许来青

李颖超 肖 瑞 张 彤 陈卫彬

周 惠 胡 敏 柳春明 姜 华

徐 萍 徐 晨 郭小龙 曹均凯

蔡剑鸣

科 学 出 版 社

北 京

## 内 容 简 介

本书分医学X线影像基础、平片投照法、曲面体层影像技术与诊断、CBCT影像技术与诊断四篇24章介绍口腔颌面影像技术与诊断。其重点将影像技术操作、影像解剖分析与影像诊断相结合,从口腔影像临床实践出发介绍X线基础知识、口腔X线机的构造和成像原理,牙片、殆片、颞下颌关节、上颌骨、下颌骨、唾液腺等系列投照法,曲面体层机的构造和成像原理、曲面体层影像的临床应用,CBCT影像技术在牙体牙髓疾病、牙槽外科、修复种植、颌面部创伤、颞下颌关节疾病、颌骨囊肿及肿瘤等疾病中的应用。内容实用,图片丰富。本书从第2章~第9章附有视频二维码,以动态、直观形式介绍相应章节内容,扫描二维码可观看视频。

本书可作为临床口腔影像医师及技师基础的参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

口腔颌面影像技术与诊断 / 王照五, 许来青, 曹均凯主编. —北京: 科学出版社, 2019.10

ISBN 978-7-03-062546-5

I. ①口… II. ①王… ②许… ③曹… III. ①口腔颌面部疾病—影像诊断 IV. ①R816.98

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第216874号

责任编辑: 马 莉 / 责任校对: 郭瑞芝  
责任印制: 赵 博 / 封面设计: 龙 岩

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京九天鸿程印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2019年10月第一版 开本: 787×1092 1/16

2020年1月第二次印刷 印张: 44

字数: 1000 000

定价: 300.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

## 主编简介



**王照五** 副主任技师，解放军总医院口腔医学中心放射科主任。中华口腔医学会口腔颌面放射专业委员会委员，《中华老年口腔医学杂志》编审。从事口腔颌面放射影像技术理论及临床诊断研究30余年，发表论文近百篇，主编及参编专著5部。获军队医疗成果奖6项，国家发明专利2项，在解放军总医院因技术革新荣立三等功1次，获解放军军医进修学院优秀教师称号。负责主办了13期国家级继续医学教育项目“口腔颌面影像技术与诊断学习班”。



**许来青** 毕业于郑州大学口腔医学院，获四川大学华西口腔医学院硕士学位。现任中国人民解放军总医院第一医学中心口腔放射诊断科医师。中华医学会影像技术分会第八届委员会口腔影像技术专业委员会委员，北京口腔医学会第一届口腔颌面影像专业委员会委员，北京医学会放射技术分会第八届委员会口腔影像技术学组副组长。



**曹均凯** 主任医师，副教授，硕士研究生导师。任职于解放军总医院第一医学中心口腔科。毕业于解放军第四军医大学，从事口腔修复学专业。中华口腔医学会颞下颌关节病学及殆学专业委员会委员，北京口腔医学会口腔修复专业委员会委员，中国老年保健医学研究会老年口腔医学分会委员，《中华老年口腔医学杂志》《解放军医学杂志》编审。承担国家及北京市级科研课题7项，在国内外期刊发表论文30余篇，参编及主编专著4部，获军队科学技术与医疗成果奖4项。

## 副主编简介



**石校伟** 主管技师。任职于解放军总医院第一医学中心口腔科。毕业于济南军区卫生学校放射专业；解放军第四军医大学生物医学工程专业本科。从事口腔颌面影像技术临床工作近30年，始终关注口腔颌面放射影像技术理论的研究工作，并注重与临床相结合。在国内外相关口腔医学期刊发表论文近30篇。

# 主审简介



**刘洪臣** 主任医师，教授，博士生导师，解放军总医院口腔医学中心主任，全军口腔医学研究所所长。历任中华口腔医学会、中国整形美容协会、北京口腔医学会等副会长，中国整形美容协会口腔整形美容分会及中华口腔医学会口腔修复学、口腔种植学、全科口腔医学、颞下颌关节病及颌学、中华口腔医学会老年口腔医学等专业委员会主任委员，国际牙医师学院Fellow，亚太区口腔种植协会名誉会长，第18届世界美容医学大会主席，国家教育部研究生教育指导委员会、国务院学位委员会学科评议组委员，《中华老年口腔医学杂志》等5种期刊主编。被聘为清华大学、南开大学客座教授。发表论文400余篇，主编专著16部，获国家及军队科学技术进步奖20余项，获保健特殊贡献奖、杰出口腔医师奖、中国医师奖、解放军总医院首届10位名医等奖项和荣誉。



