

*The Theory and Practice of
New Digital Techniques of Forensic Pathology*

法医病理 数字化新技术理论与实践

主编 刘宁国 陈忆九

 上海科技教育出版社

*The Theory and Practice of
New Digital Techniques of Forensic Pathology*

法医病理 数字化新技术理论与实践

主编 刘宁国 陈忆九

 上海科技教育出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

法医病理数字化新技术理论与实践 / 刘宁国等主编. —
上海: 上海科技教育出版社, 2015.1

ISBN 978-7-5428-6009-5

I. ①法… II. ①刘… III. ①数字技术—应用—法医学—病理学 IV. ①D919.1-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 153263 号

责任编辑 蔡 婷

封面设计 符 劼

法医病理数字化新技术理论与实践

主编 刘宁国 陈忆九

出版发行 上海世纪出版股份有限公司
上海科技教育出版社
(上海市冠生园路 393 号 邮政编码 200235)

网 址	www.sste.com www.ewen.co
经 销	各地新华书店
印 刷	上海中华印刷有限公司
开 本	787 × 1092 1/16
字 数	352 000
印 张	21
插 页	4
版 次	2015 年 1 月第 1 版
印 次	2015 年 1 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 978-7-5428-6009-5/R · 433
定 价	198.00 元

主 编

刘宁国 陈忆九

编 委(按姓氏笔画排序)

万 雷(助理研究员)

毛明远(法医师)

刘宁国(主任法医师)

许建荣(教授)

李正东(研究实习员)

邹冬华(助理研究员)

张建正(教授)

张建华(副主任法医师)

陈忆九(研究员)

邵 煜(研究实习员)

郑 剑(讲师)

赵俊义(工程师)

赵辉林(主治医师)

秦志强(主任法医师)

黄 平(副研究员)

内容提要

本书详细介绍了近年来开展并投入实践的法医虚拟解剖、计算机生物力学仿真、数字化快速三维现场图、法医骨学专家系统和全息数字病理切片等研究和鉴定成果,并报道了国内外最新科研成果和工作实践。

全书分为六章。每章既有数字化法医病理技术手段的最新概况,也有该技术手段所依据的基本理论和方法,同时还对相应技术在法医学各类鉴定中的应用分别进行归纳、总结,涵盖了法医病理数字化技术及其相关领域的基础理论和应用实践。本书可供从事法医学鉴定和科学研究工作的公安、检察、法院、高校和社会鉴定机构等人员阅读参考,也可为司法审判人员、大中专院校相关专业学生以及法律工作者提供帮助。

编写说明

法医病理学是一门古老的学科，解剖刀和显微镜一直是法医病理鉴定的主要必备工具。然而，正如临床医学科学不断将新技术、新方法用于疾病的诊断、治疗工作中一样，法医病理学也需要不断补充相关专业的新技术手段来提高鉴定、科研水平。近年来，随着计算机技术的蓬勃发展，数字化技术正在为各学科领域带来革命性的突破，而当这些新技术与法医病理学结合在一起时，也必然成为推动学科发展的新动力。

本书作者立足于近年来亲身从事的数字法医病理学研究、鉴定工作，查阅了国内外最新科研成果和案例报道，将基础理论、研究进展、操作方法与具体案例实践相结合，从理论和实践两方面加以归纳总结，力图深入浅出地介绍这些法医病理学领域新的数字化技术手段。全书分为六章，其中前三章重点介绍当前发展较快的虚拟解剖技术和有限元、多刚体等计算机虚拟仿真技术。在本书的后三章，作者从实际工作需要出发，分别介绍了在鉴定工作中有较强实用性的快速三维现场图构建、法医骨学专家系统和法医病理全息数字切片等数字化技术。

自 2000 年以来，反映法医病理学数字化技术研究的专业文献量迅速增多。作者所在科研团队自 2005 年起开始虚拟解剖、虚拟人体生物力学研究及其他相关数字化技术手段的探索工作，通过国家自然科学基金项目“基于数字技术的交通伤致伤方式及生物力学研究”(30872920)，国家自然科学基金小额探索项目“钝力性损

