

- 5.6.1.3.1 臂架伸缩机构采用销齿或链传动的,其驱动装置的数量不应少于两套,在一套驱动装置失效的情况下,剩余的驱动装置应能低速将臂架从船舶上方移开。
- 5.6.1.3.2 臂架伸缩机构采用钢丝绳卷筒传动的,钢丝绳缠绕系统应采用双绳系统,两套钢丝绳缠绕系统之间应设有受力均衡装置,防止臂架伸缩过程中出现偏斜。
- 5.6.1.3.3 采用钢丝绳卷筒传动伸缩机构应设有两套制动器,常闭式工作制动器应设在高速轴上,低速钢丝绳卷筒上应设有常闭式安全制动器,两套制动器系统的安全系数均不应小于1.6。
- 5.6.1.3.4 臂架伸缩系统应设有缓冲器、清轨器等。
- 5.6.1.3.5 在伸缩机构设计时,应确定台车及车轮的更换步骤,考虑相应的工况,在设备结构上设计必要的顶升点和特殊维护工具。
- 5.6.1.4 臂架俯仰机构
- 5.6.1.4.1 装船机的臂架俯仰系统应采用双独立的钢丝绳缠绕系统或者双液压油缸支承系统,系统设计应考虑偏载工况,且应在一套系统失效的情况下,另外一套系统能承受住重载臂架和司机室(若司机室安装在臂架上)。
- 5.6.1.4.2 双钢丝绳缠绕系统应采用合理的均衡布置。在正常工作情况下,双绳系统的安全系数不应小于6。在其中一套钢丝绳系统失效的情况下,另一套钢丝绳系统的安全系数不应小于3。
- 5.6.1.4.3 在正常工作情况下,双液压油缸支承系统的安全系数不应小于4。在其中一套液压油缸失效的情况下,另一套液压油缸的安全系数不应小于2。
- 5.6.1.4.4 整体俯仰型装船机应设有双臂架拉杆或拉索系统。如果司机室安装在俯仰臂架上,则臂架两侧应分别设置双拉杆或拉索,并应设有受力均衡装置。应考虑因任一系统失效而产生偏载工况。在正常工作情况下,双臂架拉杆或拉索系统的安全系数不应小于4。在其中一系统失效的情况下,另一套系统的安全系数不应小于2。
- 5.6.1.4.5 钢丝绳俯仰机构应设有两套制动器,常闭式工作制动器应设在高速轴上,低速钢丝绳卷筒上应设有常闭式安全制动器,两套制动器系统的安全系数均不应小于1.6。
- 5.6.1.4.6 钢丝绳卷筒上应设有凸轮限位开关与超速保护装置。
- 5.6.1.4.7 臂架俯仰机构应设有应急驱动装置,确保在主驱动机构失效的情况下能将臂架转移到码头沿线以内。
- 5.6.1.5 臂架回转机构
- 5.6.1.5.1 回转驱动装置的数量不应少于2套,在一套驱动装置失效的情况下,剩余的驱动装置应能低速将臂架转移到码头沿线以内。
- 5.6.1.5.2 回转驱动电动机除应满足正常工况外,还应满足JB/T 8849-2005中10 a)的规定。
- 5.6.1.5.3 回转驱动装置应设有制动器,制动器除应满足正常工况外,还应满足JB/T 8849-2005中10 b)的规定。制动器的制动力矩应在调试前根据设计值进行校验。
- 5.6.1.5.4 回转驱动装置应设有限力矩联轴器,限力矩联轴器的设定值应为同一驱动装置上制动器制动力矩设定值的1.2倍,且应在调试前根据设计值进行校验。
- 5.6.1.5.5 回转减速器的设计与计算应考虑制动器和限力矩联轴器所能提供的最大力矩值。
- 5.6.1.5.6 回转减速器应采用偏心设计,偏心量不应小于3mm。
- 5.6.1.5.7 选择回转轴承时,其载荷计算系数不应小于1.5。
- 5.6.1.5.8 回转轴承安装用高强螺栓的规格及其拧紧力矩应按照回转轴承的计算载荷进行选择 and 确定,应采用适当的拧紧方式,确保螺纹及螺栓本体不受损伤。

