



救助与打捞工程专业系列教材

打 捞 工 程

DALAO GONGCHENG

主 编 弓永军 张增猛

副主编 徐志成 胡伟东 黄贤俊



大连海事大学出版社

救助与打捞工程专业系列教材

打 捞 工 程

主 编 弓永军 张增猛

副主编 徐志成 胡伟东 黄贤俊

大连海事大学出版社

© 弓永军,张增猛 2012

图书在版编目(CIP)数据

打捞工程 / 弓永军,张增猛主编. —大连: 大连海事大学出版社, 2012. 10
救助与打捞工程专业系列教材
ISBN 978-7-5632-2789-1

I. ①打… II. ①弓… ②张… III. ①沉船—打捞—高等学校—教材
IV. ①U676.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 236671 号

大连海事大学出版社出版

地址:大连市凌海路 1 号 邮编:116026

电话:0411-84728394 传真:0411-84727996

<http://www.dmupress.com> E-mail:cbs@dmupress.com

大连美跃彩色印刷有限公司印装 大连海事大学出版社发行

2012 年 10 月第 1 版 2012 年 10 月第 1 次印刷

幅面尺寸:185 mm×260 mm 印数:1~500 册

印张:30.75 字数:761 千

责任编辑:沈荣欣 版式设计:天水

封面设计:王艳 责任校对:阮琳涵

ISBN 978-7-5632-2789-1 定价:75.00 元

《救助与打捞工程专业系列教材》编写机构名单

编委会成员

主 任:宋家慧 王祖温
副主任:张金山 刘正江
编 委:迟双龙 孙富民 钟国青 杜 柠 沈 灏 陈北先
邢士占 金振泰 蒋 岩 刘胜根 张建国 葛小庆
张代吉 赵友涛 徐久军 曲 宁 路慧彪

审定委员会成员

主 任:叶似虬
副主任:弓永军
委 员:赵世野 郑 健 曲广文 冯兴如 贝承璋 朱林飞
陈瑞田 胡伟东 孙继刚 陈世海 王仁义 都卫平
朱海荣 陈水开 肖新玉 沈 骅 邹积宝 李秀友
孙新江 吕志杰 沈佳霖 张奉岱 秦为志 张 益
孙世彬 林塔伟 张民涛 胡志辉 段亭武 徐晓丹
张贵平 余新洪 郑福昌 梁立坚 肖进军 丁 凯
荆岩林 邵 滨 杨立辰 徐志伟 孙 岳 霍福庭
郭鸿平 周 舟 孙召才 俞 磊 许 国 于为政
林全坤 张锋刚 张翔竣 翁志敏 陈 雷 张 伟
徐永琪

序

我国是海洋大国,有1.8万公里大陆海岸线、6 500多个岛屿、300多万平方公里海洋国土;在册的运输船舶23万艘、总吨位1.2亿、在册的渔船保有量60万条。实现中华民族的伟大复兴,必须要强化海洋战略意识,实施海洋强国战略。我国在实施海洋强国发展战略过程中,海上综合应急保障能力建设已经提高到前所未有的高度。党的十六届六中全会报告中明确提出了建设“精干实用的专业应急救援队伍”的要求,党的十七届五中全会再次指出,要不遗余力地建立健全应对自然灾害和事故灾难的预防预警和应急处置体系。

积极推进综合交通运输体系建设,加快发展现代交通运输业,是“十二五”交通运输发展的总体要求。加强海上专业应急救援队伍建设是按照适度超前原则大力发展现代综合交通运输业的重要步骤,中国救捞是直接为现代水路交通运输建设服务、为海洋经济发展服务,全力保障海上人命、环境和财产安全的一支重要应急救援力量。作为国家海上专业应急救援队伍,坚持以人为本、服务保障民生、为海洋经济发展保驾护航是中国救捞的神圣职责和光荣使命。

中国救捞经历了60年的发展历程,积累了丰富的经验,创造了辉煌的业绩。尤其是救捞体制改革以来,中国救捞以科学发展观为统领,不断推进专业化建设,将“三精两关键”作为奋斗目标,始终坚持以最快捷的方式获取最准确的信息情报、以最科学的决策制定最完善的施救方案、以最有效的手段配备最精干的救助力量、以最满意的效果回馈最关切的社会期待,得到党中央、国务院的认可,受到部党组的肯定,赢得了社会公众的赞誉。

大连海事大学立足行业服务,创新办学理念,开设了救助与打捞工程专业的本科教育,是与中国救捞强强联合,开辟了一条学校与行业互利互惠、合作共赢的发展新路子。救助打捞工程专业的开办是对中国救捞60年先进经验的梳理和升华,是中国救捞发展史上的里程碑,使得中国救捞实现了从经验发展到理论推动的飞跃,迈上了科学发展的新轨道。

救助与打捞工程专业教材凝聚着中国救捞专家和大连海事大学老师们的智慧和汗水,体现了无数救捞前辈们的专业素质和敬业精神。书籍是人类进步的阶梯。人才是决定救捞事业可持续发展的第一要素,人才的素质关系到中国救捞事

