

文章编号:1005-1538(2019)05-0112-07

· 论 坛 ·

水下文化遗产原址保护研究概述

王 昊

(国家文物局水下文化遗产保护中心,北京 100192)

摘要: 长年埋藏于水下的文化遗产,在适应周围的化学、物理及生态环境后可达到一种平衡的保存状态。通过概述水下埋藏环境对文物产生的影响,并对国外文物保护工作者在沉船、水下文物点、古代聚落遗址等类型水下文化遗产原址保护的成果进行研究,为中国水下文化遗产保护相关工作的开展提供一定的借鉴。

关键词: 水下;文化遗产;文物保护;埋藏环境

中图分类号: K854.3;K86;K878.3 **文献标识码:** A

0 引 言

中国是一个拥有约300万平方千米辽阔海疆和30万平方千米内陆水域的国家。海洋文化历史悠久,曾经拥有世界上最庞大的海商船队。特别是唐宋以来,随着航海技术的成熟以及海运贸易的繁荣,频繁的海上活动留下了数量可观、种类繁多的水下文化遗产。

20世纪后期以来,随着沿海城市化、工业化和商业化的快速发展,海洋及内水的人文环境与自然环境都发生了改变,水下文化遗产面临着严重的危险。自1987年国家文物局成立水下考古工作协调小组,中国的水下考古工作队已先后采用抢救性发掘的方式对绥中三道岗元代沉船、福建“碗礁I号”清代沉船和海南西沙“华光礁I号”宋代沉船等进行了考古发掘,并采取整体打捞的方式对中山舰和“南海I号”沉船进行了异地保护^[1]。虽然我国已经开展了一些大型水下考古发掘项目,然而关于水下文化遗产的原址保护研究,尚处于起步阶段,亟需投入更多的资源和人员开展相应的研究工作。

1 中国水下文化遗产概况

关于水下文化遗产,联合国教科文组织(UNESCO)2001年《保护水下文化遗产公约》中规

定:“至少100年来,周期性地或连续地,部分或全部位于水下的具有文化、历史或考古价值的所有人类生存的遗迹,比如:遗址、建筑、房屋、工艺品和人的遗骸,及其有考古价值的环境和自然环境。”公约对古沉船、古代聚落遗址及其他有着重要文化和历史意义的水下遗产给予了高度关注和重视。

我国的水下文化遗产内容丰富,数量较多的主要为4种:沉船、水下文物点、聚落遗址以及水下各类古代设施。海洋环境中最常见的是沉船和水下文物点;内陆水下文化遗产则以陷落水下的聚落遗址为主,比如在云南澄江抚仙湖湖底发现的古建筑遗址、安徽太平湖水域发现的广阳城遗址等。

1.1 沉船

船是连接港口之间、陆海之间的海洋物质文化与精神文化的核心载体。水下考古使得这些古船所蕴含的历史文化价值得以体现,如河姆渡遗址的发掘,使7000年之前的独木舟得以重现天日,改变了人们对中华民族造船史、航海史、渔业史的认识;“南海I号”的发现及其船载的大量瓷器、铁器、金器等,则成为研究海上丝绸之路贸易的主要内容。

我国各个海域均有大量古代沉船在水下考古调查工作中被发现,然而这些沉船保存状况一般均较差,像“南海I号”那样由于其船体被海底淤泥覆盖而得以保存完好的沉船属于极少数的情况(图1)。

收稿日期:2018-05-30;修回日期:2019-03-10

作者简介:王 昊(1982—),男,2005年毕业于北京大学文物保护学专业,研究方向为水下文化遗产原址保护与出水文物保护, E-mail: haow21@126.com

而且由于盗捞现象广泛存在,遗址和船体常常因此遭到严重破坏,如2005年“碗礁I号”的水下考古发掘工作便发现了盗捞者寻找水下遗址所用的大型铁爬犁,还曾出现过几十条船大规模哄抢的恶性事件^[2]。因此,我国在水下遗产的原址保护中,需要将遗址监控等防止人为破坏的技术研究也列为重要一项。