- 5.6.1.5.9 回转轴承大齿圈外侧应有防尘罩，防止散料、雨水等进入大齿圈、小齿轮等。
- 5.6.1.5.10 在回转机构设计时，应确定回转轴承的更换步骤，考虑相应的工况，在设备结构上设计必要的顶升点和特殊维护工具。
- 5.6.1.5.11 臂架回转机构应设有锚定装置。
- 5.6.1.6 走行机构
- 5.6.1.6.1 走行机构电动机除应满足正常工况外，还应满足 JB/T 8849-2005 中 10 a) 的规定。
- 5.6.1.6.2 走行驱动装置应设有制动器，制动器除应满足正常工况外，还应满足 JB/T 8849-2005 中 10 b) 的规定。
- 5.6.1.6.3 在走行机构设计时，应确定车轮、台车及平衡梁等更换步骤，考虑相应的工况，在设备结构上设计必要的顶升点和特殊维护工具。
- 5.6.2 主要零部件
- 5.6.2.1 钢丝绳
- 5.6.2.1.1 钢丝绳的安全系数应符合本文件中 5.6.1.4.2 及 5.6.1.4.3 的规定。
- 5.6.2.1.2 钢丝绳不应有接头，且钢丝绳的性能不应低于 GB/T 8918 的规定。
- 5.6.2.1.3 采用铝合金套压制接头时，应符合 GB/T 6946 的规定；采用钢丝绳夹接头时，应符合 GB/T 5976 的规定；采用楔形接头时，应符合 GB/T 5973 的规定；采用绳卡接头和编结接头时，应符合 GB/T 6067.1 的规定。
- 5.6.2.2 卷筒
- 5.6.2.2.1 焊接卷筒的材料性能不应低于 GB/T 1591-2018 中 Q345B 的要求；铸钢卷筒的材料性能不应低于 GB/T 11352-2009 中 ZG310-570 的要求。
- 5.6.2.2.2 卷筒公称直径与钢丝绳的比值应符合 GB/T 3811-2008 中表 45 的规定。
- 5.6.2.2.3 单层缠绕钢丝绳对绳槽的每一侧偏斜角不应大于 3.5° ，光面卷筒单层或双层缠绕钢丝绳偏离卷筒轴线垂直平面的角度不应大于 2° ，多层（3 层及以上）缠绕钢丝绳偏离卷筒轴线垂直平面的角度不应大于 1.5° 。
- 5.6.2.2.4 卷筒还应符合 GB/T 35016-2018 中 3.5.2.2 的规定。
- 5.6.2.3 滑轮
- 5.6.2.3.1 轧制滑轮的材料不应低于 GB/T 1591-2018 中 Q345B 或 GB/T 699-2015 中 35 钢的要求；焊接滑轮的材料不应低于 GB/T 1591-2018 中 Q345B 或 GB/T 699-2015 中 35 钢的要求；铸钢滑轮的材料性能不应低于 GB/T 11352-2009 中 ZG230-450 的要求。
- 5.6.2.3.2 滑轮公称直径与钢丝绳的比值应符合 GB/T 3811-2008 表 45 中的规定。
- 5.6.2.3.3 钢丝绳绕进或绕出滑轮时允许最大偏斜角度不应大于 5° 。
- 5.6.2.3.4 滑轮均应设有可靠的、防止钢丝绳跳槽的装置。
- 5.6.2.3.5 滑轮槽应光洁平滑，不应有损伤钢丝绳的缺陷。
- 5.6.2.3.6 滑轮还应符合 GB/T 35016-2018 中 3.5.2.3 的规定。
- 5.6.2.4 制动器
- 5.6.2.4.1 制动器的选择和使用应符合本文件的规定。
- 5.6.2.4.2 所有制动器的制动力矩应可调，设定值应跟设计值一致，并应在设备调试以及定期维护时进行校验。

