

溺死法医诊断学

Diagnosis of Drowning

主 审 丛 斌

主 编 刘 超

副主编 赵 建 胡孙林 温锦锋 石 河



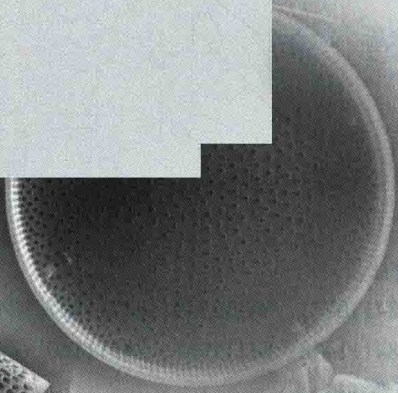
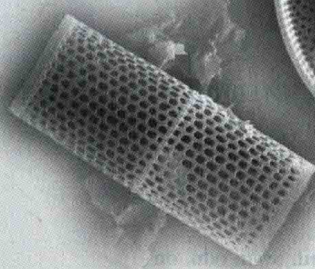
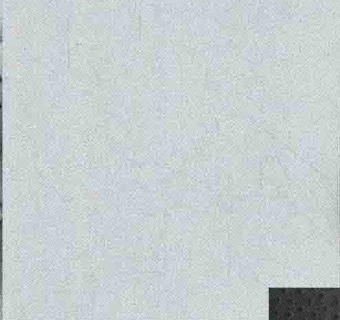
中山大學出版社
SUN YAT-SEN UNIVERSITY PRESS

本书得到以下基金项目资助：
广州市“121人才梯队工程”
公安部技术研究项目（2015JSYJA03）
广东省科技计划项目（2015A020217001）
法医病理学公安部重点实验室科技强警基础工作专项（2017GABJC07）

溺死法医诊断学

Diagnosis of Drowning

主 审 丛 斌
主 编 刘 超
副主编 赵 建 胡孙林 温锦锋 石 河



中山大学出版社
SUN YAT-SEN UNIVERSITY PRESS

• 广州 •

版权所有 翻印必究

图书在版编目 (CIP) 数据

溺死法医诊断学/刘超主编. —广州: 中山大学出版社, 2018. 9
ISBN 978 - 7 - 306 - 06358 - 8

I. ①溺… II. ①刘… III. ①淹溺—死亡—法医学鉴定 IV. ①D919.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 107767 号

出 版 人: 王天琪

策划编辑: 鲁佳慧

责任编辑: 鲁佳慧

封面设计: 曾 斌

责任校对: 邓子华

责任技编: 何雅涛

出版发行: 中山大学出版社

电 话: 编辑部 020 - 84110771, 84113349, 84111997, 84110779

发行部 020 - 84111998, 84111981, 84111160

地 址: 广州市新港西路 135 号

邮 编: 510275 传 真: 020 - 84036565

网 址: <http://www.zsup.com.cn> E-mail: zdcbs@mail.sysu.edu.cn

印 刷 者: 佛山市浩文彩色印刷有限公司

规 格: 787mm×1092mm 1/16 23.75 印张 565 千字

版次印次: 2018 年 9 月第 1 版 2018 年 9 月第 1 次印刷

定 价: 150.00 元

如发现本书因印装质量影响阅读, 请与出版社发行部联系调换

本书编委会

主 审 丛 斌

主 编 刘 超

副主编 赵 建 胡孙林 温锦锋 石 河

编 者 (以姓氏笔画排序)

马雁兵 牛 勇 王 欣 王会品

王玉仲 石 河 成建定 李志刚

刘向东 刘 超 何树文 胡丙杰

余彦耿 余政梁 赵 建 胡孙林

徐曲毅 温锦锋 康晓东 彭 帆

主 编 简 介

刘超，医学博士、主任法医师、教授、博士研究生导师。现任广州市刑事科学技术研究所所长、博士后科研工作站负责人、法医病理学公安部重点实验室学术委员会主任。任中国刑事技术标准化委员会法医遗传学工作组副组长，中国法医学学会法医物证专业委员会副主任委员、专家组副组长，《中国法医学杂志》和《刑事技术》编委，中山大学、暨南大学、南方医科大学、中国人民公安大学、中国刑事警察学院等多所高校兼职教授或客座教授。2007 年入选广州市首批“121 人才梯队工程”两院院士后备人才，2011 年入选广东省首批“百名南粤杰出人才培养工程”，2013 年入选国家人力资源和社会保障部“百千万人才工程”，被授予“有突出贡献的中青年专家”。



