

—— 科普基石丛书 ——

《科普基石丛书》编委会 编著

DNA揪出
“波士顿
色魔”

DNA JIUCHU
"BOSHIDUN SEMO"

四川科学技术出版社

—— 科普基石丛书 ——

DNA揪出
“波士顿
色魔”

DNA JIUCHU
"BOSHIDUN SEMO"

《科普基石丛书》编委会 编著

四川科学技术出版社

· 成都 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

DNA揪出“波士顿色魔” / 《科普基石丛书》编委会
编著. -- 成都 : 四川科学技术出版社, 2017.6
(科普基石丛书)

ISBN 978-7-5364-8651-5

I. ①D… II. ①科… III. ①法医学—普及读物
IV. ①D919-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第108017号

科普基石丛书·DNA揪出“波士顿色魔”

编 著 者 《科普基石丛书》编委会

出 品 人 钱丹凝
选题策划 程佳月
责任编辑 陈敦和
封面设计 墨创文化
责任出版 欧晓春
出版发行 四川科学技术出版社
成都市槐树街2号 邮政编码 610031
官方微博: <http://e.weibo.com/sckjcb>
官方微信公众号: sckjcb
传真: 028-87734035

成品尺寸 170mm × 240mm
印 张 7.5
字 数 140千
印 刷 四川华龙印务有限公司
版 次 2018年1月第1版
印 次 2018年1月第1次印刷
定 价 28.00元

ISBN 978-7-5364-8651-5

■ 版权所有·翻印必究 ■

■本书如有缺页、破损、装订错误,请寄回印刷厂调换。

■如需购本书,请与本社邮购组联系。

地址/成都市槐树街2号 电话/(028) 87734035

目录 contents

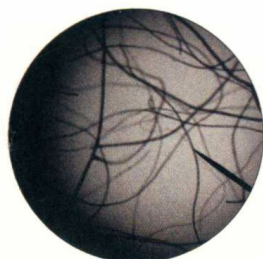
- >>>001 | DNA揪出“波士顿色魔”
DNA JIUCHU “BOSHIDUN SEMO”



- >>>006 | 法医毒理学趣谈
FAYI DULIXUE QUTAN



- >>>016 | 蛛丝马迹——法医微量迹证学趣谈.....
ZHUSI MAJI——FAYI WEILIANG JIZHENGXUE QUTAN



- >>>026 | 科技“神探”追凶记
KEJI “SHENTAN” ZHUIXIONGJI



- >>>033 | “哈佛谋杀”
“HAFO MOUSHA”



- >>>039 | 灰飞烟灭
HUIFEI YANMIE



>>>047 | 海上漂足之谜

HAISHANG PIAOZU ZHI MI



>>>056 | 海滩谜尸

HAITAN MISHI



>>>064 | 348号房间谜案

348 HAO FANGJIAN MI'AN



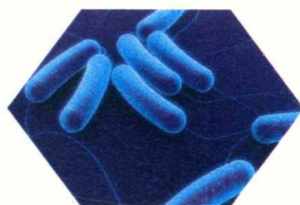
>>>076 | 八桩奇案

BAZHUANG QI'AN



>>>089 | 细菌破案

XIJUN POAN



>>>095 | 美女“失踪”案

MEINU "SHIZONG"AN



>>>106 | 衣领炸弹谜案

YILING ZHADAN MI'AN



DNA JIUCHU “BOSHIDUN SEMO”

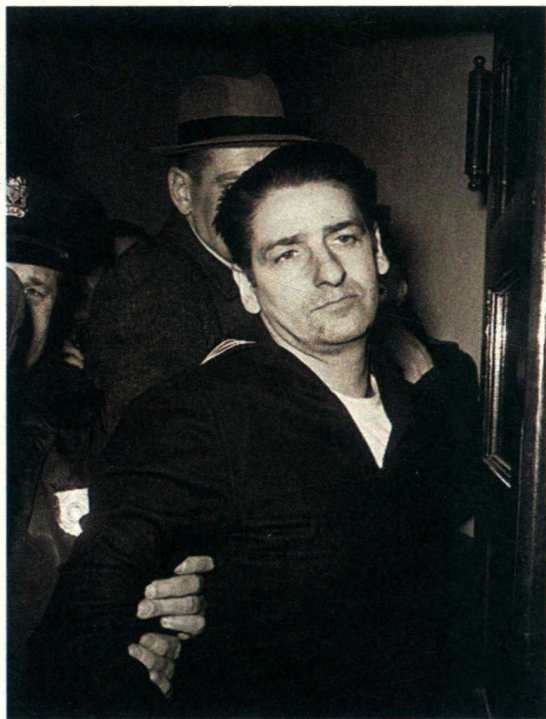
DNA揪出“波士顿色魔”