伤数字化构模及应力响应研究”(81072507),国家自然科学基金项目“有限元法求解颅脑损伤机制及生物力学阈值量化研究”(81273338),国家自然科学基金青年科学基金项目“交通伤有限元法数字化构模及碰撞生物力学研究”(81102300),上海市自然科学基金项目“钝力性颅骨骨折形态的数字化生物力学分析”(10ZR1431200),上海市科委社会发展专项“基于数字化构模的交通伤碰撞生物力学动态响应重建及安全防范研究”(14231202500)等多项科研课题研究,并结合实际工作中真实案例的同步分析比对,已在国内外期刊上发表了多篇研究论著,为本书积累了丰富的素材。本书主要研究内容的成果,已获得了2013年度上海市科学技术进步奖三等奖。

目前,作者所在的科研团队正承担着国家“十二五”科技支撑计划项目《人体损害检测与鉴定技术研究》(项目编号:2012BAK16B02),项目组已多次将本书中涉及的数字化新技术探索性地应用于司法鉴定案例之中,取得了大量令人信服的数据,解决了鉴定工作中的实际难题。

在完成本书主要研究成果的过程中,得到了上海交通大学医学院附属仁济医院、上海市公安局交通警察总队、上海交通大学机械系统与振动国家重点实验室、上海理工大学机械学院、华东理工大学信息科学与工程学院以及比利时玛特瑞尔莱斯公司等单位的大力支持和密切配合,分别提供了影像学技术和医学素材、交通事故案例和现场相关材料、多刚体构模的技术支持、有限元建模的探索和转化、法医专家系统理论和实施以及计算机仿真模型的优化等,成为课题得以顺利完成的有力保障。

本书主要作者所在机构是国家级司法鉴定机构和鉴定技术研究机构,是国内首家购置螺旋CT应用于法医学虚拟解剖研究的科研单位,也是首家全面开展虚拟解剖鉴定的司法鉴定部门,并在国内率先开展了法医生物力学的计算机仿真研究,近年来通过所承担的国家级和省部级科研课题已积累了大量的基础理论知识和专业思路,在司法检案中又获得了宝贵的实践经验,编写小组成员均是正在从事法医病理科学研究和检案应用的法医学、影像学等相关专业的专家和研究人員,具有丰富的专业理论知识和实践经验。

本书的出版有利于帮助相关专业人员迅速了解掌握先进专业技术,并在硬件上、技术上做好进一步完善,对于推动学科发展、解决社会矛盾以及促进社会和谐具有重要的现实意义。

本书编写力求取材新颖、资料翔实、内容全面,充分利用法医学、影像学和临床相关学科已有的学术成果,按照法医病理的专业体系和分类安排篇幅,而于各章节中穿插介绍法医病理学数字化技术的内容及其在法医学方面的应用,使各专业理论和技术在各部分达到完美融合。

本书可供从事法医学鉴定和科学研究的公安、检察、法院、高校和社会鉴定机构等工作人员阅读参考,也可作为司法审判人员、大中专院校相关专业学生以及律师等法律工作者提供帮助。因此,预期在司法鉴定领域、法律领域、医学领域及教学领域中都有一定的需求。

编者

2014年9月15日

主编介绍

刘宁国

主任法医

1999 年上海医科大学法医学专业获医学硕士学位,1999 年起在司法部司法鉴定科学技术研究所从事法医病理学的科学研究、司法鉴定和《法医学杂志》编辑工作。作为第一鉴定人完成法医病理专业包括重大疑难案件在内的各类鉴定 2000 余例,主持或参与多项国家科技部、司法部及上海市自然科学基金等科研项目,在国内外学术刊物上发表论文 20 余篇,其中 SCI 收录刊物 2 篇,参编专著 3 部。

研究方向:法医病理学损伤时间推断、法医虚拟解剖、法医生物力学和计算机仿真。代表性研究项目有上海市自然科学基金项目《纤连蛋白剪接异型体金标抗体试剂条研发》《钝力性颅骨骨折形态的数字化生物力学分析》。



陈忆九

研究员、博士生导师、享受国务院特殊津贴



1984年上海医科大学毕业后留校在法医学系工作,1990年获医学硕士学位。1997年起在司法部司法鉴定科学技术研究所法医病理学研究室从事鉴定与研究工作。目前兼任上海市司法鉴定协会法医病理专业主任委员、中国法医学会法医病理专业委员会副主任委员、上海市人身伤害专家委员会委员、全国刑事技术标准化技术委员会法医检验分技术委员会委员、中国实验室国家认可委员会技术委员会法庭科学分委会委员。每年数十次赴全国各地鉴定重大疑难案件,在法医学损伤与疾病关系研究中卓有建树。主持国家自然科学基金、省部级科研项目10余项,发表学术论文50余篇,主编、副主编法医病理学学术著作各1部,参编学术著作8部。2010年被司法部授予首届全国司法鉴定先进个人称号。