**胡敏** 主任医师，教授，博士生导师，任职于解放军总医院口腔颌面外科。南开大学医学院、西安医学院特聘教授。解放军医学院、北京市教委学科评委，中华口腔医学会第三和第四届理事会理事、北京医师协会理事、北京口腔医学分会常务理事，中华口腔医学会口腔颌面外科委员会常委，中华口腔医学会颞下颌关节病学及颌学专业委员会副主任委员、北京医师协会整形美容专业委员会副主任委员、中国老年保健医学研究会老年口腔医学分会副主任委员，中国生物材料学会整形及颅颌面外科生物材料应用专业委员会前主任委员。任《中华口腔医学杂志》等20余种期刊编委。发表论文410余篇，主编出版专著5部，获国家及军队科技进步奖20余项，国家发明专利7项。



**李颖超** 副主任医师，副教授，牙体牙髓病学硕士，任职于解放军总医院口腔内科。从事老年牙体牙髓疾病诊断与治疗、口腔激光在牙体牙髓病治疗的研究。发表论文50余篇，参编及主编专著6部。任《中华老年口腔医学杂志》编委，北京口腔医学会牙体牙髓病专业委员会委员、中华医学会激光医学分会委员，北京医学会口腔激光专业委员会常委，中国医药教育协会移动医疗工作委员会常委，国际牙医师学院Fellow。荣获中央保健工作先进个人、解放军总医院建院60周年特殊贡献奖，获军队科技进步二等奖1项、三等奖1项。



**蔡剑鸣** 主任医师，教授，博士生导师，解放军总医院第一医学中心放射诊断科副主任。中国卒中学会脑血流与代谢专业委员会常委，中华医学会放射学分会第十四届头颈专业委员会委员，中国医学装备协会磁共振成像装备与技术专业委员会委员，北京医学会放射学分会头颈专业委员会委员，全军辐射医学专业委员会委员；《中国医学影像学杂志》《中国医学影像技术杂志》《中华老年心脑血管病杂志》《中国癌症防治杂志》编委。

# 序

解放军总医院口腔放射科历经几代人的努力，已成为国内三甲综合医院最大的口腔放射诊疗专科，它拥有一支勤奋工作的团队、5台口腔专用CT、曲面体层和牙片X线机等设备，每天为600余人次做口腔颌面影像学检查。这支团队不仅为提高临床口腔疾病的诊断水平做出了卓有成效的工作，也为解放军总医院口腔医学中心的建立与发展、口腔住院医师规范化培训、解放军医学院口腔医学研究生教育和进修教育做出贡献。

主编王照五于20世纪80年代进入解放军总医院口腔放射科，从事口腔放射技术工作近40年，在临床影像投照技术实践中，他勤奋工作、刻苦学习、勇于探索，在掌握基本口腔放射技术的基础上，努力学习和掌握口腔影像学的新技术、新理论。1985年根据总医院的安排前往北京大学口腔医院影像诊断科进修，向孙广熙等老一代口腔颌面影像技术前辈学习。在继承传统影像投照技术的同时，不断探索完善专业技术，以满足临床诊断需求。随着数字化影像技术特别是CBCT的快速发展，他将其与临床投照技术结合，不断研究和总结，为解决临床问题找出新方法。

王照五和其他三位作者将多年来的临床工作和研究加以总结，编写成影像技术专业培训教材，在用于指导口腔颌面影像投照技术与诊断的临床工作同时，连续举办了13期国家级继续医学教育学习班。学员从第1期的几十名到第13期的几百名，来自全国各地基层口腔医疗单位的学员成倍增加。《口腔颌面影像技术与诊断》一书是在多年培训实践和教材编写的基础上，针对临床工作需要编写而成。其内容主要针对国内最基层口腔颌面影像技术与诊断的人员介绍了平片投照技术、曲面体层与CBCT影像技术等，实用性强，可作为临床口腔影像诊断技术人员的参考用书，也是对我国口腔颌面影像技术与诊断工作的补充。

