



我国疏浚技术与装备“十五”、“十一五” 十年发展回顾^①

田俊峰¹, 吴兴元², 侯晓明², 蒋基安³, 洪国军³

(1. 中国交通建设股份有限公司, 北京 100088; 2. 中交上海航道局有限公司, 上海 200120;
3. 中交上海航道勘察设计研究院有限公司, 上海 200120)

摘要: 最近的10年, 我国疏浚工业发展迅速。目前年疏浚量已超10亿 m^3 , 成为世界第一的疏浚大国。10年里疏浚业获得了70多项专利技术, 疏浚核心技术已从简单模仿发展到自主创新, 关键系统和设备从严重依赖进口发展到了自主研制。现在我国基本掌握了先进挖泥船的核心技术, 大型挖泥船90%以上自己设计制造, 疏浚主力船型已从中小型, 发展到了大型甚至超大型。核心技术的飞跃, 支撑了整个疏浚行业的升级换代, 促成了中国疏浚业的十年巨变。

关键词: 疏浚; 自航耙吸挖泥船; 绞吸挖泥船; 疏浚监控系统; 疏浚机具

中图分类号: U 616

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972 (2013) S1-0173-05

Review of the ten-year development of Chinese dredging industry

TIAN Jun-feng¹, WU Xing-yuan², HOU Xiao-ming², JIANG Ji-an³, HONG Guo-jun³

(1. China Communications Construction Co., Ltd., Beijing 100088, China; 2. CCCC Shanghai Dredging Co., Ltd., Shanghai 200120, China; 3. CCCC Shanghai Waterway Investigation, Design and Research Institute Co., Ltd., Shanghai 200120, China)

Abstract: The recent 10 years are the fastest development period for China's dredging industry. The current annual dredging production in China has exceeded 1 billion m^3 , and made China become the biggest dredging country in the world. During the 10 years, our dredging industry obtained more than 70 patents, and the core dredging technology has developed from simple imitation to independent innovation, and key systems and equipments have been self-researched and manufactured instead of import-dependence. After grasping the core technology, China has designed and built 90% of large dredgers, and the main force of dredgers is also advanced from small-medium sized dredgers to large-super large ones. The achievements had supported the upgrading of the entire dredging industry and caused tremendous change of dredging industry in the 10 years

Key words: dredging; trailing suction hopper dredger (TSHD); cutter suction dredger (CSD); supervision and control system for dredging; dredging device and installation

“十五”初年, 据当时世界疏浚公司联合会(IADC)估计^[1], 中国疏浚产能位居世界第5位, 分散在交通、水利、海军3大国有系统, 极少量在民营企业, 年疏浚量与美国相当, 约3亿 m^3 。但是, 在技术与装备的自给能力方面, 情况不容乐观。

当时国内仅能自己设计建造4 500 m^3 以下的自动化程度很低的小型耙吸挖泥船, 中型耙吸和绞吸挖泥船基本依赖进口, 价格昂贵且受制于人。对于耙吸和绞吸两种主力疏浚船舶, 没有一艘舱容超过6 000 m^3 的耙吸船, 也没有一艘公称生产率超过

收稿日期: 2010-11-10

①第19届世界疏浚大会主旨报告

作者简介: 田俊峰(1964—), 男, 博士, 教授级高级工程师, 现任国家863计划现代交通技术领域专家。

2 500 m³/h的绞吸船。关键疏浚设备不能自己设计制造,维修改造艰难,船舶设备严重老化,70%以上是超期服役的老旧船舶。

“十五”期间,我国上马了一大批大型港口航道和水利工程,从而直接带动了一批高产能挖泥船的改造和新建,特别是直接拉动了高效疏浚和环保疏浚技术领域的科技研发,中交集团承担的原国家经贸委“十五”重大技术装备研制项目“挖泥船自动监控设备和高效耐用机具研制”就是一个典型例子。

“十一五”期间,在中央建设“创新型国家”的目标指引下,通过引进、消化、吸收和再创新以及集成创新,我国疏浚工业得到了加速发展。现在我国基本掌握了先进挖泥船的核心技术,实现了国产化、大型化、现代化,大型挖泥船90%以上自己设计制造,我国疏浚主力船型已从中小型,发展到了大型甚至超大型,如自主设计制造的耙吸船旗舰中交天航局18 343 m³“通程”号,绞吸船旗舰4 500 m³/h“天鲸”号。据世界疏浚公司联合会(IADC)统计^[2],我国年疏浚量已超10亿m³,是世界第一疏浚大国。

挖泥船核心技术突破是中国疏浚业十年巨变的主要原因。10年里疏浚业获得了70多项专利技术,核心技术发生了质的飞跃,从而支撑了整个疏浚行业的升级换代。我国疏浚核心技术已从简单模仿发展到自主创新,关键系统、关键设备从严重依赖进口发展到了自主研制。正如中交集团董事长周纪昌在第19届世界疏浚大会上宣布的,“中国不仅是疏浚大国,而且也是疏浚强国!”

