

· 港口 ·



资源节约型集装箱港口设计总体思路

胡雄伟

(中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 上海 200032)

摘要: 通过分析集装箱港口资源节约现状, 提出资源节约型集装箱港口设计理念。分析集装箱港口资源因素, 抓住集装箱港口建设过程中资源节约的关键环节, 积极推广资源节约的关键创新技术, 提出集装箱港口设计阶段关于资源节约方法及途径的基本经验。

关键词: 资源节约型; 集装箱港口; 设计总体思路; 基本经验

中图分类号: U 65

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)04-0062-07

General idea on design of resource-saving container port

HU Xiong-wei

(CCCC Third Harbor Consultants Co., Ltd., Shanghai 200032, China)

Abstract: By analyzing the current situation of resource saving in container port, this paper proposes the design philosophy of resource-saving container port. The resource factors of container port are analyzed focusing on the key aspects in the construction process of container port, critical innovative technology for resource saving is promoted actively, and the basic experience for the methods and ways of resource saving in the design stage of container port is put forward.

Key words: resource-saving; container port; general idea on design ; basic experience

节约资源和保护环境是国家的基本国策。港口作为水陆交通运输的枢纽节点, 在资源节约方面有其自身的特点, 其占用不可再生的岸线资源、土地资源、道路资源, 装卸生产需要消耗大量的能源。笔者通过参与国内若干大型集装箱码头工程的建设, 总结并提出如下资源节约型集装箱港口项目设计的总体思路: 1) 分析集装箱港口资源节约现状, 提出设计理念; 2) 分析集装箱港口资源要素, 有的放矢; 3) 推广集装箱港口资源节约的关键创新技术; 4) 提出集装箱港口资源节约设计的基本经验。

1 港口资源节约现状分析及集装箱港口设计理念

1.1 集装箱港口资源节约型现状

近年来, 随着我国经济的快速发展, 我国集

装箱生成量居世界第一, 集装箱运输以及与之配套的基础设施建设发展迅速。我国大陆沿海已经形成了以上海港、深圳港、宁波港、天津港、青岛港、大连港、厦门港、广州港、苏州港、连云港港为主要集装箱运输港口的格局。集装箱港口的建设、装卸工艺、营运管理等方面的技术水平实现了跨越式发展。目前, 我国的集装箱港口设计已处于国际领先水平; 岸线及土地利用率、装卸设备自动化、港口信息化水平相对较高。但纵观我国集装箱港口的资源消耗(如岸线、土地、能源、城市配套等)和环境的承载能力情况, 分析认为, 对于集装箱港口建设尚需进一步提高的方面主要包括:

1) 对资源利用率需进一步提高。充分发挥资源的利用率, 就是最大的节约。尤其是对于港口

收稿日期: 2012-09-17

作者简介: 胡雄伟(1971—), 男, 高级工程师, 从事港口航道工程。

所占用的不可再生资源,更应该确保其最大限度地发挥其产出能力,如岸线作为不可再生资源,在港口建设和营运管理上,更应注重考虑后方的配套设施不宜成为集装箱物流运输的瓶颈,港口集疏运能力、集装箱码头口门的通过能力以及堆场的通过能力应与岸线的通过能力相协调。

2) 港口的建设对于综合运输系统理念体现不足。港口运输是一个功能多元化的综合系统,在港口建设时,往往重点关注的是港区以内的设施情况,而缺乏对港区的快速装卸、快速运输与港口集疏运体系及后方物流、商务、信息、通讯货物系统之间高效性的重视,因而对于港区预留超前能力考虑较充分,而对于后方集疏运系统的服务等配套设施的预留超前能力考虑不充分。

