

中国造船工程学会人才与教育学术委员会
教材建设学组 推荐

船舶工人培训丛书

CHUANBO GONGREN PEIXUN CONGSHU

船舶修造安全基础知识

编写组 编

船舶工业教材编审室 审



哈尔滨工程大学出版社

船舶修造安全基础知识

编写组 编

哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书以船舶修造中的安全问题为主线,介绍了船舶修造过程中的安全技术,并介绍了国家相关的安全生产法规。主要内容包括:船舶工业生产特点;船舶修造中的安全技术;我国安全生产的一些法规等。

本书理论联系实际,重点突出,对修造船安全生产具有实用性与可操作性,可供船舶修造行业安全技术人员和从事修造船的工人使用,同时也可作为高职院校安全工程专业的教师和学员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

船舶修造安全基础知识/《船舶修造安全基础知识》
编写组编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2007.5
ISBN 978 - 7 - 81073 - 350 - 2

I . 船… II . 船… III . ①船舶修理 - 安全技术②造船 - 安全技术 IV . U673.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 066413 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451 - 82519328
传 真 0451 - 82519699
经 销 新华书店
印 刷 肇东粮食印刷厂
开 本 850mm × 1 168mm 1/32
印 张 6.75
字 数 175 千字
版 次 2007 年 6 月第 1 版
印 次 2007 年 6 月第 1 次印刷
印 数 1—2 000 册
定 价 9.00 元
<http://press.hrbeu.edu.cn>
E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

编 者 的 话

随着我国船舶工业的发展,从事修造船工作的人员不断增多。然而,近年来安全生产事故频发,不仅影响了生产经营的发展和社会稳定,而且也给企业及相关人员造成重大经济损失和生命安全。为此,我们编写了这本《船舶修造安全基础知识》,以帮助广大从事船舶生产和管理的人员了解与学习安全生产技术,实现安全生产。

本教材理论联系实际,重点突出,具有实用性和可操作性,可供船舶建造行业安全技术人员和从事修造船的工人使用,同时也可作为高职院校安全工程专业的教师和学员的参考教材。

由于编者水平有限,难免有不妥和错误之处,恳请广大读者批评指正。

编写组

2007年4月

目 录

第一章 船舶工业生产的特点	1
第一节 产品的大型化	1
第二节 生产过程复杂	5
第三节 生产环境差,危险性大	8
第二章 安全技术	10
第一节 高空作业安全技术	10
第二节 船舶除锈涂装安全技术	23
第三节 防火防爆安全技术	37
第四节 船舶电气安全技术	56
第五节 焊接与切割安全技术	68
第六节 起重机械安全技术	87
第七节 锅炉与压力容器安全技术	132
第八节 船舶下水安全技术	145
第九节 船舶合拢安全技术	162
第三章 我国安全生产法的立法必要性	170
附录一 中华人民共和国安全生产法	181
附录二 国务院关于进一步加强安全生产工作的决定	200

第一章 船舶工业生产的特点

第一节 产品的大型化

船是水路的主要运输工具,船的起源国尚无定论。早在公元前 6 000 年,人类已开始在水上活动。世界上最早的船可能就是一根木头,人们试着骑在水中漂浮的较大的木头上,从而想到了造船。

中国是世界上最早制造出独木舟的国家之一,并利用独木舟和桨渡海。独木舟就是把原木凿空,人坐在上面的最简单的船,是由筏演变而来的。虽然这种进化过程极其缓慢,但在船舶技术发展史上,却迈出了重要的一步。独木舟需要较先进的生产工具,依据一定的工艺过程来制造,制造技术比筏要难得多,且也比筏先进得多,它已经具备了船的雏形。在中国,商代已造出有舱的木板船,汉代的造船技术更为进步,船上除桨外,还有锚、舵。唐代,李皋发明了利用车轮代替橹、桨划行的车船。宋代,船普遍使用罗盘针(指南针),并有了避免触礁沉没的隔水舱,同时,还出现了 10 桅 10 帆的大型船舶。15 世纪,中国的帆船已成为世界上最大、最牢固、适航性最优越的船舶。中国古代航海造船技术的进步,在国际上处于领先地位。18 世纪,欧洲出现了蒸汽船。19 世纪初,欧洲又出现了铁船。19 世纪中叶,船开始向大型化、现代化发展。