- 5.6.2.4.3 应尽量选择对制动衬垫的磨损具有自动补偿功能的制动器，必要时，应设有磨损检测装置。
- 5.6.2.4.4 制动轮（盘）对基准轴线径向圆跳动公差值不应低于 GB/T 1184-1996 中的 7 级的要求。直接安装在轴上的制动轮（盘）其径向圆跳动不应低于 GB/T 1184-1996 中的 9 级的要求。
- 5.6.2.4.5 制动器还应符合 GB/T 35016-2018 中 3.5.2.4 的规定。
- 5.6.2.5 限力矩安全联轴器
- 5.6.2.5.1 限力矩联轴器应符合 JB/T 10476 的规定。
- 5.6.2.5.2 限力矩安全联轴器衬垫的动态和静态摩擦系数应尽量接近。
- 5.6.2.5.3 限力矩安全联轴器的力矩应可调，设定值应跟设计值一致，并应在设备调试以及设备定期维护时进行校验。
- 5.6.2.5.4 限力矩安全联轴器应设有打滑检测装置。
- 5.6.2.6 液力偶合器
- 5.6.2.6.1 液力偶合器应符合 JB/T 9000 的规定。
- 5.6.2.6.2 液力偶合器传递的扭矩不应大于 1.5 倍的电动机额定力矩。
- 5.6.2.7 齿轮与减速器
- 5.6.2.7.1 锻造齿轮材料不应低于 GB/T 699-2015 中 45 钢的要求；铸钢齿轮材料不应低于 GB/T 11352-2009 中的 ZG310-570 的要求。
- 5.6.2.7.2 齿轮应经热处理，应采用中硬齿面或硬齿面啮合。
- 5.6.2.7.3 齿轮副的精度不应低于 GB/T 10095-2008 中 8-8-7 级的要求，齿条副的精度不应低于 GB/T 10096-1988 中 9-8-8 级的要求。
- 5.6.2.7.4 钢板焊接的减速箱体应进行时效或退火处理。
- 5.6.2.7.5 减速器按工作转速无负荷运转时，在箱体剖分面等高线上，距减速器前后左右 1m 处测量，噪音不应大于 85dB(A)。减速器运转应平稳、无异常响声。
- 5.6.2.8 回转轴承
- 5.6.2.8.1 回转轴承应符合 JB/T 10471 的规定。
- 5.6.2.8.2 回转轴承应有充分、可靠的润滑装置。
- 5.6.2.8.3 回转轴承应有适当的磨损检测措施。
- 5.6.2.8.4 回转轴承本体应设有效、可靠的密封系统，防止灰尘和水进入内部。
- 5.6.2.9 车轮与轨道
- 5.6.2.9.1 车轮设计与制造应符合 GB/T 3811、JB/T 6392 的规定。
- 5.6.2.9.2 车轮还应符合 GB/T 35016-2018 中 3.5.2.8 的规定。
- 5.6.2.9.3 车轮与轨道安装应符合 GB/T 10183.1 的规定。
- 5.6.2.10 滚筒
- 5.6.2.10.1 滚筒应符合 GB/T 10595 的规定。
- 5.6.2.10.2 滚筒的轴承座应采用铁隧岩或迷宫式密封。
- 5.6.2.11 托辊
- 5.6.2.11.1 托辊应符合 GB/T 10595 的规定。
- 5.6.2.11.2 承载托辊组的间距应布置合理，应避免与带式输送机结构发生共振。