先后主持市级以上科研项目 50 余项，获授权发明专利 13 项，参加制定行业标准 7 项。作为主编或副主编编写专著 9 部；在 *International Journal of Legal Medicine*、*Forensic Science International*、*Journal of Forensic Sciences* 等国内外学术期刊发表论文 280 余篇。培养博士后、博士研究生、硕士研究生共 22 名。获省部级以上科技进步奖 19 项，其中作为第一完成人获国家科技进步二等奖 3 项；先后荣获“全国先进工作者”“全国‘五一’劳动奖章”“全国优秀人民警察”“全国公安系统二级英雄模范”“全国公安科技先进个人”“国务院政府特殊津贴和广州市杰出专家”等荣誉。

序 一

水中腐败尸体死因鉴定是国际法医学领域的重大难题。百年来，国内外学者围绕硅藻检验等溺死诊断技术开展研究未获突破。其缺陷一是强酸煮沸消解时间长，所需检材量大、有毒有害；二是缺乏有效的富集方法及设备，检出率低；三是开放操作、步骤烦琐、易污染，假阳性率高；四是缺乏有效的观察方法，分类定性不准，容易漏检误判。

刘超带领的“法医硅藻检验关键技术及设备”课题组，历经 10 多年系列研究，在硅藻的富集方法、消解提取、定性定量等关键技术及设备方面取得了重大创新。发现了传统方法导致硅藻损失的原因，发明了膜富集硅藻方法，破解了溺死尸体硅藻检出率低的重大难题；研发了多联真空富集硅藻设备及耗材，并实现成果转化；建立了微波消解提取硅藻新方法和扫描电镜观察硅藻新方法，解决了传统硅藻检验有毒有害、定性定量不准的难题；发明了勒福特王水消解和滤膜透明化方法，可在基层推广；获得了我国主要水域溺死相关硅藻的种类及分布。该技术达到国际领先水平，解决了多年来水中高度腐败尸体死因鉴定的重大难题。

本书系统地介绍了水中尸体现场勘验、病理学检验、溺死的实验室诊断等方面内容，重点介绍了课题组在硅藻检验方面的成果。希望这些成果能更好地在法医学实践中推广应用，不断推动溺死诊断学的发展，提高我国法医病理检验能力，为案事件的定性、处置和维护社会稳定发挥作用。

中国工程院院士 刘耀
2017 年 12 月

序 二

在法医学实践中，水中尸体十分常见。水中尸体的死亡原因、死亡性质、死亡时间、生前伤与死后伤、死亡方式、入水地点、个体识别等都需要法医通过现场勘验、病理检验和物证鉴定解决。对于水中尸体，判断是生前入水还是死后抛尸入水，确定死因是法医学的首要任务，必须及时做出准确的鉴定。

水中尸体尤其高度腐败尸体的死因鉴定是法医学的难题。以法医病理学公安部重点实验室和博士后工作站为科研平台，刘超带领的技术团队经过多年系列研究，在硅藻的富集方法、消解提取、定性定量等关键技术研究及检验设备和耗材研发方面取得了重大创新。这些成果已推广应用，较好地解决了水中高度腐败尸体死因鉴定的难题。该书的作者多为该课题组的研究人员，来自公安一线，具有高级职称或硕士以上学历，在完成繁重的检案任务之余坚持应用研究，收集了大量的案例资料和典型图片，有丰富的实践经验。此书除重点介绍了作者的研究成果外，还介绍了水中尸体的现场勘查、尸体检验、物证发现提取及检验、现场分析及重建、溺死相关 DNA 检验等内容，有助于提高我国法医病理检验水平，推动溺死诊断学的发展。

本书可为法医病理学检验人员、法医学相关教研人员以及法医学专业的学生提供有益参考，也可在法律工作者查阅相关知识和技术提供帮助。

中国工程院院士 丛斌

2017 年 12 月

Preface 3

The forensic pathology of sudden and unexpected death is one of the most fascinating problems in medicine. In particular, understanding the mysteries behind sudden and unexpected death in water represents one of the most difficult challenges for the forensic pathologist.