老侦探术与DNA技术联袂，初步破解了一桩50年前的悬案。



50多年前的美国波士顿是一座恐怖之城。从1962年到1964年，11名女子在自己的公寓房间里被强奸并勒杀，杀人凶器通常是她们自己的长袜。一时间里整座城市陷入恐慌，凶手被媒体称为“波士顿色魔”。

警方和审判人员被勒令尽快终结此案。为此，当时已知的每一个性犯罪者都被拉来审问，但他们看来都不是此案的凶手。在“波士顿色魔”奸杀最后一名受害者之后不到一年，警方相信自己终于锁定了嫌疑人：三流小偷加强奸惯犯阿尔伯特·德萨尔沃。此人最终因另一桩系列强奸案被判终身监禁。他在狱中对一名同室囚犯“坦白”说，他就是“波士顿色魔”。但后来他又收回了这个说法。由于德萨尔沃惯于吹牛，加之当时缺乏任何法医学证据把他与系列奸杀案中的任何一件案子联系起来，所以



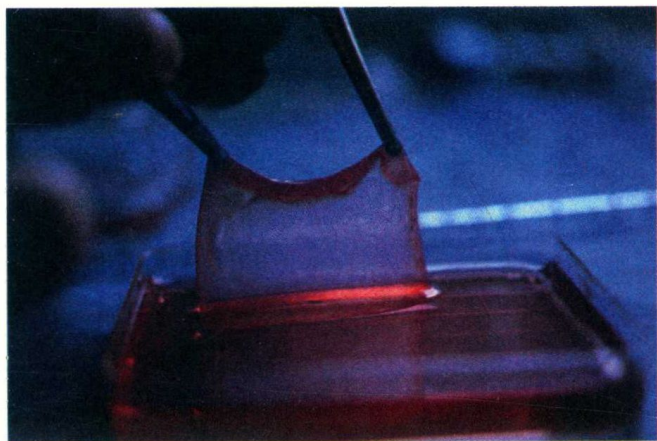
德萨尔沃在1967年被捕后几分钟的照片

他从未被指控与系列奸杀案有关。1973年，德萨尔沃被一名狱友谋杀身亡。

看来“波士顿色魔”悬案已被德萨尔沃带进坟墓了。不过，对好莱坞来说这倒不是一桩悬案。当时的男星托尼·柯蒂斯因为在1968年的影片《波士顿色魔》中扮演德萨尔沃而赢得了一个金球奖。这部影片让“波士顿色魔”形象在美国公众心目中根深蒂固。

时光荏苒，30年很快过去，到了20世纪90年代。波士顿警方犯罪实验室主任唐纳德·海耶斯在阅读1996年出版的一本讲述“波士顿色魔”的书籍（该书声称此案至少有8名凶手，但德萨尔沃并非其中之一）时突发奇想：现代法医学能否破解此案？他在自己的实验室档案中搜寻来自当时谋杀现场的物证，结果发现了装着此案最后一名受害者、19岁的玛丽·苏利文的物证的一系列盒子。其中一只盒子里装的是地毯样本，苏利文的尸体当时就躺在这张有精斑的地毯上。此外，马萨诸塞州（波士顿是该州首府）医学检验室依然保存着有1964年苏利文尸检样本的显微镜载物玻片，样本中包括凶手的精液。不过，海耶斯于1999年和2001年，从样本中提取DNA的两次尝试都失败了，而且损坏了这些宝贵证据中的一部分。他决定封存这些样本，直到DNA技术成熟的那一天。

2012年，海耶斯认为时机已到。他把此案尸检时采集到的一份精液样本送到了弗吉尼亚州的“博德技术法医学实验室”，还把地毯切片送到得克萨斯州的“澳奇德DNA检测公司”。两份样本产生了相同的基因图，经过美国联邦调



DNA检测技术的进步，有助于破解不少以前难以破解的疑案



德萨尔沃的尸体被掘出后获取DNA进行检测

查局的“合并DNA指标体系”（其中包括数百万名罪犯的基因图）比对，未能发现匹配者。至此，就到了把精液样本中的DNA与德萨尔沃的基因图比对的时候。但波士顿警方实验室没有德萨尔沃的任何DNA样本。而要想获得这样的样本，掘出德萨尔沃的尸体是唯一可靠的办法。然而，除非经过法庭许可，海耶斯是不可能这样做的。

于是，海耶斯把目光投向了德萨尔沃的家族成员。如果德萨尔沃是这些精液的来源，那么他的亲兄弟的儿子蒂莫西就应该能证明这一点，因为蒂莫西

应该遗传了与德萨尔沃相同的DNA——Y染色体几乎一成不变地从父亲传给儿子，同一男子所生之子共享几乎相同的Y染色体，而Y染色体可以通过测试生物学材料来加以比较。DNA测试技术方面的进步，使得法医通常都能得心应手地从样本中提取基因图。而在几年前，样本可能会因太小、太老或者太退化而被判定无法使用。