研究方向:损伤与疾病关系研究、机械性损伤致伤方式研究、损伤生物力学研究等。



第一章 基于现代影像学技术的法医虚拟解剖 1

- 第一节 虚拟解剖概论 1
- 第二节 法医虚拟解剖的条件和程序 8
- 第三节 法医虚拟解剖检查技术 13
- 第四节 腐败尸体的虚拟解剖 28
- 第五节 虚拟解剖在机械性损伤鉴定中的应用 34
- 第六节 机械性窒息的虚拟解剖 57
- 第七节 溺死的虚拟解剖 63
- 第八节 猝死的虚拟解剖 70
- 第九节 交通事故虚拟解剖 81

第二章 基于多刚体技术的交通事故重建 89

- 第一节 多刚体技术在交通事故重建中的应用策略 89
- 第二节 交通事故多刚体仿真技术的原理与方法 95
- 第三节 法医学交通事故重建技术 105
- 第四节 汽车碰撞事故的多刚体动力学分析 113
- 第五节 摩托车碰撞事故的多刚体动力学分析 120
- 第六节 自行车碰撞事故的多刚体动力学分析 124
- 第七节 行人与汽车碰撞事故的多刚体动力学分析 130

第三章 基于有限元技术的损伤生物力学分析 137

- 第一节 有限元分析技术及其在生物力学方面的应用 137

第二节	法医生物力学基础	150
第三节	有限元模型的建立与验证	159
第四节	胸廓有限元模型的建立与验证	174
第五节	肝有限元模型的建立及其法医学应用探讨	185
第六节	骨盆有限元模型的建立及其法医学应用	189
第七节	膝部有限元模型在法医学鉴定案例中的应用	198
第八节	下肢有限元模型的建立与法医学应用	219
第九节	拳击腹部致肝损伤的法医学仿真	224

第四章 基于三维摄影技术的快速现场图制作 241

第一节	计算机辅助交通事故现场图制作现状	241
第二节	交通事故现场图的绘制要求	245
第三节	基于普通相机现场测量的三维现场图制作	252

第五章 基于推理机原理的法医专家系统构建 261

第一节	法医计算机专家系统的原理和方法	261
第二节	专家系统设计的关键策略	265
第三节	基于骨骼的法医学个人识别	273
第四节	法医骨学专家系统的构建及应用	287

第六章 基于全息显微图像技术的组织病理资料共享 299

第一节	数字病理切片系统及发展前景	299
第二节	数字切片扫描仪及其工作原理	304
第三节	法医病理数字化图文信息库的构建	311

参考文献 315

第一章

基于现代影像学技术的法医虚拟解剖

第一节 虚拟解剖概论

一、法医解剖学的基本要求和局限性

在刑事犯罪、民事纠纷、工伤事故等一切涉及法律、诉讼责任划分的死亡案件中,查明死亡原因是一切工作的立足点和出发点,而法医学尸体解剖(medicolegal autopsy)则是公认明确死亡原因的根本手段。因此,法医病理学就是建立在系统尸体解剖的基础上,充分根据病理学、痕迹学、生物力学甚至是运动学等各学科知识,观察、分析和判断造成人体死亡的直接原因和根本原因,从而达到认定造成死亡的暴力来源、程度和各暴力因素在死亡中的比例关系的目的,为司法工作服务。这些需求决定了法医病理学尸体解剖工作必须系统、细致、全面:从衣着痕迹、皮肤损伤形态和特殊征象,到软组织出血部位和范围,乃至骨折形变的范围和方向以及内部器官的伤病变化等,均需仔细观察并综合分析判断。

尸体解剖是法医病理学的基本功,完成一次高质量的尸体解剖不仅要求法医具备扎实的病理理论知识和解剖操作技能,还要求其具有系统而合乎逻辑的辩证思维、丰富的工作经验以及细致入微的观察能力,由于不同法医存在经验和理论水平的差异,当面对同一尸体中存在的证据时,不同操作者获得的信息量也不尽相同,某些时候可能因为对某些关键细节特征的忽视,最终会得出完全相反的结论。所以从全面分析的角度来看,尽可能最大限度地获得尸检信息,是准确判断死亡原因、致伤方式等的关键因素。