一、航海技术的现状与发展趋势

科学技术的突飞猛进使现代航海技术得到迅猛发展。随着世界经济的快速增长以及全球经济一体化进程的加速,海上贸易也

随着快速增长。据统计,超过 90% 的国际贸易货物是通过海上运输来完成的。海运量的快速增长导致船舶向大型化、专业化、快速化、自动化发展。同时,由于海上交通日益繁忙,海上安全、财产和海洋环境必将受到影响。为了安全、高效地进行海上贸易,人们通过各种手段发展了一系列保证海上安全的硬件和软件,使航海技术得到快速发展。

1. 船舶的高速化

时间就是效益,缩短航行时间即能提高经济效益。目前小型船舶的高速化已得到很好应用,如主要运行在沿岸港口和近海的小型集装箱船舶速度可达 40 kn 以上,担负起集装箱运进运出枢纽港的重任,解决了大型集装箱船因吃水、货量等的局限性。近年来,为了提高大型船舶的快速性,人们研制开发了双体船、多体船、气垫船、水翼船等,使船速大为提高。目前军用气垫船的排水量已达到万吨级,船速超过 50 kn。除了在船体设计上不断努力外,人们也在不断改进船舶的推进技术。目前大型集装箱船舶的速度在 25 kn~30 kn 之间。为了与航空运输相抗衡,集装箱船的航速必将成倍增加。要维持甚至超过这一速度,目前主要通过加大主机功率,另装助推装置,采用双桨等来得到。目前世界上最大的船舶推进装置其主机功率为 68 490 kW, 12 缸,转速为 10^4 r/min; 该推进装置长 26 m, 高 15 m, 质量为 2 095 t, 所配的螺旋桨直径 9 m, 质量为 100 t。为了减少船体的自重,提高强度和速度,人们将不断研制和开发能取代钢铁的质量轻、耐负荷、高强度的新型材料。随着纳米技术的应用,船体质量必将大大减轻,同时目前的石油燃料也将被新的能源所代替。最近日本正在进行对列桨的应用试验,这种对列桨比常规螺旋桨其推进效率不但提高了近 60%,而且还减少了船舶震动。

2. 船舶的专业化

传统意义上的客船、货船等已随航海技术的迅猛发展,国际经济贸易的快速增长,船舶种类已形成了游船、集装箱船、滚装船、客

滚船、散货船、矿砂船、工程船、油船、液化气体船等专业化特种船舶,产生了许多专业船舶公司。随着商品的技术含量的不断提高,技术含量高的航运方式和专业化船舶必将取得较大的市场份额。近年来集装箱运输发展迅猛,得益于集装箱运输适合多式联运和现代物流的要求。随着世界经济贸易的快速增长以及对海洋的开发和利用的日益频繁,船舶种类还将不断增多,专业化程度将进一步提高。

3. 船舶的自动化

近年来以计算机技术和通信技术为核心的信息技术在航海领域得到广泛运用。船舶自动化已从 20 世纪 60 年代的机舱控制室及 20 世纪 70 年代的无人机舱发展到目前的船舶智能化和综合化时代。随着电子技术和通信技术的迅猛发展,人们在 20 世纪 80 年代提出了驾通合一、机电合一、驾机合一的设想以节省劳动力,并被国际海事组织(IMO)所采纳。目前,驾通合一、机电合一已逐步实现,驾机合一也将实现。近年来各主要航海国家正着力研究和开发全智能化船——高信赖度智能化船。高信赖度智能化船主要由综合航行管理系统、最适航路计划系统、自动靠离泊系统、气象海况状态监视系统、装卸系统及船体状态监视/姿势控制系统等组成,这些系统目前正在模拟实验或实船实验之中。相信在不久的将来,船舶将可实现全智能化管理。

4. 通信导航技术的智能化

随着电子技术、信息技术的迅猛发展,通信导航技术也得到快速发展。传统的通信导航技术被现代化的向智能化发展的技术所代替,新的通信导航仪器不断出现,为保障海上安全做出了巨大贡献。目前传统的利用莫尔氏的无线电通信技术已被全球海上遇险与安全系统(GMDSS)所替代,人们告别了莫尔氏码,方便地用声音、图文传真和电子邮件等方式交换信息。全球卫星定位系统(GPS)的使用逐步淘汰了 DF, LORAN, DECCA 等无线电导航仪器。由雷达、ARPA 发展起来的船舶自动识别系统(AIS)将大面积投入

