



重庆交通大学

《船舶结构与设备》案例材料

(适用于航海技术专业)

重庆交通大学应用技术学院

二 00 八年三月

目 录

案例一：一起起重机吊装倒塌事故分析	3
案例二：急流水域如何保证船舶停泊安全	8
案例三：某轮船体结构损坏案例	11
案例四：一起断链丢锚事故分析	20
案例五：两起丢锚事故探析	23
案例六：断缆在系泊中的安全隐患	26
案例七：舵机引起的意外事故	30

案例一：一起起重机吊装倒塌事故分析

2001 年 7 月 17 日上午 8 时许，在沪东中华造船(集团)有限公司船坞工地，由上海电力建筑工程公司等单位承担安装的 $600\text{t} \times 170\text{m}$ 龙门起重机在吊装主梁过程中发生倒塌事故，造成 36 人死亡，3 人受伤，直接经济损失 8000 多万元。

一、 $600\text{t} \times 170\text{m}$ 龙门起重机建设项目基本情况

1. 龙门起重机主要参数及主梁提升方法

$600\text{t} \times 170\text{m}$ 龙门起重机结构主要由主梁、刚性腿、柔性腿和行走机构等组成。该机的主要尺寸为轨距 170m，主梁底面至轨面的高度为 77m，主梁高度为 10.5m。主梁总长度 186m，含上、下小车后重约 3050t。

正在建造的 $600\text{t} \times 170\text{m}$ 龙门起重机结构主梁分别利用由龙门起重机自身行走机构、刚性腿、主梁 17# 分段的总成（高 87m，重 900 多 t，迎风面积 1300m²，由 4 根缆风绳固定。以下简称刚性腿）与自制塔架作为 2 个液压提升装置的承重支架，并采用同济大学的计算机控制液压千斤顶同步提升的工艺技术进行整体提升安装。

2. 施工合同单位有关情况

2000 年 9 月，沪东造船厂（甲方，2001 年 4 月与中华造船厂合并组建沪东中华造船（集团）有限公司，隶属于中国船舶工业集团公司，以下简称沪东厂）与作为承接方的上海电力建筑工程公司（乙方，隶属于国家电力公司华东分公司上海电力建设有限公司，以下简称电建公司）、上海建设机器人工程技术研究中心（丙方，同济大学和上海市科委共同建立，以下简称机器人中心）、上海东新科技发展有限公司（丁方，沪东厂三产公司）签订 $600\text{t} \times 170\text{m}$ 龙门起重机结构吊装合同书。合同中规定，甲方负责提供设计图纸及参数、现场地形资料、当地气象资料。乙方负责吊装、安全、技术、质量等工作；配备和安装起重吊装所需的设备、工具（液压提升设备除外）；指挥、操作、实施起重机吊装全过程中的起重、装配、焊接等工作。丙方负责液压提升设备的配备、布置；操作、实施液压提升工作（注：液压同步提升技术是丙方的专利）。丁方负责与甲方协调，为乙方、丙方的施工提供便利条件等。

2001 年 4 月，负责吊装的电建公司通过一个叫陈春平的包工头与上海大力神建筑工程有限公司（以下简称大力神公司）以包清工的承包方式签订劳务合同。该合同虽然以大力神公司名义签约，但实际上此项业务由陈春平（江苏溧阳市人，非该公司雇员，也不具有法人资格）承包，陈招用了 25 名现场操作工人参加吊装工程。

二、起重机吊装过程及事故发生经过

1. 起重机吊装过程

2001 年 4 月 19 日，电建公司及大力神公司施工人员进入沪东厂开始进行龙门起重机结构吊装工程，至 6 月 16 日完成了刚性腿整体吊装竖立工作。

2001 年 7 月 12 日，机器人中心进行主梁预提升，通过 60%~100% 负荷分步加载测试后，确认主梁质量良好，塔架应力小于允许应力。

2001 年 7 月 13 日，机器人中心将主梁提升离开地面，然后分阶段逐步提升，至 7 月 16 日 19 时，主梁被提升至 47.6m 高度。因此时主梁上小车与刚性腿内侧缆风绳相碰，阻碍了提升。电建公司施工现场指挥张海平考虑天色已晚，决定停止作业，并给起重班长陈忠林留下书面工作安排，明确 17 日早上放松刚性腿内侧缆风绳，为机器人中心 8 点正式提升主梁做好准备。

2. 事故发生经过

2001 年 7 月 17 日早 7 时，施工人员按张海平的布置，通过陆侧（远离黄浦江一侧）和江侧（靠近黄浦江一侧）卷扬机先后调整刚性腿的两对内、外两侧缆风绳，现场测量员通过经纬仪监测刚性腿顶部的基准靶标志，并通过对讲机指挥两侧卷扬机操作工进行放缆作业（据陈述，调整时，控制靶位标志内外允许摆动 20mm）。放缆时，先放松陆侧内缆风绳，当刚性腿出现外偏时，通过调松陆侧外缆风绳减小外侧拉力进行修偏，直至恢复至原状态。通过 10 余次放松及调整后，陆侧内缆风绳处于完全松弛状态。此后，又使用相同方法，和相近的次数，将江侧内缆风绳放松调整为完全松弛状态，约 7 时 55 分，当地面人员正要通知上面工作人员推移江侧内缆风绳时，测量员发现基准标志逐渐外移，并逸出经纬仪观察范围，同时还有现场人员也发现刚性腿不断地在向外侧倾斜，直到刚性腿倾覆，主梁被拉动横向平移并坠落，另一端的塔架也随之倾倒。

3. 人员伤亡和经济损失情况

事故造成 36 人死亡，2 人重伤，1 人轻伤。死亡人员中，电建公司 4 人，机器人中心 9 人（其中有副教授 1 人，博士后 2 人，在职博士 1 人），沪东厂 23 人。

事故造成经济损失约 1 亿元，其中直接经济损失 8000 多万元。

三、事故原因分析

1. 刚性腿在缆风绳调整过程中受力失衡是事故的直接原因

事故调查组在听取工程情况介绍、现场勘查、查阅有关各方提供的技术文件和图纸、收集有关物证和陈述笔录的基础上，对事故原因作了认真的排查和分析。在逐一排除了自制塔架首先失稳、支承刚性腿的轨道基础沉陷移位、刚性腿结构本体失稳破坏、刚性腿缆风绳超载断裂或地锚拔起、荷载状态下的提升承重装置突然破坏断裂及不可抗力（地震、飓风等）的影响等可能引起事故的多种其它原因后，重点对刚性腿在缆风绳调整过程中受力失衡问题进行了深入分析，经过有关专家对于吊装主梁过程中刚性腿处的力学机理分析及受力计算，提出了《沪东“7·17”特大事故技术原因调查报告》，认定造成这起事故的直