然而,即使是具有较高经验水平的解剖操作者,由于受各种客观条件的限制,通过尸体解剖并不一定能获得足够有力的信息来判断死因。其原因可能来自于组织的特殊结构、特殊部位的局限,也可能来自于操作者观察能力的局限,还可能来自于死亡后各种理化因素导致尸体发生的改变,致使尸体解剖信息的不同程度地

灭失。常见原因如下：

（一）人体结构的特殊性

根据《中华人民共和国公共安全行业标准——法医学尸体解剖（GA/T 147-1996）》3.1.1 和 3.1.2 的要求，系统解剖包括颅腔、胸腔、腹腔的剖验，特殊情况下根据案件需要可做包括脊髓腔、关节腔、四肢、背臀部及会阴部的剖验。故在一般情况下，若无特殊需要或是案情、尸表征象无特殊提示时，存在于脊髓腔、关节腔、四肢、背臀部及会阴部等部位的损伤或病变可能会被忽略。此外，虽然理论上法医学尸体解剖允许对尸体进行任何程度的破坏，然而，人体一些特殊部位解剖结构相当复杂，在基于保持尸体相对完整性的前提下，某些部位如颅底（图 1-1-1、图 1-1-2）、颧弓、眶底、鼻旁窦、内耳等部位常常难以顾及。

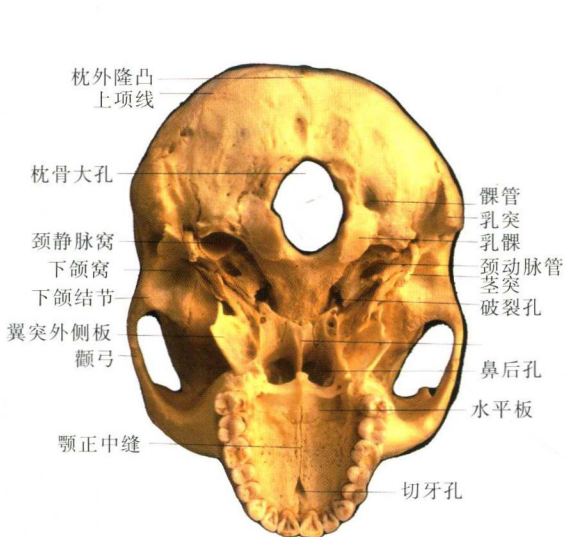


图 1-1-1 颅底(外面观)

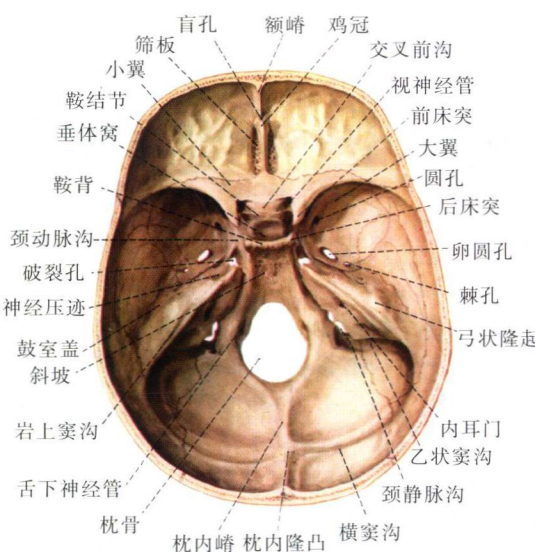


图 1-1-2 颅底(内面观)

（二）解剖过程中的破坏

解剖过程在某种意义上类似于考古或文物发掘过程，在检查、观察的同时往往会对尸体产生一定程度的破坏。尽管每一步骤要求操作者尽最大可能保持证据的原貌，而且在手术前后都需要拍照固定证据，但解剖过程毕竟需要对器官、组织切割、分离、牵拉、锯断甚至开凿，伴随着解离的进行，体内无定成分如血(液)、气体等往往会顺切口排出，或是柔软组织如脑疝由于失去原有完整组织的支撑而改变其原始形状。再如原有的窦(腔)道，特别是最能反映致伤物特征、作用力方向的锐器、钝器或枪弹在体内形成的特征性通道，会随着解剖操作的牵拉、分割等过程而

