

门座机臂架平衡系统及平衡点问题的探讨与研究

祁加勇

湖南中铁五新重工有限公司 湖南浏阳 410323

摘要: 针对门座起重机, 本文重点对臂架平衡系统的设计进行了举例探讨, 指出了平衡系统设计中的不合理的参数选取情况, 如何优化参数的举例及结果分析, 同时分析了臂架平衡系统的平衡点的作用、不同设计参数下的平衡点情况、配重的选取等, 为设计者在臂架平衡系统设计时提供思路。

关键词: 臂架、平衡系统、平衡点、对重、门座

引言:

近年来, 门座起重机作为港口码头前沿用途广泛的起重机机型, 在中国内河港口大发展的时代起到了越来越重要的作用。由于作业类型适用范围广、造价较卸船机、岸桥低等特点, 在内河码头前沿应用越来越广泛。门座起重机臂架系统自重较大, 臂架系统在俯仰过程中由于重心的变化, 势能反复的储存和释放, 为避免变幅机构过大的能量消耗, 往往需要设计平衡系统, 使臂架系统和平衡系统的整体重心在变幅过程中始终处于同一水平线上或近似在同一水平线上, 这就是臂架平衡系统的平衡原理。而在门座起重机进行平衡系统设计时, 往往由于设计人员经验不足、平衡系统参数设计不合理等, 导致臂架平衡系统的不平衡重量偏大, 增大了变幅机构的负荷, 而有时在安装过程中发现制造出来的门座起重机难以找到平衡点, 使得现场的安装人员无法确定现场灌装的对重(一般用水泥做对重)的实际重量是否合理, 同时也为后期的变幅系统出现故障后的维修工作带来困难。

1 门座机臂架平衡系统的组成及工作原理

目前国内设计的门座机的臂架平衡系统通常采用杠杆式活动对重对臂架系统重量进行平衡, 以减少臂架俯仰过程中变幅机构的能量消耗。杠杆式活动对重系统可分为平行四边形杠杆系统和非平行四边形杠杆系统两种, 平行四边形杠杆系统可以使对重与臂架系统自重完全平衡, 但对重较重, 较少使用, 非平行四边形杠杆系统可利用功能原理, 设计时增加对重升降行程, 减少对重的重量, 可充分发挥对重对起重机稳定性的作用。

非平行四边形平衡系统由平衡梁、对重、拉杆等组成, 臂架系统为其工作目标。臂架系统俯仰角度一般为45度左右, 对重的摆动角度可达80~90度, 对重重量可大大减轻。

2 臂架系统与其对重平衡分析

2.1 主要参数及尺寸图

以长沙新港25t单臂架门座机为例进行平衡系统及其对重分析。该项目是2015年五新重工为长沙新港霞凝港区设计的件杂货用单臂架门座起重机, 门座机额定起重重量25t, 最大幅度25m, 最小幅度8.5m, 起升高度轨面上18m, 下降幅度15m, 整机自重约233t。

臂架与平衡系统的结构自重及相对重心位置分别为:

序号	部件名称	重量 (Kg)	重心距铰点距离 (米)	备注
1	平衡梁	6064	3.381	重量含附件
2	小拉杆	866	2.3	
3	臂架	17418	13.965	重量含附件
4	对重	11000	5.822	

臂架与平衡系统设计尺寸图及其尺寸简图如图1:

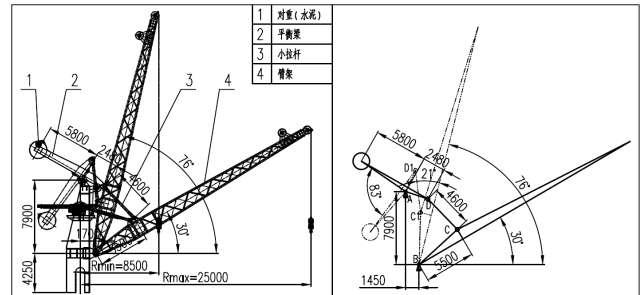


图1 臂架与平衡系统设计尺寸图和简化尺寸图

2.2 计算结果

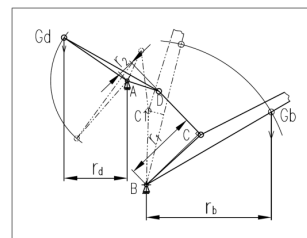


图2 平衡系统计算简图

该项目采用非平行四边形杠杆系统对臂架自重进行平衡, 在工作幅度范围内分别计算11个俯仰角度的对重

情况,进行平衡系统分析。计算时,先求出各个角度的臂架系统的重心位置 r_b 、自重 G_b 、再把求出相应的对重重心位置 r_d ,计算出对重合成重量(对重和平衡梁自重

合成重量),小拉杆重量较轻,做验证平衡系统计算时可以忽略,设计确定对重重量时需要考虑。计算公式为 $G_d \cdot r_d = G_b \cdot r_b \cdot r_2/r_1$,计算结果见表1。

表1 工作幅度内11个俯仰角度的对重计算结果

俯仰角度	30°	34°	39°	44°	48°	53°	57°	62°	67°	71°	76°
对重重量	7.73t	10.89t	11.9t	12.83t	13.19t	13.42t	13.56t	13.85t	14.81t	15.32t	20.5t

