



长江航道整治工程 水下抛石施工工艺及质量控制

孙涛, 朱长青

(长江宜昌航道工程局, 湖北宜昌 443003)

摘要: 长江航道整治工程水下抛石主要有护坡、护脚、护底、筑坝等几种用途, 属于典型的隐蔽工程, 主要作用是加强岸坡及河床的治理与防护, 防止岸坡遭水流冲刷引发的崩岸、岸坡及河床水土流失等, 增强河床的抗冲刷能力, 稳定河势与河床结构, 以及通过抛石筑坝改善水道的水流条件来达到优化主航道通航条件等。以长江下游黑沙洲水道航道整治工程为例, 探讨长江航道整治工程水下抛石施工工艺, 并对块石材质选择、级配控制、抛投工序、收方计量、质量检测等质量控制环节进行介绍, 确保工程质量。

关键词: 航道整治; 水下抛石; 施工工艺; 质量控制

中图分类号: U 617.8

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2012)10-0162-07

Construction technology and quality control of underwater riprap protection of the Yangtze River waterway engineering

SUN Tao, ZHU Chang-qing

(Changjiang Yichang Waterway Engineering Bureau, Yichang 443003, China)

Abstract: The Yangtze River waterway regulation of underwater riprap, which belongs to typical concealed work, has several purposes, such as slope protection, toe protection, bottom protection, and dam construction. The main role is to strengthen the governance and protection of the bank slope and riverbed, prevent the bank collapse, bank slope and riverbed soil erosion caused by water erosion, enhance the anti-erosion ability of the river bed, stabilize the structure of river regime and riverbed, and improve the flow of the watercourse through the riprap dam conditions, so as to optimize the main channel of navigation conditions. Taking the Heishazhou sandbar waterway renovation project on the lower reach of the Yangtze River as an example, this paper probes into the underwater riprap construction technology of the Yangtze River waterway regulation project, and gives a description of the quality control links such as the stone material's selection, gradation control, dumping process, debit measurement, and quality inspection.

Key words: waterway regulation; underwater riprap; construction technology; quality control

1 工程概况^[1]

长江下游黑沙洲水道航道整治工程位于安徽省芜湖市繁昌县新港镇附近, 上起板子矶, 下至高安圩, 全长14 km。由长江宜昌航道工程局承建的第二标段主要包括3[#], 4[#]潜坝单位工程, 其中3[#]

潜坝长399 m; 4[#]潜坝长464 m, 坝根护岸500 m。

工程主要包括系结压载软体排护底(水上沉D型排), 散抛石压载软体排护底(排上抛石)、充填袋坝体(水下抛枕筑坝)、块石抛筑坝体(水下抛石筑潜坝)、抛石护脚等施工内容, 本文主

收稿日期: 2012-08-20

作者简介: 孙涛(1982—), 男, 工程师, 主要从事港口与航道工程的施工与管理工作。

要根据黑沙洲工程施工案例就水下抛石施工工艺和质量控制方面进行探讨。

2 施工条件

长江下游黑沙洲水道航道整治工程水下抛石主要有排上抛石护底、抛石护脚、抛石护坡、抛石筑坝等。工程量大, 工期紧, 施工范围广, 部分施工区域位于深水区, 水深达到22 m左右, 流速大, 水流形态复杂, 且占据主航道, 船舶过往频繁, 安全隐患大。

3 施工技术准备^[2]

3.1 建立控制网

在甲方移交已知控制点后, 对其复测校核, 校核无误后建立施工控制网。施工平面控制网按二级导线测量精度布设, 测量限差符合规范要求^[3] (二级导线方位角闭合差 $\pm 16\sqrt{n}$ " , 导线相对闭合差1/10 000); 施工高程控制网按4等水准测量精度布设, 测量限差符合规范要求^[3] (四等水准测量闭合差 $\pm 20\sqrt{R}$ mm)。平面控制和高程控制的成果形成资料, 报监理审批后作为施工控制依据。