使用。AIS 不仅实现了船舶自动识别功能,还能实现导航、监视、控制、状态报告等功能。电子海图显示与信息系统(ECDIS)的使用,使传统的航海图书资料发生了彻底的变革,它能为航行计划、航线检测、航行期间对航道的监测、航行记录、ECDIS 与 ARPA 及气象图等匹配提供更多更新更准确的信息。此外航行数据记录仪(VDR)在船舶上的普遍安装,使传统的航海日志、车钟记录簿、纸海图和航向记录等各种分散和手工记录的方式由 VDR 所代替,一旦发生海损事故,VDR 能回放再现事故前后实时记录下的车、舵、航向、航行轨迹和驾驶台通话等情况,为查明事故原因,总结事故教训提供有力的证据。GMDSS, GPS, ECDIS, AIS, VDR 等仪器设备在船舶上的普遍使用为船舶自动航行和驾驶综合化、智能化奠定了基础,为实现单人驾驶船舶(OMOB)创造了条件。

二、船舶的大型化

随着世界航运业的蓬勃发展和世界造船技术的不断提高,大型、超大型船舶相继问世。加入 WTO 后,中国国内对外贸易的不断发展,船舶向大型化和专业化发展的趋势越来越明显。随着造船技术和造船规模的不断扩大,中国骨干船厂承接的大型船舶船型和数量越来越多,几十万吨的大型船舶一个船型就建几十艘。中国船舶工业国际化、大型化、批量化特点更加明显,缩短了周期,降低了造价,进一步增强了国际竞争力。

规模经济促进了船舶的大型化。从提高经济效益、降低货物的运输成本出发,船舶大型化的特点尤为明显。据测算,在亚太地区,容量为 725TEU 的集装箱船每个 TEU 列位成本约 19000 美元;容量为 3500TEU 的集装箱船每个 TEU 列位成本约为 11000 美元;容量为 6400TEU 的集装箱船每个 TEU 列位成本则为 10000 美元左右;可以想象,更大的集装箱船每个 TEU 的列位成本将在 10000 美元以下。货物单位运输费用的减少,规模效益的增大,促使船舶向大型化发展,其中油轮、集装箱船、散装船、豪华游轮等船舶更为耀

眼。

我国已具备大力发展船舶工业的有利条件,完全有希望、有能力在 2015 年成为世界第一造船大国。据中国船舶工业行业协会有关负责人介绍,我国拥有 300 多万平方公里的蓝色国土,有 1400 多个港口和 21 万艘运输船舶,外贸进出口 90% 的物资由海运承担。随着我国经济的高速发展,国内外市场不断扩大,国际贸易、海洋运输对船舶的需求持续增加。未来 10 ~ 15 年,世界船舶市场年均需求为 5000 万载重吨,大大高于上个世纪 90 年代年均 3700 万载重吨。国内市场需求也将年均达到 700 万载重吨左右,造船业还有一段较长时间的繁荣期。

在船舶大型化日益高涨的今天,业界不少人提出:究竟多大型号的集装箱船对于企业最为合适,是船东必须认真研究的问题。也许,德国劳氏船级社董事会成员 Hermann Klenin 博士的观点更有参考价值,未来集装箱船舶的体积将不应受到技术水平的制约,决定船舶尺寸的关键应该首先从经济的角度出发。

第二节 生产过程复杂

船舶制造系统是大量的人力与大量的机器设备共同工作的系统。对于船舶,有人把它比喻为“海上流动的建筑物”。船舶产品的单价高、工程量大、制造周期长。一艘 7.4 万吨级巴拿马型散货船在国内建造约需要 100 万个工时;单船建造周期一艘 7.4 万吨级散货船从签约到交船大约需 20 ~ 35 个月,从开工到交船也需 10 ~ 15 个月。造船厂的任务是用钢材和其他材料制造船体、附属船体的钢舫装件,如桅、舵、舱盖、门、窗、栏杆、各种船梯以及各类机座。此外,还要进行全船的油漆和舱室的内装(包括家具的制作和安装)、绝缘工作。

船舶建造是一个复杂的系统过程。将设计好的船舶经过一系

列工序制造出来的过程称之为造船工艺。船舶是由钢材和其他材料构成的船体结构,以及其中的动力装置、电气装置、各种船舶设备和系统、各种航海仪器仪表所组成。把钢材及其他材料经过加工、装配、焊接成船体,并把各项机械、设备、仪表安装到船体的指定部位的过程,就是造船工艺。船舶制造工艺流程如图 1-1 所示。