1 耙吸挖泥船装备发展和技术进步

“十五”初期,我国耙吸船总舱容约9万m³,船型以小型为主,除了有几艘从荷兰、日本进口的6 000 m³舱容挖泥船外,其余都在5 400 m³以下,自行研制的耙吸船最大舱容不超过4 500 m³,而国际上2000年已经出现了33 000 m³的耙吸挖泥船。

“十五”期间,总体上大型先进耙吸挖泥船仍需进口,旧船改造升级是当时的主流。2002年,中交上航局进口了12 888 m³“新海龙”号大型先进耙吸挖泥船,成为中国疏浚当时的旗舰,之

后中交天航局、中交广航局又进口了“通坦”号和“万顷沙”号。2002年,中交上航局自主创新研发出一项中国优秀发明专利技术“旧散货船改装为耙吸挖泥船”,即著名的“货改耙”技术,

“新海象”和“新海鲸”号成为第一批“货改耙”。由于使用效果良好,自2002年—2006年又改造了约7艘万方级耙吸挖泥船,一定程度上改善了中交集团疏浚企业产能严重不足的局面。随后,又推出了货改耙改进型“新海狮”号,该船应用了“十五”重装项目最新成果“智能化疏浚监控系统”^[3],关键配套设备应用了国产大扬程泥泵和大口径橡胶自浮管等,大型水下泵和艏吹接头等关键设备则从国外引进。疏浚监控技术被称为挖泥船的“大脑”和“中枢神经”,一直被国外疏浚公司封锁。“十五”重装项目成功缔造了具有中国自主知识产权的“智能化疏浚监控系统”、“耙吸船、绞吸船疏浚施工自动寻优方法”^[4]等发明专利技术。“智能化疏浚监控系统”针对挖泥船水下作业无法及时掌握土质变化的现状,国际首创挖泥船现场水下土质自动分区技术和疏浚施工自动寻优方法,创新了疏浚工艺,使现场疏浚效率提高18%~36%。结合2006年基于冗余网络的耙吸挖泥船疏浚综合平台管理系统专利技术,国内耙吸挖泥船施工由经验依赖型逐步走向了智能化高效疏浚型^[5]。

通过产学研合作,我国还解决了挖泥船最优船型^[6]、功率管理系统^[7]等众多挖泥船设计制造基础性、共性前沿技术。在应用基础研究成果、关键技术集成攻关成果和旧船改造成功实践的基础上,

“十五”期间,我国交通系统新增8 000 m³以上大型耙吸挖泥船11艘,新增舱容11万m³。水利系统“百船计划”及迅速发展的一些民营企业,也建造了不少中小型耙吸船,增加的舱容也很可观。

“十一五”期间,我国大型现代化挖泥船由过去的进口和改造船为主,全面转入了自主研制建造的崭新阶段。中交集团投入200亿元,新造大型挖泥船。上航局通过在2005年自主设计建造舱容4 200 m³小型现代化耙吸船“航浚4011”轮取得经验后,2006年,自主建造舱容13 500 m³大型现代化耙吸挖泥船“新海虎”号(图1),标志着中国具

备了大型现代化挖泥船的自主设计、建造能力, 成为世界上少数几个掌握这项主流技术的国家。2010年, 我国自主设计建造的挖深85 m的超大型耙吸挖泥船“通程”号投入运营(图2), 标志着中国初步具备了超大型现代化挖泥船的自主设计、自主建造能力, 中国疏浚装备技术实现了跨越式发展。



图1 大型耙吸挖泥船“新海虎”



图2 超大型耙吸挖泥船“通程”

“十一五”时期, 我国交通系统舱容8 000 m³以上的大型和超大型耙吸挖泥船全部是自主设计建造的, 共新造了10艘, 新增舱容约12万m³(表1)。这一时期, 水利系统及一些民营疏浚企业也建造了不少中小型耙吸船, 三大系统协同发展, 使我国疏浚业“十一五”呈现加速提升的态势。

总之, “十五”和“十一五”的10年来, 中国新造或改造的舱容8 000 m³以上的大型和超大型耙吸挖泥船达21艘, 这些船全部装备有中交集团自主研发的“智能化疏浚监控系统”或“疏浚集成监控系统”, 除少部分大型主机和泥泵等外, 绝大部分关键配套件均实现了国产, 总舱容新增23万m³, 较“十五”新增生产能力2.5倍, 我国一举成为了世界耙吸船第一大国, 进入了超大型耙

