

第 1 章 检验与发证

1.1 适用范围

1.1.1 本规范适用于船舶和海上设施用的下列起重设备：

- (1) 吊杆装置 ,包括吊杆式起重机；
- (2) 起重机；
- (3) 潜水器吊放系统；
- (4) 乘客与船员用升降机；
- (5) 货物、车辆升降机(需要签发起重设备证书时)与车辆跳板(需要签发起重设备证书时)。

1.1.2 1.1.1 中未述及的起重设备 ,可在本规范的基础上予以考虑。

1.1.3 起重设备所用材料与焊接 ,应符合本社《材料与焊接规范》的适用要求。

1.1.4 本社承认的有关标准 ,可考虑作为本规范的等效来设计起重设备 ,但此标准应考虑到起重设备每种工况的运行方式所产生的力。

1.1.5 本社承认的有关零部件标准一般可作为本社的等效标准。

1.1.6 本社可同意采用等效于本规范要求的替代设施或零部件。

1.1.7 送审新颖或具有特殊性能的起重设备的设计图纸时 ,本社可要求设计部门送审补充计算书。

1.2 定义

1.2.1 本规范的有关定义如下：

(1) 起重设备 :系指安装于船上或海上设施上的吊杆装置、吊杆式起重机、起重机以及升降机和跳板、用以吊运或载运货物、设备、物品及人员等的设备。

(2) 轻型吊杆 :系指安全工作负荷等于和小于 98kN 的吊杆装置和吊杆式起重机。

(3) 重型吊杆 :系指安全工作负荷大于 98kN 的吊杆装置和吊杆式起重机。

(4) 吊杆式起重机 :系指具有双千斤索的吊杆装置 ,能在带载情况下由 1 人即可进行回转和变幅操作。

(5) 可卸零部件 :系指非永久性附连于起重设备上的零部件 ,如链条、三角眼板、吊钩、滑车、卸扣、转环、钢索索节、有节定位索和松紧螺旋扣等。吊梁、吊架、吊框与类似设备亦称为可卸零部件。

(6) 固定零部件 :系指永久连接于吊货杆、桅或起重柱、甲板、上层建筑和船舶其他结构件上的起重设备零部件 ,如眼板、吊货杆叉头、吊货杆承座包括转轴、箍环与嵌入滑轮等。

(7) 安全工作负荷(SWL):

① 起重设备的安全工作负荷 :系指经正确安装的起重设备在设计作业工况下证明能吊运的最大静载荷；

② 可卸零部件的安全工作负荷 :系指可卸零部件经设计和试验证明能承受的最大

载荷。此最大载荷应不小于起重设备在安全工作负荷下,可卸零部件会受到的最大负荷。

(8) 标准作业工况:系指起重设备在确定安全工作负荷时所处的作业工况,包括:

- ① 起重设备工作时,船舶处于横倾 5° 、纵倾 2° ;
- ② 在港内作业;
- ③ 起重设备工作时风速不超过 20m/s ,相应风压不超过 250Pa ;
- ④ 起重荷重的运动不受外力的制约;
- ⑤ 起重作业的性质,即作业的频次与动载特性与本篇规定的因素载荷相一致。

(9) 特殊作业工况:系指起重设备设计时所考虑的作业工况超过标准作业工况,包括:

- ① 船舶横倾与/或纵倾大于标准作业工况规定;
- ② 作业于无遮蔽的海域;
- ③ 起重设备工作时的风速超过 20m/s ,相应风压超过 250Pa ;
- ④ 起重时,起重荷重不是处于静止状态;
- ⑤ 起重荷重的运动受到外力的制约;
- ⑥ 起重作业的性质,即作业的频次和动载特性与本篇规定的因素载荷不相一致。

(10) 因素载荷:系指设计起重设备时应考虑的载荷,但未包括风载荷,此载荷可用下式表示:

$$\text{因素载荷} = \text{起升载荷} \times \text{作业系数} \times \text{动载系数}$$

(11) 起升载荷:系指起重设备安全工作负荷与起重设备运动部件自重之和。这些部件与安全工作负荷直接相连,起重中,与安全工作负荷作相同的运动。

(12) 作业系数:系指考虑起重设备作业频次与载荷状态所给的余度系数。

(13) 动载系数:系指在起重设备工作时,考虑所有动载效应的一个系数。此系数乘以起升载荷后,代表包括所有动载效应作用于系统上的载荷。

(14) 自重载荷:系指不包括在起升载荷中的起重设备部件的质量。

(15) 设计应力:系指起重设备在安全工作负荷作用下,本篇规定起重设备部件允许承受的最大应力。即应考虑起重设备在因素载荷作用下,同时受到侧向载荷与风载荷。

(16) 全面检查:用目测检查,必要时辅之以其他方法,并尽条件仔细地进行,以使对所检查的部件得出安全可靠的结论。为此目的,必要时应将部件或机件拆开检查。

(17) 外部检查:用目测检查、查明部件是否有变形和其他缺陷,如裂纹或过度磨损和锈蚀等。

1.3 图纸资料

1.3.1 应将吊杆装置的下列图纸与资料提交本社批准:

(1) 吊杆装置(包括吊杆式起重机)布置图,表明轻型吊杆、重型吊杆或双杆系统的布置和各个可卸零部件的具体位置;

(2) 吊杆装置的受力图解以及在双杆操作时的工作范围与数据;

- (3) 桅、起重柱和支索(如设有时)的结构图;
- (4) 吊杆结构图,包括头部、根部附件;
- (5) 吊杆承座和转轴、千斤滑车眼板、稳索眼板以及类似零部件,若采用认可的适合此用途的国际标准与国家标准,可仅送交明细表,并说明其材料、安全工作负荷与所采用的标准;
- (6) 上述(3)(4)(5)均应表明所使用的钢材等级、焊接材料与焊缝规格;
- (7) 桅、起重柱和支索(如设有时)以及吊货杆的强度与/或稳定性计算。

1.3.2 应将吊杆装置的下列图纸与资料提交备查:

- (1) 滑车、链条、卸扣、吊钩、转环与其他可卸零部件的明细表,并说明其材料、安全工作负荷、验证负荷与所应用的标准;
- (2) 所用钢索、纤维索的构造、尺寸、涂层与破断负荷明细表,钢索应表明钢丝的公称拉力强度。

1.3.3 应将起重机的下列图纸与资料提交批准:

- (1) 起重机布置总图,包括主要工作参数说明;
- (2) 起重机系统受力分析;
- (3) 起重机起升、变幅、回转与行走机构布置图,包括超负荷保护、超力矩保护与各限位器的布置和功能说明;
- (4) 主要部件强度计算,并应明确设计基础、作业衡准、工作参数、起重机部件的质量和重心以及所应用的国家标准;
- (5) 起重机的稳定性计算(如适用时)。
- (6) 主要结构部件的结构、尺寸、钢材等级以及焊接材料与焊缝规格,这些部件包括臂架、塔架、平台、门架、轮架、回转支承环、基座、栏杆与存放设施等。

1.3.4 应将起重机的下列图纸与资料提交备查:

- (1) 滑轮和轴、枢轴、轮子、横撑梁、回转支承环及其螺钉和类似项目的详图,并说明所使用的钢材等级;
- (2) 滑车、吊钩、转环、吊梁、吊架与其他可卸零部件的详图,并说明其材料、安全工作负荷、验证负荷与所采用的标准;
- (3) 所使用钢索的构造、尺寸、涂层、破断负荷与钢丝的公称拉力强度。

1.3.5 应将升降机和跳板的下列图纸与资料提交批准:

- (1) 设计说明书包括所使用的材料;
- (2) 所有主要结构图;
- (3) 滑轮与滑轮支承详图;
- (4) 表明额定能力、车辆载荷、车轮中心、轮胎印、工作范围与角度以及部件的质量与重心的计算;
- (5) 卷绕装置图;
- (6) 钢索与链条的尺寸、构造、涂层与破断负荷;
- (7) 布置总图包括轿厢构造和导架详图(如适用时);
- (8) 进出门图(如适用时);
- (9) 升降道登乘门耐火试验说明(如适用时);
- (10) 升降机通道布置图和详图包括安全设施(如适用时)。

1.3.6 应将机械、电气和控制系统的下列图纸与资料提交批准:

(1) 控制室或控制站布置图 ;
(2) 配电板布置图与线路图 ;
(3) 电气线路系统图 ,并表明设备与电缆的规格、绝缘等级、正常工作电流与各种电气保护的型号、容量与制造厂 ;

(4) 主、辅配电板汇流排与变压器输出端的短路电流计算书 ;
(5) 控制线路、联锁与报警系统原理图 ,包括液力、气力与电力 ;
(6) 安全设施详图 ,包括固定与锁紧装置 ;
(7) 液压油缸与工作系统详图(如设有时)。

1.3.7 应将机械、电气和控制系统的下列图纸与资料提交备查 :

(1) 使用与操作说明书 ;
(2) 机房布置图 ,包括动力机组及其说明 ;
(3) 起升、变幅、回转与行走机构布置图及其设备与部件的技术说明书。

1.3.8 应将起重设备与船体结构连接处加强图提交批准。

1.4 附加标志

1.4.1 验船师按照本规范的要求在满意地完成了申请入级的起重设备的全部试验和检验 ,并颁发了全部必需的试验和检验证书、起重和起货设备检验簿后 ,向总部建议授予起货设备入级附加标记 :Lifting Appliance ,并载入临时船体入级证书。

1.4.2 使用检验报告(格式 :CG)向总部报告检验情况 ,同时附上所发的全部证书和文件副本。

1.4.3 经本社审核同意后 ,由本社正式授予起重设备入级附加标记 ,并标记在船体入级证书以及相关的文件中。

1.5 检验

1.5.1 一般要求

1.5.1.1 起重设备在投入使用前应进行初次检验。起重设备投入使用后 ,应进行定期试验和检验。

1.5.1.2 起重设备可卸零部件在首次使用前 ,以及在使用中更换或修理影响其强度的部件 ,应进行验证试验和全面检查。

1.5.1.3 当起重设备发生重大事故或发现重大缺陷 ,更换或修理影响其强度的部件时 ,船长或船东应及时报告本社 ,以便能及时对起重设备进行检验。

1.5.1.4 本章所述的试验、验证试验、检验和检查 ,应按本社规范或认可的等效规定进行。

1.5.1.5 可卸零部件和钢索在每次使用前 ,应由船上职能人员进行检查 ,但在最近 3 个月内通过检查者可例外。对发现有断丝的钢索 ,每月至少应检查 1 次。

1.5.1.6 起重设备的检验种类 :

(1) 初次检验 ;

- (2) 年度检验；
- (3) 换证检验(即 4 年度全面检验)；
- (4) 损坏及修理检验；
- (5) 展期检验。

1.5.1.7 上述各种检验应按 1.5 的规定进行。

1.5.1.8 其他要求如下：

(1) 若起重设备搁置或修理时间为 12 个月以上时,在重新投入使用之前应进行一次检查。试验和检验的范围根据搁置和修理期间应进行的检验种类而定,如 换证检验和负荷试验到期,则应按规定完成试验和检验,并签发证书,新的换证检验周期应从此次试验和检验完成的日期开始。

(2) 对某些主管当局接受有资格和独立的人员进行检验如高级船员,建议在不延误船期和使船方不便的情况下,应由本社验船师进行检验和签发证书。

(3) 船东申请的其他检验要求,本社将给予特别考虑,但申请方应提供检验要求的细节。

(4) 任何零件如永久固定在船体结构上并设计来支承起重设备的大桅或起重机基座,都必须作为入级船体的一部分并满足相应的入级条件,即使这些设备本身并未在本社入级或办理证书。

1.5.2 初次检验

1.5.2.1 初次检验应包括：

(1) 申请单位应按 1.3 规定提供图纸资料一式三份供批准和备查(已经本社批准的产品除外)；

(2) 核查业经批准的起重设备设计图纸、技术文件；

(3) 检查起重设备的布置、构件、尺寸、装置、材料、焊接和制造工艺应符合认可的图纸和资料；

(4) 逐个检查起重设备的零件,并检查证件,核对标记；

(5) 起重设备安装过程中应进行全面检查,安装完毕后,应按第 6 章的要求进行试验,确认整个设备有效地和安全地工作,任何停车、控制和类似装置的功能应正确。试验后,装置及其支承结构均应经检验确信无变形或扭曲。

起重机的产品出厂试验不能代替船上安装后的试验。

1.5.2.2 初次检验合格后应签发 1.6 规定的相应证书,尚应在“起重和起货设备检验簿”上签署。

1.5.2.3 现有船上起重设备的初次检验可按如下要求进行：

(1) 应向本社提交设备的布置图、构件尺寸图、计算书和说明书以及相关的资料供核查；

(2) 检查全部可卸零部件并核对证明文件,如果证书遗失,则零件应作验证试验,并重新打标记；

(3) 按照换证检验的要求对其设备和支承结构进行全面检查,并按第 6 章的要求进行负荷试验；

(4) 检验合格后,签发 1.6 规定的相应证书,尚应在“起重和起货设备检验簿”上签署。

1.5.2.4 对具有 IACS 成员船级船舶的起重设备申请转入 CCS 船级时,起重设备的检验和发证原则如下：

(1) 如时逢原船换证检验,则应按本章换证检验的规定进行试验和检验,合格后签发试验和检验证书,并同时在新发的“起重和起货设备检验簿”上做换证检验签署。

(2) 如时逢原船年度检验,则应按本章年度检验的规定进行试验和检验,合格后换发“起重和起货设备检验簿”并做年度签署,原船的各类试验和检验证书应附在新发的“起重和起货设备检验簿”上。

(3) 对于原船持有的有关港口国当局要求的起重设备“检验簿”,如符合船旗国当局的规定,应船东申请,经检验合格,也可在原“检验簿”上签署。

1.5.2.5 对非 IACS 成员船级船舶起重设备申请加入 CCS 船级时,其检验办理一般应按 1.5.2.3 检验要求办理。

1.5.2.6 申请入级的起重设备,经初次检验符合上述要求,本社可以授予相应的船级附加标志 Lifting Appliance。为保持船级船东应按 1.5 的规定申请本社验船师进行定期检验并签发证书。

1.5.3 年度检验

1.5.3.1 在初次检验或换证检验每周年日前或后 3 个月内应进行下列项目的年度检验:

(1) 吊杆装置的吊杆和附连于吊杆、桅或起重柱和甲板上的固定零部件应进行外部检查,其检查项目和内容详见表 1.5.3.1-a;

(2) 可卸零部件应进行全面检查,其检查项目和内容详见表 1.5.3.1-a;

(3) 钢索应进行外部检查,其检查项目和内容详见表 1.5.3.1-a;

(4) 绞车、起重机、货物升降机、车辆跳板,应进行全面检查,其检查项目和内容详见表 1.5.3.1-b。

1.5.3.2 检查起重机械、绞车等装置的使用、保养和修理记录,以确认其装置处于正常的维修保养状态。

1.5.3.3 对与潜水器吊放系统的组成部件可参照 1.5.3 中适用的要求进行检验。

1.5.3.4 年度检验合格后应在“起重和起货设备检验簿”上签署。

吊杆装置的检查项目和内容

表 1.5.3.1 – a

序号	项目	吊杆装置
1	吊杆和桅上的零部件	(1) 检查吊杆和桅头部的眼板等。 (2) 检查鹅颈轴和根部销轴的变形、磨损、刻痕或其他缺陷。 (3) 检查吊杆根部滑车的系牢情况
2	甲板上的零件	检查甲板上的眼板 ,钢丝绳制止器等
3	吊杆和桅	(1) 检查腐蚀情况(如有怀疑 ,必要时可清除油漆),特别应注意吊杆和撑架接触的部分 ,必要时可要求测厚。 (2) 检查刻痕或凹陷和吊杆是否弯曲(有怀疑时拆下测量)。 (3) 吊杆头部和根部的附件应保证处于良好工作状态。当认为必要时吊杆应在所有工作位置进行操作检查
4	滑车 (包括稳索滑车)	(1) 检查滑车 ,特别应注意滑轮的转动、有效的润滑和有无严重的磨损。必要时可拆下检查。 (2) 检查滑车的安装位置、绳索穿法及其安全工作负荷
5	卸扣(包括稳索卸扣) 链环、环、吊钩、三角板	(1) 各种零件应清除油漆、油污、污垢后 ,检查磨损、变形或其他缺陷。 (2) 核查零件的安装位置和安全工作负荷
6	钢索	检查钢索 ,注意端头连接以及断丝和内部腐蚀
7	千斤链条	链条应清除油漆、油污 ,并应拆下 ,检查变形、磨损或其他缺陷
8	试验	(1) 修理或新换的零件若没有试验证明 ,吊杆装置应作试验。 (2) 吊杆装置进行了影响强度的修理 ,应作负荷试验