3) 港口集疏运体系的结构不尽合理,运输方式可替代性较差。鹿特丹、汉堡和安特卫普等国外类似港口公路、铁路、水运集装箱集疏运比例一般在60:20:20。而从上海、深圳、青岛等港来看,集装箱集疏运量中有80%~90%是通过公路完成,内河以及铁路集疏运量很少,这给港口所在区域的公路系统带来巨大压力,反之,一旦道路发生堵塞不畅,将影响港口运作。约束了港区资源应最大限度的产出以及对于腹地的辐射作用。尤其对于区域性航运中心来说,在经济腹地范围不断扩大,集装箱集疏运运距逐步延伸的情况下,从运输稳定性、环保角度、经济性与时效性方面来说,发展铁路和水运集装箱运输是必要的,有利于进一步拓展港口的经济腹地,进一步降低中西部地区外贸进出口运输成本。

4) 港口建设对于全寿命的理念体现不足。根据国内几次关于港工结构耐久性调查以及众多码头靠泊能力核定情况来看,10~15年使用期的码头主要混凝土构件,即使按照有关防腐蚀标准进行设计和施工,也存在不同程度的锈蚀和裂缝;15~25年使用期的码头60%~80%主要混凝土构件的锈蚀和裂缝严重。码头结构耐久性差,平均寿命短的现象,与建立节约型社会的目标背道而驰。延长建筑物的使用寿命是最大的节约,实现“可持续发展”应成为重新定义好的码头建筑物

的标准。港口构筑物的建设未充分体现全寿命的理念,造成结构耐久性低,资源浪费,或者一味地把工期或技术的先进性放在第一位,而忽视了结构的安全性、耐久性和实用性。

5) 营运管理方面,需进一步突出现代物流高效快速的特点。比如对于进出港集装箱几乎100%进场存放,几乎没有车船直取,因而对于堆场要求高,因此应有效组织物流运输体系,充分发挥土地资源效益。

1.2 集装箱港口建设理念

港口工程的建设理念直接影响并决定港口建设水平,包括资源节约水平、环境友好水平、高效高产水平、可靠耐久水平及人文和谐水平,也体现港口建设的核心价值观。按照资源节约型集装箱港口的要求,其设计理念为:

1) 资源节约。集装箱港口建设涉及土地、岸线、能源、建材、航道、锚地、水、人力等众多主要资源,且大多为不可再生资源,因此,资源节约应摆在集装箱港口建设的重要位置,如何充分利用资源是贯穿港口建设和营运过程的主线。

2) 高效高产。集装箱运输的高效、便捷符合现代物流快速运输、降低成本的要求,便于进行装卸生产的组织与管理。集装箱运输的高效高产是港口建设和营运的目标,是将有限的资源发挥极致的根本途径。因此要求港口建设必须注重集装箱综合运输系统的协调性。

3) 环境友好。港口的建设和营运在占用和消耗一定资源的同时,也必然会对港区周边局部范围内的生态环境产生一定的影响,港区作业也必然会产生一定量的污水、废气等,在注重减少废水、废气的排放的同时,也应该重视港区的水陆域的生态恢复。因此,环境友好是港口建设的主要约束条件。

4) 可靠耐久。港口构筑物的建设应充分体现全寿命成本最低的理念,即集装箱港口不仅要考虑工程建设期一次性投资的大小,同时也要考虑将来港区营运期,维护和改扩建对营运的影响而发生的经济成本,确保港口建筑物在其全寿命周期内成本最低,效益最大。这是建设资源节约型

港口的重要途径。

5) 人文和谐。在以人为本的社会环境下,港口作为造福于人的工程,需关注并追求人与工程、工程与自然的和谐,从而达到人与自然的和谐共处。

2 资源节约型集装箱港口资源要素分析^[4]