业的兴衰成败。希望中国救捞和大连海事大学要更好地发挥专业教材的作用,立足救助打捞工程专业建设,放眼中国救捞长远发展,最大限度地培养更多更优秀的高素质专业人才,使之成为推动中国特色救捞事业快速科学发展的动力源泉和智力宝库。

交通运输部救助打捞局局长:

宗家慧

大连海事大学校长:

孙明生

前 言

为了加强打捞工程队伍的专业化建设,特别是应对打捞工程专业技术人才短缺的现状,在交通运输部救助打捞局和大连海事大学的精心组织下,编写了这本《打捞工程》。作为救助与打捞工程专业系列教材中的重点教材,本书立足于国内打捞工程任务的需要,培养学生综合的打捞工程能力,了解打捞工程基本知识和工作内容,掌握打捞装备、工艺知识和打捞工程设计计算等。

全书分为七章,主要介绍了打捞工程的任务、特点及发展现状;船舶常识、结构、力学和打捞工程环境等打捞工程基本知识;沉船勘测与打捞工程规程;沉船打捞方法;打捞工艺及相关装备;打捞工程计算和主要的辅助设计计算软件;典型打捞工程案例等。一些供计算查阅使用的相关算表、图表等资料以附录的形式附于书后。

本书可作为救助与打捞工程专业教学用书,也可作为打捞工程、海洋工程技术人员的参考用书。本书的特色如下:

1. 针对救捞专业特点,侧重基础知识;
2. 注重教学联系实际,结合大量具有针对性的案例讲解,易于理解,实践性强;
3. 对大量知识内容进行了更新,尽可能适应打捞工程技术的最新变化和发展。

本书由弓永军、张增猛担任主编,徐志成、胡伟东、黄贤俊担任副主编,叶似虬担任主审。第一章、第三章由弓永军编写,第二章、第四章由张增猛编写,第五章、第六章由徐志成编写,第七章和附录部分由胡伟东和黄贤俊编写。全书由弓永军统稿、定稿。在编写过程中,教材编写组得到了救捞系统很多专家的大力支持和热情帮助,包括但不限于广州打捞局陈瑞田高工、上海打捞局孙继刚高工、烟台打捞局周绪强高工等。这里特别需要感谢的是姚根福先生,全书的原始素材大多是由他提供的,可以说,没有姚先生多年积累下来的智慧结晶,就没有办法在短短一年的时间里完成这么庞杂的编写任务。由于作者水平有限,时间仓促,资料搜集工作尚不完善,书中不足和错误之处在所难免,敬请广大读者予以批评指正。

编 者

第一章 绪论	1
第一节 打捞工程的主要任务	1
第二节 打捞工程的基本特点	2
第三节 国内外打捞工程的发展与现状	8
第二章 打捞工程基础知识	11
第一节 船舶常识	11
第二节 船舶结构与力学简介	33
第三节 打捞工程环境	50
第三章 沉船勘测与打捞规程	76
第一节 沉船勘测	76
第二节 打捞规程	96
第四章 沉船打捞方法	102
第一节 概述	102
第二节 封舱抽水打捞法	103
第三节 封舱充气抽水打捞法	108
第四节 压气排水打捞法	116
第五节 抬撬打捞法	117
第六节 浮筒打捞法	126
第七节 浮吊船打捞法	149
第八节 其他打捞方法	157
第五章 打捞工艺及相关装备	163
第一节 打捞工场布置	163
第二节 沉船减重	166
第三节 攻穿船底千斤	171
第四节 水下应急抽油	172
第五节 沉船扳正	175
第六节 沉船拖航	179
第七节 水下焊接与切割	183
第八节 水下爆破	186
第九节 缆索具及带缆作业	194
第十节 起重装备与起重作业	214
第十一节 打捞工程装备与技术的最新发展	239
第六章 打捞工程计算和应用软件	259
第一节 打捞重量分析和计算	259
第二节 沉船强度估算	319

第三节 起浮计算.....	347
第四节 其他打捞工程应用计算.....	359
第五节 GHS - Salvage 应用软件	375
第六节 其他计算软件.....	385
第七章 典型打捞工程案例.....	392
第一节 “大舜”轮打捞.....	392
第二节 “畅通”轮尾段打捞.....	399
第三节 “南海 I 号”古沉船整体打捞.....	417
第四节 打捞“库尔斯克”号.....	453
附录.....	457
参考文献.....	480