考虑到德萨尔沃的家族会抵触合作，警方暗中跟踪蒂莫西，捡到了他扔掉的一只水瓶。通过比对从水瓶上得到的蒂莫西的DNA样本和取自苏利文尸体和尸体所躺地毯上的精液样本，两者完全匹配。虽然这并非“波士顿色魔”就是德萨尔沃的确定性证据，但足以说服法庭下令掘出其尸体。由此，来自德萨尔沃的牙齿和胫骨

的样本被送往“澳奇德”公司。2013年7月公布的鉴定结果显示：他的DNA与上述精液样本的DNA惊人匹配——这些精液属于非德萨尔沃的一名白人男性的概率仅为2 200亿分之一。

至此，经过最新犯罪调查技术和老式侦探术联袂，“波士顿色魔”案终于初步破解——德萨尔沃至少是确定无疑的凶手之一（如果真的还有其他凶手的话）。警方将乘胜追击，追查德萨尔沃与“波士顿色魔”系列奸杀案中其他案子的牵连，争取彻底破解50多年前的这一系列凶案。



德萨尔沃的尸体被掘出以接受DNA检测

DNA保存与古DNA

“波士顿色魔”案初步破解的报道，让不少人产生了这样的疑惑：DNA究竟能保存多久？

DNA会随着时间降解（或称退化），它能保存多久取决于保存状况。暴露于诸如高温、水和阳光之类的环境中，DNA分子降解得更快。保存DNA的最好办法就是将它冷冻，并密封在真空容器里。2012年，科学家估计出DNA的半衰期（指一个DNA分子支架上的半数键断裂的时点）是521年。这意味着，在理想条件下，DNA可存活大约680万年，在此之后所有的键都会断裂。不过，DNA可“阅读”的时间只有大约150万年。已经记录到的最古老的DNA是在格陵兰冰层中被发现的，其年龄估计为45万—80万年。

对真正意义上的古代DNA的研究始于1984年。当时，美国伯克利学者报告说，从博物馆中保存的一名死于150年前的人的样本中依然能提取到DNA并能用于测序。随后两年里，通过对天然木乃伊和人工木乃伊样本的调查，有学者证实这种现象不仅限于相对近期的博物馆样本，而且可以推广到好几千年前的木乃伊残骸上。然而，当时要想测定这类DNA序列（通过细菌克隆）所需的过程极其费力，因此实际上阻断了古DNA领域的发展。不过，随着聚合酶链反应在20世纪80年代末问世，该领域又恢复活力，迅猛发展。

不少学者开始在古DNA领域施展身手。很快，一系列令人难以置信的发现被公布。他们声称哪怕从几百万年前的样本中也可能提取到真正的古DNA，这样就把古DNA研究延伸到了远古DNA领域。绝大多数这类发现都是基于从保存在琥珀中的生物样本中提取DNA。从采集自多米尼加的琥珀中，有学者提取了可追溯到渐新世（3 400万—2 300万年前）的蜜蜂、白蚁、木虫、植物和细菌样本，并进行了测序。有学者甚至声称，从黎巴嫩琥珀中嵌入的象鼻虫中，提取到了可追溯到白垩纪（1.46亿—6 550万年前）的DNA。

DNA提取并不仅局限于琥珀。保存于沉积物中、年代在第三纪中新世（2 300万—533

万年前)的植物残骸,据说也得到了成功检测。1994年,一组国际科学家报告了迨至当时最激动人心的发现:从8 000万年前的恐龙骨骼上,提取到了恐龙的DNA。1995年,两项研究声称,从一只恐龙蛋里提取到了恐龙的DNA序列。这些远古DNA研究结果似乎还不够惊人,后来还有学者声称:从岩盐中提取到了2.5亿年前的嗜盐古菌的DNA序列。远古DNA领域看来将引发对地球进化历史的革命性改写。

不幸的是,远古DNA领域的黄金时代并未能持续。一项颇具影响力的研究指出,近期的远古DNA研究中,哪怕来自于几十万年前的样本中的DNA也很少。一个更令人关注的问题是,远古DNA很容易遭到环境污染,其化学稳定性根本就不够。例如,上述“恐龙DNA”后来被揭露是人类的Y染色体,而“嗜盐古菌DNA”被发现与现代细菌的DNA很相似,这些都暗示样本可能被污染。最近的研究也暗示,这些细菌DNA样本或许根本就存活不了这么久,可能是长期低水平代谢活动的产物。