本书作者虽为该书的出版付出大量心血，但仍不免会有纰漏之处，请读者共同关心口腔颌面影像技术与诊断的完善与发展，在阅读时指出不足甚至错误，协助编写团队在今后的临床实践中不断思考探索，总结经验并修正，为我国口腔颌面影像技术的发展做出贡献，全面提高口腔颌面部影像诊断质量，更好地服务于广大患者。

我有幸受邀为该书的主审，由于知识局限性和文字等方面因素，遗漏和错误在所难免，所幸还有口腔内科、口腔颌面外科及医学影像学专家们共同把关，也请口腔同仁和读者把关，随时纠正相关的问题并提出建议，以使该书更为完善。

刘洪臣  
中华口腔医学会副会长  
解放军总医院口腔医学中心主任  
全军口腔医学研究所所长  
2019年7月于北京

# 前 言

随着口腔医学的迅速发展，口腔医学影像诊断在临床上显得更为重要。目前，各中型口腔医疗机构均已具备了牙科平片X线机、颌面部曲面体层机、牙科CBCT机等设备。特别是近年来，经国内CBCT生产厂商的努力，已经有很多不同品牌的国产CBCT机上市，且价格较5年前便宜，现在全国各口腔医疗机构，从大专院校到私营口腔诊所，几乎都配备了这些影像设备。

口腔颌面影像技术在口腔医学专业院校的教科书中介绍的内容很少，更多的是注重临床影像诊断，而忽视了影像技术的重要性。如果没有影像理论和技术为基础，就不可能获得有价值的影像诊断。只有不断地在临床实践中摸索和总结经验，提高影像技术水平，才能更好地为临床服务。目前，口腔医学影像设备经过临床使用后不断改进，制作得更经济实用，更贴近临床需求，各种口腔影像设备不断更新，对操作机器的技术要求也越来越高，因此必须跟上时代的变化才能满足临床诊断的需求。针对临床工作需要，现将我科自2005年以来主办的13期全国继续教育学习班“口腔颌面影像技术与诊断”培训教材汇总，并系统编写为《口腔颌面影像技术与诊断》一书。本书分为医学X线影像基础、平片系列、曲面体层影像技术与诊断、CBCT影像技术与诊断等四篇，内容涵盖了X线影像基础、各种投照技术、曲面体层和CBCT影像技术与诊断等知识，并将技术操作知识、影像解剖与影像诊断相结合，附相关病例，以供读者参考。

解放军总医院口腔放射科共举办了13期学习班。从第1期近20名学员，逐渐增加到第13期的180余名学员，可以看出，随着我国的经济发展，人们的口腔卫生保健意识逐渐增强，影像技术与诊断已成为口腔医学专业中的基础支撑学科。

本书的编写是我科历经30多年的临床工作实践与教学相结合的总结，在编写过程中，我们邀请到口腔内科、外科、X线医学影像科多位知名专家审核、修改和定稿，目的是将其编撰成系统、科学、实用的口腔专著。初稿是源于2005年编写的《牙片X线机临床应用》（电子光盘，人民军医出版社出版发行），在此基础上增加了很多内容重新编写而成。因此，在此特别感谢科学出版社和人民军医出版社的编辑的鼎力相助。

《口腔颌面影像技术与诊断》一书的出版，得到口腔和其他学科专家指导，在此出版之际，我们非常感谢为口腔颌面影像技术付出毕生精力、辛勤耕耘的孙广熙老先生！感谢北京大学口腔医学院影像诊断科、四川大学华西口腔医学院影像诊断科、南京大学医学院附属口腔医院口腔颌面医学影像科、上海第九人民医院影像诊断科、武汉大学口

腔医学院、上海铁路医院放射科，以及众多口腔影像界前辈和中华口腔医学会口腔颌面放射专业委员会历届专家。是他们多年在口腔颌面影像学岗位上辛勤耕耘，教育培养，才有这本《口腔颌面影像技术与诊断》一书的诞生。同时，在此一并感谢支持本书编写的同仁以及与口腔影像技术相关的设备企业对本书的支持！