第一章 绪论

第一节 打捞工程的主要任务

我国是一个海洋大国,海岸线长达 1.8 万多千米,渤海、黄海、东海和南海四海相连,总面积达 473 万多平方千米。我国还有 5 800 多条天然河流和 900 多个大小湖泊,水运条件十分优越。随着国民经济和对外贸易的迅速发展,我国的水上运输事业日益兴旺发达,往来的船只数量快速增加,海上运输密度升高,通航范围加大,涉海活动增多。气候异常变化,强台风、强冷空气等自然灾害频繁袭击,使得水上作业安全风险几乎与涉海活动量同步增长,水上大或重大突发安全事件长期在高位徘徊。2005 年与 2000 年相比,水上遇险人数增加了 2.6 倍,遇险船舶数量增加了 1.3 倍。从海上运输安全事故来看,无论是 20 世纪末发生的“大舜”轮特大海难事件,还是 21 世纪初因强台风发生的福建沙埕港 400 余艘渔船沉没事件,以及对上海黄浦江最大沉船“银锄”轮的抢险打捞与对沉没在天津港主航道拓宽处世界上最大挖泥船“奋威”号应急救助等等,这些频繁的重特大事件一次又一次地向我们敲响了警钟,也充分证明了打捞工程任务艰巨,面临巨大挑战。

打捞工程的主要任务是公益性抢险打捞,除此之外还有商业性打捞。按照打捞对象,打捞工程任务可以分为沉船打捞、海洋平台打捞、货物打捞等。随着海洋开发的不断发展,海洋石油钻井平台越来越多,规模越来越大。与之相应地,海洋平台打捞也逐渐成为一类重要的打捞工程任务。海洋平台结构与沉船差异大,使海洋平台打捞具有一定的特殊性,打捞难度一般较大。货物打捞则是仅以沉船的货物为打捞目的的打捞任务,因此属于商业性打捞。

很多沉船的沉没地点往往位于港口或通航要道上,为了维持港口航道畅通和保障船舶的安全,必须及时将沉船打捞起来或清除掉。在这种情况下对那些破坏不太严重尚有修复使用价值的沉船,当然应该把它整体打捞起来,修复使用。但是当受时间或打捞技术条件限制,有时候也不得不将沉船在水下解体进行清除。这里说明了打捞工程一个首要的任务就是公共水域和航道、港口清障,即应急抢险打捞。

应急抢险打捞任务一般是公益性的。沉船阻塞航道和港口,威胁往来船只,必须快速清除,也使其在时间和空间上都极为紧迫。因此,应急抢险打捞对技术和装备水平要求也最高。随着航运业高速发展,应急抢险打捞压力巨大。

我国水上交通流量大,运输船舶密度高,仅长江口和珠江口水域的日均船舶自然流量就分别达 3 000 多艘次,超过世界上任何一条水道的船舶流量。伴随国民经济的快速增长,水上危险货物的运输量也在不断增加,通航环境更加复杂,应急抢险打捞面临的任务环境和对象也变得复杂。

从港口迅速发展的角度来看,我国沿海主要港口货物吞吐量和集装箱吞吐量已连续 5 年稳居世界第一。港口建设的发展,必然带动船舶流量的绝对增长。同时海上油气资源开发、海产捕捞、海洋工程、海水养殖等涉海活动也不断地增长,因此,水上交通安全事故的风险进一步

增加,应急抢险打捞的压力越来越大。

近几年,气候变暖,气象变化异常,自然灾害对人民群众生命财产安全构成严重威胁,海上重特重大事故频繁发生。据统计,北方海区和东海海区 8 级大风日年均 60 天以上,南海海区台风多,平均每年有 11 次台风袭击我国沿海;北方海区冬季强冷空气次数多、强度大,恶劣的气象和海况导致重特大事件经常发生,一方面增加了应急抢险打捞的任务量,另一方面恶劣的气象环境也进一步加大了应急抢险打捞的难度。

除了清除港口与航道障碍,对一些特殊沉物目标的打捞也属应急抢险打捞的范畴,例如“5·7”空难黑匣子的打捞、“5·25”华航空难飞机残骸的搜寻、“神舟”系列航天飞船的海上应急保障任务等。这类应急抢险打捞任务主要特点在于水下搜寻困难、打捞重量相对轻等。

除了对沉船沉物的应急抢险打捞,另一类打捞任务重在商业价值,目的和特点包括:

(1)船舶修复使用:船舶的造价很高,一艘载重上万吨的船造价在几千万美元以上,所需要的钢铁几千吨到几万吨以上。如果这样昂贵的船舶虽然发生沉没但技术状态尚好,破坏并不严重,就具有打捞出来修复使用的商业价值。

(2)打捞沉船上的货物。

(3)考古价值:如“南海 I 号”古沉船的整体打捞。

第二节 打捞工程的基本特点

船舶沉没的具体原因虽然很多,但归纳起来都是由于失去与船舶重量(包括载货重量)相对应的最低限度所需要的浮力。而打捞工程的关键是恢复与沉船重量相抗衡的浮力,打捞工程的所有作业,包括扫测、探摸、攻千斤、起浮、解体等等,都围绕着力量与重量的较量。

一、打捞工程的一般程序

首先是勘测与沉船探摸,这一阶段工作的重点是确定打捞重量,为采用多大起浮力提供依据。通过收集沉船资料,掌握沉船重量和可以施加起浮力量的方法;通过沉船扫测和潜水探摸,掌握沉船状态、淤陷情况、装载情况以及环境情况等,以进一步了解打捞重量分布、船舱内载货和泥沙(成为打捞重量的一部分),还包括海底对沉船吸附力等。