For decades the forensic pathologist has struggled with how to correctly identify drowning as the cause of death. Furthermore, it is not only essential to identify drowning as the cause of death but also to make that determination based upon sound scientific principles. Of all the problems that have attracted attention in forensic pathology the quest for a laboratory test for drowning has been at the forefront of research.

Early efforts in this regard showed that the unicellular plant known as the diatom could provide the scientific basis for the diagnosis of drowning. For literally decades many researchers from many different countries have contributed to the body of knowledge on forensic aspects of diatoms. Many great forensic pathologists and researchers have contributed to our knowledge of this important topic in forensic medicine. Indeed, the original work began in Europe and then spread to North America. Although European centers continued to be involved in research on diatoms in forensic medicine, the influence of Chinese research in this area has been extensive.

In the last few years forensic medicine research in China on the diatom test has exploded. There has been a considerable increase in knowledge based upon the research that has emerged from the forensic laboratories in China. This includes the landmark contributions from the Guangzhou Forensic Science Institute. The research has further clarified our understanding of diatoms and their place in forensic medicine. In particular, research on the distribution of diatoms in major river systems, including the Yangtze River, have made important progress in this area. This harkens back to some of the earlier work done in Europe on cases of drowning that were recovered from the Danube River.

For many years I have had the privilege to both participate and observe the developments in the forensic diatom research literature. It is an honour to be able to share my perspective, in the preface to this important book on forensic diatom analysis. The scientific achievements that

are described within this volume will further advance and grow our knowledge of this important laboratory discipline.



Michael S. Pollanen

BSc MD PhD FRCPath DMJ (Path) FRCPC Founder, forensic pathology

Professor and Vice-Chair (Innovation), Department of Laboratory Medicine and Pathobiology,
University of Toronto

Chief Forensic Pathologist, Ontario Forensic Pathology Service

President, International Association of Forensic Sciences, 2014-2017

前 言

水中尸体是法医学尸体检验中常见的类型，溺死也是青少年非正常死亡的第一位死因。据统计，水中尸体约占非自然死亡人数的 10%，在水网发达的地区，甚至高达 30%。而且约 80% 的水中尸体被发现时已经高度腐败，难以通过常规尸体检验判断死因。传统的溺死诊断主要依据尸体检验与现场勘验等综合分析判断，死因鉴定缺乏有力的支持证据。当其他死因难以被排除，溺死难以成为符合逻辑的推论时，极易导致家属上访、媒体炒作和群体性事件的发生。水中尸体，尤其是腐败尸体的死因鉴定一直缺乏有效的检验方法，研发准确可靠的溺死诊断新技术十分迫切。

编者从 2003 年开始进行溺死诊断的系列研究，在硅藻的富集方法、消解提取、定性定量等关键技术及设备研发方面取得突破，相关成果在法医病理学实践中稳定应用多年。本书包括水中尸体的现场勘验、尸体检验和实验室诊断方法，并且详细阐述了编者建立的基于膜富集的法医学硅藻检验方法及研究成果。编写者均为从事现场勘查、法医病理学检验鉴定和研究的工作者，具有较丰富的实践和研究经验。

硅藻检验系列研究得到了公安部刑事侦查局和科技信息化局的高度重视，为研究的顺利开展、成果的推广给予了强力支持。全国公安部门的法医同行在课题研究和应用过程中提出了宝贵的意见。暨南大学胡韧博士、珠江水利委员会王旭涛高级工程师在硅藻种属鉴定方面予以大量技术支持。Sherry Ma 博士在课题论文的修改方面做了大量工作。丛斌院士亲自审阅了该书。刘耀院士及第 21 届国际法庭科学学会主席 Michael S. Pollanen 教授为本书作序。特此致谢！