3.2 开工前测量

在施工控制网通过监理验收合格后, 对抛石施工区进行开工前水下地形测量, 测图比例1:200~1:1 000, 局部地形可根据施工需要加密测量, 将测量成图报监理审批后作为开工前原始地形的测量资料存档, 同时作为核算竣工工程量的计算依据。

3.3 施工定位

用GPS进行定位, GPS基准站架设在周围无障碍物、无干扰 (如树林、高层建筑或建筑群、高压电线、通讯站等), 地势相对较高的位置, 移动站设在定位船上, 连接电脑 (电脑存储有抛石网格参数), 根据电脑显示的定位位置, 指导定位船移动。

施工区域若条件允许可以加设多组岸上导标, 定出抛石网格两边边线、抛石区域上下游边线, 并加挂不同颜色旗帜区分, 辅助GPS进行船舶定位。

3.4 施工水尺与岸上导标设置

用水准仪按4等水准测量的方法, 在各个施工区设一把稳固的水尺, 便于施工期内的水位观测, 并经常检测校正水尺零点高程。

3.5 编制抛石网格计划图

合理划分施工网格是水下抛石施工的关键之一, 根据本工程的实际工况和投入施工中运石船的船型规格 (投入施工中运石船长度在30~45 m, 舱长23 m左右, 船宽一般在7.5~9.0 m。), 可将施工区域划分为18 m (垂直水流方向) × 40 m (顺水流方向) 的标准网格, 每个标准网格再分为上、下两个半区, 每个半区划分成若干个1.5 m (垂直水流方向) × 20 m (顺水流方向) 的小网格, 根据设计图纸中每个抛区的厚度以及抛前水下地形测量数据, 计算出每个网格应抛工程量, 以利于施工中定量抛投控制和质量检测。

4 水下抛石施工工艺的选择与实施

4.1 确定不同区域漂移距范围

水下抛石施工易受水深、流速、流向、块石质量、形状等因素的影响, 长江下游黑沙洲水道航道整治工程抛石区域水下地形复杂, 且多为深水区, 水流急湍, 地形最低处水深可达22 m。为了保证块石抛投的质量, 施工前在不同抛石区多次进行抛投试验, 测定不同抛石区的水深、流速值, 然后根据公式计算抛石漂距并进行反复校正。漂距确定后, 报监理批准后进行水下抛石施工。

漂距按经验公式计算^[1]:

$$L_d = 0.74v \frac{H}{W^{1/6}} \quad (1)$$

式中: v 为表面流速 (m/s); H 为水深 (m); W 为块石质量 (kg)。

根据实测资料^[1], 中洪水期, 黑沙洲水道天然洲头表面流速为2.03 m/s, 左槽1#~4#潜坝处表面流速为1.71~2.06 m/s, 心滩处表面流速为1.44~1.66 m/s; 枯水期左槽1#~4#潜坝处表面流速为0.8~1.12 m/s, 心滩处表面流速为0.57~0.68 m/s。

漂移距抛投试验值^[2]见表1, 依此试验值确定不同区域、不同水深、流速、流向、块石质量和

形状条件下的漂移距范围值。

表1 漂移距抛投试验值

水深/m	流速/(m · s ⁻¹)	块石质量/kg	漂移距试验值/m
	1.0	65	4.43
		100	4.12
		150	3.85
12	1.2	65	5.31
		100	4.95
		150	4.62
	1.5	65	6.64
		100	6.18
		150	5.78
	1.0	65	5.54
		100	5.15
		150	4.82
15	1.2	65	6.64
		100	6.18
		150	5.78
	1.5	65	8.30
		100	7.73
		150	7.22
	1.0	65	7.38
		100	6.87
		150	6.42
20	1.2	65	8.86
		100	8.24
		150	7.70
	1.5	65	11.07
		100	10.30
		150	9.63

4.2 船舶定位^[4]