图1 “南海I号”沉船室内考古发掘现场
(图片来源:“南海I号”水下考古工作队)

Fig.1 Indoor archaeological excavation site of Nanhai I shipwreck (Image source: Underwater Archaeological Team of Nanhai I)

1.2 水下文物点

在水下考古调查工作中,所发现的水下文物点主要分布在东海和南海海域,以西沙群岛海域的水下文物数量最为集中、类型更为多样,且以各时代不同窑口的瓷器为主。其中,珊瑚岛海域有大批的石雕和石质建筑构件在1996年西沙水下文化遗产普查工作中被发现,2010年西沙水下考古调查时在北礁也发现大量同样的石质建筑构件(图2)。



图2 珊瑚岛海域水下石雕文物保存状况
(图片来源:2015年度西沙水下考古工作队)

Fig.2 Preservation status of underwater stone carving cultural relics at Coral Island (Image source: 2015 Xisha Underwater Archaeological Team)

这些石质文物种类繁多,有人像、龙柱、狮顶方柱、石板、八棱石柱等,推测为清代福建惠安工匠生产,应是当时移居东南亚的华侨运往海外修建寺庙宗祠或其他大型建筑物所用的材料,为研究我国海外贸易史、海外交通史、华侨移民史和古代海上丝绸之路提供了重要实物资料^[3]。

1.3 古代聚落遗址

水下古代聚落遗址主要为一些原本位于水边的城址、村落等文化遗产,受到地震、火山喷发、河流泛滥改道等自然灾害的影响而淹没于水中,或是一些古航道周边水域的文化遗存,由于兴修水利设施等人类改造自然的活动而淹没。主要分布于湖北、安徽等内陆水域。

以安徽太平湖水下遗址广阳城为例,水下遗存的保存状况总体布局基本完好。由于一直处于水下的环境,如道路、河流、建筑规划等方面几乎没有受到现代化城镇建设的干扰和人为破坏,但是其水下单体建筑大多保存状况一般,房屋建筑上部结构皆已不存在,仅余地面基础部分,城墙墙体残存较矮,多已露出夯土墙体,外面的包砖也基本不存在^[4]。

1.4 古代设施及其他

内水的水下文化遗产除了城址、村落等聚落遗址,还包括淹没于水下的桥梁等水利建筑设施、古代墓葬、采石场、古窑址等。虽然每类遗存所发现的数量均较少,但其种类丰富,而且这些水下文化遗产都蕴含极高的历史、文化和艺术价值。重庆长江三峡库区的白鹤梁题刻是我国最为重要的水下文化遗产之一,其中最早的一则是唐广德二年(764年)的石鱼,最晚的两则已到1963年,乃是现存水文遗产中,开始年代较早、延续时间很长、记录手段比较科学、相关信息最为丰富的古代枯水水文石刻,是中国长江上游枯水水文记录数据的石刻档案库^[5]。

为保护白鹤梁题刻,我国政府修建了世界上首座水下题刻博物馆,采用就地原址保护的方式,使白鹤梁题刻保持了整体的原形,避免了在移位和切割中的人为破坏^[6]。在白鹤梁水下博物馆修建的过程中,面对诸多的技术难题,我国的科研人员坚持科技创新,最终完成了目前世界上唯一的遗址类水下博物馆。

2 水下埋藏环境的影响

开展水下文化遗产的原址保护研究,首先需要掌握水下文物分布区的各种因素的影响,如理

化环境、水动力环境、地质地貌环境、生物生态系统等。在我国各类型的水下文化遗产分布中,主要仍是以海洋环境埋藏下的文物为主,而且相比于内水环境,海水环境的状况要更为复杂,潮汐、海流、海水理化成分、海洋生物、海床冲淤变化等对文物的腐蚀和破坏也更为严重。因此,埋藏环境的研究将主要集中于分析海水环境的化学、物理和生物作用这三方面对沉没于水下的文化遗存所造成的影响。