弄清楚了重量,接下来是配备必要的力量。起浮的方法很多,各有针对。封舱抽水、封舱充气抽水、压气排水等起浮方法属内浮力法,实施成本低,但受到沉船自身状态和条件制约。浮筒、起重船、船舶抬撬等打捞法属外浮力法,浮筒打捞抬浮力大而且可靠,起重船打捞则速度快、效果好,但是成本投入大。而力量与重量的较量过程中则是综合考虑成本、任务时间等等因素的过程。

提供打捞的力量,在采用不同的起浮方法时,又涉及各种不同的工艺,如攻穿船底千斤、水下应急抽油、沉船扳正、水下焊接、带缆作业等。力量与重量的较量过程中,打捞作业的目的就是增强力量、减小重量。各种起浮方法与相应的工艺增强了力量,而如货物回收、沉船除泥等工艺则为了削减打捞重量。当力量受到限制或重量太大不便于整体起浮时,还要采用解体打捞的方式,又涉及水下切割等工艺。对应应急抢险打捞需要紧急清除的,则有采用水下爆破等工艺方法。

二、打捞工程的基本特点

打捞工程因其自身性质,不同于其他工程类型,具有以下基本特点:

(一)打捞工程条件和环境复杂

打捞工程面临的环境是很特殊的,应急抢险打捞往往海况恶劣。在条件特别恶劣时发生海难,常是险象环生,危机重重。有时采取的措施各有优劣,找不到一项无风险的方案。这时有关人员应当冷静,找出主要的、迫切需解决的关键性问题,果断地开展营救工作;时间允许时,按规定分层次进行认真的讨论,集思广益,必要时可一边施工,一边征询意见,认真商讨,以免丧失时机。在进行打捞作业时,会遇到很多困难,如器材不足、装卸运输困难,潮汐、水深不利,施工技术欠缺、风浪威胁等。我们应当从当时情况出发,认真去解决,否则就可能错过时机,陷入更困难的境地;要脚踏实地,集中一切力量,采用一切措施,该下大锚且能办到时就下大锚,该堵漏就堵漏。在风浪中施工,肯定是要担风险的,但要尽可能减少风险,争取主动,争取时间,完成抢险打捞任务。

打捞工程环境条件复杂,因此,掌握常见打捞任务海区环境水文特点是非常重要的。在我国沿海有一些事故多发海区,如珠江口、台湾海峡、成山头海域、老铁山水道等,这些海区一般也是常见的打捞任务所在区域。

珠江口是广东乃至华南地区的主要出海口,是我国航运中心水域之一,东西穿行和南北往来的船舶多在此转向、交会。珠江口内航道较窄且靠近岸边或码头,没有沿岸通航带,小船航行需多次穿越主航道。水域内有 70 多个大小岛屿,有 100 多个各类锚地,且部分锚地设置不合理,与航道重叠,严重影响航行。随着广东经济的快速发展,珠江口沿岸已形成了一个由十几个港口、近百个码头泊位组成的港口群,仅对外开放的国家一类口岸就有 12 个之多,通航量大,通航密度高,船舶交通流纵横交错。另外,珠江口是华南沿海重要渔场之一,捕鱼季节每天有近千艘 90 kW 以下的渔船作业。据不完全统计,每天过往此水域的各类船舶在 4 000 艘次以上,年通航船舶流量达到 150 多万艘次,是我国通航密度最大和通航环境最为复杂的水域之一,也是水上交通事故多发的水域,年均事故数占广东辖区全年水上交通事故总数的 40% 以上,安全管理任务十分繁重,也是沉船打捞任务的多发海区。

台湾海峡地处我国福建和台湾两省之间,是连接我国东海与南海之间的交通要道,也是远东—东南亚国际航线的必经之路,有着重要的经济和战略地位,素有中国“海上走廊”之称。台湾海峡春季多雾海面平静,渔船密集;夏、秋季受西南季风影响,风浪较大,尤其是台风对海峡的影响频繁;冬季东北季风,由于狭管效应,台湾海峡的东北季风比其他海区要显得更猛烈,并且大风日几乎覆盖整个冬季,使台湾海峡成为中国沿海著名的狂风恶浪区。台湾海峡因其地理特点,常年船舶通航密度大,流向多为沿岸航线的南北向。两岸直航船航线与南北船舶流向多有交叉,特别在近岸时船舶密度增加更为明显。随着两岸三通、我国经济及福建沿海各港口建设的快速发展,台湾海峡的交通流量不断增大,水上交通形势日益严峻,交通事故频繁发生。

成山头海域是船舶进出渤海的必经之地,是我国第二大海上海船舶航行密集区,每年有 7 万多艘次商船从这里驶过,船舶流量仅次于长江口,多为南北航向。同时,这里也是我国四大渔场之一,每年都有 10 余万艘次渔船和海产养殖船在这里从事捕捞、生产作业。这些船舶吨位小、数量多,航行方向不定,易与大船形成交叉会遇局面。成山头附近海域也是海流交汇之处,茫茫沧海,风高浪涌,恶劣气象和海况对船舶的安全航行影响显著,如冬季的寒潮大风、春秋季