解放军总医院第一医学中心  
解放军医学院 口腔放射诊断科  
2019年9月于 北京

# 目 录

## 第一篇 医学X线影像基础

第1章 X线摄影基础知识 .....	3
第一节 X线的产生和特征 .....	3
第二节 口腔颌面影像技术与诊断常用术语 .....	9
第2章 医学X线影像技术的临床应用 .....	14
第一节 临床常用的X线成像种类 .....	14
第二节 管电压、管电流、曝光时间在X线成像中的作用 .....	15
第三节 影像拍摄中各参数变换的影像分析 .....	16
第3章 X线摄片投照辅助设备、耗材与操作技术 .....	25
第一节 使用设备种类 .....	25
第二节 使用材料种类 .....	32
第三节 设备与耗材检验 .....	34
第四节 暗室操作技术 .....	44
第五节 影像常见问题及解决办法 .....	46
第六节 放射防护 .....	60

## 第二篇 平片系列

第4章 牙片系列 .....	67
第一节 根尖片投照法 .....	67
第二节 咬翼片投照法 .....	87
第三节 乳牙列根尖片投照法 .....	89
第四节 上颌埋伏牙牙片平移定位投照法 .....	101
第五节 智齿埋伏阻生定位投照 .....	104
第六节 下颌第三磨牙水平阻生胶片不能就位投照技术 .....	106
第七节 牙列拥挤投照技术 .....	107
第八节 上颌前磨牙双根鉴别加大垂直角投照技术 .....	108

<b>第5章 殆片系列</b> .....	<b>115</b>
第一节 上颌前部殆片投照法 .....	115
第二节 上颌后部殆片投照法 .....	117
第三节 下颌前部殆片投照法 .....	119
第四节 下颌横断殆片投照法 .....	121
<b>第6章 颞下颌关节投照方法</b> .....	<b>124</b>
第一节 髁突经咽侧位投照法 .....	124
第二节 髁突经眶位投照法 .....	127
第三节 下颌骨开口后前位投照法 .....	128
第四节 颞颌关节侧斜位近距离投照法（薛氏位、许勒位） .....	130
第五节 颞下颌关节侧斜位开闭口二次曝光投照法 .....	133
<b>第7章 上颌骨投照系列</b> .....	<b>135</b>
第一节 头颅后前位片投照法 .....	135
第二节 头颅侧位投照法 .....	138
第三节 鼻颏位近距离投照法（瓦氏位） .....	141
第四节 颧骨后前位投照法（铁氏位） .....	143
第五节 鼻骨侧位投照法 .....	145
第六节 颧弓位投照法 .....	146
第七节 上颌14—18、24—28口外近距离投照法 .....	148
第八节 额骨局部后前位近距离投照法 .....	151
第九节 额骨局部切线位投照法 .....	154
第十节 上颌窦单侧侧位近距离投照法 .....	156
第十一节 上颌尖牙位近距离投照法 .....	159
第十二节 上颌窦后前位近距离投照法 .....	160
第十三节 上颌埋伏阻生牙改良颏顶位投照法 .....	163
第十四节 上颌窦前壁切线位投照法 .....	165
<b>第8章 下颌骨投照系列</b> .....	<b>168</b>
第一节 下颌骨后前位投照法 .....	168
第二节 下颌骨升支侧位近距离投照法 .....	170
第三节 下颌34—38、44—48口外近距离投照法 .....	172
第四节 下颌骨体侧位近距离投照法 .....	174
第五节 下颌骨体侧位投照法 .....	176
第六节 下颌骨尖牙位近距离投照法 .....	178
第七节 下颌颏部后前位近距离投照法 .....	181
第八节 下颌骨体切线位投照法 .....	183
第九节 下颌骨升支切线位投照法 .....	186
第十节 下颌颏部侧位切线投照法 .....	189
第十一节 下颌骨体局部垂直位投照法 .....	191

第十二节	下颌颈部后前切线位投照法	193
第十三节	X线头影测量正、侧位片投照法	195
<b>第9章</b>	<b>唾液腺系列</b>	<b>199</b>
第一节	腮腺鼓气切线位投照法	199
第二节	腮腺造影后前位投照法	202
第三节	下颌下腺造影后前位投照法	204
第四节	下颌下腺角位骰片投照法	206
第五节	腮腺造影侧位近距离投照法	209
第六节	下颌下腺造影侧位投照法	210
第七节	下颌下腺导管造影骰片投照法	212