接原因是：在吊装主梁过程中，由于违规指挥、操作，在未采取任何安全保障措施情况下，放松了内侧缆风绳，致使刚性腿向外侧倾倒，并依次拉动主梁、塔架向同一侧倾坠、垮塌。

2. 施工作业中违规指挥是事故的主要原因

电建公司第三分公司施工现场指挥张海平在发生主梁上小车碰到缆风绳需要更改施工方案时，违反吊装工程方案中关于“在施工过程中，任何人不得随意改变施工方案的作业要求。如有特殊情况进行调整必须通过一定的程序以保证整个施工过程安全”的规定。未按程序编制修改书面作业指令和逐级报批，在未采取任何安全保障措施的情况下，下令放松刚性腿内侧的两根缆风绳，导致事故发生。

3. 吊装工程方案不完善、审批把关不严是事故的重要原因

由电建公司第三分公司编制、电建公司批复的吊装工程方案中提供的施工阶段结构倾覆稳定验算资料不规范、不齐全；对沪东厂 600t 龙门起重机刚性腿的设计特点，特别是刚性腿顶部外倾 710mm 后的结构稳定性没有予以充分的重视；对主梁提升到 47.6m 时，主梁上小车碰刚性腿内侧缆风绳这一可以预见的问题未予考虑，对此情况下如何保持刚性腿稳定的这一关键施工过程更无定量的控制要求和操作要领。

吊装工程方案及作业指导书编制后，虽经规定程序进行了审核和批准，但有关人员及单位均未发现存在的上述问题，使得吊装工程方案和作业指导书在重要环节上失去了指导作用。

4. 施工现场缺乏统一严格的管理，安全措施不落实是事故伤亡扩大的原因

(1) 施工现场组织协调不力。在吊装工程中，施工现场甲、乙、丙三方立体交叉作业，但没有及时形成统一、有效的组织协调机构对现场进行严格管理。在主梁提升前 7 月 10 日仓促成立的“600t 龙门起重机提升组织体系”由于机构职责不明、分工不清，并没有起到施工现场总体的调度及协调作用，致使施工各方不能相互有效沟通。乙方在决定更改施工方案，决定放松缆风绳后，未正式告知现场施工各方采取相应的安全措施；甲方也未明确将 7 月 17 日的作业具体情况告知乙方。导致沪东厂 23 名在刚性腿内作业的职工死亡。

(2) 安全措施不具体、不落实。6 月 28 日由工程各方参加的“确保主梁、柔性腿吊装安全”专题安全工作会议，在制定有关安全措施时没有针对吊装施工的具体情况由各方进行充分研究并提出全面、系统的安全措施，有关安全要求中既没有对各单位在现场必要人员作出明确规定，也没有关于现场人员如何进行统一协调管理的条款。施工各方均未制定相应程序及指定具体人员对会上提出的有关规定进行具体落实。例如，为吊装工程制定的工作牌制度就基本没有落实。

综上所述，沪东“7·17”特大事故是一起由于吊装施工方案不完善，吊装过程中违规指挥、操作，并缺乏统一严格的现场管理而导致的重大责任事故。

四、事故责任人员处理建议（共 14 人受到党纪、政纪处分，略）

五、教训和建议

1. 工程施工必须坚持科学的态度，严格按照规章制度办事，坚决杜绝有章不循、违章指挥、凭经验办事和侥幸心理

此次事故的主要原因是现场施工违规指挥所致，而施工单位在制定、审批吊装方案和实施过程中都未对沪东厂 600t 龙门起重机刚性腿的设计特点给予充分的重视，只凭以往在大吨位门吊施工中曾采用过的放松缆风绳的“经验”处理这次缆风绳的干涉问题。对未采取任何安全保障措施就完全放松刚性腿内侧缆风绳的做法，现场有关人员均未提出异议，致使电建公司现场指挥人员的违规指挥得不到及时纠正。此次事故的教训证明，安全规章制度是长期实践经验的总结，是用鲜血和生命换来的，在实际工作中，必须进一步完善安全生产的规章制度，并坚决贯彻执行，以改变那种纪律松弛、管理不严、有章不循的情况。不按科学态度和规定的程序办事，有法不依、有章不循，想当然、凭经验、靠侥幸是安全生产的大敌。

今后在进行起重吊装等危险性较大的工程施工时，应当明确禁止其它与吊装工程无关的交叉作业，无关人员不得进入现场，以确保施工安全。

2. 必须落实建设项目各方的安全责任，强化建设工程中外来施工队伍和劳动力的管理

这次事故的最大教训是“以包代管”。为此，在工程的承包中，要坚决杜绝以包代管、包而不管的现象。首先是严格市场的准入制度，对承包单位必须进行严格的资质审查。在多单位承包的工程中，发包单位应当对安全生产工作统一协调管理。在工程合同的有关内容中必须对业主及施工各方的安全责任做出明确的规定，并建立相应的管理和制约机制，以保证其在实际中得到落实。

同时，在社会主义市场经济条件下，由于多种经济成分共同发展，出现利益主体多元化、劳动用工多样化趋势。特别是在建设工程中目前大量使用外来劳动力，增加了安全管理的难度。为此，一定要重视对外来施工队伍及临时用工的安全管理和培训教育，必须坚持严格的审批程序；必须坚持先培训后上岗的制度，对特种作业人员要严格培训考核、发证，做到持证上岗。

此外，中央管理企业在进行重大施工之前，应主动向所在地安全生产监督管理机构备案，各级安全生产监督管理机构应当加强监督检查。

3. 要重视和规范高等院校参加工程施工时的安全管理，使产、学、研相结合走上健康发展的轨道

在高等院校科技成果向产业化转移过程中，高等院校以多种形式参加工程

项目技术咨询、服务或直接承接工程的现象越来越多。但从这次调查发现的问题来看，高等院校教职员工介入工程时一般都存在工程管理及现场施工管理经验不足，不能全面掌握有关安全规定，施工风险意识、自我保护意识差等问题，而一旦发生事故，善后处理难度最大，极易成为引发社会不稳定的因素。有关部门应加强对高等院校所属单位承接工程的资质审核，在安全管理方面加强培训；高等院校要对参加工程的单位加强领导，加强安全方面的培训和管理，要求其按照有关工程管理及安全生产的法规和规章制订完善的安全规章制度，并实行严格管理，以确保施工安全。

案例二：急流水域如何保证船舶停泊安全

上海港地处长江入海口，受潮流影响较大。近年来随着船舶大型化的发展，许多大型船舶都改靠外港，即吴淞口外长江口南岸码头。此处码头边的水流要比吴淞口内即黄浦江内的水流对船舶的影响更大，稍有不慎即有可能发生断缆等事故。影响最大的是发生在 1987 年 8 月 13 日，一艘满载化肥，停泊在宝港主原料码头内侧的巴拿马籍货轮“大鹰海”轮由于缆绳相继绷断造成船舶失控，船尾撞到主原料码头引桥，随即船头又撞上引桥，引桥被拦腰撞断。

船舶在急流水域如何保证船舶停泊安全，现结合实际作些探讨。

1、案例回放：“Y”轮 2005 年 8 月 16 日，从黄骅港装煤 42065t，开航水尺 11.22/11.30/11.30m，于 8 月 19 日 1425 时安全靠妥上海港石洞口电厂二厂码头，靠泊时抛领水锚 4 节入水，前后各 8 根缆绳。