定位船定位方式主要取决于水流流向和流速，一般情况下急流区宜“顺水流定位”（图1），缓流区宜“垂直水流定位”（图2）。定位船定位时需充分考虑待抛区域漂移距情况，定位船的实际平面位置应该从抛投区域设计平面位置向上游平行于水流方向偏移一定距离：

$$\text{偏移距离}(S) = \text{该区域漂移距的数值}(L_d) + \text{运石船船头空余长度}(L_x) \quad (2)$$

将运石船开到抛石区停靠于定位船上，然后利用GPS精确定位。护岸、护脚抛石时，可根据岸上设置的施工控制导标辅助定位船定位。

定位船设有5个电动绞关，通过控制5根钢缆控制定位船的定位和移动。顺水流定位时，船艏朝向上游。主锚承受整个定位船下漂的拉力，在船艏和船艉分设两个开锚，控制船舶左右移动，近岸施工时，开锚可以固定在岸坡预埋的“地牛”上（图1）。垂直水流定位抛锚顺序：船右锚-艉右锚-艏锚（领水锚）-艏左锚-艉左锚。应注意的是艏、尾锚应呈八字形，以利定位船里外移动（图2）。

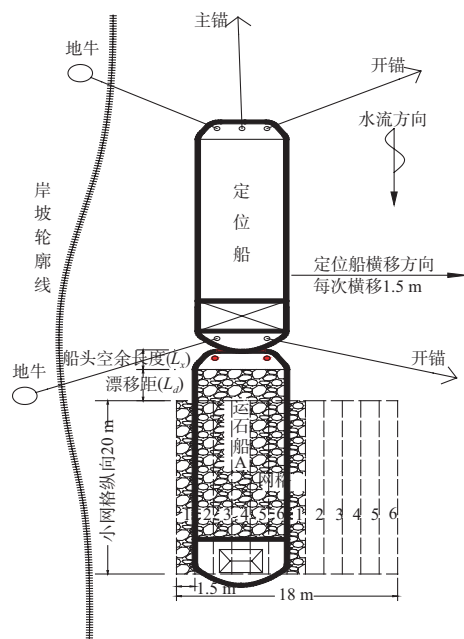


图1 顺水流定位施工示意图

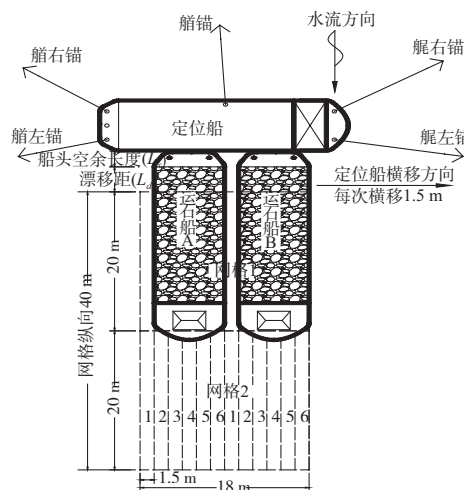


图2 垂直水流定位施工示意图

4.3 抛投

常用水下抛石方法一般采用机械抛投或人工抛投, 本工程采用的是机械抛投, 每艘定位船安排1台反铲挖机; 抛石过程中做好安全指挥与防护工作。

抛投顺序: 水下抛石护底和 underwater 抛石护坡、护脚根据水位情况进行抛投, 并按照计划网格从上游向下游、先护脚再护坡最后护底的顺序依次抛投作业, 每抛一网格施工人员记录抛投量; 施工中控制不漏抛、不重复抛填和不区域外抛投。

抛石筑坝需要根据水下地形分段分层抛投, 对于地形变化较大的区域, 应先对低于周围地形的区域进行抛石, 使其基本达到周围地形高程; 当施工区域地形较为平缓时, 按照计划网格从上游向下游依次定量抛投作业, 每抛一层需测量一次。