- 5.6.2.11.3 缓冲托辊组应可方便更换。
- 5.6.2.12 输送带
- 5.6.2.12.1 输送带应符合 GB/T 10595 的规定。
- 5.6.2.12.2 钢丝绳芯输送带在正常的工作条件下的安全系数不应小于 6.7，在加速和制动条件下的安全系数不应小于 4.8；分层织物芯输送带在正常工作条件下的安全系数不应小于 10，在加速和制动条件下的安全系数不应小于 6.7。
- 5.6.2.12.3 在装船机上合适位置应设有输送带硫化连接设施。
- 5.6.2.13 转载溜槽
- 5.6.2.13.1 转载溜槽应采用模块化设计，耐磨衬板应为可更换标准模块。
- 5.6.2.13.2 转载溜槽的容积应足够大，保证在任何工况下不溢料。
- 5.6.2.13.3 转载溜槽的设计应保证物料自由、顺畅流动，无积料。壁板倾角不应小于 60° 。
- 5.6.2.13.4 转载溜槽最小截面的面积不应小于料流截面的 3 倍。
- 5.6.2.13.5 溜槽内的缓冲挡板应根据料流的轨迹采用曲面设计，确保缓冲挡板受软冲击，应保证缓冲挡板在水平和垂直方向均可调整位置。
- 5.6.2.13.6 应避免转载溜槽中料流直接冲击受料输送带。
- 5.6.2.13.7 转载溜槽内的清扫器、除尘用喷管等均应在溜槽外进行维护和更换，而无需移走转载溜槽上部。
- 5.6.2.14 溜筒
- 5.6.2.14.1 溜筒应采用模块化设计，可便捷的进行整体更换。
- 5.6.2.14.2 溜筒最小截面的面积不应小于料流截面的 3 倍。
- 5.6.2.14.3 溜筒采用钢丝绳卷筒伸缩驱动的，其钢丝绳安全系数不应小于 6。
- 5.6.2.14.4 溜筒上应设有必要的抑尘系统。
- 5.6.2.14.5 溜筒应设有堵塞监测装置。
- 5.6.2.14.6 溜筒应设有防止其与船舱碰撞的装置。
- 5.7 液压系统
- 5.7.1 液压系统应符合 GB/T 3766 和 GB/T 35016-2018 中 3.6 的规定。
- 5.7.2 主要液压组件（油缸、油泵、阀类等）应有制造厂出具的合格证书。
- 5.7.3 液压系统装配前，接头、管路及通道应清洗干净，不应有任何污物（铁屑、毛刺、纤维状杂质等）存在。
- 5.7.4 软管、硬管和接头连接应可靠，不应有渗漏现象。
- 5.7.5 油箱应有足够油量，在无冷却装置下，液压油的循环周期不应少于 2min，工作油温不应超过 60°C 。并应设低温时的加热器。
- 5.7.6 系统的液压油应使用符合规定品质的液压油，并应定期进行检查、化验、更换。
- 5.7.7 液压系统应设有防止过载和冲击的安全装置。
- 5.8 除尘系统
- 5.8.1 装船机应采取必要的措施减少粉尘的产生和控制粉尘的堆积。

5.8.2 在带式输送机上可能产生较大粉尘的位置,如转载点或受高风速的区域,应设有收集或抑制粉尘的措施,这些措施包括,但不限于:

- a) 洒水除尘;
- b) 干雾除尘;
- c) 干式除尘;
- d) 设防尘罩;
- e) 粉尘收集系统。

5.8.3 在散料可能进入的输送带与滚筒接触区域,应设有阻止散料进入的清扫器。在卸料滚筒处,应采取相应的措施,防止散料被带回并坠落到相关的结构上。

5.8.4 装船机上应设有冲洗管路或压缩空气管路系统,定期对易造成粉尘堆积的位置进行冲洗、除尘,此外,机上或者地面基础上应设有相应的污水、粉尘收集和处理系统。

5.9 润滑

5.9.1 装船机上的轴承、铰轴、回转轴承等,均应设有适当的、可靠的润滑措施。润滑油脂的牌号应满足使用要求。

5.9.2 对于维护人员不能到达的或者危险区域的润滑点,应采用管路将润滑点引到易于操作的区域。

5.10 电气设备

5.10.1 通用要求

5.10.1.1 电气设备应符合 GB/T 5226.1、GB/T 5226.32、GB/T 35016 及专用标准的规定。

5.10.1.2 电气传动系统、电气控制系统所涉及的元器件选用、布置及导线敷设、辅助设施应符合 GB/T 3811 的规定。

5.10.1.3 钢丝绳俯仰机构应采用交流变频闭环控制。

5.10.1.4 室内电气设备的防护等级不应低于 IP23 的要求,室外电气设备的防护等级不应低于 IP54 的要求。

5.10.1.5 电气设备应具有良好的绝缘性能,不应低于 GB/T 35016-2018 中 3.7.4 的规定。

5.10.1.6 电气设备除应具有足够的抗电磁干扰能力,其产生的电磁还不应高于使用场合所许可的最高等级。

5.10.1.7 照明电源与动力电源应分开涉及,动力电源切断时,照明不应失电。

5.10.1.8 除紧急停止保护及其他重要联锁功能外,其余动作顺序及联锁等功能均应由可编程控制器(PLC)来完成。

5.10.1.9 装船机应设有机上电话系统和广播等通信设备。

5.10.1.10 装船机应设有监控管理系统(CMS)和数据通信系统。

5.10.1.11 装船机应配备应急柴油发电机组或应急电源接口。

5.10.1.12 电气设备的安装、施工及验收应符合 GB 50150, GB 50254 和 GB 50147 的规定。

5.10.2 电源与供电

5.10.2.1 应采用三相交流动力电源,频率为 50Hz,电压宜采用 6kV 或 10kV,采用电缆卷筒或其他方式供电。

5.10.2.2 对于额定线电压高于 1000V 的交流供电系统，其供电线路及保护设计应符合高压供电规定。

5.10.3 供电装置

5.10.3.1 装船机的供电装置一般宜采用电缆卷盘（筒）、继电器供电，也可以采用电缆拖链、滑触线等方式供电。

5.10.3.2 采用电缆卷盘（筒）、继电器、滑触线等供电应符合 GB/T 3811 的规定。

5.10.4 电动机

5.10.4.1 装船机的各机构驱动电动机应符合 GB/T 755 和各种专用电动机标准的规定。

5.10.4.2 电动机的选用应符合 GB 18613 的规定。

5.10.4.3 电动机容量校核应符合 GB/T 3811 及本文件的规定。

5.10.5 电阻器

5.10.5.1 电阻器应符合 JB/T 6319 的规定。

5.10.5.2 常串级电阻应按连续工作制选择。

5.10.5.3 启动加速用电阻器应按重复短期工作制选择，电阻器各级电阻的接电持续率，应按不同接入情况选用不同值。同一电阻组件在不同接电持续率时有不同允许电流值，选用组件的允许电流值不应小于电动机额定电流。

5.10.5.4 电阻器应加防护罩，并应考虑散热所需空间。

5.10.6 控制柜

5.10.6.1 控制柜的选用应符合 GB/T 7251.1 的规定。

5.10.6.2 电气室内高压柜应与低压柜分开，电气室的设计应考虑其内部控制柜的整体更换。

5.10.6.3 控制柜应采用整体防护式结构，面板带门，并应能可靠锁住。可开启电控柜门应用软导线与接地金属构件可靠的连接。

5.10.6.4 控制柜内应设照明装置，必要时，柜内应设加热器。

5.10.6.5 控制柜应安装牢靠，柜前净宽不应小于 600mm。

5.10.7 联动控制台

5.10.7.1 联动控制台上操作手柄应具有零位自锁功能，主令控制器应操作灵活、档位清楚、工作可靠、零位手感明确。

5.10.7.2 联动控制台上所有按钮、转换开关、指示灯等电气元件上或附近应设有标明其用途及操作方向的标识。

5.10.8 电线及电缆

5.10.8.1 电线电缆除应符合 GB/T 35016-2018 中 3.7.2 的规定外，还应满足本文件要求。

5.10.8.2 电缆、电线应选用有护套的、铜芯、多股绝缘电线，司机室内可选用无护套的、铜芯、多股塑料绝缘电线。

5.10.8.3 应选用截面不小于 1.5mm^2 的多股单芯电线或不小于 1mm^2 多股多芯电线，选择电子装置、液压伺服机构、传感元件等连接线时，应考虑电线的机械强度。

- 5.10.8.4 不同电压种类和电压等级的电缆、电线，应分开敷设。
- 5.10.8.5 电缆、电线应敷设于电缆桥架或金属管中，在电缆桥架或金属管不便敷设或有相对移动的位置，应采用金属软管敷设。电缆桥架及金属管的敷设不应积料、积水。
- 5.10.8.6 电缆敷设弯曲半径不应小于电缆制造商允许的最小值。
- 5.10.8.7 所有电缆、电线均不应有中间接头，照明线应在设备附近用过渡端子连接。
- 5.10.8.8 所有电缆、电线两端应有与电路图一致的永久性标识。
- 5.10.8.9 外部电缆在电气室和司机室上的入口处，应采取可靠的密封措施。