2.1 化学作用影响

如何评价海水环境对文物本体所造成的危害,最直接的研究对象便是各个类型的出水文物。几乎所有的海洋出水文物,在保护工作中首先面对的问题都是内部富含盐分的影响。海水的成分非常复杂,除水之外还溶解有几十种物质,其中主要有约占含量 55% 的氯化物离子、7.7% 的硫酸盐离子、30.6% 的钠离子、3.7% 的镁、1.1% 的钾等物质^[7]。

对于水下石质文物而言,海水中硫酸盐及氯化物会破坏石材的胶结物质,降低其强度。碳酸岩在酸性条件下会发生溶蚀,其溶解性随着二氧化碳分压的增加而增加。温度越低,深度越深,溶解度越大。硫酸岩因其溶解性强而更易受到溶蚀破坏。硅酸岩溶解度不高,但会发生水解作用而产生破坏^[8]。

水下的木质沉船,虽然经过长达数百年的埋藏仍可能保有较好的外观状态,但是长期浸泡于海底或是埋藏沉积较浅的木材则会发生木质成分的降解流失。在显微镜下观察,木材似海绵呈多孔状,由于细胞壁组织分解断裂,会使得船体的木材组织结构被破坏,强度降低^[9]。清代沉船“小白礁 I 号”在埋藏过程中,木船构件化学组分的 α -纤维素和半纤维素在酸或微生物分解的作用下发生水解,结果其综纤维素含量发生了一定程度的降低,而木质素百分含量则有所提高^[10]。

受到海水环境化学作用影响最严重的则是金属类文物,尤其是铁质文物,海洋打捞出水的铁质文物表面基本都覆盖有厚重的锈蚀凝结物(图 3)。造成海水中金属腐蚀的化学因素主要体现在海水中的溶解氧含量、含盐量和电导率等方面。溶解氧含量是影响海水腐蚀速率的重要因素,海水具有的高含盐量会直接影响海水的电导率和含氧量,进而对腐蚀产生影响,海水的电导率增加将加速金属材料的腐蚀。



图 3 上川岛海域出水铁炮

(图片来源:2016 年度上川岛水下考古工作队)

Fig. 3 Cannons salvaged from Shangchuan Island

(Image source: 2016 Shangchuan Island

Underwater Archaeological Team)

2.2 物理作用影响

海水环境中的物理作用主要体现在海流、潮汐、海浪等水体运动对水下文物造成物理破坏。海浪的作用力与所处海域的水深、波浪的波高及周期等有关,同时与受力物体的结构形式与布置、截面形状等有关,而海流的运动相对稳定缓慢,作用力主要为静力以及绕流涡动引起的涡激震动。在潮汐或是持续性水流的作用下,石质文物、瓷器等受到水流冲刷、沉积物磨蚀等因素会造成磨蚀及釉层的开裂、剥落;瓷器釉料发黑变色及釉上彩的脱落现象也较为常见。磨蚀和腐蚀的交互作用,也会加速金属文物的腐蚀。这类物理作用的影响在水深浅的海域更为明显,随着水深的减少,海水中含沙量会增加,受到海浪作用力的影响也越大。

除了直接作用力会对文物造成的损伤,水下文化遗产原址保护研究还需考虑到波浪、海水流速、潮汐、温度等物理因素所影响到的溶解氧的供给,间接影响到金属文物在海水环境中的腐蚀速度。此外,海水的温度、透光性、流动速率、浮力等因素具有重要的生态学意义,影响着海洋生物特别是微生物的生长分布,也是衡量沉船等水下文化遗产保存环境的重要因素。

2.3 生物作用影响

自从人类开始航海以来,寄生在船只水下部分的水生生物就被认为是制约航海发展与进步的严重问题。海洋生物污损可以被定义为微生物、藻类和动物在浸没于海水中的结构体上的不利积累,大致可分为微型污损生物(细菌和双原子生物膜)和大型污损生物(如大海藻、藤壶、贻贝、管虫、苔藓虫),