本书可作为为溺死诊断的参考用书，尤其是在法医硅藻检验方面，适用于法医病理学和法医物证学教学、科研及鉴识人员及刑事侦查人员等，在环境学方面也有参考价值。

本书虽然经过编者的精心撰写整理，但是肯定还存在不足之处，甚至学术争议、存疑或者谬误，敬请广大读者不吝赐教，以便在本书再版时得到修正和完善。

刘 超
2017 年 12 月

目 录

第一章 溺死的机制及过程	1
第一节 溺死的机制	1
一、缺氧的病理生理学	2
二、溺死的病理生理学	3
第二节 溺死的过程	4
第二章 水中尸体现场勘验	6
第一节 现场处置	6
一、现场保护	6
二、现场固定	7
三、尸体打捞	7
第二节 现场勘验与物证提取	7
一、发现尸体现场及物证	8
二、相关现场及物证	12
三、居住及生活地勘验	14
第三章 尸体检验	17
第一节 尸表检验	17
一、尸温与尸斑	17
二、口鼻部泡沫	18
三、眼结膜淤血出血	18
四、鸡皮样皮肤	19
五、手抓异物、甲内异物	20
六、尸表损伤检验	20
第二节 解剖检验	21
一、呼吸系统	21
二、其他脏器改变	23
第四章 特殊类型水中尸体的检验	28
第一节 干性溺死	28

一、概述	28
二、机制	28
三、检验及定性	28
第二节 水中尸块检验	29
一、尸块形成原因	29
二、尸块形成时间	29
三、性质分析	29
第三节 水中白骨化尸体	31
一、勘验重点	31
二、检验重点	31
三、定性分析	32
四、腐败过程及影响因素	32
五、尸蜡	32
第四节 水中发生群体性死伤事件的处理	33
一、勘验重点	33
二、检验重点	34
三、检验物品准备	34
四、检验程序	35
五、定性分析	35
六、典型案例	36
第五章 溺死案件分析	42
第一节 损伤成因分析	42
一、生前伤	42
二、濒死期损伤	45
三、死后伤	45
第二节 死因分析	46
第三节 案件性质分析	46
一、意外溺死	47
二、自杀溺死	47
三、他杀溺死	48
第四节 漂流过程推断	50
第五节 死者个人身份特征刻画	51
第六章 溺死诊断的实验室方法	52
第一节 硅藻的形态特征	52
第二节 硅藻检验原理	53
第三节 硅藻检验历史回顾	54

第四节	硅藻检验方法	56
第五节	硅藻检验的价值	58
第六节	传统硅藻检验存在的问题	60
一、	方法灵敏度低	60
二、	假阳性率高	61
三、	操作危险	62
第七节	其他溺死诊断方法	62
一、	病理组织学检验	62
二、	血液化学检验	65
三、	异物颗粒检验	65
四、	医学影像学方法	65
五、	浮游细菌检测	66
六、	浮游生物 DNA 检测	66
第七章	基于膜富集的硅藻检验方法	67
第一节	基于膜富集的硅藻检验方法	67
一、	微波密闭消解组织方法	67
二、	膜富集设备及方法	70
三、	扫描电镜观察硅藻法	75
四、	勒福特王水消解法	76
六、	滤膜透明化法	79
第二节	实验兔组织中的硅藻检出率及检出数量	80
一、	材料与方法	80
二、	结果与讨论	81
第三节	实验兔肺组织内硅藻分布	82
一、	材料和方法	82
二、	结果	83
三、	讨论	86
第四节	溺死猪肺及心室血硅藻分布观察	89
一、	材料与方法	89
二、	结果	90
三、	讨论	93
第八章	硅藻检验在法医学实践中的应用	95
第一节	与应用相关的问题	95
一、	脏器组织的选择	95
二、	尸体解剖过程中的检材提取	96
三、	微波消解对硅藻破坏程度	97