5.10.9 接地、防雷

接地与防雷应符合 GB/T 35016-2018 中 3.7.3 的规定。

5.10.10 照明与信号

照明与信号应符合 GB/T 35016-2018 中 3.7.5 的规定。

5.10.11 工业电视系统

- 5.10.11.1 工业电视系统应采用金属电缆或光缆传送电视信号的传输方式。
- 5.10.11.2 工业电视应能连续开机工作。
- 5.10.11.3 摄像机应设置在稳定牢固的底座或建筑物上，需要监视变化场景时，摄像机应配置电动云台。
- 5.10.11.4 集中监视多个分散目标的工业电视系统，应设视频切换装置。

5.11 安全保护装置

安全保护装置应符合 GB/T 35016-2018 中 3.8 的规定。

5.12 安全标志

- 5.12.1 应按照 GB/T 15706 与 GB/T 22696 的要求对装船机进行风险评估，识别并确定需要设置安全标志的位置，如易受挤压、碰撞、冲击等机械伤害处，可能直接或间接触电及高压处，过热、易燃及易爆处，狭小空间、高空作业等处。
- 5.12.2 装船机上的所有安全标志应符合 GB/T 2893.1、GB 2894、GB/T 35016-2018 中 3.11 的规定。
- 5.12.3 安全警示标志的大小及安装位置应醒目。

6 试验方法

6.1 基本要求

6.1.1 试验前，应编制完整的试验手册，试验手册应包含如下步骤：

- 安装完整性检查；
- 运转前试验；
- 空载试验；
- 负载试验；
- 性能考核试验。

6.1.2 试验完毕后，应确保设备的性能满足使用要求。

6.1.3 在整个调试过程中,应记录各项数据及整改情况。调试结束后,完成所有竣工资料的归档工作。

6.2 安装完整性检查

通电前,应检查装船机是否安装完整,是否符合合同规格书、设计规范、设计图纸等要求,主要如下:

- 应确认所有的结构、机械、电气、液压设备以及电缆、管路、辅件、标牌等正确地安装完毕;
- 应确认所有的流体管路系统酸洗完毕,所有的压力容器、管路等压力试验合格;
- 应正确地设定所有的制动器和限力矩安全联轴器力矩值;
- 应正确地设置液压系统安全阀的压力值;
- 应正确地设定防撞系统参数;
- 应确认润滑油、润滑脂、液压油等加注到规定的液位;
- 应确认润滑油脂牌号符合要求,且应保证所有的润滑点得到充分的润滑;
- 应确认所有的电气设备通过了工厂试验,且试验报告经审查合格;
- 应确认所有的电动机、电气设备、电缆等通过了绝缘试验,经验收合格;
- 应确认所有的电缆通过了点对点连续性试验,经验收合格;
- 应确认所有的隔离开关和断路器处在断电状态;
- 应确认所有的设备得到正确的防护;
- 应确认所有的防护装置和警示标牌安装完毕;
- 应确认其他的试验工作已完成。

6.3 运转前试验

机上设备通电后,运转前,应对各设备的手动、自动顺序控制及设备接口进行试验。主要如下:

- 通过控制电源给控制回路通电,并进行试验;
- 试验所有连锁保护功能;
- 给动力电路通电;
- 试验仪器仪表回路功能;
- 在各种操作模式下,模拟试验所有驱动装置的控制顺序;
- 检查和校正所有电动机的旋转方向;
- 检查、试验和校正现场设备及仪器仪表等;
- 检查和试验润滑系统功能;
- 试验液压系统;
- 其他的试验工作。

6.4 空载试验

6.4.1 装船机应根据以下四个步骤进行空载运转试验:

- 各设备运转试验;
- 各集成子系统运转试验;

- 整机联动运转试验；
- 2 小时连续运转试验。

6.4.2 在空载运转试验中，应进行系统的检查与试验，主要如下：

- 检查润滑和液压系统的参数设定及油位是否符合要求；
- 测量设备及系统的振动、噪声水平、温升等；
- 测量各机构的运行速度以及加减速度；
- 检查各制动器的功能是否正常；
- 测量液压系统在各试验点的压力与流量；
- 检查润滑、液压等系统的安全阀参数设定是否符合要求；
- 检查各软限位及限位开关的设定与安装位置是否符合要求；
- 检查所有限位开关及其他现场装置的功能的可靠性；
- 检查所有位置检测与校正装置与系统功能是否正常；
- 检查输送带在空载状态下运转是否跑偏；
- 在空载状态下，运转设备；
- 试验电缆卷筒、水管卷筒、除尘系统、冲洗系统、消防系统等；
- 确认装船机在运转过程中的净空、安全距离等是否满足要求；
- 若有要求，则应对装船机整机重量、重心、俯仰油缸的压力等进行测量；
- 按照工艺流程要求进行空载联动试验，连续运转 2h，对设备与系统的振动、噪声、温升等进行测量，并做好记录。