尽管这样,古DNA(包括远古DNA)领域的研究成果还是越来越多,范围也越发广泛。已经过检验的组织不仅包括各种人体和动物木乃伊残骸,也包括骨骼、远古粪便、酒精保存的样本、老鼠粪便、干燥的植物残骸,甚至还有直接从土壤中提取的动植物DNA。2003年,一组学者宣布:运用提取自加拿大育空地区永冻层中保存的腿骨材料,他们测定了78万年前至56万年前的远古马的DNA序列。2013年,一组德国研究人员重建了德宁格尔熊的线粒体基因组。这证明了即使在永冻层外,远古DNA也能保存几十万年之久。

由于古人类学家、考古学家和公众对人类遗骸的极大兴趣,DNA研究领域对古人遗骸的关注得以推动,其中许多研究使用木乃伊组织作为古人DNA的一种重要来源。相关的案例既包括天然保存的样本



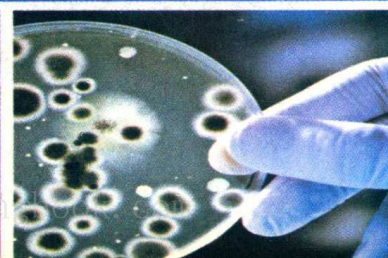
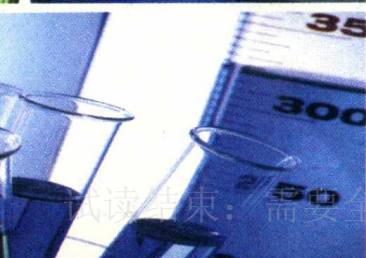
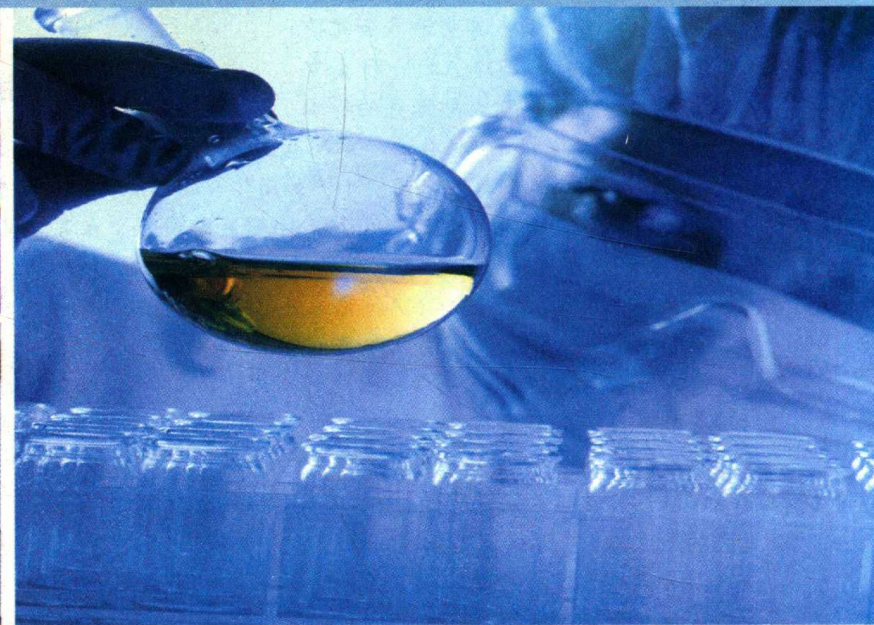
(例如在阿尔卑斯山冰层中保存的“冰人奥兹”的干尸、在安第斯山上被自然风干的高山木乃伊),也包括人工制作的木乃伊(例如用化合物防腐的古埃及木乃伊)。当然,木乃伊来源毕竟有限,因此绝大多数的远古DNA研究都聚焦于在考古记录中常见的两个DNA来源——骨骼和牙齿。最近,多个其他来源也产生了远古DNA,尤其是远古粪便和毛发。不过,对古人遗骸进行的DNA研究依然受到一个主要问题——污染的困扰。

在古DNA检测中使用已退化人类样本的现象,不仅限于人类DNA增殖(或称扩增)。不难理解的是,人在死后的一段时间里,DNA可能会挺过存在于死亡时样本中的任何微生物的攻击,其中不仅包括死亡时存在的各种病原体(它们是死亡或长期感染的原因),也包括共生体和其他有关的微生物。虽然多个研究报告指出这类DNA的保存很有限,例如在18世纪用乙醇保存的样本中未能发现幽门螺杆菌被保存,但是也有超过45项公开发表的研究指出,从超过5 000年前的人体样本和远至17 000年前的其他生物样本中,成功提取到古代病原体的DNA。除了常见的组织来源例如木乃伊、骨头和牙齿之外,这类研究也检验了更大范围的组织样本,包括钙化的胸膜、嵌于石蜡中的组织和用福尔马林固定的组织。