### 第三篇 曲面体层影像技术与诊断

<b>第10章</b>	<b>曲面体层机的构造及成像原理</b>	<b>217</b>
第一节	曲面体层机的构造	217
第二节	曲面体层机的成像原理	218
<b>第11章</b>	<b>曲面体层影像体层域</b>	<b>221</b>
第一节	纵向体层域和垂直体层域	221
第二节	纵向体层域曲线形态	222
第三节	纵向体层域试验与解析	230
第四节	曲面体层影像纵向体层域综合分析	235
第五节	切牙、尖牙、磨牙三区纵向体层域	242
第六节	曲面体层影像的垂直体层域	245
第七节	纵向体层域与垂直体层域的临床意义	249
<b>第12章</b>	<b>曲面体层影像检查的临床应用</b>	<b>253</b>
第一节	颞下颌关节曲面体层影像检查技术	253
第二节	全口牙曲面体层投照技术	256
第三节	上颌骨曲面体层影像检查技术	259
第四节	下颌骨曲面体层影像检查技术	261
第五节	颌面部全景曲面体层影像检查技术	264
第六节	茎突曲面体层影像检查技术	266
第七节	唾液腺曲面体层影像投照技术	269
<b>第13章</b>	<b>临床常用体位曲面体层检查标准影像</b>	<b>272</b>
第一节	颞下颌关节曲面体层标准影像	272
第二节	全口牙曲面体层标准影像	274
第三节	上颌骨曲面体层标准影像	276
第四节	下颌骨曲面体层标准影像	277
第五节	颌面全景曲面体层标准影像	279

第六节	茎突曲面体层标准影像	280
第七节	唾液腺造影曲面体层标准影像	281
<b>第14章</b>	<b>口腔颌面部多种体位投照摆位及错误</b>	<b>282</b>
第一节	颞下颌关节曲面体层影像错误原因	282
第二节	全口牙曲面体层影像错误原因	285
第三节	特体患者全口牙曲面体层投照解决办法	295
<b>第15章</b>	<b>相关病例曲面体层影像</b>	<b>309</b>
第一节	颞下颌关节曲面体层相关病例影像	309
第二节	曲面体层影像解剖阅读	315
第三节	寰枢关节在曲面体层影像表现	317
第四节	全口牙曲面体层相关病例影像	330
第五节	1~6岁儿童全景曲面体层影像	337
第六节	上颌骨曲面体层相关病例影像	339
第七节	下颌骨曲面体层相关病例影像	341
第八节	颌面全景曲面体层相关病例影像	347
第九节	茎突曲面体层相关病例影像	351
第十节	唾液腺造影曲面体层相关病例影像	352

## 第四篇 CBCT影像技术与诊断

<b>第16章</b>	<b>CBCT影像分辨率与临床应用</b>	<b>359</b>
第一节	CBCT空间分辨率	359
第二节	CBCT密度分辨率	366
<b>第17章</b>	<b>CBCT多种伪影与临床应用</b>	<b>371</b>
第一节	CBCT金属伪影产生规律研究分析	371
第二节	CBCT金属伪影的规律与临床应用	380
第三节	CBCT自体伪影的临床应用	399
第四节	环形伪影的种类与临床应用	403
第五节	CBCT帽状伪影的临床应用	407
第六节	CBCT伪影临床规避方法	413
第七节	CBCT影像黑白锐化对比调节的临床应用	422
<b>第18章</b>	<b>CBCT在牙及牙周疾病中的应用</b>	<b>431</b>
第一节	龋病	431
第二节	牙髓病	434
第三节	根尖周病	439
第四节	牙发育异常	449
第五节	牙骨质增生	461
第六节	牙周炎	462