6.5 负载试验

空载运转试验完成后，应进行至少 4h 负载试验。负载运转试验中，应进行如下检查与试验：

- 试验装船机在各种操作模式下以及各种工况下的启动、制动与装船作业；
- 验证机上带式输送机在最不利工况下的满载启动能力；
- 检查机上带式输送机与转载溜槽在受载的情况下是否对正，必要时，停机并进行调整；
- 检查输送带在受载条件下是否跑偏，是否出现撒料；
- 检查滚筒、托辊、清扫器等功能是否正常，必要时进行调整；
- 试验除尘系统、冲洗系统等；
- 重新检查润滑、液压等系统的油位是否符合要求；
- 测量设备及系统在负载条件下的振动、噪声水平、温升等；
- 检查各制动器在负载条件下的功能是否正常；
- 测量液压系统在负载条件下各试验点的压力与流量；
- 检查所有限位开关及其他现场装置功能的可靠性；
- 检查所有位置检测与校正装置与系统功能是否正常；
- 最终设定各控制、报警及断电点；
- 测量俯仰液压油缸在整个行程范围内的压力，应与设计值进行比较；
- 测量各机构电动机电流等。

6.6 性能考核试验

6.6.1 额定生产率考核

应基于设计船型对装船机进行额定生产率考核试验，装船机在考核船型的各个舱口上持续地以额定生产率进行装船作业的时间不应低于15min。

6.6.2 可利用率考核试验

应基于设计船型对装船机进行可利用率考核试验，实测的可利用率不应低于95%。

装船机的实测可利用率A应按式（1）进行计算：

$$A = (T_0 - T_1 - T_2) / (T_0 - T_1) \quad (1)$$

式中：A——装船机的可利用率；

T_0 ——从性能考核试验开始到结束的总时间，单位为小时（h）；

T_1 ——装船机以外原因引起的停机时间，单位为小时（h）；

T_2 ——装船机自身故障引起的停机时间，单位为小时（h）。

6.6.3 可靠度考核试验

应基于设计船型对装船机进行可靠度考核试验，实测的可靠度不应低于98%。

装船机的实测可靠度R应按式（2）进行计算：

$$R = (T_0 - T_1) / (T_0 - T_1 + T_2) \quad (2)$$

式中：R——装船机的可靠度。

7 检验规则

7.1 检验分类

装船机的检验分为出厂检验和型式试验。

7.2 出厂检验

7.2.1 装船机在出厂前应进行整机总装，包括：走行机构、门架、回转驱动装置、回转架、臂架及其带式输送机、俯仰机构、配重臂架、配重、前后拉杆、机器房、尾车等。

7.2.2 装船机至少应进行部件预装并应进行空运转试验，正、反方向运转，各机构空运转试验累计时间不应少于5min，检查各限位、编码器等工作正常。

7.2.3 制造商的质量检验部门，应对每台装船机进行出厂检验，检验合格后，向需方签发《产品合格证明书》。

7.2.4 出厂检验的主要项目见表2。

表2 出厂检验项目

序号	项目名称	出厂检验	型式试验	检验要求	试验方法
1	外观及安装完整性检查	√	√	5.2~5.11	6.2
2	技术性能参数测定	√	√	5.2.4	6.2~6.5
3	运转前试验	√	√	5.2~5.11	6.3
4	空载试验	√	√	5.2~5.11	6.4

5	负载试验	—	√	5.2~5.11	6.5
6	生产率考核试验	—	√	5.2.4	6.6.1
7	可用性与可靠度考核试验	—	√	5.2.2	6.6.2~6.6.3