FAYI DULIXUE QUTAN

法医毒理学趣谈

法医毒理学是应用毒理学及相关学科的理论和技术,研究与法律有关的蓄意和意外或灾害引起中毒的一门学科。1815年,一个被送上绞刑架的英国女厨在无意中推动了现代法医毒理学的发展。在今天,在震慑投毒和毒品犯罪方面,法医毒理学正起着越来越重要的作用。



毒面团谜案

一个英国女厨在无意中推动了现代法医毒理学的发展。

1815年6月26日早晨，伦敦西门纽盖特监狱外的绞刑台上，20岁的厨娘埃丽萨·芬宁弓着身子向监狱牧师耳语。一些旁观者以为，发自她灵魂的恐惧最终迫使她承认了自己所犯下的死罪。然而，事实恰恰相反。监狱牧师后来透露，芬宁当时其实是在为自己的清白作最后一辩。

芬宁案的案情是：芬宁是当地的法律文件代书人罗伯特·特纳雇佣的厨娘。一天夜晚，罗伯特夫妇、罗伯特的父亲、一名女佣以及两名学徒在吃了芬宁做的布丁（一种英国传统食品，以蛋、面粉和牛奶等为原料制作）后，出现剧烈的胃痉挛和呕吐。法庭上，证人作证说，案发当天，在芬宁制作布丁期间，没有其他人进过厨房。证人还作证说，芬宁看起来不喜欢自己的老板。法庭最终认定芬宁是投毒者，尽管她自己也有中毒症状（这被法庭解读为，她为了 avoid 被怀疑，也吃了一点点有毒的布丁）。于是，芬宁被送上了绞刑架。

把芬宁送上绞刑架的关键人物是此案的专家证人——马歇尔。从一开始，他就笃信此案受害者遭到了砒霜的毒害。砒霜是最古老的毒物之一，正式名称是三氧化二砷，无臭无味，外观为白色霜状粉末，致人死命的剂量很微小。

1815年时被用来鉴别砒霜的方法主要有三种。其中最古老（也最可疑）的方法是，把被怀疑为砒霜的物质投进火

炉中，闻一闻有没有大蒜味。第二种方法是还原法，其原理是砒霜受热后会失去氧，还原为砷，留下一层镜面似的沉积物。第三种方法是沉淀测试法，即可疑溶液中添加特定的化合物，然后观察溶液颜色的改变情况。

马歇尔称，他从清洗芬宁和面用的盘子的水中得到了半茶匙白色沉积物，当他把其中一些投入火炉后，闻到了明显的蒜味。他还把芬宁做布丁剩下的一点面团置于一枚半便士的铜币上，用蜡烛加热铜币，结果也闻到了“几乎无可辩驳”的蒜味。冷却后，铜币表面呈现“银白色”。马歇尔还称，他还请科芬园（伦敦中部一个花卉蔬菜市场）的一名化学家对他提供的样本进行了两次沉淀测试。

马歇尔向法庭提供了他的结论：这是一桩“确定无疑”的砒霜中毒案。然而，当时英国少有的几名真正的专家之一——罗伯特·克里斯蒂森提醒说，对这类测试要多加小心，尤其是所谓的颜色改变实际上远远不明确。

当时的作家约翰·沃特金斯也对马歇尔的结论提出了质疑。他指出，如果从清洗和面的盘子中残留的少许生面团的水中真能产生半茶匙的砒霜，那么，当晚被吃掉的四个半布丁必定包含1 800个砒霜颗粒，只需其中5个砒霜颗粒就足以杀死一个人。当晚仅罗伯特的妻子所吃的四分之一一个布丁就能杀死10个人，而罗伯特所吃的一个半布丁足以杀死120个人。可是，此案中并没有一人死亡。沃特金斯认为，对此唯一的解释是：砒霜粉末是在面团和好之后撒进去

的。芬宁并非唯一有机会作案的人，在她和面期间无人进过厨房这一点并不重要，因为砒霜完全有可能是后来被人加进面团里的。

沃特金斯还提出了几个问题：马歇尔是否检验过用于煮面团的盆子？是否检验过和面所用的水和煮面团所用的水？是否检验过烹饪所用的酱料？是否检验过牛奶罐（制作面团布丁需要加奶）？而这些问题的答案都是“否”。

马歇尔还犯了一个严重错误。法庭上，罗伯特作证说，他家的刀叉在这次事件后严重变污。法庭问马歇尔：砷是否会让铁变黑？马歇尔回答：“毫无疑问。”

事实上，19世纪初期，法庭在断案

时所依赖的“专家证据”的质量大多数都很差，当时法医毒理学尚处在启蒙阶段，而大多数所谓的“专家”其实只是诊治过受害人的医生。投毒案审理尤其如此。1821年，当安·巴伯因谋杀丈夫詹姆斯·巴伯的罪名受审时，当地医生詹姆斯·辛多在对詹姆斯·巴伯的胃内物进行检验后宣称：詹姆斯·巴伯死于砷中毒。然而，在“很有学问”地与人讨论了自己的发现之后，辛多又愉快地承认：“此前我从未进行过这样的检测，也从未见过他人运用过这样的检验手段。我对砷这种毒物实际上很不熟悉。”尽管如此，陪审团最终还是判处安·巴伯绞刑。