2.3 计算结果分析

臂架俯仰角度在67°以内时,对重重量变化幅度不大,整体上较为均衡,角度在71°以上时,对重重量增加很快,成恶化趋势,说明臂架在大角度时设计参数不合理,此时变幅机构需要更大的能量输出才能使臂架系统仰起到最大角度。

实际设计对重为11t,平衡梁折算到对重重心的重量为3.62t,合成对重重量为14.36t,平衡点在67°~67°之间。

3 优化平衡系统设计参数

3.1 原因分析与调整参数

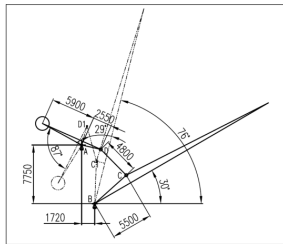


图3 平衡系统简图

图1显示,臂架系统在最大角度时(此时门座机为最小幅度),小拉杆轴线与臂架对称中心线角度为21°,在相同的拉力下为减小对重重量,需要增大小拉杆与臂架之间的夹角。按照这个思路,调整铰点A的位置,时铰点A向左下方移动,经过多次尝试,最终确定平衡系统尺寸参数,见图3。

调整后,小拉杆与臂架的夹角为29°,铰点A与铰点B的竖直和水平距离由7900mm、1450mm变为7750mm、1720mm。并微调平衡梁前部尺寸,由2480变为2550,微调小拉杆长度尺寸,由4600变为4800。俯仰角度变大,由83°增加到87°。

3.2 计算调整后的对重重量

由于平衡梁尺寸变化仅70mm,重量变化很小,按照原平衡梁重量计算。小拉杆重量较小,做验证平衡系统计算时暂且忽略。取与原来相同的角度进行平衡系统对重的分析。计算结果见表3。

表3 调整参数后工作幅度内11个俯仰角度的对重计算结果

俯仰角度	30°	34°	39°	44°	48°	53°	57°	62°	67°	71°	76°
对重重量	8.48t	10.83t	11.93t	12.52t	12.86t	13.03t	13.1t	13.01t	12.98t	12.84t	12.71t

3.3 优化结果分析

调整参数后,除最小幅度外,对重重量在各个幅度变得更加接近,没有再出现接近最小幅度(仰角最大)时对重重量需求明显增大的现象。参数调整后对重俯仰角度变大,根据功能平衡原理,对重也会减轻。

为使臂架系统的对重不平衡重量做功最小,减小变幅机构的能耗,对重重量取中间值较为合适。合成对重的中间值为12.2t,减去平衡梁自重的折算重量,优化后的对重重量为8.58t,取8.6t。与原设计11t对重相比,减少了2.4t。

结论,长沙新港门座机的臂架平衡系统设计不够优化,调整参数后,对重重量明显减轻,臂架系统的对重不平衡重量减小明显,通过优化可有效降低变幅机构能耗。

4 平衡点及其作用

臂架平衡系统的平衡点是指平衡系统与臂架系统相

平衡的点,这时臂架在某个固定的角度与对重相平衡,在无外力作用的情况下可以一直稳定在这个位置。门座机在整个幅度范围内,臂架系统与平衡系统之间一般有一个或两个平衡点(前文的举例均是有一个平衡点的臂架平衡系统),有时由于设计原因,导致臂架系统在最大幅度时对重最大,这时臂架系统与平衡系统之间往往没有平衡点,这是由于平衡系统的参数设计不合理导致,这是需要避免的。通过验算分析,平衡梁如果仰角过大时(超过水平线以上的角度),往往会导致最大幅度时对重平衡重量最大,最小幅度时对重重量最小,臂架在最小仰角附近配重曲线呈现出恶化的现象,这时对重重量无论取最大与最小中间的哪一个值,臂架始终不能稳定在此位置,导致臂架平衡系统没有平衡点。

一个有平衡点的臂架平衡系统在门座机变幅机构的安装和后期维护过程中有着重要的作用。变幅机构的主

要作用是驱动臂架系统在幅度范围内进行俯仰动作，在安装和维修变幅机构时，作业人员往往需要把臂架系统放置在平衡点位置，并对臂架辅以简单的固定措施后松开变幅齿条箱，这时作业最安全，而无平衡点的臂架平衡系统或对重配置不合理导致无平衡点的臂架平衡系统，在变幅机构制动器开闸后臂架往往会俯仰到最大幅度或最小幅度碰到限位装置后才会停止，这两个极限位置会给变幅机构齿条箱的更换、维修带来困难。

5 结语：

综上所述，臂架平衡系统在门座起重机的使用过程中起着重要的作用，一个参数设计较为合理的臂架平衡

系统，不仅对起重机稳定性起着重要的作用，同时也会直接影响着变幅机构的能耗，一个不合理的平衡系统会使起重机变幅机构的长期增加，同时也会使变幅机构后期维修变得困难。

参考文献：

[1]工程机械手册.港口机械/陶德馨主编.清华大学出版社,2017.ISBN 978-7-302-44776-4.

[2]起重机设计规范.GB3811-2008.中国标准出版社.

[3]起重机设计手册/张质文等主编.中国铁道出版社,2013.6. ISBN 978-7-113-16328-0.