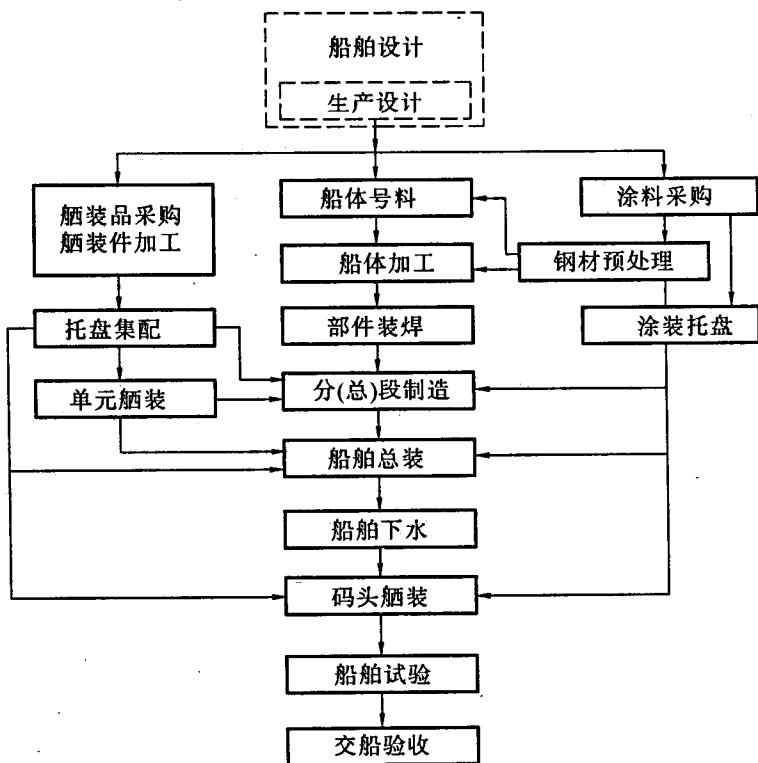


图 1-1 船舶制造工艺流程图

造船工艺过去一般分为船体建造工艺和舾装工艺两大类。20

世纪 70 年代以来,由于船舶大型化导致涂装工程量大大增加,质量要求不断提高,涂装技术得到迅速发展,从而促使涂装作业从舾装作业中分离出来,形成独立的涂装生产作业系统。同时也把造船工艺分为船体建造、舾装和涂装三种不同类型的制造过程。

船体建造就是加工制作船体构件,再将它们组装焊接成中间产品(部件、分段、总段),然后吊运至船台上总装成船体的工艺过程。船体用材料多为钢材,其作业内容一般包括船体号料、船体构件加工、中间产品制造和船台总装等。

船舶舾装作业是将主船体和上层建筑以外的机电装置、营运设备、生活设施、各种属具和舱室等安装到船上的过程。它不仅使用钢材,还使用铝、铜等有色金属及其合金,使用木材、工程塑料、水泥、陶瓷、橡胶和玻璃等多种非金属材料。舾装作业涉及装配工、焊工、木工、铜工、钳工、电工等多达十多个工种。船舶舾装按专业内容可分为机械舾装、电气舾装、管系舾装、船体铁舾装、木作等;按舾装作业阶段可分为舾装制作及采买、舾装托盘、分段舾装、总段舾装、船内舾装等;按区域舾装法可分为机舱舾装、甲板舾装、住舱舾装和电器舾装等。

船舶涂装作业是在船体内外表面和舾装件上,按照技术要求进行除锈和涂敷各种涂料的工艺过程。涂装可使金属表面与腐蚀介质隔开,达到防腐蚀的目的。按作业顺序一般包括钢材预处理、分段涂装、总段涂装、船台涂装和码头涂装等几个阶段。

一件完整的最终产品船舶的输出是通过原材料和零部件经过如图 1-1 中所示的逐步加工,并与多类功能型设备或单元分区域和阶段相互整合等一系列过程来完成的。在这个过程中除了要消耗大量的物化成本外,还要消耗大量的人力。

所以我们说造船是生产密集、交叉作业的一体化产业,是多工种、多方位、多人员的合成作业,人流和物流量非常大,是一个复杂的生产过程。因此,做好安全工作是造好船的根本保证。

第三节 生产环境差,危险性大

一直以来,船舶工业就是大工业的代表,劳动密集程度很大,“出大力、流大汗、造大船”是中国造船工人的豪言壮语,电焊工人在高大的船体上焊出朵朵焊花也是经常被镜头捕捉的典型的船厂生产场面。然而,这豪言壮语和壮观场景的背后恰恰体现出船舶工业的艰苦和落后。