它们聚集生长形成污损区。

几乎所有类型的水下文物都会遭受海洋污损生物的破坏。出水陶瓷器表面经常可见藤壶、盘管虫等海生物的残骸(图4),某些污损生物还会通过特殊的固着器官穿凿器体。即便在水下能保持状态相对稳定的石质文物也会明显受到海洋污损生物和钻孔生物的破坏作用,其表面多被各种各样的海洋生物、沉积物或硬结物所包裹,代表着特定历史和文化信息的纹饰都被掩盖,而且贻贝、海笋(又称穿石贝)、石蛤和海胆等能穿凿各类石材^[11]。厌氧性细菌(如硫酸盐还原菌)能导致铁质文物的腐蚀,加速其腐蚀过程,会引发局部腐蚀或穿孔腐蚀^[12],造成水下文物的残缺和损坏。船蛆等污损生物的繁殖会使得船板千疮百孔,破坏沉船结构甚至肢解,而且在水分、细菌、霉菌、真菌等的作用下,木材的化学组成及显微结构均发生了显著的变化。



图4 上川岛海域出水瓷器

(图片来源:2016年度上川岛水下考古工作队)

Fig. 4 Porcelain salvaged from Shangchuan Island

(Image source: 2016 Shangchuan Island Underwater Archaeological Team)

3 原址保护技术研究

“原址保护应作为保护水下文化遗产的首选方案”作为2001年《保护水下文化遗产公约》附件《针对水下文化遗产之行动规则》的第1条规则,为做好水下文化遗产保护指引了方向。现阶段国外所采取的水下文化遗产原址保护技术:沉船及各类水下文物主要是采用原址填埋的方式,或是架设保护笼保护文物安全和满足展示需求;水下聚落遗址则主要是对其进行清理保护和展示利用。

3.1 沉船的原址保护

海洋环境中沉船的原址保护,国外现今主要采

取两种保护措施:一是在原址进行回填保护,以文物的长期保存为目的;二是在沉船遗骸上部架设保护笼,便于文物的展示研究或是作为临时保护措施。

回填主要通过将沉船掩埋在海洋沉积物之下,为其建立一个无氧或低氧的环境,阻止海洋污损生物的破坏以及海水环境的腐蚀^[13]。沉积物的覆盖深度是一个非常重要的参数,许多的研究结果都表明,当水下遗存埋藏深度超过50 cm时,有机类材料的生物降解程度会显著降低。这主要与溶解氧浓度的降低致使微生物的活性降低相关联,所以整个回填场地都要保持至少50 cm深的沉积物覆盖率^[14]。

原址回填工作一般使用木材搭建围堰来限制沉积的沙粒,周围以填放沙袋或石块加固,另外由于海水具有降解作用,装填的沙袋不能使用棉麻等材料制品,而应选用抗紫外线照射的聚丙烯编织袋。在隔离装置的应用上,Winton在2002年设计使用在海洋环境中具有化学惰性的聚乙烯材料搭建互锁式“隔离屏障”装置代替木制框架。此外,Richards在James Matthews号沉船的原址保护研究中,使用了一种自然沉降的保护方式,通过网罩在海水中的自由浮动来捕获悬浮在水中沉积物,从而在网垫下面形成沉积物,并且实地验证了该方式的有效性^[15]。

沉船原址保护的另一种方式是架设保护笼,主要为防止盗捞及渔民拖网对水下遗址的破坏。渔民们的拖网经常可以移动重达数吨的物体,船锚也可以轻易地破坏考古层甚至摧毁一堵墙,为此需要架设保护笼作为一种临时保护措施。西班牙在“马萨龙II号”的原址保护中,便架设了保护笼,该保护笼四周使用隔板拼接并于水下完成组装。我国在对“南澳I号”沉船的原址保护中,也制造了钢架保护笼,并且电焊锌块对框架进行牺牲阳极保护(图5)。但保护笼是否会造成沉积物中铁含量的增加,进而对沉船的埋藏环境产生影响,还需要进一步做详细的检测分析研究,包括海水的溶解氧含量,以及铁、硫化物、碱度、pH值、硝酸盐、氨、总磷等化学指标的变化情况。