19/1530 时，船方与港方联系，由于港方原因暂时不能卸货，1720 时船长及非当班船员离船。1754 时值班一水发现艏倒缆绷断；1803 时，前倒缆和横缆相继绷断；1819 时，脂缆也相继绷断，船艏快速向外偏转，船整体后退，压向停靠在石洞口一厂码头的“H”轮。20/0018 时，在两艘拖轮协助下在码头对开附近临时锚泊。0215 时在拖轮协助下重新靠妥石洞口二厂码头。

2、事故分析：当日工海港石洞口码头附近潮流资料如下：农历七月十五，1237/351cm，2021/125cm；当时潮流预报数据为：1408 时开始转落流，1832 时为最大流，流向 111°(落流)，流速 2.2kn，2043 时开始转涨流，2329 时为最大流，流向 2910(涨流)，流速 4.4kn。码头资料：码头等级 35000t 级，长度 235m，码头前沿水深-10.5m，允许靠泊船最大吃水为 10.21m。上海海事局海测大队 2005 年 6 月 1 日~3 日对码头前沿水深测量图上可见，码头前沿水深最浅点-10.5m 位于码头中段，其它水域水深都超过一 10.5m。这样，在强落水来临时，因船舶底部富余水深不一致，船舶容易向外侧倾斜，造成断缆事故。

另外，靠泊后由于港方原因未及时安排抢卸，在强落流来临、水深变小时没有使船舶的吃水减少、富余水深增加，导致了船舶受流压作用增大而造成断缆事故。

船舶靠妥码头后，由于存在安全隐患，船长及非当班人员是在靠妥码头后近 3 个小时后离船，说明船长对船舶存在的不安全情况有所了解，也对当值人员作了必要的布置后才离船。但是在船舶不安全因素还未解除，在低潮来临前可能会进一步面临不安全问题的情况下，船长还是按常规离船，致使当船舶发生险情时船长不在船指挥，丧失了最佳的抢险时间(虽然船长在发生险情后及时赶回船舶抢险)。

3、事故教训：

(1)该码头由于水深受限，上半年曾经发生过多艘船舶由于吃水较大在低潮时船舶与码头划开的情况。关键是高潮时船舶靠妥码头后一定要及时抢卸，保证船舶在低潮时有足够的富余水深，不发生在码头边坐浅或与码头划开造成险情。

(2)船舶对安全隐患要有充分的预计，并落实安全防范措施。在知道港方不能马上安排抢卸的情况下，应在靠泊期间适当增加系缆数或申请拖轮保驾。

(3)加强安全意识培训，特别是结合 SMS 体系文件要求和实际情况进行跟踪培训和指导。

应对措施：由于长江口水道南岸码头都处在急流水域(岸边水浅，码头伸出岸边都在 2~3km 处，使码头位于深水航道边缘)，码头前沿水深由于受到长江下泄水流的影响，码头边水深变化较大，经常造成淤浅。宝钢、石洞口码头及吴淞口下游上炼外高桥码头、上海燃供海滨码头等都存在着类似的问题。位于江苏太仓的几个码头也有类似的问题。而且这些码头都属于企业码头，码头边的水深检测由各企业承担，航道部门仅负责码头前沿 200m 以外主航道的水深检测，各企业往往不能及时对码头边的水深情况进行定期检测，在水深变浅时也往往不能及时安排疏浚。因此要求船公司要及时与码头方面取得联系，及时掌握水深变浅及最新的水深测量图，作出周密的靠泊计划和应急预案，以确保靠泊安全。这些应急预案包括增加系缆数量，必要时申请拖轮保驾，当值人员增加巡回检查次数等。当存在安全隐患时要求不当班船员暂不离船，特别是船长、驾驶员及甲板部成员，以确保船舶停泊安全。另外，船舶主机应保持在暖缸状态，一旦发生紧急情况，可在极短的时间内动用主机，确保船舶停泊期间的各项安全措施真正落到实处。

“Y”轮事故发生后，上海海事局宝山海事处对此极为重视，9月17日，组织部分航海界资深专家对大型船舶进靠华能石洞口第二电厂码头进行安全评估。在评估报告中明确提出：在上海港一年一度的洪水季节，码头边落潮时落流较急，码头方应与船方成立船舶靠泊卸货期间的安全领导小组，制订靠泊的安全措施，并向宝山海事处报备。码头上应安排专人值班，每两小时对所有缆绳进行一次全面检查；急落流时，每一小时巡视一次，发现问题及时与船方联系，并做好巡视记录。船方缆绳必须良好，并随时调整系缆均匀受力，要加强值班，发现问题及时与码头联系，防止发生断缆事故。码头超负荷靠泊，必须事先经有关主管部门批准。

公司针对这起事故，制定了《超负荷船舶靠泊石洞口电厂码头预案》。排水量超过 35000t 级船舶靠泊石洞口电厂码头时，要严格执行靠泊预案所规定的各项安全措施。靠泊后加强巡回检查，靠泊前要对所有的缆绳进行全面仔细的检查，确保所有的缆绳都是状况良好、无严重破损或对接的，以利靠泊期间的安

全。

案例三：某轮船体结构损坏案例

一、船舶基本信息

LOA×LBP×B×D:	114.00×137.5×20.42×11.75 (m)
总吨位:	9182
净吨位:	6152
船型:	普通干货船

二、事故简要经过

标题轮在2005年8月于国外某港装货时，由于船舶配载不当，导致NO.2&4货舱二甲板上的货物重量超出二层甲板的允许负荷，从而引起NO.2 & 4货舱二层甲板损坏和船体结构的变形。

由于当时船舶所在港口的条件所限（修理价格昂贵、修理能力有限以及当地办事效率低下），以及船舶运输的货物价值大，船东恳请我社在临时修理的情况下，同意船舶载货至卸货港，然后至中国进行永久性修理。

三、损坏情况

1. 右舷主甲板下第2和3列外板，在#117—119肋位之间和#123—136肋位之间连续挠曲变形，最大处约100毫米。左舷主甲板下第2和3列外板，在#117—119肋位之间向外鼓出，最大处约300毫米。左舷主甲板下第2和3列外板，在#123—134肋位之间连续挠曲变形，最大处约100毫米。见图1。



图 1



图 2

2. 二层甲板和二层甲板舱口纵桁严重变形，见图2。

3. 二层甲板板多处撕裂，见图3。



图 3

4. 货舱肋骨在上部1/3范围内显著弯曲变形。见图4。



图 4

5. 二层甲板横梁变形，见图5。



图 5

6. 前后舱口端横梁变形，舱口端横梁左后端断裂，见图6。



图 6

四、损坏原因分析

本次船舶损坏是货物超载所致，分析如下：

A. 原货物积载图的货物分布如下：

- a. NO.1下货舱准备装载1500 MT；
- b. NO.2二层甲板装载1500 MT，NO.2下货舱装载2700 MT；
- c. NO.3下货舱装载1700 MT；
- d. NO.4二层甲板装载 1100 MT；NO.4下货舱装载2000 MT；
- e. NO.5 货舱装载 1500 MT。