四、硅藻损失	98
五、硅藻回收率	99
六、硅藻最低检出量	99
七、污染来源	100
八、阳性率	100
九、检出的硅藻含量及种类量	101
十、内脏器官硅藻与溺液硅藻的关系	102
第二节 硅藻检验诊断溺死	103
一、假阳性	103
二、溺死诊断标准	105
第三节 案例应用	107
一、高度腐败尸体硅藻检验	107
二、白骨化尸体硅藻检验	108
三、尸块的硅藻检验	109
四、从水中移出尸体的硅藻检验	110
五、新生儿尸体硅藻检验	111
六、硅藻检验检材污染 1 例	112
第四节 溺死地点推断	114
一、可用于溺死地点推断的标记物	114
二、溺死地点推断的方法	115
三、影响溺死地点推断的因素	118
第九章 硅藻检验的实验室操作程序及方法	119
第一节 实验室要求	119
一、硅藻检验实验室要求	119
二、实验设备、工具及试剂	119
第二节 检材提取	120
一、检材提取原则	120
二、尸体检材的提取	120
三、对照水样的提取	121
第三节 操作方法	121
一、取样及保存	121
二、微波消解-滤膜富集-扫描电镜联用法	122
二、微波消解-滤膜富集-光学显微镜观察法	127
三、勒福特王水消解法	127
第十章 溺死相关浮游生物 DNA 检测	129
第一节 溺死相关藻类及靶基因	130

一、线粒体基因	130
二、叶绿体基因	130
三、核基因	131
第二节 溺死相关细菌及靶基因	136
一、溺死相关细菌形态学检测	137
二、溺死相关细菌基因检测	139
第三节 溺死相关浮游生物基因的检测技术	145
第四节 溺死相关浮游生物基因操作方法	148
一、PCR-DGGC 法检测浮游生物 16S rDNA	149
二、PCR-CE 法检测藻类 16S rDNA 基因用于溺死诊断	151
三、PCR-DHPLC 法检测硅藻 SSU 基因用于溺死诊断	155
四、PCR-CE 法检测硅藻 <i>rbcL</i> 基因用于溺死诊断	159
五、实时荧光定量 PCR (qPCR) 检测硅藻 UPA 基因用于溺死诊断	161
六、PCR-CE 检测嗜水气生单胞菌 AH 基因用于溺死诊断	164
七、利用高通量 454 焦磷酸测序方法检测水生细菌宏基因组多样性的溺死诊断	167
第十一章 水中尸体相关微量物证	172
第一节 水中尸体相关微量物证的种类和来源	172
第二节 水中尸体相关微量物证的作用	173
一、水生生物物证	173
二、泥土物证	174
三、DNA 物证	174
四、微量金属物证	175
五、塑料物证	175
六、纤维物证	177
七、涂料 (或油漆) 物证	178
八、孢粉物证	179
九、其他微量物证	179
第三节 水中尸体相关微量物证的发现、提取和检验	180
一、水中尸体相关微量物证的发现	180
二、水中尸体相关微量物证提取注意事项	182
三、水中尸体相关微量物证提取和检验的方法	182
第十二章 我国水域常见的硅藻类型	188
第一节 中心纲 (Centriales)	188
一、冠盘藻属 (<i>Stephanodiscus</i>)	188
二、海链藻属 (<i>Thalassiosira</i>)	194