4.4 移位

石驳船通过连接锚缆绞机移位, 每次小移动 1.5 m, 以保证块石抛投覆盖均匀, 不留空缺。现场施工时, 施工员根据施工网格图面积及设计厚度、装石船船舱长度和宽度等计算每次下料工程量, 并在网格上对已抛区域的面积和工程量进行标识。施工中, 对于浅水区域内大船无法抛投的部位, 采用小船进行抛投或待水位上涨后再抛投两种方法解决。

4.5 抛投后检测

检测分两道工序进行: 第1道工序是在1.5 m宽小网格抛投完成后, 由现场施工员用手持测深仪或测深杆现场检测, 与抛投前水深进行比较; 第2道工序是在一个区段抛投完成后, 由测量组用GPS配合测深仪进行已施工区域测量, 测量在监理工程师的旁站下进行。根据测图分析对不合格区域进行补抛作业, 补抛施工后再次进行测量检测, 直至所有抛石区域完全达到设计标准和业主要求。

4.6 资料收集

抛石施工时同步收集好测量资料、自检及检测资料、抛石收方五联单资料, 并做好资料的整理和归档。

4.7 水下抛石工艺流程

施工工艺流程见图3。

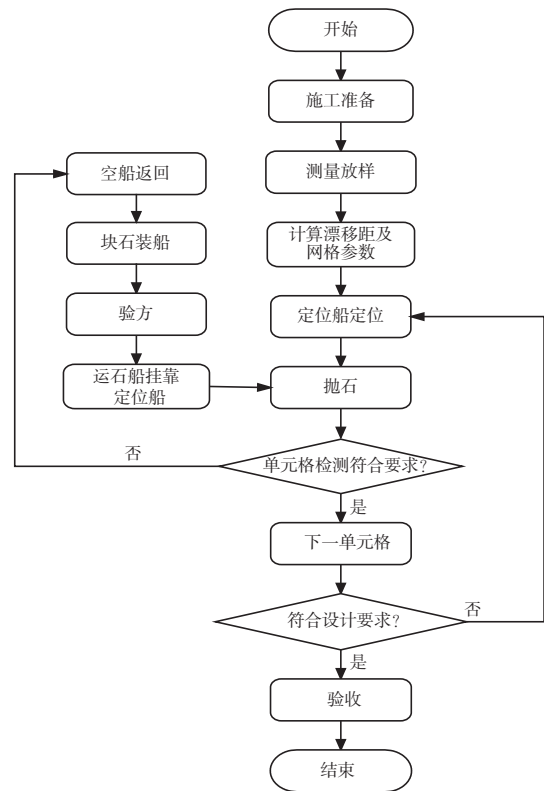


图3 水下抛石施工工艺流程

5 水下抛石质量控制

5.1 原材料控制环节^[1-2,5]

5.1.1 块石材质选择

1) 石质坚硬, 无风化剥落和裂纹, 抗风化性能好, 在水中或受冰冻后不崩解, 冻融损失率小于1%。遇水不宜破碎或水解, 湿抗压强度大于 50 MPa, 软化系数大于0.7, 密度不小于2.65 t/m³。

2) 不允许使用风化岩、泥岩和薄片、条形、尖角等形状的块石。

3) 块石质量宜控制在65 ~ 150 kg。

4) 块石使用前, 所抽检的样品必须通过具有国家合格资质的质检机构的试验检测并出具合格报告, 并经监理工程师同意后方可使用。

5.1.2 级配控制

块石的粒径是关系到工程质量好坏的主要技术指标之一。抛投的块石并不是越大越稳定, 而是只要能抵御水底最大流速的冲击, 能保持岸坡或河床的稳定即可。因此合理的级配, 可以增大密实度, 减少空隙率, 小粒径级配适宜的抛投区域可以增加覆盖层次, 减少空隙, 防止河床泥砂

淘刷,增强对河床的守护效果。设计对块石粒径的要求为0.25~0.4 m,平均粒径为0.35 m,在施工过程中,严格控制块石粒径,对不合格的块石从源头控制,确保块石质量。