与港口工程项目相关的资源要素有:土地、岸线、能源、建筑材料、航道、锚地、水、人力以及集疏运道路等配套资源。其中岸线、土地、能源为关键因素。

1) 土地资源。在开发、建设港口的过程中,优化港口总体布置,实现土地资源共享以及综合开发利用,可以充分发挥土地资源的效益。

2) 岸线资源。港口岸线是指已有港区、规划港区和其他用于港航设施建设的一定范围的水域与陆域(包括自然和人工的)。我国海岸线总长约为3.2万km,其中大陆岸线为1.8万km,但宜港岸线十分有限,具备良好开发条件的港口岸线资源相对不足,且分布不均衡。目前,长江三角洲和珠江三角洲可成规模开发的优良港口岸线资源已出现匮乏,加上现有老港区进行城市化功能改造,港口岸线资源前景不容乐观。为保证港口及整个水路交通可持续发展,必须保护和合理开发利用港口岸线资源,提高岸线使用效率。

3) 能源。港口营运耗用能源种类主要为:油、电、煤、气等资源。能源紧张,尤其是石油供应紧张,已成为制约我国国民经济快速、稳定发展的瓶颈,解决能源问题已是关系到社会安定、经济可持续发展的重大战略问题。交通行业是能源消耗型行业,每年消耗大量的汽油、柴油和燃料油以及电力、煤炭、燃气等资源。其中,港口生产用能每年大约在250万吨标准煤左右。由于水路交通以消耗石油类燃料为主,而我国目前已成为石油进口国,对外依存度已达43.1%,形势十分严峻。因此,能源资源为关键资源因素。

4) 建筑材料。水运交通对建筑材料的消耗主要体现在港口,港口在建设过程中需要消耗大量的砂、石、水泥、钢材。可以通过技术进步和优

化工艺、结构设计,提高构筑物的质量品质,降低工程全寿命成本,来降低单位货物吞吐量对水泥、钢筋的消耗量。

5) 水域资源。港口运营需要航道、锚地、船舶靠离所需要的调头区域以及泊稳水域等。合理选择航道走向、锚地位置等,通过优化尽量少占用水域资源,尤其是近海渔场水域。鉴于我国沿海许多港口的进港航道为人工航道,为充分发挥人工航道的资源产出,通过采用信息化、智能化手段(例如VTS、AIS、GPS等技术),提高航道利用率和船舶交通管理能力,更大地发挥航道的作用。

6) 水资源。水路交通对淡水资源的消耗主要是港口、船舶的生产与生活用水以及消防用水等,水路交通消耗的淡水资源有限。可以通过加强管理,尽可能污水处理后再利用,实现节能减排的要求。

7) 城市道路资源。集装箱港口的营运离不开与货源腹地的集疏运道路系统,由于许多集装箱港口依城而建,随着城市空间的扩展,一些疏港公路与城市的主干道衔接,集装箱卡车与社会车辆混杂,占用大量的城市道路资源。港口的规划建设应与城市道路规划密切结合,合理利用城市道路资源,实现集装箱运输运输的高效快捷。

8) 人力资源。港口人力资源主要指在港口建设、营运过程投入的工作人员、管理人员及相关辅助人员。从投入人员的数量及时间来看,营运期是人力资源投入的主要阶段。随着科技的日新月异,港口机械自动化程度的不断提高,尤其辅以计算机管理技术,人力资源在港口业的配备将更为精简。

3 集装箱港口资源节约的关键创新技术

结合笔者参与设计的苏州港太仓港区三期工程(交通运输部“资源节约型、环境友好型”港口示范工程)、深圳港盐田港区集装箱码头工程等集装箱码头工程的特点以及建设资源节约型集装箱港口的目标,港区口工程建设过程中均采用了众多资源节约的工程措施。

3.1 计算机仿真模拟技术^[1-2]