过去的造船就像做衣服一样,要绘图、放样、裁剪。厂里曾有一个像篮球场一样大的样台,工人在样台上将钢板要做的样一块块放出来。一艘万吨船,除了钢板,还有上万根各种各样的管子,全靠工人现场取样制作。每根管子从取样到安装,要从十层楼高的船上到车间上下多个来回才能完成。当年,沿着黄浦江从南浦大桥到杨浦大桥,你可以看见成片黑灰色的造船工地和简陋的车间。某造船厂喷漆工人的健康状况调查结果,作业场所“三苯”样品的最大浓度为:苯 690 mg/m^3 ,甲苯 $13\,000 \text{ mg/m}^3$ 、二甲苯 $24\,490 \text{ mg/m}^3$,最大超标倍数分别为 16.3 倍,129 倍和 263.9 倍,通过对喷漆工人的健康检查结果,白细胞数低于正常值的为 34.6%,血小板数低于正常值率为 27.1%,这结果表明,该厂的“三苯”作业危害严重。调查证实电镀业职业性皮肤病对人体的危害主要是黏膜方面,鼻黏膜糜烂、炎症及穿孔,嗅觉减退或丧失平均占总人数的 59.9%,明显高于正常的皮肤损害的发生率。随着生产技术的现代化发展,成批生产的程序增多的情况下使空间铬雾浓度增大,对人的损害程度和方式也发生了改变,这种现象值得有关方面注意和研究。

造船工人工作空间小,空气质量差,工作时间长,走在加工车间,噪音高,时不时的焊渣飞溅,各种混杂的气味,有些工人甚至连续在狭小局促的空间里工作 12 h 以上,小空间的空气流通差,这些空气有时会使工人头疼恶心,甚至呕吐。由于造船工业的特殊,

还会导致尘肺病,轻者有头痛、头晕、恶心、呕吐等症状,重者会出现中枢神经系统症状的急性苯中毒,铅中毒,苯的氨基及硝基化合物中毒等症状。电焊对作业工人呼吸系统、神经系统、生殖系统、皮肤和眼睛、肾功能、遗传等均有影响。电焊烟尘在呼吸道的沉积可引起免疫力降低、肺功能下降和金属烟雾热;电焊工可出现亚临床神经系统损害,这些损害与电焊烟尘中的铝、锰、铅、镉等有关,并且这些因素之间可能存在交互作用;电焊作业时的紫外线和红外线可引起角膜和晶体损伤;电焊工的肾损害可能与镉有关;电焊作业可影响电工的精液质量。卫生防疫站检测了某造船厂喷漆作业车间空气中苯、甲苯和二甲苯的浓度,并对 132 名喷漆作业工人和 119 名其他行业的工人进行了血液 WBC 和 PCT 的检验和临床表现调查。结果喷漆车间空气中甲苯、二甲苯超标率达 100%;苯超标率达 75%。接触组工人出现自觉症状例数与对照组比较,差异非常显著;白细胞和血小板下降的例数也明显高于对照组。噪声对造船工人的听力的损害作用明显,但进展缓慢,早期只限于高频段,无自觉听力障碍,不易被工人所意识到,待语频段听阈位移达到一定程度时,患者开始出现语言听力困难,此时多已超出了机体的代偿能力,导致不可逆转的听力损伤。调查发现强度越大,听损检出率越高,听损出现也早(最短的仅为半年)。噪声对作业工人神经系统的损害,主要以耳鸣、头晕等神经症状为主,这些症状严重影响了工作效率和工作能力,也容易导致工伤事故的发生。

随着科学技术的发展,人类生产已进入电子时代和信息时代,劳动保护内容也更加广泛。但修造船行业仍是生产密集、交叉作业于一体的生产产业。多工种、多方位、多人员的生产,使安全问题尤为突出,如高空作业、气焊气割、焊接等工种,在工具的使用过程中,在工艺的实施过程中,在劳动的组织管理中,都会对人员造成不同程度的伤害,使工人的健康乃至生命受到损伤。因此,必须进一步改善劳动条件,采取各种措施,形成一定的安全管理规范,避免不必要的损失。

第二章 安全技术

第一节 高空作业安全技术

船体建造要经过钢板处理→平面分段组装→立体分段组立→船台(船坞)合拢几个阶段。在船体建造进入立体分段组立后,高处作业一直伴随着施工人员。当前,我国建造的 30 万吨油轮的型深为 33 m,从船底到上层建筑的最高点约 50 m 左右,随着造船周期的缩短和建造的船舶越来越大,高处作业给施工者带来的困难和危险也越来越大,高处坠落事故频率甚高。近几年来,我国两大船舶公司(集团)的高坠事故一直占据死亡事故的首位,而且居高不下。因此要研究掌握船体建造过程中的施工规律,采取一定的防范措施,避免和减少伤亡事故或减轻受害者的伤害程度。