B. 从大副提交的资料获悉，船舶装载的货物名称：FERRO SILICO MANGANESE，查阅BC CODE，硅锰合金应为 SILICO MANGANESE，但从货主的传真中获悉，货物的密度是3-3.46 t/m³。

C. 查阅船舶的有关图纸获悉，内底板的负荷最多只能承受3米高的该密度货物，二层甲板最多只能承受1米高的该货物。而当时NO.2货舱的二层甲板上已载货物最高达3米高的货物。

D. 由于码头装货没有用抓斗平舱，故货物堆积成锥形。造成局部货物重量远远超出结构允许负荷。

综上所述，货物重量远远超过结构的允许负荷，从而导致NO.2货舱的二层甲板和二层甲板上舱口盖严重下凹变形，以及相邻舷侧肋骨、横梁等构件等变形。

五、船舶临时修理方案

本次临时性修理方案的制定，主要从以下几个方面考虑：

1. 总纵强度：

A. 本船图纸资料匮乏，无法开展定量的强度计算；

B. 根据标题轮2004年3月的测厚和总纵强度校核报告，在总纵强度方面，经估算二甲板纵桁失效后，总纵强度富裕量只有0.8%，还没有考虑二甲板及其纵向构件的失效，因此，该船当时的实际剩余总强度是不可能满足规范要求的。

C. 损坏部位接近中和轴，对总强度影响较小，故同意采取临时性修理。

D. 另外，2004年总纵强度计算仅包括了规范要求的船中基本剖面W0的校核，并没有计入实际装载后船体梁上弯矩剪力分布对船体梁应力的影响，这极有可能造成船体梁应力超出许用值的安全隐患。

因此，综上所述，船舶的总纵强度是无法满足的，如果要在现有结构基础上补强总强度，则必须彻底修复受损的二甲板结构，或在强力甲板上加设纵向连续构件，但当时现场不具备有这样的条件。因此，决定限定该轮返航的海况条件，通过良好的气象条件和均匀的配载，来降低波浪和静水弯矩对船体的弯曲强度要求。具体要求如下：

A. 对修理后的航行限制在对中拱状态要求的前提下。书面要求大副对船舶的油水及货物装载进行详细估算，以保证装载后船舶有合理的纵倾并保持适当的中拱状态，以改善二甲板的受力状态。由于无法事先进行精确核算，以保证船舶在装载后保持适当的中拱状态，在装货完毕并平舱后，现场验船师将根据船舶六面吃水的读数来判定船舶是否符合规定状态，否则船方有义务对舱内货物或油水进行调载以满足要求。

B. 船舶航行于风力小于7级的海况；

C. 船东申请气象导航，以选取气象条件最佳的航线；

D. 在整个航程中，船员应保持对货舱区域内的货舱及其它液舱液位的连续观察；

E. 在整个航程中，船员应保持对本次损坏和临时性修理区域结构的监控。如果出现损坏进一步扩大或出现新的损坏的情况，应立即采取相应的措施并报告。

2. 局部强度：

由于本次船舶的损失是货物超载所致，因而对船舶的局部强度方面要求如下：

A. 二甲板不允许载货；

B. 货物装载要满足装载手册的所有适用的限制条件；

C. 适当减载，确保内底板所承受的负荷小于许用负荷；

D. 重新制定配载图，并由现场验船师确认。

船舶标题轮装载和货物高度要求如下：

货舱	货物重量 (MT)	货物高度 (m)	货物高度 (m)
		假设密度为3.0 T/ m3	假设密度为3.4 T/ m3

NO.1	1500	2.50	2.13
NO.2	3000	1.70	1.47
NO.3	700	2.90	2.53
NO.4	2700	2.10	1.83
NO.5	1100	2.35	2.04
总计	9000		

吃水：F： 5.80 M； A： 8.10

装货后，稍微中拱。

3. 支柱的加强：

为了避免二层甲板在返航途中的变形加剧，当时准备加设支柱予以局部加强。由于二层甲板到主甲板的高度为3米左右，到舱底板大约7.5米，为了减少施工难度，当时的初衷是准备在两层甲板间加设支柱，后来考虑到如船舶在返航途中如船舶中垂，支柱将起相反的作用，另外支柱对二层甲板的支撑作用远大于它的拉扯作用。最后动员船东在二层甲板和内底板之间加设支柱对损坏的二层甲板予以加强。那么支柱位置又是如何选取呢？

1). 由于左舷二层甲板比右舷凹陷严重，决定在左舷二层甲板舱口围位置加设两根，右舷加设1根支柱予以加强；

2) 为了避免支柱的加设引起新的局部强度问题，当时充分考虑了支柱下的加强：

(1) 根据规范要求，支柱应设置在实肋板与桁材的交叉点上，如不设在交叉点上则应在支柱下面设置局部肋板和局部桁材；

(2) 查阅图纸发现，由于靠近二层甲板舱口围纵桁位置的双层底旁桁材位于舱口开口线之内，因而如支柱设置在该旁桁材和实肋板的结合处，支柱上端将无法支撑到二层甲板。因此，如要保证支柱上端有效地支撑二层甲板，支柱底端将只能支撑在内底纵骨与实肋板的结合处，那么就须对该处的结构进行适当的加强；

(3) 鉴于当时船舶为了进行损坏检验，船舶卸货已在当地停泊达一个多月，因此进双层底进行局部加强，时间和条件不允许。当时就考虑采用在内底板上加设“临时小凳”的方法来降低该处内底板所受的局部负荷强度；

(4) 根据图纸，实肋板间距为1米，因此当时准备以实肋板和内底纵骨的交叉点为中心，在内地板上纵向加设高度为600mm的纵桁，纵向长度为前后各2档实肋板间距即2米（由于NO.2货舱的开口长度为12.95米，如前后各延伸三档，将严重影响铲车的平舱工作），在纵桁两侧的实肋板位置处各加设三块肘板，然后在纵桁上面加面板，支柱就安装在该“小凳”上，并在支柱下端纵横方向加设4块200 X 200 mm的肘板连接支柱和“小凳”面板，其中纵桁厚度为14 mm，

其余板材为12 mm。（双层底纵桁材、旁桁材、实肋板厚度为11.5mm，内底纵骨为220X9.0mm的球扁钢，内底板厚度12.5mm，支柱直径340mm，管壁厚度12 mm）。

(5)但在现场确定施工位置时发现，货舱开口线内的实肋板间距为1M，但开口线外的实肋板间距为3M，这样就无法采用在内底板上加设临时小凳的临时修理方案；

(6)按上述分析，在内底板上加复板，中点选取在实肋板和内底纵骨的交叉点，然后将支柱加设在复板上，纵横各加设两块肘板。复板尺寸为14 X 2000(横向) X 1000（纵向）mm，在实肋板位置反面加设2块横向肘板：10X600X1000mm，在内底纵骨反面加设纵向2块肘板：10X200X300mm。通过肘板和复板的作用，将力合理地传递到实肋板和内底纵骨上。加强的支柱照片见图7。



