

49.8m 链斗式挖砂船结构有限元分析及优化

马宏彬

(安徽省皖江船舶检验局, 安徽 芜湖 241000)

摘 要: 挖砂船作为工程船之一, 在江河湖泊的疏浚工程中得到了广泛应用, 挖砂船的安全性亦愈发得到重视。本文以某链斗式挖砂船为对象作相关研究。采用有限元软件选取最不利作业工况, 校核其总纵强度。在校核过程中, 发现内舷侧板、船底板、横舱壁板等都超出了许用应力不满足要求, 主要由于船底开槽处出现应力集中现象, 本文对链斗式挖砂船的结构提出了一种改进方案, 所采用的方法和得到的结论为此类内河工程船的结构设计提供了指导, 具有一定的工程意义。

关键词: 链斗式挖砂船; 结构设计; 直接设计; 强度校核

中图分类号: U663 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 10—0088—02

1 绪论

1.1 选题的背景和意义

为了改善航道条件, 提高水运经济效益和社会效益, 航道疏浚工作显得尤为重要。挖砂船作为工程船之一, 在江河湖泊的疏浚工程中得到了广泛应用。

挖砂船虽然带来不菲的经济效益, 但是其事故也频频发生, 带来了经济损失和人员伤亡。挖砂船事故已经成为水上多发事故之一, 稳性和结构强度方面令人堪忧。

1.2 挖砂船主要型式

从挖砂方式上可以分为机械挖砂和吸扬挖砂两大类。机械挖砂主要是利用沙斗在水下进行作业, 沙斗型式不同, 所以可分为抓斗式、链斗式、铲斗式三种。

2 计算要素及模型

2.1 计算船基本情况

本文选取 49.8m 链斗式挖砂船作为研究分析对象, 主尺度如表 1 所示。根据 CCS《钢质内河船舶建造规范》(2016) 10.1.2.3 工程船的开槽长度一般应不大于 0.3L, 开槽宽度一般应不大于 0.4B 时, 否则尚应按本章附录 II 采用直接计算校核船体的结构强度。本船开槽长度 33.8m, $0.3L = 14.94\text{ m}$, 不满足规范要求。开槽宽度 2.5m, $0.4B = 3.8\text{ m}$, 满足规范要求。本船尚应按规范采用直接计算方法进行强度校核。

表 1 计算船主尺度

主尺度	数据
总长	57.00m
垂线间长 L_{pp}	49.80m
计算船长 L	49.80m
计算型宽 B	9.50m
计算型深 D	2.00m
计算吃水 d	1.10m

2.2 船体建模

利用有限元计算软件 MSC/Patran 和 Nastran 对此船进行全船模型有限元分析。对外板、甲板等采用壳单元模拟, 其他骨材采用梁单元模拟。图 1 给出了挖砂船的全船有限元模型。

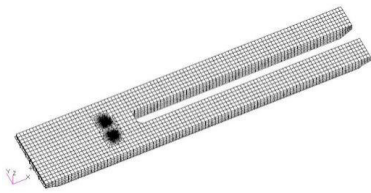


图 1 全船有限元结构模型 (俯视)

3 总纵强度校核

3.1 边界条件

开槽区域两侧边浮舱首封板施加横向、垂向线位移约束, 即 $u_y = u_z = 0$; 尾封板与首部左舷节点对应的节点施加纵向、横向、垂向线位移约束, 即 $u_x = u_y = u_z = 0$; 尾封板与首部右舷节点对应的节点施加横向、垂向线位移约束, 即 $u_y = u_z = 0$, 具体如表 2。

表 2 全船模型边界条件

位置	线位移约束			角位移约束		
	δx	δy	δz	θx	θy	θz
船首节点 1、2 (左右)	-	固定	固定		-	-
尾封板节点 3 (左舷)	固定	固定	固定	-	-	-
尾封板节点 3 (右舷)	-	固定	固定	-	-	-

3.2 施加载荷

根据 CCS《钢质内河船舶建造规范》(2016) 中 1.9.5.10 中对整船模型计算载荷施加做如下要求:

计算载荷应包括舷外水压、货物载荷和结构重量等;

舷外水压;货物载荷;结构重量;平衡调整:采用整船模型时,总重力与总浮力的误差不大于0.002倍排水量(t),重心与浮心的纵坐标误差应不大于0.005倍船长(m),否则应重新调整。