3.2 水下文物原址保护

不论是陆地考古还是水下考古,文物的发掘打捞都意味着长期埋藏状态下原有的平衡状态将被打破。根据航海考古学会(NAS)所提供的数据资料显示,相比于陆地埋藏环境,文物在水下埋藏环境当中更容易得到保存,因此,水下考古工作首先要考虑的是打捞提取文物的必要性。其次,还要考虑文物出

水后的保护修复经费预算,以及未来的收藏保管经费预算。所以,出于多方面的考量,现今国外水下文物保护工作者更倾向于采取将文物于水下原址埋藏作为保护方案^[16]。



图5 “南澳 I 号”沉船原址保护使用的钢架
(图片来源:“南澳 I 号”水下考古工作队)

Fig. 5 Steel frame used for the protection of the original shipwreck of Nan'ao I (Image source: Underwater Archaeological Team of Nan'ao I)

2002 年,由瑞典、挪威、丹麦和澳大利亚等国的大学或研究所联合开展了一项长达 50 年的研究项目——“考古遗址的重新埋藏和分析”(RAAR)。该项目由 6 个子项目组成,涵盖考古学中最常见的文物类型:金属、木材、皮革、纺织品、骨头、陶瓷和玻璃,计划分别在 1、2、3、6、12、24 和 48 年后检验文物的状况。

以陶瓷和玻璃这类在水下保存较好的文物类型为例,研究选用了铅釉陶瓷和钾盐玻璃,发现在重新埋藏的实验中,玻璃出现了严重降解,样品表层发生大面积的剥落现象^[17]。金属文物的埋藏实验选用低碳钢、灰色铸铁、黄铜、铜和青铜作为标准腐蚀试样,测试在不同埋藏深度下的腐蚀效果(分别为完全暴露,浅埋于沉积物之下和埋藏在沉积物下 50 cm 处),结果发现由微生物引起的铁质文物腐蚀作用明显高于溶解氧直接作用而引起的腐蚀^[18]。

将出水文物于原址进行埋藏保护,还需要针对其后续劣变和盗掘风险采取一定的预防措施。现今我国在这方面的技术手段还较为落后,主要仍采用执法部门的巡逻或发动群众通过线报等发现盗捞活动进行查处,以及通过岸基、船载雷达来监测水面船只,但无法监测远离陆地的海域。在水下文物保护技术上,意大利建立了非常健全的法律和惯例体系,已将水下文物点位置信息录入地理信息系统,并采

用先进的水上监测技术实施立体管控,一旦有船接近相关海域,便会马上报警,由相关部门进行查处^[19]。

3.3 水下聚落遗址的保护

相比于沉船和散落的水下文物,水下建筑的保护则复杂得多,至于水下城址等古代聚落遗址的保护,更是需要构建一个系统全面的保护工程,涵盖水下遗址的勘探、古代建筑材料的研究、水下遗址的病害调研、设计适宜的保护方式乃至遗址保护后期的展示利用等。

在水下古代建筑遗址的保护方面,意大利一直都保持着国际领先的水准。早在 2001 年开始的水下保护项目框架内,高等保护和修复研究所(Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro, ISCR)的海洋生物部门与水下考古作业部门已经开始研究 Torre Astura、巴亚古城(Baiae)等水下遗址中的石材在海洋环境中的恶化成因。通过生物学、矿物学和岩石学的综合分析,证明这些人工制品特别容易受到穿孔动物和植物有机体腐蚀的影响,并且通过扫描电镜(SEM)观察发现,自养和异养微生物引起的微生物腐蚀也在逐渐破坏石材并促进了其他海洋污损生物的腐蚀作用^[20]。