起重机、升降机和跳板的检查项目和内容

表 1.5.3.1 – b

序号	项目	起重机、升降机和跳板
1	布置	按照起货设备布置图和制造手册检查钢索布置和各类滑车的装配
2	固定的滑轮、滑车、轴销和罩壳	(1) 检查轮盘有无裂纹 ,必要时应拆去有碍检查的部件。 (2) 检查索槽的磨损情况。 (3) 检查全部滑油装置处于工作状态。 (4) 检查轴销的固定情况。 (5) 检查轮盘在轴销上的转动情况。 (6) 检查轴销和轮盘衬套的磨损 必要时拆开检查。 (7) 检查罩壳和隔离板内的状况
3	起重臂根部轴销、跳板的铰链	检查润滑和确认无磨损伤害
4	转盘	(1) 检查润滑和螺栓的紧密性、确保无磨损伤害和过渡移动。 (2) 注意内圈和外圈过渡宽松和轨道过渡的磨损。 (3) 当起重机或转盘制造者有特别要求时 ,应按要求进行
5	钢索	(1) 沿钢索的全长作检查。 (2) 检查断丝、扭曲和腐蚀 ,若断丝、扭曲和腐蚀的钢丝超过 1.5.5.3 限制应更换。 (3) 检查末端固定和插接 ,应注意在连接过渡处的断丝 ,任何插接处的附件检查时应移去。 (4) 钢索重新装配前应全面润滑
6	结构	(1) 检查全部螺栓紧固情况 ,被更换的螺栓其形式和材质以及固定应同前一样。 (2) 检查螺栓基座腐蚀情况。 (3) 检查焊缝情况。 (4) 检查结构的腐蚀 ,必要时除去油污作锤击检查。 (5) 检查起重臂、塔架、基座和门式起重架、跳板、升降机导轨等的局部缺陷或变形
7	卸扣、环、吊钩等	(1) 检查有无裂纹、变形、磨损或其他缺陷。检查时应将油污、油漆和锈皮等应清除。 (2) 若卸扣变形应校正、热处理并重新试验。 (3) 若卸扣销子换新 ,该卸扣应重新试验
8	链	(1) 清除油漆、油污等 ,检查变形、磨损或其他缺陷。 (2) 换新的链环应与原链材料和强度相当 ,并作热处理和重新试验
9	钢索、滚筒	(1) 确认在全部操作位置上钢索在滚筒上至少留有 2 圈。 (2) 检查全部钢索的固定是有效的。 (3) 检查滚筒有无裂纹和损害钢索的缺陷。 (4) 检查排缆装置工作的有效性(如有时)
10	液压缸、绞车等及其附件	(1) 检查液压管路状况。 (2) 检查活塞、枢轴销和轴承等的过量磨损和变形。 (3) 检查座架及其肘板的变形和损坏情况
11	主枢轴、回转轴承等	(1) 检查主枢轴和轴承的工作状况 ,应无过分的自由窜动 ,确认枢轴销没有超量磨损或变形。 (2) 确认润滑装置工作正常
12	试验	(1) 修理或换新的零件若没有试验证明 ,则吊杆装置应做试验。 (2) 若装置进行了影响强度的修理 ,则应做负荷试验。 (3) 检查时应操作机械装置 ,验证其工作安全、有效、并校核升降、旋转、变幅和行走运动 ,以及在超限时升降、旋转、变幅和行走时限位开关的工作状态

1.5.4 换证检验

1.5.4.1 在初次检验或换证检验后 ,每隔 4 周年 ,应进行下列项目的换证检验 :

(1) 吊杆装置的吊货杆和附连吊货杆、桅或起重柱和甲板上的固定零部件应进行全面检查 ,检查项目和内容详见表 1.5.4.1。吊杆装置应按第 6 章的要求进行负荷试验。

(2) 起重机、升降机、车辆跳板及可卸零部件应进行全面检查 ,其检查项目和内容应按 1.5.3 的相关要求进行。起重机、升降机、车辆跳板应按第 6 章的要求做负荷试验 ,确认在试验负荷下操作状况是满意的 ,超负荷和负荷指示器及限位开关工作有效。

吊杆装置的检查项目和内容 表 1.5.4.1

序号	项目	吊杆装置
1	吊杆和桅杆上的零部件	(1) 检查吊杆和桅杆头部的眼板。 (2) 鹅颈、转动枢轴销等连带其横轴拔出 ,作全面检查。 (3) 拔出所有其余的销轴和对桅顶千斤转动件 ,转动舌头等作全面检查。 (4) 检查销轴的变形、磨损、刻痕或其他缺陷。 (5) 检查根部滑车的系牢情况
2	甲板上的零件	检查甲板上的眼板 ,系索枕 ,钢丝绳固定器等
3	吊杆和桅	(1) 检查腐蚀情况(如有怀疑 ,必要时可清除油漆) ,特别应注意吊杆与撑架接触处。 (2) 吊杆以锤击检查 ,必要时可要求测厚。 (3) 检查碰伤痕迹、凹陷和检查吊杆是否弯曲(如有怀疑时拆下测量挠度)
4	滑车 (包括稳索滑车)	检查时应将滑轮和销轴拆出。所有受力部分包括头部附件应作全面清洁(必要时清除油漆)并作全面检查。杆件或头部转动件的螺母和凸环应检查以保证可靠的系固和无可见的缺陷。杆件应转动灵活 ,并不应过渡磨损。必要时应将杆件拆出。检查颊板和夹板以确保无翘曲、无边缘磨损
5	卸扣(包括稳索卸扣) 链环、环、吊钩、三甲板	(1) 每个零件应清除油漆、油污、污垢等 ,检查裂纹、变形、磨损或其他缺陷。 (2) 卸扣变形 ,应进行校正 ,校正后卸扣应作热处理。 (3) 卸扣销子更新 ,则整个卸扣应重新试验和签发试验证书。 (4) 检查零件安装位置和安全工作负荷
6	钢索	(1) 沿全长作检查 ,必要时进行清洁。 (2) 检查断丝和腐蚀。 (3) 检查所有插接处。 (4) 新装钢索 ,应全面擦油
7	千斤链	(1) 在清除油漆、油污、污垢等后 ,作全面检查。 (2) 检查变形、磨损或其他缺陷 ,若链环需换新 ,链环应作热处理和重新试验(所换链环的材料和强度应与原链相当)
8	试验	吊杆装置在各次 4 年度全面检验时重作负荷试验

1.5.4.2 换证检验合格后应签发起重设备检验与试验证书或双杆检验与试验证书(如适用时) ,并应在“ 起重和起货设备检验簿 ”上作相应的签署。

1.5.5 损坏和修理检验

1.5.5.1 起重设备的损坏和修理 ,应及时通知本社进行检验 ,其检验范围应为验船师能查明损坏程度和原因所必需的范围。

1.5.5.2 起重设备检验时 ,发现显著磨损或锈蚀超过下述规定时 ,应立即予以更换或修理 :

(1) 起重设备的金属结构件与固定零部件的最大蚀耗在原尺寸 10% 以上或有裂纹、显著残余变形者 ;

(2) 可卸零部件的耳环、链环、环栓、拉板与吊钩等的最大蚀耗在原尺寸 10% 以上 ,销轴的最大蚀耗在原直径的 6% 以上 ,或有裂纹、显著残余变形者 ,以及滑轮轮缘有裂纹或折断者 ;

(3) 钢索有过度磨损、严重腐蚀或钢索在 10 倍直径长度范围内有 5% 的钢丝折断者^① ;

(4) 起重设备的制动器衬垫有显著磨损 ,在摩擦面上露出固定衬垫的铆钉者 ;

(5) 传动齿轮牙齿损坏或轮缘、轮辐与轮壳上有裂纹者。

1.5.5.3 修理中更换的零件应附有试验证明 ,更换的构件材料应与原构件材料相当。

1.5.5.4 修理完成后应按规定进行负荷试验 ,合格后签发起重设备试验和检验证书 ,并在“起重与起货设备簿”上签署。对尚未完成修理的设备应签注 ,该设备直到完成满意地修理和试验前不能使用。

1.5.5.5 损坏和修理检验完成后 ,可签发检验情况报告 ,其内容应清楚地阐明如下方面 :

(1) 出席损坏检验人员 ;

(2) 说明损坏原因(附船方海事报告) ;

(3) 发现的损坏程度和特征 ;

(4) 进行过修理的范围和性质以及是否修复 ;

(5) 试验负荷。

1.5.6 展期检验

1.5.6.1 应船东申请 ,换证检验可推迟进行 ,但两次换证检验的间隔期不超过 5 年。这类展期检验应是船旗国当局同意并授权本社进行。

1.5.6.2 展期检验范围应不少于 1.5.3 规定的年度检验范围 ,以确认其适合于预定用途并处于正常工作状态。

1.5.6.3 展期检验合格后应在“起重和起货设备检验簿”上作相应的签署。

1.6 发证

1.6.1 证书

1.6.1.1 本社签发的起重设备证书格式系以国际劳工组织(ILO)认可的国际标准证书格式为基础制定的 ,其证书在本规范规定范围内使用时 ,为国际上公认的。其主要格式如下 :

(1) 起重和起货设备检验簿(以下简称“检验簿”)格式 :RLA - 2 ;

(2) 起重设备试验和检验证书 ,格式 :CLA - 2 ;

^① 参见 ISO4309《起重设备钢索 - 检验与报废标准》。

- (3) 双杆试验和检验证书 格式 :CUD-2 ;
- (4) 可卸零部件试验和检验证书 格式 :CLG-2 ;
- (5) 铁制可卸零部件热处理证书 格式 :CHT-2 ;
- (6) 钢索试验和检验证书 格式 :CWR-2 ;
- (7) 起重设备检验报告 格式 :CG ;
- (8) 起重设备入级附加标志 :Lifting Appliance。

1.6.1.2 当主管当局要求使用他自己的证书格式 ,应船东的请求 ,本社被授权时 ,本社可以安排使用这种格式的证书并与本社证书一起使用。

1.6.2 证书的签发和签署

1.6.2.1 起重和起货设备检验簿

起重设备经初次检验发证的全部要求都满意地完成 ,应签发“ 检验簿 ”和起重设备试验和检验证书及相应的主管当局格式的证书(如适用时)。 各类可卸零部件、绳索和设备的试验证书应附在“ 检验簿 ”上。

(1) “ 检验簿 ”第一部分(PART I)适用于吊杆装置的换证检验(即 4 年度全面检验)和年度检验完成后的签署。 其中 ,第(3)栏 :备注。 一般为换证检验展期时使用。 第(4)栏 :备注。 专用于记录固定部件的损坏、修理、重新试验和检验的情况。

(2) “ 检验簿 ”第二部分(PART II)适用于吊杆装置的绞车和起重机的年度全面检验完成后的签署。 其中 ,第(3)栏 :备注。 专用于记录起重机、绞车及其附属设备的损坏、修理及重新试验和检验的情况。 起重机每隔 4 年 1 次的负荷试验展期时也在此栏签署。

(3) “ 检验簿 ”第三部分(PART III)适用于钢制可卸零部件的年度全面检验完成后的签署。 铁制零部件不适用这一部分。 其中 ,第(3)栏 :备注。 专用于记录钢制可卸零部件的损坏、修理、重新试验和检验的情况。

(4) “ 检验簿 ”第四部分(PART IV)适用于铁制可卸零部件的热处理完成后的签署。 现在多不采用铁制可卸活动零部件 ,此栏多不填写。

(5) 由船东申请停止起重设备使用时 ,应在“ 检验簿 ”第一部分或第二部分备注栏内说明停用的设备的位置和编号 ,并作签署。

(6) 在检验中 ,如发现某些结构、设备和布置影响起重设备安全工作时 ,应在“ 检验簿 ”相应部分的备注栏内简要写出建议和要求、并作签署。

1.6.2.2 起重设备试验和检验证书

本证书适用于所有的起重设备 ,包括吊杆装置、起重机、升降机和跳板等 ,经检验和负荷试验完成后签发。 一般为每 4 年度一次的负荷试验完成后签发 ,但对经损坏、修理、改造和恢复使用的试验和检验完成后也应签发本证书。

1.6.2.3 双杆试验和检验证书

本证书适用于双杆操作的吊杆装置 ,按规定经检验和双杆试验完成后签发。 并应与起重设备试验和检验证书一起保存和使用。 本证书背面的双杆联合操作的各双杆眼板固定位置的 H、X、Y 值应按设计填写。

1.6.2.4 可卸零部件试验和检验证书

本证书适用于所有起重设备的可卸零部件 ,经检验和验证试验完成后签发 ,其技术参数可参照认可的制造者试验证书 ,若所有的可卸零部件均由普通钢制成 ,则不需定期热处理 ,并在

证书“ 零部件名称和规格 ”栏内做备注。

1.6.2.5 铁制可卸零部件热处理证书

本证书适用于所有起重设备由熟铁制成的可卸零部件 ,定期进行热处理后签发。建议用钢制零部件更换此类部件。

1.6.2.6 钢索试验和检验证书

本证书适用于起重设备的钢索 ,经试验和检验后签发 ,其技术参数可参照认可的制造者试验证书。

1.6.2.7 纤维索试验和检验证书

本证书适用于所有起重设备的纤维索 ,经试验和检验后签发。其技术参数可参照认可的制造者试验证书。

1.6.2.8 起重设备检验报告

用于在起重设备检验中 ,本社验船师通告总部的报告 ,报告时同时附上本次检验所发的全部证书的副本。

1.6.2.9 其他

更换任何可卸零部件或绳索都应附有认可的制造厂的试验证书 ,经核查或验证试验签发 “ 可卸零部件试验和检验证书 ”或“ 钢索试验和检验证书 ”。

第 2 章 吊杆装置

2.1 计算工况与计算载荷

2.1.1 适用范围

本章要求适用于摆动吊杆、双杆系统与吊杆式起重机,对特殊设计的吊杆装置可在本章要求的基础上予以考虑。

2.1.2 吊杆仰角

2.1.2.1 确定吊杆装置受力时,所取吊杆与水平的仰角,对轻型吊杆为 15° ,对重型吊杆为 25° ,如吊杆不可能在此仰角下工作时,则吊杆仰角可取为实际工作的最小仰角。但任何情况下,对轻型吊杆不得超过 30° ,对重型吊杆不得超过 45° 。

2.1.2.2 确定起货滑车与嵌入滑轮(如设有时)受力时,吊杆仰角应取实际工作中的最大仰角,一般不小于 70° 。

2.1.3 船舶倾斜

- (1) 船舶横倾 5° 与纵倾 2° 为假定吊杆装置工作时的船舶基本状态;
- (2) 轻型摆动吊杆与双杆系统可忽略上述(1)所述船舶倾斜状态的影响;
- (3) 重型吊杆和吊杆式起重机应计及上述(1)所述船舶倾斜状态的影响。如实际工作产生的船舶倾斜大于横倾 5° 或纵倾 2° 时,则应计及实际倾斜角度产生的影响。

2.1.4 吊杆装置的基本载荷

2.1.4.1 计算摆动吊杆与吊杆式起重机的基本载荷为安全工作负荷及吊货杆与吊钩及以上有关属具的自重。

2.1.4.2 双杆系统的基本载荷为安全工作负荷。

2.1.5 摩擦系数

2.1.5.1 钢索通过滑车或滑轮,应考虑滑轮的摩擦系数和钢索的僵性损失:此数值对滑动轴承取 5% ,对滚动轴承取 2% 。此要求也适用于其他所有起重设备。

2.1.6 绳索安全系数

2.1.6.1 相对于钢索和纤维索破断负荷的安全系数 n ,应不小于表 2.1.6.1 的规定。

绳索种类与用途		安全系数 n
钢索	动索： 吊货索、千斤索、摆动稳索	$n = \frac{10^4}{0.9 \times SWL + 1910}$ 但不大于 5 也不小于 3
	静索： 桅支索 保险稳索	与动索同 ,但不必大于 3.5 4
纤维索		8