变得难以还原,给后续的分析工作带来困难。

(三) 尸体腐败

理论上说,死亡一旦发生,尸体腐败过程就开始了。在大量的溶组织酶和腐败菌的作用下,损伤或病变特征逐渐模糊乃至湮灭,如红细胞溶血可使出血区域边界不清,组织液的弥散、渗出可使体腔内的积液量发生变化,其成分亦可随之发生较大变化而影响法医的判断。再如器官发生腐败后,大脑、脊髓等脂肪、液体含量较多的组织可发生液化,虽然在颅腔内还可保持一定形状,然而在锯开颅骨的过程中,腐败液如液化的脑组织会顺锯缝流下、溢出,解剖尚未完成即丧失了最佳的观察机会。当尸体腐败进入晚期时,尸体可发生浸软、尸蜡化或泥炭鞣尸等,原有器官、组织形态会发生更大程度的改变,使解剖工作可收集到的阳性发现更加减少。故法医要尽早到达事发现场,越早进行尸体解剖越有益于收集证据。然而,事实上,案发到尸体被发现往往有一个过程,在罪犯实施杀人后也往往会藏匿尸体,民事纠纷则由于在尸体解剖前需要经过一定的法律程序,这些都给“尽早尸检”制造了较大的麻烦,法医接触到尸体时几乎都会面对不同程度的尸体腐败。

(四) 理化或生物因素的破坏作用

在所有可造成机体死亡的因素中,理化因素致死是最主要的原因之一。这些因素在造成人体生命终结的同时,往往对尸体产生一定程度的破坏作用,加大大体解剖工作的难度。例如,火场中的尸体,可因高温造成衣物和皮肤烧焦、变形等,有时会使组织之间紧密结合,凝结如皮革,手术刀难以切割、分离。而水中尸体则因水的浸泡、水中微生物的分解、岩石或螺旋桨的击打,乃至水中动物的噬咬作用等,造成重要尸体证据被掩盖。在刑事犯罪案件中,罪犯为消灭证据,多采用分尸、焚烧、掩埋、反复击打或是酸碱腐蚀等方法毁尸灭迹。在高坠、交通事故或塌方、泥石流等灾害事故中,也会对尸体造成严重的毁坏,难以辨别其原发的疾病或损伤。

(五) 组织病理学的局限性

虽然大部分疾病、损伤造成的死亡都会在尸体上产生特征性病理变化,可以通过系统的大体解剖和组织病理学观察加以明确,然而某些因素造成的死亡,如一些水、电解质代谢紊乱,心电传导通路异常引起的心跳骤停,异常代谢物引起的肝肾功能衰竭,空气栓塞造成循环衰竭以及神经系统抑制引起的中枢性呼吸和循环衰竭等,通过尸体解剖仍难以明确其具体原因,有时在推断死因上会出现较大的争议,给社会带来较大的不安定因素。

为最大限度地解决上述难题,法医病理学工作者在尽可能多地借助案情经过、生前相关临床表现、毒物分析、临床实验室检查以及特殊组织染色技术等多种手段的同时,还积极借助相关学科的新技术,如透射电子显微镜和扫描电子显微镜技

术、免疫组织化学和酶组织化学技术、放射自显影技术、显微分光技术、形态测量(图像分析)技术、分析电镜技术、流式细胞仪技术、聚合酶链反应(PCR)技术以及分子原位杂交技术等分子生物学技术,把常规的病理形态学观察与组织、细胞的化学变化结合起来进行研究,获得更多更新的信息,加深对疾病、损伤的认识,不断推动学科前进。

二、虚拟解剖学的发展和应用

(一) 概述

虚拟解剖学(virtual autopsy)是指借助于现代医学影像学及计算机技术,结合解剖学原理及技术要求,在不破坏或少破坏尸体完整性的前提下,获取体内外阳性信息以明确死亡原因的一种无损或几乎无损的解剖手段。广义来说,虚拟解剖学包括激光扫描技术、计算机X线断层成像术(CT)及造影成像技术、磁共振成像(MRI)、超声成像技术、内镜技术甚至体腔穿刺以及血液、体液实验室检查技术等一切可用于探测、评估病变、损伤程度,或辅助死亡原因鉴定的技术。虚拟解剖学技术是尸体解剖的辅助手段,是现代医学科学新技术与传统方法相结合的产物,并随着医学科学技术的发展而不断增添新的内容。