在芬宁被处决后，马歇尔成为众矢之的。为了证明自己的无辜，马歇尔出版手册宣称，他发现了许多相关事实，能够证明芬宁的罪名成立。然而，他所说的“事实”要么是道听途说，要么是造谣污蔑。

马歇尔在公众面前大丢面子，但对芬宁来说，一切已经太晚。不过，这个女厨却在无意中推动了现代法医学尤其是法医毒理学的发展。

砷中毒研究

到今天，砷中毒已经发展成为法医毒理学中的一个重要分支。

有关芬宁有罪与否的争论持续了至少20年之久。这桩闹得满城风雨的诉讼案引发了一



埃丽萨·芬宁案在一定程度上标志着法医毒理学的开端

历史上著名的砷中毒

纵观历史，古今中外死于偶然或故意的砷中毒的名人不在少数。

1871年，美国探险家查尔斯·弗朗西斯·霍尔（1821—1871年）在乘坐“北极星号”探险船第三次远征北极期间离奇死亡。当时，他在一次雪橇探险后回到船上，喝了一杯咖啡，随后突然暴病，呕吐不止，精神错乱。这种症状持续了一个星期，然后好转了几天。他指控多名船员毒杀他，其中包括与他一向不和的随船医生埃米尔·贝塞尔斯。不久，霍尔再遭相同的症状折磨，并最终死亡。他死后被葬于岸上。远征船回国后，美国海军的调查结果认为：霍尔死于中风。

1968年，霍尔的传记作者乔叟·鲁米斯前往格陵兰发掘霍尔的尸体。由于永久性冻土的缘故，霍尔的尸体、裹尸布、衣物和棺材都保存完好。对骨骼、指甲和头发样本的检测都显示，霍尔死于生命最后两星期里的高剂量砷中毒，这与船员报告的霍尔症状相符。有可能是霍尔服下的假药中含有砷霜，但也有可能是贝塞尔斯医生或其他某个远征团成员谋杀了他。

2008年，中国科学家在运用多种高科技手段对光绪皇帝的头发和衣物等进行检测后证实，这位中国历史上倒数第二个皇帝死于大剂量砷霜中毒，谋害他的人可能是慈禧太后（光绪和慈禧的死亡时间间隔不到20个小时）、铁腕人物袁世凯或者大太监李莲英，杀人目的无非是争权夺利和政治斗争。



英国国王乔治三世疑死于砷中毒

英国国王乔治三世（1738—1820年）的个人健康在他漫长的统治期间一直是令人关注的问题。他罹患周期性的生理和精神疾病，其中五次发病都害得这位国王无法履职。1969年，科学家宣布，乔治三世的周期性发疯和其他身体症状与卟啉症相当吻合，而他的直系亲属和非直系亲属中的一些人也患有这种病。2004年的一项研究，从乔治三世的头发样本中检出了极高含量的砷，它有可能诱发了乔治三世的疾病。2005年的一项研究则暗示，乔治三世身上的砷可能与他一直服用的药物中含有铋有关，因为铋和砷常常共存于相同的土壤中，而当时提取矿物质的技术不够精良，因而无法从含铋的化合物中分离出砷。



这是据信被投毒致死的美国探险家查尔斯·弗朗西斯·霍尔的下葬场面



光绪皇帝死于砷中毒

场学术征战，其发起者是约翰·戈登·史密斯，前英国陆军外科医生，1828年被任命为英格兰首位法医学教授。

史密斯在伦敦大学履职后不久，就请求政府把法医学列为所有医学专业学生的必修课。在他看来，在医院里倍受信赖的医生们，对法庭的贡献却令人相当不满意。他举例说，在臭名昭著的“伯克和哈尔案”（发生在芬宁案之前几个月）中，有多达30人被杀害，他们的尸体被卖给医学院用于解剖，如果这些尸体的买家——解剖学的教师们能够从尸体识别遇害者，类似的惨案就可能不会发生了。

对史密斯来说，芬宁案就像是一个厚礼。在一次讲座中，他向听众展示了两个盒子：在一个盒子里，有一把暴露在砷中10小时的刀；在另一个盒子里，有一把在腌核桃旁边放了一些时辰的刀。前一把刀没有变黑，后一把刀变黑了。两年后，英国药剂师学会宣布，任何欲获得法医执业证者都必修为期三个月的砷中毒课程。英国皇家内科大学和皇家外科大学随即跟风。