注：SWL 为吊杆装置的安全工作负荷(kN)。

2.2 摆动吊杆与双杆系统

- 2.2.1 计算或图解吊杆装置受力时的计算工况与计算载荷应符合 2.1 的规定。
- 2.2.2 重型吊杆的千斤索与起货索出现平行布置时 ,千斤索上的张力为千斤索总力减去起货索张力 ,并按起货索处于下降状态算得。
- 2.2.3 摆动稳索的工作负荷按表 2.2.3 算得 ,摆动稳索不能由保险稳索替代。

摆动稳索工作负荷

表 2.2.3

吊杆安全工作负荷(kN)	摆动稳索工作负荷(kN)
$SWL \leq 49$	$0.5 SWL + 4.9$
$49 < SWL \leq 147$	$0.1 SWL + 24.5$
$147 < SWL \leq 588$	$0.25 SWL$
$SWL \geq 735$	$0.2 SWL$

注：SWL 为 588kN ~ 735kN 之间时 ,摆动稳索工作负荷按线性内插法求得。

- 2.2.4 对双杆操作 ,舷内、外吊货杆处于同一实际工作中的最小仰角下 ,吊货杆的工作范围与长度应满足如下要求(见图 2.2.4)。
- 2.2.4.1 舷外吊货杆的舷外跨距 C 应不小于中部船宽舷外 3.5m ,或船舶所有人要求的舷外跨距。
- 2.2.4.2 舷内吊货杆头部在货舱口内的投影位置应位于：

(1) 货舱口配有 1 对吊杆时 ,离货舱口对边距离 l 不大于 $L/5$ (L ——货舱口长度见图 2.2.4)；

(2) 货舱口配有 2 对吊杆时 ,离货舱口对边距离 l 不大于 $L/3$ ；

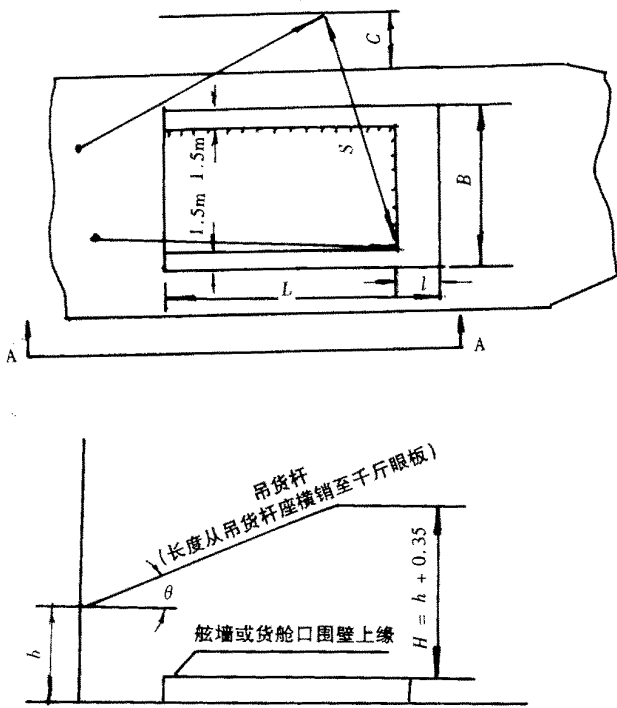
(3) 离货舱口边的距离为 1.5m。
- 2.2.4.3 在起货索夹角为 120°时 ,其连接点(三角眼板)距舷墙或货舱口围板上缘的高度 h 应不少于：

5m ,当 $SWL \leq 19.6\text{kN}$ 时 ；

6m ,当 $SWL > 19.6\text{kN}$ 时 ；

式中： SWL ——双杆安全工作负荷 kN 。

在某些情况下，如上述高度 h 尚不能适应使用情况时应作适当增加。



A - A 视图

图 2.2.4 双杆操作位置

θ - 吊杆仰角，双杆相等； L - 货舱口长度(m)； B - 货舱口宽度(m)； C - 舷外跨距(m)；

S - 吊货杆头水平投影距离(m)； h - 吊货杆承座至甲板的高度(m)； l - 见 2.2.4.2； h - 见 2.2.4.3

2.2.5 吊杆装置双杆操作的受力计算，应根据实际工作范围中，使吊货杆和保险稳索计算所得的力为最大的位置下进行计算(包括图解计算)。一般情况下，可按图 2.2.5 (a)所示的吊杆工作位置进行计算，此时，起货索间的夹角取 120° ，连接两吊货索的三角眼板位于最低位置，见图 2.2.5 (b)所示。

2.2.6 双杆操作的吊杆，应使吊货杆在任何工作位置不发生倾翻情况，为满足此要求，一般应使千斤索上受力的减轻量 f_h (起货索和保险稳索水平分力的合力)乘以 $\tan \theta$ (θ - 吊杆仰角)所得之值不大于起货索和保险稳索垂直分力之和 f_v (见图 2.2.6)。

2.2.7 双杆系统中连接两根吊货杆头部的内牵索工作负荷，应取为双杆系统安全工作负荷的 20%，但不小于 9.8kN。

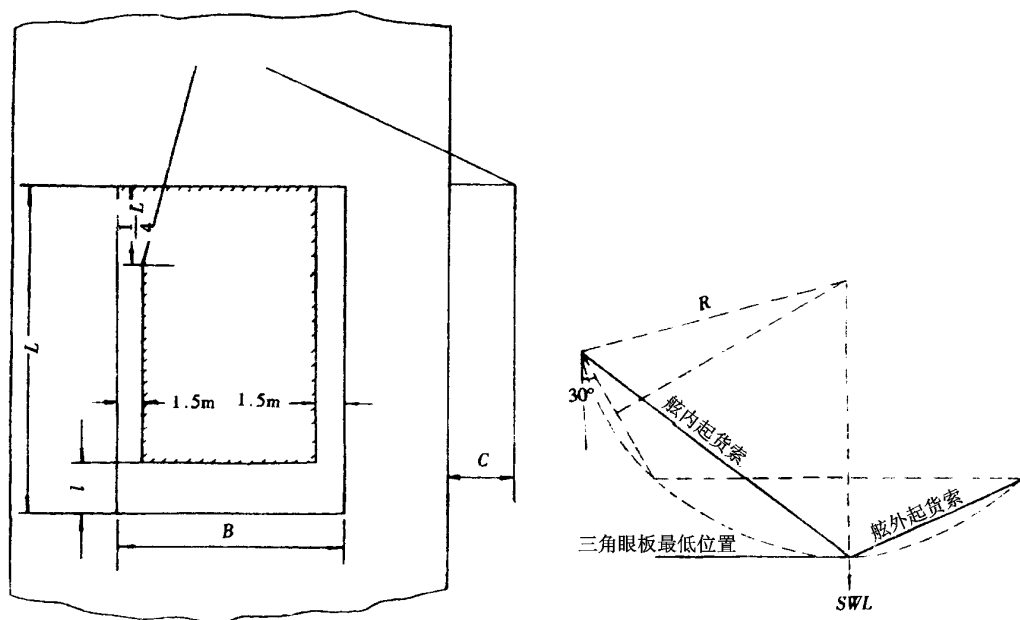


图 2.2.5 (符号 L 、 l 、 B 、 C 同图 2.4 说明)
(a) 吊杆装置双杆操作位置；(b) 起货索与三角眼板

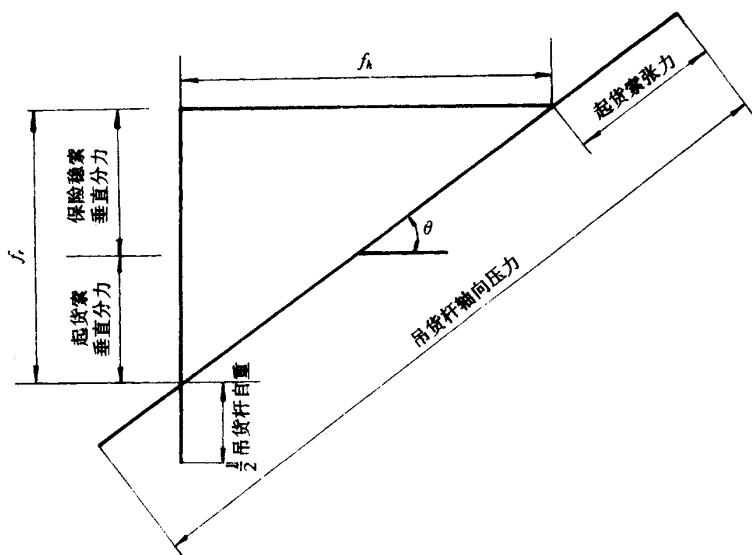


图 2.2.6 吊货杆、起货索与保险稳索受力

2.3 吊货杆

2.3.1 吊货杆的构造：

(1) 吊货杆可为在全长范围内直径与厚度保持不变的圆筒形等截面杆件，或中段的直径

与厚度保持一定长度不变 ,而中段到两端直径逐渐减小的变截面杆件；

(2) 变截面吊货杆的中段直径应至少保持 1/3 吊货杆长度不变 ,而后向两端逐渐减小至中段直径的 70% ；

(3) 钢质吊货杆的壁厚应不小于吊货杆中段外径的 1/50 亦不必大于 1/30 ,但任何情况下不得小于 4mm ；

(4) 吊货杆的长细比 λ (吊货杆长度/吊货杆的有效回转半径)一般应不大于 150 ；

(5) 吊货杆头部在千斤索眼板、起货滑车眼板、保险稳索眼板等部位应作适当加强 ,或增加该处的板厚。

2.3.2 吊货杆及其附件的材料应符合表 2.3.2 的规定或符合本社认为适合于此用途的国家标准。

吊货杆及其附件的钢材等级 表 2.3.2

厚度(mm)	$t \leq 20$	$20 < t \leq 25$	$25 < t \leq 40$	$t > 40$
钢材等级	A32、A36	A32、A36	D32、D36	E32、E36

2.3.3 吊货杆相对于轴向欧拉临界压力的稳定性安全系数 n ,应不小于表 2.3.3(a)规定 ,其轴向压力 p 按下式算得：

$$p = \frac{mEJ_0}{nL^2} \times 10^{-5} \quad \text{kN}$$

式中： m ——系数 ,按表 2.3.3 b 选取 ,中间值用线性内插法求得；

E ——钢材弹性模量 2.06×10^5 MPa ；

L ——吊货杆长度 ,m ;量自起货滑车眼板中心至吊货杆根部销孔中心止；

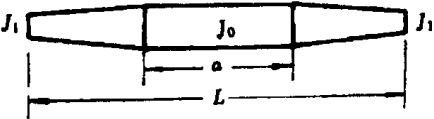
J_0 ——吊货杆中部剖面惯性矩 cm^4 ；

n ——稳定性安全系数 ,按表 2.3.3 a)选取 ,中间值按线性内插法求得。

吊杆稳定性安全系数 n 表 2.3.3(a)

吊杆安全工作负荷(kN)	≤ 98	294	≥ 588
稳定性安全系数 n	5	4.5	4

注 :应用表内安全系数时 ,吊货杆长细比 λ 应小于 145。



系数 m			表 2.3.3 (b)		
a/L J_1/J_0	0	0.2	0.4	0.6	0.8
	系数 m				
0.01	2.55	3.65	5.42	7.99	9.63
0.1	5.01	6.32	7.84	9.14	9.77
0.2	6.14	7.31	8.49	9.39	9.81
0.4	7.52	8.38	9.10	9.62	9.84
0.6	8.50	9.02	9.46	9.74	9.85
0.8	9.23	9.50	9.69	9.81	9.86

注 ① a 为吊货杆中部一段的长度；
 ② J_1 为吊货杆端部断面的惯性矩。

2.3.4 吊货杆轴向压力亦可按弹性稳定理论计算。计算时应计及吊货杆的自重弯矩与头部弯矩的作用。吊货杆承受轴向压力进行稳定性校核时 ,稳定性安全系数 n 应不小于表 2.3.4 规定。中间值用线性内插法求得。

吊杆轴向压力稳定性安全系数 n		表 2.3.4
吊货杆安全工作负荷(kN)	≤98	≥588
稳定性安全系数 n	2.5	2

2.3.5 钢材的屈服强度 σ_s 大于抗拉强度 σ_b 的 70%时 ,屈服强度 σ_s 应除以系数 β 进行修正 ,系数 β 按表 2.3.5 选取 ,中间值用线性内插法求得：

系数 β			表 2.3.5	
屈强比 σ_s/σ_b	≤0.7	0.75	0.80	0.85
系数 β	1.0	1.045	1.084	1.120

2.3.6 传统式吊杆装置的吊货杆头部弯矩 ,系指由千斤索张力与起货滑车受力相应作用于其眼板时 ,在吊货杆头部轴线上所产生的垂向弯矩代数和 ,摆动稳索或保险稳索产生的水平向头部弯矩可以忽略不计。

2.3.7 吊杆式起重机的吊货杆头部由两根千斤索连接 ,当吊货杆不在船中纵剖面位置时 ,两根千斤索上的张力出现不相等。为此 ,此类吊货杆在按 2.3.4 计算稳定性时 ,尚应计及吊货杆头部产生的扭矩。

2.4 桅与起重柱

2.4.1 桅与起重柱应至少有两层甲板作为支点 ,并与船体主结构作有效连接 ,甲板室如具有足够强度可考虑作为 1 个支点。连接处的船体结构或甲板室甲板应作加强。

其他支持桅或起重柱的有效方法,将予以特别考虑。

2.4.2 桅或起重柱上受集中载荷的部位,如吊货杆承座、千斤索滑车眼板和桅支索眼板等部位,均应作适当加强。肘板的趾端和附件的角隅均不应位于未作加强的板上。加强方法应采用板的加厚方法。

2.4.3 结构应有连续性,应避免任何截面的突然变化。人孔与减轻孔等均应避免开设在集中载荷的部位与剪切力大的部位。

2.4.4 桅或起重柱的外径 D 应不大于按下式计算所得的值:

$$\text{当 } t \leq 15\text{mm 时}, D = \frac{1000t}{25 - t} \quad \text{mm}$$

$$\text{当 } t > 15\text{mm 时}, D = 100t \quad \text{mm}$$

式中: t ——桅或起重柱的壁厚, mm。

桅或起重柱的最小壁厚应不小于 6mm,如桅或起重柱兼作通风筒时,应不小于 7mm。

2.4.5 桅或起重柱在千斤索眼板处的外径,建议不小于其根部外径的 85%。

2.4.6 由起货索、千斤索和吊货杆承座等作用于桅或起重柱上的力均应按 2.2 有关规定由计算求得(包括图解计算),由这些力计算桅或起重柱各个截面的复合应力。

2.4.7 计算桅或起重柱强度时,尚应考虑由吊货杆所产生的最不利的载荷组合如下:

(1) 装有 1 根吊货杆的桅或起重柱:

- ① 将吊货杆以最小仰角悬吊于 1 个货舱口上;
- ② 将吊货杆回转至舷外最大工作位置。

(2) 装有 2 根或 2 根以上吊货杆的桅或起重柱:

- ① 将 2 根吊货杆以最小仰角悬吊于 1 个货舱口上;
- ② 将 2 根吊货杆(1 根位于前货舱,1 根位于后货舱),回转至同一舷的舷外最大工作位置。

(3) 同一桅或起重柱上装有重型或轻型吊杆时,一般不考虑两者同时工作的载荷组合。

(4) 吊杆在其他工作位置如能使桅或起重柱(包括支索桅)产生大于上述受力的计算工况。

2.4.8 桅或起重柱在某一截面上的复合应力 σ_t 按下式算得:

$$\sigma_t = \sqrt{(\sigma_b + \sigma_c)^2 + 3\tau^2} \quad \text{MPa}$$

式中: σ_b ——弯曲应力, MPa;

σ_c ——压缩应力, MPa,桅或起重柱本身的重量载荷可以忽略不计;

τ ——由扭矩引起的剪应力, MPa。

2.4.9 桅与起重柱包括桅肩和悬伸结构,相对于钢材屈服强度 σ_s 的安全系数,应不小于表 2.4.9 的规定。

桅与起重柱钢材的安全系数

表 2.4.9

吊杆安全工作负荷 (kN)	安全系数	
	支索桅	无支索桅、桅肩和悬伸结构
$SWL \leq 98$	2.20	2.0
$SWL \geq 588$	1.76	1.6
$98 < SWL < 588$	用线性内插法	

