

链斗卸船机特殊工况的适应性研究

王浙斌

宁波舟山港股份有限公司北仑矿石码头分公司 浙江 宁波 315800

摘要: 本文从链斗卸船机的设计实践出发,针对特殊工况下,链斗卸船机挖掘头部无法触底清舱的关键问题,通过改变俯仰铰点的位置进行了理论分析和深入研究,满足了特殊工况下的俯仰角度要求,为链斗卸船机俯仰角度等参数的设定及计算提供了理论依据,对链斗卸船机的设计和研究者具有借鉴的价值。

关键词: 链斗卸船机; 俯仰角度; 清舱; 铰点

1 引言

链斗卸船机是一种利用链斗从船舱内挖取物料并将物料通过机上输送皮带机系统卸至码头上的散货连续式卸船机械。其主要具备三大特点:

第一特点是环保。链斗卸船机的环保特点,主要体现在其对扬尘的控制。链斗机在工作时,头部挖掘部分一直在船舱内,挖掘的同时可配以干雾抑尘系统,有效对挖掘过程中的扬尘进行控制,而物料在整个输送过程均在密封的空间内进行,并在每个转运点均设有抑尘系统,有效防止粉尘溢出^[1]。

第二特点是高效。传统的散货搬运系统,除了卸船机、门机外,其他搬运机械均已实现连续作业。链斗卸船机的应用,弥补了散货搬运系统的薄弱环节。在控制上,链斗机可通过半自动和系统联动操作,进一步提高卸船时的效率,并且减轻操作人员的劳动强度,提高员工的幸福指数。

第三特点是节能。较之于传统的散货搬运系统,链斗卸船机是连续工作模式,作业过程中没有加减速,且垂直提升段主要是物料做功(不同于抓斗取料还需要对抓斗本身做功),各机构功率相对较小,故相比同等能力的传统卸船设备,链斗卸船机的整机装机容量相对较小^[2]。

近年来,随着国内环保要求的逐步提升以及船形的逐步大型化,链斗卸船机以其连续、高效、节能、环保、自动化程度高等优势,在国内专业化散货码头得到了越来越广泛的应用(见图1)。

某码头于2021年1月3日上岸一台链斗卸船机,整机设计重量2600吨,轨距30米,回转半径为55米,设计作业船型为30万吨级散货船、兼顾35-40万吨散货船的卸船作业需求,其额定作业能力每小时3600吨,是该码头传统抓斗式卸船机的1.4倍,单位能耗比抓斗式卸船机降低约20%,在效率、能耗方面优势突出。

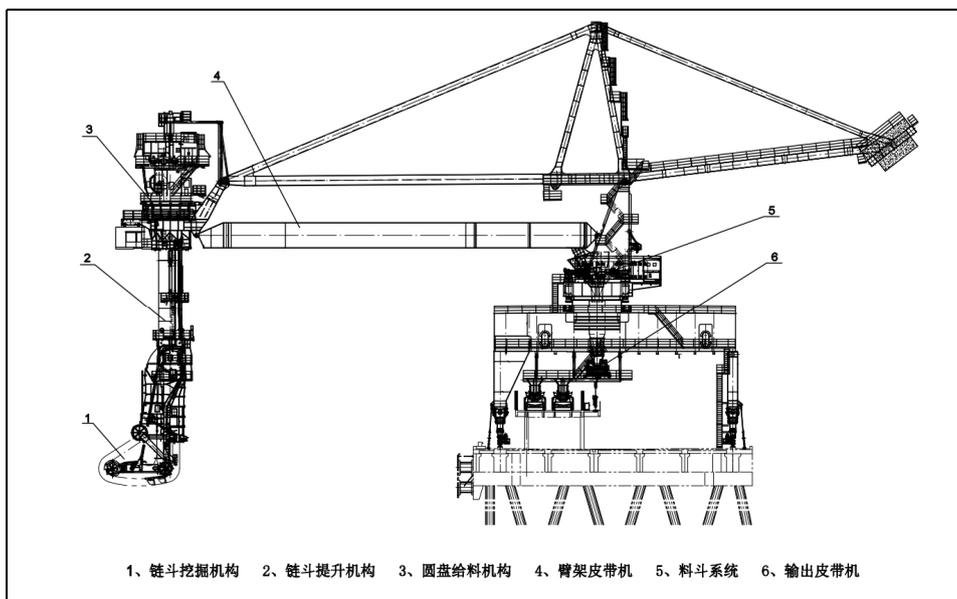


图1 链斗卸船机总图

2 研究背景

在使用过程中，链斗卸船机偶尔会出现无法触底清仓的情况。分析原因，问题在于常规设计中，链斗卸船机作业时，各舱按卸船工艺轮流进行卸料，卸料过程中随着物料的减少，船体上浮，因此在链斗机的设计中，不考虑单舱从满载直接卸至清仓。所以确定链斗卸船机的俯仰下角度，是按以下工况来确定：船舶半载低水位时，取料头可以卸到船舱底；俯仰上最高角度，按照船舶空

