

大型船舶船坞阶段合拢的脚手设计研究

张 凯

惠生清洁能源科技集团股份有限公司 江苏 南通 226000

摘 要：本论文旨在研究大型船舶船坞阶段合拢的脚手设计问题。在大型船舶实际搭载过程中，受限于坞期问题，脚手架搭拆也一定程度上影响着坞内船舶建造效率。本文首先介绍了船坞环境下大型船舶的建造特点，然后从分段搭载、总段搭载、合拢缝的施工、坞内机具和场地情况等方面进行了详细分析，并结合实际工况，对各种脚手架的设计方法和现场搭拆情况的优缺点进行了探讨。最后，提出了一些改进和优化建议，旨在提高大型船舶在船坞阶段脚手架搭设合理性进行探讨。

关键词：大型船舶；船坞建造；合拢；脚手架；搭载。

引言

大型船舶的脚手设计越来越受到船厂的重视，在船坞内进行搭载，很多船厂越来越重视建造坞期，能在船坞内快速的合拢，尽可能的缩短坞期，脚手架这种辅助施工的作业平台越来越重要。

本文旨在从船坞环境、搭载效率、快速施工、吊装参数等方面对大型船舶的脚手设计工作进行深入研究和探讨，为提高施工安全和效率提供一定的理论和实践指导。



图1 船厂大型FLNG坞内合拢

1 船坞内大型船舶合拢特点

船坞环境下大型船舶合拢是指将大型船舶总段（或分段）利用吊机吊入船坞内，通过吊装设备进行合拢作业，总段（分段）搭载后开始焊接及舾装等工作。其特点主要包括以下几点：

（1）大型船舶：这些船舶通常长度超过 250米，重量超过 8万吨，坞内搭载时需要搭设大量的脚手架。

（2）作业高度高：大型船舶由于主尺度比较大，坞内合拢时很多合拢缝高度在20米以上，产生很多高空作业。

（3）紧张的坞期：大型船舶建造周期长，交付压力

大，坞期紧张，如何缩短建造坞期非常关键。

（4）安全性要求高：船坞环境下的高空搭载作业非常危险，一旦出现意外情况，造成人员伤亡，对建造方和业主方都是很大的损失。

（5）需要专业的团队：大型船舶在船坞阶段需要搭设大量的脚手架，需要专业的脚手设计人员提前进行策划，现场脚手施工人员按照脚手策划进行合理搭设。

总之，船坞环境下大型船舶的脚手设计工作，需要进行严密的设计和策划，确保在坞内合拢阶段合理的搭设。

2 脚手策划

脚手架策划成为船舶建造前期最重要的工作之一，特别是大型船舶对脚手架设计工作要求越来越高，脚手策划做的好可以节省大量脚手费用和缩短船舶建造周期。脚手策划要参考以下几点内容：

（1）船舶主尺度：大型船舶的主尺度都比较大，因此搭设的脚手物量也比较大，比如惠生清能制造的一艘 FLNG项目，全长350米，型宽60米，型深35米。

（2）分段/总段划分：大型船舶的分段、总段划分数量及形式对脚手架的影响非常大，比如有些合拢缝会在平台的位置，这样的合拢缝就不用搭设脚手架；有些公司有很大的吊机起重能力，就可以做大型总段，总组阶段的舾装完整性高，到了坞内搭载阶段脚手搭设量就比较少，缩短了坞内建造周期。

（3）总布置图：脚手策划期间要重点参考船舶总布置图，根据总布置图中的重点区域重点舱室进行专门的脚手策划，如艏艉部的机械舱室，在合拢阶段会搭设大量的脚手架，要策划如何搭设，是否有高效节省的搭设办法，比如悬挂架等；如大的空舱，压载舱，里面需要施工，要搭设大量脚手架，为了减少脚手物量就要提前

策划一些特殊的工装脚手架。

(4) 厂内机具：随着造船技术的发展，现在越来越多的船厂开始考虑使用一些机具来替代脚手架，如果挂笼、舷边小车、高空车、升降车等，这些机具设备使用灵活，解决高空的施工作业非常方便。

(5) 建造方案：大型船舶在建造前期需要编制建造方案，这是我们做脚手策划时非常重要的依据，其方案中会详细的描述船舶如何建造，如在坞内的摆放位置，分段、总段的搭载顺序，舾装件、管系的安装顺序等等，都直接影响脚手架如何搭设。