- 2.4.10 钢材屈服强度 σ_s 大于抗拉强度 σ_b 的 70% 时 , 屈服强度应按 2.3.5 规定进行修正。
- 2.4.11 制造桅、起重柱及其附属件的钢材等级应不低于本章表 2.3.2 规定。
- 2.4.12 桅支索的布置应不妨碍吊杆的工作。支索的末端应装有松紧螺旋扣与甲板、舷墙或甲板室上的眼板连接。
- 支索安装应预紧。
- 用于计算支索伸长的弹性模量取 $1.1 \times 10^5 \text{MPa}$, 其剖面积取支索公称直径的剖面积。如有试验依据 , 则可取用较大的弹性模数值。

第 3 章 起重机、升降机与跳板

3.1 一般规定

3.1.1 本章适用于下列各类起重机：

- (1) 安装在船上用于在港口条件下装卸货物和集装箱的甲板起重机；
- (2) 安装在驳船上或围船上用于在港口条件下作业的浮式起重机或抓斗式起重机；
- (3) 安装在船上(包括浮船坞)用于在港口条件下吊运设备和物料等的机舱或物料起重机；

(4) 安装在固定或移动式平台上用于吊运设备和物料的起重机或吊放有人潜水器和潜水系统的装置；

(5) 安装在船上用于在近海环境条件下吊放无人设施的起重机,诸如敷管起重机。

3.1.2 吊杆式起重机不包括在本章范围内,其设计应按第 2 章规定。

3.1.3 安装在船上的起重机一般可按标准作业工况进行设计;平台上的起重机应按特殊作业工况进行设计。

3.1.4 吊运人员用的起重机可参照本章 3.2、3.3、3.5 的要求设计,人员防护方面应符合本规范第 4 章的有关规定。

3.1.5 不包括在 3.1.1 所述范围或环境条件内的起重机或升降机将予以特别考虑。

3.2 普通起重机

3.2.1 一般要求

3.2.1.1 3.2 的要求一般适用于 3.1.1(1)~(3)所述的起重机作业于港区或遮蔽水域,在此水域内船舶在波浪作用下无显著的运动,以及风力不大于蒲氏 2 级所定义的海况。

3.2.1.2 作用于起重机结构上的力与载荷由相应的作业与环境条件确定。在设计起重机时,应明确规定起重机的性能,诸如:安全工作负荷、起升载荷、工作幅度、起升高度、起重机的各种运动速度和制动次数等。

3.2.2 起重机在工作时应考虑的力和载荷

3.2.2.1 根据起重机的用途、作业特性,应考虑如下几种力和载荷:

- (1) 自重载荷(见 1.2.1.(14));
- (2) 起升载荷(见 1.2.1.(11));
- (3) 由起重机的各种运动所产生的惯性力;
- (4) 由船舶倾斜所产生的力;
- (5) 荷重非垂直吊运时,因荷重摆动所产生的力;
- (6) 风力与环境的影响;
- (7) 通道与平台上的载荷。

3.2.2.2 起重机的结构与放置设施对下述状态亦应进行核算:

- (1) 由船舶运动与倾斜所产生的力；
- (2) 风力与环境的影响。

3.2.3 基本载荷

3.2.3.1 作用在起重机上的基本载荷为自重载荷与起升载荷。

3.2.4 作业系数

3.2.4.1 起重机根据其作业性质分类 ,每一类起重机的作业系数 φ_d 按表 3.2.4.1 选取。此系数按作业频次与吊运的繁重程度决定 ,并假定在正常船用条件下的工作寿命(工作循环次数)不超过 6×10^5 次。对工作特别繁重的起重机 ,表列作业系数应作适当提高。

3.2.4.2 起升载荷与自重载荷均应考虑作业系数 φ_d 的影响。

作业系数 φ_d

表 3.2.4.1

起重机的形式和用途	作业系数 φ_d
物料起重机、机舱用起重机	1.0
甲板起重机、集装箱起重机、龙门式起重机、浮式起重机	1.05
抓斗式起重机	1.20

3.2.5 起升动载力和起升系数 φ_h

3.2.5.1 吊运起升载荷时 ,由于加速度和冲击的影响 ,在起重机的结构上增加了起升动载力。起升系数 φ_h 按下式算得：

$$\varphi_h = 1 + CV$$

式中： V ——起升速度 m/s ；当起升速度超过 $1m/s$ 时 ,仍按 $1m/s$ 计算；
 C ——决定于起重机刚度的系数 ,对臂架式起重机取 0.3 ,对龙门式起重机取 0.6 。
但在任何情况下臂架式起重机的 φ_h 应不小于 1.10 ,龙门式起重机的 φ_h 应不小于 1.15 。

3.2.6 起重机行走时的惯性力

3.2.6.1 起重机行走时 ,应考虑惯性力如下：

- (1) 起重机在平整铺设的轨道上行走时所产生的垂直反作用力 ,垂直加速度通常很小 ,而且该力与在起重负荷时的最大动力并不同时发生 ,所以一般可以忽略不计。
- (2) 水平运动惯性力为起升载荷与起重机自身质量与行走机构起动或制动时产生的加速度或减速度的乘积。

加速度或减速度可按工厂提供的实际数据 ,如无实际数据时 ,则可根据已知的行走速度与工作条件按下述规定算得：

- ① 低速行走的起重机 ,行走速度 V 为 $0.4 \sim 1.5m/s$,加速度较小 ,其加速度可取：

$$a = 0.15 \sqrt{V} \qquad m/s^2$$

- ② 中高速行走的起重机 ,行走速度 V 为 $1.5 \sim 4m/s$,加速度中等 ,其加速度可取：

$$a = 0.25 \sqrt{V} \quad \text{m/s}^2$$

③ 行走速度 V 为 $1.5 \sim 4\text{m/s}$, 加速度大的起重机 , 其加速度可取 :

$$a = 0.33 \sqrt{V} \quad \text{m/s}^2$$

3.2.7 起重机行走运动时的侧向力

3.2.7.1 起重机行走时应考虑两对轮子在轨道上产生的力偶 , 此力偶由垂直于轨道的水平力组成 , 力偶的水平侧向力 F_l 按下式算得 :

$$F_l = \lambda P \quad \text{N}$$

式中 : P —— 垂直于轮子上的载荷 , N ;

λ —— 系数 , 按轨距和前后轮距之比由图 3.2.7.1 (a) 查得。轮距按图 3.2.7.1 (b) 图 3.2.7.1 (c) 规定处理。

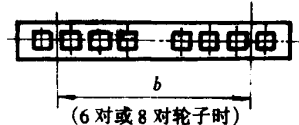
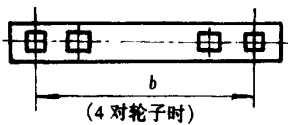
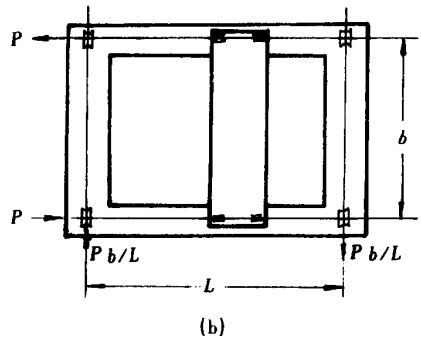
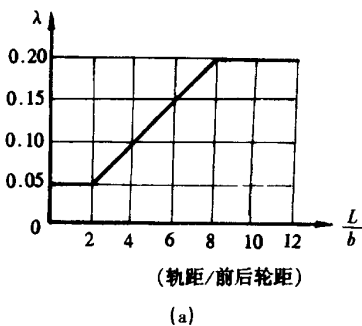


图 3.2.7.1

(a) 系数 λ ; (b) (c) 轨距和轮距

3.2.8 缓冲器和碰撞力

3.2.8.1 对行走式起重机应考虑碰撞缓冲器时作用在起重机结构上的碰撞力。

3.2.8.2 计算作用在起重机结构上的碰撞力时 , 应假定缓冲器能吸收起重机在空载状态下以 70% 额定速度行走时产生的部分动能 , 碰撞力可按此时受缓冲器阻挡后的减慢速度进行计算。

3.2.8.3 对设有减速装置并在起重机到达缓冲器之前能自动动作进行有效减速的起重

机,则可由减速后的速度计算碰撞力。

3.2.8.4 对起升载荷可自由摆动的起重机,计算起重机与缓冲器的碰撞力时,起升载荷不需计入起重机的自重内;对起升载荷受坚固导架限制不能自由摆动的起重机,则起升载荷应计入起重机的自重内。

3.2.9 回转与变幅运动惯性力

3.2.9.1 由于起重机回转、变幅而作用于起升载荷与起重机结构上的惯性力应予考虑。

3.2.9.2 臂架式起重机在回转与变幅运动时,作用在起升载荷上的水平惯性力按起升钢索(垂直部分)的摆幅所产生的水平力计算。

3.2.9.3 回转与变幅机构加速与减速时,作用在运动部件与起升载荷上的水平惯性力,应为该质量与加速度乘积的 1.5 倍。

3.2.9.4 作用在起重机结构上的离心力可以忽略不计。

3.2.10 船舶倾斜载荷

3.2.10.1 船舶起重机设计时应考虑船舶横倾 5° 、纵倾 2° 情况下,能在港区或对海浪有良好遮蔽的海域内安全而有效地作业。如设计的起重机拟适用于大于上述船倾角情况下作业时,此种状态应予考虑。对非常规船型船舶上起重机的设计,如需考虑较小的横倾和纵倾,应提交计算书,证明在实地操作时不会超过减小了的角度。

3.2.11 船舶运动载荷

3.2.11.1 起重机在放置状态下,起重机、起重机的放置设施和该处的结构在设计中应考虑能承受下列两种情况的组合力:

- (1) 垂直于甲板的加速度为 $\pm 1.0 g$;
前后方向平行于甲板的加速度为 $\pm 0.5 g$;
静横倾 30° ;
风速 55m/s ,作用于前后方向。
- (2) 垂直于甲板的加速度为 $\pm 1.0 g$;
横向平行于甲板的加速度为 $\pm 0.5 g$;
静横倾 30° ;
风速 55m/s ,作用于横向。

3.2.11.2 上述 3.2.11.1 亦可按船舶运动加速度产生的力、构件的静载力和 55m/s 风速作用在最不利方向的载荷进行考虑。

对常规船舶,船舶各种运动形式的参数(幅值和运动周期)可按表 3.2.11.2(a)算得,由船舶运动形式所产生的分力可按表 3.2.11.2(b)算得。

上述静载力与惯性力应按下述方式进行组合:

- (1) 横摇 + 垂荡;
- (2) 纵摇 + 垂荡;
- (3) $0.8(\text{横摇} + \text{纵摇}) + \text{垂荡}$ 。

运动形式	最大单幅值	周期(s)
横摇	$\varphi = 30^{\circ}$	$T_r = \frac{0.7B}{\sqrt{GM}}$
纵摇	$\psi = 12e^{\frac{-L_{pp}}{300}}$	$T_p = 0.5 \sqrt{L_{pp}}$
垂荡	$\frac{L_{pp}}{80}$	$T_h = 0.5 \sqrt{L_{pp}}$

表中 : L_{pp} ——垂线间长 ,m ;
 GM ——装载船舶的初稳性高度 ,m ;
 B ——型宽 ,m ;
 ψ ——取不大于 8° ;
 e ——自然对数。

船舶运动的分力

表 3.2.11.Ⅸ b)

力源	分力(N)		
	垂直于甲板	平行于甲板	
		横向	纵向
横摇	$\pm 0.07 \frac{\varphi}{T_r^2} W$	$\pm 0.07 \frac{\varphi}{T_r^2} Z_r W$	
纵摇	$\pm 0.07 \frac{\psi}{T_p^2} W$		$\pm 0.07 \frac{\varphi}{T_p^2} Z_p W$
垂荡	$\pm 0.05 \frac{L_{pp}}{T_h^2} W \cos \varphi$	$\pm 0.05 \frac{L_{pp}}{T_h^2} W \sin \varphi$	$\pm 0.05 \frac{L_{pp}}{T_h^2} W \sin \varphi$
	$\pm 0.05 \frac{L_{pp}}{T_h^2} W \cos \psi$		

表中 : y ——自船中心线至起重机中心线平行于甲板的横向距离 ,m ;
 x ——自纵摇运动中心即纵向漂心至起重机中心线平行于甲板的纵向距离 ,m ;
 Z_r ——自横摇运动中心即船舶的垂向重心至起重机重心的垂直距离 ,m ;
 Z_p ——自纵摇运动中心至起重机重心的垂直距离 ,m ;
 W ——起重机或其部件的重力 ,N。

3.2.12 风载荷

3.2.12.1 由风速产生的风压 q 按下式算得：

$$q = 0.613 V^2 \quad \text{Pa}$$

式中： V ——风速(2min 时段平均风速) ,m/s ;起重机工作时的风速应取 20m/s ,起重机在放置状态下的风速应取 55m/s ,如预计有更大风速时 ,则应取更大的风速。

3.2.12.2 作用在起升载荷上的风力 ,一般以每 9.8kN 安全工作负荷的风力为 300N 来考虑 ,对起升载荷的形状和尺度为特殊者 ,亦可按其外形和尺度来考虑风的作用力。

3.2.12.3 作用在起重机结构上或单个构件上的风力 F_w 按下式算得：

$$F_w = CqA \quad \text{N}$$

式中 : C ——风力系数 ,方向与风向同 ,见表 3.2.12.3 和图 3.2.12.3 ;
 q ——作用风压 ,Pa ;
 A ——构件的投影面积 ,方向与风向垂直 , m^2 。组合结构的投影面积为结构上每个构件的投影面积之和。

空气动力长细比 = $\frac{\text{构件的长度}}{\text{截面(垂直于风向)的宽度}} = \frac{l}{b} \text{ 或 } \frac{l}{D}$

截面比(箱形) = $\frac{\text{截面(垂直于风向)的宽度}}{\text{截面(平行于风向)的深度}} = \frac{b}{d}$

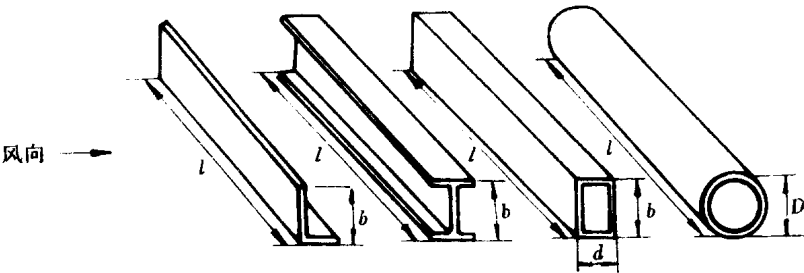


图 3.2.12.3 空气动力长细比和截面比

风力系数 C 表 3.2.12.3

类别	说 明		空气动力长细比 l/b 或 l/D					
			5	10	20	30	40	50
单根构件	型钢、矩形型材、空心型材、板材		1.3	1.35	1.6	1.65	1.7	1.8
	圆形型材	$DV < 6\text{m}^2/\text{s}$	0.75	0.80	0.90	0.95	1.0	1.1
		$DV \geq 6\text{m}^2/\text{s}$	0.60	0.65	0.70	0.70	0.75	0.80
	箱形构件： 正方形 $350 \times 350\text{mm}^2$ 以上 矩 形 $250 \times 450\text{mm}^2$ 以上	$b/d \geq 2$	1.55	1.75	1.95	2.1	2.2	—
		1	1.40	1.55	1.75	1.85	1.9	—
		0.5	1.0	1.2	1.3	1.35	1.4	—
		0.25	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	—
单个构件	平侧面型材		1.7					
	圆形型材	$DV < 6\text{m}^2/\text{s}$	1.2					
		$DV \geq 6\text{m}^2/\text{s}$	0.8					
机房等	安装在地面或满足底层上的 长方建筑,底部空气不能流通		1.1					

注 : D 为圆形型材直径 , m ; V 为风速 , m/s 。

3.2.12.4 遮挡折减系数与有遮挡的构架或构件的风载荷 :

(1) 如 1 个结构由构架或构件组成并发生风力遮挡情况时 ,迎风面的构架或构件和在迎风面后受遮挡的构架或构件 ,仍应根据风力系数 C 来计算风载荷 ,但对有遮挡的部分尚应乘