现代医学意义的虚拟解剖技术应用于司法鉴定的案例最早可追溯至1895年的12月24日,距离X线的发现者伦琴(Wilhelm Conrad Röntgen)提交给维尔茨堡物理医学会他的第一篇关于X线的通讯后仅3天。在加拿大的蒙特利尔市,一个名叫乔治·霍顿的男子当晚开枪击中了另一名男子托尔森·康宁,由于医院手术探查创口未找到子弹,故托尔森·康宁的腿伤愈合后遗留下了后遗症。外科医师柯克帕特里克为托尔森进行再次手术,他邀请了麦吉尔大学的物理学博士约翰·考克斯对伤者下肢进行X线摄片,经过45min的曝光摄影,终于发现呈扁平的子弹位于其胫骨和腓骨之间。柯克帕特里克博士取出子弹10天后,托尔森痊愈出院。控方在庭审过程中向法院提交了X线片证据,由此乔治·霍顿因故意杀人未遂而被判处14年监禁。

20世纪90年代,虚拟解剖技术全面应用于法医学实践并形成理论体系。该系统理论的有力倡导者、缔造者和推动者是瑞士伯恩大学的迈克尔·泰利博士(Dr. Michael J. Thali)(图1-1-3),在他和他所在的团队的不懈努力下,伯恩大学法医研究所目前已全面开展了包括光学三维表面扫描、3D摄影、CT扫描、MRI扫描记录等多学科、多技术法医证据融合的虚拟解剖项目,充分利用新技术新方法的优势试图解决困扰法医学界的难题。

在我国国内,笔者所在的司法部司法鉴定科学技术研究所是较早系统开展虚拟解剖研究的机构之一。2005年,通过与上海市某大医院合作,对一具交通事故死亡的女性尸体进行了全身CT扫描和头部MRI扫描,从而在尸体解剖之前已全面掌

握了体内的损伤特征和损伤特点。此后,为配合上海市自然科学基金项目(10ZR1431200)和国家自然科学基金项目(81072507),展开了大量的虚拟解剖研究,内容涵盖了高坠、交通事故、故意伤害、溺水、猝死、电击死和医疗纠纷等多个方面,获得尸体影像资料近百例,初步建立了尸体虚拟影像数据库,积累了一定的基础。

(二) 虚拟解剖的法医学应用

1. 虚拟解剖技术的发展

虚拟解剖技术,特别是影像学技术近年来取得的成就有目共睹。自伦琴发现X线以来,X线就被用于对人体进行检查,作疾病诊断,形成了放射诊断学(diagnostic radiology)的新学科,并奠定了医学影像学(medical imaging)的基础。20世纪五六十年代开始应用超声与核素扫描进行人体检查,出现了超声成像(ultrasonography,USG)和 γ 闪烁成像(γ -scintigraphy)。70年代和80年代又相继出现了CT、MRI和发射型计算机断层成像(emission computed tomography,ECT),包括单光子发射计算机断层成像(single photon emission computed tomography,SPECT)与正电子发射体层成像(positron emission tomography,PET)等新的成像技术。仅用了一百多年的时间就形成了包括放射诊断的影像诊断学,通过把人体内部结构和器官成像,了解人体解剖与生理功能状况及病理变化,以达到诊断的目的。医学影像学的发展是医学科学的重要突破,使临床诊断过程告别了“隔空断货”,大幅度提升了诊断能力,在很多疾病的诊断上影像学结果几乎成了明确诊断的“金标准”。20世纪70年代迅速兴起的介入放射学(interventional radiology),使影像诊断学发展为医学影像学的崭新局面。

光学三维测量技术近年来发展起来的是集光、机、电和计算机技术于一体的智能化、可视化的高新技术,主要用于对物体空间外形和结构进行扫描,以得到物体的三维轮廓,获得物体表面点的三维空间坐标。随着经济的发展和科技的进步,光学三维测量技术由于非接触、快速测量、精度高的优点,在机械、汽车、航空航天等制造业及服装、玩具、制鞋等民用工业得到广泛的应用,其中三维激光扫描技术发展得最为成熟,应用也最为广泛。三维激光扫描技术应用于法医学尸表检验和现场勘察目前还停留于理想化探讨阶段,相信随着法医学工作者的不断努力,此项技术必将在应用中发挥越来越大的作用。



图 1-1-3 迈克尔·泰利博士