吸挖泥船的设计建造强国行列。

表1 “十一五”期间我国建造的9 000 m³

舱容以上的耙吸挖泥船

船名	数量	舱容/m ³	船东	设计	建造时间
新海虎	1	13 500	上海航道局	708所	2006
新海凤	1	16 888	上海航道局	708所	2008
通旭	1	13 000	天津航道局	708所	2008
长鲸2号	1	10 080	长江航道局	708所	2008
浚海	2	9 000	广州航道局	708所	2009
长鲸6	1	13 280	武汉航道工程局	708所	2009
新海马	1	10 000	上海航道局	708所	2010
新海牛	1	10 000	上海航道局	708所	2010
通程	1	18 343	天津航道局	708所	2010

2 绞吸挖泥船装备发展和技术进步

由于对绞吸船市场判断滞后等客观原因, 绞吸挖泥船的进步主要开始于“十五”末期, 在“十一五”才得到了加速发展。

2004年以前, 国内仅有几艘2 000 m³/h以上的绞吸挖泥船, 且全部依靠进口。2005年和2006年, 我国分别自主设计建造了第一艘2 500 m³/h绞吸挖泥船——中交上航局“航绞2001”轮(图3), 和第一艘3 500 m³/h绞吸挖泥船——中交上航局“新海鳄”。这标志着我国由原先自主设计建造中小型绞吸船进入了自主设计建造大型先进绞吸船阶段。



图3 绞吸挖泥船“航绞2001”

2010年, 随着亚洲第一、世界第三的4 500 m³/h自航绞吸挖泥船“天鲸号”的下水交付(图4), 我国跨入了总装机功率20 000 kW以上超大型先进绞吸船设计建造的新阶段。该船绞刀功率4 200 kW, 可以“啃”得动无侧限抗压强度40 MPa的岩石。



图4 自航绞吸挖泥船“天鲸号”

10年来,绞吸船技术进步主要是在“十五”重装等奠定的技术创新和基础研究成果基础上逐步发展起来的。首先是疏浚机具和工艺的进步,

2004年,通过对绞吸挖泥船疏浚过程的研究,开发了绞吸挖泥船疏浚计算机辅助决策系统、智能化疏浚监控系统^[8]等,通过建立施工参数与挖掘土质及产量的统计关系,优化施工工艺,指导疏浚操作人员对疏浚参数改进优化,从而提高绞吸挖泥船生产效率。绞吸船定位、移船和驱动等核心技术也迅速赶上了国际主流技术,从“航绞2001”轮和“海星”号的三缆定位系统、全液压驱动技术,到“天狮”船和“天牛”船的定位桩台车、液压和电力混合驱动技术,直到“天麒”船的变频全电力驱动、三缆定位和具有行走龙门吊的技术,我国总结出了设计的基本规律,掌握了大型绞吸挖泥船的总体设计技术及各设备系统协调和优化配置的规律。绞吸挖泥船的发展阶段见表2。

表2 绞吸挖泥船的几个发展阶段

代表船舶	产能/($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	建造时间	船东	设计	设备配置
航绞2001, 海星	2 500/3 500	2005	上海航道局/江苏海宏	708所/上海交大	三缆定位系统, 全液压驱动
多菱, 天波	3 000	2006	上海多浚/天津航道局	上海交大	三缆定位系统, 液压和电力驱动
天狮, 天牛	3 000/3 500	2006	天津航道局	上海交大	定位桩台车, 液压及电力驱动
宇大1号	4 500	2009	浙江宇大	上海交大	定位桩台车, 变频电力驱动
天麒	4 500	2009	天津航道局	上海交大	变频电力驱动, 三缆定位/定位桩台车, 行走龙门吊
天鲸	4 500	2010	天津航道局	上海交大和德国VOSTALMG	自航, 变频电力驱动

总之,“十五”特别是“十一五”的10年来,我国共自主设计建造先进绞吸挖泥船45艘,目前已形成公称生产率2 000, 2 500, 3 000, 3 500, 4 000到4 500 m^3/h 的完整系列,这些船全部装备有中交集团自主研制的“智能化疏浚监控系统”或“疏浚集成监控系统”,除少部分大型主机和泥泵等外,绝大部分关键配套件均实现了国产,中国绞吸挖泥船总产能较“十五”新增2倍,我国一跃成为了世界绞吸船第二大国,绞吸挖泥船的设计建造能力实现了大型、超大型两级跳跃,进入了超大型绞吸挖泥船的设计建造强国行列。