第七节 牙外伤	463
第八节 牙裂	468
第九节 牙根侧穿的CBCT影像早期诊断	478
第十节 牙根外吸收	487
第十一节 CBCT在根管治疗中的应用	489
<b>第19章 CBCT在牙槽外科中的应用</b>	<b>533</b>
第一节 埋伏牙定位	533
第二节 拔牙术前风险评估	536
第三节 拔牙意外	540
第四节 腭隆突及下颌舌侧隆突	544
<b>第20章 CBCT在颌面部创伤中的应用</b>	<b>546</b>
第一节 颌面部骨折	546
第二节 颌面部异物定位	549
<b>第21章 CBCT在唾液腺疾病中的应用</b>	<b>553</b>
<b>第22章 牙科CBCT在种植牙中的应用</b>	<b>556</b>
第一节 上颌骨影像解剖结构识别	556
第二节 上颌牙槽骨影像重建测量	561
第三节 与牙槽骨重建测量有关的特殊结构	565
第四节 上颌牙槽骨三维重建的特殊影像解剖	569
第五节 与上颌牙槽骨有关的影像异常	573
第六节 下颌骨影像解剖	583
第七节 下颌牙槽骨影像重建测量	585
第八节 与下颌牙槽骨种植有关的特殊结构	593
第九节 临床种植失败病例CBCT影像阅读分析	599
<b>第23章 CBCT在颞下颌关节疾病中的应用</b>	<b>611</b>
第一节 颞下颌关节的CBCT成像技术	611
第二节 CBCT对颞下颌关节骨性结构的测量技术	624
第三节 CBCT对颞下颌关节的测量正常值	627
第四节 颞下颌关节病CBCT扫描技术实例	629
<b>第24章 颌骨囊肿、肿瘤及其他</b>	<b>656</b>
第一节 颌骨囊性病损标准图像报告展示方法	656
第二节 颌骨囊肿	665
第三节 颌骨牙源性良性肿瘤	672
第四节 颌骨非牙源性良性肿瘤及瘤样病变	678
第五节 下颌骨发育缺损	683
<b>视频目录</b>	<b>686</b>

# 第一篇

## 医学X线影像基础

---



# X线摄影基础知识

自1895年德国物理学家伦琴发现X线，并在1896年展示了他用X线拍摄的世界第一张人手的X线照片，至今已有120多年，这期间X线诊断技术随着科技的进步有了突飞猛进的发展。最初的X线透视和照片的图像质量较低，工作条件和防护等方面还存在不少问题，影响了X线技术的发挥。直到20世纪，由于电子技术的进步，加快了X线机技术的发展速度，尤其是影像增强电视系统在X线设备上的应用，不但大大提高了X线影像的空间分辨率和清晰度，还降低了X线辐射剂量，使操作者走出了暗室，提高了防护水平。20世纪70年代以来，随着电子计算机的发展，微机技术也被应用到了X线设备中，各种大型的或专用的微机控制的X线设备不断推出，提高了X线设备的自动化水平和精度，图像质量得到进一步的提高。当前，伴随着电荷耦合器件（CCD）、互补金属氧化物半导体（CMOS）和薄膜晶体管平板探测器成功开发，各种CCD、CMOS和平板探测器被应用到X线设备上，已研制各种各样用途的数字化X线设备，使X线影像的数字化成为可能。借助于PACS应用，实现图像的网络化传输，使放射科实现无胶片化，既减少了工作人员的劳动强度，提高了劳动效率，也使放射科的管理上了一个新的台阶。牙科X线设备伴随着这些技术的进步，也推出了各种各样的数字牙科X线设备，如直接数字化成像的牙片X线摄影机、直接数字化成像的曲面体层X线摄影机、口腔科专用的口腔颌面锥形束计算机断层扫描（cone beam computed tomography, CBCT）设备等已广泛应用于临床。

## 第一节 X线的产生和特征

### 一、X线的产生

X线的产生是一个复杂的过程，一般来说，它是在高度真空的X线管中，电子在高压电场的作用下，以极高的速度撞击阳极靶面后产生的。高速电子动能约99%在碰撞中损失而转换为热能，使阳极温度迅速上升，伴随阳极温度的上升，阳极靶原子内层电子被激发脱离轨道，通过内层电子的跃迁而辐射出X线（图1-1）。

高速电子与阳极靶原子“撞击”的结果产生了X线，这种射线含有多种成分，只有其中一部分X线波长极短、能量大、穿透作用强，这部分射线将穿过X线管壁、油层、窗口、滤过板射出，用作治疗和诊断（图1-2）。

高速电子动能的99%将转换为热能，通常只有约百分之零点的能量转换为有用的