3.1.1 技术原理

集装箱运输是一种高效率、快捷的运输方式,需要码头能在短时间内能够接纳大量集装箱的进出,由于港口生产又具有较大的不平衡性,这会对集装箱的及时装卸造成一定的影响,如果港区总图运输布置不当,则将会造成港口的堵塞以及营运效率低下,造成港口资源浪费。因此集装箱码头合理的交通组织,将直接影响到整个港区的高效节能。然而,集装箱码头的港区交通是个非常复杂的随机系统。根据港口工程技术规范的要求采用经验方法对随机动态变化的系统进行规划设计显然难以反应港区的真实情况。针对这一情况,采用计算机模拟手段研究港口码头交通规划在集装箱港区的规划设计中将成为趋势。在深圳港盐田港区集装箱码头工程及苏州港太仓港区三期工程的设计中,我公司利用Automod仿真系统进行微观动态交通仿真,一方面可以直观地看到港内交通动态效果,另一方面可以通过Automod的分析模块Autostat获得港内道路饱和度、口门排队长度、延误等仿真分析数据,从而对港区的关键作业如码头前沿装卸船作业、堆场堆取箱作业、口门接收箱作业等部位的道路规模、交通组织方案进行科学的分析与评价,从而找出港区实际营运的瓶颈,用于指导港区的交通组织规划设计。

3.1.2 技术效果

以太仓三期9[#]、10[#]泊位为例,通过交通仿真,最后优化的设计方案的主要结果及工程实施后效果为:

1) 港区闸口运行状况良好,闸口排队长度满足营运要求。

2) 港区内部道路运行状况。港区区内车速为20 km/h, 9[#]~10[#]泊位同时停靠设计船型时,每个泊位同时开辟4条作业线,港区道路可以满足码头前方装卸船的作业要求,主要道路的饱和度在0.6以下。可以满足港区的装卸运输要求。

3) 港区堆场分区明确,考虑装卸机械经济运距的要求,水平运输距离相对较小;港区道路和堆场协调布置,有利于安全生产和物流运转;道

路数量与平面布置满足港口集疏运高峰时的车辆运输要求,从而达到节约能源、降低能耗的目的及工程效果。

3.2 电动轮胎吊(ERTG)^[1, 3]

3.2.1 技术原理

电动轮胎吊(ERTG)改变了传统轨道吊(RTG)把大功率柴油发电机组作为唯一动力来源的常规思路,而是采用两种动力源(城市电网和柴油发电机组)向ERTG供电,两种动力源各司其职。这种电力供给方式既能达到节能环保目的,又能维持ERTG操作灵活机动的特点。

3.2.2 工程效果

1) 减少能耗,节省设备运行成本。根据太仓三期2011年1—8月试运行ERTG能耗统计,每TEU的能耗为3.1 kW·h (1.252 4 kg标煤),转场作业需耗油0.2 L (0.291 4 kg标煤),故总计能耗为1.543 8 kg标煤/TEU。根据太仓二期RTG(油改电前)的运营能耗统计数值为2.1L柴油/TEU,折合3.06 kg标煤/TEU。因此,集装箱堆场采用ERTG相比传统RTG能耗减半。

2) 节省设备的维护成本。使用市电的ERTG由于柴油发电机组的使用频率大幅降低,仅在转场时使用,使得柴油机的大修间隔大大延长,从而节省设备的维护成本。

3) 减少环境污染。即使把电厂供电耗煤产生的污染计算在内,同使用传统RTG相比,使用ERTG可实现:一氧化碳排放减少90%,碳氢化合物减少90%,氮氧化合物减少73%,粉尘排放减少66%。

4) 改善操作环境。使用市电的ERTG仅在转场行走时才使用机载的小功率柴油发电机组,最大程度地消除了柴油发电机组的噪音和废气排放,有效减少了设备对工作区域的环境污染。

5) 保持了RTG机动性强的优点。使用市电的ERTG可以像常规RTG一样进行灵活机动的转场操作,较常规的RMG机动性更强,便于堆场管理和增加堆场操作工艺流程的柔性。

6) 能够较容易地实现能源的循环利用。使用市电的ERTG如增配一套向市电网反馈下降位能的

电柜可进一步降低能耗,实现能源的循环利用。

3.3 预应力混凝土管桩(PHC桩)免压蒸制桩新工艺^[1]