载高水位时，可以满足吊清仓机械进出船舱来确定^[3]。综合考虑上述两种工况，取筒体长度/俯仰角度最优值设定为 -12° ~ $+39^{\circ}$ ，当俯仰处于 -12° 时，挖掘机构底部至轨道面的距离约为16米。

按照40万吨代表船型，船宽65.6米，型深30.5米，船底到舱底3.2米，满载吃水23米，空载按加压舱水后8.5米吃水设计（如表1）。设计高水位和低水位距离链斗卸船机轨道面约为-3和-7米。

表1 接卸代表船型参数

代表船型 (DWT)	主尺度 (m) 及载重量 (t)						
	总长L (m)	型宽B (m)	型深H (m)	舱口高h (m)	舱口宽度b (m)	满载吃水d (m)	空全吃水d (m)
15万散货船	300	46	25.9	3.0	20	18.1	5.5
20万散货船	322	50	27.3		22.4	19	5.7
25万散货船	326	54.3	26.5	3.5	27	20.5	3.1
30万散货船	340	58	30	3.7	28.5	23	3.5
35万散货船	342	63.5	30.2	2.15	23	23	
40万散货船	362	65.6	30.5	2.15	23	23	

一般情况下，码头来船后都是卸空，但是某码头卸船的工况比较复杂，分以下三种情况：

- (1) 来船满载，卸空；
- (2) 来船已减载，卸空；
- (3) 来船满载，减载一半甚至更少。

前两种工况下，在低水位的情况下，待船舶卸空时，舱底与轨道面的距离为12.3米，按照链斗卸船机常规设计挖掘机构底部距轨道面16米来算，可以完成清舱作业。但是如果遇到工况3，减载一半且要求单舱清空的情况下，如2022年11月22日“裕智”轮载29.8万吨巴西粉，减载15.8万吨，要求1、3、5、7舱清空。当作业至船舶吃水线15.5米时，链斗机1#舱作业余料还有8000吨，挖掘机构已无法触及料面，此时处于落潮时的中等水位，还未

到最低潮（此时，潮水水平面至轨道面4.5米），船底至轨道面20米，船底至舱底板3.2米。据此计算，轨道面至舱底的距离约为 $20-3.2 = 16.8$ 米，已经超过设计要求，无法满足清舱要求。

3 优化方案

3.1 方案描述

为适应更为极端的情况，根据以往卸船经验可得，若挖掘深度达到轨下20米，就可以满足清舱要求。以目前的链斗卸船机的结构，俯仰角度在 -17° 时，挖掘机构底部至轨道面的距离为20.3米，可以满足优化方案要求。

按俯仰角度 -17° 的要求，理论上，俯仰油缸下铰点需要向海侧移位100mm，并降低800mm（已现有 -12° 情况相比），如图2。

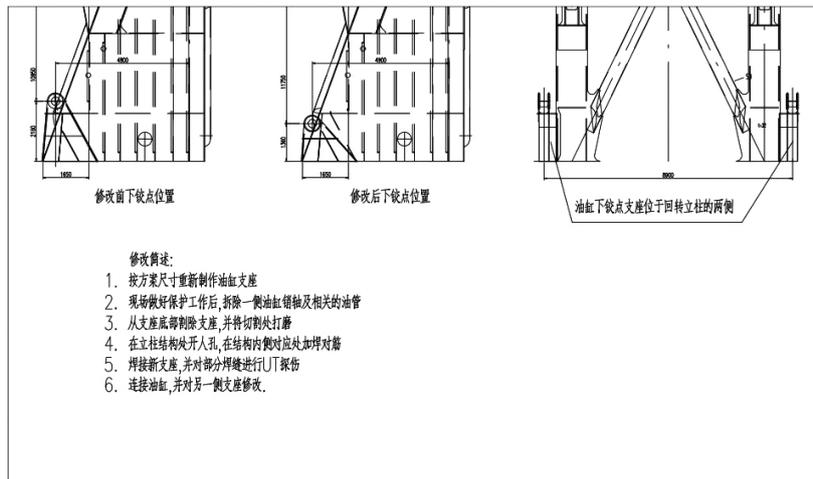


图2 铰点移位方案

油缸铰点定位后,可按油缸行程推算出俯仰上极限角度为 31.5° ,此时挖掘底部至轨道面的距离为21.7米(轨上),挖掘底部离船舱舱口的距离约1.3米(按40/30万吨船型,空载高水位,船舶压载吃水8.5米)。