的锋面气旋大风,春夏季节的海雾,夏秋季节的热带气旋大风和冬季的海冰以及地方性大风。据海洋气象部门观测统计:成山头附近海域,年平均 8 级及以上的大风日达 128 天,年均浓雾日不少于 90 天,海流速度高达 3 kn 以上;另据统计,1981~2002 年,成山头及附近海域发生船舶海损事故就有 277 起,沉船 121 艘,死亡 289 人。近年来,随着环渤海经济圈和航运业的迅猛发展,成山头海域事故呈激增趋势。图 1-1 为 2011 年 11 月 29 日在威海成山头海域两艘万吨级外轮发生相撞事故的图片。

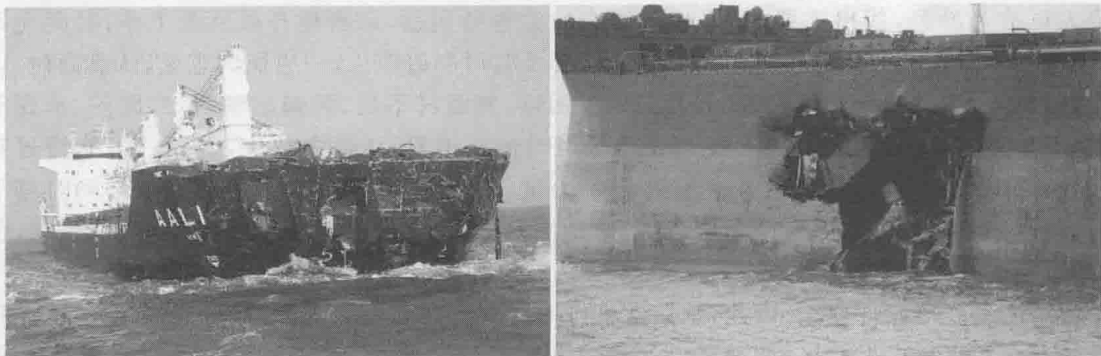


图 1-1 威海成山头海域万吨级外轮相撞事故

老铁山水道是扼守渤海的咽喉水道,是进出环渤海各港口船舶的必经之路,受地理位置和水文气象条件的影响,它也是我国沿海事故多发的危险区域之一。老铁山水道船舶交通流的主要特点是:(1)交通流密度相当大。由于老铁山水道南北两侧都设有军事禁航区,使得经过宽度约为 22.5 n mile 的老铁山水道的船舶交通集中在宽度仅为 5.5 n mile 的可航水域内。2007 年该水道平均日交通流量为 215 艘次,平均每小时交通量为 9 艘次,这对于繁忙的宽度仅为 5.5 n mile 左右的老铁山水道而言,通航密度相当大。(2)东行、西行对遇冲突明显。老铁山水道的船舶交通主要是由出入渤海海域的东西向航行船舶交通组成,且集中在小范围水域。(3)水道西端航迹分布复杂。(4)进出老铁山水道的船舶的目的港基本是大连港、秦皇岛港、天津港、成山头、营口港、锦州港等,来往于成山头与老铁山之间的船舶交通流、秦皇岛与老铁山之间的船舶交通流和天津与老铁山之间的船舶交通流是该水域最主要的三种船舶交通流。其中来往于秦皇岛与老铁山和天津与老铁山之间的船舶交通流在北隍城岛附近交汇,形成了老铁山与成山头之间主要的船舶交通流。(5)老铁山水道潜在危险还包括来往大连旅顺新港和胶东北各港之间的滚装客运班轮及火车轮渡与上述船舶交通流基本形成垂流向,另外老铁山水道及附近水域捕捞、作业和停泊的渔船很多,这些都使得该水域成为船舶事故多发水域。随着环渤海水域各港口的发展和老铁山水道及附近水域船舶交通流量的不断增大,海上交通事故频频发生。

事故多发海区正是打捞工程任务集中的区域,从以上珠江口、台湾海峡、成山头海域、老铁山水道等我国沿海事故多发海区特点来看,也正是在这些地方,通航流量大,情况复杂,应急抢险打捞任务紧迫而繁重,特别是海况环境恶劣,给沉船打捞带来许多挑战。

(二)对装备和人员素质要求高

现今的海难事故中,沉船吨位越来越大,打捞难度越来越高,因而对打捞工程装备和技术人员素质的要求也越来越高。打捞工程的装备种类繁多,投入巨大,技术水平越来越高,工艺要求也越来越高。在打捞工程中,丰富的经验,准确的计算,并辅之周密的勘测和收集准确的

资料都极为重要。因为正确的方案和计算能减少工程量、缩短工期,减少或避免返工,减轻难船的损失。因而打捞工程对技术人员的素质要求特别高。

打捞工程相关专业人员主要构成一般是海上救捞长、潜水员、打捞工程师等。海上救捞长主要负责协助施工现场指挥、组织实施各项救捞工程等。潜水员主要负责水下探摸、施工作业等任务。打捞工程师则负责打捞工程施工中的各项具体任务。