3 我国与先进国家的差距和“十二五”发展方向展望

10年间,国内疏浚设备和技术的发展分为两个阶段,实现了两级跨越。前5年主要是研究、消化和集成创新,后5年则是巩固、提升和自主创

新。10年里,以中交集团为代表的国内疏浚界,掌握了挖泥船疏浚系统技术,并形成了“智能化疏浚监控系统”和关键配套机具设计制造等核心技术,提炼出了系列设计方法和行业技术标准。其次,我国通过140多艘大型、超大型先进挖泥船的自主设计和建造,具备了航行系统、挖泥系统和其它辅助系统的衔接和整合能力,基本形成了现代化挖泥船从研究、设计、建造到关键设备配套的完整产业链条。我国疏浚产能也较2000年翻了两番,为国民经济发展和国防建设发挥了作用。

目前,国外先进耙吸挖泥船舱容已达到了46 000 m^3 ,而中国最大不过18 000 m^3 ,国际先进绞吸船总功率达到了27 000 kW,而我国最大不过20 000 kW。我国在疏浚理念、基础研究、工艺优化、耐磨材料、大型泥泵等高效疏浚机具方面和世界最高水平仍存在不小差距。

作为中国疏浚的绝对主力,“十二五”将是

中交集团疏浚装备的“功能提升期”,要淘汰老旧船舶,更新为具有先进设计理念、高性价比、节能环保、功能多元化的大、中型挖泥船,建造具有世界领先水平的旗舰。至“十二五”末,中交集团力争核心大型、超大型挖泥船产能占到30%左右,中型通用型船舶产能占40%左右,船舶新度系数0.5以上。

今后10年,我国疏浚产业必须走向国际舞台中央,国家正酝酿建立“中国疏浚技术与装备国家工程研究中心”,这是我国疏浚界的一件大事。中交疏浚技术重点实验室、交通及水利各航道局技术中心、相关大学和科研单位等主要研发机构,应着重破解特大型挖泥船制造及船舶维护、维修管理的技术瓶颈和技术标准,研发制造出符合社会、环境和生态可持续发展的“绿色”挖泥装备和技术,为世界疏浚中心向中国转移奠定坚实基础。

感谢天航局顾明、广航局曹湘波提供有关素材!

参考文献:

- [1] 杨尊伟,林风,王充,等.中国疏浚业发展战略研究(2005年版)[R].北京:中国疏浚协会,2005.
- [2] IADC. Dredging in Figures 2009[R]. America: IADC, 2009.
- [3] 俞孟燕,姜长生.耙吸挖泥船挖泥集成控制系统研制[J].中国造船,2004(4):52-57.
- [4] 金浩强,何祖军,俞孟燕.耙吸挖泥船多信息融合疏浚自动寻优方法研究[J].船舶工程,2008,30(5):49-52.
- [5] 侯小明,陈松涛,李忠,等.基于冗余网络的耙吸挖泥船疏浚综合平台管理系统:中国,200910028041.0[P].2009-09-07.
- [6] 纪凯.16 888 m³耙吸挖泥船设计简介[J].上海造船,2007(4):28-30.
- [7] 于再红.大型耙吸挖泥船“新海虎”号的轮机设计[J].船舶,2008(5):29-33.
- [8] 田俊峰,顾明,丁树友,等.绞吸挖泥船计算机辅助疏浚决策系统[J].水运工程,2005(3):26-29.

(本文编辑 武亚庆)

评委点评:

该论文从近十年来疏浚技术与装备发展的视角出发,通过整理、分析大量的资料、数据,阐述了我国疏浚业从进口设备、消化吸收国外技术到自主创新、自行设计、自行制造大型挖泥船的发展历程。

作者用事实说明我国无论是耙吸船舱容、绞吸船总装功率,还是年疏浚总量等方面已经成为疏浚大国。列举了我国掌握的疏浚核心技术,描述了90%以上自行设计制造的大型挖泥船的辉煌成就。同时也分析了我国与国际先进疏浚技术、装备的差距及今后努力的方向。论文选题站在我国疏浚行业持续发展的高度,论述充分、数据翔实,用词准确、文章结构清晰,对我国疏浚行业的技术与装备发展方向,具有较强的指导意义。

评委简介:

高伟,教高,中交天津航道局有限公司副总工艺师。

MCIOB正式会员(CIOB)、一级注册建造师、交通运输行业技师和高级技师综合评审专家、中国水运建设行业协会第一批施工专家、B级IPMP。曾荣获中国施工企业管理协会科学技术奖技术创新成果一、二等奖,参加3个水运行业规范的编写工作,获得1项发明专利、5项实用新型专利。

2012年12月

《水运工程》优秀论文评选