图 7

4.主要构件的修理：

1)二层甲板板材多次撕裂，为了保证板材的完整性和防止裂纹的进一步扩展，要求进行割换并单面焊双面成形；

2)为了保证货舱舷侧结构的完整性，对于根部撕裂的肋骨，进行补焊或部分割换并加设根部肘板，来加强肋骨根部的强度；对于下货舱变形的肋骨，通过加设防倾肘板（前后延伸两档肋位）进行局部加强。见图8和图9。



图 8



图 9

六、案例要点

1. 查最近一次测厚报告和总强度计算；
2. 查装载负荷；
3. 通过适当配载调整船舶的状态；
4. 同意载货是考虑了船舶的受力状况；
5. 查装载手册和稳性资料，尽可能降低损坏部位的弯矩和剪力；
6. 考虑航行限制和气象条件，使用气象导航。

7. 结合实践经验和规范计算来处理船舶事故是目前较好的一种方法。避免现场验船师“盲目”地制定修理方案，增大风险；也可以避免规范审图人员“盲目”的计算，脱离现场实际；

8. 对船舶结构的海损处置，建议引入CCS ERS（应急响应服务Emergency Response Service）来协助船东和验船师处理危机；但需要事先建立船舶数据库和资料，避免出现标题轮这种“资料无法及时完整获得”的被动局面；

9. 此次标题轮成功的处理方案，可为今后类似案例提供借鉴和指导。

案例四：一起断链丢锚事故分析

一、事故经过

2003年10月6日,Y轮在大连甘井子2号泊装完散装玉米22036.01t,离泊去科伦坡卸货。0600时机舱备车,0632时连港拖13带妥1#舱左协拖,0711时开始解缆,0719时开始绞锚(锚链在进靠码头时抛下,4节入水,开锚)。船长想通过甩尾和13号拖轮协助拖头,使船平行离开码头。0720时缆绳全部解掉,0722时微速后退,继续绞锚。0725时锚链跳动发出响声,锚机突然震动,继而刹车失灵,锚链快速下滑。0726时停车,0726.5时微速进,0727时前进一,继续绞锚。锚链绞起,左锚不见。经检查:锚与锚端链环5~6m处断裂,致左锚丢入甘井子2号泊位外估计距码头进口端约35~40m左右,横距30~40m(事后所丢锚及锚链已经捞起)。并发现左锚机底座及轴变形损坏,齿轮部分变形。事后估出的损失约40万。

二、事故原因

1. “不宜拖锚区”抛锚、拖锚是事故的祸根。大连港甘井子2号泊外档水域,海图图号:11382,图上红字标明“附近底质坚硬,不宜拖锚”。对此明文警告本应高度警惕,但船长无视海图上的警告,在无引航员和拖轮情况下抛开锚,拖锚进靠,埋下了事故的祸根。

2. 持续4min的倒车所产生的巨大拉力是断链丢锚的重要原因。经调查:该轮0720时离泊后,持续绞锚倒车,至锚链2节甲板时,锚机发出异响,锚链抖动,刹车失灵,锚链刹不住往外快速滑出(这实际上是断链前兆)等现象,说明船舶持续倒车(重载)再加上锚机绞锚的力量,产生了极大的拉力导致断链丢锚。

3. 操作上有一定的盲目性是发生事故的必然结果。除了盲目抛锚、拖锚外,事故调查中就船离泊时锚链方向问题,船舶当事人不能拿出统一的、令人信服的说法,说明在船舶离港操作中对于锚链的方向和受力情况并不清楚,仅凭经验盲目操作。

4. 船舶驾驶台和船首联系不协调、不及时,导致船长措施迟缓也是原因之一。调查发现大副发现断链征兆时没有及时报告船长,使船长没有及时采取快速进车措施。

三、本起事故的一些前兆分析及应采取的紧急措施

1. 事故虽然发生在离泊时,但祸因是在靠泊时种下的。船舶进靠码头时,船

长在没有仔细研究泊位外档水深、底质、限制等环境情况下即贸然决定抛开锚、拖锚进靠码头,这显然是错误的,是事故的祸因。在靠泊过程中,要拖锚前行时,大副感觉“锚链受力很大看似拖不动”,船长决定松链靠泊,直至4节锚链下水才靠上码头。船靠妥后,船长和大副也没有交流“锚拖不动”的情况,埋下了祸根。

2. 在离泊操作过程中,绞锚产生一个向后拉力,船长由 0722~0726 时持续4min 倒车(重载)产生巨大的向后拉力,两力叠加使锚及锚链承受极大的向后拉力,而锚在海底挂住障碍物,对拉的结果是:断链丢锚。

3. 在大副发觉“锚链抖动,锚机发出异响”时,没有敏感地意识到:这是“断链丢锚”的前兆。如果当时意识到这是“断链丢锚”的前兆,立即报告船长,请求船长快进车以抑制船舶后退趋势;或者当大副发现“刹车失灵,锚链刹不住”往外快速滑出时,若立即实施“点刹”措施,让锚链断断续续溜出,而非“全力刹紧刹车带”,那么锚链就不会立时断裂。

在这种情况下,离泊时,若船长、大副已经意识到锚可能挂住海底障碍物,紧急采取了船快进车和“点刹”松链措施后,控制住了船舶,船长可命令大副缓慢绞锚,直到锚链垂直。然后命令大副刹住锚链,命令主机“点动”进、倒车,即短时间进车,然后再短时间倒车,同时根据船舶态势控制时间间隔,可以反复多次。这样就有可能缓解“锚挂住障碍物”的受力情况,或者说松动“锚”。然后再缓慢绞锚,这样的联合操作也可反复进行,直到锚绞起,顺利开航。

Y 轮是一艘 28 年船龄的老船,该船的锚设备、锚链虽然仍符合船检要求,但个别链环腐蚀已经接近极限值,这对船舶抵抗“意外的冲击力”显然力不从心。

四、经验教训

1. 船长在靠离泊、审核航线时必须特别注意了解航线附近、泊位附近的地理环境、底质情况,不能无视海图、航路指南上有关的警告。

2. 对遭遇到的任何意外情况及任何安全上的疑点应进行认真分析,不能放过任何涉及安全的疑点(如本船靠泊时,感觉锚拖不动的情况)。

3. 要加强学习,不断提高操船技能,提高对事故、险情降临前“征兆”的敏感性,提高应急处置能力,避免发生类似事故。

4. 在船舶靠离码头时,应加强船首与驾驶台的联系,及时通报前后操作的现场情况。船长也应将操作意图清楚地告诉驾驶员,以取得驾驶员的密切配合。

安全管理是一项系统工程,是全员参与、人人有份的一项工作。这正如 ISMC

前言所讲的一句话“就安全和防止污染而言,各级人员的责任心、能力、态度和主观能动性将决定其最终结果”。

(上海浦远船舶有限公司唐小新)