中级打捞工程师应掌握水下焊接、切割、爆破等工艺和操作知识,掌握浮筒打捞、起重作业、船底穿引千斤、封舱堵漏、沉船扳正、拖航等知识,并且了解有关的水文气象、船舶构造及特点、打捞相关安全措施等方面的知识。高级打捞工程师在前述基础上,还应掌握各种沉船打捞方法、程序和计算知识,能够拟定打捞工程初步方案,估算打捞重量、吸附力、搁坐力、拖航力等,可以协助组织实施打捞工程并解决生产中的技术难题。此外,高级打捞工程师还应掌握海洋工程中电缆、油管铺设、隧道施工、海洋平台等相关知识。

救捞长应掌握各种打捞作业相关装备性能和操作方法,各种救捞方法与程序;掌握恶劣海况下抛、起锚等作业方法;掌握船舶性能与船体结构知识,潮汐、水流、风浪和船舶防台措施,船员职务、海上拖航等规则和条例。

打捞工程潜水员除了应掌握一般潜水员具备的潜水操作、各种空气潜水装备、潜水医学等知识和能力,还应具备水下切割、焊接、爆破、钻孔、安装、检测等作业能力,了解船舶结构,掌握沉船探摸、船底穿引千斤、封舱堵漏等方法 and 操作能力,了解气象、水文变化对潜水工作的影响等。对于深水打捞任务则离不开饱和潜水员的工作,饱和潜水员的身体和技术素质要求更是特别高。

高尖端的打捞技术装备是打捞专业力量不可或缺的组成部分,这些装备包括浮吊、饱和潜水、ROV、打捞工程船、溢油回收船、拖船等。例如,上海打捞局的大型起重船(回转型浮吊,图1-2)“大力”号拥有2 500 t起重能力,长100多米,起重高度可达100多米;500 t浮筒(图1-3)长17 m、宽7 m,800 t浮筒长度超过20 m,宽度达到8 m,而现在已经建造1 200 t浮筒。

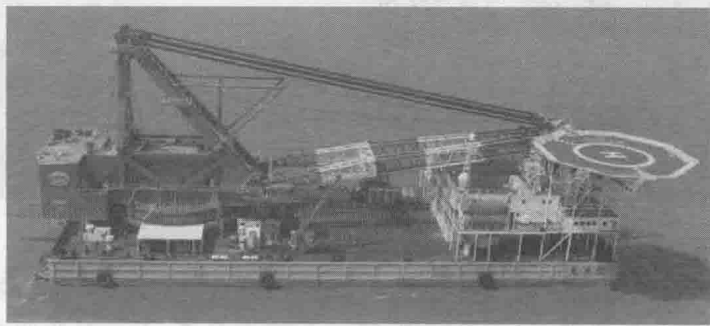


图 1-2 上海打捞局“大力”号回转型浮吊全景

广州打捞局的4 000 t全旋转起重船“华天龙”号是当前国内打捞局拥有的最大型浮吊,图1-4为“华天龙”号执行起重作业任务时的照片。“华天龙”号总吨位4万多吨,最大吊重4000 t,相应的作业半径为40 m,最大吊高100 m。目前拥有国内最先进技术的是上海打捞局最新建成的3 000 t浮吊“威力”号,它是一艘具有DP2动力定位和锚泊定位功能的自航大型全回转起重船,主要用于水下沉船、沉物的抢险救助打捞吊重,配有大抓力抓斗,能进行快速水下清障打捞,该浮吊还能用于海上大件、模块、导管架的起重吊运及吊装。“威力”号的总吨位为



图 1-3 500 t 打捞浮筒照片

4 万 t,其固定主钩的全回转起重能力为 $3\,000\text{ t} \times 40\text{ m}$ 。“威力”号设有 8 点锚泊定位系统,工作水深 200 m,锚泊定位绞车可在驾驶台集中控制(设中央程序控制系统),也可在机侧操控,具有恒张力控制功能。