3.3.1 技术原理

现行的PHC管桩生产工艺中,混凝土的养护方式为常压蒸养与高温高压蒸养。该工艺具有生产周期短、不需提前预制、不占压场地等优越性。但高压蒸养桩桩身混凝土具有脆性大而韧性不足的问题;且从资源节约角度,压蒸桩所消耗的能源较大,以目前所采用的压蒸工艺来测算,压蒸成本达到50元/m³混凝土。因此,PHC管桩免压蒸是一种以添加外加剂取代高压蒸养的制桩新工艺,保证桩身混凝土快速达到设计强度并符合现行标准对混凝土强度的检验评定要求、并能保证混凝土良好的韧性和耐锤击性。

3.3.2 技术效果

通过免压蒸技术,使免压蒸PHC管桩达到以下技术性能指标:1)混凝土72 h强度能够达到80 MPa以上;2)桩身抗裂弯矩大于标准值;3)沉桩锤击不出现裂缝。桩顶无破损等现象。4)资源节约。以太仓三期工程为例:PHC用桩数量共为2 668根,制桩混凝土用量约为5万m³,由于免去压蒸,因此节约成本约为250万元,同时减去压蒸所需的燃煤(油)及污染物排放。

3.4 船用岸电技术^[1]

3.4.1 技术原理

船舶靠港后,虽然不再航行,但船员的生活、照明以及船上的水泵、锚绞机等部分设备运转还需要开动船上的辅机发动机。船舶在港靠泊作业时,船舶用电均是靠自身发动机用燃油供电,一方面燃油燃烧排放大量污染物质,另一方面船舶燃油供电受船舶自身设备质量、规模、品质等局限性影响,燃油利用率不高、损耗严重,造成了大量能源浪费。因此,采用码头船用岸电供电,系统技术的移动式码头船用变频变压电源给船舶供电,取代柴油机发电是港口节能减排降噪的有效措施,对节能减排和美化环境具有立竿见影的效果,提高了能源利用效率,降低了能源消耗,极大地减少了船舶靠港废气排放,减少了船方运行成本,节约了燃油支出,改善了船员工

作休息环境,美化了港区环境。

3.4.2 船用岸电技术在太仓三期工程中的可行性研究

苏州港太仓港区三期工程施工图设计于2008年初开始,于2008年10月结束。船用岸电供电系统虽在国外已有多个港口开始开发应用,但一般应用于航线和船舶均较为固定的大型集装箱码头和专用码头,在国内于2010年才开始在上海港、连云港、青岛港、蛇口港进行试点。船用岸电是一个系统工程,项目的实施需要船公司配合进行船舶改造,如果只有港方建设了码头船用岸电系统,而船方岸电设备改造跟不上,将使岸电系统无法真正被广泛应用。同时不同的船舶和不同的港口可能配备不同的连接接口,如果没有统一的接口标准,势必给靠港船舶使用岸电的连接工作造成困难,降低工作效率。船用供电目前尚没有国家标准。船舶供电容量较大,大型干散货10万吨级以下船舶供电容量在800kW左右,20万~30万吨船舶供电容量在1 000 kW左右,国内外集装箱船停港的平均功率需求在1 000~4 000 kW。由于国内电网均为50 Hz,而远洋船舶用电大多为60 Hz,高压供电电压为6.6 kV,低压供电电压为440 V,因此船用岸电供电还需要变压和变频设备。因此,均需对船舶供电系统进行相应的改造,且费用很高。苏州港太仓港区三期工程外部供电受当地电网局限,采用两路10 kV电源供电,每路电源的最大供电容量限制在6 000 kVA以内,在电源进线处设有负荷监控装置,若港区用电负荷超过最大用电负荷限制将跳闸。苏州港太仓港区三期工程在设计时,运营管理方和航线均未确定。综合以上原因,在本工程设计时未考虑船用岸电系统。但是,随着上述船用供电国家标准推出、太仓港区规模化趋势、航线的稳定等相关船用岸电条件的成熟,我们将通过技术改造及创新,适时在已建工程及后续工程中确定采用“低压上船”或“高压上船”的船用岸电方案。