3.2 方案核算

(1) 俯仰至上极限时,链斗挖掘部分出舱情况

在俯仰角度至上极限 31.5° 时,理论上挖掘部分底部离舱口距离约1.3米。因此,按新方案,挖掘部分在所有工况下均可以正常进出船舱。

(2) 臂架皮带机在 -17° 时的电机功率、减速箱发热

按计算数据满载带速3m/s的情况下,理论最大输送能力大于3960t/h(额定能力3600t/h过载量1.1倍),参照GB/T 17119-1997由以下公式可以计算得出:

$$P_N = P_A/\eta_1 \quad P_A = F_u v/1000$$

$$F_u = F_H + F_N + F_{S1} + F_{S2} + F_{S3} + F_{S4}$$

其中 F_u 为臂架皮带机所需圆周驱动力, F_H 为主要阻力, F_N 为附加阻力, F_{S1} 为主要特种阻力, F_{S2} 为附加特种阻力, F_{S3} 为特殊2次抵抗力, F_{S4} 为倾斜阻力。

通过计算可得所需最大圆周驱动力为俯仰达到 -17° 时,为65706.6N(计算过程省略),取 η_1 (机械效率)=0.9,可以得出 $P_N = 219\text{KW}$,电机最大功率为 $P_N = 219\text{KW}$,现有电机220KW,可满足 -17° 时皮带机满载运行。

悬臂皮带机减速箱选用SEW的X3KS210型号减速箱,经过专业工程师核算,增加减速箱工作角度至 -17° 后,减速箱发热无变化,同时使用的减速箱具备强制润滑系统,可以对减速箱齿轮进行润滑并冷却。

(3) 轮压、重心复核

调整俯仰角度至 -17° 后,海侧最大工作轮压64.87吨/轮(改造前最大轮压为64.51吨/轮,许用轮压为65吨/轮),整机 -17° 实重心向海侧小幅移动,使海侧轮压有升高;非工作轮压最大69.11吨/轮(目前最大为69.11吨/轮,许用轮压为70吨/轮),非工作轮压臂架在停机位,修改后影响不大,符合轮压要求。

俯仰油缸在正常工作时受压最大,为837吨,与改造前相比,增大了19吨。经液压工程师核算,油缸在受压最大的情况下,能够满足工作要求;液压系统工作压力在20Mpa左右,由于油缸最大受拉减小,系统工作压力稍有降低。

(4) 上部结构受力情况

俯仰 -17° 时的结构受力云图如图3:

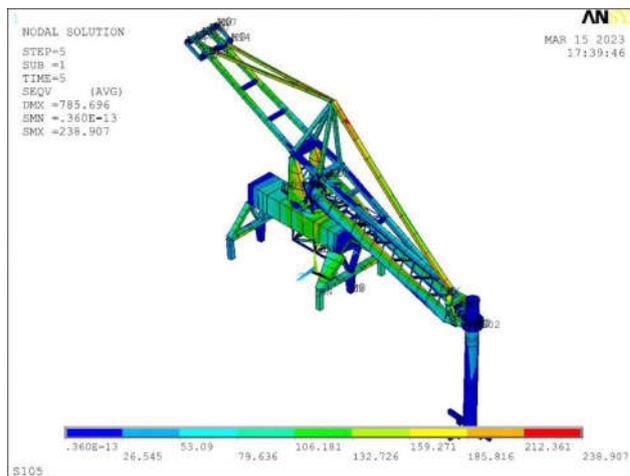


图3 俯仰 -17° 时的结构受力云图

上部结构应力最大点在前拉杆,最大应力为239Mpa,原设计的 -12° 的最大应力为225Mpa。前拉杆采用日本工业标准JIS钢板牌号SM570,其许用应力如表2所示:

表2 SM570钢板许用应力

钢号	板厚 (mm)	屈服点 (N/mm ²)	许用应力(N/mm ²)		
			CaseI	CaseII	CaseIII
	t	δ_E	$\delta_a/1.48$	$\delta_a/1.34$	$\delta_a/1.22$
SM570	≤ 16	470	317	351	385
	$16 < t \leq 40$	460	311	343	377
	$40 < t < 100$	440	297	328	361

前拉杆钢板板厚均小于40mm,许用应力为311Mpa,改造后最大应力值为许用值的76.8%(288/311),结构强度满足许用要求。

结束语

通过对链斗式卸船机俯仰铰点的移位和降低,可以满足作业深度达到轨下20米的要求,且通过计算可以得出各机构、结构均能满足正常作业要求。

参考文献

- [1]宋辉辉.链斗卸船机在特殊工况下的性能分析[J].港口技术,2020,12(3),45-56.
- [2]汤海进.链斗卸船机在极端天气下的运行适应性研究[J].港口工程,2019,8(2),112-125.
- [3]蒋永强.海上重载条件下链斗卸船机的应对策略探讨[J].交通科技,2021,5(4),78-89.