芬宁案促进了法医毒理学研究的发展。到今天，砷中毒已经成为法医毒理学中的一个重要分支。那么，砷是怎么一回事？砷中毒又是怎么一回事？导致砷中毒的原因有哪些？怎样检测和治疗砷中毒？

长期以来，砷除了被用作毒药，也被用作药物。在传统医疗中，砷的使用时间已超过2400年。在青霉素发明之前的西方世界，砷的化合物例如撒尔佛散是广泛用于治疗梅毒的特效药（它最终

被磺胺制剂和其他抗生素取代）。在许多所谓的补药里，砷也是成分之一。

在英国伊丽莎白时期，一些妇女使用醋、白垩（粉笔）和砷的混合物来美白皮肤。其中，砷的使用目的是阻止衰老和除皱。但一些砷不可避免地被吸收进入血流中。此外，在当时人们使用的颜料中，最受欢迎的蓝宝石绿是以砷为基础的化合物。对某些颜料的过度使用，常常导致早期的艺术家和工匠偶然中毒。

在中世纪和文艺复兴时期，砷成为一种流行的谋杀方法，在当时的意大利统治阶层使用最为频繁。由于砷中毒的症状与霍乱相似，而当时霍乱频发，砷中毒常被忽略。到19世纪，砷尤其是砒霜有了一个绰号——“遗产粉”，这或许是因为等得不耐烦的继承人常使用砒霜来确保或加速自己得到遗产。在古代朝鲜，砷和硫的化合物一直是“赐药”的一种主要成分，而赐药被用来对职位高的政治人物或王室成员执行死刑。由于这些死者的社会地位和政治地位都很高，在王朝编年史中对这类赐死事件有准确的记载。这类事件通常极富戏剧性，在现在的一些韩国电视剧中也时有描述。

在今天，砷中毒已不再限于砒霜杀人或药物中毒，而是泛指由人体内砷的高含量带来的医学问题。如今砷中毒的主要形式是由天然包含高浓度砷的地下水所导致的中毒。2007年的一项研究发现，全球超过70个国家的总共超过1.37亿人可能因为饮水而受到砷中毒的影响。

下面是现代毒理学对砷中毒现象的描述。

砷中毒症状 砷中毒的最初症状是头痛、意识不清、严重腹泻和眩晕。随着中毒加深，可能会发生痉挛和指甲颜色改变。急性中毒的症状可能包括腹泻、呕吐、血尿、痉挛、脱发、胃痛等。常被砷中毒累及的人体器官是肺、皮肤、肾和肝脏。砷中毒的最终结果是昏迷和死亡。砷中毒与心脏病、癌症、中风、慢性下呼吸道疾病和糖尿病都有

关。慢性砷中毒与维生素A缺乏有关，而维生素A缺乏与心脏病和夜盲症有关。饮用水中的非有机亚砷酸盐的急性毒性比有机的砷酸盐大得多。

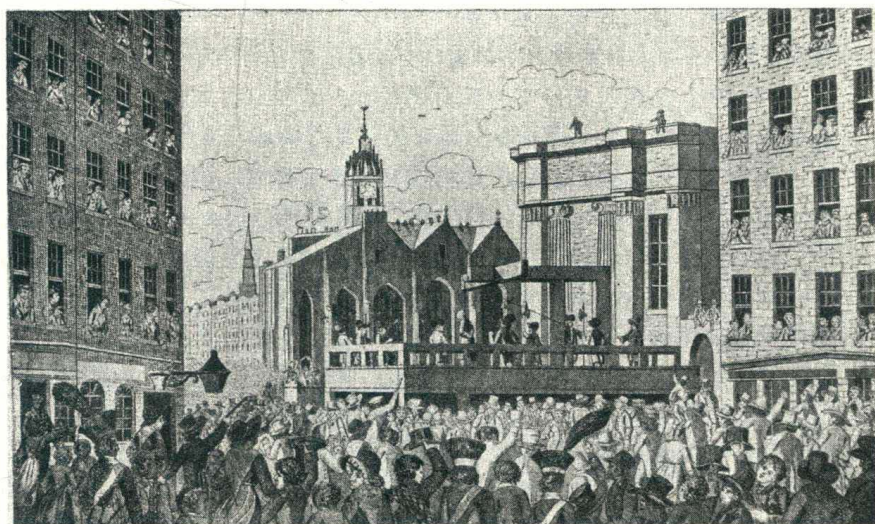
砷中毒原因 许多地下蓄水层中都包含有高浓度的砷酸盐，长时间饮用，

有可能导致慢性砷中毒。世界卫生组织认为，长期饮用质量浓度达到0.01克/升的水导致皮肤癌的风险为万分之六。在孟加拉国，由于复杂的地质原因，许多地区的砷含量近年来急剧增加。2000年5月，孟加拉国农业发展部部长拉赫曼称：“全国大约7 000万人正受到砷污染的严重威胁……7 000人已被证实砷中毒，2 000万人正在饮用受砷污染的井水。”当年8月，联合国儿童基金会官