3.5 LED光源的应用^[1]

3.5.1 技术原理

LED节能灯是继紧凑型荧光灯(即普通节能灯)后的新一代照明光源。相比普通节能灯,LED

节能灯环保不含汞,可回收再利用,高光效,长寿命,即开即亮,耐频繁开关,光衰小,色彩丰富,可调光,变幻丰富。大量使用普通节能灯,会造成汞污染,污染土壤水源。

3.5.2 LED灯具技术在太仓三期工程中的可行性研究

太仓三期工程室外照明采用高压钠灯作为光源,室内照明采用节能型T8作为光源,而未采用LED作为光源。主要有以下几点原因:

1) LED节能灯光效仍然不高。现今LED节能光效普遍在60~70 Lm/W。

2) LED节能灯需要相对应的散热器。在LED芯片本身发热量没有大的改善情况下,需要在散热器的结构,热管技术的应用上进一步地发展。

3) LED节能灯价格过高。LED单体价格,铝制散热器,高效恒流电源,高透光率柔和灯罩,四者成本集体推高LED成本。

4) 显色指数不高。大部分LED节能灯显色指数没有过80,相比节能灯,还有差距。因此,LED节能灯目前来说,已经可以作为筒灯,射灯,吊灯所用,但是,如果想要LED节能灯大规模取代普通节能灯,仍需要LED节能灯本身技术上再提高。

LED光源的灯具在室外一般应用于路灯或景观照明,太仓三期工程堆场及码头,主要采用16 m中杆灯和40 m高杆灯上设置400 W或1 000 W高压钠灯的投光灯具,具有效率高、透雾性好等特点,LED光源的灯具尚不能替代大功率高压钠灯的投光灯具。LED光源在办公室等室内的应用国内尚无标准,LED光源装在普通荧光灯光源的灯具中效率尚不及荧光灯光源,如采用LED光源的特制灯具,则价格十分昂贵(为普通荧光灯光源灯具的10倍以上),因此在本港区未采用LED光源的灯具作为照明灯具。

鉴于上述理由,太仓三期建设过程中未采用LED灯具,但为实现资源节约目标,我们将对LED灯具的改造应用率先在三期工程引桥路灯上进行可行性研究并适时采用,综合楼、食堂等场所待LED灯具技术成熟、经济合理后,再逐步取代荧

光灯具,而对供电线路则无需改造。

3.6 全寿命设计理念^[2]

港口工程设计品质的精髓在于合理利用资源、保护环境、节能减排、综合经济效益好、全寿命成本低。在深圳港盐田港区集装箱码头工程中主体结构的设计初步体现了全寿命的设计理念。设计技术标准要求主体结构50年不大修、减少营运期维修、较高的地基加固标准等,事实上都是在设计阶段须考虑营运期维修改造的成本以及对于生产的影响,与一般工程只重视建设初期的投资而营运维护费用考虑不多、只重视短期投资而长期考虑不足有着重大的区别。但是,目前港口工程设计尚缺乏相对可操作的全寿命设计理论与方法。当前应围绕着工程全寿命周期内可能发生的成本和损失为研究对象,研究结构使用寿命的预测模型以及结构性能变化预测模型、评价指标,给出在设计阶段就必须重点考虑的因素或采取的措施,更加合理地体现全寿命的设计思想。

4 集装箱港口资源节约设计的基本经验

4.1 明确目标,树立全新理念

“节约”,其一是相对浪费而言的节约;其二是要求在经济运行中对资源、能源需求实行减量化。即,在生产和消费过程中,用尽可能少的资源、能源,最大限度地充分利用回收各种废弃物,创造相同的财富甚至更多的财富。在项目设计阶段,必须首先明确项目的资源节约目标,针对以往港口建设和营运过程中存在的问题进行深入分析,查找原因,制定对策,树立“资源节约、高效高产、环境优化、可靠耐久、人文和谐”的理念。