上 1 个遮挡折减系数 η ,见表 3.2.12.4。遮挡折减系数随着构架的满实率与布置间距比而变化 ,满实率与间距比见图 3.2.12.4 说明。

$$\text{满实率} = \frac{A}{A_o} = \frac{\sum A_m}{b \times l}$$
$$\text{间距比} = \frac{a}{b}$$

式中： A ——构架实际面积 m^2 ；
 A_o ——构架外框面积 m^2 ,即图 3.2.12.4 中的 $b \times l$ ；
 m ——构架或构件的序数；
 a ——相邻两个构架或构件间的距离 m ；
 b ——构架或构件迎风面的宽度 m ；
 l ——构架或构件迎风面的长度 m 。

(2) 如 1 个结构由几个相同的构架或构件组成 ,彼此相隔间距相等且每个构架或构件遮挡其后的 1 个 ,则所有这些构架或构件上的风载荷 F_w 按下式算得：

当构架或构件数少于或等于 9 时($n \leq 9$)：

$$F_w = CqA(\frac{1-\eta^n}{1-\eta}) \text{ N}$$

当构架或构件数大于 9 时($n > 9$)：

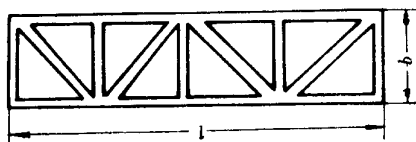
$$F_w = CqA\left[\frac{1-\eta^n}{1-\eta}+(n-9)\eta^8\right] \text{ N}$$

式中： C 、 q 、 A 同本章 3.2.12.3；
 η ——遮挡折减系数 ,见表 3.2.12.4 ,但不应取小于 0.1；
 n ——构架或构件的数量。

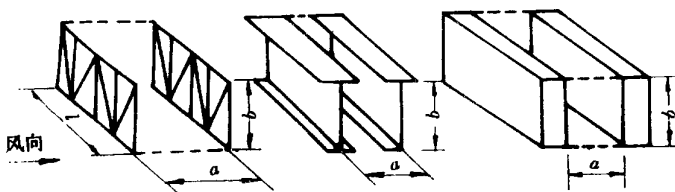
遮挡折减系数 η

表 3.2.12.4

间距比 a/b	满实率 A/A_o					
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
0.5	0.75	0.40	0.32	0.21	0.15	0.1
1.0	0.92	0.75	0.59	0.43	0.25	0.1
2.0	0.95	0.80	0.63	0.50	0.33	0.2
4.0	1	0.88	0.76	0.66	0.55	0.45
5.0	1	0.95	0.88	0.81	0.75	0.68
6.0	1	1	1	1	1	1



$$\text{满实率} = \frac{A}{A_0} = \frac{\text{构架实际面积}}{\text{构架外框面积}} = \frac{\sum A_m}{b \cdot l}$$



$$\text{间距比} = \frac{\text{相邻两个构架或构件间的距离}}{\text{构架或构件迎风面宽度}} = \frac{a}{b}$$

图 3.2.12.4 满实率和间距比

3.2.12.5 格条式塔架风载荷的计算：

计算塔架风载荷时，应将迎风面的实际面积根据结构组成情况，乘上 1 个相应的系数如下：

- (1) 塔架由平侧面型材组成时，取用 $1.7q(1 + \eta)$ ；
- (2) 塔架由圆形型材组成时：

当 $DV < 6.0\text{m}^2/\text{s}$ 时，取用 $1.2q(1 + \eta)$

当 $DV \geq 6.0\text{m}^2/\text{s}$ 时，取用 $1.4q(1 + \eta)$

式中： D 和 V 见表 3.2.12.3 注的说明，系数 η 由表 3.2.12.4 查取，查表时应按迎风面的实际满实率和间距比 $a/b = 1$ 时取值。

正方形截面的塔架，最大风载荷出现在风向对准角隅，此时的风载荷取 1.2 倍迎风面的载荷。

3.2.13 平台和走道上的载荷

平台和走道的设计应能承受均布载荷为 5000N，与在单个构件上应能承受的集中载荷为 3000N。

3.2.14 载荷工况和载荷组合

3.2.14.1 起重机设计应考虑下述 4 种工况所产生的组合载荷。

3.2.14.2 工况 1 起重机工作于无风状态，应考虑的载荷如下：

- (1) 自重载荷；
- (2) (起升载荷 + 船舶倾斜(横倾与纵倾)所产生的起升载荷水平分力) \times 起升系数 φ_h ；

- (3) 其他最不利的水平力(通常由回转加速度产生);
- (4) 由船舶倾斜(横倾与纵倾)产生的自重载荷水平分力。

组合载荷可用下述方式表示:

$$[(1)+(2)+(3)+(4)] \times \text{作业系数 } \varphi_d$$

3.2.14.3 工况2:起重机工作于有风状态,应取的组合载荷为:

按3.2.14.2所表示的组合载荷加上最不利的风载荷。

3.2.14.4 工况3:起重机处于放置状态,应取下述各载荷的组合:

船舶倾斜、船舶运动所产生的力和风的作用力。如有锚定、锁紧和绑扎等情况时,亦应考虑在内。

3.2.14.5 工况4:起重机承受特殊载荷,这些载荷为:

- (1) 碰撞缓冲器的作用力;
- (2) 起升钢索破断或带平衡重的起重机平衡重突然跌落;
- (3) 起重机进行试验时的试验负荷。

3.2.15 抗倾覆稳定性

3.2.15.1 能带载荷行走的起重机应校核下述4种工况的抗倾覆稳定性:

- (1) 起重机工作于无风状态;
- (2) 起重机工作于有风状态;
- (3) 起重机处于放置状态受暴风侵袭;
- (4) 起重机承受3.2.14.5所述的特殊载荷。

上述4种工况的载荷和力应分别乘以表3.2.15.1中所规定的载荷系数作为计算相对于某边的倾覆力矩,每种工况的倾覆力矩总和如小于或等于扶正力矩时,则认为起重机是稳定的。

3.2.15.2 起重机作业时如用锚定系固件(反滚轮、锚钩等)以保证其稳定性时,锚定系固件的承载力可参与扶正力矩的计算。

3.2.15.3 需要考虑船舶倾斜产生的倾覆载荷。

3.2.15.4 浮式起重机应校核整体抗倾覆稳定性。

3.2.16 许用应力

3.2.16.1 起重机结构件的许用应力 $[\sigma]$ 按下式算得:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_s}{\beta \cdot n} \quad \text{MPa}$$

式中: σ_s ——钢材屈服强度,MPa;

n ——安全系数,根据本章3.2.14所述的4种工况,按表3.2.16.1选取;

β ——系数,根据钢材的屈强比,按表2.3.5选取。

4 种工况的载荷系数

表 3.2.15.1

起重机类别	工况	自重载荷	起升载荷	惯性力 (包括起升载荷)	风力	备 注
桥式类型 起重机	1	0.95	1.4	0	0	带悬臂起重机核算： (1)纵向(悬臂平面)稳定性(工况 1、2)； (2)横向(行走方向)稳定性(工况 3)。 无悬臂起重机核算 横向稳定性(工况 3)
	2	0.95	1.2	1	1	
	3	0.95	0	0	1.15	
	4	0.95	—	—	—	
臂架式 起重机	1	0.95	1.50	0	0	
	2	0.95	1.35	1	1.0	
	3	0.95	0	0	1.1	
	4	0.95	−0.20	0	1.0	

安全系数 n

表 3.2.16.1

工况	1	2	3	4
安全系数 n	1.5	1.33	1.15	1.15

3.2.16.2 钢材在弹性应力形式下 ,各种应力状态的失效力 σ 应按表 3.2.16.2 选取。

失效力 σ

表 3.2.16.2

应力状态	符号	失效力 σ (MPa)
拉伸应力	σ_t	$1.0\sigma_s$
压缩应力	σ_c	$1.0\sigma_s$
剪切应力	τ	$0.58\sigma_s$
承压应力	σ_{br}	$1.0\sigma_s$

3.2.16.3 承受复合应力的结构件 ,许用应力衡准应符合下式要求：

$$\sigma_{cp} = (\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3 \tau^2)^{\frac{1}{2}} \leq 1. [\sigma] \qquad \text{MPa}$$

式中： σ_{cp} ——合成后的复合应力 ,MPa；
 σ_x —— x 轴方向的正应力 ,MPa； $\sigma_x < [\sigma]$ ；
 σ_y —— y 轴方向的正应力 ,MPa； $\sigma_y < [\sigma]$ ；
 τ ——剪切应力 ,MPa； $\tau < 0.58 [\sigma]$ ；
[σ]——同上述 3.2.16.1。

3.2.17 受压和受弯曲构件的稳定性许用应力

3.2.17.1 受压构件的稳定性许用应力是相对于构件的临界压应力除以表 3.2.16.1 规定的安全系数 n 所得的应力。校核起重机臂架的稳定性,除应校核臂架中单个构件的局部稳定性外,尚应校核臂架的整体稳定性。

只受压应力的构件,稳定性许用应力可按下式计算:

$$[\sigma_{st}] = \frac{\sigma_{cr}}{n} \quad \text{MPa}$$

式中 $[\sigma_{st}]$ ——稳定性许用应力,MPa;

σ_{cr} ——构件的临界压应力,MPa;根据构件的长细比和截面形状决定,按本规范附录 1 查取;

n ——安全系数,见表 3.2.16.1。

3.2.17.2 同时承受压力和弯曲的构件,应按下列应力衡准校核稳定性:

$$\frac{\sigma_m}{\sigma_s} + \frac{\sigma_c}{\sigma_{cr}} \leq \frac{1}{n}$$

式中: σ_m ——构件承受的弯曲应力,MPa;

σ_c ——构件承受的压应力,MPa;

σ_s ——钢材屈服强度,MPa;

σ_{cr} 和 n 同上述 3.2.17.1。

构件在 x 轴和 y 轴两个方向同时承受弯曲应力时,式中的 σ_m 应以 x 轴向的弯曲应力 σ_{mx} 和 y 轴向的弯曲应力 σ_{my} 之和代替之。

3.2.18 起重机臂架整体稳定性校核

3.2.18.1 校核起重机臂架整体稳定性,应校核在臂架平面与垂直面内的稳定性。

3.2.18.2 计算起重机臂架的长细比,应以臂架的有效长度除以有效回转半径。有效回转半径的计算见 3.2.19.2。

3.2.18.3 臂架的有效长度取决于臂架端部受限制的条件和支持的形式。由钢索支持的常规形式臂架,其有效长度按下式算得:

$$l_e = kL \quad \text{mm}$$

式中: l_e ——臂架有效长度,mm;

L ——臂架实际长度,mm;

k ——系数,根据下述两种情况算得:

(1) 在臂架垂直面内,臂架可作为两端铰支 $k = 1$,即有效长度等于实际长度。

(2) 在臂架平面内,臂架可作为根部固定,头部的移动受到升起钢索和变幅钢索的部分限制,系数 k 按下式算得:

$$k = 2 - \left[\frac{R(D + CH)}{R_H D + CR_H H} \right]$$

式中：*C*——作用于臂架头部的变幅钢索受力与起升钢索受力(非垂直部分)之比；
R、*R_H*、*R_L*、*D* 与 *H* 见图 3.2.18.3 表示，mm。

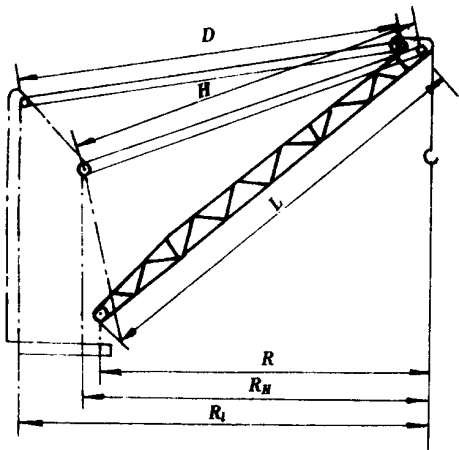


图 3.2.18.3 臂架尺寸代号

3.2.18.4 对于长细比大于表 3.2.19.3 规定的臂架或采用甚高强度钢制造的臂架，其计算结果应提交供特别考虑。

3.2.19 长细比 λ

3.2.19.1 回转半径不变的构件的长细比 λ 按下式算得：

$$\lambda = \frac{kL}{r}$$

式中：*L*——构件的长度，mm；
r——构件的回转半径，mm；
k——构件的长度系数，根据支点受限制的程度而定，见表 3.2.19.1。

构件长度系数 *k* 表 3.2.19.1

支点受限制程度	长度系数 <i>k</i>
两端固定	0.7
一端固定，一端铰支	0.85
两端铰支	1
一端固定，一端自由，但旋转受约束	1.5
一端固定，一端自由	2

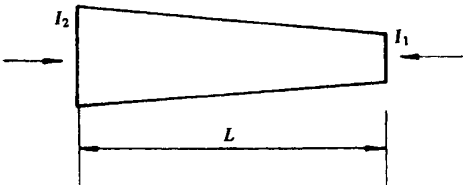
3.2.19.2 截面积不变 ,面积矩成二次均匀变化的构件长细比计算公式按上述
 3.2.19.1 ,但其回转半径 r 应以有效回转半径 r_e 代替。有效回转半径 r_e 按下式算得：

$$r_e=\sqrt{\frac{I_e}{A}}\qquad \text{mm}$$

式中 : A ——构件截面积 mm^2 ；
 I_e ——有效惯性矩 ,以 mI_2 代入 mm^4 ；
 I_2 ——构件截面的最大惯性矩 mm^4 ；
 m ——系数根据结构件形式分别按表 3.2.19.ⅰ a) 3.2.19.ⅰ b) 和 3.2.19.ⅰ c) 查取。

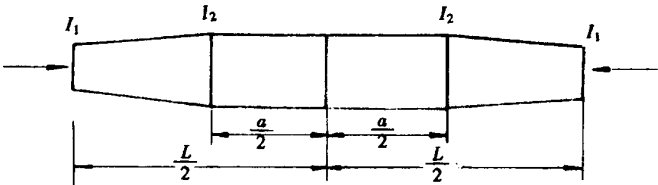
系数 m 表 3.2.19.ⅰ a)

I_1/I_2	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
m	0.294	0.372	0.474	0.559	0.634	0.704	0.769	0.831	0.889	0.946	1.0

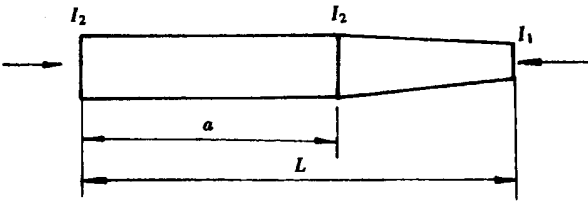


系数 m 表 3.2.19.ⅰ b)

I_1/I_2	a/L					
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
0.1	0.555	0.622	0.689	0.756	0.823	0.891
0.2	0.652	0.708	0.765	0.821	0.877	0.934
0.4	0.776	0.815	0.854	0.894	0.933	0.972
0.6	0.866	0.890	0.915	0.940	0.964	0.988
0.8	0.938	0.950	0.961	0.973	0.985	0.996
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0



I_1/I_2	a/L					
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
0.1	0.372	0.373	0.418	0.479	0.563	0.671
0.2	0.474	0.500	0.532	0.586	0.660	0.756
0.4	0.634	0.667	0.691	0.729	0.783	0.852
0.6	0.769	0.795	0.810	0.836	0.869	0.913
0.8	0.889	0.902	0.910	0.938	0.940	0.960
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0