7.3 型式试验

7.3.1 有下列情况之一时，应进行型式试验：

- a) 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定；
- b) 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- c) 产品停产达一年以上后恢复生产时；
- d) 出厂检验结果与上次型式试验有较大差异时；
- e) 国家质量监督机构提出进行型式试验要求时。

7.3.2 型式试验的检验项目见表 2。

7.3.3 型式试验一般应在需方使用现场进行试验。

8 标志、包装和运输

8.1 标志

应在装船机司机室或其他适当位置设标牌，标牌应符合 GB/T 13306 的规定，应包括但不限于以下内容：

- a) 产品名称和型号；
- b) 主机性能参数；
- c) 产品编号；
- d) 出厂日期；
- e) 制造商名称。

8.2 包装

8.2.1 装船机的包装应符合 GB/T 191 及 GB/T 13384 的规定。

8.2.2 需拆解的零部件连接处应设有清晰的对应性标记和编号。

8.2.3 每个包装上应标明零部件的名称、编号、重量、吊点位置，并应附有包装清单。

8.2.4 销轴、轴孔、螺纹及外露加工面应做防锈处理并妥善防护，液压管件接口应封住，电线、电缆接头应防水密封。

8.2.5 各种随机资料及装箱单等应防水封好，妥善存放在有标记的适当位置。

8.2.6 装船机出厂时应提供但不限于如下随机资料：

- a) 产品合格证书；
- b) 主要配套件合格证书；
- c) 产品使用维护说明书；
- d) 主要配套件使用维护说明书；
- e) 机械、电气等随机图纸；
- f) 易损件清单；

- g) 随机工具清单;
- h) 备件清单;
- i) 装箱单。

8.3 运输

- 8.3.1 装船机的运输应符合铁路、公路及航运的运输规定。
- 8.3.2 采用整体方式进行海运时, 应按照要求进行海运加固, 并确保符合航道上所有限界规定。
- 8.3.3 运输过程中, 应避免碰撞、腐蚀、变形等。

9 使用和维护

9.1 基本要求

9.1.1 装船机应带有其专有的《设备手册》, 《设备手册》中应给出并记录如下的信息:

- 设备总体描述;
- 主要的技术参数;
- 整个寿命周期内重大事件的记录;
- 关键的结构和机械的检查、试验要求和步骤;
- 关键的电控系统的检查、试验要求和步骤;
- 结构、机械以及电控系统等定期检查的记录;
- 结构、机械以及电控系统等定期整改的记录;
- 使用和维护的风险评估的报告和记录;
- 附件应至少包括: 主要的结构和机构计算书、电气功率需求计算书、制造过程文件、安装手册、调试手册、重心报告、操作手册和维护手册等。

9.1.2 所有的使用人员和维护人员应具有装卸机械的使用维护经验, 应得到充分的专业培训, 取得相应的资质和证书, 并获得授权来使用和维护装船机。

9.1.3 在装船机的使用和维护过程中, 不应出现如下操作:

- 未经设计和制造方的审查和批准, 对设备的任何结构进行修改;
- 在发现有任何可能的损害或故障的情况下, 继续操作设备;
- 在规定的设计参数之外操作和运行设备;
- 未经设计方的审查和批准, 对设备的控制系统逻辑进行修改;
- 将关键的安全保护装置旁路;
- 将关键的、与安全有关的安全控制逻辑旁路。

9.2 使用

装船机的使用应符合 GB/T 35016-2018 中 6.2、6.3 的规定。

9.3 维护

9.3.1 装船机的维护应符合 GB/T 35016-2018 中 6.4 的规定。

9.3.2 除应按照 GB/T 35016-2018 中 5.4 的规定做定期预防性维护外，还应对装船机做如下定期检查：

- 每年应校验一次控制与保护装置；
- 每年应审查一次 PLC 程序；
- 每年应对回转轴承进行一次全面的检查，包括检查润滑、磨损、高强螺栓等；
- 每两年应由专业的结构工程师对钢结构进行一次全面的专业检查与评估；
- 每六年应对整机进行一次全面的检查与评估。

10 管理

应按照 GB/T 24353 的要求编制装船机全寿命周期内的风险管理计划，并确保与装船机运行和维护的风险得到有效的管理。