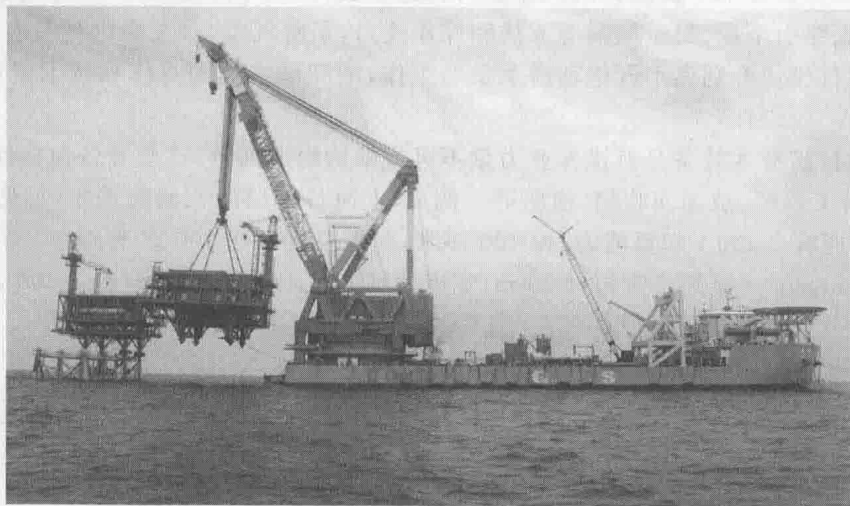


图 1-4 4 000 t 全回转起重船“华天龙”号正在海上执行起重作业

饱和潜水系统是目前国际上最先进的深潜水装备,包括潜水钟、甲板居住舱、潜水控制室、居住舱控制室、潜水钟吊放系统、潜水钟脐带、潜水员热水系统、潜水员呼吸气体加热系统、潜水员呼吸气体回收系统、高压逃生舱、生命支持系统、气体储存系统、电源系统等,是一个复杂而庞大的系统。图 1-5 所示为上海打捞局的 300 m 饱和潜水系统,上海打捞局的饱和深潜水已经多次完成深潜水沉船探摸、水下作业等打捞工程任务,技术水平在国内处于领先地位。

ROV 即水下遥控机器人,在潜水员不能达到的深度和不安全的作业环境中,ROV 是最重要的作业工具之一,其深水作业能力强的特点使其能够完成高强度、大负荷的工作。自 1953 年第一台 ROV 下水,ROV 从诞生走向产业化只用了半个世纪的时间,在海上石油开发、海洋科学研究、海底矿藏勘探、海底打捞救生以及军事应用等方面正发挥着越来越重要的作用。

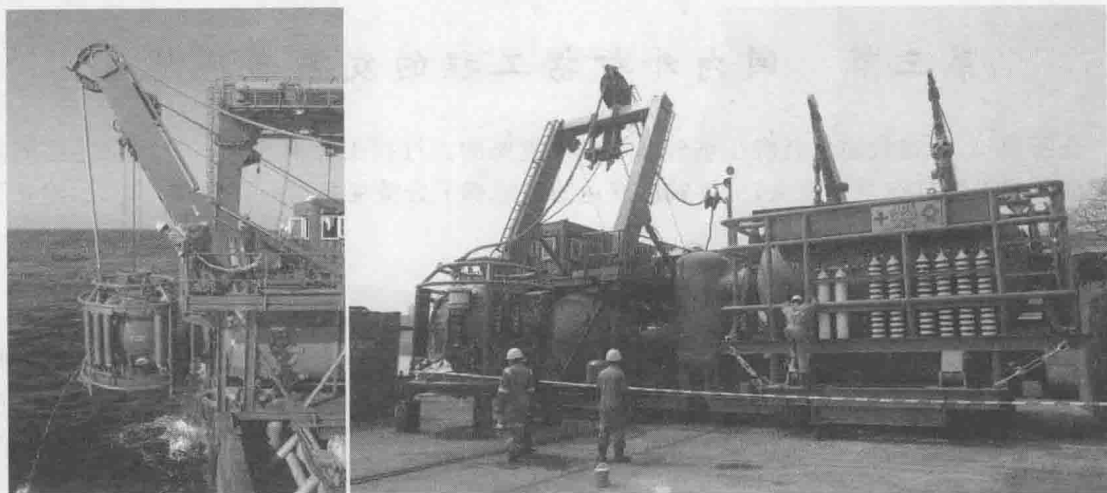


图 1-5 上海打捞局的 300 m 饱和潜水系统

ROV 发展到今天,数量和品种已经非常多。近几年来,已经多达 275 种,工作水深从几十米到上千米,重量由几十千克到几十吨,而且出现了许多专用型 ROV。ROV 的设计是一项综合性的复杂工程,技术密度高,其研制水平体现了一个国家的综合技术力量。作为一种由水面控制的高技术水下作业系统,ROV 能在水下三维空间自由航行,通过外挂摄像头、避障声呐或管线跟踪器观察,再结合多功能机械手或其他水下工具,完成大量的水下作业任务。图 1-6 为上海打捞局引进的 3 000 m 深潜作业 ROV Merlin WR200,具有最高 150 kW 动力,8 个多向推进器,2 个多自由度机械手和液压压力补偿系统。

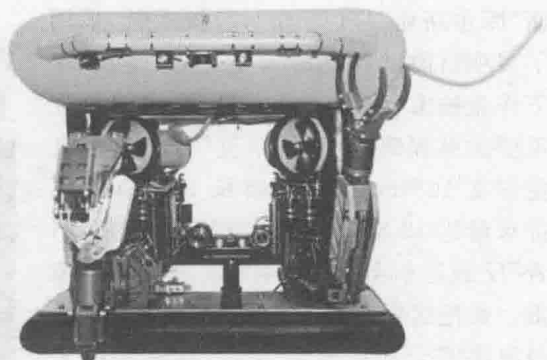


图 1-6 Merlin WR200 型 ROV

为了顺利完成打捞工程任务,各打捞局还配备了先进的打捞工程母船、拖船、水上水下作业等装备,并在不断引进和开发新型更为先进的打捞工程装备。这也从一个侧面反映了打捞工程对装备的要求非常高,同时也对打捞工程人员的专业技术水平提出了更高的要求。