意大利水下文化遗产保护工作者同时也在不余力地开发新的水下保护技术和设备。在水下建筑砖墙遗址的保护中,使用了灌浆加固的方式。砂浆使用的是一种空气和水硬性粘合剂、火山灰和惰性细填料组成的混合物,添加了特定的增稠剂,使其具有假塑性的性能(凝胶)。在 CoMAS 合作保护项目中,合作开发了水下遗址保护工作可用的清洁和修复电动工具、能够防止生物污垢形成的新型防护材料、适用于现场定期维护的 ROV 清洁工具以及光电三维成像系统等。这些多用途工具配备有力量、扭矩和速度传感器以及数据记录器,以便在清洁操作期间收集定量数据。

4 结 论

在中国水下考古工作已经蓬勃发展的今天,要避免由于保护工作的不完善而造成水下考古发掘反而成为了水下文化遗产的破坏行为。由于水下考古的特殊性,在水下调查或发掘工作的开展过程中经常要面临诸多问题,坚持“原址保护应作为保护水下文化遗产的首选方案”往往只能成为理想,甚至做好水下考古的现场保护工作有时都会存在困难,无法保证任何文物在出水的时刻都能有专业的文物

保护人员在第一时间参与团队现场工作。

他山之石,可以攻玉。为做好水下文化遗产的保护,可以借鉴发达国家所取得的成功经验,积极引入新技术、新方法,加强相关人才的培养,加大与水下文化遗产原址保护相关的基础研究工作,改进现有方法,逐步完善具有中国特色的水下文化遗产保护体系。

参考文献:

- [1] 魏峻. 中国水下文化遗产保护现状与未来[J]. 国际博物馆(中文版),2008(4):100-105.
WEI Jun. Status and future of China's underwater cultural heritage protection[J]. International Museum (Chinese Edition), 2008(4):100-105.
- [2] 赵嘉斌. “碗礁 I 号”沉船打捞纪实[J]. 中国文化遗产,2005(6):62-72.
ZHAO Jiabin. The salvaging records of Wanjiao I shipwreck[J]. China Culture Heritage,2005(6):62-72.
- [3] 张治国,刘婕,田兴玲. 海洋出水石质文物表面凝结物的清洗技术研究[J]. 石材,2013(12):38-42.
ZHANG Zhiguo, LIU Jie, TIAN Xingling. Study on the cleaning technology of the surface condensate from the marine stone relics[J]. Stone,2013(12):38-42.
- [4] 国家文物局水下文化遗产保护中心,安徽省文物考古研究所. 安徽水下考古调查报告(2008~2016)[M]. 北京:科学出版社,2017:246-249.
National Center of Underwater Cultural Heritage, Anhui Provincial Institute of Archaeology. 2008~2016 year report of underwater archaeology investigation in Anhui[M]. Beijing: Science Press, 2017:246-249.
- [5] 孙华,陈元棣. 白鹤梁题刻的历史和价值[J]. 四川文物,2004(1):44-53.
SUN Hua, CHEN Yuanyan. The history and value of Bai Heliang's inscription[J]. Sichuan Cultural Relics,2004(1):44-53.
- [6] 高远. 白鹤梁题刻博物馆修建与水下文化遗产保护[J]. 重庆文理学院学报(社会科学版),2012(3):1-5.
GAO Yuan. The building of Baiheliang Engravings Underwater Museum and the protection of underwater cultural heritage[J]. Journal of Chongqing University of Arts and Sciences (Social Sciences Edition),2012(3):1-5.
- [7] 曾一非. 海洋工程环境[M]. 上海:上海交通大学出版社,2016:5-6,44-168.
ZENG Yifei. Marine engineering environment[M]. Shanghai: Shanghai Jiaotong University Press,2016:5-6,44-168.
- [8] 金涛. 海洋条件下的水下文物埋藏环境概述[J]. 文物保护与考古科学,2017,29(1):98-107.
JIN Tao. An overview of the buried environment of underwater objects under marine conditions[J]. Sciences of Conservation and Archaeology,2017,29(1):98-107.
- [9] 马丹,郑幼明. “华光礁 I 号”南宋沉船船板中硫化铁化合物分析[J]. 文物保护与考古科学,2012,24(3):84-89.
MA Dan, ZHENG Youming. Analysis of the iron sulfides in the shipwrecks Huaguang Reef I of the Southern Song Dynasty[J]. Sciences of Conservation and Archaeology,2012,24(3):84-89.
- [10] 金涛,李乃胜. 宁波“小白礁 I 号”船体病害调查和现状评估[J]. 文物保护与考古科学,2016,28(2):92-100.
JIN Tao, LI Naisheng. Investigation of the deterioration and evaluation of the status of the hull of the Xiaobaijiao I shipwreck, Ningbo[J]. Sciences of Conservation and Archaeology,2016,28(2):92-100.
- [11] 冯士箴,李凤岐,李少菁. 海洋科学导论[M]. 北京:高等教育出版社,2009:110-112.
FENG Shizuo, LI Fengqi, LI Shaojing. Introduction to marine science[M]. Beijing: Higher Education Press,2009:110-112.
- [12] 宋薇. 海洋环境对沉船遗址保存状况的影响[J]. 北方经贸,2012(8):187-188.
SONG Wei. The influence of marine environment on the preservation of shipwrecks[J]. Northern Economy and Trade,2012(8):187-188.
- [13] 蒂斯·马尔拉维尔德,乌吕克·格林,芭芭拉·埃格. 水下文化遗产行动手册——联合国教科文组织 2001 年《保护水下文化遗产公约》附件之指南[M]. 国家文物局水下文化遗产保护中心译. 北京:文物出版社,2013:149-152.
MAARLEVELD T J, GUERIN U, EGGER B. Manual for activities directed at underwater cultural heritage: a guide on the rules annexed to the UNESCO 2001 Convention on the Protection of the Underwater Cultural Heritage[M]. Beijing: Cultural Relics Press, 2013: 149-152.
- [14] RICHARDS V L. In situ preservation and reburial of the ex-slave ship James Matthews[J]. Aiccm Bulletin,2011,32(1):33-43.
- [15] RICHARDS V. In situ preservation and monitoring of the James Matthews shipwreck site[J]. Conservation and Management of Archaeological Sites,2012,14(1-4):169-181.
- [16] BERGER O. Keeping artefacts in situ and preserving them once out of the water: daily questions for a conservator-restorer in marine excavations[C/OL]. (2018-05-01)[2018-05-15]. The MUA Collection, <http://www.themua.org/collections/items/show/1267>.
- [17] BERGSTRAND T, BJORDAL C, NILSSON T, et al. Reburial as a method of preserving archaeological remains: a presentation of the Marstrand project[M]. Bremen: HM Hauschild GmbH,2005:9-39.
- [18] RICHARDS V, GREGORY D, MACLEOD I, et al. Reburial and analyses of archaeological remains in the marine environment: investigations into the effects on metals[J]. Conservation and Management of Archaeological Sites,2013,14(1-4):35-47.
- [19] 王绪军. 水下文物安全监控系统的设计与实现[J]. 四川兵工学报,2012(9):71-84.
WANG Xujun. Design and implementation of water safety monitoring system[J]. Sichuan Ordnance Journal,2012(9):71-84.
- [20] RICCI S, DAVIDDE B. Some aspects of the bioerosion of stone artefact found underwater: significant case studies[J]. Conservation and Management of Archaeological Sites,2012,14(1-4):28-34.

A summary of research on underwater cultural heritage site protection

WANG Hao

(National Centre of Underwater Cultural Heritage, Beijing 100192, China)

Abstract: Having been under the sea for many years, ancient cultural relics have adapted to the surrounding chemical, physical and ecological environments, and have achieved a balanced state of preservation. In this paper, we summarize the impact of underwater burial environments on cultural relics, and elaborate on the protection methods applied at various types of underwater cultural heritage sites (e.g. ancient shipwrecks, settlement sites) by developed countries, and discuss their related research results. We hope that this paper will provide references for relevant research work implemented in China.

Key words: Underwater; Cultural heritage; Protection of cultural relics; Burial environment

(责任编辑 马江丽)