案例五：两起丢锚事故探析

锚在船舶操纵中起着非常重要的作用，如船舶在检疫、等泊位、候潮、锚地过驳和避风时，都需要抛锚来系留船舶；在狭水道航行，可用抛锚出短链来帮助掉头或转向；紧急避让时，若水深等条件许可，抛锚可起刹减船速的作用；在靠离码头时，抛锚有利于控制船身和协助离泊；当船舶发生搁浅事故后，可通过移锚来稳定船位或帮助脱浅等。在锚地进行抛起锚作业并不复杂，但因疏忽大意，操作不当，也会出现断链、丢锚、损坏锚机、走锚、搁浅等事故。因此，在抛起锚作业中除需提高船员的工作责任心之外，在技术上需掌握足够的知识和具有一定经验。本文对两起抛起锚作业事故原因进行分析，探讨如何正确合理地进行抛起锚作业，以保障船舶安全。

一、因抛锚不当而弃锚

1. 事故经过

1996 年“E”船在菲律宾南部某港等泊位，因周围无专用锚地，船长决定在港外择地临时锚泊，下令大副与往常一样备右锚离水面 1 m 左右，船长在驾驶台边操纵船舶慢速航行边查看海图寻找临时锚泊点。周围无他船，船长最后选择离岸约 5 n mile 处作为抛锚地点，当船舶微退时，命令大副抛锚，木匠松开锚机刹车抛锚，约 10 s 后，大副询问船长此处水深，此时船长意识到情况不好，锚泊点水深约 100 m！立即命令刹住锚链，木匠立即起刹锚链，但锚链仍然下滑，且速度飞快，木匠报告大副锚链刹不住，大副随即报告船长，船长立即命令弃锚，木匠急忙去打开弃链器，大副令艏甲板所有人员立即就地趴下，锚链尾端在甲板上甩出大半圆弧后从锚链孔飞快滑出。

2. 事故原因分析

抛锚作业可分为普通抛锚法和深水抛锚法。

1) 普通抛锚法的基本要领。当水深不超过 25 m 时，先用锚机将锚送至水面附近后，用刹车刹紧锚链，脱开锚机离合器，抛锚时可利用锚机刹车松链使锚自由落下。首次松链可采用“一节甲板”或“一节落水”，一次松链不宜过多，否则在风流作用下船舶会有较高的漂移速度，船舶漂移惯性大使锚链不易刹住，或将锚拉出海底造成锚抓底不牢。在风强流急的条件下，发现船退速稍高可用车予以缓解。锚链“松松刹刹，刹刹松松”，最后松至预定的链长。锚链松至预定的长度后要注意观察锚链动态，待锚链紧张受力又进而自行松弛(上海

一带的船员称之为“回劲”) ,则表明锚已抓底 ,船已进入锚泊状态。

2) 深水抛锚的基本要领。当水深超过 25 m 时 ,可采用深水抛锚法。深水抛锚法一般分为两种情况:当水深为 25~50 m 时 ,用锚机送链放锚使锚距海底 5~10 m 处后 再改用普通抛锚法缓松刹车抛出 当水深为 50 m 以上时(从理论上讲 ,可抛锚水深以 110 m 为限 ,但对大龄船应有合理的谨慎 ,留有充分的余地) ,一般采用用锚机送链放锚至海底的抛锚方法 ,以免自由落锚因速度过快而出现锚链在链轮上的狂烈抖动 ,或锚机刹车刹不住 ,或因锚高速触底造成锚变形的不良后果。

该船锚的自重 W_a 为 4 t ,在不用锚机刹车刹减出链速度的情况下自由抛锚时 ,在深水中下降的最大速度 ,即锚落底速度可由以下经验公式计算出 :

$$v_a = 4.7 \times W_a \quad (\text{m/ s})$$

得 $v_a = 5.92 \text{ m/ s}$,而锚机链轮制动器在刹紧后 ,应能承受锚链断裂负荷 45 %的静拉力 ,相当于能刹住 5~7. 5 m/ s 锚链下滑的速度。

显然 ,从理论上讲“E”船在深水域自由落锚时应是能够被刹车刹住的。而该船仅仅在试图刹车的很短时间内 ,看到锚链的下滑速度没有明显的下降而放弃努力 ,草率地断定刹不住而选择了弃锚。如果当时再坚持使用刹车继续努力刹紧锚链 ,这样做只要对锚机没有明显的伤害 ,损失的仅仅是一根刹车皮 ,就有可能保住整个一只锚和一根 12 节的锚链。

综上所述 ,这起丢锚事故的主要原因是:船长事先未能很好地了解锚泊水域的水深情况 ,主观臆断 ,在深水中未采用正确的抛锚方法;在出现丢锚的危险局面时 ,对锚机的制动能力判断有误 ,失去保锚的信心而致。

二、因起锚失误而断链丢锚

1. 事故经过

1993 年“W”船在韩国仁川港锚地锚泊。该船船龄 23 年 ,33 000 总吨 ,锚重 $w_a = 6. 3 \text{ t}$,锚链直径 $d = 62 \text{ mm}$ 。

锚泊时右锚 5 节落水 ,水深 29 m ,当时风流皆很小。起锚时 ,大副因工作上的琐事(与起锚无关)与船长在 VHF 中发生争执 ,当时大副的情绪非常急躁 ,在用 VHF 与船长发生争吵时指挥起锚作业 ,没有注意观察锚链方向和判断锚链受力情况 ,用手势示意木匠快速绞锚 ,木匠遂用快挡绞锚 ,当锚链 2 节甲板时 ,锚机负荷明显增大 ,但此时大副的快速绞锚手势并没有改变 ,木匠继续用快挡绞锚 ,这时在船首的一名水手报告看到锚链在锚链筒的上口唇凸部位冒

出火花 ,接着 2 s 后锚链断掉 ,造成右锚连同一节锚链丢失的事故。

2 事故原因分析

1)船舶管理混乱 ,船员工作责任心差。船长和大副作为船舶主要领导人 ,不能以身作则 ,不能以船舶安全大局为重 ,在起锚作业时发生争吵而没能注意锚链受力情况 ,是该船造成断链丢锚的主要原因。不难看出 ,这起事故是由人为因素造成的 ,实质上是该船管理混乱、人员工作责任心差所致。

2)起锚操作上的错误。正确的起锚作业方法应该是:得到起锚命令后 ,大副根据锚链的方向和锚链受力情况 ,指示木匠用适当的速度绞锚 ,并随时将锚链方向和锚链在水中的节数报告船长。虽然锚机有一定的功率及过载保护 ,但绞锚时要逐渐增加锚机功率。如果锚机负担很重或绞不动 ,则不应硬绞。应利用锚链的拉力待船向前移动后再绞 ,尤其是锚链横过船首或船底时应停绞 ,待用车舵将船首拎直后再绞。风强流急的情况下也要运用车舵配合起锚。

锚将离底时 ,锚机的负荷最大 ,应放慢绞锚速度。如绞不动 应用刹车(必要时用制链器)将锚链刹牢 脱开锚机离合器 ,主机慢车(大型船舶慎用 HALF 以上快车)将锚拖动后再绞。