5.2 收方计量环节

原材料验收按“首船称重计量法”,抛石的运输船舶相对固定(列入船舶使用计划并经监理工程师审批备案),首船称重计量(在船舶首尾标志清晰满载和空载标线,建立船舶图片档案,石场装料在监理工程师旁站监督下进行称重装料并登记在册),每船需以空载线进场装料并装至满载线,按 1.8 t/m^3 堆积密度计算实际单船抛石方量。稳重计量中实行“船舶相对固定、首船称重计量、船首船尾标识、欠载拒收、超载不计”。

在施工过程中,项目部要按照业主及相关部门的要求对施工用船舶进行合理选配,具体操作如下:

1) 查看装石船舶的相关证书是否齐全、有效,证书标识吨位是否和船舶吨位一致。

2) 标定空载吃水线:组织业主、监理共同对船舶的空载吃水进行核定,在空载吃水线处用油漆划定(左右两舷前、中、后共6处)。

3) 标定满载吃水线:在业主、监理共同监督下,将石料运输车满载运抵码头后转装上船,装船时严格控制在安全装载吃水线范围内,满载后用挖机进行整平,并划定满载吃水线(左右两舷前、中、后共6处)。

4) 计算单船方量:石料运输车在石场进行空载、满载过磅,根据磅单数值求出单车载质量,根据转运到运输船上所需要的车数汇总出船舶的载质量,再根据堆积密度 1.8 t/m^3 计算得出满载船舶的方量。

5) 对装载量已核定确认的船舶进行统一编号并发放专用旗帜,制卡记录并存入船舶档案,卡片内容主要包括船名、船舶照片、船舶主尺度、船舶的空载和满载吃水、最终核载量等。

6) 船舶满载进场后按照调度指挥停泊在指定区域,施工方对其石料质量进行自检合格后报监理验收,专业监理工程师、验方组成员一起对船

舶的装载情况进行验核,具体如下:

①查看吃水线是否到位,施工现场监理、材料员、质检员检查空载线和满载线,并实行欠载不收、超载不计(不计算超出部分石方量)的收方制度。验方小组共同对装石船舶开具船舶质量合格单,内容包括船舶名称、编号、核载量、进场时间、签证人等。

②现场施工员凭质量合格单安排装石船舶停靠定位船上抛投作业,块石抛完后,由监理、施工员负责查看船舱有无积水和压舱货。如发现有,则扣除相应吨位,并取消其运输资格,确认船舶无积水和压舱货后,出具由现场监理和施工员联合签名的收货单(五联单)。收货单(五联单)作为有效表单加以统计,作为最后结算的原始依据。

5.3 施工技术与管理环节

5.3.1 施工前

1) 对各作业班组做好施工前技术交底。

2) 进行抛投试验,块石在投放过程中,由于受水流作用,将向下游漂移。因此,抛投时定位船偏向上游相应距离。掌握水深、流速、流向、块石粒径等数据,通过抛石试验准确计算漂距,施工中应根据水深、流速等的变化而灵活调整漂距,使块石准确投落到位。

3) 根据抛前测量图,结合运石船规格尺寸和定位方向,划分抛石格网,确定抛石范围、抛石量,详细标识每网格不同区域的原始地形高程、设计高程、抛石厚度,施工中及时自检。

4) 根据流速、水位、流向、风向等及时调整船位,并采用GPS和导标等多种手段测定船位,确保船舶准确定位。

5.3.2 施工中^[4]

1) 抛投顺序:施工中遵循“先上游后下游,先深泓后近岸”的施工顺序依次均匀抛投,同一网格一次抛投到位。

2) 定位抛投方式:主要取决于水流流速、流向,急流区宜“顺抛”,缓流区宜“丁抛”。

3) 定量抛投:将每网格实际抛石量与设计抛石量之比控制在115%~125%。

4) 根据GPS指挥船做到合理移位, 防止漏抛。

5) 块石粒径级配要均匀, 提高密实度, 增强防护效果。水下抛石护脚、护坡施工时, 要抛大块石, 并有一定的级配, 以提高密实度, 保证坡脚的稳定。水下抛石护底过程中应采取适当措施避免块石划破软体排, 一般先抛较小块石, 再抛大块体石, 力求较大块石压在较小块石之上。水下抛石筑坝施工时相对较小块石宜抛在坝心, 较大块石宜抛附在坝体面层。