根据以上项目建造的信息，就可以做全船的脚手策划工作，重点就是船坞阶段的脚手搭设工作，如船舶合拢外板的脚手布置类型、一些典型舱室的脚手搭设方式等，所有的策划方案需在全船脚手布置图中体现出来。

3 脚手设计

脚手策划工作结束后，需要深入的做脚手设计工作，即把策划方案中的脚手细化到具体分段和总段中：

(1) 分段阶段：根据整体脚手策划方案，把脚手的细节反映到具体的分段上，如每个搭设方法是根据整体的策划方案转化而来，整体策划方案中涉及到要安装的脚手零件要在分段阶段提前安装上去，要统计分段阶段安装的总量、分段数量等等。

(2) 总段阶段：总段阶段是船舶建造非常重要的一个环节，现代造船对大型船舶都会划分总段，总段越大越好，根据整体脚手策划方案，同样要涉及到总段阶段的脚手搭设方法，有些搭设方案必须要在总段阶段搭设，且需要保留上船，因此总段阶段要出专门的脚手搭设图。

(3) 搭载阶段：大型船舶的搭载一般都是在船坞内进行，船坞资源紧张，坞期非常重要，脚手架作为一个辅助工种，能否及时搭设直接决定了各专业的施工效率。在坞内搭载会形成很多高位的作业区域，特别是艏艉外板区域，如果不考虑合理的脚手搭设方法，会造成大量的脚手架工作，浪费人力和物力，因此会对船坞阶段船舶特殊的区域进行脚手方案策划。

(4) 出图：脚手总体方案确定后，需要进行脚手架出图，主要是有脚手零件制作图、分段脚手搭设图、总段脚手搭设图、合拢典型区域脚手搭设图等。

4 特殊脚手架的计算

在脚手架的策划过程中需要设计一些特殊的脚手架来满足现场的使用，特别是大型船舶建造的过程中，一些高位区域，比如船舶外板、压载舱、空舱等区域。特殊脚手架部件主要有如下类型。

(1) 工装眼板：主要是焊接在船体结构上的零件，

用来连接脚手架的支撑部件，一般这种连接方式为打孔安装螺栓。

(3) 工装支撑杆：和上述工装眼板用螺栓连接，组成脚手平台的主要支撑件，多个支撑件上面搭设脚手板就可成为脚手平台。

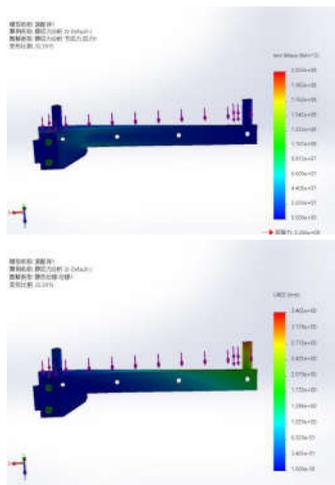
(3) 工装平台：主要是用钢结构做成的单元式施工平台，可以取代脚手架，整体式的平台，不用现场组装。

(4) 工装吊环：类似于工装眼板的一种环形结构，可以安装在舱室的反顶，和挂钩一块使用，可以搭设下挂的脚手平台。

(5) 工装挂钩：一种下挂的钩子，和工装吊环配套使用，在钩子上铺设脚手管，然后多个挂钩组装成脚手平台。

根据以上不同的工装脚手类型，组成不同的脚手平台，但是对于任何一种工装类型都需做受力分析，受力分析的前提是其组成的脚手平台每平方米受力200KG以上，此均布载荷分散到每个工装零件的受力乘以3倍以上的系数，计算其屈服强度和挠度是否满足规范要求。

典型工装件受力分析示意：



5 脚手架建模出图

随着造船数字化的发展，在造船行业使用的数字化软件越来越多，脚手架同样需要利用一些数字化软件进行建模出图，加快设计效率和满足现场的设计效果。

目前大部分船厂会使用AM进行结构、舾装件建模出图，由于AM是一种广泛的基础性的辅助造船软件，每个专业或每个船厂会根据自己的需求进行二次开发，这大大提高了出图效率。

脚手架的设计也可以在AM的基础上进行开发，首先就是对脚手架基础零件进行建模，形成脚手专业的库，在AM软件中可以自由调取脚手架零件，然后就是利用IT

编程语言,根据脚手架搭设规则进行组合成脚手架。

脚手方案确定后,在结构和舾装模型建好的背景下可以进行脚手架的实体建模,工装零件可以直接建模抽取数据和出图,常规脚手可以直接模拟场景建模。

对于大型船舶建造,脚手建模非常重要,大型船舶尺寸大,分段多,依靠建模出图会提高设计效率,另外就是大型船舶很多高位脚手架,实景建模后可以分析出方案是否合理,安全性是否可靠。