3.2.19.3 受压构件的长细比 λ 应不大于表 3.2.19.3 的规定。

受压构件的长细比 λ

表 3.2.19.3

构件种类		长细比 λ
主要受压构件	主桁架的弦杆	120
	整体构件	150
次要受压构件 (主桁架的其他杆件、辅助桁架的弦杆等)		150

3.2.20 板的局部屈曲稳定性

3.2.20.1 板在承受压缩或剪切时的局部压缩或剪切屈曲临界应力 σ_{cr}^c 与 τ_{cr} 分别按下列各式算得：

$$\sigma_{cr}^c = k_c E \left(\frac{t}{b} \right)^2 \quad \text{MPa}$$

$$\tau_{cr} = k_\tau E \left(\frac{t}{b} \right)^2 \quad \text{MPa}$$

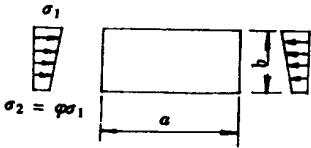
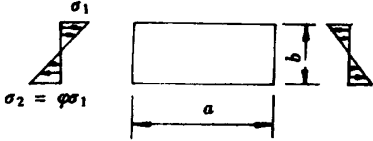
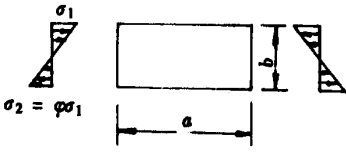
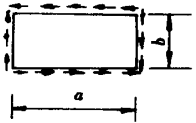
式中： E ——钢的弹性模量 2.06×10^5 MPa；

t ——板的厚度，mm；

b ——板的宽度，mm；

k_c ——压缩屈曲系数，见表 3.2.20.1；

k_τ ——剪切屈曲系数，见表 3.2.20.1。

序号	应力状态	$\alpha = \frac{a}{b}$	屈曲系数
1	均匀或不均匀压缩 $0 < \varphi \leq 1$ 	$\alpha \geq 1$ $\alpha < 1$	$k_c = \frac{7.59}{\varphi + 1.1}$ $k_c = \frac{1.9}{\varphi + 1.1} \left(\alpha + \frac{1}{\alpha} \right)^2$
2	纯弯曲或以拉伸为主的弯曲 $\varphi \leq -1$ 	$\alpha \geq \frac{2}{3}$ $\alpha < \frac{2}{3}$	$k_c = 21.6$ $k_c = 14.3 + \frac{1.69}{\alpha^2} + 7.77\alpha^2$
3	以压缩为主的弯曲 $-1 < \varphi < 0$ 		$k_c = (1 + \varphi)k'_c - \varphi k''_c + 10\varphi(1 + \varphi)$ k'_c —— $\varphi = 0$ 时的屈曲系数(序号 1) k''_c —— $\varphi = -1$ 时的屈曲系数(序号 2)
4	纯剪切 	$\alpha \geq 1$ $\alpha < 1$	$k_\tau = 4.82 + \frac{3.6}{\alpha^2}$ $k_\tau = 3.6 + \frac{4.82}{\alpha^2}$

3.2.20.2 板在承受压缩与剪切应力联合作用时 板的复合临界应力 σ_{cr}^p 按下式算得：

$$\sigma_{cr}^p = \frac{\sqrt{\sigma_c^2 + 3\tau^2}}{\frac{1+\varphi}{4} \cdot \frac{\sigma_c}{\sigma_{cr}^c} + \sqrt{\left(\frac{3-\varphi}{4} \cdot \frac{\sigma_c}{\sigma_{cr}^c}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr}}\right)^2}} \quad \text{MPa}$$

式中： σ_c ——压缩应力，MPa；
 τ ——剪切应力，MPa；
 φ ——见表 3.2.20.1 应力状态说明；

σ_{cr}^c 、 τ_{cr} ——同上述 3.2.20.1。

3.2.20.3 上述 3.2.20.1 和 3.2.20.2 所算得的 σ_{cr}^c 、 $\sqrt{3}\tau_{cr}$ 或 σ_{cr}^p 数值大于钢材的比例极限 (假定比例极限为 $0.75\sigma_s$) 时, 应分别按下式算得的压缩、剪切与复合折减屈曲临界应力 $\sigma_{cr_1}^c$ 、 τ_{cr_1} 和 $\sigma_{cr_1}^p$ 替代之:

$$\sigma_{cr_1}^c = \sigma_s \left(1 - \frac{\sigma_s}{5.35\sigma_{cr}^c} \right) \quad \text{MPa}$$

$$\tau_{cr_1} = \frac{\sigma_s}{\sqrt{3}} \left(1 - \frac{\sigma_s}{5.35\tau_{cr}} \right) \quad \text{MPa}$$

$$\sigma_{cr_1}^p = \sigma_s \left(1 - \frac{\sigma_s}{5.35\sigma_{cr}^p} \right) \quad \text{MPa}$$

式中: σ_{cr}^c 、 τ_{cr} 和 σ_{cr}^p ——见上述 3.2.20.1、3.2.20.2;

σ_s ——钢材屈服强度, MPa。

3.2.20.4 相对于板屈曲的许用应力, 应取上述 3.2.20.1、3.2.20.2 或 3.2.20.3 算得的屈曲临界应力或折减屈曲临界应力除以表 3.2.16.1 规定的安全系数 n 算得。

3.2.20.5 本计算不包括由扶强材加强的板的屈曲临界应力。由扶强材加强的板的屈曲临界应力计算, 应予另行考虑。

3.2.21 薄壁圆筒体的屈曲稳定性

3.2.21.1 承受轴向压力、或压力与弯曲联合作用的薄壁圆筒体, 如筒体的尺寸符合下述关系式时, 应进行稳定性计算:

$$\frac{t}{R} \leq 25 \frac{\sigma_s}{E}$$

式中: t ——圆筒体壁厚, mm;

R ——圆筒体中面半径, mm;

σ_s ——钢材屈服强度, MPa;

E ——钢材弹性模量, 2.06×10^5 MPa。

3.2.21.2 承受中心或偏心轴向压力的薄壁圆筒体的屈曲临界应力 σ_{cr}^c 按下式算得:

$$\sigma_{cr}^c = \frac{0.2Et}{R} \quad \text{MPa}$$

式中: E 、 t 和 R 见上述 3.2.21.1。

3.2.21.3 如按上述 3.2.21.2 算得的屈曲临界应力大于材料的比例极限时 (假定比例极限为 $0.75\sigma_s$) 则应取按下式算得的折减屈曲临界应力 $\sigma_{cr_1}^c$ 替代之:

$$\sigma_{cr_1}^c = \sigma_s \left(1 - \frac{\sigma_s}{5.35\sigma_{cr}^c} \right) \quad \text{MPa}$$

式中： σ_s 、 σ_{σ}^c 见上述 3.2.21.1、3.2.21.2。

3.2.21.4 相对于屈曲的许用应力，应取上述 3.2.21.2 或 3.2.21.3 算得的屈曲临界应力或折减屈曲临界应力除以表 3.2.16.1 规定的安全系数 n 算得。

3.2.21.5 如薄壁圆筒体的长度大于 $10R$ 时，则应设置中间加强环，加强环之间的距离应不大于 $10R$ 。加强环的截面惯性矩 I 应不小于按下式算得的值：

$$I \geq \frac{Rt^3}{2} \sqrt{\frac{R}{t}} \quad \text{mm}^4$$

式中： R 、 t 见上述 3.2.21.1。

3.2.22 接头和连接件的许用应力

3.2.22.1 焊接缝

焊接缝的许用应力根据焊缝的形式按表 3.2.22.1 选取，焊接材料的物理性能应不低于母材。角焊缝的实际应力应根据焊喉尺寸计算。

焊接缝的许用应力 表 3.2.22.1

焊缝形式	许用应力(MPa)	
	拉伸和压缩	剪切
对接全焊透	σ_s/n	$0.58\sigma_s/n$
填角	$0.7\sigma_s/n$	$0.58\sigma_s/n$

注： σ_s ——母材屈服强度，MPa；
 n ——安全系数，见表 3.2.16.1。

3.2.22.2 螺栓连接

松配螺栓不得用于重要接头或承受交变载荷的接头的连接。
接头用铰孔螺栓连接时，按外载荷计算的螺栓许用应力不得超过表 3.2.22.2 的规定。
承受交变载荷的接头，连接螺栓应有控制地预紧至屈服强度的 70% ~ 80%。

螺栓许用应力 表 3.2.22.2

载荷形式	许用应力(MPa)	
	工况 1 和 2	工况 3 和 4
拉伸	$\sigma_s/2.5$	$\sigma_s/1.85$
单剪	$\sigma_s/2.6$	$\sigma_s/2.0$
双剪	$\sigma_s/1.75$	$\sigma_s/1.30$
拉伸剪切复合 $\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$	$\sigma_s/2.1$	$\sigma_s/1.56$
承压	$\sigma_s/1.1$	$\sigma_s/0.83$

注： σ_s ——螺栓材料屈服强度，MPa。所述工况见 3.2.14。

3.2.23 回转支承环和连接螺栓

- 3.2.23.1 回转支承环和连接螺栓应进行静强度与疲劳强度计算。
- 3.2.23.2 支承环的连接法兰应具有足够的刚度 ,支承环与起重机基座法兰的连接应为钢对钢的连接 ,中间不得置有填片或填料。
- 3.2.23.3 支承环与基座法兰的连接螺栓应使用符合 ISO 898/1 钢级为 8.8($\sigma_b \geq 800\text{MPa}$, $\sigma_s = 0.8\sigma_b$) 10.9($\sigma_b \geq 1000\text{MPa}$, $\sigma_s = 0.9\sigma_b$)或 12.9($\sigma_b \geq 1200\text{MPa}$, $\sigma_s = 0.9\sigma_b$)或相同等级的材料 ,并应有控制地预紧至屈服强度的 70% ~ 90%。
- 3.2.23.4 受外载荷作用的最大螺栓载荷 P 应按下式算得：

$$P = \frac{4M}{nD} - \frac{Q}{n} \quad \text{N}$$

式中 : M ——设计倾覆力矩 ,N·mm ；
 Q ——设计轴向载荷 ,N ；
 D ——螺栓节圆直径 ,mm ；
 n ——螺栓数。

- 3.2.24 材料
- 3.2.24.1 制造起重机的材料应符合本社《材料与焊接规范》的适用要求或本社接受的标准。
- 3.2.24.2 选用钢材的等级应考虑其强度、厚度与起重机工作的环境 ,夏比 V 型缺口冲击试验的要求一般应符合表 3.2.24.2 的规定。

钢材冲击能量值 表 3.2.24.2

厚度(mm)	试验温度(℃)	最大抗拉强度(MPa)		
		540	590	630
		夏比 V 型缺口冲击能量值(J)		
$t \leq 20$	室温 ^①	27	31	34
$20 < t \leq 30$	0	27	31	34
$30 < t \leq 40$	- 10	27	31	34
$40 < t \leq 50$	- 20	27	31	34
$50 < t \leq 60$	- 40	27	31	34

① 钢材含碳量低于 0.23% , 且含锰量不低于含碳量的 2.5 倍时可不做此试验。

- 3.2.25 钢索安全系数、破断负荷与轮径比
- 3.2.25.1 钢索安全系数 n (用于动索或静索)应不小于按下式计算所得的值 ,但任何情况下不必大于 5 也不得小于 3：

$$n = \frac{10^4}{0.9SWL + 1910}$$

式中 : SWL ——起重机的安全工作负荷 ,kN。

3.2.25.2 钢索的最小破断负荷 Q_b 应按下式算得：

$$Q_b = nW \quad \text{N}$$

式中： n ——钢索安全系数，按上述 3.2.25.1 算得；

W ——钢索上的静载荷，包括钢索通过滑车组的摩擦力，N。

3.2.25.3 滑轮槽底直径与钢索直径之比，应不小于 19:1。

3.2.26 制动安全系数

3.2.26.1 起重机各机构制动器的制动安全系数，系指制动力矩与换算到制动器轴上可能产生的最大静力矩（包括风和船舶倾斜载荷所产生的力矩）之比。起升、变幅机构设有 1 套制动器时，制动安全系数应不低于 1.5，如设有 2 套制动器时，每套制动器的制动安全系数应不低于 1.25。

3.3 近海用起重机

3.3.1 适用范围

3.3.1.1 3.3 适用于安装在船舶或平台上作业于近海开敞水域的起重机。这些水域的海况会使船舶或平台产生显著的运动，海上风力通常大于蒲氏 2 级。

上述起重机包括臂架式起重机与用于吊重作业的 A 形架与固定结构。

3.3.1.2 3.2 的要求亦适用于 3.3 规定的起重机。

3.3.1.3 仅从事于平台本身吊重作业的起重机可按 3.2 规定办理。

3.3.1.4 行走式龙门起重机在 3.3 规定的基础上将予以特别考虑。

3.3.2 工况类别和作业系数

3.3.2.1 除另有规定者外，近海用起重机应按特殊工况进行设计，作业系数 φ_d 应取为 1.20。

3.3.3 动载力

3.3.3.1 近海用起重机的起升动载力除通常的起升冲击与动载效应外，尚应包括起重机与载荷相对运动的效应。

3.3.3.2 考虑起升动载力的起升系数 φ_h ，应根据设计工作海况（蒲氏风级、海况或波高和波浪周期）按下式算得：

$$\varphi_h = 0.83 + \varphi_w \sqrt{\frac{K}{Q_l}}$$

式中： φ_w ——波浪系数，按表 3.3.3.2 选取；

K ——起重机系统的刚度，N/mm；

Q_l ——起升载荷 N ；

初步设计计算时 $\sqrt{\frac{K}{Q_l}}$ 值可取为 0.057。

各种海况下的最小起升速度、波浪系数和起升索偏斜角 表 3.3.3.2

蒲氏风级	海况等级	有义波高 $H^{1/3}$ (m)	最小起升速度 V_h (m/s)	波浪系数 φ_w	起升索偏斜角			
					工况 1		工况 2	
					α°	β°	α°	β°
2	1	0.6	0.2	8.1	5	2	2	5
4	2~3	1.6	0.33	13.7	6	3	3	6
6	5~6	3.9	0.46	21.7	8	4	4	8
8	7	7.0	0.64	33.3	12	6	6	12

注： α ——在臂架平面内的偏斜角；
 β ——在垂直于臂架平面内的偏斜角。
工况 1、工况 2 见 3.2.14。

3.3.3.3 当设计工作海况已知时 ,起升系数 φ_h 可按下式算得 ,但任何情况下应不小于 3.2.5 的规定：

$$\varphi_h = 0.83 + 45.5 \frac{H^{1/3}}{T} \sqrt{\frac{K}{Q_l}}$$

式中： $H^{1/3}$ ——设计有义波高 m ；
 T ——设计波浪周期 s ；
 K 、 Q_l ——同上述 3.3.3.2。

3.3.3.4 计算起重机系统的刚度时 ,应考虑起升索系统、变幅索系统和臂架部件的组合。
钢索的弹性模量取 $1.1 \times 10^5 MPa$ 。

3.3.3.5 对装有运动补偿器、缓冲器或类似装置的起重机 ,如设计选用较小的起升动载系数时 ,将予特别考虑。

3.3.4 起升钢索偏斜角

3.4.1 起升钢索的偏斜角按表 3.3.3.2 相应海况选取。如装有限制偏斜角的设施 ,设计选取较小偏斜角时 ,将予特别考虑。

3.3.5 起升速度

3.3.5.1 起重机的荷重最低起升速度应使荷重吊离船舶后不致发生船与荷重的碰击 ,各种海况下免受碰击的最低起升速度按表 3.3.3.2 选取。

3.3.5.2 如浪高和波浪周期已作规定时 ,最小起升速度 V_h 可按下式算得：

$$V_h = 0.93 \frac{H^{1/3}}{T} \text{ m/s}$$

式中： $H^{1/3}$ 、 T 同 3.3.3.3。

3.3.6 回转支承环

3.3.6.1 制造回转支承环的钢材在 - 20℃时 ,夏比 V 型缺口冲击试验的 3 个试样的冲击功平均值 ,应不低于 42J ,其中 1 个试样应不低于 27J。选用低于上述等级但具有足够承载性能的钢材 ,将予特别考虑。

钢材的抗拉强度一般应不低于 950 ~ 1100 MPa ,屈服强度不低于 700 MPa ,伸长率不低于 15%。

3.3.6.2 回转支承环按静载荷设计的强度安全系数应不低于 2.5 ,最大载荷应取自 3.2.14规定的载荷组合工况。回转支承环按疲劳载荷设计的安全系数应不低于 1.5 ,疲劳载荷应按 3.2.14 规定的载荷组合工况 2 乘以载荷谱因素 0.7。疲劳破坏应力应由不少于 2×10^6 次 S—N 曲线取得。

回转支承环应同时满足静强度与疲劳强度的要求。

3.3.6.3 回转支承环的连接螺栓材料冲击性能应不低于上述 3.3.6.1 的规定 ,钢材的等级一般应不超过 ISO 891/1 中的 10.9。螺栓的强度应考虑在预紧应力状态下能承受上述 3.3.6.2规定的静强度与疲劳强度。