“W” 船的木匠在这起断链丢锚事故中负有不可推卸的责任。虽然在抛起锚作业过程中 ,木匠要听从大副指挥 ,但在该起绞锚过程中 ,木匠明知大副与船长在争吵而没有注意到锚链的受力情况 ,作为木匠当锚机的负荷变大(绞锚速度变慢、锚机声音沉重)时 ,理应慢挡绞锚或停绞 ,并及时报告大副 ,或提醒大副注意 ,木匠没有这样做 ,生搬硬套、教条地按大副的手势进行快挡硬绞 ,终于酿成了这起断链丢锚的事故。

由此可见 ,船员应加强学习 ,不断总结经验 ,吸取教训 ,提高应急应变能力 ,船舶公司应加强管理 ,统一认识 ,提高船员整体综合素质 ,确保船舶安全航行、安全营运 ,减少或避免不必要的损失。

(作者范育军(1963 -) 船长 ,副教授)

案例六：断缆在系泊中的安全隐患

1997 年 8 月 18 日 17:30 时“浙育轮”停靠大连港黑嘴子三区码头装货。该码头东西走向，船从黑嘴子北口门进，掉头后船首朝西左舷靠泊。此前气象预告第 11 号强台风将在浙江台州登陆至 21:30 时台风正式在温岭登陆，移向 WNNW—N。14:00 时台风的中心位置已经到达 37.3N 118.8E，且向偏北方向移动，大连港受其外围影响，风力增强至 6 级以上，直至 16:00 时，风力继续增强，潮水猛涨，离开码头已非常困难。港池里已有较大波浪产生，且船舶有轻微时拢时离左右摇摆的现象，18:30 时船尾左舷一条尾缆突然断裂，经检查缆绳是靠近导缆孔的船体之外那部分断开。船长亲自指挥，马上对断缆绳进行掉头，正准备重新把缆绳带到码头上时，右舷的那条随即也断裂，经过将近 1 个多小时的抢险工作 20:00 时终于把两条缆绳都带到码头，并在导缆孔作了防滑处理。估计损失接近两万元。

一、事故原因分析

1. 台风天气船舶靠泊码头是事故发生的直接原因。台风是有预见性的灾害性天气，它的破坏能力早已是众所周知，现在船上的气象设备都比较先进，有充足的时间离开码头。当然不能仅考虑台风天气，还得考虑其它恶劣的气候和环境，如：洪峰，洪水期，大潮汛，涌浪，湍急的急落水，冲下码头外挡的水流，低潮前后的急流，船尾指向河流的上游等情况，在船舶靠泊期间会对系缆造成巨大的威胁。

2. 船舶在时拢时离且左右摇摆的时候，未及时发现缆绳存在的安全隐患并加以改正，使第一根缆绳断裂。根据“STCW 公约”的要求，船舶在停泊期间应严格遵守有关国际公约，以确保人命、财产、船舶、货物以及港口水域的安全，维护船上的正常工作和秩序。对于第一次的断缆就是由于对台风估计不足，值班驾驶员和值班水手没有严格履行公约的要求，没有及时发现当时缆绳存在的安全隐患并采取相应的措施，比如：缆绳太旧没有调整缆绳或换缆；船舶在摇摆而导缆孔处没有相应的防滑装置或防滑材料，进一步加剧了缆绳的摩擦，从而减少了它的剩余强度，再加之船舶摇摆过程中会产生瞬间受力最大。当缆绳所受张力超过了它的剩余强度时，断缆事故就变的顺理成章了。

3. 第一根缆绳断裂后，外舷缆受力过大导致第二根缆绳断裂。

IMO 指导性文件及有关规章制度中规定 ,船舶各条系缆的受力必须均衡 ,以防止船舶在受到强大的外力作用时不发生缆绳断裂的事故。但是船舶在系泊时 ,要全船的系缆都达到均衡受力是相当困难的。比如:当船头受风时 ,头缆和尾倒缆紧而尾缆和首倒缆松;当船尾受风时 ,反之。还有 ,风流对船舶的影响是不断变化的 ,若从船头或船尾分开以考虑各缆受力情况 ,则各缆的受力也很难达到均衡。因为不管是船头还是船尾 ,大多数船舶的缆绳都是从船首或船尾的左右舷导缆孔引出 ,而并非从同一导缆孔引出。

下面就船舶受风流影响时 ,用风、水动力距来分析第二次的断缆事故。在靠泊期间 ,假设重心在船体中央 ,以重心为支点 ,则风压转船力距 M_R 为

$$M_R = 1/2 \rho C_R [A(v \cos \theta)^2 + B (v \sin \theta)^2]$$

式中: ρ ——空气密度 , 1.226 kg/m^3 ;

A ——水线以上船体正面受风面积 , m^2 ;

B ——水线以上船体侧面受风面积 , m^2 ;

v ——相对风速 , m/s ;

θ ——风舷角 , $(^\circ)$;

C_R ——风压距系数 ,

$$C_R = C \sin^2 (1/2L - \alpha) ;$$

其中: C ——风动压力系数;

α ——风动压力角 , $(^\circ)$;

L ——船长 , m 。

当 $\theta = 0$ 时 ,即风动压力角 $\alpha = 0$,则 $M_R = 0$;

当 $\theta = 180^\circ$ 时 ,即船尾顶风, $\alpha \approx 1/2L$,则 $M_R = 0$;

而当船首尾斜向受风时, M_R 达到最大值。

水压转船力矩 M_w 为

$$M_w = 1/2 \rho C_{mv} v_w^2 L^2 d$$

式中: ρ ——水的密度 , kg/m^3 ;

v_w ——相对流速 , m/s ;

L ——水线处船长 , m ;

d ——吃水 , m ;

C_{mv} ——水动压力矩系数 ,

$$C_{mv} = C_w \sin \beta K_w ;$$

其中: C_w ——水动压力系数;

β —水动压力角, ($^\circ$);

K_w —水动压力角系数。

当漂角 $\beta = 0$ 或 180° 时, $C_w \approx 0$, 则 $M_w = 0$; 当漂角 $\beta = 90^\circ$ 时, $K_w = 0$, 则 $M_w = 0$; 当 $\beta \approx 30^\circ$ 或 150° 时, M_w 达到最大值, 由于船体水线下的形状为前瘦后肥, 当 $\beta > 90$ 时, M_w 会更大。

由此可见, 当时正值东南风, 船尾斜顶风, 从而产生最大的风压转船力矩 M_R 。在其作用下, 船尾向码头外侧转动。船尾外移之后, 潮水正处于高涨时期, 则码头边水流对船体产生水压力转船力矩 M_w 。当船体在这两个力同时作用下, 船尾外移达最大值, 而此时首缆不受力, 首倒缆则拉船首靠向码头。船尾外舷缆偏移量大于内舷缆, 而且一根内舷缆断掉, 还未带上, 因此风压力转船力矩和水压力转船力矩全部由外档缆绳承受, 因此两力矩的和大于外档缆对船舶重心所承受的负荷力矩时, 最终造成外档缆先行断裂的现象。通过以上分析还应注意, 在船舶靠泊期间, 若过度绞紧一切系缆, 虽然可以缓解或阻止船舶旋转, 但由于外力作用在船体上的力矩还没有消失, 同样也存在着受力不均衡现象。