一、高处作业分级标准

1983 年国家劳动人事部颁发了《高处作业分级》(GB3608 - 83)标准。这是一个为施工人员在高处作业时提供的一个基础标准,也是采取劳动安全防护措施和加强劳动安全科学管理的依据。各单位可按此标准,结合本单位自身的生产特点制定出相应的安全技术规程等。

(一)高处作业的定义

1. 什么是高处作业

凡是在坠落高度基准面 2 m 及其以上有可能坠落的高度进行的作业,均称为高处作业。

“高处作业”与“高空作业”是两个不同的概念。高处作业指的

是在建筑、造船、设备、作业场地,工具设施等高部位作业,也包括作业时的上下攀登过程。以往把登(坐、骑等)在建筑物及脚手架、铁塔、电杆、井架等各类登高工具、设施上的作业统统称为“登高作业”,这是不确切的。因为“登高”一般指高而又无支撑之物的空间,其高度范围很广,所以“高处作业”与“高空作业”要区分开来。

2. 坠落高度基准面

通过最低坠落着落点的水平面为坠落高度基准面。

从大量坠落事故来看,坠落着落点不一定都在水平面内,有时是沟、洞或斜坡中的某一低部位。从这个意义上讲,当坠落在某一水平面上时,此水平面就是基准面。

3. 最低坠落着落点

在作业位置可能坠落到的最低点称为该作业位置的最低坠落点。

确定高处作业时,须先确定坠落高度基准面。要确定坠落高度基准面,又必须先确定最低坠落着落点,坠落着落点的位置又与其可能坠落范围的半径 R 有关(以作业位置为圆心, R 为半径,所做的圆就是可能坠落范围)。半径 R 的大小与作业位置到底部的垂直距离有关,也与坠落时的状态有关,因此作如下规定,其可能坠落范围半径 R ,根据高度 H (作业位置到底部的垂直距离)不同分别是:高度 H 为 2 m 至 5 m 时,半径 R 为 2 m;高度 H 为 5 m 以上到 15 m 时,半径 R 为 3 m;高度 H 为 15 m 以上至 30 m 时,半径 R 为 4 m;高度 H 为 30 m 以上时,半径 R 为 5 m。

4. 高处作业高度

施工区各作业位置到相应坠落高度基准面之间的垂直距离中的最大值就是该施工区的高处作业高度。

(二) 高处作业等级

高处作业划分等级,主要考虑作业高度和作业条件这两个因素,既考虑坠落的危险程度,又考虑高处作业的危险性质,将可能坠落的危险程度用级别来表示,将高处作业危险性质用类别表示。

1. 高处作业的级别

给高处作业进行分级,是从以下几个方面考虑的。

(1)在其他条件相同的情况下,高度越高坠落者受伤害程度越重。

从力学观点分析,人体在高处坠落过程中,始终受到重力影响,其坠落到着落点时的速度随着坠落高度的增加而增大,这证明了高度是危险性的一个重要指标。

(2)高度的影响还在于风速增大,可能会增加一些产生事故的因素,风速一般随高度增大。

(3)高处作业的级别

作业高度在 2~5 m 时,为一级高处作业;

作业高度在 5~15 m 时,为二级高处作业;

作业高度在 15~30 m 时,为三级高处作业;

作业高度在 30 m 以上时,为特级高处作业。

为什么说船体建造过程中的高处作业危险性大,主要指的是两个方面,一是出事故的可能性;二是伤害的严重性。从船台(船坞)合拢开始基本上就进入了三级或特级的高处作业区域,特别是施工中经常遇到一些较难的技术操作问题或是安全设施有缺陷,很容易造成高处坠落事故。

2. 高处作业的种类

高处作业的种类根据作业条件的特殊性质和恶劣性质将它划分为一般高处作业和特殊高处作业两种。

特殊高处作业包括以下类别。

(1)强风高处作业

在阵风风力六级(风速 0.8 m/s)以上的情况下进行的高处作业。

一般称六级以上的风为强风。在陆地上,六级风能使大树枝摇摆,电线呼呼有声,举伞困难;在海面上可以引起大浪。在这种情况下的高处作业是危险的。