三、小环藻属 (<i>Cyclotella</i>)	197
四、圆筛藻属 (<i>Coscinodiscus</i>)	202
五、直链藻属 (<i>Melosira</i>)	206
第二节 羽纹纲 (<i>Pennatae</i>)	209
一、波缘藻属 (<i>Cymatopleura</i>)	209
二、布纹藻属 (<i>Gyrosigma</i>)	211
三、窗纹藻属 (<i>Epithemia</i>)	214
四、脆杆藻属 (<i>Fragilaria</i>)	215
五、等片藻属 (<i>Diatoma</i>)	217
六、短缝藻属 (<i>Eunotia</i>)	220
七、辐节藻属 (<i>Stauroneis</i>)	222
八、菱板藻属 (<i>Hantzschia</i>)	223
九、菱形藻属 (<i>Nitzschia</i>)	226
十、卵形藻属 (<i>Cocconeis</i>)	230
十一、美壁藻属 (<i>Caloneis</i>)	235
十二、平板藻属 (<i>Tabellaria</i>)	236
十三、桥弯藻属 (<i>Cymbella</i>)	238
十四、曲壳藻属 (<i>Achnanthes</i>)	242
十五、双壁藻属 (<i>Diploneis</i>)	247
十六、双菱藻属 (<i>Surirella</i>)	250
十七、双眉藻属 (<i>Amphora</i>)	255
十八、弯楔藻属 (<i>Rhoicosphenia</i>)	256
十九、异极藻属 (<i>Gomphonema</i>)	258
二十、羽纹藻属 (<i>Pinnularia</i>)	262
二十一、针杆藻属 (<i>Synedra</i>)	265
二十二、舟形藻属 (<i>Navicula</i>)	269
附录 硅藻类型检索	275
一、中心对称硅藻 (<i>Centric</i>)	275
二、无壳缝硅藻 (<i>Araphid</i>)	285
三、短壳缝硅藻 (<i>Eunotoid</i>)	295
四、对称双壳缝硅藻 (<i>Symmetrical biraphid</i>)	297
五、不对称壳缝硅藻 (<i>Asymmetrical biraphid</i>)	320
六、单壳缝硅藻 (<i>Monoraphid</i>)	329
七、窗纹形硅藻 (<i>Epithemoid</i>)	332
八、菱形硅藻 (<i>Nitzschoid</i>)	333
九、双菱形硅藻 (<i>Surirelloid</i>)	337
参考文献	339



第一章 溺死的机制及过程

水中尸体是法医学实践中常见的检验对象，其死因大部分为溺死（drowning）。溺死是由于液体堵塞呼吸道及肺泡，阻碍气体交换，导致体内缺氧，二氧化碳潴留，发生窒息性死亡，俗称淹死。溺死多发生在江河、湖塘、水井或近海，少数可发生在水田、沟渠、水池或浴缸、化粪池等；溺液除淡水、海水外，油类、粪水、酒等液体均可使人溺死。溺死不仅可发生于全身浸入溺液的情形，也可见于头面部，甚至仅有口鼻孔同时淹没于溺液中的情形。

世界卫生组织（World Health Organization, WHO）在2014年11月发布的《全球溺死报告：预防一个主要杀手》（*Global Report on Drowning: Prevent a Leading Killer*）中指出，全世界每年有37.2万人溺死，平均每小时42人；2012年中国约6万人溺死，占西太平洋地区总数的80%。溺死是我国人群意外致死的第三位死因；其中0～14岁的儿童占56.6%，为这个年龄段非正常死因的第一位，以农村地区最为突出。

根据呼吸道有无溺液的存在，可将溺死分为两种类型，即典型溺死（typical drowning）和非典型溺死（atypical drowning）两类。典型溺死，即溺液吸入呼吸道和肺泡，引起窒息死亡，占溺死的85%～90%。非典型溺死，即呼吸道和肺泡内无溺液，也称干性溺死（dry drowning），占溺死的10%～15%。有学者认为，非典型溺死为水中猝死，不属于溺死，但由于这类死亡也是液体淹没口鼻，并且发生在溺液中，所以仍将此类死亡列入溺死的范畴。

在江河湖海等水中发现的尸体绝大多数属意外溺死或自杀溺死。但溺死也是他杀的手段之一，也有抛尸入水伪装溺死的案例。

第一节 溺死的机制

溺死是由于死者生前吸入大量的液体堵塞呼吸道，肺通气障碍引起细胞线粒体氧化磷酸化过程缺氧导致的急性缺氧性（rapid anoxia）死亡，属于窒息的一种。溺死在抑制机体对氧的摄入、运输、利用方面有几种独特的物理和生物化学模式。由于急性缺氧性死亡缺乏特异性的死后变化，常见的相关经典死后变化的灵敏性和特异性又被普遍误解，而且导致急性缺氧的方式有很多种，通过判断引起缺氧的始动因素进行死因诊断，是所有死亡中最难的一种。