3.3.6.4 回转支承环的加工面应进行磁粉检查。

3.3.7 材料

3.3.7.1 制造起重机的材料应符合本社《材料与焊接规范》的适用要求或本社接受的标准。

3.3.7.2 选用的钢材等级应具有适当的抗脆断性 ,夏比 V 型缺口冲击试验的要求 ,按照钢材的厚度与抗拉强度 ,应符合表 3.3.7.2 规定。

钢材冲击能量值(J) 表 3.3.7.2

厚度(mm)		试验温度 (℃)	最大抗拉强度(MPa)		
主要结构	次要结构		540	590	630
			夏比 V 型缺口冲击能量值(J)		
$t \leq 10$	$t \leq 20$	室温 ^①	27	31	34
$10 < t \leq 15$	$20 < t \leq 30$	0	27	31	34
$15 < t \leq 20$	$30 < t \leq 40$	－ 10	27	31	34
$20 < t \leq 25$	$40 < t \leq 50$	－ 20	27	31	34
$25 < t \leq 60$	$50 < t \leq 60$	－ 40	27	31	34

注：① 钢材含碳量低于 0.23% ,且含锰量不低于含碳量的 2.5 倍时可不做此试验。

3.3.7.3 工作温度如低于 - 10℃时 ,钢材夏比 V 型缺口冲击试验的要求将予以特别的考虑。

3.3.8 钢索安全系数和破断负荷

3.3.8.1 近海起重机钢索安全系数 n_o 应按下述公式算得 ,但应不小于按照 3.2.25.1 所

规定的安全系 n :

$$n_o = 0.625\varphi_h \times n$$

式中: n ——按照 3.2.25.1 所算得的安全系数;

φ_h ——起升系数,按 3.3.3.2 算得。

3.3.8.2 钢索所要求的最小破断负荷,按 3.2.25.2 的规定算得,但该式中的 n 应将上述 3.3.8.1 规定 n_o 代入。

3.4 潜水器吊放系统

3.4.1 一般要求

3.4.1.1 3.4 适用在近海开敞水域吊放有人潜水器的吊放系统,海况等级不超过蒲式风级 5 级。吊放系统如需在超过蒲式风级 5 级海况工作时,将予以特殊考虑。

3.4.1.2 除有特殊规定者,本章 3.2 的要求也适用于 3.4 规定的吊放系统。

3.4.1.3 3.4 所述的潜水器包括潜水钟在内。

3.4.2 作业系数 φ_d

3.4.2.1 潜水器吊放系统的作业系数 φ_d 应取为 1.20。

3.4.3 基本载荷

3.4.3.1 潜水器吊放系统的起升载荷 Q_1 应按下列两者算得之大者:

(1) 潜水器和起升钢索外露段在空气中的最大重量;

(2) 起升钢索外露段的最大重量以及潜水器和起升钢索淹没段在水中的重量之和。

3.4.3.2 吊放潜水器作业中如不需穿过空气/水界面者,吊放系统的起升载荷只需按 3.4.3.1(2) 规定计算。

3.4.4 起升系数

3.4.4.1 潜水器吊放系统的起升系数 φ_h ,计入潜水器穿过空气/水界面的影响,应取为 1.7。

3.4.5 偏斜角

3.4.5.1 作业于近海开敞水域环境的潜水器吊放系统,船舶和(或)潜水器运动较大,设计时所考虑的偏斜角应不小于 10° 。

3.4.6 放置设施

3.4.6.1 放置设施应能承受吊放系统放置时可能遇到的最严峻的组合运动。船上的放置设施应考虑承受 3.2.11.1 规定的载荷。

3.4.6.2 如有可能经受巨浪载荷时,还需考虑相当于 8400N/m^2 的附加载荷。

- 3.4.7 材料
- 3.4.7.1 制造潜水器吊放系统的材料应符合本社《材料与焊接规范》的适用要求或本社接受的标准。
- 3.4.8 绳索安全系数
- 3.4.8.1 吊放有人潜水器的绳索安全系数如下：
- (1) 使用钢索时为 8；

(2) 使用人造纤维索时为 10。
- 3.4.8.2 吊放无人潜水器的绳索安全系数如下：
- (1) 使用钢索时按 3.3.8 规定计算 ,但应不小于 6.0；

(2) 使用人造纤维索时为 3.4.8.1 规定的 1.25 倍。
- 3.4.8.3 除主起升索外还有回收系统作为第二起升索时 ,第二起升索的安全系数应不小于 5。

3.5 起重机基座

- 3.5.1 一般要求
- 3.5.1.1 起重机的基座应按 3.2、3.3、3.4 规定的载荷条件进行强度计算 ,许用应力应按 3.5.2 规定。
- 3.5.1.2 起重机基座一般应穿过甲板与船体主结构进行有效连接 ,采用其他支撑结构将予以特别考虑。安装回转环的基座法兰应牢固、平整。基座法兰用肘板加固时 ,肘板间距应不大于 2 个连接螺栓间距。

- 3.5.2 许用应力
- 3.5.2.1 基座的许用应力 $[\sigma]$ 应按下式算得：

$$[\sigma] = \frac{\sigma_s}{\beta \cdot n} \quad \text{MPa}$$

式中： σ_s ——钢材屈服强度 ,MPa；
 n ——安全系数 ,根据 3.2.14 所述的 4 种载荷工况 ,按表 3.5.2.1 选取；
 β ——系数 ,根据钢材屈强比 ,按表 2.3.5 选取。

安全系数 n			表 3.5.2.1	
载荷工况	1	2	3	4
安全系数 n	2.0	1.75	1.6	1.6

- 3.5.2.2 钢材在弹性应力形式下各种应力状态的失效力 ,应按表 3.2.16.2 规定选取。
- 3.5.3 材料

3.5.3.1 起重机基座材料应符合表 3.5.3.1 的规定。

起重机基座材料		表 3.5.3.1
钢板厚度(mm)	钢 级	
$t \leq 20$	A32、A36	
$20 < t \leq 25$	A32、A36	
$25 < t \leq 40$	D32、D36	
$t > 40$	E32、E36	

3.6 货物与车辆升降机

3.6.1 一般要求

3.6.1.1 3.6 所述的货物与车辆升降机适用于作业在港口与遮蔽水域环境 ,以及货物与车辆升降机在船舶航行时处于放置位置且货物与车辆能存放于其上面。此类升降机可按标准工况设计 ,否则需按特殊工况设计。

3.6.1.2 升降机作业与放置时的载荷状态应在送审的资料与文件中详细说明 ,包括起升速度与制动的次数。

3.6.1.3 升降机作业时 ,应予以考虑的载荷与力如下 :

- (1) 升降机的自重载荷 ;
- (2) 升降机的载荷量 ;
- (3) 由于升降运动引起的动载力 ;
- (4) 由于船舶倾斜引起的静力。

3.6.1.4 升降机的结构与锁紧机构应按适合于船舶性能的下述衡准 ,并校核其放置状态 :

- (1) 升降机的自重载荷 ;
- (2) 装载车辆或货物的外加载荷 ;
- (3) 船舶运动力与静倾力 ;
- (4) 气候载荷(如适用时)。

3.6.2 基本载荷

3.6.2.1 自重载荷 L_m ,系指作用于起升机构的升降机结构与机械的自重载荷。

3.6.2.2 外加载荷 L_c ,系指外加于升降机结构上的货物或车辆的载荷。

3.6.2.3 升降机的安全工作负荷(SWL),系指升降机证书证明允许使用的最大载荷 ,即等于 L_c 的最大值。

3.6.3 动载力与系数

3.6.3.1 计及加速度和冲击载荷的影响 ,升降机的自重载荷 L_m 与外加载荷 L_c ,应乘以动力系数 1.2。

3.6.4 船舶运动力

3.6.4.1 升降机应能在船舶横倾 5° 、纵倾 2° 状态下安全和有效地工作。如升降机拟作业的角度大于上述倾斜角时,则升降机应按此角度进行设计,并在证书上加以注明。

3.6.4.2 除上述条件外,升降机及其锁紧机构处于放置状态时,还应能承受下述情况的力:

- (1) 垂直于甲板的加速度 $\pm 1.0g$,前后向平行于甲板的加速度 $\pm 0.5g$,静横倾 30° ;
- (2) 垂直于甲板的加速度 $\pm 1.0g$,横向平行于甲板的加速度 $\pm 0.5g$,静横倾 30° 。

3.6.4.3 如属常规型船舶且船舶的特性为已知时,则升降机承受船舶运动力与静力的组合与计算,亦可按照 3.2.11.2 规定进行。

3.6.5 设计载荷

3.6.5.1 升降机的设计载荷应与船舶装载手册一致,其内容应包括放置在升降机上的车辆数和车辆间距、车辆的类型、质量、轴上的载荷、轮胎印尺寸以及轮子和支撑的数、量、间距等细节。典型的载重资料见图 3.6.5.1(a)~(d) 20ft 集装箱拖车的最大轴上载荷 175kN 40ft 集装箱拖车的最大轴上载荷 159kN。如适用时,还应考虑不对称的载荷状态。

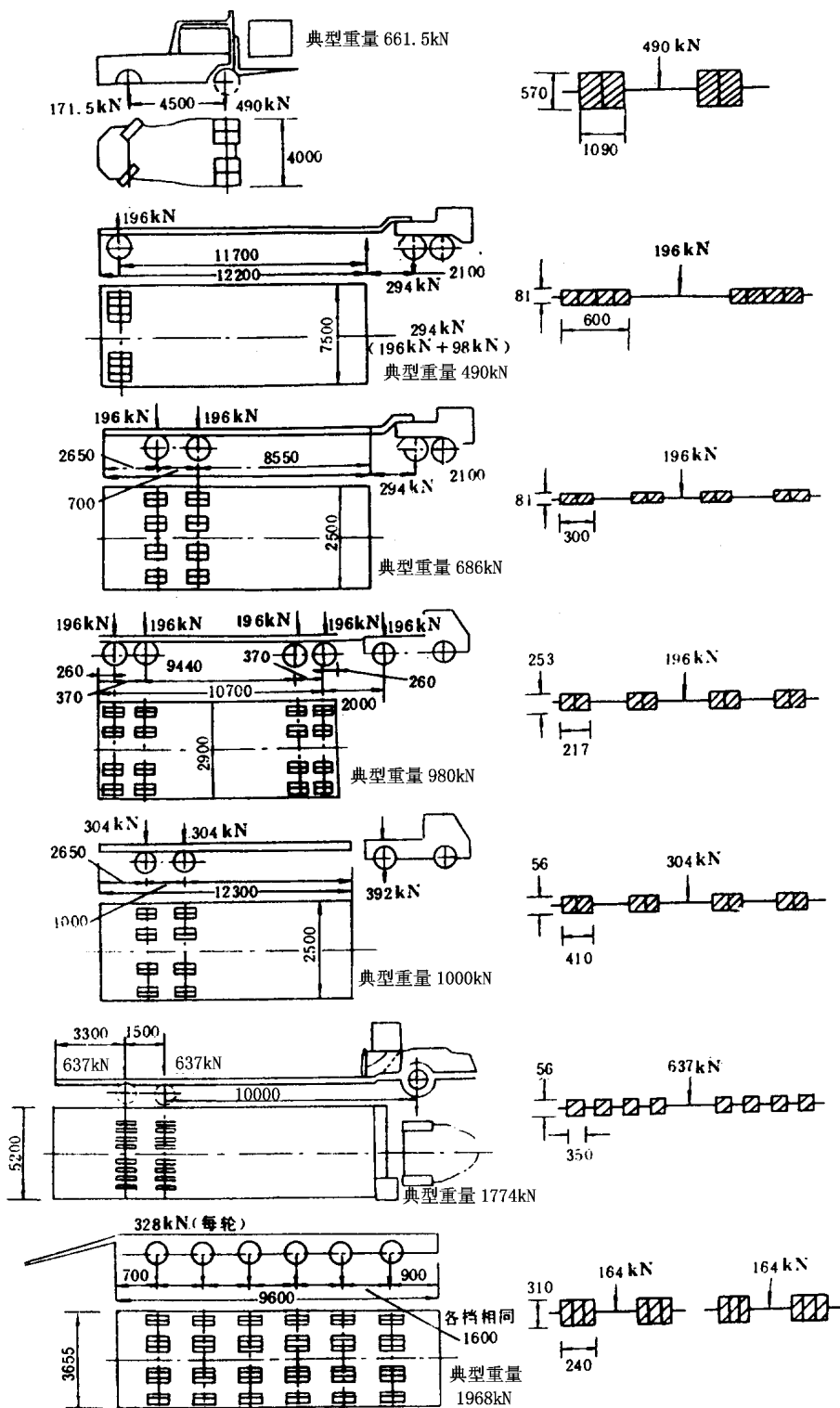
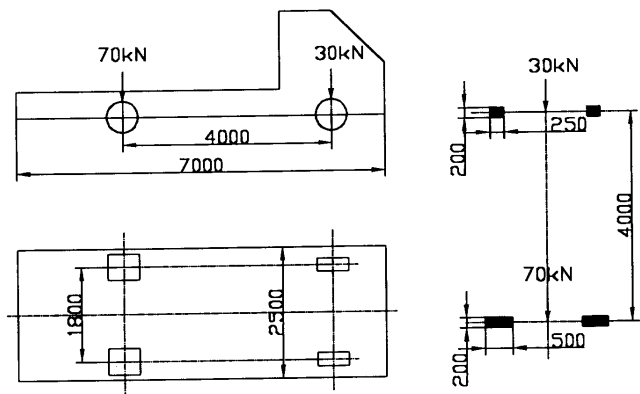
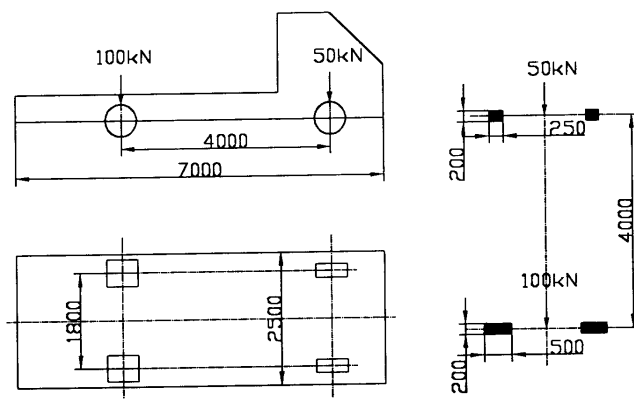


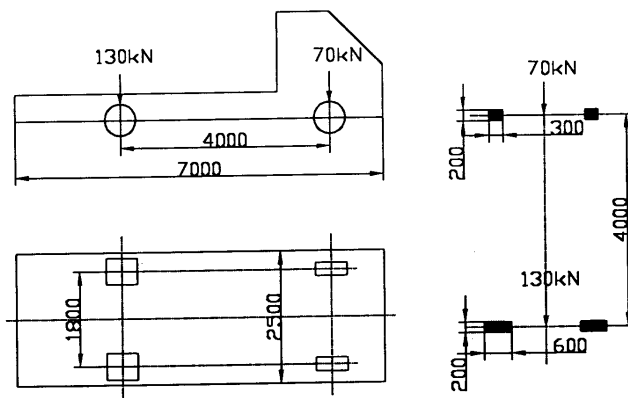
图 3.6.5.1(a) 典型的载重资料



汽车典型重量 100kN



汽车典型重量 150kN



汽车典型重量 200kN

图 3.6.5.1(b) 典型的载重资料

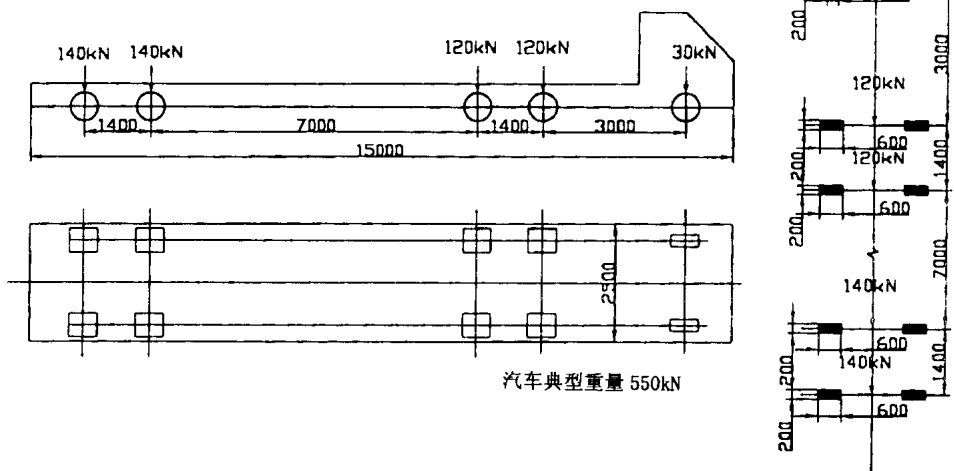
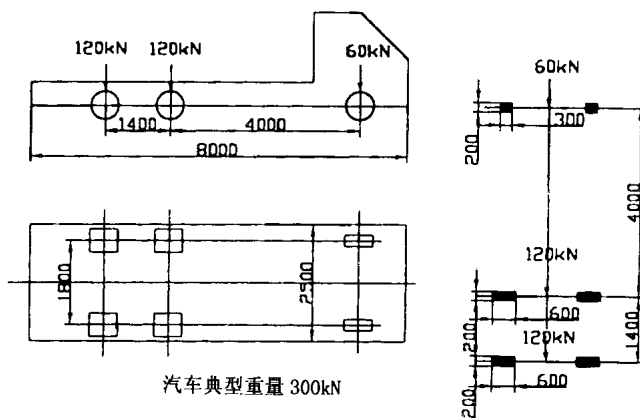
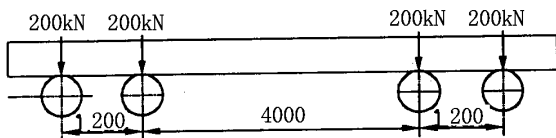
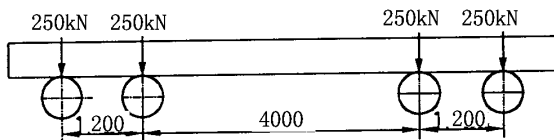