6) 抛投过程中用测深杆或者测深锤同步检测, 与设计高度比较, 同步检测抛投效果。

7) 每天抛投结束时, 施工员详细测量并记录抛投截止部位、范围、抛投工程量及已抛高程等数据, 下次继续抛投前再次测量并指挥定位船定位、定点定量抛筑。

5.3.3 质量检测

1) 加强“抛前测量、抛中控制, 抛后检测”, 并认真进行对比, 确保抛投厚度、边坡等达到设计要求。

2) 加强原材料的控制, 对不合格材料一律不得投入使用。

5.3.4 水下抛石质量通病及控制措施

质量通病: 块石质量不符合要求, 大小不均匀; 抛石厚度不够或某个地方太厚; 抛石范围小于设计范围; 边坡陡于设计坡比。

控制措施: 严格石料供货渠道, 不合格的不

用于工程, 个别太大石块应破解后使用; 加强观测, 精确定位, 及时移船, 防止多抛或漏抛; 加强网格抛石量控制, 加强收方工作, 做到定点定量抛石; 用测深仪检测, 发现漏抛时及时补抛。

5.3.5 管理环节

1) 加强对施工中每个环节的监控, 确保每一道施工工序符合要求。

2) 加强项目管理人员的责任心, 提高整个管理团队的职业素质和质量意识。

6 水下抛石施工工艺的探索

目前抛石施工作业方式有机械抛投和人工抛投两种, 各具其施工特点, 采用机械抛投作业, 能适应复杂的水下地形, 受天气风浪等施工环境影响小, 且能满足短工期、高强度的连续施工作业。在以往的长江航道整治工程中, 最常用的机械抛投方式是挖掘机上船(石驳), 将一艘石料运输船的石料抛完后, 通过人员指挥挖掘机过档至另一艘石料运输船上继续进行抛石作业; 目前随着技术的不断提升, 正在尝试对船舶进行改装, 将2台长臂式挖掘机固定安装在定位船舶甲板上, 通过甲板上的固定轨道前后移动, 石料运输船可以在两边同时停靠在定位船靠船构件上, 再通过挖掘机分别进行抛投作业(图4)。采取船装固定挖机, 双边同时抛投, GPS指导定位的施工方法较以前的挖掘机过档抛投作业有以下优势:

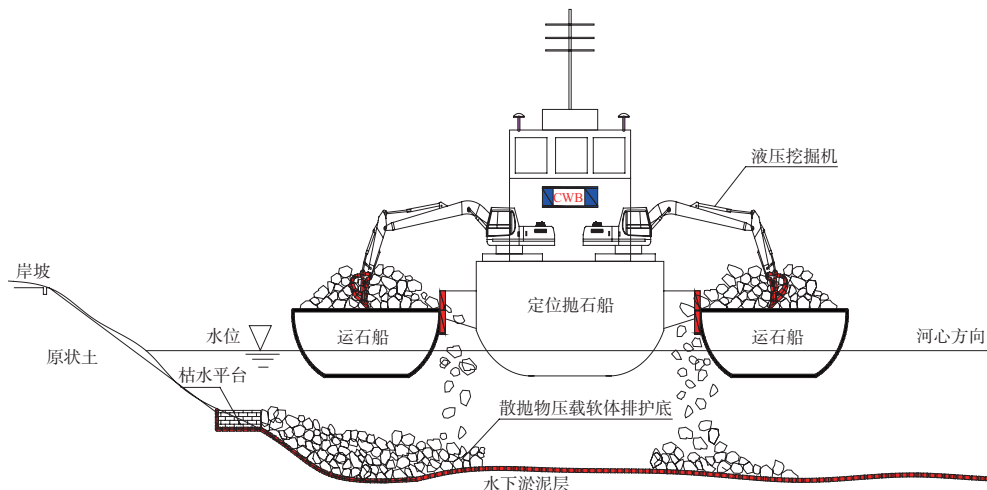


图4 机械抛石施工示意

1) 避免挖掘机频繁过档造成的安全隐患, 提高施工安全系数。

2) 节约因挖掘机频繁过档浪费的施工时间, 提高实际抛投作业时间效率。

3) 改装前1艘定位船顺水流定位时只能挂靠1艘石料运输船, 只有在水流流速相对较缓的区域才可以采用定位船垂直定位, 同时挂靠2艘石料运输船进行抛投作业; 而改装后定位船在顺水流定位的同时可以进行双边挂靠、同时抛投作业, 这样增加了定位船在不同施工区域不同水流形态因素下的适应性, 节约了定位船的数量, 降低了施工成本也同时提高了抛投作业的时间效率。

4) 定位船双边安装GPS, 通过抛投网格及办公自动化指导施工, 统计抛投方量, 提高了工作效率。

7 结语

水下抛石是长江航道工程常用的治理方法之

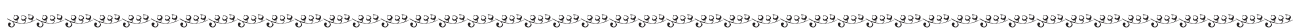
一,也是典型的隐蔽工程, 具有点多、面广、线长、施工强度高、组织协调工作量大等特点, 其工程量和投资额均较大。

作为施工单位, 必须通过编制合理的施工组织方案, 采取有针对性的施工工艺并不断优化, 从源头抓起, 过程把关, 才能确保长江航道整治工程水下抛石隐蔽工程的安全和质量, 从而获得最佳的经济效益和社会效益。

参考文献:

- [1] 长江航道规划设计院. 长江下游黑沙洲水道航道整治工程施工图设计[R]. 武汉: 长江航道规划设计院, 2007.
- [2] 长江宜昌航道工程局. 长江下游黑沙洲水道航道整治工程施工组织设计[R]. 宜昌: 长江宜昌航道工程局, 2007.
- [3] JTJ 312—2003 航道整治工程技术规范[S].
- [4] JTS 257—2008 水运工程质量检验标准[S].
- [5] JTJ 203—2001水运工程测量规范[S].

(本文编辑 武亚庆)



· 消 息 ·

国际海运年会厦门举办

9月20日, “2012国际海运(中国)年会”在福建厦门开幕。本届年会以“共建秩序, 共享未来”为主题, 国际航运业人士共同问诊当下航运业的困局, 为行业理性发展提供前瞻性思路。交通运输部副部长徐祖远、厦门市委书记于伟国、中国远洋运输(集团)总公司董事长魏家福等出席开幕式。

世界贸易组织预计, 2012年世界贸易额增长率仅为3.7%, 低于过去20年的平均水平。航运业困难重重, 2012年1—8月, BDI(波罗的海干散货综合运价指数)平均934点, 同比下跌逾3成。

徐祖远对航运业发展提出3点建议: 一是坚定信心, 理性应对。航运界同仁需要对未来发展坚定信心, 通过科学研判、审时度势、理性决断, 不断提升把握市场动态、应对风险的能力, 在危机中寻找先机, 在逆境中控索前行, 为把握新增长周期带来的机遇打好基础。二是共建秩序, 有序发展。要“联合自强”, 特别是船东和船厂、承运人和托运人、船公司与融资人、船东与船东之间都应站在战略高度, 着眼长远和整体利益, 深化合作, 实现互利共赢, 共同保障国际贸易运输健康发展。三是坚持开放, 推进合作。本着互利共赢的原则, 积极参与国际海事事务, 建设海运新规则、新标准、新秩序, 共同推进国际航运业持续健康发展。

摘编自《中国交通新闻网》