二、采取的措施

1. 改善靠泊期间系缆均衡受力, 按缆的新旧情况适当调整其松紧, 比如新缆宜收紧些, 旧缆则可松弛些;

2. 尽量采用同一材料及相同直径的缆绳;

3. 若由自动缆机系缆, 在强劲的大风或急流中, 不应继续处于自动位置, 应以刹车挽住系缆;

4. 每根系缆可以绞得紧些, 但各缆桩在挽缆时可不必要过分挽牢, 而在受强风或急流影响时应让其先伸长后滑出, 然后加挽几道, 当再次受力时, 则不让它们再度滑出, 以此缓解缆绳松紧不均衡的状态;

5. 减少各根系缆受强力作用而伸长不一的差别;

1) 当船首逆流, 头缆很紧而尾缆很松, 则应适当收紧尾缆, 以使船尾不离开码头从而减少船身前后冲动和左右转动的幅度;

2) 若船首顶流而无横风, 尾缆崩紧而船身紧贴码头, 则可适当放松尾缆;

3) 当船体受到极猛烈的吹开风或冲开流的作用时, 则不要绞缆而要加缆; 当风至 7 级时, 应调整好各缆绳的松紧;

4) 风力增到 10 级或 10 级以上时更不宜松缆 , 因为此时松缆易造成缆绳绷断并引起断缆连锁反应 , 即使松缆也宜减少挽缆道数 , 并让其慢慢滑出 ;

5) 当船身吹离码头较远时 , 只宜维持现状或加缆 , 酌情抛下里舷的锚或请拖轮协助。

三、结束语

国际安全组织通过大量的调查统计结果表明:80 %以上的安全事故是由于人为因素所造成的。如果船员平时重视安全问题 , 正常情况下一切按规程操作 , 在紧急情况下处理措施得当 , 系泊中的断缆事故是可以避免的。

(作者陈荣国(1975 - 浙江交通职业技术学院))

案例七：舵机引起的意外事故

舵机 (Steering gear) 失灵而引起的意外事件并不常见，但七月十八日豪华游轮“皇冠公主”号 (Crown Princess) 发生的意外，令编者感到这个问题有提出来做“案件研讨” (case study) 的必要。一般来说舵机出事的原因有三：一是人为错误，二是零件疲劳而失效或损坏，三为设计错误。

人为错误

“皇冠公主”号豪华新客轮上月十八日开航后在离开港口十二海哩处突然发生右倾 (listing to starboard)，导致多名乘客受伤，船上设备损坏和船期延搁。

船公司对事发原因先说是舵机不灵 (Steering gear locked)，后来又改为舵机出事时已上“自动操舵” (steering gear on Auto pilot) 和出事原因是 Junior officer 处理不妥所致和当时船长并不在驾台等等。

真正出事原因有关当局正在调查中。但据佛州某报纸刊登来自船公司内幕消息云：

“出事前船是在自动舵控制下，但当值班的 Junior officer 看到 Auto pilot 上之指针已自动转到右边，而想把它修改回正中 (midship)，在没有充足思考之下就把自动舵关掉改用手操舵，本来想把舵左转回 midship，但忙中错把舵转向右，跟着船就来一个急右转和造成大右倾”。

据一位出事时正在 top deck 游泳池内游泳的乘客说：“船右倾的动力把他从游泳池中像一条鱼似的给倒出池外”。

能把这么庞然大船上游泳池中的水全部倒光，恐怕非有 30 度以上的右倾测不可。

Junior officer 在遇到 Auto pilot 运作有不正常时应该马上通知船长，而不该擅自处理。船东 Princess Lines 本为英国有名的铁行 (P & O Lines) 子公司，平时对船员训练非常严格，这次竟因一位 Junior officer 的人为错误，竟连累到公司名誉受到极大的损失。

零件损坏

某年台湾某海运公司旗下的散庄船在美国西岸波特兰 (Portland, Oregon) 港装好三万吨散庄小麦后开回台湾途中在哥伦比亚河河道因舵机失灵而搁浅，导致船底 (Fore peak tank, No.1 cargo hold tank top and bottom platings) 破穿和第一货舱进水部份货物受损。

接着船就回航到 Portland 港，卸出第一货舱内没有给水浸湿的货，跟着卸出第四货舱部份的货去平衡船的前后吃水 (to achieve an even keel draft for dry docking) 以便进船厂修理。修理后再把卸出的货装回第一和第四货舱。因为散庄小麦是危险货物，装卸都受到编者和原工作单位 NCB 的监管。

事后调查发现舵机中一个芯片烧掉而失去控制。出事时船刚在一个弯曲狭

窄河道处，引水员叫 “Port 15”，舵工手答 “Port 15, sir”，船就慢慢的向左转，过了几分钟引水员又叫 “Midship”，舵手答 “Midship, sir” 接着把舵向右回转，就在这个时候发现舵机失灵舵不能回到 midship 位置，船也就顺着 15 度的左舵朝河岸撞上。虽然船长下令马上叫车转驳到第二舵机，停主机和抛出双锚等一连串的紧急措施，但因离开岸过仅有二公里，所有措施都无效，只能眼睁睁的看着船撞到岸上，那是一种多么非常难受的心情。

这是一件不可控制的局面，但我们从此可以学到要做好舵机的维修。开船后在河道航行时大副和水头一定要在船首锚机处 standby，二只锚也要做到可随时 let go 的状态以防万一。

某年冬天编者负责将一艘载重三千吨的新船从香港送到印度尼西亚之椰加达港因这是 Delivery voyage 所以船员只有九人，计为编者，大副，报务员，轮机长，大管轮，二名 GP 船员 (general purpose)，和船东派来之印度尼西亚籍船长和轮机长。

从香港开船后正赶上强烈东北风，因船小又是空船所以摇摆的特别厉害，二位印度尼西亚船员不适应这种天气从开船后也就没有下过床一直躺到椰加达。

到印度尼西亚的前几天要经过一郡小岛和弯曲航道所以用手操舵的时候特多。一天晚上正在穿过某些小岛时舵机突然被卡住，船跟着在打圈幸运的是航道宽，就马上下命停车检查，发现舵机从驾台到船尾舵机的连接链子在救生艇座架下被卡住。

因这是一条小船所以舵机也就比较简单，驾驶台操舵控制装置上的链子 (chain) 从驾驶台后经 boat deck 穿过二边救生艇座架的洞眼，然后下走到 poop deck，再穿过甲板到舵机房。船厂在设计时显然没有留意到每边的链子都要用 joining shackle 连结起来，这个 joining shackle 的直径一般会比链子的直径来的粗大。而救生艇座架下之洞眼仅够链子通过，所以在用到 Port 30 度时 joining shackle 在通过这个洞眼就被卡住。

虽然这是一件设计错误引起的意外，但它并没有带来或引起任何损失。

船舶设计的错误经常会有。虽然这不是我们航海专业同学们可以控制之事，但我们可以从此得到警惕，每逢上一条新船就要好好的验收自己范围内的工作环境以免出事。

(注.部分材料来源其它航海类院校，无任何商业用途，以此为谢)