(三) 打捞工程技术综合性强

打捞工程是一项综合性技术,其内容涉及船舶原理、船舶结构、海洋知识、水手工艺、起重工艺、潜水技术、难船救助、沉船打捞等知识,交叉造船、航海、机械、土木、潜水医学等多种学科,并且又有特殊要求。有些课题在有关专业中尚未解决,往往要求打捞工程技术人员自行研究解决。

综上所述,打捞工程是一门实践性、综合性非常强的技术,内容丰富复杂,包括勘测、起浮、移位、解体、清除等及其他相关作业的方法、设计、计算、装备与工艺等,对相关学科基础知识要求高。但是,抓住“力量与重量的较量”这一核心和主线,学习工程实践过程中的内在规律,是可以正确掌握打捞工程技术基本知识和能力的。

第三节 国内外打捞工程的发展与现状

众所周知,海难救助与打捞在航海中是非常重要的。打捞工程事业对一个国家的经济建设和国防建设都具有重要意义,世界航运发达的国家都十分重视并加强打捞能力建设,建立了打捞专门机构。

一、国外打捞工程的发展与现状

美、英、日和前苏联等国都很早就十分重视打捞力量的配备和发展,国际上也很早就召开过有关海难救助和打捞的会议,成立了国际性的救捞组织机构,拟定了国际打捞协定。美国在第二次世界大战时,能迅速打捞珍珠港被日军炸沉的军舰。二战结束后,打捞沉于 5 000 m 深海的核潜艇和落在地中海的氢弹,以及失事坠入大西洋的“挑战者”号航天飞机残片。这些充分表明了世界海上打捞科学技术在 20 世纪中叶就已经达到了很高的水平。

2001 年打捞在巴伦支海失事的俄罗斯“库尔斯克”号(见图 1-7)核潜艇,采用了多项目前世界上最为先进的打捞和 underwater 作业技术,引起了巨大轰动,成为一个重要的里程碑。“库尔斯克”号核潜艇打捞深度 108 m,核潜艇艇长 144 m,水下排水量达 23 860 t,艇上装备 24 枚“花岗岩”反舰巡航导弹和相同数量的先进鱼雷。要把这样一个庞然大物从深达百米的海底安全地拉升到水面,具有前所未有的难度。打捞作业中采用了饱和潜水、金刚石串珠液压绳锯切割、超高压磨料水射流切割钻孔、柔性钢绞线液压千斤顶提升的整体背负式打捞技术等。这一切都表明国外打捞装备先进,技术水平高,相比之下国内则还存在着很大的差距。

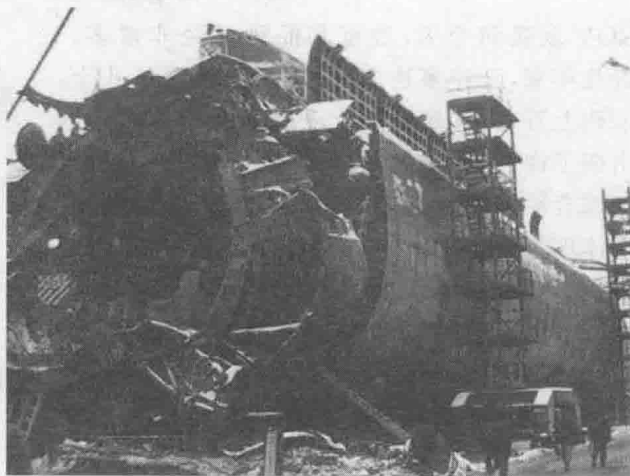


图 1-7 打捞上来的“库尔斯克”号残骸

二、中国打捞事业的发展

我国的海难救捞发展历史以上海为中心。1840 年,鸦片战争打破了中国闭关自守的局面,帝国主义与封建统治者相勾结,大肆掠夺中国的财富,而水路是他们运输财富的重要途径。英、美、法、日、葡等国相继在上海建立了外资轮船公司,这刺激了中国官僚买办和商人投资于航运业,1872 年成立了上海招商局,这是中国第一个最大的航运公司。随着航运业的兴起和发展,往来的船舶数量增多,船舶遇难事故便时有发生。为此,英商在上海海关建立了“海上救护商行”,承担海事救援及船舶进出港的拖引业务。与此同时,有一批划着小木船、挂着青龙旗的个体打捞户出现了。

抗战胜利后的 1946 年,国民党政府的招商局属下的“海闽”轮(4 000 吨级货船)和“林森”轮(2 000 吨级)相继在福建沿海失事,委托英国海军承办打捞,但收费相当高,所讲条件又苛