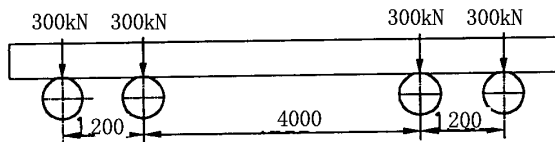
图 3.6.5.1(c) 典型的载重资料



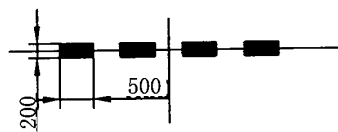
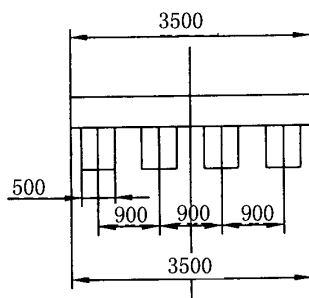
挂车典型重量 800kN



挂车典型重量 1000kN

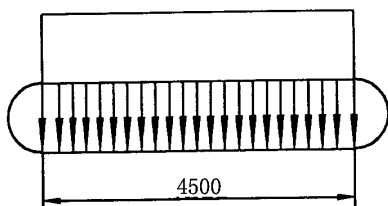


挂车典型重量 1200kN



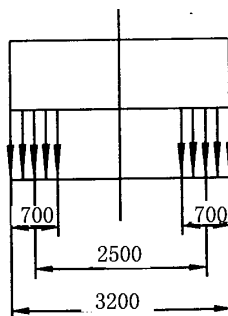
横向布置

每条履带单位压力 56kN/m



履带车典型重量 500kN

总重力 500kN



横向布置

图 3.6.5.1(d) 典型的载重资料

3.6.5.2 除车辆装载外,还应考虑升降机放置于诸甲板上的甲板均匀载荷。

3.6.5.3 如升降机组成船体水密结构的部分,应同样满足水密要求。

3.6.6 各工况的载荷组合

3.6.6.1 工况 1——升降机处于工作状态。此时的载荷组合为：

$$1.2(L_m + L_c) + L_{h1} + L_{h2}$$

式中： L_m ——升降机的自重载荷；
 L_c ——升降机上的外加载荷；
 L_{h1} ——船舶横倾 5°时的水平力；
 L_{h2} ——船舶纵倾 2°时的水平力。

3.6.6.2 工况 2——升降机处于放置状态。此时 ,升降机应考虑船舶运动与静纵、横倾所产生的力的组合 ,见 3.6.4。

3.6.6.3 工况 3——升降机处于负荷试验状态。此时 ,升降机应考虑力的组合为：

$$1.2(L_m + L_t)$$

式中： L_t ——试验负荷 ,按表 3.6.6.3 选取。

试验负荷 L_t 表 3.6.6.3

安全工作负荷 SWL(kN)	试验负荷 L_t (kN)
≤ 196	1.25 × SWL
196 ~ 490	SWL + 49
> 490	1.1 × SWL

3.6.7 许用应力

3.6.7.1 构件在弹性模式下失效的许用应力 $[\sigma]$ 按下式计算：

$$[\sigma] = \sigma / (n\beta) \quad \text{MPa}$$

式中： σ ——失效力 MPa ；按 3.2.16.2 规定选取；
 n ——安全系数 ,按表 3.6.7.1 选取；
 β ——折减系数 ,按 2.3.5 规定选取。

安全系数 n 表 3.6.7.1

工 况	1	2	3
安全系数 n	1.67	1.33	1.18

3.6.7.2 承受复合应力的结构件 ,许用应力衡准应符合下列要求 :

$$\sigma_{cp} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3\tau^2} \leq 1.1[\sigma]$$

式中 : σ_{cp} —— 合成后的应力 ,MPa ;

σ_x —— x 轴方向的正应力 ,MPa ; $\sigma_x < [\sigma]$;

σ_y —— y 轴方向的正应力 ,MPa ; $\sigma_y < [\sigma]$;

τ —— 剪切应力 ,MPa ; $\tau < 0.58[\sigma]$;

$[\sigma]$ —— 同 3.5.2.1。

3.6.8 板屈曲失效许用应力

3.6.8.1 板承受压缩或剪切或压缩、剪切复合时的局部屈曲临界应力 ,应分别按 3.2.20.1、3.2.20.2、3.2.20.3 算得。

3.6.8.2 相对于板屈曲失效的许用应力 ,应取 3.2.20 算得屈曲临界应力除以表 3.6.7.1 规定的安全系数算得。

3.6.8.3 本计算不包括由扶强材加强的板的屈曲临界应力。由扶强材加强的板的屈曲临界应力的计算 ,将予另行考虑。

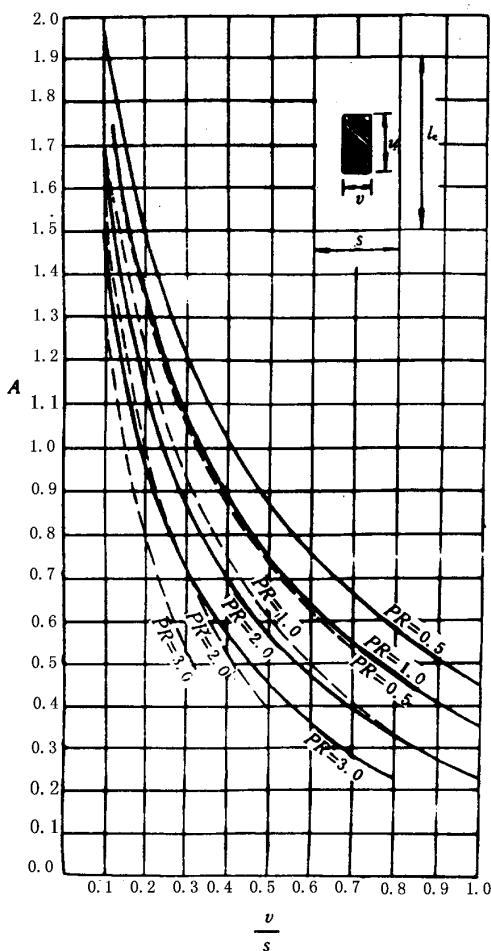
3.6.9 甲板板厚度

3.6.9.1 甲板板厚度 t 应不小于下式算得之值 :

$$t = 1.47 \sqrt{AL_w} + 1.5 \quad \text{mm}$$

式中 : A —— 应力系数 ,按图 3.6.9.1 根据轮胎印与板的尺寸查得 ;

L_w —— 轮胎印上的载荷 ,kN ;对轮距紧靠的轮子 ,图 3.6.9.1 中的阴影面积可取组合在一起的轮胎印。



说明: $PR = \text{轮胎印比} (\frac{\mu}{v})$

板块比 $= \frac{l_c}{s}$

——板块比 ≥ 2.5

-----板块比 $= 1.0$

轮胎印比和板块比的中间值、应力系数 A 按内插法算得

图 3.6.9.1 应力系数 A

3.6.10 变形衡准

3.6.10.1 升降机处于 3.6.6 所述的载荷工况 1 与 2 时,其结构或单个构件的最大变形量应不大于 $1/400$ (1 为支承间的距离, mm)。

3.6.10.2 如适用时,最大变形应予限制,使能保持船舶水密完整性。

3.6.11 导架

3.6.11.1 为限制升降机运动时水平方向的运动,应设置导架或其他装置。

3.6.11.2 如设置导架时,由载荷水平分力产生的最大变形量应不大于 6mm。

3.6.11.3 升降机与导架间的工作间隙应使升降机能自由地垂直运动。

3.6.12 放置状态的锁紧装置

3.6.12.1 升降机应设有放置状态的锁紧装置,该装置应能承受 3.6.6.2 中的工况 2 定义的垂向、纵向和侧向载荷,并不致工作松动和损害船舶水密完整性。

3.6.13 起升装置

3.6.13.1 如用链条作为起升装置的组成部分,链条的安全系数应不低于4.0。

3.6.13.2 如用钢索作为起升装置的组成部分,钢索的安全系数 n 应不低于按下式计算所得的值,但任何情况下应不小于4.0,也不必大于5.0:

$$n = \frac{10^4}{0.9L_{mc} + 1910}$$

式中: L_{mc} ——升降机电有额定载荷的质量,kN。

3.6.14 材料

3.6.14.1 制造升降机所选用的钢材应具有足够的抗脆性断裂性能,计及材料的抗拉强度、厚度和工作环境,所选用的钢材等级其夏比V型缺口冲击试验要求,一般应不低于表3.2.24.2的规定。

3.7 车辆跳板

3.7.1 一般要求

3.7.1.1 3.7适用于安装在船上、港口或遮蔽水域装卸作业的可活动车辆跳板,其设计按标准工况规定。如跳板的作业不属于上述定义的条件时,则其设计应按特殊工况办理。

3.7.1.2 跳板的载重和放置状态应在送审的文件中作详细说明,包括:起升速度、制动次数与跳板中间的作业角度。

3.7.1.3 跳板在载重状态时,应考虑可能出现的最不利的角度和支承布置(由码头与/或起升机构支承)组合,此时应考虑载荷与力为:

- (1) 自重载荷;
- (2) 作用在跳板上的载荷;
- (3) 车辆运动力。

3.7.1.4 跳板在提升与回转时,应考虑载荷与力为:

- (1) 自重载荷;
- (2) 作用在跳板上的载荷(如适用时);
- (3) 起升与回转时的动载力;
- (4) 船舶静倾力。

3.7.1.5 跳板及其锁紧机构处于放置状态时,应考虑载荷与力为:

- (1) 自重载荷;
- (2) 作用在跳板上的载荷(如适用时);
- (3) 船舶运动力与静倾力;
- (4) 气候载荷(如适用时)。

3.7.2 基本载荷

3.7.2.1 跳板的自重载荷 L_m 乘系数1.2作为考虑操纵跳板时的动载力。

3.7.2.2 作用在跳板上的静载荷 L_c 乘系数 1.1 作为考虑车辆的运动力。

3.7.2.3 当跳板操纵时 ,同时有跳板上的自重载荷 L_m 与作用在跳板上的静载荷 L_c ,则 L_m 与 L_c 均应乘系数 1.2。

3.7.3 船舶运动力

3.7.3.1 跳板的设计是假定作业于港口或遮蔽水域的环境条件 ,船舶受到浪的作用不会产生明显的运动。

3.7.3.2 跳板在放下的位置与操纵情况下 ,应能在船舶处于横倾 5°、纵倾 2°时安全与有效地工作。

3.7.3.3 跳板的坡度应符合表 3.7.3.3 的规定 ,以及如跳板用于船与岸间工作时 ,此坡度应包括船舶上述纵、横倾的影响。

跳板的坡度				表 3.7.3.3
<div>车辆类型</div> <div>坡度</div>	小汽车	拖车	重型拖车	集装箱拖车
最大坡度	1:5	1:6	1:9	1:9
一般选用坡度	1:6	1:7	1:10	1:10

3.7.3.4 跳板及其锁紧机构在放置位置时应能承受下述要求：

- (1) 垂直于甲板的加速度 $\pm 1.0g$;纵向平行于甲板的加速度 $\pm 0.5g$,静横倾 30°。
- (2) 垂直于甲板的加速度 $\pm 1.0g$;横向平行于甲板的加速度 $\pm 0.5g$;静横倾 30°。

3.7.3.5 如属常规型船舶且船舶的特性为已知时 ,跳板承受船舶运动力与静力的计算与组合可按 3.2.11.2 中的表 3.2.11.Ⅹ a)与表 3.2.11.Ⅹ b)计算船舶运动与加速度。

3.7.4 设计载荷

3.7.4.1 跳板的设计载荷应与船舶装载手册相一致 ,其具体内容应包括跳板上所载的车辆与车辆间距、车辆的类型、质量、轴上的载荷、轮胎印的尺寸、车轮与支承的数量与间距等 ,典型的载重资料见图 3.6.5.1。

3.7.4.2 除车辆载荷外 ,如跳板在放置位置时 ,形成甲板的一部分 ,则亦应考虑与甲板相适应的甲板均匀载荷；同样 ,如跳板形成船舶水密结构的一部分 ,则亦应相应符合这些要求（如适用时）。

3.7.5 载荷组合

3.7.5.1 工况 1——跳板处于放下状态。此时的载荷与力的组合为：

$$L_m + 1.1L_c + L_{h1} + L_{h2} + L_{h3}$$

式中： L_m ——跳板的自重载荷；
 L_c ——作用在跳板上的静载荷；

L_{h1} ——船舶横倾 5° 时的水平力；

L_{h2} ——船舶纵倾 2° 时的水平力；

L_{h3} ——由于跳板角度引起的载荷。

3.7.5.2 工况 2——跳板处于放置状态。此时，跳板及其锁紧机构应考虑由于船舶运动与静纵、横倾引起作用于跳板与载荷（如适用时）上的力，以及适用于放置状态的气候载荷。

3.7.5.3 工况 3——跳板处于操纵状态。此时，跳板的载荷与力的组合为：

(1) 跳板在操纵时，跳板处于无载荷状态：

$$1.2L_m + L_{h1} + L_{h2}$$

(2) 跳板在操纵时，跳板处于有载荷状态：

$$1.2(L_m + L_c) + L_{h1} + L_{h2}$$

式中： L_m 、 L_c 、 L_{h1} 和 L_{h2} 与上述 3.7.5.1 相同。

3.7.6 许用应力与变形衡准

3.7.6.1 许用应力 跳板结构的许用应力按 3.6.7 与 3.6.8 规定。

3.7.6.2 变形衡准 跳板在工况 1 与 2 状态下，在支承间的变形量应限制在 $l/400$ （ l 为支承间的距离，mm）以内。

如适用时，在放置状态下（工况 2）变形量应予限制，以保证船舶水密完整性。

3.7.7 起升与回转装置

3.7.7.1 用于起升与回转装置的链条，其安全系数应不小于 4。

3.7.7.2 用于起升与回转装置的钢索，其安全系数 n 应不小于下式算得的值，但任何情况下应不小于 4，亦不必大于 5：

$$n = \frac{10^4}{0.9L + 1910}$$

式中： L ——跳板的质量（操纵跳板时，跳板上为无载荷状态）；或跳板的质量与作用在跳板上的载荷（操纵跳板时，跳板上为有载荷状态）kN。

3.7.8 材料

3.7.8.1 制造跳板所选用的材料钢级应符合表 3.5.3 的规定。

3.7.8.2 跳板材料也应具有足够的抗脆性断裂的性能，计及材料的抗拉强度、厚度与工作环境，所选用的钢材等级其夏比 V 型缺口冲击试验要求，一般应不低于表 3.2.24.2 的规定。