4.2 抓住关键技术问题,开展技术创新研究

在集装箱港口建设的全过程中,设计是主导性的重要环节,对项目的资源节约起决定性、控制性、指导性作用。设计阶段的总体思路及基本经验如下:

1) 项目宜选择具有良好开发条件的港址,规划成熟、明确、近期易开发;2) 土地尽量利用无征地、无拆迁、已围滩或可围滩用地;3) 市

政配套设施相对齐全,并可利用周边工程已有或可扩容设施,增加已建配套设施的利用率及利用时效;4)岸线布置统筹考虑,节约岸线资源;5)借助计算机进行仿真模拟,优化港区总体布置,提高总图运输效率;6)装卸技术改良、简化操作、提高效率;采用电力驱动堆场装卸设备,实现节能减排;7)分区选用地基加固方法,节省工程造价;8)主体结构设计贯彻“全寿命成本最低”理念;9)优化港区供配电设计,注重节能设备选型;10)注重给排水系统设置、设备选型,实现节能减排;11)多手段多方法综合运用,实施建筑节能;12)运用综合措施,实施暖通、供热节能;13)自动化控制、信息化管理实施资源节约;14)新工艺、新设备、新材料的积极合理应用。

4.3 过程检查,严格监控

港口建设全过程的资源节约是交通行业一项长期的工作,其资源节约的程度应得到行业职能部门的全过程监督。建议交通运输局根据项目的特点

和性质,逐步细化、深化相关的行业标准及规范,定性、定量评估项目建设中资源节约的技术可行性及经济合理性,并在实施过程中严格监管,使资源节约工作落到实处、落到细处、落到深处。

参考文献:

- [1] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司. 苏州港太仓港区三期工程初步设计及施工图设计文件[R].上海:中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 2004-2008.
- [2] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司.深圳港盐田港区集装箱码头三期、扩建工程初步设计及施工图设计文件[R].上海:中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 2001-2008.
- [3] 唐勤华,汪正国. 集装箱码头RTG“油改电”技术研究成果报告[R]. 上海: 中交第三航务勘察设计院有限公司, 2008.
- [4] 张亚敏. 影响我国港口能源消耗的主要因素及深入开展节能工作的建议[R]. 北京: 中交水运规划设计院有限公司, 2007.

(本文编辑 郭雪珍)

~~~~~

(上接第45页)

#### 4 结语

管节沉放和对接施工作业中,海洋环境因素对声呐测距定位有着重要的影响,通过对声线弯曲、多路径和海水浑浊度影响的理论研究和分析,给出了对实际施工具有指导性作用的结论。建议实际施工中:1)采用低频声呐系统,并严格测量声速剖面,开展声线弯曲修正;2)管节沉放对接中缓慢作业,以便获得更多的多余观测,消除多路径效应的影响;3)在初始沉放时,待沉管和已沉管在纵向控制在一个较小的距离范围内,以减少声线弯曲修正量,提高测距和定位精度。

#### 参考文献:

- [1] 丁美,潘永仁. 沉管隧道测量技术[J]. 现代隧道技术, 2005(1): 11-15.
- [2] 常翔,张献伟. 生物岛—大学城沉管隧道工程重难点浅析[G]// 中国中铁隧道集团2007年水底隧道专题技术交流会论文集. 北京: 中国铁道学会, 2007: 57-61.
- [3] 陈智杰,王永学. 波浪作用下沉管隧道管段双驳船沉放过程的频域响应[G]// 2007年度海洋工程学术会议论文集. 北京: 中国造船学会, 2007: 421-431.
- [4] 胡政才,先明其,马积薪. 日本多摩川沉管隧道的设计与施工[J]. 世界隧道, 1995(5): 52-75.
- [5] 张正禄,邓勇,罗长林,等. 论精密工程测量及其应用[J]. 测绘通报, 2006(5): 17-20

(本文编辑 武亚庆)