3.3 有限元分析结果

3.3.1 许用应力的确定

根据《钢质内河船舶建造规范》(2016)第1篇第1.9.5.13节规定,对该船总纵屈服强度进行校核,细化网格区域应力不大于规定许用应力的1.6倍。

3.3.2 计算结果汇总

经过计算,49.80m链斗挖砂船船体结构总纵强度汇总于表3中,在读取有限元结果时,需要排除因约束造成的不真实的应力集中现象。

表3 总纵强度最大弯曲应力及剪切应力汇总与校核

构件分类	弯曲应力 σ_e /MPa			剪切应力 τ /MPa		
	许用	中拱波面	中垂波面	许用	中拱波面	中垂波面
甲板	192	109	74.7	91	54.7	37.3
船底板	192	183	135	91	88.7	61
舷侧外板	192	174	135	91	80.5	53.2
横舱壁板	192	188	312	105	75.4	117
船底纵桁、肋板 (粗网格区域)	192	113	136	105	54.9	68.8
船底纵桁、肋板 (细网格区域)	307	188	324	168	90.1	168
甲板舷侧骨材	192	118	82.6			

3.4 最终方案

综合考虑经济性和安全性问题,在增加板厚的基础上增设折边型过渡,大幅度避免应力集中现象,保障施工作业人员安全。49.80m链斗挖砂船船体结构总纵强度汇总于表4中,满足强度要求。应力集中现象降低,应力最大值在船中区域。

表4 优化后总纵强度最大弯曲应力及剪切应力汇总与校核

构件分类	弯曲应力 σ_e /MPa			剪切 τ /MPa		
	许用	中拱波面	中垂波面	许用	中拱波面	中垂波面
甲板	192	104.0	72.2	91	51.7	35.9
船底板	192	117.0	82.4	91	56.5	40.1
舷侧外板	192	97.3	80.9	91	47.0	39.6
横舱壁板	192	37.6	63.2	105	18.7	28.2
船底纵桁、肋板 (粗网格区域)	192	103.0	76.4	105	51.3	36.6
船底纵桁、肋板 (细网格区域)	307	151.0	269.0	168	64.7	124.0
甲板舷侧骨材	192	98.7	68.5			

4 结论

本文研究内容总结如下:

(1)通过有限元软件校核总纵强度,计算中拱状态各处最大应力满足要求,中垂状态横舱壁板未能满足强度要求,超出约100Mpa。

(2)通过分析,发现开槽处出现应力集中现象,细网格区域(开槽处)弯曲应力和剪切应力明显高于粗网格区域。

(3)开槽处板厚设置为14mm,角隅处改为折边型过渡,得到的应力低于许用应力,并存在一定裕度,显著降低应力集中现象,应力最大值在船中区域,选择其为最终方案。

本文的相关研究虽然符合课题要求并达到了相关目的。但是在研究分析过程中依然存在着以下问题,可以在接下来的研究工作中进行改进和完善。

(1)由于研究时间长度有限,船体结构进行三维有限元建模时,未能使用最优化的网格划分。

(2)本文优化方案仅对其经济性、安全性进行考虑,未对其稳性、浮性、扛沉性等方面进行进一步考虑。期望以后能在各方面进行综合性考虑,形成更加完备的设计方案。

参考文献:

- [1] 黄中行. 浅谈航道疏浚工程施工. 建筑工程技术与设计, 2015, (6).
- [2] 崔国春. 新公共管理视角下厦漳泉区域砂船的海事监管研究 [D]. 大连海事大学, 2014.
- [3] 朱国标. 对自吸自卸砂船的探讨. 广东造船, 2004, (3): 23-25
- [4] 喻霖, 朱显玲. 链斗式挖沙船结构强度的分析 [J]. 武汉船舶职业技术学院学报, 2017, (2): 17-19, 27
- [5] 覃达斌. 珠江上游水域挖砂船结构强度直接计算研究 [D]. 武汉理工大学, 2013
- [6] 梁民杰, 黄珂. 24.1米抓斗式挖砂船结构强度有限元分析 [J]. 珠江水运, 2015, (9): 70-71.
- [7] 王金生. 浅析采砂船采砂能力对长江河道采砂管理的影响 [J]. 中国水利, 2005, (04): 37-39.
- [8] 李文全. 长江中下游采砂对航道演变及整治工程影响研究 [D]. 武汉大学, 2004.
- [9] 吴荻. 双体船船体结构强度的直接算法 [D]. 武汉理工大学, 2004.
- [10] 杨凯. 链斗式挖泥船结构强度分析及优化 [D]. 大连理工大学, 2018.
- [11] 钱卫星. 挖泥船的分类及其发展趋势 [J]. 江苏船舶, 2008, 25(6).