6 脚手零部件的安装

大型船舶的脚手方案中会涉及到大量的工装脚手零件,这些零件大多数需要永久保留,需要按照如下流程进行安装。

(1)按照脚手策划方案,统计全船的脚手零件数量。

(2)按照统计的脚手零件数量进行分批制作,制作完成需要打磨光滑,需要特殊表面处理要进行特殊处理。

(3)分段小组或大组阶段,按照分段脚手零件布置图安装脚手零件。

(4)脚手零件安装完毕需进行强度检测,如磁粉,然后和结构一同结构完工报验,最后进砂房打砂,然后油漆。

脚手零件的安装非常重要,且要求严格,有些工艺需要和船东澄清,或得船东的认可才可实施,因此一定要慎重对待。

7 现场脚手架搭设

现场脚手架的搭设是对脚手架设计最好的反馈,很多特殊的脚手架设计需要现场来实施验证其合理性,船舶搭载阶段环境复杂,有很多危险因素,又受制于工期的要求,如何高效的搭设出安全的脚手架非常重要。

在一般的搭设流程中,对于特殊的脚手在前期需要有脚手设计方案,有的方案还需要受力分析来验证其可靠性,然后才是现场搭设。

对于普通的脚手架,现场操作人员可以根据常规搭设经验,按照搭载工况进行搭设。

所有的脚手架搭设过程都需要专业的人员进行指导,获得现场安全管理人员的许可后才能搭设。

8 脚手架安全报验

脚手架报验工作是脚手最关键的工作之一,在大型船舶搭载过程中,很多高位脚手危险程度比较高,风险大,在报验工作中要重点对待,从搭设方案、结构强度、周边环境等方面要逐一检验,确保脚手架的安全。

9 特殊工况下的脚手配合

在船舶建造过程中,脚手架搭设往往有很多不确定因素,主要原因是船舶建造过程中很多建造方案会发生变化,如总组方式、搭载顺序、舾装件的安装顺序、设备的安装时间点等等,以上因素变化最快,导致脚手架无法搭设或需重复搭设。

如在坞内搭载阶段,很多原本要总组搭载的分段,并没有总组就进行了搭载,会导致在搭载阶段增加了焊缝施工,同样增加了坞内脚手的搭设量,类似这种外板需要安装工装脚手架,在前期考虑了总组并没有提前预装工装脚手零件,这种情况在搭载阶段需要重新焊接脚手零件,因此要求在脚手零件要有足够的余量,且脚手工装件的设计要保证在搭载阶段方便安装。

结论

本文对大型船舶船坞阶段合拢的脚手设计研究,从船坞环境、脚手策划、脚手设计、脚手计算、脚手出图等方面进行了详细分析,并结合实际工况进行了探讨。本文提出了一些改进和优化建议,旨在提高大型船舶在船坞阶段脚手架搭设的安全和效率。

另外,随着造船科技的发展和技术的进步,脚手设计也在不断改进和升级,例如智能工装平台、高空升降机等等,这些新技术和新设备可以取代脚手架,进而减少脚手架的搭设量,降低船舶建造成本。

在未来,随着船舶建造的不断发展和技术的不断创新,船坞环境下大型船舶的脚手架也将不断改进和完善。各种脚手设计方法和工艺的应用也将不断拓展和深入,以更好地满足各种施工需求,并确保脚手作业的安全和高效。

参考文献

- [1]严传明,王海林,王红岩.船舶吊装技术及其应用[M].北京:海洋出版社,2012.
- [2]杨林,杨继业,王嘉骅.船坞环境下大型船舶吊装技术研究[J].船舶工程,2018,40(6):94-98.
- [3]申军,吕建强,郭刚.船坞环境下大型船舶吊装技术及应用[J].沈阳航空航天大学学报,2013,30(4):13-16.
- [4]赵勇,魏喆,董晓春.船坞环境下大型船舶吊装技术研究[J].船舶工程,2017,39(9):87-92.
- [5]马玉龙,刘波,朱秀云.船坞环境下大型船舶吊装技术的探讨[J].船海工程,2016,45(5):41-44.