员表示，砷中毒让2500万孟加拉人面临死亡或致残危险。

由于具有强毒性，砷在发达国家已经很少使用。但在一些发展中国家，砷依然是一种受欢迎的杀虫剂。此外，冶炼锌的工人和开采铜矿的工人所面临的砷中毒风险较大。近年来受到公众关注的一个问题是：大米尤其容易遭到来自土壤的砷的污染。

砷中毒诊断 通过测量血液、尿液、头发和指甲的砷含量，可以诊断是



“伯克和哈尔案”中的凶手之一伯克被执行绞刑，引发大量公众围观。此案被认为也推动了现代法医学的发展

否发生了砷中毒，有助于砷中毒死亡案例的法医调查以及环境或职业性砷污染事件调查。其中，尿液测试对于检测过去几天里的砷中毒最为可靠（对于急性砷中毒，要想获得准确的结果，需要在24~48小时内进行检测），头发和指甲测试能够反映过去6~12个月中高剂量的砷暴露。头发能储存来自血液里的微量元素，因而有可能成为砷暴露的一个生物指针。由于进入头发的元素在头发

马什试验

马什试验是检测砒霜的一种高灵敏度技术，在研究把砒霜作为毒杀手段的法医毒理学领域尤其有用。它由英国化学家詹姆斯·马什于1836年首次发布。

在砒霜投毒检测方面的首个突破出现在1755年，当时德国人卡尔·威赫姆·斯齐勒发现了一种能把砒霜转化为有蒜臭味的砷化氢气体的方法：用硝酸处理砒霜，并与锌化合。



法医毒理学家进行马什试验

1787年，德国人约翰尼·梅茨杰发现，如果在焦炭中加热砒霜，会生成亮黑色粉末（砷镜）。这是碳还原砒霜的结果。

1806年，德国人瓦伦丁·罗斯提取了一名疑似被砒霜夺命者的胃，用碳酸钾、氧化钙和硝酸处理它。如果有砷存在，其形式一定是砒霜，这样就能进行梅茨杰试验。

最常见的、至今仍在使用的砒霜试验是由德国人萨缪尔·哈亨曼发现的，即在存在盐酸的情况下让样本液体与硫化氢化合，如果有砷，就会出现黄色沉淀物——三硫化二砷。

然而，这些试验被证明灵敏度不够。1832年，英国人约翰·博多因涉嫌在祖父的咖啡里投放砒霜而受审。皇家化学家詹姆斯·马什被法庭征召以测试此案中砒霜的存在。马什进行了标准试验，即让硫化氢通过可疑液体。尽管马什检测到了砒霜，但黄色沉淀物未保存好，在被呈交给陪审团时已经分解了，陪审团不予采信，博多被无罪释放。

马什对此大失所望，尤其是在博多后来承认自己的确杀死了祖父之后，马什决定设计更好的试验来证明砒霜的存在。他最终构建了一个简单的玻璃装置，它不仅能检测出微量的砒霜，而且能确定砒霜的量。具体来说就是，把人体组织或体液样本加入到有锌和酸的玻璃容器中，如果有砷存在，就会产生砷化氢气体，此外还有锌和酸反应生成的氢。点燃这种气体混合物会氧化任何存在的砷化三氢，把它转变成砒霜和水蒸气，而这会导致一只置于火焰中的冷瓷碗上出现银黑色的砒霜污渍，其性质与梅茨杰反应相仿。接着，把这种污渍的密度与已知数量的砒霜产生的膜作比较，就能检测到数量低至0.02毫克的微量砒霜。这种试验对砒霜有很强的特异性。尽管锑也能在这种试验中形成类似的黑色沉积物，但它不溶于次氯酸钠溶液，而砒霜则会。

不过，直到1840年，马什的试验方法才首次得到有公开记载的使用（也是法医毒理学证据首次被引入）。当时，在法国中部蒂勒地区，铸造厂老板查尔斯·拉法基疑被其妻玛丽用砒霜杀死。间接证据很多：她以除掉猖獗的老鼠为名，从当地一个商人那里购买了砒霜；她家的佣人发誓说，看见她把一种白色粉末放进了其丈夫的饮料中……但是，用旧方法和马什试验对食物及拉法基的尸体进行的测试都未检测到砒霜。后来，知名毒理学家马修·奥非拉重新进行了马什试验，结果在拉法基体内检出了砒霜，而之前马什试验的结果是试验人员操作不当所致。玛丽被判终身监禁。

此案引起了很大的争议，它把法国人分成了信服判决和反对判决的两大派别。然而，马什试验还是大大震慑了砒霜投毒者，这类案件数量从此剧减。